




普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

土力学与基础工程

冯志焱 刘丽萍 主编

 冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

内 容 提 要

本书为高等学校非土木类专业的教材,内容包括绪论,土的物理性质与工程分类,土中应力和地基沉降,土的抗剪强度,土压力、地基承载力和土坡稳定,岩土工程勘察,天然地基上的浅基础,桩基础,特殊土地基与地基处理。

本书着重阐明土的物理与力学性质的基本概念和基本理论,对土木工程中所遇到的主要岩土工程问题的分析方法、设计计算和工程应用的基本要求等有较为充分的论述,侧重于学生对相关学科和工程问题的整体把握,有利于对学生创新能力的培养,并对以后工作和学习打下基础。本书每章均附有小结和习题。

本书也可作为高职院校建筑工程技术、工程造价、工程监理及相关专业的教学用书,以及相关专业设计、施工和科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与基础工程/冯志焱,刘丽萍主编. —北京:冶金工业出版社,2012.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5822-5

I. ①土… II. ①冯… ②刘… III. ①土力学—高等学校—教材 ②基础(工程)—高等学校—教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第015103号

出版人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010) 64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 杨 敏 俞跃春 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5822-5

三河市双峰印刷装订有限公司印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销
2012年2月第1版,2012年2月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;13印张;314千字;197页

28.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

“土力学与基础工程”是土木工程专业的主要专业课程，也是工程管理等非结构类专业的一门学习课程。工程管理等非结构类专业由于缺乏合适的教材，常采用土木工程专业的教材，但土木工程专业的教材内容多且深，难以满足教学要求。

为适应教学需要，编者根据非土木类专业学生学习“土力学及基础工程”课程的培养目标和教学要求，结合学生的数学和力学基础以及我国《建筑地基基础设计规范》等内容，对有关内容进行了调整，使学生能学到该课程的主要内容。全书共8章，包括土的物理性质与工程分类，土中应力与地基沉降，土的抗剪强度，土压力、地基承载力和土坡稳定，岩土工程勘察，天然地基上的浅基础，桩基础，特殊土地基与地基处理。在土力学部分侧重于土力学的基本概念、基本理论，在地基基础中则侧重培养学生的工程意识。

本书着重于基本概念及有关规范的理解和应用，同时也注意到学生从数学、力学等基础课程到学习专业课程的认识规律，力求对基本概念论述清楚，使学生能较容易地理解土的物理与力学性质，地基基础设计计算与施工的基本内容、步骤与具体应用。各章均有小结和一定数量的计算例题、习题，以利于学生理解各章内容并巩固所学知识。

本书由西安建筑科技大学的冯志焱、上海应用技术学院的刘丽萍担任主编。编写分工为：冯志焱编写绪论、第2章~第4章，刘丽萍编写第5章、第6章，刘丽萍、冯世进（同济大学）编写第7章，刘丽萍、冯志焱、冯世进编写第8章，西安建筑科技大学的李瑞娥编写第1章。

在编写过程中，参考了有关文献，在此向文献作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

编 者
2011年9月

目 录

绪论	1
1 土的物理性质与工程分类	4
1.1 概述	4
1.2 岩石和土的成因类型	5
1.2.1 岩石的成因类型	5
1.2.2 土的成因类型	7
1.3 土的组成	10
1.3.1 土的固体颗粒	10
1.3.2 土中水和气	13
1.3.3 土的结构与构造	14
1.4 土的三相比例指标	15
1.4.1 土的密度与重度	15
1.4.2 土粒相对密度	16
1.4.3 土的含水量	17
1.4.4 土的孔隙比与孔隙率	17
1.4.5 土的饱和度	17
1.4.6 干密度与干重度	17
1.4.7 土的饱和密度与饱和重度	17
1.4.8 土的有效密度与有效重度	18
1.5 无黏性土的密实度	20
1.5.1 采用天然孔隙比 e 判别	20
1.5.2 依据相对密实度 D_r 判别	20
1.5.3 依据现场标准贯入击数判别	20
1.6 黏性土的物理特性	21
1.6.1 界限含水量	21
1.6.2 塑性指数与液性指数	22
1.7 地基岩土的工程分类	23
1.7.1 根据土的颗粒级配或塑性指数分类	23
1.7.2 根据土的特殊性质进行分类	24
1.8 地下水	25
1.8.1 地下水的类型及埋藏条件	26

1.8.2 土的渗透性·····	26
1.8.3 土的渗透破坏·····	27
小结·····	27
习题·····	28
2 土中应力与地基沉降·····	29
2.1 地基中自重应力·····	29
2.1.1 自重应力计算·····	29
2.1.2 饱和土中有效应力概念·····	31
2.2 基底压力及其简化计算·····	32
2.2.1 基底压力简化计算·····	33
2.2.2 基底附加压力·····	34
2.3 地基附加应力计算·····	35
2.3.1 竖向集中力下地基附加应力——布辛奈斯克解·····	35
2.3.2 分布荷载下地基附加应力·····	36
2.3.3 地基附加应力分布的规律·····	43
2.4 土的压缩性·····	44
2.4.1 压缩试验与压缩曲线·····	44
2.4.2 压缩性指标·····	46
2.5 地基最终沉降量计算·····	48
2.5.1 分层总和法·····	48
2.5.2 规范分层总和法·····	51
2.6 沉积土层的应力历史·····	55
2.6.1 正常固结土 ($OCR = 1$)·····	55
2.6.2 超固结土 ($OCR > 1$)·····	56
2.6.3 欠固结土 ($OCR < 1$)·····	56
2.7 地基沉降与时间的关系·····	56
2.7.1 饱和土渗透固结·····	56
2.7.2 地基沉降与时间的关系·····	57
小结·····	59
习题·····	60
3 土的抗剪强度·····	62
3.1 概述·····	62
3.2 库仑公式和土的极限平衡条件·····	62
3.2.1 库仑公式·····	62
3.2.2 土的极限平衡条件·····	64
3.3 抗剪强度指标测定及土的剪切特性·····	67
3.3.1 直接剪切试验·····	67

3.3.2	三轴压缩试验	68
3.3.3	无侧限抗压强度试验	71
3.3.4	十字板剪切试验	71
3.3.5	土的抗剪强度指标的选择	72
	小结	73
	习题	74
4	土压力、地基承载力和土坡稳定	75
4.1	概述	75
4.2	挡土结构上的土压力	76
4.2.1	静止土压力	76
4.2.2	主动土压力	76
4.2.3	被动土压力	77
4.3	土压力计算的经典理论	77
4.3.1	朗肯土压力理论	77
4.3.2	库仑土压力理论	83
4.4	挡土墙类型与稳定性	84
4.4.1	挡土墙类型	84
4.4.2	重力式挡土墙稳定性验算	85
4.5	地基破坏模式与地基承载力概念	86
4.5.1	地基的破坏形式	87
4.5.2	地基承载力概念	87
4.6	浅基础地基临塑荷载和界限荷载	88
4.6.1	地基临塑荷载	88
4.6.2	地基界限荷载	89
4.7	地基极限承载力	90
4.7.1	普朗德尔公式	90
4.7.2	太沙基公式	91
4.8	土坡稳定性分析	93
4.8.1	无黏性土坡的稳定性分析	94
4.8.2	黏性土坡的稳定性分析	95
	小结	97
	习题	98
5	岩土工程勘察	99
5.1	概述	99
5.1.1	岩土工程勘察的任务	99
5.1.2	岩土工程勘察的等级	99
5.2	勘察阶段划分及勘察方法	100

IV	
5.2.1	岩土工程勘察的阶段划分 100
5.2.2	岩土工程勘察方法 102
5.2.3	岩土参数的分析与选取 106
5.3	岩土工程勘察报告 107
5.3.1	岩土工程勘察报告的基本内容 107
5.3.2	岩土工程勘察报告的阅读与使用 109
5.4	岩土工程勘察报告实例 109
5.4.1	工程概况 109
5.4.2	勘察工作量及依据 109
5.4.3	岩土工程地质及水文地质特征 110
5.4.4	地层承载力特征值 111
5.4.5	地基评价与建议 111
5.4.6	附表、附图 112
	小结 114
	习题 115
6	天然地基上的浅基础 116
6.1	概述 116
6.2	浅基础类型 118
6.2.1	无筋扩展基础 118
6.2.2	钢筋混凝土基础 118
6.3	基础的埋置深度 121
6.3.1	与建筑物有关的一些要求 121
6.3.2	工程地质条件 121
6.3.3	水文地质条件 122
6.3.4	地基冻融条件 123
6.3.5	场地环境条件 123
6.4	地基承载力的确定 123
6.4.1	按土的抗剪强度指标以理论公式确定 124
6.4.2	按载荷试验确定地基的承载力 125
6.4.3	按工程经验确定 126
6.4.4	地基承载力的修正 126
6.5	基础底面尺寸的确定 128
6.5.1	按持力层承载力初步确定基础底面尺寸 128
6.5.2	软弱下卧层承载力验算 130
6.5.3	地基变形验算 132
6.5.4	地基稳定验算 135
6.6	各种基础构造和计算简介 136
6.6.1	无筋扩展基础 137

6.6.2	钢筋混凝土扩展基础	138
6.6.3	柱下条形基础及十字交叉基础	142
6.6.4	筏形基础	144
6.6.5	箱形基础	144
6.7	减小不均匀沉降危害的措施	145
6.7.1	建筑措施	145
6.7.2	结构措施	148
6.7.3	施工措施	148
	小结	149
	习题	150
7	桩基础	151
7.1	概述	151
7.2	桩基础的类型	152
7.2.1	按施工方法分类	152
7.2.2	按桩基的承载性状分类	155
7.2.3	按其他方法分类	156
7.3	单桩竖向极限承载力	156
7.3.1	竖向荷载作用下单桩的工作机理	156
7.3.2	单桩竖向极限承载力的确定	158
7.4	桩基承载力验算	164
7.4.1	群桩效应	164
7.4.2	基桩竖向承载力特征值	166
7.4.3	桩基的受力验算	166
7.4.4	软弱下卧层验算	167
7.5	桩基础的设计	168
7.5.1	桩基设计基本参数确定及计算步骤	168
7.5.2	桩身结构设计	170
7.5.3	承台设计	171
	小结	172
	习题	173
8	特殊土地基与地基处理	174
8.1	概述	174
8.1.1	地基处理的目的	174
8.1.2	地基处理方法简介	174
8.1.3	复合地基概述	174
8.2	软弱土地基与特殊土地基	177
8.2.1	软弱土地基	177

8.2.2 湿陷性黄土地基	179
8.2.3 其他特殊土	182
8.3 土的压(夯)实及预压固结	183
8.3.1 土的压实原理	183
8.3.2 换填垫层法	184
8.3.3 强夯法	186
8.3.4 预压法	187
8.4 水泥土搅拌法与高压喷射注浆法	188
8.4.1 水泥土搅拌法	188
8.4.2 高压喷射注浆法	190
8.5 挤密法	192
8.5.1 砂石桩法	192
8.5.2 振冲法	193
8.5.3 土桩和灰土桩挤密法	194
8.5.4 孔内深层强夯法	195
8.6 水泥粉煤灰碎石桩法	195
小结	196
习题	196
参考文献	197

绪 论

A 概述

人类所建造建（构）筑物都是建造在地球表层的岩土体之上，这些岩土体直接承受建筑物荷载，是建筑物赖以安全的基础。在土木工程中，承受建筑物荷载的那一部分岩土体称为地基，设置于建筑物底部承受并将上部结构荷载传递到地基土层的结构称为基础。地基、基础和上部结构构成了建筑物整体，如图 0-1 所示。

在进行建筑物设计之前，必须对拟建建筑物场地进行岩土工程勘察，充分了解、研究地基土层成因、构造、物理力学性质、地下水的分布以及可能的影响场地稳定性的不良地质现象等，对场地工程地质条件做出评价。岩土体是自然界的产物，由于形成环境与历史、物质组成等复杂性，种类繁多、构造复杂、工程特性差异大，比如有各种坚硬的岩石，有按照不同地质构造组成的各种岩体，有颗粒粗细不同、成因不同的松散沉积土层（砾石、砂、粉土、黏性土等），还有各种环境下形成的软弱土（淤泥、淤泥质土等）以及区域性特殊土（膨胀土、湿陷性黄土、红黏土等）。这些都形成了进行工程建设的极为复杂的工程地质条件和地质环境。对岩土体性质的了解是做好建筑物地基基础设计和施工的先决条件，它涉及工程地质学和土力学的基本知识内容。

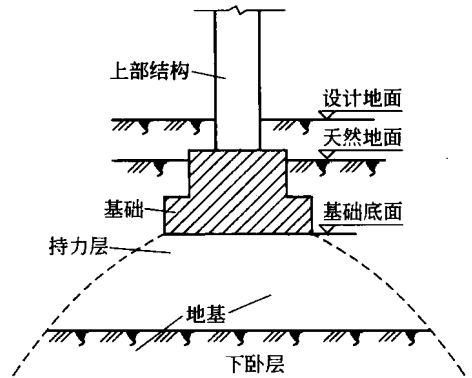


图 0-1 地基与基础示意图

建造建筑物会使地基中原有应力状态发生变化，可能会引起地基的强度失稳和变形（沉降）问题。因此，地基与基础设计必须满足两个基本条件：

(1) 要求作用于地基的荷载不超过地基的承载能力，保证地基具有足够的防止整体破坏的安全储备；

(2) 控制基础沉降使之不超过地基的变形容许值，保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用。研究土中应力、变形、强度和稳定性等的规律是土力学的主要任务，是本书的基础。

就地基而言，未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果地基软弱，其承载力或变形不能满足设计要求时，则需对地基进行加固处理（例如采用换土垫层、深层密实、排水固结等方法进行处理），称为人工地基。

建筑物基础结构形式很多。设计时应该选择能适应上部结构和场地工程地质条件、符合使用要求、满足地基基础设计两个基本要求，以及技术上合理的基础结构方案。一般应

埋入地下一定的深度，进入较好的地层。根据基础的埋置深度不同可分为浅基础和深基础，最经济、方便的是天然地基上浅基础。通常把埋置深度不大、只需经过挖槽、排水等普通施工方法就可以建造起来的基础称为浅基础；反之，若浅层土质不良，须把基础埋置于深处的好地层时，就得借助于特殊的施工方法，建造各种类型的深基础（如桩基、墩基、沉井和地下连续墙等）。

地基与基础为建筑物的隐蔽工程，一旦失事，不仅损失巨大，且补救十分困难，因此在土木工程中具有十分重要的作用。因此，勘察、设计和施工都直接关系着建筑物的安危、经济和正常使用。勘察与设计阶段工作仔细、认真会为后期工作带来很大方便，其较小的投入对工程带来很大的效益，反之，可能会因为前期没有在勘察阶段进行必要的投入，造成后期很大的浪费，或给工程留下隐患。

随着土力学及地基基础学科的发展，由于认识不足所造成的工程事故现在已很少，但由于不按照程序、规范进行勘察、设计和施工，由地基基础方面失误引起的建筑物事故仍时有发生。但就具体情况而言，以下实例仍可以借鉴。

1941年建造的加拿大特朗斯康谷仓，如图0-2所示，23m宽，由65个圆柱形筒仓组成，高31m，其下为筏板基础，由于事前不了解基础下埋藏有厚达16m的软黏土层，建成后初次储存谷物时，基底平均压力（320kPa）超过了地基极限承载力，致使谷仓西侧突然陷入土中8.8m，东侧则抬高1.5m，仓身整体倾斜近 27° 。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失稳定性的典型范例。由于该谷仓整体性很强，筒仓完好无损。事后在筒仓下增设70多个支承于基岩上的混凝土墩，使用388个50t千斤顶，才将筒仓纠正过来，但其标高比原来降低了4m。

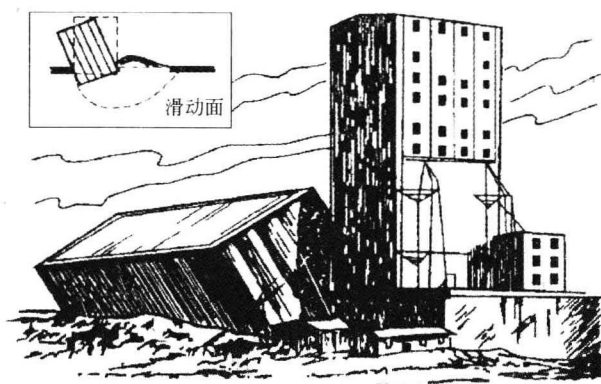


图0-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

北京饭店扩建工程主楼原设计23层，后改为17层，地下室3层，框架剪力墙结构，箱型基础，基础埋深11.3m。建筑物基础平均宽度22m，基底压力550kPa。场地主要持力土层为平均厚度约5.5m（自基础底面下）的洪积砂砾石层，承载力特征值500kPa；其下为平均厚4.5m的粉质黏土层，承载力特征值230kPa；再下为厚约17m的砂卵石层。显然，地基承载力受下卧粉质黏土层控制，而且粉质黏土层深度仅为基础宽度的1/4，基底压力几乎直接传递到下卧层。设计时，反复核实地基土层厚度与分布及各土层物理力学性质，运用土力学原理对基础宽度、下卧层深度进行了修正，考虑到地下水升降的影响，通

过仔细分析计算,确定地基承载力为 686.6kPa,满足设计要求。该建筑物使用几十年,证明安全稳定。这是根据建筑物基础结构类型、尺寸、埋深及荷载大小和地基土层情况,运用土力学原理,综合分析地基承载力,做出合理设计的实例。

土木工程建设的各种制约因素非常复杂,千变万化,要根据具体情况,运用土力学及其他基本概念、基本理论科学分析,灵活采取措施,以避免不利情况的发生。2009年6月27日清晨5时30分左右,上海闵行区莲花南路、罗阳路口西侧莲花河畔景苑小区一栋在建的13层住宅楼全部倒塌,楼房底部原本应深入地下的数十根混凝土管桩被“整齐”地折断后裸露在外,如图0-3所示。“简直不敢相信,13层的楼房连根拔起,整体倒塌,却没有散架。从1956年开始研究房屋结构到现在,还没有见过房子这么倒下的”,有专家这么说。不管倒塌原因是什么,其教训是十分沉重的。



图0-3 上海莲花河畔景苑小区倒塌建筑

B 本书特点及学习要求

本书涉及工程地质、土力学和基础工程以及结构与施工的知识,内容广泛、综合性强,学习时要突出重点、兼顾全面。从土木工程建筑对地基基础的要求出发,重视工程地质基本知识,培养阅读和使用工程勘察资料的能力;掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,并运用这些基本概念和原理,结合建筑结构理论和施工知识,分析和解决地基基础问题。

本书主要介绍土的物理性质(包括土的成因、物质组成、颗粒级配、三相物理指标、土的状态描述和分类等),土的力学性质(包括土中应力、土的变形、强度),以及作为建筑物地基基础设计与施工的基本概念和方法(包括勘察、浅基础、桩基础、地基处理等)。

本书自始至终抓住土的变形、强度和稳定性问题这一重要线索,并特别注意认识土的多样性、易变性和实践性强的特点。概括地讲,土力学学科工作特点是以勘察、试验结果为依据,以土的工程性状及理论分析为核心,以工程应用为灵魂,以确保工程稳定为目的。学习的目的是为了解决工程问题,在掌握基本概念和理论的基础上,尽量增加实践机会,多接触实际工程问题,使二者有机结合,在实践与学习中思考、提高。

1 土的物理性质与工程分类

1.1 概 述

在漫长的地质岁月中，经内、外力地质综合作用形成了各种类型的岩石和土。岩石历经风化、剥蚀、搬运、沉积生成土，而土历经压密固结、结晶硬化即成岩作用又形成岩石。作为建筑物地基的土，是土力学研究的主要对象。土是第四纪以来由组成地壳岩石圈的坚硬岩石，在表生作用带（指地表及地表以下不太深的环境条件）经风化、剥蚀、搬运、沉积作用所形成的且广泛分布的松散沉积物，故亦称第四纪沉积物。其厚度通常为数米、数十米至数百米。

建筑场地的地形、地貌、岩土的成分、分布、厚度等均取决于地质作用。常见的地质作用包括内力地质作用和外力地质作用。内力地质作用是由地球旋转能、重力能、放射性元素蜕变的热能等所引起，主要是在地壳或地幔中进行，包括地壳运动、岩浆作用、变质作用、地震等。外力地质作用是由太阳辐射能、地球重力位能以及日月引力能等所引起的地质作用，包括风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和成岩作用等。内力地质作用与外力地质作用彼此独立而又相互依存。

在地壳上部广泛分布着层状岩石，包括岩浆岩、沉积岩和变质岩。这些岩层是经历漫长的多个地质年代发展逐渐形成的。由于复杂地质作用，地壳不断运动、发展的地质时代被分为若干时期，每一地质发展时期都有各自地质发展的环境，形成其独特的岩层，常被称为地层，并冠以某一地质年代的地层。地壳表层由各个地质时期形成的各种地层所组成。

在工程界，一般采用相对地质年代表示地层相对新老关系，反映岩层形成的自然阶段和历史过程，其划分的主要依据是地壳形成和发展过程中各阶段地壳运动、生物演变、地质构造和地质环境等及地层特点。人们把地壳形成迄今漫长地质历史年代中曾经发生过的五次地壳大变动划分为五个大地质时段，称为“代”；每一“代”发展时期内又分为若干次一级时段，称为“纪”；在每一个“纪”之内，因生物的发展和地质情况不同，又进一步细分为若干“世”及“期”等。每一地质年代都有相对应的地层，采用“界”、“系”、“统”、“带”、“阶”等名称。

第四纪是距今最近的地质年代，至今约二三百万年。在这一地质年代形成了第四纪独特的自然地理环境和沉积环境，发育了近代地表形态和沉积物。由于第四纪时期沉积历史相对较短，覆盖地壳表面的第四纪沉积物一般都未能固结硬化成岩，常常是松散、软弱、多孔的，与第四纪之前形成的岩石有显著差别，常把它称为土。

土的工程特性包括土的物理性质、物理状态及力学性质，它直接决定了建筑物地基的工程特性乃至建筑物的稳定与安全。而土的成因及其成因类型、土的组成与级

配、土中水与气体、土的结构与构造等一系列土质学的内容又是研究土的工程特性的基础。

1.2 岩石和土的成因类型

1.2.1 岩石的成因类型

岩石是地壳的基本组成物质，大量出露于地表，是人类工程活动的基本载体和环境。岩石是在地质作用下形成的矿物集合体。按成因可以分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。不同类型岩石的物理力学性质有很大差异。

1.2.1.1 岩浆岩

岩浆岩是由地球内部的岩浆侵入地壳或喷出地表冷凝而成。

(1) 产状。岩浆岩的产状是指岩体的大小、形态与围岩的接触关系。岩浆岩形成的方式有两种：一种是岩浆的侵入形成侵入岩；另一种是火山的喷出形成喷出岩。侵入岩的产状为岩基、岩株、岩盘、岩床等，如图 1-1 (a) 所示；喷出岩的产状为火山锥、熔岩流、岩被等，如图 1-1 (b) 所示。

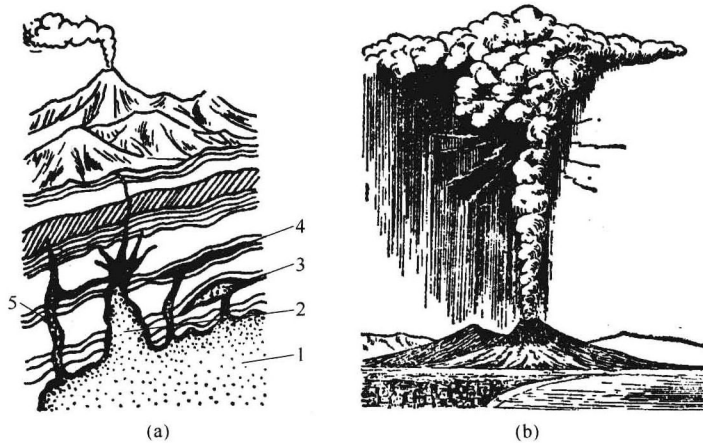


图 1-1 岩浆岩产状

(a) 岩浆侵入体的各种产状；(b) 火山喷发景象

1—岩基；2—岩株；3—岩盘；4—岩床；5—岩墙

(2) 结构。它指岩石中矿物颗粒的结晶程度、大小和形状，以及彼此间的组合方式等，是岩浆成分和岩浆冷凝时的物理环境综合反映。岩浆岩按照矿物结晶程度可以分为全晶质结构、半晶质结构和非晶质结构，例如花岗岩具有典型的全晶质结构，流纹岩具有半晶质结构。按照岩石中矿物颗粒的绝对大小可分为显晶质结构、隐晶质结构和玻璃质结构。例如玄武岩具有玻璃质结构。

(3) 构造。构造是指矿物在岩石中排列的顺序和填充的方式所反映出来的岩石的外貌特征，常见的岩浆岩构造有：块状构造、流纹构造、气孔构造、杏仁构造等。例如花岗岩具有块状构造、玄武岩具有气孔杏仁构造。

(4) 物质成分。岩浆岩的主要成分有二氧化硅、各种金属氧化物、少量的金属元素和稀有元素、挥发性物质。其中二氧化硅和各种金属氧化物约占 95%，并相互化合、形成复杂的硅酸盐类矿物。

(5) 分类。岩浆岩按物质成分可被划分为酸性岩 (SiO_2 含量大于 65%)、中性岩 (SiO_2 含量为 52% ~ 65%)、基性岩 (SiO_2 含量为 45% ~ 52%) 和超基性岩 (SiO_2 含量小于 45%) 等。常见的花岗岩、流纹岩等都是酸性岩，闪长岩、安山岩等都是中性岩，玄武岩、辉长岩等为基性岩，灰岩、橄榄岩为超基性岩。

1.2.1.2 沉积岩

岩石经风化、剥蚀成碎屑，经流水、风或冰川等搬运至适宜的地方沉积，再经过挤压脱水后胶结而形成的岩石被称为沉积岩。沉积岩分布很广，约占地表面积的 75%。

(1) 产状。沉积岩的产状多呈平行层状，常见的有互层状、夹层状、交错层状和透镜体状等，如图 1-2 所示。

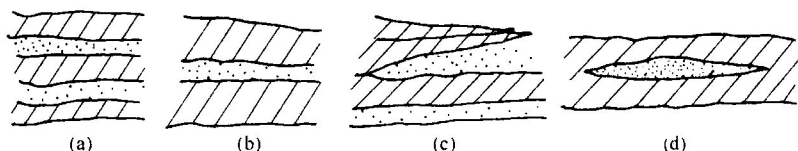


图 1-2 层状沉积岩的常见产状

(a) 互层状；(b) 夹层状；(c) 交错层状；(d) 透镜体状

(2) 结构。沉积岩按组成物质、颗粒大小及形状等方面的特点，一般可分为碎屑结构、泥质结构、化学结构和生物结构四种。碎屑结构是碎屑物质被胶结物胶结形成的结构，如砾岩、砂岩和粉砂岩等。泥质结构由粒径小于 0.005mm 的黏土矿物颗粒组成，如泥岩、页岩等。化学结构是由化学沉淀或胶体重结晶所形成的结构，如石灰岩、白云岩等。生物结构是由生物遗体或碎片所形成的结构，如珊瑚结构、贝壳结构等。

(3) 构造。沉积岩最主要的构造是层理构造、层面构造。层理构造是沉积岩在形成过程中由于沉积环境的改变，使先后沉积的物质在颗粒大小、形状、颜色和成分上发生变化而显示出来的成层现象。常见的层理有水平层理、单斜层理、交错层理等。层面构造是岩层面上由于流水、风、生物活动、阳光暴晒等作用留下的痕迹，如波痕、泥裂、雨痕等。

(4) 物质成分。沉积岩的物质成分可分为两大类，一类是颗粒成分；另一类是胶结物质。沉积岩中的颗粒成分在沉积物硬结成岩以前是一些松散的沉积颗粒状物质，如块石、碎石或卵石、砂砾、黏土块等；沉积岩中的胶体化合物主要有 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 、 MnO_2 、黏土矿物和磷酸盐矿物等。

(5) 分类。根据沉积岩的物质成分和结构特征，可将其分为碎屑岩、黏土岩、化学岩和生物化学岩类。常见的碎屑岩包括沉积碎屑岩（砾岩、角砾岩、砂岩、粉砂岩等）和火山碎屑岩（火山角砾岩、火山凝灰岩等）。黏土岩是指由黏土矿物组成的岩石，如页岩和泥岩等。化学沉积岩是岩石风化产物中溶解物质经过化学作用沉积而成的岩石，如石

灰岩、白云岩、泥灰岩等。生物化学岩是岩石风化产物中的溶解物质经过生物化学作用或由生物活动使某种物质聚集而成的岩石，如硅藻土、介壳石灰岩等。

1.2.1.3 变质岩

原岩由于地壳运动或岩浆活动，受高温、高压和化学成分加入的影响，在固体状态下发生矿物成分和结构构造变化后形成的新的岩石，称为变质岩。

(1) 产状。变质作用基本上是原岩在保持固体状态下在原位置处进行的，由岩浆岩形成的变质岩保留原岩浆岩产状，由沉积岩形成的变质岩保留原沉积岩的产状。

(2) 结构。变质岩的结构多为变余结构、变晶结构和碎裂结构。变余结构是由于原岩矿物成分重结晶作用不完全，使变质岩仍残留原岩的结构。变晶结构是变质作用过程中原岩在固态条件下经重结晶作用而形成的新的结晶质结构。碎裂结构是在不同应力作用下岩石的矿物颗粒被破碎而成不规则的、带棱角的碎屑甚至被压碎成极小的矿物碎屑和粉末后又被胶结形成的一种新的结构。

(3) 构造。变质岩的常见构造形式有块状、板状、片状、片麻状和千枚状等。块状构造指岩石中的矿物颗粒致密、坚硬，无定向排列的构造，如石英岩、大理岩等；片状构造是岩石中的矿物呈片状或柱状且平行排列时的构造，如片岩；片麻状构造的岩石中深色矿物和浅色矿物相间平行排列呈条带状，具有这样构造的岩石被称为片麻岩；板状构造的岩石可沿一定的方向开裂成为平整的板状体，如板岩；千枚构造是比较破碎的薄片状构造，薄片状的片理面上有丝绢光泽，具有这种构造的岩石称为千枚岩。

(4) 物质成分。变质岩的矿物包含两类矿物：一类是未变质的原生矿物；另一类是原先的岩浆岩、沉积岩矿物在地下深处经过变质作用后而形成的变质矿物，常见的变质矿物有石榴石、硅灰石、红柱石、滑石、石墨等。这些矿物也是变质岩中仅有的矿物，是用来识别变质岩的重要依据。

(5) 分类。变质岩的种类繁多，命名较复杂，一般根据变质岩特有的构造对变质岩进行分类，如片麻状构造的称为片麻岩、具有片状构造的片岩、具有千枚状构造和板状构造的千枚岩和板岩等。

1.2.2 土的成因类型

地表岩石经物理化学风化、剥蚀成岩屑、黏土矿物及化学溶解物质，再经过搬运、沉积而成的沉积物，至今其沉积历史不长，所以只能形成未经胶结硬化的松散堆积的沉积层，称为“第四纪沉积物”或“土”。根据岩屑搬运和沉积的情况不同，第四纪沉积物可以分为残积物、坡积物、洪积物、冲积物、风积物等。

1.2.2.1 残积物（土）

残积物（土）是指原岩经风化、剥蚀未被搬运，残留在原地的岩石碎屑。残积物一般分布在基岩曾经出露地表面而又受到强烈风化作用的山区、丘陵及斜坡地的基岩顶部，如图 1-3 所示。

残积物由黏性土或砂类土以及具有棱角状的碎石所组成，有较高的孔隙度，没有经过搬运、分选，无层理，厚度变化大，一般山坡上较薄，在坡脚或低洼处较厚。如以残积层作为建筑物地基，应当注意不均匀沉降和土坡稳定性问题。在我国南方地区某些残积土有其特殊工程性质。如由石灰岩风化而成的残积红黏土，虽然其孔隙比较大，含水量高，但

因其结构性强因而承载力高；由花岗岩风化而成的残积土，虽室内测定压缩模量较低，孔隙比也较大，但其承载力并不低。

1.2.2.2 坡积物（土）

坡积物（土）是指山坡上方的岩石风化产物在重力作用下被缓慢流动的雨、雪水流向下逐渐搬运，沉积在较平缓山坡上而形成的堆积物，如图 1-4 所示。

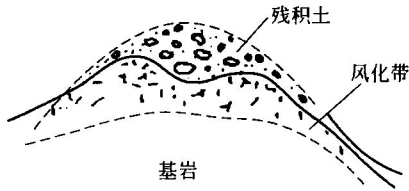


图 1-3 残积土

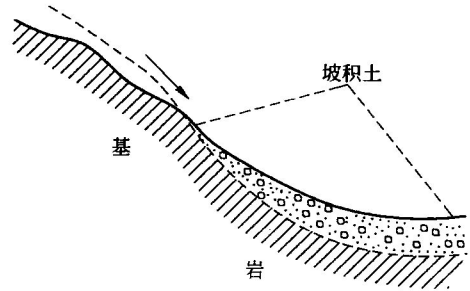


图 1-4 坡积土

坡积物的上部常与残积物相接，堆积的厚度也不均匀，一般上薄下厚。坡积物底面的倾斜度取决于基岩，颗粒自上而下呈现由粗到细的分选现象，其矿物成分与其下的基岩无关。作为地基时，由于坡积物的孔隙大，压缩性高，应注意不均匀沉降和地基稳定性。

由于坡积土形成于山坡，故较易沿下卧基岩倾斜层面发生滑动。在坡积土上进行工程建设时，除应注意不均匀沉降外，还应考虑坡积土本身滑坡的发生及施工开挖后边坡的稳定性问题。

1.2.2.3 洪积物（土）

洪积物是山区集中的洪水携带大量固体物质流出沟口后，由于流速降低，水流分散，集中在山口堆积而成的沉积物。在地貌学上称为山麓洪积扇，如图 1-5 所示。

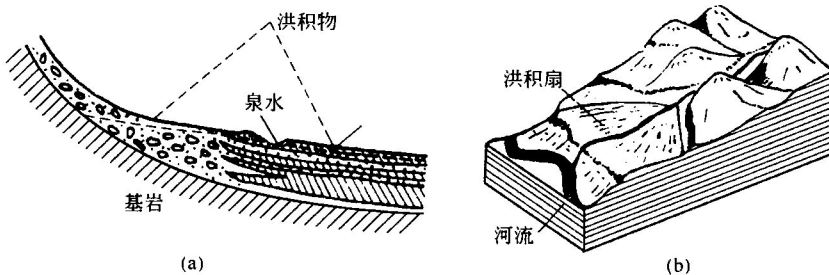


图 1-5 洪积土与洪积扇

(a) 洪积土；(b) 洪积扇

洪积物的分选作用较明显，离冲沟出口愈远，颗粒愈细。洪积物常呈现不规则的交互层理构造，有尖灭、夹层等产状。洪积扇的顶部（近山区）颗粒粗大、磨圆性差，透水性好，地下水位深，地层厚，常是优良的地基地层。洪积扇的前沿（远山区）沉积的主要是粉细砂、粉土、黏性土等细粒土。当该处地下水位浅、地势低洼时，在排水不畅处很容易形成盐碱地或沼泽地，其承载力低、压缩性高，属不良地