



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土木工程施工技术

李慧民 主编

赛云秀 主审

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土木工程施工技术

李慧民 主编
赛云秀 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术/李慧民主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 11

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

ISBN 978-7-112-13322-2

I. ①土… II. ①李… 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(2011)第 195820 号

本书为普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材,同时也是高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)。本书按照我国现行土木工程类标准规范进行编写,符合土木工程指导性专业规范的要求。本教材主要介绍了土木工程施工的主要工种、施工工艺、施工方法,包括土方工程、桩基工程、块体砌筑、混凝土工程、结构安装工程、建筑结构施工、桥梁结构施工、路面施工及隧道施工等9章,书后附录部分给出了11个案例可供教学参考,本书内容实践性强,涉及领域广泛。

本书可作为高校土木工程专业教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

为更好地支持本课程教学,本书作者制作了多媒体教学课件,有需要的读者可以发送邮件至 jiangongkejian@163.com 免费索取。

* * *

责任编辑:王 跃 吉万旺

责任设计:陈 旭

责任校对:姜小莲 王雪竹

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

土木工程施工技术

李慧民 主编

赛云秀 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{3}{4}$ 字数: 417 千字

2011年11月第一版 2011年11月第一次印刷

定价: 35.00 元(赠送课件)

ISBN 978-7-112-13322-2

(20827)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本系列教材编审委员会名单

主 任：李国强

常务副主任：何若全

副 主 任：沈元勤 高延伟

委 员：(按拼音排序)

白国良 房贞政 高延伟 顾祥林 何若全 黄 勇
李国强 李远富 刘 凡 刘伟庆 祁 皓 沈元勤
王 燕 王 跃 熊海贝 阎 石 张永兴 周新刚
朱彦鹏

组 织 单 位：高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

出版说明

从 2007 年开始高校土木工程学科专业教学指导委员会对全国土木工程专业的教学现状的调研结果显示, 2000 年至今, 全国的土木工程教育情况发生了很大变化, 主要表现在: 一是教学规模不断扩大, 据统计, 目前我国有超过 300 余所院校开设了土木工程专业, 但是约有一半是 2000 年以后才开设此专业的, 大众化教育面临许多新的形势和任务; 二是学生的就业岗位发生了很大变化, 土木工程专业本科毕业生中 90% 以上在施工、监理、管理等部门就业, 在高等院校、研究设计单位工作的大学生越来越少; 三是由于用人单位性质不同、规模不同、毕业生岗位不同, 多样化人才的需求愈加明显。《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称《规范》)就是在这种背景下开展研究制定的。

《规范》按照规范性与多样性相结合的原则、拓宽专业口径的原则、规范内容最小化的原则和核心内容最低标准的原则, 对专业基础课提出了明确要求。2009 年 12 月高校土木工程学科专业教学指导委员会和中国建筑工业出版社在厦门召开了《规范》研究及配套教材规划会议, 会上成立了以参与《规范》编制的专家为主要成员的系列教材编审委员会。此后, 通过在全国范围内开展的主编征集工作, 确定了 20 门专业基础课教材的主编, 主编均参与了《规范》的研制, 他们都是各自学校的学科带头人和教学负责人, 都具有丰富的教学经验和教材编写经历。2010 年 4 月又在烟台召开了系列规划教材编写工作会议, 进一步明确了本系列规划教材的定位和编写原则: 规划教材的内容满足建筑工程、道路桥梁工程、地下工程和铁道工程四个主要方向的需要; 满足应用型人才培养要求, 注重工程背景和工程案例的引入; 编写方式具有时代特征, 以学生为主体, 注意 90 后学生的思维习惯、学习方式和特点; 注意系列教材之间尽量不出现不必要的重复等编写原则。为保证教材质量, 系列教材编审委员会还邀请了本领域知名教授对每本教材进行审稿, 对教材是否符合《规范》思想, 定位是否准确, 是否采用新规范、新技术、新材料, 以及内容安排、文字叙述等是否合理进行全方位审读。

本系列规划教材是贯彻《规范》精神、延续教学改革成果的最好实践, 具有很好的社会效益和影响, 住房和城乡建设部已经确定本系列规划教材为《普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材》。在本系列规划教材的编写过程中得到了住房和城乡建设部人事司及主编所在学校和学院的大力支持, 在此一并表示感谢。希望使用本系列规划教材的广大读者提出宝贵意见和建议, 以便我们在规划和出版专业课教材时得以改进和完善。

高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社
2011 年 6 月

前 言

土木工程施工技术是高等院校土木工程专业的专业基础课之一，对培养创新型工程科技人才和推进工程教育起着重要作用。

本书以高等学校土木工程学科专业指导委员会制定的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》为指导，按照我国现行土木工程类标准规范进行编写，符合《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的要求。本教材主要介绍了土木工程施工的主要工种、施工工艺、施工方法，包括土方工程、桩基工程、块体砌筑、混凝土工程、结构安装工程、建筑结构施工、桥梁结构施工、路面施工及隧道施工共9章，实践性强，涉及领域广泛。

本教材系统介绍了土木工程施工的基本知识和基本理论，科学规范地反映了现阶段土木工程施工水平，条理清晰，重点突出，语言精练，图文并茂，注重工程教育与实践应用，具有较强的指导性和可操作性，积极培养学生实践能力与创新精神，使学生了解和掌握现行规范体系，加强土木工程施工理论与实践应用的研究，具备运用专业知识分析和解决工程实际问题的能力，努力培养具备世界眼光的卓越工程师。

本教材由李慧民主编，赛云秀主审。第1章由西安建筑科技大学赵楠、阎文编写，第2章由西安建筑科技大学李慧民、内蒙古科技大学蔺石柱编写，第3、5章由西安建筑科技大学李慧民、赵楠编写，第4章由西安建筑科技大学胡长明、赵楠编写，第6章由西安建筑科技大学李慧民、西北工业大学刘建民编写，第7章由西安工业大学郭庆军、西安建筑科技大学赵楠编写，第8章由西安建筑科技大学胡长明、西安科技大学史玉芳编写，第9章由西安建筑科技大学李慧民、长安大学袁春燕编写。全书由李慧民、赵楠统稿。

本教材在编写过程中参考了许多文献和资料，在此对各位作者表示衷心的感谢！

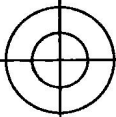
由于编者水平有限，书中还有一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第1章 土方工程	1	2.2.3 人工挖孔灌注桩施工工艺	51
本章知识点	1	小结及学习指导	53
1.1 土的工程分类与工程性质	1	思考题	53
1.1.1 土的工程分类	1	第3章 块体砌筑	54
1.1.2 土的工程性质	2	本章知识点	54
1.2 土方工程量的计算	4	3.1 烧结普通砖砌筑施工	54
1.2.1 基坑、基槽的土方量计算	4	3.1.1 砌筑材料	54
1.2.2 场地平整的土方量计算	5	3.1.2 砌体的组砌形式	56
1.3 土方工程的机械化施工	11	3.1.3 烧结普通砖砌筑施工工艺	57
1.3.1 推土机	11	3.1.4 砌筑要求与质量检查	58
1.3.2 铲运机	11	3.2 特殊砌体施工	60
1.3.3 单斗挖土机	12	3.2.1 特殊砌体的分类	60
1.3.4 土方机械的选择	13	3.2.2 砌块砌筑施工工艺	61
1.4 土方工程中的辅助工程	14	3.2.3 砌块砌体质量要求	63
1.4.1 边坡支护与流砂防治	14	3.3 砌体冬期施工	64
1.4.2 集水坑降水	22	3.3.1 冬期施工的一般要求	64
1.4.3 井点降水	23	3.3.2 氯盐砂浆法	64
1.5 土方填筑与压实	32	3.3.3 冻结法	65
1.5.1 土料选择与填筑方法	32	3.3.4 掺外加剂法	65
1.5.2 填土压实方法	32	3.3.5 暖棚法	66
1.5.3 影响填土压实的因素	34	3.4 脚手架与垂直运输	66
1.5.4 填土压实的质量检验	35	3.4.1 砌筑脚手架	66
小结及学习指导	36	3.4.2 垂直运输	71
思考题	36	小结及学习指导	73
第2章 桩基础工程	37	思考题	73
本章知识点	37	第4章 混凝土结构工程	75
2.1 预制桩施工	37	本章知识点	75
2.1.1 预制桩施工准备	38	4.1 钢筋工程	76
2.1.2 预制桩沉桩施工工艺	39	4.1.1 混凝土工程用钢筋的一般	
2.2 灌注桩施工	44	规定	76
2.2.1 泥浆护壁成孔灌注桩施工		4.1.2 高效钢筋在工程中的应用	76
工艺	44	4.1.3 钢筋的连接	77
2.2.2 套管成孔灌注桩施工工艺	48	4.1.4 钢筋配料计算	79

4.1.5 钢筋的加工与骨架安装	83	小结及学习指导	165
4.2 模板工程	84	思考题	165
4.2.1 模板系统的组成与基本要求	84	第6章 建筑结构施工	166
4.2.2 定型组合钢模板	85	本章知识点	166
4.2.3 组合钢模板配板设计	91	6.1 砖混结构施工	166
4.2.4 模板的拆除	92	6.1.1 砖混结构概述	166
4.2.5 模板早拆体系	93	6.1.2 砖混结构施工程序	167
4.2.6 大模板与台模、隧道模	96	6.1.3 砖混结构施工运输机械的 选用	168
4.2.7 滑升模板	98	6.1.4 砖混结构施工中的脚手架 工程	168
4.2.8 模板结构的设计	99	6.2 现浇混凝土结构施工	170
4.3 混凝土工程	101	6.2.1 图纸会审	170
4.3.1 混凝土的配料与制备	101	6.2.2 主要材料用量的确定	171
4.3.2 混凝土的运输	104	6.2.3 材料供应方的选择与确定	172
4.3.3 混凝土的浇筑与捣实	109	6.2.4 材料试验与检验	172
4.3.4 混凝土的养护	113	6.2.5 主要劳务供应方的选择与 确定	173
4.3.5 混凝土的质量检查	114	6.2.6 主要施工机械的进场与 安装	173
4.4 特殊条件下的混凝土施工	117	6.2.7 相关验收及审批手续的 办理	174
4.4.1 大体积混凝土施工工艺	117	6.3 单层厂房结构安装	174
4.4.2 混凝土冬期施工	120	6.3.1 起重机的选择	175
4.5 预应力混凝土施工	125	6.3.2 结构吊装方法的选择	177
4.5.1 预应力混凝土先张法施工	126	6.3.3 起重机的开行路线和停机 位置	178
4.5.2 预应力混凝土后张法施工	131	6.3.4 构件的平面布置	178
4.5.3 无粘结预应力混凝土	142	6.4 多层装配式结构安装	181
4.5.4 预应力混凝土工程的质量要求 与安全技术	146	6.4.1 起重机械的选择与布置	182
小结及学习指导	147	6.4.2 构件的平面布置和堆放	183
思考题	147	6.4.3 构件吊装方法与吊装顺序	184
第5章 结构安装工程	149	小结及学习指导	184
本章知识点	149	思考题	184
5.1 起重机具	149	第7章 桥梁结构工程	185
5.1.1 索具	149	本章知识点	185
5.1.2 履带式起重机	150	7.1 桥梁结构施工方法分类	185
5.1.3 汽车式起重机	151	7.1.1 施工方法分类	185
5.1.4 轮胎式起重机	151	7.1.2 施工机具与设备	186
5.1.5 塔式起重机	152		
5.1.6 桅杆式起重机	154		
5.2 构件吊装工艺	155		
5.2.1 构件吊装准备	155		
5.2.2 构件吊装工艺	157		

7.2 简支梁桥安装	187	8.2.4 混凝土配合比设计	219
7.2.1 支架体系	187	8.2.5 水泥混凝土路面施工	219
7.2.2 梁段制造	187	8.3 沥青路面施工	222
7.2.3 梁段安装工艺	188	8.3.1 概述	222
7.3 逐孔法施工	191	8.3.2 沥青表面处置路面施工	223
7.3.1 临时支撑体系逐孔法施工	191	8.3.3 沥青贯入式路面施工	224
7.3.2 移动支架体系逐孔法施工	191	8.3.4 热拌沥青混凝土路面施工	224
7.4 悬臂法施工	193	8.3.5 乳化沥青碎石混合料路面 施工	225
7.4.1 悬臂拼装施工	193	8.3.6 沥青路面施工质量管理与 检查	225
7.4.2 挂篮悬臂施工	197	小结及学习指导	226
7.5 顶推法施工	200	思考题	226
7.5.1 单点顶推施工	200	第9章 隧道工程	227
7.5.2 多点顶推施工	201	本章知识点	227
7.6 现浇拱桥施工	202	9.1 隧道工程施工的特点与 原则	227
7.6.1 拱圈浇筑	202	9.1.1 隧道工程特点	227
7.6.2 拱上结构砌筑	203	9.1.2 隧道施工应遵循的基本 原则	227
7.7 缆绳吊机安装拱桥	203	9.1.3 隧道施工方法及其选择	228
7.7.1 拱箱(肋)预制	204	9.2 隧道施工方法	228
7.7.2 吊装方法与加载程序	204	9.2.1 新奥法	228
7.8 转体法施工	206	9.2.2 隧道掘进机法	231
7.8.1 有平衡重转体施工	206	9.3 隧道支护和衬砌	232
7.8.2 无平衡重转体施工	207	9.3.1 隧道支护	232
小结及学习指导	208	9.3.2 隧道衬砌	234
思考题	208	9.4 塌方事故的处理	236
第8章 路面工程施工	210	9.4.1 塌方事故成因	236
本章知识点	210	9.4.2 事故处理	238
8.1 路面基层(底基层)施工	210	小结及学习指导	239
8.1.1 概述	210	思考题	239
8.1.2 半刚性基层施工	211	附录 案例	240
8.1.3 粒料类基层施工	213	参考文献	259
8.2 水泥混凝土路面施工	215		
8.2.1 概述	215		
8.2.2 混凝土路面的构造要求	216		
8.2.3 材料质量要求	218		



第1章

土方工程

本章知识点

【知识点】 土的工程分类，土方工程量的计算，基坑边坡稳定及支护结构，基坑开挖的降水方案与轻型井点系统的设计，填土压实方法及要求，土方工程的机械化施工。

【重点】 土的可松性，土方工程量的计算，边坡塌方的原因及防治，轻型井点系统设计。

【难点】 利用土的可松性系数进行土方量的计算，轻型井点系统设计。

土方工程是道路、桥梁、水利、建筑、地下等各种土木工程的首项工程，主要包括土的开挖、运输和填筑等施工过程，有时还要进行排水、降水和土壁支撑等准备工作。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。土方工程具有量大面广、劳动繁重和施工条件复杂等特点，受气候、水文、地质、地下障碍等因素影响较大，不确定因素多，存在较大的危险性。因此在施工前必须做好调查研究，选择合理的施工方案，采用先进的施工方法和机械化施工，以保证工程的质量与安全。

1.1 土的工程分类与工程性质

1.1.1 土的工程分类

土的分类方法较多，在土方工程和工程定额中，根据土的开挖难易程度将土分为八类，如表 1-1 所示。前四类为一般土，后四类为岩石。只有正确区分和鉴别土的种类，才能合理选择施工方法，准确套用工程定额，完成土方工程的计量与计价工作。

土的工程分类与开挖方法

表 1-1

类别	土的名称	开挖方法	密度(t/m ³)	可松性系数	
				K _s	K' _s
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	0.6~1.5	1.08~1.17	1.01~1.04

续表

类别	土的名称	开挖方法	密度(t/m^3)	可松性系数	
				K_s	K'_s
二类土 (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	1.1~1.6	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土 (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, 压实的填土	主要用镐, 少许用锹、锄, 部分用撬棍	1.75~1.9	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土 (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	主要用镐、撬棍, 部分用楔子及大锤	1.8~1.95	1.26~1.37	1.06~1.09
五类土 (软石)	硬石炭纪黏土, 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	1.1~2.7	1.30~1.45	1.10~1.20
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	用爆破方法, 部分用风镐	2.2~2.9	1.30~1.45	1.10~1.20
七类土 (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, 风化痕迹的安山岩、玄武岩	用爆破方法	2.5~3.1	1.30~1.45	1.10~1.20
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	用爆破方法	2.7~3.3	1.45~1.50	1.20~1.30

1.1.2 土的工程性质

土有多种工程性质, 其中对土方工程施工影响较大的有土的密度、含水量、渗透性和可松性等。

1. 土的密度

土的密度可分天然密度和干密度。土的天然密度是指土在天然状态下单位体积的质量, 用 ρ 表示, 它与土的密实程度和含水量有关, 在选择装载汽车运土时, 可用天然密度将载重量折算成体积; 土的干密度是指单位体积土中固体颗粒的质量, 用 ρ_d 表示, 它在一定程度上反映了土颗粒排列的紧密程度, 可用来作为填土压实质量的控制指标。

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

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

式中 m ——土的总质量；
 V ——土的总体积；
 m_s ——土中固体颗粒的质量。

2. 土的含水量

土的含水量 w 是土中所含的水与土的固体颗粒间的质量比，以百分数表示。土的含水量影响土方施工方法的选择、边坡的稳定和回填土的质量，它随外界雨、雪、地下水影响而变化。一般土的含水量超过 20% 时就会使运土汽车打滑或陷轮，当土的含水量超过 25%~30% 时，机械化施工就难以进行，在填土施工中则需控制“最佳含水量 w_{op} ”（砂土的最佳含水量为 8%~12%，黏土为 19%~23%），方能在夯压时获得最大干密度，而含水量过大则会产生橡皮土现象，填土无法夯实，土的含水量对土方边坡稳定性也有直接影响。

3. 土的渗透性

土的渗透性是指土体中水可以渗流的性能，一般以渗透系数 K 表示。从达西地下水流动速度公式 $v=KI$ 可以看出渗透系数 K 的物理意义，即：当水力坡度 I （如图 1-1 中水头差 Δh 与渗流距离 L 之比）为 1 时地下水的渗透速度。 K 值大小反映了土渗透性的强弱。不同土质，其渗透系数有较大的差异，如黏土的渗透系数小于 0.1m/d，细砂为 5~10m/d，而砾石则为 100~200m/d。

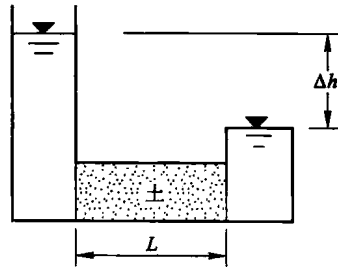


图 1-1 水力坡度示意

在排水降低地下水时，需根据土层的渗透系数确定降水方案和计算涌水量；在土方填筑时，也需根据不同土料的渗透系数确定铺填顺序。

4. 土的可松性

土具有可松性，土的可松性是土经开挖后组织破坏、体积增加，虽经回填压实仍不能恢复成原来体积的性质，可用最初可松性系数 K_s 和最终可松性系数 K'_s 表示，即

$$\text{最初可松性系数: } K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-3)$$

$$\text{最终可松性系数: } K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-4)$$

式中 V_1 ——土在天然状态下的体积；
 V_2 ——土经开挖后的松散体积；
 V_3 ——土经填筑压实后的体积。

土的可松性对土方量的平衡调配，确定运土机具的数量及弃土坑的容积，以及计算填方所需的挖方体积、确定预留回填料土的体积和堆场面积等均有很大的影响。

土的可松性与土质及其密实程度有关，其相应的可松性系数可参考表 1-1。

【例题 1-1】 某土方工程需施工一条形基础，基础截面面积均值 2.5m^2 ，基底挖深 1.5m ，基底宽度为 2.0m ，边坡坡度为 $1:0.5$ 。地基为粉土，可松性系数 $K_s=1.25$ ， $K'_s=1.05$ 。求每完成 100m 基槽施工的挖方量、需留填方用松土量和弃土量。

$$\text{【解】 挖方量 } V_1 = \frac{2 + (2 + 2 \times 1.5 \times 0.5)}{2} \times 1.5 \times 100 = 412.5\text{m}^3$$

$$\text{填方量 } V_3 = 412.5 - 2.5 \times 100 = 162.5\text{m}^3$$

$$\text{填方需留松土体积 } V_{2\text{留}} = \frac{V_3}{K'_s} \cdot K_s = \frac{162.5 \times 1.25}{1.05} = 193.5\text{m}^3$$

$$\text{弃土量(松散) } V_{2\text{弃}} = V_1 K_s - V_{2\text{留}} = 412.5 \times 1.25 - 193.5 = 322.1\text{m}^3$$

1.2 土方工程量的计算

土方工程施工开始前应做好如下准备工作：制定施工方案、场地清理和排除地面水，此外还需修筑好临时道路及供水、供电等临时设施；做好材料、机具、物资及人员的准备工作；设置测量控制网，打设方格网控制桩，进行建筑物、构筑物的定位放线等；根据土方施工设计做好边坡稳定、基坑(槽)支护、降低地下水位等辅助工作。

1.2.1 基坑、基槽的土方量计算

土方工程施工前，需进行土方工程量计算，由于基坑基槽的实际体型比较复杂，土木工程施工中常采用近似方法计算。

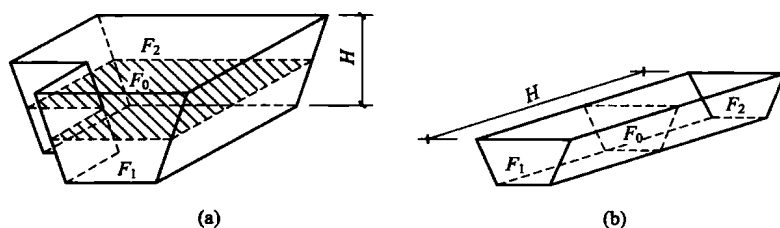


图 1-2 基坑、基槽工程土方计算简图

当基坑上口与下底两个面平行时(图 1-2)，其土方量即可按拟柱体法计算，即

$$V = \frac{H}{6}(F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-5)$$

式中 H ——基坑深度(m)；

F_1 、 F_2 ——基坑上下两底面积(m^2)；

F_0 —— F_1 与 F_2 之间的中截面面积(m^2)。

纵向延伸较长的基槽或路堤(图 1-3)的土方量计算，常用断面法。当地面不平时，先沿长度方向分段，各段的长短是按长度方向的地形变化特点及要求计算精度而定，取 10m 或 20m 不等。然后根据地形图或现场实测标高，分

别绘制各段的两端断面图，逐一计算出断面面积和各段土方量体积，即得总土方量：

$$V=V_1+V_2+\dots+V_{n-1}=\frac{A_1+A_2}{2}l_1+\frac{A_2+A_3}{2}l_2+\dots+\frac{A_{n-1}+A_n}{2}l_{n-1} \quad (1-6)$$

式中 V ——基槽或路堤的土方总体积；
 V_1, V_2, \dots, V_{n-1} ——基槽或路堤各段的土方体积；
 A_1, A_2, \dots, A_n ——各段端部的横断面面积；
 l_1, l_2, \dots, l_{n-1} ——各段的长度。

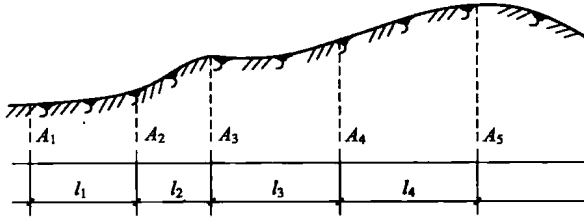


图 1-3 基槽或路堤纵断面

1.2.2 场地平整的土方量计算

场地平整指厚度在±30cm 以内的就地挖填找平，通常平整的方法是挖高填低，使场地实现平整的施工。场地平整前，要确定场地的设计标高，计算挖方和填方的工程量，然后确定挖方和填方的平衡调配方案，再选择土方机械，拟定施工方案。

对较大面积的场地平整，选择设计标高具有重要意义。选择设计标高时应遵循以下原则：要满足生产工艺和运输的要求；尽量利用地形，以减少挖填方数量；争取场地内挖填方平衡，使土方运输费用最少；要有一定泄水坡度，满足排水要求。

场地设计标高一般应在设计文件上规定。若未规定时，对中小型场地可采用“挖填平衡法”确定；对大型场地宜作竖向规划设计，采用“最佳设计平面法”确定。下面主要介绍“挖填平衡法”的原理和步骤。

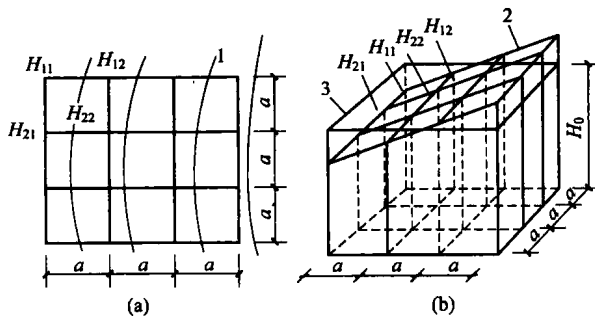
1. 确定场地设计标高

(1) 初步设计标高

本着场地内总挖方量等于总填方量的原则确定初步设计标高。首先将场地划分成有若干个方格的方格网，每格的大小依据场地平坦程度确定，一般边长为 10~40m，如图 1-4(a)所示。

其次找出各方格角点的地面标高。当地形平坦时，可根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得。当地形起伏或无地形图时，可用一定精度的测量测绘仪器测出。

按照挖填方平衡的原则，如图 1-4(b)所示，场地设计标高即为各个方格平均标高的平均值。可按下式计算：

图 1-4 场地设计标高 H_0 计算示意图

(a)方格网划分; (b)场地设计标高示意图

1—等高线; 2—自然地面; 3—场地设计标高平面

$$H_0 = \frac{\sum(H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-7)$$

式中 H_0 ——所计算的场地设计标高(m); N ——方格数量; H_{11}, \dots, H_{22} ——任一方格的四个角点的标高(m)。

从图 1-4(a)可以看出, H_{11} 系一个方格的角点标高, H_{12} 及 H_{21} 系相邻两个方格的公共角点标高, H_{22} 系相邻四个方格的公共角点标高。如果将所有方格的四个角点全部相加, 则它们在上式中分别要加一次、两次、四次。

如令 H_1 表示一个方格仅有的角点标高, H_2 表示两个方格共有的角点标高, H_3 表示三个方格共有的角点标高, H_4 表示四个方格共有的角点标高, 则场地设计标高 H_0 可改写成:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-8)$$

(2) 场地设计标高的调整

按上述计算的标高进行场地平整时, 场地将是一个水平面。但实际上场地均需有一定的泄水坡度。因此需根据排水要求, 确定出各方格角点实际的设计标高。

1) 单向泄水时各方格角点的设计标高

当场地只向一个方向泄水时(图 1-5a), 应以计算出的设计标高 H_0 (或调整后的设计标高 H'_0) 作为场地中心线的标高, 场地内任一点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-9)$$

式中 H_n ——场地内任意一方格角点的设计标高(m); l ——该方格角点至场地中心线的垂直距离(m); i ——场地泄水坡度(一般不小于 0.2%);±——该点应比 H_0 高则用“+”, 反之用“-”。

例如图 1-5(a)中, 角点 10 的设计标高为:

$$H_{10} = H_0 - 0.5ai$$

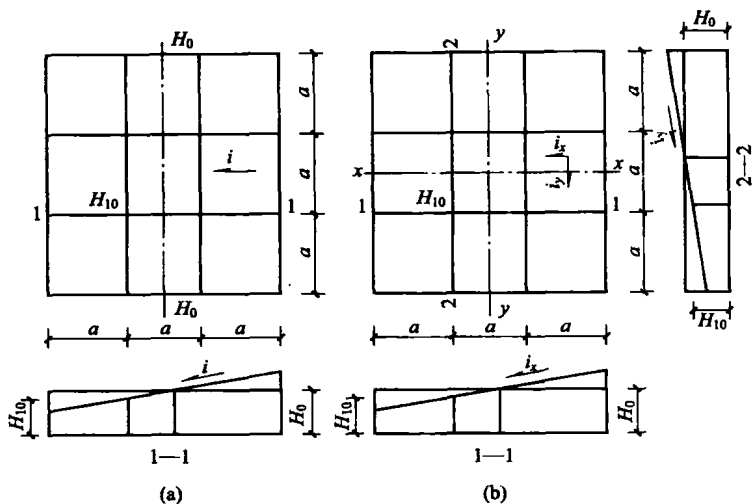


图 1-5 场地泄水坡度示意图

(a)单向泄水; (b)双向泄水

2) 双向泄水时各方格角点的设计标高

当场地向两个方向泄水时(图 1-5b), 应以计算出的设计标高 H_0 (或调整后的标高 H'_0) 作为场地中心点的标高, 场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-10)$$

式中 l_x, l_y ——该点在 $x-x, y-y$ 方向上距场地中心点的垂直距离;

i_x, i_y ——场地在 $x-x, y-y$ 方向上的泄水坡度。

例如图 1-5 (b) 中, 角点 10 的设计标高为:

$$H_{10} = H_0 - 0.5a i_x - 0.5a i_y$$

【例题 1-2】 某建筑场地方格网划分情况, 自然地面标高如图 1-6 所示, 方格边长 $a=20\text{m}$ 。泄水坡度 $i_x=2\%$, $i_y=3\%$, 不考虑土的可松性及其他影响, 试确定方格各角点的设计标高。

【解】 ① 初算设计标高

$$\begin{aligned} H_0 &= (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) / 4N \\ &= [70.09 + 71.43 + 69.10 + 70.70 + 2 \\ &\quad \times (70.40 + 70.95 + 69.71 + 71.22 \\ &\quad + 69.37 + 70.95 + 69.62 + 70.20) \\ &\quad + 4 \times (70.17 + 70.70 + 69.81 \\ &\quad + 70.38)] / (4 \times 9) = 70.29\text{m} \end{aligned}$$

② 调整设计标高

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y$$

$$H_1 = 70.29 - 30 \times 2\% + 30 \times 3\% = 70.32\text{m}$$

其他见图 1-7。

除考虑排水坡度外, 由于土具有可松性, 填土会有剩余, 也需相应地提高设计标

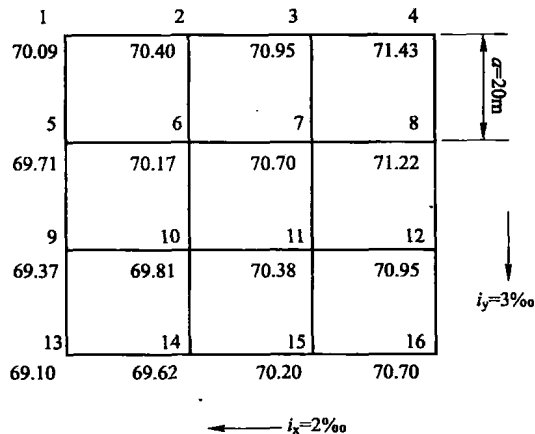


图 1-6 某建筑场地方格网划分

高。场内挖方和填土以及就近借、弃土，均会引起场地挖或填方量的变化，必要时需调整设计标高。

2. 场地土方量计算

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。方格网法适用于地形较为平坦、面积较大的场地，断面法多用于地形起伏变化较大的地区。

用方格网法计算时，先根据每个方格角点的自然地面标高和实际采用的设计标高，算出相应的角点填挖高度，然后计算每一个方格的土方量，并算出场地边坡的土方量，这样即可得到整个场地的挖方量、填方量。其具体步骤如下。

(1) 计算场地各方格角点的施工高度

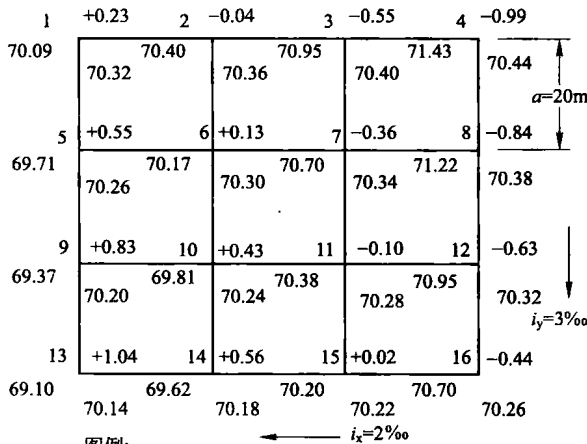
各方格角点的施工高度(即挖、填方高度) h_n

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-11)$$

式中 h_n ——该角点的挖、填高度，以“+”为填方高度，以“-”为挖方高度(m)；

H_n ——该角点的设计标高(m)；

H'_n ——该角点的自然地面标高(m)。



图例:

角点编号	施工高度
地面标高	设计标高

图 1-7 方格网角点设计标高及施工高度

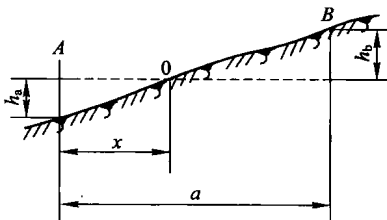


图 1-8 零点位置示意图

(2) 绘制“零线”

零线是进行平整场地时施工高度为“0”的线，也是挖方、填方的分界线。确定零线时，要先找到方格线上的零点，零点在相邻两角点施工高度分别为“+”、“-”的格线上，是两角点之间挖填方的分界点。场地平整零点位置示意图 1-8，可按式(1-12)计算：