

建筑施工技术

主 编 张 蓓 高 琨 郭玉霞

副主编 扈恩华 曲大林 王启玲

张培明

参 编 李静文 赵继伟 朱 锋

魏天金 李华夏

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“产业转型、人才先行。”为适应建筑产业转型需要，编者根据高等学校土建施工类专业教学标准编写本书，并深入企业调研，力求“课程内容与职业标准对接，教学过程与生产过程、教学项目与工作项目对接”，突出建筑职业技能培养，提高人才培养质量。

本书为山东省精品课程、精品资源共享课程建设成果之一。本书以建筑施工过程为导向，结合建筑施工相关最新规范、规程编写，涵盖建筑工程项目各分项工程施工流程、施工工艺、施工方法、质量验收要求和施工安全措施等内容，并将最新的装配式混凝土结构工程施工技术融入教材。每个项目按照施工过程中的典型工作任务划分为若干学习单元，包括施工工艺、施工方法（工种、材料、机具）、施工质量验收和施工安全技术等。

本书分为土方工程施工、桩基工程施工、脚手架工程施工、现浇钢筋混凝土工程施工、砌体结构工程施工、预应力混凝土工程施工、装配式混凝土结构工程施工、建筑防水工程施工、建筑装饰装修工程施工等9个教学项目。

本书由济南工程职业技术学院张蓓、山东建大建筑规划设计研究院高琨、济南工程职业技术学院郭玉霞担任主编，济南工程职业技术学院扈恩华、曲大林，中建科技（济南）有限公司王启玲、济南工程职业技术学院张培明担任副主编，济南工程职业技术学院李静文、赵继伟、朱锋、魏天金，济南市技师学院李华夏参与编写。

本书在编写过程中参考了国内外同类教材和相关资料，并得到山东建大建筑规划设计研究院、中建科技（济南）有限公司等单位的鼎力支持，在此一并致谢！由于编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请专家及广大读者批评指正。

编者

绪 论	1	项目二 桩基工程施工	40
一、建筑施工技术课程研究对象和任务	1	典型工作任务一 预制桩施工	40
二、建筑施工技术发展现状和趋势	1	一、混凝土预制桩制作	41
三、本课程学习要求	2	二、预制桩沉桩施工	42
项目一 土方工程施工	3	三、预制桩沉桩质量控制	46
典型工作任务一 场地平整	4	四、预制桩头截桩	46
一、土的工程分类	4	典型工作任务二 灌注桩施工	46
二、土的工程物理性质	5	一、干作业成孔灌注桩	46
三、场地平整	6	二、泥浆护壁成孔灌注桩	47
典型工作任务二 基坑开挖	13	三、沉管灌注桩	49
一、土方边坡	14	四、人工挖孔灌注桩	51
二、确定开挖尺寸	15	五、钢筋笼吊放	52
三、土方量计算	15	六、桩基检测	53
四、定位放线	16	项目三 脚手架工程施工	55
五、基坑开挖施工	18	典型工作任务一 脚手架认知	55
六、验槽	19	一、基本要求	55
典型工作任务三 基坑支撑与支护	21	二、分类	56
一、土壁支撑	21	三、扣件式钢管脚手架主要部件	60
二、基坑支护	22	四、搭设形式	61
典型工作任务四 基坑降排水	29	典型工作任务二 扣件式钢管脚手架 施工设计	62
一、集水明排法	29	一、设计原则	62
二、井点降水法	30	二、脚手架的设计计算要求和方法	62
典型工作任务五 基坑填筑与压实	35	三、脚手架的荷载计算	63
一、土料选择	35	四、脚手架的稳定性计算	64
二、填筑要求	36	典型工作任务三 扣件式钢管脚手架 构造要求	65
三、填土的压实方法	37	一、纵向水平杆	65
四、影响填土压实质量的因素	37		

C O N T E N T S

二、横向水平杆	66	三、钢筋代换	93
三、脚手板	67	四、钢筋配料	94
四、立杆	67	五、钢筋加工	100
五、连墙件	68	六、钢筋连接	101
六、门洞	68	七、钢筋安装	103
七、剪刀撑与横向斜撑	70	八、钢筋工程施工质量控制	106
八、斜道	71	典型工作任务三 混凝土工程施工	106
九、安全网	71	一、混凝土制备	107
典型工作任务四 扣件式钢管脚手架 施工	72	二、混凝土运输	109
一、施工准备	72	三、混凝土浇筑	110
二、地基基础要求	72	四、混凝土质量控制与缺陷防治	114
三、搭设	72	典型工作任务四 现浇钢筋混凝土工程 质量验收与安全 技术	117
四、拆除	74	一、施工质量检查验收	117
典型工作任务五 脚手架施工质量安全 检查与验收	74	二、施工安全技术	121
一、施工质量检查验收	74	项目五 砌体结构工程施工	124
二、施工安全技术	75	典型工作任务一 砌体结构工程施工 准备	124
项目四 现浇钢筋混凝土工程施工	77	一、材料准备	124
典型工作任务一 模板工程施工	78	二、工具准备	129
一、模板分类	78	三、施工机械准备	131
二、模板组成	78	典型工作任务二 砖砌体工程施工	135
三、模板设计	79	一、组砌形式	135
四、模板构造要求与安装工艺	80	二、施工工艺流程	136
五、模板拆除	88	三、砖墙砌筑质量要求	138
六、模板工程施工质量控制	88	四、技术要点	139
典型工作任务二 钢筋工程施工	91	典型工作任务三 混凝土小型空心砌块 砌体工程施工	142
一、钢筋进场验收	91		
二、钢筋存放	92		

C O N T E N T S

一、构造要求	142	五、电热法施工	173
二、施工主要工序	144	六、预应力损失	174
三、技术要点	144		
典型工作任务四 填充墙砌体施工	147	项目七 装配式混凝土结构工程施工	176
一、施工前准备	147	典型工作任务一 施工前准备	176
二、施工工艺流程及技术要点	147	一、起重吊装设备	176
典型工作任务五 季节性施工	149	二、吊具	179
一、冬期施工	149	三、预制构件进场验收	181
二、雨期施工	152	四、测量放线	182
典型工作任务六 砌体结构工程施工		典型工作任务二 装配式混凝土构件	
质量检查与验收	152	吊装	183
一、砌筑验收前提供的文件和记录	152	一、预制混凝土柱施工	183
二、砖砌体工程施工质量检查与验收	153	二、预制混凝土剪力墙施工	185
三、混凝土小型空心砌块砌体工程施工		三、预制内隔墙施工	186
质量检查与验收	155	四、预制混凝土梁施工	187
四、填充墙蒸压加气混凝土砌块砌体		五、预制混凝土外墙挂板施工	188
工程施工质量检查与验收	155	六、预制混凝土楼板施工	189
		七、预制混凝土楼梯施工	190
项目六 预应力混凝土工程施工	158	典型工作任务三 钢筋套筒灌浆连接	191
典型工作任务一 先张法预应力混凝土		一、施工流程	191
施工	159	二、技术要点	191
一、先张法预应力混凝土定义及特点	159	三、质量保证措施	192
二、先张法的施工设备	160	典型工作任务四 后浇混凝土施工	193
三、先张法施工工艺	163	一、竖向构件	193
典型工作任务二 后张法预应力混凝土		二、水平构件	194
施工	165	典型工作任务五 装配式混凝土结构施工	
一、后张法定义	165	质量检查与验收	194
二、后张法施工设备	166	一、预制构件进场验收质量检查与验收	194
三、后张法施工工艺	170	二、预制构件安装质量检查与验收	196
四、后张法无粘结预应力混凝土	172	三、钢筋工程质量检查与验收	197

C O N T E N T S

四、混凝土工程质量检查与验收	198	二、饰面砖	253
项目八 建筑防水工程施工	201	典型工作任务三 地面工程施工	255
典型工作任务一 屋面防水工程施工	201	一、整体面层地面	255
一、屋面卷材防水施工	201	二、块体面层地面	257
二、涂膜防水屋面	210	典型工作任务四 吊顶与轻质隔墙工程	
三、刚性防水屋面	213	施工	261
典型工作任务二 厨卫防水工程施工	214	一、吊顶工程	261
一、一般要求	214	二、轻质隔墙	264
二、施工工艺流程	215	典型工作任务五 门窗工程施工	269
三、注意事项	216	一、木门窗	269
典型工作任务三 地下防水工程施工	216	二、铝合金门窗	271
一、结构防水混凝土	217	三、硬PVC塑料门窗	273
二、水泥砂浆防水层	219	典型工作任务六 涂饰与裱糊工程	
三、卷材防水层	220	施工	275
四、涂料防水层	221	一、涂料涂饰工程	275
五、结构细部构造防水的施工	222	二、油漆工程	278
典型工作任务四 建筑防水工程施工质量		三、裱糊工程	279
安全检查与验收	224	典型工作任务七 幕墙工程施工	281
一、施工质量通病与防治	224	一、玻璃幕墙	282
二、施工质量检查与验收	227	二、金属幕墙	285
三、施工安全技术	232	三、石材幕墙	288
项目九 建筑装饰装修工程施工	235	典型工作任务八 建筑装饰装修工程施工	
典型工作任务一 抹灰工程施工	236	质量检查与验收	290
一、一般抹灰	236	一、抹灰工程施工质量检查与验收	290
二、装饰抹灰	245	二、楼地面工程施工质量检查与验收	291
典型工作任务二 饰面工程施工	249	三、隔墙工程施工质量检查与验收	293
一、饰面板	249	四、门窗工程施工质量检查与验收	294
		五、涂刷工程施工质量检查与验收	297
		六、幕墙工程施工质量检查与验收	299

绪 论

一、建筑施工技术课程研究对象和任务

建筑产品(项目)的建设过程是一个复杂的过程,一般要经历决策、设计、施工、竣工验收四个阶段。建筑产品生产过程,即施工阶段是实现建设过程的一个重要环节。本课程就是以建筑为研究对象,从技术层面上研究如何将设计图纸变成建筑产品,研究施工工艺、施工方法、质量要求和施工安全措施等问题的课程。

按建筑工程施工过程,本课程划分为土方工程施工、桩基工程施工、脚手架工程施工、现浇钢筋混凝土工程施工、砌体结构工程施工、预应力混凝土工程施工、装配式混凝土结构工程施工、建筑防水工程施工、建筑装饰装修工程施工等9个项目。每个项目按照施工过程中的典型工作任务划分,包括施工工艺、施工方法(工种、材料、机具)、质量要求和施工安全措施等。

二、建筑施工技术发展现状和趋势

(一)发展现状

近年来,随着建筑市场秩序逐步规范,科学技术作为第一生产力的作用日益突出,以10项新技术为主要内容的新技术迅速推广,带动建筑全行业整体技术水平的提高。

在脚手架工程中广泛应用扣件式脚手架的基础上,推广了碗扣式脚手架、爬升式脚手架、外挂式脚手架、悬挑式脚手架等技术。对于钢筋混凝土结构,在混凝土工程中推广应用了混凝土裂缝防治、自密实混凝土、清水混凝土、超高泵送混凝土、高强度混凝土、商品混凝土等技术;在钢筋工程中采用了高强度钢筋、焊接钢筋网、粗直径钢筋直螺纹机械连接等技术;在模板工程中应用了清水混凝土模板、大模板、早拆模板、爬升模板、滑升模板等技术;在预应力施工技术方面,由有粘结预应力发展到无粘结预应力、拉索施工技术。在节能和环保建筑方面,一大批实用技术出现在各种建筑中,主要有新型墙体材料、节能型门窗应用、节能型建筑检测与评估技术、新型空调和采暖技术、地源热泵供暖空调技术、供热采暖系统温控与热计量技术、预拌砂浆技术等。为解决我国建筑渗漏的通病,各种新型防水材料和技术的应用起到了很好的效果,如高聚物改性沥青防水卷材、自粘型橡胶沥青防水卷材、合成高分子防水卷材、建筑防水涂料、建筑密封材料、刚性防水砂浆、防渗堵漏技术等。在施工过程监测和控制技术方面,GPS(全球定位系统)、全站仪、激光投垂仪等先进仪器和技术在施工过程测量、施工控制网、施工放样中的应用极大地提高了测量的精度,降低了施工技术人员的工作强度。此外,地下工程自动导向测量、特殊施工过程监测和控制技术、深基坑工程监测和控制、大体积混凝土温度监测和控制、大跨度结构施工过程中受力与变形监测和控制等方面也有了较大发展和进步。

(二)发展趋势

随着信息技术的发展,BIM技术(Building Information Modeling的缩写,中文译为“建筑信

息模型”)在施工阶段的应用也逐渐普及起来。

美国国家 BIM 标准(NBIMS)对 BIM 定义: BIM 是一个设施(建设项目)物理和功能特性的数字表达;是一个共享的知识资源;是一个分享有关这个设施的信息,为该设施从建设到拆除的全生命周期中的所有决策提供可靠依据的过程;在项目的不同阶段,不同利益相关方通过在 BIM 中插入、提取、更新和修改信息,以支持和反映其各自职责的协同作业。

BIM 技术在施工阶段的应用主要包括施工开始前根据施工要求对工程项目进行 BIM 施工深化设计、施工过程模拟、施工方案预演、关键工艺展示等。目的是通过 BIM 技术的预演功能,将所有的协调问题提前至现场实施之前,降低项目成本。利用 BIM 模型进行进度管理、质量管理、安全管理、成本管理、竣工支付管理等。应用 BIM 技术的工程项目,都不同程度地提高了建设质量和劳动生产率,减少了工程变更、返工和浪费,从而节省了建设成本,改善了建设企业的经济效益,取得了良好的经济效果。

随着建设单位和运营单位对 BIM 技术的认识逐渐增加,我国 BIM 技术应用的典型项目层出不穷,如中国第一高楼——上海中心、北京第一高楼——中国尊、华中第一高楼——武汉中心等。

和发达国家相比较,我国工程建设的信息化水平还比较低。因此,以建设项目的 BIM 技术为基础,推动并提升企业及行业信息化的总体发展水平是当前乃至更长远时期的主要任务。

三、本课程学习要求

建筑施工技术是一门综合性很强的专业技术课。其与建筑工程测量、建筑材料、建筑力学、建筑结构、建筑构造、建筑施工组织、建筑工程计量与计价等课程有机衔接。

学生在学习过程中不仅要学习本书内容,还要结合建筑工程相关规范和规程进行学习。规范是建筑产品要达到的国家技术标准,也是建筑人员必须遵守的准则,各地区或企业的施工规程是将规范落实到具体施工工艺过程中,即规范规定了标准,规程阐明了方法。只有按规范施工,才能达到规范的要求。

建筑施工技术又是一门实践性很强的专业技术课。学习过程中应注重理论和实践相结合,课堂讲授和课件、视频、动画、VR 等信息化教学手段相结合;理论教学、认识实习相结合,并重视习题和课程设计、技能训练。在掌握大量理论知识的基础上,到施工现场进行生产实习,参与施工,培养施工管理和解决技术问题的能力。

项目一 土方工程施工

知识目标

1. 了解土方工程施工特点；
2. 理解基坑开挖施工中的降低地下水水位方法；
3. 理解基坑边坡稳定及支护结构设计方法的基本原理；
4. 掌握土方量的计算、场地平整施工的竖向规划设计；
5. 掌握填土压实的要求和方法。

技能目标

1. 能编制土方开挖方案；
2. 能编制基坑开挖降水方案、基坑边坡支护方案；
3. 能编制填土压实的方案；
4. 能进行场地平整施工的竖向规划设计。

土方工程施工主要包括场地平整、基坑开挖、基坑支撑与支护、基坑降排水、基坑填筑与压实等工作任务。土方工程施工具有以下特点：

- (1) 施工面广、工程量大、劳动繁重、施工条件复杂，施工工期长；
- (2) 多为露天作业，受地区交通、气候、水文、地质和邻近建(构)筑物等条件的影 响较大；
- (3) 土、石为天然物质，成分较为复杂，难以确定的因素较多，有时施工条件极为复杂。

土方工程施工前应做好下列准备工作：

- (1) 现场勘察，详细收集、核对和分析各项技术资料；
- (2) 清除地面、地下障碍物，修筑运土道路；
- (3) 制定出以技术经济分析为依据的施工组织设计，选择施工方案，合理安排施工计划，尽量避开雨期施工；
- (4) 做出合理的土方调配方案，降低土方工程施工费用；
- (5) 做好保证工程质量的技术措施，对施工中可能遇到的问题，如流砂、边坡稳定等进行技术分析，提出解决方法。

典型工作任务一 场地平整

一、土的工程分类

土的工程分类对土方工程施工方法的选择、劳动量和机械台班的消耗及工程费用有较大的影响。按照土的开挖难易程度，工程土可分为八类(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		开挖方法及工具
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂；粉土；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)	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；种植土；填筑土及粉土混卵(碎)石	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、条锄挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	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；压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐，少许用锹、条锄挖掘
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土及含碎石、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	1.26~1.32	1.06~1.09	整个用镐、条锄挖掘，少许用撬棍挖掘
五类土 (软石)	硬质黏土；中等密实的页岩、泥灰岩、白恶土；胶结不紧的砾岩；软的石灰岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分用爆破方法
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	1.30~1.45	1.10~1.20	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、微风化的安山岩、玄武岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖
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	用爆破方法开挖

注： K_s ——最初可松性系数； K'_s ——最终可松性系数。

二、土的工程物理性质

土一般由土颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成,这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化,三者比例不同,反映出土的物理状态不同,如干燥、稍湿或很湿,密实、稍密或松散。这些指标是最基本的物理性质指标,对评价土的工程性质,进行土的工程分类具有重要意义。

土的三相物质是混合分布的,为阐述方便,一般用三相图(图 1-1)表示,三相图中,把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来。

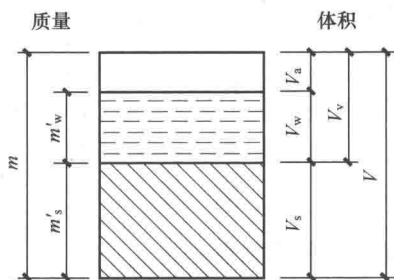


图 1-1 土的三相示意图

m ——土的总质量($m=m'_s+m'_w$)(kg); m'_s ——土中固体颗粒的质量(kg);

m'_w ——土中水的质量(kg); V ——土的总体积($V=V_a+V_w+V_s$)(m^3);

V_a ——土中空气体积(m^3); V_s ——土中固体颗粒体积(m^3);

V_w ——土中水所占的体积(m^3); V_v ——土中孔隙体积($V_v=V_a+V_w$)(m^3)

(一)土的天然含水率

在天然状态下,土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率叫土的天然含水率,反映了土的干湿程度,用 w 表示,即

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 m_w ——土中水的质量(kg);

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg)。

w 的取值范围是 $1 < w < \infty$, 当然,若 w 值过大,则意味着湿土呈泥浆状态,没有工程意义。

(二)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,叫土的天然密度(简称密度)。一般黏土的密度为 $1\ 800 \sim 2\ 000\ \text{kg}/\text{m}^3$, 砂土为 $1\ 600 \sim 2\ 000\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。土的密度按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中 ρ ——土的天然密度;

m ——土在天然状态下的质量(kg);

V ——土的体积(m^3)。

2. 土的干密度

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值，用下式表示：

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-3)$$

式中 ρ_d ——土的干密度；

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg)；

V ——土的体积(m^3)。

(三)土的可松性

天然土经开挖后，其体积因松散而增加，虽经振动夯实，仍然不能完全复原，这种现象称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示，即

最初可松性系数：

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

最终可松性系数：

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中 K_s 、 K'_s ——土的最初、最终可松性系数；

V_1 ——土在天然状态下的体积(m^3)；

V_2 ——土开挖后松散状态下的体积(m^3)；

V_3 ——土经压(夯)实后的体积(m^3)。

经分析可知 $K_s > K'_s > 1$ 。可松性系数对土方的调配、计算土方运输量都有影响。各类土的可松性系数见表 1-1。

(四)土的渗透性

土的渗透性用土的渗透性系数 K 来表示，即土中的水在单位水力坡度作用下，单位时间内渗透的距离，公式为 $K = v/i$ (v 表示水的渗透速度， i 表示水力坡度)， K 的单位用 m/d 表示。根据土的渗透系数不同，可分为透水性土(如砂土)和不透水性土(如黏土)。它影响施工降水与排水的速度，一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 $K/(m \cdot d^{-1})$	土的名称	渗透系数 $K/(m \cdot d^{-1})$
黏土	<0.005	中砂	5~20
粉质黏土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
粉土	0.10~0.50	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.50	圆砾石	50~100
粉砂	0.5~1.0	卵石	100~500
细砂	1~5		

三、场地平整

在丘陵和山区地带，建筑场地往往处在凹凸不平的自然地貌上，开工之前必须挖高填低，将场地平整。在场地平整前，先要确定场地设计标高，计算挖、填土方工程量，确定土方平衡调配方案，然后根据工程规模、施工期限、土的性质及现有机械设备条件，选择土方施工机械，

拟订施工方案。

(一)确定场地设计标高

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总图规划和竖向设计的依据。合理确定场地的设计标高,对减少土方量、节约土方运输费用、加快施工进度等都有重要的意义。选择场地设计标高时应考虑以下因素:

- (1)满足生产工艺和运输的要求;
- (2)尽量利用地形,使场内挖填平衡,以减少土方运输费用;
- (3)有一定泄水坡度($\geq 2\%$),满足排水要求;
- (4)考虑最高洪水位的影响。

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。当场地地形较为平坦时,宜采用方格网法;当场地地形起伏较大、断面不规则时,宜采用断面法。

采用方格网法计算时,方格边长一般取 10 m、20 m、30 m、40 m 等。根据每个方格角点的自然地面标高和设计标高,算出相应的角点挖填高度,然后计算出每一个方格的土方量,并算出场地边坡的土方量,这样即可求得整个场地的填、挖土方量。其具体步骤如下。

1. 初步确定场地设计标高

首先将场地的地形图根据要求的精度划分成边长为 10~40 m 的方格网,如图 1-2 所示。在各方格左上角逐一标出其角点的编号;然后求出各方格角点的地面标高,标于各方格的左下角;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;地形起伏较大或无地形图时,可在地面用木桩打好方格网,然后用仪器直接测出。

按照场地内土方在平整前及平整后相等的原则,场地设计标高可按下式计算:

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

式中 H_1 ——一个方格仅有的角点标高;
 H_2 ——两个方格共有的角点标高;
 H_3 ——三个方格共有的角点标高;
 H_4 ——四个方格共有的角点标高;
 n ——方格的个数。

2. 场地设计标高的调整

按式(1-6)所计算的设计标高 H_0 为理论值,实际上还需要考虑以下因素进行调整:

- (1)土的可松性影响。考虑土的可松性后,场地设计标高应调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-7)$$

- (2)借土或弃土的影响。
- (3)泄水坡度的影响。

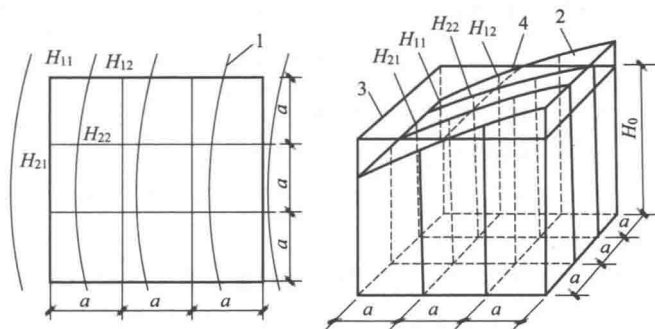


图 1-2 场地设计标高计算示意图

1—等高线; 2—自然地面; 3—设计标高平面;

4—自然地面与设计标高平面的交线(零线)

(二)划分挖方区和填方区

1. 确定各方格角点的施工高度

各方格角点的施工高度(挖或填的高度),可按下式计算:

$$h_n = H_n - H \quad (1-8)$$

式中 h_n ——角点的施工高度;以“+”为填,“-”为挖;

H_n ——角点的设计标高;

H ——角点的自然地面标高。

2. 确定零线

方格网中施工高度为零的点叫零点。零点可以采用插值法进行计算。例如, A、B 两个角点的施工高度分别为 h_1 和 h_2 , 则零点距 A 点的距离 $X_1 = h_1 \times \text{边长} / (h_1 + h_2)$, 其中 h_1 和 h_2 用绝对值代入, 用直线将各零点相连即得零线。零线是挖方区和填方区的分隔线。

(三)计算方格土方工程量

场地各方格土方量的计算,一般有下列四种类型,可采用四角棱柱体的体积计算方法。

1. 全挖全填方格

方格四个角点全部为填方(或挖方),如图 1-3 所示,其土方量为

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-9)$$

式中 V ——挖方或填方的体积(m^3);

a ——方格的边长(m);

h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ——方格角点挖填方高度(m)。

2. 两挖两填方格

方格的相邻两角点为挖方,另两角点为填方时,如图 1-4 所示,其挖方部分的土方量为

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-10)$$

填方部分的土方量为

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_4^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_3^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-11)$$

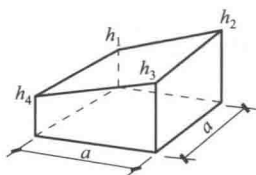


图 1-3 全挖全填方格

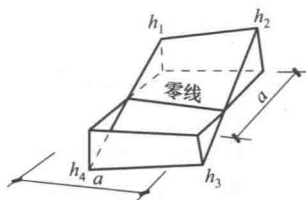


图 1-4 两挖两填方格

3. 三挖一填(三填一挖)方格

方格的三个角点为挖方,另一个角点为填方,或者相反时,如图 1-5 所示,其填方部分土方量为

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_4^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)} \quad (1-12)$$

挖方部分土方量为

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-13)$$

4. 一挖一填方格

方格的一个角点为挖方，相对角点为填方，另两个角点为零点时，如图 1-6 所示，其挖(填)土方量为

$$V = \frac{a^2}{6} h \quad (1-14)$$

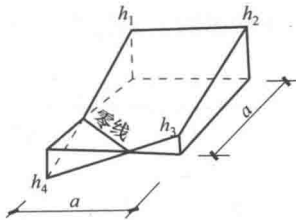


图 1-5 三挖一填(三填一挖)方格

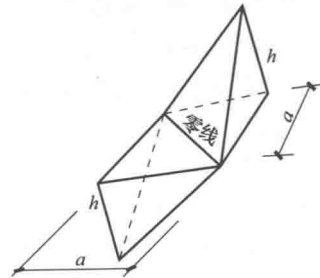


图 1-6 一挖一填方格

必须指出，以上计算公式是根据平均中断面的近似公式推导而得，当方格中地形不平时，误差较大。但此法计算简单，目前用人工计算土方量时多用此法。为提高计算精度，也可将方格网按等高线走向再画成三角棱柱体进行计算，此法计算工作量太大，一般适宜用电子计算机计算土方量。

(四)土方调配

1. 土方调配的步骤

(1)划分调配区。调配区的划分应力求遵循挖填平衡、运距最短、费用最省的原则，同时考虑土方的利用，以减少土方的重复挖填和运输。划分调配区应注意：

1)调配区的划分应与房屋或构筑物的位置相协调，满足工程施工顺序和分期施工的要求，使近期施工和后期利用相结合。

2)调配区的大小，应考虑土方及运输机械的技术性能，使其功能得到充分发挥。例如，调配区的长度应大于或等于机械的铲土长度；调配区的面积最好与施工段的大小相适应。

3)调配区的范围应与计算土方量用的方格网相协调，通常可由若干个方格网组成一个调配区。

4)从经济效益出发，考虑就近借土或就近弃土区均可作为一个独立的调配区。

5)调配区划分还应尽可能与大型地下建筑物的施工相结合，避免土方重复开挖。

(2)确定平均运距。挖方区土方重心至填方区重心的距离，叫平均运距。取场地或方格网中的纵横两边为坐标轴，分别求出各区土方的重心位置，即

$$X_0 = \frac{\sum V \cdot x}{\sum V} \quad Y_0 = \frac{\sum V \cdot y}{\sum V} \quad (1-15)$$

式中 X_0 、 Y_0 ——挖或填方调配区的重心坐标；

V ——每个方格的土方量；

x 、 y ——每个方格的重心坐标。

重心求出后，则标于相应的调配图上，用比例尺量出每对调配区之间的平均运距，或按下式计算：

$$L = \sqrt{(X_{OT} - X_{OW})^2 + (Y_{OT} - Y_{OW})^2} \quad (1-16)$$

式中 L ——挖、填方区之间的平均运距；

X_{OT} 、 Y_{OT} ——填方区的重心坐标；

X_{OW} 、 Y_{OW} ——挖方区的重心坐标；

(3)确定土方施工单价。当采用汽车或专用运土工具运土时，调配区之间的运土单价，可根据预算定额确定；当采用多种机械施工时，确定土方的施工单价比较复杂，不仅是单机核算问题，还要考虑运填配套机械的施工单价，从而确定一个综合单价。

2. 确定最优调配方案

根据每对调配区的平均运距，绘制多个调配方案，比较不同方案的总运输量，以总量最小者为最优调配方案。

3. 绘制土方调配图

在土方调配图上要注明挖填调配区、调配方向、土方数量和每对挖填之间的平均运距。如图 1-7 所示，箭线上方为土方量(m^3)，箭线下方为运距(m)。W 为挖方，T 为填方。图中的土方调配，仅考虑场内挖方、填方平衡。

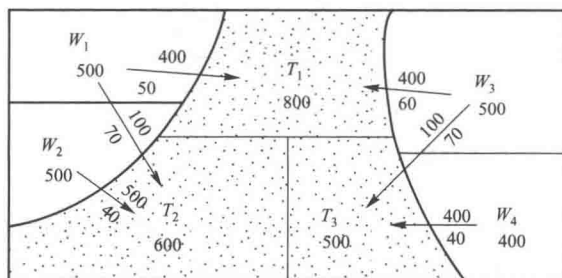


图 1-7 土方调配图

(五)场地平整施工准备

土方开挖前需做好下列主要准备工作。

1. 场地清理

场地清理包括拆除房屋、古墓，拆迁或改建通信、电力线路、上下水道以及其他建筑物，迁移树木，去除耕植土及河塘淤泥等工作。

2. 排除地面水

地面水的排除一般采用排水沟、截水沟、挡水土坝等措施。

应尽量利用自然地形来设置排水沟，将水直接排至场外，或流向低洼处再用水泵抽走。主排水沟最好设置在施工区域的边缘或道路的两旁，其横断面和纵向坡度应根据最大流量确定。一般排水沟的横断面不小于 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ ，纵向坡度一般不小于 3‰ 。平坦地区如排水困难，其纵向坡度不应小于 2‰ ，沼泽地区可减至 1‰ 。在场地平整过程中，要注意排水沟保持畅通。

3. 测量放线

边线、方格网线及零线的水平位置由经纬仪确定，木桩(钢桩、混凝土桩等)固定，然后用白石灰撒出控制线；各角点的施工标高由水准仪确定并标定在木桩(钢桩、混凝土桩等)上，由标定位置向上、向下引测；长度尺寸由钢尺量取。通常采用回测或闭合回路来消除测量误差。场地平整时若要确定实际网格边长，应将边长尺寸换算成坡面斜长。

4. 修筑临时设施

修筑道路、供水、供电设施，临时住宿及办公房屋，加工棚等。

(六)土方机械化施工

1. 推土机

推土机是场地平整工程土方施工的主要机械之一。图 1-8 所示是油压操纵的 T-180 型推土机外形图。油压操纵推土板的推土机除了可以升调推土板外，还可调整推土板的角度，因此具有更大的灵活性。

推土机是集铲、运、平、填于一身的综合性机械，由于其操纵灵活，运转方便，所需工作

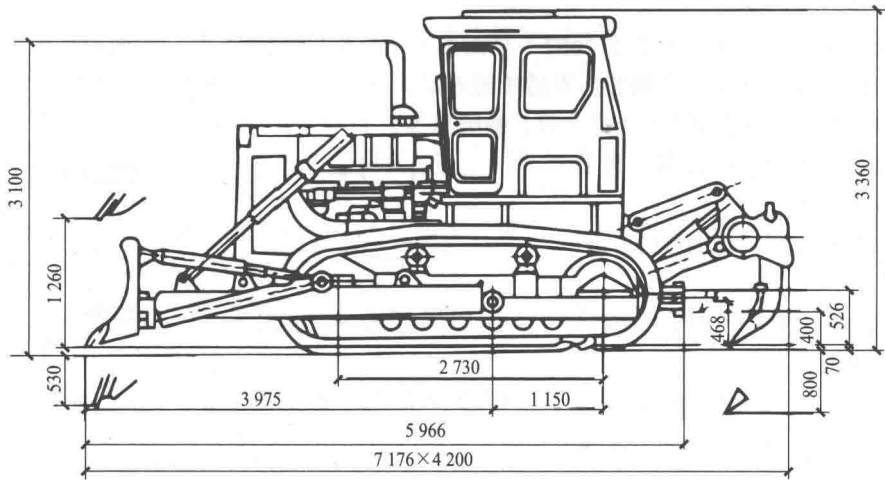


图 1-8 T-180 型推土机外形图

面较小、行驶速度快、易于转移，能爬 30° 左右的缓坡，因此应用较广。其多用于场地清理和平整、开挖深度 1.5 m 内的基坑，填平沟坑，以及配合铲运机、挖土机工作等。推土机可以推挖一至三类土，经济运距为 100 m 以内，60 m 时效率最高。

推土机的生产率主要取决于推土刀推移土的体积及切土、推土、回程等工作的循环时间。为了提高推土机的生产率，可采取下坡推土、并列推土、多刀送土和利用前次推土的槽形推土等方法来提高推土效率，缩短推土时间和减少土的散失。

(1) 下坡推土：在斜坡上推土机顺下坡方向切土与推运[图 1-9(a)]可以提高生产率，但坡度不宜超过 15° ，以免后退时爬坡困难。下坡推土也可与其他推土方法结合使用。

(2) 并列推土：用 2~3 推土机并列作业[图 1-9(b)]，铲刀相距 15~30 cm，可减少土的散失，提高生产率。一般采用两机并列推土可增加堆土量 15%~30%，采用三机并列可增大堆土量 30%~40%。平均运距不宜超过 50~75 m。

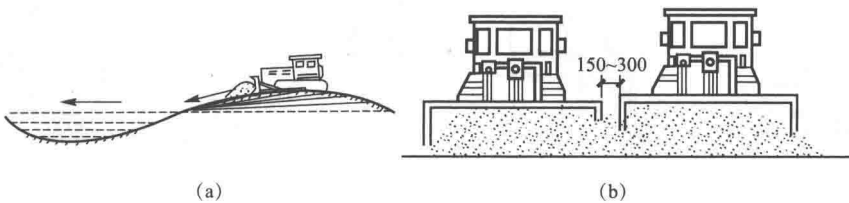


图 1-9 推土机推土方法

(a) 下坡推土；(b) 并列推土

(3) 多刀送土：在硬质土中，切土深度不大，可将土先堆积在一处，然后集中推送到卸土区。这样可以有效地提高推土的效率，缩短运土时间。但堆积距离不宜大于 30 m，推土高度以 2 m 内为宜。

(4) 槽形推土：推土机重复在一条作业线上切土和推土，地面逐渐形成一条浅槽，在槽中推运土可减少土的散失，可增加 10%~30% 的推运土量。槽的深度在 1 m 左右为宜，土埂宽约 50 cm。当推出多条槽后，再将土埂推入槽中运出。当推土层较厚，运距较远时，采用此法较为适宜。

2. 铲运机

铲运机能综合完成挖土、运土、平土、填土、压实等工作，对行驶道路要求较低，操作灵