



新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

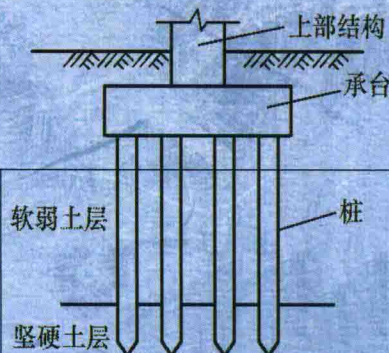
基础工程

JICHU GONGCHENG

总主编 李宏男

主 编 郭 莹

主 审 李广信



大连理工大学出版社

高等工程教育土木工程类课程规划教材

新世纪

基础工程

JICHU GONGCHENG

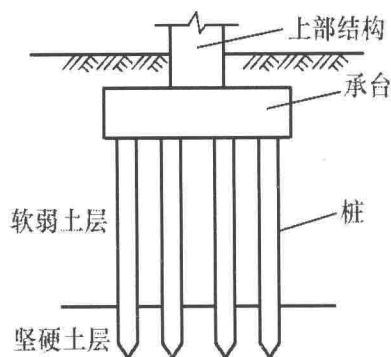
总主编 李宏男

主 编 郭 莹

副主编 许成顺 郝冬雪

赵少飞 曹志军

主 审 李广信



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础工程 / 郭莹主编. — 大连 : 大连理工大学出版社, 2016. 11

新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材
ISBN 978-7-5685-0429-4

I. ①基… II. ①郭… III. ①基础(工程)—高等学校—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 148131 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84708943 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连日升印刷有限公司印刷

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:17.5 字数:426 千字
印数:1~1700

2016 年 11 月第 1 版

2016 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑:王晓历

责任校对:苏红果

封面设计:张莹

ISBN 978-7-5685-0429-4

定 价:38.80 元

新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材编审委员会

主任委员：

李宏男 大连理工大学

副主任委员(按姓氏笔画排序)：

于德湖 青岛理工大学
牛狄涛 西安建筑科技大学
年廷凯 大连理工大学
范 峰 哈尔滨工业大学
赵顺波 华北水利水电大学
贾连光 沈阳建筑大学
韩林海 清华大学
熊海贝 同济大学
薛素铎 北京工业大学

委员(按姓氏笔画排序)：

马海彬 安徽理工大学
王井利 沈阳建筑大学
王立成 大连理工大学
王海超 山东科技大学
王崇倡 辽宁工程技术大学
王照雯 大连海洋大学
卢文胜 同济大学
司晓文 青岛恒星学院
吕 平 青岛理工大学
朱 辉 山东协和学院
朱伟刚 长春工程学院
任晓崧 同济大学
刘 明 沈阳建筑大学
刘明泉 唐山学院
刘金龙 合肥学院
许成顺 北京工业大学



苏振超 厦门大学
李哲 西安理工大学
李伙穆 闽南理工学院
李素贞 同济大学
李晓克 华北水利水电大学
李帼昌 沈阳建筑大学
何芝仙 安徽工程大学
张鑫 山东建筑大学
张玉敏 济南大学
张金生 哈尔滨工业大学
陈长冰 合肥学院
陈善群 安徽工程大学
苗吉军 青岛理工大学
周广春 哈尔滨工业大学
周东明 青岛理工大学
赵少飞 华北科技学院
赵亚丁 哈尔滨工业大学
赵俭斌 沈阳建筑大学
郝冬雪 东北电力大学
胡晓军 合肥学院
秦力 东北电力大学
贾开武 唐山学院
钱江 同济大学
郭莹 大连理工大学
唐克东 华北水利水电大学
黄丽华 大连理工大学
康洪震 唐山学院
彭小云 天津武警后勤学院
董仕君 河北建筑工程学院
蒋欢军 同济大学
蒋济同 中国海洋大学

前 言

《基础工程》是新世纪普通高等教育教材编审委员会组编的土木工程类课程规划教材之一。

本教材以高等学校土木工程专业指导委员会制定的土木工程专业培养目标、培养规定以及课程设置方案为指导原则,以土木工程专业指导委员会审定的《高等学校土木工程专业本科指导性专业规范》为依据,结合现阶段土木工程专业教学改革要求,参考现行国家标准和规范编写而成。

本教材力图反映国内外课程体系、教学内容、教学方法和教学手段等方面的改革研究成果和学科发展动态,将基础性、系统性、先进性、技能性和前沿性融为一体,注意强化专业基础、拓宽知识面、优化知识结构,满足厚基础、大专业的要求。本教材每章均设置“本章提要”“学习目标”“本章小结”“思考题”“习题”等栏目,并增加了例题的数量以帮助学生加深对各部分内容的理解,培养学生独立思考、发现问题、解决问题的能力。

本教材主要介绍土木工程中的地基与基础工程的勘察、设计与施工,既涵盖了大纲的基本内容又力求精练、简洁,删减了一些过于复杂的内容。本教材除绪论外共7章:岩土工程勘察;天然地基上的浅基础;桩基础;地基处理;基坑支护;特殊土地基;地基基础抗震。

本教材可作为土木工程专业的教学用书,也可作为土木工程等领域从事科研、设计、施工、管理及生产技术与应用人员的参考用书。

本教材由大连理工大学郭莹任主编,北京工业大学许成顺、东北电力大学郝冬雪、华北科技学院赵少飞、大连交通大学曹志军任副主编,天津武警后勤学院彭小云和崔鹏举、唐山学院刘明泉、合肥学院徐亚丽参与了编写。具体编写分工如下:郭莹编写了绪论和第1章;许成顺编写了第2章;郝冬雪



编写了第3章;曹志军和刘明泉编写了第4章;彭小云和崔鹏举编写了第5章;赵少飞编写了第6章;郭莹和徐亚丽编写了第7章。全书由郭莹统稿并定稿。清华大学李广信教授审定了编写大纲,提出了许多宝贵意见和建议,为教材的编写提供了非常有益的指导,在此谨致谢忱。

在编写本教材的过程中,我们参考、借鉴了许多专家、学者的相关著作,已列入参考文献,对于引用的段落、文字不能一一列出,谨向各位专家、学者一并表示感谢。

尽管在教材的编写过程中,我们尽可能地参考了现行规范、新工艺和新的研究成果,并进行认真编写与校对,但限于水平,书中仍有疏漏和不妥之处,敬请专家和读者批评指正,以使教材日臻完善。

编 者

2016年11月

所有意见和建议请发往: dutpbk@163.com

欢迎访问教材服务网站: <http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84708445 84708462

目 录

第 0 章 绪 论	1
0.1 地基与基础的概念	1
0.2 基础工程的发展概况	2
0.3 课程内容、特点及学习要求	3
第 1 章 岩土工程勘察	5
1.1 概 述	5
1.2 岩土工程勘察等级	6
1.3 岩土分类	7
1.4 岩土工程勘察阶段及工作内容	10
1.5 岩土工程勘察方法	12
1.6 腐蚀性评价与现场检测	19
1.7 岩土工程勘察报告	20
第 2 章 天然地基上的浅基础	24
2.1 概 述	24
2.2 浅基础的类型	27
2.3 基础埋置深度的确定	31
2.4 地基的计算	33
2.5 基础底面尺寸的确定	39
2.6 无筋扩展基础设计	46
2.7 扩展基础设计	49
2.8 地基基础与上部结构共同作用的概念	58
2.9 柱下钢筋混凝土条形基础的设计简介	61
2.10 筏形基础和箱形基础设计概要	64
2.11 减小不均匀沉降的措施	66
第 3 章 桩基础	71
3.1 概 述	71
3.2 桩和桩基础的分类	74
3.3 竖向荷载下的桩基承载力计算	81
3.4 水平受荷桩的承载力与位移计算	106
3.5 桩基础沉降计算	115
3.6 桩基础设计	118



第4章 地基处理	148
4.1 概 述	148
4.2 换填垫层法	151
4.3 预压地基法	157
4.4 压实地基和夯实地基	164
4.5 复合地基	170
4.6 注浆加固和微型桩加固	186
第5章 基坑支护	191
5.1 概 述	191
5.2 基坑支护的类型和特点	195
5.3 基坑支护结构上的水平荷载	201
5.4 基坑稳定性验算	203
5.5 地下水控制	215
5.6 基坑监测与环境监护	222
第6章 特殊土地基	228
6.1 概 述	228
6.2 湿陷性黄土地基	229
6.3 膨胀土地基	238
6.4 红黏土地基	246
第7章 地基基础抗震	250
7.1 概 述	250
7.2 地震区场地特性及地基的震害	256
7.3 地基基础的抗震设计	260
7.4 液化判别与抗震措施	264
参考文献	271

第0章 绪论

本章提要

基础工程包括岩土工程的勘察、设计与施工。在开始学习这门课程前,需要了解为什么要学习这门课程,在建筑工程中的作用和地位如何,本课程包含哪些内容,这门课程有何特点,学科发展历程如何,如何学好本门课程等。

本章在介绍地基与基础的概念后,介绍了基础工程的发展概况,然后介绍了本课程的主要内容、特点和学习要求。

学习目标

- (1)掌握地基和基础的概念和类型;
- (2)了解基础工程的发展概况;
- (3)了解课程的内容、特点和学习要求。

0.1 地基与基础的概念

在地面或地面以下一定深度处修建建筑物,将使一定范围内的地层改变其原有的应力状态,这一范围的地层称为地基。与地基接触的建筑物最下部分的人造构筑物称为基础,如图 0-1 所示。基础将建筑物的上部结构与地基联结起来,承上启下,将建筑物自重及所承受的荷载传递给地基。

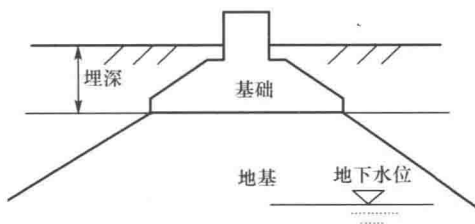


图 0-1 地基与基础

工程实践表明,建筑物的地基和基础因为埋在地表以下,如有缺陷较难发现,事故一旦发生,补救困难,且这些缺陷往往直接影响整个建筑物的正常使用甚至危及安全。建筑物事



故的发生,很多与地基和基础问题有关,例如,2009年发生在上海的13层楼房整体倒塌的事故,如图0-2所示,就是由于地基和桩基础发生了失稳破坏。地基与基础工程属于地下隐蔽工程,其勘察、设计和施工质量均直接影响整个建筑物的质量和安危。不仅如此,建筑物地基和基础部分的工期往往较长、造价也较高。因此,地基与基础的勘察、设计和施工在建筑工程中处于相当重要的地位。



图0-2 上海13层楼房整体倾倒事故

地基按照地质情况可以分为土基和岩基,按照设计和施工情况可以分为天然地基与人工地基。建筑物基础可直接放置的天然地层称为天然地基。如天然地层过于软弱或有不良的工程地质问题,需要经过人工加固或处理后才能修筑基础,这种地基称为人工地基。

基础按照埋置深度与施工情况可以分为浅基础与深基础。通常把基础埋置深度不大(一般小于5 m或小于基础宽度),只需经过明挖基坑、排水等普通施工程序就可以完成的基础称为浅基础,浅基础的侧摩阻力不计。基础埋深较深且需要采用特殊的施工手段进行施工的基础称为深基础,深基础主要包括桩基、沉井基础和地下连续墙,此时需考虑基础的侧摩阻力。桩基础近年来在工业与民用建筑、港口与海岸工程、水利水电工程、道路与桥梁工程等领域得到了快速发展,是一种采用最广泛的古老深基础形式。

由于我国地域广阔,分布了很多特殊区域性土,这些土作为地基具有特殊的性质,在基础工程中应予以特别的关注。2008年5月发生的汶川地震又一次向我们敲响了警钟,考虑地震条件下的地基与基础设计是一个必须要关注的问题。

地基和基础的设计是相互联系的整体,正确的基础工程设计应该在充分考虑具体的地基情况的基础上进行,在安全的前提下还要考虑施工可行性与经济合理性,因此地基基础设计不应生搬硬套,应该因地制宜,具体问题具体分析。

因此,基础工程涉及岩土工程勘察和各类建筑物的地基基础及挡土构筑物的设计与施工,以及为满足基础工程要求进行的地基处理方法。

0.2 基础工程的发展概况

基础工程既是一门具有上千年历史的古老工程技术,又是一门正在发展之中的新兴应用学科。仅以我国为例,都江堰水利工程、万里长城、南北大运河和赵州石拱桥均为扬名世

界的著名古老工程,历经数千载,至今仍盎然屹立,离不开坚实的地基与基础。两千多年前四川采用泥浆钻探法开凿盐井,浙江河姆渡遗址采用木桩修建房屋,另外灰土垫层、石灰桩等也是我国古代处理地基的传统方法。这些充分说明古代人民已经积累了丰富的基础工程实践经验。但这一时期基本停留在经验积累阶段,没有形成完整的理论体系。

1925年太沙基(Terzaghi)出版了《土力学》专著,创立了土力学这门独立学科,成为基础工程的主要理论基础。1948年太沙基和佩克出版的《工程实用土力学》,推动了基础工程理论的发展。

近几十年来,随着岩土工程理论及其相关的计算机技术、实验测试技术、施工技术与机械设备制造技术等的不断发展,世界范围内超高土石坝、超高层建筑、核电站等巨型工程的兴建,各地区多次强烈地震的发生,基础工程在设计计算理论和方法、施工技术和机械设备等方面,都有了新的突破。我国在青藏铁路、三峡大坝、南水北调、高速铁路客运专线等重大工程建设的勘察、设计、施工等各个阶段,全面、系统地应用土力学及基础工程等方面的专业知识和相关施工技术与设备,取得了大量突破性的具有世界先进水平的研究与实践成果。在考虑地基、基础与上部结构共同作用的设计方法、桩基础设计方法与施工技术、深基坑支护技术、地基处理技术和抗震设计理论等方面都取得了很多有价值的成果并应用于实际工程。在2008年5月四川汶川8级大地震中(最大烈度达到12度),震中的水利工程经受住了大地震的考验,坝体基本安全,未出现溃坝事件,有力地证明:我国岩土工程的科学研究与实践达到了国际先进水平。近年来我国陆续更新的相关基础工程的勘察、设计和施工等规范,反映了我国基础工程领域的发展水平。

0.3 课程内容、特点及学习要求

基础工程课程的主要内容包括:

- (1)岩土工程勘察。
- (2)天然地基上的浅基础。
- (3)桩基础。
- (4)地基处理。
- (5)基坑支护。
- (6)特殊土地基。
- (7)地基基础抗震。

地基基础设计需依据建筑物的用途与安全等级,建筑物的布局、上部结构类型,充分考虑场地和地基岩土体条件,并结合施工条件、工期、造价等各种要素,合理地选择地基基础方案,因地制宜,精心设计与施工,才能保证建筑物的安全与正常使用。

基础工程课程的特点是:

(1)课程内容与规范联系紧密:不同专业采用的规范不同,在掌握基本原理的基础上应关注不同专业规范的设计方法的差异,应注意专业规范的更新。

(2)设计与施工方案的多变性和灵活性:当多种设计和施工方案均能达到相同的目标时,需要综合考虑使用安全性、施工可行性和经济合理性等因素。



(3)实践性很强:通过课程的学习能够具备与工程实际密切相关的勘察、设计和施工等方面的基础知识,并注意结合工程不断积累实践经验。

基础工程方面的知识是土木工程专业不可缺少的,本课程属于专业课程,学习本课程之前应具有工程地质、材料力学、结构力学、钢筋混凝土、土力学等方面的基础知识。本课程要求能够利用各科知识,结合结构计算方法和施工技术 etc 知识,合理地解决基础工程勘察、设计与施工的相关问题。

具体学习要求如下:

- (1)了解和掌握设计与施工的基本原理。
- (2)熟悉相关规范,掌握基本设计方法和施工方法。
- (3)建立勘察、设计与施工的有机联系。

第1章 岩土工程勘察

本章提要

工程建设在设计与施工前,必须按基本建设程序进行岩土工程勘察。岩土工程勘察是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。

本章首先介绍岩土工程勘察等级和岩土分类,然后介绍勘察阶段和工作内容,再介绍岩土工程的勘察方法,最后介绍岩土工程勘察报告的编制。

学习目标

- (1)了解勘察等级和岩土分类方法;
- (2)了解勘察阶段划分及各阶段主要工作内容;
- (3)熟练掌握勘探方法和原位测试方法;
- (4)了解岩土工程勘察报告的编制。

1.1 概述

岩土工程勘察是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。可见,岩土工程勘察是为了满足工程建设的要求,具有明确的工程针对性,不同于一般的工程勘察。“查明、分析、评价”需要一定的技术手段,主要包括工程地质测绘和调查、勘探和取样、原位测试、室内试验、检验和监测、分析计算、数据处理等,因此,不同的工程要求和地质条件,需要采用不同的技术方法。“地质、环境特征和岩土工程条件”是勘察工作的对象,主要包括岩土的分布和工程特征、地下水的赋存及其变化、不良地质作用和地质灾害。

岩土工程勘察是工程建设中的一个重要组成部分,工程建设包括勘察、设计、施工、检验、监测和监理等多个环节,彼此之间既有一定的分工,又有密切联系,不宜机械分割。

岩土工程勘察的任务是查明建筑物场地或地区的工程地质和水文地质条件,为建筑物场地选择、建筑平面布置、地基与基础设计和施工提供必要的地质资料,还应结合工程设计

方案、施工条件,进行技术论证和分析评价,提出解决岩土工程问题的建议,并服务于工程建设的全过程。

1.2 岩土工程勘察等级

不同规模和特征的建筑物对岩土工程勘察的要求不同,所要解决的岩土工程问题也有差异:规模较大的工程项目,要求深入了解场地基本特征,需要进行大量的勘察工作,所需采用的勘察方法较多;相反,结构简单的建筑物或构筑物,所要求了解的场地条件简单,仅需进行少量的勘察工作或参考相邻建筑物的地质资料便可进行建设。因此,划分岩土工程勘察等级的目的是突出重点、区别对待、以利管理,对于确定勘察工作内容、选择勘察方法、确定勘察工作量,具有重要指导意义。

《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)规定,按工程的重要程度、场地复杂程度等级及地基复杂程度等级进行岩土工程勘察等级划分。

(一)工程重要性等级

《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)将工程结构安全等级分为三级,《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)将地基基础设计等级分为三级,都是从设计角度考虑工程重要性。从勘察角度划分工程重要性等级,主要根据工程规模大小和特点,以及由于岩土工程问题造成破坏或影响正常使用的后果,划分为三个工程重要性等级,见表1-1。

表 1-1 工程重要性等级

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

(二)场地复杂程度等级

场地复杂程度等级根据建筑物抗震稳定性、不良地质作用发育情况、地质环境破坏程度、地形地貌复杂情况以及地下水等方面进行划分,一般分为复杂场地(一级)、中等复杂场地(二级)和简单场地(三级)等三个等级。见表1-2。从一级开始,向二级、三级推定,以最先的满足为准。对建筑物抗震有利、不利和危险地段的划分详见第7章。

表 1-2 场地复杂程度等级

场地复杂程度等级	建筑物抗震稳定性	不良地质作用	地质环境破坏程度	地形地貌复杂情况	地下水
一级场地 (复杂场地)	对建筑抗震危险的地段	强烈发育	已经或可能受到强烈破坏	复杂	有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂,需专门研究的场地
二级场地 (中等复杂场地)	对建筑抗震不利的地段	一般发育	已经或可能受到一般破坏	较复杂	基础位于地下水位以下的场地
三级场地 (简单场地)	抗震设防烈度等于或小于6度,或对建筑物抗震有利的地段	不发育	基本未受破坏	简单	地下水对工程无影响



(三)地基复杂程度等级

地基复杂程度等级划分主要依据地基岩土的工程特性进行分类,一般分一级地基(复杂地基)、二级地基(中等复杂地基)、三级地基(简单地基)等三级。见表 1-3。推定顺序与场地复杂程度相同。

表 1-3 地基复杂程度等级

地基复杂程度等级	岩土种类与性质	有无特殊性岩土
一级地基(复杂地基)	种类多,很不均匀,性质变化大,需特殊处理	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
二级工程(中等复杂地基)	种类较多,不均匀,性质变化较大	除上一级地基规定以外的特殊性岩土
三级工程(简单地基)	种类单一,均匀,性质变化不大	无特殊性岩土

(四)岩土工程勘察等级

根据上述的工程重要性等级、场地复杂程度和地基复杂程度等级,可将岩土工程勘察等级划分为甲级、乙级、丙级三个等级。

甲级——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。

乙级——除勘察等级为甲级、丙级以外的勘察项目。建筑在岩质地基上的一级工程,当场地复杂程度等级和地基复杂程度等级均为三级时,岩土工程勘察等级可定为乙级。

丙级——工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级。

勘察等级一般可在勘察工作开始前通过搜集已有资料确定,但随着勘察工作的发展,对自然认识的不断深入,勘察等级也可能发生变化。

1.3 岩土分类

在国内,设计规范、勘察规范和试验规程中有关岩土的分类方法有所不同,即使同样的设计规范,不同行业的岩土分类方法也存在差异,下面介绍《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)中的岩土分类。

1.3.1 岩石的工程分类和鉴定

岩石的工程性质极为多样,差别很大,进行工程分类十分必要。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,可以以地质名称加风化程度表达,如强风化花岗岩、微风化砂岩等,地质分类对于工程的勘察设计也是十分必要的。地质分类方法参见《工程地质》相关教材。工程分类主要根据岩体的工程性状,如坚硬程度、完整程度和质量情况等,使工程师建立起明确的岩石工程特性概念。地质分类是一种基本分类,工程分类应在地质分类的基础上进行,目的是更好地概括其工程性质,便于进行工程评价。下面简要介绍岩石的工程分类。

在进行岩土工程勘察时,首先需要鉴定岩石的地质名称和风化程度,之后需要根据下列要求进行岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分,即进行岩石的工程分类。



(一) 岩石坚硬程度分类

按照岩石饱和单轴抗压强度 f_r 将岩石的坚硬程度由高到低划分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩,见表 1-4。当无法取得饱和单轴抗压强度数据时,可用点荷载试验强度换算。当岩体完整程度为极破碎时,可不进行坚硬程度分类。

表 1-4 岩石坚硬程度分类

坚硬程度	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
f_r/MPa	$f_r > 60$	$60 \geq f_r > 30$	$30 \geq f_r > 15$	$15 \geq f_r > 5$	$f_r \leq 5$

(二) 岩体完整程度分类

按照完整性指数将岩体的完整程度划分为完整、较完整、较破碎、破碎和极破碎,见表 1-5。完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方。

表 1-5 岩体完整程度分类

完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
完整性指数	> 0.75	$0.75 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.35$	$0.35 \sim 0.15$	< 0.15

(三) 岩体基本质量等级分类

根据岩体的完整程度和岩石的坚硬程度可进行岩体基本质量等级的划分,分为 I~V 级。完整的坚硬岩为 I 级,质量等级最高,极破碎的极软岩为 V 级,质量等级最低。见表 1-6。

表 1-6 岩体基本质量等级分类

完整程度 \ 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

岩石的坚硬程度直接与地基的承载力和变形性质有关,重要性不言而喻。岩体的完整程度反映了岩体的裂隙性,而裂隙性是岩体十分重要的特性,破碎岩体的强度和稳定性较完整岩体大大削弱,尤其对边坡和基坑工程更为突出。岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩石风化程度也可在野外通过定性鉴定进行分类。

(四) 岩石的鉴定

岩石的鉴定依赖岩石野外描述,因此岩石和岩体的野外描述十分重要。

岩石的描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标 RQD。RQD 是岩芯中长度在 10 cm 以上的分段长度总和与该回次钻进深度之比,以百分数表示。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度。对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物的结晶大小和结晶程度。

根据岩石质量指标 RQD,可分为好的($RQD > 90$)、较好的($RQD = 75 \sim 90$)、较差的($RQD = 50 \sim 75$)、差的($RQD = 25 \sim 50$)和极差的($RQD < 25$)。

岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型。结构面的描述包括类型、性质、产状、组合形式、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填情况和充填物性质以及