



浙江省开化县茅岗水库 大坝安全综合评价报告

（送审稿）

浙江省水利河口研究院
浙江省水库大坝安全监测中心
二〇一八年五月

浙江省开化县茅岗水库 大坝安全综合评价报告

审 定 人：于桓飞

审 核 人：施齐欢

校 核 人：吉顺文

项目负责人：吉顺文 王 凯

报告编写人：吉顺文 王 凯

项目组成员：施齐欢 何耀辉 吉顺文

王 凯 张 婷 金泉华

胡天翰 方春晖 闫 滨

李 飞 王利容 赵 翀

浙江省水利河口研究院
浙江省水库大坝安全监测中心

目 录

1 基本情况	1
1.1 概述	1
1.2 工程概况	1
1.3 工程建设过程	3
1.4 工程特征指标	4
1.5 编制依据	8
2 现场安全检查及安全检测	9
2.1 现场安全检查	9
2.2 现场安全检测	14
2.3 结论	16
3 大坝安全监测资料分析	17
3.1 监测系统完备性和可靠性评价	17
3.2 变形监测分析	18
3.3 渗流监测分析	19
3.4 结论	21
4 工程质量评价	23
4.1 工程地质条件评价	23
4.2 主坝工程质量评价	25
4.3 副坝工程质量评价	29
4.4 其他建筑物工程质量评价	30
4.5 结论	32
5 运行管理评价	34
5.1 运行管理能力评价	34
5.2 调度运行评价	35

5.3 工程养护修理评价	39
5.4 结论	39
6 防洪能力复核	41
6.1 防洪标准	41
6.2 洪水分析	41
6.3 调洪计算	48
6.4 防洪安全复核	50
6.5 结论	51
7 渗流安全评价	53
7.1 主坝渗流安全评价	53
7.2 副坝渗流安全评价	54
7.3 其他建筑物渗流安全评价	56
7.4 结论	56
8 结构安全评价	58
8.1 主坝结构安全评价	58
8.2 副坝结构安全评价	63
8.3 泄水建筑物泄流安全评价	65
8.3.3 现场检查及检测情况	67
8.4 进水口结构安全评价	67
8.5 结论	67
9 抗震安全评价	69
10 金属结构安全评价	70
10.1 钢闸门安全评价	70
10.2 启闭设施安全评价	70
10.3 拦污栅安全评价	71

10.4 结论	71
11 大坝安全综合评价	72
11.1 现场安全检查及安全检测	72
11.2 大坝安全监测资料分析	72
11.3 工程质量评价	73
11.4 运行管理评价	73
11.5 防洪能力复核	74
11.6 渗流安全评价	74
11.7 结构安全评价	75
11.8 抗震安全评价	75
11.9 金属结构安全评价	76
11.10 大坝安全综合评价结论	76
11.11 存在问题和建议	77

1 基本情况

1.1 概述

茅岗水库位于浙江省开化县境内，马金溪支流中村溪上游，距开化县城 30km。茅岗水库总库容 1116 万 m^3 ，主流长 8.35km，集雨面积 30 km^2 ，是一座以灌溉为主结合发电、防洪等综合利用的中型水库。茅岗水库于 1969 年开工建设，1977 年建成，2005 年进行除险加固，2010 年除险加固竣工验收。

2017 年 5 月，为管理单位全面掌握大坝运行性态提供科学的依据，受开化县水电实业公司委托，浙江省水利河口研究院承担了茅岗水库大坝安全鉴定工作。现我院已完成了各项专题报告如下：

- 1、《浙江省开化县茅岗水库大坝现场安全检查报告》；
- 2、《浙江省开化县茅岗水库大坝安全监测资料分析报告》；
- 3、《浙江省开化县茅岗水库大坝工程质量评价报告》；
- 4、《浙江省开化县茅岗水库大坝运行管理评价报告》；
- 5、《浙江省开化县茅岗水库大坝防洪能力复核报告》；
- 6、《浙江省开化县茅岗水库大坝渗流安全评价报告》；
- 7、《浙江省开化县茅岗水库大坝结构安全评价报告》；
- 8、《浙江省开化县茅岗水库金属结构安全评价报告》；
- 9、《浙江省开化县茅岗水库工程安全检测报告》。

本报告为《浙江省开化县茅岗水库大坝安全综合评价报告》，以各专题报告为主要依据，按照《水库大坝安全评价导则》（SL258-2017）要求，对茅岗水库大坝安全状况进行综合评价。

1.2 工程概况

茅岗水库主要由主坝、副坝、灌溉发电输水隧洞、非常溢洪道、放空洞、上坝道路等建筑物组成，工程等别为 III 等，主坝、副坝、非常溢洪道等主要建筑物级别为 3 级，按 50 年一遇（ $P=2\%$ ）洪水设计，PMF（最大可能）洪水校核；灌溉发电输水隧洞、放空洞、上坝道路等次要建筑物级别为 4 级，按 30

年一遇 ($P=3.3\%$) 设计, 200 年一遇 ($P=0.5\%$) 校核。水库正常蓄水位 301.04m (1985 国家高程基准, 下同), 相应库容 875 万 m^3 。2006 年除险加固设计, 主要建筑物按 50 年一遇 ($P=2\%$) 洪水设计, 5000 年一遇 ($P=0.02\%$) 进行校核。水库正常蓄水位 301.04m (1985 国家高程基准, 下同), 相应库容 875 万 m^3 ; 设计洪水位为 303.54m, 相应库容 1031 万 m^3 , 相应下泄流量 $425\text{m}^3/\text{s}$; 校核洪水位 304.91m, 相应库容 1116 万 m^3 , 相应下泄流量 $864\text{m}^3/\text{s}$ 。

1、主坝

主坝分为左非溢流坝段、溢流坝段、右非溢流坝段。坝顶长度 120.0m, 其中溢流坝段长度 50.0m。溢流坝段顶高程 301.04m, 最大坝高 38.0m, 左右非溢流坝段顶高程为 305.04m, 最大坝高 42.0m。左非溢流坝段和溢流坝段为 80 号砂浆砌石重力坝。右非溢流坝段为上游侧 80 号砂浆砌石和下游侧干砌块石混合重力坝。溢流坝段和非溢流坝段上游均设 150 号 0.6~1.5m 厚混凝土面板防渗, 后又增设了 5cm 厚高频振捣钢丝网水泥面板。

2、副坝

副坝位于主坝右侧 40.0m 处, 为均质土坝, 坝顶高程为 306.27m, 最大坝高为 6.0m, 上下游坝坡及坝顶均设干砌块石衬护。上游坝坡加厚至 1:2.5, 设 12cm 厚浆砌 C25 混凝土预制块, 并设 30cm 厚砂卵石反滤, 设排水管。下游坝坡 1: 2.5, 下游设干砌块石护坡, 坝脚设排水棱体。

3、溢洪道

溢洪道位于主坝中间溢流坝段, 进口宽 50m, 堰顶高程 301.04m。溢流坝段溢流头部为 150 号钢筋混凝土, 直线段为水泥砂浆砌条石, 反弧段及挑流鼻坎为 150 号钢筋混凝土, 表层配置直径 6mm 钢筋网。消能设施为挑流消能。加固后反弧段及挑流鼻坎为 C25 钢筋混凝土。

4、非常溢洪道

非常溢洪道位于副坝右侧 43.0m 处, 原为自溃坝式侧堰溢洪道, 溢流堰堰型为宽顶堰, 宽顶堰堰顶高程 301.54m, 堰宽 40.7m。自溃坝为粘土和山壤土混合坝, 坝顶高程 304.56m。加固后取消自溃坝, 溢流堰改为实用堰, 堰顶高程 304.16m。

5、灌溉发电输水隧洞

灌溉发电输水隧洞位于主坝左坝头山体。最大发电引水流量 $3.16\text{m}^3/\text{s}$ ，隧洞进口段为城门洞型断面，断面尺寸 $1.2\text{m}\times 1.8\text{m}$ ，其余段为圆形断面，衬砌后直径 1.5m ，隧洞总长度 111.0m ，进口底高程 271.56m 。

6、放空洞

放空洞设置在溢流坝段，进水口中心线高程 266.19m ，直径 0.8m ，排架式启闭机平台高程 273.91m ，设手动螺杆式启闭机。

1.3 工程建设过程

本工程于 1969 年 10 月开工，1977 年 5 月竣工。保坝工程非常溢洪道 1978 年开工，1979 年竣工。由于原防渗面板混凝土质量差，坝体漏水，1986 年 5 月开始进行高频振捣钢丝网水泥面板的施工，1987 年 3 月 10 日竣工。

2005 年 11 月，衢州市水利局组织茅岗水库大坝安全鉴定专家组会议，形成《大坝安全鉴定报告书》，大坝安全类别评定：二类坝。2005 年 11 月，浙江省水利厅（浙水管〔2005〕40 号）文《关于下达 2006 年全省千库保安工程建设计划的通知》中将茅岗水库列入 2006 年千库保安工程建设计划中。

2006 年 9 月，衢州市水利局（衢州水利〔2006〕155 号）文《关于开化县茅岗水库除险加固工程初步设计的批复》基本同意《初设报告》内容。2006 年 9 月，衢州市水利水电勘测设计有限公司完成施工图设计，并于 11 月进行施工图交底。

2006 年 11 月 20 日，衢州市水利局〔2006〕259 号文下达了茅岗水库除险加固工程开工令，工程于 2006 年 11 月 22 日正式动工。

除险加固工程主要内容有：（1）主坝上游防渗面板伸缩缝改造，防渗面板裂缝处理；（2）主坝坝基和左右坝肩帷幕灌浆、右岸非溢流段坝体充填灌浆处理；（3）主坝溢流坝段反弧段改造加固，溢流面及坝顶加固；（4）灌溉发电输水隧洞进水口、岔管补强处理，进水口启闭设备与拦污栅更新，闸门除锈保养。

2007 年 4 月 11 日，水库除险加固工程通过蓄水检查，恢复蓄水；2009 年 3 月 20 日，通过除险加固工程完工验收；2010 年 12 月 4 日，通过除险加固工

程竣工验收。

1.4 工程特征指标

茅岗水库工程主要特性见表 1.4-1。

表 1.4-1 茅岗水库工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
一、水文			
1、流域面积	km ²	143.34	
2、坝址以上集雨面积	km ²	30	
3、利用水文系列年限	年	64	雨量
4、多年平均径流总量	万 m ³	3604	坝址
5、多年平均降水量	mm	1985.3	流域
6、多年平均径流深	mm	1201	流域
7、代表性流量			
多年平均流量	m ³ /s	5.46	坝址
校核洪水洪峰流量	m ³ /s	425	P=0.02%
设计洪水洪峰流量	m ³ /s	864	P=2%
6、泥沙			
多年平均输沙量	万 t	0.572	坝址
多年平均含沙量	kg/ m ³	0.122	坝址
二、水库			
1、水库水位			
校核洪水位（P=0.02%）	m	304.91	本次复核 304.91m，保持原校核水位不变
设计洪水位（P=2%）	m	303.54	本次复核 303.54m，保持原设计水位不变
防洪高水位	m	302.75	

续表 1.4-1 茅岗水库工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
正常蓄水位	m	301.04	
死水位	m	271.56	
汛期限制水位	m	301.04	台汛期/梅汛期
发电限制水位	m	279.04	
征地高程	m	305	
移民高程	m	305	
2、水库库容			
总库容	万 m ³	1116	
正常库容	万 m ³	875	
防洪库容	万 m ³	156	
死库容	万 m ³	18	
3、库容系数	%	23.8	
4、调节性能			年调节
三、下泄流量及相应水位			
1、校核洪水位时最大泄量/下游水位	m ³ /s m	864/269.38	P=0.02%
2、设计洪水位时最大泄量/下游水位	m ³ /s m	425/267.66	P=2%
四、工程效益指标			
1、防洪效益			
保护农田指标	万亩	0.5	
2、发电效益			
装机容量	KW	640	
多年平均发电量	万 kW.h	160	
3、灌溉效益			
灌溉面积	万亩	0.5	

续表 1.4-1 茅岗水库工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
五、主要建筑物及设备			
1、主坝			
型式	浆砌块石重力坝		
基础岩性	浅变质细砂岩、粉砂岩		
地震基本烈度	<VI		
坝顶高程	m	305.04	
最大坝高	m	42	
坝顶长度	m	120	
坝顶宽	m	3	
上游坝坡		1:0.083	
下游坝坡		1:0.77	
2、副坝			
座数	座	1	
型式	均质土坝		
最大坝高	m	6	
坝顶长度	m	30	
坝顶宽	m	3.5	
上游坝坡		1:2.5	
下游坝坡		1:2.5	
3、溢洪道			
型式	实用堰		
位置	坝中		
堰顶高程	m	301.04	
闸门座数	座	0	
溢流总净宽	m	50.0	
消能型式	挑流消能		
最大泄量	m ³ /s	884	

续表 1.4-1 茅岗水库工程特性表

序号及名称	单位	数量	备注
4、非常溢洪道			
型式		实用堰	
位置		右岸	
堰顶高程/溢流段总净宽	m m	304.14/41.0	
最大泄量	m ³ /s	42	
5、灌溉发电输水隧洞			
型式		隧洞式	
位置		左岸山体	
进水口底板高程	m	271.56	
断面尺寸		洞径 1.5m	
衬砌型式		砼衬	
闸门型式		平板钢闸门	
闸门座数	扇	1	
闸门尺寸（宽×高）	m×m	1.4×1.8	
启闭机设备		QPQ 卷扬机 2×25T	
最大输水量	m ³ /s	3.16	
6、放空洞			
位置		溢流坝段	
进水口中心线高程	m	266.19	
排架式启闭机平台高程	m	273.91	
启闭机型式		手动螺杆式	

1.5 编制依据

本报告高程基准采用国家 85 高程基准。编制依据为：

- 1、《水库大坝安全评价导则》（SL 258-2017）；
- 2、《防洪标准》（GB 50201-2014）；
- 3、《水利水电工程设计洪水计算规范》（SL 44-2006）；
- 4、《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252-2017）；
- 5、《溢洪道设计规范》（SL 253-2000）；
- 6、《水工隧洞设计规范》（SL 279-2016）；
- 7、《碾压式土石坝设计规范》（SL 274-2001）；
- 8、《砌石坝设计规范》（SL 25-2006）；
- 9、《混凝土重力坝设计规范》（SL 319-2005）；
- 10、《水工建筑物荷载设计规范》（SL 744-2016）；
- 11、《水利水电工程钢闸门设计规范》（SL74-2013）；
- 12、《水利水电工程启闭机设计规范》（SL41-2011）；
- 13、《水工钢闸门和启闭机安全检测技术规程》（SL101-2014）；
- 14、《水利水电工程金属结构报废标准》（SL226-1998）。

2 现场安全检查及安全检测

2.1 现场安全检查

根据《水库大坝安全鉴定办法》（水建管〔2003〕271号）和《水库大坝安全评价导则》（SL258-2017）的有关规定，开化县水电实业公司组织开展了茅岗水库现场安全检查工作，采取现场检查、资料查阅与现场交流讨论等方式。2017年3月28日、2017年6月8日和2018年1月4日，茅岗水库安全评价项目组成员对水库工程各主要建筑物：主坝、副坝、灌溉发电输水隧洞、非常溢洪道、上坝道路和大坝下游泄洪渠及近坝库岸、金属结构设备及管理设施等进行现场检查，同时查阅茅岗水库勘察设计、施工、加固与运行管理等有关资料。

2.1.1 运行管理检查

1、水库管理机构及主管部门责任明确，部门岗位设置科学合理，管理单位人员素质较高，配备齐全；闸门操作岗位人员经培训已合格，但尚未取得操作证，水库须及时落实闸门运行工的岗位考核，实行持证上岗。

2、管理单位建立有完善的应急组织体系，应急预案和放水预警编制和审批及时，应急抢险物资储备较好。水库未配备柴油发电机，外部电源中断可通过电厂供电，且溢洪道无闸门，紧急情况下不影响泄洪。

3、水库档案管理制度健全，制定了资料接收，档案整理、借阅与归还，以及档案库房管理等管理制度。由于建成年代较早，除险加固以前部分工程资料已基本遗失。

4、水库管理范围、保护范围明确，划界方案经开化县政府审批，取得了土地产权证，并设置相应界桩与警示标志。

2.1.2 现场安全检查

水库上下游、主坝、副坝、灌溉发电输水隧洞、非常溢洪道、工程管理设施等现场检查情况见表2.1-1~表2.1-6。

表 2.1-1 水库上下游现场检查情况表

检查项目		检查情况记录
库区	库区植被、山体情况	库区为低山、丘陵侵蚀剥蚀地貌，库区植被发育、树木茂盛，山体较雄厚、岸坡稳定。
	近坝岸坡	大部分岸坡基岩裸露，岸坡节理裂隙发育，未发现较大滑坡及崩塌体。
	两岸坝肩区	无崩塌。
	近坝水面漂浮物	水面清澈。
	水质情况	水质较好。
下游	上坝道路	现状畅通、良好。
	河床、泄洪渠	河床为基岩，泄洪渠两岸稳定。
	其他	下游泄洪渠右岸 50m 处有几座居民房。

表 2.1-2 主坝现场检查情况表

检查部位		检查情况记录
坝顶	防浪墙	外观整体完好。
	坝顶路面、栏杆	坝顶整体平直，下游栏杆底存在 1 处方砖挤压隆起。
坝体	面板 止水设施	(1) 主坝上游防渗面板整体较好，面板伸缩缝完好、无错位、拉开现象。 (2) 溢流坝段防渗面板存在 3 条修补过的裂缝仍然拉开，缝长 1.0~2.5m、缝宽 0.10~0.20mm。 (3) 溢流坝段防渗面板顶部有 3 处破损。 (4) 个别面板伸缩缝 SR 盖片两侧起翘。
	下游坝坡	(1) 下游坝面浆砌块石、条石整体平整，局部勾缝砂浆剥落。左非溢流坝段下游坝面有 4 处渗水，并有析出物渗出。溢流面混凝土表面砂化，局部混凝土砂浆剥落、石子裸露。 (2) 溢流面曲线段中孔高程 297.31m 处有 1 条垂直水流向裂缝，缝长 3.0m、缝宽 0.25mm。 (3) 溢流面第 1 块反弧段有 2 条垂直水流向裂缝，缝长 0.5~1.0m、缝宽 0.15~0.20mm。第 5 块反弧段有 2 条裂缝，1 条顺水流向，缝长 1.1m、缝宽 0.20mm；1 条垂直水流向，缝长 1.5m、缝宽 0.25mm。反弧段最低处有 1 条垂直水流向裂缝，贯穿整个溢流面反弧段，缝宽 0.30~0.50mm，其中第 1、5 块处贯穿至廊道，廊道顶面漏水。
	廊道	(1) 上游侧廊道顶墙面渗水量较大、伴有游离钙析出； (2) 廊道顶面、地面潮湿，地面局部有积水，排水沟良好； (3) 上游纵向廊道顶部排水孔底部砂石裸露，有渗水及游离钙析出。
交通桥		桥面、栏杆、桥墩整体完好。
下游岸坡接触带		两岸接触带植被茂盛，无明显滑坡迹象，坡脚处基岩裸露
坝脚		坝脚河床两岸基岩裸露，放空涵管出口存在破损。

表 2.1-3 副坝现场检查情况表

检查部位		检查情况记录
坝顶		整体表面贴彩砖，整体平整，上下游侧种有植被。
坝体	上游护坡	整体完好。
	下游护坡	整体完好。
	排水棱体	完好。
	岸坡排水沟	完好，局部沟内有杂物。
下游岸坡接触带		整体稳定。

表 2.1-4 非常溢洪道现场检查情况表

检查部位		检查情况记录
进水段		进水口底板、两侧边墙整体完好。
实用堰		堰体整体完好。
泄洪槽	底板	(1) 泄槽从上游起第 7~12 排左右两块底板混凝土砂浆剥落、石子裸露。 (2) 从上游起第 3 排泄洪槽底板有 3 条顺水流向裂缝, 缝长 0.2~0.6m、缝宽 0.10~0.20mm。
	护坡	护坡混凝土整体完好。
	边坡	右岸边坡总体稳定。
其他		非常溢洪道出口下游为公路和农田。

表 2.1-5 灌溉发电输水隧洞进水口现场检查情况表

检查部位		检查情况记录
输水塔	进水口	(1) 混凝土外侧有多处钢筋头露出。 (2) 进水口左、右侧墙局部混凝土砂浆剥落、石子裸露。 (3) 检修平台上垃圾、杂物较多, 平台上横梁局部混凝土砂化, 检修爬梯锈蚀。
	启闭机房	(1) 整体结构完好, 地面、墙面局部粉刷脱落。 (2) 室外平台表面混凝土长满青苔。
	启闭平台	平台楼板、大梁、悬臂梁及进水口排架柱外观总体完好。
闸门、拦污栅		检查时拦污栅、闸门位于水下, 闸门槽上部堆有杂物, 拦污栅拉杆锈蚀。
闸门启闭机、电气设备		(1) 拦污栅启闭机整体较好。 (2) 闸门启闭机电机局部锈蚀, 接线有龟裂老化、制动轮生锈现象。 (3) 减速器齿轮副齿面存在轻微磨损。 (4) 开度指示器与上下限位开关失效。 (5) 启闭机控制柜、电动机外壳未见有接地处理。
进水口岸坡		两岸为基岩裸露, 左侧岸坡岩石节理、裂隙风化较严重。
其他		闸门、启闭设施操作规章制度未上墙。

表 2.1- 6 管理设施现场检查情况表

检查项目		检查情况记录
管理机构	机构组成	开化县水电实业公司
	机构主管部门	开化县水利局
管理队伍	行政与技术管理人员	职工共 40 余人，其中技术人员 10 人。
管理制度	管理制度类型	各项制度类型基本齐全。
	管理制度执行情况	较好。
办公设备	办公房、桌椅	结构安全、完好。
	计算机、打印机	完好。
	视频监控设备	1 处视频监控无信号，缺少库区、副坝上下游视频监控点。
水位观测设施		水位计、水位尺总体完好。
安全监测设施	1#~4#坝顶表面变形测点	完好。
	U1~U11 坝基扬压力测点	完好。
	左岸非溢流段：1#~16#渗漏量测点 中间溢流坝段：1#~3#渗漏量测点 右岸非溢流段：1#~5#渗漏量测点	完好。
	三角量水堰	完好。
	监测资料整理分析情况	2007~2017 年数据有简单整理。
交通道路	右坝头上坝公路	完好。
防汛抢险物资		满足要求。
水位观测竖井		外墙、内墙存在局部细小裂缝，观测房内物体杂乱。
备用仓库		室内设施摆放杂乱，部分墙体粉刷层脱落。
供电及照明设施		正常、完好。
维修养护		历年养护计划基本落实。
控制运用计划及抢险预案		内容完整。
水库标准化管理手册		内容基本完整。
安全监测自动化采集系统		无，采用人工观测。

2.2 现场安全检测

2.2.1 抗压强度检测

本次采用回弹和取芯法对主坝、副坝、正常溢洪道、非常溢洪道和引水隧洞等混凝土进行抗压强度检测，回弹法共计抽检 10 个构件，取芯法共计抽检 2 组构件。抽检结果见表 2.2-1~表 2.2-2。

交通桥桥墩、桥台、正常溢洪道溢流面、非常溢洪道泄洪槽边坡共 10 个构件混凝土测试龄期抗压强度推定值均大于设计强度等级值；非常溢洪道实用堰堰体与非常溢洪道泄洪槽底板共 2 组混凝土芯样测试龄期抗压强度平均值均大于设计强度等级值。

表 2.2-1 回弹法检测混凝土抗压强度成果

测试部位	测试日期 (年/月/日)	龄期 (天)	测区数 (个)	设计强度等级	混凝土抗压强度换算值			测试龄期混凝土强度推定值 (MPa)
					平均强度值 (MPa)	标准差 (MPa)	最小强度值 (MPa)	
第 3 根交通桥桥墩	2017/8/2	>360	5	C30	44.1	1.1	42.4	42.4
第 1 孔正常溢洪道溢流面（顶部中间）		>360	5	C13	26.6	1.6	25.0	25.0
第 2 根交通桥桥墩		>360	5	C30	46.2	2.3	44.0	44.0
第 2 孔正常溢洪道溢流面（顶部中间）		>360	5	C13	27.7	2.1	25.4	25.4
第 1 根交通桥桥墩		>360	5	C30	49.9	2.1	47.1	47.1
第 3 孔正常溢洪道溢流面（顶部中间）		>360	5	C13	30.3	1.7	27.7	27.7
第 4 孔正常溢洪道溢流面（顶部中间）		>360	5	C13	30.7	1.0	30.0	30.0
交通桥右侧台帽		>360	5	C30	43.5	2.1	40.8	40.8
非常溢洪道泄洪槽第 11 块边坡		>360	5	C25	30.0	1.7	27.1	27.1
非常溢洪道泄洪槽第 4 块边坡		>360	5	C25	28.2	1.3	26.6	26.6

表 2.2-2 钻芯法检测混凝土抗压强度检测成果

部位	位置或桩号	设计强度等级	试件尺寸(mm)	浇筑日期	试验日期	龄期(d)	测试龄期抗压强度(MPa)	测试龄期抗压强度平均值(MPa)
非常溢洪道实用堰堰体	中间位置,底板往上1m处	C25	Φ100×100	/	2017/8/9	>360	32.7	33.5
			Φ100×100				31.4	
			Φ100×100				36.3	
非常溢洪道泄洪槽底板	第5块左侧位置	C25	Φ100×100	/	2017/8/9	>360	29.8	29.8
			Φ100×100				27.9	
			Φ100×100				31.7	

2.2.2 碳化深度检测

本次对交通桥桥墩、桥台、正常溢洪道溢流面、非常溢洪道泄洪槽边坡进行混凝土碳化深度检测, 共计抽检 10 个构件。其中第 2 孔正常溢洪道溢流面、第 3 孔正常溢洪道溢流面混凝土碳化深度相对偏大, 平均碳化深度分别 4.5mm 和 3.5mm, 其余构件混凝土轻微碳化。

2.2.3 闸门及机电设备检测

进水口事故闸门结构完整, 门体整体无变形, 但闸门面板、梁板、翼板、螺栓、主行走支乘、侧向支乘等构件局部防腐涂层脱落、表面锈蚀, 左边梁腹板有明显蚀斑, 且底侧止水橡皮存在局部老化现象; 主行走支乘、侧向支乘转动不灵活。

开化县茅岗水库进水口共设置 1 台卷扬式启闭机。根据检测, 灌溉发电输水隧洞进水口启闭机整体运行良好, 主要受力构件未见连接缺陷和腐蚀、变形、开裂等缺陷; 钢丝绳润滑良好, 未见明显断丝、扭结、锈蚀等现象, 钢丝绳末端未扎紧; 卷筒、齿轮等未见明显裂缝和磨损, 钢丝绳压板均无缺损和松动; 制动器、减速器和联轴器等构件连接较好, 无裂纹和破损现象, 运行平稳、无异响; 高度限制器开度指示器与上下限位开关均失效, 且未安装负荷控制器, 开关出线端未连接与启闭机无关的用电设备。

启闭机所有电气设备无异常发热, 电缆(线)护套有龟裂、老化现象, 控制柜控制柜内杂物较多, 控制柜、电动机外壳等部位未见可靠接地; 总电源回路设有空气开关作短路保护, 控制面板设置停止按钮, 控制箱内有空气开关作分断装

置；启闭机开式齿轮已装设防护罩；启闭机在动水状态下带闸门启闭试验，运行平稳；电动机和其他零部件无异常发热、异常声音，启闭噪音满足相关规范要求。

2.3 结论

1、库区及主坝近坝岸坡总体稳定，岸坡表面局部岩石裸露、风化，无明显滑坡等现象。

2、主坝结构整体较好，前期修补的裂缝表面弹性环氧涂料破损，部分面板缝 SR 保护盖片两侧翘起。左非溢流坝段下游坝面局部有渗水、勾缝砂浆剥落现象。溢流坝段上游面板局部破损，堰面局部存在混凝土砂浆剥落、石子裸露等现象，反弧段有上下贯穿性裂缝，且廊道顶部裂缝渗水。放空洞出口混凝土局部破损。

3、副坝总体稳定。坝顶整体平整，两岸坝肩稳定；上下游坝坡预制块护坡及坝脚排水棱体、岸坡排水沟混凝土完好。

4、灌溉发电输水隧洞进水口混凝土结构整体较好，进水口启闭机室墙面局部粉刷层脱落，室外平台表面混凝土碳化、砂化。

5、进水口事故闸门运行超过 40 年，现门体等结构基本完整，部分构件防腐涂层脱落、表面锈蚀，止水橡皮老化，主行走支承和侧向支承转动不灵活。拦污栅、闸门槽顶栅格盖板、钢丝，以及电动机等金属结构局部锈蚀。电缆接线龟裂老化，闸门开度指示器与上下限位开关均失效，启闭机控制柜、电动机外壳等部位均未有接地处理。闸门面板、梁板、翼板、螺栓、主行走支乘、侧向支乘等构件局部防腐涂层脱落、表面锈蚀，底侧止水橡皮存在局部老化现象；主行走支乘、侧向支乘转动不灵活。

6、非常溢洪道整体结构较好，底板局部存在砂浆剥落、石子裸露、开裂等现象，泄洪槽右岸边坡整体稳定。

7、大坝监测设施基本正常，建议进行自动化改造。

综上所述，库区、近坝岸坡、主副坝、灌溉发电输水隧洞进水口、非常溢洪道等建筑物以及机电金属结构设备总体较好，满足设计和正常运行功能条件。存在局部缺陷，需适时处理。

3 大坝安全监测资料分析

3.1 监测系统完备性和可靠性评价

3.1.1 监测设施布置

1、茅岗水库水雨情遥测系统包括 WFH-2 型全量机械编码水位计 1 台、YQYJ 型水雨情预警终端和 YR-3000 遥测终端机各 1 台。库水位通过自动测报水位计监测，同时设水尺进行人工观测校核，降雨量通过自动测报系统进行自动观测。

2、坝体水平位移观测采用视准线法测量，在坝顶布置 1 条视准线，设 4 个水平位移测点，分别布置在左坝段（1 处）、溢流坝段（2 处）、右非溢流坝段（1 处）。竖向位移采用二等水准测量，共 4 个测点，分别布置在左坝段（1 处）、溢流坝段（2 处）、右非溢流坝段（1 处），竖向位移采用精密水准仪进行观测。此外，另设 2 个工作基点（左、右岸坡各一处）和 1 个校核基点（右岸坡）。

3、坝体渗流监测设施包括扬压力和渗漏量观测，扬压力观测采用人工观测测压管水位，共 11 处测压管，分别布置在左坝段（4 处）、溢流坝段（4 处）和右坝段廊道（3 处）；渗漏量观测采用渗流观测点和三角堰观测，渗漏量观测点共 21 个，分别布置左坝段廊道墙壁（16 处）、溢流坝段廊道墙壁（3 处）和右坝段廊道墙壁（2 处），三角堰布置在左坝段廊道底部，用于观测廊道总渗漏量。

3.1.2 监测频次评价和资料分析

根据《混凝土坝安全监测技术规范》（SL 601-2013），本工程自 2007 年 4 月 15 日开始蓄水至 2008 年 6 月 10 日蓄水完成时段作为首次蓄水期，将 2008 年 6 月 11 日至 2018 年 3 月 21 日作为运行期。

1、本工程于除险加固后蓄水初期、运行期间，

（1）库水位、降雨量监测频次均为逐日量，满足规范要求。

（2）坝体表面位移监测频次为 2 次/月~1 次/月，不满足规范中首次蓄水期监测频次要求（1 次/天~2 次）。

2、本工程于首次蓄水期期间，

（1）渗漏量监测频次为 1 次/周~2 次/周，不满足规范要求（1 次/天）。

(2) 扬压力监测频次为 1 次/周~3 次/周, 不满足规范要求 (1 次/天)。

3、本工程于运行期期间, 渗漏量、扬压力监测频次均为 2 次/周~2 次/月, 满足规范要求。

3.1.3 监测资料整编分析和监测信息管理系统管理

1、本工程自 2007 年完成监测设施建设后, 每年对数据进行整理, 但未系统地进行监测资料整编分析。

2、本工程坝体表面变形、渗漏量和扬压力均为人工观测, 未建立监测数据信息管理系统。

3.1.4 监测系统可靠性

1、本工程水平位移采用视准线法, 采用 J2-2 型经纬仪进行观测, 精度 $\pm 2''$, 基本满足规范要求。竖向位移采用二等水准测量, 采用 DSZ2 型自动安平水准仪, 精度 1mm, 基本满足规范要求。

2、本工程廊道渗漏量历次测值均小于 1L/s, 适合采用容积法, 利用三角堰进行观测, 满足规范要求。

3.2 变形监测分析

3.2.1 水平位移观测

水平位移观测采用视准线法, 采用水准仪进行观测, 水平位移分析从 2007 年 4 月 25 日到 2018 年 2 月 28 日, 共 155 个测次。

1、各测点水平位移测值在一定程度上受库水位变化影响, 表现特征为水平位移的增减与库水位的升降大致同步。各年 1 月份为枯水期, 此时温度较低, 库水位较低, 相应的坝顶向下游位移减小或向上游位移增大; 各年 7 月份为丰水期, 此时温度较高, 库水位较高, 相应坝顶向下游位移增大或向上游位移减小。

2、各测点的水平位移以 0mm 为中心呈波动变化, 无明显上升或下降趋势。

3、大坝向下游的水平位移最大值为 7.85mm (坝段 Y3 测点, 2015-12-18), 向上游的水平位移最大值为 9.8mm (坝段 Y3 测点, 2008-10-20), 水平位移年变幅最大值为 15.48mm (坝段 Y3 测点, 2008 年), 年变幅最小值为 2.66mm (坝段

Y2 测点, 2007 年), 水平位移的变化在大坝混凝土的弹性变化范围之内。

3.2.2 竖向位移观测

竖向位移分析从 2007 年 5 月 10 日到 2018 年 2 月 28 日, 共 154 个测次。竖向位移观测采用二等水准测量, 以下沉为正, 上升为负。

1、各测点竖向位移测值主要受气温影响, 表现特征为各测点的竖向位移过程线随时间呈周期性的波动变化。竖向位移的最大值一般发生在每年枯水期(即每年的 1 月份附近)。这是因为, 此时库区气温为一年之中的最小值, 混凝土收缩变形, 测点下沉明显, 故测得的竖向位移往往为一年之中的最大值。反之, 竖向位移最小值常发生在每年的丰水期(即每年的 7 月份附近), 此时库区气温为一年之中的最大值, 混凝土膨胀变形, 测点上升明显, 故测得的竖向位移往往为一年之中的最小值。

2、大坝右岸坡坝段测点 Z3、Z4, 竖向位移量以 0mm 为中心呈波动变化, 竖向位移变化幅度较小, 无明显上升或下降趋势, 坝段间相对竖向位移量较小。

3、大坝左岸坡坝段测点 Z1、Z2, 竖向位移量以 0mm 为中心呈波动变化, 大坝竖向位移变化幅度相对右岸坡较大, 无明显上升或下降趋势, 坝段间相对竖向位移量较小。

4、坝顶 Z1 测点最大竖向位移量为 10.8mm, 变化区间为-14.8~10.8mm; Z2 测点最大竖向位移量为 14.2mm, 变化区间为-11.4~14.2mm; Z3 测点最大竖向位移量为 8.85mm, 变化区间为-6.4~8.85mm; Z4 测点最大竖向位移量为 19.6mm, 变化区间为-10.05~19.6mm。最大竖向位移量均在混凝土弹性变形范围内, 且小于坝高的 0.06%, 较之其他类似工程属正常范围。Z1、Z2、Z3、Z4 各测点竖向位移年均值无明显向上、下游增大的趋势。

3.3 渗流监测分析

3.3.1 渗漏量观测

经过分析, 茅岗水库 2007 年 4 月 27 日至 2018 年 3 月 21 日共 716 测次的数据。2008 年 7 月、2010 年 1 月~7 月、2011 年 7 月、2012 年 1 月~7 月、2013 年 1 月、2015 年 7 月期间曾存在坝顶溢流, 此时水沿浆砌块石溢流面渗入坝体内部,

导致渗漏量增大，渗漏量与除险加固前无明显变化。2016~2018 年，观测人员泄洪期间未记录。剔除泄洪期间因大坝溢流（此时库水位超过正常蓄水位 301.043m）而造成的渗漏量瞬间急剧增大的数据，共得到 684 测次数据，将这些数据剔除并进行分析如下：

1、廊道总渗漏量随库水位呈周期性变化，库水位升高时，坝体渗漏量增加，库水位降低时，渗漏量减小。廊道总渗漏量变化稳定，无明显增加趋势。

2、廊道左侧观测孔总渗漏量稳定，无明显增加趋势；2008 年后，廊道右侧观测孔总渗漏量明显减少。廊道左侧观测孔总渗漏量大于廊道右侧。

3.3.2 扬压力观测

主坝廊道内共埋设 11 支测压管（图 3.3-1），2007~2010 年每 3 天观测一次，2011~2013 年每 6 天观测一次，2014~2016 年约每 10 天观测一次，2015~2018 年约每 15 天观测一次。本次分析时段为 2007 年 6 月 11 日~2018 年 3 月 21 日。

2018 年 2 月 1 日前，因 U1、U6、U9 测压管未安装压力表，部分时段管内水位超过了孔口高程，导致该时段内扬压力测值未发生变化。2018 年 1 月对 U1、U9 测压管进行了加高改造，并对 U6 测压管孔口安装压力表，扬压力测值恢复正常。

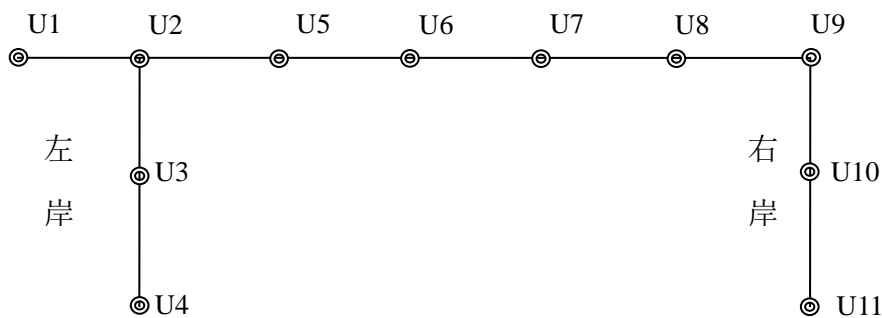


图 3.3-1 主坝廊道测压管分布示意图

1、通过分析扬压力过程线及特征值可知，廊道左侧横断面上 3 支测压管（U2、U3、U4）主要受库水位影响而波动变化，测压管年变幅均不超过 2m，且年均值无明显增大趋势，扬压力基本稳定。廊道右侧横断面上 2 支测压管（U10、U11）靠近右岸坡，测压管水位年变幅小于 2m，且年均值无明显增大趋势，扬压力基本稳定。坝轴线廊道纵断面上 4 支测压管（U2、U5、U7、U8）位于河床坝段中

部，U2、U5、U7 扬压力受库水位变化影响较为明显，U8 扬压力对库水位变化不敏感。4#测压管扬压力年变幅均不超过 3m，且年均值无明显增大趋势，扬压力基本稳定。

2、茅岗水库大坝坝基扬压力测压管水位主要受库水位、降雨量、时效、温度等影响，通过对各影响因子相加建立回归分析统计模型。根据相关性分析，U4、U7 测压管复相关系数大于 0.8，U5 测压管复相关系数介于 0.7~0.8 之间，U2、U3 测压管复相关系数介于 0.6~0.7 之间，U8、U10、U11 测压管复相关系数低于 0.6。

3、通过扬压力系数过程线分析可知，坝基扬压力系数随库水位变化规律正常，库水位升高，扬压力系数值减小；库水位降低，扬压力系数值增大。廊道左侧横断面上 3 支测压管（U2、U3、U4）靠近左岸坡，U2、U3、U4 扬压力系数最大值均不超过 0.3，且无增大趋势，基本满足规范要求。廊道右侧横断面上 2 支测压管（U10、U11）靠近右岸坡，测压管扬压力系数最大值稳定在 0.15 左右，且无增大趋势，满足规范要求。坝轴线廊道纵断面上 4 支测压管（U2、U5、U7、U8）位于河床坝段中部，U2、U5 扬压力系数最大值不超过 0.3，基本满足规范要求。U7、U8 扬压力系数在 2008 年 2 月 18 日达到 0.6，此后随着库水位升高，扬压力系数有所降低，2018 年 1 月 2 日达到 0.45 左右。U7、U8 测压管扬压力系数基本满足规范要求，建议在库水位较高时加强观测。

4、通过分析 2018 年 1 月进行加高改造（U1、U9）和改装扬压力表（U6）的 3 支测管 2018 年度 1 月~3 月监测数据可知：随着汛期临近，各测压管水位随库水位增加而增大，增幅处于正常范围内。U1、U9 扬压力系数基本正常，满足规范要求；U6 扬压力系数偏大，建议后期在高水位下加强观测。

3.4 结论

1、本工程监测设施基本能按照规范要求进行合理布置，监测频次基本满足规范要求。各监测设施完好，仪器精度基本满足规范要求。

2、坝体表面变形稳定。各测点的水平位移变化基本同步，坝段间的相对水平位移基本稳定。各测点水平位移变化量值合理，水平位移年最大值、最小值、

年变幅及年均值无明显趋势性变化。各测点竖向位移测值主要受库区温度影响，符合混凝土重力坝温度变形的一般特征，竖向位移变化均在正常范围内。

3、主坝坝体渗漏量随库水位呈周期性变化，坝体渗流变化规律正常。廊道总渗漏量变化稳定，无明显增加趋势；廊道左侧渗漏量大于右侧，且左侧渗漏量较为稳定，而右侧渗漏量趋近于 0mL/s。

4、廊道各测压管水位变化符合一般规律，扬压力总体稳定。U6、U7、U8 测压管扬压力系数在库水位较低时较大，正常蓄水位时扬压力系数满足规范要求。

综上，茅岗水库监测实施基本完备，监测数据基本可靠，测值基本在经验值及规范和设计规定的允许值内。泄洪期间，水流沿溢流面渗入坝体，导致坝体渗漏量增大，尚不影响大坝整体结构安全。大坝安全性态正常。

4 工程质量评价

4.1 工程地质条件评价

4.1.1 库区工程地质

1、库区为低山、丘陵侵蚀剥蚀地貌，海拔高程一般为 300~500m。库区山体较雄厚，山顶多呈浑圆状，山谷切割强烈，呈“V”字型，形成狭长的山间盆地。区内水系较发育，地表植被发育，树木茂盛，水土流失现象轻微。库区分布的地层主要为新元古界河上镇群虹赤村组二段（ P_{th}^2 ）、震旦系休宁组一段（ Zx^1 ）、二段（ Zx^2 ）和第四系松散堆积层。

2、库区地下水类型有基岩裂隙水和第四系松散堆积层的孔隙潜水，主要受大气降水补给。基岩裂隙水主要受断层及节理控制，深部基岩一般为不透水性。孔隙潜水主要埋藏于第四系松散堆积层中，透水性一般，厚度不大。库区不存在通向邻谷的断层，不存在永久渗漏通道，水库已运行多年，不存在永久渗漏问题。

3、近坝岸坡大部分基岩出露，由块状、坚硬的浅变质细砂岩、粉砂岩组成，坡度 $40^\circ\sim 60^\circ$ ，未发现较大滑坡及崩塌体。库内岸坡节理裂隙发育，主要有两组陡倾角裂隙和一组缓倾角裂隙，斜交岸坡，不存在大的缓倾角顺坡不利结构面，局部存在小掉块，但不会出现整体失稳现象，近坝库岸基本稳定。

4、工程区属区域构造相对稳定区，根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），区域设防水准为 50 年超越概率 10% 的地震动参数：地震动峰值加速度为 $0.05g$ （相应地震基本烈度为 VI 度），地震动反应谱特征周期为 $0.35s$ 。

4.1.2 坝址区工程

1、主坝位于原沟谷转弯处，沟谷高程 263~317m，左右岸均为一小山丘，左岸高程 312m，右岸高程 317m。两岸谷坡基本对称，坡度较陡，约为 $35^\circ\sim 50^\circ$ ，沟谷较宽，约 60~80m，呈“U”形。副坝坝址区地形为马鞍形垭口，左侧山顶高程 317m，坡度 $25^\circ\sim 35^\circ$ ，右侧山顶高程 310m，坡度 $20^\circ\sim 30^\circ$ 。右岸山坡覆盖层较厚，左岸较薄，局部基岩裸露。

2、主坝坝基地层属新元古界河上镇群虹赤村组二段（ P_{th}^2 ），岩性为浅变质

细砂岩、粉砂岩，岩质中等坚硬~坚硬，新鲜岩体结构完整，岩层产状：N40°~50°W/NEZ40°。根据岩石风化程度、结构特征和完整性等，由上到下划分为强、弱、微三级风化带。其中，强、弱风化带主要分布于两坝肩，该处岩体风化严重，较为破碎；而河床段主要为弱~微风化带，工程地质条件较好。

副坝坝基钻孔揭露的地层有第四系残坡积（ Q_4^{el+dl} ）粉质粘土及震旦系休宁组一段（ Zx^1 ）粉砂岩。震旦系休宁组一段（ Zx^1 ）粉砂岩处由上而下分布有全、强、弱三级风化带。坝基和左、右坝肩全、强风化带厚，工程地质条件较差。

3、坝址区主要受北东及北北东断裂构造的控制。主坝右侧山体有茅岗——下渭断裂（ F_3 ）通过。受其影响右坝肩岩层受挤压较强烈，岩体破碎，岩石硅化强烈；并发育一组石英岩脉，条带状分布，产状为 N55°~60° E/NWZ50°~70°。左坝肩山体节理裂隙比较杂乱，主要发育两组陡倾角裂隙和一组缓倾角裂隙。副坝坝轴线偏下游面有茅岗——下渭断裂（ F_3 ）通过。坝址处岩层挤压强烈，节理裂隙发育，岩体破碎，产状为 N40°~50°E/NW \angle 45°~55°。上游面左侧山体有一软弱夹层，N10° E/NW \angle 65°，宽 0.1m，延伸长 3m；一组裂隙走向近垂直副坝轴线，倾向坡内，N10°~20° W/NEZ40°~45°，延伸较长。

4、主坝基础为强风化带为弱透水，弱风化带为弱~中等透水，弱~微风化带为弱透水下带~微透水，微风化带为弱透水下带~微透水。副坝基础为全、强风化带为中等透水，局部弱透水；强~弱风化带为中等透水。

5、岩体物理力学性质

主、副坝坝基岩体物理力学参数建议值如表 4.1-1、表 4.1-2 所示。

表 4.1-1 主坝坝基岩体物理力学参数建议值

岩性	岩体风化程度	饱和密度	饱和抗压强度	泊松比	变形模量	软化系数	岩体承载力	抗剪断强度（岩体）		抗剪断强度（混凝土/岩）	
		g/cm^3	Rb (MPa)	μ	Eo(GPa)	kd	fr(MPa)	f'	c'(MPa)	f'	c'(MPa)
浅变质细砂岩、粉砂岩	强风化	2.69	40~60	0.27			0.8	0.65	0.4	0.8	0.5
	弱风化	2.71	50~80	0.22	8	0.78	2	1	0.8	0.9	0.7
	微风化	2.72	70~90	0.2	12	0.83	3.5	1.1	1	1	0.9

表 4.1-2 副坝坝基岩体物理力学参数建议值

土层	湿容重	饱和容重	抗剪强度	
	kN/m ³	kN/m ³	c (kPa)	Φ (°)
①坝体粉质粘土	18.3	18.8	20	22.5
②风化层接触带	18.6	19	19.5	23

4.2 主坝工程质量评价

4.2.1 坝基处理

1、根据设计与竣工资料，结合 2005 年地质勘探成果，茅岗水库大坝建设时坝基进行过清基处理，中间段(K0+013~K0+100)清基彻底，坝基为弱风化岩体，左右两端残留部分硅化的强风化岩体。硅化的强风化岩体饱和抗压强度中等，弱风化岩体饱和抗压强度较高，坝基岩体抗压强度和承载力基本能满足要求。

2、右坝肩坝体浆砌块石与坝基岩体间有 1.7~3.7m 厚的混凝土浇筑层，左坝肩薄。混凝土浇筑层较密实，无较大孔洞，上下接触面紧密结合，接触良好。

3、中间段(K0+013~K0+100)坝基为弱风化岩体，岩质坚硬致密，强度较高，岩体完整性一般，岩层产状与坝轴线小角度相交，倾角较陡，且倾向上游，利于坝基稳定；左右两坝段(K0+000~K0+013 和 K0+100~K0+120)坝基为强风化岩体，岩体完整性较差。但该强风化岩体大部分已硅化，强度中等，岩层走向与坝轴线小角度相交，且倾向上游，有利于坝基稳定。左右两坝肩不存在倾向下游的缓倾角结构面，利于坝基稳定。位于大坝右侧山体的 F3 断层倾角陡倾，且倾向山体内部，对坝肩稳定性影响不大。

4、坝基于 1973 年进行帷幕灌浆防渗处理，中间段布置 1 排帷幕孔，两坝肩布置两排帷幕孔，孔距 1.5m，帷幕深度一般 20m。坝趾处进行固结灌浆，3 排孔，孔距 1.5~2.0m，排距 6m，深度 5m。2006 年除险加固，在坝基上游设防渗帷幕，伸入相对不透水层 5m，左右坝肩延伸至相对不透水层与正常水位相交处。沿坝轴线设一排防渗帷幕，帷幕向上游偏 3.3°，帷幕孔距为 2.5m，灌浆压力 1.0MPa，帷幕灌浆孔布置满足规范要求。帷幕和充填灌浆质量检查孔压水和注浆试验成果见表 4.2-1。由表可见，各检查孔透水率试验结果均小于 5Lu，满足规范要求。

表 4.2-1 主坝帷幕灌浆质量检查孔压水和注浆试验成果统计表

孔号	孔位桩号	透水率 (Lu)		
		第一段	第二段	第三段
主检 1	0+0.38 (3#~4#)	0.47	0.53	0
主检 2	0+30.38 (15#~16#)	0.43	0.006	
主检 3	0+45.38 (21#~22#)	0.36	0.14	
主检 4	0+65.38 (29#~30#)	0	0	0.495

5、为减少坝基扬压力，在坝基防渗帷幕下游（廊道内）设置 17 只排水孔，在施工期间采用手工炮杆造孔，用无砂混凝土管与坝体廊道连接，渗流汇集在廊道排水沟，再由排水总管排出坝体。经监测资料分析，坝体廊道各测压管扬压力和扬压力系数基本稳定，无明显增大趋势；坝体廊道总渗漏量基本稳定，无明显增大趋势。除险加固帷幕灌浆效果较好。

6、蓄水运行过程中，左坝段廊道内有 16 处漏水点，随着库水位升高，漏水量增大；右坝段廊道内有 3 处漏水点，2 处漏水量不大，但随着库水位升高，漏水量略有增大。

7、综合分析认为，茅岗水库大坝坝基灌浆效果整体较好，左坝段、中间坝段和右坝段相对隔水层的透水率均小于 5Lu，满足规范要求。左坝段廊道内有 16 处漏水点，随着库水位升高，漏水量增大；右坝段廊道内有 3 处漏水点，2 处漏水量不大，但随着库水位升高，漏水量略有增大。坝体廊道渗流量、扬压力、扬压力系数基本稳定，无明显增大趋势。

4.2.2 筑坝材料

坝体为细骨料混凝土砌块石，块石母岩为灰绿色微风化浅变质砂岩，棱角状，大小不等；胶结材料为细骨料混凝土，经钻探揭露，浆砌块石填充饱满，局部有孔隙空洞分布，垫层混凝土填充饱满，整体性较好。右坝肩砌石体与岩基之间有 1.7~3.7m 厚的混凝土灌浆盖板，整体性较好；左坝肩混凝土盖板较薄，仅为 0.5m。

4.2.3 坝体防渗

1、茅岗水库主坝防渗采用的是在坝体上游面设置混凝土防渗面板。1986 年对原混凝土面板进行防渗补强处理。上游防渗面板最小厚度水头比为 1/24，大于规范规定的防渗面板厚度为 1/30~1/60 的最大工作水头，顶部厚度为 0.5m

($\geq 0.3\text{m}$)。故防渗面板厚度满足《砌石坝设计规范》SL25-2006 要求。

2、原混凝土面板设三条温度竖缝，采用沥青井、止水橡皮及沥青麻片的联合防渗措施。由于沥青麻片防渗效果差，且未设止水铜片，沥青及聚乙烯胶泥易老化，防渗耐久性差，坝体防渗存在薄弱环节。1986 年在原面板外部增设高频振捣钢丝网水泥面板，新面板设有水平和垂直伸缩缝，竖缝 10 条，水平缝设 3 条，伸缩缝止水上口宽 3cm，下口宽 2.5cm，缝内浇灌聚乙烯胶泥，缝面上再粘一层以环氧树脂为粘结剂的平板橡皮，以螺丝固定。高频振捣钢丝网水泥面板平均厚度 5.0cm，该水泥面板温度缝及板缝止水的设置存在防渗薄弱环节，面板 288m 处水平裂缝的处理的耐久性不强，坝体防渗存在薄弱环节；2006 年除险加固，高频振捣防渗面板伸缩缝内填“SR”柔性止水材料，表面粘贴 SR 三元乙丙防渗盖片，周边用 30mm 宽 2mm 厚不锈钢片和 M8 不锈钢膨胀螺栓与面板固定，膨胀螺栓间距 0.4m。面板裂缝两侧各 15cm 范围内用毛刷或钢丝刷去除浮尘、油污等杂物，沿裂缝表面涂刷 20cm 宽厚 0.8-1.0mm 弹性环氧涂料。

3、主坝坝体廊道内设有坝体排水孔，但坝体排水孔由于 1987 年面板补强时堵塞，在廊道内的其它部位自然形成了 22 个排水点，并加以观测。

4、2006 年除险加固进行主坝充填灌浆。根据帷幕和充填灌浆质量检查孔压水和注浆试验成果，主坝右非溢流坝段 0+85.76(37~38#)处第一段透水率为 5Lu，第二段为 1Lu，第三段为 5.0Lu，第四段为 3.0Lu。主坝右非溢流坝段 0+115.76(49~50#)处第一段透水率为 0.44Lu，第二段为 0.17Lu。试验结果均能满足《混凝土重力坝设计规范》(SL319-2005)要求 ($q \leq 5\text{Lu}$)。

4.2.4 坝体构造

1、溢流坝段坝顶设置有长度 50m，宽为 3.2m 的 4 跨钢筋混凝土结构平板交通桥，混凝土强度为 C30；防浪墙采用钢筋混凝土砌筑，与坝体连为一体，两端与坝肩基岩相接，防浪墙高 1.1m，满足《砌石坝设计规范》(SL25-2006)要求。

2、在靠近上游面处设置廊道，廊道底部高程 272.04m，廊道内设有可靠的照明和排水设施，并设有扬压力观测孔，满足规范要求。

4.2.5 混凝土浇筑质量

1、根据开化县建筑工程质量监督站检测中心对廊道 C25 混凝土钻芯取样检测抽检结果，该处混凝土抗压强度最小值为 19.8MPa，平均值为 25.7MPa，满足设计强度要求（C25）和规范要求（ $\geq C8$ ）。经施工单位自评和监理单位复核，该项目 3 个单元工程优良率为 100%。

2、坝顶新建交通桥工程为三墩四跨，桥面宽度 3.2m，混凝土强度 C30，桥墩直径 0.8m，桥板高度 0.6m，桥总长 50.8m，单块桥板 12.7m。根据开化县建筑工程质量监督站检测中心对交通桥 C30 混凝土钻芯取样检测抽检结果，该处混凝土抗压强度最小值为 30.2MPa，平均值为 36.6MPa，满足设计强度要求（C30）和规范要求（C23）。

3、高程 274.243m 以上反弧段原混凝土和砌石拆除，重新采用 C30 钢筋混凝土浇筑。溢流堰头部段表层松散混凝土凿除，冲洗干净，刷无机粘结剂一度，面层采用 10cm 厚 C30 钢丝网混凝土补强。溢流面直线段经凿除原砌缝中的松散水泥砂浆后，使用水泥砂浆重新灌缝。

根据衢州市交通工程试验检测中心混凝土钻心取样抗压强度试验结果，主坝溢洪道反弧段 2#块混凝土强度等级为 C25，混凝土抗压强度 34.1MPa，满足设计要求。根据开化县建筑工程质量监督站检测中心混凝土钻心取样抗压强度试验结果，主坝溢洪道溢流面混凝土强度等级为 C30，混凝土抗压强度平均值为 37.2MPa，最小值为 37.2MPa，满足设计要求。

4.2.6 现场检查及检测

1、大坝前期修补裂缝局部溢流坝段防渗面板存在混凝土裂缝、破损现象，面板间个别 SR 保护盖片两侧翘起。

2、左非溢流坝段下游坝面局部有渗水、勾缝砂浆剥落现象；中间溢流坝段堰面局部存在混凝土砂浆剥落、石子裸露及混凝土裂缝，反弧段有上下贯穿性裂缝，廊道顶面有裂缝渗水。坝底放空管出口混凝土局部破损。右非溢流坝段完好。

3、第 1 根和第 3 根交通桥桥墩存在碳化现象，第 1~3 根交通桥桥墩混凝土强度抽检结果满足设计要求。

4.3 副坝工程质量评价

4.3.1 坝基处理和筑坝材料

1、副坝纵轴线清基不彻底，接触带属中等透水性，存在接触渗漏问题。坝基和左右坝肩全、强风化带厚，工程地质条件较差，并以中等透水性为主，局部弱透水性，存在坝基渗漏和绕坝渗漏。

2、茅岗水库坝体填筑料较单一，无明显分区，副坝坝型为粘土均质坝。副坝填土为粉质粘土。该副坝填土（粉质粘土）主要由粉粒和粘粒组成，两者平均含量总和为 88%，偶含砾石，土质较均匀。

3、室内渗透试验统计成果表明：坝体填土②粉质粘土约 29%的土样属极微~微透水（ $<10^{-5}$ cm/s），约 57%的土样属弱透水（ $10^{-5}\sim 10^{-4}$ cm/s），约 14%的土样属中等透水（ $>10^{-4}$ cm/s）。由此可见该均质坝坝体填土以弱~微透水为主，少量中等透水，防渗性能基本满足规范（ $\leq 10^{-4}$ cm/s）要求。

4、除险加固后由浙江省水电建筑基础工程有限公司送样，开化县建设工程质量安全管理站试验室进行的室内击实试验统计成果表明，副坝土料各组实测压实度最小值为 96.6， $\geq 96\%$ ，满足规范要求。

4.3.3 坝体结构

1、副坝为均质粘土坝，依据材料不同可分成 4 个区，分别为粘土坝体、下游坡脚的排水棱体、上下游护坡及砂卵石垫层。坝体分区满足规范要求。

2、副坝上游护坡与坝壳之间设厚 0.3m 的砂卵石反滤层，其最小厚度满足规范要求。

3、该副坝坝趾处设排水棱体。由外至内分别设粗砂（厚 25cm）、10~20mm 石子（25cm）、20~40cm 石子（25cm）三层包裹土料，内部为堆砌石。排水棱体顶部超高 ≥ 0.5 m，顶部宽度 ≥ 1.0 m，上游坡脚无锐角，均能满足规范要求。

4、上游护坡厚 0.12m，护至坝踵；下游护坡采用干砌块石，厚 0.3m，护至排水棱体。上、下游护坡材料、覆盖范围等均能满足规范要求。

上游护坡和副坝台阶均采用 C25 混凝土预制块。根据开化县建筑工程质量监督站检测中心对上游护坡 C25 混凝土钻芯取样检测抽检结果，该处混凝土抗

压强度为 19.6MPa，满足设计强度要求。

4.3.4 现场检查与检测

副坝上下游坝面为预制混凝土六角块护坡，坝面平整、无塌陷、缺失等缺陷；坝顶顶面外观完整。

4.4 其他建筑物工程质量评价

4.4.1 灌溉发电输水隧洞

1、洞内岔管混凝土剥落处人工凿除松散混凝土，露出新鲜面，侧边开挖与外露面成直角，保证混凝土厚度不小于 10cm，接触面冲洗干净，采用 C25 混凝土人工插捣密实，表面原浆抹光，毛毯覆盖浇水养护。混凝土强度等级满足规范（C25）要求。

2、进水口喇叭口碳化混凝土人工凿除，通过验收后先涂抹环氧基液，后进行环氧砂浆抹面施工，主剂采用 E44 环氧树脂，固化剂采用乙二胺，稀释剂丙酮，填充料为水泥和过筛细砂（经干燥处理），按照推荐配比进行配比试验后得出实际施工参数。施工后效果良好。达到设计要求。经建设、监理、设计、质监等单位联合验收合格。

3、现场检查及检测表明，进水口启闭机房屋顶表面粉刷层剥落，启闭机房四周墙体均存在明显的渗水现象。启闭平台梁板混凝土结构外观完整，无裂缝、露筋、破损现象。进水口左侧墙混凝土局部砂浆剥落、石子裸露。进水口右侧墙混凝土局部砂浆剥落、石子裸露。进水口左、右侧墙之间连系梁外观完整，无裂缝、露筋、破损现象。进水口左、右排架柱外观基本完整，无裂缝、露筋、破损现象，局部砂浆剥落、石子裸露。

4.4.2 非常溢洪道

1、非常溢洪道包括堰体、泄槽两大部分工程。除险加固拆除自溃坝，改建为开敞式曲线型实用堰（规范要求侧槽式溢洪道侧堰可采用实用堰），采用 C25（规范要求 \geq C25）混凝土浇筑，堰顶高程为 304.16m。采用 WES 曲线，直线段接原护坡坡度，坡比为 1:0.7（规范要求 1:0.5~1:0.9）。清除泄槽内废渣。拆除侧

槽原破损浆块石坡及护底，泄槽底板采用 20cm 厚 C25 混凝土浇筑，泄槽边坡采用 20cm 厚 C25 混凝土浇筑。溢洪道进口型式、直线段坡比、混凝土强度等级均能满足规范要求。

2、堰体基础进行帷幕灌浆，设一排防渗帷幕，帷幕孔距 3m，灌浆压力 0.5MPa，两边各向岸坡延伸 10m。帷幕孔距（规范要求 1.5~3.0m）及灌浆压力（规范要求不宜小于 0.2~0.5MPa）满足规范要求。

3、根据除险加固后衢州市交通工程试验检测中心对非常溢洪道溢流面 C25 混凝土钻芯取样检测抽检结果，该处混凝土抗压强度为 29.6MPa，满足设计强度要求。

根据本次现场检测抽检试验成果，非常溢洪道实用堰堰体与非常溢洪道泄洪槽底板共 2 组混凝土芯样测试龄期抗压强度平均值分别为 33.5MPa，29.8MPa，均大于设计强度等级值（C25）。

4、根据本次现场检测混凝土碳化深度抽检试验成果，非常溢洪道泄洪槽第 4、11 块边坡碳化深度均值分别为 2.0mm、1.5mm，在正常范围内。

5、根据帷幕和充填灌浆质量检查孔压水和注浆试验成果，非常溢洪道 0+04.5（6~7#）处第一段透水率为 1.5Lu，第二段为 0.51Lu；非常溢洪道左 0+34.5（17~18#）处第一段透水率为 1.15Lu。均能满足规范要求（ $q \leq 5Lu$ ）。

6、从现场检查及检测情况来看，实用堰堰面外观基本完整，无裂缝、露筋、破损现象，局部砂浆剥落、石子裸露；泄洪槽护坡外观基本完整，无裂缝、露筋、破损现象，局部砂浆剥落、石子裸露。泄洪槽护坡各块之间伸缩缝基本完好，无错位、拉开现象。各块泄洪槽底板受水流冲刷明显，混凝土局部砂浆剥落、石子裸露，从上游起第 7~第 12 排左右两块泄洪槽底板混凝土砂浆剥落、石子裸露。第 7 排左右两块泄洪槽底板混凝土砂浆剥落、石子裸露。第 12 排左右两块泄洪槽底板混凝土砂浆剥落、石子裸露。从上游起第 3 排泄洪槽底板有 3 条顺水流向裂缝，裂缝长 0.2~0.6m，缝宽 0.10~0.20mm。

7、除险加固后发现在 2#~3#堰段高程 300m 处有三处渗漏点，边墩下游 43m 泄槽底板左侧有渗水点。本次现场检查期间，水位较低未发现渗流异常。

4.5 结论

1、工程区区域构造稳定，地震动峰值加速度为 0.05g（相应地震基本烈度为 VI 度）；库岸基本稳定，不存在库区渗漏。主坝坝基岩质坚硬致密，强度较高，工程地质条件较好。左右坝段坝基局部为强风化岩体，硅化强烈，中等坚硬，裂隙发育，完整性较差，工程地质条件一般。主坝坝体与基岩接触面胶结较好，坝基岩体不存在较大的软弱结构面，利于坝基稳定。副坝坝基岩性为粉砂岩，节理裂隙发育，岩体破碎，全、强风化带岩体厚，工程地质条件差。

2、主坝坝基岩体抗压强度和承载力基本能满足要求，坝体与坝基上下接触面紧密结合，接触良好。坝基于 1973 年进行帷幕灌浆防渗处理，2006 年除险加固时，对坝基防渗帷幕进行补强，根据检查孔检测结果，坝基透水率满足规范要求。现场扬压力观测结果看扬压力系数正常，坝基防渗效果较好。主坝坝体材料、分缝与止水、坝顶及坝内廊道等设置符合规范要求，现状坝面平整顺直，无异常变形。原坝体渗漏严重，通过 1986 年上游增设钢丝网水泥面板，2006 年右坝段充填灌浆、面板止水加固处理，坝体渗漏情况明显改善。溢流面加固处理混凝土浇筑质量合格。现场检查及检测，上游防渗面板前期发现的 19 条裂缝经修补，目前状态基本完好，有少量修补的表面环氧涂层剥落；左、右两坝段面板上部局部存在网状裂缝；溢流坝段上游面板顶部有 3 处混凝土破损，目前尚不影响面板整体防渗；溢洪道反弧段底部有纵向裂缝，贯穿至廊道顶部。

3、副坝坝型为粘土均质坝，坝体填筑料试验结果表明填土土质较均匀，防渗性能基本可以满足规范要求。2006 年除险加固在下游坝脚增设了排水棱体，棱体与坝体之间设反滤层，坝体结构满足规范要求。副坝坝基和左右坝肩全、强风化带厚，工程地质条件较差，建坝时纵轴线清基不彻底，接触带属中等透水性。由于坝体较矮小，常年水头较低，运行期未发现渗水现象。现场副坝坝顶外观完整，无裂缝、塌陷、破损现象；上、下游预制混凝土护坡平整、无塌陷、缺失等缺陷。

4、灌溉发电输水隧洞进水口喇叭口混凝土强度等级满足规范要求，施工质量满足设计要求。现场进水口左侧墙混凝土局部砂浆剥落、石子裸露，启闭机房四周墙体均存在渗水现象。非常溢洪道进口型式、直线段坡比满足规范要求，混

凝土强度现场检测结果满足设计和规范要求。帷幕孔距、灌浆压力和透水率试验结果满足规范要求。上坝道路混凝土强度等级满足规范要求，施工质量满足设计要求。

综合以上质量情况并根据《水库安全鉴定评价导则》(SL258-2017)的规定：茅岗水库工程质量满足设计和规范要求，运行中虽暴露局部质量缺陷，但尚不影响工程安全，质量综合评定为“合格”。

5 运行管理评价

5.1 运行管理能力评价

5.1.1 管理体制机制

1、2015 年 9 月，茅岗水库在浙江省水利厅进行了大坝注册登记，登记号为：33080030007-A4，注册登记机构为衢州市水利局。

2、开化县人民政府为茅岗水库突发事件应急处置的责任主体，负责人为开化县分管副县长；水库主管部门为开化县水利局，负责人为水利局局长；水库管理单位责任人为开化县水电实业公司董事长。

3、根据开化县编制委员会（开编〔1996〕9 号）及（开编〔2008〕4 号）两份文件，公司定性为企业化管理的事业单位，实行独立核算，自负盈亏，由纯公益类事业单位开化县中型水库管理局管理。目前开化县水电实业公司作为茅岗水库管理单位，其水库管护经费主要来源于开化县水电实业公司，部分来源于浙江省水利厅维养经费，管理人员基本支出与工程维护经费、安全监测工作费用基本落实。水库管理范围、保护范围明确，划界方案经开化县政府审批，已取得土地产权证，并设置相应界桩。

5.1.2 管理机构

1、开化县水电实业公司由齐溪电站管理处、茅岗水库管理处和城明池水电站等三家国有水电企业合并组建。县水电局为该公司的主管部门。公司受水利局委托，全面负责茅岗水库大坝的安全运行管理，承担水库防汛、防洪、发电、供水灌溉等职能，并在委托的职责和范围内依法开展水行政执法工作。

2、开化县水电实业公司依据《浙江省定岗定员标准（试行）2016 年》，共设八大类岗位，共计 26 个岗位。现有管理人员 13 人，其中工程师职称 3 人，助理工程师职称 3 人，助理会计师 2 人，其人员编制已基本能满足管理要求。

3、各管理人员基本满足岗位入职条件，但闸门操作岗位人员无操作证，水库须及时落实闸门运行工的岗位考核，实行持证上岗。

5.1.2 管理制度

1、茅岗水库各项管理规章制度和操作规程健全。防汛值班制度、闸门设备操作制度上墙明示，管理制度内容基本满足要求，制度执行情况良好，台账记录基本齐全。

2、公司以文件形式对各科室工作职责予以明确，岗位-人员-事项表中明确各管理岗位实际责任人，同时结合年度考核，设立奖惩制度，确保各项工作有序进行。

5.1.3 管理设施

1、茅岗水库交通便捷，有公路通至坝址，对外交通方便。水库管理处自备江铃皮卡 1 辆，设有程控电话、报汛机和手机。水库有三相电源接通，并设有路灯和手提式照明灯。但库区无柴油发电机等备用电源，遇到紧急情况无法提供有效电力保障。

2、库区内设有雨量站 1 个，含人工观测和自记式雨量计各 1 台，水库自备水位遥测系统 1 套，大坝观测竖井观测房内有水文站设的水雨情遥测系统 1 套，设备运行状况良好。

3、管理处在库区重要地段设置了警示牌、宣传牌，并在库区内副坝上下游侧等处种有景观树，整体面貌良好。正常溢洪道下游左侧为管理区，水库管理处办公楼位于主坝左岸，维养状况良好。

4、茅岗水库管理处及二级电站设有仓库及专门管理人员，两地之间物资可在管理处领导下统一调配。每年汛前要进行一次全面的盘点，确保备品备件及抢险物资的库存量。水库管理处防汛仓库的防汛物资的储备数量略有不足。

5.2 调度运行评价

5.2.1 调度规程编制

除险加固工程以来，每年汛前，开化县水电实业公司按照当年工程及雨水情实际情况编制水库控制调度运用计划，报经衢州市人民政府防汛防旱指挥部和衢州市水利局批准后，严格按照市防汛办批准的控制运用计划运行。水库防洪调度由开化县防汛防旱指挥部负责。在下游河道出现特殊情况时，服从衢州市防汛防

旱指挥部调度指挥。

1、防汛防洪调度

茅岗水库汛限水位：301.043m（同正常蓄水位），相应库容 875 万 m^3 。茅岗水库流域 4 月 15 日至 7 月 15 日为梅汛期，7 月 15 日至 10 月 15 日为台汛期。期间接省气象台台风预报后，必须及时将库水位降至台汛期汛限水位。

确定其防洪调度原则为：

- （1）当库水位高于 301.04m，正常溢洪道自然溢流。
- （2）当库水位高于 304.14m，非常溢洪道自然溢流。

2、兴利调度

水库遵循下述兴利调度原则：汛前尽量多发电，以降低水库，腾出库容，发挥水库在汛期的削峰、错峰的防洪功能，水位控制在 286.04~289.04m 间；梅汛期按二级满发条件为准，水位控制在 296.04~301.04m 之间；汛末拦蓄最后一次洪水，力争蓄满。台汛期要根据降水和水位情况，在确保安全的前提下，尽力使电站保持高水头运行，以提高发电效益，并满足下游工农业生产用水需求。

5.2.2 安全监测

1、巡视检查

水库管理处根据有关规定及工程实际，建立了工程检查及巡查制度，日常巡视检查范围为坝址范围（包括大坝坝体、副坝，实用堰坝内廊道），以及对大坝有重大影响的近坝区岸坡和其他与大坝有直接关系的建筑物和设施。控制水位（300.543m）以下每 5 天 1 次；控制水位（300.543m）以上每天 1 次；当遇到可能严重影响大坝安全运行情况时，加密巡查次数，为每天 1 次。目前，水库大坝运行正常，巡视检查中未发现其它明显异常。

2、监测设施现状

茅岗水库大坝安全监测设施主要包括表面变形、主坝渗流、主坝扬压力及雨水情监测，安全监测设施完好情况如下：

（1）坝体表面变形、坝体表面变形、主坝渗流监测设施均完好，有效率均为 100%。

（2）2018 年 2 月 1 日前，因 U1、U6、U9 测压管未安装压力表，部分时段

管内水位超过了孔口高程，导致该时段内扬压力测值未发生变化。2018 年 1 月对 U1、U9 测压管进行了加高改造，并对 U6 测压管孔口安装压力表，扬压力测值恢复正常。

3、监测资料整编分析

自完工以来，除部分扬压力测压管于部分时段内由于压力表和设计原因不能正常观测，对于其它仪器能正常使用的观测项目，管理人员进行认真观测，对观测结果及时整理归档。水库进行物业化管理，委托物业单位对大坝安全资料进行分析，编制有月报，但资料的分析、整编离相关规范的要求尚有一定的差距，下一步建议定期委托专业单位对监测资料进行整编分析，及时掌握大坝安全状况。

5.2.3 安全应急预案

1、应急预案编制

每年汛前开化县水电实业公司按照当年工程管理及雨水情实际情况编制齐溪、茅岗水库抢险预案，报经衢州市人民政府防汛防旱指挥部和衢州市水利局批准后，严格按照按市防汛办批准的控制运用计划运行。

2017 年茅岗水库应急预案已制定并报批。市防汛办要求水电实业公司按照《浙江省水库安全应急预案编制导则（试行）》重新修订水库安全应急预案，并及时组织编制水库调度规程报开化县水利局审批，批准的应急预案、调度规程和公布的预警方案及时进行备案。

2、应急组织机构

开化县防汛防旱指挥部为茅岗水库突发事件应急指挥机构，负责水库应急抢险的统一调度。开化县水电实业公司成立以茅岗水库负责人为组长的防汛领导小组，采取水库行政首长责任制，负责水库防汛调度工作；公司及水库成立了抢险小分队，分布在管理处及二级电站。应急工作组将有关信息及时向开化县水电实业公司、开化县防汛防旱指挥部和开化县水利局报告。

5.2.4 泄洪预警

开化县水电实业公司根据实际情况编制《开化县茅岗水库溢洪预警方案》，内容包括总则、预警工作职责、预警程序和内容、预警工作保障，内容符合相关

规范规定。2016 年度预警方案已上报开化县人民政府防汛防旱指挥部，并在县范围内对泄洪预警方案进行公示。

5.2.5 调度运行简况

1、除险加固前

1996 年，茅岗水库管理处、齐溪电站管理处和城明池水电站等三家国有企业进行合并，合并后统一由新组建的开化县水电实业公司进行管理。

2005 年 12 月，浙江省水利厅组织茅岗水库大坝安全鉴定专家组会议，形成《大坝安全鉴定报告书》，大坝安全类别评定：二类坝。

除险加固工程于 2006 年 11 月 22 日动工。于 2007 年 4 月 11 日通过蓄水检查，恢复蓄水。于 2010 年 12 月 4 日，通过衢州市水利局主持召开的开化县茅岗水库加固工程竣工验收。

2、除险加固后

自 2007 年 4 月下闸蓄水以来，最高水位为 2008 年 6 月 18 日及 2017 年 6 月 24 日的 301.73m，过最低水位发生在 2010 年 11 月 8 日，为 280.88m。蓄水至今已经历了多次泄洪，未出现重大安全事故。

2010 年 7 月，茅岗水库经历了最大一次洪水。2010 年 7 月 8 日单日降雨量 212mm，最高水位 301.15m，水库高水位运行正常。

2017 年全年水库流域降雨量为 2101mm，入库径流量 4469.2 万 m^3 。库水位最高达 301.73m，出现时间为 6 月 24 日 16 时，弃水量 570.9 万 m^3 。最低库水位为 282.39m，出现时间为 12 月 26 日 8 时。大坝各项观测值处于正常，工程处于稳定运行状态，满足在汛期按设计蓄水的要求。

5.2.6 技术档案管理

开化县水电实业公司档案管理制度健全，综合档案共设置 7 个门类，实行专人管理，档案房设施齐全；各类工程建档立卡，图表资料等规范齐全，分类清楚，存放有序，按时归档。1996 年之前档案资料已基本遗失。

5.3 工程养护修理评价

5.3.1 维修养护

1、开化县水电实业公司每年根据工程检查和检测结果，依据《浙江省水利工程维修养护定额标准（试行）》编制年度维修养护计划，上报上级水管单位。2017 年度的维修养护计划已经由公司制定并下达到水库管理处。

2、茅岗水库维修养护经费由浙江省水利厅根据《浙江省水利工程维修养护定额标准（试行）》定额拨款。但公司并未按完全按照计划对水库大坝进行维修养护，近年来经费主要用于库区的日常保养，主要开展维修项目包括交通桥面防滑处理，栏杆变形修复，大坝动力线路改造及凉亭修缮拆除等。维修台账记录、保存待完善。

3、通过维修养护，大坝主坝、副坝及溢洪道等结构总体安全，监测设施维护情况总体较好，水库绿化养护到位，整体面貌较好。金属、机电运行正常，但存在局部缺陷、锈蚀，建议对启闭机室内外观、金属结构锈蚀构件部位进行修复。

5.3.2 除险加固

2005 年 11 月，衢州市水利局组织召开茅岗水库大坝安全鉴定专家组会议，形成《大坝安全鉴定报告书》，大坝安全类别评定：二类坝。2006 年 8 月衢州市水利水电勘测设计有限公司完成茅岗水库除险加固工程初步设计，除险加固主要建设内容包括：主坝上游防渗面板伸缩缝改造，防渗面板裂缝处理；主坝坝基和左右坝肩帷幕灌浆、右岸非溢流段坝体充填灌浆处理；溢流坝段反弧段改造加固，溢流面及坝顶加固；发电输水隧洞进水口、岔管补强处理，更新发电输水隧洞进水口机电设备。工程于 2006 年 11 月 22 日动工，于 2010 年 12 月 4 日，通过衢州市水利局主持召开的开化县茅岗水库加固工程竣工验收。

5.4 结论

1、茅岗水库管理机构和管理制度健全，管理人员职责清晰，但闸门操作岗位人员没有操作证，水库须及时落实闸门运行工的岗位考核。

2、大坝监测设施总体维护较好，水雨情监测、表面变形观测设施基本正常，

并按规范开展安全监测。监测设施未实现自动化,监测资料未进行定期整编分析。

3、水库防汛、交通与通信设施完善,除险加固后运行总体良好,能按照相关规程规范进行维修养护。

4、水库档案管理制度健全,但部分观测资料存放在水库管理房内,1996年之前由茅岗水库管理处管理的档案资料已基本遗失。

5、水库管理范围、保护范围明确,划界方案经开化县政府审批,取得了土地产权证,并设置相应界桩与警示标志。

6、水库按批复的控运计划进行调度,调度规程与应急预案已制定并报批。

综上所述,根据《水库大坝安全评价导则》(SL258-2017),茅岗水库大坝运行管理评价为“规范”。

6 防洪能力复核

6.1 防洪标准

茅岗水库总库容 1116 万 m^3 ，根据《防洪标准》(GB 50201-2014)和《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252-2017)，茅岗水库属中型水库，为 III 等工程，主要水工建筑物的级别为 3 级，其防洪标准（重现期）：设计为 100~50 年，校核为 1000~500 年。初步设计报告采用设计标准为 50 年一遇，校核标准为 5000 年一遇，满足规范要求。本次复核采用原防洪标准。

6.2 洪水分析

设计流域内无流量站、雨量站，水库附近有西坑雨量站、燕溪雨量站和皇林坑雨量站，1995 年西坑站移至碧家河水库大坝处，改称为碧家河站。以上各测站均为国家站，资料均经过整编，数据可靠，因此，本次洪水复核以设计暴雨来推求设计洪水。

6.2.1 设计暴雨

1、流域面雨量统计

根据流域周围雨量站的分布情况，选用流域周边的西坑、燕溪、皇林坑 3 个雨量站，其中西坑站自 1996 年开始移至碧家河。面雨量统计选样按年最大、梅汛期（4 月 16 日~7 月 15 日）、台汛期（7 月 16 日~10 月 15 日）最大一日、三日进行统计，采用同场雨选样，按泰森多边形法计算面雨量，各站面积权重见表 6.2-1。

由于 1955 年本流域发生较大洪水，而西坑、燕溪、皇林坑 3 个雨量站均无 1955 年资料，需要延长资料系列，临近流域的马金站有 1951~1993、1997~至今的实测资料。将西坑（碧家河）、燕溪、皇林坑雨量站的年最大、梅汛期、台汛期各分期暴雨与马金站统计资料进行相关分析，通过对两组雨量资料的分析，两者相关系数均在 0.8 以上，相关关系较好，采用相关法延长各雨量站的雨量资料。

表 6.2-1 雨量站权重系数分配表（本次复核）

年份	西坑站	皇林坑站	燕溪站	碧家河站
1951~1995	0.08	0.80	0.12	
1996~2015		0.71	0.11	0.18

茅岗水库流域较大暴雨统计成果见表 6.2-2。从表中可以看出，茅岗水库前 10 位 1 日暴雨均发生在梅汛期，前 10 位 3 日暴雨中，大部分发生在梅汛期，只有第 9 位发生在台汛期。相较于除险加固工程初设报告（资料系列使用至 2003 年），新增了 2010 年、2008 年两场暴雨。

表 6.2-2 茅岗水库最大一日、三日前 10 位暴雨统计表（面雨量）单位：mm

排序	一日雨量	发生日期	三日雨量	发生日期
1	248.8	1955-6-18	383.7	1967-6-17
2	230.0	2010-7-8	325.5	1955-6-18
3	219.5	1983-5-29	322.3	2010-7-7
4	200.8	1993-6-18	308.9	1997-7-7
5	195.9	2008-5-27	301.8	1987-6-20
6	185.5	1997-7-7	295.4	2008-5-27
7	180.9	1994-6-9	284.3	1993-6-18
8	166.3	1967-6-17	281.0	1969-6-23
9	163.5	1998-6-24	279.8	1998-7-18
10	160.5	1969-6-24	276.7	1994-6-8

2、暴雨频率计算

综合分析各站资料的起迄时间，选用暴雨系列 1951~2015 年共 65 年，利用 P-III 理论频率曲线进行目估适线，并协调各分期、各历时的频率曲线适线参数，使得曲线与经验点据的拟合达到最优，从而最终确定适线参数。由于各分期统计历时取用 1 天，需转化成 24 小时设计暴雨。通过对西坑站（碧家河站）、皇林坑站、燕溪站 1991 年~2015 年最大一日降水量、24h 最大降水量的统计，西坑站（碧家河站） H_{24}/H_{1d} 比值约为 1.14，皇林坑站 H_{24}/H_{1d} 比值约为 1.14，燕溪站 H_{24}/H_{1d} 比值约为 1.15，考虑与 2005 年水库洪水复核、2006 年水库除险加固工程初设报告（衢州市水利水电勘测设计有限公司）等各阶段衔接，本次复核采用 24h 暴雨采用一日暴雨的 1.15 倍。通过频率分析求得设计暴雨成果见表 6.2-3。

表 6.2-3 本次复核茅岗水库设计暴雨成果

分期	分段	均值	Cv	Cs/Cv	各频率 (P%) 设计暴雨 (mm)									
		(mm)			0.01	0.02	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20
年最大	H _{1d}	121.6	0.45	4.0	546	512	430	395	349	313	278	230	194	157
	H _{24h}	139.9	0.45	4.0	628	589	495	455	401	360	319	265	223	180
	H _{3d}	195.3	0.49	4.0	972	907	756	690	604	538	473	386	320	254
梅汛期	H _{1d}	118.5	0.45	3.5	506	475	403	372	330	298	266	223	189	155
	H _{24h}	136.3	0.45	3.5	581	546	463	427	380	343	306	256	218	178
	H _{3d}	185.4	0.47	3.5	832	780	659	606	536	483	429	357	301	244
台汛期	H _{1d}	57.0	0.48	4.0	277	258	216	197	173	154	136	111	93	74
	H _{24h}	65.5	0.48	4.0	318	297	248	227	199	177	156	128	106	85
	H _{3d}	87.9	0.60	4.0	567	525	427	385	330	288	247	194	154	116

说明：24 小时雨量对日雨量的改正系数为 1.15。

由表 2.2-3 中的设计暴雨计算成果可见，本流域暴雨分期规律极为明显，表现出典型的梅雨控制特点，年最大设计暴雨与梅汛期较接近，而梅汛期暴雨远大于台汛期暴雨，与表 2.2-2 中流域内所发生的前 10 位 1 日大暴雨均发生在梅汛期的结果相一致。因此认为，梅汛期是本流域的主汛期，梅汛期暴雨是形成本流域大洪水的主要成因。

3、设计暴雨成果合理性分析

(1) 各阶段设计暴雨成果比较

本次复核与水库 1969 年设计报告成果、2005 年安全鉴定洪水复核报告成果（水库面雨量资料采用 1952~2003 年共 52 年）比较见表 6.2-4。

由表 6.2-4 可见，1969 年设计报告最大设计暴雨较大，本次复核年最大 24h 设计暴雨结果与 2005 年安全鉴定成果较接近且略大。1969 年设计报告只列了设计暴雨成果，未介绍资料来源及计算方法，无法分析其成果的合理性，但从年限上看，当时所用数据系列比本次分析所采用的暴雨资料系列短。与 2005 年安全鉴定成果相比，从暴雨均值看，本次复核年最大 24h 降水量均值较 2005 年安全鉴定略有增加，年最大 3 日降水量均值较 2005 年安全鉴定略有减小；从面雨量统计资料来看，2010 年、2008 年发生了较大暴雨，一日暴雨分别排位在第 2 位、第 5 位，其余暴雨都发生在 2003 年之前。

基于 2003 年后水库的流域降水情况以及 2005 年安全鉴定报告成果，可认为

本次复核中年最大 24h 设计暴雨成果略有增大、年最大 3d 设计暴雨成果略有减小的结论是合理的。

不同阶段设计暴雨成果存在的差异，主要原因是由于采用的资料系列不同所致。本次设计暴雨资料从 1951 年~2015 年共 65 年，较 2005 年安全鉴定延长的 13 年，期间发生 2010 年、2008 年两次较大暴雨，本次复核采用的资料系列更加具有代表性。所以本次复核设计暴雨成果更加符合水库流域的实际情况，可用于设计洪水计算。

表 6.2-4 茅岗水库各阶段设计暴雨成果比较表（年最大）

设计阶段	降雨历时	均值	Cv	Cs/Cv	各频率（P%）设计暴雨（mm）						
		（mm）			0.01	0.1	0.2	0.5	2	10	20
①本次复核	H _{1d}	121.6	0.45	4.0	546	430	395	349	278	194	157
	H _{24h}	139.9	0.45	4.0	628	495	455	401	319	223	180
	H _{3d}	195.3	0.49	4.0	972	756	690	604	473	320	254
②1969 年设计	H _{24h}	/	/	/	/	/	/	513	391.5	/	/
	H _{3d}	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
③2005 年安全鉴定	H _{24h}	139.5	0.45	4.0	627.0	493.7	453.3	399.8	318.3	222.2	179.9
	H _{3d}	199.9	0.49	4.0	995.4	773.4	706.5	618	483.9	327.9	260.2
①②两阶段 差值（mm）	H _{24h}	/	/	/	/	/	/	-112	-72.5	/	/
	H _{3d}	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
①②两阶段 相对差（%）	H _{24h}	/	/	/	/	/	/	-27.9	-22.7	/	/
	H _{3d}	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
①③两阶段 差值（mm）	H _{24h}	0.4	/	/	1	1.3	1.7	1.2	0.7	0.8	0.1
	H _{3d}	-4.6	/	/	-23.4	-17.4	-16.5	-14.0	-10.9	-7.9	-6.2
①③两阶段 相对差（%）	H _{24h}	0.3	/	/	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.1
	H _{3d}	-2.3	/	/	-2.4	-2.3	-2.4	-2.3	-2.3	-2.5	-2.4

（2）与附近工程、查算图集成果比较

为对本次复核计算的设计暴雨成果进行检验，将本次复核成果与邻近芙蓉水库设计暴雨成果对比列于表 6.2-5；同时根据《浙江省短历时暴雨》图集的使用说明，通过在流域内查读一定的点数，取其均值，各历时设计值又通过点面系数折减，最终得到设计暴雨，将两种方法的成果列于表 6.2-6 以资比较。

与《暴雨图集》成果比较，本次复核根据实测降雨资料计算结果较查图成果大。本次暴雨统计方法为同场雨取样，资料系列从 1951 年~2015 年共 65 年逐年流域面雨量作频率分析，符合规范规定，较之查图法更加符合实际情况。故查图计算的设计暴雨成果主要用于分析比较，而未直接用于本次复核。从表 6.2-5 和

表 6.2-6 对比分析，茅岗水库与芙蓉水库均属于浙江省梅雨暴雨高值区，两水库工程所处地理位置的查图值与其设计暴雨成果是相对应的，所以本次设计暴雨成果在地区上是比较协调的。

表 6.2-5 本次复核成果与芙蓉水库设计暴雨成果比较表（年最大）

工程	集水面积 (km ²)	历时	均值 (mm)	C _v	C _s /C _v	各频率(%)设计暴雨(mm)						
						0.05	0.1	1	2	5	10	20
茅岗水库	30.1	H _{24h}	139.9	0.45	4.0	535	495	360	319	265	223	180
		H _{3d}	195.3	0.49	4.0	821	756	538	473	386	320	254
芙蓉水库	126	H _{24h}	113	0.45	3.5	414	385	285	254	213	181	148
		H _{3d}	171	0.40	3.5	557	520	395	356	304	263	219

表 6.2-6 本次复核成果与查图集设计暴雨成果比较表（年最大）

方法	历时	均值	C _v	C _s /C _v	各频率(%)设计暴雨(mm)								
					0.01	0.05	0.1	0.2	1	2	5	10	20
实测资料	H _{24h}	139.9	0.45	4.0	628	535	495	455	360	319	265	223	180
	H _{3d}	195.3	0.49	4.0	972	821	756	690	538	473	386	320	254
暴雨图集	H _{24h}	140	0.45	3.5	597	513	476	439	352	314	263	224	182
	H _{3d}	200	0.45	3.5	853	732	680	627	503	449	376	319	261

3、设计雨型

（1）日程分配

设计暴雨的日程分配，根据《浙江省短历时暴雨》的常规办法，最大一日排在第二天，第一天为（H_{3d}—H_{24h}）的 60%，第三天为（H_{3d}—H_{24h}）的 40%，见表 6.2-7。

表 6.2-7 设计暴雨日程分配表

日程	第一天	第二天	第三天
占（H _{3d} —H _{24h} ）（%）	60		
占 H _{24h} （%）		100	
占（H _{3d} —H _{24h} ）（%）			40

（2）时程分配

根据《浙江省可能最大暴雨图集》暴雨衰减指数 N_p 等值线图，结合水库除险加固工程初步设计报告，设计暴雨 N_p 值取用如下：

重现期 T≥100 年，N_p=0.60；

重现期 T<100 年，N_p=0.63。

根据暴雨公式计算各历时雨量，计算时段取 1h，相邻历时 (t_i) 雨量之差值，即为从大到小排列的时段雨量。最大一天降水量 24 小时雨型按下列规则排列：时段雨量老大项末时刻排在 21:00，时段雨量老二项排在老大项的左边；其余项从大到小奇数项排列在左边，偶数项排列在右边，当右边排满 24:00 后，余下各项时段雨量从大到小都排列在左边。其余二天 24 小时雨型同样按 24 小时雨型规则排列。

6.2.2 设计洪水

1、产流计算

我省属南方湿润地区，主要产流方式是蓄满产流，即在土壤满足田间持水量以前不产流，所有的降水都被土壤吸收；而在土壤满足田间持水量后，所有的降水（减去同期的蒸散发）都产流。在设计情况下，我省经验作法为：产流计算采用简易扣损法，假定土壤最大含水量为 100mm，土壤前期含水量为 75mm，则初损为 25mm。最大 24 小时雨量后损为 1mm/h，其余几日后损为 0.5mm/h。

2、汇流计算

茅岗水库集水面积 30.1km^2 ，根据《浙江省中小流域设计暴雨洪水图集》使用说明：集水面积小于 50 km^2 的特小流域，应选用浙江省推理公式法。本次复核采用浙江省推理公式计算设计洪水。由浙江省中小流域设计暴雨洪水图集，流域汇流时间及洪峰采用试算确定。茅岗水库坝址以上集雨面积 30.1km^2 ，主流长 8.47km，河道平均比降 35.47‰，取下垫面植被情况为一般型（浙江Ⅲ类），计算各频率汇流时间和洪峰流量见表 6.2-8。

表 6.2-8 茅岗水库洪峰流量和汇流时间成果表

分期	项目	单位	各频率(%)设计值									
			0.01	0.02	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20
年最大	洪峰流量	m ³ /s	1148.8	1074.9	868.1	796.5	672.7	603.5	578.5	456.0	363.4	276.5
	洪峰模数	m ³ /s/km ²	38.2	35.7	28.8	26.5	22.3	20.0	19.2	15.1	12.1	9.2
	3日洪量	万 m ³	2794.6	2593.5	2130.0	1927.4	1656.7	1454.9	1260.8	984.2	774.1	584.9
	汇流时间	h	1.48	1.51	1.59	1.63	1.69	1.75	1.77	1.87	1.97	2.10
梅汛期	洪峰流量	m ³ /s	1062.1	997.0	812.4	718.1	636.8	574.6	529.0	441.7	355.1	272.7
	洪峰模数	m ³ /s/km ²	35.3	33.1	27.0	23.8	21.1	19.1	17.6	14.7	11.8	9.0
	3日洪量	万 m ³	2362.1	2204.3	1821.1	1663.0	1450.0	1288.0	1114.7	896.4	715.7	552.9
	汇流时间	h	1.51	1.54	1.62	1.66	1.72	1.77	1.79	1.89	1.99	2.11
台汛期	洪峰流量	m ³ /s	508.4	474.1	375.5	342.8	283.8	252.6	238.4	182.1	150.3	110.1
	洪峰模数	m ³ /s/km ²	16.9	15.7	12.5	11.4	9.4	8.4	7.9	6.0	5.0	3.6
	3日洪量	万 m ³	1527.9	1400.6	1085.2	961.2	804.4	681.7	560.8	402.2	284.9	227.0
	汇流时间	h	1.81	1.85	1.95	2.01	2.09	2.16	2.20	2.34	2.48	2.66

6.2.3 设计洪水的比较

茅岗水库除险加固工程初设报告（2006年）中的设计洪水成果与2005年安全鉴定报告成果相同，故将该成果及1969年设计报告中数据与本次复核成果进行比较，列于表6.2-9。1969年设计成果较本次分析的设计洪水成果大，考虑到当时计算方法、参数等不明确，1969年成果只做参考；本次复核与除险加固工程初设报告（2006年）两次计算均采用浙江省推理公式法计算设计洪水，两者成果较接近但本次复核成果略大，这主要跟暴雨系列延长造成的设计暴雨成果变化以及浙江省推理公式法计算时采用的汇流参数不同有关。

另外，通过与其他相似工程相比，从洪峰流量与集水面积的一般规律来看，洪峰模数比较协调，设计洪水成果可认为合理可靠。

表 6.2-9 设计洪水成果比较表（年最大）

工 程	集水面 积(km ²)	项目	单位	各频率（%）设计值									
				0.01	0.02	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20
茅岗 (本次复核)	30.1	洪峰流量	m ³ /s	1149	1075	868	797	673	604	579	456	363	277
		洪峰模数	m ³ /s/km ²	38.2	35.7	28.8	26.5	22.3	20.0	19.2	15.1	12.1	9.2
茅岗(1969 年设计)	30.0	洪峰流量	m ³ /s					792		603			
		洪峰模数	m ³ /s/km ²					26.4		20.1			
茅岗(2005 年复核)	30.0	洪峰流量	m ³ /s	1120	1035	843	761	655		547		354	
		洪峰模数	m ³ /s/km ²	37.3	34.5	28.1	25.4	21.8		18.2		11.8	
芙蓉水库 (2015 年)	126	洪峰流量	m ³ /s			1521	1390		1069	973	779	620	485
		洪峰模数	m ³ /s/km ²			12.1	11.0		8.5	7.7	6.2	4.9	3.8
铜山源水库 (初步设计)	180	洪峰流量	m ³ /s			1929			1411	1264	1064	862	693
		洪峰模数	m ³ /s/km ²			10.7			7.84	7.02	5.91	4.79	3.85

6.3 调洪计算

6.3.1 调洪计算原理和基本资料

水库调洪计算原理采用静库容计算方法。泄洪设施为正常溢洪道、非常溢洪道及灌溉发电洞，泄流曲线采用 2006 年除险加固工程初设报告结果。

6.3.2 洪水调度原则和调洪计算

由于溢流坝段及非常溢洪道均无闸门控制，是否下泄取决于水库水位。水库正常水位为 301.04m，库水位达到 301.04m 而遭遇洪水，溢流坝段开始溢流，当水位超过 304.16m 时，非常溢洪道也开始宣泄洪水。

将本次复核结果与除险加固工程初设报告结果对比，见图 6.3-1。从图中可以看出，两者水位下泄能力关系相差不大：在水位约 304.84m 时，两者下泄量近似相等；在水位小于 304.84m 时，同水位情况下，初设阶段较本次复核大；在水位大于 304.84m 时，同水位情况下，初设阶段较本次复核小。

为偏安全考虑，本次调洪计算采用本次复核下泄能力。

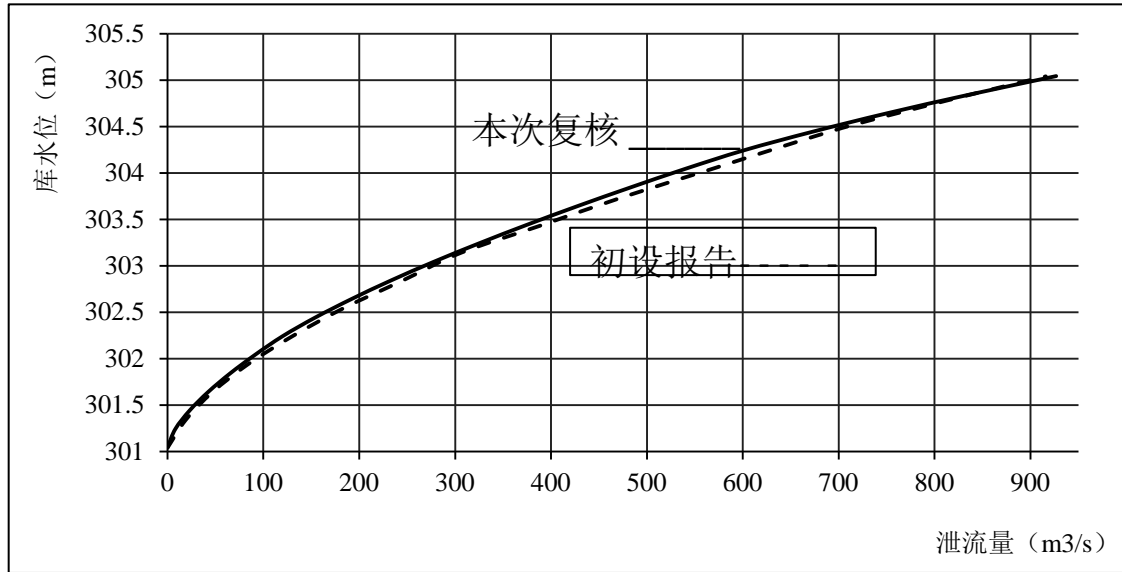


图 6.3-1 除险加固初设报告泄流量与本次复核结果对比图

6.3.3 调洪计算成果合理性分析

为便于分析比较,将本次调洪计算成果与除险加固工程初设阶段成果同列于一张表,见表 6.3-1。从表中可以看出,50 年一遇设计洪水位 303.77m,较除险加固工程初设阶段的设计洪水位 303.54m 高 0.23m;500 年一遇洪水位 304.41m,较除险加固工程初设阶段的洪水位 304.16m 高 0.25m;5000 年一遇校核洪水位 305.03m,较除险加固工程初设阶段的校核洪水位 304.91m 高 0.12m。造成两阶段调洪成果略有不同的主要原因是随着资料的延长,设计洪水的成果略有不同。

表 6.3-1 茅岗水库年最大调洪计算成果比较表

阶段	项目	各频率(%)计算值							
		0.02	0.1	0.2	0.5	2	5	10	20
除险加固工程初设	最高洪水位(m)	304.91	304.37	304.16	303.87	303.54	303.03	302.75	302.46
	相应库容(万 m ³)	1116	1082	1067	1050	1031	997	980	962
	最大泄量(m ³ /s)	864	661	602	515	425	284	227	169
本次复核	最高洪水位(m)	305.03	304.59	304.41	304.08	303.44	302.70	302.41	302.17
	相应库容(万 m ³)	1124	1096	1084	1064	1044	1020	1001	981
	最大泄量(m ³ /s)	919	728	659	552	467	364	285	217

6.4 防洪安全复核

6.4.1 超高计算

1、主坝

主坝为浆砌块石重力坝，重力坝坝顶应高于校核洪水位，坝顶上游防浪墙顶的高程应高于波浪顶高程，其与正常蓄水位或校核洪水位的高差，应选择两者中防浪墙顶高程的高者作为选定高程。

主坝坝顶超高计算成果见表 6.4-1。

表 6.4-1 主坝坝顶超高计算成果表

工况	W (m/s)	D (m)	$h_{1\%}$ (m)	h_z (m)	h_c (m)	y (m)
正常蓄水位	23.6	181	0.957	0.625	0.4	1.982
500 年一遇洪水位	15.7	181	0.521	0.278	0.3	1.099
校核洪水 (P=0.02%)	15.7	181	0.521	0.278	0.3	1.099

2、副坝

副坝为均质土坝。坝顶（防浪墙墙顶）高程等于水库静水位与超高之和，分别按以下运行情况计算，取其最大值：

- (1) 设计洪水位+正常运用情况的超高；
- (2) 校核洪水位+非常运用情况的超高。

坝顶高程为 306.27m，并且在正常运用条件下坝顶应高出静水位 0.5m，在非常运用条件下，坝顶应不低于静水位。

副坝坝顶超高计算成果见表 6.4-2。

表 6.4-2 副坝坝顶超高计算成果表

工况	W (m/s)	D (m)	R (m)	A (m)	e (m)	y (m)
正常蓄水位	23.55	181	1.122	0.7	0.092	1.914
设计洪水 (P=1%)	23.55	181	1.091	0.7	0.043	1.834
校核洪水 (P=0.05%)	15.7	181	0.609	0.4	0.015	1.024

6.4.2 坝顶高程计算

坝顶高程计算成果见表 6.4-1、6.4-2。

表 6.4-1 主坝坝顶高程复核计算表

项目 \ 工况		正常蓄水位	校核洪水位 P=0.02%
最高洪水位 (m)		301.043	305.03
坝顶超高	累积频率 1% 的波浪高 (m)	0.957	0.521
	波浪中心线差 (m)	0.625	0.278
	安全超高 (m)	0.400	0.300
合计超高 (m)		1.982	1.099
要求坝顶高程 (m)		/	305.03
要求防浪墙顶高程 (m)		303.025	306.129
现坝顶高程 (m)		305.043 (满足)	
现防浪墙顶高程 (m)		306.143 (满足)	

表 6.4-2 副坝坝顶高程复核计算表

项目 \ 工况		正常蓄水位	设计洪水位 P=2%	校核洪水位 P=0.02%
最高洪水位 (m)		301.043	303.77	305.03
坝顶超高	波浪爬高 (m)	1.122	1.091	0.609
	最大风壅高 (m)	0.092	0.043	0.015
	安全超高 (m)	0.700	0.700	0.400
合计超高 (m)		1.914	1.834	1.024
要求坝顶高程 (m)		302.957	305.604	306.054
现坝顶高程 (m)		306.27 (满足)		

茅岗水库主坝现有坝顶高程 305.043m, 高于校核洪水位(P=0.02%)305.03m, 防浪墙顶高程 306.143m, 高于计算防浪墙顶高程 306.129m; 副坝现有坝顶高程 306.27m, 高于计算要求坝顶高程 306.054m。因此, 茅岗水库现有防洪标准满足 50 年一遇设计、5000 年一遇校核要求。从洪水复核来看, 水库大坝坝顶高程已能满足防洪安全要求。

6.5 结论

1、茅岗水库总库容 1116 万 m^3 , 为中型水库, 属 III 等工程, 主要水工建筑物的级别为 3 级, 其防洪标准 (重现期): 设计为 100~50 年, 校核为 1000~500 年。本工程除险加固初设报告采用设计标准为 50 年一遇, 校核标准为 5000 年一遇, 满足规范要求。

2、本次复核洪水较除险加固初设报告略大，这主要跟暴雨系列延长造成的设计暴雨成果变化以及浙江省推理公式法计算时采用的汇流参数不同有关。考虑调洪结果，原设计洪水可暂不调整。

3、大坝溢流坝段及非常溢洪道均无闸门控制，洪水下泄取决于水库水位。通过对溢洪道泄流能力的计算及比较，本次复核的泄流能力与原设计相差不大，泄流能力满足安全泄洪的要求。

4、本次防洪能力复核采用本次复核特征水位。本工程主坝现有坝顶高程 305.043m，高于校核洪水位（ $P=0.02\%$ ）305.03m，防浪墙顶高程 306.143m，高于计算防浪墙顶高程 306.129m；副坝现有坝顶高程 306.27m，高于计算要求坝顶高程 306.054m。因此，茅岗水库现有防洪标准满足 50 年一遇设计、5000 年一遇校核要求。

综上所述，根据《水库大坝安全评价导则》（SL 258-2017），茅岗水库防洪安全性评价为“A”级。

7 渗流安全评价

7.1 主坝渗流安全评价

7.1.1 坝基渗流安全评价

1、坝基于 1973 年进行帷幕灌浆防渗处理，中间段布置一排帷幕孔，两坝肩布置两排帷幕孔，孔距 1.5m，帷幕深度一般 20m。坝趾处进行固结灌浆，三排孔，孔距 1.5~2.0m，排距 6m，深度 5m。灌浆后，经压水试验，左坝段坝基表层 4.5~9.0m 内岩体透水率为 7.63~13.6Lu，大于 5Lu，不满足规范要求；右坝段坝基岩体透水率小于 5Lu，满足规范要求。2006 年除险加固，进行主坝帷幕灌浆，主坝廊道内从 16#~35#，共 20 孔；左非溢流坝段从 1#~15#，共 15 孔；右非溢流坝段从 36#~53#，共 18 孔。在坝基上游设防渗帷幕，伸入相对不透水层 5m，左右坝肩延伸至相对不透水层与正常水位相交处。沿坝轴线设一排防渗帷幕，帷幕向上游偏 3.3°，帷幕孔距为 2.5m，灌浆压力 1.0MPa，帷幕灌浆孔布置满足规范要求。根据检查孔压水和注浆试验，坝基透水率满足规范要求 ($\leq 5\text{Lu}$)。

2、为减少坝基扬压力，在坝基防渗帷幕下游（廊道内）设置 17 只排水孔，在施工期间采用手工炮杆造孔，用无砂混凝土管与坝体廊道连接，渗流汇集在廊道排水沟，再由排水总管排出坝体。由于本工程为浆砌块石重力坝，坝体本身为透水体，坝基渗水大部分通过坝体排除，坝基排水孔大部分无水。

3、结合渗流监测资料分析，廊道各测压管扬压力年变幅总体较小，且年均值无明显增大趋势，扬压力总体稳定。廊道各测压管扬压力系数基本满足规范要求，且无增大趋势。部分测压管（U6、U7、U8）水位当库水位较低时偏大，建议高水位下加强观测。

7.1.2 坝体渗流安全评价

1、2006 年除险加固对主坝右非溢流坝段进行主坝坝体充填灌浆。根据充填灌浆质量检查孔压水和注浆试验成果，主坝右非溢流坝段 0+85.76（37~38#）处第一段透水率为 5Lu，第二段为 1Lu，第三段为 5.0Lu，第四段为 3.0Lu。主坝右非溢流坝段 0+115.76（49~50#）处第一段透水率为 0.44Lu，第二段为 0.17Lu。

试验结果均能满足规范要求 ($q \leq 5Lu$)。

2、茅岗水库主坝防渗采用的是在坝体上游面设置混凝土防渗面板，并在防渗面板外部做高频振捣钢丝网水泥面板。上游防渗面板厚度与水头的最小比值为 $1/24$ ，满足规范要求 ($\geq 1/30 \sim 1/60$)；顶部厚度为 $0.5m$ ，满足规范要求 ($\geq 0.3m$)。本次现场检查，溢流坝段上游防渗面板局部破损，尚不影响面板整体防渗。

3、在原混凝土面板外部做高频振捣钢丝网水泥面板，高频振捣防渗面板伸缩缝内填“SR”柔性止水材料，表面粘贴 SR 三元乙丙防渗盖片，周边用 $30mm$ 宽 $2mm$ 厚不锈钢片和 M8 不锈钢膨胀螺栓与面板固定，面板裂缝两侧各 $15cm$ 范围内用毛刷或钢丝刷去除浮尘、油污等杂物，沿裂缝表面涂刷 $20cm$ 宽厚 $0.8 \sim 1.0mm$ 弹性环氧涂料。原混凝土面板设三条温度竖缝，采用沥青井、止水橡皮及沥青麻片的联合防渗措施。

4、现场检查主坝左非溢流坝段下游坝面有 4 处渗水，并有析出物渗出。溢流面反弧段下部最低位置有 1 条垂直水流向裂缝，贯穿第 1 块~第 5 块溢流面反弧段，缝宽 $0.30 \sim 0.50mm$ ，贯穿至廊道，廊道顶部存在漏水，建议及时处理。

5、经除险加固处理（坝体充填灌浆、坝基帷幕灌浆、坝体上游防渗面板加固），坝基及岸坡形成封闭的防渗系统。结合坝体渗流监测资料分析，廊道总渗流量变化规律正常。2007~2018 年度非溢洪期内，廊道总渗流量变化稳定，无明显增加趋势；廊道左侧渗流量大于右侧，且左侧渗流量较为稳定，而右侧渗流量趋近于 $0mL/s$ 。2006 年除险加固仅对右非溢流坝段进行了坝体充填灌浆，廊道右侧总渗流量在除险加固后明显减小，表明除险加固右非溢流坝段坝体充填灌浆防渗效果较好。除险加固前后廊道左侧总渗流量未有明显变化。

7.2 副坝渗流安全评价

7.2.1 坝基防渗处理

1969~1977 建库期间，副坝纵轴线清基不彻底，接触带属中等透水性，存在接触渗漏问题。坝基和左右坝肩全、强风化带厚，工程地质条件较差，并以中等透水性为主，局部弱透水性，存在坝基渗漏和绕坝渗漏。除险加固未针对副坝进行坝基处理。

7.2.2 坝体防渗质量

1、副坝为粘土均质坝，副坝填土为粉质粘土，根据 2004 年室内渗透试验成果，该均质坝坝体填土以弱~微透水为主，少量中等透水，防渗性能基本满足规范要求。

2、副坝上游护坡与坝壳之间设厚 0.3m 的砂卵石反滤层，坝趾处设排水棱体，上下游均设护坡，各防渗结构设置满足规范要求。

7.2.3 渗流状态现场检查

副坝防渗和反滤排水设施完善。现场检查坝脚、岸坡均未发现明显渗水点，从历史运行情况来看，未发现异常渗流情况存在，大坝渗流正常。

7.2.4 渗流安全复核

1、本次针对大坝河床段采用有限单元法，建立有限元计算模型。

根据 2005 年安全鉴定期间的工程地质勘察报告，并参考类似工程经验，确定坝体及坝基材料的渗透系数。

2、根据《碾压式土石坝设计规范》（SL274-2001）有关规定确定计算工况如表 7.2-1 所示。

表 7.2-1 副坝渗流稳定分析工况表

工况编号	上游水位	下游水位	渗流情况	备注
1	设计洪水位 303.54m	298.34m	稳定渗流	正常运用条件
2	校核洪水位 304.91m	298.34m	稳定渗流	非常运用条件 I
3	校核洪水位（304.91m）骤降至堰顶高程（301.04m）	298.34m	骤降	非常运用条件 I

3、渗透稳定复核结果表明，

（1）各工况下渗流浸润线出逸段均位于坝体②粉质粘土和③粉质粘土交界处附近，并从排水棱体出逸，对下游坝坡的稳定无不利影响。主要因为坝趾排水棱体反滤排水较好，有利于渗水排出。

（2）设计洪水位工况和校核洪水位工况下坝体最大渗透比降分别为 0.453 和 0.513 均小于允许渗透比降，满足渗透稳定要求；渗流出逸段最大渗透坡降分别为 0.269 和 0.458，均小于允许渗透比降，满足渗透稳定要求。

(3) 库水位骤降工况下坝体最大渗透比降为 0.603, 小于允许渗透比降, 满足渗透稳定要求; 渗流出逸段最大渗透坡降为 0.266, 小于允许渗透比降, 满足渗透稳定要求。

(4) 基岩渗透坡降在设计洪水位、校核洪水位和库水位骤降工况下最大渗透比降分别为 0.241、0.354 和 0.096, 均小于相应允许渗透比降, 满足渗透稳定要求。

4、结合现场检查与检测成果及历史运行情况可知, 未发现异常渗流情况存在。

7.3 其他建筑物渗流安全评价

7.3.1 非常溢洪道

1、堰体基础进行帷幕灌浆, 设一排防渗帷幕, 帷幕孔距 3m, 灌浆压力 0.5MPa, 两边各向岸坡延伸 10m。帷幕孔距及灌浆压力满足规范要求。

2、根据帷幕灌浆质量检查孔压水和注浆试验成果, 非常溢洪道 0+04.5 (6#~7#) 处第一段透水率为 1.5Lu, 第二段为 0.51Lu; 非常溢洪道左 0+34.5 (17#~18#) 处第一段透水率为 1.15Lu。均能满足规范要求 ($q \leq 5Lu$)。

3、除险加固后发现在 2#~3#堰段高程 300m 处有三处渗漏点, 下游 43m 泄槽底板左侧有渗水点。本次现场检查未发现明显渗水点。

7.3.2 灌溉发电输水隧洞

现场检查时输水隧洞位于水下, 因发电输水隧洞无法进入检查。根据管理情况, 目前电站运行期间未出现明显异常。

7.4 结论

1、主坝充填灌浆、帷幕灌浆及防渗面板加固效果较好, 坝基及岸坡已形成封闭的防渗系统; 坝体渗漏量随库水位呈周期性变化, 坝体渗漏量变化规律基本正常, 坝体渗漏量总体稳定。

2、现场检查主坝左非溢流坝段下游坝面有 4 处渗水, 并有析出物渗出。溢流面反弧段下部最低位置有 1 条垂直水流向裂缝, 贯穿第 1 块~第 5 块溢流面反

弧段，下面廊道存在漏水。现场检查与检测期间未发现副坝坝脚、岸坡等处有明显渗水点，副坝渗流稳定。从历史运行情况来看，未发现异常渗流情况存在。

3、副坝防渗和反滤排水设施完善。从现场检查与检测期间及历史运行情况来看，未发现异常渗流情况存在。经有限元计算，各工况下，副坝渗流浸润线均未在下游坝面出逸，坝体、坝基渗透比降均小于相应允许渗透比降，满足渗透稳定要求。坝脚设有排水棱体，有利于渗水排出。

4、非常溢洪道堰体基础帷幕质量满足规范要求，现场未发现渗流异常。

5、灌溉发电输水隧洞运行期间未出现明显异常。

综上所述，本工程主、副坝防渗设施基本完善。主坝溢流堰面存在贯穿裂缝，泄洪时漏水，部分测压管低水位时扬压力系数较大，目前尚不严重影响大坝安全，根据《水库大坝安全评价导则》（SL 258-2017），茅岗水库大坝渗流性态基本安全，评为“B”级。

8 结构安全评价

8.1 主坝结构安全评价

8.1.1 主坝强度安全复核

1、计算方法

茅岗水库主坝最大坝高 42m，属中坝。对各坝段的强度复核方法为：

（1）对左非溢流坝段及溢流坝段强度复核采用《浆砌石坝设计规范》（SL25-2006）所规定的材料力学方法，不考虑地基变形对坝体应力的影响，认为各坝段独立工作，假定坝体水平截面上的垂直正应力 σ_y 呈直线分布，不考虑廊道对坝体应力的影响。

（2）右非溢流坝段上游部位为浆砌石重力墙，且该重力墙结构为各向同性的均质体。下游为堆石体，对重力墙进行强度复核，计算方法同上。重力墙后部的堆石体采用库仑土压力理论，计算堆石体作用于重力墙的主动土压力。

2、计算断面

分别在溢流坝段、左非溢流坝段和右非溢流坝段上各取一个典型的计算断面，进行坝体应力计算。根据《浆砌石坝设计规范》（SL 25-2006），各计算截面选取情况见表 8.1-1。在进行计算时，对单位宽度（1m）坝段进行应力分析。

表 8.1-1 各坝段计算截面高程（m）

坝段 \ 截面	左非溢流坝段	溢流坝段	右非溢流坝段
1#	263.04	263.04	273.04
2#	301.04	274.24	301.04
3#	304.09	279.97	304.09

3、计算工况及荷载组合

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001），枢纽区地震动峰值加速度为 0.05g，相应地震基本烈度值为 VI 度，地震动反应谱特征周期 0.35s，也不进行抗震稳定复核，应力计算工况计算基本荷载和特殊荷载两类。各计算断面的荷载组合情况见表 8.1-2。

表 8.1-2 各计算断面荷载组合

计算断面	计算水位	静水压力	坝体自重	扬压力	淤沙压力	浪压力	动水压力	土压力
溢流坝段	正常	√	√	√	√	√	-	—
	设计	√	√	√	√	√	√	—
	校核	√	√	√	√	√	√	—
左非溢流坝段	正常	√	√	√	√	√	—	—
	设计	√	√	√	√	√	—	—
	校核	√	√	√	√	√	—	—
右非溢流坝段重力墙	正常	√	√	√	√	√	—	√
	设计	√	√	√	√	√	—	√
	校核	√	√	√	√	√	—	√

4、坝体应力计算成果分析

茅岗水库大坝各坝段坝体控制应力成果见表 8.1-3。各坝段应力分析如表 8.1-4~表 8.1-5 所示。

表 8.1-3 溢流坝段坝体控制应力计算成果表

应力控制值	荷载组合	发生部位		应力值 (MPa)	规范要求
		截面高程 (m)	上游/下游		
坝趾最大垂直正应力	设计洪水位	263.04	下游面	0.56	≤3.2
坝踵最小	设计洪水位	273.04	上游面	0.25	>0
坝体最大主应力	校核洪水位	279.97	下游面	0.573	≤3.2
坝体最小主应力	校核洪水位	279.97	上游面	-0.007	>0

表 8.1-4 左非溢流坝段坝体控制应力计算成果表

应力控制值	荷载组合	发生部位		应力值 (MPa)	规范要求
		截面高程 (m)	上游/下游		
坝趾最大垂直正应力	校核洪水位	263.04	下游面	0.544	≤3.2
坝踵最小	校核洪水位	263.04	上游面	0.239	>0
坝体最大主应力	校核洪水位	301.04	下游面	0.043	≤3.2
坝体最小主应力	校核洪水位	0.011	上游面	0.011	>0

表 8.1-5 右非溢流坝段坝体控制应力计算成果表

应力控制值	荷载组合	发生部位		应力值 (MPa)	规范要求
		截面高程(m)	上游/下游		
坝趾最大垂直正应力	校核洪水位	273.04	下游面	1.413	≤ 3.2
坝踵最小	正常蓄水位	273.04	上游面	0.029	> 0
坝体最大主应力	校核洪水位	301.04	下游面	0.118	≤ 3.2
坝体最小主应力	校核洪水位	304.09	上游面	0.011	> 0

由表 8.1-3~8.1-5 可知,本工程主坝坝体左非溢流坝段及右非溢流坝段应力结果满足规范要求;溢流坝段上游防渗面板局部出现拉应力,坝体最大拉应力为 0.007MPa,由于拉应力比较小,对防渗面板结构影响不大,可以认为溢流坝段坝体应力基本满足规范要求。

8.1.2 主坝坝体稳定复核

1、计算断面

茅岗水库坝地质比较复杂,左、右非溢流坝段坝基及河床坝段坝基情况都不相同,因此,在左、右非溢流坝段坝基及河床坝段坝基各取一个典型计算断面,对坝体抗滑稳定进行复核。

2、计算截面

根据《水库大坝安全评价导则》(SL258-2017)和《砌石坝设计规范》(SL25-2006),结合坝体实际构造,分别对左、右非溢流坝段和溢流坝段确定稳定复核计算截面如表 8.1-7 所示。

表 8.1-7 主坝各坝段稳定复核计算截面高程 (m)

截面号	左非溢流坝段	溢流坝段	右非溢流坝段	备注
1#	263.04	263.04	273.04	垫层混凝土与基岩接触面
2#	263.74	263.74	273.74	砌石体与垫层混凝土接触面
3#	268.74	268.74	278.74	砌石体之间滑动面
4#	273.74	273.74	283.74	
5#	278.74	278.74	288.74	
6#	283.74	283.74	293.74	
7#	288.74	288.74	298.74	
8#	293.74	293.74	/	

注:以上单位均为 m。

3、复核标准和计算参数

茅岗水库总库容 1116 万 m^3 ，根据《防洪标准》(GB 50201-2014)和《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252-2017)，茅岗水库属中型水库，为 III 等工程，主要水工建筑物的级别为 3 级，其防洪标准（重现期）：设计为 100~50 年，校核为 1000~500 年。根据《砌石坝设计规范》(SL25-2006)，采用上述抗滑稳定安全系数公式计算坝体安全系数时，基本荷载组合条件下抗滑稳定的安全系数不小于 3.00，特殊荷载组合条件下应不小于 2.50。

根据地质勘探成果选择计算参数，具体参数选取见《茅岗水库大坝结构安全评价报告》。

4、主坝稳定复核计算结果

(1) 垫层混凝土与基岩接触面

各坝段垫层混凝土与基岩接触面抗滑稳定计算结果见表 8.1-8。从计算成果中可以看出：溢流坝段和非溢流坝段垫层混凝土与基岩接触面的抗滑稳定安全系数均满足规范要求，且抗滑移定安全系数裕度较大。

表 8.1-8 各坝段垫层混凝土与基岩接触面抗滑稳定复核成果表

坝段	工况	K'	规范要求值
溢流坝段	正常蓄水位	6.31	3.0
	设计水位	5.487	3.0
	校核水位	5.138	2.5
左非溢流坝段	正常蓄水位	4.338	3.0
	设计水位	3.792	3.0
	校核水位	3.541	2.5
右非溢流坝段	正常蓄水位	6.748	3.0
	设计水位	5.221	3.0
	校核水位	4.614	2.5

(2) 砌石体与垫层混凝土接触面

各坝段砌石体与垫层混凝土接触面抗滑稳定计算结果见表 8.1-9。从计算成果中可以看出：溢流坝段和非溢流坝段砌石体与垫层混凝土接触面的抗滑稳定安全系数均满足规范要求，且抗滑移定安全系数裕度较大。

表 8.1-9 各坝段砌石体与垫层混凝土接触面抗滑稳定复核成果表

坝段	工况	K'	规范要求值
溢流坝段	正常蓄水位	7.886	3
	设计水位	6.83	3
	校核水位	6.452	2.5
左非溢流坝段	正常蓄水位	7.08	3
	设计水位	6.174	3
	校核水位	5.77	2.5
右非溢流坝段	正常蓄水位	11.245	3
	设计水位	8.604	3
	校核水位	7.565	2.5

(3) 砌石体之间滑动面

各坝段砌石体之间滑动面抗滑稳定计算结果见表 8.1-10。从计算成果中可以看出：溢流坝段和非溢流坝段砌石体之间滑动面的抗滑稳定安全系数均满足规范要求，且抗滑稳定安全系数裕度较大。

表 8.1-10 各坝段砌石体之间滑动面抗滑稳定复核成果表

坝段	工况	各截面高程 (m) 下的 K' 值							规范要求 K' 值
		268.74	273.74	278.74	283.74	288.74	293.74	298.74	
溢流坝段	正常蓄水位	9.856	12.832	11.825	15.293	23.324	47.297	-	3
	设计水位	8.38	10.605	9.403	11.433	15.653	25.204	-	3
	校核水位	7.67	9.623	8.38	9.913	12.972	19.141	-	2.5
左非溢流坝段	正常蓄水位	8.214	9.77	12.156	16.223	24.474	47.643	-	3
	设计水位	7.023	8.138	9.759	12.316	16.893	27.099	-	3
	校核水位	6.463	7.413	8.738	10.752	14.163	21.075	-	2.5
右非溢流坝段	正常蓄水位	-	-	14.255	19.66	32.053	77.898	2188.4	3
	设计水位	-	-	10.264	12.889	17.743	29.057	70.637	3
	校核水位	-	-	8.804	10.672	13.887	20.529	39.998	2.5

8.1.3 坝顶高程和宽度复核

1、根据《开化县茅岗水库大坝防洪能力复核报告》，茅岗水库主坝现有坝顶高程 305.043m，高于校核洪水位 ($P=0.02\%$) 305.03m，防浪墙顶高程 306.143m，高于计算防浪墙顶高程 306.129m。因此，茅岗水库主坝现有防洪标准满足 50 年一遇设计、5000 年一遇校核要求。从洪水复核来看，主坝坝顶高程已能满足防

洪安全要求。

2、本工程主坝左、右非溢流坝段坝顶宽度 3.5m，大于 3.0m，满足规范要求。溢流坝段坝顶设置有长度 50m，宽为 3.2m 的 4 跨钢筋混凝土结构平板交通桥，满足规范要求。

8.1.4 现场检查及检测情况

主坝结构整体较好，前期修补的裂缝表面弹性环氧涂料破损，部分面板缝 SR 保护盖片两侧翘起。左非溢流坝段下游坝面局部有渗水、勾缝砂浆剥落现象。溢流坝段上游面板局部破损，堰面局部存在混凝土砂浆剥落、石子裸露等现象，反弧段有上下贯穿性裂缝，且廊道顶部裂缝渗水。放空洞出口混凝土局部破损。

8.1.5 变形监测资料分析

1、坝顶各测点水平位移测值在一定程度上受库水位变化影响，各测点的水平位移以 0mm 为中心呈波动变化，无明显上升或下降趋势。各测点水平位移的变化在大坝混凝土的弹性变化范围之内。

2、坝顶各测点竖向位移测值主要受库区温度影响，符合混凝土重力坝温度变形的一般特征，竖向位移变化均在正常范围内。

8.2 副坝结构安全评价

8.2.1 副坝坝体稳定复核

1、复核方法

本次复核通过简化的毕肖普法（Simplified Bishop），采用标准横断面进行计算。根据规范要求确定副坝坝坡抗滑稳定分析工况如表 8.2-1 所示。可能滑动面上的孔隙水压力，在稳定渗流期及库水位快速降落期，均根据渗流计算确定坝体内孔隙水压力的分布状态及大小。坝体各层土物理力学指标按地质勘探成果进行选取。

表 8.2-1 副坝坝坡抗滑稳定分析工况表

工况编号	上游水位	下游水位	渗流情况	备注
------	------	------	------	----

1	设计洪水位 303.54m	298.34m	稳定渗流	正常运用条件
2	校核洪水位 304.91m	298.34m	稳定渗流	非常运用条件 I
3	校核洪水位 (304.91m) 骤降至堰顶高程 (301.04m)	298.34m	骤降	非常运用条件 I

2、计算结果与分析

采用简化毕肖普法计算分析成果见表 8.2-2。

表 8.2-2 茅岗水库副坝坝坡稳定分析结果

工况编号	计算方法	滑弧半径 (m)	安全系数 K	规范要求值	滑弧位置图
1	毕肖普法	16.551	2.239	1.30	图 4-2
2	毕肖普法	24.096	2.178	1.20	图 4-3
3	毕肖普法	20.351	1.718	1.20	图 4-4

由上表可见：

1、在设计水位时，副坝下游坝坡发生破坏，滑弧半径 16.551m，安全系数 2.239，大于规范要求值 1.30，满足规范要求。

2、在校核水位时，副坝下游坝坡发生破坏，滑弧半径 24.096m，安全系数 2.178，大于规范要求值 1.20，满足规范要求。

3、库水位由校核水位骤降至主坝堰顶高程时，副坝上游坝坡发生破坏，滑弧半径 20.351，安全系数 1.718，满足规范要求。

综上所述，在不同工况下，副坝坝坡的抗滑稳定安全系数均大于规范要求值。故上、下游坝坡的抗滑稳定满足要求。

8.2.2 坝顶高程和坝顶宽度复核

1、根据《开化县茅岗水库大坝防洪能力复核报告》，茅岗水库副坝现有坝顶高程 306.27m，高于计算要求坝顶高程 306.054m。因此，茅岗水库副坝现有防洪标准满足 50 年一遇设计、5000 年一遇校核要求。从洪水复核来看，主坝坝顶高程已能满足防洪安全要求。

2、本工程副坝坝顶宽 5m，满足规范要求（5~10m）。

8.2.3 上游护坡复核

根据《碾压式土石坝设计规范》（SL274-2001）要求，“上下游护坡可采用堆

石、干砌石、预制或现浇混凝土等；覆盖范围自坝顶起至死水位下不宜小于 2.5m，最低水位不确定时护至坝脚。”上游护坡厚 0.12m，采用 C25 砼预制块，护至坝踵；上游护坡材料、覆盖范围等均能满足规范要求。

8.2.4 现场检查及检测情况

副坝总体稳定。坝顶整体平整，两岸坝肩稳定；上下游坝坡预制块护坡及坝脚排水棱体、岸坡排水沟混凝土完好。

8.3 泄水建筑物泄流安全评价

8.3.1 泄洪设施泄流能力安全复核

泄水建筑物有正常溢洪道、非常溢洪道及灌溉发电洞。正常溢洪道为坝顶开敞式正堰溢洪道，堰型为实用堰，堰顶高程为 301.043m，堰顶宽 50m，交通桥墩宽 3×0.8m，过水净宽 47.6m；非常溢洪道为开敞式 WES 曲线型实用堰，启用标准为 500 年一遇洪水，堰顶高程为 304.16m，堰上设计水头为 0.75m，直线段坡比为 1:0.7；灌溉发电洞最大发电引水流量为 3.16m³/s，调洪时不考虑该流量。

1、本次复核

水库水位与溢流坝段下泄流量关系见表 8.3-1。

表 8.3-1 水库水位与溢流坝段泄流能力关系表（本次复核）

水位（m）	301.04	301.24	301.44	301.64	301.84	302.04	302.24
泄流量（m ³ /s）	0	8.2	23.2	42.6	65.6	91.5	120.2
水位（m）	302.44	302.64	302.84	303.04	303.24	303.44	303.64
泄流量（m ³ /s）	154.1	192.1	233.3	277.7	325.5	375.3	427.7
水位（m）	303.84	304.04	304.24	304.44	304.64	304.84	305.04
泄流量（m ³ /s）	482.6	539.7	599.0	660.5	721.8	785.1	850.4

水库水位与非常溢洪道下泄流量关系见表 4.1-2。

表 8.3-2 水库水位与非常溢洪道泄流能力关系表（本次复核）

水位 (m)	304.16	304.24	304.44	304.64	304.84	305.04
泄流量 (m ³ /s)	0	1.9	11.9	28.8	50.9	76.4

本工程水库水位与下泄能力关系见表 4.1-3。

表 8.3-3 水库水位与总泄流能力关系表（本次复核）

水位 (m)	301.04	301.24	301.44	301.64	301.84	302.04	302.24
泄流量 (m ³ /s)	0	8.2	23.2	42.6	65.6	91.5	120.2
水位 (m)	302.44	302.64	302.84	303.04	303.24	303.44	303.64
泄流量 (m ³ /s)	154.1	192.1	233.3	277.7	325.5	375.3	427.7
水位 (m)	303.84	304.04	304.24	304.44	304.64	304.84	305.04
泄流量 (m ³ /s)	482.6	539.7	599.0	660.5	721.8	785.1	850.4

2、除险加固工程初设报告结果

除险加固工程初设报告中库水位与下泄流量关系见表 8.3-4。

表 8.3-4 水库水位与泄流能力关系表（除险加固初设报告）

水位 (m)	301.04	301.34	301.64	301.94	302.24	302.54	302.84	303.14
泄流量 (m ³ /s)	0	19	47	84	130	183	245	306
水位 (m)	303.44	303.74	304.04	304.34	304.54	304.84	305.04	
泄流量 (m ³ /s)	391	475	567	658	723	836	916	

3、本次复核与除险加固初设报告成果对比

将本次复核结果与除险加固工程初设报告结果（见表 8.3-4）对比，可以看出，两者水位~下泄能力关系相差不大。泄洪设施泄洪能力满足设计要求。

8.3.2 正常溢洪道消能防冲复核

根据《混凝土重力坝设计规范》（SL 319-2005）和《溢洪道设计规范》（SL 253-2000）要求进行挑流消能复核，计算成果见表 8.3-5。从表可知，在上游分别为设计洪水位和校核洪水位工况时，总挑距与冲坑深度之比均大于 2.5，满足规范要求，溢洪道泄洪不会影响安全。

表 8.3-5 挑距与冲坑深度复核计算成果表

工况	下泄流量 (m ³ /s)	下游水位 (m)	水舌抛距 (m)	水垫厚度 (m)	冲坑深度 (m)	总挑距/冲坑深度
设计水位	470	265.64	74.942	10.650	9.050	8.28
校核水位	850	269.38	79.202	14.093	8.753	9.05

8.3.3 现场检查及检测情况

非常溢洪道整体结构较好，底板局部存在砂浆剥落、石子裸露、开裂等现象，泄洪槽右岸边坡整体稳定。

8.4 进水口结构安全评价

根据现场检查和检测，灌溉发电输水隧洞进水口启闭平台梁板混凝土结构外观完整，无裂缝、露筋、破损现象。进水口左侧墙混凝土局部砂浆剥落、石子裸露。进水口右侧墙混凝土局部砂浆剥落、石子裸露。进水口左、右侧墙之间连系梁外观完整。进水口启闭平台左、右排架柱外观基本完整，但局部砂浆剥落、石子裸露。

8.5 结论

1、本工程主坝各坝段坝顶高程和坝顶宽度满足规范要求。根据大坝监测资料分析，大坝水平位移和竖向位移变化稳定。经计算，主坝左非溢流坝段及右非溢流坝段应力结果满足规范要求，溢流坝段上游防渗面板局部出现较小的拉应力，坝体应力基本满足规范要求。溢流坝段和非溢流坝段沿垫层混凝土与基岩接触面的滑动、沿砌石体与垫层混凝土接触面的滑动、砌石体之间的滑动抗滑稳定安全系数均能满足规范要求。

2、本工程副坝坝顶宽度、上游护坡材料、覆盖范围等均能满足规范要求。经计算，在设计洪水位和校核洪水位情况下，副坝下游坝坡发生破坏，稳定安全系数分别为 2.239 和 2.178，满足规范要求。在库水位骤降期间，副坝上游坝坡发生破坏，稳定安全系数为 1.718，满足规范要求。

3、将本次泄流能力复核结果与除险加固工程初设报告结果对比可知，两者水位~下泄能力相差不大，泄洪设施泄洪能力满足设计要求。在上游分别为设计洪水位和校核洪水位工况时，泄流总挑距与冲坑深度之比均大于 2.5，满足规范要求，正常溢流道泄洪不会影响安全。

4、灌溉发电输水隧洞进水口启闭平台梁板混凝土结构、进水口左、右侧墙之间连系梁、进水口左、右排架柱外观完整，但进水口左、右砂浆和左、右排架

柱均有不同程度局部砂浆剥落现象。

综上所述，本工程主坝坝体强度及抗滑稳定、副坝抗滑稳定、泄水建筑物泄流安全均能满足规范要求，且主坝变形规律正常，现场检查及检测情况较好，认为大坝结构安全，评为“A”级。

9 抗震安全评价

工程区属区域构造相对稳定区，根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），区域设防水准为 50 年超越概率 10%的地震动参数：地震动峰值加速度为 0.05g（相应地震基本烈度为Ⅵ度），地震动反应谱特征周期为 0.35s。可不进行抗震复核。

10 金属结构安全评价

10.1 钢闸门安全评价

2017年8月2日~8月4日、2018年1月4日，项目组对开化县茅岗水库工程闸门及启闭设备进行现场安全检查和检测。由于缺少原设计图纸，钢闸门评价以现场安全检查和检测为主。

10.1.1 进水口事故闸门

1、闸门结构完整，门体整体无变形，但面板、梁板、翼板、吊耳、连接螺栓、止水压板、主行走支乘、侧向支乘等构件局部防腐涂层脱落、表面锈蚀，底侧止水橡皮老化，且主行走支乘和侧向支乘转动不灵活。闸门日常启闭正常。

2、面板和上主梁腹板表面涂层基本完好，局部有少量蚀斑，腐蚀状况评定为A级（轻微腐蚀）；左边梁腹板表面涂层局部脱落，有明显蚀斑，腐蚀状况评定为B级（一般腐蚀）。

3、根据检测结果推算闸门设计材料为Q235钢，抗拉强度370~500MPa。钢闸门各构件实测维氏硬度平均值在109~136HVHLD，按《黑色金属硬度及强度换算值》（GB/T1172-1999）换算其抗拉强度值为370~500MPa，满足设计材料牌号所对应的抗拉强度要求。

10.1.2 放空洞进水口闸门

放空洞进水口闸门位于水下，本次未开展相关检查。根据对放空洞下游出口检查，出口涵管局部破损，但未见渗漏等现象，进水口闸门止水运行基本正常。

10.2 启闭设施安全评价

1、启闭机钢丝绳、卷筒、制动器、开式齿轮、联轴器、供电线路、电气设备及保护装置状况基本良好。钢丝绳末端未扎紧，减速器齿轮副齿面存在轻微磨损，开度指示器与上下限位开关均失效且未安装负荷控制器，控制柜及电动机外壳未可靠接地，启闭机电缆龟裂老化，启闭机变速箱油位偏低。在动水状态下带闸门启闭运行时，各启闭机零部件均无异常声音、发热等情况，启闭机运行电压

和运行噪声测值满足规范要求。

2、本工程无柴油发电机作为备用电源，在外部电源中断情况下可以依靠电厂进行应急供电，由于溢洪道未设置闸门，紧急情况下不影响泄水。

10.3 拦污栅安全评价

根据 2014 年 11 月委托浙江钱江科技发展有限公司进行的水下机器人检查项目成果，拦污栅在高程分别为 276.64m 和 277.14m 处均存在锈蚀现象，建议及时处理。

10.4 结论

1、各金属结构布置合理，设计与制造、安装符合规范要求。

2、根据 2014 年水下机器人检查，拦污栅在高程 276.64m 和 277.14m 处锈蚀。放空洞进水口闸门位于水下，本次未开展相关检查。根据对放空洞下游出口检查，出口涵管局部破损，但未见渗漏等现象，进水口闸门止水运行基本正常。

3、灌溉发电输水隧洞进水口事故闸门结构完整，门体整体无变形，面板、梁板、主行走支承等构件局部防腐涂层脱落、表面锈蚀，底、侧止水橡皮存在局部老化现象，主行走支承和侧向支承转动不灵活。启闭机外观情况总体良好，但钢丝绳端未扎紧，建议及时捆扎。根据水下检查，拦污栅存在锈蚀现象。

4、放空洞进水口闸门位于水下，本次未开展相关检查。根据对放空洞下游出口检查，但未见渗漏等现象，进水口闸门止水运行基本正常。

5、电气设备完整无冗余，启闭机存在电缆（线）护套龟裂老化、控制柜和电动机外壳未见明显可靠接地等问题。电气设备保护装置完备，但开度指示器与上下限位开关均失效。动水状态试运行情况良好，但启闭机变速箱油位偏低。

6、本工程无备用柴油发电机，外部供电中断时可以利用电厂应急供电，且溢洪道未设置闸门，尚不影响紧急情况下泄水。

综上所述，茅岗水库闸门运行超过 40 年，超过金属结构折旧年限，启闭机运行状态良好，建议对金属结构和启闭设施进行定期保养和维护。根据《水库大坝安全评价导则》（SL258-2017），茅岗水库大坝金属结构安全性评为“B”级。

11 大坝安全综合评价

11.1 现场安全检查及安全检测

1、库区及主坝近坝岸坡总体稳定，尚未发现明显塌岸、滑坡迹象。

2、主坝坝顶路面平整，防浪墙及其间的伸缩缝、栏杆完好，坝顶交通桥梁、板、桥墩完好。主坝各坝段防渗面板各块之间伸缩缝基本完好，部分修补过的裂缝表面弹性环氧涂料破损。溢流面左右挡墙完好，但曲线段冲刷侵蚀和局部存在碳化现象，反弧段下部局部裂缝上下贯穿至廊道，廊道内部存在漏水。

4、副坝坝顶、坝坡、排水棱体结构完好，两岸坝肩稳定。

5、灌溉发电输水隧洞进水口排架和启闭平台梁板结构完好，但局部墙体和屋顶存在渗水和粉刷层剥落现象，部分混凝土结构存在砂浆剥落现象，部分金属结构存在锈蚀和不按规范接地现象。

6、非常溢洪道进水口、堰体以及泄洪槽整体结构完好，但部分泄洪槽底板存在冲刷侵蚀及混凝土砂浆剥落现象。

7、灌溉发电洞进水口事故闸门和拦污栅结构基本完整，局部防腐涂层脱落、表面锈蚀，底侧止水橡皮局部老化，行走支承转动不灵活。启闭机外观情况总体良好，部分电缆（线）护套龟裂老化，控制柜和电动机外壳未见可靠接地，开度指示器与上下限位开关均失效。闸门动水状态试运行情况良好，启闭机变速箱油位偏低。

8、大坝监测设施基本正常。

综上所述，库区、近坝岸坡、主副坝、灌溉发电输水隧洞进水口、非常溢洪道等建筑物以及机电金属结构设备总体较好，满足设计和正常运行功能条件。存在局部缺陷，需适时处理。

11.2 大坝安全监测资料分析

1、本工程监测设施基本能按照规范要求进行合理布置，监测频次基本满足规范要求。各监测设施完好，仪器精度基本满足规范要求。

2、大坝表面变形稳定，坝体渗漏量变化规律正常，廊道总渗漏量变化稳定。

3、大坝扬压力变化规律正常，部分测压管扬压力系数当库水位较低时较大，正常蓄水位条件下扬压力系数满足规范要求。

综上所述，茅岗水库监测实施基本完备，监测数据基本可靠，测值基本在经验值及规范和设计规定的允许值内。泄洪期间，水流沿溢流面渗入坝体，导致坝体渗漏量增大，尚不影响大坝整体结构安全。大坝安全性态正常。

11.3 工程质量评价

1、库区抗震设防烈度为 VI 度，主坝工程地质条件一般，副坝工程地质条件较差。

2、主坝坝基岩体抗压强度和承载力基本能满足要求，坝基岩层产状有利于坝基抗滑稳定。除险加固工程混凝土浇筑质量合格，加固后坝体廊道渗漏量明显降低。主坝防渗面板和溢流面存在明显工程质量缺陷，建议及时处理。

3、副坝坝体分区合理、坝体填筑质量较好，防渗设施完善，工程地质条件及运行条件使坝体发生渗透破坏的可能较小。

4、灌溉发电输水隧洞进水口部分结构存在明显的渗水和混凝土局部砂浆剥落现象，部分泄洪槽底板存在冲刷侵蚀及混凝土砂浆剥落现象，建议及时处理。

综合以上质量情况并根据《水库大坝安全评价导则》(SL258-2017)的规定，茅岗水库工程质量满足设计和规范要求，运行中虽暴露局部质量缺陷，但尚不影响工程安全，质量综合评定为“合格”。

11.4 运行管理评价

1、茅岗水库管理机构和管理制度健全，管理人员职责清晰，但闸门操作岗位人员没有操作证，水库须及时落实闸门运行工的岗位考核。

2、大坝监测设施总体维护较好，水雨情监测、表面变形观测设施基本正常，并按规范开展安全监测。监测设施未实现自动化，监测资料未进行定期整编分析。

3、水库档案管理制度健全，水库除险加固工程前的工程资料基本已遗失。

4、水库管理范围、保护范围明确，划界方案经开化县政府审批，取得了土

地产权证，并设置相应界桩与警示标志。

5、水库按批复的控运计划进行调度，调度规程与应急预案已制定并报批。

综上所述，根据《水库大坝安全评价导则》（SL258-2017），茅岗水库大坝运行管理评价为“规范”。

11.5 防洪能力复核

1、本工程除险加固初设报告采用设计标准为 50 年一遇，校核标准为 5000 年一遇，满足规范要求。本次复核延用除险加固设计采用的洪水标准。

2、主坝坝顶高程 305.043m，高于校核洪水位（ $P=0.02\%$ ）305.03m，防浪墙顶高程 306.143m，高于计算防浪墙顶高程 306.129m；副坝现有坝顶高程 306.27m，高于计算要求坝顶高程 306.054m，主坝和副坝顶高程满足防洪安全要求。

3、通过对溢洪道泄流能力的计算及比较，本次复核的泄流能力与原设计的泄流能力相差不大，泄流能力能满足安全泄洪的要求。

综上所述，根据《水库大坝安全评价导则》（SL 258-2017），茅岗水库防洪安全性评价为“A”级。

11.6 渗流安全评价

1、主坝坝基上游防渗帷幕质量良好，坝基防渗帷幕下游排水孔设置符合规范要求，除险加固工程坝体上游防渗面板和充填灌浆质量良好，但现场检查溢流坝段上游防渗面板局部破损；坝基及岸坡已形成封闭的防渗系统。副坝下游排水棱体布置满足规范要求。主坝和副坝防渗排水设施完善。

2、主坝坝体渗漏量随库水位呈周期性变化，大坝渗漏量变化规律正常。经计算，各工况下，副坝渗流浸润线均未在下游坝面出逸，坝体、坝基渗透比降均小于相应允许渗透比降，满足渗透稳定要求。

3、现场检查主坝左非溢流坝段下游坝面有 4 处渗水，并有析出物渗出。溢流面反弧段下部最低位置有 1 条垂直水流向裂缝，贯穿第 1 块~第 5 块溢流面反弧段，下面廊道存在漏水。现场检查与检测期间未发现副坝坝脚、岸坡等处

有明显渗水点，副坝渗流稳定。从历史运行情况来看，未发现异常渗流情况存在。

4、非常溢洪道堰体基础帷幕灌浆质量满足规范要求，现场检查和现场检测期间未发现明显渗水点。灌溉发电输水隧洞现场检查及检测期间，发现启闭机房四周墙体均存在渗水现象。

综上所述，根据《水库大坝安全评价导则》（SL 258-2017），大坝渗流性态基本安全，评为“B”级。

11.7 结构安全评价

1、本工程主坝坝体材料为浆砌块石重力坝，各坝段坝体应力计算结果基本满足规范要求，各坝段沿垫层混凝土与基岩接触面的滑动、沿砌石体与垫层混凝土接触面的滑动、砌石体之间的滑动抗滑稳定安全系数均能满足规范要求，各坝段坝顶高程和坝顶宽度满足规范要求。副坝在各计算工况下的坝坡稳定计算结果、上游护坡材料和覆盖范围均满足规范要求。

2、主坝水平位移变化稳定，坝顶各竖向位移测点的竖向位移变形均在坝顶混凝土温度变形的正常范围内。

3、本次泄流能力复核结果与除险加固初设成果相差不大，泄洪设施泄洪能力满足设计要求。各计算工况下，总挑距与冲坑深度之比均大于 2.5，满足规范要求，正常溢流道泄洪不会影响安全。

4、灌溉发电输水隧洞进水口启闭平台梁板和左、右排架柱结构状态良好，但局部砂浆剥落、石子裸露。

综上所述，本工程主坝坝体强度及抗滑稳定、副坝抗滑稳定、泄水建筑物泄流安全均能满足规范要求，且主坝变形规律正常，现场检查及检测情况较好，认为大坝结构安全，评为“A”级。

11.8 抗震安全评价

茅岗水库库区相应地震基本烈度为 VI 度，地震反应谱特征周期为 0.35s。可不进行抗震复核。

11.9 金属结构安全评价

1、灌溉发电输水隧洞事故闸门基本完整，面板、梁板等构件存在防腐涂层脱落、表面锈蚀、止水橡皮老化和行走支承转动不灵活等现象。

2、根据 2014 年水下机器人检查，拦污栅在高程 276.64m 和 277.14m 处锈蚀。放空洞进水口闸门位于水下，本次未开展相关检查。根据对放空洞下游出口检查，出口涵管局部破损，但未见渗漏等现象，进水口闸门止水运行基本正常。

3、启闭机在动水状态试运行情况良好，但启闭机变速箱油位偏低，建议定期保养，钢丝绳端未扎紧，建议及时捆扎。

4、电气设备启闭机电缆（线）护套龟裂老化，控制柜内有杂物，启闭机控制柜和电动机外壳等部位未见明显可靠接地，开度指示器与上下限位开关均失效，建议及时清理维护、更换和处理。

5、本工程无柴油发电机作为备用电源，在外部电源中断情况下可以依靠电厂进行应急供电。由于溢洪道未设置闸门，紧急情况下，尚不影响泄洪。

6、灌溉发电输水洞进口事故闸门已运行 40 多年，超过钢闸门报废年限，建议对闸门适时进行更换，对拦污栅等金属结构和机电设备进行维修养护。

综上所述，根据《水库大坝安全评价导则》（SL258-2017），茅岗水库大坝金属结构基本安全，但存在局部锈蚀和磨损，且灌溉发电输水洞进水口闸门超过报废年限，金属结构安全性评为“B”级。

11.10 大坝安全综合评价结论

根据分项评价，茅岗水库工程质量评为“合格”，运行管理评为“规范”，防洪能力评为“A”级，渗流安全复核评为“B”级，结构安全评为“A”级，金属结构安全评为“B”，根据《水库大坝安全评价导则》（SL258-2017），茅岗水库大坝定为“一类坝”，但应限期对溢流堰面裂缝进行修补，对测压管进行改造，加强坝体和坝基渗漏量和扬压力观测。

11.11 存在问题和建议

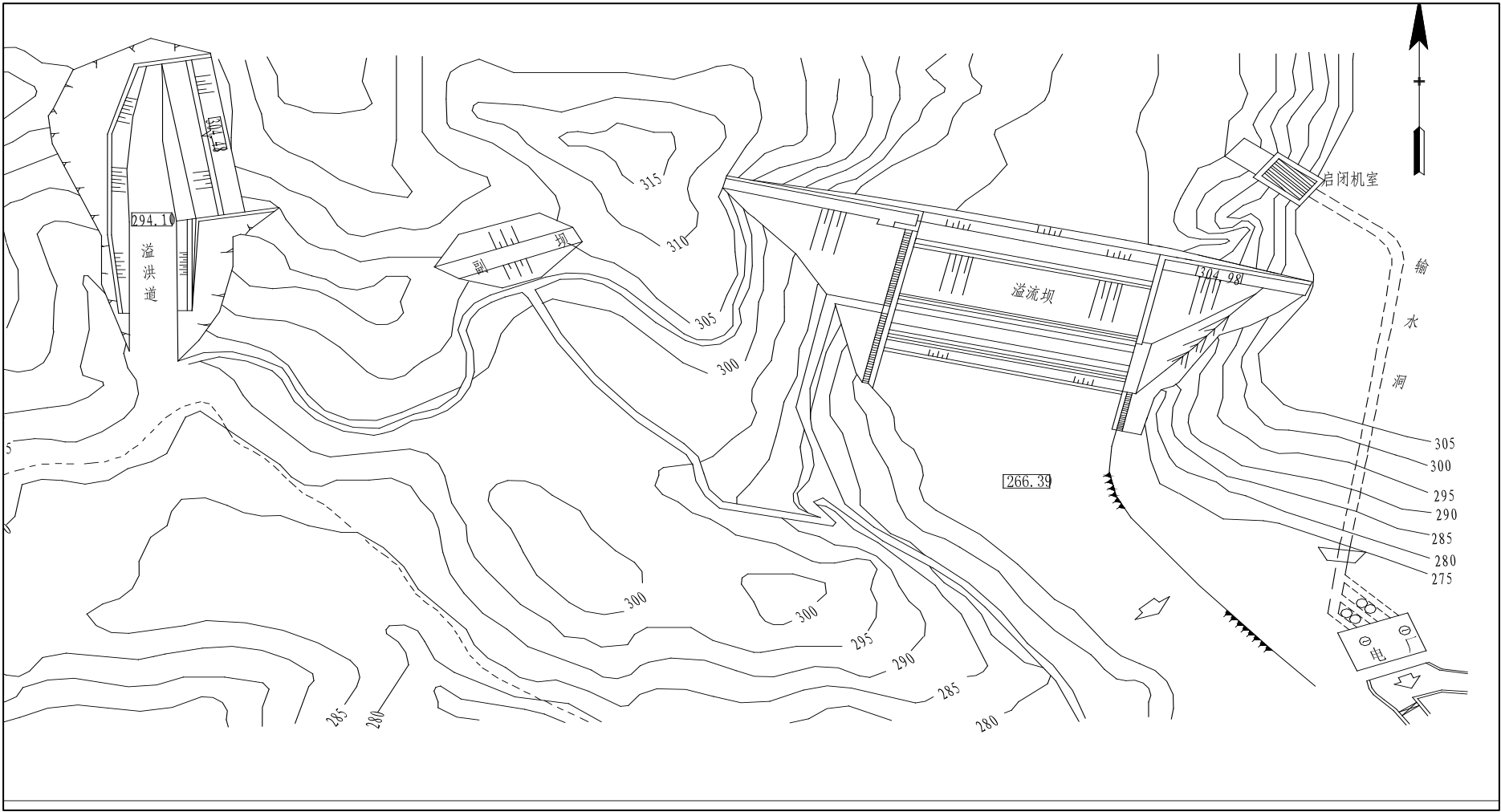
1、主坝上游面部分修补裂缝表面弹性环氧涂料剥落，溢流坝段上游防渗面板局部破损，非溢流坝下游坝面有渗水点，溢流面存在多条裂缝，部分缝宽大于 0.25mm。局部裂缝及破损、渗水缺陷会影响结构的耐久性，建议及时修复防渗面板混凝土裂缝及止水，对主坝、非常溢洪道缝宽 $>0.25\text{m}$ 的裂缝适时处理。

2、主坝左非溢流坝段下游坝面有 4 处渗水，并有析出物渗出。溢流堰反弧段存在贯穿裂缝，泄洪期间水流沿裂缝渗入坝体，导致坝内廊道渗水，建议对反弧段贯穿裂缝及时进行修补。

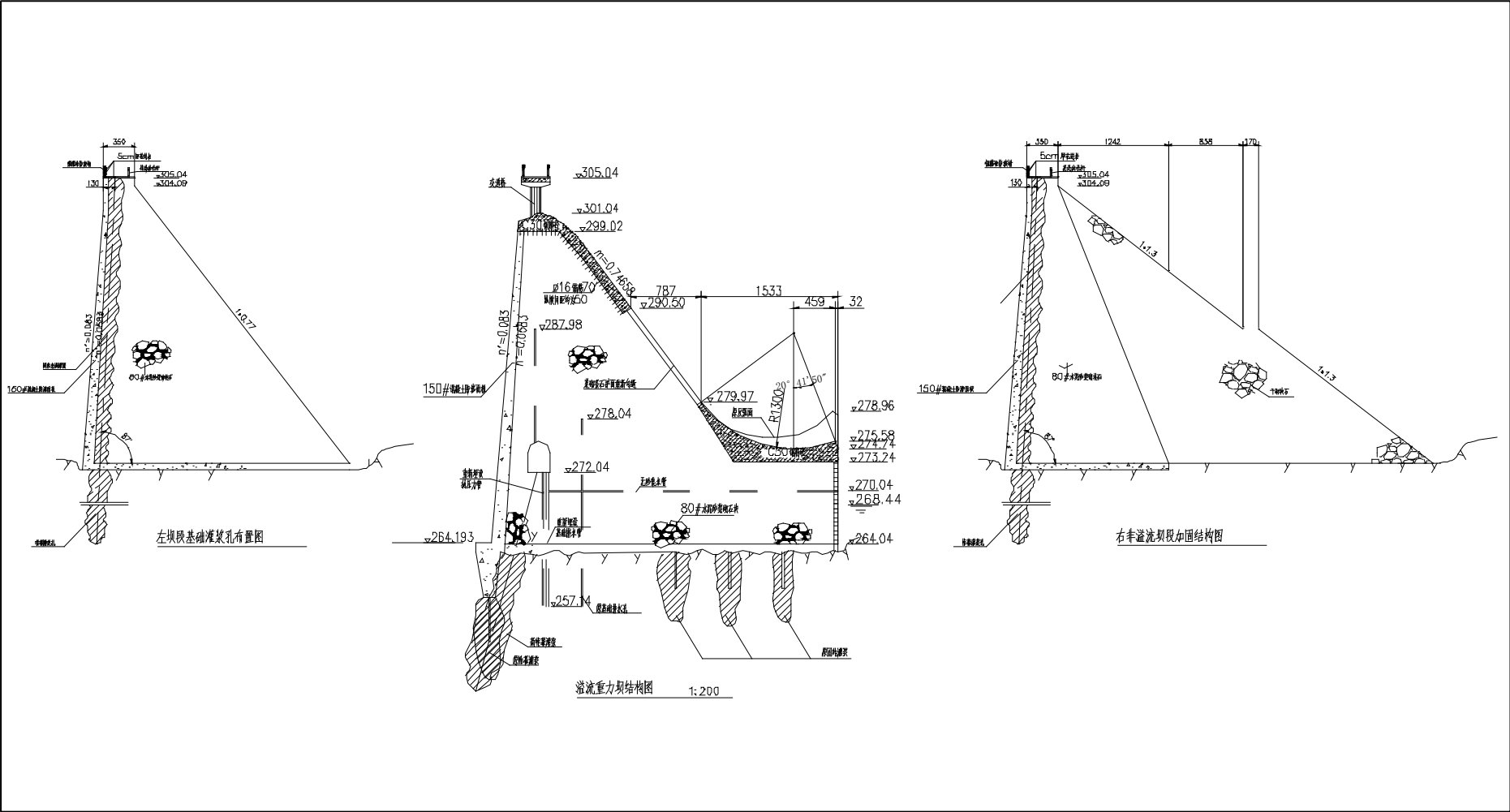
3、左侧 6#岸坡部位测点渗漏量较大，且与库水位相关性较好，左侧可能存在绕坝渗漏，2013 年后左岸坡测点渗漏量减小，建议继续加强观测。

4、扬压力采用人工测量测压管水位的方法进行观测，观测精度不高，建议择时进行自动化改造。大坝监测设施基本正常，建议及时对监测资料进行整编分析，增设副坝监测设施。

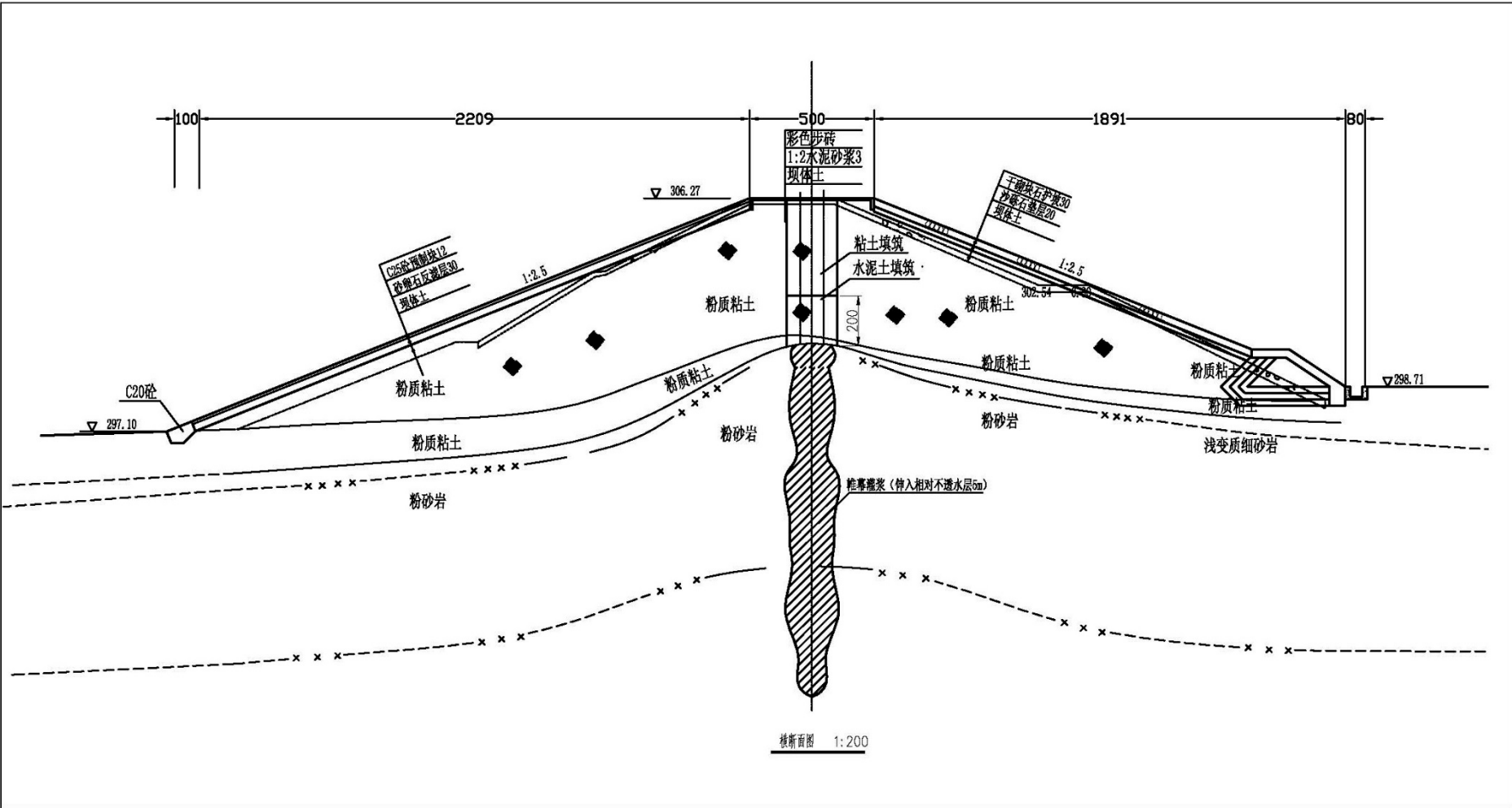
5、茅岗水库灌溉发电输水隧洞事故闸门运行超过 40 年，超过金属结构折旧年限，启闭机运行状态良好，建议对进水口事故闸门进行更换。对拦污栅等金属结构设备适时除锈保养，对电气设备接地处理及电缆接线老化问题及时处理。



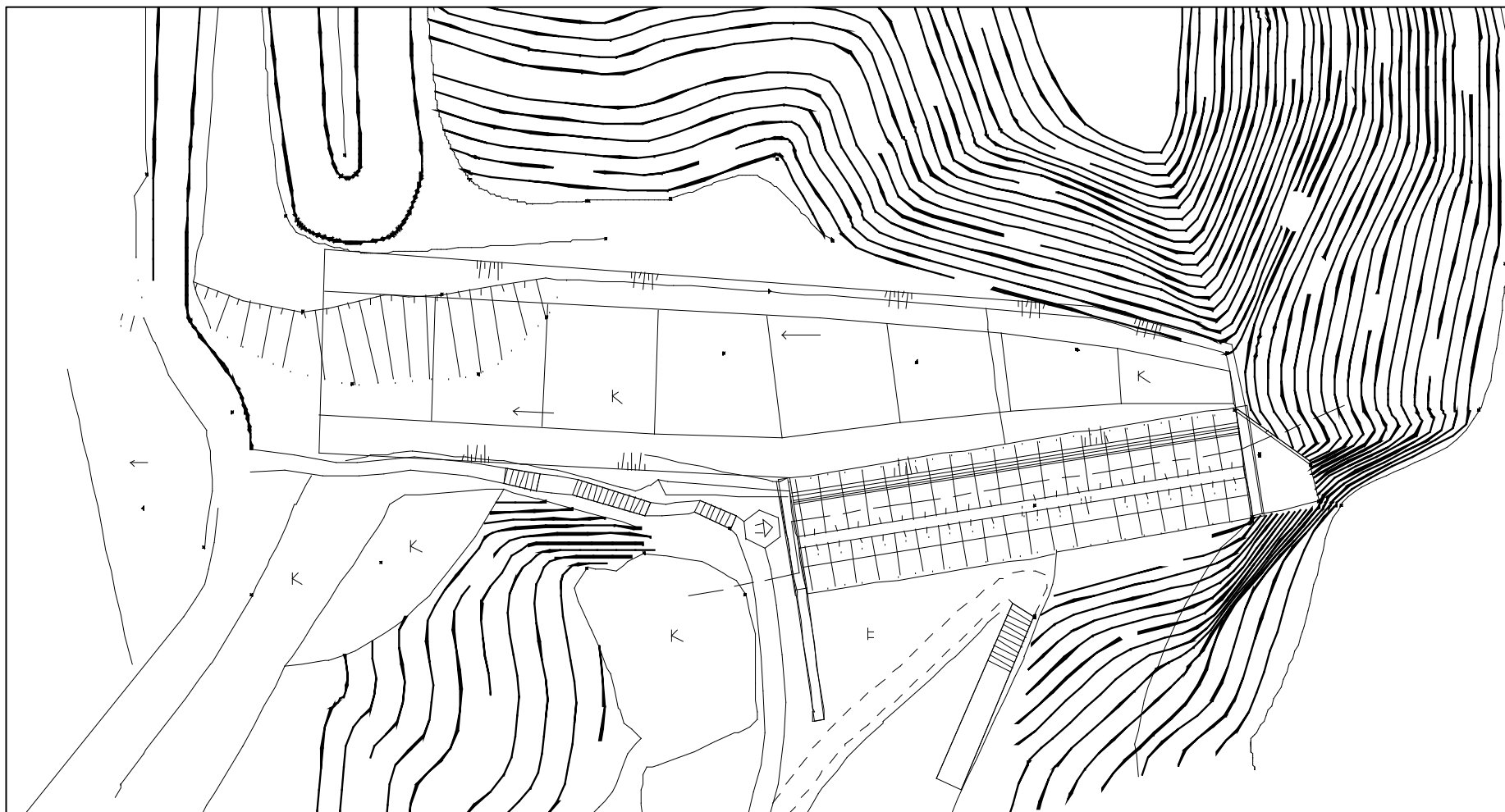
附图 1 茅岗水库枢纽平面布置图



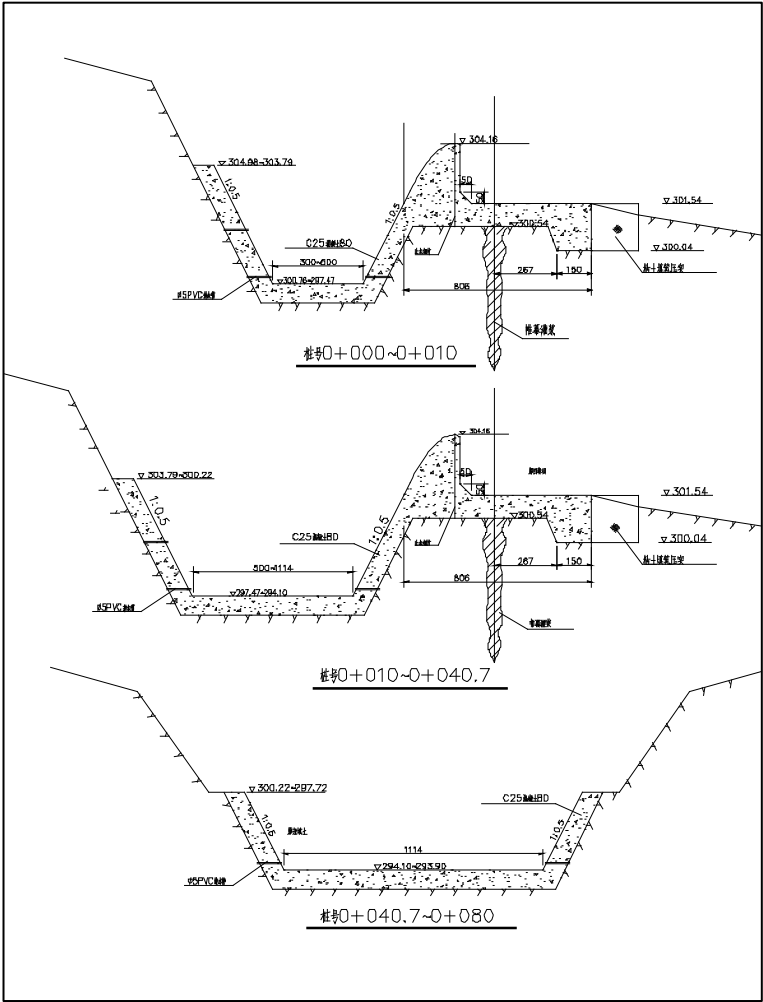
附图 2 茅岗水库主坝横断面图



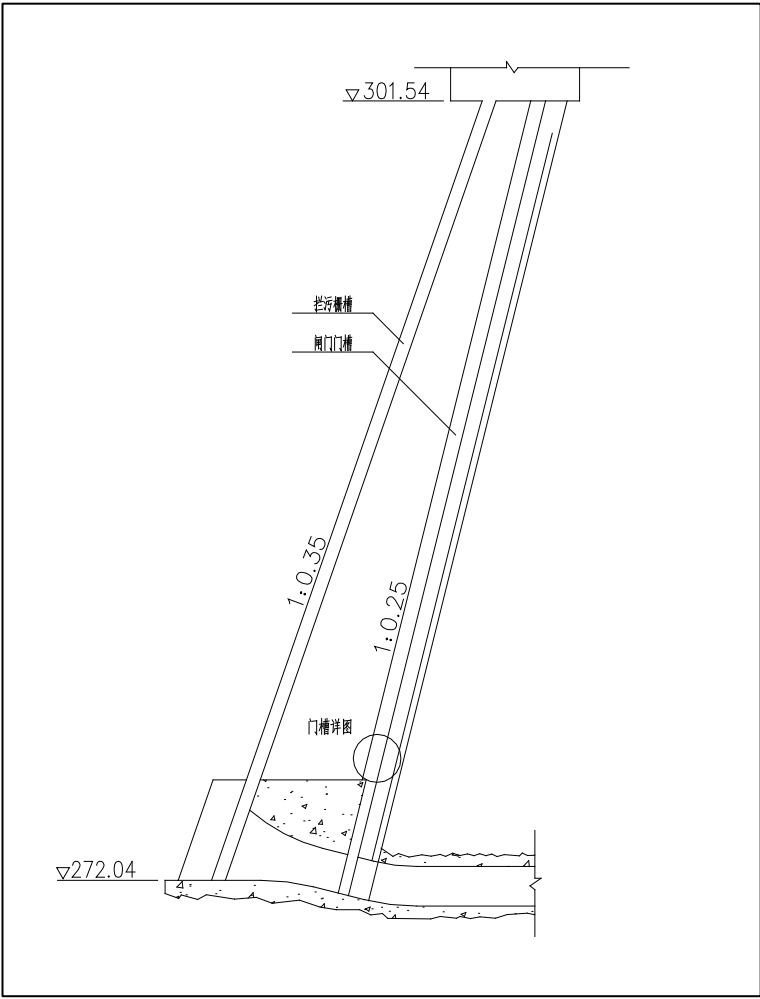
附图 3 茅岗水库副坝横断面图



附图 4 茅岗水库非常溢洪道布置图



附图 5 非常溢洪道部分横剖面图



附图 6 灌溉发电输水隧洞进水口结构布置图