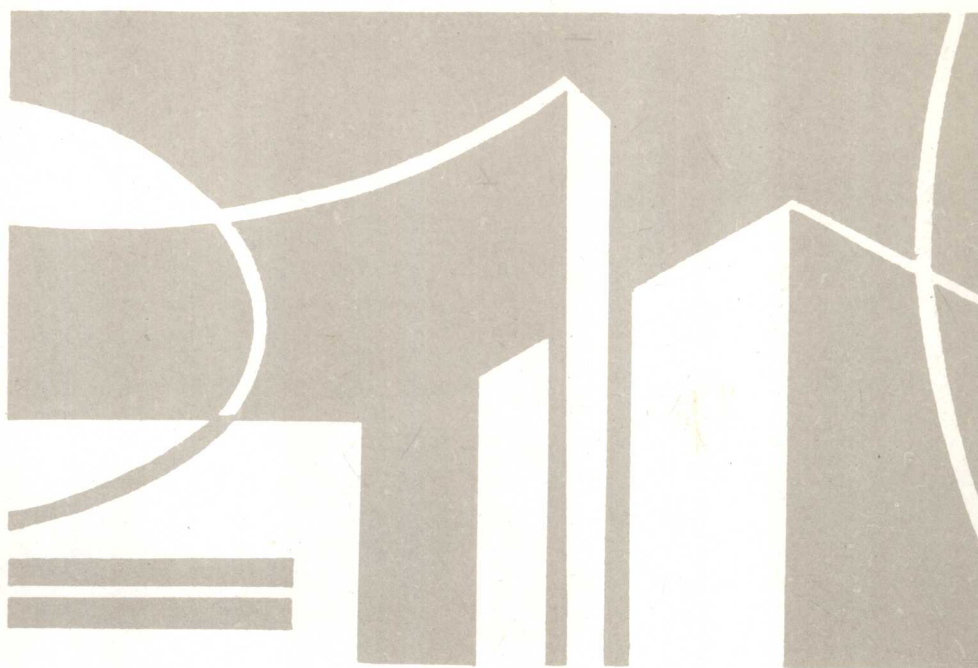


中等专业学校试用教材

给水排水 工程施工

(第二版)

田会杰 主编 常志续 主审



中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

给水排水工程施工

(第二版)

田会杰 主编
常志续 主审

中国建筑工业出版社

本书为给水排水工程专业试用教材之一,是根据建设部颁发的普通中等专业学校给水排水专业教学计划、课程教学大纲、国家新的规范而编写的。全书阐述了给水排水工程的施工内容和方法,主要包括:土石方工程、施工排水、砖石工程、钢筋混凝土工程、沉井工程、地下水取水构筑物施工、地下连续墙施工、地下构筑物防水工程、室外地下管道开槽法施工、地下管道不开槽法施工、室内给排水管道及卫生器具的安装等。共计十一章。本书可作各类中专层次的给水排水、市政工程等相近专业教学用书,也可作有关施工技术人员培训教材。

中等专业学校试用教材
给水排水工程施工
(第二版)

田会杰 主编
常志续 主审

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行
北京市鑫正大印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张16¹/₂ 字数:400千字

1995年6月第二版 2000年6月第八次印刷

印数:61,411—64,410册 定价:17.00元

ISBN 7-112-02425-0

G·215 (7483)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

本书是根据建设部颁发的普通中等专业学校给水排水专业《给水排水工程施工》课程教学大纲编写，由普通中等专业学校水暖通风与给排水专业教学指导委员会推荐出版的第二版试用教材。全书系统地介绍了给水排水工程中施工技术的基础知识和基本施工方法，同时尽量介绍了国内在施工技术方面的新技术、新工艺。

本书由北京城市建设学校田会杰主编，北京建筑工程学院常志续副教授主审。各章编写分工为：第一、二、五章由黑龙江省建筑工程学校边喜龙编写；第四章中一、二节由北京城市建设学校贺力民编写；其余各章由北京城市建设学校田会杰编写。其中第七章地下连续墙施工由北京市政工程局李国业高级工程师编写，在此深致谢意。

限于时间和业务水平，书中难免有不妥之处，恳请广大读者提出批评指正。

1994年5月

目 录

第一章 土石方工程	1
第一节 概述	1
第二节 给排水厂(站)场地平整	7
第三节 沟槽及基坑的土方施工	14
第四节 沟槽及基坑支撑	22
第五节 土方回填	27
第六节 土石方爆破	29
第七节 土石方工程冬、雨季施工	34
第八节 土石方工程的质量要求及安全技术	35
复习思考题	36
第二章 施工排水及地基基础处理	38
第一节 集水井法排水	38
第二节 人工降低地下水位	39
第三节 流砂现象及其防治方法	53
第四节 地基土的加固	54
复习思考题	61
第三章 砖石工程	62
第一节 砖石工程材料	62
第二节 砖砌体施工	63
第三节 砌石工程施工	67
第四节 砖石工程冬、雨季施工	68
第五节 砖石工程安全技术	70
复习思考题	71
第四章 钢筋混凝土工程	72
第一节 模板工程	72
第二节 钢筋工程	86
第三节 混凝土工程	96
第四节 现浇钢筋混凝土水池施工	110
第五节 水下浇筑混凝土	113
第六节 预应力混凝土施工	115
第七节 混凝土冬季施工	127
复习思考题	131
第五章 沉井工程	132
第一节 概述	132
第二节 井筒制作	133
第三节 井筒下沉	135

第四节 井筒下沉的质量与控制	138
第五节 沉井封底	140
复习思考题	141
第六章 地下水取水构筑物施工	142
第一节 管井施工	142
第二节 大口井施工	151
第三节 渗渠施工	153
复习思考题	154
第七章 地下连续墙施工	155
第一节 地下连续墙施工方法概述	155
第二节 导墙	156
第三节 泥浆	158
第四节 槽段钻挖	160
第五节 泥浆下浇筑混凝土	162
复习思考题	163
第八章 地下构筑物防水工程	164
第一节 疏导地下水法	164
第二节 地下构筑物防水	165
第三节 防水工程堵漏技术	170
复习思考题	174
第九章 室外地下管道开槽法施工	175
第一节 下管和稳管	175
第二节 压力流管道接口施工	182
第三节 重力流管道接口施工	200
第四节 管道浮沉法施工	204
第五节 管道冬、雨季施工	205
第六节 管道工程质量检查与验收	206
复习思考题	213
第十章 地下管道不开槽法施工	214
第一节 掘进顶管法	214
第二节 盾构法	225
第三节 其它暗挖法	229
复习思考题	235
第十一章 室内给排水管道及卫生器具的安装	236
第一节 钢管的加工	236
第二节 硬聚氯乙烯管的连接	242
第三节 管道的安装	246
第四节 卫生器具安装	251
第五节 管道及设备的防腐	255
第六节 管道试压及验收	256
复习思考题	257
参考文献	258

第一章 土石方工程

在基本建设中,无论是土建工程,还是给水排水工程都是由土石方工程开始的。土方工程是其它分部分项工程施工的先行,且工程量很大,同时土石方工程受土的种类、性质、水文地质条件、气候条件影响很大。因此研究土石方工程,对搞好给排水工程施工是非常重要的。

第一节 概 述

一、土的组成与结构

土一般由矿物颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)组成,如图1-1(1)所示。矿物颗粒构成土的骨架,空气和水填充骨架间的孔隙,这就是土的三相组成。土中三相组成的比例,反映了土的物理状态。如干燥、稍湿或很湿,密实、稍密或松散。这些指标是最

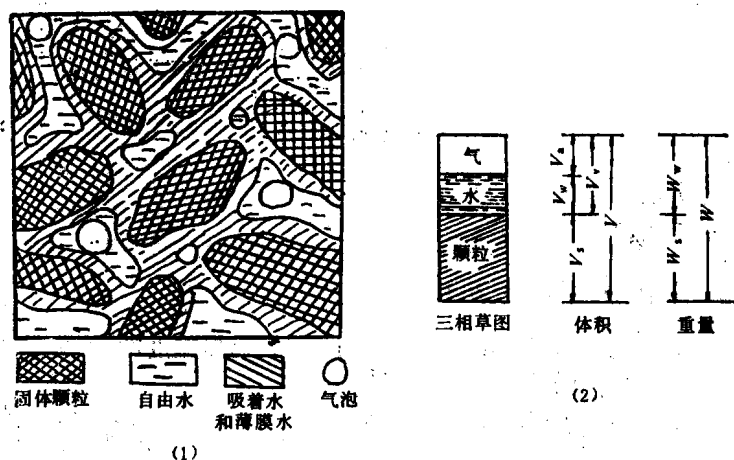


图 1-1 土的组成及三相图

(1) 土的组成; (2) 土的三相图

V —土样的体积; V_s —土样中固体颗粒的体积; V_v —土样中孔隙的体积;

V_w —土样中水的体积; V_a —土样中气体的体积; W —土样的重力;

W_s —土样的固体颗粒的重力; W_w —土样中水的重力

基本的物理性质指标,对评价土石方工程的性质,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,为了研究阐述方便,取一土样将其三相的各部分集合起来,用三相图1-1(2)表示。把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来。

土的结构主要是指土体中土粒的排列与连接。土的结构有单粒结构,蜂窝结构和絮絮

结构，如图1-2所示。

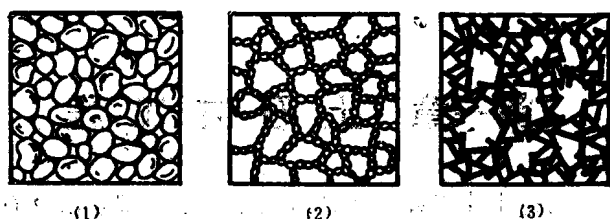


图 1-2 土的结构

(1) 单粒结构；(2) 蜂窝结构；(3) 绒絮结构

具有单粒结构的土是由砂粒等较粗土粒组成，土粒排列越密实，土的强度越大。具有蜂窝结构的土是由粉粒串联而成。蜂窝结构和绒絮结构存在着大量的孔隙，结构不稳定。所以研究土的结构对工程施工是非常重要的。

二、土的性质

主要研究土的物理性质和土的力学性质，土的性质对于土石方稳定性、施工方法及工程量均有影响，因此研究土的性质有着重要的实际意义。

(一) 土的物理性质

1. 土的质量密度和重力密度

天然状态时单位体积土的质量称为土的质量密度，简称土的密度，用符号 ρ 表示。天然状态时单位体积土所受的重力称为土的重力密度，简称土的重度，用符号 γ 表示。

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{t/m}^3) \quad (1-1)$$

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{kN/m}^3) \quad (1-2)$$

式中 m ——土的质量 (t)；

G ——土所受的重力 (kN)。

因为 $G = mg$ ，则有 $\gamma = \frac{mg}{V} = \rho \cdot g$

天然状态下土的密度一般为 $1.6 \sim 2.2 \text{ t/m}^3$ ，土的天然重度约为 $16 \sim 22 \text{ kN/m}^3$ 。

2. 土粒相对密度 (比重)

土粒单位体积的质量与同体积的 4°C 时纯水的质量之比，称为土粒相对密度或称比重，用符号 d_s 表示。砂土一般为 $2.65 \sim 2.69$ ；粉土和粘土一般为 $2.70 \sim 2.76$ ，其数值变化不大。

3. 土的含水量

土中水的质量与颗粒质量之比的百分数称为土的含水量，用符号 w 表示。

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

4. 土的干密度和干重度

土的单位体积内颗粒的质量称为土的干密度，用符号 ρ_d 表示；土的单位体积内颗粒所受的重力称为土的干重度，用符号 γ_d 表示。

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (\text{t/m}^3) \quad (1-4)$$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{V} \quad (\text{kN/m}^3) \quad (1-5)$$

式中 m_s ——土颗粒质量 (t) ;

G_s ——土中颗粒所受的重力 (kN) 。

一般情况下土的干密度为 $1.3 \sim 2.0 \text{ t/m}^3$ 。土的干密度愈大, 表明土愈密实。在回填土夯实时, 常以土的干密度来控制土的夯实程度。

如果已知土的密度和含水量, 即可计算出土的干密度, 即

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} = \frac{m_s}{V} \cdot \frac{m}{m} = \frac{\frac{m}{V}}{\frac{m_s + m_w}{m_s}} = \frac{\rho}{1 + w} \quad (1-6)$$

5. 土的孔隙比与孔隙率

土中孔隙体积与颗粒体积之比称为孔隙比, 用符号 e 表示; 土中孔隙体积与土的体积之比的百分比称为土的孔隙率, 用符号 n 表示。

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-7)$$

$$n = \frac{V_v}{V} \cdot 100\% \quad (1-8)$$

一般情况下砂土的 $e = 0.5 \sim 1.0$ 之间; 粉土及粘性土 $e = 0.5 \sim 1.2$ 之间。孔隙率 $n = 30 \sim 50\%$ 之间。

6. 土的可松性与可松性系数

土的可松性是指在自然状态下的土经开挖后土的结构被破坏。因松散而体积增大, 以后虽然经回填压实, 也不能完全恢复, 这种现象称为土的可松性。土的可松性用最初可松性系数和最后可松性系数表示。

土经开挖后, 其体积增加值用最初可松性系数 K_s 表示:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-9)$$

土经回填后, 其体积增加值用最后可松性系数 K'_s 表示:

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-10)$$

式中 V_1 ——土在开挖前自然状态下体积;

V_2 ——土在开挖后松散状态下体积;

V_3 ——土经回填压实后体积。

7. 填土压实系数

在回填土施工中, 控制压实土的密实程度可用压实系数表示。压实系数为土的控制干密度与最大干密度之比, 即

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \quad (1-11)$$

(二) 土的力学性质

1. 土的抗剪强度

土的抗剪强度就是某一受剪面上抵抗剪切破坏时的最大剪应力，土的抗剪强度可由剪切试验确定，如图1-3所示。土样放在面积为 A 的剪切盒内，施加一个竖向压力 P 和水平力 T 的作用，在剪切面上产生剪切应力 τ 。 τ 随水平力 T 增大而增大。 T 增加到 T' 时在剪切面上土颗粒发生相互错动，土样破坏。此时的剪切应力即为抗剪强度 τ_1 。

$$\tau_1 = \frac{T'}{A}$$

土样内产生的法向应力 σ ：

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

τ 与 σ 成正比。

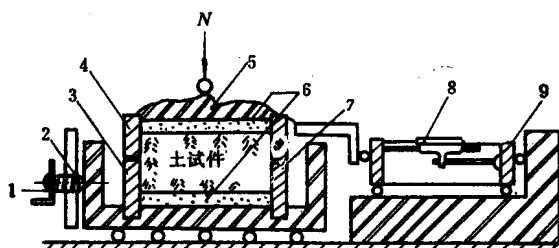


图 1-3 土的剪应力实验装置示意

1—手轮；2—螺栓；3—下盒；4—上盒；5—传压板；
6—透水石；7—开缝；8—测量计；9—弹性量力环



图 1-4 挖方边坡

砂是散粒体，颗粒间没有相互的粘聚作用，因此砂的抗剪强度即为颗粒间的摩擦力。

即

$$\tau = \sigma \cdot \tan \phi$$

式中 ϕ ——内摩擦角。

粘性土颗粒很小，由于颗粒间的胶结作用和结合水的连锁作用，产生粘聚力。即

$$\tau = \sigma \cdot \tan \phi + C$$

式中 C ——粘聚力。

粘性土的抗剪强度由内摩擦力和一部分粘聚力组成。

工程上需用的砂土 ϕ 值和粘土 ϕ 值及粘聚力 C 值都应由土样试验求得。

由于不同的土抗剪强度不同，即使同一种土其密实度和含水量不同，抗剪强度也不同。抗剪强度决定着土的稳定性，抗剪强度愈大，土的稳定性愈好，反之，亦然。

完全松散的土自由地堆放在地面上，土堆的斜坡与地面构成的夹角，称为自然倾斜角。为此要保证土壁稳定，必须有一定边坡。边坡以 $1:n$ 表示，如图1-4所示。

$$n = \frac{a}{h} \quad (1-12)$$

式中 n ——边坡率，

a ——边坡的水平投影长度，

h ——边坡的高度。

含水量大的土，土颗粒间产生润滑作用，使土颗粒间的内摩擦力或粘聚力减弱，土的抗剪强度降低，土的稳定性减弱，因此应留有较缓的边坡。当沟槽上荷载较大时，土体会在压力作用下产生滑移，因此边坡也要缓或采用支撑加固。

2. 侧土压力

地下给水排水构筑物的墙壁和池壁，地下管沟的侧壁，施工中沟槽的支撑，顶管工作坑的后背，以及其它各种挡土结构，都受到土的侧向压力作用，如图 1-5 所示。这种土压力称为侧土压力。

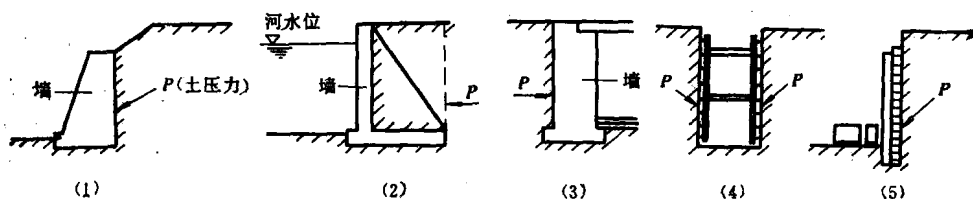


图 1-5 各种挡土结构

(1) 挡土墙；(2) 河堤；(3) 池壁；(4) 支撑；(5) 顶管工作坑后背

根据挡土墙受力后的位移情况，侧土压力可分为以下三类：

(1) 主动土压力

挡土墙在墙后土压力作用下向前移动或转动土体随着下滑，当达到一定位移时，墙后土达极限平衡状态，此时作用在墙背上的土压力就称为主动土压力，如图1-6(1)所示。

(2) 被动土压力

挡土墙在外力作用下向后移动或转动，挤压填土，使土体向后位移，当挡土墙向后达到一定位移时，墙后土体达极限平衡状态，此时作用在墙背上的土压力称为被动土压力，如图1-6(2)所示。

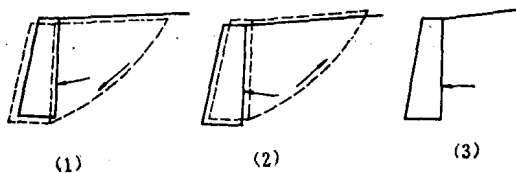


图 1-6 三种土压力

(3) 静止土压力

(1) 主动土压力；(2) 被动土压力；(3) 静止土压力

挡土墙的刚度很大，在土压力作用下不产生移动或转动，墙后土体处于静止状态，此时作用在墙背上的土压力称为静止土压力，如图1-6(3)所示。

上述三种土压力，在相同条件下，主动土压力最小，被动土压力最大，静止土压力介于两者之间。

三种土压力的计算可按库仑土压力理论或朗肯土压力理论计算。

掌握土的压力，对于处理施工中的支撑工作坑后背，各类挡土墙的结构是极其重要的。

三、土的工程分类及野外鉴别方法

(一) 土的工程分类

按土石坚硬程度和开挖方法及使用工具，将土分为八类，见表1-1。

(二) 土的野外鉴别方法

土 的 工 程 分 类

表 1-1

土的分类	土(岩)的分类	密度 (t/m ³)	开挖方法及工具
一 类 土 (松软土)	略有粘性的砂土、粉土、腐殖土及疏松的种植土、泥炭(淤泥)	0.6~1.5	用锹、少许用脚蹬或用锄头挖掘
二 类 土 (普通土)	潮湿的粘性土和黄土, 软的盐土和碱土, 含有建筑材料碎屑、碎石、卵石的堆积土和种植土	1.1~1.6	用锹、需用脚蹬, 少许用镐
三 类 土 (坚 土)	中等密实的粘性土或黄土, 含有碎石、卵石或建筑材料碎屑的潮湿的粘性土或黄土	1.8~1.9	主要用镐、条锄, 少许用锹
四 类 土 (砂砾坚土)	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, 硬化的重盐土, 软泥灰岩	1.9	全部用镐, 条锄挖掘, 少许用撬棍
五 类 土 (软 岩)	硬的石炭纪粘土; 胶结不紧的砾岩; 软的、节理多的石灰岩及贝壳石灰岩; 坚实白垩, 中等坚实的页岩、泥灰岩	1.2~2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘, 部分使用爆破方法
六 类 土 (次坚石)	坚硬的泥质页岩, 坚硬的泥灰岩; 角砾状花岗岩; 泥灰质石灰岩; 粘土质砂岩; 云母页岩及砂质页岩; 风化花岗岩、片麻岩及正常岩; 密实石灰岩等	2.2~2.9	用爆破方法开挖, 部分用风镐
七 类 土 (坚 石)	白云岩; 大理石; 坚实石灰岩; 石灰质及石英质的砂岩; 坚实的砂质页岩; 以及中粗花岗岩等	2.5~2.9	用爆破方法开挖
八 类 土 (特坚石)	坚实细粗花岗岩; 花岗片麻岩; 闪长岩, 坚实角闪岩、辉长岩、石英岩; 安山岩、玄武岩; 最坚实辉绿岩、石灰岩及闪长岩等	2.7~3.3	用爆破方法开挖

在野外粗略地鉴别各类土的方法, 分别参见表1-2和表1-3。

碎石土、砂土野外鉴别方法

表 1-2

类别	土的名称	观察颗粒粗细	干燥时的状态及强度	湿润时用手拍击状态	粘着程度
碎石土	卵(碎)石	一半以上的颗粒超过20mm	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
	圆(角)砾	一半以上的颗粒超过2mm	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
砂土	砾砂	约有1/4以上的颗粒超过2mm	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
	粗砂	约有1/2以上的颗粒超过0.5mm	颗粒完全分散, 但有个别胶结一起	表面无变化	无粘着感觉
	中砂	约有1/2以上的颗粒超过0.25mm	颗粒基本分散, 局部胶结但一碰即散	表面偶有水印	无粘着感觉
	细砂	大部分颗粒与粗豆米粉近似	颗粒大部分分散, 少量胶结, 部分稍加碰撞即散	表面有水印	偶有轻微粘着感觉
	粉砂	大部分颗粒与小米粉近似	颗粒少部分分散, 大部分胶结, 稍加压力可分散	表面有显著翻浆现象	有轻微粘着感觉

土的名称	湿润时用刀切	湿土用手捻摸时的感觉	土 的 状 态		湿土搓条情况
			干 土	湿 土	
粘土	切面光滑, 有粘刀阻力	有滑腻感, 感觉不到有砂粒, 水分较大时很粘手	土块坚硬用锤才能打碎	易粘着物体, 干燥后不易剥去	塑性大, 能搓成直径小于0.5mm的长条, 手持一端不易断裂
粉质粘土	稍有光滑面切面平整	稍有滑腻感, 有粘着感, 感觉到有少量砂粒	土块用力可压碎	能粘着物体, 干燥后易剥去	有塑性, 能搓成直径为0.5~2.0mm土条
粉土	无光滑面切面稍粗糙	有轻微粘着感或无粘滞感, 感觉到砂粒较多	土块用手捏或抛扔时易碎	不易粘着物体, 干燥后一碰就掉	塑性小, 能搓成直径为2~3mm的短条
砂土	无光滑面, 切面粗糙	无粘滞感, 感觉到全是砂粒	松散	不能粘着物体	无塑性, 不能搓成土条

第二节 给排水厂(站)场地平整

一、场地平整及土方量计算

场地平整就是将天然地面改变为工程上所要求的设计平面。场地设计平面通常由设计单位在总图竖向设计中确定, 由设计平面的标高和天然地面的标高差, 可以得到场地各点的施工高度(填挖高度), 由此可以计算场地平整的土方量。其计算步骤如下:

(一) 划分方格网

根据已有地形图(一般用1/500的地形图), 划分成若干个方格网, 其边长为10×10m、20×20m或40×40m。

(二) 计算施工高度

根据方格网, 将自然地面标高和设计标高分别标注在方格网角点的右上角和右下角, 自然地面标高与设计地面标高差值, 即各角点的施工高度, 将其填在方格网的左上角, 挖方为(+), 填方为(-)。

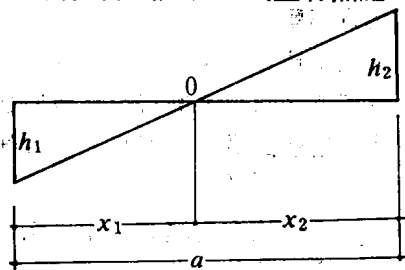
(三) 计算零点位置

在一个方格网内同时有填方或挖方时, 要先算出方格网边的零点位置, 并标注在方格网上。将零点连线就得到零线, 它是填方区和挖方区的分界线, 在此线上各点施工高度等于零。

零点位置可按式计算: 如图1-7所示。

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot a$$

$$x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot a$$



式中 x_1 、 x_2 ——角点至零点的距离 (m);

图 1-7 零点位置

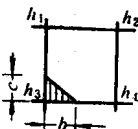
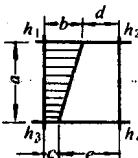
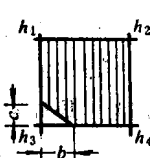
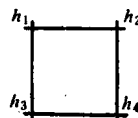
h_1 、 h_2 ——相邻两角点的施工高度 (m); 计算时均采用绝对值;

a ——方格网的边长 (m)。

(四) 计算方格土方工程量
方格土方工程量计算公式参见表1-4。

常用方格网点计算公式

表 1-4

项 目	图 式	计 算 公 式
一点填方或挖方 (三角形)		$V = \frac{1}{2}bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ 当 $b=c=a$ 时 $V = \frac{a^3h_3}{6}$
二点填方或挖方 (梯形)		$V_- = \frac{b+c}{2} \cdot a \cdot \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8}(b+c)(h_1+h_3)$ $V_+ = \frac{d+e}{2} \cdot a \cdot \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8}(d+e)(h_2+h_4)$
三点填方或挖方 (五角形)		$V = (a^2 - \frac{b^2}{2}) \frac{\sum h}{5} = (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{h_1+h_2+h_3}{5}$
四点填方或挖方 (正方形)		$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4}(h_1+h_2+h_3+h_4)$

注: 1. a —方格网的边长 (m); b 、 c —零点到一角的边长 (m); h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 —方格网四角点的施工高度 (m); 用绝对值代入; $\sum h$ —填方或挖方施工高度的总和 (m); 用绝对值代入; V —挖方或填方体积 (m^3).

2. 本表公式是按各计算图形底面积乘以平均施工高度而得出的。

(五) 将计算的各方格土方工程量列表汇总, 分别求出总的挖方工程量和填方工程量。

二、土方调配

土方工程量计算完成后, 即可进行土方的调配工作。土方调配, 就是对挖土的利用、堆弃和填方三者之间关系进行综合协调处理的过程。一个好的土方调配方案, 应该是使土方运输量或费用达到最小, 而且又能方便施工。为使土方调配工作做得更好应掌握如下原则:

(一) 力求使挖方与填方基本平衡和就近调配使挖方量与运距的乘积之和尽可能为最小, 亦即使土方运输量和费用最小。

(二) 考虑近期施工与后期利用相结合的原则; 考虑分区与全场相结合的原则; 还应尽可能与大型地下建筑物的施工相结合, 使土方运输无对流和乱流的现象。

(三) 合理选择恰当的调配方向、运输路线, 使土方机械和运输车辆的功率能得到充

分发挥。

(四) 土质好的土使用在回填质量要求高的地区。

总之，土方的调配必须根据现场的具体情况，有关资料，进度要求，质量要求，施工方法与运输方法，综合考虑的原则，进行技术经济比较，选择最佳的调配方案。

为了更直观地反映场地土方调配的方向及运输量，一般应绘制土方调配图表，其编制程序如下：

1. 划分调配区。在场地平面图上先划出挖、填方区的分界线；根据地形及地理条件，可在挖方区和填方区适当地分别划出若干调配区。

2. 计算各调配区的土方工程量，标在图上。

3. 求出每对调配区之间的平均运距。平均运距即挖方区土方重心至填方区土方重心的距离，重心求出后，标在相应的调配区图上。

4. 进行土方调配。采用线性规划中的“表上作业法”进行。

5. 画出土方调配图，参见图1-8。

6. 列出土方工程量平衡表，参见表1-5。

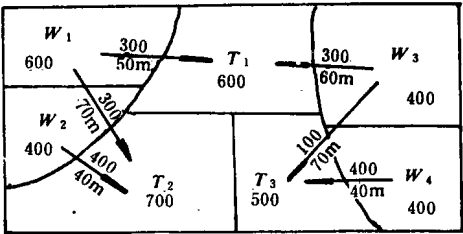


图 1-8 土方调配图

注：箭头上面的数字表示土方量 (m³)，箭头下面的数字表示运距 (m)；W为挖方区；T为填方区。

土方量调配平衡表

表 1-5

挖方区编号	挖方数量 (m³)	填方区编号、填方数量 (m³)			
		T ₁	T ₂	T ₃	合计
		600	700	500	1800
W ₁	600	300 50	300 70		
W ₂	400		400 40		
W ₃	400	300 60		100 70	
W ₄	400			400 40	
合 计	1800				

注：表中右上角小方格内的数字系平均运距。

【例题】 某给水厂场地开挖的土方规划方格网，如图1-9所示。方格边长 $a=20\text{m}$ ，方格角点右上角标注的为地面标高，右下角标注的为设计标高，单位均以m计，试计算其土方量。

【解】 1. 计算各角点施工高度

施工高度=地面标高-设计标高

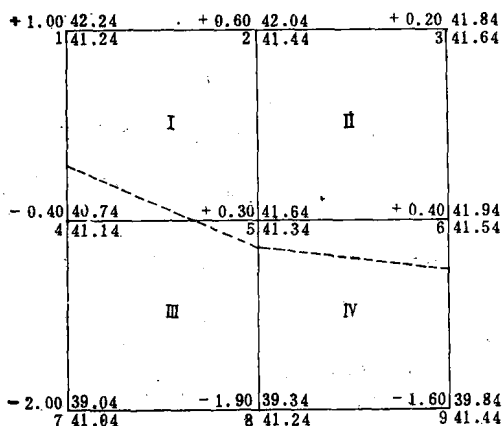


图 1-9 土方规划方格图

如 1 点, 施工高度 = $42.24 - 41.24 = +1.0$, 其它计算同上, 标在角点的左上角, (+) 为挖方, (-) 为填方。

2. 计算零点位置, 确定零线位置

在方格网中任一边的两端点的施工高度符号不同时, 在这条边上肯定存在着零点。

如 1-4 边上的零点计算, 零点距角点 4 的距离:

$$x_4 = \frac{h_4}{h_4 + h_1} \cdot a = \frac{0.4}{0.4 + 1.0} \cdot 20 = 5.71\text{m}$$

4-5 边上零点距角点 5 的距离:

$$x_5 = \frac{h_5}{h_4 + h_5} \cdot a = \frac{0.3}{0.4 + 0.3} \cdot 20 = 8.57\text{m}$$

5-8 边上零点距角点 8 的距离:

$$x_8 = \frac{h_8}{h_5 + h_8} \cdot a = \frac{1.9}{0.3 + 1.9} \cdot 20 = 17.27\text{m}$$

6-9 边上零点距角点 6 的距离:

$$x_6 = \frac{h_6}{h_6 + h_9} \cdot a = \frac{0.4}{0.4 + 1.6} \cdot 20 = 4.0\text{m}$$

将各零点连结成线, 即可确定零线位置, 如图虚线所示。

3. 计算方格土方量, 计算公式见表 1-4。

按方格网底面积图形计算方格土方量, 方格网 I 的土方量:

$$V_{I(-)} = \frac{1}{6} b \cdot c \cdot h_4 = \frac{1}{6} \cdot 5.71 \cdot (20 - 8.57) \cdot 0.4 = 4.35\text{m}^3$$

$$V_{I(+)} = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \cdot \frac{h_1 + h_2 + h_5}{5} = \left[20^2 - \frac{1}{2} \cdot 5.71(20 - 8.57)\right] \cdot \frac{1.0 + 0.6 + 0.3}{5} = 139.60\text{m}^3$$

方格网 II 的土方量:

$$V_{II(+)} = \frac{a^2}{4} (h_2 + h_3 + h_5 + h_4) = \frac{20^2}{4} (0.6 + 0.2 + 0.3 + 0.4) = 150\text{m}^3$$

同理, 方格网 III 的土方量:

$$V_{III(+)} = 1.17\text{m}^3$$

$$V_{III(-)} = 256.28\text{m}^3$$

方格网 IV 的土方量:

$$V_{IV(+)} = 17.67\text{m}^3$$

$$V_{IV(-)} = 291.11\text{m}^3$$

4. 土方量汇总

$$\begin{aligned} \text{方格网总挖方量 } V_{(+)} &= V_{I(+)} + V_{II(+)} + V_{III(+)} + V_{IV(+)} \\ &= 139.60 + 150 + 1.17 + 17.67 \end{aligned}$$

$$=308.44\text{m}^3$$

方格网总填方量 $V_{(-)}=V_{\text{I}(-)}+V_{\text{II}(-)}+V_{\text{III}(-)}+V_{\text{IV}(-)}$

$$=4.35+0+256.28+291.11$$

$$=551.74\text{m}^3$$

三、场地土方施工

场地土方施工由土方开挖、运输、填筑等施工过程组成。

(一) 场地土方开挖与运输

场地土方开挖与运输通常采用人工、半机械化、机械化和爆破等方法，目前主要采用机械化施工法。下面介绍几种常用的施工机械。

1. 推土机

推土机是土方工程施工的主要机械之一，是在拖拉机上安装推土板等工作装置的机械。

推土机施工特点是：构造简单，操作灵活运输方便，所需工作面较小，功率较大，行驶速度快，易于转移，能爬 30° 左右的缓坡。

目前我国生产的推土机有：红旗100、T-120、移山160、T-180、黄河220、T-240和T-320等。推土板有钢丝绳操纵和用油压操纵两种。油压操纵的T-180型推土机外型，如图1-10所示。

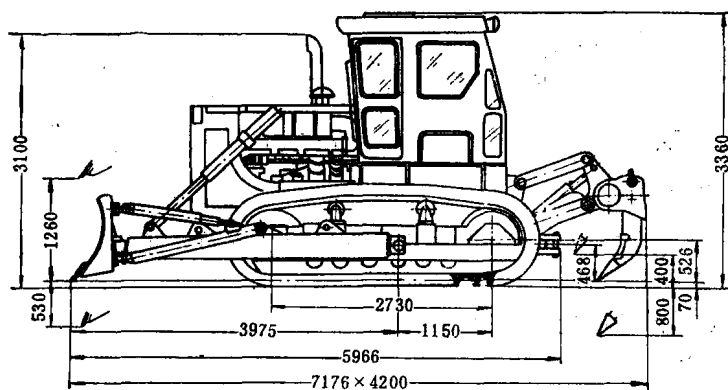


图 1-10 T-180型推土机外形图

推土机多用于场地清理和平整，在其后面可安装松土装置，破松硬土和冻土，还可以牵引其它无动力土方施工机械，可以推挖一~三类土，经济运距100m以内，效率最高时运距为60m。

推土机的生产效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，所以缩短推土时间和减少土的损失是提高推土效率的主要影响因素。施工时可采用下坡推土（如图1-11所示）、并列推土和利用前次推土的槽推土等方法。

2. 铲运机

铲运机是一种能综合完成土方施工工序的机械。在场地土方施工中广泛采用。铲运机有拖式铲运机如图1-12（1），自行式铲运机如图1-12（2）两种。常用铲运机铲斗容量一般为 $3\sim 12\text{m}^3$ 。