



普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材  
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

# 水 工 程 施 工

张 勤 李俊奇 主编  
常志续 主审

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“十五”规划教材  
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

# 水 工 程 施 工

张 勤 李俊奇 主编  
常志续 主审

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

水工程施工/张勤, 李俊奇主编. —北京: 中国建筑  
工业出版社, 2005  
普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材  
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材  
ISBN 7-112-06652-2  
I. 水... II. ①张... ②李... III. 水利工程-工  
程施工-高等学校-教材 IV. TV51  
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 143418 号

**普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材  
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材**

**水 工 程 施 工**

张 勤 李俊奇 主编

常志续 主审

\*

中国建筑工业出版社出版 (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: 787×960毫米 1/16 印张: 32 字数: 660千字

2005年1月第一版 2006年1月第二次印刷

印数: 5001—7500册 定价: 43.00元

ISBN 7-112-06652-2

TU·5806 (12606)

**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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书主要介绍水工程施工中常见的施工技术、工程施工组织与管理问题。全书分为三篇共 13 章。其中，第一篇介绍主要水工程构筑物的施工技术；第二篇介绍水工程管道施工技术与常用设备安装；第三篇阐述水工程施工组织与管理、施工组织计划技术、施工组织设计等有关工程项目管理基本知识。

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

\* \* \*

责任编辑：刘爱灵

责任设计：孙梅

责任校对：李志瑛 王金珠

# 前 言

本教材根据全国高等学校给水排水工程专业指导委员会确定的原则和《水工程施工》课程教学基本要求，在1998年6月出版的《给水排水工程施工》（第三版）的基础上进行修订。重新组成编写人员并将新教材更名为《水工程施工》。但是原《给水排水工程施工》（第一、二、三版）的主编徐鼎文、常志续、郑达谦先生以及所有编者对本教材所做的贡献是永存的，在本书中也采用了前版的许多资料。

本书由重庆大学张勤、北京建筑工程学院李俊奇担任主编和兰州交通大学张国珍、北京建筑工程学院王俊岭、昆明理工大学施永生、王琳、徐冰峰共同编写。具体分工为：张勤：第六、八、九、十一章和第四章第三节；李俊奇：第二、十、十二、十三章；张国珍：第一章和第四章第一、二、四、五节；施永生：第五章；王琳、徐冰峰：第三章；王俊岭：第七章。全书最后由张勤、李俊奇整理和修改。

本书由常志续先生担任主审。

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，书中难免存在缺点和欠妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2004年10月

## 高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

征订号	书 名	作 者	定价 (元)	备 注
12223	全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——给水排水工程专业	高等学校土建学科教学指导委员会给水排水工程专业指导委员会	17.00	
13101	水质工程学	李圭白 张杰	63.00	国家级“十五”规划教材
10305	给水排水管网系统	严煦世等	30.40	国家级“十五”规划教材
10304	水资源利用与保护	李广贺等	33.40	国家级“十五”规划教材
12605	建筑给水排水工程(第五版)	王增长等	36.00	土建学科“十五”规划教材
12167	水处理实验技术(第二版)	李燕城等	22.00	土建学科“十五”规划教材
10303	水工艺设备基础	黄廷林等	30.00	土建学科“十五”规划教材
10306	城市水工程概论	李圭白等	20.30	土建学科“十五”规划教材
11163	土建工程基础	沈德植等	28.00	土建学科“十五”规划教材
13496	城市水系统运营与管理	陈 卫等	39.00	土建学科“十五”规划教材
10302	水工程经济	张 勤等	39.40	土建学科“十五”规划教材
12607	水工程法规	张 智等	32.00	土建学科“十五”规划教材
12606	水工程施工	张 勤等	43.00	土建学科“十五”规划教材
12166	城市水工程建设监理	王季震等	24.00	土建学科“十五”规划教材
10355	有机化学(第二版)	蔡素德等	23.50	土建学科“十五”规划教材

以上为已出版的指导委员会规划推荐教材。欲了解更多信息, 请登陆中国建筑工业出版社网站: [www.china-abp.com.cn](http://www.china-abp.com.cn) 查询。

在使用本套教材的过程中, 若有何意见或建议, 可发 Email 至: [jiaocai@china-abp.com.cn](mailto:jiaocai@china-abp.com.cn)。

# 目 录

## 第一篇 水工程构筑物施工技术

<b>第一章 土石方工程与地基处理</b> .....	2
第一节 土的工程性质及分类.....	2
第二节 土石方平衡与调配 .....	21
第三节 土石方开挖与机械化施工 .....	27
第四节 沟槽及基坑支撑 .....	43
第五节 土方回填 .....	49
第六节 地基处理 .....	54
<b>第二章 施工排水</b> .....	64
第一节 概述 .....	64
第二节 明沟排水 .....	65
第三节 人工降低地下水位 .....	67
<b>第三章 钢筋混凝土工程</b> .....	81
第一节 钢筋工程 .....	81
第二节 模板工程 .....	96
第三节 混凝土的制备及性能.....	113
第四节 现浇混凝土工程施工.....	131
第五节 装配式钢筋混凝土结构吊装.....	144
第六节 水下灌注混凝土施工.....	151
第七节 混凝土的季节性施工.....	155
<b>第四章 水工程构筑物施工</b> .....	167
第一节 现浇钢筋混凝土水池施工.....	167
第二节 装配式预应力钢筋混凝土水池施工.....	174
第三节 沉井施工.....	182
第四节 地下水取水构筑物——管井施工.....	190
第五节 江河取水构筑物浮运沉箱法施工.....	204
<b>第五章 砌体工程</b> .....	209
第一节 砌体材料.....	209
第二节 粘接材料.....	211
第三节 砌体工程施工.....	214

## 第二篇 水工程管道施工技术 with 常用设备安装

<b>第六章 室外管道工程施工</b> ·····	224
第一节 室外给水管道施工·····	224
第二节 室外排水管道施工·····	244
第三节 管道的防腐、防震、保温·····	254
第四节 管道附属构筑物施工·····	266
<b>第七章 管道的特殊施工</b> ·····	270
第一节 管道的不开槽施工·····	270
第二节 管道穿越河流施工·····	300
第三节 地下工程交叉施工·····	311
<b>第八章 室内管道工程施工</b> ·····	313
第一节 管材与管道连接·····	313
第二节 阀门与仪表安装·····	330
第三节 建筑物内部给水系统安装·····	334
第四节 建筑物内部排水系统安装·····	342
第五节 卫生器具安装·····	347
<b>第九章 常用设备及自控系统安装</b> ·····	353
第一节 概述·····	353
第二节 水泵安装·····	353
第三节 其他设备安装·····	365
第四节 自动控制系统安装·····	368

## 第三篇 水工程施工组织与管理

<b>第十章 工程项目管理总述</b> ·····	372
第一节 水工程项目管理概述·····	372
第二节 工程施工招标投标与施工合同·····	378
第三节 施工项目目标控制·····	387
第四节 施工项目生产要素管理·····	397
第五节 工程建设监理·····	403
<b>第十一章 工程概算及预算</b> ·····	410
第一节 概述·····	410
第二节 工程定额·····	411
第三节 概、预算费用·····	415
第四节 工程概算、预算文件·····	421
第五节 工程施工结算·····	429



---

<b>第十二章 施工组织计划技术</b> .....	432
第一节 流水作业法 .....	432
第二节 网络计划技术 .....	441
<b>第十三章 施工组织设计的编制</b> .....	469
第一节 施工组织设计概述 .....	469
第二节 施工现场的暂设工程 .....	471
第三节 施工组织总设计 .....	483
第四节 单位工程施工组织设计 .....	490
主要参考书目 .....	501

# 第一篇

## 水工程构筑物施工技术

# 第一章 土石方工程与地基处理

土石方工程是水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、成本及工程质量的主要因素。

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。如给水排水管道施工属线型工程，长度常达数公里，甚至数十公里，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，施工前要作好调查研究，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，在给水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、土石方平衡与调配、土石方开挖与机械化施工、沟槽及基坑支撑、土方回填、地基处理等内容。

## 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,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、粉粒及黏粒,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)	一般特性
漂石或块石颗粒	>200	透水性大,无黏性,无毛细水
卵石或碎石颗粒	200~20	透水性大,无黏性,无毛细水
圆砾或角砾颗粒	20~2	透水性大,无黏性,毛细水上升高度不超过粒径大小
砂粒	2~0.05 <sup>①</sup>	易透水,当混入云母等杂物时透水性减小,而压缩性增加;无黏性遇水不膨胀,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 <sup>①</sup> ~0.005	透水性小;湿时稍有黏性,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
黏粒	<0.005	透水性很小;湿时有黏性,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

注:砂粒和粉粒的界限粒径,规范 GBJ 7—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。

#### 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  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{MgCO}_3$  等颗

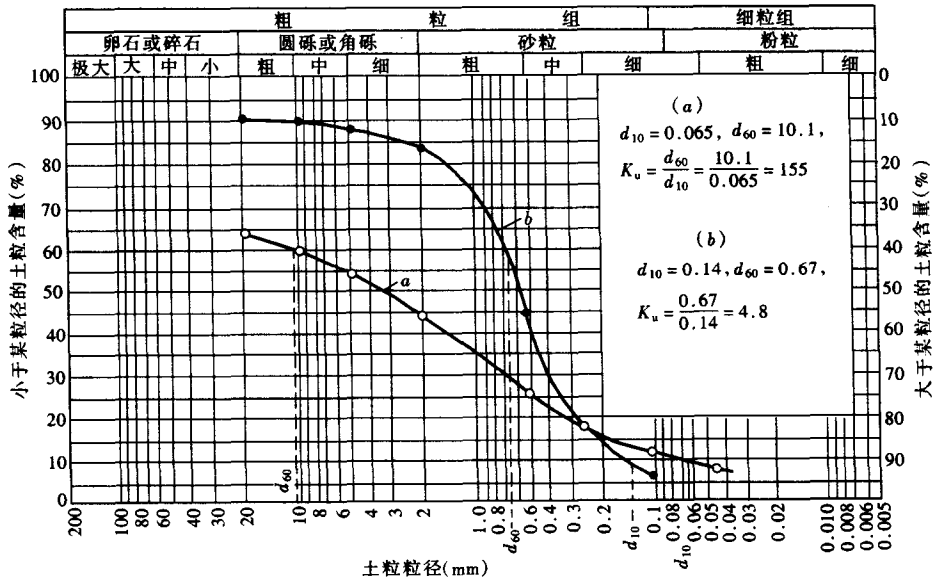


图 1-1 颗粒级配曲线示例

粒。

黏土的矿物成分主要有黏土矿物、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。黏土矿物依据晶片结合情况不同，有蒙脱石、伊里石和高岭石三类。

黏粒组除上述矿物外，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  $0^{\circ}\text{C}$  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。由于黏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  $105^{\circ}\text{C}$  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  $-78^{\circ}\text{C}$ ，具有极大的黏滞度、弹性和抗剪强度（图 1-2）。

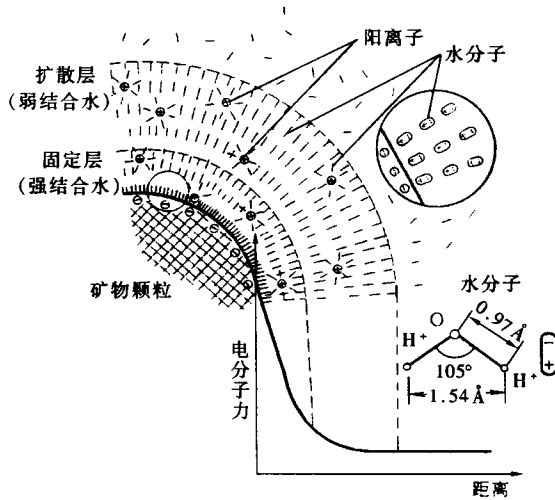


图 1-2 结合水分子定向排列及其所受电分子力变化的简图

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。黏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  $0^{\circ}\text{C}$ ，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力而挤紧，土因而具有微弱的黏聚力，称为毛细黏聚力。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，就是因为具有毛细黏聚力的缘故。

## 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

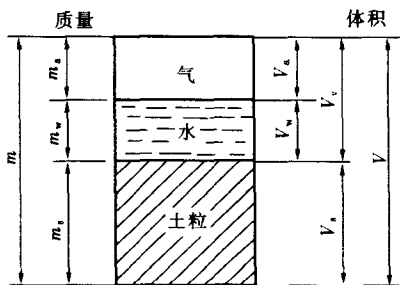


图 1-3 土的三相组成示意

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： $G = mg$

下面列出施工中常用各指标的含义和表达式：

(一) 土的质量密度  $\rho$

单位体积土的质量称为土的质量密度，简称土的密度，并以  $\rho$  表示：

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

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  $\text{cm}^3$  (立方厘米) 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， $\rho = 1.6 \sim 2.0\text{t}/\text{m}^3$ ；黏性土和粉土， $\rho = 1.8 \sim 2.0\text{t}/\text{m}^3$ 。

(二) 土的重力密度  $\gamma$

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  $\gamma$  表示：

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

式中  $g$ ——重力加速度， $g = 9.807\text{m}/\text{s}^2 \approx 10\text{m}/\text{s}^2$

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

(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℃时纯水密度 $\rho_{w1}$ 之比，称为土粒相对密度，或称土粒比重，并以 $d_s$ 表示（常见土粒比重见表1-2）。

$$d_s = \frac{m_s}{V_s} \cdot \frac{1}{\rho_{w1}} \quad (1-3)$$

土粒比重参考值

表 1-2

土的种类	砂 土	粉 土	黏 性 土	
			粉质黏土	黏 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：

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-4)$$

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：

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

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。土的含水量对黏性土、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 $\rho_d$

单位体积土中土粒的质量称为土的干密度，并以 $\rho_d$ 表示：

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-6)$$

土的干密度值一般为 $1.3 \sim 1.8t/m^3$ 。

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 $\gamma_d$

土的单位体积内土粒所受的重力称为土的干重度，并以 $\gamma_d$ 表示：

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

#### （七）土的饱和重度 $\gamma_{sat}$

土中孔隙完全被水充满时土的重度称为饱和重度，并以 $\gamma_{sat}$ 表示：

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + \gamma_w V_v}{V} \quad (1-8)$$

式中  $\gamma_w$ ——水的重度：

$$\gamma_w = \rho_w g$$



计算时可取水的密度  $\rho_w$  近似等于 4℃ 时纯水的密度  $\rho_{w1}$ ，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 ~ 23kN/m<sup>3</sup>。

(八) 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：

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-9)$$

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。黏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。

(九) 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：

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-10)$$

(十) 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：

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (1-11)$$

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、无黏性土的密实度

砂土、碎石土统称为无黏性土，无黏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