

建筑工程施工



类目：建筑类

书名：建筑工程施工

主编：吕欢 李良松 孙猛

出版社：湖南大学出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5667-3951-3

使用层次：通用

出版时间：2025 年 5 月

定价：49.80 元

印刷方式：双色

是否有资源：是

责任编辑：陈鹏金
封面设计：旗语书装



建筑类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材

“互联网+”教育改革新理念教材
建筑类创新融合精品教材

建筑工程施工
主编◎吕欢 李良松 孙猛

建筑工程施工

建筑工程施工

主编◎吕欢 李良松 孙猛



定价：49.80元

湖南大学出版社

湖南大学出版社



建筑类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革创新理念教材

建筑工程施工

主 编 ◎ 吕 欢 李良松 孙 猛
副主编 ◎ 张 凯 李建红 易汉云
 尚 博 刘 坤 徐珊珊
 吴琼超 张 征 何常银
 刘 禛

湖南大学出版社

· 长 沙 ·

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程施工/吕欢,李良松,孙猛主编. --长沙:
湖南大学出版社, 2025. 5. --ISBN 978-7-5667-3951

-3

I. TU7

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024TY9636 号

建筑工程施工

JIANZHU GONGCHENG SHIGONG

主 编: 吕 欢 李良松 孙 猛

责任编辑: 陈鹏金

印 装: 唐山唐文印刷有限公司

开 本: 889 mm×1 194 mm 1/16

印 张: 13.5

字 数: 409 千字

版 次: 2025 年 5 月第 1 版

印 次: 2025 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-3951-3

定 价: 49.80 元

出 版 人: 李文邦

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(营销部) 88821174(编辑部) 88821006(出版部)

传 真: 0731-88822264(总编室)

网 址: <http://press.hnu.edu.cn>

电子邮箱: xiaoshulianwenhua@163.com

版权所有, 盗版必究

图书凡有印装差错, 请与营销部联系



前言

PREFACE

根据土建类专业教学基本要求中“建筑施工技术”课程标准,以施工员、二级建造师等职业岗位能力的培养为导向,同时遵循高等职业院校学生的认知规律,以专业知识和职业技能、自主学习能力及综合素质培养为课程目标,紧密结合职业资格证书相关考核要求,确定本书的内容。

建筑工程施工是一门实践性很强的课程。为此,本书始终以“素质为本、能力为主,需要为准、够用为度”的原则进行编写,主要包括土方工程、桩基工程、砌筑工程、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、土木工程的冬期和雨期施工等。本书根据编者多年工作经验和教学实践,在自编教材基础上修改、补充而成。

本书结合我国建筑工程施工的实际精选内容,以贯彻理论联系实际,注重实践能力的整体要求,突出针对性和实用性,便于学生学习。同时,适当考虑了不同地区的特点和要求,力求反映国内外建筑工程施工的先进经验和技術成就。

本书大量引用了有关专业文献和资料,在此对相关作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2024年12月



目 录

CONTENTS

第一章 土方工程	1
第一节 土方工程概述	2
第二节 土方边坡与土方工程量计算	5
第三节 土壁支撑	10
第四节 人工降低地下水位	14
第五节 基坑(槽)的施工	19
第六节 土方机械化施工	23
本章习题	27
第二章 桩基工程	29
第一节 浅基础的施工	30
第二节 地基的处理与加固	31
第三节 桩基础概述	35
第四节 混凝土预制桩的施工	36
第五节 混凝土灌注桩的施工	41
本章习题	47
第三章 砌筑工程	48
第一节 砌体结构的材料	49
第二节 脚手架工程	51
第三节 垂直运输机械	57
第四节 砌体施工	59
第五节 砌体工程的安全技术	69
本章习题	70
第四章 混凝土结构工程	71
第一节 模板工程	72
第二节 钢筋工程	78



第三节 混凝土工程	94
第四节 钢筋混凝土的质量与安全技术	105
本章习题	108
第五章 预应力混凝土工程	109
第一节 概述	110
第二节 先张法施工	111
第三节 后张法施工	120
第四节 无黏结预应力施工工艺	136
第五节 预应力施工质量检查与施工安全措施	140
本章习题	142
第六章 结构安装工程	143
第一节 起重索具及设备	144
第二节 单层工业厂房结构的安装	155
第三节 单层钢结构工业厂房的安装	167
第四节 结构安装工程质量要求与安全措施	171
本章习题	174
第七章 防水工程	175
第一节 屋面防水工程	177
第二节 地下防水工程	185
第三节 卫生间防水	190
本章习题	191
第八章 土木工程的冬期和雨期施工	192
第一节 混凝土结构工程的冬期施工	193
第二节 土方工程的冬期施工	201
第三节 砌体工程的冬期施工	204
第四节 雨期施工	207
本章习题	208
参考文献	210



第一章 土方工程

- 第一节 土方工程概述
- 第二节 土方边坡与土方工程量计算
- 第三节 土壁支撑
- 第四节 人工降低地下水位
- 第五节 基坑（槽）的施工
- 第六节 土方机械化施工

第一节 土方工程概述

一、土方工程的施工特点

土方工程的工程量大,施工工期长,劳动强度大,施工条件复杂,且天气变化对施工的影响大。土方开挖的难易程度取决于土质条件和地下水位的深浅等。

土方工程的工程量大体现在很多方面,比如建筑工地的场地平整,土方工程量可达数百万立方米,施工面积可达数十平方千米。大型基坑的开挖,有的深达 30 米,应尽可能采用机械化施工。

土方工程多为露天作业,受气候、水文、地质等的影响较大,难以确定的因素较多。因此,在土方工程施工前,应做好施工组织设计,对现场进行踏勘,以掌握土的种类和工程性质、施工工期、质量要求、施工条件以及场地原有地下管线、电缆、地下构筑物埋设分布情况等;搜集施工区域的地形图和地质、水文、气象等资料,作为合理拟订施工方案、选择施工方法、选择施工机械和组织施工的依据。施工前应做好各项准备工作,如计算土方量,设计边坡或土壁支撑,进行施工排水或降水设计,选择土方机械、运输工具和计算其需要量。施工前还应完成场地清理、地表水排除和测量放线等工作。在施工中,应严防流沙及塌方等意外事故的发生。

二、土的工程分类

土的种类繁多,其工程性质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。

土的分类方法很多,如按照土的沉积年代、颗粒级配、密实度等分类。在建筑工程施工中,按照土的开挖难易程度将土分为 8 类(见表 1-1),这也是确定建筑工程劳动定额的依据。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	可松性系数		土的名称	开挖方法及工具
	K_s	$K_{s'}$		
一类土 (松软土)	1.08~1.17	1.01~1.04	砂,亚砂土,冲积砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	1.14~1.28	1.02~1.05	亚黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土,填筑土,亚砂土	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	1.24~1.30	1.04~1.07	中等密实黏土,重亚黏土,干黄土及含碎石、卵石的黄土,亚黏土,压实的填筑土	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (沙砾坚土)	1.26~1.37	1.06~1.09	重黏土及含碎石、卵石的黏土,粗卵石,密实的黄土,天然级配砂石,软泥炭,蛋白石	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子、大锤
五类土 (软石)	1.30~1.45	1.10~1.20	硬石炭纪黏土,中等密实的页岩,泥炭岩,白垩土,胶结不紧的砾岩,软的石灰岩	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法

续表

土的分类	可松性系数		土的名称	开挖方法及工具
	K_s	$K_{s'}$		
六类土 (次坚石)	1.30~1.45	1.10~1.20	泥灰岩,砂岩,砾岩,坚实的页岩,泥炭岩,密实的石灰岩,风化花岗岩,片麻岩	用爆炸的方法开挖,部分用镐
七类土 (坚石)	1.30~1.45	1.10~1.20	大理石,辉绿岩,玢岩,粗中粒花岗岩,坚实的白云岩,砂岩,片麻岩,石灰岩,风化痕迹的安山岩,玄武岩	用爆破的方法开挖
八类土 (特坚石)	1.45~1.50	1.20~1.30	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,辉绿岩,玢岩	用爆破的方法开挖

注: K_s 为最初可松性系数, $K_{s'}$ 为最终可松性系数。

三、土的组成

土由土颗粒、水和空气组成,一般把它们叫作土的固相、液相和气相。这三部分之间的比例关系是不断变化的。三者之间的比例不同,所反映的物理状态也不同,如干燥、湿润,密实、稍密或松散。这些物理指标对评价土的工程性质,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,为研究阐述方便,一般用土的三相图表示,把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来,也利用土的三相图来掌握土的组成(见图 1-1)。

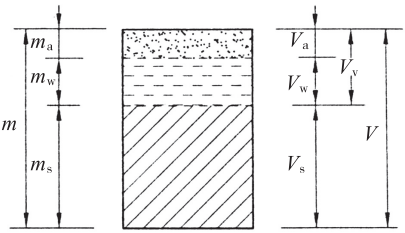


图 1-1 土的三相图

图 1-1 中各符号的含义如下:

- m ——土的总质量(kg), $m=m_a+m_w+m_s$;
- m_a ——土中空气的质量(kg);
- m_w ——土中水的质量(kg);
- m_s ——土中固体颗粒的质量(kg);
- V ——土的总体积(m^3), $V=V_a+V_w+V_s$;
- V_a ——土中空气的体积(m^3);
- V_w ——土中水的体积(m^3);
- V_s ——土中固体颗粒的体积(m^3);
- V_v ——土中孔隙的体积(m^3), $V_v=V_a+V_w$ 。

四、土的物理性质

土的物理性质是确定地基处理方案和制定施工方案的重要依据,对土方工程的稳定性、施工方法、工程量和工程造价都有影响。

1. 土的天然含水量

土的天然含水量用来表示土的干湿程度,即土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率,用 ω 来表示:

$$\omega=(m_w/m_s)\times 100\%$$

下面介绍土的含水量的测定方法。

把土样称量后放入烘箱内烘干,温度在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$,直至质量不再减少为止,最后进行称量。第 1 次称量为含水状态土的质量 G_1 ,第 2 次称量为烘干后土的质量 G_2 ,利用公式可计算出土的含水量。

土的含水量表示土的干湿程度:土的含水量在 5% 以内,称为干土;土的含水量在 $5\%\sim 30\%$ 之间,称为潮湿土;土的含水量大于 30% ,称为湿土。

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叫土的密度,用 ρ 表示,即

$$\rho = m/V$$

土的干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值,用 ρ_d 表示,即

$$\rho_d = m_s/V$$

土的密度一般用环刀法测定,即用一个体积已知的环刀切入土样中,上下端用刀削平,称出质量,减去环刀的质量,再与环刀的体积相比,就得到土的天然密度。不同的土密度不同。密度越大,土越密实,强度越高,压缩变形越小。

3. 土的孔隙比和孔隙率

土的孔隙比是土的孔隙体积(V_v)与固体体积(V_s)的比值,用 e 表示,即

$$e = V_v/V_s$$

土的孔隙率是土的孔隙体积(V_v)与总体积(V)的比值,符号为 n ,用百分率表示,即

$$n = (V_v/V) \times 100\%$$

4. 土的可松性和可松性系数

天然土经开挖后,体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍然不能完全复原的性质,叫土的可松性。

土的可松性的大小用可松性系数表示,分为最初可松性系数和最终可松性系数,见表 1-2。

表 1-2 土的可松性系数 K_s 、 $K_{s'}$

土的类别	K_s	$K_{s'}$	土的类别	K_s	$K_{s'}$
一类土	1.08~1.17	1.01~1.04	五类土	1.30~1.45	1.10~1.20
二类土	1.14~1.28	1.02~1.05	六类土	1.30~1.45	1.10~1.20
三类土	1.24~1.30	1.04~1.07	七类土	1.30~1.45	1.10~1.20
四类土	1.26~1.37	1.06~1.09	八类土	1.45~1.50	1.20~1.30

(1)最初可松性系数 K_s :

$$K_s = V_2/V_1$$

(2)最终可松性系数 $K_{s'}$:

$$K_{s'} = V_3/V_1$$

式中, V_1 ——土在天然状态下的体积(m^3);

V_2 ——土挖出后在松散状态下的体积(m^3);

V_3 ——土经压(夯)实后的体积(m^3)。

在土方工程中, K_s 是用于计算挖方工程量、装运车辆及挖土机械生产效率的重要参数, $K_{s'}$ 是计算填方所需挖方工程量的重要参数。可以说,土的最初和最终可松性对土方平衡调配、基坑开挖时留弃土方量及运输工具的选择有直接影响。

5. 土的渗透系数

土的渗透系数 K 表示单位时间内水穿透土层的能力,以 m/d 为单位。根据土的渗透系数的不同,可分为透水性土(如沙土)和不透水性土(如黏土)。土的渗透系数影响施工降水与排水的速度。一般土的渗透系数见表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数 K

土的名称	渗透系数/(m/d)	土的名称	渗透系数/(m/d)
黏土	< 0.005	中沙	$5.00 \sim 20.00$
亚黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中沙	$35 \sim 50$
轻亚黏土	$0.10 \sim 0.50$	粗沙	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.50$	圆砾石	$50 \sim 100$
粉沙	$0.50 \sim 1.00$	卵石	$100 \sim 500$
细沙	$1.005 \sim 5.00$		

第二节 土方边坡与土方工程量计算

一、土方边坡

1. 土方边坡的概念

在土方工程施工中,必须使基坑或基槽的土壁保持稳定。如果土体在外力作用下失去平衡,土壁就会塌方,发生事故,影响土方工程施工,甚至造成人员伤亡,还会危及附近建筑物、道路及地下设施的安全,产生严重的后果。

在土方工程施工中,为了防止塌方,保证施工安全,在基坑或基槽开挖深度超过一定限度时,土壁应做成有一定斜度的边坡,或者加临时支撑以保证土壁的稳定。

土方边坡的大小,应根据土质条件、挖方深度、地下水位、排水情况、施工方法、边坡留置时间的长短、边坡上部的荷载情况、相邻建筑的情况等因素综合考虑确定。由于条件限制不能放坡或为了减少土方工程量而不放坡时,可采取技术措施,设置土壁支护以确保施工安全。

土方边坡的稳定,主要是由于土体内土颗粒间存在摩阻力和黏结力,从而使土体具有一定的抗剪强度。当下滑力超过土体的抗剪强度时,就会产生滑坡。

基坑边坡的稳定,主要由土体的抗滑能力来保持。当土体下滑力超过抗滑力,土坡就会失去稳定而发生滑动。边坡的滑动是沿着一个面发展的,这个面叫滑动面。滑动面的位置和形状取决于土质和土层结构,如含有黏土夹层的土体因浸水而下滑时,滑动面往往沿夹层发展,而一般均质黏性土的滑动面为圆柱形。可见土体是因剪切而破坏的,土体的抗滑能力实质上就是土体的抗剪能力,而土体抗剪能力的大小主要取决于土的内摩擦系数与内聚力的大小。

土壤颗粒间不但存在抵抗滑动的摩擦力,也存在内聚力。内聚力一般由两种因素形成:一是土中水的水膜和土粒之间的分子引力;二是化合物的胶结作用。不同的土,其物理性质对土体抗剪能力有不同的影响,如含水量增加了,胶结物溶解,内聚力就会变小。因此在考虑边坡稳定时,除了从实验室得

到的内摩擦系数和内聚力的数据外,还应考虑施工期间气候的影响和振动的影响。

土体抗剪强度的大小与土质有关:黏性土颗粒之间,不仅具有摩阻力,而且具有黏结力,土体失稳而发生滑动时,滑动的土体将沿着滑动面整体滑动;沙性土颗粒之间只有摩阻力,没有黏结力。所以黏性土的边坡可陡些,沙性土的边坡则应平缓些。

2. 边坡坡度

土方边坡坡度的大小除与土质有关外,还与挖方深度有关,此外亦受外界因素的影响。由于外界的原因使土体的抗剪强度降低或土体内的剪应力增加达到一定程度时,土方边坡也会失去稳定而塌方。如雨水、施工用水使土的含水量增加,从而使土体自重增加,抗剪强度降低;有地下水时,地下水在土中渗流,产生一定的动水压力导致土体内的剪应力增加;边坡上部荷载增加,比如边坡上部大量堆土或停放机具,也会使剪应力增加;等等。这些都直接影响土体的稳定性,从而影响土方边坡坡度大小的取值。所以,确定土方边坡坡度的大小时应考虑土质、挖方深度、边坡留置时间、排水情况、边坡上部荷载情况以及土方施工方法等因素。

土方边坡坡度以其挖方深度 h 与边坡底宽 b 之比来表示,即

$$\text{土方边坡坡度} = 1/m = h/b$$

式中, $m = b/h$, 称为边坡系数。

3. 边坡形式

土方边坡大小应根据土质、开挖深度、开挖方法、施工工期、地下水位、坡顶荷载及气候条件等因素确定。边坡可做成直线形、折线形或阶梯形(见图 1-2)。

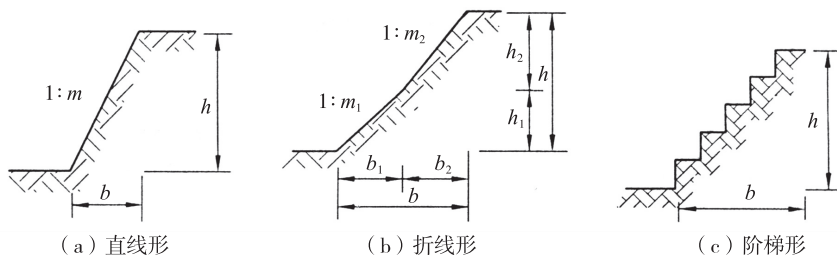


图 1-2 土方边坡形式

土方边坡坡度一般在设计文件上有规定。若设计文件上无规定,可按照《建筑地基基础工程施工质量验收标准》(GB 50202—2018)第 9.2.4 条的规定执行。

4. 不放坡的最小深度

规范规定,当地质条件良好、土质均匀且地下水位低于基坑或管沟底面高程时,挖方边坡可挖成直壁而不加支撑,但深度不宜超过下列规定:

密实、中密的沙土和碎石类土(填充物为沙土):	1.0 m
硬塑、可塑的轻亚黏土及亚黏土:	1.25 m
硬塑、可塑的黏土及碎石类土(填充物为黏性土):	1.5 m
坚硬的黏土:	2.0 m

5. 边坡坡度值

当土的湿度、土质及其他地质条件较好且地下水位低于基底时,深度 5 m 以内不加支撑的基坑(基槽)或管沟,其边坡的最陡坡度见表 1-4。

土方开挖时,如果边坡太陡,容易造成土体失稳,发生塌方事故;如果边坡太平缓,不仅会增加土方量,浪费机械动力和人力,而且占用过多的施工场地,可能影响临近建筑的使用和安全。因此,必须合理地确定边坡坡度,以满足安全和经济两方面的要求。由于影响因素较多,精确地计算边坡坡度尚有困

难,目前一般工程都是根据经验确定土方边坡坡度。

表 1-4 深度在 5 m 以内的基坑(槽)或管沟边坡的最陡坡度

土的类别	边坡的坡度(1:m)		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的沙土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石土(充填物为沙土)	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的轻亚黏土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石土(充填物为黏性土)	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的亚黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土(经井点降水后)	1:1.00	—	—

二、基坑(槽)土方量计算

土方工程施工之前,必须对土方工程量进行计算。由于土方工程的外形往往比较复杂,而且不规则,要精确计算比较困难。一般情况下,都是将其假设或划分成为一定的几何形状,并采用具有一定精度而又和实际情况近似的方法进行计算,一般能够满足工程应用的需要。

1. 基坑土方量的计算(见图 1-3)

基坑土方量可按立体几何中的拟柱体体积公式计算,即

$$V=\frac{H}{6}\times(F_1+4F_0+F_2)$$

式中,H——基坑深度;

F_1,F_2 ——基坑上、下底的面积;

F_0 ——基坑中截面的面积。

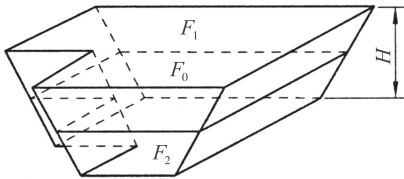


图 1-3 基坑土方量的计算

2. 基槽土方量的计算(见图 1-4)

基槽和路堤的土方量计算,可以沿长度方向分段后,按相同的方法计算各段的土方量,再将各段土方量相加即得总土方量,即

$$V_1=\frac{L_1}{6}\times(F_1+4F_0+F_2)$$

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

式中, V_1 ——第 1 段的土方量;

L_1 ——第 1 段的长度;

$V_1,V_2,\cdots,V_n$ ——各分段的土方量。

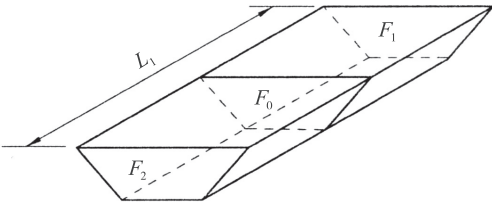


图 1-4 基槽土方量的计算

【例 1.1】 已知某基坑底长 80 m,底宽 60 m。场地地面高程为 176.50 m,基坑底面的高程为 168.50 m,四面放坡,坡度系数为 0.5,试计算挖方工程量。

【解】 基坑的高度为: $H=176.50-168.50=8(\text{m})$

基坑的上口长度为: $80+8\times 0.5\times 2=88(\text{m})$

基坑的上口宽度为: $60 + 8 \times 0.5 \times 2 = 68(\text{m})$

$$F_1 = 68 \times 88 = 5\,984(\text{m}^2)$$

$$F_2 = 60 \times 80 = 4\,800(\text{m}^2)$$

$$F_0 = 64 \times 84 = 5\,376(\text{m}^2)$$

则 $V = H/6 \times (F_1 + 4F_0 + F_2) = 8/6 \times (5\,984 + 4 \times 5\,376 + 4\,800) = 43\,050.67(\text{m}^3)$ 。

三、场地平整的计算

1. 定义

建筑场地通常按总平面图竖向设计要求,设置在一个高程或几个不同高程的平面上。所以土方工程施工时,必须对建筑场地进行平整。场地平整就是将高低不平的天然地面改造成我们所要求的设计的平坦地面。当场地对高程无特殊要求时,一般可以根据在平整前和平整后的土方量相等的原则来确定场地的设计高程,使挖土土方量和填土土方量基本一致,从而减少场地土方施工的工程量,使开挖出的土方得到合理的利用。

2. 方格网法计算场地平整土方量

(1)划分方格网。

根据已有地形图,将场地划分为若干个方格。方格边长一般为 20 m、30 m、40 m,将设计高程和自然地面高程分别标注在方格网点上。

(2)计算零点,标出零线。

① 计算各方格角点的施工高度。

施工高度为设计地面高程与自然地面高程的差值,挖方为“—”,填方为“+”。

② 计算零点,标出零线。

当同一方格的四个角点的施工高度全为“+”或全为“—”时,说明该方格内的土方全部为填方或全部为挖方;如果一个方格中一部分角点的施工高度为“+”,而另一部分为“—”,说明此方格中的土方一部分为填方,而另一部分为挖方,这时必定存在不挖不填的点,这样的点叫零点。把一个方格中的所有零点都连接起来,形成直线或曲线,这道线叫零线,即挖方与填方的分界线。

零点的位置是根据方格角点的施工高度用几何法求出的,如图 1-5 所示。

通过相似三角形的比例关系,可得零点位置公式:

$$\frac{X}{h_1} = \frac{a-X}{h_2} \Rightarrow X = \frac{ah_1}{h_1+h_2}$$

式中, X ——零点距角点 A 的距离(m);

a ——方格边长(m);

h_1, h_2 ——相邻两角点填、挖方施工高度(m),以绝对值代入。

(3)计算土方工程量。

计算场地土方量时,先求出各方格的挖、填方土方量和场地周围边坡的挖、填方土方量,把挖、填方土方量分别加起来,就得到场地挖、填方的总土方量。

①方格内土方量的计算。

场地各方格土方量的计算,一般有下列三种类型。

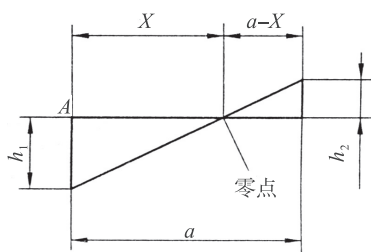


图 1-5 零点位置图

a. 方格四个角点全部为挖方或填方时(见图 1-6),其挖方或填方的体积为

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

式中, a ——方格边长(m);

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点挖或填的施工高度(m),以绝对值代入。

b. 方格四个角点中,相邻两角点为挖方,另外两角点为填方时,见图 1-7。

c. 方格三个角点为挖方,另一个角点为填方时,见图 1-8。

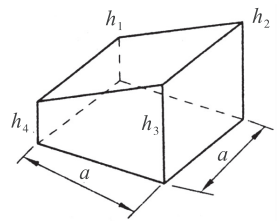


图 1-6 角点全填或全挖

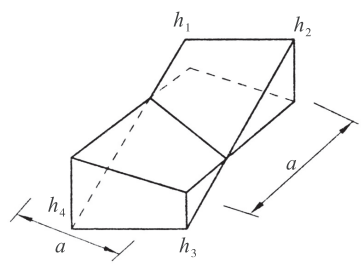


图 1-7 两点填方或挖方

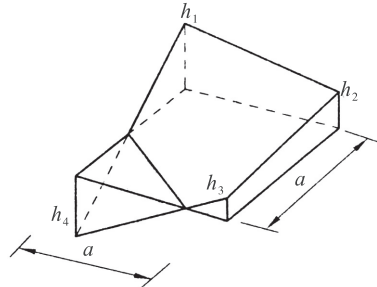


图 1-8 三点填方或挖方

对于后两种情况,即方格的四个角点部分是挖方,部分是填方,挖方或填方的体积分别为

$$V_{\text{填}} = a^2 \frac{(\sum H_{\text{填}})(\sum H_{\text{挖}})}{4 \sum H}$$

$$V_{\text{挖}} = a^2 \frac{(\sum H_{\text{挖}})(\sum H_{\text{填}})}{4 \sum H}$$

式中, $\sum H_{\text{填}}$ ——方格角点中填方施工高度的总和(m),取绝对值;

$\sum H_{\text{挖}}$ ——方格角点中挖方施工高度的总和(m),取绝对值;

$\sum H$ ——方格四个角点施工高度的总和(m),取绝对值。

② 边坡土方量的计算。

场地四周边坡土方量的计算见图 1-9,该图是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,另一种为三角棱柱体;分别计算后,将各分段计算的结果相加,即可求出边坡土方的挖、填土方量。

a. 三角棱锥体边坡体积:

$$V_1 = \frac{1}{3} F_1 l_1$$

式中, l_1 ——边坡①的长度(m);

F_1 ——边坡①的端面面积(m^2),按下式计算:

$$F_1 = \frac{1}{2} m h_2 h_2 = \frac{1}{2} m h_2^2$$

其中, m ——边坡系数;

h_2 ——角点的施工高度。

b. 三角棱柱体边坡体积:

$$V_4 = \frac{F_3 + F_5}{2} l_4$$



式中, F_3, F_5 ——边坡④两端横截面的面积(m^2);
 l_4 ——边坡④的长度(m)。

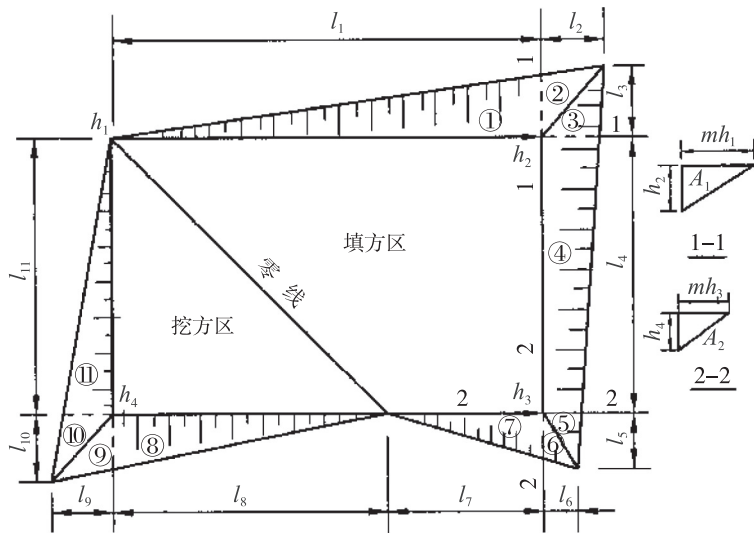


图 1-9 边坡土方量计算图

(4) 计算土方总量。

将挖方区和填方区所有方格计算的土方量和边坡土方量分别汇总, 即得该场地平整挖方和填方的总土方量。



第三节 土壁支撑

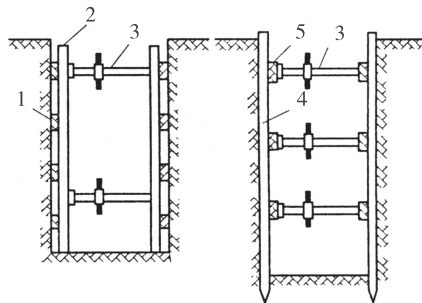
开挖基坑(槽)时, 如地质和周围条件允许, 可放坡开挖, 这往往是比较经济的。但在建筑稠密地区施工, 有时不允许按要求放坡的宽度开挖, 或有防止地下水渗入基坑的要求时, 就需要土壁支撑或板桩支撑土壁, 以保证施工的安全和顺利, 并减少对相邻已有建筑物的不利影响。

一、横撑式支撑

开挖较窄的沟槽, 多用横撑式土壁支撑(见图 1-10)。

横撑式土壁支撑根据挡土板的不同, 分为水平挡土板和垂直挡土板两类。水平挡土板的布置又分为断续式和连续式两种。当湿度小的黏性土挖土深度小于 3 m 时, 可用断续式水平挡土板支撑; 对松散、湿度大的土壤可用连续式水平挡土板支撑, 挖土深度可达 5 m; 对松散和湿度很高的土可用垂直挡土板支撑, 挖土深度不限。

支撑所受的荷载为土压力。土压力的分布不仅与土的性质、土坡高度有关, 而且与支撑的变形有关。由于支撑多为随挖、随铺、随撑, 支撑构件的刚度不同, 撑紧的程度又难以一致,



1—水平挡土板; 2—竖楞木; 3—工具式支撑;
4—垂直挡土板; 5—横楞木。

图 1-10 横撑式支撑

故作用在支撑上的土压力不能按库仑或朗肯土压力理论计算。实测资料表明,作用在木板支撑上的土压力的分布很复杂,也很没有规律。实际中常按图 1-11 所示的几种简化图形进行计算。

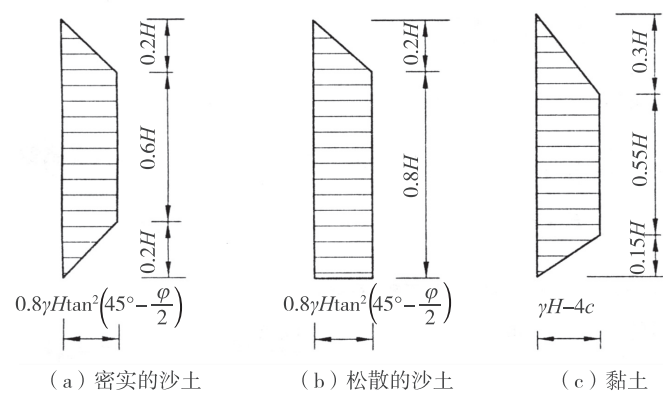


图 1-11 支撑计算简图

二、钢板桩

钢板桩为一种支护结构,既挡土又防水。当开挖的基坑较深、地下水较高且出现流沙等危险时,如未采用降低地下水位的方法,则可用钢板桩打入土中,使地下水在土中渗流的路线延长,降低水力坡度,从而防止流沙产生。在靠近原有建筑物开挖基坑时,为了防止原建筑物的基础下沉,也应打设板桩支护。钢板桩在临时工程中可多次重复使用。

(一) 钢板桩的类型

常见钢板桩的类型有如下几种。

1. 槽形钢板桩

这是一种简易的钢板桩支护挡墙,由槽钢正反扣搭接组成。槽钢长 6~8 m,型号由计算确定。由于其抗弯能力较弱,常用于深度不超过 4 m 的基坑,顶部设一道支撑或拉锚。

2. 热轧锁口钢板桩(见图 1-12)

其截面形式有 U 形、Z 形(又叫“波浪形”或“拉森桩”)、一字形(又叫“平板桩”)、组合型。

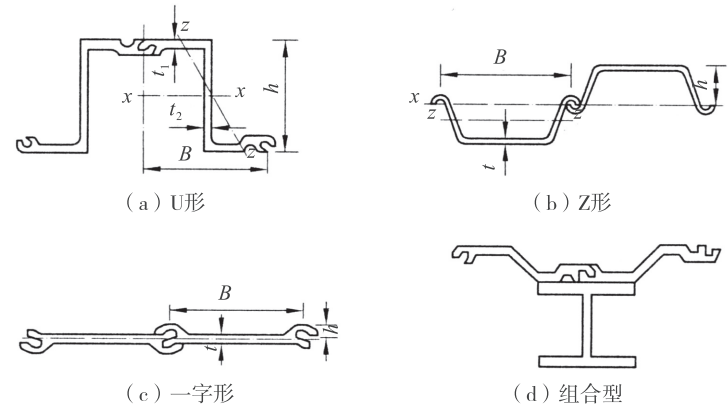


图 1-12 热轧锁口钢板桩截面形式

工程上比较常用的为 U 形和 Z 形两种,基坑深度很大时才用组合型。一字形在建筑施工中基本上不用,在水工等结构施工中有时用来围成圆形墩隔墙。U 形钢板桩可用于开挖深度 5~10 m 的基坑。钢板桩由于一次性投资较大,多以租赁方式租用,用后拔出归还。在软土地基地区钢板桩打设方便,有一定挡水能力,施工迅速,且打设后可立即开挖,当基坑深度不太大时往往是考虑的方案之一。

(二) 钢板桩的施工

1. 钢板桩打设前的准备工作

(1) 钢板桩的检验与矫正。

- ① 表面缺陷矫正。先清洗缺陷附近表面的锈蚀和油污,用焊接修补的方法补平,再用砂轮磨平。
- ② 端部矩形比矫正。一般用氧乙炔焰切割桩端,使其与轴线保持垂直,再用砂轮对切割面进行磨平修整。当修整量不大时,也可直接采用砂轮进行修理。

③ 桩体挠曲矫正。腹向弯曲矫正是将钢板桩弯曲段的两端固定在支承点上,用设置在龙门式顶梁架上的千斤顶顶在钢板桩凸处进行冷弯矫正。侧向弯曲矫正通常在专门的矫正平台上进行,将钢板桩弯曲段的两端固定在矫正平台的支座上,设置在钢板桩弯曲段侧面的矫正平台上面,间隔一定距离设置千斤顶,用千斤顶顶压钢板桩凸处进行冷弯矫正。

④ 桩体扭曲矫正。这种矫正较复杂,可视扭曲情况,采用桩体挠曲矫正中的方法矫正。

⑤ 桩体截面局部变形矫正。对局部变形处用千斤顶顶压,大锤敲击与氧乙炔焰热烘相结合的方法进行矫正。

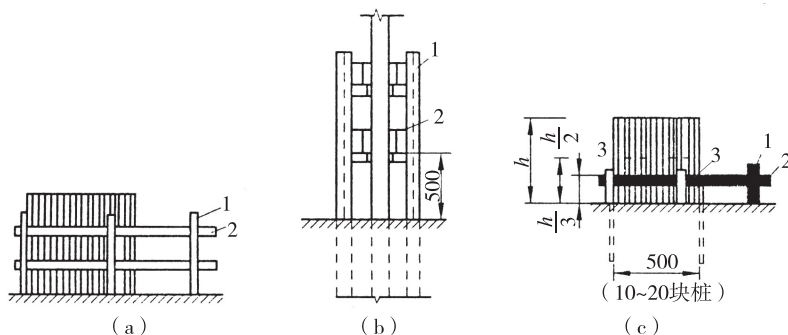
⑥ 锁口变形矫正。用标准钢板桩作为锁口整形胎具,采用慢速卷扬机牵拉调整处理,或采用氧乙炔焰热烘和大锤敲击胎具推进的方法进行调直处理。

(2) 导架安装。

为保证沉桩轴线位置的正确和桩的竖直,控制桩的打入精度,防止板桩的屈曲变形和提高桩的贯入能力,一般都需要设置一定刚度的、坚固的导架,亦称“施工围檩”。

导架通常由导梁和围檩桩等组成,它的形式,在平面上有单面和双面之分,在高度上有单层和双层之分。一般常用的是单层双面导架。围檩桩的间距一般为 2.5~3.5 m,双面围檩桩的间距一般比板桩墙厚度大 8~15 mm。

导架的位置不能与钢板桩相碰。围檩桩不能随着钢板桩的打设而下沉或变形。导梁的高度要适宜,要有利于控制钢板桩的施工高度和提高工效,可用经纬仪和水准仪控制导梁的位置和高程。导架及屏风式打入法见图 1-13。



1—围檩桩;2—导梁;3—两端先打入的定位钢板桩。

图 1-13 导架及屏风式打入法(单位:mm)

(3) 沉桩机械的选择。

根据土质情况及钢板桩的类型选择沉桩的机械。

2. 钢板桩的打设施工

(1) 钢板桩打设方式的选择。

① 单独打入法。这种方法是从板桩墙的一角开始,逐块(或两块为一组)打设,直至工程结束。该打

入方法简便、迅速,不需要其他辅助支架。但是易使板桩向一侧倾斜,且误差积累后不易纠正。因此,这种方法只适用于板桩墙要求不高且板桩长度较小的情况。

② 屏风式打入法。该方法是将 10~20 块钢板桩成排插入导架内,呈屏风状,再分批施打。施打时先将屏风墙两端的钢板桩打至设计高程或一定深度,成为定位板桩,然后在中间按顺序分 1/3、1/2 板桩高度呈阶梯状打入。

这种打桩方法的优点是可以减少倾斜误差的积累,防止过大的倾斜,而且易于实现封闭合龙,能保证板桩墙的施工质量。其缺点是插桩的自立高度较大,要注意插桩的稳定和施工安全。一般情况下多用该法打设板桩墙,它耗费的辅助材料不多,却能保证质量。

(2) 钢板桩的打设。

先用吊车将钢板桩吊至插桩点处进行插桩,插桩时锁口要对准,每插入一块即套上桩帽轻轻加以锤击。在打桩过程中,为保证钢板桩的垂直度,用两台经纬仪在两个方向加以控制。为防止锁口中心线平面位移,可在打桩进行方向的钢板桩锁口处设卡板,阻止板桩位移。同时在围檩上预先算出每块板的位置,以便随时检查校正。

钢板桩分几次打入,如第 1 次由 20 m 高打至 15 m,第 2 次则打至 10 m,第 3 次打至导架高度,待导架拆除后第 4 次才打至设计高程。打桩时,开始第 1 块、第 2 块钢板桩的打入位置和方向要确保精度,这样可以起样板导向作用,一般每打入 1 m 应测量 1 次。

钢板桩打设允许误差:桩顶高程 ± 100 mm,板桩轴线偏差 ± 100 mm;板桩垂直度 1%。

3. 钢板桩的拔除

基坑回填后,一般要拔除钢板桩,以便重复使用。拔除钢板桩前,要仔细研究拔桩方法、拔桩顺序、拔桩时间及土孔处理。否则,由于拔桩的振动影响,以及拔桩带土过多引起地面沉降和位移,会给已施工的地下结构带来危害,并影响邻近建筑物或地下管线的安全。

常见的拔桩方法有下面两种。

一是用振动锤拔桩。利用振动锤产生的强迫振动,扰动土质,破坏钢板桩周围土的黏聚力,以克服其拔桩阻力,依靠附加起吊力的作用将桩拔出。

二是用重型起重机与振动锤共同拔桩。对于用振动锤拔不出的钢板桩,可采用此法。其方法是在钢板桩上方装一个吊架,起重机在振动锤振拔的同时向上引拔钢板桩。

4. 钢板桩土孔处理

对拔桩后留下的桩孔,必须及时回填。回填的方法有振浮法、挤密法和填入法。所用材料一般为沙子。

(三) 钢板桩常见的工程事故及其原因

1. 钢板桩的入土深度不够

当钢板桩长度不足或由于挖土超深或基底土过于软弱,在土压力作用下,可能使钢板桩入土部分向外移动,使钢板桩绕拉锚点转动失效,坑壁滑坡。

2. 钢板桩本身刚度不足

由于钢板桩截面太小,刚度不足,在土压力作用下失稳而弯曲破坏。

3. 拉锚的承载力不够或长度不足

拉锚承载力过低被拉断,或锚碇位于土体滑动面内而失去作用,使钢板桩在土压力作用下向前倾倒。

因此,对于单锚钢板桩,入土深度、锚杆拉力和截面弯矩被称为单锚钢板桩设计的“三要素”。

第四节 人工降低地下水位

施工排水和人工降低地下水位是配合基坑开挖的安全措施之一。当基坑或沟槽开挖至地下水位以下时,土的含水层被切断,地下水将不断渗入坑内。大气降水、施工用水等也会流入坑内。基坑或沟槽内的土被水浸泡后可能引起边坡的坍塌,使施工不能正常进行,还会影响地基承载能力。所以,做好施工排水和降水工作,保持干燥的开挖工作面是十分重要的。施工前应进行降水与排水的设计。

防止地表水(雨水、施工用水、生活污水等)流入基坑,一般应充分利用现场地形地貌特征,采取在基坑周围设置排水沟、截水沟或修筑土堤等措施,并尽可能利用已有的排水设施。在基坑内采用明排水时,应设置排水沟和集水井。在基坑外降水时,应有降水范围的估算,对重要建筑物或公共设施在降水过程中应进行监测。对不同的土质应用不同的降水形式。降水系统施工完后,应试运转,如发现井管失效,应采取的措施使其恢复正常;如不可能恢复则应报废,另行设置新的井管。降水系统运转过程中应随时检查观测孔中的水位。

基坑或沟槽降水的方法通常有集水井降水法和井点降水法。无论采用何种方法,降水工作应持续到基础施工完毕并回填土后才能停止。

一、集水井降水法

集水井降水法是在基坑开挖过程中,沿坑底周围开挖排水沟,排水沟纵坡宜控制在 $1\% \sim 20\%$,在坑底每隔一定距离设一个集水井,地下水通过排水沟流入集水井中,然后用水泵抽走,见图 1-14。

集水井降水法是一种常用的简易降水方法,适用于面积较小、降水深度不大的基坑(槽)开挖工程。

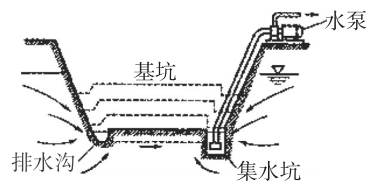


图 1-14 集水井降水

1. 集水井设置

为防止基底土结构遭到破坏,在基坑开挖到接近地下水位时,沿坑底周围开挖有一定坡度的排水沟和设置一定数量的集水井。排水沟和集水井应设置在建筑物基础底面范围以外,且在地下水走向的上游。根据基坑涌水量的大小、基坑平面形状和尺寸、水泵的抽水能力等,确定集水井的数量和间距。一般每 $20 \sim 40$ m 设置 1 个。

集水井的直径或宽度为 $0.7 \sim 0.8$ m,坑的深度要始终保持低于挖土工作面 $0.8 \sim 1.0$ m。集水井井壁用挡土板支护,井底铺碎石滤水层,以免抽水时泥沙堵塞水泵,并保证基底土结构不受扰动。

2. 水泵性能及选用

集水井降水法常用的水泵有离心泵和潜水泵。

二、井点降水法

1. 井点降水法的原理与作用

当软土或土层中含有细沙、粉沙或淤泥层时,不宜采用集水井降水法。因为在基坑中直接排水,地下水将产生自下而上或从边坡向基坑方向流动的动水压力,容易导致边坡塌方和产生“流沙现象”,并使基底土结构遭受破坏,这种情况应考虑采用井点降水法。

井点降水是在基坑开挖前,预先在基坑四周以一定的距离埋入井点管至地下蓄水层内,在土方开

挖过程中,利用抽水设备不断从井点管里抽出地下水,使地下水位降低到坑底以下,从而保证土方在干燥状态下施工。

井点降水在工程上有以下几方面的作用:

- ①防止挖方边坡受地下水冲刷而引起塌方。
- ②使地下水位降低到坑底以下,从而保证挖土工作面在施工中始终保持干燥状态。
- ③当采用板桩作为支护结构时,可减少由水压力产生的横向荷载。
- ④有效地防止了在细沙、粉沙土层中开挖土方时容易发生的“流沙现象”。
- ⑤降低地下水位可使土体面结,能使土层变得密实,增加地基土的承载能力。

上述几点中,防止“流沙现象”是井点降水的主要目的。

采用集水井降水法开挖基坑时,当基坑开挖到地下水位以下时,有时坑底土会进入流动状态,随地下水流入基坑,这种现象称为“流沙现象”。

“流沙现象”的产生是水在土中渗流所产生的动水压力对土体作用的结果。流动中的地下水对土颗粒产生的压力称为动水压力。动水压力的原理可用图 1-15 说明。

地下水由左端高水位 h_1 ,经过长度为 l 、截面积为 F 的土体,流向低水位 h_2 时的力学现象为“流沙现象”。水在土中渗流时,受到土颗粒的阻力 T (即单位土体阻力)的作用,同时水对土颗粒作用一个动水压力 G_D ,两者大小相等、方向相反。作用在

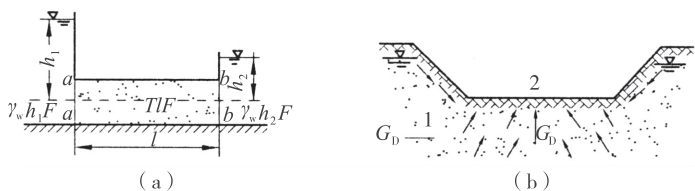


图 1-15 动水压力工作原理图

土体左端 $a-a$ 截面处的静水压力为 $\gamma_w h_1 F$ (γ_w 为水的重度),其方向与水流方向一致;作用在土体右端 $b-b$ 截面处的静水压力为 $\gamma_w h_2 F$,其方向与水流方向相反;水渗流时受到土颗粒的总阻力为 TlF 。由静力平衡条件得

$$\gamma_w h_1 F - \gamma_w h_2 F - TlF = 0 \Rightarrow T = \frac{h_1 - h_2}{l} \gamma_w$$

由上式可知,动水压力 G_D 与水力坡度 i (即水位差与渗透路程之比)成正比,即水位差越大,动水压力越大,而渗透路程越长,动水压力越小。

当水流在水位差的作用下对土颗粒产生向上的动水压力时,土颗粒除受到水的浮力外,还受到推动土颗粒向上的动水压力的作用。如果动水压力等于或大于土的浸水容重,那么土颗粒失去稳定而处于悬浮状态,土的抗剪强度等于零。土颗粒能随着渗流的水一起流动,“流沙现象”由此而发生。

动水压力的大小是出现“流沙现象”的主要原因。若采用降低地下水的方法,使动水压力方向朝下,增大土颗粒间的压力,则“流沙现象”就不可能发生。

除了井点降水法以外,防止“流沙现象”的方法还有水下挖土法、打钢板桩法、冻结法、压密注浆法、地下连续墙法等多种,可根据不同条件选用。

2. 井点降水的方法

降低地下水位的方法有轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点、深井井点等。可根据降水深度、土层渗透系数、技术设备条件等合理选用。

当渗透系数 $K < 5$ m/d 时,且含水层不是碎石土类时,宜选用轻型井点装置;

当渗透系数 $K = 5 \sim 20$ m/d 时,可选用轻型井点或管井井点装置;

当渗透系数 $K > 20$ m/d 时,一般宜选用管井井点装置。

渗透系数 $K < 0.1$ m/d 的土壤,可在轻型井点的内侧增设一些电板,通入直流电,以加速地下水向井点管渗透,此法称为“电渗井点排水法”。

管井井点就是沿基坑每隔一定距离(20~50 m)设置一个管井,每个管井单独用一台水泵不断抽水以降低地下水位。井内水位可降低6~10 m,适用于渗透系数较大、地下水量大的土层。

当降水深度较大,在管井内用一般水泵满足不了要求时,可改用深井泵,即“深井泵降水法”。它适用于土的渗透系数为10~80 m/d、降水深度大于15 m的情况。

(1) 轻型井点的设备。

轻型井点由管路系统和抽水设备两部分组成。

管路系统由滤管、井点管、弯联管和总管等组成,见图1-16。滤管是轻型井点的进水装置,它的上端与井点管连接,通常直径为38~55 mm,长度为1.0~1.5 m(见图1-17)。滤管需有良好的工作性能,它被埋置于土的蓄水层中,地下水通过它被吸入井点管并阻止泥沙进入管内。井点管是直径为38~55 mm、长度为5~7 m的钢管。井点管上端通过弯联管与总管连接。总管是直径为100~127 mm的无缝钢管。总管上等间距布置有与弯联管连接的短接头。

抽水设备由真空泵、离心泵和水气分离器等组成。

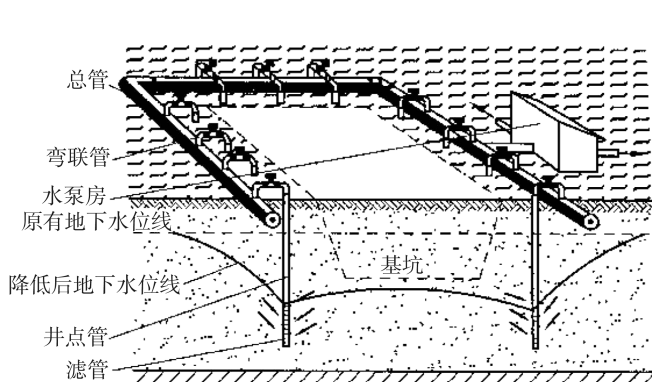


图 1-16 轻型井点降低地下水位图

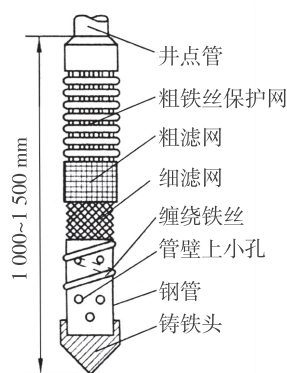
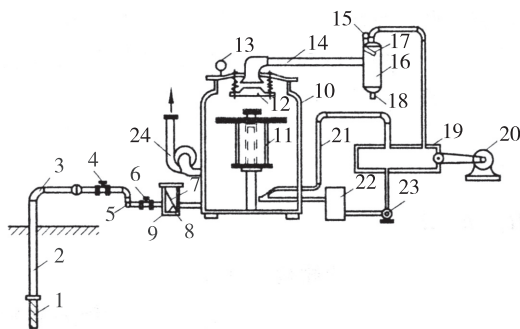


图 1-17 滤管

轻型井点设备的工作原理见图1-18。



- 1,7—滤管;2—井点管;3—弯联管;4,6,12—阀门;5—集水总管;8—过滤箱;
9—淘砂孔;10—水气分离器;11—浮筒;13,15—真空计;14—进水管;
16—副水气分离器;17—挡水板;18—放水口;19—真空泵;20—动机;
21—冷却水管;22—冷却水箱;23—循环水泵;24—离心水泵。

图 1-18 轻型井点设备工作原理图

(2) 轻型井点的布置。

轻型井点的布置应根据基坑的平面形状及尺寸,基坑的深度、土质,地下水位的高低及流向,降水深度要求等确定。

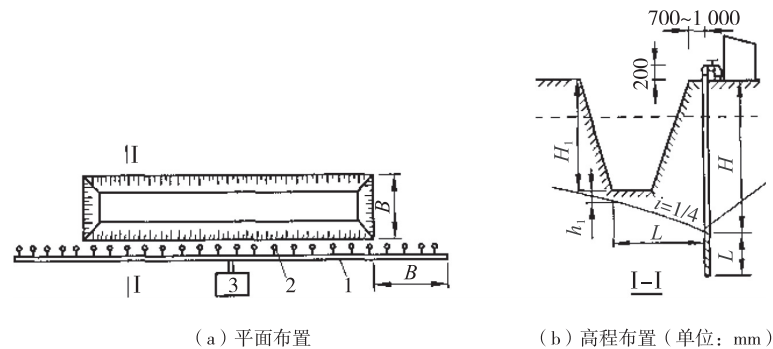
轻型井点的布置分为平面布置和高程布置两个方面。

① 平面布置。当基坑宽度小于6 m、降水深度不超过5 m时,可采用单排线状井点并布置在地下

水上游一侧,两端延伸长度不小于基坑的宽度(见图 1-19);当宽度大于 6 m 或土质不良时,则沿基坑两侧布置井点,即采用双排线状井点;当基坑面积较大时,采用环状井点布置(见图 1-20)。

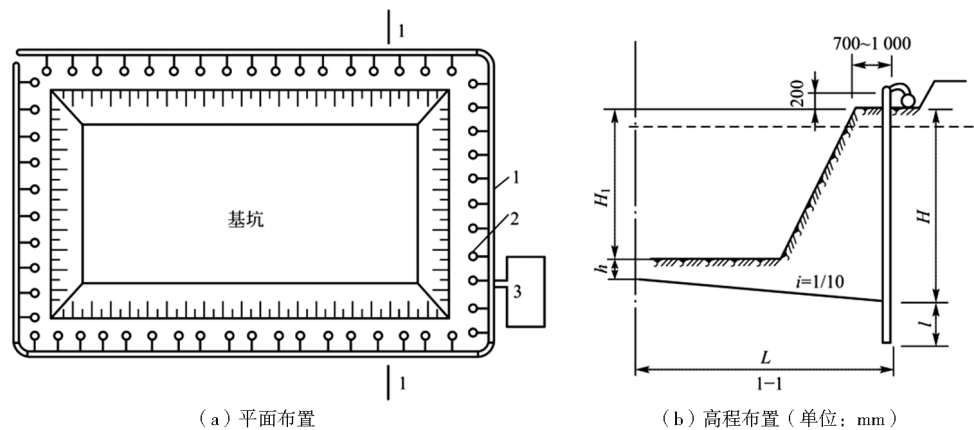
考虑施工机械进出基坑方便,基坑地下水下游一侧可不封闭。

井点管距基坑壁一般不小于 1 m,以防局部漏气。井点管的间距由计算或经验确定。在总管四角部位,井点管应适当加密设置。



1—总管;2—井点管;3—抽水设备。

图 1-19 单排线状井点布置



1—总管;2—井点管;3—抽水设备。

图 1-20 环状井点布置

②高程布置。高程布置的相关公式为

$$H \geq H_1 + h + iL$$

式中, H_1 ——井点管埋设面至基坑底面的距离(m);

h ——基坑底面至降低后的地下水位线的距离(m),一般为 0.5~1.0 m;

i ——水力坡度,单排井点取 1/5~1/4,双排井点取 1/7,环状井点取 1/10;

L ——井点管至基坑中心的水平距离(m)。

由上式算出的 H 值大于 6 m 时,为了满足降水深度的要求,应降低井点管管路系统的埋置面。事先挖槽降低埋置面高程,使管路系统安装在靠近原地下水位线甚至稍低于原地下水位线的位置。此时,可设置明沟和集水井,排除事先挖槽所引起的渗水。再布置井点系统就能充分利用设备能力,增加降水深度。井点管露出地面的长度一般为 0.2 m。

当一级井点系统达不到降水深度要求时,可采用二级井点,即先挖去第 1 级井点排干的土,再布置第 2 级井点。

(3) 轻型井点的计算。

根据井底是否达到不透水层,水井可分为完整井与不完整井。凡滤管底到达含水层下面的不透水层顶面的井称为完整井,否则称为不完整井。根据地下水有无压力,又分为无压井与承压井。凡是抽取不透水层以上的水的井称为无压井,凡是抽取不透水层之间的水的井,称为承压井。

对于无压完整井的环状井点系统,群井涌水量的计算公式为

$$Q=1.366K \frac{(2H-s)s}{\lg R - \lg x_0}$$

式中, Q ——井点系统的涌水量(m^3/d);

K ——土的渗透系数(m/d);

H ——含水层厚度(m);

s ——水位降低值(m);

R ——抽水影响半径(m),常用下式计算:

$$R=1.95s\sqrt{HK}$$

x_0 ——环状井点系统的假想半径(m)。对于矩形基坑,其长度与宽度之比不大于 5 时,可按下式计算:

$$x_0=\sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

其中, F ——环状井点系统包围的面积(m^2)。

单根井点管的最大出水量,取决于滤管的构造、尺寸和土的渗透系数,可按照下式计算:

$$q=65\pi d l K^{\frac{1}{3}}$$

式中, q ——单根井点管的最大出水量(m^3/d);

d ——滤管的直径(m);

l ——滤管的长度(m);

K ——土的渗透系数(m/d)。

渗透系数 K 值的确定是否准确,对计算结果影响较大。渗透系数的测定方法有现场抽水试验和实验室测定两种。对大型工程,一般宜采用现场抽水试验,以获取较为准确的数据。具体方法是在现场设置抽水孔,并在同一直线上设置观察井,根据抽水稳定后观察的水深及抽水孔相应的抽水量计算 K 值。

在实际工程中往往会遇到无压不完整井的井点系统,其涌水量的计算相对比较复杂。无压不完整井的地下涌水不仅会从井的侧面流入,还会从井点底部流入,因此其涌水量较完整井大。为了简化计算,仍可按无压完整井的环状井点系统的涌水量公式计算,但是此时应将式中 H 换成有效深度 H_0 , H_0 可查表 1-5。当算得的 H_0 大于实际含水层厚度 H 时,则取 H 值。

表 1-5 有效深度 H_0 的值

$s'/(s'+1)$	0.2	0.3	0.5	0.8
H_0	$1.3(s'+1)$	$1.5(s'+1)$	$1.7(s'+1)$	$1.85(s'+1)$

承压完整井环状井点涌水量的计算公式为

$$Q=2.37K \frac{Ms}{\lg R - \lg x_0}$$

式中, M ——承压含水层厚度(m);

Q, K, R, x_0, s 的意义同前。

井点管的最少数量由下式确定:

$$n' = 1.1 \frac{Q}{q}$$

井点管平均间距为

$$D' = \frac{L}{n'}$$

式中, L ——总管长度(m)。

(4) 轻型井点的施工。

井孔冲成后,立即拔出冲管,插入井点管,并在井点管与孔壁之间迅速填灌沙滤层,以防孔壁塌土。沙滤层的填灌质量是保证轻型井点顺利抽水的键。一般宜选用干净粗沙,填灌均匀,并填至滤管顶上 1~1.5 m,以保证水流畅通。井点填沙后,在地面以下 0.5~1.0 m 范围内应用黏土封口,以防漏气。

轻型井点的施工程序为敷设总管,冲孔埋设井点管,安装抽水设备,抽水试运转。

井点管理设有多种方法,一般采用冲孔法。用起重设备将冲管吊起插在井点位置上,然后开动高压水泵,将土冲松,冲管则边冲边沉。冲孔直径一般为 300 mm,以保证井管四周有一定厚度的沙滤层,冲孔深度宜比滤管底深 0.5 m 左右,以防冲管拔出时,部分土颗粒沉于底部而触及滤管底部。井点管理设完毕,应接通总管与抽水设备进行试抽水,检查有无漏水漏气、出水是否正常、有无堵塞等现象,如有异常情况,应检修好后方可使用。

井点管使用时,应保证连续不断地抽水,并准备双电源。正常出水规律是“先大后小,先浑后清”。

抽水时需要经常观测真空度以判断井点系统工作是否正常,真空度一般应不低于 55.3~66.7 kPa;并检查观测井中水位下降情况,当有较多井点管发生堵塞,影响降水效果时,应逐根用高压水反向冲洗或拔出重埋。井点降水工作结束后所留的井孔,必须用沙砾或黏土填实。

第五节 基坑(槽)的施工

一、基坑(槽)的开挖技术要求

放灰线时,在地上撒出灰线,标出基础挖土的界限。根据房屋主轴线控制点,确定开挖边线,同时在房屋四周设置龙门板。

基坑(槽)土方开挖时,主要注意以下几个方面的问题。

- ① 选择合理的施工机械、开挖顺序和开挖路线。
- ② 土方开挖施工宜在干燥环境下进行。
- ③ 不宜在坑边堆置弃土或使用其他重型机械。
- ④ 应避免超挖。
- ⑤ 基坑开挖后,应及时做好坡面的防护工作。
- ⑥ 与原有基础保持一定距离。



二、基坑(槽)验收

1. 检验内容

- (1)核对基坑的位置、平面尺寸、坑底高程。
- (2)核对基坑土质和地下水情况。
- (3)核对地下物体及空洞的位置、深度、形状。

2. 检验方法

直接观察法、轻型动力触探法。

3. 验槽的目的

基坑(槽)挖至基底设计高程后,必须通知勘察、设计、监理、建设部门会同检验,经处理合格后签证,再进行基础工程施工。这是确保工程质量的关键程序之一。验槽的目的在于检查地基是否与勘察设计资料相符合。

一般设计依据的地质勘察资料取自建筑物基础的有限几个点,无法反映钻孔之间的土质变化,只有在开挖后才能确切地了解。如果实际土质与设计地基土不符,应由结构设计人员提出地基处理方案,处理后经有关单位签署后归档备查。

4. 验槽的方法

验槽主要靠施工经验观察,而对于基底以下的不可见土层,要辅以钎探、夯探配合共同完成。

(1)观察验槽。

主要观察基槽底和侧壁土质情况、土层构成及其走向情况以及是否有异常现象等,以判断是否达到设计要求。观察内容主要为槽底土质、土的颜色、土的软硬、土的虚实情况。

(2)钎探。

对基槽底以下 2~3 倍基础宽度的深度范围内,土的分布和变化情况,以及是否有空穴或软弱土层,需要用钎探明。钎探方法为:将一定长度的钢钎打入槽底以下的土层内,根据每打入一定深度的锤击次数,间接地判断地基土质的情况。打钎分人工和机械两种方法。

① 钢钎的规格和数量。

人工打钎时,钢钎用直径为 22~25 mm 的钢筋制成,钎尖为 60°尖锥状,钎长为 1.8~2.5 m。打钎用的锤质量为 1.63~2.04 kg,举锤高度为 50~70 cm。将钢钎垂直打入土中,并记录每打入土层 30 cm 的锤击数。用打钎机打钎时,其锤质量约 10 kg,锤的落距为 50 cm,钢钎直径为 25 mm,长 1.8 m,见图 1-21。

② 钎探记录和结果分析。

先绘制基槽平面图,在图上根据要求确定钎探点的平面位置,并依次编号制成钎探平面图。钎探时按钎探平面图标定的钎探点顺序进行,最后整理成钎探记录表。全部钎探完毕后,逐层地分析研究钎探记录,逐点进行比较,将锤击数显著过多或过少的钎孔在钎探平面图上标上记号,再在该部位进行重点检查,如有异常情况,要认真进行处理。

(3)夯探。

夯探较钎探更为简便,不用复杂的设备,而是用铁夯或蛙式打夯机对基槽进行夯击,凭夯击时的声响来判断下卧层的强弱或有无土洞、暗墓。

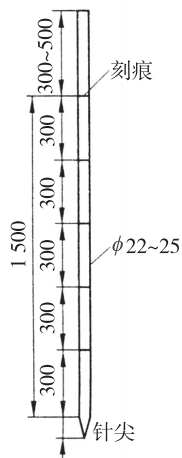


图 1-21 钢钎
(单位:mm)

三、土方回填与压实

(一) 回填土的选择

(1) 为了满足填方工程在强度和稳定性方面的要求,必须正确选择土的种类和填筑方法。

(2) 含有大量有机物的土,石膏或水溶性硫酸盐含量大于 5% 的土,冻结或液化状态的黏土或粉状沙质黏土等,一般不能作填土之用。但在场地平整工程中,除修建房屋和构筑物的地基填土外,其余各部分填方所用的土不受此限制。

(3) 填土应分层进行,并尽量采用同类土填筑。

(4) 填土必须具有一定的密实度,以避免建筑物的不均匀沉陷。

(5) 如采用不同土填筑,应将透水性较大的土层置于透水性较小的土层之下。

(6) 在填土施工时,土的实际干密度若大于或等于控制干密度,则符合质量要求。

土的实际干密度可用“环刀法”测定。填方前,应根据工程特点、填料种类、设计压实系数、施工条件等合理选择压实机具,并确定填料含水量控制范围、铺土厚度和压实遍数等参数。对于重要的填方工程或采用新型压实机具时,上述参数应通过填土压实试验确定。

填土时应先清除基底的树根、积水、淤泥和有机杂物,并分层回填、压实。填土应尽量采用同类土填筑。如采用不同种类填料分层填筑,上层宜填筑透水性较小的填料,下层宜填筑透水性较大的填料。填方基土表面应做成适当的排水坡度,边坡不得用透水性较小的填料封闭。填方施工应接近水平地分层填筑。当填方位于倾斜的地面时,应先将斜坡挖成阶梯状,然后分层填筑以防填土横向移动。分段填筑时,每层接缝处应做成斜坡形,上、下层错缝距离不应小于 1 m。

(二) 填土压实方法

1. 碾压法

碾压法是由沿着表面滚动的鼓筒或轮子的压力压实土壤。一切拖动和自动的碾压机具,常见的如平碾、羊足碾和气胎碾等,其工作原理都相同。这些机具主要用于大面积填土。

(1) 平碾。

平碾适用于碾压黏性和非黏性土。平碾又叫压路机,它是一种以内燃机为动力的自行式压路机。按碾轮的数目分,有两轮两轴式和三轮两轴式。平碾的运行速度决定其生产率,在压实填方时,碾压速度不宜过快,一般不超过 2 km/h。

(2) 羊足碾。

羊足碾(见图 1-22)和平碾不同,它是碾轮表面上装有许多羊蹄形的碾压凸脚,一般用拖拉机牵引作业。羊足碾有单桶和双桶之分,桶内根据要求可分为空桶、装水、装沙,以提高单位面积的压力,增加压实效果。

由于羊足碾单位面积压力较大,因此其压实效果、压实深度均较同质量的光面压路机高。但工作时羊足碾的羊蹄压入土中,又从土中拔出,致使上部土翻松,不宜用于无黏性土、沙及面层的压实。一般羊足碾适用于压实中等深度的粉质黏土、粉土、黄土等。

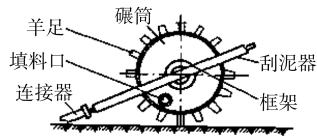


图 1-22 羊足碾

2. 夯实法

夯实法是利用夯锤自由下落的冲击力来夯实土壤,主要用于小面积的回填土。夯实机具类型较多,有木夯、石夯、蛙式打夯机以及利用挖土机或起重机装上夯板后的夯土机等。其中蛙式打夯机轻巧灵活,构造简单,在小型土方工程中应用最广。

夯实法的优点是可以夯实较厚的土层。采用重型夯土机(如 1 t 以上的重锤)时,其夯实厚度可在 1~1.5 m。但对木夯、蛙式打夯机等夯土工具,其夯实厚度则较小,一般均在 200 mm 以内。

人力打夯前应将填土初步整平,打夯要按一定方向进行,一夯压半夯,夯夯相接,行行相连,两遍纵横交叉,分层夯打。夯实基槽及地坪时,行夯路线应由四边开始,再夯向中间。

用蛙式打夯机等小型机具夯实时,一般填土厚度不宜大于 25 cm,打夯之前对填土应初步平整,打夯机应依次夯打,均匀分布,不留间隙。基坑(槽)应在两侧或四周同时进行回填与夯实。

3. 振动法

振动法是将重锤放在土层的表面或内部,借助振动设备使重锤振动,土壤颗粒即发生相对位移达到紧密状态。此法用于振实非黏性土效果较好。

近年来,人们又将碾压和振动结合而设计和制造出振动平碾、振动凸块碾等新型压实机械。振动平碾适用于填料为爆破碎石碴、碎石类土、杂填土或粉土的大型填方;振动凸块碾则适用于粉质黏土或黏土的大型填方。当压实爆破石碴或碎石类土时,可选用 8~15 t 的振动平碾,铺土厚度为 0.6~1.5 m,宜静压后振压,碾压遍数应由现场试验确定,一般为 6~8 遍。

四、影响填土压实质量的因素

1. 压实功的影响

填土压实后的密度与压实机械在其上所施加的功有一定的关系。土的密度与所消耗的功的关系见图 1-23。当土的含水量一定,在开始压实时,土的密度急剧增加,待到接近土的最大密度时,压实功虽然增加许多,而土的密度则变化甚小。在实际施工中,对于沙土只需碾压 2~3 遍,对亚砂土只需 3~4 遍,对亚黏土或黏土只需 5~6 遍。

2. 含水量的影响

土的含水量对填土压实有很大影响。较干燥的土,由于土颗粒之间的摩阻力大,填土不易被夯实。而含水量较大,超过一定限度,土颗粒间的空隙全部被水充填而呈饱和状态,填土也不易被压实,容易形成橡皮土。只有当土具有适当的含水量,土颗粒之间的摩阻力由于水的润滑作用而减小,土才易被压实。为了保证填土在压实过程中具有最优的含水量,当土过湿时,应予翻松晾晒或掺入同类干土及其他吸水性材料。如土料过干,则应预先洒水湿润。土的含水量一般以手握成团、落地开花为宜。土的干密度与含水量的关系见图 1-24。

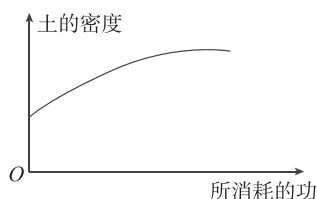


图 1-23 土的密度与压实功的关系

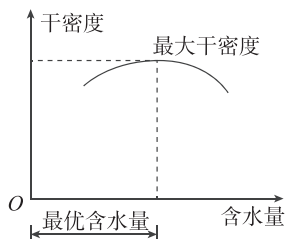


图 1-24 土的干密度与含水量的关系

3. 铺土厚度的影响

土在压实功的作用下,其应力随深度增加而逐渐减少,在压实过程中,土的密实度也是表层大,而随深度增加逐渐减少,超过一定深度后,虽经反复碾压,土的密实度仍与未压实前一样。各种不同压实机械的压实影响深度与土的性质、含水量有关,所以,填方每层铺土的厚度,应根据土质、压实的密实度要求和压实机械性能确定。

一般情况下,用羊足碾铺土时厚度为 0.5 m 左右,用平碾时为 0.3 m 左右,用动力打夯机时为 0.4 m 左右,人工打夯时为 0.2 m 左右。

第六节 土方机械化施工

由于土方工程量大,尤其是建设一个大型工业企业,往往有几十万、几百万甚至几千万立方米的土方,其施工面积往往可达几平方千米,甚至几十平方千米。在这种情况下,土方工程全部由人工来完成,消耗的劳动量将是个庞大的数字且工期也会拖得很长。因此,为了减轻繁重的体力劳动,提高劳动生产率,加快工程进度,降低工程成本,在组织土方工程施工时,应尽可能采用机械化施工。

土方工程施工机械的种类繁多,常用的有推土机、铲运机、装载机、平土机、松土机、单斗挖土机、多斗挖土机和各种碾压、夯实机械等。随着液压技术的发展,土方工程机械已逐步由液压传动代替机械传动。液压技术有利于土方机械向大型、大功率方向发展。

一、土方施工机械

(一)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而成的机械。我国目前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 等数种。

推土机操纵灵活、运转方便、所需工作面较小、行驶速度快、易于转移,因此应用范围较广。推土机多用于场地清理和平整,开挖深度 15 m 以内的基坑,填平沟坑,以及配合铲运机、挖土机工作等。推土机可以推掘一类至四类土壤,能爬 30°左右的缓坡,经济运距 100 m 以内,效率最高为 60 m。

1. 推土机的组成

推土机由推土刀、托架等组成,见图 1-25。

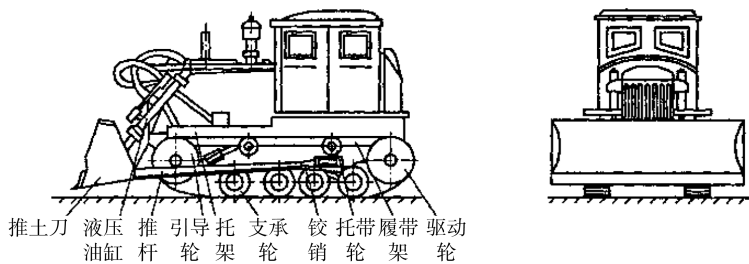


图 1-25 推土机

作业时,机械向前开行,放下推土刀切削土壤,碎土堆积在刀前,待逐渐积满以后,略提起推土刀,使刀刃贴着地面推移碎土,推到指定地点以后,提刀卸土,然后调头或倒车,返回铲掘地点。在运土过程中,由于碎土会从推土刀的两端流失,其经济运距一般在 100 m 以内。

2. 推土机的类型

(1)按照推土刀的安装形式分为固定推土刀和回转推土刀。

(2)按照行走装置的形式分为履带式和轮胎式。

履带式推土机的履带板有多种形式,以适应在不同地面上行走。轮胎式推土机大多采用宽基轮胎,全轮驱动,以提高牵引性能,并改善通过性能,其接地比压为 200~350 kPa。由于履带式推土机后

端一般可以装松土齿耙、绞盘和反铲装置等,还可以做其他机械的牵引车和铲运机的助铲机,故目前应用广泛。

(3)按照工作装置操纵系统分为液压操纵和机械操纵等。

液压操纵式推土机利用液压缸来操纵推土刀的升降,可以借助整机的部分重力,强制推土刀切土,切土力大,操纵轻便,广泛用于中小型推土机上;机械操纵式推土机依靠钢丝绳滑轮组操纵,只能利用推土刀的自重切土,效率较低,一般用于大型或特大型推土机上。

3. 推土机的作业内容与方法

作业内容主要如下:

(1)挖土深度不大的场地平整,开挖深度不大于 1.5 m 的基坑,回填基坑和沟槽,堆筑高度在 1.5 m 以内的路基、堤坝。

(2)平整其他机械卸置的土堆,推送松散的硬土、岩石和冻土。

(3)配合铲运机进行助铲,配合挖掘机施工,为挖土机清理余土和创造工作面。

(4)牵引其他无动力的土方施工机械,如拖式铲运机、松土机、羊足碾等,进行土方其他施工过程的施工。

铲土方法如下。

(1)平整场地:一般平整场地可分两步进行,即先平整高差较大的地方,待整个区域基本平整到高差不大时,再配合测量按高程先整平一小块,然后从已经整平的小块开始,逐刀顺序推平,同时每次重叠 30~40 cm,直到整个区域平整。在平整场地时应注意以下几点:

- ① 切勿将推土机置于倾斜地上开始平整,否则容易造成整个平整面倾斜而达不到质量要求。
- ② 铲土时要注意观察前方的地形,并根据发动机声音的变化来调整推土机铲刀深度。
- ③ 根据坐在驾驶室里的感觉来判断是否推平,如推土机行驶平稳,说明已经推平,此时铲刀位置应保持不动;如感觉推土机行驶不平稳,就应及时调整铲刀的铲土深度。

(2)泥泞地的推土:在含水量较大的地面或雨后泥泞地上推土时,要注意防止陷车。推土量不宜过大,每刀土要一气推出,在行驶途中尽量避免停歇、换挡、转向、制动等,防止中途熄火后启动困难。

(3)清除硬土(路面或冻土):清除较硬的土壤时,应先用推土机将硬土破松。如需用推土机推除,可将铲刀改成侧推刀,使一个刀角向下,先将土层破开,然后沿破口逐步将土层推除。

(4)推除块石:推土中如遇大块孤石,可以先将周围的土推掉,使孤石露出土外,再用铲刀试推,如已松动,可将铲刀插到孤石底部并往上提刀,即可将孤石清除。如遇到群石,应从边上按顺序一块一块排除,当第 1 块排除后,可顺着石窝推第 2 块,直到推完为止。

(二) 铲运机

铲运机是利用装在前后轮轴之间的铲运斗,在行驶中按顺序进行土壤铲削、装载、运输和铺卸作业的铲土运输机械。它能独立完成铲、装、运、卸各个工序,还兼有一定的压实和平整土地的功能。它主要用于土方填挖和场地平整,有较高的生产效率,是土方工程中应用最广的机种之一。

1. 铲运机的组成

由工作装置(铲斗)、行走装置、操纵机构和牵引机等组成,见图 1-26。

2. 铲运机的特点

行驶速度快、操纵灵活、运转方便、生产率高,能独立完成铲土、运土、填筑、压实等多项作业。

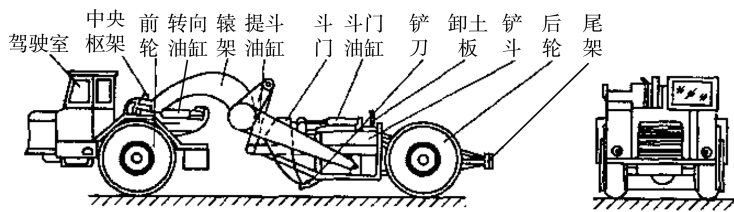


图 1-26 铲运机

3. 铲运机的运行路线(见图 1-27)

(1) 环形路线。

对于地形起伏不大,而施工地段较短(50~100 m)和填方不高(0.1~1.5 m)的路堤、基坑及场地平整工程,宜采用环形路线。

(2) 大环形路线。

当填、挖交替,且相互间的距离又不大时,可采用大环形路线。这样可进行多次铲土和卸土,减少铲运机转弯次数,提高其工作效率。

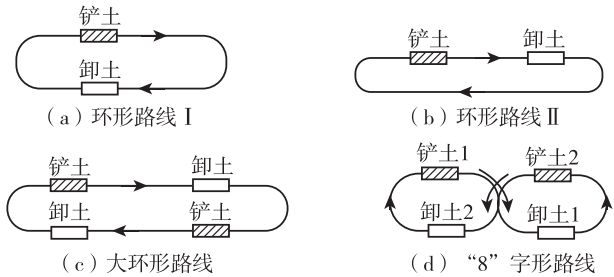


图 1-27 铲运机运行路线

(3) “8”字形路线。

在地形起伏较大、施工地段狭长的情况下,宜采用“8”字形路线。按照这种路线运行,铲运机上、下坡时斜向行驶,所以坡度平缓,减少了转弯次数及空车行驶距离,可缩短运行时间,提高生产率。装土、运土和卸土时,按“8”字形运行,一个循环完成两次装土和卸土工序。装土和卸土沿直线运行,转弯时刚好把土装完或卸完,但两条路线间的夹角应小于 60°。此法可减少转弯次数和空车行驶距离,提高工效。

(三) 单斗挖土机

挖土机是用铲斗开挖和装载土方的挖掘机械。可将挖出的土就近卸下或配备自卸汽车进行远距离卸土。挖土机按铲斗数目有单斗挖土机和多斗挖土机之分,但多斗挖土机在土方工程中很少使用,我国也尚未定型生产,故本书主要讲述单斗挖土机。

单斗挖土机是用单铲斗开挖和装载土方的挖掘机械,广泛应用于开挖建筑基坑、沟槽和清除土丘等土方作业。

1. 正铲挖土机

正铲挖土机(见图 1-28)适用于开挖一类至四类的土、经爆破后的岩石和冻土。土的含水量应小于 2.7%,土块粒径应小于挖斗宽度的 1/3。正铲挖土机挖掘力大、生产率高,主要用于开挖停机面以上的土方,工作面的高度一般不小于 1.5 m。如工作面过低,一次挖掘不易装满铲斗,会降低生产率。如开

挖高度超过挖土机挖掘高度时,可分层开挖。正铲开挖应配备一定数量的自卸汽车运土,汽车行驶道路应设置在正铲斗回转半径之内,可以在同一平面,也可略高于停机面,以便正铲下沟槽挖土。正铲挖土,一般用于土方量较大的工程。

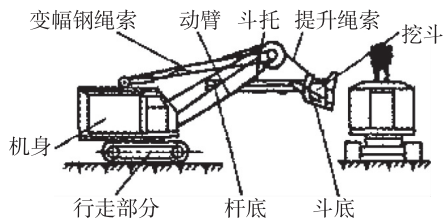


图 1-28 正铲挖土机

正铲挖土机的挖土特点是“前进向上,强制切土”。根据开挖路线和自卸汽车相对位置的不同,一般有两种开挖方式:侧向开挖和正向开挖。

2. 反铲挖土机

反铲挖土机(见图 1-29)适用于开挖一类至三类的沙土或黏土。其主要用于挖掘停机面以下深度不大的基坑(槽)或管沟及含水量大的土,最大挖掘深度为 4~6 m,效率高的挖掘深度为 1.5~3 m,对地下水位较高处也适用。挖出的土方卸在基坑(槽)、管沟的两边,或配备自卸汽车运走。反铲挖土机的挖土特点是“后退向下,强制切土”。

3. 拉铲挖土机

拉铲挖土机(见图 1-30)的铲土斗被钢丝绳悬吊在支杆上,卸土时斗齿朝下。因拉铲卸土时斗齿朝下,湿的黏土也能卸净,所以最适于开挖含水量大的土方,但不能挖硬土。其适用于开挖一类至三类的土,开挖较深较大的基坑(槽)和沟渠,挖取水中泥土以及填筑路基、修筑堤坝等。拉铲挖土大多将土卸在基坑(槽)附近堆放,如配备自卸汽车运土,则工效较低。

拉铲挖土机的工作特点是“后退向下,自重切土”。拉铲挖土时起重臂倾斜度应在 45° 以上,先挖两侧然后中间,分层进行,保持边坡整齐,与边坡的安全距离应不小于 2 m。

4. 抓铲挖土机

抓铲挖土机(见图 1-31)的铲土斗具有活瓣,用钢丝绳悬挂在支杆上。抓铲挖土机只能开挖一类、二类土,挖土特点是“直上直下,自重切土”,其挖掘能力较低。

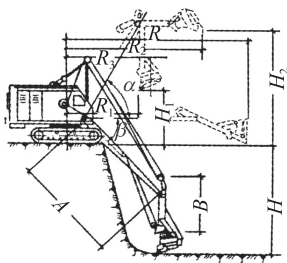


图 1-29 反铲挖土机工作示意图

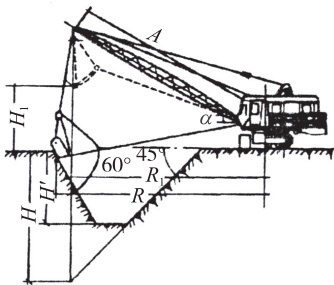


图 1-30 拉铲挖土机工作示意图

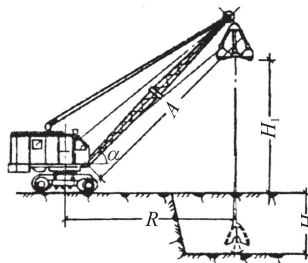


图 1-31 抓铲挖土机工作示意图

5. 作业中的注意事项

(1)启动后,结合动力输出,应先使液压系统从低速到高速空载循环 10~20 min,无吸空等不正常噪声,工作有效,并检查各仪表指示值,待运转正常再接合主离合器,进行空载运转。按顺序操纵各工

作机构并测试各制动器,确认正常后,方可作业。

(2)作业时,挖土机应保持水平位置。将行走机构制动住,并将履带或轮胎楔紧。

(3)遇较大的坚硬石块或障碍物时,应待清除后方可开挖,不得用铲斗破碎石块、冻土,或用单边斗齿硬啃。

(4)作业时,应待机身停稳后再挖土。当铲斗未离开工作面时,不得做回转、行走等复合动作。回转制动时,应使用回转制动器,不得用反向回转做制动。

(5)作业时,各操作过程应平稳,不宜紧急制动。铲斗升降不得过猛,下降时,要避免碰撞车架或履带。

(6)斗臂在抬高及回转时,不得碰到洞壁、沟槽侧面或其他物体。

(7)向运土车辆装土时,宜降低铲斗,减小卸落高度,不得偏装或砸坏车厢。在汽车未停稳或铲斗需越过驾驶室而驾驶员未离开之前,不得装车。

(8)作业中,当液压缸伸缩将达到极限位置时,应动作平稳,防止冲撞极限块。

(9)机械运转后,禁止任何人站在铲斗中或铲臂上,在回转半径范围内,不得有行人或障碍物。保养或检修挖土机时,除检查发动机运行状态外,必须将发动机熄火,并将液压系统卸荷,铲斗落地。

(10)作业中,当需制动时,应将变速阀置于低速位置。若发现挖掘力突然变化,应停机检查,不允许在未查明原因前擅自调整分配阀压力。

二、土方工程机械的选择

在实际施工中,土方工程机械主要依据以下几方面因素选择:

- ①基坑情况,包括几何尺寸大小、深浅、土质、有无地下水及开挖方式等;
- ②作业环境,包括占地范围,工程量大小,地上与地下障碍物等;
- ③季节,包括冬期、雨期时间长短,冬期温度与雨期降水量等情况;
- ④机械配套与供应情况;
- ⑤施工工期长短和经济效益目标。

本章习题

1. 试述土方工程的施工特点。
2. 什么是土的可松性? 土的可松性对土方施工有何影响?
3. 土按开挖难易程度可分为几类? 开挖方法有何不同?
4. 边坡塌方的原因有哪些?
5. 试述钢板桩的施工工艺。
6. 填土压实的方法有哪些? 影响填土压实的主要因素有哪些? 怎样检查填土压实的质量?
7. 什么是流沙现象? 试述流沙现象产生的原因及防止流沙的方法。
8. 什么是集水井降水法? 集水井应如何布置?
9. 井点降水的作用是什么? 试述井点降水的原理。
10. 井点降水的方法有哪些?
11. 试述轻型井点降水的设备组成和布置方案。



- 12. 土方施工常用机械有哪些？
- 13. 用推土机平整场地时，应注意哪些问题？
- 14. 单斗挖土机有几种不同的铲斗类型？它们的工作特点各是什么？
- 15. 如何选择土方施工机械？
- 16. 某场地平整有 $6\,000\text{ m}^3$ 的填方量需从附近取土填筑，其土质为亚黏土，试计算：
 - ① 填土的挖方量；
 - ② 如用斗容量为 3 m^3 的汽车运输，需运多少车次？
- 17. 矩形基坑底面积为 $3\text{ m}\times 4\text{ m}$ ，深 3.5 m ，边坡坡度为 $1:0.5$ ，试计算其土方量。
- 18. 建筑场地方格网如图所示，方格网为 $40\text{ m}\times 40\text{ m}$ ，试用公式法计算场地总挖方量和总填方量。

1	70.30	2	70.36	3	70.40
	70.09		70.40		70.95
4	70.26	5	70.30	6	70.34
	69.71		70.17		70.70
7	70.20	8	70.24	9	70.28
	69.37		69.81		70.38

题 18 图 (单位:m)



第二章 桩基工程

- 第一节 浅基础的施工
- 第二节 地基的处理与加固
- 第三节 桩基础概述
- 第四节 混凝土预制桩的施工
- 第五节 混凝土灌注桩的施工

第一节 浅基础的施工

地基是指建筑物荷载作用下基底下产生的变形不可忽略的那部分地层,而基础则是指将建筑物荷载传递给地基的下部结构。作为支承建筑物荷载的地基,必须能防止强度破坏和失稳,同时,必须控制基础的沉降不超过地基的变形允许值。在满足上述要求的前提下,尽量采用相对埋深不大,只需普通的施工程序就可建造起来的基础类型,称天然地基上的浅基础;若地基不能满足上述条件,则应进行地基加固处理,在处理后地基上建造的基础,称人工地基上的浅基础。当上述地基基础形式均不能满足要求时,则应考虑借助特殊的施工手段,且相对埋深大的基础形式,即深基础(常用桩基),以求把荷载更多地传递到深部的坚实土层中去。

一、浅基础的分类

浅基础按受力特点可分为刚性基础和柔性基础。用抗压强度较大,而抗弯、抗拉强度小的材料建造的基础,如砖、毛石、灰土、混凝土、三合土等基础均属于刚性基础。刚性基础的最大拉应力和剪应力必定在其变截面处,其值受基础台阶的宽高比的影响很大。因此,刚性基础控制台阶的宽高比(称刚性角)是个关键。用钢筋混凝土建造的基础叫柔性基础。柔性基础的抗弯、抗拉、抗压能力都很大,适用于地基土比较软弱,上部结构荷载较大的基础。

浅基础按构造形式分为单独基础、带形基础、交梁基础、筏板基础等。单独基础也称独立基础,多呈柱墩形,截面可做成阶梯形或锥形等;带形基础是指长度远大于其高度和宽度的基础,常见的是墙下条形基础,材料主要采用砖、毛石、混凝土和钢筋混凝土等。

二、浅基础施工

1. 砖基础

砖基础分为带形基础和独立基础,基础下部扩大称为大放脚。大放脚有等高式和不等高式,见图 2-1。当地基承载力不小于 150 kPa 时,采用等高式大放脚,即两皮一收,两边各收进 1/4 砖长。当地基承载力小于 150 kPa 时,采用不等高式大放脚,即两皮一收与一皮一收相间隔,两边各收进 1/4 砖长。大放脚的底宽应根据计算而定,各层大放脚的宽度应为半砖长的整数倍。

砖基础若不在同一深度,则应先由底往上砌筑。在高低台阶接头处,下面台阶要砌一定长度实砌体,砌到上面后和上面的砖一起退台。

砖基础的灰缝厚度为 8~12 mm,一般为 10 mm。砖基础接槎应留成斜槎,如因条件限制留成直槎时,应按规范要求设置拉结筋。砖基础内宽度超过 300 mm 的预留孔洞,应砌筑平拱或设置过梁。

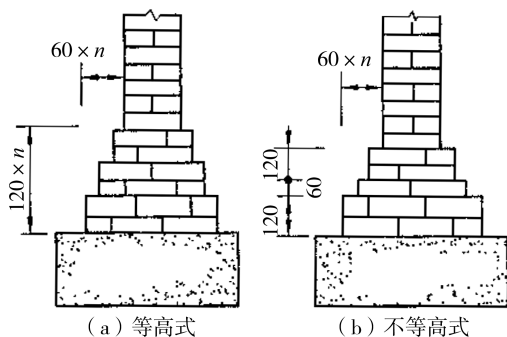


图 2-1 基础大放脚形式(单位:mm)

2. 毛石基础

毛石基础可用毛石或毛条石,以铺浆法砌筑。灰缝厚度宜为 20~30 mm,砂浆应饱满。石基础宜分皮卧砌,并应上下错缝,内外搭接,不得采用外面侧立石块、中间填心的砌筑方法。每日砌筑高度不宜超过 1.2 m。在转角处及交接处应同时砌筑,如不能同时砌筑,应留成斜槎。

毛石基础的断面形式有阶梯形和梯形。基础的顶面宽度比墙厚大 200 mm,即每边宽出 100 mm,每阶高度一般为 300~400 mm,并至少砌二皮毛石。上阶梯的石块应至少压砌下级阶梯石块的 1/2。相邻阶梯的毛石应相互搭砌。砌第 1 层石块时,基底要坐浆,石块大面向下,基础的最上一层石块宜选用较大的毛石砌筑。基础的第 1 层及转角处、交接处和洞口处选用较大的平毛石砌筑。毛石基础砌筑砂浆的强度等级应符合设计要求。

3. 混凝土和毛石混凝土基础

在浇筑混凝土基础时,应分层进行,并使用插入式振动器捣实。对阶梯形基础,每一台阶高度内应整层一次浇筑。对于锥形基础,要逐步地随浇筑随安装其斜面部分的模板,并注意边角处混凝土的密实。独立基础应连续浇筑完毕,不能分多次浇筑。

为了节约水泥,在浇筑混凝土时,可投入 25%左右的毛石,这种基础称为毛石混凝土基础。毛石的最大粒径不超过 150 mm,也不超过结构截面最小尺寸的 1/4。毛石投放前应用水冲洗干净并晾干。投放时,应分层、均匀地投放,保证毛石边缘包裹有足够的混凝土,并振捣密实。

当基坑(槽)深度超过 2 m 时,不能直接倾落混凝土,应用溜槽将混凝土送入基坑。混凝土浇筑完毕,终凝后要加以覆盖和浇水养护。

第二节 地基的处理与加固

一、地基层部处理

在施工过程中如发现地基土质过硬或过软而不符合设计要求,或发现空洞、暗沟等存在,应本着使建筑物各部位沉降尽量趋于一致,以减小地基不均匀沉降的原则进行局部处理。

(一) 松土坑(填土、墓穴、淤泥等)的处理

(1)当坑的范围较小时,可将坑中松软虚土挖除,使坑底及四壁均见天然土为止,然后采用与坑边的天然土层压缩性相近的材料回填。例如,用天然土沙或级配砂石回填,回填时应分层夯实,或用平板振捣器振密,每层厚度不大于 200 mm。如天然土为较密实的黏性土,则用 3:7 的灰土分层回填夯实;如为中密的沉积黏性土,则可用 1:9 或 2:8 的灰土分层回填夯实。

(2)当坑的范围较大或因其他条件限制,基槽不能开挖太宽,槽壁挖不到天然土层时,应将该范围内的基槽适当加宽。

(3)如坑在槽内所占的范围较大(长度在 5 m 以上),且坑底土质与一般槽底天然土质相同,也可将基础落深,做 1:2 踏步与两端相接。踏步多少根据坑深而定,但每步高不大于 0.5 m,长不小于 1.0 m。

(4)在单独基础下,如松土坑的深度较浅,则可将松土坑内松土全部挖除,将柱基落深;如松土坑较

深,则可将一定深度范围内的松土挖除,然后用与坑边的天然土压缩性相近的材料回填。至于换土的具体深度,应视柱基荷载和松土的密实程度而定。

(5)在以上几种情况中,如遇到地下水位较高,或坑内积水无法夯实,亦可用砂石或混凝土代替灰土。寒冷地区冬季施工时,槽底换土不能使用冻土,因为冻土不易夯实,且解冻后强度会显著降低,造成较大的不均匀沉降。

对于较深的松土坑(如坑深大于槽宽或大于 1.5 m 时),基底处理后,还应适当考虑是否需要加大上部结构的强度,以抵抗由于可能发生的不均匀沉降而引起的内力。常用的加强办法有:在灰土基础上 1~2 皮砖处(或混凝土基础内)、防潮层下 1~2 皮砖处及首层顶板处各配置 3~4 根直径 8~12 mm 的钢筋。

(二)砖井或土井的处理

(1)当砖井在基槽中间,井内填土已较密实时,应将井的砖圈拆除至槽底以下 1 m(或更多些),在此拆除范围内用 2:8 或 3:7 的灰土分层夯实至槽底。当井的直径大于 1.5 m 时,应适当考虑加大上部结构的强度,如在墙内配筋或做地基梁跨越砖井。

(2)若井在基础的转角处,除采用上述拆除回填办法处理外,还应对基础进行加强处理。

① 当井位于房屋转角处,而基础压在井上部分不多,并且在井上部分所损失的承压面积可由其余基槽承担而不引起过多的沉降时,则可采用从基础中挑梁的办法解决。

② 当井位于墙的转角处,而基础压在井上的面积较大,且采用挑梁办法较困难或不经济时,则可将基础沿墙长方向向外延长出去,使延长部分落在老土上。落在老土上的基础总面积,应等于或稍大于井圈范围内原有基础的面积。然后在基础墙内再采用配筋或钢筋混凝土梁来加强。

(3)当井已回填,但不密实,甚至还是软土时,可用大块石将下面的软土挤紧,再选用上述办法回填处理。若井内不能夯填密实时,则可在井的砖圈上加钢筋混凝土盖封口,上部再回填处理。

(三)橡皮土的处理

当地基为黏性土,且含水量趋于饱和时,夯拍后会使得地基土变成踩上去有一种颤动感觉的“橡皮土”。因此,当发现地基土含水量趋近于饱和时,要避免直接夯拍,这时,可采用晾槽或掺石灰粉的办法降低土的含水量。如已出现橡皮土,可铺填一层碎砖或碎石将土挤紧,或将颤动部分的土挖除,填以砂土或级配砂石。

二、地基加固

(一)灰土垫层地基

灰土垫层是用石灰和黏性土拌和均匀,然后分层夯实而成。采用的体积配合比(石灰:土)一般为 2:8 或 3:7,其承载能力可达 300 kPa。其适用于一般黏性土地基加固,施工简单,取材方便,费用较低。

1. 材料要求

灰土的土料,可采用基槽挖出的土。凡有机质含量不大的黏性土都可用作灰土的土料。表面耕植土不宜采用。土料应过筛,粒径不宜大于 15 mm。

用作灰土的熟石灰应过筛,粒径不宜大于 5 mm,并不得夹有未熟化的生石灰块和含有过多的水分。

2. 施工要点

(1)施工前应验槽,将积水、淤泥清理干净,待干燥后再铺灰土。

(2)灰土施工时,应适当控制其含水量,以用手紧握土料成团,两指轻捏能碎为宜,如土料水分过多

或不足时可以晾干或洒水润湿。灰土应拌和均匀、颜色一致,拌好后应及时铺好夯实。铺土应分层进行,厚度由槽(坑)壁预设标钎控制。

(3)每层灰土的夯打遍数,应根据设计要求的干密度在现场试验确定。一般夯打不少于4遍。

(4)灰土分段施工时,不得在墙角、柱墩及承重窗间墙下接缝,上下相邻两层灰土的接缝间距不得小于0.5 m,接缝处的灰土应充分夯实。当灰土垫层地基高度不同时,应做成阶梯形,每阶宽度不少于0.5 m。

(5)在地下水位以下的基槽、坑内施工时,应采取排水措施,确保在无水状态下施工。入槽的灰土,不得隔日夯打。夯实后的灰土3 d内不得受水浸泡。

(6)灰土打完后,应及时进行基础施工,并及时回填土,否则要做临时遮盖,防止日晒雨淋。刚打完或尚未夯实的灰土,如遭受雨淋浸泡,则应将积水及松软灰土除去并补填夯实,受浸湿的灰土,应在晾干后再使用。

(7)冬季施工时,不得采用冻土或夹有冻土的土料,并应采取有效的防冻措施。

3. 质量检查

可用环刀取样,测定其干密度。质量标准可按压实系数 λ 鉴定,一般为0.93~0.95。

(二) 沙垫层地基

沙垫层和砂石垫层统称沙垫层,是用夯(压)实的沙或砂石垫层替换基础下部一定厚度的软土层,以起到提高基础下地基承载力、减少沉降、加速软土层的排水固结作用。其一般适用于处理有一定透水性的黏性土地基,但不宜用于湿陷性黄土地基和不透水的黏性土地基,以免聚水而引起地基下沉和降低承载力。

1. 材料要求

沙垫层用(卵)石、石屑或其他工业废粒料。在缺少中砂、粗砂和砾砂的地区,也可采用掺入一定数量的碎石或卵石,其掺量按设计规定(含石量不应大于50%),所用砂石料不得含有草根、垃圾等有机杂物,含泥量不应超过5%。兼起排水固结作用时,含泥量不宜超过3%,碎石、卵石最大粒径不宜大于50 mm。

2. 施工要点

(1)施工前应验槽,先将浮土清除。基槽(坑)的边坡必须稳定,防止塌方。基槽(坑)两侧如有低于地基的孔洞、沟、井和墓穴等,应在未做垫层前加以处理。

(2)人工级配的沙、石材料,应按级配拌和均匀,再进行铺填捣实。

(3)沙垫层和砂石垫层的底面宜铺设在同一高程上,如深度不同,施工时应按照先深后浅的程序进行。土面应挖成台阶或斜坡搭接,搭接处应注意捣实。

(4)分段施工时,接头处应做成斜坡,每层错开0.5~1.0 m,并应充分捣实。

(5)采用碎石垫层时,为防止基坑底面的表层软土发生局部破坏,应先铺一层沙,再铺碎石垫层。

(6)垫层应分层铺垫,分层夯(压)实,每层的铺设厚度不宜超过规定厚度,可用样桩控制。捣实时注意不要扰动基坑底部和四侧的土,以免降低地基强度。每铺好一层垫层,经密实度检验合格后方可进行上一层的施工。

(7)冬季施工时,不得采用夹有冰块的砂石作为垫层,并应采取措施防止砂石内水分冻结。

3. 质量检查

在捣实后的沙垫层中,用环刀取样,测定其干密度,以不小于通过试验所确定的该沙料在中密状态

时的干密度数值为合格。

(三) 重锤夯实法

重锤夯实法是利用起重机械将重锤提升到一定高度,自由下落,重复夯打击实地基。经过夯打以后,形成一层比较密实的硬壳层,从而提高地基强度。

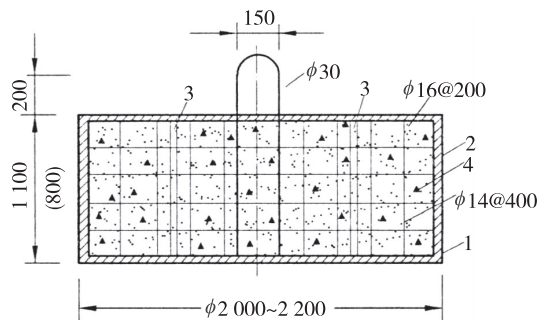
重锤夯实法适用于处理各种黏性土、沙土、湿陷性黄土、杂填土和分层填土地基。拟加固土层必须高出地下水位 0.8 m 以上。因为饱和土在瞬间冲击力的作用下,水不易排出,很难夯实。另外,在夯实影响范围内有软土存在,或夯击对邻近建筑物有影响时,不宜采用此法。

重锤夯实用的起重设备是带有摩擦式卷扬机的起重机。可用 C20 钢筋混凝土制作,其底部可采用 20 mm 厚钢板,以使重心降低。锤重不小于 1.5 t。

重锤夯实的效果与锤重、锤底直径、落距、夯实遍数和土的含水量有关。重锤夯实的影响深度大致相当于锤底直径。落距一般取 2.5~4.5 m。夯打遍数一般取 6~8 遍。随着夯打遍数的增加,土的每遍夯沉量逐渐减少。

(四) 强夯法

强夯法是利用起重设备将 8~40 t 的夯锤吊起,从 6~30 m 的高处自由落下,对土体进行强力夯实地基处理方法。强夯法属高能量夯击,是用巨大的冲击能,使土中出现冲击波和很大的应力,迫使土颗粒重新排列,排出孔隙中的气和水,从而提高地基强度,降低其压缩性,改善沙性土抵抗振动液化的能力。强夯法适用于碎石土、沙土、非饱和的黏性土、湿陷性黄土及杂填土地基的深层加固。地基经强夯加固后,承载能力可以提高 2~5 倍,其影响深度在 10 m 以上。强夯法是一种效果好、速度快、节省材料、施工简便的地基加固方法。其缺点是施工时噪声和振动很大,离建筑物小于 10 m 时,应挖防震沟,沟深要超过建筑物基础深。夯锤见图 2-2。



1—钢底板;2—钢外壳;3—钢管;4—钢筋混凝土。

图 2-2 12 t 钢筋混凝土夯锤(单位:mm)

强夯施工前,应查明场地范围内的地下构筑物和各种地下管线的位置及高程等,并采取必要的措施,以免因强夯施工而受到损坏。

强夯施工必须按试验确定的技术参数进行,以各个夯点的夯数为施工控制依据。夯击时,夯锤应保持平稳,夯位准确,如错位或坑底倾斜过大,宜用沙土将坑底整平,才能进行下一次夯击。最后一遍的场地平均夯沉量必须符合设计要求。雨天施工时,夯击坑内或夯击过的场地内的积水必须及时排除。冬期施工,首先应将冻土击碎,再按各点规定的夯击数施工。