

广西壮族自治区国土资源厅  
地质灾害详细调查项目

广 西 容 县  
**地质灾害详细调查报告**

广西地质环境监测总站  
二〇一四年十二月

# 广西容县 地质灾害详细调查报告

任务书编号：桂国土资办[2013]121号

工作起止年限：2013~2014年

承担单位：广西地质环境监测总站

项目负责：文海涛

报告编写：文海涛 邓荫万 杨向敏 何 愿 翟国军 闭萧萧

调查人员：文海涛 邓荫万 梁 聪 翟国军 张观长 陈国文

李善振 朱 明 潘 峰 黄学灵 何 娜

报告审核：王举平 黄国彬 蒋 力 何启仕 赵允辉 曾维刚

报告审定：王举平

总工程师：王举平

站长：黄惠民

编写单位：广西地质环境监测总站

提交时间：2014年12月

# 广西壮族自治区

# 国土资源厅办公室文件

桂国资办〔2013〕121号

## 广西壮族自治区国土资源厅办公室关于下达 容县地质灾害详细调查任务的通知

广西壮族自治区地质环境监测总站：

为了进一步查清容县地质灾害的分布、成因及危害状况，我厅决定开展容县地质灾害详细调查工作，现将调查任务下达你单位承担，并将有关要求通知如下：

### 一、总体目标

容县地处桂东南地区，全市面积  $2257\text{km}^2$ ，是广西地质灾害中高发区。为了进一步查清广西容县地质灾害情况，在已经完成的 1: 10 万容县地质灾害调查与区划、2011 年容县地质灾害易发区和隐患点核查的基础上，以遥感、地面调查、测绘、工程勘查为主要手段，开展容县地质灾害详细调查，全面查明容县地质

灾害发育的地质环境条件、工程地质条件、地质灾害类型、发育特征、分布规律及形成机制，并对其危害程度及发展趋势进行评价，建立监测预警预报系统，健全群测群防网络体系，建立地质灾害信息系统，为容县减灾防灾和社会经济可持续发展等提供地质保障依据及防治对策。

## 二、主要工作任务

(一) 按照 1: 5 万地质灾害详细调查技术要求，采用遥感、地面调查等手段，查明容县地质灾害形成的地质环境条件，分析地质灾害种类、分布、规模、稳定性和危害程度。详细记录每个受破坏（危害）点的单位性质（学校、村屯、工厂等）、户数、人数、房屋数量和结构、建筑面积、土地、财产损失以及地质灾害的规模，提出防治建议和防治经费估算等。

(二) 对县内全部城镇、村庄、分散居民点、厂矿、旅游点、重要工程设施、交通干线等地质环境脆弱地带潜在的地质灾害易发区和隐患点进行调查、填图，划定危害范围，并对其隐患的稳定性及危害性进行评价。

(三) 选择重要地质灾害体进行地质测绘及勘查，查明地质环境、边界条件、规模、岩土体结构及特征、水文地质条件及成因，提供有关参数，同时对稳定性进行分析与计算，分析成灾的可能性、成灾的条件，作出综合评价。

(四) 全面核对、确定已掌握的每一个地质灾害易发区和隐

患点，重新核实易发区和隐患点上的群测群防责任人和监测人及联系电话，落实新发现的隐患点的责任人和监测人，将全部地质灾害隐患点纳入县、乡（镇）、村、屯四级群测群防体系，补充修改完善容县地质灾害群测群防网络，健全责任机制，提出监测建议。

（五）配合容县国土资源局完善容县地质灾害防灾预案，完善地质灾害易发区和隐患点资料，提出各地质灾害隐患点的初步方案。对危及人数在 30 人以上的地质灾害隐患点，原则上要求单独编制预防预案，要做到一点一案，一乡一体系。按地质灾害“一张图”内容要求建设完善容县地质灾害信息系统。

（六）总结容县地质灾害分布规律、发育特征；划分调查区内地质灾害易发区及危险区，定量评价重要地质灾害点的稳定性和危害程度；收集气象水文资料，结合水文地质条件和人类经济工程活动，分析降雨对滑坡、崩塌和泥石流的影响，进行地质灾害气象预警区划。

（七）结合地质灾害点实际情况，协助地方政府有针对性地对监测人员和当地群众开展地质灾害防治知识培训工作，对各点的地质灾害防治工作进行现场指导。

（八）研究容县不同岩性、时代、岩性地区地质灾害的发生与风化层厚度、降雨量等地质环境条件的关系，提交专题研究报告。

(九) 在城镇、旅游点、重要工程设施等地区，根据地质灾害和地质环境实际情况开展适当比例尺的地质灾害遥感调查。

### 三、主要实物工作量

(一) 开展 1: 5 万地质灾害详细调查，全面调查容县地质灾害点、地质灾害隐患点及地质灾害易发区，填图面积 2257 平方千米。

(二) 1: 5 万专项工程地质或地质灾害测量 300 平方千米，1: 1 万专项工程地质或地质灾害测量 37 平方千米。

(三) 1: 2000 地质剖面测量 40 千米。

(四) 1: 2000 专项地质灾害测量 1.5 平方千米。

(五) 工程地质钻探 500 米。

(六) 槽探 500 立方米。

(七) 岩、土、水样 200 组。

(八) 地质雷达探测或其它物探 5 千米。

(九) 遥感调查面积、地质灾害裂缝报警器安装根据实际需要确定。

### 四、预期成果

(一) 广西容县地质灾害详细调查报告及相应附件、图件。

(二) 广西容县地质灾害与地质环境及降雨量的研究、图件。

(三) 广西容县地质灾害数据库和信息系统。

## 五、提交报告时间

2013年4月10日前提交设计书，2013年11月30日前完成野外调查工作进行野外验收，2014年3月1日前提交项目成果送审稿，2014年4月30日前汇交成果资料。

## 六、其它

容县国土资源局向当地政府报告，协助调查单位做好调查工作，负责落实地质灾害群测群防体系的责任人、监测人，负责组织对地质灾害易发区隐患点群众开展地质灾害防治知识宣传和应急避险知识培训等。



公开方式：不公开

---

抄送：玉林市国土资源局，容县国土资源局。

---

广西壮族自治区国土资源厅办公室 2013年3月11日印发

# 广西壮族自治区

# 国土资源厅办公室文件

桂国土资办〔2013〕362号

## 广西壮族自治区国土资源厅办公室关于批准容县 地质灾害详细调查工作设计书的通知

广西地质环境监测总站：

你站编制提交的《广西容县地质灾害详细调查工作设计书（送审稿）》，由我厅组织专家审查通过，现予以批准。请你站按评审意见做好设计的修改和完善，并按任务书及设计审查意见要求，尽快与玉林市、容县国土资源局联系，抓紧开展容县地质灾害详细调查工作，在2013年12月31日前完成野外调查及野外验收工作，2014年3月前提交项目成果送审稿。请玉林市、容县国土资源局予以配合，确保调查任务完成。

附件：广西容县地质灾害详细调查工作设计书审查意见

广西壮族自治区国土资源厅办公室  
2013年6月13日

## 附件

### 广西容县地质灾害详细调查工作设计书评审意见

广西容县地质灾害详细调查工作是自治区国土资源厅以《广西壮族自治区国土资源厅关于下达容县地质灾害详细调查任务的通知》(桂国土资办〔2013〕121号)下达由广西地质环境监测总站承担的任务。在收集前人资料及踏勘的基础上, 承担单位提交了设计书送审稿, 并与2013年5月23日, 由广西国土资源厅在南宁组织有关专家(名单附后)对设计书进行了评审, 评审意见如下:

一、容县地处大容山与云开大山之间, 是我区花岗岩、碎屑岩分布较广的地区。区内, 以风化岩土体为特征的滑坡、崩塌、坡面泥石流等地质灾害十分发育, 2010年“6.2”大暴雨引起的群发性地质灾害, 给当地群众的生命、财产造成了重大损失。为此, 对该地区开展地质灾害的详细调查研究, 对减轻、防止滑坡、崩塌的危害及进行地质灾害的预测预警具有重要的意义。

二、设计书充分收集了工作区前人的相关资料, 对工作区的地质环境条件及各类地质灾害发育的条件进行了综合分析, 为本次工作的部署奠定了基础。

三、针对区内人口、重要工程及交通的分布, 设计书选择六

王镇六王村---陈村、杨村镇—灵山镇等4个地段为重点调查区，选择杨梅镇石岭村的地雷滑坡等5处地质灾害点作为典型勘查点，工作安排重点较突出，符合任务书的要求。

四、以《滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范(1:50000)》等技术规范为指导，设计书部署了不同比例尺的地面测绘与工程地质剖面、工程地质钻探、井、槽探、岩土水样测试等综合性的工作，方法手段的选择较合理，实物工作的安排基本符合规范的要求。

五、项目人员结构较合理，质量保证体系、安全保障措施较健全，可以满足项目实施的需要；工作进度、预期工作成果等符合任务书的规定。

六、预算编制依据较充分，标准使用正确，预算费用较合理。

#### 七、存在问题及建议

(一)完善任务书下达的各项工作的具体安排，进一步细化地质灾害易发区及村屯和隐患点调查填图的工作方法和技术要求，明确地质灾害信息管理系统“一张图”的工作内容与工作要求。

(二)调查工作中要在总结“6.2”地质灾害发生规律的基础上，进一步加强容县发群性地质灾害的综合研究。

(三)补充完善预算说明等内容。

综上所述，本次设计指导思想明确，工作部署基本得当，技术路线较合理，各项工作安排基本符合任务书的要求。专家组同

意设计书审查通过。项目承担单位按专家意见进一步对设计书修改完善后，上报自治区国土资源厅批准。

评审组

2013年5月23日

广西容县地质灾害详细调查工作设计书  
评审组名单

| 评审组 | 姓名  | 工作单位               | 职务/职称 | 签 名 |
|-----|-----|--------------------|-------|-----|
| 组长  | 钱小鄂 | 广西地矿局              | 教授级高工 | 钱小鄂 |
| 专家  | 孙允忠 | 区国土资源厅             | 高级工程师 | 孙允忠 |
|     | 黄秀凤 | 广西地质勘查总院           | 高级工程师 | 黄秀凤 |
|     | 何艳萍 | 桂林建银工程造价<br>咨询有限公司 | 高级工程师 | 何艳萍 |
| 代表  | 施杰  | 区国土资源厅             | 高级工程师 | 施杰  |
|     | 林惠  | 区财政厅               | 会计师   | 林惠  |
|     | 李春荣 | 区国土资源厅             | 高级会计师 | 李春荣 |
|     | 黎睿  | 玉林市国土资源局           | 科员    | 黎睿  |
|     | 姚星光 | 容县国土资源局            | 副局长   | 姚星光 |

2013年5月23日

# 广西壮族自治区国土资源厅

## 容县地质灾害详细调查项目 野外验收收意见书

|       |                   |
|-------|-------------------|
| 项目名称  | : 广西容县地质灾害详细调查    |
| 承担单位  | : 广西壮族自治区地质环境监测总站 |
| 任务书编号 | : 桂国资办(2013)121号  |

组织检查部门: 广西国土资源厅地质环境处

验收日期: 2014年11月12—13日

## 专家野外验收意见

### 一、工作内容名称

广西容县地质灾害详细调查

### 二、野外工作起止时间

2013.7—2014.2

### 三、任务书规定的任务、指标完成情况

容县地处桂东南地区，全县面积  $2257\text{km}^2$ ，是广西地质灾害中高易发区。为了进一步查明广西容县地质灾害情况，在已经完成的 1: 10 万容县地质灾害调查与区划、2011 年容县地质灾害易发区和隐患点核查的基础上，以地面调查、测绘、物探、遥感、工程勘查为主要手段，开展容县地质灾害详细调查，全面查明容县地质灾害发育的地质环境条件、工程地质条件、地质灾害类型、发育特征、分布规律及形成机制，并对其危害程度及发展趋势进行评价，建立监测预警预报系统，健全群测群防网络体系，建立地质灾害信息系统，为容县减灾防灾和社会经济可持续发展等提供地质保障依据及防治对策。

#### 工作任务为：

(一) 按照 1: 5 万地质灾害详细调查技术要求，采用遥感、地面调查等手段，查明容县地质灾害形成的地质环境条件，分析地质灾害种类、分布、规模、稳定性和危害程度。详细记录每个受破坏（危害）点的单位性质（学校、村屯、工厂等）、户数、人数、房屋数量和结构、建筑面积、财产损失以及地质灾害的规模，提出防治建议和防治经费估算等。

(二) 对县域内全部城镇、村庄、分散居民点、厂矿、旅游点、重要工程设施、交通干线等地质环境脆弱地带潜在的地质灾害易发区和隐患点进行调查、填图，划定危害范围，并对其隐患的稳定性及危害性进行评价。

(三) 选择重要地质灾害体进行地质测绘及勘查，查明地质环境、边界条件、规模、岩土体结构及特征、水文地质条件及成因，提供有关参数，同时对稳定性进行分析与计算，分析成灾的可能性、成灾的条件，作出综合评价。

(四) 全面核对、确定已掌握的每一个地质灾害易发区和隐患点，重新核实易发区和隐患点上的群测群防责任人和监测人及联系电话，落实新发现的隐患点的责任人和监测人，将全部地质灾害隐患点纳入县、乡（镇）、村、屯四级群测群防体系，补充修改完善容县地质灾害群测群防网络，健全责任机制，提出监测建议。

(五) 配合容县国土资源局完善容县地质灾害防灾预案，完善地质灾害易发区和隐患点资料，提出各地质灾害隐患点的初步方案。对危及人数在 30 人以上的地质灾害隐患点，原则上要求单独编制预防预案，要做到一点一案，一乡一体系。按地质灾害“一张图”内容要求建设完善容县地质灾害信息系统。

(六) 总结容县地质灾害分布规律、发育特征；划分调查区内内地质灾害易发区及危险区，定量评价重要地质灾害点的稳定性和危害程度；收集气象水文资料，结合水文地质条件和人类经济工程活动，分析降雨对滑坡、崩塌和泥石流的影响，进行地质灾害气象预警区划。

(七) 结合地质灾害点实际情况，协助地方政府有针对性地对监测人员和当地群众开展地质灾害防治知识培训工作，对各点的地质灾害防治工作进行现场指导。

(八) 研究容县不同岩性、时代、岩性地区地质灾害的发生与风化层厚度、降雨量等地质环境条件的关系，提交专题研究报告。

(九) 在城镇、旅游点、重要工程设施等地区，根据地质灾害和地质环境实际情况开展适当比例尺的地质灾害遥感调查。

项目组于 2013 年 3 月组建，4 月开始按任务书要求编制设计，6 月通过设计评审；2013 年 7 月开始，进行资料搜集、分析及野外调查准备工作，并开展野外钻探工作；8 月底开始全面开展野外调查工作，至 2014 年 2 月底完成野外工作。完成的主要实物工作量有：1:5 万地质灾害详细调查  $2257\text{km}^2$ ；1:5 万专项工程地质或地质灾害测量  $502\text{km}^2$ ；1:1 万专项工程地质或地质灾害测量  $37\text{km}^2$ ；1:2000 地质剖面测量  $46.56\text{km}$ ；工程地质钻探  $891.8\text{m}$ ；地质雷达探测  $5.31\text{km}$ ；1:2000 专项地质灾害测量  $1.5\text{km}^2$ ；槽探  $509.6\text{m}^3$ ；岩土水样测试 316 组。各项任务均完成或超额完成设计工作量。各项工作部署符合设计要求。

#### 四、野外检查验收情况

广西壮族自治区国土资源厅地质环境处组织野外验收专家组，于 2014 年 11 月 12~13 日，对容县地质灾害详细调查项目工作进行了野外和室内质量检查。野外实地抽查了容县六王镇六王村谭坭 2 队崩塌、六王镇龙头村大园坡脚滑坡等勘查点。室内抽查滑坡、崩塌、泥石流和不稳定斜坡等调查卡片 30 份（占卡片资料总数的 6.5%）、工程地质钻探资料 1 份（钻孔共 39 个）、槽探资料 1 份（探槽共 24 处）、地质雷达探测成果资料 1 份、1:2000 地质剖面实测资料 1 份（包括公路边坡剖面、典型地质灾害勘查点剖面和地质灾害及隐患点调查剖面）、1:2000 专项地质灾害测量资料 1 份（实测地质灾害及隐患点共 9 处）、土工测试资料 1 份和质量检查记录等。各类记录与主要数据采集较齐全，描述内容较全面，平、剖面图较完整，野外手图上点位较准确。

#### 五、质量体系运行情况

项目承担单位建立了总站—项目部—项目组三级质量管理体系，项目组严格按照建立的质量管理体系运行，项目执行项目负责人质量责任制，组建了总站项目质量管理小组。各作业组对原始资料进行了自检和互检，检查率达 100%。总站质量管理小组于 2013 年 12 月 16~17 日，对项目工作进行了室内和野外质量检查，各类质量抽查监督卡片内容完整，记录齐全，质量体系运行良好。检查有记录，项目组针对查出的问题及时进行了整改和完善。

#### 六、存在的主要问题及建议

1. 补充完善现场调查（勘查）卡片、平面图、剖面图的内容和特征描述；
2. 补充完善并加强对重点剖析灾点和花岗岩区的调查总结、乡镇情况和年度总结、总体工作总结；
3. 及时更新容县地质灾害隐患点管理系统数据库。

#### 七、验收结论

2014 年 11 月 12~13 日，广西壮族自治区国土资源厅组织了两位专家和玉林市国土资源局、容县国土资源局有关代表，在广西容县对项目野外工作进行了验收，通过听取汇报、野外与室内抽查和对各类资料的审阅，认为该项目完成了设计规定的工作量，各项工作部署布置符合设计要求，质量管理体系健全，取得的原始资料较为齐全、可靠。调查工作达到了任务书和设计书规定的目标任务，经专家组打分评议，野外工作质量评分为 91.5 分，属优秀级，建议予以验收通过。希望项目组抓紧时间，加强综合研究，尽快提交成果报告。

验收组组长：高武振

2014 年 11 月 13 日

广西容县地质灾害详细调查  
野外验收组名单

| 评审组   | 姓名  | 单位          | 职称/职务 | 签名  |
|-------|-----|-------------|-------|-----|
| 专家组组长 | 高武振 | 广西水文地质工程地质队 | 教授级高工 | 高武振 |
| 专家    | 黄秀凤 | 广西地质勘查院     | 高级工程师 | 黄秀凤 |
|       | 李玉权 | 广西国土资源厅     | 处长    | 李玉权 |
| 评审员   | 黄五林 | 玉林市国土资源局    | 调研员   | 黄五林 |
|       | 黄永驰 | 容县国土局       | 局长    | 黄永驰 |
|       | 姚康华 | 玉林市国土资源局    | 科长    | 姚康华 |
|       | 李庆  | 容县国土局       | 工程师   | 李庆  |

## 目 录

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第一章 前 言 .....                     | 1   |
| 第一节 目的和任务 .....                   | 1   |
| 第二节 自然地理与社会经济发展概况 .....           | 2   |
| 第三节 以往调查工作程度 .....                | 4   |
| 第四节 环境地质问题与地质灾害概况 .....           | 7   |
| 第五节 调查工作概述及质量评述 .....             | 9   |
| 第六节 成果编制与提交 .....                 | 18  |
| 第二章 地质环境条件 .....                  | 20  |
| 第一节 地形地貌 .....                    | 20  |
| 第二节 气象水文 .....                    | 22  |
| 第三节 地层岩性 .....                    | 25  |
| 第四节 地质构造 .....                    | 28  |
| 第五节 新构造运动与地震 .....                | 29  |
| 第六节 岩土体类型与基本特征 .....              | 30  |
| 第七节 水文地质条件 .....                  | 38  |
| 第八节 与地质灾害有关的人类工程经济活动 .....        | 40  |
| 第三章 地质灾害与地质灾害易发村（屯） .....         | 42  |
| 第一节 地质灾害类型 .....                  | 42  |
| 第二节 地质灾害发育与分布特征 .....             | 43  |
| 第三节 地质灾害发育密度分区 .....              | 65  |
| 第四节 地质灾害易发村（屯）空间分布特征及潜在危害程度 ..... | 66  |
| 第四章 地质灾害形成条件 .....                | 70  |
| 第一节 地形地貌与地质灾害 .....               | 70  |
| 第二节 地层岩性及岩土体类型与地质灾害 .....         | 73  |
| 第三节 地质构造与地质灾害 .....               | 77  |
| 第四节 降雨与地质灾害 .....                 | 78  |
| 第五节 人类工程活动与地质灾害 .....             | 87  |
| 第六节 六王镇花岗岩区地质灾害易发性分析 .....        | 88  |
| 第五章 典型地质灾害点勘查与评价 .....            | 94  |
| 第一节 六王镇龙头村大园坡脚滑坡 .....            | 94  |
| 第二节 六王镇龙头村上塘滑坡 .....              | 111 |
| 第三节 杨梅镇石岭村地雷滑坡 .....              | 124 |
| 第四节 石寨镇下烟村平梨滑坡 .....              | 136 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第六章 地质灾害易发区、危险区划分及分区评价 ..... | 154 |
| 第一节 地质灾害易发区划分及分区评价 .....     | 154 |
| 第二节 地质灾害危险区划分及分区评价 .....     | 170 |
| 第七章 地质环境保护与地质灾害防治对策 .....    | 177 |
| 第一节 地质环境保护与地质灾害防治原则 .....    | 177 |
| 第二节 地质灾害防治规划建议 .....         | 179 |
| 第三节 地质灾害群测群防体系建设 .....       | 184 |
| 第四节 地质灾害防治措施 .....           | 185 |
| 第八章 地质灾害信息系统建设 .....         | 198 |
| 第一节 信息系统建设工作方法及流程 .....      | 198 |
| 第二节 数据质量评述 .....             | 206 |
| 第三节 数据库信息化成果提交 .....         | 209 |
| 第九章 结论与建议 .....              | 209 |
| 第一节 结论 .....                 | 210 |
| 第二节 建议 .....                 | 217 |

## 主要附图、附件、附表

### 附图:

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 附图 1: 广西容县地质灾害详细调查实际材料图 (1:10 万) | 1 幅 |
| 附图 2: 广西容县区域工程地质条件图 (1:10 万)     | 1 幅 |
| 附图 3: 广西容县地质灾害分布图 (1:10 万)       | 1 幅 |
| 附图 4: 广西容县地质灾害易发程度分区图 (1:10 万)   | 1 幅 |
| 附图 5: 广西容县地质灾害危险程度分区图 (1:10 万)   | 1 幅 |
| 附图 6: 广西容县地质灾害防治规划图 (1:10 万)     | 1 幅 |

### 附件:

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 附件 1: 广西容县地质灾害气象预警研究专题报告              | 1 册 |
| 附件 2: 广西容县地质灾害发生与岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告 | 1 册 |
| 附件 3: 广西容县重要地质灾害防灾预案                  | 1 册 |
| 附件 4: 广西容县地质灾害详细调查数据库与信息系统            | 1 套 |

### 附表:

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 附表 1: 广西容县地质灾害隐患点及其特征统计表      | 1 册 |
| 附表 2: 广西容县地质灾害隐患点防治规划及监测建议一览表 | 1 册 |

# 第一章 前 言

## 第一节 目的和任务

### 一、任务来源

广西壮族自治区国土资源厅于 2013 年 3 月 11 日以桂国土资办[2013]121 号文给我站下达了广西容县地质灾害详细调查任务，根据任务要求，由我站完成广西容县地质灾害详细调查项目。

### 二、总体目标任务

容县地处桂东南地区，全县面积  $2257\text{km}^2$ ，是广西地质灾害中高发区。为进一步查清广西容县地质灾害情况，在已完成的容县 1: 10 万县（市）地质灾害调查与区划、2010 年容县地质灾害易发区和隐患点普查以及 2011 年容县地质灾害易发区和隐患点核查等工作的基础上，以遥感、地面调查、测绘、工程勘查为主要手段，开展广西容县地质灾害详细调查，全面查明广西容县地质灾害发育的类型、地质环境条件、工程地质条件、特征、分布规律及形成机制，并对其危害程度及发展趋势进行评价，建立监测预警预报系统，健全群测群防网络体系，建立地质灾害信息系统，为容县减灾防灾和社会经济可持续发展等提供系统的地质理论依据及防治对策。

### 三、主要工作任务

容县地质灾害详细调查是按照 1: 5 万地质灾害详细调查技术要求，采用遥感、地面调查并配合钻探、物探、山地工程等手段进行，具体任务内容如下：

1、按照 1:5 万地质灾害详细调查技术要求，采用遥感、地面调查等手段，查明容县地质灾害形成的地质环境条件，分析地质灾害种类、分布、规模、稳定状态和危害程度。详细记录每个破坏（危害）点的单位性质（学校、村屯、工厂等）、户数、人数、房屋数量和结构、建筑面积、土地、财产损失以及地质灾害规模、防治建议、防治工程（包括搬迁）等内容，提出防治经费估算和防治意见。

2、对县内全部城镇、村庄、分散居民点、厂矿、旅游点、重要工程设施、交通干线等潜在地质灾害易发区和隐患点进行调查、填图和范围划定，并对其稳定性及危害性进行评价。

3、选择重要地质灾害体进行地质测绘及勘查，查明地质环境、边界条件、规模、岩土体结构及特征、水文地质条件及成因，提供有关参数，同时对稳定性进行分析与计算，分析成灾的可能性、成灾的条件，作出综合评价。

4、全面核对已掌握的每一个地质灾害易发区和隐患点的群测群防责任人和监测人的联系电话，落实新的隐患点的责任人和监测人；协助容县落实县、镇、村、屯四级责任体系，补充修改完善容县地质灾害群测群防网络，提出监测建议。

5、配合容县国土资源局编制完善容县地质灾害防灾预案，完善容县地质灾害易发区和隐患点资料，提出容县各地质灾害隐患点防治初步方案。对危及人数在 30 人以上的地质灾害隐患点，原则上要求单独编制防灾预案，设立群测群防点，要做到一点一案，一镇一体系。按“一张图”内容要求建设完善容县地质灾害信息系统。

6、总结容县地质灾害分布规律、发育特征；划分调查区内地质灾害易发区及危险区，定量评价重要地质灾害点的稳定性和危害程度；收集气象水文资料，结合水文地质条件和人类经济工程活动，分析降雨对滑坡、崩塌和泥石流的影响，进行地质灾害气象预警区划。

7、结合各地质灾害点实际情况，针对性地对监测人员和当地群众开展地质灾害防治知识培训工作，对各点的地质灾害防治工作进行现场指导。

8、研究容县不同岩相、时代、岩性地区地质灾害的发生与风化层厚度、降雨量等地质环境条件的关系，提交专题研究报告。

9、在城镇、旅游点、重要工程设施等地区，根据地质灾害和地质环境实际情况开展相应比例尺的遥感调查。

## 第二节 自然地理与社会经济发展概况

### 一、工作区范围及交通

本次详查工作区为容县行政区划范围，全县辖 15 个乡镇。容县地处广西东南部，玉林市最东部，北流江（容县称之为绣江）中游，地理坐标为东经： $110^{\circ}15'00''\sim110^{\circ}53'00''$ ，北纬： $22^{\circ}27'00''\sim23^{\circ}07'00''$ 。东部与岑溪市邻，东北部与藤县相接，南部与北流市及广东的信宜市接壤，西部与北流市交界，西北部与桂平毗连，北部与藤县、平南县联接。东西最大横距 51km，南北最大纵距 73.5km。容县县城设于容州镇（与贺州八步、河池怀远、柳州融安镇合称广西古代四大名镇），西距自治区首府 240km。工作区总面积为  $2257\text{km}^2$ 。

容县是云、贵、川、湘等省区陆路通往广东沿海的枢纽之一，交通十分方便。容县交通发达，路网密集。北流江（境内称绣江）穿境而过，水路可达梧州、广州、深圳、港澳等地。324 国道贯穿东西，现境内已建成通车的高等级公路有容岑、玉容一级公路，容信（宜）、容平（平南县）、容藤（藤县）二级公路。此外，洛湛铁路容县段于 2011 年元旦已全线开通；南广高速公路容县段均以已建成通车。全县所有乡镇、村委已通汽车，交通十分方便，见图 1-2-1。

### 二、社会经济发展概况

#### （一）人口结构

容县辖容州镇、杨梅镇、灵山镇、六王镇、黎村镇、杨村镇、县底镇、自良镇、松山镇、罗江镇、石头镇、石寨镇、容西镇、十里镇、浪水镇等 15 个镇，218 个村（街），总人口约 83 万（2013 年），全县平均人口密度约  $367 \text{人}/\text{km}^2$ ，其中容州镇和黎村镇人口密度较大，分别为  $3377 \text{人}/\text{km}^2$  和  $403 \text{人}/\text{km}^2$ 。

#### （二）资源开发利用

1、土地资源：全县土地资源总量为 337.99 万亩。耕地 32.985 万亩，其中水田 27.87 万亩，旱地 5.12 万亩；园地面积 11.25 万亩；林地面积 239.49 万亩；牧草地面积 0.05 万亩；居民点及工矿用地 12.99 万亩；交通用地 1.87 万亩；水域 8.36 万亩。

2、水资源：容县水资源丰富，境内河流主要有绣江、杨梅江、泗罗江等，均属西江水系。有中型水库 1 座（宁冲水库），小型水库 64 座，水库容量 9429 万立方米，有效库容 7090 万立方米。全县多年地表水径流总量年平均为 20 亿立方米，水力资源蕴藏量为 13.50 万千瓦，

可供开发量 8.63 万千瓦，已开发 2.84 万千瓦。

3、矿产资源：容县境内已知矿种有金、银、铜、铅等 20 多种，但有工业储量的只有铜、铁、稀有、高岭土等几种。

4、旅游资源：容县山川秀丽，人文景观独特，旅游资源十分丰富。容县正认真按照自治区党委彭清华书记在容县提出的“六个一”（一阁楼——真武阁，一座山——都峤山，一条江——绣江，一贵妃——杨贵妃，一将军别墅——92 位爱国将军故居，一侨乡——广西最大侨乡）的发展思路，重点推进真武阁景区、都峤山景区、桂系将军别墅群的整体开发，充分发挥长寿之乡的名片发展长寿产业，狠抓旅游经济的培育和发展。

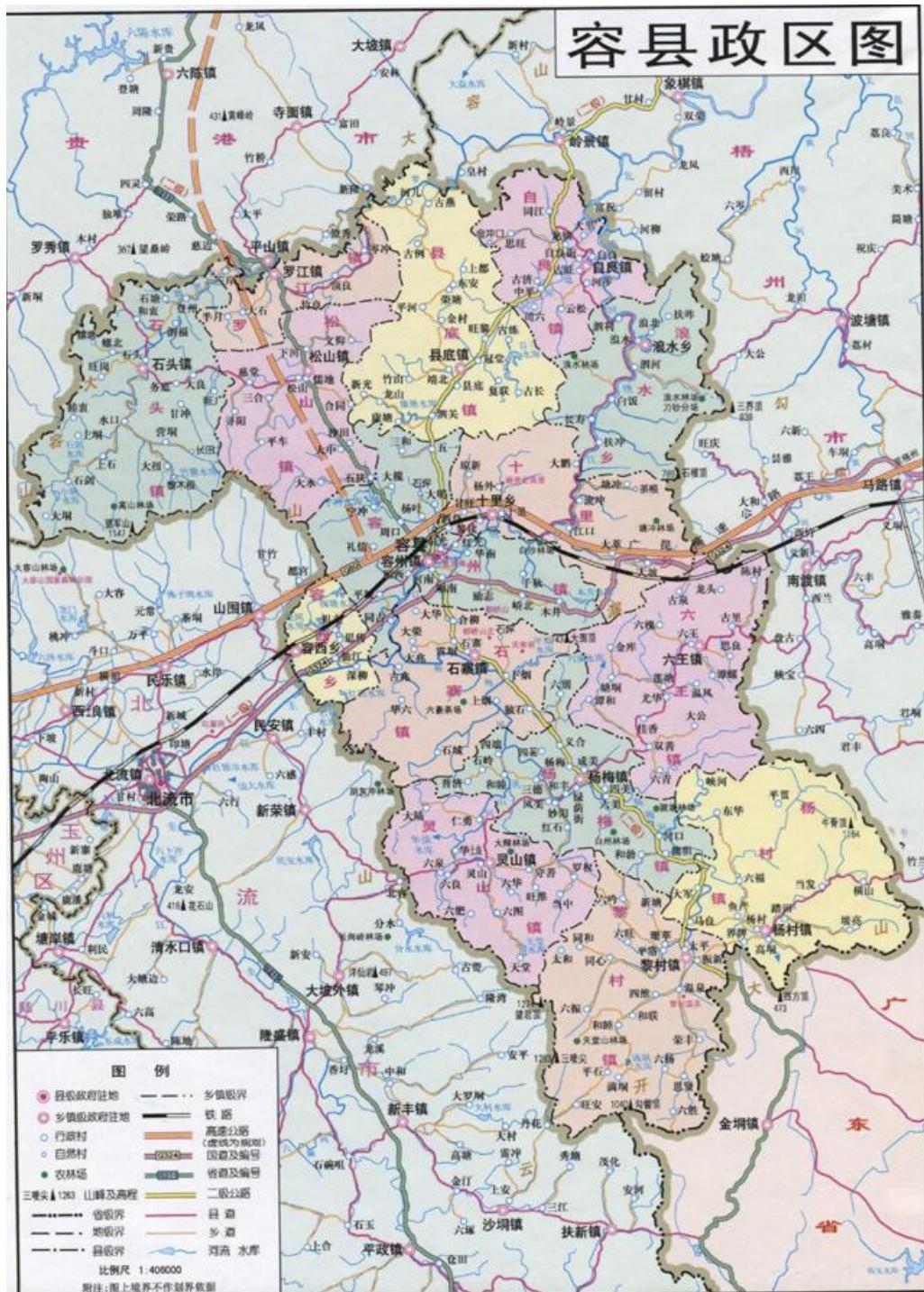


图 1-2-1 容县交通位置图

### (三) 社会经济状况

2013年，容县切实抓好稳增长、调结构、强后劲、促改革、惠民生各项工作，经济社会呈现良好发展态势。全县实现地区生产总值132.4亿元，同比增长10%；财政收入9.78亿元，增长15.7%；全社会固定资产投资108.2亿元，增长28.7%；规上工业增加值53.8亿元，增长17.5%；社会消费品零售总额46.6亿元，增长13.9%；城镇居民人均可支配收入21084元，增长10.1%；农民人均纯收入7994元，增长14%。

### (四) 社会发展规划

根据容县“十二五”规划，力争到2015年，全县发展达到玉林市中上水平，经济实力和综合竞争力显著增强，为与全县同步实现全面建成小康社会奠定坚实基础。发展规划如下：

1、经济平稳较快发展。力争到2015年实现地区生产总值达到140亿元；财政收入到2015年达到11.3亿元；全社会固定资产投资184亿元；社会消费品零售总额达到60亿元。2、经济结构调整取得重大进展。三次产业结构进一步优化，由2010年的25.88:48.56:25.56调整为21:50.5:28.5。城镇化率提高13个百分点。3、基础设施更加完善。4、社会建设明显加强。5、改革开放不断深化。

### (五) 容县“十二五期间”重要建设工程规划

1、交通项目工程。(1)规划建设平南—信宜（容县段）高速公路；(2)把容城至容西旧324线国道提等改造为一级公路；(3)规划新建容城—自良，黎村经城区—罗江提等改造为一级公路；(4)规划建设连接开发区外环一级公路；(5)建设松山—罗秀（桂平）、六王（岑溪界）—杨梅—灵山（北流界）等2条二级公路；(6)建设大桂桥、水冲大桥等8个项目。

2、能源项目工程。(1)新建平坡至城南、杨梅至黎村、平坡至城西、城南至松山等110KV送变电工程；(2)新建黎村35KV送变电工程；(3)新建城南变至六王、高林林业的35KV联络线路；(4)改造板桥至城西、泗登至县底、绿荫至灵山、石头至小垌、泗登至石头、泗登至浪水、泗登变至容城变、板桥变至容城等35KV线路改造；(5)改造县底、黎村、杨村、六王、自良等5座35KV变电站；(6)江口电站、大龙河电站的建设；(7)新建改造城区10KV主线50km，新建容县经济开发区10KV配电线路35km、木香区10KV配电干线5km、江南小区10KV配电干线4km；(8)新建改造农村10KV配电网200km，新建改造农村低压配电台区500个，新建改造低压配电线路500km。

## 第三节 以往调查工作程度

### 一、以往工作成果

容县较全面的地质调查工作是从解放后开始进行的，解放初期至九十年代均是以基础地质和水文地质调查为主。九十年代后期至今，随着容县国民经济建设发展和对地质灾害认识的提高，针对地质环境和地质灾害的调查工作得到了加强，也取得了许多水工环方面的成果，这些成果为本次的容县地质灾害详查提供了或多或少地质背景方面的保障。容县境内以往地质工作成果见表1-3-1（表中备注栏标注“☆”的表示已收集到的工作成果），容县以往部分主要地质工作范围见图1-3-1。

表 1-3-1 容县境内以往主要地质工作成果一览表

| 序号 | 名称                               | 时间         | 承担单位        | 备注 |
|----|----------------------------------|------------|-------------|----|
| 1  | 1: 20万玉林、容县幅区域地质调查报告             | 1966~1967年 | 广西区地质测量队    | ☆  |
| 2  | 1: 20万区域水文地质普查报告(容县幅)            | 1983年      | 广西水文地质工程地质队 |    |
| 3  | 1: 20万区域水文地质普查报告(玉林幅)            | 1985年      | 广西水文地质工程地质队 |    |
| 4  | 广西东南部水文地质、工程地质、环境地质综合评价报告        | 1988年      | 广西水文地质工程地质队 |    |
| 5  | 容县县城环境水文地质调查报告                   | 1991年      | 广西地质环境监测总站  |    |
| 6  | 1: 100万广西地质灾害区划报告                | 1991~1993年 | 广西水文地质工程地质队 |    |
| 7  | 1: 50万环境地质调查报告                   | 1999年      | 广西水文地质工程地质队 |    |
| 8  | 1: 10万容县地质灾害调查与区划报告              | 2005年      | 广西地质环境监测总站  | ☆  |
| 9  | 容县突发性地质灾害调查简报                    | 2008~2012年 | 广西玉林地质环境监测站 | ☆  |
| 10 | 广西地质灾害易发区和隐患点普查、核查报告             | 2010~2011年 | 广西地质环境监测总站  | ☆  |
| 11 | 容县地质灾害防治规划(2010~2020年)           | 2010年      | 广西玉林地质环境监测站 | ☆  |
| 12 | 容县六王镇陈村上垌二队不稳定边坡地质灾害防治工程勘查报告     | 2012年      | 广西北海地质工程勘察院 | ☆  |
| 13 | 容县六王镇六王村龙井至新铺一队不稳定斜坡地质灾害防治工程勘查报告 | 2012年      | 广西北海地质工程勘察院 | ☆  |

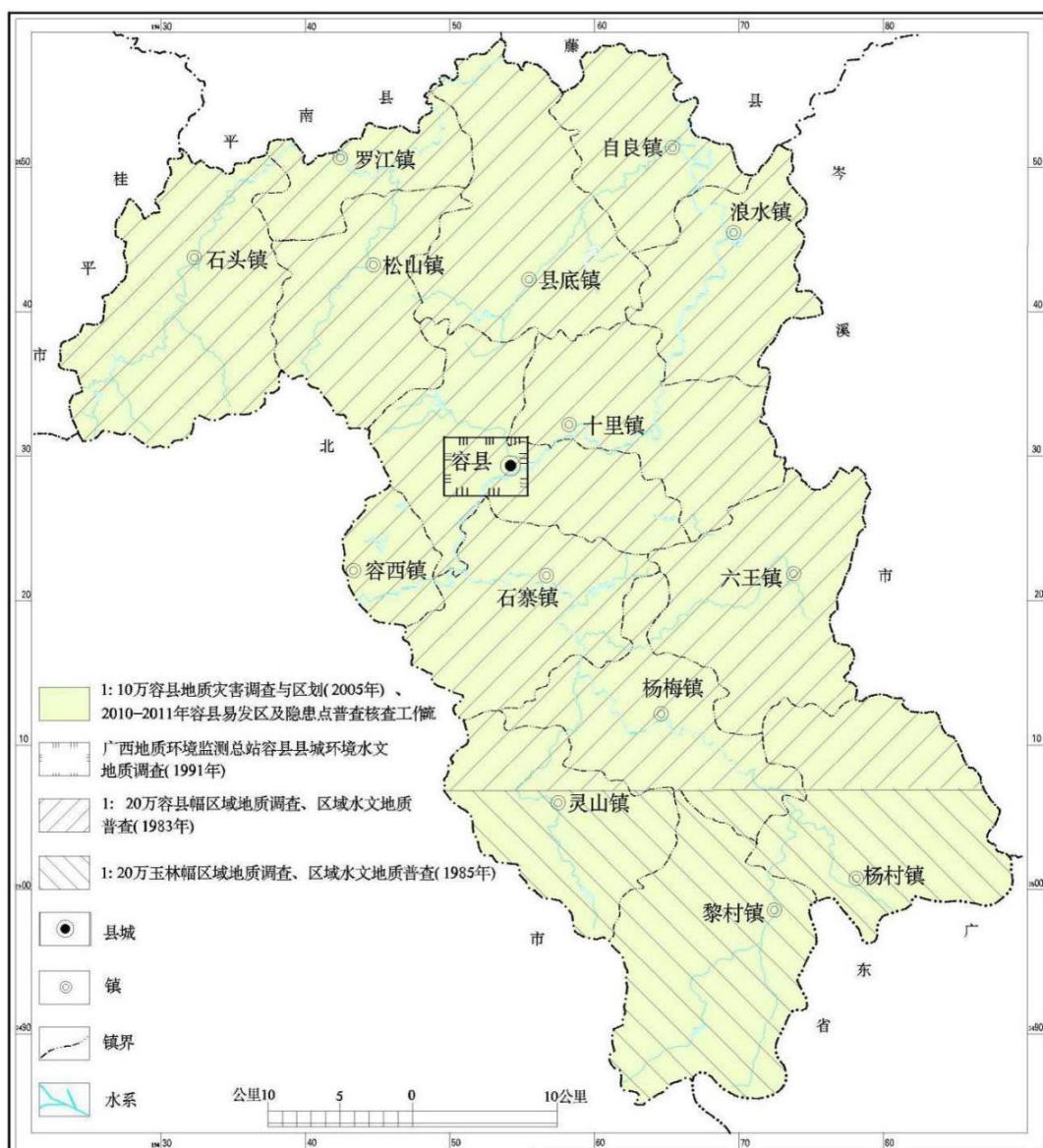


图 1-3-1 容县以往工作程度图

## 二、以往主要工作成果评述

前人的上述工作成果为本项目的开展打下了良好的基础，尤其是 1: 10 万的地质灾害调查与区划项目、容县 2010 年 6 月 2 日突发性地质灾害调查、2010 年地质灾害易发区和隐患点普查及 2011 年地质灾害易发区和隐患点核查工作等，比较全面地调查了容县地质灾害及隐患点的数量、类型、规模和发育、分布特征等。

### （一）容县 1: 10 万地质灾害调查与区划项目

1、发现地质灾害点及隐患点共 265 处，其中滑坡 103 处，占 38.87%；崩塌 50 处，占 18.87%；不稳定斜坡 110 处，占 41.51%；泥石流 2 处，占 0.75%；隐患点 262 处。

2、基本查明了容县地质灾害时空分布规律和发生规律以及发展趋势。

3、采用定性、半定量分析方法，进行了地质灾害易发区划分，并分别对各区的地质环境特征、地质灾害发育状况做了详细论述。

4、设立群测群防地质灾害监测点 223 处，初步建立了地质灾害群测群防网络体系，编制了容县地质灾害防治规划和重要地质灾害点防灾预案等。

### （二）容县 2010 年 6 月 2 日突发性地质灾害调查工作

2010 年 6 月 2 日，容县、岑溪市范围内普降暴雨～大暴雨。容县“6.2”地质灾害主要发生在容县南东面六王镇六王村～陈村～龙头村一带，地理坐标为 X: 2521800, Y: 19473855 (东经: 110°44'43", 北纬: 22°47'39")。自 6 月 1 日下午 19 时至 6 月 2 日早上 6 时，玉林市普降暴雨～大暴雨，降雨持续将近 12 个小时，据玉林气象台提供资料，本次降雨过程雨量多在 50～150mm 之间，最大降雨量达 244.9mm。其中六王镇站点过程降雨量为 210.5mm。在强降雨的诱发下，容县六王镇六王村～陈村～龙头村一带暴发了点多面广的群发型崩塌、滑坡、泥石流地质灾害数千起，山坡上千疮百孔，满目疮痍。据事后应急调查工作统计，造成人员伤亡及财产损失的地质灾害点共 231 处，其中滑坡 132 处、崩塌 61 处、不稳定斜坡 38 处，共造成 32 人死亡、6 人受伤，毁坏民房 1049 间，估算直接经济损失约 1717.2 万元（间接经济损失无法估算）。此次工作获取了大量宝贵的现场资料，初步查明了各类地质灾害的分布、规模、发育、稳定性及危害程度等特征，初步分析了灾害的成因和发展趋势，提出了地质灾害防治工作建议。

### （三）2010 年地质灾害易发区和隐患点普查工作

根据自治区人民政府办公厅《关于印发广西地质灾害易发区和隐患点普查工作方案的通知》（桂政办发[2010]116 号）文件要求，广西各市、县（区）于 2010 年 7～2010 年 12 月开展了广西地质灾害易发区和隐患点普查工作。这次普查在容县境内新发现了地质灾害隐患点 33 处，其中滑坡隐患点 22 处，崩塌隐患点 2 处、不稳定斜坡 9 处；确定了地质灾害易发点（或点）2692 处；对所有的新增的地质灾害隐患点和易发村（屯）都落实了监测人员。

### （四）2011 年地质灾害易发区和隐患点核查工作

根据自治区人民政府办公厅《关于下达地质灾害易发区和隐患点核查与地质灾害监测员培训任务的通知》（桂政办发[2011]174 号）文件要求，广西地质环境监测总站对容县浪水镇、黎村镇、灵山镇、六王镇、十里镇、石头镇、石寨镇、松山镇、县底镇、自良镇、杨梅镇等

11个乡镇 48 个村的 1173 处易发屯（或点）和 33 个隐患点派出专业技术人员开展了核查工作。这次核查核销了 2010 年普查工作中新发现的 3 处滑坡地质灾害隐患点；核销了 2010 年普查工作中确定的地质灾害易发屯（或点）149 处。

### 三、以往工作存在的问题

上述项目均取得了较丰硕成果，基本查明了各类地质灾害的分布、规模、发育、稳定性以及危害程度等诸多特征。但由于受工作精度限制，对地质灾害发育与地质环境条件的相互关系调查和分析、研究尚不够深入，尤其对降雨诱发地质灾害的规律、岩土体性质与地质灾害关系的研究尚不深入，尚需建立和完善地质灾害气象预报预警体系。近几年来，虽然有些单位对一些特定区域的地质灾害点进行了专门的调查、评价和治理等工作，但未做专门系统的分析研究，因此仍不能满足此次项目任务的要求。

### 四、本次成果报告中引用或参考的已收集成果

1、本次容县地灾详查对区划调查点中无变形迹象或已搬迁的点不再填写卡片，直接引用原区划卡片资料进行统计分析；

2、《容县六王镇陈村上垌二队不稳定边坡地质灾害防治工程勘查报告》和《容县六王镇六王村龙井至新铺一队不稳定边坡地质灾害防治工程勘查报告》及其土工试验报告中对本次成果报告有用的内容进行了引用。

3、2005~2012 年容县突发性地质灾害调查简报中对本次成果报告编写适用的内容进行了引用。

4、表 1-3-1 中已收集到的以往地质工作成果均作为本次成果报告的参考资料。

## 第四节 环境地质问题与地质灾害概况

### 一、环境地质问题

容县地处广西东南部，地势特征是南东、西南高，中部和北部低，由南向北倾斜。北西部有大容山，南有天堂山，地貌以山地和丘陵为主。地层岩性和地质构造复杂。气候属亚热带季风型，物理风化作用较强，构成了区内较复杂的地质环境。容县环境地质问题主要为由人类工程活动和降雨共同作用诱发的滑坡、崩塌、不稳定斜坡和泥石流等不良地质现象及地质灾害问题。

### 二、地质灾害概况

#### （一）地质灾害主要类型

根据详查前历史调查结果及本次容县详查结果综合统计，由表 1-4-2 可见，容县地质灾害共 774 处（包括隐患点）；其中，滑坡 314 处，数量最多，占 40.57%；崩塌 208 处，占 26.87%；不稳定斜坡 250 处，占 32.30%；泥石流 2 处，占 0.26%；滑坡、不稳定斜坡和崩塌为容县地质灾害的主要类型。

表 1-4-2 容县地质灾害类型及数量统计表

| 地质灾害类型 | 崩塌    | 滑坡    | 不稳定斜坡 | 泥石流  | 合计  |
|--------|-------|-------|-------|------|-----|
| 数量（处）  | 208   | 314   | 250   | 2    | 774 |
| 比例（%）  | 26.87 | 40.57 | 32.30 | 0.26 | 100 |

## (二) 地质灾害发生的时间

### 1、按年份统计

2005 年以来,由于台风降雨和局地暴雨的较频繁作用,容县地质灾害的发育数量较 2005 年以前大幅增加。由表 1-4-3 可知,2005 年至 2013 年详查结束(约九年时间),容县发生的地质灾害数量约为 2005 年以前地质灾害数量的 1.92 倍。各类型地质灾害发生的年份统计见表 1-4-3。

### 2、按月份统计

由表 1-4-4 可知,容县 6~8 月已发生的地质灾害数量位居 12 个月份的前三位,说明 6~8 月为容县地质灾害的易发月份。各类型地质灾害发生的月份统计见表 1-4-4。

表 1-4-3 容县地质灾害发生年份一览表

| 地质灾害类型   | 2005 年以前 | 2005-2012 年 | 2013 年 | 分计  |
|----------|----------|-------------|--------|-----|
| 崩塌(处)    | 51       | 72          | 85     | 208 |
| 滑坡(处)    | 103      | 141         | 70     | 314 |
| 不稳定斜坡(处) | 109      | 43          | 98     | 250 |
| 泥石流(处)   | 2        | 0           | 0      | 2   |
| 合计(处)    | 265      | 256         | 253    | 774 |

表 1-4-4 容县地质灾害发生月份一览表

| 灾害类型     | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 分计  |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| 崩塌(处)    | 0   | 0   | 4   | 5   | 8   | 99  | 15  | 68  | 6   | 2    | 0    | 1    | 208 |
| 滑坡(处)    | 0   | 1   | 0   | 6   | 7   | 174 | 49  | 67  | 5   | 3    | 2    | 0    | 314 |
| 不稳定斜坡(处) | 0   | 0   | 3   | 12  | 12  | 75  | 54  | 88  | 4   | 0    | 2    | 0    | 250 |
| 泥石流(处)   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 2   |
| 合计(处)    | 0   | 1   | 7   | 24  | 27  | 348 | 119 | 223 | 15  | 5    | 4    | 1    | 774 |

## (三) 地质灾害已造成的损失和隐患点潜在威胁

根据历史调查及本次详查结果统计,容县地质灾害共造成 32 人受伤、94 人死亡、直接经济损失 3766.12 万元;本次详查最终确定容县仍存地质灾害隐患点 441 处,威胁 5858 人,威胁财产 11397.50 万元。容县各类地质灾害造成的损失和隐患点潜在威胁情况见表 1-4-5。

表 1-4-5 容县各类地质灾害造成的损失和隐患点潜在威胁一览表

| 灾害类型  | 数量(处) | 伤(人) | 亡(人) | 直接经济损失(万元) | 隐患点(处) | 威胁人数(人) | 威胁财产(万元) |
|-------|-------|------|------|------------|--------|---------|----------|
| 崩塌    | 208   | 13   | 35   | 288.35     | 111    | 990     | 1773.00  |
| 滑坡    | 314   | 11   | 54   | 2323.32    | 148    | 1861    | 3686.50  |
| 不稳定斜坡 | 250   | 8    | 5    | 266.95     | 182    | 2967    | 5938.00  |
| 泥石流   | 2     | 0    | 0    | 887.50     | 0      | 0       | 0        |
| 合计    | 774   | 32   | 94   | 3766.12    | 441    | 5858    | 11397.50 |

从地质灾害所造成的直接经济损失来看,六王镇所遭受的直接经济损失最重,约 1774.45 万元;黎村镇所遭受的直接经济损失次之,约 953.30 万元;杨村镇和灵山镇所遭受的直接经济损失也超过了 100 万元;其余各镇所遭受的直接经济损失在 100 万元以内,容西镇最低。

从地质灾害隐患点潜在威胁来看，六王镇、黎村镇遭受隐患点威胁的人数在千人以上，杨村镇遭受隐患点威胁的人数也接近千人，石头镇遭受隐患点威胁的人数为 555 人，其余各镇遭受隐患点威胁的人数在 300 人以内；六王镇、黎村镇、杨村镇和石头镇遭受隐患点威胁的财产在千万元以上，其余各镇所遭受的直接经济损失在千万元以内，容西镇最低。这个分布特点是与各镇所处区域的地形地貌、地层岩性、地质构造、人类活动的剧烈程度以及降雨情况等因素有关，后面章节将进行详细分析。容县各镇地质灾害造成的直接经济损失和隐患点潜在威胁情况见表 1-4-6。

**表 1-4-6 容县各镇地质灾害造成的损失和潜在威胁一览表**

| 乡镇名称 | 面积 (km <sup>2</sup> ) | 地质灾害 (处) | 伤 (人) | 亡 (人) | 直接经济损失 (万元) | 隐患点 (处) | 威胁人数 (人) | 威胁财产 (万元) |
|------|-----------------------|----------|-------|-------|-------------|---------|----------|-----------|
| 容州镇  | 178.1                 | 26       | 0     | 11    | 378.50      | 15      | 134      | 224.00    |
| 容西镇  | 47.5                  | 2        | 0     | 0     | 1.00        | 1       | 4        | 30.00     |
| 十里镇  | 151.3                 | 23       | 0     | 2     | 14.50       | 15      | 205      | 557.00    |
| 浪水镇  | 132.5                 | 14       | 0     | 3     | 14.88       | 10      | 174      | 430.00    |
| 自良镇  | 102.1                 | 29       | 10    | 6     | 36.90       | 19      | 158      | 416.50    |
| 县底镇  | 195.5                 | 45       | 0     | 5     | 52.30       | 17      | 99       | 106.00    |
| 杨梅镇  | 147.3                 | 34       | 4     | 5     | 60.00       | 20      | 258      | 394.50    |
| 灵山镇  | 139.4                 | 50       | 0     | 4     | 201.70      | 27      | 212      | 645.00    |
| 石寨镇  | 149.3                 | 23       | 0     | 1     | 26.30       | 19      | 167      | 284.50    |
| 六王镇  | 182.4                 | 289      | 14    | 41    | 1774.45     | 110     | 1529     | 2128.50   |
| 杨村镇  | 207.0                 | 52       | 2     | 6     | 111.10      | 37      | 943      | 1368.50   |
| 黎村镇  | 203.7                 | 73       | 0     | 7     | 953.30      | 52      | 1011     | 1005.00   |
| 罗江镇  | 67.1                  | 25       | 0     | 1     | 34.14       | 20      | 194      | 474.00    |
| 石头镇  | 213.6                 | 61       | 1     | 2     | 71.95       | 55      | 555      | 1722.00   |
| 松山镇  | 140.2                 | 28       | 1     | 0     | 35.10       | 24      | 215      | 612.00    |
| 合计   | 2257.0                | 774      | 32    | 94    | 3766.12     | 441     | 5858     | 11397.50  |

## 第五节 调查工作概述及质量评述

本次容县地质灾害详细调查是在 2004 年完成的 1: 10 万容县地质灾害调查与区划、2010 年开展的容县地质灾害易发区和隐患点普查以及 2011 年开展的容县地质灾害易发区和隐患点核查等项目的基础上开展的。在工作过程中，以现代地质灾害理论为指导，地面调查和测绘为主要手段，并辅以必要的钻探、槽探和物探手段，采用点、线、面相结合，重点调查和一般调查相结合，专业调查与地方政府部门参与，调查与研究相结合的方法开展工作。

### 一、分段工作安排

项目工作基本按《设计书》开展，分为以下 3 个阶段。

#### (一) 前期准备阶段

2013 年 6 月前，完成了资料收集、野外踏勘和设计编写以及设计书评审修改工作，并对参与调查的专业技术人员进行了技术培训与安全规程培训，准备野外工作所需的手图以及各类设备与仪器，做好野外工作准备。

#### (二) 野外综合调查阶段

本阶段工作是在充分收集分析利用已有资料的基础上进行的。

2013年6月至2013年7月，对容县六王镇龙头村大园坡脚滑坡、六王镇龙头村上塘滑坡、杨梅镇石岭地雷滑坡和石寨镇下烟平梨滑坡等4处典型且重大地质灾害隐患点布置了测绘与勘查工作。对典型花岗岩地区和碎屑岩地区进行残积土层、滑带土、风化层的划分，并对滑坡治理有关参数、滑坡稳定性分析方法、治理方法进行了分析、研究。2013年8月中旬开始全面进行野外地质调查工作。先进行地质灾害及隐患点和易发村（屯）的调查、核查工作，在调查、核查工作的基础上，选取典型地区的典型剖面进行工程地质测绘，选取典型花岗岩区的典型地质灾害岩土体进行取样。2014年2月完成野外综合调查工作。

### （三）野外成果资料整理及成果报告编写阶段

2014年3月初转入室内资料整理、分析阶段。在室内资料整理、分析的同时对成果报告中需要的表格进行统计、基础图件进行编制、基础章节进行编写。2014年7月底完成了野外成果资料的整理，同时开始全面进行容县地灾详查的成果报告编写工作。2014年11月13日，项目野外工作通过了区国土资源厅专家组的验收，成绩优秀；针对专家组的整改意见，对野外工作做了必要的补充。2014年12月完成了成果报告的编写、初审和修改。

## 二、工作方法

本次容县详查工作方法根据设计书及任务书要求开展工作，采用如下主要工作方法。

### （一）已有资料的收集与开发利用

系统收集到的资料包含了地形图、区域地质、水文地质、工程地质、灾害地质、气象水文等与地质灾害相关资料，及容县经济社会概况、发展规划、矿产资源发展规划、土地利用规划等资料。项目组队所收集的资料进行了整理分析及二次开发，基本满足了详细调查工作的需要。

### （二）重点调查区和一般调查区相结合调查

根据地质环境条件和地质灾害发育程度，地面调查工作先将调查区划分为重点调查区与一般调查区，再采用重点调查区与一般调查区相结合的工作方法、不搞平均布点的调查方式开展调查。

#### 1、重点调查区

对于面积 $37\text{ km}^2$ 的1:1万重点调查区（“6.2”地质灾害重灾区），以1:1万地形图做为野外调查手图，进行1:10000专项工程或地质灾害测量，调查点数不应少于1点/ $\text{km}^2$ ，观测路线间距0.5~1km；对重大且典型的灾害隐患点进行比例尺为1:500~1:2000的地面测绘，并辅以必要的物探、钻探、山地工程等手段；选择六王镇花岗岩区典型的地灾点和不良地质现象点进行岩土体取样分析。

对于调查面积 $502\text{ km}^2$ 的1:5万重点调查区，以1:5万地形图做为野外调查手图，进行1:50000专项工程或地质灾害测量，调查点数不少于0.5点/ $\text{km}^2$ ，观测路线间距1~2km；对重大且典型的灾害隐患点进行比例尺为1:500~1:2000的地面测绘，并辅以必要的物探、钻探、山地工程等手段；选择典型的地质剖面进行1:2000的地质剖面测量。

#### 2、一般调查区

对于调查面积 $1718\text{ km}^2$ 的一般调查区，以1:5万比例尺地形图为野外调查手图，开展1:

5万比例尺地质灾害调查和地质环境条件调查，采用逐村调查方式进行，调查灾害点密度不少于0.2点/km<sup>2</sup>，对于当地国土部门或群众上报的所有灾害点或隐患点逐一进行实地调查；选择典型的地质剖面进行1:2000的地质剖面测量。

### （三）点、线、面相结合调查

#### 1、点上调查

本次详查是在容县国土局和各村村委会协助下逐村进行调查的。对当地国土部门在册的隐患点进行逐一核查，对已发生灾害或存在隐患的点填写相应卡片；对于区划点，如仍存隐患的点则填写相应卡片，如无变形迹象或已搬迁的点则不再填写卡片，直接应用原区划卡片资料作统计分析；对于新发现的地灾点和隐患点，除进行调查记录外，还把新增隐患点的情况及时告知受威胁群众，督促其做好监测及防范工作；对灾情严重，威胁较大的地质灾害点，建立群测群防监测点；对危险性大、情况紧急的乡下地质灾害点向乡镇政府提出应急防治建议，对市区内的报市国土局，列入勘查、治理建议。

本次野外调查过程中，还对沿途一些揭露岩土体结构较为典型的切坡和部分灾害发育稀少地段进行地质环境点调查，以全面了解容县各个地段地质环境特征。

#### 2、线上调查

主要沿着主要交通干线及其两侧村庄或河流沟谷进行地质灾害及隐患点和地质环境条件的追踪调查。

#### 3、面上调查

根据不同地质环境条件下地质灾害的易发性，对不同的区域进行不同精度的调查和分析；在各区域地质灾害及隐患点进行调查的基础上，采用网格控制方式，对部分调查密度不够的区域酌情用地质环境点控制。

## 三、技术标准

本次地质灾害详细调查工作主要执行下列技术标准：

- 1、《滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范》(1/5万)，中国地质调查局，2008；
- 2、《县（市）地质灾害调查与区划基本要求》实施细则（修订稿），国土资源部，2006；
- 参考下列相关标准：
  - 3、《滑坡防治工程勘察规范》，(DZ/T0218-2006)，国土资源部；
  - 4、《滑坡防治工程设计与施工技术规范》，(DZ/T0219-2006)，国土资源部；
  - 5、《区域水文地质工程地质综合调查规范》(1/5万) (GB/T14158-93)；
  - 6、《工程地质调查规范》(ZBD14002-89) (1/10万-1/20万)；
  - 7、《工程地质调查规范》(ZBD14003-89) (1/2.5万-1/5万)；
  - 8、《岩土工程勘察规范》(GB 50021 2001)。

## 四、项目组人员组成及分工

接到广西国土资源厅下达的任务书后，广西地质环境监测总站根据工作需要成立了容县地质灾害详细调查项目组，项目负责为广西地质环境监测总站地质环境评价室文海涛，项目组主要成员基本情况见表 1-5-1。

表 1-5-1 项目组人员组成及分工

| 姓名  | 职称       | 学历    | 单位         | 本项目承担工作                           |
|-----|----------|-------|------------|-----------------------------------|
| 文海涛 | 岩土工程工程师  | 硕士研究生 | 广西地质环境监测总站 | 项目负责, 主持并参与野外调查、室内资料整理、数据库建设及报告主编 |
| 梁炎  | 工程师      | ——    | 容县国土局      | 协调并参与野外调查工作                       |
| 李庆  | 工程师      | ——    | 容县国土局      | 协调并参与野外调查工作                       |
| 梁聪  | 水工环助理工程师 | 硕士研究生 | 广西地质环境监测总站 | 野外调查及室内资料整理                       |
| 瞿国军 | 水工环工程师   | 硕士研究生 | 广西地质环境监测总站 | 野外调查、室内资料整理及勘查报告编写                |
| 何愿  | 水工环工程师   | 硕士研究生 | 广西地质环境监测总站 | 参与成果报告编写                          |
| 闭萧萧 | 水工环工程师   | 专科    | 广西地质环境监测总站 | 参与成果报告编写                          |
| 黄学灵 | 水工环工程师   | 专科    | 广西地质环境监测总站 | 野外调查、室内资料整理                       |
| 陈柏基 | 测量专业工程师  | 专科    | 广西地质环境监测总站 | 野外测量                              |
| 邓荫万 | 水工环助理工程师 | 本科    | 广西地质环境监测总站 | 野外调查、室内资料整理及参与成果报告编写              |
| 陈国文 | 水工环助理工程师 | 专科    | 广西地质环境监测总站 | 野外调查、室内资料整理                       |
| 李善振 | 水工环工程师   | 中专    | 广西地质环境监测总站 | 野外调查、室内资料整理                       |
| 潘宏坚 | 水工环助理工程师 | 本科    | 广西地质环境监测总站 | 野外调查、室内资料整理                       |
| 何娜  | 水工环助理工程师 | 硕士研究生 | 广西地质环境监测总站 | 野外调查、室内资料整理                       |
| 杨向敏 | 水工环工程师   | 本科    | 广西地质环境监测总站 | 数据库建设                             |
| 何芳芳 | 水工环助理工程师 | 本科    | 广西地质环境监测总站 | 数据库建设                             |
| 谭菲菲 | 在校学生     | 本科    | 桂林理工大学     | 室内资料整理和图件编制                       |

## 五、完成的主要实物工作量

全面完成了容县地质灾害详细调查任务书以及设计中的实物工作量。实际完成的工作量见表 1-5-1, 野外调查点及调查表组成情况见 1-5-2。

表 1-5-1 主要实物工作量对比一览表

| 序号 | 工作内容                  | 单位              | 任务书工作量 | 设计工作量                      | 完成工作量                      | 完成比例(%) |
|----|-----------------------|-----------------|--------|----------------------------|----------------------------|---------|
| 1  | 1:50000 地质灾害详细调查填图面积  | km <sup>2</sup> | 2257   | 2257                       | 2257                       | 100     |
|    | 地面调查点<br>(按精度控制)      | 处               | ——     | 899                        | 3454                       | 384.2   |
| 2  | 1:10000 专项工程地质或地质灾害测量 | km <sup>2</sup> | 37     | 37                         | 37                         | 100     |
|    | 1:50000 专项工程地质或地质灾害测量 | km <sup>2</sup> | 300    | 502                        | 502                        | 100     |
| 3  | 1:2000 地质剖面测量         | km              | 40     | 40                         | 46.56                      | 116     |
| 4  | 1:2000 专项地质灾害测量       | km <sup>2</sup> | 1.5    | 1.5                        | 1.5                        | 100     |
| 5  | 工程地质钻探                | m               | 500    | 500                        | 891.8                      | 178     |
| 6  | 槽探                    | m <sup>3</sup>  | 500    | 500                        | 509.6                      | 102     |
| 7  | 岩、土、水样                | 组               | 200    | 岩样: 36<br>土样: 164<br>水样: 0 | 岩样: 46<br>土样: 263<br>水样: 7 | 158     |
| 8  | 物探(地质雷达)              | km              | 5      | 5                          | 5.31                       | 106     |

表1-5-2 野外调查点及调查表组成统计表

| 序号 | 项目名称                  | 单位           | 数量    |      | 完成比例<br>(%) | 备注            |  |
|----|-----------------------|--------------|-------|------|-------------|---------------|--|
|    |                       |              | 实际完成  | 设计   |             |               |  |
| 1  | 调查点                   | 地质灾害及隐患点调查   | 处     | 253  | 384.2       | 新增            |  |
| 2  |                       | 地质灾害隐患点核查    | 处     | 214  |             | 区划调查点         |  |
|    |                       |              |       | 252  |             | 突发调查点         |  |
| 3  |                       | 地质灾害易发村(屯)核查 | 处     | 2689 |             |               |  |
| 4  |                       | 地质灾害易发村(屯)调查 | 处     | 26   |             | 新增            |  |
| 5  | 地质灾害调查表               | 份            | 463   |      |             |               |  |
|    | 地质灾害补充调查表             | 份            | 463   |      |             |               |  |
| 6  | 地质灾害易发村(屯)调查表         | 份            | 1714  |      |             | 保留点和新增点填写调查表。 |  |
| 7  | 落实地质灾害隐患点监测人、责任人及联系方式 | 处            | 441   |      |             |               |  |
| 8  | 野外调查点照片               | 张            | 4000余 |      |             |               |  |

## 六、野外调查工作质量评述

本次容县地质灾害详细调查工作，是在以往历次相关调查、群众报灾的基础上，以地面调查为主，结合测绘、勘探等手段及全区地质灾害易发区及隐患点普查、核查工作，按地调局编制的《规范》要求开展的。在工作中，项目组成员紧紧围绕区国土厅下达的工作任务，认真学习《规范》，结合容县的实际情况，不断探讨与完善工作方法。在总站质量管理领导小组的监督与指导下，项目组质量管理体系运行良好。总体而言，本次工作调查精度较高，调查内容较系统全面，调查资料丰富、详实可靠，各项工作满足《规范》与《任务书》规定的质量要求，达到了调查的预期目的。

### (一) 质量管理措施

建立了总站、项目组、工作小组三级质量管理体系，质量体系运行情况良好。项目组对所填制的调查卡片、图件、野外编录等原始资料，较好的开展了自检、互检以及抽检工作，总站质量领导小组在野外工作期间 2 次到场检查指导，并提出书面或口头的检查意见。针对总站抽检工作所提出的意见，项目组及时讨论并进行整改，保证了野外工作质量。各级质量检查均有较完备的记录。充分反映了调查成果的全面性与真实可靠性。

本次容县地质灾害详细调查工作坚持科学发展观和“以人为本”的原则，把人民群众生命财产安全和安居乐业放在调查工作首位，对区内地质灾害及其形成地质环境条件进行系统的详细调查，调查中实行“边调查边总结”，结合容县实际，不断探讨与完善工作方法。

1、在开展野外调查之前，项目组所有成员都对任务书、设计书及详查规范进行了学习，总站王举平总工程师、蒋力副总工程师对所有野外调查人员进行了室内和现场指导培训；

2、在调查过程中开展自查、互查、抽查，各小组组员当天对全部的野外调查卡片、勘查记录等进行整理、自检，检查合格并签名后。再交给组长检查；

3、调查过程中，将各阶段的野外工作成果提请总站质量领导小组检查，总站质量检查小组于 2013 年 12 月 16~17 日分别进行了野外工作质量检查、野外资料检查，根据所提出的问题做了及时整改，保证了野外工作质量。

## （二）工作质量评述

2014 年 11 月 12~13 日广西国土资源厅组织专家组对该项目野外成果进行了验收，项目野外工作质量被评为优秀级，总体评论为：该项目工作调查精度较高，调查内容较系统全面，调查资料丰富、翔实可靠，各项工作均满足《规范》与《任务书》规定的质量要求，达到了调查的预期目的。各项工作质量评述如下：

### 1、地面调查与核查

#### （1）1:10000 专项地质灾害测量

本次详查调查采用 1: 1 万地形图作为底图，采用地形、地物加 GPS 定位的综合方法进行定点，对调查点采用激光测距仪结合皮尺进行实测。本次详查 1:10000 地质灾害重点调查区布置于六王镇龙头村～陈村村一带，设计调查面积  $37 \text{ km}^2$ ，设计调查点密度不小于 1 点/ $\text{km}^2$ ；实际调查面积  $37 \text{ km}^2$ ，调查及核查地质灾害及隐患点、地质灾害易发屯点和地质环境点共 226 处，实际调查点密度约 6.0 点/ $\text{km}^2$ ，超出设计要求。

容县区划调查中未进行该工作精度的调查。

#### （2）1:50000 专项地质灾害测量

本次详查采用 1: 5 万地形图作为工作底图，对 1:50000 重点调查区和一般调查区内所有居民区和重要设施都进行了调查。对发现的地质灾害点都进行了记录，采用地形、地物加 GPS 定位的方法进行定点，对地质灾害点采用激光测距仪结合皮尺的方法进行实测。

##### ①、1:50000 重点调查区

本次详查设计 1:50000 重点调查区面积  $502 \text{ km}^2$ ，包括杨村镇～灵山镇 1:5 万重点调查区（B1）、六王镇～石寨镇 1:5 万重点调查区（B2）、自良镇～浪水镇重点调查区（B3），设计调查点密度不小于 0.5 点/ $\text{km}^2$ 。实际调查面积  $502 \text{ km}^2$ ，其中杨村镇～灵山镇 1: 5 万重点调查区（B1）面积  $268 \text{ km}^2$ ，该区调查及核查地质灾害及隐患点、地质灾害易发屯点和地质环境点共 552 处，实际调查点密度约 2.0 个点/ $\text{km}^2$ ；六王镇～石寨镇 1: 5 万重点调查区（B2）面积  $138 \text{ km}^2$ ，该区调查及核查地质灾害及隐患点、地质灾害易发屯点和地质环境点共 278 处，调查点密度约 2.0 个点/ $\text{km}^2$ ；自良镇～浪水镇 1: 5 万重点调查区（B3）面积  $96 \text{ km}^2$ ，该区调查及核查地质灾害及隐患点、地质灾害易发屯点和地质环境点共 213 处，调查点密度约 2.2 个点/ $\text{km}^2$ ，超出设计要求。

区划调查中约有  $120 \text{ km}^2$  调查面积达到该工作精度要求，调查点密度约 0.51 处/ $\text{km}^2$ 。

##### ②、1:50000 一般调查区

本次详查设计 1:50000 重点调查区面积  $1718 \text{ km}^2$ ，设计调查点密度不小于 0.2 点/ $\text{km}^2$ 。实际调查面积  $1718 \text{ km}^2$ ，调查及核查地质灾害及隐患点、地质灾害易发屯点和地质环境点共 2185 处，实际调查点密度约 2.2 点/ $\text{km}^2$ ，超出设计要求。

区划调查中约有  $1530 \text{ km}^2$  调查面积达到该工作精度要求，调查点密度平均约 0.22 处/ $\text{km}^2$ ，

另有 607km<sup>2</sup> 调查面积未达到该工作精度要求。

### (3) 新增地质灾害及隐患点调查

本次详查共调查到新增点 253 处，其中新增地质灾害点 5 处、新增地质灾害隐患点 248 处，新增隐患点全部落实了群测群防监测人和责任人及其联系方式。

### (4) 地质灾害隐患点核查

本次详查设计核查原地质灾害隐患点 466 处（包括区划隐患点 214 处和突发性地灾调查隐患点 252 处），实际核查地质灾害隐患点 466 处，符合设计要求。对保留的隐患点重新核实了群测群防监测人和责任人及其联系方式。

### (5) 地质灾害易发村（屯）核查

本次详查设计核查地质灾害易发屯（或点）2689 处（按每张地质灾害易发村（屯）调查表为 1 处计），实际核查及调查地质灾害易发村（屯）点共 2715 处，超出设计要求。其中，新增地质灾害易发屯（点）23 处，核销地质灾害易发屯（或点）1001 处。对保留的地质灾害易发村（屯）点重新核实了群测群防监测人和责任人及其联系方式。

### (6) 群测群防体系的补充完善

将本次详查调查到的 441 处地质灾害隐患点（新增隐患点处）全部纳入了县、镇、村、屯四级群测群防体系；对未核销的老隐患点，根据实际调查现状对原有的监测和防治建议进行了确认或补充；对新增的隐患点，根据每个新增隐患点的实际情况提出了相应的监测和防治建议。

## 2、1:2000 地质剖面测量

本次详查设计 1: 2000 工程地质剖面测量长度为 40km。除了每个地质灾害及隐患调查点都实测至少 1 条剖面外，还主要沿公路边坡和典型地质灾害勘查点布设。底图采用实测图，测量定点以 GPS、皮尺测量结合地形地貌特征进行。

### (1) 地质灾害剖面测量

对调查的所有地质灾害及隐患点至少草测 1 条剖面，主要为了了解地质灾害点的发育特征及不同岩性区残坡积层厚度，测绘范围包括灾害点影响范围，剖面测量长度约 13.88km，填写调查表 463 张；

### (2) 公路边坡剖面测量

主要布置于在人类工程活动强烈、切坡揭露岩土体结构较为典型的地段。通过利用现有的公路切坡剖面，了解切坡的稳定性和不同岩性下风化层厚度（主要为残坡积层和全风化层厚度）等地质环境条件，为民宅屋后切坡稳定性提供类比参考，剖面测量长度约 30.3km，填写调查表 74 张。

### (3) 勘探剖面测量

主要布置于典型地质灾害及隐患勘查点上，通过对典型地质灾害勘查点剖面实测，了解典型地质灾害及隐患点的坡形、风化层结构及厚度和潜在滑体厚度及位置情况，剖面测量长度约 2.38 km。

本次详查实际完成 1: 2000 工程地质剖面测量的总长度为 46.65km，超出设计要求。

区划调查中未专门进行工程地质剖面测量方面工作。

### 3、1:2000 专项地质灾害测量

本次详查设计 1:2000 专项地质灾害测量面积为  $1.5\text{km}^2$ 。本次详查选择危险性较大的六王镇龙头村大园坡脚滑坡、六王镇龙头村上塘滑坡、六王镇陈村村上垌二队不稳定斜坡、六王镇六王村龙井至新铺一队不稳定斜坡、梅镇石岭村地雷滑坡、石寨镇下烟村平梨滑坡、松山镇松山中学不稳定斜坡、黎村镇振新村三道小学不稳定斜坡和容州镇容州二小不稳定斜坡等 9 处典型滑坡地质灾害点进行了 1: 1000~1: 2000 专项地质灾害测量，采用 ATK 测绘仪器进行实测，测量误差小于 2cm，测量面积  $1.5\text{km}^2$ ，测量工作量和精度达到 1:2000 专项地质灾害测量设计要求。

区划调查中未进行 1:2000 专项地质灾害测量方面工作。

### 4、钻探

本次详查设计钻探工作量为 500m。本次详查对六王镇龙头村大园坡脚滑坡、六王镇龙头村上塘滑坡、杨梅镇石岭村地雷滑坡和石寨镇下烟村平梨滑坡等 4 处危险性大的典型滑坡点进行了工程地质钻探，共完成钻孔 24 个，完成钻探深度 508.8m；收集到六王镇陈村村上垌二队不稳定斜坡和六王村龙井至新铺一队不稳定斜坡勘查的钻探进尺 383m，因此共完成钻探深度 891.8m，超出设计要求。滑坡勘察沿滑坡主滑方向布置一条剖面，主剖面两侧各布置 1 条辅助剖面，勘察点间距 10~45m，钻探深度穿过滑动面 1~2m。所有钻探严格按规范实施，土层采用干钻钻进，岩层采用清水钻进，严格控制回次进尺和岩芯采取率，回次进尺不超过 0.5m，岩芯采取率达到 75% 以上。钻孔全部合格，优良率 100%。

区划调查中未进行钻探方面工作。

### 5、槽探

本次详查设计槽探工作量为  $500\text{m}^3$ 。本次详查槽探主要布设于 4 典型滑坡地质灾害勘查点与不同岩性的典型地质灾害崩滑点上。典型勘查点滑坡后缘槽探主要沿裂缝布置，深度至裂缝尖灭深度以下，主要为揭露残坡积层厚度及结构特征；滑坡体内探槽主要布置在变形较为严重的地方（滑面较明显），深度挖至滑面以下 0.5m，重点研究滑面特征，并采取原状岩土样。不同岩性的典型地质灾害崩滑点上的探槽主要为揭露崩滑面结构特征。共完成探槽 24 个，方量  $509.6\text{m}^3$ ，超出设计要求。

区划调查中未进行槽探方面工作。

### 6、岩、土、水样测试

本次详查设计岩、土取样工作量为 200 组，其中设计岩样 36 组，设计土样 164 组，没有设计取水样的工作量。本次详查除了在勘查点取样外，还对六王镇花岗岩区不同岩性的较典型的崩滑点进行了取样，共完成岩、土、水取样测试成果 316 组，其中岩样 46 组、土样 263 组、水样 7 组，超出设计要求。

区划调查中未进行岩、土、水样测试方面工作。

### 7、物探

本次详查设计物探工作量为 5km。本次详查在容县石寨镇、杨梅镇、六王镇和松山镇等

4个镇的6个地质灾害点和六王镇古里村地质灾害调查区斜坡坡脚总共布设了32条测线。其中，在石寨镇下烟村平梨滑坡布设了8条测线；在杨梅镇石岭村地雷滑坡布置了5条测线；在六王镇龙头村大园坡脚滑坡布置了5条测线；在六王镇龙头村上塘滑坡布置了5条测线；在松山镇慈堂村大塘二队滑坡布置了5条测线；在松山镇松山中学不稳定斜坡布置了2条测线；在六王镇古里村地灾调查区斜坡坡脚布置了2条测线。本次物探工作采用地质雷达探测的方法进行，工作测线总长5.31km，超出设计要求。

区划调查中未进行物探方面工作。

#### 8、“一张图”地质灾害信息系统建设

根据本次野外调查成果，项目组选择了容县46处较重大的地质灾害隐患点单独编制了防灾预案。

野外调查过程中及结束后，项目组及时与容县国土局联系“一张图”地质灾害信息系统建设的工作，并将相关资料交给了国土局。由于部分隐患及易发村（屯）监测点调查时落实的监测人和责任人及其电话有所变动（主要是村委换届及监测人更换），国土局认为对详查中新增的地质灾害隐患点及易发村（屯）点完善好监测人和责任人及其电话后再录入“一张图”系统。因此，一张图原有内容尚未更新，待本次成果报告经国土资源厅专家评审通过后进行补充完善。

#### 9、地质灾害防治培训

调查前，由容县县政府召集，由项目组专业技术人员对容县各乡镇分管领导及国土所所长进行了开展容县地质灾害详细调查项目的说明及相关地质灾害知识的培训；调查过程中，采取对村民及群众进行当面宣传、讲解与指导并发放明白卡的方式，教会监测责任人、监测人和群众如何监测、如何判断灾害可能发生的各种迹象和灾情速报以及有关应急防灾救灾的方法。

### （三）野外工作存在的主要问题及补充完善情况

#### 1、野外工作存在的主要问题

容县地质灾害详细调查野外工作验收专家组于2014年11月12~13日对项目进行了野外验收，验收成绩优秀，在野外验收意见书中专家对容县地灾详查野外工作指出了如下主要问题：

- (1) 补充完善现场调查（勘查）卡片、平面图、剖面图的内容和特征描述；
- (2) 补充完善并加强对重点剖析灾点和花岗岩区的调查总结、乡镇情况和年度总结、总体工作总结；
- (3) 及时更新容县地质灾害隐患点管理系统数据库。

#### 2、补充完善情况

根据容县详查野外验收意见书的建议及验收会上各位专家提出的修改意见，项目组组织了专业技术人员对存在的问题进行了一一修改和补充完善：

- (1) 根据野外调查及钻探成果，相关负责的专业技术员对大园坡脚滑坡等4处滑坡勘查的现场调查（勘查）卡片、平面图、剖面图的内容和特征描述进行了检查，对其中不足的地

方进行了补充完善；

(2) 根据野外调查成果，详查项目负责人分别对重点剖析灾点和花岗岩区调查总结、乡镇情况和年度总结、总体工作总结进行了补充完善；

(3) 已与容县国土局相关负责人进行了沟通，一致同意在成果报告评审通过后及时更新完善容县地质灾害隐患点管理系统数据库。

## 七、本次详查工作取得的主要新进展

本次详查工作专门针对容县六王镇花岗岩区进行了重点剖析，取得如下主要新进展：

1、对容县六王镇花岗岩坡残积土的颗粒成分、物理力学性质指标、渗透系数统计分析，总结出自身特征；

2、将容县六王镇花岗岩坡残积土抗剪强度与广西其它县市花岗岩区进行对比分析后得出：容县六王镇花岗岩坡残积土抗剪强度低于广西其它县市；

3、通过对容县六王镇花岗岩人工切坡高度和坡度、降雨对花岗岩土质斜坡稳定性影响等方面入手进行了多因素的综合性分析研究，总结出该区地质灾害发育特征、主要影响因素、滑坡致灾机理、滑坡致灾降雨量临界阈值等，为容县花岗岩区的地质灾害防治提供了参考依据。

## 第六节 成果编制与提交

### 一、成果编制

资料整理及成果编制工作于 2014 年 3 月至 2014 年 9 月进行。其中，2014 年 7 月下旬至 9 月完成了容县地灾详查主报告的编写及附件、附图的编制等工作，10 月通过了总站内部评审，10 月～12 月根据内部评审意见对报告进行了补充和修改。

原始资料整理由项目负责文海涛负责，主要由梁聪、邓荫万、陈国文、李善振、潘宏坚、何娜及桂林理工大学实习生谭菲菲等共同完成。

数字地理地图编绘由文海涛、杨向敏等完成。

成果报告由项目负责人文海涛组织，项目组成员及实习生共同努力完成。报告各章节执笔者如下：

第一章～第六章内容文字由文海涛完成，图件由文海涛、何芳芳共同完成；第七章内容文字由文海涛和何愿共同完成，图件由何愿完成；第八章由文海涛杨向敏共同完成，第九章由文海涛完成。

附件 1“容县地质灾害气象预警区划研究专题报告”由闭萧萧完成；附件 2“容县地质灾害发生与岩性、风化层厚度、降雨量等关系研究专题报告”由文海涛完成；附件 3“容县地质灾害防灾预案”由文海涛和邓荫万共同完成；附件 4“容县地质灾害详细调查数据库与信息系统”由杨向敏等完成。

附表1“广西容县地质灾害隐患点及特征统计表”由文海涛完成；附表2“广西容县地质灾害隐患点防治规划及监测建议表”由文海涛完成。

### 二、成果提交

根据广西壮族自治区以桂国土资办[2013]121号文下达的详查任务要求与《滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范》，本项目提交的主要成果见表 1-6-1。

**表 1-6-1 广西容县地质灾害详细调查主要成果一览表**

| 类别 | 名 称 |                                  | 数量  | 备注      |
|----|-----|----------------------------------|-----|---------|
| 报告 | 1   | 广西容县地质灾害详细调查报告                   | 1 册 |         |
| 附件 | 1   | 广西容县地质灾害气象预警区划研究专题报告             | 1 册 |         |
|    | 2   | 广西容县地质灾害发生与岩性、风化层厚度、降雨量等关系研究专题报告 | 1 册 |         |
|    | 3   | 广西容县重要地质灾害点防灾预案                  | 1 册 |         |
|    | 4   | 广西容县地质灾害详细调查数据库与信息系统             | 1 套 |         |
| 附图 | 1   | 广西容县地质灾害详细调查实际材料图                | 1 张 | 1: 10 万 |
|    | 2   | 广西容县区域工程地质条件图                    | 1 张 | 1: 10 万 |
|    | 3   | 广西容县地质灾害分布图                      | 1 张 | 1: 10 万 |
|    | 4   | 广西容县地质灾害易发程度分区图                  | 1 张 | 1: 10 万 |
|    | 5   | 广西容县地质灾害危险程度分区图                  | 1 张 | 1: 10 万 |
|    | 6   | 广西容县地质灾害防治规划建议图                  | 1 张 | 1: 10 万 |

## 第二章 地质环境条件

### 第一节 地形地貌

容县位于大容山和云开大山两大山脉之间。地势特征是东西南三面高，中部和北东部低，由南向北东倾斜，见图 2-1-1。

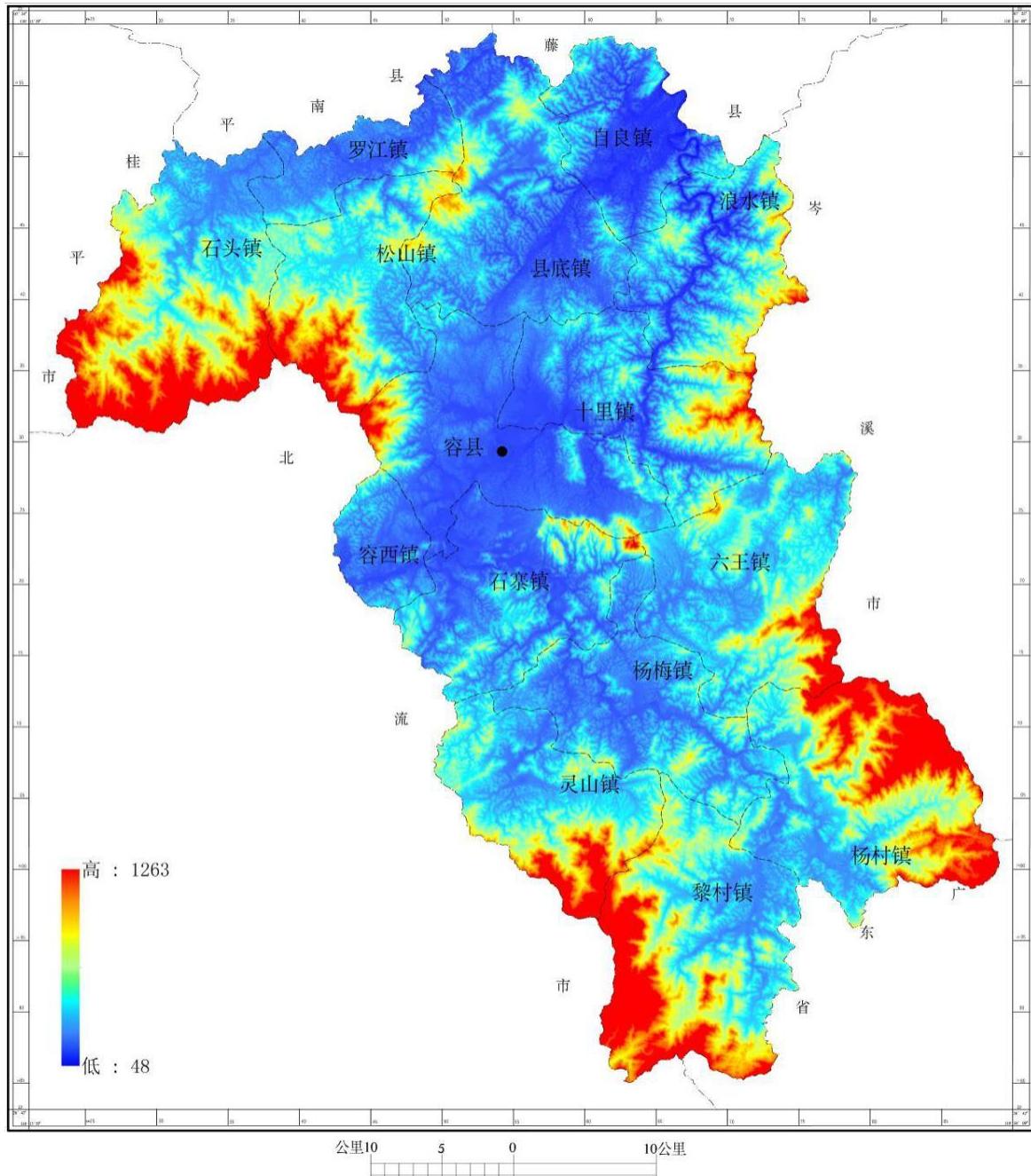


图 2-1-1 容县地势图

容县北西部有大容山，主峰高 1147.8m，呈北东～南西走向，长约 35km；西南有天堂山，主峰高 1274.1m，是云开大山支脉，呈北西～南东走向，长约 35km；中部有都峤山，为特殊的丹霞地貌，面积约  $34.19\text{ km}^2$ ，是容县游览的主要景区。县境内山峦叠嶂，岭谷相间，河谷交错，丘陵起伏，是一个以山地为主的县，山地面积约占全县总面积的 85%。根据地貌成因、组合形态、海拔高程等划分，容县主要的地貌类型为构造侵蚀地貌、侵蚀剥蚀地貌、侵蚀堆积地貌，见表 2-1-1 和图 2-1-2，容县地形坡度见图 2-1-3。

表 2-1-1 容县地貌分区一览表

| 地貌类型            |                            | 分布范围   | 地形地貌特征简述   |
|-----------------|----------------------------|--|--|
| 构造侵蚀地貌<br>(I)   | 中低山<br>(I <sub>1</sub> )   | 分布于县北西的大容山、南面天堂山以及南东面土柱山一带，面积 442.4km <sup>2</sup> ，占县境面积的 19.6%。    | 主要由加里东期花岗岩、混合花岗岩、变质岩组成。山体标高大于 1000m，切深 500~1000m，山顶尖、山脊窄，地形坡度 30~50°，局部形成悬崖峭壁，溪沟呈“V”字型，水系呈树枝状及羽毛状。植被茂密。  |
|                 | 低山<br>(I <sub>2</sub> )    | 分布于容县南面黎村镇、灵山镇南面及十里乡双上村~六孟顶一带，面积 388.1km <sup>2</sup> ，占县境面积的 17.2%。 | 主要由加里东期花岗岩及部分混合花岗岩组成。山体标高 500~1000m，切深一般 300~500m，分水岭较平坦，山顶稍圆，地形坡度 25~45°，溪沟河谷“V”型，水系发育呈树枝状。植被发育。  |
| 侵蚀剥蚀地貌<br>(II)  | 低山丘陵<br>(II <sub>1</sub> ) | 分布于杨梅镇、六王镇、灵山镇、自良镇、松山镇一带，面积 1097.4 km <sup>2</sup> ，占县境面积的 48.6%。    | 主要由志留系、奥陶系砂砾岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、砂岩以及部分花岗岩组成。山体标高一般 300~500m，个别峰顶高于 500m，切深 100~200m，山顶较圆，地形坡度 20~40°，溪沟河谷呈“U”型。植被发育。                                  |
|                 | 低丘盆地<br>(II <sub>2</sub> ) | 分布于容县县城、罗江镇大洲两个“红层”盆地，面积 315.1km <sup>2</sup> ，占县境面积 14.0%。          | 在地貌上为盆地，盆地内又由丘陵组成。主要岩性为第三纪邕宁群砂砾岩以及白垩系新隆组、侏罗系天堂组、大岭组泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩互层或夹层组成。山体标高一般 150~300m，切深一般 50~200m，地势较缓，地形坡度 10~30°，山顶浑圆，似馒头状，沟谷宽阔呈“U”型。植被发育中等。 |
| 侵蚀堆积地貌<br>(III) | 河谷阶地                       | 零星分布于绣江、杨梅江、泗罗江及较大的支流沿岸，面积 14.1km <sup>2</sup> ，占县境面积的 0.6%。         | 由第四系粘质砂土、砂砾石层组成。发育有一、二级阶地，地形平坦开阔，地面标高一般小于 100m，土地肥沃，是粮食和经济作物的高产地带。   |

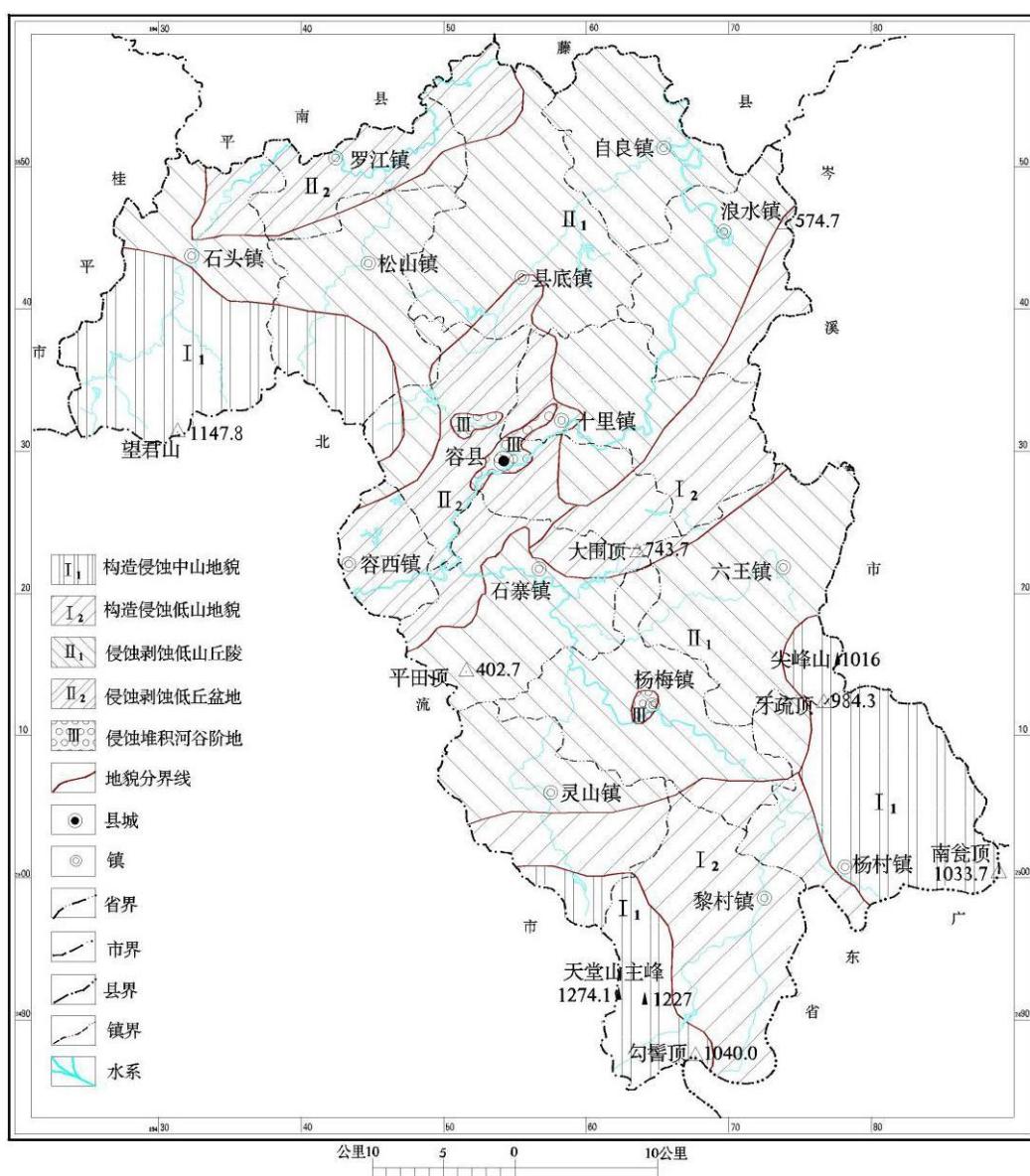


图 2-1-2 容县地貌图

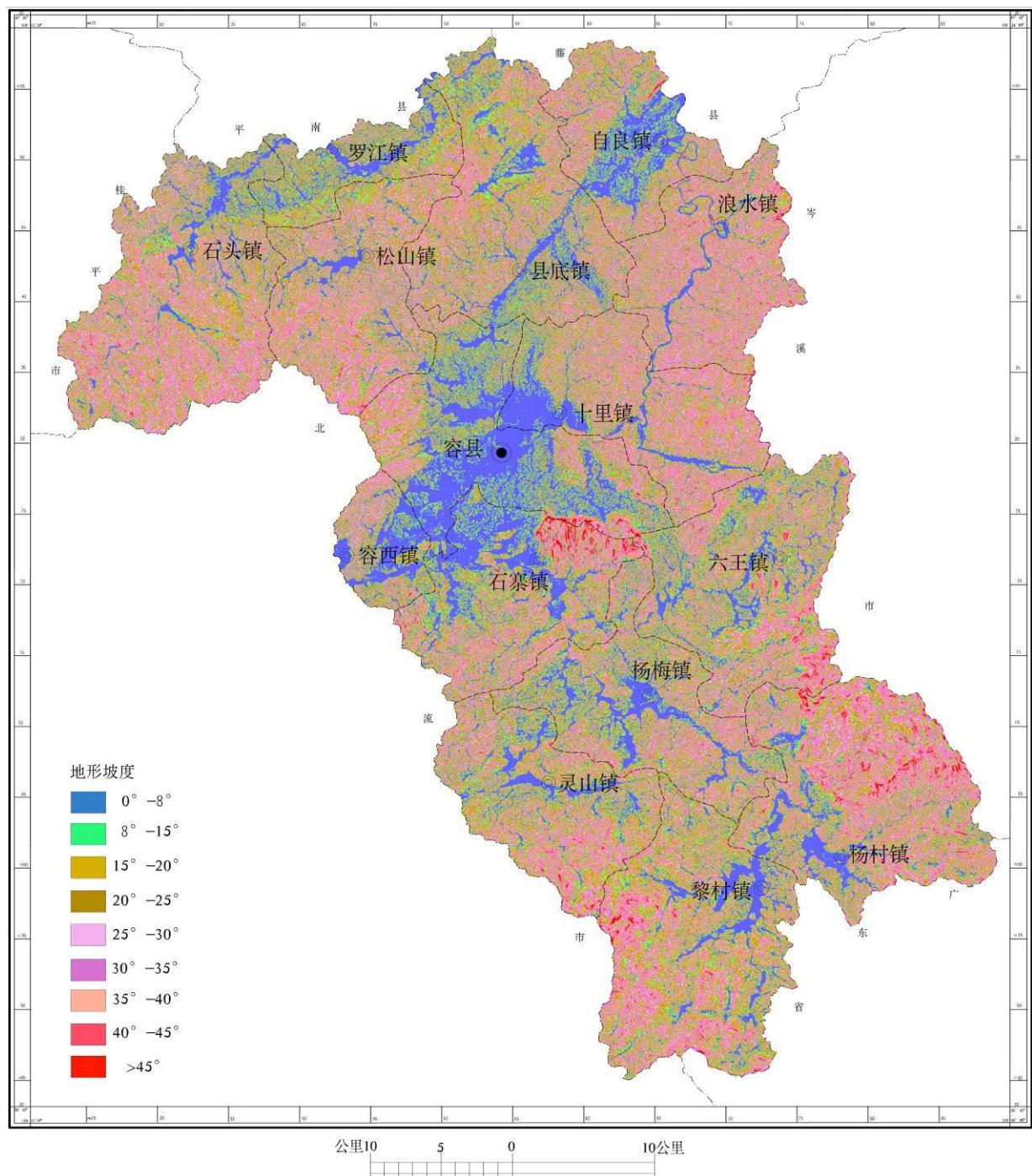


图 2-1-3 容县地形坡度图

## 第二节 气象水文

### 一、气象

#### (一) 降雨分布

容县地处北回归线以南，属亚热带季风气候区，夏秋炎热，冬春寒冷。多年平均气温为 $21.3^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温 $38^{\circ}\text{C}$ ，最低为 $-2.3^{\circ}\text{C}$ 。多年平均日照数为 1746.3 小时，平均日照百分率为 39%。

根据资料统计（1992~2013 年），容县降雨量比较充沛，多年年平均降雨量为 1737.4mm，最多年为 2314.7mm（1998 年），最少年为 1087.3mm（1995 年）。降雨时空分布不均匀，就时

间而言，境内4~9月为多雨期，约占年降雨量的78.6%，5、6、7月份是降雨高峰期，其次为4月、8月和9月，10月~次年3月为少雨期，见图2-2-1。在降雨量高峰期内，境内常会造成山体滑坡、崩塌等地质灾害。

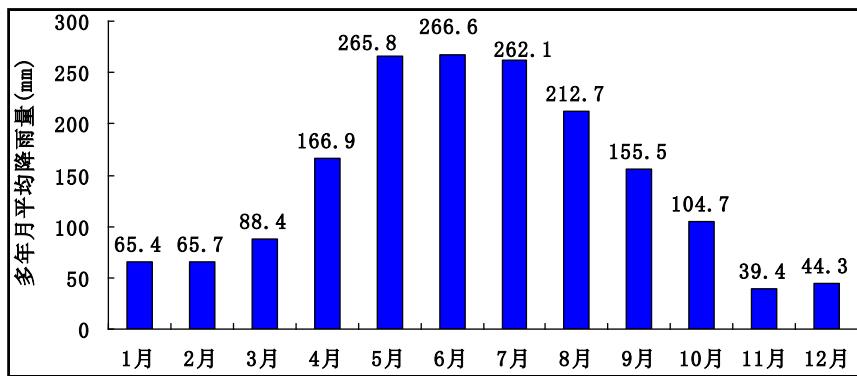


图2-2-1 容县多年月平均降雨量柱状图

就空间而言，由北至南，降雨量有逐渐增大的趋势，南面的天堂山一带多年平均降雨量为1700~2200mm，其余各地多年平均降雨量多在1500~1600mm之间，见图2-2-2。2010年容县“6·2”突发性地质灾害的降雨过程雨量多在50~150mm之间，最大降雨量达244.9mm，强降雨诱发了大量滑坡、崩塌地质灾害。

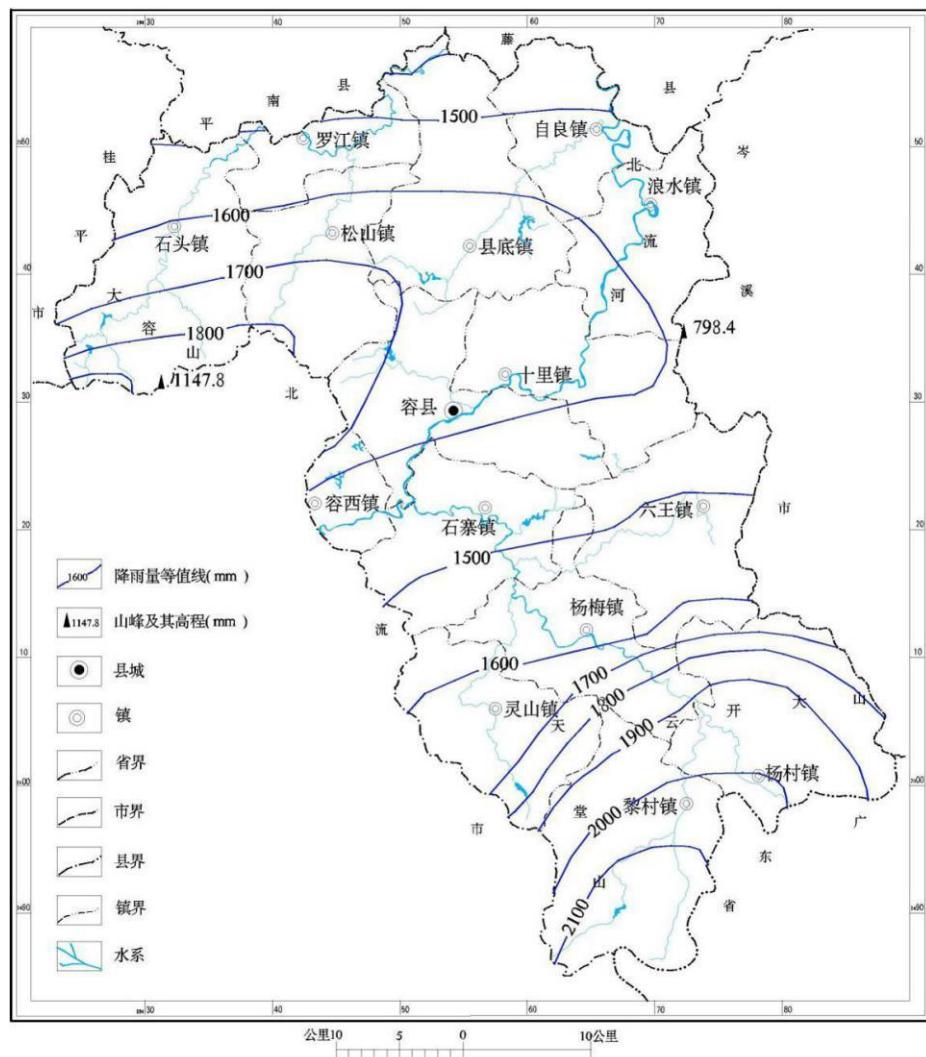


图2-2-2 容县多年年平均降雨量等值线图

## (二) 暴雨

容县暴雨主要受“台风”影响，每年的台风一般出现在6~9月。根据气象资料，我们对2008年至2013年间各年出现的暴雨次数及总暴雨量进行统计，统计结果见表2-2-1、表2-2-2及图2-2-3。

表2-2-1 容县2008~2013年暴雨次数及总降雨量统计表

| 年份         | 2008  | 2009 | 2010  | 2011 | 2012  | 2013  |
|------------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| 暴雨次数(次)    | 11    | 5    | 5     | 2    | 7     | 10    |
| 暴雨总降雨量(mm) | 858.5 | 453  | 370.5 | 147  | 536.5 | 783.5 |

表2-2-2 容县2008~2013年各月出现暴雨、大暴雨次数及其所占比例

| 月份            | 1    | 2    | 3    | 4     | 5     | 6    | 7    | 8     | 9    | 10   | 11   | 12    | 合计  |
|---------------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|-----|
| 暴雨次数(次)       | 1    | 0    | 1    | 5     | 4     | 2    | 2    | 7     | 2    | 1    | 1    | 3     | 29  |
| 比例 (%)        | 3.45 | 0.00 | 3.45 | 17.24 | 13.79 | 6.90 | 6.90 | 24.14 | 6.90 | 3.45 | 3.45 | 10.34 | 100 |
| 大暴雨次数(次)      | 0    | 0    | 0    | 1     | 2     | 0    | 0    | 1     | 0    | 0    | 1    | 0     | 5   |
| 比例 (%)        | 0    | 0    | 0    | 20    | 40    | 0    | 0    | 20    | 0    | 0    | 20   | 0     | 100 |
| 暴雨、大暴雨次数合计(次) | 1    | 0    | 1    | 6     | 6     | 2    | 2    | 8     | 2    | 1    | 2    | 3     | 34  |
| 比例 (%)        | 2.94 | 0.00 | 2.94 | 17.65 | 17.65 | 5.88 | 5.88 | 23.53 | 5.88 | 2.94 | 5.88 | 8.82  | 100 |

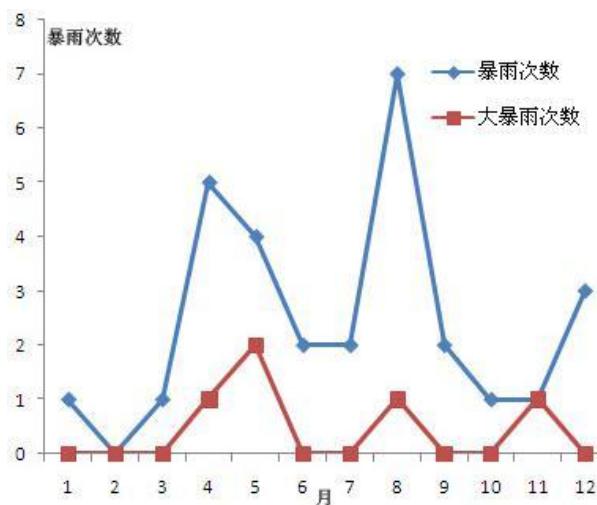


图2-3-3 容县2008~2013年各月出现暴雨、大暴雨次数变化曲线图

## 二、水文

容县境内河流水系属西江支流北流河水系。县境内最大干流为绣江，贯穿县境中部。它的两大支流一条是南部的杨梅江，另一条是北部的泗罗江。县境内流域面积在20km<sup>2</sup>以上的河流有50多条，河道总长度871.7 km，相应河网密度为0.3km/km<sup>2</sup>。以下为各主要河流的水文要素。

### 1、绣江

原名北流河，在县境河段为绣江，源于北流市峨石山，于大坪坡流入县境，经容西、容厢、容城、十里、自良六个乡镇，至石洞入藤县境流入浔江。县境及以上流域面积3551km<sup>2</sup>，干流长74km，河宽600m，最窄处60多米，比降在1/1500~1/2000之间，自然落差34m。据容县水文站观测，多年平均流量101m<sup>3</sup>/s，最大流量3490 m<sup>3</sup>/s，最小流量1.43 m<sup>3</sup>/s，年迳流量32.6亿m<sup>3</sup>。

## 2、杨梅江

又称渭龙江，是绣江南部最大支流，也是县内第二大河，全长 58.6km，流域面积 1098km<sup>2</sup>，多年平均流量 32 m<sup>3</sup>/s，最大流量 2110 m<sup>3</sup>/s，最小流量 0.57 m<sup>3</sup>/s，年径流量 10.8 亿 m<sup>3</sup>。

### 3、泗罗江

源于大容山，由桂平沙木村流入境内石头镇，经独州、泗福、登洲、三岸、黎木等村，于窦家注入绣江。境内总干流长 56km，流域面积  $629.92\text{ km}^2$ ，多年平均流量  $16.44 \text{ m}^3/\text{s}$ ，年迳流量 5.2 亿  $\text{m}^3$ 。

### 第三节 地层岩性

容县出露地层以岩浆岩为主，面积  $1260.09\text{km}^2$ ，占全县总面积的 55.83%；其次为沉积岩，面积为  $920.49\text{km}^2$ ，占全县总面积的 40.78%；变质岩及第四系全新统分布面积较小，分别为  $52.94\text{km}^2$  和  $23.48\text{km}^2$ 。容县地层分布见图 2-3-1。

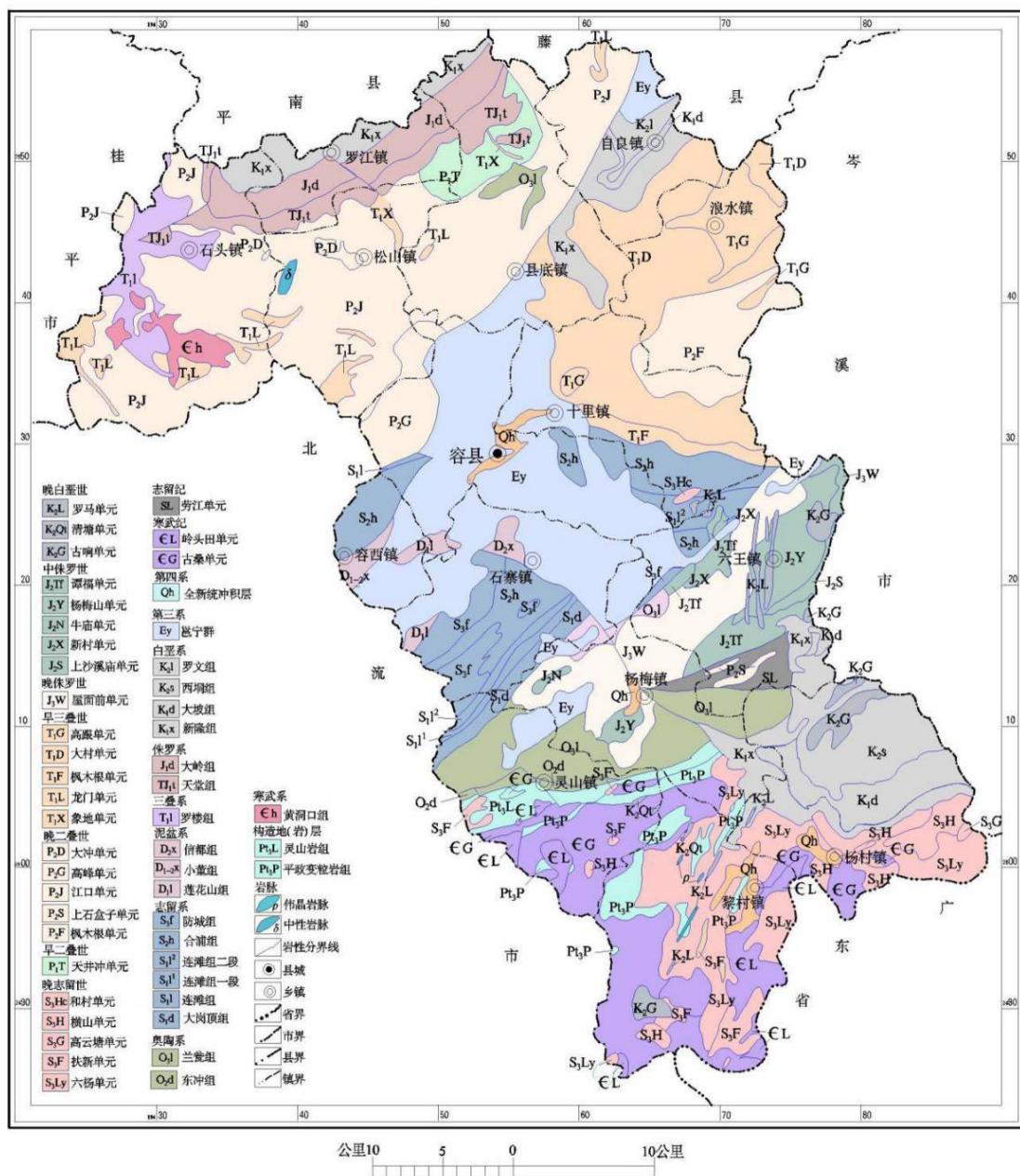


图 2-3-1 容县地层分布图

## 一、沉积岩

容县境内地层出露较齐全，除石炭系、二叠系、三叠系缺失外，自寒武系至第四系皆有出露，出露面积  $920.49\text{km}^2$ ，占全县总面积的 40.78%。容县各地层岩性见表 2-3-1。

表 2-3-1 容县地层简表

| 界    | 系   | 统   | 组(阶) | 地层代号                         | 厚度(m)                             | 岩性  | 分布地区                                | 面积( $\text{km}^2$ ) |
|------|-----|-----|------|------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------|
| 新生界  | 第四系 | 未划分 | Q    | 1~>10                        | 砂砾石层, 粉土、粉质粘土、粘土、粘土夹砾石, 含碎石粘土、碎石土 | 容县盆地以及其他山间谷地、洼地, 广大的山区坡体的表层, 河流两岸阶地           | 23.48                               |                     |
|      |     |     |      |                              |                                   |   |                                     |                     |
|      |     | 全新统 | Qh   | 1~10                         | 砂、砂砾石、粉土、粉质粘土、粘土夹砾石               | 容县、杨梅、杨村、黎村等地及河流两岸阶地                          |                                     |                     |
| 新生界  | 第三系 | 更新统 | Qp   | 1~>10                        | 砂砾石、粘土层、粘土夹砾石层                    | 杨村镇鱼产村以及河流两岸阶地                                |                                     |                     |
|      |     | 未划分 | Ey   | 72~623                       | 紫红色块状砾岩和砂砾岩、不等粒砂岩、钙质粉砂岩           | 中部容县盆地县底镇~县城~石寨镇, 南部龙头、古泉村等地                  | 307.8                               |                     |
| 中生界  | 白垩系 | 上统  | 罗文组  | K <sub>2l</sub>              | 50~800                            | 紫红色砾岩、砾状砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩夹泥岩                      | 北东面白良镇大里~司六村一带                      | 10.11               |
|      |     |     | 西垌组  | K <sub>2s</sub>              | 190~1154                          | 火山角砾岩与酸性凝灰角砾岩, 霽细石英斑岩、长石霏细斑岩、石英玢岩等            | 南东面杨村镇平贯~六福村一带                      | 64.05               |
|      |     | 下统  | 大坡组  | K <sub>1d</sub>              | 367~990                           | 下部为块状砾岩、含砾砂岩夹细砂岩、粉砂岩和页岩, 上部为中~薄层钙质粉砂岩夹泥岩      | 南东面杨村镇当发村、东华村一带                     | 34.72               |
|      |     |     | 新隆组  | K <sub>1x</sub>              | 221~2757                          | 底部为块状砾岩、含砾砂岩夹泥岩, 上部为钙质粉砂岩、泥质粉砂岩夹岩屑细砂岩及泥岩      | 北面边缘罗江镇、北东白良镇河步~云松、县底镇旺黎~古长         | 103.93              |
|      | 侏罗系 | 下统  | 大岭组  | J <sub>1d</sub>              | 80~312                            | 泥岩、粉砂岩或细砂岩夹泥岩、炭质泥岩及灰岩, 局部夹煤线                  | 北部古燕~顶良~泗福一带                        | 52.47               |
|      |     |     | 天堂组  | TJ <sub>1t</sub>             | 22~572                            | 页岩夹中厚层状粉砂岩、块状角砾岩、砾岩                           | 北部古例~竹良一带, 北西石塘村、螺北村                | 49.5                |
| 上古生界 | 泥盆系 | 中统  | 信都组  | D <sub>2x</sub>              | 10~865                            | 以粉砂岩、泥质粉砂、细砂岩为主, 夹页岩、砂质页岩、白云质灰岩, 普遍夹1~3层鲕状赤铁矿 | 石寨镇合柳、霄垌村                           | 5.41                |
|      |     | 未划分 | 小董组  | D <sub>1-2xd</sub>           | 100~514                           | 灰~灰黑色薄至厚层泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩, 局部含铁锰质泥岩               | 容西镇西山村                              | 6.4                 |
|      |     | 下统  | 莲花山组 | D <sub>1l</sub>              | 13~1296                           | 紫红色砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩及少量灰岩及白云岩。                    | 容西镇思传村、石寨乡长田背                       | 7.55                |
| 下古生界 | 志留系 | 上统  | 防城组  | S <sub>3f</sub>              | 183~1593                          | 砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩及石英砂岩、长石英砂岩                       | 石寨镇大兆、石城村, 六王镇塘垌村                   | 30.81               |
|      |     |     | 合浦组  | S <sub>2h</sub>              | 120~670                           | 泥质粉砂岩及粉砂质泥岩、页岩互层, 夹少量石英砂岩, 局部夹有炭质页岩           | 容西镇平坡、祖立村, 城厢镇千秋村, 十里镇大坡村, 石寨村上烟村等地 | 89.1                |
|      |     | 下统  | 连滩组  | S <sub>1l</sub> <sup>2</sup> | 1629~5078                         | 细砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩与页岩互层, 夹少量含砾砂岩                    | 石寨镇石城、大陆村, 容西乡礼信村等地                 | 19.59               |
|      |     |     | 大岗顶组 | S <sub>1d</sub>              | 233~692                           | 砾岩、砂砾岩、含砾砂岩夹页岩、砂岩                             | 灵乡镇华琅水库一带                           | 7.12                |
|      | 奥陶系 | 上统  | 兰瓮组  | O <sub>3l</sub>              | 478~2223                          | 灰白色石英砂岩、含砾石英砂岩、细砂岩夹粉砂岩、泥质粉砂岩、页岩及砂质页岩          | 杨梅镇普济村, 杨村镇峡河村, 六王镇六青村, 县底镇平河、冲里村等地 | 14.26               |
|      |     | 中统  | 东冲组  | O <sub>2d</sub>              | 238~438                           | 千枚状泥岩夹薄层状细砂岩                                  | 灵乡镇守良村、六泉村等地                        | 96.54               |
|      | 寒武系 | 未划分 | 黄洞口组 | Єh                           | 453~5577                          | 不等粒砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩与页岩、粉砂质页岩呈不等厚互层               | 北西面石头镇上石、大扭村等地                      | 6.24                |

## 二、岩浆岩

容县境内出露的岩浆岩分布面积广，总面积约  $1260.09\text{km}^2$ ，占全县面积的 55.83%，其出露的岩性主要为花岗岩。花岗岩其形成时期为印支～华力西、印支期、燕山期。各地层岩性见表 2-3-2。

表 2-3-2 容县花岗岩类地层简表

| 时代      | 单元  | 地层代号              | 岩性                              | 分布地区               | 面积( $\text{km}^2$ ) |
|---------|-----|-------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| 晚白垩纪    | 罗马  | K <sub>2</sub> L  | 长石石英斑岩                          | 黎村镇和联村             | 8.01                |
|         | 古响  | K <sub>2</sub> G  | 细粒石英闪长岩、中细粒石英闪长斑岩               | 黎村镇岭岗顶村            | 14.42               |
| 侏罗纪     | 新村  | J <sub>2</sub> X  | 连斑状石英二长斑岩                       | 六王镇六槐村             | 6.45                |
|         | 潭福  | J <sub>2</sub> Tf | 石英二长岩                           | 六王镇大公村             | 19.83               |
|         | 莲塘  | J <sub>2</sub> Lt | 粗中粒(中粒)斑状(角闪)黑云(钾长)二长花岗岩        | 杨梅镇合义村、黎村镇和睦村      | 89.44               |
|         | 古例  | J <sub>2</sub> G  | 细中粒(斑状)角闪黑云花岗闪长岩                | 六王镇潭螺, 杨梅镇妙阳等      | 33.5                |
|         | 劳步  | J <sub>2</sub> Lb | 细粒(斑状)透辉黑云角闪石英二长闪长岩             | 杨梅镇劳步村             | 1.74                |
| 三叠纪～二叠纪 | 龙门  | T <sub>1</sub> L  | 细粒斑状(红柱)堇青黑云(钾长)二长花岗岩           | 北西面六万山一带           | 62.07               |
|         | 象地  | T <sub>1</sub> X  | 花岗斑岩                            | 县底镇荣塘村等            | 3.82                |
|         | 大冲  | P <sub>2</sub> D  | 中粗粒斑状堇青黑云二长花岗岩                  | 松山镇松山村             | 5.41                |
|         | 江口  | P <sub>2</sub> J  | 中粒斑状堇青黑云二长花岗岩                   | 旺黎、平车、大水村等         | 348.43              |
|         | 高峰  | P <sub>2</sub> G  | 中细粒斑状堇青黑云二长花岗岩                  | 宁冲村                | 32.96               |
|         | 高垠  | T <sub>1</sub> G  | 中细粒(斑状)堇青黑云二长花岗岩                | 浪水镇                | 33.51               |
|         | 大村  | T <sub>1</sub> D  | 中粗(斑状)(含堇青)石榴黑云二长花岗岩            | 江口、流冲、云松村等         | 172.7               |
|         | 枫木根 | P <sub>2</sub> F  | 中粒斑状堇青黑云二长花岗岩                   | 十里乡大坡村等            | 74.33               |
|         | 双元  | P <sub>2</sub> S  | 中粒(中细粒)堇青黑云二长花岗岩                | 河顶村                | 3.58                |
|         | 天井冲 | P <sub>1</sub> T  | 中粗粒斑状含褐帘角闪黑云(二长)花岗岩             | 罗江镇路塘、青塘村等         | 26.94               |
| 志留纪     | 和村  | S <sub>2</sub> Hc | 中粒黑云二长花岗岩                       | 十里镇水晶、蓬村           | 1.15                |
|         | 横山  | S <sub>3</sub> H  | 中细粒(斑状)黑云二长花岗岩                  | 杨村横山、坡亮、界排村等       | 22.24               |
|         | 高云塘 | S <sub>3</sub> G  | 中粒(粗中粒)(斑状)黑云(钾长)二长花岗岩          | 杨村镇山口塘村            | 3.86                |
|         | 扶新  | S <sub>3</sub> F  | (弱片麻状)中细粒黑云(钾长)二长花岗岩            | 黎村镇六胜村等            | 15.54               |
|         | 六杨  | S <sub>3</sub> Ly | 片麻状中细粒黑云二长花岗岩                   | 黎村镇六杨、满垌村, 杨村镇马良村等 | 116.69              |
| 寒武纪     | 劳江  | SL                | 中细粒斑状角闪黑云二长花岗岩(花岗闪长岩)           | 六王镇河顶村             | 15.64               |
|         | 岭头田 | εL                | 眼球状(硅线)黑云花岗片麻岩、片麻状斑状(硅线)黑云二长花岗岩 | 黎村镇荣丰、平石村等         | 34.85               |
|         | 古桑  | εG                | 条纹状(硅线)黑云花岗片麻岩、片麻状(硅线)黑云二长花岗岩   | 黎村镇六振、旺安, 杨村镇高垌村等  | 120.66              |

## 三、变质岩

受陆川区域性大断裂带的影响，在容县境内南面天堂山一带有变质岩小面积分布，岩性主要为灵山岩组(Pt<sub>3</sub>l)和平政岩组(Pt<sub>3</sub>p)的混合花岗岩，面积约  $52.94\text{km}^2$ ，占全县总面积的 2.35%。其岩性特征是各型混合花岗岩和花岗质岩石混合交织在一起，岩性变化较大，常呈现斑杂现象。

#### 第四节 地质构造

容县位于“云开古陆”西北侧，经历了加里东、华力西、印支、燕山及喜马拉雅山四个构造发展阶段。古生代早期沉积的深厚的奥陶系、志留系砂页岩层，受到一次剧烈的地壳运动——“广西运动”的影响，地层产生了褶皱和断裂，见图 2-4-1。

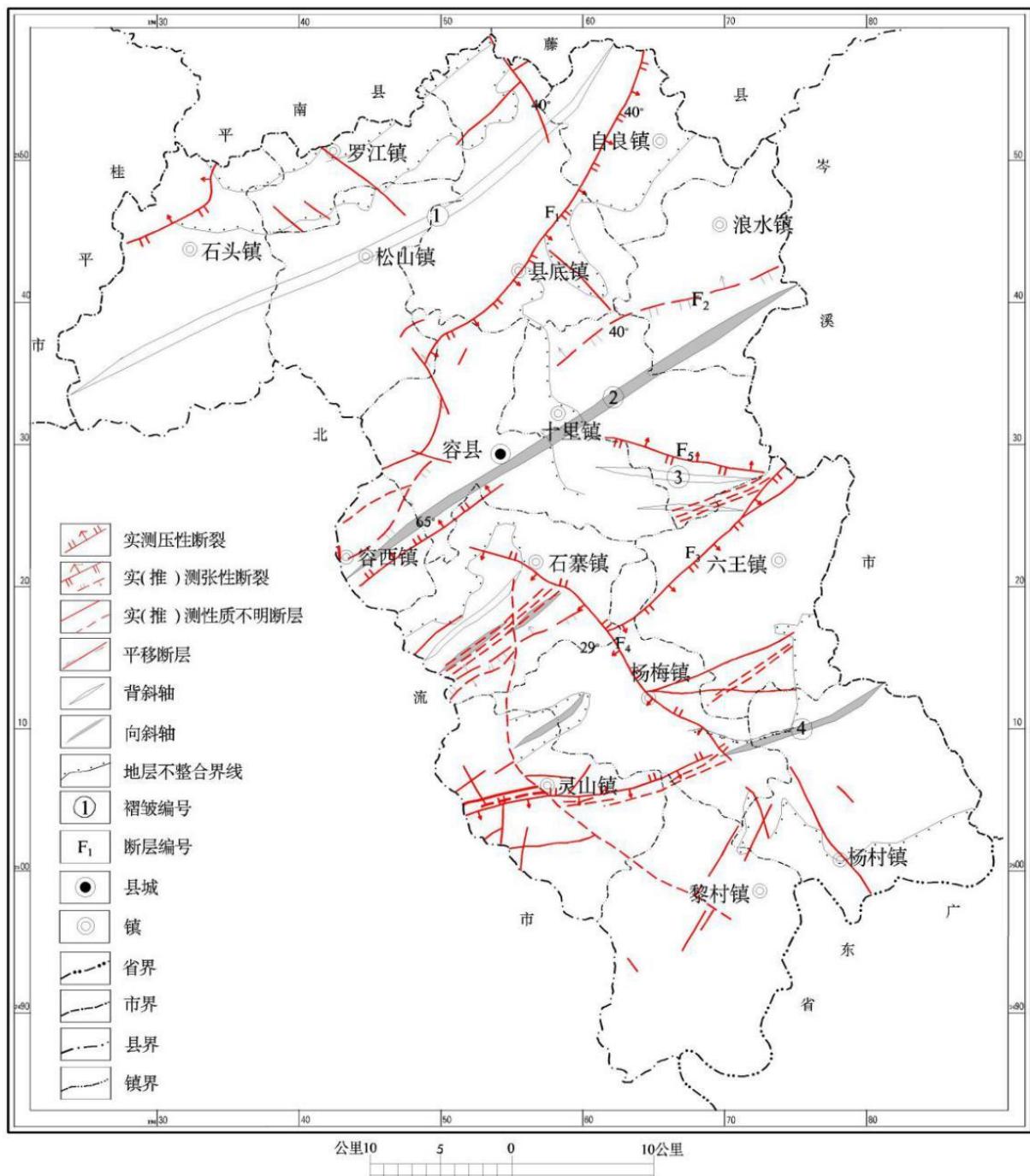


图 2-4-1 容县地质构造纲要图

#### 一、褶皱

容县褶皱构造发育，主要形成于加里东，展布方向以北东向或北北东向为主，与区域性大断裂的走向基本一致。位于北面的大容山复背斜和中部的北流复向斜呈北东走向贯穿整个县境。大容山复背斜由印支期和海西期花岗岩占据，由于强烈的岩浆活动及断裂破坏，复背斜已残缺不全，两翼不对称。以大容山复背斜及北流复向斜为主体，两侧亦有若干次级向斜

和背斜，如容县县城东面的大塘背斜、南东面的水汶向斜等。容县主要褶皱特征见表 2-4-1。

表 2-4-1 容县主要褶皱特征简表

| 构造名称   | 编号 | 分布地区          | 长宽 (Km) |       | 轴向(°) | 岩层产状 (°) |       | 核部地层 | 冀部地层 |
|--------|----|---------------|---------|-------|-------|----------|-------|------|------|
|        |    |               | 长       | 宽     |       | 核部       | 冀部    |      |      |
| 大容山复背斜 | ①  | 容县北部          | 47      | 20~50 | 40    |          |       |      |      |
| 北流复向斜  | ②  | 容县中部          | 35      | 15~30 | 40    |          |       |      |      |
| 大塘背斜   | ③  | 大坡村一带         | 7.5     | >10   | 90    |          | 60~80 | S    | S    |
| 水汶向斜   | ④  | 县境南东<br>东华村一带 | >30     | >15   | 60    |          | 15~30 | K    | K    |

## 二、断裂构造

容县地质构造活动强烈，断裂构造发育。博白～梧州、陆川～岑溪区域性大断裂分别于县中部及南部通过，走向皆为北东向。该组断裂带在容县境内最为发育，规模大，分布、控制面积广，是境内的主要断裂构造，控制着境内沉积岩相及岩浆活动。博白～梧州、陆川～岑溪两条区域性大断裂具有不同特点。

陆川-岑溪断裂是钦州地槽的东南边界。沿断裂分布中、新生代陆相断陷盆地，并有大量岩体分布。近代仍有频繁的地震活动，震中多分布在西北向断裂交汇处，如陆川县乌石、容县灵山一带，最强地震为 5.6 级。此外，沿断裂还有温泉断续出露。

博白-梧州断裂带大致与陆川-岑溪断裂带平行延展，二者相距 10~30km。中新生代沿该断裂带发育成若干断陷盆地，沉积侏罗-第三纪红色陆相地层。新近活动较弱，两侧地形比较低平。

此外，其它对地质构造格局有影响的次级断裂主要有北东向的狮子顶～旺冲坡断裂，北西走向的大坡外断裂，东西走向容县～岑溪断裂。容县主要和次级断裂特征见表 2-4-2。

表 2-4-2 容县主要和次级断裂特征简表

| 断层名称      | 编号 | 分布地区    | 断层性质 | 走 向 | 长 度  | 产 状 (°) |       | 断层特征                               | 切割地层       |
|-----------|----|---------|------|-----|------|---------|-------|------------------------------------|------------|
|           |    |         |      | (°) | (km) | 倾 向     | 倾 角   |                                    |            |
| 博白-梧州断裂   | F1 | 容县北部    | 压性   | 北东向 | >300 | 北西      | 70    | 具角砾、糜棱岩、硅化、石英岩化、绿泥石化、破碎带宽 10~20 m。 | S、K、E      |
| 陆川-岑溪断裂   | F2 | 容县东偏北   | 张性   | 北东向 | 420  | 南东      | 40~70 | 断裂标志明显，破碎带宽数 10 米。                 | O、K        |
| 狮子顶-旺冲坡断裂 | F3 | 石城～古泉一带 | 压性   | 北东向 | >70  | 北西      | 68~72 | 具角砾岩糜棱岩，局部有擦痕及片麻理现象，破碎带宽 10~40m。   | O、K、E      |
| 大坡外断裂     | F4 | 杨村～石寨   | 张性   | 北西  | 36   | 西       | 57    | 糜棱岩化、硅化，有擦痕。                       | O、S<br>D、K |
| 容县-岑溪断裂   | F5 | 容县县城东面  | 张性   | 东西  | >45  | 南       | 72~82 | 具硅化、褐铁矿石化、角砾岩等。                    | Q、S、E      |

## 第五节 新构造运动与地震

区内新构造运动以区域性上升为主，局部地带有下降表现，主要是断裂变动，并继承了老构造运动的特点。工作区距灵山地震中心的北东向约 100 km，受其影响，据有关资料记载，

历史上共发生有感地震 18 次，最大震级 5.5 级，未发生过严重破坏性地震。根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001) 及《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)，工作区地震设防有关参数反应谱特征周期为 0.35S，地震动峰值加速度 0.05g。

## 第六节 岩土体类型与基本特征

容县分布的主要岩土体类型有岩浆岩、碎屑岩、变质岩和第四系松散土体。根据岩石的岩性组合、物理力学性质、岩体结构类型，共划分为 7 类工程地质岩组，各岩组分布见图 2-6-1，工程地质岩组特征见表 2-6-1；第四系松散土体根据土体土性和结构划分为 2 类土体。

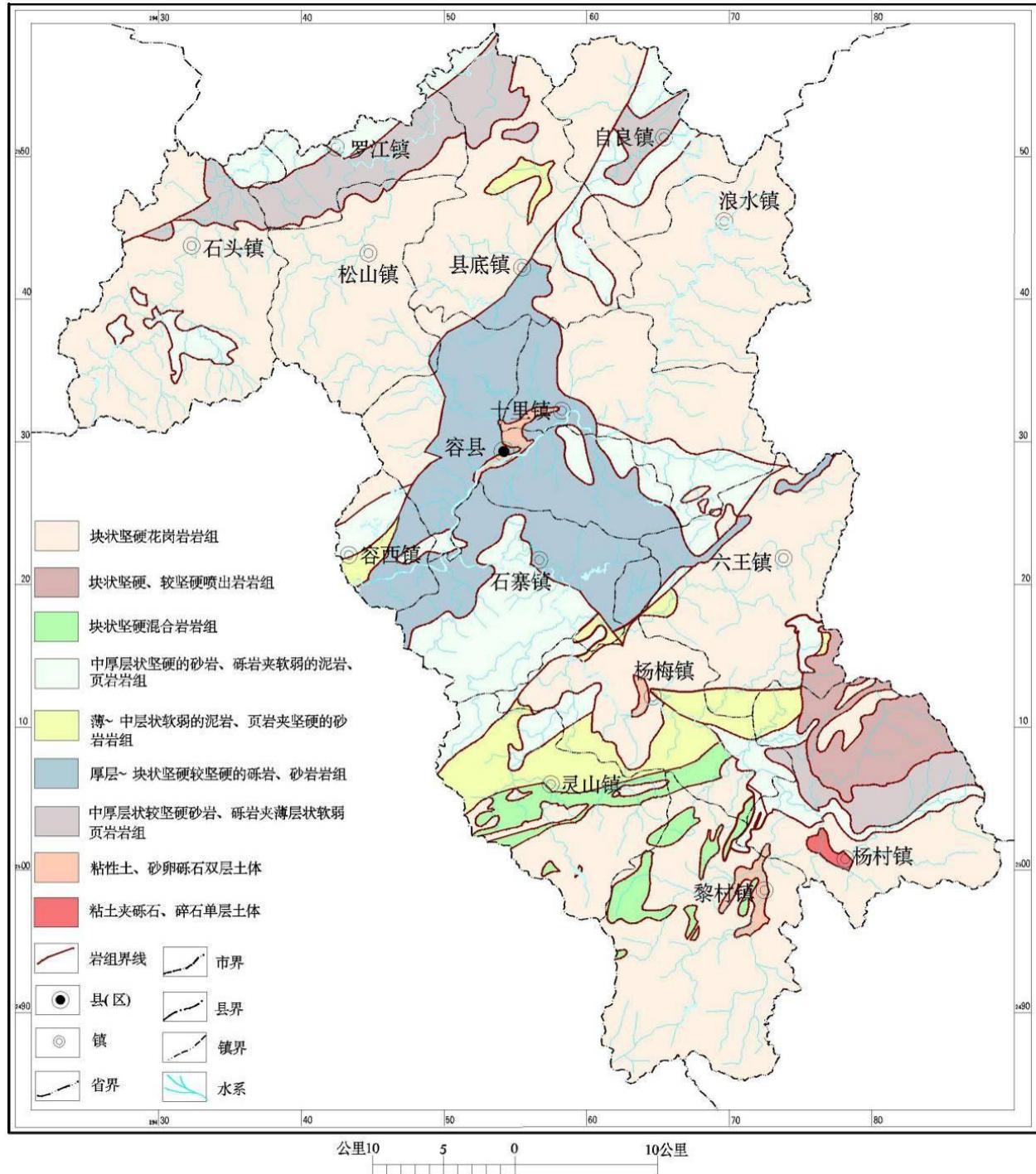


图 2-6-1 容县工程地质岩组分布图

## 一、岩浆岩类

### (一) 块状坚硬花岗岩岩组 (I)

分布于石头镇、松山镇、县底镇、十里乡、六王镇、杨村镇等地，由加里东、华力西、印支、燕山及喜马拉雅山四期岩浆活动期的侵入岩组成，岩性主要为花岗岩、花岗闪长岩。岩体为块状结构，致密坚硬，强度高，性脆，裂隙发育。岩石风化强烈，风化带厚度一般大于10m，局部可达30m，岩性以砂性土为主，结构松散，抗水性弱，易发生崩解，为滑坡、崩塌、泥石流易发岩组。根据勘查成果，六王镇J<sub>2</sub>Y、K<sub>2</sub>G和K<sub>2</sub>L地层全风化花岗岩主要物理力学性质指标分别见表2-6-2、2-6-3和2-6-4，杨梅镇花岗岩J<sub>2</sub>Ld地层全风化花岗岩主要物理力学性质指标见表2-6-5。

表2-6-1 容县工程地质岩组特征简表

| 岩类               | 工程岩组                    | 岩组代号 | 地层代号  | 地层岩性               | 干抗压强度(Mpa)                       | 软化系数            |  |
|------------------|-------------------------|------|---|--------------------|----------------------------------|-----------------|--|
| 岩<br>浆<br>岩<br>类 | 块状坚硬花岗岩岩组               | I    | K <sub>2</sub> L、K <sub>2</sub> G、J <sub>2</sub> N、J <sub>2</sub> S、J <sub>2</sub> X、J <sub>2</sub> Y、J <sub>2</sub> Tf、J <sub>2</sub> Lt、J <sub>2</sub> G、J <sub>2</sub> Lb、J <sub>3</sub> W、T <sub>1</sub> L、T <sub>1</sub> X、P <sub>2</sub> D、P <sub>2</sub> J、P <sub>2</sub> G、T <sub>1</sub> G、T <sub>1</sub> D、P <sub>2</sub> F、P <sub>2</sub> S、P <sub>1</sub> T、S <sub>2</sub> Hc、S <sub>3</sub> H、S <sub>3</sub> G、S <sub>3</sub> F、S <sub>3</sub> Ly、SL、∈L、∈G |                    | 长石石英斑岩、闪长岩、闪长玢岩、石英二长斑岩、花岗岩、石英二长岩 | 147<br>~<br>225 |  |
|                  | 块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组           | II   | K <sub>2</sub> s  | 角砾岩、石英斑岩、长石斑岩、石英玢岩 | 98~186                           |                 |  |
| 变质岩类             | 块状坚硬混合岩岩组               | III  | Pt <sub>3</sub> l、Pt <sub>3</sub> p   | 混合花岗岩              | 137~235                          | 0.59~0.69       |  |
| 碎<br>屑<br>岩<br>类 | 中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组 | IV   | Ey、K <sub>1</sub> x、D <sub>2</sub> x、D <sub>1</sub> l、S <sub>3</sub> f、S <sub>2</sub> h、S <sub>1</sub> d、S <sub>1</sub> l、∈h  | 砂岩、砾岩为主，夹泥岩、页岩     | 56~63                            | 0.72~0.94       |  |
|                  | 薄~中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组   | V    | D <sub>1~2</sub> x、O <sub>3</sub> l、O <sub>2</sub> d  | 粉砂岩、页岩、泥岩为主，夹砂岩    | 15~49                            | 0.72~0.94       |  |
|                  | 厚层~块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组      | VI   | Ey  | 砾岩、砂岩为主            | 118~137                          | 0.73            |  |
|                  | 中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状软弱页岩岩组  | VII  | J <sub>1</sub> d、TJ <sub>1</sub> t、K <sub>2</sub> l、K <sub>1</sub> d  | 砂岩、砾岩夹薄层状泥岩、页岩     | 59~108                           |                 |  |

2-6-2 J<sub>2</sub>Y 地层全风化花岗岩主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标   | 天然含水率      | 天然密度              | 直接快剪        |           |
|--------|------------|-------------------|-------------|-----------|
|        |            |                   | 粘聚力         | 内摩擦角      |
|        | %          | g/cm <sup>3</sup> | kPa         | (°)       |
| 样本数    | 6          | 6                 | 6           | 6         |
| 取值范围   | 12.04~15.0 | 1.83~1.98         | 33.87~42.05 | 25.9~31.3 |
| 平均值    | 13.39      | 1.922             | 38.71       | 28.78     |
| 标准差    | 0.97       | 0.054             | 3.27        | 2.17      |
| 变异系数   | 0.07       | 0.028             | 0.08        | 0.08      |
| 统计修正系数 | 1.06       | 1.023             | 0.93        | 0.94      |
| 修正值    | 14.19      | 1.966             | 36.01       | 26.99     |

表 2-6-3 K<sub>2</sub>G 地层全风化花岗岩主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标   | 天然含水率    | 天然密度              | 天然重度              | 天然孔隙比       | 直接快剪      |           |
|--------|----------|-------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|
|        | $\omega$ | $\rho$            | $\gamma$          | e           | c         | $\phi$    |
|        | %        | g/cm <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | —           | kPa       | (°)       |
| 样本数    | 7        | 7                 | 7                 | 7           | 4         | 4         |
| 取值范围   | 9.8-19.2 | 1.67-1.88         | 16.7-18.8         | 0.644-0.785 | 26.0-49.0 | 16.4-18.9 |
| 平均值    | 13.2     | 1.77              | 17.73             | 0.711       | 40.0      | 18.28     |
| 标准差    | 3.93     | 0.08              | 0.77              | 0.05        | 10.49     | 1.25      |
| 变异系数   | 0.30     | 0.04              | 0.04              | 0.07        | 0.26      | 0.07      |
| 统计修正系数 | 1.22     | 1.03              | 1.03              | 1.05        | 0.70      | 0.92      |
| 修正值    | 16.11    | 1.83              | 18.30             | 0.747       | 28.00     | 16.85     |

表 2-6-4 K<sub>2</sub>L 地层全风化花岗岩主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标   | 天然含水率     | 天然密度              | 天然重度              | 天然孔隙比     | 直接快剪      |           |
|--------|-----------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
|        | $\omega$  | $\rho$            | $\gamma$          | e         | c         | $\phi$    |
|        | %         | g/cm <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | —         | kPa       | (°)       |
| 样本数    | 2         | 2                 | 2                 | 2         | 2         | 2         |
| 取值范围   | 9.20-9.80 | 1.83-1.90         | 18.3-19.0         | 0.54-0.61 | 38.0-50.0 | 18.3-18.9 |
| 平均值    | 9.50      | 1.865             | 18.65             | 0.57      | 44.00     | 18.6      |
| 标准差    | 0.42      | 0.05              | 0.50              | 0.05      | 8.49      | 0.42      |
| 变异系数   | 0.05      | 0.04              | 0.03              | 0.08      | 0.19      | 0.02      |
| 统计修正系数 | 1.11      | 1.06              | 1.06              | 1.20      | 0.54      | 0.95      |
| 修正值    | 10.51     | 1.98              | 19.83             | 0.69      | 23.85     | 17.59     |

2-6-5 J<sub>2</sub>Ld 地层全风化花岗岩主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标   | 天然含水率     | 天然密度              | 饱和密度      | 天然孔隙比             | 直接快剪      |           | 饱和直接快剪    |           |
|--------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | $\omega$  | $\rho$            | $\rho$    | e                 | $\phi$    | c         | $\phi$    | c         |
|        | %         | g/cm <sup>3</sup> | %         | g/cm <sup>3</sup> | (°)       | kPa       | (°)       | kPa       |
| 样本数    | 6         | 6                 | 6         | 6                 | 6         | 6         | 6         | 6         |
| 取值范围   | 23.5-34.0 | 1.84-1.98         | 1.89-2.01 | 0.69-0.93         | 29.9-41.2 | 18.6-22.3 | 21.4-31.2 | 13.4-16.8 |
| 平均值    | 28.417    | 1.898             | 1.933     | 0.842             | 34.53     | 20.00     | 25.00     | 14.98     |
| 标准差    | 3.527     | 0.050             | 0.044     | 0.091             | 4.43      | 1.33      | 3.59      | 1.42      |
| 变异系数   | 0.124     | 0.026             | 0.023     | 0.108             | 0.13      | 0.07      | 0.14      | 0.09      |
| 统计修正系数 | 1.057     | 0.988             | 0.989     | 1.050             | 0.94      | 0.97      | 0.93      | 0.96      |
| 标准值    | 30.042    | 1.875             | 1.913     | 0.884             | 32.49     | 19.39     | 23.35     | 14.33     |

## (二) 块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组 (II)

主要分布于杨村镇平贯、六福村一带，岩性为火山角砾岩与酸性凝灰角砾岩，霏细石英斑岩、长石霏细斑岩、石英玢岩等，岩体结构为块状，致密坚硬，强度高，裂隙发育。岩石风化强烈，风化带厚度一般大于 10m，局部可达 20m，岩性以砂性土为主，容易产生滑坡、崩塌及水土流失。

## 二、变质岩类

该岩类为块状坚硬混合岩岩组 (III)，主要分布于县境南西天堂山，由灵山片岩 (Pt<sub>3</sub>l)

和平政变粒岩 ( $Pt_3p$ ) 组成, 岩体坚硬块状, 含花岗质岩石较多, 裂隙发育。岩石风化强烈, 风化层厚度一般为 5~10m, 局部达 20m, 岩性以砂性土为主, 容易产生滑坡、崩塌、泥石流及水土流失。

### 三、碎屑岩类

#### (一) 中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组 (IV)

主要分布于中部的十里乡、石寨镇, 北面的自良镇等地, 由第三系邕宁群 (Ey) (容县盆地以外)、白垩系新隆组 ( $K_1x$ )、泥盆系信都组 ( $D_2x$ )、莲花山组 ( $D_1l$ )、志留系防城组 ( $S_3f$ )、合浦组 ( $S_2h$ )、大岗顶组 ( $S_1d$ )、志留系下统连滩组 ( $S_1l$ )、寒武系黄洞口组 ( $\in h$ ) 等地层组成, 岩性以砂岩、砾岩为主, 夹泥岩、页岩。岩体为中厚层状结构, 砂岩、砾岩岩石坚硬, 力学强度高, 而泥岩、页岩力学强度较低。岩体表层风化破碎, 节理、裂隙较发育, 常为风化残积土层所覆盖, 土层厚度一般在 2~7m 之间, 结构松散, 易沿着残积层与基岩接触面产生滑坡、崩塌。根据勘查成果, 石寨镇 Ey 地层强风化状砾岩主要物理力学性质指标见表 2-6-6。

表 2-6-6 强风化状砾岩主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标   | 含水率<br>$\omega$ | 天然密度<br>$\rho$ | 饱和密度<br>$\rho$ | 重度<br>$\gamma$ | 塑性指数<br>$c$ | 液性指数<br>$\varphi$ | 直接快剪      |                   | 饱和直接快剪   |                   |
|--------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------------|-----------|-------------------|----------|-------------------|
|        |                 |                |                |                |             |                   | 粘聚力<br>c  | 内摩擦角<br>$\varphi$ | 粘聚力<br>c | 内摩擦角<br>$\varphi$ |
|        | %               | $g/cm^3$       | $g/cm^3$       | $kN/m^3$       |             |                   | kPa       | (°)               | kPa      | (°)               |
|        | 样本数             | 7              | 7              | 7              | 7           | 7                 | 6         | 7                 | 4        | 6                 |
| 取值范围   | 17.4-31.4       | 1.71-1.87      | 1.86-1.93      | 16.78-18.25    | 12.1-27.6   | -0.44<br>-0.09    | 18.3-39.7 | 18.0-25.3         | 7.5-9.9  | 20.3-24.6         |
| 平均值    | 24.99           | 1.78           | 1.90           | 17.43          | 17.6        | -0.13             | 31.93     | 21.73             | 8.15     | 22.23             |
| 标准差    | 4.52            | 0.07           | 0.03           | 0.64           | —           | —                 | 8.96      | 3.56              | 1.17     | 1.52              |
| 变异系数   | 0.18            | 0.04           | 0.02           | 0.04           | —           | —                 | 0.28      | 0.16              | 0.14     | 0.07              |
| 统计修正系数 | 1.13            | 1.03           | 1.01           | 1.03           | —           | —                 | 0.77      | 0.87              | 0.84     | 0.94              |
| 修正值    | 28.33           | 1.83           | 1.92           | 17.91          | —           | —                 | 24.53     | 18.79             | 6.82     | 20.98             |

#### (二) 薄~中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组 (V)

主要分布于灵山镇华浪村、六王镇六青村等地, 由泥盆系小董组 ( $D_{1-2}xd$ )、奥陶系兰瓮组 ( $O_3l$ )、东冲组 ( $O_2d$ ) 等地层组成, 岩性以粉砂岩、页岩、泥岩为主, 夹砂岩。岩体为薄~中层状结构。本岩组岩体岩性较复杂且变化大, 局部受构造影响, 岩石裂隙发育, 且裂隙中多为泥质或钙质胶结。抗水性弱, 极易风化, 力学强度低。坡残积层厚度不均, 一般为 2~6m, 岩性结构松散, 透水性好, 易发生滑坡、崩塌等灾害。

#### (三) 厚层~块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组 (VI)

主要指容县盆地中第三系 (Ey) 地层, 岩性以砂砾岩、砂岩为主, 厚层~块状结构, 岩石坚硬, 强度高, 节理裂隙发育, 多呈闭合状。风化层厚度在 0~5m 之间, 局部达 10m, 结构松散, 透水性好, 易发生滑坡、崩塌等灾害。

#### (四) 中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状软弱页岩岩组 (VII)

主要分布于北面罗江镇及自良镇等地, 由侏罗系大岭组 ( $J_1d$ )、天堂组 ( $TJ_1t$ )、白垩系

罗文组 ( $K_2l$ )、大坡组 ( $K_1d$ ) 等地层组成，岩性为中厚层状砂岩、砾岩夹薄层状泥岩、页岩。本岩组岩性较复杂变化大，岩层不稳定，在剖面上不同岩石常互层或多层结构，交替频繁，风化层厚度一般  $3\sim10m$ ，结构松散，透水性好，易发生滑坡、崩塌等灾害。

## 四、土体

### (一) 粘性土与砂卵砾石双层土体 ( $Q_1$ )

分布于绣江及其支流杨梅江、泗罗江沿江河两岸的一、二级阶地上，由第四系全新统 ( $Qh$ )、更新统 ( $Qp$ ) 组成，为第四系冲洪积层，具上细下粗双层结构，上部为黄褐色粘土、粉质粘土、砂土，厚  $1.0\sim4.0m$ ，下部为砂卵砾石层，厚度大于  $3.0m$ ，局部可达  $10.0m$ 。由于各土层分布不连续，岩性结构和厚度较大，力学强度高低不均，变形性较大，其工程地质条件较复杂。砂卵砾石层的容许承载力一般较高，为  $150\sim260KPa$ ，粘土、粉质粘土的容许承载力为  $80\sim250KPa$ ，为坚硬～软塑状，中～高压缩性土体。该岩组土体结构松散，透水性强，在高陡河岸边易发生河岸坍塌。粘性土部分物理力学指标见表 2-6-7（引自《容县地质灾害调查与区划报告》）。

表 2-6-7 粘性土工程地质主要物理力学指标统计表

| 项目<br>指标 | 含水量<br>W(%) | 天然重度<br>(KN/m <sup>3</sup> ) | 孔隙比<br>e | 塑性<br>指数 $I_p$ | 液性<br>指数 $I_L$ | 压缩系数<br>$a_{1-2}(MPa^{-1})$ | 承载力基<br>本值 (KPa) |
|----------|-------------|------------------------------|----------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------|
| 最小值      | 21          | 20                           | 0.76     | 0.15           | 11             | 0.21                        | 166.53           |
| 最大值      | 35          | 18                           | 1.03     | 0.72           | 24             | 0.5                         | 279.20           |
| 平均值      | 27.78       | 19.5                         | 0.69     | 0.41           | 16.54          | 0.32                        | 234.65           |

### (二) 粘土夹砂砾石、砾石、碎石单层土体 ( $Q_2$ )

主要由第四系坡残积层组成，几乎在整个工作区均有分布。根据区域性地质资料并结合本次详查野外坡残积层厚度调查成果，碎屑岩区坡残积层以棕红色、棕黄色粘土为主，夹砖红色砾石，厚度一般为  $0.5\sim5.0m$ ，局部达  $7.0m$ ，其中前侏罗纪地层坡残积层厚度一般在  $0.5\sim2m$ ，侏罗纪地层坡残积层厚度一般在  $3.0\sim5.0m$ ，白垩系及第三系坡残积层厚度一般在  $0.5\sim1.0m$ ；花岗岩及混合岩地区坡残积层以棕红、褐红色砂砾石为主，粘性土含量约占  $30\sim40\%$ ，厚度一般为  $2.0\sim5.0 m$ ，局部厚度达  $8.0\sim20.0 m$ ，在斜坡边坡较陡地段，一定程度的降雨后易发生滑坡、崩塌。

## 五、风化层厚度区

由于区内地质灾害主要发生于人工切坡及切坡后缘的自然斜坡上，且灾害绝大多发育于坡残积与全风化土层，故将本报告中的风化层厚度定义为坡残积土与全风化土厚度之和。限于本项目调查手段、经费及调查时间等因素，各岩性区风化土层厚值来源主要通过在野外地灾调查时对不同地段人工切坡坡面的量测及对典型地灾点斜坡进行物探、槽探、钻探等方法获取。

结合容县区域地质资料和野外调查数据进行综合分析，将容县划分为  $<5m$ 、 $5\sim10m$ 、 $10\sim15m$  和  $>15m$  等 4 个风化层厚度等级区，容县各风化层厚度区分布见图 4-2-2。其中，容县  $<5m$  风化层厚度区主要包括容县绝大部分碎屑岩和松散岩区；容县  $5\sim10m$  风化层厚度区

主要包括容县北部石头—松山—罗江—县底—自良等镇局部碎屑岩区、容县南部灵山镇和黎村镇变质岩区以及容县东南部杨村镇局部碎屑岩区；容县10~15m风化层厚度区主要包括容县东北部浪水—自良—十里等镇所辖花岗岩区和容县东南部杨村镇、六王镇喷出岩区；容县>15m风化层厚度区主要包括北部石头—松山—县底—自良等镇所辖花岗岩区、容县东部六王镇和中部杨梅镇所辖花岗岩区以及容县南部黎村镇和杨村镇所辖花岗岩区。

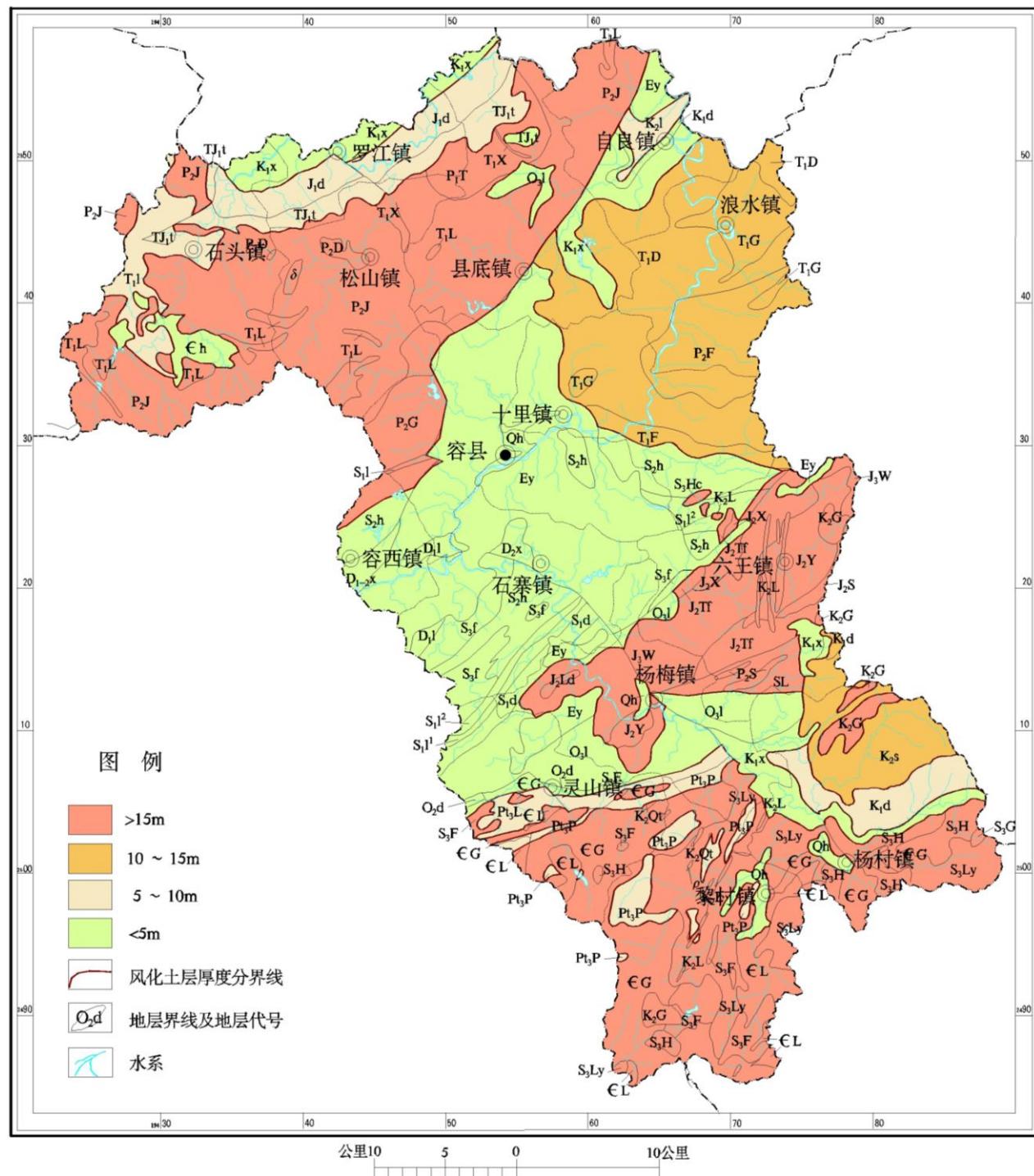


图 2-6-2 容县风化土层厚度分区图

## 五、六王镇花岗岩坡残积土基本特征

### (一) 粒度特征

由表2-6-7可知，六王镇花岗岩坡残积土砂粒和砾粒成分之和的含量大于60%，平均含量为71.6%；粉粒和粘粒成分之和的含量基本上小于40%，平均含量为28.4%；K<sub>2</sub>L花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中砂为主，J<sub>2</sub>Y、K<sub>2</sub>G花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中～粗砂为主，J<sub>3</sub>W花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以粗～砾砂为主。

表2-6-7的统计结果也很好的证明了花岗岩坡残积土颗粒成分具有“两头大，中间小”的特点，即粒径>0.5mm的粗颗粒及<0.075mm的细颗粒含量较多，而粒径在0.075~0.5mm的颗粒含量较两头少。这种粗细颗粒混杂的情况，使其既具粘性土性质，又具砂类土性质，这是花岗岩风化土区别于其他类土一个重要特征。

土的粒度成分对土的崩解性影响尤为显著，它决定着土的空隙性和透水性。含粘粒较少的土透水性较好，扩散层达到的最大厚度所需时间最短，粒间的连结力也很快消失。由于六王镇花岗岩区坡残积土粘粒含量相对较少，因此遇到水基本上都呈迅速崩解状，饱和抗剪强度也急剧降低。

表 2-6-7 六王镇花岗岩坡残积土颗粒分析统计表

| 岩性                      | 统计项目 | 颗粒组成百分数(%) |            |               |                 |             | 室内定名 |
|-------------------------|------|------------|------------|---------------|-----------------|-------------|------|
|                         |      | >2 (mm)    | 2~0.5 (mm) | 0.5~0.25 (mm) | 0.25~0.075 (mm) | <0.075 (mm) |      |
| 坡残积土 (J <sub>2</sub> Y) | 样本数  | 24         | 24         | 24            | 24              | 24          | 中砂   |
|                         | 取值范围 | 5.2-20.1   | 21.7-34.4  | 7.7-26.1      | 5.7-17.4        | 20.3-41.4   |      |
|                         | 平均值  | 13.5       | 27.6       | 17.2          | 12.0            | 29.7        |      |
|                         | 样本数  | 6          | 6          | 6             | 6               | 6           | 粗砂   |
|                         | 取值范围 | 19.1-26.4  | 24.7-36.0  | 9.0-17.2      | 7.0-11.8        | 16.3-30.7   |      |
|                         | 平均值  | 23.6       | 30.8       | 12.8          | 9.0             | 23.8        |      |
| 坡残积土 (J <sub>3</sub> W) | 样本数  | 4          | 4          | 4             | 4               | 4           | 粗砂   |
|                         | 取值范围 | 21.1-24.0  | 26.0-29.7  | 10.8-18.6     | 8.6-13.0        | 19.1-28.1   |      |
|                         | 平均值  | 22.5       | 27.9       | 15.9          | 10.7            | 23.1        |      |
|                         | 样本数  | 4          | 4          | 4             | 4               | 4           | 砾砂   |
|                         | 取值范围 | 26.1-37.3  | 24.8-27.2  | 9.6-16.9      | 6.4-11.9        | 16.6-30.8   |      |
|                         | 平均值  | 30.3       | 25.8       | 12.6          | 9.0             | 22.3        |      |
| 坡残积土 (K <sub>2</sub> G) | 样本数  | 4          | 4          | 4             | 4               | 4           | 中砂   |
|                         | 取值范围 | 4.6-15.5   | 21.4-27.6  | 10.4-24.8     | 8.3-14.4        | 30.4-39.6   |      |
|                         | 平均值  | 10.4       | 24.0       | 17.8          | 11.6            | 36.1        |      |
|                         | 样本数  | 2          | 2          | 2             | 2               | 2           | 粗砂   |
|                         | 取值范围 | 23.0-24.8  | 28.4-35.0  | 8.5-11.7      | 6.6-9.9         | 20.5-31.8   |      |
|                         | 平均值  | 23.9       | 31.7       | 10.1          | 8.2             | 31.8        |      |
| 坡残积土 (K <sub>2</sub> L) | 样本数  | 4          | 4          | 4             | 4               | 4           | 中砂   |
|                         | 取值范围 | 6.1-23.8   | 21.1-33.1  | 13.8-21.2     | 10.2-15.4       | 26.8-32.5   |      |
|                         | 平均值  | 13.6       | 25.1       | 16.3          | 13.1            | 31.9        |      |

## (二) 物理力学性质特征

本次详查对六王镇花岗岩区 J<sub>2</sub>Y、J<sub>3</sub>W、K<sub>2</sub>G 和 K<sub>2</sub>L 等地层坡残积土进行了取样和室内测试，主要物理力学性质指标测试成果统计见表 2-6-8~表 2-6-11。

从表 2-6-8~表 2-6-11 可知，六王镇花岗岩坡残积土饱和后的抗剪强度较天然抗剪强度急剧降低，这刚好证明了六王镇花岗岩区坡残积土粘粒含量相对较少，在含水量较大的条件

下都呈迅速崩解状的特征。

表 2-6-8 容县六王镇 J<sub>2</sub>Y 花岗岩坡残积土主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标 | 天然重度                             | 饱和重度                               | 天然孔隙比     | 液限                    | 快剪            |           | 饱和快剪          |          |
|------|----------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------|---------------|-----------|---------------|----------|
|      |                                  |                                    |           |                       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力      |
|      | $\gamma$<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | $\gamma_s$<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | e         | W <sub>L</sub><br>(%) | $\phi$<br>(°) | c<br>kPa  | $\phi$<br>(°) | c<br>kPa |
| 取值范围 | 17.9-20.8                        | 18.6-21.5                          | 0.61-1.17 | 27.9-49.2             | 13.0-31.3     | 16.8-49.3 | 10.9-23.4     | 7.4-35.2 |
| 样本数  | 19                               | 19                                 | 49        | 49                    | 48            | 48        | 49            | 48       |
| 平均值  | 19.29                            | 20.05                              | 0.80      | 39.96                 | 19.14         | 32.17     | 15.22         | 22.86    |

表 2-6-9 容县六王镇 J<sub>3</sub>W 花岗岩坡残积土主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标 | 天然重度                             | 天然孔隙比     | 液限                    | 快剪            |           | 饱和快剪          |           |
|------|----------------------------------|-----------|-----------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|
|      |                                  |           |                       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力       |
|      | $\gamma$<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | e         | W <sub>L</sub><br>(%) | $\phi$<br>(°) | c<br>kPa  | $\phi$<br>(°) | c<br>kPa  |
| 取值范围 | 15.4-17.4                        | 0.82-1.15 | 36.5-52.5             | 16.2-26.1     | 20.8-37.4 | 12.5-18.5     | 10.8-14.7 |
| 样本数  | 8                                | 8         | 8                     | 7             | 7         | 7             | 7         |
| 平均值  | 16.2                             | 0.97      | 41.1                  | 21.9          | 30.0      | 15.7          | 13.1      |

表 2-6-10 容县六王镇 K<sub>2</sub>G 花岗岩坡残积土主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标 | 天然重度                             | 饱和重度                               | 天然孔隙比     | 液限                    | 快剪            |           | 饱和快剪          |          |
|------|----------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------|---------------|-----------|---------------|----------|
|      |                                  |                                    |           |                       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力      |
|      | $\gamma$<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | $\gamma_s$<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | e         | W <sub>L</sub><br>(%) | $\phi$<br>(°) | C<br>kPa  | $\phi$<br>(°) | c<br>kPa |
| 取值范围 | 16.4-20.1                        | 19.8-20.5                          | 0.53-0.98 | 29.4-53.6             | 16.3-24.8     | 26.8-56.0 | 14.9-19.2     | 6.1-19.6 |
| 样本数  | 15                               | 7                                  | 15        | 14                    | 13            | 13        | 6             | 6        |
| 平均值  | 17.90                            | 20.64                              | 0.77      | 27.27                 | 19.26         | 35.38     | 16.43         | 12.00    |

表 2-6-11 容县六王镇 K<sub>2</sub>L 花岗岩坡残积土主要物理力学性质指标统计表

| 主要指标 | 天然重度                             | 饱和重度                               | 天然孔隙比     | 液限                    | 快剪            |           | 饱和快剪          |          |
|------|----------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------|---------------|-----------|---------------|----------|
|      |                                  |                                    |           |                       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力       | 内摩<br>擦角      | 粘聚力      |
|      | $\gamma$<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | $\gamma_s$<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | e         | W <sub>L</sub><br>(%) | $\phi$<br>(°) | C<br>kPa  | $\phi$<br>(°) | c<br>kPa |
| 取值范围 | 14.3-17.5                        | 18.7-20.4                          | 0.81-1.20 | 35.4-50.3             | 16.4-27.0     | 24.4-47.0 | 10.3-22.3     | 7.3-27.7 |
| 样本数  | 11                               | 5                                  | 10        | 12                    | 10            | 10        | 6             | 6        |
| 平均值  | 16.24                            | 19.76                              | 0.96      | 44.05                 | 19.47         | 35.61     | 15.78         | 15.6     |

### (三) 渗透性特征

根据本次详查对六王镇花岗岩区坡残积土取样测试成果统计，含角砾粘土和砂（砾）质粘性土的渗透系数取值和透水性见表（透水性根据 SL55-2005《水利水电工程地质勘察规范》确定，下同）。由表 2-6-12 可知，容县六王镇花岗岩斜坡坡残积土属弱～中等透水性土；含角砾粘土的渗透系数小于砂砾质粘性土的渗透系数，这表明斜坡表层坡残积土的渗透性是不相同的，含粘粒和粉粒较高的地方，渗透系数相对较弱。

表 2-6-12 花岗岩坡残积土渗透系数表

| 岩性       | 渗透系数(cm/s) |  |                       | 透水性   |
|----------|------------|--|-----------------------|-------|
|          | 样本数        | 取值范围   | 平均值                   |       |
| 含角砾粘土    | 5          | $2.12 \times 10^{-5} \sim 5.90 \times 10^{-5}$ | $3.27 \times 10^{-5}$ | 弱透水性  |
| 砂(砾)质粘性土 | 3          | $1.04 \times 10^{-5} \sim 3.31 \times 10^{-5}$ | $2.03 \times 10^{-5}$ | 弱透水性  |
|          | 49         | $1.04 \times 10^{-4} \sim 2.04 \times 10^{-3}$ | $2.07 \times 10^{-4}$ | 中等透水性 |

## 第七节 水文地质条件

区内地下水可划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩(红层盆地)孔隙裂隙水、碎屑岩裂隙水、花岗岩裂隙水、花岗岩—混合岩网状风化裂隙水五种，见图 2-7-1。

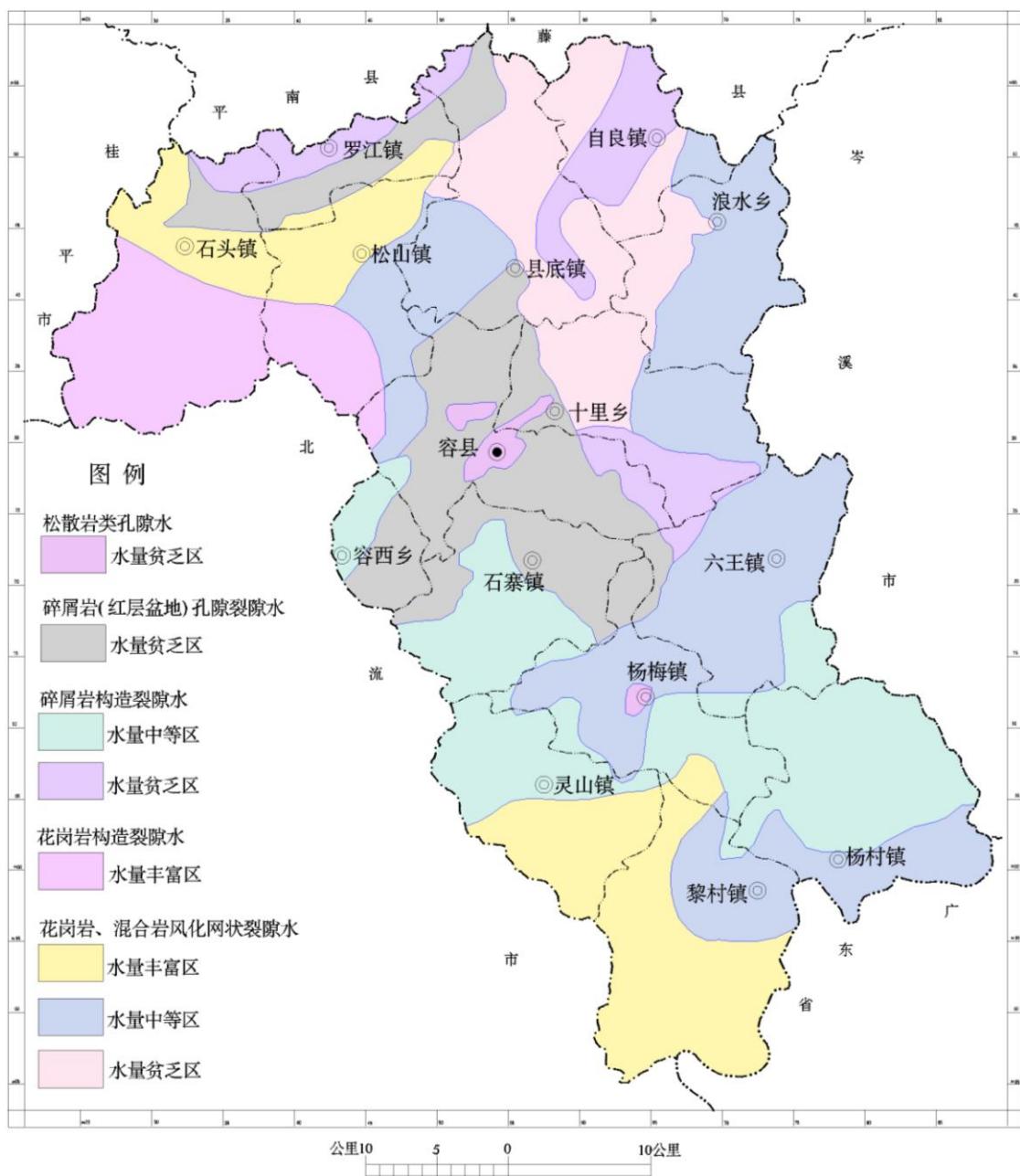


图 2-7-1 含水岩组富水性分布图

### 一、松散岩类孔隙水

主要分布于容县县城及附近一带绣江一、二级阶地，面积约  $17\text{km}^2$ 。地下水赋存于中粗

砂、粉细砂和砾砂等松散层孔隙中。含水层透水性主要取决于松散土层颗粒组成。由于区内第四系松散层一般为粘土、粉质粘土，局部有砂层，但粘粒成分含量高，颗粒级配不均匀（不均匀系数一般大于 10），故孔隙度低，透水性较弱。地下水除接受大气降雨补给外，洪水季节还接受河水侧向补给。单井涌水量小于  $100\text{m}^3 / \text{d}$ ，水量贫乏。地下水多以下降泉的形式在阶地前缘或河谷两侧排泄。

## 二、碎屑岩（红层盆地）孔隙裂隙水

主要分布于容县盆地和北部大洲盆地，面积约  $346\text{km}^2$ 。地下水赋存于第三纪邕宁群、侏罗系下统大岭组、天堂组、白垩系下统新隆组砾岩、不等粒砂岩、细砂岩、粉砂岩孔隙及构造裂隙中。主要接受大气降雨补给，并于溪沟底部，沟侧等地排泄出地表形成泉、季节泉、沟尾泉等。由于岩性、地貌、补给条件所限，盆地内的地层大都含水微弱，据钻孔抽水试验，涌水量小于  $100\text{m}^3/\text{d}$ ，水量贫乏。

## 三、碎屑岩裂隙水

主要分布于县境北东面的自良镇、中部十里乡、南东面杨村镇、南西面灵山镇等地，面积约  $560\text{Km}^2$ 。地下水主要赋存于白垩系砾岩、砂岩、粉砂岩、页岩、霏细斑岩、石英玢岩；泥盆系砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩；志留系砂岩、粉砂岩、页岩；奥陶系砂岩、粉砂岩、泥岩、页岩等含水岩组的风化裂隙及构造裂隙之中。主要接受大气降雨补给，并于溪沟底部、沟侧及山坡脚等地排泄出地表形成泉、季节泉、沟尾泉等。因受地层岩性影响及所处构造位置的不同，此类地下水在县内各地的富水程度各不相同。

### （一）水量中等的碎屑岩裂隙水

主要分布于南东面杨村镇、南西面灵山镇等地，面积  $400\text{km}^2$ 。地下水含水岩组以白垩系西垌组火山角砾岩、霏细斑岩、安山玢岩；大坡组砾岩、砂岩；泥盆系砂砾岩、砂岩、粉砂岩及志留系砂岩、粉砂岩为主。构造裂隙相对较发育，地下水具有良好的储存和运移空间，植被中等发育，枯季迳流模数平均  $8.75 \text{ L/S.Km}^2$ ，泉流量小于  $0.1\text{L/S}$ 。

### （二）水量贫乏的碎屑岩裂隙水

主要分布于北东面白良镇等地，面积  $160\text{Km}^2$ 。含水岩组以白垩系新隆组粉砂岩、砂岩、泥岩；罗文组砾岩、砂岩、粉砂岩及第三纪砂砾岩为主，基岩厚度大，完整，裂隙不发育，不利于地下水的储存和运移，植被中等发育或不发育，地下水枯季迳流模数平均值  $3.91 \text{ L/S km}^2$ ，泉流量小于  $0.1\text{L/S}$ 。

## 四、花岗岩裂隙水

主要分布于北西面大容山山顶一带，面积  $179\text{km}^2$ 。地下水赋存于花岗岩风化及构造裂隙中，由于处于中低山地貌，所以它只能接受降雨的渗入补给，并通过裂隙迳流排泄至沟谷和侧向补给其它类型水。因地处大容山强降雨区，且植被发育，有利于降雨入渗，故水量丰富，枯季地下水迳流模数平均值  $17.54 \text{ L/S km}^2$ ，泉流量大于  $0.1\text{L/S}$ 。

## 五、花岗岩—混合岩网状风化裂隙水

主要分布于北面石头镇、松山镇、县底镇；中部十里乡、六王镇；南面杨村镇、黎村镇等地的花岗岩及混合岩分布区内，面积  $1155\text{km}^2$ 。地下水赋存于岩石的网状风化裂隙中，主

要接受大气降雨的入渗补给，地下水主要呈分散式迳流，其迳流方向与地形坡向基本一致，大部分在沟尾、谷底等低洼处以沟尾泉（分散流）的形式排泄，并汇成地表溪流。由于受地形地貌、构造、裂隙的发育程度、岩石风化程度等因素的影响，各块段地下水的丰富程度也不一致，地下水枯季迳流模数在不同地域差别较大。按地下水枯季迳流模数的大小，县内花岗岩-混合岩网状风化裂隙水有如下三个富水等级。

### （一）丰富级

分布于北面石头镇、松山镇及南西面天堂山等地，面积  $350\text{km}^2$ 。多处于中低山及低山丘陵区，构造裂隙发育，岩石风化强烈，且处于强降雨区，植被发育，利于降雨入渗，枯季地下水迳流模数  $12\sim18\text{L/S.Km}^2$  之间，地下水补给和赋存条件较好，水量丰富。

### （二）中等级

分布于县底镇、六王镇、杨村镇及黎村镇等地，面积  $576\text{Km}^2$ 。处于低山丘陵及丘陵区，岩石风化强烈，但降雨量相对较少，植被发育中等，构造裂隙多呈闭合状，枯季地下水迳流模数平均值  $9.71\text{L/S.Km}^2$  水量中等。

### （三）贫乏级

分布于十里乡一带，面积  $230\text{Km}^2$ 。地下水枯季迳流模数平均值  $5.07\text{L/S.Km}^2$ ，地下水运移和储存条件差，水量贫乏。

## 第八节 与地质灾害有关的人类工程经济活动

容县多年来引发地质灾害的人类工程经济活动主要以前坡建房、道路建设为主，此外城镇建设、矿产开发、河道采砂等人类工程经济活动在一定条件下也可能引发地质灾害。

### 一、削坡建房

由于容县大部分地区属于低山、丘陵地区，而该地区人口密度又相对较大，当地居民往往采取坡脚削坡的方式平整场地建房。根据目前调查的资料，一般削坡高度为  $3\sim5\text{m}$ ，部分地区削坡高度可到  $10\text{m}$  以上。据调查，由于容县低山、丘陵区斜坡表层出露的岩性多为粉质粘土、含砾粘土、砂质粘土等，因此斜坡坡脚开挖会明显的破坏覆盖层类斜坡的原有的稳定性；从现有掌握的资料来看，容县明显发育的滑坡地质灾害大部分与削坡有关。除了降雨因素，削坡是容县发生滑坡地质灾害的最主要的诱发外因。

### 二、道路建设

容县十多年来大力发展交通设施，修建城区道路、通往各县（市）的一级公路、二级公路及通往各乡镇的道路，这些道路经过丘陵而挖坡、削坡和填土，形成高  $6\sim30\text{m}$ 、坡度  $40\sim70^\circ$  高陡边坡，高陡临空面或坡体填土加载常引发滑坡、崩塌地质灾害或出现地质灾害隐患点。

### 三、城镇建设

容县城区位于绣江河谷阶地，城市建设旧城改造中可能引发地质灾害的人类工程活动主要以基坑开挖、基坑排水为主，由于城区楼房、道路分布密集，受条件限制，深基坑开挖形成高陡的基坑壁，出现基坑涌水等现象，如果护坡、排水不当，将会产生崩塌、地面沉陷、地基不均匀沉降等灾害。

#### **四、矿产开发**

县内矿产开发点主要有灵山镇珍竹岭金矿、杨梅镇鸡笼顶铜矿（硫铁矿）和杨梅镇莹石矿。由于乱采滥挖、无证开采及非法争抢资源等不规范的采矿行为的影响，部分矿区已陆续出现采空区地面变形、塌陷、崩塌等现象，未有人员伤亡，管理部门已对上述矿山进行了地灾防范方面的整顿。

#### **五、河道采砂**

调查区内绣江乱采乱挖现象严重，导致河床底下形成很多临空面。在河水的潜蚀作用下，边坡易失稳，洪水期可能出现大规模河岸崩塌、滑坡地质灾害。

#### **六、水利建设**

自解放以来，容县修建了大量的水利灌溉工程，形成了一系列的灌溉防洪水利系统，这些水利工程大多没有防渗护坡措施，局部水利边坡高陡，水的渗透使水利边坡土体软化，多发生边坡崩塌地质灾害。如黎村满垌水库东、西干渠，位于花岗岩分布区，坡残积层厚度大，结构松散，水渠无防渗措施，因此常引发局部崩滑。

### 第三章 地质灾害与地质灾害易发村（屯）

#### 第一节 地质灾害类型

容县发育的地质灾害类型有崩塌、滑坡、不稳定斜坡、泥石流等4种，目前已查明地质灾害点共774处（包含隐患点441处）。其中，滑坡314处，占全县地质灾害总数的40.57%；崩塌208处，占全县地质灾害总数的26.87%；不稳定斜坡250处，占全县地质灾害总数的32.30%；泥石流2处，占地质灾害总数的0.26%；滑坡、崩塌和不稳定斜坡是容县主要的地质灾害灾种。容县地质灾害及隐患点类型和数量统计见表3-1-1，容县地质灾害历史调查情况见表3-1-2。

截止详查工作结束，本次详查共调查到新增地质灾害隐患点248处（见表3-1-2），共核查地质灾害隐患点466处、核销273处、保留193处（见表3-1-3），目前全县共有地质灾害隐患点441处。其中，崩塌隐患点111处，占全县地质灾害隐患点的25.17%；滑坡隐患点148处，占全县地质灾害隐患点的33.56%；不稳定斜坡隐患点182处，占全县地质灾害隐患点的41.27%。容县地质灾害及隐患点类型和数量统计见表3-1-1，容县地灾详查中地质灾害隐患点核查情况见表3-1-3。

表3-1-1 容县地质灾害及隐患点数量统计表

| 类型    | 数量（处） | 比例（%）  | 隐患点（处） | 比例（%）  |
|-------|-------|--------|--------|--------|
| 崩塌    | 208   | 26.87  | 111    | 25.17  |
| 滑坡    | 314   | 40.57  | 148    | 33.56  |
| 不稳定斜坡 | 250   | 32.30  | 182    | 41.27  |
| 泥石流   | 2     | 0.26   | 0      | 0.00   |
| 合计    | 774   | 100.00 | 441    | 100.00 |

表3-1-2 容县各类地质灾害调查情况对比统计表

| 地质灾害调查               | 崩塌<br>(处) | 滑坡<br>(处) | 不稳定斜<br>坡(处) | 泥石流<br>(处) | 数量<br>(处) | 隐患点<br>(处)   | 备注                       |
|----------------------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|--------------|--------------------------|
| 2004年地灾<br>区划调查      | 51        | 103       | 109          | 2          | 265       | 262<br>(区划时) | 3处滑坡无隐患。                 |
| 2005~2012年<br>突发地灾调查 | 72        | 141       | 43           | 0          | 256       | 252<br>(详查前) | 2处崩塌、2处滑坡详<br>查前已由玉林站核销。 |
| 2013年地灾<br>详查(新增)    | 85        | 70        | 98           | 0          | 253       | 248          | 1处崩塌、4处滑坡无<br>隐患。        |
| 合计                   | 208       | 314       | 250          | 2          | 774       | 762          | ——                       |

表3-1-3 容县地灾详查中地质灾害隐患点核查情况统计表

| 地质灾害<br>隐患点核查        | 隐患点<br>(处) | 本次详<br>查核查<br>(处) | 本次详<br>查核销<br>(处) | 本次详<br>查保留<br>(处) | 备注                                       |
|----------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| 2004年地灾<br>区划调查      | 262        | 214               | 102               | 112               | 2010年玉林站编制容县地灾防治规划时<br>野外调查已核销原区划隐患点48处。 |
| 2005~2012年<br>突发地灾调查 | 252        | 252               | 171               | 81                | ——                                       |
| 合计(处)                | 514        | 466               | 273               | 193               | ——                                       |

根据隐患点核查及调查统计结果，容县潜在危害程度大的隐患点共 3 处，占隐患点总数的 0.68%；潜在危害程度中等的隐患点共 196 处，占隐患点总数的 44.44%；潜在危害程度小的隐患点共 242 处，占隐患点总数的 54.88%；潜在危险性大的隐患点共 193 处，占隐患点总数的 43.76%；潜在危险性中等的隐患点共 242 处，占隐患点总数的 54.88%；潜在危险性小的隐患点共 6 处，占隐患点总数的 1.36%。

根据本次详查结果统计，容县地质灾害及隐患点规模以小型为主。其中，小型地质灾害共 770 处，占地质灾害总数 99.48%；中型地质灾害共 4 处，占地质灾害总数 0.52%；没有大型地质灾害发生。

## 第二节 地质灾害发育与分布特征

### 一、地质灾害发育特征

#### (一) 滑坡发育特征

##### 1、滑坡的类型

区内共调查到滑坡 314 处，发育数量最多，为区内危害最严重的地质灾害类型。区内滑坡以发生于自然斜坡和人工边坡上的土质浅层滑坡为主；滑坡规模以小型为主，4 处中型滑坡，无大型滑坡，滑坡规模统计见表 3-2-1；滑坡形成的诱发因素有降雨、削坡和坡脚开挖，以降雨诱发为主；目前，大部分滑坡仍处于现状不稳定状态。容县滑坡具体分类见表 3-2-2。

表 3-2-1 容县滑坡规模统计表

| 规模( $m^3$ ) | >10W | 1W~10W | 0.5W~1W | 0.1W~0.5W | 500~1000 | 100~500 | $\leq 100$ | 总数    |
|-------------|------|--------|---------|-----------|----------|---------|------------|-------|
| 数量(处)       | 4    | 30     | 32      | 114       | 46       | 73      | 15         | 314   |
| 所占比例(%)     | 1.3  | 9.6    | 10.2    | 36.3      | 14.6     | 23.2    | 4.8        | 100.0 |

表 3-2-2 容县滑坡分类统计表

| 分类依据   | 类型    | 特征说明   | 数量(处) | 比例(%)  |
|--------|-------|--|-------|--------|
| 物质组成   | 岩质滑坡  | 沿倾向临空面的强风化结构面滑落。                                       | 0     | 0.6    |
|        | 土质滑坡  | 有 87 处土质滑坡发生在花岗岩破残积土和全风化土层中；有 67 处土质滑坡发生在碎屑岩和变质岩残坡积层中。 | 314   | 99.4   |
| 滑体规模   | 小型滑坡  | $<10 \text{ 万 } m^3$                                   | 310   | 99.4   |
|        | 中型滑坡  | $10 \text{ 万 } m^3 \sim 100 \text{ 万 } m^3$            | 4     | 0.5    |
| 滑体厚度   | 浅层滑坡  | 厚度在 10m 以内   | 314   | 100.00 |
| 运动形式   | 推移式滑坡 | 由于上部陡坡段岩土体稳定性较差，在暴雨等因素的引发下首先发生滑动，进而“推动”下部较缓坡段的岩土体跟着滑动。 | 77    | 24.5   |
|        | 牵引式滑坡 | 开挖坡脚导致斜坡下方岩土体失去支撑，并率先滑动，进而“牵引着”上方岩土体跟着滑动。              | 237   | 75.5   |
| 现今稳定程度 | 稳定    | 无活动特征  | 77    | 24.5   |
|        | 较稳定   | 有轻微活动特征  | 125   | 39.8   |
|        | 不稳定   | 有明显活动特征  | 112   | 35.7   |

##### 2、土质滑坡发育特征

###### (1) 花岗岩区土质滑坡

容县花岗岩区共调查到土质滑坡 212 处。其中，129 处发生在自然斜坡上（斜坡前缘大部分存在或高或低的人工切坡）；83 处发生在人工边坡上。

### 1) 自然斜坡上土质滑坡

容县花岗岩区内共调查到发生在自然斜坡上的土质滑坡 129 处。滑坡所处自然斜坡坡度在  $27^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，多发育于  $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$  的斜坡上；坡面植被发育，以灌木为主；滑高在  $10\sim 210m$  不等，与地形坡度有一定的关系；滑坡的平面形态有舌形、半圆形和不规则形，以为舌形为主；滑面主要形成于花岗岩全风化层及以上坡残积层中，控滑结构面有土岩接触面和层内错动带两种，滑面形态多为凹形和直线形。滑体厚度在  $1\sim 8m$  之间、以  $1\sim 3m$  为主，滑体的物质组成以砂（砾）质粘性土、砂土为主。下面主要以六王镇花岗岩区 2010 年“6.2”发生在自然斜坡上的典型花岗岩土质滑坡灾害为例进行分析。

根据调查资料统计分析，容县六王镇花岗岩斜坡发生地质灾害的主要破坏类型以坡面浅表层滑坡为主；滑坡发育厚度小于  $5m$ ，以  $1\sim 2m$  为主；滑坡面发育的层位以坡残积层为主，发育在全风化层的也有。滑坡的发生具有同一区域多点爆发的特点，整个滑坡区域由多处规模大小不一的滑坡组成。

#### ①、古里水路 1 号滑坡

该滑坡位于古里村水路队丘陵山坡上，滑坡所处自然斜坡坡度  $30\sim 40^{\circ}$ ，坡面凹形，斜坡坡面中下部植被发育为竹子和杂草，斜坡坡面上部植被发育一般；斜坡坡脚为村民建房时开挖形成的直立状边坡，边坡宽  $150m$ 、高  $3\sim 8m$ 。滑坡所处地层岩性为白垩系古响单元闪长岩、闪长玢岩 ( $K_2G$ )。斜坡表面坡残积层土厚  $0.8\sim 1.5m$ ，岩性为砂质粘土，结构松散，粘性一般；其下为白垩系古响单元闪长岩、闪长玢岩全风化后形成的岩性为砂（砾）质粘性土或砂土，结构松散，粘性差。坡面右侧残坡积层滑坡于 2010 年 6 月 2 日由大暴雨诱发，滑坡主滑方向为  $60^{\circ}$ ，平面形态呈舌形，控滑结构面为强弱风化接触面，滑长约  $85m$ ，滑宽约  $20m$ ，滑体厚  $1\sim 1.5m$ ，体积约  $2125m^3$ ，部分掩埋 2 层楼房 2 幢，直接经济损失 25 万元；整个坡面目前为一潜在滑坡体，滑长约  $95m$ ，滑宽约  $100m$ ，滑体厚约  $2m$ ，方量约  $19000m^3$ ，威胁坡前居民 15 户 95 人，威胁财产约 100 万元。古里水路 1 号滑坡见照片 3-2-1，滑坡剖面见图 3-2-1。

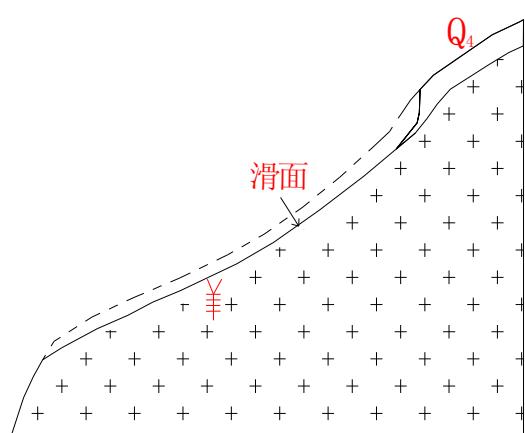


图 3-2-1 古里水路1号滑坡剖面



照片 3-2-1 古里水路1号滑坡

如古里水路 1 号滑坡这样的浅表层“剥皮”型滑坡主要发育于六王镇花岗岩区的龙头村、

陈村村、古里村和六王村等地的斜坡上，为六王镇的主要滑坡类型。滑坡所处自然斜坡坡面一般如照片 3-2-2 及图 3-2-2 所示；滑坡所处地层有白垩系罗马单元长石石英斑岩（ $K_2L$ ）、白垩系古响单元中细粒石英闪长斑岩、细粒石英闪长岩（ $K_2G$ ）、侏罗系杨梅山单元中细粒花岗岩（ $J_2Y$ ）、侏罗系屋面前单元粗粒或中粗粒花岗岩（ $J_3W$ ），以侏罗系杨梅山单元中细粒花岗岩（ $J_2Y$ ）地层面积最大且发育滑坡数量最多；滑体层位为斜坡坡残积土层，岩性为砂质粘土和砂砾质粘性土，滑体厚度以 1.0~2.0m 为主，属牵引式滑坡。

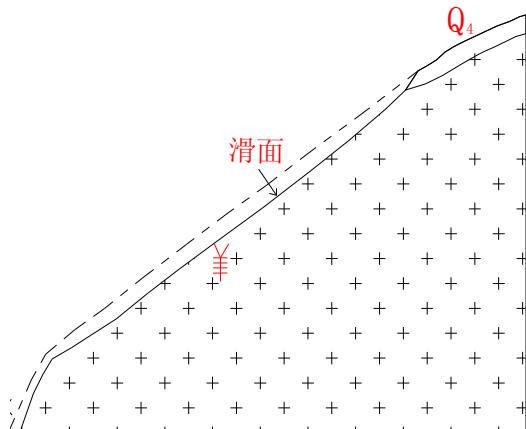


图 3-2-2 A 类滑坡剖面



照片 3-2-2 滑坡

## ②、龙头水枧 2 号滑坡

该滑坡位于龙头村水枧自然村梁全枝户房屋后丘陵山坡上，滑坡所处自然斜坡坡度约 42°，坡顶与坡脚地面高差约 45m，坡面植被发育。斜坡表面坡残积层土厚在 1~1.5m 之间，岩性为砂质粘土，结构松散，粘性一般；其下为晚白垩系古响单元闪长岩、闪长玢岩（ $K_2G$ ）全风化后形成的砂（砾）质粘性土和砂土，结构松散，粘性差。风化土在强降雨作用下饱和后，在坡面水流的冲刷下形成滑坡并快速向下滑动。该滑坡属推移式滑坡，平面形态呈似半圆形，主滑方向 60°，控滑结构面为层内错动带，滑长约 45m，滑宽约 50m，滑体平均厚度约 2.5m，总体积约 5625m³；控滑结构面为层内错动带，滑面位于全风化土层中，为圆弧形；滑体堆积于坡脚附近，其强大的冲击力造成了一幢 2 层楼房（共 28 间）全部被压垮，并致 7 人被埋而死亡。

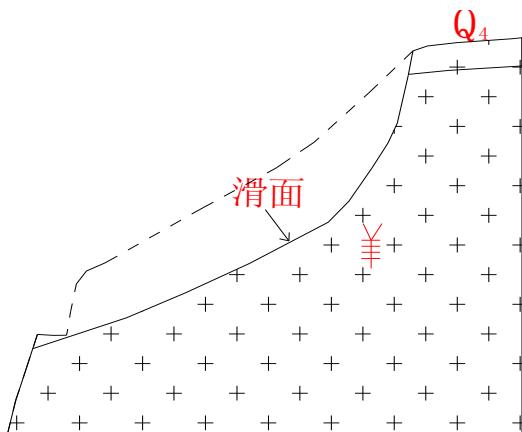


图 3-2-4 龙头水枧滑坡剖面



照片 3-2-4 龙头水枧滑坡

此类滑坡前缘一般为人工切坡，坡高在 6~10m，切坡后缘自然斜坡坡度一般为 30°~40°；

滑坡的平面形态一般为半圆形；滑坡后缘位于自然斜坡接近顶部位置，在强降雨作用下，后缘拉裂、前缘剪出，形成圆弧形滑坡；滑体为饱水的砂质粘土和砂（砾）质粘性土，厚度较前面类型厚，一般为 3.0~4.0m。如六王镇龙头水枧滑坡（见照片 3-2-4）。

## 2) 人工边坡上的土质滑坡

区内共调查到人工边坡上的土质滑坡 83 处。此类滑坡多发生于花岗岩坡残积层、砂土状全风化层及碎块状强风化层等类土质边坡上；滑坡后缘至坡肩、滑坡前缘至坡脚，控滑结构面为层内错动带，滑面形态为似圆弧形且连通性较好，滑体厚度一般为 0.5~1.5m；滑坡通常发生在雨季，特别是长时间大雨或暴雨后不久，当边坡表层坡体饱水时，就容易发生；不同区域花岗岩类土质边坡的滑坡机理基本一致。如石头镇旺广四良 3 队滑坡（见照片 3-2-6）。该滑坡所处地层岩性为二叠系江口单元中粒花岗岩（P<sub>2</sub>J）；屋后边坡坡高约 10m，坡度 60~65°，植被发育一般；滑体厚度约 1m，岩性为坡残积砂质粘性土；滑面为由坡肩至坡脚的似圆弧面。又如 S211 公路黎村镇振新村东南约 100m 处边坡上的滑坡（见照片 3-2-7）。该滑坡所处地层岩性为寒武系岭头田单元中细粒花岗岩（L）；滑坡所处边坡坡高约 26m，坡度 57~60°，坡面植被一般发育，为草皮；滑高约 25m，滑面为似圆弧面，滑体平均厚度约 1m，滑体岩性为含块石的石全风化砂土。



照片 3-2-6 石头镇旺广四良 3 队滑坡



照片 3-2-7 S211 公路黎村镇振新村段滑坡

## (2) 碎屑岩区土质滑坡

容县碎屑岩区共调查到土质滑坡 96 处。其中，51 处发生在自然斜坡上（斜坡前缘大部分存在或高或低的人工切坡）；45 处发生在人工切坡上。

### 1) 自然斜坡上的土质滑坡

此类滑坡主要发育于基岩埋深较浅的斜坡上，岩土结构为上覆坡残积土和下伏基岩。滑坡的平面形态一般为舌型和半圆形。滑面以为覆盖层与岩土接触面为主。滑体厚度一般小于 5m，以 2~4m 居多，滑体岩性根据滑床岩性的不同而有所不同：下伏基岩为泥岩时，滑体岩性以粘土、粉质粘土主；下伏基岩为砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、砂砾岩时，滑体岩性主要以碎石土为主。滑带多为岩土接触面上的粘土夹碎石，厚度较薄，一般不超过 10cm，含水量较高。滑床以强风化基岩为主。

当人工边坡切穿残积土岩土接触面外露且斜坡坡度>35°时，上覆坡残积土易发生推移式

滑坡，如石寨镇石城六轴二队 2 号滑坡（见照片 3-2-8、3-2-9 及图 3-2-5）。该滑坡所处自然斜坡坡度为  $40\sim45^\circ$ ，坡面为凸形，坡顶与坡脚地面高差约 55m，坡面植被发育，为灌木；所处地层岩性为志留系下统大岗顶组砂岩 ( $S_{1d}$ )；斜坡于 2000 年在降雨作用下产生后缘裂缝、坡面树木歪斜、坡脚渗冒浑水等现象，并于 2010 年 6 月在大暴雨的作用下再次发生滑动，导致前缘局部挡墙外鼓、前移。该滑坡滑长约 60m，滑宽约 40m，推测滑体厚度约 4m，体积约  $9600m^3$ ，控滑结构面为土岩接触面，滑床岩性为强风化砂岩。



照片 3-2-8 石寨镇石城六轴二队滑坡



照片 3-2-9 滑坡前缘挡土墙外鼓、前移

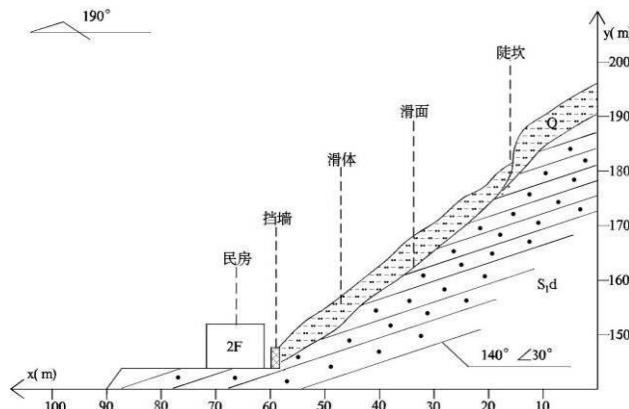


图 3-2-5 石寨镇石城六轴二队滑坡剖面图



照片 3-2-10 石寨镇石城竹冲滑坡

当人工边坡切穿坡残积土岩土接触面外露且斜坡坡度  $\leq 35^\circ$  时，坡残积土易发生牵引式滑坡，如石寨镇石城竹冲滑坡（见照片 3-2-10）。该滑坡所处自然斜坡坡度约  $32^\circ\sim35^\circ$ ，坡顶与坡脚地面高差约 11m，坡面植被较发育，为杂草；所处地层岩性为志留系上统防城组粉砂岩 ( $S_{1d}$ )；前缘切坡高约 3m，坡度约  $70^\circ$ ；该滑坡于 2013 年 8 月尤特台风暴雨期间产生，由斜坡前缘土体先滑带动后缘土体滑动，为典型的牵引式滑坡，滑长约 15m，滑宽约 12m，滑体厚度约 2m、岩性为砂质粘土，体积约  $360m^3$ ，控滑结构面为土岩接触面，滑床岩性为强风化粉砂岩。

## 2) 人工边坡上的土质滑坡

区内该类边坡主要是由泥岩、砂砾岩、粉砂岩、砂岩等沉积岩的全风化层及坡残积层组成。其构成介质主要是含砂砾石粘土、砂质粘土、粘土和碎石土，土体中保留或部分保留的

结构面多为岩体中原有的层理节理和软弱夹层。不同岩性的坡面，其滑面类型也不一样。如石头镇石塘三组滑坡（见照片 3-2-11），该滑坡所处地层岩性为侏罗系下统大岭组泥岩（J<sub>1</sub>d），在切坡坡残积层中产生似圆弧滑动，属似圆弧滑动破坏型。又如容州镇三和中陂滑坡（见照片 3-2-12），该滑坡所处地层为第三系邕宁群块状砂砾岩（Ey），风化土层厚度较大，滑坡后缘拉裂后垂直下挫产生似圆弧滑动，属上直线下圆弧滑动破坏型。再如石寨镇石城大河二队滑坡（见照片 3-2-13），该滑坡所处地层为志留系上统防城组砂岩（S<sub>3</sub>f），滑动面为岩土接触面，其形态为平面，属平面滑动破坏型，滑床为强风化基岩。



照片 3-2-11 石头镇石塘三组滑坡



照片 3-2-12 容州镇三和中陂滑坡



照片 3-2-13 石寨镇石城大河二队滑坡

### (3) 变质岩土质滑坡

区内共调查到变质岩土质滑坡 6 处，自然斜坡上的土质滑坡 5 处，人工边坡上土质滑坡 1 处，其滑坡发育特征同花岗岩类似，这里不再赘述。

## （二）崩塌发育特征

### 1、崩塌的类型

区内共调查到崩塌 208 处，发育数量次于滑坡和不稳定斜坡，为区内危害较严重的地质灾害类型。区内崩塌以发生于人工边坡上的土质崩塌为主，4 处岩质崩塌；崩塌规模均为小型，以  $1000m^3$  以内为主；约 40% 的崩塌目前仍处于现状不稳定状态；崩塌由人工削坡和降雨共同作用形成，以降雨诱发为主。容县崩塌规模统计见表 3-2-3，崩塌具体分类见表 3-2-4。

表 3-2-3 容县崩塌规模统计表

| 规模 (m <sup>3</sup> ) | >1W | 0.5W~1W | 0.1W~0.5W | 500~1000 | 100~500 | ≤100 | 总数  |
|----------------------|-----|---------|-----------|----------|---------|------|-----|
| 数量(处)                | 1   | 2       | 17        | 34       | 98      | 56   | 208 |
| 所占比例(%)              | 0.5 | 1.0     | 8.2       | 16.3     | 47.1    | 26.9 | 100 |

表 3-2-4 容县崩塌分类统计表

| 分类依据   | 类型   | 特征说明   | 数量(处) | 占崩塌总数比例 (%) |
|--------|------|--|-------|-------------|
| 发生原因   | 自然崩塌 | 由于自然地质作用产生的崩塌。                                   | 1     | 0.5         |
|        | 工程崩塌 | 均发生于人工切坡或人工填土边坡上。                                | 207   | 99.5        |
| 物质组成   | 岩质崩塌 | 崩塌物质主要为强风化花岗岩碎块石(3处)和强风化粉砂岩碎块石(1处)。              | 4     | 1.9         |
|        | 土质崩塌 | 花岗岩地区崩塌物质主要为边坡表层残坡积土及全风化砂土、砂质粘性土；碎屑岩地区崩塌物质均为碎石土。 | 204   | 98.1        |
| 崩塌规模   | 小型崩塌 | <1×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>                | 208   | 100         |
| 现今稳定程度 | 稳定   | 无活动特征  | 82    | 39.4        |
|        | 较稳定  | 有轻微活动特征  | 43    | 20.7        |
|        | 不稳定  | 有明显活动特征  | 83    | 39.9        |

## 2、土质崩塌发育特征

区内共调查到土质崩塌 204 处，占崩塌总数的 98.1%，除 1 处发生于自然斜坡外，其余 203 处全部发生于人工边坡上，主要以坡残积层崩塌为主。受切坡工程控制，崩塌的周界形态多呈沿切坡线展布的折线形或弧线形，后壁暴露的土体常发育有牵引作用造成的垂直裂隙。土质崩塌的运动特点与土质滑坡亦很相似，大多数崩塌为滑移式崩塌，并具有牵引式特点，与土质滑坡较难准确界定。其形成亦是一个由缓慢变形阶段发展至快速崩落的累进破坏过程。由于人工边坡开挖形成较陡的临空面，导致较软弱的坡残积层和下伏的全风化破碎岩体在重力作用下鼓胀、外倾，并产生倾向于坡脚的牵引力，在其上部斜坡土体内产生拉张裂缝。在风化作用以及降雨的影响下，拉张裂缝不断加深加宽，对崩塌的发生起进一步的催化作用。随着裂缝的不断扩展，被裂缝切割的土体与上部斜坡的联结力逐渐减小，在降雨的诱发作用下，该部分土体先产生蠕滑，继而形成崩塌。

### (1) 花岗岩区土质崩塌

区内共调查到花岗岩边坡土质崩塌 153 处，其中 152 处发育于人工边坡上，以滑移式的崩塌为主；1 处发育于自然斜坡上。

当边坡坡面风化土层较厚时，崩塌体的厚度也相应较大，一般在 1.0~2.0m，崩塌面近垂直且从坡顶贯穿至坡脚，崩塌体岩性一般为砂质粘土，如黎村镇同和岭头崩塌（见照片 3-2-18）、六王镇思良白明 1 号崩塌（见照片 3-2-19）都属于此类型。

当边坡坡面风化土层较薄时，崩塌体的厚度也相应较小，一般≤1.0m，崩塌面起伏且贯穿近坡脚，崩塌体岩性一般为砂质粘性土、砂砾石土，如县底镇金村茅田崩塌（见照片 3-2-20）、

杨村镇平贯老屋崩塌（见照片 3-2-21）都属于此类型。



照片 3-2-18 黎村镇同和岭头崩塌



照片 3-2-19 六王镇思良白明 1 号崩塌



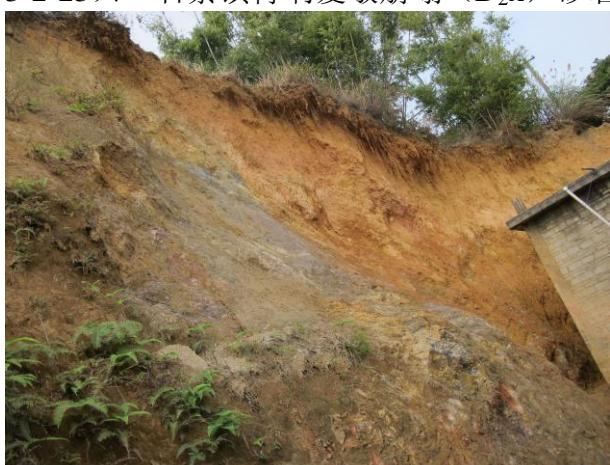
照片 3-2-20 县底镇金村茅田崩塌



照片 3-2-21 杨村镇平贯老屋崩塌

## (2) 碎屑岩区土质崩塌

区内共调查到碎屑岩土质崩塌 47 处，主要发育于人工切坡上，以滑移式的崩塌为主。坡面崩塌体厚度一般 $\leq 1.0\text{m}$ ，岩性以碎石土为主，崩塌面不平整且主要位于坡面的中上部，如灵山镇六泉坡和崩塌（O<sub>2d</sub>，泥岩，见照片 3-2-22）、石寨镇上烟红冲崩塌（O<sub>3l</sub>，泥质粉砂岩，3-2-23）、石寨镇霄洞爱敬崩塌（D<sub>2x</sub>，砂岩，3-2-24）。



照片 3-2-22 灵山镇六泉坡和崩塌



照片 3-2-23 石寨镇上烟红冲崩塌



照片 3-2-24 石寨镇霄洞爱敬崩塌



照片 3-2-25 十里镇琼新河边崩塌

这里要特别强调一下第三系邕宁群 (Ey) 地层。该地层大部分位于容县容州镇红层盆地中，岩性以紫红色块状砂砾岩为主，层状结构，泥质胶结，风化土层厚度 0~5m，局部可达 10m，透水性好，遇水易崩，人工边坡破坏以崩塌为主，崩塌厚度一般在 1.5~2m，如十里镇琼新河边崩塌（见照片 3-2-25）。根据调查访问，第三系邕宁群 (Ey) 地层在风化层厚度大于 5m 的地方，降雨诱发边坡崩塌厚度局部可达 3m。因此，在第三系邕宁群 (Ey) 地层近坡建房时一定要做好切坡坡面的防护工作或尽量避免在此类边坡前建房。

### （3）变质岩区土质崩塌

区内共调查到 4 处变质岩土质崩塌，3 处位于屋后人工边坡上，1 处位于 S211 公路边坡上，由于其岩性与花岗岩相似，因此，变质岩土质崩塌的坡面结构和崩塌机理也与花岗岩相似，这里不再赘述。

## 3、岩质崩塌发育特征

区内共调查到岩质崩塌 4 处。其中，3 处为中细粒花岗岩岩质崩塌，1 处为粉砂岩岩质崩塌，均为强风化层崩塌。

### （1）花岗岩岩质崩塌

区内共调查到花岗岩岩质崩塌 3 处，均发生在强风化中细粒花岗岩边坡上。如浪水镇浪北筒一崩塌（见照片 3-2-26）。该崩塌所处地层岩性为中细粒（斑状）花岗岩 ( $T_1G$ )，所在切坡高约 10m，坡面呈 5 级阶梯状，坡度  $80\sim82^\circ$ ，岩性为强风化花岗岩，坡顶平缓，植被不发育。崩塌发生于第 1 级坡面，崩高约 6m，崩宽约 4.5m，平均崩厚约 0.6m，崩积体约  $16m^3$ 。崩塌面网状节理裂隙发育，崩塌主要受倾向临空面的结构面控制（见照片 3-2-27）。又如容州镇三和牛毛崩塌（见照片 3-2-28）。该崩塌发生于尤特台风暴雨期间，所处地层岩性为中细粒斑状花岗岩 ( $P_2G$ )；自然坡高约 8m，切坡坡高约 4m，整个坡面为凸形，坡度  $65\sim75^\circ$ ；坡面岩性为强风化花岗岩，植被发育；坡顶平缓，植被发育；崩塌控制面为节理裂隙面，崩高约 8m，崩宽约 5m，平均崩厚约 1.5m，崩积体约  $60m^3$ ；坡前崩积体以碎块石为主，可见岩体中节理裂隙发育且将岩体切割为块状，在暴雨的冲刷下最终形成崩塌。

### （2）碎屑岩岩质崩塌

区内共调查到碎屑岩岩质崩塌 1 处，位于罗江镇梨木村旺华队附近 S211 公路边坡上（见

照片 3-2-29), 东北向约 100m 处有一沿东南～西北展布的断层通过。该崩塌所处边坡坡向 66°, 产状为  $295^{\circ}\angle 23^{\circ}$ , 属斜交坡; 坡高约 32m, 坡度  $60\sim 62^{\circ}$ , 坡面呈阶梯状 4 级放坡, 植被发育一般, 坡面岩性为侏罗系下统大岭组强风化粉砂岩夹泥岩 ( $J_1d$ ); 坡顶表土和残积土层厚约 1.0~1.5m, 植被发育一般。该崩塌发生于 2013 年 8 月 16 日尤特台风强降雨期间, 崩高约 32m, 崩宽约 40m, 崩厚约 6m, 体积约  $9600m^3$ , 崩塌后缘下错约 12m, 属滑移式崩塌。崩积体堆于坡前将坡脚排水沟阻塞, 部分崩积体堆于公路上。崩积体平均高度约 18m, 坡度  $50\sim 55^{\circ}$ , 由坡顶残积土和坡面强风化破碎岩土体组成, 局部可见层理清晰的强风化岩块, 稳定性差。从崩积体的组成推断, 断层对此崩塌的形成有一定影响, 控崩结构面为倾向临空面的结构面和平行于边坡坡面的结构面。



照片 3-2-26 浪水镇浪北简一崩塌



照片 3-2-27 崩塌面节理裂隙



照片 3-2-28 容州镇三和牛毛崩塌



照片 3-2-29 S211 公路罗江段崩塌

### (三) 不稳定斜坡发育特征

不稳定斜坡是指具备地质灾害发生的地质环境条件或已经有变形迹象且稳定性差或较差、进一步发展有可能形成滑坡或崩塌灾害的斜坡。野外调查过程中, 对不稳定斜坡的界定主要是通过对地形地貌、地层岩性、斜坡结构、坡体变形迹象及人类工程活动等因素综合考虑判断。本次详查中因斜坡本身已稳定或受威胁户已搬迁避让或治理稳定或没有威胁到重要设施而被核销的以往地灾调查工作确定的不稳定斜坡点依然作为可用数据列入本次统计中,

但不再作为隐患点统计。

### 1、不稳定斜坡的类型

区内共查明不稳定斜坡 250 处，核销原 68 处不稳定斜坡，现存不稳定斜坡 182 处。其中，现存的人工边坡不稳定斜坡有 172 处，占现存不稳定斜坡总数的 94.5%；现存的自然斜坡不稳定斜坡有 10 处，占现存不稳定斜坡总数的 5.5%。区内不稳定斜坡以土质斜坡为主，共 245 处，占不稳定斜坡总数的 98.0%；岩土质不稳定斜坡共 5 处，不稳定斜坡总数的 2.0%。现存不稳定斜坡的潜在崩滑规模以小型为主，潜在崩滑体积在  $5000m^3$  以内居多，尤其以  $100\sim 500m^3$  为主。现存不稳定斜坡潜在崩滑规模统计见表 3-2-5。

表 3-2-5 容县现存的不稳定斜坡潜在崩滑规模统计表

| 潜在崩滑规模<br>( $m^3$ ) | 1W~<br>10W | 0.5W~<br>1W | 0.1W~<br>0.5W | 500~<br>1000 | 100~<br>500 | $\leq 100$ | 合计  |
|---------------------|------------|-------------|---------------|--------------|-------------|------------|-----|
| 数量(处)               | 5          | 8           | 40            | 30           | 75          | 24         | 182 |
| 所占比例(%)             | 2.7        | 4.4         | 22.0          | 16.5         | 41.2        | 13.2       | 100 |

### 2、土质不稳定斜坡发育特征

#### (1) 花岗岩区土质不稳定斜坡

区内共调查到花岗岩土质不稳定斜坡 187 处，其中，不稳定人工切坡 166 处，不稳定自然斜坡 21 处。

##### 1) 不稳定人工切坡

区内共调查到的不稳定人工切坡 166 处，不稳定边坡类型主要有 3 种：坡面局部崩塌型、边坡高陡型、坡面冲蚀型。

###### ①、局部崩滑型

此类型不稳定斜坡主要的不稳定特征表现为坡面或坡脚局部产生小崩小塌，崩塌面相对较小，崩塌的体积一般为  $1\sim 2m^3$ 。尤其以坡脚产生局部崩塌的边坡在干湿作用下容易失稳，原因在于边坡坡脚在地表排水不利的条件下，受水浸润严重，致坡脚土体崩塌形成局部临空面，从而使整个坡面失去支撑后发生剪切破坏失稳，最终导致坡面产生较大面积崩滑。如六王镇龙头外村不稳定斜坡（见照片 3-2-30）。该不稳定斜坡所处地层岩性为侏罗系屋面前单元粗粒或中粗粒花岗岩 ( $J_3W$ )，坡高约 15m，坡面原为直线形，坡度约  $65^\circ$ ，坡面植被不发育，坡顶和坡脚均无排水沟。据调查访问，在降雨的作用下，屋后右侧坡面中上部、坡面中部坡脚及左侧坡面中下部在不同的时间产生了不同方量小崩小塌。左侧坡面中下部崩塌（照片中红线内）的形成就是由坡脚先产生局部崩塌后在暴雨作用下坡面失稳所致。

###### ②、坡面冲蚀型

此类边坡易形成于中细粒～细粒花岗岩边坡上。由于雨季降水的不断冲刷，在全风化花岗岩及残积土切坡面上形成一道道沿坡面向下发育、宽度和深度不一的水流冲刷浅沟，沟内细粒土不断随水流走后在沟内有一定的粗砂粒沉积。坡面浅沟形成后，雨季降水将汇集至浅沟内顺坡向下倾泻，几次大雨后，沟内颗粒不断被水流带走，坡面上浅沟变深沟，沟宽逐渐变大，最终导致边坡失稳崩滑。如自良镇思旺冲口塘不稳定斜坡（见照片 3-2-31）。该不稳

定斜坡所处地层岩性为二叠系江口单元中粒花岗岩 ( $P_2J$ )，坡高约 16m，分 4 级放坡，坡度  $65\sim70^\circ$ ，坡面雨水冲蚀痕迹明显，形成数十条冲蚀浅沟，坡面从上至下受冲蚀越来越严重，坡面浅沟最宽可达 15cm，最深可达 20cm，整个坡面第 1、2 级坡面（从下至上数）为主要的不稳定坡面，在大到暴雨的再次冲刷作用下易产生崩滑，潜在崩滑厚度约 1.5~2.0m，潜在崩滑体积约  $420m^3$ 。



照片 3-2-30 六王镇龙头外村不稳定斜坡



照片 3-2-31 自良镇思旺冲口塘不稳定斜坡

### ③、边坡高陡型

此类人工边坡坡高一般大于 10m，坡面梯级放坡但梯级平台宽度较小（一般 0.5m 左右），坡度一般大于  $70^\circ$ ，坡面以全风化花岗岩为主，坡面两侧存在较严重崩滑，从而导致高陡边坡不稳定。如六王镇陈村威一不稳定斜坡（见照片 3-2-32）。该不稳定斜坡所处地层岩性为侏罗系杨梅山单元中～细粒花岗岩 ( $J_2Y$ )，坡高约 22m，分 14 级放坡，坡度  $70\sim75^\circ$ ，坡顶植被发育，目前边坡虽还没有产生明显变形，但其左右两侧自然斜坡均有产生较大崩滑（见照片 3-2-33），这充分说明此边坡的稳定性较差，在强降雨作用下产生崩滑的可能性大，严重危及坡前住户的人身和财产安全。



照片 3-2-32 六王镇陈村威一不稳定斜坡



照片 3-2-33 六王镇陈村威一不稳定斜坡 (6.2)

## 2) 不稳定自然斜坡

容县花岗岩区内共调查到的不稳定自然斜坡 21 处，不稳定自然斜坡类型主要有 3 种：坡面崩滑型、后缘裂缝型、高陡型。如六王镇古里东兴 1 号不稳定斜坡 ( $J_2Y$ , 花岗岩) 为坡面

崩滑型不稳定斜坡（见照片 3-2-34）；如浪水镇扶昨勒竹不稳定斜坡（T<sub>1</sub>G，花岗岩）为后缘裂缝型不稳定斜坡（见照片 3-2-35）；如六王镇陈村保 3 不稳定斜坡（J<sub>2</sub>Y，花岗岩）为高陡型不稳定斜坡（见照片 3-2-36）。



照片 3-2-34 六王镇古里东兴 1 号不稳定斜坡



照片 3-2-35 浪水镇扶昨勒竹不稳定斜坡



照片 3-2-36 六王镇陈村保 3 不稳定斜坡

## （2）碎屑岩区土质不稳定斜坡

区内调查到碎屑岩土质不稳定斜坡共 51 处，占不稳定斜坡总数的 16.4%，均为不稳定人工切坡。其中，坡面局部崩滑型 39 处，如十里镇大萃石板不稳定斜坡（S<sub>2</sub>h，粉砂质泥岩，见照片 3-2-37）；坡顶裂缝型 1 处，如六王镇古泉中八队不稳定斜坡（S<sub>1</sub>l，粉砂岩，3-2-38）。



照片 3-2-37 十里镇大萃石板不稳定斜坡



照片 3-2-38 六王镇古泉中八队不稳定斜坡

### (3) 变质岩区土质不稳定斜坡

区内调查到变质岩土质不稳定斜坡共 7 处，占不稳定斜坡总数的 2.8%，均为人工不稳定切坡。其中，5 处为坡面局部崩滑型，坡面变形特征同花岗岩区不稳定斜坡类似，这里不再赘述；1 处为坡顶裂缝型，该处地灾隐患主要是由房前梯田种植水稻，土体在水的长期浸泡下变得松软致房前地面产生开裂和不均匀沉降而造成的。

### 3、岩质不稳定斜坡发育特征

区内调查到的 5 处岩质不稳定斜坡均位于花岗岩区，均为人工不稳定切坡。根据调查，不稳定人工边坡的表层全风化层较薄，一般为 5cm 左右，其下强风化花岗岩面裂隙发育、局部破碎，坡面较湿润，坡脚在雨后常有裂隙水渗出且坡面存在掉块现象。如黎村镇荣丰 5 队不稳定斜坡（ $\in L$ ，花岗岩，见照片 3-2-39）。



照片 3-2-39 黎村镇荣丰 5 队不稳定斜坡

### (四) 泥石流发育特征

本次详查调查到泥石流灾害 2 处，1 处位于容州镇，另 1 处位于黎村镇。其中，位于容县黎村镇珊萃村炎山队东侧碰娘冲的泥石流为典型的沟谷型泥石流，规模为中型（体积约  $120000m^3$ ）。根据访问，该泥石流主要为 2004 年 7 月 19 日石印顶山顶附近的小水库（库容 4.0 万  $m^3$ ，坝高约 10m）因暴雨作用产生溃坝、水库水迅速向山脚倾泄所致，而非暴雨直接冲刷坡面所致。

根据野外调查及区划资料，黎村镇泥石流沟周边山体的自然坡度约  $35^\circ$ ；所处地层岩性为  $K_{1x}$  砂岩、砾岩；地表坡残积层厚度在 3~8m 之间，岩性为以粘性土夹风化砾石为主，砾石含量约占 50%，砾径一般在 10~50cm 之间，结构松散；泥石流上游形成区汇水面积约  $1km^2$ ，泥石流沟长约 1.2km，纵坡比达 20%，其中流通区长约 1.0km，在流通区所经之处，形成深 3~10m、宽 5~20m 的凹槽，凹槽底部可见基岩出露。在山脚形成长约 200m，宽 30~50m，厚 1~2m 的扇形堆积，堆积物具分选性，前部为砂及小砾石，后面为大块的砾石，最大砾径达 1.0m。该泥石流原堆积区景观见照片 3-2-40。现石印顶山顶附近水库已经废弃，库区已无蓄水，流通区沟谷中植被发育，堆积区已恢复农田耕种，泥石流 2004 年发生至今无复发。该泥石流堆积区现状景观见照片 3-2-41。



照片 3-2-40 泥石流堆积区原始景观



照片 3-2-41 泥石流堆积区现状景观

## 二、地质灾害分布特征

### (一) 空间分布特征

#### 1、地域分布不均衡

从行政区域看,容县六王镇地质灾害发育数量最多,共 289 处,占地质灾害总数的 37.34%,发育密度也最大,为  $1.58 \text{ 处}/\text{km}^2$ ; 黎村镇和石头镇次之,发育数量分别为 73 处和 61 处,分别占地质灾害总数的 9.43% 和 7.88%,发育密度分别为  $0.36/\text{km}^2$  和  $0.29/\text{km}^2$ ; 容西镇地质灾害发育数量最少,共 2 处,发育密度也最小,仅为  $0.04 \text{ 处}/\text{km}^2$ 。容县地质灾害地域分布见表 3-2-6。

表 3-2-6 容县地质灾害地域分布统计表

| 乡镇名称 | 面积( $\text{km}^2$ ) | 崩塌(处) | 滑坡(处) | 不稳定斜坡(处) | 泥石流(处) | 总数(处) | 比例(%) | 数量序列 | 发育密度(处/ $\text{km}^2$ ) | 密度序列 |
|------|---------------------|-------|-------|----------|--------|-------|-------|------|-------------------------|------|
| 容州镇  | 178.1               | 10    | 7     | 8        | 1      | 26    | 3.36  | 10   | 0.15                    | 11   |
| 容西镇  | 47.5                | 2     | 0     | 0        | 0      | 2     | 0.26  | 15   | 0.04                    | 15   |
| 十里镇  | 151.3               | 8     | 3     | 12       | 0      | 23    | 2.97  | 12   | 0.15                    | 11   |
| 浪水镇  | 132.5               | 4     | 4     | 6        | 0      | 14    | 1.81  | 14   | 0.11                    | 14   |
| 自良镇  | 102.1               | 7     | 14    | 8        | 0      | 29    | 3.75  | 8    | 0.28                    | 6    |
| 县底镇  | 195.5               | 18    | 16    | 11       | 0      | 45    | 5.81  | 6    | 0.23                    | 8    |
| 杨梅镇  | 147.3               | 14    | 12    | 8        | 0      | 34    | 4.39  | 7    | 0.23                    | 8    |
| 灵山镇  | 139.4               | 21    | 14    | 15       | 0      | 50    | 6.46  | 5    | 0.36                    | 3    |
| 石寨镇  | 149.3               | 5     | 17    | 1        | 0      | 23    | 2.97  | 12   | 0.15                    | 11   |
| 六王镇  | 182.4               | 86    | 151   | 52       | 0      | 289   | 37.34 | 1    | 1.58                    | 1    |
| 杨村镇  | 207.0               | 8     | 18    | 26       | 0      | 52    | 6.72  | 4    | 0.25                    | 7    |
| 黎村镇  | 203.7               | 9     | 23    | 40       | 1      | 73    | 9.43  | 2    | 0.36                    | 3    |
| 罗江镇  | 67.1                | 1     | 16    | 8        | 0      | 25    | 3.23  | 11   | 0.37                    | 2    |
| 石头镇  | 213.6               | 9     | 14    | 38       | 0      | 61    | 7.88  | 3    | 0.29                    | 5    |
| 松山镇  | 140.2               | 6     | 5     | 17       | 0      | 28    | 3.62  | 9    | 0.20                    | 10   |
| 合计   | 2257.0              | 208   | 314   | 250      | 2      | 774   | 100.0 | —    | 0.34                    | —    |

由图 3-2-6 可见,容县各镇地质灾害发育密度与其相对面积成一定程度的负相关关系。这种地质灾害密度与相对面积的反相变化规律则很好地说明了容县地质灾害分布的区域不均匀性,反映了容县境内各镇地质灾害在一定范围内具有某种集中发育的特点。

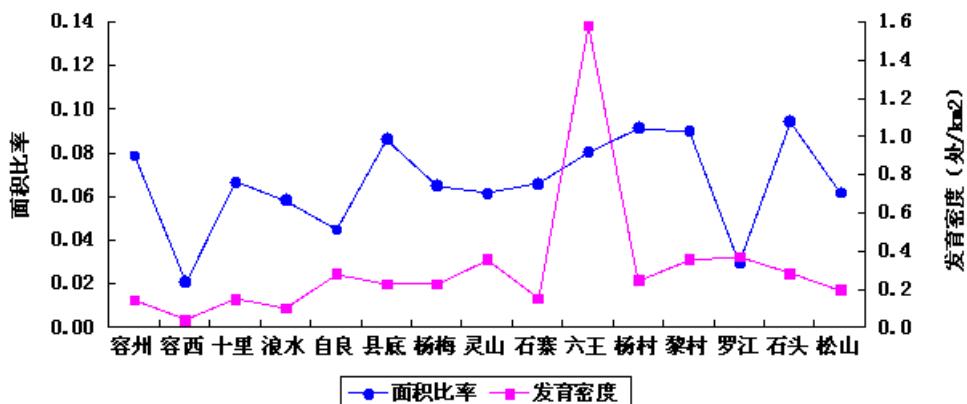


图 3-2-6 容县各镇面积与地质灾害发育密度分布曲线

## 2、局部形成地质灾害面状发育密集区

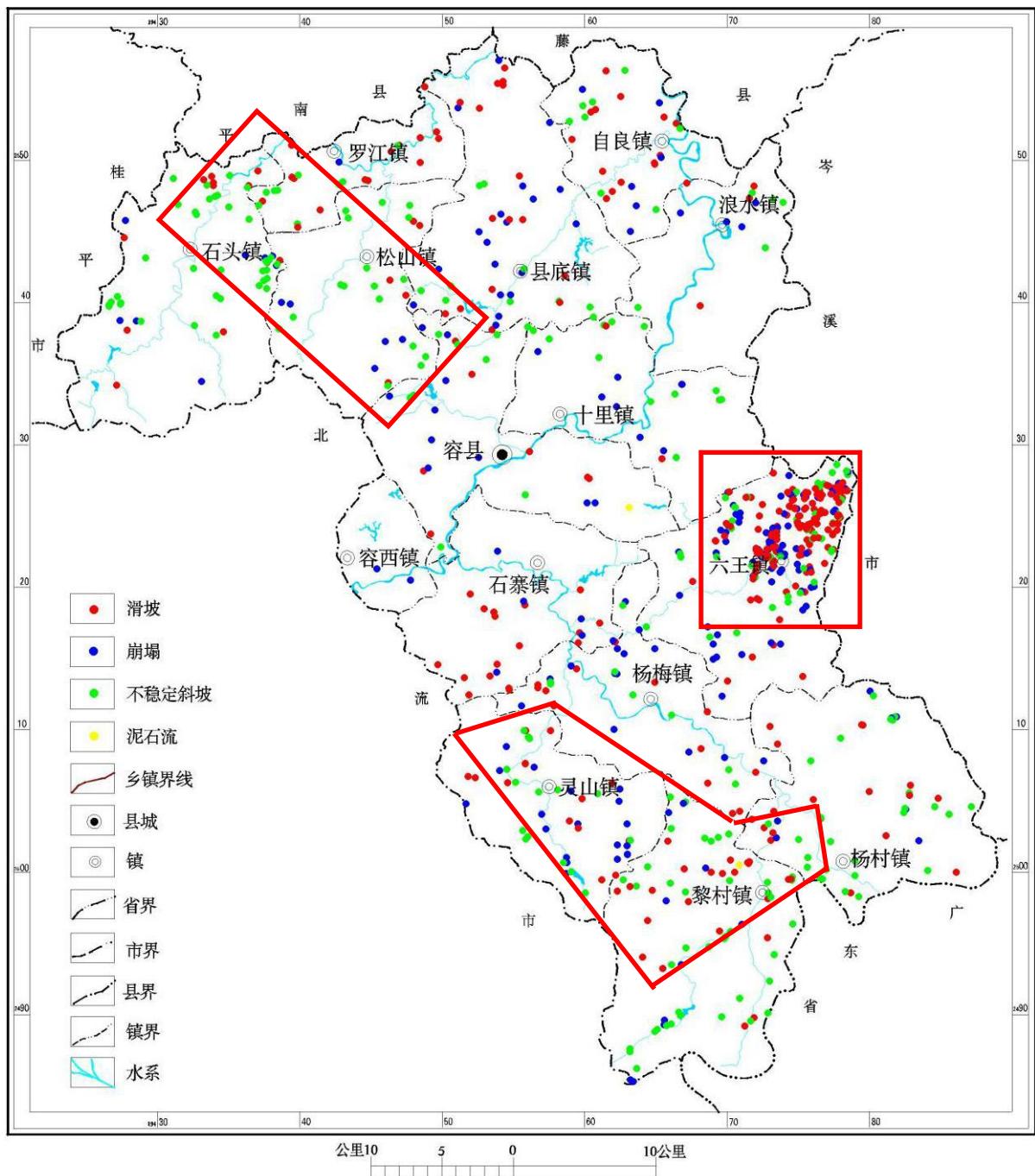


图 3-2-7 容县地质灾害发育密集区图

从图 3-2-7 可见，容县形成了 3 个面状地质灾害发育密集区（图中红框）：（1）容县西北部石头--松山地质灾害面状发育密集区；（2）容县东部六王地质灾害面状发育密集区；（3）容县南部灵山-黎村-杨村地质灾害面状发育密集区。

### 3、地质灾害多发育于低山丘陵地貌区

从地灾发育数量看，容县地质灾害在各地貌区均有发育；多发育于低山丘陵地貌区，共 537 处，占地质灾害总数的 69.38%；低山、中低山地貌区次之；河谷阶地地貌区地质灾害发育最少，仅 1 处。从地灾发育密度看，低山丘陵地貌区地灾发育密度最大，为 0.489 处/km<sup>2</sup>；低山地貌区次之，发育密度为 0.258 处/km<sup>2</sup>；河谷阶地地貌区发育密度最小，为 0.071 处/km<sup>2</sup>。容县不同地貌区地质灾害分布见图 3-2-8，容县不同地貌区地质灾害统计见表 3-2-7。

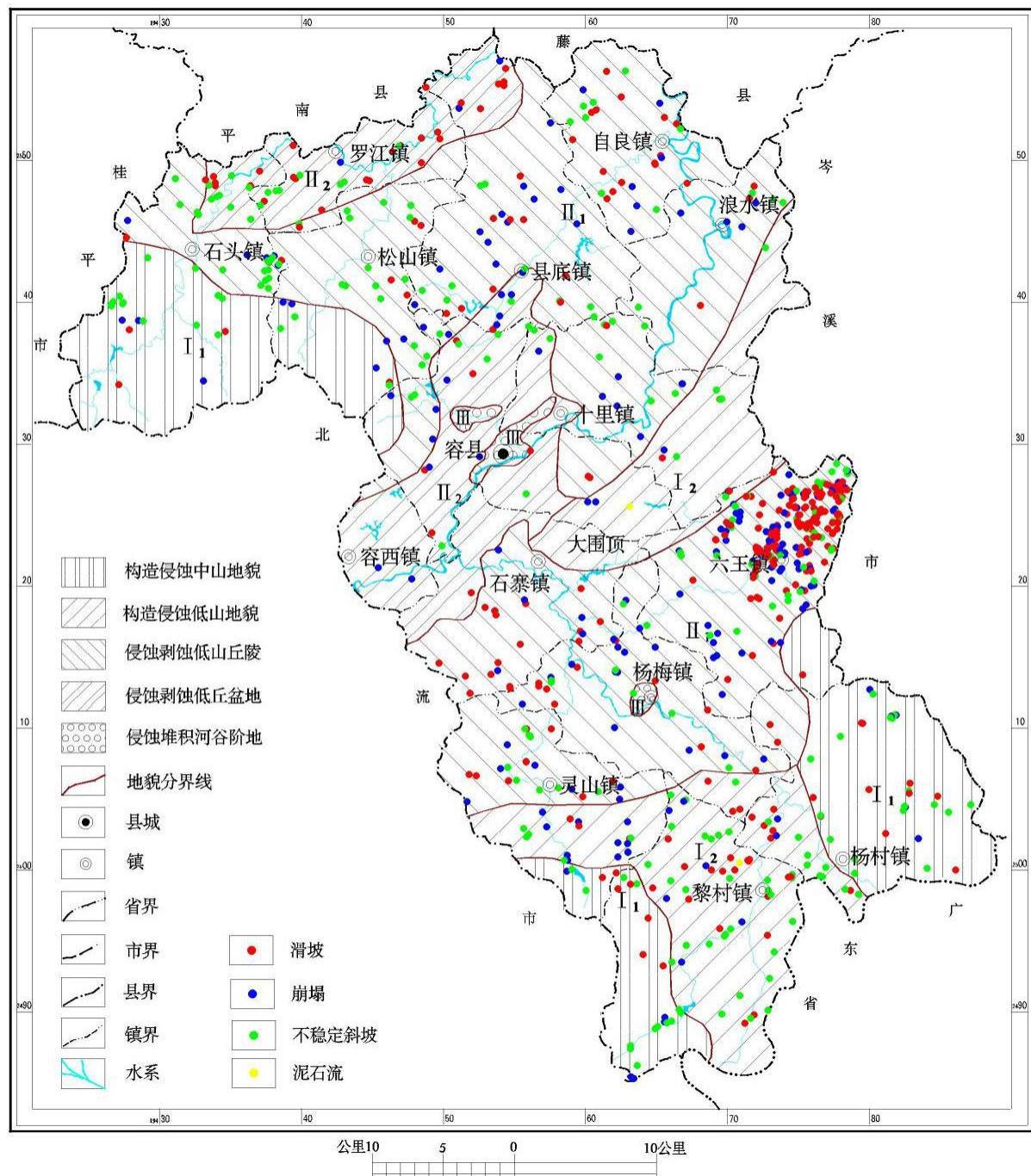


图 3-2-8 容县不同地貌区中地质灾害发育分布图

表 3-2-7 容县不同地貌区地质灾害统计表

| 地貌类型                   | 构造侵蚀<br>中低山 | 构造侵<br>蚀低山 | 侵蚀剥蚀<br>低山丘陵 | 侵蚀剥蚀<br>低丘盆地 | 侵蚀堆积<br>河谷阶地 | 合计     |
|------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 分布面积(km <sup>2</sup> ) | 442.4       | 388.1      | 1097.4       | 315.1        | 14.1         | 2257.0 |
| 地灾数量(处)                | 82          | 100        | 537          | 54           | 1            | 774    |
| 所占比例(%)                | 10.59       | 12.92      | 69.38        | 6.98         | 0.13         | 100.00 |
| 密度(处/km <sup>2</sup> ) | 0.185       | 0.258      | 0.489        | 0.171        | 0.071        | 0.343  |
| 滑坡(处)                  | 23          | 31         | 232          | 28           | 0            | 314    |
| 崩塌(处)                  | 16          | 23         | 159          | 10           | 0            | 208    |
| 不稳定斜坡(处)               | 43          | 45         | 145          | 16           | 1            | 250    |
| 泥石流(处)                 | 0           | 2          | 0            | 0            | 0            | 2      |

容县滑坡灾害在除河谷阶地地貌区外的其他地貌区中均有发育。低山丘陵地貌中的发育数量最多，为 232 处，占滑坡总数的 73.89%；中低山、低山和低丘盆地地貌中的发育数量相当，分别为 23 处、31 处和 28 处，但数量较少；河谷阶地地貌中没有发育。

容县崩塌灾害在除河谷阶地地貌区外的其他地貌区中均有发育。低山丘陵地貌区中的发育数量最多，为 159 处，占崩塌总数的 76.44%；中低山、低山和低丘盆地地貌区中的发育数量较少，分别为 16 处、23 处和 10 处；河谷阶地地貌区中没有分布。

容县不稳定斜坡在各地貌区中均有发育。低山丘陵地貌区中发育数量最多，为 88 处，占不稳定斜坡总数的 48.1%；中低山、低山地貌区中的发育数量相当，分别为 40 处和 39 处；低丘盆地地貌区发育数量较少，为 16 处；河谷阶地地貌区中发育 1 处。

容县泥石流灾害仅在低山地貌区有发育，共 2 处。

#### 4、地质灾害多发育于花岗岩分布区

从地灾发育数量看，容县地质灾害在各工程地质岩组区均有发育；多发育于块状坚硬花岗岩组区，共 556 处，占地质灾害总数的 71.83%；中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组区次之，共 71 处，占地质灾害总数的 9.17%；块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组区灾害发育最少，为 13 处，占地质灾害总数的 1.68%。从地灾发育密度看，块状坚硬花岗岩岩组区地灾发育密度最大，为 0.431 处/km<sup>2</sup>；中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组区次之，发育密度为 0.397 处/km<sup>2</sup>；厚层-块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组区地灾发育密度最小，为 0.124 处/km<sup>2</sup>。容县不同工程地质岩组区地质灾害分布见图 3-2-9，容县不同工程地质岩组区地质灾害统计见表 3-2-8。

从图 3-2-9 可看出，不同地层岩性接触带上或附近也是地质灾害较为发育的地方。因此应避免将建房场地选在不同地层岩性接触带影响区域，现有住房在不同地层岩性接触带上或附近的，应做好防灾措施。

由表 3-2-8 可知，容县滑坡灾害在各工程地质岩组区中均有发育；在块状坚硬花岗岩岩组出露区中的发育数量最多，为 214 处，占滑坡灾害总数的 68.15%；在中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组区中的发育数量次之，为 37 处，占滑坡灾害总数的 11.78%；在块状坚硬混合岩岩组区中的分布数量最少，为 4 处，占滑坡灾害总数的 1.27%。

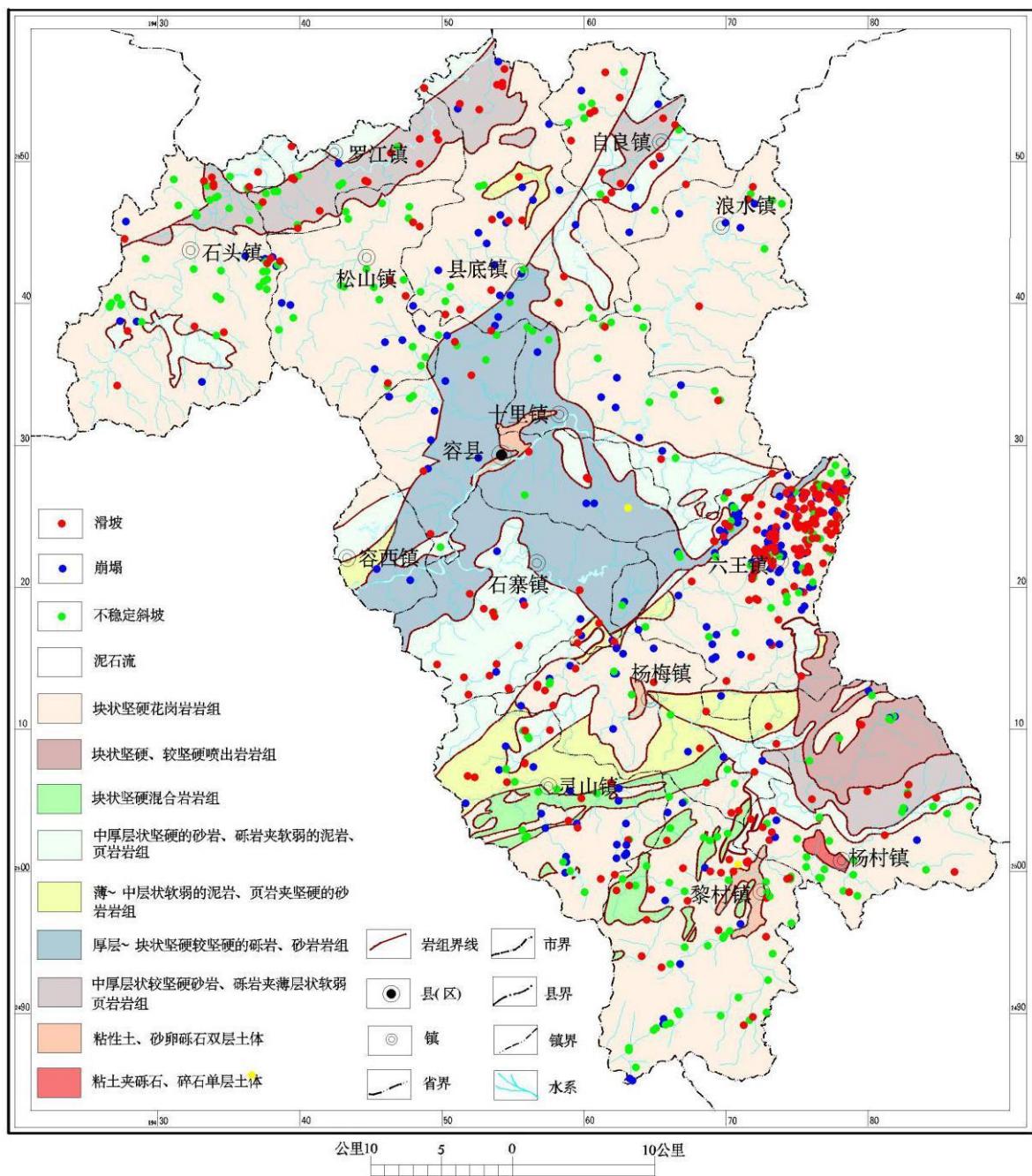


图 3-2-9 容县不同工程地质岩组区地质灾害发育分布图

从表 3-2-8 可知, 容县崩塌灾害在各工程地质岩组区中均有发育; 在块状坚硬花岗岩岩组区中的发育数量最多, 为 154 处, 占崩塌灾害总数的 74.04%; 在中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组区中的发育数量次之, 为 18 处, 占崩塌灾害总数的 8.65%; 在块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组区中的发育数量最少, 为 2 处, 占崩塌灾害总数的 0.96%。

从表 3-2-8 可知, 容县不稳定斜坡在各工程地质岩组区中均有发育; 在块状坚硬花岗岩岩组区中的发育数量最多, 为 188 处, 占不稳定斜坡总数的 75.20%; 在中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组区中的发育数量次之, 为 17 处, 占不稳定斜坡总数的 9.3%; 在薄-中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组区中的发育数量最少, 为 5 处, 占不稳定斜坡总数的 2.00%。

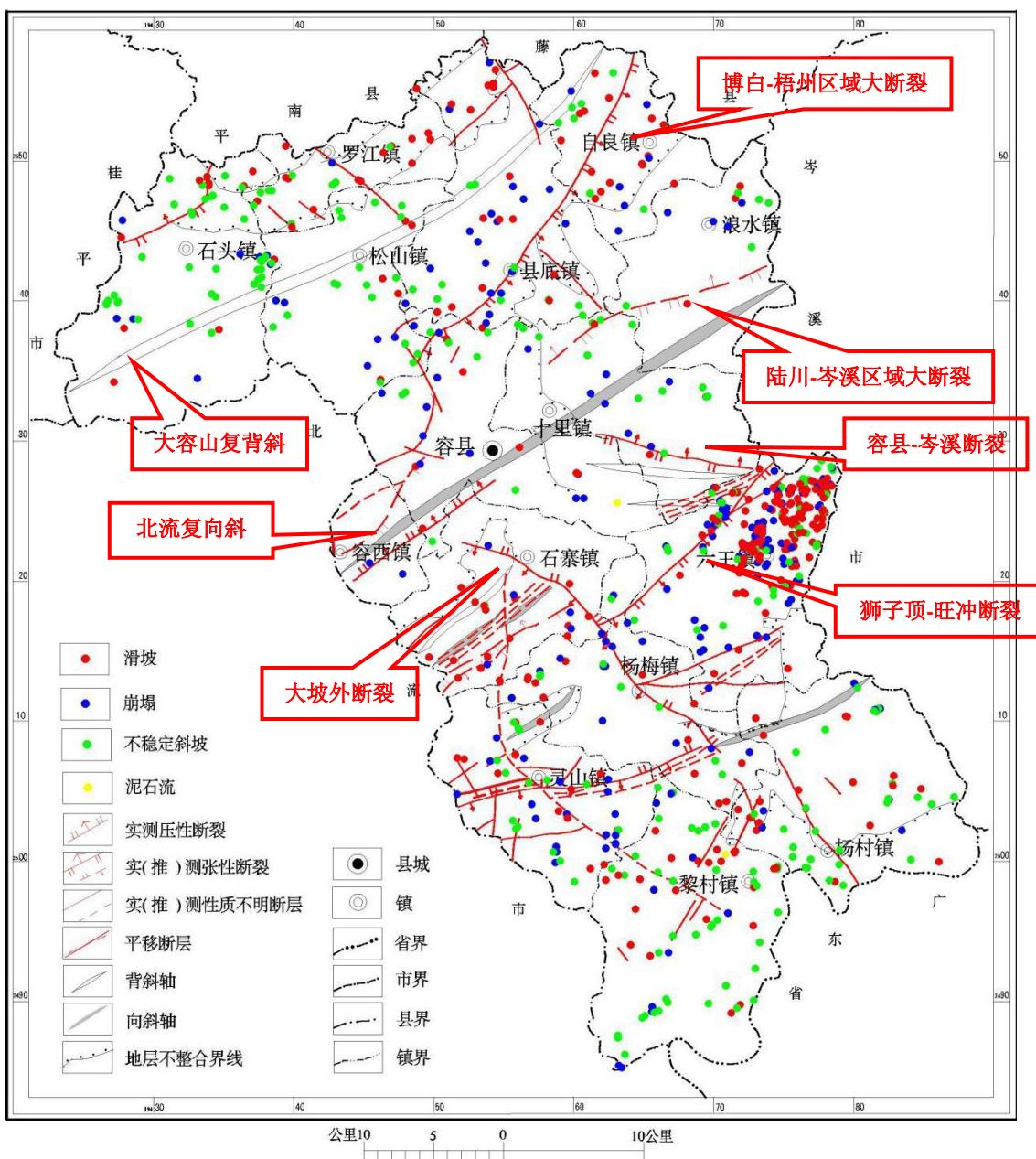
从表 3-2-8 可知, 容县泥石流灾害为 2 处, 分别位于中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱

的泥岩、页岩岩组区和厚层-块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组区中。

**表 3-2-8 容县不同工程地质岩组区地质灾害统计表**

| 工程地质岩组类型               | 块状坚硬花岗岩岩组 | 块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组 | 块状坚硬混合岩岩组 | 中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组 | 薄-中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组 | 厚层-块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组 | 中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组 |
|------------------------|-----------|---------------|-----------|-------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 分布面积(km <sup>2</sup> ) | 1290.4    | 58.2          | 54.0      | 308.5                   | 111.2                 | 274.0              | 141.2                  |
| 地灾数量(处)                | 556       | 13            | 18        | 71                      | 26                    | 34                 | 56                     |
| 所占比例(%)                | 71.83     | 1.68          | 2.33      | 9.17                    | 3.36                  | 4.39               | 7.24                   |
| 密度(处/km <sup>2</sup> ) | 0.431     | 0.223         | 0.333     | 0.230                   | 0.234                 | 0.124              | 0.397                  |
| 滑坡(处)                  | 214       | 4             | 6         | 37                      | 12                    | 7                  | 34                     |
| 崩塌(处)                  | 154       | 2             | 5         | 18                      | 9                     | 15                 | 5                      |
| 不稳定斜坡(处)               | 188       | 7             | 7         | 15                      | 5                     | 11                 | 17                     |
| 泥石流(处)                 | 0         | 0             | 0         | 1                       | 0                     | 1                  | 0                      |

## 5、地质灾害在局部区域沿断裂构造带呈线状分布



**图 3-2-10 容县地质灾害发育与地质构造关系分布图**

从图 3-2-10 可见，容县地质灾害点局部沿断层带、断裂带局部呈线状分布，没有明显集中的条带状分布特征，构造带两侧的地质灾害点还是较分散的。

从表 3-2-9 可知，发育于地质构造带上的地质灾害点共 41 处，占地灾总数的 5.30%；地质构造带两侧 0~0.5km 范围以内（包括 0.5 km）的地质灾害点共 179 处，占地质灾害总数的 23.13%；地质构造带两侧 0.5~1.0km 范围以内（包括 1.0 km）的地质灾害点共 94 处，占地质灾害总数的 12.14%；地质构造带两侧 1.0km 以外的点共 501 处，占地质灾害总数的 64.73%。由于容县主要和次级断裂构造破碎带宽度在 10~40m 之间，因此容县断裂构造带对地质灾害发育的影响范围应在其两侧 0.5km 以内。

表 3-2-9 容县地质灾害与地质构造距离关系一览表

| 与地质构造的距离(km) | 在地质构造上  | 0~0.1   | 0.1~0.2 | 0.2~0.3 | 0.3~0.4 | 0.4~0.5 | 0.5~1.0 | 分计(处) |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 崩塌           | 11      | 9       | 13      | 9       | 13      | 4       | 24      | 83    |
| 滑坡           | 14      | 25      | 8       | 7       | 7       | 6       | 44      | 111   |
| 不稳定斜坡        | 15      | 5       | 14      | 8       | 3       | 7       | 26      | 78    |
| 泥石流          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 1     |
| 合计           | 41      | 39      | 35      | 24      | 23      | 17      | 94      | 273   |
| 所占比例 (%)     | 5.30    | 5.04    | 4.52    | 3.10    | 2.97    | 2.20    | 12.14   | 35.27 |
| 与地质构造的距离(km) | 1.0~2.0 | 2.0~3.0 | 3.0~4.0 | 4.0~5.0 | 5.0~6.0 | 6.0~7.0 | 7.0~8.0 | 分计(处) |
| 崩塌           | 45      | 38      | 23      | 10      | 4       | 3       | 2       | 125   |
| 滑坡           | 62      | 68      | 44      | 16      | 7       | 6       | 0       | 203   |
| 不稳定斜坡        | 61      | 39      | 38      | 16      | 13      | 3       | 2       | 172   |
| 泥石流          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | 1     |
| 合计           | 168     | 145     | 105     | 32      | 24      | 12      | 5       | 501   |
| 所占比例 (%)     | 21.71   | 18.73   | 13.57   | 4.13    | 3.10    | 1.55    | 0.66    | 64.73 |

从地质灾害发育数量与地质构造距离关系上看，由表 3-2-9 和图 3-2-11 可知，离地质构造越远，地质灾害发育数量越少，离地质构造越近，地质灾害发育数量越多；地质灾害与地质构造距离指数趋势线的决定系数  $R^2$  为 0.9801，说明指数趋势线的估计值与对应的实际数据之间的拟合程度高。从图 3-2-12 和图 3-2-13 可知，容县滑坡、崩塌灾害在地质构造带上及地质构造带两侧的发育特征也符合离构造带越远地质灾害发育数量越少的规律。

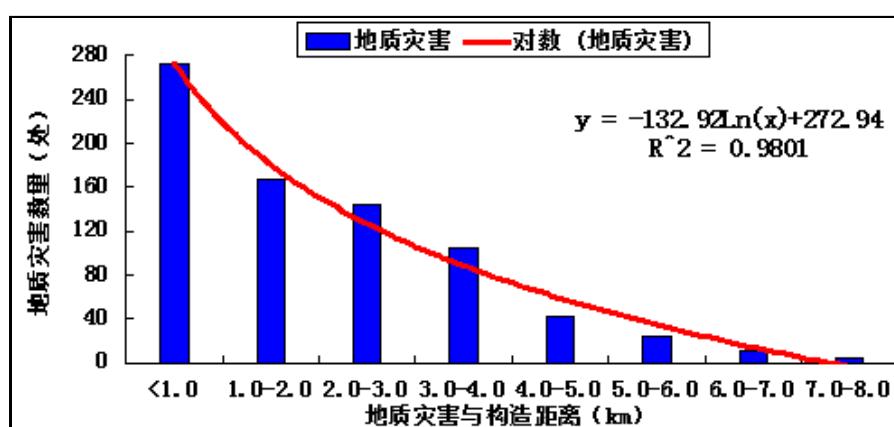


图 3-2-11 容县地质灾害与地质构造距离关系图

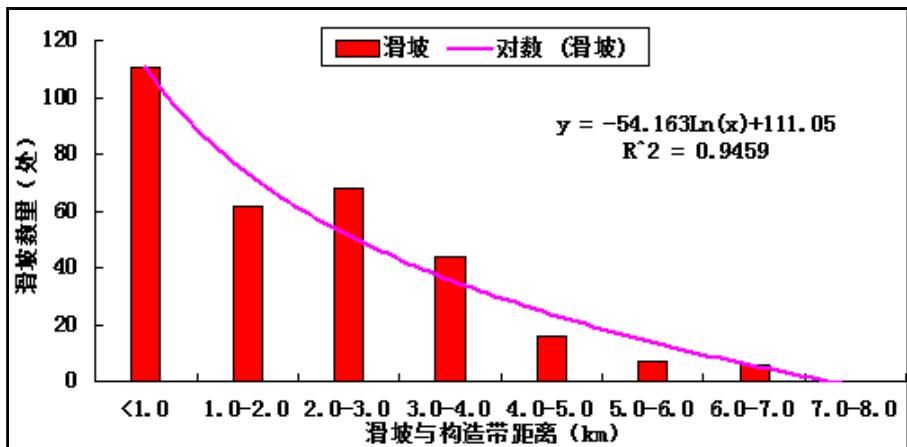


图 3-2-12 容县滑坡与地质构造距离关系图

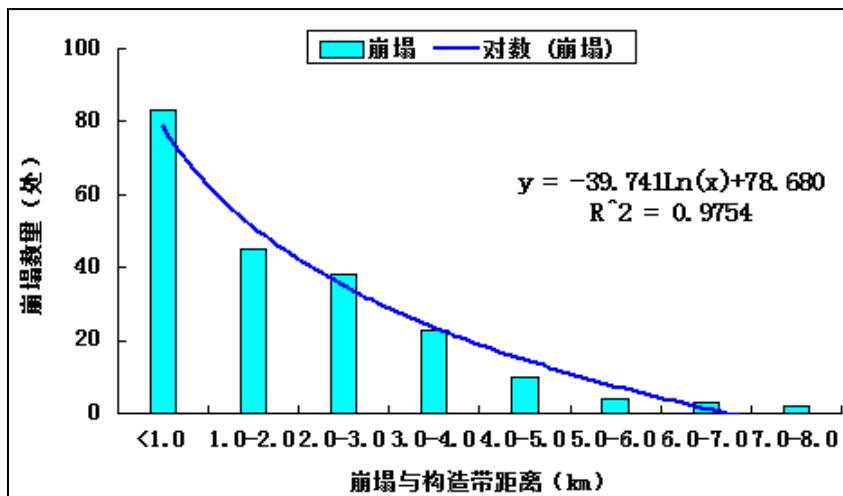


图 3-2-12 容县崩塌与地质构造距离关系图

## (二) 时间分布特征

### 1、地质灾害集中在雨季发生

容县地质灾害受降雨作用影响明显，集中在雨季发生。从表 3-2-10 可知，容县地质灾害多发生在每年 4~8 月的雨季，尤以 6~8 月份最为多发，6~8 月的地质灾害发育数量占地质灾害总数的 93.80%，其它月份发生数量较少。

### 2、地质灾害的突发性、群发性

自 2010 年来，容县共经历了 2 次由强降雨诱发的地质灾害群发事件：一是 2010 年“6.2”突发地灾；二是 2013 年 8 月中旬“尤特”台风突发地灾。两个时段发生的强降雨引发的地质灾害数量众多，发生时间也相对集中。在暴雨的诱发下，同一时间内集中爆发大量地质灾害，也是容县地质灾害发育的一个特点。从表 3-2-10 可知，容县 6 月和 8 月地质灾害数量较 7 月多出几倍多，其原因就是两次强降雨（2010 年 6 月六王镇局地暴雨和 2013 年 8 月尤特台风）诱发群发性突发地质灾害的结果。

表 3-2-10 容县地质灾害发生月份统计表

| 灾害类型   | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月  | 7月  | 8月  | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 分计  |
|--------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 合计 (处) | 0  | 1  | 7  | 24 | 27 | 348 | 119 | 223 | 15 | 5   | 4   | 1   | 774 |

### 第三节 地质灾害发育密度分区

为了反映容县地质灾害现状的发育密度，根据历史调查及本次详查调查到的地质灾害发育（包含隐患点，下同）情况对全县进行了地质灾害现状发育密度分区。容县共划分了高密度、中密度、低密度和弱密度等4个区。容县地质灾害发育密度具体分区结果见图3-3-1和各密度区地质灾害发育和分布情况见表3-3-1。

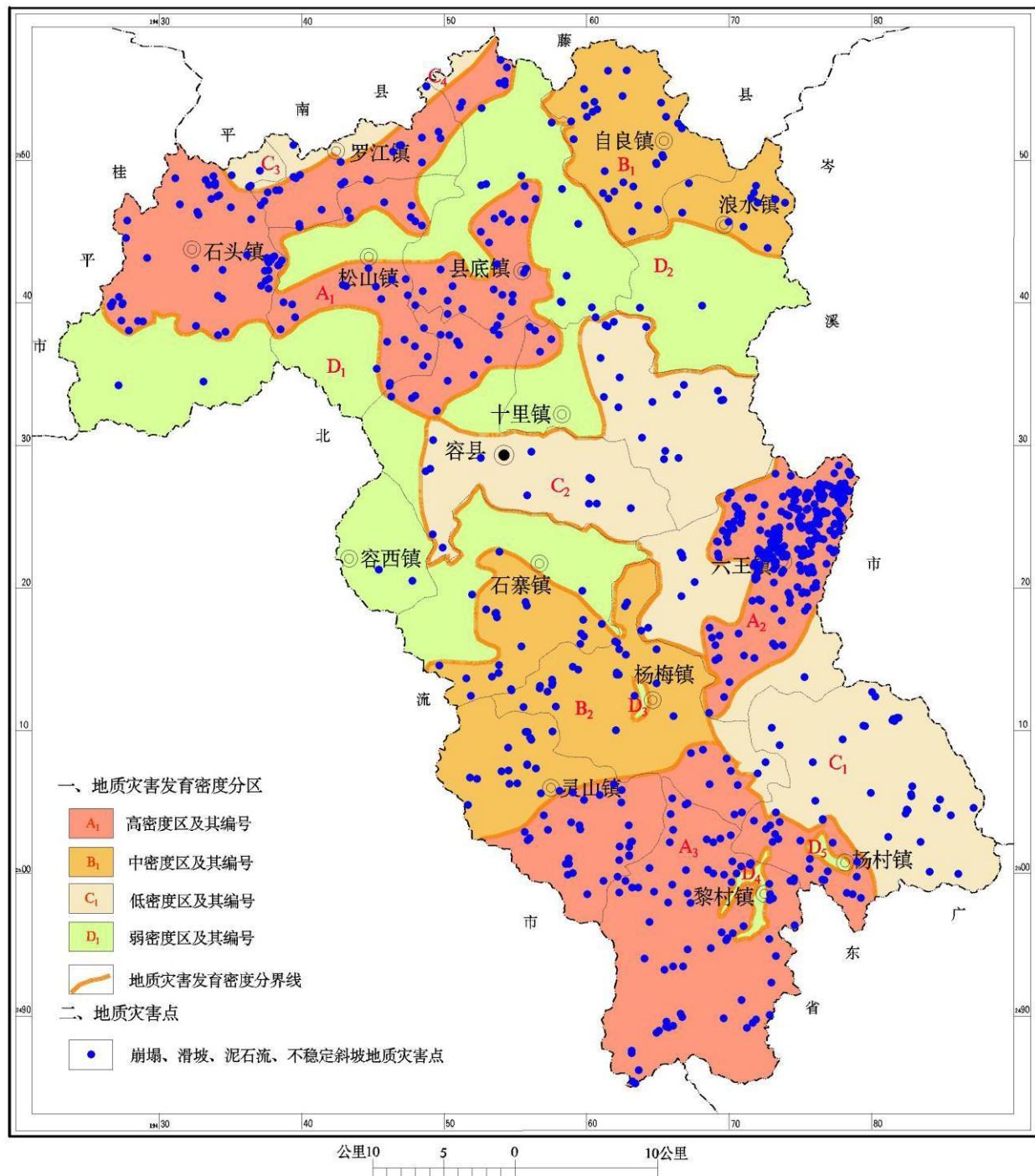


图3-3-1 容县地质灾害发育密度分布图

由表3-3-1可知，容县地质灾害高密度区（A区）内的地质灾害发育数量为处，地质灾害平均发育密度为0.736处/  $\text{km}^2$ ；容县地质灾害中密度区（B区）内的地质灾害发育数量为104处，地质灾害平均发育密度为0.271处/  $\text{km}^2$ ；容县地质灾害低密度区（C区）内的地质灾害

发育数量为 82 处，地质灾害平均发育密度为  $0.164 \text{ 处}/\text{km}^2$ ；容县地质灾害弱密度区（D 区）内的地质灾害发育数量为 22 处，地质灾害平均发育密度为  $0.036 \text{ 处}/\text{km}^2$ 。

表 3-3-1 容县地质灾害发育密度分区表

| 密度分区              |                | 面积<br>( $\text{km}^2$ ) | 地质灾害<br>数量(处) | 地质灾害平均发<br>育密度(处/ $\text{km}^2$ ) | 分布   |
|-------------------|----------------|-------------------------|---------------|-----------------------------------|--|
| 高密<br>度区<br>(A 区) | A <sub>1</sub> | 768.85                  | 566           | 0.736                             | 主要分布于石头、松山、罗江、容州、县底、十里等镇地段的中低山、低山丘陵花岗岩区和低丘盆地碎屑岩区。      |
|                   | A <sub>2</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于六王镇的低山丘陵花岗岩和局部碎屑岩区。                               |
|                   | A <sub>3</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于黎村、杨村、灵山、杨梅等镇地段的中低山、低山花岗岩和变质岩区。                   |
| 中密<br>度区<br>(B 区) | B <sub>1</sub> | 383.07                  | 104           | 0.271                             | 主要分布于自良、浪水等镇地段的低山丘陵花岗岩和碎屑岩区。                           |
|                   | B <sub>2</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于石寨、杨梅、灵山等镇地段的低山丘陵花岗岩和碎屑岩区。                        |
| 低密<br>度区<br>(C 区) | C <sub>1</sub> | 498.54                  | 82            | 0.164                             | 主要分布于杨村、六王、杨梅等镇地段的中低山、低山丘陵碎屑岩区和中低山、低山丘陵花岗岩区。           |
|                   | C <sub>2</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于十里、容州、六王等镇地段的低山、低山丘陵花岗岩和低山、低丘盆地、局部低山丘陵碎屑岩区。       |
|                   | C <sub>3</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于石头、罗江等镇地段的低丘盆地碎屑岩区。                               |
|                   | C <sub>4</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于罗江、县底等镇地段的低丘盆地碎屑岩区。                               |
| 弱密<br>度区<br>(D 区) | D <sub>1</sub> | 606.54                  | 22            | 0.036                             | 主要分布于松山、县底、浪水、十里、容州等镇的低山丘陵、局部低山花岗岩区和低丘盆地、局部低山丘陵碎屑岩区。   |
|                   | D <sub>2</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于石头、松山、容州、容西、石寨等镇地段的中低山、低山丘陵花岗岩区和低丘盆地、低山、低山丘陵碎屑岩区。 |
|                   | D <sub>3</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于杨梅镇绿荫社区平缓地带。                                      |
|                   | D <sub>4</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于黎村镇镇上及周边平缓地带。                                     |
|                   | D <sub>5</sub> |                         |               |                                   | 主要分布于杨村镇镇上及周边平缓地带。                                     |

## 第四节 地质灾害易发村（屯）空间分布特征及潜在危害程度

### 一、概述

#### （一）说明

1、为了与第六章中“地质灾害易发区”的区分，本节不使用“地质灾害易发区”这个名词，而用“地质灾害易发村（屯）”这个词来取而代之。

2、本报告将“地质灾害易发村（屯）”定义为容易发生地质灾害的村（屯），地质灾害的村（屯）的范围可以为整个自然村，也可以为该自然村的某一区域，具体范围根据实际情况圈定。

3、地质灾害易发村(屯)范围内可包含地质灾害隐患点。

4、原地质灾害易发村（屯）调查表中的威胁户数经核销或补充后可为1户也可为多户。

## （二）地质灾害易发村（屯）的划分标准

### 1、2010年划分标准

2010年广西地质灾害易发区和隐患点普查工作时确定的划分标准内容如下：

（1）花岗岩区坡度 $\geq 30^\circ$ 、碎屑岩区坡度 $\geq 40^\circ$ 、碳酸盐岩区坡度 $\geq 50^\circ$ 自然山坡上的村（屯）和山坡下距坡脚水平距离 $\leq$ 山高 $2/3$ 的村（屯）；

（2）自然坡度小于上述坡度，但有切坡，切坡高度 $\geq 3m$ ，当切坡没有符合安全要求的护坡时，离坡相当于切坡坡高三分之二的上坡和下坡距离范围的村（屯）；

（3）位于花岗岩、碎屑岩区的汇水洼地、山谷地冲沟口的村（屯）；

（4）在岩溶平原、谷地中，调查发现以前曾发生过塌陷，或现有地裂缝、地面下沉情况的村（屯）。

### 2、容县详查划分标准

由于容县无碳酸区且变质岩区岩性主要以混合花岗岩为主，因此本次容县详查中地质灾害易发村（屯）的核查工作在2010年划分标准的基础上结合容县实际情况进行了微调，确定了容县地质灾害易发村（屯）划分标准。具体内容如下：

（1）花岗岩和混合岩区坡角 $\geq 30^\circ$ 、碎屑岩区 $\geq 40^\circ$ 自然山坡上的村（屯）和山坡下距坡脚水平距离 $\leq$ 山高 $2/3$ 的村（屯）；

（2）花岗岩、混合岩和碎屑岩区自然坡度小于上述坡度，屋后有土质或岩土质切坡，当切坡高度 $\geq 3m$ 且切坡没有符合安全要求护坡时，离切坡距离 $\leq$ 切坡坡高 $2/3$ 的村（屯）；

（3）花岗岩、混合岩和碎屑岩区自然坡度小于上述坡度，屋后有裂隙发育的岩质切坡，当切坡高度 $\geq 3m$ 且切坡没有符合安全要求护坡时，离切坡距离 $\leq$ 切坡坡高 $2/3$ 的村（屯）；

（4）位于花岗岩、变质岩和碎屑岩区的汇水洼地、山谷地冲沟口的村（屯）。

在核查时，只要符合上述情况之一，即可定为地质灾害易发村（屯）。

## 二、地质灾害易发村（屯）空间分布特征

### （一）地域分布特征

依据易发村（屯）划分标准且结合野外调查实际情况，本次详查共核查地质灾害易发村（屯）2689处（按每张调查表算1处计）、核销1001处、保留1688处，调查新增地质灾害易发村（屯）26处，最终确定地质灾害易发村（屯）共1714处。

容县地质灾害易发村（屯）分布在除容西镇以外的14个镇，其中六王、黎村和石头等3个镇的地质灾害易发村（屯）数量和隐患点数量均位居前三。六王镇地质灾害易发村（屯）为374处，占全县地质灾害易发村（屯）总数的21.8%，隐患点为110处，占全县地质灾害易隐患点总数的24.9%；黎村镇地质灾害易发村（屯）为253处，占全县地质灾害易发村（屯）总数的14.8%，隐患点为52处，占全县地质灾害易隐患点总数的11.8%；石头镇地质灾害易发村（屯）为242处，占全县地质灾害易发村（屯）总数的14.1%，隐患点为55处，占全县地质灾害易隐患点总数的12.5%。此外，松山、浪水和县底等3个镇的地质灾害易发村（屯）数量也在100处以上，余下9个镇内的地质灾害易发村（屯）数量均少于100处。容县各镇

地质灾害易发村（屯）及隐患点统计见表 3-4-1。

**表 3-4-1 容县各镇地质灾害易发村（屯）及隐患点统计表**

| 序号 | 名称  | 核查+新增(处) | 核查(处) | 核销(处) | 保留(处) | 新增(处) | 现状(处) | 比例(%) | 隐患点(处) |
|----|-----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 容州镇 | 35       | 29    | 9     | 20    | 6     | 26    | 1.5   | 15     |
| 2  | 容西镇 | 1        | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0.0   | 1      |
| 3  | 十里镇 | 154      | 154   | 90    | 64    | 0     | 64    | 3.7   | 15     |
| 4  | 自良镇 | 134      | 134   | 57    | 77    | 0     | 77    | 4.5   | 19     |
| 5  | 县底镇 | 204      | 204   | 92    | 112   | 0     | 112   | 6.5   | 17     |
| 6  | 灵山镇 | 120      | 116   | 67    | 49    | 4     | 53    | 3.1   | 27     |
| 7  | 杨梅镇 | 97       | 83    | 35    | 48    | 14    | 62    | 3.6   | 20     |
| 8  | 浪水镇 | 266      | 266   | 148   | 118   | 0     | 118   | 6.9   | 10     |
| 9  | 石寨镇 | 163      | 161   | 90    | 71    | 2     | 73    | 4.3   | 19     |
| 10 | 六王镇 | 439      | 439   | 65    | 374   | 0     | 374   | 21.8  | 110    |
| 11 | 黎村镇 | 301      | 301   | 48    | 253   | 0     | 253   | 14.8  | 52     |
| 12 | 杨村镇 | 93       | 93    | 17    | 76    | 0     | 76    | 4.4   | 37     |
| 13 | 石头镇 | 347      | 347   | 105   | 242   | 0     | 242   | 14.1  | 55     |
| 14 | 松山镇 | 325      | 325   | 170   | 155   | 0     | 155   | 9.0   | 24     |
| 15 | 罗江镇 | 36       | 36    | 7     | 29    | 0     | 29    | 1.7   | 20     |
| 16 | 合计  | 2715     | 2689  | 1001  | 1688  | 26    | 1714  | 100   | 441    |

## （二）地貌单元区分布特征

从地貌单元区看，容县地质灾害易发村（屯）在所有 5 个地貌单元区中均有分布。其中，低山丘陵地貌单元区分布的地质灾害易发村（屯）最多，为 998 处，占全县地质灾害易发村（屯）总数的 58.23%，分布密度为 0.91 处/km<sup>2</sup>；中低山地貌单元区分布的地质灾害易发村（屯）次之，为 298 处，占全县地质灾害易发村（屯）总数的 17.38%，分布密度为 0.67 处/km<sup>2</sup>；河谷阶地地貌单元区分布的地质灾害易发村（屯）最少，仅为 2 处，占全县地质灾害易发村（屯）总数的 0.11%，分布密度为 0.14 处/km<sup>2</sup>。容县不同地貌单元区地质灾害易发村（屯）统计见表 3-2-7。

**表 3-2-7 容县不同地貌单元区地质灾害易发村（屯）统计表**

| 地貌类型                    | 构造侵蚀<br>中低山 | 构造侵<br>蚀低山 | 侵蚀剥蚀<br>低山丘陵 | 侵蚀剥蚀<br>低丘盆地 | 侵蚀堆积<br>河谷阶地 | 合计     |
|-------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| 分布面积 (km <sup>2</sup> ) | 442.4       | 388.1      | 1097.4       | 315.1        | 14.1         | 2257.0 |
| 地质灾害易发村<br>(屯) 数量 (处)   | 298         | 232        | 998          | 184          | 2            | 1714   |
| 比例 (%)                  | 17.38       | 13.54      | 58.23        | 10.74        | 0.11         | 100.00 |
| 密度 (处/km <sup>2</sup> ) | 0.67        | 0.60       | 0.91         | 0.58         | 0.14         | —      |

## （三）岩性区分布特征

从岩性区看，容县地质灾害易发村（屯）在花岗岩、变质岩和碎屑岩区中均有分布。其中，花岗岩及变质岩区分布的地质灾害易发村（屯）为 1335 处，占全县地质灾害易发村（屯）

总数的 77.89%，分布密度为 0.99 处/km<sup>2</sup>；碎屑岩区分布的地质灾害易发村（屯）为 379 处，占全县地质灾害易发村（屯）总数的 22.11%，分布密度为 0.42 处/km<sup>2</sup>。容县不同岩性区地质灾害易发村（屯）统计见表 3-2-8。

表 3-2-8 容县不同岩性区地质灾害易发村（屯）统计表

| 岩性区                     | 花岗岩及变质岩 | 碎屑岩   | 合计     |
|-------------------------|---------|-------|--------|
| 分布面积(km <sup>2</sup> )  | 1344.4  | 912.6 | 2257   |
| 地质灾害易发村（屯）数量（处）         | 1335    | 379   | 1714   |
| 比例（%）                   | 77.89   | 22.11 | 100.00 |
| 密度( 处/km <sup>2</sup> ) | 0.99    | 0.42  | ——     |

### 三、地质灾害易发村（屯）潜在危害程度

从表 3-2-9 可知，详查前容县地质灾害易发村（屯）潜在的威胁户数为 30360 户、威胁房屋为 156062 间、威胁人口为 158749 人；详查后容县地质灾害易发村（屯）潜在的威胁户数为 7634 户、威胁房屋为 34905 间、威胁人口为 41678 人，潜在的威胁户数相对减少了 22726 户、威胁房屋相对减少了 121157 间、威胁人口相对减少了 117071 人。

这里需要说明的是，详查后地质灾害易发村（屯）潜在威胁户数、威胁房屋和威胁人口等数据等于地质灾害易发村（屯）核销后保留的数据与新增地质灾害易发村（屯）数据之和。

表 3-2-9 容县各镇地质灾害易发村（屯）危害程度对比统计表

| 序号 | 名称  | 详查前     |         |         | 详查后（包括新增） |         |         |
|----|-----|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|
|    |     | 威胁户数(户) | 威胁房屋(间) | 威胁人口(人) | 威胁户数(户)   | 威胁房屋(间) | 威胁人口(人) |
| 1  | 容州镇 | 47      | 328     | 256     | 36        | 267     | 246     |
| 2  | 容西镇 | 2       | 3       | 9       | 0         | 0       | 0       |
| 3  | 十里镇 | 937     | 5246    | 4735    | 194       | 1127    | 1037    |
| 4  | 自良镇 | 1703    | 6868    | 9035    | 746       | 3423    | 3794    |
| 5  | 县底镇 | 1882    | 9058    | 9405    | 751       | 3385    | 3710    |
| 6  | 灵山镇 | 502     | 3343    | 2810    | 122       | 583     | 695     |
| 7  | 杨梅镇 | 238     | 1117    | 1361    | 124       | 414     | 750     |
| 8  | 浪水镇 | 2025    | 9107    | 9987    | 383       | 1271    | 2357    |
| 9  | 石寨镇 | 358     | 1950    | 2016    | 173       | 677     | 916     |
| 10 | 六王镇 | 5017    | 30346   | 26518   | 2763      | 10587   | 14072   |
| 11 | 黎村镇 | 1128    | 5985    | 6711    | 911       | 5121    | 5670    |
| 12 | 杨村镇 | 250     | 1139    | 1711    | 191       | 1243    | 1292    |
| 13 | 石头镇 | 1315    | 5072    | 6476    | 710       | 3527    | 3998    |
| 14 | 松山镇 | 2156    | 8663    | 11092   | 466       | 2875    | 2701    |
| 15 | 罗江镇 | 89      | 471     | 495     | 64        | 405     | 440     |
| 16 | 合计  | 30360   | 156062  | 158749  | 7634      | 34905   | 41678   |

## 第四章 地质灾害形成条件

### 第一节 地形地貌与地质灾害

#### 一、地貌与地质灾害

中低山地貌区山顶尖、山脊窄，地形坡度一般为 $30\sim50^\circ$ ，局部形成悬崖峭壁，沟谷呈“V”字型，植被茂密，主要由花岗岩、混合花岗岩、变质岩组成，花岗岩残积层及全风化层较厚，屋后切坡较多且较高陡，发育的地质灾害类型主要有滑坡、崩塌、不稳定斜坡等，以不稳定斜坡和滑坡为主。

低山地貌区分水岭较平坦，山顶稍圆，地形坡度一般为 $25\sim45^\circ$ ，沟谷呈“V”型，植被发育，主要由花岗岩及部分混合花岗岩组成，花岗岩残积层及全风化层较厚，屋后切坡较多且较高陡，发育的地质灾害有滑坡、崩塌、不稳定斜坡和泥石流，以不稳定斜坡和滑坡为主。

低山丘陵地貌区山顶较圆，地形坡度一般为 $20\sim40^\circ$ ，溪沟河谷呈“U”型，植被发育，主要由花岗岩和砂砾岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、砂岩组成，花岗岩残积层及全风化层厚，屋后人工切坡多且高陡，发育的地质灾害有滑坡、崩塌和不稳定斜坡，以滑坡、崩塌为主。

低丘盆地地貌区地势较缓，地形坡度一般为 $10\sim25^\circ$ ，山顶浑圆，似馒头状，沟谷宽阔呈“U”型，植被发育中等，主要由第三纪邕宁群砂砾岩和泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩互层或夹层组成，第三系未成岩松散层较厚，房前屋后边坡相对较少且切坡高度较低，发育的地质灾害有滑坡、崩塌和不稳定斜坡，以滑坡为主。

河谷阶地地貌区零星分布于绣江、杨梅江、泗罗江及较大的支流沿岸，地势开阔，平地较多，人类切坡现象鲜有，为地质灾害弱发育或不易发区。

#### 二、地形与地质灾害

说明：以下所指的自然斜坡其前缘可以存在人工切坡也可以没有人工边坡。

##### (一) 坡型

###### 1、自然斜坡坡型

根据调查，区内斜坡的坡面形态主要有凹型、凸型和直线型等3种类型，见图4-1-1。

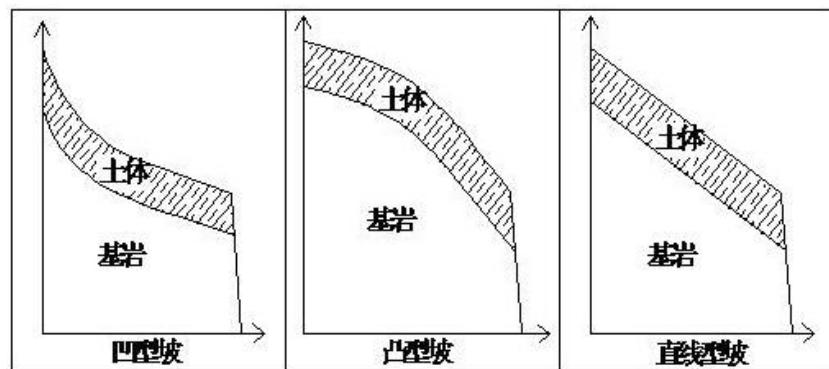


图 4-1-1 自然斜坡坡面形态示意图

在单纯考虑斜坡坡型且不考虑坡度的情况下，从表4-1-1可知，容县自然斜坡上发生的地质灾害以滑坡为主，共153处；滑坡灾害中凸型自然斜坡上发生的滑坡数量占自然斜坡发生

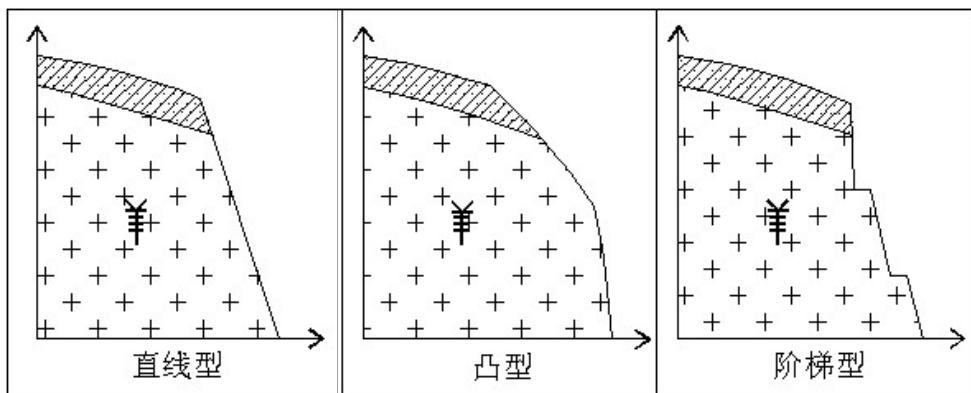
滑坡总数量的 71.8%，远大于凹形和直线型滑坡所占比例，说明凸型自然斜坡较凹形、直线型自然斜坡更易发生滑坡灾害。凸型自然斜坡易滑的主要原因为凸型自然斜坡坡度上缓下陡，缓坡地带易于雨水汇积下渗，陡坡地带易于下渗雨水地下径流且使坡体自重加大，从而易在陡缓分界处出现张拉裂缝，最终导致滑坡形成。容县自然斜坡坡型与滑坡、不稳定斜坡、崩塌关系见表 4-1-1。

**表 4-1-1 容县自然斜坡坡型与滑坡、不稳定斜坡、崩塌关系统计表**

| 自然斜坡坡型        | 凹型   | 凸型   | 直线型  | 合计(处) |
|---------------|------|------|------|-------|
| 滑坡(处)         | 29   | 71   | 33   | 133   |
| 占滑坡总数比例(%)    | 21.8 | 53.4 | 24.8 | 100.0 |
| 不稳定斜坡(处)      | 0    | 11   | 1    | 12    |
| 占不稳定斜坡总数比例(%) | 0.0  | 91.7 | 8.3  | 100.0 |
| 崩塌(处)         | 0    | 1    | 0    | 1     |
| 合计(处)         | 29   | 83   | 34   | 146   |

## 2、人工切坡坡型

根据调查统计，容县人工切坡的坡面形态主要有直线型、凸型、阶型等 3 种类型，直线型的人工切坡数量相对较多。人工切坡坡面形态见图 4-1-2。



**图 4-1-2 人工切坡面形态示意图**

从表 4-1-2 可知，人工切坡上发生的地质灾害类型有滑坡、崩塌和不稳定斜坡，崩塌发生的概率要大于滑坡；坡面形态为直线型的边坡要比凸型、阶梯型边坡更容易失稳，这是因为人工切坡在坡度、坡高等其他情况相同时，直线边坡岩土体较后两者坡型边坡重心要高，且更靠近边坡坡面，从而使得在开挖卸荷及降雨的影响作用下直线型边坡上部的坡面岩土体结构更容易饱水后产生松散，加上自身重力作用更易产生崩滑灾害。容县人工切坡中坡型与崩塌、滑坡、不稳定斜坡关系见表 4-1-2。

**表 4-1-2 人工切坡坡型与崩塌、滑坡、不稳定斜坡关系统计表**

| 人工切坡坡型   | 直线型  | 凸型   | 阶梯型  | 合计(处) |
|----------|------|------|------|-------|
| 崩 塌(处)   | 104  | 57   | 46   | 207   |
| 滑 坡(处)   | 91   | 52   | 38   | 181   |
| 不稳定斜坡(处) | 103  | 87   | 48   | 238   |
| 合计(处)    | 298  | 196  | 132  | 626   |
| 所占比例(%)  | 47.6 | 31.3 | 21.1 | 100.0 |

## (二) 坡度

### 1、自然斜坡坡度

自然斜坡坡度是控制自然斜坡产生地质灾害的一个重要因素。由于容县的自然斜坡上发育的地质灾害以滑坡(133处)为主，这里只分析自然斜坡坡度与滑坡的关系。从表4-1-3可知，区内自然斜坡在坡度大于25°时较容易产生滑坡，且滑坡主要发生在25°~45°的自然斜坡上，尤其集中30°~40°的自然斜坡上；大于45°的自然斜坡发生相对较少，这是因为25°~45°的自然斜坡风化层厚度(包括坡残积层和全风化层)相对较大，在降雨的作用下有利于雨水入渗径流从而容易产生滑坡；而坡度大于45°的自然斜坡风化层厚度相对较薄，坡度较陡，利于雨水地表径流，从而产生滑坡的概率要低于坡度45°以下的自然斜坡。花岗岩区自然斜坡滑坡一般发生在30°~40°的斜坡上，碎屑岩区自然斜坡滑坡一般发生在35°~45°的斜坡上。

表4-1-3 自然斜坡坡度与滑坡关系统计表

| 坡度(°)    | ≤25 | 25-30 | 30-35 | 35-40 | 40-45 | >45 |
|----------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|
| 滑坡(处)133 | 5   | 21    | 42    | 38    | 19    | 8   |
| 比例 (%)   | 3.8 | 15.8  | 31.6  | 28.6  | 14.3  | 6.0 |

《广西花岗岩残积土滑坡灾害在线预警系统开发与应用研究》报告中通过数值模拟分析得出：在坡高一定且其他条件不变的情况下，六王镇花岗岩自然斜坡稳定性系数的降低与自然斜坡(斜坡前缘无人工切坡)坡度的增加近似呈线性关系。

### 2、人工切坡坡度

从表4-1-4可知，区内人工切坡崩塌、滑坡多发生于坡度大于55°的切坡上；滑坡多在坡度为55°~65°的人工切坡上产生，占人工切坡滑坡总数的58.5%；崩塌多在坡度为55°~75°的人工切坡上产生，占人工切坡崩塌总数的83.9%；不稳定斜坡易形成于坡度大于55°的人工切坡上，以坡度为65°~75°的不稳定斜坡为主。从表4-1-4还可知，当人工切坡坡度由45°向70°增大时，切坡上发生滑坡、崩塌和不稳定斜坡的数量基本上是逐渐递增的。

表4-1-4 人工切坡坡度与滑坡、崩塌、不稳定斜坡关系统计表

| 坡度(°)    | ≤45 | 45-50 | 50-55 | 55-60 | 60-65 | 65-70 | 70-75 | 75-80 | >80 |
|----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 滑坡(处)    | 5   | 11    | 19    | 34    | 34    | 39    | 18    | 13    | 8   |
| 崩塌(处)    | 2   | 2     | 11    | 40    | 59    | 42    | 31    | 14    | 6   |
| 不稳定斜坡(处) | 8   | 9     | 10    | 26    | 34    | 56    | 51    | 29    | 15  |
| 合计(处)    | 15  | 22    | 40    | 100   | 127   | 137   | 100   | 56    | 29  |
| 所占比例(%)  | 2.4 | 3.5   | 6.4   | 16.0  | 20.3  | 21.9  | 16.0  | 8.9   | 4.6 |

《广西花岗岩残积土滑坡灾害在线预警系统开发与应用研究》报告中通过数值模拟分析得出：在坡高一定且其他条件不变的情况下，随着花岗岩自然斜坡坡脚土质切坡坡度的逐渐增大，整个斜坡的稳定性系数逐渐减小，边坡的潜在滑动面逐渐向坡残积层移动，即由深层坡坏向浅层坡坏发展。

## (三) 坡高

### 1、自然斜坡坡高

自然斜坡坡高主要影响着地质灾害规模及危害程度。由于容县自然斜坡上发育的地质灾

害以滑坡为主，这里只分析自然斜坡坡度与滑坡的关系。一般来说，自然斜坡越高，产生滑坡的规模可能越大，危害程度往往也越大。从表 4-1-5 可知，容县滑坡多发生于 20~50m 坡高的自然斜坡上，其平均体积存在随坡高增大而增加的趋势。

**表 4-1-5 自然斜坡坡高与滑坡关系统计表**

| 自然斜坡坡高(m)         | 20~30  | 30~40  | 40~50  | 50~60  | 60~70  | 70~80  | 80~90  | >90      |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 滑坡(处)             | 34     | 48     | 22     | 12     | 4      | 7      | 2      | 4        |
| 平均体积规模( $m^3$ /处) | 2015.0 | 2625.5 | 3204.6 | 3481.3 | 3517.5 | 8450.0 | 9600.0 | 204875.0 |

《广西花岗岩残积土滑坡灾害在线预警系统开发与应用研究》报告中通过数值模拟分析得出：在坡度一定且其他条件不变的情况下，随着花岗岩自然斜坡高度的增加，自然斜坡的稳定性系数不断降低，但两者非线性关系，斜坡的最危险滑动面逐渐向全风化层发展。

## 2、人工切坡坡高

从表 4-1-6 可知，区内人工边坡的高度主要以 5~10m 为主，崩塌、滑坡多发生于坡高 5~10m 的边坡上，占人工边坡滑坡、崩塌总数的 67.8%；不稳定斜坡也多形成于 5~10m 的人工边坡上。

**表 4-1-6 人工边坡坡高与滑坡、崩塌、不稳定斜坡关系统计表**

| 坡高(m)463 | ≤5  | 5~10 | 10~15 | 15~20 | >20 | 分计    |
|----------|-----|------|-------|-------|-----|-------|
| 滑坡数量(处)  | 14  | 124  | 33    | 8     | 2   | 181   |
| 崩塌数量(处)  | 16  | 139  | 35    | 13    | 4   | 207   |
| 不稳定斜坡(处) | 12  | 135  | 62    | 18    | 11  | 238   |
| 合计(处)    | 42  | 398  | 130   | 39    | 17  | 626   |
| 所占比例(%)  | 6.7 | 63.6 | 20.8  | 6.2   | 2.7 | 100.0 |

《广西花岗岩残积土滑坡灾害在线预警系统开发与应用研究》报告中通过数值模拟分析得出：在坡度一定且其他条件不变的情况下，随着花岗岩土质人工切坡坡高的增加，整个斜坡的稳定性系数逐渐减小，边坡的潜在滑动面逐渐向坡残积层移动，即由深层坡坏向浅层坡坏发展，但相比切坡坡度对整个边坡稳定性的影响，切坡高度的变化对稳定性的影响较小。

## 第二节 地层岩性及岩土体类型与地质灾害

### 一、地层岩性与地质灾害

容县花岗岩区共查明地灾及隐患点 551 处，类型主要为滑坡、崩塌和不稳定斜坡。其中，滑坡 212 处，占花岗岩区地灾及隐患点总数的 38.5%；崩塌 154 处，占花岗岩区地灾及隐患点总数的 27.9%；不稳定斜坡 185 处，占花岗岩区地灾及隐患点总数的 33.6%。

容县碎屑岩区共查明地灾及隐患点 205 处，地灾类型有滑坡、崩塌、不稳定斜坡和泥石流，以滑坡、崩塌和不稳定斜坡为主。其中，滑坡 96 处，占碎屑岩区地灾及隐患点总数的 46.8%；崩塌 49 处，占碎屑岩区地灾及隐患点总数的 23.9%；不稳定斜坡 58 处，占碎屑岩区地灾及隐患点总数的 28.3%；泥石流 2 处，占碎屑岩区地灾及隐患点总数的 1.0%。

容县变质岩区共查明地灾及隐患点 18 处，类型有滑坡、崩塌、不稳定斜坡。其中滑坡 6 处，占变质岩区地灾及隐患点总数的 33.3%；崩塌 5 处，占变质岩区地灾及隐患点总数的

27.8%；不稳定斜坡7处，占变质岩区地灾及隐患点总数的38.9%。

容县不同地层中地质灾害分布见图4-2-1。

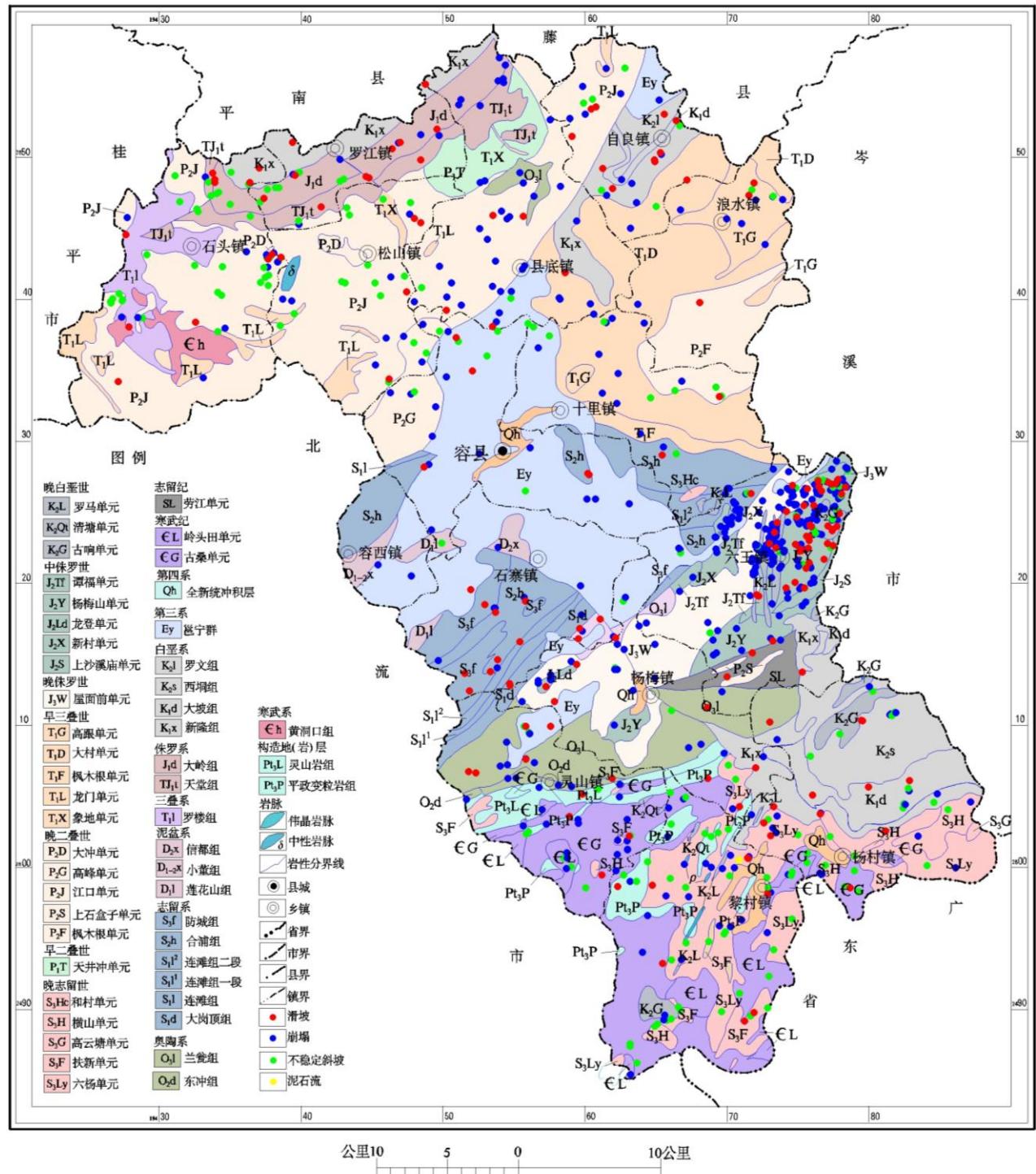


图4-2-1 容县不同地层中地质灾害分布图

### (一) 花岗岩与地质灾害

根据调查结果统计分析可知，J<sub>2</sub>Y（侏罗纪杨梅山单元中细粒花岗岩）、P<sub>2</sub>J（二叠纪江口单元中粒花岗岩）、J<sub>3</sub>W（侏罗纪屋面前单元中粗粒花岗岩）、S<sub>3</sub>Ly（志留纪六杨单元中细粒花岗岩）等地层为容县花岗岩区地质灾害相对易发地层，以J<sub>2</sub>Y（侏罗纪杨梅山单元中细粒花岗岩）和P<sub>2</sub>J（二叠纪江口单元中粒花岗岩）地层最为易发，易发岩性主要为中～细粒的

花岗岩且粒径细的花岗岩较粒径粗的花岗岩易发。此外， $\in G$ （寒武纪古桑单元中细粒花岗岩）、 $K_2G$ （白垩纪古响单元中细粒～细粒石英闪长岩）和  $T_1D$ （三叠纪大村单元中粒花岗岩）等地层的地灾易发性也不容忽视。

滑坡主要在  $J_2Y$ 、 $J_3W$ 、 $P_2J$ 、 $S_3Ly$  和  $K_2G$  等地层相对易发；崩塌主要在  $J_2Y$ 、 $J_3W$  和  $P_2J$  等地层相对较易发；不稳定斜坡主要在  $P_2J$ 、 $J_2Y$  和  $S_3Ly$  等地层相对较易发。具体统计见“容县地质灾害发生与地层岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告”。

## （二）碎屑岩与地质灾害

根据调查结果统计分析可知， $Ey$ （第三系邕宁组含泥质的砂砾岩为主）、 $J_1d$ （侏罗系下统大岭组泥岩、粉砂岩为主）、 $O_3l$ （奥陶系上统兰翁组泥质粉砂岩、粉砂岩为主）和  $K_1x$ （白垩系下统粉砂岩、泥质粉砂岩、泥岩为主）等地层为容县碎屑岩区地质灾害相对易发地层，以  $Ey$ （第三系邕宁组砂砾岩、砾岩）和  $J_1d$ （侏罗系下统大岭组泥岩、粉砂岩）地层最为易发；易发岩性以泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩为主。

滑坡主要在  $J_1d$ 、 $Ey$ 、 $K_1x$ 、 $O_3l$  和  $S_2h$  等地层相对易发；崩塌主要在  $Ey$  和  $O_3l$  地层相对易发；不稳定斜坡主要在  $Ey$  和  $J_1d$  地层相对易发。具体统计分析见“容县地质灾害发生与地层岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告”。

## （三）变质岩与地质灾害

容县境内变质岩区面积小，主要分布于灵山镇、黎村镇和杨梅镇局部区域，主要地层岩性为  $Pt_3l$ （灵山片岩）和  $Pt_3p$ （平政变粒岩），主要岩性为混合花岗岩，地灾相对花岗岩区和碎屑岩区少， $Pt_3p$  地层较  $Pt_3l$  地层易发。具体统计见“容县地质灾害发生与地层岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告”。

# 二、岩土体类型与地质灾害

## （一）工程地质岩组与地质灾害

从地灾发育数量看，由表 4-2-1 可知，容县地质灾害在块状坚硬花岗岩岩组、中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱泥岩、页岩岩组和中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组中的发育数量相对较多，尤其以块状坚硬花岗岩岩组最为发育；从地灾发育密度看，由表 4-2-1 可知，除了上述 3 类岩组外，块状坚硬混合岩岩组的地灾发育密度也相对较大，主要原因是块状坚硬混合岩岩组含花岗质岩石较多，其风化特征和风化后的岩性与块状坚硬花岗岩岩组较为接近。

根据野外实地调查情况可知，块状坚硬花岗岩岩组岩石风化强烈，风化层厚度较大，一般大于 10m，局部可达 30m，岩性以砂质粘性土、砂土为主，结构松散，渗透性强，抗水性弱，在雨水冲刷侵蚀、开挖坡脚等外部因素作用下易沿着土体内的层内错动带或强弱风化接触带发生崩解和滑移，为滑坡、崩塌、泥石流易发岩组；块状坚硬混合岩岩组岩石风化强烈，风化层厚度一般为 5~10m，局部达 20m，岩性以砂性土为主，容易产生滑坡、崩塌、泥石流及水土流失；中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱泥岩、页岩岩组岩体表层风化破碎较强烈，节理、裂隙较发育，上覆风化层厚度一般在 2~5m 之间，结构松散，岩性以含砂、砾粘土和碎石土为主在雨水冲刷侵蚀作用下，自然斜坡上易沿着残积层与基岩接触面产生滑坡，切坡

上易沿着强弱风化面或节理裂隙面发生崩塌；中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组岩性较复杂、变化大，岩层不稳定，在剖面上不同岩石常互层或多层结构，上覆风化层厚度一般3~5m，局部10m，岩性以含砂、砾粘土和含碎石粘土为主，结构松散，透水性好，在雨水冲刷侵蚀作用下，自然斜坡上易沿着残积层与基岩接触面产生滑坡，切坡上以沿着软弱结构面或强弱风化面发生崩塌。

**表 4-2-1 工程地质岩组与地质灾害关系一览表**

| 工程地质<br>岩组类型           | 块状坚<br>硬花岗<br>岩岩组 | 块状坚<br>硬、较坚<br>硬喷出岩<br>岩组 | 块状坚<br>硬混合<br>岩岩组 | 中厚层状坚硬<br>的砂岩、砾岩<br>夹软弱的泥<br>岩、页岩岩组 | 薄-中层状软<br>弱的泥岩、页<br>岩夹坚硬的<br>砂岩岩组 | 厚层-块状<br>坚硬较坚硬<br>的砾岩、砂<br>岩岩组 | 中厚层状较坚<br>硬砂岩、砾岩<br>夹薄层状较弱<br>页岩岩组 |
|------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 分布面积(km <sup>2</sup> ) | 1290.4            | 58.2                      | 54.0              | 308.5                               | 111.2                             | 274.0                          | 141.2                              |
| 地灾数量(处)                | 556               | 13                        | 18                | 71                                  | 26                                | 34                             | 56                                 |
| 所占比例(%)                | 71.83             | 1.68                      | 2.33              | 9.17                                | 3.36                              | 4.39                           | 7.24                               |
| 密度(处/km <sup>2</sup> ) | 0.431             | 0.223                     | 0.333             | 0.230                               | 0.234                             | 0.124                          | 0.397                              |
| 滑坡(处)                  | 214               | 4                         | 6                 | 37                                  | 12                                | 7                              | 34                                 |
| 崩塌(处)                  | 154               | 2                         | 5                 | 18                                  | 9                                 | 15                             | 5                                  |
| 不稳定斜坡(处)               | 188               | 7                         | 7                 | 15                                  | 5                                 | 11                             | 17                                 |
| 泥石流(处)                 | 0                 | 0                         | 0                 | 1                                   | 0                                 | 1                              | 0                                  |

## (二) 风化层厚度与地质灾害

### 1、不同风化层厚度区地质灾害的发育

从地灾发育数量看，由图 4-2-2 可见，容县地灾主要集中分布在风化层厚度>15m 区域，该区域发育地灾 513 处，占全县地灾发育总数的 66.2%，发育类型有滑坡、崩塌、不稳定斜坡和泥石流，以滑坡、崩塌和不稳定斜坡为主要灾种；容县风化层厚度<5m 区域发育地灾 114 处，占全县地灾发育总数的 14.8%，发育类型有滑坡、崩塌、不稳定斜坡和泥石流，以滑坡、崩塌和不稳定斜坡为主要灾种；容县风化层厚度 5~10m 区域发育地灾 72 处，占全县地灾发育总数的 9.2%，发育类型有滑坡、崩塌、不稳定斜坡，以滑坡和不稳定斜坡为主要灾种；容县风化层厚度 10~15m 区域发育地灾 75 处，占全县地灾发育总数的 9.8%，发育类型有滑坡、崩塌、不稳定斜坡，以崩塌和不稳定斜坡为主要灾种。从地灾发育密度看，风化层厚度>15m 区域地灾发育密度最大，为 0.520 处/km<sup>2</sup>；风化层厚度 5~10m 区域次之，地发育密度为 0.319 处/km<sup>2</sup>；风化层厚度 10~15m 区域地灾发育密度为 0.224 处/km<sup>2</sup>；风化层厚度<5m 区域，地灾发育密度最小，为 0.159 处/km<sup>2</sup>。具体统计见“容县地质灾害发生与地层岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告”。

### 2、不同风化层厚度区崩、滑体厚度的变化

根据对容县不同风化层厚度区滑体厚度统计可知，风化层厚度<5m 区域发育滑坡的滑体厚度以 1.0~3.0m 为主；风化层厚度 5~10m 区域发育滑坡的滑体厚度以 2.0~5.0m 为主；风化层厚度 10~15m 区域发育滑坡的滑体厚度以 1.0~2.0m 为主；风化层厚度>15m 区域发育滑坡的滑体厚度以 1.0~3.0 为主，但滑体厚度区间明显较其他 3 各区域有所扩大；在风化层厚度较大的区域，发育滑体厚度较大滑坡的概率相对较高，但各风化层厚度区仍以浅层滑坡为主。根据对容县不同风化层厚度区崩塌体厚度统计可知，各风化层厚度区域发育崩塌的厚度

主要集中在3m之内，不同风化层厚度区域崩塌体厚度的变化较小，其主要原因是本次调查主要以居民房前屋后发生的地质灾害及隐患调查为主，崩塌基本上都发生在房前屋后人工切坡上，所以崩塌体厚度不大。具体统计见“容县地质灾害发生与地层岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告”。

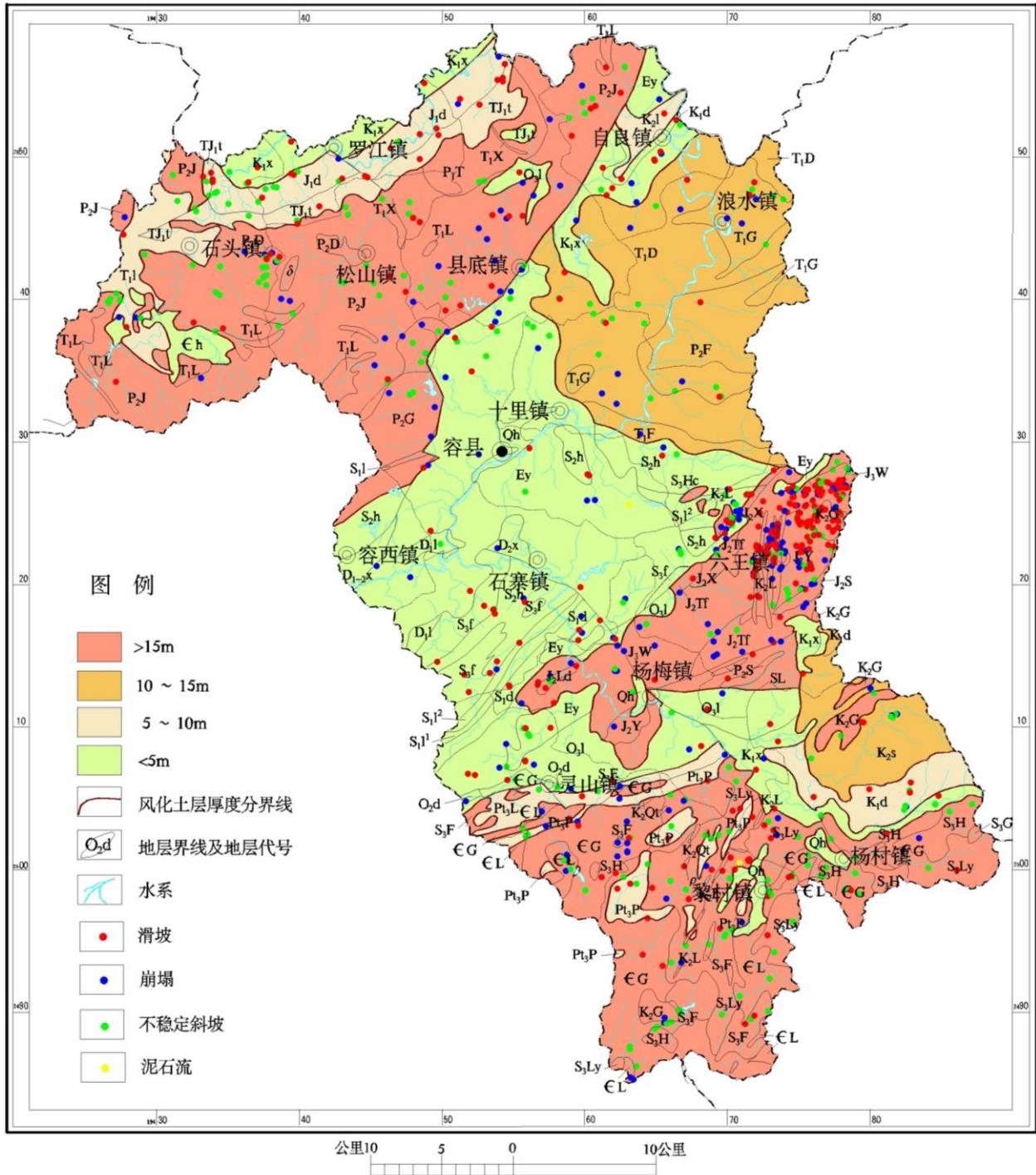


图 4-2-2 容县不同风化层厚度区中地质灾害分布图

### 第三节 地质构造与地质灾害

#### 一、断裂与地质灾害

断裂构造带岩石受挤压、拉张和扭转等多种应力影响，一般都裂隙发育，但不同的构造

影响以及位于同一构造不同部位，裂隙密度和性质都有所不同，其对滑坡的影响也不同。根据实际观测，断裂破碎带一般厚度较小，断裂破碎带以外岩层裂隙大多闭合，胶结紧密，裂隙对岩石风化强度影响不明显。断层破碎带一般厚度很小，多在 10~20m 宽，影响范围有限。因此，断裂总体对滑坡发生发育影响较小。

断裂构造对崩塌的影响与滑坡相似。断裂影响区因裂缝张开性差，全风化层和坡残积土厚度小，崩塌也较难发生。

## 二、褶皱与地质灾害

褶皱核部地带垂向裂隙发育，裂隙张开性好，岩石十分破碎，强风化层厚度普遍较厚，且强度低，沟谷堆积坡残积土厚度也较厚。褶皱翼部裂隙较发育，强风化层较厚，单斜地区裂隙不发育，强风化层厚度最薄。因此，褶皱对滑坡发育影响较明显，褶皱核部滑坡最易发，其次为翼部，单斜地区较不易发。

褶皱对崩塌的影响与滑坡相似。褶皱核部岩石裂隙发育，强风化层和坡残积土厚度大，崩塌也易于发生，褶皱翼部较易于发生，单斜地带因裂隙不发育，崩塌也不易发生。

## 第四节 降雨与地质灾害

### 一、降雨时间与地质灾害的关系分析

容县的地质灾害基本上属于降雨诱发型，降雨为地质灾害发生的主要诱发因素。容县属亚热带季风气候，降雨量总体较充沛，时间多集中在每年 4~9 月份，尤其以 5、6、7、8 月降雨较多，地质灾害发生频率与月降雨量变化基本一致，见图 4-4-1。5 月份发生灾害较少的原因主要是与降雨诱发地质灾害的滞后性有一定关系。经过几个月的平水期和枯水期，岩土体变得相对较稳定，经过一段时间降雨的冲刷和浸润之后，岩土体变得松软，再次的大暴雨或集中强降雨使其失稳。

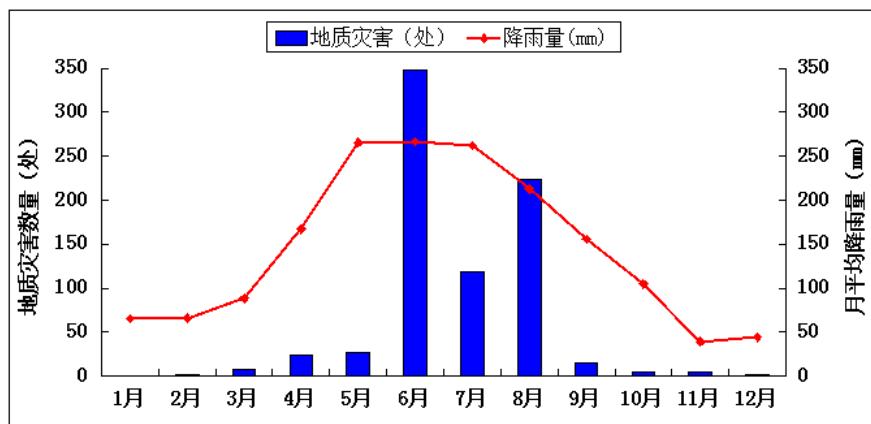


图 4-4-1 月地质灾害数量与月均降雨量关系表

### 二、降雨雨型与地质灾害的关系分析

诱发地质灾害的降雨雨型有 3 种类型即局地暴雨、台风降雨和持续降雨，其中局地暴雨和台风降雨两种雨型是容县诱发群发性地质灾害的主要降雨雨型。以下通过举例分析容县地质灾害发生与局地暴雨和台风降雨的关系来总结两种雨型诱发地质灾害的特点。

#### (一) 局地暴雨雨型

下面以六王镇 2010 年“6.2”群发性突发地质灾害事件为例，进行局地暴雨雨型与地质灾害发生的关系分析。

### 1、降雨及地灾分布范围

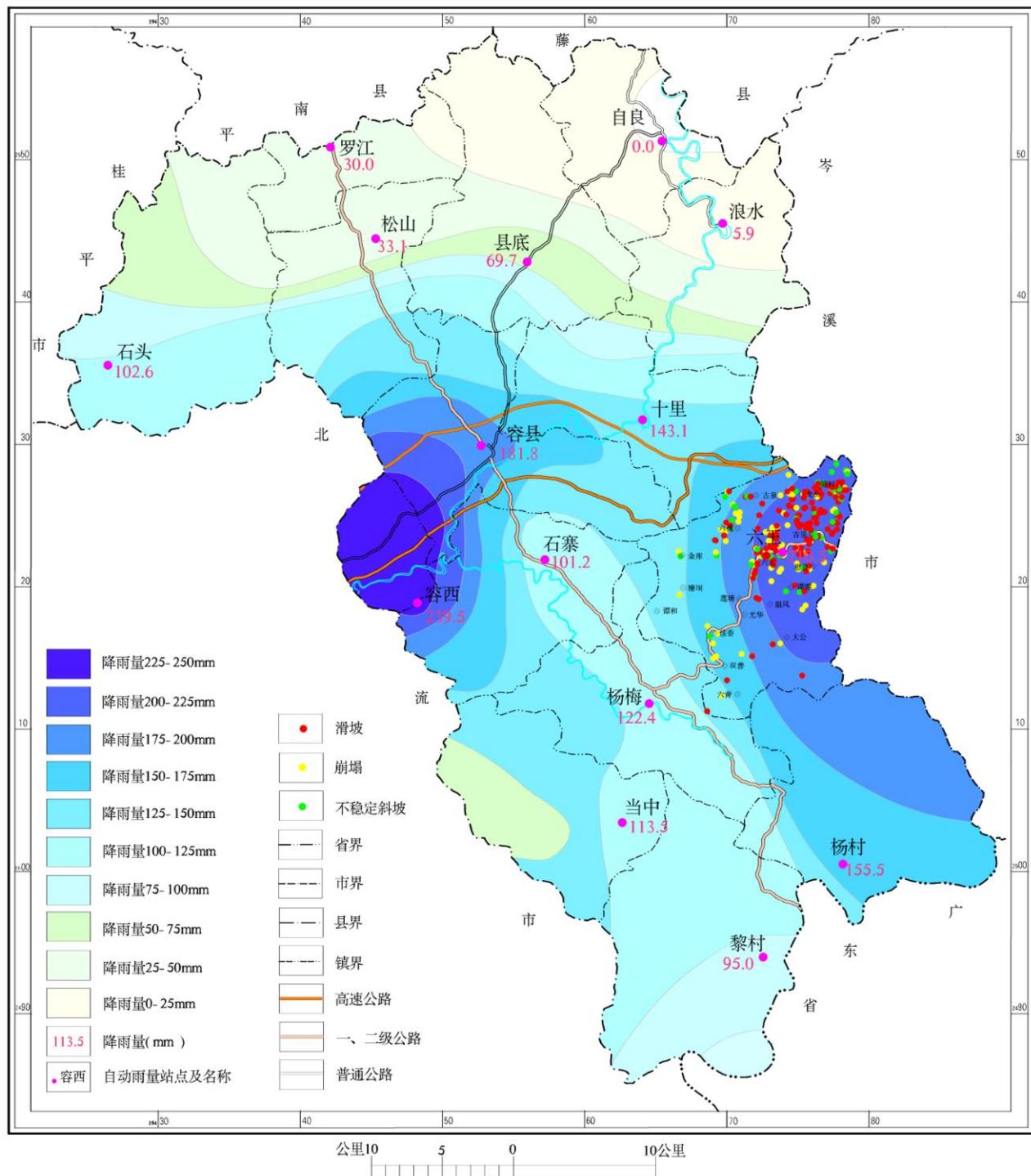


图 3 6月1日6时~6月2日8时容县降雨量等值线图

由图 4-4-2 可见，(图 3 引自《容县六王镇“6.2”地质灾害应急调查报告》) 可见，六王镇范围内降雨量由西至东增大；累计降雨量 200~225mm 分布范围主要集中在六王镇东北部的陈村、龙头、古里、六王、思良和谭螺等行政村所辖区域内，其中陈村、龙头、古里、六王等 4 个行政村所辖区域为六王镇 2010 年“6.2”群发性突发地质灾害事件的重灾区。

从表 6 可知，六王镇不同降雨量区域内地灾发育数量随累计降雨量的增大而增多且呈倍数递增趋势，其中滑坡灾害也随着累计降雨量的增大而增多。

表 6 六王镇降雨量区域与地灾数量关系表

| 降雨量区域   | 100~125mm | 125~150mm | 150~175mm | 175~200mm | 200~225mm   | 合计    |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------|
| 地灾数量(处) | 0         | 6(滑坡1处)   | 16(滑坡4处)  | 35(滑坡15处) | 217(滑坡126处) | 274   |
| 比例 (%)  | 0         | 2.2       | 5.8       | 12.8      | 79.2        | 100.0 |
| 灾害数量比   | —         | —         | 2.7       | 5.8       | 36.1        | —     |

## 2、日降雨量分析

按照国家气象局颁布的降水强度划分标准，由表 7 可知，六王镇灾前降雨量级别为小雨到大雨（5月 27、30、31 日容县无降雨，5月 28、29 日容县小雨，6月 1 日大雨），且降雨时段不连续。发灾前一天降雨量为 39.6mm，前 5 天累计降雨量为 49.7mm，6 月 2 日当日雨量为 177.6mm，各项诱发地质灾害的前期雨量都不大，而当日雨量为大-特大暴雨；根据调查结果，六王镇重灾区地质灾害集中发生的时间段出现在局地暴雨当日的 3 时~5 时时段（陈村、龙头两村受灾较古里和六王两村约早 1 个小时），这说明六王镇群发性突发地质灾害事件是由大~特大暴雨诱发的。

表 4-4-1 2010 年 5 月 27 日至 6 月 3 日容县六王镇降雨量一览表

| 日期<br>雨量站 | 20100527<br>(mm) | 20100528<br>(mm) | 20100529<br>(mm) | 20100530<br>(mm) | 20100531<br>(mm) | 20100601<br>(mm) | 20100602<br>(mm) | 20100603<br>(mm) |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 六王镇       | 0                | 9.7              | 0.4              | 0                | 0                | 39.6             | 177.6            | 0.2              |

## 3、地质灾害发生与小时降雨量关联性分析

由表 4-4-2、4-4-3 和图 4-4-3、4-4-4 可知，六王镇从 6 月 1 日 18 时开始出现连续降雨，至 6 月 2 日 4 时逐时降雨量介于 2-11mm 之间，累计降雨量为 71.3mm；2 日 5 时时段出现最大小时降雨量 79.3mm，6 时时时段出现次级小时降雨量 48.1mm，5 时~6 时两小时累计降雨量为 127.4mm，平均逐时雨强为 63.7mm。

表 4-4-2 2010 年 6 月 1 日 7 时至 6 月 1 日 16 时容县六王镇降雨量一览表

| 地点 | 6月1日小时降雨量 (mm) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 合计<br>(mm) |     |
|----|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|
|    | 7时             | 8时  | 9时  | 10时 | 11时 | 12时 | 13时 | 14时 | 15时 | 16时 |     |     |            |     |
| 六王 | 0.0            | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0        | 0.3 |

表 4-4-3 2010 年 6 月 1 日 17 时至 6 月 2 日 08 时容县六王镇降雨量一览表

| 地点 | 6月1日小时降雨量 (mm) |     |     |      |     |     |     |     | 6月2日小时降雨量 (mm) |     |     |      |      |      |      |     | 合计<br>(mm) |
|----|----------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|------|------|------|------|-----|------------|
|    | 17时            | 18时 | 19时 | 20时  | 21时 | 22时 | 23时 | 24时 | 1时             | 2时  | 3时  | 4时   | 5时   | 6时   | 7时   | 8时  |            |
| 六王 | 0.0            | 0.1 | 2.3 | 10.3 | 8.8 | 6.3 | 5.1 | 6.4 | 5.3            | 7.5 | 8.5 | 10.8 | 79.3 | 48.1 | 11.3 | 0.1 | 210.2      |

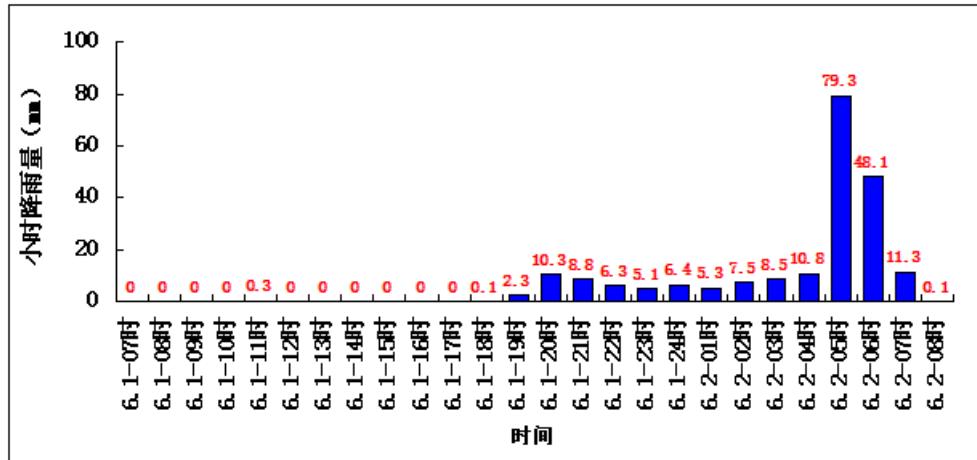


图 4-4-3 容县六王镇 2010 年 6 月 1 日 07 时至 6 月 2 日 08 时各小时降雨量柱状图

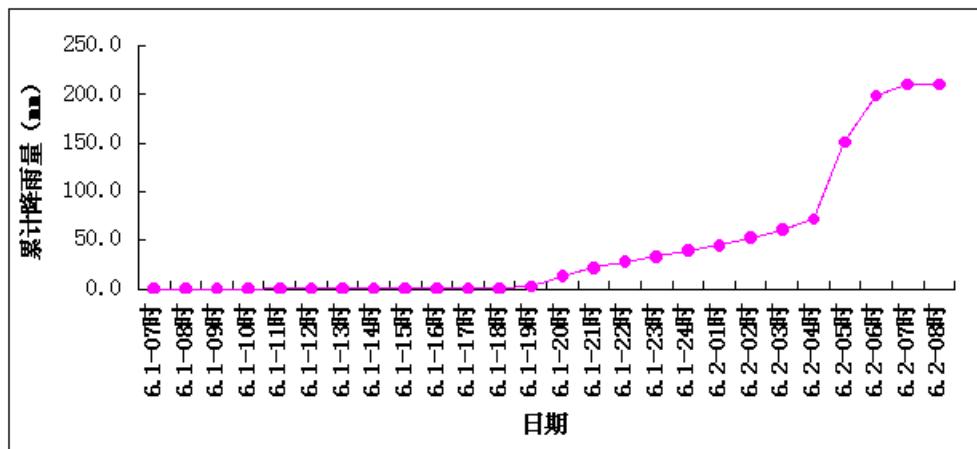


图 4-4-4 容县六王镇 2010 年 6 月 1 日 07 时至 6 月 2 日 08 时小时逐时累计降雨量曲线图

通过询问得知，六王镇 2010 年“6.2”群发性突发地质灾害集中发生的时段集中于 6 月 2 日 3 时~5 时 3 个小时时段。由此判断，六王镇 2010 年“6.2”群发性突发地质灾害事件的发生并非完全由最大小时降雨量诱发，最大小时降雨量之前的 12 小时（6 月 1 日 17 时至 6 月 2 日 4 时）累计降雨量 71.3mm 已到达暴雨~大暴雨级别（按国家气象局颁布的降水强度划分标准之 12 小时降水总量 (mm) 判断），对本次群发性突发地质灾害事件发生起到了很好的前期“铺垫”作用，当最大小时降雨量到来时最终诱发了大面积的群发性突发地质灾害。

#### 4、降雨量阀值的确定

根据以上统计分析，将局地暴雨型降雨的降雨量危险性等级划分为低危险、中危险、高危险和极高危险等 4 个等级，分别对应 3 个降雨量阀值，结果见表 10。

表 10 六王镇不同危险性降雨量阀值对照表

| 危险性等级       | 低危险性 | 中危险性    | 高危险性    | 极高危险性 |
|-------------|------|---------|---------|-------|
| 过程降雨量阀值(mm) | <100 | 100~150 | 150~200 | >200  |

#### 5、小结

综上所述，局地暴雨型降雨具有降雨区域集中、降雨持续时间短、降雨强度大、突发性强等特点，地质灾害集中发生在出现局地暴雨的当日当地是局地暴雨型降雨诱发地质灾害的

规律；通过调查得知，六王镇 2010 年“6.2”群发性突发地质灾害以滑坡、崩塌灾害为主，局地暴雨型降雨的过程降雨量阈值 100mm、150mm 和 200mm 可为六王镇地质灾害的预警预报以及容县其他花岗岩区地质灾害的预警预报提供一定的参考。

## （二）台风降雨雨型

这里以 2013 年 8 月中下旬容县受“尤特”台风（8 月 14 日 3 时 50 分在广东阳西县登陆，15 日 4 时进入广西容县，16 日 5 时贺州境内消失，20 日台风影响基本结束）影响诱发群发性地质灾害为例，进行台风降雨雨型与地质灾害发生的关联性分析。

### 1、台风降雨过程分析

从图 4-4-5~4-4-10 可知，“尤特”台风过境容县对容县所辖区域均形成了 2 个降雨过程：8 月 14 日 3 时至 16 日 5 时降雨过程和 8 月 16 日 6 时至 19 日降雨过程，其中 8 月 14 日 3 时至 16 日 5 时降雨过程累计降雨量较后一次降雨过程大，也是“尤特”台风诱发地质灾害及隐患点的主要降雨过程。从图 6~11 还可知，黎村、杨村、灵山、十里、杨梅、石寨等镇的最大日降雨量发生在 8 月 14 日，六王、容州、浪水、石头、松山、罗江、县底、自良等镇的最大日降雨量发生在 8 月 15 日，这说明不同乡镇“尤特”台风降雨过程的最大日降雨量对应的时间也是不同的。

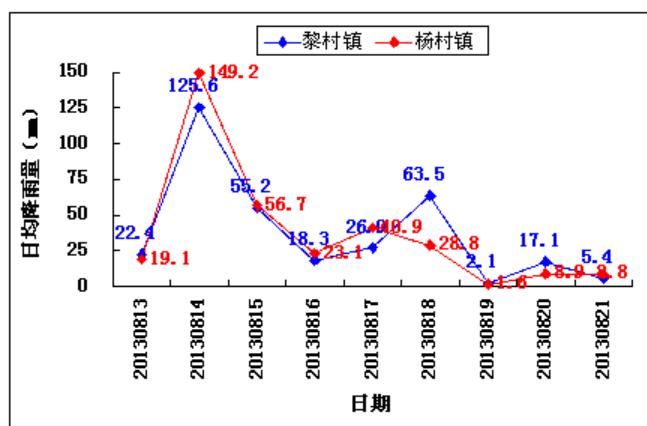


图 4-4-5 黎村镇和杨村镇日均降雨量图

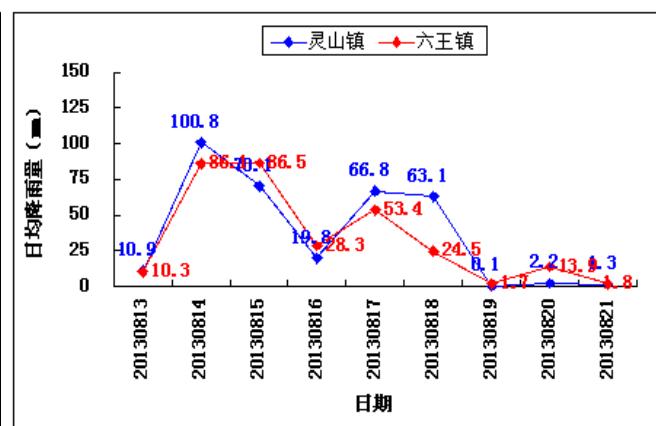


图 4-4-6 灵山镇和六王镇日均降雨量图

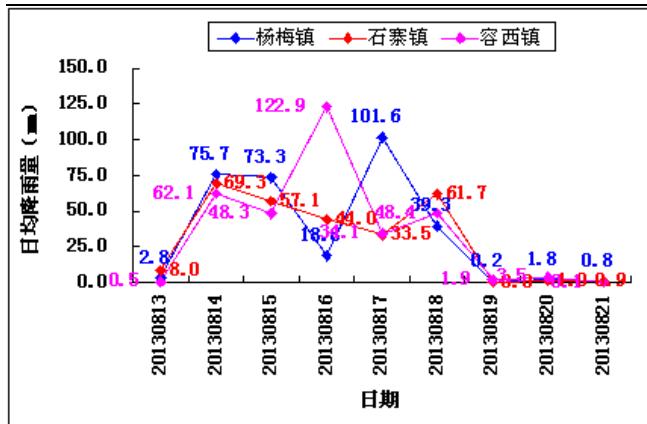


图 4-4-7 杨梅镇、石寨镇和容西镇日均降雨量图

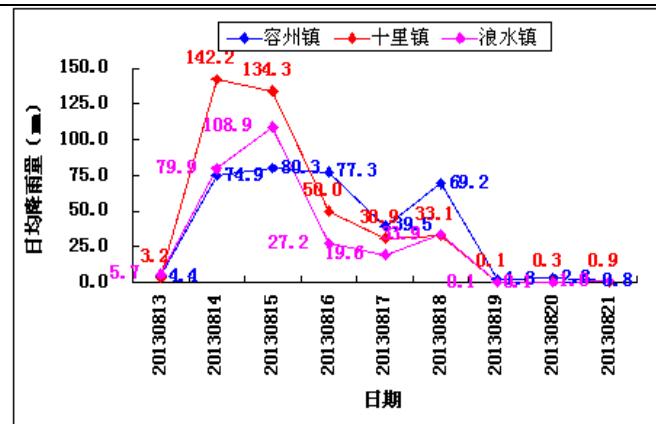


图 4-4-8 容州镇、十里镇和浪水镇日均降雨量图

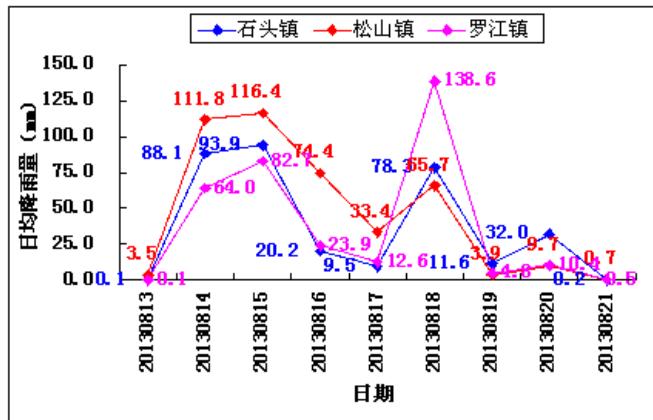


图 4-4-9 石头镇、松山镇和罗江镇日均降雨量图

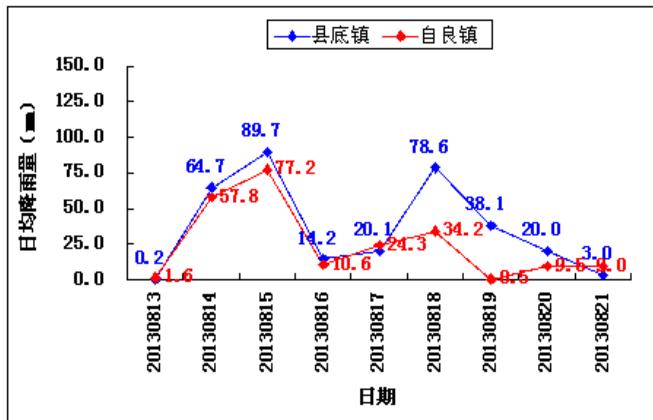


图 4-4-10 县底镇和自良镇日均降雨量图

## 2、地质灾害发育与分布特征

本次详查共调查到由“尤特”台风降雨诱发的地质灾害及隐患点共 158 处，其中滑坡 36 处、崩塌 52 处、不稳定斜坡 70 处；花岗岩区地质灾害及隐患点 102 处，约为碎屑岩区发育地质灾害及隐患点 53 处的 1.92 倍，变质岩区地质灾害及隐患点发育仅 3 处。从行政区分布上看，除容西镇外，容县各镇均有地质灾害及隐患点分布，石头镇发育数量最多（38 处），灵山镇次之（20 处）；从崩滑体的物质组成来看，除 1 处岩质滑坡（强风化花岗岩）、2 处岩质崩塌（1 处强风化花岗岩，1 处强风化粉砂岩）外，其余 155 处均为土质崩滑；从规模上看，地质灾害及隐患点规模均为小型，以  $1000m^3$  以内为主；从（潜在）崩滑体厚度上看，滑坡厚度以 1~3m 为主，崩塌厚度以 2m 以内为主，潜在崩滑厚度以 2m 内为主；从地貌单元上看，“尤特”台风诱发的地质灾害及隐患点以低山丘陵地貌单元区最为发育，中低山地貌单元区和低山地貌单元区次之，低丘盆地地貌单元最少。具体统计分析见“容县地质灾害发生与地层岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告”。

## 3、地质灾害发生与当日平均降雨量关系分析

由图 4-4-11 可知，容县 8 月 14 日之前 5 天的日均降雨量非常小，5 天累计降雨量仅为 12.7mm，无地质灾害发生；8 月 14 日当日平均降雨量 93.2mm 为“尤特”台风过程最大当日降雨量，地质灾害仅 2 处，数量较少，说明台风降雨诱发地质灾害有一个孕育过程；8 月 15 日出现为“尤特”台风过程次级当日降雨量 83.2mm，地质灾害 72 处，数量陡增，说明促发地灾大面积发生的临界累计降雨量可能在 100mm 左右；8 月 16 日当日降雨量 30.1mm，地质灾害 44 处，与 15 日相比，当日降雨量减少 67.7%、地质灾害数量减少 38.9%，说明台风降雨诱发地质灾害具有明显的滞后性。从 8 月 18、19 两日的当日降雨量和诱发地质灾害数量的关系也可说明台风降雨诱发地质灾害具有一定的滞后性。这里需要说明的是，图 4-4-11 中 8 月 21~24 日的地质灾害数量与当日平均降雨量关系反映的是“谭美”台风对容县的影响。

从图 4-4-12 和图 4-4-13 可知，容县花岗岩区和碎屑岩区当日地质灾害数量与当日平均降雨量之间的关系与图 12 是基本一致的；相同累计降雨量条件下，花岗岩区较碎屑岩区更容易发生地质灾害，且台风降雨诱发花岗岩区地质灾害及隐患点的临界降雨量较碎屑岩区小；在当日平均降雨量减幅相同的条件下，碎屑岩区地质灾害及隐患点的减幅要较花岗岩区小，说

明部分碎屑岩区地质灾害及隐患点需降雨作用的时间更长。

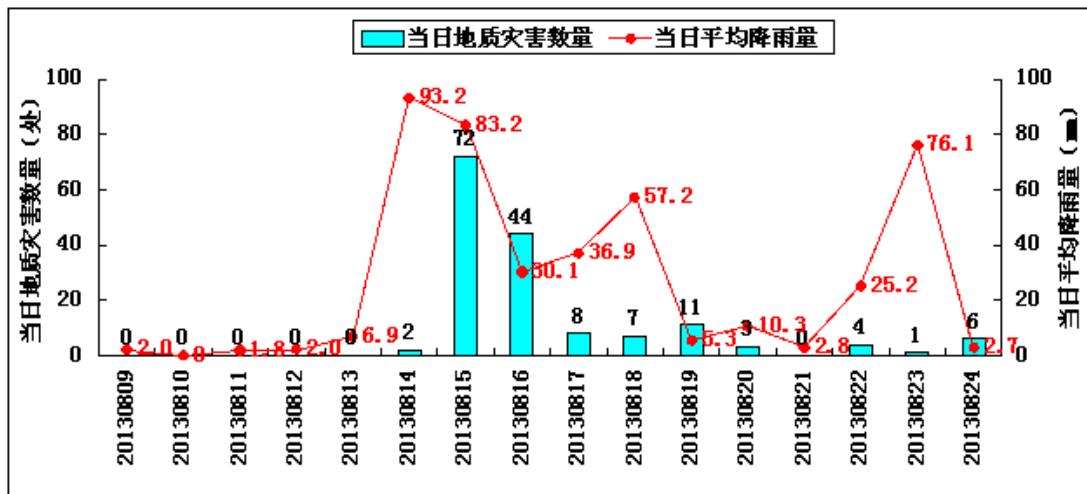


图 4-4-11 容县当日地质灾害数量与当日平均降雨量关系图

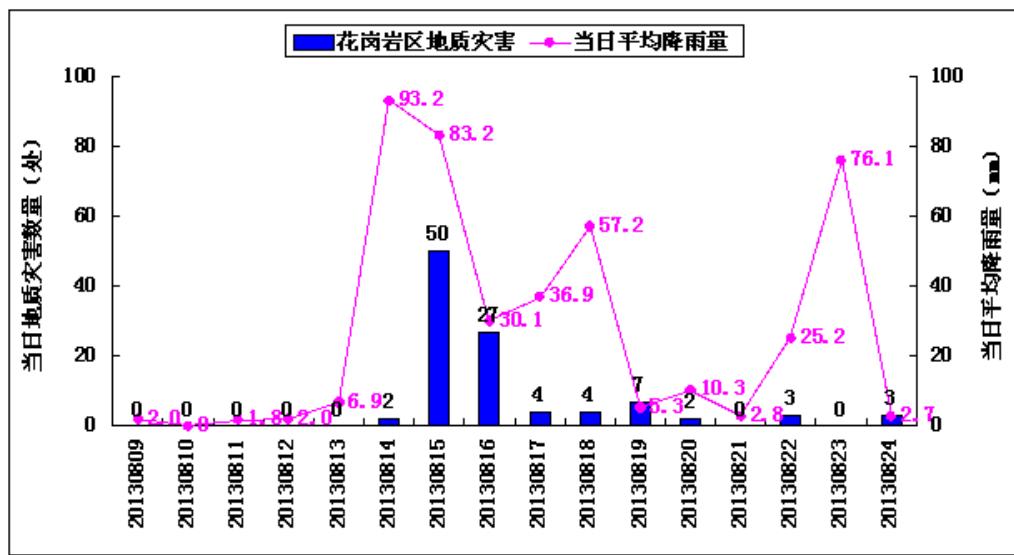


图 4-4-12 容县花岗岩区当日地质灾害数量与当日平均降雨量关系图

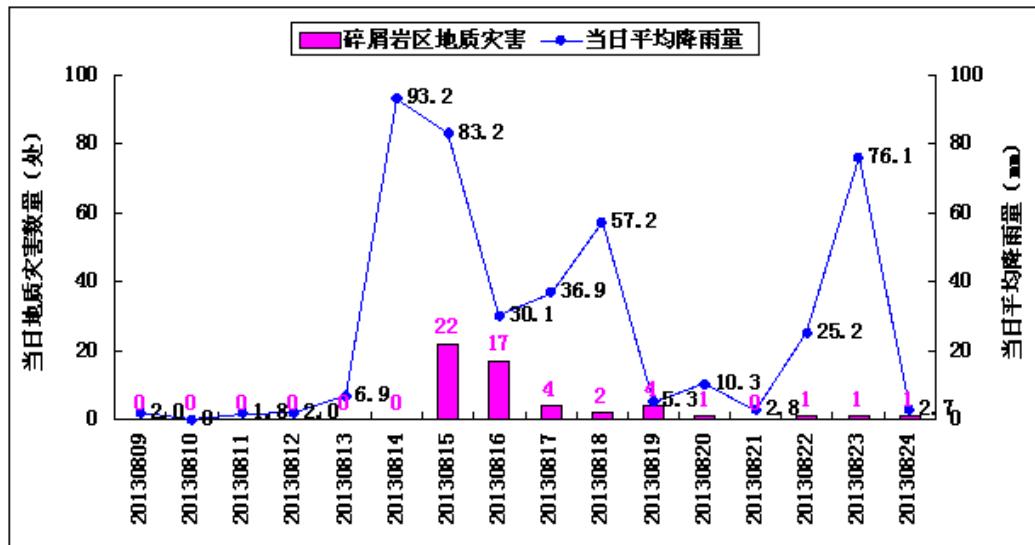


图 4-4-13 容县碎屑岩区当日地质灾害数量与当日平均降雨量关系图

#### 4、小结

台风降雨雨型诱发的地质灾害从发育特征看，多为群发型地质灾害，但灾害规模一般较小，以表层或浅层滑坡、崩塌为主；从时间上看，地质灾害发生具有一定的滞后性但滞后时间较短，仍然发生在相对集中的降雨时段；从空间上看，地质灾害发生地点与台风运移轨迹基本上是一致的；从降雨量看，日均降雨量 100mm（8月 13-14 日的累计降雨量）可作为预报台风通过容县带来降雨诱发地质灾害的临界日降雨量参考值。

### 三、降雨与典型滑坡中地下水的关系分析

#### （一）花岗岩区

通过对容县杨梅镇石岭村地雷滑坡及六王镇龙头村大园坡脚滑坡的钻孔内地下水简易监测和当地降雨资料监测可知，地下水类型以基岩裂隙水为主，且具有一定的承压性。

根据滑坡勘查主剖面钻孔揭露，容县杨梅镇石岭村地雷滑坡勘查 ZK2 钻孔，钻进过程中初见水位为 16.3m，稳定水位为 13.6 m，ZK4 钻孔钻进过程中初见水位为 20.8m，稳定水位为 15.7 m，两钻孔基本上都是钻进花岗岩强风化层或者弱风化层才见地下水，见图 4-4-14；容县六王镇龙头村大园坡脚滑坡勘查钻孔在雨季钻进过程中都未遇到地下水，见图 4-4-15。

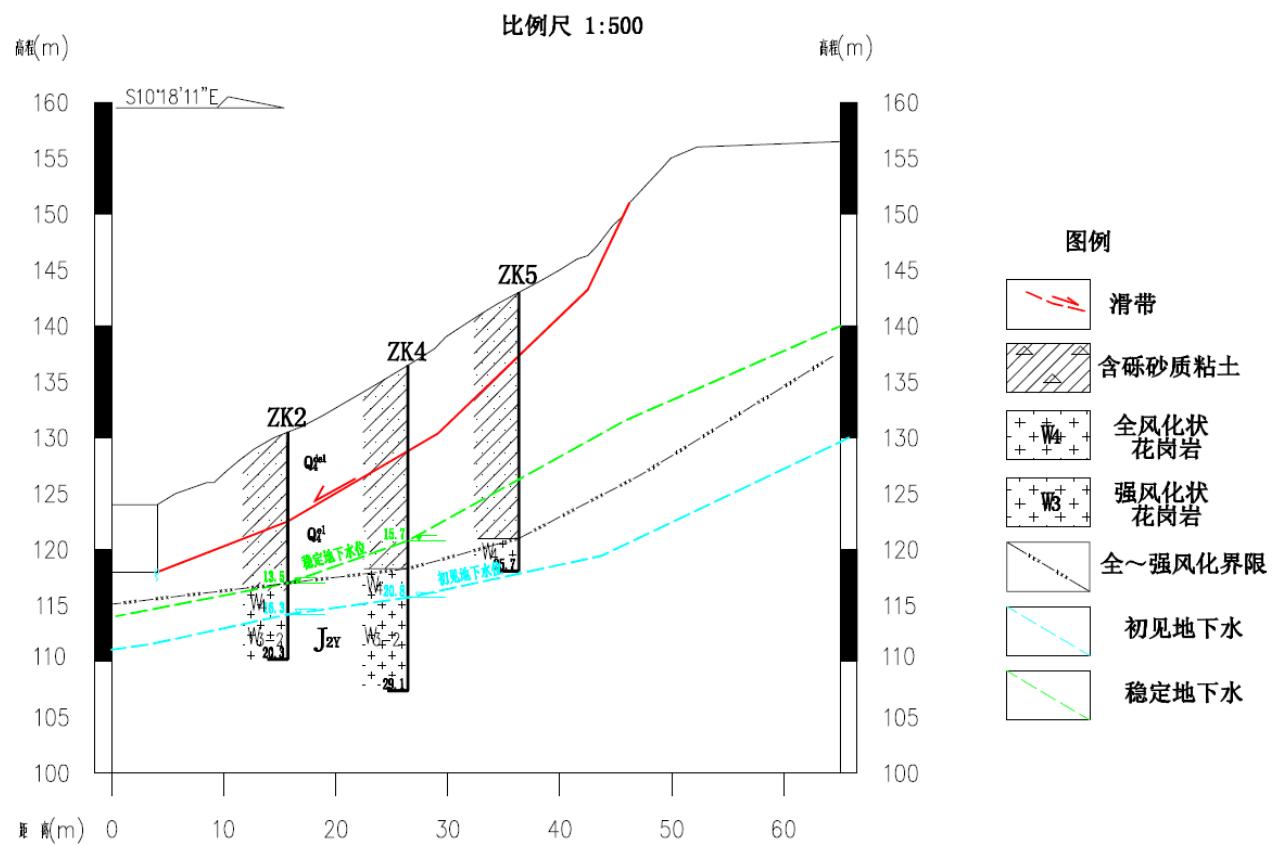


图 4-4-14 杨梅镇石岭村地雷滑坡勘查主剖面 2-2' 工程地质剖面图

从容县杨梅镇石岭村地雷滑坡勘查期间钻孔地下水监测数据的统计结果可知，在强降雨作用后，钻孔内地下水位变幅在 0.5m 以内、变幅较小，地雷滑坡勘查期间降雨量与钻孔内地下水位变化关系曲线见图 4-4-16。

综上，从典型滑坡勘查成果看，钻孔内地下水在其埋深及变幅范围内对滑坡（斜坡）

稳定性的影响较小，对滑坡造成影响的主要为强降雨渗入残坡积土体中引起的滞水。

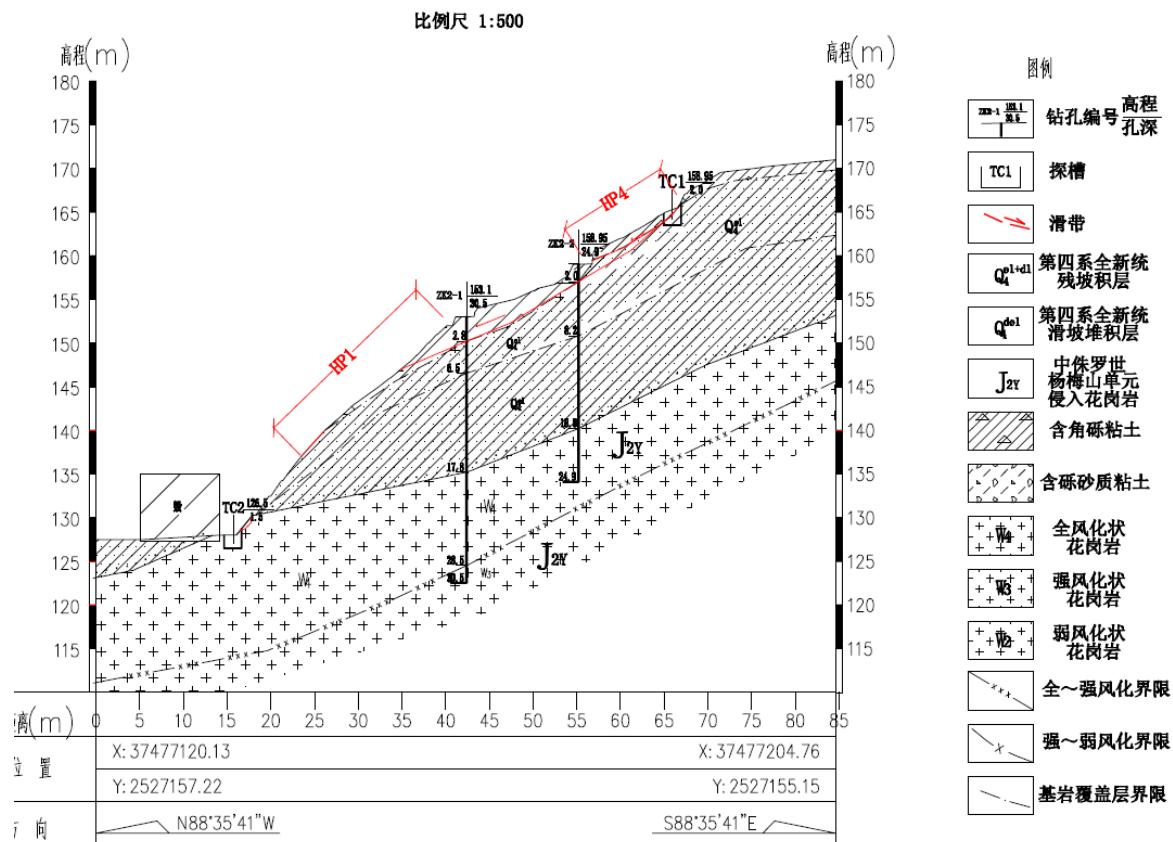


图 4-4-15 六王镇龙头村大园坡脚滑坡勘查主剖面 2-2' 工程地质剖面图

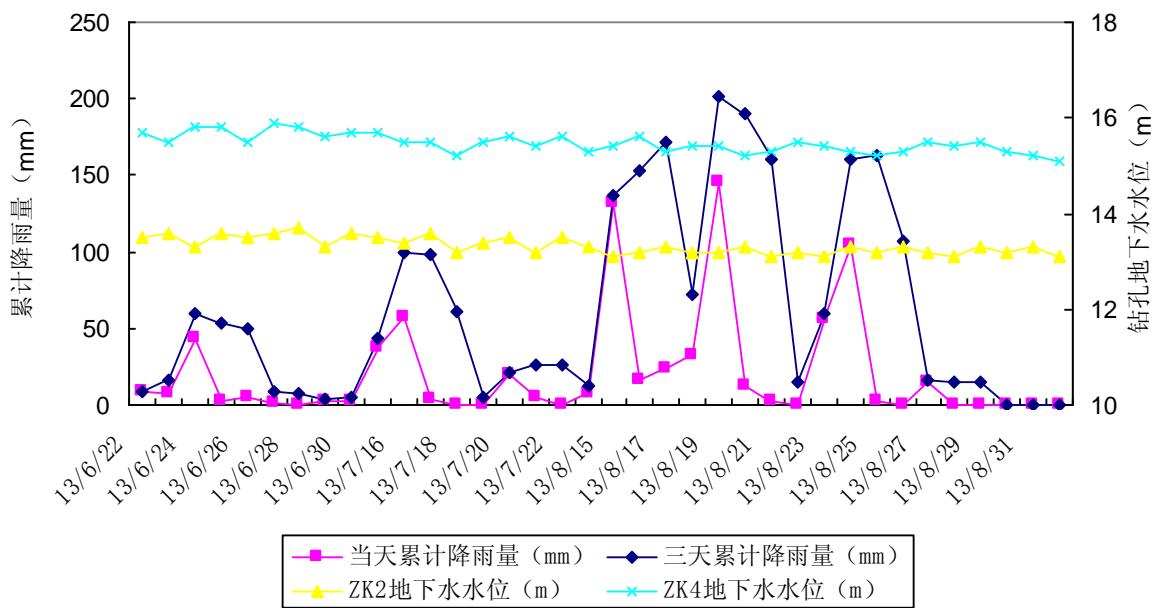


图 4-4-16 地雷滑坡勘查期间降雨量与钻孔内地下水位变化关系曲线图

## (二) 碎屑岩区

这里采用容县石寨镇下烟平黎滑坡勘查成果进行说明。

根据钻探揭露，平黎滑坡第四系堆积体属孔隙性含水层，斜坡坡体地表为较密实的粘土及粉质粘土，透水性较弱，局部地段可形成上层滞水，运移方向主要受地形条件的控制。勘查前的调

查访问了解到，在平梨滑坡区附近连续强降雨时可见 2 个泉点出现，其主要分布在民房背后和滑坡前侧垮塌堆积体上部，但一般降雨情况下未见有泉水渗出。2 处泉点都在 2010 年 6 月连续几天强降雨后才发现的，泉水清澈，但在滑坡勘查期间暴雨过后都未见有泉水流出。这说明碎屑岩区第四系孔隙水对滑坡的形成产生促进作用，受降雨强度和土体渗透性影响较大。

根据勘查钻孔 ZK2-2 和 ZK2-3 揭露可知，滑坡勘查期间稳定地下水主要位于强风化状砾岩层中且主要沿强风化层渗流，稳定地下水位埋深分别为 17.8m 和 13.3m，这说明深层地下水对滑坡的影响较小。通过对斜坡前缘民井水位观测，地下水变幅与大气降雨有一定的关系。

#### 四、降雨与地表水的共同致灾关系分析

在工作区地表水与地质灾害的发生也有一定联系，这里主要是指坡上农田溉用水。

由于山多地少，在工作区出现“山坡上开垦农田，坡脚切坡建房”现象，坡上的农田灌溉用水通过孔裂隙渗入坡体内引起土体重量增加和强度降低，不利于斜(边)坡稳定，在暴雨情况下易产生崩滑，如六王镇潭螺村六会一队崩塌（见照片 4-4-1）和十里镇塘冲村长冲队崩塌（见照片 4-4-2）。由于房屋后边坡坡顶为农田，受到农田灌溉用水的影响，渗入到坡体内部的灌溉用水形成贯通后从边坡坡脚流出，在暴雨的冲刷作用下使得该边坡发生了崩塌。这种灾害在工作区虽不多见，但作为致灾的一种方式，仍需引起一定重视。



照片 4-4-1 六王镇潭螺村六会一队崩塌



照片 4-4-2 十里镇塘冲村长冲队崩塌

### 第五节 人类工程活动与地质灾害

随着经济社会的迅猛发展，人类工程活动无论是在深度上还是在广度上都日益加剧，显示出强大的威力。特别是对自然斜坡的不合理开挖，打破了地质历史时期形成的斜坡平衡状态，使斜坡稳定性系数降低或造成斜坡变形失稳。自然斜坡的不合理开挖已成为诱发地质灾害的主要因素之一。

工作区城镇与农村建设、道路工程建设、水利工程建设、矿产资源开发等主要人类工程活动最主要的方式即为切坡。由于山多地少，近些年来随着经济的发展人类工程切坡活动呈加剧之势，对地质灾害的影响也越来越大。根据野外调查，区内发生的滑坡、崩塌等地质灾害大多跟切坡有关，此次野外调查绝大部分滑坡及全部崩塌即都在切坡的影响下产生。切坡

对滑坡、崩塌的影响主要表现在切坡不仅为滑坡、产生提供了陡峭临空面，并且自然斜坡经人工开挖后，使原来受外界气候影响较小深部岩土体暴露于大气环境中，在大气环境干湿循环变化影响下边坡坡面暴露的岩土体风化较为强烈，在卸荷、降雨、自重等作用下，边坡表层岩土体较变松散，边坡稳定性降低，在降雨影响下易产生边坡浅表层岩土体的崩滑。

另外随着人类工程活动增强，地质灾害造成的危害也越来越大。其主要原因：一是当地居民房屋与人工切坡坡脚的距离较近，以1~1.5m居多，而切坡却越来越高、越来越陡；二是房屋本身结构强度较差，现在农村当地居民一部分还住着土坯瓦顶或砖瓦结构的房屋，此类房屋结构强度非常差，在调查中发现，仅小方量的崩滑就可使墙体产生破坏甚至倒塌，而对于结构较好的砖混结构房屋来说这样小规模的崩滑物质完全是可以承受的。

## 第六节 六王镇花岗岩区地质灾害易发性分析

本节只对六王镇花岗岩区地质灾害易发性做总结性分析，详细分析及具体数据见“容县地质灾害发生与地层岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告”。

### 一、花岗岩坡残积土粒度特征分析

由第二章第六节中六王镇花岗岩坡残积土的粒度特征表可知，六王镇花岗岩坡残积土中的砂粒和砾粒成分之和的含量大于60%，平均含量为71.6%；粉粒和粘粒成分之和的含量基本上小于40%，平均含量为28.4%；K<sub>2</sub>L花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中砂为主，J<sub>2</sub>Y、K<sub>2</sub>G花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中～粗砂为主，J<sub>3</sub>W花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以粗～砾砂为主；六王镇花岗岩坡残积土颗粒成分同样具有“两头大，中间小”的特点，即粒径>0.5mm的粗颗粒及<0.075mm的细颗粒含量较多，而粒径在0.075~0.5mm的颗粒含量较两头少。

土的粒度成分对土的崩解性影响尤为显著，它决定着土的空隙性和透水性。含粘粒较少的土透水性较好，扩散层达到的最大厚度所需时间最短，粒间的连结力也很快消失。由于六王镇花岗岩区坡残积土粘粒含量相对较少，因此遇到水基本上都呈迅速崩解状，饱和抗剪强度也急剧降低。

### 二、花岗岩坡残积土抗剪强度指标分析

从花岗岩坡残积土的天然抗剪强度看，由表4-6-1可知，容县六王镇花岗岩典型地灾勘查点坡残积土的天然抗剪强度总体上要比灵山、浦北两县典型地灾勘查点和梧州市的花岗岩坡残积土的天然抗剪强度小；从花岗岩坡残积土的饱和抗剪强度看，容县六王镇花岗岩坡残积土饱和后的粘聚力比灵山和浦北两县要降低很多，饱和后的内摩擦角值相差不大但仍略小一些。这是六王镇花岗岩破残积土在强降雨作用下易发地质灾害的主要内在因素之一。

### 三、花岗岩坡残积土渗透系数分析

根据对六王镇花岗岩区典型地灾勘查点和典型地灾取样点土工试样成果统计知，容县六王镇花岗岩斜坡坡残积土渗透系数的取值范围为 $4.01 \times 10^{-5} \sim 8.63 \times 10^{-4}$ cm/s，属弱～中等透水性土；含角砾粘土的渗透系数小于砂砾质粘性土的渗透系数，斜坡表层坡残积土的渗透性是不相同的，含粘粒和粉粒较高的地方，渗透系数相对较弱；强降雨作用后，滑面往往出现在斜坡坡残积层中渗透性出现强弱明显差异的地方，并形成滞水面。

表 4-6-1 广西部分县(市)花岗岩坡残积土抗剪强度指标对比表

| 地区  | 取样地点                | 地层<br>(代号)       | 快剪         |               | 饱和快剪       |               | 备注   |
|-----|---------------------|------------------|------------|---------------|------------|---------------|--|
|     |                     |                  | C<br>(kPa) | $\Phi$<br>(°) | C<br>(kPa) | $\Phi$<br>(°) |  |
| 广西  | ——                  | ——               | 65.0       | 13.0          | ——         | ——            | 引自《花岗岩残积土的地区差异及其工程特性的研究》，戴继等，港口技术，2009.02。 |
| 灵山县 | 丰塘中学不稳定斜坡           | T <sub>1</sub> H | 29.8       | 17.8          | 18.8       | 11.6          | 引自《灵山县地质灾害详细调查报告》。                         |
|     | 勒菜小学滑坡              | T <sub>1</sub> L | 46.0       | 18.3          | 40.6       | 16.2          |  |
| 浦北县 | ——                  | ——               | 48.24      | 18.23         | 32.63      | 15.35         | 引自《浦北县地质灾害详细调查报告》。                         |
|     | 牛营村滑坡               | P <sub>2</sub> J | 32.2       | 19.3          | 19.2       | 11.0          |  |
|     | 松田村滑坡               | P <sub>2</sub> J | 33.2       | 19.3          | 29.2       | 15.0          |  |
| 梧州市 | 藤县、苍梧、岑溪等           | 燕山<br>早期<br>花岗岩  | 31.0       | 26.5          | ——         | ——            | 引自《梧州市花岗岩残积土的工程特性》，莫继军，广西城镇建设，2005。        |
|     |                     |                  | 30.0       | 21.0          | ——         | ——            |  |
| 容县  | 六王镇龙头村大园坡脚队滑坡       | J <sub>2</sub> Y | 29.7       | 16.13         | 22.07      | 13.56         | ——   |
|     | 六王镇龙头村上塘队滑坡         | J <sub>2</sub> Y | 28.45      | 16.53         | 23.32      | 12.89         |  |
|     | 六王镇陈村村上垌二队<br>不稳定斜坡 | K <sub>2</sub> G | 30.9       | 15.45         | ——         | ——            |  |
|     | 六王村龙井至新铺一队<br>不稳定斜坡 | K <sub>2</sub> L | 31.97      | 15.03         | ——         | ——            |  |

#### 四、花岗岩斜(边)坡稳定性主要影响因素分析

##### (一) 主要内在因素

###### 1、地层岩性

容县六王镇花岗岩斜坡坡残积土的物质成份以石英、高岭土、少量云母和黑色矿物为主，坡积层岩性以含角砾粘土为主、残积层岩性以砂(砾)质粘性土为主，天然状态下往往以硬塑状为主，力学强度较高，但水稳定性差，遇连续强降雨易渗透软化，软化后力学强度大大降低。花岗岩斜坡坡残积土一般为弱～中透水层，较一般的粘性土渗透性要好，降雨较一般的粘性土更容易入渗，导致坡体增重和力学强度降低。而花岗岩全风化层土体的渗透性往往又较残积层土体渗透性差，因此，降雨可能在全风化层附近形成滞水带。

###### 2、地形地貌

容县六王镇花岗岩区地处低山丘陵地貌单元中，山体高差30～200m，山体斜坡坡度30～60°，屋后以35～45°斜坡居多，是滑坡或崩滑体发育的集中地带。若遭遇连续强降雨，斜坡土层中可能形成饱和土和非饱和土带，土体孔隙水压力明显增加，有效应力明显降低，在这种情况下，有效内摩擦角明显降低，若低于斜坡本身的自然休止角，坡面则有可能形成大面积的崩塌、滑坡地质灾害。

###### 3、植被

树木对斜坡稳定性的影响可概括为水文地质效应和力学效应两个方面。在水文地质效应方面，树木可以通过树冠遮挡降雨，减少降水渗入量；通过根茎、叶面作用疏干土体和降低地下水位；还可以阻滞地面径流，降低了水的面蚀能力。在力学效应方面，根茎可以起到根

固土壤，提高土体抗剪强度和抗冲刷能力的作用。而树木本身的重量也增加了坡体的荷重，并向斜坡传递风的动力荷载。由此可见，两种效应均包含有有利和不利于斜坡稳定的作用。根据野外调查，容县六王镇花岗岩区坡残积厚度往往为1~3m，而树木根系深度一般都小于2m，悬挂在潜在滑带之上，因此在大雨伴大风的气象条件下，树木根系往往不能发挥增强斜坡稳定性的作用。如容县六王镇2010年“6.2”特大暴雨灾害事件，该六王镇花岗岩区域丘陵斜坡中上部以马尾松等植被为主，中低部位以竹林为主，松树和竹林在大风作用下摇动，促进表层土体开裂致雨水易于下渗，从而促进了斜坡残坡积层滑坡的发生。

## （二）主要外在因素

### 1、降雨

突发性大暴雨是诱发容县六王镇花岗岩地区斜坡发生区域性多点滑坡的最主要的因素。降雨导致斜坡表层土体饱和后软化，从而使土体力学强度急剧降低。通过调查发现，六王镇花岗岩区群发性滑坡地质灾害的发育与强降雨呈正相关关系。《广西花岗岩地区地质灾害防治研究报告》以容县六王镇龙头村大园坡脚滑坡勘查3-3'剖面为例，进行了降雨入渗对滑坡稳定性系数影响的分析，见表4-6-2。

从图4-4-12和图4-4-13可知，容县花岗岩区和碎屑岩区当日地质灾害数量与当日平均降雨量之间的关系与图12是基本一致的；相同累计降雨量条件下，花岗岩区较碎屑岩区更容易发生地质灾害，且台风降雨诱发花岗岩区地质灾害及隐患点的临界降雨量较碎屑岩区小；在当日平均降雨量减幅相同的条件下，碎屑岩区地质灾害及隐患点的减幅要较花岗岩区小，说明部分碎屑岩区地质灾害及隐患点需降雨作用的时间更长。

表4-6-2 不同浸润带深度与滑坡稳定性系数关系表

| 浸润带深度 | 浸润带深度上部<br>滑体稳定性系数 | 整体稳定性<br>系数 |
|-------|--------------------|-------------|
| 1/3滑体 | 0.99               | 1.026       |
| 2/3滑体 | 1.01               | 1.021       |
| 整个滑体  | 0.95               | 0.950       |

### （2）人类工程活动

容县花岗岩区为低山丘陵地貌单元区，当地人多平地少。村民通过削坡建房，在坡脚开挖形成高陡的人工边坡，局部地段边开挖边坡高度可达10m以上。据调查，容县花岗岩土质自然斜坡和人工边坡发生崩塌和滑坡的地质灾害区域往往集中在开挖边坡的地段，且边坡存在较为明显的“坡肩效应”。大部分情况下，当地居民对开挖的边坡往往未采取任何工程治理措施，在一般降雨作用条件下，边坡以小崩塌破坏为主、而自然斜坡处于稳定或基本稳定状态；而在长历时降雨或短历时强雨强条件下，由于开挖形成高陡的临空面及应力集中带，人工边坡往往诱发较大规模的崩滑灾害，而人工边坡后方的自然斜坡也可能诱发较大规模的滑坡灾害。

## 五、降雨诱发花岗岩斜（边）坡滑坡机理分析

### （一）降雨诱发滑坡机理

降雨诱发花岗岩斜(边)坡滑坡的机理是多方面因素相互耦合的结果。主要体现在以下5个方面:

### 1、土体吸力降低,孔隙水压力增大

土中的吸力反映的是土中的自由能状态,包括基质吸力和渗透吸力两部分,即: $\Psi=(u_a-u_w)+f$ ,其中<sub>a</sub>为孔隙气压力,<sub>w</sub>为孔隙水压力,(<sub>a</sub>-<sub>w</sub>)为基质吸力,f为渗透吸力。由于渗透吸力随土体含水量的变化非常微弱,因此可在计算中忽略不考虑。但土体基质吸力会随含水率的增加而大幅度的降低,见图19。降雨入渗使得土体的含水率不断增大,此时土

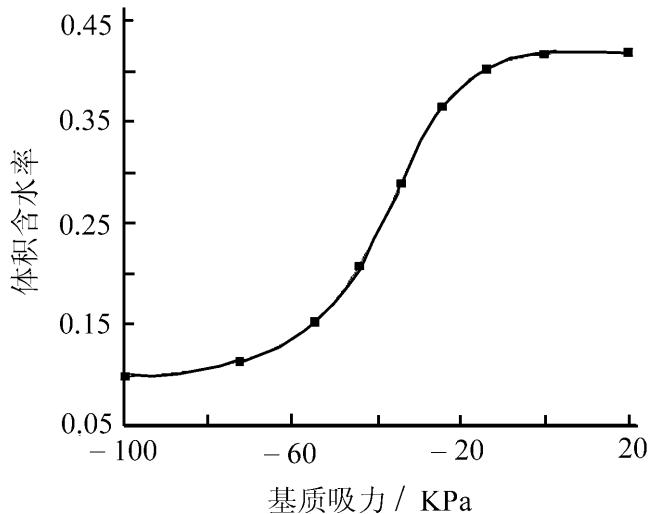


图 19 土体基质吸力与含水率关系曲线

体内的基质吸力减小,土粒间的吸附能力降低,孔隙水压力不断增大。土体吸力减小、孔隙水压力增大对斜坡的稳定性产生不利影响。

### 2、降雨导致坡体自重增大

降雨使滑坡土体的含水率增大,容重增大,即导致滑坡体的自重增大,自重增大从而使得滑坡的下滑力增大,由于滑坡的稳定性  $F_s = \text{抗滑力}/\text{下滑力}$ ,因此在滑坡抗滑力不变的情况下,下滑力增大,滑坡稳定性降低。

### 3、土体抗剪强度降低

土体的抗剪强度不是一个固定不变的值,它随着土体含水率和孔隙率的变化是不断变化的。其中,土体的内摩擦角在含水率增大时会不断减小,粘聚力会先上升再随着含水率的增大而减小。降雨一方面使得滑坡体的抗剪强度降低,即土颗粒的粘结力降低,使土体的结构稳定性降低;另一方面滑动面处土体的抗剪强度参数降低,将会加速滑坡的变形破坏。

### 4、裂缝发育,产生静水压力

在降雨的作用下,斜坡表层易形成拉张裂缝,裂缝的发育将加快降雨入渗过程,一方面降雨通过裂缝进入滑体,对滑体内部的土体进行加载作用,同时渗透到滑动面的降雨还会降低滑动面土体的力学性能;另一方面,当降雨在裂缝中聚积后,会在裂缝中形成沿下滑方向的静水压力,静水压力使得滑坡的下滑力进一步加大,对滑坡的稳定性产生不利影响。

### 5、降雨对坡面的冲刷作用

当降雨强度大于土体的入渗能力时,多余的降雨就会在坡面形成径流,坡面径流对坡面表

层土体产生冲刷。降雨对坡面表层的冲刷将破坏坡体、改变坡体结构，打破坡体力学平衡后致斜坡表层土体发生滑坡失稳破坏。

## 二、降雨诱发滑坡的破坏模式

降雨诱发滑坡主要是由于降雨入渗到滑坡内部，对滑坡内部的孔隙水压力、土体含水率、土体容重以及滑体的抗剪强度造成影响，从而导致滑坡稳定性下降，最后失稳破坏。根据调查及资料分析，降雨诱发斜坡残坡积层土体形成滑坡破坏的变化过程可总结为：降雨入渗致斜坡表层土体局部饱和——滑坡后缘形成拉张裂缝——滑面饱和扩展与坡面径流牵引——斜坡失稳形成滑坡。花岗岩自然斜坡滑坡具体形态变化过程见图 4-6-1~图 4-6-4。

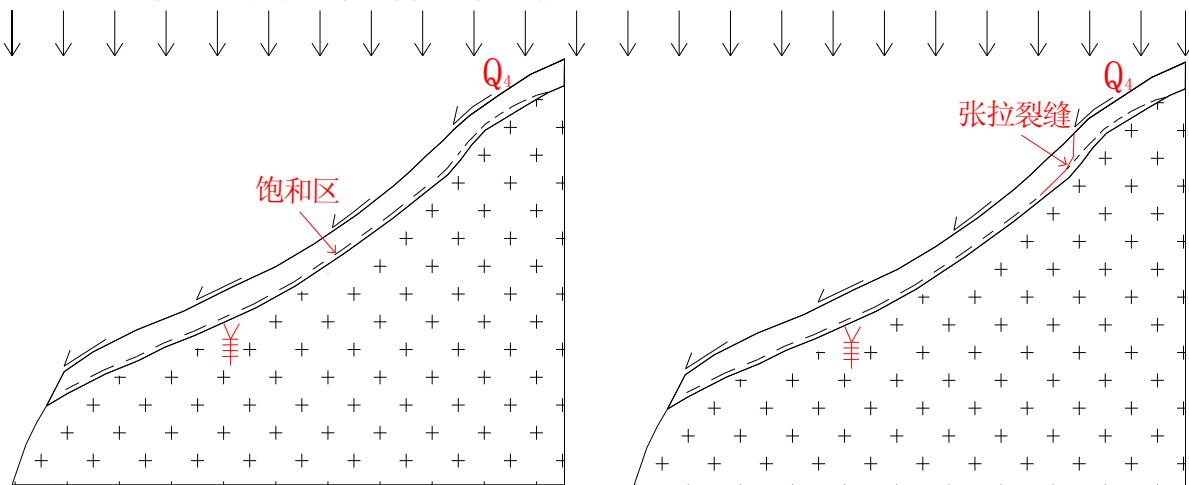


图 4-6-1 滑坡局部饱和阶段

图 4-6-4 滑坡后缘形成拉张裂缝阶段

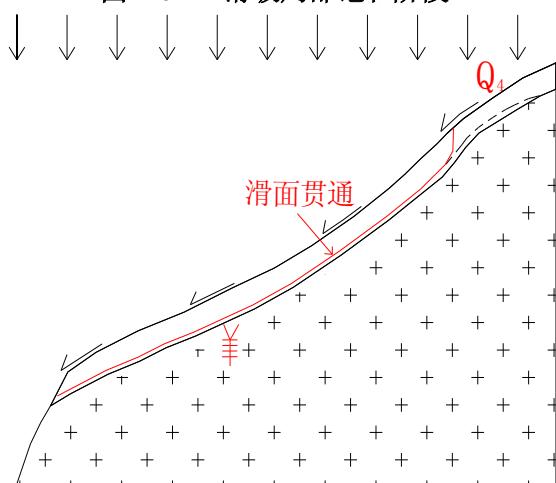


图 4-6-3 面贯通与坡面径流牵引阶段

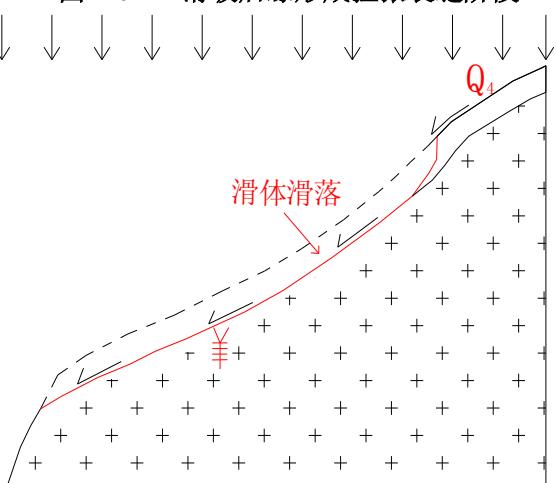


图 4-6-4 滑坡形成阶段

### (1) 滑坡体局部饱和阶段

降雨从坡表开始入渗，坡面无明显裂缝产生，在高强度降雨作用下，土体表层很快达到饱和，形成饱和区，此后降雨入渗很小，饱和区表面形成地表径流。这个阶段土体在高强度降雨作用下，降雨入渗很快，土体含水率增大并很快达到饱和状态，孔隙水压力由负值不断增加到一个最大值。

### (2) 滑坡后缘形成拉张裂缝阶段

斜坡表面径流增强，面积扩展到整个坡体表面，对坡面进行冲刷，在径流的牵引作用下，

坡体出现明显的拉张裂缝。

(3) 滑面贯通与坡面径流牵引阶段

降雨通过裂缝进入到滑动面，促使滑动面迅速扩展，裂缝进一步扩展，入渗雨水对滑动面土体抗剪强度进行弱化，随后滑动面贯通。

(4) 滑坡形成阶段

坡面径流不断冲刷坡面，在降雨和径流的作用下，残坡积层内部裂缝全部贯通，滑动面受降雨影响进一步加强，随后滑体沿贯通裂缝脱离滑坡后缘并快速向下滑移形成滑坡。

## 第五章 典型地质灾害点勘查与评价

### 第一节 六王镇龙头村大园坡脚滑坡

#### 一、滑坡概述

大园坡脚滑坡位于容县六王镇龙头村大园屯背后山体，地理坐标为 X: 2527134, Y: 19477090 (东经: 110°46'36", 北纬: 22°50'32"), 滑坡全貌见照片 5-1-1。



照片 5-1-1 大园坡脚滑坡全貌

该滑坡初现于 2010 年 6 月 2 日，已经毁坏前缘民宅 30 间（其中砖混结构楼房 22 间、瓦房 8 间），直接经济损失约 36 万元，灾情属小型。由于滑坡所处斜坡坡度大且仍存较多残余滑体，在强降雨等不利条件下再次发生大规模失稳的可能性较大，直接威胁滑坡前缘 15 户 57 人的生命及财产安全，潜在经济损失可达 100 万元，危害程度大，危险性大，险情属大型。

#### 二、勘查工作布置及完成的工作量

##### (一) 工作布置

- 1、地形测量：比例尺为 1:500，测量面积  $0.04\text{km}^2$ 。
- 2、工程地质测绘：比例尺为 1:500，测绘区面积  $0.04\text{km}^2$ 。
- 3、勘探线：沿主滑方向共布置了 4 条勘探线，勘探线间距  $18\sim20\text{m}$ 。
- 4、物探：沿勘探线及垂直于勘探线共布置了 8 条物探测线。
- 5、工程地质钻探：在工程地质测绘成果的基础上，沿勘探线布置 3 条纵向的钻探剖面，每条剖面布置 2 个钻孔，共布置 6 个钻孔，所有的钻孔都钻进滑面及推测可能形成的滑面以下至少 2m，其中有两孔揭露强～中风化层，其余钻孔孔深一般揭露强风化层。
- 6、槽探：沿滑坡周界及滑坡所在坡脚共布置 4 个探槽，其中滑坡周界布置探槽 3 个，坡脚布置探槽 1 个。
- 7、原位测试及室内试验：标准贯入试验、室内岩土物理力学性质试验等。

##### (二) 完成的工作量

容县六王镇龙头村大园坡脚滑坡勘查完成的工作量见表 5-1-1。

表 5-1-1 工作量完成一览表

| 项目   | 单位             | 工作量              | 项目     | 单位   | 工作量      |   |    |
|------|----------------|------------------|--------|------|----------|---|----|
| 野外工作 | 地形测量 (1:500)   | km <sup>2</sup>  | 0.04   | 室内试验 | 常规土样试验   | 组 | 19 |
|      | 工程地质测绘 (1:500) | km <sup>2</sup>  | 0.04   |      | 饱和土样试验   | 组 | 19 |
|      | 物探 (地质雷达)      | 条/km             | 8/0.48 |      | 岩样试验     | 组 | 7  |
|      | 钻孔数            | 个                | 6      |      | 颗粒分析     | 组 | 8  |
|      | 钻探进尺           | m                | 154.6  |      | 水样 (简分析) | 件 | 1  |
|      | 地质剖面测量 (1:500) | 条/km             | 4/0.32 |      | 土腐蚀性评价   | 件 | 1  |
|      | 取土样            | 件                | 30     |      | 土体渗透试验   | 组 | 7  |
|      | 取岩样            | 件                | 30     |      | /        | / | /  |
|      | 探槽             | 个/m <sup>3</sup> | 4/35.2 |      | /        | / | /  |
|      | 标准贯入试验         | 次                | 27     |      | /        | / | /  |
|      | 单环法渗水试验        | 处                | 2      |      | /        | / | /  |
|      | 钻孔注水试验         | 处/次              | 1/2    |      | /        | / | /  |
|      | 现场大重度试验        | 组                | 3      |      | /        | / | /  |

### 三、滑坡所处地质环境条件

#### (一) 地形地貌

滑坡所在丘陵丘顶标高为 180m，坡脚标高为 127~130m，山体相对高差为 53m。山坡自然坡度在 35~40° 之间，斜坡坡型呈凸型。坡脚由于当地村民挖坡建房形成宽约 115m，高 2~8m，坡度 50°~70° 的人工边坡。丘顶附近植被以松树为主，滑坡体上的主要植被为灌木和杂草。滑坡所在斜坡南侧约 20~50m 处为有一溪沟，该溪沟由北向南流，丰水期流量 60~100L/S 之间。经过现场调查和访问，调查区范围内在溪沟附近未见有明显的地下水排泄出口。

#### (二) 地层岩性

勘查区主要出露地层为中侏罗世杨梅山单元侵入花岗岩 (J<sub>2</sub>Y) 及第四系残坡积层。

##### 1、第四系地层 (Q)

(1) 第四系全新统坡残积层 (Q<sub>4</sub><sup>d+el</sup>)：出露岩性为含角砾粘土或者砂质、粉质粘土。呈棕红色、砖红色，角砾含量一般为 10~20% 左右，角砾的成分为弱风化状的石英颗粒，角砾粒径以 2~5mm 为主，呈棱角状，分布不均匀；粘性土以粘土和粉质粘土为主，部分地段揭露为砂砾类土。该段主要分布于斜坡表层，钻孔和探槽揭露层厚 1~2.8m 不等。该层表层 0.5m 左右厚为耕植土。现状调查可知滑坡主要发育于该层中。

(2) 第四系全新统残积层 (Q<sub>4</sub><sup>el</sup>)：揭露厚度 10.3~16.8m，出露岩性为含角砾砂质粘土。红棕色，棕色、褐黄、浅褐色，土体颜色具有明显的分带性，其中下部土体受氧化作用弱于上部土体。角砾含量一般为 15~25% 左右，角砾的成分为弱风化状的石英颗粒，角砾粒径以 2~5mm 为主，呈棱角状；砂粒中粉砂~粗砂均有分布。含有少量的粘粒，粘粒呈坚硬状为主，系花岗岩风化残积而成，矿物成份以石英、高岭土、云母为主，含少量暗色矿物，土质均匀性差，孔隙度大。局部含少量花岗岩风化碎块，碎块石直径一般 5~15cm，分布不均匀，大小混杂。该土体属中压缩性土。该层土属特殊性土，遇水易软化和发生崩解，强度迅速降低。在本层作标贯试验 21 段 (次)，锤击数范围值 N=6.6~24.6 击 (修正值)，平均锤击数 N=12.9 击。

从标准贯入测试可知，风化程度具有明显的分带性，土体从下往下承载力总体趋势为增大。

## 2、中侏罗世杨梅山单元侵入花岗岩 (J<sub>2</sub>Y)

主要下伏于第四系残积层之下或直接出露于地表，整个山体均有分布，岩性为花岗岩，岩石具中～粗粒花岗结构，岩石成份主要有石英、长石、云母等，根据钻探深度内揭露岩石，按风化程度为全风化花岗岩～弱风化花岗岩。

(1) 全风化花岗岩③-1：揭露厚度 10.7~15.1m。呈浅褐色，氧化作用明显弱于上段残积层，暗色矿物成分相对较多。岩石已风化呈坚硬致密的土状，其中长石已风化成高岭土，结构基本破坏，但尚可辨认；夹全风化状的黑云母片，部分云母结构尚可辨认。岩石强度低，胶结差，用手轻压呈散裂状，遇水迅速发生崩解。从斜坡脚探槽揭露来看，该层具有一定残余结构强度。回旋钻进部分地段有垮孔和埋钻现象。在该层进行标贯试验 6 段（次），锤击数范围值 N=29.4~34.4 击，平均锤击数 N=32.2 击。

(2) 强风化花岗岩③-2：揭露厚度 1.3~2.0m。本次钻探中有 1 个钻孔揭穿该层。黄棕色-浅褐色为主，有铁质锈染现象，取芯较为破碎，呈碎块状，块径 4-7cm 为主，岩石结构部分已经破坏。该段钻进较为平稳，无明显异常。取芯率为 45% 左右，RQD 为 0。

(3) 中风化花岗岩③-3：本次钻探中有 1 个钻孔揭露该层，但未揭穿该层。浅褐色，岩芯中可见一条倾角为 75° 左右的陡倾节理，节理面附近有铁质锈染现象，取芯相对较为完整，以短柱状和柱状为主，最大节长为 28cm。该段钻进较为平稳，无明显异常。取芯率为 75% 左右，RQD 为 35% 左右。

花岗岩风化残积土与全风化花岗岩的分层划分除了根据钻探判断岩芯外，主要依据为《广西岩土工程勘察规范》中表 12.1.2-1 和表 12.1.2-2 结合标准贯入试验成果进行判断。

## （三）地质构造

区域上，勘查区位于陆川～岑溪区域性大断裂的南东侧，与断裂最近距离约 0.5km。受该断裂构造作用影响，灾害区内岩体较破碎，裂隙发育。因表面多为第四系地层覆盖，次级断裂、褶皱等构造作用不明显，勘查区区域地质构造相对简单。

## （四）水文地质条件

勘查区地下水类型有松散岩类孔隙水、花岗岩网状风化裂隙水 2 种。松散岩类孔隙水主要赋存于第四系残积层的含砾砂质粘土中，主要受强降雨的补给，该层地下水受降雨影响大，不稳定，在一般暴雨情况下或者不降雨的情况下往往无该层地下水存在。花岗岩网状风化裂隙水主要赋存于花岗闪长岩的网状风化裂隙中，主要接受大气降雨的入渗补给，呈分散式迳流，其迳流方向与地形坡向基本一致，大部分在沟尾、谷底等低洼处以沟尾泉（分散流）的形式排泄。

根据调查，大园坡脚滑坡勘查区附近未发现有明显的地下水露头，滑坡南侧发育一河沟，河沟附近也未发现明显的地下水排泄出口。根据访问，斜坡附近开挖民井初见地下水位在 12m 左右，为花岗岩网状风化裂隙水。勘查期间（2013 年 7 月）在所有的 6 个钻孔中均未发现有地下水。

野外渗水试验结果表明，容县六王镇龙头村大园坡脚滑坡所在斜坡表层含砾粘土层透水性相对较差，根据现场单环法渗水试验成果和取原状样进行室内渗透性试验，其为弱透水层；花岗岩残积层为中等透水层（根据 SL55-2005《水利水电工程地质勘察规范》确定）。斜坡地表岩土体渗

透系数见表 5-1-1。

表 5-1-1 斜坡地表土体渗透系数表

| 岩性       | 代号                 | 渗透系数(cm/s)            | 平均值                   | 透水性       | 测试方法    |
|----------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------|
| 含角砾粘土    | $Q_4^{\text{del}}$ | $5.90 \times 10^{-5}$ | $4.01 \times 10^{-5}$ | 弱透<br>水层  | 单环法     |
|          | $Q_4^{\text{del}}$ | $2.12 \times 10^{-5}$ |                       |           | 单环法     |
|          | $Q_4^{\text{del}}$ | $1.73 \times 10^{-5}$ |                       | 中等<br>透水层 | 室内渗透性试验 |
|          | $Q_4^{\text{del}}$ | $3.31 \times 10^{-5}$ |                       |           |         |
|          | $Q_4^{\text{del}}$ | $2.04 \times 10^{-4}$ |                       |           |         |
|          | $Q_4^{\text{del}}$ | $1.65 \times 10^{-4}$ |                       |           |         |
| 砂(砾)质粘性土 | $Q_4^{\text{el}}$  | $2.54 \times 10^{-4}$ | $1.80 \times 10^{-4}$ | 中等<br>透水层 | 室内渗透性试验 |
|          | $Q_4^{\text{el}}$  | $9.20 \times 10^{-5}$ |                       |           |         |
|          | $Q_4^{\text{el}}$  | $1.95 \times 10^{-4}$ |                       |           |         |
|          | $Q_4^{\text{el}}$  | $2.00 \times 10^{-4}$ | $3.25 \times 10^{-4}$ | 中等<br>透水层 | 降水头注水试验 |
|          | $Q_4^{\text{el}}$  | $4.50 \times 10^{-4}$ |                       |           | 定水头注水试验 |

## 四、滑坡发育特征

### (一) 滑坡边界、形态、规模特征

大园坡脚滑坡发育于居民区背后斜坡中上部，滑坡整体呈圈椅状。滑坡区地形整体坡度 30~35°左右，主滑方向 270°左右。滑坡整体宽约 120m，斜坡最大斜长约 48m，滑体平均厚度 2m，滑坡范围内已发生明显滑动的滑坡的体积约 2550m<sup>3</sup>，坡体上残留的变形体体积约 5800m<sup>3</sup>，属小型滑坡。现状该滑坡有多处小滑坡组成，部分滑体已经以崩滑体的形式滑至坡脚，目前滑落坡脚的滑体已经清理。现状滑坡区还有大部分变形体位于坡体上，变形体厚度 1~3m，变形体体积约 5800m<sup>3</sup>，分布面积约为 2400 m<sup>2</sup>。滑坡勘查平面图见图 5-1-1，滑坡勘查剖面图见图 5-1-2~5-1-5。

### (二) 滑坡变形破坏特征

根据调查，目前大园坡脚滑坡地表破坏特征主要为发生浅层滑坡、形成拉裂缝。

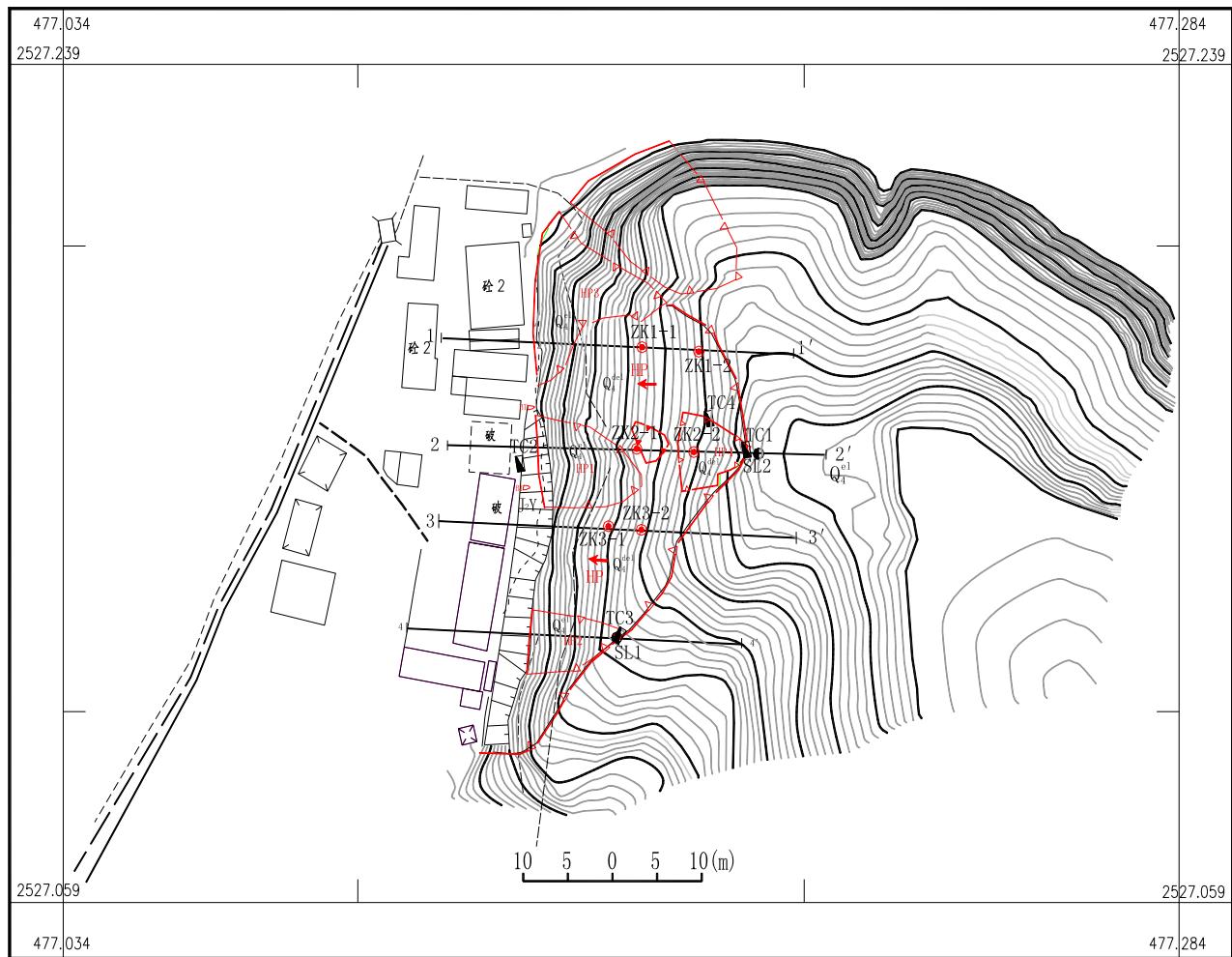
#### 1、大园坡脚滑坡后缘破坏特征

滑坡后缘出现 1 条贯通性拉张裂缝，地表可见延伸长度约为 200m，其中南东侧和东侧裂缝下错高度为 1~1.5m，该区域主要为地表小滑坡滑动后形成的滑壁，土体中裂缝无明显向下层土体延伸的现象；其余地段裂缝未形成明显的下错。根据探槽揭露和现场调查可知，该裂缝为浅层地表裂缝；从探槽揭露可知，裂缝延伸最大深度为 0.4m 左右，集中发育于地表的含角砾粘土中，裂缝最大宽度为 15cm，裂缝从地表往下逐渐剪灭。现状对地表裂缝进行调查已经不明显。

#### 2、大园坡脚滑坡坡体破坏特征

目前滑坡区主要破坏形式以小滑坡为主。通过调查访问，滑体一般厚为 1~2m；出露的滑床为含角砾砂质粘土，呈硬塑状，密实度以稍密状为主；由于滑床长期受雨水侵蚀，滑床表面已形成大量侵蚀形成的沟槽。由于斜坡坡度较大，发生明显滑坡地段滑体基本上已经滑至坡脚。

勘查区中发生明显滑坡的有四处，其中 HP1、HP2、HP3 滑体基本上全部滑至坡脚，见照片 5-1-2、5-1-3、5-1-4。滑体主要物质为原始斜坡表层的残坡积层—含角砾砂质粘土。通过调查，HP2 滑坡呈半椭圆状，滑体平均厚约 1m，滑坡最大宽度达 20m，斜长约为 26m；HP3 滑体呈近梯形状，滑体平均厚约 1m，滑坡最大宽度达 20m，斜长约为 28m；HP1 呈圈椅状，最大厚度达到 1.5m，滑坡最大宽度达 25m，斜长约为 32m；三处滑坡出露的滑床为含角砾砂质粘土，密实度以稍密状



● 滑坡周界  
 ● 滑坡堆积物周界  
 — 地表裂缝  
 1—1' 剖面线及编号  
 ○ ZK2-1 钻孔及编号  
 ■ TC3 探槽及编号  
 ● SL2 渗水试验点及编号  
 Q<sub>4</sub><sup>el</sup> 第四系全新统残积层  
 Q<sub>4</sub><sup>de</sup> 第四系全新统滑坡堆积层  
 J<sub>2</sub>Y 中侏罗世杨梅山单元花岗岩  
 J<sub>2</sub>Y-Q<sub>4</sub> 覆盖层与基岩地层分界线  
 居民房

图 5-1-1 大园坡脚滑坡勘查工程地质平面图

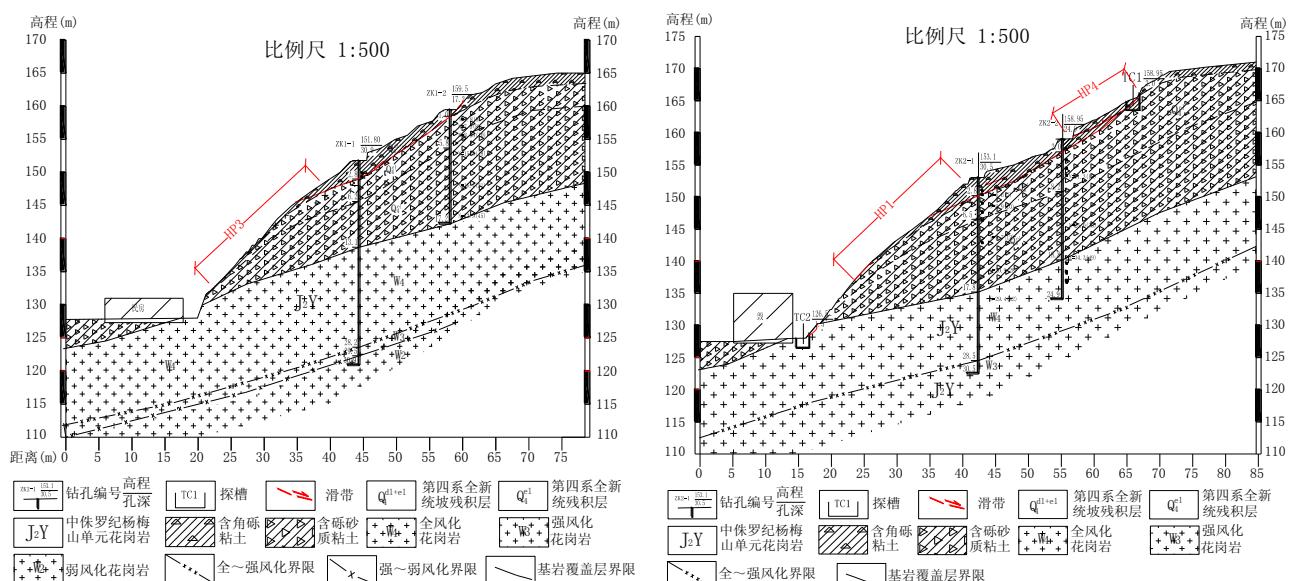


图 5-1-2 大园坡脚滑坡工程地质 1-1' 剖面

图 5-1-3 大园坡脚滑坡工程地质 2-2' 剖面

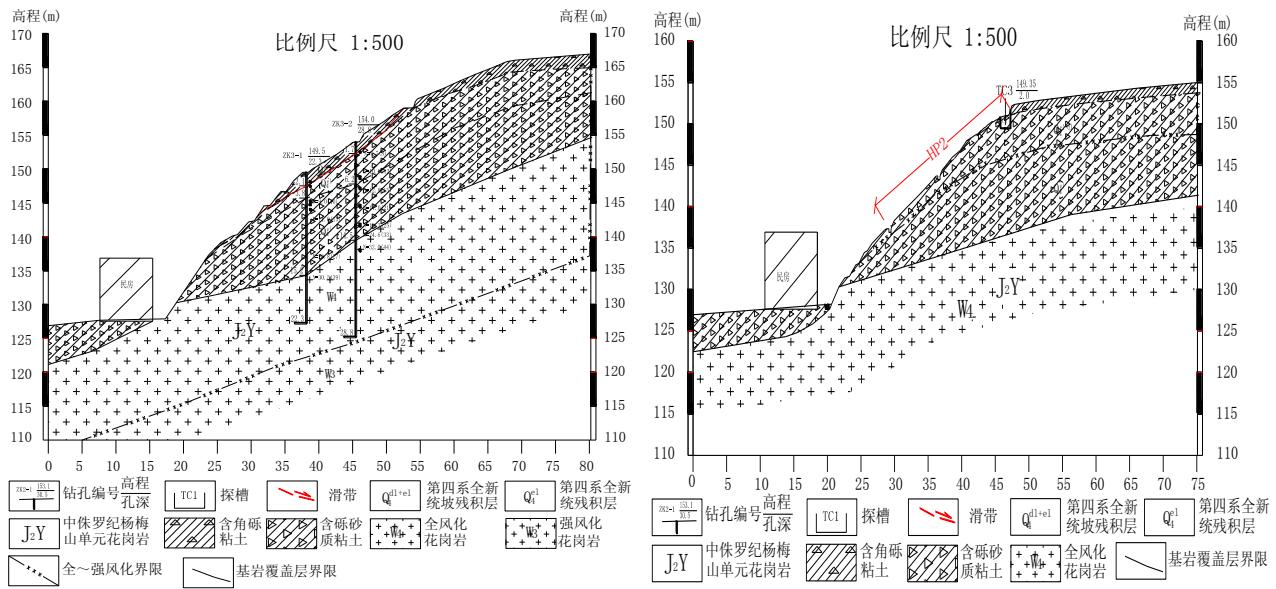


图5-1-4 大园坡脚滑坡工程地质 3-3' 剖面

图5-1-5 大园坡脚滑坡工程地质 4-4' 剖面

为主；由于滑床长期受雨水侵蚀，滑床表面有大量受雨水侵蚀而形成的沟槽。HP4 位于坡顶附近，呈圈椅状，宽约 18m，长约 15m，探槽揭露滑坡厚约 1~2m，后缘形成高 1~1.5m 的滑壁；滑体为含砾粘性土。



照片 5-1-2 HP1 现状景观



照片 5-1-3 HP2 现状景观



照片 5-1-4 HP3 现状景观



照片 5-1-5 坡脚全风化层小崩塌

通过对滑坡区进行调查可知，发生浅表层滑坡地段大部分位于陡坡与相对缓坡接触的坡肩地

段。另外滑坡所在斜坡坡脚地段出露的岩性主要为全风化状花岗岩，具有残余结构，强度相对较大，现状调查可知坡脚附近目前主要的破坏形式为发生表层崩塌，体积一般为 $5\sim10\text{ m}^3$ ，见照片5-1-5。

### (三) 滑坡岩土体结构特征

#### 1、滑体特征

据钻探、槽探及地面调绘可知，大园坡脚滑体物质主要含以砾粘性土为主，呈棕红色、砖红色，角砾含量一般为10~15%左右，粒径2~5mm为主，角砾的成分为弱风化状的石英颗粒，呈棱角状，分布不均匀，见照片5-1-6。该段主要分布于斜坡表层，钻孔和探槽揭露层厚1~2.8m不等，表层0.5m左右厚为耕植土。

#### 2、滑带特征

根据勘查资料和对周围相似类型的滑坡进行工程地质类比，滑带土（或潜在滑带土）物质成分主要为含角砾的粘土，呈可塑状，部分土体含水率相对较高，见照片5-1-7。滑带土主要发育于含角砾粘土层中和含角砾粘土与含砾砂质粘土接触带附近。根据类比，滑带土深度一般在1~3m之间。故滑坡属于浅层滑坡。

#### 3、滑床特征

根据地面调查和钻孔揭露，滑床地层岩性为第四系全新统花岗岩残积层，出露岩性为含角砾砂质粘土，见照片5-1-8。该层下部为全风化状花岗岩，该层厚度相对较大，部分地段可见云母和长石的残余结构，见照片5-1-9。



照片 5-1-6 钻孔揭露的滑体（含角砾粘土）



照片 5-1-7 探槽揭露的拟似滑带土



照片 5-1-8 钻孔揭露的花岗岩风化残积层



照片 5-1-9 花岗岩全风化~中风化层

## 五、滑坡岩土体物理力学参数

勘查通过现场大重度试验、标准贯入试验和室内试验等方式获取了含砾砾粘土、花岗岩残积层(含砾砂质粘土)、全风化状花岗岩等的物理力学参数。

### (一) 现场大重度试验

现场进行3组大重度试验，试验成果见表 5-1-2 现场大重度试验成果。含砾砂质粘性土的平均天然重度  $19.1 \text{ kN/m}^3$ 。

表 5-1-2 现场大重度试验成果

| 岩性      | 试坑编号 | 试坑体积( $\text{m}^3$ ) | 试样质量(kg) | 天然重度 ( $\text{kN/m}^3$ ) | 平均重度 ( $\text{kN/m}^3$ ) |
|---------|------|----------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 含砾砂质粘性土 | T1   | 0.044                | 86.43    | 19.40                    | 19.1                     |
|         | T2   | 0.035                | 65.90    | 18.63                    |                          |
|         | T3   | 0.049                | 95.13    | 19.16                    |                          |

### (二) 原位测试

花岗岩风化层厚度大，而风化程度差异不甚明显，故对花岗岩残积层和全风化状花岗岩层进行了标准贯入试验，通过标准贯入试验作为判断残积层和全风化层的一种重要依据。其成果见表 5-1-3。

表 5-1-3 现场标准贯入试验成果表

| 指 标<br>土 名 | 试 验<br>次 数 | N(值)      |       |       |         |             |        | 承 载 力<br>标 准 值<br>$f_{ak}(\text{kPa})$ |
|------------|------------|-----------|-------|-------|---------|-------------|--------|--|
|            |            | 区 间 值     | 平 均 值 | 标 准 差 | 变 异 系 数 | 统 计 修 正 系 数 | 计 算 值  |  |
| 含砾砂质粘土     | 21         | 6.6-22.4  | 13.6  | 5.802 | 0.426   | 0.648       | 8.814  | 230.6                                  |
| 全风化花岗岩     | 6          | 29.4-34.4 | 32.2  | 2.005 | 0.062   | 0.949       | 30.528 | /                                      |

### (三) 室内土工试验

1、根据地面调查、钻探及探槽揭露，推测滑坡沿着钻孔和探槽中揭露的含砾粘土为滑坡的滑带，故在其临近土层内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-1-4 (其中带\*的离散性较大，未进行数理统计)。

表 5-1-4 含砾粘土(推测滑带附近取样)主要物理力学性质指标成果表

| 试验编号     | 深度                | 天然含水率 | 天然密度              | 饱和含水率 | 饱和密度 | 直接快剪  |       | 饱和直接快剪 |        |
|----------|-------------------|-------|-------------------|-------|------|-------|-------|--------|--------|
|          |                   |       |                   |       |      | 内摩擦角  | 粘聚力   | 内摩擦角   | 粘聚力    |
|          |                   | ω     | ρ                 | ω     | ρ    | φ     | c     | φ      | c      |
| %        | g/cm <sup>3</sup> | %     | g/cm <sup>3</sup> | (%)   | kPa  | (%)   | kPa   | (%)    | kPa    |
| ZK2-1-01 | 2.00~2.2          | 23.8  | 1.79              | 28.8  | 1.91 | 19.9  | 29.5  | 16.1   | (15.9) |
| ZK2-1-02 | 2.60~2.8          | 30.6  | 1.8               | 24.5  | 1.92 | 15.1  | 29.4  | 18.3   | 19.2   |
| ZK3-1-01 | 1.50~1.7          | 22.8  | 1.87              | 24.3  | 1.94 | 18.6  | 33.3  | 15.9   | 20.1   |
| ZK3-1-02 | 2.00~2.2          | 17.1  | 1.85              | 21.2  | 1.97 | 15.2  | 66.2* | 13.9   | 22.6   |
| ZK3-2-01 | 1.40~1.6          | 17.6  | 1.87              | 21.3  | 2.00 | 20.7  | 36.6  | 15.5   | 26.2   |
| ZK2-2-01 | 1.50~1.7          | 17.7  | 1.93              | 24.6  | 2.00 | 22.3  | 36.6  | 17.7   | 29.1   |
| ZK1-1-02 | 2.40~2.6          | 14.8  | 1.93              | 21.4  | 2.00 | 28.3* | 41.2  | 18.3   | 27.5   |
| ZK1-1-01 | 1.8~2             | 16.8  | 1.79              | 26.3  | 1.95 | 20.9  | 31.1  | 14.8   | 25.6   |
| TC01-01  | 1.00~1.2          | 24.4  | 1.87              | 27.9  | 1.90 | 18.8  | 30.9  | 14.0   | 33.6   |
| TC01-02  | 0.90~1.1          | 25.8  | 1.92              | 26.5  | 2.01 | 16.5  | 28.8  | 14.1   | 22.5   |
| TC04-02  | 1.00~1.2          | 23.2  | 1.93              | 25.5  | 1.96 | 15.5  | 34.4  | 10.9   | 29.9   |
| TC04-01  | 1.00~1.2          | 21.6  | 1.94              | 23.8  | 1.99 | 18.7  | 30.5  | 14.4   | 26.3   |
| 平均值      |                   | 21.35 | 1.87              | 24.68 | 1.96 | 19.21 | 32.9  | 15.32  | 25.66  |
| 标准差      |                   | 4.625 | 0.06              | 2.51  | 0.04 | 3.725 | 3.9   | 2.138  | 4.35   |
| 变异系数     |                   | 0.217 | 0.03              | 0.102 | 0.02 | 0.194 | 0.118 | 0.14   | 0.17   |
| 统计修正系数   |                   | 1.179 | 1.02              | 1.084 | 1.01 | 0.84  | 0.902 | 0.885  | 0.86   |
| 计算值      |                   | 25.2  | 1.90              | 26.7  | 1.98 | 16.13 | 29.7  | 13.56  | 22.07  |

2、在含砾砂质粘性土土层内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-1-5。

表 5-1-5 含砾砂质粘性土主要物理力学性质指标成果表

| 试验编号     | 深度                | 天然含水率 | 天然密度              | 饱和含水率 | 饱和密度 | 直接快剪  |       | 饱和直接快剪 |       |
|----------|-------------------|-------|-------------------|-------|------|-------|-------|--------|-------|
|          |                   |       |                   |       |      | 内摩擦角  | 粘聚力   | 内摩擦角   | 粘聚力   |
|          |                   | ω     | ρ                 | ω     | ρ    | φ     | c     | φ      | c     |
| %        | g/cm <sup>3</sup> | %     | g/cm <sup>3</sup> | (%)   | kPa  | (%)   | kPa   | (%)    | kPa   |
| ZK2-1-03 | 4.00~4.2          | 15.8  | 1.92              | 23.8  | 1.96 | 27.9  | 33.5  | 17.1   | 18.9  |
| ZK2-2-04 | 4.60~4.8          | 13.6  | 1.9               | 21.5  | 1.98 | 24.1  | 36.4  | 18.3   | 19.2  |
| ZK2-2-05 | 5.50~5.7          | 14.4  | 1.93              | 23.8  | 2.01 | 25.7  | 32.6  | 19.1   | 15.9  |
| ZK3-1-05 | 5.10~5.3          | 13.9  | 1.81              | 21.5  | 1.93 | 26.7  | 37.4  | 16.3   | 17.2  |
| ZK3-1-03 | 4.00~4.2          | 14.0  | 1.83              | 22.8  | 1.96 | 25.9  | 35.2  | 17.0   | 17.6  |
| ZK3-1-04 | 4.40~4.6          | 13.6  | 1.92              | 18.6  | 1.99 | 23.1  | 35.0  | 14.4   | 19.3  |
| ZK2-2-03 | 3.40~3.6          | 15.1  | 1.91              | 26.7  | 1.98 | 29.3  | 38.6  | 17.5   | 24.0  |
| ZK2-1-04 | 5.20~5.80         | 16.7  | 1.89              | /     | /    | 29.5  | 37.4  | /      | /     |
| ZK2-1-05 | 6.70~7.00         | 15.93 | 1.86              | /     | /    | 28.5  | 42.6  | /      | /     |
| ZK2-1-06 | 9.00~9.50         | 13.56 | 1.88              | /     | /    | 26.0  | 38.63 | /      | /     |
| ZK3-2-05 | 12.00~12.50       | 13.65 | 1.88              | /     | /    | 31.3  | 40.4  | /      | /     |
| ZK3-2-02 | 5.00~5.50         | 16.16 | 1.89              | /     | /    | 23.6  | 36.35 | /      | /     |
| ZK3-2-04 | 9.00~9.50         | 13.27 | 1.86              | /     | /    | 26.3  | 42.0  | /      | /     |
| ZK3-2-05 | 12.00~12.50       | 17.95 | 1.83              | /     | /    | 25.5  | 40.4  | /      | /     |
| ZK3-2-03 | 6.70~7.00         | 15.7  | 1.83              | /     | /    | 24.1  | 45.1  | /      | /     |
| 平均值      |                   | 15.00 | 1.88              | 22.67 | 1.97 | 26.50 | 38.11 | 17.89  | 18.87 |
| 标准差      |                   | 1.54  | 0.04              | 2.52  | 0.03 | 2.39  | 3.50  | 1.18   | 2.58  |
| 变异系数     |                   | 0.10  | 0.02              | 0.11  | 0.01 | 0.09  | 0.09  | 0.07   | 0.14  |
| 统计修正系数   |                   | 1.08  | 1.01              | 1.08  | 1.01 | 0.96  | 0.96  | 0.95   | 0.89  |
| 计算值      |                   | 16.27 | 1.89              | 24.54 | 1.99 | 25.40 | 36.49 | 16.91  | 16.74 |

3、在全风化花岗岩土层内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-1-6。

**表 5-1-6 全风化花岗岩主要物理力学性质指标成果表**

| 试验编号     | 深度          | 天然含水率    | 天然密度     | 饱和含水率    | 饱和密度     | 直接快剪      |       | 饱和直接快剪    |     |
|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|-----------|-----|
|          |             | $\omega$ | $\rho$   | $\omega$ | $\rho$   | $\varphi$ | c     | $\varphi$ | c   |
|          |             | %        | $g/cm^3$ | %        | $g/cm^3$ | (°)       | kPa   | (°)       | kPa |
| ZK2-1-07 | 19.00~19.40 | 13.65    | 1.92     | //       | /        | 30.3      | 41.2  | /         | /   |
| ZK2-2-09 | 22.00~22.50 | 13.35    | 1.90     | /        | /        | 28.3      | 39.15 | /         | /   |
| ZK2-2-08 | 20.50~20.90 | 12.04    | 1.98     | /        | /        | 25.9      | 42.05 | /         | /   |
| ZK2-2-07 | 19.20~19.50 | 13.37    | 1.97     | /        | /        | 30.2      | 35.6  | /         | /   |
| ZK3-2-06 | 15.80~16.10 | 15.0     | 1.93     | /        | /        | 26.7      | 33.87 | /         | /   |
| ZK3-2-05 | 12.00~12.50 | 12.95    | 1.83     | /        | /        | 31.3      | 40.4  | /         | /   |
| 平均值      |             | 13.39    | 1.922    | /        | /        | 28.78     | 38.71 | /         | /   |
| 标准差      |             | 0.97     | 0.054    | /        | /        | 2.17      | 3.27  | /         | /   |
| 变异系数     |             | 0.07     | 0.028    | /        | /        | 0.08      | 0.08  | /         | /   |
| 统计修正系数   |             | 1.06     | 1.023    | /        | /        | 0.94      | 0.93  | /         | /   |
| 计算值      |             | 14.19    | 1.966    | /        | /        | 26.99     | 36.01 | /         | /   |

## 六、滑坡成因分析

根据大园坡脚滑坡发生的时间及特征，大园坡脚滑坡形成的主要内因为斜坡体物质组成、微地貌特征等；主要外因为强降雨和坡脚削坡。

### (一) 连续强降雨

连续强降雨是诱发该斜坡发生滑坡的最主要的激发因素，降雨导致斜坡自重增加和土体力学强度大幅度降低。据调查访问，大园坡脚滑坡发生于 2010 年 6 月 2 日凌晨强降雨期间。该区域 12 小时累计降雨量达到 150mm 以上，最大一小时降雨量达到了 79mm。从对当地村民访问可知，连续强降雨导致滑坡表层土体呈软塑-流塑状，最终形成大规模滑坡现象。

### (二) 人类工程活动

当地村民削坡建房，在坡脚开挖形成高 2~8m 的人工边坡，开挖的边坡导致斜坡表层土体前缘形成临空面，破坏了斜坡表层土体的力学平衡，坡脚开挖为斜坡发生滑坡地质灾害的重要的外部因素。

### (三) 微地貌特征

斜坡区坡度较大，发生滑坡区域坡度一般在 35~40 °之间，发生滑坡区坡度较陡；斜坡坡型呈“凸型”，而凸型区域往往是斜坡卸荷作用最强烈的区域，故凸型坡增加了斜坡的不稳定性。通过调查，小崩滑体发育的区域也往往存在“坡肩效应”。

### (四) 地层岩性

大园坡脚滑坡体发育于中侏罗世杨梅山单元花岗岩残坡积形成的表层含角砾粘土中，物质成份为石英、高岭土、少量云母和黑色矿物，以硬塑状为主，在天然状态下，力学强度较高，但该土层遇水易软化，力学强度降低幅度较大，且部分土体在连续强降雨时会崩解呈碎屑流状。试验可知该层粘土层为弱透水层，较一般的粘性土渗透性要好；表层土体在长期降雨条件下，降水较

一般的粘性土更容易入渗，导致坡体增重和力学强度指标降低。

## 七、滑坡稳定性分析与评价

### (一) 稳定性定性分析

#### 1、滑坡区稳定性定性评价

从大园坡脚滑坡的微地貌形态、地表破坏和变形特征、钻孔揭露的地层岩性来看，大园坡脚滑坡现状主要滑坡形式为浅层滑坡，滑坡厚度一般为1~3m。其稳定性定性评价具体见表 5-1-2。

调查访问可知，滑坡在暴雨情况下局部地段仍有发生小规模崩滑的迹象；大量变形土体仍残留于坡体上且滑坡区坡度较陡，前缘临空条件好，故定性的可判断该滑坡在暴雨工况下处于基本稳定状态；现状调查和访问可知该斜坡在天然状态下未见有变形等迹象发生，故可定性判断滑坡在天然工况下处于基本稳定状态。

#### 2、滑坡所在斜坡整体稳定性定性评价

从现状调查情况和斜坡现有的破坏特征来看，斜坡整体未见有明显的变形和破坏现象，现状发生的滑坡都位于斜坡表层，滑坡体厚度1~3m；钻孔揭露斜坡深部土体内也未见有明显的软弱夹层；构成斜坡的土体具有残余结构，土体强度也较高；斜坡坡脚附近亦未见明显的剪出口特征；降雨时和降雨后在坡脚附近也未见有泉点出露。综合分析，定性判断斜坡整体应处于稳定状态。其主要的破坏形式为降雨长期冲刷侵蚀导致坡体表层水毁和形成小规模的浅层崩滑体，通过适当的防护措施可保证斜坡的稳定。

表 5-1-2 滑坡整体稳定性定性评价表

| 剖面      | 地表变形特征   | 剪出口位置                  | 后缘位置           | 稳定性定性评价 |      |
|---------|--|------------------------|----------------|---------|------|
|         |  |                        |                | 天然工况    | 暴雨工况 |
| 1-1' 剖面 | 后缘发育贯通性拉裂缝，目前裂缝已不明显，揭露应为浅表层裂缝；坡体中部发生小型滑坡；目前无植被覆盖区域坡体受雨水侵蚀严重。           | 民房背<br>后切坡<br>坡顶附<br>近 | 后缘<br>拉张<br>裂缝 | 基本稳定    | 不稳定  |
| 2-2' 剖面 | 后缘发育贯通性拉裂缝，并形成小型滑坡；坡体中下部已发生滑坡，滑坡滑体为表层土体，可见滑床为花岗岩残积土；目前可见滑床区域坡体受雨水侵蚀严重。 | HP后缘<br>附近             | 后缘<br>拉张<br>裂缝 | 基本稳定    | 不稳定  |
| 3-3' 剖面 | 后缘发育贯通性拉裂缝，裂缝下挫1m左右，揭露应为浅表层裂缝；目前坡体上有多级滑台坎。                             | 民房背<br>后切坡<br>坡顶附<br>近 | 后缘<br>拉张<br>裂缝 | 基本稳定    | 不稳定  |

#### 3、斜坡坡脚人工边坡稳定性定性评价

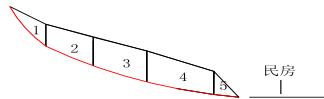
斜坡坡脚由于削坡建房形成高2~8m的人工边坡，人工边坡无任何防护措施；调查可知边坡主要岩性为全风化状花岗岩和花岗岩残积土，土体整体具有较高的强度；现状边坡主要破坏特征为表层发生两处小规模的崩塌，现状未见有带状或者面状的滑坡或者崩塌发育。故可定性判断坡脚边坡人工边整体处于稳定状态，局部不稳定，潜在破坏形式以小规模的崩塌为主，通过适当的边坡防护可保证边坡的稳定。

## (二) 稳定性定量分析

### 1、计算公式

本次计算运用计算表格采用传递系数法并结合理正软件、geoslope 等数值软件开展滑坡稳定性系数及剩余下滑推力计算。

#### (1) 稳定性系数计算公式



式中:



$$T_n = (W_n (\sin \alpha_n + A \cos \alpha_n) + T_{Dn}$$

$$\prod_{j=i}^{n-1} \psi_j = \psi_i \psi_{i+1} \cdots \psi_{n-1}$$

式中:

$\psi_j$ —第 i 块的剩余下滑力传递至第  $i+1$  块时的传递系数 ( $j=i$ ),

$$\psi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1}) \tan \phi_{i+1}$$

$W_i$ —第 i 条块的重量 (KN/m);

$C_i$ —第 i 条块内聚力 (kPa);

$\Phi_i$ —第 i 条块内摩擦角 ( $^\circ$ );

$L_i$ —第 i 条块滑面长度 (m);

$\alpha_i$ —第 i 条块滑面倾角 ( $^\circ$ );

$\beta_i$ —第 i 条块地下水线与滑面的夹角 ( $^\circ$ );

$A$ —地震加速度 (重力加速度 g);

$K_j$ —稳定系数

#### (2) 剩余下滑推力计算公式

$$P_i = P_{i-1} \psi + K_s \bullet T_i - R_{ii}$$

滑坡剩余下滑推力计算的模型如图 5-1-2 所示。

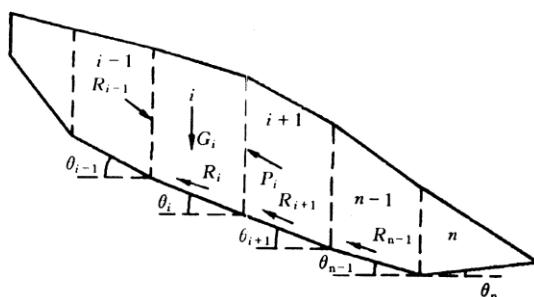


图 5-1-2 滑坡剩余下滑推力计算模型

其中:

$$\text{传递系数: } \psi = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \bullet \tan \varphi_i$$

下滑力:  $T_i = W_i \sin \alpha_i + A \cos \alpha_i$

抗滑力:  $R_i = (W_i(\cos \alpha_i - A \sin \alpha_i) + C_i L_i)$

P<sub>i</sub>—第 i 条块推力 (KN/m)

P<sub>i-1</sub>—第 i 条块的剩余下滑力 (KN/m)

W<sub>i</sub>—第 i 条块的重量 (KN)

C<sub>i</sub>、ψ<sub>i</sub>—第 i 块的内聚力 (kPa) 及内摩擦角 (°)

L<sub>i</sub>—第 i 条块长度 (m)

a<sub>i</sub>—第 i 块的滑面倾角 (°)

A—地震加速度 (重力加速度 g)

K<sub>s</sub>—设计安全系数

## 2、计算工况和计算剖面的确定

滑坡滑带主要通过钻探揭露软弱层、野外工程地质测绘和工程类比法等方法综合确定。在勘查期间坡体内未见稳定地下水位，滑坡所在的区域抗震设防烈度为 6°，故滑坡稳定性和推力计算的计算工况采用自重工况、暴雨工况两种工况。计算方法采用传递系数法进行稳定性分析和设计安全系数下的推力计算。

(1) 工况一：自重。计算时滑动面以上滑体重度采用天然重度，采用的重度参数采用含角砾粘土大重度试验和室内土工试验综合取值，滑体天然重度取值取 19.1KN/m<sup>3</sup>，滑带抗剪强度参数采用取样取得的强度参数然后反演取得的土体天然状态下的抗剪强度参数。

(2) 工况二：自重+暴雨工况。由于滑体渗透系数大于  $1 \times 10^{-7}$ m/s，根据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T 0218-2006) 12.4.5 条，因此计算时地下水水位以下滑体重度采用浮重度，计算渗透压力。降雨形成的浅层滞水形成的地下水水位按滑体厚度的 1/2 进行计算。滑体饱和重度取值取 19.4KN/m<sup>3</sup>，滑体浮重度取值取 10.4KN/m<sup>3</sup>；滑带抗剪强度参数采用取样取得的饱和状态下的强度参数然后反演取得的土体饱和状态下的抗剪强度参数。

1-1'剖面、2-2'剖面和 3-3'剖面滑坡在天然工况和暴雨工况下稳定性计算简图见图 5-1-3。

## 3、因素敏感性分析

滑坡参数的取值是滑坡稳定性计算的关键，为了了解参数取值对滑坡稳定性的影响，根据实验室取得的滑带强度，在暴雨工况条件下，对 3-3'剖面滑坡沿滑带 II 滑动的稳定性系数与 C、Φ 值的关系进行因素敏感性分析（其中 C、Φ 值通过 10% 的同比例尺进行减小）得出表 5-1-3。通过计算分析，对滑坡稳定性受 C、Φ 值变化情况有了一个较明确的了解。

由表 4-2 的滑带土 C、Φ 值因素敏感性分析结果表明：(1) 在暴雨工况下，滑带土  $\tan(\Phi)$  值每减小测试值的 10% 时，稳定性系数平均减小 0.0367；(2) 在暴雨工况下，滑带土 C 值每减小测试值的 10% 时，稳定性系数平均减小约 0.14；(3) 在暴雨工况下，当 C 在 11.035~22.07kPa、Φ 在 6.88~13.56° 间变化时，滑坡的稳定性系数变化幅度为 0.877~1.759。总的来说，大园坡脚滑坡稳定性受 C 值变化影响大于  $\tan(\Phi)$  值的影响。

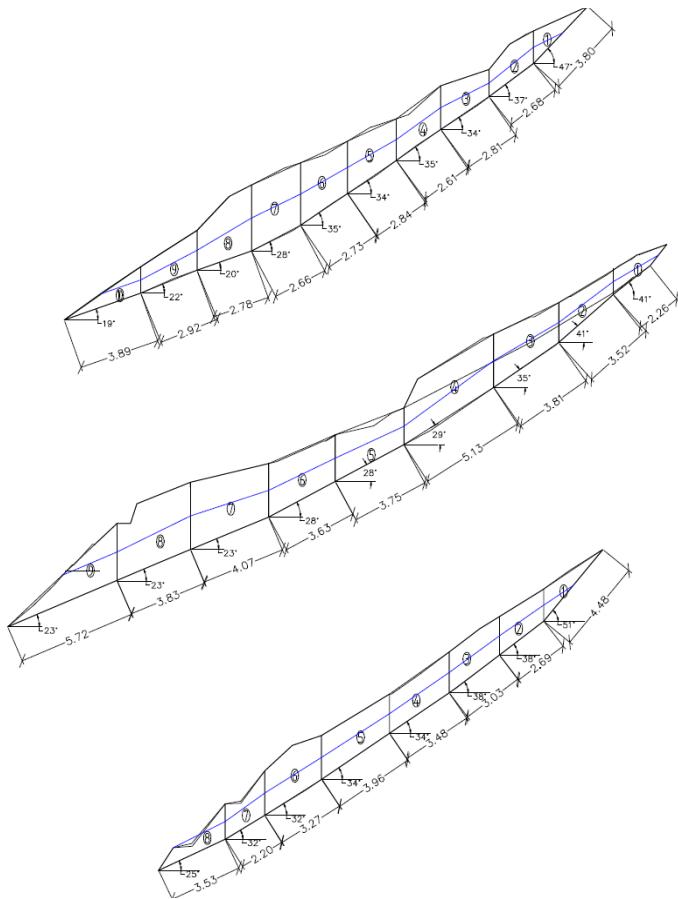


图 5-1-3 滑坡稳定性计算简图

表 5-1-3 滑带土 C、 $\Phi$  值因素敏感性分析表

| 稳定性系数 Fs       |        | 内摩擦角 $\Phi$ (°) |       |       |       |       |
|----------------|--------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| (工况 II)        |        | 6.88            | 8.23  | 9.58  | 10.92 | 12.25 |
| Tan( $\Phi$ )  |        | 0.121           | 0.145 | 0.169 | 0.193 | 0.217 |
| 内聚力 C<br>(kPa) | 11.035 | 0.877           | 0.914 | 0.95  | 0.987 | 1.023 |
|                | 13.242 | 1.017           | 1.053 | 1.09  | 1.126 | 1.163 |
|                | 15.449 | 1.156           | 1.193 | 1.229 | 1.266 | 1.303 |
|                | 17.656 | 1.295           | 1.332 | 1.369 | 1.405 | 1.442 |
|                | 19.863 | 1.435           | 1.471 | 1.508 | 1.545 | 1.582 |
|                | 22.07  | 1.57            | 1.611 | 1.648 | 1.684 | 1.721 |
|                |        |                 |       |       |       | 1.759 |

#### 4、滑带土参数的确定

斜坡体上共布置有3条勘查纵剖面线，将3-3'剖面作为滑带参数反演剖面。

目前滑坡地表变形主要表现为后缘出现拉张裂缝；坡体上出露滑坡台坎；坡体上产生面状小滑坡，且强降雨时仍有变形现象；现状残留于坡体上的滑坡物质稳定性差，暴雨饱和时极有可能滑动；而天然状态下现状滑坡未见有新的变形迹象。故反演参数时综合确定滑坡在工况 I（天然状态）下稳定性系数取 1.10（基本稳定状态）、在工况 II（暴雨状态）下稳定性系数取 0.95（不稳定状态）作为稳定性系数进行参数反演。

通过对滑带土取不同 C 和  $\varphi$  值进行滑坡稳定性敏感性分析可知, 该滑坡稳定性受 C 变化影响幅度与  $\tan(\Phi)$  值的变化影响幅度较大。据类似工程经验和现场勘查揭露的土体分析, 对 3-3'剖面

用“强度折减法”进行参数反演时采取室内试验所得的滑带土强度  $C$  和  $\tan(\Phi)$  值按 2:1 的比例进行参数折减，最终确定滑带的  $C$  和  $\phi$  值见表 5-1-4。

表 5-1-4 滑带抗剪强度最终取值表

| 天然工况        |                          | 饱和工况        |                          |
|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\phi(^{\circ})$ | C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\phi(^{\circ})$ |
| 12.68       | 10.67                    | 11.90       | 9.92                     |

### 5、滑坡稳定性计算

根据《滑坡防治工程勘查规范》第 12.4.6 条的规定，斜坡稳定状态应根据其稳定系数按表 5-1-5 确定。按照上述工况及方法进行滑坡稳定性计算，计算结果见表 5-1-6。

表 5-1-5 斜坡稳定状态分级表

| 滑坡稳定系数 F       | $F < 1.00$ | $1.00 \leq F < 1.05$ | $1.05 \leq F < F_{st}$ | $F \geq 1.15$ |
|----------------|------------|----------------------|------------------------|---------------|
| 滑坡稳定状态         | 不稳定        | 欠稳定                  | 基本稳定                   | 稳定            |
| 注：F 为滑坡稳定性安全系数 |            |                      |                        |               |

根据容县六王镇龙头村大园坡脚滑坡各剖面稳定性计算成果，按表 5-1-5 对滑坡稳定性进行如下定量评价：

天然工况下（工况一），滑坡稳定性系数为 1.095~1.107，滑坡整体处于基本稳定状态；暴雨工况下（工况二），滑坡稳定系数为 0.940~0.953，滑坡整体处于不稳定状态。

表 5-1-6 滑坡稳定性计算成果表

| 计算剖面   | 滑面位置                 | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |  |
|--------|----------------------|------|-------|------|--|
| 1-1'剖面 | 钻孔揭露的含砾粘性土与花岗岩残积层接触带 | 工况一  | 1.107 | 基本稳定 |  |
|        |                      | 工况二  | 0.953 | 不稳定  |  |
| 2-2'剖面 |                      | 工况一  | 1.095 | 基本稳定 |  |
|        |                      | 工况二  | 0.940 | 不稳定  |  |
| 3-3'剖面 |                      | 工况一  | 1.100 | 基本稳定 |  |
|        |                      | 工况二  | 0.950 | 不稳定  |  |

### （三）滑坡稳定性综合评价

通过定性评价和定量计算可知，大园坡脚滑坡在暴雨饱和条件下整体处于不稳定状态；在天然自重工况下滑坡整体应处于基本稳定状态。因此，为保证滑坡具有足够的安全储备，保证滑坡前侧大园屯居民区的安全，建议尽快采取工程治理措施。

### （四）斜坡整体稳定性定量评价

#### 1、计算参数的确定

由于斜坡整体结构由花岗岩残积土、花岗岩全风化层等组成，具有类土质斜坡的特征，因此对斜坡整体稳定性定量分析主要采用折线法和圆弧法两种方法进行计算。计算参数以实验室取得的参数为基础。花岗岩残积土天然工况下重度取  $18.50\text{KN/m}^3$ ，土体强度天然工况下粘聚力  $36.49\text{kPa}$ ，内摩擦角  $25.40^{\circ}$ 。

全风化状花岗岩平均天然重度为  $18.84\text{KN/m}^3$ ；全风化状花岗岩土体强度室内分析结果显示：

天然工况下粘聚力取 38.71kPa，内摩擦角取 26.99°。

由于花岗岩残积土和全风化状花岗岩崩解性强，故室内无法对饱和状花岗岩残积土原状样进行强度测试，对暴雨工况下的土体强度主要采用天然工况下的土体强度折减换算，由于组成斜坡表层土体为弱透水层，故强降雨时地表水很难完全渗入斜坡深部而导致斜坡土体整体饱和。暴雨工况计算斜坡整体稳定性时，花岗岩残积土重度取试验室数理统计取值 19.50KN/m<sup>3</sup>，全风化层重度取天然重度；花岗岩土体强度折减系数取 0.9，故花岗岩残积土暴雨工况下土体强度天然工况下 C 值取 32.84KPa，φ 值取 23.14°；全风化状花岗岩土体强度暴雨工况下 C 值取 34.84KPa，φ 值取 24.63°。见表 5-1-7。

表 5-1-7 斜坡整体稳定性计算所需主要参数表

| 岩土<br>体类型   | 天然工况                 |                      | 天然工况  |       | 饱和工况  |       |
|-------------|----------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
|             | 重度                   | 重度                   | C值    | 内摩擦角  | C值    | 内摩擦角  |
|             | (KN/m <sup>3</sup> ) | (KN/m <sup>3</sup> ) | (kPa) | φ(°)  | (kPa) | φ(°)  |
| 花岗岩<br>残积土  | 18.50                | 19.50                | 36.49 | 25.40 | 32.84 | 23.14 |
| 花岗岩<br>全风化土 | 18.84                | 20.10                | 38.71 | 26.99 | 34.84 | 24.63 |

## 2、稳定性计算

在雨季钻探深度范围内所有的钻孔都未发现地下水，因此对斜坡进行整体稳定性分析和坡脚边坡进行稳定性分析时，进行工况二（暴雨工况）计算时，不考虑地下水的渗透压力。

（1）假设斜坡整体以直线形式破坏，对 1-1'、2-2' 和 3-3' 剖面采用直线法进行斜坡整体稳定性计算。通过理正软件搜索斜坡最不利面的整体稳定性。稳定性计算结果见表 5-1-8。

表 5-1-8 直线法计算最不利面稳定性计算成果表

| 计算剖面   | 最危险面位置 |    | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |
|--------|--------|----|------|-------|------|
|        | 剪出口    | 后缘 |      |       |      |
| 1-1'剖面 | 坡脚     | 坡顶 | 工况一  | 1.478 | 稳定   |
|        |        |    | 工况二  | 1.330 | 稳定   |
| 2-2'剖面 | 坡脚     | 坡顶 | 工况一  | 1.422 | 稳定   |
|        |        |    | 工况二  | 1.28  | 稳定   |
| 3-3'剖面 | 坡脚     | 坡顶 | 工况一  | 1.395 | 稳定   |
|        |        |    | 工况二  | 1.255 | 稳定   |

（2）假设斜坡整体以圆弧形式破坏，对 1-1'、2-2' 和 3-3' 剖面采用圆弧法进行斜坡整体稳定性计算。通过理正软件搜索斜坡最不利面的整体稳定性。稳定性计算结果见表 5-1-9。

表 5-1-9 圆弧法计算最不利面稳定性计算成果表

| 计算剖面   | 最危险面位置 |              | 工况条<br>件 | 稳定性系<br>数 | 稳定状态 |
|--------|--------|--------------|----------|-----------|------|
|        | 剪出口    | 后缘           |          |           |      |
| 1-1'剖面 | 坡脚     | 坡顶于斜<br>坡接触处 | 工况一      | 1.234     | 稳定   |
|        |        |              | 工况二      | 1.100     | 基本稳定 |
| 2-2'剖面 | 坡脚     | 坡顶于斜<br>坡接触处 | 工况一      | 1.217     | 稳定   |
|        |        |              | 工况二      | 1.090     | 基本稳定 |
| 3-3'剖面 | 坡脚     | 坡顶于斜<br>坡接触处 | 工况一      | 1.201     | 稳定   |
|        |        |              | 工况二      | 1.083     | 基本稳定 |

### 3、斜坡整体稳定性综合评价

通过对斜坡进行整体稳定性定性分析评价和稳定性定量计算可知，斜坡在暴雨工况下稳定性系数为 1.083~1.111，处于基本稳定状态；天然工况下稳定性系数为 1.201~1.234，处于稳定状态。可通过适当的坡面防护措施，防止表层土体发生大规模滑坡和防止地表水渗入斜坡深部土体，既可保证斜坡的整体稳定。

#### （五）坡脚边坡整体稳定性定量评价

斜坡坡脚开挖形成高陡人工边坡，边坡坡度从 50~70°不等，高度 2~8m 不等。为保证安全，现以坡度 70°，高度 8m 作为最不利边坡进行稳定性计算。边坡土体下部 2.5m 取全风化状花岗岩，2.5m 以上按花岗岩残积土作为强度计算对象。通过定量计算可得，天然工况下最不利面稳定性系数为 1.394；暴雨工况下最不利面稳定性系数为 1.207。通过计算可知，坡脚边坡在暴雨工况下稳定性系数为 1.207，整体处于稳定状态；天然工况下稳定性系数为 1.394，整体处于稳定状态。现状破坏形式为陡坡表层小规模崩塌。因此可采取适当的防护措施来保证坡脚稳定和防止坡面表层小规模崩塌发生。

#### （六）滑坡在不同工况下的推力计算

##### 1、不同计算工况下的安全系数

根据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T 0218-2006) 的有关规定，滑坡地质灾害危害程度等级为III级，设防烈度为 6 度设防，考虑到滑坡无稳定地下水位，故只考虑两种工况，计算工况如下：

工况 1：自重，安全系数取 1.15 (设计工况)。

工况 2：自重+暴雨，安全系数取 1.10 (设计工况)，计算时地下水水位以下滑体重度采用浮重度，计算渗透压力。降雨形成的浅层滞水形成的地下水水位按滑体厚度的 1/2 进行计算。推测浅层滞水带以上的滑体的重度计算全部采用饱和重度。

##### 2、不同计算工况下推力计算

按照上述工况及方法进行滑坡在设计工况下的推力计算，天然工况下推力计算安全系数取 1.20，暴雨工况下推力计算安全系数取 1.10，浅层滑坡推力计算结果汇总于表 5-1-10。

表 5-1-10 不同设计工况下推力计算 (浅层滑坡)

| 计算剖面   | 工况条件         | 设计安全系数K <sub>s</sub> | 推力计算 (KN/m) |
|--------|--------------|----------------------|-------------|
| 1-1'剖面 | 工况 I (天然工况)  | 1.20                 | 38.76       |
|        | 工况 II (暴雨工况) | 1.10                 | 62.32       |
| 2-2'剖面 | 工况 I (天然工况)  | 1.20                 | 59.79       |
|        | 工况 II (暴雨工况) | 1.10                 | 89.61       |
| 3-3'剖面 | 工况 I (天然工况)  | 1.20                 | 34.50       |
|        | 工况 II (暴雨工况) | 1.10                 | 50.79       |

通过滑坡的推力计算，得出 2-2'剖面 (主剖面) 在工况 II (暴雨工况) 条件下计算滑坡整体推力为 89.61KN/m。

#### （七）滑坡变形发展趋势

据本次调查和勘察并结合稳定性计算表明，大园坡脚滑坡暴雨工况时整体处于不稳定状态。

其发展趋势主要为：滑坡剪出口附近存在继续发生局部滑坡的危险；滑坡已形成大量滑坡陡坎且滑坡坡度较大，滑坡前缘完全临空，加之滑体的渗透性相对较好。综合分析，滑坡在暴雨条件下极有可能发生整体滑坡或者发生前缘局部滑坡。

## 七、防治建议

根据目前大园坡脚滑坡特征、稳定性及影响因素综合考虑，建议采取削坡清方+护坡+支挡+地表排水方案：

1、在滑坡后缘外围布置截排水沟，以便及时疏导地表水；在滑坡体上布置坡内排水沟，以降低地表水侵蚀坡面的能力；2、分级削坡，清理斜坡表层的不稳定土体；3、坡脚修筑护脚墙，护脚墙上部采取喷锚支护和拱形格构植草护坡措施进行边坡护面，以防止坡面进一步风化。4、开展施工期和治理工程效果监测；通过及时巡查和简易监测，及时了解滑坡的变形情况，以确保安全。

## 第二节 六王镇龙头村上塘滑坡

### 一、滑坡概述

上塘滑坡位于容县六王镇龙头村上塘屯背后山体，地理坐标为 X: 2525537.9, Y: 19474772.5 (东经: 110°45'15.1", 北纬: 22°51'05.3")，滑坡全貌见照片 5-2-1。

2010 年 6 月 2 日晚该处发生滑坡地质灾害，造成 1 人死亡，毁坏砖混结构民房 27 间，直接经济损失约 32 万元，地质灾害灾情等级为小型。目前该滑坡上还有很多滑体存在，由于长期受雨水侵蚀，坡体表层水毁现象极其严重，长此以往滑坡可能向更深处发展。主滑坡区南侧山体在 6.2 暴雨时坡体上有裂缝产生，在强降雨等不利条件下再次发生滑坡地质灾害的可能性大。目前威胁斜坡坡脚前缘 12 户 54 人的生命及财产安全，潜在经济损失可达 114 万元，危害程度中，危险性大，险情属中型。



照片 5-2-1 上塘滑坡全貌

### 二、勘查工作布置及完成的工作量

#### (一) 工作布置

1、地形测量：比例尺为 1:500，测量面积 0.01km<sup>2</sup>。

- 2、工程地质测绘：比例尺为 1:500，测绘区面积 0.01km<sup>2</sup>。
- 3、勘探剖面：沿主滑方向共布置了 2 条勘探线，勘探线间距 25~30m。
- 4、物探：沿勘探线及垂直于勘探线共布置了 5 条物探测线。
- 5、工程地质钻探：在工程地质测绘成果的基础上，沿勘探剖面的 2 条钻探剖面，每条剖面布置 2 个钻孔，共布置 4 个钻孔，所有的钻孔都钻进滑面及推测可能形成的滑面以下至少 2m，所以钻孔都揭露全风化层。

6、槽探：沿滑坡周界、滑体及滑坡前缘坡脚共布置 7 个探槽，其中滑坡周界布置探槽 3 个，滑体上布置槽探 2 个，滑坡前缘坡脚布置探槽 2 个。

7、原位测试及室内试验：标准贯入试验、室内岩土物理力学性质试验等。

## （二）完成的工作量

容县六王镇龙头村上塘滑坡勘查完成的工作量见表 5-2-1。

### 三、滑坡所处地质环境条件

#### （一）地形地貌

滑坡所在丘陵丘顶标高为 140m，坡脚标高约为 92m，山体相对高差为 48m。山坡自然坡度在 35~40° 之间，斜坡原始坡型呈凹型。坡脚附近村民削坡建房，滑坡前地形主要为两级切坡。其中北侧切坡呈两级，上一级切坡长约 40m，高 4~7m，坡度 50~70°（目前为主滑坡区），下一级切坡（坡脚附近，目前无明显滑动迹象）高 3~6m，坡度 45~70°。南侧切坡原始高度为 8~12m，原始坡度 40~60°。主滑区裸露，水毁现象严重；斜坡上主要植被为松树和杂草。

表 5-2-1 工作量完成一览表

| 项目   |                | 单位               | 工作量     | 项目   |        | 单位 | 工作量 |
|------|----------------|------------------|---------|------|--------|----|-----|
| 野外工作 | 地形测量 (1:500)   | km <sup>2</sup>  | 0.01    | 室内试验 | 常规土样试验 | 组  | 7   |
|      | 工程地质测 (1:500)  | km <sup>2</sup>  | 0.01    |      | 饱和土样试验 | 组  | 7   |
|      | 物探 ( 地质雷达)     | 条/km             | 5/0.5   |      | 岩样试验   | 组  | 10  |
|      | 钻孔数            | 个                | 4       |      | 土体渗透试验 | 组  | 3   |
|      | 钻探进尺           | m                | 84.2    |      | /      | /  | /   |
|      | 地质剖面测量 (1:500) | 条/km             | 3/0.222 |      | /      | /  | /   |
|      | 取土样            | 件                | 30      |      | /      | /  | /   |
|      | 取岩样            | 件                | 30      |      | /      | /  | /   |
|      | 探槽             | 个/m <sup>3</sup> | 7/47.8  |      | /      | /  | /   |
|      | 标准贯入试验         | 次                | 13      |      | /      | /  | /   |

#### （二）地层岩性

勘查区主要出露地层为中侏罗世杨梅山单元侵入花岗岩及第四系地层。

##### 1、第四系地层 (Q)

(1) 第四系全新统坡积层 (Q<sub>4</sub><sup>d</sup>)：出露岩性以含角砾粘土为主，呈棕红色、砖红色，局部地段为砂质、粉质粘土。角砾含量一般为 10~20% 左右，角砾的成分为弱风化状的石英颗粒，角砾粒径以 2~5mm 为主，呈棱角状，分布不均匀。该段主要分布于斜坡表层，钻孔和探槽揭露层厚

1.2~1.5m 不等，该层表层 0.5m 左右厚为耕植土。现状调查可知滑坡主要发育于该层中。

(2) 第四系全新统残积层 ( $Q_4^{el}$ )：揭露厚度 8.7~10.9m，出露岩性为含角砾砂质粘土。红棕色、浅棕色为主，部分地段为褐黄、浅褐色，土体颜色具有较为明显的分带性，下部土体受氧化作用（风化作用）弱于上部土体，故下部土体多表现为浅黄色或者浅褐色。土体中角砾含量一般为 15~25% 左右，角砾的成分为弱风化状的石英颗粒，角砾粒径以 2~5mm 为主，呈棱角状；砂粒中粉砂~粗砂均有分布。粘粒含量较少，以坚硬状为主，系花岗岩风化残积而成，矿物成份以石英、高岭土、云母为主，含少量暗色矿物，土质均匀性差，孔隙度大。该土体属中压缩性土无侧限土体遇水极易发生崩解。在本层作标贯试验 7 段（次），锤击数范围值  $N=10.6\sim22.4$  击（修正值），平均锤击数  $N=17.56$  击，数理统计值为 13.3 击。从标准贯入测试可知，风化程度具有明显的分带性，土体从下往下的承载力总体趋势为增大。

## 2、中侏罗纪杨梅山单元侵入花岗岩 ( $J_2Y$ )

主要下伏于第四系残积层之下或直接出露于地表，整个山体均有分布，岩性为花岗岩，岩石具中~粗粒花岗结构，岩石成份主要有石英、长石、云母等，根据钻探深度内揭露岩石，按风化程度为全风化花岗岩。该层揭露厚度为 4.8~18.2m，钻孔未揭穿该层。呈浅褐色，氧化作用明显弱于上段残积层，暗色矿物成分相对较多。岩石已风化呈坚硬致密的土状，其中长石已风化成高岭土，结构基本破坏，但尚可辨认；夹全风化状的黑云母片，部分云母结构尚可辨认。岩石强度低，胶结差，用手轻压呈散裂状，遇水迅速发生崩解。从斜坡脚探槽揭露来看，该层具有一定残余结构强度。回旋钻进部分地段有垮孔和埋钻现象。在该层进行标贯试验 6 段（次），锤击数范围值  $N=26.7\sim33.9$  击，平均锤击数  $N=30.3$  击，数理统计值为 27.7 击。钻进过程中全风化层垮孔极其严重，部分地段有埋钻现象。花岗岩风化残积土与全风化花岗岩的分层划分除了根据钻探判断岩芯外，主要依据为《广西岩土工程勘察规范》中表 12.1.2-1 和表 12.1.2-2 结合标准贯入试验成果进行判断。

### （三）地质构造

区域上，勘查区位于陆川~岑溪区域性大断裂的南东侧，与断裂最近距离约 1.5km。陆川~岑溪区域性大断裂走向北东，总长度约 420km，为广西区内 14 条深大断裂之一。受该断裂构造作用影响，灾害区内岩体较破碎，裂隙发育。因表面多为第四系地层覆盖，次级断裂、褶皱等构造作用不明显。工作区区域地质构造相对较简单。

### （四）水文地质条件

勘查区地下水类型有松散岩类孔隙水、花岗岩网状风化裂隙水 2 种。松散岩类孔隙水主要赋存于第四系残积层的含砾砂质粘土中，主要受强降雨的补给，该层地下水受降雨影响大，不稳定，在一般的暴雨情况下或者不降雨的情况下往往无该层地下水存在。花岗岩网状风化裂隙水主要赋存于花岗闪长岩网状风化裂隙中，主要接受大气降雨的入渗补给，呈分散式迳流，其迳流方向与地形坡向基本一致，大部分在沟尾、谷底等低洼处以沟尾泉（分散流）的形式排泄。

根据调查，上塘滑坡勘查区附近未发现有明显的地下水露头，滑坡南侧发育一河沟，河沟附近也未发现明显的地下水排泄出口。勘查期间（2013 年 7 月）在所有的 4 个钻孔中均未发现有地下水。

野外渗水试验结果表明，容县六王镇龙头村上塘屯滑坡所在斜坡表层含角砾粘土透水性相对较差，根据取原状样进行室内渗透性试验和参考大园坡脚滑坡现场单环法渗水试验成果，该层为弱透水岩体（根据 SL55-2005《水利水电工程地质勘察规范》判断）。斜坡地表岩土体渗透系数见表 5-2-1。

表 5-2-1 斜坡地表岩土体渗透系数表

| 岩性    | 代号                 | 渗透系数(cm/s)            | 平均值                   | 透水性  | 测试方法    |
|-------|--------------------|-----------------------|-----------------------|------|---------|
| 含角砾粘土 | $Q_4^{\text{del}}$ | $2.44 \times 10^{-5}$ | $2.78 \times 10^{-5}$ | 弱透水层 | 室内渗透性试验 |
| 含角砾粘土 | $Q_4^{\text{del}}$ | $3.19 \times 10^{-5}$ |                       |      |         |
| 含角砾粘土 | $Q_4^{\text{del}}$ | $2.70 \times 10^{-5}$ |                       |      |         |

#### 四、滑坡发育特征

##### (一) 滑坡形态特征

上塘屯滑坡发育于居民区背后的斜坡，根据斜坡变形破坏特征主要可以分为两个区域：I 区为滑坡强烈破坏区，II 区为变形区。滑坡勘查平面图见图 5-2-1，滑坡勘查剖面图见图 5-2-2~5-2-4。

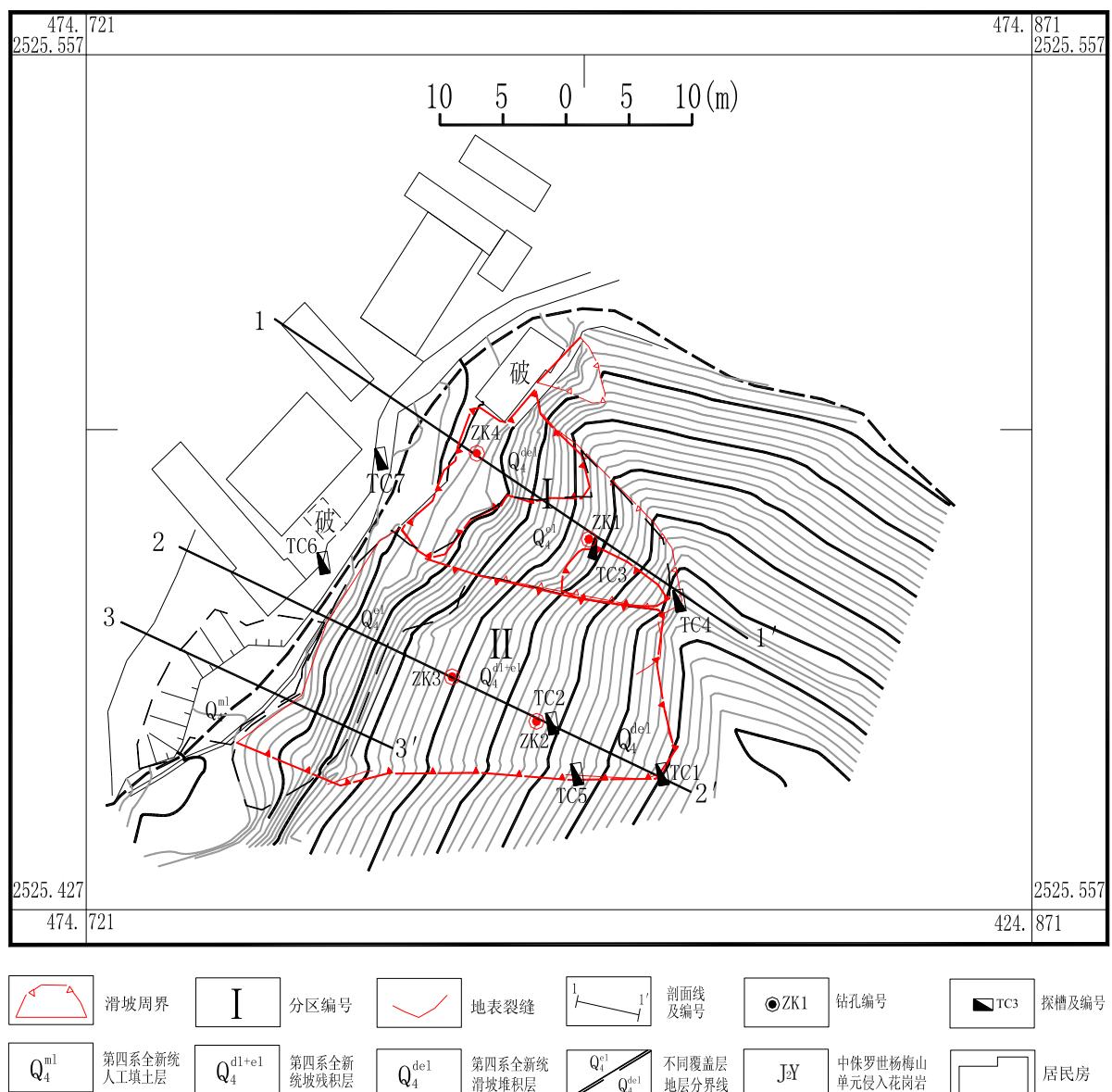


图 5-2-1 上塘滑坡勘查工程地质平面图

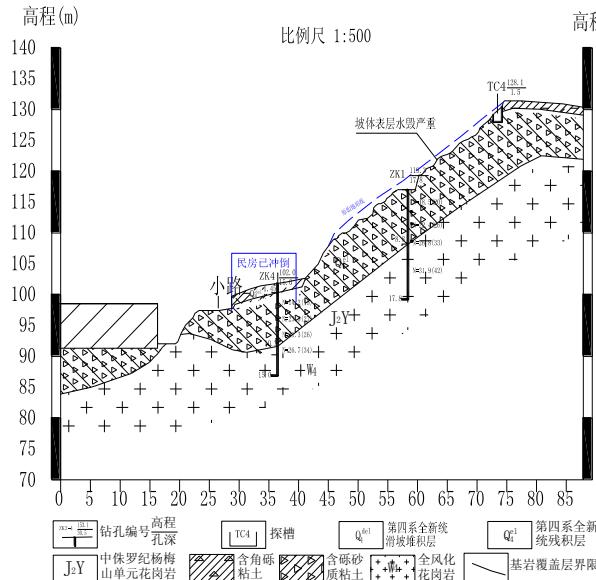


图 5-2-2 上塘滑坡工程地质 1-1' 剖面

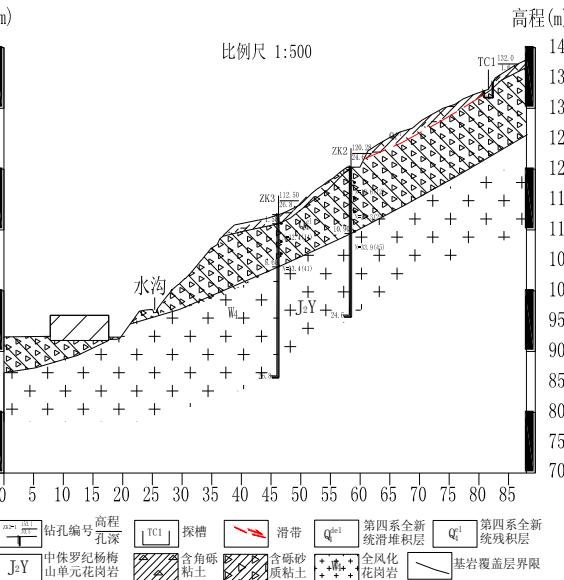


图 5-2-3 上塘滑坡工程地质 2-2' 剖面

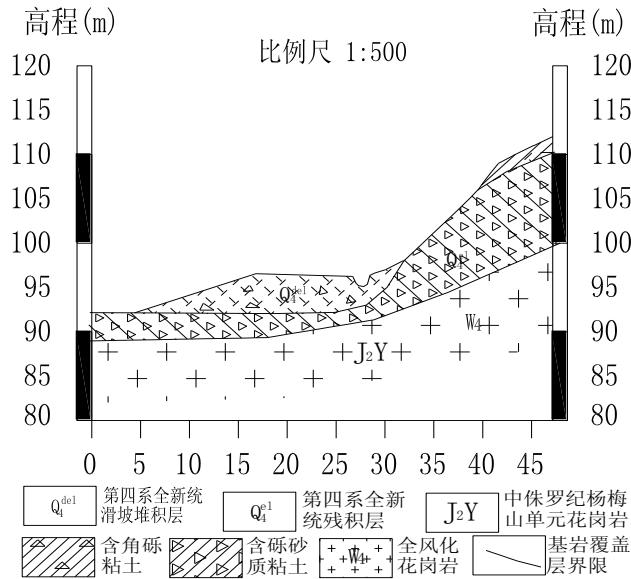


图 5-2-4 上塘滑坡工程地质 3-3' 剖面

## 1、滑坡 I 区特征

I 区已发生整体滑坡，该滑坡已基本发育到分水岭。滑坡呈圈椅状，滑坡区原始地形整体坡度 35~40°，滑坡主滑方向 300° 左右，剪出口附近原始地形为高约 7m 左右的人工边坡。滑坡前后缘高差约 25m，其中后缘标高约 131m，剪出口标高 106m；滑坡体斜长 40m、最大宽度 30m；滑体平均厚度为 1.5m，最大厚度达 2m，体积约 1900m<sup>3</sup>，属小型滑坡。现状该区滑坡体已基本以崩滑体的形式滑至坡脚，目前滑落坡脚的滑体已经清理。现状该滑坡区还有少部分变形体残留坡体上，厚度 1.5m，分布面积约 100m<sup>2</sup>，体积约 150m<sup>3</sup>。

## 2、滑坡 II 区特征

根据调查访问，II 区坡脚边坡区原始地形整体坡度 40~60° 左右，边坡高 8~12m。2012 年 6 月 2 日凌晨 II 区坡脚的边坡发生整体带状滑坡，滑坡宽度为 25m。在 2010 年 6 月 2 日暴雨期间该区顶部附近有裂缝产生，现状调查最大下错达 70cm，现状裂缝已经充填和闭合。该区斜坡上部同

时发生小规模浅层滑坡，滑坡厚度 1~1.2m，呈圈椅状发育，体积约 800m<sup>3</sup>，规模为小型。目前坡脚附近已经堆积有厚 2~3m 的滑体土和杂填土。

## （二）滑坡变形破坏特征

根据调查，目前上塘屯滑坡地表破坏特征主要为发生浅层滑坡、形成拉裂缝。

### 1、上塘屯滑坡 I 区坡体破坏特征

目前滑坡区发生整体破坏，通过调查滑体一般厚为 1~1.5m，局部地段最大厚度达到 2m；出露的滑床为含角砾砂质粘土（为花岗岩残积土层）；由于滑床长期受雨水侵蚀，滑床表面已形成大量侵蚀形成的沟槽。由于斜坡坡度较大，滑坡发生时冲毁前侧民房并且冲入坡脚民房的二楼，该区滑坡具有高速、远程的运动特征。见照片 5-2-2、5-2-3、5-2-4、5-2-5。



照片 5-2-2 I 区现状景观



照片 5-2-3 坡脚风化层水毁形成沟壑



照片 5-2-4 HP1 残留的滑坡体



照片 5-2-5 I 区滑坡体冲入民房二楼

### （2）上塘屯滑坡 II 区破坏特征

该区主要变形特征为斜坡坡顶附近产生小规模浅层滑塌，下错高度 0.3~0.7m 不等；坡体上部分地段发生裂缝。据访问，6.2 暴雨后该区坡体上可见多条裂缝，目前调查裂缝已不明显，开挖亦未见明显的深层裂缝。根据探槽揭露和现场调查可知，该区发育的裂缝为浅表层的地表裂缝。见照片 5-2-5、5-2-6。

### 3、滑坡岩土体结构特征

#### （1）滑体特征

据钻探、槽探及地面调绘可知，上塘屯滑坡体的物质组成以表层的含角砾粘土为主，呈棕红

色，角砾含量一般为 10% 左右，粒径 2~5mm 为主，角砾的成分为弱风化状的石英颗粒，呈棱角状，分布不均匀。该层主要分布于滑坡 II 区表层，钻孔和探槽揭露层厚 1.2~1.6m 不等。现状调查可知滑坡主要发育于该层中，见照片 5-2-7。目前滑坡 I 区滑体大部分已滑走或被雨水冲走，除滑坡 I 区南东侧残留有滑体外，大部分区域都出露滑床。



照片 5-2-6 II 区现状景观



照片 5-2-7 II 区坡顶附近下错



照片 5-2-7 探槽揭露的滑体

### (2) 滑带特征

根据勘查资料和对周围相似类型的滑坡进行工程地质类比，滑带土（或潜在滑带土）物质成分主要为含角砾的粘土，呈可塑状。滑带土主要发育于含角砾粘土层中和含角砾粘土与含角砾砂质粘土接触带附近。根据类比，潜在滑带土深度一般在 1~1.5m 之间。滑坡应属于浅层滑坡。

### (3) 滑床特征

根据地面调查和钻孔揭露，滑坡滑床地层岩性为第四系全新统花岗岩残积土，出露岩性为含角砾砂质粘土，该层下部为全风化状花岗岩。该层厚度相对较大，部分地段可见云母和长石的残余结构。见照片 5-2-8、5-2-9。



照片 5-2-8 钻孔揭露的花岗岩残积土



照片 5-2-9 钻孔揭露的花岗岩全风化层

## 五、滑坡岩土体物理力学参数

勘查通过原位测试和室内试验等方式获取了含角砾粘土、花岗岩残积层（含砾砂质粘土）、全风化状花岗岩等的物理力学参数。

### （一）原位测试

花岗岩风化层厚度大，而风化程度差异不甚明显，故对花岗岩残积层和全风化状花岗岩层进行了标准贯入试验，通过标准贯入试验作为判断残积层和全风化层的一种重要依据。其成果见表 5-2-2。

表 5-2-2 现场标准贯入试验成果表

| 指标<br>土名 | 试验<br>次数 | N(值)      |       |      |      |        |       | 承载力<br>标准值<br>$f_{ak}$ (kPa) |
|----------|----------|-----------|-------|------|------|--------|-------|------------------------------|
|          |          | 区间值       | 平均值   | 标准差  | 变异系数 | 统计修正系数 | 计算值   |                              |
| 含角砾砂质粘土  | 8        | 10.6-23.5 | 17.9  | 4.88 | 0.27 | 0.78   | 13.87 | 343.0                        |
| 全风化花岗岩   | 6        | 26.7-33.9 | 30.33 | 3.2  | 0.11 | 0.91   | 27.69 | /                            |

### （二）室内土工试验

1、根据地面调查、钻探及探槽揭露，推测滑坡沿着钻孔和探槽中揭露的含角砾粘土和含砾砂质粘性土接触面为滑坡的潜在滑带，故在其临近土层内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-2-3。

表 5-2-3 含角砾粘土主要物理力学性质指标成果表

| 主要指标       | 天然<br>含水率 | 天然密度      | 饱和含<br>水率 | 饱和密度      | 直接快剪      |           | 饱和快剪      |           |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|            |           |           |           |           | 内摩擦角      | 粘聚力       | 内摩擦角      | 粘聚力       |
|            | $\omega$  | $\rho$    | $\omega$  | $\rho$    | $\varphi$ | c         | $\varphi$ | c         |
| 范围之内       | 21.8-30.2 | 1.83-2.08 | 23.5-31.8 | 1.96-2.08 | 15.8-22.5 | 21.2-41.2 | 12.0-20.1 | 19.9-35.2 |
| 样本数        | 7         | 7         | 7         | 7         | 7         | 7         | 7         | 7         |
| 平均值        | 23.54     | 1.98      | 26.91     | 2.05      | 18.40     | 33.61     | 15.04     | 27.23     |
| 标准差        | 2.96      | 0.09      | 2.81      | 0.07      | 2.26      | 6.25      | 2.61      | 4.73      |
| 变异系数       | 0.13      | 0.04      | 0.10      | 0.03      | 0.12      | 0.19      | 0.17      | 0.17      |
| 统计修<br>正系数 | 1.10      | 1.04      | 1.09      | 1.03      | 0.90      | 0.85      | 0.86      | 0.86      |
| 计算值        | 25.98     | 2.06      | 29.23     | 2.10      | 16.53     | 28.45     | 12.89     | 23.32     |

2、在含砾砂质粘性土土层内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-2-4。

表 5-2-4 含砾砂质粘性土主要物理力学性质指标成果表

| 主要指标   | 天然含水率<br>$\omega$ | 天然密度<br>$\rho$<br>g/cm <sup>3</sup> | 直接快剪                     |                   |
|--------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------|
|        |                   |                                     | 内摩擦角<br>$\varphi$<br>(°) | 粘聚力<br>$c$<br>kPa |
|        | %                 |                                     |                          |                   |
| 范围之内   | 10.9-16.7         | 1.81-1.99                           | 22.9-28.2                | 21.2-41.2         |
| 样本数    | 8                 | 8                                   | 8                        | 7                 |
| 平均值    | 13.01             | 1.87                                | 25.05                    | 33.12             |
| 标准差    | 2.05              | 0.058                               | 1.94                     | 4.25              |
| 变异系数   | 0.16              | 0.031                               | 0.08                     | 0.13              |
| 统计修正系数 | 1.13              | 1.025                               | 0.94                     | 0.89              |
| 计算值    | 14.70             | 1.92                                | 23.45                    | 29.61             |

## 六、滑坡成因分析

根据上塘屯滑坡发生的时间及特征，上塘屯滑坡形成的主要内因为斜坡体物质组成、微地貌特征等；主要外因为强降雨和削坡。

### （一）连续强降雨

连续强降雨是诱发该斜坡发生滑坡的最主要的激发因素，降雨导致斜坡自重增加和土体力学强度大幅度降低。据调查访问，上塘屯滑坡发生于 2010 年 6 月 2 日凌晨强降雨期间。该区域 12 小时累计降雨量达到 150mm 以上，最大一小时降雨量达到了 79mm。从对当地村民访问可知，连续强降雨导致滑坡表层土体呈软塑-流塑状，最终形成大规模滑坡现象。

### （二）人类工程活动

当地村民削坡建房，在斜坡下部坡体上开挖形成高陡的人工边坡，边坡开挖使斜坡表层土体前缘形成临空面，破坏了斜坡表层土体的力学平衡，坡脚开挖为斜坡发生滑坡地质灾害的重要的外部因素。

### （三）微地貌特征

斜坡区坡度较大，发生滑坡的斜坡原始坡度一般在 30~40°，发生滑坡区原始坡度较大。

### （四）地层岩性

上塘屯滑坡体发育于中侏罗世杨梅山单元花岗岩残坡积形成的表层含角砾粘土中，物质成份为石英、高岭土、少量云母和黑色矿物。滑体现状以硬塑状为主，在天然状态下，力学强度较高，但该土层水稳定性较差，力学强度大幅度降低。由于坡体表层的主要物质成分为含角砾粘土和含角砾砂质粘土，试验可知该层土体较一般的粘性土渗透性要好；表层土体在长期降雨条件下，地表水较一般的粘性土更容易入渗坡体，导致坡体重量增加和土体力学强度指标降低。

## 七、滑坡稳定性分析与评价

### （一）稳定性定性分析

#### 1、滑坡区稳定性定性评价

从上塘屯滑坡的微地貌形态、地表破坏和变形特征、钻孔揭露的地层岩性来看，上塘屯滑坡现状主要滑坡形式为浅层滑坡，滑坡厚度为 1~2m。其稳定性定性评价如下。

滑坡 I 区已经发生整体滑坡，滑坡体已基本冲至坡脚，目前残留于坡体上的不稳定的滑体主

要位于 I 区的南东角（与滑坡 II 区接壤位置）；由于坡体（滑床）大部分裸露，目前坡体受雨水侵蚀极其严重。由于坡体长时间裸露，表层土体长时间受风化等作用，滑坡可能向滑床区发展，形成新的滑坡物质，最终形成滑坡。现状定性评价坡体南东角的残留于坡体上的滑坡堆积物暴雨工况下不稳定。滑床（强降雨主要影响深度范围内，约为 1~1.5m）在暴雨工况下整体处于欠稳定状态，局部受雨水侵蚀强烈切割的块体处于不稳定状态。

滑坡 II 区发生局部小滑坡，滑体物质堆积于斜坡上。斜坡后缘发育地表拉裂缝，裂缝现状已充填，坡体顶部附近有小型滑坡；坡体部分地段发育剪切裂缝，现状裂缝已不明显。从近几年的暴雨情况来看，滑坡 II 区滑体都未见有变形，定性评价斜坡浅表层滑坡（厚约为 1~1.5m）在暴雨工况下整体处于基本稳定～欠稳定状态。

## 2、滑坡所在斜坡整体稳定性定性评价

从现状调查情况和斜坡现有的破坏特征来看，斜坡整体未见有明显的变形和破坏现象，现状发生的滑坡都位于斜坡表层，滑坡体厚度 1~2m；钻孔揭露斜坡深部土体内也未见有软弱夹层；构成斜坡的土体具有残余结构，土体强度也较高；斜坡坡脚附近亦未见明显的剪出口特征；降雨时和降雨后在坡脚附近也未见有泉点出露。综合分析，定性判断斜坡整体应处于稳定状态。其主要的破坏形式为降雨长期冲刷侵蚀导致坡体表层水毁和形成小规模的浅层崩滑体，通过适当的防护措施可保证斜坡的稳定。

## （二）稳定性定量分析

### 1、计算公式

本次计算运用计算表格采用传递系数法并结合理正软件、geoslope 等数值软件开展滑坡稳定性系数及剩余下滑推力计算。稳定性系数计算公式和剩余下滑推力计算公式同第一节。

### 2、计算工况和计算剖面的确定

滑坡滑带主要通过坑探揭露软弱层、野外工程地质测绘和类似地质环境下同类型滑坡进行工程类比法等方法综合确定。在勘查期间坡体内无地下水，该地区地震抗震设防烈度为 6°，故滑坡稳定性和推力计算的计算工况采用自重工况、暴雨工况两种工况。计算方法采用传递系数法进行稳定性分析和设计安全系数下的推力计算。

（1）工况一：自重。计算时滑动面以上滑体重度采用天然重度，采用的重度参数采用含角砾粘土大重度试验和室内土工试验综合取值，滑体天然重度取值取 19.1KN/m<sup>3</sup>，滑带抗剪强度参数采用取样取得的强度参数然后反演取得的土体天然状态下的抗剪强度参数。

（2）工况二：自重+暴雨工况。由于滑体渗透系数大于  $1 \times 10^{-7}$ m/s，根据《滑坡防治工程勘查规范》（DZ/T 0218-2006）12.4.5 条，因此计算时地下水水位以下滑体重度采用浮重度，计算渗透压力。降雨形成的浅层滞水形成的地下水水位按滑体厚度的 1/2 进行计算。滑体饱和重度取值取 19.4KN/m<sup>3</sup>，滑体浮重度取值取 10.4KN/m<sup>3</sup>；滑带抗剪强度参数采用取样取得的饱和状态下的强度参数然后反演取得的土体饱和状态下的抗剪强度参数。

2-2' 剖面中上部滑体计算简图见图 5-2-2。

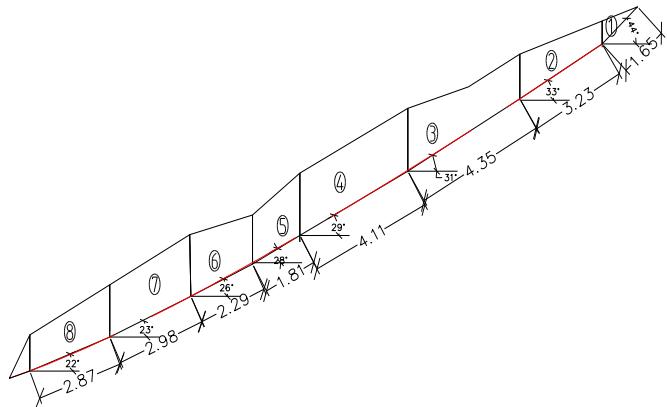


图 5-2-2 滑坡 2-2'剖面中上部滑体稳定性计算简图（表层滑坡）

### 3、滑带土参数的确定

斜坡体上共布置有 2 条纵向勘探线，由于该滑坡所处的地质环境和物质组成与大园坡脚滑坡类似（见表 5-2-2），故最终参考大园坡脚滑坡确定潜在滑带的 C 和  $\varphi$  值见表 5-2-3。

表 5-2-2 上塘屯滑坡和大园坡脚滑坡对比表

| 名称   | 发生时间             | 诱发因素   | 滑坡破坏形式      | 滑坡组成物质   |
|------|------------------|--------|-------------|--|
| 上塘屯  | 2010 年 6 月 2 日凌晨 | 强降雨和切坡 | 浅表层，厚度 1-2m | 滑体物质主要为表层为坡积物(含角砾粘土)，滑床为含角砾砂质粘土，为中侏罗世杨梅山单元侵入花岗岩风化产物。 |
| 大园坡脚 | 2010 年 6 月 2 日凌晨 | 强降雨和切坡 | 浅表层，厚度 1-2m | 滑体物质主要为表层为坡积物(含角砾粘土)，滑床为含角砾砂质粘土，为中侏罗世杨梅山单元侵入花岗岩风化产物。 |

表 5-2-3 滑带抗剪强度最终取值表

| 天然工况        |                       | 饱和工况        |                       |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\varphi$ (°) | C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\varphi$ (°) |
| 12.68       | 10.67                 | 11.90       | 9.92                  |

### 4、滑坡稳定性计算

根据《滑坡防治工程勘查规范》第 12.4.6 条的规定，斜坡稳定状态应根据其稳定系数按表 5-2-4 确定。按照上述工况及方法进行滑坡稳定性计算，计算结果见表 5-2-5。

表 5-2-4 斜坡稳定状态分级表

| 滑坡稳定系数 F       | $F < 1.00$ | $1.00 \leq F < 1.05$ | $1.05 \leq F < F_{st}$ | $F \geq 1.15$ |
|----------------|------------|----------------------|------------------------|---------------|
| 滑坡稳定状态         | 不稳定        | 欠稳定                  | 基本稳定                   | 稳定            |
| 注：F 为滑坡稳定性安全系数 |            |                      |                        |               |

表 5-2-5 滑坡 2-2'剖面稳定性计算成果表

| 计算剖面   | 滑面位置                           | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |
|--------|--------------------------------|------|-------|------|
| 2-2'剖面 | 强降雨入渗主要影响带，花岗岩残积土与表层含角砾粘土接触带附近 | 工况一  | 1.200 | 稳定   |
|        |                                | 工况二  | 1.046 | 欠稳定  |

根据容县六王镇龙头村上塘屯滑坡 2-2'剖面稳定性计算成果，按表 5-2-4 对滑坡稳定性进行定量评价：天然工况下，浅层滑坡稳定性系数为 1.20，浅层滑坡整体处于稳定状态；暴雨工况下，滑坡稳定系数为 1.046，浅层滑坡整体处于欠稳定状态。

### （三）滑坡稳定性综合评价

通过定性评价和定量计算可知，上塘屯滑坡在暴雨饱和条件下整体处于欠稳定状态；在天然自重工况下滑坡整体应处于稳定~基本稳定状态。因此，为保证滑坡具有足够的安全储备，保证滑坡前侧上塘屯居民区的安全，建议采取相应的工程治理措施。

### （四）斜坡整体稳定性定量评价

#### 1、计算参数的确定

由于该滑坡于大园坡脚滑坡所处地质环境基本一致，且大园坡脚滑坡的试验样本数较多，因此计算参数主要参考龙头村大园坡脚滑坡稳定性的参数取值。花岗岩残积土天然工况下重度取  $18.5\text{KN/m}^3$ ，土体强度天然工况下粘聚力  $36.49\text{kPa}$ ，内摩擦角  $25.4^\circ$ 。全风化状花岗岩平均天然重度为  $18.84\text{KN/m}^3$ ；全风化状花岗岩土体强度室内分析结果显示：天然工况下粘聚力取  $38.71\text{kPa}$ ，内摩擦角取  $26.99^\circ$ 。

花岗岩残积土暴雨工况下土体强度天然工况下 C 值取  $32.84\text{KPa}$ ， $\phi$  值取  $23.14^\circ$ ；全风化状花岗岩土体强度暴雨工况下 C 值取  $34.84\text{KPa}$ ， $\phi$  值取  $24.63^\circ$ 。具体见表 5-2-6。

表 5-2-6 计算所需参数表

| 岩土体类型   | 天然工况                | 饱和工况                | 天然工况  |                  | 饱和工况  |                  |
|---------|---------------------|---------------------|-------|------------------|-------|------------------|
|         | 重度                  | 重度                  | C值    | 内摩擦角             | C值    | 内摩擦角             |
|         | ( $\text{KN/m}^3$ ) | ( $\text{KN/m}^3$ ) | (kPa) | $\phi(^{\circ})$ | (kPa) | $\phi(^{\circ})$ |
| 花岗岩残积土  | 18.5                | 19.5                | 36.49 | 25.4             | 32.84 | 23.14            |
| 花岗岩全风化土 | 18.84               | 20.1                | 38.71 | 26.99            | 34.84 | 24.63            |

#### 2、稳定性计算

在雨季钻探深度范围内所有的钻孔都未发现地下水，因此对斜坡进行整体稳定性分析和坡脚边坡进行稳定性分析，进行工况二（暴雨工况）计算时，不考虑地下水的渗透压力。考虑到斜坡结构为花岗岩类土质斜坡，故假设斜坡整体可能以土质斜坡的形式发生破坏（以圆弧形式破坏），对 1-1'剖面和 2-2'剖面采用瑞典圆弧法进行斜坡整体稳定性计算，最不利面搜索和稳定性计算结果见表 5-2-7。

表 5-2-7 圆弧法计算最不利面稳定性计算成果汇总表

| 计算剖面   | 最危险面位置       |      | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |
|--------|--------------|------|------|-------|------|
|        | 剪出口          | 后缘   |      |       |      |
| 1-1'剖面 | 斜坡下部<br>切坡坡脚 | 坡顶附近 | 工况一  | 1.184 | 稳定   |
|        |              |      | 工况二  | 1.073 | 基本稳定 |
| 2-2'剖面 | 坡脚           | 坡顶附处 | 工况一  | 1.211 | 稳定   |
|        |              |      | 工况二  | 1.178 | 稳定   |

#### 3、斜坡整体稳定性综合评价

通过对斜坡整体进行稳定性定性分析评价和稳定性定量计算可知，斜坡在暴雨工况下整体稳定性系数为  $1.073 \sim 1.178$ ，处于基本稳定~稳定状态；天然工况下稳定性系数为  $1.184 \sim$

1.211，处于稳定状态。可通过适当的坡面防护措施，防止表层土体发生大规模滑坡和防止地表水渗入斜坡深部土体，既可保证斜坡稳定。

### (五) 滑坡Ⅱ区坡脚边坡整体稳定性定量评价

滑坡Ⅱ区坡脚开挖形成高陡人工边坡，边坡坡度从40°~60°不等，高度8~12m不等。现选择剖面2-2'和3-3'边坡进行稳定性计算。边坡组成的岩土体结构按花岗岩残积土作为强度计算对象。

假设斜坡坡脚整体以圆弧形式破坏，边坡稳定性计算成果见表5-2-8。

**表 5-2-8 圆弧法计算最不利面稳定性计算成果汇总表**

| 计算剖面   | 最危险面位置   |      | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |
|--------|----------|------|------|-------|------|
|        | 剪出口      | 后缘   |      |       |      |
| 3-3'剖面 | 切坡<br>坡脚 | 坡顶附处 | 工况一  | 1.489 | 稳定   |
|        |          |      | 工况二  | 1.312 | 稳定   |
| 2-2'剖面 | 坡脚       | 坡顶附处 | 工况一  | 1.512 | 稳定   |
|        |          |      | 工况二  | 1.335 | 稳定   |

假设坡脚边坡整体以直线形式破坏，边坡稳定性计算成果见表5-2-9。

**表 5-2-9 直线法计算最不利面稳定性计算成果汇总表**

| 计算剖面   | 最危险面位置           |      | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |
|--------|------------------|------|------|-------|------|
|        | 剪出口              | 后缘   |      |       |      |
| 3-3'剖面 | 斜坡下<br>部切坡<br>顶部 | 坡顶附近 | 工况一  | 2.080 | 稳定   |
|        |                  |      | 工况二  | 1.832 | 稳定   |
| 2-2'剖面 | 坡脚               | 坡顶附处 | 工况一  | 1.915 | 稳定   |
|        |                  |      | 工况二  | 1.690 | 稳定   |

通过计算可知，坡脚边坡在暴雨工况下稳定性系数为1.312~1.335，整体处于稳定状态；天然工况下稳定性系数为1.489~1.512，整体处于稳定状态。现状破坏形式为陡坡表层小规模的浅表层崩塌。因此可采取适当的防护措施（如喷锚护坡等）来保证坡脚稳定和防止坡面表层小规模崩塌发生。

### (六) 滑坡在不同工况下的推力计算

#### 1、不同计算工况下的安全系数

根据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T 0218-2006)的有关规定，滑坡地质灾害危害程度等级为III级，考虑到滑坡无稳定地下水位，当地地震设防烈度为6度取，故只考虑两种工况，计算工况如下：

工况1：自重，安全系数取1.20（设计工况）。滑体天然重度取值取19.1KN/m<sup>3</sup>。

工况2：自重+暴雨，安全系数取1.10（设计工况），计算时地下水水位以下滑体重度采用浮重度，计算渗透压力。降雨形成的浅层滞水形成的地下水水位按滑体厚度的1/2进行计算。滑体饱和重度取值取19.4KN/m<sup>3</sup>，滑体浮重度取值取10.4KN/m<sup>3</sup>。

#### 2、不同计算工况下推力计算

按照上述工况及方法进行滑坡在设计工况下的推力计算，天然工况下推力计算安全系数取1.2，暴雨工况下推力计算安全系数取1.1，暴雨+地震工况下推力计算安全系数取1.05，2-2'

剖面滑坡推力计算结果汇总于表 5-2-10。

表 5-2-10 不同设计工况下推力计算

| 计算剖面   | 工况条件         | 设计安全系数K <sub>S</sub> | 推力计算 (KN/m) |
|--------|--------------|----------------------|-------------|
| 2-2'剖面 | 工况 I (天然工况)  | 1.20                 | 0           |
|        | 工况 II (暴雨工况) | 1.10                 | 4.2         |

通过滑坡的推力计算，得出 2-2'剖面在工况 II (暴雨工况) 条件下计算滑坡整体推力为 4.2KN/m。

### (五) 滑坡变形发展趋势

据本次调查和勘察并结合稳定性计算表明，上塘屯滑坡暴雨时整体处于不稳定状态。其发展趋势主要为：滑坡上残留的滑体存在继续发生滑坡的危险；滑床长期裸露受地表水侵蚀严重，滑床物质可能转变为滑坡物质，滑坡可能向现有滑床内发展，形成新的浅表层滑坡；斜坡坡度较大，且坡脚附近存在高陡切坡，地形上有利滑坡的形成和滑动。综合分析，滑坡在暴雨条件下极有可能发生浅层滑坡或者发生前缘边坡局部崩塌。

## 八、防治建议

根据目前上塘滑坡特征、稳定性及影响因素综合考虑，建议采取削坡清方+护坡+支挡+地表排水的方案：

1、在 I 区对斜坡表层水毁严重区和残留的滑体物质进行清理，并对坡体表层裸露岩土体进行喷锚支护；2、在 II 区在斜坡后缘修筑一截排水沟，清理坡脚和坡面上的不稳定岩土体，然后对坡面进行喷锚支护；3、在 II 区现有的勘查边坡内修筑一挡土墙。同时，开展施工期和治理工程效果监测；及时了解滑坡的变形情况，以确保安全。

## 第三节 杨梅镇石岭村地雷滑坡

### 一、滑坡概述

地雷滑坡位于容县杨梅镇石岭村委附近背后山体，地理坐标为 X: 2512727, Y: 19457272(东经: 110°35'02.8", 北纬: 22°42'42.5"), 见照片 5-3-1。经访问，由于连续强降雨导致该处斜坡于 2001 年 6 月 9 日凌晨发生滑坡地质灾害，导致坡脚附近 12 间民房不同程度的受损害，直接经济损失约 6 万元，对当地居民的正常生产生活造成了严重影响。地质灾害灾情等级为小。由于滑坡规模相对较大，坡体坡度相对较大，土体渗透性相对较好，因此在强降雨等不利条件下再次发生滑坡地质灾害的可能性大。滑坡一旦大规模失稳，将直接威胁滑坡前侧平台上居住的 8 户约 50 人生命及财产安全，潜在经济损失可达 86 万元，危害程度中，危险性大，险情属中型。

### 二、勘查工作布置及完成的工作量

#### (一) 工作布置

- 1、地形测量：比例尺为 1:1000，测量面积 0.03km<sup>2</sup>。
- 2、工程地质测绘：比例尺为 1:1000，测绘区面积 0.03km<sup>2</sup>。

3、勘探线：沿主滑方向布置了3条勘探线，勘探线间距18~20m。

4、物探：沿勘探线及垂直于勘探线共布置了5条物探测线。

5、工程地质钻探：在工程地质测绘成果的基础上，沿纵向勘探线布置3条钻探剖面，主剖面布置3个钻孔，两侧辅助剖面共布置3个钻孔，共布置6个钻孔，所有的钻孔都钻进滑面及推测可能形成的滑面以下至少2m，所以钻孔都揭露强风化层，4个钻孔揭露中风化层。

6、槽探：沿滑坡周界、滑体及滑坡前缘坡脚共布置5个探槽，其中滑坡周界布置探槽3个，滑体上布置槽探1个，滑坡前缘坡脚布置探槽1个。

7、原位测试及室内试验：标准贯入试验、室内岩土物理力学性质试验等。



照片 5-3-1 地雷滑坡全貌

## (二) 完成的工作量

容县杨梅镇石岭村地雷滑坡勘查完成的工作量见表 5-3-1。

表 5-3-1 工作量完成一览表

| 野外工作   | 项目            | 单位               | 工作量     | 室内试验 | 项目     | 单位 | 工作量 |
|--------|---------------|------------------|---------|------|--------|----|-----|
|        | 地形测量(1:1000)  | km <sup>2</sup>  | 0.03    |      | 常规土样试验 | 组  | 43  |
|        | 工程地质测(1:1000) | km <sup>2</sup>  | 0.03    |      | 饱和土样试验 | 组  | 38  |
|        | 物探(地质雷达)      | 条/km             | 5/0.495 |      | 颗粒分析   | 组  | 43  |
|        | 钻孔数           | 个                | 6       |      | 土体渗透试验 | 组  | 18  |
|        | 钻探进尺          | m                | 147.6   |      | 膨胀性试验  | 组  | 16  |
|        | 地质剖面测量(1:250) | 条/km             | 3/0.175 |      | /      | /  | /   |
|        | 取土样           | 件                | 50      |      | /      | /  | /   |
|        | 探槽            | 个/m <sup>3</sup> | 5/38.5  |      | /      | /  | /   |
| 标准贯入试验 | 次             | 15               |         |      | /      | /  | /   |

## 三、滑坡所处地质环境条件

### (一) 地形地貌

滑坡所在丘陵丘顶标高为180m，坡脚标高为127~130m，山体相对高差为53m。丘顶呈浑圆状，丘顶附近坡度平缓，为5~10°。滑坡所在的斜坡山坡自然坡度在30~40°之间。坡

脚由于当地村民挖坡建房形成宽约 80m，高 2~4.8m，坡度 50°~70° 的人工边坡。滑坡体上的主要植被为灌木和松树。

## （二）地层岩性

勘查区主要地层为第四系地层，下伏基岩为出露侏罗纪龙登单元侵入花岗岩。

### 1、第四系地层（Q）

（1）第四系全新统坡积层（ $Q_4^d$ ）：出露岩性以砂质粘土为主，部分区域出露砂质粘性土。砂质粘土呈红棕色，呈可塑~硬塑状，土体结构松散；土体遇水迅速发生崩解。该层分布于表层，土层厚度一般为 2~3m。该层表层 0.5m 左右厚为耕植土。砂质粘性土以褐黄色、黄棕色为主，土体较为干燥，土体中粘粒以硬塑~坚硬状为主。原生矿物基本已发生变性，原岩结构已发生破坏，不可辨认。石英颗粒从矿物连体中析离出来，主要以粗砂的形式存在，局部含有角砾。

（2）第四系全新统残积层（ $Q_4^{el}$ ）：出露岩性为砂质粘性土。该土层厚度为 7.6~15.5m，以褐黄色、黄棕色为主，土体干燥，土体中粘粒以硬塑-坚硬状为主。原生矿物基本已发生变性，黑色矿物风化成粘土，手捏细腻具滑感。原岩结构基本已发生破坏，不可辨认。石英颗粒从矿物连体中析离出来，主要以粗砂的形式存在，局部含有石英角砾，角砾含量 5-15% 左右，呈棱角状，多见铁质锈染现象。土质均匀性差，孔隙度大。局部含少量花岗岩风化碎块，分布不均匀，大小混杂。该土体属中压缩性土。该层土属特殊性土，遇水易软化和发生崩解，强度迅速降低。在本层作标贯试验 9 段（次），锤击数范围值  $N=9.2\sim19.2$  击（修正值）。从标准贯入测试可知，土体风化程度从上往下总体趋势减小。

### 2、侏罗纪龙登单元花岗岩（J<sub>2</sub>Ld）

主要下伏于第四系残积层之下，岩石具中~粗粒花岗结构，岩石成份主要有石英、长石、云母等，根据钻探深度内揭露岩石，按风化程度为全风化花岗岩~中风化花岗岩。

（1）全风化花岗岩③-1：揭露厚度 2.6~13.7m。该段暗色矿物成分较多，呈浅褐色为主，岩石基本风化呈致密坚硬的土状，大部分岩心可见原岩残余结构。大部分长石风化呈高岭土状，局长石呈强风化状。部分云母保留其片状结构，但光泽全无。石英颗粒基本从矿物连体中析离出来，以粗砂和角砾的形式存在。角砾呈棱角状，粒径 0.2~0.5cm 为主，含量 10~15%，部分见铁质锈染现象。岩石强度低，胶结差，用手轻压呈散裂状，遇水迅速发生崩解。回旋钻进部分地段有垮孔和埋钻现象。在该层进行标贯试验 2 段（次），锤击数范围值  $N=19.0\sim30.5$  击。

（2）强风化花岗岩③-2：揭露厚度 0~7.9 m。本次钻探中有 4 个钻孔揭穿该层。呈灰白色，原岩结构破坏严重，局部保留。其中长石大部分风化，局部保留新鲜晶粒，裂隙中多见铁质锈染现象。石英多数呈连体状但手捏易分离，黑云母部分可见呈片晶形，光泽黯淡或无光泽。该段冲击困难，回旋钻进取心困难。

（3）中风化花岗岩③-3：本次钻探中有 4 个钻孔揭露该层，但未揭穿该层。呈浅褐色，岩体结构部分发生破坏。沿节理面有次生矿物发育。岩体裂隙发育，裂隙面附近可见明显的铁质锈染现象。取芯以短柱状为主，节长 3-6cm 为主，部分成碎裂状。岩石坚硬，锤击声脆。该段钻进较为平稳，无明显异常。取芯率为 75% 左右，RQD 为 35% 左右。

花岗岩风化残积土与全风化花岗岩的分层划分除了根据钻探判断岩芯外,主要依据为《广西岩土工程勘察规范》中表 12.1.2-1 和表 12.1.2-2 结合标准贯入试验成果进行判断。

### (三) 地质构造

区域上,灾害区位于大坡外断裂的西侧,该断裂走向呈北西南东向,断层长度 36Km,为一张性断裂,断层带有糜棱岩化、硅化现象。受该断裂构造作用影响,灾害区内岩体较破碎,裂隙发育。因表面多为第四系地层覆盖,次级断裂、褶皱等构造作用不明显。

### (四) 水文地质条件

勘查区地下水类型有松散岩类孔隙水、花岗岩网状风化裂隙水 2 种。松散岩类孔隙水主要赋存于第四系残积层含砾砂质粘土中,主要受降雨的补给,受降雨影响大且不稳定,在一般暴雨情况下或者不降雨情况下往往无该层地下水存在。花岗岩网状风化裂隙水主要赋存于花岗闪长岩的网状风化裂隙中,主要接受大气降雨的入渗补给,呈分散式迳流,其迳流方向与地形坡向基本一致,大部分在沟尾、谷底等低洼处以沟尾泉(分散流)的形式排泄。根据调查,在地雷滑坡区附近未发现有明显的地下水露头,在钻探过程中揭露地下水含水层为强-中风化状花岗岩。勘查期间(2013 年 6 月)在所有的 4 个钻孔中揭露有地下水,为花岗岩网状风化裂隙水。揭露该层地下水后测定的稳定水位往往比出水位置要高,因此根据地下水的赋存条件,该层地下水为承压水。根据室内渗水试验结果表明,容县杨梅镇石岭村地雷滑坡所在斜坡表层砂质粘土透水性相对较差,其为弱透水岩体;砂质粘性土为中等透水层(根据 SL55-2005《水利水电工程地质勘察规范》判断)。斜坡地表岩土体渗透系数见表 5-3-1。

表 5-3-1 斜坡地表岩土体渗透系数表

| 岩性    | 渗透系数(cm/s)            | 平均值                   | 透水性   | 测试方法   |
|-------|-----------------------|-----------------------|-------|--------|
| 砂质粘土  | 8.69×10 <sup>-6</sup> | 6.84×10 <sup>-6</sup> | 弱透水层  | 室内渗透试验 |
|       | 6.52×10 <sup>-6</sup> |                       |       |        |
|       | 7.56×10 <sup>-6</sup> |                       |       |        |
|       | 4.58×10 <sup>-6</sup> |                       |       |        |
| 砂质粘性土 | 2.15×10 <sup>-5</sup> | 3.52×10 <sup>-5</sup> | 中等透水层 | 室内渗透试验 |
|       | 3.25×10 <sup>-5</sup> |                       |       |        |
|       | 5.63×10 <sup>-5</sup> |                       |       |        |
|       | 2.36×10 <sup>-5</sup> |                       |       |        |
|       | 4.23×10 <sup>-5</sup> |                       |       |        |

## 四、滑坡发育特征

### (一) 滑坡形态特征

地雷滑坡发育于居民区背后斜坡中上部,滑坡整体呈圈椅状。滑坡区地形整体坡度 30°~35°左右,主滑方向 340°左右。滑坡整体宽约 65m,斜坡最大斜长约 52m,滑体平均厚度 4m,滑坡分布面积约 3000 平方米,滑体体积约 11000 立方米,属小型滑坡。滑坡勘查平面图见图 5-3-1,滑坡勘查剖面图见图 5-3-2~5-3-5。

### (二) 滑坡变形破坏特征

#### 1、滑坡前缘破坏特征

据访问,该滑坡在形成时前缘边坡先发生带状滑坡,滑体向前推移最大距离达到 3m,大部分滑体受到房屋后墙的阻挡,部分滑体推毁前侧民房。据访问和钻探漏水情况分析,现状在连续强

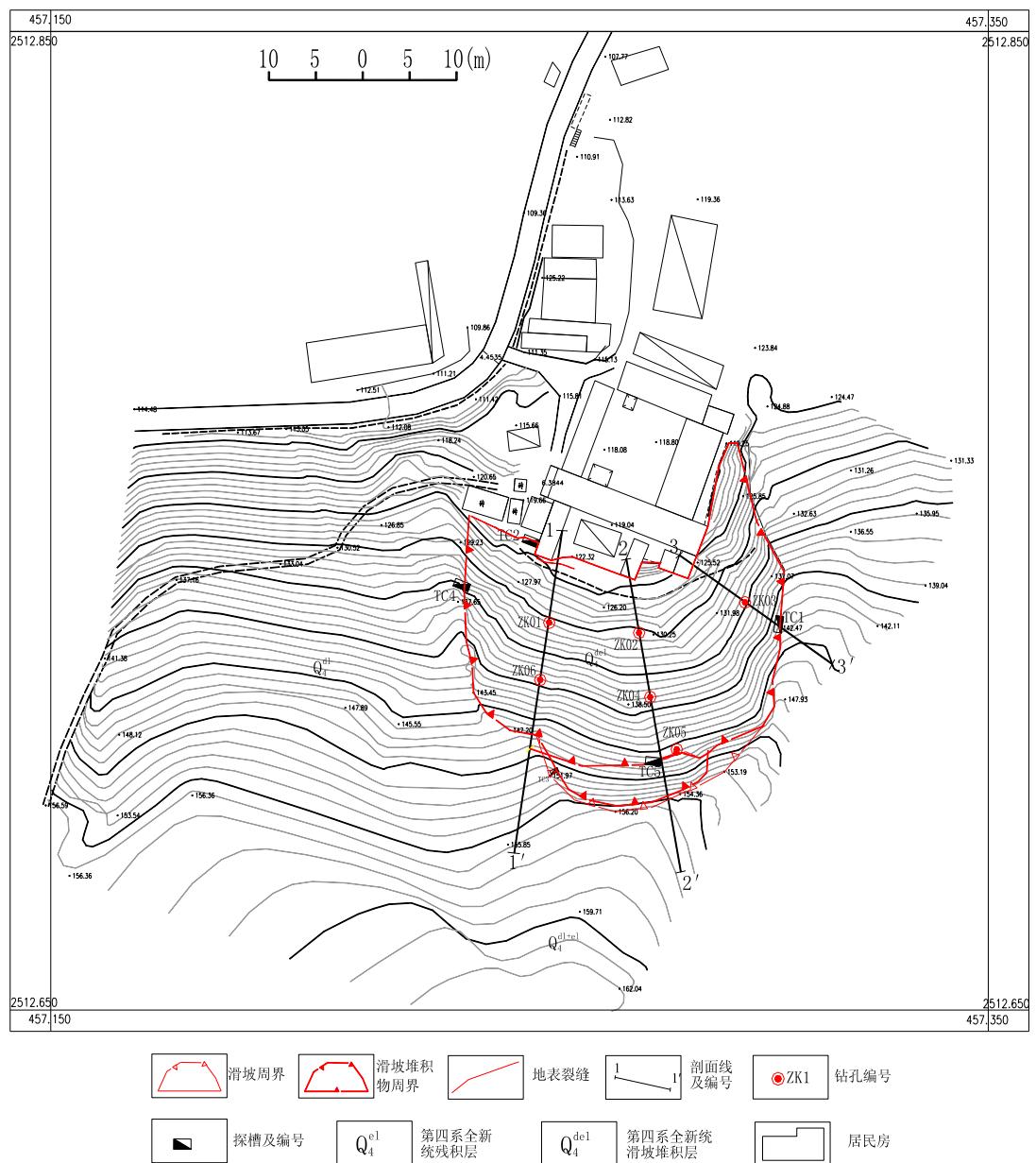


图 5-3-1 地雷滑坡勘查工程地质平面图

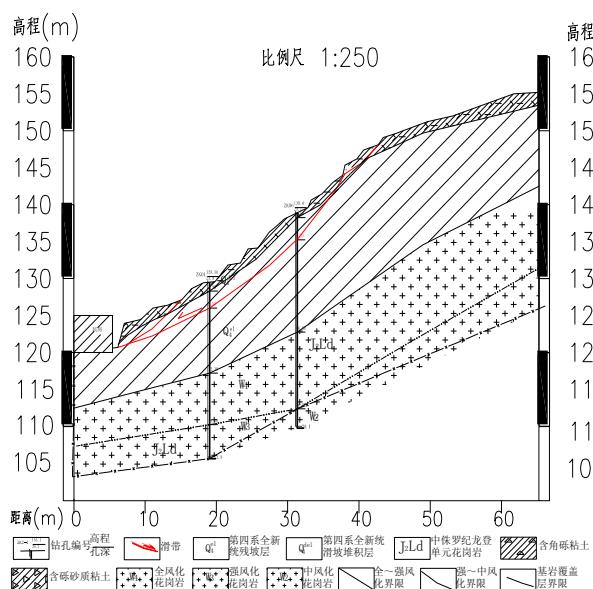


图5-3-2 地雷滑坡工程地质 1-1' 剖面

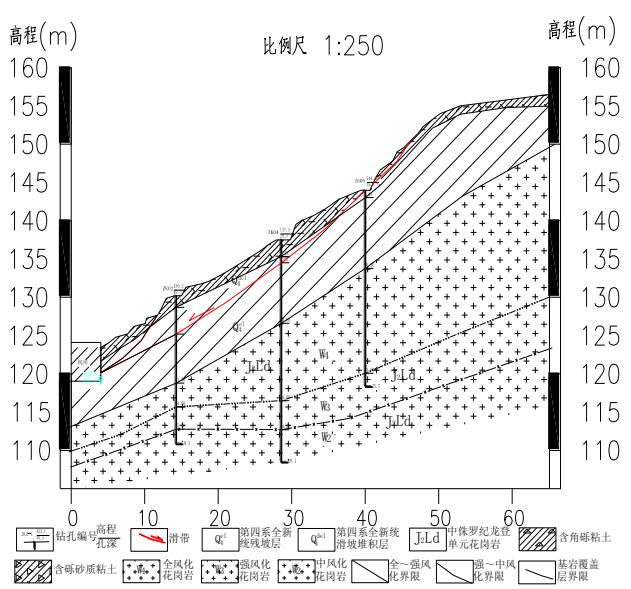


图5-3-3 地雷滑坡工程地质 2-2' 剖面

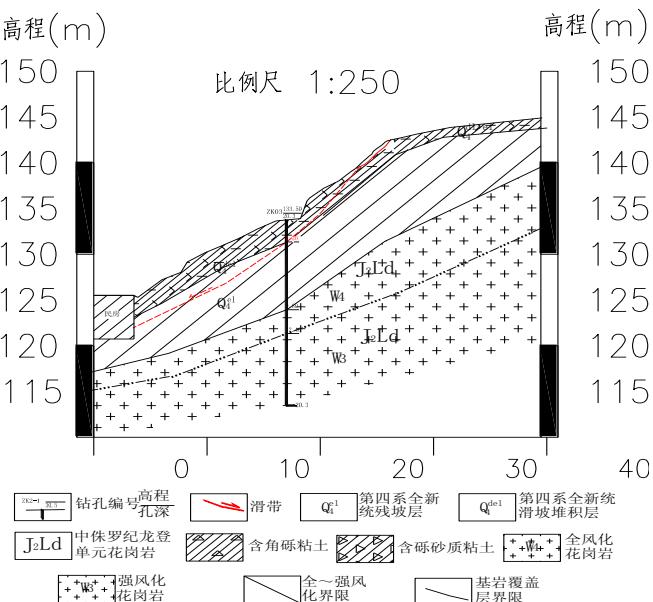


图5-3-4 地雷滑坡工程地质 3-3' 剖面

降雨下，滑坡坡脚附近局部地段仍有混水冒出；钻孔 ZK02#施工时钻至基岩时加水回旋钻进时民房 M2 处底有混水冒出，钻孔大量漏水位置约在距孔口 5m 处。

## 2、滑坡后缘破坏特征

该滑坡在形成时后缘出现 1 条贯通性拉张裂缝，据访问，地表可见延伸长度约为 80m。现状可见滑坡体明显的下挫，坡体南侧区域下挫高度为 1~2m；坡体东侧区域下挫高度为 0.7m 左右。由于滑坡发生大规模滑坡，形成高陡滑壁；滑壁在暴雨等不利情况下发生新的小规模滑坡。

## 3、滑坡坡体破坏特征

滑坡区现状形成大量滑坡台坎，滑坡台坎高 1~1.5m。目前滑坡台坎内侧裂缝已填充，已不明显。在滑坡体上发育一冲沟，该冲沟主要由滑体的分块滑动后形成的。

## 4、滑坡侧边界特征

滑坡左侧边界可见滑体侧明显的下挫现象，下挫达到 0.5~1.2m；右侧边界特征现状已不明显。

## (三) 滑坡岩土体结构特征

### 1、滑体特征

据钻探、槽探及地面调绘可知，地雷滑坡体的物质组成为砂质粘土和砂质粘性土。表层为砂质粘土，呈红棕色，呈可塑~硬塑状，土体结构松散。粘粒含量 60-70%，粗砂含量 30-40% 左右，含有少量的角砾。土体遇水迅速发生崩解。该层分布于表层，土层厚度一般为 2.0~3.2m。下部为砂质粘性土，以褐黄色、黄棕色为主，土体较为干燥，土体中粘粒以硬塑~坚硬状为主。原生矿物基本已发生变性，黑色矿物风化成粘土，手捏细腻具滑感。原岩结构已发生破坏，不可辨认。石英颗粒从矿物连体中析离出来，主要以粗砂的形式存在，局部含有角砾，角砾含量 5~10% 左右，棱角状，多见铁质锈染现象。现状调查可知该滑坡的滑带（破裂面）主要发育于该层中。

### 2、滑带特征

根据勘查资料和相似类型的滑坡进行工程地质类比，滑带土（或潜在滑带土）物质成分主要为砂质粘土，呈可塑-硬塑状，土体含水率较周围土体相对较高（可见土工试验天然含水率测试成

果)。滑带土主要发育于砂质粘性土中。根据钻探揭露和类似工程类比,滑带土深度一般在2~5m之间。

### 3、滑床特征

根据地面调查和钻孔揭露,滑坡滑床地层岩性为第四系全新统花岗岩残积层,出露岩性为砂质粘性土。砂质粘性土以褐黄色、黄棕色为主,土体干燥,土体中粘粒以硬塑-坚硬状为主。原生矿物基本已发生变性,黑色矿物风化成粘土。石英颗粒以粗砂的形式存在,局部含有石英角砾,角砾含量5~15%左右,呈棱角状,多见铁质锈染现象。土质均匀性差,孔隙度大。局部含少量花岗岩风化碎块,分布不均匀,大小混杂。砂质粘性土下部钻孔揭露的岩性为全风化~中风化状花岗岩,花岗岩差异风化剧烈,不同风化状态的风化层揭露厚度差异较大。

## 五、滑坡岩土体物理力学参数

勘查通过原位测试和室内试验等方式获取了含角砾粘土、花岗岩残积层(含砾砂质粘土)、全风化状花岗岩等的物理力学参数。

### (一) 原位测试

花岗岩风化层厚度大,而风化程度差异不甚明显,故对花岗岩残积层和全风化状花岗岩层进行了标准贯入试验,通过标准贯入试验作为判断残积层和全风化层的一种重要依据。其成果见表5-3-2。

表 5-3-2 现场标准贯入试验成果表

| 指 标<br>土 名 | 试 验<br>次 数 | N(值)     |       |       |            |             |       | 承 载 力<br>标 准 值<br>$f_{ak}$ (kPa) |
|------------|------------|----------|-------|-------|------------|-------------|-------|----------------------------------|
|            |            | 区 间 值    | 平 均 值 | 标 准 差 | 变 异<br>系 数 | 统计修<br>正系 数 | 计 算 值 |                                  |
| 砂质粘性土      | 9          | 9.2-19.9 | 14.56 | 3.964 | 0.272      | 0.875       | 12.73 | 318                              |

### (二) 室内土工试验

1、根据地面调查、钻探及探槽揭露,在砂质粘土内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表5-3-3。

表 5-3-3 砂质粘土主要物理力学性质指标成果表

| 试验编号     | 天然含水率<br>$\omega$<br>% | 天然密度<br>$\rho$<br>$g/cm^3$ | 饱和密度<br>$\rho$<br>% | 孔隙比<br>$e_0$<br>$g/cm^3$ | 直接快剪                    |                    | 饱和直接快剪                  |                    |
|----------|------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
|          |                        |                            |                     |                          | 粘聚力<br>$\varphi$<br>(°) | 内摩擦角<br>$c$<br>kPa | 粘聚力<br>$\varphi$<br>(°) | 内摩擦角<br>$c$<br>kPa |
|          |                        |                            |                     |                          | 17.6                    | 28.6               | 13.2                    | 12.6               |
| AJT15-1  | 29.0                   | 1.93                       | 1.98                | 0.83                     | 33.2                    | 17.6               | 28.6                    | 13.2               |
| AJT15-10 | 31.0                   | 1.92                       | 1.96                | 0.86                     | 28.5                    | 16.5               | 19.8                    | 12.6               |
| AJT15-16 | 32.5                   | 1.85                       | 1.91                | 0.95                     | 21.2                    | 15.6               | 15.6                    | 12.2               |
| AJT15-21 | 32.2                   | 1.86                       | 1.91                | 0.95                     | 38.6                    | 17.9               | 30.5                    | 14.2               |
| AJT15-27 | 32.2                   | 1.89                       | 1.93                | 0.90                     | 29.8                    | 17.5               | 18.6                    | 14.8               |
| AJT15-28 | 32.6                   | 1.85                       | 1.89                | 0.96                     | 32.2                    | 16.8               | 26.3                    | 12.7               |
| AJT15-32 | 33.2                   | 1.88                       | 1.93                | 0.93                     | 45.6                    | 14.2               | 26.5                    | 10.2               |
| AJT15-17 | 32.0                   | 1.91                       | 1.91                | 0.9                      | 39.6                    | 18.2               | 26.5                    | 13.8               |
| 平均值      | 31.838                 | 1.886                      | 1.928               | 0.910                    | 33.59                   | 16.79              | 24.05                   | 12.96              |
| 标准差      | 1.305                  | 0.032                      | 0.030               | 0.046                    | 7.57                    | 1.34               | 5.33                    | 1.42               |
| 变异系数     | 0.041                  | 0.017                      | 0.015               | 0.051                    | 0.23                    | 0.08               | 0.22                    | 0.11               |
| 统计修正系数   | 1.019                  | 0.992                      | 0.993               | 1.023                    | 0.90                    | 0.96               | 0.90                    | 0.95               |
| 标准值      | 32.439                 | 1.872                      | 1.914               | 0.931                    | 30.10                   | 16.17              | 21.60                   | 12.31              |

2、在砂质粘性土内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-3-4。

表 5-3-4 砂质粘性土主要物理力学性质指标成果表

| 试验编号     | 天然含水率    | 天然密度     | 饱和密度     | 孔隙比      | 直接快剪   |        | 饱和直接快剪 |        |
|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|
|          | $\omega$ | $\rho$   | $\omega$ | $e_0$    | $\phi$ | c      | $\phi$ | c      |
|          | %        | $g/cm^3$ | %        | $g/cm^3$ | (°)    | kPa    | (°)    | kPa    |
| AJT15-4  | 29.0     | 1.90     | 1.94     | 0.854    | 32.2   | 20.2   | 23.2   | 15.3   |
| AJT15-5  | 30.0     | 1.88     | 1.91     | 0.888    | 28.6   | 18.6   | 21.3   | 14.3   |
| AJT15-6  | 26.0     | 1.96     | 1.98     | 0.755    | 25.6   | 17.5   | 19.8   | 12.5   |
| AJT15-7  | 33.0     | 1.88     | 1.92     | 0.924    | 21.5   | 16.9   | 16.5   | 12.7   |
| AJT15-12 | 28.6     | 1.84     | 1.88     | 0.901    | 38.6   | 16.9   | 23.6   | 12.4   |
| AJT15-15 | 32.0     | 1.86     | 1.90     | 0.703    | 28.2   | 17.2   | 19.8   | 12.3   |
| AJT15-18 | 36.0     | 1.86     | 1.91     | 0.945    | 32.2   | 16.8   | 26.9   | 14.3   |
| AJT15-19 | 34.5     | 1.86     | 1.90     | 0.945    | 26.8   | 17.8   | 22.6   | 11.8   |
| AJT15-20 | 32.2     | 1.84     | 1.89     | 0.892    | 32.2   | 16.8   | 28.6   | 12.9   |
| AJT15-23 | 30.0     | 1.89     | 1.93     | 0.895    | 43.8   | 21.4   | 32.6   | 17.6   |
| AJT15-24 | 31.0     | 1.88     | 1.92     | 0.902    | 39.6   | 17.3   | 24.5   | 12.6   |
| AJT15-29 | 31.2     | 1.89     | 1.92     | 0.902    | 35.6   | 17.2   | 20.6   | 12.4   |
| AJT15-31 | 26.0     | 1.94     | 1.99     | 0.760    | 34.2   | 18.6   | 23.5   | 14.3   |
| AJT15-35 | 31.0     | 1.87     | 1.91     | 0.919    | 42.5   | 18.6   | 32.6   | 14.8   |
| AJT15-36 | 31.0     | 1.91     | 1.94     | 0.866    | 36.5   | 17.2   | 19.8   | 14.2   |
| AJT15-37 | 33.0     | 1.91     | 1.95     | 0.922    | 28.6   | 15.6   | 20.6   | 12.2   |
| AJT15-38 | 34.0     | 1.86     | 1.92     | 0.960    | 31.5   | 17.2   | 19.8   | 11.8   |
| 平均值      | 31.088   | 1.884    | 1.924    | 0.878    | 32.835 | 17.753 | 23.312 | 13.435 |
| 标准差      | 2.720    | 0.033    | 0.029    | 0.072    | 6.089  | 1.388  | 4.541  | 1.546  |
| 变异系数     | 0.087    | 0.017    | 0.015    | 0.082    | 0.185  | 0.078  | 0.195  | 0.115  |
| 修正系数     | 1.040    | 1.008    | 1.007    | 1.038    | 0.915  | 0.964  | 0.910  | 0.947  |
| 标准值      | 32.341   | 1.899    | 1.938    | 0.912    | 30.030 | 17.113 | 21.219 | 12.723 |

3、在全风化状花岗岩内取样进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-3-5。

表 5-3-5 全风化状花岗岩主要物理力学性质指标表

| 试验编号     | 天然含水率    | 天然密度     | 饱和密度   | 孔隙比      | 直接快剪   |       | 饱和直接快剪 |       |
|----------|----------|----------|--------|----------|--------|-------|--------|-------|
|          | $\omega$ | $\rho$   | $\rho$ | $e_0$    | $\phi$ | c     | $\phi$ | c     |
|          | %        | $g/cm^3$ | %      | $g/cm^3$ | (°)    | kPa   | (°)    | kPa   |
| AJT15-8  | 27.0     | 1.93     | 1.96   | 0.80     | 32.5   | 18.6  | 21.4   | 13.4  |
| AJT15-9  | 23.5     | 1.98     | 2.01   | 0.69     | 41.2   | 22.3  | 31.2   | 16.5  |
| AJT15-13 | 29.0     | 1.84     | 1.89   | 0.92     | 36.6   | 20.4  | 26.5   | 16.8  |
| AJT15-14 | 34.0     | 1.88     | 1.91   | 0.93     | 30.2   | 18.9  | 22.1   | 14.8  |
| AJT15-25 | 30.0     | 1.87     | 1.92   | 0.88     | 29.9   | 19.6  | 23.5   | 13.6  |
| AJT15-26 | 27.0     | 1.89     | 1.91   | 0.83     | 36.8   | 20.2  | 25.3   | 14.8  |
| 平均值      | 28.417   | 1.898    | 1.933  | 0.842    | 34.53  | 20.00 | 25.00  | 14.98 |
| 标准差      | 3.527    | 0.050    | 0.044  | 0.091    | 4.43   | 1.33  | 3.59   | 1.42  |
| 变异系数     | 0.124    | 0.026    | 0.023  | 0.108    | 0.13   | 0.07  | 0.14   | 0.09  |
| 统计修正系数   | 1.057    | 0.988    | 0.989  | 1.050    | 0.94   | 0.97  | 0.93   | 0.96  |
| 标准值      | 30.042   | 1.875    | 1.913  | 0.884    | 32.49  | 19.39 | 23.35  | 14.33 |

4、滑带土主要发育于砂质粘性土中，根据钻孔取得的 6 组滑带土（或似滑带土）进行室内土工试验。主要物理力学性质指标成果见表 5-3-6。

表 5-3-6 滑带土主要物理力学性质指标表

| 试验编号     | 天然含水率<br>$\omega$ | 天然密度<br>$\rho$ | 饱和密度<br>$\rho_o$ | 孔隙比<br>$e_o$ | 直接快剪          |             | 饱和直接快剪        |             |
|----------|-------------------|----------------|------------------|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|          |                   |                |                  |              | 粘聚力<br>$\phi$ | 内摩擦角<br>$c$ | 粘聚力<br>$\phi$ | 内摩擦角<br>$c$ |
|          | %                 | $g/cm^3$       | %                | $g/cm^3$     | (°)           | kPa         | (°)           | kPa         |
| AJT15-3  | 32.2              | 1.91           | 1.95             | 0.9          | 23.4          | 16.5        | 19.6          | 13.4        |
| AJT15-11 | 36                | 1.86           | 1.9              | 1.01         | 24.5          | 15.3        | 16.5          | 11.2        |
| AJT15-17 | 32                | 1.91           | 1.96             | 0.9          | 39.6          | 18.2        | 26.5          | 13.8        |
| AJT15-22 | 34                | 1.85           | 1.89             | 1            | 28.6          | 15.8        | 19.8          | 12.1        |
| AJT15-30 | 29.8              | 1.93           | 1.96             | 0.82         | 32.20         | 15.6        | 16.3          | 11.2        |
| AJT15-34 | 32.0              | 1.86           | 1.92             | 0.94         | 38.8          | 16.8        | 30.5          | 13.9        |
| 平均值      | 32.667            | 1.887          | 1.930            | 0.928        | 31.18         | 16.37       | 21.53         | 12.60       |
| 标准差      | 2.108             | 0.034          | 0.031            | 0.071        | 6.95          | 1.06        | 5.74          | 1.26        |
| 变异系数     | 0.065             | 0.018          | 0.016            | 0.077        | 0.22          | 0.06        | 0.27          | 0.10        |
| 统计修正系数   | 1.030             | 0.992          | 0.993            | 1.035        | 0.90          | 0.97        | 0.88          | 0.95        |
| 标准值      | 33.638            | 1.871          | 1.916            | 0.961        | 27.98         | 15.88       | 18.89         | 12.02       |

## 六、滑坡成因分析

根据地雷滑坡发生的时间及特征，地雷滑坡形成的主要内因为斜坡体物质组成、微地貌特征等，主要外因为强降雨和坡脚削坡。

### (一) 连续强降雨

连续强降雨是诱发该斜坡发生滑坡的最主要的激发因素，降雨导致斜坡自重增加和土体力学强度大幅度降低。据调查访问，地雷滑坡发生于2000年6月9日凌晨强降雨期间。

### (二) 人类工程活动

当地村民削坡建房，在坡脚开挖形成高2~4.8m的人工边坡，开挖的边坡导致斜坡表层土体前缘形成临空面，破坏了斜坡表层土体的力学平衡，坡脚开挖为斜坡发生滑坡地质灾害重要的外部因素。

### (三) 微地貌特征

斜坡区坡度较大，发生滑坡区域坡度一般在35~40°之间，发生滑坡区坡度较陡。

### (四) 地层岩性

地雷滑坡体发育于砂质粘土、砂质粘性土中，物质成份为粘土、中粗砂及少量的角砾。粘粒以硬塑状为主，在天然状态下，力学强度较高，但该土层水稳定性差，遇水易于崩解或者发生软化。试验可知砂质粘土和砂质粘性土为弱透水层，表层土体在长期降雨条件下，降水较一般的粘性土更容易入渗，导致坡体容重增重和土体的力学强度指标降低。

## 七、滑坡稳定性分析与评价

### (一) 稳定性定性分析

#### 1、滑坡区稳定性定性评价

从地雷滑坡的微地貌形态、地表破坏和变形特征、钻孔揭露的地层岩性来看，地雷滑坡现状主要滑坡形式为浅层滑坡，滑坡厚度一般为3~5m。其稳定性定性评价具体见表5-3-1。

调查访问可知，近几年滑坡在暴雨情况下整体未见明显的变形破坏现象，滑体上的裂缝也都充填闭合；但坡脚现状有二次切坡现象，且部分地段切坡坡度达到70°，高度达到4m以上；连续

强降雨期间和连续强降雨后坡脚部分地段还有冒混水现象。故定性判断该滑坡在暴雨工况下处于欠稳定状态，部分坡体较陡区域处于不稳定状态。现状调查和访问可知该斜坡在天然状态下未见有变形等迹象发生，故可定性判断滑坡在天然工况下处于稳定状态。

**表 5-3-1 滑坡整体稳定性定性评价表**

| 剖面号     | 地表变形特征  | 剪出口位置    | 后缘位置    | 稳定性定性评价 |         |
|---------|---|----------|---------|---------|---------|
|         |   |          |         | 天然工况    | 暴雨工况    |
| 1-1' 剖面 | 后缘形成下挫，最大挫距约1m；坡体中上部有滑坡台坎发育；坡脚形成带状滑坡。         | 民房背后切坡坡脚 | 后缘整体下挫处 | 稳定      | 欠稳定     |
| 2-2' 剖面 | 后缘形成下挫，最大挫距约1m；坡体中上部有滑坡台坎发育；坡脚形成带状滑坡，滑体推移至墙体。 | 民房背后切坡坡脚 | 后缘整体下挫处 | 稳定      | 欠稳定     |
| 3-3' 剖面 | 后缘形成下挫，最大挫距约0.6m；滑体推移至墙体。该处滑体坡度较大，整体达到38°。    | 民房背后坡脚   | 后缘整体下挫处 | 稳定      | 欠稳定或不稳定 |

## 2、滑壁稳定性定性评价

由于滑坡后壁坡度较大，临空条件好，强降雨时在滑坡陡峭的滑壁处仍旧有发生小规模崩滑的迹象，如 2006 年、2008 年雨季都有小规模崩滑发生。因此可定性判断部分陡峭滑壁在暴雨工况下处于不稳定状态。

### (二) 稳定性定量分析

#### 1、计算公式

本次计算运用计算表格采用传递系数法并结合理正软件、geoslope 等数值软件开展滑坡稳定性系数及剩余下滑推力计算。稳定性系数计算公式和剩余下滑推力计算公式同第一节。

#### 2、计算工况和计算剖面的确定

滑坡滑带主要通过钻探揭露的相对软弱层、工程地质测绘和工程类比法等方法综合确定。在勘查期间坡体内未见稳定地下水位，滑坡所在的区域抗震设防烈度为 6°，故滑坡稳定性和推力计算的计算工况采用自重工况、暴雨工况两种工况。计算方法采用传递系数法进行稳定性分析和设计安全系数下的推力计算。

(1) 工况一：自重。计算时滑动面以上滑体重度采用天然重度，采用的重度参数主要采用砂质粘土和砂质粘性土的室内土工试验取值，滑体内砂质粘土天然重度取值取 18.34KN/m<sup>3</sup>，滑体内砂质粘性土天然重度取 18.61 KN/m<sup>3</sup>，滑带抗剪强度参数采用室内土工试验取得的强度参数然后反演取得的土体天然状态下的抗剪强度参数。

(2) 工况二：自重+暴雨工况。由于滑体渗透系数大于  $1 \times 10^{-7}$ m/s，根据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T 0218-2006) 12.4.5 条，因此计算时地下水水位以下滑体重度采用浮重度，计算渗透压力。降雨形成的浅层滞水形成的地下水水位按滑体厚度的 1/2 进行计算。滑体内砂质粘土饱和重度取值取 18.76KN/m<sup>3</sup>，滑体内砂质粘性土饱和重度取值取 18.99KN/m<sup>3</sup>，相应的浮重度取值取 8.76KN/m<sup>3</sup> 和 8.99 KN/m<sup>3</sup>；滑带抗剪强度参数采用室内土工试验取得的饱和状态下的强度参数然后反演取得的土体饱和状态下的抗剪强度参数。

1-1'剖面、2-2'剖面和3-3'剖面滑坡在天然工况和暴雨工况下稳定性计算简图见图 5-3-2。

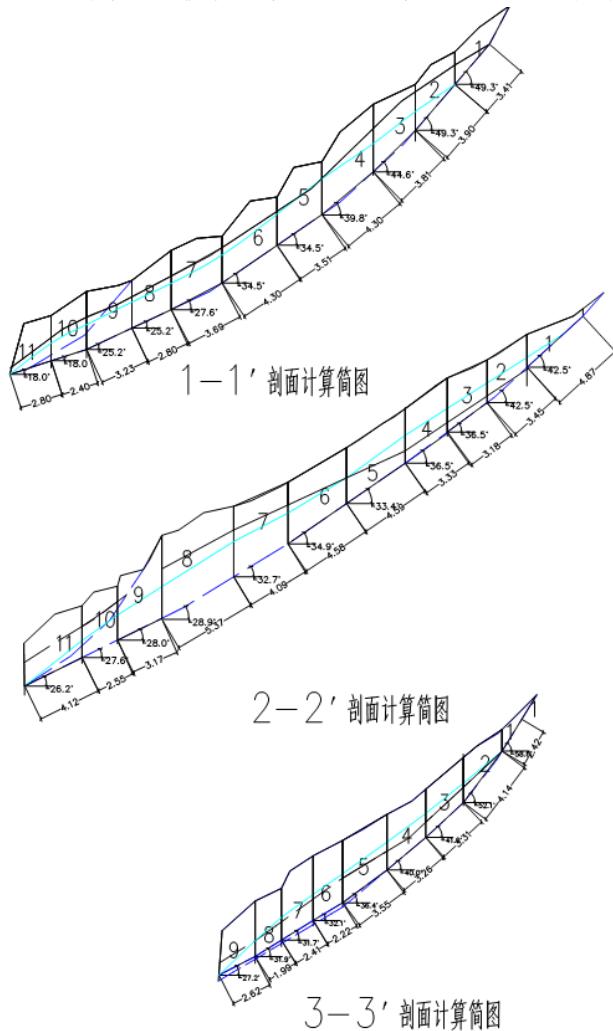


图 5-3-2 滑坡稳定性计算简图

### 3、因素敏感性分析

滑坡参数的取值是滑坡稳定性计算的关键，为了了解参数取值对滑坡稳定性的影响，根据室内试验取得的滑带强度参数，在暴雨工况条件下，对滑坡 2-2' 剖面的稳定性系数与  $C$ 、 $\Phi$  值的关系进行因素敏感性分析得出表 5-3-2。通过计算分析，对滑坡稳定性受  $C$ 、 $\Phi$  值变化情况有了一个较明确的了解。

由表 4-2 的滑带土  $C$ 、 $\Phi$  值因素敏感性分析结果表明：

(1) 在暴雨工况下，滑带土  $\tan(\Phi)$  值每减小或增加测试值的 5% 时，稳定性系数平均减小或增加 0.0125；(2) 在暴雨工况下，滑带土  $C$  值每减小或增加测试值的 5% 时，稳定性系数平均减小约 0.0305；(3) 在暴雨工况下，当  $C$  值在 17.95~24.56kPa、 $\Phi$  值在 11.44~14.33° 间变化时，滑坡的稳定性系数范围值为 0.795~1.063。

通过参数反演可知，地雷滑坡的稳定性受滑带  $C$  值变化影响大于  $\tan(\Phi)$  值的影响， $C$  值的敏感性大于  $\tan(\Phi)$ ，影响幅度为 2.5:1。

表 5-3-2 滑带土 C、 $\Phi$  值因素敏感性分析表

| 稳定性系数 Fs       |       | 内摩擦角 $\Phi$ (°) |       |       |       |       |
|----------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| (工况 II)        | 11.44 | 12.02           | 12.60 | 13.18 | 13.76 | 14.33 |
| Tan( $\Phi$ )  | 0.202 | 0.213           | 0.224 | 0.234 | 0.245 | 0.256 |
| 内聚力 C<br>(kPa) | 17.95 | 0.795           | 0.807 | 0.820 | 0.833 | 0.845 |
|                | 18.89 | 0.824           | 0.837 | 0.849 | 0.862 | 0.875 |
|                | 19.83 | 0.853           | 0.866 | 0.878 | 0.891 | 0.904 |
|                | 20.78 | 0.883           | 0.895 | 0.908 | 0.920 | 0.933 |
|                | 21.72 | 0.912           | 0.925 | 0.937 | 0.949 | 0.963 |
|                | 22.67 | 0.941           | 0.954 | 0.966 | 0.979 | 0.992 |
|                | 23.61 | 0.970           | 0.983 | 0.995 | 1.008 | 1.021 |
|                | 24.56 | 1.00            | 1.012 | 1.025 | 1.038 | 1.050 |
|                |       |                 |       |       |       | 1.063 |

#### 4、滑带土参数的确定

斜坡体上共布置有 3 条勘查纵剖面线，将 2-2' 剖面作为滑带参数反演剖面。

目前滑坡地表变形主要表现为后缘和侧边界形成明显下挫；坡体上滑坡台坎发育；坡体上由于不同区域滑动规模和速度等不同形成冲沟。现状在暴雨条件下滑坡体未发生明显的新的变形迹象，但连续强降雨时在坡脚附近局部地段仍有混水冒出。而天然状态下现状滑坡未见有新的变形迹象。故反演参数时综合确定滑坡在工况 I (天然状态) 下稳定性系数取 1.20 (稳定状态)、在工况 II (暴雨状态) 下稳定性系数取 1.00 (欠稳定状态) 作为稳定性系数进行参数反演。

通过对滑带土取不同的 C 和  $\phi$  值进行滑坡稳定性敏感性分析可知，该滑坡稳定性受 C 变化影响幅度较  $\tan(\Phi)$  值的变化影响幅度大。根据类似工程经验和现场勘查揭露土体分析，对 2-2' 剖面采用“强度折减法”进行参数反演，采取室内试验所得的滑带土强度 C 和  $\tan(\Phi)$  值按 2.5:1 的比例进行参数反算，最终确定滑带的 C 和  $\phi$  值如表 5-3-3。

表 5-3-3 滑带抗剪强度最终取值表

| 天然工况        |                    | 饱和工况        |                    |
|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
| C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\phi$ (°) | C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\phi$ (°) |
| 25.66       | 13.63              | 23.33       | 13.12              |

#### 5、滑坡稳定性计算

根据《滑坡防治工程勘查规范》第 12.4.6 条的规定，斜坡稳定状态应根据其稳定系数按表 5-3-4 确定。

按照上述工况及方法进行滑坡稳定性计算，计算结果见表 5-3-5。

根据容县杨梅镇石岭村地雷滑坡各剖面稳定性计算成果，按表 5-3-5 对滑坡稳定性进行定量评价如下：天然工况下（工况一）：滑坡稳定性系数为 1.172~1.221，滑坡整体处于稳定状态，1-1'、2-2'、3-3' 剖面都处于稳定状态；暴雨工况下（工况二）：滑坡稳定系数为 0.981~1.028，滑坡整体处于不稳定~欠稳定状态，其中 1-1'、2-2' 剖面处于欠稳定状态，3-3' 剖面处于不稳定状态。

表 5-3-4 斜坡稳定状态分级表

| 滑坡稳定系数 F        | $F < 1.00$ | $1.00 \leq F < 1.05$ | $1.05 \leq F < F_{st}$ | $F \geq 1.15$ |
|-----------------|------------|----------------------|------------------------|---------------|
| 滑坡稳定状态          | 不稳定        | 欠稳定                  | 基本稳定                   | 稳定            |
| 注：F 为滑坡稳定性安全系数。 |            |                      |                        |               |

表 5-3-5 滑坡稳定性计算成果汇总表

| 计算剖面   | 滑面位置      | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |  |
|--------|-----------|------|-------|------|--|
| 1-1'剖面 | 发育于砂质粘性土中 | 工况一  | 1.221 | 稳定   |  |
|        |           | 工况二  | 1.028 | 欠稳定  |  |
| 2-2'剖面 |           | 工况一  | 1.20  | 稳定   |  |
|        |           | 工况二  | 1.00  | 欠稳定  |  |
| 3-3'剖面 |           | 工况一  | 1.172 | 稳定   |  |
|        |           | 工况二  | 0.981 | 不稳定  |  |

### (三) 滑坡稳定性综合评价

通过定性评价和定量计算可知，地雷滑坡在暴雨饱和条件下整体处于欠稳定状态，部分坡度陡峭区域处于不稳定状态；在天然自重工况下滑坡整体应处于稳定状态。因此，为保证滑坡具有足够的安全储备，保证滑坡前侧地雷屯居民区的安全，需尽快采取工程治理措施。

### (四) 滑坡变形发展趋势

据本次调查和勘察并结合稳定性计算表明，地雷滑坡暴雨工况时整体处于欠稳定状态，部分坡度较大区域呈不稳定状态。

其发展趋势主要为：滑坡前缘部分段临空，虽然大部分区段受前侧民房的阻挡，但剪出口附近部分区域仍存在高陡切坡；坡体已经整体发生大规模的滑动，坡体上有大量的滑坡台坎，组成滑体的土体结构较为松散，且滑体的渗透性相对较好；连续强降雨时或者连续强降雨后坡脚附近有时有混水渗出（钻孔 ZK02# 钻探时加水回旋钻进时民房 M2 处底有混水冒出）。另外滑壁高陡，且组成滑壁的土体水稳定性差。综合分析，滑坡在暴雨条件下滑坡还有可能发生整体变形甚至重新滑坡动或者发生前缘局部滑坡、高陡滑壁区域极有可能发生局部滑坡。

## 八、防治建议

根据滑坡的变形破坏特征、滑坡的稳定性情况及其危害对象的分布范围综合分析，建议采取地表排水+护坡+支挡的治理方案：

1、在滑坡后缘外围布置截排水沟，以便及时疏导地表水；在滑坡体上布置坡内排水沟，以减少地表水的入渗；2、采用生态护坡，在滑坡后缘和滑壁附近及滑坡外围进行植草护坡；3、坡脚裸露处修筑挡土墙；4、若前侧民房需拆除重建，则尽量避免在雨季拆房，且拆房时需边拆除边修砌筑挡土墙，以防止大规模扰动剪出口附近的滑体而导致滑坡再次失稳。5、开展施工期和治理工程效果监测；通过及时巡查和简易监测，及时了解滑坡的变形情况，以确保安全。

## 第四节 石寨镇下烟村平梨滑坡

### 一、滑坡概述

平梨滑坡位于玉林市容县石寨镇下烟村平梨组，地理坐标为 X: 2519847; Y: 19459708 (东经 110°36'28" 北纬 22°46'34")，见照片 5-4-1。

滑坡主要发育在山体高程 115m 以下斜坡地带。斜坡变形特征十分明显，坡面上有多条滑坡裂缝，后缘形成明显的拉张裂缝和滑壁。1994 年暴雨期间斜坡体中下部发生变形，并在 2002 年 8 月发生大规模滑动，2010 年 6 月 2 日连续暴雨期间又形成新的滑坡，并且发生

整体滑动，形成了明显的剪出口破坏特征，如位于平梨组居民房背后的二级斜坡坡脚处形成了线状滑塌带，滑塌带长度达到了 70 余 m，部分挡墙变形，局部挡墙倾倒。另外，位于斜坡体北侧民房背后的斜坡坡脚在 2010 年 6 月发生剧烈滑动（②#滑塌），滑塌前缘土体已堆积至民房窗户处；位于居民区前侧的一级斜坡地带也形成了滑塌，造成机耕道 20 余 m 损坏。在当地国土部门有力的组织和群测群防体系的有力的执行下，虽未直接造成当地居民伤亡，但滑坡地质灾害已经严重影响到当地居民正常的生产生活。

由于滑坡稳定性差，规模相对较大，且当地连续强降雨天气又时有发生，已导致滑坡多次发生变形。滑坡一旦大规模失稳，将直接威胁前缘平台上居住的平梨组 23 户 120 人生命及财产安全。



照片 5-4-1 平梨滑坡全貌

## 二、勘查工作布置及完成的工作量

### (一) 工作布置

- 1、地形测量：比例尺为 1:1000，测量面积  $0.03\text{km}^2$ 。
- 2、工程地质测绘：比例尺为 1:1000，测绘区面积  $0.03\text{km}^2$ 。
- 3、勘探剖面：沿主滑方向布置了 3 条纵向和 3 条横向的勘探剖面，剖面线间距 18~20m。
- 4、物探：沿勘探线共布置了 6 条物探测线。
- 5、工程地质钻探：在工程地质测绘成果的基础上，沿纵向勘探剖面布置 3 条钻探剖面，主剖面布置 3 个钻孔，两侧辅助剖面共布置 5 个钻孔，共布置 8 个钻孔，所有的钻孔都钻进滑面及推测可能形成的滑面以下至少 2m。
- 6、槽探：沿滑坡周界、滑坡前缘坡脚共布置 4 个探槽，其中滑坡周界布置探槽 2 个，滑坡前缘坡脚布置探槽 2 个。
- 7、原位测试及室内试验：标准贯入试验、室内岩土物理力学性质试验等。

## (二) 完成的工作量

容县石寨镇下烟村平梨滑坡勘查完成的工作量见表 5-4-1。

**表 5-4-1 工作量完成一览表**

| 项目   | 单位             | 工作量              | 项目     | 单位   | 工作量      |   |    |
|------|----------------|------------------|--------|------|----------|---|----|
| 野外工作 | 地形测量 (1:500)   | km <sup>2</sup>  | 0.07   | 室内试验 | 常规土样试验   | 组 | 21 |
|      | 工程地质测绘(1:1000) | km <sup>2</sup>  | 0.07   |      | 饱和土样试验   | 组 | 20 |
|      | 物探 (地质雷达)      | 条/km             | 8/1.32 |      | 岩样试验     | 组 | 5  |
|      | 钻孔数            | 个                | 8      |      | 颗粒分析     | 组 | 0  |
|      | 钻探进尺           | m                | 122.4  |      | 水样 (简分析) | 件 | 1  |
|      | 地质剖面测量 (1:500) | 条/km             | 6/0.73 |      | /        | / | /  |
|      | 取土样            | 件                | 32     |      | /        | / | /  |
|      | 取岩样            | 件                | 10     |      | /        | / | /  |
|      | 探槽             | 个/m <sup>3</sup> | 4/10.5 |      | /        | / | /  |
|      | 标准贯入试验         | 次                | 6      |      | /        | / | /  |
|      | 单环法渗水试验        | 处                | 2      |      | /        | / | /  |

## 三、滑坡所处地质环境条件

### (一) 地形地貌

滑坡所在山丘丘顶标高 150m，山坡自然坡度约 25°，斜坡西侧沟谷剖面形态呈“U”型，沟底标高约 75m，山顶与沟底高差 80m；滑坡所处斜坡微地貌上地形呈较为明显的三级斜坡状，其中一级斜坡高 7m 左右，斜坡东侧为宽 20~25m 的平台，二级斜坡高 4~5m 左右，下侧为人工开挖的平台，三级斜坡高约 50m；斜坡表层植被发育中等，坡面多松树及杂草，植被覆盖率约 70%；滑坡区出露的主要地层岩性为表层为第四系全新统残坡积、滑坡堆积形成的粘土，中部为厚约 20 余 m 的第三纪邕宁群半成岩状红色砂砾岩，下伏红色的砂砾岩；滑坡前缘（标高 85.5~86.5m）为一宽度约为 25~35m 的宽阔的平台，平台上为平梨组居民建筑，经访问，60 年代初在修建民房前此处为一阶梯状平台，修建民房时小规模开挖、填方形成现有的平台地形；在民房后侧因修建房屋的需要开挖了大量边坡，边坡高度一般为 1.5~2m，坡度近直立。

### (二) 地层岩性

经工程地质测绘和钻探揭露，勘查区地层岩性主要为第四系滑坡堆积 ( $Q_4^{del}$ )、残坡积 ( $Q_4^{el+dl}$ ) 粘土层、第三系邕宁群 (Ey) 全风化~微风化状砾岩层。现将各地层工程地质基本特征由新至老分述如下。

#### 1、第四系全新统滑坡堆积 ( $Q_4^{del}$ )、残坡积 ( $Q_4^{el+dl}$ ) 粘土层

粘土呈棕黄色，可塑~硬塑状，手捏具有微弱的细砂感，能搓成土条，用手指碾压呈薄饼状，周围未见裂纹，无出水现象。含少量强风化~全风化状砂岩和粉砂岩角砾和碎石。粘土层厚为 1.0~2.3m；该层表层 0.2~0.6m 含有较多的植物根系和有机物，多呈浅褐色。经钻探干钻揭露可知，局部粘土层中可见含水率较高、土体结构明显松散的软弱层。

#### 2、第三系邕宁群 (Ey) 全风化状砾岩层

岩石整体风化呈土状，呈棕黄色，泥质胶结为主，粘性较强，无明显的层理构造，见照片 5-4-2。砾岩胶结物多风化为粘土状；岩屑风化严重，多为风化剧烈的砂岩和粉砂岩，夹有石英碎屑，铁质锈染现象严重。岩石强度低，用手能瓣裂，遇水迅速软化。钻孔揭露该层厚 1.5~8.65m。钻探揭露局部全风化层中见有粘粒含量和含水率明显较高的软弱层。

### 3、第三系邕宁群 ( $E_y$ ) 强风化半成岩状砾岩层

岩石整体呈半成岩状，红色，泥质胶结为主，无明显的层理构造，见照片 5-4-3。砾石含量 65~75%左右，粒径为 0.5~2cm，多呈次棱角状。岩屑风化较严重，多为强风化状砂岩和粉砂岩，偶夹有石英颗粒；局部岩屑为灰白色的粉砂质泥岩，亲水性极强。岩石强度整体较低，胶结差，用手能瓣裂；岩石有亲水性，遇水迅速发生软化和崩解。在稳定水位以下取芯胶结物多呈泥浆状。钻孔揭露该层厚度大于 10m。

### 4、弱风化状砾岩

红色，砂质胶结为主，砾石含量 65~80%左右，粒径为 0.5~2cm，最大达 5cm。多呈椭圆状。岩屑颗粒呈弱风化状，以砂岩为主。岩石强度较高，胶结好，锤击声脆，小刀不易刻划，岩石吸水性弱。取芯多呈短柱状、饼状，局部为长柱状，取芯最大节长达到 30cm。见照片 5-4-3。



照片 5-4-2 粘土~全风化状半成岩砾岩    照片 5-4-3 强风化半成岩状砾岩~弱风化砾岩

## (三) 地质构造

区域上，平梨滑坡位于北流复向斜的南东翼，主要构造线方向为北东~南西为主。滑坡点及附近多为第四系覆盖，工作区周围断裂、褶皱等次级构造不明显。

## (四) 水文地质条件

勘查区地下水类型有松散岩类孔隙水和碎屑岩（红层盆地）孔隙裂隙水 2 种。

第四系松散层一般为粘土、粘性土，粘粒成分含量高，颗粒级配不均匀（不均匀系数一般大于 10），故孔隙度低，透水性较弱。地下水主要接受大气降雨补给。单井涌水量小于  $100\text{m}^3 / \text{d}$ ，水量贫乏。地下水多以下降泉的形式于沟谷低洼处排泄。现场调查可见泉水从滑坡前缘呈分散状渗出，流量小于 0.1L/S，据访问，这些泉水仅在雨季渗出，旱季干枯。

碎屑岩（红层盆地）孔隙裂隙水赋存于第三纪邕宁群含砾砂岩孔隙及构造裂隙中。主要接受大气降雨补给，并于溪沟底部、沟侧等地排泄出地表形成季节泉、沟尾泉等。由于岩性、地貌、补给条件所限，盆地内的地层大都含水微弱，据钻孔抽水试验，涌水量小于  $100\text{m}^3/\text{d}$ ，水量贫乏。

根据访问，在平梨滑坡区附近连续强降雨可见有泉点 2 个，主要分布在民房背后和前侧垮塌

堆积体上部，一般降雨情况下未见泉水渗出；2处泉点都在2010年6月连续几天强降雨才发现的，泉水清澈，在勘察期间暴雨过后都未见泉水流出。通过对斜坡前缘井点水位观测，地下水变幅与大气降雨量有一定的关系，并且受到斜坡西侧河流和降雨补给。据钻探揭露，稳定地下水位位于强风化状砾岩层中，埋深在13.3~17.8m（高程+80.8~+81.8），地下水量较为丰富；且初见水位（高程+75.9~+75.5）与斜坡西侧河流水位（勘查期间水位高程为+76m左右）基本一致。野外渗水试验结果表明，表层坡残积粘土渗透性较差，而全风化状砾岩层基本上属于不透水层，见表5-4-1。

**表5-4-1 平梨滑坡岩土体渗透系数表**

| 岩性          | 代号          | 渗透系数(m/d) |
|-------------|-------------|-----------|
| 表层残积层(粘土为主) | $Q^{el+dl}$ | 0.26      |
| 全风化状砾岩      | Ey          | 0.0015    |

## 四、滑坡发育特征

### （一）滑坡形态特征

平梨滑坡发育于居民区背后斜坡上，平梨滑坡整体呈半圆状。滑坡区地形整体坡度20°左右，主滑方向220°。平梨滑坡分级滑动迹象较为明显，滑坡总体呈两级滑动。坡勘查平面图见图5-4-1，滑坡勘查纵剖面图见图5-4-2~5-4-4。

平梨滑坡区I级滑坡（①#滑坡区）位于平梨滑坡的中上部（二级平台以上，高程93.6~95m），此区为强变形区，该滑坡于1994年暴雨期间发生变形，并在2002年8月发生大规模滑动，并形成错落陡坎和后缘，①#滑坡区滑坡后缘位于后侧错落陡坎处，剪出口位置位于二级平台上的村道附近，剪出口附近的主要特征为小垮塌。该滑坡平均厚度为2m左右，宽约60m，长约50m，滑体体积约为4500m<sup>3</sup>。

平梨滑坡沿深层滑动面（沿II级滑带）滑动的剪出口位于居民区背后，高程为85~86m，现状变形特征为发育带状滑塌及挡墙变形和破坏；滑坡后缘位于高程110~116m处，以滑坡滑动形成的贯通性裂缝和下错陡坎为界，前后缘高差30m左右；左侧以后缘裂缝延伸终止处和陡坎为界；右侧以后缘裂缝延伸终止处和植被变形特征来判断。滑坡总体宽约70m，长约70m，平均厚度约4m，体积约为20000m<sup>3</sup>。

### （二）滑坡变形破坏特征

根据调查，目前平梨滑坡地表变形特征主要表现为前缘形成垮塌带，滑坡体中、前部表层出现多条横、纵向拉张裂缝及错落小坎，后缘形成贯通性的拉张裂缝和滑壁。

#### 1、滑坡后缘特征

（1）该滑坡后缘由一系列的下陷平台和拉裂缝组成，下陷平台宽度约2~3m，地表坡度约10~15°，下陷平台上植被倾倒严重。（2）主断壁和拉张裂缝较发育，地表上多表现为一系列残存的坡度在60°~70°的小陡坎，陡坎一般高在0.8~1.5m，大部分保留断壁特征，局部因地表雨水冲刷和耕作而不明显。（3）沿后缘有一条长约100m的滑坡陡坎，坎高0.5~1.5m，该拉张裂缝由滑坡逐年滑动拉裂而成，形成时间较长，且多发生在雨季，大部分已被雨水冲刷物所充填，充填物主要为表层浅褐色的耕表土。（4）浅层滑坡滑动后缘滑壁形成临空面，在强降雨等不利条件下临空面表层土体发生小规模垮塌，形成逐年向后缘发展现象。见照片5-4-4、5-4-5。



照片 5-4-4 后缘滑壁



照片 5-4-5 探槽揭露的后缘裂缝特征

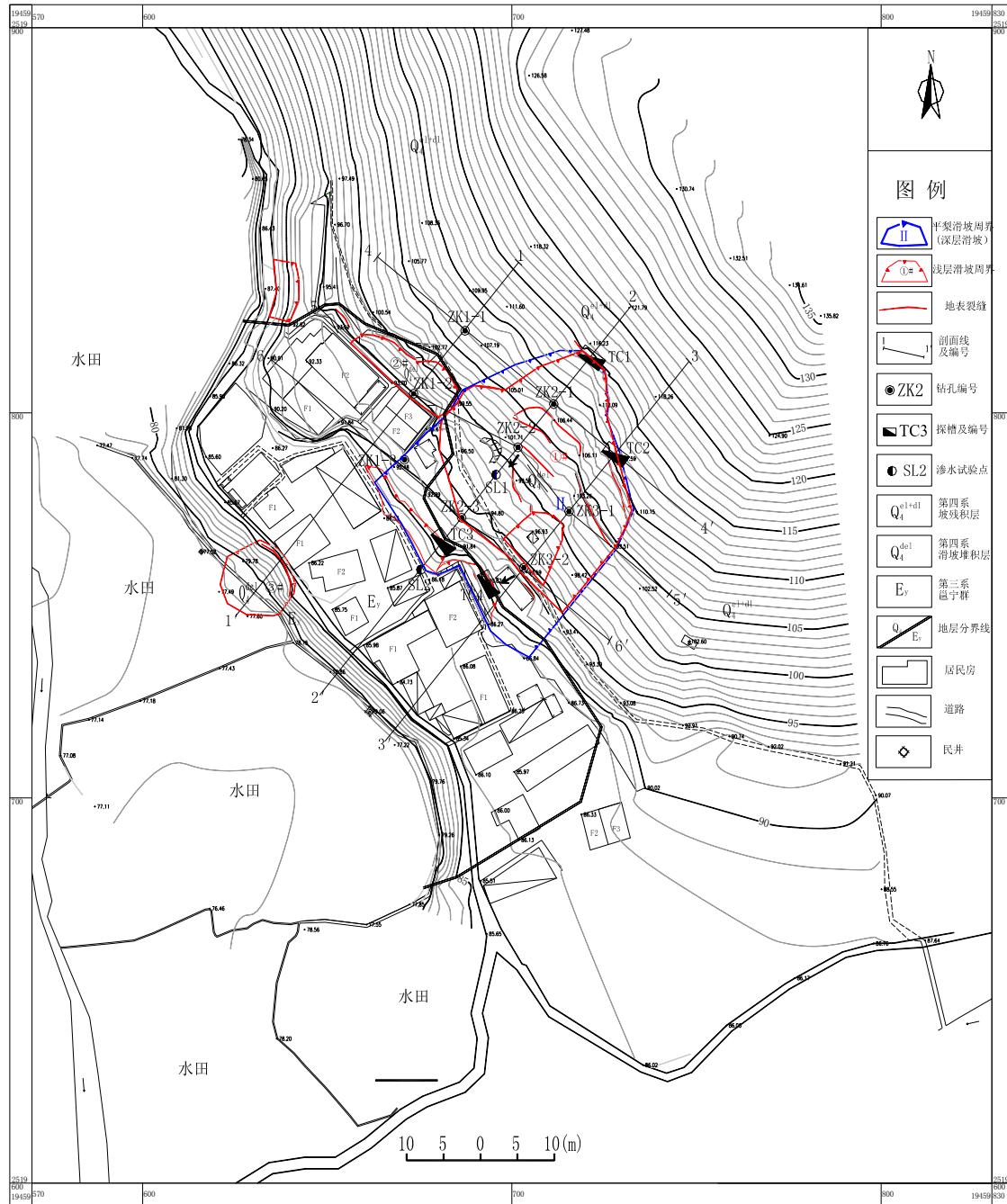


图 5-4-1 平黎滑坡勘查平面图

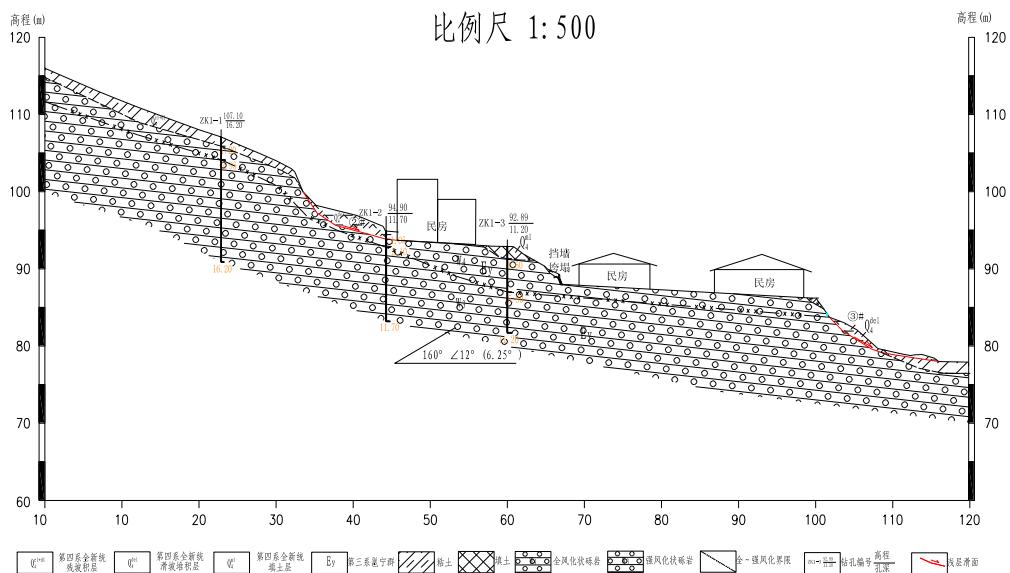


图 5-4-2 平黎滑坡工程地质 1-1' 剖面

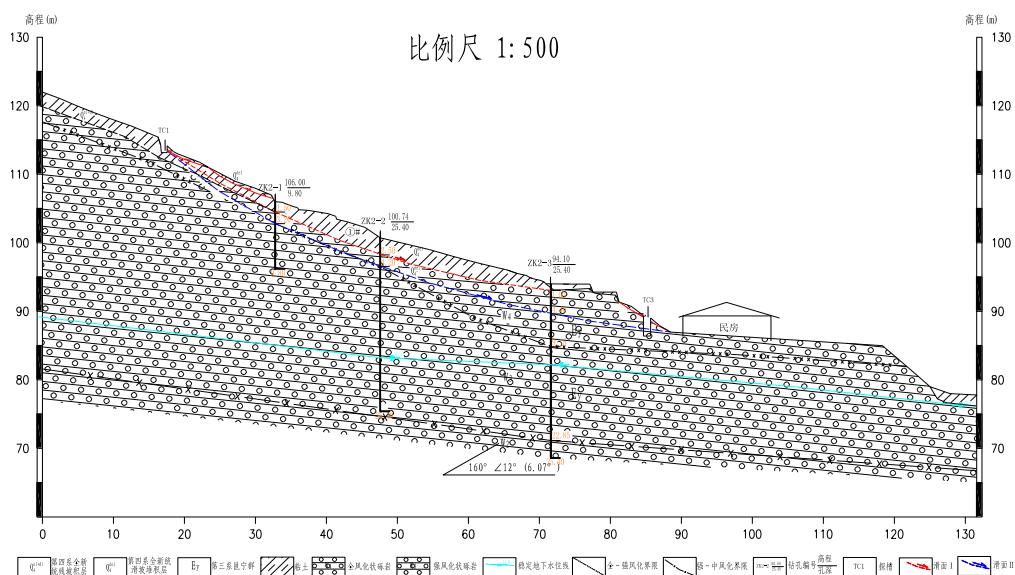


图 5-4-3 平黎滑坡工程地质 2-2' 剖面

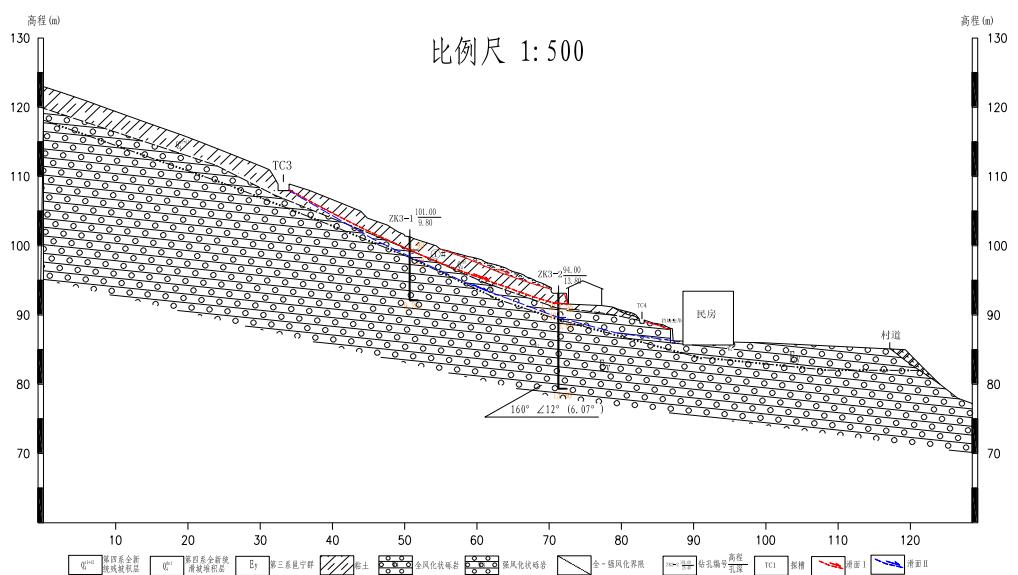


图 5-4-4 平黎滑坡工程地质 3-3' 剖面

## 2、滑坡前缘特征

(1) 滑坡前缘与 2010 年 6 月连续暴雨期间, 形成长约 65m 的滑塌带, 目前的破坏模式主要为浅层垮塌。且在 2010 年暴雨期间在坡脚处形成泉点。(2) 前缘伴随的主要地物破坏现象为挡墙垮塌和变形, 斜坡上的民房也有沉降破坏现象。(3) 滑坡前侧砖房未见变形破坏现象, 地表也无明显的隆起等现象, 故可判断滑坡剪出口位置应位于民房后侧。剪出口北西侧部分形成的带状垮塌长约 37 m, 该段形成于 2010 年 6 月强降雨期间, 垮塌带高约 3m, 斜长 4m, 后缘陡坎下挫约 0.5~1m, 见照片 5-4-6。经访问, 在 2010 年 6 月强降雨期间在坡脚处有一处集中渗水点; 2011 年 7 月降雨期间未见泉点; 该段部分简易挡墙发生倒塌, 见照片 5-4-7。



照片 5-4-6 剪出口附近形成带状浅层滑塌



照片 5-4-7 挡墙垮塌

剪出口南东侧部分主要变形特征为挡墙变形, 见照片 5-4-8; 部分挡墙上侧土体发生了“越顶”现象, 见照片 5-4-9。挡墙中部产生 15cm 左右的鼓胀, 中间段发生明显下沉, 下沉量达 15cm, 墙体裂缝宽度为 5~10cm。挡墙后侧斜坡表层目前有明显的拉张裂缝, 裂缝最宽达到 15cm, 呈近垂直向发育, 延伸入全风化层。由于表层土充填, 探槽揭露裂缝延伸方向和滑带都不甚清晰。二级平台上的便道在强降雨期间也发生了下沉。



照片 5-4-8 挡墙鼓胀、沉降



照片 5-4-9 挡墙上侧滑体“越顶”

## 3、滑坡岩土体结构特征

### (1) 滑体特征

据钻探、槽探及地面调绘可知, 平梨滑坡体的物质组成以粘土和全风化状半成岩状砾岩为主, 空间分布上各土层呈层状分布, 土性变化不大。粘土呈棕黄色, 稍湿, 硬塑~可塑, 手捻有轻微

砂感，含少量强风化～全风化状砂岩和粉砂岩角砾和碎石。粘土层厚为1.0～2.3m；该层表层0.2～0.6m含有较多的植物根系和有机物，多呈浅褐色。全风化状砾岩整体风化呈土状，粘性较强。呈棕黄色，风化呈花斑状，泥质胶结为主，无明显的层理构造。砾岩胶结物多风化为粘土状；岩屑风化严重，多为风化剧烈的砂岩和粉砂岩，夹有石英碎屑，铁质锈染现象严重。

### （2）滑带特征

根据勘探，I级滑坡滑带土在ZK3-1钻孔1.55～1.90m、ZK3-2钻孔1.7～2.0m、ZK2-1钻孔1.3～1.5m范围内有揭露。浅层滑带物质为粘土，呈浅黄色，潮湿，局部高岭土化，现场判断主要呈可塑状，质软，手捻滑腻感较强，见照片5-4-10。



照片5-4-10 ZK3-2中揭示滑带土



照片5-4-11 ZK2-1全风化层中揭露的软弱层

根据勘探，II级滑坡滑带土在ZK2-3钻孔2.8-3.2m、ZK3-1钻孔2.8-3.0m、ZK3-2钻孔3.2～3.4m范围内有揭露。全风化状砾岩层中揭露的软弱层风化极其严重，多呈棕黄色和浅红色，胶结物已呈粘土状，见照片5-4-11。根据地面调查、钻探及探槽推测其沿着钻孔中揭露的相对软弱层和全风化层与强风化砾岩接触带附近为可能形成滑坡的滑带，故在其临近土层内取样做室内土工试验。最终确定II级滑坡滑面倾角为10～35°，呈后部略薄、中前部厚的特点，整体略呈弧形。

### （3）滑床特征

根据地面调查和钻孔揭露，滑坡主要沿两级滑带滑动，根据不同的滑带位置分别描述如下。

沿I级滑带土滑动的滑坡滑床地层岩性为第三系邕宁群半成岩状全风化状砾岩。岩石整体风化呈粘土状，粘性较强；呈棕黄色，风化呈花斑状；岩屑风化严重，多为风化剧烈的砂岩和粉砂岩，夹有石英碎屑，铁质锈染现象严重；岩石强度低，用手能瓣裂，遇水迅速软化。该层厚度变化幅度较大。

沿II级滑带土滑动的滑坡滑床地层岩性为第三系邕宁群半成岩状强风化砾岩。岩石整体呈半成岩状，红色，泥质胶结为主，无明显的层理构造；砾石含量65～80%，粒径为0.5～2cm，多呈次棱角状；岩屑风化较严重，多为强风化状的砂岩和粉砂岩，偶夹有石英颗粒；局部岩屑为灰白色的粉砂质泥岩，亲水性极强；岩石整体强度低，胶结差，用手能瓣裂；组成岩石的矿物成分有较强的亲水性，岩石遇水迅速发生软化和崩解。钻孔揭露该层厚度13m左右，下伏微风化状块状砾岩。

## 五、滑坡岩土体物理力学参数

勘查通过现场大重度试验、标准贯入试验和室内试验等方式获取了含角砾粘土、花岗岩残积

层(含砾砂质粘土)、全风化状花岗岩等的物理力学参数。

### (一) 现场大重度试验

现场大重度试验严格按规范操作, 试验成果见表 3-1 现场大重度试验成果。粘土的天然重度  $17.5 \sim 19.1 \text{ kN/m}^3$ , 平均  $17.9 \text{ kN/m}^3$ ; 全风化状砾岩的天然重度  $17.7 \sim 18.8 \text{ kN/m}^3$ , 平均  $18.2 \text{ kN/m}^3$ 。

表 5-4-2 现场大重度试验成果

| 试坑编号 | 试坑体积( $\text{m}^3$ ) | 试样质量(kg) | 天然重度 ( $\text{kN/m}^3$ ) | 平均重度( $\text{kN/m}^3$ ) |
|------|----------------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| M1   | 0.018                | 30.8     | 17.1                     | 17.9                    |
| M2   | 0.024                | 42       | 17.5                     |                         |
| M3   | 0.048                | 91.5     | 19.1                     |                         |
| M2   | 0.024                | 45       | 18.8                     | 18.2                    |
| M4   | 0.048                | 85       | 17.7                     |                         |

其中 M1 试坑为棕黄色粘土, 稍湿, 可塑~硬塑状, 偶夹角砾。M2 试坑表层为棕黄色粘土, 稍湿, 可塑状, 偶夹角砾, 下层为花斑状的全风化砾岩, 稍湿, 胶结物多风化呈粘土状。M3 试坑为粘土, 粘土褐黄色, 稍湿, 可塑状。M4 为花斑状的全风化砾岩, 胶结物多风化呈粘土状。考虑到粘性类土的特性, 计算过程中岩土体重度取值方法采用室内试验和现场大重度试验综合取值。

### (二) 原位测试

由于强风化半成岩状砾岩粘粒含量高, 泥化现象严重, 故现场对强风化砾岩层进行了标准贯入试验来确定其承载力特征值。其成果见表 5-4-3。

表 5-4-3 现场标准贯入试验成果表

| 指标<br>土名 | 试验<br>次数 | N(值)      |      |      |      |        |       | 承载力<br>标准值<br>$f_{ak}$ (kPa) |
|----------|----------|-----------|------|------|------|--------|-------|------------------------------|
|          |          | 区间值       | 平均值  | 标准差  | 变异系数 | 统计修正系数 | 修正值   |                              |
| 强风化状砾岩   | 6        | 13.8-16.2 | 15.4 | 0.83 | 0.05 | 0.96   | 14.75 | 364.4                        |

### (三) 室内土工试验

根据地面调查、钻探及探槽揭露, 推测其沿着钻孔中揭露的软弱层和全风化层与强风化砾岩接触带附近为可能形成滑坡的滑面, 故在其临近土层内取样进行室内土工试验。

根据室内土工试验, 斜坡堆积体中软弱层土样和全风化砾岩层中发育的软弱层主要物理力学性质指标结果(带\*的剔除), 见表 5-4-4 和表 5-4-5。

表 5-4-4 软弱的粘土层(滑带土) 主要物理力学性质指标成果表

| 试验编号      | 含水率   | 天然密度            | 饱和密度            | 重度              | 塑性指数 | 液性指数  | 直接快剪  |           | 饱和直接快剪 |           |
|-----------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-------|-------|-----------|--------|-----------|
|           |       |                 |                 |                 |      |       | 内聚力   | 内摩擦角      | 内聚力    | 内摩擦角      |
|           | %     | $\text{g/cm}^3$ | $\text{g/cm}^3$ | $\text{kN/m}^3$ |      |       | c     | $\varphi$ | c      | $\varphi$ |
|           | kPa   | (°)             | (°)             | kPa             |      |       | kPa   | (°)       | kPa    | (°)       |
| ZK2--1--1 | 39.2  | 1.76            | 1.83            | 17.27           | 29.8 | 0.28  | 19.8  | 11.0      | 16.1   | 9.4       |
| ZK2--2--1 | 29.0  | 1.87            | 1.92            | 18.34           | 29.4 | -0.04 | 33.6  | 23.2*     | 19.2   | 16.9      |
| ZK2--2--2 | 35.3  | 1.78            | 1.85            | 17.46           | 32.8 | -0.01 | 47.3* | 11.8      | 16.7   | 14.8      |
| ZK3--1--1 | 35.6  | 1.76            | 1.82            | 17.27           | 33.0 | 0.07  | 28.7  | 13.1      | 20.2   | 9.3       |
| ZK3--1--2 | 36.6  | 1.75            | 1.80            | 17.17           | 33.2 | 0.07  | 34.1  | 8.0*      | 9.8    | 13.5      |
| ZK3--2--1 | 33.8  | 1.69            | 1.78            | 16.58           | 29.5 | 0.09  | 19.6  | 15.7      | 6.4    | 12.4      |
| 平均值       | 34.92 | 1.77            | 1.83            | 17.35           | 31.3 | 0.08  | 27.16 | 12.9      | 14.73  | 12.72     |
| 标准差       | 3.41  | 0.06            | 0.05            | 0.57            | —    | —     | 7.13  | 2.06      | 5.47   | 3.01      |
| 变异系数      | 0.10  | 0.03            | 0.03            | 0.03            | —    | —     | 0.26  | 0.16      | 0.37   | 0.24      |
| 统计修正系数    | 1.08  | 1.03            | 1.02            | 1.03            | —    | —     | 0.75  | 0.82      | 0.69   | 0.81      |
| 修正值       | 37.73 | 1.82            | 1.87            | 17.82           | —    | —     | 20.39 | 10.55     | 10.22  | 10.23     |

表 5-4-5 全风化状砾岩层中软弱层主要物理力学性质指标成果表

| 试验编号     | 含水率      | 天然密度     | 饱和密度     | 重度       | 塑性指数 | 液性指数  | 直接快剪  |        | 饱和直接快剪 |        |
|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
|          |          |          |          |          |      |       | 内聚力   | 内摩擦角   | 内聚力    | 内摩擦角   |
|          | $\omega$ | $\rho$   | $\rho$   | $\gamma$ |      |       | c     | $\phi$ | c      | $\phi$ |
|          | %        | $g/cm^3$ | $g/cm^3$ | $kN/m^3$ |      |       | kPa   | (°)    | kPa    | (°)    |
| ZK2-1--2 | 38.2     | 1.80     | 1.86     | 17.66    | 24.0 | 0.16  | 17.2  | 20.6   | 13.1   | 17.5   |
| ZK2-3--2 | 31.8     | 1.85     | 1.92     | 18.15    | 31.9 | 0.01  | 67.2* | 13.8   | 34.0*  | 9.4    |
| ZK2-3--3 | 27.4     | 1.92     | 1.98     | 18.84    | 25.8 | -0.03 | 50.7* | 18.5   | 7.1    | 21.2   |
| ZK3-2--2 | 26.4     | 1.74     | 1.87     | 17.07    | 27.9 | -0.10 | 23.1  | 15.9   | 3.3*   | 14.7   |
| ZK2-2--3 | 32.4     | 1.81     | 1.91     | 17.76    | 27.0 | -0.01 | 14.3  | 23.8   | 6.7    | 19.1   |
| ZK3-1--3 | 31.6     | 1.80     | 1.86     | 17.66    | 21.4 | 0.12  | 17.8  | 24.4   | 6.6    | 18.4   |
| 平均值      | 31.30    | 1.82     | 1.90     | 17.86    | 26.3 | 0.03  | 18.1  | 19.5   | 8.38   | 16.7   |
| 标准差      | 4.20     | 0.06     | 0.05     | 0.59     | —    | —     | 3.67  | 4.25   | 3.16   | 4.17   |
| 变异系数     | 0.13     | 0.03     | 0.02     | 0.03     | —    | —     | 0.2   | 0.22   | 0.38   | 0.25   |
| 统计修正系数   | 1.11     | 1.03     | 1.02     | 1.03     | —    | —     | 0.77  | 0.82   | 0.57   | 0.79   |
| 修正值      | 34.77    | 1.87     | 1.94     | 18.35    | —    | —     | 13.9  | 16.00  | 4.76   | 13.28  |

由于强风化层胶结物粘粒含量多，呈半成岩状，采用了室内土工试验方法确定其抗剪强度，并对参数进行适当的选取（带\*的剔除），强风化状砾岩层主要物理力学性质指标成果见表 5-4-6。

表 5-4-6 强风化状半成岩砾岩层主要物理力学性质指标表

| 试验编号     | 含水率      | 天然密度     | 饱和密度     | 重 度      | 塑性指数 | 液性指数  | 直接快剪  |        | 饱和直接 快剪 |        |
|----------|----------|----------|----------|----------|------|-------|-------|--------|---------|--------|
|          |          |          |          |          |      |       | 内聚力   | 内摩擦角   | 内聚力     | 内摩擦角   |
|          | $\omega$ | $\rho$   | $\rho$   | $\gamma$ |      |       | c     | $\phi$ | c       | $\phi$ |
|          | %        | $g/cm^3$ | $g/cm^3$ | $kN/m^3$ |      |       | kPa   | (°)    | kPa     | (°)    |
| ZK2-1--3 | 17.4     | 1.75     | 1.93     | 17.17    | 12.7 | -0.44 | 39.7  | 24.8   | 17.1*   | 23.0   |
| ZK2-1--4 | 23.8     | 1.74     | 1.88     | 17.07    | 13.4 | -0.37 | 18.3  | 25.3   | —       | —      |
| ZK2-1--5 | 24.7     | 1.71     | 1.86     | 16.78    | 12.1 | -0.21 | 36.2  | 18.4   | 7.6     | 22.7   |
| ZK2-2--4 | 29.5     | 1.87     | 1.93     | 18.34    | 16.5 | 0.09  | 23.0  | 11.0   | 9.9     | 21.5   |
| ZK2-2--5 | 24.3     | 1.79     | 1.93     | 17.56    | 13.5 | -0.13 | 36.2  | 19.1   | 7.6     | 21.3   |
| ZK3-1--4 | 23.8     | 1.72     | 1.86     | 16.87    | 14.2 | -0.30 | 14.9* | 24.8   | 7.5     | 24.6   |
| ZK3-2--3 | 31.4     | 1.86     | 1.91     | 18.25    | 27.6 | 0.09  | 38.2  | 18.0   | 2.1*    | 20.3   |
| 平均值      | 24.99    | 1.78     | 1.90     | 17.43    | 17.6 | -0.13 | 31.93 | 21.73  | 8.15    | 22.23  |
| 标准差      | 4.52     | 0.07     | 0.03     | 0.64     | —    | —     | 8.96  | 3.56   | 1.17    | 1.52   |
| 变异系数     | 0.18     | 0.04     | 0.02     | 0.04     | —    | —     | 0.28  | 0.16   | 0.14    | 0.07   |
| 统计修正系数   | 1.13     | 1.03     | 1.01     | 1.03     | —    | —     | 0.77  | 0.87   | 0.84    | 0.94   |
| 修正值      | 28.33    | 1.83     | 1.92     | 17.91    | —    | —     | 24.53 | 18.79  | 6.82    | 20.98  |

## 六、滑坡成因分析

根据平梨滑坡变形的时间及地点，平梨滑坡形成原因主要包括斜坡体物质组成（地层岩性）、强降雨及人类工程活动等。

### （一）地层岩性

平梨滑坡体发育于第三系邕宁群（Ey）半成岩状砾岩中，岩体风化程度高，遇水极易软化。是易变形岩层，在水的作用下，半成岩状砾岩力学强度指标大幅度降低。全风化状砾岩及其上覆

的坡、残坡积物组成的松散地层，这些堆积物保水性较好，为地表水的长期富集提供了条件。

## （二）降雨

该滑坡的活动与降雨关系密切，是导致滑坡活动的主要激发因素。在工作区降雨集中，尤其是雨季，极端降雨天气时有发生，短时强降雨量和连续强多日降雨量大等降雨特点降低了风化层的抗剪强度，不利于岩土体的稳定。一方面饱水加载，另一方面软化斜坡岩土体，强降雨导致斜坡特别是局部坡体稳定性下降，从而触发斜坡岩土体失稳滑动而形成滑坡。据调查访问，平梨滑坡表层发生的滑动都发生于雨季时强降雨期间。

## （三）斜坡结构

由于滑坡区出露岩层为斜向坡，加之岩层倾角（ $12\sim15^\circ$ ）小于地形坡度（ $20\sim30^\circ$ ），且顺坡向倾斜，顺倾向岩层为地下水入渗提供良好的条件，加剧了上部分岩体的泥化。

## （四）人类工程活动

坡脚开挖造成斜坡前缘临空面加大，破坏了斜坡本身的力学平衡，加剧了斜坡失稳。斜坡二级斜坡坡脚处发生垮塌重要原因为修建民房开挖坡脚卸荷引发的。

# 七、滑坡稳定性分析与评价

## （一）稳定性定性分析

从平梨滑坡的微地貌形态和地表变形特征来看，平梨滑坡以2级滑坡的形式发生破坏。其稳定性定性评价具体见表5-4-2。

表5-4-2 滑坡稳定性定性评价表

| 剖面号        | 滑动面<br>编号 | 地表变形特征   | 剪出口位置            | 后缘<br>位置   | 稳定性定性评价 |                   |
|------------|-----------|--|------------------|------------|---------|-------------------|
|            |           |  |                  |            | 天然工况    | 暴雨工况              |
| 2-2'<br>剖面 | 滑动面<br>I  | 后缘贯通性拉裂缝发育，斜坡体表层沿陡坎形成多级裂缝；前缘剪出口位于便道附近，坡体上的植被杂乱。暴雨期间浅表层形成新的小垮塌，后缘滑壁有新的滑塌现象，但滑坡未见整体破坏。 | 2级平台处<br>(便道附近)  | 后缘裂<br>缝附近 | 基本稳定    | 整体处于欠稳定状态，后缘滑壁不稳定 |
|            | 滑动面<br>II | 2010年6月强降雨期间前缘剪出口附近形成线状垮塌带，有泉水渗出。  | 平梨组民房背后<br>斜坡坡脚  | 后缘裂<br>缝附近 | 基本稳定    | 不稳定               |
| 3-3'<br>剖面 | 滑动面<br>I  | 2010年6月暴雨期间滑坡前缘垮塌体继续发生变形，暴雨期间后缘形成新的垮塌体。  | 2级平台处<br>(便道附近)  | 后缘裂<br>缝附近 | 基本稳定    | 不稳定               |
|            | 滑动面<br>II | 前缘挡墙发生变形，局部往外鼓出，并在坡脚附近形成多条裂缝，目前出露地表的最宽达15cm，局部延伸至全风化层内；斜坡前缘坡体上的民房有沉降破坏现象，便道也有下沉现象。   | 1级平台民房背<br>后斜坡坡脚 | 后缘裂<br>缝附近 | 基本稳定    | 不稳定               |
| ②#<br>滑塌   | /         | 暴雨期间开挖面垮塌形成②#滑塌，堆积体坡度约 $20^\circ$ 呈凸形。后缘滑壁陡倾，暴雨期间逐年垮塌。                               | 民房背后             | 滑壁下<br>侧   | 稳定      | 滑体处于稳定状态，滑壁不稳定    |

## (二) 稳定性定量分析

### 1、计算公式

本次计算运用计算表格采用传递系数法并结合理正软件、geoslope 等数值软件开展滑坡稳定性系数及剩余下滑推力计算。稳定性系数计算公式和剩余下滑推力计算公式同第一节。

### 2、计算剖面和计算工况的确定

滑坡滑带主要通过野外调查和钻探揭露的软弱层等确定，并通过理正软件与 geoslope 软件进行整体和分段搜索相结合的方法综合确定。由于滑体内不存稳定的地下水位，故计算工况只考虑了自重工况、暴雨（饱和）工况。

工况一：自重。计算时滑动面以上滑体重度采用天然重度，滑带抗剪强度参数采用天然状态下的抗剪强度参数。计算简图见图 5-4-2~5-4-4。

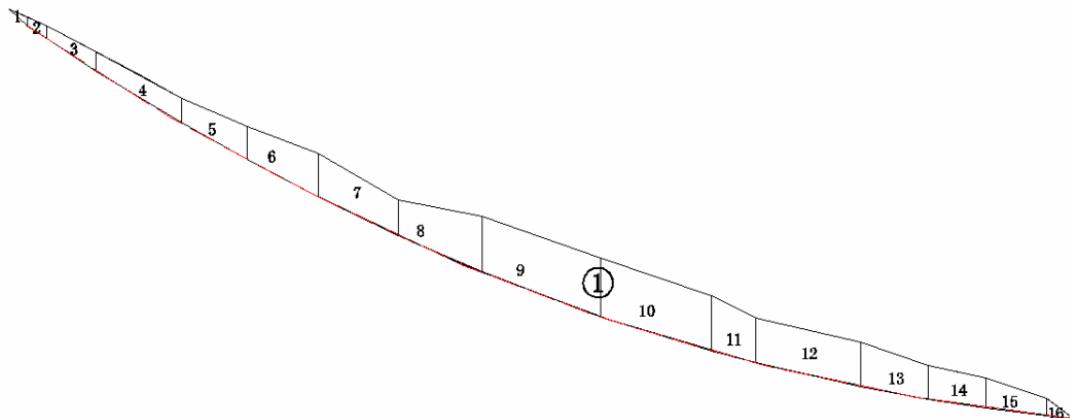


图 5-4-2 2-2'剖面（工况一、工况三）沿滑带 I 计算条分图

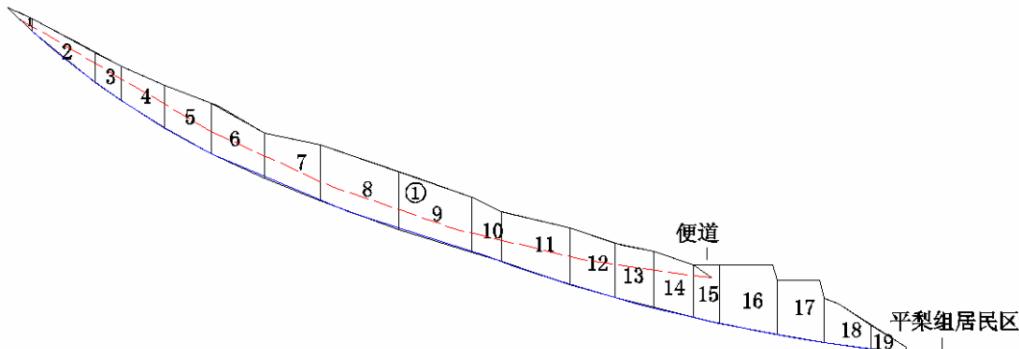


图 5-4-3 2-2'剖面（工况一、工况三）沿滑带 II 计算条分图

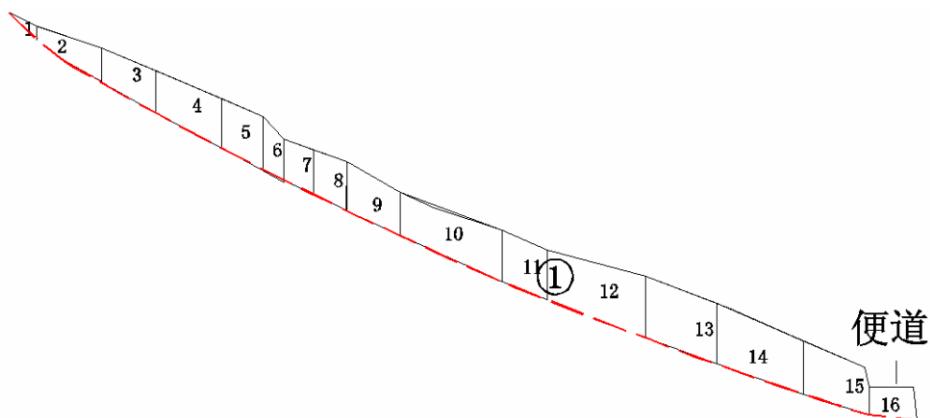


图 5-4-4 3-3'剖面（工况一、工况三）沿滑带 I 计算条分图

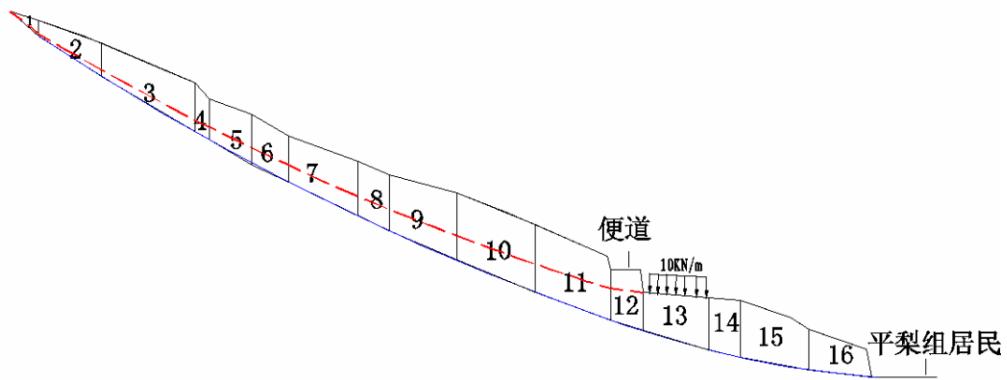


图 5-4-5 3-3'剖面（工况一、工况三）沿滑带Ⅱ计算条分图

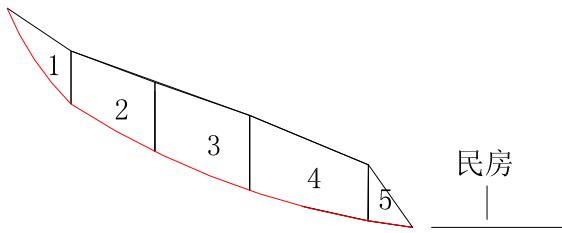


图 5-4-6 1-1'剖面（工况一、工况三）滑塌堆积体②#计算条分图

工况二：自重+暴雨工况。滑体为粘土和全风化泥质胶结的砾岩层，故其渗透系数极小，故暴雨工况下不考虑动水压力；考虑到如 2010 年 6 月极端降雨情况和斜坡处于强降雨多发区，故计算时滑动面以上滑体采用全饱和状态，滑体重度采用饱和重度，滑带抗剪强度参数采用饱和状态下的抗剪强度参数。计算简图见图 5-4-7~5-4-11。

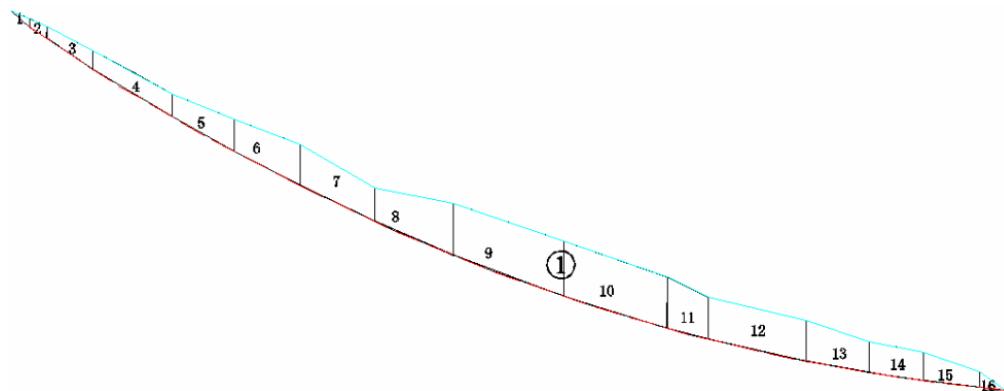


图 5-4-7 2-2'剖面（工况二：暴雨工况）沿滑带Ⅰ计算条分图

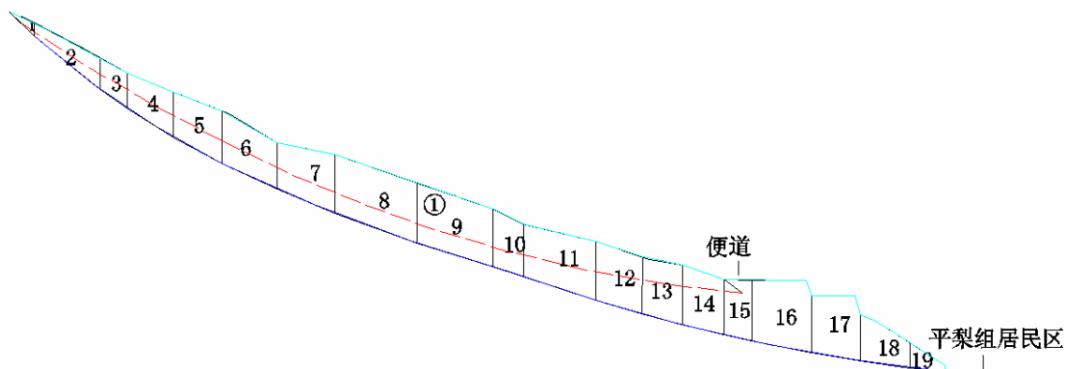


图 5-4-8 2-2'剖面（工况二：暴雨工况）沿滑带Ⅱ计算条分图

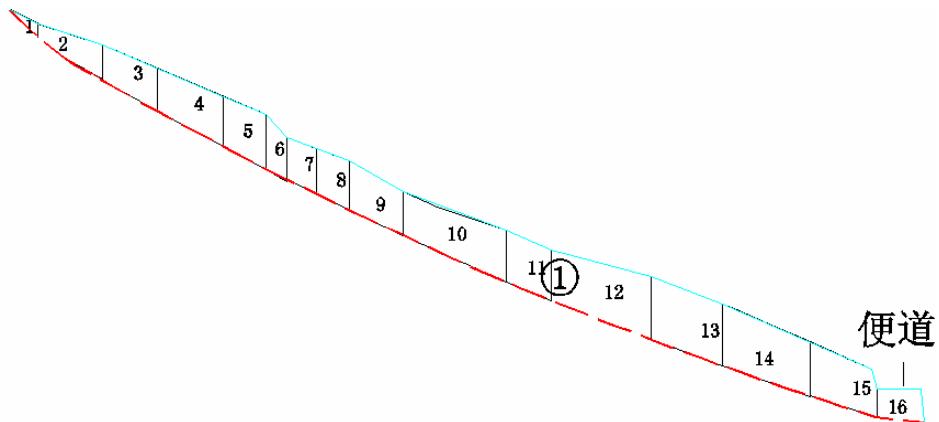


图 5-4-9 3-3'剖面（工况二：暴雨工况）沿滑带 I 计算条分图

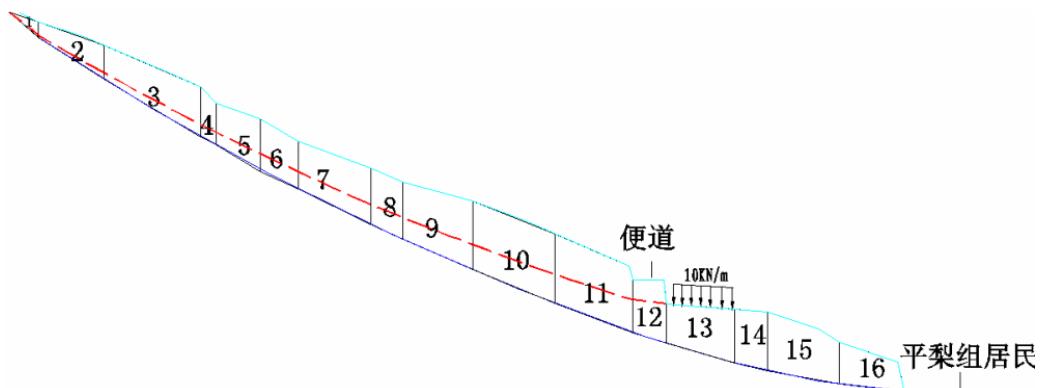


图 5-4-10 3-3'剖面（工况二：暴雨工况）沿滑带 II 计算条分图

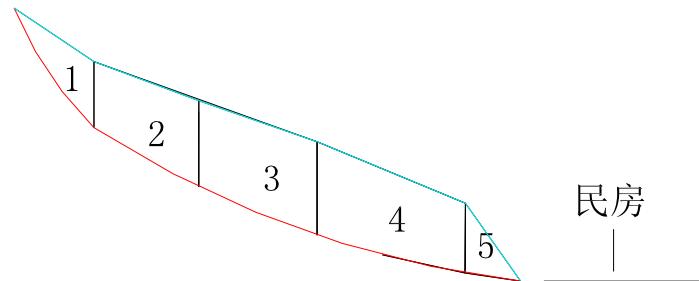


图 5-4-11 1-1'剖面（工况二：暴雨工况）滑塌堆积体②#计算条分图

### 3、因素敏感性分析

滑坡参数的取值是滑坡稳定性计算的关键，为了了解参数取值对滑坡稳定性的影响，在此在暴雨工况条件下，对 2-2'剖面滑坡沿滑带 II 滑动的稳定性系数与 C、Φ 值的关系进行因素敏感性分析，结果见表 5-4-3。

表 5-4-3 滑带土 C、Φ 值因素敏感性分析表

| 稳定性系数 Fs<br>(工况 II) | 内摩擦角 Φ (°) |      |      |       |       |
|---------------------|------------|------|------|-------|-------|
|                     | 7.65       | 8.65 | 9.65 | 10.65 | 11.65 |
| 内聚力 C<br>(KPa)      | 8.8        | 0.79 | 0.84 | 0.9   | 0.96  |
|                     | 9.8        | 0.83 | 0.89 | 0.94  | 1.0   |
|                     | 10.8       | 0.87 | 0.93 | 0.98  | 1.04  |
|                     | 11.8       | 0.91 | 0.97 | 1.03  | 1.08  |
|                     | 12.8       | 0.96 | 1.01 | 1.07  | 1.12  |

由表 4-2 的滑带土 C、Φ 值因素敏感性分析结果表明：(1) 在暴雨工况下，滑带土 Φ 值每提

高 $1^\circ$ ，稳定性系数平均提高0.055；（2）在暴雨工况下，滑带土C值每提高1kPa，稳定性系数平均提高0.042；（3）在暴雨工况下，当C在8.8~12.8 kPa、 $\Phi$ 在7.65~11.65间变化时，滑坡的稳定性系数变化幅度为0.79~1.18。总的来说，平梨滑坡若沿深层滑带滑动稳定性受 $\Phi$ 值、C值变化影响基本同步。

#### 4、滑带土参数的确定

斜坡体上共布置有3条纵剖面，从剖面形态上看，2-2'剖面和3-3'剖面较为相似，并且干孔钻进均揭露有软弱夹层，滑体厚度均为后部小前部大，坡体坡度及滑面坡度均较缓。其中2-2'剖面深层滑坡（滑带Ⅱ控制）特征较明显，钻孔揭露有明显的软弱夹层；深层滑动面剪出口位于民房背后，目前剪出口附近已发生线状垮塌带，坡脚附近斜坡拉张裂缝发育，因此，将2-2'剖面深层滑坡作为滑带Ⅱ参数反演剖面。3-3'剖面浅层滑动（滑带Ⅰ控制）面剪出口位于便道附近，钻孔揭露有明显的软弱夹层，剪出口附近有小垮塌，因此，将3-3'剖面浅层滑坡作为滑带Ⅰ参数反演剖面。

目前滑坡地表变形范围主要集中在滑坡中后部地段，主要表现为表层出现多条横向拉张裂缝及错落坎；前缘破坏形式表现为线状垮塌。通过调查，2010年6月暴雨期间后缘老拉裂缝未发生整体复活现象，探槽揭露后缘滑壁处裂缝充填性较好，鉴于斜坡坡度相对较缓，次级滑坡剪出口附近除了表层溜滑体复活外，剪出口整体未见重新变形迹象，故确定浅层滑坡（滑带Ⅰ）在工况Ⅰ（天然状态）下以1.10作为稳定性系数，在工况Ⅱ（暴雨状态）下以1.0作为稳定性系数进行参数反演；2010年6月暴雨期间平梨组居民点后侧坡脚处产生裂缝和浅层滑塌，滑坡沿滑面Ⅱ在暴雨情况下目前处于不稳定状态，故确定沿滑面Ⅱ滑坡在工况Ⅰ（天然状态）下以1.10作为稳定性系数，在工况Ⅱ（暴雨状态）下以0.98作为稳定性系数进行参数反演。

粘土透水性差，故在稳定性计算时不考虑动水压力，仅考虑地下水对滑坡产生的“增重效应”和对滑坡岩土体、特别是滑带土产生的“软化效应”。考虑到滑坡整体失稳都在连续强降雨期间，滑体反算时滑体采取全饱和状态。计算方法采取室内试验所得的参数进行试算并通过定性评价确定的稳定性进行“强度折减法”进行参数折减，最终确定滑带的c和 $\phi$ 值如表5-4-4。

表5-4-4 滑带抗剪强度最终取值表

| 滑带     | 天然工况        |                    | 饱和工况        |                    |
|--------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
|        | C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\phi$ (°) | C值<br>(kPa) | 内摩擦角<br>$\phi$ (°) |
|        | 沿滑带Ⅰ破坏      | 9.7                | 9.0         | 8.0                |
| 沿滑带Ⅱ破坏 | 11.30       | 10.90              | 10.80       | 9.65               |

#### 5、滑坡稳定性计算

根据《滑坡防治工程勘查规范》第12.4.6条的规定，斜坡稳定状态应根据其稳定系数按表5-4-5确定。荷载采用砖房10KN/层m进行估算。按照上述工况及方法进行滑坡稳定性计算，计算结果汇总于表5-4-6。

表5-4-5 斜坡稳定状态分级表

| 滑坡稳定系数F | F<1.00 | 1.00≤F<1.05 | 1.05≤F<F <sub>st</sub> | F≥1.15 |  |
|---------|--------|-------------|------------------------|--------|--|
| 滑坡稳定状态  | 不稳定    | 欠稳定         | 基本稳定                   | 稳定     |  |

注：F为滑坡稳定性安全系数

表 5-4-6 滑坡稳定性计算成果汇总表

| 计算剖面    | 滑动面<br>编号       | 滑面位置           | 剪出口<br>位置    | 后缘<br>位置 | 工况条件 | 稳定性系数 | 稳定状态 |  |
|---------|-----------------|----------------|--------------|----------|------|-------|------|--|
| 2-2' 剖面 | 滑面 I            | 粘土层与全风化层接触带附近  | 2级平台背后斜坡坡脚   | 后缘裂缝附近   | 工况一  | 1.235 | 稳定   |  |
|         |                 |                |              |          | 工况二  | 1.031 | 欠稳定  |  |
|         |                 |                |              |          | 工况三  | 1.165 | 稳定   |  |
|         | 滑面 II           | 全风化层与强风化层接触带附近 | 1级平台民房背后斜坡坡脚 | 后缘裂缝附近   | 工况一  | 1.10  | 基本稳定 |  |
|         |                 |                |              |          | 工况二  | 0.98  | 不稳定  |  |
|         |                 |                |              |          | 工况三  | 1.037 | 欠稳定  |  |
| 3-3' 剖面 | 滑面 I            | 粘土层与全风化层接触带附近  | 2级平台背后斜坡坡脚   | 后缘裂缝附近   | 工况一  | 1.10  | 基本稳定 |  |
|         |                 |                |              |          | 工况二  | 1.0   | 欠稳定  |  |
|         |                 |                |              |          | 工况三  | 1.05  | 基本稳定 |  |
|         | 滑面 II           | 全风化层与强风化层接触带附近 | 1级平台民房背后斜坡坡脚 | 后缘裂缝附近   | 工况一  | 1.063 | 基本稳定 |  |
|         |                 |                |              |          | 工况二  | 0.96  | 不稳定  |  |
|         |                 |                |              |          | 工况三  | 1.007 | 欠稳定  |  |
| ②#滑塌    | 表层滑坡堆积层与全风化层接触面 |                | 民房后侧         | 后缘滑壁下    | 工况一  | 1.348 | 稳定   |  |
|         |                 |                |              |          | 工况二  | 1.211 | 稳定   |  |
|         |                 |                |              |          | 工况三  | 1.177 | 稳定   |  |

根据容县石寨镇下烟村平梨滑坡各剖面稳定性计算成果，按表 5-4-6 对稳定性进行如下定量评价。

#### (1) 在局部滑动模式下（沿滑带 I）

天然工况下：①#滑坡稳定性系数为 1.1~1.235，处于稳定状态；暴雨工况下，①#滑坡稳定性系数为 1.0~1.031，表明滑坡在遇到 N 年一遇的暴雨或特大暴雨时处于欠稳定~不稳定状态；天然+VII 度地震工况下，滑坡稳定性系数介于 1.05 与 1.163 之间，处于基本稳定状态。

#### (2) 在整体滑动模式下（沿滑带 II）

天然工况下：滑坡稳定性系数分别为 1.063 和 1.10，处于基本稳定状态。暴雨工况下：滑坡稳定性系数为 0.96~0.98，处于不稳定状态。天然状态+VII 度地震条件下：滑坡稳定性系数为 1.007~1.037，处于欠稳定状态。

通过计算可知，平梨滑坡在暴雨饱和条件下整体处于不稳定状态，浅层滑坡处于欠稳定~不稳定状态。

### (三) 滑坡稳定性综合评价

通过定性评价和定量计算可知，平梨滑坡在暴雨饱和条件下整体处于不稳定状态，浅层滑坡处于欠稳定~不稳定状态；在天然自重工况下，滑坡整体应处于基本稳定状态，浅层滑坡应处于基本稳定~稳定状态。因此，为保证滑坡具有足够的安全储备，保证滑坡前侧平梨组居民区的安全，建议尽快采取工程治理措施。

### (四) 滑坡变形发展趋势

据本次调查和勘察并结合稳定性计算表明，平梨滑坡暴雨时整体处于不稳定状态，浅层滑坡处于欠稳定~不稳定状态。其发展趋势主要为：粘土层赋水性强，且风化层遇水极易软化，滑坡区又处于极端降雨天气多发区，地表水长期入渗极可能软化滑带，诱发滑坡整体或者局部变形甚至大规模滑动；斜坡坡脚陡坎存在继续变形破坏的危险，而坡脚不断的破坏导致斜坡坡脚卸荷，降低滑坡的整体抗滑力；滑坡有继续滑动的可能性，后缘陡壁也可能逐渐发生小规模垮塌，建议

尽快采取工程治理措施。

## 八、防治建议

根据滑坡的变形破坏特征、滑坡的稳定性情况及其危害对象的分布范围综合分析建议采取支挡+地表排水的方案：

1、在滑坡后缘外围布置截水沟，两侧汇入坡体中部原水沟并加以疏导，坡体上顺原有小水沟设置 1 条排水沟，以便及时疏导地表水；另外对滑坡中部已产生的裂缝进行封闭和封堵，周边进行夯实，防治雨水入渗；斜坡后缘已有的滑壁进行放坡、清方，并做好生态护坡工作。2、清理散落的滑体，并在民房背后重新修筑挡墙或者人工挖孔桩支护，支挡结构前侧修建边沟以便排水；在滑坡中上部强变形区采取格构锚固措施进行支挡。3、②#小型滑坡后缘滑壁较陡峭，继续后退式滑动的可能性较大，故建议在后缘削方平整坡面，前缘开挖修筑一排挡墙。4、③#滑塌区滑动后掏空了机耕道地基，故在前缘开挖修筑一排挡墙并其采取坡体回填，并做好排水和生态护坡工作，以形成稳定的路堤边坡；或者采取格构锚固工程以使其稳定。5、开展施工期和效果监测，巡查滑坡的变形情况，确保安全。

## 第六章 地质灾害易发区、危险区划分及分区评价

### 第一节 地质灾害易发区划分及分区评价

#### 一、易发区划分的目的

地质灾害易发分区的最终目的即为当地政府职能部门在指导本县经济发展、城镇建设布局、重大工程建设时，合理开发利用地质环境条件服务；为搞好地质灾害“群测群防”的预警预报工作服务；为政府制定地质灾害防治规划以及中长期社会经济发展规划提供科学依据。

#### 二、地质灾害易发区划分

##### （一）易发区划分原则

###### 1、自然及地质环境条件差异性原则

地质灾害的发生与其所处的地形地貌、气象条件、地层岩性、地质构造、新构造运动及水文地质、工程地质等自然及地质背景条件密切相关。充分研究不同区域控制地质灾害发生、分布及危害的自然及地质环境条件差异，在进行地质灾害易发程度分区时，将发生条件相同或相近的区域划入同一个区，条件不同的划入不同的区。

###### 2、地质灾害形成主导因素原则

在进行地质灾害易发程度分区时，充分考虑地质灾害的现状分布特征，因为地质灾害的现状分布是地质灾害易发程度的直接反应。同一系列的易发程度区域，其地质灾害的现状分布密度大致相近。

###### 3、综合分析原则

影响地质灾害易发程度的因素是多种多样的，综合分析原则就是要全面考虑构成易发程度的各因素，以保证所划分的每一个易发区都有其自身特点。在进行地质灾害易发程度分区时，还应充分考虑人类工程活动方式和强度，人类保护自然环境的措施和力度等方面的综合因素。

###### 4、以人为本原则

地质灾害调查区划应突出“以人为本”的原则，分区也要突出地质灾害与人类生产生活的密切程度，即地质灾害的发育程度与人口分布密度的关系，人类工程活动与地质灾害的关系。还要考虑到地质灾害对人类生产生活中存在的潜在危害性，准确预测地质灾害的危险性，减少损失，保证人民群众的生产经营活动安全，更好地为社会发展和经济建设服务。

##### （二）易发区划分方法

由于控制地质灾害形成的因素很多，即包括内动力地质作用，也包括外动力地质作用，同时还受到人类工程活动的影响。因而，地质灾害易发性分区是一个复杂的多元系统。目前，国内外可用于地质灾害易发性分区的方法很多，可分为定性分析和定量评价两种，但定量评价是当前国内外发展的主流方向。本次详查工作采用在定性分析工作区地质灾害发育特点的基础上，利用 GIS 技术定量进行易发区划分。

具体方法步骤如下：

1. 首先，根据容县地质灾害发育特点（主要指崩滑流地质灾害），确定控制和影响地质

灾害发生的主要因素 (n 个主要因素), 参与本次地质灾害易发性评价; 以定性评价方法建立各参评因素的优势范围, 依据定性评价结果进行单因子评价分区, 划分为 4 个等级, 赋单因子评价值 ( $Y_i$ )。

2. 采用专家打分法确定各因素权重值 ( $W_i$ )。
3. 在 GIS 平台上进行多因素“叠加分析 (overlay)”, 将容县按各参评因素划分为地质灾害易发性各异的多个分区。
4. 依据各分区单因素评价得分及各因素权重值, 采用加权的方法计算各分区地质灾害易发性综合评价值 ( $R$ )。公式如下:

$$R = \sum_{i=1}^n Y_i W_i$$

5. 按地质灾害易发性综合评价得分的高低, 进行地质灾害易发分区。

### (三) 易发区划分

#### 1、评判因子的选取

地质灾害易发区系指容易产生地质灾害的区域, 因此在选取评因子时要依据工作区内地质灾害发育的特点来选取, 所选取的评判指标, 应能全面反映区内地质灾害的发育特点和孕灾条件。本次评价以地质灾害易发性做为目标层, 选择了发育因子 (地质灾害现状发育特征)、基础因子 (基础地质条件) 和诱发因子 (地质灾害诱发因素) 构成准则层即二级评判因子; 根据前面章节对工作区地质灾害发育特征、形成条件和影响因素的综合分析, 故选择了地质灾害发育密度、地貌类型、地形坡度、工程地质岩组、风化层厚度 (指全风化层及其以上土体厚度)、人类工程活动、多年平均降雨量等对地质灾害易发性影响较为明显的 7 个因子构成措施层即三级评判因子。容县地质灾害易发程度评价层次结构见图 6-1-1。

这里需要说明的是, 从本次详查野外调查结果综合分析, 水文地质条件和地震等 2 因素对容县地质灾害发生的影响程度不如上述 8 个评判因子明显, 因此这里不选择其参与容县地质灾害易发程度评价。

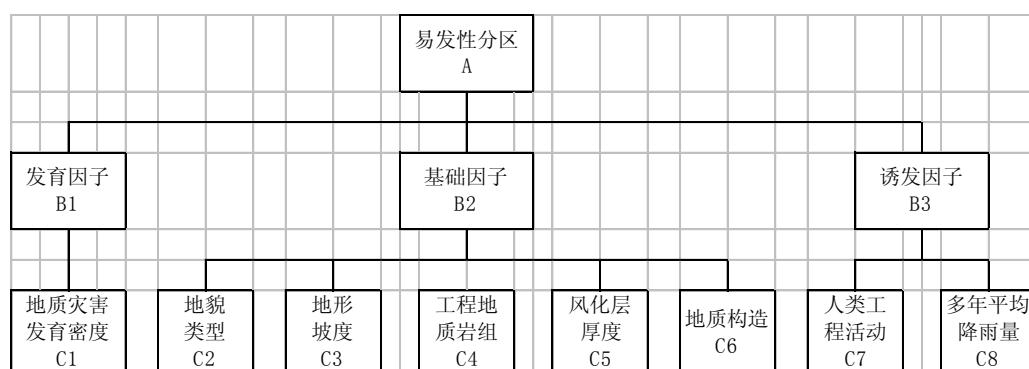


图 6-1-1 容县地质灾害易发程度评价层次结构图

#### 2、单元栅格划分

计算单元剖分的形式及其大小对区划的结果影响较大。《县 (市) 地质灾害调查与区划技术要求》推荐采用栅格单元进行易发程度区划。本次基于 ArcGis 软件, 采用栅格单元进行易

发程度区划，栅格单元面积为  $1\text{km} \times 1\text{km}$ 。

### 3、单因子量化

#### (1) 地质灾害发育密度 (C1)

按第三章第三节中容县地质灾害密度分区结果，现将容县地质灾害发育密度单因子评价赋值如下：地质灾害发育高密度区得 4 分，然后地质在家发育较高密度区、中密度区依次赋 3 分、2 分，地质灾害发育低密度区得 1 分。容县地质灾害发育密度单因子评价分区见图 6-1-2。

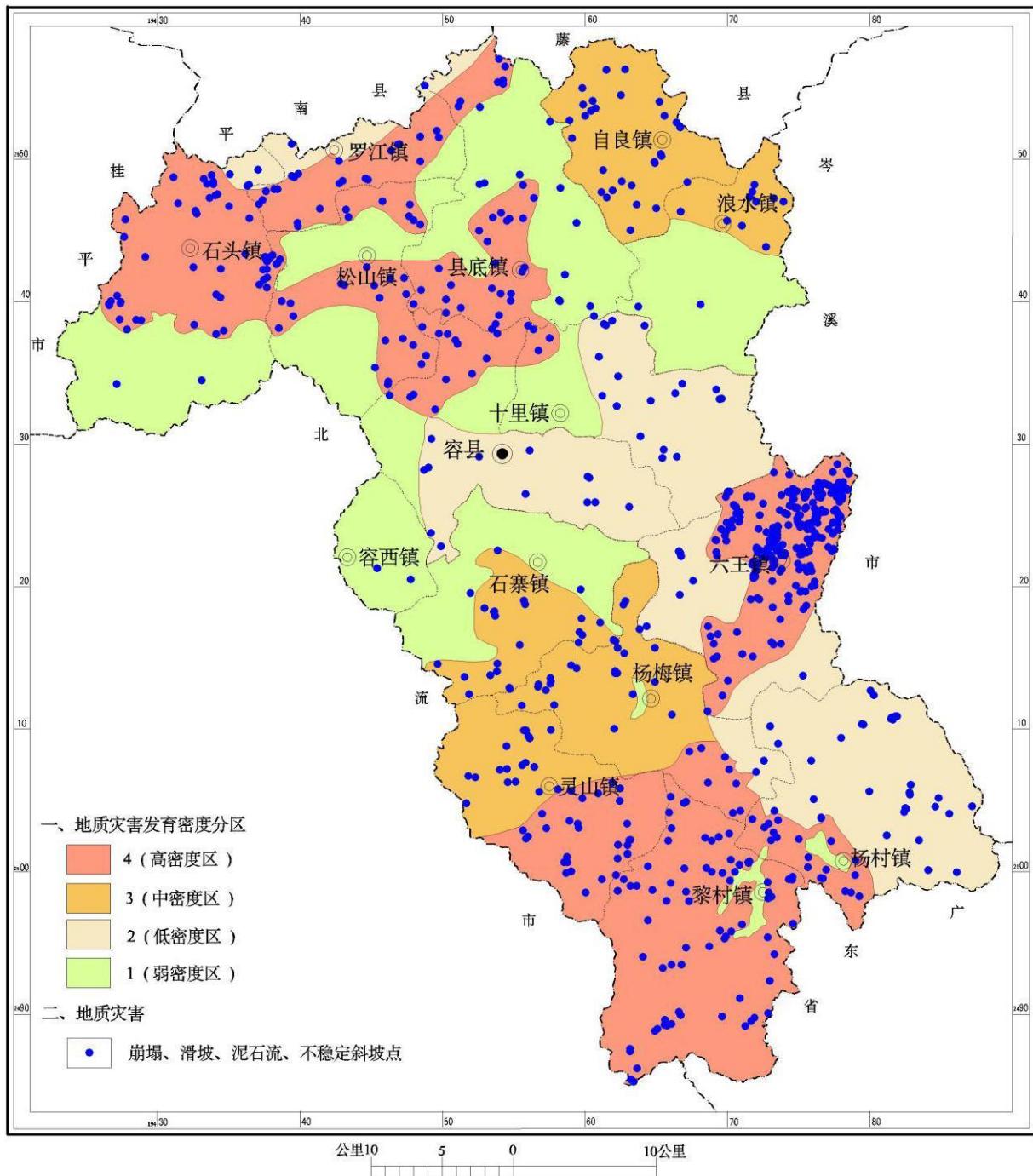


图 6-1-2 容县地质灾害发育密度单因子评价区划图

#### (2) 地貌类型 (C2)

由第三章统计分析可知，区内低山丘陵地貌区地质灾害分布总数和密度均最大，低山地

貌区次之，中低山地貌区再次，丘陵盆地及河谷阶地地貌区地质灾害分布总数和密度最小，各地貌单元地质灾害的分布数量与发育密度是不均匀的。中低山、低山地貌区地质灾害分布数量和密度较低山丘陵地貌区低，其原因应是中低山、低山地貌区山高坡陡，人类工程活动较弱所致。若仅从地貌角度考虑，中低山、低山地貌区较低山丘陵、丘陵盆地和河谷阶地地貌区地质灾害应更易发生。容县地貌类型单因子评价赋值为：中低山地貌得4分，低山地貌得3分，低山丘陵地貌得2分，低丘盆地地貌和河谷阶地地貌得1分。容县地貌类型单因子评价分区见图6-1-3。

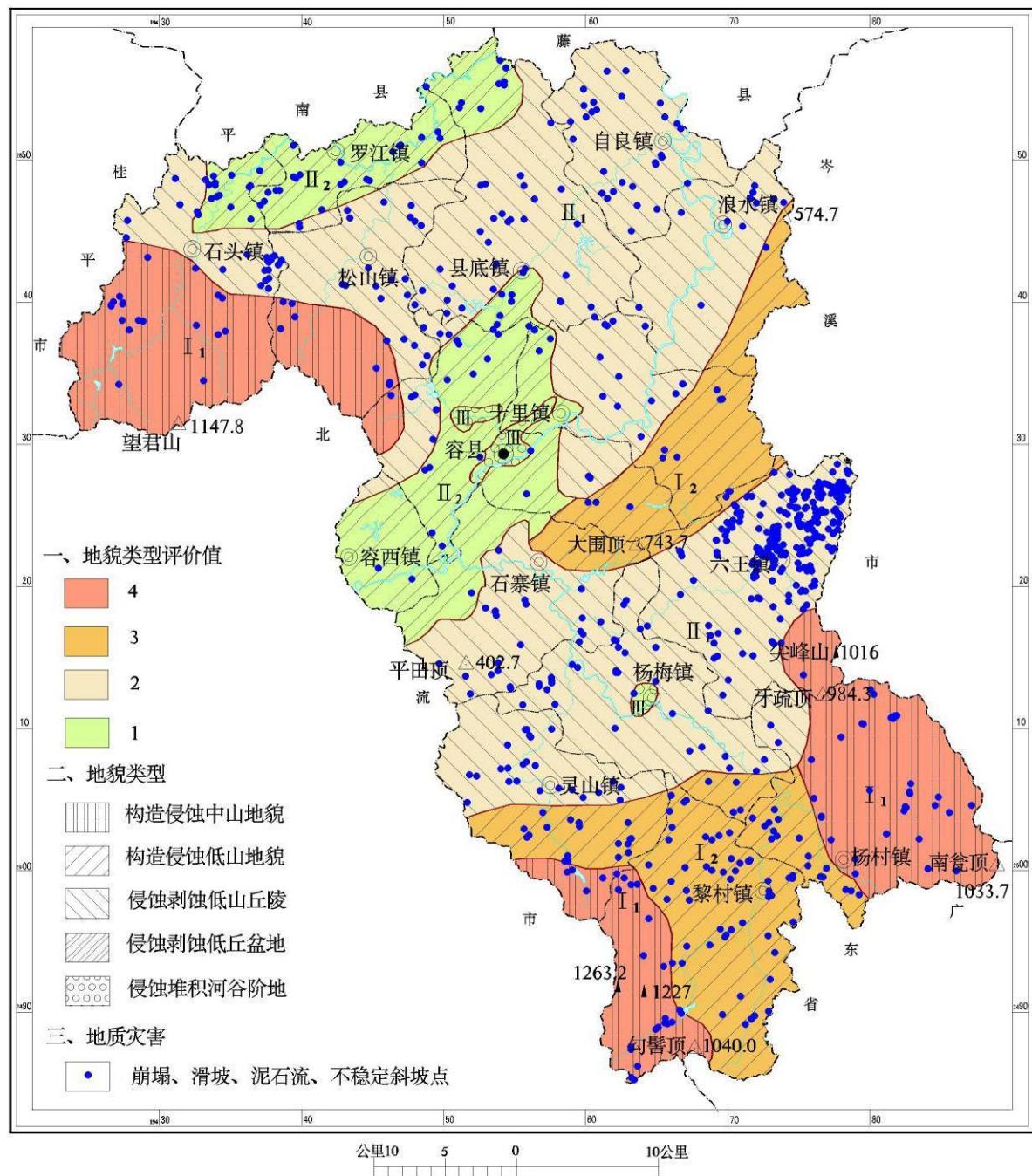


图 6-1-3 容县地貌类型单因子评价区划图

### (3) 地形坡度 (C3)

这里的地形坡度主要指自然斜坡坡度。根据区内调查统计结果，随着地形坡度的增加，

容县地质灾害发育数量和危害程度也呈明显上升趋势，因此，地形坡度对区内地质灾害的影响和控制作用明显。容县受自然坡度影响且危害程度大的地质灾害主要分布于 $>35^{\circ}$ 的斜坡上， $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 的斜坡次之， $<15^{\circ}$ 的斜坡对地质灾害发生的影响较小。容县地形坡度单因子评价赋值为：坡度 $>35^{\circ}$ 得4分，坡度 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 得3分，坡度 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 得2分，坡度 $<15^{\circ}$ 得1分。容县地形坡度单因子评价分区见图6-1-4。

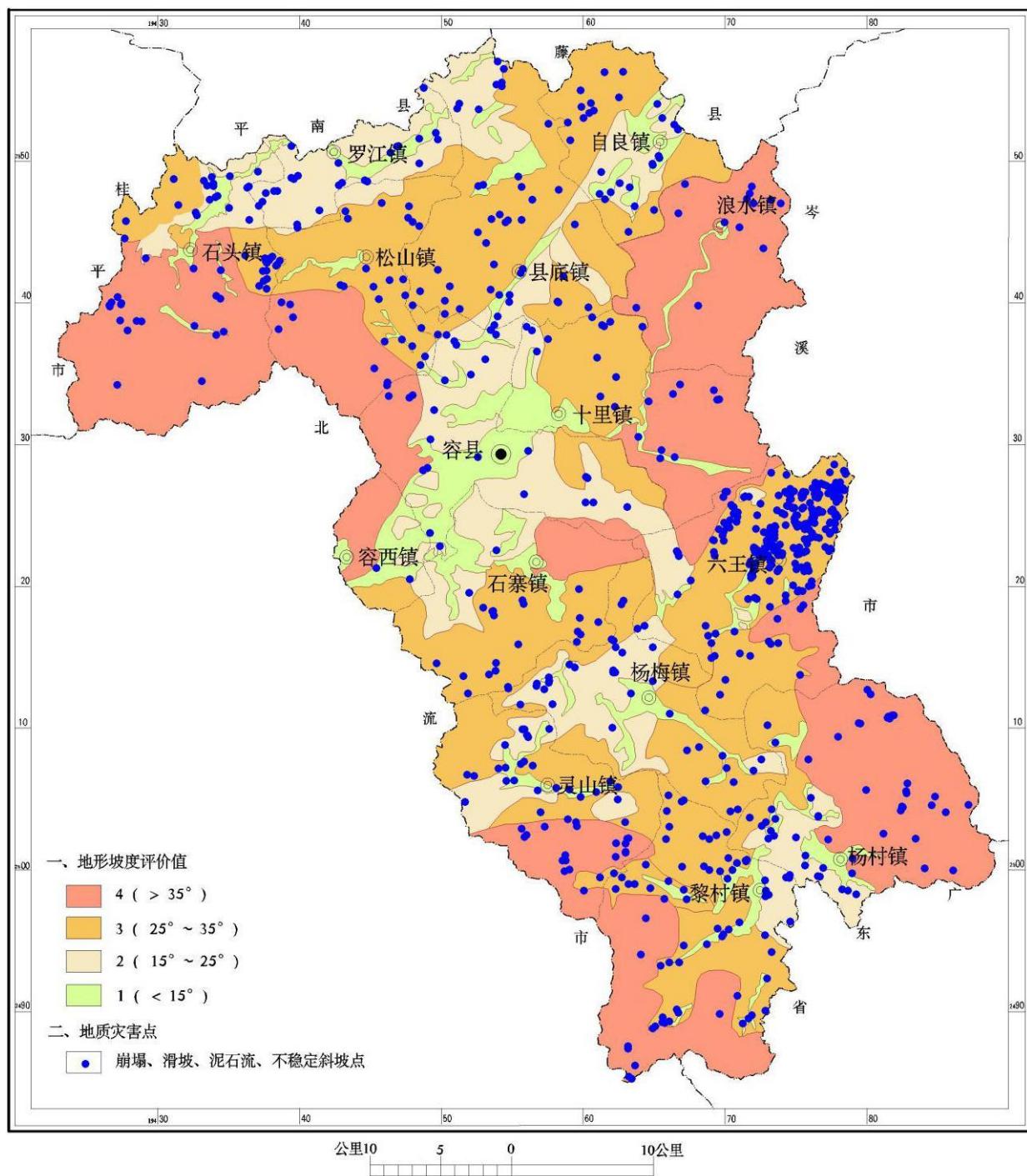


图 6-1-4 容县地形坡度单因子评价区划图

#### (4) 工程地质岩组 (C4)

由前面章节统计分析可知，工作区工程地质岩组对地质灾害的影响和控制作用较明显。容县工程地质岩组单因子评价赋值为：块状坚硬花岗岩岩组和块状坚硬混合岩岩组 得 4 分，

中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组和中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状软弱页岩岩组得3分，薄～中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组、厚层～块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组和块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组得2分，粘性土、砂卵砾石双层土体和粘土夹砾石、碎石单层土体得1分。容县工程地质岩组单因子评价分区见图6-1-5。

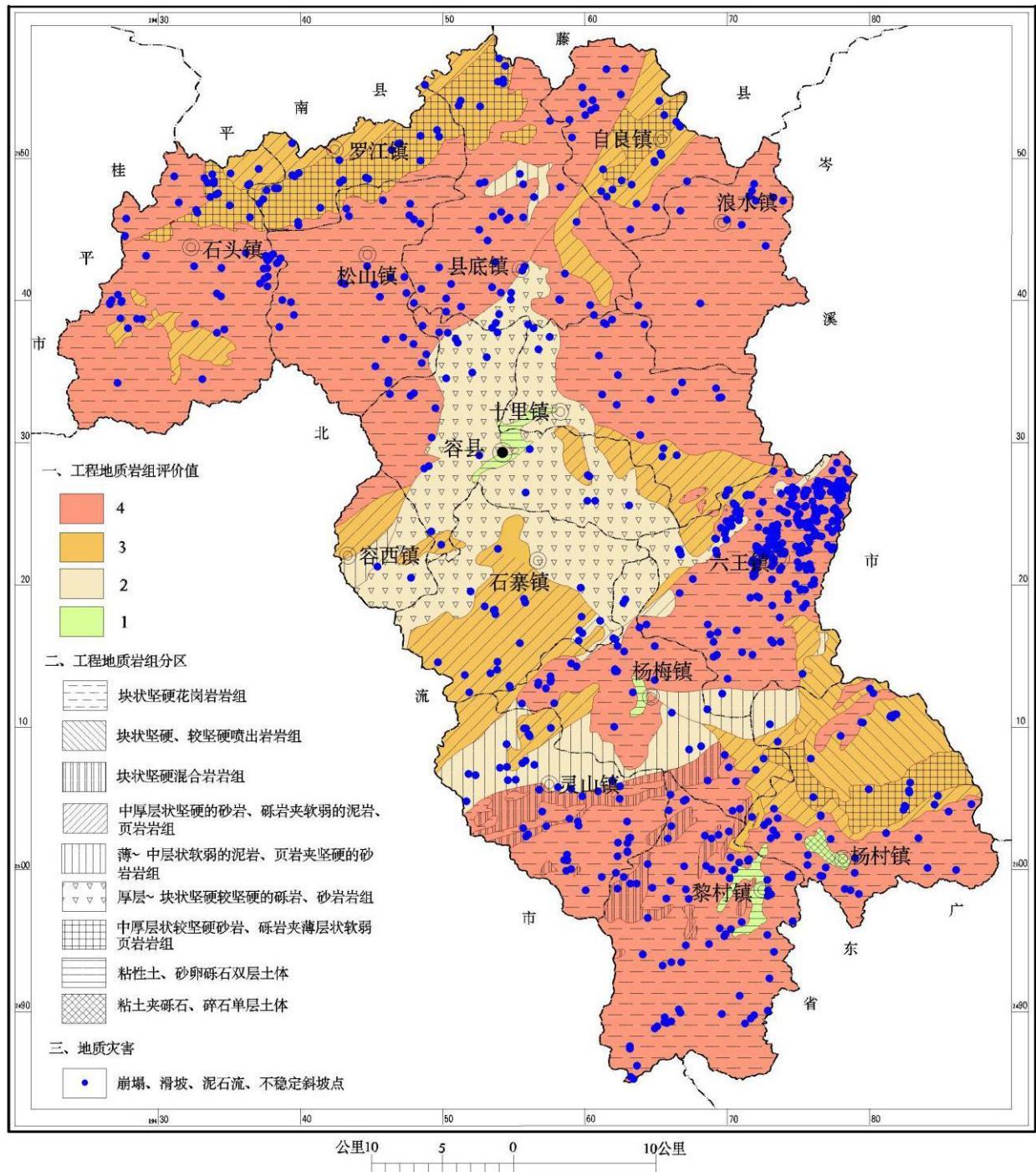


图6-1-5 容县工程地质岩组单因子评价区划图

### (5) 风化层厚度 (C5)

根据调查统计结果及查阅相关区域地质资料可知，风化层厚度越大的区域，地质灾害发育密度越大，说明风化层厚度对地质灾害的影响和控制作用明显。将容县划分为<5m、5～10m、10～15m 和>15m 等四个风化层厚度区，风化层厚度（按平均厚度计）单因子评价赋值

为：风化层厚度 $>15m$ 得4分，风化层厚度 $10\sim15m$ 得3分，风化层厚度 $5\sim10m$ 得2分，风化层厚度 $<5m$ 得1分。容县风化层厚度单因子评价分区见图6-1-6。

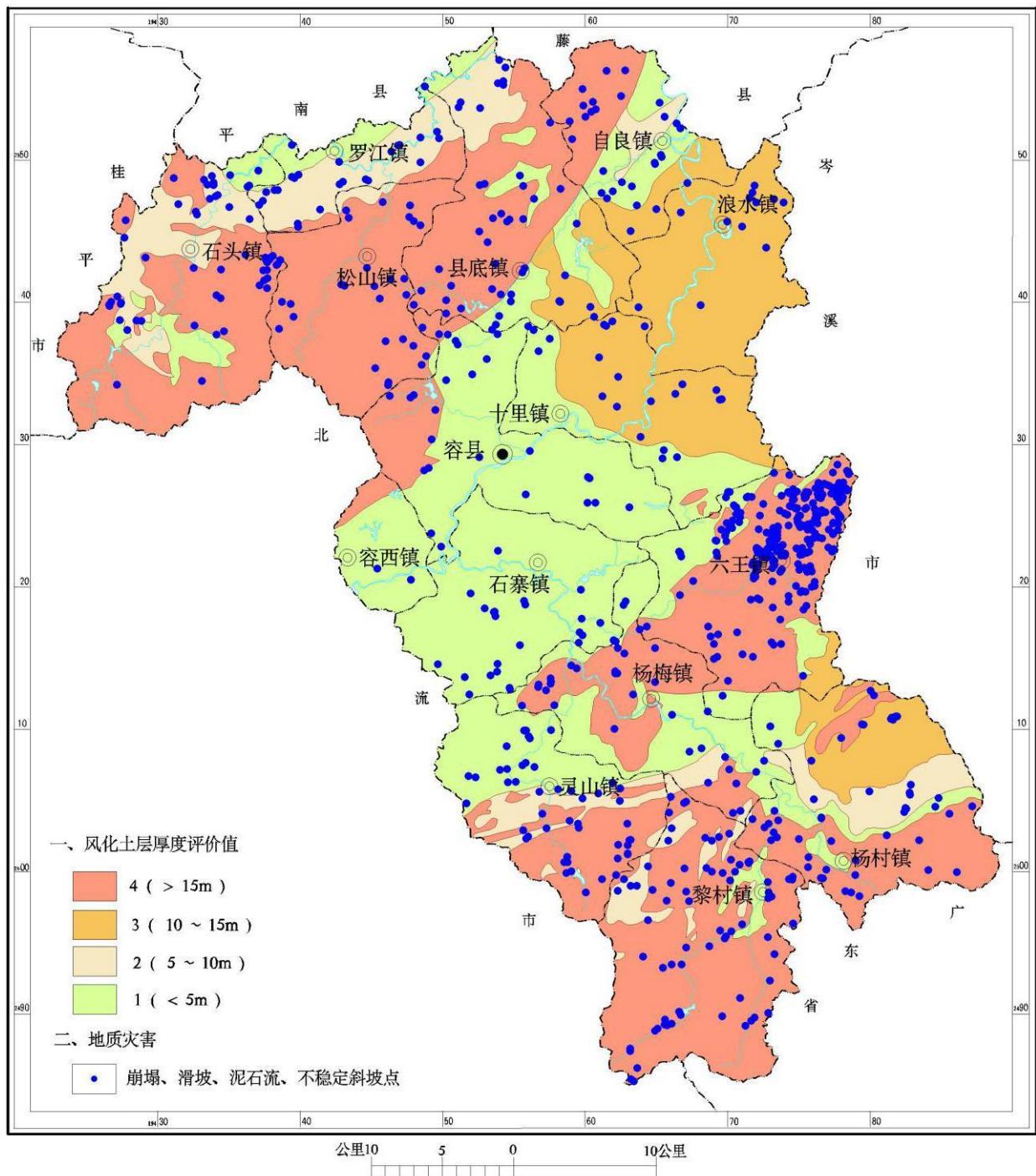


图 6-1-6 容县风化层厚度单因子评价区划图

#### (6) 地质构造 (C6)

地质构造对地质灾害的发育及分布也具有一定的影响，构造带上及其两侧影响带往往岩层较破碎岩石较容易风化、软化，易形成崩滑所需的松散固体物质。故本次评价以区内已查明的构造线为基准，向其两侧以1km为间距设置 $<1km$ 、 $1\sim2km$ 、 $2\sim3km$ 、 $>3km$ 等四个缓冲区，容县地质构造单因子评价赋值为： $<1km$ 得4分， $1\sim2km$ 得3分， $2\sim3km$ 得3分， $>3km$ 得1分。容县地质构造单因子评价分区见图6-1-7。

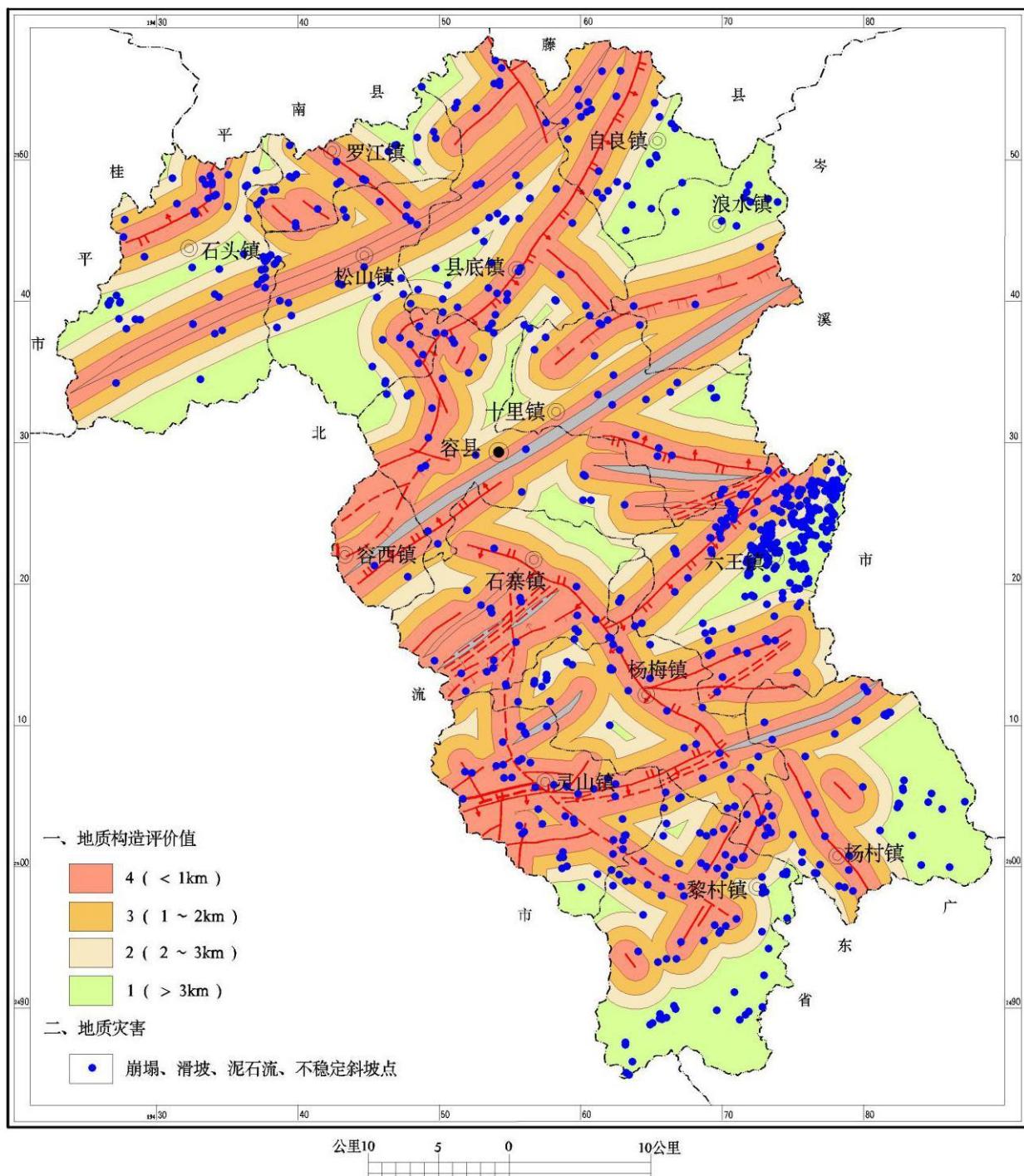


图 6-1-7 容县地质构造单因子评价区划图

### (7) 人类工程活动 (C7)

人类工程活动是区内地质灾害重要的诱发因子之一。区内人类工程活动对地质灾害影响主要表现为切坡，切坡使一些原本斜坡稳定性较好、地质灾害不易发缓坡地段变成易发，使原本斜坡稳定性较差、地质灾害易发陡坡地段变成更易发。本次容县详查调查的地质灾害绝大部分与之有直接关系。因此，区内切坡的分布是判断人类工程活动强度最重要指标。这里选用野外地灾调查及易发村屯核查工作中统计的、对致灾有影响的高陡切坡及低矮致灾切坡分布情况对容县人类工程活动强度进行划分，将容县共划分为人类工程活动强、较强、中、弱四个区，容县人类工程活动强度单因子赋值为：人类工程活动强得 4 分，人类工程活动较

强得 3 分，人类工程活动中得 2 分，人类工程活动弱得 1 分。容县人类工程活动强度单因子评价分区见图 6-1-8。

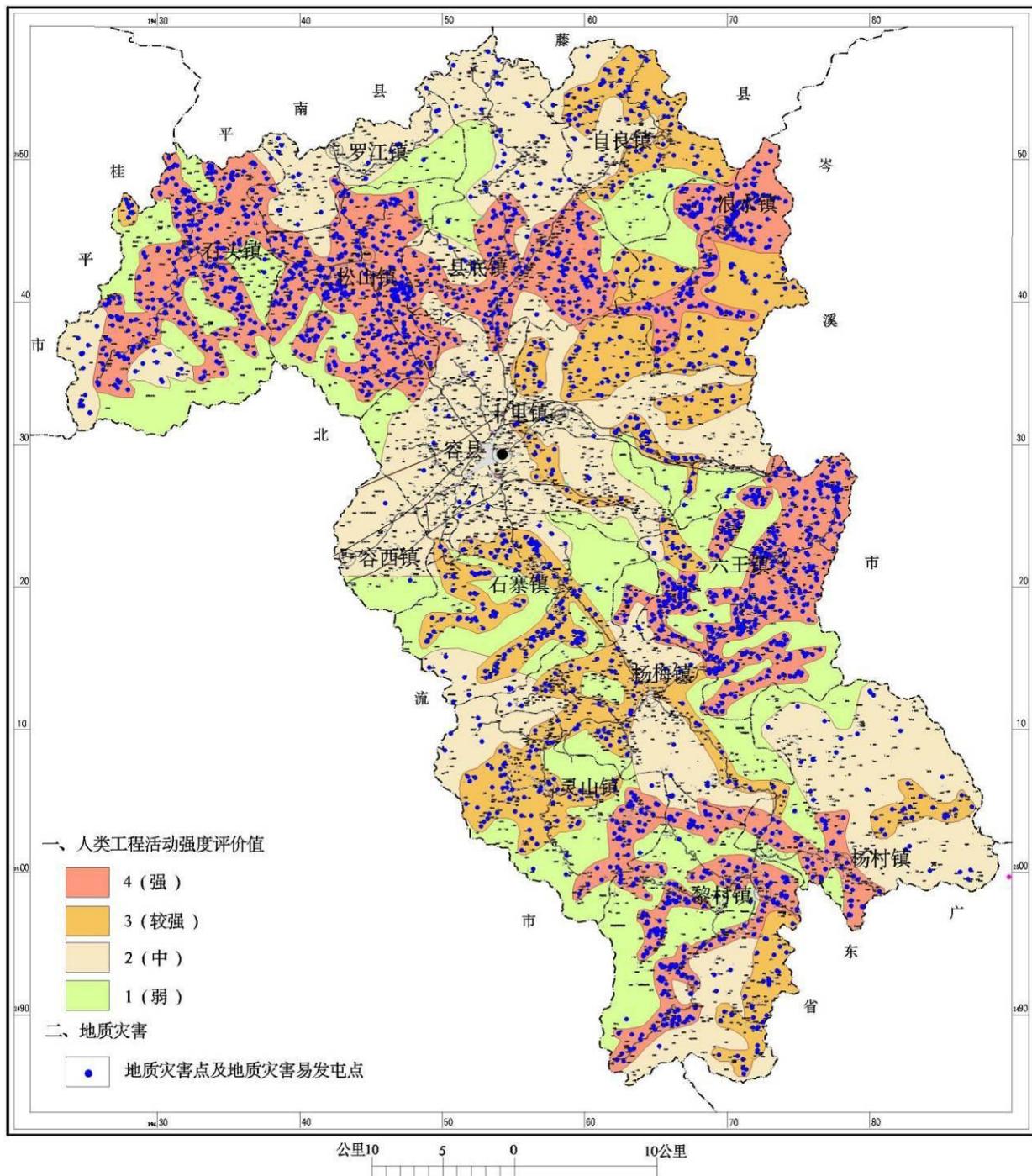


图 6-1-8 容县人类工程活动强度单因子评价区划图

#### (8) 降雨量 (C8)

降雨是崩滑流灾害发生的直接诱发因素，特别是暴雨季节，在相同地质环境条件下，地质灾害发生数量与降雨量大小呈正比。因此，这里选用容县多年平均降雨量作为致灾单因子进行评价赋值。容县多年平均降雨量单因子评价赋值：多年平均降雨量 $>2000\text{mm}$  得 4 分， $1800\sim2000\text{mm}$  得 3 分， $1600\sim1800\text{mm}$  得 2 分， $<1600\text{mm}$  得 1 分。容县多年平均降雨量单因子评价分区见图 6-1-9。

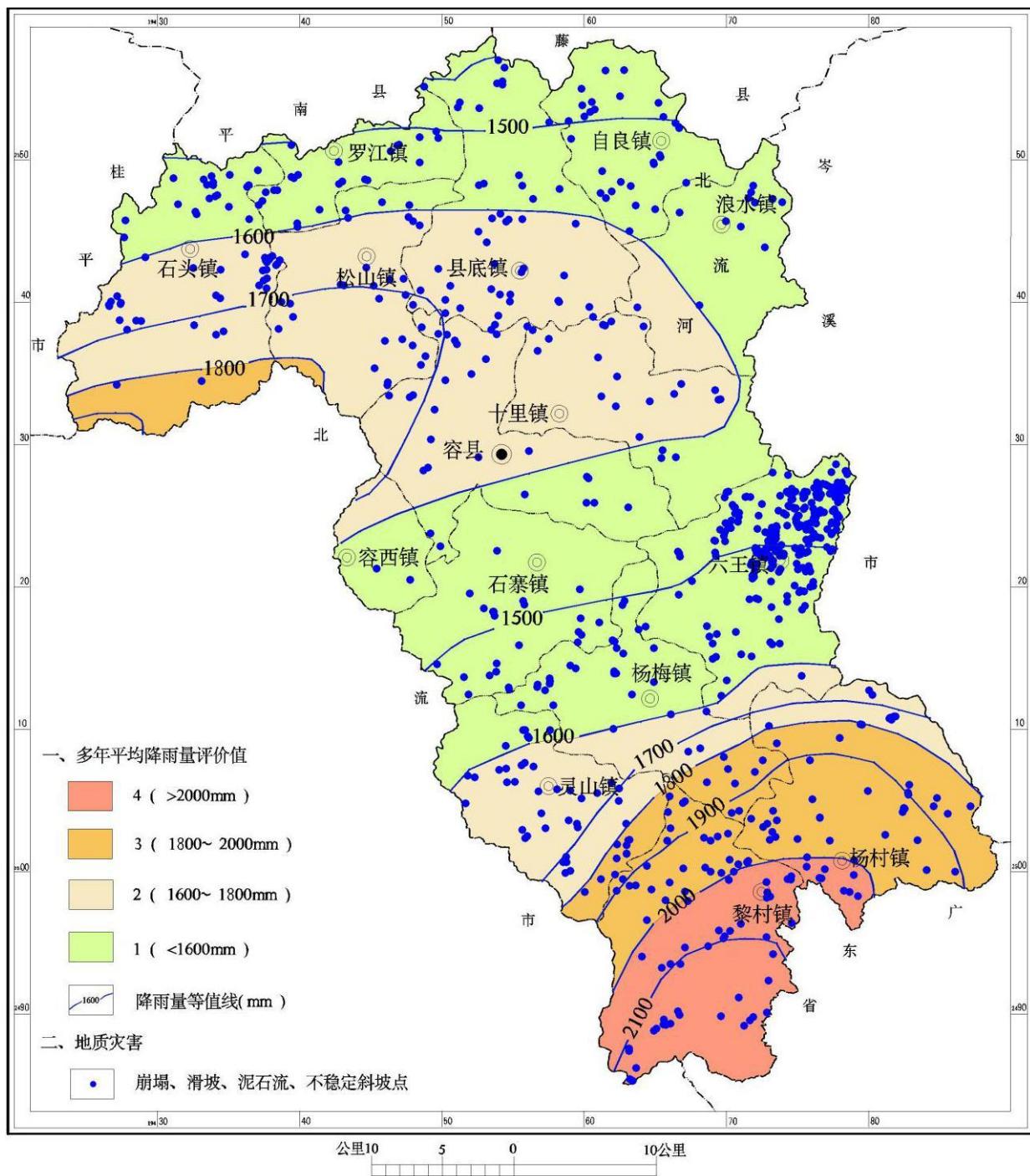


图 6-1-9 容县多年平均降雨量单因子评价区划图

#### 4、评价因子权重确定

在对选用的地质灾害发育密度、地貌类型、地形坡度、工程地质岩组、残坡积层厚度、地质构造、人类工程活动、降雨等 8 项评价因子权重打分的基础上，计算各因素算术平均值作为该因子的权重权重总和为 1，见表 6-1-1。

#### 5、基于 GIS 的信息量叠加

利用 ArcGIS 系统的空间分析功能将 8 个参与易发程度评价的单因素图作叠加分析 (Analysis Tools->Overlay->intersect)，得出带有叠加属性的不同分区。

表 6-1-1 各参评因子赋值标准及权重分配表

| 分级标准<br>赋值因素 | 赋值                        |  |  |                     | 权重   |
|--------------|---------------------------|--|--|---------------------|------|
|              | 1                         | 2  | 3  | 4                   |      |
| 地灾发育密度       | 低                         | 中  | 较高   | 高                   | 0.20 |
| 地貌类型         | 低丘盆地<br>河谷阶地              | 低山丘陵   | 低山   | 中低山                 | 0.10 |
| 地形坡度         | < 15°                     | 15°~25°  | 25°~35°  | > 35°               | 0.12 |
| 工程地质岩组       | 粘性土、砂卵砾石双层土体和粘土夹砾石、碎石单层土体 | 薄~中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组、厚层~块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组和块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组 | 中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组和中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状软弱页岩岩组 | 块状坚硬花岗岩岩组、块状坚硬混合岩岩组 | 0.13 |
| 风化土层厚度       | < 5m                      | 5m~10m   | 10m~15m  | > 15m               | 0.12 |
| 与构造带距离       | > 3km                     | 2km~3km  | 1km~2km  | < 1km               | 0.10 |
| 人类工程活动       | 弱                         | 较弱   | 中等   | 强烈                  | 0.18 |
| 多年平均降雨量      | < 1600mm                  | 1600-1800mm  | 1800-2000mm                                    | >2000mm             | 0.05 |

## 6、易发性综合评价及易发区划分

采用加权的方法计算各分区地质灾害易发性综合评价值，其数学模型为：

$$R = \sum_{i=1}^n Y_i W_i$$

式中：R—评价单元内综合评价值；

Y<sub>i</sub>—评价单元内评价因子的权重；

W<sub>i</sub>—评价单元内评价因子的标准值；

n—评价单元内评价因子的数量。

在以上叠加分区的基础上，利用 ArcGIS 系统的“字段计算（Data Management Tools->Fields->Calculate Field）”功能，按以上公式和表 6-1-1 所列各要素权重值，计算 3023 个分区各自的综合评价值。为便于容县最终的易发区综合划分，按综合评价值对各区进行了渐变赋色，见图 6-1-10。

结合容县野外调查实际情况与图 6-1-10 的评价结果进行综合分析，将容县划分为高易发区、中易发区、低易发区和不易发区 4 个不同等级的区域，具体分区见图 6-1-11。

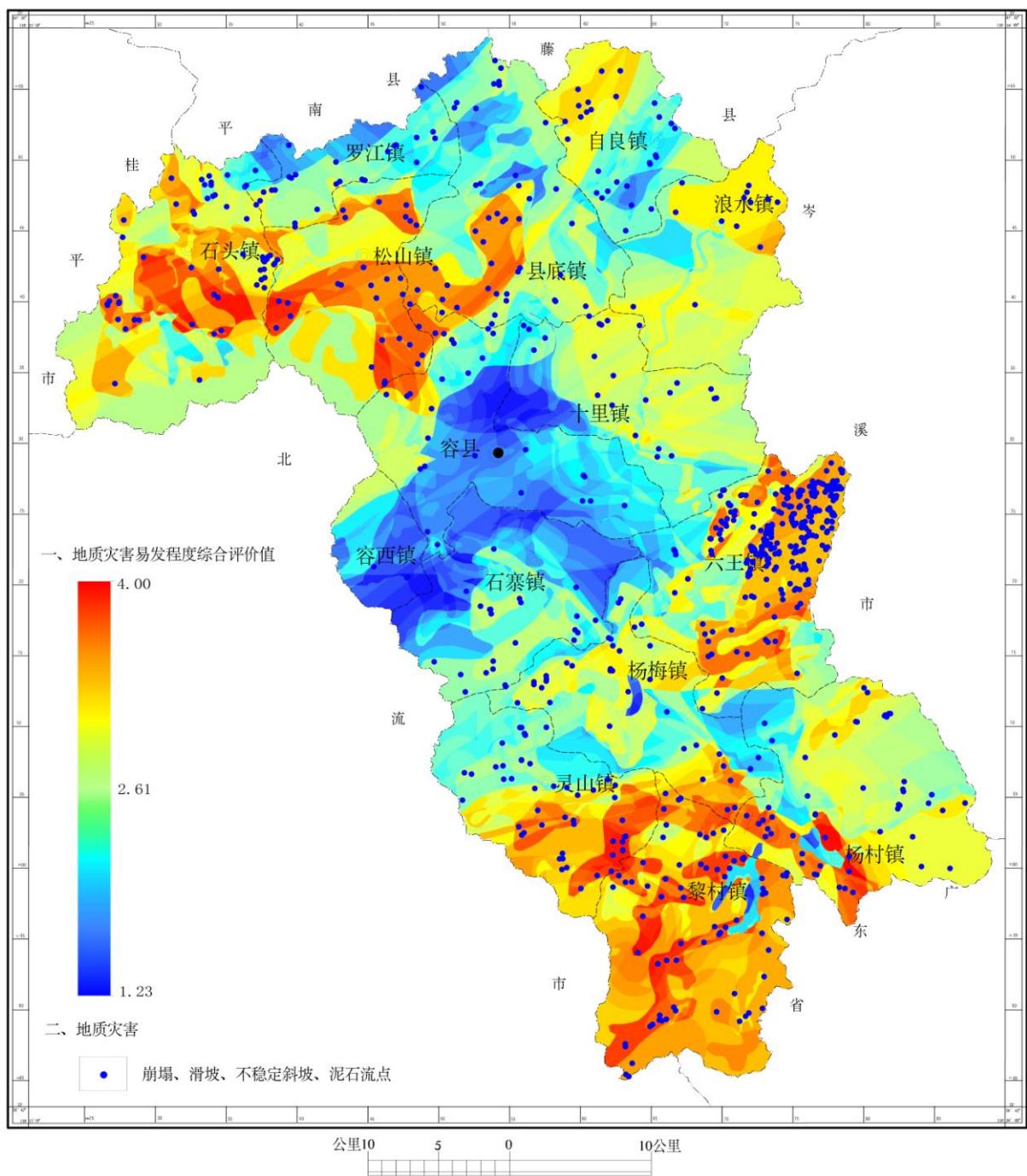


图 6-1-10 容县地质灾害易发程度综合评价值分区图

### 三、地质灾害易发分区评价

依据容县地质灾害易发程度分区结果，容县划分为地质灾害高易发区、中易发区、低易发区和不易发区等 4 个区，共包括 14 个亚区。其中，容县地质灾害高易发区总面积为  $1012.9\text{km}^2$ ，占全县总面积的 44.9%，包括  $A_1$ 、 $A_2$  和  $A_3$  3 个地质灾害高易发亚区， $A_1$  地质灾害高易发亚区发育地质灾害 143 处、发育密度  $0.321 \text{处}/\text{km}^2$ ， $A_2$  地质灾害高易发亚区发育地质灾害 301 处、发育密度  $1.525 \text{处}/\text{km}^2$ ， $A_3$  地质灾害高易发亚区发育地质灾害 134 处、发育密度  $0.362 \text{处}/\text{km}^2$ ；容县地质灾害中易发区总面积为  $663.4\text{km}^2$ ，占全县总面积的 29.4%，包括  $B_1$ 、 $B_2$  和  $B_3$  3 个地质灾害中易发亚区， $B_1$  地质灾害高易发亚区发育地质灾害 31 处、发育密度  $0.160 \text{处}/\text{km}^2$ ， $B_2$  地质灾害高易发亚区发育地质灾害 54 处、发育密度  $0.162 \text{处}/\text{km}^2$ ， $B_3$  地

质灾害高易发亚区发育地质灾害 40 处、发育密度 0.291 处/km<sup>2</sup>；容县地质灾害低易发区总面积为 561.1km<sup>2</sup>，占全县总面积的 24.9%，包括 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 和 C<sub>4</sub> 个地质灾害低易发亚区，C<sub>1</sub> 地质灾害高易发亚区发育地质灾害 38 处、发育密度 0.181 处/km<sup>2</sup>，C<sub>2</sub> 地质灾害高易发亚区发育地质灾害 27 处、发育密度 0.084 处/km<sup>2</sup>，C<sub>3</sub> 地质灾害高易发亚区发育地质灾害 5 处、发育密度 0.215 处/km<sup>2</sup>，C<sub>4</sub> 地质灾害高易发亚区发育地质灾害 1 处、发育密度 0.164 处/km<sup>2</sup>；容县地质灾害不易发区总面积为 20.1km<sup>2</sup>，占全县总面积的 0.9%，包括 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 和 D<sub>4</sub> 4 个地质灾害不易发亚区。容县各地质灾害易发亚区地质灾害基本情况见表 6-1-2，各地质灾害易发亚区地质环境条件见表 6-1-3。

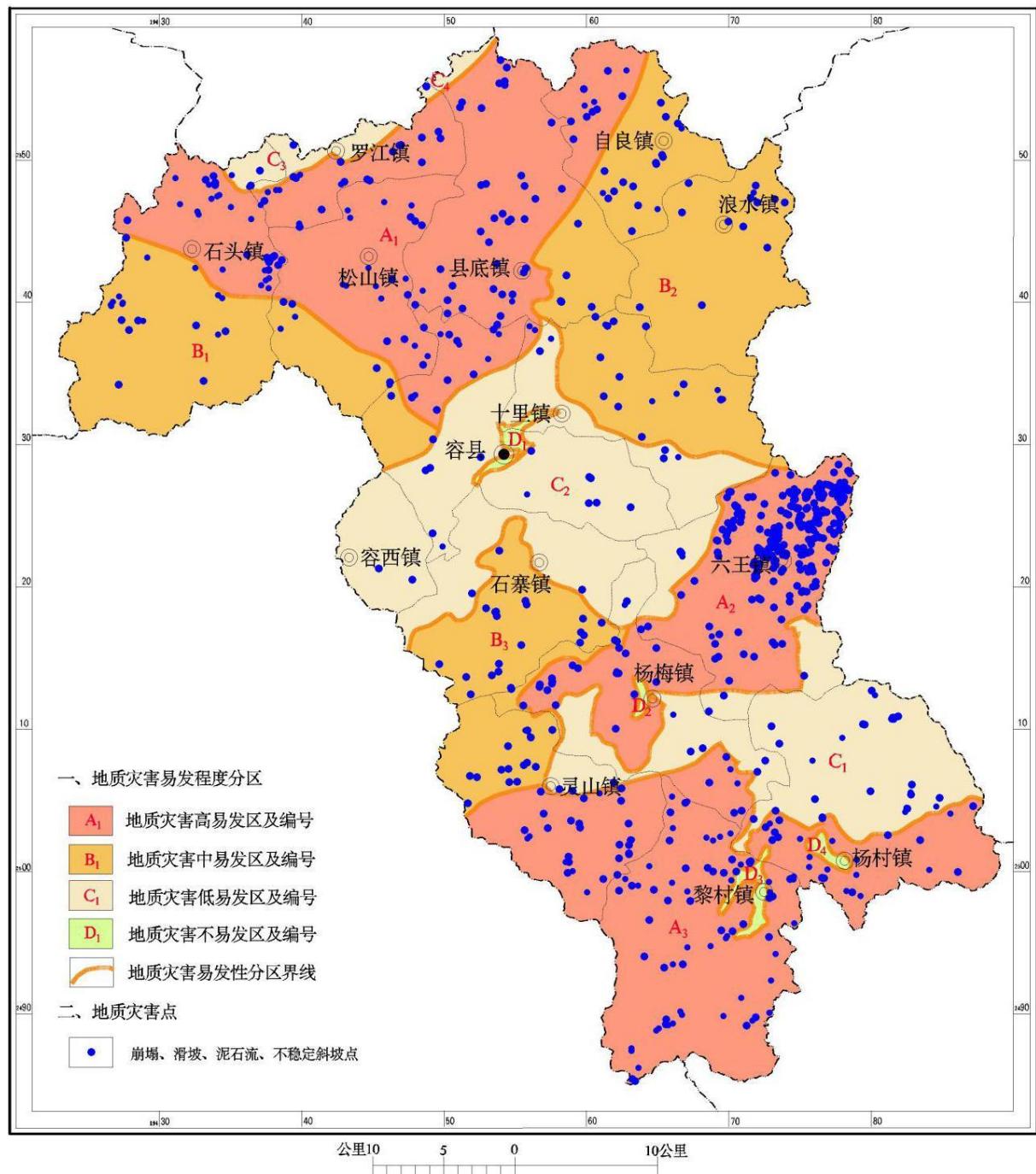


图 6-1-11 容县地质灾害易发程度分区图

表 6-1-2 容县地质灾害易发程度分区表

| 分区名称 | 分区代号 | 分区面积(km <sup>2</sup> ) | 面积占比(%) | 亚区                                   |                |                      | 滑坡(处) | 崩塌(处) | 不稳定斜坡(处) | 泥石流(处) | 地灾数量(处) | 地灾发育密度(处/km <sup>2</sup> ) | 分布乡镇                |
|------|------|------------------------|---------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|-------|----------|--------|---------|----------------------------|---------------------|
|      |      |                        |         | 名称                                   | 代号             | 面积(km <sup>2</sup> ) |       |       |          |        |         |                            |                     |
| 高易发区 | A    | 1012.9                 | 44.9    | 石头镇泗略村--松山镇平田村--自良镇思旺村一带高易发亚区        | A <sub>1</sub> | 445.0                | 41    | 38    | 64       | 0      | 143     | 0.321                      | 石头、松山、县底、自良和罗江等镇    |
|      |      |                        |         | 杨梅镇四端村--六王镇莲塘村--六王镇陈村一带高易发亚区         | A <sub>2</sub> | 197.4                | 99    | 148   | 54       | 0      | 301     | 1.525                      | 六王镇、杨梅镇             |
|      |      |                        |         | 灵山镇六华村--黎村镇太和村--黎村镇平石村-杨村镇高洞村一带高易发亚区 | A <sub>3</sub> | 370.5                | 27    | 40    | 66       | 1      | 134     | 0.362                      | 灵山、黎村、杨村、杨梅等镇       |
| 中易发区 | B    | 663.4                  | 29.4    | 石头镇睦冲村--石头镇营垌村--松山镇大水村一带中易发亚区        | B <sub>1</sub> | 193.3                | 9     | 5     | 17       | 0      | 31      | 0.160                      | 石头镇、松山镇、            |
|      |      |                        |         | 自良镇河步村--浪水镇泗利村--十里镇流冲村一带中易发亚区        | B <sub>2</sub> | 332.6                | 17    | 16    | 21       | 0      | 54      | 0.162                      | 自良、浪水、县底、十里等镇       |
|      |      |                        |         | 石寨镇西村--石寨镇石城村--灵山镇仁勇村一带中易发亚区         | B <sub>3</sub> | 137.5                | 22    | 12    | 6        | 0      | 40      | 0.291                      | 石寨镇、灵山镇             |
| 低易发区 | C    | 561.1                  | 24.9    | 杨梅镇六美村-杨村镇平贯村-杨村镇当发村一带低易发亚区          | C <sub>1</sub> | 210.2                | 14    | 11    | 13       | 0      | 38      | 0.181                      | 杨村镇、杨梅镇             |
|      |      |                        |         | 容西镇深柳村--容县千秋村--六王镇金库村一带低易发亚区         | C <sub>2</sub> | 321.5                | 5     | 14    | 7        | 1      | 27      | 0.084                      | 容州、十里、容西、石寨、六王、杨梅等镇 |
|      |      |                        |         | 石头镇三岸村--罗江镇梨木村一带低易发亚区                | C <sub>3</sub> | 23.3                 | 3     | 0     | 2        | 0      | 5       | 0.215                      | 罗江镇、石头镇             |
|      |      |                        |         | 县底太平村一带低易发亚区                         | C <sub>4</sub> | 6.1                  | 1     | 0     | 0        | 0      | 1       | 0.164                      | 县底镇                 |
| 不易发区 | D    | 20.1                   | 0.9     | 容县县城中心一带不易发亚区                        | D <sub>1</sub> | 6.4                  | 0     | 0     | 0        | 0      | 0       | 0                          | 容州镇                 |
|      |      |                        |         | 杨梅绿荫社区一带不易发亚区                        | D <sub>2</sub> | 2.0                  | 0     | 0     | 0        | 0      | 0       | 0                          | 杨梅镇                 |
|      |      |                        |         | 黎村马良--平洛--温泉一带不易发亚区                  | D <sub>3</sub> | 7.9                  | 0     | 0     | 0        | 0      | 0       | 0                          | 黎村镇                 |
|      |      |                        |         | 杨村鱼产--杨村一带不易发亚区                      | D <sub>4</sub> | 3.8                  | 0     | 0     | 0        | 0      | 0       | 0                          | 杨村镇                 |
| 合计   | 4    | 2257                   | 100     | —————                                | 14             | 2257.0               | 314   | 208   | 250      | 2      | 774     | ——                         | —————               |

表 6-1-3 容县各质灾害易发性分区说明表

| 分区<br>名称<br>及代号 | 亚区名称及代号   | 分 区 说 明  |   |   |  |
|-----------------|---|--|---|---|--|
|                 |   | 地形地貌   | 岩性及工程地质条件   | 地质构造  | 人类工程活动   |
| 高易<br>发区<br>(A) | 石头镇泗略村--松山镇平田村--自良镇思旺村一带高易发亚区(A <sub>1</sub> )        | 低山丘陵-低丘盆地地貌，区内山体标高一般 150~300m，山顶较圆，山体坡度多介于 15~30°之间，溪沟河谷呈“U”型。                         | 主要由二叠系江口单元(P <sub>2</sub> J)花岗岩和侏罗系大岭组(J <sub>1</sub> d)、天堂组(TJ <sub>1</sub> t)等中厚层状砂岩、砾岩夹薄层状泥岩、页岩。风化层厚度 5~20m，主要为砂质土和含砂砾粘土，结构松散，透水性好，易发生滑坡、崩塌等灾害。  | 地质构造发育，博白-梧州区域性断裂和大容山复背斜通过，区北面分布 5 条小断层和 1 条小断裂带。   | 分布于山坡前村庄密集，切坡数量较多，切坡高度以 7~10m 居多，人类工程活动强烈。               |
|                 | 杨梅镇四端村--六王镇莲塘村--六王镇陈村一带高易发亚区(A <sub>2</sub> )         | 低山丘陵地貌，区内山体标高一般 150~250m，山顶较圆，山体坡度多介于 20~40°，溪沟河谷呈“U”型。                                | 岩性主要为侏罗系和白垩系花岗岩、花岗闪长岩。岩石风化强烈，风化带厚度一般大于 15m，局部可达 30m，岩性以砂质粘性土、砂土为主，结构松散，抗水性弱，易发生崩解，为滑坡、崩塌、泥石流易发岩性。   | 西南--东北展布的狮子顶-旺冲坡断裂从区内西北面通过进入岑溪。                     | 分布于山坡前村庄密集，屋后切坡数量多，切坡高度以 8~12m 居多，人类工程活动强烈。              |
|                 | 灵山镇六华村--黎村镇太和村--黎村镇平石村-杨村镇高垌村一带高易发亚区(A <sub>3</sub> ) | 低山-中低山地貌，山体标高一般 500~1000m，切深一般 300~500m，分水岭较平坦，山顶稍圆，山体坡度多介于 25~50°，溪沟河谷“V”型，水系发育呈树枝状。  | 岩性主要为志留系和寒武系花岗岩。岩石风化强烈，风化带厚度一般大于 15m，岩性以砂质粘性土、砂土为主，结构松散，抗水性差，易发生滑坡、崩塌。  | 地质构造发育，以小断层为主，分布于灵山镇中部、黎村镇西北部、杨村镇西部，1 条东西走向的断裂横穿灵山。 | 分布于山坡之上及坡前村庄较密集，屋后切坡数量多，切坡高度以 6~9m 居多，二级公路切坡高陡，人类工程活动强烈。 |
| 中易<br>发区<br>(B) | 石头镇睦冲村--石头镇营洞村--松山镇大水村一带中易发亚区(B <sub>1</sub> )        | 中低山地貌，最高山体标高 1147.8m，切深 500~1000m，山顶尖、山脊窄，山体坡度多介于 30~50°，局部形成悬崖峭壁，溪沟呈“V”字型，水系呈树枝状及羽毛状。 | 岩性主要为二叠系和三叠系花岗岩。岩石风化强烈，风化带厚度一般大于 10m，岩性以砂质粘性土、砂土为主，结构松散，抗水性差，易发生滑坡、崩塌。  | 大容山复背斜穿过。   | 分布于山坡前村庄密集，屋后切坡数量多，切坡高度以 8~12m 居多，人类工程活动较强烈。             |
|                 | 自良镇河步村--浪水镇泗利村--十里镇流冲村一带中易发亚区(B <sub>2</sub> )        | 低山-低山丘陵地貌，以低山丘陵地貌为主，区内山体标高一般 100~250m，山体坡度多介于 25~40°之间，溪沟河谷呈“U”型。                      | 岩性主要为三叠系和二叠系花岗岩岩石风化强烈，风化带厚度 10~15m，岩性以砂质粘性土、砂土为主，结构松散，抗水性差，易发生滑坡、崩塌。  | 陆川--岑溪区域性断裂带通过。                                     | 分布于山坡前的村庄密集，屋后切坡数量较多，切坡高度以 6~8m 居多，人类工程活动较强烈。            |
|                 | 石寨镇西村--石寨镇石城村--灵山镇仁勇村一带中易发亚区(B <sub>3</sub> )         | 低山丘陵地貌，区内山体标高一般 100~200m，山体坡度多介于 20~35°之间，溪沟河谷呈“U”型。                                   | 主要由志留系防城组(S <sub>3</sub> f)、合浦组(S <sub>2</sub> h)、大岗顶组(S <sub>1</sub> d)、志留系下统连滩组(S <sub>1</sub> l)、奥陶系东冲组(O <sub>2</sub> d)等地层组成，岩性以砂岩、砾岩为主，夹泥岩、页岩。岩体表层风化破碎，节理、裂隙较发育，风化残积土层厚度一般在 2~7m 之间，结构松散，易沿着残积层与基岩接触面产生滑坡、崩塌。 | 地质构造发育，主要有大坡外断裂带通过，石寨镇南部不明断裂带密集分布。                  | 分布于山坡前及坡上村庄较密集，切坡数量较多，切坡高度以 5~7m 居多，人类工程活动较强烈。           |

续表 6-1-3 容县各质灾害易发性分区说明表

| 分区<br>名称<br>及代号 | 亚区名称及代号  | 分区说明   |  |   |  |
|-----------------|--|--|--|---|--|
|                 |  | 地形地貌   | 岩性及工程地质条件  | 地质构造  | 人类工程活动   |
| 低易发区<br>(C)     | 杨梅镇六美村--杨村镇平贯村--杨村镇当发村一带低易发亚区(C <sub>1</sub> ) | 中低山-低山丘陵地貌，区内山体标高一般 200~500m，最高山体尖峰山山顶标高 1016m，山体坡度多介于 20°~45° 之间。 | 奥陶系上统兰翁组、白垩系大坡组和新隆组粉砂岩、泥质粉砂岩及泥岩，风化层厚度 5~15m，以砂质粘土、粘土为主，结构松散，透水性好，易发生滑坡、崩塌。                           | 地质构造弱发育，大坡外断裂从区西面南北向穿过。                           | 分布于山坡上和坡前的村庄较密集，屋后切坡数量较多，切高度 7~10m 居多，人类工程活动较强烈。 |
|                 | 容西镇深柳村--容县千秋村--六王镇金库村一带低易发亚区(C <sub>2</sub> )  | 低山~丘陵盆地地貌，山体坡度多介于 15°~35° 之间。                                      | 第三系邕宁组紫红色块状砾岩、不等粒砂岩、钙质粉砂岩为主，节理裂隙发育，风化层厚度在 0~5m 之间，局部达 10m，结构松散，透水性好，易发生滑坡、崩塌。                        | 地质构造较发育，北流复向斜从区中部穿过，区东面有容县--岑溪断裂通过，区西面有一实测压性断裂通过。 | 分布于坡前的村庄、公路密集，切坡数量多，切坡高度 4~7m 居多，人类工程活动强烈。       |
|                 | 石头镇三岸村--罗江镇梨木村一带低易发亚区(C <sub>3</sub> )         | 低丘盆地地貌，地势较缓，地形坡度多介于 10~25°，山顶浑圆，似馒头状，沟谷宽阔呈“U”型。                    | 白垩系下统新隆组碎屑岩，岩性为钙质粉砂岩、泥质粉砂岩夹岩屑细砂岩及泥岩。岩体表层风化破碎，节理、裂隙较发育，风化残积土层所厚度一般在 2~7m 之间，结构松散，易沿着残积层与基岩接触面产生滑坡、崩塌。 | 地质构造弱发育。  | 分布于坡前村庄较密集，切坡数量较多，切坡高度以 6m 居多，人类工程活动较中等。         |
|                 | 县底太平村一带低易发亚区(C <sub>4</sub> )                  | 低丘盆地地貌，地势较缓，地形坡度多介于 10~25°，山顶浑圆，似馒头状，沟谷宽阔呈“U”型。                    | 白垩系下统新隆组碎屑岩，岩性为钙质粉砂岩、泥质粉砂岩夹岩屑细砂岩及泥岩。岩体表层风化破碎，节理、裂隙较发育，风化残积土层所厚度一般在 2~7m 之间，结构松散，易沿着残积层与基岩接触面产生滑坡、崩塌。 | 地质构造弱发育。  | 分布于坡前村庄较密集，切坡数量较多，切坡高度以 6m 居多，人类工程活动较中等。         |
| 不易发区<br>(D)     | 容县县城中心一带不易发亚区(D <sub>1</sub> )                 | 河谷阶地地貌   | 粘性土与砂卵砾石双层土体。  | 地质构造弱发育。  | 分布村庄、道路、厂矿密集，人类工程活动较强烈。                          |
|                 | 杨梅绿荫社区一带不易发亚区(D <sub>2</sub> )                 | 河谷阶地地貌   | 粘性土与砂卵砾石双层土体。  | 地质构造弱发育。  | 分布村庄、道路，人类工程活动强烈。                                |
|                 | 黎村马良--平洛--温泉一带不易发亚区(D <sub>3</sub> )           | 低山地貌   | 粘性土与砂卵砾石双层土体。  | 地质构造弱发育。  | 分布于村庄，人类工程活动一般。                                  |
|                 | 杨村鱼产--杨村一带不易发亚区(D <sub>4</sub> )               | 低山地貌   | 粘土夹砾石、碎石单层土体。  | 地质构造弱发育。  | 分布于村庄，人类工程活动一般。                                  |

## 第二节 地质灾害危险区划分及分区评价

### 一、概述

地质灾害易发性区划反映一个区域内地质灾害发生可能性难易程度。地质灾害危险性是在地质灾害易发性基础上引入其社会属性，反映地质灾害易发程度和地质灾害的破坏程度及及对人民生命财产的威胁程度的综合指标，它包括已发生的地质灾害造成的损失和潜在地质灾害隐患点威胁的人口及财产。因此，危险性评价是由易发性、已造成损失和可能损失叠加而成，反映地质灾害危害程度。

地质灾害危险区划分的方法是在地质灾害易发程度分区的基础上，结合已发生灾害造成的损失、地质灾害的演变趋势、潜在的经济损失，分析评价地质灾害发生的破坏力（强度）及其扩展和影响范围来确定，主要包括：地质灾害分布位置、体积（或面积）、可能的扩展范围、运动距离及其影响范围和强度等，从而确定不同区域地质灾害的危险程度。正确划分危险区范围，对确定防灾重点，编制防灾预案，进行危险性评价具有重要作用。

地质灾害危险性区划的步骤是将评价区按照行政区、自然区或人为确定的方式划分为若干区块，考虑每一单元内历史成灾的损失、地质灾害的易发程度和潜在隐患点发灾可能造成的人员伤亡、财产损失等因素，综合分析评价其危险性，划分地质灾害危险区，显示地质灾害危险程度的分布和组合关系，为区域减灾决策和制定地质灾害防治规划提供参考依据。地质灾害危险性区划结构见图 6-2-1。

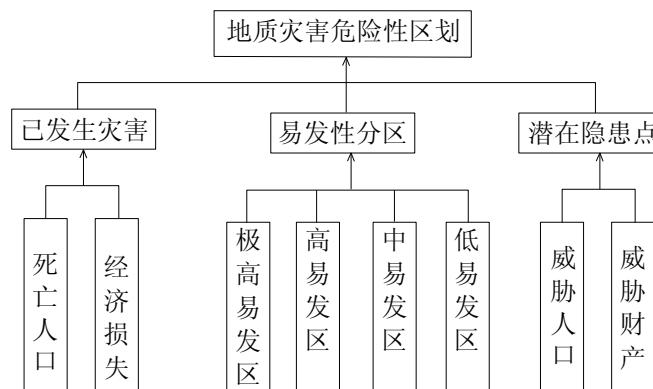


图 6-2-1 地质灾害危险性区划结构示意图

### 二、地质灾害危险区划分

#### (一) 评价模型

选择地质灾害易发性、历史成灾伤亡人数、直接经济损失、威胁人口和威胁资产等 5 个要素作为评判因子，分别对应  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 。

这里采用地质灾害危险系数法对容县进行地质灾害危险性分区。地质灾害危险系数 ( $R$ ) 计算公式如下：

$$R = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5$$

式中： $R$ —地质灾害危险系数；

$X_i$ —评判因子， $i=1、2、3、4、5$ 。

地质灾害危险性区划在地质灾害易发性区划的基础上进行，采用现状评估与预测评估相

结合的方法，对地质灾害已造成的人员伤亡、经济损失和潜在隐患点可能造成的人员伤亡、经济损失分别进行统计，根据威胁、危害的人口多少及财产数额确定不同区块内不同因子的评价指数，由单因子评价指数计算危险系数，根据地质灾害危险系数划分地质灾害危险性大、中、小区。划分依据见表 6-2-1。

**表 6-2-1 地质灾害危险区划分依据表**

| 地质灾害危险性区划 | 地质灾害危险系数         | 级别  |
|-----------|------------------|-----|
| 危险性大区     | $R \geq 12$      | I   |
| 危险性中等区    | $12 > R \geq 10$ | II  |
| 危险性小区     | $R < 10$         | III |

## (二) 分区方法与步骤

### 1、区块划分

将容县地质灾害易发性因子 (X1)、历史伤亡人数因子 (X2)、历史经济损失因子 (X3)、威胁人口因子 (X4) 和威胁财产因子 (X5) 在地质灾害易发性分区的基础上进行块区划分。

### 2、评价因子量化处理

按照一定的标准进行量化，计算每个区块的危险系数，将危险系数相同的区块合并，划分为地质灾害危险性大区、地质灾害危险性中等区和地质灾害危险性小区。地质灾害危险性评判因子量化分级标准见表 6-2-2。

**表 6-2-2 地质灾害危险性评判因子量化分级标准**

| 评价因子       | 因子分级(赋值) |                 |                |            |
|------------|----------|-----------------|----------------|------------|
|            | 4        | 3               | 2              | 1          |
| 易发性        | 高易发      | 中易发             | 低易发            | 非易发        |
| 历史伤亡人数(人)  | $>30$    | $10 \sim 30$    | $3 \sim 10$    | $\leq 3$   |
| 历史经济损失(万元) | $>1000$  | $500 \sim 1000$ | $100 \sim 500$ | $\leq 100$ |
| 威胁人口(人)    | $>1000$  | $100 \sim 1000$ | $10 \sim 100$  | $\leq 10$  |
| 威胁财产(万元)   | $>1000$  | $500 \sim 1000$ | $50 \sim 500$  | $\leq 50$  |

地质灾害易发性因子 (X1) 量化以易发性分区图为基础信息，以表 6-2-2 为标准，进行各区块易发性量化；历史伤亡人数因子 (X2)、历史经济损失因子 (X3)、威胁人口因子 (X4) 和威胁财产因子 (X5) 都以地质灾害分布图为基础进行统计，并参照表 6-2-2 进行量化。各评价因子量化结果见图 6-2-2、图 6-2-3、图 6-2-4、图 6-2-5。

### 三、地质灾害危险区分区评价

按地质灾害危险系数法进行定量计算，根据定量计算结果，综合考虑各影响因素，人工勾画出划分为地质灾害高危险区 (I)、地质灾害中等危险区 (II) 和地质灾害低危险区 (III) 3 个等级的容县地质灾害危险程度分区图。容县各地质灾害危险区分布见图 6-2-2，容县各地质灾害危险区情况见表 6-2-3，容县重大地质灾害隐患点基本情况见表 6-2-4。

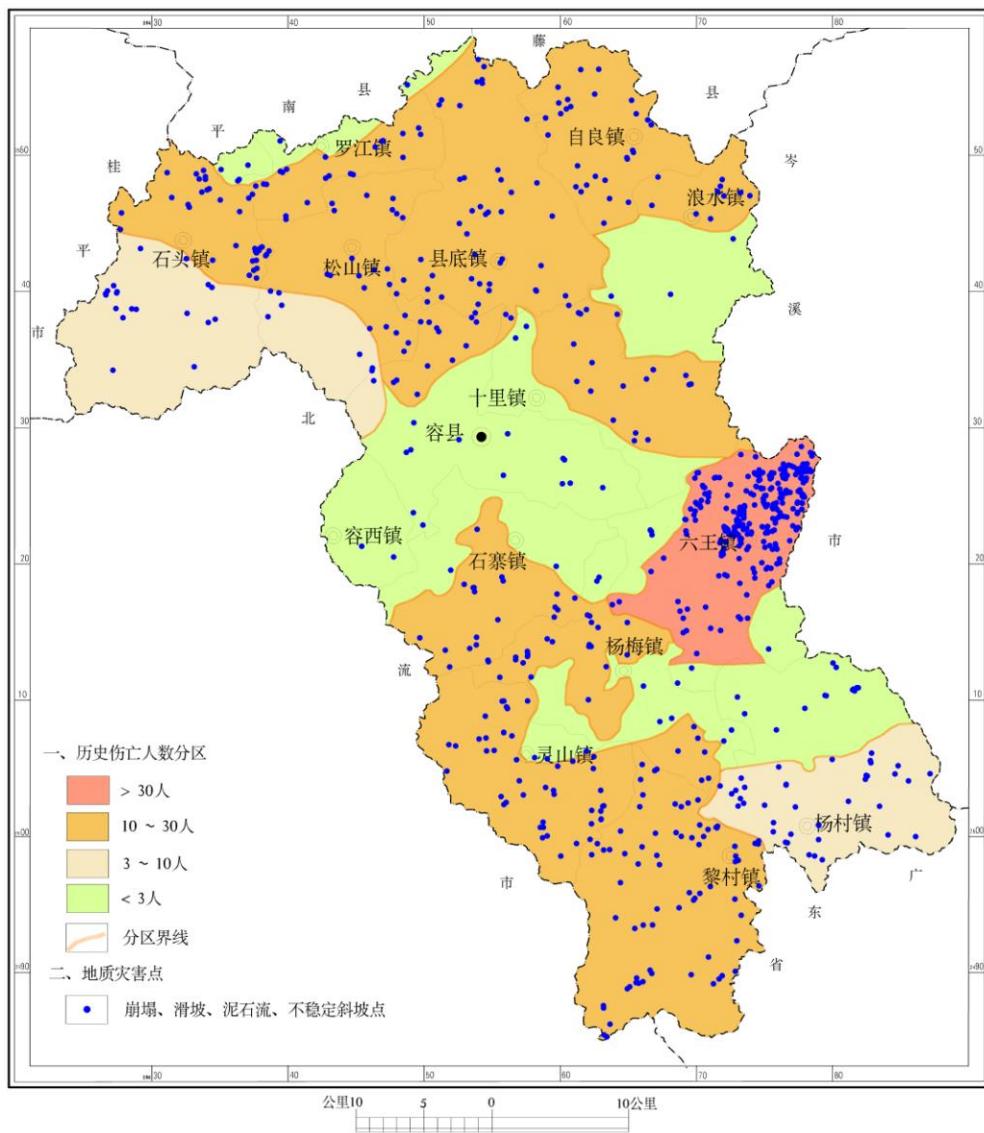


图 6-2-2 容县历史伤亡人数分区图

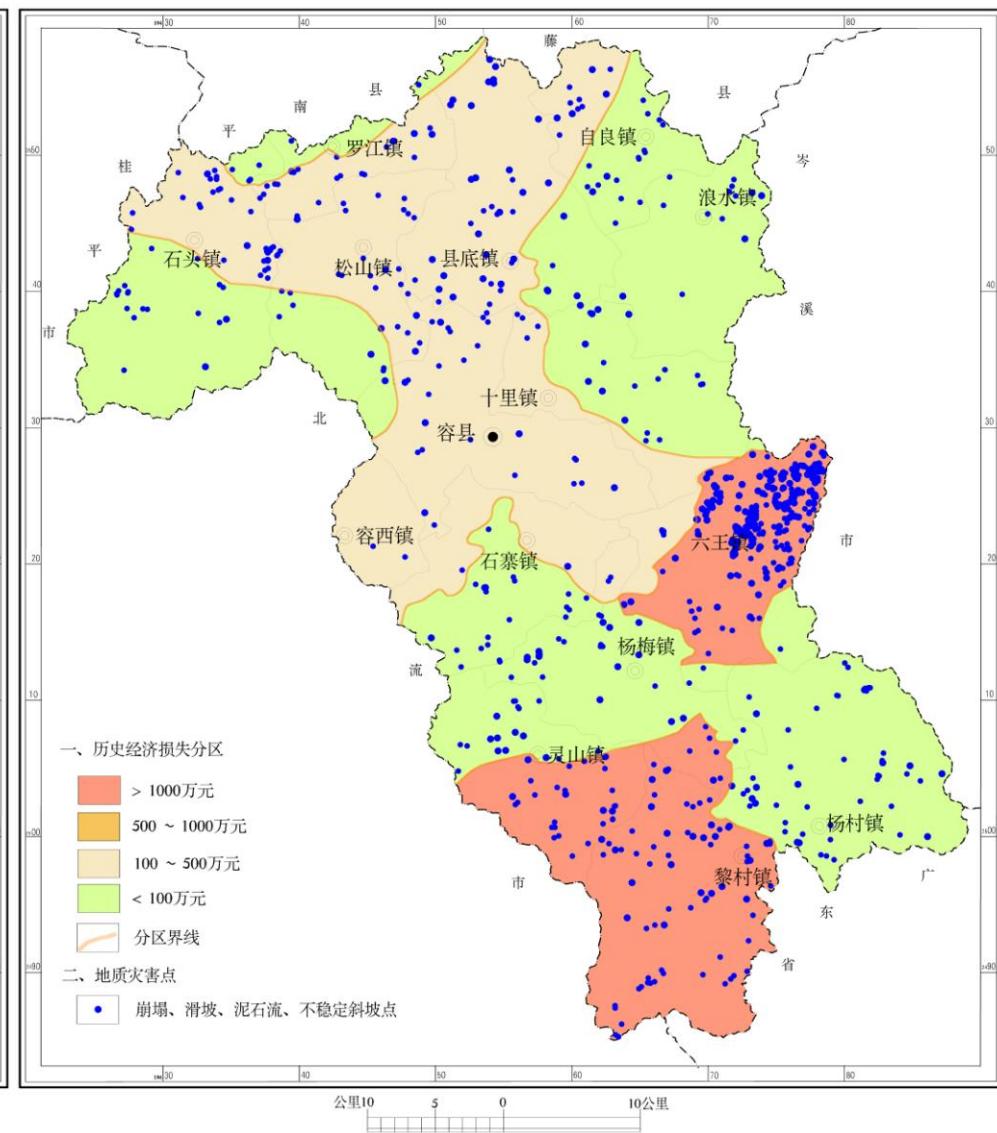


图 6-2-3 容县历史经济损失分区图

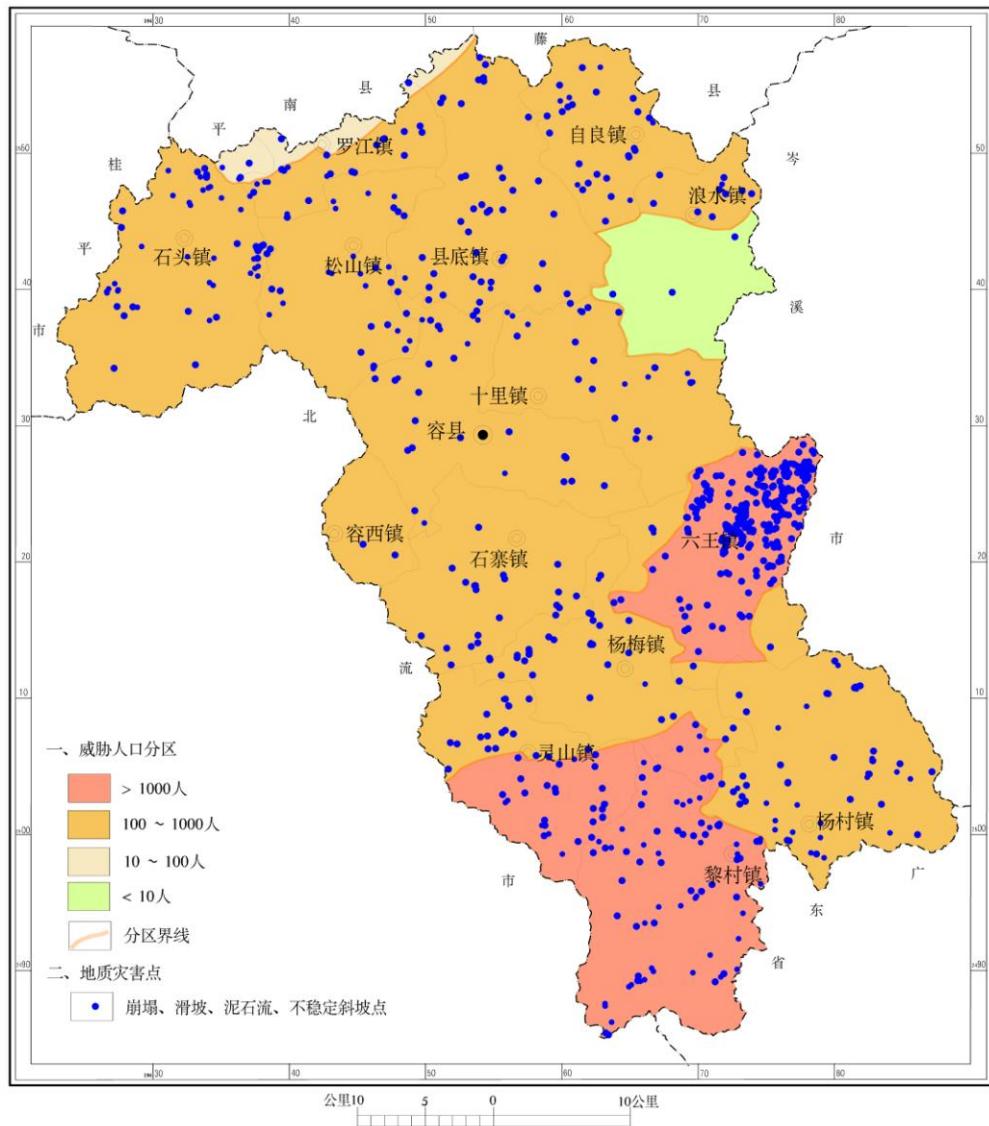


图 6-2-2 容县威胁人口分区图

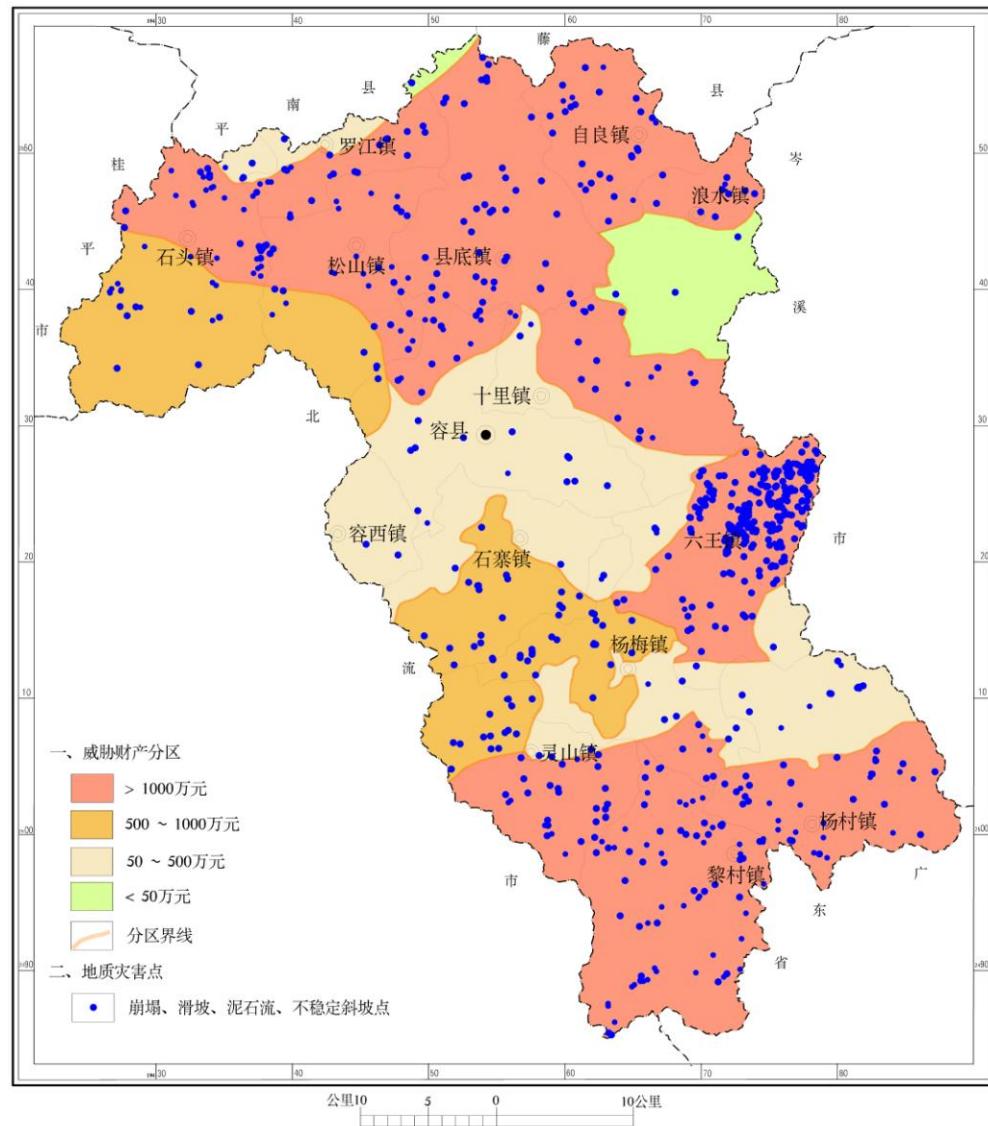


图 6-2-2 容县威胁财产分区图

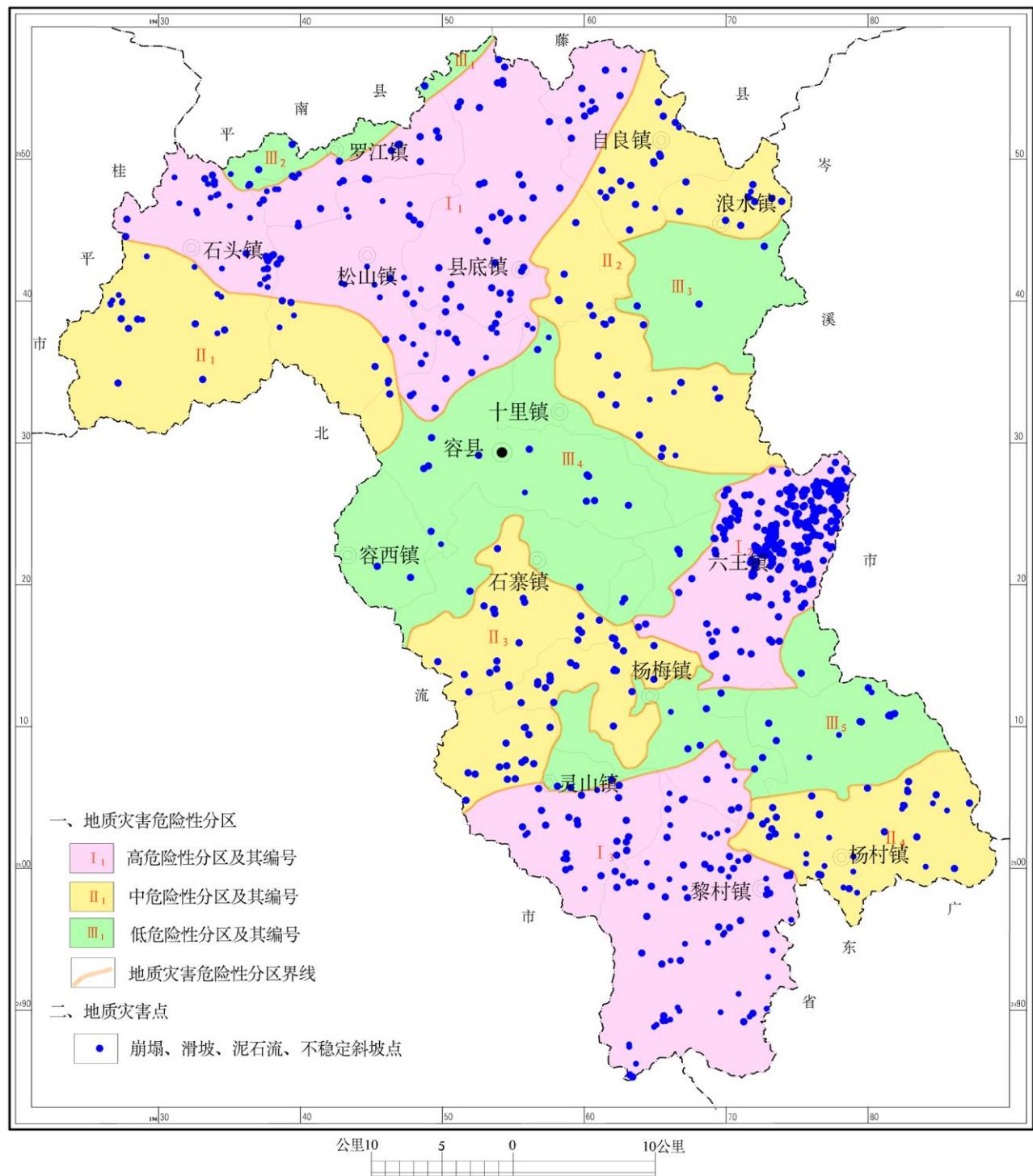


图 6-2-2 容县地质灾害危险程度分区图

表 6-2-3 容县地质灾害危险程度分区表

| 分区        | 分区面积(km <sup>2</sup> ) | 面积占比(%) | 亚区  |                      | 滑坡  | 崩塌  | 不稳定斜坡 | 泥石流 | 合计  | 伤亡人数(人) | 经济损失(万元) | 威胁人数(人) | 威胁财产(万元) | 危险性分区特征说明  |
|-----------|------------------------|---------|---|----------------------|-----|-----|-------|-----|-----|---------|----------|---------|----------|--|
|           |                        |         | 名称及代号                                       | 面积(km <sup>2</sup> ) |     |     |       |     |     |         |          |         |          |  |
| 高危险区(I)   | 875.6                  | 38.8    | 石头镇旺广--松山镇合同--县底镇荣塘高危险亚区(I <sub>1</sub> )   | 435.3                | 47  | 33  | 64    | 0   | 144 | 24      | 170.5    | 893     | 2186.5   | 该区处于地质灾害高易发区，岩性以二叠系花岗岩为主，人工边坡分布广泛，主要威胁对象为村屯、分散住户和公路，隐患点100处，现状稳定性差。            |
|           |                        |         | 六王镇佳香--六王镇莲塘--六王镇陈村高危险亚区(I <sub>2</sub> )   | 136.2                | 149 | 83  | 50    | 0   | 282 | 55      | 1771.95  | 1483    | 2096     | 该区处于地质灾害高易发区，岩性以为侏罗系花岗岩为主，人工边坡分布广泛，主要威胁对象为村屯和分散住户，隐患点105处，现状稳定性差，以斜坡上滑坡灾害威胁为主。 |
|           |                        |         | 灵山镇当中--黎村镇太和--黎村镇平石高危险亚区(I <sub>3</sub> )   | 304.1                | 32  | 25  | 51    | 1   | 109 | 11      | 1126.9   | 1245    | 2623     | 该区处于地质灾害高易发区，岩性以志留系和寒武系花岗岩为主，人工边坡分布广泛，主要威胁对象为村屯、分散住户和局部公路路段，隐患点73处，现状稳定性差。     |
| 中危险区(II)  | 755.8                  | 33.5    | 石头镇睦冲--石头营洞--松山镇大水中危险亚区(II <sub>1</sub> )   | 194.8                | 5   | 7   | 17    | 0   | 29  | 6       | 38.45    | 207     | 682      | 该区处于地质灾害中易发区，岩性以二叠系花岗岩为主，主要威胁对象为分散住户，隐患点25处，现状稳定性差。                            |
|           |                        |         | 自良镇河步--县底镇古长--十里镇流冲中危险亚区(II <sub>2</sub> )  | 247.8                | 17  | 17  | 20    | 0   | 54  | 11      | 51.5     | 494     | 1302     | 该区处于地质灾害中易发区，岩性以三叠系花岗岩为主，人工边坡分布较广泛，主要威胁对象为村屯、分散住户和公路，隐患点33处，现状稳定性差。            |
|           |                        |         | 石寨霄洞--杨梅石岭--灵山任勇中危险亚区(II <sub>3</sub> )     | 190.9                | 29  | 20  | 10    | 0   | 59  | 10      | 65.2     | 319     | 631      | 该区处于地质灾害中~高易发区，岩性以志留系碎屑岩为主，人工边坡分布较广泛，主要威胁对象为村屯和分散住户，隐患点38处，现状稳定性差。             |
|           |                        |         | 杨村镇旺村--杨村镇高垌--杨村镇当发中危险亚区(II <sub>4</sub> )  | 122.4                | 14  | 5   | 20    | 0   | 39  | 8       | 98.6     | 749     | 1091.5   | 该区处于地质灾害低~高易发区，岩性以志留系花岗岩和白垩系碎屑岩为主，人工边坡分布较广泛，主要威胁对象为分散住户，隐患点27处，现状稳定性差。         |
| 低危险区(III) | 626.0                  | 27.7    | 县底镇太平村一带低危险亚区(III <sub>1</sub> )            | 6.1                  | 1   | 0   | 0     | 0   | 1   | 0       | 2        | 13      | 15.5     | 该区处于地质灾害低易发区，人类工程活动一般，主要威胁对象为分散住户，隐患点1处，现状稳定性差。                                |
|           |                        |         | 石头镇登州--罗江镇梨木低危险亚区(III <sub>2</sub> )        | 23.3                 | 3   | 0   | 2     | 0   | 5   | 0       | 4.94     | 58      | 122      | 该区处于地质灾害低易发区，人类工程活动一般，人工边坡不高主要威胁对象为分散住户，隐患点5处，现状稳定性差。                          |
|           |                        |         | 浪水镇泗合--浪水镇扶冲低危险亚区(III <sub>3</sub> )        | 95.7                 | 1   | 0   | 2     | 0   | 3   | 1       | 0.5      | 4       | 6        | 该区处于地质灾害中易发区，人类工程活动中等，岩质切坡为主，主要威胁对象为分散住户，隐患点1处，现状稳定性差。                         |
|           |                        |         | 容西镇思传--容县中学--六王镇金库低危险亚区(III <sub>4</sub> )  | 325.8                | 7   | 11  | 6     | 1   | 25  | 0       | 377.4    | 129     | 248      | 该区处于地质灾害低易发区，人类工程活动强烈，人工边坡分布一般，高陡边坡少，主要威胁对象为分散住户，隐患点15处，现状稳定性差~较差。             |
|           |                        |         | 杨梅镇成美--杨村镇东华--杨村镇平贯低危险亚区(III <sub>5</sub> ) | 175.2                | 9   | 7   | 8     | 0   | 24  | 0       | 58.2     | 264     | 394      | 该区处于地质灾害高易发区，人类工程活动强烈，人工边坡分布中等，高陡边坡较少，主要威胁对象为分散住户和局部公路路段，隐患点18处，现状稳定性差~较差。     |
| 合计        | 2257                   | 100     | —————                                       | 2257                 | 314 | 208 | 250   | 2   | 774 | 126     | 3766.12  | 5858    | 11397.5  | 隐患点共441处   |

6-2-4 容县重大地质灾害隐患点基本情况一览表

| 室内编号    | 野外编号   | 灾点名称         | 所属危险性区 | X       | Y        | 灾点位置          | 规模   | 稳定性                | 威胁对象                            | 危害程度 | 危险性 |
|---------|--------|--------------|--------|---------|----------|---------------|--|--------------------|---------------------------------|------|-----|
| RXXC043 | LSFZ05 | 扶昨勒竹不稳定斜坡    | 中危险区   | 2547745 | 19471768 | 容县浪水镇扶昨村勒竹队   | 不稳定斜坡长约 120m, 平均宽约 60m, 推测潜在隐患体厚约 4m, 总体积约 28800m <sup>3</sup> 。 | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁勒竹等队 25 户 85 人, 威胁财产约 300 万元。 | 中等   | 大   |
| RXXC102 | YMSL01 | 石岭地雷滑坡       | 中危险区   | 2512761 | 19457279 | 容县杨梅镇石岭村地雷队   | 滑坡纵长约 60m, 平均宽约 120m, 厚约 6m, 总体积约 43200m <sup>3</sup> 。          | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 8 户 50 人, 威胁财产约 86 万元。       | 中等   | 大   |
| RXXC147 | SZSC08 | 石城六轴二队 2 号滑坡 | 中危险区   | 2512951 | 19454701 | 容县石寨镇石城村六轴二队  | 滑坡纵长约 60m, 平均宽约 40m, 厚约 4m, 总体积约 9600m <sup>3</sup> 。            | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 4 户 25 人, 威胁财产约 60 万元。       | 中等   | 大   |
| RXXC168 | LWGL13 | 古里水路队 1 号滑坡  | 高危险区   | 2524034 | 19477756 | 容县六王镇古里村水路队   | 潜在滑坡纵长约 95m, 平均宽约 100m, 厚约 2m, 总体积约 19000m <sup>3</sup> 。        | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 15 户 95 人, 威胁财产约 100 万元。     | 中等   | 大   |
| RXXC183 | LWCC11 | 陈村高勉队不稳定斜坡   | 高危险区   | 2525213 | 19477711 | 容县六王镇陈村高勉队    | 不稳定斜坡长 50 约 m, 平均宽约 60m, 推测潜在隐患体厚约 2m, 总体积约 6000m <sup>3</sup> 。 | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 7 户 46 人, 威胁财产约 60 万元。       | 中等   | 大   |
| RXXC214 | LWLT04 | 龙头大园坡脚滑坡     | 高危险区   | 2527134 | 19477142 | 容县六王镇龙头村大园坡脚队 | 潜在滑坡纵长约 50m, 平均宽约 100m, 厚约 3.5m, 总体积约 17500m <sup>3</sup> 。      | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 14 户 57 人, 威胁财产约 100 万元。     | 中等   | 大   |
| RXXC224 | LWLT14 | 龙头长田不稳定斜坡    | 高危险区   | 2524812 | 19474909 | 容县六王镇龙头村长田队   | 不稳定斜坡长约 45m, 平均宽约 30m, 推测潜在隐患体厚约 3m, 总体积约 4050m <sup>3</sup> 。   | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 9 户 50 人, 威胁财产约 100 万元。      | 中等   | 大   |
| RXXC226 | LWLT16 | 龙头上塘滑坡       | 高危险区   | 2525510 | 19475446 | 容县六王镇龙头村上塘队   | 滑坡纵长约 220m, 平均宽约 100m, 厚约 4m, 总体积约 88000m <sup>3</sup> 。         | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 16 户 71 人, 威胁财产约 100 万元。     | 中等   | 大   |
| RXXC258 | LWLQ01 | 六青八山一队滑坡     | 高危险区   | 2513446 | 19470032 | 容县六王镇六青村八山一队  | 潜在滑坡纵长约 40m, 平均宽约 100m, 厚约 4m, 总体积约 16000m <sup>3</sup> 。        | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 10 户 72 人, 威胁财产约 100 万元。     | 中等   | 大   |
| RXXC320 | LCTH05 | 太和花螺队滑坡      | 高危险区   | 2498681 | 19462316 | 容县黎村镇太和村花螺队   | 潜在滑坡纵长约 130m, 平均宽约 60m, 厚约 4m, 总体积约 31200m <sup>3</sup> 。        | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 18 户 134 人, 威胁财产约 279 万元。    | 大    | 大   |
| RXXC321 | LCTH06 | 太和塘另不稳定斜坡    | 高危险区   | 2499048 | 19463640 | 容县黎村镇太和村塘另队   | 不稳定斜坡长约 17m, 平均宽约 85m, 推测潜在隐患体厚约 5m, 总体积约 7225m <sup>3</sup> 。   | 目前不稳定, 今后变化趋势为不稳定。 | 威胁 15 户 50 人, 威胁财产约 279 万元。     | 中等   | 大   |

## 第七章 地质环境保护与地质灾害防治对策

### 第一节 地质环境保护与地质灾害防治原则

容县地质灾害类型多样，分布广泛，地质灾害防灾减灾任务十分艰巨。为了确保城镇和重大工程安全，减少人民生命财产损失，促进社会经济稳定发展，实现全面建设小康社会的宏伟目标，容县地质环境保护与地质灾害防治应坚持以下原则：

#### 一、与可持续发展相结合的原则

容县正处于经济快速发展时期，经济发展应当和保护与防治协调发展，切不可重发展、轻保护或不保护，甚至认为要发展就不能保护，将二者对立起来。在十二五规划中，容县在制定了经济发展规划的同时，也制定了环境保护及防灾规划，说明发展经济是社会发展的必然选择，地质环境又是发展经济重要的自然条件，因此，保护地质环境防治灾害发生也就是从根本上促进经济发展，二者是一致的统一的。

地质环境是人类永久生存所需的基本环境，一旦受到破坏将对人类的生存产生深远影响，且难以恢复。应从经济社会可持续发展战略高度出发，有的经济活动所带来的环境破坏在当代显现的不是那么突出，可能表现出一时的或者是明显的经济效益，但为将来以及后世子孙的生存环境却埋下了极大的隐患。这是应当引起人们特别注意之处。保护地质环境，不仅是当前的需要，更是经济可持续发展的需要。

#### 二、与新农村建设相结合的原则

建设社会主义新农村，是党中央在新的历史条件下着眼于全面落实科学发展观、加快推进社会主义现代化作出的一项重大战略决策。在地质灾害防治各项工作中，要结合新农村建设的实际需要，特别是在基础设施建设、村镇和农宅建设方面做好地质灾害防治工作，确保新农村建设的顺利实施。

#### 三、“地质环境保护及地质灾害防治与工程建设、资源开发相结合”的原则

容县大多地质灾害是因工程建设和资源开发而发生、发展的，因此，地质灾害防治一定要和这些活动紧密结合，在进行城市建设、铁路和公路建设、水利工程建设时一定要按照规定进行地质灾害危险性评价工作，防止地质灾害对工程建设的危害，以及工程建设可能引发的地质灾害活动。与此同时，要科学适度地开发利用土地资源、水资源，保护森林植被和生态环境，防止崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的发生。尤其要注重防治地质灾害与城镇建设及土地开发相结合，因此在土地开发时必须结合地质环境保护与地质灾害防治进行。

#### 四、地质环境保护和灾害防治相结合的原则

容县大部分花岗岩区地质环境条件较差，对本区地质灾害防治要与地质环境保护相结合，以地质环境保护为基础，大力推广退耕还林工作，保护现有植被，逐步减弱地质灾害形成因素。通过做好区域环境保护工作，从源头着手，减轻和防止地质灾害的发生，达到防治目的。

#### 五、保护优先、防治结合的原则

在保护与防治中，要加强地质环境保护意识，在发展经济建设与地质环境保护出现矛盾的时候，首先，要考虑的是地质环境保护。应坚持避免对地质环境的破坏，实在难以避免时

应将破坏降低至最低，甚至另寻它策。不能以牺牲地质环境为代价去换取一时的经济效益。

地质灾害防治意要以防为主，以治为辅，防治结合。一旦形成地质灾害隐患，治理起来非常被动，而保护地质环境，则是变被动为主动，防患于未然。建立一支懂技术有装备的地质灾害监测队伍，落实县、乡（镇）、村和户群众性监测网，走“群测群防、专业监测结合”的路子。实行汛期地质灾害防治特殊工作制度，把握重点、险点，千方百计减少地质灾害造成的人员伤亡和财产损失。对必须采取工程措施的要及时排危排险，消除地质灾害威胁。要改变只重救灾，不重防灾的局面，变事后救灾为事前防灾，掌握地质灾害防治工作的主动权。

## 六、与水土保持相结合的原则

滑坡崩塌等地质现象是水土流失的主要形式，预防滑坡崩塌等地质现象的发生，是地质灾害防治的重要内容。因此，地质环境保护与地质灾害防治，同水土保持有着密切的联系。水土保持工作做得好，地质环境就得到了有效的保护，有利于减少滑坡崩塌等地质灾害，并充分发挥出防治工程的效益。

## 七、工程措施与生物措施相结合的原则

工程措施与生物措施是地质环境保护的两个方面，应将二者很好地结合起来，不可重此薄彼。工程措施保护坡脚；坡改梯工程、坡体削坡等进行住宅后壁坡体治理，增加坡体稳定性，从而达到预防滑坡崩塌的目的。生物措施如植树造林主要是保护坡面，增强坡面完整性，拦截地表水，减轻降雨对谷坡的危害，二者相结合，从而达到对整个斜坡的保护，有效地预防地质灾害的发生。

## 八、统筹兼顾、突出重点的原则

地质灾害防治是一个系统工程，要做到统筹兼顾、突出重点。针对不同地质环境条件下地质灾害的危险程度和危害性大小，根据财力物力，分轻重缓急，统筹安排。首先是对于人民生命具有重大威胁性的地质灾害先行考虑重点安排，予以防治，确保没有人员的伤亡；其次是威胁到国家重点工程、事关人民群众安危和生活的重要基础设施，要重点考虑，保障建立和谐社会的需要。

按照《地质灾害防治条例》规定，地质灾害易发区要建立县、乡、村三级和群测群防点。县级行政区的地质灾害群测群防工作，在县级人民政府和县级国土资源局的领导下，由县级国土资源局组织实施；乡级行政区域的地质灾害群测群防工作，在乡级人民政府和县级国土资源局的领导下，由乡（镇）国土资源所组织实施；行政村的地质灾害群测群防工作，由村委会组织广大群众，针对本行政村的具体地质灾害隐患点，实施群测群防工作。

## 九、保证安全下的经济合理原则

根据风险评估结果，结合投资大小，比较搬迁和防治的经济效益、社会效益和环境效益，以较小的代价将地质灾害损失降到最低。保证安全是前提，经济合理是目标，二者的关系一定要摆正。只有保证安全，才能实现经济合理，这样的经济合理才具有实际意义。

## 十、宣传教育与法制管理相结合的原则

保护与防治需要动员全社会的力量，全员参加，共同努力，才能收到明显的效果。不仅是主管和专业部门的事，更是全民的责任和义务。因此，需要开展广泛的社会宣传教育，提

高全员保护与防治意识和变成大家的自觉行动。此外，还必须制定和完善相关法制法规，将地质环境保护纳入法制化轨道，对于破坏地质环境的行为予以坚决打击，从而有力制止违法犯罪行为。

## 十一、谁引发谁治理的原则

明确地质灾害治理责任的主体，即自然因素造成的地质灾害的防治责任主体是各级人民政府，其防治经费，在划分中央和地方事权和财权的基础上，分别列入中央和地方有关人民政府的财政预算。在落实到某个具体项目时，按照确需治理的地质灾害的规模大小及其对国家和地方经济发展的危害程度不同，进行分级治理。人为因素引发的地质灾害的防治主体是引发地质灾害的工程建设单位。

## 第二节 地质灾害防治规划建议

### 一、防治规划编制的目的、依据、原则

#### （一）目的

为有效地减轻浦北县地质灾害损失，为政府职能部门确定宏观决策和制定地质灾害防治规划提供基础依据，有计划地开展地质灾害防治工作，减少地质灾害损失和保护人民生命财产安全，并把地质灾害防治与促进经济发展紧密结合起来，处理好长远与当前、整体与局部的关系，努力实现经济效益、社会效益、环境效益的协调统一，为浦北县实现现代化创造一个良好安全的地质环境。

#### （二）依据

主要依据有《地质灾害防治条例》（中华人民共和国国务院令第394号）、国土资源部《地质灾害防治管理办法》、《1:5万滑坡崩塌泥石流详细调查规范》、《县（市）地质灾害调查与区划基本要求》、《县（市）地质灾害调查与区划实施细则》及《地质灾害群测群防体制指南》、《容县国民经济和社会发展第十二个五年计划纲要》等。

#### （三）原则

容县地质灾害防治总体原则为坚持预防为主，避让与治理相结合，全面规划，突出重点。具体表现在：

1、坚持各级政府对辖区内地质灾害防治工作负总责，国土资源部门负责地质灾害防治的组织、协调、指导和监督工作，其它有关部门按《地质灾害防治条例》规定履行相应职责。

2、坚持“以人为本，预防为主，避让与治理相结合”的原则。对一般隐患点，建立群测群防网络，进行简易宏观变形监测。对危险的隐患点，在充分勘查论证的基础上，进行经济效益分析，对威胁人员少，搬迁费用远小于工程治理费用的点进行搬迁避让措施治理，反之，则进行工程治理措施。

3、自然因素形成的地质灾害，由当地人民政府负责治理；人为诱发的地质灾害，采取“谁诱发谁治理”；对可能诱发地质灾害发生的项目，实行“谁开发谁保护”的原则。

4、统筹规划，突出重点，量力而行，分阶段实施原则。由于浦北县地质灾害点多面广，近期不可能投入大量人力、物力全部进行治理。另一方面在浦北县东北部山区中，人员居住

较为分散，灾害点威胁人口甚少，因此需根据地质灾害点的稳定性、危害等级和危险性，结合该县国民经济发展规划，用10年时间(2014~2023年)分近期(2014~2016年)、中期(2017~2019年)、远期(2020~2023年)三期，对地质灾害进行分期分段治理。

5、坚持群专结合原则，对当前不宜进行治理或暂时不能治理的险情为重大型隐患点，应建立由专业人员监测的专业监测网络，对分散的一般隐患点，建立以简易监测为主，结合宏观地面变形观测的群测网点。

6、坚持防治措施的“最优化”原则，对单个地质灾害点的防治，应在充分论证各种设计方案的基础上，优化选择出最优的方法，以期达到事半功倍之效。

7、坚持地质灾害防治工作与社会、经济发展同步进行，协调发展。

## 二、地质灾害防治目标

针对容县地质灾害特点及全县国民经济和社会发展规划，容县地质灾害防治计划分三期进行，各期防治预期目标如下：

### (一) 近期目标（2014年~2016年）

完成全县地质灾害近期防治目标，基本落实地质灾害防治组织和责任体系，消除146处重要地质灾害点对该区人员及财产等的巨大威胁。

### (二) 中期目标（2017年~2019年）

达到全县地质灾害中期防治的目标。同时，在总结近期防治经验的基础上，进一步完善群测群防网络和预警体系，消除地质灾害隐患点186处。使人为因素引起的地质灾害初步得到控制，防灾减灾初步进入社会化阶段。

### (三) 远期目标（2020年~2023年）

在作好全县109处远期地质灾害防治点的治理的同时，完善各级防治机构和群测群防网络与预警体系，使地质灾害的防治正规化、法制化。同时，建立起完善的容县地质灾害信息系统，能够从宏观上进行地质灾害防治的整体布局与规划，能够迅速、准确地提供区内各种地质灾害点的全部信息资料，并着手作好新发现的地质灾害点的预防工作。防灾减灾基本上进入社会化阶段。

总之，经过2014~2023年10年时间完成容县地质灾害的综合防治，基本上消除441处地质灾害隐患点所构成的威胁，将预测评估的地质灾害威胁财产11397.50万元降至最低限度，最终达到改善容县地质灾害频繁和地质环境恶化的局面。

## 三、地质灾害防治规划分区

为了有效地减轻地质灾害损失，给地方政府编制防治规划提供依据，特编制重要地质灾害防治规划建议。编制的主要指导思想是在科学发展观和构建和谐社会的思想统领下，以保障新农村建设和“以人为本”为主要目标，划定地质灾害防治分区，确定防治方案。防治方案的实施安排和实施防治方案的保证措施等内容不予详述。

### (一) 分区的原则

在地质灾害易发性区划、地质灾害危险程度区划基础上，依据地质环境条件、地质灾害发育现状、灾害变化趋势、灾害危害特征，结合“容县城县总体规划（2011-2030）”和《地质

灾害防治条例》的要求，进行综合分析，划出重点防治区、次重点防治区和一般防治区三级，根据每一级防治区内灾害稳定现状、发展趋势、危险程度等因素进一步划分地质灾害防治亚区或划分防治重点地段；坚持“以人为本”原则，将受地质灾害威胁较大的城镇、村庄、矿山、主要交通干线和重要工程设施为重点防治对象，其所在区域作为重点防治区，将受地质灾害威胁较小的城镇、分散居民点及农田、林地等为一般防治对象，所在区域作为次重点或一般防治区；结合当地经济与社会发展规划等因素，考虑防治取得的经济、环境和社会综合效益。

## （二）地质灾害防治分区

根据以上分区原则，将容县划分为3个重点防治亚区、4个次重点防治亚区及5个一般防治亚区，各区分布见图7-2-1。

### 1、重点防治区（I）

该区主要分布于容县北部的石头镇（北部）、松山镇（中部及北部）、容州镇（北部）、十里镇（西北角）、县底镇（中北部）、～罗江镇（南部）～自良镇（北西部），东南部的六王镇（绝大部分地区）及西南部的灵山镇（南）～黎村镇（全镇）～杨梅镇（西南角），总面积875km<sup>2</sup>，占工作区总面积的38.8%。区内共有地质灾害隐患点277处，地质灾害重点防治点45个，共威胁人口3601人、威胁资产6935.50万元。

该区进一步划分为3个亚区，即石头镇北部～松山镇中部及北部～容州镇北部～十里镇西北角～县底镇中北部～罗江镇南部～自良镇北西部重点防治亚区（I<sub>1</sub>）、六王镇重点防治亚区（I<sub>2</sub>）、灵山镇南～黎村镇～杨梅镇西南角重点防治亚区（I<sub>3</sub>），分别位于调查区的北部、东南部、西南部。3个亚区大部分地区属低山丘陵及低山地貌区，当地居民切坡建房及修路等工程活动较为普遍，人工边坡坡度一般在60°～85°之间，总体地质环境条件非常差，地质灾害发育，存在较多不稳定斜坡，为崩塌、滑坡高易发区，造成危害往往较大。各重点防治亚区基本情况见表7-2-1。

### 2、次重点防治区（II）

该区主要分布于容县的西北角石头镇（南部）、松山镇（东南部）、容州镇（西北部），北东部的自良镇（南部）、浪水镇（北部）、县底镇（东南部）、十里镇（北部及东部），中西部的石寨镇（中部及南部）、杨梅镇（北部）、灵山镇（北部），东南部杨村镇南部，总面积756km<sup>2</sup>，占工作区总面积的33.5%。区内共有地质灾害隐患点124处，其中地质灾害重点防治点17个，共威胁人口1819人、威胁资产3686.50万元。

该区进一步划分为4个亚区，即石头镇南～松山镇东南～容州镇西北次重点防治亚区（II<sub>1</sub>）、自良镇南～浪水镇北～县底镇东南～十里镇北部及东部次重点防治亚区（II<sub>2</sub>）、石寨镇中部及南部～杨梅镇北部～灵山镇北部次重点防治亚区（II<sub>3</sub>）、杨村镇南部次重点防治亚区（II<sub>4</sub>），分别位于容县的北西部、北东部、中西部、东南部。各次重点防治亚区基本情况见表7-2-1。

### 3、一般防治区（III）

主要分布于人烟稀少的山区地带及中部地势平坦、人类工程活动相对较弱地带，面积626km<sup>2</sup>，占全县总面积的27.7%。区内共有地质灾害隐患点40处，其中地质灾害重点防治点

6处，共威胁人口438人、威胁资产775.50万元。

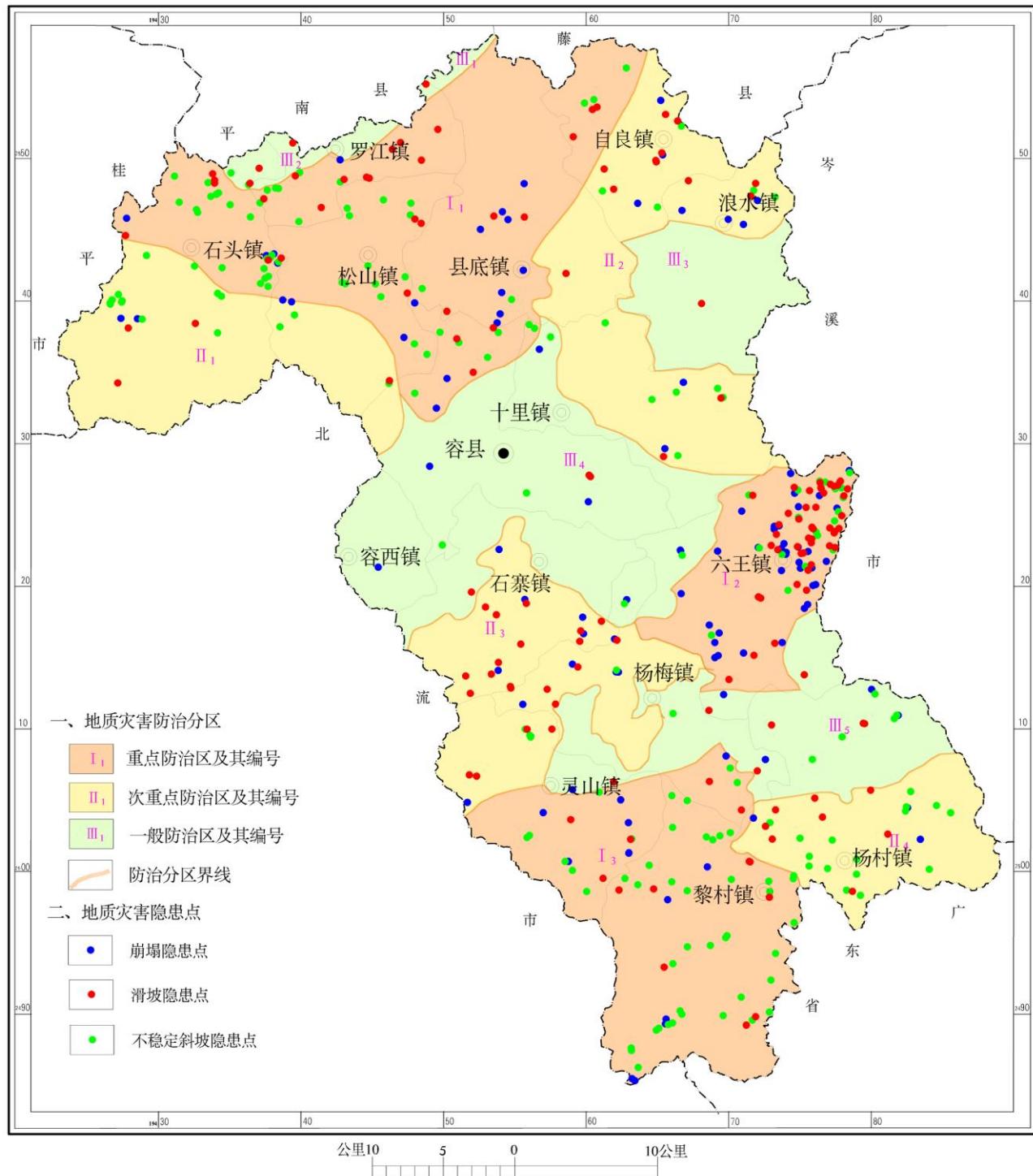


图 7-2-1 容县地质灾害防治分区图

该区进一步划分为5个亚区，即县底镇西北角一般防治亚区(III<sub>1</sub>)、石头镇东北角~罗江镇北部一般防治亚区(III<sub>2</sub>)、浪水镇中部及南部一般防治亚区(III<sub>3</sub>)、十里镇西部~容州镇中部及南部~容西镇~石寨镇北西部及东部一般防治亚区(III<sub>4</sub>)及灵山镇东~杨梅镇西部及东部~六王镇西南角及东南角~杨村镇北部一般防治亚区(III<sub>5</sub>)。各一般防治亚区基本情况见表7-2-1。

表 7-2-1 地质灾害防治规划分区说明表

| 防治分区       | 面积(km <sup>2</sup> ) | 占全区面积(%) | 亚区   |                      | 地灾数量(处) | 防治分期  |       |       | 威胁人口(人) | 威胁资产(万元) | 地质灾害重点防治点(野外编号)   |
|------------|----------------------|----------|--|----------------------|---------|-------|-------|-------|---------|----------|---|
|            |                      |          | 名称   | 面积(km <sup>2</sup> ) |         | 近期(处) | 中期(处) | 远期(处) |         |          |   |
| 重点防治区(I)   | 875                  | 38.8     | 石头镇北部~松山镇中部、北部~容州镇北部~十里镇西北角~县底镇中北部~罗江镇南部~自良镇北西部重点防治亚区(I <sub>1</sub> ) | 435                  | 100     | 24    | 58    | 18    | 923     | 2266.5   | RXXC418、RXXC372、RXXC455、RXXC449、RXXC456、RXXC457、RXXC458、RXXC405、RXXC413、RXXC446、RXXC387、RXXC402   |
|            |                      |          | 六王镇重点防治亚区(I <sub>2</sub> )   | 136                  | 104     | 29    | 36    | 39    | 1463    | 2086     | RXXC258、RXXC266、RXXC188、RXXC261、RXXC263、RXXC224、RXXC248、RXXC226、RXXC230、RXXC159、RXXC214、RXXC179、RXXC218、RXXC183、RXXC192、RXXC167、RXXC172、RXXC166、RXXC168、RXXC236 |
|            |                      |          | 灵山镇南~黎村镇~杨梅镇西南角重点防治亚区(I <sub>3</sub> )                                 | 304                  | 73      | 35    | 23    | 15    | 1215    | 2583     | RXXC320、RXXC317、RXXC318、RXXC321、RXXC332、RXXC335、RXXC323、RXXC094、RXXC338、RXXC100、RXXC462、RXXC329、RXXC339   |
| 次重点防治区(II) | 756                  | 33.5     | 石头镇南~松山镇东南~容州镇西北次重点防治亚区(II <sub>1</sub> )                              | 195                  | 25      | 6     | 15    | 4     | 222     | 677      | RXXC393、RXXC397、RXXC406   |
|            |                      |          | 自良镇南~浪水镇北~县底镇东南~十里镇北部及东部次重点防治亚区(II <sub>2</sub> )                      | 248                  | 35      | 16    | 12    | 7     | 484     | 1292     | RXXC036、RXXC044、RXXC029、RXXC032、RXXC043、RXXC039   |
|            |                      |          | 石寨镇中部及南部~杨梅镇北部~灵山镇北部次重点防治亚区(II <sub>3</sub> )                          | 191                  | 37      | 8     | 18    | 11    | 339     | 631      | RXXC147、RXXC102   |
|            |                      |          | 杨村镇南部次重点防治亚区(II <sub>4</sub> )   | 122                  | 27      | 11    | 9     | 7     | 774     | 1086.5   | RXXC304、RXXC287、RXXC289、RXXC305、RXXC306、RXXC290   |
| 一般防治区(III) | 626                  | 27.7     | 县底镇西北角一般防治亚区(III <sub>1</sub> )  | 6                    | 1       | 1     | 0     | 0     | 13      | 15       |   |
|            |                      |          | 石头镇东北角~罗江镇北部一般防治亚区(III <sub>2</sub> )                                  | 23                   | 5       | 3     | 2     | 0     | 58      | 122      | RXXC375   |
|            |                      |          | 浪水镇中部及南部一般防治亚区(III <sub>3</sub> )                                      | 96                   | 1       | 0     | 1     | 0     | 4       | 6        |   |
|            |                      |          | 十里镇西部~容州镇中部及南部~容西镇~石寨镇北西部及东部一般防治亚区(III <sub>4</sub> )                  | 326                  | 15      | 3     | 5     | 7     | 129     | 247.5    | RXXC014   |
|            |                      |          | 灵山镇东~杨梅镇西部及东部~六王镇西南角及东南角~杨村镇北部一般防治亚区(III <sub>5</sub> )                | 175                  | 18      | 10    | 7     | 1     | 234     | 385      | RXXC093、RXXC284、RXXC278、RXXC279   |
| 合计         | 2257                 | 100      | 12   | 2257                 | 441     | 146   | 186   | 109   | 5858    | 11397.5  |   |

#### 四、地质灾害防治规划分期

本次详查最终确定 441 处地质隐患点，其中崩塌 111 处、滑坡 148 处、不稳定斜坡 182 处。按地质灾害隐患点的灾情与危害程度、受威胁对象的重要程度、当地国土局已建立监测级别情况等因素，将防治措施重要程度分为重点防治(I)、次重点防治(II)和一般防治(III)三级；根据防治的紧迫性对防治措施阶段性分期，分为近期(2014~2015 年)、中期(2016~2019 年)、远期(2020~2023 年)三个防治阶段。工作区各地质灾害隐患点具体的防治分级、分期及防治措施等见附表 2“广西容县地质灾害隐患点防治规划及建议一览表”。

##### (一) 近期防治

2014~2016 年期间，根据野外调查、稳定性分析和风险评估结果，挑选出 146 处地质灾

害隐患点，其中滑坡地质灾害隐患点 45 处，崩塌地质灾害隐患点 28 处，不稳定斜坡 73 处，作为容县近期防治的地质灾害。涉及受威胁的人口 3052 人，威胁财产 6147.5 万元。对其中 55 处地灾隐患点进行重点防治，有 6 处重点防治地灾隐患点采取搬迁避让措施（均为重大地质灾害点），1 处重点防治地灾隐患点进行监测，其余 48 处重点防治地灾隐患点采取工程措施防治。在此期间，对地质灾害隐患点未消除的全部点进行监测预警，防止人民生命财产损失，同时建立健全地质灾害防治实施细则及管理机构，在汛期进行灾害点巡查，并广泛开展地质灾害防治的普及宣传工作，提高全民的防灾减灾意识。

### （二）中期防治

在 2017~2019 年期间，安排防治地质灾害点 186 处，其中滑坡地质灾害隐患点 54 处，崩塌地质灾害隐患点 51 处，不稳定斜坡 81 处，涉及受灾人口 1417 人，资产 3362 万元。其中 10 处地灾隐患点采取搬迁避让措施（包括 1 处重大地质灾害点），其它对威胁人数较少的点，采取简易工程处理，对部分危险边坡进行坡改梯、坡面防护等小型工程，并组织村上责任人对地质灾害点进行监测、进行简易工程治理和生物措施做好地表和地面排水工作，提高斜坡稳定性，减轻降低灾点的危险性。

### （三）远期防治

在 2020 年~2023 年期间，对所剩的 109 处地质灾害隐患点进行防治，其中滑坡地质灾害隐患点 49 处，崩塌地质灾害隐患点 32 处，不稳定斜坡 28 处，涉及受灾人口 1389 人，资产 1888 万。其中 4 处地质灾害隐患点采取搬迁避让措施（包括 3 处重大地质灾害点）。同时，经过近期、中期对地质灾害的防治，总结防治经验，建立健全容县较完善的地质灾害防治体系，使全县地质灾害防治正规化、法制化，避免或减少地质灾害的发生，将地质灾害造成的损失降至最低。

总之，防治地质灾害是一项长期的任务，它涉及到全县千家万户的安危和社会经济稳步发展。因此，地质灾害的防治需要各级政府和全社会的通力协作，采取多种合理有效的措施才能保证其顺利实施，最终达到防灾减灾的目的。

## 第三节 地质灾害群测群防体系建设

### 一、容县地灾区划调查建立的地灾群测群防体系

2004 年 1:10 万容县地灾区划调查中共调查出 262 处地质灾害隐患点，协助当地政府初步建立了包括县、乡镇、行政村三级的群测群防管理体系，布置了 18 个重要地质灾害隐患点的监测工作，并对各监测点的监测人进行了现场培训，建议在此基础上，逐步建立并完善覆盖容县所有地质灾害隐患点的群测群防网络，对所有地质灾害隐患点进行监测和预报。

### 二、容县详查进一步完善了容县地灾群测群防体系

本次详查在 2004 年区划地灾调查建立的地质灾害群测群防体系基础上对其进行了更新与补充。

#### （一）更新了容县地灾区划调查隐患点的群测群防信息

本次详查在 1:10 万区划调查基础上加大了调查精度，自然村调查率达到 100%，除对新

发现的地质灾害点及隐患点进行实地调查外，还对 2004 年 1:10 万区划调查中目前仍存的所有 212 处地质灾害隐患点进行了核查，对核查后保留的 112 处地灾隐患点重新填写了记录卡片并对保留隐患点的群测群防责任人和监测人及其电话进行了核实与更新，对重要地灾隐患点填写并发放了防灾避险明白卡。

## （二）更新了容县地质灾害易发村（屯）的群测群防信息

本次详查在 2010~2011 年容县地质灾害易发区和隐患点普查工作的基础上核查了容县地质灾害易发村（屯）2689 处（按每张调查表算 1 处计）、保留了 1688 处，调查新增地质灾害易发村（屯）26 处，最终确定地质灾害易发村（屯）共 1714 处。对核查后保留的地质灾害易发村（屯）重新填写了调查表片并对其群测群防责任人和监测人及其电话、避灾安置点进行了核实与更新；对调查新增的地质灾害易发村（屯）填写了调查表并落实了群测群防责任人和监测人及其电话、避灾安置点。

## （三）更新了容县 2005~2012 年突发地灾隐患点的群测群防信息

本次详查在 2005~2012 年容县突发地质灾害应急调查工作的基础上核查了容县仍存的地灾隐患点 252 处、保留了 81 处。对核查后保留的地灾隐患点重新填写了调查表片并对其群测群防责任人和监测人及其电话进行了核实与更新，对重要地灾隐患点填写并发放了防灾避险明白卡。

## （四）落实了本次地灾详查新增地灾隐患点的群测群防信息

本次详查共调查到新增地灾隐患点 248 处，落实了群测群防责任人和监测人及其电话，对重要地灾隐患点填写并发放了防灾避险明白卡。

## （五）提出容县隐患点防治与监测建议，制定重大地灾隐患点防灾预案

本次容县地灾详查共确定地灾隐患点 441 处。根据 441 处地质灾害隐患点的危害程度及危险性，提出了相应的防治与监测建议。将其中危险性大、稳定性差、成灾概率高、灾情严重、对生命财产安全构成较大威胁的 46 处地质灾害隐患点确定为重点防灾点，为其制定了详细的防灾预案，详见附件 3“广西容县地质灾害详细调查地质灾害防灾预案”。

## （六）初步建立容县地质灾害气象预警区划

在充分分析地质灾害发生与降雨关系及其分布特征基础上，初步研究确定容县当日累计降雨量作为导致容县地质灾害发生的降雨量指标，分别将日累计降雨量 80mm 和日累计降雨量 140mm 作为临界降雨量值对容县各等级易发区进行地质灾害气象预警区划。详见附件 1“广西容县地质灾害气象预警研究专题报告”。

# 第四节 地质灾害防治措施

地质灾害的防治是一项系统工程，防治措施较多，主要包括行政管理措施、技术保障措施、避让措施及工程治理措施等，各措施相辅相成，不可或缺。

## 一、行政管理措施

行政管理措施是地质灾害防治的前提，通过这一措施的实施，建立地质灾害防治的地方行政管理体系，落实《地质灾害防治条例》等法律、法规，从而为提高广大干部群众的防灾

减灾意识，筹措防治资金创造有利条件，具体措施包括：

### **(一) 加强地质灾害防治的组织领导、保障防治工作顺利进行**

地质灾害防治工作涉及社会、经济等诸多方面，要有效防治各种地质灾害造成的损失，需要各级政府特别是县级政府的统一组织与协调，统一领导，统一管理。统一领导，便于国土、气象、城建、水利、农业、交通、救灾等各部门密切配合、通力合作、互通共享信息。有利于各部门掌握地质灾害动态和造成的损失，为预测地质灾害发展趋势，修改完善地质灾害防灾预案和防治规划提供依据。统一管理，不仅利于统一思想，而且可以指导地质灾害监测预防和应急救灾工作，在人员、资金、物资设备等方面进行统筹，为防灾减灾工作创造良好条件。

### **(二) 依法进行地质灾害防治、宣传预防知识**

容县地质灾害分布面广，发生频率高，危害严重，地质灾害防治任务艰巨。提高全县人民地质灾害预防意识和知识水平是行之有效的防灾减灾途径，地方各级政府要通过广播、电视、互联网、宣传材料、宣传栏和发放防灾明白卡等多种方式，加大地质灾害防治基本知识的宣传和普及力度，提高干部群众的防灾减灾能力和地质环境保护意识。

### **(三) 加强地质灾害监测，不断修编完善地质灾害防治规划**

地质灾害防治是一项长期而艰巨的任务。本次调查虽然基本查清了全县地质灾害的发育、分布及危害特征，研究了地质灾害的形成机制和致灾规律，但其未来发展趋势较难预测，新的灾害特别是滑坡、崩塌在不断形成，加强对地质灾害的动态监测显得非常重要。从防治的角度看，监测成果是防治的基础，决策的依据。要不断根据监测结果，修编地质灾害防治规划，按照地质灾害程度、轻重缓急，分批分期安排治理，使地质灾害防治工作能够有序进行，以取得最大防灾减灾效果。

### **(四) 完善救灾制度，增强救灾能力**

地质灾害常常具有突发性和反复性特点，迅速或多次造成生命伤亡和财产损失。因此，建议县各级政府，结合本地区实际拟定突发性地质灾害的防灾应急预案，落实责任，建立完善汛期地质灾害防治值班制度、险情巡视制度和灾情速报制度，随时掌握灾情信息，随时上报灾害发展状况，提高防灾救灾反应能力。一旦出现灾害险情，快速组织抢险救灾、灾民安置、灾害防治、重建家园等工作，以减轻地质灾害造成的损失，逐步变被动救灾为主动防灾。

### **(五) 将地质灾害防治工作列入国民经济与社会发展规划**

地质灾害已严重威胁着容县人民生命财产安全，同时也是制约当地经济发展的重要因素。保护地质环境、防治地质灾害，减轻、避免地质灾害造成的损失，维护人民生命财产安全，对促进区内社会经济发展，构建和谐社会起到积极作用。同时，地质灾害的防治需要一定的资金投入，按照《地质灾害防治条例》有关规定和环境保护的有关要求，政府应将地质灾害防治工作列入国民经济与社会发展规划。结合当地社会发展，对地质灾害防治进行长远规划，在年度财政预算中安排一定数量的地质灾害防治专项资金，为地质灾害的防治提供资金支持，确保地质灾害预警预报、应急处理、勘查设计、治理等工作的顺利进行。

## **(六) 加强建设用地地质灾害危险性评估，减少人为因素诱发地质灾害**

地质灾害的发育虽然受地形地貌、地层岩性、地下水等地质环境条件的控制，但人类工程活动的诱发作用不可忽视，近年来全国地质灾害调查结果数据表明，人为因素造成的地质灾害的比例在不断增加，特别是随着矿山开发、公路建设、城市建设的快速发展，地质环境遭受破坏的现象日益突出，容县的情况也基本相似，新建房屋居民区、公路交通线两侧小型滑坡、崩塌时有发生，未来公路建设、水利水电建设、矿产资源开发、新农村开发建设以及村民开挖建设等还有可能诱发新的地质灾害。

鉴于过去经验教训，做好工程建设前建设用地地质灾害危险性评估显得非常重要。对有可能导致诱发、加重地质灾害的工程建设项目或在地质灾害易发区进行的工程建设项目，在申请建设用地之前，必须进行地质灾害危险性评估，并报请国土资源主管部门审批。对经评估存在地质灾害隐患或工程建设可能诱发、加剧地质灾害的项目，必须在工程建设中采取防治措施，对已存在地质灾害隐患的地段需进行专门勘查设计及施工治理，严防诱发新的地质灾害。

按照《地质灾害防治条例》的有关规定，贯彻地质灾害“谁诱发，谁治理”的原则，加大对破坏地质环境、造成地质灾害行为的查处力度。在地质灾害易发区从事各类生产和建设活动，应采取必要措施，防止诱发地质灾害。要加强对工程建设项目和工矿企业的安全检查，及时制止或整改一切可能诱发地质灾害的行为，消除灾害隐患，确保人民生命财产和国家设施安全。

## **二、技术保障措施**

行政管理措施的实施，无疑在防灾、减灾、救灾、灾后重建等方面发挥重要作用。但要科学防治地质灾害，还必须依靠专业技术队伍，寻求强有力的技术支持。

### **(一) 深入开展地质灾害发育特征及影响因素研究，为防治工作提供技术支持**

2004年广西地质环境监测总站已进行了1:10万容县地质灾害调查与区划调查，针对本区地质灾害分布、发育特征和影响因素进行了研究，本次调查在前人工作的基础上，对区内地质灾害发育的地质环境背景和地质灾害分布发育规律进行了较为深入细致的调查研究，在此基础提出了防治建议，为本区地质灾害的防治提供了技术支持。但鉴于地质灾害发生的诱发因素较多，其中大部分因素如激发花岗岩滑坡的临界雨强、前期降雨与灾害的关系等很难确定，研究工作必须继续深入进行，通过认识的深化和技术革新，为行政管理提供逐渐完善的技术支持，通过科学研究成果，以增强行政管理措施的针对性，达到有效防灾减灾的目的。

### **(二) 加强地质灾害监测预警系统的建设和技术的引进与研究**

在地质灾害动态监测和灾害预警方面，同国内其它地区特别是经济发展较快的省市相比，广西省此项工作开展还相对滞后，受经济条件所限，对滑坡动态的监测还停留在简单的地面位移监测阶段。容县情况更是如此，对滑坡的监测多以目视检查为主，可见在地质灾害监测方面还有大量的工作等待完成。

地质灾害预警方面，容县还没有形成自己的预警预报系统，预警工作只能经收看省级天气预报而开展，由于预报范围很大，往往可执行性不强，难以起到预警目的。所以在此工作

上，地方政府在未来几年要积极引进先进设备和技术，同时加强自主研究，形成自己的预警体系，这对当地地质灾害防治十分有益。

### （三）加强滑坡、崩塌和泥石流形成机理和致灾过程的研究

地质灾害的形成机理是地质灾害形成、发展和致灾的全过程。要正确进行地质灾害预测、预防、预报和有效防治，必须认真研究其形成机制。由于不同灾种、不同地点、同一灾种不同类型的地质灾害形成机制千差万别，要掌握规律，必须进行深入研究。只有掌握了形成机理，才可以有针对性的进行地质灾害治理，以最小的投入，达到最佳治理效果。

### （四）加强地质灾害风险性评估与风险管理的研究

地质灾害风险性评估与管理在发达国家已得到广泛应用，但在我国还处于探索阶段。对风险评估的定义说法不一，具有代表性说法为：“它是一个就现存的风险是否可以承受，和现有的减灾措施是否充分具有推荐性的意见做决定的过程，如果不可行，其他可供选择的减灾措施是否合理，能否在将来付诸实施，包括风险分析和风险评估两个部分”。而风险管理是指“管理政策上的识别、分析、评估、减少和监测灾害发生的过程与实践的系统应用”。显然风险管理一个先进的理论体系，它考虑到了政治预计、社会需求、风险评估、规则和财政资源等诸多约束因素，有着较强的可操作性。通过风险管理，制定减灾措施是未来地质灾害防治管理的方向。必须加强在此领域的研究，为今后地质灾害的防治提供更为科学的技术支持。

## 三、搬迁避让措施

### （一）搬迁原则

搬迁避让是将受地质灾害威胁的分散农户、村落搬迁至适宜生产生活且环境安全的地帶，彻底摆脱地质灾害威胁，是适应高山峡谷、交通不便，人口稀少的地区且地质灾害点多、面广、规模小、稳定性差、单点威胁人数及财产不多、经济发展水平不高等地最为有效的方法。搬迁避让可分为整村搬迁避让和分散式搬迁避让两种，搬迁避让对象主要针对严重受地质灾害威胁的分散住户、集中住户或村屯，没有受到威胁的住户可不必搬迁。搬迁避让灾害点的确定须从以下几个方面综合考虑：

- 1、搬迁避让对象为受地质灾害威胁的分散农户或村落；
- 2、搬迁避让费用远低于灾害治理费用；
- 3、实施工程治理技术难度较大，治理效果不好；
- 4、灾害点稳定性差，短期内不能实施工程治理；
- 5、搬迁避让后灾害点对交通、农田及其他工程设施产生影响小。

### （二）容县建议搬迁避让点

基于以上原则，我们建议对本次详查中 26 处受地质灾害隐患点威胁的住户采用搬迁避让防治措施，具体搬迁避让地质灾害隐患点情况见表 7-4-1。

由于搬迁工程涉及的居民点和人口多，费用高，动员搬迁和选址安置均牵扯到很复杂的行政管理和社会经济问题，其均由政府及国土部门进行统一领导、筹划和安排，对搬迁户进行财政补贴，进行分散或集中安置到安全地区。建议当地政府及国土部门尽快协调完成 26 处隐患点的搬迁工作，搬迁新址选择后需对其进行地质灾害危险性评估，通过评估的场地方可

作为搬迁避让新址使用。

表 7.4.1 建议搬迁避让的地质灾害隐患点情况一览表

| 室内编号     | 野外编号    | 隐患点名称          | 隐患点位置           | 稳定性 | 威胁户数及人数  | 威胁财产  | 危险性 | 搬迁建议 |
|----------|---------|----------------|-----------------|-----|----------|-------|-----|------|
| RXXC 043 | LSFZ 05 | 扶昨勒竹不稳定斜坡      | 容县浪水镇扶昨村勒竹队     | 不稳定 | 25户 85人  | 300万元 | 大   | 部分搬迁 |
| RXXC 077 | XDSG 02 | 泗关王二 2 不稳定斜坡   | 容县县底镇泗关村王二 2 队  | 不稳定 | 1户 2人    | 1.5万元 | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 273 | YCDF 04 | 当发樟木滑坡         | 容县杨村镇当发村樟木队     | 不稳定 | 4户 25人   | 25万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 283 | YCPG 08 | 平贯石蛤崩塌         | 容县杨村镇平贯村石蛤队     | 不稳定 | 1户 15人   | 23万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 295 | YCLF 02 | 六福大朴滑坡         | 容县杨村镇六福村大朴队     | 不稳定 | 4户 18人   | 36万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 306 | YCTT 01 | 踏田虾塘滑坡         | 容县杨村镇踏田村虾塘队     | 不稳定 | 7户 26人   | 80万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 317 | LCTH 02 | 同和马安田滑坡        | 容县黎村镇同和村马安田队    | 不稳定 | 4户 22人   | 50万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 320 | LCTH 05 | 太和花螺队滑坡        | 容县黎村镇太和村花螺队     | 不稳定 | 18户 134人 | 279万元 | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 321 | LCTH 06 | 太和塘另不稳定斜坡      | 容县黎村镇太和村塘另队     | 不稳定 | 15户 49人  | 15万元  | 大   | 部分搬迁 |
| RXXC 326 | LCHM 01 | 和睦榕木不稳定斜坡      | 容县黎村镇和睦村榕木队     | 不稳定 | 1户 11人   | 23万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 327 | LCHM 02 | 和睦水筒滑坡         | 容县黎村镇和睦村水筒队     | 不稳定 | 1户 11人   | 5万元   | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 338 | LCPL0 1 | 平洛河口不稳定斜坡      | 容县黎村镇平洛村河口队     | 不稳定 | 7户 21人   | 45万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 340 | LCSX 02 | 思贤大屋滑坡         | 容县黎村镇思贤村大屋队     | 不稳定 | 1户 10人   | 35万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 343 | LCTP 01 | 太平平岭队 1 号滑坡    | 容县黎村镇太平村平岭队     | 不稳定 | 2户 14人   | 15万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 345 | LCTP 03 | 太平平岭队 2 号滑坡    | 容县黎村镇太平村平岭队     | 不稳定 | 2户 7人    | 17万元  | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 346 | LCWA 01 | 旺安岭益不稳定斜坡      | 容县黎村镇旺安村岭益队     | 不稳定 | 4户 14人   | 20万元  | 大   | 部分搬迁 |
| RXXC 369 | LJDL 01 | 顶良里公滑坡         | 容县罗江镇顶良村里公队     | 不稳定 | 1户 7人    | 25万元  | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 371 | LJDL 03 | 顶良河口二组滑坡       | 容县罗江镇顶良村河口二队    | 不稳定 | 1户 5人    | 20万元  | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 373 | LJDS 02 | 大石 16 组滑坡      | 容县罗江镇大石村 16 队   | 不稳定 | 1户 2人    | 11万元  | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 398 | STSD 02 | 上垌石圭滑坡         | 容县石头镇上垌村石圭队     | 不稳定 | 2户 12人   | 34万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 402 | STSF 02 | 泗福北寺一队不稳定斜坡    | 容县石头镇泗福村北寺一队    | 不稳定 | 4户 34人   | 65万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 407 | STSJ 01 | 石剑古埌滑坡         | 容县石头镇石剑村古埌队     | 不稳定 | 3户 15人   | 25万元  | 大   | 全部搬迁 |
| RXXC 436 | SSSF 03 | 石扶耙齿不稳定斜坡      | 容县松山镇石扶村耙齿队     | 不稳定 | 3户 7人    | 24万元  | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 438 | SSHT 02 | 合同合二滑坡         | 容县松山镇合同村合二队     | 不稳定 | 1户 5人    | 15万元  | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 440 | SSSH 01 | 三合竹梯 13 队不稳定斜坡 | 容县松山镇三合村竹梯 13 队 | 不稳定 | 1户 5人    | 13万元  | 中   | 全部搬迁 |
| RXXC 453 | SSXY 03 | 寻阳根竹不稳定斜坡      | 容县松山镇寻阳村根竹队     | 不稳定 | 1户 6人    | 25万元  | 中   | 全部搬迁 |

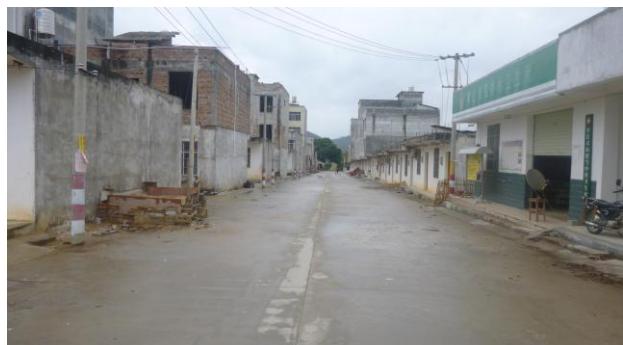
### (三) 容县搬迁新址场地适宜性评估

鉴于表 7-4-1 中建议搬迁的隐患点目前仍未确定搬迁新址，故报告中暂无法对新址进行适宜性评估，待容县当地政府日后确定好搬迁新址后，我站详查项目组再安排专业技术人员补充对搬迁新址进行适宜性评估。本报告现只对 2013 年以前容县政府已落实的 4 处搬迁安置点场地（包括灵山镇当中村安置点、灵山镇泉塘安置点、六王镇六王圩安置点和六王镇吉泉村安置点）的适宜性进行评估。评估内容包括场地地质灾害危险性现状、预测评估及场地适宜性评价。

#### 1、搬迁安置点场地概况

##### (1) 灵山镇当中村安置点 (RXBQ01)

该安置点位于灵山镇当中村村委会西南约 150m 处，坐标 X: 2503899、Y: 19463089，高程 234m；地处低山地貌区，地层岩性为寒武纪古桑单元花岗岩 ( $\in G$ )，西南向 1.5km 处有 1 沿南东—北西展布的不明断层通过。安置点场地为一近南北走向、地势平坦、长约 200m、宽约 60m 的平台；场地东面边缘外侧为梯级斜坡为旱地，村民用其作为菜地使用，梯级坡度约 40°；场地西面边缘外侧为梯级斜坡未旱地和水田，坡度缓于东面，约 25~30°；水泥村路从场地中穿过，直通灵山镇。当中村安置点场地及周边景观见照片 7-4-1~照片 7-4-4。综上，灵山镇当中村安置点场地地质环境条件简单。该安置点的安置对象为在当中村山田和三角坪潜在滑坡前缘居住且受滑坡威胁的大田、三角等队的部分村民。



照片 7-4-1 当中村安置点（拍摄方向 28°）



照片 7-4-2 当中村安置点（拍摄方向 208°）



照片 7-4-3 当中村安置点西面景观



照片 7-4-4 当中村安置点东面景观

##### (2) 灵山镇泉塘安置点 (RXBQ02)

该安置点位于灵山镇灵山村泉塘队，坐标 X: 2507583、Y: 19457251，高程 149m，紧

邻绿荫--灵山公路，距灵山镇政府约 2km；地处低山丘陵地貌区，地层岩性为奥陶系上统兰瓮组砂岩（O<sub>3</sub>l），南面约 1.1km 处有 1 沿东西展布的小断层通过。安置点场地为一近东西走向、地势平坦、规划用地面积约 63 亩的平台；场地北东面为人工岩质边坡，坡高 10~20m，坡度 40~60°，坡面植被一般发育，未见崩滑，坡顶平缓，植被较发育；场地其余边界外侧为自然斜坡，坡面稳定性好。灵山镇泉塘安置点场地及周边景观见图 7-4-1 及照片 7-4-5~照片 7-4-7。综上，灵山镇泉塘安置点场地地质环境条件简单。该安置点的安置对象为当中村山田和三角坪潜在滑坡前缘居住受滑坡威胁的大田、三角、社底和河口等队的村民。



图 7-4-1 泉塘安置点鸟瞰图



照片 7-5 泉塘安置点南面及西面景观



照片 7-6 泉塘安置点北面及东面景观



照片 7-7 泉塘安置点人工切坡景观

### (3) 六王镇古泉村安置点 (RXBQ03)

该安置点位于六王镇古泉村，坐标 X: 2527636、Y: 19472956，高程 151m，紧邻容岑一级公路，距六王圩约 8km；地处低山丘陵地貌区，地层岩性为志留系中统合浦组泥质粉砂岩及粉砂质泥岩（S<sub>2</sub>h），场地东南面约 0.5km 处有沿西南—北东展布的狮子顶--旺冲坡断裂通过。安置点为一近南北走向、地势由北至南呈梯级向上、用地面积约 58.7 亩的场地。场地北面距自然山体坡脚 10~15m，山体高约 25~30m，坡度 35~40°，坡面植被发育，见 1 处崩滑，目前稳定性好；场地南面为人工岩质边坡，坡高约 15m，分两级放坡，坡度 25~30°，坡顶修有排水沟，坡面植被不发育，未见崩滑，坡顶平缓，植被较发育，稳定性好，坡前民宅距坡 8m；场地西面边界距自然山体 60~80m，山体高约 20m，坡度 20~25°，植被发育，未见崩滑，坡面稳定性好；场地东面为安置点二期场地，地势平坦。六王镇古泉安置点场地及周边景观见照片 7-4-8~照片 7-4-13。综上，六王镇古泉安置点场地地质环境条件简单。该安置点的安置对象为 2010 年“6.2”六王镇龙头、陈村、古泉、六槐等 4 个村因灾倒房的村民。



照片 7-4-8 古泉安置点北面景观



照片 7-4-9 古泉安置点南面景观



照片 7-4-10 古泉安置点西面景观



照片 7-4-11 古泉安置点东面景观



照片 7-4-12 古泉安置点南面崩塌景观



照片 7-4-13 古泉安置点北面崩塌景观

#### (4) 六王镇六王圩安置点 (RXBQ04)

该安置点位于六王镇六王中学附近，坐标 X: 2522322、Y: 19473007，高程 191m，紧邻容岑二级公路；地处低山丘陵地貌区，地层岩性主要为侏罗纪杨梅山单元中细粒花岗岩 (J<sub>2</sub>Y)，场地西北面约 2.8km 处有沿西南—北东展布的狮子顶--旺冲坡断裂通过。安置点为一近南北走向、长约 150m，宽约 120m 的场地，水泥道路从场地中间穿过；场地四周安置房屋后无高陡边坡及切坡。综上，六王镇古泉安置点场地地质环境条件简单。六王镇古泉安置点场地及周边景观见照片 7-4-14~照片 7-4-17。



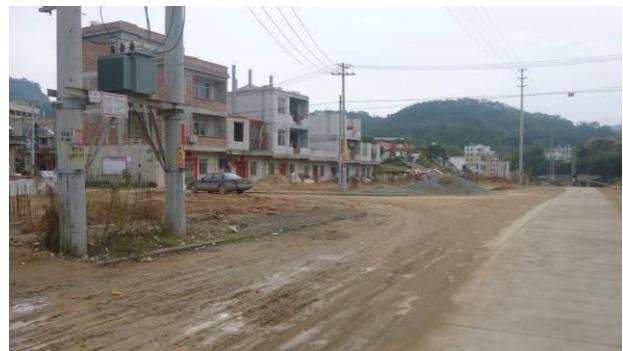
照片 7-4-14 六王圩安置点北面景观



照片 7-4-15 六王圩安置点南面景观



照片 7-4-16 六王圩安置点西面景观



照片 7-4-17 六王圩安置点东面景观

该安置点的安置对象为 2010 年“6.2”六王镇六王、古里 2 个村因灾倒房的村民。

## 2、搬迁安置点场地地质灾害危险性评估

各搬迁安置点地质灾害危险性现状及预测评估结果见表 7-4-2。

## 3、地质灾害搬迁避让场地适宜性评价

搬迁避让场地适宜性评价主要工作是开展地质灾害搬迁避让场地工程地质区划，根据区划结果，划分出适宜、基本适宜区作为建设新址的区域。应急搬迁避让场地工程地质区划调查内容如下：

### (1) 场地安全性

主要指场地是否存在受地质灾害和洪水（山洪）影响与危害等不安全因素。

- ① 场地安全性好：没有灾害点，灾害点很少且危害性不大。
- ② 场地安全性一般：受地质灾害影响程度一般，处于泥石流、滑坡、崩塌等地质灾害影响区内。
- ③ 场地安全性差：受地质灾害影响严重，处于泥石流、滑坡、崩塌等地质灾害危险区内。

### (2) 地基稳定性

- ① 地基稳定性好：地形相对平坦（地形坡度小于 15°）、地基土较均匀的区域，土体密实。
- ② 地基稳定性一般：地形坡度相对较大，但地基土稳定性较好，土体密实均匀。
- ③ 地基稳定性差：地形起伏变化较大，地基土稳定性差。

### (3) 生产生活条件

主要包括水源条件、土地资源、交通条件以及相应的一些基础配套设施等。

① 生活条件好：水源充足，用水方便、安全；土地资源丰富，能够满足当地居民耕地和宅基地的利用；交通条件好，靠近公路，村民出行方便；一些基础设施如电力供应，能源供应，医疗卫生以及教育条件较好等等。

② 生活条件一般：当地生活环境能够满足人类生产生活的基本需求，但是由于自然条件的限制，要提高生活条件比较困难。

③ 生活条件差：自然条件差，基础设施基本上没有，不适合人类居住。

通过对以上几个方面的调查结果，采用定性评价的方法，对 4 处搬迁安置点场地的适宜性分别进行了评价。搬迁安置点场地适宜性评价结果见表 7-4-3。

表 7-4-2 搬迁安置点地质灾害危险性现状及预测评估综合表

| 野外<br>编号   | 名称         | 位置                   | 场地地质灾害现状描述及评价  | 已造成危害  |        |        | 现状评估             |             | 场地地质灾害预测描述及评价   | 潜在危害   |        |        | 预测评估             |             |
|------------|------------|----------------------|--|--------|--------|--------|------------------|-------------|---|--------|--------|--------|------------------|-------------|
|            |            |                      |  | 对<br>象 | 伤<br>亡 | 损<br>失 | 危<br>害<br>程<br>度 | 危<br>险<br>性 |   | 对<br>象 | 人<br>数 | 财<br>产 | 危<br>害<br>程<br>度 | 危<br>险<br>性 |
| RXBQ<br>01 | 当中<br>安置点  | 灵山镇<br>当中村<br>村委附    | 地质灾害不发育,场地东西两侧边坡稳定性好。  | /      | /      | /      | 小                | 小           | 预测场地遭受地质灾害的可能性小。  | /      | /      | /      | 小                | 小           |
| RXBQ<br>02 | 泉塘<br>安置点  | 灵山镇<br>灵山村<br>泉塘     | 安置点场地基本远离山体;东北角近坡,切坡高10m,宽约50m,坡度月60°,局部小崩,但坡前无民宅;近民宅坡前已修浆砌石挡土墙,坡面稳定性好,未有地质灾害隐患。   | /      | /      | /      | 小                | 小           | 预测场地遭受地质灾害的可能性小。  | /      | /      | /      | 小                | 小           |
| RXBQ<br>03 | 古泉<br>安置点  | 六王镇<br>古泉村           | 地质灾害弱发育。①安置点南面水泥路内侧切坡出现崩塌,坡向15°,土质崩塌,崩高5~8m,崩宽约20,崩厚约0.5m,方量约75m <sup>3</sup> ;坡顶植被发育,为灌木;坡前无民宅。②安置北面山体坡脚出现局部崩塌,坡向180°,土质崩塌,崩高2~2.5m,崩宽约4,崩厚约0.5m,方量约5m <sup>3</sup> ,但自然斜坡未见崩滑,整体稳定性;坡前10~15m处为安置点民宅。 | /      | /      | /      | 小                | 小           | 预测场地东、南、西三面遭受地质灾害的可能性小;北面自然山体斜坡25~35°,坡面植被发育,坡脚局部崩塌,斜坡整体稳定性好,预测北面民宅遭受地质灾害的可能性小。 | 民宅     | 10     | 10     | 中                | 小           |
| RXBQ<br>04 | 六王圩<br>安置点 | 六王镇<br>六王村<br>六王中学附近 | 安置点场地远离山体,地质灾害不发育,六王中学一侧切坡未见崩滑,稳定性好。   | /      | /      | /      | 小                | 小           | 预测场地遭受地质灾害的可能性小。  | /      | /      | /      | 小                | 小           |

表 7-4-3 搬迁安置点场地适宜性评价结果表

| 野外编号   | 名称     | 地质环境条件   | 现状地质灾害 | 预测地质灾害 | 场地安全性 | 地基稳定性            | 生产生活条件 | 适宜性 |
|--------|--------|----------|--------|--------|-------|------------------|--------|-----|
| RXBQ01 | 当中安置点  | 地质环境条件简单 | 无      | 无      | 好     | 地势平坦，地基土密实，稳定性好。 | 好      | 适宜  |
| RXBQ02 | 泉塘安置点  | 地质环境条件简单 | 无      | 无      | 好     | 地势平坦，地基土密实，稳定性好。 | 好      | 适宜  |
| RXBQ03 | 古泉安置点  | 地质环境条件简单 | 弱      | 弱      | 好     | 地势平缓，地基土密实，稳定性好。 | 好      | 适宜  |
| RXBQ04 | 六王圩安置点 | 地质环境条件简单 | 无      | 无      | 好     | 地势平缓，地基土密实，稳定性好  | 好      | 适宜  |

#### 四、工程治理措施

根据调查，区内地质灾害以主要受人工边坡坡体结构控制的占绝大多数，而主要受自然斜坡控制的地质灾害发育则相对较少。前者发育的地质灾害类型主要有崩塌、滑坡等，灾害规模一般较小，后者发育的地质灾害类型主要滑坡、坡面泥石流等，规模相对较大。由于两者的规模及形成机理不一样，故其工程治理措施也存在较大的区别，下面分别介绍发生在人工边坡上及自然斜坡上的地质灾害治理措施。

##### (一) 主要受自然斜坡坡体结构控制的滑坡泥石流灾害工程治理措施

区内受自然斜坡坡体结构控制的地质灾害类型主要有滑坡，其工程治理措施具体如下：

1、对于已发生滑动及坡面泥石流的灾害点，则对其主要采用如下措施进行治理：(1) 在灾害后缘上方及两侧稳固部位修建截、排水沟，如发育天然冲沟，则两侧排水沟沿天然冲沟布置，将水沿沟引至坡下并排出村外；(2) 如滑坡前缘边坡较高陡，则对其进行 1:1 放坡；(3) 对松散的自然斜坡表面进行生物防护（绿化固土）。

2、对于现还处于变形阶段存在滑坡的隐患点，因其一般分布在偏远山区，且灾害（隐患）点规模相对较大，故实施治理工程技术难度较大，治理费用较高，建议采用加强监测、搬迁避让的防灾减灾害措施；对于还处于变形阶段的折线型工程滑坡则可采用修建截排水沟、抗滑短桩、对其前缘边坡放坡并修砌挡土墙等治理措施。

##### (二) 主要受边坡坡体结构控制的滑坡崩塌灾害工程治理措施

容县大多地质灾害发生在人工开挖边坡上，一般发育规模较小的崩塌及滑坡（圆弧型）灾害，由于这类灾害数量众多，分布广泛，因此本报告依据《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2002）及《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219-2006）有关边坡削方减载工程规定要求，结合当地已有稳定边坡坡率及治理经验并在充分考虑治理经济情况下，提出了在没有外倾结构面条件下不同高度边坡的治理方案，各治理方案分别见表 7-4-4 及图 7-4-2~7-4-4。另由于对于其灾害点的治理实际上也是对边坡的治理设计，因此这也为新开挖边坡设计提供了指导建议。

值得注意的是，当边坡处于以下情况时应通过稳定性分析计算确定边坡坡率允许值及治理方案：

- 1、有外倾软弱结构面的岩质边坡；2、坡顶边缘附近有较大荷载的边坡；3、坡高大于坡高大于 15m 边坡或坡高大于 8m 危害对象为学校、小区、机关单位、集镇、省道及国道等边坡。

表 7-4-2 边坡灾害治理设计方案

| 边坡坡高<br>(m) | 威胁对象                             | 威胁人数<br>(人) | 可能造成的<br>破坏程度 | 治理措施  |
|-------------|----------------------------------|-------------|---------------|---|
| H<8         | 分散住户                             | <10         | 小             | 方案一：加强监测、浆砌截排水沟   |
|             |                                  |             | 中及以上          | 方案二：加强监测、浆砌截水沟、削坡<br>(图 7-4-2)  |
|             | 村庄、学校、<br>小区、集镇、<br>公路等          | $\geq 10$   | 小             | 方案一：加强监测、浆砌截排水沟   |
|             |                                  |             | 中及以上          | 方案三：加强监测、浆砌截水沟、削坡、<br>砂浆抹面护坡(图 7-4-3)   |
| 8≤H<15      | 分散住户                             | <10         | 小             | 方案一：加强监测、浆砌截排水沟   |
|             |                                  |             | 中及以上          | 方案四：加强监测、浆砌截排水沟、坡<br>改梯、分级处设石垛，修内倾砂浆抹面<br>排水沟、土岩接触面设置泄水孔(图<br>6-4-3 左图)         |
|             | 村庄、一般<br>公路等                     | $\geq 10$   | 小             | 方案一：加强监测、浆砌截排水沟   |
|             |                                  |             | 中及以上          | 方案五：加强监测、浆砌截排水沟、坡<br>改梯、分级处设石垛、修内倾砂浆抹面<br>排水沟、土岩接触面设置泄水孔、砂浆<br>抹面护坡(图 6-4-3 右图) |
| H≥8         | 学校、小区、<br>机关单位、<br>集镇、省道<br>及国道等 | —           | —             | 建议要求进行边坡稳定性计算和设计，<br>用锚杆格框架格构梁护坡及支挡护坡<br>等方案进行治理。                               |

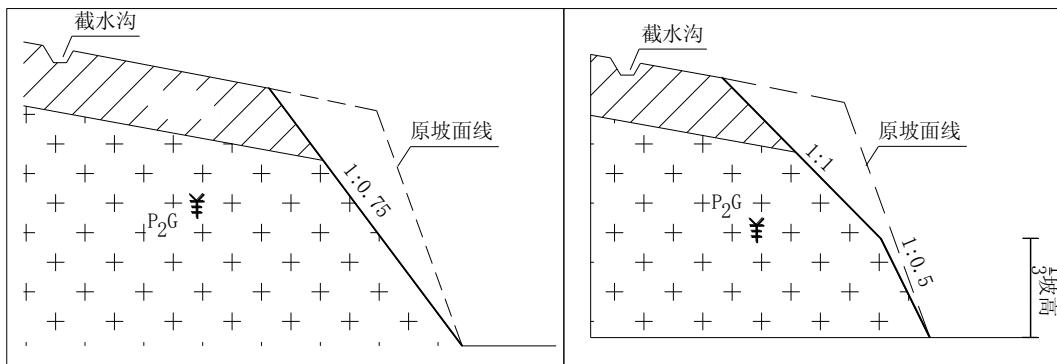


图 7-4-2 坡高小于 8m 边坡治理设计断面示意图（方案二）

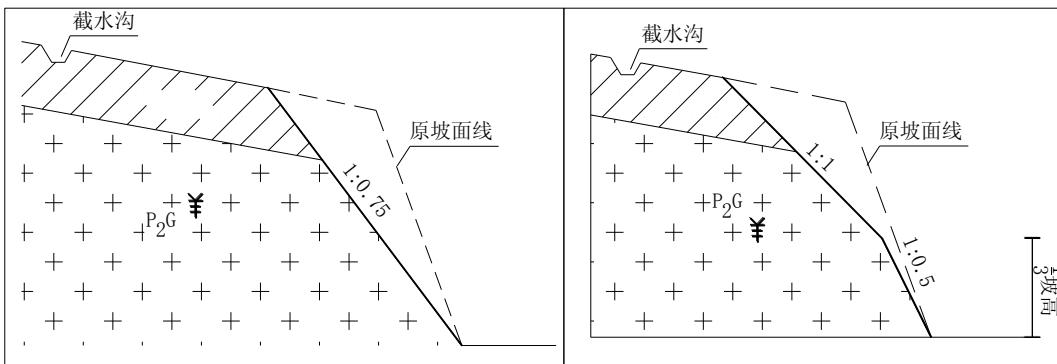


图 7-4-3 坡高小于 8m 边坡治理设计断面示意图（方案三）

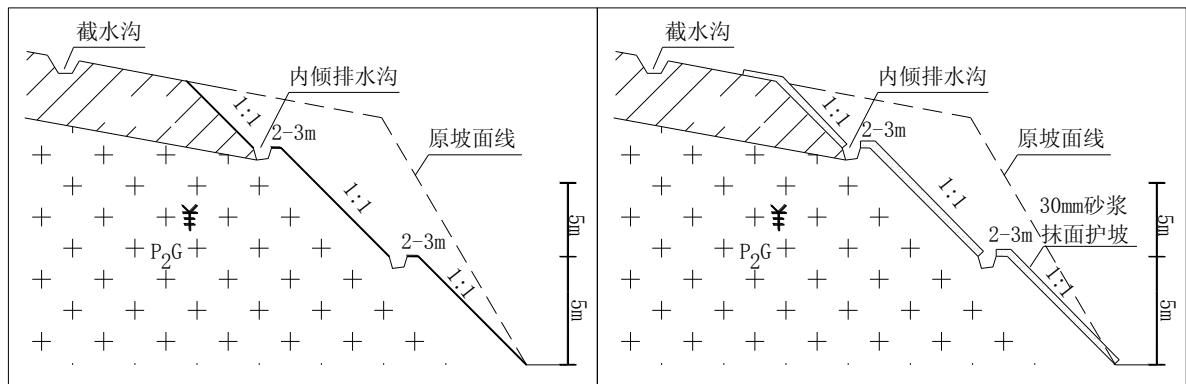


图 7-4-4 坡高大于 8m 小于 15m 边坡治理设计断面示意图(左图方案四、右图方案五)

## 第八章 地质灾害信息系统建设

### 第一节 信息系统建设工作方法及流程

#### 一、工作组织与实施

本项目信息化工作由项目承担单位广西壮族自治区地质环境监测总站具体执行。参加本项目信息系统建设工作人员情况见表 8-1-1。

表 8-1-1 信息系统建设工作人员情况表

| 序号 | 姓名  | 年龄 | 职称    | 学历 | 在本工作中的职责   |
|----|-----|----|-------|----|--|
| 1  | 杨向敏 | 44 | 工程师   | 本科 | 数据源资料收集、整理，属性数据录入，图形编辑、图形专业分层、图元内部属性编辑；行政管理信息录入，信息化报告编写。 |
| 2  | 何芳芳 | 29 | 助理工程师 | 本科 | 数据源资料收集、整理，属性数据录入，图形编辑、图形专业分层、图元内部属性编辑。                  |
| 3  | 方棉  | 24 | 实习学生  | 本科 | 属性数据录入，调查数据录入。   |
| 4  | 尹艺桔 | 24 | 实习学生  | 本科 | 属性数据录入，调查数据录入。   |
| 5  | 李晓蕊 | 24 | 实习学生  | 本科 | 属性数据录入，调查数据录入。   |

#### 二、原始资料概况

本项目信息化资料来源包括：广西容县地质灾害详细调查野外调查卡片、相片和《广西容县地质灾害详细调查报告》及其附件、附图。野外调查卡片各数据项除少部分（如地震烈度、降雨量、洪水位等）为在本调查区相关部门收集外，其它均为实地调查填写，其中灾害点坐标采用 GPS 定位采集。在野外调查中，每个灾害点均拍摄有多张照片，以便在资料整理过程中选择。本项目所使用地理底图为 1/5 万地形图，图上地层界线和构造线从广西区域地质调查研究院收集，其它工作点为实地上点。

在资料整理过程中，坚持以野外调查卡片所填数据为准的原则，同时也注意参考所收集资料（如其它单位以往在本调查区所做工作），一些重要数据项，如灾害点坐标，都进行了坐标点位置与地名是否对应的相关检查。

#### 三、工作方法及流程

本数据库数据录入采用中国地质环境监测院组织开发的“地质灾害详细调查录入系统”。本项目信息系统建设工作流程如图 8-1-1。

##### （一）建立属性数据库

1、根据《1. 50000 地质灾害详细调查信息化成果技术要求》给地质灾害点统一编号；  
地质灾害点编号由行政区划代码、灾害类型编码、点顺序编号三部分组成，三者必须保持一致。  
（1）行政区划代码，依次为省、地区、县三级共六位。  
灾害类型编码：00-不稳定斜坡 01-滑坡 02-崩塌  
03-泥石流 04-地面塌陷 06-地裂缝 07-地面沉降 08-环境地质点  
09-遥感解译点 10-搬迁避让场址点 11-其它调查点

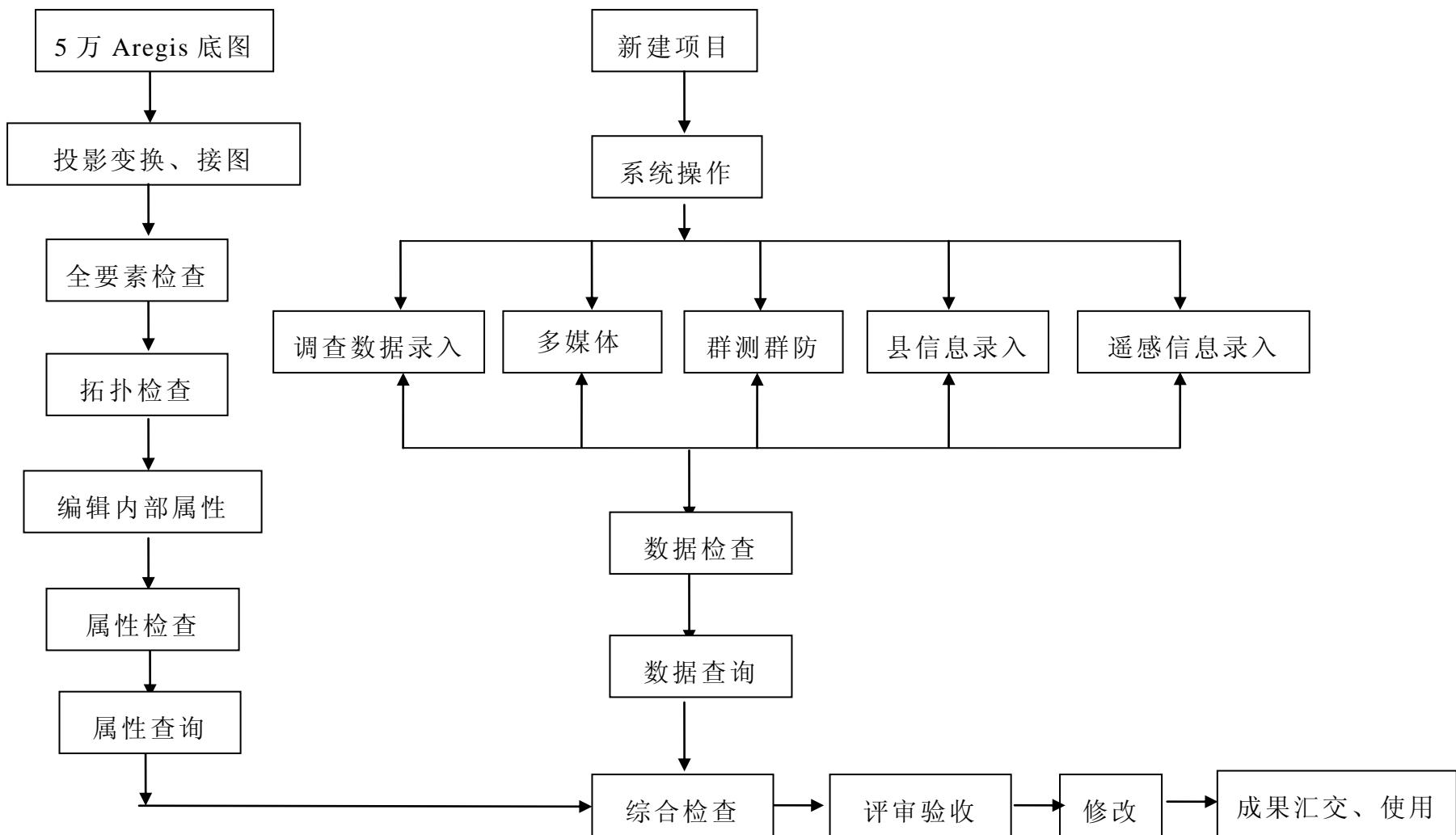
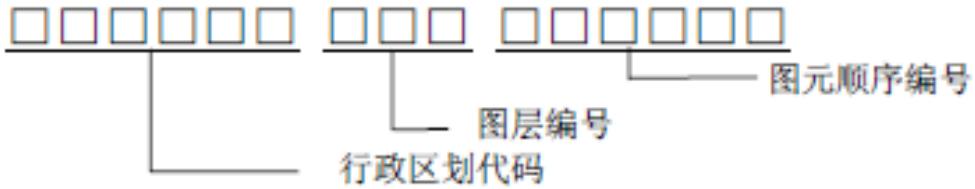


图 8-1-1 信息系统建设工作流程图

## (2) 其它图类‘统一编号’规则

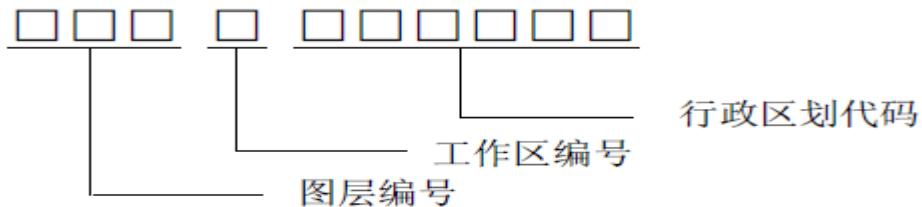


- 2、把与各灾害点相关的平面图、剖面图以及图片扫描，并按“要求”命名保存；
- 3、把灾害点数据以及相应的平面图、剖面图录入数据库系统的数据表中（包括主表和子表）；

## (二) 建立图形库

- 1、按照“技术要求”分别对各图形进行图元参数修改；
- 2、按照“技术要求”进行图形专业分层，并按“规则”命名保存。各图形中内容相同（如水系、境界、交通、居民点等），只保留一个图形的专业图层；
- 3、编辑各个专业图层的图元内部属性；图件根据内容可划分为基本地理、基础地质、水文地质、工程地质、地质灾害、专题图层、图面修饰、嵌图、嵌表、责任签等十大图类，每一图类按具体内容划分出一系列图层，并且按照一定的规则对图层进行编号。

图层名称编码由图层编号、工作区编号、行政区划代码组成，结构如下：



### (1) 图层编号

图层编号由图类代码和图层代码组成。

图类代码为相关专业术语的汉语拼音的首字母，如 D—地质，L—地理，Z—地质灾害，G—工程地质，S—水文地质。

图层代码由首码和尾码共同构成。尾码根据图元类型确定：子图类点文件=0；线文件=1；区文件=2；注释类点文件=9。

### (2) 工作区编号

工作区编号由 1 位代码组成： 0-全区， 1-重点地段 1， 2-重点地段 2， …， 9-全区（缩小比例尺）。

说明：由于输出图形需要将 1: 5 万全区图件缩编成 1: 10 万比例尺时，相应图层命名工作区编号采用 9。

### (3) 行政区划代码

行政区划代码详见本文所附《全国行政区划国标代码表（2006）》。

4、在数据库系统创建新工程文件，添加各专业图层。

(1) 实际材料图：实际材料图中点图元为地质灾害调查点、测绘点、勘查点、遥感解译

点、地质环境调查点和地质环境遥感解译点等，主要反映调查区内内地质灾害调查精度、野外调查线路、灾害点、测绘点、勘查点、环境地质点、地质灾害遥感解译点和地质环境遥感解译点等实物工作量。

(2) 区域工程地质条件图：图件主要反映调查区内内地质灾害发育分布的工程地质因素和工程地质环境。包括地形地貌、地层及岩土体、构造、地下水、不良地质现象和人类工程活动等六个方面。

(3) 地质灾害分布图：图件主要反映调查区内滑坡、崩塌、泥石流的形成条件、发育特征和分布规律。其中，以调查区内滑坡崩塌泥石流发育分布控制因素（如岩土体类型、地质构造、地貌、水文地质要素等）作为普染色，同时反映地质灾害点的位置、类型、规模、稳定性和方向等信息。

(4) 地质灾害易发程度分区图：地质灾害易发区分高、中、低、不易发四级，图件主要反映易发分区及其分区的主要依据，如地层、断裂及地质灾害点的类型、规模、稳定性等。

(5) 地质灾害危险程度分区图：地质灾害危险区划分为高、中、低三级，图件主要反映危险性分区、地质灾害分布、人类生命财产分布及重要工程分布。

(6) 地质灾害防治规划建议图：地质灾害防治规划区划为重点防治区、次重点防治区和一般防治区，图件主要反映防治分区、灾害点防治措施、防治分期及防治分级等。

## 5、工程图命名

工程文件采用图件名称拼音缩写命名，如表8-1-2。

表8-1-2 工程文件命名一览表

| 图件类别            | 序号 | 图件名称                      | 工程文件名  |
|-----------------|----|---------------------------|--------|
| 基础图件            | 1  | 实际材料图(1: 50000~1: 100000) | SC.MPJ |
|                 | 2  | 区域工程地质条件图(1: 50000)       | GD.MPJ |
| 调查评价类图件<br>(全区) | 3  | 地质灾害分布图(1: 50000)         | FB.MPJ |
|                 | 4  | 地质灾害易发程度分区图(1: 50000)     | YF.MPJ |
|                 | 5  | 地质灾害危险程度分区图(1: 50000)     | WX.MPJ |
|                 | 6  | 地质灾害防治规划建议图(1: 50000)     | GH.MPJ |

## (三) 基础信息、调查信息录入

- 1、对滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、不稳定斜坡等灾害按野外卡片数据进行录入；
- 2、把扫描的平面、剖面图、照片插入到相应的地质灾害点多媒体记录表中；
- 3、如果灾害点是群测群防点，把相关的群测群防信息内容填到群测群防信息表中。

## (四) 信息检查

### 1、数据检查

对录入的每张卡片数据进行一一检查，对出现的缺漏、错误进行修改。

### 2、综合检查

利用检查系统，把图形灾害点与数据库进行联接检查，对出现的缺漏、错误进行核对并修改。

## (五) 保存项目文件在指定目录下，以备将来使用或汇交

#### 四、专业分层

图形的专业分层严格遵循“技术要求”的图层划分原则，即：

- 1、以技术要求中的图层命名规则进行分层；
- 2、按需求将地质灾害图素划分为若干个图层；
- 3、相同逻辑内容为空间信息一般放在一个图层之中；
- 4、图层划分要适应 GIS 软件功能特点，相同的图层、图元类型拥有且只拥有相同的属性表和属性结构；
- 5、需要补充的图层根据它的内容放在相应的图类中。

本项目图形数据库所分专业图层 107 个，详见表 8-1-3。

表 8-1-3 专业图层表

| ID | 图层名称    | 图层定义       | 图层物理名称        | 空间属性 |
|----|---------|------------|---------------|------|
| 1  | 基本信息    | 坐注注释       | LA90450921.wt | 点    |
| 2  | 基本信息    | 公里网及经纬网    | LA10450921.wl | 线    |
| 3  | 水系      | 水库、河流名称    | LB90450921.wt | 点    |
| 4  | 水系      | 水库、河流      | LB10450921.wl | 线    |
| 5  | 水系      | 水库、河流区域    | LB20450921.wp | 面    |
| 6  | 交通      | 公路线        | LC10450921.wl | 线    |
| 7  | 交通      | 公路线注释      | LC90450921.wt | 点    |
| 8  | 居民地     | 县、乡镇、村代号   | LD00450921.wt | 点    |
| 9  | 居民地     | 居民地线       | LD10450921.wt | 点    |
| 10 | 居民地     | 居民地区       | LD20450921.wt | 点    |
| 11 | 居民地     | 县、乡镇、村名称注释 | LD90450921.wt | 点    |
| 12 | 境界      | 县、乡（镇）界线   | LE10450921.wl | 线    |
| 13 | 境界      | 乡镇行政区      | LE20450921.wp | 区    |
| 14 | 地形      | 地形高程点      | LF00450921.wt | 点    |
| 15 | 地形      | 地形等高线      | LF10450921.wl | 线    |
| 16 | 地形      | 地形高程值注释    | LF90450921.wt | 点    |
| 17 | 地层      | 地层界线       | DA10450921.wl | 线    |
| 18 | 地层      | 地层注释       | DA90450921.wt | 点    |
| 19 | 构造      | 断裂、断层线等    | DB10450921.wl | 线    |
| 20 | 工程地质岩组  | 岩组界线       | GA10450921.wl | 线    |
| 21 | 工程地质岩组  | 岩组         | GA20450921.wp | 面    |
| 22 | 自然保护区   | 自然保护区点     | LN00450921.wt | 点    |
| 23 | 自然保护区   | 自然保护区注释    | LN90450921.wt | 点    |
| 24 | 地质灾害稳定性 | 稳定较稳定滑坡    | ZA00450921.wt | 点    |
| 25 | 地质灾害稳定性 | 稳定较稳定滑坡注释  | ZA90450921.wt | 点    |
| 26 | 地质灾害稳定性 | 稳定较稳定崩塌    | ZB00450921.wt | 点    |
| 27 | 地质灾害稳定性 | 稳定较稳定崩塌注释  | ZB90450921.wt | 点    |
| 28 | 地质灾害稳定性 | 稳定较稳定泥石流   | ZC00450921.wt | 点    |
| 29 | 地质灾害稳定性 | 稳定较稳定泥石流注释 | ZC90450921.wt | 点    |
| 30 | 地质灾害稳定性 | 较稳定斜坡      | ZF00450921.wt | 点    |
| 31 | 地质灾害稳定性 | 较稳定斜坡注释    | ZF90450921.wt | 点    |
| 32 | 地质灾害危险性 | 不稳定滑坡点     | WA00450921.wt | 点    |
| 33 | 地质灾害危险性 | 不稳定滑坡注释    | WA90450921.wt | 点    |
| 34 | 地质灾害危险性 | 不稳定崩塌      | WB00450921.wt | 点    |

续表 8-1-3 专业图层表

| ID | 图层名称    | 图层定义          | 图层物理名称        | 空间属性 |
|----|---------|---------------|---------------|------|
| 35 | 地质灾害危险性 | 不稳定崩塌注释       | WB90450921.wt | 点    |
| 36 | 地质灾害危险性 | 不稳定斜坡         | WF00450921.wt | 点    |
| 37 | 地质灾害危险性 | 不稳定斜坡注释       | WF90450921.wt | 点    |
| 38 | 易发村屯点   | 容县核销易发村屯点     | ZH00450921.wt | 点    |
| 39 | 易发村屯点   | 容县易发村屯点       | ZY00450921.wt | 点    |
| 40 | 实际材料图   | 调查点测绘点勘查点子图   | TA00450921.wt | 点    |
| 41 | 实际材料图   | 调查点测绘点勘查点注释   | TA90450921.wt | 点    |
| 42 | 实际材料图   | 调查路线          | TA10450921.wl | 线    |
| 43 | 实际材料图   | 调查分区          | TA20450921.wp | 面    |
| 44 | 实际材料图   | 调查分区界线        | TA80450921.wl | 线    |
| 45 | 易发程度分区图 | 易发程度分区注释      | TD90450921.wt | 点    |
| 46 | 易发程度分区图 | 易发程度分区界线      | TD10450921.wl | 线    |
| 47 | 易发程度分区图 | 易发程度分区        | TD20450921.wp | 面    |
| 48 | 易发程度分区图 | 危险程度分区注释      | TE90450921.wt | 点    |
| 49 | 易发程度分区图 | 危险程度分区界线      | TE10450921.wl | 线    |
| 50 | 易发程度分区图 | 危险程度分区        | TE20450921.wp | 面    |
| 51 | 防治规划建议图 | 防治规划分区代号      | TF00450921.wt | 点    |
| 52 | 防治规划建议图 | 防治规划分区界线      | TF80450921.wl | 线    |
| 53 | 防治规划建议图 | 防治规划分区        | TF20450921.wp | 面    |
| 54 | 防治规划建议图 | 防治规划分区注释      | TF90450921.wt | 点    |
| 55 | 图面修饰    | 实际材料图图名及比例尺   | XA90450921.wt | 点    |
| 56 | 图面修饰    | 工程地质图图名及比例尺   | XB90450921.wt | 点    |
| 57 | 图面修饰    | 地灾分布图图名及比例尺   | XC90450921.wt | 点    |
| 58 | 图面修饰    | 易发程度分区图图名     | XD90450921.wt | 点    |
| 59 | 图面修饰    | 危险程度分区图图名及比例尺 | XE00450921.wt | 点    |
| 60 | 图面修饰    | 防治规划图图名及比例尺   | XF00450921.wt | 点    |
| 61 | 图面修饰    | 防治规划图图框及比例尺   | XF10450921.wl | 线    |
| 62 | 图面修饰    | 防治规划图比例尺      | XF20450921.wp | 面    |
| 63 | 图面修饰    | 防治规划图注释引线     | XF30450921.wl | 线    |
| 64 | 图例      | 实际材料图图例点子图    | YA00450921.wt | 点    |
| 65 | 图例      | 实际材料图图例线      | YA10450921.wl | 线    |
| 66 | 图例      | 实际材料图图例面      | YA20450921.wp | 面    |
| 67 | 图例      | 实际材料图图例点注释    | YA90450921.wt | 点    |
| 68 | 图例      | 工程地质图图例点子图    | YB00450921.wt | 点    |
| 69 | 图例      | 工程地质图图例线      | YB10450921.wl | 线    |
| 70 | 图例      | 工程地质图图例面      | YB20450921.wp | 面    |
| 71 | 图例      | 工程地质图图例点注释    | YB90450921.wt | 点    |
| 72 | 图例      | 地灾分布图图例点子图    | YC00450921.wt | 点    |
| 73 | 图例      | 地灾分布图图例线      | YC10450921.wl | 线    |
| 74 | 图例      | 地灾分布图图例面      | YC20450921.wp | 面    |
| 75 | 图例      | 地灾分布图图例点注释    | YC90450921.wt | 点    |
| 76 | 图例      | 易发程度分区图图例点    | YD00450921.wt | 点    |
| 77 | 图例      | 易发程度分区图图例线    | YD10450921.wl | 线    |
| 78 | 图例      | 易发程度分区图图例区    | YD20450921.wp | 面    |
| 79 | 图例      | 易发程度分区图图例注释   | YD90450921.wt | 点    |
| 80 | 图例      | 危险程度分区图图例点子图  | YE00450921.wt | 点    |

续表 8-1-3 专业图层表

| ID  | 图层名称 | 图层定义         | 图层物理名称        | 空间属性 |
|-----|------|--------------|---------------|------|
| 81  | 图例   | 危险程度分区图图例线   | YE10450921.wl | 线    |
| 82  | 图例   | 危险程度分区图图例面   | YE20450921.wp | 面    |
| 83  | 图例   | 危险程度分区图图例点注释 | YE90450921.wt | 点    |
| 84  | 图例   | 防治规划图图例点子图   | YF00450921.wt | 点    |
| 85  | 图例   | 防治规划图图例线     | YF10450921.wl | 线    |
| 86  | 图例   | 防治规划图图例面     | YF20450921.wp | 面    |
| 87  | 图例   | 防治规划图图例点注释   | YF90450921.wt | 点    |
| 88  | 责任签  | 实际材料图责任签注释   | RA90450921.wt | 点    |
| 89  | 责任签  | 实际材料图责任签线    | RA10450921.wl | 线    |
| 90  | 责任签  | 工程地质图责任签线    | RB10450921.wl | 线    |
| 91  | 责任签  | 工程地质图责任签注释   | RB90450921.wt | 点    |
| 92  | 责任签  | 地灾分布图责任签注释   | RC90450921.wt | 点    |
| 93  | 责任签  | 地灾分布图责任签线    | RC10450921.wl | 线    |
| 94  | 责任签  | 易发程度分区图责任签注释 | RD90450921.wt | 点    |
| 95  | 责任签  | 易发程度分区图责任签线  | RD10450921.wl | 线    |
| 96  | 责任签  | 危险程度分区图责任签注释 | RE90450921.wt | 点    |
| 97  | 责任签  | 危险程度分区图责任签线  | RE10450921.wl | 线    |
| 98  | 责任签  | 防治规划图责任签注释   | RF90450921.wt | 点    |
| 99  | 责任签  | 防治规划图责任签线    | RF10450921.wl | 线    |
| 100 | 嵌表   | 工程地质图嵌表注释    | BB90450921.wt | 点    |
| 101 | 嵌表   | 工程地质图嵌表线     | BB10450921.wl | 线    |
| 102 | 嵌表   | 易发程度分区图嵌表注释  | BD90450921.wt | 点    |
| 103 | 嵌表   | 易发程度分区图嵌表线   | BD10450921.wl | 线    |
| 104 | 嵌表   | 危险程度分区图嵌表注释  | BE90450921.wt | 点    |
| 105 | 嵌表   | 危险程度分区图嵌表线   | BE10450921.wl | 线    |
| 106 | 嵌表   | 防治规划图嵌表注释    | BF90450921.wt | 点    |
| 107 | 嵌表   | 防治规划图嵌表线     | BF10450921.wl | 线    |

## 五、完成的数据量

1、各图层文件的图元数量详见表 8-1-4。

表 8-1-4 各图层文件的图元数量表

| 序号 | 图层            | 图元数量  | 序号 | 图层            | 图元数量 | 序号 | 图层            | 图元数量 |
|----|---------------|-------|----|---------------|------|----|---------------|------|
| 1  | LA90450921.wt | 2465  | 37 | WF90450921.wt | 147  | 73 | YC10450921.wl | 109  |
| 2  | LA10450921.wl | 1642  | 38 | ZH00450921.wt | 1001 | 74 | YC20450921.wp | 2    |
| 3  | LB90450921.wt | 128   | 39 | ZY00450921.wt | 1700 | 75 | YC90450921.wt | 142  |
| 4  | LB10450921.wl | 2402  | 40 | TA00450921.wt | 30   | 76 | YD00450921.wt | 17   |
| 5  | LB20450921.wp | 393   | 41 | TA90450921.wt | 11   | 77 | YD10450921.wl | 145  |
| 6  | LC10450921.wl | 10166 | 42 | TA10450921.wl | 162  | 78 | YD20450921.wp | 6    |
| 7  | LC90450921.wt | 809   | 43 | TA20450921.wp | 5    | 79 | YD90450921.wt | 53   |
| 8  | LD00450921.wt | 4720  | 44 | TA80450921.wl | 7    | 80 | YE00450921.wt | 15   |
| 9  | LD10450921.wt | 4638  | 45 | TD90450921.wt | 14   | 81 | YE10450921.wl | 49   |

续表 8-1-4 各图层文件的图元数量表

| 序号 | 图层            | 图元数量  | 序号 | 图层            | 图元数量 | 序号  | 图层            | 图元数量 |
|----|---------------|-------|----|---------------|------|-----|---------------|------|
| 10 | LD20450921.wt | 4542  | 46 | TD10450921.wl | 23   | 82  | YE20450921.wp | 5    |
| 11 | LD90450921.wt | 4579  | 47 | TD20450921.wp | 14   | 83  | YE90450921.wt | 42   |
| 12 | LE10450921.wl | 47    | 48 | TE90450921.wt | 12   | 84  | YF00450921.wt | 27   |
| 13 | LE20450921.wp | 16    | 49 | TE10450921.wl | 18   | 85  | YF10450921.wl | 125  |
| 14 | LF00450921.wt | 25    | 50 | TE20450921.wp | 12   | 86  | YF20450921.wp | 5    |
| 15 | LF10450921.wl | 44051 | 51 | TF00450921.wt | 1329 | 87  | YF90450921.wt | 62   |
| 16 | LF90450921.wt | 56    | 52 | TF80450921.wl | 22   | 88  | RA90450921.wt | 24   |
| 17 | DA10450921.wl | 386   | 53 | TF20450921.wp | 12   | 89  | RA10450921.wl | 13   |
| 18 | DA90450921.wt | 1073  | 54 | TF90450921.wt | 12   | 90  | RB10450921.wl | 13   |
| 19 | DB10450921.wl | 84    | 55 | XA90450921.wt | 1    | 91  | RB90450921.wt | 24   |
| 20 | GA10450921.wl | 128   | 56 | XB90450921.wt | 2    | 92  | RC90450921.wt | 24   |
| 21 | GA20450921.wp | 77    | 57 | XC90450921.wt | 2    | 93  | RC10450921.wl | 13   |
| 22 | LN00450921.wt | 1     | 58 | XD90450921.wt | 2    | 94  | RD90450921.wt | 24   |
| 23 | LN90450921.wt | 1     | 59 | XE00450921.wt | 2    | 95  | RD10450921.wl | 13   |
| 24 | ZA00450921.wt | 59    | 60 | XF00450921.wt | 6    | 96  | RE90450921.wt | 24   |
| 25 | ZA90450921.wt | 59    | 61 | XF10450921.wl | 16   | 97  | RE10450921.wl | 13   |
| 26 | ZB00450921.wt | 45    | 62 | XF20450921.wp | 4    | 98  | RF90450921.wt | 24   |
| 27 | ZB90450921.wt | 45    | 63 | XF30450921.wl | 112  | 99  | RF10450921.wl | 13   |
| 28 | ZC00450921.wt | 1     | 64 | YA00450921.wt | 13   | 100 | BB90450921.wt | 142  |
| 29 | ZC90450921.wt | 1     | 65 | YA10450921.wl | 47   | 101 | BB10450921.wl | 184  |
| 30 | ZF00450921.wt | 35    | 66 | YA20450921.wp | 5    | 102 | BD90450921.wt | 269  |
| 31 | ZF90450921.wt | 35    | 67 | YA90450921.wt | 39   | 103 | BD10450921.wl | 54   |
| 32 | WA00450921.wt | 96    | 68 | YB00450921.wt | 6    | 104 | BE90450921.wt | 340  |
| 33 | WA90450921.wt | 96    | 69 | YB10450921.wl | 109  | 105 | BE10450921.wl | 679  |
| 34 | WB00450921.wt | 80    | 70 | YB20450921.wp | 15   | 106 | BF90450921.wt | 152  |
| 35 | WB90450921.wt | 80    | 71 | YB90450921.wt | 147  | 107 | BF10450921.wl | 30   |
| 36 | WF00450921.wt | 147   | 72 | YC00450921.wt | 17   |     |               |      |

2、各数据表的记录数详见表 8-1-5。

表 8-1-5 各数据表的记录数表

| 数据表     | 记录数 | 数据表    | 记录数  |
|---------|-----|--------|------|
| 滑坡主表    | 155 | 基本信息表  | 1    |
| 崩塌主表    | 125 | 乡镇名称表  | 15   |
| 泥石流主表   | 1   | 防灾预案表  | 226  |
| 不稳定斜坡主表 | 182 | 多媒体记录表 | 2563 |
| 地质环境点   | 20  |        |      |

## 六、质量监控

为了保证信息化工作的质量，项目承担单位（广西地质环境监测总站）由参加过中国地质环境监测院学习培训的人员负责进行建库工作，同时对其它参加人员也进行了培训，在工作过程中，分时间分阶段进行了自检和互检。

### 第二节 数据质量评述

#### 一、数字化图形质量

本项目图形全部采用电子版数字地图，数据单位为毫米，精度为 0.01 毫米，符合 1/5 万地质图精度要求。

#### 二、属性卡片质量

属性卡片填写严格遵循原始资料原则，保持数据内容与项目提交成果内容相一致，保证数据的全面和完整。

#### 三、属性数据库质量

图元的内部属性录入方法是：先根据各专业图层的需要，编辑图元内部属性结构，然后按照“技术要求”分别编辑各图元的统一编号、图元代码、图元名称等。

属性库的质量检查采取自检互检方式，重点是查漏补缺，关键性字段（如统一编号）有无错误。经过中间阶段检查和送审阶段检查的自检、互检和抽检，最后的检查结果表明已经无明显的错漏。

#### 四、信息系统建设质量

信息系统建设质量控制重点是各种干扰质量的因素，做好风险分析和工作。同时对各种可能出现的质量偏差，并采取有效的预防措施。使主动控制措施与监督，监察，反馈，发现问题并及时解决；发现偏差及时纠偏等控制有机结合起来，这样才能使项目的质量处于有效的控制之下。同时，信息系统建设质量受人力资源影响最大，项目成员的结构，责任心，能力和稳定性对信息系统项目的质量有决定的影响。因此，信息系统建设过程全程进行质量监控，建立自检、互检、抽检等质量保证手段和改正机制；建立元数据，建立并补充完善技术标准的数据内容、图元代码。图 8-2-1 所示为检查流程图，主要包括收集资料检查、内外业一体化检查、数据库录入检查、建库软件检查，只有通过对数据建设、空间数据建设的每一个工序进行层层检查，实现科学的、有效的、有针对性的监控，才能确保广西容县地质灾害详细调查信息系统的客观、真实和全面。

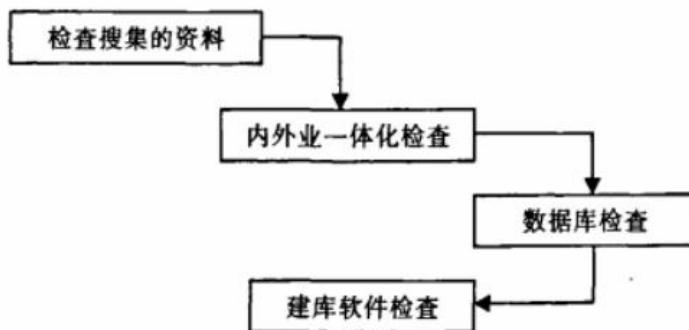


图 8-2-1 质量检查监控流程图

## 五、补充说明

本项目信息化建设严格按照“技术标准”进行，“标准”上规范了大部分的数据内容格式，但在实际工作中，仍然存在“标准”未顾及的内容。建库时所作修改或补充内容见表 8-3-1。

表 8-3-1 补充图元代码表

| 图元代码   | 应用图层       | 图元名称                    | 备注          |
|--------|------------|-------------------------|-------------|
| 113010 | YA00450921 | 实际材料图图例点子图              | 实际材料图新增图元代码 |
| 113011 | YA10450921 | 实际材料图图例线                |             |
| 113012 | YA20450921 | 实际材料图图例面                |             |
| 113013 | YA90450921 | 实际材料图图例点注释              |             |
| 114010 | RA90450921 | 实际材料图责任签点注释             |             |
| 114011 | RA10450921 | 实际材料图责任签线               |             |
| 441011 | TA00450921 | 实际材料图取样点子图              |             |
| 441012 |            | 实际材料图调查勘查点子图            |             |
| 441013 | TA10450921 | 实际材料图调查路线               |             |
| 441014 | TA80450921 | 实际材料图调查分区界线             |             |
| 441015 | TA90450921 | 实际材料图调查点测绘点勘查点注释        |             |
| 112020 | XB90450921 | 工程地质图图名及比例尺             |             |
| 113020 | YB00450921 | 工程地质图图例点子图              |             |
| 113021 | YB10450921 | 工程地质图图例线                |             |
| 113022 | YB20450921 | 工程地质图图例区                |             |
| 113023 | YB90450921 | 工程地质图图例点注释              |             |
| 114020 | RB90450921 | 工程地质图责任签注释              |             |
| 114021 | RB10450921 | 工程地质图责任签线               |             |
| 115020 | BB90450921 | 工程地质图嵌表注释               |             |
| 115021 | BB10450921 | 工程地质图嵌表线                |             |
| 18011  | DA10450921 | 地层界线                    | 工程地质图新增图元代码 |
| 18012  | DA90450921 | 地层注释                    |             |
| 18021  | DD10450921 | 褶皱线                     |             |
| 18022  | DD20450921 | 褶皱区                     |             |
| 29001  | LB90450921 | 水库、河流名称注释               |             |
| 29002  | LC90450921 | 交通线路注释                  |             |
| 17011  | GA20450921 | 块状坚硬花岗岩岩组               |             |
| 17012  |            | 块状坚硬、较坚硬喷出岩             |             |
| 17013  |            | 块状坚硬混合岩岩组               |             |
| 17014  |            | 中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组 |             |
| 17015  |            | 薄~中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组   |             |
| 17016  |            | 厚层~块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组      |             |
| 17017  |            | 中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状软弱页岩岩组  |             |
| 17018  |            | 粘性土、碎石单层土体              |             |
| 17019  |            | 粘土夹砾石、碎石单层土体            |             |
| 6101   | LI10450921 | 地貌类型分界线                 | LI20450921  |
| 6151   | LI20450921 | 构造侵蚀中山地貌                |             |
| 6152   |            | 构造侵蚀低山地貌                |             |
| 6153   |            | 侵蚀剥蚀低山丘陵                |             |
| 6154   |            | 侵蚀剥蚀低丘盆地                |             |
| 6155   |            | 侵蚀堆积河谷阶地                |             |
| 172001 | LF90450921 | 高程标注及控制点注释              |             |
| 61001  | LE10450921 | 省界                      |             |
| 61002  |            | 地区、地级市界                 |             |

续表 8-3-1 补充图元代码表

| 图元代码   | 应用图层       | 图元名称         | 备注            |
|--------|------------|--------------|---------------|
| 61003  | LE10450921 | 县、县级市界       |               |
| 61004  |            | 乡镇界线         |               |
| 32010  | LD10450921 | 居民地边界        |               |
| 113030 | YC00450921 | 地灾分布图图例点子图   | 地灾分布图新增图元代码   |
| 113031 | YC10450921 | 地灾分布图图例线     |               |
| 113032 | YC20450921 | 地灾分布图图例面     |               |
| 113033 | YC90450921 | 地灾分布图图例点注释   |               |
| 114030 | RC90450921 | 责任签点注释       |               |
| 114031 | RC10450921 | 责任签线         |               |
| 443031 | LN00450921 | 地灾分布图自然保护区点  |               |
| 443032 | LN90450921 | 地灾分布图自然保护区注释 |               |
| 13040  | YD00450921 | 易发程度分区图图例点   | 易发程度分区图新增图元代码 |
| 13041  | YD10450921 | 易发程度分区图图例线   |               |
| 13042  | YD20450921 | 易发程度分区图图例区   |               |
| 13043  | YD90450921 | 易发程度分区图图例注释  |               |
| 14040  | RD90450921 | 易发程度分区图责任签点  |               |
| 14041  | RD10450921 | 易发程度分区图责任签线  |               |
| 15040  | BD90450921 | 嵌表注释         |               |
| 15041  | BD10450921 | 嵌表线          |               |
| 444040 | TD90450721 | 易发程度分区图分区代号  | 危险程度分区图新增图元代码 |
| 444041 | TD10450721 | 易发程度分区图分区界线  |               |
| 113050 | YE00450921 | 危险程度分区图图例点子图 |               |
| 113051 | YE10450921 | 危险程度分区图图例线   |               |
| 113052 | YE20450921 | 危险程度分区图图例区   |               |
| 113053 | YE90450921 | 危险程度分区图图例点注释 |               |
| 114050 | RE90450921 | 危险程度分区图责任签点  |               |
| 114051 | RE10450921 | 危险程度分区图责任签线  |               |
| 115050 | BE00450921 | 危险程度分区图嵌表点   | 防治规划图新增图元代码   |
| 115051 | BE10450921 | 危险程度分区图嵌表线   |               |
| 445040 | TE90450721 | 危险程度分区代号     |               |
| 445041 | TE10450721 | 危险程度分区界线     |               |
| 112060 | XF00450921 | 防治规划图比例尺点    |               |
| 112061 | XF10450921 | 防治规划图比例尺线    |               |
| 112062 | XF20450921 | 防治规划图比例尺区    |               |
| 113060 | YF00450921 | 防治规划图图例点子图   |               |
| 113061 | YF10450921 | 防治规划图图例线     |               |
| 113062 | YF20450921 | 防治规划图图例区     |               |
| 113063 | YF90450921 | 防治规划图图例点注释   |               |
| 114060 | RF90450921 | 防治规划图责任签注释   |               |
| 114061 | RF10450921 | 防治规划图责任签线    |               |
| 115060 | BF90450921 | 防治规划图嵌表注释    |               |
| 115061 | BF10450921 | 防治规划图嵌表线     |               |
| 446011 | TF00450721 | 防治规划图近期防治点   |               |
| 446012 |            | 防治规划图中期防治点   |               |
| 446013 |            | 防治规划图远期防治点   |               |
| 446021 |            | 防治规划图重点防治点   |               |
| 446022 |            | 防治规划图次重点防治点  |               |
| 446023 |            | 防治规划图一般防治点   |               |
| 446031 |            | 防治规划图避让措施    |               |

续表 8-3-1 补充图元代码表

| 图元代码   | 应用图层       | 图元名称        | 备注          |
|--------|------------|-------------|-------------|
| 446032 | TF00450721 | 防治规划图生物措施   | 防治规划图新增图元代码 |
| 446033 |            | 防治规划图工程措施   |             |
| 446034 |            | 防治规划图监测预警   |             |
| 446040 | TF90450721 | 防治规划图防治分区代号 |             |
| 446041 | TF80450721 | 防治规划图防治分区界线 |             |
| 446051 | XF30450921 | 防治规划图注记引线   |             |

### 第三节 数据库信息化成果提交

本项目数据库信息化成果预计提交的资料详见表 8-3-1。

表 8-3-1 容县地质灾害详细调查数据库信息化建设提交成果表

| 序号 | 文件                            | 文件格式   | 备注                                    |
|----|-------------------------------|--------|---------------------------------------|
| 1  | 容县地质灾害详细调查报告                  | .doc   |                                       |
| 2  | 容县地质灾害气象预报预警专题报告              | .doc   |                                       |
| 3  | 容县地质灾害发生与岩性、风化层厚度、降雨量关系研究专题报告 | .doc   |                                       |
| 4  | 容县重大地质灾害点防灾预案                 | .doc   |                                       |
| 5  | 容县典型地质灾害点勘查报告                 | .doc   |                                       |
| 6  | 容县槽探剖面图集及照片集                  | .doc   |                                       |
| 7  | 岩、土、水试验成果汇总                   | .doc   |                                       |
| 8  | 容县1:2000工程地质剖面测量图集            | .doc   |                                       |
| 9  | 容县1:2000工程地质剖面测量照片集           | .doc   |                                       |
| 10 | 容县地质灾害详细调实际材料图                | Mapgis |                                       |
| 11 | 容县区域工程地质条件图                   | Mapgis | 包括空间图形(1:5万)和输出图形(1:10万)              |
| 12 | 容县地质灾害分布图                     | Mapgis |                                       |
| 13 | 容县地质灾害易发程度分区图                 | Mapgis |                                       |
| 14 | 容县地质灾害危险程度分区图                 | Mapgis |                                       |
| 15 | 容县地质灾害防治规划图                   | Mapgis |                                       |
| 16 | 任务书                           | .doc   | 扫描件                                   |
| 17 | 设计书                           | .doc   |                                       |
| 18 | 设计评审意见                        | .doc   | 扫描件                                   |
| 19 | 野外验收意见                        | .doc   | 扫描件                                   |
| 20 | 报告评审意见                        | .doc   | 扫描件                                   |
| 21 | 灾害点平、剖面图和照片                   | .jpg   |                                       |
| 22 | 数据表                           | .mdb   | 包括项目区基本信息表、乡镇名称表、地质灾害及易发村屯调查表、防灾预案表等。 |
| 23 | 信息系统建设工作报告                    | .doc   | 本文件                                   |
| 24 | 资料列表                          | .doc   |                                       |

## 第九章 结论与建议

## 第一节 结论

### 一、取得的主要成果

#### (一) 对容县地灾发生的地质环境条件做了进一步的调查补充

1、坡残积层厚度：碎屑岩区坡残积层以棕红色、棕黄色粘土为主，夹砖红色砾石，厚度一般为0.5~5.0m，局部达7.0m，其中前侏罗纪地层坡残积层厚度一般在0.5~2m，侏罗纪地层坡残积层厚度一般在3.0~5.0m，白垩系及第三系坡残积层厚度一般在0.5~1.0m；花岗岩及混合岩地区残坡积层以棕红、褐红色砂砾石为主，粘性土含量约占30~40%，厚度一般为2.0~5.0m，局部厚度达8.0~20.0m，在斜坡边坡较陡地段，一定程度的降雨后易发生滑坡、崩塌。

2、风化层厚度（坡残积土与全风化土厚度之和）分区：将容县划分为<5m、5~10m、10~15m 和>15m 等4个风化层厚度等级区。容县<5m 风化层厚度区主要包括容县绝大部分碎屑岩和松散岩区；容县 5~10m 风化层厚度区主要包括容县北部石头—松山—罗江—县底—自良等镇局部碎屑岩区、容县南部灵山镇和黎村镇变质岩区以及容县东南部杨村镇局部碎屑岩区；容县 10~15m 风化层厚度区主要包括容县东北部浪水—自良—十里等镇所辖花岗岩区和容县东南部杨村镇、六王镇喷出岩区；容县>15m 风化层厚度区主要包括北部石头—松山—县底—自良等镇所辖花岗岩区、容县东部六王镇和中部杨梅镇所辖花岗岩区以及容县南部黎村镇和杨村镇所辖花岗岩区。

3、六王镇花岗岩坡残积土粒度特征：六王镇花岗岩坡残积土砂粒和砾粒成分之和的含量大于60%，平均含量为71.6%；粉粒和粘粒成分之和的含量基本上小于40%，平均含量为28.4%；K<sub>2</sub>L 花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中砂为主，J<sub>2</sub>Y、K<sub>2</sub>G 花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中~粗砂为主，J<sub>3</sub>W 花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以粗~砾砂为主；六王镇花岗岩区坡残积土粘粒含量相对较少，遇水基本上呈迅速崩解状、饱和抗剪强度也急剧降低。

4、六王镇花岗岩坡残积土抗剪强度特征：六王镇花岗岩坡残积土饱和后的抗剪强度较天然抗剪强度明显降低。

5、六王镇花岗岩坡残积土渗透性特征：六王镇花岗岩斜坡坡残积土属弱~中等透水性土；含角砾粘土的渗透系数小于砂砾质粘性土的渗透系数。

6、给出了石寨镇（Ey 地层）强风化状砾岩、六王镇（J<sub>2</sub>Y、J<sub>3</sub>W、K<sub>2</sub>G 和 K<sub>2</sub>L 等地层）花岗岩坡残积土、六王镇（J<sub>2</sub>Y、K<sub>2</sub>G 和 K<sub>2</sub>L 等地层）全风化花岗岩、杨梅镇（J<sub>2</sub>Ld 地层）全风化花岗岩等的主要物理力学性质指标。

#### (二) 基本查清了容县地质灾害的发育特征（包括类型、数量、规模、灾情、稳定性、危害程度等）

1、容县目前已查明地质灾害点（含隐患点）774处。其中，滑坡314处，占全县地质灾害总数的40.57%；崩塌208处，占全县地质灾害总数的26.87%；不稳定斜坡250处，占全县地质灾害总数的32.30%；泥石流2处，占地质灾害总数的0.26%；滑坡、崩塌和不稳定斜坡是容县主要的地质灾害灾种。

2、滑坡为容县危害最严重的地质灾害类型，目前共查明滑坡314处。容县滑坡以发生于自然斜坡和人工边坡上的土质浅层滑坡为主；滑坡规模以小型为主，4处中型滑坡，无大型滑

坡，滑坡体积以  $10000\text{m}^3$  以内为主；滑坡形成的诱发因素有降雨、削坡和坡脚开挖，以降雨诱发为主；目前，有 35.7% 的滑坡处于现状不稳定状态；滑坡已造成 64 人伤亡，直接经济损失 2323.32 万元；现存 148 处滑坡隐患点，潜在威胁人数 1861 人，潜在威胁财产 3686.5 万元。

3、崩塌为容县危害较严重的地质灾害类型，目前共查明崩塌 208 处。容县崩塌以发生于人工边坡上的土质崩塌为主，4 处岩质崩塌；崩塌规模均为小型，以  $1000\text{m}^3$  以内为主；崩塌由人工削坡和降雨共同作用形成，以降雨诱发为主；目前约 40% 崩塌坡面仍处于现状不稳定状态；崩塌已造成 48 人伤亡，直接经济损失达 288.35 万元；现存 111 处崩塌隐患点，潜在威胁人数 990 人，潜在威胁财产 1773.0 万元。

4、容县目前共查明不稳地斜坡 250 处，其中 68 处已核销，现存不稳定斜坡 182 处。容县不稳定斜坡以土质人工边坡为主；潜在崩滑厚度以  $1\sim 2\text{m}$  为主，潜在崩滑规模以小型为主，潜在崩滑体积以  $5000\text{m}^3$  以内为主；不稳定斜坡已造成 13 人伤亡，直接经济损失为 266.95 万元；目前这些不稳定斜坡共威胁人数 2967 人，潜在经济损失 5938.0 万元。这些不稳定斜坡体在遇到长时间降雨或暴雨情况下有可能失稳形成滑坡崩塌灾害，应引起足够的重视。

5、泥石流在工作区发育数量少，共查明 2 处，未造成人员伤亡，但造成直接经济损失 887.5 万元，目前已无地灾隐患。其中 1 处为沟谷型泥石流，规模均为中型，未造成人员伤亡，毁田、毁坝造成的直接经济损失达 800 余万元，目前该处泥石流流域植被发育，坡面稳定性好，无隐患。

### （三）基本查明了容县地质灾害的分布特征

1、空间分布特征：地质灾害地域分布不均衡，六王镇地质灾害发育数量最多、发育密度也最大，石头镇和黎村镇次之，容西镇地质灾害发育数量最少，发育密度也最小；形成了容县西北部石头--松山、东部六王、南部灵山-黎村-杨村等 3 个面状地质灾害分布密集区；地质灾害多发育于低山丘陵地貌的花岗岩区；地质灾害在局部区域沿断裂构造带呈线状分布，且离地质构造越远，地质灾害发育越少。

2、时间分布特征：地质灾害集中在雨季的 6~8 月发生；汛期中台风降雨或局地暴雨常诱发群发性突发地质灾害。

### （四）地质灾害易发村（屯）空间分布特征及潜在危害程度

1、空间分布特征：多分布于六王、黎村和石头 3 镇；多分布于低山丘陵地貌区；多分布于花岗岩区。

2、潜在危害程度：目前容县地质灾害易发村（屯）潜在的威胁户数 7634 户、威胁房屋 34905 间、威胁人口 41678 人。

### （五）基本查明了容县地质灾害的形成条件

容县地质灾害及隐患点的形成主要受地形地貌、地层岩性、地质构造、降雨和人类工程活动等因素的控制。

#### 1、地貌与地质灾害

低山丘陵地貌区地形坡度  $20\sim 40^\circ$ ，主要由花岗岩和砂砾岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩等组成，坡残积层松散，全风化层相对较厚，屋后人工切坡多且高陡，为滑坡、崩塌易

发的主要地貌单元。中低山和低山为次于低山丘陵地的易发地貌单元。

## 2、地形与地质灾害

**坡型：**容县自然斜坡发生的灾害以滑坡为主，凸型自然斜坡较凹形、直线型自然斜坡更易发生滑坡灾害；容县人工边坡发生崩塌的概率要大于滑坡，坡面形态为直线型的边坡要比凸型、阶梯型边坡更容易失稳。

**坡度：**容县自然斜坡在坡度大于 $25^{\circ}$ 时较容易产生滑坡，且滑坡主要集中发生在 $30^{\circ}\sim40^{\circ}$ 的自然斜坡上；容县人工边坡滑坡多在坡度为 $55\sim65^{\circ}$ 的人工边坡上产生，崩塌多在坡度为 $55\sim75^{\circ}$ 的人工边坡上产生，不稳定斜坡易形成于坡度大于 $55^{\circ}$ 的人工边坡上，以坡度为 $65\sim75^{\circ}$ 的不稳定斜坡为主。

**坡高：**容县自然斜坡上的滑坡多发生于 $20\sim50m$ 坡高的斜坡上，其平均体积存在随坡高的增大而增加的趋势；容县人工边坡的高度主要以 $5\sim10m$ 为主，崩塌、滑坡多发生于坡高 $5\sim10m$ 的边坡上，不稳定斜坡多形成于 $5\sim10m$ 的人工边坡上。

## 3、地层岩性与地质灾害

**岩性：**花岗岩区， $J_2Y$ 、 $P_2J$ 、 $J_3W$  和  $S_3Ly$  等地层为容县花岗岩区地质灾害相对易发地层，以  $J_2Y$  和  $P_2J$  地层最为易发，易发岩性主要为中~细粒的花岗岩且粒径细的花岗岩较粒径粗的花岗岩易发；碎屑岩区， $Ey$ 、 $J_1d$ 、 $O_3l$  和  $K_1x$  等地层为容县碎屑岩区地质灾害相对易发地层，以  $Ey$  和  $J_1d$  地层最为易发，易发岩性以泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩为主。

**工程地质岩组：**地质灾害及隐患点主要分布于块状坚硬花岗岩岩组和中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱泥岩、页岩岩组以及中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组，以块状坚硬花岗岩岩组最为发育。

**风化层厚度：**结合容县区域地质资料和野外调查数据综合分析，将容县划分为 $<5m$ 、 $5\sim10m$ 、 $10\sim15m$  和 $>15m$  等 4 个厚度等级区；容县各风化层厚度区崩、滑灾害均以浅层为主；滑坡滑体的厚度随风化层厚度的增大会有所增加；人工边坡崩塌的厚度主要集中在 $3m$  之内，不同风化层厚度区域崩塌体厚度的变化较小。

## 4、地质构造与地质灾害

**断裂：**断裂破碎带一般厚度较小，断裂破碎带以外岩层裂隙大多闭合，胶结紧密，裂隙对岩石风化强度影响不明显；断层破碎带一般厚度很小，多在 $10\sim20m$  宽，影响范围有限。因此，断裂总体对滑坡、崩塌的发生发育影响较小。

**褶皱：**褶皱对滑坡、崩塌的发育影响较明显，褶皱核部滑坡最易发，其次为翼部，单斜地区较不易发。

## 5、降雨与地质灾害

容县的地质灾害基本上属于降雨诱发型，降雨为地质灾害发生的主要诱发因素。

**局地暴雨雨型：**具有降雨区域集中、降雨持续时间短、降雨强度大、突发性强等特点，地质灾害集中发生在出现局地暴雨的当日当地是局地暴雨型降雨诱发地质灾害的规律；六王镇 2010 年“6.2”局地暴雨群发性突发地质灾害以滑坡、崩塌灾害为主，局地暴雨型降雨的过程降雨量阈值 $100mm$ 、 $150mm$  和  $200mm$  可为六王镇地质灾害的预警预报提供一定的参考。

**台风降雨雨型：**从发育特征看，该雨型诱发的地质灾害多为群发型地质灾害，但灾害规模一般较小，以表层或浅层滑坡、崩塌为主；从时间上看，地质灾害发生具有一定的滞后性但滞后时间较短，仍然发生在相对集中的降雨时段；从空间上看，地质灾害发生地点与台风运移轨迹基本上是一致的；从降雨量看，累计降雨量 100mm 可作为预报台风通过容县带来降雨诱发地质灾害的临界降雨量参考值。

## 6、人类工程活动与地质灾害

农村依山削坡建房行为，尤其是不合理的削坡建房行为已成为诱发地质灾害的主要人类工程活动。

### (四) 对 9 处重要灾害地质点进行了测绘，对其中 4 处进行了控制性勘查并做了专题评价

对六王镇大园坡脚滑坡、六王镇上塘滑坡、杨梅镇地雷滑坡和石寨镇平梨滑坡等具有代表性的重大地质灾害及隐患点进行了勘查，查明了典型滑坡形成的地质环境条件、滑坡的规模、形态等基本特征及危害程度和危险性，并采用定性与定量相结合的方法对滑坡稳定性进行了评价，并提出了防治措施建议。

### (五) 对容县进行了地质灾害易发程度分区

容县共划分了 3 个地质灾害高易发区、3 个地质灾害中易发区、4 个低易发区及 4 个不易发区。

3 个地质灾害高易发区主要分布于石头镇泗略村--松山镇平田村—自良镇思旺村一带、杨梅镇四端村--六王镇莲塘村--六王镇陈村一带和灵山镇六华村--黎村镇太和村--黎村镇平石村-杨村镇高洞村一带，总面积为  $1012.9 \text{ km}^2$ ，占全县总面积的 44.9%，共有地质灾害及隐患点 578 处，包括崩塌、滑坡、不稳定斜坡、泥石流等灾害类型，以崩塌、滑坡、不稳定斜坡灾害为主，灾点面密度为 0.57 处/  $\text{km}^2$ 。

3 个地质灾害中易发区主要分布于石头镇睦冲村--石头镇营洞村--松山镇大水村一带、自良镇河步村--浪水镇泗利村--十里镇流冲村一带和石寨镇西村--石寨镇石城村--灵山镇仁勇村一带，总面积为  $663.4 \text{ km}^2$ ，占全县总面积的 29.4%，共有地质灾害及隐患点 125 处，以崩塌、滑坡、不稳定斜坡为主，灾点面密度为 0.19 处/  $\text{km}^2$ 。

4 个低易发区主要分布于杨梅镇六美村-杨村镇平贯村-杨村镇当发村一带、容西镇深柳村--容县千秋村--六王镇金库村一带、石头镇三岸村--罗江镇梨木村一带和县底太平村一带，总面积为  $561.1 \text{ km}^2$ ，占全县总面积的 24.9%，共有地质灾害及隐患点 71 处，以崩塌、滑坡、不稳定斜坡为主，灾点面密度为 0.13 处/  $\text{km}^2$ 。

4 个不易发区主要分布于容县县城中心一带、杨梅绿荫社区一带、黎村马良--平洛--温泉一带和杨村鱼产--杨村一带，总面积为  $999.72 \text{ km}^2$ ，占全县总面积的 28.10%，无地质灾害及隐患点。

### (六) 对容县进行了地质灾害危险程度分区

根据计算结果，结合容县地质灾害所处的地质环境条件的不同，将容县划分为地质灾害高危险区（I）、地质灾害中等危险区（II）和地质灾害低危险区（III）3 个等级。

容县地质灾害高危险区（I）划分为石头镇旺广--松山镇合同--县底镇荣塘高危险亚区

(I<sub>1</sub>)、六王镇佳香--六王镇莲塘--六王镇陈村高危险亚区(I<sub>2</sub>)、灵山镇当中--黎村镇太和--黎村镇平石高危险亚区(I<sub>3</sub>)等3个亚区，总面积875.6km<sup>2</sup>，占全县面积的38.8%，威胁人数3621人，威胁财产6905.5万元。

容县地质灾害中等危险区(II)划分为石头镇睦冲--石头营垌--松山镇大水中危险亚区(II<sub>1</sub>)、自良镇河步--县底镇古长--十里镇流冲中危险亚区(II<sub>2</sub>)、石寨霄垌--杨梅石岭--灵山任勇中危险亚区(II<sub>3</sub>)、杨村镇旺村--杨村镇高垌--杨村镇当发中危险亚区(II<sub>4</sub>)等4个亚区，总面积755.8km<sup>2</sup>，占全县面积的33.5%。威胁人数1769人，威胁财产3706.5万元。

容县地质灾害低危险区(III)为除了高危险区(I)和中等危险区(II)以外的其余地区均划为低危险区，总面积626.0km<sup>2</sup>，占全县面积的27.7%，威胁人数达468人，威胁财产为885.5万元。

### (七)完善了容县地质灾害监测预警体系，进行了地质灾害防治规划分区评价

本次容县地灾详查共确定了地质灾害隐患点441处和易发村(屯)点1715处，落实了每个隐患点和易发村(屯)点的监测人、责任人及其联系方式，并将其纳入4级群测群防体系；所有根据441处地质灾害隐患点的危害程度及危险性，提出了相应的防治工程与监测建议；将其中危险性大、稳定性差、成灾概率高、灾情严重、对生命财产安全构成较大威胁的46处地质灾害隐患点确定为重点防灾监测点，为其制定了详细的防灾预案，提出了组织实施建议，作出重要隐患点巡回检查计划。

在地质灾害易发分区和危险性分区评价的基础上，结合容县国民经济和社会发展规划，进行了全县地质灾害防治分区，将容县划分为3个重点防治亚区(I)、4个次重点防治亚区(II)及5个一般防治亚区(III)。

重点防治区(I)主要分布于容县北部的石头镇(北部)、松山镇(中部及北部)、容州镇(北部)、十里镇(西北角)、县底镇(中北部)、～罗江镇(南部)～自良镇(北西部)，东南部的六王镇(绝大部分地区)及西南部的灵山镇(南)～黎村镇(全镇)～杨梅镇(西南角)，总面积875km<sup>2</sup>，占工作区总面积的38.8%。区内共有地质灾害点277处，其中地质灾害重点防治点45个，共威胁人口3601人、威胁资产6935.50万元。划分的3个亚区即石头镇北部～松山镇中部及北部～容州镇北部～十里镇西北角～县底镇中北部～罗江镇南部～自良镇北西部重点防治亚区(I<sub>1</sub>)、六王镇重点防治亚区(I<sub>2</sub>)、灵山镇南～黎村镇～杨梅镇西南角重点防治亚区(I<sub>3</sub>)，分别位于调查区的北部、东南部、西南部。3个亚区大部分地区属低山丘陵及低山地貌区，当地居民切坡建房及修路等工程活动较为普遍，人工边坡坡度一般在60°～85°之间，总体地质环境条件非常差，地质灾害发育，存在较多不稳定斜坡，为崩塌、滑坡高易发区，造成危害往往较大。

次重点防治区(II)主要分布于县区的西北角石头镇(南部)、松山镇(东南部)、容州镇(西北部)，北东部的自良镇(南部)、浪水镇(北部)、县底镇(东南部)、十里镇(北部及东部)，中西部的石寨镇(中部及南部)、杨梅镇(北部)、灵山镇(北部)，东南部杨村镇南部，总面积756km<sup>2</sup>，占工作区总面积的33.5%。区内共有地质灾害点124处，其中地质灾害重点防治点17个，共威胁人口1819人、威胁资产3686.50万元。划分的4个亚区即石头镇南～松山镇东

南～容州镇西北次重点防治亚区（II<sub>1</sub>）、自良镇南～浪水镇北～县底镇东南～十里镇北部及东部次重点防治亚区（II<sub>2</sub>）、石寨镇中部及南部～杨梅镇北部～灵山镇北部次重点防治亚区（II<sub>3</sub>）、杨村镇南部次重点防治亚区（II<sub>4</sub>），分别位于容县的北西部、北东部、中西部、东南部。

一般防治区（III）主要分布于人烟稀少的山区地带及中部地势平坦、人类工程活动相对较弱地带，面积 626km<sup>2</sup>，占全县总面积的 27.7%。区内共有地质灾害点 41 处，其中重点防治点 6 处，共威胁人口 438 人、威胁资产 775.50 万元。划分的 5 个亚区即县底镇西北角一般防治亚区（III<sub>1</sub>）、石头镇东北角～罗江镇北部一般防治亚区（III<sub>2</sub>）、浪水镇中部及南部一般防治亚区（III<sub>3</sub>）、十里镇西部～容州镇中部及南部～容西镇～石寨镇北西部及东部一般防治亚区（III<sub>4</sub>）及灵山镇东～杨梅镇西部及东部～六王镇西南角及东南角～杨村镇北部一般防治亚区（III<sub>5</sub>）。

#### （八）针对本区地质环境、地质灾害及人类工程活动特点，提出了容县地质环境保护建议、地质灾害防治对策和措施

根据容县地质灾害发育特征及危害性，结合施工困难程度及当地实际经济情况，提出了地质灾害综合治理措施，对于发育在自然斜坡上的灾害点，如其现今稳定状态为基本稳定、危险性不大的灾害（隐患）点，则采用修建截、排水沟、对前缘边坡进行削坡、对松散的斜坡表面进行生物防护（绿化固土）等措施治理；对于现还处于蠕动变形阶段的灾害（隐患）点，如其灾害体纵向坡长较短、规模较小、工程治理难度不大，则采用修建截排水沟、对其前缘边坡放坡并修砌挡土墙等治理措施；如灾害（隐患）点规模相对较大、纵向坡长较长，一般采用修建排水沟、抗滑短桩、挡土墙实施治理工程技术难度较大，治理费用较高，建议采用加强监测、搬迁避让的防灾减灾害措施。

对于发育在人工边坡上的灾害点，由于数量众多，分布广泛，本报告依据《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2002）及《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219-2006）有关边坡刷方减载工程规定要求，结合当地已有稳定边坡坡率及治理经验，在充分考虑在灾害点稳定性、可能造成的危害性及治理经济等情况下具针对性的提出了治理方案，建议对于小于 8m 边坡采取修建排水沟、削坡、砂浆抹面护坡等措施治理；对于 8～15m 边坡则采取修建排水沟、坡改梯（每 5m 设一个平台，平台宽 2～3m，平台内修建内倾排水沟）、砂浆抹面护坡等措施治理；对于坡高大于 15m 边坡或坡高大于 8m 危害对象为学校、小区、机关单位、集镇、省道及国道等危害性为重大及其以上的边坡则建议进行专门勘查设计及稳定性计算，实施锚杆格构梁或支挡护坡等工程进行治理。

#### （九）进行了容县地质灾害气象预警区划专题研究

在充分分析地质灾害发生与降雨关系及其分布特征基础上，初步研究确定容县当日累计降雨量作为导致容县地质灾害发生的降雨量指标，分别将当日累计降雨量 80mm 和日累计降雨量 140mm 作为临界降雨量值对容县各等级易发区进行地质灾害气象预警区划。详见附件 1“广西容县地质灾害气象预警研究专题报告”。

#### （十）进行了容县六王镇地质灾害易发性分析研究

1、容县六王镇花岗岩坡残积土砂粒和砾粒成分之和的含量大于60%，平均含量为71.6%；粉粒和粘粒成分之和的含量基本上小于40%，平均含量为28.4%；K<sub>2</sub>L花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中砂为主，J<sub>2</sub>Y、K<sub>2</sub>G花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以中～粗砂为主，J<sub>3</sub>W花岗岩残坡积土砂、砾粒成分以粗～砾砂为主；六王镇花岗岩区坡残积土粘粒含量相对较少，遇到水基本上都呈迅速崩解状，饱和抗剪强度也急剧降低。

2、容县六王镇花岗岩坡残积土的天然抗剪强度总体上要比灵山、浦北和梧州市花岗岩坡残积土的天然抗剪强度小；六王镇花岗岩坡残积土饱和后的粘聚力要比灵山和浦北两县要降低很多，饱和后的内摩擦角值比灵山和浦北两县相差不大但仍略小一些。

3、容县六王镇花岗岩斜坡坡残积土属弱～中等透水性土，含角砾粘土的渗透性小于砂砾质粘性土的渗透性表明斜坡表层坡残积土的渗透性是不相同的，含粘粒和粉粒较高的地方，渗透系数相对较弱。

4、地层岩性、地形地貌及斜坡上的植被为六王镇花岗岩斜（边）坡稳定性的主要内在影响因素，降雨和切坡建房工程活动为六王镇花岗岩斜（边）坡稳定性的主要外在影响因素。

5、六王镇花岗岩区坡残积土斜（边）坡的变形失稳破坏是开挖卸荷效应、水土作用效应以及坡体结构面效应等共同作用的结果。

#### （十一）完成了广西容县地质灾害信息系统建设

根据《县（市）地质灾害调查与区划空间数据库系统》和《1：5万地质灾害调查信息化成果技术要求（2010.2）版》对空间图形库、地质灾害数据库的结构、数据格式、图层、视图工程文件的命名及图元编号的结构等做了规定，初步建立了容县地质灾害信息系统，为下一步地质灾害防治和科学的研究工作奠定了基础。

### 二、环境效益与防灾减灾效益评述

通过开展容县地质灾害详细调查工作，在查明全县地质灾害形成条件、发育程度和分布规律的基础上，建立了县、镇、村三级监测网络，提出了地质灾害防治建议，推动了容县地质灾害防治工作，已产生了一定的社会效益。通过地质灾害措施的实施，将会产生更大的经济效益。

1、调查过程中专业技术人员每到一处调查点都要对当地村民进行地质灾害防治和地质环境保护知识宣传，指出一些可能诱发地质灾害的不良行为，使其了解地质灾害的危害性，在防治过程中由被动防灾转为主动防灾，明显减少了对地质环境破坏的不良行为。

2、通过开展容县地质灾害详细调查工作，使县、镇、村各级政府部门进一步认识到全县地质灾害的严重性和危害性，促进了各级政府地质灾害防治工作和加快了对地质环境的保护，开始产生了良好的环境和减灾效益。

3、通过县、镇、村三级监测网络的建立，明确了各隐患点的监测责任人和联系方式，完善了群测群防体系，加强了地质灾害防治的责任心，将对容县地质防治工作提供了基础保障。

4、本次详细调查对容县进行了地质灾害易发区及危险区的划分，并根据当地情况针对每个隐患点提出了相应的地质灾害防治措施，使当地国土部门明确了地质灾害防治工作的重点，为地方政府的防灾减灾工作提供了有效的途径及技术支撑。

### **三、取得的突破性进展**

1、对容县2010年“6.2”局地暴雨型降雨和2013年8月“尤特”台风降雨与地质灾害发生关系进行了分析研究，总结了局地暴雨型降雨和台风型降雨的特点和地质灾害发生的规律及发育特征，提出了两种雨型诱发地质灾害的降雨量临界建议值，为地方政府应对不同雨型降雨诱发地质灾害的预警提供了一定的参考。

2、对容县六王镇花岗岩区开展了典型地质灾害及隐患点的工程地质测绘及勘查工作，对该区风化层剖面特征进行了分析，对花岗岩坡残积土的粒度特征、物理力学性质指标特征和渗透性特征进行了数理统计及对比分析，认为六王镇花岗岩坡残积层土的粒度组成、抗剪强度和渗透性为斜坡在不同雨强和雨量条件下是否稳定的最主要内在影响因素。

### **四、工作中存在的不足**

1、在地质灾害野外调查过程中，许多已发生的地质灾害点或隐患点未调查到其准确发生的具体时间和对应的降雨资料，这给我们在进行地质灾害预警预报分析带来很大的困难；

2、由于地质灾害易发性和危险性分区评价没有统一成熟的评价模型，只能在摸索中进行，认识较肤浅，有待于进一步分析研究。

## **第二节 建议**

1、地质环境保护与地质灾害防治是预防地质灾害的根本措施，必须以人为本，坚持科学发展观，提高地质环境保护意识，以防为主、防治结合。提高地质环境保护意识，以防为主、防治结合。

2、将合理利用、保护地质环境与防治地质灾害纳入当地国民经济与社会发展的计划之中。县级人民政府每年应落实相应数量的地质灾害防治经费，并尽快推进地质灾害搬迁安置工程的实施和重大地质灾害点工程治理工作，避免地质灾害造成群死群伤和大量经济损失。

3、建立建设用地地质灾害危险性评估制度。人类工程活动为地质灾害最大的诱发因素之一，要从制度上规范人类工程活动，对于农村或城镇居民个人建房，土地划拨单位应进行地质灾害危险性评估，预防新房建在地质灾害危险区域。

4、进一步提高当地地质灾害专业人员的专业水平，使之胜任当地的地质灾害防治工作，确保落实乡镇一级的主管地质灾害的专职人员。宣传地质环境保护和地质灾害防治知识，培训群众遇灾记录的习惯，提高群众地质灾害防治意识，不断完善群专结合的监测预警网络。

5、加强汛期、台风降雨、局地暴雨和雨季持续降雨诱发地质灾害情况的调查与统计，为地质灾害的发生与降雨关系研究提供第一手可靠资料。

6、加强花岗岩区岩性、降雨、入渗深度和风化层厚度等关系的研究。