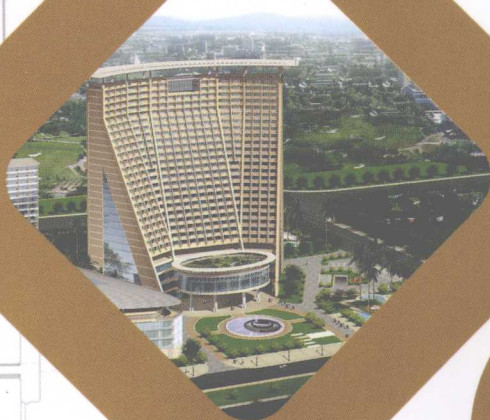




面向21世纪高等教育精品规划教材

建筑施工技术

主 编◎肖金媛 魏瞿霖
副主编◎涂群岚 陈杭旭

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

面向 21 世纪高等教育精品规划教材

建筑施工技术

主 编 肖金媛 魏瞿霖

副主编 涂群岚 陈杭旭

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

前 言

建筑施工技术是建筑工程技术专业和土建类其他专业的一门主要技术课程，它是研究建筑工程中主要工种工程的施工规律、施工工艺原理和施工方法的学科。

建筑施工技术实践性强，综合性大，社会性广，新技术发展快，施工方法更新、更快，必须结合工程施工中的实际情况，综合解决工程施工中许多技术问题。建筑施工技术涉及有关学科的综合运用，因此，本书力求拓宽专业面，扩大知识面，以适应发展的需要；力求综合运用有关学科的基本理论和知识，以解决工程实际问题；力求理论联系实际，以应用为主。本书以量大面广的一般民用建筑与工业建筑的施工技术为主，以小高层为主线，对主要施工工艺、施工技术和施工方法均按新规范要求编写，强调了保证施工质量、质量验收、安全生产措施等。

本书是根据建设部颁发的“建筑施工技术”课程的教学大纲编写的，突出高等教育特点，所编内容以理论知识够用为度，重在实践能力、动手能力的培养，面向生产第一线的应用型人才。本书注重理论联系实际，解决实际问题，既保证全书的系统性和完整性，又体现内容的先进性、实用性、可操作性，每章均有独立成节的建设部要求的专项施工方案参考案例，便于现场施工技术人员参考。便于案例教学，实践教学。

本书由肖金媛、魏瞿霖主编，涂群岚、陈杭旭副主编。绪论、第4章、第8章由肖金媛编写，第1章由陈杭旭编写，第2章由魏瞿霖编写，第3章由余克俭编写，第5章由涂群岚编写，第6章由李席锋编写，第7章由曾宪伟编写。全书由肖金媛教授统稿并定稿。

本书在编写过程中承蒙编审委员会的指导、出版社的大力支持，其他兄弟院校和建筑集团公司的支持，参考了大量的出版文献和资料，谨此表示衷心的感谢！

由于编者的水平有限和时间仓促，书中难免不足之处，敬请广大读者批评指正，并表示衷心感谢！

目 录

绪论	1
第 1 章 土方工程	3
1.1 概 述	3
1.2 土方与土方调配量计算	6
1.3 土方工程施工要点	20
1.4 土方工程的机械化施工	42
1.5 土方填筑与压实	57
1.6 土方工程质量标准与安全技术要求	59
1.7 工程实践案例	61
1.8 本章学习小结	65
1.9 复习思考题	66
第 2 章 地基与基础	68
2.1 地基处理及加固	68
2.2 桩基工程	74
2.3 桩承台筏式基础施工	92
2.4 工程实践案例	93
2.5 本章学习小结	95
2.6 复习思考题	97
第 3 章 砌筑工程	98
3.1 概 述	98
3.2 脚手架及垂直运输设备	99
3.3 砌筑材料	108
3.4 砌体工程施工	112
3.5 砌体工程冬期施工	130
3.6 砌筑工程安全技术	132
3.7 工程实践案例	133
3.8 本章学习小结	135
3.9 复习思考题	135
第 4 章 混凝土结构工程	136
4.1 模板工程	137

4.2	钢筋工程	154
4.3	混凝土工程	170
4.4	混凝土结构工程的冬期施工	186
4.5	预应力混凝土工程	191
4.6	工程实践案例	216
4.7	本章学习小结	224
4.8	复习思考题	226
4.9	练习题	227
第5章 结构安装工程		228
5.1	起重机械和索具设备	228
5.2	单层装配式混凝土结构工业厂房安装	235
5.3	多层装配式框架结构安装	238
5.4	结构安装工程质量标准与安全技术要求	241
5.5	工程实践案例	243
5.6	本章学习小结	248
5.7	复习思考题	249
第6章 防水工程		250
6.1	防水材料	250
6.2	屋面防水工程	256
6.3	地下防水工程	264
6.4	工程实践案例	270
6.5	本章学习小结	274
6.6	复习思考题	274
第7章 外墙外保温工程		275
7.1	概 述	275
7.2	聚苯板薄抹灰外墙外保温工程	276
7.3	胶粉聚苯颗粒外墙外保温工程	282
7.4	钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温工程	291
7.5	外墙外保温工程验收	296
7.6	工程实践案例	297
7.7	本章学习小结	301
7.8	复习思考题	301
第8章 装饰装修工程		303
8.1	抹灰工程	303
8.2	饰面板(砖)工程	307

8.3 涂料工程	311
8.4 建筑幕墙工程	316
8.5 裱糊工程	319
8.6 工程实践案例	321
8.7 本章学习小结	322
8.8 复习思考题	323
参考文献	324

绪 论

一、建筑施工技术课程的研究对象和任务

建筑业是国民经济的重要支柱产业之一，在国家建设与发展中占据着举足轻重的地位。一方面从投资来看，国家用于建筑安装工程的投资，约占建设投资总额的 60%。另一方面，建筑业的发展对其他行业起着重要的促进作用，它每年要消耗大量的钢材、水泥、地方性建筑材料和其他国民经济部门的产品；同时建筑业的产品又为人民生活和其他国民经济部门提供服务，为国民经济各部门的扩大再生产创造必要的条件。

随着国民经济的高速发展，基本建设任务越来越多，国家基本建设的政策更加完善，在施工技术研究和开发方面，随着改革的深入已全面转入了市场经济运行轨道，现代工程施工能力，施工技术也跟随现代步伐提高了一个新的水平。

建筑物的全寿命过程中施工是一项很复杂的过程，在整个施工过程中，为了便于施工和验收，按施工先后顺序将建筑物划分为四个阶段，即地基与基础工程、主体结构工程、屋面工程、建筑装饰工程。按施工工种不同分为土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、屋面防水工程、装饰工程等分项工程。

建筑施工技术是研究建筑工程中主要工种工程的施工规律、施工工艺原理和施工方法的学科。即根据工程具体条件，选择合理的施工方案，运用先进的生产技术，达到控制工程造价、缩短工期，保证工程质量，降低工程成本的目的，实现技术与经济的统一。

本课程的任务就是根据专业培养目标的要求，使学生了解我国的建设方针和政策以及各项具体的技术经济规范，了解建筑施工领域国内外的新技术和发展动态，掌握建筑物施工方案的选择。具有独立分析和解决建筑施工技术问题的初步能力，并为今后进一步学习有关的知识打下基础。

二、我国建筑施工技术发展概况

近年来我国建筑业发展迅猛，建筑施工技术领域取得了令世人瞩目的发展，一大批单项施工技术赶上或超过了发达国家，在总体上也接近了发达国家水平。人工地基、基坑支护、大体积混凝土、逆作法施工、新型模板、高性能混凝土、结构吊装等方面的成就突出。

改革开放为我国建筑业注入了前所未有的生机与活力，先后建成了一系列有标志性意义的高层和超高层建筑。如我国深圳地王大厦 81 层、高 325 米；广州中天大厦 80 层、322 米高；上海金茂大厦 88 层、高 420.5 米；上海东方明珠高 468 米位居世界第三。

近年来我国建筑施工技术发展的成就列举如下。

①大型工业建筑、高层民用建筑施工的成套技术。

②地基处理和基础工程施工专项技术（钻冲孔灌注桩、旋喷桩、挖孔桩、振冲法、深层搅拌法、强夯法、地下连续墙等新技术）。

③现浇钢筋混凝土模板工程（大模板、液压滑升模板、爬升模板、台模、隧道模、组合钢模板）。

④钢筋工程（钢筋气压焊、钢筋冷压连接、钢筋锥螺纹连接）。

⑤混凝土工程（泵送混凝土、喷射混凝土、高强混凝土、混凝土制备与运输机械化自动化）。

⑥预制构件制作工艺（挤压成形、热拌热模、立窑和折线型隧道窑养护技术、预应力无黏结工艺、整体预应力结构）。

⑦结构吊装技术（大跨度、高耸结构物）。

⑧其他方面：防水技术、建筑装饰、工艺理论、计算机应用等也取得了长足的发展。

三、施工规范与施工规程

建筑工程施工要加强技术管理，贯彻统一的施工验收标准，提高施工技术水平，保证工程质量和安全，降低工程成本。为此，国家颁发了建筑工程施工及验收规范，这些规范是国家的技术标准，是我国建筑科学技术和实践经验的结晶，也是建筑界所有人员应共同遵守的准则。它分为国家、专业（部）、地方和企业四级。

建筑施工方面的规范按工业和民用建筑工程中的各分部工程，分别有《土方与爆破工程施工验收规范》、《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》、《钢结构工程施工质量验收规范》等，这些为国家标准（代号 GB×××），由国家建设部颁发。有些专业技术规范也可由国家其他部委颁发，如《液压滑动模板施工技术规范》由冶金工业部颁发。

各分部工程的施工及验收规范中，对施工工艺要求、施工技术要求、施工准备工作内容、施工质量控制要求以及检验方法均作了具体、明确、原则性的规定。因此，凡新建、改造、修建等工程，在设计、施工和竣工验收时，均应遵守相应的施工及验收规范。

四、本课程的特点和学习要求

建筑施工技术是一门综合性很强的专业技术课，它与建筑测量、建筑材料、房屋建筑构造、建筑机械、建筑力学、建筑结构、地基与基础、施工组织设计、建筑工程预算课程密切相关，它们既相互联系，又相互影响，要学好建筑施工技术课，必须对上述各课程予以足够的重视。除此之外，还必须掌握国家颁发的建筑工程施工及验收规范。

由于本学科涉及的知识面广、实践性强，技术发展迅速，学习中必须坚持理论联系实际的学习方法。课程的重点在于施工技术和方法的掌握及应用，除了对课堂讲授的基本理论、基本知识加强理解和掌握外，还应利用幻灯、录像等电化教学手段来进行直观教学，此外应重视习题和课程基本训练、现场教学、生产实习、职业技能训练等实践性教学环节，为了巩固和扩大知识，在本书的每章中都有一定数量的案例题目，在领会该章的施工工艺与施工方法后应仔细体会案例内容，以达到“培养生产一线技术管理人才”能力的目的。

第1章 土方工程

学习目标

了解土的工程性质、边坡留设和土方调配的原则。

掌握土方量计算的方法、场地设计标高确定的方法和用表上作业法进行土方调配。

了解识别基槽、深浅基坑的各种支护方法并了解其适用范围和基坑监测项目。

理解流砂产生的原因，并了解其防治方法；掌握轻型井点设计并了解喷射井点、电渗井点和深井井点的适用范围。

掌握基坑土方开挖的一般原则、方法和注意事项，了解常用土方机械的性能及适用范围并能正确合理地选用。

掌握填土压实的方法和影响填土压实质量的影响因素。

掌握土方工程质量标准与安全技术要求。

1.1 概 述

1.1.1 土方工程的施工特点

常见的土方工程包括以下几方面。

①场地平整：其中包括确定场地设计标高，计算挖、填土方量，合理地进行土方调配等。

②土方的开挖、填筑和运输等主要施工，以及排水、降水和土壁边坡和支护结构等。

③土方回填与压实：包括土料选择，填土压实的方法及密实度检验等。

土方工程施工，要求标高准确、断面合理，土体有足够的强度和稳定性，土方量少，工期短，费用省。但土方工程具有工程量大，施工工期长，劳动强度大的特点，如大型建设项目的场地平整和深基坑开挖中，施工面积可达数平方千米，土方工程量可达数百万立方米以上。土方工程的另一个特点是施工条件复杂又多为露天作业，受气候、水文、地质和邻近建（构）筑物等条件的影响较大，且天然或人工填筑形成的土石成分复杂，难以确定的因素较多。因此在组织土方工程施工前，必须做好施工前的准备工作，完成场地清理，仔细研究勘察设计文件并进行现场勘察；制订严密合理和经济的施工组织设计，做好施工方案，选择好施工方法和机械设备，尽可能采用先进的施工工艺和施工组织，实现土方工程施工综合机械化。制订合理的土方调配方案，制订好保证工程质量的技术措施和安全文明施工措施，对质量通病做好预防措施等。

1.1.2 土的工程分类与现场鉴别方法

土的种类繁多，其分类方法各异。土方工程施工中，按土的开挖难易程度分为八类，如表1.1所列。表中一至四类为土，五至八类为岩石。在选择施工挖土机械和套建筑安装工程劳动定额时要依据土的工程类别。

表 1.1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	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）	600~1 500	用锹、锄头挖掘， 少许用脚蹬
二类土 (普通土)	II	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、 卵石的砂；粉土混卵（碎）石；种植 土；填土	1 100~1 600	用锹、锄头挖掘， 少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实黏土；重粉质黏土； 砾石土；干黄土、含有碎石卵石的黄 土；粉质黏土；压实的填土	1 750~1 900	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	坚硬密实的黏性土或黄土；含碎石、 卵石的中等密实的黏性土或黄土；粗 卵石；天然级配砂石；软泥灰岩	1 900	整个先用镐、撬 棍，后用锹挖掘，部 分用楔子及大锤
五类土 (软石)	V	硬质黏土；中密的页岩、泥灰岩、 白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰岩 及贝壳石灰岩	1 100~2 700	用镐或撬棍、大锤 挖掘，部分使用爆破 方法
六类土 (次坚石)	VI	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	2 200~2 900	用爆破方法开挖， 部分用风镐
七类土 (坚石)	VII	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；微风化安山岩；玄武岩	2 500~31 00	用爆破方法开挖
八类土 (特坚土)	VIII	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	2 700~3 300	用爆破方法开挖

1.1.3 土的基本性质

1. 土的天然含水量

土的含水量 ω 是土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率，即

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

式中 m_w ——土中水的质量；

m_s ——土中固体颗粒的质量。

2. 土的天然密度和干密度

土在天然状态下单位体积的质量，称为土的天然密度。土的天然密度用 ρ 表示



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

式中 m ——土的总质量；

V ——土的天然体积。

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

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

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，以控制填土工程的压实质量。土的干密度 ρ_d 与土的天然密度 ρ 之间有如下关系：

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_s + m_w}{V} = \frac{m_s + \omega m_s}{V} = (1 + \omega) \frac{m_s}{V} = (1 + \omega) \rho_d$$

即

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \omega} \quad (1-4)$$

3. 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，仍不能恢复其原来的体积。土的可松性程度用可松性系数表示，即

$$K_s = \frac{V_{\text{松散}}}{V_{\text{原状}}} \quad (1-5)$$

$$K'_s = \frac{V_{\text{压实}}}{V_{\text{原状}}} \quad (1-6)$$

式中 K_s ——土的最初可松性系数；

K'_s ——土的最后可松性系数；

$V_{\text{原状}}$ ——土在天然状态下的体积 (m^3)；

$V_{\text{松散}}$ ——土挖出后在松散状态下的体积 (m^3)；

$V_{\text{压实}}$ ——土经回填压(夯)实后的体积 (m^3)；

土的可松性对确定场地设计标高、土方量的平衡调配、计算运土机具的数量和弃土坑的容积，以及计算填方所需的挖方体积等均有很大影响。各类土的可松性系数见表 1.2。

表 1.2 各类土的可松性参考值

土的种类	体积增加百分数		可松性系数	
	最初	最后	K_s	K'_s
一类土 (种植土除外)	8~17	1~2.5	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	2.5~5	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

续表

土的分类	体积增加百分数		可松性系数	
	最初	最后	K_s	K'_s
四类土（泥灰岩、蛋白石）	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五至七类土	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

土的渗透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 m/d 。地下水在土中渗流速度一般可按达西定律计算，其公式如下：

$$v = k \frac{H_1 - H_2}{L} = k \frac{h}{L} = ki \quad (1-7)$$

式中 v ——水在土中的渗透速度， m/d ；

i ——水力坡度， $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$ ，即 A 、 B 两点水头差与其水平距离之比；

k ——土的渗透系数， m/d 。

从达西公式可以看出渗透系数的物理意义：当水力坡度 i 等于 1 时的渗透速度 v 即为渗透系数 k ，单位同样为 m/d 。 k 值的大小反映土体透水性的强弱，影响施工降水与排水的速度；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 1.3。

表 1.3 土的渗透系数 k 参考值

土的名称	渗透系数 $k/(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$	土的种类	渗透系数 $k/(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$
黏土	<0.005	中砂	$5.0 \sim 25.0$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.1$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.1 \sim 0.5$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.5$	圆砾	$50 \sim 100$
粉砂	$0.5 \sim 5.0$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.0 \sim 10.0$	无填充物卵石	$500 \sim 1000$

1.2 土方与土方调配量计算

1.2.1 基坑、基槽土方量计算

1. 土方边坡

在开挖基坑、沟槽或填筑路堤时，为了防止塌方，保证施工安全及边坡稳定，其边沿应考虑放坡。土方边坡的坡度为其高度 H 与底宽 B 之比（图 1.1），即



$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{\frac{B}{H}} = 1:m$$

式中 $m=B/H$ ，称为坡度系数。其意义为：当边坡高度已知为 H 时，其边坡宽度 B 等于 mH 。

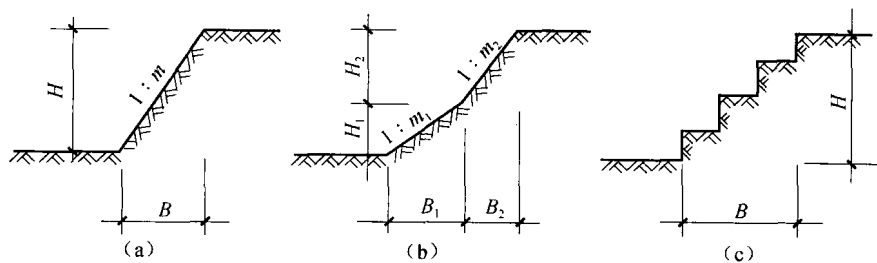


图 1.1 土方边坡坡度

(a) 直线形；(b) 折线形；(c) 踏步形

2. 基坑、基槽土方量计算

基坑土方量可按立体几何中的拟柱体（由两个平行的平面做底的一种多面体）体积公式计算（图 1.2）。即

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-8)$$

式中 H ——基坑深度（m）；

A_1 、 A_2 ——基坑上、下的底面积（ m^2 ）；

A_0 ——基坑的中间位置截面面积（ m^2 ）；

基槽和路堤的土方量可以沿长度方向分段后，再用同样方法计算（图 1.3）

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2)$$

式中 V_1 ——第一段的土方量（ m^3 ）；

L_1 ——第一段的长度（m）。

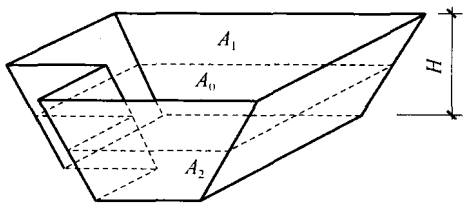


图 1.2 基坑土方量计算

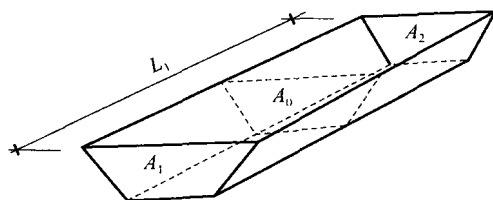


图 1.3 基槽土方量计算

将各段土方量相加即得总土方量

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

式中 $V_1, V_2, \cdots, V_n$ ——各分段的土方量（ m^3 ）。

1.2.2 场地平整土方量计算

1. 场地设计标高的确定

对较大面积的场地平整，合理地确定场地的设计标高，对减少土方量和加速工程进度具

有重要的经济意义。一般来说应考虑以下因素。

- ①满足生产工艺和运输的要求；
- ②尽量利用地形，分区或分台阶布置，分别确定不同的设计标高；
- ③场地内挖填方平衡，土方运输量最少；
- ④要有一定泄水坡度 ($\geq 2\%$)，使能满足排水要求；
- ⑤要考虑最高洪水位的影响。

场地设计标高一般应在设计文件上规定，若设计文件对场地设计标高没有规定时，可按下述步骤来确定。

1) 初步计算场地设计标高

初步计算场地设计标高的原则是场地内挖填方平衡，即场地内挖方总量等于填方总量。计算场地设计标高时，首先将场地的地形图根据要求的精度划分为 $10\sim 40\text{ m}$ 的方格网，见图 1.4 (a)。然后求出各方格角点的地面标高。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。

按照场地内土方的平整前及平整后相等，即挖填方平衡的原则，如图 1.4 (b)，场地设计标高可按式计算

$$H_0 n a^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) \quad (1-9)$$

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n}$$

式中 H_0 ——所计算的场地设计标高 (m)；

a ——方格边长 (m)；

n ——方格数；

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一方格的四个角点的标高 (m)。

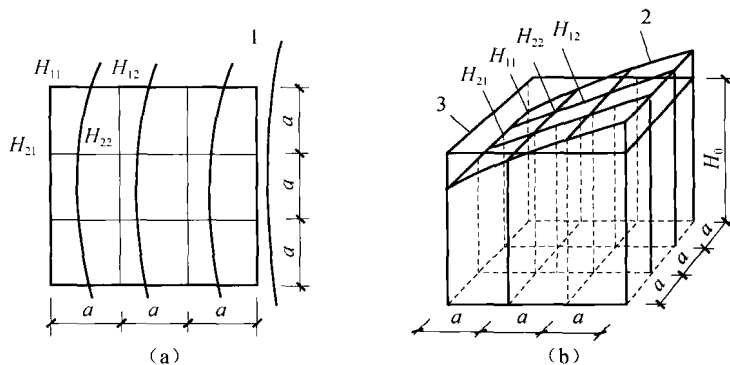


图 1.4 场地设计标高 H_0 计算示意图

(a) 方格网划分；(b) 场地设计标高示意图

1—等高线；2—自然地面；3—场地设计标高平面

从图 1.4 (a) 可以看出， H_{11} 系一个方格的角点标高， H_{12} 及 H_{21} 系相邻两个方格的公共角点标高， H_{22} 系相邻的 4 个方格的公共角点标高。如果将所有方格的 4 个角点相加，则类似 H_{11} 这样的角点标高加一次，类似 H_{12} 、 H_{21} 的角点标高需加两次，类似 H_{22} 的角点标高

要加4次。如令 H_1 为一个方格仅有的角点标高； H_2 为二个方格共有的角点标高； H_3 为三个方格共有的角点标高； H_4 为四个方格共有的角点标高。

则场地设计标高 H_0 的计算公式 (1-9) 可改写为下列形式

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n} \quad (1-10)$$

2) 场地设计标高的调整

按上述公式计算的场地设计标高 H_0 仅为—理论值，在实际运用中还需考虑以下因素进行调整。

(1) 土的可松性影响

由于土具有可松性，如按挖填平衡计算得到的场地设计标高进行挖填施工，填土多少有富余，特别是当土的最后可松性系数较大时更不容忽视。如图 1.5 所示，设 Δh 为土的可松性引起设计标高的增加值，则设计标高调整后的总挖方体积 V'_w 应为

$$V'_w = V_w - F_w \times \Delta h \quad (1-11)$$

总填方体积 V'_T 应为

$$V'_T = V'_w K'_s = (V_w - F_w \times \Delta h) K'_s \quad (1-12)$$

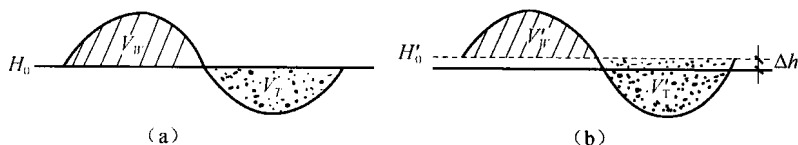


图 1.5 设计标高调整计算示意

(a) 理论设计标高；(b) 调整设计标高

此时，填方区的标高也应与挖方区一样提高 Δh ，即

$$\Delta h = \frac{V'_T - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \times \Delta h) K'_s - V_T}{F_T} \quad (1-13)$$

移项整理简化得 (当 $V_T = V_w$)

$$\Delta h = \frac{V_w (K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-14)$$

故考虑土的可松性后，场地设计标高调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-15)$$

式中 V_w 、 V_T ——按理论设计标高计算的总挖方、总填方体积；

F_w 、 F_T ——按理论设计标高计算的挖方区、填方区总面积；

K'_s ——土的最后可松性系数。

(2) 场地挖方和填方的影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方，以及经过经济比较而将部分挖方就近弃土于场外或将部分填方就近从场外取土，上述做法均会引起挖填土方量的变化。必要时，亦需调整设计标高。

为了简化计算，场地设计标高的调整值 H'_0 ，可按下列近似公式确定，即

$$H'_0 = H_0 \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1-16)$$

式中 Q ——场地根据 H_0 平整后多余或不足的土方量。

(3) 场地泄水坡度的影响

按上述计算和调整后的场地设计标高,平整后场地是一个水平面。但实际上由于排水的要求,场地表面均有一定的泄水坡度,平整场地的表面坡度应符合设计要求,如无设计要求时,一般应向排水沟方向做不小于 2‰ 的坡度。所以,在计算的 H_0 或经调整后的 H'_0 基础上,要根据场地要求的泄水坡度,最后计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。当场地为单向泄水及双向泄水时,场地各方格角点的设计标高求法如下。

① 单向泄水时场地各方格角点的设计标高 (图 1.6 (a))。以计算出的设计标高 H_0 或调整后的设计标高 H'_0 作为场地中心线标高,场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_{dn} = H_0 \pm li \quad (1-17)$$

式中 H_{dn} ——场地内任意一点方格角点的设计标高 (m);

l ——该方格角点至场地中心线的距离 (m);

i ——场地泄水坡度 (不小于 2‰);

$\pm$ ——该点比 H_0 高则取“+”,反之取“-”。

例如,图 1.6 (a) 中场地内角点 10 的设计标高: $H_{d10} = H_0 - 0.5ai$

② 双向泄水时场地各方格角点的设计标高 (图 1.6 (b))。以计算出的设计标高 H_0 或调整后的标高 H'_0 作为场地中心点的标高,场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_{dn} = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-18)$$

式中 l_x 、 l_y ——该点于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上距场地中心线的距离 (m);

i_x 、 i_y ——场地在 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上泄水坡度。

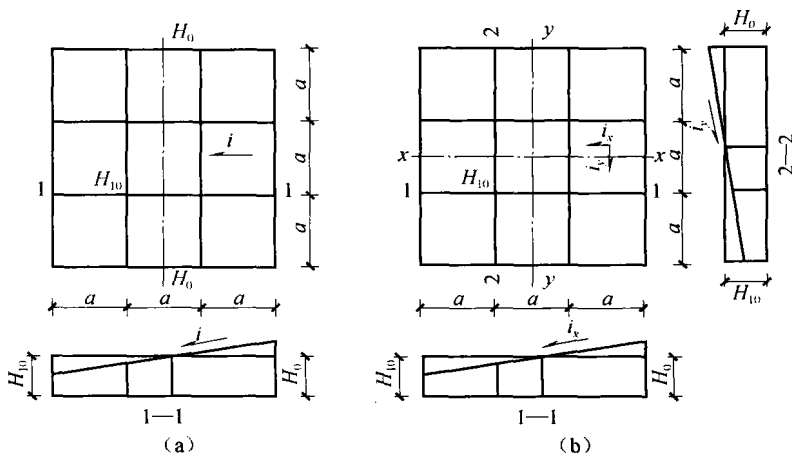


图 1.6 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水; (b) 双向泄水

例如,图 1.6 (b) 中场地内角点 10 的设计标高为

$$H_{d10} = H_0 - 0.5ai_x - 0.5ai_y$$

【例 1.1】 某建筑场地的地形图和方格网如图 1.7 所示,方格边长为 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$, $x-x$ 、 $y-y$ 方向上泄水坡度分别为 3‰ 和 2‰。由于土建设计、生产工艺设计和最高洪水位等方面均无特殊要求,试根据挖填平衡原则 (不考虑可松性) 确定场地中心设计标高,并根据 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上泄水坡度推算各角点的设计标高。

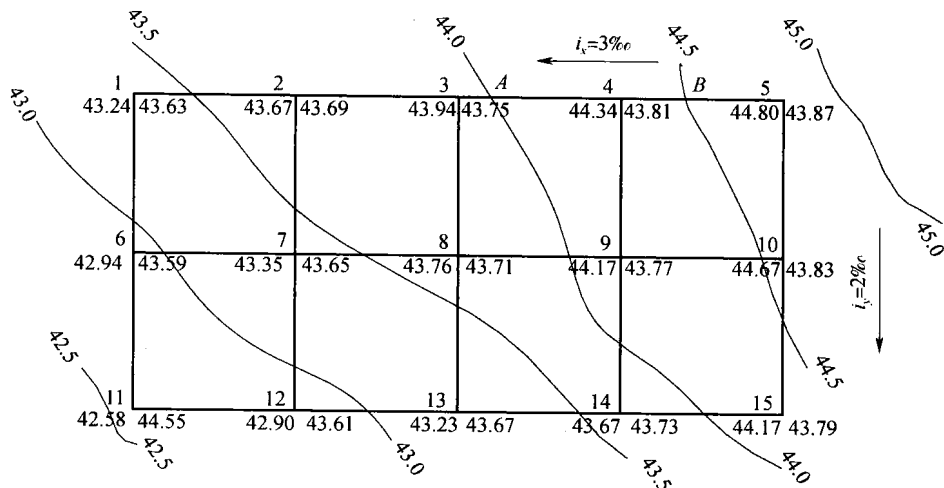


图 1.7 某建筑场地方格网布置图

【解】 ①计算角点的自然地面标高。

根据地形图上标设的等高线，用插入法求出各方格角点的自然地面标高。由于地形是连续变化的，可以假定两等高线之间的地面高低是呈直线变化的。如角点 4 的地面标高 (H_4)，从图 1.7 中可看出，是处于两等高线相交的 AB 直线上。由图 1.8，根据相似三角形特性，可写出： $h_x : 0.5 = x : l$ 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 (角点 4 至 44.0 等高线的水平距离) 和 l (44.0 等高线和 44.5 等高线与 AB 直线相交的水平距离) 的长度，便可算出 H_4 的数值。但是，这种计算是烦琐的，所以，通常是采用图解法来求得各角点的自然地面标高。如图 1.9 所示，用一张透明纸，上面画出 6 根等距离的平行线 (线条尽量画细些，以免影响读数的准确)，把该透明纸放到标有方格网的地形图上，将 6 根平行线的最外两根分别对准点 A 与点 B，这时 6 根等距离的平行线将 A、B 之间的 0.5 m 的高差分成 5 等分，于是便可直接读得角点 4 的地面标高 $H_4 = 44.34$ 。其余各角点的标高均可类此求出。用图解法求得的各角点标高见图 1.7 方格网角点左下角。

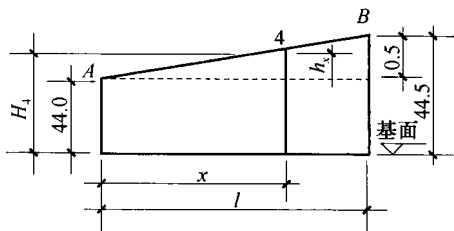


图 1.8 插入法计算标高简图

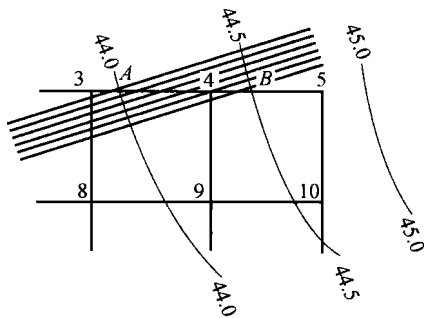


图 1.9 插入法的图解法

②计算场地设计标高 H_0 。

$$\sum H_1 = 43.24 + 44.80 + 44.17 + 42.58 = 174.79 \text{ m}$$