

高等学校函授教材（兼作高等教育继续教育用书）

建筑施工

（第二版）

赵志缙 等 编著

jianzhushigong



同济大学出版社



高等学校函授教材(兼作高等教育继续教育用书)

建 筑 施 工

(第二版)

赵志缙 等 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书是高等学校“建筑工程”和“土木工程”专业“建筑施工”课程的函授教材,也可以作为高等教育自学用书,它是以介绍各种建筑(构筑)物的主要分部、分项工程的施工技术和组织计划的基本规律为主要内容,并结合函授教育的特点和需要编写的。本书每章的前面写有“内容提要”和“学习方法指示”以便于函授学生进行自学,后面附有复习思考题和习题,以利学习内容的巩固。本书内容力求反映建筑施工方面的新技术和新成就,并符合当前我国实行的有关规范、规程,文字通俗易懂,便于自学,可作为该课程的教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工/赵志缙等编著. —2版. —上海:同济大学出版社,2005.1
高等学校函授教材
ISBN 7-5608-1071-3
I. 建… II. 赵… III. 建筑工程-工程施工—函授大学—教材 IV. TU7
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 135722 号

建筑施工(第二版)

赵志缙等 编著

责任编辑 司徒妙龄 责任校对 徐春莲 封面设计 李志云

出 版 行	同济大学出版社
	(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	江苏启东印刷厂印刷
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	26.25
字 数	670000
印 数	1—5100
版 次	2005 年 1 月第 2 版 2005 年 1 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5608-1071-3/TU·118
定 价	38.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

第二版前言

“建筑施工”是“建筑工程专业”和“土木工程专业”的一门主要专业课程。它是一门研究建筑工程施工中各种建筑物(构筑物)的主要分部、分项工程的施工技术和组织计划的基本规律的学科;在培养学生独立分析和解决建筑工程施工中有关施工技术和组织计划问题的基本能力方面,起着重要的作用。

建筑施工学科涉及面广,其发展又日新月异。由于教学时间的限制,并为适应函授和继续教育教学的特点,本教材力求紧密结合我国实际,综合运用本专业的基础理论和近代科学技术的成果,有重点地讲授一些基本的和重要的内容,一些操作性较强的内容未列入,一些特殊的施工技术亦未介绍,今后工作需要时可通过学习有关专著和文献来解决。

本教材是结合我们多年函授教学的经验编写而成的。在编写时力求反映我国建筑施工方面的新技术、新成就,并与现行的施工规范或规程相适应。为适应函授和继续教育教学的需要,本书每一章内容的前面增设了“内容提要”和“学习方法指示”,并在每一章的后面附有复习思考题和习题。在书写方面,本书力求通俗易懂,还附有一定的例题或实例,以便于学生自学。虽然我们尽了很大的努力,但由于实践经验不足,理论水平有限,再加上时间仓促,缺点在所难免,恳切希望读者给予批评指正,作为我们进一步修改和依据。

本书的编写分工如下:绪论、第二、三、七、八、十二章——赵志缙;第一、五、九、十一章——应惠清;第四章——李辉;第六章——吴水根;第十章——徐伟;第十三章——徐蓉。全书最后由赵志缙进行了审核和统一加工。

编 者

2004 年 8 月

第一版前言

“建筑施工”是“工业与民用建筑工程专业”一门主要专业课程。它是一门研究建筑工程施工中各种建筑物(构筑物)及其主要工种工程的施工技术和组织技术的基本规律的学科。在培养学生独立分析和解决建筑工程施工中有关施工技术和组织计划问题的基本能力方面,起着重要的作用。

建筑施工学科涉及面广,其发展又日新月异。由于教学时间的限制,并为适应函授教学的特点,本教材力求紧密结合我国实际,综合运用本专业的基础理论和近代科学技术的成果,有重点地讲授一些基本的和重要的内容,一些操作性较强的内容未列入,一些特殊的施工技术亦未介绍,今后工作需要时可通过学习有关专著和文献来解决。

本教材是参考江景波、赵志缙等编著的《建筑施工》(同济大学出版社出版)以及其他一些教材、教学参考书、文献等并结合我们多年函授教学的经验编写的。在编写时力求反映我国建筑施工方面的新技术、新成就,并与现行的施工规范或规程相适应。为适应函授教学的需要,每一章的前面增设了“内容提要”和“学习方法指示”,并在每一章的后面附有复习思考题和习题。在书写方面力求通俗易懂,还附有一定的例题或实例,以便于函授学生自学。虽然我们尽了很大的努力,但由于我们的实践经验不足,理论水平有限,对函授教学的认识还需进一步提高,再加上时间仓促,缺点在所难免,恳切希望读者给予批评指正,作为我们进一步修改和提高的依据。

本书的编写分工如下:绪论、第三、八、十二章——赵志缙;第六、九章——丁根裕;第四、七、十三章——王洪海,徐蓉参加了十三章部分内容编写;第一、五、十一章——应惠清;第二、十章——徐伟。全书最后由赵志缙进行了审核和统一加工。

编 者

1991年3月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	(1)
----	-----

第一章 土方工程	(6)
----------	-----

第一节 概述	(6)
第二节 场地设计标高的确定	(12)
第三节 土方工程量的计算与调配	(19)
第四节 基坑(基槽)支护工程	(29)
第五节 降水	(44)
第六节 土方工程的机械化施工	(57)
第七节 土方的填筑与压实	(63)

第二章 桩基础工程	(69)
-----------	------

第一节 概述	(69)
第二节 混凝土预制桩施工	(69)
第三节 灌注桩施工	(76)

第三章 混凝土工程	(83)
-----------	------

第一节 模板工程	(84)
第二节 钢筋工程	(100)
第三节 混凝土工程	(107)

第四章 预应力混凝土工程	(137)
--------------	-------

第一节 概述	(137)
第二节 先张法	(140)
第三节 后张法	(148)
第四节 电热法	(163)
第五节 无粘结预应力混凝土	(164)
第六节 预应力混凝土工程的施工和验收要求	(166)

第五章 砌筑工程	(169)
----------	-------

第一节 砌筑材料	(169)
第二节 砌筑施工	(170)
第三节 砌体的冬期施工	(177)

第六章 结构吊装工程	(179)
第一节 起重机具.....	(179)
第二节 混凝土结构吊装.....	(193)
第三节 大跨度屋盖结构吊装.....	(208)
第四节 升板法施工.....	(211)
第七章 防水工程	(215)
第一节 地下工程防水工程.....	(215)
第二节 屋面防水工程.....	(220)
第八章 装饰装修工程	(228)
第一节 概述.....	(228)
第二节 抹灰工程.....	(229)
第三节 饰面板(砖)工程.....	(231)
第四节 幕墙工程.....	(233)
第五节 吊顶工程.....	(233)
第六节 涂饰工程.....	(234)
第七节 裱糊和软包工程.....	(235)
第九章 流水施工原理	(237)
第一节 基本概念.....	(237)
第二节 流水施工参数.....	(240)
第三节 节奏流水施工.....	(244)
第四节 非节奏流水施工.....	(249)
第十章 网络计划技术	(254)
第一节 双代号网络图.....	(254)
第二节 单代号网络图.....	(274)
第三节 时间坐标网络计划.....	(282)
第四节 网络优化.....	(284)
第十一章 单位工程施工组织设计	(306)
第一节 编制程序与依据.....	(306)
第二节 施工方案设计.....	(308)
第三节 编制施工计划.....	(312)
第四节 设计施工平面图.....	(317)
第五节 单位工程施工组织设计实例.....	(319)

第十二章	施工组织总设计	(331)
第一节	施工组织总设计编制程序和依据.....	(331)
第二节	确定施工总目标.....	(333)
第三节	施工部署和施工方案.....	(333)
第四节	施工总进度计划.....	(334)
第五节	施工资源总需要量计划.....	(337)
第六节	全工地性施工业务.....	(340)
第七节	施工总平面图.....	(350)
第十三章	建筑工程概预算	(359)
第一节	建筑工程定额.....	(359)
第二节	建筑安装工程费用.....	(367)
第三节	建筑工程概算的编制.....	(373)
第四节	建筑工程预算书的编制.....	(376)
第五节	工程量计算规则与预算实例.....	(380)
第六节	应用计算机编制工程概预算.....	(401)

绪 论

内 容 提 要

绪论由建筑施工课程的研究对象、任务和学习方法;我国建筑施工发展概况和施工规范与施工规程三部分组成。第一部分扼要介绍了本课程的研究对象,以及建筑工程专业为什么要学习这门课程;第二部分系统介绍我国古代尤其是解放后我国在建筑施工方面的成就;第三部分介绍与建筑施工关系密切的基本建设程序以及施工规范与施工规程的用途和主要内容。

学 习 方 法 提 示

对建筑施工课程的研究对象要仔细加以理解,这有利于理解本课程的重要性,以便认真地学习好以下各章节。如对该问题一时理解不全面,则在今后的学习中还会逐渐加深理解。

学习我国建筑施工发展概况,可以学习一些有关的参考资料和专业报刊杂志以加深认识。另外,在这方面是不断发展的,更要及时学习一些新的资料。

基本建设程序是经验的总结,是客观规律,不能违背,否则就要带来损失,在学习时应该深刻理解,在工作中应坚决遵守。

施工规范与施工规程是国家有关部门颁布的一种法规文件,是今后工作中必须遵守的,如违反了就会带来麻烦。在学习这一部分时,最好找一些国家颁发的施工规范、规程看看,以加深认识。在下面各章的学习中与今后的工作中,都要牢记其重要性。

一、建筑施工课程的研究对象、任务和学习方法

在基本建设中,建筑安装工程占有重要的地位。从投资来看,国家用于建筑安装工程方面的资金,约占基本建设投资总额的60%左右。所以,要全面而高效能地完成基本建设任务,首先就要出色地完成建筑安装工程的施工任务。

一个建筑物或一个建筑群的施工,是由许多分部工程(地基与基础、主体结构、建筑装饰装修、建筑屋面等)组成的;而分部工程又由许多子分部工程组成,如主体结构分部工程又分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构等子分部工程;而子分部工程又由许多分项工程组成,如混凝土结构子分部工程又分为模板、钢筋、混凝土、预应力等分项工程。每一个分部(子分部)工程和分项工程都可以采用不同的施工方案、不同的施工技术和机械设备、不同的劳动组织和施工组织方法来完成。如何根据施工对象的特点和规模、地质水文和气候条件、机械设备和材料供应等客观条件,从运用先进技术和提高经济效益出发,做到技术和经济统一,选择各分部工程和分项工程最合理的施工方案,研究其施工规律,是本课程的研究对象之一。

此外,一个建筑物的各个施工过程和一个建筑群中各个建筑物的施工可以有不同的顺序;构件生产可以采用不同的方式;运输工作可以采用不同的工具和方式;工地上的机械设备、仓库、预制场、搅拌站、办公房屋、水电路等可以有不同的布置方案;开工前的一系列施工准备工作可以用不同的方法解决。对于这一系列的问题,如何根据工程性质、规模和各种客观条件,从经济和技术统一的全局出发,对各种问题通盘加以考虑,作出科学的、合理的全

面部署,编制出指导施工的施工组织设计,并在以后的贯彻执行过程中,根据条件的变化,随时适当地进行修正和补充,亦是本课程的研究对象。

概括起来,建筑施工的研究对象就是研究最有效地建造建筑物(构筑物)和建筑物群(构筑物群)的理论、方法和有关施工规律,以求用最少的消耗取得最大的成果,全面而高效能地完成建筑安装工程,以较好的经济效益保证建设项目迅速投产或使用。

根据上述的研究对象,可以看出本课程的任务,就是根据专业培养目标的要求,使学生了解我国的基本建设方针和政策以及各项具体的技术经济政策,了解建筑施工领域内国内外的新技术和发展动态,掌握分部、分项工程和单个建筑物施工方案的选择和施工组织设计的编制,具有独立分析和解决建筑施工技术和组织计划问题的初步能力,并为今后进一步学习有关知识和进行科学研究打下基础。

根据专业培养目标,对于本专业的学生将来不论是从事科学研究工作、结构设计工作或是具体的施工技术管理工作,都十分需要掌握这方面的基本理论和基本知识。

本学科涉及的理论面广、实践性强、政策性强,而且技术发展迅速。学习中必须坚持理论联系实际的学习方法,除自学或面授基本理论、基本知识之外,还需要随时注意党和政府颁布的有关基本建设的方针政策,通过阅读国内外有关的杂志和专业书籍,随时了解国内外的最新发展,并结合自己的工作创造条件注意向实践学习。

二、我国建筑施工发展概况

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,在建筑技术方面,我国同样达到很高的水平。在殷代,我国已开始用水测定水平,用夯实的土壤作地基,并开始在墙壁上进行涂饰。战国、秦、汉时,砌筑技术有很大发展,已有方砖、空心砖和装饰性条砖,还用特制的楔形砖和企口砖砌筑拱券和穹窿,发券的方法也有单层、双层和多层券。此时已有精巧的榫卯,表明木构架建筑的施工技术已达到一定的水平。至两晋南北朝,木塔的建造显示木结构技术有了进步。云冈石窟的开凿等表明了石工技术已有相当高的水平。砖石结构开始大规模运用于地面上建筑,如河南登封嵩岳寺塔等的建造表明这方面有很大进步。隋、唐、五代时,土、石、砖、瓦、石灰、钢铁、矿物颜料和油漆的应用技术已渐趋熟练。夯土技术除用于城墙和地基外,还用于宫殿墙壁,并能用土坯砌筑半圆形穹窿顶。唐代大规模城市的建造,表明房屋施工技术达到了相当高的水平。宋、辽、金时,开始为基础下打桩。从砖塔和拱桥(如芦沟桥)可看出砖石结构的施工技术水平。同时,在室内装饰方面亦更加秀丽而绚烂,至元、明、清,已能用夯土墙建造三四层楼房,内加竹筋。砖券结构的普及说明了砌砖技术的进步。此外,木构架的整体性加强了,镏金、玻璃等用于建筑,丰富了装饰手法。现存的北京故宫等建筑,表明此时我国的建筑技术已达到很高的水平。

鸦片战争以后,帝国主义势力开始侵入我国,此后在我国的高等学校开始建立土建类的系科,开始了建筑教育。在沿海一些大城市也出现了一些用钢铁和混凝土建造的现代化建筑工程,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有所发展,并承建了一些工程,但由于规模小,技术装备较差,技术进步亦慢。因此,从整体来看,解放前我国的建筑施工技术和组织管理水平是较低的。

新中国建立后,我国的建筑事业起了根本性的变化。经过对私营建筑业的改造和为适

应国民经济恢复时期建设的需要,我国的施工力量就由 1949 年初的 20 万人左右,发展到 1952 年的 140 万人,至今已发展到 3000 余万人,成为一支力量雄厚、有较高技术水平的施工队伍。

建筑安装企业完成的工作量逐年提高,1950—1952 年的国民经济恢复时期完成 78.4 亿元;1953—1957 年的第一个五年计划完成 550 亿元;到 1979 年,建国 30 年来累计完成的工作量,已达 3600 亿元。进入 80 年代增长更快,“六五”(1981—1985 年)期间完成的固定资产投资 7997 亿元,“七五”(1986—1990 年)期间完成固定资产投资 19746 亿元。进入 20 世纪 90 年代由于改革开放,我国国民经济进入快速发展期,如今每年的基本建设投资约 3 万亿元以上。进入 21 世纪,由于我国西部大开发、西气东输、西电东送和南水北调等巨大工程的开展以及为改善人民居住条件房地产业和城市建设的快速发展,使我国的基本建设投资又逐年增长。

解放初期我国建设了鞍山钢铁公司、长春汽车厂等 1000 多个规模宏大的工矿企业。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、功能要求严格、装修标准高的十大建筑。改革开放以后我国建设了上海宝山钢铁总公司;扬子、齐鲁、大庆、上海等大型乙烯工程;秦山、大亚湾、岭澳和连云港核电站;全国各地的新技术开发区;上海大剧院、上海东方明珠电视塔;北京亚运会、奥运会体育设施和上海八万人体育场;北京西客站、首都国际机场和上海浦东国际机场等地的新建机场;上海金茂大厦、深圳地王商业大厦、广州中天广场等一大批超高层建筑,以及正在建设的中国大剧院、北京 2008 年奥运会工程、上海 2010 年世博会工程,另有青藏铁路、长江上和跨海的许多大桥、各地的地铁工程等,都集中体现出我国的建筑施工已达到了很高的水平,有些已达到或领先国际水平。

在建筑施工技术方面,改革开放以后尤其是近十多年来进步最快。我们不但掌握了施工大型复杂的工业企业、高层和超高层建筑以及大跨公用建筑的成套技术,而且在地基处理和基础工程方面推广和发展了注浆法、旋喷法、深层搅拌法、强夯法和托换技术、深基坑工程的支护结构的设计和施工、深基坑的降水技术和挖土技术、大直径超深钻孔灌注桩、超长的打设桩、地下连续墙和逆筑法等新技术;在混凝土工程技术方面,采用了高强高性能混凝土、纤维混凝土等,发展了预拌混凝土和混凝土泵送技术,预应力混凝土、大体积混凝土施工技术有很大提高,还发展了新型模板体系和粗钢筋机械连接技术;在钢结构工程方面,掌握了高层钢结构施工技术,发展了空间钢结构、轻型钢结构和预应力钢结构技术,在索、膜结构方面亦有很大发展;其他在附着升降脚手架、地下和屋面防水技术以及现代装饰装修技术方面都有极大的提高。

经过大规模的经济建设,也促使我国施工组织和管理水平不断提高。我国在第一个五年计划期间,在一些重点工程上已开始编制施工组织设计,后来并相继有所发展;到 20 世纪 60 年代中期处于停顿;但进入 20 世纪 70 年代中期以后,又在一些重要工程上得到恢复和发展。近年来随着网络计划技术、项目管理和电子计算机等新技术的应用,更进一步提高了我国的施工组织与项目管理和企业管理的水平。

三、基本建设程序

基本建设是国民经济各部门为了扩大再生产而进行的增加固定资产的建设工作。即把

建筑材料、机器设备等,通过购置、施工、安装、调试等活动,转化为固定资产。

基本建设程序是基本建设过程及其客观规律的反映,是人们在认识客观规律的基础上创造出来的基本建设全过程必须遵守的先后次序。

现行的基本建设程序,可概括为三个阶段和十项内容,如图 0-1 所示。即根据国民经济长远规划和布局的要求,在编好区域规划和探明资源的前提下,编制项目建议书,进行可行性研究,编制建设项目设计任务书,选定建设地点;设计任务书和选点报告批准后,进行工程地质与水文地质勘察工作;初步设计经过批准、建设项目列入年度计划后,组织工程施工;待工程按设计内容建成后,进行验收和交付使用。

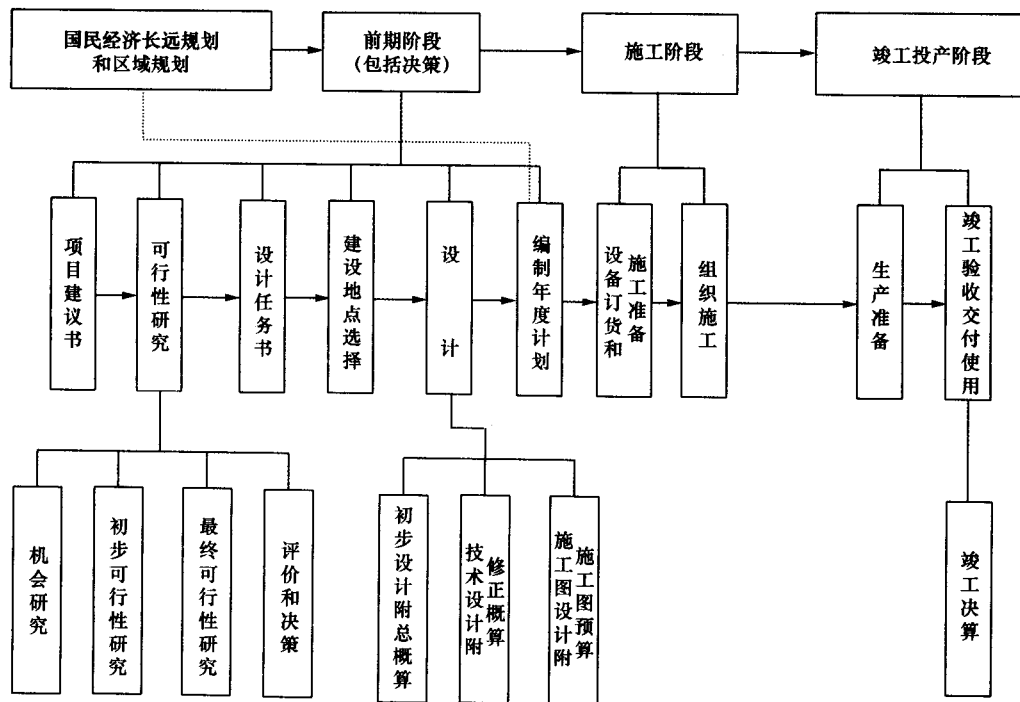


图 0-1 基本建设程序

四、施工规范与施工规程(规定)

建筑工程施工方面的规范主要是“施工质量验收规范”,它是国家标准,是按建筑工程的分部工程或子分部工程(如建筑地基基础工程、混凝土结构工程、钢结构工程等)分别制订、分册出版。另外,还有一本“建筑工程施工质量验收统一标准”(GB50300—2001)。它们都是由国家建设部组织编制和颁发的一种重要法规。规范规定了分部(子分部)工程和分项工程质量验收的标准、内容和方法;施工现场质量管理和质量控制要求;涉及结构安全的见证及抽样检测等。

凡新建、改建、修复等工程,在施工竣工验收时均应遵守相应的施工质量验收规范。对隐蔽工程在隐蔽之前就进行检查和验收。

规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。施工质量验收规范由国家

建设部负责管理和对强制性条文的解释,由各册的主编单位负责具体技术内容的解释。随着设计和施工水平的提高,每隔一定时间,需对施工质量验收规范进行相应的修订。

《施工规程(规定)》是比《施工质量验收规范》低一个等级的施工标准文件,多为国家行业标准,它一般由各部、委或重要的科学研究单位编制,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《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120—99)、《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T10—95)等,有时将设计与施工合并为一册,制订设计与施工规程,如《液压滑升模板工程设计与施工规定》、《高层建筑箱形基础设计与施工规程》等。其内容不尽相同,根据结构与施工工艺特点而定。设计与施工规程(规定),一般包括总则、设计规定、计算要求、构造要求、施工规定和工程验收,有时还附有具体内容的附录。

《施工规程(规定)》中有关质量验收的内容不能与《施工质量验收规范》抵触,如有不同,应为规范为准。

第一章 土方工程

内容提要

本章叙述了土方工程的特点,重点是讨论土方工程施工设计的基本内容,包括最佳设计平面、土方调配、基坑支护、降水及土方机械选择等,叙述了土方施工的一般方法及质量要求。在上述内容前面还简略地介绍了与本章学习有关的土工程性质。

学习方法提示

土方工程工程量大、劳动强度大、施工条件复杂,因此,在建筑工程施工中占有重要地位,应予以重视。

本章内容涉及到工程地质与地基基础以及线性规划方面的知识,自学难度较大,要求学生通过学习,掌握土方工程设计的基本内容和施工的一般方法,以便今后通过工程实践进一步掌握复杂土方工程的施工。

本章概述中有关土的工程性质的内容是便于学生学习本章基本内容而安排的,已学过土力学和地基基础的学生,可免学部分已学过的内容。

最佳设计平面是一个重要概念,应掌握并了解其设计方法。土方调配要运用线性规划的原理,作为本课程的要求,只要求掌握表上作业法。土方工程量的计算公式繁多,对其中基本公式如拟柱体体积计算公式应该掌握。

土方工程的准备和辅助工作,在某种意义上比土方工程施工本身还要重要。其中,要弄清影响土方边坡稳定的因素;熟悉基坑支护的形式及计算方法;掌握轻型井点的设计与施工;了解流砂现象的原因与防治方法。

轻型井点设计这部分内容有一定的难度,自学中应着重搞懂无压完整井单井降水理论,由此便可举一反三,理解其他水井的降水计算公式。此外,还要弄清楚四种水井的区别,熟悉公式中各符号的物理意义,这都有助于对降水设计的内容的理解,并通过习题演练,进一步加深理解。

土方机械化施工一节重点应掌握土方机械选择和挖土机与汽车配合施工问题。土方填筑与压实对土方工程质量有很大影响,应熟悉这部分内容。

第一节 概 述

土方工程包括一切土的挖掘、填筑和运输等过程以及排水、降水、土壁支撑等准备工作和辅助工程。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。

土方工程施工往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点;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,不可确定的因素也较多,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、地下管道、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,制订出技术可行、经济合理的施工设计方案。

土方工程的顺利施工,不但能提高土方施工的劳动生产率,而且为其他工程的施工创造

有利条件,对加快基本建设速度有很大的意义。

一、土的工程分类

土的分类繁多,其分类法也很多,如按土的沉积年代、颗粒级配、密实度、液性指数分类等。在土木工程施工中,按土的开挖难易程度将土分为八类(表 1-1),这也是确定土木工程劳动定额的依据。

表 1-1 土的工程分类

类 别	土 的 名 称	开挖方法	可松性系数	
			K_s	K'_s
第一类 (松软土)	砂,粉土,冲积砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	用锹、锄头挖掘	1.08~1.17	1.01~1.04
第二类 (普通土)	粉质粘土,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	1.14~1.28	1.02~1.05
第三类 (坚土)	软及中等密实粘土,重粉质粘土,粗砾石,干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质粘土、压实的填筑土	主要用镐,少许用锹、锄头,部分用撬棍	1.24~1.30	1.04~1.07
第四类 (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	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤	1.26~1.37	1.06~1.09
第五类 (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	用镐或撬棍、大锤,部分用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
第六类 (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	1.30~1.45	1.10~1.20
第七类 (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	用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
第八类 (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	用爆破方法	1.45~1.50	1.20~1.30

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,也是进行土方施工设计必须掌握的基本资料。土的工程性质主要如下:

(一) 土的可松性

土具有可松性。即自然状态下的土,经过开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填

压实,仍不能恢复。由于土方工程量是以自然状态的体积来计算的,所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等的时候,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

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

式中 K_s ——最初可松性系数;
 K'_s ——最后可松性系数;
 V_1 ——土在天然状态下的体积(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)。

在土方工程中, K_s 是计算土方施工机械及运土车辆等的重要参数, 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。

(二) 土的透水性

土的透水性是指水流通过土中孔隙的难易程度。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。在计算地下水涌水量时,也涉及到土的透水性指标。

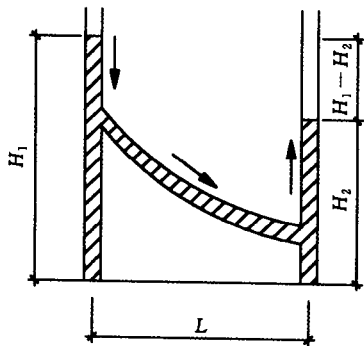


图 1-1 水的渗流

地下水在土中渗流速度一般可按达西(Darcy)定律计算(图 1-1),其公式如下:

$$v=Ki\tag{1-2}$$

式中 v ——水在土中的渗透速度(m/d);

$$i\text{——水头梯度,}i=\frac{H_1-H_2}{L}$$

即 A,B 两点的水头差与其水下距离之比;

K ——土的渗透系数(m/d)。

在式(1-2)中,当 $i=1$ 时, $K=v$,即土的渗透系数。 K 值的大小反映土透水性的强弱。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 1-2。

表 1-2 土的渗透系数

土的种类	$K(\text{m}/\text{d})$	土的种类	$K(\text{m}/\text{d})$
粘土、粉质粘土	<0.1	含粘土的中砂及细砂	20~25
粘质粉土	0.1~0.5	含粘土的细砂及中砂	35~50
含粘土的粉砂	0.5~1.0	粗 砂	50~75
粉 砂	1.5~5.0	粗砂夹卵石	50~100
含粘土的细砂	10~15	卵 石	100~200

(三) 土的密实度

土的密实度即土的紧密程度,通常用干密度表示。不同类土的最大干密度也不同。同类土在不同状态下(如不同的含水量、不同的压实程度等),其紧密程度也不同,工程中用土的压实系数(压实度)来反映土体相对紧密程度。

压实系数(压实度) λ_c 为土的控制干重度 ρ_d 与土的最大干重度 ρ_{dmax} 之比,即

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \quad (1-3)$$

ρ_d 可用“环刀法”或灌砂(或灌水)法测定。 ρ_{dmax} 则用击实试验确定,当无试验资料时,最大干密度可按下式计算:

$$\rho_{dmax} = \eta \frac{\rho_w d_s}{1 + 0.01 w_{op} d_s} \quad (1-4)$$

式中 ρ_{dmax} ——分层压实填土的最大干密度;

η ——经验系数,粉质粘土取 0.96,粉土取 0.97;

ρ_w ——水的密度;

d_s ——土粒相对密度(比重);

w_{op} ——填料的最优含水量。

当填料为碎石或卵石时,其最大干密度可取 $2.0 \sim 2.2 \text{ t/m}^3$ 。

(四) 土的抗剪强度

土的抗剪强度是指土在外力作用下土体内部产生剪力时,土对剪应力的极限抵抗能力。当土体中某点的剪应力达到土体抗剪强度时,该点便发生剪切破坏。

砂土的抗剪强度与正压力之间的关系如下式所示:

$$\tau = \sigma \tan \varphi \quad (1-5)$$

式中 τ ——土的抗剪强度(Pa);

σ ——作用于剪切面上的正压应力(Pa);

φ ——土的内摩擦角(°)。

由式(1-5)可知,砂土的抗剪强度不但与内摩擦角有关,而且还取决于正压力的大小,而内摩擦角与砂土的密实度、土颗粒大小和形状、粗糙程度及粒径级配等有关。

粘性土的抗剪强度与正压应力之间基本上仍成直线关系(图 1-2),但不通过原点,其方程如下所示:

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (1-6)$$

式中, c 为土的内聚力(Pa)。

其余符号同前。

内聚力 c 和内摩擦角 φ 一般能反映土的抗剪强度,故称 c 和 φ 为土的抗剪强度指标。

在施工中,基坑、沟槽或填筑路堤等的边坡稳定皆与土的抗剪强度直接有关。