



世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

# 水工程施工

邵林广 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

# 水 工 程 施 工

主 编 邵林广  
副主编 朱 雷  
参 编 田长勋 钟 力  
主 审 张 勤

机械工业出版社

本书分为四篇，每篇自成体系。全书着重对给水排水构筑物施工、给水排水管道施工、给水排水设备的制作与安装、水工程施工组织与质量管理作了较全面而系统的介绍，不但总结了国内外成熟而广为应用的施工技术，而且充分反映了已在施工单位推广使用的新材料、新技术、新工艺。

本书取材新颖，内容丰富，针对适用，具有系统性、科学性和实践性。

本书既可作为高等学校给水排水工程本科、专科水工程施工课程教材，又可作为环境工程等专业管道工程施工教材及建筑水暖、市政工程有关施工技术人员培训教材，还可供建筑设计、市政工程建设与监理、给水排水管道工程维修等工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (C I P) 数据

水工程施工/邵林广主编. —北京: 机械工业出版社, 2008.6

21世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-24214-7

I. 水… II. 邵… III. ①给水工程—工程施工—高等学校—教材②排水工程—工程施工—高等学校—教材 IV. TU991.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 084837 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 刘 涛 责任编辑: 马军平

版式设计: 霍永明 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 王伟光 责任印制: 李 妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 33.5 印张 · 648 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 24214 - 7

定价: 48.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379720

封面防伪标均为盗版

# 前 言

本书是根据 2004 年 7 月在湖南衡阳召开的“普通高等教育建筑类教材建设研讨会”的精神，以及 2003 年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审定的关于“水工程施工”本科教学的基本要求编写的，是 21 世纪高等教育给水排水工程系列规划教材之一。

《水工程施工》较系统地论述了给水排水构筑物、管道工程等施工的理论与方法。在内容编写上，本书力求反映 21 世纪初水工程施工的新技术。本书详细地阐述了水工程施工的通用技术，而且对正在推广使用的新技术作了充分的反映；同时，对那些仍在沿用的传统施工技术也作了恰如其分的叙述；而对那些专业性很强的施工技术，则作了一般性介绍。

为适应市场经济的发展和对人才的需求，考虑到有利于学生毕业后择业，本书增编了管道及给排水设备制作与安装，以及水工程施工组织、质量管理、水工程施工监理等方面的内容。

水工程施工是一门涉及面广、实践性很强的专业课。本课程在教学方式上，应理论联系实际，结合生产实习或现场教学，引导学生自学，提高学习效果。在教学中，可根据各校专业方向，学生就业渠道，在学习内容上有所侧重与取舍。

本书由邵林广教授任主编，朱雷副教授任副主编，重庆大学张勤教授主审。第 1、2、6、7、9、11、12、13 章由武汉科技大学邵林广编写；第 3、4、10、14 章由武汉科技大学朱雷编写；第 5、8 章由平顶山工学院田长勋编写；第 15、16 章由武汉建工集团建安工程有限公司钟力编写。

本教材在编写过程中，得到了安徽国顿环保公司胡天媛高级工程师、武汉科技大学 2007 级研究生陈林、武汉生物工程学院陈健老师的大力支持和帮助。江苏宜兴泉溪环保设备有限公司、安徽国顿环保公司、武汉生宝实业有限公司、四川中嘉玻璃钢有限公司、湖北澄宇环保科技有限公司等厂家为本书的编写提供了产品样本和相关资料。谨向以上单位和个人表示衷心的感谢。

本书编写过程中，由于时间紧迫、编者水平有限，书中不妥之处，真诚地欢迎广大师生和读者不吝指正。

编 者

# 目 录

前言

## 第 1 篇 给水排水构筑物施工

<b>第 1 章 沟槽、基坑施工</b> .....	2
1.1 土的工程性质及分类 .....	3
1.2 施工测量与放线 .....	13
1.3 沟槽断面与土方量计算 .....	14
1.4 沟槽、基坑开挖 .....	16
1.5 沟槽、基坑支撑 .....	23
1.6 地基处理 .....	29
1.7 土方回填 .....	35
复习思考题 .....	37
<b>第 2 章 施工排水</b> .....	38
2.1 集水井排水 .....	39
2.2 人工降低地下水位 .....	40
复习思考题 .....	49
<b>第 3 章 钢筋混凝土工程</b> .....	50
3.1 钢筋工程 .....	51
3.2 模板工程 .....	61
3.3 混凝土的制备 .....	68
3.4 现浇混凝土工程 .....	82
3.5 混凝土的季节性施工 .....	91
3.6 水下混凝土灌注施工 .....	97

复习思考题 .....	102
<b>第 4 章 给水排水工程构筑物施工</b> .....	103
4.1 现浇钢筋混凝土水池施工 .....	103
4.2 装配式预应力钢筋混凝土水池施工 .....	109
4.3 沉井施工 .....	116
4.4 管井施工 .....	124
4.5 江河水取水构筑物施工 .....	136
复习思考题 .....	142
<b>第 5 章 砌体工程</b> .....	144
5.1 脚手架的搭设 .....	144
5.2 砌体材料 .....	149
5.3 粘接材料 .....	151
5.4 砖砌体施工 .....	153
5.5 毛石砌体工程 .....	161
5.6 中小型砌块墙施工 .....	163
5.7 抹灰工程 .....	164
复习思考题 .....	165

## 第 2 篇 给水排水管道施工

<b>第 6 章 管材、附件及常用材料</b> .....	168
6.1 管子及其附件的通用标准 .....	168
6.2 管材 .....	171
6.3 管道附件 .....	202
6.4 常用辅材 .....	214
复习思考题 .....	224
<b>第 7 章 管道的加工与连接</b> .....	225
7.1 施工准备 .....	225
7.2 管道切断 .....	228
7.3 弯管的加工 .....	230
7.4 三通管及变径管的加工 .....	235
7.5 管道连接 .....	236
7.6 钢管的法兰连接 .....	247

7.7 铜管连接 .....	251
复习思考题 .....	253
<b>第 8 章 地下给水排水管道开槽施工</b> .....	<b>254</b>
8.1 下管与稳管 .....	254
8.2 给水管道施工 .....	256
8.3 排水管道施工 .....	268
8.4 管道工程质量检查与验收 .....	276
复习思考题 .....	283
<b>第 9 章 地下给水排水管道不开槽施工</b> .....	<b>285</b>
9.1 概述 .....	285
9.2 掘进顶管 .....	286
9.3 挤压土顶管 .....	305
9.4 管道牵引施工简介 .....	308
9.5 盾构施工简介 .....	309
复习思考题 .....	310
<b>第 10 章 建筑给水排水管道及卫生设备施工</b> .....	<b>311</b>
10.1 施工准备及配合土建施工 .....	311
10.2 给水系统施工 .....	316
10.3 排水系统施工 .....	322
10.4 卫生设备施工 .....	331
10.5 高层建筑给水排水系统施工 .....	338
10.6 室内给水排水系统试压与验收 .....	350
复习思考题 .....	354

### 第 3 篇 给水排水设备的制作与安装

<b>第 11 章 给水排水设备的制作</b> .....	<b>358</b>
11.1 概述 .....	358
11.2 碳素钢管道与设备制作 .....	359
11.3 塑料给水排水设备制作 .....	365
11.4 玻璃钢设备制作 .....	370
复习思考题 .....	373
<b>第 12 章 设备的安装与运行管理</b> .....	<b>374</b>

12.1 常用设备的安装 .....	375
12.2 专用设备的安装 .....	388
12.3 自动控制系统的安装 .....	429
12.4 水工程设备的运行管理 .....	431
复习思考题 .....	437
<b>第 13 章 管道及设备的防腐与保温 .....</b>	<b>438</b>
13.1 管道及设备的表面处理 .....	438
13.2 管道及设备的防腐 .....	440
13.3 管道及设备的保温 .....	447
复习思考题 .....	461
<b>第 4 篇 水工程施工组织与质量管理</b>	
<b>第 14 章 水工程施工组织 .....</b>	<b>464</b>
14.1 概述 .....	464
14.2 施工原始资料的调查分析 .....	465
14.3 施工组织设计工作 .....	467
14.4 施工现场暂设工程 .....	469
14.5 流水作业法 .....	470
14.6 网络计划技术 .....	478
14.7 施工组织设计的编制 .....	482
复习思考题 .....	492
<b>第 15 章 水工程施工质量管理 .....</b>	<b>493</b>
15.1 概述 .....	493
15.2 质量管理体系的组成 .....	495
15.3 质量和质量管理体系的基本概念 .....	496
15.4 质量管理体系的基本原理 .....	497
15.5 质量管理体系基础 .....	499
15.6 项目施工的质量保证 .....	509
15.7 质量手册的编制 .....	511
15.8 项目工序质量控制 .....	515
复习思考题 .....	516
<b>第 16 章 水工程建设监理 .....</b>	<b>518</b>



---

16.1 概述 .....	518
16.2 设计阶段的监理 .....	519
16.3 施工阶段的监理 .....	519
复习思考题 .....	525
参考文献 .....	526

第 1 篇

---

# 给水排水构筑物施工

## 第 1 章

# 沟槽、基坑施工

沟槽、基坑施工是给水排水工程施工中的主要项目之一。基坑、管沟土方开挖、回填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、成本及工程质量的重要因素。

沟槽、基坑施工具有以下特点：

(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。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，长度常达数千米，甚至数十千米，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，也要求土体有足够的强度和稳定性。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，施工前要作好调查研究，搜集足够的资料，充分了解施工区域地形地貌、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。当室外给水排水管道和构筑物工程施工告一段落时，应及时进行土方回填。

## 1.1 土的工程性质及分类

### 1.1.1 土的组成

#### 1. 土的三相

土由矿物固体颗粒、水分和空气组成，称为土的三相。其中固相为矿物颗粒及有机质；液相为水；气相为空气。矿物颗粒有大小不等的粒径和形状，从漂石至细微的粘土颗粒。粒径大小称为粒度。相近粒度的颗粒划分为一组。

矿物固体颗粒由各种矿物组成，是土的主要成分，也是决定土性质的主要因素。矿物固体颗粒构成土的骨架，颗粒之间有孔隙，水与空气填充其间。土中的水分分为自由水、弱结合水和强结合水。可在土的孔隙间流动的水为自由水，又称为自由地下水，简称地下水。强结合水是紧附在矿物固体颗粒表面的一层水，无出水性，其性质接近于固体，不冻结，土受压时不移动，在 105℃ 以上蒸发。薄膜水在强结合水的外层，离颗粒表面越远，越能从固态转变为自由水。土中水还以水汽状态存在。由于土的三相是混合分布的，矿物颗粒间又有孔隙，因此，土具有碎散性、压缩性，土颗粒间具有相对移动性和透水性。

#### 2. 土的主要物理性质

(1) 土的密度  $\rho$  自然状态下单位体积土的质量，称为土的密度，即

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

式中  $m$ ——自然状态下土的质量；

$V$ ——自然状态下土的体积。

单位体积内干土颗粒质量称为土的干密度  $\rho_d$ ，即

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-2)$$

式中  $m_s$ ——自然状态下体积为  $V$  的土烘干后土颗粒的质量。

土孔隙充水饱和的单位体积土的质量称为饱和密度，即

$$\rho_s = \frac{m_s + V_s \rho_w}{V} \quad (1-3)$$

式中  $V_s$ ——土颗粒的体积；

$\rho_w$ ——水的密度 (1000kg/m<sup>3</sup>)。

土的密度与土压密程度有关，土愈密实，土的密度愈大。

(2) 土的天然含水率  $\omega$  和土的饱和度 (润湿度)  $S_r$  土的天然含水率  $\omega$  又称质量含水率，是一定体积的土内水质量  $m_w$  与颗粒质量  $m_s$  之比的百分数，即

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

土的天然含水量变化范围很大,土的含水量与土颗粒的矿物性质、埋藏条件等因素有关。

土的饱和度  $S_r$  又称土的相对含水量,表示土的孔隙中有多少部分充满了水,即土内水的体积  $V_w$  与孔隙体积  $V_v$  之比

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (1-5)$$

完全干的土,  $V_w = 0$ , 则  $S_r = 0$ ; 完全饱和的土,  $V_w = V_v$ , 则  $S_r = 100\%$ 。工程上根据饱和度不同,将土分为稍湿土、湿土和饱和土三种。按《地基基础设计规范》规定:饱和度在 50% 以下的土称稍湿土;饱和度在 50% ~ 80% 为湿土;饱和度在 80% ~ 100% 为饱和土。

(3) 土中固体颗粒的相对密度  $d_s$  土中固体颗粒单位体积的质量与水在 4℃ 时单位体积的质量之比称土中固体颗粒的相对密度,简称颗粒的相对密度,即

$$d_s = \frac{m_s}{V_s \rho_w} \quad (1-6)$$

式中  $\rho_w$ ——4℃ 时水的单位体积质量为 1000kg/m<sup>3</sup>。

土颗粒相对密度取决于土的矿物和有机物组成,粘土颗粒相对密度一般为 2.7 ~ 2.75,砂土颗粒相对密度一般为 2.65。

(4) 土的孔隙度  $n$  和孔隙比  $e$  孔隙度和孔隙比都是表明土的松密程度的指标。孔隙度表示土内孔隙所占的体积,用百分数表示;孔隙比为土内孔隙体积与土粒体积之比,即

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-7)$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-8)$$

但是,土样的孔隙度在土样被压缩前后是变化的。孔隙度无法表示压缩量多少,因为土被压缩后,土的总体积改变了,土的孔隙体积也变了。压缩量  $\Delta h$  表示为

$$\Delta h = \frac{e_1 - e_2}{1 - e_1} h \quad (1-9)$$

式中  $e_1$ ——压缩前土的孔隙比;

$e_2$ ——压缩后土的孔隙比;

$h$ ——压缩前土层厚度。

孔隙度和孔隙比是根据土的密度、含水量和相对密度实验的结果,经计算求得。

### 1.1.2 土的状态指标

土的状态指标就是土的松密程度和软硬程度的指标。标准贯入试验锤击数是非粘性土（砂、卵石等）的松密程度指标。砂类土密实程度标准见表 1-1。

表 1-1 砂土的密实度

密实度	松散	稍密	中密	密实
标准贯入试验锤击数	$N \leq 10$	$10 < N \leq 15$	$15 < N \leq 30$	$N > 30$

这种分类方法简便，但是没有考虑砂土颗粒级配对砂土分类可能产生的影响。密实度反映土的承载能力。用孔隙比  $e$  值来表示砂土的密实程度时，可能会因颗粒形状而导致不能正确反映。例如，颗粒均匀的密砂， $e$  较大；而颗粒不均匀的松砂，则  $e$  较小。因此，应该用相对密实度  $D_r$  表示砂土的密实状态，即

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (1-10)$$

式中  $e$ ——砂土的天然孔隙比；

$e_{\max}$ ——砂土的最大孔隙比；

$e_{\min}$ ——砂土的最小孔隙比。

砂土密实程度与相对密度  $D_r$  关系见表 1-2。

表 1-2 砂土密实与相对密度  $D_r$

砂土密度	松散	中密	密实
相对密度 $D_r$	$0.33 \geq D_r > 0$	$0.67 \geq D_r > 0.33$	$1 \geq D_r > 0.67$

根据野外鉴别方式，碎石土分为密实、中密、稍密三种。

天然状态下粘性土的软硬程度取决于含水量多少：干燥时呈密实固体状态；在一定含水量时具有塑性，称塑性状态，在外力作用下能沿力的作用方向变形，但不断裂也不改变体积；含水量继续增加，大多数土颗粒被自由水隔开，颗粒间摩擦力减小，土具有流动性，力学强度急剧下降，称流动状态。按含水量的变化，粘性土可呈 4 种状态：流态、塑态、半固态、固态。流态、塑态、半固态和固态之间分界的含水量，分别称为流性界限（又称液限） $\omega_L$ 、塑性界限（又称塑限） $\omega_P$  和收缩界限  $\omega_S$ 。

土的组成不同，塑限和液限也不同。应用液性指数  $I_L$  来表示土的软硬程度，即

$$I_L = \frac{\omega - \omega_P}{\omega_L - \omega_P} \quad (1-11)$$

式中  $\omega$ ——土的天然含水量；

$\omega_P$ ——土的塑限；

$\omega_L$ ——土的液限。

当  $I_L \leq 0$  时, 土处于固态或半固态; 当  $0 < I_L < 1$  时, 土处于塑态; 当  $I_L \geq 1$  时, 土处于流态。如果土中的粘土颗粒较多, 则土颗粒的比表面积较大, 需有较大的含水量才能使土呈塑态和流态, 因而流限和塑限都要高些。

在土的流限和塑限之间, 土呈塑态。流限与塑限之差称为塑性指数  $I_P$ , 即

$$I_P = \omega_L - \omega_P \quad (1-12)$$

塑性指数是反映土的粒径级配、矿物成分和溶解于水中盐分等土组成情况的一个指标。粘性土可按塑性指数值来分类, 见表 1-3。

表 1-3 粘性土分类

粘性土分类	轻亚粘土	亚粘土	粘土
塑性指数 $I_P$	$3 < I_P \leq 10$	$10 < I_P \leq 17$	$I_P \geq 17$

### 1.1.3 土的压缩性

土颗粒之间有孔隙。土受压力作用后, 孔隙体积被压缩, 这是土的压缩性。与土中孔隙相比, 土中颗粒和水可以认为是不被压缩的。因此, 土体压缩可以认为只是土中孔隙被压缩, 孔隙体积  $V_v$  减少。压力越大, 孔隙体积减少越多。被水充盈的土孔隙, 只有当水被排走后才会被压缩。土在压力作用下, 土内孔隙水排出, 孔隙体积减少, 土的骨架与孔隙水所受的压力逐渐调整, 三者同时进行, 是一个排水、体积减少和压力传递的过程。在一定压力作用下, 这个过程从起始到终结要经历一定时间。因此, 土压缩是一个时间过程。压缩过程时间的长短, 随土质、压力和含水量的不同而不同。

### 1.1.4 土的渗透性

土的渗透性表示土的透水的性质, 其定量表示为单位时间天 (d) 内水在土层中行经的距离 (m)。土的渗透性用渗透系数  $K$  表示。土的渗透系数大小取决于土的种类、土颗粒大小和粒径级配、均匀性和土的密实程度等。同一种土的渗透系数是随土的紧密程度而变化的。

1) 砂土的渗透系数  $K$  与有效粒径的经验公式为

$$K = cd_{10}^2(0.7 + 0.03t) \quad (1-13)$$

式中  $K$ ——渗透系数 (m/d);

$d_{10}$ ——颗粒的有效粒径 (mm);

$t$ ——渗透水的温度 (°C);

$c$ ——常数, 粘土质砂为 500~700, 纯砂为 700~1000。

2) 几种土渗透系数的经验值见有关设计手册。但在各种实际计算中, 为精确起见, 渗透系数一般应实测确定。

### 1.1.5 土的可松性和压密性

天然原状土经过开挖、运输、堆放而松散使体积增大，称作土的可松性；挖填或取土回填，填压后会压实，使得体积减小称为土的施工压缩。

土经过开挖、运输、堆放而松散，松散土与原土的体积之比用可松性系数  $K_1$  表示，即

$$K_1 = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-14)$$

土经过开挖、运输、回填、压实后仍较原土体积增大，最后体积与原土体积之比用可松性系数  $K_2$  表示，即

$$K_2 = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-15)$$

式中  $V_1$ ——开挖前土的自然密实体积；

$V_2$ ——开挖后土的松散体积；

$V_3$ ——压实后土的体积。

土的可松性系数大小取决于土的种类，见表 1-4。

表 1-4 土的可松性系数

土的名称	体积增加百分比		可松性系数	
	最初	最后	$K_1$	$K_2$
砂土、轻亚粘土	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.0~1.03
种植土、淤泥、淤泥质土	20~30	3~4	1.2~1.30	1.0~1.04
亚粘土、潮湿黄土、砂土混碎(卵)石、轻亚粘土混碎(卵)石、素填土	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
粘土、重亚粘土、砾石土、干黄土、黄土混碎(卵)石、亚粘土、混碎(卵)石、压实素填土	24~80	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
重粘土、粘土混碎(卵)石、卵石土、密实黄土、砂岩	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
泥灰岩	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
软质岩石、次硬质岩石	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
硬质岩石	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

注：1.  $K_1$  是用于计算挖方工程量、装运车辆及挖土机械的主要参数。

2.  $K_2$  是计算填方所需挖土工程量的主要参数。

3. 最初体积增加百分比 =  $\frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$ ；最后体积增加百分比 =  $\frac{V_3 - V_1}{V_1} \times 100\%$ 。

土的压实或夯实程度用压实系数  $\lambda_c$  表示，即



$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{\max}} \quad (1-16)$$

式中  $\rho_d$ ——土的控制干密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$\rho_{\max}$ ——土的最大干密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

土的密实度和土的含水量有关。土中水没有被排除, 空隙比不会减少。但如果沒有合适的含水量, 颗粒间缺乏必要的润滑, 压实时能量消耗大。输入最小能量而导致最大干密度的含水量, 称为土的最佳含水量。当土的自然含水量低于最佳含水量 2% 时, 土在回填前要洒水渗浸。土的自然含水量过高, 应在压实或夯实前晾晒。

### 1.1.6 土的抗剪强度

土的抗剪强度是土抵抗剪切破坏的性能。

通过直剪仪测定土的抗剪强度。如图 1-1 所示, 土样放在面积为  $A$  的剪力盒内, 并受垂直压力  $N$  和水平力  $T$  作用, 此时, 在土样内产生法向应力  $\sigma$ , 即

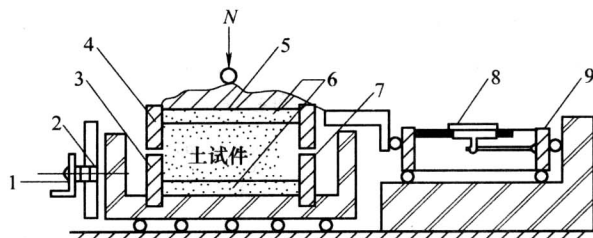


图 1-1 土的切应力实验装置示意

1—手轮 2—螺杆菌 3—上盒 4—下盒 5—传压板 6—透水石  
7—开缝 8—测微计 9—弹性量力环

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (1-17)$$

而在剪切面上产生切应力  $\tau$ , 即

$$\tau = \frac{T}{A} \quad (1-18)$$

$\tau$  随  $T$  的增大而增大。但  $T$  在一定限值内并不会导致土样剪切破坏。这是因为在剪切面上产生的切应力小于土的抗剪强度时, 土样就不会被剪坏。当  $T$  增加到  $T'$  时, 在剪切面发生土颗粒相互错动, 土样破坏。土样开始破坏时, 剪切面上的切应力称土的抗剪强度。

$T'$  随垂直压力  $N$  增大而增大。土的抗剪强度由剪切试验求得。

以不同的  $N$  和  $T$  进行多次试验 (3~5 次), 在直角坐标纸上绘出法向应力与抗剪强度的  $\tau$  的关系曲线, 如图 1-2 所示。由此得到砂土的抗剪强度的计算