

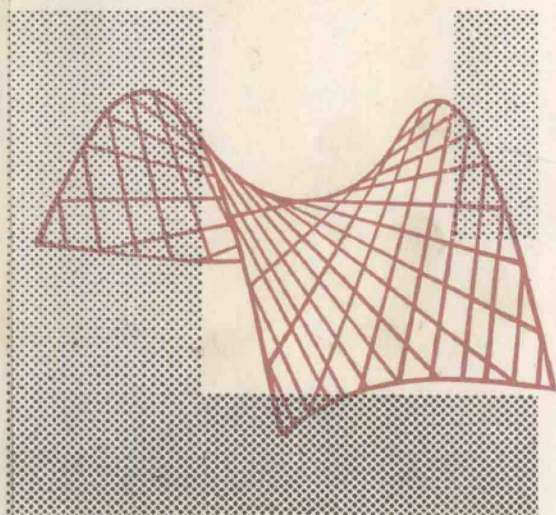
高等学校教材

给水排水 工程施工

(第三版)

郑达谦 主编

● 中国建筑工业出版社



高等学校教材

给水排水工程施工

(第三版)

郑达谦 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

给水排水工程施工/郑达谦主编. -3 版. -北京: 中国建筑工业出版社, 1998

高等学校教材

ISBN 7-112-01869-2

I. 给… II. 郑… III. ①给水工程-市政工程-工程施工-高等学校-教材②排水工程-市政工程-工程施工-高等学校-教材 IV. TU911

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 21894 号

本书主要介绍给水排水工程施工中常见带综合性的施工技术、工程施工组织与管理问题。全书分为三篇共 16 章。其中, 第一篇介绍主要工种工程、工程构筑物、室内外管道工程的施工技术和专业常用设备安装; 第二篇以单位工程为主, 阐述工程施工组织与概(预)算; 第三篇以工程项目建设为对象, 概括介绍了有关工程建设管理的基本知识。

本书供高等学校给水排水专业师生使用, 亦可供从事本专业施工与管理的实际工作者参考。

高等学校教材

给水排水工程施工

(第三版)

郑达谦 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 33 1/2 字数: 811 千字

1998 年 6 月第三版 2004 年 7 月第十四次印刷

印数: 101141—104140 册 定价: 34.00 元

ISBN 7-112-01869-2

TU·1417 (8583)

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)

前 言

本书是高等学校给水排水工程专业教材。本教材根据全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会第二届第一次会议确定的原则和1993年制订的“《给水排水工程施工》课程教学基本要求”，在1993年6月出版的《给水排水工程施工》（第二版）的基础上进行修订。编写单位和编写人员也重新组成。但原《给水排水工程施工》（第一、二版）主编徐鼎文和常志续等先生对本教材所作的贡献是永存的。

近年来，给水排水工程施工在技术上和项目组织管理上都有很大的发展，高等学校给水排水工程专业对该课程的教学也提出了新的要求，故本书参照各校长期使用本书时积累的教学经验，充分吸收了近年来给水排水工程建设中的先进技术和管理方法。其内容基本上概括了现阶段我国在给水排水施工中常见的带综合性的施工技术、工程施工组织与管理等问题。为了便于学生理解课文内容，还精选了一些工程实例。在使用本教材时，如限于课时，可将其中某些章节结合各校具体要求酌情增减，或作为选修专题，或结合实践性环节，或纳入相关专业课程中组织讲授。

本书由太原工业大学郑达谦担任主编和西北建筑工程学院万蔚杰、重庆建筑大学张勤、北京建筑工程学院李俊奇共同编写。具体分工为：郑达谦（第一、三、九、十一、十三、十四、十六章和第四章第一、五节）；万蔚杰（第五、六、十五章和第三章第八节、第四章第二节）；张勤（第七、八、十二章和第四章第三节）；李俊奇（第二、十章和第四章第四节）。全书最后由郑达谦整理和修改。李俊奇参与部分资料搜集与整理工作。

本书由湖南大学陈信常教授主审。

本书在编写过程中得到了有关单位的支持，他们曾提出了许多宝贵意见和建议。同时，编者还参考了有关文献和资料，吸收了其中的技术成就和丰富的实践经验（见书末所附主要参考书目），在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的理论水平和实践经验不足，书中难免存在缺点和欠妥之处，恳切地希望读者批评指正。

编者

1997年3月

目 录

第一篇 给水排水工程施工技术与常用设备安装

第一章 土石方工程与地基处理	1
第一节 土的工程性质及分类	1
第二节 场地平整施工	14
第三节 沟槽、基坑开挖	24
第四节 沟槽及基坑支撑	34
第五节 土方回填	38
第六节 地基处理	41
第七节 土石方爆破施工	52
第二章 施工排水	66
第一节 概述	66
第二节 明沟排水	66
第三节 人工降低地下水位	68
第三章 钢筋混凝土工程	89
第一节 钢筋工程	89
第二节 模板工程	109
第三节 混凝土的制备	124
第四节 现浇混凝土工程施工	143
第五节 水下灌注混凝土施工	154
第六节 装配式钢筋混凝土结构吊装	161
第七节 混凝土的冬季施工	181
第八节 钢筋混凝土构筑物渗漏 及其处理	192
第四章 给水排水工程构筑物施工	197
第一节 现浇钢筋混凝土水池施工	197
第二节 装配式预应力钢筋混凝土 水池施工	207
第三节 沉井施工	219
第四节 地下水取水构筑物 ——管井施工	229
第五节 江河取水构筑物浮运 沉箱法施工	243
第五章 室外管道工程施工	250
第一节 室外给水管道施工	250
第二节 室外排水管道施工	272
第三节 管道的防腐、防震、保温	279

第六章 管道的特殊施工	288
第一节 管道穿越铁路施工	288
第二节 管道穿越河流施工	299
第三节 地下工程交叉施工	309
第四节 引接分支管道的施工	310
第七章 室内管道施工	317
第一节 管材及管道连接	317
第二节 阀门及仪表安装	334
第三节 建筑物内部给水系统安装	337
第四节 建筑物内部排水系统安装	344
第五节 卫生器具的安装	347
第六节 防腐、保温	352
第八章 常用设备及自控系统安装	357
第一节 概述	357
第二节 水泵安装	357
第三节 其它设备安装	367
第四节 自动控制系统安装	369
第五节 常用容器制作及安装	370

第二篇 工程施工组织与概(预)算

第九章 施工组织管理总述	377
第一节 建筑产品的生产特点	377
第二节 施工组织管理工作内容	379
第三节 施工准备工作	381
第四节 施工原始资料的调查分析	383
第五节 施工组织设计工作	387
第六节 施工现场的暂设工程	389
第十章 施工组织计划技术	404
第一节 流水作业法	404
第二节 网格计划技术	411
第十一章 施工组织设计的编制	436
第一节 单位工程施工组织设计	436
第二节 施工组织总设计	445
第三节 污水处理厂施工组织总设计 实例(概要)	452
第十二章 工程概算及预算	466
第一节 概述	466
第二节 工程定额	467

第三节	概、预算费用	470	第二节	生产要素管理	498
第四节	工程概算、预算文件	475	第十五章	工程招标、投标与 施工合同	506
第五节	工程施工结算	482	第一节	工程招标	506
第三篇 工程项目建设管理			第二节	工程投标	509
第十三章	基本建设及其工作程序	485	第三节	工程施工合同	512
第一节	基本建设的性质、内容 及作用	485	第十六章	工程建设监理	518
第二节	基本建设程序	487	第一节	建设监理的基本概念	518
第十四章	施工企业生产经营管理	492	第二节	工程建设监理法规	520
第一节	生产目标管理	492	第三节	工程项目建设监理	521
			主要参考书目	目录	527

第一篇 给水排水工程施工技术与常用设备安装

第一章 土石方工程与地基处理

土石方工程是工程施工中的主要项目之一，土方开挖、填筑、运输等工作所需的劳动量和机械动力消耗均很大，往往是影响施工进度、成本及工程质量的因素。

土石方工程施工具有以下特点：

(1) 影响因素多且施工条件复杂。土壤是天然物质，种类多且成分较为复杂，性质各异又常遭遇地下水的干扰。组织施工直接受到所在地区的地形、地物、水文、地质以及气候诸多条件的影响极大。施工必须具有针对性。

(2) 量大面广且劳动繁重。如给排水管道施工属线型工程，长度常达数公里，甚至数十公里，而某些大型污水处理工程，在场地平整和大型基坑开挖中，土石方施工工程量可达数十万到百万立方米。对于量大面广的土石方工程，为了减轻劳动强度，提高劳动生产率，加快工程进度，降低工程成本，应尽可能采用机械化施工来完成。

(3) 质量要求高，与相关施工过程紧密配合。土石方施工，不仅要求标高和断面准确，也要土体有足够强度和稳定性。常需与相关的施工排水、沟槽支撑和基坑护壁、坚硬岩石的爆破开挖等施工过程密切配合。

为此，施工前要做好调查研究，搜集足够的资料，充分了解施工区域地形地物、水文地质和气象资料；掌握土壤的种类和工程性质；明确土石方施工质量要求、工程性质、施工工期等施工条件，并据此作为拟定施工方案、计算土石方工程量、选择土壁边坡和支撑、进行排水或降水设计、选择土方机械、运输工具及施工方法等的依据。

此外，在给排水管道和构筑物工程施工中，常会遇到一些软弱土层，当天然地基的承载力不能满足要求时，就需要针对当地地基条件，采用合理、有效和经济的施工方案，对地基进行加固或处理。

本章将围绕上述特点叙述：土的工程性质及分类、施工场地平整、沟槽与基坑开挖、支撑设置、土方回填与夯实、地基加固处理及土石方爆破施工等内容。

第一节 土的工程性质及分类

一、土的组成

土是由岩石风化生成的松散沉积物。是由颗粒（固相）、水（液相）和气（气相）所

组成的三相体系。土体中颗粒大小和矿物成分差别很大，各组成部分的数量比例也不相同，土粒与其周围的水又发生复杂的作用。因此，要研究土的工程性质就必须了解土的组成。

(一) 土的固体颗粒

1. 土的颗粒级配

天然土是由无数大小不同的土粒所组成，逐个研究它们的大小是不可能的，通常是把大小相近的土粒合并为一组，称为粒组。不同的粒组具有不同的性质，工程上采用的粒组为六大粒组，即漂石、卵石、圆砾、砂粒、粉粒及粘粒，各粒组的进一步细分的粒径范围见表 1-1。

土 粒 粒 组 的 划 分 表 1-1

粒 组 名 称	粒径范围 (mm)	一 般 特 征
漂石或块石颗粒	>200	透水性大，无粘性，无毛细水
卵石或碎石颗粒	200~20	透水性大，无粘性，无毛细水
圆砾或角砾颗粒	20~2	透水性大，无粘性，毛细水上升高度不超过粒径大小
砂 粒	2~0.05 ^①	易透水，当混入云母等杂物时透水性减小，而压缩性增加；无粘性遇水不膨胀，干燥时松散；毛细水上升高度不大，随粒径变小而增大
粉 粒	0.05 ^① ~0.005	透水性小；湿时稍有粘性，遇水膨胀小，干时稍有收缩；毛细水上升高度较大较快，极易出现冻胀现象
粘 粒	<0.005	透水性很小；湿时有粘性，可塑性，遇水膨胀大，干时收缩显著；毛细水上升高度大，且速度较慢

①砂粒和粉粒的界限粒径，规范 GBJ7-89 采用 0.075mm。

土中某粒组的土粒含量为该粒组中土粒质量与干土总质量之比，常以百分数表示。而土中各粒组相对含量百分比称为颗粒级配。

为了确定土的级配，可用筛分法和比重计法测定。前者适用于粒径大于 0.075mm 的土，后者适于粒径小于 0.075mm 的土。

根据土粒分析试验结果，在半对数坐标纸上，以纵坐标表示小于某粒径的土粒含量百分比，横坐标表示粒径（用对数坐标），绘出如图 1-1 所示的颗粒级配曲线。

根据土粒级配曲线陡度可判定土的均匀程度。若颗粒级配曲线陡降，说明该土粒的粒径大小相差不悬殊，土粒较均匀，级配不好；若颗粒级配曲线平缓，说明该土粒的粒径大小相差悬殊，土粒不均匀，级配良好。

评价土的均匀程度的指标用不均匀系数 K_u ，其表达式为：

$$K_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \tag{1-1}$$

式中 d_{10} ——小于某粒径土粒质量累计百分数为 10% 时对应的粒径，称为有效粒径；

d_{60} ——小于某粒径土粒质量累计百分数为 60% 时对应的粒径，称为限定粒径。

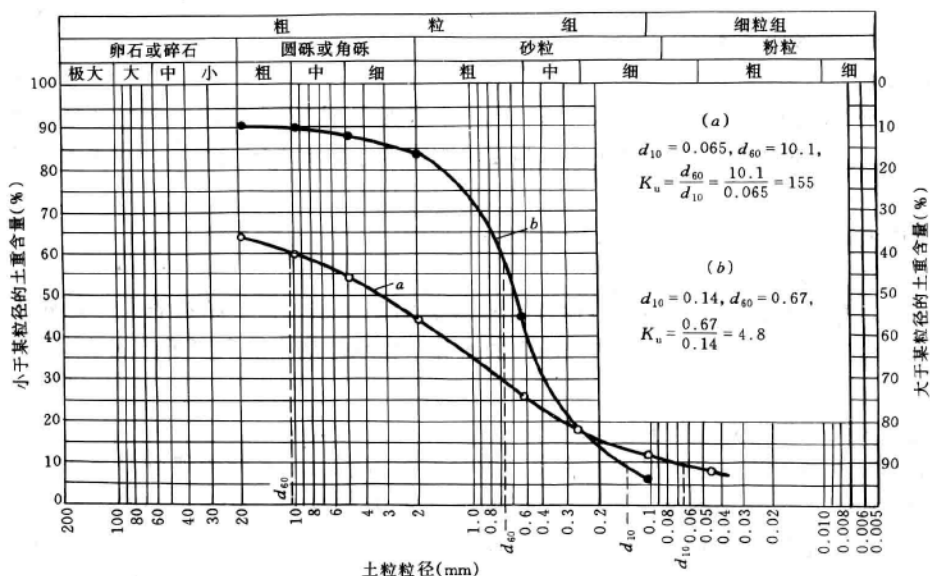


图 1-1 颗粒级配曲线示例

不均匀系数 K_u 愈大, 说明土粒愈不均匀, 颗粒级配曲线愈平缓, 级配良好; K_u 愈小土粒愈均匀, 颗粒级配曲线愈陡、级配不好。

在工程上 $K_u < 5$ 的土是均匀的, 级配不好; 当 $K_u > 5$ 时土是不均匀的, 但级配良好。

2. 土粒的矿物成分

土的固体颗粒构成土的骨架, 是由矿物所组成的。组成固体颗粒的矿物有原生矿物、次生矿物和有机化合物。

碎石土和砂土颗粒由原生矿物所组成, 即由石英、长石和云母等组成, 即大颗粒变为小颗粒的简单机械破碎。

粉粒的矿物成分是多样的, 主要是石英和难溶的盐类 CaCO_3 、 MgCO_3 等颗粒。

粘粒的矿物成分主要有粘土矿物、氧化物、氢氧化物和各种难溶盐类。它的颗粒很小, 在电子显微镜下观察到的形状为鳞片状或片状。粘土矿物由于晶片结合情况不同, 有蒙脱石、伊里石和高岭石三类。

高岭石的晶格结构较为稳定, 亲水性小, 故其膨胀性和可塑性较小, 对于其它物质的吸附能力也不大。

蒙脱石与高岭石比较起来, 具有截然不同的性质。蒙脱石的晶格结构不稳定, 水容易渗入, 亲水性就大, 它与水结合的能力远高于高岭石。当它与水作用时, 具有极大的膨胀性、可塑性。我国湖北、安徽和西南地区有一种膨胀土, 它不仅具有浸水后能严重膨胀, 而且具有水分蒸发后又严重收缩的性质, 这是因为这种土含有大量蒙脱石所致。

伊里石的性质介于高岭石与蒙脱石之间, 但比较接近于蒙脱石。

粘粒组除上述矿物外, 还有腐殖质等胶态物质, 它的颗粒很微小, 能吸附大量水分

子。

(二) 土中水和气体

1. 土中水

土中水可以处于液态、固态和气态。当土中温度在 0°C 以下时，土中水冻结成冰，形成冻土，其强度增大。但冻土融化后，强度急剧降低。至于土中气态水，对土的性质影响不大。

土中液态水可分为结合水和自由水：

(1) 结合水

结合水是指受电分子吸引力吸附于土粒表面的土中水。由于粘粒表面一般带有负电荷，使土粒周围形成电场，在电场范围内的水分子和水溶液中的阳离子一起被吸附在土粒表面。

结合水又可分为强结合水和弱结合水。

强结合水指紧靠土粒表面的结合水。它没有溶解能力，不能传递静水压力，只有在 105°C 温度时才蒸发。这种水性质接近固体，重力密度约为 $12 \sim 24\text{kN/m}^3$ ，冰点为 -78°C ，具有极大的粘滞度、弹性和抗剪强度（图 1-2）。

弱结合水指存在于强结合水外围的一层结合水。它仍不能传递静水压力，但水膜较厚的弱结合水能向邻近较薄水膜缓慢转移。粘性土中含有较多的弱结合水时，土具有一定的可塑性。

(2) 自由水

自由水是存在于土粒表面电场范围以外的水。它的性质与普通水一样，服从重力定律，能传递静水压力，冰点为 0°C ，有溶解能力。

自由水按其移动所受作用力的不同，可分为重力水和毛细水。

重力水：指受重力作用而移动的自由水。它存在于地下水位以下的透水层中。

毛细水：毛细水受到它与空气交界面处表面张力的作用，它存在于潜水位以上的透水土层中。当土孔隙中局部存在毛细水时，毛细水的弯液面和土粒接触处的表面张力反作用于土粒，使土粒之间由于这种毛细压力而挤紧，土因而具有微弱的粘聚力，称为毛细粘聚力。在施工现场常常可以看到稍湿状态的砂堆，能保持垂直陡壁达几十厘米高而不塌落，就是因为具有毛细粘聚力的缘故。

2. 土中气体

土中气体有与大气相连通的和封闭的。在粗粒土中常见到与大气相联通的空气，它对土的力学性质影响不大。在细粒土中则常存在与大气隔绝的封闭气泡，它在外力作用下具

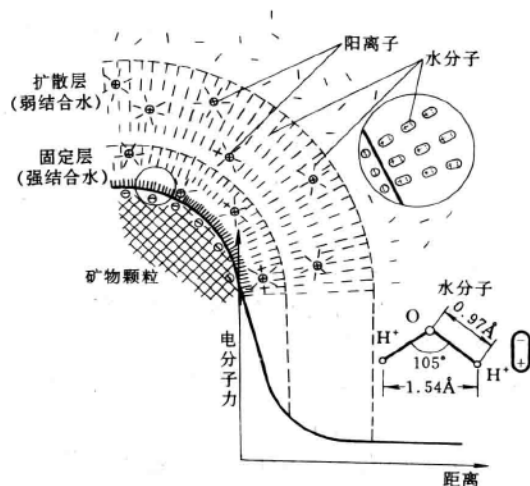


图 1-2 结合水分子定向排列及
其所受电分子力变化的简图

有弹性，并使土的透水性减小。

二、土的三相比例指标

土中的土粒、水和气三部分的质量（或重力）与体积之间的比例关系，随着各种条件的改变而变化，土的疏密、轻重、软硬、干湿等性质，可通过某些表示其三相组成比例关系的指标反映出来。

指标的定义：

以图 1-3 表示土的三相组成。图的左边表示土中各相的质量，右边表示各相所占的体积，并以下列符号表示各相的质量和体积：

m_s ——土粒的质量；

m_w ——土中水的质量；

m_a ——土中气的质量（ $m_a \approx 0$ ）；

m ——土的质量： $m = m_s + m_w$

V_s ——土粒的体积；

V_w ——土中水的体积；

V_a ——土中气的体积；

V ——土的体积： $V = V_s + V_w + V_a$

土中各相的重力可由质量乘以重力加速度得到，即：

土粒的重力： $G_s = m_s g$

土中水的重力： $G_w = m_w g$

土的重力： $G = m g$

下面按各指标的定义，由上列各符号写出各指标的表达式：

（一）土的密度 ρ

单位体积土的质量称为土的质量密度，简称土的密度，并以 ρ 表示：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

本指标须通过土工试验测定。试验时质量可以 g（克）为单位，体积以 cm^3 为单位， $1\text{g}/\text{cm}^3 = 1\text{t}/\text{m}^3$ 。天然状态下土的密度（天然密度）值变化较大。通常砂土， $\rho = 1.6 \sim 2.0\text{t}/\text{m}^3$ ；粘性土和粉土， $\rho = 1.8 \sim 2.0\text{t}/\text{m}^3$ 。

（二）土的重力密度 γ

单位体积土所受的重力称为土的重力密度，简称土的重度，并以 γ 表示：

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{m}{V} g = \rho g \quad (1-3)$$

式中 g ——重力加速度：

$$g = 9.80665\text{m}/\text{s}^2 \approx 10\text{m}/\text{s}^2$$

土的重度常用 kN/m^3 表示 [$10\text{kN} \approx 1\text{tf}$ （吨力）]，因此，通常砂土 $\gamma = 16 \sim 20\text{kN}/\text{m}^3$ ，粘性土和粉土， $\gamma = 18 \sim 20\text{kN}/\text{m}^3$ 。

（三）土粒相对密度（比重） d_s

土粒密度（单位体积土粒的质量）与 4°C 时纯水密度 ρ_{w1} 之比，称为土粒相对密度，

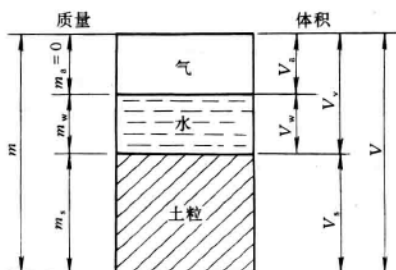


图 1-3 土的三相组成示意

或称土粒比重，并以 d_s 表示：

$$d_s = \frac{m_s}{V_s} \cdot \frac{1}{\rho_{w1}} \quad (1-4)$$

土 粒 比 重 参 考 值

表 1-2

土 的 类 别	砂 土	粉 土	粘 性 土	
			粉质粘土	粘 土
土 粒 比 重	2.65~2.69	2.70~2.71	2.72~2.73	2.73~2.74

(四) 土的含水量 w

土中水的质量与土粒质量之比（用百分数表示）称为土的含水量，并以 w 表示：

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-5)$$

含水量的数值和土中水的重力与土粒重力之比（用百分数表示）相同，即：

$$w = \frac{G_w}{G_s} \times 100\% \quad (1-6)$$

含水量是表示土的湿度的一个指标。天然土的含水量变化范围很大。含水量小，土较干；反之土很湿或饱和。土的含水量对粘性土、粉土的性质影响较大，对粉砂、细砂稍有影响，而对碎石土等没有影响。

(五) 土的干密度 ρ_d

单位体积土中土粒的质量称为土的干密度，并以 ρ_d 表示：

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-7)$$

土的干密度值一般为 $1.3 \sim 1.8 \text{ t/m}^3$ 。

工程上常以土的干密度来评价土的密实程度，并常用这一指标来控制填土的施工质量。

(六) 土的干重度 γ_d

土的单位体积内土粒所受的重力称为土的干重度，并以 γ_d 表示：

$$\gamma_d = \frac{G_s}{V} = \frac{m_s}{V} g = \rho_d g \quad (1-8)$$

(七) 土的饱和重度 γ_{sat}

土中孔隙完全被水充满时土的重度称为饱和重度，并以 γ_{sat} 表示：

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{G_s + \gamma_w V_v}{V} \quad (1-9)$$

式中 γ_w ——水的重度：

$$\gamma_w = \rho_w g$$

计算时可取水的密度 ρ_w 近似等于 4°C 时纯水的密度 ρ_{w1} ，即

$$\rho_w \approx \rho_{w1} = 1 \text{ t/m}^3$$

或

$$\gamma_w \approx 10 \text{ kN/m}^3$$

土的饱和重度一般为 $18 \sim 23 \text{ kN/m}^3$ 。

(八) 土的有效重度 γ'

地下水位以下的土受到水的浮力作用，扣除水的浮力的单位体积上所受的重力称为土的有效重度，并以 γ' 表示：

$$\gamma' = \frac{G_s - \gamma_w V_s}{V} \quad (1-10)$$

或

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \quad (1-11)$$

(九) 土的孔隙比

土中孔隙体积与土粒体积之比称为土的孔隙比，并以 e 表示：

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-12)$$

本指标采用小数表示。孔隙比是表示土的密实程度的一个重要指标。粘性土和粉土的孔隙比变化较大。一般来说， $e < 0.6$ 的土是密实的，土的压缩性小； $e > 1.0$ 的土是疏松的，压缩性高。

(十) 土的孔隙率 n

土中孔隙体积与总体积之比（用百分数表示）称为土的孔隙率，并以 n 表示：

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-13)$$

(十一) 土的饱和度 S_r

土中水的体积与孔隙体积之比（用百分数表示）称为土的饱和度，并以 S_r 表示：

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (1-14)$$

以往根据饱和度 S_r 的数值可把细砂、粉砂等土分为稍湿、很湿和饱和三种湿度状态，见表 1-3。

砂土湿度状态的划分

表 1-3

湿 度	稍 湿	很 湿	饱 和
饱和度 S_r (%)	$S_r \leq 50$	$50 < S_r \leq 80$	$S_r > 80$

三、无粘性土的密实度

砂土、碎石土统称为无粘性土，无粘性土的密实度对其工程性质有重要的影响。天然状态的松砂压缩性高，透水性强，强度与稳定性较差，是不良地基，反之紧密的砂则是良好的地基。

判别砂土的密实度的方法有几种。

采用天然孔隙比的大小来判别砂土的密实度，是一种较简捷的方法。但不足之处是不能反映砂土的级配和形状的影响。实践证明，有时较疏松的级配良好的砂土孔隙比，比较密的颗粒均匀的砂土孔隙比还小。因此，国内外不少单位都用砂土相对密度 D_r 作为砂土密实度分类指标。相对密度 D_r 为：

$$D_r = \frac{e_{\text{max}} - e}{e_{\text{max}} - e_{\text{min}}} \quad (1-15)$$

式中 $e_{\max}$ ——砂土最松散状态时的孔隙比；
 $e_{\min}$ ——砂土最密实状态时的孔隙比；
 e ——砂土的天然孔隙比。

若砂土天然孔隙比接近最小孔隙比 $e_{\min}$ 时相对密度 D_r 较大, 砂土处于较密实状态; 若 e 接近 $e_{\max}$, D_r 较小, 砂土处于疏松状态。根据 D_r 值可将砂土密实度划分为下列几种:

$$\begin{aligned} 1 \geq D_r > 0.67 & \quad \text{密实的} \\ 0.67 \geq D_r > 0.33 & \quad \text{中密的} \\ 0.33 \geq D_r > 0 & \quad \text{松散的} \end{aligned}$$

用相对密度表示砂土密实度, 要在现场采取原状砂样以求得土的天然孔隙比, 而取原状砂样常较困难。故规范推荐用现场标准贯入试验锤击数 N 确定砂土密实度, 标准如表 1-4。

砂 土 的 密 实 度				表 1-4
密 实 度	松 散	稍 密	中 密	密 实
标准贯入试验锤击数 N	$N \leq 10$	$10 < N \leq 15$	$15 < N \leq 30$	$30 < N$

碎石土可以根据野外鉴别方法分为密实、中密、稍密三种。

四、粘性土的物理特征

(一) 界限含水量

粘性土随着含水量的增加而分别处于固态、半固态、可塑及流动状态, 如图 1-4 所示。

粘性土由一种状态转到另一种状态的分界含水量, 称为界限含水量。土由可塑状态转到流动状态的界限含水量称为液限, 用符号 w_L 表示。由半固态转到可塑状态的界限含水量称为塑限, 用符号 w_p 表示。由固态转到半固态的界限含水量称为缩限, 用符号 w_s 表示。上述这些指标都用百分数表示。

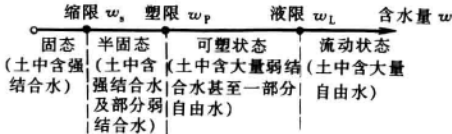


图 1-4 粘性土的物理状态与含水量的关系

土的界限含水量和土粒组成、矿物成分、土粒表面吸附阳离子性质等有关, 是这些因素的综合反映, 对粘性土的分类和工程性质评价有重要意义。

(二) 塑性指数和液性指数

液限和塑限是土处于可塑状态的上限和下限含水量。省去 % 符号后的液限和塑限的差值称为塑性指数, 用符号 I_p 表示, 即:

$$I_p = w_L - w_p \quad (1-16)$$

I_p 值越大, 土的可塑范围越宽, 表明土吸附的水量多、土的颗粒越细、矿物成分的吸水能力越强。因此, 塑性指数全面反映了影响粘性土特征的各种因素, 故规范按塑性指数对粘性土分类。

液性指数是判别粘性土软硬状态的指标, 是粘性土的天然含水量和塑限的差值 (除

去%)与塑性指数之比,用 I_L 表示,即:

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{w - w_p}{I_p} \tag{1-17}$$

根据液性指数值,可将粘性土划分为坚硬、硬塑、可塑、软塑及流塑五种状态,其划分标准见表 1-5。

粘性土状态的划分 表 1-5

状 态	坚 硬	硬 塑	可 塑	软 塑	流 塑
液性指数	$I_L \leq 0$	$0 < I_L \leq 0.25$	$0.25 < I_L \leq 0.75$	$0.75 < I_L \leq 1.0$	$I_L > 1.0$

五、土的工程分类

在建筑工程中,常把土作为建筑物地基,因此需要对土进行分类。

我国《建筑地基基础规范》规定:粗粒土按颗粒级配分类,细粒土按塑性指数分类。

(一) 碎石土

碎石土是粒径大于 2mm 的颗粒超过总重 50% 的土。

碎石土根据颗粒级配及形状分为漂石或块石、卵石或碎石、圆砾或角砾,其分类标准如表 1-6 所示。

碎 石 土 的 分 类 表 1-6

土 的 名 称	颗 粒 形 状	粒 组 含 量
漂 石 块 石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 200mm 的颗粒超过全重的 50%
卵 石 碎 石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 20mm 的颗粒超过全重的 50%
圆 砾 角 砾	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 2mm 的颗粒超过全重的 50%

(二) 砂土

砂土是指粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过全重 50%、粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重 50% 的土。

砂土按颗粒级配分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂。其分类标准见表 1-7。

砂 土 分 类 表 1-7

土 的 名 称	颗 粒 级 配
砾 砂	粒径大于 2mm 的颗粒占全重 25% ~ 50%
粗 砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒超过全重的 50%
中 砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒超过全重的 50%
细 砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重的 85%
粉 砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重的 50%

(三) 粉土

粉土是指塑性指数 I_p 小于或等于 10, 而粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土。

粉土含有较多粒径为 0.05~0.005mm 的粉粒, 其工程性质介乎粘性土和砂土之间。

(四) 粘性土

粘性土是指塑性指数 I_p 大于 10 的土。这种土含有大量的粘粒 ($<0.005\text{mm}$ 颗粒)。其工程性质不仅与粒度成分和粘土矿物的亲水性等有关, 而且与成因类型及沉积环境等因素有关。

粘性土按塑性指数 I_p 分为粉质粘土和粘土, 其分类标准见表 1-8。

粘性土按塑性指数分类

表 1-8

土 的 名 称	粉 质 粘 土	粘 土
塑 性 指 数	$10 < I_p \leq 17$	$I_p > 17$

(五) 人工填土

人工填土是指人类活动而形成的堆积物, 其物质成分较杂乱, 均匀性较差。按堆积物的成分, 人工填土分为素填土、杂填土和冲填土, 其分类标准见表 1-9。

人工填土按组成物质分类

表 1-9

土 的 名 称	组 成 物 质
素 填 土	由碎石土、砂土、粉土、粘性土等组成的填土
杂 填 土	含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土
冲 填 土	由水力冲填泥砂形成的填土

六、土的压实性

压实是指用机械的方法, 如静力的、振动的、冲击的设备使土密实, 压实可以认为是由于排除空气使土的孔隙减少。

当所施加的能量一定时, 压实效果取决于含水量。在一定的压实能量下使土最容易密实, 并能达到最大密实度时的含水量, 称为最优含水量, 用 w_{op} 表示。相对应的干密度称最大干密度, 以 ρ_{max} 表示。

最优含水量可用室内击实试验确定。在标准的击实方法的条件下, 不同含水量的土样, 可得到不同的干密度, 从而可绘制干密度 ρ_d 和含水量 w 的关系曲线, 称为击实曲线, 如图 1-5 所示, 图上最大干密度相对应的含水量即最优含水量。

对同一种土, 若改变击实能量, 则曲线的基本形态不变, 如图 1-6 所示, 但位置却发生移动, 随着击实能量的增大, 曲线向斜上方移动, 也即加大击实能量, 最大干密度增大, 最优含水量却减小。

当无击实试验资料时, 最大干密度可按下式计算:

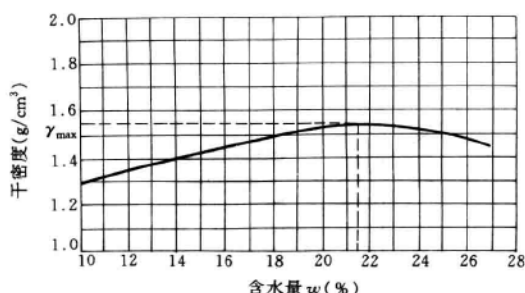


图 1-5 土的干密度与含水量关系

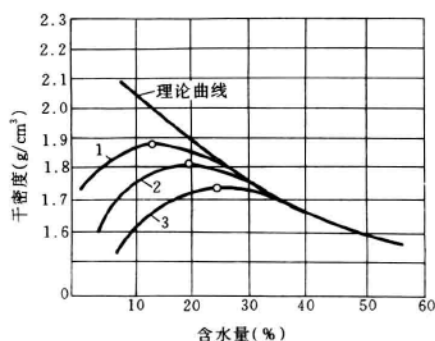


图 1-6 压实能量对压实效果的影响

$$\rho_{d \max} = \eta \frac{\rho_w d_s}{1 + 0.01 w_{op} d_s} \quad (1-18)$$

式中 $\rho_{d \max}$ ——压实填土最大干密度；

η ——经验系数，粘土取 0.95，粉质粘土取 0.96，粉土取 0.97；

ρ_w ——水的密度；

d_s ——土粒相对密度；

w_{op} ——最优含水量（%），可按当地经验或取 $w_p + 2$ ，粉土取 14~18。

当压实填土为碎石或卵石时，其最大干密度可取 $2.0 \sim 2.2 \text{ t/m}^3$ 。

施工时所控制的土的干密度 ρ_d 与最大干密度 $\rho_{d \max}$ 之比称为压实系数 λ_c 。在地基主要受力层范围内，按不同结构类型，要求压实系数达到 0.94~0.96 以上。

七、土的力学性质

（一）土的压缩性

地基土在压力作用下体积减少的性质，称为土的压缩性。

土的压缩性，从土的组成来说，不外乎是孔隙中水和气体体积的减小和固体颗粒的变形。研究表明：在压力变化不大的情况（一般在 100~600kPa 之间），颗粒和水的压缩量与土的总压缩量之比是很微小的，可以忽略不计。所以可以说，土体的压缩是由于其中孔隙体积的减小。

1. 压缩试验和压缩曲线

室内压缩试验，是用侧限压缩仪来进行的，仪器的构造如图 1-7 所示。

通过压缩试验，可以得到表示土的孔隙比 e 与压力 p 关系的压缩曲线（图 1-8）。

$e-p$ 曲线在压力 p_1 、 p_2 变化不大的情况下，其对应的曲线段，可近似看作直线，这段直线的斜率 $\tan \alpha$ ，称为土的压缩系数 a 。

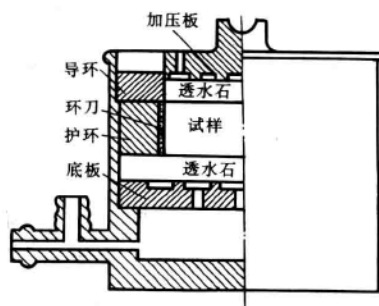


图 1-7 压缩仪