

土木工程 施工技术

主编

人民交通出版社

Tumu Gongcheng Shigong Jishu

土木工程施工技术

姚刚 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书阐述了土木工程施工的基本理论及其工程应用,在内容上力求符合国家现行规范的要求、反映现代土木工程施工技术水平,以满足教学和工程实践的需要。本书主要包括土方工程、桩基础工程、砌体工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、高层建筑主体结构工程、桥梁基础工程、桥梁结构工程、道路工程等十二章。

本书为高等院校土木工程专业教学用书,亦可作为相关专业的教学参考书,并可供土木工程领域科研及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术/姚刚主编. - 北京:人民交通出版社,1999.8

ISBN 7-114-03447-4

I.土… II.姚… III.土木工程-工程施工-技术 IV.T
U74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 31617 号

土木工程施工技术

姚 刚 主编

版式设计:刘晓方 责任校对:张捷 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:29.75 字数:749 千

1999 年 8 月 第 1 版

2000 年 4 月 第 1 版 第 2 次印刷

印数:4101~7100 册 定价:36.00 元

ISBN7-114-03447-4

U·02469

前 言

随着我国现代化建设事业的飞速发展，工程建设愈来愈需要宽口径专业人才。为此，国家对普通高等学校的专业设置进行了调整，新的土木工程专业将逐步涵盖原来的建筑工程、道路与桥梁工程、港口工程等专业领域。为适应建设人才培养目标的新需要，结合我国目前专业设置的实际状况，我们组织编写《土木工程施工技术》教材，它与另一本名为《工程项目管理与施工组织设计》的教材，可一并作为土木工程专业施工课教学用书。本书着重介绍了建筑施工技术、道路与桥梁施工技术的基本理论及其工程应用，结合现代土木工程施工技术的发展，本书在内容上力求反映现代土木工程施工新技术、新工艺及新成就，并紧扣现行建筑结构设计及施工验收规范，道路与桥梁工程设计及施工验收规范。

本书在编写过程中得到了重庆建筑大学卢忠政教授、毛鹤琴教授、林文虎教授的悉心赐教，提出了不少宝贵意见，毛鹤琴教授还担任了本书的主审，为本教材的编写给予了大力支持，在此深表谢意。

本书由重庆建筑大学建筑施工教研室组织编写。主编姚刚、副主编朱正刚、张宏胜。参加编写人员：朱正刚（第一、二、十、十一、十二章），张宏胜（第三、五章）、陈渝（第四章）、华建民（第八章）、姚刚（第六、七、九章），杨志勇负责部分插图绘制。

本书由重庆建筑大学毛鹤琴教授、邓朝荣教授、重庆交通学院谢正鼎教授主审。

编 者

1999年3月于重庆

目 录

第一章 土方工程	1
第一节 场地平整土方量计算与调配	3
第二节 施工排水与流沙防治	18
第三节 土方边坡与支护	31
第四节 土方机械化施工	42
第五节 爆破工程	53
第二章 桩基础工程	69
第一节 钢筋混凝土预制桩	69
第二节 灌注桩	82
第三章 砌体工程	101
第一节 砌体材料	101
第二节 砌筑用脚手架	102
第三节 砌体工程垂直运输设施	107
第四节 砖砌体施工	108
第五节 中小型砌块施工	111
第四章 混凝土结构工程	114
第一节 模板工程	114
第二节 钢筋工程	125
第三节 混凝土工程	147
第五章 预应力混凝土工程	191
第一节 预应力用钢材	191
第二节 预应力张拉锚固体	192
第三节 预应力用液压千斤顶	200
第四节 预应力混凝土施工工艺	201
第六章 结构安装工程	214
第一节 起重机械	214
第二节 索具设备	225
第三节 单层工业厂房结构安装	229
第四节 多层房屋结构安装	246
第五节 升板法施工	257
第七章 防水工程	268
第一节 卷材防水屋面	268
第二节 涂膜防水屋面	275
第三节 刚性防水屋面	279

第四节	地下防水工程	281
第八章	装饰工程	289
第一节	抹灰工程	289
第二节	饰面板(砖)工程	297
第三节	裱糊工程	302
第四节	铝合金幕墙与玻璃幕墙	304
第五节	涂料工程	306
第六节	刷浆工程	310
第九章	高层建筑主体结构施工	313
第一节	概述	313
第二节	高层建筑主体结构滑模施工	316
第三节	高层建筑主体结构大模板施工	325
第四节	高层建筑主体结构爬模施工	329
第五节	高层钢结构工程施工	336
第十章	桥梁基础工程施工	356
第一节	围堰施工	356
第二节	管柱基础施工	359
第三节	沉井基础施工	365
第十一章	桥梁结构工程施工	374
第一节	桥梁结构施工用设备和支架	374
第二节	墩台施工	392
第三节	桥梁结构施工方法	398
第十二章	道路工程施工	421
第一节	路基工程施工	429
第二节	路面工程施工	443

第一章 土方工程

土方工程是土木工程施工的主要工种工程。常见的土方工程有：场地平整；地下室、基坑（槽）及管沟的开挖与回填；地坪填土与碾压；路基填筑等。

土方工程量大面广、劳动繁重。在场地平整及大型基坑（槽）开挖工程中，土方施工面积达数平方公里，甚至数十平方公里，土方量可达几万甚至几百万立方米。

土方工程多为露天作业，土（石）是一种天然物质，成分较为复杂，直接受到地区、气候、水文、地质等诸多因素的影响。

为此，在组织土方工程施工时，要进行现场勘测，做好如地面清理、地下障碍物清除、修筑临时运土道路等施工前的准备工作。尽可能采用机械化施工，在条件不具备或机械设备不足时，应创造条件，采用半机械化和革新机具相结合，以代替或减轻繁重的体力劳动，提高劳动生产率。合理安排施工计划，尽可能避免雨季施工，及时做好施工排水和降水、土壁支护等工作。贯彻不占或少占农田和可耕地，并有利于改地造田的原则，作出土方的合理调配方案，统筹安排。

土的种类繁多，其工程性质直接影响支护结构设计、土方工程施工方法的选择、劳动量消耗和工程费用。

按开挖的难易程度，在现行预算定额中，土可分为八类，见表 1-1 所示。

土的工程分类

表 1-1

土的分类	土的级别	土的名称	坚实系数	密实度	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	略有粘性的砂土；粉土腐殖土及疏松的种植土；淤泥	0.5~0.6	600~1500	用锹、少许用脚蹬，或用板锄挖掘
二类土 (普通土)	II	潮湿的粘性土和黄土；软的盐渍土和碱渍土；含有建筑材料碎屑、碎石、卵石的堆积土和种植土	0.6~0.8	1100~1600	用锹、条锄挖掘，用脚蹬，少许用镐
三类土 (坚土)	III	中等实密的粘性土或黄土；含有碎石、卵石或建筑材料碎屑的潮湿粘性土或黄土	0.8~1.0	1800~1900	主要用镐、条锄、少许用锹
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的粘性土或黄土；含有碎石、砾石的中等密实粘性土或黄土；硬化盐土；软泥岩	1~1.5	1900	全部用镐、条锄挖掘，少许用撬棍挖掘
五类土 (软石)	V~VI	坚硬的石灰粘土；胶结不紧的砾岩；软、节理多的石灰岩及贝壳石灰岩；坚硬的白垩土；中等坚硬的页岩、泥灰岩	1.5~4.0	1200~2700	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	VII~IX	坚硬的泥质页岩；坚实的泥灰岩；角砾状花岗岩；泥灰质石灰岩；粘土的花岗岩、片麻岩；滑石质蛇纹岩；密实的石灰岩；硅质胶结的砾石；砂岩、砂质石质页岩	4~10	2200~2900	用爆破方法开挖，部分用风镐

续上表

土的分类	土的级别	土的名称	坚实系数	密实度	开挖方法及工具
七类土 (坚石)	X~XIII	白云岩; 大理石; 坚实的石灰岩、石灰质及石英质砂岩; 坚硬的砂质页岩; 蛇纹岩; 粗粒正长岩; 有风化痕迹的安山岩; 片麻岩、粗面岩; 中粗花岗岩; 坚实的片麻岩、粗泥岩; 辉绿岩; 中粗正长岩	10~18	2500~2900	用爆破方式开挖
八类土 (特坚石)	XIV~XVI	坚实的粗粒花岗岩; 花岗片麻岩; 闪长岩; 坚实的玢岩、角闪岩、辉长岩、石英岩; 最坚实的辉绿岩、石灰岩及闪长岩; 橄榄石质玄武岩; 特别坚实的辉长岩, 石英岩及玢岩	18~25 以上	2700~3000	用爆破方式开挖

注: 1. 土的级别为相当于一般 16 级土石分类级别。

2. 坚实系数为相当于普氏岩石强度系数。

按现行《土方与爆破工程施工及验收规范》(GBJ201—83), 土可分为以下几类:

(1) 根据土的颗粒级配或塑性指数, 可分为碎石类土、砂土和粘性土。

(2) 根据土的沉积年代, 粘性土又可分为老粘性土、一般粘性土和新近沉积粘性土。

(3) 根据土的工程特性尚可分出特殊粘土, 如软土、人工填土、黄土、膨胀土、红粘土、盐渍土和冻土。

土有各种工程性质, 影响土方工程的施工方法和工程量的大小等。土具有可松性, 并与土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量有关。自然状态下的土, 经过开挖后, 其体积因松散而增加, 虽经回填夯实, 仍不能恢复原体积。土的可松性程度用可松性系数来表示。

$$K_S = \frac{V_2}{V_1}; K'_S = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-1)$$

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);

土的可松性系数参考数值

表 1-2

土的类别	体积增加百分比 (%)		可松性系数	
	最初	最终	K_S	K'_S
一 (种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一 (植物性土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二	14~23	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四 (泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四 (泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五~七	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

注: 最初体积增加百分比 = $\frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$;

最终体积增加百分比 = $\frac{V_3 - V_1}{V_1} \times 100\%$ 。

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 ——土经回填夯实后的体积 (m^3)。

原状土经机械往返运行,或采用其它压实措施后,必将产生沉陷。其沉降量视不同土质而变化。

$$S = \frac{P}{C} \quad (1-2)$$

式中: S ——沉降量 (cm), 一般为 3~30cm;

P ——有效作用力 (MPa), 对容量 6~8 m^3 铲运机取 0.6MPa; 对 100 马力推土机取 0.4MPa;

C ——土的抗陷数值 (MPa) (表 1-3)。

各种原状土 C 值参考表 (MPa)

表 1-3

原 状 土 质	C 值	原 状 土 质	C 值
沼泽土	0.01~0.015	大块胶结砂、潮湿粘土	0.035~0.06
凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025	坚实的粘土	0.10~0.125
松砂、松湿粘土、耕土	0.025~0.035	泥灰岩	0.13~0.18

第一节 场地平整土方量计算与调配

在场地平整施工前,为了制订施工方案,合理组织施工,对挖填土方进行合理规划,首先进行土方工程量的计算和土方调配。

一、场地平整土方量计算

(一) 场地设计标高的确定

场地设计标高的确定是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。在确定场地设计标高时,应考虑以下几方面的原则:

(1) 符合生产工艺和运输的要求;

(2) 充分利用地形(如分区或分台阶),以减少挖方数量;尽量使填、挖土方量相等(面积大、地形复杂的可例外),以降低土方运输费用;

(3) 满足场地内排水的要求(泄水坡度 $\geq 2\%$);并考虑最高洪水水位的影响。

1. 初定场地设计标高

场地设计标高一般应在设计文件中规定,若设计文件无规定时,有二种方法确定,即“最佳设计平面法”和“挖、填土方量平衡法”。“最佳设计平面法”来确定场地设计标高时,针对大型场地的竖向规划设计,是应用最小二乘法的原理,计算出最佳设计平面(场地区各方格角点的填、挖高度的平方和最小),可同时满足填、挖土方量相等和总的土方量最小这两个条件,但此法计算繁杂。“挖、填土方量平衡法”主要针对小型场地平整且对场地标高无特殊要求时采用,虽然能满足填、挖土方量相等的要求,却不能保证总土方量最小,但概念直观、计算简便,精度能满足施工要求,常为施工实际采用。

计算前(简图见图 1-1)应先将场地平面划分成方格网,并根据地形图将每个方格角点自然地面标高标注于图上。若无地形图时,用木桩打好方格网,用仪器直接测出各角点自然

地面标高。

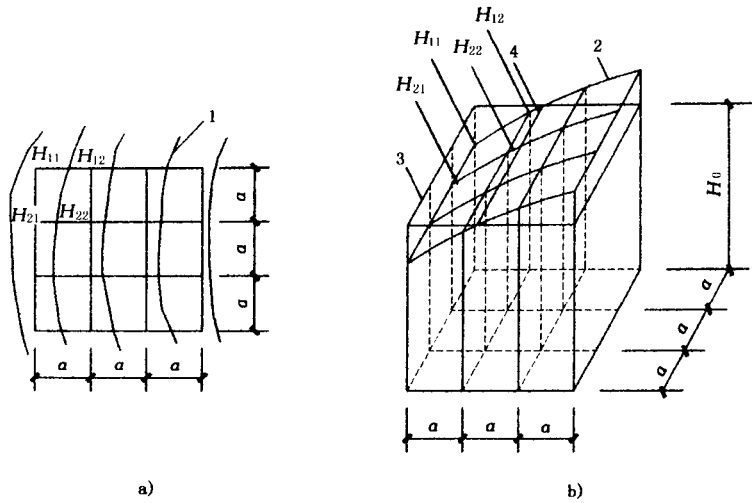


图 1-1 场地设计标高计算简图

a) 地形图上划分网格; 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)

按照场地内的土方在平整前和平整后绝对体积相等的原则,场地设计标高可按下式计算:

$$H_0 \cdot N \cdot a^2 = \sum_1^n \left(a^2 \cdot \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

$$H_0 = \frac{\sum_1^n (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-3)$$

式中: H_0 ——所计算场地的设计标高 (m);

a ——方格边长 (m);

N ——方格数;

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一方格四角点标高(m)。

由于相邻方格具有公共的角点标高。 H_{11} 系一个方格的角点标高; H_{12} 、 H_{21} 系二个方格共有的角点标高; H_{22} 系四个方格共有的角点标高。在计算时,其角点标高的使用次数不同,系一个方格所有的角点只用一次;系二个方格共有的角点使用二次;系四个方格共有的角点使用四次。因而式(1-3)可简化为:

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

式中: H_1 ——一个方格所有的角点标高 (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)。

2. 计算设计标高的调整值

按式(1-4)计算出的设计标高系理论值,意味着将整个场地推平,来达到填、挖土方量相等,而在实际施工过程中,还需考虑下列因素的影响而对设计标高进行调整。

(1) 土的可松性影响

如图 1-2 所示, 设 Δh 为考虑土的可松性而引起的设计标高增加值。则:

$$V_T + F_T \cdot \Delta h = (V_w - F_w \cdot \Delta h) \cdot K'_s$$

$$\Delta h = \frac{V_w \cdot K'_s - V_T}{F_T + F_w \cdot K'_s} \quad (1-5)$$



图 1-2 设计标高调整计算示意图
a) 理论设计标高; b) 调整设计标高

式中: V_w ——调整前总挖方体积 (m^3);

V_T ——调整前总填方体积 (m^3), $V_T = V_w$;

F_w ——调整前挖方区总面积 (m^2);

F_T ——调整前填方区总面积 (m^2);

K'_s ——土的最后可松性系数。

考虑土的可松性影响, 场地设计标高调整后为 H'_0 , 即:

$$H'_0 = H_0 \pm \Delta h \quad (1-6)$$

(2) 由于设计标高以上的各种填方工程 (如修筑路堤) 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 (如开挖基坑、基槽、水池等) 而影响设计标高的提高。从经济比较的结果, 将部分挖方就近弃于场外, 或者部分填方就近取于场外, 这些因素会引起填挖土方量的变化, 需对设计标高进行调整。

调整值可按具体情况经近似公式计算后加以调整。

$$H'_0 = H_0 \pm \frac{Q}{N \cdot a^2} \quad (1-7)$$

式中: H'_0 ——调整后的设计标高 (m);

H_0 ——原设计标高 (m);

Q ——按原设计标高平整后多余或不足的土方量 (m^3)。

(3) 泄水坡度影响

按上述计算出设计标高进行场地平整时, 整个场地处于一个水平面, 实际上场地表面要有一定的泄水坡度进行排水, 泄水坡度要符合设计要求, 若设计无要求时, 一般泄水坡度应沿排水方向做成不小于 2‰。根据场地泄水坡度的要求 (单向泄水或双向泄水) (图 1-3), 计算出场地内各方格角点实施施工时所使用的标高。由于单向泄水只是双向泄水的特例, 对于双向泄水, 设场地中心的设计标高为 H_0 , 场地内任一角点的设计标高为 H_n , 则:

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

式中: l_x 、 l_y ——计算点沿 x 、 y 方向距中心点的距离;

i_x 、 i_y ——场地沿 x 、 y 方向的泄水坡度。当 i_x (或 i_y) 为零时, 为单向泄水;

\pm ——计算点比中心点高时, 取“+”; 计算点比中心点低时, 则取“-”。

(二) 场地平整土方量计算

场地平整时土方量的计算方法通常采用方格网法, 当地形起伏较大或地形较为狭长时, 常采用断面法。

1. 方格网法

方格网法是利用方格网来控制整个场地, 从而计算土方工程量, 主要适用于地形较为平坦、面积较大的场地。

1) 计算方格各角点的施工高度

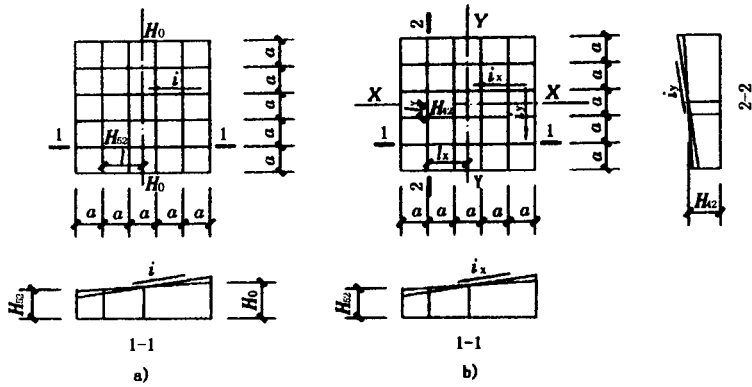


图 1-3 有泄水坡度的场地
a) 单向泄水坡度; b) 双向泄水坡度

施工高度是场地内要填筑或挖掉的高度。

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

式中: h_n ——方格各角点的施工高度 (m), 当 h_n 为 “+” 时, 表示填方; 当 h_n 为 “-” 时, 表示挖方;

H_n ——调整后的设计标高 (m);

H ——方格各角点自然地面标高 (m)。

2) 确定零线

零点是方格网中不挖不填的点。零线就是填方区和挖方区的分界线, 即为不挖不填的线。零线确定方法为: 先求出有关方格边线 (特点为一端为填方, 另一端为挖方) 上的零点, 然后将相邻零点连接, 即为零线。

零点位置的确定为 (图 1-4)。

$$x = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a \quad (1-10)$$

式中: x ——零点至 A 点距离;

h_1 、 h_2 ——施工高度。

3) 计算土方工程量

利用方格网计算土方量时, 可采用四角棱柱体法和三角棱柱体法。

(1) 四角棱柱体法

方格四角点全部为挖或者填时 (图 1-5), 其体积为:

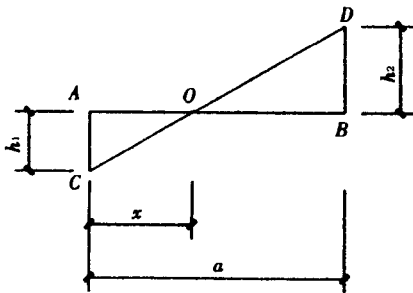


图 1-4 求零点的图解法

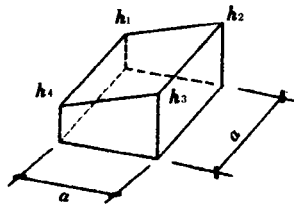


图 1-5 全挖或全填的方格

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

式中： h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ——方格四角点施工高度 (m)；

a ——方格边长 (m)；

V ——填方或挖方体积 (m^3)。

方格的相邻两角点为挖方，另两角点为填方 (图 1-6) 时，则挖方部分土方量为：

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

填方部分的土方量为：

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

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 1-7 所示。

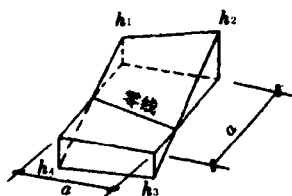


图 1-6 两挖和两填的方格

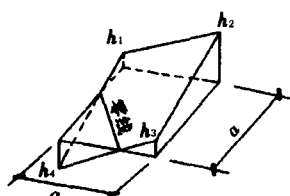


图 1-7 三挖一填 (或相反) 的方格

填方部分的土方量为：

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

挖方部分的土方量为：

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

(2) 三角棱柱体法

三角棱柱体法是在方格网中，沿地形等高线的方向将每个方格的对角线连接而划分为两个等腰三角形，从而计算每个三角棱柱体的体积。

三角形全部为挖方或填方时 (图 1-8)，其土方量为：

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-14)$$

式中： V ——填方或挖方体积 (m^3)；

h_1 、 h_2 、 h_3 ——三角形各角点施工高度 (m)；

a ——方格边长 (m)。

三角形部分为挖方，部分为填方时 (图 1-9)，其土方量为：

挖方部分的土方量为：

$$V_3 = \frac{a^2}{6} \frac{h_3^3}{(h_3 + h_1)(h_3 + h_2)} \quad (1-15a)$$

填方部分的土方量为：

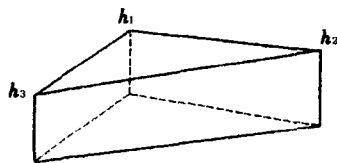


图 1-8 全填或全挖

$$V_{2,3} = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 - h_3) + V_3 \quad (1-15b)$$

4) 计算场地边坡土方工程量

场地在平整时，为了保证土体的稳定和施工安全，填方区和挖方区边沿，都应做成一定坡度的边坡。边坡的表示方法如图 1-10 所示。

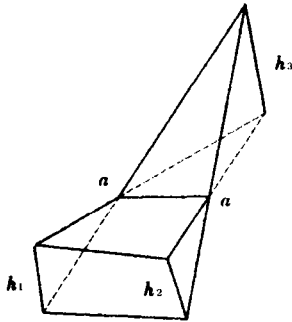


图 1-9 部分挖方、部分填方

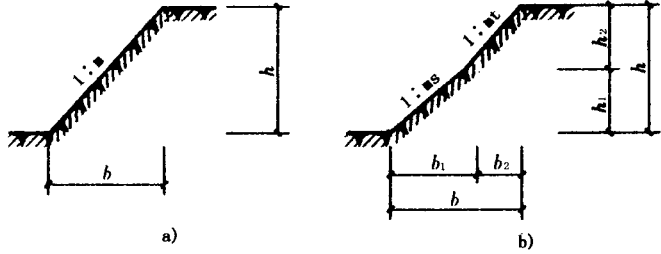


图 1-10 土方边坡

a) 直线形边坡； b) 折线形边坡

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = 1:m$$

$$\text{坡度系数 } m = \frac{B}{H} \quad (1-16)$$

边坡大小的确定，应根据土质、挖填方高度、开挖的方式、留置时间的长短、排水情况等综合考虑。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，需要修改边坡时，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。在山坡整体性稳定情况下，高度在 10m 以内的临时性挖方边坡坡度应按表 1-4 取值。

使用时间较长的临时性挖方边坡坡度值

表 1-4

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。

永久性填方边坡坡度应按设计要求进行施工。

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

在地质情况不良 (如滑坡、长年浸水和软弱土层等) 的地段填方时，其边坡坡度应由计算确定。

图 1-11 所示场地边坡平面图，从图中可以看出，边坡土方量的计算可近似用两种几何形体，即三角棱锥体和三角棱柱体。

三角棱锥体（如①~③部分，⑤~⑪部分）的计算（例如图中①部分）：

$$V = \frac{1}{3} Fl \quad (1-17)$$

式中： l ——边坡的长度（m）， $l = l_1$ ；

F ——边坡的端面积（ m^2 ）， $F = F_1 = \frac{m}{2} h_2 \cdot h_2 = \frac{1}{2} m h_2^2$ ；

h_2 ——角点的挖方高度（m）；

m ——挖方的坡度系数。

三角棱柱体（如④部分）的计算：

$$V = \frac{(F_1 + F_2)}{2} \cdot l \quad (1-18a)$$

当两端横断面面积相差较大时，则：

$$V = \frac{1}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2) \cdot l \quad (1-18b)$$

2. 断面法

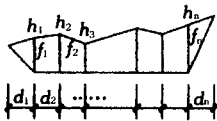


图 1-12 F_i 断面

断面法是沿场地的纵向或相应的方向取若干个相互平行的断面，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 1-12 所示，对于任一断面，其三角形或梯形的面积计算为：

$$f_1 = \frac{1}{2} h_1 d_1; f_2 = \frac{1}{2} (h_1 + h_2) d_2; \dots; f_n = \frac{1}{2} h_n d_n$$

断面面积为： $F_i = f_1 + f_2 + \dots + f_n$

各个断面面积求出后，设各断面面积分别为 F_1, F_2, \dots, F_n ，相邻两断面间的距离依次为 L_1, L_2, \dots, L_n ，则土方体积为：

$$V = \frac{1}{2} (F_1 + F_2) L_1 + \frac{1}{2} (F_2 + F_3) L_2 + \dots + \frac{1}{2} (F_{n-1} + F_n) L_n \quad (1-19)$$

（三）场地平整土方量计算示例

某建筑场地地形图和方格网（ $a = 20m$ ）布置如图 1-13 所示。该场地系亚粘土，地面设计泄水坡度为： $i_x = 3\%$ ， $i_y = 2\%$ 。建筑设计、生产工艺和最高洪水位等方面均无特殊要求。不考虑土的可松性影响，如有余土，可以加宽边坡。试计算挖、填土方量。

1. 计算各角点地面标高

根据图 1-13 所标注的等高线，用插入法求解各角点的地面标高。

首先假定每相邻两等高线之间的地面高低是呈直线变化的，然后根据相似三角形求解。如求角点 4 的地面标高 H_4 （图 1-14）：

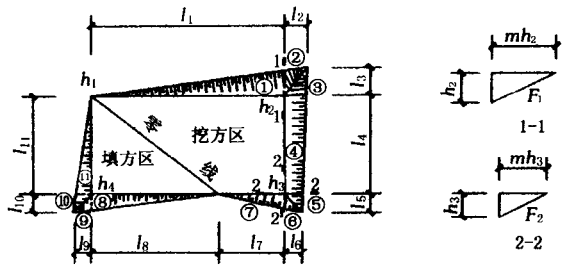


图 1-11 场地边坡平面图

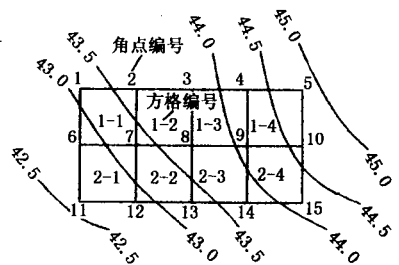


图 1-13 某场地地形图和方格网布置

$$h_x:0.5 = x:l$$

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

$$H_4 = 44.0 + h_x$$

在地形图中只要量出 x 和 l 的长度, 即可算出 H_4 的数值。对于其它各角点的地面标高, 可采用类似的方法求得, 如图 1-15 所示。

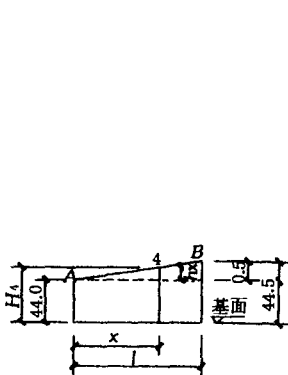


图 1-14 插入法计算简图

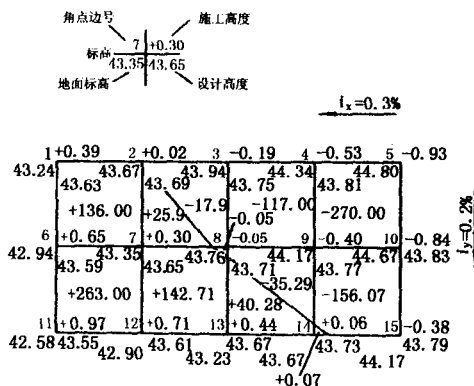


图 1-15 方格网法计算土方工程量图

2. 计算场地设计标高 H_0 值

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

$$\begin{aligned} \sum H_2 &= 43.67 + 43.94 + 44.34 + 44.67 + 43.67 + 43.23 + 42.90 + 42.94 \\ &= 349.36 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\sum H_4 = 43.35 + 43.76 + 44.17 = 131.28 \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned} H_0 &= \frac{1}{4N} (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) \\ &= \frac{1}{4 \times 8} (174.79 + 2 \times 349.36 + 4 \times 131.28) = 43.71 \text{ (m)} \end{aligned}$$

3. 根据泄水坡度调整设计标高

以场地中心为 H_0 , 其余各角点设计标高为:

$$H_8 = H_0 = 43.71\text{m}$$

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

$$H_5 = H_0 + 40 \times 3\text{‰} + 20 \times 2\text{‰} = 43.87\text{m}$$

$$H_6 = H_0 - 40 \times 3\text{‰} = 43.59\text{m}$$

$$H_{10} = H_0 + 40 \times 3\text{‰} = 43.83\text{m}$$

$$H_{11} = H_0 - 40 \times 3\text{‰} - 20 \times 2\text{‰} = 43.55\text{m}$$

其余各角点设计标高如图 1-15 所示。

4. 计算各角点的施工高度

角点施工高度的计算“+”表示填方,“-”表示挖方。

$$h_1 = 43.63 - 43.24 = 0.39\text{m}$$

$$h_2 = 43.69 - 43.67 = 0.02\text{m}$$

$$h_3 = 43.75 - 43.94 = -0.19\text{m}$$

各角点施工高度详见图 1-15。

5. 标出零线

6. 计算各方格土方工程量

(1) 全挖或全填的方格

$$V_{1-1} = \frac{20^2}{4} (0.39 + 0.02 + 0.65 + 0.30) = +136.00\text{m}^3$$

$$V_{2-1} = \frac{20^2}{4} (0.65 + 0.30 + 0.97 + 0.71) = +263.00\text{m}^3$$

$$V_{1-3} = \frac{20^2}{4} (0.19 + 0.53 + 0.05 + 0.40) = -117\text{m}^3$$

$$V_{1-4} = \frac{20^2}{4} (0.53 + 0.93 + 0.40 + 0.84) = -270.00\text{m}^3$$

(2) 两挖两填方格

$$V_{1-2} = \frac{20^2}{4} \left(\frac{0.02^2}{0.02 + 0.10} + \frac{0.30^2}{0.30 + 0.05} \right) = +25.90\text{m}^3$$

$$V_{1-2} = \frac{20^2}{4} \left(\frac{0.19^2}{0.19 + 0.02} + \frac{0.05^2}{0.05 + 0.30} \right) = -17.90\text{m}^3$$

$$V_{2-3} = \frac{20^2}{4} \left(\frac{0.44^2}{0.44 + 0.05} + \frac{0.06^2}{0.06 + 0.40} \right) = +40.28\text{m}^3$$

$$V_{2-3} = \frac{20^2}{4} \left(\frac{0.05^2}{0.05 + 0.44} + \frac{0.40^2}{0.40 + 0.06} \right) = -35.29\text{m}^3$$

(3) 三挖(填)一填(挖)方格

$$V_{2-2} = \frac{20^2}{6} \frac{0.05^3}{(0.05 + 0.30)(0.05 + 0.44)} = -0.05\text{m}^3$$

$$V_{2-2} = \frac{20^2}{6} (2 \times 0.30 + 0.71 + 2 \times 0.44 - 0.05) + 0.05 = +142.71\text{m}^3$$

$$V_{2-4} = \frac{20^2}{6} \frac{0.06^3}{(0.06 + 0.40)(0.06 + 0.38)} = +0.07\text{m}^3$$

$$V_{2-4} = \frac{20^2}{6} (2 \times 0.40 + 0.84 + 2 \times 0.38 - 0.06) + 0.07 = -156.07\text{m}^3$$

场地各方格土方工程量总计为:

$$\text{挖方: } 17.90 + 117.00 + 270.00 + 0.05 + 35.29 + 156.07 = 596.31\text{m}^3$$

$$\text{填方: } 136.00 + 25.90 + 263.00 + 142.71 + 40.28 + 0.06 = 607.95\text{m}^3$$

7. 计算边坡土方工程量

由于场地为亚粘土,由表 1-4 及填方边坡的要求,可得出挖方区边坡坡度取 1:1.25,填方区边坡度取 1:1.50。

场地四个大角点填、挖方宽度为:

$$\text{角点 5 挖方宽: } 0.93 \times 1.25 = 1.16\text{m}$$

$$\text{角点 15 挖方宽: } 0.38 \times 1.25 = 0.48\text{m}$$

$$\text{角点 1 填方宽: } 0.39 \times 1.50 = 0.59\text{m}$$

$$\text{角点 11 填方宽: } 0.97 \times 1.50 = 1.46\text{m}$$

按照场地四个控制角点的边坡宽度,可绘出边坡平面布置图(图 1-16)。