

高等院校土木工程专业选修课教材

# 岩土工程勘察

■ 张 荫 主编 冯志焱 副主编

YANTU GONGCHENG  
KANCHA

中国建筑工业出版社

高等院校土木工程专业选修课教材

# 岩土工程勘察

张 荫 主 编

冯志焱 副主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

岩土工程勘察/张荫主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 4

(高等院校土木工程专业选修课教材)

ISBN 978-7-112-12968-3

I. ①岩… II. ①张… III. ①岩土工程-地质勘探  
IV. ①TU412

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 030772 号

本书根据土木工程专业教学计划要求编写, 全书共分为九章, 论述了土木工程领域常用的岩土工程勘察方法与评价。主要内容有: 工程地质测绘与调查, 勘察与取样, 室内试验, 原位测试, 地下水, 各类建筑岩土工程勘察, 特殊岩土工程勘察以及岩土工程评价等。分别从基本概念与原理、方法的适用性、勘察资料的分析与评价, 以及工程应用等方面进行了论述, 并附有复习思考题。

本书可作为高等院校土木工程专业本科及研究生教学用书, 亦可供工程技术人员及注册工程师执业资格考试参考。

责任编辑: 王 梅 咸大庆 刘瑞霞

责任设计: 李志立

责任校对: 赵 颖 陈晶晶

## 高等院校土木工程专业选修课教材

### 岩土工程勘察

张 荫 主 编

冯志焱 副主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 字数: 365 千字

2011 年 6 月第一版 2011 年 6 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-12968-3

(20372)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

当前,随着我国土木工程建设持续高速发展,各类工程的建造技术要求、高度、难度、复杂程度的增加,对地基的要求越来越高。特别是深埋于地下的隐蔽工程,一旦失事,难以补救。为保证建(构)筑物的安全与正常使用,必须查明场地的地质与环境条件,进行岩土工程勘察。

岩土工程勘察是土木工程专业一门实用性很强的专业课。本课程的任务是通过理论教学,使学生获得岩土工程勘察方面的基础知识和基本技能,能够进行一般工程的勘察、设计、分析、评价与应用,并得到初步的训练与实践。

本教材是根据土木工程专业教学计划进行编写的。编写的指导思想及特点为:一是力求涵盖土木工程各学科领域的岩土工程勘察,如房屋建筑与构筑物、道路与桥梁等学科的工程勘察。二是力求反映科学技术的最新发展与成就。在贯穿我国现行规范内容的基础上,着重论述岩土工程勘察的新方法与新技术。三是注重理论与实践的结合。在阐明基本原理与方法的基础上,配以实例,以培养学生的实践能力。

参加本书编写工作的有:张荫第1、2、3、7章,冯志焱第4、6、8章,卢俊龙第5、7、9章,文君第8、9章,全书由张荫、卢俊龙统稿。资料整理及书中图表绘制由王波、薛明、赵德军等完成。

本书承蒙刘增荣教授审阅。在初稿的编写过程中,得到了岩土界多位专家与老师及同行的帮助与指导。此外,本教材中还参考了很多单位及个人的科研成果和技术总结。在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

2010年11月

# 目 录

## 第1章 绪论

1.1 岩土工程勘察概述	1
1.2 岩土工程勘察的目的、任务、准则和要求	1
1.3 岩土工程勘察等级	5
1.4 岩土的分类	11
1.5 岩土工程勘察的方法	27
1.6 岩土工程勘察的阶段划分	29
复习思考题	31

## 第2章 工程地质测绘与调查

2.1 工程地质测绘的特点、方法、范围	32
2.2 工程地质测绘的研究内容	34
2.3 遥感技术在工程地质测绘中的应用	40
复习思考题	44

## 第3章 勘探与取样

3.1 岩土工程勘探的任务与特点	45
3.2 岩土工程勘探方法分类与选择	46
3.3 坑探工程	47
3.4 钻探工程	52
3.5 触探与地球物理勘探	57
3.6 岩土取样	76
3.7 勘探工作布置、施工顺序、地基土的野外鉴别	84
复习思考题	90

## 第4章 室内试验

4.1 概述	91
4.2 土的物理性质试验	92
4.3 土的力学性质试验	99
4.4 土的水理性质试验	104
4.5 岩石性质试验	108
4.6 土的物理力学指标计算与应用	109

复习思考题 .....	111
-------------	-----

## 第5章 原位测试

5.1 概述 .....	112
5.2 载荷试验 .....	114
5.3 十字板剪切试验 .....	120
5.4 旁压试验 .....	123
5.5 现场波速试验 .....	126
5.6 岩体应力原位测试 .....	129
复习思考题 .....	135

## 第6章 地下水

6.1 地下水的类型和运动规律 .....	136
6.2 岩石渗流特性及其对工程的影响 .....	139
6.3 抽水、注水、压水试验 .....	142
6.4 水、土腐蚀性评价 .....	146
6.5 地下水的监测 .....	150
复习思考题 .....	152

## 第7章 各类建筑岩土工程勘察

7.1 房屋建筑与构筑物岩土工程勘察 .....	153
7.2 地下洞室的岩土工程勘察与评价 .....	160
7.3 道路(路基)岩土工程勘察 .....	165
7.4 桥梁岩土工程勘察 .....	171
7.5 其他建筑场地岩土工程勘察 .....	174
复习思考题 .....	185

## 第8章 特殊土岩土工程勘察

8.1 软土 .....	186
8.2 湿陷性土 .....	188
8.3 膨胀性岩土 .....	191
8.4 红黏土 .....	193
8.5 填土 .....	194
8.6 盐渍岩土 .....	196
8.7 多年冻土 .....	198
8.8 混合土 .....	200
8.9 风化岩和残积土 .....	201
8.10 污染土 .....	202
复习思考题 .....	204

## 第9章 岩土工程评价

9.1 概述 .....	205
9.2 岩土工程评价方法 .....	205
9.3 勘察报告书编写及应用 .....	208
9.4 建筑工程场地评价 .....	219
9.5 现场检验与监测 .....	231
复习思考题 .....	233
参考文献 .....	234

# 第1章 绪 论

## 1.1 岩土工程勘察概述

岩土工程 (geotechnical engineering) 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岩土体有关的工程技术问题的一门学科。它既是地质及环境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, 属土木工程范畴。由于岩土工程以工程岩土体作为研究对象, 将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、再论证及方案认定等。

岩土工程勘察 (geotechnical investigation) 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, 提出解决岩土工程问题的决策性建议和岩土工程设置、改造、利用与施工的指导性意见, 服务于工程建设全过程。

各类建设工程都离不开岩土, 它们或以岩土为材料, 或与岩土介质接触并相互作用。对与工程有关的岩土体的充分了解, 是进行工程设计与施工的重要前提。我国地域辽阔, 自然地理环境复杂, 土质各异, 地基条件区域性较强。

了解岩土体, 需要查明其空间分布及工程性质, 在此基础上才能对场地的稳定性、工程建造适宜性以及不同地段地基的承载力、变形特征等做出评价。了解岩土体特性的基本手段, 就是进行岩土工程勘察, 为各类工程设计提供必需的工程地质资料, 在定性的基础上做出定量的工程地质评价, 并对相应工程提出一定建议。

## 1.2 岩土工程勘察的目的、任务、准则和要求

目前, 世界各地的建筑、水利、交通等土木工程, 成功的 (图 1-1、图 1-2) 与发生事故的 (图 1-3、图 1-4) 有很多, 场地的岩土工程条件已成为主要原因。





图 1-1 CCTV 大楼

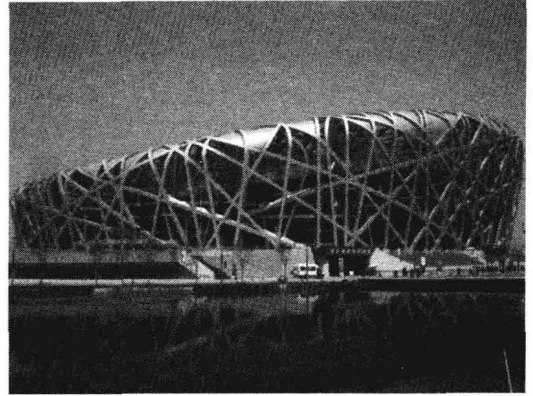


图 1-2 国家体育场“鸟巢”

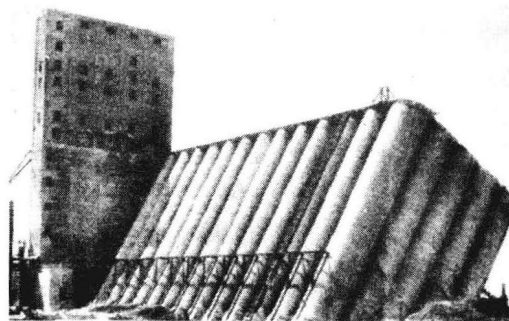


图 1-3 加拿大 Transcona 谷仓的倾覆



图 1-4 “5·12”汶川地震中的东方汽轮机厂

### 1.2.1 岩土工程勘察的目的

岩土工程勘察的目的在于查明场地工程地质条件，综合评价场地和地基安全稳定性，为工程设计、施工提供可靠的计算指标和实施方案。

### 1.2.2 岩土工程勘察的任务

岩土工程勘察是综合性的地质调查，其基本任务包括：（1）查明建设场地的地形、地貌以及水文、气象等自然条件；（2）研究地区内的地震、崩塌、滑坡、岩溶、岸边冲刷等不良地质现象，判断其对工程场地稳定性的危害程度；（3）查明地基岩土层的工程特性、地质构造、形成年代、成因、类型及其埋藏分布情况；（4）测定地基岩土层的物理力学性质，并研究在工程建造和使用期可能发生的变化与影响；（5）查明场地地下水的类型、水质及其埋藏条件、分布与变化情况；（6）按照设计和施工要求，对场地和地基的工程地质条件进行综合评价；（7）对不符合工程安全稳定性要求的不利地质条件，拟定采取的措施及处理方案。

勘察工作程序取决于建筑物类别、规模、不同的设计阶段、拟建场地的复杂程度、地质条件、当地经验等。

工程勘察的基本程序包括编制勘察大纲、测绘与调查、勘探工作、测试工作、室内试验、长期观测与编写报告书等方面。

### 1.2.3 岩土工程勘察的技术准则

#### 1. 基本概念

(1) 场地 (site)。它是指工程建设所直接占有并直接使用的有限面积的土地。

(2) 地基 (foundation soils, subgrade)。它是支承基础的土体或岩体 (即受结构物影响的那一部分地层)。

(3) 基础 (foundation footing)。它是结构物向地基传递荷载的下部结构, 其具有承上启下的作用。

(4) 工程地质条件 (engineering geological conditions)。它是指工程建筑物所在地区地层的岩性、地质构造、水文地质条件、地表地质作用及地形地貌等地质环境各项因素的综合。

(5) 岩土工程问题 (geotechnical engineering problems)。它是指工程建筑物与岩土体之间所存在的矛盾或问题。

(6) 不良地质作用 (adverse geologic actions)。它是由地球内力或外力产生的对工程可能造成危害的地质作用。

(7) 岩土工程勘察 (geotechnical investigation)。它是指根据建设工程的要求, 查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件, 编制勘察文件的活动。

#### 2. 岩土工程勘察技术准则

岩土工程勘察是工程建设的一个重要环节。勘察成果是项目决策、设计和施工的重要依据, 直接关系到建设的经济效益、环境效益和社会效益。在进行工程勘察工作时, 应掌握以下基本技术准则。

(1) 在理论、方法和经验上, 要充分做到工程地质、土力学与岩体力学相结合, 定性定量相结合。

(2) 在工程实践上, 必须做到勘察与设计、施工密切配合协作, 力求技术可靠与经济合理的统一, 岩土条件与建设要求的统一。

(3) 将岩土体 (包括岩土层及由其组成的场地与地基) 既看成是地质体, 又要看成是力学介质体, 同时将其看做是工程的实体。

(4) 采用各项岩土参数时, 应注意岩土体材料的非均匀性及各向异性, 参数与原型岩土体性状之间的差异及其随工程环境不同而可能产生的变异。测定岩土性质时宜通过不同的试验手段进行综合验证。

(5) 工程勘察宜以实际观测的数据和岩土性状为依据, 并以原型观测、实体试验及原位测试作为对类似的工程进行分析论证的依据, 但应考虑到不同的工程类型在设计、施工方面的差异。对重点工程宜进行室内试验或现场模型试验。

(6) 在岩土工程稳定性计算中宜对两种以上的可能方案进行对比分析, 通常取其安全系数最小的一种方案作为安全控制。为避免保守, 可与当地的实际工程经验对照以进行必要的修正。

在岩土工程勘察中, 应执行相关标准与规范 (程), 在对工程项目不断创新的前提下, 提高现有准则与要求。

#### 1.2.4 岩土工程勘察课程的学习要求

“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、道路与桥梁工程、地下工程）等专业学生在学习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践中去，从而使学生牢固掌握各种勘察手段的理论的基本原则，有效地解决实际工程问题，为学生在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与原则以及技术方法均作了详细阐述，力求达到理论指导实践的目的。

本教材分别论述了工程地质测绘、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与方法、适用条件、工作内容、技术要求及成果应用，岩土工程勘察成果报告的基本内容和具体要求以及报告书的整理分析、阅读与使用，并对各类建设场地的主要岩土工程问题和勘察要点进行了简述。

由于岩土工程勘察是一门实践性很强的课程，在学习过程中要力求做到以下几点：

(1) 要把理论与实践结合起来，实现原则性和灵活性的统一。要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。在课程学习的同时，结合实际工程进行实习与讨论。

(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，理解工程地质条件的内涵，对各类建筑的岩土工程问题有一个全面的认识。

(3) 不同勘察阶段对岩土工程问题的解决要求程度不同，因而需要对工程地质条件查明的详细程度也不同，勘察工作量的布置也不同，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符合质量要求的成果。

(4) 加强自学，独立思考。随着经济建设的发展，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，需要掌握基本原理，针对各类建（构）筑物学习相关工程建筑类型的勘察知识，多阅读一些参考书籍，多参与一些工程实践，多一些创新理念，多一点吃苦敬业的精神，为以后从事岩土工程勘察工作和相关研究工作打下良好的基础。

#### 1.2.5 我国岩土工程勘察发展

我国是世界上的文明古国之一，古建筑的伟大、坚固与美观无不积累着劳动人民的心血与汗水。漫长的封建社会制约了实践与理论相结合，近代半封建半殖民地的旧中国也未能取得很好的发展。

在新中国建立后，由于国民经济建设的需要，在地质、城建、水利、电力、冶金、机械、铁道、国防等部门，按前苏联的模式，相继设立勘察、设计机构，开展了大规模的工程地质勘察研究工作，为工程规划、设计和施工提供了大量的地质资料，使得一大批重要工程得以顺利完成和正常运行。但是，由于工程地质勘察体制的局限，其明显的弊病和缺陷，一是侧重于定性分析，定量评价不够；二是侧重于“宏观”研究，结合具体工程较少，在建筑结构、基础方案和地基处理措施等方面，往往缺乏权威性意见和建议，这反映了勘察与设计、施工在一定程度上是脱节的，影响了勘察工作的社会地位和经济效益的提高，它尤其不能适应社会主义市场经济的需要。

针对工程地质勘察的现状,我国部分勘察单位自20世纪80年代初期,引进了岩土工程勘察体制。这一技术体制是为工程建设全过程服务的,因此很快就显示了它突出的优越性。之后,各部门相继推广,形成了一支庞大的岩土工程勘察队伍,遍布全国各大、中城市,主要从事工业与民用建筑和市政设施的勘察。

由于高层建筑,尤其是超高层建筑的涌现,对天然地基稳定性计算和评价、桩基计算与评价、基坑开挖与支护、岩土加固与改良等方面,都提出了新的研究课题,要求对勘探、取样、原位测试和监测的仪器设备、操作技术和工艺流程等不断创新。由于勘察工作与设计、施工、监测结合紧密,勘察真正成为工程咨询性的工作,为保证工程安全和提高经济效益作出了很大的贡献,并积累了许多勘察经验和资料。勘察与设计、施工、监测的紧密结合,体现了岩土工程技术体制的最大优越性。

在社会主义市场经济体制下,使岩土工程勘察能贯彻执行国家相关的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、确保工程质量和提高经济效益,由建设部会同有关部门,共同制订了中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察规范》,后根据工程需要又作了进一步的改革与修订。它既总结了多年来工程实践的经验和科研成果,又注意尽量与国际标准接轨。该法规中提出了岩土工程勘察等级,以便在工程实践中按照工程的复杂程度和安全等级区别设计;对工程勘察的目标和任务提出了新的要求,除提供地质资料外,更多地涉及场地岩土体的利用、整治和改造的分析论证;扩大了工程勘察的范围和内容;加强了岩土工程评价的针对性,除规定评价原则外,还分别对各类岩土工程如何结合具体工程进行分析、计算与论证,作了相应的规定。

从三峡大坝、青藏铁路、奥运场馆、世博场馆以及众多高层及超高层复杂建(构)筑物的建成来看,岩土工程勘察是土木工程中最基本、最活跃、最具挑战性的领域。复杂多变的地质条件和现代土木工程的多样性使岩土工程界涌现出一个又一个亟待解决的难题,只有面对挑战,才能促进岩土工程技术的更大发展。

### 1.3 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—2009)规定,岩土工程勘察等级应根据工程安全系数、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。

#### 1.3.1 岩土工程勘察分级

##### 1. 工程安全等级

工程的安全等级,是根据由于工程岩土或结构失稳破坏,导致建筑物破坏而造成生命财产损失、社会影响及修复可能性等后果的严重性来划分的。

根据国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001) 的规定, 将建筑结构划分为三个安全等级 (表 1-1)。

对于不同类型的工程来说, 应根据工程的规模和重要性具体划分。国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) 按建筑和地基类型将地基基础设计分为三个设计等级 (表 1-2)。此外, 各产业部门和地方根据本部门 (地方) 建筑物的特殊要求和经验, 在颁布的有关技术规范中划分了适用于本部门 (地方) 的工程安全等级, 一般划分为三级。

目前, 对于地下洞室、深基坑开挖、大面积岩土处理等尚无工程安全等级的具体规定, 可根据实际情况划分。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、大型竖井和平洞、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, 以列为一级安全等级为宜。

建筑结构的安全等级 表 1-1

安全等级	破坏程度	工程类型
一级	很严重	重要工程
二级	严重	一般工程
三级	不严重	次要工程

地基基础设计等级

表 1-2

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑物 30 层以上的高层建筑 体型复杂, 层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物 大面积的多层地下建筑物 (如地下车库、商场、运动场等) 对地基变形有特殊要求的建筑物 复杂地质条件下的坡上建筑物 (包括高边坡) 对原有工程影响较大的新建建筑物 场地和地基条件复杂的一般建筑物 位于复杂地质条件及软土地区的二层及二层以上地下室的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的七层及七层以下民用建筑及一般工业建筑物; 次要的轻型建筑物

## 2. 场地复杂程度等级

场地复杂程度是由建筑抗震稳定性、不良地质现象发育情况、地质环境破坏程度和地形地貌条件四个条件衡量的, 也划分为三个等级 (表 1-3)。

场地复杂程度等级

表 1-3

等级	一级	二级	三级
场地条件			
建筑抗震稳定性	危险	不利	有利 (或地震设防烈度 $\leq 6$ 度)
不良地质现象发育情况	强烈发育	一般发育	不发育
地质环境破坏情况	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

注: 一、二级场地各条件中只要符合其中任一条件者即可。

场地条件的判别:

### (1) 建筑抗震稳定性

按国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010) 规定, 选择建筑场地时, 对建

筑抗震稳定性地段的划分规定为：

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、断层破碎带、暗埋的塘洪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 1-4 划分。

土的类型划分和剪切波速范围

表 1-4

土的类型	岩土名称和形状	土层剪切波速范围 (m/s)
岩石	坚硬、较硬且完整的岩石	$v_s > 800$
坚硬土或软质岩石	破碎和较破碎的岩石或较和较软的岩石，密实的碎石土	$800 \geq v_s > 500$
中硬土	中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂， $f_{ak} > 150$ 的黏性土和粉土，坚硬黄土	$500 \geq v_s > 250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂， $f_{ak} \leq 150$ 的黏性土和粉土， $f_{ak} > 130$ 的填土，可塑新黄土	$250 \geq v_s > 150$
软弱土	淤泥和淤泥质土，松散的砂，新近沉积的黏性土和粉土， $f_{ak} \leq 130$ 的填土，流塑黄土	$v_s \leq 150$

注： $f_{ak}$  为载荷试验等方法得到的地基承载力特征值 (kPa)； $v_s$  为岩土剪切波速。

## (2) 不良地质现象发育情况

不良地质现象泛指由地球外动力作用引起的、对工程建设不利的各种地质现象。它们分布于场地内及其附近地段，主要影响场地稳定性，对地基与基础、边坡和地下洞室等具体的岩土工程有不利影响。

“强烈发育”是指由于不良地质现象发育导致建筑场地极不稳定、直接威胁工程设施的安全。例如，山区崩塌、滑坡和泥石流的发生，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间接威胁，即对工程安全可能有潜在的威胁。

## (3) 地质环境破坏程度

由于人类工程的经济活动导致对地质环境的干扰破坏是多种多样的。例如，采掘固体矿产资源引起的地下采空；抽汲地下液体（地下水、石油）引起的地面沉降、地面塌陷和地裂缝；修建水库引起的边岸再造、浸没、土壤沼泽化；排除废液引起岩土的化学污染等。地质环境破坏对岩土工程实践的负影响是不容忽视的，往往对场地稳定性构成威胁。地质环境的“强烈破坏”，是指由于地质环境的破坏，已对工程安全构成直接威胁，如矿山浅层采空导致明显的地面变形、横跨地裂缝等。“一般破坏”是指已有或特有地质环境的干扰破坏，但并不强烈，对工程安全的影响不严重。

## (4) 地形地貌条件

主要指地形起伏和地貌单元（尤其是微地貌单元）的变化情况。一般情况，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。

### 3. 地基复杂程度等级

地基复杂程度也划分为三级：

#### (1) 一级地基

符合下列条件之一者即为一级地基：

① 岩土种类多，性质变化大，地下水对工程影响大，且需特殊处理；

② 多年冻土及湿陷、膨胀、盐渍、污染严重的特殊性岩土，对工程影响大，且需作专门处理的；变化复杂，同一场地存在多种的或强烈程度不同的特殊性岩土也包括在内。

#### (2) 二级地基

符合下列条件之一者即为二级地基：

① 岩土种类较多，性质变化较大，地下水对工程有不利影响。

② 除上述规定之外的特殊性岩土。

#### (3) 三级地基

① 岩土种类单一，性质变化不大，地下水对工程无影响；

② 无特殊性岩土。

### 4. 岩土工程勘察等级

综合上述三项因素的分级，可将岩土工程勘察划分为三个等级（表 1-5）。

岩土工程勘察等级的划分

表 1-5

勘察等级	确定勘察等级的因素		
	工程安全等级	场地等级	地基等级
一级	一级	任意	任意
	二级	一级	任意
二级	二级	任意	一级
		二级	二级或三级
	三级	一级	二级
		任意	任意
		二级	一级
三级	二级	二级	二级
	三级	三级	三级
		二级	三级
		三级	二级或三级

## 1.3.2 公路桥梁分级

### 1. 公路工程分级

公路工程分级见表 1-6。

公路工程安全等级

表 1-6

类别	等级	交通量	使用任务及性质
汽车专用公路	高速公路	>25000 (折合成小轿车)	具有特别重要的政治、经济意义,专供汽车分道高速行驶,并全部控制出入的公路
	一级公路	1000~25000 (折合成小轿车)	连接主要政治、经济中心,通往重点工矿区、港口、机场,专供汽车分道行驶,并部分控制出入的公路
	二级公路	2000~7000 (折合成中型载重车)	连接政治、经济中心或大工矿区、港口、机场等的专用汽车行驶公路
一般公路	二级公路	2000~5000 (折合成中型载重车)	连接政治、经济中心大工矿区、港口、机场等地的公路
	三级公路	<2000 (折合成中型载重车)	沟通县以上城市的公路
	四级公路	<200 (折合成中型载重车)	沟通县、乡(镇)、村的公路

## 2. 公路桥涵分类

公路桥涵分类如表 1-7 所列。

公路桥涵分类

表 1-7

桥涵分类	多孔跨径总长 $L$ (m)	单孔跨径 $L_0$ (m)
特殊大桥	$L \geq 500$	$L_0 \geq 100$
大桥	$L \geq 100$	$L_0 \geq 40$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_0 < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_0 < 20$
涵洞	$L < 8$	$L_0 < 5$

### 1.3.3 铁路分类和等级

#### 1. 铁路分类

铁路的分类见表 1-8。

铁路的分类

表 1-8

分类	管理部门	职能
国家铁路	铁道部	承担全国客货运输
地方铁路	地方政府	承担全国客货运输
专用铁路	企业或其他单位	为企业或其他单位运输服务
铁路专用线	企业或其他单位	为企业或其他单位运输服务



## 2. 铁路工程等级

铁路工程分级

表 1-9

等 级	作 用	远期年客货运量 (Mt)	最高行驶速度 (km/h)
I	铁路网中起骨干作用	$\geq 15$	120
II	铁路网中起骨干作用	$< 15$	100
	铁路网中起联络、辅助作用	$\geq 7.5$	
III	为某一服务区域服务	$< 7.5$	80

注: 1. 年货运量为重车方向, 每对旅客列车上下行各按 0.7Mt 年货运量折算;

2. 国家铁路网均采用 1435mm 的标准轨距。

### 1.3.4 港口工程的分类

港口工程一般指在江、河、湖、海上的码头、防坡堤、护岸(坡)等水土建筑物以及港池、航道等工程, 其分类见表 1-10。

港口工程的类别及特点

表 1-10

类 别		特 点	
码头	重力式	靠自重抵抗滑动和倾倒, 地基承受的压力大, 沉降大, 对不均匀沉降敏感	
	板桩式	板桩墙起挡土的作用, 主要荷载是土的侧压力	
	高桩式	垂直荷载和水平荷载都通过桩传递给地基	
	斜坡式	实体	利用天然岸坡加以修整填筑而成
		架空	类似倾斜的桥, 荷载通过墩台和桩(墩)传到地基
混合式	由不同结构类型组合而成		
防波堤	直立式	一般适用于水较深和地基较好的情况, 地基情况同重力式	
	斜坡式	一般适用于水较浅, 地基较差和石料来源丰富的情况, 采用人工砌面, 也可用于水较深, 波浪较大的情况	
港池航道		主要为船舶进出港, 船舶转头的主要场所, 勘探目的主要为疏浚度以及航道的稳定性	

根据港口的重要性和建筑物在港口中的作用, 将港口建筑物划分为以下三级:

I 级: 重要港口的主要建筑物, 破坏后造成重大损失者;

II 级: 重要港口的一般建筑物或一般港口的重要建筑物;

III 级: 小港口中的建筑物或其他港口的附属建筑物。

### 1.3.5 水利水电工程勘察分类

水利水电枢纽工程的分等指标见表 1-11。