



普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Tulixue
Yu
Diji
Jichu

土力学与地基基础

(市政工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写
刘映肿 主编



中国建筑工业出版社
China Architecture & Building Press

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

土力学与地基基础

(市政工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

刘映翀 主编

袁 萍 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土力学与地基基础/刘映翀主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-09421-9

I. 土... II. 刘... III. ①土力学-高等学校: 技术学校-教材②地基-基础(工程)-高等学校: 技术学校-教材 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 112553 号

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

土力学与地基基础

(市政工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

刘映翀 主编

袁 萍 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 $\frac{1}{4}$ 字数: 301 千字

2007 年 9 月第一版 2007 年 9 月第一次印刷

印数: 1—3 000 册 定价: 18.00 元

ISBN 978-7-112-09421-9

(16085)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书由参照建设部、交通部等有关行业的最新规范编写。本书主要内容包
括：绪论、土的物理性质与工程分类、土中应力、土的压缩性与地基
变形计算、土的抗剪强度及地基承载力、土压力及土坡稳定、天然地基上
刚性浅基础、桩基础及其他深基础、地基处理、区域性地基、土工试验指
导等。

本书可作为高等职业教育市政工程技术专业教材，也可供从事市政工
程工作的技术人员参考使用。

* * *

责任编辑：朱首明 王美玲 吉万旺

责任设计：赵明霞

责任校对：关 健 张 虹

本教材编审委员会名单

主任委员：李 辉

副主任委员：陈思平 戴安全

委 员：（按姓氏笔画为序）

王 芳	王云江	王陵茜	白建国	边喜龙
刘映肿	米彦荣	李爱华	杨玉衡	杨时秀
谷 峡	张 力	张宝军	陈思仿	陈静芳
范柳先	林文剑	罗向荣	周美新	姜远文
姚昱晨	袁 萍	袁建新	郭卫琳	

序 言

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,市政工程建设已进入专业化的时代,而且市政工程建设发展规模不断扩大,建设速度不断加快,复杂性增加,因此,需要大批市政工程建设管理和技术人才。针对这一现状,近年来,不少高职高专院校开办市政工程技术专业,但适用的专业教材的匮乏,制约了市政工程技术专业的发展。

高职高专市政工程技术专业是以培养适应社会主义现代化建设需要,德、智、体、美全面发展,掌握本专业必备的基础理论知识,具备市政工程施工、管理、服务等岗位要求的高等技术应用性人才为目标,构建学生的知识、能力、素质结构和专业核心课程体系。全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会是建设部受教育部委托聘任和管理的专家机构,该机构下设建筑类、土木施工类、建筑设备类、工程管理类、市政工程类五个专业指导分委员会,旨在为高等职业教育的各门学科的建设发展、专业人才的培养模式提供智力支持,因此,市政工程技术专业人才培养目标的定位、培养方案的确定、课程体系的设置、教学大纲的制订均是在市政工程类专业指导分委员会的各成员单位及相关院校的专家经广州会议、贵阳会议、成都会议反复研究制定的,具有科学性、权威性、针对性。为了满足该专业教学需要,市政工程类专业指导分委员会在全国范围内组织有关专业院校骨干教师编写了该专业与教学大纲配套的10门核心课程教材,包括:《市政工程识图与构造》、《市政工程材料》、《土力学与地基基础》、《市政工程力学与结构》、《市政工程测量》、《市政桥梁工程》、《市政道路工程》、《市政管道工程施工》、《市政工程计量与计价》、《市政工程施工项目管理》。这套教材体系相互衔接,整体性强;教材内容突出理论知识的应用和实践能力的培养,具有先进性、针对性、实用性。

本次推出的市政工程技术专业10门核心课程教材,必将对市政工程技术专业的教学建设、改革与发展产生深远的影响。但是加强内涵建设、提高教学质量是一个永恒主题,教学改革是一个与时俱进的过程,教材建设也是一个吐故纳新的过程,所以希望各用书学校及时反馈教材使用信息,并对教材建设提出宝贵意见;也希望全体编写人员及时总结各院校教学建设和改革的新经验,不断积累和吸收市政工程建设的新技术、新材料、新工艺、新方法,为本套教材的长远建设、修订完善做好充分准备。

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会
市政工程类专业指导分委员会
2007年2月

前 言

本书的主要内容包括：土的物理性质与工程分类；土中应力；土的压缩性与地基沉降计算；土的抗剪强度及地基承载力；土压力与土坡稳定；天然地基上的浅基础；桩基础及其他深基础；地基处理；区域性地基；土的力学性质试验。

在建设部颁发的《市政基础设施工程施工技术文件管理规定》中指出，市政基础设施工程是指城市范围内道路、桥梁、广场、隧道、公共交通、排水、供水、供气、供热、污水处理、垃圾处理处置等工程。因此本书中许多案例多以道路、桥梁及排水管道工程为主。

全书采用国家、建设部、交通部等有关行业的最新规范、规程和标准，但在使用新规范时，一些旧的规范还在使用，因此有些名词还使用老名词，如建设部颁发的《城市桥梁设计荷载标准》(CJJ 77—98)是根据《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—85)编制的，而目前交通部已废止此规范，颁发了新的《公路桥涵设计通用规范》(JTGD 60—2004)，在此规范中已把荷载改为作用，荷载组合改为效应组合，但由于《城市桥梁设计荷载标准》(CJJ 77—98)还在使用，故本教材中其他地方仍使用“荷载”等名词。

在交通部颁发的各种规范中，把 γ 称为容重，而在建设部颁发的《城市桥梁设计荷载标准》(CJJ 77—98)中则称为土的重力密度（即重度），因此本书中使用交通部规范时，把 γ 改为重度。

本书结合高职高专的特点，强调应用性、实用性和针对性。由于我国地域辽阔，各地地基情况差别较大，对区域性地基作了必要的介绍，授课时可结合本地区的特点，因地制宜地取舍。

本书第一章、第二章、第七章、第八章、第九章、第十章由广州大学市政技术学院刘映翀编写，第三章、第四章、第十一章由黑龙江建设职业技术学院王秀兰编写，第五章、第六章由广州大学市政技术学院牟洁琼编写。本书由四川建筑职业技术学院袁萍主审。

本书在编写过程中得到广州市第一市政工程有限公司张挺的大力支持，特别是在第九章的地基处理中提供了许多工程案例和第十章区域性地基中提供了许多工程措施，在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促及限于编者水平有限，书中存在不足之处，恳请专家、同行及广大读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 土力学与地基基础的概念	1
第二节 学习本课程的重要性及学习要求	2
第二章 土的物理性质与工程分类	3
第一节 土的成因	3
第二节 土的组成及特点	4
第三节 土的物理性质指标	8
第四节 土的物理状态指标	10
第五节 土的工程分类	12
思考题与习题	16
第三章 土中应力	17
第一节 自重应力的计算	17
第二节 基底压力的计算	19
第三节 土中附加应力的计算	23
思考题与习题	33
第四章 土的压缩性与地基变形计算	36
第一节 土的压缩性	36
第二节 地基最终沉降量计算	40
第三节 地基沉降与时间的关系	51
思考题与习题	53
第五章 土的抗剪强度及地基承载力	55
第一节 土的抗剪强度	55
第二节 土的强度理论——极限平衡条件	56
第三节 抗剪强度指标的确定方法	57
第四节 地基变形	58
第五节 地基容许承载力的确定	60
思考题与习题	66
第六章 土压力及土坡稳定	68
第一节 土压力种类	68
第二节 静止土压力计算	69
第三节 朗金土压力理论	70
第四节 库仑土压力理论	75
第五节 土坡稳定分析	83
思考题与习题	85

第七章 天然地基上刚性浅基础	87
第一节 浅基础的分类及构造	87
第二节 城市桥梁设计采用的荷载及荷载组合	90
第三节 基础埋置深度的选择	92
第四节 基础设计的原则及步骤	94
第五节 基础尺寸的拟定	95
第六节 地基与基础的验算	97
思考题与习题	103
第八章 桩基础及其他深基础	104
第一节 桩基础的类型及构造	104
第二节 单桩轴向容许承载力	112
第三节 基桩内力和位移计算	121
第四节 单桩及单排桩的计算	124
第五节 桩基础整体承载力的验算	132
第六节 桩基础设计计算步骤	135
第七节 沉井基础	139
第八节 地下连续墙	144
思考题与习题	146
第九章 地基处理	147
第一节 软弱地基	147
第二节 换填土法	148
第三节 砂垫层	149
第四节 碎石桩法	151
第五节 深层搅拌法	154
第六节 加固地基的其他方法	156
思考题与习题	158
第十章 区域性地基	159
第一节 湿陷性黄土地基	159
第二节 膨胀土地基	160
第三节 红黏土地基	161
第四节 季节性冻土地基	162
第五节 地震区地基基础	163
思考题与习题	164
第十一章 土工试验指导	165
第一节 土的三相基本物理指标试验	165
第二节 界限含水量液限与塑限试验	170
第三节 土的固结试验(杠杆式压缩仪法)	174
第四节 土的直接剪切试验	178
第五节 击实试验	180
主要参考文献	185

第一章 绪 论

第一节 土力学与地基基础的概念

土力学与地基基础包括土力学及地基与基础两部分。土力学部分主要研究各种常见的分散土体由荷载作用所引起的力学方面的变化规律；而地基与基础部分的内容，主要研究常见的市政工程基础与地基的类型、设计计算的方法。由于一般建筑材料强度高于地基土，所以基础的设计，既要考虑上部结构的情况，更要考虑地基土的特性。

地基与基础是两个不同的概念，如图 1-1 所示。

当建筑物建造在地层上时，地层中的应力状态发生了改变。我们把因承受建筑物荷载而应力状态发生改变的土层称为地基；把建筑物荷载传递给地基的那部分结构称为基础。地基属于地层，是支承建筑物那一部分地层；基础则与建筑物上部结构紧密联系，是建筑物的一部分，属于建筑物的下部承重结构。

由于结构物所承受的各种荷载通过基础传给地层，并向深处扩散，其影响逐渐减弱，直至可以把其对地层的影响忽略不计。地基中我们把直接承托基础的那层土层或岩层叫做持力层，持力层以下的各层土层或岩层叫做下卧层，如图 1-1 所示。承载力低于持力层承载力的下卧层叫软弱下卧层。

基础的结构形成很多，按埋置深度和施工方法的不同，可分为浅基础和深基础两大类。通常把埋深小于等于 5m，只需经过挖槽、排水等普通施工程序，采用一般施工方法和施工机械就能施工的基础统称为浅基础；而把基础埋置深度超过 5m，需借助特殊施工方法施工的基础称为深基础，如桩基础、沉井基础、地下连续墙基础等。地基基础设计时，如果土质不良，需要经过人工加固处理才能达到使用要求的地基称为人工地基；不需要处理就可以满足使用要求的地基称为天然地基。

土力学是研究土的应力、变形、强度和稳定性等力学问题的学科，是地基基础设计的理论依据。土力学的主要内容包括土的物理性质、地基土中应力、地基的变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力及土坡稳定等。

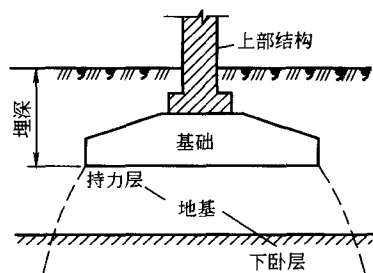


图 1-1 地基、基础示意图

第二节 学习本课程的重要性及学习要求

地基与基础是结构物的根本,由于位于地面以下,属于地下隐蔽工程。它的勘察、设计以及施工质量的好坏,直接影响结构物的安全。例如:苏州名胜虎丘塔,高47.5m,底层直径13.7m,全为砖砌,在建筑艺术上确是一个创造。但该塔的地基是置于倾斜基岩的覆盖层上,基础下一边土深,另一边土浅,加之没有采取特殊措施,因此产生很大的不均匀沉降,使塔身严重倾斜,影响虎丘塔的安全。举世闻名的意大利比萨斜塔,全塔总荷重约145MN。基础底面平均压力约为50kPa。地基持力层为粉砂,下面为粉土和黏土层,日前塔向南倾斜,且塔顶离中心线已达5m多。上海市奉贤县贝港桥为三孔钢筋混凝土梁式桥,主桥长52.54m,中跨20m,边跨16m,桥宽16m,桥墩、桥台下的基础是钢筋混凝土灌注桩。该桥1995年10月16日竣工后,于同年12月26日下午4时15分突然下沉,仅仅几秒钟的时间,中间桥孔的西侧桥墩下陷2.6m,东侧桥墩下陷3.0m。桩基础的承载力严重不足是造成该桥整体下沉的主要原因。事故发生后根据现场采样分析表明:桥墩下的钻孔灌注桩桩尖未达到设计标高,仅钻至设计深度的89%,且桩身质量严重低劣,混凝土配合料未按设计要求的配合比拌制,钻孔时土体已被搅动,浇灌前又没有清底,因此骨料下落受阻,致使混凝土实际浇筑深度仅为设计深度的52%。国内外的现代和近代建筑物都有不少类似的例子,或因不均匀沉降,或因地基强度不够而引起上部结构发生严重裂缝或整个建筑物严重倾斜,甚至倒塌。由于地基基础一旦出现问题,往往补救相当困难,因此,要搞好市政工程建设,必须要掌握好本课程的知识。

为保证市政工程结构的正常运行,地基与基础应达到的基本要求是:

1. 地基与基础应有足够的承载力,地基土具有足够的稳定性。
2. 地基不能产生过大的变形,基础不能产生过大的沉降。

针对市政工程结构的特点,对于市政工程结构,应保证在外荷载作用下,建筑物的地基具有足够的承载力;在各种复杂的地质条件下,路基的稳定性能保证道路正常使用。对给水排水工程结构,为保证其水密性、不渗漏,对地基变形和地下水的影响应引起足够的重视,在一般情况下,给水排水工程结构承受的荷载比工业与民用建筑的荷载小很多,地基承载力的要求容易得到满足,但是给水排水工程结构是一些储水、输水构筑物,结构的水密性显得十分重要,因而结构对地基的不均匀变形特别敏感;水池底板因不均匀沉降出现裂缝将导致水池漏水等。因此,要求大面积基础均匀沉降,要求不同结构的地基协调变形是给水排水工程结构地基基础设计时应特别注意的问题。此外,地下水对市政工程结构或河水对墩台产生的巨大浮力不容忽视,应保证水池、管道、桥梁墩、台等具有足够的抗浮能力。

本课程学习中应重点掌握地基土的物理性质及土力学的基本知识,能结合市政工程结构及施工技术等进行一般市政工程地基基础的设计。初步掌握地基的常用处理方法。

第二章 土的物理性质与工程分类

第一节 土的成因

一、土的概念

土是岩石经过风化、剥蚀、搬运、沉积形成的含有固体颗粒、水和气体的松散集合体。不同的土其矿物成分和颗粒大小存在着很大的差异，固体颗粒、水和气体的相对比例也各不相同。

二、土的成因

岩石在形成过程中，经过物理风化、化学风化、生物风化等不同的风化作用，形成不同性质的土。长期暴露在大气中的岩石，受到风、霜、雨、雪的侵蚀，温度、湿度变化的影响，体积经常在膨胀、收缩，使岩石逐渐崩解，破坏为大小和形状各异的碎块。这些碎块是由石英、长石、云母组成的原生矿物。这个过程叫物理风化。物理风化只改变颗粒的大小和形状，不改变矿物成分，物理风化成砂、砾石和其他粗颗粒等无黏性土。如果岩石的碎屑与周围的氧气、二氧化碳、水等接触，并受到有机物、微生物的作用，发生化学变化改变了原来矿物的成分，产生了与原来岩石颗粒成分不同的次生矿物，这个过程叫化学风化。化学风化生成了粉土、黏性土等细颗粒的土。由动、植物和人类活动对岩体的破坏称为生物风化。生物风化使原生矿物生成了次生矿物和腐殖质。

根据土的不同成因，可将土分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土等。其沉积条件、工程地质特征见表 2-1。

沉积土分类表 表 2-1

成因类型	堆积方式及条件	堆积物特征
残积土	岩石经风化作用而残留在原地的碎屑堆积物	碎屑物从地表向深处由细变粗，其成分与母岩有关，一般不具层理，碎块呈棱角状，土质不均，具有较大的空隙，厚度在山顶部较薄，低洼处较厚
坡积土	由雨水或雪水沿斜坡搬运及本身的重力作用堆积在斜坡上或坡脚处	碎屑物从坡上往下逐渐变细，分选性差，层理不明显，厚度变化较大，在斜坡较陡处厚度较薄，坡脚地段较厚
洪积土	由暂时性洪流将山区或高地的大量风化碎屑物挟带至沟口或平缓地带堆积而成	颗粒具有一定的分选性，但往往在大颗粒间充填小颗粒，碎块多呈亚角状，洪积扇顶部颗粒较粗，有层理
冲积土	由长期的地表水流搬运，在河流的阶地、冲积平原、三角洲地带堆积而成	颗粒在河流上游较粗，向下逐渐变细，分选性和磨圆度较好，层理清楚，厚度稳定
淤积土	在静水或缓慢的水流中沉淀，并伴有生物化学作用而成	沉积物以粉粒、黏粒为主，且含有多量的有机质或盐类，一般土质松软，有时粉砂和黏性土呈交互层，具有清晰的薄层理

续表

成因类型	堆积方式及条件	堆积物特征
冰积土	由冰川或冰川融化后的冰下水搬运堆积而成	以巨大块石、碎石、砂、黏性土混合组成，一般分选性极差，无层理，但为冰水沉积时，常具斜层理，颗粒一般具棱角，巨大块石上常有冰川擦痕
风积土	由于干燥气候条件下，碎屑物被风吹，降落堆积而成	主要由粉土或粉砂组成，一般颗粒较均匀，质纯，空隙大，结构松散

第二节 土的组成及特点

一、土的三相组成

在一般情况下，土是由固体颗粒、液态水和气体三部分组成，即三相组成。研究土的工程性质时应先研究土的三相组成。

1. 固相——土的固体颗粒

土中的固体颗粒构成土体的骨架，其成分、形状、大小是决定土的工程性质的主要因素。

(1) 土的矿物成分

土中颗粒的矿物成分包括原生矿物、次生矿物和腐殖质。原生矿物是岩石经物理风化而形成的碎屑矿物，如石英、长石、云母等。原生矿物经化学风化作用后发生化学变化而形成了次生矿物，如铝铁氧化物、氢氧化物、黏性矿物等。在风化过程中，往往有微生物的参与，在土中产生如腐殖质矿物等有机质成分。此外，在土中还会有动、植物残骸体等有机残余物，如泥炭等。

(2) 粒径与粒组

土粒的大小称为粒径。土粒由粗到细逐渐变化时，土的工程性质也随之变化，由无黏性变化到有黏性，因此，将土中不同粒径的土粒按适当的粒径范围分为若干组，即粒组。划分粒组的分界尺寸称为界限粒径，按《土的分类标准》(GBJ 145—90) 的规定，把土划分为 6 个粒组，见表 2-2。

土粒粒组划分 表 2-2

粒 组 统 称	粒 组 划 分		粒径(d)的范围/mm
巨粒组	漂石(块石)组		$d>200$
	卵石(碎石)组		$200\geq d>60$
粗粒组	砾粒(角砾)组	粗粒	$60\geq d>20$
		中砾	$20\geq d>5$
		细砾	$5\geq d>2$
	砂粒组	粗砂	$2\geq d>0.5$
		中砂	$0.5\geq d>0.25$
		细砂	$0.25\geq d>0.075$
细粒组	粉粒组		$0.075\geq d>0.005$
	黏粒组		$d\leq 0.005$

表 2-2 中根据界限粒径 200mm、60mm、2mm、0.075mm、0.005mm 可将土划分为漂石（块石）组、卵石（碎石）组、砾粒组（包括粗砾、中砾、细砾）、砂粒组（包括粗砂、中砂、细砂）、粉粒组和黏粒组。

土中各粒组相对含量百分数称为土的颗粒级配。

土的颗粒级配，是通过土的颗粒分析试验测定的，对于粒径大于 0.075mm 的土可用筛分法。对于粒径小于 0.075mm 的土可用密度计法。

根据颗粒大小分析试验结果，可以绘制颗粒级配曲线（图 2-1）。其横坐标表示颗粒，由于土粒粒径相差悬殊，常在百倍、千倍以上，所以采用对数坐标表示；纵坐标则表示小于某粒径的土重含量（或累计百分含量），根据曲线的坡度和曲率可以大致判断土的级配状况。图 2-1 中曲线 *a* 平缓，则表示颗粒大小相差较大，土粒不均匀，即为级配良好；反之，曲线 *b* 较陡，则表示粒径的大小相差不大，土粒较均匀，即为级配不良。

工程上常用不均匀系数 C_u 来反映颗粒级配的不均匀程度。

$$C_u = d_{60}/d_{10} \quad (2-1)$$

式中 d_{60} ——小于某粒径的土粒质量占土的总质量的 60% 时所对应的粒径，称为限定粒径；

d_{10} ——小于某粒径的土粒质量占土的总质量的 10% 时所对应的粒径，称为有效粒径。

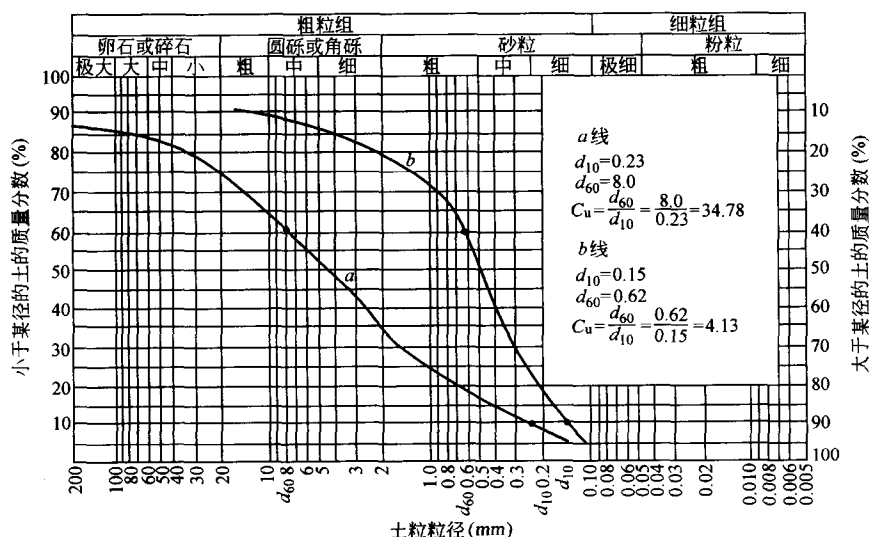


图 2-1 颗粒级配曲线

不均匀系数 C_u 反映大小不同粒组的分布情况， C_u 越大表示土粒大小的分布范围越大，其级配越良好，作为填方工程的土料时，比较容易获得较大的密实度。工程上一般把 $C_u \leq 5$ 的土称为级配不良的土； $C_u > 10$ 的土则称为级配良好的土。

2. 液相——土中水

土中水按存在状态可分为固态水、液态水和气态水。

固态水又称为矿物内部结晶水，是当温度低于 0°C 时土中的水冻结成冰而形成的。

液态水包括结合水和自由水。

结合水是指受电分子的吸引力作用吸附于土粒表面的土中水。它又细分为强结合水和弱结合水两种（图 2-2）。

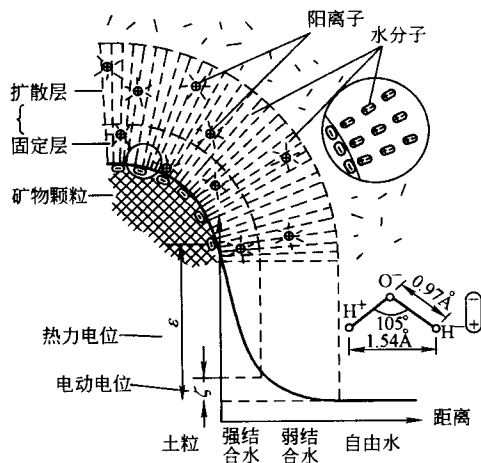


图 2-2 结合水分子定向排列及其所受电分子力变化的简图

自由水是结合水膜以外的水。自由水按所受作用的不同，又可分为重力水和毛细水。重力水是存在于地下水位以下的透水层中的地下水，当存在水头差时，它将产生流动，对土颗粒有浮力作用。毛细水是受到水与空气交界处表面张力的作用，存在于地下水位以上的透水层中的自由水，在表面张力作用下，地下水沿着毛细管上升，上升的高度与土的性质有关，粉土中的毛细水上升的高度最大，毛细水对道路路基干湿状态及冻害有重要的影响。

气态水是水中出现的水蒸气，对土的性质影响不大。

3. 气相——土中空气

气相是指土孔隙中充满的空气，土中气体可分为自由气体和封闭气体。与大气相通的气体为自由气体，在外力作用下，这种气体能很快地从孔隙中被挤出，对土的工程性质影响不大。与大气不相通的气体为封闭气体，这种气体存在于细粒土中，在外力的作用下，使土的弹性变形增加，可在车辆碾压时，形成有弹性的橡皮土。

二、土的结构与构造

1. 土的结构

土颗粒的大小、形状、表面特征、相互排列及其联结关系的综合特征称为土的结构。一般分为单粒结构、蜂窝结构和絮状结构。

(1) 单粒结构

如图 2-3 (a)、(b) 所示，这是碎石类土和砂土的结构特征，单粒结构的土

粒间没有联结存在。按土粒的相互排列，单粒结构可分为疏松的和紧密的。呈紧密状态单粒结构的土，由于其土粒排列紧密，在荷载作用下都不会产生较大的沉降，所以，承载力较大，压缩性较小，是良好的天然地基。而具有疏松单粒结构的土，其骨架不稳定，当受到振动或其他外力作用时，土粒容易发生移动，土中孔隙剧烈减少，引起土体较大的变形，因此，这种土层如未经处理一般不宜作为结构物的地基。

(2) 蜂窝结构

如图 2-3 (c) 所示，这是由粉粒组成的土的结构形式，粉粒在水中沉积时，以单个颗粒下沉，当碰上已沉积的颗粒时，由于它们之间的相互引力大于自重，因此土粒停留在最初的接触点上不能再下沉，形成的结构像蜂窝一样，具有较大的孔隙。

(3) 絮状结构

如图 2-3 (d) 所示，这是由黏粒集合体组成的结构形式。黏粒在水中处于悬浮状态，不能靠自重下沉。当这些悬浮在水中的颗粒被带到电解质浓度较大的环境中，黏粒间的排斥力因电荷中和而破坏聚集成絮状的黏粒集合体，因自重增大而下沉，与已下沉的絮状集合体相接触，形成孔隙很大的絮状结构。

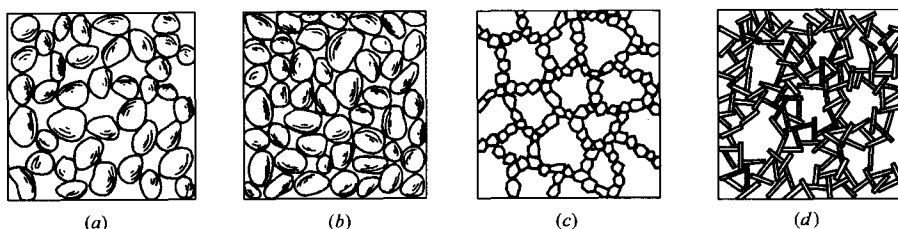


图 2-3 土的结构

(a)、(b) 单粒结构；(c) 蜂窝结构；(d) 絮状结构

2. 土的构造

在同一土层中，物质成分和颗粒大小等都相近的各部分之间的相互关系的特征称为土的构造，土的构造常见的有以下几种：

(1) 层状构造

由不同颜色或不同粒径的土组成的层理，一层一层互相平行，这种层状构造反映不同年代不同搬运条件形成的土层，为细粒土的一个主要特征。

(2) 分散构造

砂和卵石层常为分散构造。这类土层中土粒分布均匀，性质相近。

(3) 裂隙构造

某些硬塑坚硬状态的黏土常为裂隙构造。裂隙构造是土体被许多不连续的小裂隙所分割。

通常分散构造的土工程性质最好，裂隙构造的土因裂隙的存在大大降低了土体的强度和稳定性，增大了透水性，工程性质最差。

三、土的特征

土与钢材、混凝土等连续介质相比，具有下列工程特征：

1. 压缩性高

反映土的压缩性高低的指标为压缩模量，而其他材料则以弹性模量来衡量，通过试验测定可知土的压缩性远远高于钢筋和混凝土。这是因为土是一种松散的集合体，受压后孔隙显著减少。而钢筋属于晶体，混凝土属于胶结体，不存在孔隙被压缩的条件。土的压缩性高低决定了基础沉降量的大小。

2. 强度低

由于土是一种松散颗粒的集合体，在外力作用下土颗粒之间具有较大的相对移动性，这说明土的强度较低。而土的强度指标是抗剪强度，而非抗压强度或抗拉强度。

3. 透水性大

由于土体固体颗粒之间具有无数的孔隙，因此土的透水性比木材、混凝土都大，特别是粗粒土具有很强的渗透性。土的透水性大小决定基础沉降的快慢程度。

第三节 土的物理性质指标

土的物理性质反映土的工程性质，即反映土的干湿、松密、软硬等物理状态，而土的物理状态取决于土体三相组成在体积和质量方面的比例关系（图2-4）。

一、土的基本物理性质指标

土的基本物理性质指标是指可以直接用土样进行试验测定的指标，也称为试验指标。

1. 土的天然密度 ρ

单位体积土的质量称为土的密度 ρ （单位为 g/cm^3 或 t/m^3 ）；单位体积内土的重力称为土的重度

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-2)$$

$$\gamma = \rho g \quad (2-3)$$

式中 g ——重力加速度，工程计算中近似取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，密度单位为 g/cm^3 ，重度单位为 kN/m^3 。

天然状态下土的密实度变化范围较大，一般为 $\rho = 1.6 \sim 2.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ ；土的密度一般采用“环刀法”测定。

2. 土的相对密度 G_s

土的固体颗粒质量与同体积 4°C 时纯水质量之比，称为土粒相对密度即

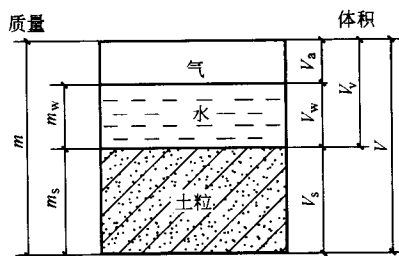


图 2-4 土的三相关系示意图

V —土的总体积； V_v —土的孔隙体积；
 V_s —土粒的体积； V_w —水的体积；
 V_a —气体的体积； m —土的总质量；
 m_s —土粒的质量； m_w —水的质量