



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

土木工程 施工技术

蔡雪峰 主编
周继忠 林奇 副主编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

土木工程 施工技术

TUMU GONGCHENG SHIGONG JISHU

蔡雪峰 主编
周继忠 林奇 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书为全国教育科学“十一五”规划课题研究成果,参照最新国家规范并结合编者30余年的教学经验和工程实践编写而成。主要内容分为15个部分:绪论、土方工程、地基处理工程、深基础工程、砌体工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、脚手架工程、防水工程、装饰装修工程、建筑节能工程、道路工程、桥梁结构工程、轨道工程。

本书可作为高等学校土木工程、工程造价、工程管理、房地产管理等专业的教材,也可供土建类工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术/蔡雪峰主编. —北京:高等教育出版社,2011.8
ISBN 978-7-04-032199-9

I. ①土… II. ①蔡… 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140580号

策划编辑 葛心	责任编辑 葛心	封面设计 张志	责任印制 胡晓旭
版式设计 范晓红	插图绘制 尹莉	责任校对 杨雪莲	

出版发行 高等教育出版社	咨询电话 400-810-0598
社址 北京市西城区德外大街4号	网址 http://www.hep.edu.cn
邮政编码 100120	http://www.hep.com.cn
印刷 北京四季青印刷厂	网上订购 http://www.landrac.com
开本 787mm×1092mm 1/16	http://www.landrac.com.cn
印张 32.75	版次 2011年8月第1版
字数 810千字	印次 2011年8月第1次印刷
购书热线 010-58581118	定价 50.00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 32199-00

前 言

本书参照最新国家规范,并结合编者30余年来的教学经验和工程实践编写而成。

本书反映了日新月异的土木工程施工技术,根据本学科实践性强的特点,结合本科应用型人才培养的要求,以工程项目为系统,体现了土木工程施工现场各个分部施工应用技术;结合国家对节能减排的要求,以及高速铁路突飞猛进的发展,特别补充了建筑节能工程和轨道工程内容,同时吸收了当前施工现场应用的先进技术和方法,并注重贯彻我国现行规范及有关文件,使内容体现适应性、应用性、先进性、科学性。每章开头有导言,每节开头有提示,章后附有复习思考题、习题,并在重点章节编入应用性较强的计算实例。

本书由福建工程学院蔡雪峰教授主编,周继忠教授、林奇高级工程师任副主编,同济大学应惠清教授主审。具体编写分工如下:第1章、第5章由蔡雪峰编写,第2章、第9章由周继忠编写,第3章由蔡雪峰、林奇编写,第4章、第10章、第11章由林奇编写,第6章由蔡雪峰、周继忠编写,第7章由庄金平编写,第8章由郑永乾编写,第12章由刘忠群、蔡雪峰编写,第13章、第14章由欧智箐编写,第15章由陈小平编写。全书由蔡雪峰统稿。

本书中的插图得到李琰、聂小龙、吴建亮、虞明贝、张雪丽、刘春亮等同志的帮助,还得到福建工程学院土木工程系施工教研室全体教师和有关施工单位的大力支持,在此一并表示感谢。

编者

2010年11月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第 1 章 绪论	1	6.2 钢筋工程	151
1.1 土木工程施工技术的概念与研究对象	1	6.3 模板工程	169
1.2 本课程的任务与学习方法	1	6.4 混凝土工程	189
1.3 与施工技术相关的知识	2	第 7 章 预应力混凝土工程	219
1.4 土木工程施工技术的历史、现状与未来	3	7.1 概述	219
第 2 章 土方工程	6	7.2 有粘结预应力混凝土施工	219
2.1 概述	6	7.3 无粘结预应力混凝土施工	244
2.2 场地平整与规划	10	第 8 章 结构安装工程	252
2.3 基坑土方施工	27	8.1 概述	252
2.4 土方填筑与压实	62	8.2 起重机械	252
第 3 章 地基处理工程	69	8.3 混凝土结构安装	264
3.1 概述	69	8.4 钢结构安装	279
3.2 换填垫层法	70	8.5 空间网架结构安装	282
3.3 振冲法	71	第 9 章 脚手架工程	291
3.4 强夯法	73	9.1 概述	291
3.5 预压法	77	9.2 扣件式钢管脚手架	292
3.6 水泥土搅拌法	84	9.3 碗扣式钢管脚手架	302
3.7 高压喷射注浆法	89	9.4 门式钢管脚手架	305
第 4 章 深基础工程	94	9.5 附着式升降脚手架	308
4.1 桩基础施工	94	第 10 章 防水工程	312
4.2 地下连续墙和劲性水泥土墙施工	124	10.1 概述	312
4.3 沉井法施工	134	10.2 屋面防水工程	312
第 5 章 砌体工程	139	10.3 地下工程防水	321
5.1 概述	139	第 11 章 装饰装修工程	333
5.2 砖与砌块施工	140	11.1 抹灰工程	333
5.3 石砌体施工	145	11.2 饰面工程	336
5.4 砌体冬期施工	150	11.3 幕墙工程	339
第 6 章 混凝土结构工程	151	11.4 涂饰工程	347
6.1 概述	151	11.5 裱糊工程	352
		第 12 章 建筑节能工程	355
		12.1 概述	355
		12.2 外墙建筑节能工程施工	356

12.3	屋面建筑节能工程施工	381	14.5	斜拉桥施工	457
12.4	建筑门窗节能工程施工	392	14.6	悬索桥施工	461
第 13 章	道路工程	400	第 15 章	轨道工程	467
13.1	路基施工	400	15.1	概述	467
13.2	路面基层施工	412	15.2	有砟轨道施工	467
13.3	路面施工	418	15.3	单元板式无砟轨道施工	473
第 14 章	桥梁结构工程	430	15.4	纵连板式无砟轨道施工	480
14.1	桥梁基础施工	430	15.5	双块式无砟轨道施工	496
14.2	桥梁墩台施工	437	15.6	城市轨道交通无砟轨道施工 ...	508
14.3	梁桥施工	440	参考文献		517
14.4	拱桥施工	450			

第1章 绪 论

从古至今,万里长城、故宫、鸟巢、水立方,哪项工程能离开施工技术和工艺操作?只要有人类,就有土木工程,就需要施工技术。



1.1 土木工程施工技术的概念与研究对象



学习本节后,你将能够

1. 掌握土木工程施工技术的概念。
2. 了解土木工程施工技术的研究对象。

1.1.1 概念

土木工程施工技术是研究土木工程建造过程中所涉及的各主要工种工程的施工工艺、施工顺序和施工方法的学科,是土木工程或工程管理专业的一门重要专业课,也是一门实践性、综合性较强的应用学科。

1.1.2 研究对象

土木工程施工技术以各个分项工程施工技术为研究对象,涉及各工种施工方法、施工工艺及施工顺序,每个分项工程的施工方法可能有若干种,因此,需要研究不同施工方法的工艺特点、施工顺序、适用范围等,以便编制施工方案时能结合具体工程特点,选择相对合理的施工方法,采用最有效的施工技术措施。

1.2 本课程的任务与学习方法



学习本节后,你将能够

1. 了解土木工程施工技术课程的任务。
2. 掌握土木工程施工技术课程的学习方法。

1.2.1 任务

本课程的任务是使学生了解土木工程施工技术领域国内外的新技术和发展动态;掌握各种施工方法、施工工艺及施工顺序;对不同结构类型的土木工程从基础施工开始到工程施工结束,有系统的了解。通过本课程的学习,使学生学会根据不同情况选用相应的施工方法,培养学生综合应用所学的基础理论知识发现问题、分析问题、解决问题的能力,以适应用人单位的需求。

1.2.2 学习方法

本课程与材料力学、测量学、结构力学、土木工程材料、混凝土结构以及钢结构等课程均有密切的关联,必须在学完以上课程的基础上才能学习本课程。本课程实践性强,因此,学习本课程要采取理论联系实际的学习方法,除对课堂讲授的基本理论、基本知识加以理解和掌握之外,要重视现场参观和校内外实践等环节,还需经常阅读有关土木施工方面的书刊杂志,随时了解国内外最新动态。

1.3 与施工技术相关的知识



学习本节后,你将能够

1. 了解规范和规程的含义。
2. 掌握与土木工程施工有关的规范与规程。
3. 了解规范、规程与行业标准之间的关系。
4. 了解什么叫工法。

1.3.1 规范与规程

1. 规范与规程的概念

规范与规程是我国土木工程行业常用标准的表达形式。它们以土木工程科学、技术和实践经验的基础,经有关方面协商一致,由国家有关部委批准、颁发,作为全国土木工程界共同遵守的准则和依据。规范与规程分为国家、专业(部)、地方和企业四类。

2. 国家规范

目前由住房和城乡建设部(后简称住建部)与国家质量监督检验检疫总局联合颁发的与施工有关的国家规范有:《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)、《砌体工程施工质量验收规范》(GB 50203—2002)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2002)、《屋面工程质量验收规范》(GB 50207—2002)、《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2002)、《大体积混凝土施工规范》(GB 50496—2009)、《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007)等。

3. 行业标准

目前由国家相关部委批准颁发的与施工有关的行业规程有:《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—

2008)、《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ 162—2008)、《建筑工具式脚手架安全技术规范》(JGJ 201—2010)、《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107—2010)、《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18—2003)、《建筑工程大模板技术规程》(JGJ 74—2003)、《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ 81—2002)、《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)、《公路隧道施工技术规范》(JTG F60—2009)、《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034—2000)、《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)、《公路水泥混凝土路面滑模施工技术规范》(JTJ/T 037.1—2000)、《公路隧道施工技术细则》(JTG/T F60—2009)等。

4. 国家规范与行业标准的关系

通常行业标准比国家规范低一个等级,行业标准是在行业内适用,行业标准不得低于国家规范的要求。行业标准的内容不能与国家规范抵触,如有不同,应以国家规范为准。对于规范和规程中有关规定条目的解释,由其发布通知的制定单位负责。随着设计与施工水平的提高,规范和规程每隔一定时间要进行修订。

1.3.2 工法

1. 工法概念

工法是以工程为对象,工艺为核心,运用系统工程原理,把先进技术与科学管理结合起来,经过工程实践形成的综合配套技术的应用方法。它具有新颖、适用和保证工程质量、提高施工效率、降低工程成本等特点。

2. 工法内容

工法的内容主要包括:前言、工法特点、适用范围、工艺原理、施工工艺流程及操作要点、材料与设备、质量控制、安全措施、环保措施、效益分析和应用实例等11项。工法分为房屋建筑工程、土木工程、工业安装工程三个类型。

3. 工法等级

工法分为国家级、省级、企业级三个等级。国家级工法其工艺技术水平应达到国内领先或国际先进水平。国家级工法由住建部会同国家有关部门组织专家进行评审。工法制度自1989年年底在全国施工企业中实行,它是指导企业施工管理的一种规范性文件,是企业施工能力和技术水平的重要标志。

1.4 土木工程施工技术的历史、现状与未来



学习本节,你将能够

1. 了解古代土木工程施工技术发展概况。
2. 了解近代与现代房屋建筑和桥梁建筑施工技术发展概况。
3. 了解土木工程施工技术今后发展动向。

1.4.1 古代土木工程施工技术发展概况

我国土木工程施工的历史悠久,早在公元前12世纪,春秋、战国到秦、汉时期,就修建了举世闻名的万里长城。

从旧石器时代进入新石器时代,人类已架木巢居,以草泥作顶,开始建造活动。到新石器时代后期,人类逐渐学会用夹板夯土筑墙、垒石为垣,烧制砖瓦。战国、秦时,我国的砌筑技术已有很大发展,能用特制的楔形砖和企口砖砌筑拱券和穹隆。我国的《考工记》记载了先秦时期的营造法则。唐代大规模城市的建造,表明房屋建造技术也达到了相当高的水平。北宋李诫编纂了《营造法式》,对石、砖、木作和彩画、装修的施工法则与工料估算方法均有较详细的规定。唐宋至明清留下的砖木建筑,如高塔、寺院、殿宇、园林不胜枚举,都是通过施工技术和工艺操作建成的。清代的《工程做法则例》统一了建筑构件的模数和工料标准,制定了绘样和估算的准则。现存的北京故宫等建筑表明,当时我国的建造技术已达到很高的水平。

在桥梁工程施工方面,中国古代石桥、木桥、铁索桥都长时间保持世界领先水平。据文献记载,中国早在公元前五十年(汉宣帝甘露四年)就建成了跨度达百米的铁索桥,而欧美直到17世纪尚未出现铁索桥。

1.4.2 近代与现代土木工程施工技术发展概况

1. 房屋建筑施工技术

19世纪中叶以来,水泥、建筑钢材和钢筋混凝土的出现,使土木工程施工进入新的阶段。我国自鸦片战争之后,在沿海城市开始使用钢筋混凝土建造多层房屋和高层大楼,但多数由外国建筑公司承建。此时,我国由私人创办的营造厂虽然也承建了一些工程,但规模小,技术装备较差,施工技术相对落后。

新中国成立后,我国引入了苏联建筑技术。在短短几年内,就完成了鞍山钢铁公司、长春汽车厂等一千多个规模宏大的工程建设项目。1958—1959年在北京建设了人民大会堂、北京火车站、中国历史博物馆等结构复杂、规模巨大、功能要求严格、装饰标准高的十大建筑,更标志着我国的建筑施工开始进入了一个新发展时期。

20世纪70年代后期,国家实行改革开放政策以后,工程建设再度呈现一派繁荣景象。20世纪80年代,以广州白天鹅宾馆和花园酒店、上海希尔顿宾馆、南京金陵饭店、北京的国际饭店等高层(高度超过100m)建筑施工为龙头,带动了我国建筑施工技术,特别是现浇混凝土施工技术的迅速发展。20世纪90年代,随着房地产业的兴起,城市大规模旧城改造,高层和超高层写字楼与商住楼大量兴建,建筑施工技术达到了较高的水平。

进入21世纪,随着我国综合国力的增强,高层钢结构建筑开始大量兴建,超高层钢筋混凝土结构工程也如雨后春笋,进一步促进了施工技术的提高。在建筑施工技术方面,基础工程施工中推广了旋喷桩、大直径钻孔灌注桩、静压桩、水泥土搅拌桩、地下连续墙等新技术;主体结构施工中应用了早拆模板和台模等新型模板体系,爬模和滑模体系,粗钢筋焊接与机械连接技术,高强高性能混凝土技术,预应力技术,泵送混凝土以及塔吊和施工人货电梯的垂直运输机械化等多项新的施工技术;在装饰工程施工中应用了外墙玻璃及铝合金幕墙、内外墙面喷涂、高级饰面砖的粘贴等新技术,使我国的建筑施工技术水平与发达国家的水平基本接近。

2. 桥梁建筑施工技术

回顾旧中国的桥梁历史,长江和黄河上的大跨径桥梁和上海、天津、广州等大城市中的一些桥梁都是由外商承建的。

新中国成立后,1952年政府决定建造第一座长江大桥——武汉长江大桥,欲使“天堑变通途”。1957年武汉长江大桥建成通车,它是20世纪50年代中国桥梁的一座里程碑,为中国现代桥梁工程技术的发展和南京长江大桥的兴建奠定了基础。

20世纪50年代预应力混凝土简支梁桥的实现,使我国桥梁界初步掌握了高强度钢丝、预应力锚具、孔道灌浆、张拉千斤顶等施工工艺,为60年代建造主跨50 m、100 m和150 m的中、大跨径桥梁创造了条件。20世纪70年代,大跨径拱桥盛行,我国建造了许多双曲拱桥等。

20世纪80年代后,国内开始建设斜拉桥,并相继有多座斜拉桥建成,跨径多为250 m以下,但拉索的防腐体系相对落后,也导致使用十多年后因防腐失效不得不进行换索。可以说整个80年代,中国的桥梁技术在梁桥、拱桥和斜拉桥上都取得了全方位的突飞猛进的发展。

20世纪90年代,主跨602 m的上海杨浦大桥斜拉桥和跨为1 385 m的江阴长江大桥悬索桥相继建成,标志着中国正在走向世界桥梁强国之列。进入21世纪,主跨1 088 m的世界斜拉桥第一跨径的江苏苏通长江大桥建成,显示我国具备了建造特大跨径桥梁的能力。

1.4.3 今后发展方向

我国施工技术今后将向节能降耗、工业化、专业化、机械化的方向发展。在“十二五”期间我们将进一步推广:高强混凝土;高效预应力混凝土;节能建筑和墙体材料的改革;充分利用工业废料及变废为宝的材料;改进模板、脚手体系;新的钢筋对接技术;超高层建筑施工技术;深基础工程施工在基坑开挖过程中对周围环境变形自适应的控制系统技术;隧道工程施工技术;高、大、深、重、急、难、险的工程施工风险控制技术,特别要控制在地铁旁边进行的基坑开挖,提高地铁运行安全度;建筑的改造与修缮技术,在不改变既有建筑历史风貌的前提下,改善内部的使用功能,不能使人们感到在城市的发展中看不到历史的沉淀;大跨度钢结构施工技术;桥梁工程施工技术;道路工程施工技术,等等。

总之,新技术、新材料的出现、引进,将引起施工工艺的改变和发展,这都是今后我们要遇到并学习和研究的课题。所以今天我们必须随着建筑科技的发展,学习掌握目前基本的施工技术和工艺,为今后能适应建筑业的发展打下基础。

复习思考题

1. 简述本课程研究对象和学习方法。
2. 目前与土木工程施工有关的国家规范有哪些?
3. 简述规范、规程与行业标准之间的关系。
4. 简述工法的含义。

第2章 土方工程

万事开头难,土方工程是工程项目的开始,挖土顺序、方法、机械选择、降水处理无不影响基坑安全性,是一项须花力气和功夫去做的工作。



2.1 概 述



学习本节后,你将能够

1. 了解土方工程施工的内容。
2. 熟悉土方工程的特点。
3. 了解施工中土的工程分类及分类依据。
4. 掌握土的工程特性。
5. 熟悉原状土压实后的沉降量。

2.1.1 土方工程内容与特点

1. 土方工程施工内容

土方工程施工通常包括场地平整、地下室和基坑(槽)及管沟开挖与回填、地坪填土与碾压、路基填筑等。此外还包括排水、降水和土壁支护等准备工作和辅助过程。

2. 土方工程特点

(1) 量大面广、劳动繁重

土方工程施工往往具有量大面广、劳动繁重、施工条件复杂等特点,在场地平整和大型深基坑开挖中,土方工程量可达几万甚至几百万立方米以上。

(2) 受自然条件影响大

土方工程施工多为露天作业,施工中直接受到所在区域交通、气候、水文、地质和邻近建(构)筑物等条件的影 响,难以确定的因素较多,有时施工条件极为复杂。

2.1.2 土的工程分类

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、液性指数分类等。在土木工程施工中,土方是按照开挖的难易程度分为八类,如表 2-1-1 所示。表中一~四类为

土,五~八类为岩石。

表 2-1-1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	密度/(g/cm ³)	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂土;粉土冲积砂土层;疏松的种植土;淤泥(泥炭)	0.6~1.5	用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬
二类土 (普通土)	II	粉质粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂;粉土混卵(碎)石;种植土;填土	1.1~1.6	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实粘土;重粉质粘土、砾石土;干黄土、含有碎石、卵石的黄土、粉质粘土;压实的填土	1.75~1.9	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的粘性土或黄土;含碎石、卵石的中等密实的粘性土或黄土;粗卵石;天然级配砂石;软泥灰岩	1.9	整个先用镐、撬棍,后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (铁石)	V~VI	硬质粘土;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	1.1~2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	VII~IX	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	2.2~2.9	用爆破方法开挖,部分用风镐
七类土 (坚石)	X~XIII	大理岩,辉绿岩;玢岩;粗、中粒花岗岩;坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩;微风化安山岩;玄武岩	2.5~3.1	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV~XVI	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、角闪岩、玢岩、辉绿岩	2.7~3.3	用爆破方法开挖

2.1.3 土的工程性质

土的基本性质直接影响土方工程施工方法,在施工之前应详细了解,避免造成工程事故。土的基本性质如下。

1. 土的天然含水量

土的含水量 w 是土中水的质量与固体颗粒质量之比,以百分数表示,即

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (2.1)$$

式中: m_w ——土中水的质量;

m_s ——土中固体颗粒的质量。

一般土的干湿程度,用含水量表示。含水量在 5% 以下称干土,含水量在 5%~30% 之间称潮湿土,大于 30% 称湿土。含水量越大,土就越湿,对施工就越不利。土的含水量大小对挖土的难易、施工时边坡的坡度、回填土的压实等均有影响。

2. 土的密度

(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。一般粘性土的天然密度为 1.8 g/cm^3 ,砂土的天然密度约 $1.6 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$,土的天然密度用 ρ 表示。

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.2)$$

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,土的干密度用 ρ_d 表示。

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (2.3)$$

式中: m_s ——土中固体颗粒的质量;

V ——土的天然体积。

土的干密度越大,表示土越密实,工程上常把土的干密度作为评定土体密实程度的标准,以控制基坑底压实及填土工程的压实质量。

3. 土的可松性

自然状态下的土,经开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,其体积仍不能恢复原状,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

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (2.4)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (2.5)$$

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;

V_2 ——土被挖出后在松散状态下的体积;

V_3 ——土经压实后的体积。

在土方工程施工中, K_s 是计算土方施工机械及运土车辆的参数, K'_s 是计算场地平整标高及填方时所需挖土量等的重要参数。各类土的可松性系数见表 2-1-2。

表 2-1-2 各类土的可松性参考数值

土的类别	体积增加百分比/%		可松性系数	
	最初	最终	K_s	K'_s
一类土(种植土除外)	8 ~ 17	1 ~ 3.0	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03
一类土(植物性土,泥炭)	20 ~ 30	3 ~ 4	1.20 ~ 1.30	1.03 ~ 1.04
二类土	14 ~ 28	1.5 ~ 5	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05
三类土	24 ~ 30	4 ~ 7	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07
四类土(泥灰岩,蛋白石除外)	26 ~ 32	6 ~ 9	1.26 ~ 1.32	1.06 ~ 1.09
四类土(泥灰岩,蛋白石)	33 ~ 37	11 ~ 15	1.33 ~ 1.37	1.11 ~ 1.15

续表

土的类别	体积增加百分比/%		可松性系数	
	最初	最终	K_s	K'_s
五~七类土	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类土	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

4. 土的渗透性

土的透水性指水流通过土中孔隙的难易程度,水在单位时间内穿透土层的能力,称为渗透系数,用 k 表示,单位为 cm/s 。水的渗透性大小,取决于不同的土质。地下水的流动以及在土中的渗透速度都与土的透水性有关。

地下水在土中渗流速度一般可按达西定律公式计算:

$$v = k \cdot i \quad (2.6)$$

式中: v ——水在土中的渗透速度(cm/s);

i ——水力坡度;

k ——土的渗透系数(cm/s)。

k 值的大小反映出土体透水性的强弱,土的渗透系数可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定,一般土的渗透系数见表 2-1-3。

表 2-1-3 土的渗透系数

土的种类	$k/(\text{cm/s})$	土的种类	$k/(\text{cm/s})$
粘土	$<6 \times 10^{-6}$	中砂	$6 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-2}$
粉质粘土	$6 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	均质中砂	$4 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$
黄土	$3 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$	粗砂	$2 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$
粉土	$6 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$	均质粗砂	$7 \times 10^{-2} \sim 8 \times 10^{-2}$
细砂	$1 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-3}$	圆砾	$6 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$

5. 原状土经机械压实后的沉降量

原状土经机械往返压实或经其他压实措施后,会产生一定的沉降,根据不同土质,其沉降量一般在 3~30 cm 之间。可按下述经验公式计算:

$$S = P/C \quad (2.7)$$

式中: S ——原状土经机械压实后的沉降量(cm);

P ——机械压实的有效作用力(MPa);

C ——原状土的抗陷系数(MPa/cm),可按表 2-1-4 取值。

表 2-1-4 不同土的 C 值参考表

原状土质	C/(MPa/cm)	原状土质	C/(MPa/cm)
沼泽土	0.01 ~ 0.015	大块胶结的砂、潮湿粘土	0.035 ~ 0.06
粘滞的土、细粒砂	0.018 ~ 0.025	坚实的粘土	0.1 ~ 0.125
松砂、松湿粘土、耕土	0.025 ~ 0.035	泥灰石	0.13 ~ 0.18

2.2 场地平整与规划



学习本节后,你将能够

1. 了解平整场地标高设计的方法,熟悉挖填平衡法进行场地标高设计的方法。
2. 熟悉工程中对设计平面的调整的方法。
3. 熟悉场地平整施工土方工程量计算方法。
4. 熟悉场地平整土方调配方案优选方法——表上作业法优选土方调配方案。
5. 了解平整场地施工常用几种土方机械的特点与施工方法。

场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。计算场地挖方量和填方量,首先要确定场地设计标高,由设计地面的标高和天然地面的标高之差,可以得到场地各点的施工高度(即填挖高度),由此可计算场地平整的挖方和填方工程量。

2.2.1 场地标高设计

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总设计规划和竖向设计的依据。合理地确定场地的设计标高,对减少土石方量、加快工程速度都有重要的经济意义。如图 2.2.1 所示,当场地设计标高为 H_0 时,填挖方基本平衡,可将土石方移挖作填,就地处理;当设计标高为 H_1 时,填方大大超过挖方,则需从场地外大量取土回填;当设计标高为 H_2 时,挖方大大超过填方,则要向场外大量弃土。同时标高设计要有一定泄水坡度($\geq 0.2\%$),使之能满足排水要求;要考虑最高洪水位的影响。

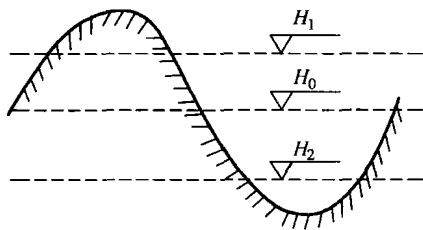


图 2.2.1 场地不同设计标高的比较

场地设计标高确定方法有挖填平衡法和最小二乘法。

1. 挖填平衡法确定场地设计标高

小型场地平整,若原地形比较平缓,对场地设计标高无特殊要求,可按照场地平整施工中挖填土方量相等的原则确定场地的设计标高。具体步骤如下:

初步确定场地设计标高(H_0)。