

高等学校教学用书

土力学

地基基础

● 韩晓雷 主编

● 高永贵 主审

TULIXUE
DIJI
JICHU

冶金工业出版社

高等学校教学用书

土力学地基基础

韩晓雷 主编
高永贵 主审

北京
冶金工业出版社
2004

内 容 提 要

本书共分十章,主要内容包括工程地质学概论、土的物理性质及工程分类、地基应力和变形、土的抗剪强度、土坡稳定性分析、土压力和地基承载力、岩土工程勘察、天然地基浅基础设计、桩基础、特殊土与地基处理。各章均附有大量思考题与习题。

本书为土木工程专业教材,也可作为交通工程、管理工程等相关专业的教材或参考书,还可供从事岩土工程科研、勘察、设计、施工、管理及监理等工作的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学地基基础/韩晓雷主编. —北京:冶金工业出版社, 2004. 6

ISBN 7-5024-3177-2

I. 土… II. 韩… III. 地基—基础(工程) IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 014615 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 方茹娟 美术编辑 王耀忠

责任校对 侯 瑁 李文彦 责任印制 李玉山

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 6 月第 1 版, 2004 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 23.25 印张; 563 千字; 363 页; 1—5000 册

36.00 元

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(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

土力学是以传统的工程力学和地质学的知识为基础,研究与土木工程有关的土中应力、变形、强度和稳定性的应用力学分支。此外,还要用专门的土工试验技术来研究土的物理化学特性,以及土的强度、变形和渗透等特殊力学特性。

地基与基础是建立在土力学和工程地质学原理上的地基基础设计理论与方法,同时包含了结构设计、数值计算、岩土工程勘察、测试等学科内容。

“土力学地基基础”是土木工程专业的一门必修课,属专业基础课。

通过本课程的学习,学生应掌握地基沉降、地基承载力、土压力计算方法和土坡稳定分析方法,掌握一般土工试验方法,达到能应用土力学的基本原理和方法解决实际工程中土的稳定、变形和渗流等问题的目的,能应用土力学原理独立解决各类土工问题并具备从事岩土工程设计、施工、监理等方面工作的技能。

本书共分十章,内容包括工程地质学概论、土的物理性质及工程分类、地基应力和变形、土的抗剪强度、土坡稳定性分析、土压力和地基承载力、岩土工程勘察、天然地基浅基础设计、桩基础、特殊土与地基处理。本书内容简明扼要。为了加深对课程基本内容的理解,书中给出了大量思考题及习题,以便学生加深对本学科基本内容的进一步理解和消化。

本书由西安建筑科技大学韩晓雷、冯志焱、张荫、李辉、王铁行、刘丽萍、刘增荣等共同编写。第一章由李辉、韩晓雷编写;第二、三、五、九章由韩晓雷编写;第四章由王铁行编写;第六章由冯志焱编写;第七章由张荫编写;第八章由刘丽萍编写;第十章由韩晓雷、刘增荣编写;书中的思考题和习题由韩晓雷编写。本书由韩晓雷主编,高永贵主审。

本书为土木工程专业教材,也可作为交通工程、管理工程专业教材或参考书,还可供从事岩土工程科研、勘察、设计、施工、管理及监理等工作的科研人员和工程技术人员参考。

本书在编写及出版过程中得到了冶金工业出版社的大力帮助和支持,在此深表感谢。

限于作者水平,书中欠妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2003年12月于西安

目 录

绪论	(1)
第一章 工程地质学概论	(7)
第一节 矿物和岩石	(9)
第二节 风化作用	(20)
第三节 地质构造	(25)
第四节 第四纪沉积物	(34)
第五节 岩体结构	(40)
第六节 地下水	(43)
第七节 土的渗透性及达西定律	(53)
第八节 地质灾害	(64)
思考题及习题	(78)
第二章 土的物理性质及其工程分类	(80)
第一节 土的组成、结构和构造	(80)
第二节 土的物理性质指标	(87)
第三节 无黏性土的特性	(92)
第四节 黏性土的特性	(94)
第五节 土的工程分类	(98)
思考题及习题	(101)
第三章 地基中应力与变形计算	(103)
第一节 概述	(103)
第二节 土中的自重应力	(103)
第三节 基础底面接触压力	(107)
第四节 地基附加应力	(111)
第五节 地基的变形计算	(126)
第六节 饱和土的有效应力和一维渗透固结	(134)
思考题及习题	(145)
第四章 土的抗剪强度	(151)
第一节 概述	(151)
第二节 土的破坏准则	(151)
第三节 土的抗剪强度试验方法	(155)

第四节 饱和黏性土的抗剪强度	(159)
第五节 无黏性土的抗剪强度	(163)
思考题及习题	(164)
第五章 土坡稳定性分析	(166)
第一节 概述	(166)
第二节 土坡稳定性分析的平面滑动法	(167)
第三节 黏性土坡圆弧滑动体的整体稳定分析	(170)
第四节 费连纽斯条分法	(176)
思考题及习题	(179)
第六章 土压力和地基承载力	(181)
第一节 概述	(181)
第二节 土压力的概念和挡土墙上的静止土压力计算	(182)
第三节 朗肯土压力理论	(184)
第四节 库伦土压力理论	(190)
第五节 挡土墙设计	(195)
第六节 地基的承载力	(199)
第七节 地基的塑性区理论和临塑荷载	(201)
第八节 地基的极限承载力	(203)
思考题及习题	(207)
第七章 岩土工程勘察	(210)
第一节 概述	(210)
第二节 勘察阶段	(213)
第三节 岩土工程勘察方法	(218)
第四节 岩土参数的统计整理	(227)
第五节 岩土工程分析评价和成果报告	(230)
思考题及习题	(233)
第八章 天然地基浅基础设计	(235)
第一节 概述	(235)
第二节 浅基础类型	(236)
第三节 基础的埋置深度	(240)
第四节 地基承载力的确定	(243)
第五节 基础底面尺寸的确定	(249)
第六节 扩展基础设计	(257)
第七节 减小不均匀沉降危害的措施	(267)
思考题及习题	(271)

第九章 桩基础	(274)
第一节 概述.....	(274)
第二节 桩的分类与质量检验.....	(277)
第三节 单桩轴向荷载传递和竖向承载力确定.....	(282)
第四节 群桩效应问题.....	(287)
第五节 桩基计算.....	(290)
第六节 桩基础设计.....	(294)
思考题及习题.....	(311)
第十章 特殊土与地基处理	(313)
第一节 湿陷性黄土地基.....	(313)
第二节 膨胀土、盐渍土和冻土地基	(324)
第三节 软土及其工程特性.....	(338)
第四节 地基处理.....	(341)
第五节 换填垫层法.....	(344)
第六节 排水固结法.....	(347)
第七节 强夯法和强夯置换法.....	(349)
第八节 振冲法.....	(351)
第九节 砂石桩及水泥粉煤灰碎石桩法.....	(352)
第十节 灰土(土)挤密桩和夯实水泥土桩法.....	(355)
第十一节 水泥土搅拌桩法和高压喷射注浆法.....	(357)
第十二节 其他地基处理方法.....	(359)
思考题及习题.....	(361)
参考文献	(363)

绪 论

一、土力学、地基和基础的概念

土是在第四纪地质历史时期地壳表层母岩经受强烈风化作用后所形成的大小不等的颗粒状堆积物,是覆盖于地壳最表面的一种松散的或松软的物质。土是由固体颗粒、液体水和气体组成的一种三相体。固体颗粒之间没有联接强度或联接强度远小于颗粒本身的强度是土有别于其他连续介质的一大特点。土的颗粒之间存在有大量的孔隙,因此土具有碎散性、压实性、土粒之间的相对移动性和透水性。

土在地球表面分布极广,它与工程建设关系密切。在工程建设中土被广泛用做各种建筑物的地基或材料,或构成建筑物周围的环境或护层。在土层上修建工业厂房、民用住宅、涵管、桥梁、码头等时,土是作为承受上述结构物荷载的地基;修筑土质堤坝、路基等时,土又被用作建筑材料。在我国的边远和不发达地区,目前仍有大量的土木结构类型的农舍存在;土作为建筑环境和护层的情况,在工程地质学中已有论述,此处不再赘述。总而言之,土的性质对于工程建设的质量、性状等具有直接而重大的影响。

土力学是以传统的工程力学和地质学的知识为基础,研究与土木工程有关的土中应力、变形、强度和稳定性的应用力学分支。此外,还要用专门的土工试验技术来研究土的物理化学特性,以及土的强度、变形和渗透等特殊力学特性。

建筑物修建以后,其全部荷载最终由其下的地层来承担。承受建筑物全部荷载的那一部分天然的或部分经过人工改造的地层即为地基(见图 0-1)。

由于土的压缩性大,强度小,因而在绝大多数情况下上部结构荷载不能直接通过墙、柱等传给下部土层(地基),而必须在墙、柱、底梁等和地基接触处适当扩大尺寸,把荷载扩散以后安全地传递给地基。这种位于建筑物墙、柱、底梁以下,经过适当扩大尺寸的建筑物最下部结构称之为基础(见图 0-1)

建筑物的修建使地基中原有的应力状态发生了改变,这就需要我们运用力学的方法来研究和分析建筑物荷载作用后(地基应力状态改变后)的地基土变形、强度和稳定性;保证地基在上部结构荷载作用下能满足强度和稳定性要求并具有足够的安全储备;控制地基的沉降使之不超过建筑物的允许变形值,保证建筑物不因地基的变形而损害或者影响其正常使用。

基础的结构形式很多,具体设计时应该选择既能适应上部结构、符合建筑物使用要求,又能满足地基强度和变形要求,经济合理、技术可行的基础结构方案。通常把埋置深度不大(一般不超过 5.0m),只需经过挖槽、排水等普通施工工序就可以建造起来的基础称为浅基础;而把埋置深度较大(一般不小于 5.0m)并需要借助于一些特殊的施工方法来完成的各种类型基础称为深基础。

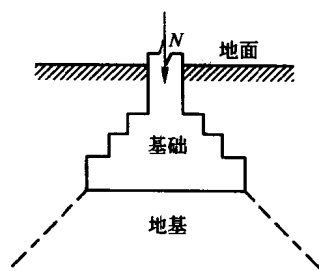


图 0-1 地基及基础示意图

土的性质极其复杂。当地层条件较好,地基土的力学性能较好,能满足地基基础设计对地基的要求时,建筑物的基础被直接设置在天然地层上,这样的地基被称为天然地基;而当地层条件较差,地基土强度指标较低,无法满足地基基础设计对地基的承载力和变形要求时,常需要对基础底面以下一定深度范围内的地基土体进行加固或处理,这种部分经过人工改造的地基被称为人工地基。

地基和基础是建筑物的根基,又属于隐蔽工程,它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。工程实践表明,建筑物的事故很多都与地基基础问题有关,而且一旦发生地基基础事故,往往后果严重,补救十分困难,有些即使可以补救,其加固修复工程所需的费用也非常高。

二、国内外土木工程事故举例

与地基基础有关的土木工程事故可主要概括为地基产生整体剪切破坏、地基发生不均匀沉降、地基产生过量沉降以及地基土液化失效等几种。

(1)地基产生整体剪切破坏:a. 巴西某 11 层大厦。1955 年始建的巴西某 11 层大厦长 25m,宽 12m,支承在 99 根 21m 长的钢筋混凝土桩上。1958 年大厦建成后,发现其背后明显下沉。1 月 30 日,该建筑物的沉降速度高达每小时 4mm,晚 8 时许,大厦在 20s 内倒塌。后查明该大厦下有 25m 厚的沼泽土,而其下的桩长仅为 21m,未深入其下的坚固土层,倒塌是由于地基产生整体剪切破坏所致。b. 加拿大特朗斯康谷仓。图 0-2 所示是建于 1914 年的加拿大特朗斯康谷仓地基破坏情况。该谷仓由 65 个圆柱形筒仓构成,高 31m,宽 23.5m,其下为钢筋混凝土筏板基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达 16m 的软黏土层,谷仓建成后初次贮存谷物达 27000t,发现谷仓明显下沉,结果谷仓西侧突然陷入土中 7.3m,东侧上抬 1.5m,仓身倾斜近 27°。后查明谷仓基础底面单位面积压力超过 300kPa,而地基中的软黏土层极限承载力才约 250kPa,因此造成地基产生整体破坏并引发谷仓严重倾斜。该谷仓由于整体刚度极大,因此虽倾斜极为严重,但谷仓本身却完好无损。后于土仓基础之下做

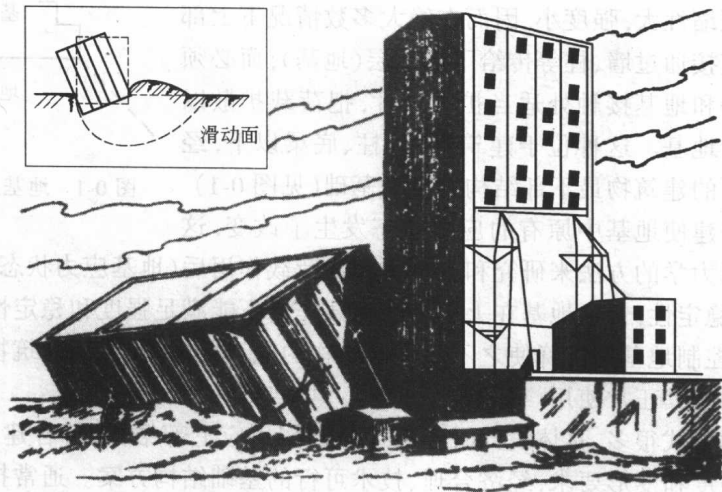


图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

了 70 多个支承于下部基岩上的混凝土墩,使用了 388 个 50t 千斤顶以及支撑系统才把仓体逐渐扶正,但其位置比原来降低了近 4.0m。这是地基产生剪切破坏,建筑物丧失其稳定性的典型事故实例。

(2)地基产生不均匀沉降:a. 意大利比萨斜塔(图 0-3)。意大利比萨斜塔于 1173 年动工修建,当塔修建至 24m 高时发生倾斜,100 年后续建该塔至塔顶,建成后塔高 54.5m。目前塔北侧沉降 1m 多,南侧沉降近 3m,塔顶偏离中心线约 5.54m(倾斜约 5.8°)。为使斜塔安全留存,后在国际范围内进行招标,对斜塔进行了加固处理。b. 我国名胜苏州虎丘塔。苏州虎丘塔建于 959~961 年期间,为七级八角形砖塔,塔底直径 13.66m,高 47.5m,重 63000kN。塔建成后由于历经战火沧桑、风雨侵蚀,塔体严重损坏。为了使该名胜古迹安全留存,我国于 1956~1957 年期间对其进行了上部结构修缮。修缮结果使塔体重量增加了约 2000 kN,同时加速了塔体的不均匀沉降,塔顶偏离中心线的距离由 1957 年的 1.7m 发展到 1978 年的 2.31m,并导致地层砌体产生局部破坏。1983 年对该塔进行了基础托换,使其不均匀沉降得以控制。因地基产生不均匀沉降而导致基础断裂、上部结构破坏的事例不胜枚举。

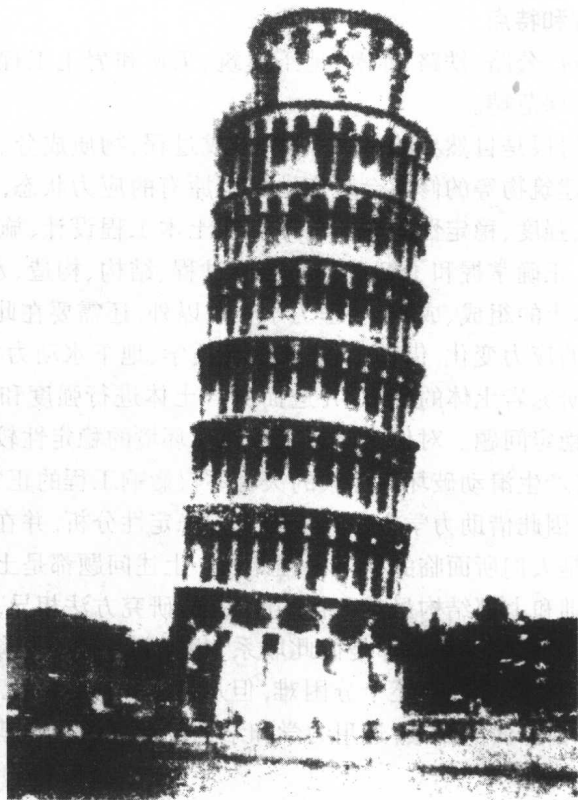


图 0-3 意大利比萨斜塔

(3)地基产生过量沉降:a. 广深铁路 k2+150 段线路。我国广深铁路 k2+150 段线路位于广州市,该路段地处山涧流水地带,其淤泥覆盖层较厚,通车后路基不断下沉。1975 年

后,下沉严重地段每旬下沉量高达 12~16mm,其他地段每旬下沉量 8~12mm 不等。路基的下沉不仅增加了该段铁路的维修保养作业量,更严重威胁着铁路列车的安全营运。该路段后采用高压喷射注浆法进行了路基土加固处理。

b. 西安某住宅楼。西安某住宅楼位于西安市灞桥区,场地为Ⅱ级自重湿陷性黄土场地,建筑物长 18.5m,宽 14.5m,为六层点式砖混结构,基础采用肋梁式钢筋混凝土基础。建筑物修建以前对地基未做任何处理,由于地下管沟积水,致使地基产生湿陷沉降,在沉降发生最为严重的 5 天时间里,该建筑物的累计沉降量超过了 300mm。后虽经对基础进行托换处理止住了建筑物的继续沉降,但过量沉降严重影响了该建筑物的使用功能,门厅处不仅形成了倒灌水现象,而且门洞高度严重不足,致使人员出入极不方便。

(4)地基液化失效:a. 日本新潟地震致使地基液化。日本新潟市于 1964 年 6 月 16 日发生了 7.5 级大地震,当地大面积的砂土地基由于在地震过程中产生振动液化现象而失去了承载能力,致使房屋毁坏近 2890 幢。b. 唐山地震致使地基液化失效。1976 年 7 月 28 日发生在我国唐山市的大地震是人类历史上造成损失最严重的地震之一,震级 7.8 级,大量建筑物在地震中倒塌损毁,地基土的液化失效是其中的主要原因之一。因地基液化失效致使唐山矿业学院图书馆书库的第一层全部陷入地面以下。

三、本课程的内容和特点

土力学是土木建筑、公路、铁路、水利、地下建筑、采矿和岩土工程等有关专业的一门主要课程,属于专业基础课范畴。

组成地基的土或岩层是自然界的产物,它的形成过程、物质成分、所处自然环境及工程性质极为复杂多变。建筑物等的修建会改变地层中原有的应力状态,应力状态的改变会引起一系列的地基变形、强度、稳定性问题。因此除在土木工程设计、施工之前必须进行建筑场地的工程地质勘察,正确掌握和了解地层的形成过程、结构、构造、水文地质情况、不良地质现象,仔细研究地基土的组成、成因、物理力学性质以外,还需要在此基础上借助力学方法来分析和研究地层中的应力变化,借助力学、工程地质学、地下水动力学、流变理论以及数值计算等方法或手段来研究岩土体的变形,并进而对岩土体进行强度和稳定性分析。土木工程中经常会遇到土坡稳定问题。对作为建筑工程地质环境的稳定性较差的土坡如果未加处理或处理不当,土坡将产生滑动破坏。土坡的失稳不仅影响工程的正常进展,还会危及人民生命和国家财产安全,因此借助力学方法对土坡进行稳定性分析,并在此基础上对土坡维护结构进行设计计算也是人们所面临的重要工程课题。上述问题都是土力学的研究内容。

建筑物的地基基础和上部结构虽然各自功能不同、研究方法相异,但是无论从力学分析入手还是从经济观点出发,这三部分却是彼此联系、相互制约的有机统一体。目前,要把这三部分完全统一起来进行设计计算还十分困难,但从地基—基础—上部结构共同工作的概念出发,尽量全面考虑诸方面的因素,运用力学和结构设计方法进行基础工程计算将是土力学的主要研究内容之一。

多样性是土的主要特点之一,由于受成土母岩、风化作用、沉积历史、地理环境和气候条件等多重因素影响,土的种类繁多,分布复杂,性质各异。易变性是土的另一主要特点,土的工程性质经常受到外界温度、湿度、压力等的影响而发生显著变化。研究各种不同性质的特殊土和软弱土,并按土质受外界影响而发生变化的客观规律,运用合适而又有效的方法对土体进行处理加固也是本课程的重要学习内容。

地球表面很大一部分是处于干旱和半干旱地带,因此,通常情况下土体是由固体颗粒、液体水和气体组成的一种三相体。只有在极端情况下,土体才是两相介质,例如位于地下水位以下的饱和土(由颗粒和水两相物质组成)和极端干旱情况下的干土(由颗粒和气体两相物质组成)。传统土力学的重点是在饱和土问题的研究和工程应用上,而对于分布极为广泛的由三相物质组成,负孔隙压力有重要影响的非饱和土则很少涉及。讨论存在基质引力或负孔隙压力的非饱和土土力学为更进一步深化土的力学性状研究开辟了道路。

随着科学的发展和工程技术的进步,工程中涉及的绝大多数问题仅靠传统的力学方法是很难甚至无法求得其解答的,计算机的出现为这类复杂、综合工程问题的数值结果分析提供了可能,数值计算作为一种行之有效的力学分析手段在岩土力学中占据了重要位置。

本课程涉及工程地质学、弹-塑性理论、流变理论、地下水动力学、计算机及数值计算方法等多个学科领域的知识,因此土力学的首要特点是内容广泛,综合性强。

与其他连续介质力学问题不同,岩土工程问题仅按纯数学—力学的观点是很难甚至无法解决的,这类问题的解决还往往需要结合以往的建设经验,并根据实际调查、必要的现场及室内试验、测试资料进行综合研究分析,以求得问题的正确解决。实践性强是土力学的另一主要特点。

四、本学科的发展概况

地基基础作为一项古老的建筑工程技术,早在史前的人类建筑活动中就被应用。我国西安市半坡村新石器时代遗址中的土台和石基就是先祖们应用这一工程技术的见证。公元前2世纪修建的万里长城;始凿于春秋末期,后经隋、元等代扩建的京杭运河;隋朝大业年间李春设计建造的河北赵州安济桥;我国著名的古代水利工程之一,战国时期李冰领导修建的都江堰;遍布于我国各地的巍巍高塔,宏伟壮丽的宫殿、庙宇和寺院;举世闻名的古埃及金字塔等,都是由于修建在牢固的地基基础之上才能逾千百年而留存于今。据报道,建于唐代的西安小雁塔其下为巨大的船形灰土基础,这使小雁塔虽经历数次大地震而仍留存于今。上述一切证明,人类在其建筑工程实践中积累了丰富的基础工程设计、施工经验和知识,但是由于受到当时的生产实践规模和知识水平限制,在相当长的历史时期内,地基基础仅作为一项建筑工程技术而停留在经验积累和感性认识阶段。

18世纪欧洲产业革命以后,水利、道路以及城市建设工程中大型建筑物的兴建,提出了大量与土的力学性态有关的问题并积累了不少成功经验和工程事故教训。特别是这些工程事故教训,使得原来按以往建设经验来指导工程的做法已无法适应当时的工程建设发展。这就促使人们寻求对许多类似的工程问题的理论解释,并要求在大量实践基础上建立起一定的理论来指导以后的工程实践。例如,17世纪末期欧洲各国大规模的城堡建设推动了筑城学的发展并提出了墙后土压力问题,许多工程技术人员发表了多种墙后土压力的计算公式,为库仑(Coulomb C. A., 1773)提出著名的抗剪强度公式和土压力理论奠定了基础。19世纪中叶开始,大规模的桥梁、铁路和公路建设推动了桩基和深基础的理论及施工方法的发展。路堑和路堤、运河渠道边坡、水坝等的建设提出了土坡稳定性的分析问题。1857年英国人W. J. M 朗肯(Rankine)又从不同途径提出了挡土墙的土压力理论。1885年法国学者J. 布辛奈斯克(Boussinesq)求得了弹性半空间体在竖向集中力作用下的应力和位移解。1852年法国的H. 达西(Darcy)创立了砂性土的渗流理论“达西定律”。1922年瑞典学者W. 费兰纽斯(Fellenius)提出了一种土坡稳定的分析方法。这一时期的理论研究为土力学发展

成为一门独立学科奠定了基础。

1925年美国人 K. 太沙基(Terzaghi)归纳了以往的理论研究成果,发表了第一本《土力学》专著,又于1929年与其他学者一起发表了《工程地质学》。这些比较系统完整的科学著作的出版,带动了各国学者对本学科各个方面的研究和探索,从此土力学作为一门独立的科学而得到不断发展。我国著名学者黄文熙,陈宗基教授等也为土力学的发展做出了突出贡献。

第一章 工程地质学概论

一、地球内部的层圈构造

地球是宇宙中的一颗行星,自形成以来已经历了漫长的地质演变时期,地质作用自始至终贯穿在这一演变过程中。

众所周知,地球是一个位于银河系的太阳系中的旋转椭球体,其赤道半径为 6378.4km,两极半径为 6365.9km,平均半径约为 6371km。资料显示,地球内部密度随深度增加而逐渐增加,但不是均匀的增加,它反映了地球内部物质成分和存在状态的变化,并呈同心圈层结构。根据其特点,地球内部分为三个圈层:地壳、地幔和地核(如图 1-1 所示)。

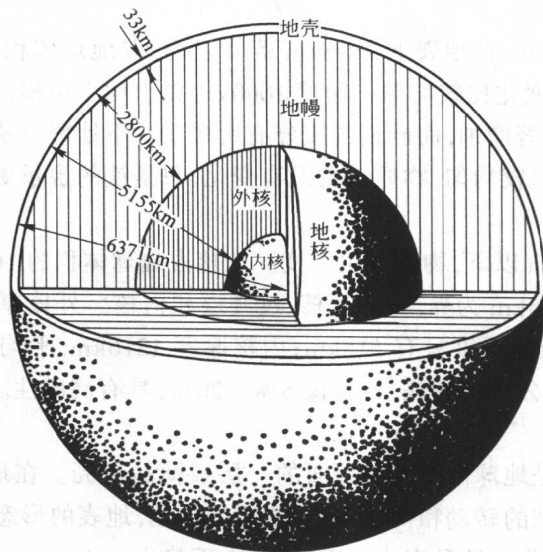


图 1-1 地球的内部圈层构造

1. 地壳

固体地球最外面的一圈,也是一切工程建筑和人类活动的场所。地壳的厚度变化很大,且其表面起伏不平,有高山、深渊、陆地和海洋。大洋地壳较薄,平均厚 6km,最薄处不到 5km;大陆地壳较厚,平均厚 33km,最厚处可达 70km。地壳的物质组成很复杂,化学元素有 100 多种,其中组成地壳的主要元素如表 1-1 所示。化学元素在地壳中的分布是不均匀的,不仅各元素在总的数量上是不平衡的,而且在不同地区、不同深度的分布也是不均匀的。一般来说,地壳上部以 O、Si、Al 为主,Ca、Na、K 也较多;到了地壳下部,虽然仍以 O、Si 为主,但其他元素的含量减少,而 Mg、Fe 含量则相应增多。地壳中的化学元素,除少数以自然元素存在外,大部分是以各种化合物的形式出现,尤其是以氧化物最为常见。表 1-2 是地壳深

度 16km 以内,按氧化物计算的平均化学成分的质量分数。

表 1-1 地壳主要元素组成

元 素	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	H
质量分数/%	46.95	27.88	8.13	5.17	3.65	2.78	2.58	2.06	0.62

表 1-2 地壳主要氧化物的质量分数

氧化物	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO + Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	H ₂ O	TiO ₂
质量分数/%	59.14	15.34	6.88	5.08	3.84	3.49	3.13	1.15	1.05

按照地质学中的板块构造学说,地壳并非是一个整体,而是由若干块相互独立的巨大构造单元“拼凑”而成。这些巨大的构造单元被一些构造活动带和转换断层分割开来,彼此之间又分别以不同的速度向不同的方向在地幔软流层上缓慢漂移。这样的巨大构造单元也被称为板块。目前认为,对全球构造的基本格局起主导作用的有六大板块,它们分别是:太平洋板块、欧亚板块、美洲板块、非洲板块、大洋洲板块和南极洲板块。

2. 地幔

处于地壳与地核之间,在地表下 2898km 范围以内,占地球体积的 83.4%,占地球总质量的 2/3。地幔的横向变化比较均匀。深度 1000km 以上叫上地幔,主要化学成分是硅、氧,其中铁、镁、钙随深度显著增加,而硅铝的成分有所减少。下地幔是从 1000km 到 2898km 深度范围内,其化学成分比较均匀,物质结构没有变化,只是铁的含量更多一些。

3. 地核

地核在地表 2898km 以下,物质发生巨变。地核占地球体积的 16.3%,占地球总质量的 1/3。以 4640km 和 5155km 为界,分为外核、过渡层和内核。外核厚度 1742km,液相,平均密度约 10.5g/cm³;过渡层厚度只有 515km;内核厚度 1216km,平均密度 12.9g/cm³ 左右,物质为固相。地核的成分主要是铁,并含镍 5%~20%,具有高磁性。

二、地质作用

如前所述,地壳只是地球内圈层最外面的一层极薄的薄壳。在地球形成至今的漫长地质演变历史中,随着地球的转动和内、外圈层物质的运动,地表的形态、地壳的物质以及地层的形态都在不断发生变化。这种变化一直发生,永不静止。

导致地壳物质成分及地表形状、岩层结构、构造发生变化的一切自然作用都称为地质作用。这些作用有些进行得剧烈而又迅速,较易为人们所觉察;但在更多的情况下,则进行得非常缓慢,很难为人们直接觉察。这些作用虽然进行得十分缓慢,但其作用痕迹却随处可见。它们是海陆变迁、地壳运动留下的有力的证据。按地质作用力的来源不同,可将地质作用划分为内力地质作用和外力地质作用。

1. 内力地质作用

由地球的旋转能和地球中的放射性物质在其衰减过程中释放出的热能所引起的地质作用称为内力地质作用。大多数的地震以及岩浆活动、地壳运动和变质作用等都属内力地质作用现象。

2. 外力地质作用

由太阳的辐射能和地球的重力位能(包括其他星体的引力作用)所引起的地质作用称为

外力地质作用。常见的外力作用现象有气温的变化,雨、雪、风,地面汇流、河流、湖泊、海洋作用,以及生物作用和重力作用等等。

3. 地质循环

如果我们对前述各内力地质作用及外力地质作用现象进行归类可将其划分为风化剥蚀、搬运沉积、变质作用以及构造运动 4 种类型。这 4 种类型的地质作用在地壳上构成了一个巧妙的循环过程,如图 1-2 所示。

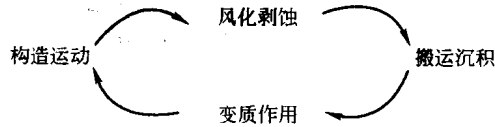


图 1-2 地质循环示意

风化剥蚀使暴露于地壳表面的岩石破碎剥落,破碎剥落的岩石碎屑物质被一定的外力地质作用搬运后在一定的地质环境中沉积下来,当这些沉积下来的岩石碎屑物质埋入地下一定深处,就会在高温高压作用下变质成岩,变质成岩的岩体在构造运动作用下一旦暴露于地壳表面又会重新被风化剥蚀,进入下一个循环过程,我们称这种循环为地质循环。

第一节 矿物和岩石

如前所述,地壳中的化学元素,除极少数呈单质存在外,绝大多数的元素都以化合物的形式即矿物和岩石存在于地壳中。

一、造岩矿物

(一) 矿物的概念

矿物是地壳中的一种或多种元素在各种地质作用(自然作用)下形成的自然产物,是具有一定化学成分、内部构造和物理性质的自然元素或化合物。矿物是构成地壳的最基本物质。

由于矿物的化学成分比较固定,所以对于一些物质组成比较简单的矿物,我们常常用其化学分子式来表述。例如:石英, SiO_2 ; 黄铁矿, FeS_2 ; 磁铁矿, Fe_3O_4 ; 方解石, CaCO_3 ; 赤铁矿, Fe_2O_3 ; 石膏, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等。它们与我们在实验室中接触的化学制品的差别在于前者是天然形成的,而后者则是人工制造的。因此我们也常将矿物称为造岩矿物。绝大多数的矿物呈固体状态。

(二) 造岩矿物

构成岩石的矿物,称为造岩矿物。目前发现的地壳中的造岩矿物多达 3000 余种,以硅酸盐类矿物为最多,约占矿物总量的 90%,其中最常见矿物约有 50 余种,例如正长石,斜长石,黑、白云母,辉石,角闪石,橄榄石,绿泥石,滑石,高岭石,石英,方解石,白云石,石膏,黄铁矿,赤铁矿,褐铁矿,磁铁矿等等。

(三) 矿物的形态

造岩矿物绝大部分是结晶质,即组成造岩矿物的质点在矿物内部按一定的规律排列,形成稳定的结晶格子构造,在生长过程中,如果不受空间限制,都能自发地长成具有规则几何外形的结晶多面体。如食盐的正立方体晶体,石英的六方双锥晶体等,如图 1-3 所示。矿物

的外形特征和许多物理性质,都是矿物的化学成分和内部构造的反映。

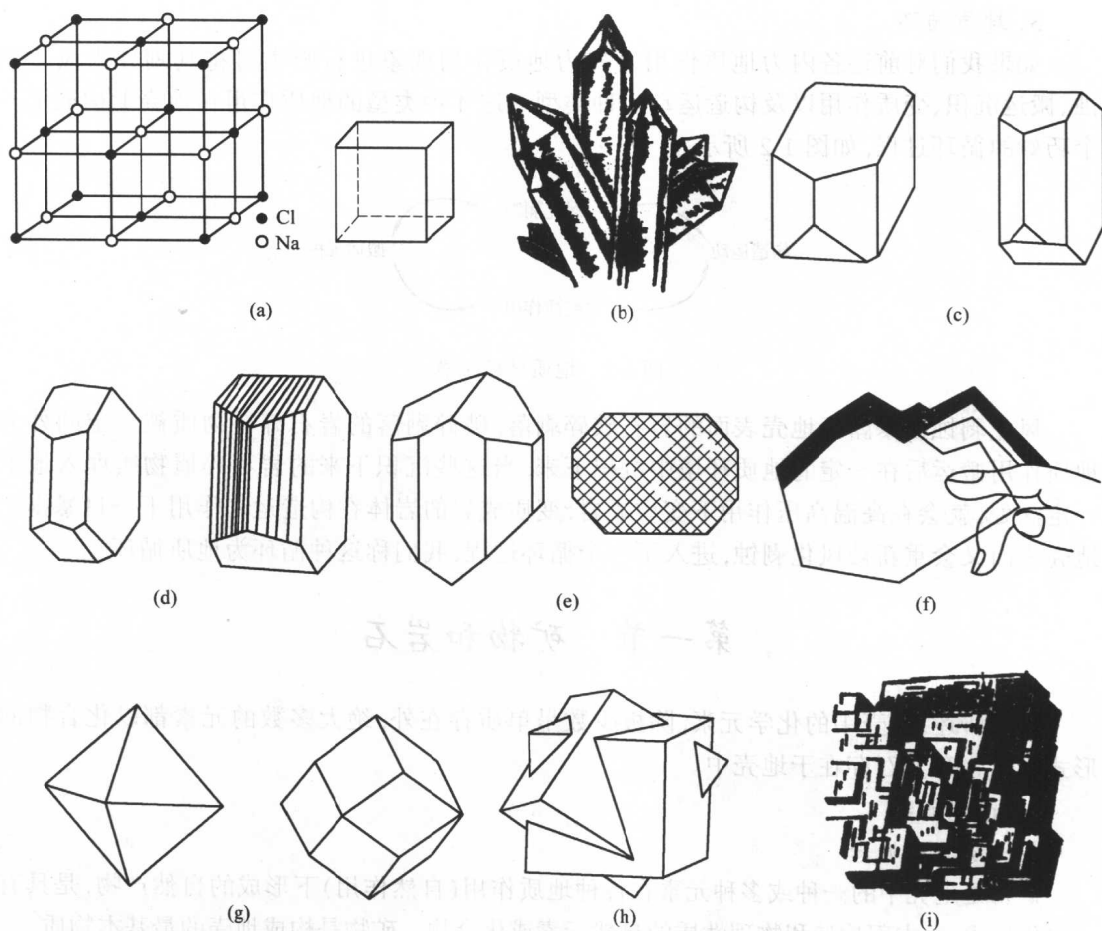


图 1-3 几种常见造岩矿物的晶体形态

(a)食盐的内部构造和晶体;(b)石英的晶簇;(c)正长石的晶形;(d)斜长石的晶形;(e)辉石的短柱状晶体及横切面形状;(f)云母的晶形;(g)磁铁矿的晶形;(h)萤石的立方双晶;(i)方解石的菱面体晶体

(四) 矿物的主要物理性质

不同的矿物由于化学组成和晶体构造不同,其外部形态特征及各项物理性质均有所差异。矿物的肉眼鉴定主要是运用矿物的形成以及矿物的物理性质等特征进行的,因此,矿物的物理性质是鉴别矿物的重要依据。矿物的物理性质包括颜色、条痕色、透明度、光泽、硬度、解理、断口和比重等。

1. 颜色

颜色是矿物最直观最便于识别的一种物理性质,它是对白光中的不同波长的光波吸收的表现。矿物的颜色五彩缤纷,自古以来引人瞩目,很多矿物都是因其具有特殊的颜色而得名。矿物颜色根据产生的原因可分为自色、他色和假色。

自色:指矿物本身固有的颜色,与矿物成分中某些色素离子的存在以及晶体构造有关。

他色:指矿物因含有外来带色杂质的机械混入物所染成的颜色,它与该矿物的本质因素