



高等学校土木工程专业核心课程教材

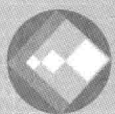
土木工程施工

(第3版)



应惠清 主编

高等教育出版社



高等学校土木工程专业核心课程教材

TU7
1216

土木工程施工

TUMU GONGCHENG SHIGONG

(第3版)



应惠清 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本教材包括土木工程施工技术与组织管理两方面的内容。施工技术方面有土方工程、桩基础工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、钢结构工程、脚手架工程、结构吊装工程、防水工程及装饰工程等；施工组织方面有流水施工原理、网络计划技术、施工组织设计等。

本版教材的内容在第2版基础上做了更新，充分反映了我国土木工程的新技术的发展和应用状况，各章涉及的技术标准均系国家和行业的现行规范、规程。本教材为新形态教材，运用现代信息技术，嵌入了大量实际工程的照片、动画、视频等多媒体教学资源，能给读者更多的工程信息，并提供数字化教学手段，更便于组织教学与自学。

本教材可供工科类高等院校土木工程专业、工程管理专业、房地产专业及其他相关专业的师生作为教学用书，亦可供土木类科研、教学、工程施工、设计、监理等技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工 / 应惠清主编. -- 3版. -- 北京 :
高等教育出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-04-046003-2

I. ①土… II. ①应… III. ①土木工程-工程施工-
高等学校-教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 170487 号

策划编辑 单 蕾
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 单 蕾
责任校对 刘娟娟

封面设计 李小璐
责任印制 尤 静

版式设计 王艳红

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京明月印务有限责任公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 25.5
字 数 580千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2003年12月第1版
2016年8月第3版
印 次 2016年8月第1次印刷
定 价 39.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 46003-00

与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1248491>，点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”，按网站提示输入教材封底防伪标签上的数字，点击“确定”完成课程绑定。

3. 在“正在学习”列表中选择已绑定的课程，点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。



土木工程施工（第3版）应惠清主编

用户名

密码

验证码

2 8 6 4

进入课程

使用说明

数字课程介绍

纸质教材

版权信息

联系方式

本书根据土木工程现行的最新规范、规程对及国家或行业技术标准进行修订，以纸质教材与数字资源相结合编写而成。

本书设置了各类工程照片 1461 张、反映工程施工过程或工艺流程等的动画 74 个、现场实录的关键技术小视频 43 段。以利于自主学习和课程建设资源共享。



数字课程网站

<http://abook.hep.com.cn/1248491>
<http://abook.hep.edu.cn/1248491>

用户名：输入教材封底的 16 位明码；
密码：刮开“增值服务”涂层，输入 16 位暗码；输入正确的验证码后，点击“进入课程”开始学习。

二、资源使用

与本书配套的易课程数字课程资源按照章、节的形式构成，配有图片、动画、视频等内容的资源，均以二维码的（如下）形式在书中出现，扫描后即可观看。所有资源在易课程的对应章节也可观看。



第3版前言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门必须的专业平台课程,它在培养学生掌握独立分析与解决土木工程中有关施工技术与组织管理的基本知识与能力方面起着重要的作用。

同济大学“土木工程施工”课是教育部2000年组织的国家网络课程建设项目,后被评为第一批国家级精品课程,本教材是上述课程建设成果之一,系国家十一·五规划教材。本教材在2003年按照土木工程专业指导委员会提出的面向21世纪土木类人才培养目标组织编写,在2009年修订出版了第2版。十多年来许多高等院校以此作为土木工程施工课程的教学参考书,并得到师生和读者的广泛好评。

近年来,我国建筑事业蒸蒸日上,土木工程施工技术得到长足发展,新技术、新工艺、新材料、新设备不断涌现,随之国家和行业有关工程技术和标准也做了相应的更新。与此同时,信息化及互联网+也日益渗入教学领域,为进一步提升教材质量,更好地适应土木工程技术的发展以及推进信息化及互联网技术在教学中的应用,本教材做了再次修订。

本教材的第3版在第2版基础上保留了原有的基本架构。全书分为13章,前面10章为施工技术方面的内容,按照土木工程施工的主要工种工程编写,后面3章为施工组织与管理的内容,主要讲述工程计划技术及施工组织设计。各章除正文外依然保留了内容提要、教学指示、思考题和习题。

这次修订在内容上做了较为全面的更新,去除了许多技术落后陈旧以及被国家列为限制与淘汰的技术的内容,补充了近年土木工程施工的新技术,如近20年得到很大发展的深基坑工程、防水工程等技术以及新型施工机械设备等。对涉及国家或行业技术标准的内容,均与现行的最新规范、规程对接。此外,这次修订运用了现代信息技术手段,将作者在该课程教学中积累的丰富的信息化资源,通过二维码技术,可使读者直接通过扫码阅读。由此,大大丰富了本教材的内容,扩充了教材之外的实际工程信息。这将有助于使理论知识、工艺技术的教学与实际工程有机结合,更便于读者学习和理解。该教材附有各类工程照片1461张、反映工程施工过程或工艺流程等的动画74个、现场实录的关键技术小视频43段,如此大量的信息化教学资源,形成本教材的一大特色。

“土木工程施工”课程研究土木工程施工中各主要工种工程的施工技术、工艺原理和组织管理的一般规律。该课程具有涉及面广的特点,它包括建筑工程、桥梁工程、地下工程、道路工程、水利工程、井港工程等,对其施工规律的研究需要综合运用数学、力学、材料、测量、结构、机电、运筹学及有关管理方面的基础理论。作为一门应用性的专业平台课它还具有实践性强、发展迅速的特点,因此,在常规学习的基础上,还必须密切联系工程实际,结合现场教学、参观实习,参与工程实践活动等,以增强工程概念,加深对于基

本知识和工程原理的理解,提高教学质量。

本教材由同济大学应惠清主编,其中第6章“钢结构工程”由刘匀编写,第7章“脚手架”由金瑞珺编写,第8章“结构安装工程”由李庭辉编写,第9章“防水工程”及第12章“网路计划技术”由俞国风编写,其余8章均由应惠清编写。周太震、袁强、邓辉等为教材插图做了大量工作。全书最后由应惠清进行了审校与统一加工。

本教材在编写中力求理论联系实际,在内容表达上亦努力做到图文并茂、深入浅出、通俗易懂,并首次尝试了采用信息化手段充实教学资源。但由于作者的水平有限,不足之处在所难免,也由于缺乏信息技术应用的经验,随书的数字化教学素材也不够成熟,诚挚地希望广大读者提出宝贵意见,不吝赐教。

编 者

2016年6月

第2版前言

本书第1版是根据面向21世纪土木类人才培养目标及专业指导委员会对课程设置及教学大纲的要求于2003年组织编写的,作为教育部新世纪网络课程《土木工程施工》的配套文字教材,供广大读者学习参考。

本书第1版经过五年多的使用,得到广大高校师生的好评,第2版于2007年列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。编者广泛征集并吸收了使用者的建议与意见,在第1版的基础上作了修订,增添了近年来土木工程施工新技术、新工艺、新材料、新设备等方面的内容,删去或调整了较为陈旧的内容或被国家列为限制与淘汰的技术,在总体编排上则增加了一些工程照片,每一章的开始补充了内容提要和学习要求,每一章的结束增加了思考题和习题,加强了教材与实际工程的联系,使学生能够更好地进行课程内容的学习和理解。

本教材由同济大学土木工程学院组织修订,其中:第6章钢结构工程由刘匀修编,第7章脚手架工程由金瑞珺修编,第8章结构吊装工程由李辉修编,第9章防水工程 and 第12章网络计划技术由俞国凤修编,其余八章均由应惠清修编。全书由应惠清统稿。

本教材在编写中力求做到理论联系实际,反映当前土木工程施工的先进水平,并根据我国现行规范、规程与标准,努力做到深入浅出、通俗易懂。但由于作者水平有限,不妥之处在所难免,也由于工程技术的发展日新月异,教材内容仍显滞后,因此诚挚地希望广大读者提出宝贵意见,不吝赐教。

编 者

2009年5月

第 1 版前言

土木工程施工是土木工程专业的一门必修的专业基础课程,它在培养学生具有独立分析与解决土木工程施工中有关施工技术与组织管理的基本知识与基本能力方面起着重要的作用。

本书是在土木工程专业调整与课程体系改革的基础上,根据面向 21 世纪土木类人才培养目标及专业指导委员会对课程设置及教学大纲的要求组织编写的,作为教育部新世纪网络课程“土木工程施工”的配套文字教材,供广大读者学习参考。

土木工程施工课程研究土木工程施工中各主要工种工程的施工技术、工艺原理和组织管理的一般规律。该课程具有涉及面广、实践性强、发展迅速的特点。土木工程包括建筑工程、桥梁工程、地下工程、道路工程、水利工程、井港工程等等,对其施工规律的研究需要综合运用数学、力学、材料、测量、结构、机电、运筹学及有关管理方面的基础理论。作为应用性的专业基础课,其研究内容均来源于丰富的工程实践,随着我国建设事业与科学技术的不断发展,土木工程施工的新技术、新工艺、新材料、新方法层出不穷;现代化管理方面也硕果累累。因此,为提高本课程的教学质量,在课程学习的基础上,除应掌握有关土木工程施工的基础知识外,还必须密切联系工程实际,进行现场教学、参观实习等。我们在设计、编制新世纪网络课程《土木工程施工》时,充分利用了现代网络信息技术与多媒体技术,将大量工程实际用图画、照片反映在网络课件中,并考虑学生自主学习的特点,对部分工艺过程及原理等学习难点,运用动画等方式表达,使读者在学习教材的同时,可得到大量辅助学习的手段与信息。此外,作为配套的文字教材,还增加了许多例题。

本书由同济大学土木工程学院组织编写。第六章“钢结构工程”由刘匀编写,第七章“脚手架工程”由金瑞珺编写,第八章“结构吊装工程”由李辉编写,第九章“防水工程”及第十二章“网络计划技术”由俞国风编写,其余八章均由应惠清编写。本教材的插图由周太震负责,袁强、邓辉等做了大量工作。书稿由应惠清进行了审校、统编与定稿。

华中科技大学李惠强教授审阅了全书,并提出宝贵意见,在此表示感谢。

本书在编写中力求做到理论联系实际,反映当前土木工程施工的先进水平,并根据我国现行规范、规程与标准,努力做到深入浅出、通俗易懂。但由于作者的水平有限,不足之处难免,也由于工程技术的发展日新月异,教材内容仍显滞后,诚挚地希望广大读者提出宝贵意见,不吝赐教。

编 者

2003 年 10 月

目 录

第1章 土方工程	1
内容提要	1
学习要求	1
1.1 概述	2
1.2 场地标高设计与场地平整	5
1.2.1 场地设计标高的确定	5
1.2.2 土方工程量计算	13
1.2.3 场地平整土方机械及其施工	17
1.3 基坑(槽)土方工程施工	21
1.3.1 基坑(槽)土方工程量计算	21
1.3.2 边坡稳定	21
1.3.3 基坑支护	23
1.3.4 基坑土方开挖	39
1.4 降水	47
1.4.1 流砂及其防治	47
1.4.2 集水井降水	48
1.4.3 井点降水	49
1.5 土方的填筑	62
1.5.1 土料的选用与处理	62
1.5.2 填土方法	62
1.5.3 压实方法	63
1.5.4 影响填土压实的因素	65
思考题	66
习题	67
第2章 桩基础工程	69
内容提要	69
学习要求	69
2.1 概述	69
2.2 预制桩施工	70
2.2.1 混凝土预制桩	70
2.2.2 钢桩	79
2.3 灌注桩施工	80
2.3.1 灌注桩成孔方法	80
2.3.2 灌注桩钢筋笼与混凝土	

施工	88
2.4 承台施工	90
思考题	91
习题	91
第3章 混凝土结构工程	93
内容提要	93
学习要求	93
3.1 钢筋工程	94
3.1.1 钢筋的绑扎	95
3.1.2 钢筋的焊接	96
3.1.3 钢筋的机械连接	105
3.2 模板工程	108
3.2.1 模板的形式与构造	108
3.2.2 模板设计	123
3.2.3 模板的安装与拆除	130
3.3 混凝土工程	131
3.3.1 混凝土质量的初步控制	131
3.3.2 混凝土施工	133
思考题	151
习题	152
第4章 预应力混凝土工程	153
内容提要	153
学习要求	153
4.1 概述	153
4.2 预应力钢筋、锚(夹)具、张拉机械	155
4.2.1 预应力钢筋	155
4.2.2 预应力筋用锚具、夹具及连接器	158
4.2.3 张拉机械	167
4.2.4 预应力筋、锚具、张拉机具的配套使用	171
4.3 先张法施工	171
4.3.1 先张法施工工艺流程	171
4.3.2 先张法施工设备	172

4.3.3 先张法施工工艺	174	思考题	219
4.4 后张法施工	176	习题	219
4.4.1 后张法施工工艺流程	176	第7章 脚手架工程	221
4.4.2 后张法施工工艺	177	内容提要	221
思考题	184	学习要求	221
习题	184	7.1 扣件式钢管脚手架	222
第5章 砌筑工程	186	7.1.1 构配件	222
内容提要	186	7.1.2 扣件式脚手架的设计	224
学习要求	186	7.1.3 搭设要求	225
5.1 砌体材料	186	7.2 碗扣式钢管脚手架	227
5.1.1 块体	187	7.2.1 基本构造	227
5.1.2 砂浆	187	7.2.2 搭设要求	228
5.2 砌砖施工	188	7.3 承插型盘扣式钢管脚手架	229
5.2.1 砖墙的砌筑工艺	188	7.3.1 基本构造	229
5.2.2 砌筑质量要求	191	7.3.2 搭设要求	229
5.3 混凝土小型空心砌块施工	192	7.4 门式钢管脚手架的构造	230
5.3.1 材料	192	7.4.1 基本构造	230
5.3.2 砌筑工艺	193	7.4.2 搭设要求	230
5.3.3 砌筑质量要求	193	7.5 升降式脚手架	232
5.4 石砌体施工	194	7.5.1 自升降式脚手架	232
5.4.1 毛石砌体	194	7.5.2 互升降式脚手架	233
5.4.2 料石砌体	195	7.5.3 整体升降式脚手架	234
思考题	196	7.6 里脚手架	236
习题	197	思考题	237
第6章 钢结构工程	198	习题	238
内容提要	198	第8章 结构吊装工程	239
学习要求	198	内容提要	239
6.1 钢结构的加工	199	学习要求	239
6.1.1 放样与样板	199	8.1 起重机具	240
6.1.2 号料	199	8.1.1 卷扬机	240
6.1.3 切割	200	8.1.2 钢丝绳	241
6.1.4 边缘与端部加工	200	8.1.3 其他机具	242
6.1.5 弯制成型	201	8.2 起重机械	243
6.1.6 折边	204	8.2.1 桅杆式起重机	243
6.1.7 制孔	205	8.2.2 履带式起重机	245
6.1.8 矫正	205	8.2.3 汽车起重机	247
6.1.9 组装	206	8.2.4 塔式起重机	247
6.2 钢结构的连接	207	8.2.5 其他形式的起重机	256
6.2.1 焊接施工	207	8.3 构件吊装工艺	258
6.2.2 螺栓施工	211	8.3.1 预制构件的制作、运输和 堆放	258
6.3 钢结构的预拼装	218		

8.3.2 构件的绑扎	259	11.1.2 流水施工的特点	296
8.3.3 构件的吊升	262	11.1.3 流水施工组织的条件	296
8.3.4 构件的对位和临时固定	264	11.2 流水施工参数	297
8.3.5 构件的校正和最后固定	266	11.2.1 工艺参数	298
思考题	268	11.2.2 时间参数	298
习题	268	11.2.3 空间参数	300
第9章 防水工程	269	11.3 节奏流水施工	301
内容提要	269	11.3.1 固定节拍流水	302
学习要求	269	11.3.2 成倍节拍流水	304
9.1 地下防水工程	269	11.4 非节奏流水	306
9.1.1 防水混凝土	270	思考题	310
9.1.2 柔性防水层防水	276	习题	310
9.2 屋面防水工程	278	第12章 网络计划技术	312
9.2.1 卷材和涂膜屋面的基本构造层次	278	内容提要	312
9.2.2 找坡层和找平层	279	学习要求	312
9.2.3 卷材防水层施工	280	12.1 双代号网络图	313
9.2.4 涂膜防水层施工	282	12.1.1 双代号网络图的概念	313
思考题	283	12.1.2 双代号网络图的绘制	314
习题	283	12.1.3 双代号网络图的时间参数计算	321
第10章 装饰工程	284	12.2 单代号网络图	330
内容提要	284	12.2.1 单代号网络图的绘制	330
学习要求	284	12.2.2 单代号网络图的计算	334
10.1 抹灰工程	284	12.3 时标网络计划	339
10.1.1 一般抹灰	284	12.4 网络计划优化	342
10.1.2 装饰抹灰	287	12.4.1 费用优化	342
10.2 饰面板(砖)工程	288	12.4.2 工期优化	348
10.2.1 材料及施工基本要求	288	12.4.3 资源优化	349
10.2.2 饰面板(砖)施工	288	12.5 网络计划实施与控制	350
10.3 涂饰工程	290	12.5.1 网络计划调整内容	350
10.3.1 基层处理	290	12.5.2 网络计划调整方法	350
10.3.2 水性涂料涂饰施工	290	思考题	351
10.3.3 溶剂型涂料涂饰施工	291	习题	352
10.3.4 美术涂饰	292	第13章 施工组织设计	356
思考题	293	内容提要	356
习题	293	学习要求	356
第11章 流水施工原理	294	13.1 概述	357
内容提要	294	13.1.1 工程建设项目	357
学习要求	294	13.1.2 工程项目的建设程序	358
11.1 基本概念	295	13.2 施工组织设计的分类与内容	359
11.1.1 流水施工概念	295	13.2.1 施工组织设计的分类	359

13.2.2 施工组织设计的内容	361	13.4.3 编制施工计划	379
13.3 施工组织设计编制的依据与程序	363	13.4.4 设计施工平面图	383
13.3.1 施工组织设计编制的依据	363	13.5 施工组织设计的评价	386
13.3.2 施工组织设计编制的程序	363	13.5.1 施工方案的技术经济评价	386
13.4 施工组织设计的编制	365	13.5.2 进度计划技术经济评价	387
13.4.1 施工准备工作	366	13.5.3 施工平面图的评价	388
13.4.2 工程施工部署与施工方案	375	思考题	390
		习题	391
		主要参考文献	392

第1章

土方工程

内 容 提 要

本章介绍了与工程施工有关的土的一些工程性质,重点讨论了土方工程施工设计的基本内容,包括场地标高设计、土方调配、基坑支护、降水及土方机械选择等,叙述了土方施工的一般方法及质量要求。

学 习 要 求

土方工程工程量大、劳动强度大、施工条件复杂,因此在土木工程施工中占有重要地位,应予以重视。

土的工程性质与施工有直接关系,在土力学课程中已有叙述的内容,本章不再赘述。本章概述中介绍了土的开挖性质和可松性,要求学生掌握,它与本章后面的内容有一定关系。

最佳设计平面是一个重要概念,应很好地掌握并了解其设计方法。土方工程量的计算公式繁多,并多为近似公式,不必一一熟记,但拟柱体体积计算公式是工程土方计算最常用的公式,应该熟悉。

土方工程的准备和辅助工作,在某种意义上比土方工程施工本身还重要。其中:应熟悉影响土方边坡稳定的因素;熟悉基坑支护的形式,掌握其计算方法;了解流砂现象的原因与防治方法;掌握轻型井点的设计与施工。

轻型井点设计的内容有一定难度,自学时应着重掌握无压完整井单井降水理论,熟悉公式中各符号的物理意义,由此便可举一反三,理解其他水井的降水计算公式,这都有助于对降水设计内容的理解。

土方机械化施工的重点是熟悉土方机械选择和挖土机与汽车配合施工的问题。土方填筑与压实对土方工程质量有很大影响,应很好地掌握。

本章有关设计与计算的内容,应通过习题演练进一步加深理解。

1.1 概 述

土方工程包括一切土的挖掘、填筑和运输等过程以及排水、降水、土壁支撑等准备工作和辅助工程。在土木工程中,最常见的土方工程有场地平整、基坑(槽)开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填土等。

土方工程施工往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点,而且受气候、水文、地质、地下障碍等因素的影响较大,不确定的因素也较多,有时施工条件极为复杂。因此,在组织土方工程施工前,应详细分析、核对各项技术资料(如地形图、工程地质和水文地质勘察资料、地下管道、电缆和地下构筑物资料及土方工程施工图等),进行现场调查并根据现有施工条件,制订出技术可行、经济合理的施工设计方案。

土的种类繁多,其分类方法也很多,如按土的沉积年代、颗粒级配、密实度、液性指数等分类。在土木工程施工中,按照国家标准《建设工程工程量清单计价规范》(GB 50500—2013)规定采用的土壤及岩石分类表(普氏岩石强度系数)把土壤和岩石划分为五级:I—IV为土壤类;V为松石(软石);VI—VIII为次坚石;IX—X为普坚石;XI—XVI为特坚石(表1.1)。该表不仅可以确定工程所在岩石的开挖方法、判断岩石爆破的难易程度,而且可以作为计算承包工程单价、编制招投标文件的依据。

表 1.1 土壤及岩石分类表(普氏岩石强度系数)

定额 分类	普氏 分类	土壤及岩石名称	天然湿度下 平均容重 $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	开挖方法 及工具
一、 二类 土壤	I	泥炭	600	用尖锹 开挖
		腐殖土	1 200	
		砂	1 500	
		砂壤土	1 600	
	II	含有直径在 30 mm 以内根类的泥炭和腐殖土	1 100	用锹开挖 并少数 用镐开挖
		含有草根的密实腐殖土	1 400	
		轻壤土和黄土类土;潮湿而松散的黄土,软的盐渍土 和碱土	1 600	
		掺有卵石、碎石和石屑的砂和腐殖土	1 650	用尖锹 开挖 并少数 用镐开挖
		平均 15 mm 以内的松散而软的砾石	1 700	
		含有卵石、或碎石杂质的胶结成块的填土	1 750	
		含有卵石、碎石和建筑料杂质的砂壤土	1 900	

续表

定额分类	普氏分类	土壤及岩石名称	天然湿度下 平均容重 /kg · m ⁻³	开挖方法 及工具
三类土壤	Ⅲ	含有直径大于 30 mm 根类的腐殖土或泥炭	1 400	用尖锹 并同时 用镐和 撬棍开挖 (30%)
		重壤土、粗砾石、粒径为 15 ~ 40 mm 的碎石或卵石	1 750	
		干黄土和掺有碎石或卵石的自然含水量黄土	1 790	
		肥黏土,其中包括石炭纪、侏罗纪的黏土和冰黏土	1 800	
		掺有碎石或卵石和建筑碎料的土壤	1 900	
四类土壤	Ⅳ	土含碎石重黏土,包括石炭纪、侏罗纪的硬黏土; 含有碎石、卵石、建筑碎料和重达 25 kg 的顽石(总体积 10% 以内)等杂质的肥黏土和重壤土; 不含或含有重量达 10 kg 的顽石	1 950	用尖锹 并同时 用镐和 撬棍开挖
		冰碛黏土,含有重量在 50 kg 以内的巨砾(其含量为总体积 10% 以内);泥板岩	2 000	
松石	Ⅴ	砂藻岩和软白垩岩	1 800	部分用手 凿工具、 部分用 爆破开挖
		胶结力弱的砾岩	1 900	
		含有重量在 50 kg 以内的巨砾(占体积 10% 以上)的冰碛石	2 100	
		石膏	2 200	
		各种不坚实的板岩	2 600	
次坚石	Ⅵ	凝灰岩、和浮石	1 100	用风镐的 爆破法 开挖
		灰岩多孔和裂隙严重的石灰岩和介质石灰岩	1 200	
		中等硬变的泥灰岩	2 300	
		中等硬变的片岩	2 700	
	Ⅶ	风化的和有大裂缝的黏土质砂岩	2 000	用爆破 方法开挖
		石灰石胶结的带有卵石和沉积岩的砾石	2 200	
		坚实的泥灰岩	2 500	
		坚实的泥板岩	2 800	
	Ⅷ	黏土质砂岩	2 200	
		砾质花岗岩;泥灰质石灰岩;砂质云片岩	2 300	
		硬石膏	2 900	

续表

定额 分类	普氏 分类	土壤及岩石名称	天然湿度下 平均容重 $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	开挖方法 及工具
普 坚 石	IX	滑石化的蛇纹岩	2 400	用爆破 方法开挖
		严重风化的软弱的花岗岩、片麻岩和正长岩;致密的石灰岩;含有卵石、沉积岩的砾质胶结的砾岩;砂岩;砂质石灰灰质片岩	2 500	
	X	石灰岩质胶结的致密砾石;坚固的砂质片岩	2 600	
		白云石;坚固的石灰岩;大理岩	2 700	
特 坚 石	XI	蛇纹岩	2 600	用爆破 方法开挖
		石英胶结的坚固砂岩;粗粒正长岩	2 700	
		粗花岗岩;石灰质胶结的含有火成岩之卵石的砾石	2 800	
		非常坚硬的白云岩	2 900	
	XII	片麻岩;粗石岩	2 600	
		具有风化痕迹的安山岩和玄武岩	2 700	
		非常坚固的石灰岩;硅质胶结的含有火成岩之卵石的砾岩	2 900	
		中粒花岗岩	3 100	
	XIII	玢岩	2 500	
		辉绿岩	2 700	
		坚固耐用的片麻岩;坚固的粗面岩;中粒正长岩	2 800	
	XIV	坚固的玢岩	2 700	
		花岗岩麻岩;闪长岩	2 900	
		高硬度的石灰岩	3 100	
		非常坚硬的细粒花岗岩	3 300	
	XV	坚固的辉长岩和石英岩	2 800	
		高硬度的辉绿岩和闪长岩	2 900	
		安山岩、玄武岩、坚固的负页岩	3 100	
	XVI	拉长玄武岩和橄榄玄武岩	3 300	

土的工程性质对土方工程施工有直接影响,也是进行土方施工设计必须掌握的基本资料。土的主要工程性质有土的可松性、渗透性、密实度、抗剪强度、土压力等,部分内容在土力学课程中有详细分析,在此不再赘述。

土具有可松性。自然状态下的土,经过开挖后其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能恢复。土的可松性程度用可松性系数表示,即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}; \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1}$$

(1-1)

式中: K_s ——最初可松性系数;
 K'_s ——最终可松性系数;
 V_1 ——土在天然状态下的密实体积,亦称自然方, m^3 ;
 V_2 ——土经开挖后的松散体积,亦称虚方, m^3 ;
 V_3 ——土经回填压实后的体积,亦称实方, m^3 。

工程中土方是按天然密集体积计算的,而回填土则是按回填压实后的体积计算的,所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等的时候,必须考虑土的可松性。

各类土的可松性系数见表 1.2。

表 1.2 土的可松性系数

土 的 类 别	可松性系数	
	K_s	K'_s
I 类土壤	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.04
II 类土壤	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05
III 类土壤	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07
IV 类土壤	1.26 ~ 1.37	1.06 ~ 1.09
松石	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
次坚石	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
坚石	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
特坚石	1.45 ~ 1.50	1.20 ~ 1.30

1.2 场地标高设计与场地平整

1.2.1 场地设计标高的确定

大型工程项目通常都要确定场地设计平面,进行场地平整。设计平面就是将自然地面改造成人们所要求的平面。场地设计标高确定的基本要求是:满足规划、生产工艺及运输、排水及最高洪水水位等要求,并力求使场地内土方挖填平衡且土方量最小。

确定场地设计标高一般有两种方法:

(1) 按挖填平衡原则确定设计标高。如场地高差起伏不大,对场地设计标高无特殊要求时,可按照挖填土方量相等的原则确定场地设计标高。

(2) 用最小二乘法原理求最佳设计平面。应用最小二乘法原理,不仅可满足土方挖



1.2.1 场地平整