

379

高等学校土木工程类系列教材

701 67 162
2231

基础工程学

(第一版)

王成华 主编
顾晓鲁 主审



A0970750

天津大学出版社

内 容 提 要

本书是根据土木工程专业的教学大纲要求,本着强调基本概念、基本原理和基本方法,并扩展土木工程专业知识面的原则,结合长期教学与工程设计的经验,根据国家新颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)等最新设计规范编写的。

本书主要介绍了土木工程中的工程地质条件和工程地质勘察。还集中介绍了各种主要类型基础工程的设计计算原理和方法,如天然地基浅基础及基础结构分析、筏形基础与箱形基础、桩基础、沉井与墩基础、地下连续墙、动力机器基础和地震区的地基基础工程、地基处理和基坑开挖与支护工程的原理与方法。本书内容覆盖面广,因此适于不同地区、不同类别、不同层次的土木工程专业及相近专业本科、专科的基础工程教学要求。除可作为土木工程专业的教材外,亦可作为报考土木工程等专业硕士研究生人员的必读书,同时可作为土木工程中的勘察、设计、施工技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程学/王成华主编. —天津:天津大学出版社,
2002.5
ISBN 7-5618-1586-7

I. 基… II. 王… III. 地基—基础(工程)

IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 024132 号

出版发行	天津大学出版社
出 版 人	杨风和
地 址	天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话	发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印 刷	河北省永清县印刷厂
经 销	全国各地新华书店
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	20
字 数	500 千
版 次	2002 年 5 月第 1 版
印 次	2002 年 5 月第 1 次
印 数	1—3 000
定 价	25.00 元

天津大学建筑工程学院土木工程专业

教材教学指导委员会

(以姓氏笔画为序)

主 任：姜忻良

委 员：王铁成 刘锡良 任兴华 刘惠兰

李增福 李忠献 何玉敖 赵奎生

赵 彤 罗定安 顾晓鲁 康谷贻

梁建文 戴自强

本教材已通过天津大学建筑工程学院土木工程专业教材教学指导委员会审查，可作为四年制土木工程专业本科教材。

前 言

本书是综合我国诸多院校土木工程专业的土力学与基础工程教学大纲的要求编写的。本书的编写主要遵循以下几方面原则。

(1) 强调基本概念、基本原理与基本方法。本书力图准确阐述基础工程学中的基本概念和基本原理,使学生在理解和掌握基本原理的基础上掌握各种基础设计计算的内容、步骤与方法。本书通过内容的取舍和顺序编排,突出强调了基础体系与地基承载力、沉降特性的内在联系。

(2) 适当反映我国有关规范编制建设的成果。本书根据国家新颁布的《建筑地基基础设计规范》、《混凝土结构设计规范》及《建筑抗震设计规范》等设计规范编写,在涉及规范处,力图反映我国设计规范在基本原则和基本规定方面内容的变化及其与基础工程学概念与原理的相辅相成关系。对于一些在规范中未做具体规定的基础类型,也与新规范的技术思想与原则相结合来阐述其基本设计原理。

(3) 扩展土木工程专业学生的知识面。本书与以往土建类的多数基础工程教材相比,在内容上强化了土木工程地质条件与工程建设的关系等内容,增加了沉井与墩基础、地下连续墙、基坑开挖与支护工程等各种深基础工程内容,以使學生能对整个基础工程体系有比较全面和综合的认识。同时,还结合基础承载力与变形控制等原则,对有些基础工程简明介绍了其施工与检测技术与要求。

(4) 内容层次分明、适应多层次教学要求。本书不但扩展了传统土木类的基础工程教学内容,而且在章、节乃至小节的划分上,力求层次分明,使各部分内容既相互联系又相对独立,便于不同地区、不同类别、不同层次的土木工程专业及相近专业在教学内容上的取舍。

(5) 适当地吸收国内外基础工程比较成熟的新内容。本书充分考虑了基础工程学科的发展新方向和水平,努力反映新成果与观点,以使教学适应我国 21 世纪工程建设发展趋势。

本书内容可分为三大部分:第一部分(第一、二章)主要介绍了土木工程中的工程地质条件和工程地质勘察;第二部分(第三至第十章)集中介绍了各种主要类型的基础工程的设计计算原理和方法,如天然地基浅基础及基础结构分析、筏形基础与箱形基础、桩基础、沉井与墩基础、地下连续墙、动力机器基础和地震区的地基基础工程等问题;第三部分(第十一、十二章)包括地基处理和基坑开挖与支护工程的原理与方法。

本书由天津大学王成华任主编,天津大学顾晓鲁教授任主审。

本书各章编写人员如下:

绪 论 王成华 天津大学建筑工程学院土木工程系;

第一章 吴永红 天津市勘察院;

第二章 吴永红 天津市勘察院;

第三章 陆培毅 天津大学建筑工程学院土木工程系;

第四章 刘 畅 天津大学建筑工程学院土木工程系;

第五章 王成华 天津大学建筑工程学院土木工程系;

II

- 第六章 王成华 天津大学建筑工程学院土木工程系；
第七章 郑 刚 天津大学建筑工程学院土木工程系；
第八章 王成华 天津大学建筑工程学院土木工程系；
第九章 董金梅 天津城市建设学院土木工程系；
第十章 董金梅 天津城市建设学院土木工程系；
第十一章 陆培毅 天津大学建筑工程学院土木工程系；
第十二章 郑 刚 天津大学建筑工程学院土木工程系。

限于编者的水平，本书不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2002 年

目 录

绪论	(1)
第一章 地质构造与地质条件	(5)
第一节 概述	(5)
第二节 地质构造	(5)
第三节 地质作用	(8)
第四节 地形和地貌	(9)
第五节 水文地质条件	(10)
第六节 工程地质条件	(12)
第七节 工程地质问题	(16)
第八节 不良地质现象	(17)
习题	(21)
参考文献	(21)
第二章 工程地质勘察	(22)
第一节 场地与地基	(22)
第二节 工程勘察目的与原则	(23)
第三节 工程勘察分类	(24)
第四节 工程勘察阶段	(25)
第五节 工程勘察方法	(27)
第六节 工程勘察报告	(36)
习题	(43)
参考文献	(43)
第三章 天然地基上浅基础	(44)
第一节 概述	(44)
第二节 浅基础的类型与特点	(44)
第三节 浅基础埋置深度	(47)
第四节 地基的设计原则	(53)
第五节 地基承载力的确定	(57)
第六节 浅基础设计步骤与内容	(60)
第七节 减少建筑物不均匀沉降的工程措施	(66)
习题	(73)
参考文献	(74)
第四章 浅基础结构设计	(75)
第一节 概述	(75)
第二节 无筋扩展基础	(76)
第三节 钢筋混凝土扩展式基础	(79)

第四节	柱下钢筋混凝土条形基础·····	(88)
第五节	交叉条形基础与联梁式条形基础·····	(99)
第六节	联合基础·····	(103)
第七节	独立基础·····	(105)
习题	·····	(108)
参考文献	·····	(108)
第五章	筏形与箱形基础 ·····	(109)
第一节	筏形基础的类型与特点·····	(109)
第二节	筏形基础的设计原则和构造要求·····	(110)
第三节	筏形基础内力的简化计算·····	(111)
第四节	箱形基础的类型与特点·····	(116)
第五节	箱形基础的埋置深度与构造要求·····	(117)
第六节	箱形基础承载力与变形验算 ·····	(119)
第七节	箱形基础基底压力分布·····	(123)
第八节	箱形基础的内力分析·····	(125)
第九节	箱形基础强度计算·····	(127)
第十节	箱形基础的施工要求·····	(130)
习题	·····	(130)
参考文献	·····	(130)
第六章	桩基础 ·····	(131)
第一节	概述·····	(131)
第二节	桩的类型与特点·····	(132)
第三节	单桩轴向荷载传递·····	(136)
第四节	单桩竖向抗压承载力·····	(139)
第五节	单桩水平承载力·····	(143)
第六节	单桩抗拔承载力·····	(152)
第七节	群桩的承载力与变形 ·····	(154)
第八节	桩基础的常规设计·····	(160)
第九节	复合桩基与疏桩基础·····	(167)
第十节	桩的负摩擦力·····	(172)
第十一节	桩基工程施工与检测·····	(174)
习题	·····	(180)
参考文献	·····	(181)
第七章	地下连续墙 ·····	(184)
第一节	概述·····	(184)
第二节	地下连续墙的承载力与变形·····	(185)
第三节	地下连续墙的设计与计算·····	(187)
第四节	地下连续墙的施工·····	(192)
习题	·····	(196)

参考文献	(196)
第八章 沉井与墩基础	(197)
第一节 概述	(197)
第二节 沉井的类型及基本构造	(198)
第三节 沉井的施工	(200)
第四节 沉井的设计与计算	(202)
第五节 对沉井设计理论的讨论	(210)
第六节 墩基础的类型与特点	(211)
第七节 墩基础的承载力与变形	(213)
第八节 墩基础设计要点	(217)
第九节 墩基础施工要点	(219)
第十节 墩基工程质量检测	(222)
习题	(223)
参考文献	(223)
第九章 动力机器基础	(224)
第一节 概述	(224)
第二节 地基动力特性与动承载力	(226)
第三节 动力机器基础的振动分析	(231)
第四节 锻锤基础与曲柄连杆基础简介	(234)
第五节 动力机器基础的减振措施	(239)
习题	(241)
参考文献	(241)
第十章 地基基础抗震	(242)
第一节 概述	(242)
第二节 地震与场地特性	(245)
第三节 地基基础的震害现象	(251)
第四节 地基基础的抗震设计	(259)
习题	(268)
参考文献	(269)
第十一章 地基处理技术	(270)
第一节 换土垫层法	(270)
第二节 复合地基计算	(272)
第三节 机械压实法	(276)
第四节 排水固结法	(278)
第五节 强夯法	(284)
第六节 振冲法	(286)
第七节 高压旋喷法	(288)
第八节 深层搅拌法	(289)
第九节 土工合成材料	(291)

习题.....	(292)
参考文献.....	(292)
第十二章 基坑开挖与支护工程	(293)
第一节 概述.....	(293)
第二节 基坑支护结构类型.....	(295)
第三节 挡土结构上的水、土压力.....	(297)
第四节 基坑支护结构设计.....	(299)
第五节 基坑稳定性分析.....	(301)
第六节 基坑工程施工对环境的影响.....	(307)
习题.....	(308)
参考文献.....	(308)

绪 论

一、地基和基础的概念

没有空中楼阁。建筑物的全部荷载都由地球表面的地层来承担。这样，承受建筑物或构筑物荷载、受这些荷载影响的那一部分地层则称为该建筑物或构筑物的地基。

建筑物或构筑物一般可分为上部结构、下部结构两部分。支承上部结构荷载并将其传给地层中地基内的、起到承上启下作用的下部结构称为基础。如图 0-1 所示。

为了保证建筑物或构筑物的正常使用，对于支承整个建筑荷载的地基，应满足两个基本条件：首先是作用于地基上的建筑荷载，不超过地基的承载力，以保证地基的安全稳定（即强度条件）；其次是地基沉降量不超过沉降容许值，以保证建筑物的正常使用（即变形条件）。

为了保证基础的安全和可靠并满足使用功能的要求，基础一般要埋于地表以下某一深度。这一深度称为基础的埋置深度，简称埋深。实践中，根据基础埋深的不同，基础又可分为浅基础和深基础两大类。埋深 $d < 3 \sim 5 \text{ m}$ 或埋深与基础底面

宽度之比 $d/b < 1.0$ 的基础为浅基础；而埋深 $d > 3 \sim 5 \text{ m}$ 、通常需要较特殊方法施工的基础称为深基础。深基础有桩基础、墩基础、沉井、沉箱基础、地下连续墙以及筏板带桩、箱基带桩基础等。此外还有不属于上述范畴的特殊基础，如海洋钻井平台基础等。

用于支承基础的地基，视其实际工程地质条件是否满足结构物或构筑物的受力要求来决定其是否需经人工改造。那些不需经过人工加固处理就可直接修筑建筑物的地基，称为天然地基，而需经人工加固处理后才能作为建筑物使用的地基称为人工地基。

对特定的一个建筑物来讲，采用什么类型的地基、这种地基又配合什么类型的基础，是建筑物设计的最基本问题之一。基础工程的设计作为整个建筑设计的一个重要部分，必须考虑上部结构、基础和地基的共同工作。

二、基础工程学的学科地位

基础工程学是以土力学、钢筋混凝土结构学、建筑材料学、建筑施工学等为学科的专业基础知识，研究在各种可能荷载及其组合和工程地质条件下地基基础受力、变形和稳定性状的规律以及各种地基基础的设计、施工、检测与维护的专门学科。

在学科体系上，基础工程学既是土木工程学科中岩土工程和结构工程两个二级学科的重要组成部分，同时也与地下工程等学科紧密相关。基础工程学在土木工程学科领域的重要性表现为以下几点。

（一）国民经济和社会发展的要求

我国地大物博、人口众多。到 20 世纪末，我国人口已达 13 亿，故人均土地资源有限。从我国的实际情况出发，城市建设向多层、高层和地下建筑发展是必然趋势。低层建筑多采

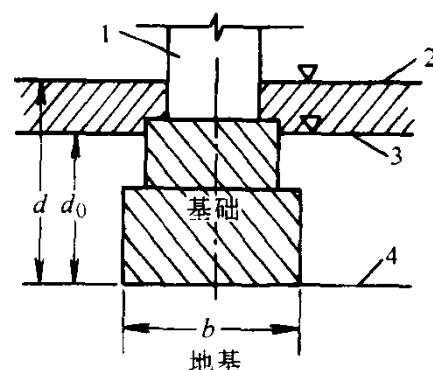


图 0-1 柱或墙的基础与地基

1—上部结构；2—设计地面；

3—天然地面；4—基础底面

用浅基础, 工程简单, 施工期短, 造价低。而高层建筑多采用深基础, 技术复杂, 工程量大, 工期长。因此, 基础工程占工程总造价的比例明显上升, 由过去的 5% 上升至 30% ~ 50%。在基础工程的造价不断提高的同时, 基础的形式和施工方法也不断地创新, 由过去的筏形基础、箱形基础, 发展到筏板带桩、箱基带桩、沉井带桩以及大直径扩底桩、墩等深基础。在建筑平面设计上, 改变了过去的“一”字型和“L”型等单调形式, 出现了双曲面、三角形、十字形、马蹄形、扇形、S 形、翼形等复杂的异形平面。这些都给基础的设计、施工带来一系列新课题。

为了解决城市交通的拥挤, 许多城市都在规划修筑地下铁道或其他地下建筑物, 以便充分利用地下空间, 这也是基础工程学科的一个新领域。又如海洋钻井平台的深水基础, 电讯、电视、电力的输送、播放和接收电讯、电视的高耸塔架等, 对地基基础工程都有其特殊要求。

许多建筑物修建在填土、沿海和滨河的软黏土、黄土、冻土、粉细砂以及用工业废料回填的各类软弱地基上, 使软弱地基处理技术得到迅速发展。

(二) 基础工程的费用

基础工程的费用与建筑物总造价的比例, 视其复杂程度和设计、施工的合理与否, 可以变动于百分之几到几十之间。因此, 地基及基础在建筑工程中的重要性是显而易见的。如果设计者能熟练地应用土力学与基础工程的基本原理, 重视地基勘察工作, 经过精心设计、精心施工, 那么, 许多地基基础事故是可以避免的。

(三) 基础工程设计的特殊性

由于地基土的复杂多变, 不像上部结构那样, 有许多标准图可供选用, 基础工程设计一般没有标准图可供选用。因此, 具有全面掌握和正确应用基础工程学的基本原理、方法和技术以解决基础工程中的复杂多变的实际问题的能力是对土木工程设计、施工和管理者的一项基本而又重要要求。

三、基础工程的发展方向

基础工程今后发展的重要方向是:

(一) 基础性状的理论研究不断深入

由于计算机的应用日趋广泛, 许多计算方法如有限元法、边界元法、特征线法等都在基础工程性状的分析中得到应用; 土工离心机模型试验, 已成为验证计算方法和解决包括基础工程在内的土工问题的有力手段。土的本构模型也是基础工程分析中的一个重要组成部分。

(二) 现场原位测试技术和基础工程质量检测技术的发展

为了改善取样试验质量或者进行现场施工监测, 原位测试技术和方法有很大发展。如旁压试验、动静触探、测斜仪、压力传感器和孔隙水压力测试仪等测试仪器和手段已被广泛应用。测试数据采集和资料整理自动化、试验设备和试验方法的标准化以及广泛采用新技术已成为发展方向。

(三) 高层建筑深基础继续受到重视

随着高层建筑修建数量的增多, 各类高层建筑深基础大量修建, 尤其是大直径桩墩基础、筏板带桩、箱基带桩等基础类型更受重视。

由于深基坑开挖支护工程的需要, 如地下连续墙、挡土灌注桩、深层搅拌挡土结构、锚杆支护、钢板桩、铅丝网水泥护坡和沉井等地下支护结构的设计、施工方法都引起人们极大

兴趣。

(四) 软弱地基处理技术的发展

在我国各地区的经济建设中,有许多建筑物不得不建造在比较松软的不良地基上。这类地基如不加特殊处理就很难满足上部建筑物对控制变形、保证稳定和抗震的要求。因此,各种不同类型的地基处理新技术因需要而产生和发展,成为岩土工程中的一个重要专题。

地基处理的目的在于改善地基土的工程性质,例如提高土的强度、改善变形模量或提高抗液化性能等。地基处理的方法很多,每种方法都有其不同的加固原理和适用条件,在实际工程中必须根据地基土的特点选用最适宜的方法。今后随着建筑物的层高和荷载不断增大,软弱地基的概念和范围也有新的变化,各种新的处理方法会不断出现,地基处理技术必然会进一步发展。

(五) 既有房屋增层和基础加固与托换

对于房屋的需求量在今后较长时期内都会很大,目前国家资金困难,基本建设投资不会很多,为了满足当前的急需,对现有房屋的改建增层工程会日趋增多,为此必须对已有建筑物的地基进行正确的评价,提出合理的承载力值,重视地基加固与托换技术的探讨与应用。

四、基础工程学的特点

基础工程这门课程,对于工业与民用建筑或土木工程专业来说,是一门重要的专业课。在建筑工程中,一个牢固的建筑物,必须有扎实的基础,亦即地基和基础是建筑物的根本。它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。实践表明,建筑物事故的发生,很多是与地基问题有关的,而且,事故一旦发生,其补救很难。基础工程课程涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工几个学科,所以内容广泛,综合性强。由于土是自然历史的产物,以及土的分散性使得土力学除了运用一般连续力学的基本原理外,还应密切结合土的实际情况进行研究。

此外,其他课程(如钢筋混凝土结构、钢结构等)涉及的规范较少,标准比较明确,而本学科随着地区的不同,土性不同,变化较大,在许多情况下要因地制宜地处理问题,因而涉及的规范较多,只靠国家规定的标准是不够的,一些地区性的规范、规程或规定也很重要。

五、基础工程学的学习方法

应根据本课程的特点,牢固掌握各种基础的基本类型和特点、基础设计计算的基本原则和基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关的力学和结构理论以及施工知识,分析和解决地基基础问题。学习时需要重视以下几方面。

(一) 重视工程地质勘察及现场原位测试方法

土力学计算和基础设计中所需的各种参数,必须通过土的现场勘察和室内土工试验测定。要学会阅读和使用工程地质勘察资料,并重视原位测试技术。静力触探、动力触探、测斜仪、压力传感器和孔隙水压力测定仪等原位测试方法,能直观地提供各种可贵的实测资料,已越来越普遍地被用作设计、研究和施工的辅助手段。

(二) 重视地区性工程经验

基础工程是一门实践性很强的学科,又由于土及土与结构物相互作用的复杂性,目前在解决地基基础问题时,还带有一定程度的经验性,因此,就有大量的经验公式。《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)就是理论和经验的总结。

除了全国性地基基础设计规范外，还有不少地区性的规范与规程。世界各国的规范，更是各不相同。学习时，必须仔细地分析各种公式的基本假定及其适用条件，并结合当地的实践经验加以应用，力戒千篇一律地不分地区而机械地套用地质资料和地基基础设计方案。

（三）考虑地基、基础和上部结构的共同工作

地基、基础和上部结构是一个统一的整体，它们相互依存，相互影响。设计时应该考虑三者的共同工作。特别是在软土地基上的建筑物，考虑共同工作的整体分析表明，结构的应力、基础的内力甚至群体中各单体的分担作用，均与单一分析有很大的区别。“共同工作”分析结果接近实测的结果。目前“共同工作”分析还没有在设计部门中普及，但它将是设计理论的发展方向。

（四）施工质量的重要性

基础工程是隐蔽工程，正由于它深埋于地下，往往被人们所忽视。但是，如果施工马虎，甚至偷工减料，必会酿成大祸。必须强调，基础工程的施工质量与上部结构一样，应受到足够的重视。

第一章 地质构造与地质条件

第一节 概 述

工程建设都在地球的表层。地貌形态的千差万别都是各种内、外地质作用的结果。现在的地球外貌是经历漫长的地质历史发展演变而成的。地球的外部层圈有大气圈、水圈和生物圈。地球的内部层圈可明显地分为地核、地幔和地壳三部分如图 1-1 所示。

地壳是指地表至莫霍面之间厚度极不一致的岩石圈的一部分。莫霍面是前南斯拉夫的地球物理学家莫霍洛维奇（1857—1936）发现的地壳与地幔之间的分界面。应该指出，莫霍面虽然是全球性的，但其深度在各处并不一致，一般在大陆下较深，约为 20~70 km，而在大洋底下为 5~8 km。

莫霍面以下，深度为 35~2 900 km 的圈层就是地幔，分上下两层。上地幔深度 35~1 000 km，主要由橄榄岩质的超基性岩石组成，是高温熔融岩浆的发源地，也称为软流层。下地幔深度 1 000~2 900 km，可能比上地幔含更多的铁。由上地幔到下地幔，密度由 3.31 g/cm^3 增加到 5.62 g/cm^3 。

地核分两层，地表以下 2 900~4 980 km，叫外地核，据推测可能是液态的，主要是由熔融的铁和镍的混合物组成，其中还包含少量的 Si 及 S 等轻元素。4 980~5 145 km 深处是内外两层的过渡带。而由 5 145 km 直到地心则为固体的内地核，据推测，组成内地核的物质的化学成分与铁陨石相同。

地质学是研究地球的一门自然科学，主要研究固体地球的组成、构造、形成和演化规律。当前研究的重点是地壳和与它密切相关的部分。工程地质学是地质学的分支学科，是研究与工程建设有关的地质问题、为工程建设服务的地质科学，属应用地质学的范畴。工程地质工作是工程建设的基础工作，当然一定要与工程建设紧密相结合。

本章从与工程建设关系较密切的地质基础角度出发，初步介绍了地质构造、地质作用、地形地貌、水文与工程地质条件、工程地质问题以及不良地质现象。

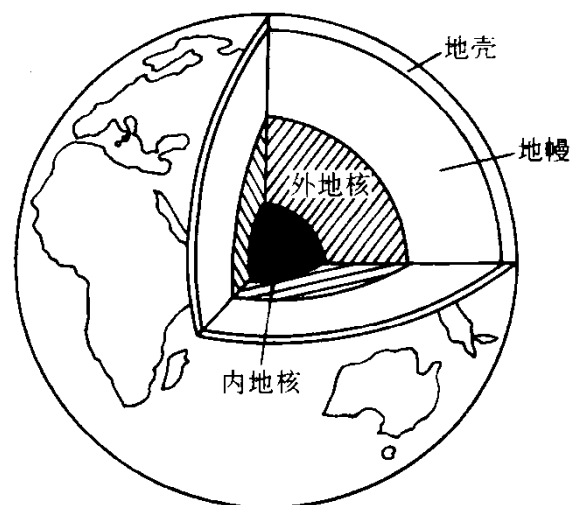


图 1-1 地球内部构造

第二节 地质构造

一、构造运动与构造变动

（一）构造运动

构造运动是指由于地球内部原因引起地壳结构改变的运动与作用，也称为地壳运动。构

造运动是造成构造变动的原因。

按构造运动方向分, 构造运动的类型有垂直运动和水平运动。垂直构造运动也称升降运动, 是一种波及面广, 相对比较缓慢的地壳运动, 其运动方向是垂直地球表面方向。它涉及的范围大小、位置、幅度和速度随时间有较大的变化, 具有波状运动的特点, 常表现为大规模的构造隆起和拗陷。水平构造运动是使组成地壳的物质沿着地球切线方向的运动, 能使地壳受到挤压、拉伸、平移甚至旋转, 是使岩石产生大规模变形和形成断裂的主要原因, 它是造成板块削减、碰撞, 形成海洋中海岭和陆地山脉的主要动力。

按地质时期分, 构造运动的类型有古构造运动和新构造运动。古构造运动是指第三纪及其以前各地质时期的构造运动。新构造运动是指第三纪以后直到现代发生的构造运动。

(二) 构造变动

岩石的原始层位在构造运动的影响下所发生的变位和形变, 叫做构造变动。构造变动是构造运动的结果。构造变动按其表现的主要形式可分为褶皱变动及断裂变动。褶皱变动的特征是岩层经构造变动而形成弯曲但不丧失其原有连续完整的构造变形, 见图 1-2。断裂变动的特征是岩层经构造变动而丧失其原有连续完整性, 形成断裂构造的构造变形, 见图 1-3。

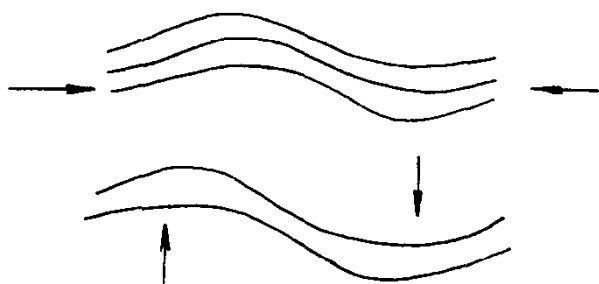


图 1-2 褶皱变动

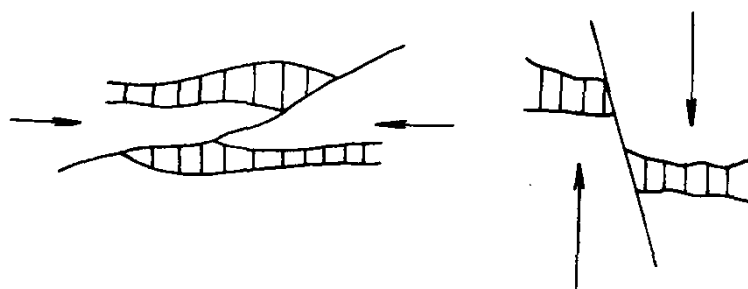


图 1-3 断裂变动

二、地质构造

在漫长的地质历史发展过程中, 地壳在内、外力地质作用下, 不断运动演变所造成的地层形态 (如地壳中岩体的位置、产状及其相互关系等) 统称为地质构造。它决定着场地岩土分布的均一性和岩体的工程地质性质。地质构造与场地稳定性以及地震评价等的关系尤为密切, 因而是评价建筑场地工程地质条件所应考虑的基本因素。

(一) 褶皱构造

地壳中层状岩层在水平运动的作用下, 使原始的水平产状的岩层弯曲起来, 形成褶皱构造 (图 1-4)。褶皱的基本单元, 即岩层的一个弯曲称为褶曲。褶曲虽然有各式各样的形式, 但基本形式只有两种, 即背斜和向斜 (图 1-5)。背斜由核部地质年代较老和翼部较新的岩层组成, 横剖面呈凸起弯曲的形态。向斜则由核部新岩层和翼部老岩层组成, 横剖面呈向下的凹曲的形态。

必须指出, 在山区见到的褶曲, 一般来说, 其形成年代久远, 长期暴露地表使得部分岩层尤其是软质或裂隙发育的岩石受到风化和剥蚀作用的严重破坏, 而丧失完整的褶曲形态 (如图 1-6)。

(二) 断裂构造

岩体受力断裂使原有的连续完整性遭受破坏而形成断裂构造。沿断裂面两侧的岩层未发生位移或仅有微小错动的断裂构造, 称为节理; 反之, 如发生了相对位移, 则称为断层。

1. 节理

岩层因地壳运动引起的剪应力形成的断裂称为剪节理, 一般是闭合的, 常呈两组平直相

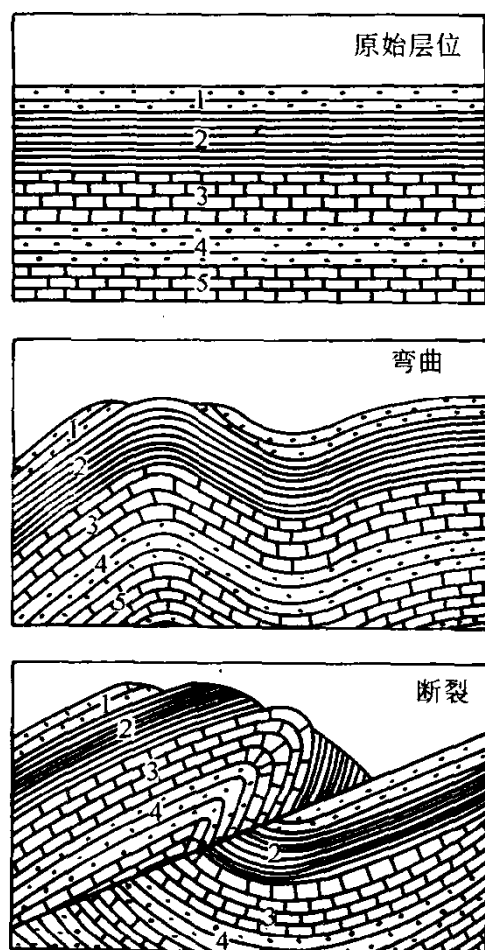


图 1-4 地壳水平运动过程
1、4—砂岩；2—页岩；3、5—石灰岩

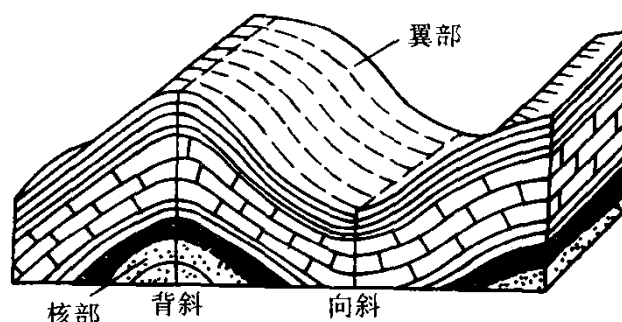


图 1-5 背斜与向斜示意图

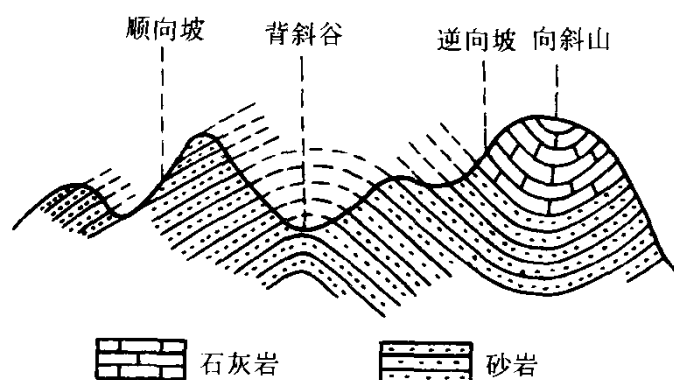


图 1-6 经过侵蚀后残留的褶曲地形的剖面示意图

交的 X 形。岩层受力弯曲时，外凸部位由拉应力引起的断裂称为张节理，其裂隙明显，节理面粗糙。此外，由于岩浆冷凝收缩或因基岩风化作用产生的裂隙，统称为非构造节理。

在褶皱山区，岩层强烈破碎，顺向坡岩体易沿岩层面和节理面滑动，而丧失稳定性。此外，节理发育的岩体加速了风化作用的进行，从而使岩体的强度大大降低。

2. 断层

分居于断层面两侧相互错动的两个断块（图 1-7、图 1-8），其中位于断层面之上的称为上盘，位于断层面之下的称为下盘。若按断块之间的相对错动的方向来划分，上盘下降，下盘上升的断层，称为正断层；反之，上盘上升，下盘下降的断层称为逆断层；如两断块水平互错，则称为平移断层（图 1-9）。

断层面往往不是一个简单的平面而是有一定宽度的断层带。断层规模越大，这个带就越宽，破坏程度也越严重。工程设计原则上应避免将建筑物跨放在断层带上，尤其要注意避开近期活动的断层带。所以，调查活动断层的位置、活动特点和强烈程度对于工程建设有着重要的实际意义。

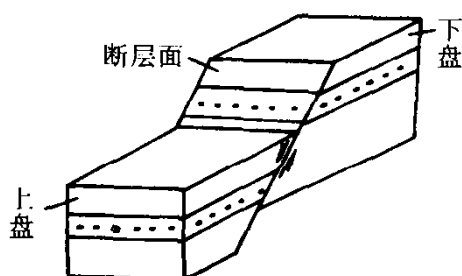


图 1-7 正断层

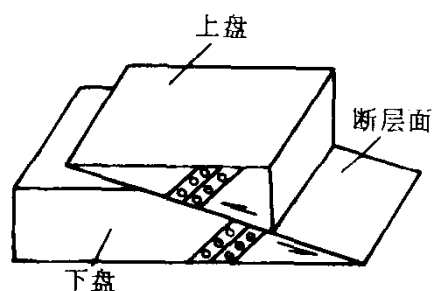


图 1-8 逆断层

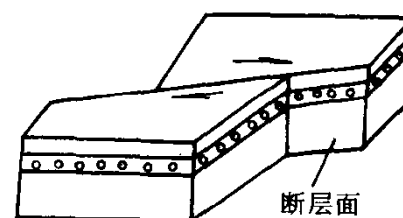


图 1-9 平移断层

第三节 地质作用

一、概念

构成天然地基的物质是地壳中的岩石和土。地壳的一般厚度为 30~80 km, 它的物质、形态和内部构造是在不断地改造和演变的。导致地壳成分变化和构造变化的作用, 称为地质作用。根据地质作用的能量来源的不同, 可分为内力地质作用和外力地质作用。

二、内力地质作用

内力地质作用一般认为是由于地球自转产生的旋转能和放射性元素蜕变产生的热能等引起地壳物质成分、内部构造以及地表形态发生变化的地质作用, 如岩浆活动、地壳运动(构造运动)和变质作用。

岩浆是存在于地壳以下深处高温、高压的复杂硅酸盐熔融体(它的主要成分为 SiO_2), 富含挥发性物质和金属硫化物。岩浆活动可使岩浆沿着地壳薄弱地带上升侵入地壳或喷出地表。岩浆冷凝后生成的岩石, 称为岩浆岩。

地壳运动是指地壳的升降运动和水平运动, 升降运动表现为地壳的上拱和下拗, 形成大型的构造隆起和拗陷; 水平运动表现为地壳岩层的水平移动, 使岩层产生各种形态的褶皱和断裂。因此, 地壳运动的结果, 形成了各种类型的地质构造和地球表面的基本形态。

在岩浆活动和地壳运动过程中, 原岩(原来生成的各种岩石)在高温、高压及渗入挥发性物质(如 SO_2 、 H_2O 、 CO_2 等)的变质作用下, 生成的另一类型岩石, 称为变质岩。

三、外力地质作用

外力地质作用是由于太阳辐射能和地球重力位能所引起的地质作用。它包括气温变化、雨雪、山洪、河流、湖泊、海洋、冰川、风、生物等的作用, 对地壳不断地进行剥蚀, 使地表形态发生变化, 形成新的产物。

昼夜和季节的气温变化, 可使地表各种原岩不断发生热胀脱离、冷缩开裂等机械破碎。水和水溶液的存在, 可使原岩不断发生水化、氧化、碳酸盐化、溶解以及缝隙水冻胀, 引起崩裂等化学变化和机械破碎。动植物和微生物的活动, 也可使原岩不断发生机械破碎和化学变化。这种外力(包括大气、水、生物)对原岩发生机械破碎和化学变化的作用, 统称为风化作用。

原岩风化产物——碎屑物质, 在雨雪水流、山洪急流、河流、湖浪、海浪、冰川或风等外力作用下, 被剥蚀、搬运到大陆低洼处或海洋底部沉积下来, 在漫长的地质年代里, 沉积的物质逐渐加厚, 在覆盖压力和含有碳酸钙、二氧化硅、氧化铁等胶结物的作用下, 使起初沉积的松软碎屑物质逐渐压密、脱水、胶结、硬化, 生成新的岩石, 称为沉积岩。未经成岩作用生成的所谓沉积物, 也就是通常所说的“土”。

外力地质作用过程中的风化、剥蚀、搬运及沉积, 是彼此密切联系的。风化作用为剥蚀作用创造了条件, 而风化、剥蚀、搬运又为沉积作用提供了物质的来源。剥蚀作用与沉积作用在一定时间和空间范围内, 以某一方面的作用为主导, 例如, 河流上游地区以剥蚀为主, 下游地区以沉积为主; 山地以剥蚀占优势, 平原以沉积占优势。

四、内力与外力地质作用的关系

内力地质作用与外力地质作用彼此独立而又相互依存, 但对地壳的发展而言, 内力地质