

高等学校教材

# 岩土工程勘察

主 编 王贵荣  
副主编 唐亦川  
编 者 王念秦 张志沛 叶万军  
王贵荣 唐亦川

西北工业大学出版社

**【内容简介】** 本书分为“通论”和“各论”两篇。“通论”中系统论述了岩土工程勘察等级划分、勘察阶段划分及各种勘察技术方法,是岩土工程勘察的理论基础;“各论”中,分章论述了不良地质作用、特殊性岩土场地、房屋建筑和构筑物、地下洞室、道路工程、水利水电工程等主要建筑类型的主要岩土工程问题、岩土工程勘察要点,是岩土工程勘察实践的指南。

本书是为地质工程、勘查技术与工程、土木工程(岩土工程、地下工程、道路工程)等专业本科生学习完工程地质基础知识后,开设岩土工程勘察课程而编写的教材,也可作为相关专业硕士研究生的自学教材,还可作为从事工程地质、岩土工程实际工作的工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

岩土工程勘察/王贵荣主编. —西安:西北工业大学出版社,2007.8  
ISBN 978-7-5612-2294-2

I. 岩… II. 王… III. 岩土工程—地质勘探 IV. TU412

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第137168号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:22

字 数:537千字

版 次:2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

定 价:28.00元

# 前 言

世界上任何建(构)筑物都是修建在地表或地表下一定深度范围的岩土体中,作为建筑结构、建筑材料和建筑环境的工程岩土体的物理力学性质及其稳定性,会直接影响建(构)筑物的安全、稳定和正常使用。因此,在建筑物设计和施工前,必须对建筑场地进行岩土工程勘察,查明建筑场地的工程地质条件,分析和论证有关的岩土工程问题,对场地的稳定性、适宜性做出正确评价,为岩土体的整治、改造和工程的设计、施工提供详细、具体、可靠的地质资料,本书正是担负着这种任务应运而生的。

本书以我国现行的国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)以及其他相关规范、规程及行业标准为依据编写而成。全书分为“通论”和“各论”两篇。“通论”中系统论述了岩土工程勘察的基本原理与各种勘察技术方法,适当介绍了近年来岩土工程勘察的新技术和新方法,是岩土工程勘察的理论基础;“各论”中,分章论述了不良地质作用、特殊岩土场地及主要类型建筑的岩土工程问题、岩土工程勘察任务、阶段划分以及勘察方法的选择和工作量的布置等,是岩土工程勘察实践的指南。本书通篇贯穿着以工程地质条件研究为基础、以岩土工程问题分析为核心、以建筑场地岩土工程评价为目的、以岩土工程勘察为主线的思想,体现了岩土工程勘察服务于工程建设全过程的宗旨,力求做到概念清晰、结构严谨、系统全面、内容精练,以方便学生学习。鉴于岩土工程勘察实践性强,而学生缺乏实践经验的实际情况,教材中对勘察设计的思路、勘察方法、工作步骤及具体要求等进行了系统阐述,一些章节后还附有工程实例供学生学习时参考。由于建筑类型繁多,且不同院校或不同专业学生从事岩土工程勘察的侧重点不同,为满足不同专业的教学要求,在本教材的“各论”中尽可能多地对不同类型建筑物的岩土工程勘察进行论述,但在具体教学过程中,可根据各专业的特点和要求对教学内容进行取舍。

本书由王贵荣担任主编,唐亦川任副主编。编写分工如下:绪论、第1,2,8(部分),11章及第13章(部分)由王贵荣编写;第3,13章(部分)由王念秦编写;第4,12章由叶万军编写;第5,8(部分),9章由张志沛编写;第6,7,10章由唐亦川编写。全书由王贵荣、王念秦统编定稿。

在本书编写过程中,参考了已出版的相关教材、专著和规范的内容,在此对上述资料的作者表示衷心感谢!最后向所有支持和帮助本书编写的有关领导、专家及同行表示诚挚的感谢!对西安科技大学教务处教材科和西北工业大学出版社为本书出版付出的艰辛劳动表示感谢!

由于编者能力和水平有限,加之时间仓促,不妥之处在所难免,欢迎广大师生批评指正。

编 者

2007年5月

# 目 录

绪论	1
0.1 岩土工程与岩土工程勘察	1
0.2 岩土工程勘察的目的和任务	1
0.3 本课程的主要内容和学习要求	2
第 1 篇 岩土工程勘察通论	5
第 1 章 岩土工程勘察基本问题	5
1.1 工程地质条件与岩土工程问题	5
1.2 岩土工程勘察等级	7
1.3 岩土工程勘察方法	11
1.4 岩土工程勘察阶段的划分	13
1.5 岩土工程勘察纲要	15
1.6 地理信息系统(GIS)在岩土工程勘察中的应用	17
思考题	18
第 2 章 工程地质测绘和调查	19
2.1 概述	19
2.2 工程地质测绘和调查的范围、比例尺和精度	20
2.3 工程地质测绘和调查的内容	23
2.4 工程地质测绘和调查的方法及程序	28
2.5 工程地质测绘前的准备工作	29
2.6 资料整理及成果	30
2.7 不同岩土分布区工程地质测绘和调查要点	31
2.8 航片和卫片在工程地质测绘中的应用	33
思考题	35
第 3 章 勘探与取样	36
3.1 概述	36

3.2	钻探	38
3.3	坑探	46
3.4	取样技术	48
3.5	物探	55
3.6	岩土野外鉴别与现场描述	64
	思考题	69
<b>第4章</b>	<b>原位测试</b>	<b>70</b>
4.1	概述	70
4.2	载荷试验	71
4.3	静力触探试验	75
4.4	动力触探试验	81
4.5	十字板剪切试验	86
4.6	抽水试验	88
4.7	波速测试	92
4.8	岩体变形试验	95
4.9	岩体现场简易测试	97
	思考题	102
<b>第5章</b>	<b>现场检验与监测</b>	<b>103</b>
5.1	概述	103
5.2	地基基础的检验与监测	104
5.3	岩土体性质与状态的监测	113
5.4	地下水的监测	119
	思考题	122
<b>第6章</b>	<b>建筑场地水、土腐蚀性的调查、测试与评价</b>	<b>123</b>
6.1	水、土腐蚀性作用机理	123
6.2	水、土腐蚀性调查与测试	124
6.3	腐蚀性评价	125
	思考题	128
<b>第7章</b>	<b>岩土工程分析评价及勘察成果报告</b>	<b>129</b>
7.1	岩土工程分析评价	129
7.2	岩土工程勘察成果报告	133
	思考题	139

---

第 2 篇 各类建筑场地岩土工程勘察	141
第 8 章 不良地质作用岩土工程勘察	141
8.1 岩溶	141
8.2 滑坡	147
8.3 危岩和崩塌	154
8.4 泥石流	158
8.5 地面沉降	162
8.6 场地和地基的地震效应	165
8.7 地下采空区场地岩土工程勘察	170
思考题	177
第 9 章 特殊性岩土场地岩土工程勘察	178
9.1 湿陷性黄土	178
9.2 膨胀岩土	186
9.3 软土	193
9.4 填土	195
9.5 多年冻土	197
9.6 盐渍岩土	202
9.7 风化岩与残积土	206
思考题	208
第 10 章 房屋建筑和构筑物岩土工程勘察	209
10.1 概述	209
10.2 岩土参数的选取	211
10.3 地基承载力确定	215
10.4 地基沉降变形计算	220
10.5 地基稳定性计算	226
10.6 桩基岩土工程问题	226
10.7 深基坑开挖的岩土工程问题	228
10.8 房屋建筑与构筑物岩土工程勘察要点	233
10.9 岩土工程勘察报告实例	242
思考题	258
第 11 章 地下洞室岩土工程勘察	259
11.1 概述	259

11.2	地下洞室围岩应力分布特征·····	260
11.3	围岩的变形与破坏·····	262
11.4	地下洞室特殊岩土工程问题·····	264
11.5	地下洞室围岩的分类及质量分级·····	266
11.6	地下洞室围岩稳定性评价·····	271
11.7	地下洞室位址选择·····	273
11.8	地下洞室岩土工程勘察要点·····	278
	思考题·····	279
<b>第 12 章</b>	<b>道路工程岩土工程勘察</b> ·····	<b>280</b>
12.1	道路工程岩土工程勘察·····	280
12.2	桥梁工程岩土工程勘察·····	293
	思考题·····	296
<b>第 13 章</b>	<b>水利水电工程地质勘察</b> ·····	<b>297</b>
13.1	概述·····	297
13.2	水坝工程地质·····	298
13.3	水库工程地质·····	321
13.4	引水建筑工程地质·····	330
13.5	水利水电工程地质勘察要点·····	337
	思考题·····	343
	参考文献·····	344

# 绪 论

## 0.1 岩土工程与岩土工程勘察

岩土工程是以工程地质学、土力学、岩体力学和基础工程学为理论基础,解决工程建设中出现的与工程岩土体有关的工程技术问题的一门学科。它既是地质与工程紧密结合的新兴学科,又是介于土木工程和工程地质学两门学科间的边缘学科,总体看属于土木工程范畴。岩土工程以工程岩土体作为研究对象,把岩土体既作为建筑材料,又作为建筑结构。它的研究内容是岩土体的整治、改造和利用,工作方法包括调查、勘察、测试、分析计算、论证、方案选择、监测(或长期观测)、反演分析、再论证、方案认定等。

岩土工程是一门服务于工程建设的综合性和应用性都很强的技术学科,在房屋、道路、航运、能源、矿山和国防等建设工程中占有重要的地位;在保证工程质量、降低工程造价、缩短工程周期以及提高工程经济效益、环境效益和社会效益方面具有十分重要的作用。

工程建(构)筑物与岩土体之间处于相互依存,又相互制约的矛盾中。研究两者之间的关系,促使矛盾的转化和解决,是岩土工程的基本任务。

岩土工程包括岩土工程勘察、岩土工程设计、岩土工程施工和岩土工程监测四个方面。岩土工程勘察是岩土工程技术体制中的一个重要环节,是工程建设前期要开展的基础性工作。岩土工程勘察不仅要查明建筑场地的工程地质条件,为规划、设计、施工提供地质资料,而且更多地涉及场地地基岩土体的整治、改造和利用的分析论证,进行定量的岩土工程分析和预测,提供岩土工程设计的有关参数,提出解决岩土工程问题的决策性具体建议和岩土工程施工的指导性意见,服务于工程建设全过程。

## 0.2 岩土工程勘察的目的和任务

岩土工程勘察工作就是综合运用各种勘察手段和技术方法,有效查明建筑场地的工程地质条件,分析评价建筑场地可能出现的岩土工程问题,对场地地基的稳定性和适宜性做出评价,为工程建设规划、设计、施工和正常使用提供可靠的地质依据,其目的是充分利用有利的自然地质条件,避开或改造不利的地质因素,保证工程建筑物的安全稳定、经济合理和使用正常。

岩土工程勘察的基本任务是按照建筑物或构筑物不同勘察阶段的要求,为工程的设计、施工以及岩土体治理加固、开挖支护和降水等工程提供地质资料和必要的技术参数,对有关的岩土工程问题做出论证和评价,其具体任务归纳如下:

- (1)查明建筑场地的工程地质条件,指出场地内不良地质作用的发育情况及其对工程建设的影响,对场地稳定性和适宜性做出评价。

- (2)查明工程范围内岩土体的分布、性状和地下水活动条件,提供设计、施工和整治所需的

地质资料和岩土技术参数。

(3)分析研究与工程建筑有关的岩土工程问题,并做出确切的评价结论。

(4)对场地内建筑总平面布置、各类岩土工程设计、岩土体加固处理、不良地质作用整治等具体方案做出论证和建议。

(5)预测工程施工和运行过程中对地质环境和周围建筑物的影响,并提出保护措施的建议。

岩土工程勘察的基本特点是在研究岩土工程问题时,必须考虑它们与工程建设的关系及相互影响,预测工程建设活动与地质环境间可能产生的工程地质作用的性质和规模及将来发展的趋势。在具体勘察过程中,必须用地质分析的方法详细研究建筑场地或周围一定范围的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质作用等。除用地质分析方法对地质条件进行定性评价外,还要用室内和现场原位测试的理论和计算方法进行定量的评价,提供结论性意见和可靠的设计参数,供设计者和施工者直接应用。另外,还要在分析评价的基础上,提出岩土工程问题处理的措施和意见,提出如何充分利用有利的工程地质条件,切合工程实际改造不利的工程地质条件的具体方案和施工方法,使工程建设更符合经济合理、运行安全的原则。

### 0.3 本课程的主要内容和学习要求

“岩土工程勘察”是为地质工程、勘察技术与工程、土木工程(岩土工程、道路工程、地下工程)等专业学生学习完工程地质基础课程后开设的专业课程。本教材的目的是把学生所学基础课和专业基础课的理论知识和技术方法应用到工程实际中去,从而使学生牢固掌握各种勘察手段的理论原则,有效地解决实际工程问题,为学生毕业后尽快胜任岩土工程勘察技术工作打下坚实的基础。教材中对所涉及的广泛而丰富的理论原则和技术方法均作了详细阐述,力求达到理论指导实践的目的。

本教材分为“通论”和“各论”两篇。在“通论”中首先阐述了勘察的基本问题,然后分别论述了工程地质测绘和调查、勘探与取样、原位测试、现场检测与监测等各种勘察技术方法的基本原理、适用条件、工作内容、技术要求及成果应用,介绍了岩土工程勘察成果报告的基本内容和具体要求。在“各论”中分章论述了不良地质作用、特殊性岩土场地、房屋建筑和构筑物、地下洞室、道路工程、水利水电工程的主要岩土工程问题和勘察要点。

由于岩土工程勘察是一门实践性很强的课程,学生在学习过程中要力求做到以下几点:

(1)要把规范原则和工程实际结合起来,实现原则性和灵活性的统一。本书着重帮助学生建立正确的勘察思想,强调勘察工作必须在保证建筑物安全稳定的前提下,做到经济合理、技术可行。要加强实践,在条件允许的情况下,尽可能多地组织学生到生产现场进行参观实习,增强学生感性认识,激发学生的学习兴趣。

(2)加强对岩土工程勘察基本问题的认识。岩土工程勘察的首要任务就是查明建筑场地的工程地质条件,如何正确理解工程地质条件的内涵,对勘察工作非常重要。岩土工程问题的分析论证是勘察工作的核心任务,“各论”中对每一类建筑岩土工程勘察的内容安排,都以岩土工程问题分析为重点,除论述其重要意义外,对各类建筑的岩土工程问题有一个全面的认识也是十分必要的。

(3)每一勘察阶段中勘察手段的选择和工作量的安排,既决定于该阶段的勘察任务,也决定于岩土工程问题的性质和复杂程度。各阶段对岩土工程问题的解决深度也是不同的,因而需要对工程地质条件查明的详细程度也不同,这就必然影响到勘察工作的布置,应据此制定勘察计划。要善于综合运用各种勘察手段,及时而有步骤地取得准确资料和合乎质量的成果。

(4)加强自学,独立思考。建筑类型很多,新的类型还在不断出现,对勘察的要求也各不相同,但也有许多共同之处。“通论”正是对这些共性的问题加以理论阐述,因此只要能够较好地掌握“通论”,并以房屋建筑和构筑物、地下洞室、水利水电工程的勘察作为例证,说明其特点,其他工程建筑物的勘察不必一一讲述。另外,学生在学习本课程时,可根据自己将来的就业方向,选学一些相关工程建筑类型的勘察知识,多阅读一些参考书籍,这对毕业后从事岩土工程勘察工作和相关研究工作都是非常有用的。

# 第 1 篇 岩土工程勘察通论

## 第 1 章 岩土工程勘察基本问题

---

### 1.1 工程地质条件与岩土工程问题

#### 1.1.1 工程地质条件

工程地质条件是指与工程建筑有关的地质要素的综合,包括地形地貌、岩土类型及其工程地质性质、地质结构与地应力、水文地质条件、不良地质作用以及天然建筑材料等 6 个要素。工程地质条件是一个综合概念,在提到工程地质条件一词时,实际上是指上述 6 个要素的总体,而不是指任何单一要素。单独一两个要素不能称之为工程地质条件,而只能按本身应有的术语称之。

工程地质条件是客观存在的,是自然地质历史的产物,而不是人为造成的。一个地区的工程地质条件反映了该地区地质发展过程及其后生变化,即内外动力地质作用的性质和强度。工程地质条件的形成受大地构造、地形地貌、气候、水文、植被等自然因素的控制。

由于各地的自然因素和地质发展过程不同,其工程地质条件随之不同,表现为其 6 个要素的组合情况的不同,以及要素的性质、主次关系的差异。工程地质条件各要素之间既是相互联系,又是相互制约的,这是因为它们受着同一地质发展历史的控制,形成一定的组合模式。例如,平原区必然是碎屑物质的堆积场所,土层较厚,基岩出露较少,地质结构比较简单,物理地质作用也不很发育,地下水以孔隙水为主,天然建筑材料中土料丰富而石料缺乏。不同的模式对建筑的适宜性相差甚远,存在的岩土工程问题也不一致。

人类的工程——经济活动——会引起工程地质条件变化,但这毕竟是次要的、局部的,而且与原有工程地质条件融合为一个整体,对后来的建筑成为新的因素。

由上述可知,认识工程地质条件必须从基础地质入手,了解地区的地质发展历史、各要素的特征及其组合的规律性,这对于解决实际问题是很有帮助的。工程地质条件是在自然地质历史发展演化过程中客观形成的,因此必须依据地质学的基本理论,采用自然历史分析方法去研究它。

工程地质条件的优劣在于其各个要素是否对工程有利。首先是岩土类型及其性质的好坏对工程地质条件的影响。坚硬完整的岩石,如花岗岩、厚层石英砂岩、花岗片麻岩等,强度高,性质良好;页岩、黏土岩、碳质岩及泥质胶结的砂砾岩,以及遇水膨胀、易溶解的岩类,软弱易变,性质不良,断层岩和构造破碎岩更软弱,这类岩石都是不利于地基稳定的,成为岩体研究中的重点。松软土中的特殊土,如黄土、膨胀土、淤泥等也是不利因素,需要特别注意。岩土性质的优劣对建筑物的安全和经济具有重要意义,大型建筑物一般要建在性质优良的岩土上,软弱不良的岩土体工程事故不断、地质灾害多发,常需避开。

第二,地形地貌条件对建筑场地的选择,特别是对线性建筑如铁路、公路、运河渠道等的线路方案选择意义最为重大。如能合理利用地形地貌条件,不但能大量节省挖填方量,节约大量投资,而且对建筑物群体的合理布局、结构型式、规模以及施工条件等也有直接影响。例如,施工场地是否足够宽阔、材料运输道路是否方便等都决定于地形地貌条件。

第三,地质结构和地应力包含了地质构造、岩体结构、土体结构及地应力等方面,含义较广,是一项具有控制性意义的要素,对岩体尤为重要。地质构造确定了一个地区的构造格架、地貌特征和岩土分布。断层,尤其是活断层,对工程建筑的危害最大,也是工程人员最为担心的。在选择建筑物场地时,必须注意断层的规模、产状及其活动情况。土体结构主要是指不同土层的组合关系、厚度及其空间变化。岩体结构除岩层构造外,更主要的是各种结构面的类型、特征和分布规律。不同结构类型的岩体其力学性质和变形破坏的力学机制是不同的。结构面愈发育,特别是含有软弱结构面的岩体,其性质愈差。

地应力是地质环境和地壳稳定性评价的重要基础资料,对地下工程设计和施工具有重要意义。地应力在地下分布可分为三个带,即卸荷带、应力集中带、地应力稳定带。这三个带内岩体质量差别很大,工程上最关心的是卸荷带和地应力集中带。卸荷带内岩体呈松动状态,岩体质量很差。应力集中带有的很浅,几乎接近地表;有的很深,深达 200~300m。地应力稳定区有的很浅,甚至从地表开始,这种地区多为地质建造后未遭受过剥蚀的地区。遭受过剥蚀的地区都具有卸荷带、应力集中带、稳定地应力带的三带型特征,其工程地质环境也比较复杂,应引起重视。

第四,水文地质条件是决定工程地质条件优劣的重要因素。地下水位较高一般对工程不利,地基石含水量大,黏性土处于塑态甚至流态,地基承载力降低,道路易发生冻害,水库常造成浸没,隧洞及基坑开挖需进行排水。滑坡、地下建筑事故、水库渗漏、坝基渗透变形以及许多地质灾害的发生都与地下水的参与有关,甚至起着主导作用。

第五,不良地质作用泛指由地球外动力作用引起的,对工程建设不利或有不良影响的各种地质作用和现象,如崩塌、滑坡、泥石流、岩溶、土洞、河流冲刷以及渗透变形等。它们既影响场地稳定性,又对地基基础、边坡工程、地下洞室等具体工程的安全、经济和正常使用造成不利。所以,在复杂地质条件进行岩土工程勘察时,必须查清不良地质作用的分布、规模、形成条件、形成机制、发展演化的规律和特点,预测其对工程建设的影响或危害程度,并提出防治对策和措施。

第六,天然建筑材料是指供建筑用的土料和石料。土坝、路堤需用大量土料,海堤、石桥、堆石坝等需用大量石料,拌合混凝土需用砂、砾石作为骨料。为了节省运输费用,应该遵循“就地取材”的原则,用料量大的工程尤其应该如此,所以天然建筑材料的有无,对工程的造价有较大的影响,其类型、质量、数量以及开采运输条件,往往成为选择场地,拟定工程结构类型的重

要条件。

从以上对 6 个要素的单独分析说明工程地质条件的优劣,在实际工作中要从整体着眼,结合建筑物的特点,对存在的岩土工程问题加以综合分析论证。

工程地质条件直接影响到工程建筑物的安全、经济和正常运行,所以,任何类型的工程建设,进行勘察时必须查明建筑场地的工程地质条件,并把它作为岩土工程勘察的基本任务。

### 1.1.2 岩土工程问题

岩土工程问题是指工程建筑与岩土体之间相互作用所产生的对建筑本身的顺利施工和正常运行或对周围环境可能产生影响的矛盾或问题。在岩土工程施工以及工程建筑物建成使用过程中,工程部位的岩土体和地下水与建筑物发生作用,导致岩土工程问题的出现。由于建筑物的类型、结构和规模不同,其工作条件和工程作用力的大小方向各异,与地质环境相互作用的特点各不相同,因此,所产生的岩土工程问题也有差异,这就造成岩土工程问题的复杂性和多样性。例如,工业与民用建筑主要的岩土工程问题是地基承载力和沉降问题,建于地下则有围岩(土)稳定性问题,建于山坡上则有斜坡稳定性问题。高层建筑物深基开挖和支护、施工降水、基坑底回弹隆起及基坑外地面移动变形等各种岩土工程问题较多。道路工程岩土工程问题有路基稳定性问题、道路冻害问题、边坡稳定性问题、隧道围岩稳定性问题、桥墩台地基稳定性问题等。水利水电岩土工程问题有水库渗漏问题、库岸稳定性问题、水库浸没问题、水库淤积问题、水库诱发地震问题、坝基抗滑稳定问题、坝基渗漏问题、坝基渗透稳定性问题、坝肩稳定性问题、船闸高边坡稳定性问题、输水隧洞围岩稳定性问题等。除此之外,还有洞门边坡稳定、地面变形和施工涌水等问题。

岩土工程问题分析就是分析工程建筑物与工程地质条件之间的相互作用的影响因素、作用机制与过程、边界条件,做出定性评价,并在此基础上进一步利用各种参数和计算公式进行计算,做出定量评价,明确两者之间作用的强度或岩土工程问题的严重程度、发生发展的进程,预测工程施工过程和建成以后这种作用会产生的影响,做出确切的评价和结论,提供设计和施工时参考,共同制定防治措施方案,以便保证建筑物的安全并消除对周围环境的危害。

岩土工程问题的分析、评价是岩土工程勘察的核心任务和中心环节,每一项工程在进行岩土工程勘察时,对主要的岩土工程问题必须做出确切的评价和结论。岩土工程问题的分析要“吃透两头”:一头是工程地质条件,要明确哪些因素是有利的,哪些是不利的,深刻认识客观情况;另一头是“工程意图”,即工程设计人员对建筑物的结构和规模的构想,以便了解工程的要求。岩土工程问题分析的关键在于对工程地质条件的深入了解和认识,同时又要密切结合工程建筑的自身特点予以论证。查明工程地质条件只是了解自然,只有通过岩土工程问题分析才能深刻理解自然,理解其在工程上的意义,使其得到充分应用。同时,对岩土工程问题的分析研究,还能够起到指导勘察的作用,为合理选用勘察手段、布置勘察工作量提供依据。

## 1.2 岩土工程勘察等级

不同建筑场地的工程地质条件不同,不同规模和特征的建筑物对工程地质条件的要求也不尽相同,所要解决的岩土工程问题也有差异,因此,工程建设所采取的地基基础、上部结构设计方案,以及岩土工程勘察所采用的方法、所投入的勘察工作量的大小也可能不同。岩土工程

勘察等级划分对确定勘察工作内容、选择勘察方法及确定勘察工作量投入多少具有重要的指导意义。工程规模较大或较重要、场地地质条件以及岩土体分布和性状较复杂者,所投入的勘察工作量就较大,反之则较小。岩土工程勘察分级的目的是突出重点、区别对待、利于管理。

按《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)规定,岩土工程勘察等级应根据工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级三项因素综合确定。

### 1.2.1 工程重要性等级

工程重要性等级,是根据工程的规模、特征以及由于岩土问题造成破坏或影响正常使用的后果的严重性进行划分的,可划分为三个等级(表 1.1)。

表 1.1 工程重要性等级划分

重要性等级	工程类型	破坏后果
一级工程	重要工程	很严重
二级工程	一般工程	严重
三级工程	次要工程	不严重

工程重要性等级划分,由于涉及各行各业(房屋建筑、地下洞室、电厂及其他工业建筑、废弃物处理等工程),很难做出统一的划分标准。以住宅和一般公用建筑为例,30层以上的建筑工程,其重要性等级可定为一级,7~30层的可定为二级,6层及6层以下的可定为三级。目前,地下洞室、深基坑开挖、大面积岩土处理等尚无重要性等级的具体规定,可根据实际情况划分。对大型沉井和沉箱、超长桩基和墩基、有特殊要求的精密设备和超高压设备、有特殊要求的深基坑开挖和支护工程、大型竖井和平硐、大型基础托换和补强工程以及其他难度大、破坏后果严重的工程,其工程重要性等级列为一级为宜。

### 1.2.2 场地复杂程度等级

场地复杂程度等级根据建筑抗震稳定性、不良地质作用发育情况、地质环境破坏程度、地形地貌和地下水等 5 个方面综合考虑。

#### 1. 建筑抗震稳定性

根据国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)规定,选择建筑场地时,应根据地质、地形、地貌条件划分为对建筑抗震有利、不利和危险的地段。

(1)危险地段。地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流及发震断裂带上可能发生地表位错的部位。

(2)不利地段。软弱土和液化土,条状突出的山嘴,高耸孤立的山丘,非岩质的陡坡、河岸和斜坡边缘,平面分布上成因、岩性和性状明显不均匀的土层(如古河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷及半填半挖地基)等。

(3)有利地段。岩石和坚硬土或开阔平坦、密实均匀的中硬土等。

上述规定中,场地土的类型按表 1.2 划分。

表 1.2 场地土的类型划分

场地土类型	土层剪切波速范围/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	岩土名称和性状
坚硬场地土	$v_s > 500$	稳定的岩石,密实的碎石土
中硬场地土	$500 \geq v_s > 250$	中密,稍密的碎石土,密实、中密的砾、粗、中砂, $f_{ak} > 200$ kPa 的黏性土和粉土
中软场地土	$250 \geq v_s > 140$	稍密的砾、粗、中砂,除松散外的细、粉砂, $f_{ak} \leq 200$ kPa 的黏性土和粉土, $f_{ak} > 130$ kPa 的填土
软弱场地土	$v_s \leq 140$	淤泥和淤泥质土,松散的砂,新近代沉积的黏性土和粉土, $f_{ak} < 130$ kPa 的填土

注:  $f_{ak}$  为根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)有关规定确定的地基承载力特征值(kPa);  $v_s$  为岩土剪切波速。

## 2. 不良地质作用发育情况

不良地质作用分布于场地内及其附近地段,主要影响场地稳定性,也对地基基础、边坡和地下洞室等具体的岩土工程有不利影响。

“强烈发育”是指泥石流沟谷、崩塌、滑坡、土洞、塌陷、岸边冲刷、地下水强烈潜蚀等极不稳定场地,这些不良地质作用直接威胁工程的安全。例如,山区泥石流的发生,会酿成地质灾害,破坏甚至摧毁整个工程建筑物。岩溶地区溶洞和土洞的存在,所造成的地面变形甚至塌陷,对工程设施的安全也会构成直接威胁。“一般发育”是指虽有不良地质作用,但并不十分强烈,对工程安全的影响不严重,或者说对工程安全可能有潜在的威胁。

## 3. 地质环境破坏程度

地质环境破坏是指人为因素和自然因素引起的地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染、水位上升等。地质环境的“强烈破坏”,是指由于地质环境的破坏,已对工程的安全构成直接威胁。“一般破坏”是指已有或将有上述现象发生,但并不强烈,对工程安全的影响不严重。

## 4. 地形地貌条件

地形地貌主要指的是地形起伏和地貌单元(尤其是微地貌单元)的变化情况。一般地说,山区和丘陵区场地地形起伏大,工程布局较困难,挖填土石方量较大,土层分布较薄且下伏基岩面高低不平,地貌单元分布较复杂,一个建筑场地可能跨越多个地貌单元,因此地形地貌条件复杂或较复杂;平原场地地形平坦,地貌单元均一,土层厚度大且结构简单,因此地形地貌条件简单。

## 5. 地下水条件

地下水是影响场地稳定性的重要因素。地下水的埋藏条件、类型和地下水水位等直接影响工程及其建设。

综合考虑上述影响因素,场地复杂程度可划分为三个等级(表 1.3)。

表 1.3 场地复杂程度等级

场地等级 场地条件	一级	二级	三级
建筑抗震稳定性	危险	不利	有利(或地震设防烈度 $\leq 6$ 度)
不良地质作用发育情况	强烈发育	一般发育	不发育
地质环境破坏程度	已经或可能强烈破坏	已经或可能受到一般破坏	基本未受破坏
地形地貌条件	复杂	较复杂	简单
地下水条件	有影响工程的多层地下水或岩溶裂隙水存在,其他水文地质条件复杂,需专门研究	基础位于地下水位以下	对工程无影响

### 1.2.3 地基复杂程度等级

根据地基复杂程度,可划分为三个地基等级。

#### 1. 一级地基

符合下列条件之一者即为一级地基(复杂地基):

- (1) 岩土种类多,很不均匀,性质变化大,需特殊处理。
- (2) 严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土以及其他情况复杂、需作专门处理的岩土。

#### 2. 二级地基

符合下列条件之一者即为二级地基(中等复杂地基):

- (1) 岩土种类较多,不均匀,性质变化较大。
- (2) 除上述规定之外的特殊性岩土。

#### 3. 三级地基

符合下列条件者为三级地基(简单地基):

- (1) 岩土种类单一,均匀,性质变化不大。
- (2) 无特殊性岩土。

场地等级、地基等级具体划分时,应从一级开始,向二级、三级推定,以最先满足为准。

### 1.2.4 岩土工程勘察等级

综合考虑工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度三项因素,将岩土工程勘察等级划分为甲、乙、丙三个级别。

(1) 甲级岩土工程勘察。在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级中,有一项或多项为一级。

(2) 乙级岩土工程勘察。除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目。

(3) 丙级岩土工程勘察。工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级。

一般情况下,勘察等级可在勘察工作展开前,通过收集已有资料确定。但随着勘察工作的

展开以及对自然认识的深入,勘察等级也可能发生改变。

对于岩质地基,场地地质条件复杂程度是控制因素。建造在岩质地基上的一级工程,如果场地和地基条件比较简单,勘察工作难度不大,场地复杂程度等级和地基复杂程度等级均为三级时,岩土工程勘察等级也可定为乙级。

## 1.3 岩土工程勘察方法

岩土工程勘察的方法或技术手段有工程地质测绘和调查、勘探与取样、原位测试与室内试验、现场检验与监测、勘察资料的室内整理等。

### 1.3.1 工程地质测绘和调查

工程地质测绘和调查是岩土工程勘察的基础工作,一般在勘察的初期阶段进行。在可行性研究勘察阶段和初步勘察阶段,工程地质测绘和调查能发挥其重要的作用。在详细勘察阶段,可通过工程地质测绘和调查对某些专门地质问题(如滑坡、断裂等)做补充调查。

工程地质测绘和调查实质上是运用地质学、工程地质学的理论和方法,对地面地质体和地质现象进行观察和描述,根据野外调查和测绘结果,在地形图上填绘测区工程地质条件的主要内容,并绘制工程地质图,据此分析区内工程地质条件的特征和规律,借以推断地下地质情况。高质量的工程地质测绘工作可以取得对工程地质条件相当深入的认识,是认识场地工程地质条件最经济、最有效的方法;工程地质测绘和调查是率先进行的勘察工作,具有有效指导勘探、测试等其他勘察方法的作用。在地形地貌及其他地质条件较为复杂的场地,必须进行工程地质测绘,但对地形平坦、地质条件简单且较狭小的场地,则可采用调查代替工程地质测绘。但单靠工程地质测绘和调查,无论在认识的深度和定量评价的要求上都是不够的,还必须实施其他勘察方法,特别是需要通过勘探工作加以验证而使认识深化。

### 1.3.2 勘探与取样

勘探工作包括物探、钻探和坑探等方法,主要用来查明地下岩土的性质、分布及地下水等条件,并可利用勘探工程取样和进行原位测试及监测。勘察工作中具体勘察手段的选择应符合勘察的目的、要求及岩土体的特点,力求以合理的工作量达到应有的技术效果。

物探是一种间接的勘探手段,它的优点是较之钻探和坑探轻便、经济而迅速,能够及时解决工程地质测绘中难于推断而又急待了解的地下地质情况;在工程地质测绘过程中常要求物探的适当配合,对查明覆盖层厚度、基岩风化层厚度及基岩起伏变化,效果显著;物探可为钻探和坑探布置提供有效指导,作为其先行或辅助手段。但是,物探使用又受地形条件等的限制,且其成果判释往往具有多解性,因此物探应以测绘为指导,并用勘探工程加以验证。

钻探和坑探也称勘探工程,是查明地下地质情况最直接、最可靠的勘察手段,在岩土工程勘察中必不可少。其中钻探工作使用最为广泛,可根据地层类别和勘察要求选用不同的钻探方法。当钻探方法难以查明地下地质情况时,可采用坑探方法。坑探工程的类型较多,应根据勘察要求选用。勘探工作起着验证测绘和物探工作中所做推断的作用,并为试验工作创造条件。勘探工程布置要以工程地质测绘和物探成果为指导,以避免盲目性和随意性。

勘探工程一般都需要动用机械和动力设备,耗费人力、物力较多,有些勘探工程施工周期