



建筑施工安全技术培训丛书

土方工程施工 安全技术

主编 苏娜

JIANZHU SHIGONG ANQUAN JISHU



中国劳动社会保障出版社

建筑施工安全技术培训丛书

土方工程施工 安全技术

主 编 苏 娜

编写人员 武 杰 栾建宏

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

土方工程施工安全技术/苏娜主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2006

建筑施工安全技术培训丛书

ISBN 7-5045-5607-6

I. 土… II. 苏… III. 土方工程-工程施工-安全技术-技术培训-教材 IV. TU751

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 034295 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
850 毫米×1168 毫米 32 开本 9.375 印张 225 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

定价: 19.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

内 容 简 介

建筑施工作业属于高危行业，近年来随着我国基本建设工程规模的逐年扩大，伤亡事故起数和死亡人数一直居高不下，部分地区建设工程领域安全生产形势十分严峻，其中土方工程施工中的群死群伤、重特大事故时有发生，土方工程施工安全技术问题越来越被人们所重视。针对上述情况，本书从以下方面系统介绍了土方工程施工安全技术知识：土的性质、分类及现场鉴别；特殊土的性质；土方开挖施工；基坑的支护结构和监测；顶管施工和盾构施工；土方回填和压实；地下水的控制；土方事故案例分析及预防措施等。

本书为“安博士建筑施工安全技术培训系列丛书”之一，既可作为建设施工企业负责人、项目负责人、专职安全生产管理人员的安全生产培训用书；也可作为土木工程技术人员、监理人员的必备参考书。

本书由苏娜主编。

进一步提高对安全生产工作重要性的认识

党中央和国务院高度重视安全生产工作。党的十六届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》（以下简称《建议》）将安全生产工作作为重要方面加以强调。胡锦涛总书记、温家宝总理多次就安全生产工作作出重要批示，要求我们以对人民群众高度负责的态度做好安全生产工作。

建筑安全生产直接涉及到建筑劳动者的生命安全，与人民群众的根本利益息息相关。搞好建筑施工安全生产工作，是建设系统各级领导认真践行“三个代表”重要思想的直接体现，也是贯彻落实科学发展观和构建社会主义和谐社会的内在要求。党的十六届五中全会指出，必须坚持“节约发展、清洁发展、安全发展，实现可持续发展”，安全发展是科学发展观的重要内涵之一，

编者注：本文摘自国家建设部黄卫副部长于2005年11月24日《在部分地区及有关城市建设行政主管部门负责人安全生产约谈会上的讲话》，代作为“安博士建筑施工安全技术培训系列丛书”的前言。本丛书共计七册：①土方工程施工安全技术；②脚手架工程安全技术；③建筑施工起重、吊装、拖运安全技术；④高处作业安全防护技术；⑤模板工程安全技术；⑥建筑施工用电安全技术；⑦建筑施工电气焊安全技术。在此，我们谨代表丛书作者对黄卫副部长给予的大力支持表示衷心的感谢。

科学发展首先需要安全发展，各个经济领域和各行各业的发展都必须以安全为前提和保障。建筑业的健康、持续、快速发展，绝不能以损害劳动者的生命安全和身体健康作为代价。建筑业在为国民经济作出重要贡献的同时，必须保障安全生产，这样才能与全面建设小康社会的要求相适应。安全的发展还是构建社会主义和谐社会的重要内容，有能力切实保障社会成员的生命财产安全，正是一个社会文明、进步、和谐、发展的基本标志。

我们一定要认真贯彻落实党的十六届五中全会精神，贯彻落实党中央、国务院领导的重要指示，以科学发展观统领安全工作全局，科学认识和正确把握建筑安全生产的特点和规律，自觉履行法定职责，用好人民赋予的权力，警钟长鸣，长抓不懈，兢兢业业，求真务实，切实保障人民生命财产安全，为全面建设小康社会创造安全稳定的社会和经济环境。

国家建设部副部长 黄卫

目 录

第一章 土的性质、分类及现场鉴别.....	(1)
第一节 土的性质.....	(1)
第二节 土的颗粒组成与分类.....	(5)
第三节 土的现场鉴别.....	(12)
第二章 特殊土.....	(15)
第一节 湿陷性黄土.....	(15)
第二节 膨胀土.....	(16)
第三节 软土.....	(17)
第四节 盐渍土.....	(19)
第五节 冻土.....	(20)
第三章 土方的施工准备和土方开挖.....	(28)
第一节 土方的施工准备工作.....	(28)
第二节 土方(含特殊土)开挖的一般要求.....	(31)
第三节 浅基坑、槽和管沟开挖.....	(34)
第四节 深基坑工程的挖土形式.....	(37)
第五节 开挖土方机械及安全措施.....	(45)

目 录

第四章 基坑的支护结构和基坑的监测	(55)
第一节 支护结构的类型及选型	(56)
第二节 支护结构施工	(73)
第三节 基坑的监测	(124)
第五章 顶管施工和盾构施工	(133)
第一节 顶管法施工	(133)
第二节 盾构施工	(136)
第六章 土方回填和压实	(139)
第七章 地下水控制	(146)
第一节 排水	(147)
第二节 降水和截水	(149)
第八章 土方事故案例分析及预防措施	(164)
附录1 土方开挖施工方案和基坑支护(土钉墙支护)方案实例	(180)
1.1 土方开挖施工方案	(180)
1.2 基坑支护(土钉墙支护)方案	(198)
附录2 相关技术标准和规程	(224)
2.1 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—99 (节选)	(224)
2.2 《建筑施工安全检查标准》(JGJ 59—99)	(243)

2.3 《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ 80—91)	
(节选)	(279)
2.4 《建筑安装工人安全技术操作规程》(节选) ...	(285)

第一章 土的性质、分类及现场鉴别

了解、掌握有关土的性质、分类及现场鉴别方面的知识，是掌握土方工程施工安全技术的基本知识之一。土方工程施工实践证明，重视并正确应用这方面的知识，对于土方工程施工安全生产关系极大。

第一节 土 的 性 质

一、土的基本物理性质指标

土一般是由固相（土颗粒）、液相（水）和气相（空气）三部分组成的。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。表示土的三部分之间关系的指标也就是土的基本物理性质指标。

1. 密度（ ρ ）。即单位体积土的质量，又称为质量密度，单位用 t/m^3 表示。密度、质量、体积之间的关系表达式为：

$$\rho = m/V$$

2. 重度（ γ ）。即单位体积土所受的重力，又称为重力密度，单位用 kN/m^3 表示。它和密度之间的关系为：

$$\gamma = \rho g$$

3. 相对密度（ d_s ）。即土颗粒单位体积的质量与 4°C 时蒸馏

水的密度之比。因为它是密度之比所以没有单位。

4. 干密度 (ρ_d)。即干燥状态下,土的单位体积的质量,单位用 t/m^3 表示。

5. 干重度 (γ_d)。即干燥状态下,土的单位体积所受的重力,单位用 kN/m^3 表示。它与干密度相对应,密度表达的是质量,重度表达的是重力。

6. 含水率 (ω)。即土中水的质量与颗粒质量之比,也称为含水量,用百分率表示。含水率是表示土的湿度的一个指标。天然土的含水率变化范围很大。含水率越小,土越干;反之,土越湿或越接近饱和。

7. 饱和密度 (ρ_{sat})。即土中孔隙完全被水充满时土的密度,单位用 t/m^3 表示。

8. 饱和重度 (γ_{sat})。即土中孔隙完全被水充满时土的重度,单位用 kN/m^3 表示。它与饱和密度相对应。

9. 有效重度 (γ')。即地下水位以下的土受到水的浮力作用,扣除水浮力后单位体积土所受的重力称为土的有效重度,又称为浮重度,单位用 kN/m^3 表示。

10. 孔隙比 (e)。即土中孔隙体积与土粒体积之比,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的指标。

11. 孔隙率 (n)。即土中孔隙体积与土的总体积之比,用百分率表示。

12. 饱和度 (S_r)。即土中水的体积与孔隙体积之比,用百分率表示。

二、黏性土的可塑性指标

黏性土的可塑性指标包括塑限、液限、塑性指数、液性指标等。

1. 塑限。塑限是指土由固态变到塑性状态时的分界含水量,表示符号为 ω_p 。塑限现场简易测定方法为:在土中逐渐加水,

直到能用手在毛玻璃上把土搓成土条，在土条搓到直径为 3 mm 时，恰好断裂，此时土条的含水量即为塑限。

2. 液限。液限是指土由塑性状态变到流动状态时的分界含水量，表示符号为 ω_L 。

3. 塑性指数。塑限和液限都是指分界含水量，用百分率来表示。省去百分号后的液限和塑限的差值称为塑性指数，用 I_p 表示。

$$I_p = \omega_L - \omega_p$$

塑性指数表示黏性土处于可塑状态的含水量的变化范围。塑性指数越大，说明该状态的含水量变化范围越大。

4. 液性指数。液性指数是土的天然含水量与塑限之差对塑性指数之比，用 I_L 表示。它是判别黏性土软硬状态的指标。

三、砂土的密实度指标

砂土的密实度指标有两个，最大干密度和最小干密度。最大干密度是指土在最紧状态下的干密度。最小干密度是指土在最松散状态下的干密度。

四、土的透水性指标

土的透水性（渗透性）是指水流通过土中孔隙的难易程度。土的透水性指标用渗透系数 k 表示，表达式为

$$k = V/I$$

式中 V ——水在土中的渗透速度，单位为 mm/s。它不是地下水在孔隙中流动的实际速度，而是在单位时间内（s）流过土的单位面积（mm²）的水量（mm³）；

I ——水力梯度，mm/s。其等于 $(h_1 - h_2)/L$ ，也就是高水位 h_1 与低水位 h_2 之差与水流过的距离 L 之比。

渗透系数的大小反映了土透水性的强弱。

五、土的力学性质指标

1. 压缩系数。取土回填或移挖作填，松土经运输、填压以

后，均会压缩，土的这种性质称为土的压缩性。

土的压缩性通常用压缩系数（或压缩模量）来表示。其值由原状土的压缩实验确定。它的计算公式如下：

$$a = 1\,000 \times \left[\frac{e_1 - e_2}{p_1 - p_2} \right]$$

式中 a ——土的压缩系数， MPa^{-1} ；

e_1 、 e_2 ——相对于 p_1 、 p_2 时的孔隙比；

p_1 、 p_2 ——固结压力， kPa 。

2. 压缩模量。工程上常用室内实验求压缩模量 E_s 作为土的压缩性指标。压缩模量的计算公式如下：

$$E_s = \frac{1 + e_0}{a}$$

式中 E_s ——土的压缩模量， MPa ；

e_0 ——土的天然（自重压力下）孔隙比；

a ——从土的自重应力至土的自重加附加应力段的压缩系数， MPa^{-1} 。

室内压缩模量 E_s 越小，其压缩性越高， E_s 越大，则压缩性越低。

3. 土的抗剪强度。土的抗剪强度是指土在外力作用下抵抗剪切滑动的极限强度。土体在自重和荷载作用下，内部将产生剪应力和剪切变形，当土体内某一部分的剪应力达到土的抗剪强度，在该部分就开始出现剪切破坏。随着荷载的增加，剪切破坏的范围逐渐扩大，最终导致土体丧失稳定性。土的抗剪强度指标是土的重要的力学性质指标之一，因此测定土的抗剪强度指标在工程上具有重要的意义。一般用室内直剪、原位直剪、水轴剪切实验、十字板剪切实验、野外标准贯入、动力触探、静力触探等实验方法进行测定。土的抗剪强度是评价边坡稳定性、地基承载

力、计算土压力的重要指标。

第二节 土的颗粒组成与分类

一、土的颗粒组成

在自然界中很难找到由大小相同的颗粒所组成的土，绝大多数土都是由大小不同的土粒所组成，这也就是告诉我们地基土都是由大小不同的颗粒所组成的。土粒大小及其矿物成分的不同，对土的物理力学性质的影响很大。土粒由粗到细逐渐变化，土的性质相应地也发生变化，由量变引起质变。工程上常将性质相近的土粒划分为若干粒组，见表 1—1。

表 1—1 土粒粒组的划分

粒组名称	粒径范围 (mm)	一般特征
漂石或块石颗粒	>200	透水性很大，无黏性，无毛细水，不能保持水分
卵石或碎石颗粒	$200\sim20$	透水性很大，无黏性，无毛细水，不能保持水分
圆砾或角砾颗粒	$20\sim2$	透水性大，无黏性，毛细水上升高度不超过粒径大小
砂粒	$2\sim0.075$	易透水，当混入云母等杂质时透水性减少，而压缩性增加；无黏性，遇水不膨胀，干燥时松散；不表现可塑性，压缩性小；毛细水上升高度不大，随粒径变小而增大
粉粒	$0.075\sim0.005$	透水性小，湿时稍有黏性，遇水膨胀小，干时稍有收缩，毛细水上升高度大，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，但速度缓慢

二、土的基本分类

土的基本分类包括岩石、碎石土、砂土、黏性土。

1. 岩石。岩石按坚硬程度分为硬质岩（坚硬岩、较硬岩）、软质岩（较软岩、软岩）、极软岩。

2. 碎石土。碎石土按颗粒形状分为漂石、块石、卵石、砾石、圆砾、角砾。碎石土的密实度分为松散、稍密、中密、密实，其分类见表 1—2。

表 1—2 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200 mm 的颗粒超过全重的 50%
块石	菱形形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20 mm 的颗粒超过全重的 50%
碎石	菱形形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2 mm 的颗粒超过全重的 50%
角砾	菱形形为主	

3. 砂土。砂土按颗粒级配分为砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂，见表 1—3。砂土按密实度分为松散、稍密、中密、密实，见表 1—4。

表 1—3 砂土按颗粒级配分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2 mm 的颗粒占全重的 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5 mm 的颗粒超过全重的 50%
中砂	粒径大于 0.25 mm 的颗粒超过全重的 50%
细砂	粒径大于 0.074 mm 的颗粒超过全重的 85%
粉砂	粒径大于 0.074 mm 的颗粒不超过全重的 50%

第一章 土的性质、分类及现场鉴别

表 1—4 砂土按密实度分类

松散	稍密	中密	密实
$N \leq 10$	$10 < N \leq 15$	$15 < N \leq 30$	$N > 30$

注：表中的 N 为标准贯入实验锤击数。

4. 黏性土。黏性土按塑性指数可分为黏土、粉质黏土，见表 1—5；按液性指数分类可分为坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑，见表 1—6。

表 1—5 黏性土按塑性指数分类

黏性土的分类名称	黏土	粉质黏土
塑性指数 I_p	$I_p > 17$	$10 < I_p \leq 17$

表 1—6 黏性土按液性指数分类

状态	坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑
液性指数 (I_L)	$I_L \leq 0$	$0 < I_L \leq 0.25$	$0.25 < I_L \leq 0.75$	$0.75 < I_L \leq 1$	$I_L > 1$

三、土的工程分类

我国将土按照坚硬程度和开挖方法及使用工具不同，分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石等八类，见表 1—7。

表 1—7 土的工程分类

土的分类	土的级别	岩、土名称	密度 (t/m^3)	坚固系数 f	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	略有黏性的砂土、粉土、腐殖土及松软土的种植土，泥炭 (淤泥)	0.6~1.5	0.5~0.6	用锹、少许用脚蹬或用板锄挖掘

土方工程施工安全技术

续表

土的分类	土的级别	岩、土名称	密度 (t/m^3)	坚固 系数 f	开挖方法及工具
二类土 (普通土)	II	潮湿的黏性土和黄土、软的盐土和碱土,含有建筑材料碎屑、碎石、卵石的堆积土和种植土	1.1~1.6	0.6~0.8	用锹、条锄挖掘、需要用脚蹬,少许用镐
三类土 (坚土)	III	中等密实的黏性土或黄土,含有碎石、卵石或建筑材料碎屑的潮湿的黏性土或黄土	1.8~1.9	0.8~1.0	主要用镐、条锄、少许用锹
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的黏性土或黄土,含有碎石、砾石的中等密实黏性土或黄土,硬化的重盐土,软泥灰岩	1.9	1~1.5	全部用镐、条锄挖掘,少许用撬棍挖掘
五类土 (软土)	V—VI	硬的石炭纪黏土;胶结不紧的砾石;软石、节理多的石灰岩及页壳石灰岩;坚实的白垩纪岩;中等坚实的页岩、泥灰岩	1.2~2.7	1.5~4.0	用镐和撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方式
六类土 (次坚石)	VII—IX	坚硬的泥质页岩;坚实的泥灰岩;角砾状花岗岩;泥灰质石灰岩;黏土质砂岩;云母页岩及砂质页岩;风化的花岗岩及正常岩;滑石质的蛇纹岩;坚实的石灰岩;硅质胶结的砾岩;砂岩;砂质石灰页岩	2.2~2.9	4~10	用爆破方法开挖,部分用风镐