

发电工程设计项目经理（设总）培训课题

第二部分：专业设计基础知识

第二十章：工程地质、岩土工程基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 9 月 北京

编写：李彦利

校审：刘 颖 张国杰

目 录

1 工程地质与岩土工程的区别	1
2 工程地质与岩土工程的关系	1
3 岩土工程勘测的重要性	1
4 建筑场地、地基、基础的概念	2
4.1 建筑场地	2
4.2 地基	2
4.3 基础	2
4.4 地基与基础的关系	3
5 工程地质条件、岩土工程条件	3
5.1 工程地质条件	3
5.2 岩土工程条件	3
6 岩石、土的分类	4
6.1 岩石分类	4
6.2 土的分类	4
7 地质灾害	4
7.1 滑坡	4
7.2 崩塌	5
7.3 泥石流	6
8 发电厂岩土工程勘测的基本要求	8
9 初步可行性研究阶段岩土工程勘测主要工作内容	9
9.1 勘测目的	9
9.2 本阶段勘测应了解工程搜集的资料	9
9.3 本阶段勘测主要任务	10
9.4 勘测方法	10
9.5 厂址岩土工程条件评价	10
10 可行性研究阶段岩土工程勘测	10
10.1 勘测目的	10
10.2 本阶段勘测应了解、搜集的资料	11

10.3 本阶段勘测主要任务	11
11 初步设计阶段岩土工程勘测	12
11.1 勘测目的	12
11.2 本阶段勘测应了解、搜集的资料	12
11.3 本阶段勘测主要任务	12
12 施工图设计阶段岩土工程勘测	13
12.1 勘测目的	13
12.2 本阶段勘测应了解、搜集的资料	13
12.3 本阶段勘测主要任务	13
13 施工岩土工程勘测	14

1 工程地质与岩土工程的区别

工程地质 (Engineering Geology)：是研究与工程建设有关地质问题的科学。工程地质的应用性很强，各种工程的规划、设计、施工和运行都要做工程地质研究，才能使工程与地质相互协调，既保证工程的安全可靠、经济合理、正常运行，又保证地质环境不因工程建设而恶化，造成对工程本身或地质环境的危害。

岩土工程 (Geotechnical Engineering)：是土木工程的一个分支，以工程地质学、岩石力学、土力学与基础工程为理论基础，涉及岩石和土体的利用、整治和改造的一门技术科学。岩土工程研究内容涉及岩土体作为工程的承载体、作为工程荷载、作为工程材料、作为传导介质或环境介质等诸多方面。具体可包括岩土工程的勘察、设计、施工、检测和监测等。

由此可见，工程地质是地质学的一个分支，其本质是一门应用科学；岩土工程是土木工程的一个分支，其本质是一门工程技术。

2 工程地质与岩土工程的关系

虽然工程地质与岩土工程分属地质学和土木工程，但两者关系非常密切。

作为土木工程类的岩土工程，是以传统的力学理论为基础发展起来的，但单纯的力学计算不能解决实际工程问题。

岩土材料，无论性能或本身结构，都是自然形成的，是经过了漫长的地质历史时期，是多种复杂地质作用下的产物，对岩土材料的材质和结构不能任意选用和控制，只能通过勘察查明，而实际上又不可能完全查清。

岩土工程师一般不敢相信单纯的计算结果，单纯的计算往往是不可靠的。原因在于工程地质条件的不确知性和岩土参数的不确定性，不同程度地存在计算条件的模糊性和信息的不完全性。由于计算假定、计算模式、计算方法、计算参数等与实际之间存在很多不一致，计算结果总是与工程实际有相当大的差别，需要进行综合判断。“不求计算精确，只求判断正确”，强调概念设计已是岩土工程界的共识。

综合判断的成败，关键在于对地质条件的判断是否正确。在地质条件复杂的地区，岩土工程离开了工程地质将寸步难行。

3 岩土工程勘测的重要性

任何工程建筑物都是建造在一定的场地与地基之上，所有工程建设方式、规模和类型都受建筑场地的工程地质条件所制约。

各项工程建设在设计和施工之前，必须按基本建设程序进行岩土工程勘察。岩土工程勘察应按工程建设各勘察阶段的要求，正确反映工程地质条件，查明不良地质作用和地质灾害，精心勘察、精心分析，提出资料完整、评价正确的勘察报告。

先勘察，后设计、再施工，是电力工程建设应遵守的程序。

4 建筑场地、地基、基础的概念

4.1 建筑场地

建筑场地：是指工程建设所直接占有并直接使用的有限面积的土地。对于发电厂一般相当于厂址范围等。

从工程勘察角度分析，场地的概念不仅代表着所划定的土地范围，还应涉及建筑物所处的工程地质环境与岩土体的稳定问题。如影响场地稳定的坡体及一定范围等。

在地震区，同一建筑场地还应具有相近的地震反应谱特性。

对于火力发电厂的初步可行性研究阶段、可行性研究阶段，建筑场地是勘察工作的主要对象。

4.2 地基

任何建筑物都建造在土层或岩石上，建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担，地层受到建筑物的荷载作用就产生压缩变形。

地基是直接支撑建筑物基础的土体或岩体，包括天然地基和人工地基。由于承受建筑物重量而使一定范围内的岩土层的原有应力状态发生改变，即受建筑物影响的那一部分地层称为地基，地基一般包括持力层和下卧层。基础底面以下主要承受荷载的地基称为持力层，在地基范围内持力层以下的土层称为下卧层。

天然地基：未经加固处理、直接支承基础的地基。

软弱地基：指地基土层主要由淤泥、淤泥质土、松散的砂土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层等所构成的地基。由于软弱地基压缩模量很小，所以在荷载作用下产生的变形很大。对于软弱地基，必须确定合理的建筑措施和地基处理方法。

人工地基：当地基土层较软弱，建筑物的荷重又较大，地基承载力和变形不能满足设计要求时，需对地基进行人工加固处理，这种经进行人工加固处理后形成的地基称为人工地基。

4.3 基础

基础：将结构所承受的各种作用（如荷载）传递到地基上的结构组成部分。

桩基础：由设置于岩土体中的桩和桩顶连接的承台共同组成的基础，或由桩与桩直接连接的单桩基础。

4.4 地基与基础的关系

地基的强度和变形特性必须满足建筑物的安全使用。

地基持力层的选择和分析评价是岩土工程勘察的重点内容之一。

地基、基础、上部结构示意图见图 4.4。

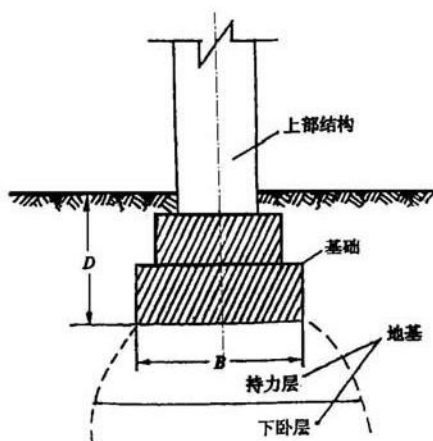


图 4.4 地基、基础、上部结构示意图

5 工程地质条件、岩土工程条件

5.1 工程地质条件

工程地质条件是指工程建筑场地地质环境全部因素的综合。包括地形地貌、岩土类型及其工程地质性质、地质构造与断裂的发育程度、水文地质条件等。

工程地质条件是一个综合概念，构成工程地质条件的因素都属于地质范畴。

工程地质条件是客观存在的，是自然地质历史塑造而成的，而不是人为造成的。由于各种复杂因素组合的不同，不同区域的工程地质条件随之变化，存在的工程地质问题也各不相同，其影响结果是对工程建设的适宜性相差甚远。

工程建设不怕地质条件复杂，怕的是复杂的工程地质条件没有被认识、被发现，因而未能采取相应的岩土工程处理措施，以致给工程设计、施工等带来麻烦，甚至留下严重隐患，造成事故。

5.2 岩土工程条件

岩土工程条件一般包含场地条件、地基条件和工程条件三方面。

场地条件：一般包括地形地貌、地质构造、水文地质条件的复杂程度，有无不良地质作用及不良地质作用的类型、发展趋势和对工程的影响，场地环境工程地质条件(如地面沉降、采空区、隐伏岩溶地面塌陷、土水的污染、场地的地震效应等)。

地基条件：一般包括地基岩土的年代和成因，有无特殊性岩土，岩土随空间和时间的变异性，岩土的强度性质和变形性质，岩土作为天然地基的可能性，岩土加固和处理的必要性和可行性。

工程条件：一般包括工程的规模、重要性(政治、经济、社会)，荷载的性质、大小、加荷速率、分布均匀性，建筑结构刚度、特点、对不均匀沉降的敏感性，基础类型、刚度、对地基强度和变形的要求，地基、基础与上部结构协同作用。

6 岩石、土的分类

6.1 岩石分类

岩石的分类可以分为地质分类和工程分类。

地质分类：主要根据其地质成因、矿物成分、结构构造和风化程度，可以用地质名称(即岩石学名称)加风化程度表达，如强风化花岗岩、微风化砂岩等。

工程分类：主要根据岩体的工程性状，使工程师建立起明确的工程特性概念。

岩石的地质分类是一种基本分类，工程分类是在地质分类的基础上进行，目的是为了较好的概括其工程性质，便于进行工程评价。

6.2 土的分类

老堆积土：第四纪晚更新世 Q_3 及其以前堆积的土层。

一般堆积土：第四纪全新世早期(文化期以前 Q_4) 堆积的土层。

新近堆积土：第四纪全新世中近期(文化期以来)堆积的土层，一般呈欠固结状态，工程性质差。

7 地质灾害

根据 2003 年国务院颁发的《地质灾害防治条例》规定，常见的地质灾害主要指危害人民生命和财产安全的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等六种与地质作用有关的灾害。

7.1 滑坡

滑坡是指山坡岩体或土体顺斜坡向下滑动的现象。一般由降雨、河流冲刷、地震、融雪等自然因素引起。近年来，由于在斜坡前缘切坡、后缘弃土加载、农田灌溉等人为工程活动引发的滑坡比例明显增加。



图 7.1-1 岩质滑坡示意图



图 7.1-2 土质滑坡示意图



图 7.1-3 土质滑坡

7.2 崩塌

指陡倾斜坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体崩落、滚动、堆积在坡脚（或

沟谷)的地质现象。根据运动型式,崩塌包括倾倒、坠落、垮塌等类型。根据岩土体成分,可划分为岩崩和土崩两大类。崩塌的运动速度极快,常造成严重的人员伤亡。

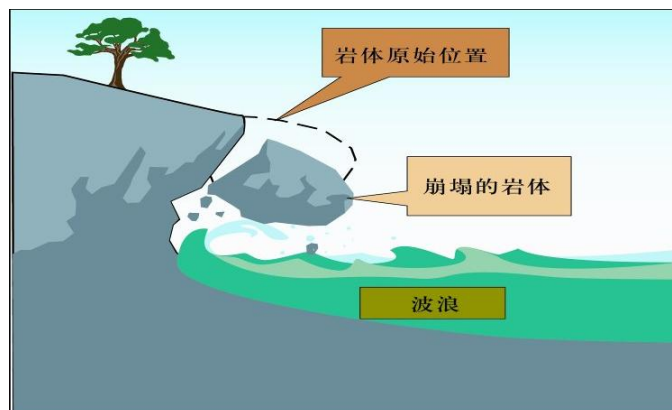


图 7.2-1 崩塌



图 7.2-2 崩塌



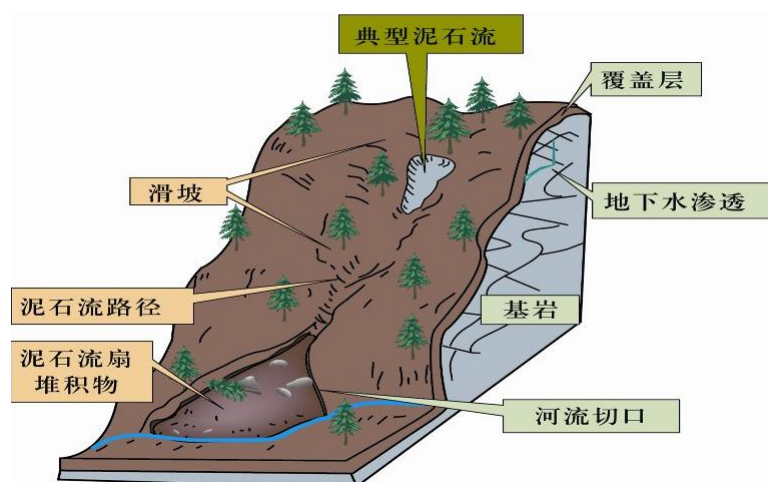
图 7.2-3 崩塌

7.3 泥石流

指山区沟谷中,由暴雨、冰雪融水或库塘溃坝等水源激发,形成的一种挟带大量泥砂、石块等固体物质的特殊洪流。往往突然爆发,山谷如雷鸣. 浑浊的流体在很短

时间内将大量泥沙石块冲出沟外，在宽阔的堆积区横冲直撞、漫流堆积，常常给人类生命财产造成很大危害。按流域的沟谷地貌形态可分为沟谷型泥石流和坡面型泥石流。

近年来，我国发生泥石流较多，如甘肃舟曲特大泥石流等灾害，给人民的生命财产和工程建设带来严重的危害。



7.3-1 泥石流示意图



7.3-2 坡面型泥石流



7.3-3 沟谷型泥石流



7.3-4 甘肃舟曲特大山洪泥石流灾害

8 发电厂岩土工程勘测的基本要求

发电厂岩土工程勘测应从厂址比选和建筑物岩土工程特性两方面开展工作。

发电厂的主要建（构）筑物的地基处理应进行原体试验。原体试验是检验地基处理的效果、为地基处理设计和施工、检测等提供依据、优化岩土工程方案设计的重要手段。不仅可以为岩土设计、施工、监理、检测提供准确的必须的参数、质量控制标准和最佳的施工工艺，而且节省工程费用，加深岩土工程人员对场地岩土工程条件的认识。原体试验应选择地基条件具有代表性和不影响建筑物布置的场地进行。新建工程的原体试验宜在初步设计勘测阶段进行。

岩土工程分析评价应贯穿于岩土工程勘测的全过程。对地基基础或岩土利用与改造方案的分析评价，应以岩土工程条件为依据，充分吸取当地建筑经验，综合考虑结

构类型、材料供应、施工条件及环境保护要求等，经不同方案比较，推荐安全、经济、合理的方案。

发电厂岩土工程勘测阶段的划分应与设计阶段相适应。特殊岩土工程问题应进行施工勘测。各勘测阶段工作应重点突出，任务明确，工作量适宜。

扩建或改建的发电厂岩土工程勘测阶段，应根据已有资料的研究程度确定。当已有资料不能满足设计阶段要求时，应进行相应阶段的勘测，或作必要的补充工作。当扩建电厂属于一厂两址或异地扩建时，应按新建电厂分阶段进行。

对于重要建（构）筑物，如主厂房、锅炉、烟囱、冷却塔、空冷平台、主控制楼等，当这些建（构）筑物位于山区土岩组合地基、岩溶特别发育地段，或其他地质条件特别复杂的地基之上时，必要时应增加施工勘测。

9 初步可行性研究阶段岩土工程勘测主要工作内容

9.1 勘测目的

收集分析区域稳定、地震、地形、地貌、水文地质及当地的工程地质与岩土工程等资料，通过现场踏勘，了解地质构造，地基土的性质，不良地质现象，地下水情况的情况。分析区域构造断裂与历史地震资料以及场地的岩土性质和不良地质现象，对场地的稳定性和厂址的工程地质条件、地基类型以及环境地质问题作出基本评价，提出是否适宜建厂与下阶段应查清和解决的问题。

对拟选厂址的稳定性和地基条件作出基本评价，提出适宜或不适宜建厂的意见，推荐场地相对稳定，工程地质条件及岩土工程条件较好的厂址方案。

9.2 本阶段勘测应了解工程搜集的资料

- （1）1：5000～1：50000 的地形图；
- （2）区域地质、地貌资料；
- （3）区域地震及地震地质资料；
- （4）厂址地区水文地质、岩土工程及地质灾害资料；
- （5）遥感地质资料；
- （6）物探资料；
- （7）矿产及开采情况，塌陷边界及影响范围；
- （8）古文物和重点化石群的分布及保护等级；
- （9）地区及有关行业技术标准；

(10) 当地建筑经验。

9.3 本阶段勘测主要任务

(1) 了解各厂址的区域地质、区域构造和地震活动情况，以及厂址附近断裂分布情况，提出厂址的地震动参数，对厂址稳定性作出基本分析评价；

(2) 调查了解各厂址的地质构造、地层岩性、成因类型及分布特征，提出工程地基类型的基本意见；

(3) 调查了解各厂址及其附近的地形地貌特征、不良地质作用及危害程度，并提出防治或避开的建议；

(4) 调查了解各厂址地下水埋藏条件及对场地的影响；

(5) 初步分析各厂址的环境岩土问题，以及对工程建设的影响。

(6) 对饱和砂土和饱和粉土的地震液化问题作出初步分析；

9.4 勘测方法

本阶段勘测工作以搜集资料和现场踏勘为主，必要时可进行厂址的工程地质调查或测绘、工程遥感、工程物探及适量的勘探工作。

9.5 厂址岩土工程条件评价

本阶段岩土工程勘测，对拟选厂址的岩土条件进行初步分析、评价、比较，对建厂的适宜性提出初步意见，推荐进入可行性研究阶段工作的厂址。本阶段勘测按下列条件评价和推荐厂址：

(1) 厂址稳定性，不良地质作用发育情况及其避开可能性与治理难易程度；

(2) 地震动参数以及场地对建筑抗震的影响；

(3) 地基岩土特征及初步考虑采用的地基类型，地基处理难易程度；

(4) 地形起伏及对场地利用或整平的影响。

10 可行性研究阶段岩土工程勘测

10.1 勘测目的

本阶段对厂址的地震地质和工程地质等方面的区域地质背景资料进行研究分析，确定厂址区域地质构造发育程度，查明厂址是否存在活动断裂，以及危害厂址的不良地质现象，对其危害程度和发展趋势作出判断，并提出防治的初步意见。对可能影响厂址稳定的地质问题进行研究和预测。

对于有可能导致地质灾害发生或地质灾害易发区的工程，应建议建设单位委托有

资质的单位进行地质灾害危险性评估工作，提出场地稳定性和适宜性的评价意见，并报主管部门备案。

本阶段需确定厂址的地震动参数及相应的地震基本烈度。对于位于地震动参数区划分界线、某些地震研究程度和资料详细程度较差的边远地区、位于复杂工程地质条件区域等特殊的工程，应委托有资质的单位进行地震安全性评价工作。厂址区域的地震动参数应采用地震主管部门对工程场地地震安全性评价报告的批复意见。

本阶段勘测应对厂址的稳定性作出最终评价，包括地质构造稳定和其他影响稳定性的有关问题；进一步对厂址的场地工程地质条件和岩土工程条件作出评价，预测厂址及附近地区由于工程建设可能引起的环境地质问题；确定地基类型；为厂区总平面布置提供资料，对主要建（构）筑物地基基础方案进行论证；推荐工程地质及岩土工程条件较优的厂址。

10.2 本阶段勘测应了解、搜集的资料

- （1）工程拟建规模、机组容量及预估的基础荷载；
- （2）各厂址总体规划设想；
- （3）拟采用的供水、燃料供应、除（贮）灰及冷却方式；
- （4）设计对岩土工程勘测的要求；
- （5）工程地震安全性评价和地质灾害危险性评估等的相关内容。

10.3 本阶段勘测主要任务

本阶段初步查明厂区的地形地貌特征，厂区的地层成因、时代和主要地层的分布及物理力学性质，地下水类型、埋藏条件及其变化规律等，提出主要建（构）筑物地基方案建议。具体如下：

- （1）查明厂址区的地形地貌及地质构造，并对厂址附近断裂作进一步分析研究；
- （2）提供厂址区的地震动参数。必要时可根据省级或省级以上地震主管部门批准的地震安全性评价报告，提供厂址区的相关地震动参数；
- （3）初步查明厂址范围内地层成因、时代、分布及各层岩土的主要物理力学性质、地下水埋藏条件，以及场地水、土对建筑材料的腐蚀性；
- （4）初步查明厂址及附近地区的不良地质作用，并对其危害程度和发展趋势作出判断，需要时提出防治的初步方案；
- （5）进一步查明厂址有无压矿情况。当厂址存在压矿时，应根据国土资源主管

部门对矿藏的批复意见以及采矿对厂址稳定性的影响，研究和预测可能影响厂址稳定的其他环境地质问题；

(6) 调查了解厂址区土壤标准冻结深度或最大冻结深度；

(7) 当工程需要进行地基处理时，需进行技术方案论证并提出建议。

(8) 当天然地基不能满足要求时，本阶段勘测应针对各类建筑物的不同要求，对地基处理方案和桩基选型进行论证，推荐经济合理的地基处理方案或桩型。

11 初步设计阶段岩土工程勘测

11.1 勘测目的

本阶段岩土工程勘测的主要目的是进一步查明厂址区的工程地质及岩土工程条件，为最终确定厂区总平面布置方案，主要建(构)筑物地基基础方案和不良地质作用整治方案等，提供全面的岩土工程勘测资料，并提出有关岩土工程方案的建议。

11.2 本阶段勘测应了解、搜集的资料

(1) 初步设计阶段岩土工程勘测任务书；

(2) 比例尺为 1:500~1:5000 具有坐标及地形，并标有初步拟定的建筑物平面位置及地坪整平标高的图件；

(3) 各建筑地段初步拟定的建筑物基础类型、埋深，烟囱、冷却塔的拟建高度，灰坝类型、最大坝高、筑坝材料规格及用量，主要建筑物初步确定的单位荷载及总荷载，以及其它拟建建筑物的情况；

(4) 工程前期勘测资料，以及当地有关岩土工程资料和建筑经验。

11.3 本阶段勘测主要任务

(1) 进一步查明厂区、取水建(构)筑物和灰场等主要地层的分布、成因类型、岩土分类、沉积年代及物理力学性质，提出地基基础方案设计所需计算参数；

(2) 进一步查明不良地质作用的成因、类型、范围、性质、发生发展的规律及危害程度等，对建(构)筑物的危害程度作出评价，提出整治措施和建议；

(3) 进一步查明地下水的埋藏条件及随季节性变化规律，分析地下水对施工可能产生的影响，提出防治措施，并对建筑场地地下水和土层对建筑材料的腐蚀性做出评价；

(4) 对于山区电厂，应查明对电厂建(构)筑物有影响的天然边坡或人工边坡的工程地质条件，评价其稳定性，并对其处理方案进行论证；

(5) 对于复杂场地，应进行工程地质或岩土工程分区、分带（或分段），工程地质或岩土工程分区的原则是：地形地貌、地层结构、地基岩土类型与物理力学性质、不良地质现象的发育程度和地下水条件等差异性。

(6) 对厂区饱和砂土或粉土进行地震液化判定与评价，确定液化范围和液化等级。

12 施工图设计阶段岩土工程勘测

12.1 勘测目的

施工图阶段岩土工程勘测应根据不同建筑物的类别、特点、重要性及已确定的地基基础方案和不良地质作用整治措施，对各建筑地段的地基做出详细的岩土工程评价，并为地基基础和不良地质作用整治的设计、施工等提供岩土工程资料。

12.2 本阶段勘测应了解、搜集的资料

- (1) 施工图设计阶段岩土工程勘测任务书；
- (2) 具有坐标及地形的建筑物总平面布置图；
- (3) 各建筑物的室内外地坪高程、上部结构类型、基础形式及拟定的尺寸、基础埋深及基底单位荷载、地基处理方案和要求；
- (4) 水工建筑物的基础形式、基础埋深、基底单位荷载或总荷载，以及拟采用的施工方法等。贮灰场建筑物类型、位置、拟建灰坝的坝高、坝型结构、基础埋深、荷载大小，以及筑坝的特殊要求等；
- (5) 以前各阶段勘测资料。

12.3 本阶段勘测主要任务

- (1) 查明各建筑地段的地基岩土类别、层次、厚度及沿垂直和水平方向的分布规律；
- (2) 提供地基岩土承载力、抗剪强度、压缩模量等物理力学指标及地基基础设计所需要的计算参数；
- (3) 查明各建筑地段的地下水埋藏条件、水位变化幅度与规律。当需要降水时，应提供地层的渗透性指标，并为降水设计提出相应的建议；
- (4) 判定地基土及地下水在施工和使用期间可能产生的变化及其对工程的不利影响，如腐蚀性和抗浮等问题；
- (5) 分析和预测由于施工和运行可能引起的地质环境问题，并提出防治措施；

(6) 对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，必要时进行沉降计算；

(7) 对深基坑开挖尚应提供边坡稳定计算和基坑支护设计所需的岩土参数，评价基坑开挖、降水等对邻近建（构）筑物的影响；

(8) 当基础需考虑动力作用时，应提供地基土的动力特性指标。

13 施工岩土工程勘测

当工程地质条件复杂或有特殊施工要求的重大工程地基，一般需要进行施工勘察。施工勘察包括施工阶段的勘察和竣工后一些必要的勘察工作(如检验地基加固效果等)，因此，施工勘察并不是专指施工阶段的勘察。

当遇下列情况之一时，应配合设计、施工单位进行施工勘察：

(1) 基坑或基槽开挖后，岩土条件与勘察资料不符或发现必须查明的异常情况时，应进行施工勘察。

(2) 在地基处理及深基开挖施工中，宜进行检验和监测工作。

(3) 地基中溶洞或土洞较发育，应查明并提出处理建议。

(4) 施工中出现有边坡失稳危险，应查明原因，进行监测并提出处理建议。

施工阶段岩土工程勘测属于专门性勘测，根据工程的特殊需要而定。对于岩土工程条件复杂或有特殊使用要求的建（构）筑物，需要在施工过程中进行实地检验、核实，或在基础施工中发现岩土条件有较大变化时进行的补充勘测。

施工勘测应针对某一地段或尚待查明的专门问题进行补充勘测，查明基础影响范围内的持力层和下卧层的变化情况。