

全国高职高专水利水电类专业规划教材

水利水电工程施工

刘祥柱 郝和平 陈宇翔 主编
孙家国 主审



黄河水利出版社

全国高职高专水利水电类专业规划教材

水利水电工程施工

主 编 刘祥柱 郝和平 陈宇翔
副主编 王新军 李方灵 黄世涛 李和毅
主 审 孙家国

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是全国高职高专水利水电类专业规划教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的水利水电工程施工课程教学大纲编写完成的。本书共分14章,较全面地介绍了水利水电工程各工种的施工技术和水工建筑物施工技术。在编写过程中,我们努力体现高职高专教育教学特点,并结合我国水利水电工程施工的实际精选内容,突出针对性和实用性,以贯彻理论联系实际,注重实践能力的整体要求,便于学生学习。编写采用新规范、新标准,广泛吸纳新技术。同时,我们还适当照顾了不同地区的特点和要求,力求反映国内外水利水电工程施工技术的先进性。

本书是高职高专水利工程、水利工程施工技术、水利水电建筑工程等专业的教材,可作为水利水电类专业成人高等教育的参考教材,也可供水利水电工程施工技术人员参考。各学校使用本教材时,可根据专业特点、地区特点以及各学校培养目标的具体要求,酌情取舍。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程施工/刘祥柱,郝和平,陈宁翔主编. —郑州:
黄河水利出版社,2009.8
全国高职高专水利水电类专业规划教材
ISBN 978-7-80734-699-9

I. 水… II. ①刘…②郝…③陈… III. ①水利工程 -
工程施工 - 高等学校:技术学校 - 教材②水力发电工程 -
工程施工 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TV5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148355 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhslwlp@163.com
马 翀 66026749 machong2006@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南新星印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:21.25

字数:490千字

版次:2009年8月第1版

印数:1—4 100

印次:2009年8月第1次印刷

定价:36.00元

前 言

本书是根据《教育部、财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)等文件精神,由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,在中国水利教育协会指导下,由全国水利水电高职教研会组织编写的第二轮水利水电类专业规划教材。第二轮教材以学生能力培养为主线,具有鲜明的时代特点,体现出实用性、实践性、创新性的教材特色,是一套理论联系实际、教学面向生产的高职高专教育精品规划教材。

本书共分14章,内容包括水利水电土建工程常见工种的施工工艺及建筑物施工技术两大部分。在编写过程中,我们努力体现高等职业技术教育教学特点,按照突出技术应用,有利于实践能力培养的原则,并结合我国水利水电工程施工的实际进行编写。同时,我们还适当照顾了不同地区的特点和要求,力求反映国内外水利水电工程施工的先进经验和技术成就。

本书编写人员及编写分工如下:浙江同济科技职业学院陈宇翔(绪论、第六章);山东水利职业学院刘祥柱(第一章、第七章、第十四章);安徽水利水电职业技术学院李方灵(第二章);山西水利职业技术学院薛桦(第三章);长江工程职业技术学院黄世涛(第四章);华北水利水电学院水利职业学院王新军(第五章);四川水利职业技术学院李桢(第八章);山东水利职业学院张云清(第九章);沈阳农业大学高等职业技术学院魏坤肖(第十章);杨凌职业技术学院穆创国(第十一章);内蒙古机电职业技术学院李和毅(第十二章);内蒙古机电职业技术学院郝和平(第十三章)。本书由刘祥柱、郝和平、陈宇翔担任主编,刘祥柱、陈宇翔共同对稿件进行了校核和完善,刘祥柱负责全书统稿,由王新军、李方灵、黄世涛、李和毅担任副主编,由黑龙江农垦农业职业技术学院孙家国担任主审。

由于编者水平有限,加之时间仓促,难免存在错误和不足之处,诚恳地希望读者批评指正。

编 者

2009年4月

目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 土方工程施工	(4)
第一节 土的工程性质及分级	(4)
第二节 土方开挖技术	(8)
第三节 土方填筑压实技术	(22)
第四节 土方工程的季节性施工	(29)
复习思考题	(30)
第二章 砌体工程施工	(31)
第一节 脚手架	(31)
第二节 砖砌体砌筑	(34)
第三节 砌石工程	(41)
复习思考题	(46)
第三章 爆破工程施工	(48)
第一节 爆破原理与分类	(48)
第二节 炸药和起爆器材	(54)
第三节 爆破的基本方法	(59)
第四节 爆破施工	(63)
第五节 控制爆破	(69)
第六节 爆破安全控制	(72)
复习思考题	(75)
第四章 钢筋工程施工	(76)
第一节 钢筋的验收与配料	(76)
第二节 钢筋加工	(80)
第三节 钢筋绑扎安装及其质量控制	(97)
复习思考题	(101)
第五章 模板工程施工	(102)
第一节 概 述	(102)
第二节 模板基本类型	(104)
第三节 模板的设计荷载、安装与拆除	(114)
复习思考题	(120)
第六章 混凝土工程施工	(122)
第一节 混凝土制备	(122)

第二节	混凝土运输	(130)
第三节	混凝土浇筑与养护	(138)
第四节	混凝土特殊季节施工	(142)
第五节	混凝土缺陷与修补	(146)
第六节	泵送混凝土施工	(147)
第七节	模袋混凝土施工	(151)
	复习思考题	(153)
第七章	灌浆工程施工	(155)
第一节	钻探灌浆设备及灌浆材料	(155)
第二节	砂砾石地基灌浆	(162)
第三节	岩基灌浆	(165)
第四节	高压喷射注浆法	(176)
第五节	化学灌浆施工	(183)
	复习思考题	(185)
第八章	施工导流与截流	(186)
第一节	施工导流方法	(186)
第二节	围堰工程	(195)
第三节	截流工程	(202)
第四节	基坑排水	(206)
第五节	施工导流选择实例	(211)
	复习思考题	(214)
第九章	基坑施工	(215)
第一节	基坑开挖	(216)
第二节	地基处理	(218)
	复习思考题	(229)
第十章	土石坝施工	(230)
第一节	碾压式土石坝施工	(230)
第二节	面板堆石坝施工	(238)
	复习思考题	(245)
第十一章	混凝土坝施工	(246)
第一节	砂石骨料生产系统	(246)
第二节	混凝土生产系统	(252)
第三节	混凝土运输浇筑方案	(254)
第四节	混凝土的温度控制和分缝分块	(260)
第五节	碾压混凝土施工	(266)
	复习思考题	(270)
第十二章	地下工程施工	(271)
第一节	地下工程开挖方式	(271)

第二节 钻孔爆破法开挖	(276)
第三节 掘进机开挖	(284)
第四节 隧洞衬砌与灌浆	(285)
第五节 锚喷支护	(289)
复习思考题	(297)
第十三章 渠系建筑物施工	(298)
第一节 水闸施工	(298)
第二节 渠道施工	(305)
第三节 装配式渡槽施工	(310)
复习思考题	(313)
第十四章 泵站工程施工	(314)
第一节 泵房施工	(315)
第二节 桥式起重机及水泵组的安装	(319)
第三节 钢管的安装	(323)
第四节 辅助设备安装与调试	(325)
复习思考题	(330)
参考文献	(331)

绪 论

一、水利水电工程施工的概念

水利水电工程施工是一门理论与实践紧密结合的专业课。它是在总结国内外水利水电工程建设经验的基础上,从施工技术、施工机械、施工组织与管理三个层面,来研究水利水电工程建设基本规律的一门学科。水利水电工程建设,大致分为勘测、规划、设计和施工四个阶段,各个阶段既有分工,又有联系。施工是最后的一个阶段,其主要任务是充分发挥施工技术人员的能动性和创造性,利用人、财、物等资源,运用施工技术,以最短的时间,将设计蓝图付诸实施。水利水电工程施工是将水利水电工程的规划、设计方案转变为工程实体的过程。

二、水利水电工程施工的任务和特点

水利水电工程施工的主要任务有以下三个方面:

(1)依据设计、合同任务和有关部门的要求,根据工程所在地区的自然条件,当地社会经济状况,设备、材料和人力等的供应情况以及工程特点,编制切实可行的施工组织设计。

(2)按照施工组织设计,作好施工准备,加强施工管理,有计划地组织施工,合理使用建设资金,确保施工质量,加快施工进度,优质快速完成施工任务。

(3)在施工过程中开展观测、试验、研究工作,以促进水利水电工程建设科学技术的发展。

水利水电工程施工具有以下特点:

(1)受水流影响较大。水利水电工程施工多在河流上进行,因而需要采取导流、截流、基坑排水、施工度汛、施工期通航及下游供水等措施,以保证工程施工的顺利进行。

(2)受地形地质及水文地质条件影响较大。水利水电工程施工经常遇到复杂的地形地质条件,如岩溶、软弱夹层、断层破碎等,因而要进行相应的地基处理,以保证施工质量。

(3)受水文气象条件影响较大。水利水电工程多为露天施工,需要采取适合冬季、夏季、雨季等不同季节的施工措施,保证工程施工质量和进度。

(4)质量安全问题突出。水利水电工程一般都是挡水或过水建筑物,这些建筑物的安全往往关系到国计民生和下游千百万人民生命财产的安全,因此必须确保施工质量与安全。

(5)施工安全隐患多。水利水电施工中的爆破工程、高空作业、地下作业等常平行交叉进行,对施工安全很不利,施工中需要全方位注意施工安全,防止发生安全事故。

(6)施工组织复杂。水利水电工程由许多单项工程组成,工程量大、工种多、施工强度高、施工干扰大。因此,要统筹规划,重视施工现场的组织与管理,运用系统工程学原

理,因时因地选择最优的施工方案。

(7)临时辅助设施多。水利水电工程往往在交通不便的地区,施工准备工作量大,需要修建为施工服务的场内外交通道路和辅助设施,还需要修建生活、办公用房等。

(8)涉及利益广。水利水电工程往往涉及其他许多经济部门的利益,所以水利工程施工必须全面规划、统筹兼顾、合理安排。

三、我国水利水电工程施工的成就及施工技术的发展

在我国历史上,水利建设成就卓著。春秋战国时期修建的黄河堤防工程、秦代时期修建的都江堰工程、元代开通的京杭大运河等,都是劳动人民智慧的结晶。建于公元前 256 年的四川都江堰水利工程,按“乘势利导,因时制宜”的原则,灌溉面积现已突破 2 000 万亩(1 亩 = $1/15 \text{ hm}^2$,后同),发挥了防洪和灌溉的巨大效益。2008 年 5 月 12 日,都江堰水利工程又经受住了汶川 8.0 级特大地震的考验。用现代系统的观点来分析,该工程在结构布局、施工措施、维修管理制度等方面都是相当成功的。这些伟大的水利工程和独特的施工技术,目前仍发挥着巨大的作用,有力地促进了我国水利事业的发展。此外,在截流堵口工程多种施工中总结的竹笼、杗槎围堰和卵石砌筑经验,至今还为各地工程所沿用。

新中国成立以来,我国的水利水电事业更是迅猛发展,取得了辉煌的成就,有计划有步骤地开展了黄河、淮河、海河、辽河等大江大河的综合治理。建成了人民胜利渠、淅史灌区、内蒙古引黄灌区、林县红旗渠、宁夏扬黄灌区、东港供水、引滦入津、南水北调东线一期、引黄济青、万家寨引黄入晋等一些大型灌溉、输水工程。修建了新安江、三门峡、丹江口、刘家峡、葛洲坝、龙羊峡、二滩、小浪底、李家峡、天生桥等一大批综合利用的水利枢纽工程和大型水电站,中小型水利水电工程也得到了蓬勃的发展,同时还抓紧进行了病险水库的除险加固工程。21 世纪,结合国家西部大开发战略,对金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江、乌江、红水河、黄河上游的水电资源进行全面开发,形成南、中、北三条“西电东送”大通道,更是迎来了我国水利水电工程建设的高速持续发展时期,目前在建的特大型水电站有龙滩、小湾、糯扎渡、三峡、溪洛渡、向家坝、锦屏一级、锦屏二级、拉西瓦等。

随着水利水电事业的发展,施工机械的装备能力迅速增长,使用了斗轮式挖掘机、大吨位自卸汽车、重型碾压机械、全自动化混凝土搅拌楼、高架门机、大型塔机、缆式起重机、胎带机、塔带机、混凝土平仓振捣机、隧洞掘进机和盾构机等,已经具有实现高强度快速施工的能力;施工技术水平不断提高,采用了垂直铺塑防渗、砂砾地基混凝土防渗墙、高压旋喷、振冲法加固地基、水力冲填筑坝、定向爆破、光面爆破、预裂爆破、岩塞爆破、喷锚支护、滑模施工、混凝土防渗面板、碾压混凝土、模袋混凝土及预应力混凝土等新技术、新工艺,进行了长江、黄河等大江大河的截流,土石坝工程、混凝土坝工程和地下工程的综合机械化组织管理水平逐步提高。水利水电工程施工学科的发展,为水利水电事业展示出一片广阔的前景。

在取得巨大成就的同时,应认识到我国施工水平与先进国家相比尚有较大差距。目前大容量、高效率、多功能的施工机械的通用化、系列化、自动化程度还不高,中小型水利水电工程施工中施工机械利用率不充分,新技术、新工艺的研究推广和使用不够普遍,施

工组织管理水平不高,还不能与我国水利水电建设事业的发展很好地相适应。因此,必须认真总结过去的经验和教训,努力学习和引进国外的先进经验,学习和借鉴其他领域的施工技术,把我国水利水电工程施工技术推向更高的水平。

四、本课程的主要内容及学习方法

本书着重阐述了水利水电工程施工中各主要工种的施工工艺,主要水工建筑物的施工程序与方法。施工机械内容由于学时和篇幅的限制,仅结合施工技术、施工方案的论述作适当介绍。本书主要包括以下内容:

(1)土方工程施工、砌体工程施工、爆破工程施工、钢筋工程施工、模板工程施工、混凝土工程施工、灌浆工程施工、施工导流与截流、基坑施工等九章,由于和水工建筑物的各单项工程施工都有联系,故集中阐明其原理和方法,其应用则应与具体的工程对象联系起来进行考虑。

(2)土石坝施工、混凝土坝施工、地下工程施工、渠系建筑物施工、泵站工程施工等五章,主要介绍有代表性的水工建筑物,通过对这些建筑物的施工介绍,举一反三,以说明各类单项施工工程的特点、原理和方法。

通过学习,要求了解水利水电工程施工常用施工机械的主要组成部分、主要性能及其选择原则;掌握主要工种的施工过程、施工方法、操作技术、质量控制检查、施工安全技术,以及主要水工建筑物的施工特点、施工程序和施工技术要求、施工方法、质量控制检查方法。

根据全书内容和课程实践性很强的特点,学生应掌握基本概念、基本原理、基本方法,结合所学过的课程,循序渐进地进行。必须密切联系生产实际,通过生产实习、生产劳动、生产现场教学、电化教学、多媒体教学、课程设计、毕业综合实习等教学环节,牢固掌握所学的施工知识。另外,我国幅员辽阔,而水利水电工程施工又具有鲜明的地方特色,因而需因地制宜地对具有当地特点的施工工艺、施工方法、施工管理经验等进行学习,注重理论和实践相结合,这样才能有效地掌握本课程的内容。

第一章 土方工程施工

学习指导

学习目标:掌握土的工程性质及分级,理解土方施工机械的种类,特点及适用条件,了解土方工程碾压试验的方法及影响压实的因素,掌握土方压实标准和压实方法,能根据土体工程的特性选用施工机械。

学习重点:土方工程施工中有关挖运和填筑压实的施工方法;土方挖运机械的选择;土方工程的挖、运、填施工工艺,质量控制。

第一节 土的工程性质及分级

在进行土石方开挖及确定挖运组织时,须根据各种土石的工程性质、具体指标来选择施工方法及施工机具,确定工料消耗和劳动定额。对土石方工程施工影响较大的因素有土的施工分级与性质。

从广义的角度而言,土包括土质土和岩石两大类。由于开挖的难易程度不同,水利水电工程中沿用十六级分类法时,通常把前 I ~ IV 级叫做土(即土质土),V 级以上的都叫做岩石。

一、土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方法及工程进度影响很大。主要的工程性质有:密度、含水量、渗透性、可松性等。

(一) 土的工程性质指标

1. 密度

土壤密度,就是单位体积土壤的质量。土壤保持其天然组织、结构和含水量时的密度称为自然密度。单位体积湿土的质量称为湿密度。单位体积干土的质量称为干密度。它是体现黏性土密实程度的指标,常用它来控制压实的质量。

2. 含水量

土的含水量表示土壤空隙中含水的程度,常用土壤中水的质量与干土质量的百分比表示。含水量的大小直接影响黏性土压实质量。

3. 可松性

自然状态下的土经开挖后因变松散而使体积增大,这种性质称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示,即

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

式中 V_2 ——土经开挖后的松散体积, m^3 ;
 V_1 ——土在自然状态下的体积, m^3 。

土的可松性系数,用于计算土方量、进行土方填挖平衡计算和确定运输工具数量,各种土的可松性系数见表 1-1。

表 1-1 各种土的可松性系数

土的种类	自然状态		挖松后		弃土堆	
	$\rho_1(t/m^3)$	K_1	$\rho_2(t/m^3)$	K_2	$\rho_3(t/m^3)$	K_3
砂土	1.65 ~ 1.75	1.00	1.50 ~ 1.55	1.05 ~ 1.15	1.60 ~ 1.65	1.00 ~ 1.10
壤土	1.75 ~ 1.85	1.00	1.65 ~ 1.70	1.05 ~ 1.10	1.75 ~ 1.80	1.00 ~ 1.05
黏土	1.80 ~ 1.95	1.00	1.60 ~ 1.65	1.10 ~ 1.20	1.75 ~ 1.80	1.00 ~ 1.10
砂砾土	1.90 ~ 2.05	1.00	1.50 ~ 1.70	1.10 ~ 1.40	1.70 ~ 1.90	1.00 ~ 1.20
含砂砾壤土	1.85 ~ 2.00	1.00	1.70 ~ 1.80	1.05 ~ 1.10	1.85 ~ 1.95	1.00 ~ 1.05
含砂砾黏土	1.90 ~ 2.10	1.00	1.55 ~ 1.75	1.10 ~ 1.35	1.75 ~ 2.00	1.00 ~ 1.20
卵石	1.95 ~ 2.15	1.00	1.70 ~ 1.90	1.15	1.90 ~ 2.05	1.00 ~ 1.05

4. 自然倾斜角

自然堆积土壤的表面与水平面间所形成的角度,称为土的自然倾斜角。挖方与填方边坡的大小,与土壤的自然倾斜角有关。确定土体开挖边坡和填土边坡应慎重考虑,重要的土方开挖,应通过专门的设计和计算确定稳定边坡。挖深在 5 m 以内的窄槽未加支撑时的安全施工边坡一般可参考表 1-2。

表 1-2 挖深在 5 m 以内的窄槽未加支撑时的安全施工边坡

土的种类	人工开挖	机械开挖	备注
砂土	1:1.00	1:0.75	1. 必须做好防水措施,雨季应加支撑; 2. 附近如有强烈震动,应加支撑
轻亚黏土	1:0.67	1:0.50	
亚黏土	1:0.50	1:0.33	
黏土	1:0.33	1:0.25	
砾石土	1:0.67	1:0.50	
干黄土	1:0.25	1:0.10	

(二) 土的颗粒分类

根据土的颗粒级配,土可分为碎石类土、砂土和黏性土。按土的沉积年代,黏性土又可分为老黏性土、一般黏性土和新近沉积黏性土。按照土的颗粒大小,又可分为块石、碎石、砂粒等,详见表 1-3。

表 1-3 土的颗粒分类

颗粒名称	粒径(mm)	颗粒名称	粒径(mm)
漂石或块石	>200	砂粒	2.0~0.05
卵石或碎石	200~20	粉粒	0.05~0.005
圆砾或角砾	20~2.0	黏粒	≤ 0.005

(三)土的松实关系

当自然状态的土挖松后,再经过人工或机械的碾压、振动,土可被压实。例如,在填筑拦河坝时,从土区取 1 m^3 的自然方,经过挖松运至坝体进行碾压后的实体方,就小于原 1 m^3 的自然方,这种性质叫做土的可缩性。

在土方工程施工中,经常有三种土方的名称,即:自然方、松方、实体方。它们之间有着密切的关系。

1. 土的体积关系

土体在自然状态下由土粒(矿物颗粒)、水和气体三相组成。当自然土体松动后,气体体积(即孔隙)增大,若土粒数量不变,原自然土体积 $V_{\text{自}} <$ 松动后的土体积 $V_{\text{松}}$;当经过碾压或振动后,气体被排出,则压实后的土体 $V_{\text{实}} < V_{\text{自}}$ 。三者之间的关系即: $V_{\text{实}} < V_{\text{自}} < V_{\text{松}}$, $V_{\text{实}}$ 为经压实后的实体方, $V_{\text{松}}$ 为经扰动后的松方。

对于砾、卵石和爆破后的块碎石,由于它们的块度大或颗粒粗,可塑性远小于土粒,因而它们的压实方大于自然方,几种典型土的体积变化换算系数见表 1-4。

表 1-4 几种典型土的体积变化换算系数

土壤种类	$V_{\text{自}}$	$V_{\text{松}}$	$V_{\text{实}}$
黏土	1.00	1.27	0.90
壤土	1.00	1.25	0.90
砂	1.00	1.12	0.95
爆破块石	1.00	1.50	1.30
固结砾石	1.00	1.42	1.29

当 1 m^3 的自然土体松动后,土体增大了,因而单位体积的质量变轻了;再经过碾压或振动,土粒紧密度增加,因而单位体积质量增大。即 $\rho_{\text{松}} < \rho_{\text{自}} < \rho_{\text{实}}$, $\rho_{\text{松}}$ 为开挖后的土体密度, $\rho_{\text{自}}$ 为未扰动的土体密度, $\rho_{\text{实}}$ 为碾压后的土体密度,单位为 kg/m^3 。

2. 自然方和实体方的关系

在土方工程施工中,设计工程量为压实后的实体方,取料场的储量是自然方。在计算压实工程的备料量和运输量时,应该将二者之间的关系考虑进去,并考虑施工过程中技术处理、要求以及其他不可避免的各种损耗。水利水电系统在多年施工实践经验的基础上,提出了压实后的实体方与所需自然方的换算公式

$$V_{\text{实}} = \left(1 + \frac{A}{100}\right) \frac{\rho_0}{\rho_d} V_{\text{自}} \quad (1-2)$$

式中 $V_{\text{实}}$ ——压实后的实体方的体积, m^3 ;

$V_{\text{自}}$ ——自然方的体积, m^3 ;

A ——综合系数;

ρ_d ——设计干密度, kg/m^3 ;

ρ_0 ——未经扰动的自然干密度, kg/m^3 。

式(1-2)中综合系数 A 考虑了施工中的各种损失。它包括坝上运输、雨后清理、边坡削坡、接缝削坡、施工沉陷、取土坑、试验坑和不可避免的压坏等损失因素。土料施工综合系数见表 1-5。

表 1-5 土料施工综合系数 A

填筑料	A	填筑料	A
机械填筑混合坝坝体土料	5.86	人工填筑心墙土料	3.43
机械填筑均质坝坝体土料	4.93	坝体砂石料、反滤料	2.20
机械填筑心墙土料	5.70	坝体堆石料	1.40
人工填筑坝体土料	3.43		

二、土的工程分级

土的工程分级按照十六级分类法,前 I ~ IV 级称为土(见表 1-6)。同一级土中各类土壤的特征有着很大的差异。例如,坚硬黏土和含砾石黏土,前者含黏粒量(粒径 $< 0.005 \text{ mm}$)在 50% 左右,而后者含砾石量在 50% 左右。它们虽都属 I 级土,但颗粒组成不同,开挖方法也不尽相同。

表 1-6 一般工程土壤分级表

土质级别	土壤名称	自然湿密度 (kg/m^3)	外形特征	开挖方法
I	1. 砂土 2. 种植土	1 650 ~ 1 750	疏松、黏着力差或 易透水,略有黏性	用锹,有时略加脚踩 开挖
II	1. 壤土 2. 淤泥 3. 含壤土种植土	1 750 ~ 1 850	开挖时能成块并易 碎	用锹并用脚踩开挖
III	1. 黏土 2. 干燥黄土 3. 干淤泥 4. 含少量砾石黏土	1 800 ~ 1 950	粘手,看不见砂粒 或干硬	用镐、三齿耙开挖或 用锹并加脚用力踩开挖
IV	1. 坚硬黏土 2. 砾质黏土 3. 含砾石黏土	1 900 ~ 2 100	土壤结构坚硬,将 土分裂后成块状或含 黏粒、砾石较多	用镐、三齿耙等工具 开挖

在实际工程中,对土壤的特性及外界条件应在分级的基础上,进行分析研究,认真确定土的级别。

第二节 土方开挖技术

一、土方边坡

当边坡的高度 h 为已知时,边坡的宽度 b 则等于 mh (m 为坡度系数)。若土壁高度较高,土方边坡可根据各层土质及土体所受的压力,做成折线形或台阶形,以减少土方量。

土方边坡的大小,应根据土质条件、挖方深度、地下水位、施工方法及工期长短、附近堆土及相邻建筑物情况等因素确定。

当土质均匀且地下水位低于基槽(坑)或管沟底面标高,其挖方深度不超过表 1-7 规定时,挖方边坡可做成直立壁不加支撑。

表 1-7 直立壁不加支撑挖方深度

土的类别	挖方深度(m)
密实、中密的砂土和碎石类土(填充物为砂土)	1.00
硬塑、可塑的轻亚黏土及亚黏土	1.25
硬塑、可塑的黏土和碎石类土(填充物为黏性土)	1.50
坚硬的黏土	2.00

当地质条件良好,土质均匀且地下水位低于基槽(坑)或管沟底面标高时,挖方深度在 5 m 以内不加支撑的边坡最陡坡度应符合表 1-8 的规定。

表 1-8 深度在 5 m 内的基槽(坑)、管沟边坡的最陡坡度

土的类别	边坡坡度(1:m)		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土(填充物为砂土)	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的轻亚黏土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土(填充物为黏性土)	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的亚黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土(经过井点降水后)	1:1.00		

注:静载指堆土或材料等,动载指机械挖土或汽车运输作业等。

为了保证边坡和直立壁的稳定性,在挖方边坡上侧堆土或材料以及有施工机械行驶时,应与挖方边缘保持一定距离。当土质良好时,堆土或材料应距挖方边缘 0.8 m 以外,

高度不宜超过 1.5 m。在软土地区开挖时,挖出的土方应随挖随运走,不得堆放在边坡顶上,避免由于地面上加荷载引起边坡塌方事故。

根据工程实践分析,造成边坡塌方的主要原因有以下几点:①雨水、地下水或施工用水渗入边坡,使土体的重量增大及抗剪能力降低,这是造成边坡塌方的最主要原因。②基坑边坡留得太陡,使土体本身的稳定性不够而发生塌方。③基坑上边缘附近大量堆土或停放机具,使土体中产生的剪应力超过土体的抗剪强度。

因此,为防止边坡塌方,除保证边坡大小与边坡上边缘的荷载符合规定要求外,在施工中还必须做好排除地面水工作,防止地表水、施工用水和生活用水浸入开挖场地或冲刷土方边坡。在雨季施工时,更应注意检查边坡的稳定性,必要时可适当放缓边坡坡度或设置支撑,以防塌方。

二、土壁支撑

基槽(坑)或管沟开挖时,如果土质或周围场地条件允许,采用放坡开挖,往往是比较经济的。但是,在建筑物稠密的地区施工,有时不允许按规定的坡度进行放坡,或深基槽(坑)开挖时,放坡所增加的土方量过大,就需要用设置土壁支撑的施工方法,以保证土方开挖的顺利进行和安全,并减少对相邻已有建筑物的不利影响。

土壁支撑方法,根据工程特点、土质条件、开挖速度、地下水位和施工方法等不同情况,可以选择钢(木)支撑、板桩支撑、土层锚杆。

(一)钢(木)支撑

开挖基槽(坑)或管沟常用的钢(木)支撑有横撑式支撑和锚锭式支撑等。

1. 横撑式支撑

在开挖狭窄的基槽(坑)或管沟时,可采用横撑式支撑(见图 1-1)。横撑式支撑根据挡土板放置方式的不同,可以分为水平挡土板支撑和垂直挡土板支撑。水平挡土板支撑由水平挡土板、竖棱木和横撑三部分组成,又可分为断续式和连续式两种。断续式水平挡土板支撑(见图 1-1(a))在湿度小的黏性土及挖土深度小于 3 m 时采用。连续式水平挡土板支撑用于较潮湿的土或散粒的土,挖土深度可达 5 m。垂直挡土板支撑(见图 1-1(b))用于松散和潮湿度很高的土,挖土深度不限。

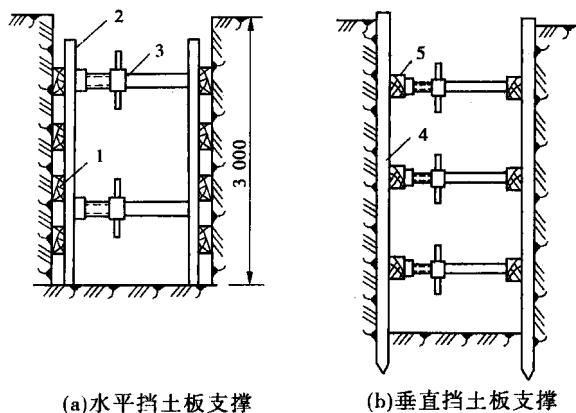
采用横撑式支撑时,应随挖随撑,支撑牢固。施工中应经常检查,如有松动变形等现象时,应及时加固或更换。支撑的拆除,应按回填土顺序,依次进行。多层支撑拆除时,应按自下而上的顺序,在下层支撑拆除并回填土完成后才能拆除上层的支撑。拆除支撑时,应防止附近建筑物和构筑物等产生下沉和破坏,必要时应采取妥善的保护措施。

2. 锚锭式支撑

当基坑宽度较大,横撑自由长度(跨度)过大而稳定性不足或采用机械挖土基坑内不允许有水平支撑阻拦时,则可设置锚锭式支撑(见图 1-2),即用拉锚来代替横撑,锚桩应设置在土体破坏棱体范围以外,以保证锚锭不失去应有的作用。

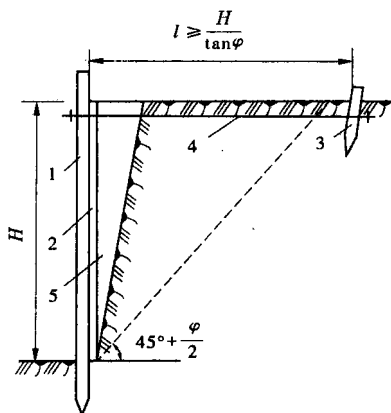
(二)板桩支撑

板桩是一种支护结构,可用来抵抗土和水所产生的水平压力,既挡土又挡水。当开挖的基坑较深,地下水位较高又有可能出现流砂现象时,如果未采用井点降水方法,则宜采



1—水平挡土板;2—竖棱木;3—工具式横撑;4—垂直挡土板;5—横棱木

图 1-1 横撑式支撑 (单位:mm)



1—柱桩;2—挡土板;3—锚桩;4—拉杆;
5—回填土;φ—土的内摩擦角

图 1-2 锚锭式支撑

用板桩打入土中的方法,使地下水在土中渗流的路线延长,降低水力坡度,阻止地下水渗入基坑内,从而防止流砂产生。在靠近原有建筑物开挖基槽(坑)时,为了防止原有建筑物基础下沉,通常也采用打板桩方法进行支护。

板桩的种类有钢板桩、木板桩和钢筋混凝土板桩等。钢板桩在临时工程中可重复多次使用,打设方便,强度高,应用最广泛。

钢板桩由带锁口或钳口的热轧型钢制成,把这种钢板桩互相连接就形成钢板桩墙,可用于挡土和挡水。常用的钢板桩有平板桩和波浪形板桩(通常称为“拉森”板桩)两类(见图 1-3)。平板桩容易打入地下,挡水和承受轴向力的性能良好,但长轴方向抗弯能力较小。波浪形板桩挡水和抗弯性能都较好。

板桩支撑根据有无设置锚锭结构,分为无锚锭板桩和有锚锭板桩两类。无锚锭板桩即为悬臂式板桩,这种板桩对土的性质、荷载大小等非常敏感,由于它仅依靠入土部分的