

普通高等教育“十三五”土木工程系列规划教材

土木工程施工

● 张健为 朱敏捷 主编

EDUCATION



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



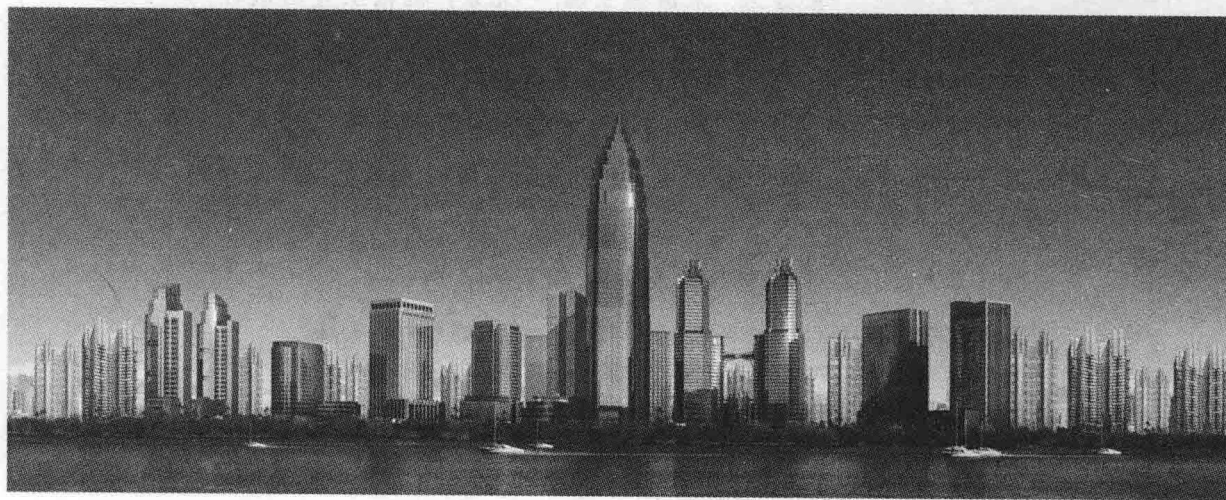
配套教师课件

普通高等教育

规划教材

土木工程 施工

主 编 张健为 朱敏捷
副主编 于洪伟 张 莉 苗 峰
参 编 朱公志 刘红石 王世栋



机械工业出版社

本书根据土木工程、工程管理等专业教学指导委员会的关于“土木工程施工”课程开设的指导意见,结合工程项目在施工阶段的工程内容和其间的工艺逻辑关系,按照现行的相关规范和标准,从工程发展趋势和技术进步的角度,分别就土木工程施工技术和施工组织两个方面进行展开,最后介绍了土木工程施工新技术。

本书围绕上述编写原则,主要包括岩土工程技术、辅助工程施工技术、工程主体施工技术、施工组织设计、工程专项施工技术五篇内容。土木工程施工技术部分主要包括岩土工程技术、辅助工程施工技术(脚手架及吊装工程等)、工程主体施工技术等,其中工程主体施工技术主要包括砌筑工程、混凝土结构工程、钢结构工程、防水工程、装饰装修工程、安装工程技术等;施工组织部分包括流水施工、网络计划技术、施工组织概论、单位工程施工组织设计等。

本书可作为工科类土木工程专业、工程管理专业、房地产专业及其他相关专业的师生教学用书,也可供土木类科研、设计、施工、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/张健为,朱敏捷主编. —北京:机械工业出版社, 2016. 12

普通高等教育“十三五”土木工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-55381-6

I. ①土… II. ①张… ②朱… 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276442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:马军平 责任编辑:马军平 郭克学 林 辉

责任校对:张晓蓉 封面设计:张 静

责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2017年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·27.5印张·675千字

标准书号:ISBN 978-7-111-55381-6

定价:59.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前言



鉴于土木工程专业具有极强的实践性特点,同时土木工程施工也是工程项目开展过程中主要的工程实践阶段,土木工程施工课程必然是土木工程及其相关专业的一门主要专业课程。该课程的主要研究内容包括土木工程施工技术和施工组织的一般规律,土木工程中主要工种施工工艺及工艺原理,工程项目科学的组织和管理,土木工程施工中新技术、新材料、新工艺的发展和应用等。

土木工程施工课程实践性强、知识面广、综合性强、发展速度快,本书结合实际情况,参考了最新的施工及验收规范,将大量工程施工中的图片引入书中,综合运用有关学科的基本理论和知识,理论联系实际,侧重于应用;着重基本理论、基本原理和基本方法的学习和应用,注意保证生产质量、安全生产、提高生产率和节约成本。

本书由张健为、朱敏捷主编,于洪伟、张莉、苗峰担任副主编,朱公志、刘红石、王世栋参与了编写。具体编写分工如下:张健为编写第一、二、七章和第十五章,朱敏捷编写第十一至十四章,于洪伟编写第三、四章,张莉编写第五、六章,苗峰编写第八、九章,朱公志编写第十章,刘红石编写第十六章,王世栋编写第十七、十八章。全书由张健为统稿。

本书在编写过程中,参考和引用了许多专家、学者的著作及相关材料,在此对相关作者表示衷心的感谢!限于编者水平,书中难免存在不足之处,恳切希望读者批评指正。

编者

目 录



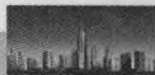
前言

第一篇 岩土工程技术

第一章 土方工程技术	2	四、挖土机与运土车辆的配合计算	38
第一节 岩土工程概述	2	复习思考题	39
第二节 土方工程概述	3	习题	40
一、土的工程分类	4	第二章 地基与基础工程	42
二、土的工程性质	4	第一节 概述	42
第三节 场地平整	6	一、常用的地基处理方法简介	42
一、确定场地设计标高	7	二、基础工程简介	44
二、场地平整土方量的计算	11	三、桩基础工程的分类	45
三、土方调配	15	第二节 浅埋式钢筋混凝土基础施工	45
第四节 基坑工程	20	一、板式基础	45
一、土方边坡及其稳定	20	二、杯形基础	46
二、土壁支护	21	三、筏形基础	46
三、降水	25	四、箱形基础	47
第五节 土方的填筑与压实	32	第三节 钢筋混凝土预制桩的施工	47
一、土料的选用与处理	32	一、预制桩的制作	47
二、填土的方法及要求	33	二、预制桩的起吊、运输	48
三、压实方法	33	三、预制桩的堆放	48
四、影响填土压实的因素	33	四、预制桩的沉桩方法	48
五、填土压实的质量检查	35	第四节 灌注桩施工	54
第六节 土方的机械化施工	35	一、钻孔灌注桩	54
一、推土机	35	二、泥浆护壁钻孔灌注桩	55
二、铲运机	35	三、套管成孔灌注桩	57
三、单斗挖土机	37	复习思考题	60

第二篇 辅助工程施工技术

第三章 脚手架工程	62	一、构配件	65
第一节 脚手架概述	62	二、搭设要求	66
一、脚手架的发展	62	三、扣件式钢管脚手架设计原则	66
二、脚手架的种类	62	第三节 碗扣式钢管脚手架	67
三、脚手架的要求	63	一、基本构造	67
第二节 扣件式钢管脚手架	64	二、搭设要求	68



第四节 门式钢管脚手架	68	第二节 建筑起重机械	81
一、基本构造	68	一、桅杆式起重机	81
二、搭设要求	69	二、自行式起重机	82
第五节 附着式升降脚手架	69	三、塔式起重机	85
一、自升降式脚手架	69	四、其他形式的起重机	92
二、互升降式脚手架	71	第三节 建筑构件吊装工艺	94
三、整体升降式脚手架	72	一、构件的制作和运输	94
第六节 里脚手架	74	二、吊装前的构件堆放	95
复习思考题	75	三、构件安装前的准备工作	96
第四章 结构吊装工程	76	四、构件吊装工艺	97
第一节 建筑起重机具	76	第四节 建筑结构吊装方案	104
一、卷扬机	76	一、起重机的选择	104
二、钢丝绳	77	二、结构吊装方法	105
三、吊索具	78	三、起重机的开行路线及停机位置	106
四、卡环	79	四、大跨度结构吊装	106
五、横吊梁	79	复习思考题	107
六、锚碇	79		

第三篇 工程主体施工技术

第五章 砌筑工程	110	第二节 钢筋工程	137
第一节 砌筑主要材料	110	一、钢筋冷加工	138
一、砌体材料	110	二、钢筋的焊接	143
二、砌筑砂浆	110	三、钢筋的机械连接	147
第二节 砌筑工艺	111	四、钢筋接头质量检验	150
一、砖墙砌筑工艺	111	五、钢筋配料及加工	151
二、砖砌体的质量要求	112	第三节 混凝土工程	153
第三节 砌块工艺	113	一、混凝土质量的初步控制	154
一、中小型砌块的施工机械	113	二、混凝土施工	157
二、砌块施工技术要求	114	三、高性能混凝土	170
三、砌块结构冬期施工	114	四、混凝土冬期施工	172
第四节 砌筑相关工艺	115	第四节 预应力混凝土工程	173
一、砖柱的组砌形式	115	一、概述	173
二、砖垛的砌法	116	二、先张法	193
三、砖砌体地基沉降裂缝的防治	116	三、后张法	198
四、中型砌块吊装路线的选择	117	第五节 钢筋混凝土预制构件	203
五、砌块施工工艺流程	118	复习思考题	206
复习思考题	119	习题	206
第六章 混凝土结构工程	120	第七章 钢结构工程	208
第一节 模板工程	120	第一节 钢结构加工	208
一、模板的形式与构造	120	一、钢结构的下料	208
二、模板设计	135	二、钢材加工及构件加工的工程内容	210
三、模板的安装与拆除	137	第二节 钢结构连接	213

一、钢结构焊接施工方法	213	复习思考题	252
二、钢结构焊接的工艺参数选择	215	第九章 装饰装修工程	253
三、普通螺栓的种类、用途及其材料、机械性能	216	第一节 概述	253
四、普通螺栓连接的施工要求	217	一、建筑装饰的历史及展望	253
五、高强度螺栓的种类和类型	218	二、建筑装饰施工的重要性	254
六、高强度螺栓的施工	219	三、建筑装饰的特点	255
第三节 钢结构工程质量控制	222	第二节 抹灰工程	256
一、钢材变形	222	一、抹灰饰面的组成	256
二、弯曲加工常见的质量缺陷	223	二、抹灰饰面常用材料	256
三、钢结构构件组装的分类及一般规定	224	三、一般抹灰工程施工质量标准	257
四、焊接的效率和经济性	225	第三节 饰面板(砖)工程	259
五、钢材的焊接性	225	第四节 涂饰工程	263
六、钢结构预拼装工艺要求	226	第五节 门窗工程	268
复习思考题	227	一、门窗安装的一般要求	268
第八章 防水工程	228	二、保证门窗工程质量的一般规定	269
第一节 屋面防水工程	229	三、门窗工程施工工艺控制	269
一、卷材防水屋面	229	复习思考题	272
二、涂膜防水屋面	238	第十章 安装工程技术	273
三、刚性防水屋面	242	第一节 安装工程概述	273
第二节 地下防水工程	246	第二节 安装工程的分类和特点	274
一、防水混凝土结构	247	一、安装工程的分类	274
二、地下卷材防水	248	二、安装工程的特点	275
三、地下水泥砂浆防水	250	第三节 安装工程关键施工技术 & 发展	276
四、地下涂膜防水	251	一、安装工程的关键施工技术	276
		二、安装工程施工技术的发展	277
		复习思考题	278
第四篇 施工组织设计			
第十一章 流水施工	280	二、成倍节拍流水施工的工期计算	290
第一节 流水施工的基本内容	280	第五节 非节奏流水	291
一、流水施工的概念	280	复习思考题	293
二、组织流水施工的条件和效果	282	习题	293
三、流水施工分级	283	第十二章 网络计划技术	295
第二节 流水施工参数	283	第一节 概述	295
一、工艺参数	283	一、横道计划与网络计划的表达形式及特点	295
二、时间参数	284	二、网络计划技术的基本原理	297
三、空间参数	285	三、工程网络计划的类型	297
第三节 等节拍专业流水	287	第二节 双代号网络计划	298
一、无间歇等节拍流水施工	287	一、双代号网络图的组成	298
二、有间歇等节拍流水施工	288	二、双代号网络图的绘制	300
第四节 成倍节拍流水	289	三、双代号网络计划时间参数计算	307
一、成倍节拍流水施工的特征	290		



第三节 单代号网络图	320
一、单代号网络图的组成	321
二、单代号网络图的绘制	321
三、单代号网络计划时间参数计算	322
第四节 双代号时标网络计划	326
一、概念	326
二、双代号时标网络计划的特点与适用范围	326
三、双代号时标网络计划的绘制	327
四、双代号时标网络计划时间参数的确定	328
第五节 单代号搭接网络计划	330
一、概念	330
二、相邻工作的各种搭接关系	330
三、搭接网络计划的时间参数计算	333
第六节 网络计划的优化	339
一、工期优化	339
二、费用优化	341
三、资源优化	346
第七节 网络计划的电算方法	352
一、建立数据文件	352
二、计算程序	352
三、输出部分	353
第八节 工程应用案例	354
一、网络计划技术在土木工程管理中的应用程序	354
二、施工劳动量计算	356
三、绘制办公楼工程的网络计划	357
复习思考题	358
习题	358
第十三章 施工组织概论	361
第一节 施工准备工作	361
一、施工准备工作的分类	361

二、施工准备工作的内容	362
三、施工准备工作的要求和措施	365
第二节 施工组织设计	367
一、施工组织设计的任务和作用	367
二、施工组织设计的类型和内容	368
三、施工组织总设计和单位工程施工组织设计的区别	369
复习思考题	370
第十四章 单位工程施工组织设计	371
第一节 单位工程施工组织设计的内容和编制程序	371
一、单位工程施工组织设计的内容	371
二、单位工程施工组织设计的编制依据	372
三、单位工程施工组织设计的编制程序	372
四、工程概况和施工特点分析	372
第二节 施工方案设计	372
一、确定施工程序	373
二、确定施工起点流向	374
三、确定施工顺序	375
四、施工方法和施工机械选择	377
五、主要技术组织措施	378
第三节 单位工程施工进度计划的编制	379
一、单位工程施工进度计划	379
二、资源需要量计划	382
第四节 单位工程施工平面图的设计	383
一、单位工程施工平面图的设计内容	384
二、单位工程施工平面图的设计依据	384
三、单位工程施工平面图的设计原则	385
四、单位工程施工平面图的设计步骤	385
复习思考题	389

第五篇 工程专项技术

第十五章 高层建筑施工技术	392
第一节 高层建筑施工概述	392
一、现代高层建筑的类型	392
二、现代高层建筑施工的特点	392
三、国内高层建筑的施工	393
第二节 高层建筑施工	394
一、高层建筑施工技术内容	394

二、高层建筑施工技术要点	395
三、高层建筑“三线”控制	397
第三节 高层建筑施工管理	399
一、工程项目管理	399
二、高层施工安全管理	400
三、高层施工项目验收	401
四、高层工程项目保修施工	401

复习思考题	401	一、BIM 定义	415
第十六章 建筑工业化及信息化技术 ...	402	二、BIM 概述	415
第一节 建筑工业化技术	402	第二节 BIM 价值	416
一、建筑工业化概述	402	一、BIM 特点	416
二、建筑方式	404	二、BIM 应用	418
第二节 建设工程管理信息化概述	406	三、成本核算	419
一、信息技术对建设工程管理的影响	406	第三节 BIM 应用推广	420
二、建设工程管理信息化的意义	407	一、BIM 技术与绿色建筑技术结合	420
第三节 建设工程管理信息化的实施	410	二、BIM 技术工程应用	421
一、基于 Internet 的工程建设项目信息		第四节 BIM 软件简介	424
管理系统的特点	410	复习思考题	425
二、系统的逻辑结构	411	第十八章 绿色施工技术	426
三、系统的功能结构	411	一、绿色施工的概念	426
四、基于 Internet 的工程项目信息管理		二、绿色施工的现状	426
系统的实现方式	411	三、绿色施工的原则	427
五、ASP 模式	412	四、绿色施工的要求	429
复习思考题	414	五、绿色施工的措施和途径	430
第十七章 BIM 工程技术	415	复习思考题	430
第一节 BIM 概述	415	参考文献	431

第一篇 岩土工程技术

岩土工程的工程内容非常多，其主要的研究方向也非常明确，目前已基本发展为独立学科，而且应用非常广泛。

本篇主要根据土木工程开展的一般顺序，结合岩土工程施工的主要内容进行介绍。因为，岩土工程的其他工程内容已经在相关的专业基础课程、方向课程中有过相关介绍。之所以将岩土工程作为开篇，不仅仅因为其工程内容基本是土木工程开展的首先程序，更为主要的是希望读者能够理解开展土木工程教学所需要的专业知识基础，理解构成土木工程施工的专业技术体系，清楚土木工程施工开展的专业逻辑关系，掌握土木工程施工作为专业平台（方向）课程的知识体系构成。

鉴于此，本篇在衔接系统专业技术和基础知识的基础上，仅就土方工程施工技术和基础工程内容进行展开。在回顾土方工程性质的基础上主要介绍了场地平整、基坑工程施工、土方调配、机械化施工等，以及关于地基处理技术、预制桩基础施工技术和灌注桩施工技术等内容。

第一章

土方工程技术

第一节 岩土工程概述

土木工程中所指的岩土工程通常是指运用工程地质学、土力学、岩石力学原理解决各类工程中关于岩石、土的工程技术问题的科学，是土木工程专业的所属分支。岩土工程是欧美国家于 20 世纪 60 年代在土木工程实践中建立起来的一种新的技术体制。它主要研究岩体与土体工程问题，包括地基与基础、边坡和地下工程等问题。

通常将地上、地下和水中的各类工程统称为土木工程，而土木工程中涉及岩石、土、地下、水中的部分称为岩土工程。按照工程建设阶段划分，岩土工程的工作内容可以分为：岩土工程勘察、岩土工程设计、岩土工程治理、岩土工程监测、岩土工程检测等。

随着我国经济的繁荣与发展，各种建筑工程拔地而起。在土建工程中，岩土工程占有十分重要的地位。岩土工程是以土力学、岩体力学及工程地质学为理论基础，运用各种勘探测试技术对岩土体进行综合整治改造和利用而进行的系统性工作。这一学科在国外某些国家和地区被称为“大地工程”或“土质工程”。岩土工程是土木工程的一个重要组成部分，它包括岩土工程勘察、设计、试验、施工和监测，涉及工程建设的全过程，在房屋、市政、能源、水利、道路、航运、矿山、国防等各种建设中，都有十分重要的意义。

岩土工程的主要研究方向包括以下几个方面：

1. 城市地下空间与地下工程

它以城市地下空间为主体，研究地下空间开发利用过程中的各种环境岩土工程问题，地下空间资源的合理利用策略，以及各类地下结构的设计、计算方法和地下工程的施工技术（如浅埋暗挖、盾构法、冻结法、降水排水法、沉管法、TBM 法等）及其优化措施等。

2. 边坡与基坑工程

边坡与基坑工程重点研究基坑开挖（包括基坑降水）对邻近既有建筑和环境的影响，基坑支护结构的设计计算理论和方法，基坑支护结构的优化设计和可靠度分析技术，边坡稳定分析理论，以及新型支护技术的开发应用等。

3. 地基与基础工程

地基与基础工程重点研究地基模型及其计算方法、参数，地基处理新技术、新方法和检测技术，建筑基础（如柱下条形基础、十字交叉基础、筏形基础、箱形基础及桩基础等）与上部结构的共同作用机理和规律等。

岩土工程研究的对象是岩体和土体。岩体在其形成和存在的整个地质历史过程中，经受

了各种复杂的地质作用,因而有着复杂的结构和地应力场环境。而不同地区不同类型的岩体,由于经历的地质作用过程不同,其工程性质往往具有很大的差别。岩石露出地表后,经过风化作用而形成土,它们或留存在原地,或经过风、水及冰川的剥蚀和搬运作用在异地沉积形成土层。在各地质时期,各地区的风化环境、搬运和沉积的动力学条件均存在差异性。因此,土体不但工程性质复杂,而且其性质的区域性和个性很强。

岩石和土的强度特性、变形特性和渗透特性都是通过试验测定的。在室内试验中,原状试样的代表性、取样过程中不可避免的扰动及初始应力的释放、试验边界条件与地基中实际情况不同等客观原因所带来的误差,使室内试验结果与地基中岩土的实际性状发生差异。在原位试验中,现场测点的代表性、埋设测试元件时对岩土体的扰动,以及测试方法的可靠性等所带来的误差也难以估计。

岩土材料及其试验的上述特性决定了岩土工程学科的特殊性。岩土工程是一门应用科学,在进行岩土工程分析时不仅需要运用综合理论知识、室内外测试成果,还需要应用工程师的经验,才能获得满意的结果。在开展岩土工程教学工作时需要重视岩土工程学科的特殊性以及岩土工程问题分析方法的特点。

第二节 土方工程概述

土方工程是土木工程施工的主要分部或分项工程之一。场地平整和基坑开挖往往是土木工程施工开展的最早工序和工程内容。特别是高层建筑的深基坑工程,土方工程的质量对整个建筑工程的影响非常大,有时甚至是关键性的。土方工程包括一切土的爆破、挖掘、填筑、运输平整和压实等主要过程,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。

土方工程的施工特点如下:

1) 工程量大,施工工期长。有些大型土木建设项目的土方量可达几十万到数百万立方米,且面积大、挖掘深,因此,合理选择施工方法及施工机械对于降低成本、缩短工期有着重要意义。

2) 施工条件复杂。土方工程施工多为露天作业,受建设地点的周围环境、气候条件、工程地质、水文地质条件的影响大,不确定因素多,因此,在组织土方工程施工前,应详细分析与核对各项技术资料,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。

3) 劳动强度大。土方工程施工由于条件限制很难完全实现机械化作业,需要大量的人力进行作业,因此在土方工程施工前要合理选择施工方案,尽量降低工人的劳动强度。

土方工程主要包括以下两类:

1) 场地平整,达到开工所要求的“三通一平”。如设计报告的确定,土方量的计算,土方调配,以及挖、运、填的机械化施工。

2) 建(构)筑物和其他地下工程的开挖与回填。如支护结构的设计与施工,开挖前的降水和开挖后的排水,土方机械化开挖,以及回填土的压实或夯实等。

一、土的工程分类

土的种类繁多,其分类方法也很多,如根据土的颗粒级配或塑性指数,将土分为碎石类土、砂土和黏性土;根据土的沉积年代,将黏性土分为老黏性土、一般黏性土和新近沉积黏性土;根据土的工程特性,将土分出特殊性土,如软土、人工填土、黄土、膨润土、红黏土、盐渍土和冻土。

从土木工程施工的角度,按土的开挖难易程度不同,可将土石分为八类,见表 1-1。各类土的工程性质将直接影响支护结构设计、施工方法、劳动量消耗和工程费用。可根据土的工程分类选择适当的施工方法并确定劳动量,为计算劳动力、机具及工程费用提供依据。

表 1-1 土的工程分类

类别	土 的 名 称	开挖方法及工具	可松性系数	
			K_s	K'_s
第一类 (松软土)	砂,粉土,冲积砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	用锹、锄头挖掘	1.08~1.17	1.01~1.04
第二类 (普通土)	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土,填筑土和粉土	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松	1.14~1.28	1.02~1.05
第三类 (坚土)	软及中等密实黏土,重粉质黏土,粗砾石,干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质黏土,压实的填筑土	主要用镐,少许用锹、锄头,部分用撬棍	1.24~1.30	1.04~1.07
第四类 (砾砂坚土)	重黏土及含碎石、卵石的黏土,粗卵石,密实的黄土,天然级配砂石,软泥灰岩及蛋白石	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤	1.26~1.37	1.06~1.09
第五类 (软石)	硬质黏土,中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土,胶结不紧的砾岩,软的石灰岩	用镐或撬棍、大锤,部分用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
第六类 (次坚石)	泥岩,砂岩,砾岩,坚实的页岩、泥灰岩,密实的石灰岩,风化花岗岩、片麻岩	用爆破方法,部分用风镐	1.30~1.45	1.10~1.20
第七类 (坚石)	大理岩,辉绿岩,玢岩,粗、中粒花岗岩,坚实的白云岩、砾岩、砂岩、片麻岩、石灰岩,微风化的安山岩、玄武岩	用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
第八类 (特坚石)	安山岩,玄武岩,花岗片麻岩,坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩,玢岩	用爆破方法	1.45~1.50	1.20~1.30

注: K_s —最初可松性系数; K'_s —最终可松性系数。

二、土的工程性质

1. 土的可松性

天然状态下的土经开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能完全恢复到原来的体积,土的这种性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示,即

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



$$K'_s=\frac{V_3}{V_1}$$

(1-2)

式中 K_s ——土的最初可松性系数；
 K'_s ——土的最终可松性系数；
 V_1 ——土在天然状态下的体积（ m^3 ）；
 V_2 ——土经开挖后的松散体积（ m^3 ）；
 V_3 ——土经回填压实后的体积（ m^3 ）。

由于土方工程量是以自然状态的体积来计算的，所以在进行土方的平衡调配、计算填方所需挖方体积、确定基坑（槽）开挖时的留弃土量，以及计算运土机具数量时，应考虑土的可松性。在土木工程施工过程中， K_s 是计算挖方工程量、运输工具数量和挖土机械生产率的重要参数； K'_s 是计算场地平整标高和填方所需挖方工程量的重要参数。

2. 土的天然含水量

在天然状态下，土中水的质量与土的固体颗粒质量之比的百分率，称为土的含水量，用 ω 表示。它表示土的干湿程度，其计算公式为

$$\omega=\frac{m_w}{m_s}\times100\%$$

(1-3)

式中 m_w ——土中水的质量（kg），为含水状态时土的质量与烘干后土的质量之差；
 m_s ——土中固体颗粒的质量（kg），为烘干后土的质量。

土的含水量影响土方施工方法的选择和填土的质量。土的含水量过高（25%~30%）给机械施工带来困难，而在回填土时则要求土具有最佳含水量。土的含水量对土方边坡稳定性也有一定影响。

3. 原状土经机械压实后的沉降量

原状土经机械往返压实或其他压实措施后，会产生一定的沉降，根据不同的土质，其沉降量为3~30cm。沉降量计算的经验公式为

$$S=\frac{P}{C}$$

(1-4)

式中 S ——原状土经机械压实后的沉降量；
 P ——机械压实的有效作用力；
 C ——原状土的抗陷系数，可按表1-2取值。

表 1-2 不同土的抗陷系数 C

原 状 土 质	C/MPa	原 状 土 质	C/MPa
沼泽土	0.01~0.015	大块胶结的砂、潮湿黏土	0.035~0.06
凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025	坚实的黏土	0.1~0.125
松砂、松湿黏土、耕土	0.025~0.035	泥灰石	0.13~0.18

4. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水所透过的性质，也称土的透水性。土的渗透性一般用渗透系数 k 表示。土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生流动，当基坑开挖至地下水位以下，地下水在土中渗透时受到土颗粒的阻力，其大小与土的渗透性及地下水渗流路线长短有关。法国

学者达西根据图 1-1 所示的砂土渗透试验，发现
渗流速度 v 与水力坡度 i 成正比，即

$$v=ki=k\frac{h}{L}$$

(1-5)

式中 k ——土的渗透系数 (m/d)；
 h ——水位差；
 L ——试样 (砂土) 长。

渗透系数是反映土体渗透性强弱的一个指标。
土的渗透性主要取决于土体的孔隙特征和水力坡
度，不同的土其渗透性不同。当基坑开挖至地下水位以下时，需采用人工降水，降水方法的
选择与渗透系数有关。渗透系数 k 可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定，表 1-3 的数
值可供参考。

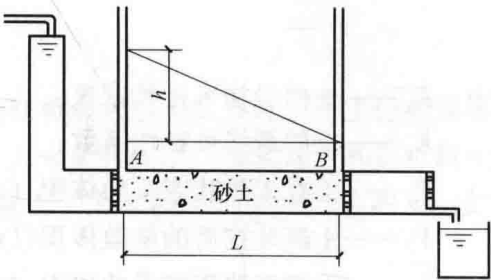


图 1-1 砂土渗透试验

表 1-3 土壤的渗透系数 k

土壤的种类	$k/(m/d)$	土壤的种类	$k/(m/d)$
亚黏土、黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20~25
亚黏土	0.1~0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35~50
含亚黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹砾石	50~100
含黏土的细砂	10~15	砾石	100~200

5. 土的其他性质

土的其他性质中，也有的对土方工程施工产生影响，如土的压缩性、土的密实度、土的
抗剪强度、土压力等，这些内容在土力学中有详细分析，在此不再赘述。

【例 1-1】 某建筑物外墙为条形毛石基
础，基础平均截面面积为 3.0m，基槽截面如
图 1-2 所示，地基土为三类土 ($K_s = 1.30$
 $K'_s = 1.05$)，计算 100m 长基槽土挖方量、填方
量和弃土量。

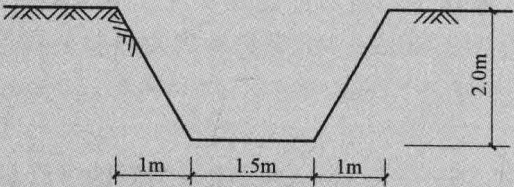


图 1-2 【例 1-1】图

解：(1) 计算挖方量

$$V_1=(1.5+1/2\times2.0)\times2.0\times100m^3=500m^3$$

(2) 计算填方量

$$V_2=\frac{500-3\times100}{1.05}m^3=190m^3$$

(3) 计算弃土量

$$V_3=(500-190)\times1.30m^3=403m^3$$

第三节 场地平整

土木工程开工之前一般都要进行场地平整。场地平整就是将自然地面平整为工程所要求

的平面。场地平整前，要确定场地设计标高。计算挖方和填方的土方量，确定挖方和填方的平衡调配方案，并根据工程规模、工期要求、土的性质以及现有的机械设备条件，选择土方机械，拟订施工方案。

一、确定场地设计标高

场地平整首先需要确定场地的设计标高。确定场地的设计标高时应考虑以下因素：应满足规划要求和生产工艺及运输的要求；尽量利用地形，以减少填挖土方的数量；根据具体条件，争取场区内的挖填方平衡，使土方运输费用最少；有一定的泄水坡度，满足排水要求。考虑到市政排水、道路和城市规划等因素，应按照设计文件中明确规定的设计标高进行场地平整。若设计文件无规定时，可采用“挖填土方量平衡法”或“最佳设计平面法”来确定。

（一）初步确定场地设计标高

1. “挖填土方量平衡法”确定场地设计标高

对于小型场地平整，当原地形比较平缓，且对场地设计标高无特殊要求时，可按“挖填土方量平衡法”确定场地设计标高。此法只能使挖方量与填方量平衡，而不能保证总土方量最小，但由于其计算简便，精度也能满足一般施工要求，所以实际施工时经常采用。用“挖填土方量平衡法”确定场地设计标高，可参照下述步骤和方法。

计算前先将场地平面划分成若干方格网，并根据地形图将每个方格的角点标高标注于图上。根据挖填平衡的原则计算场地的设计标高，即：总挖方量等于总填方量，平整前后的土方量相等。具体步骤如下：

1) 将场地平面划分成方格网（方格网边长 $a = 10 \sim 40\text{m}$ ），如图 1-3 所示。

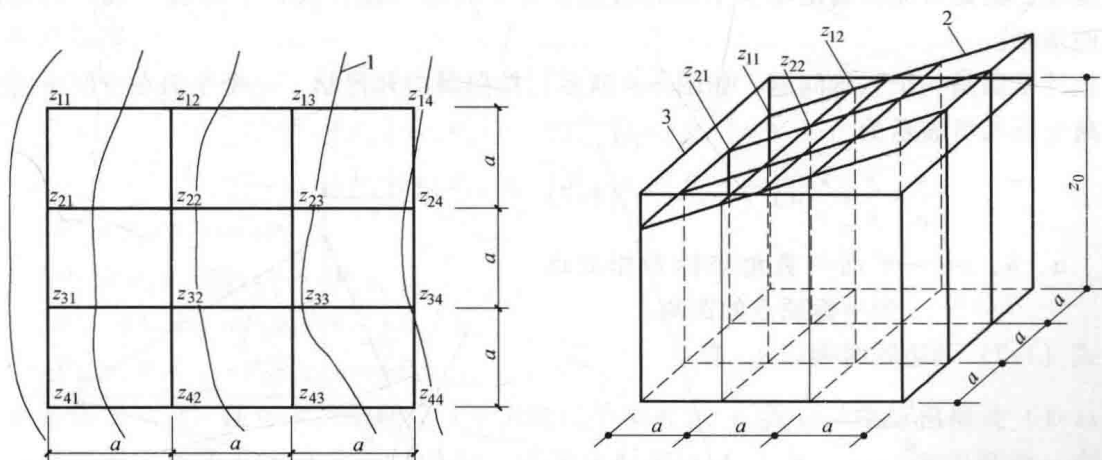


图 1-3 场地设计标高计算简图

1—等高线 2—自然地面 3—设计标高平面

2) 确定出各方格角点的自然地面标高。在地形平坦时，可根据地形上相邻两条等高线的高程，用线插入法求得；当地形起伏大，用插入法有较大误差，或者无地形图时，可在现场用木桩打好方格网，然后用实地测量的方法求得。

3) 按照挖填平衡的原则，场地设计标高的计算公式为

$$na^2z_0 = \sum_{i=1}^n \left(a^2 \frac{z_{11} + z_{12} + z_{13} + z_{14}}{4} \right) \quad (1-6)$$

$$z_0 = \frac{1}{4n} (\sum z_{11} + 2\sum z_{12} + 3\sum z_{13} + 4\sum z_{14})$$

$$z_0 = \frac{1}{4n} (\sum z_1 + 2\sum z_2 + 3\sum z_3 + 4\sum z_4)$$

式中 n ——方格数；

z_0 ——所计算场地的设计标高 (m)；

z_{11} 、 z_{12} 、 z_{13} 、 z_{14} ——1方格四个角点的标高 (m)；

z_1 ——一个方格仅有的角点标高 (m)；

z_2 ——两个方格共有的角点标高 (m)；

z_3 ——三个方格共有的角点标高 (m)；

z_4 ——四个方格共有的角点标高 (m)。

2. “最佳设计平面法”确定场地设计标高

当进行大型场地平整，并要求使挖填方平衡且总的土方量最小时，应采用“最佳设计平面法”。“最佳设计平面法”就是应用最小二乘法的原理，将场地划分成方格网，使场地内方格网各角点施工高度的平方和为最小，由此计算出的设计平面，既可满足挖方量与填方量平衡，又能保证总的土方量最小，因此称为“最佳设计平面”。

当地形比较复杂时，可根据工艺要求和地形，预先将场区划分成几个平面，分别计算出各最佳设计平面的各个参数；然后适当修正各设计平面交界处的标高，使场区平面的变化缓和且连续。由此可见，确定每个平面的最佳设计平面是“最佳设计平面法”确定场地设计标高的基础。

设计平面是一个三维问题，如图 1-4 所示，按照解析几何学，一个平面在空间中的位置用直角坐标系可表示为

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1 \quad (1-7)$$

式中 a 、 b 、 c ——平面与直角坐标系相交点到坐标原点的距离。

式 (1-7) 两边同时乘以 c ，有

$$x \frac{c}{a} + y \frac{c}{b} + z = c$$

设设计平面同坐标平面在 x 轴、 y 轴的夹角分别为 α 、 β ，则

$$\tan \alpha = i_x = -\frac{c}{a} \quad (1-8)$$

$$\tan \beta = i_y = -\frac{c}{b}$$

式中 i_x 及 i_y ——设计平面沿坐标 x 及 y 的坡度。

则有

$$z = c + xi_x + yi_y \quad (1-9)$$

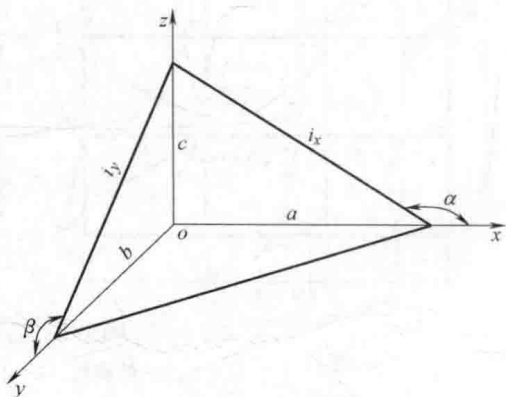


图 1-4 平面的空间位置