



21世纪全国本科院校土木建筑类 **创新型** 应用人才培养规划教材

土力学学习指导与考题精解

编 著 高向阳

赠送电子课件



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材

土力学学习指导与考题精解

编著 高向阳



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是《土力学》教材的配套辅助用书,通过对主要概念进行梳理,方便考生在复习时进行查阅,避免遗漏;另外重点对土力学基本问题进行剖析,并借助对大量的例题、习题和考题的分析,帮助初学者从不同角度更深刻地领会问题的本质。

本书可作为土木工程相关专业学生学习土力学课程的课后复习指导,为授课教师备课提供参考,也可供相关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学学习指导与考题精解/高向阳编著. —北京:北京大学出版社, 2010. 8

(21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978 - 7 - 301 - 17364 - 0

I. ①土… II. ①高… III. ①土力学—高等学校—教学参考资料 IV. ①TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 116269 号

书 名: 土力学学习指导与考题精解

著作责任者: 高向阳 编著

责任编辑: 吴 迪

标准书号: ISBN 978 - 7 - 301 - 17364 - 0/TU • 0128

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印刷者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 318 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 26.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010 - 62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

为了帮助广大土木工程专业学生加深对土力学的基本概念、理论、计算方法的理解，能在短时间内抓住重点，应对各种考试，同时也为了满足各类土木工程从业人员掌握及运用土力学知识的需要，我们编写了这本《土力学学习指导与考题精解》。编者希望通过本书的学习帮助读者能在较短的时间内掌握土力学知识以及提高运用土力学的能力。

本书是《土力学》教材的配套辅助用书，对主要概念进行梳理，方便考生在复习时进行查阅，避免遗漏；另外重点对土力学基本问题进行剖析，并借助对大量的例题、习题和考题的分析，帮助初学者从不同角度更深刻地领会问题的实质。因此《土力学》教材中已经明确出现的公式、计算用表、理论叙述等在本书中就不再赘述。

本书内容包括七部分：土的物理性质及工程分类，土中应力，土的压缩性和地基沉降，土的渗透性与固结，土的强度理论和地基承载力，挡土结构物上的土压力、土坡稳定分析，典型试卷精选。

本书结构由知识提炼、解题指导和模拟试卷三部分组成。在第一部分中，我们将教材内容有机地融合在一起，重新分门别类列出各较难理解的问题，并通过“学习重点”、“基本概念和原理”、“考核要点”等栏目逐条进行解释。本书简单分析了学习内容与要求，分析了每章经常出题考试的内容，以便于读者抓住重点；详细分析了每章常见的考试题型。在第二部分中，我们对书中各章节中有代表性的问题，通过“常见问题”、“例题分析”栏目，依照通行的考试题目类型编写了填空题、单项选择题、是非题、简答题、计算题五类题型，并给出详尽答案且有针对性地了解题要点说明。在第三部分中，按不同层次，给出了本科课程模拟试卷，部分学校近年考研试卷，供读者考查自己学习情况并备考使用。

为给备考的学生提供帮助，本书还专门对各类考试进行分析，指出每一章节比较容易出题的内容。根据研究，老师出考题存在六大思维定式：第一，专门找最容易但最易被学生忽视的知识点出题，为的是要全面考查学生对所学知识的掌握情况；第二，专门出较难解的题，这种题的主要知识点是重要章节的难理解部分，就是要查看学生学习知识的深度，这样的题是相当少的，但每次考试都会有一题或两题；第三，出平时大家都认为不是重点的题，而这类知识点却要用到许多知识才能解清楚，出题的目的就是要出其不意，考查学生综合运用知识的能力；第四，出关键知识点的重点题，通常这类题是学生都知道的，但怎样将题完美解出、取得高分，就不一样了；第五，把最复杂的问题表面化、简单化，题目看上去容易，解答出来就出错，目的是考查学生对知识的应变能力，动脑能力和自主思考能力；第六，选择曾经考过的题，变个角度或形式再出一遍，考查学生沉着应对的能力。

因此本书强调基本概念的理解，对课程中的问题做尽可能详尽、深入的介绍和分析，从各个角度去阐述、解读它，而不是表面化叙述知识，以帮助考生真正理解和掌握这些知识点。

本书共精选了 110 个概念、61 个理论知识点、202 道填空题、294 道选择题、220 道是非题、187 道简答题、157 道典型计算题、5 份本科课程试卷、5 份考研试卷。以上内容涵盖了土力学的重点、难点，读者可以从中了解考试的形式、内容。本书不仅是读者应付各种考试的必备书籍，也是教师教学参考、考试出题的辅助用书。

本书的编写出版，自始至终得到北京大学出版社吴迪编辑的大力支持和帮助。本书引用了许多教材及习题集中的习题及解答，并尽可能地在参考文献中列出。徐州工程学院学生刘亚敏、陈明、刘益明、邓林、李阳、郭佳明等，为本书文字整理做了大量的工作。在此一并表示深深的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者
2010 年 6 月

目 录

第 1 章 土的物理性质及工程分类	1	2.2 基本概念和原理	38
1.1 学习重点	1	2.2.1 基本概念	38
1.1.1 土的生成	1	2.2.2 基本规律与基本原理	38
1.1.2 土的三相组成	1	2.3 考核要点	42
1.1.3 土的三相比例指标与土的 物理形态	1	2.3.1 重点难点	42
1.1.4 土的结构与构造	1	2.3.2 常见考点	42
1.1.5 土的压实特性	1	2.4 典型题型与例题	43
1.1.6 地基土的工程分类	2	2.4.1 常见问题	43
1.2 基本概念和原理	2	2.4.2 例题分析	45
1.2.1 基本概念	2	2.5 相关习题及参考解答	50
1.2.2 基本规律与基本原理	4	2.5.1 填空题	50
1.3 考核要点	7	2.5.2 单项选择题	51
1.3.1 重点难点	7	2.5.3 是非题	55
1.3.2 常见考点	8	2.5.4 简答题	56
1.4 典型题型与例题	9	2.5.5 计算题	57
1.4.1 常见问题	9	第 3 章 土的压缩性和地基沉降	66
1.4.2 例题分析	10	3.1 学习重点	66
1.5 相关习题及参考解答	15	3.1.1 土的应力-应变关系 特性	66
1.5.1 填空题	15	3.1.2 土的压缩性	66
1.5.2 单项选择题	18	3.1.3 地基最终沉降量计算	66
1.5.3 是非题	23	3.1.4 有关地基沉降的几个问题的 讨论	66
1.5.4 简答题	25	3.1.5 建筑物沉降观测与地基 容许变形值	66
1.5.5 计算题	28	3.2 基本概念和原理	67
第 2 章 土中应力	37	3.2.1 基本概念	67
2.1 学习重点	37	3.2.2 基本规律与基本原理	68
2.1.1 概述	37	3.3 考核要点	71
2.1.2 地基中的自重应力	37	3.3.1 重点难点	71
2.1.3 基础底面的基底压力(又称 接触压力或基底反力)	37	3.3.2 常见考点	71
2.1.4 地基中的附加应力计算	37	3.4 典型题型与例题	72
2.1.5 有效应力原理(在饱和 土中)	38	3.4.1 常见问题	72
		3.4.2 例题分析	73



3.5 相关习题及参考解答	78	5.1.5 土的抗剪强度指标	116
3.5.1 填空题	78	5.1.6 剪切试验中土的 性状	117
3.5.2 单项选择题	79	5.1.7 地基在外荷载作用下的 破坏形式	117
3.5.3 是非题	83	5.1.8 地基的临塑荷载、临界 荷载与极限荷载	117
3.5.4 简答题	85	5.1.9 确定地基承载力的 理论公式	117
3.5.5 计算题	88	5.1.10 地基承载力设计值的 确定	117
第4章 土的渗透性与固结	96	5.1.11 影响地基承载力的 因素	117
4.1 学习重点	96	5.2 基本概念和原理	117
4.1.1 地下水及埋藏条件	96	5.2.1 基本概念	117
4.1.2 土的渗透性与渗透定律	96	5.2.2 基本规律与基本原理	118
4.1.3 动水力与渗流稳定	96	5.3 考核要点	124
4.1.4 饱和土体一维渗流 固结理论	96	5.3.1 重点难点	124
4.1.5 变形与时间关系的计算	96	5.3.2 常见考点	124
4.2 基本概念和原理	97	5.4 典型题型与例题	125
4.2.1 基本概念	97	5.4.1 常见问题	125
4.2.2 基本规律与基本原理	98	5.4.2 例题分析	127
4.3 考核要点	102	5.5 相关习题及参考解答	133
4.3.1 重点难点	102	5.5.1 填空题	133
4.3.2 常见考点	102	5.5.2 单项选择题	135
4.4 典型题型与例题	102	5.5.3 是非题	142
4.4.1 常见问题	102	5.5.4 简答题	144
4.4.2 例题分析	104	5.5.5 计算题	147
4.5 相关习题及参考解答	109	第6章 挡土结构物上的土压力、 土坡稳定分析	160
4.5.1 填空题	109	6.1 学习重点	160
4.5.2 单项选择题	110	6.1.1 概述	160
4.5.3 是非题	111	6.1.2 墙体位移与土压力 类型	160
4.5.4 简答题	112	6.1.3 静止土压力计算	160
4.5.5 计算题	112	6.1.4 朗肯土压力理论	160
第5章 土的强度理论和地基 承载力	116	6.1.5 库仑土压力理论	160
5.1 学习重点	116	6.1.6 几种情况的土压力计算	160
5.1.1 概述	116	6.1.7 无粘性土坡稳定分析	160
5.1.2 土的抗剪强度和强度 机理	116		
5.1.3 土的极限平衡条件与 莫尔-库仑破坏理论	116		
5.1.4 抗剪强度测定方法	116		

6.1.8 粘性土坡的稳定分析·····	161	《土力学》A(1)·····	189
6.2 基本概念和原理·····	161	《土力学》A(2)·····	191
6.2.1 基本概念·····	161	《土力学》A(3)·····	193
6.2.2 基本规律与基本原理·····	161	《土力学》A(4)·····	195
6.3 考核要点·····	167	《土力学》A(5)·····	197
6.3.1 重点难点·····	167	试卷 A(1)答案·····	200
6.3.2 常见考点·····	167	试卷 A(2)答案·····	201
6.4 典型题型与例题·····	168	试卷 A(3)答案·····	202
6.4.1 常见问题·····	168	试卷 A(4)答案·····	204
6.4.2 例题分析·····	169	试卷 A(5)答案·····	205
6.5 相关习题及参考解答·····	175	7.2 硕士研究生入学考试试卷·····	207
6.5.1 填空题·····	175	试卷一·····	207
6.5.2 单项选择题·····	176	试卷二·····	208
6.5.3 是非题·····	180	试卷三·····	209
6.5.4 简答题·····	181	试卷四·····	210
6.5.5 计算题·····	182	试卷五·····	211
第 7 章 典型试卷精选·····	189	参考文献·····	213
7.1 本科生课程试卷与答案·····	189		

第1章

土的物理性质及工程分类

1.1 学习重点

1.1.1 土的生成

了解什么是土，土是怎样生成的，从土的形式来看其有什么特点。

1.1.2 土的三相组成

本节包括土的固体颗粒、矿物成分、土粒形状、土中水、土中气等内容。掌握土的颗粒级配的含义及颗粒级配累积曲线的做法、用途，三大类矿物(高岭石、伊利石、蒙脱石)成分的不同性质，土中水的主要形态类型。

1.1.3 土的三相比例指标与土的物理形态

本章重点内容之一。本节包括三相比例关系的计算(三相比例简图、三个基本物理实验、九个常用三相比例指标)、土的物理状态指标(无粘性土密实度、粘性土稠度)等内容。记住三相指标的定义式，熟练掌握利用土的三相简图进行三相指标的换算，熟悉三个基本指标的测定方法。无粘性土的密实度、粘性土的含水量对工程性质的影响。

1.1.4 土的结构与构造

本节包括颗粒间的作用力、颗粒间的排列形式(结构类型)、土的构造、粘性土的灵敏度等内容。掌握单粒结构、蜂窝结构、絮状结构的特点与不同，了解土的层状构造、分散构造、结构状构造、裂隙状构造，理解灵敏度的含义与划分。

1.1.5 土的压实特性

本节包括粗粒土和细粒土压实特性与压实机理，击实试验、击实功对压实曲线的影响，压实特性在分层压实处理地基中的应用意义。

1.1.6 地基土的工程分类

本章重点内容之一。应掌握各类土的分类方法，会根据土的物性指标确定土的名称，掌握碎石土、砂土、粉土、粘性土的分类标志。

1.2 基本概念和原理

1.2.1 基本概念

(1) 土：是地壳表层的岩石风化后产生的，经过搬运、堆积而成的成分、大小、形状和组成不同的松散颗粒集合体。其具有碎散性、三相性和天然性三大主要特点。

(2) 土的颗粒级配：土中颗粒大小及搭配组合情况，即用土中不同粒径颗粒粒组占干土总质量的百分比表示的相对含量。其是描述土的颗粒组成情况的指标。

(3) 土粒粒组：一定粒径范围的土的固体颗粒称为一个粒组。工程上常把工程性质相似、大小相近的土粒合并为组，按其粒径大小用界限粒径划分成若干组别。

(4) 颗粒级配曲线：土中各粒组的相对含量(占全部使用土的多少)，即各粒组占土粒总质量的百分数。其是一种表示粒度成分的图示法。

(5) 三角坐标法：也是一种表示粒度成分的图示法。它是利用等边三角形内任意一点至三个边的垂直距离的总和恒等于三角形之高的原理，表示组成土的某三个粒组的相对含量。

(6) 不均匀系数：是衡量颗粒不均匀程度的指标，是用特征粒径间相互关系表示土的粒径级配均匀与否的系数。以小于某粒径的土重 60% 的相应粒径与土中小于某粒径的土重 10% 时相应的粒径之比表示，即 $C_u = d_{60}/d_{10}$ 。

(7) 限定粒径：土中小于某粒径的土重 60% 时相应的粒径。

(8) 有效粒径：土中小于某粒径的土重 10% 时相应的粒径。

(9) 土的结构：指土中颗粒的排列方式与粒间联结特征，即土粒或土粒集合体的大小、形状、相互排列与联结等综合特征。

(10) 土的构造：指在同一土层剖面中，物质成分和颗粒大小都相近的各部分之间的相互关系的特征，即颗粒或颗粒集合体相互间的特征。

(11) 孔隙比：土中孔隙体积与土粒体积之比。孔隙比反映了土的密实程度。同一类土的孔隙比越大，说明土中孔隙越大，土的压缩性和透水性越大，而其强度就越小。

(12) 孔隙率：土中孔隙所占体积与总体积之比。

(13) 含水量：土中水质量与土粒质量的百分比，又称含水率。

(14) 饱和度：被水充满的孔隙体积与孔隙总体积之比。含水量虽然也是表示土的含水程度的一个指标，但不如用饱和度表示直观，故衡量土的饱和程度常用饱和度。

(15) 天然重度：单位体积土的重力。

(16) 干重度：单位体积内固体颗粒所受的重力。

- (17) 饱和重度：土中孔隙完全被水充满时土的重度。
- (18) 有效重度：在地下水位以下，受到水的浮力作用时土的重度。
- (19) 土粒相对密度(土粒比重)：土的固体颗粒质量与同体积的 4℃ 时纯水的质量之比。
- (20) 土体相对密度(相对密实度)：以土最大孔隙比与天然孔隙比之差和最大孔隙比与最小孔隙比之差的比值。其反映了无粘性土的密实状态。
- (21) 结合水：受静电分子吸引力吸附在土粒表面的土中水。结合水不能传递静水压力。
- (22) 自由水：存在于土粒表面电场影响范围以外的水。
- (23) 毛细水：存在于地下水位(潜水位)以上的透水土层中，受到水与空气交界面处表面张力和重力共同作用的自由水。
- (24) 稠度：指土在各种不同湿度条件下，受到外力作用时所具有的活动强度。反映了颗粒间的粘结程度和联结程度。公路建设中，土的液限与天然含水量之差，和塑性指数之比。(与液性指数不同，液性指数为天然含水量与塑限之差，和塑性指数之比。)
- (25) 界限含水量：粘性土由一种状态转到另一种状态的分界含水量。对粘性土的分类和工程性质的评价有着重要意义。
- (26) 缩限：土由固态过渡到半固态(易碎的半固体)时的界限含水量。其是土内水进一步减少而不引起土体积进一步缩减的水量，即正好充满干燥土样孔隙所需要的水量。
- (27) 塑限：土由半固态转变到可塑状态时的界限含水量。是土处于可塑状态的最低含水量。
- (28) 液限：土由可塑状态转变到流动状态(开始量粘滞泥浆状并在其自重作用下能流动)时的界限含水量。
- (29) 塑性：在一定条件下(指含水量等)因受外力作用其形状发生变化，但不产生裂隙(材料保持连续)，外力卸去后，仍能保持既得形状的一种性能。可塑性是粘性土区别于无粘性土的重要特征。
- (30) 塑性指数：是液限与塑限的差值(绝对值，且习惯上省去百分号)，即土处在可塑状态的含水量变化范围，反映土的吸水能力。塑性指数综合反映了土的颗粒大小、矿物成分，是土的分类指标。其变化范围越大，土的可塑性越好。
- (31) 液性指数：粘性土中天然含水量与塑限的差值和塑性指数之比。其为反映土稠度的指标，液性指数越大，表示土越软。
- (32) 比表面积：单位体积(或单位质量)的颗粒所具有的表面面积。土体颗粒越粗，比表面积就越小。
- (33) 最优含水量：在一定的压实能量下，使土最容易压实，并能达到最大密实度时的含水量。
- (34) 土的灵敏度：保持天然结构的原状土样的单轴抗压强度(或称无侧限抗压强度)与该土经重塑(土的结构完全破坏)后保持原来含水量不变的重塑土样的单轴抗压强度之比。土的灵敏度越高，其结构性越强，受扰动后土的强度降低就越多，所以在基础施工时，应注意保护基槽，尽量减少土结构的扰动。
- (35) 粘性土的触变性：当粘性土的结构受到扰动时，土的强度就降低，但静置一段时间，土的强度又逐渐恢复的胶体化学性质。这是由于土粒、离子和水分子体系随时间而

趋于新的平衡状态之故。

1.2.2 基本规律与基本原理

1. 土不同于其他建筑材料的特征

(1) 一般建筑材料可由设计人员指定品种或型号, 品种类型一旦确定, 力学性质参数也就确定了; 土则不同, 建筑物以天然土层作为地基。拟建地点是什么土, 设计人员就以这种土做为设计对象, 且由于土是自然历史产物, 性质很不均匀。如何根据一定数量的测试结果, 合理确定设计指标值, 往往是不太容易掌握的问题。

(2) 土的应力-应变关系是非线性的, 而且不是唯一的。

(3) 土的变形在卸荷后一般不能完全恢复, 有相当一部分变形是属于不可恢复的残余变形, 且饱和粘性土受力后, 其变形不能立即完成, 而且要经历一段很长时间, 变形才能逐渐稳定。

(4) 土的强度是变化的, 它与受力条件有密切关系, 也与受力时的排水条件有密切关系。

(5) 土对扰动特别敏感, 取样、测试及施工中造成的扰动, 都可使土的力学性质发生变化, 而这种变化有时相当大。

2. 土中水的形态与特征

存在于土中的液态水分为结合水和自由水两种。

(1) 结合水: 是电场范围以内的水, 有强结合水和弱结合水之分。

(2) 强结合水: 紧靠土粒表面的结合水, 是不因重力作用变化的固态水。其特点是: ①没有溶解盐类的能力, 不能传递静水压力, 只有吸热变成蒸汽时才能移动; ②只含有强结合水的粘性土表现为固态。

(3) 弱结合水: 紧靠强结合水外围的结合水形成的一层水膜。其特点是: ①不能传递静水压力, 水膜较厚的弱结合水能向邻近的较薄的水膜缓慢移动; ②当土中含有弱结合水时, 土是半固态可塑状态。

(4) 自由水: 存在于土粒表面电场影响范围以外的水。有重力水和毛细水之分。

(5) 重力水: 存在于地下水位以下的透水土层中的自由水。对土颗粒产生浮力, 重力水位差能产生渗流。

(6) 毛细水: 受到水与空气交界面张力作用的自由水。在粉细砂中, 土的毛细现象较大。关于毛细水需要注意两点: ①毛细水上升, 对建筑物地下部分的防潮措施和地基土的侵蚀和冻胀等有重要影响; ②干旱地区地下水中可溶盐随毛细水上升且不断蒸发, 盐分便积聚于靠近地表处而形成盐渍土。

3. 土的三相比例关系

土是由固体颗粒、水和气体三部分组成的, 这三部分之间不同的比例, 反映着土处于各种不同的状态: 稍湿或很湿、密实或松散。它们对于评定土的物理力学性质有很重要的意义。因此, 为了研究土的物理性质, 就要掌握土的三相组成部分之间的比例关系。

为了便于说明和计算, 常用图表示土的三相组成部分, 这个图叫三相比例简图(图 1-1)。

在土的三相比例指标中,土的天然重度、土粒相对密度和含水量是通过试验测定的,称为基本指标;其他指标通过换算公式计算得到,称换算指标。根据三个基本指标,可以用换算求得全部换算指标,也可以用某几个指标换算其他的指标。

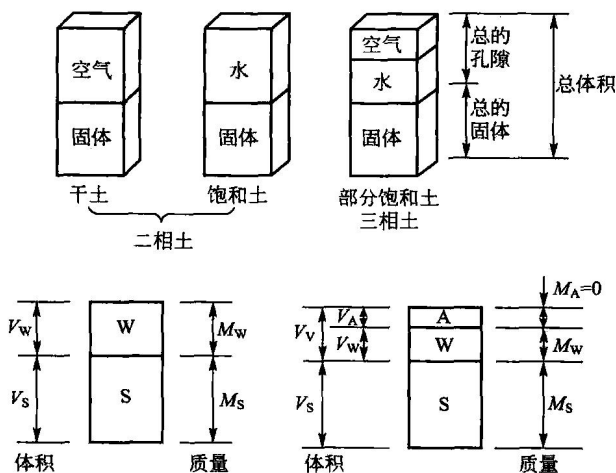


图 1-1 三相比例简图

4. 土的结构类型与特征

土一般分为单粒结构、蜂窝结构和絮状结构。

(1) 单粒结构。粗大土粒在水和空气中下沉,而形成的全部由砂粒及更粗土粒组成的土具有该结构。单粒结构分为两种:疏松单粒结构,骨架不稳定、易变形,未经处理不易做地基;紧密单粒结构,土粒排列紧密,强度较大,压缩性较小,是良好的天然地基。

(2) 蜂窝结构。主要由粉粒组成的土的结构形式,在水中单个下沉,碰到已沉积的土粒,由于土粒间的分子引力大于颗粒自重,刚下沉土粒被吸引,不再下沉,形成很大孔隙的蜂窝状结构。

(3) 絮状结构。由粘粒(小于 0.005mm)集合体组成的结构形式,粘粒在水中长期悬浮,并在水中运动时形成小链环状的土粒集合体而下沉,这种小链环碰到另一小链环被吸引,形成大链环状的絮状结构。

单粒结构、蜂窝结构和絮状结构的工程性质依次为最好、次之、最差。

5. 土的构造类型与特征

土的构造分为层状构造、分散构造、结构状构造、裂隙状构造。

(1) 层状构造(层理构造)。土层由不同颜色、不同粒径的土组成层理。层状构造是细粒土的一个重要特征。

(2) 分散构造。属分散构造的土层中土粒分布均匀,性质相近,如砂层、卵石层等具有该种构造。

(3) 结构状构造。在细粒土中掺有粗颗粒或各种结构。工程性质取决于细粒土成分,如含砾石的冰碛粘土。

(4) 裂隙状构造。土中有很多不连续的小裂隙,有的硬塑或坚硬状态的粘土为此种

构造。

6. 影响土压实性的主要因素

影响土的压实性的因素很多，主要有含水量、击实功能及土的种类和级配。

1) 含水量的影响

取同一种土料，在不同的含水量下，用同一击数将它们分层夯实，就可得含水量 w 与相应干密度 ρ_d 关系曲线。该曲线的特点是，当含水量小于最优含水量 w_{op} 时，含水量越大，干密度越大；含水量大于最优含水量时，含水量越大，干密度却越低，表明当击数一定时，只有在某一含水量（最优含水量）下才能获得最佳的击实效果。这种特征的解释如下：

粘性土在含水量低时，土粒表面的吸附水层薄，击实过程中粒间电作用力以引力占优势，颗粒相对错动困难，并趋向于形成任意排列，干密度就低；随着含水量增加，吸附水层增厚，在土粒之间起到润滑作用，击实过程中粒间斥力增大，颗粒错动容易。因此，颗粒定向排列增多，干密度相应增大。

土粒的相互位移很容易将土中的气体挤出，但粘性土在短时间内没法通过挤出土中水分来达到压实的效果。所以人工压实不是通过挤出土中水分而是挤出土中气体来达到压实的目的。当含水量超过某一定值后，虽仍能使粒间引力减少，但是土中出现自由水，击实时孔隙中的过多水分不易立即排出，将阻止土粒的挤紧靠近。当含水量接近或大于最优含水量时，土孔隙中的气体会逐渐被水封闭，形成气泡不与大气连通。此时，击实作用就不能将其排出土外，只能使气泡暂时缩小，大部分击实功能由孔隙气体承担并转化为孔隙压力，粒间所受的力减小，击实仅能导致颗粒更高层次的定向排列，而土体几乎不发生永久的体积变化。因而，干密度反随含水量增加而减小。

粘性土的最优含水量 w_{op} 十分接近其塑限，大致为 $w_{op} = w_p + 2\%$ (w_p 在全国科学技术名词审定委员会公布的名词中用 w_p 表示，本书用 w_p)。

无粘性土不存在最优含水量，一般在完全干燥或充分吸水饱和时，容易压实到较大的密实度。

2) 击实功能的影响

如果同一种土料在不同含水量下，分别用不同的击数进行击实试验，可得一组随击数而异的含水量与干密度关系曲线。由曲线可看出如下结论：土料的最大干密度和最优含水量不是常量，最大干密度随击数的增加而逐渐增大，反之，最优含水量则逐渐减小，然而，这种增大或减小的速率是递减的，这说明不能只靠击实功能来提高土的最大干密度；当含水量较低时，击数的影响较显著，当含水量较高时，含水量与干密度的关系曲线接近于饱和线，即此时提高击实功能是无效的。

3) 种类和级配的影响

试验表明，在相同击实功能下，粘性土的粘粒含量越高或塑性指数越大，压实越困难，最大干密度越小，最优含水量越大。因为在相同含水量下，粘粒含量一高，吸附水层就薄，击实过程中颗粒错动就困难。而对无粘性土而言，含水量对压实性的影响不像粘性土那样敏感，但也有影响，它在某一较小的含水量下，就出现最低的干密度。因此，在无粘性土的实际填筑中，通常需要不断洒水，使其在较高含水量下压实。

在同一类土中，土的级配对压实性影响很大，级配均匀的，压实干密度要比不均匀的

低。因为级配均匀的土中较粗颗粒形成的孔隙很少有细颗粒去充填，而级配不均匀的土则相反，有足够的细颗粒去充填，这样能得到较高的干密度。

7. 土的人工压实目的

为了改良填土的工程特性，提高抗剪强度，减小压缩性和透水性。

8. 土的状态划分

1) 无粘性土

(1) 砂土，有三种判断砂土的方法：

第一种：根据天然孔隙比 e 的大小来判断。缺点是，由于把不同种类的土进行对比，土的级配和形状会对判断结果造成影响，而且现场采取原状砂样较为困难。

第二种：根据土体相对密实度 D_r 的大小来判断。缺点是，制取砂土最松散状态和最密实状态砂样时受人为因素影响较大，而且现场采取原状砂样较为困难。

第三种：根据标准贯入试验锤击数 N 的大小来判断。缺点是，对深层土体的现场测试比较困难。

(2) 碎石土，按重型圆锥动力触探锤击数或通过野外鉴别方法来判别。

2) 粘性土

根据液性指数 I_L (I_L 在全国科学技术名词审定委员会公布的名词中用 I_L ，本书用 I_L) 的大小来判别软硬状态。注意：在计算塑性指数和液性指数时，各含水量指标值要省掉百分号后代入公式计算，而不是将百分数换算成小数再计算。

9. 土分类的工程目的

分类的目的是为了得到一致的、国际公认的土样描述方法，这便于交换有关同类土的一般资料以及解决特殊工程问题在需要进一步的试验时形成一个判断的依据。当使用一种特定体系时，我们要知道土有不同性质，土中这些性质又有不同的组合，要建立通用的分类系统是不现实的。因此，所有的分类体系，都是为了一定的目的得出的。

大多数分类体系都公认三种主要土类：粗粒或无粘性土，细粒或粘性土，有机质土。具有代表性的土的工程分类方法：一种是建设部的 GB 50007—2002《建筑地基基础设计规范》分类法；一种是水利水电部的 SL 237—1999《土工试验规程》分类法；一种是交通部的 JTJ 051—1993《公路土工试验规程》分类法。

1.3 考核要点

1.3.1 重点难点

1. 重点

(1) 掌握土的物理性质指标的定义、测定、换算和应用。

(2) 掌握粘性土的物理特征和液、塑限试验。粘性土的界限含水量，粘性土的塑性指

数和液性指数，粘性土的灵敏度和触变性。

- (3) 掌握土的颗粒级配的含义及颗粒级配累积曲线的做法、用途。
- (4) 掌握土中水的主要形态类型。
- (5) 熟悉地基土的工程分类方法。

2. 难点

- (1) 土的压实原理。
- (2) 土的物理特征和地基土的工程分类。
- (3) 粒径级配及其对无粘性土性质的影响。

1.3.2 常见考点

1. 颗粒级配曲线及其应用

这是土的三相组成中土的固体颗粒部分常考内容。考试重点：粒径级配、不均匀系数、颗粒级配曲线的概念、粒径均匀程度、曲线陡缓、不均匀系数大小与粒径级配优良程度的关系。

2. 土中水及其对工程性质的影响

强结合水、弱结合水、自由水、毛细水、毛细粘聚力等基本概念；弱结合水的特征，对粘性土的性质影响最大的水；毛细粘聚力在工程中的表现。

3. 三个基本物理性质试验与三项基本物理指标

三个基本物性试验方法、原理，尤其是土的比重试验；土的物理指标。

4. 常用的三相比例指标及换算关系

三相比例指标的定义；九个物理性质指标中的量纲及数值范围；三相比例指标计算。

5. 土的物理状态指标

砂土密实状态指标及评定方法；界限含水量、塑性指数、液性指数的概念；塑性指数和液性指数的用途；利用塑性指数对土进行分类，利用液性指数评定土的工程性质。

6. 土的结构与构造

土的结构、构造类型；土的结构类型各对应的土的类型。

7. 土的压实特性

粗粒土和细粒土压实特性有何不同；最大干密度与最优含水量的概念；影响土的压实特性的主要因素。

8. 地基土的工程分类

砂土和粘性土的分类依据；淤泥和淤泥质土的分类依据。

1.4 典型题型与例题

1.4.1 常见问题

(1) 土的性质主要是指土的哪些性质？都包括哪些内容？

【答】土的性质主要是指土的物理力学性质，包括物理性质和力学性质。

土的物理性质包括土的三相比例指标、无粘性土的密实度、粘性土的水理性质、土的渗透性四部分内容。

土的力学性质包括土的压缩性、土的抗剪性、土的击实性三部分内容。

(2) 什么是土的颗粒级配？

【答】工程上常以土中各个粒组的相对含量(即各粒组占土粒总质量的百分数)表示土中颗粒的组成情况，这种相对含量称为土的颗粒级配。

(3) 土的颗粒级配是通过什么试验测定的？

【答】土的颗粒级配是通过土的颗粒大小分析试验测定的。

对于粒径大于 0.075mm 的粗粒组可用筛分法测定。

粒径小于 0.075mm 的粉粒和粘粒难以筛分，用比重计法或移液管法测定。

(4) 简述土的三相比例指标。

【答】表示土的三相组成部分质量、体积之间的比例关系的指标，称为土的三相比例指标。主要指标有：土粒相对密度、天然重度、含水量(这三个指标需用实验室实测)和由它们计算得出的指标，即：干密度、饱和密度、孔隙率、孔隙比和饱和度。这些指标随着土体所处的条件的变化而改变，如地下水位的升高或降低，土中水的含量也相应增大或减小；密实的土，其气相和液相占据的孔隙体积少。这些变化都可以通过相应指标的数值反映出来。

(5) 简述土的含水量及天然含水量的概念，土的含水量如何测定？

【答】土中含水的质量与土粒质量之比，称为土的含水量，以百分数计。含水量是标志土的湿度的一个重要物理指标。

天然状态下土层的含水量称为天然含水量，其变化范围很大，它与土的种类、埋藏条件及其所处的自然地理环境等有关。

一般说来，同一类土，当其含水量增大时，则其强度就降低。

土的含水量一般用“烘干法”测定。先称小块原状土样的湿土质量，然后置于烘箱内维持 100~105℃ 烘至恒重，再称干土质量，湿、干土质量之差与干土质量的比值，就是土的含水量。

(6) 土的密度与重度有何区别？

【答】①定义不同；②符号不同：密度的符号为 ρ ，重度的符号为 γ ；③单位不同：密度的单位为 t/m^3 或 g/cm^3 ，重度的单位为 kN/m^3 。

当密度单位取 t/m^3 ，重度单位取 kN/m^3 时，密度的数值约是重度的 10 倍， $1\text{t/m}^3 = 9.807\text{kN/m}^3 \approx 10\text{kN/m}^3$ 。在本课程的计算中，仅用到土的重度指标，密度是为了满足法