

建 筑 施 工

(第二版)

上 册

谢尊渊 方先和 主编

中国建筑工业出版社

建 筑 施 工

(第二版)

上 册

谢尊渊 方先和 主编

中国建筑工业出版社

本书为湖南大学、华南工学院、南京工学院、武汉建筑材料工业学院、华东交通大学等五院校有关教师编写的《建筑施工》的修订版。内容着重系统地介绍建筑施工的基本知识和基本理论。在修订时结合近年发展起来的建筑施工新技术、新成就以及新修订的建筑结构设计及施工规范内容，对初版各章节进行了较大的增删或改写；此外，还增加了一些新的章节。这次修订进一步加强了对基本理论和新技术的阐述，仍分上、下册出版。

本书的主要内容有：土方工程、桩基础与地下连续墙工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、滑升模板施工、大模板工程、屋面与地下防水工程(以上为上册)、单层工业厂房结构吊装、多层装配式框架结构吊装、装配式墙板建筑施工、升板工程、砌块工程、空间结构屋盖施工、装饰工程、建筑施工流水作业基本原理、网络计划技术、施工组织总设计、单位工程施工组织设计等。

本书可供建筑施工及结构技术人员参考，也可供高等院校工业与民用建筑工程专业作教材使用。

建 筑 施 工

(第 二 版)

上 册

谢尊渊 方先和 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：30³/₄ 字数：747千字

1988年9月第二版 1988年9月第五次印刷

印数：285,331—317,730册 定价：8.85元

ISBN7—112—00091—2/TU·53

统一书号：15040·5402

第二版 前 言

由湖南大学、华南工学院、南京工学院、武汉建筑材料工业学院、华东交通大学等五院校有关教师编写的《建筑施工》一书，自1979年出版以来，已重印三次，受到了广大读者的关注。在普及建筑科学技术理论知识；传播科技新成就、新经验；满足高等院校师生教学需要；改善建筑企业职工技术素质等方面起了一定的作用。

近年来，随着社会主义现代化建设事业的迅速发展，建筑施工科学在施工技术和组织管理等方面有了新的进展；同时建筑工程施工及验收规范和建筑结构与地基基础设计规范也已进行了全面修订。鉴于以上情况，对本书初版进行了全面的修订。考虑到工业与民用建筑工程施工的特点，修订时删去了一些次要章节，增加了地下连续墙工程、屋面工程、装饰工程、无粘结预应力施工工艺、整体预应力结构施工、建筑施工流水作业基本原理、网络计划技术等一些新章节。对原有各章，如模板工程、混凝土工程、大跨度屋盖吊装（现改为空间结构屋盖施工）等章节进行了重新改写，其它各章也都作了较大的增删。通过修订，进一步加强对基本理论和新技术发展的阐述，使本书内容更为充实。

本书的编写工作由主编谢尊渊（华南理工大学）及副主编方先和（南京工学院）主持。

各章节修订、编写分工如下（按章节次序）：

陈新（华东交通大学）——第一章第一、四节；第二章第一～三节；第八章第一节。

方先和——第一章第二、三节；第二章第四节；第七章。

姜营琦（华南理工大学）——第三章第一节；第八章第二～六节。

方承训（湖南大学）——第三章第二节；第四章第一节。

谢尊渊——第三章第三节；第五章；第十四章。

顾敏煜（武汉城市建设学院）——第四章第二～五节。

杜训（南京工学院）——第六章；第十一章；第十二章。

钱昆润（南京工学院）——第九章；第十章；第十六章第二～四、七节；第十八章第一～六节。

肖焱（南京工学院）——第十三章。

詹锡奇（苏州市建筑科学研究所）——第十五章；第十六章第一、五、六节；第十八章第七节。

谭应国（湖南大学）——第十七章。

此外，钱昆润还参加了第十五、十七章及第十六章第一、五、六节、第十八章第七节的初审工作。

目 录

第一章 土方工程	1	第四节 地下连续墙施工	122
第一节 场地平整土方量计算与调配	3	一、现浇钢筋混凝土地下连续墙施工	123
一、场地设计标高的确定	3	二、装配式地下连续墙施工	131
二、场地平整土方量计算	6	第三章 钢筋混凝土工程	134
三、场地平整土方调配	14	第一节 模板工程	134
第二节 土方工程施工的准备工作与辅助工作	22	一、模板的构造与安装	135
一、土方工程施工的准备工作	22	（一）木模板	135
二、降低地下水位	23	（二）组合钢模板	139
三、边坡与土壁支撑	41	（三）台模	147
四、流砂及其防治	45	（四）爬升模板	149
第三节 土方工程机械化施工	47	（五）模板安装的质量要求	150
一、推土机施工	47	二、模板的拆除	150
二、铲运机施工	48	（一）拆除模板时的混凝土的强度	150
三、单斗挖土机施工	51	（二）模板的拆除顺序和方法	151
四、填方与压实	57	三、模板工程的施工设计	151
第四节 爆破工程	60	（一）模板放线图	151
一、爆破原理与药包量计算	60	（二）模板配板设计	152
二、炸药和起爆器材	62	四、模板结构的设计	155
三、爆破方法	67	（一）模板荷载	156
四、钻孔方法	75	（二）模板结构设计计算时荷载的组合	157
五、爆破安全措施及瞎炮处理	75	（三）模板结构设计有关技术规定	157
第二章 桩基础与地下连续墙工程	77	（四）模板结构设计计算示例	158
第一节 钢筋混凝土预制桩施工	77	（五）钢管支柱的设计计算示例	173
一、桩的预制、起吊、运输与堆放	78	第二节 钢筋工程	174
二、沉桩前的准备工作	80	一、钢筋的冷拉与冷拔	175
三、沉桩方式	80	（一）钢筋的冷拉	175
第二节 灌注桩施工	93	（二）钢筋的冷拔	179
一、钻孔灌注桩施工	94	二、钢筋焊接	180
二、冲孔灌注桩施工	99	（一）对焊	181
三、人工挖孔灌注桩施工	101	（二）电弧焊	184
四、沉管灌注桩施工	103	（三）埋弧压力焊	187
五、爆扩灌注桩施工	108	（四）电阻点焊	189
第三节 单桩竖向承载力的确定	116	（五）电渣压力焊	191
一、按静载试验确定	116	（六）双钢筋拼焊	192
二、按经验公式和打桩公式确定	118	三、钢筋的配料与代换	192

四、钢筋的加工、绑扎、安装与验收.....	196	一、设计荷载和设计前应确定的问题.....	371
计 第三节 混凝土工程.....	198	二、滑升模板装置总体设计的步骤	
一、混凝土的拌制.....	198	和方法.....	374
二、混凝土的运输.....	205	三、采用滑升模板施工对工程设计	
三、混凝土的浇筑.....	217	的要求.....	384
四、混凝土的自然养护.....	241	第四节 滑升模板在工程中的应用.....	388
五、混凝土质量的检查.....	242	一、烟囱.....	388
六、喷射混凝土施工.....	246	二、框架结构.....	398
七、混凝土的冬期施工.....	252	三、墙板结构.....	407
计 第四章 预应力混凝土工程.....	270	第六章 大模板工程.....	411
第一节 先张法.....	270	第一节 大模板构造.....	411
一、台座.....	271	一、大模板构造.....	411
二、张拉机具设备.....	282	二、大模板平面组合方案.....	413
三、先张法施工工艺.....	289	第二节 大模板工程施工工艺.....	421
四、折线张拉工艺简介.....	295	一、大模板工程流水施工组织.....	421
第二节 后张法.....	297	二、大模板的制作与组装.....	422
一、锚具和预应力筋的制作.....	297	三、钢筋绑扎和焊网就位.....	424
二、张拉机具设备.....	309	四、混凝土浇筑.....	425
三、后张法施工工艺.....	314	五、大模板的拆除与堆放.....	425
第三节 电热法.....	326	六、隔墙板和楼板的安装.....	426
一、电热法基本原理及其适用范围.....	326	第三节 大模板的设计计算.....	426
二、钢筋电热伸长值的计算.....	327	一、大模板的设计原则.....	426
三、电热设备的选择.....	329	二、大模板的结构计算示例.....	427
四、电热张拉工艺.....	331	第七章 屋面与地下防水工程.....	440
第四节 无粘结预应力施工工艺.....	333	第一节 屋面工程.....	440
一、无粘结预应力束的制作.....	333	一、卷材屋面.....	449
二、无粘结预应力施工工艺.....	336	二、油膏嵌缝涂料屋面.....	449
第五节 整体预应力结构施工.....	337	三、细石混凝土屋面.....	452
一、整体预应力板柱结构的施工.....	337	第二节 地下防水工程.....	458
二、整体预应力框架结构的施工.....	341	一、地下工程的防水方案与施工期间	
第五章 滑升模板施工.....	348	的排水.....	458
第一节 滑升模板的构造.....	349	二、防水混凝土结构的施工.....	459
一、模板系统各部件的构造.....	349	三、水泥砂浆防水层的施工.....	468
二、操作平台系统各部件的构造.....	351	四、卷材防水层施工.....	470
三、提升机具系统各部件的构造.....	353	五、变形缝、后浇缝及管道穿墙部位	
第二节 滑升模板的施工工艺.....	356	处理.....	472
一、滑升模板的组装.....	357	六、堵漏技术.....	476
二、滑升模板的施工过程.....	359	七、盲沟排水与渗排水.....	482
三、施工中易出现的问题及其处理.....	368	录附	
第三节 滑升模板装置的设计.....	371	习用非法定计量单位与法定计量单位	
		换算关系表.....	485

第一章 土方工程

土方工程是建筑施工的先行,在大型建筑工程中,其工程量之大、工期之长,往往对整个工程有着较大的影响。一般工业与民用建筑工程中,常见的土方工程有:场地平整;地下室、基坑(槽)及管沟开挖与回填;地坪填土与碾压;路基填筑等。

土方工程的施工过程一般为:开挖或爆破,运输,填筑或弃土,平整和压实等。

土方工程施工具有以下特点:

(1) 面大量大、劳动繁重 建筑工地的场地平整,面积往往很大,某些大型工矿企业工地,土方施工面积可达数平方公里,甚至数十平方公里。在场地平整和大型基坑开挖中,土方工程量可达几万甚至几百万立方米以上。

(2) 施工条件复杂 土方工程施工多为露天作业,土、石又是一种天然物质,成分较为复杂,因此,施工中直接受到地区、气候、水文和地质等条件的影响。

根据上述特点,组织土方工程施工,首先要进行现场勘察,并做好施工前的准备工作,如地面清理,地下障碍物清除以及必要时修筑运土道路等。在有条件和可能利用机械施工时,尽可能采用机械施工,在条件不够或机械设备不足时,则应创造条件,采取半机械化和革新工具相结合的方法,以代替或减轻繁重的体力劳动。另一方面,要合理安排施工计划,尽可能避开雨季施工,否则,应作好防洪排水等准备。此外,为了降低土方工程施工费用,贯彻不占或少占农田和可耕地并有利于改地造田的原则,要作出土方的合理调配方案,统筹安排。

随着我国社会主义建设事业的迅速发展,土方工程的机械化程度和技术水平不断得到发展和提高。对于大型土方工程,基本上实现了机械化。各种新的、小型液压挖土机,不断涌现。此外,各种改良工具,各地都有所创造,从而大大地改善了土方工程的施工条件,提高了劳动生产率,加快了我国社会主义现代化建设的速度。

土的种类繁多,其工程性质(如容重、含水量、土的可松性质、土的坚实性质等)会直接影响土方工程施工方法的选择、劳动量的消耗和工程费用,应该予以重视。

土的工程分类方法较多,有的按普氏16级分类,有的分为六类,也有的分为八类或十类。现将十类和16级分类法综合如表1-1。

土具有可松性,自然状态下的土,经过开挖后,其体积因松散而增加,以后虽经回填压实,仍不能恢复成原来的体积。土的可松性程度可用可松性系数表示,即:

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

式中 K_s ——最初可松性系数(表1-2);

K'_s ——最后可松性系数(表1-2);

V_1 ——土在天然状态下的体积;

V_2 ——土经开挖后的松散体积;

土 的 工 程 分 类

表 1-1

土 的 类 别	土的级别	土 的 名 称	天然含水量 时平均容重 (kg/m³)	用普通淬火 钻头凿岩机 打眼耗时 (min/m)	现场鉴别方法	坚实系数 f (相当于普 氏岩石强 度系 数)
一 类 土	I	松软土:			能用锹、板锄 开挖	0.5~0.6
		泥炭(淤泥)	600			
		腐植土	1200			
		砂	1500			
		亚砂土	1600			
二 类 土	II	普通土:			能用锹(需用 脚蹬)、条锄开 挖、少许用镐	0.6~0.8
		含有草根的密实种植土	1400			
		亚粘土; 潮湿黄土; 软盐土和碱土	1600			
		含有卵石、碎石和石屑的砂和腐植土	1650			
		含有卵石、碎石和建筑垃圾的亚砂土	1900			
三 类 土	III	次坚土:			主要用镐开 挖, 少许用锹、 条锄	0.8~1.0
		含有直径大于30mm根类的泥岩或腐植 土	1400			
		中等密实的亚粘土和黄土	1800			
		压实的填筑土; 重粘土; 含有卵石、碎 石或建筑垃圾的松散土	1900			
四 类 土	IV	坚土:			几乎全部用镐、 条锄开挖, 少许 用撬棍	1.0~1.5
		密实重粘土和黄土; 含卵石、碎石(30% 以内)的粘性土或黄土; 天然级配砂石	1950			
		板状粘土和黄土; 松散风化的片岩、砂 岩或软页岩	2000			
五 类 土	V~VI	软石:			部分用手凿工 具、部分用爆破 方法开挖	1.5~4
		软的、有孔隙的石灰岩	1200			
		硅藻土; 软白垩岩	1550			
		硬石炭纪粘土	1950			
		胶结不紧的砾岩	1900~2200	小于3.5		
		各种不坚实的页岩	2000	~4.5		
		石膏	2200			
		中等坚实的泥灰岩	2300			
		密实的白垩岩	2600			
		中等坚实的页岩	2700			
六 类 土	VII~VIII	近次坚石:			用爆破方法开 挖	4~8
		砾岩; 粘土质砂岩	2200			
		角粒状花岗岩; 云母页岩; 砂质页岩	2300	4.5~10		
		坚实的泥质页岩	2800			
		硬石膏	2900			
七 类 土	IX~X	次坚石:			用爆破方法开 挖	8~12
		强风化的花岗岩、片麻岩和正长岩; 砂 质石灰片岩; 砂岩	2500	10.1~17		
		白云岩; 坚固的石灰岩; 大理石	2700			
		菱镁矿	3000			

续表

土的类别	土的级别	土 的 名 称	天然含水量 时平均容重 (kg/m³)	用普通淬火 钻头凿岩机 打眼耗时 (min/m)	现场鉴别方法	坚实系数 <i>f</i> (相当于普 氏岩石强 度系数)
八 类 土	Ⅺ ~ Ⅻ	坚石:			用爆破方法开 挖	12 ~ 16
		蛇纹岩; 片麻岩	2600	17.1 ~ 25		
		粗粒花岗岩; 火成岩胶结的砾岩	2800			
		特别坚固的白云岩和石灰岩	2900			
九 类 土	Ⅼ ~ Ⅽ	次特坚石:			用爆破方法开 挖	16 ~ 20
		坚固的玢岩; 辉绿岩	2700	25.1 ~ 40		
		坚固的片麻岩; 中粒正长岩	2800			
		花岗片麻岩; 闪长岩	2900			
		高硬度石灰岩; 中粒花岗岩	3100			
十 类 土	Ⅾ ~ Ⅿ	特坚石:			用爆破方法开 挖	20 ~ 25以上
		闪长岩; 辉绿岩; 石英岩; 玢岩	3000	40.1 ~ 60以上		
		安山岩; 玄武岩; 角闪岩	3100			
		拉长玄武岩; 橄榄玄武岩	3300			

注: 本表根据《建筑安装工程统一劳动定额》(1979年)、《建筑工程概预算与基础知识》(朱志杰主编, 中国建筑工业出版社, 1981年)有关资料综合而成。

土的可松性系数参考数值 表 1-2

土的类别	土 的 名 称	<i>K_s</i>	<i>K'_s</i>
一 类 土	松 软 土	1.08~1.17	1.01~1.03
二 类 土	普 通 土	1.14~1.28	1.02~1.05
三 类 土	次 坚 土	1.24~1.30	1.04~1.07
四 类 土	坚 土	1.26~1.32	1.06~1.09
五 类 土	软 石	1.30~1.45	1.10~1.20
六~八类土	近次坚石、次坚石、坚石	1.30~1.50	1.10~1.30
九~十类土	次特坚石、特坚石	1.45~1.50	1.28~1.30

V_s——土经回填压实后的体积。

土的可松性对土方的平衡调配、计算运输工具数量等有直接的影响,施工中不可忽视。

第一节 场地平整土方量计算与调配

场地平整前,应首先确定场地平整后的设计标高(一般在设计文件已规定),然后计算挖方和填方的工程量,进行土方平衡调配,并选择土方机械,拟定施工方案。

场地平整施工,一般应安排在基坑(槽)、管沟开挖以前进行。这样,能使大型土方机械有较大的工作面,充分发挥其工作效能,也可减少与其他工作的相互干扰。

一、场地设计标高的确定

对较大面积的场地平整(如工业厂房和住宅区场地、车站、机场、广场等的平整),

正确地选择设计标高是十分重要的。选择设计标高时，应尽可能满足下列要求：

- (1) 符合生产工艺和运输的要求；
- (2) 尽量利用地形，以减少挖方数量；
- (3) 场地以内的挖方与填方能达到相互平衡（面积大、地形复杂时例外），以降低土方运输费用；
- (4) 考虑最高洪水位的影响。

场地设计标高的确定，有“挖填土方量平衡法”和“最佳设计平面法”。后者系应用最小二乘法原理，计算出最佳设计平面。所谓最佳设计平面，是指场地各方格角点的挖、填高度的平方和为最小，这样既能满足土方工程量为最小，也能保证挖填土方量相等。但是，此法计算较为繁杂。

下面仅介绍挖填土方量平衡法，此法概念直观，计算简便，精度能满足工程要求，常为一般土方工程量计算时采用。

用挖填土方量平衡法确定场地设计标高，可参照下述步骤和方法进行。

(一) 初步计算场地设计标高

如图1-1a，将地形图划分方格。每个方格的角点标高，一般根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得。在无地形图情况下，也可在地面用木桩打好方格网，然后用仪器直接测出。

一般说来，理想的设计标高，应该使场地内的土方在平整前和平整后相等而达到挖方和填方的平衡（图1-1b），即：

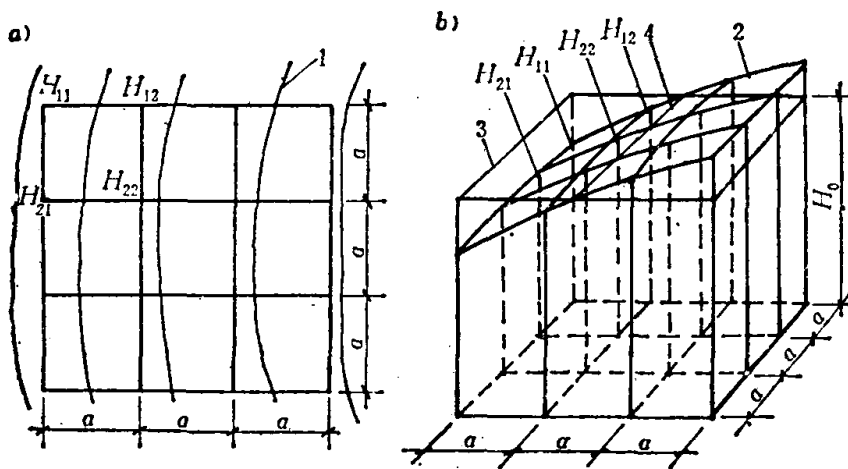


图 1-1 场地设计标高计算简图

a) 地形图上划分方格； b) 设计标高示意图

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)；

$$H_0 N a^2 = \sum_{i=1}^N \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

$$H_0 = \frac{\sum_{i=1}^N (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4 N}$$

所以
式中

H_0 ——所计算的场地设计标高 (m)；

a ——方格边长；

N ——方格数;

$H_{11} \dots H_{22}$ ——任一方格的四个角点的标高。

从图1-1中可看出, H_{11} 系一个方格的角点标高, H_{12} 和 H_{21} 均系两个方格公共的角点标高, H_{22} 则系四个方格公共的角点标高。如果将所有方格的四个角点标高相加, 那末, 类似 H_{11} 这样的角点标高加到一次, 类似 H_{12} 的标高加到两次, 而类似 H_{22} 的标高则要加到四次。因此, 上式可改写成下列的形式:

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

式中 H_1 ——一个方格仅有的角点标高 (m);

H_2 ——二个方格共有的角点标高 (m);

H_3 ——三个方格共有的角点标高 (m);

H_4 ——四个方格共有的角点标高 (m)。

(二) 计算设计标高的调整值

公式(1-1)所计算的设计标高, 纯系一理论数值, 实际上, 还需考虑以下因素进行调整。

(1) 由于土具有可松性, 必要时应相应地提高设计标高;

(2) 由于设计标高以上的各种填方工程用土量而影响设计标高的降低, 或者由于设计标高以下的各种挖方工程的挖土量而影响设计标高的提高;

(3) 由于边坡填挖土方量不等 (特别是坡度变化大时) 而影响设计标高的增减;

(4) 根据经济比较结果, 而将部分挖方就近弃土于场外, 或将部分填方就近取土于场外而引起挖填土方量的变化后需增减设计标高。

(三) 考虑泄水坡度对设计标高的影响

如果按照式(1-1)计算出的设计标高进行场地平整, 那末, 整个场地表面将处于同一个水平面; 但实际上由于排水要求, 场地表面均有一定的泄水坡度。因此, 还需根据地泄水坡度的要求 (单面泄水或双面泄水), 计算出场地内各方格角点实际施工时所采用的设计标高。

(1) 单向泄水时, 场地各点设计标高的求法 当考虑场内挖填平衡的情况下, 用式(1-1)计算出的设计标高 H_0 , 作为场地中心线的标高 (图1-2), 场地内任意一点的设计标高则为:

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-2)$$

式中 H_n ——场内任意一点的设计标高 (m);

l ——该点至 H_0 的距离 (m);

i ——场地泄水坡度 (不小于2‰);

$\pm$ ——该点比 H_0 高则取“+”号, 反之取“-”号。

例如欲求 H_{52} 角点的设计标高, 则:

$$H_{52} = H_0 - li = H_0 - 1.5ai$$

(2) 双向泄水时, 场地各点设计标高的求法 其原理与前相同, 如图1-3所示。 H_0 为场地中心点标高, 场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-3)$$

式中 l_x, l_y ——该点于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向距场地中心线的距离；
 i_x, i_y ——该点于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向的泄水坡度。其余符号表示的内容同前。
 例如欲求 H_{42} 角点的设计标高，则

$$H_{42} = H_0 - l_x i_x - l_y i_y = H_0 - 1.5 a i_x - 0.5 a i_y$$

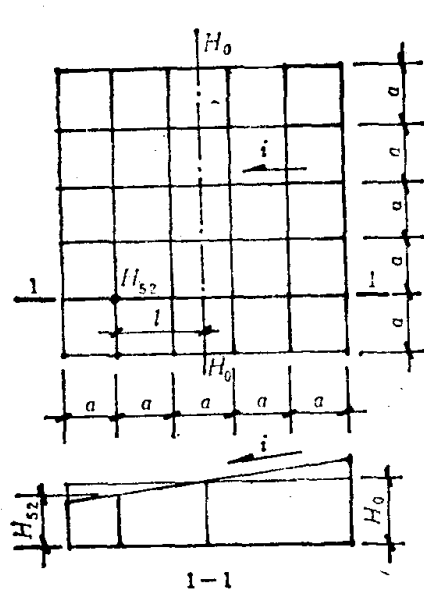


图 1-2 单向泄水坡度的场地

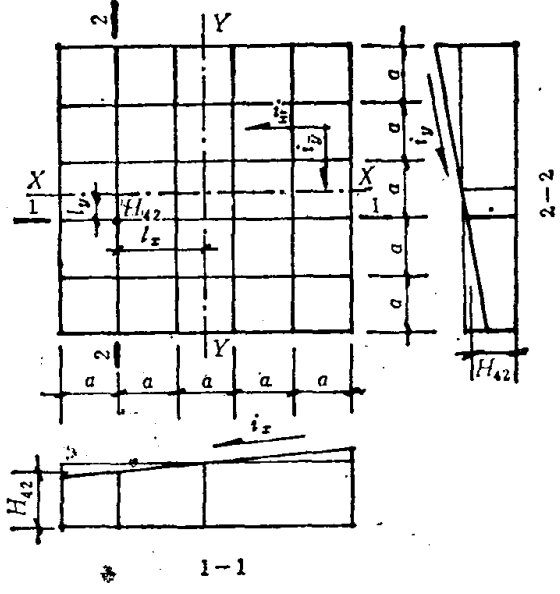


图 1-3 双向泄水坡度的场地

二、场地平整土方量计算

(一) 场地平整土方量计算方法

编制土方工程施工组织设计(或施工方案)，以及检查、验收土方工程量等，都需要进行土方量计算。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，断面法则多用于地形起伏变化较大或地形狭长的地带。

1. 方格网法

此法是用方格网控制整个场地而计算土方量。方格边长主要取决于地形变化的复杂程度，一般为10m、20m、30m或40m。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(大规模场地土方量的计算，可使用专门的土方工程量计算表)，并算出场地边坡的土方量，相加后，即可得到整个场地的挖、填土方总量。

场地各方格的土方量，一般可分为下述三种不同类型进行计算。

(1) 方格四个角点全部为填或全部为挖如图1-4所示，其土方量为：

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

式中 V ——填方或挖方体积 (m^3)；
 h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格角点填挖高度，用绝对值 (m)；
 a ——方格边长。

若 $a = 20m$ ， h 以 cm 为单位代入，则上式可写为：

$$V = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \text{ (} m^3 \text{)} \tag{1-4b}$$

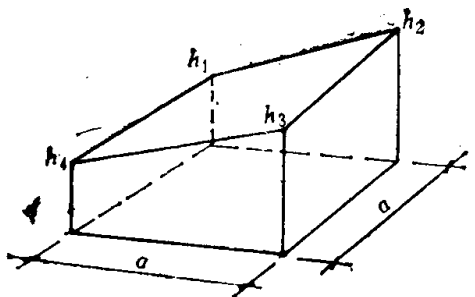


图 1-4 全挖或全填的方格

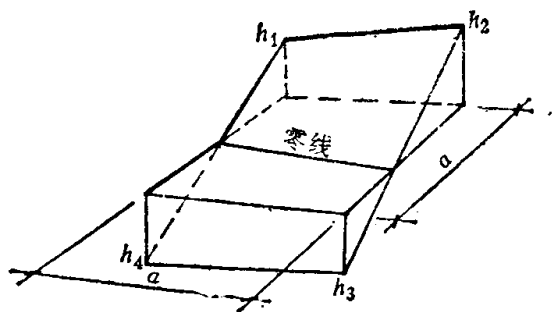


图 1-5 两挖和两填的方格

(2) 方格的相邻两角点为挖方, 另两角点为填方 如图1-5所示, 其挖方部分的土方量为:

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^3}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^3}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-5a)$$

填方部分的土方量为:

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_3^3}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^3}{h_1 + h_4} \right) \quad (1-5b)$$

(3) 方格的三个角点为挖方(或填方), 另一角点为填方(或挖方)如图1-6所示, 其填方部分的土方量为:

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

挖方部分的土方量为:

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

2. 断面法

沿场地的纵向或相应方向取若干个相互平行的断面(可利用地形图定出或实地测量定出), 将所取的每个断面(包括边坡断面)划分为若干个三角形和梯形, 如图1-7所示。对于某一断面, 其中三角形或梯形的面积为:

$$f_1 = \frac{h_1}{2} d_1, \quad f_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} d_2, \quad \dots \dots f_n = \frac{h_n}{2} d_n$$

该断面面积为:

$$F_i = f_1 + f_2 + \dots \dots + f_n$$

若

$$d_1 = d_2 = \dots \dots = d_n = d, \text{ 则}$$

$$F_i = d(h_1 + h_2 + \dots \dots + h_n)$$

各个断面面积求出后, 即可计算土方体积。设各断面面积分别为 F_1 、 F_2 F_n , 相邻两断面间的距离依次为 l_1 、 l_2 l_n , 则所求土方体积为

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} l_2 + \dots \dots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} l_n \quad (1-7)$$

图1-8所示为断面法求面积的一种简便方法, 叫“累高法”。此法不需用公式计算, 只要将所取的断面绘于普通方格坐标纸上(d 取等值), 用透明纸尺从 h_1 开始, 依次量出(用大头钉向上拨动透明纸尺)各点标高(h_1 、 h_2), 累计得各点标高之和, 然后将此值与 d 相乘, 即可得出所求断面面积。

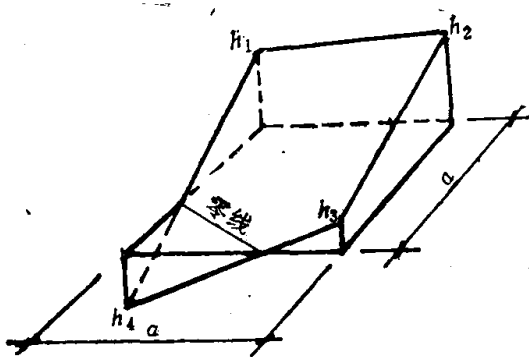


图 1-6 三挖一填（或相反）的方格

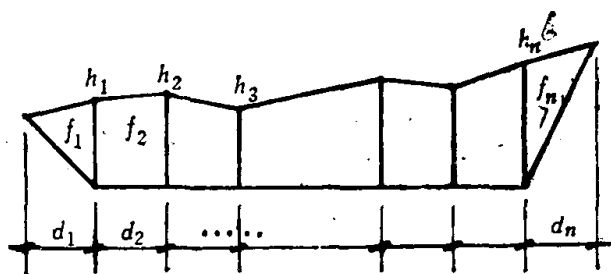


图 1-7 断面法

3. 边坡土方量计算

(1) 边坡的确定 为了保持土体的稳固和施工安全，挖方和填方的边沿，都应作成

一定坡度的边坡。边坡的表示方法如图1-9所示。图中 m 称坡度系数，其含义为：

当边坡的高度 h 为已知时，边坡的宽度 b 则等于 mh 。若边坡高度较大，可根据不同的土层及其所受的压力，在满足土体稳固的条件下作成折线形的边坡(图1-9b)，以减少土方量。

永久性挖方边坡 坡度应符合设计要求。当工程地质与设计资料不符需修改边坡坡度时，应由设计单位确定。

使用时间较长（超过一年）的临时性挖方边坡坡度应根据工程地质和边坡高度，结合当地同类土体的稳定坡度值确定。高度在10m以内使用时间较长的临时性挖方边坡坡度允许值见表1-3。

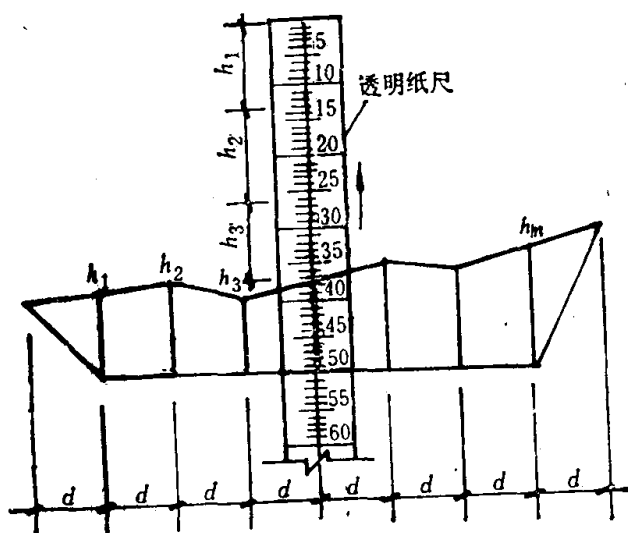


图 1-8 用累高法求断面积

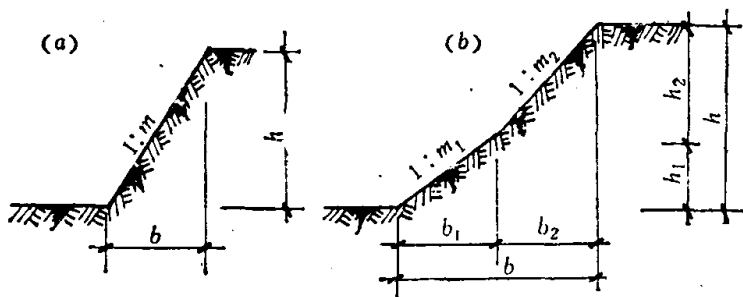


图 1-9 土方边坡

a) 直线形边坡；b) 折线形边坡

永久性填方的边坡坡度应按设计要求施工。

使用时间较长（超过一年）的临时性填方边坡坡度允许值：当填方高度在10m以内，可采用1:1.5；高度超过10m，可作成折线形，上部采用1:1.5，下部采用1:1.75。

使用时间较长的临时性挖方边坡坡度允许值

表 1-3

土 的 类 别		边坡坡度(高:宽)
砂土(不包括细砂、粉砂)		1:1.25~1:1.5
一般性粘土	坚 硬	1:0.75~1:1
	硬 塑	1:1~1:1.25
碎石类土	充填坚硬、硬塑粘性土	1:0.5~1:1
	充填砂土	1:1~1:1.5

注: 1. 岩石边坡坡度应根据岩石性质、风化程度、层理特性和挖方深度等确定;
2. 黄土(不包括湿陷性黄土)边坡坡度应根据土质、自然含水量和挖方高度确定;
3. 有成熟施工经验时, 可不受本表限制。

(2) 边坡土方量计算方法 图1-10是一场地边坡的平面示意图。从图中可以看出: 边坡的土方量可以划分为两种近似的几何形体进行计算, 一种为三角棱锥体(如体积①~③, ⑤~⑪), 另一种为三角棱柱体(如体积④)。

1) 三角棱锥体边坡体积例如图1-10中的①, 其体积为:

$$V = \frac{1}{3} F_1 l_1$$
 (1-8)

式中 l_1 ——边坡①的长度;

F_1 ——边坡①的端面积, 即

$$F_1 = \frac{h_2(mh_2)}{2} = \frac{mh_2^2}{2}$$

h_2 ——角点的挖土高度;

m ——边坡的坡度系数。

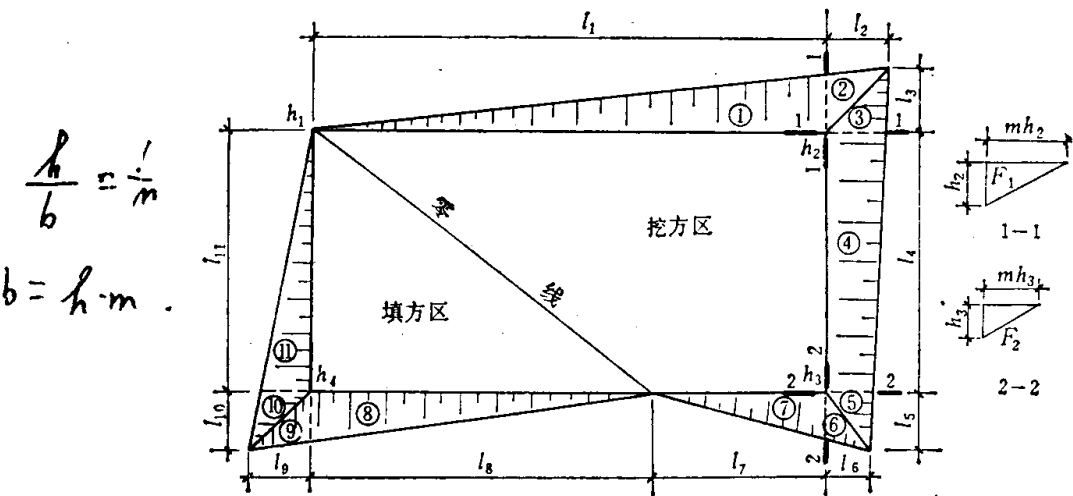


图 1-10 场地边坡平面图

2) 三角棱柱体边坡体积 例如图1-10中的④, 其体积为:

$$V_4 = \frac{F_1 + F_2}{2} l_4$$
 (1-9a)

在两端横断面面积相差很大的情况下, 则:

$$V_4 = \frac{l_4}{6}(F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-9b)$$

式中 l_4 ——边坡④的长度；

F_1 、 F_2 、 F_0 ——边坡④两端及中部的横断面面积，算法同上（图1-10剖面系近似表示。实际上，地表面不完全是水平的）。

（二）场地平整土方量计算示例

某建筑场地地形图和方格网（ $a = 20\text{m}$ ）布置如图1-11所示。该场地系亚粘土，地面设计泄水坡度： $i_x = 3\text{‰}$ ， $i_y = 2\text{‰}$ 。建筑设计、生产工艺和最高洪水位等方面均无特殊要求。试确定场地设计标高（不考虑土的可松性影响，如有余土，用以加宽边坡），并计算挖、填土方工程量。

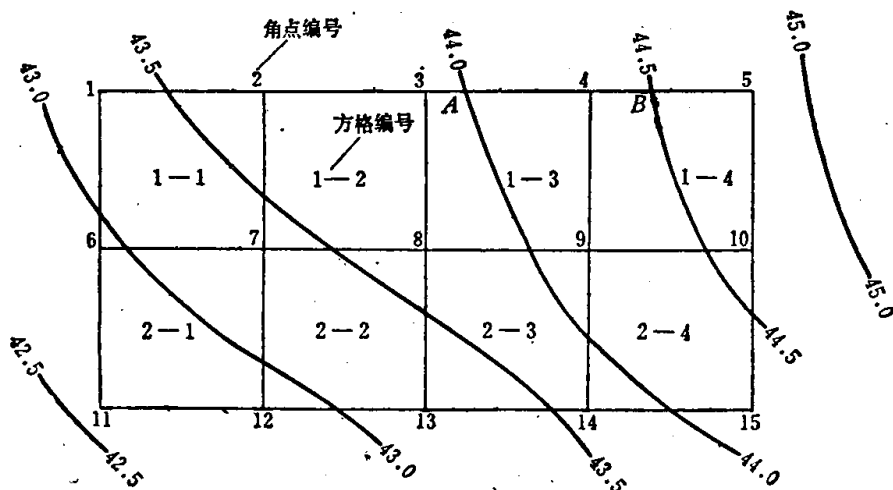


图 1-11 某建筑场地地形图和方格网布置

1. 计算角点的地面标高

根据地形图上所标等高线，用插入法求出各方格角点的地面标高。

采用插入法时，假定每两根等高线之间的地面高低是呈直线变化的。如求角点4的地面标高（ H_4 ），从图1-12中，根据相似三角形特性有：

$$h_x : 0.5 = x : l$$

则

$$h_x = \frac{0.5}{l} x$$

得

$$H_4 = 44.00 + h_x$$

在地形图上只要量出 x 和 l 的长度，便可算出 H_4 的数值。但是，这种计算是很繁琐的，故通常多采用图解法（其原理同上述数解法）来求得各角点的地面标高。如图1-13所示，用一张透明纸，上面画六根等距离的平行线（线条要尽量画得细，否则影响读数），把该透明纸放到标有方格网的地形图上，将六根平行线的最外两根分别对准A点与B点，这时六根等距离的平行线将A、B之间的0.5m的高差分成五等分，于是便可直接读得角点4的地面标高 $H_4 = 44.34$ 。其余各角点标高均可用此法求出。

用图解法求得的各角点标高见图1-14中地面标高诸值。

2. 计算场地设计标高 H 。

$$\Sigma H_1 = 43.24 + 44.80 + 44.17 + 42.58 = 174.79 (\text{m})$$

$$2 \sum H_2 = 2 \times (43.67 + 43.94 + 44.34 + 44.67 + 43.67 + 43.23 + 42.90 + 42.94) = 698.72(\text{m})$$

$$4 \sum H_4 = 4 \times (43.35 + 43.76 + 44.17) = 525.12(\text{m})$$

根据公式(1-1)，得

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 4 \sum H_4}{4N} = \frac{174.79 + 698.72 + 525.12}{4 \times 8} = 43.71(\text{m})$$

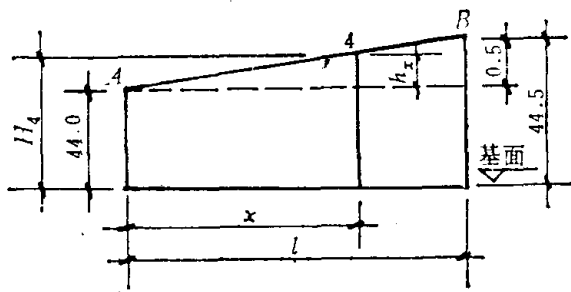


图 1-12 插入法计算简图

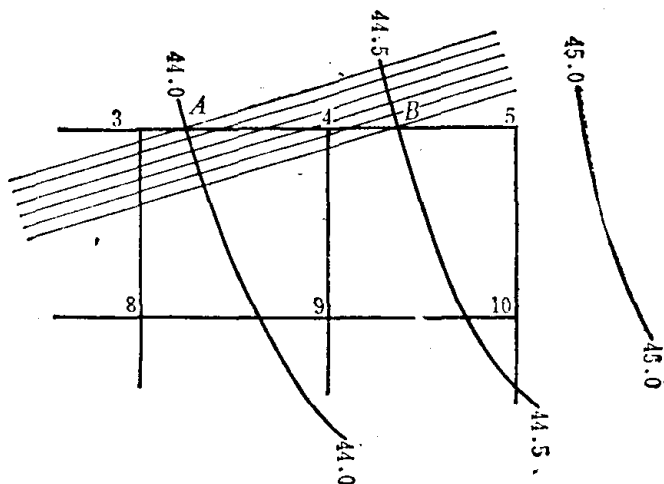


图 1-13 插入法的图解法

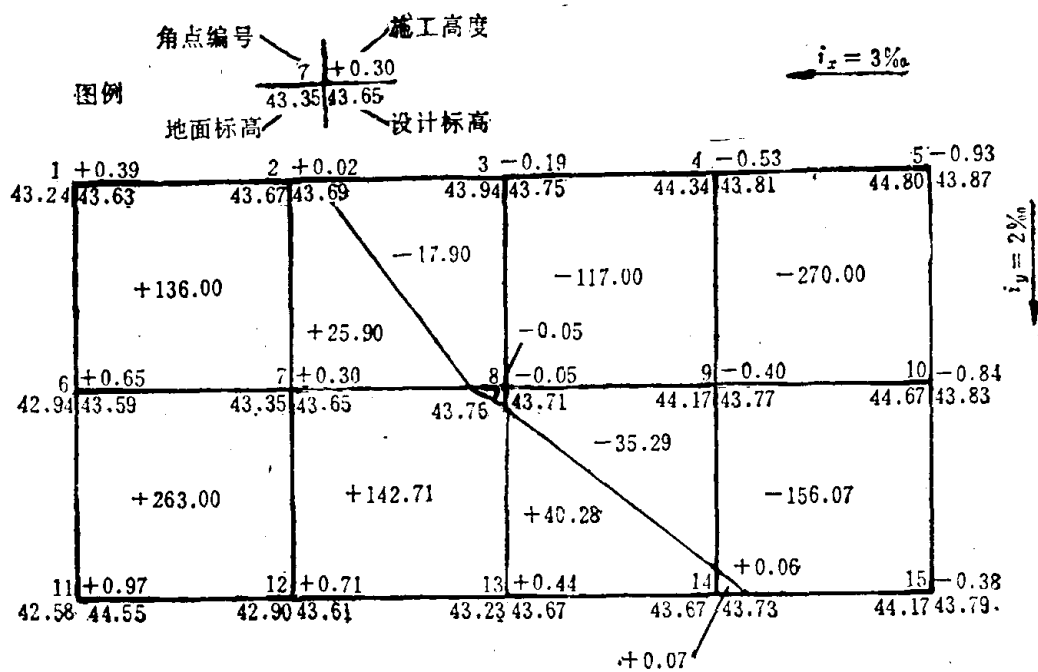


图 1-14 方格网法计算土方工程量图

3. 根据要求的泄水坡度计算方格角点的设计标高

以场地中心点角点8为 H_0 (图1-14)，其余各角点设计标高为:

$$H_1 = H_0 - 40 \times 3\% + 20 \times 2\% = 43.71 - 0.12 + 0.04 = 43.63(\text{m})$$

$$H_2 = H_1 + 20 \times 3\% = 43.63 + 0.06 = 43.69(\text{m})$$

$$H_6 = H_0 - 40 \times 3\% \pm 0 = 43.71 - 0.12 = 43.59(\text{m})$$