

DI
YUJICHU

地基与基础

王启亮 吴继锋 陈贤清 主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

地基与基础

主 编	王启亮	吴继锋	陈贤清
副主编	聂 堃	邓庆阳	俞信平
参 编	崔宇亮	阎凤翔	贺晨云
	杨 光	林 楠	

内 容 提 要

本教材主要包括土的物理性质及工程分类、地基中的应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、建筑场地的工程地质勘察、天然地基上浅基础的设计、桩基础、软弱地基处理、区域性地基等内容。

本书可作为高等院校土木工程专业及相关专业的教学用书,也可作为相关工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/王启亮,吴继锋,陈贤清主编.——北京:北京理工大学出版社,2009.5

ISBN 978-7-5640-2223-5

I. 地… II. ①王…②吴…③陈… III. ①地基-高等学校-教材②基础(工程)-高等学校-教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 070656 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通州京华印刷制版厂

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 335 千字

版 次 / 2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

责任校对 / 申玉琴

定 价 / 32.00 元

责任印制 / 母长新

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱:bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题,请与本社市场部联系,电话:(010)68944990

出版说明

建筑业作为我国国民经济发展的支柱产业之一，长期以来为国民经济的发展做出了突出的贡献。特别是进入 21 世纪以后，建筑业发生了巨大的变化，我国的建筑施工技术水平跻身于世界先进行列，在解决重大项目的科研攻关中得到了长足的发展，我国的建筑施工企业已成为发展经济、建设国家的一支重要的有生力量。

随着社会的发展，城市化进程的加快，建筑领域科技的进步，市场竞争将日趋激烈；此外，随着全球一体化进程的加快，我国建筑施工企业面对的不再是单一的国内市场，跨国、跨地区、跨产业的竞争模式逐渐成为一种新的竞争手段。因此，建筑行业对人才质量的要求也越来越高。

教材作为体现教学内容和教学方法的知识载体，是进行教学活动的基本工具，是深化教育教学改革、保障和提高教学质量的重要支柱和基础。教育部自 1998 年颁布新的《普通高等院校本科专业目录》以来，多次提出深化高等教育改革、提高人才培养质量的指导性意见和具体措施，各高校（院系）根据我国经济社会发展的新形势，紧密结合建设行业发展的实际，结合本校、本院系的实际，在实践中积极探索，在改革中不断创新，总结出了许多新经验。实践证明，加强施工理论与应用的研究对于提高施工技术的高科技含量，高质量、高效率地完成大型工程建设，促进高效的施工技术成果在建筑工程中的推广应用，实现施工技术现代化，并最终实现我国建筑业的现代化具有重要作用。

为适应高等学校专业调整后教学改革的需要，北京理工大学出版社邀请国内部分高等院校老师和具有丰富实践经验的工程师、技术人员组成编写组，组织编写并出版了本系列教材。该系列教材以“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”为宗旨，考虑土建类专业教材“教”与“学”的要求，从土建工程施工管理工作对人才的要求出发，通过对职业岗位的调查分析和论证，紧紧围绕培养目标，较好地处理了基础课与专业课的关系、理论教学与实践教学的关系、统一要求与体现特色的关系，以及传授知识、培养能力与加强素质教育的关系等。

本系列教材特点如下：

一、作者队伍由教师、工程师组成，专业优势突出

本系列教材作者队伍均来自教学一线和工程实践一线，其一是具有丰富教学经验的教师，因此教材内容更加贴近教学实际需要，方便“老师的教”和“学生的学”，增强了教材的实用性；其二是建筑设计与建筑施工管理的工程师或建筑业专家，在编写内容上更加贴近工程实践需要，从而保证了学生所学到的知识就是工程建设岗位所需要的知识，真正做到“学以致用”。

二、教材理论够用，重在实践

本系列教材严格依据高等院校人才培养目标进行定位，以适应社会需求为目标，以培养技术能力为主线，在内容选择上充分考虑土建工程专业的深度和广度，以“必需、够用”为度，以“讲清概念、强化应用”为重点，深入浅出，注重实用。本系列教材除设置主干课程以外，还设置了以实践为主旨，配合主干课程学习的实践、实训指导，注重学生实践能力的培养。

三、教材体例设计独特，方便教学

本系列教材内容在体例设计上新颖独特，每章前面设置有【学习重点】和【培养目标】，对本章内容和教学要求作出了引导；每章后面设置有【本章小结】，对本章的重点内容进行了概括性总结。此外，每章后面还设置了【思考与练习】，供学生课后练习使用，构建了一个“引导—学习—总结—练习”的教学全过程。

四、教材内容新颖，表现形式灵活

本系列教材在编写过程中，突出一个“新”字，教材以现行国家标准、行业标准为依据，编入了各种新材料、新工艺、新技术；对理论性强的课程，采用图片、表格等形式加以表现，使枯燥无味的理论学习变得轻松易懂，在方便教学的同时激发学生的学习兴趣。

五、教材具有现代性，内容精简

本系列教材编写过程中，编委会特别要求教材不仅要具有原理性、基础性，还要具有现代性，纳入最新知识及发展趋势。对教学课程的设置力求少而精，并通过整合的方法有效地进行精减。这样做不只是为了精减学时，更主要的是可淡化细节，强化理论、注重实践，有助于传授知识与能力培养的协调和发展。

六、教材内容全面，适用面广

本系列教材的编写充分考虑了我国不同地域各高校的办学条件，旨在加强学生能力的培养，尤其是在实践能力的培养方面进行了慎重考虑和认真选择，同时也充分考虑了土建类专业的特点；教材可供各高等学校、应用型本科院校、成人高等院校土木工程、建筑工程及其他相关专业学生使用，也可作为建筑工程施工及技术管理人员的参考用书。

教学改革是一个不断深化的过程，教材建设是高等院校教育改革的一项基础性工程，同时也是一个不断推陈出新的过程。要真正做到出精品教材，出特色教材，一方面需要编者的努力，另一方面也需要读者提出宝贵的意见和建议。我们深切希望本系列教材的出版能够推动我国高等院校土建类专业教学事业的发展，并对我国高等院校土建类专业教材的改革起到积极、有效的推动作用，为培养新世纪工程建设的高级人才做出贡献。

在本系列教材编写过程中，得到了不少高等院校教师的大力支持，受到了诸多工程建设一线工程师的指点和帮助，在此特向他们致以衷心的感谢！同时，对参与编写本系列教材和为本系列教材出版作出努力的全体人员表示感谢！

北京理工大学出版社

前 言

在建筑工程中，我们把因承受建筑物荷载而导致应力状态发生改变的土层称为地基；把将建筑物荷载传给地基的那部分结构称为基础。地基与基础是建筑的根基，其勘察、设计和施工质量，直接关系着建筑物的安危。

“地基与基础”是一门综合性很强的课程，它涉及工程地质学、土力学、建筑力学、建筑结构、建筑材料、施工技术等领域。因此在学习本课程时，既要注意与其他学科的联系，又要注意紧紧抓住土的应力、强度和变形这一核心问题。同时要特别注意理论联系实际，不能盲目生搬硬套理论，要学会从实际出发分析问题和解决问题。

为此，我们根据高等院校土建专业课程的特点，结合当前工程建设领域对地基基础工程的要求，并针对专业人才培养目标定位和地基基础技术发展，组织编写了本教材。全书共分十章，内容包括土的物理性质及工程分类、地基中的应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、建筑场地的工程地质勘察、天然地基上浅基础的设计、桩基础、软弱地基处理、区域性地基等。

为方便教学，各章前设置【学习重点】和【培养目标】，对学生学习和教师教学作了引导；各章后设置【本章小结】和【思考与练习】，从更深层次给学生以思考、复习的切入点，构建了“引导—学习—总结—练习”的教学模式。通过本课程的学习，应达到以下几点要求：

- ◆ 掌握土的物理指标的测定与换算，土的压实机理，土的工程分类。
- ◆ 掌握自重应力的计算，矩形面积均布荷载任意点下应力计算（角点法），基底附加压力的计算方法，自重应力和土中附加应力分布规律。
- ◆ 掌握土的抗剪强度理论，直接剪切试验，临塑荷载和临界荷载，地基极限承载力。
- ◆ 掌握地质勘察的各种方法，验槽内容以及基槽局部处理的方法。
- ◆ 掌握浅基础的类型，基础埋置深度、地基承载力确定的方法和计算过程，刚性基础设计与计算和地基变形验算，刚性扩大基础的设计与计算，减轻不均匀沉降的措施。
- ◆ 掌握桩基础的适用条件，桩的作用与分类，桩和桩基础的构造，桩基础的施工方法，单桩竖向承载力的确定，桩基工程施工质量的测试技术及规范标准。
- ◆ 掌握软弱地基处理的各种方法及其基本原理、设计与施工要点、质量检验方法。

本教材由王启亮、吴继锋、陈贤清主编，聂堃、邓庆阳、俞信平副主编，崔宇亮、阎凤翔、贺晨云、杨光、林楠等参与编写。

本教材既可作为高等院校土建类相关专业教材，也可作为工程设计、施工、监理等相关专业学习、培训的参考用书。本教材编写过程中，参阅了国内同行多部著作，部分高等院校教师也提出了很多宝贵意见，在此，对他们表示衷心的感谢！

本教材编写过程中，虽经推敲核证，但限于编者的专业水平和实践经验，仍难免有疏漏或不妥之处，恳请广大读者指正。

编 者



目 录

绪 论	(1)
第一章 土的物理性质及工程分类	(4)
第一节 土的构成及其构造	(4)
第二节 土的物理性质指标	(9)
第三节 土的物理状态指标	(13)
第四节 土的压实性与渗透性	(16)
第五节 地基岩土的工程分类	(18)
第六节 岩土的野外鉴别方法	(25)
第二章 地基中的应力计算	(30)
第一节 土体自重应力的计算	(30)
第二节 基底压力的计算	(32)
第三节 水平荷载作用下地基中应力的计算	(37)
第四节 竖向荷载作用下地基附加应力的计算	(39)
第三章 土的压缩性与地基沉降计算	(44)
第一节 土的压缩性	(44)
第二节 地基最终沉降量的计算	(49)
第三节 地基沉降与时间的关系	(57)
第四节 建筑物沉降观测与地基容许变形值	(61)
第四章 土的抗剪强度与地基承载力	(65)
第一节 土的抗剪强度与极限平衡条件	(65)
第二节 土的抗剪强度试验方法	(68)
第三节 不同排水条件下的剪切试验	(72)
第四节 地基的临塑荷载与临界荷载	(74)
第五节 地基的破坏形式	(77)
第六节 深基础地基的极限承载力	(78)



第五章 土压力与土坡稳定	(82)
第一节 土压力的类型及影响因素	(82)
第二节 静止土压力的计算	(83)
第三节 朗肯土压力理论	(85)
第四节 库伦土压力理论	(90)
第五节 特殊情况下的土压力计算	(91)
第六节 挡土墙的设计	(92)
第七节 边坡工程稳定性分析	(95)
第八节 (基坑)支护结构	(96)
第六章 建筑场地的工程地质勘察	(100)
第一节 工程地质勘察概述	(100)
第二节 工程勘察的内容	(103)
第三节 工程地质测绘与调查	(107)
第四节 工程地质勘察报告	(109)
第五节 基槽检验与地基局部处理	(110)
第七章 天然地基上浅基础的设计	(113)
第一节 地基基础设计概述	(113)
第二节 浅基础设计的类型	(116)
第三节 浅基础设计的原则与步骤	(121)
第四节 基础埋置深度的确定	(122)
第五节 无筋扩展基础设计	(126)
第六节 扩展基础设计	(130)
第七节 高层建筑筏形基础设计	(138)
第八节 减少基础不均匀沉降的措施	(144)
第八章 桩基础	(149)
第一节 桩基础概述	(149)
第二节 单桩竖向承载力的确定	(153)
第三节 单桩水平承载力的确定	(166)
第四节 群桩基础设计	(170)
第五节 桩基础设计	(180)



第九章 软弱地基处理	(198)
第一节 软弱地基处理概述	(198)
第二节 强夯法	(202)
第三节 换土垫层法	(205)
第四节 振冲法	(209)
第五节 土或灰土挤密桩法	(212)
第六节 预压法	(214)
第七节 化学加固法	(220)
第十章 区域性地基	(227)
第一节 区域性特殊土的分类及主要分布	(227)
第二节 软土地基	(229)
第三节 湿陷性黄土地基	(232)
第四节 膨胀土地基	(236)
第五节 红黏土地基	(239)
第六节 地震区的地基基础问题	(241)
参考文献	(245)

绪 论

一、土力学的概念

土力学是运用力学基本原理和土工测试技术,研究土的性质、地基土的应力、地基的变形、土的抗剪强度与地基承载力、土的压力及土坡稳定性等内容的一门学科,它是本课程的理论基础。由于土与其他连续固体介质的根本不同,仅靠具备系统理论和严密公式的力学知识,尚不能描述土体在受力后所表现的性状及由此引起的工程问题,而必须借助经验、现场实验、室内试验辅以理论计算,因此也可以说土力学是一门依赖于实践的学科。

二、地基

土层中附加应力和变形所不能忽略的那部分土层称为地基。良好的地基一般应具有较高的承载力与较低的压缩性,以满足地基基础设计的两个基本条件(强度条件与变形条件)。软弱地基的工程性质较差,需经过人工地基处理才能达到设计要求。我们把不需处理而直接利用天然土层的地基称为天然地基;把经过人工加工处理才能作为地基的称为人工地基。人工地基施工周期长、造价高,因此建筑物一般宜建造在良好的天然地基上。

三、基础

埋入土层一定深度的建筑物向地基传递荷载的下部承重结构称为基础。

根据不同的分类方法,基础可以有多种形式,但不论是何种基础形式,其结构本身均应具有足够的承载力和刚度,在地基反力作用下不发生破坏,并应具有改善沉降与不均匀沉降的能力。通常把埋置深度不大(一般小于5 m),只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础统称为浅基础(各种单独的和连续的基础)。反之,浅层土质不良,而需把基础埋置于深处土质较好的地层时,就要借助特殊的施工方法,建造各种类型的深基础(桩基础、沉井和地下连续墙等)了。

四、地基基础设计的基本原理

地基基础设计是整个建筑物设计的一个重要组成部分。它与建筑物的安全和正常使用有着密切的关系。设计时,要考虑场地的工程地质和水文地质条件,同时也要考虑建筑物的使用要求、上部结构特点和施工条件等各种因素,使基础工程做到安全可靠、经济合理、技术先进和便于施工。

一般认为,地基基础在设计时应考虑的因素有:

- (1) 施工期限、施工方法及所需的施工设备等。
- (2) 在地震区,应考虑地基与基础的抗震。
- (3) 基础的形状和布置,以及与相邻基础和地下构筑物、地下管道的关系。
- (4) 建造基础所用的材料及基础的结构形式。

- (5) 基础的埋置深度。
- (6) 地基土的承载力。
- (7) 上部结构的类型、使用要求及其对不均匀沉降的敏感度。

五、地基基础在建筑工程中的重要性

建筑物的地基、基础和上部结构三部分，虽然各自的功能不同、研究方法相异，然而，对一个建筑物来说，在荷载作用下，这三方面却是彼此联系、相互制约的整体。

地基和基础是建筑物的根本，又属于地下隐蔽工程。它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。实践表明，建筑物事故的发生，很多与地基基础有关，而且，地基基础事故一旦发生，补救并非易事。另外，基础工程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，可以变动在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。工程实践中，虽然地基基础事故屡有发生，但是，只要严格遵循基本建设原则，按照勘察—设计—施工的先后顺序，并切实抓好这三个环节，那么，地基基础事故一般是可以避免的。

六、本课程的特点及要求

本课程是一门综合性很强的课程，它涉及工程地质、土力学、建筑力学、建筑结构、建筑材料、施工技术等领域。因此在学习本课程时，既要注意与其他学科的联系，又要注意紧紧抓住土的应力、强度和变形这一核心问题。同时要学会阅读和使用工程地质勘察资料，掌握土的现场原位测试和室内土工试验，并应用这些基本知识和原理，结合建筑结构和施工技术知识，解决地基基础工程问题。

学习时应该突出重点，兼顾全面。从工业与民用建筑专业的要求出发，学习本课程时，应该重视工程地质的基本知识，培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力；必须牢固掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理，从而能够应用这些基本概念和原理，结合有关建筑结构理论和施工知识，分析和解决地基基础问题。

七、本学科的发展概况

追本溯源，世界文化古国的远古先民，在史前的建筑活动中，就已创造了自己的地基基础工艺。我国西安半坡遗址和殷墟遗址的考古发掘中都发现有土台和石础，这就是古代“堂高三尺、茅茨土阶”（语见《韩非子》）建筑的地基基础形式。历代修建的无数建筑物都出色地体现了我国古代劳动人民在地基基础工程方面的高超水平。举世闻名的长城、蜿蜒万里的大运河，如不处理好岩土的有关问题，就不能穿越各种地质条件的广阔地区，而被誉为亘古奇观；宏伟壮丽的宫殿寺院，要依靠精心设计建造的地基基础，才能逾千百年而留存至今；遍布各地的巍巍高塔，是由于奠基牢固，方可经历多次强震强风的考验而安然无恙。这些事实就是地基基础学发展的明证。

从 20 世纪 50 年代起，现代科技成就尤其是电子技术渗入了土力学及基础工程的研究领域。在实现实验测试技术自动化、现代化的同时，人们对土的基本性质又有了更进一步的认



识；随着电子计算机的迅速发展和数值分析法的广泛应用，科学研究和工程设计更具备了强有力的手段，遂使土力学理论和基础工程技术也出现了令人瞩目的进展。因此，有人认为，1957年召开的第四届国际土力学与基础工程会议标志着一个新时期的开始。正是在这个时期，年轻的中华人民共和国以朝气蓬勃的姿态进入了国际土力学及基础工程科技交流发展的行列。从1962年开始的全国土力学及基础工程学术讨论会的多次召开，已成为本学科迅速进展的里程碑。我国在土力学与基础工程各个领域的理论与实践新成就，已达到难以尽述的境地。

我国的地基及基础科学技术，作为岩土工程的一个重要组成部分，已经、也必将继续遵循现代岩土工程的工作方法和研究方法阔步进入21世纪，从而取得更多、更高的成就，为我国的现代化建设作出更大的贡献。

第一章 土的物理性质及工程分类

学习重点

土的构成及其构造；土的物理性质指标；土的物理状态指标；土的压实性与渗透性；地基岩土的工程分类；岩土野外鉴别方法。

培养目标

- (1) 熟悉土的成因、组成、结构与构成。
- (2) 熟悉土的主要物理性质指标。
- (3) 熟悉土的物理状态指标。
- (4) 熟悉土的压实性与渗透性及其影响因素。
- (5) 熟悉地基岩土的工程分类。
- (6) 掌握岩土野外鉴别方法。

第一节 建筑设计的内容和系统分析

一、土的成因

岩石经过风化、剥蚀、搬运、沉积等过程后，所形成的各种疏松的沉积物，在建筑工程上都称之为“土”。这是土的狭义概念。土的广义概念是将整体岩石也包括在内，但人们一般都使用土的狭义概念。

风化作用与气温变化、雨雪、山洪、风、空气、生物活动等（也称为外力地质作用）密切相关，一般分为物理风化、化学风化和生物风化三种。由于气温变化，岩石胀缩开裂、崩解为碎块的属于物理风化。这种风化作用只改变颗粒的大小与形状，不改变矿物成分，形成的土颗粒较大，称为原生矿物。由于水溶液、大气等因素的影响，使岩石的矿物成分不断溶解水化、氧化、碳酸盐化引起岩石破碎的属于化学风化。这种风化作用使岩石的矿物成分发生改变，土的颗粒变得很细，称为次生矿物。由于动、植物的生长使岩石破碎的属于生物风化，这种风化作用具有物理风化和化学风化的双重作用。

由于成土过程各环节交错反复，成土的自然地理环境复杂多样，因此，土的类型与性质是千差万别的。但是在大致相同的地质年代及相似的沉积条件下形成的堆积物往往在成分及性质上是相近的。土的性质一方面取决于原始沉积条件所决定的土粒成分、结构、孔隙中水



溶液的性质等, 另一方面也取决于沉积以后的经历, 如沉积年代的长短、自然地理条件的变迁等都可引起原始沉积物的成分或性质的某些改变。一般沉积年代越为久远, 上覆土层重量越大, 土压得越密实, 由孔隙水中析出的化学胶结物也就越多。因此, 老土层比新土层的强度、变形模量要高, 甚至由散粒体经过成岩作用又变成整体岩石, 如砂土成为砂岩, 黏土变成页岩等。目前所见到的土大都是第四纪沉积层, 一般都呈松散状态。但第四纪是由距今一百万年前开始的一个相当长的时期, 第四纪早期沉积的土和近期沉积的土, 在性质上就有着相当大的区别。这种影响, 对黏性土尤为明显。

建筑工程中将土(岩石除外)分为几大类, 即碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土。碎石和砂土统称为无黏性土。粉土是既不同于黏性土, 又有别于砂土, 介乎二者之间的土。不同的自然地理环境对土的性质也有很大影响。我国沿海地区的软土、严寒地区的永冻土、西北地区的湿陷性黄土、西南亚热带的红黏土等除具有一般土的共性外, 还具有自己的特点。

二、土的组成

土是由固体颗粒、水和气体组成的三相分散体系。固体颗粒构成土的骨架, 是三相体系中的主体, 水和气体填充土骨架之间的空隙, 土体三相组成中每一相的特性及三相比例关系都对土的性质有显著影响。

(一) 土的固体颗粒

1. 土的粒径级配

为了便于研究, 将土粒按大小及性质的不同, 划分成若干粒组。土的颗粒越小, 与水的相互作用就越强烈。粗颗粒和水之间几乎没有物理化学作用, 而粒径小于 0.005 mm 的黏粒和胶粒就受水的强烈影响, 遇水时出现黏性、可塑性、膨胀性等粗颗粒所不具有的诸种特性。很显然, 土中所含的各个粒组的相对含量不同, 表现出来的土的性质也就不同。

工程中常用的粒径分析法有筛分法(适用于粒径大于 0.074 mm 的土)与比重计法(适用于粒径小于 0.074 mm 的土)两种。如土中同时含有粒径大于和小于 0.074 mm 的土粒时, 则两种方法并用。

颗粒分析的结果常用如图 1-1 所示的粒径级配曲线表示。图中的纵坐标表示小于某粒径的土粒占土总重的百分比, 横坐标表示粒径。粒径级配曲线可以对土的颗粒组成给以明确的概貌, 如由曲线 2 可以看出, 所试验的土样含黏粒 44% , 粉

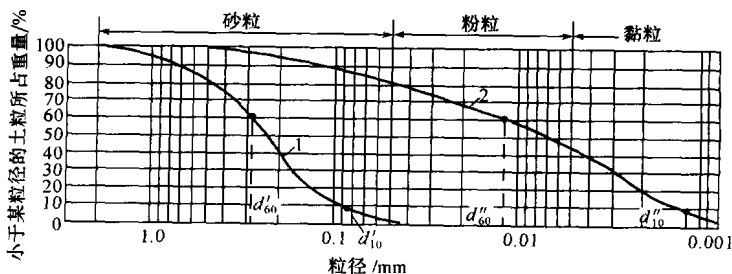


图 1-1 粒径级配曲线



粒 36%，砂粒 20%。

若级配曲线平缓，表示土中各种大小的土粒都有，颗粒不均匀，级配良好；曲线陡峻则表示土粒均匀，级配不好。具体可用不均匀系数 K_u 来衡量。

$$K_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

式中 d_{60} ——限定粒径，土中小于该粒径的颗粒重占土总重的 60%；

d_{10} ——有效粒径，土中小于该粒径的颗粒重占土总重的 10%。

工程上把 $K_u < 5$ 的土看做是级配均匀； $K_u > 10$ 的土看做是级配良好，土中的大孔隙可为细颗粒所填充，因而适于用作填方土料及混凝土工程的砂石料。

2. 土粒的矿物成分

土粒的矿物成分决定于母岩的矿物成分及风化作用。粗大的土粒往往是岩石经物理风化作用形成的原生矿物，其矿物成分与母岩相同，常见的如石英、长石、云母等，一般砾石、砂等都属此类。这种矿物成分的性质较稳定，由其组成的土表现出无黏性、透水性较大、压缩性较低等性质。细小的土粒主要是岩石经化学风化作用形成的次生矿物，其矿物成分与母岩完全不同，如黏土矿物的蒙脱石、伊利石、高岭石等。次生矿物性质不稳定，具有较强的亲水性，遇水膨胀，脱水收缩。上述三种黏土矿物的亲水性依次减弱，蒙脱石最强，伊利石次之，高岭石最弱。

（二）土中的水

1. 结合水

这部分水是借土粒的电分子引力吸附在土粒表面上的水，对土的工程性质影响极大。由于土粒与其周围介质（包围它的气体或液体）间发生物理化学变化，使土粒表面带电（多为负电），并在周围的空間内形成电场，将介质中的水分子 [为极性分子，如图 1-2 (a) 所示] 及游离阳离子吸附于表面，从而形成结合水膜，如图 1-2 (b) 所示。

2. 自由水

这种水处于土粒的电分子吸力以外，受重力法则控制，不能抗剪，密度在 1 左右。自由水又分两种：位于地下水位以下的水叫重力水，因为它仅受本身的重力作用而运动；位于地下水位以上的水，除重力外还受毛细作用，称为毛细水。土粒间的孔隙是互相连通的，地下水沿着这个不规则的通道上升，形成土中的毛细水上升带。毛细水的上升高度：碎石土——无（一般认为粒径大于 2 mm 的土粒无毛细现象）；砂土 2 m 以下；粉土及黏性土 2 m 以上。

（三）土中的气体

土中的气体存在于土孔隙中未被水占据的部位。在粗粒的沉积物中有与大气相联通的空气，它对土的力学性质影响不大。在细粒土中则有与大气隔绝的封闭气泡，使土在外力作用下的弹性变形增加，透水性减小。

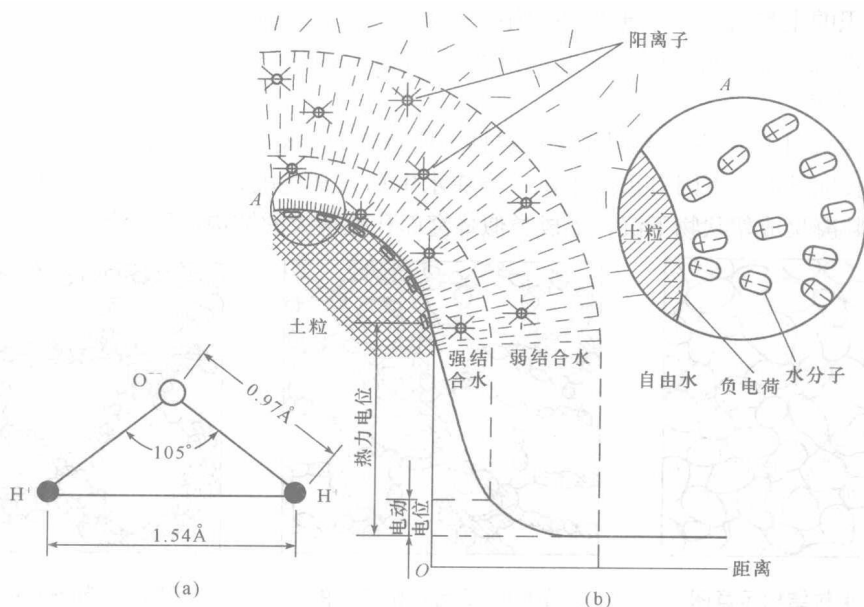


图 1-2 黏土矿物和水分子的相互作用

(a) 极性水分子示意图；(b) 土粒表面的结合水膜

对于淤泥和泥炭等有机质土，由于微生物（嫌气细菌）的分解作用，在土中蓄积了某种可燃气体（如硫化氢、甲烷等），使土层在自重作用下长期得不到压密，而形成高压缩性土层。

三、土的结构和构造

(一) 土的结构

1. 单粒结构

单粒结构（图 1-3）为碎石土和砂土的结构特征，这种结构是由土粒在水中或空气中自重下落堆积而成的。因土粒尺寸较大，粒间的分子引力远小于土粒自重，故土粒间几乎没有相互联结的作用，是典型的散粒状物体，简称散体。单粒结构可分为疏松的与紧密的结构。前者颗粒间的孔隙大，颗粒位置不稳定，不论在静载或动载作用下都很容易错位，产生很大下沉，在振动作用下尤甚（体积可减少 20%）。因此疏松的单粒结构未经处理不宜作为地基。紧密的单粒结构的颗粒排列已接近最稳定的位置，在动、静荷载作用下均不会产生较大下沉，是比较理想的天然地基。

2. 蜂窝结构

蜂窝结构（图 1-4）多为颗粒细小的黏性土所具有的结构形式，有时粉砂也可能有。据研究，粒径在 0.002~0.02 mm 之间的土粒在水中沉积时，基本是单个土粒下沉，在下沉途