



教育部高职高专规划教材

土力学与基础工程

何世玲 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

土力学与基础工程

何世玲 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

土力学与基础工程/何世玲主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.1

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-6381-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123646 号

教育部高职高专规划教材

土力学与基础工程

何世玲 主编

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 张燕文

责任校对: 吴 静

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社
教材出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 333 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6381-4/G · 1626

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

土力学与基础工程是建筑工程专业的一门主要专业课程，它阐述了土力学的基本原理和主要概念，以及地基基础设计与分析的基本方法，并简要介绍地基勘察的主要方法。本书采用了国家（部）最新规范、规程和标准，根据高职高专建筑工程专业教学的基本要求，结合目前教学改革发展的需要及实际工程中专业最新动态编写而成。本书结合高职高专的特点，强调适用性和实用性，在编写过程中注重理论联系实际，以应用为重点，结合工程实例，进行深入浅出的说明，同时编入了较多的新技术和新方法。本书理论部分尽可能以够用为度，删繁就简；实用内容尽量充实加强、力求更新。本书具有内容精练、体系完整、紧密结合实际的特点。根据课程要求，书中附有针对性较强的例题、思考题和习题，并附有标准答案。本书不仅适用于高职高专教学，也可作为该专业工程技术人员的参考书。本书按 65 学时编写。

本书由何世玲主编，何世玲编写绪论、第七章、第十章，务新超编写第一章～第五章，王渊辉编写第六章，陈玉萍编写第八章、第九章。全书由何世玲统稿。

编 者

2004 年 10 月

绪论	1
0.1 土力学、地基及基础的概念	1
0.2 地基基础设计应满足的基本条件	2
0.3 地基与基础工程的重要性	2
0.4 本学科发展简介	3
0.5 本课程的内容及学习要求	4
1 土的物理性质及工程分类	5
1.1 土的组成与结构	5
1.1.1 土的组成	5
1.1.2 土的固相	5
1.1.3 土中的水	7
1.1.4 土中的气体	8
1.1.5 土的结构	8
1.2 土的物理性质指标	9
1.2.1 物理性质指标	9
1.2.2 物理性质指标之间的换算	11
1.3 土的物理状态指标	12
1.3.1 无黏性土的密实状态	13
1.3.2 黏性土的稠度	13
1.4 土的击实性	15
1.4.1 击实试验	15
1.4.2 影响土击实性的因素	15
1.4.3 填土压实的质量控制	16
1.5 土的工程分类	16
1.5.1 岩石	17
1.5.2 碎石土	17
1.5.3 砂土	17
1.5.4 粉土	17
1.5.5 黏性土	18
1.5.6 人工填土	18
1.5.7 特殊性土	18
思考题	19

习题	19
2 土中应力	21
2.1 土的自重应力	21
2.1.1 均质土层中的自重应力	21
2.1.2 成层土的自重应力	22
2.1.3 地下水对土中自重应力的影响	22
2.2 基底压力	23
2.2.1 基底压力的概念	23
2.2.2 基底压力的简化计算	24
2.2.3 基底附加压力	25
2.3 地基中的附加应力	26
2.3.1 集中力作用下地基中的附加应力	26
2.3.2 空间问题	28
2.3.3 平面问题	31
思考题	34
习题	34
3 土的压缩性及地基变形	36
3.1 土的压缩性	36
3.1.1 基本概念	36
3.1.2 有效应力原理	36
3.1.3 侧限压缩试验	37
3.1.4 土体压缩性指标	38
3.1.5 应力历史对土体压缩性的影响	40
3.2 地基最终沉降量计算	41
3.2.1 分层总和法计算地基最终沉降量	41
3.2.2 规范法计算地基沉降量	44
3.3 地基变形与时间的关系	48
3.3.1 饱和土的单向渗透固结模型	48
3.3.2 饱和土的单向固结理论	49
3.3.3 几种不同情况的固结度计算	50
3.3.4 地基沉降与时间关系的经验估算法	52
思考题	54
习题	54
4 土的抗剪强度	55
4.1 土的抗剪强度及其破坏准则	55
4.1.1 土的强度与破坏形式	55
4.1.2 土的抗剪强度规律——库仑定律	55
4.1.3 受剪面的破坏准则	56
4.2 土的极限平衡条件	57
4.2.1 土中一点的应力状态	57

4.2.2 莫尔-库仑准则	58
4.3 土的抗剪强度指标的测定	60
4.3.1 直接剪切试验	60
4.3.2 三轴剪切试验	61
4.3.3 无侧限抗压强度试验	64
4.3.4 十字板剪切试验	64
4.4 强度指标的表达式及指标的选用	65
4.4.1 总应力强度指标与有效应力强度指标	65
4.4.2 不同试验方法及强度指标的选用	66
思考题	67
习题	67
5 土压力和土坡稳定	69
5.1 挡土墙的土压力	69
5.1.1 挡土墙的位移与土体的状态	69
5.1.2 土压力的计算	70
5.2 朗肯土压力理论	71
5.2.1 基本原理	71
5.2.2 朗肯主动土压力计算	72
5.2.3 朗肯被动土压力计算	76
5.3 库仑土压力理论	77
5.3.1 基本原理	77
5.3.2 库仑主动土压力计算	77
5.3.3 库仑被动土压力计算	79
5.3.4 新型挡土结构	80
5.4 挡土结构设计简介	82
5.4.1 重力式挡土墙结构设计	82
5.4.2 挡土墙稳定及强度验算	82
5.5 土坡的稳定性分析	83
5.5.1 滑坡产生的原因	83
5.5.2 无黏性土坡的稳定性	84
5.5.3 黏性土坡的稳定性分析	84
思考题	89
习题	89
6 岩土工程勘察	91
6.1 概述	91
6.2 岩土工程勘察的方法	94
6.2.1 测绘与调查	94
6.2.2 岩土工程勘探	95
6.3 岩土原位测试	96
6.3.1 载荷试验	96

6.3.2	静力触探试验	98
6.3.3	圆锥动力触探试验	99
6.3.4	标准贯入试验	100
6.3.5	十字板剪切试验	100
6.3.6	旁压试验	100
6.4	岩土工程勘察报告书	101
6.4.1	报告书的内容	101
6.4.2	勘察报告实例	102
	思考题	105
7	天然地基上浅基础设计	106
7.1	地基基础设计的一般规定	106
7.1.1	建筑物地基基础设计等级	106
7.1.2	地基基础设计一般规定	107
7.1.3	荷载取值与抗力限值	108
7.2	浅基础的类型	108
7.2.1	无筋扩展基础	108
7.2.2	扩展基础	110
7.2.3	柱下钢筋混凝土条形基础	111
7.2.4	高层结构筏形基础	111
7.2.5	岩石锚杆基础	112
7.2.6	其他基础形式	112
7.3	基础埋置深度的确定	113
7.3.1	工程地质条件及地下水的情况	113
7.3.2	建筑物条件	114
7.3.3	作用于地基上荷载的大小和性质	114
7.3.4	相邻建筑物的基础埋深	114
7.3.5	地基土冻胀和融陷的影响	114
7.4	确定地基承载力特征值	117
7.4.1	载荷试验确定地基承载力特征值	117
7.4.2	按动力、静力触探等方法确定地基承载力特征值	117
7.4.3	地基承载力特征值修正	118
7.4.4	根据土的强度理论公式确定承载力特征值	118
7.5	基础底面尺寸的确定	119
7.5.1	初步确定基底尺寸	119
7.5.2	验算地基软弱下卧层承载力	121
7.6	刚性基础设计	124
7.7	墙下钢筋混凝土条形基础设计	126
7.7.1	构造要求	126
7.7.2	基础底板高度确定	126
7.8	钢筋混凝土柱下独立基础设计	130

7.8.1	构造要求	130
7.8.2	轴心荷载作用下独立基础设计	131
7.8.3	偏心荷载作用下独立基础设计	134
7.9	钢筋混凝土柱下条形基础与十字交叉基础	136
7.9.1	柱下条形基础的构造要求	136
7.9.2	柱下条形基础的简化计算	136
7.9.3	柱下十字交叉基础的简化计算	138
7.10	高层结构筏形基础设计要点	141
7.10.1	筏形基础构造要求	141
7.10.2	筏形基础的计算	142
7.11	减小不均匀沉降的措施	143
7.11.1	建筑措施	144
7.11.2	结构措施	146
7.11.3	施工措施	146
	思考题	148
	习题	148
8	桩基础及其他深基础	150
8.1	概述	150
8.2	桩基础的类型	151
8.2.1	按桩身材料分类	151
8.2.2	按施工方法分类	151
8.2.3	按荷载的传递方式分类	153
8.3	单桩竖向承载力特征值	153
8.3.1	根据桩身材料强度确定	154
8.3.2	根据土对桩的支承力确定	154
8.4	桩水平承载力	159
8.4.1	单桩水平承载力	159
8.4.2	群桩水平承载力	159
8.5	桩基础设计	159
8.5.1	调查研究、收集资料	160
8.5.2	选择桩材、桩型及其几何尺寸	160
8.5.3	确定单桩承载力	160
8.5.4	确定桩的根数及其布置	160
8.5.5	承台的设计	162
8.5.6	绘制施工图	163
8.6	其他深基础简介	165
8.6.1	沉井基础	165
8.6.2	地下连续墙	166
	思考题	167
	习题	167

9 软弱地基及处理	169
9.1 概述	169
9.1.1 地基处理的目的与意义	169
9.1.2 地基处理的对象	170
9.1.3 地基处理方法的分类	170
9.1.4 地基处理方法的选用原则	171
9.2 换填法	172
9.2.1 换填法的处理原理及适用范围	172
9.2.2 砂垫层的设计	172
9.2.3 砂垫层的施工	174
9.2.4 砂垫层施工质量检验	174
9.3 强夯法	174
9.3.1 强夯法作用机理	174
9.3.2 强夯法设计要求	175
9.3.3 强夯法机具设备与施工方法	176
9.4 预压法	176
9.4.1 预压法的处理原理及应用	176
9.4.2 砂井设计	176
9.4.3 预压荷载大小和堆载速率	177
9.5 挤密法及振冲法	177
9.5.1 挤密法	178
9.5.2 振冲法	178
9.5.3 复合地基的变形模量和地基承载力	178
9.6 化学加固法	179
9.6.1 高压喷射注浆法	180
9.6.2 深层搅拌法	180
9.7 托换法	181
9.7.1 桩式托换法	181
9.7.2 灌浆托换法	182
9.7.3 基础加固法	182
思考题	183
10 土工试验	185
10.1 颗粒分析试验	185
10.2 土的密度试验	187
10.2.1 环刀法	187
10.2.2 蜡封法	188
10.2.3 注意事项	189
10.3 土的含水率测定	189
10.4 土的界限含水率测定	190
10.5 固结(压缩)试验	194

10.6	击实试验.....	196
10.7	直接剪切试验.....	199
10.8	无侧限抗压强度试验.....	202
10.9	三轴剪切试验.....	204
参考文献		208

绪

论

0.1 土力学、地基及基础的概念

① 土是由地球表面的大块岩石经风化、搬运、沉积而形成的松散堆积物，是由固体颗粒、水和气体三部分组成的三相体。与其他建筑材料相比，土的主要特征是具有多孔性和散粒性，由于其形成的自然地理环境不同，而具有明显的区域性。因此，在建筑物设计之前，必须充分了解场地的工程地质情况，对基础土体做出正确的评价。

② 土力学就是利用力学的一般原理和土工测试技术，研究土的物理性质以及在所受外力发生变化时土的应力、变形、强度、稳定性和渗透性及其规律的一门学科。土力学是力学的一个分支，但由于土具有复杂的工程特性，必须借助工程经验、原位试验、室内试验等多种专门的土工试验技术进行研究，所以说，土力学是一门强烈依赖于实践的科学。

③ 任何建筑物都是建造在一定的土层或岩层上的。通常把直接承受建筑物荷载作用且应力发生变化的那一部分土层称为地基，即承担建筑物传来荷载的那部分土体。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果地基较软弱，对地基进行加固处理后才满足设计要求的，称人工地基。当地基由两层或两层以上土层组成时，通常把直接与基础接触的土层称为持力层，其下各层为下卧层。

④ 基础是将建筑物承受的各种荷载传递到地基土的下部结构，是建筑物的一部分。基础通常埋置于地下。基础根据埋置深度不同可

分为浅基础和深基础。通常把埋置深度不大（一般为 3~5m），只需经过挖槽、排水等一般施工方法即可建成的基础称为浅基础。而当浅层土质不良，埋深需加大，并需通过特殊的施工方法和施工机械才能完成的基础称为深基础（如桩基础、墩基础、沉井基础、地下连续墙基础等）。

0.2 地基基础设计应满足的基本条件

① 建筑物地基首先应满足承载力计算的要求。地基土应有足够的强度，在荷载作用下不发生剪切破坏和整体失稳。

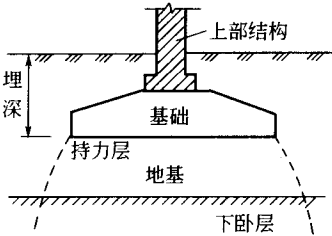


图 0-1 地基、基础与上部结构关系示意

② 建筑物地基还应满足变形计算的要求。地基不能产生过大的变形而影响建筑物的安全和正常使用。

③ 建筑物基础是整个建筑物的一部分，它应具有足够的强度、刚度和稳定性，以确保建筑物安全、稳定地工作，并要求具有较好的耐久性。

为了满足上述要求，从基础设计角度出发，通常考虑加大基础底面积，以满足地基承载力、变形和稳定性的要求。从地基设计角度考虑，则应尽可能选择承载力高、压缩性低的良好地基。在荷载作用下，建筑物的地基、基础和上部结构是彼此联系、相互制约的。设计时应考虑它们三者共同工作的影响，通过技术、经济比较，选取最优的地基基础方案。图 0-1 为地基、基础与上部结构关系示意。

0.3 地基与基础工程的重要性

地基与基础工程是整个建筑工程的一个重要组成部分，它的质量优劣直接关系到建筑物的安危，稍有不慎就可能给工程留下隐患。由于基础工程是在地下或水下进行，属隐蔽工程，施工难度大、工期长，而且一旦出现事故，补救和处理都很困难，甚至是不可挽救的。此外，基础工程造价在整个工程造价中所占比例很大，一般多层可占到 25%~30%，高层可占到 30%~40%，因此其重要性显而易见。

在世界建筑史上，曾发生过很多因地基基础设计有误而造成建筑物质量事故，其典型例子如下。

① 1941 年建造的加拿大特朗斯康谷仓（见图 0-2），由 65 个圆柱形筒仓组成，高 31m，宽 23.5m，其下为筏板基础，厚为 2m，埋深为 3.6m，谷仓自重 $20 \times 10^3 \text{ kN}$ ，建成后第一次装谷 $27 \times 10^3 \text{ kN}$ 后，谷仓明显倾斜，西端陷入土中 8.8m，东侧抬高 1.5m，仓身整体倾斜 $26^\circ 53'$ 。事后勘察了解到地基以下埋藏有厚约 16m 的淤泥质软黏土，谷仓初次加载后使基底压力（320kPa）超过了地基极限承载力。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失稳定的典型例子。由于该谷仓整体刚度较好，无明显裂缝，事后在筒仓下增设了 70 多个支承于基岩上的混凝土墩，使用了 388 只 500kN 的千斤顶，才把倾斜的筒仓纠正，修复后位置比原来降低了 4m。

② 上海锦江饭店北楼（原名华懋公寓），建于 1929 年，总层数为 14 层，高度为 57m，是当时上海最高的一幢建筑物。基础坐落在软土地基上，采用桩基础，由于工程承包商偷工

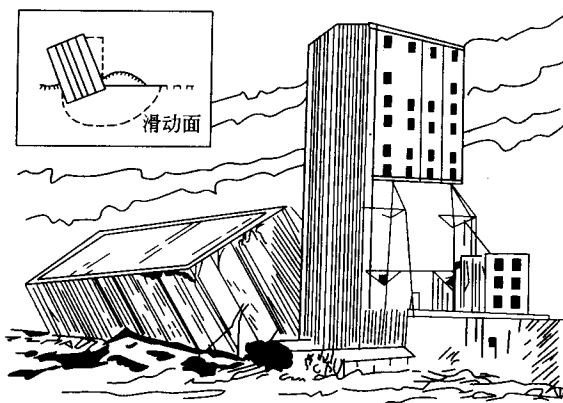


图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

减料，未按设计桩数施工，造成大幅度沉降，建筑物的绝对沉降达 2.6m，致使原底层陷入地下，成了半地下室，严重影响使用。

③ 苏州虎丘塔——著名的中国斜塔，建于公元 959 年，共 7 层，高 47.5m，塔平面呈八角形，由外壁、回廊与塔心三部分组成，主体结构为砖木结构，采用黄泥砌砖，浅埋式独立砖墩基础，坐落在人工夯实的土夹石覆盖层上，覆盖层南薄北厚，变化范围从 0.9~3.6m，基岩弱风化。由于土夹石覆盖层压实后引起不均匀沉降，过大的沉降差，造成塔身倾斜，据实测，塔顶偏中 2.34m。引起塔楼从底层到第 2 层产生了宽达 17cm 的竖向劈裂；北侧壶门拱顶两侧裂缝发展到了第 3 层。砖墩压疏、碎裂、崩落，堪称危如累卵。近年来经过精心治理，将危塔加固，使古塔得以保存。

0.4 本学科发展简介

土力学与基础工程既是一门古老的工程技术，又是一门新型的应用科学。中国西安半坡发现的新石器时代的遗址中就有土台基础。驰名中外的万里长城，遍布全国的宏伟的古代宫殿、寺院及众多的宝塔等建筑，都是因为有了坚固的基础，才能经受无数次风雨及地震考验而保留至今。但由于当时生产力发展水平的限制，这些伟大成就只停留在实践经验上，未提炼成系统的科学理论。

18 世纪欧洲工业革命以后，随着建筑、水利、铁路等行业迅速兴起，推动了土力学理论的产生和发展。1773 年法国库仑创立了土的抗剪强度定律和库仑土压力理论；1857 年英国朗肯提出了朗肯土压力理论；1885 年法国布辛奈斯克求得半无限弹性体在竖向集中力作用下的应力和应变的理论解；1922 年瑞典费伦纽斯研究出土坡稳定分析法，等等。直到 1925 年美国太沙基发表土力学专著，才使土力学成为一门独立的学科。

从 1936 年至今，国际上已召开了十四届土力学与基础工程学术会议。许多国家和地区都开展了广泛的研究和交流，不断总结学科新的研究成果和实践经验。中国自 1958 年后，也召开了多次全国土力学与基础工程会议，并建立了许多科研机构，培养了大批技术人才。不少学者对土力学与基础工程的理论研究与实践做出了重大贡献。

目前，由于土木工程建设的需要，特别是计算机技术和有限元法的应用，使基础工程理论和技术得以迅猛发展，新材料、新技术、新设备、新工艺不断涌现，出现了如补偿式基

础、桩-筏基础、桩-箱基础等新基础形式。强夯法、砂井预压法、真空预压法、振冲法、旋喷法等都是近几十年创造和完善的地基处理方法。基坑支护技术也在不断提高,出现了盾构、顶管、地下连续墙、深层搅拌水泥挡墙、锚杆支护及加筋土等支护结构形式。但是,由于基础工程是地下隐蔽工程,且地质条件极其复杂,随着高层结构的不断涌现,城市建筑的不断密集,会给基础工程提出新的挑战,同时也为基础工程的发展提供了新的机会。

0.5 本课程的内容及学习要求

本课程共有 11 章,绪论和第 1 章是学习本课程的基础知识,第 3 章~第 5 章是土力学的基本原理部分,也是本课程的重要内容,第 6 章~第 10 章为地基基础部分,包括工程地质勘察、浅基础设计、桩基础、地基处理和土工试验的有关知识。

通过学习本门课程,要达到以下基本要求。

- ① 掌握土的基本物理力学性质,了解常规的室内与现场土工试验的方法。
- ② 了解工程地质勘察的工作内容,初步具备地基土的野外鉴别能力,学会使用工程地质勘察报告书。
- ③ 掌握天然地基上一般浅基础的设计方法,了解桩基设计及施工的一般方法。
- ④ 掌握地基处理的一般方法。
- ⑤ 能够正确地使用《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《土工实验方法规程》(GB/T 50123—1999)等有关规范,解决地基基础设计中遇到的一般问题。

了解土中各相对土性质的影响，各物理性质指标和物理状态指标在工程中的应用，工业与民用建筑对土的分类方法。掌握颗粒级配的概念、土的各物理性质指标、土的物理状态及其评价指标，明确黏性土击实试验的目的、方法以及成果的应用，熟悉《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)对土的分类定名方法。会绘制颗粒级配曲线，并用颗粒级配曲线判别土体颗粒级配的优劣。能根据工程要求选择料场；根据击实试验成果确定压实参数，进行填土压实质量的检查。

1.1 土的组成与结构

1.1.1 土的组成

天然状态的土一般为三土相，即由固体、液体和气体三部分组成，其中固相为土颗粒，它构成土的骨架，土骨架之间的孔隙被水和气体所填充。若土中孔隙全部由气体所填充时，称为干土；若孔隙全部由水所填充时，称为饱和土；若孔隙中同时存在水和气体时，称为湿土。饱和土和干土都是二相系。

1.1.2 土的固相

土的固相是土中最主要的组成部分，它由各种矿物成分及有机质组成。土粒的矿物成分不同、粗细不同、形状不同，土的性质也不同。

1.1.2.1 土的矿物成分和土中的有机质

土的矿物成分取决于成土母岩的成分以及所经受的风化作用，通常可分为原生矿物和次生矿物两大类。

岩石经物理风化作用后破碎形成的矿物颗粒，称原生矿物。原生矿物在风化过程中，其化学成分并没有发生变化，它与母岩的矿物成分是相同的。常见的原生矿物有石英、长石和云母等。岩石经化学风化作用所形成的矿物颗粒，称次生矿物。次生矿物的矿物成分与母岩不同。常见的次生矿物有高岭石、伊利石（水云母）和蒙脱石（微晶高岭石）等三大黏土矿物。