

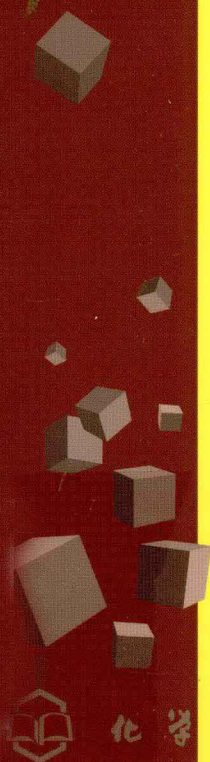
普通高等教育“十二五”规划教材

土木工程施工

周国恩 张树珺 主 编

王 宏 李 林 吴大群 副主编

TUMU GONGCHENG
SHIGONG



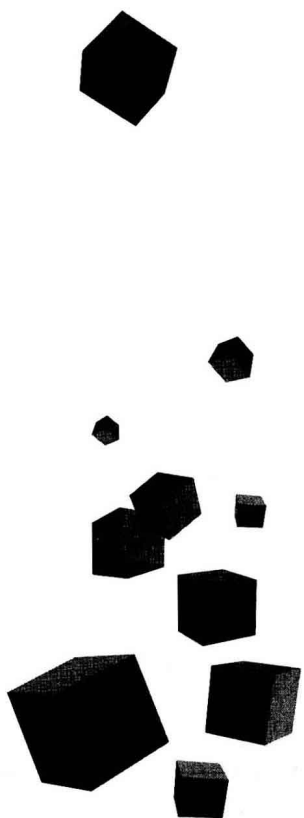
化学工业出版社



普通高等教育“十二五”规划教材

土木工程施工

周国恩 张树珩 主 编
王 宏 李 林 吴大群 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是参照现行施工及质量验收规范编写而成的。主要阐述了当前土木工程施工基础理论知识，目的是培养学生解决土木工程施工技术和施工组织等问题的应用能力。

本书内容包括：土方工程、地基与基础工程、砌体结构工程、混凝土结构工程、结构安装工程、防水工程、装饰装修工程、道路工程、桥梁结构工程施工；施工组织概论、流水施工原理、网络计划技术、施工组织总设计、单位工程施工组织设计。书中每章均附有本章概要、本章小结以及思考题，便于温故而知新，巩固所学的知识与技能。

本书可作为高等院校土木工程及其他相关专业的教材和教学参考书，也可供土木工程技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工/周国恩, 张树珩主编. —北京: 化学工业出版社, 2011.7
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-11072-5

I. 土… II. ①周…②张 III. 土木工程-工程施工-高等学校-教材 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 068813 号

责任编辑: 满悦芝 杜进祥
责任校对: 郑捷

文字编辑: 韩亚南
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 字数 610 千字 2011 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前 言

“土木工程施工”是土木工程类专业的核心技术课程。它的主要任务是研究土木工程施工各主要工种的施工工艺、施工技术、施工方法，施工项目科学的组织原理以及土木工程施工中的新技术、新材料、新工艺的发展与应用。

“土木工程施工”实践性强，综合性大，社会性广，新技术发展快，施工方法更新快，必须结合土木工程施工中的实际情况，综合解决工程施工中许多技术问题。土木工程施工涉及有关学科的综合运用，因此，本书力求拓宽专业面，扩大知识面，以适应发展的需要。

本书力求综合运用有关科学的基本理论和知识，理论联系实际，以解决工程建设中的实际问题。教材以建筑工程项目的施工管理为主线，对主要施工工艺、施工技术、施工方法和施工组织均按新规范要求编写。

本书编写时，取材上力图反映国内外先进的技术水平，内容与时俱进，知识涵盖广泛，内容系统实用，尽量符合施工现场的实际需要，以适应教学需要和社会发展需要。本书力求做到图文并茂、深入浅出、通俗易懂。在每章章首有“本章概要”，章尾有“本章小结”和“思考题”，以利于学生温故而知新，巩固所学的知识和技能。

本书由周国恩、张树珩任主编，王宏、李林、吴大群任副主编。具体分工如下：广西大学李林编写第1章、第2章；广西工学院周国恩编写第3章、第4章、第6章；常州工学院吴大群编写第5章；桂林理工大学江雪编写第7章、第10章；广西工学院梁鑫编写第8章、第9章；南阳理工学院张树珩编写第11章、第12章；海南大学王宏编写第13章、第14章。全书由周国恩副教授统稿。本书在编写过程中，得到淮阴工学院余跃心教授的指导和帮助，并参阅和引用了不少专家学者的论著及教材，在此表示衷心感谢！

目前，适逢我国大兴土木工程建设的蓬勃发展时期，相关配套的法律、法规、规章制度也将陆续出台，新施工规范的修订，加上土木工程施工技术的日新月异，有许多工程实际问题在我国仍属于需进一步研究和探索的课题，因此，本书不能完全与新制度、新思路同步，加之限于时间和编者的水平，难免存在不足之处，真诚希望得到热心于土木工程施工的专家和读者批评指正。我们的电子邮箱：17218308@qq.com。

编者

2011年5月于柳州

目 录

第1章 土方工程施工	1
1.1 概述	1
1.1.1 土方工程施工的内容及特点	1
1.1.2 土的工程分类及工程性质	2
1.2 场地平整及土方量计算	4
1.2.1 场地设计标高的确定与调整	4
1.2.2 场地平整的土方量计算	5
1.2.3 基坑、基槽土方量计算	8
1.3 土方边坡与支护	8
1.3.1 土方边坡	8
1.3.2 基坑支护	10
1.4 排水、降水施工	12
1.4.1 降低地下水位的基本方法	12
1.4.2 轻型井点的设计	13
1.4.3 轻型井点的施工	18
1.4.4 防止或减少降水影响周围环境的技术措施	19
1.5 土方开挖与填筑	20
1.5.1 土方机械化施工	20
1.5.2 土方的填筑与压实	24
本章小结	27
思考题	27
习题	27
第2章 地基与基础工程施工	28
2.1 地基处理	28
2.1.1 换填法	28
2.1.2 预压法	29
2.1.3 强夯法	30
2.1.4 深层搅拌法	31
2.2 浅基础工程施工	32
2.2.1 砖石基础	32
2.2.2 独立基础	33
2.2.3 筏形基础	33
2.2.4 箱形基础	34
2.3 深基础工程施工	35
2.3.1 桩基础工程	35
2.3.2 地下连续墙	43
2.3.3 逆作法施工	44
2.3.4 沉井施工	45
本章小结	46
思考题	46
第3章 砌体结构工程施工	47
3.1 脚手架工程与垂直运输机械	47
3.1.1 外脚手架	48
3.1.2 里脚手架	53
3.1.3 脚手架的安全措施	55
3.1.4 垂直运输机械	55
3.2 砖砌体施工	58
3.2.1 砌筑材料	58
3.2.2 砖砌体施工工艺	59
3.2.3 砖砌体质量要求	61
3.2.4 砖砌体工程质量问题与防治	62
3.3 小型混凝土空心砌块施工	64
3.3.1 砌块分类及组砌排列要求	64
3.3.2 砌块的施工	64
3.4 复合墙板施工	66
3.4.1 玻璃纤维增强水泥（GRC）复合墙板施工	67
3.4.2 钢丝网架水泥夹芯墙板施工	68
3.5 砌体工程冬期、雨期施工	69
3.5.1 砌体工程冬期施工	69
3.5.2 砌体工程雨期施工	70
本章小结	70
思考题	71
第4章 混凝土结构工程施工	72
4.1 模板工程	72
4.1.1 模板的作用与基本要求	72
4.1.2 模板的分类与安装方法	73
4.1.3 模板设计	74

4.1.4 模板安装与拆除	78	4.3.4 混凝土浇筑	99
4.1.5 新型模板体系施工	80	4.3.5 混凝土振捣	103
4.2 钢筋工程	82	4.3.6 混凝土养护	105
4.2.1 钢筋的种类	82	4.3.7 混凝土质量检验	106
4.2.2 钢筋的检验和存放	83	4.3.8 混凝土冬期施工	108
4.2.3 钢筋配料与代换	83	4.4 预应力混凝土工程	110
4.2.4 钢筋加工	89	4.4.1 先张法施工	111
4.2.5 钢筋连接	89	4.4.2 后张法施工	118
4.2.6 钢筋绑扎与安装	93	4.4.3 无黏结预应力混凝土施工	127
4.3 混凝土工程	95	4.4.4 其他预应力混凝土施工	128
4.3.1 混凝土配制	95	本章小结	129
4.3.2 混凝土搅拌	97	思考题	129
4.3.3 混凝土运输	98	习题	130
第5章 结构安装工程施工	132		
5.1 结构安装工程施工一般程序	132	5.3 单层工业厂房结构安装	146
5.1.1 单层工业厂房结构安装程序	132	5.3.1 构件安装工艺	146
5.1.2 装配整体式框架结构安装程序	134	5.3.2 结构安装方案	151
5.2 起重机械的选择	136	5.4 空间网架结构吊装	159
5.2.1 自行式起重机	136	本章小结	163
5.2.2 塔式起重机	141	思考题	163
5.2.3 桅杆式起重机	144	习题	163
第6章 防水工程施工	165		
6.1 屋面防水工程	165	6.2.2 卷材防水层施工	174
6.1.1 卷材防水屋面	166	6.2.3 水泥砂浆防水层施工	175
6.1.2 涂膜防水屋面	169	6.2.4 涂膜防水层施工	176
6.1.3 刚性防水屋面	170	6.3 外墙及楼地面防水工程	177
6.2 地下防水工程	170	本章小结	177
6.2.1 防水混凝土(结构自防水)	171	思考题	178
第7章 装饰装修工程施工	179		
7.1 抹灰工程	179	7.5 吊顶工程	193
7.2 饰面工程	183	本章小结	198
7.3 涂饰工程	187	思考题	198
7.4 玻璃幕墙工程	189		
第8章 道路工程施工	199		
8.1 路基工程施工	199	8.2.1 沥青混凝土路面施工	205
8.1.1 概述	199	8.2.2 水泥混凝土路面施工	207
8.1.2 施工前的准备工作	199	本章小结	209
8.1.3 路基施工工艺	201	思考题	209
8.2 路面工程施工	205		
第9章 桥梁结构工程施工	210		
9.1 桥梁结构施工概述	210	9.2 桥梁基础与桥梁墩台施工	212
9.1.1 桥梁的基本组成与类型	210	9.2.1 桥梁基础施工	212
9.1.2 桥梁施工发展概述	211	9.2.2 桥梁墩台施工	214

9.3 桥梁上部结构施工	214	9.3.5 转体施工法	220
9.3.1 支架施工法	215	本章小结	222
9.3.2 吊机架梁法	215	思考题	222
9.3.3 悬臂施工法	217		
9.3.4 顶推法	218		
第 10 章 施工组织概论	223		
10.1 施工组织设计概述	223	10.3 施工准备工作	230
10.1.1 施工组织设计的作用和编制依据	223	10.3.1 原始资料的调查分析	231
10.1.2 施工组织设计的分类及其内容	224	10.3.2 技术准备	232
10.1.3 施工项目管理者与施工组织设计的关系	227	10.3.3 物资准备	233
10.2 施工组织方法	227	10.3.4 劳动组织准备与技术培训	234
10.2.1 施工组织的任务	227	10.3.5 施工现场准备	234
10.2.2 施工组织的基本原则	229	10.3.6 施工的场外准备	235
10.2.3 施工组织的程序	229	本章小结	235
		思考题	235
第 11 章 流水施工原理	237		
11.1 流水施工概述	237	11.2.3 时间参数	247
11.1.1 组织施工的基本方式	237	11.3 流水施工组织方式	250
11.1.2 流水施工的技术经济效果	239	11.3.1 固定节拍流水施工	250
11.1.3 流水施工的组织条件	240	11.3.2 成倍节拍流水施工	253
11.1.4 流水施工的表达方式	241	11.3.3 非节奏流水施工	256
11.1.5 流水施工的分类	242	本章小结	258
11.2 流水施工参数	243	思考题	259
11.2.1 工艺参数	244	习题	259
11.2.2 空间参数	245		
第 12 章 网络计划技术	260		
12.1 网络计划技术概述	260	12.3.3 双代号时标网络计划关键线路和时间参数的判定	284
12.1.1 网络计划的产生与发展	260	12.3.4 时标网络计划的坐标体系	286
12.1.2 网络计划技术的性质和特点	261	12.4 单代号网络计划	287
12.1.3 网络计划技术的分类	261	12.4.1 单代号网络计划的组成	287
12.1.4 网络计划中工作之间的逻辑关系	262	12.4.2 单代号网络计划的绘制	288
12.2 双代号网络计划	263	12.4.3 单代号网络计划时间参数的表达	289
12.2.1 双代号网络计划的组成	263	12.4.4 单代号网络计划时间参数的计算	289
12.2.2 双代号网络计划的绘制	265	12.5 单代号搭接网络计划	294
12.2.3 双代号网络计划时间参数的概念	272	12.5.1 单代号搭接网络计划概述	294
12.2.4 双代号网络计划时间参数的计算	273	12.5.2 搭接关系的种类及表达	294
12.3 双代号时标网络计划	282	12.5.3 单代号搭接网络计划时间参数的计算	295
12.3.1 双代号时标网络计划的概念	282	12.6 网络计划的优化	302
12.3.2 双代号时标网络计划的绘制方法	282	12.6.1 工期优化	302

12.6.2 费用优化	304	思考题	314
12.6.3 资源优化	309	习题	315
本章小结	314		
第 13 章 施工组织总设计	317		
13.1 施工组织总设计的编制概述	317	13.4.2 主要材料和预制品需要量 计划	325
13.1.1 施工组织总设计的作用	317	13.4.3 施工机具和设备需要量计划	326
13.1.2 施工组织总设计的编制依据	317	13.5 施工总平面图设计	327
13.1.3 施工组织总设计的编程程序	318	13.5.1 施工总平面布置图的内容	327
13.1.4 施工组织总设计的编制原则	318	13.5.2 施工总平面布置的原则	327
13.1.5 施工组织总设计的内容	319	13.5.3 施工总平面图设计的依据	327
13.2 总体施工部署	319	13.5.4 施工总平面图设计的步骤和 要求	328
13.2.1 确定工程开展程序	320	13.6 主要技术经济指标	329
13.2.2 拟定主要工程项目的施工 方案	320	13.6.1 施工周期	329
13.2.3 明确施工任务划分与组织 安排	321	13.6.2 劳动生产率	329
13.2.4 编制施工准备工作计划	321	13.6.3 工程质量	330
13.3 施工总进度计划	321	13.6.4 降低成本	330
13.3.1 列出工程项目一览表并计算工 程量	322	13.6.5 安全指标	330
13.3.2 确定各单位工程的施工期限	323	13.6.6 机械指标	330
13.3.3 确定各单位工程开、竣工时间和 相互连接关系	323	13.6.7 预制化施工程度	330
13.3.4 施工总进度计划的编制	323	13.6.8 临时工程	330
13.4 主要资源需用量计划	324	13.6.9 节约三大材料百分比	330
13.4.1 劳动力需要量计划	325	本章小结	330
		思考题	330
第 14 章 单位工程施工组织设计	332		
14.1 概述	332	14.3.4 主要技术组织措施	343
14.1.1 单位工程施工组织设计编制 依据	332	14.4 施工进度计划	344
14.1.2 单位工程施工组织设计编制 程序	333	14.4.1 施工进度计划作用	344
14.1.3 单位工程施工组织设计编制 内容	333	14.4.2 施工进度计划编制依据	344
14.2 工程概况	333	14.4.3 施工进度计划编制步骤	344
14.2.1 工程特点	334	14.5 资源需用量计划及准备工作计划	347
14.2.2 建设地点特征	334	14.6 施工平面图设计	349
14.2.3 施工条件	334	14.6.1 施工平面图设计的依据	349
14.3 施工方案	334	14.6.2 施工现场平面图的内容	350
14.3.1 施工顺序和施工流向	334	14.6.3 施工平面图设计的基本原则	350
14.3.2 施工方法和施工机械	337	14.6.4 施工平面图设计的步骤和 要点	350
14.3.3 常见房屋的施工特点及施工 方案	338	14.7 技术经济指标分析	352
		本章小结	353
		思考题	353
参考文献	354		

第 1 章 土方工程施工

【本章概要】

1. 教学内容：土方工程施工内容、施工过程，施工特点及土的工程分类、土的工程性质；场地平整施工的竖向规划设计；土方量的计算；土方开挖的边坡稳定及支护施工方法；土方基坑开挖的排水、降水方案，轻型井点系统的设计及流砂现象的原因与防治；土方工程机械化施工与填筑方法。

2. 基本要求：

(1) 了解土方工程施工内容、施工过程、施工特点；土的分类；掌握土的工程性质对其施工的影响。

(2) 熟悉场地平整施工的竖向标高确定，土方量的计算方法。

(3) 掌握基坑开挖施工中的降低地下水位方法，基坑边坡稳定及支护结构设计方法的基本原理。

(4) 熟悉常用土方施工机械的性能、特点和使用范围。

(5) 掌握土方填筑压实施工方法。

1.1 概述

土方工程是道路、桥梁、水利、建筑、地下工程等各种土木工程施工的主要分部工程之一。它是工程施工中关键的第一步，受各种施工因素干扰大，因此选择合理的施工方案，制定可靠的措施，采用先进的施工技术，以确保工程质量与安全，具有重要意义。

1.1.1 土方工程施工的内容及特点

(1) 土方工程施工内容

在土木工程中，土方工程施工的内容包括：场地平整、边坡支护、降水与排水施工、土方开挖、运输、填筑与压实等。其施工过程是场地平整→测量放线→土方开挖→土方运输→施工排水、降水和边坡支护等→挖到设计标高、尺寸后的验槽→(地基与基础施工)→土方回填压实。其中，土方开挖是主导施工过程。

(2) 土方工程施工特点

土方工程施工的主要特点如下。

1) 工程量大，劳动强度高

大型建筑场地的平整，土方工程量可达数百万立方米以上，施工面积达数平方千米，大型基坑的开挖，有的深达 20m 以上，施工工期长，任务重，劳动强度高。在组织施工时，为了减轻繁重的体力劳动，提高生产效率，加快施工进度，降低工程成本，应尽可能采用机械化施工。

2) 施工条件复杂

土方工程施工多为露天作业，受气候、水文、地质条件影响很大，施工中不可确定因素较多。因此，在施工前必须进行充分的调查研究，做好各项施工准备工作，制定合理的施工方案，确保施工顺利进行，保证工程质量。

3) 受场地影响

任何建筑物基础都有一定的埋置深度,基坑(槽)的开挖、土方的留置和存放都受到施工场地的影响,特别是城市内施工,场地狭窄,往往由于施工方案不妥,导致周围建筑设施出现安全稳定问题。因此,施工前必须充分熟悉施工场地情况,了解周围建筑结构形式和地质技术资料,科学规划,制定切实可行的专项施工方案,确保周围建筑物安全。

1.1.2 土的工程分类及工程性质

(1) 土的工程分类

土的种类很多,其分类方法也很多,在土方工程施工中,根据土的开挖难易程度将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类。前四类为一般土,后四类为岩石。土的工程分类见表 1-1,正确区分和鉴别土的种类,可以合理地选择施工方法和准确地套用定额,计算土方工程费用。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的名称	可松性系数		密度/(t/m ³)	开挖方法及工具
		K_s	K'_s		
一类土 (松软土)	砂土、粉土、冲积砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	1.08~1.17	1.01~1.04	0.6~1.5	用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬
二类土 (普通土)	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,粉土混卵(碎)石,种植土、填土	1.14~1.28	1.02~1.05	1.1~1.6	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土,重粉质黏土、砾石土,干黄土、含有碎石卵石的黄土、粉质黏土,压实的填土	1.24~1.30	1.04~1.07	1.75~1.9	主要用镐翻松,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍挖掘
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土或黄土,含碎石卵石的中等密实的黏性土或黄土,粗卵石,天然级配砂石,软泥灰岩	1.26~1.37	1.06~1.09	1.9	整个先用镐、撬棍挖掘,后用锹挖掘,部分用楔子及大锤挖掘
五类土 (软石)	硬质黏土,中密的页岩、泥灰岩、白垩土,胶结不紧的砾岩,软石灰及贝壳石灰石	1.30~1.45	1.10~1.20	1.1~2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
六类土 (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、片麻岩及正长岩	1.30~1.45	1.10~1.20	2.2~2.9	用爆破方法开挖,部分用风镐
七类土 (坚石)	大理石,辉绿岩,玢岩,粗、中粒花岗岩,坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩,微风化安山岩,玄武岩	1.30~1.45	1.10~1.20	2.5~3.1	用爆破方法开挖
八类土 (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、角闪岩	1.45~1.50	1.20~1.30	2.7~3.3	用爆破方法开挖

(2) 土的工程性质

1) 土的天然密度

土在天然状态下单位体积的质量,称为土的天然密度(单位为 g/cm³, t/m³)。一般黏性土的天然密度约为 1.8~2.0t/m³,砂土的天然密度约为 1.6~2.0t/m³。土的天然密度(ρ)按下式计算:

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

式中 m ——土的总质量;

V ——土的天然体积。

2) 土的干密度

单位体积中土的固体颗粒的质量称为土的干密度（单位为 g/cm^3 ， t/m^3 ）。土的干密度（ ρ_d ）按下式计算：

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

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量；

V ——土的天然体积。

土的干密度愈大，表示土愈密实。工程上常把干密度作为评定土体密实程度的标准，以控制填土工程的质量。

3) 土的可松性

自然状态下的土（原土）经开挖后，其体积因松散而增加，虽经回填夯实，仍不能恢复到原状土的体积，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如下：

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-3)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-4)$$

式中 K_s ——最初可松性系数；

K'_s ——最终可松性系数；

V_1 ——自然状态下土的体积；

V_2 ——土经开挖后的松散体积；

V_3 ——土经回填压实后的体积。

可松性系数对土方的调配，计算土方运输量、填方量及选用运输工具都有影响，尤其是大型挖方工程，必须考虑土的可松性系数。各类土的可松性系数见表 1-1。

4) 土的含水量

土的含水量是指土中所含的水与土的固体颗粒之间的质量比，以百分数表示：

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 m_1 ——含水状态时土的质量；

m_2 ——烘干后土的质量；

m_w ——土中水的质量；

m_s ——固体颗粒的质量。

一般土的干湿程度，用含水量表示。含水量在 5% 以下为干土；在 5%~30% 之间称为潮湿土；大于 30% 称为湿土。含水量愈大，土就愈湿，对施工就愈不利。含水量对挖土的难易、施工时的放坡、回填土的夯实等均有影响。在一定含水量的条件下，用同样的夯实机具，可使回填土达到最大的密实度，此含水量称为最佳含水量。各类土的最佳含水量如下：砂土为 8%~12%；粉土为 9%~15%；粉质黏土为 12%~15%；黏土为 19%~23%。

5) 土的渗透性

土的渗透性是指水在土体中渗流的性能，一般以渗透系数 K 表示。水的渗流过程如图 1-1 所示，地下水在

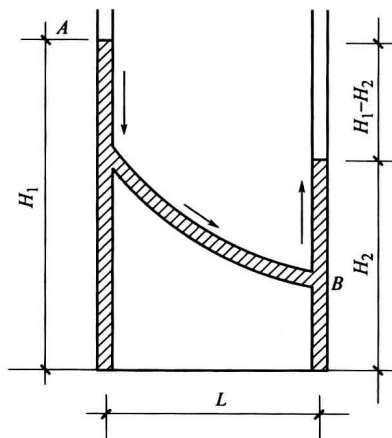


图 1-1 水的渗流过程

土中的渗流速度可按达西定律计算:

$$v=Ki \quad (1-6)$$

式中 v ——水在土中渗流速度, m/d 或 cm/s;

i ——水力坡度, $i=\frac{H_1-H_2}{L}$, 即 A、B 两点的水头差与其水平距离之比;

K ——土的渗透系数, m/d 或 cm/s。

渗透系数 K 值反映出土透水性强弱, 它直接影响降水方案的选择和涌水量计算的准确性, 一般可通过室内渗透试验或现场抽水试验确定, 一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数

土的种类	$K/(m/d)$	土的种类	$K/(m/d)$
黏土、亚黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20~25
亚砂土	0.1~0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35~50
含黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹卵石	50~100
含黏土的细砂	10~15	卵石	100~200

注: 表中 d 表示天。

1.2 场地平整及土方量计算

1.2.1 场地设计标高的确定与调整

场地平整就是将天然地面平整成施工所要求的设计平面。在目前总承包施工中, 三通一平的工作往往由施工单位实施, 因此场地平整也成为开工前的一项工作内容。场地平整前, 要进行场区竖向规划设计, 确定场地设计标高计算挖方和填方的工程量, 然后根据工程规模、施工期限、现有条件选择土方机械, 拟定施工方案。

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据, 也是总图规划和竖向设计的依据。合理确定场地的设计标高, 对减少土方量, 节约土方运输费用, 加快施工进度等都有重要的经济意义。选择设计标高时应考虑以下因素。

- ① 满足生产工艺和运输的要求。
- ② 尽量利用地形, 使场内挖填平衡, 以减少土方运输费用。
- ③ 有一定泄水坡度 (不小于 2‰), 满足排水要求。
- ④ 考虑最高洪水位的影响。

场地平整高度计算常用的方法为“挖填土方量平衡法”, 因其概念直观, 计算简便, 精度能满足工程要求, 应用最为广泛, 其计算步骤和方法如下。

(1) 计算场地设计标高 H_0 。

如图 1-2 所示, 可将地形图划分成方格网 (或利用地形图的方格网), 每个方格的角点标高, 一般可根据地形图上相邻两等高线的标高, 用插入法求得。当无地形图时, 亦可在现场打设木桩定好方格网, 然后用水准仪器直接测出。

一般要求是, 使场地内的土方在平整前和平整后相等而达到挖方和填方量平衡, 如图 1-2 所示。设达到挖填平衡的场地平整标高为 H_0 , 则由挖填平衡条件, H_0 值可由下式求得:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-7)$$

式中 N ——方格网数, 个;

H_1 ——一个方格独有的角点标高, m;

H_2 ——两个方格共有的角点标高, m;

H_3 ——三个方格共有的角点标高, m;

H_4 ——四个方格共有的角点标高, m。

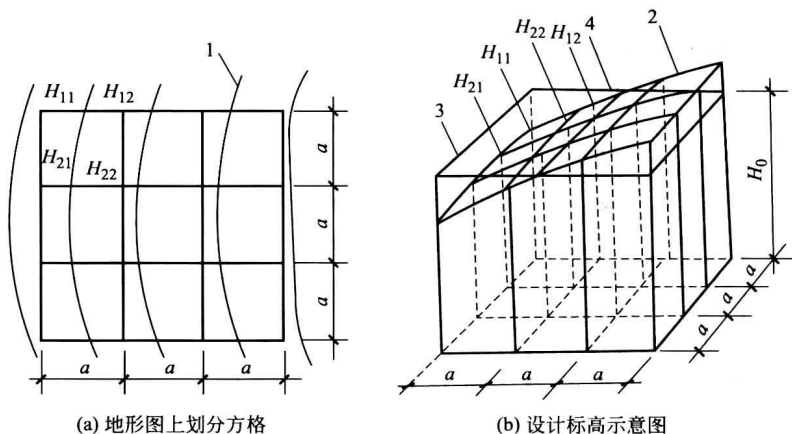


图 1-2 场地设计标高计算简图

1—等高线; 2—自然地坪; 3—设计标高平面; 4—自然地面与设计标高平面的交线 (零线);

a —方格网边长; H_{11} , H_{12} , H_{21} , H_{22} —任一方格的四个角点的标高

(2) 考虑设计标高的调整值 H_n

式(1-7) 计算的 H_0 为一理论数值, 实际尚需考虑以下因素。

- ① 土的可松性。
- ② 设计标高以下各种填方工程用土量, 或设计标高以上的各种挖方工程量。
- ③ 边坡填挖土方量不等。
- ④ 部分挖方就近弃土于场外, 或部分填方就近从场外取土等因素。

考虑这些因素引起挖填土方量变化后, 应适当提高或降低设计标高。

(3) 考虑排水坡度对设计标高的影响

式(1-7) 计算的 H_0 未考虑场地的排水要求 (即场地表面均处于同一个水平面上), 实际均应有一定排水坡度。如场地面积较大, 应有 2‰ 以上排水坡度, 尚应考虑排水坡度对设计标高的影响。故场地内任一点实际施工时所采用的设计标高 H_0 (m) 可经调整后得到 H_n :

$$\text{单向排水时} \quad H_n = H_0 \pm li \quad (1-8)$$

$$\text{双向排水时} \quad H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-9)$$

式中 l ——计算点至 H_0 的距离, m;

i —— x 方向或 y 方向的排水坡度 (不少于 2‰);

l_x , l_y ——计算点沿 x 方向和 y 方向距场地中心线的距离, m;

i_x , i_y —— x 方向和 y 方向的排水坡度。

以上两式中, 计算点比 H_0 高则取 “+” 号, 反之取 “-” 号。

1.2.2 场地平整的土方量计算

场地平整土方量的计算方法, 通常有方格网法和断面法两种。当场地地形较为平坦时宜采用方格网法; 当场地地形起伏较大、断面不规则时, 宜采用断面法。

(1) 方格网法

方格边长一般取 10m、20m、30m、40m 等。根据每个方格角点的自然地面标高和设计

标高, 算出相应的角点挖填高度, 然后计算出每一个方格的土方量, 并算出场地边坡的土方量, 这样即可求得整个场地的填、挖土方量。其具体步骤如下。

1) 计算场地各方格角点的施工高度

各方格角点的施工高度 (挖或填的高度), 可按下列式计算:

$$h_n = H_n - H \quad (1-10)$$

式中 h_n ——角点的施工高度, 以“+”为填方, “-”为挖方;

H_n ——角点的设计标高;

H ——角点的自然地面标高。

2) 确定零线

零点是位于方格网线上的挖填作业分界点, 因此, 零点必须出现在施工高度正负号改变的两相邻角点之间。如图 1-3 所示, 通过简单的几何关系即得

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a \quad (1-11)$$

式中 x_1, x_2 ——角点至零点的距离;

h_1, h_2 ——相邻两角点的施工高度的绝对值, m;

a ——方格边长, m。

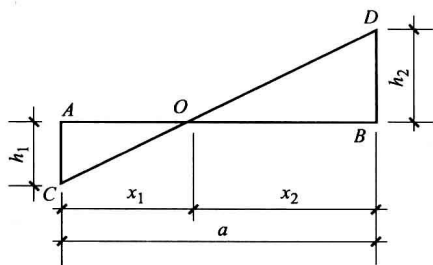


图 1-3 求零点示意图

计算出各个零点的位置后, 将各方格的零点相连即可作出零线, 零线则是场地挖填作业的分界线。在实际中是平面曲线的零线。

3) 计算场地方格挖填土方量

场地各方格挖填土方量的计算, 一般有下列四种类型, 可采用四角棱柱体的体积计算方法。

① 方格四个角点全部为填方 (或挖方), 如图 1-4 所示, 其土方量为

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-12)$$

② 方格的相邻两角点为挖方, 另两角点为填方, 如图 1-5 所示, 其挖方部分的土方量为

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-13)$$

填方部分的土方量为

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_4^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_3^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-14)$$

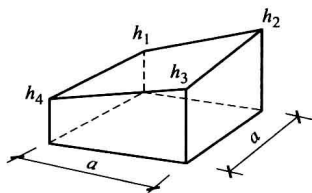


图 1-4 全填或全挖的方格

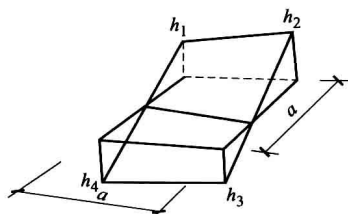


图 1-5 两挖和两填的方格

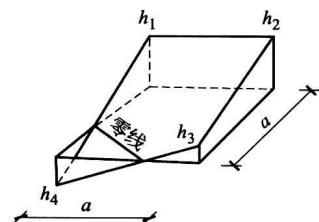


图 1-6 三挖一填或相反的方格

③ 方格的三个角点为挖方, 另一个角点为填方, 或者相反时, 如图 1-6 所示, 其填方部分土方量为

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \times \frac{h_4^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)} \quad (1-15)$$

挖方部分土方量为

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6}(2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-16)$$

④ 方格的一个角点为挖方, 相对角点为填方, 另两个角点为零点时, 如图 1-7 所示, 其挖(填)方土方量为

$$V = \frac{a^2}{6}h \quad (1-17)$$

必须指出, 以上的计算公式是根据平均中断面的近似公式推导而得的, 当方格中地形不平时误差较大, 但计算简单, 目前用人工计算土方量时多用此法。为提高计算精度, 也可将方格网按等高线走向再划成三角棱柱体进行计算, 此法计算工作量太大, 一般适宜用计算机计算土方量, 在此不做赘述。

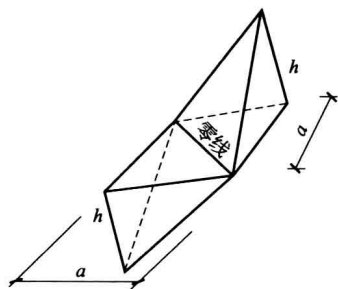


图 1-7 一挖一填的方格

4) 计算场地边坡土方量

在场地平整施工中, 沿着场地四周都需要做成边坡, 以保持土体稳定, 保证施工和使用的安全。边坡土方量的计算, 可先把挖方区和填方区的边坡画出来, 然后将边坡划分为两种近似的几何形体, 如三角棱锥体①~③、⑤~⑪或三角棱柱体④, 如图 1-8 所示。

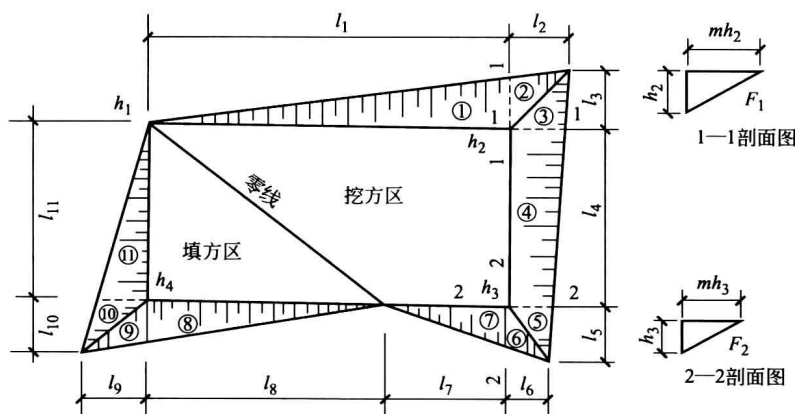


图 1-8 场地边坡土方量计算简图

① 三角棱锥体边坡（如①）体积为

$$V_1 = \frac{1}{3}F_1 l_1 \quad (1-18)$$

式中 l_1 ——边坡①的长度;

F_1 ——边坡①的端面积。

② 三角棱柱体边坡（如④）体积为

$$V_4 = \frac{F_1 + F_2}{2} l_4 \quad (1-19)$$

在两端横断面面积相差很大的情况下, 有

$$V_4 = \frac{l_4}{6}(F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-20)$$

式中 l_4 ——边坡④的长度;

F_1, F_2, F_0 ——边坡④的两端、中部的断面面积。

(2) 断面法

沿场地取若干个相互平行的断面（当精度要求不高时, 可利用地形图定出, 若精度要求

较高,应实地测量定出),如图 1-9 所示,将所取的每个断面(包括边坡断面)划分为若干个三角形和梯形,则面积为

$$f_1 = \frac{h_1 d_1}{2}, \quad f_2 = \frac{(h_1 + h_2) d_2}{2}, \quad \dots$$

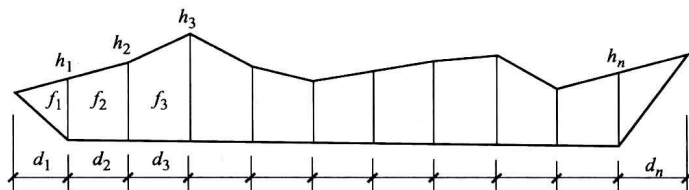


图 1-9 断面法

某一断面面积为

$$F_i = f_1 + f_2 + \dots + f_n$$

若 $d_1 = d_2 = \dots = d_n = d$, 则

$$F_i = d(h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1})$$

设各断面面积分别为 $F_1, F_2, \dots, F_m$, 相邻两断面间的距离依次为 $L_1, L_2, \dots, L_m$, 则所求土方体积为

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} L_2 + \dots + \frac{F_{m-1} + F_m}{2} L_{m-1} \quad (1-21)$$

可见,用此法计算土方量时,边坡土方量已包括在内。

1.2.3 基坑、基槽土方量计算

(1) 基坑土方量计算

由图 1-10 可知,基坑土方量 V 可按拟柱体(两平行面为底的多面体)体积公式计算,即

$$V = \frac{H}{6} (F + 4F_0 + F') \quad (1-22)$$

式中 H ——基坑深度, m;

F, F', F_0 ——基坑上底、下底、 $\frac{1}{2}H$ 截面处面积, m^2 。

(2) 基槽土方量计算

由图 1-11 可知,若基槽横断面形状、尺寸有变化,其土方量可沿其长度方向分段,按式(1-22)计算,总土方量为各段之和;若基槽横断面、尺寸不变,其土方量为横断面面积与基槽长度之积。

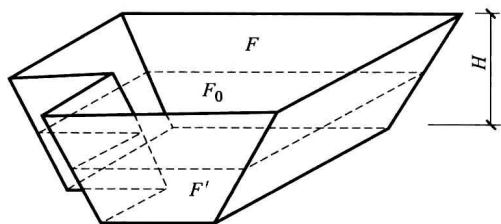


图 1-10 基坑土方量计算简图

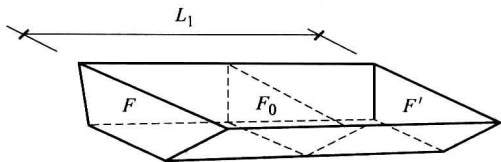


图 1-11 基槽土方量计算简图

1.3 土方边坡与支护

1.3.1 土方边坡

(1) 边坡

为了防止塌方,保证施工安全,在挖方和填方的边沿应考虑放坡。土方边坡的坡度以高

度和宽度之比表示。如图 1-12(a) 所示, 即

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{h}{b} = \frac{1}{b/h} = 1:m \quad (1-23)$$

式中 m ——边坡系数, $m = \frac{b}{h}$ 。

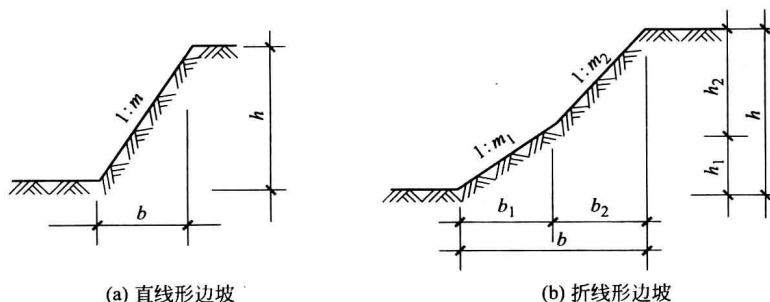


图 1-12 土方边坡

土方边坡大小应根据土质条件、挖填方高度、地下水位、排水情况、施工方法、留置时间、坡顶荷载、相邻建筑的情况等因素综合考虑确定。边坡可做成直线形、折线形和台阶形。

若边坡高度较大, 可根据不同的土层及其所受的压力, 在满足土体稳定的条件下, 做成折线形的边坡, 如图 1-12(b) 所示, 可减少土方量。

(2) 放坡规定

① 土质均匀且地下水位低于基坑(槽)或管沟底面标高, 其挖土深度不超过表 1-3 中的容许深度时, 挖方边坡可做直立面不加支撑。

表 1-3 基坑(槽)和管沟不加支撑时的容许深度

土的名称	挖土深度/m	土的名称	挖土深度/m
密实、中密的砂土和碎石类土 (充填物为砂土)	1	硬塑、可塑的黏土和碎石类土 (充填物为黏土)	1.5
硬塑、可塑的轻亚黏土及亚黏土	1.25	坚硬的黏土	2

② 土质均匀且地下水位低于基坑(槽)或管沟底面标高, 挖方深度不大于 5m 时, 不加支撑边坡的最陡坡度应符合表 1-4 的规定。坑底宽度每边比基础宽出 15~30cm, 以便于施工操作。

表 1-4 深度在 5m 内的基坑(槽)、管沟边坡的最陡坡度(不加支撑)

土的类别	边坡坡度(高:宽)		
	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(充填物为砂土)	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(充填物为黏性土)	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(经井点降水后)	1:1.00	—	—

注: 1. 静载指堆土或材料等, 动载指机械挖土或汽车运输作业等。静载或动载应距挖方边缘 0.8m 以外, 堆土或材料高度不宜超过 1.5m。

2. 当有成熟施工经验时, 可不受本表限制。