

普通高等教育“十三五”土木工程系列规划教材
北京市精品课程教材

土木工程施工

(含移动端助学视频)

北京建筑大学 穆静波 编著
同济大学 应惠清 主审



EDUCATION



配套教师课件

- 双色印刷
- 二维码教材
- 300余个助学视频
- 配套精品获奖课件



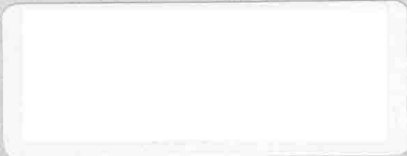
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”土木工程系列规划教材
北京市精品课程教材

土 木 工 程 施 工

(含移动端助学视频)

穆静波 (北京建筑大学) 编著
应惠清 (同济大学) 主审



机械工业出版社

本书依据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》的培养目标及对核心知识的要求,并按照我国现行土木工程类的标准、规范编写。全书共分14章,包括:土方工程,深基础工程,脚手架与砌筑工程,混凝土结构工程,预应力结构工程,结构安装工程,道路、桥梁、隧道及地下工程,防水工程,装饰装修工程以及施工组织概论、流水施工法、网络计划技术、单位工程施工组织设计和施工组织总设计。本书各章均配有学习目标、工程案例和习题,并配有教学课件、350段动画演示与施工录像的助学视频等教学资源,以便教师组织教学和学生自学。

本书在内容上吸收了较为成熟的多种新技术、新工艺和新方法,密切结合现行规范和特色工程实例,突出反映了土木工程施工的基本原理和主要方法。

本书可作为高等院校土木工程专业及其他相关专业的教材或教学参考书,也可供土木工程技术、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工:含移动端助学视频/穆静波编著. —北京:机械工业出版社, 2018. 1

普通高等教育“十三五”土木工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-58454-4

I. ①土… II. ①穆… 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 (2017) 第 276670 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:林 辉 责任编辑:林 辉 臧程程 高凤春

责任校对:刘志文 封面设计:张 静

责任印制:孙 炜

保定市 中画美凯印刷有限公司印刷

2018 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·25 印张·1 插页·610 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-58454-4

定价:62.00 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

“土木工程施工”是高等院校土木工程专业的核心专业课程之一，对培养工程应用创新型技术与管理人才起着重要作用。它主要研究土木工程的施工原理和方法，研究施工技术和施工组织的基本规律，是一门实践性强、涉及面广、发展迅速的学科。其目标是培养学生能够综合运用土木工程的基本理论与知识，具有分析和解决施工中有关技术和组织问题的初步能力，为胜任相关的技术与管理工作和进行科学研究和技术创新打下基础。

本书依据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》的培养目标及对核心知识的要求，并按照我国现行土木工程类的标准、规范进行编写。编写时，力求按照“体现时代特征，突出实用性、创新性”的指导思想，综合土木工程施工的特点，将基本理论与工程实践，基本原理与新技术、新方法紧密结合起来。

本书涉及房屋建筑、道路、桥梁、隧道及地下工程等专业领域，以满足土木类专业的教学要求。在内容上，以土木工程施工技术和施工组织的一般方法为基础，吸收较为成熟的新技术、新工艺和新方法，列举了部分工程案例。本书配有多次获奖并含有大量现场照片和图片、动画演示、录像片段的多媒体教学课件及工程案例、习题等教学资源，便于读者对课程内容的理解和掌握，也便于教师组织教学和学生自学。

本书集编者数十年的施工课程教学与工程经验、教研与相关科研成果倾心打造。编写时，力求做到层次分明、结构合理、条理清晰、图文并茂、语言简洁、文字规范、图表美观，并密切结合现行施工及验收规范。在编写过程中，得到了刘军教授级高工、张新天教授及廖维张、侯敬峰、王亮、王作虎、杨静、曲秀姝等几位副教授的协助与支持；在教材所配视频中，使用了刘津明教授、李建峰教授等制作的动画演示及录像资料，也参考使用了许多文献资料和网络图片、视频资料；得到了业界专业人士的热情帮助，在此表示衷心的感谢。

同济大学应惠清教授在百忙之中对本书进行了精心审阅，提出了许多宝贵意见和建议，使本书得到进一步完善。在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平所限，书中定有不足之处，敬请读者批评指正。

本书使用说明：

1. 请优先选用浏览器扫描二维码观看视频。

2. 图标  表示图标所在页面的内容有相关电子资源可供读者使用。

3. 读者可登录机械工业出版社教育服务网下载以上免费教学资源，也可致电书后服务咨询热线索取。

编者

目 录

前言	
绪论	1
第1章 土方工程	4
学习目标	4
1.1 概述	4
1.2 土方计算与调配	6
1.3 土方边坡与基坑支护	14
1.4 地下水控制	23
1.5 开挖机械与施工	36
1.6 土方填筑	44
工程案例	47
习题	47
第2章 深基础工程	49
学习目标	49
2.1 预制桩施工	49
2.2 灌注桩施工	57
2.3 其他深基础施工	64
工程案例	69
习题	69
第3章 脚手架与砌筑工程	70
学习目标	70
3.1 脚手架工程	70
3.2 砌筑材料与垂直运输	82
3.3 砖砌体施工	85
3.4 砌块砌体施工	88
3.5 砌体的冬期施工	91
工程案例	93
习题	93
第4章 混凝土结构工程	94
学习目标	94
4.1 钢筋工程	94
4.2 模板工程	106
4.3 混凝土工程	120
工程案例	133
习题	133
第5章 预应力结构工程	135
学习目标	135
5.1 预应力混凝土先张法施工	135
5.2 预应力混凝土后张法施工	141
5.3 预应力钢结构施工	151
工程案例	155
习题	155
第6章 结构安装工程	157
学习目标	157
6.1 起重机械与设备	157
6.2 单层工业厂房结构安装	165
6.3 多高层装配式房屋结构安装	178
6.4 大跨度空间结构安装	187
工程案例	195
习题	195
第7章 道路、桥梁、隧道及地下工程	197
学习目标	197
7.1 路基路面工程	197
7.2 桥梁工程	211
7.3 隧道工程	221
7.4 地下工程	230
工程案例	234
习题	234
第8章 防水工程	236
学习目标	236
8.1 地下防水工程	236
8.2 屋面防水工程	248
工程案例	254
习题	254
第9章 装饰装修工程	255
学习目标	255
9.1 抹灰工程	255
9.2 饰面板(砖)工程	260
9.3 门窗与吊顶工程	266
9.4 涂饰与裱糊工程	271
工程案例	275
习题	275
第10章 施工组织概论	276
学习目标	276
10.1 概述	276

10.2 施工准备工作	281	学习目标	342
10.3 施工组织设计	286	13.1 概述	342
工程案例	289	13.2 施工部署与施工方案	344
习题	289	13.3 施工进度、准备与资源计划	352
第 11 章 流水施工法	290	13.4 施工现场平面布置	359
学习目标	290	13.5 施工管理计划与技术经济指标	363
11.1 流水施工的基本概念	290	工程案例	366
11.2 流水施工的参数	293	习题	366
11.3 流水施工的组织方法	297	第 14 章 施工组织总设计	367
工程案例	306	学习目标	367
习题	306	14.1 概述	367
第 12 章 网络计划技术	308	14.2 总体施工部署与施工方案	370
学习目标	308	14.3 施工总进度计划	372
12.1 网络计划的一般概念	308	14.4 资源配置计划与总体施工准备	375
12.2 双代号网络计划	309	14.5 全场性暂设工程	376
12.3 单代号网络计划	321	14.6 施工总平面布置	385
12.4 双代号时标网络计划	325	14.7 目标管理计划及技术经济指标	389
12.5 网络计划的优化	327	工程案例	390
工程案例	340	习题	390
习题	340	参考文献	391
第 13 章 单位工程施工组织设计	342		

绪 论

1. 土木工程施工课程的研究对象

土木工程施工是建设工程产品的生产活动,是将设计图转化为土木工程实体的过程。而作为一门学科,本课程主要研究土木工程施工中的工艺原理、施工方法与技术要求,以及施工组织计划、方法与一般规律。

现代土木工程施工是一项涉及多工种、多专业的复杂的系统工程。工程师根据施工对象的特点、规模、环境条件,选择合理的施工方法、制订有效的技术措施、进行科学合理的安排和部署,在确保建设方的要求及设计者的意图与构思得以实现的前提下,达到工程实施安全可靠、产品质量好、施工工期短、消耗费用低、产品与建造过程绿色环保等目标。这一过程涉及的施工技术、施工组织理论与方法是本课程的研究对象。

2. 土木工程施工课程的性质与任务

土木工程施工课程是土木工程及相关专业的一门主要专业课,其任务就是根据培养目标的要求,使学生了解土木工程施工领域国内外的新技术和发展动态,掌握主要工种工程的施工方法、单体建筑物或构筑物施工方案的选择和施工组织设计的编制,具备独立分析和解决施工技术问题、编制施工方案和组织计划的初步能力,为今后胜任工作岗位和进一步学习有关知识、进行科学研究等打下基础。

对于本专业的学生,无论将来直接从事施工技术、施工管理工作,还是从事工程设计、科学研究、工程咨询、房地产开发等工作,都需要掌握施工的基本理论和基本知识。

3. 土木工程施工课程的内容与目的

土木工程施工课程的内容涉及建筑物与构筑物的基础、主体结构、装饰等工程的施工方法、施工计划、施工组织等各个方面,主要包括施工技术和施工组织两部分。施工技术是以各分部、分项工程施工为对象,研究其施工工艺原理、施工方法和技术要求,以便在工程实施中采用先进的技术和方法,选择最合理的施工方案,保证工程质量与安全,经济合理地完成施工任务。施工组织是针对施工对象,从技术与经济统一的全局出发,对人力、物力、时间和空间等进行科学、合理的安排,编制出用于指导现场施工的组织设计文件,以求用最少的人力物力消耗,高质量地、安全地如期或提前完成工程项目的施工任务。

4. 土木工程施工课程的特点与学习方法

土木工程施工课程是一门应用性课程,具有理论面广、综合性强、实践性强、技术发展迅速的特点。因此,在学习过程中,除了对课堂讲授的基本理论、基本知识加以理解和掌握外,还需注意以下几点:

1) 最好能结合施工现场,观察实际工程的施工方法、使用材料与设备、工程进展等情况,或通过实际工程录像、网上资源等,加强与工程的联系,以便增加感性认识,加强对课程内容的理解。

2) 注意本课程与构造、结构、测量、材料、土力学等相关知识的联系,以加深理解,融会贯通。

3) 及时了解国内外土木工程重大工程项目、施工技术与组织管理方法的最新进展,注意

国家相关政策、法规、规程规范的发展变化。

4) 对习题和课程作业、教学参观、生产实习等应给予足够的重视,并通过课程设计进行综合训练以提高应用能力。

5. 土木工程施工的发展

我国是一个历史悠久和文化发达的国家,在世界科学文化的发展史上,我国人民有过极为卓越的贡献,在建筑及施工技术方面也有巨大的成就。秦砖汉瓦、万里长城、古桥古塔、宫殿王陵……,无不体现我国古代劳动人民的智慧和卓越的技术水平。

随着我国的经济发展和大规模建设,近些年来,北京奥运工程、上海世博工程、数量居全球首位的高层超高层建筑、巨型房屋等一大批颇具影响的建筑相继落成。大规模的工程建设实践促使我国的施工技术和施工组织水平不断提高。例如,基础埋深达 32.5m、独具特色的国家大剧院,总面积 98.6 万 m^2 、列为全球之首的首都机场 T3 航站楼,10500t 钢屋盖整体提升一次到位的首都机场 A380 机库,体形独特、用钢量达 12.9 万 t 的中央电视台新办公楼,每 1m^2 用钢量达 0.7t 的国家体育场(“鸟巢”),632m 高的上海中心大厦,以及成为中国新高度的深圳平安大厦、天津 117 大厦、武汉绿地、广州东塔、北京中国尊等一大批摩天大楼相继建成,不但体现了我国的综合实力,也反映了施工技术和组织管理达到了较高的水平。

在交通设施建设方面,到 2015 年年底,中国公路总里程达到 450 万 km,五年内增加了 64 万 km。自 1988 年我国首条高速路——京津唐高速路开建至 2017 年,已建成高速公路的总里程达 13.2 万 km,且在最近五年内增加了 4.3 万 km。近十几年来,我国桥梁建设几乎每年都在刷新世界纪录,世界十大拱桥、十大梁桥、十大斜拉桥、十大悬索桥、十大跨海大桥,中国分别占据了半壁江山或一半以上。钢拱桥中重庆朝天门大桥(跨径 552m),梁桥中石板坡长江复线大桥(跨径 330m),斜拉桥中苏通长江大桥(跨径 1088m),悬索桥中西堠门大桥(跨径 1650m),均在同类桥梁中跨度超群。2017 年 7 月,全长约 50km、桥隧结合的港珠澳跨海大桥主体工程已全线贯通,成为世界上最长且技术极为复杂的跨海大桥,其隧道是世界上埋深最大、综合技术难度最高的沉管隧道。我国已成为世界第一桥梁大国。近些年来,我国以地铁为主的城市轨道交通建设也迅猛发展。截至 2015 年年底,中国内地共有 25 个城市拥有城市轨道交通,运营线路总长达 3293km,近 5 年来,每年新增运营里程约 300km。

在施工技术方面,不但掌握了大型工业设施和高层民用建筑的成套施工技术;而且在地基处理和深基础工程方面推广了大直径灌注桩、超长灌注桩及打入桩、旋喷或深层搅拌法、深基坑支护、地下连续墙和逆作法等新技术;在钢筋混凝土工程中新型模板、粗钢筋连接、大体积混凝土浇筑等技术得到迅速发展;在预应力技术、大跨度结构、高耸结构施工和墙体保温、新型防水材料、装饰材料的应用,以及建筑信息模型(BIM)、虚拟仿真技术、计算机控制技术、绿色建筑与绿色施工等方面都有了长足的发展和应用。

但也应看到,在工程组织管理、施工技术、工程质量、环境保护等方面,我们与世界先进水平还存在差距。随着时代进步,人们的要求与期望在不断发展,需要新一代工程技术与管理者努力地追求和探索。

6. 相关技术标准简介

土木工程施工课程内容涉及数十本规范、规程等技术标准。“施工规范”是由国家建设主管部门颁发的、施工中必须执行的一种重要法规,主要包括施工规范和施工质量验收规范两大类。制定该类规范的目的是加强工程的技术管理和统一施工验收标准,以提高施工技术水平、保证工程质量和降低工程成本。

施工规程(规定)是比规范低一个等级的施工标准文件,它一般由各部委、地方行政部门、行业协会或重要的科研单位编制,呈报规范的管理单位批准或备案后发布执行。它主要是为了及时推广一些新结构、新材料、新工艺而制定的标准。其内容不能与施工规范相抵触,

如有不同,应以规范为准。

“施工规范”的条文按重要性分为“一般性条文”和必须严格执行的“强制性条文”,施工质量验收规范的检查项目按重要程度分为“主控项目”和“一般项目”。在工程设计、施工和竣工验收时均应遵守相应的工程技术规范和施工质量验收规范。随着施工和设计水平的提高,每隔一定时间,规范会有相应的修订。

土木工程不同专业方向的规范有一定差异,使用时应注意其适用范围。由于我国幅员辽阔,地质及环境有较大差异,在使用国家规范时还应结合当地的地方规程、规定。



土方工程

学习目标

了解土方工程的主要内容与施工特点,掌握土的工程性质;了解边坡稳定的条件、影响因素,掌握边坡稳定及支护的方法与适用条件;了解施工降排水的主要原理及意义,掌握主要方法及适用范围;了解常用土方施工机械作业特点及适用范围,掌握基坑开挖、土方填筑的方法与要求。

土方工程是建筑、道路、桥梁、水利、地下工程等各种土木工程施工的首项工程。土方工程的主要内容包括平整、开挖、填筑等主要分项工程和稳定土壁、控制地下水等辅助性分项工程。土方工程往往工程量大、劳动繁重、施工条件复杂、不确定因素多、危险性较大,因此在施工前必须做好调查研究,选择合适的施工时期,制订合理的施工方案和采用可靠的措施,并选用先进的施工方法和机械,以保证工程的质量与安全,获得较好的效益。

1.1 概述

1.1.1 土方工程的特点与施工要求

1. 土方工程的特点

- 1) 面广量大。某些大型工矿企业或机场的场地平整可达数十平方公里,大型基坑开挖土方量可达数百万立方米,路基、堤坝及地下工程施工中土方量更大。
- 2) 工作强度大。一般土的密度为 $1.5 \sim 2.5 \text{ t/m}^3$, 挖掘及运输强度大。石方或冻土坚硬,开挖难度大。
- 3) 施工条件复杂。施工多为露天作业,土的成分较为复杂,且地下情况难以确切掌握。因此,施工中直接受到地区、气候、水文和地质等条件及周围环境的影响。
- 4) 危险性大。施工中易产生溜滑、坍塌、冒水、沉陷等事故。

2. 土方工程的施工要求

- 1) 尽可能采用机械化施工,以降低劳动强度、缩短工期。
- 2) 要合理安排施工计划,尽量避开冬、雨期施工,否则应做好相应的准备工作。
- 3) 统筹安排,合理调配土方,降低施工费用,减少运输量和占用农田。
- 4) 在施工前要做好调查研究,了解土的种类、施工地区的地形、地质、水文、气象资料及工程性质、工期和质量要求,拟定合理的施工方案和技术措施,以保证工程质量和安全,加快施工进度。

1.1.2 土的工程分类及性质

1. 土的工程分类

土的分类方法较多,按土的粒径大小分为岩石、碎石、砂、粉土、黏土五种,按施工开

挖的难易程度分为八类，见表 1-1。表中前四类为一般土，后四类为岩石。岩石常需爆破开挖。

表 1-1 土的工程分类

类别	土的名称	开挖方法	密度 /(t/m³)	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
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、锄头,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	1.9	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、石灰岩,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、辉长岩、辉绿岩、玢岩、角闪岩	用爆破方法	2.7~3.3	1.45~1.50	1.20~1.30

2. 土的工程性质

土的工程性质有多种，其中对施工影响较大的是含水率、渗透性和可松性等。

(1) 土的含水率 土的含水率 ω 是指土中所含的水与其固体颗粒间的质量比，以百分数表示。

$$\omega = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\%$$

(1-1)

式中 $G_{\text{湿}}$ 、 $G_{\text{干}}$ ——含水状态和烘干后土的质量。

工程中常考虑的含水率包括天然含水率和最佳含水率。最佳含水率是指在压实填土时能够获得最大密实度的含水率。

土的含水率影响土方的施工方法选择、边坡的稳定和回填土的质量，当土的含水率超过 25%~30% 时，机械化施工就难以进行；当含水率超过 20% 时，运土汽车就容易打滑、陷车。在填土时，对土的含水率要控制在最佳范围内，如砂土为 8%~12%，黏土为 19%~23%。

(2) 土的渗透性 它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 所示，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，它与土质紧密相关。例如，黏土的渗透系数小于 0.005m/d，粉土为 0.1~0.5m/d，细砂为 1~10m/d，中砂为 5~25m/d，粗砂为 20~50m/d，而砾石则为

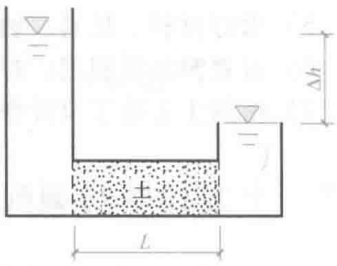


图 1-1 水力坡度示意图

100~200m/d。

土层的渗透系数对确定降水方案和计算涌水量，以及确定填土铺填顺序等具有重要意义。

(3) 土的可松性 土具有可松性，即处于自然状态下的土经开挖后，其体积因松散而增加，以后虽经回填压实，仍不能恢复其原来的体积。土的可松性程度用可松性系数表示，即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}; \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中 K_s ——最初可松性系数 (1.08~1.50)；

K'_s ——最终可松性系数 (1.01~1.30)；

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，确定运土机具数量和堆场面积，以及计算填方所需的挖土、预留土量均有重要意义。土的可松性与土质及其密实程度有关，见表 1-1。

【例 1-1】 某建筑物外墙为条形基础，基础平均截面面积为 2.5m^2 。基槽深 1.5m，底宽为 2.0m，边坡坡度为 1:0.5。地基为粉土， $K_s = 1.20$ ， $K'_s = 1.05$ 。计算 100m 长的基槽挖方量、需留填方用松土量和弃土量。

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

$$\text{填方量 } V_3 = 412.50\text{m}^3 - 2.5 \times 100\text{m}^3 = 162.5\text{m}^3$$

$$\text{填方需留松土体积 } V_{2\text{留}} = \frac{V_3}{K'_s} K_s = \frac{162.5 \times 1.20}{1.05}\text{m}^3 = 185.8\text{m}^3$$

$$\text{弃土量 (松散) } V_{2\text{弃}} = V_1 K_s - V_{2\text{留}} = 412.5 \times 1.25\text{m}^3 - 185.8\text{m}^3 = 329.8\text{m}^3$$

1.1.3 土方施工的准备工作的准备工作

土方工程施工前应做好各种准备工作，主要包括：

1) 制订施工方案。根据勘察文件、工程特点及现场条件等，确定场地平整、地下水控制、土壁稳定与支护、开挖顺序与方法、土方调配与存放、回填时间与方法的方案。并绘制施工平面布置图，编制施工进度计划等。

2) 场地清理。包括清理地面及地下各种障碍。例如，拆除旧房，拆除或改建通信、电力设备、地下管线及构筑物，迁移树木，做好古墓及文物的保护或处理，清除耕植土及河塘淤泥等。

3) 排除地面水。场地内低洼地区的积水必须排除，同时应注意雨水的排除，使场地保持干燥，以利土方施工。一般采用排水沟排水，必要时还需设置截水沟、挡水土坝等防洪设施。

4) 修筑好临时道路及供水、供电等临时设施。

5) 做好材料、机具、物资及人员的准备工作。

6) 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。

7) 根据土方施工设计做好边坡稳定、基坑（槽）支护、控制地下水位等辅助工作。

1.2 土方计算与调配

土方工程施工之前，必须进行土方工程量计算。但施工的土体一般比较复杂，几何形状不规则，要做到精确计算比较困难。工程施工中，往往采用具有一定精度的近似的方法进行

计算。

1.2.1 基坑、基槽和路堤的土方量计算

当基坑上口与下底两个面平行时,如图 1-2 所示,其土方量可按拟柱体的体积公式计算。

$$V = \frac{H}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-3)$$

式中 H ——基坑深度 (m);

F_1 、 F_2 ——基坑上口与下底面面积 (m^2);

F_0 —— F_1 与 F_2 之间的中截面面积 (m^2)。

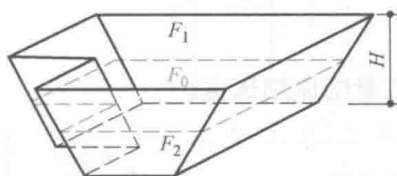


图 1-2 基坑土方量计算

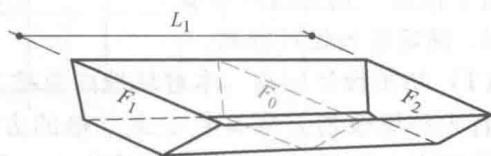


图 1-3 基槽土方量计算

当基槽和路堤沿长度方向断面呈连续性变化时,如图 1-3 所示,其土方量可用上述方法分段计算。

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-4)$$

式中 V_1 ——第一段的土方量 (m^3);

L_1 ——第一段的长度 (m)。

然后,再将各段土方量相加,即得总土方量。

【例 1-2】某基坑坑底平面尺寸如图 1-4 所示,坑深 5.5m,四边均按 1:0.4 的坡度放坡,土的可松性系数 $K_s = 1.30$, $K'_s = 1.12$,坑深范围内箱形基础的体积为 2000m^3 。试求:基坑开挖的土方量和需预留回填土的松散体积。

解:

(1) 基坑开挖土方量

由题知,该基坑每侧边坡放坡宽度为

$$5.5\text{m} \times 0.4 = 2.2\text{m}$$

坑底面积为 $F_1 = 30\text{m} \times 15\text{m} - 10\text{m} \times 5\text{m} = 400\text{m}^2$

坑口面积为 $F_2 = (30\text{m} + 2 \times 2.2\text{m}) \times (15\text{m} + 2 \times 2.2\text{m}) - (10\text{m} - 2 \times 2.2\text{m}) \times 5\text{m} = 639.4\text{m}^2$

基坑中截面面积为 $F_0 = (30\text{m} + 2 \times 1.1\text{m}) \times (15\text{m} + 2 \times 1.1\text{m}) - (10\text{m} - 2.2\text{m}) \times 5\text{m} = 514.8\text{m}^2$

基坑开挖土方量为

$$V = \frac{H(F_1 + 4F_0 + F_2)}{6} = \frac{5.5\text{m} \times (400\text{m}^2 + 4 \times 514.8\text{m}^2 + 639.4\text{m}^2)}{6} = 2840\text{m}^3$$

(2) 需回填夯实土的体积为

$$V_3 = 2840\text{m}^3 - 2000\text{m}^3 = 840\text{m}^3$$

(3) 需留回填松土体积为

$$V_2 = \frac{V_3 K_s}{K'_s} = \frac{840\text{m}^3 \times 1.3}{1.12} = 975\text{m}^3$$

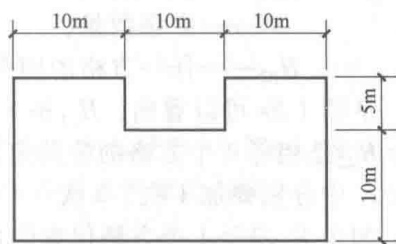


图 1-4 某基坑坑底平面尺寸

1.2.2 场地平整标高与土方量

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”^①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。

首先将场地划分成有若干个方格的方格网,其每格的大小依据场地平坦程度确定,一般边长为 10~40m,如图 1-5a 所示。然后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,可用仪器测出。

按照挖填方平衡的原则,如图 1-5b 所示,场地设计标高即为各个方格平均标高的平均值。可按式计算

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-5)$$

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 1-5a 可以看出, H_{11} 是 1 个方格的角点标高, H_{12} 及 H_{21} 是相邻 2 个方格的公共角点标高, H_{22} 是相邻 4 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,则它们在式 (1-5) 中分别要加 1 次、2 次、4 次。

如令 H_1 表示 1 个方格仅有的角点标高, H_2 表示 2 个方格共有的角点标高, H_3 表示 3 个方格共有的角点标高, H_4 表示 4 个方格共有的角点标高,则场地设计标高 H_0 可改写成

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-6)$$

(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。如图 1-6a 所示,当场地只向一个方向泄水时,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

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-7)$$

式中 H_n ——场地内任意一方格角点的设计标高 (m);

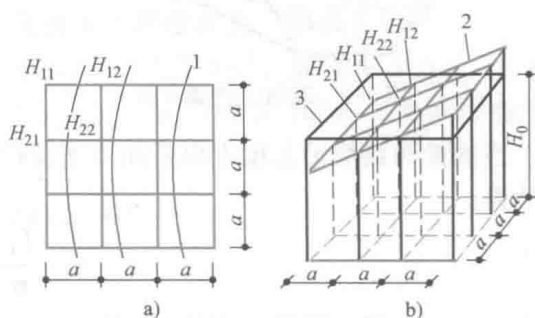


图 1-5 场地设计标高 H_0 计算示意图

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

① “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的平方和最小,由此计算出设计平面。

l ——该方格角点至场地中心线的距离 (m);

i ——场地泄水坡度 (一般不小于 0.2%);

$\pm$ ——该点比 H_0 高则用 “+”, 反之用 “-”。

例如, 图 1-6a 中角点 10 的设计标高为

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

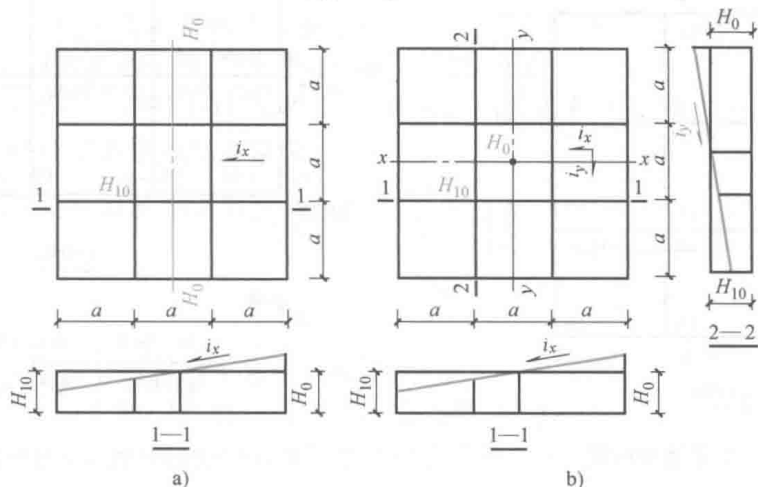


图 1-6 场地泄水坡度示意图

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。如图 1-6b 所示, 当场地向两个方向泄水时, 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

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-8)$$

式中 l_x, l_y ——该点于 $x-x, y-y$ 方向上距场地中心点的距离;

i_x, i_y ——场地在 $x-x, y-y$ 方向上的泄水坡度。

例如, 图 1-6b 中角点 10 的设计标高为

$$H_{10} = H_0 - 0.5ai_x - 0.5ai_y$$

【例 1-3】某建筑场地方格网、自然地面标高如图 1-7 所示, 方格边长 $a=20\text{m}$ 。泄水坡度 $i_x=2\text{‰}$, $i_y=3\text{‰}$, 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

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

(2) 调整设计标高

$$\begin{aligned} H_n &= H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \\ H_1 &= (70.29 - 30 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰}) \text{m} = 70.32 \text{m} \\ H_2 &= (70.29 - 10 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰}) \text{m} = 70.36 \text{m} \\ H_3 &= (70.29 + 10 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰}) \text{m} = 70.40 \text{m} \end{aligned}$$

其他如图 1-8 所示。

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, 必要时也需调整设计标高。

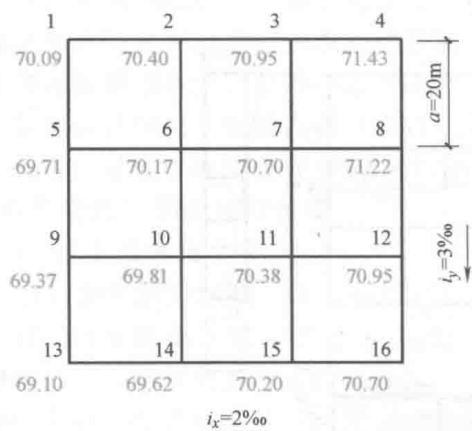
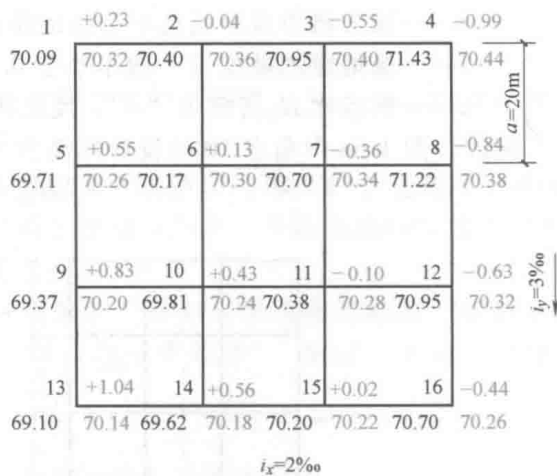


图 1-7 某场地方格网



图例:

角点编号	施工高度
地面标高	设计标高

图 1-8 方格网角点设计标高及施工高度

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

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-9)$$

式中 h_n ——该角点的挖、填方高度，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)。

(2) 绘出“零线” 零线是场地平整时，施工高度为“0”的线，是挖、填的分界线。确定零线时，要先找到方格线上的零点。零点是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。方格线上的零点位置如图 1-9 所示，可按下式计算

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1-10)$$

式中 h_1 、 h_2 ——相邻两角点挖、填方施工高度，以绝对值代入；

a ——方格边长；

x ——零点距角点 A 的距离。

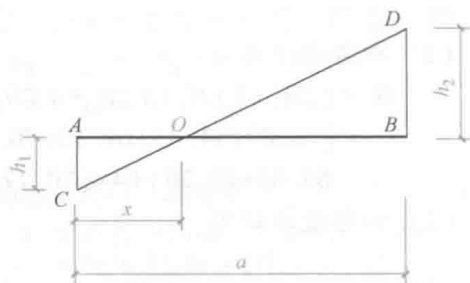


图 1-9 零点位置计算

参考实际地形，将方格网中各相邻零点连接起来，即成为零线。零线绘出后，也就划分出了场地的挖方区和填方区。

(3) 场地土方量计算 计算场地土方量时，先求出各方格的挖、填土方量和场地周围边坡的挖、填土方量，把挖、填土方量分别加起来，就得到场地挖方及填方的总土方量。下面

以四方棱柱体法为例进行介绍。

1) 全挖全填格。如图 1-10 所示, 方格四个角点全部为挖方 (或填方), 其挖方或填方的土方量为

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-11)$$

式中 V ——挖方或填方的土方量 (m^3);

h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ——方格四个角点的挖填高度, 以绝对值代入 (m)。

2) 部分挖部分填格。如图 1-11 和图 1-12 所示, 当方格的四个角点中, 有的为挖方、有的为填方时, 该方格的挖方量或填方量为

$$V_{\text{挖}} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{\text{挖}})^2}{\sum h} \quad (1-12)$$

$$V_{\text{填}} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{\text{填}})^2}{\sum h} \quad (1-13)$$

式中 $V_{\text{挖}}$ 、 $V_{\text{填}}$ ——挖方、填方的土方量 (m^3);

$\sum h_{\text{挖}}$ 、 $\sum h_{\text{填}}$ ——挖方、填方各角点的施工高度之和 (m);

$\sum h$ ——方格四个角点的施工高度绝对值之和 (m)。

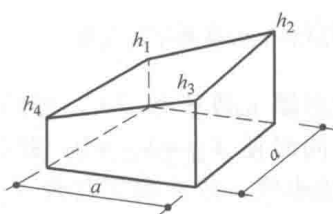


图 1-10 全挖 (全填) 格

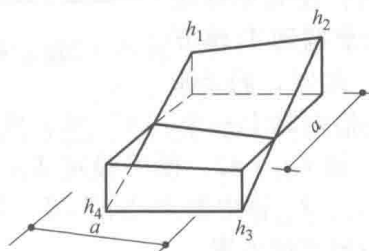


图 1-11 两挖两填格

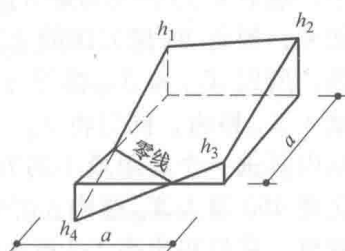


图 1-12 三挖一填格

1.2.3 土方调配与优化

土方调配与优化是大型土方工程施工设计的一个重要内容, 其目的是在使土方总运输量 ($\text{m}^3 \cdot \text{m}$) 最小或土方运输成本最低的条件下, 确定填挖方区土方的调配方向和数量, 从而缩短工期和降低成本。土方调配与优化的步骤如下:

1. 划分土方调配区, 计算平均运距或土方施工单价

(1) 调配区的划分 进行土方调配时, 首先要划分调配区。划分调配区应注意下列几点:

1) 调配区的划分应该与工程建 (构) 筑物的平面位置相协调, 并考虑它们的开工顺序、分期施工的要求, 使近期施工与后期利用相协调。

2) 调配区的大小应该满足土方施工主导机械 (如铲运机、推土机等) 的技术要求。

3) 调配区的范围应该和方格网协调, 通常可由若干个方格组成一个调配区。例如, 某场地调配区划分如图 1-13 所示。

4) 有就近取土或弃土时, 则每个取土区或弃土区均作为一个独立的调配区。

5) 调配区划分还应尽量与大型地下建筑物的施工相结合, 避免土方重复开挖。

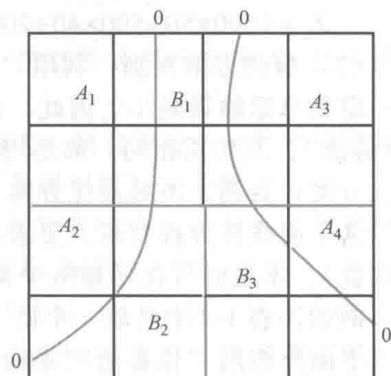


图 1-13 调配区划分示例