

高等院校土木工程专业规划教材

土木工程施工

(第二版)

申琪玉 主 编
石开荣 尹秀琴 副主编



科学出版社

高等院校土木工程专业规划教材

土 木 工 程 施 工

(第二版)

申琪玉 主 编

石开荣 尹秀琴 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书为全国普通高等院校土木工程系列规划教材,按照高等院校“土木工程施工”课程教学大纲的基本要求编写,分施工技术和施工组织两大部分。内容包括土方工程、桩基础工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、砌体工程、脚手架工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、路桥工程、流水施工原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计和施工组织总设计。本书按照现行最新的国家规范、规程与标准等进行编写,力求做到内容新颖、结构完整、深入浅出、通俗易懂、实用性强。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可作为建筑施工技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/申琪玉主编. —2版.—北京:科学出版社,2015
(高等院校土木工程专业规划教材)
ISBN 978-7-03-045295-5

I. ①土… II. ①申… III. ①土木工程—工程施工—高等学校—教材—前教育—教育理论—高等学校—教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第177402号

责任编辑:任加林 / 责任校对:王万红
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717
<http://www.sciencep.com>

北京源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年6月第一版 开本:787×1092, 1/16
2015年8月第二版 印张:30
2015年8月第十次印刷 字数:677 000

定价:60.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62138978-2028 (HA18)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

第二版前言

土木工程施工技术的发展日新月异，施工组织管理也有很多新方法涌现，所以《土木工程施工》教材也需要及时更新，与时俱进。本书根据《混凝土结构施工质量验收规范（2010年版）》（CB 50204—2002）、《砌体结构工程施工质量验收规范》（CB 50203—2011）、《地下防水工程质量验收规范》（GB 50208—2011）、《建筑施工组织设计规范》（GB/T 50502—2009）等最新的规范、标准进行全面修订，力求做到内容新颖、结构完整、实用性强、可操作性强。

本书由华南理工大学申琪玉担任主编，华南理工大学石开荣和广东工业大学尹秀琴担任副主编，华南理工大学李弘扬、朱东风和南阳理工学院陈守兰参加了编写。具体分工为：申琪玉编写第1章土方工程、第3章混凝土结构工程及第12章网络计划技术；石开荣编写第4章预应力混凝土工程、第6章脚手架工程及第8章防水工程；尹秀琴编写第9章装饰工程、第13章单位工程施工组织设计及第14章施工组织总设计；陈守兰编写第7章结构安装工程；李弘扬编写第5章砌体工程及第11章流水施工原理；朱东风编写第2章桩基础工程及第10章路桥工程。全书由申琪玉进行审校、统编与定稿。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2015年3月

第一版前言

土木工程施工是土木工程专业的主要专业课之一，它在培养学生具有独立分析和解决土木工程中有关施工技术与组织管理问题的基本能力方面起着重要作用。

土木工程施工是研究土木工程施工过程中各主要分部工程的施工技术及其组织规律的课程。它实践性、综合性强，涉及知识面广，技术发展迅速。

本书为全国普通高等院校土木工程系列规划教材，其针对应用型本科的特点，强调理论联系实际，反应当前土木工程施工的先进水平，并增加新技术、新工艺等内容，以达到培养学生解决工程实际问题能力的目标。

本书由华南理工大学申琪玉担任主编，燕山大学赵燕青和黄石理工学院吴洁担任副主编，南阳理工学院陈守兰、张树珺、鲁亚波及山东农业大学李一凡与太原理工大学阳泉学院靳雪梅参加了编写。具体分工为：申琪玉编写第3章“混凝土结构工程”、第4章“预应力混凝土工程”及第12章“网络计划技术”；赵燕青编写第1章“土方工程”及第10章“装饰工程”；吴洁编写第13章“单位工程施工组织设计”及第14章“施工组织总设计”；陈守兰编写第7章“结构安装工程”及第8章“钢结构工程”；张树珺编写第9章“防水工程”；鲁亚波编写第2章“桩基础工程”；李一凡编写第5章“砌体工程”及第6章“脚手架工程”；靳雪梅编写第11章“流水施工原理”。全书由申琪玉进行审校、通编与定稿。

本书由南阳理工学院陈守兰教授级高工担任主审，她对本书提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。

本书根据我国现行规范、规程与标准等进行编写，努力做到内容新颖、结构完整、深入浅出、通俗易懂、实用性强。但由于编者水平有限，不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2006年12月

目 录

第二版前言

第一版前言

第1章 土方工程	1
1.1 概述	1
1.2 场地平整施工	4
1.3 基坑(槽)土方工程施工	12
1.4 地下水控制	28
1.5 土方施工机械与土方填筑	41
思考题	54
习题	55
第2章 桩基础工程	56
2.1 概述	56
2.2 混凝土预制桩施工	56
2.3 钢桩施工	65
2.4 灌注桩施工	68
2.5 承台施工	75
思考题	76
第3章 混凝土结构工程	77
3.1 模板工程	77
3.2 钢筋工程	89
3.3 混凝土工程	114
思考题	138
习题	139
第4章 预应力混凝土工程	140
4.1 概述	140
4.2 预应力钢材	141
4.3 预应力锚(夹)具	143
4.4 预应力张拉设备	148
4.5 先张法施工	151
4.6 后张法施工	157
思考题	169
第5章 砌体结构工程	170
5.1 砌筑材料	170

5.2 砖砌体工程	175
5.3 砌块砌体工程	180
5.4 石砌体工程	182
5.5 配筋砌体工程	185
5.6 填充墙砌体工程	190
5.7 砌体工程的冬期施工	194
思考题	196
第6章 脚手架工程	197
6.1 概述	197
6.2 扣件式钢管脚手架	198
6.3 碗扣式钢管脚手架	205
6.4 门式钢管脚手架	207
6.5 雷亚钢管脚手架	209
6.6 工具式里脚手架	211
思考题	213
第7章 结构安装工程	214
7.1 起重机械	214
7.2 卷扬机及索具设备	224
7.3 混凝土结构构件吊装	231
7.4 钢结构构件吊装	249
思考题	267
习题	268
第8章 防水工程	269
8.1 屋面防水工程	269
8.2 地下防水工程	275
思考题	282
第9章 装饰工程	283
9.1 抹灰工程	283
9.2 饰面工程	291
9.3 楼地面工程	304
9.4 涂饰与裱糊工程	308
9.5 幕墙工程	313
思考题	323
第10章 路桥工程	324
10.1 路基工程	324
10.2 路面工程	330
10.3 桥梁工程	333
思考题	348

第 11 章 流水施工原理	349
11.1 流水施工的基本概念	349
11.2 流水施工的主要参数	352
11.3 流水施工的组织方式	358
思考题	365
习题	366
第 12 章 网络计划技术	367
12.1 基本概念	367
12.2 双代号网络图	369
12.3 单代号网络图	383
12.4 双代号时标网络计划	388
12.5 网络计划的优化	393
思考题	406
习题	407
第 13 章 施工组织总设计	409
13.1 概述	409
13.2 施工部署与施工方案	411
13.3 施工总进度计划与资源需要量计划	413
13.4 全场性暂设工程	417
13.5 施工总平面图设计	424
13.6 主要技术经济指标分析	428
思考题	432
第 14 章 单位工程施工组织设计	434
14.1 概述	434
14.2 工程概况	437
14.3 施工方案	439
14.4 施工进度计划与资源需要量计划	451
14.5 施工平面图设计	459
14.6 主要施工管理计划	465
思考题	467
主要参考文献	468

第1章 土方工程

本章主要介绍土方工程的种类及施工特点、土的工程分类及其与土方施工有关的性质、场地平整及基坑（槽）土方工程量的计算、土方调配与土方施工机械等内容。重点阐述土方边坡稳定及基坑支护、基坑（槽）土方开挖、地下水控制的方法、土方填筑与压实等内容。

1.1 概 述

1.1.1 土方工程的种类

土方工程是土木工程施工中的主要分部工程之一，通常也是土木工程施工过程中的第一道工序。它包括土（石）方的挖掘、填筑和运输等过程，以及排水、降低地下水位和支护结构等施工。土方工程根据施工内容和方法不同，一般可以分为以下几种。

1. 场地平整

场地平整是指将天然地面改造成工程设计所要求的设计平面时所进行的建筑场地的挖土、填土及找平。其特点是工作面广、工程量大，应尽可能采用机械化施工。

2. 基坑（槽）及管沟开挖

基坑是为进行建（构）筑物基础、地下建（构）筑物施工所开挖形成的地面以下空间。基坑（槽）及管沟开挖是指在地面以下为浅基础、桩承台及地下管道等施工而进行的土方开挖。这类土方工程由于开挖工作面较小，要求断面、标高、位置准确度高，多采用人工开挖；当工程量较大时可采用中小型土方机械开挖。

3. 地下大型土方开挖

地下大型土方开挖是指在地面以下为人防工程、大型建筑物的地下室、深基础及大型设备基础等施工而进行的土方开挖。它涉及降低地下水位、边坡稳定及支护、邻近建筑物的安全防护等问题。这类土方工程工程量大、施工条件复杂，受气候、水文、地质等影响因素多，应尽可能采用机械化、半机械化施工。

4. 土方填筑

土方填筑是指对低洼处用土方分层填平、压实，包括大型土方填筑和小型场地、基坑、基槽、管沟、房心的回填等。前者一般与场地平整同时进行，交叉施工；后者除小型场地回填外，一般在地下工程施工完毕后进行。土方填筑通常采用机械化、半机械化施工。

1.1.2 土方工程施工的特点

土方工程施工的特点是工程量大、工作面广、施工条件复杂，受影响因素众多。大型建设项目的土方工程量可达几十万乃至几百万 m^3 以上；另外，土方工程多为露天作

业, 施工经常受到工程所在地的气候、地形、水文、地质等因素的影响, 因此, 在组织土方工程施工前, 应详细分析施工条件, 做好调查研究, 根据本地区的工程及水文地质情况以及气候、环境等特点, 制定合理的施工组织方案。土方工程施工要尽量避开雨季, 如不能避开, 则要做好防洪和排水工作。

1.1.3 土的工程分类

土的种类繁多, 其分类方法也很多。下面是几种常见的土的分类方法。

1) 根据《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007) 规定, 土按其不同粒组的相对含量, 可划分为巨粒类土、粗粒类土、细粒类土。

2) 根据《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) 规定, 岩石按坚硬程度分类为: 坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩、极软岩。

根据地质成因, 土可划分为残积土、坡积土、洪积土、冲击土、淤积土、冰积土和风积土等。

根据粒径和塑性指数, 土可划分为碎石土、砂土、粉土、黏性土。

碎石土: 粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土。碎石土又分为: 漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、角砾。

砂土: 粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量 50%, 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土。砂土又分为: 砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂。

粉土: 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量 50%, 且塑性指数等于或小于 10 的土。

黏性土: 塑性指数大于 10 的土。黏性土又分为: 粉质黏土和黏土。

3) 根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011) 的分类方法, 作为建筑地基的岩土, 可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土。

4) 根据土方开挖难易程度不同, 在现行预算定额中将土壤及岩石分为八类, 如表 1-1 所示, 以便选择施工方法和确定劳动量, 为计算劳动量、施工机具及工程费用提供依据。

表 1-1 土壤及岩石 (普氏) 分类表

定额分类	普氏分类	土壤及岩石名称	开挖方法及工具	坚实系数
第一类 (松软土)	I	砂、砂壤土、腐殖土、泥炭	用尖锹开挖	0.5~0.6
第二类 (普通土)	II	亚黏土, 潮湿的黄土; 夹有碎石、卵石的砂和腐殖土; 填筑土及亚砂土	用锹开挖并少数用镐开挖	0.6~0.8
第三类 (坚土)	III	软及中等密实黏土; 重亚黏土; 粗砾石; 干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚黏土; 压实的填筑土	用尖锹并同时用镐开挖 (30%)	0.8~1.0
第四类 (砾砂坚土)	IV	重黏土及含碎石、卵石的黏土; 粗卵石; 密实的黄土; 冰磧黏土; 天然级配砂石; 泥板岩	用尖锹并同时用镐和撬棍开挖 (30%)	1.0~1.5
第五类 (软石)	V	含有重量在 50kg 以内的巨砾 (占体积 10% 以上) 的冰磧石; 砂藻岩和软白垩岩; 胶结力弱的砾岩; 各种不坚实的版岩; 石膏	部分用手凿工具, 部分用爆破来开挖	1.5~4.0

续表

定额分类	普氏分类	土壤及岩石名称	开挖方法及工具	坚实系数
第六类 (次坚石)	VI~Ⅷ	石灰岩、砂岩、砾岩；坚实的泥板岩、泥灰岩； 密实的石灰岩；砾质花岗岩；砂质云片岩等	用风镐和爆破法 开挖	4.0~10.0
第七类 (坚石)	Ⅸ~Ⅹ	花岗岩、片麻岩和正长岩；石灰岩；砾岩；砂岩； 白云石；坚固的石灰岩；大理岩；致密砾石；坚固 的砂质片岩	用爆破方法开挖	10.0~18.0
第八类 (特坚石)	XI~XVI	安山岩；玄武岩；花岗石；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、 角闪岩等	用爆破方法开挖	18.0~25.0 及以上

1.1.4 土的工程性质

土的工程性质直接影响土方工程的施工方案。土有多种工程性质，其中对土方工程施工影响较大的有土的密度、含水量、可松性和渗透性等。

1. 土的密度

与土方工程施工紧密相关的是土的天然密度和土的干密度。土的天然密度是指土在天然状态下单位体积的质量，它与土的密实程度和含水量有关，它影响土的承载力、土压力及边坡稳定性。土的干密度是指单位体积土中固体颗粒的质量，工程上常以土的干密度来评价土的密实程度，它是检验填土压实质量的控制指标。

2. 土的含水量

土的含水量是指土中所含水的质量与土的固体颗粒的质量之比，以百分数表示为

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \tag{1-1}$$

式中：W——土的含水量；

m_1 ——含水状态时土的质量；

m_2 ——烘干后土的质量；

m_w ——土中水的质量；

m_s ——固体颗粒的质量。

土的含水量反映土的干湿程度。含水量在5%以下称为干土，在5%~25%称为潮湿土，大于25%称为湿土。含水量越大，土越潮湿，对施工越不利。含水量对挖土难易、土方边坡的稳定性和填土压实质量均有影响。土方回填时需要在最佳含水量状态方能夯压密实，获得最佳干密度。

3. 土的可松性

自然状态下的土，经过开挖以后，其体积因松散而增加，以后虽经回填压实，仍不能恢复到原来的体积，这种性质称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示为

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \tag{1-2}$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-3)$$

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 。

土的可松性与土方的平衡调配, 场地平整土方量的计算, 基坑(槽)开挖后的留弃土方量计算以及确定土方运输工具数量等都有着密切的关系。

4. 土的渗透性

土的渗透性是指水在土孔隙中渗透流动的性能, 一般用渗透系数 K 表示。地下水在土中的渗流速度可按达西定律计算, 即

$$V = Ki \quad (1-4)$$

式中: V ——水在土中渗流的速度, m/d 或 cm/s ;

K ——土的渗透系数, m/d 或 cm/s ;

i ——水力坡度。

渗透系数 K 反映了土透水性的强弱, 它直接影响基坑降水方案的选择和涌水量的计算, 可通过室内渗透试验或现场抽水试验确定。常见土的渗透系数参考值如表 1-2 所示。

表 1-2 渗透系数参考值

土的种类	渗透系数 k / (cm/s)	渗透性
纯砾	$>10^{-1}$	高渗透性
纯砂与砾混合物	$10^{-3} \sim 10^{-1}$	中渗透性
极细砂	$10^{-5} \sim 10^{-3}$	低渗透性
粉土、砂与黏土混合物	$10^{-7} \sim 10^{-5}$	极低渗透性
黏土	$<10^{-7}$	几乎不透水

1.2 场地平整施工

场地平整一般是土方工程施工的第一道工序, 场地平整前应先做好各项准备工作, 如清除场地内所有地上、地下障碍物, 排除地面积水, 铺筑临时道路等; 同时还要进行场区竖向规划设计, 确定场地设计标高, 计算挖方和填方的工程量, 进行土方调配, 根据工程规模、施工期限、土的类别选择土方机械, 拟定施工方案等。

1.2.1 场地设计标高的确定

场地设计标高是进行场地平整和土方工程量计算的依据, 也是现场总施工平面图布置和竖向设计的依据。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,

加快施工进度等有重要的意义。

场地设计标高应满足规划、生产工艺及运输、排水及最高洪水位等要求外,应尽可能使场地内土方挖填平衡且土方量最小。

场地设计标高的确定常用以下两种方法:

1) 按挖填平衡原则确定设计标高。适用于场地比较平缓,对场地设计标高无特殊要求的情况,按照“挖填土方量相等”的原则确定场地设计标高。

2) 用最小二乘法原理求最佳设计平面。应用最小二乘法的原理,不仅可满足土方挖填平衡的要求,还可做到土方的总工程量最小,实现场地设计平面的优化。

场地设计标高应在设计文件上标明,若设计文件没有标明,可按照挖填平衡原则依据下述步骤和方法确定。

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 10~40m 的方格网 [图 1-1 (a)]。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。各方格角点的地面标高,当地形平坦时,可根据地形图上相邻两等高线的标高,用插入法求得。当地形起伏较大或无地形图时,可在地面用木桩打好方格网,用仪器直接测出。

按照场地内土方工程量在平整前及平整后相等的原则,场地设计标高可计算为

$$H_0 na^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

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

式中: H_0 ——场地设计标高;

a ——方格边长;

n ——方格数;

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——一个方格的四个角点标高。

从图 1-1 可见, 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,而 H_{22} 系相邻四个方格的公共角点标高。如果将所有方格的四个角点标高相加,则类似 H_{12} 的角点标高需加两次,而类似 H_{22} 的角点标高要加四次,为便于计算,上式可改写成下列的形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n} \quad (1-5)$$

式中: H_1 ——一个方格独有的角点标高;

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。

2. 场地设计标高的调整

按式 (1-5) 所计算的场地设计标高 H_0 系一理论值,还需要考虑以下影响因素进行调整。

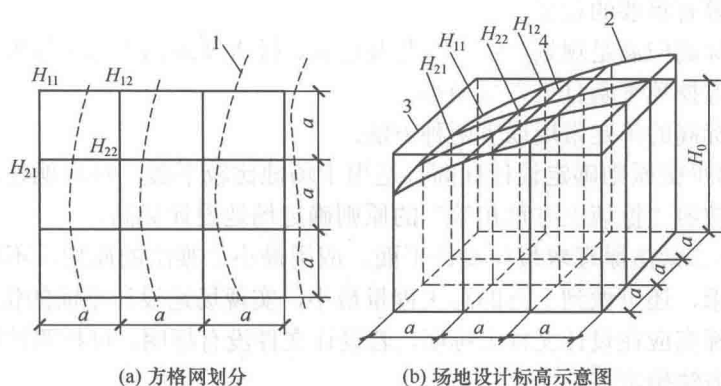


图 1-1 场地设计标高计算示意图

1. 等高线; 2. 自然地面标高; 3. 设计地面标高; 4. 自然地面与设计标高平面的交线 (零线)

(1) 土的可松性影响

由于土具有可松性, 按理论计算出的 H_0 进行施工, 填土会有剩余, 需相应地提高设计标高, 如图 1-2 所示。若 Δh 为土的可松性引起设计标高的增加值, F_W 、 F_T 为场地挖方横断面积及填方横断面积, 则设计标高调整后的总挖方体积 V_W' 为

$$V_W' = V_W - F_W \Delta h$$

总填方体积为

$$V_T' = V_T + F_T \Delta h$$

而

$$V_T' = V_W' K_s'$$

所以

$$V_T + F_T \Delta h = (V_W - F_W \Delta h) K_s'$$

移项整理得

$$\Delta h = \frac{V_W K_s' - V_T}{F_T + F_W K_s'}$$

当 $V_W = V_T$ 时, 上式化为

$$\Delta h = \frac{V_W (K_s' - 1)}{F_T + F_W K_s'}$$

故考虑土的可松性后, 场地设计标高应调整为

$$H_0' = H_0 + \Delta h \quad (1-6)$$

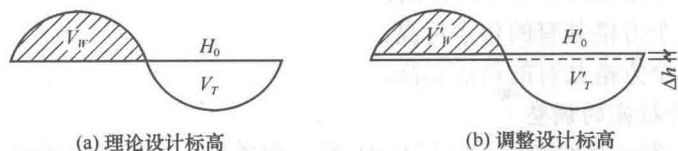


图 1-2 设计标高调整计算

(2) 借土或弃土的影响

由于受设计标高以下的各种填方工程的填土量或设计标高以上的各种挖方工程的挖土量的影响,以及经过经济比较而将部分挖方就近弃土于场外(弃土),或部分填方就近从场外取土(借土),都会导致设计标高的降低或提高。因此需根据实际情况适当调整设计标高。

(3) 泄水坡度的影响

按上述步骤计算并调整后的场地设计标高,施工平整后场地是一个平面。但实际上由于排水的要求,场地表面需要有一定的泄水坡度,其大小应符合设计规定。因此,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(单向泄水或双向泄水图 1-3),计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。

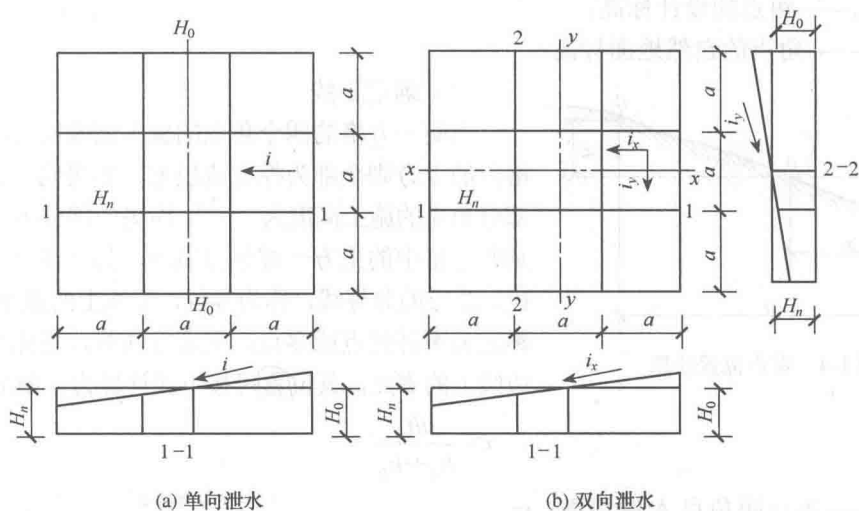


图 1-3 场地泄水坡度示意图

单向泄水时,以计算出的设计标高 H_0 (或调整后的设计标高 H_0') 作为场地中心线的标高。场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_n = H_0(H_0') \pm li \quad (1-7)$$

式中: l ——该方格角点距场地中心线的距离, m;

i ——场地泄水坡度(不小于 0.2%)。

当场地表面为双向泄水时,设计标高的求法原理与单向泄水坡度时相同。场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_n = H_0(H_0') \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-8)$$

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 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上的泄水坡度。

1.2.2 场地平整土方工程量的计算

场地平整土方工程量的计算方法,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。

1. 方格网法

将场地划分为正方形的方格网,方格边长一般取 10m、20m、30m、40m 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。具体步骤如下:

(1) 计算场地各方格角点的施工高度为

各方格角点的施工高度(挖或填的高度),可按下式计算为

$$h_n = H_n - H \quad (1-9)$$

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。

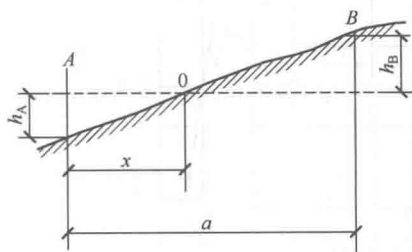


图 1-4 零点位置计算

(2) 确定零线

当同一方格的四个角点的施工高度同号时,该方格内的土方则全部为挖方或填方,如果同一方格中一部分角点的施工高度为“+”,而另一部分为“-”时,则此方格中的土方一部分为填方,另一部分为挖方。挖、填方的分界线,称为零线,零线上的点不填不挖,称之为不开挖点或零点。确定零线时,要先确定方格边线上的零点,其位置可按下式计算为(图 1-4)

$$x = \frac{ah_A}{h_A + h_B} \quad (1-10)$$

式中: x ——零点距角点 A 的距离, m;

a ——方格边长, m;

h_A 、 h_B ——相邻两角点 A、B 的施工高度(取绝对值), m。

将方格网中各相邻的零点连接起来,即为不挖不填的零线。零线将场地划分为挖方区域和填方区域两部分。

(3) 计算场地方格挖填土方量

场地各方格土方量的计算,可采用四方棱柱体的体积计算方法,一般有下列四种类型。

1) 方格四个角点全部为填方或全部为挖方(图 1-5),其土方量为

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-11)$$

2) 方格的相邻两角点为挖方,另两角点为填方(图 1-6),其挖方部分的土方量为

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-12)$$

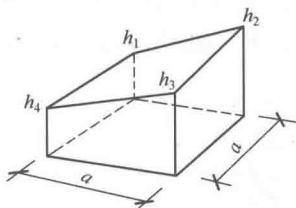


图 1-5 全挖(全填)方格

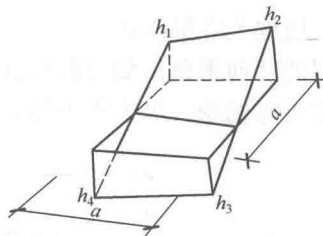


图 1-6 两挖两填方格

填方部分的土方量为

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_4^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_3^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-13)$$

3) 方格的三个角点为挖方, 另一个角点为填方, 或者相反时 (图 1-7), 其填方部分土方量为

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_4^3}{(h_3 + h_4)(h_4 + h_1)} \quad (1-14)$$

挖方部分土方量为

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-15)$$

4) 方格的一个角点为挖方, 相对的角点为填方, 另两个角点为零点时 (图 1-8), 其挖(填)方土方量为

$$V = \frac{1}{6} a^2 h \quad (1-16)$$

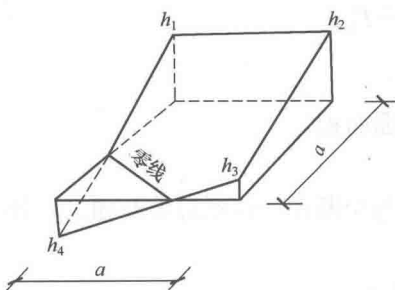


图 1-7 三挖一填(或三填一挖)方格

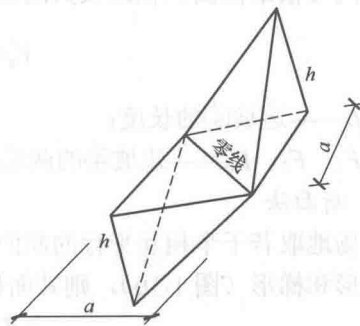


图 1-8 一挖一填方格

以上的计算公式是根据平均中断面的近似公式推导而得, 当方格网中地形不平时误差较大, 但计算相对简单, 目前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划成三角棱柱体进行计算, 但该法计算工作量大, 一般适宜用电子计算机计算土方量, 在此不再赘述。

(4) 计算场地边坡土方量

在场地平整施工中, 沿着场地四周都需要做成边坡, 以保持土体稳定, 保证施工和