

Construction of Civil Engineering

Textbook Series of 21st Century

21世纪高等学校规划教材

土木工程施工

上册 施工技术部分



郑天旺 李建峰 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



21世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century

土木工程施工

上册 施工技术部分

主编 李建峰 郑天旺
编写 刘立国 宴兴威 马昕
李武尚 黄永刚
主审 李惠民



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书是 21 世纪高等学校规划教材,是根据全国高校土木工程施工课程教学大纲的要求编写,分施工技术和施工组织两部分。全书共分十六章,其内容包括土方工程、深基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、道路工程、桥梁工程、施工组织概论、流水施工、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计、施工进度控制等。为适应现代化施工的需要,全书均参照最新施工及验收规范编写,增加了基坑支护、地基深层加固、沉井法、高效钢筋与钢筋连接新技术、新型模板体系、高强高性能混凝土、新型锚固体系和无粘结预应力施工、新型防水材料及玻璃幕墙等新技术和道桥施工新技术,力求反映国内外先进施工技术及管理水平。

书中每章附有内容提要和学习要点、例题、复习思考题和习题,供学习时参考。

本书为土木工程专业本科教材,也可作为其他土木建筑类教学用书,并可供土建施工技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工/郑天旺,李建峰主编. —北京:中国电力出版社,2005

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 7-5083-3525-2

I. 土... II. ①郑... ②李... 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 (2005) 第 080700 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 8 月第一版 2005 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 28.75 印张 667 千字
印数 0001—3000 册 (上、下册) 定价 58.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

《土木工程施工》是高等院校土木工程专业的一门主要必修专业课，它是专门研究土木工程施工中如何科学组织施工和解决施工技术问题的学科。其主要任务是探索土木工程施工技术和施工组织的一般理论和规律；研究各工种工程施工工艺过程、方法和基本原理及其相应的质量安全保证措施；寻求科学的工程项目施工组织原理。所有与土木工程有关的人员，包括建设单位、施工单位、监理单位、设计单位及质检部门的技术人员，都必须掌握土木施工方面的基本理论与原理，熟悉每一个工种工程的基本施工工艺、施工方法、操作技术与质量要求及施工组织管理等方面的知识。尤其对于施工管理人员还必须掌握施工项目中涉及的各个方面、投入的各项资源和各个施工阶段的有机联系及组织管理规律，有效、科学地组织施工，以期以最少的消耗取得最大的投资效益。

由于“土木工程施工”实践性强、综合性要求高、社会性广，工程施工中许多技术问题的解决和管理系统的建立，均要涉及到有关学科的综合运用。因此，本教材是按照全国高等院校土木工程专业指导委员会制定的《土木工程施工课程教学大纲》的要求编写的。并根据21世纪土木工程专业人才培养方案和教学要求，在原编《建筑施工》教材的基础上作了较大的改动，力求拓宽专业面，扩大知识面，以适应市场经济的需要；力求综合运用有关学科的基本理论和知识，以解决工程实践问题；力求理论联系实际，以应用为主；力求符合新规范、新标准和有关技术法规。内容的编排上包括施工技术和施工组织两部分，施工技术部分仍按工种工程划分各章，分别叙述各工种工程的施工工艺与要求，新知识中增加了基坑支护、地基深层加固、沉井法、高效钢筋与钢筋连接新技术、新型模板体系、高强高性能混凝土、高效预应力钢材与新型锚固体系、无粘结预应力施工、钢结构和大跨度空间结构安装、新型防水材料以及玻璃幕墙等方面的新的施工技术；施工组织部分增加了施工准备和网络计划的优化以及进度控制内容。本书在编写时，取材上力求反映国内外先进技术水平和管理水平；内容上尽量符合实际需要；较为详细地论述了施工工艺和操作要点；着重方案性问题的探讨和技术经济比较；着眼于解决建筑工程施工的关键和施工组织的主要矛盾；文字上深入浅出，通俗易懂；并在每章附有内容提要、学习要求、复习思考题和习题，以便于组织教学和自学。但是，由于水平有限，书中难免有不足之处，诚挚地希望读者提出宝贵意见，予以赐教。

本书的前言、绪论、第二章、第四章的第三节和第六节、第六章的第四节和第五节、第七章、第十一章、第十三章、第十五章、第十六章由长安大学李建峰负责编写；第一章、第三章、第八章、第九章由郑天旺编写；第四章第一、二、四、五、七节和第五章由刘立国编写；第十章和第十四章由宴兴威编写；第十二章由马昕编写；第六章第一节由李武尚编写，第六章第二、三节由黄永刚编写；第三、八、九章的部分插图由赵燚完成。全书由李建峰统稿。

在编写过程中，李伟、李晓钊、韩治国、熊清源、罗建国、张英等也参与了部分章节的材料整理、插图和编辑工作。

本书在初稿编写完成后，西安建筑科技大学博士生导师李惠民教授在百忙之中对本书作了全面审阅，提出了不少宝贵意见，特此表示深切的谢意。本书编写过程中，参考了一些同仁的教材、书籍和杂志，还得到有关施工与科研单位提供的部分技术资料，在此亦表示衷心的感谢！

编者

2005年5月

目 录

前言

上册 施工技术部分

绪论	1
第一章 土方工程	5
学习要点	5
第一节 概述	5
第二节 场地设计标高的确定	7
第三节 土方工程量的计算与调配	13
第四节 土方工程的准备与辅助工作	25
第五节 土方工程的机械化施工	45
第六节 地基的局部处理	51
第七节 土方的填筑与压实	52
复习思考题	54
习题	55
第二章 深基础工程	57
学习要点	57
第一节 桩基础工程	57
第二节 地基深层加固	76
第三节 沉井法施工	78
第四节 地下连续墙施工	82
复习思考题	86
第三章 砌筑与脚手架工程	88
学习要点	88
第一节 准备工作	88
第二节 砌砖施工	98
第三节 中小型砌块施工	107
第四节 砌筑工程的质量及安全技术	110

复习思考题	111
第四章 钢筋混凝土工程	113
学习要点	113
第一节 模板工程	115
第二节 钢筋工程	133
第三节 高效钢筋的施工工艺	157
第四节 混凝土工程	163
第五节 常用混凝土外加剂	187
第六节 高强高性能混凝土技术	188
第七节 混凝土冬季施工	194
复习思考题	197
习题	198
第五章 预应力混凝土工程	199
学习要点	199
第一节 概述	199
第二节 先张法	201
第三节 后张法	210
第四节 其他预应力混凝土简介	224
复习思考题	230
习题	230
第六章 结构安装工程	231
学习要点	231
第一节 起重机械与设备	231
第二节 单层工业厂房结构安装	250
第三节 多层结构房屋安装	268
第四节 钢结构施工技术	277
第五节 大跨度空间结构吊装工艺	286
复习思考题	291
习题	292
第七章 防水工程	293
学习要点	293
第一节 屋面防水工程	293
第二节 地下防水工程	298
第三节 卫生间防水工程	302

第四节	新型建筑防水卷材施工	305
第五节	新型建筑防水涂料施工	311
	复习思考题	315
第八章	装饰工程	317
	学习要点	317
第一节	抹灰工程	317
第二节	饰面板(砖)工程	322
第三节	铝合金与玻璃幕墙	325
第四节	油漆、刷浆和裱糊工程	334
	复习思考题	338
第九章	道路工程施工	339
	学习要点	339
第一节	施工机械	339
第二节	路基工程施工	341
第三节	路堤施工	345
第四节	路堑施工	349
第五节	路基压实	356
第六节	路基排水与加固	366
第七节	软土路基施工	374
第八节	路基修整与检查验收	379
第九节	路面底基层施工	380
第十节	水泥混凝土路面施工	388
第十一节	沥青路面施工	397
	复习思考题	408
第十章	桥梁工程施工	410
	学习要点	410
第一节	桥梁基础施工	411
第二节	桥梁结构工程施工	423
	复习思考题	449

下册 施工组织部分

第十一章	施工组织概论	451
	学习要点	451

第一节	工程建设及其工作程序	451
第二节	施工程序及施工组织研究的对象和任务	453
第三节	施工组织设计概述	461
第四节	施工准备工作	467
	复习思考题	474
第十二章	流水作业原理及应用	475
	学习要点	475
第一节	流水作业的基本概念	475
第二节	流水施工参数	479
第三节	流水施工的基本方式	485
第四节	流水施工实例	492
	复习思考题	499
	习题	499
第十三章	网络计划技术	500
	学习要点	500
第一节	概述	500
第二节	双代号网络计划技术	502
第三节	单代号网络计划技术	517
第四节	网络计划的优化	528
第五节	非肯定型网络计划	543
第六节	网络计划的电算方法	545
	复习思考题	547
	习题	548
第十四章	单位工程施工组织设计	551
	学习要点	551
第一节	概述	551
第二节	工程概况与施工特点分析	552
第三节	施工方案选择	553
第四节	施工进度计划	563
第五节	施工平面图	568
第六节	拟定施工措施	572
第七节	施工组织设计技术经济分析	573
第八节	单位工程施工组织实例	575
	复习思考题	584

第十五章 施工组织总设计	585
学习要点.....	585
第一节 施工组织总设计编制的程序与依据.....	585
第二节 施工部署.....	587
第三节 施工总进度计划.....	588
第四节 资源需要量计划及施工准备工作计划.....	591
第五节 施工总平面图.....	593
第六节 技术经济指标.....	605
复习思考题.....	606
第十六章 施工项目进度控制	607
学习要点.....	607
第一节 施工项目进度控制概述.....	607
第二节 施工项目进度控制原理.....	609
第三节 施工进度计划的实施与检查.....	610
第四节 施工进度计划的比较分析与调整.....	613
复习思考题.....	625
参考文献	626

绪 论

一、土木工程施工课程的性质、目的和任务

《土木工程施工》课程是土木工程专业的主要专业课之一，是一门综合性、实践性很强的课程。土木工程施工就是通过有效的施工组织方法和技术途径，按照工程设计图纸和说明书的要求，保质保量高效低耗建成业主满意的土木建筑的过程。其任务是综合运用相关课程（如工程测量、土木工程材料、结构力学、房屋建筑学、土力学及地基基础、混凝土及砌体结构等课程）的有关知识，研究一般土木建筑工程领域的施工技术与管理的基本规律，分析和解决土木工程施工中遇到的技术与组织问题。

土木工程施工主要包括施工技术和施工组织两部分。一栋建筑物的施工，从施工准备开始，到基础、主体结构施工，直至内外装饰完毕，是由许多工种工程（如土方工程、桩基础工程、砌体和脚手架工程、混凝土结构工程、结构安装工程、建筑装饰工程等）组成的。施工技术是以各工种工程施工为研究对象，选择最合理的施工方案，采用先进的工艺、技术和方法，保证工程质量与安全，经济、合理地完成各工种工程的施工。施工组织是以单项工程（如一栋建筑物或构筑物）或建设项目（如一座工厂、一座学校或建筑群）的施工为对象，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地安排与组合，精心编制出指导现场施工的施工组织设计文件，以期高质量、低消耗、安全文明地按期或提前完成工程项目施工任务。

通过对上述施工技术与施工组织问题进行研究，不断地实践、总结，找出其施工基本规律，就形成了土木工程施工这门学科。设置本课程的目的是使学生通过学习，掌握土木工程施工的基本知识、基本理论和基本方法，了解土木工程施工领域内国内外的新技术和发展动态，掌握工程施工工艺和单栋建筑物施工方案的选择及施工组织设计的编制，具有独立分析和解决土木工程施工技术与组织计划问题的初步能力，以便毕业后能够较快地适应工程施工与管理工作的需要。

总之，土木工程施工的根本任务就是研究最有效地建造建筑物或构筑物的理论、方法和工艺及其有关的施工规律，以科学的施工组织设计为指导，以先进和可靠的施工技术为后盾，保证工程项目高质量、高速度、高效率、安全文明和经济地完成。

二、土木工程施工课程特点与学习方法

本课程是一门综合性、实践性很强的专业课。与土木工程材料、材料力学、结构力学、混凝土结构及钢结构等课程均有密切的关联，在学完这些课程的基础上才能学习本课程。学习中要学会综合运用先修课程的有关知识，依据土木工程施工规范、规程的有关规定来分析处理和解决土木工程建筑工程施工中的问题。课程内容涉及从基础、主体结构、装饰等工程的施工与管理的各个方面，知识范围广泛；各章节内容之间既有联系，又有较大区别，有的内容有相对的独立性。

由于本课程是一门与施工实际联系紧密,实践性很强的专业课程,光靠学习教材,从书本到书本,是不易学好的。因此,学习时要注意理论联系实际,要有意识地就近选择一些典型的施工工地,结合教材中的相关内容,进行施工现场参观教学以及生产实习,以增强感性知识,加深对理论知识的理解和掌握。另外,还需经常阅读有关工程施工方面的书刊杂志,随时了解国内外最新动态。

学习本课程有关内容时,还要与习题作业、课程设计、生产实习等实践性环节相结合,以加深对理论知识的理解,将知识转化为能力,提高自己分析问题和解决问题的能力。

三、土木工程施工发展概况

原始人藏身于天然洞穴。进入新石器时代,人类已架木巢居,以避野兽侵扰,进而以草泥作顶,开始建筑活动。后来发展到把居室建造在地面上。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。秦以后,宫殿和陵墓的建筑已具相当规模,木塔的建造更显示了木构架施工技术已相当成熟。至唐代,大规模城市的建造,表明房屋施工技术也达到了相当高的水平。北宋李诫编纂了《营造法则》,对砖、石、木作和装修、彩画的施工法则与工料估算方法均有较详细的规定。至元、明、清,已能用夯土墙内加竹筋建造三、四层楼房,砖券结构得到普及,木构架的整体性得到加强。清朝的《工部工程做法则例》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。现存的故宫等建筑表明,当时我国的建筑技术已达很高的水平。

19世纪中叶以来,水泥和建筑钢材的出现,产生了钢筋混凝土,使房屋施工进入新的阶段。我国自鸦片战争以后,在沿海城市也出现了一些用钢筋混凝土建造的多层和高层大楼,但多数由外国建筑公司承建。此时,由我国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,我国的建筑业有了根本性的变化。为适应国民经济恢复时期建设的需要,扩大了建筑业建设队伍的规模,引入了前苏联建筑技术,在短短几年内,就完成了鞍山钢铁公司、长春汽车厂等1000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的发展时期。

我国建筑业的第二次大发展是在20世纪70年代后期,国家实行改革开放政策以后,一些重要工程相继恢复和上马,工程建设再次呈现出一派繁忙景象。在20世纪80年代,以南京金陵饭店,广州白天鹅宾馆和花园酒店,上海新锦江宾馆、希尔顿宾馆和金茂大厦,北京的国际饭店和昆仑饭店等一批高度超过100m的高层建筑施工为龙头,带动了我国建筑施工,特别是现浇混凝土施工技术的迅速发展。进入20世纪90年代,随着房地产业的兴起,城市大规模的旧城改造,高层和超高层写字楼与商住楼的大量兴建,使建筑施工技术达到了很高的水平。

在土木建筑施工技术方面,基础工程施工中推广了大直径钻孔灌注桩、静压桩、旋喷桩、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爬模和滑模、早拆模和

台模等新型模板体系,粗钢筋焊接与机械连接技术,高强混凝土、预应力混凝土、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内外墙面喷涂,外墙面玻璃及铝合金幕墙,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。

在土木工程施工组织方面,我国在第一个“五年”计划期间,就在一些重点工程上编制了指导施工的施工组织设计,并将流水施工的技术应用到工程上。进入 20 世纪 90 年代以后,高层建筑、大跨空间结构等大型工程项目需要更科学的施工组织设计来指导施工。结合网络计划技术和 CAD 技术,现已逐步实现在施工现场对工程进度和工程质量进行计算机实时监控,对关键工序随时调整安排。随着《建设工程项目管理规范》的出台,施工组织和工程项目管理正在向着更新、更高的水平发展。

四、土木工程施工标准、规范、规程和工法知识

国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准。保障人体健康,人身、财产安全的标准和法律、行政法规规定强制执行的标准是强制性标准,其他标准是推荐性标准。土木工程标准、规范、规程是我国土木工程界常用的标准的表达形式,它以土木工程科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由国务院有关部委批准、颁发,作为全国土木建筑界共同遵守的准则和依据。它分为国家、专业(部)、地方和企业四级。土木工程施工方面的规范按土木建筑工程中的各分部工程,分别有《土方与爆破工程施工及验收规范》、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》、《砌体工程施工质量验收规范》、《混凝土结构工程施工质量验收规范》、《屋面工程施工质量验收规范》、《建筑装饰装修工程施工质量验收规范》等,这些为国家级标准(代号 GB × × × ×),由建设部和质监总局颁发。有些专项技术规范也可由其他部委颁发,如《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034—2000)由交通部颁发。

2002 年新颁布的各分部工程的施工质量验收规范,突出“验评分离、强化验收、完善手段、过程控制”的特点,对各分部工程和分项工程施工质量验收标准、内容和程序,施工现场质量管理和质量控制要求以及技术要求,涉及结构安全和基本功能的见证及抽样检测方法等均作了具体、明确、原则性的规定。因此;凡新建、改建、修复等工程,在设计、施工和竣工验收时,均应遵守相应的施工质量验收规范。

规程(规定)比规范低一个等级,一般为行业标准,由各部委或重要的科学研究单位编制,呈报规范的管理单位批准或备案后发布试行。它主要是为了及时推广一些新结构、新材料、新工艺而制订的标准。如《高层建筑混凝土结构技术规程》、《钢—混凝土组合楼盖结构技术规程》、《整体预应力装配式板柱建筑技术规程》等,除对设计计算和构造要求作出规定以外,还对其施工及验收亦作出规定。

规程试行一段时间后,在条件成熟时也可升级为国家规范。规程的内容不能与规范抵触,如有不同,应以规范为准。对于规范和规程中有关规定条目的解释,由其发布通知中指定单位负责。随着设计与施工水平的提高,规范和规程每隔一定时间要做修订。

工法是以工程为对象,工艺为核心,运用系统工程的原理,把先进技术与科学管理结合起来,经过工程实践总结形成的,较为成熟的综合配套技术的应用方法。它应具有新

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。它是指导企业施工与管理的一种规范文件，并作为企业技术水平和施工能力的重要标志。工法分为一级（国家级）、二级（地区、部门）、三级（企业级）三个等级，工法的内容一般应包括工法特点、适用范围、施工程序、操作要点，机具设备、质量标准、劳动组织及安全，技术经济指标和应用实例等。国家鼓励工法研究并对优秀的工法进行奖励和推广。

第一章 土方工程

学习要点

本章叙述了土的分类及其与施工有关的工程性质；介绍了场地平整施工中的竖向规划设计，土方量计算、土方调配和施工；基坑开挖施工中的降低地下水位、边坡稳定、基坑支护、基坑挖土；普探、回填土处理、土方填筑和压实。

本章是重点章节。通过本章学习，掌握土的分类方法，了解其工程性质与土方工程施工的关系；了解最佳设计平面的意义，掌握其设计方法。会利用土方量计算公式计算场地平整工程中的土方量。对于土方调配要求掌握表上作业法，这是线性规划中的一种方法，不但可用于土方调配，在施工中的其他有关方面亦可利用；了解四种水井的区别和降水理论，掌握降水计算公式的运用，以及有关的井点布置等内容；了解支护结构计算的内容，掌握一些简单的计算方法；掌握土方的开挖、验槽、普探、回填、压实的方法及要求，以及压实质量检查方法。

第一节 概 述

土方工程包括一切土的挖掘、填筑等过程及降水、土壁支撑等工程。施工中常见的土方工程有：场地平整、基坑（槽）开挖、地坪填土、基坑回填土等。

土方工程施工往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点。如大型建设项目的场地平整，土方工程量可达数百万立方米以上，施工面积达数平方公里，施工期很长；土方工程施工又受气候、水文、地质、地下障碍等因素的影响较大，难以确定的因素也较多，有时施工条件极为复杂。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（如地形图、工程地质和水文地质勘察资料、原有地下管理、电缆和地下构筑物资料及土方工程施工图等），进行现场调查并根据现有施工条件，制订出以技术经济分析为依据的施工设计。这个设计应做到以下几点：

- (1) 根据工程条件，选择适宜的施工方案和效率较高、费用较低的机械进行施工；
- (2) 合理调配土方，使总的施工工程量最少；
- (3) 合理组织机械施工，保证机械发挥最大的使用效率；
- (4) 安排好运输道路、排水、降水、土壁支撑等一切准备及辅助工作；
- (5) 合理安排施工计划，尽量避免雨季施工；
- (6) 保证施工质量，对施工中可能遇到的问题，如流砂现象、边坡稳定进行技术分析，并提出解决措施；
- (7) 有确保安全施工的措施。

一、土的工程分类

土的种类繁多、其分类法也很多，如按土的沉积年代、颗粒级配、密实度等。施工中按土的开挖难易程度将土分为八类，见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类	土的名称	可松性系数		现场鉴别方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂；亚砂土；冲积砂土层；种植土；泥炭（淤泥）	1.08~1.17	1.01~1.03	能用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	亚粘土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；种植土；填筑土及亚砂土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实粘土；重亚粘土；粗砾石；干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土；压实的填筑土	1.24~1.30	1.05~1.07	主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	重粘土及含碎石、卵石的粘土；粗卵石；密实的黄土；天然级配砂石；软泥灰岩、及蛋白石	1.26~1.35	1.06~1.09	整个用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬石灰纪粘土；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	1.30~1.40	1.10~1.15	用镐或撬棍、大锤挖掘，总值使用爆破方法
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	1.35~1.45	1.11~1.20	用爆破方法开挖，部分用风镐
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、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩、风化痕迹的安山岩、玄武岩	1.40~1.45	1.15~1.20	用爆破方法
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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法

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

土的工程性质对土方工程施工有直接影响，也是进行土方工程设计必须掌握的基本资料。土的工程性质主要有以下几方面。

1. 土的可松性

土具有可松性。即自然状态下的土，经开挖后，其体积因松散而增大，以后虽经回填压实，仍不能恢复。由于土方工程量开挖是以自然状态的体积计算的，所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具时，必须考虑土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示，即

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

式中 K_s ——最初可松性系数;

K'_s ——最终可松性系数;

V_1 ——土在自然状态下的体积, 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 。

2. 土的密度

与土方施工有关的是土的天然密度 ρ 和土的干密度 ρ_d 。

天然密度指土在天然状态下单位体积的重量。

土的干密度指单位体积中固体颗粒的质量, 干密度在一定程度上反映了土颗粒排列的紧密程度, 并以此作为填土压实质量的控制指标。

3. 土的含水量

土的含水量 ω 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。

第二节 场地设计标高的确定

大型工程项目通常都要确定场地设计平面, 并进行场地平整。场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。

一、场地设计标高确定的一般方法

如对设计标高无特殊要求, 可按下述方法确定。

将场地划分成边长为 a 的若干方格, 并将方格网角点的原地形标高标在图上。原地形标高可利用等高线用插入法求得或在实地测量。

按照挖填方量相等的原则, 场地设计标高可按式计算:

$$Na^2 Z_0 = \sum_{i=1}^n \left(a^2 \frac{Z_{i1} + Z_{i2} + Z_{i3} + Z_{i4}}{4} \right)$$

$$\text{即} \quad Z_0 = \frac{1}{4N} \sum_{i=1}^n (Z_{i1} + Z_{i2} + Z_{i3} + Z_{i4}) \quad (1-2)$$

式中 Z_0 ——所计算场地的设计标高, m ;

N ——方格数;

Z_{i1} 、 Z_{i2} 、 Z_{i3} 、 Z_{i4} ——第 i 个方格四个角点的原地形标高, m 。

由图 1-1 可见, 11 号角点为一个方格独有, 而 12、13、21、24 号角点为两个方格共有, 22、23、32、33 号角点则为四个方格所共有, 在用式 (1-2) 计算 Z_0 的过程中, 类似 11 号角标高仅加一次, 类似 12 号角点的标高加二次, 类似 22 号角的标高加四次, 这种在计算中被应用的次数称 P_i , 反映了各角点标高对计算结果的影响程度, 测量上的术语称为“权”。考虑各角点标高的“权”, 式 (1-2) 可改写成更便于计算的形式, 即