

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn

建筑施工技术

JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工技术

高等职业教育土建系列创新教材

高等职业教育土建系列创新教材

“互联网+”新形态教材

(2022年修订)

JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工技术

主 编 钟汉华
企业顾问 张亚庆 鲁立中

- 将“互联网+”思维融入教材
- 以二维码的形式加以展现
- 传统与创新的融合，理论和实践的统一
- 微视频随时随地观看学习

策划编辑: 刘 建
责任编辑: 边丽新
封面设计: 刘文东



定价: 55.00元

北京邮电大学出版社



X-B

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等职业教育土建系列创新教材
“互联网+”新形态教材

建筑施工技术

■ 主 编 钟汉华
■ 企业顾问 张亚庆 鲁立中



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书对建筑工程施工工序、工艺、质量标准等做了详细的阐述,坚持以就业为导向,突出实用性、实践性。本书吸取了建筑施工的新技术、新工艺、新方法,其内容的深度和难度按照高等职业教育的特点,重点讲授理论知识在工程实践中的应用,培养高等职业学校学生的职业能力。全书分为8个模块,分别讲述地基与基础工程施工、砌筑工程施工、混凝土结构工程施工、预应力混凝土工程施工、钢结构工程施工、结构安装工程施工、屋面及防水工程施工、建筑装饰工程施工。

本教材面向高等职业院校建筑工程技术专业学生,同时也适合用作土建类其他专业的教学用书,亦可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/钟汉华主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2013.4(2025.1重印)

ISBN 978-7-5635-3440-1

I. ①建… II. ①钟… III. ①建筑工程—工程施工—高等教育—教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 057603 号

策划编辑:刘 建 责任编辑:边丽新 封面设计:刘文东

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销:各地新华书店

印 刷:三河市龙大印装有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:21.75

字 数:529 千字

版 次:2013 年 4 月第 1 版

印 次:2025 年 1 月第 12 次印刷

ISBN 978-7-5635-3440-1

定 价:55.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233

本书根据土建类专业人才培养目标,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、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中相关考核要求,确定本书的内容。

建筑施工技术是一门实践性很强的课程。为此,本书始终坚持以“素质为本、能力为主、需要为准、够用为度”的原则进行编写。

本书主要特色如下。

(1)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为目标,突出针对性和实用性,便于学生学习。

(2)内容全面。本书几乎涵盖了建筑施工技术的所有内容,全面地介绍了相关知识。

(3)适当照顾了不同地区的施工特点和要求,力求反映国内外建筑工程施工的先进经验和科技成果。

全书内容及学时安排如下表所示。

模 块	知 识 点	学 时
地基与基础工程施工	土方工程施工	4
	地基加固处理的方法	2
	浅基础施工	2
	桩基础施工	4
砌筑工程施工	脚手架工程搭设	4
	垂直运输设施	2
	砌筑材料	2
	砖砌体施工	2
	砌块砌体施工	2
	墙体节能工程施工	2
	冬期施工和雨期施工	2

续表

模 块	知 识 点	学 时
混凝土结构工程施工	模板工程施工	4
	钢筋工程施工	4
	混凝土工程施工	6
	冬期施工和雨期施工	2
预应力混凝土工程施工	先张法施工	4
	后张法施工	2
	无粘结预应力混凝土施工	2
钢结构工程施工	钢结构加工机具的使用	2
	钢结构的制作工艺	2
	钢结构连接施工工艺	2
	钢结构涂装施工	2
结构安装工程施工	起重机械的使用	2
	单层工业厂房安装	2
	钢结构安装	2
屋面及防水工程施工	屋面防水工程	2
	屋面保温工程施工	2
	地下防水工程	2
	卫生间防水工程	2
	冬期施工和雨期施工	2
建筑装饰工程施工	抹灰工程	2
	饰面工程	2
	涂料、油漆和裱糊工程	2
	天棚工程	2
	门窗工程	2
	玻璃幕墙工程	2
	冬期施工和雨期施工	2

本书由钟汉华担任主编,石玉环和魏春石担任副主编,孟宪雯、张天俊、余丹丹和薛艳参加了编写工作。编写分工如下:张天俊编写模块1,石玉环编写模块2,魏春石编写模块3,孟宪雯编写模块4,余丹丹编写模块5,薛艳编写模块6,钟汉华编写了模块7和模块8。

本书在编写过程中,湖北水利水电职业技术学院余燕君、邵元纯、王燕、金芳、李翠华、张少坤、刘宏敏、欧阳钦、曲炳良、徐欣、邱兰、黄晶、王国霞、洪伟、丁艳荣等老师做了一定的辅助性工作,在此对他们的辛勤工作表示感谢。

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、补充编

纂而成,可作为建筑工程技术、工程造价、工程监理、建筑工程管理等专业的教学用书,也可作为土建类其他层次职业教育相关专业的培训教材和土建工程技术人员的参考书。

本书大量引用了相关专业文献和资料,未在书中一一注明出处,在此对有关文献的作者表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,诚请读者批评指正。

编 者

模块 1 地基与基础工程施工	1
学习目标	1
1.1 土方工程施工	1
1.2 地基加固处理的方法	39
1.3 浅基础施工	50
1.4 桩基础施工	58
思考与练习	72
模块 2 砌筑工程施工	74
学习目标	74
2.1 脚手架工程搭设	74
2.2 垂直运输设施	89
2.3 砌筑材料	96
2.4 砖砌体施工	99
2.5 砌块砌体施工	105
2.6 墙体节能工程施工	110
2.7 冬期施工和雨期施工	122
思考与练习	124
模块 3 混凝土结构工程施工	125
学习目标	125
3.1 模板工程施工	125
3.2 钢筋工程施工	141
3.3 混凝土工程施工	163
3.4 冬期施工和雨期施工	180
思考与练习	183
模块 4 预应力混凝土工程施工	184
学习目标	184
4.1 先张法施工	184

4.2 后张法施工	192
4.3 无粘结预应力混凝土施工	210
思考与练习	215
模块 5 钢结构工程施工	216
学习目标	216
5.1 钢结构加工机具的使用	216
5.2 钢结构的制作工艺	221
5.3 钢结构连接施工工艺	227
5.4 钢结构涂装施工	229
思考与练习	231
模块 6 结构安装工程施工	233
学习目标	233
6.1 起重机械的使用	233
6.2 单层工业厂房安装	241
6.3 钢结构安装	260
思考与练习	273
模块 7 屋面及防水工程施工	274
学习目标	274
7.1 屋面防水工程	274
7.2 屋面保温工程施工	287
7.3 地下防水工程	291
7.4 卫生间防水工程	308
7.5 冬期施工和雨期施工	310
思考与练习	310
模块 8 建筑装饰工程施工	312
学习目标	312
8.1 抹灰工程	312
8.2 饰面工程	319
8.3 涂料、油漆和裱糊工程	327
8.4 天棚工程	329
8.5 门窗工程	333
8.6 玻璃幕墙工程	338
8.7 冬期施工和雨期施工	340
思考与练习	341
参考文献	342

模块 1 地基与基础工程施工

学习目标

- 了解土方工程的施工特点,土的分类与工程性质;熟悉土方工程的分类及特征以及土的工程性质对土方施工的影响;掌握土方工程量的计算方法。
- 了解土方边坡和土壁支护的基本形式以及排水与降水的基本类型;熟悉土方边坡的确定方法及影响因素,能够对造成边坡塌方和产生流砂的原因进行分析,并采取有效的防治措施;重点掌握土壁支护的构造要求和施工方法,轻型井点降水的设计与施工方法。
- 熟悉土方施工机械的性能、适用范围、作业方法,能够根据工程情况初步选择施工机械;掌握土方填土土料的选用要求、填土与压实方法及质量检查方法,针对填土压实的主要影响因素,能够确定合理的填土压实方案。
- 掌握高压旋喷地基、深层搅拌地基、钢筋混凝土条形基础、钢筋混凝土预制桩、泥浆护壁成孔灌注桩、干作业钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩等的施工工艺与要求。
- 了解地下连续墙、沉井等其他深基础的施工方法。

1.1 土方工程施工

在土方工程施工中,一般根据土体开挖的难易程度将土划分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类。土的常见工程性质有土的含水量、土的质量密度、土的可松性和土的渗透性。不同类型的土方工程性质不同,施工方法也不同。

1.1.1 土的分类及工程性质

1.土方工程施工特点

土方工程是一切建筑物施工的先行,也是建筑工程施工中的重要环节之一。它包括场地平整、土方开挖、土方填筑等主要施工过程,也包括施工排水、降水和土壁支撑等辅助施工过程。土方工程的施工有如下特点。

1) 工程量大,劳动强度高

大型场地的平整工程,土方量可达数百万立方米,施工面积达数平方千米。大型基坑的开挖,有的甚至深达二十多米。而且施工工期长、任务重、劳动强度高。因此,在组织施工时,为了减轻繁重的体力劳动,提高生产效率,加快施工进度,降低工程成本,应尽可能地采用机械化施工。

2) 施工条件复杂

土方工程施工多为露天作业,受气候条件、水文地质条件影响很大,施工中不确定因素较多。因此,施工前必须进行充分的调查研究,做好各项施工准备工作,制定合理的施工方

案,确保施工顺利进行,保证工程质量。

3)受场地影响大

任何建筑物基础都有一定埋置深度,基坑(槽)的开挖、土方的留置和存放都受到施工场地的影响。特别是城市内施工,场地狭窄,往往由于施工方案不妥,导致周围建筑物与道路等出现安全问题。因此,施工前必须充分熟悉施工场地情况,了解周围建筑结构形式和地质技术资料,科学规划,制定切实可行的施工方案,确保周围建筑物和道路的安全。

2. 土的分类与鉴别

土的分类方法很多,在土方工程施工中,常根据土体开挖的难易程度将土划分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类。前四类属于一般土,后四类属于岩石,土的分类和鉴别方法见表 1-1。

土的开挖难易程度直接影响土方工程的施工方案、劳动量的消耗和工程费用。土体越硬,劳动消耗量越大,工程成本越高。正确地区分和鉴别土的种类,可以合理地选择施工方法,准确套用定额,计算出土方工程的相关费用。

表 1-1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类	土的名称	可松性系数		现场鉴别方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂土,粉土,冲积砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	1.08~1.17	1.01~1.03	能用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬
二类土 (普通土)	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土,填筑土及粉土混卵(碎)石	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	中等密实黏土,重粉质黏土,粗砾石,干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质黏土,压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏土及含碎石、卵石的黏土,粗卵石,密实的黄土,天然级配砂石,软泥灰岩及蛋白石	1.26~1.32	1.06~1.09	整个用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬质黏土,中等密实的页岩、泥灰岩,白垩土,胶结不紧的砾岩,软的石灰岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	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	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖,部分用风镐开挖
七类土 (坚石)	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,微风化的安山岩、玄武岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法开挖

3. 土的工程性质

土的工程性质对土方工程施工有着直接影响,也是进行土方工程施工方案确定所必需的基本资料。土的常见工程性质有:土的含水量、土的质量密度、土的可松性和土的渗透性。

1) 土的含水量

土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量的百分比,用 ω 表示。

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中, m_1 为含水状态土的质量(kg); m_2 为烘干后土的质量(kg); m_w 为土中水的质量(kg); m_s 为固体颗粒的质量,是指土经温度 105°C 烘干的质量(kg)。

含水量表示土体的干湿程度。含水量在5%以下称为干土;在5%~30%称为潮湿土;大于30%称为湿土。土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化。含水量对于挖土的难易、施工时边坡稳定及回填土的夯实质量都有影响。

2) 土的质量密度

土的质量密度分为天然密度和干密度,表示土体密实程度。

(1) 土的天然密度。土的天然密度,是指在天然状态下单位体积土的质量。它与土的密实程度和含水量有关。土的天然密度计算:

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

式中, ρ 为土的天然密度(kg/m^3); m 为土的总质量(kg); V 为土的体积(m^3)。

土的天然密度随着土颗粒的组成、孔隙的多少和含水量的变化而变化,一般黏土的天然密度约为 $1\ 600\sim 2\ 200\ \text{kg}/\text{m}^3$,密度越大,土体越硬,挖掘越困难。

(2) 土的干密度。土的干密度,是指单位体积土中固体颗粒的质量,计算公式为

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

式中, ρ_d 为土的干密度(kg/m^3); m_s 为土的固体颗粒质量(kg); V 为土的总体积(m^3)。

在一定程度上,土的干密度反映了土体颗粒排列的紧密程度。土的干密度越大,表示土体越密实。在填土压实时,土经过碾压,质量不变,体积变小,干密度增加。通过测定土的干密度,从而可判断土是否达到要求的密实度。

3) 土的可松性

天然土经开挖后,其体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍然不能完全复原,土的这种性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示,公式表示为:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

$$K_s' = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中, K_s 、 K_s' 为土的最初、最终可松性系数; V_1 为土在天然状态下的体积(m^3); V_2 为土挖出后在松散状态下的体积(m^3); V_3 为土经压(夯)实后的体积(m^3)。

土的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。土的最终可松性系数是计算填方所需挖土量的主要参数。各类土的可松性系数见表1-1。

4) 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性能。土的渗透性用渗透系数 K 表示。渗透系数表

示单位时间内水穿透土层的量,以 m/d 或 m/h 表示;它同土的颗粒级配、密实程度等有关,是人工降低地下水位及选择各类井点的主要参数。土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 K/(m/d)	土的名称	渗透系数 K/(m/d)
黏土	<0.005	含黏土的中砂	3~15
粉质黏土	0.005~0.1	粗砂	20~50
粉土	0.1~0.5	均质粗砂	60~75
黄土	0.25~0.5	圆砾石	50~100
粉砂	0.5~1	卵石	100~500
细砂	1~5	漂石(无砂质填充)	500~1 000
中砂	5~20	稍有裂缝的岩石	20~60
均质中砂	35~50	裂缝多的岩石	>60

1.1.2 土方计算

土方量是土方施工设计和预算的重要依据,因此在施工前必须进行土方量计算。但由于土方工程往往地形复杂,几何形状不规则,要精确计算土方量比较困难。一般是将其假设或划分为一定的几何形体,并采用既能达到一定精度又与实际土方量相近的方法进行计算。

1. 基坑与基槽土方量的计算

1) 基坑土方量

基坑土方量可按立体几何中拟柱体(由两个平行的平面作为底的一种多面体)体积公式计算,如图 1-1 所示,即

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

式中, H 为基坑深度(m); A_1 、 A_2 为基坑上、下底的面积(m^2); A_0 为基坑中截面的面积(m^2)。

2) 基槽土方量

基槽土方量可沿长度方向分段后,按照上述同样的方法计算,如图 1-2 所示,即

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-7)$$

式中, V_1 为第一段的土方量(m^3); L_1 为第一段的长度(m)。

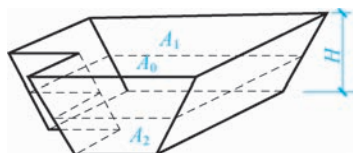


图 1-1 基坑土方量计算

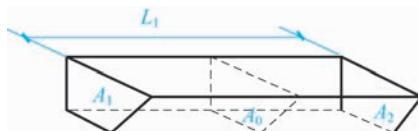


图 1-2 基槽土方量计算

将各段土方量相加,即得总土方量为:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (1-8)$$

式中, V_1, V_2, \dots, V_n 为各段土方量(m^3)。

2. 场地平整土方量的计算

建筑场地平整的平面位置和标高,通常由设计单位在总平面图的竖向设计中确定。场地平整通常是挖高填低。计算场地挖方量和填方量,首先要确定场地设计标高,由设计平面的标高和地面的自然标高之差,可以得到场地各点的施工高度(填、挖高度),由此可计算场地平整的挖方和填方的工程量。

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量计算的依据,也是总图规划和竖向设计的依据。合理地确定场地的设计标高,对减少土方量、加快工程速度都有重要的经济意义。如图 1-3 所示,当场地设计标高为 H_0 时,填挖方基本平衡,可将土方移挖作填,就地处理;当设计标高为 H_1 时,填方大大超过挖方,则需从场地外大量取土回填;当设计标高为 H_2 时,挖方大大超过填方,则要向场外大量弃土。因此,在确定场地设计标高时,应结合现场的具体条件,反复进行技术经济比较,选择其中最优方案。

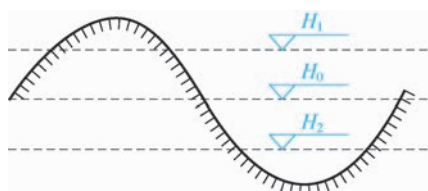


图 1-3 场地不同设计标高的比较

确定场地设计标高时,应考虑以下因素。

确定场地设计标高时,应考虑以下因素。

- (1) 满足建筑规划和生产工艺运输的要求。
- (2) 充分利用地形(如分区台阶布置),尽量使挖填方平衡,以减少土方量。
- (3) 要有一定泄水坡度($\geq 2\%$),使之能满足排水要求。
- (4) 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场地设计标高。

(1) 初步计算场地设计标高(H_0)。初步计算场地设计标高的原则是场内挖填方平衡,即场内挖方总量等于填方总量($\sum V_{挖} = \sum V_{填}$)。

① 在具有等高线的地形图上将施工区域划分为边长 $a=10\sim 40\text{ m}$ 的若干方格,如图 1-4 所示。

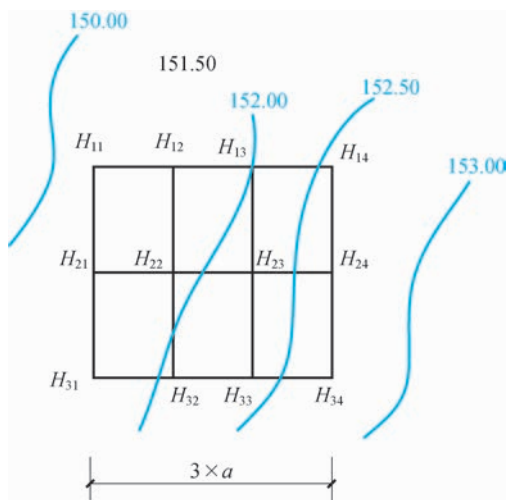


图 1-4 场地设计标高计算图(单位:m)

②确定各小方格的角点高程。其方法是根据地形图上相邻两等高线的高程,用插入法计算求得;也可用一张透明纸,上面画6根等距离的平行线,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A、B两点,这时6根等距离的平行线将A、B之间的高差分成5等份,于是便可直接读得C点的地面标高,如图1-5所示。

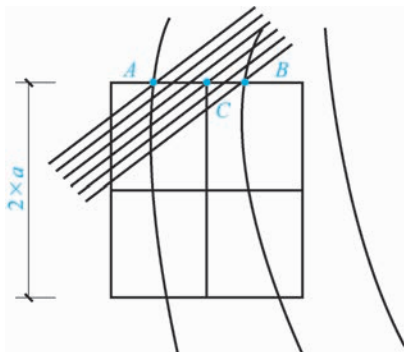


图 1-5 插入法图解

此外,当无地形图或地形不平坦时,可以在地面用木桩打好方格网,然后用仪器直接测出方格网角点标高。

③按填挖方平衡确定设计标高 H_0 为:

$$na^2 H_0 = \sum_{i=1}^n \left(a^2 \frac{H_{i1} + H_{i2} + H_{i3} + H_{i4}}{4} \right)$$

即

$$H_0 = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (H_{i1} + H_{i2} + H_{i3} + H_{i4}) \quad (1-9)$$

由图1-4可知, H_{11} 系1个方格的角点标高, H_{12} 和 H_{21} 均系2个方格公共的角点标高, H_{22} 则是4个方格公共的角点标高,它们分别在式(1-9)中要加1次、2次、4次。因此,式(1-9)可改写为:

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

式中, N 为方格数目; H_1 为1个方格独有的角点标高; H_2 为2个方格共有的角点标高; H_3 为3个方格共有的角点标高; H_4 为4个方格共有的角点标高。

(2)调整场地设计标高。初步确定场地设计标高(H_0)仅为—理论值,实际上,还需要考虑以下因素对初步场地设计标高(H_0)值进行调整。

①土的可松性影响。由于土具有可松性,会造成填土的多余,必要时需相应地提高设计标高。

②场内挖方和填方的影响。由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方,以及从经济角度比较,将部分挖方就近弃于场外(简称弃土)或将部分填方就近取土于场外(简称借土)等,均会引起挖填土方量的变化。必要时,需重新调整设计标高。

③考虑泄水坡度对设计标高的影响。按调整后的同一设计标高进行场地平整时,整个场地表面均处于同一水平面,但实际上由于排水的要求,场地需有一定泄水坡度。平整场地的表面坡度应符合设计要求,如无设计要求时,排水沟方向的坡度不应小于0.2%。因此,还需要根据场地的泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水)计算出场地内各方格角点实际施工所用的设计标高。

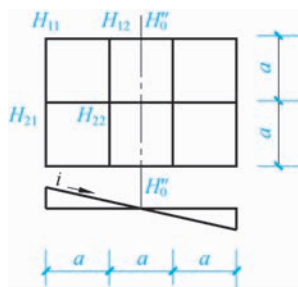


图 1-6 单向泄水坡度场地

单向泄水时设计标高计算,是将已调整的设计标高(H_0')作为场地中心线的标高,如图1-6所示,场地内任意一点的设计标高则为:

$$H_{ij} = H_0' \pm L \cdot i \quad (1-11)$$

式中, H_{ij} 为场地内任一点的设计标高; L 为该点至 $H_0'' - H_0''$ 中心线的距离; i 为场地单向泄

水坡度(不小于 0.2%)。

双向泄水时设计标高计算,是将已调整的设计标高(H_0')作为场地方向的中心点的标高,如图 1-7 所示,场地内任一点的设计标高为:

$$H_{ij} = H_0' \pm L_x i_x \pm L_y i_y \quad (1-12)$$

式中, L_x 、 L_y 为该点沿 x 、 y 方向距场地的中心线的距离; i_x 、 i_y 为该点沿 x 、 y 方向的泄水坡度。

2) 场地平整土方量计算

大面积场地的土方量,通常采用方格网法计算,即根据方格网方格角点的自然地面标高和实际采用的设计标高,算出相应的角点填挖高度(施工高度),

然后计算出每一方格的土方量,并算出场地边坡的土方量。这样便可得整个场地的填、挖土方总量。

场地平整土方量计算有方格网法和横截面法两种。横截面法是将要计算的场地划分成若干横截面后,用横截面计算公式逐段计算,最后将逐段计算结果汇总。横截面法的计算精度较低,可用于地形起伏变化较大地区。方格网法的精度较高,适用于地形较平坦地区。这里主要介绍方格网法。

方格网法计算场地平整土方量步骤如下。

(1) 绘制方格网图。根据地形图(一般用 1:500 的地形图),将建筑场地划分为若干个方格网,方格边长主要取决于地形变化复杂程度,一般取 $a=10\text{ m}$ 、 20 m 、 30 m 、 40 m 等,通常采用 20 m 。方格网与测量的纵、横坐标网相对应,在各方格角点规定的位置上标注角点的自然地面标高(H)和设计标高(H_n),如图 1-8 所示。

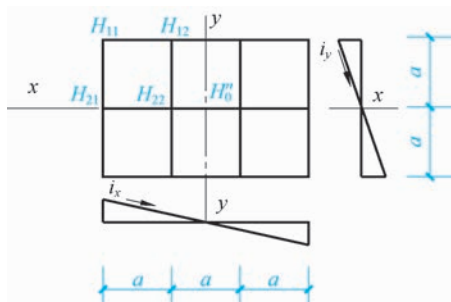


图 1-7 双向泄水坡度场地

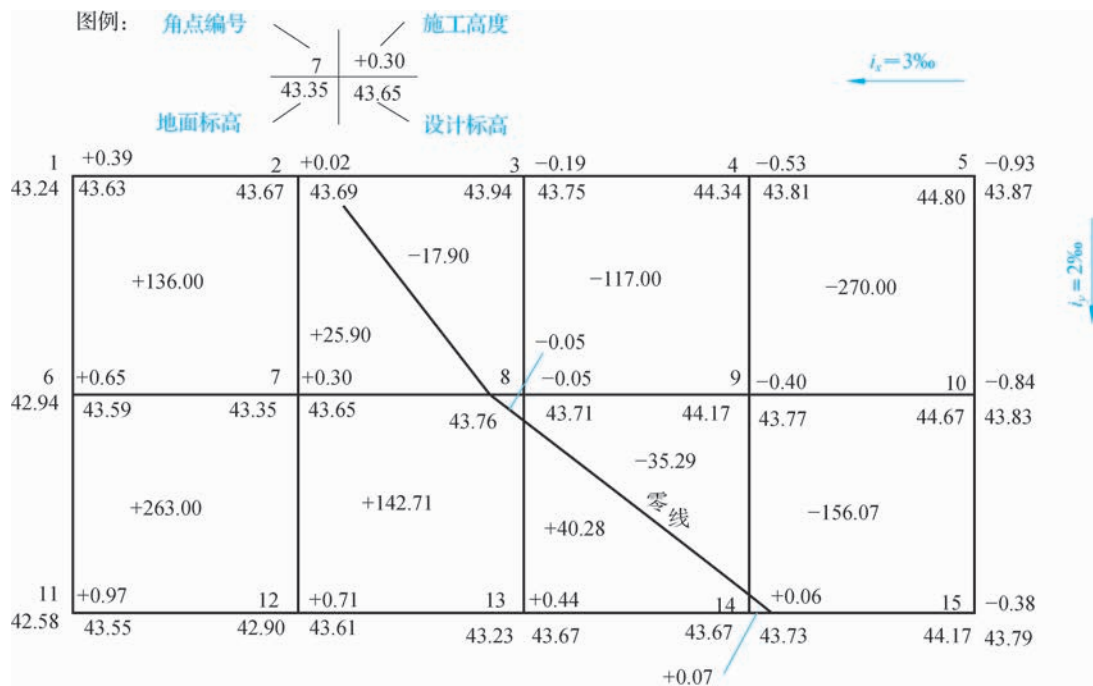


图 1-8 方格网法计算施工高度(单位:m)

(2)计算各方格角点的施工高度。各方格角点的施工高度为角点的设计地面标高与自然地面标高之差,是以角点设计标高为基准的挖方或填方的施工高度。各方格角点的施工高度按下式计算:

$$h_n = H_n - H \quad (1-13)$$

式中, h_n 为角点的施工高度,即填挖高度,以“+”为填,“-”为挖(m); H_n 为角点的设计标高(m); H 为角点的自然地面标高(m); n 为方格的角点编号(自然数列1,2,3,⋯, n)。

(3)计算“零点”,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“-”,则此方格中的土方一部分为填方,另一部分为挖方。沿其边线必然有一不挖不填的点,即为“零点”,如图1-9所示。

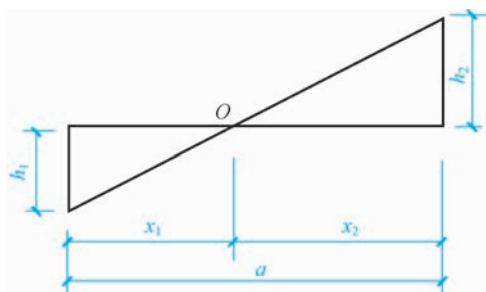


图 1-9 求零点的图解法

零点位置按下式计算:

$$x_1 = \frac{ah_1}{h_1+h_2}; x_2 = \frac{ah_2}{h_1+h_2} \quad (1-14)$$

式中, x_1 、 x_2 为角点至零点的距离(m); h_1 、 h_2 为相邻两角点的施工高度,均用绝对值表示(m); a 为方格网的边长(m)。

在实际工作中,为省略计算,确定零点的办法也可以用图解法,见图1-9。方法是用尺在各角点上标出挖、填施工高度相应比例,用尺相连,与方格的相交点即为零点位置。此法甚为方便,同时可避免计算或查表出错。将相邻的零点连接起来,即为零线,它是方格中挖方与填方的分界线。

(4)计算方格内土方工程量。按方格底面积图形和表1-3所列计算公式,计算每个方格内的挖方量或填方量。

表 1-3 常用方格网点计算公式

项 目	图 示	计算公式
一点填方或挖方 (三角形)		$V = \frac{1}{2}bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ <p>当 $b=a=c$ 时, $V = \frac{a^2 h_3}{6}$</p>

续表

项 目	图 示	计算公式
二点填方或挖方 (梯形)		$V_+ = \frac{b+c}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (b+c)(h_1+h_3)$ $V_- = \frac{d+e}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (d+e)(h_2+h_4)$
三点填方或挖方 (五角形)		$V = (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{\sum h}{5}$ $= (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{h_1+h_2+h_3+h_4}{5}$
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 为方格网的边长(m); b 、 c 为零点到一角的边长(m); h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 为方格网四角点的施工高程, 用绝对值代入(m); $\sum h$ 为填方或挖方施工高程总和, 用绝对值代入(m); V 为填方或挖方的体积 (m^3)。

2. 本表计算公式是按各计算图形底面积乘以平均施工高度而得出的。

(5) 边坡土方量的计算。场地的挖方区和填方区的边沿都需要做成边坡, 以保证挖方土壁和填方区的稳定。边坡的土方量可以划分成两种近似的几何形体进行计算, 一种为三棱锥体, 另一种为三棱柱体。

① 三棱锥体边坡体积。

三棱锥体边坡体积, 如图 1-10 中①~③、⑤~⑦所示, 计算公式如下:

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \quad (1-15)$$

式中, l_1 为三棱锥体边坡的长度(m); A_1 为三棱锥体边坡的端面积(m^2); h_2 为角点的挖土高度(m); m 为边坡的坡度系数($m = \text{宽}/\text{高}$)。

② 三棱柱体边坡体积。

三棱柱体边坡体积, 如图 1-10 中④所示, 计算公式如下:

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1-16)$$

在两端横断面面积相差很大的情况下, 边坡体积按下式计算:

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-17)$$

式中, l_4 为三角棱柱体边坡的长度(m); A_1 、 A_2 、 A_0 为三角棱柱体边坡两端及中部横断面面积。

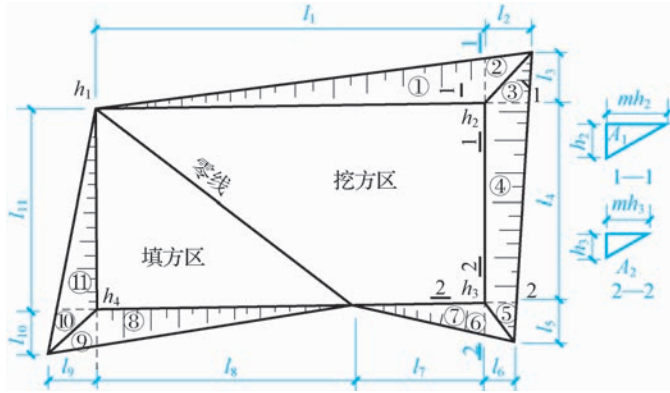


图 1-10 场地边坡平面图

(6) 计算土方总量。将挖方区(或填方区)所有方格计算的土方量和边坡土方量汇总, 即得该场地挖方和填方的总土方量。

【案例 1-1】 某建筑施工场地地形图和方格网布置, 如图 1-11 所示。方格网的边长 $a=20\text{ m}$, 方格网各角点上的标高分别为地面的设计标高和自然标高。该场地为粉质黏土, 为了保证填方区和挖方区边坡稳定性, 设计填方区边坡坡度系数为 1.0, 挖方区边坡坡度系数为 0.5, 试用方格网法计算挖方和填方的总土方量。

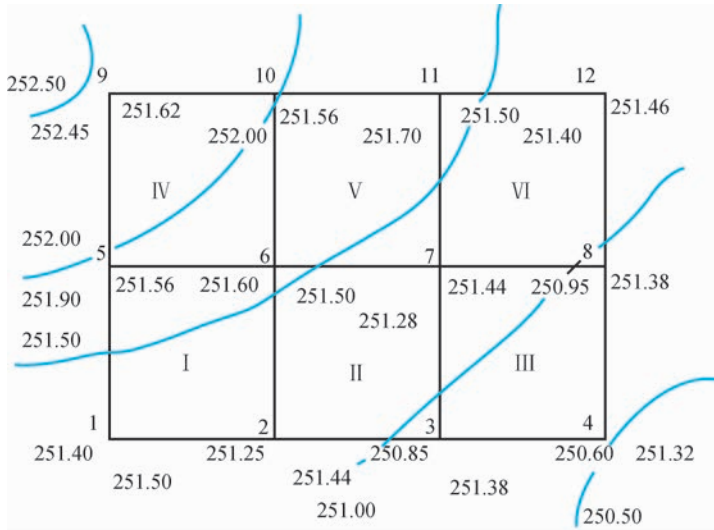


图 1-11 某建筑场地方格网布置图(单位:m)

【解】

(1) 计算各角点的施工高度。

根据方格网各角点的地面设计标高和自然标高, 按照式(1-9)计算得:

$$h_1 = 251.50 - 251.40 = 0.10(\text{m}); h_2 = 251.44 - 251.25 = 0.19(\text{m});$$

$$\begin{aligned}
 h_3 &= 251.38 - 250.85 = 0.53(\text{m}); h_4 = 251.32 - 250.60 = 0.72(\text{m}); \\
 h_5 &= 251.56 - 251.90 = -0.34(\text{m}); h_6 = 251.50 - 251.60 = -0.10(\text{m}); \\
 h_7 &= 251.44 - 251.28 = 0.16(\text{m}); h_8 = 251.38 - 250.95 = 0.43(\text{m}); \\
 h_9 &= 251.62 - 252.45 = -0.83(\text{m}); h_{10} = 251.56 - 252.00 = -0.44(\text{m}); \\
 h_{11} &= 251.50 - 251.70 = -0.20(\text{m}); h_{12} = 251.46 - 251.40 = 0.06(\text{m}).
 \end{aligned}$$

各角点施工高度计算结果标注在图 1-12 中。

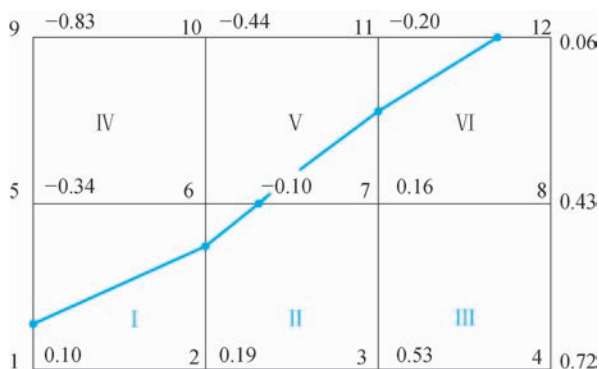


图 1-12 施工高度及零线位置(单位:m)

(2) 计算零点位置。

由图 1-9 可知,方格网边 1-5、2-6、6-7、7-11、11-12 两端的施工高度符号不同,这说明在这些方格边上有零点存在,由公式(1-14)求得:1-5 线, $x_1 = 4.55(\text{m})$;2-6 线, $x_1 = 13.10(\text{m})$;6-7 线, $x_1 = 7.69(\text{m})$;7-11 线, $x_1 = 8.89(\text{m})$;11-12 线; $x_1 = 15.38(\text{m})$ 。

将各零点标于图上,并将相邻的零点连接起来,即得零线位置,见图 1-12。

(3) 计算各方格的土方量。

方格Ⅲ、Ⅳ底面为正方形,土方量为:

$$V_{\text{Ⅲ}}(+)=202/4 \times (0.53+0.72+0.16+0.43)=184(\text{m}^3)$$

$$V_{\text{Ⅳ}}(-)=202/4 \times (0.34+0.10+0.83+0.44)=171(\text{m}^3)$$

方格Ⅰ底面为两个梯形,土方量为:

$$V_1(+)=20/8 \times (4.55+13.10) \times (0.10+0.19)=12.80(\text{m}^3)$$

$$V_1(-)=20/8 \times (15.45+6.90) \times (0.34+0.10)=24.59(\text{m}^3)$$

方格Ⅱ、Ⅴ、Ⅵ底面为三角形和五边形,土方量为: $V_{\text{Ⅱ}}(+)=65.73(\text{m}^3)$; $V_{\text{Ⅱ}}(-)=0.88(\text{m}^3)$;

$$V_{\text{Ⅴ}}(+)=2.92(\text{m}^3)$$
; $V_{\text{Ⅴ}}(-)=51.10(\text{m}^3)$; $V_{\text{Ⅵ}}(+)=40.89(\text{m}^3)$; $V_{\text{Ⅵ}}(-)=5.70(\text{m}^3)$

方格网总填方量: $\sum V(+)=184+12.80+65.73+2.92+40.89=306.34(\text{m}^3)$

方格网总挖方量: $\sum V(-)=171+24.59+0.88+51.10+5.70=253.26(\text{m}^3)$

(4) 边坡土方量计算。

如图 1-13 所示,除④、⑦按三棱柱体计算外,其余均按三棱锥体计算,由式(1-15)、式(1-16)、式(1-17)计算可得: $V_{\text{①}}(+)=0.003(\text{m}^3)$; $V_{\text{②}}(+)=V_{\text{③}}(+)=0.0001(\text{m}^3)$; $V_{\text{④}}(+)=5.22(\text{m}^3)$; $V_{\text{⑤}}(+)=V_{\text{⑥}}(+)=0.06(\text{m}^3)$; $V_{\text{⑦}}(+)=7.93(\text{m}^3)$; $V_{\text{⑧}}(+)=V_{\text{⑨}}(+)=$

$0.01(\text{m}^3)$; $V_{10}=0.01(\text{m}^3)$; $V_{11}=2.03(\text{m}^3)$; $V_{12}=V_{13}=0.02(\text{m}^3)$; $V_{14}=3.18(\text{m}^3)$

边坡总填方量: $\sum V(+)=0.003+0.0001+5.22+2\times 0.06+7.93+2\times 0.01+0.01=13.29(\text{m}^3)$

边坡总挖方量: $\sum V(-)=2.03+2\times 0.02+3.18=5.25(\text{m}^3)$

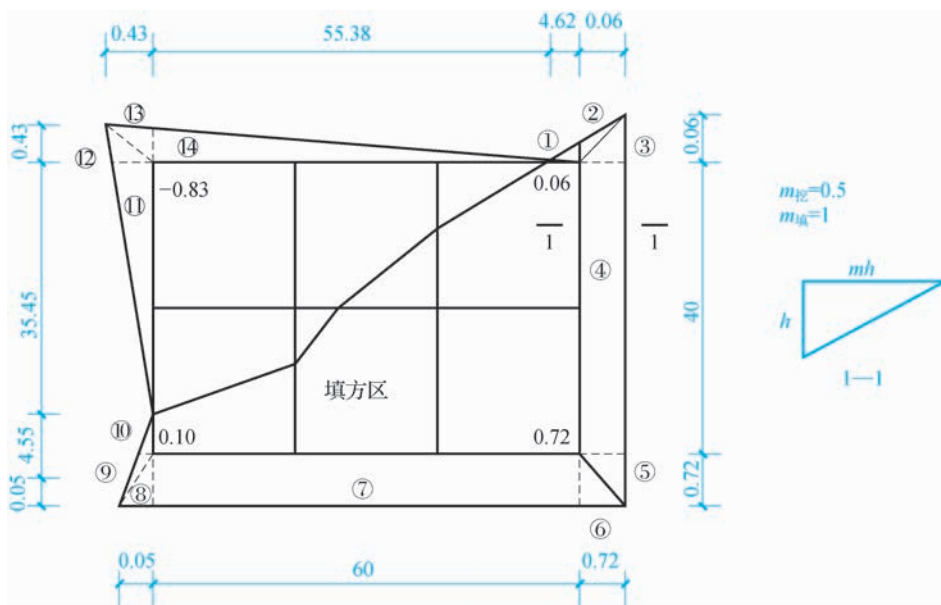


图 1-13 场地边坡平面图(单位:m)

3. 土方调配

土方调配是土方工程施工组织设计(土方规划)中的一个重要内容,在平整场地土方工程量计算完成后进行。编制土方调配方案应根据地形及地理条件,把挖方区和填方区划分成若干个调配区,计算各调配区的土方量,并计算每对挖、填方区之间的平均运距(挖方区重心至填方区重心的距离),确定挖、填方各调配区的土方调配方案,应使土方总运输量最小或土方运输费用最少,而且便于施工,从而可以缩短工期、降低成本。

1) 土方调配原则

(1) 力求达到挖方与填方基本平衡和运距最短。使挖方量与运距的乘积之和最小,即土方运输量或土方运输费用最小,降低土方工程成本。

(2) 近期施工与后期利用相结合。当工程分期分批施工时,先期工程的土方余土应结合后期工程的需求来考虑其利用量与堆放位置,以便就近调配,避免重复挖运和场地混乱。

(3) 分区与全场相结合。分区土方的调配必须配合全场土方的调配,不可只顾局部平衡而妨碍全局。

(4) 尽可能与大型地下建筑物的施工相结合。如大型建筑物位于填土区时,应将开挖的部分土体予以保留,待基础施工后再进行填土,以避免土方重复挖、填和运输。

(5) 选择适当的调配方向,运输路线,使土方机械和运输车辆的功效得到充分发挥。

总之,进行土方调配,必须依据现场具体情况、有关技术资料、工期要求、土方施工方法

与运输方法等,综合考虑上述原则并经计算比较,选择经济合理的调配方案。

2) 土方调配方案的编制

土方调配方案的编制,应根据施工场地地形及地理条件,把挖方区和填方区划分成若干个调配区,计算各调配区的土方量,并计算每对挖、填方区之间的平均运距(挖方区重心至填方区重心的距离),然后确定挖方各调配区的土方调配方案。土方调配的最优方案,应使土方总运输量最小或土方运输费用最少,工期短、成本低,而且便于施工。

调配方案确定后,绘制土方调配图,如图 1-14 所示。在土方调配图上要注明挖填调配区、调配方向、土方数量和每对挖填之间的平均运距。图 1-14 中的土方调配,仅考虑场内挖方和填方的平衡, W 表示挖方, T 表示填方。

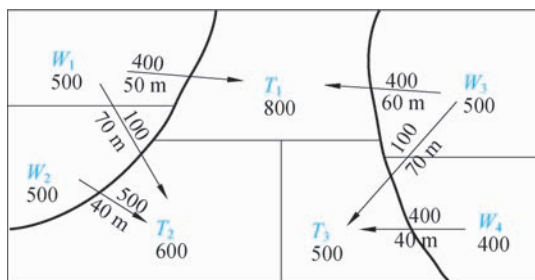


图 1-14 土方调配图(单位: m^3)

1.1.3 施工准备与辅助工作

施工准备与辅助工作包括:审核图纸、清理场地、修筑临时设施与道路、土方边坡与稳定处理、基坑(槽)支撑、降低地下水位。

1. 施工准备

土方开挖前需要做好下列准备工作。

1) 学习与审查图纸

施工单位在接到施工图纸后,应组织各专业主要人员对图纸进行学习和综合审查。核对平面尺寸及坑底标高,注意各专业图纸间有无矛盾和差错,熟悉地质水文勘察资料,了解基础形式与工程规模、结构形式、特点、工程量和质量要求,弄清地下管线、构筑物与地基的关系,进行图纸会审,对发现的问题逐条予以解决。

2) 清理场地

清现场地包括拆除施工区域内的房屋、古墓,拆除或改建通信和电力设备、上下水道及其他建筑物,迁移树木,清除含有大量有机物的草皮、耕殖土、河塘淤泥等。

3) 修筑临时设施与道路

施工场所需临时设施主要包括生产性临时设施和生活性临时设施。生产性临时设施主要包括混凝土搅拌站、各种作业棚、建筑材料堆场及仓库等;生活性临时设施主要包括宿舍、食堂、办公室、厕所等。开工前还应修筑好施工现场内的临时道路,同时做好现场供水、供电、供气等措施。

2. 土方边坡与稳定

土壁稳定,主要是由土体内摩阻力和粘结力保持土方平衡,一旦失去平衡,土壁就会

塌方。

1)造成土壁塌方的原因

根据工程实践调查分析,造成土壁塌方的主要原因有以下几点。

(1)边坡过陡。使土体本身稳定性不够,尤其是在土质差、开挖深度大的坑槽中,常发生塌方。

(2)雨水、地下水渗入基坑。使土体重力增大及抗剪能力降低,是造成塌方的主要原因。

(3)基坑(槽)边缘附近大量堆土或停放机具、材料或由于动荷载的作用,使土体产生的剪应力超过土体的抗剪强度。

2)土方边坡

土方边坡的坡度以挖方深度(或填方深度) h 与底宽 b 之比表示,如图 1-15 所示,即

$$\text{土方边坡坡度} = h/b = 1/(b/h) = 1 : m \quad (1-18)$$

式中, $m=b/h$ 称为边坡系数。

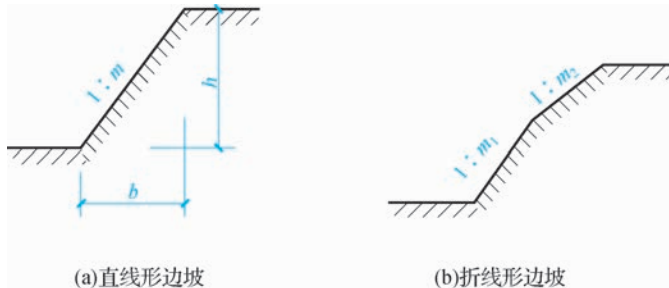


图 1-15 土方边坡

3)边坡的确定

土方边坡的大小,应根据土质条件、开挖深度、施工方法、边坡留置时间、地下水位及排水情况、边坡上部的各种荷载情况、相邻建筑物的情况等因素综合考虑确定。

(1)当地质条件良好,土质均匀且地下水位低于基坑(槽)或管沟底面标高,敞露时间不长且挖方深度不超过表 1-4 规定时,挖方边坡可做成不加支撑直壁。

表 1-4 直壁挖方的容许深度(不加支撑)

土的类别	挖方深度/m
密实、中密的砂土和碎石类土(充填物为砂土)	1.00
硬塑、可塑的粉土及粉质黏土	1.25
硬塑、可塑的黏土和碎石类土(充填物为黏性土)	1.50
坚硬的黏土	2.00

(2)对于使用时间较长,地质条件良好、土质较均匀,挖方深度在 10 m 以内不加支撑的边坡坡度应符合表 1-5 所列的规定。若实际工程中出现岩石边坡,可按规范规定取值。



微课
土方边坡

表 1-5 土质边坡坡度允许值(不加支撑)

土的种类	密实度或状态	坡度允许值(高:宽)	
		坡高在 5 m 以内	坡高为 5~10 m
碎石土	密实	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	中密	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	稍密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
黏性土	坚硬	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	硬塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50

- 注:1.表中碎石土的充填物为坚硬或硬塑状态的黏性土。
 2.对于砂土或充填物为砂土的碎石土,其边坡坡度允许值均按自然休止角(土的自然休止角是指在某一状态下的土体可以稳定的坡度)确定。
 3.坡度大小视坡顶荷载情况取值:无荷载时取陡值;有动荷载时取缓值;有静荷载时取中等值。
 4.非黏性土坡顶不得有振动荷载。
 (3)永久性挖方边坡坡度应按设计要求放坡,如设计无规定时,可按表 1-6 确定。

表 1-6 永久性土工构筑物挖方的边坡坡度

挖土性质	边坡坡度(高:宽)
在天然湿度及层理均匀、不易膨胀的黏土、粉质黏土和砂土(不包括细砂、粉砂)内挖方,深度不超过 3 m	1:1.00~1:1.25
土质同上,深度为 3~12 m	1:1.25~1:1.50
干燥地区内土质结构未经破坏的干燥黄土及类黄土,深度不超过 12 m	1:0.10~1:1.25
在碎石土和泥灰岩土内的挖方,深度不超过 12 m,根据土的性质、层理特性和挖方深度确定	1:0.50~1:1.50
在风化岩内的挖土,根据岩石性质、风化程度、层理特性和挖方深度确定	1:0.20~1:1.50
在微风化岩石内的挖方,岩石无裂缝且无倾向挖方坡脚的岩层	1:0.10
在未风化的完整岩石内的挖方	直立的

4)防止边坡塌方的主要措施

防止边坡塌方的主要措施有如下几项。

(1)严格按规范的要求正确留置边坡,放足边坡。土方开挖过程中,应随时观察边坡土体的变化情况,边挖边检查,每 3 m 左右修坡一次。对于较深、较大的基坑开挖,应设置观察点,并对土体的平面位移和沉降变化做好记录,以便及时与设计单位联系,研究相应的补救措施,确保边坡的稳定。

(2)基坑(槽)边缘堆置土方、建筑材料,以及有运输工具和机械通过时,应与基坑(槽)边缘保持一定距离。一般距基坑(槽)上边缘不少于 2 m,堆置高度不应超过 1.5 m。在垂直的坑壁上,此安全距离还应当适当加大。软土地区不宜在基坑边上堆置弃土。

(3)做好基坑(槽)周围的地面排水和防水工作,严防雨水、施工用水等地面水浸入边坡土体。在雨季施工时,应更加注意检查边坡的稳定性,必要时可加设支撑。

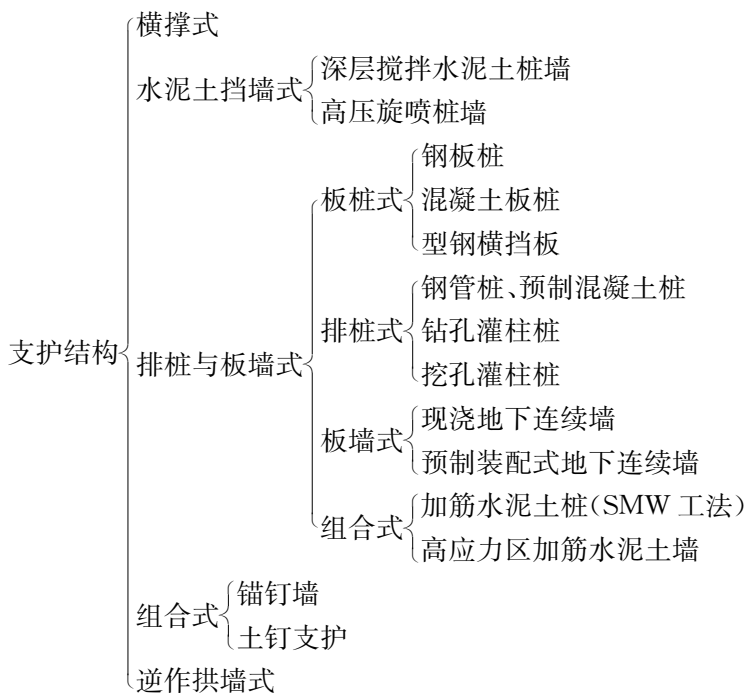
(4)基坑(槽)开挖后,可采用塑料薄膜覆盖、水泥砂浆抹面、挂网抹面、喷浆、砌石压坡等方法进行边坡坡面防护,防止边坡失稳。

3. 基坑(槽)支撑

当基坑(槽)开挖较深,如果土质条件差、放坡后土方量过大,甚至会影响到周围建筑物、城市道路、地下管线,当采用放坡开挖无法保证施工安全或由于施工场地狭小无放坡条件时,一般采用支护结构对土壁进行支撑,以保证基坑(槽)的土壁稳定。

基坑(槽)支护结构主要由围护结构和撑锚两部分组成。其主要作用是支撑土壁,同时还兼有不同程度的挡水作用。

基坑(槽)支护结构的类型较多。根据支护结构的受力状态不同可分为横撑式支撑、板桩支护结构(悬臂式、支撑式)、重力式支护结构。根据其工作机理和围护墙的形式可分为以下类型:



水泥土挡墙式主要依靠其本身自重和刚度保护土壁,一般不设支撑,特殊情况下经采取措施后也可局部加设支撑;横撑、排桩与板墙式,通常由围护墙、支撑(或土层锚杆)及防渗帷幕等组成;土钉支护由密集的土钉群、被加固的原位土体、喷射的混凝土面层等组成。现结合实际工程中常用的几种支护结构类型介绍如下。

1) 横撑式支撑

横撑式土壁支撑主要用于开挖较窄的沟槽。一般根据其挡土板的不同,分为水平挡土板和垂直挡土板两类,如图 1-16 所示,前者挡土板的布置又分为断续式和连续式两种。

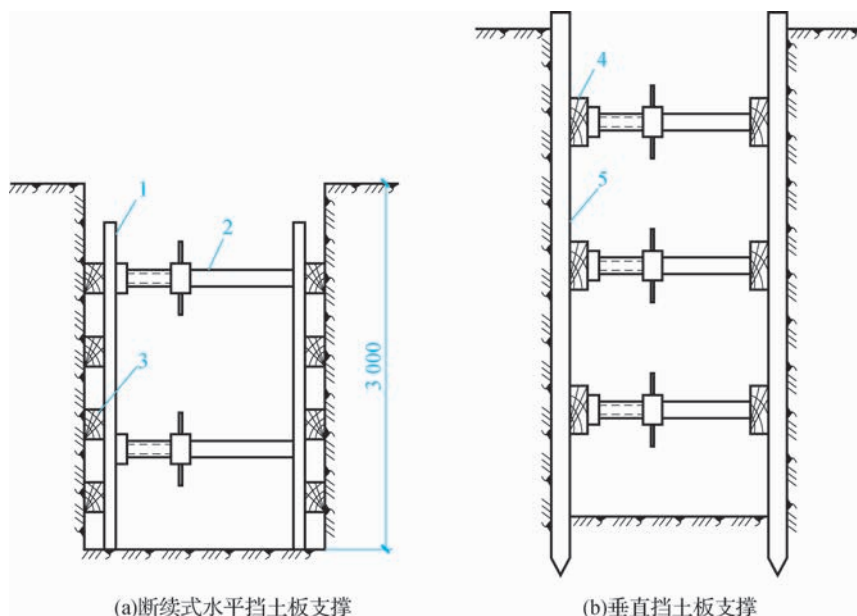


图 1-16 横撑式支撑

1—竖横楞；2—工具式横撑；3—水平挡土板；4—横楞木；5—垂直挡土板

横撑式支撑的适用情况见表 1-7。

表 1-7 横撑式支撑的适用情况

横撑式支撑的种类		适用范围
水平挡土板	断续式水平挡土板	湿度小的黏性土,挖深 ≤ 3 m
	连续式水平挡土板	松散、湿度较大土质,挖深 ≤ 5 m
垂直挡土板		松散和湿度很大的土质

采用横撑式支撑时,应随挖随撑,支撑要牢固。施工中应经常检查,如有松动、变形等现象时,应及时加固或更换。支撑的拆除应按回填顺序依次进行,多层支撑应自下而上逐层拆除,随拆随填。

2) 深层搅拌水泥土桩墙

深层搅拌水泥土桩墙是通过深层搅拌机将水泥浆和土强制搅拌,制成水泥土桩,相互连续搭接形成的水泥土柱状加固体挡墙。其水泥土加固体的渗透系数不大于 10^{-7} cm/s,既能挡土,又能止水防渗,属于重力式支护结构,一般适用于软土地区深度不大于 7 m 的基坑工程。

(1) 构造要求。水泥土墙通常布置成格栅式,如图 1-17 所示,相邻桩搭接长宽不小于 200 mm,截面置换率(加固土的面积为水泥土墙的总面积)为 0.6~0.8。墙体的宽度 b 和插入深度 h_d ,根据坑深、土层分布及其物理力学性能、周围环境情况、地面荷载等计算确定。当基坑开挖深度 $h \leq 5$ m 时,可按经验取 $b = (0.6 \sim 0.8)h$, $h_d = (0.8 \sim 1.2)h$ 。

支护结构的水泥土加固体多采用强度等级为 32.5 的普通硅酸盐水泥,水泥掺量通常为 12%~14%(水泥重量与加固土体重量的比值),水泥浆的水灰比不大于 0.45,水泥土围护墙的 28 天龄期强度应不低于 0.8 MPa,未达到设计强度前不得进行基坑开挖。

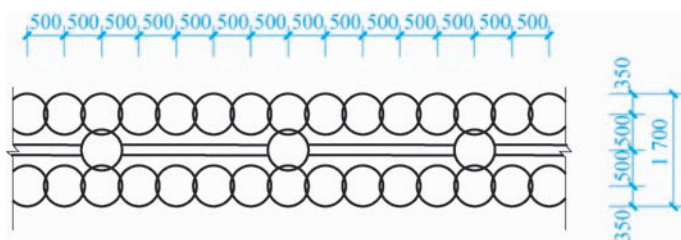


图 1-17 深层搅拌水泥土墙平面示意图(单位:mm)

(2)水泥土墙的计算。水泥土墙的全面计算应包括表 1-8 中所列的内容。现主要介绍抗倾覆稳定验算、抗滑动稳定验算。图 1-18 为水泥土墙的计算简图。

表 1-8 水泥土墙的计算内容

项 目	验 算
抗倾覆稳定	必须验算
抗滑动稳定	必须验算
整体稳定	墙体下部为软弱土层时应验算
抗隆起稳定	墙体下部为软弱土层时应验算
抗管涌(抗渗透)稳定	坑底或墙体下部为砂石及砂土时应验算
桩体稳定	基坑开挖深度较大时应验算
基底地基承载力	墙体下部为软弱土层时应验算
格栅稳定	格栅分格较大时应验算
位移	对支护结构及墙背土体有位移控制要求时应验算

①抗倾覆稳定验算。如图 1-18 所示,对 C 点的平衡力矩为: $E_a h_a = GB/2 + E_p h_p$ 。

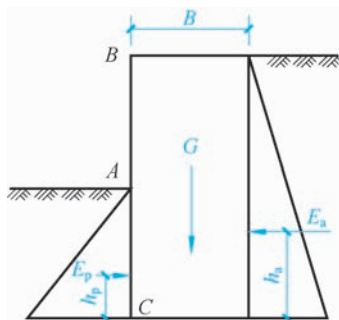


图 1-18 水泥土墙的计算简图

则抗倾覆安全系数为:

$$K_q = \frac{GB/2 + E_p h_p}{E_a h_a} \geq 1.5 \quad (1-19)$$

式中, G 为挡土墙的自重(kN); B 为挡土墙的宽度(m); E_a 、 E_p 分别为主动和被动土压力(kN); h_a 、 h_p 分别为主动土压力和被动土压力的力臂(m)。

②抗滑动稳定验算。由于水泥土的重度接近土的重度,所以不作计算,则抗滑动安全系数为:

$$K_h = \frac{\mu G + E_p}{E_a} \geq 1.3 \quad (1-20)$$

式中, μ 为基底的摩擦系数, 其他符号意义同前。

(3) 深层搅拌水泥土桩墙的施工。深层搅拌水泥土桩墙的施工工艺、机械设备及施工方法详见本模块深层搅拌地基施工内容。

3) 土钉支护

土钉支护是用于土体开挖和边坡稳定的一种新技术, 即基坑开挖时, 逐层在坡面上使用较密排列的钻孔注浆钉或击入钉, 与土体形成复合体, 并在土钉坡面上设置钢筋网, 喷射混凝土, 使土体、土钉群与混凝土面板结合为一体, 增强了土体破坏延性, 提高了边坡整体稳定和承受坡顶超载能力。土钉支护也称为喷锚支护或土钉墙, 如图 1-19 所示。

土钉支护主要适用于地下水位以上或经降水后的杂填土、普通黏性土或非松散性的砂土, 基坑侧壁安全等级为二、三级, 基坑开挖深度不大于 12 m 的土壁支护。由于其经济、可靠、施工简便、快速, 已在我国得到广泛使用。

除土体外, 土钉支护通常由土钉、面层和防水系统三部分组成。土钉支护的构造与土体特性、支护面的坡角、支护的功能(如临时或永久使用), 以及环境安全要求等因素有关。

(1) 土钉。土钉的类型很多, 一般有钻孔注浆钉、击入钉、注浆击入钉、高压喷射注浆击入钉、气动射入钉等。通常使用钻孔注浆钉, 其主要参数如下。

① 土钉钢筋。一般采用直径为 16~32 mm 的带肋钢筋。

② 土钉长度。一般为基坑开挖深度的 0.5~1.2 倍, 顶部土钉长度应不小于 0.8 倍的基坑深度。

③ 土钉间距。土钉的水平 and 竖向间距宜为 1~2 m, 沿面层布置的土钉密度不应低于每 6 m² 一根, 土钉的竖向间距应与每步开挖深度相对应。

④ 土钉倾角。土钉与水平面的向下夹角宜为 0~20°。当利用重力向孔中注浆时, 倾角不小于 15°; 当上层为软弱土层时, 可适当加大倾角。

⑤ 土钉孔径。土钉钻孔直径一般为 70~120 mm。

⑥ 注浆材料。强度等级不低于 M10, 宜采用强度不低于 20 MPa 的水泥浆或水泥砂浆。水泥宜采用 32.5 级的普通硅酸盐水泥, 水泥浆的水灰比宜为 0.5, 水泥砂浆配合比宜为 1:1~1:2(重量比), 水灰比宜为 0.38~0.45。

(2) 面层。土钉支护面层主要由钢筋网和喷射混凝土组成, 厚度宜为 80~200 mm, 常用 100 mm。

① 钢筋网。一般采用直径为 6~10 mm 的光圆钢筋, 间距为 150~300 mm。当面层厚度大于 120 mm 时, 宜设置二层钢筋网, 上下段钢筋网搭接长度应大于 300 mm。

② 混凝土。混凝土强度等级不低于 C20, 3d 龄期强度不低于 10 MPa。其施工配合比应通过试验确定, 水泥宜采用 32.5 级的普通硅酸盐水泥, 粗骨料最大粒径不大于 12 mm, 水灰



微课

土钉支护

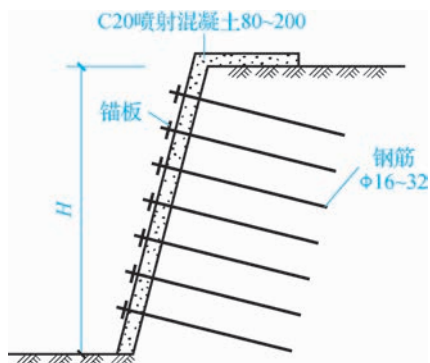


图 1-19 土钉支护(单位:mm)

比不大于 0.45。

③土钉与混凝土面层的连接,宜将土钉做成螺纹端,通过螺母、垫板与面层连接,也可采用短钢筋焊接固定。

④土钉支护的混凝土面层通常应插入基坑底面以下 300~400 mm,在基坑顶部宜设置宽度为 1~2 m 的喷混凝土护顶。

(3)排水系统。土钉墙支护宜在排除地下水的条件下施工,应采取的排水措施包括地表排水、支护内部排水以及基坑排水,以避免土体因处于饱和状态而减轻作用于面层上的静水压力。基坑顶部四周可做散水各排水沟,坑内应设置排水沟和集水坑,并与边壁保留 0.5~1.0 m 的距离,集水坑内积水应及时抽出。如基坑侧壁水压较大时,可在支护面层背部插入长度为 400~600 mm,直径不小于 40 mm 的水平导水管,外端伸出支护面层,间距为 1.5~2.0 m,以便将混凝土面层后积水排出。

(4)土钉支护的计算。土钉支护的计算主要包括:土钉支护的整体稳定性验算、土钉计算、喷射混凝土面层的设计计算以及土钉与面层的连接计算等。

(5)土钉支护的施工。土钉支护施工前,应制订完善的基坑支护施工组织设计计划,周密安排支护施工与基坑土方开挖出土等工序关系,在施工场地外确定水准基点和变形观测点,做好地表和地下降排水措施等准备工作。土钉支护施工通常采用边开挖边施工的方法,其每段主要施工工序为:基坑开挖、修坡→定位→钻孔→插入土钉钢筋→注浆→绑扎钢筋网、喷射混凝土。

①基坑开挖、修坡。基坑开挖应严格按照设计要求分层分段进行,在上一层作业面土钉与喷射混凝土面层达到设计强度的 70%以前,不得进行下一层土层的开挖。每层开挖的水平分段长度取决于土壁自稳能力,且与支护施工流程相衔接,一般为 10~20 m。对土层地质条件较差的土壁边坡,清坡、休整后,应立即喷上一层薄的砂浆或混凝土,待凝结后再进行下一道工序施工。

②钻孔。钻孔前,应根据设计要求定出土钉孔位并作出标记及编号。钻孔机具通常采用冲击钻机、螺旋钻机、回转钻机和洛阳铲等。成孔过程中应由专人做好记录,按土钉编号逐一记载取出的土体特征、成孔质量、事故处理等,若发现土体与设计认定的土质有较大偏差时,应及时修改土钉的设计参数。土钉钻孔的质量应符合下列规定:孔距允许偏差:±100 mm;孔径允许偏差:±5 mm;孔深允许偏差:±30 mm;倾角允许偏差:±1°。

成孔后要清孔检查,若孔中出现局部渗水、塌孔或掉落松土应立即处理。

③插入土钉钢筋。插入土钉钢筋前应对土钉钢筋进行调直、除锈、除油处理,并在钢筋上安装对中定位支架(金属或塑料件),其构造应不妨碍注浆时浆液的自由流动,支架沿钉长的间距可为 2~3 m,以保证钢筋处于孔位中心且注浆后其保护层厚度不小于 25 mm。

④注浆。注浆前要验收土钉钢筋安装质量是否达到设计要求。一般可采用重力、低压(0.4~0.6 MPa)或高压(1~2 MPa)注浆,水平孔应采用压力注浆。

重力注浆和低压注浆宜采用底部注浆方式,注浆导管底端应插至距孔底 250~500 mm 处。重力注浆以满孔为止,但在浆体初凝前应补浆 1~2 次;压力注浆应在孔口或规定位置设置止浆塞,注满后保持压力 3~5 min。同时,注浆时要设置排气措施,满足注浆的充盈系数大于 1。

⑤绑扎钢筋网、喷射混凝土。绑扎、固定钢筋网应在喷射一层混凝土后铺设。钢筋网片可采用焊接或绑扎,牢固固定在边坡上,也可与插入土层中钢筋固定,满足网格尺寸偏差不

大于 10 mm,每边搭接长度不小于 200 mm(或一个网格边长),如为搭接焊则不小于 10 倍的网筋直径,钢筋保护层厚度不小于 20 mm。

喷射混凝土前,应对机械设备、风、水管路和电路进行全面检查及试运转。同时,在边坡上垂直打入短的钢筋作为标志,以控制喷射混凝土的厚度。

喷射混凝土应分段进行,同一段内喷射顺序应由下而上,喷头与受喷面保持垂直,距离控制在 0.6~1.0 m 的范围内,一次喷射厚度不宜小于 40 mm;当面层厚度不小于 100 mm 时,应分二次喷射,每次喷射厚度宜为 50~70 mm。

面层喷射混凝土终凝后 2 h,可根据当地环境条件,采用喷水、洒水或喷涂养护剂等方法养护,养护时间宜为 3~7 d。

4. 降低地下水位

在土方工程施工过程中,当开挖的基坑底面低于地下水位时,地下水会不断渗入坑内,如果没有及时采取降水措施,会恶化施工条件。为了保持基坑干燥,防止由于水的浸泡发生边坡塌方和地基承载力下降,必须做好基坑的排水、降水工作。降低地下水位的方法有集水井降水法和井点降水法。

1) 集水井降水法

集水井降水法是一种设备简单、应用普遍的人工降低地下水位的方法。在开挖基坑或沟槽过程中,当基底挖至地下水位以下时,沿坑底周围开挖一定坡度的排水沟,设置集水井,使地下水经排水沟流入井内,然后用水泵抽出坑外,如图 1-20 所示。

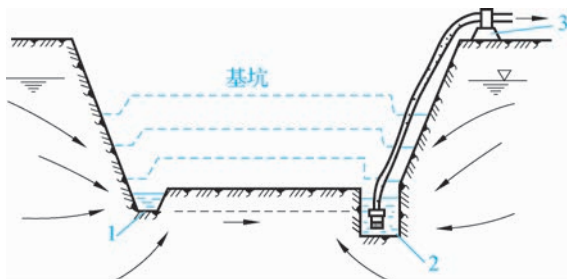


图 1-20 集水井降水法

1—排水沟; 2—集水井; 3—水泵

集水井应设置在基础范围以外,地下水流的上游。根据地下水量的大小、基坑平面形状及水泵能力,集水井每隔 20~40 m 设置一个。集水井的直径或宽度一般为 0.6~0.8 m,其深度随着挖土深度的加深而加深,要经常保持低于挖土面 0.7~1 m。当基坑挖至设计标高后,集水井底应低于基坑底 1~2 m,并铺设碎石滤层,以免抽水时将泥浆抽走,并防止井底土被扰动。

集水井降水法适用于水流较大的粗粒土层的排水、降水,也可用于渗水量较小的黏性土层降水,但不适宜于细砂土和粉砂土层,因为地下水渗出会带走细粒而发生流砂现象。

当基坑开挖深度大、地下水位较高而土质为细砂或粉砂时,如果采用集水井法降水开挖,当挖至地下水位以下时,坑底下方的土会形成流动状态,随地下水一起流动涌入基坑,这种现象称为流砂。发生流砂现象时,土完全丧失承载力,引起基坑边坡塌方,如果附近有建筑物,就会引起地基被掏空而使建筑物下沉、倾斜,甚至倒塌。

如果土层中产生局部流砂现象,应采取减小动水压力的处理措施,使坑底土颗粒保持稳定,不受水压干扰。如果条件许可,尽量安排枯水期施工,使最高地下水位不高于坑底0.5 m;水中挖土时,不抽水或减少抽水,保持坑内水压与地下水压基本平衡;采用井点降水法、打板桩法、地下连续墙法,防止流砂产生。

2)井点降水法

井点降水是在基坑开挖前,在基坑四周预先埋设一定数量的滤水管(井),在基坑开挖前和开挖过程中,利用抽水设备不断抽出地下水,使地下水位降到坑底以下,直至土方和基础工程施工结束为止。这样,可使基坑挖土始终保持干燥状态,从根本上消除了流砂现象。同时,由于土层水分排出,还能使土密实,增加地基承载力,土方边坡也可陡些,从而也减少了挖方量。

井点降水的方法有轻型井点、电渗井点、喷射井点、管井井点及深井井点等。不同类型的井点降水可参考表 1-9 选用。

表 1-9 降水类型及适用条件

降水类型	土层渗透系数/(m/d)	降低水位深度/m
单层轻型井点	0.1~50	3~6
多层轻型井点	0.1~50	6~12
喷射井点	0.1~50	8~20
电渗井点	<0.1	根据选用井点确定
管井井点	20~200	3~5
深井井点	10~250	>15

(1)轻型井点降水设备。轻型井点是沿基坑四周或一侧以一定间距将井点管(下端为滤管)埋入蓄水层内,井点管上端通过弯联管与总管连接,利用抽水设备将地下水经滤管进入井管,经总管不断抽出,使原有地下水位降至坑底以下,如图 1-21 所示。

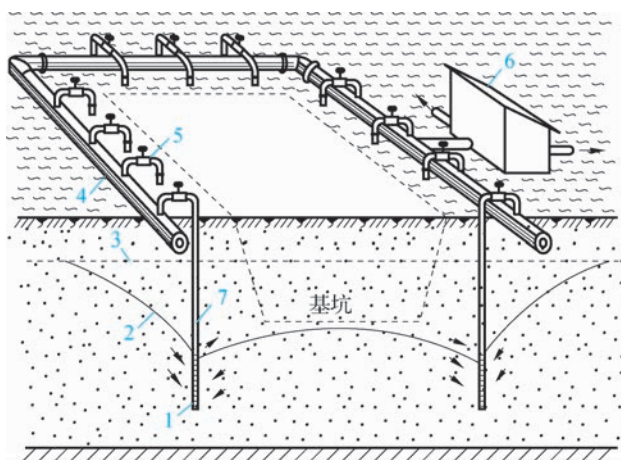


图 1-21 轻型井点降水法示意图

- 1—滤管; 2—降低后地下水位线; 3—原有地下水位线;
- 4—总管; 5—弯联管; 6—水泵房; 7—井点管

轻型井点设备由管路系统和抽水设备组成。管路系统包括滤管、井点管、弯联管及总管等。滤管为进水设备,如图 1-22 所示。长度一般为 1.0~1.5 m,直径为 38~55 mm 的无缝钢管,管壁钻有直径为 12~18 mm 的梅花形滤孔。管壁外包两层滤网,内层为细滤网,采用 3~5 孔每平方米黄铜丝布或生丝布,外层为粗滤网,采用 0.8~1 孔每平方米铁丝布或尼龙布。为使水流通畅,在管壁与滤网间用铁丝或塑料管隔开,滤网外面再绑一层粗铁丝保护网,滤管下面为一铸铁塞头,滤管上端与井点管用螺丝套头连接。井点管直径为 38~51 mm,长 5~7 m 的钢管。集水总管直径为 100~127 mm 的钢管,每段长 4 m,其上装有与井点管连接的端接头,间距 0.8 m 或 1.2 m。总管与井点管用 90°弯头连接,或用塑料管连接。抽水设备由真空泵、离心泵和集水箱等组成。

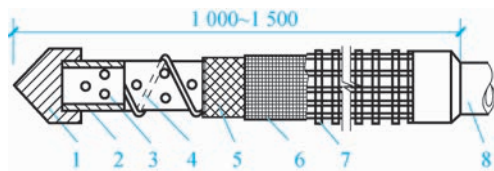


图 1-22 滤管构造(单位:mm)

- 1—铸铁头; 2—钢管; 3—管壁上小孔; 4—塑料管; 5—细滤网;
 6—粗滤网; 7—粗铁丝保护网; 8—井点管

(2)轻型井点布置。轻型井点布置根据基坑大小与深度、土质、地下水位高低与流向和降水深度要求等确定。

①平面布置。当基坑或沟槽宽度小于 6 m,且水位降低深度不超过 5 m 时,可采用单排线状井点,布置在地下水流的上游一侧,其两端延伸长度一般不小于基坑(槽)宽度为宜,如图 1-23 所示。如基坑宽度大于 6 m 或土质不良,土的渗透系数较大时,宜采用双排井点。基坑面积较大时,宜采用环状井点,如图 1-24 所示,为便于挖土机械和运输车辆出入基坑,可不封闭,布置为 U 形环状井点。井点管距离基坑壁一般取 0.7~1.0 m,以防局部发生漏气,井点管间距应根据土质、降水深度、工程性质等决定,一般采用 0.8~1.6 m。

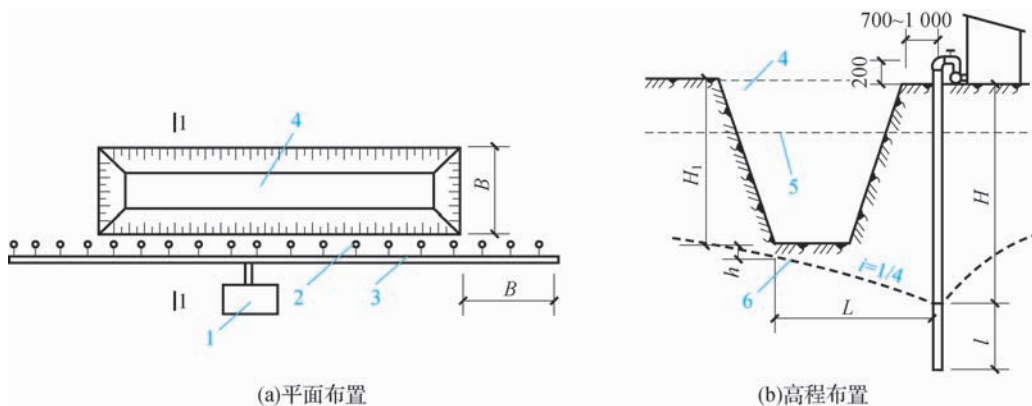


图 1-23 单排线状井点布置图(单位:mm)

- 1—抽水设备; 2—井点管; 3—总管; 4—基坑;
 5—原地下水位线; 6—降低后的地下水位线

一套抽水设备能带动的总管长度,一般为 100~120 m。采用多套抽水设备时,井点系

统要分段,各段长度要大致相等。

②高程布置。在考虑到抽水设备的水头损失以后,井点降水深度一般不超过 6 m。井点管的埋设深度 H (不包括滤管)按下式计算,如图 1-24(b)所示。

$$H = H_1 + h + iL \quad (1-21)$$

式中, H_1 为井点管埋设面至基坑底的距离(m); h 为基坑中心处坑底面(单排井点时,为远离井点一侧坑底边缘)至降低后地下水位的距离,一般为 0.5~1.0 m; i 为地下水降落坡度,环状井点为 1/10,单排线状井点为 1/4; L 为井点管至基坑中心的水平距离,即单排井点为井点管至基坑另一侧的水平距离(m)。

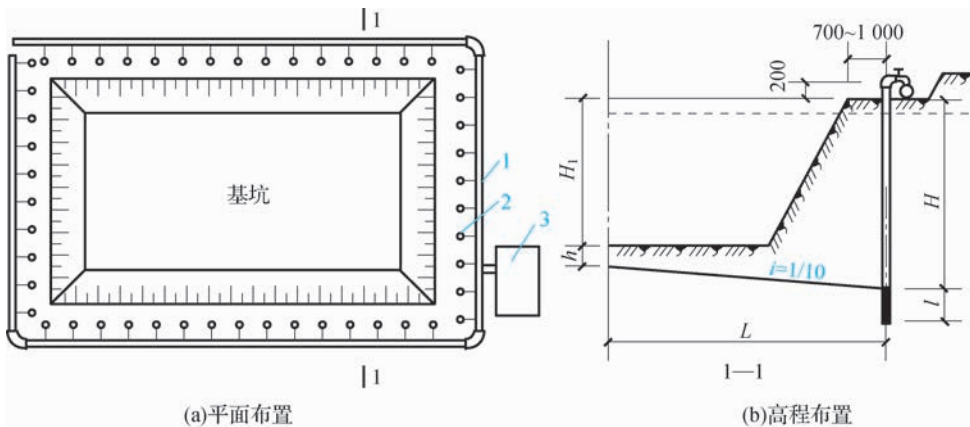


图 1-24 环形井点布置图(单位:mm)

1—总管; 2—井点管; 3—抽水设备

当一级井点系统达不到降水深度要求时,可采用二级井点,即先挖去第一级井点所疏干的土,然后在基坑底部装设第二级井点,使降水深度增加,如图 1-25 所示。

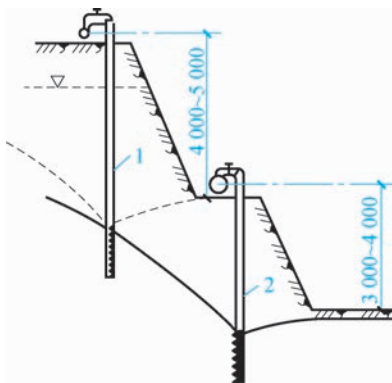


图 1-25 二级井点降水示意图(单位:mm)

1—一级井点降水; 2—二级井点降水

(3)轻型井点降水法的施工。轻型井点的安装是根据降水方案,先布设总管,再埋设井点管,然后用弯联管连接井点管与总管,最后安装抽水设备。

井点管的埋设一般用水冲法施工,分为冲孔和埋管两个过程,如图 1-26 所示。冲孔时,利用起重设备将冲管吊起,并插在井点位置上,开动高压水泵将土冲松,冲管边冲边沉。冲孔要垂直,直径一般为 300 mm,以保证井管四壁有一定厚度的砂滤层,冲孔深度要比滤管底深 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。

井孔冲成后,随即拔出冲管,插入井点管。井点管与井壁间应立即用粗砂灌实,距地面 1.0~1.5 m 深处,用黏土填塞密实,防止漏气。

(4)轻型井点使用。轻型井点运行后,应保证连续不断地抽水。如果井点淤塞,一般可以通过听管内水流声响、手摸管壁感到有振动、手触摸管壁有冬暖夏凉的感觉等简便方法检查,发现问题,及时排除隐患,确保施工正常进行。

轻型井点法适用于土壤的渗透系数为 $0.1 \sim 50 \text{ m/d}$ 的土层降水,一级轻型井点水位降低深度 $3 \sim 6 \text{ m}$,二级井点可达 $6 \sim 9 \text{ m}$ 。

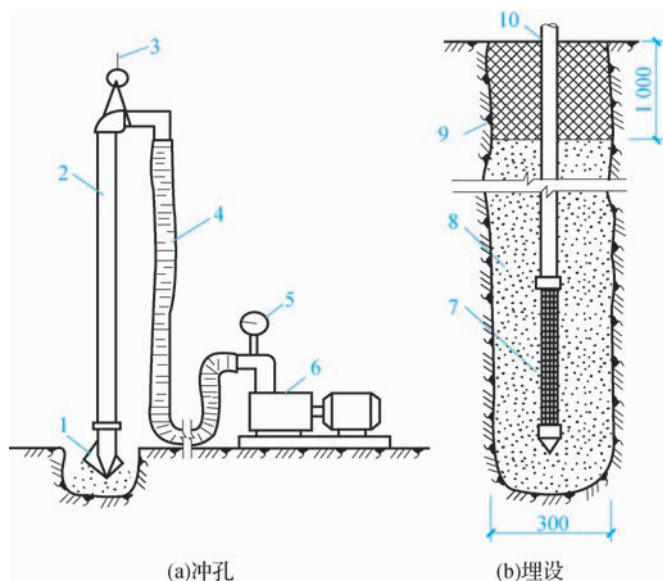


图 1-26 井点管的埋设(单位:mm)

1—冲嘴; 2—冲管; 3—起重机吊钩; 4—胶管; 5—压力表; 6—高压水泵;
7—滤管; 8—填砂; 9—黏土封口; 10—井点管

1.1.4 土方机械化施工

土方工程的施工过程主要包括:土方开挖、运输、填筑与压实等。在施工中,除不适宜采用机械施工的土方工程或小型基坑(槽)土方工程以外,应尽量采用机械化施工,以减轻劳动强度,加快施工进度,缩短工期。常用的土方施工机械有推土机、铲运机、单斗挖土机及装载机等。

1. 常用土方施工机械的性能

1) 推土机

推土机是在拖拉机上安装推土铲刀等工作装置而成的机械。按照铲刀的操纵机构不同,推土机可分为索式和油压式两种。如图 1-27 所示,是油压式 T_2-100 型推土机外形图。油压式推土机除了可升降推土铲刀外,还可调整铲刀的角度,因此具有更大的灵活性。

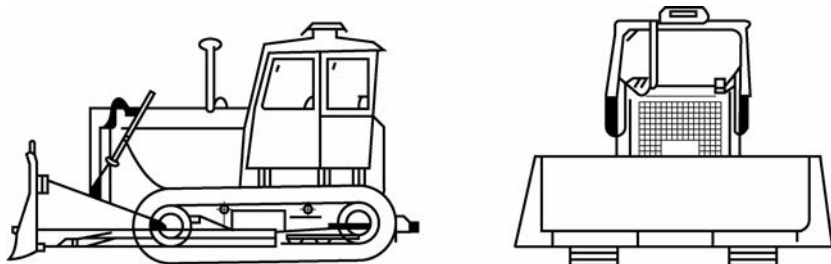


图 1-27 油压式 T_2-100 型推土机

(1)推土机的特点及适用范围。推土机能够独立完成推土、运土和卸土工作,具有操纵

灵活、运转方便、所需工作面较小、行驶速度快、易于转移、能爬 30° 左右的缓坡以及配合铲运机、挖土机工作等特点。能够推挖 I ~ IV 类土,多用于场地清理与整平,开挖深度或堆筑高度为 1.5 m 以内的基坑(槽)、路基、堤坝等。推土机的经济运距宜在 100 m 以内,效率最高的运距为 60 m。

(2)推土机的作业方法。推土机的生产率主要取决于每次推土体积和铲土、运土、卸土和回转等工作循环时间。铲土时应根据土质情况,尽量以最大切土深度在最短距离(6~10 m)内完成,上下坡坡度不得超过 35° ,横坡不得超过 10° 。为了提高生产率,可采用下坡推土、槽形推土、并列推土、多铲集运、铲刀附加侧板等方法。

2) 铲运机

铲运机由牵引机械和铲斗组成,按行走方式分为自行式和拖式两种,分别如图 1-28 和图 1-29 所示。



图片
自行式铲运机

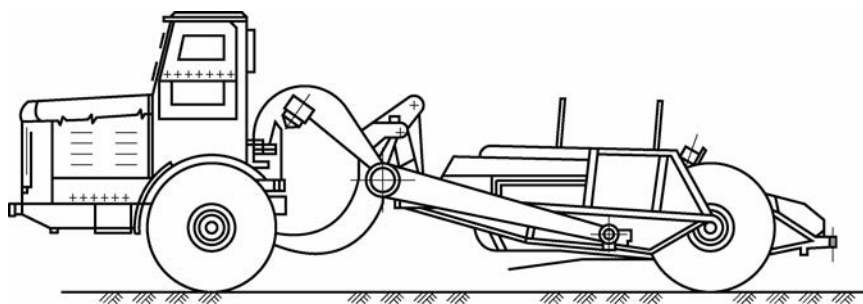


图 1-28 自行式铲运机



图片
拖式铲运机

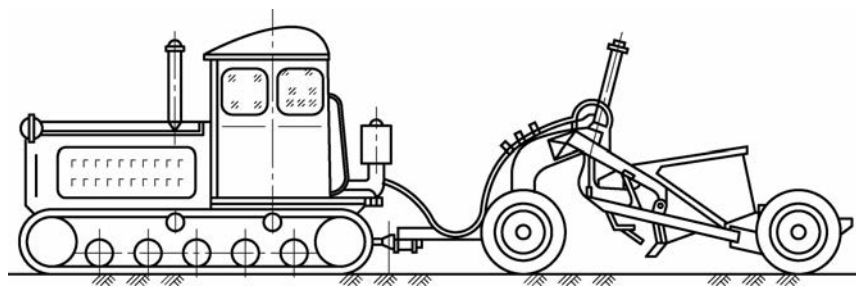


图 1-29 拖式铲运机

(1)铲运机的特点及适用范围。铲运机是一种能够独立完成铲土、运土、卸土、填筑和整平等全部土方施工工序的机械,具有操作灵活、行驶速度快、对道路要求低、生产率高等特点。适宜铲运含水量在 27% 以下的一、二类土,但不适于在砾石层、冻土地带及沼泽地区工作,当铲运三、四类较坚硬的土时,宜用推土机助铲或用松土机配合松土 0.2~0.4 m 厚。铲运机常用于坡度在 20° 以内的大面积场地的平整、大型基坑(槽)的开挖,以及路基、堤坝的填筑等。铲运机的适用运距在 800 m 以内,且运距在 200~350 m 时效率最高。

(2)铲运机的作业方法。铲运机的基本作业是铲土、运土、卸土三个工作行程和一个回转行程。在施工中,选定铲斗容量后,应根据工程大小、运距长短、土的性质和地形条件等,选择合理的开行路线和施工方法,以提高其生产率。

铲运机的开行路线主要有三种,即环形路线、大环形路线和“8”字形路线,如图 1-30 所示。

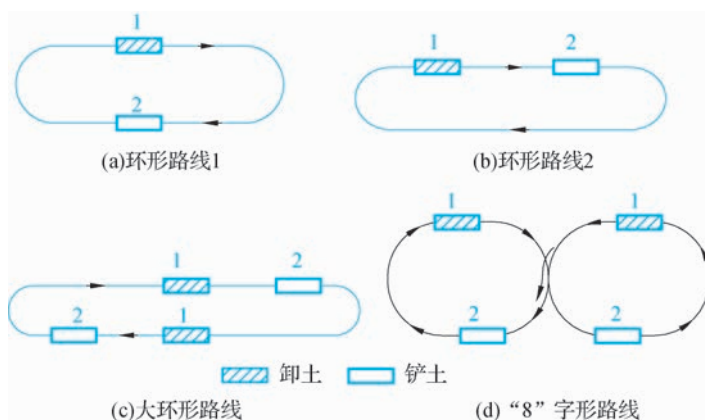


图 1-30 铲运机开行路线

① 环形路线,如图 1-30(a)和图 1-30(b)所示,从挖方到填方按环形路线回转,每一循环完成一次铲土和卸土。适用于 100 m 以内,填土高 1.5 m 内的路堤(堑)及基坑开挖、场地平整等工程。

② 大环形路线,如图 1-30(c)所示,当挖土和填土交替、挖填方工作面狭窄、填方不高且填土区在挖土区的两端时,采用此开行路线可在一个循环完成两次铲土和卸土。

③ “8”字形路线,如图 1-30(d)所示,当地段较长或地形起伏较大时,采用此开行路线可在一个循环完成两次铲土和卸土。此方法可减少转弯次数和空载行程,且在运行中转弯方向不同,可避免机械单侧磨损。多用于开挖管沟、沟边卸土及取土较长(300~500 m)的侧向取土、填筑路基、场地平整等工程。

为了提高铲运机的生产率,除了确定合理的开行路线,还应根据施工条件选择合理的施工方法。常用的施工方法有下坡铲土法、跨铲法、助铲法、交错铲土法等。

提示 铲运机生产率计算可参照推土机生产率的方法计算。

3) 单斗挖土机

单斗挖土机是土方开挖中常用的一种机械。按其行走装置不同分为履带式和轮胎式两类;按其动力装置不同分为机械传动和液压传动两类;按其工作装置不同分为正铲、反铲、拉铲和抓铲四种,如图 1-31 所示。

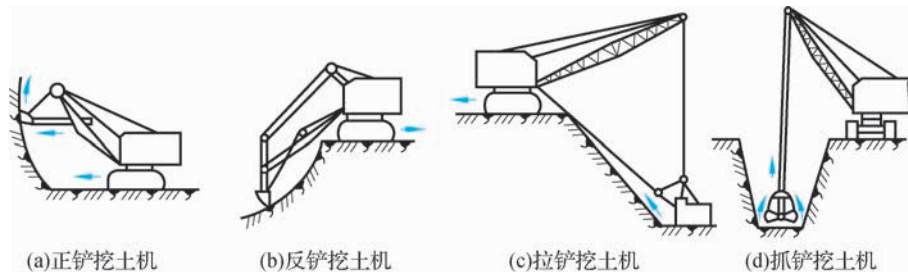


图 1-31 单斗挖土机

(1) 正铲挖土机。正铲挖土机的工作特点是“前进向上,强制切土”。其挖土能力大,生产效率高。适用于开挖停机面以上的 I~IV 类土(含水量不大于 27%),一



随堂测试



动画
正铲挖土

般工作面高度应在 1.5 m 以上,它与运输汽车配合可开挖大型干燥基坑及土丘等。

根据挖土机的开挖路线与运输汽车的相对位置不同分为正向开挖、侧向卸土和正向开挖、后方卸土两种作业方法。

①正向开挖、侧向卸土。即挖土机沿前进方向挖土,运输汽车停在侧面装土,如图 1-32(a)所示。挖土机铲臂卸土回转角度最小(小于 90°),运输汽车行驶方便,生产效率高,应用广泛。多用于开挖工作面较大且深度不大的基坑或边坡。

②正向开挖、后方卸土。即挖土机沿前进方向挖土,运输汽车停在挖土机后面装土,如图 1-32(b)所示。挖土机铲臂卸土回转角度较大(在 180° 左右),生产率低。一般用于开挖工作面较小且较深的基坑。

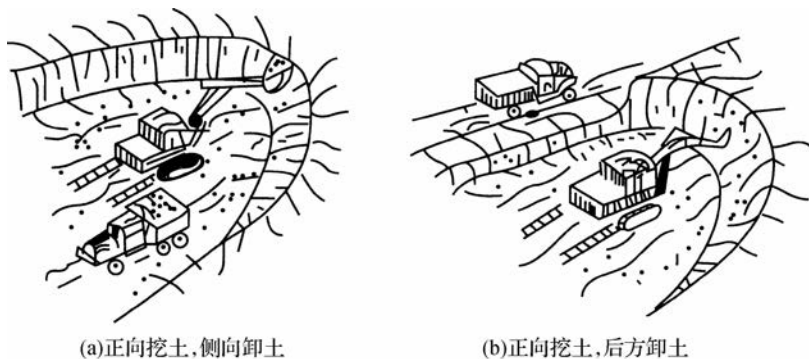


图 1-32 正铲挖土机作业方法



动画
反铲挖土

(2)反铲挖土机。反铲挖土机的工作特点是“后退向下,强制切土”,其挖土能力比正铲挖土机小,适用于开挖停机以下含水量较大的 I ~ III 类土,最大挖土深度为 4~6 m(经济合理深度为 1.5~3 m)。反铲挖土机可与运输汽车配合施工,也可弃土于坑槽附近。

反铲挖土机的作业方法有:沟端开挖、沟侧开挖、沟角开挖和多层接力开挖等。一般多采用沟端开挖和沟侧开挖方法。

①沟端开挖。即挖土机停在基坑(槽)的端部,后退挖土,向沟一侧弃土或装车运走,如图 1-33(a)所示。挖土宽度和深度较大,一般开挖工作面宽度为:单面装土时为 $1.3R$ (R 为挖土机的回转半径),双面装土时为 $1.7R$ 。当基坑(槽)宽度超过 $1.7R$ 时,可多次开行开挖或按“Z”字形路线开挖。

②沟侧开挖。即挖土机停在基坑(槽)的一侧,沿坑槽边移动挖土,如图 1-33(b)所示。挖土宽度较小(一般为 $0.8R$),边坡不易控制,机身稳定性较差,能够弃土于距坑槽较远的地方。多用于开挖土方不需外运的情况。



动画
拉铲挖土流程

(3)拉铲挖土机。拉铲挖土机的工作特点是“后退向下,自重切土”,其挖土半径和挖土深度较大,但操纵性较差。适用于开挖停机面以下的 I ~ III 类土,也可进行水下挖土。常用于开挖大型基坑、沟槽,以及大型场地平整、填筑路基、堤坝等。其作业方法与反铲挖土机相似,可采用沟端开挖或沟侧开挖方法。

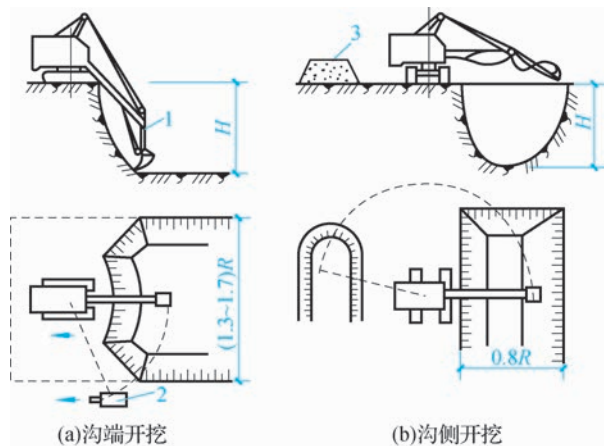


图 1-33 反铲挖土机作业方法

1—反铲挖土机；2—自卸汽车；3—弃土堆

(4)抓铲挖土机。抓铲挖土机的工作特点是“直上直下，自重切土”，其挖土能力较小，操纵性较差。适用于开挖停机面以下的Ⅰ～Ⅱ类土，常用于开挖土质松软且作业面较窄的深基坑、沟槽、沉井等，特别适宜于水下开挖。

4)装载机

装载机按行走方式分为履带式和轮胎式两种，按工作方式分为单斗装载机、链式装载机和轮斗式装载机。土方工程主要使用单斗式装载机，它具有操作灵活、轻便和快速等特点。装载机主要适用于装卸土方和散料，也可用于松软土的表层剥离、地面整平和场地清理等工作。

5)压实机械

根据土体压实机理，压实机械可分为冲击式、碾压式和振动压实机械三大类。

(1)冲击式压实机械。冲击式压实机械主要有蛙式打夯机和内燃式打夯机两类(蛙式打夯机一般以电为动力)。这两种打夯机适用于狭小的场地和沟槽作业，也可用于室内地面的夯实及大型机械无法到达的边角的夯实。

(2)碾压式压实机械。按行走方式不同，碾压式压实机械可分为自行式压路机和牵引式压路机两类。自行式压路机常用的有光轮压路机和轮胎压路机。自行式压路机主要用于土方、砾石、碎石的回填压实及沥青混凝土路面的施工。牵引式压路机的行走动力一般采用推土机(或拖拉机)牵引，常用的牵引式压路机有光面碾和羊足碾。光面碾用于土方的回填压实；羊足碾适用于黏性土的回填压实，不能用在砂土和面层土的压实。

(3)振动压实机械。振动压实机械是利用机械的高频振动，把能量传给被压土，降低土颗粒间的摩擦力，在压实能量的作用下，达到较大的密度。

按行走方式不同，振动压实机械分为手扶平板式振动压实机和振动压路机两类。手扶平板式振动压实机主要用于小面积的地基夯实。振动压路机按行走方式分为自行式和牵引式两种。振动压路机的生产效率高，压实效果好，能压实多种性质的土，主要用在工程量大的大型土石方工程中。

2.土方开挖方式与机械选择

在土方工程施工中合理选择土方机械，充分发挥机械性能，并将各种机械相互



动画
抓铲挖土流程



微课
土方开挖方式
与机械选择

配合使用,以加快施工进度,提高施工质量,降低工程成本,具有十分重要的意义。

1) 场地平整

场地平整由土方的开挖、运输、填筑和压实等工序组成。地势较平坦、含水量适中的大面积平整场地,选用铲运机较适宜;地形起伏较大,挖方、填方量大且集中的平整场地,运距在 1 000 m 以上时,可选择正铲挖土机配合自卸车进行挖土、运土,在填方区配备推土机平整及压路机碾压施工;挖填方高度不大,运距在 100 m 以内时,采用推土机施工,灵活且经济。

2) 基坑开挖

单个基坑和中小型基础基坑多采用抓铲挖土机和反铲挖土机开挖。抓铲挖土机适用于 I、II 类土质和较深的基坑;反铲挖土机适于 III 类以下土质,深度在 4 m 以内的基坑。

3) 基槽、管沟开挖

在地面上开挖具有一定截面、长度的基槽或沟槽,挖大型厂房的柱列基础和管沟,宜采用反铲挖土机挖土;如果水中取土或开挖土质为淤泥且坑底较深,则可选择抓铲挖土机挖土;如果土质干燥,槽底开挖不深,基槽长 30 m 以上,可采用推土机或铲运机施工。

4) 整片开挖

若基坑较浅,开挖面积大且基坑土干燥,则可采用正铲挖土机开挖;若基坑内土体潮湿且含水量较大,则采用拉铲或反铲挖土机作业。

5) 柱基础基坑、条形基础基槽开挖

对于独立柱基础的基坑及小截面条形基础基槽,可采用小型液压轮胎式反铲挖土机配以翻斗车来完成浅基坑(槽)的挖掘和运土。

1.1.5 基坑(槽)施工

1. 房屋定位

土方开挖以前,要做好建筑物的定位放线工作。

建筑物定位是将建筑物外轮廓的轴线交点测定到地面上,用木桩标定出来,桩顶钉上小钉指示点位(这些桩叫角桩,如图 1-34 所示),然后根据角桩进行细部测设。

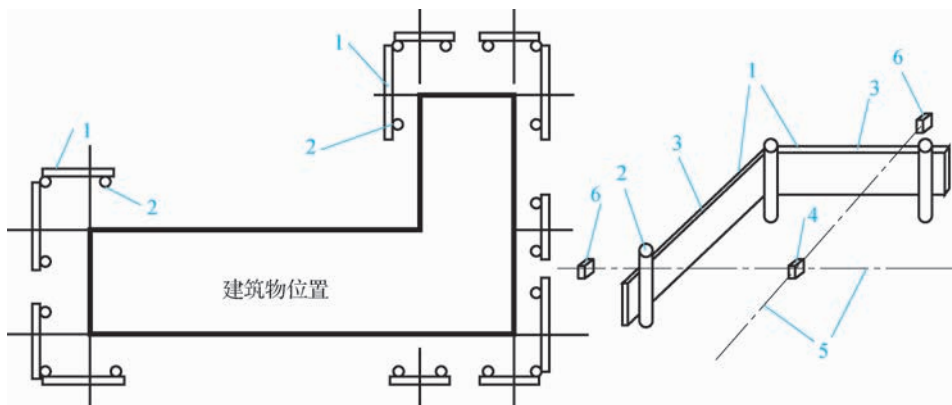


图 1-34 建筑定位

1—龙门板; 2—轴线钉; 3—龙门桩; 4—角桩; 5—轴线; 6—控制桩

为了方便地恢复各轴线位置,要把主要轴线延长到安全地点并做好标志,称为控制桩。为便于开槽后施工各阶段中确定轴线位置,应把轴线位置引测到龙门板上,用轴线钉标定。龙门板顶部标高一般定在 ± 0.00 m,主要是便于施工时控制标高。

2. 房屋放线

房屋放线是根据房屋定位确定的轴线位置,用石灰画出开挖的边线。开挖上口的尺寸应根据基础的设计尺寸与埋置深度、土壤类别及地下水情况,确定是否留工作面 and 放坡等。

3. 基槽(坑)土方开挖

基槽(坑)开挖时,严禁扰动基层土层,破坏土层结构,降低承载力。要加强测量,以防超挖。控制方法为:在距设计基底标高 $300\sim 500$ mm时,及时用水准仪抄平,打上水平控制桩,作为挖槽(坑)时控制深度的依据。当开挖不深的基槽(坑)时,可在龙门板顶面拉上线,用尺子直接量开挖深度;当开挖较深的基坑时,用水准仪引测槽(坑)壁水平桩,一般距槽底 300 mm,沿基槽每 $3\sim 4$ m钉设一个。

使用机械挖土时,为防止超挖,可在设计标高以上保留 $200\sim 300$ mm土层不挖,而改用人工挖土。

基础土方的开挖方法,有人工挖方和机械挖方两种。应根据基础特点、规模、形式、深度以及土质情况和地下水位,结合施工场地条件选用。一般大中型工程基坑土方量大,宜于使用土方机械施工,配合少量人工清槽;小型工程基槽窄,土方量小,宜采用人工或人工配合小型挖土机施工。

1) 人工开挖

(1)在基础土方开挖之前,应检查龙门板、轴线桩有无位移现象,并根据设计图纸校核基础灰线的位置与尺寸、龙门板标高等是否符合要求。

(2)基础土方开挖应自上而下分步分层下挖,每步开挖深度约 30 cm,每层深度以 60 cm为宜,按踏步型逐层进行剥土。每层应留足够的工作面,避免相互碰撞出现安全事故。开挖应连续进行,尽快完成。

(3)挖土过程中,应经常按事先给定的坑槽尺寸进行检查,不够时对侧壁土及时进行修挖,修挖槽帮应自上而下进行,严禁从坑壁下部掏挖“神仙土”。

(4)所挖土方应两侧出土,抛于槽边的土方距离槽边 1 m、高度 1 m为宜。以保证边坡稳定,防止因压载过大产生塌方。除留足所需的回填土外,多余的土应一次运至用土处或弃土场,避免二次搬运。

(5)挖至距槽底约 50 cm时,应配合测量放线人员抄出距槽底 50 cm平线,沿槽边每隔 $3\sim 4$ m钉水平标高小木桩,如图1-35所示。应随时依此检查槽底标高,不得低于标高。如个别处超挖,应用与基土相同的土料填补,并夯实到要求的密实度。或用碎石类土填补,并仔细夯实。如在重要部位超挖时,可用低强度等级的混凝土填补。

(6)如挖方后不能立即进行下一工序或在冬、雨期挖方,应在槽底标高以上保留 $15\sim 30$ cm不挖,待下道工序开始前再挖。冬期挖方每天下班前应挖一步虚土并盖草帘等保温,尤其是挖到槽底标高时,地基土不准受冻。



微课
人工土方开挖

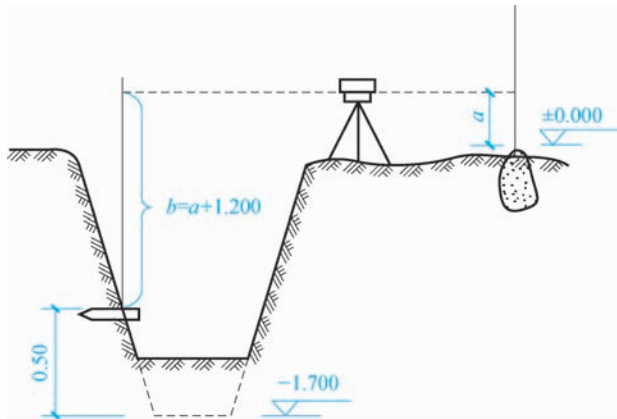


图 1-35 基槽底部抄平示意图(单位:m)

2) 机械挖方

(1) 点式开挖。厂房的柱基或中小型设备基础坑,因挖土量不大,基坑坡度小,机械只能在地面上作业,一般多采用抓铲挖土机和反铲挖土机。抓铲挖土机能挖一、二类土和较深的基坑;反铲挖土机适于挖四类以下土和深度在 4 m 以内的基坑。

(2) 线式开挖。大型厂房的柱列基础和管沟基槽截面宽度较小,有一定长度,适于机械在地面上作业,一般多采用反铲挖土机。如基槽较浅,又有一定的宽度且土质干燥时也可采用推土机直接下到槽中作业,但基槽需有一定长度并设上下坡道。

(3) 面式开挖。有地下室的房屋基础、箱形和筏式基础、设备与柱基础密集,采取整片开挖方式时,除可用推土机、铲运机进行场地平整和开挖表层外,多采用正铲挖土机、反铲挖土机或拉铲挖土机开挖。用正铲挖土机工效高,但需有上下坡道,以便运输工具驶入坑内,还要求土质干燥;反铲和拉铲挖土机可在坑上开挖,运输工具可不驶入坑内,坑内土潮湿也可以作业,但工效比正铲低。

1.1.6 填土与压实



微课
填土与压实

在土方填筑前,应对基底进行处理。清除基底上的垃圾、草皮、树根等杂物,排除坑穴中的积水、淤泥等。若填方基底为耕植土或松土时,应将基底压实后进行填土。

1. 填土的要求

填土土料应符合设计要求,保证填方的强度和稳定性。通常应选择强度高、压缩性小、水稳定性好的土料。如设计无要求时,应符合以下规定。

- (1) 碎石类土、砂土和爆破石渣(粒径小于等于每层铺土厚度的 2/3),可作为表层下的填料。
- (2) 含水量符合压实要求的黏性土,可作各层填料。
- (3) 淤泥和淤泥质土,一般不能用作填料,但在软土地区,经过处理含水量符合要求的,可用于填方中的次要部分。

对于有机物含量大于 8% 或水溶性硫酸盐含量大于 5% 的土,以及耕植土、冻土、杂填土等均不能用作填土使用。但在无压实要求的填方时,则不受限制。

2. 填土的方法

填土可采用人工填土和机械填土两种方法。一般要求如下。

(1)填土应尽量采用同类土填筑,并严格控制土的含水量在最优含水量范围内,以提高压实效果。

(2)填土应从场地最低处开始分层填筑,每层铺土厚度应根据压实机具及土的种类而定。当采用不同类土填筑时,应将透水性较大的土层置于透水性较小的土层之下,以避免在填方区形成水囊。

(3)坡地填土,应做好接槎,挖成 1:2 阶梯形(一般阶高 0.5 m,阶宽 1.0 m)分层填筑,分段填筑时每层接缝处均应做成大于 1:1.5 的斜坡,以防填土横移。

3. 填土的压实方法

填土的压实方法一般有碾压、夯实、振动压实以及利用运土工具压实的方法。对于大面积填土工程,多采用碾压和利用运土工具压实。对较小面积的填土工程,则宜用夯实机具进行压实。

1) 碾压法

碾压法是利用机械滚轮的压力压实土壤,使之达到所需的密实度。碾压机械有平碾、羊足碾和气胎碾。

平碾又称光碾压路机,如图 1-36 所示,是一种以内燃机为动力的自行式压路机。按重量等级分为轻型(30~50 kN)、中型(60~90 kN)和重型(100~140 kN)三种,适于压实砂类土和黏性土,适用土类范围较广。轻型平碾压实土层的厚度不大,但土层上部变得较密实,当用轻型平碾初碾后,再用重型平碾碾压松土,就会取得较好的效果。如直接用重型平碾碾压松土,则会因强烈的起伏而致使其碾压效果较差。

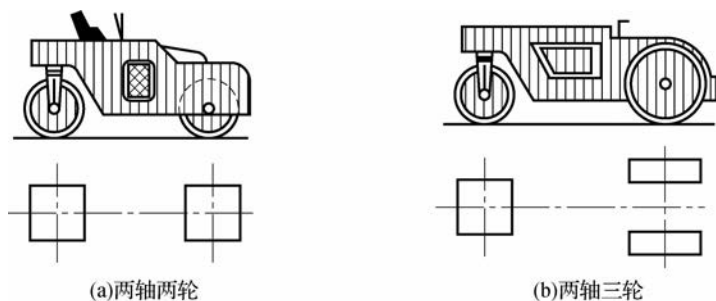


图 1-36 光碾压路机

羊足碾如图 1-37 和图 1-38 所示,一般无动力靠拖拉机牵引,有单筒、双筒两种。根据碾压要求,可分为空筒、装砂及注水三种。羊足碾虽然与土接触面积小,但对单位面积的压力比较大,土的压实效果好。羊足碾只能用来压实黏性土。

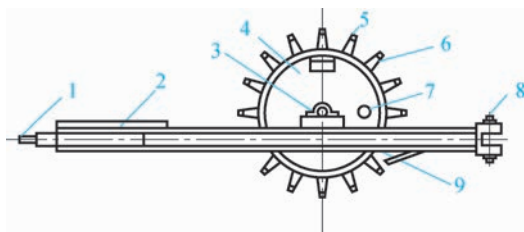


图 1-37 单筒羊足碾构造示意图

1—前拉头; 2—机架; 3—轴承座; 4—碾筒; 5—装砂口;
6—羊足头; 7—水口; 8—后拉头; 9—铲刀

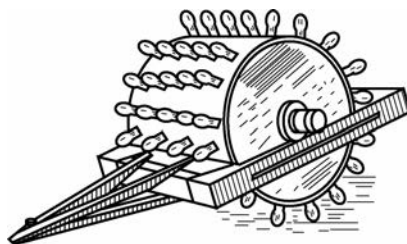


图 1-38 羊足碾

气胎碾又称轮胎压路机,如图 1-39 所示,它的前后轮分别密排着四个、五个轮胎,既是行驶轮,又是碾压轮。由于轮胎弹性大,在压实过程中,土与轮胎都会发生变形,而随着几遍碾压后铺土密实度的提高,铺土的沉陷量逐渐减少,因而轮胎与土的接触面积逐渐缩小,故接触应力逐渐增大,最后使土料得到压实。由于气胎碾在工作时是弹性体,其压力均匀,所以填土质量较好。

碾压法主要用于大面积的填土压实工程,如场地平整、路基、堤坝等工程。

用碾压法压实填土时,铺土应均匀一致,碾压遍数要一样,碾压方向应从填土区的两边逐渐压向中心,每次碾压应有 15~20 cm 的重叠。碾压机械开行速度不宜过快,一般平碾不应超过 2 km/h,羊足碾应控制在 3 km/h 之内,否则会影响压实效果。

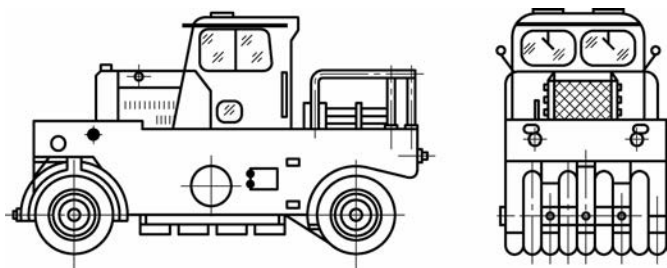


图 1-39 轮胎压路机

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的夯实或作业面受到限制的环境下的填土夯实。夯实法分为人工夯实和机械夯实两种。人工夯实所用的工具有木夯、石夯等。常用的夯实机械有夯锤、内燃夯土机、蛙式打夯机和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,如图 1-40 所示。

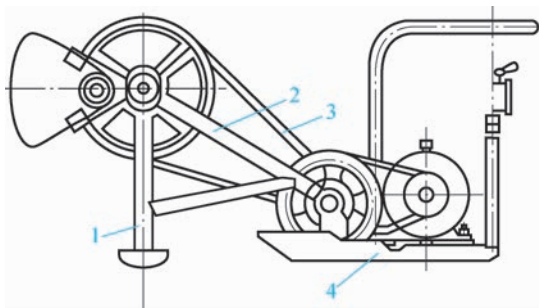


图 1-40 蛙式打夯机

1—夯头; 2—夯架; 3—三角胶带; 4—底盘

3) 振动压实法

振动压实法是将振动压实机放在土层表面,借助振动机械使压实机振动土颗粒,土的颗粒发生相对位移而达到紧密状态。用这种方法振实非黏性土效果较好。

近年来,又将碾压和振动法结合起来而设计和制造了振动平碾、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渣、碎石类土、杂填土或轻亚黏土的大型填方;振动凸块碾则适用于亚黏土或黏土的大型填方。当压实爆破碎石渣或碎石类土时,可选用重 8~15 t 的振动平碾,

铺土厚度为 0.6~1.5 m,先静压,后振动碾压,碾压遍数由现场试验确定,一般为 6~8 遍。

4. 填土压实的影响因素

填土压实的质量与许多因素有关,其中主要影响因素有压实功、土的含水量以及每层铺土厚度。

1) 压实功的影响

填土压实后的密实度与压实机械对其所做的功有一定的关系。土的密度与所耗的功的关系如图 1-41 所示。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实度时,虽然压实功增加许多,但土的密度则变化甚小,实际施工中,对于砂土只需碾压或夯击 2~3 遍,对粉土只需 3~4 遍,对粉质黏土或黏土只需 5~6 遍。此外,松土不宜用重型碾压机械直接滚压,否则土层有强烈起伏现象,效率不高。如果先用轻碾压实,再用重碾压实就会取得较好效果。

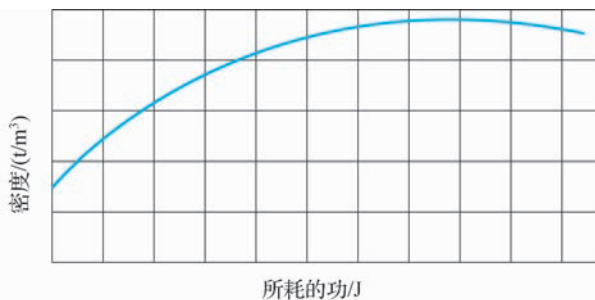


图 1-41 土的密度与压实功的关系

2) 含水量的影响

在同一压实功条件下,填土的含水量对压实质量有直接影响。较为干燥的土,由于颗粒之间的摩阻力较大,因而不易压实。当含水量超过一定限度时,土颗粒之间孔隙被水填充而呈饱和状态,也不能压实。当土的含水量适当时,水起润滑作用,土颗粒之间的摩阻力减少,压实效果好。每种土都有其最佳含水量,土在这种含水量的条件下,使用同样的压实功进行压实,所得到的密度最大,如图 1-42 所示。不同土有不同的最佳含水量,如砂土为 8%~12%,黏土为 19%~23%,粉质黏土为 12%~15%,粉土为 15%~22%。工地简单检验黏性土含水量的方法一般以“手握成团落地开花”为适宜。

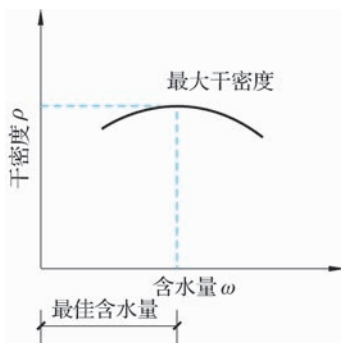


图 1-42 土的干密度与含水量的关系

为了保证填土在压实过程中处于最佳含水量状态,当土过湿时,应予翻松晾干,也可掺入同类干土或吸水性土料;当土过干时,则应预先洒水润湿。

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小,如图 1-43 所示,其影响深度与压实机械、土的性质和含水量等有关。铺土厚度应小于压实机械压土时的作用深度,但其中还有最优土层厚度的问题。铺得过厚,要压很多遍才能达到规定的密实度;铺得过薄,则也要增加机械的总压实遍数。最优的铺土厚度应能使土方压实且机械的功耗费最少。不同铺土厚度对应的机具的选择与压实遍数见表 1-10。

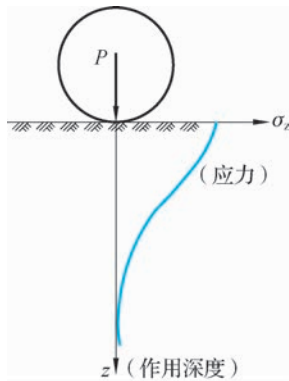


图 1-43 压实作用沿深度变化

表 1-10 不同铺土厚度对应的机具的选择与压实遍数

压实机具	每层铺土厚度/mm	每层压实遍数/遍
平碾	250~300	6~8
振动压实机	250~350	3~4
柴油打夯机	200~250	3~4
人工打夯	<200	3~4

上述三个方面因素相互影响。为了保证压实质量,提高压实机械生产效率,应根据土质和压实机械在施工现场进行压实试验,以确定达到规定密实度所需压实遍数、铺土厚度及最优含水量。

5. 填土质量检查

填土压实后必须具有一定的密实度,以避免建筑物的不均匀沉降。填土密实度以设计规定的控制干密度 ρ_d 或规定压实系数 λ_c 作为检查标准。

土的最大干密度 ρ_{dmax} 由试验室击实试验或计算求得,再根据规范规定的压实系数 λ_c ,即可算出填土控制干密度 ρ_d 的值。填土压实后的实际干密度,应有 90% 以上符合设计要求,其余 10% 的最低值与设计值的差不得大于 0.08 g/cm^3 ,且应分散,不得集中。

检查压实后的实际干密度,通常采用“环刀法”取样。填土工程质量检验标准见表 1-11。

表 1-11 填土工程质量检验标准

单位: mm

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值					检查方法
			柱基、 基坑、 基槽	场地平整		管沟	地面 基础层	
				人工	机械			
主控 项目	1	标高	-50	±30	±50	-50	-50	水准仪
	2	分层压实系数	设计要求					按规定或直观检查
一般 项目	1	回填土料	设计要求					取样检查或直观检查
	2	分层厚度及含水量	设计要求					水准仪及抽样检查
	3	表面平整度	20	20	30	20	20	用靠尺或水准仪

1.1.7 冬期和雨期施工

1. 土方工程的冬期施工

冬期施工,是指室外日平均气温降低到 5℃或 5℃以下,或者最低气温降低到 0℃或 0℃以下时,用一般的施工方法难以达到预期目的,必须采取特殊的措施进行施工的方法。土方工程在冬期施工造价高,功效低,一般应在入冬前完成。如果必须在冬期施工时,其施工方法应根据本地区气候、土质和冻结情况,并结合施工条件进行技术比较后确定。

1) 地基土的保温防冻

土在冬期由于受冻变得坚硬,挖掘困难。土的冻结有其自然规律,在整个冬期期间,土层的冻结厚度(冻结深度)可参见《建筑施工手册》,其中未列出的地区,在地面无雪和草皮覆盖的条件下全年标准冻结深度 Z_0 ,可按下列式计算:

$$Z_0 = 0.28 \sqrt{\sum T_m + 7} - 0.5 \quad (1-22)$$

式中, $\sum T_m$ ——低于 0℃的月平均气温的累计值(取连续 10 年以上的平均值),以正数代入。

土方工程冬期施工,应采取防冻措施,常用的方法有松土防冻法、覆盖雪防冻法和隔热材料防冻等。

(1) 松土防冻法。入冬前,在挖土的地表层先翻松 25~40 cm 厚表层土并耙平,其宽度应不小于土冻结深度的两倍与基底宽之和。在翻松的土中,有许多充满空气的孔隙,这些孔隙能降低土层的导热性,达到防冻的目的。

(2) 覆盖雪防冻法。降雪量较大的地区,可利用较厚的雪层覆盖作保温层,防止地基土冻结。对于大面积的土方工程,可在地面上与风主导方向垂直的方向设置篱笆、栅栏或雪堤(高度为 0.5~1.0 m,其间距为 10~15 m),人工积雪防冻。对于面积较小的基槽(坑)土方工程,在土冻结前,可以在地面上挖积雪沟(深 30~50 cm),并随即用雪将沟填满,以防止未挖土层冻结。

(3) 隔热材料防冻法。面积较小的基槽(坑)的地基土防冻,可在土层表面直接覆盖炉渣、锯末、草垫、树叶等保温材料,其宽度为土层冻结深度的两倍与基槽宽度之和。

2) 冻土的融化

冻结土的开挖比较困难,可用外加热能融化后挖掘。这种方式只有在面积不大的工程上采用,费用较高。

(1) 烘烤法。适用面积较小,冻土不深,燃料充足地区。常用锯末、谷壳和刨花等作燃料。在冻土上铺上杂草、木柴等引火材料,然后撒上锯末,上面压数厘米的土,让它不起火苗地燃烧,250 mm 厚的锯末经一夜燃烧可融化冻土 300 mm 左右,开挖时分层分段进行。

(2) 蒸汽融化法。当热源充足,工程量较小时,可采用蒸汽融化法。把带有喷气孔的钢管插入预先钻好的冻土孔中,通蒸汽融化。

3) 冻土的开挖

冻土的开挖方法有人工法开挖、机械法开挖、爆破法开挖三种。

(1) 人工法开挖。人工开挖冻土适用于开挖面积较小、场地狭窄的情况以及不具备其他方法进行土方破碎开挖的情况。开挖时一般用大铁锤和铁楔子劈冻土。

(2) 机械法开挖。机械法开挖适用于大面积的冻土开挖。破土机械需要根据冻土层的厚度和工程量大小选用。当冻土层厚度小于 0.25 m 时,可直接用铲运机、推土机、挖土机挖掘开挖;当冻土层厚度为 0.6~1.0 m 时,用打桩机将楔形劈块按一定顺序打入冻土层,劈裂破碎冻土,或用起重设备将重 3~4 t 的尖底锤吊至 5~6 m 高,再脱钩自由落下,击碎冻土层(击碎厚度可达 1~2 m),然后用斗容量大的挖土机进行挖掘。

(3) 爆破法开挖。爆破法开挖适用面积较大、冻土层较厚的土方工程。采用打炮眼、填药的爆破方法将冻土破碎后,用机械挖掘施工。

4) 冬期回填土施工

由于冻结土块坚硬且不易破碎,回填过程中又不易被压实,待温度回升、土层解冻后会造较大的沉降。为保证冬期回填土的工程质量,冬期回填土施工必须按照施工及验收规范的规定组织施工。

冬期填方前,要清除基底的冰雪和保温材料,排除积水,挖除冻块或淤泥。对于基础和地面工程范围内的回填土,冻土块的含量不得超过回填土总体积的 15%,且冻土块的粒径应小于 15 cm。填方宜连续进行,且应采取有效的保温防冻措施,以免地基土或已填土受冻。填方时,每层的虚铺厚度应比常温施工时减少 20%~25%。填方的上层应用未冻的、不冻胀或透水性好的土料填筑。

2. 土方工程的雨期施工

在雨期进行土方工程,施工难度大,雨对土的性质、工程质量及安全问题等方面影响较大。因此,土方工程雨期施工应有保证工程质量和安全的技术措施,对于重要或特殊的土方工程应尽量在雨期前完成。

土方工程雨期施工的措施主要有以下几项。

(1) 编制施工组织计划时,要根据雨期施工的特点,将不宜在雨期施工的分项工程提前或延后安排,为必须在雨期施工的工程制定有效的措施。

(2) 合理组织施工。晴天抓紧室外工作,雨天安排室内工作,尽量缩小雨天外作业时间和工作面。

(3) 雨期开挖基槽(坑)或管沟时,应注意边坡稳定。必要时可放缓边坡坡度或设置支撑。施工时应加强对边坡和支撑的检查。为防止边坡被雨水冲塌,可在边坡上加钉钢丝网

片,并喷止 50 mm 厚的细雨石混凝土。

(4)雨期施工的工作面不宜过大,应逐段、逐片分期完成。基础挖到标高后,及时验收并浇筑混凝土垫层,如基坑(槽)开挖后不能及时进行下道工序,应留保护层。对膨胀土地基及回填土要有防雨措施。

(5)为防止基坑浸泡,开挖时要在坑内做好排水沟、集水井。位于地下的池子和地下室,施工时应考虑周到。如预先考虑不周,浇筑混凝土后,当遇有大雨时,容易造成池子和地下室上浮的事故。

1.2 地基加固处理的方法

当建筑物的地基存在强度不足、压缩性过大或不均匀等情况时,为保证建筑物的安全与正常使用,有时必须考虑对地基进行人工处理。

1.2.1 地基处理的方法

随着我国经济建设的发展和科学技术的进步,高层建筑物和重型结构物的不断修建,对地基的强度和变形要求越来越高。因此,地基处理运用也越来越广泛。

1. 地基处理的目与意义

在软弱地基上建造工程,可能会发生沉降或差异沉降特别大、大范围地基沉降、地基剪切破坏、承载力不足、地基液化、地基渗漏、管涌等一系列问题。地基处理的目的,就是针对这些问题,采取适当的措施来改善地基条件。这些措施主要包括以下 5 个方面。

(1)改善剪切特性。地基的剪切破坏和在土压力作用下的稳定性取决于地基土的抗剪强度,因此为了防止剪切破坏、减小土压力,需要采取一定的措施以增加地基土的抗剪强度。

(2)改善压缩特性。需要研究采用何种措施来提高地基土的压缩模量,以减少地基土的沉降。另外,防止侧向流动(塑性流动)产生的剪切变形,也是改善剪切特性的目的之一。

(3)改善透水特性。基于地下水在运动中所出现的问题,需要研究采取何种措施使地基土变得不透水或减轻其水压力。

(4)改善动力特性。地震时,饱和松散粉细砂(包括一部分粉土)将会产生液化,为此,需要研究采取何种措施防止地基土液化,并改善其动力特性以提高地基的抗震性能。

(5)改善特殊土的不良地基特性。主要是消除或减小黄土的湿陷性和膨胀土的胀缩性等特殊土的不良地基特性。

2. 地基处理方法分类

我国各地自然地理环境不同,土质各异,地基条件区域性较强,地基处理方法也多样。表 1-12 是按照地基原理对处理方法进行的分类,在选择地基处理方案时,应考虑上部结构、基础和地基的共同作用,并经过技术、经济比较,选用地基处理方案或加强上部结构和处理地基相结合的方案。

表 1-12 地基处理方法分类

编 号	分 类	处理方法	原理及作用	适用范围
1	碾压与夯实	重锤夯实,机械碾压,振动压实;强夯(动力固结)	利用压实原理,通过机械碾压夯击,把地基土压实,强夯则利用强大的夯击能,在地基中产生强烈的冲击波和动应力,迫使土动力固结密实	适用于碎石土、砂土、粉土、低饱和度的黏性土、杂填土等的处理,对饱和黏性土应慎重采用
2	换土垫层	砂石垫层,素土垫层,灰土垫层,矿渣垫层	以砂石、素土、灰土和矿渣等强度较高的材料置换地基表层软弱土,提高持力层的承载力,扩散应力,减少沉降量	适用于暗沟、暗塘等软弱土地基的处理
3	排水固结	天然地基预压,砂井预压,塑料排水带预压,真空预压,降水预压	在地基中增设竖向排水体,加速地基的固结和强度增长,提高地基的稳定性,加速沉降发展,使基础沉降提前完成	适用于饱和软弱土层的处理,对于渗透性极低的泥炭土,必须慎重对待
4	振密挤密	振冲挤密,灰土挤密桩,砂桩,石灰桩,爆破挤密	采用一定的技术措施,通过振动或挤密,使土体的孔隙减少、强度提高。必要时,在振动挤密的过程中,回填砂、砾石、灰土、素土等,与地基土组成复合地基,从而提高地基的承载力,减少沉降量	适用于松砂、粉土、杂填土及湿陷性黄土的处理
5	置换与拌入	振冲置换,深层搅拌,高压喷射注浆,石灰桩等	采用专门的技术措施,以砂、碎石等置换软弱土地基中的部分软弱土,或在部分软弱土地基中掺入水泥、石灰或砂浆等形成加固体,与未处理部分土组成复合地基,从而提高地基承载力,减少沉降量	适用于黏性土、冲填土、粉砂、细砂等的处理。振冲置换法对于不排水抗剪强度小于 20 kPa 时慎用
6	加筋	土工合成材料加筋,锚固,树根桩,加筋土	在地基或土体中埋设强度较大的土工合成材料、钢片等加筋材料,使地基或土体能承受抗拉力,防止断裂,保持整体性,提高刚度,改变地基土体的应力场和应变场,从而提高地基的承载力,改善变形特性	适用于软弱土地基,填土及陡坡填土、砂土的处理
7	其他	灌浆,冻结,托换技术,纠偏技术	通过独特的技术措施处理软弱土地基	根据实际情况确定

1.2.2 高压旋喷地基施工

1. 加固地基原理

高压喷射注浆法就是利用钻机把带有喷嘴的注浆管钻入(或置入)至土层预定的深度,

以 20~40 MPa 的压力把浆液或水从喷嘴中喷射出来,形成喷射流冲击破坏土层及预定形状的空间。当能量大、速度快且脉动状的喷射流的动压力大于土层结构强度时,土颗粒便从土层中剥落下来,一部分细粒土随浆液或水冒出地面,其余土颗粒在射流的冲击力、离心力和重力等作用下,与浆液搅拌混合,并按一定的浆土比例和质量大小,有规律地重新排列。这样注入的浆液将冲下的部分土混合凝结成加固体,从而达到加固土体的目的。加固地基具有增大地基强度、提高地基承载力、止水防渗、减少支挡结构物的土压力、防止砂土液化和降低土的含水量等多种功能。其施工顺序如图 1-44 所示。

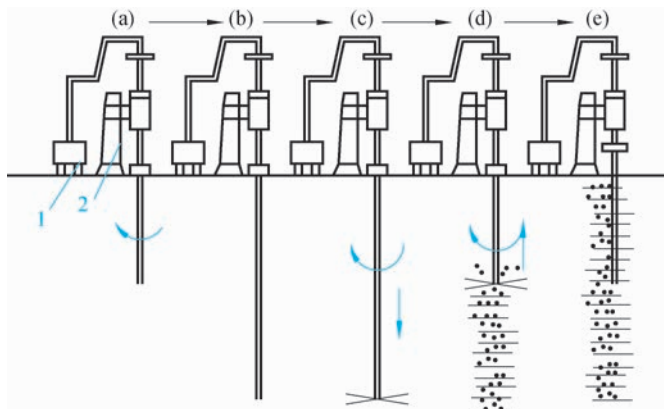


图 1-44 旋喷法施工顺序

1—超高压水泵; 2—钻机

高压喷射注浆法的适用范围为:淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、黄土、砂土、人工填土和碎石等土质的地基。当土中含有较多的大粒径块石、坚硬黏性土、大量植物根茎或有过多的有机质时,应根据现场实验结果确定其适用程度。

2. 高压喷射注浆法的施工工艺

高压喷射注浆法的施工工艺流程如图 1-45 所示。

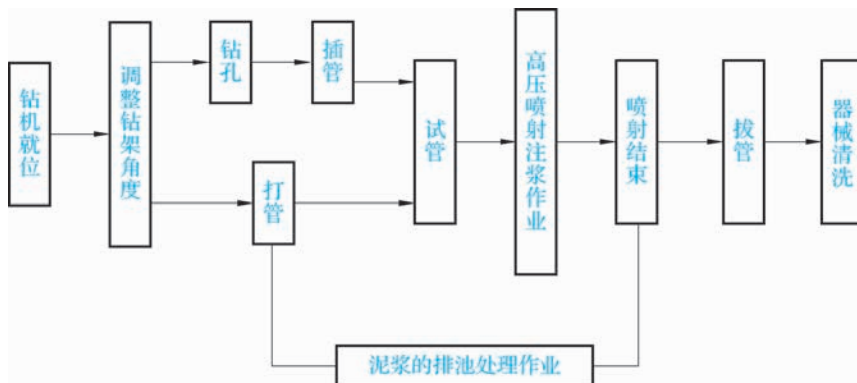


图 1-45 高压喷射注浆法的施工工艺流程

(1) 钻机就位。钻机需平置于牢固坚实的地方,钻杆(注浆管)对准孔位中心,偏差不得超过 10 cm,打斜管时需按设计调整钻架角度。

(2) 钻孔下管或打管。钻孔的目的是将注浆管顺利地置入预定位置,可先钻孔后下管,亦可直接打管,在下(打)管过程中,需防止管外泥沙或管内水泥浆小块堵塞喷嘴。

(3) 试管。当注浆管置入土层预定深度后应用清水试压,若注浆设备和高压管路安全正常,则可搅拌制作水泥浆开始高压注浆作业。

(4) 高压注浆作业。浆液的材料、种类和配合比要视加固对象而定,一般情况下,水泥浆的水灰比为 $1:1\sim 1:2$,若用以改善灌注桩桩身质量,则应减小水灰比或采用化学浆。高压射浆自上而下连续进行,注意检查浆液初凝时间、注浆流量、风量、压力、旋转和提升速度等参数,应符合设计要求。喷射压力高即射流能量大、加固长度大、效果好,若提升速度和旋转速度适当降低则加固长度随之增加,在射浆过程中参数可随土质不同而改变,若参数不变,则容易使浆量增大。

(5) 喷浆结束与拔管。喷浆由下而上至设计高度后,拔出喷浆管,喷浆即告结束,将拔浆液填入注浆孔中,并将多余的清除掉。但为防止浆液凝固时产生收缩的影响,拔管要及时,切不可久留孔中,否则浆液凝固后不能拔出。

(6) 浆液冲洗。当喷浆结束后,应立即清洗高压泵、输浆管路、注浆管及喷头。

1.2.3 深层搅拌地基施工

水泥土搅拌法是以水泥作为固化剂的主剂,通过特制的搅拌机械边钻边向软土中喷射浆液或雾状粉体,在地基深处将软土和固化剂(浆液或粉体)强制搅拌,使喷入软土中的固化剂与软土充分拌和在一起,利用固化剂和软土之间产生的一系列物理化学反应,形成抗压强度比天然土强度高得多,并具有整体性、水稳定性和一定强度的水泥加固土桩柱体。由若干根这类加固土桩柱体和桩间土构成复合地基,从而达到提高地基的承载力和增大变形模量的目的。

深层搅拌法是一种新技术,用于加固饱和黏性土地基。

1. 特点和适用范围

深层搅拌法具有如下特点。

(1) 深层搅拌法由于将固化剂和原地基软土就地搅拌混合,最大限度地利用了原土。

(2) 施工时无振动,无噪声,无污染。

(3) 深层搅拌法施工时对土无侧向挤压,因而对周围既有建筑物的影响很小。

(4) 按照不同地基土性质及工程设计要求,合理地选择固化剂及其配方,设计比较灵活。

(5) 土体加固后重度基本不变,对软弱下卧层不致产生附加沉降。

(6) 根据上部结构的需要,可灵活地采用柱状、壁状、格栅状和块状等加固体,这些加固体与天然地基形成复合地基,共同承担建筑物的荷载。

(7) 可有效地提高地基承载力。

(8) 施工工期较短,造价低廉,效益显著。

2. 施工工艺与施工要点

1) 施工工艺

深层搅拌法的施工工艺流程如图 1-46 所示,施工示意图如图 1-47 所示。

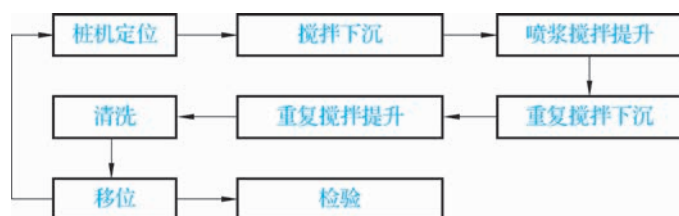


图 1-46 深层搅拌法的施工工艺流程

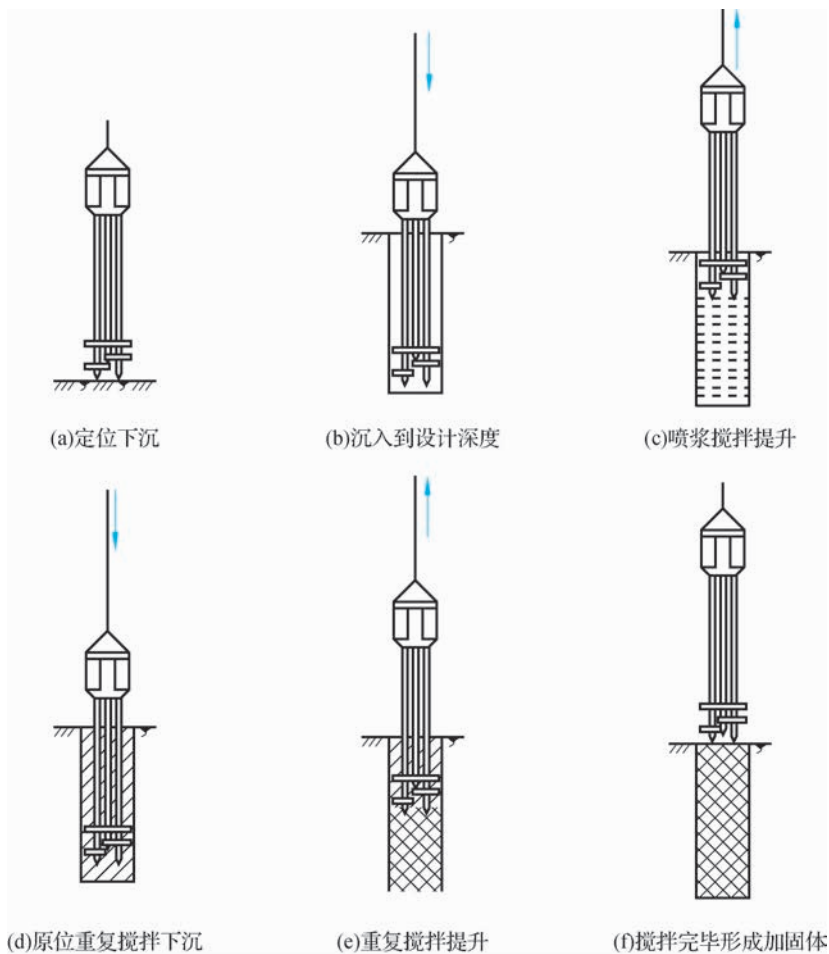


图 1-47 深层搅拌法的施工示意图

2) 操作工艺

(1) 桩机定位。利用起重机或绞车将桩机移动到指定桩位。为保证桩位准确,必须使用定位卡,桩位偏差不大于 50 mm,导向架和搅拌轴应与地面垂直,垂直度的偏差不应超过 1.5%。

(2) 搅拌下沉。当冷却水循环正常后,启动搅拌机电机,使搅拌机沿导向架切土搅拌下沉,下沉速度由电机的电流表监控,同时按预定配比拌制水泥浆,并将其倒入集料斗备喷。

(3) 喷浆搅拌提升。搅拌机下沉到设计深度后,开启灰浆泵,使水泥浆连续自动地喷入

地基,并保持出口压力为 $0.4\sim 0.6\text{ MPa}$,搅拌机边旋转边喷浆边按已确定的速度提升,直至设计要求的桩顶标高。搅拌头如被软黏土包裹,应及时清除。

(4)重复搅拌下沉。为使土中的水泥浆与土充分搅拌均匀,可再次将搅拌机边旋转边沉入土中,直到设计深度。

(5)重复搅拌提升。将搅拌机边旋转边提升,再次至设计要求的桩顶标高,并上升至地面,制桩完毕。

(6)清洗。向已排空的集料斗注入适量清水,开启灰浆泵清洗管道,直至基本干净,同时将粘附于搅拌头上的土清洗干净。

(7)移位。重复步骤(1)~(6),进行下根桩施工。

3) 注意事项

(1)所使用的水泥浆应过筛,制备好的浆液不得离析,泵送必须连续。

(2)喷浆量及搅拌深度必须采用经国家计量部门认证的检测仪器自动记录。

(3)当水泥浆液到达出浆口后,应喷浆搅拌 30 s ,在水泥浆与桩端土充分搅拌后,再开始提升搅拌头。

(4)施工时因故停浆,应将搅拌头下沉至停浆点以下 0.5 m 处,待恢复供浆时再喷浆搅拌提升。

1.2.4 其他地基加固方法

1. 预压法

预压法是在建筑物建造前对地基土进行预压,使土体中的水排出,逐渐固结,地基发生沉降,同时强度逐步提高的方法。预压法包括堆载预压法、真空预压法等。预压法适用于淤泥质土、淤泥和冲填土等饱和黏性土地基。

(1)堆载预压法。在建筑物施工前,通过在拟建场地上预先堆置重物,进行堆载预压,直至地基土固结沉降基本完成,通过地基土的固结来提高地基承载力。预压荷载一般等于建筑物的荷载,为了加速压缩过程,预压荷载也可比建筑物的重量大,称为超载预压。

堆载预压可分为塑料排水板或砂井地基堆载预压和天然地基堆载预压。砂井堆载预压法如图1-48所示。

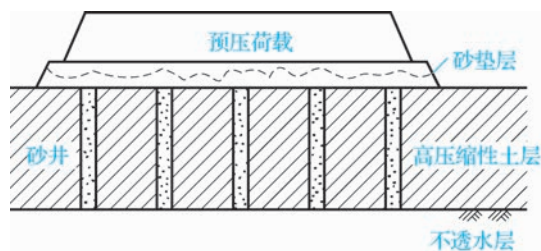


图 1-48 砂井堆载预压法

(2)真空预压法。通过在需要加固的软土地基上铺设砂垫层,并设置竖向排水通道(砂井、塑料排水板),再在其上覆盖不透气的薄膜形成一个密封层,使之与大气隔绝。然后用真空泵抽气,使排水通道保持较高的真空度,在土的孔隙水中产生负的孔隙水压力,孔隙水逐渐被吸出,从而使土体达到固结。该法的施工要点是:先设置竖向排水系统,埋设水平分布

的滤管,砂垫层上的密封膜采用2~3层的聚氯乙烯薄膜,按先后顺序同时铺设。面积大时宜分区预压。做好真空度、地面沉降量、深层沉降、水平位移等观测。预压结束后,应清除砂槽和腐殖土层,应注意对周边环境的影响。真空预压法示意如图1-49所示,该法适用于饱和均质黏性土及含薄层砂夹层的黏性土,特别适用于超软土地基的加固。

2. 强夯法

强夯法是利用近十吨或数十吨的重锤从近十米或数十米的高处自由落下,对土进行反复多次的强力夯击,从而达到提高地基土的强度并降低其压缩性的处理目的。强夯法的作用机理是用很大的冲击能(一般为500~800 kJ),使土体中出现冲击波和很大的应力,迫使土中空隙压缩,土体局部

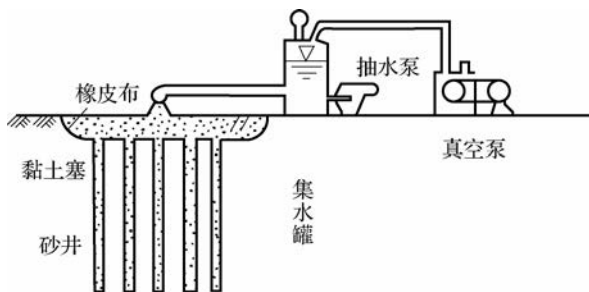


图 1-49 真空预压法示意图

液化,夯击点周围产生裂隙形成良好的排水通道,使土中的空隙水(气)顺利溢出,土体迅速固结,从而降低此深度范围内土体的压缩性,提高地基承载力。同时,强夯技术可显著减少地基上的不均匀性,降低地基差异沉降。

强夯法适用于碎石土、砂土、低饱和度的粉土和黏性土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基,对于软土地基,一般处理效果不显著。

强夯法施工可按下列步骤进行。

- (1)清理并平整施工场地。
- (2)标出第一遍夯点位置,并测量场地高程。
- (3)起重机就位,使夯锤对准夯点位置。
- (4)测量夯前锤顶高程。
- (5)将夯锤起吊到预定高度,待夯锤脱钩自由下落后,放下吊钩,测量锤顶高程以计算夯沉量。若发现因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时,应及时将坑底整平。
- (6)重复步骤(5),按设计规定的夯击次数及控制收锤标准,完成一个夯点的夯击。
- (7)换夯点重复步骤(3)~(6),直至完成第一遍全部夯点的夯击。
- (8)用推土机将夯坑填平,并测量场地高程。
- (9)在规定的间隔时间后,按上述步骤逐次完成全部夯击遍数,最后用低能量满夯,把地表层松土夯实,并测量场地高程。

3. 振冲法

振冲地基,又称为振冲桩复合地基,是以起重机吊起振冲器,启动潜水电机带动偏心块,使振冲器产生高频振动,同时开动水泵,通过喷嘴喷射高压水成孔,然后分批填以砂石骨料形成一根根桩体,桩体与原地基构成复合地基以提高地基的承载力,减少地基的沉降和沉降差的一种快速、经济有效的加固方法。该法具有技术可靠,机具设备简单,操作技术易于掌握,施工简便,加固速度快,地基承载力高等特点。

振冲法的施工要点如下。

- (1)施工前应先在现场进行振冲试验,以确定成孔合适的水压、水量、成孔速度、填料方

法、达到土体密实时的密实电流值、填料量和留振时间。

(2)振冲前,应按设计图定出冲孔中心位置并编号。

(3)启动水泵和振冲器,使振冲器以 1~2 m/min 的速度徐徐沉入土中。每沉入 0.5~1.0 m,宜留振 5~10 s 进行扩孔,待孔内泥浆溢出时再继续沉入。当下沉达到设计深度时,振冲器应在孔底适当停留并减小射水压力,以便排除泥浆进行清孔。如此往复 1~2 次,使孔内泥浆变稀,排泥清孔 1~2 min 后,将振冲器提出孔口。

(4)填料和振密方法,一般采取成孔后,将振冲器提出孔口,从孔口往下填料,然后再下降振冲器至填料中进行振密,如图 1-50 所示,待密实电流达到规定的数值,将振冲器提出孔口。如此自下而上反复进行直至孔口,成桩操作即告完成。

(5)振冲桩施工时桩顶部约 1 m 范围内的桩体密实度难以保证,一般应予挖除,另做地基,或用振动碾压使之压实。

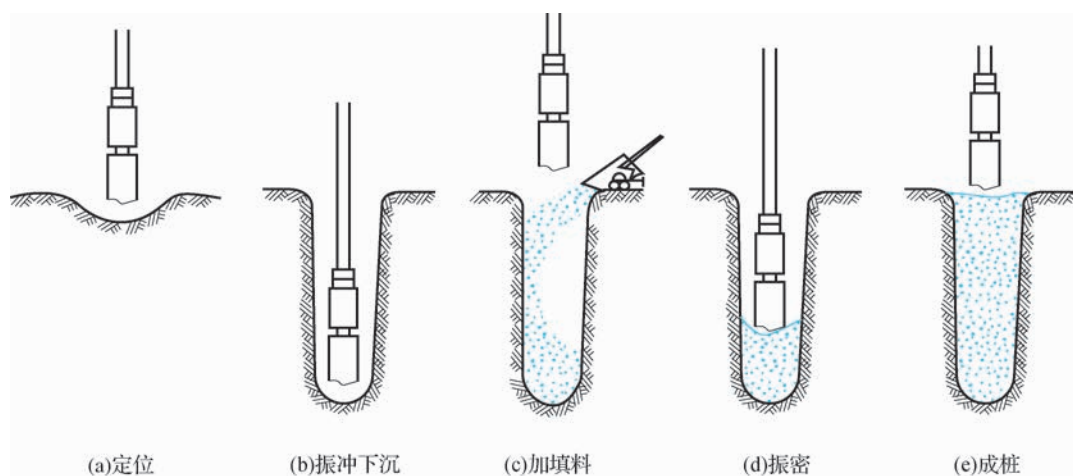


图 1-50 振冲法制桩施工示意图

4. 挤密法

利用挤密或振动在软弱土层中挤土成孔,从侧向将土挤密,然后向孔内回填碎石、砂、灰土、土等材料,形成碎石桩、砂桩、石灰桩等,与桩间土一起组成复合地基,从而提高地基承载力,减少沉降量,是深层加密处理的一种方法。深层挤密法主要有砂石桩法、石灰桩法、土或灰土挤密法等。

(1)砂石桩可采用振动成桩法或锤击成桩法施工,桩径一般为 300~800 mm,桩长不宜小于 4 m,桩体材料可以用碎石、卵石、角砾、圆砾、沙砾、粗砂、中砂或石屑等,桩顶部宜铺设一层厚度为 300~500 mm 的砂石垫层。此法适用于挤密松散砂土、粉土、黏性土、素填土、杂填土等地基。

(2)石灰桩的施工可以采用洛阳铲或机械成孔,成孔后填入生石灰块或同时在生石灰中掺入适量的水硬性掺和料(如粉煤灰、火山灰、炉渣等)。成孔直经常用 300~400 mm,桩长一般不宜超过 6~8 m。石灰桩法用于处理饱和黏性土、淤泥、淤泥质土、素填土和杂填土等地基。

(3)土或灰土挤密桩可选用沉管(振动、锤击)、冲击或爆破等方法成孔,成孔后将孔底夯

实,然后用素土或灰土在最佳含水量状态下分层回填夯实,待挤密桩施工结束后,将表层挤松的土挖除或分层夯压密实。桩孔直径宜为 300~450 mm,桩顶标高以上应设置 300~500 mm 厚的 2:8 灰土垫层。此法适用于处理地下水位以上的湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基,可处理的地基深度为 5~15 mm。

5. 换土垫层法

换土垫层法也称换填法,是将在基础底面以下处理范围内的软弱土层部分或全部挖去,然后分层换填密度大、强度高、水稳定性好的砂、碎石或灰土等材料及其他性能稳定和无侵蚀性的材料,并碾压、夯实或振实至要求的密实度为止。

换土垫层按其回填材料的不同,可分为砂垫层、碎石垫层、素土垫层、灰土垫层、矿渣垫层、粉煤灰垫层等。垫层的作用是提高浅基础下地基的承载力,满足地基稳定要求,减少沉降量,加速软弱土层的排水结固,防止持力层的冻胀或液化。

目前国内常用的垫层施工方法主要有机械碾压法、重锤夯实法和平板振动法。

1) 机械碾压法

机械碾压法是采用压路机、推土机、羊足碾或其他压实机械来压实地基土。施工时先将拟建建筑物范围一定深度内的软弱土挖去,开挖的深度和宽度应根据换土垫层设计的具体要求确定。然后在基坑底部碾压,再将砂石、素土或灰土等垫层材料分层铺垫在基坑内,逐层压实。

2) 重锤夯实法

重锤夯实法是用起重机械将夯锤提升到一定高度,然后自由落锤,不断重复夯击以加固地基。重锤夯实法一般适用于地下水位距地表 0.8 m 以上,有效夯实深度内土的饱和度小于并接近 0.6 的情况。当夯击振动对邻近建筑物或设备产生有害影响时不得采用重锤夯实。

3) 平板振动法

平板振动法是利用振动压实机来压实非黏性土或黏粒含量少、透水性较好的松散杂填土地基的方法。

1.2.5 地基处理施工质量检验标准

1. 一般要求

(1) 建筑物地基的施工应具备下述资料。

- ① 岩土工程勘察资料。
- ② 邻近建筑物和地下设施类型、分布及结构质量情况。
- ③ 工程设计图纸、设计要求及需达到的标准,检验手段。

(2) 砂、石子、水泥、钢材、石灰、粉煤灰等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法应符合国家现行标准的规定。

(3) 地基施工结束,宜在一个间歇期后进行质量验收,间歇期由设计确定。

(4) 地基加固工程应在正式施工前进行试验段施工,论证设定的施工参数及加固效果。为验证加固效果所进行的载荷试验,其施加荷载应不低于设计荷载的 2 倍。

(5) 竣工后的地基强度或承载力必须达到设计要求的标准。检验的数量为每单位工程不应少于 3 点;1 000 m² 以上的工程为每 100 m² 至少应有 1 点;3 000 m² 以上的工程为每 300 m² 至少应有 1 点;每一独立基础下至少应有 1 点,基槽每 20 m 应有 1 点。

(6)对复合地基承载力检验,数量为总数的0.5%~1%,且不应少于3处;有单桩强度检验要求时,数量为总数的0.5%~1%,且不应少于3根。

2. 预压地基

堆载施工应检查堆载高度、沉降速率。真空预压施工应检查密封膜的密封性能、真空表读数等。预压地基质量检验标准应符合表 1-13 中所列的规定。

表 1-13 预压地基质量检验标准

项 目	序 号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单 位	数 值	
主控项目	1	地基承载力	不小于设计值		静载试验
	2	处理后地基土的强度	不小于设计值		原位测试
	3	变形指标	设计值		原位测试
一般项目	1	预压荷载(真空度)	%	≥ -2	高度测量(压力表)
	2	固结度	%	≥ -2	原位测试(与设计要求比)
	3	沉降速度	%	± 10	水准测量(与控制值比)
	4	水平位移	%	± 10	用测斜仪、全站仪测量
	5	竖向排水体位置	mm	≤ 100	用钢尺量
	6	竖向排水体插入深度	mm	+2000	经纬仪测量
	7	插入塑料排水带时的回带长度	mm	≤ 500	用钢尺量
	8	竖向排水体高出砂垫层距离	mm	≥ 100	用钢尺量
	9	插入塑料排水带的回带根数	%	< 5	统计
	10	砂垫层材料的含泥量	%	≤ 5	水洗法

注:如真空预压,主控项目中预压载荷的检查为真空度降低值小于2%。

3. 砂石桩复合地基

施工前应检查砂石料的含泥量及有机质含量等。使用振冲法施工前应检查振冲器的性能,应对电流表、电压表进行检定或校准。施工中应检查每根砂石桩的桩位、填料量、标高、垂直度等。振冲法施工中尚应检查密实电流、供水压力、供水量、填料量、留振时间、振冲点位置、振冲器施工参数等。施工结束后,应进行复合地基承载力、桩体密实度等检验。砂石桩复合地基质量检验标准应符合表 1-14 的规定。

表 1-14 砂石桩复合地基质量检验标准

项 目	序 号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单 位	数 值	
主控项目	1	复合地基承载力	不小于设计值		静载试验
	2	桩体密实度	不小于设计值		重型动力触探
	3	填料量	%	≥ -5	实际用量与计算填料量体积比
	4	孔深	不小于设计值		测钻杆长度或用测绳

续表

项 目	序号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单 位	数 值	
一般项目	1	填料的含泥量	%	<5	水洗法
	2	填料的有机质含量	%	≤5	灼烧减量法
	3	填料粒径	设计要求		筛析法
	4	桩间土强度	不小于设计值		标准贯入试验
	5	桩位	mm	≤0.3D	全站仪或用钢尺量
	6	桩顶标高	不小于设计值		水准测量,将顶部预留的松散桩体挖除后测量
	7	密实电流	设计值		查看电流表
	8	留振时间	设计值		用表计时
	9	褥垫层夯填度	≤0.9		水准测量

注: D 为设计桩直径,单位为 mm。

4. 高压喷射注浆复合地基

施工前应检查水泥、外掺剂等的质量,桩位、压力表、流量表的精度和灵敏度,高压喷射设备的性能等。施工中应检查施工参数(压力、水泥浆量、提升速度、旋转速度等)及施工程序。桩体质量及承载力检验应在施工结束后 28 d 进行。高压喷射注浆地基质量检验标准应符合表 1-15 中所列的规定。

表 1-15 高压喷射注浆复合地基质量检验标准

项 目	序号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单 位	数 值	
主控项目	1	复合地基承载力	不小于设计值		静载试验
	2	单桩承载力	不小于设计值		静载试验
	3	水泥用量	不小于设计值		查看流量表
	4	桩长	不小于设计值		测钻杆长度
	5	桩身强度	不小于设计值		28d 试块强度或钻芯法
一般项目	1	水胶比	设计值		实际用水量与水泥等胶凝材料的重量比
	2	钻孔位置	mm	≤50	用钢尺量
	3	钻孔垂直度	≤1/100		经纬仪测钻杆
	4	桩位	mm	≤0.2D	开挖后桩顶下 500 mm 处用钢尺量
	5	桩径	mm	≥-50	用钢尺量
	6	桩顶标高	不小于设计值		水准测量,最上部 500 mm 浮浆层及劣质桩体不计入
	7	喷射压力	设计值		检查压力表读数
	8	提升速度	设计值		测机头上升距离及时间
	9	旋转速度	设计值		现场测定
	10	褥垫层夯填度	≤0.9		水准测量

注: D 为设计桩直径,单位为 mm。

5. 水泥石搅拌桩复合地基

施工前应检查水泥及外掺剂的质量、桩位、搅拌机工作性能,并应对各种计量设备进行检定或校准。施工中应检查机头提升速度、水泥浆或水泥注入量、搅拌桩的长度及标高。施工结束后,应检验桩体的强度和直径,以及单桩与复合地基的承载力。水泥石搅拌桩复合地基质量检验标准应符合表 1-16 的规定。

表 1-16 水泥石搅拌桩复合地基质量检验标准

项 目	序号	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法	
			单 位	数 值		
主控项目	1	复合地基承载力	不小于设计值		静载试验	
	2	单桩承载力	不小于设计值		静载试验	
	3	水泥用量	不小于设计值		查看流量表	
	4	搅拌叶回转直径	mm	±20	用钢尺量	
	5	桩长	不小于设计值		测钻杆长度	
	6	桩身强度	不小于设计值		28d 试块强度或钻芯法	
一般项目	1	水胶比	设计值		实际用水量与水泥等胶凝材料的重量比	
	2	提升速度	设计值		测机头上升距离及时间	
	3	下沉速度	设计值		测机头下沉距离及时间	
	4	桩位	条基边桩沿轴线	$\leq \frac{1}{4}D$		全站仪或用钢尺量
			垂直轴线	$\leq \frac{1}{6}D$		
			其他情况	$\leq \frac{2}{5}D$		
	5	桩顶标高	mm	±200	水准测量,最上部 500 mm 浮浆层及劣质桩体不计入	
6	导向架垂直度	$\leq \frac{1}{150}$		经纬仪测量		
7	褥垫层夯实度	≤ 0.9		水准测量		

注: D 为设计桩直径,单位为 mm。

1.3 浅基础施工

1.3.1 浅基础的类型



图文
独立基础施工
工艺详解

根据使用材料性能不同,浅基础可分为无筋扩展基础(刚性基础)和扩展基础(柔性基础)。

无筋扩展基础又称为刚性基础,一般为由砖、石、素混凝土、灰土和三合土等材料建造的墙下条形基础,或柱下独立基础。无筋扩展基础的特点是抗压强度高,而抗拉、抗弯和抗剪性能差,适用于六层和六层以下的民用建筑和轻型工业厂房。无筋扩展基础的截面尺寸有矩形、阶梯形和锥形等,墙下及柱下基础截面形式如图 1-

51 所示。为保证无筋扩展基础内的拉应力及剪应力不超过基础的允许抗拉、抗剪强度，一般基础的刚性角及台阶宽高比应满足设计及施工规范要求。

扩展基础一般均为钢筋混凝土基础，按构造形式不同又可分为条形基础(包括墙下条形基础与柱下独立基础)、杯口基础、筏式基础、箱形基础等。

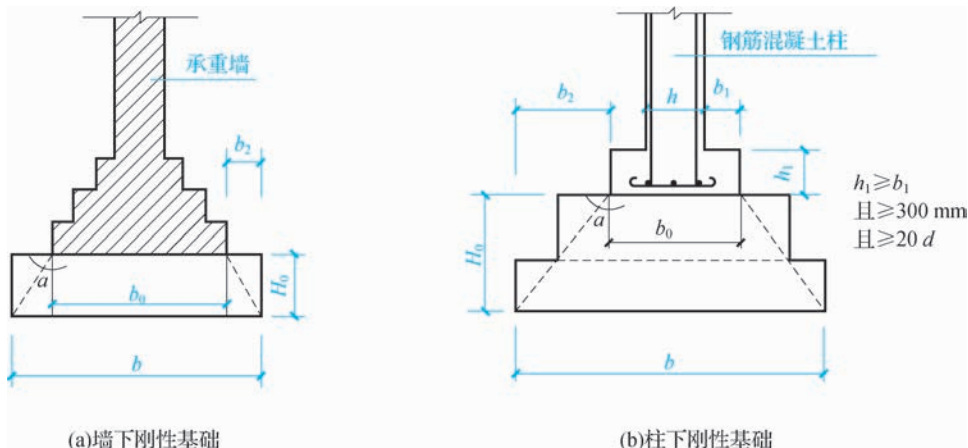


图 1-51 无筋扩展基础截面形式

b —基础底面宽度; b_0 —基础顶面的墙体宽度或柱脚宽度; b_1 —柱外侧与基础外侧距离;
 b_2 —基础台阶宽度; H_0 —基础高度; h —柱宽; d —柱内钢筋直径

1. 砌石基础

在石料丰富的地区,可因地制宜地利用本地资源优势做成砌石基础。基础采用的石料分毛石和料石两种,一般建筑采用毛石较多,其价格低廉,施工简单。毛石分为乱毛石和平毛石,用水泥砂浆采用铺浆法砌筑,灰缝厚度为 20~30 mm。毛石应分皮卧砌,上下错缝内外搭接,砌第一层石块时,基底要坐浆。石块大面向下,基础最上一层石块宜选用较大且平面较好的石块砌筑。砌石基础按其剖面形式有矩形、阶梯形和梯形三种,如图 1-52 所示。

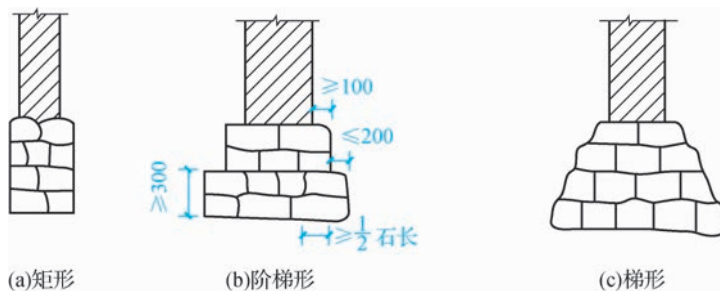


图 1-52 砌石基础(单位:mm)

2. 杯口基础

杯口基础常用于装配式钢筋混凝土柱的基础,形式有一般杯口基础、双杯口基础、高杯口基础等。

1) 杯口模板

杯口模板可用木模板或钢模板,可做成整体式,也可做成两半形式,中间各加一块楔形

板,拆模时,先取出楔形板,然后分别将两半杯口模板取出。为了便于拆模,杯口模板外可包钉薄铁皮一层。支模时杯口模板要固定牢固,在杯口模板底部留设排气孔,避免出现空鼓,如图 1-53 所示。

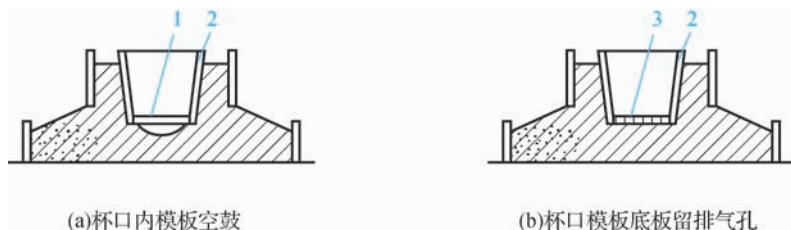


图 1-53 杯口内模板排气孔示意

1—空鼓;2—杯口模板;3—底板留排气孔

2) 混凝土浇筑

混凝土要先浇筑至杯底标高,方可安装杯口内模板,以保证杯底标高准确。一般在杯底均留有 50 mm 厚的细石混凝土找平层,在浇筑基础混凝土时,要仔细控制标高。

3. 筏形基础

筏形基础是由整板式钢筋混凝土板(平板式)或钢筋混凝土底板、梁整体(梁板式)两种类型组成,适用于有地下室或地基承载能力较低而上部荷载较大的基础,筏形基础在外形和构造上如倒置的钢筋混凝土楼盖,分为梁板式和平板式两类,如图 1-54 所示。

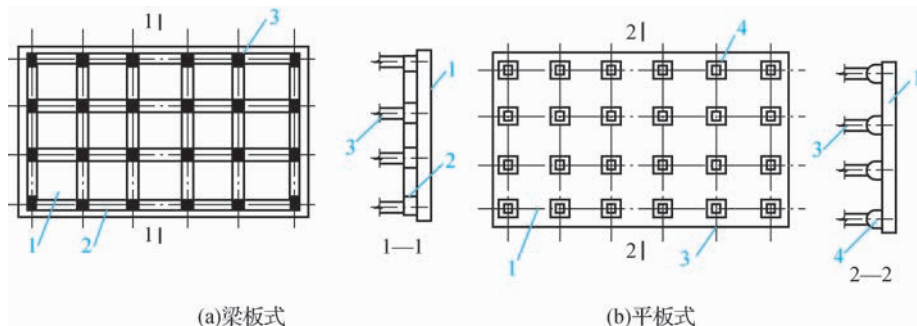


图 1-54 筏形基础

1—底板;2—梁;3—柱;4—支墩

施工要点如下。

(1)根据地质勘探和人文资料,当地下水位较高时,应采用降低水位的措施,使地下水位降低至基底以下不少于 500 mm 处;保证在无水情况下进行基坑开挖和钢筋混凝土筏体施工。

(2)根据筏体基础结构情况、施工条件等确定施工方案。

(3)加强养护。混凝土筏形基础施工完毕后,表面应加以覆盖和洒水养护,以保证混凝土的质量。

4. 箱形基础

箱形基础是由钢筋混凝土底板、顶板和纵横内外隔墙组成的整体空间结构。这种基础具有很大的整体刚性,基础中空部分可作为地下室,与实体相比可减小基底压力。箱形基础

较适用于地基软弱、平面形状简单的高层建筑,如图 1-55 所示。

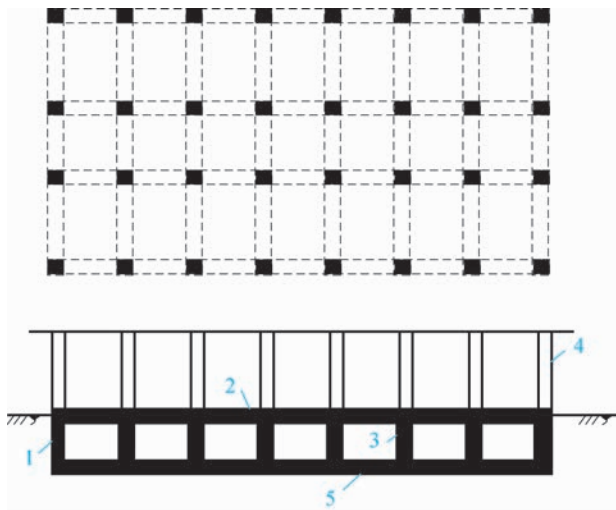


图 1-55 箱形基础

1—外墙;2—顶板;3—内墙;4—上部结构;5—底板

1.3.2 砖基础施工

砖基础由普通烧结砖与水泥砂浆砌成。砖基础砌成的台阶形状称为“大放脚”,有等高式和不等高式两种,如图 1-56 所示。等高式大放脚是两皮一收,两边各收进 $1/4$ 砖长;不等高式大放脚是两皮一收与一皮一收相间隔,两边各收进 $1/4$ 砖长。

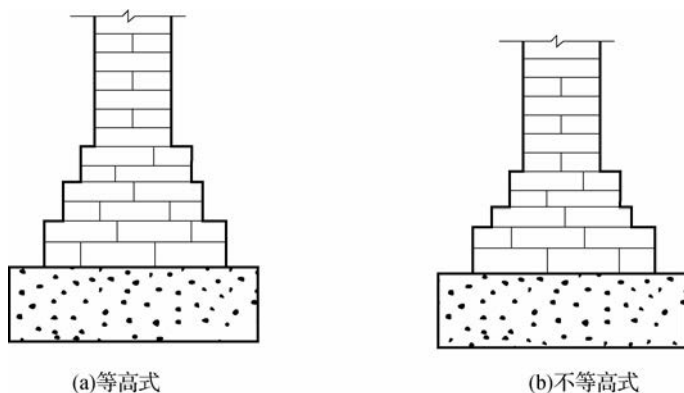


图 1-56 砖基础大放脚形式

大放脚的底宽应根据计算确定,各层大放脚的宽度应为半砖宽的整数倍。在大放脚的下面一般做垫层,垫层材料可用 3 : 7 或 2 : 8 灰土。为了防止土中水分沿砖块中毛细管上升而侵蚀墙身,应在室内地坪以下一皮砖处设置防潮层。防潮层一般用 1 : 2 水泥防水砂浆,厚约 20 mm,如图 1-57 所示。

砖基础施工注意事项如下。

- (1)基槽(坑)开挖:应设置好龙门桩及龙门板,标明基础、墙身和轴线的位置。
- (2)大放脚的形式:当地基承载力大于 150 kPa 时,采用等高式大放脚,即两皮一收;否

则应采用不等高式大放脚,即两皮一收与一皮一收相间隔,基础底宽应根据计算而定。

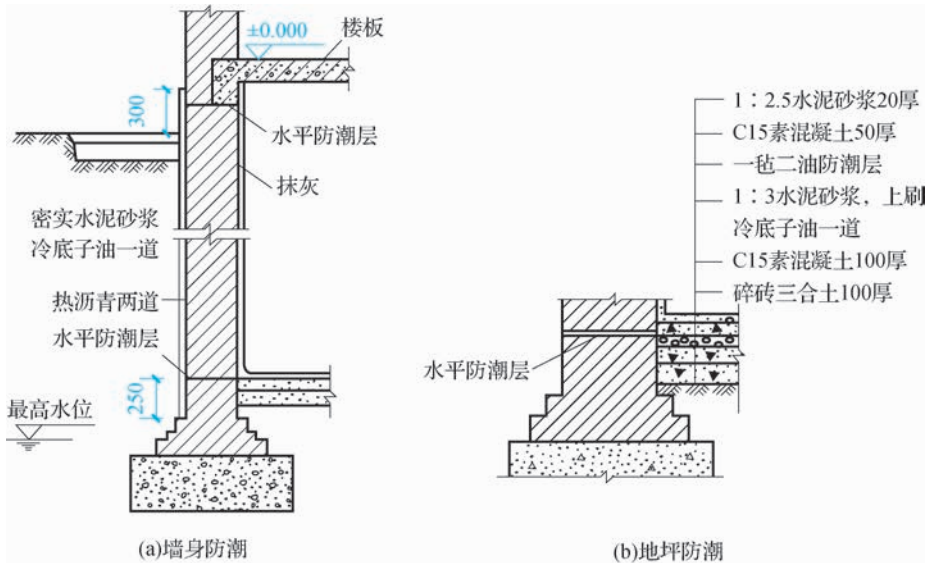


图 1-57 防潮层设置(单位:mm)

(3)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(一般不小于基础扩大部分的高度)的实砌体,砌到上面后与上面的砖一起退台。

(4)砖基础接槎应留成斜槎,如因条件限制留成直槎,应按规范要求设置拉结筋。

1.3.3 钢筋混凝土基础施工

墙下或柱下钢筋混凝土条形基础较为常见,工程中柱下基础底面形状大多是矩形,称为柱下独立基础,它只不过是条形基础的一种特殊形式,其构造如图 1-58 和图 1-59 所示。条形基础的抗弯和抗剪性能良好,可在竖向荷载较大、地基承载力不高的情况下采用,因为高度不受台阶宽高比的限制,故适宜“宽基浅埋”的场合下使用,其横断面一般呈倒 T 形。



图 1-58 柱下混凝土独立基础(单位:mm)

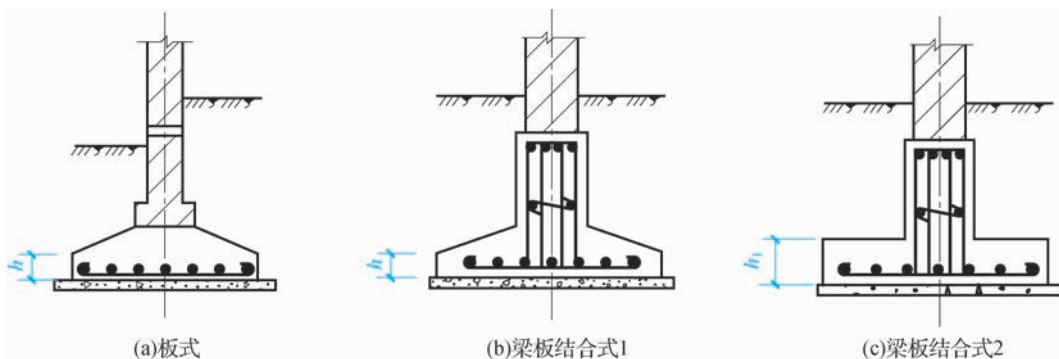


图 1-59 墙下混凝土条形基础

1. 构造要求

- (1) 垫层厚度一般为 100 mm, 混凝土强度等级为 C15。
- (2) 底板受力钢筋的最小直径不宜小于 8 mm, 间距不宜大于 200 mm。当有垫层时钢筋保护层的厚度不宜小于 35 mm, 无垫层时不宜小于 70 mm。
- (3) 插筋的数目与直径应和柱内纵向受力钢筋相同。插筋的锚固及柱的纵向受力钢筋的搭接长度按国家现行设计规范的规定执行。

2. 工艺流程

基槽清理、验槽→混凝土垫层浇筑、养护→抄平、放线→基础底板钢筋绑扎、支模板→相关专业施工(如避雷接地施工)→钢筋、模板质量检查, 清理→基础混凝土浇筑→混凝土养护→拆模。

3. 施工注意要点

- (1) 基槽(坑)应进行验槽, 局部软弱土层应挖去, 用灰土或砂砾分层回填夯实至与基底相平, 并将基槽(坑)内清理干净。
- (2) 如地基土质良好, 且无地下水基槽(坑), 第一阶可利用原槽(坑)浇筑, 但应保证尺寸正确, 砂浆不流失。上部台阶应支模浇筑, 模板支撑要牢固, 缝隙孔洞要堵严, 木模应浇水湿润。
- (3) 基础混凝土浇筑高度在 2 m 以内, 混凝土可直接卸入基槽(坑)内, 注意混凝土要充满边角。浇筑高度在 2 m 以上时, 应通过漏斗、串筒或溜槽, 以防止混凝土产生离析分层。
- (4) 浇筑台阶式基础应按台阶分层一次浇筑完成, 每层先浇筑边角, 后浇筑中间。应注意防止上下台阶交接处混凝土出现蜂窝和脱空现象。
- (5) 锥形基础如斜坡较陡, 斜面应支模浇筑, 并应注意防止模板上浮。斜坡较平时, 可不支模, 注意斜坡及边角部位混凝土的捣固密度, 振捣完后, 再用人工方法将斜坡表面修正、拍平、拍实。
- (6) 当基槽(坑)因土质不一挖成阶梯形式时, 先从最低处浇筑, 按每阶高度, 其各边搭接长度不应小于 500 mm。
- (7) 混凝土浇筑完后, 外露部分应适当覆盖, 洒水养护。拆模后, 及时分层回填土方并

夯实。

1.3.4 基础施工质量检查与防治措施

浅基础施工工程是建筑工程中最重要的分部工程之一,涉及多项工种工程。下面介绍部分浅基础施工中遇到的质量通病及其防治方法。

1. 基础位置、尺寸偏差大

1) 现象

- (1) 基础轴线或中心线偏离设计位置。
- (2) 毛石基础、混凝土基础等平面尺寸误差过大。

2) 预防措施

选用尺寸合适的毛石砌筑基础的各步台阶,尤其是最底下的一层毛石,以确保基础尺寸准确。混凝土基础应在模板尺寸、位置无误后,方可浇筑。

3) 治理方法

(1) 轴线偏差过大,可能导致地基或桩基偏心受力,留下隐患。因此发现基础位置偏差太大时,必须与设计等有关方面协商处理。

(2) 基础尺寸减小后,造成地基应力提高,地基变形加大,由此造成上部建筑开裂的现象屡见不鲜。当基础尺寸严重偏小时,应约请有关方面研究采取加固补强措施。

砖石、混凝土基础尺寸、位置允许偏差及检验方法分别见表 1-17 和表 1-18。

表 1-17 基础尺寸、位置允许偏差及检验方法

项次	项目	允许偏差/mm				检验方法
		砖	毛石	毛料石	粗料石	
1	轴线位置偏移	10	20		15	用经纬仪或拉线和钢尺检查
2	基础顶面标高	±15	±25		±15	用水平仪和钢尺检查
3	砌体厚度	—	+30 0	+30 0	+15 0	钢尺检查

表 1-18 混凝土基础尺寸、位置允许偏差及检验方法

项次	项目	允许偏差/mm		检验方法
		独立基础	其他基础	
1	轴线位移	10	15	钢尺检查
2	截面尺寸	+8, -5		钢尺检查

2. 基础标高偏差过大

1) 现象

基础顶面标高不在同一水平面,其偏差明显超过施工规范的规定,这将影响上层墙体标高。此类情形在砖、石基础中较常见。

2) 预防措施

(1) 基础施工前应校核标志板(龙门板)标高,发现偏差应及时修正。

(2) 砌体施工应设置皮数杆,并根据设计要求、块材规格和灰缝厚度在皮数杆上标明皮数及竖向构造的变化部位。

(3) 基础垫层(基层)施工时,应准确控制其顶面标高,宜在允许的负偏差范围内。

(4) 砌筑基础前,应对基层标高普查一遍,局部凹洼处可用细石混凝土垫平。

3) 治理方法

基础顶面标高偏差过大时,应用细石混凝土找平后再砌墙,并以找平后的顶面标高为准设置皮数杆。

3. 毛石基础根部不实

1) 现象

毛石基础第一层毛石未坐实、挤紧。

2) 防治措施

(1) 基础砌筑前应认真验槽。若发现地基不良,应会同有关部门一起处理,并办理隐检记录。

(2) 第一皮砌体应选用较大的平毛石砌筑,砌前应坐浆,并将石块大面向下。

(3) 砌筑时毛石应平铺卧砌,毛石长面与基础长度方向垂直(即顶砌),互相交叉紧密排好。接着灌入五分之二较稀的砂浆,然后用小石块将毛石之间的缝隙填实,用手锤敲打密实,再将其余空隙灌满砂浆。

4. 石砌基础组砌形式不良

1) 现象

毛石基础不分皮砌筑,同皮内的石块内外不搭砌,上下皮石块不错缝,台阶形基础错台处不搭砌。

2) 防治措施

(1) 毛石基础的第一皮及转角处、交接处和洞口处,应用较大的平毛石砌筑,大面朝下,放平放稳。

(2) 毛石基础应分皮卧砌,各皮石块间应利用自然形状经敲打修整使之与先砌石块基本吻合,搭砌紧密;应上下错缝,内外搭砌,不得采用外面侧立石块中间填心的砌筑方法。

(3) 毛石基础各皮必须设置拉结石。拉结石应均匀分布,相互错开,其一般间距为2 m左右。

(4) 阶梯形毛石基础,上级阶梯的石块应至少压砌下级阶梯的1/2,相邻阶梯的毛石应相互错缝搭砌。

(5) 毛石与毛石之间不得直接接触,应留20~35 mm的灰缝,灰缝较小(小于等于30 mm)时,可用砂浆填满;灰缝较大(大于30 mm)时,应选用小石块加砂浆填塞密实,不准使用成堆的碎石填塞。

5. 混凝土基础外观缺陷

1) 现象

- (1) 基础中心线错位。
- (2) 基础平面尺寸、台阶形基础台阶宽和高的尺寸偏差过大。
- (3) 带形基础上口宽度不准,基础顶面的边线不直,下口陷入混凝土内,拆模后上段混凝土有缺损,侧面有蜂窝、麻面,底部支模不牢。
- (4) 杯形基础的杯口模板位移,芯模上浮或芯模不易拆除。

2) 防治措施

- (1) 在确认测量放线标记和数据正确无误后,方可以此为据安装模板。模板安装时要准确地挂线和拉线,以保证模板垂直度和上口平直。
- (2) 模板及支撑应有足够的强度和刚度,支撑的支点应坚实可靠。
- (3) 上段模板应支撑在预先横插圆钢或预制混凝土垫块上,也可用临时木支撑将上部侧模支撑牢靠,并保持标高、尺寸准确。
- (4) 发现混凝土由上段模板下翻上来时,应及时铲除、抹平,防止模板下口被卡住。
- (5) 模板支撑支承在土上时,下面应垫木板,以扩大支撑面。模板长向接头处应加拼条,使板面平整,连接牢固。
- (6) 杯基芯模板应刨光直拼,表面涂隔离剂,底部钻几个小孔,以利排气(水)。
- (7) 浇筑混凝土时,两侧或四周应均匀下料并振捣,脚手板不得搁在模板上。

1.4 桩基础施工

1.4.1 钢筋混凝土预制桩施工

钢筋混凝土预制桩是在预制构件厂或施工现场预制,用沉桩设备在设计位置上将其沉入土中。其特点是坚固耐久,不受地下水或潮湿环境影响,能承受较大荷载,施工机械化程度高、进度快,能适应不同土层施工。

目前最常用的预制桩是预应力混凝土管桩,它是一种细长的空心等截面预制混凝土构件,是在工厂经先张预应力、离心成型、高压蒸养等工艺生产而成。

钢筋混凝土预制桩施工前,应根据施工图设计要求、桩的类型、成孔过程对土的挤压情况、地质探测和试桩等资料,制定施工方案。一般的施工程序如图 1-60 所示。

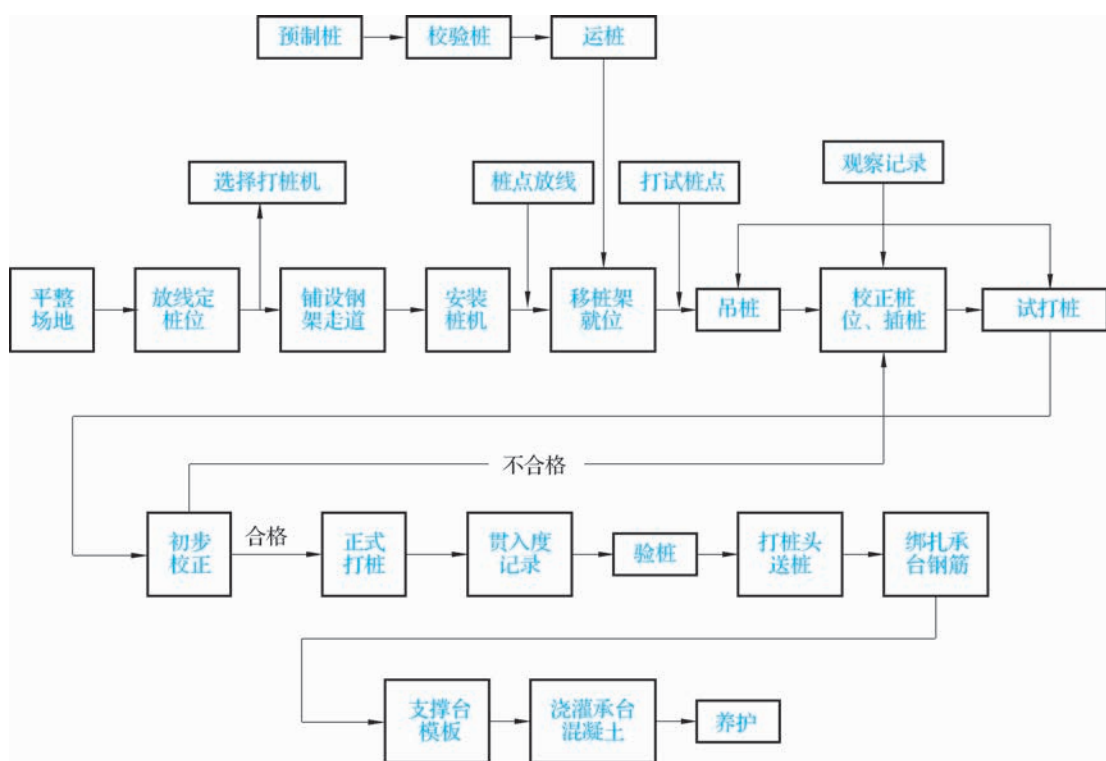


图 1-60 钢筋混凝土预制桩施工流程图

1. 打桩前的准备

桩基础工程在施工前应根据工程规模的大小和复杂程度,编制整个分部工程施工组织设计或施工方案。沉桩前,现场准备工作的内容有平整场地、抄平放线、铺设水电管网、沉桩机械设备的进场与安装以及桩的供应等。

1) 场地平整

施工场地应平整、坚实(坡度不大于 10%),必要时宜铺设道路,经压路机碾压密实,场地四周应设置排水措施。

2) 抄平放线定桩位

依据施工图设计要求,把桩基定位轴线上桩的位置在施工现场准确地测定出来,并做出明显的标志(用小木桩或洒白石灰点标出桩位,或用设置龙门板拉线法确定桩位)。在打桩现场附近设置 2~4 个水准点,用以抄平场地和作为检查桩入土深度的依据。桩基轴线的定位点及水准点应设置在不受打桩影响的地方。

3) 进行打桩试验

施工前应进行数量不少于 2 根桩的打桩工艺试验,用以了解桩的沉入时间、最终沉入度、持力层的强度、桩的承载力以及施工过程中可能出现的各种问题和反常情况等,以便检验所选的打桩设备和施工工艺是否符合设计要求。

4) 确定打桩顺序

打桩顺序直接影响到桩基础的质量和施工速度,应结合桩的密集程度(桩距大小)、桩的

规格、长短桩的设计标高、工作面布置、工期要求等综合考虑,合理确定打桩顺序。根据桩的密集程度,打桩顺序一般分为单一方向逐排打设、自中部向四周打设和由中间向两侧打设三种,如图 1-61 所示。

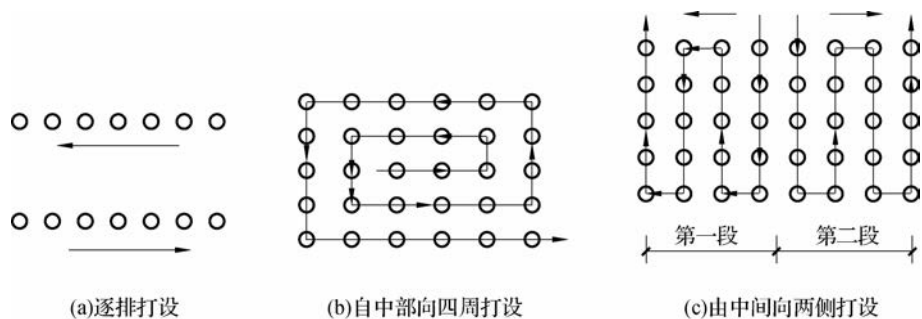


图 1-61 打桩顺序

根据基础的设计标高和桩的规格,宜按先深后浅、先大后小、先长后短的顺序进行打桩。但一侧毗邻建筑物时,应由毗邻建筑物处向另一方向施打。

5) 桩帽、垫衬和打桩设备机具准备

除了上面介绍的准备以外,还需要进行桩帽、垫衬和打桩设备机具的准备。

2. 桩的制作、运输和堆放

1) 桩的制作

较短的桩多在预制厂生产,较长的桩一般在打桩现场附近或打桩现场就地预制。

桩分节制作时,单节长度的确定应满足桩架的有效高度、制作场地条件、运输与装卸能力的要求,同时应避免桩尖接近硬持力层或桩尖处于硬持力层中节桩,上节桩和下节桩应尽量在同一纵轴线上预制,使上下节钢筋和桩身减少偏差。

2) 桩的运输

混凝土预制桩达到设计强度 70% 方可起吊,达到 100% 后方可进行运输。如提前吊运,必须验算合格。桩在起吊和搬运时,吊点应符合设计规定,如无吊环,设计又未作规定时,绑扎点的数量及位置按桩长而定,应符合起吊弯矩最小的原则,可按图 1-62 所示捆绑。钢丝绳与桩之间应加衬垫,以免损坏棱角。起吊时应平稳提升,吊点同时离地,如要长距离运输,可采用平板拖车或轻轨平板车。

3) 桩的堆放

桩堆放时,地面必须平整、坚实,垫木间距应根据吊点确定,各层垫木应位于同一垂直线上,最下层垫木应适当加宽,堆放层数不宜超过 4 层。不同规格的桩应分别堆放。

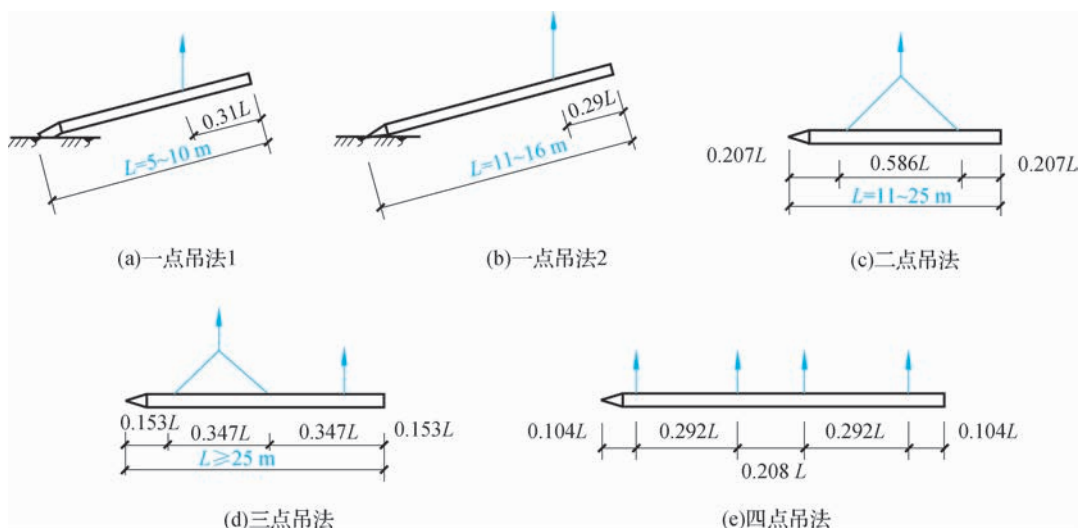


图 1-62 吊点的合理位置

3. 锤击沉桩施工

锤击沉桩也称为打入桩(如图 1-63 所示),是利用桩锤下落产生的冲击能量将桩沉入土中。锤击沉桩是混凝土预制桩最常用的沉桩方法。该方法施工速度快,机械化程度高,适用范围广;但施工时有噪声和振动,对于城市中心施工和夜间施工有所限制。

1) 打桩设备及选择

打桩所用的机具设备主要包括桩锤、桩架及动力装置。

(1) 桩锤是把桩打入土中的主要机具,有落锤、汽锤(单动汽锤和双动汽锤)、柴油桩锤、振动桩锤等。

(2) 桩架是支持桩身和桩锤,在打桩过程中引导桩的方向及维持桩的稳定,并保证桩锤沿着所要求方向冲击桩体的设备。桩架一般由底盘、导向杆、起吊设备、撑杆等组成。

(3) 打桩机械的动力装置是根据所选桩锤而定的,主要有卷扬机、锅炉、空气压缩机等。当采用空气锤时,应配备空气压缩机;当选用蒸汽锤时,则要配备蒸汽锅炉和卷扬机。

2) 打桩工艺

(1) 吊桩就位。按既定的打桩顺序,先将桩架移动至桩位处并用缆风绳拉牢,然后将桩运至桩架下,利用桩架上的滑轮组,由卷扬机提升桩。当桩提升至直立状态后,即可将桩送入桩架的龙门导管内,同时把桩尖准确地安放到桩位上,并与桩架导管相连接,以保证打桩过程中不发生倾斜或移动。桩就位后,为了防止击碎桩顶,在桩锤与桩帽、桩帽与桩之间应放上硬木、粗草纸或麻袋等桩垫作为缓冲层,桩帽与桩顶四周应留 5~10 mm 的间隙。然后进行检查,桩身、桩帽和桩锤保持在同一轴线

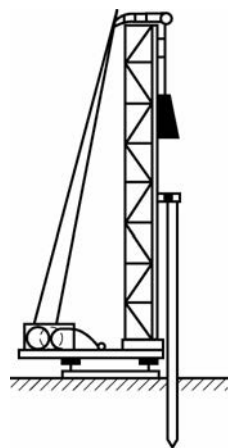


图 1-63 打入桩施工示意图


 图片
锤击沉桩

上即可开始打桩。

(2)打桩。打桩时采用“重锤低击”可取得良好效果,这是因为这样桩锤对桩头的冲击小,回弹也小,桩头不易损坏,大部分能量都用于克服桩身与土的摩阻力和桩尖阻力上,桩就能较快地沉入土中。

初打时地层软,沉降量较大,宜低锤轻打,随着沉桩加深(1~2 m),速度减慢,再酌情增加起锤高度,要控制锤击应力。打桩时应观察桩锤回弹情况,如经常回弹较大,则说明桩锤太轻,不能使桩下沉,应及时更换。至于桩锤的落距多大为宜,应根据实践经验,在一般情况下,以单动汽锤 0.6 m 左右、柴油锤不超过 1.5 m 落锤不超过 1.0 m 为宜。

在打桩过程中,如突然出现桩锤回弹,贯入度突增,锤击时桩弯曲、倾斜、颤动、桩顶破坏加剧等情况,则表明桩身可能已损坏。

打桩最后阶段沉降太小时,要避免硬打,如难沉下,则要检查桩垫、桩帽是否适宜,需要时可更换或补充软垫。

(3)接桩。预制桩施工中,由于受到场地、运输及桩机设备等的限制,因而将长桩分为多节进行制作。混凝土预制方桩接头数量不宜超过 2 个,预应力管桩接头不宜超过 4 个。接桩时要注意新接桩节与原桩节的轴线一致。目前预制桩的接桩工艺主要有硫磺胶泥浆锚法、电焊接桩和法兰螺栓接桩三种。前一种适用于软弱土层,后两种适用于各类土层。

(4)打入末节桩体。

①送桩。设计要求送桩时,当送桩的中心线与桩身吻合一致方能进行送桩。送桩下端宜设置桩垫,要求厚薄均匀,若桩顶不平,则可用麻袋或厚纸垫平。送桩留下的桩孔应立即用碎石或黄砂回填密实。

②截桩。在打完各种预制桩开挖基坑时,按设计要求的桩顶标高将桩头多余的部分截去。截桩头时不能破坏桩身,要保证桩身的主筋伸入承台,长度应符合设计要求。当桩顶标高在设计标高以下时,将桩位挖成喇叭口,凿掉桩头混凝土,剥出主筋并焊接接长至设计要求长度,与承台钢筋绑扎在一起,用与桩身同强度等级的混凝土与承台一起浇筑接长桩身,如图 1-64 所示。

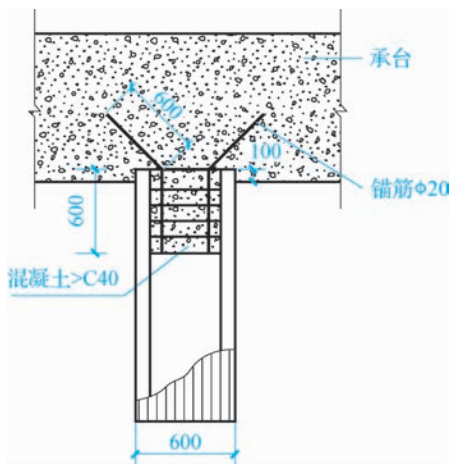


图 1-64 桩头处理(单位:mm)

4. 静力压桩施工

静力压桩是在软土地基上,利用静力压桩机或液压压桩机用无振动的静力压力(自重和配重)将预制桩压入土中的一种新工艺。静力压桩已在我国沿海软土地基上较为广泛地采用,与普通的打桩和振动沉桩相比,压桩可以消除噪声和振动的影响,故特别适用于医院和有防震要求部门附近的施工。

静力压桩机(如图 1-65 所示)的工作原理是通过安置在压桩机上的卷扬机的牵引,由钢丝绳、滑轮及压梁,将整个桩机的自重(800~1 500 kN)反压在桩顶上,以克服桩身下

沉时与土的摩擦力,迫使预制桩下沉。桩架高度为 10~40 m,压入桩长度已达 37 m,桩断面为 400 mm×400 mm~500 mm×500 mm。

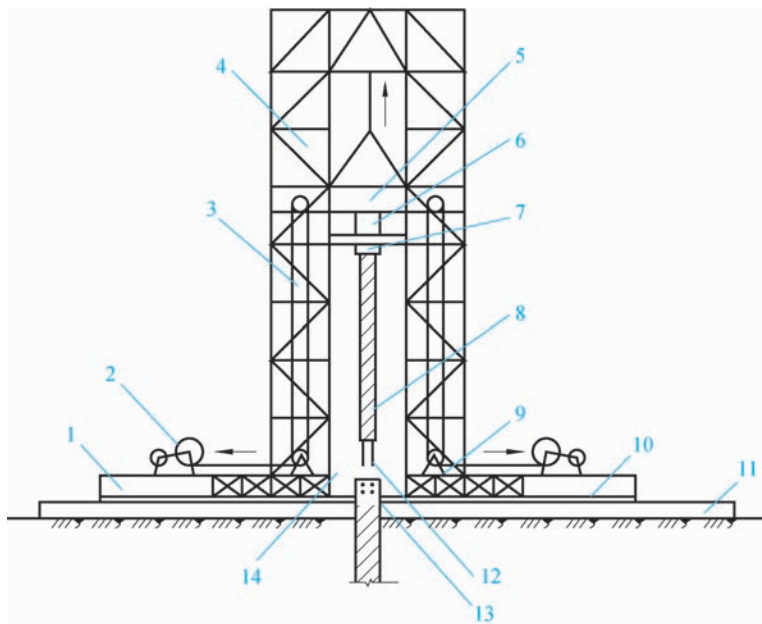


图 1-65 静力压桩机示意图

- 1—底盘;2—卷扬机;3—加压钢丝绳滑轮组;4—桩架导向笼;5—活动压梁;6—油压表;7—桩帽;8—上段桩;
9—加重物仓;10—底盘;11—轨道;12—上段接桩锚筋;13—下段桩;14—桩架

压桩施工一般都采取分段压入和逐段接长的方法。接桩的方法目前有三种:焊接法、法兰接法和浆锚法。

使用焊接法接桩时,必须在对准下节桩并垂直无误后,再用点焊将拼接角钢连接固定,再次检查待位置正确后再进行焊接。施焊时,应两人同时对角对称地进行,以防止节点变形不匀而引起桩身歪斜,焊缝要连续饱满,如图 1-66 所示。

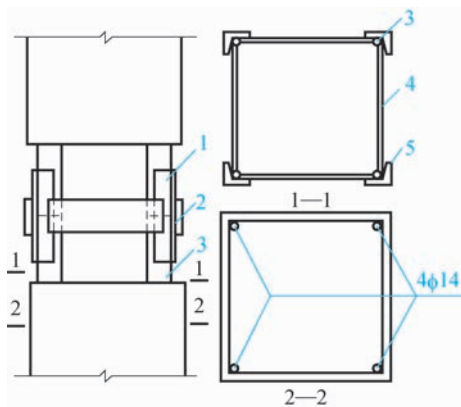


图 1-66 焊接法接桩节点构造

- 1—拼接角钢;2—水平向连接角钢;3—竖向连接角钢;4—水平向连接钢筋;5—竖向连接钢筋

浆锚法接桩时,首先将上节桩对准下节桩,使4根锚筋插入锚筋孔中(锚筋孔直径为锚筋直径的2.5倍),下落压梁并套住桩顶,然后将桩和压梁同时上升约200mm(以四根锚筋不脱离锚筋孔为度)。此时,安设好施工夹箍(施工夹箍有4块木板,内侧用人造革包裹40mm厚树脂海绵块),将溶化的硫磺胶泥注于锚筋孔内和接头平面上,然后将上节桩和压梁同时下落,当硫磺胶泥冷却并拆除施工夹箍后,即可继续加荷施压,如图1-67所示。

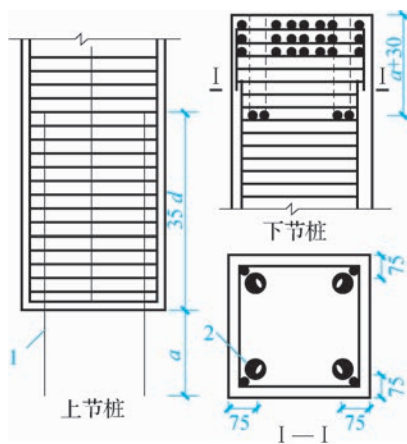


图 1-67 浆锚法接桩节点构造

1—锚筋;2—锚筋孔

为保证接桩质量,应做到:锚筋刷净并调直;锚筋孔内有完好螺纹,无积水、杂物和油污;接桩时接点的平面和锚筋孔内灌满胶泥;灌注时间不得超过2min;灌注后停歇时间符合有关规定。

5. 其他沉桩方法

1) 水冲沉桩法

水冲沉桩法是锤击沉桩的一种辅助方法,它是利用高压水流经过桩侧面或空心管内部的射水管冲击桩尖附近土层,便于锤击沉桩。一般是边冲水边打桩,当沉桩至最后1~2m时停止冲水,用锤击至规定标高。水冲法适用于砂土和碎石土地基,有时对于特别长的预制桩,单靠锤击有一定的困难时,也用水冲法辅助。

2) 振动沉桩法

振动沉桩是将桩与振动机连接在一起,利用振动机产生的振动力通过桩身使土体振动,使土体的内摩擦角减小、强度降低而将桩沉入土中。此方法在砂土中效率最高。



动画
灌注桩施工
流程

1.4.2 灌注桩施工

混凝土灌注桩是直接在施工现场桩位上成孔,然后在孔内安装钢筋笼,浇筑混凝土成桩。与预制桩相比,灌注桩具有不受地层变化限制、不需要接桩和截桩、节约钢材、振动小、噪声小等优点,但施工工艺复杂,影响质量的因素多。灌注桩按成孔方法分为钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、沉管灌注桩等。

1. 灌注桩施工准备工作

1) 确定成孔施工顺序

(1) 对土没有挤密作用的钻孔灌注桩和干作业成孔灌注桩,应结合施工现场条件,按桩机移动的原则确定成孔顺序。

(2) 对土有挤密作用和振动影响的冲孔灌注桩、沉管灌注桩等,为保证邻桩不受影响,以免造成事故,一般可结合现场施工条件确定成孔顺序,如间隔1个或2个桩位成孔;在邻桩混凝土初凝前或终凝后成孔;5根以上单桩组成的群桩基础,中间的桩先成孔,外围的桩后成孔。

(3) 人工挖孔桩当桩净距小于2倍直径且小于2.5 m时,桩应采用间隔开挖。排桩跳挖的最小净距不得小于4.5 m,孔深不宜大于40 m。

2) 桩孔结构的控制

(1) 桩孔直径的偏差应符合规范规定。在施工中,如桩孔直径偏小,则不能满足设计要求(桩承载力不够);如直径偏大,则使工程成本增加,影响经济效益。

(2) 应根据桩型来确定桩孔深度的控制标准。对桩孔的深度,一般先以钻杆和钻具粗挖,再以标准测量绳吊铈测量。

(3) 护筒的位置主要取决于地层的稳定情况和地下水位的位置。

3) 钢筋笼的制作

制作钢筋笼可采用专用工具人工制作。首先计算主筋长度并下料,再弯制加强箍和缠绕筋,然后焊制钢筋笼。制作钢筋笼时,要求主筋环向均匀布置,箍筋的直径及间距、主筋的保护层、加强箍的间距等均应符合设计规定。钢筋笼在运输、吊装过程中,要防止钢筋扭曲变形。吊放入孔内时,应对准孔位慢放,严禁高起猛落、强行下放,防止倾斜、弯折或碰撞孔壁。为防止钢筋笼上浮,可采用叉杆对称地点焊在孔口护筒上。

4) 混凝土的配制

混凝土强度等级不应低于C15,水下浇筑混凝土不应低于C20,所用粗、细骨料必须符合有关要求。混凝土坍落度的要求是:用导管水下灌注混凝土宜为160~220 mm,非水下直接灌注的混凝土宜为80~100 mm,非水下素混凝土宜为60~80 mm。

5) 混凝土的灌注

桩孔检查合格后,应尽快灌注混凝土。灌注混凝土时,桩顶灌注标高应超过桩顶设计标高的半米以上。灌注时,若环境温度低于0℃时,应对混凝土采取保温措施。

2. 钻孔灌注桩

钻孔灌注桩是指利用钻孔机械钻出桩孔,并在孔中浇筑混凝土(或先在孔中吊放钢筋笼)而成的桩。根据钻孔机械的钻头是否在土壤的含水层中施工,钻孔灌注桩又分为泥浆护壁成孔和干作业成孔两种施工方法。

1) 泥浆护壁成孔灌注桩

泥浆护壁成孔是利用原土自然造浆或人工造浆浆液进行护壁,通过循环泥浆将被钻头切下的土块携带排出孔外成孔,然后安装绑扎好的钢筋笼,用导管法水下灌注混凝土沉桩。此法对不论地下水高低的土层都适用,但在岩溶发育地区慎用。

泥浆护壁成孔灌注桩施工工艺流程如图1-68所示。

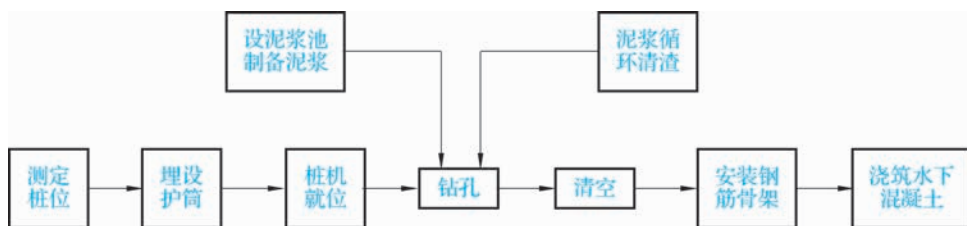


图 1-68 泥浆护壁成孔灌注桩工艺流程图

2) 施工准备

(1) 埋设护筒。护筒是用 4~8 mm 厚钢板制成的圆筒, 其内径应大于钻头直径 100 mm, 其上部宜开设 1~2 个溢浆孔, 如图 1-69 所示。

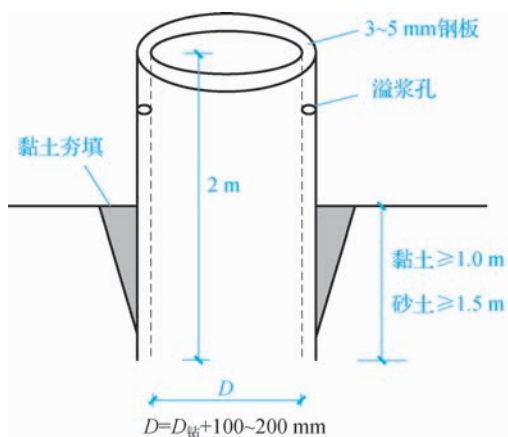


图 1-69 护筒埋设示意图

护筒的作用是固定桩孔位置、防止地面水流入、保护孔口、增高桩孔内水压力、防止塌孔和成孔时引导钻头方向。

埋设护筒时, 先挖去桩孔处地表土, 将护筒埋入土中, 保证其位置准确、稳定。护筒中心与桩位中心的偏差不得大于 50 mm, 护筒与坑壁之间用黏土填实, 以防漏水。护筒的埋设深度, 在黏土中不宜小于 1.0 m, 在砂土中不宜小于 1.5 m。护筒顶面应高于地面 0.4~0.6 m, 并保持孔内泥浆面高出地下水位 1 m 以上; 在受水位涨落影响时, 泥浆面应高出最高水位 1.5 m 以上。

(2) 制备泥浆。泥浆由水、黏土、化学处理剂和一些惰性物质组成。泥浆在桩孔内吸附在孔壁上, 将土壁上孔隙填渗密实, 避免孔内壁漏水, 保持护筒内水压稳定, 并具有较强的粘结力, 可以稳固土壁、防止塌孔。通过循环泥浆可将切削碎的泥石渣屑悬浮后排出, 起到携砂、排土的作用。同时, 泥浆还对钻头有冷却和润滑作用, 保证钻头和钻具保持冷却并在孔内顺利起落。

制备泥浆的方法: 在黏性土中成孔时可在孔中注入清水, 钻机旋转时, 切削掉的土屑与水旋拌, 用原土造浆; 在其他土中成孔时, 泥浆制备应选用高塑性黏土或膨润土。

3) 成孔

泥浆护壁成孔灌注桩的成孔方法按成孔机械分类有钻机成孔(回转钻机成孔、潜水钻机成孔、冲击钻机成孔)和冲抓锥成孔, 其中以钻机成孔应用最多。

(1) 回转钻机成孔。回转钻机是由动力装置带动钻机回转装置转动, 再由其带动带有钻

头的钻杆移动,由钻头切削土层。适用于地下水位较高的软、硬土层,如淤泥、黏性土、砂土、软质岩层。

根据泥浆循环方式的不同回转钻机钻孔方式,分为正循环回转钻机成孔和反循环回转钻机成孔。正循环回转钻机成孔的工艺如图 1-70 所示。

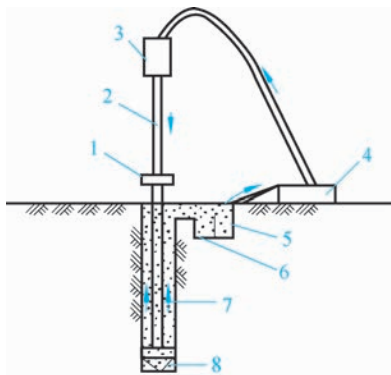


图 1-70 正循环回转钻机成孔工艺原理图

1—混合液流向;2—钻机回转装置;3—钻杆;4—水龙头;5—砂石泵;
6—沉淀池;7—新泥浆流向;8—钻头

由空心钻杆内部通入泥浆或高压水,从钻杆底部喷出,携带钻下的土渣沿孔壁向上流动,由孔口将土渣带出流入泥浆池。反循环回转钻机成孔的工艺如图 1-71 所示。泥浆带渣流动的方向与正循环回转钻机成孔的情形相反。反循环工艺的泥浆上流的速度较高,能携带较大的土渣。



图文

灌注桩施工常见问题及处理

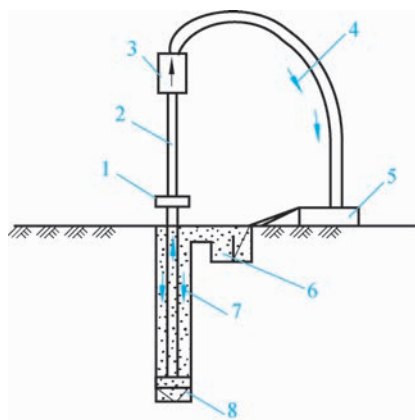


图 1-71 反循环回转钻机成孔工艺原理图

1—钻杆;2—水龙头;3—泥浆泵;4—钻机回转装置;5—泥浆池;
6—沉淀池;7—泥浆循环方向;8—钻头

(2)潜水钻机成孔。潜水钻机成孔示意如图 1-72 所示。潜水钻机是一种将动力、变速机构、钻头连在一起并加以密封、潜入水中工作的一种体积小而轻的钻机。这种钻机的钻头有多种形式,以适应不同桩径和不同土层,钻头带有合金刀齿,靠电机带动刀齿旋转切削土层或岩层。钻头靠桩架悬吊吊杆定位,钻孔时钻杆不旋转钻头部分放置切削下来的泥渣通

过泥浆循环排出孔外。

(3)冲击钻机成孔。冲击钻机通过机架、卷扬机把带刃的重钻头(冲击锤)提高到一定高度,靠自由下落的冲击力切削破碎岩层或冲击土层成孔,如图 1-73 所示。少部分碎渣和泥浆挤压进孔壁,大部分碎渣用掏渣筒掏出。此法设备简单、操作方便,对于有孤石的砂卵石岩、坚质岩、岩层均可成孔。

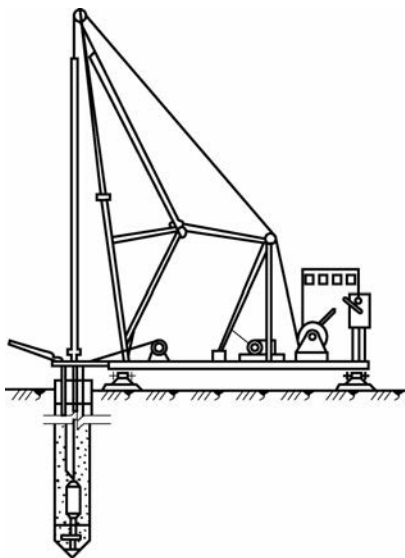


图 1-72 潜水钻机钻孔示意图

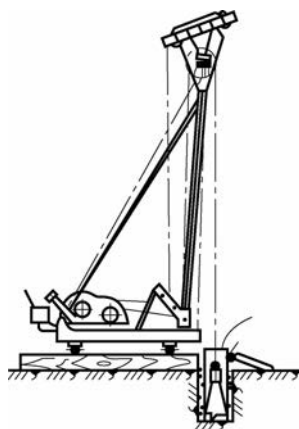


图 1-73 简易冲击钻机示意图

4)清孔

成孔后,即进行验孔和清孔。验孔是用探测器检查桩位、直径、深度和孔道情况;清孔即清除孔底沉渣、淤泥浮土,以减少桩基的沉降量,提高承载能力。

5)水下浇筑混凝土

在灌注桩、地下连续墙等基础工程中,常要直接在水下浇筑混凝土,其方法是利用导管输送混凝土并使之与环境水隔离,依靠管中混凝土的自重,使管口周围的混凝土在已浇筑的混凝土内部流动、扩散,以完成混凝土的浇筑工作,如图 1-74 所示。

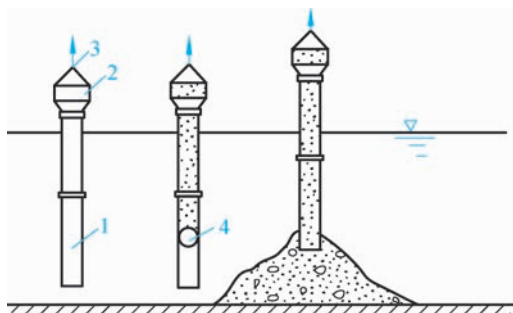


图 1-74 导管法浇筑水下混凝土示意图

1—导管;2—承料漏斗;3—提升机具;4—球塞

在施工时,先将导管放入孔中(其下部距离底面约 100 mm),用麻绳或铅丝将球塞悬吊在导管内水位以上的 0.2 m(塞顶铺 2~3 层稍大于导管内径的水泥纸袋,再散铺一些干水泥,以防混凝土中骨料卡住球塞),然后浇入混凝土,当球塞以上导管和承料漏斗装满混凝土后,剪断球塞吊绳,混凝土靠自重推动球塞下落,冲向基底,并向四周扩散。球塞冲出导管,浮至水面,可重复使用。冲入基底的混凝土将管口包住,形成混凝土堆,同时不断地将混凝土浇入导管中,管外混凝土面不断被管内的混凝土挤压上升。随着管外混凝土面的上升,导管也逐渐提高(到一定高度,可将导管顶段拆下)。但不能提升过快,必须保证导管下端始终埋入混凝土内,其最大埋置深度不宜超过 5 m。混凝土浇筑的最终高程应高于设计标高约 100 mm,以便清除强度低的表层混凝土(清除在混凝土强度达到 2~2.5 MPa 后方可进行)。

导管法浇筑水下混凝土的关键:一是保证混凝土的供应量应大于导管内混凝土必须保持的高度和开始浇筑时导管理入混凝土堆内必需的埋置深度所要求的混凝土量;二是严格控制导管的提升高度,且只能上下升降,不能左右移动,以避免造成管内返水事故。

6) 干作业钻孔灌注桩

干作业钻孔灌注桩是先由钻机在桩位处进行钻孔,然后在桩孔内放入钢筋骨架,再灌注混凝土而成桩。其施工过程如图 1-75 所示。

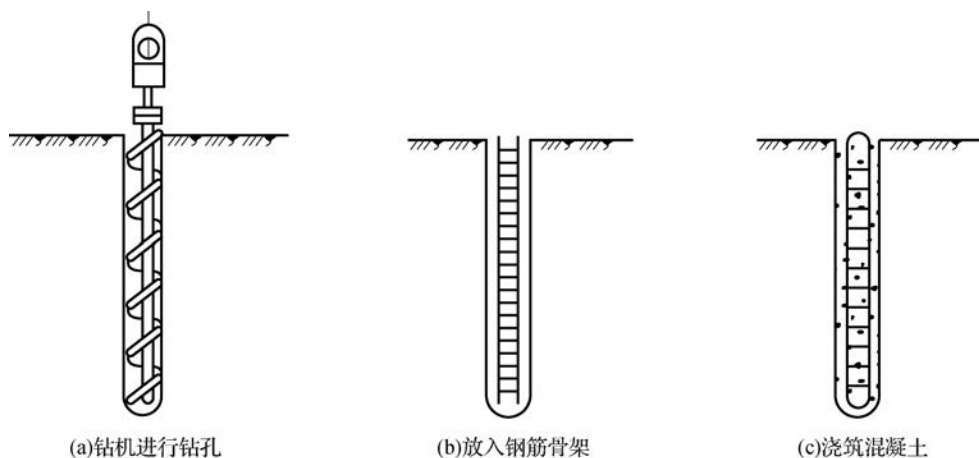


图 1-75 螺旋钻机钻孔灌注桩施工过程示意图

干作业成孔一般采用螺旋钻机钻孔,适用于成孔深度内没有地下水的一般黏土层、砂土及人工填土地基,不适用于有地下水的土层和淤泥质土层。

(1) 干作业钻孔灌注桩的施工工艺为:螺旋钻机就位对中→钻进成孔、排土→钻至预定深度、停钻→起钻,测孔深、孔斜、孔径→清理孔底虚土→钻机移位→安放钢筋笼→安放混凝土溜筒→灌注混凝土成桩→桩头养护。

(2) 钻机就位后,钻杆垂直对准桩位中心,开钻时先慢后快,减少钻杆的摇晃,及时纠正钻孔的偏斜或位移。钻孔时,螺旋刀片旋转削土,削下的土沿整个钻杆螺旋叶片上升而涌出孔外,钻杆可逐节接长直至钻到设计要求规定的深度。用导向钢筋将钢筋骨架送入孔内,同时防止泥土杂物掉进孔内。钢筋骨架就位后,应立即灌注混凝土,以防塌孔。灌注时,应分层浇筑、分层捣实,每层厚度 50~60 cm。

3. 人工挖孔灌注桩



微课
人工挖孔灌注桩

人工挖孔灌注桩是采用人工挖掘方法成孔,然后放置钢筋笼浇筑混凝土而成的桩基础。其施工特点是设备简单,无噪声,无振动,不污染环境,对施工现场周围原有建筑物的影响小;施工速度快,可按施工进度要求决定同时开挖桩孔的数量,必要时各桩孔可同时施工;土层情况明确,可直接观察到地质变化,桩底沉渣能被清除干净,施工质量可靠。尤其当高层建筑选用大直径的灌注桩,而施工现场又在狭窄的市区时,采用人工挖孔比机械挖孔更合适。其缺点是人工耗量大、开挖效率低、安全操作条件差等。

施工时,为确保挖土成孔施工安全,必须采取预防孔壁坍塌和流砂现象发生的措施。因此,施工前应根据地质水文资料,拟定出合理的护壁措施和降、排水方案。护壁方法很多,可以采用现浇混凝土护壁、沉井护壁、喷射混凝土护壁等。

1) 现浇混凝土护壁

现浇混凝土护壁法施工即分段开挖、分段浇筑混凝土护壁。它既能防止孔壁坍塌,又能起到防水作用。现浇混凝土护壁施工工艺流程如图 1-76 所示。

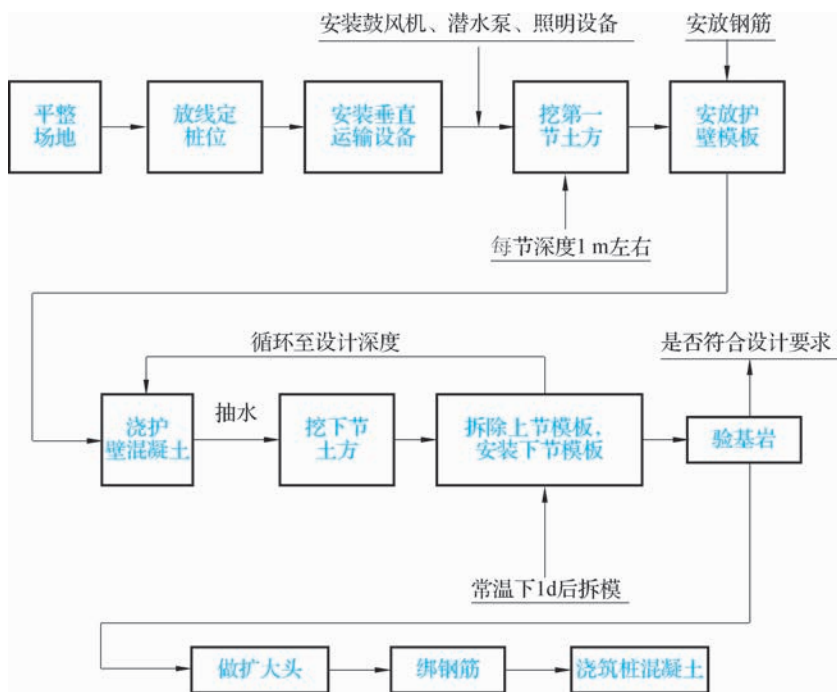


图 1-76 现浇混凝土护壁施工工艺流程图

桩孔采取分段开挖,每段高度取决于土壁直立状态的能力,一般 0.5~1.0 m 为一施工段,开挖井孔直径为设计桩径加混凝土护壁厚度。

护壁施工段,即支设护壁内模板(工具式活动钢模板)后浇筑混凝土。模板的高度取决于开挖土方施工段的高度,一般为 1 m,由 4~8 块活动钢模板组合而成,支成有锥度的内模。内模支设后,吊放用角钢和钢板制成的两半圆形合成的操作平台入桩孔内,置于内模板顶

部,以放置料具和浇筑混凝土操作之用。混凝土的强度一般不低于 C15,浇筑混凝土时要注意振捣密实。

当护壁混凝土强度达到 1 MPa(常温下约 24 h)可拆除模板,开挖下段的土方,再支模浇筑护壁混凝土,如此循环,直至挖到设计要求的深度。

当桩孔挖到设计深度,并检查孔底土质是否已达到设计要求后,再在孔底挖成扩大头。待桩孔全部成型后,用潜水泵抽出孔底的积水,然后立即浇筑混凝土。当混凝土浇筑至钢筋笼的底面设计标高时,再吊入钢筋笼就位,并继续浇筑桩身混凝土而形成桩基。

2) 沉井护壁

当桩径较大,挖掘深度大,地质复杂,土质差(松软弱土层),且地下水位高时,应采用沉井护壁法挖孔施工。

沉井护壁施工是先在桩位上制作钢筋混凝土井筒,井筒下捣至钢筋混凝土刃脚,然后在筒内挖土掏空,井筒靠其自重或附加荷载来克服筒壁与土体之间的摩擦阻力,边挖边沉,使其垂直地下沉到设计要求深度。

4. 沉管灌注桩

沉管灌注桩是利用锤击打桩设备或振动沉桩设备,将带有钢筋混凝土的桩尖(或钢板靴)或带有活瓣式桩靴的钢管沉入土中(钢管直径应与桩的设计尺寸一致),形成桩孔,然后放入钢筋骨架并浇筑混凝土,随之拔出套管,利用拔管时的振动将混凝土捣实,便形成所需要的灌注桩。利用锤击沉桩设备沉管、拔管成桩,称为锤击沉管灌注桩;利用振动器振动沉管、拔管成桩,称为振动沉管灌注桩。

1) 锤击沉管灌注桩

锤击沉管灌注桩适用于一般的黏性土、淤泥质土和人工填土地基,其施工过程如图 1-77 所示,施工工艺流程图如图 1-78 所示。

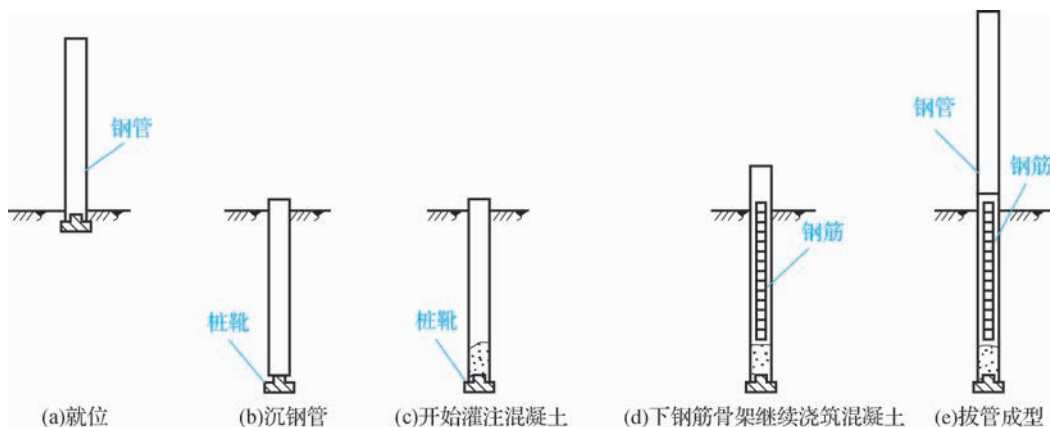


图 1-77 沉管灌注桩施工过程

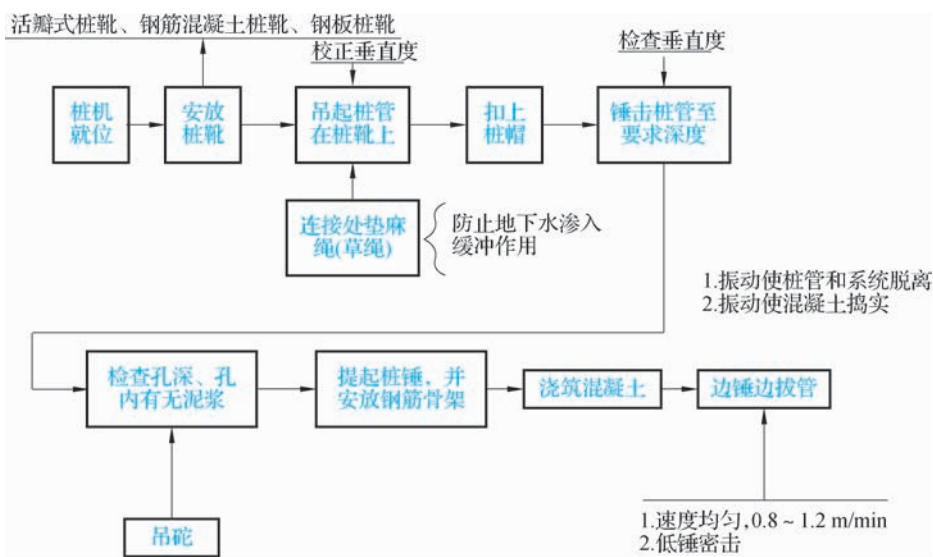


图 1-78 锤击沉管施工工艺流程图

锤击沉管灌注桩施工要点如下。

(1) 桩尖与桩管接口处应垫麻绳(或草绳)垫圈,以防地下水渗入管内或作为缓冲层。沉管时先用低锤锤击,观察无偏移后,才正常施打。

(2) 拔管前,应先锤击或振动套管,在测得混凝土确已流出套管时方可拔管。

(3) 桩管内混凝土尽量填满,拔管时要均匀,保持连续密锤轻击,并控制拔管速度,一般土层以不大于 1 m/min 为宜,软弱土层与软硬交界处,应控制在 0.8 m/min 以内为宜。

(4) 在管底未拔到桩顶设计标高前,倒打或轻击不得中断,注意使管内的混凝土保持略高于地面,并保持到全管拔出为止。

(5) 桩的中心距在 5 倍桩管外径以内或小于 2 m 时,均应跳打施工;中间空出的桩须待邻桩混凝土达到设计强度的 50% 方可施打。



随堂测试

2) 振动沉管灌注桩

振动沉管灌注桩采用激振器或振动冲击沉管。其施工过程如下。

(1) 桩机就位。将桩尖活瓣合拢对准桩位中心,利用振动器及桩管自重,把桩尖压入土中。

(2) 沉管。开动振动箱,桩管即在强迫振动下迅速沉入土中。沉管过程中,应经常探测管内有无水或泥浆,如发现水、泥浆较多,应拔出桩管,用砂回填桩孔后方可重新沉管。

(3) 上料。桩管沉到设计标高后停止振动,放入钢筋笼,再上料斗将混凝土灌入桩管内,一般应灌满桩管或略高于地面。

(4) 拔管。开始拔管时,应先启动振动箱 8~10 min,并用吊钩测得桩尖活瓣确已张开,混凝土确已从桩管中流出以后,卷扬机方可开始抽拔桩管,边振边拔。拔管速度应控制在 1.5 m/min 以内。

思考与练习

1. 土的可松性对土方施工有何影响?

2. 基坑及基槽土方量如何计算?
3. 试述方格网法计算场地平整土方量的步骤和方法。
4. 试述断面法计算场地平整土方量的步骤和方法。
5. 什么是边坡系数? 影响边坡稳定的因素有哪些?
6. 人工降低地下水位的方法有哪些? 适用范围如何?
7. 单斗挖土机有哪几种类型? 其工作特点和适用范围如何? 正铲、反铲挖土机开挖方式有哪几种? 如何选择?
8. 填土压实有哪几种方法? 各有什么特点? 影响填土压实的主要因素有哪些?
9. 什么是土的最佳含水量? 土的含水量和控制干密度对填土压实质量有何影响?
10. 土方工程冬期施工有哪些防冻措施? 雨期施工应注意哪些问题?
11. 某基坑底长 85 m, 宽 60 m, 深 8 m, 工作宽度 0.5 m, 四边放坡, 边坡系数为 0.5, 试计算土方开挖工程量。
12. 地基加固的方法有哪些?
13. 试述强夯法的夯实步骤。
14. 试述高压喷射注浆地基的施工质量验收标准。
15. 试述浅基础的类型。
16. 砖基础施工的注意事项有哪些?
17. 试述干作业钻孔灌注桩的施工工艺。
18. 锤击沉桩法的特点有哪些?
19. 灌注桩成孔方法有哪些?
20. 试述泥浆护壁成孔灌注桩回转钻机钻孔方式正循环与反循环的区别。
21. 桩基础工程安全技术的内容有哪些?

模块 2 砌筑工程施工

学习目标

- 了解脚手架的种类、搭设要求及垂直运输设施。
- 了解石砌体的施工工艺。
- 熟悉砌体对材料的要求。
- 掌握小型混凝土空心砌块的施工工艺。
- 掌握砖砌体的施工工艺、质量要求及质量通病的防治。
- 掌握膨胀聚苯薄抹灰外墙外保温体系、外贴式聚苯板外墙外保温系统、大模内置无网保温系统、外墙保温砂浆等墙体节能工程的施工方法及技术要求。
- 掌握砌筑工程冬期、雨期施工方法。

2.1 脚手架工程搭设

脚手架是指在施工现场为安全防护、工人操作和解决楼层水平运输而搭设的支架,是施工的临时设施,也是施工作业中必不可少的工具和手段。脚手架工程对施工人员的操作安全、工程质量、工程成本、施工进度以及邻近建筑物和场地影响都很大,在工程建造中占有相当重要的地位。

2.1.1 脚手架的基本要求与分类

1. 脚手架的基本要求

(1)要有足够的宽度(一般为 1.5~2.0 m)、步架高度(砌筑脚手架为 1.2~1.4 m,装饰脚手架为 1.6~1.8 m),且能够满足工人操作、材料堆置以及运输的要求。

(2)应具有稳定的结构和足够的承载力,能确保在各种荷载和气候条件下,不超过允许变形、不倾倒、不摇晃,并有可靠的防护设施,以确保在架设、使用和拆除过程中的安全可靠。

(3)应与楼层作业面高度统一,并与垂直运输设施(如施工电梯、井字架等)相适应,以满足材料由垂直运输转入楼层水平运输的需要。

(4)搭拆简单,易于搬运,能够多次周转使用。

(5)应考虑多层作业、交叉流水作业和多工种平行作业的需要,减少重复搭拆次数。

2. 脚手架的分类

脚手架的种类很多。按构造形式分为多立杆式(也称为杆件组合式)、框架组合式(如

门式)、格构件组合式(如桥式)和台架等;按支固方式分为落地式、悬挑式、悬吊式(吊篮)等;按搭拆和移动方式分为人工装拆脚手架、附着升降脚手架、整体提升脚手架、水平移动脚手架和升降桥架;按用途分为主体结构脚手架、装修脚手架和支撑脚手架等;按搭设位置分为外脚手架和里脚手架;按使用材料分为木、竹和金属脚手架。这里仅介绍几种常用的脚手架。

2.1.2 多立杆式脚手架

多立杆式脚手架主要由立杆(又称立柱)、纵向水平杆(大横杆)、横向水平杆(小横杆)、底座、支撑及脚手板构成受力骨架和作业层和安全防护设施组成。常用的有扣件式钢管脚手架(扣件式节点)和碗扣式钢管脚手架(碗扣式节点)两种。

1. 扣件式钢管脚手架

扣件式钢管脚手架主要由钢管和扣件组成,如图 2-1 所示,它具有承载能力大、装拆方便、搭设高度大、周转次数多、摊销费用低等优点,是目前使用最普遍的周转材料之一。

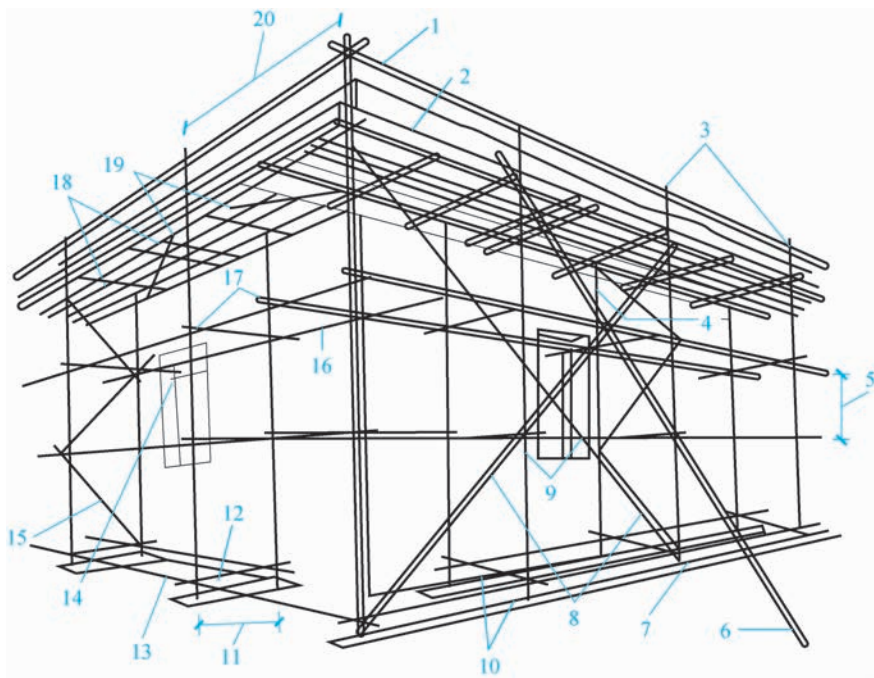


图 2-1 扣件式钢管脚手架的组成

- 1—防护栏杆;2—挡脚板;3—外立柱;4—内立柱;5—步距;6—抛撑;7—底座;8—剪刀撑;9—旋转扣件;
10—垫板;11—排距;12—横向扫地杆;13—纵向扫地杆;14—连墙固定件;15—横向斜撑;
16—纵向水平杆;17—直角扣件;18—横向水平杆;19—水平斜撑;20—柱距

1) 扣件式钢管脚手架的主要组成部件及其作用

(1) 钢管。脚手架钢管的质量应符合《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)中 Q235-A 级钢的规定,其尺寸应按表 2-1 所示采用。宜采用 $\phi 48 \times 3.5$ 的钢管,每根质量不应大于 25 kg。



微课
扣件式钢管脚手架



图片
扣件式脚手架

表 2-1 扣件式钢管脚手架钢管尺寸

单位: mm

截面尺寸		最大长度	
外径 ϕ	壁厚 t	横向水平杆	其他杆
48	3.5	2 200	4 000~6 500
51	3.0		

根据钢管在脚手架中的位置和作用的不同,钢管可分为立杆、大横杆、小横杆、连墙杆、剪刀撑、水平斜拉杆等,其作用分别为:

- ①立杆。平行于建筑物并垂直于地面,将脚手架荷载传递给底座。
- ②大横杆。平行于建筑物并在纵向水平连接各立杆,承受、传递荷载给立杆。
- ③小横杆。垂直于建筑物并在横向连接内、外大横杆,承受、传递荷载给大横杆。
- ④剪刀撑。设在脚手架外侧面并与墙面平行的十字交叉斜杆,可增强脚手架的纵向刚度。
- ⑤连墙杆。连接脚手架与建筑物,承受并传递荷载,且可防止脚手架横向失稳。
- ⑥水平斜拉杆。设在有连墙杆的脚手架内、外立柱间的步架平面内的“之”字形斜杆,可增强脚手架的横向刚度。
- ⑦纵向水平扫地杆。采用直角扣件固定在距底座上皮不大于 200 mm 处的立杆上,起约束立杆底端在纵向发生位移的作用。
- ⑧横向水平扫地杆。采用直角扣件固定在紧靠纵向扫地杆下方的立杆上的横向水平杆,起约束立杆底端在横向发生位移的作用。

(2)扣件。扣件是钢管与钢管之间的连接件,其基本形式有三种,如图 2-2 所示。

- ①旋转扣件(回转扣),用于两根呈任意角度交叉钢管的联接。
- ②直角扣件(十字扣),用于两根呈垂直交叉钢管的联接。
- ③对接扣件(一字扣),用于两根钢管的对接联接。



图 2-2 扣件形式

(3)脚手板。脚手板是提供施工作业条件并承受和传递荷载给水平杆的板件,可用竹、木等材料制成。脚手板若设于非操作层则起安全防护作用。

(4)底座。设在立杆下端,承受并传递立杆荷载给地基,如图 2-3 所示。

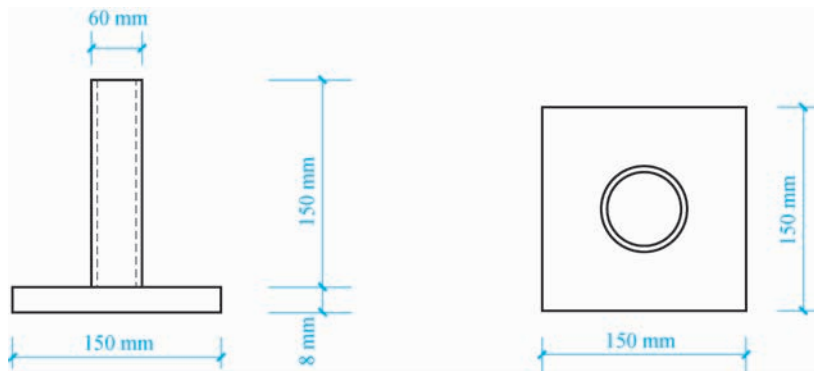


图 2-3 扣件式脚手架底座

(5)安全网。用于保证施工安全,减少灰尘、噪声、光污染,包括立网和平网两部分。

2)扣件式钢管脚手架的构造

扣件式钢管脚手架的基本构造形式有单排架和双排架两种,如图 2-4 所示。

单排架和双排架一般用于外墙砌筑与装饰。

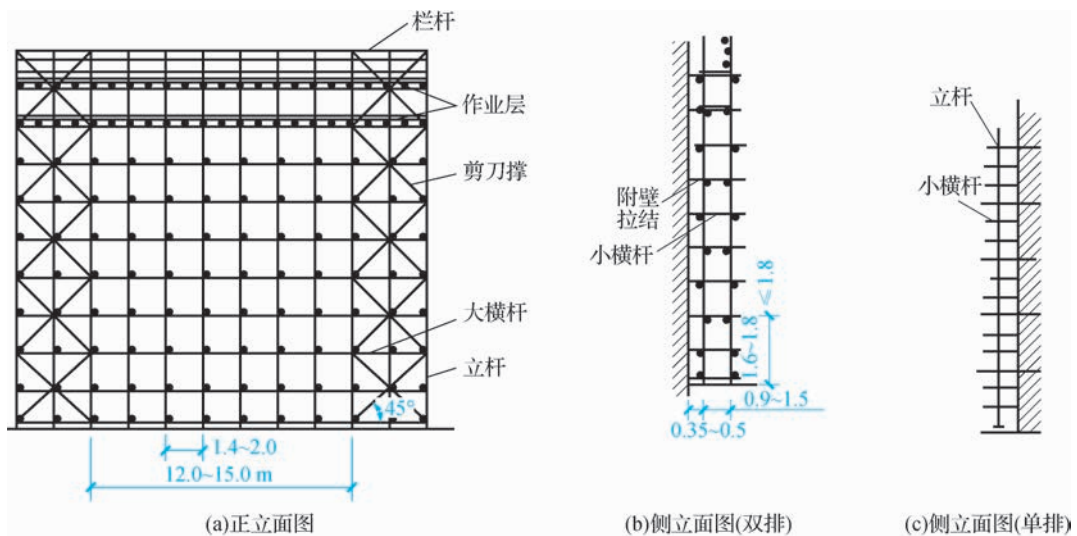


图 2-4 扣件式钢管脚手架构造形式(单位:m)

(1)立杆。横距为 1.0~1.5 m,纵距为 1.2~2.0 m,每根立杆均应设置标准底座。由标准底座底面向上 200 mm 处,必须设置纵、横向扫地杆,用直角扣件与立杆连接固定。立杆接长除顶层可以采用搭接外,其余各层必须采用对接扣件连接。立杆的对接、搭接应满足下列要求。

①立杆上的对接扣件应交错布置,两相邻立杆的接头应错开一步,其错开的垂直距离不应小于 500 mm,且与相近的纵向水平杆距离应小于 1/3 步距。

②对接扣件距主节点(立杆、大、小横杆三者的交点)的距离不应大于 1/3 步距。

③立杆的搭接长度不应小于 1 m,用不少于两个的旋转扣件固定,端部扣件盖板的边沿至杆端距离不应小于 100 mm。

(2)大横杆。大横杆要设置为水平,长度不应小于2跨,大横杆与立杆要用直角扣件扣紧,且不能隔步设置或遗漏。两大横杆的接头必须采用对接扣件连接,接头位置距立杆轴心线的距离不宜大于跨度的1/3;同一步架中内外两根纵向水平杆的对接接头应尽量错开一跨,上下相邻两根纵向水平杆的对接接头也应尽量错开一跨,错开的水平距离不应小于500mm。

(3)小横杆。小横杆设置在立杆与大横杆的相交处,用直角扣件与大横杆扣紧,且应贴近立杆布置,小横杆距离立杆轴心线的距离不应大于150mm。当为单排脚手架时,小横杆的一端与大横杆连接,另一端插入墙内,长度不小于180mm;当为双排脚手架时,小横杆的两端应用直角扣件固定在大横杆上。

(4)支撑。支撑有剪刀撑(又称为十字撑)和横向支撑(又称为横向斜拉杆、“之”字撑)。剪刀撑设置在脚手架外侧面,与外墙平行的十字交叉斜杆,可增强脚手架的纵向刚度;横向支撑是设置在脚手架内外排立杆之间的呈“之”字形的斜杆,可增强脚手架的横向刚度。双排脚手架应设剪刀撑与横向支撑,单排脚手架应设剪刀撑。

剪刀撑的设置应符合下列要求。

①高度在24m以下的单、双排脚手架均应在外侧立面的两端各设置一道剪刀撑,由底至顶连续设置;中间每道剪刀撑的净距不应大于15m。

②高度在24m以上的双排脚手架应在外侧立面整个长度和高度上连续设置剪刀撑。

③每道剪刀撑跨越立杆的根数宜在5~7根,与地面的倾角宜在45°~60°。

④剪刀撑的连接除顶层可采用搭接外,其余各接头必须采用对接扣件连接。搭接长度不小于1m,用不少于两个的旋转扣件连接。

⑤剪刀撑的斜杆应用旋转扣件固定在与之相交的小横杆的伸出端或立杆上,旋转扣件中心线距主节点的距离不应大于150mm。

横向支撑的设置应符合下列要求。

①横向支撑的每一道斜杆应在1~2步,由底至顶呈“之”字形连续布置,两端用旋转扣件固定在立杆或小横杆上。

②一字型、开口型双排脚手架的两端均必须设置横向支撑,中间每隔6跨设置一道。

③24m以下的封闭型双排脚手架可不设横向支撑,24m以上者除两端应设置横向支撑外,中间应每隔6跨设置一道。

(5)连墙件。连墙件(又称为连墙杆)是连接脚手架与建筑物的部件。它既要承受、传递风荷载,又要防止脚手架横向失稳或倾覆。

连墙件的布置形式、间距大小对脚手架的承载能力有很大影响,它不仅可以防止脚手架的倾覆,而且还可以加强立杆的刚度和稳定性。连墙件的布置间距见表2-2。

表 2-2 连墙件布置最大间距

单位:m

脚手架高度 H		竖向间距	水平间距
双排	≤ 50	≤ 6 (3步)	≤ 6 (3跨)
	> 50	≤ 4 (2步)	≤ 6 (3跨)
单排	≤ 24	≤ 6 (3步)	≤ 6 (3跨)

连墙件根据传力性能、构造形式的不同,可分为刚性连墙件和柔性连墙件。通常采用刚性连墙件连接脚手架与建筑物。24 m 以上的双排脚手架必须采用刚性连墙件与墙体连接,如图 2-5 所示;当脚手架高度在 24 m 以下时,也可采用柔性连墙件(如用铁丝或 $\phi 6$ 钢筋),这时必须配备顶撑顶在混凝土梁、柱等结构部位,以防止向内倾倒,如图 2-6 所示。

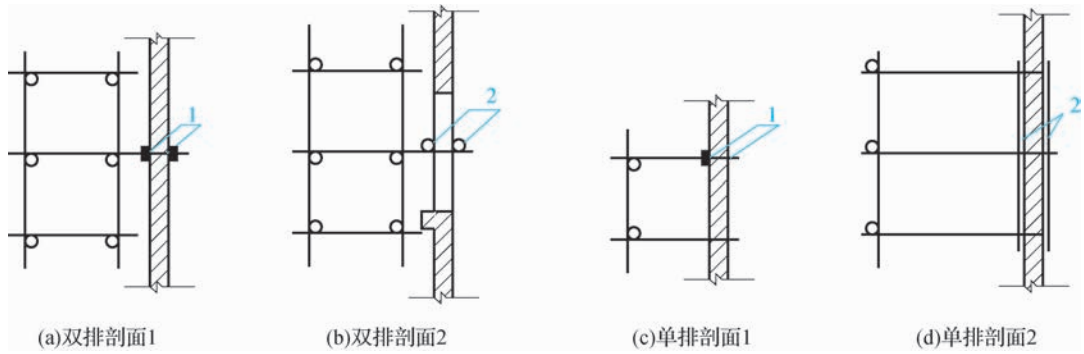


图 2-5 刚性连墙件固定

1—扣件;2—短钢管

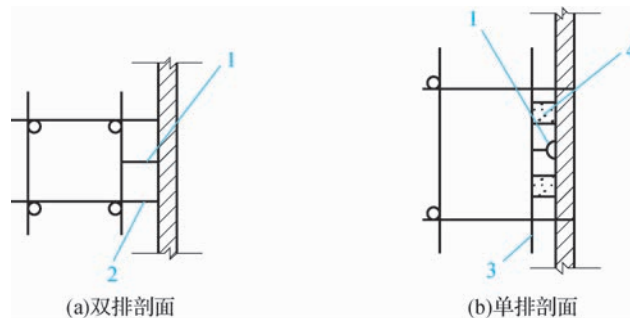


图 2-6 柔性连墙件固定

1—8 号铅丝与墙内埋设的钢筋环拉住;2—顶墙横杆;3—短钢管;4—木楔

3) 扣件式钢管脚手架的搭设与拆除

(1) 扣件式钢管脚手架的搭设。脚手架的搭设要求钢管的规格相同,地基平整夯实,对高层建筑物脚手架的基础要进行验算,脚手架地基的四周应排水畅通,立杆底端要设底座或垫木,垫板长度不小于 2 跨,木垫板厚度不小于 50 mm,也可用槽钢。

通常,脚手架的搭设顺序为:放置纵向水平扫地杆→逐根树立立杆(随即与扫地杆扣紧)→安装横向水平扫地杆(随即与立杆或纵向水平扫地杆扣紧)→安装第一步纵向水平杆(随即与各立杆扣紧)→安装第一步横向水平杆→安装第二步纵向水平杆→安装第二步横向水平杆→加设临时斜撑杆(上端与第二步纵向水平杆扣紧,在装设两道连墙杆后可拆除)→安装第三、四步纵横向水平杆→安装连墙杆、接长立杆,加设剪刀撑→铺设脚手板→挂安全网→(向上安装重复步骤)。

开始搭设第一节立杆时,每 6 跨应暂设 1 根抛撑;当搭设至设有连墙件的构造点时,应立即设置连墙件与墙体连接,当装设两道连墙件后抛撑便可拆除;双排脚手架的小横杆靠墙

一端应离开墙体装饰面至少 100 mm,杆件相交的伸出端长度不小于 100 mm,以防止杆件滑脱;扣件规格必须与钢管外径一致,扣件螺栓拧紧,扭力矩为 40~65 N·m;除操作层的脚手板外,宜每隔 1.2 m 高满铺一层脚手板,在脚手架全高或高层脚手架的每个高度区段内,铺板层不多于 6 层,作业层不超过 3 层,或者根据设计搭设。

对于单排架的搭设应在墙体上留脚手架眼,但在墙体下列部位不允许留脚手架眼。

- 砖过梁上与过梁两端成 60° 角的三角形范围内及过梁净跨度 1/2 的高度范围内。
- 宽度小于 1 m 的窗间墙。
- 梁或梁垫下及其两侧各 500 mm 的范围内。
- 砖砌体的门窗洞口两侧 200 mm 和墙转角处 450 mm 的范围内。
- 其他砌体的门窗洞口两侧 300 mm 和转角处 600 mm 的范围内。
- 独立柱或附墙砖柱,设计上不允许留脚手眼的部位。



图文
脚手架的拆除
(规范节选)

(2)扣件式脚手架的拆除。扣件式脚手架的拆除应按由上而下、后搭者先拆、先搭者后拆的顺序进行。严禁上下同时拆除,以及先将整层连墙件或数层连墙件拆除后再拆其余杆件;如果采用分段拆除,其高差不应大于 2 步架;当拆除至最后一节立杆时,应先搭设临时抛撑加固后,再拆除连墙件;拆下的材料应及时分类集中运至地面,严禁抛扔。

2. 碗扣式钢管脚手架

碗扣式钢管脚手架的核心部件是碗口接头,它由焊在立杆上的下碗扣、可滑动的上碗扣、上碗扣的限位销和焊在横杆上的接头组成,如图 2-7 所示。



图文
碗扣式钢管脚
手架

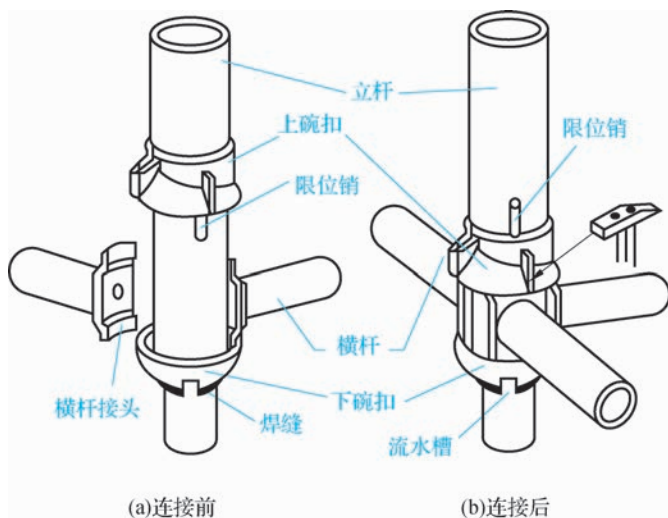


图 2-7 碗扣接头

连接时,只需将横杆插入下碗扣内,将上碗扣沿限位销扣下,顺时针旋转,靠近上碗扣螺旋面使之与限位销顶紧,从而将横杆和立杆牢固地连接在一起,形成框架结构。碗扣式接头可同时连接 4 根横杆,横杆可以相互垂直也可以偏转成一定的角度,位置随需要确定。该脚手架具有多功能、高效、承载力大、安全可靠、便于管理、易改造等优点。

1) 碗扣式钢管脚手架的构配件及用途

碗扣式钢管脚手架的构配件按其用途可分为主要构件、辅助构件和专用构件三类。

(1)主构件。

①立杆。由一定长度的 $\phi 48 \times 3.5$ 钢管上每隔600mm安装碗扣接头,并在其顶端焊接立杆焊接管制成,用做脚手架的垂直承力杆。

②顶杆。即顶部立杆,在顶端设有立杆的连接管,以便在顶端插入托撑。用做支撑架(柱)、物料提升架等顶端的垂直承力杆。

③横杆。由一定长度的 $\phi 48 \times 3.5$ 钢管两端焊接横杆接头制成,用做立杆横向连接管,或框架水平承力杆。

④单横杆。仅在 $\phi 48 \times 3.5$ 的钢管一端焊接横杆接头,用做单排脚手架横向水平杆。

⑤斜杆。用于增强脚手架的稳定性,提高脚手架的承载力。

⑥底座。由 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 8\text{mm}$ 的钢板在中心焊接连接杆制成,安装在立杆的底部,用做防止立杆下沉并将上部荷载分散传递给地基的构件。

(2)辅助构件(用于作业面及附壁拉结等的杆部件)。

①间横杆。为满足普通钢或木脚手板的需要而专设的杆件,可搭设于主架横杆之间的任意部位,用以减小支承间距和支撑挑头脚手板。

②架梯。由钢踏步板焊在槽钢上制成,两端带有挂钩,可牢固地挂在横杆上,用做作业人员上下脚手架的通道。

③连墙撑。该构件为脚手架与墙体结构间的连接件,用以加强脚手架抵抗风载及其他永久性水平荷载的能力,提高其稳定性,防止倒塌。

(3)专用构件(有专门用途的杆部件)。

①悬挑架。由挑杆和撑杆用碗扣接头固定在楼层内支撑架上构成。用于在其上搭设悬挑脚手架,可直接从楼内挑出,不需在墙体结构设预埋件。

②提升滑轮。用于提升小物料而设计的杆部件,由吊柱、吊架和滑轮等组成。吊柱可插入宽挑梁的垂直杆中固定,与宽挑梁配套使用。

2)搭设要点

(1)组装顺序。

组装顺序为:底座→立杆→横杆→斜杆→接头锁紧→脚手板→上层立杆→立杆连接→横杆。

(2)注意事项。

①立杆、横杆的设置。一般地,双排外脚手架立杆的横向间距取1.2m,横杆的步距取1.8m,立杆的纵向间距根据建筑物结构及作用荷载等具体要求确定,常选用1.2m、1.8m、2.4m三种尺寸。

②直角交叉。对一般方形建筑物的外脚手架,在拐角处两直角交叉的排架要连在一起,以增加脚手架的整体稳定性。

③斜杆的设置。斜杆用于增强脚手架稳定性,可装成节点斜杆,也可装成非节点斜杆,一般情况下斜杆应尽量设置在脚手架的节点上。对于高度在30m以下的脚手架,可根据荷载情况,设置斜杆的框架面积为整架立面面积的 $1/5 \sim 1/2$;对于高度在30m以上的高层脚手架,设置斜杆的框架面积不小于整架面积的 $1/2$ 。在拐角边缘及端部必须设置斜杆,中间可均匀间隔布置。

④连墙撑的设置。连墙撑是脚手架与建筑物之间的连接件,用于提高脚手架的横向稳

定性,承受偏心荷载和水平荷载等。一般情况下,对于高度在 30 m 以下的脚手架,可 4 跨 3 步布置一个(约 40 m²);对于高层及重载脚手架,则要适当加密;50 m 以下的脚手架至少应 3 跨 3 步布置一个(约 25 m²);50 m 以上的脚手架至少应 3 跨 2 步布置一个(约 20 m²)。连墙撑尽量连接在横杆层碗扣接头内,同脚手架、墙体保持垂直,并随建筑物及架子的升高及时设置,尽量采用梅花形布置方式。

2.1.3 其他脚手架

1. 门式钢管脚手架

门式钢管脚手架是 20 世纪 80 年代初由国外引进的一种多功能型脚手架,它由门架及配件组成。门式钢管脚手架结构设计合理、受力性能好、承载能力高、装拆方便、安全可靠,是目前国际上应用较为广泛的一种脚手架。

1) 门式钢管脚手架主要组成部件

门式脚手架由门架、剪刀撑(交叉拉杆)、水平梁架(平行架)、挂扣式脚手板、连接棒和锁臂等构成基本单元,如图 2-8 所示。



图片
门式钢管脚
手架

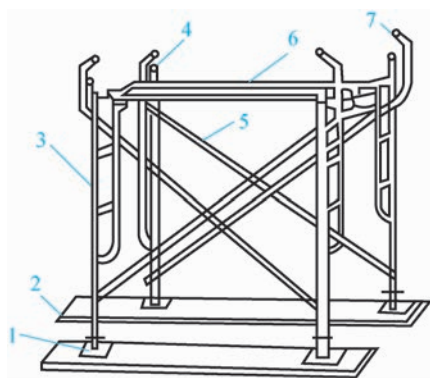


图 2-8 门式脚手架的基本单元

1—螺旋基脚;2—平板;3—门架;4—连接棒;5—剪刀撑;6—水平梁架;7—锁臂

将基本单元相互连接起来并增设梯形架、栏杆等部件即构成整片脚手架。门式脚手架的组成部件如图 2-9 至图 2-11 所示。



图 2-9 门式脚手架主要部件

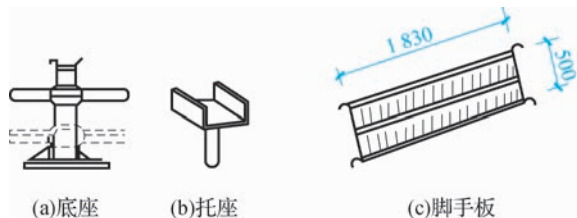


图 2-10 底座、托座、脚手板(单位:mm)

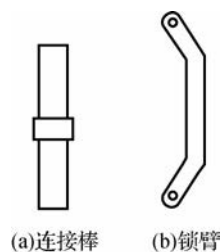


图 2-11 连接棒和锁臂

2) 门式钢管脚手架的搭设与拆除

(1) 搭设。门式脚手架的搭设顺序为:铺放垫木(垫板)→拉线,放底座→自一端起立门架,并随即装剪刀撑→装水平梁架(或脚手板)→装梯子→装通长大横杆→装连墙件→装连接棒→装下一步门架→装锁臂→重复以上步骤,逐层向上安装→装长剪刀撑→装设顶部栏杆。

(2) 拆除。拆除脚手架时,应设置警戒区和警戒标志,并由专职人员负责警戒。应自上而下进行,各部件拆除的顺序与安装顺序相反,不允许将拆除的部件从高空抛下,而应将拆下的部件收集分类后,用垂直吊运机具运至地面,集中堆放保管。

2. 悬吊式脚手架

悬吊式脚手架也称吊篮,主要用于建筑外墙的施工和装修。它是将架子(吊篮)的悬挂点固定在建筑物顶部悬挑出来的结构上,通过设在每个架子上的简易提升机械和钢丝绳,使吊篮升降,以满足施工要求。悬吊式脚手架具有节约大量钢管材料、节省劳力、缩短工期、操作方便灵活、技术经济效益好等优点。吊篮可分为两大类,一类是手动吊篮,利用手扳葫芦进行升降;一类是电动吊篮,利用电动卷扬机进行升降。

1) 手动吊篮的基本组成

手动吊篮由支承设施(建筑物顶部悬挑梁或桁架)、吊篮绳(钢丝绳或钢筋链杆)、安全绳、手扳葫芦(或倒链)和吊架组成,如图 2-12 所示。

2) 支设要求

① 吊篮内侧与建筑物间隙为 0.1~0.2 m,两个吊篮之间的间隙不得大于 0.2 m,吊篮的最大长度不宜超过 8.0 m,宽度为 0.8~1.0 m,高度不宜超过两层。吊篮外侧端部防护栏杆高 1.5 m,每边栏杆间距不大于 0.5 m,挡脚板不低于 0.18 m。吊篮内侧必须于 0.6 m 和 1.2 m 处各设防护栏杆一道,挡脚板不低于 0.18 m。吊篮顶部必须设防护棚,外侧面与两端面用密目网封严。

② 吊篮的立杆(或单元片)纵向间距不得大于 2 m。通常支撑脚手板的横向水平杆间距不宜大于 1 m,脚手板必须与横向水平杆绑牢或卡牢,不允许有松动或探头板。

③ 吊篮架体的外侧面和两端面应加设剪刀撑或斜撑杆卡牢。

④ 吊篮内侧两端应装有可伸缩的护墙轮等装置,使吊篮在工作时能靠紧建筑物,以减少架体晃动。同时,超过一层架高的吊篮架要设爬梯,每层架的上下入孔要有盖板。

⑤ 悬挂吊篮的挑梁必须按设计规定与建筑结构固定牢靠,挑梁挑出长度应保证悬挂吊篮的钢丝绳(或钢筋链杆)垂直地面。挑梁之间应用纵向水平杆连接成整体,以保证挑梁结

构的稳定。

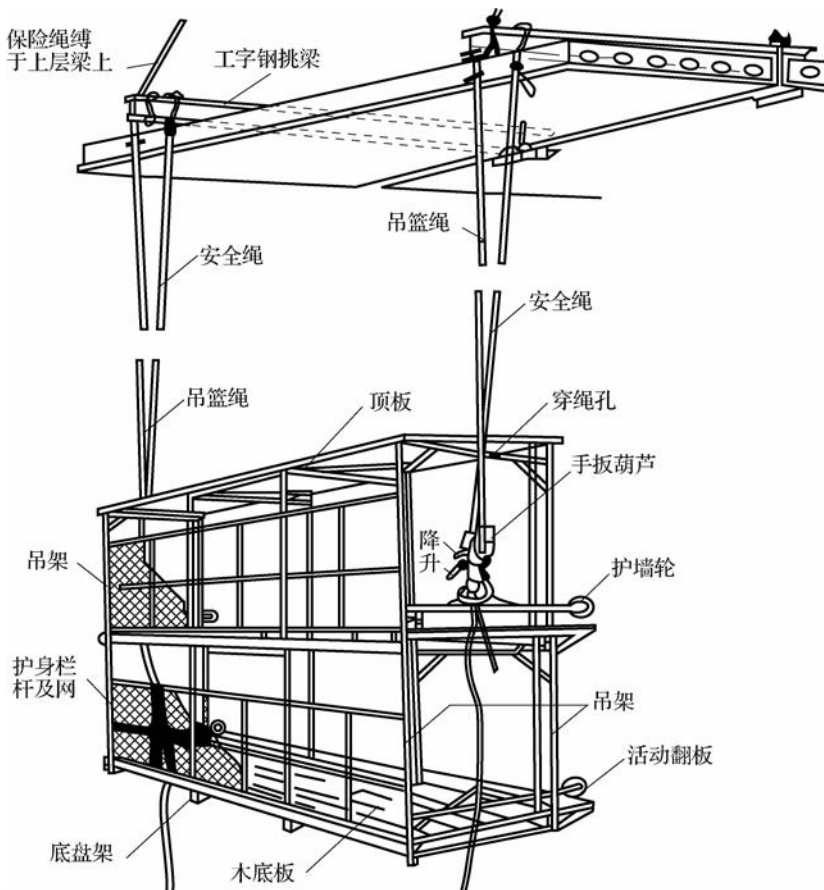


图 2-12 双层作业的手动提升式吊篮

⑥吊篮绳若用钢筋链杆,其直径不小于 16 mm,每节链杆长 800 mm,每 5~10 根链杆应相互连成一组,使用时用卡环将各组连接至需要的长度。安全绳均采用直径不小于 13 mm 的钢丝绳通长到底布置。

⑦挑梁与吊篮吊绳连接端应有防止滑脱的保护装置。

3) 操作方法

先在地面上用倒链组装好吊篮架体,并在屋顶挑梁上挂好承重钢丝绳和安全绳,然后将承重钢丝绳穿过手扳葫芦的导绳孔向吊钩方向穿入、压紧,往复扳动前进手柄,即可提升吊篮;往复扳动倒退手柄即可下落,但不可同时扳动上下手柄。如果采用钢筋链杆作为承重吊杆,则先把安全绳与钢筋链杆挂在已固定好的屋顶挑梁上,然后把倒链挂在钢筋链杆的链环上,下部吊住吊篮,利用倒链升降。由于倒链行程有限,因此在升降过程中,要多次人工倒替倒链,如此接力升降。

3. 附着升降式脚手架

附着升降式脚手架是指仅需搭设一定高度并附着于工程结构上,依靠自身的升降设备和装置,随工程结构施工逐层爬升,并能实现下降作业的外脚手架。这种脚手架适用于现浇

钢筋混凝土结构的高层建筑。

附着升降脚手架按爬升构造方式分为导轨式、主套架式、悬挑式、吊拉式(互爬式)等,如图 2-13 所示。其中主套架式、吊拉式采用分段升降方式;悬挑式、轨道式既可采用分段升降方式,也可采用整体升降方式。无论采用哪一种附着升降式脚手架,其技术关键是与建筑物有牢固的固定措施,升降过程均有可靠的防倾覆措施,设有安全防坠落装置和措施,具有升降过程中的同步控制措施。

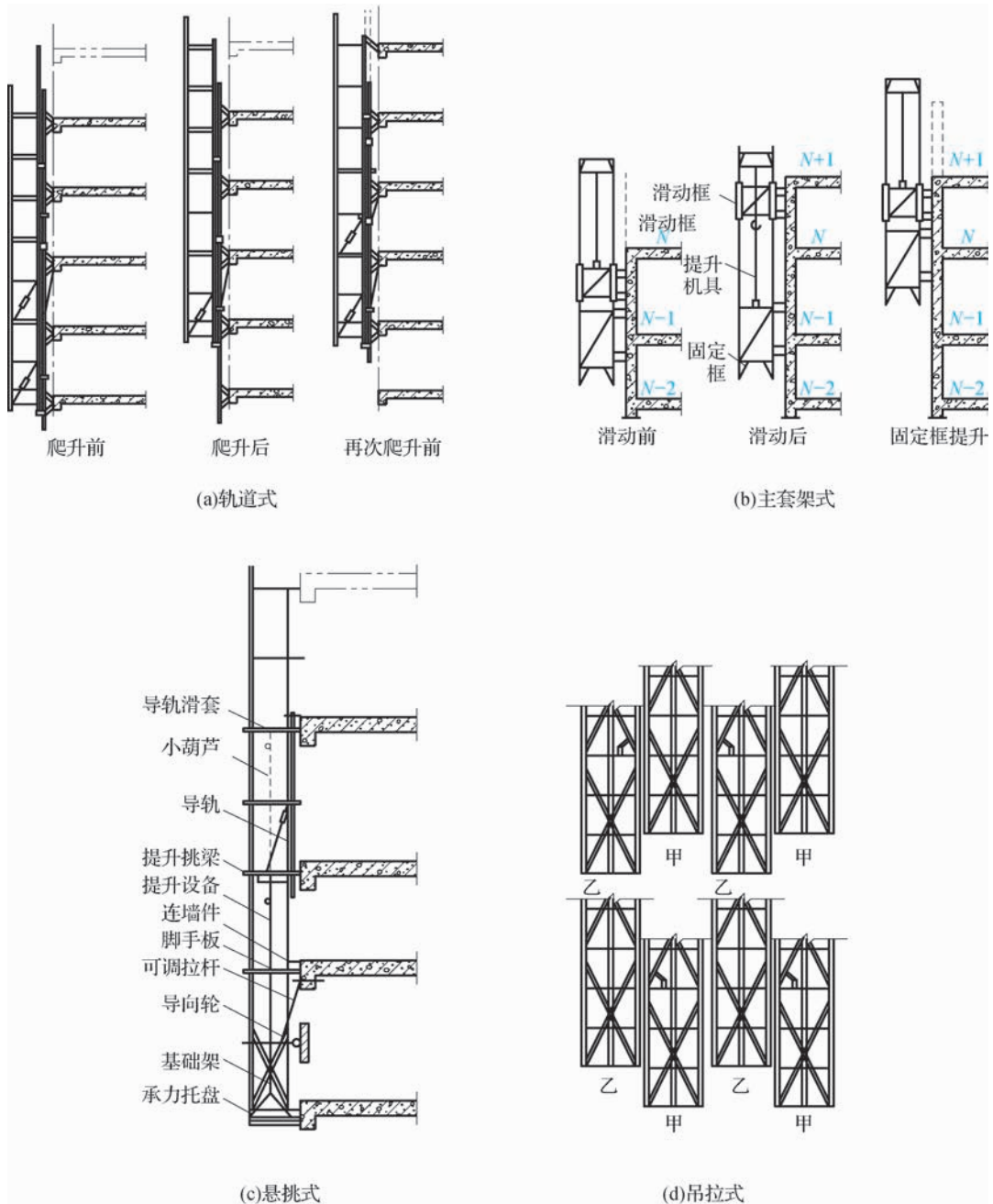


图 2-13 附着升降脚手架示意图

附着升降脚手架主要由架体结构、附着支撑、升降装置、安全装置等组成,如图 2-14 所示。

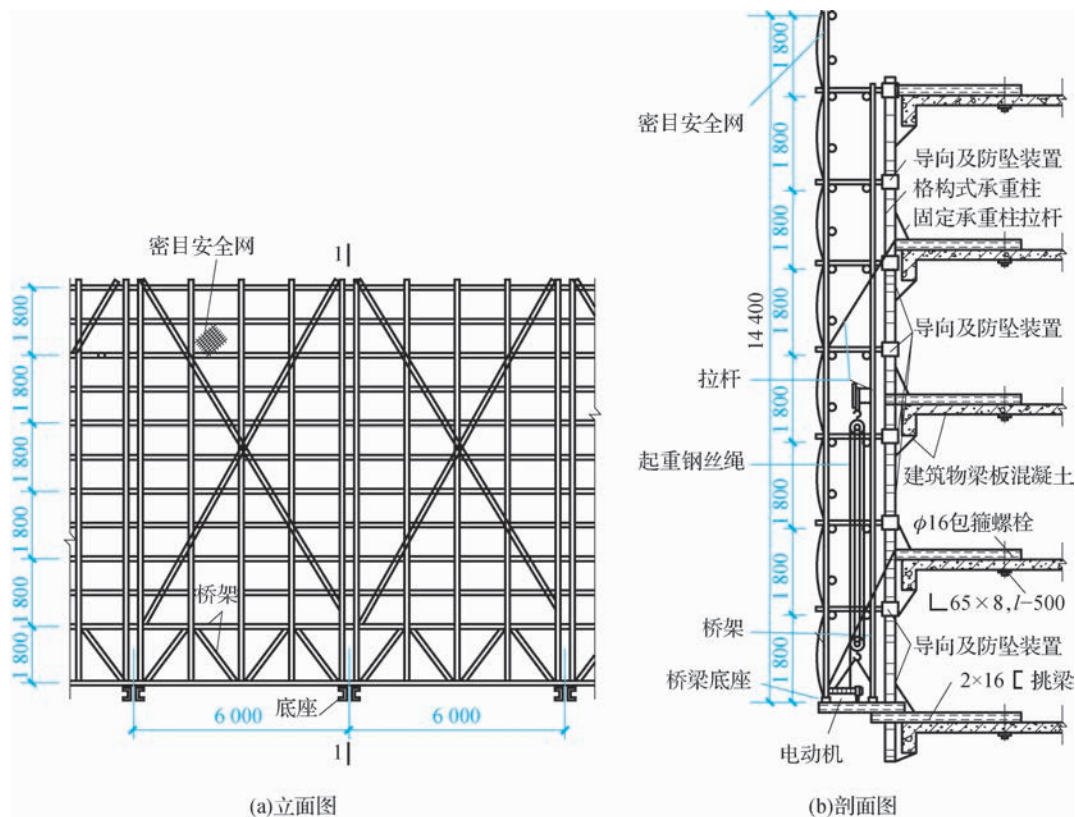


图 2-14 附着升降脚手架立面、剖面图(单位:mm)

1) 架体结构

架体常用桁架作为底部的承力装置,桁架两端支承于横向刚架或托架上,横向刚架又通过与其连接的附墙支座固定于建筑物上。架体本身一般采用扣件式钢管搭设,架高不应大于楼层高度的 5 倍,架宽不宜超过 1.2 m,分段单元脚手架长度不应超过 8 m。主要构件有立杆、纵横向水平杆、斜杆、剪刀撑、脚手板、梯子、扶手等。脚手架的外侧设密目式安全网进行全封闭,每步架设防护栏杆及挡脚板,底部满铺一层固定脚手板。整个架体的作用是提供操作平台、物料搬运、材料堆放、操作人员通行和安全防护等。

2) 爬升机构

爬升机构是实现架体升降、导向、防坠、固定提升设备、连接吊点和架体通过横向刚架与附墙支座的连接等,它的作用主要是进行可靠的附墙和保证将架体上的恒载与施工活荷载安全、迅速、准确地传递到建筑结构上。

3) 动力及控制设备

提升用的动力设备主要有手拉葫芦、环链式电动葫芦、液压千斤顶、螺杆升降机、升板机、卷扬机等。目前采用电动葫芦者居多,原因是其使用方便、省力、易控。当动力设备采用电控系统时,一般均采用电缆将动力设备与控制柜相连,并用控制柜进行动力设备控制;当

动力设备采用液压系统控制时,一般采用液压管路与动力设备和液压控制台相连,然后液压控制台再与液压管路相连,并通过液压控制台对动力设备进行控制。总之,动力设备的作用是为架体升降提供动力。

4)安全装置

(1)导向装置。导向装置的作用是提供架体前后、左右对水平方向位移的约束,限定架体只能沿垂直方向运动,并防止架体在升降过程中晃动、倾覆和水平错动。

(2)防坠装置。防坠装置的作用是在动力装置本身的制动装置失效、起重钢丝绳或吊链突然断裂和梯吊梁掉落等情况发生时,瞬间准确、迅速地锁住架体,防止其下坠造成伤亡事故。

(3)同步提升控制装置。同步提升控制装置的作用是在架体升降过程中,控制各提升点保持在同一水平位置上,以防止架体本身与附墙支座的附墙固定螺栓产生次应力和超载而发生伤亡。

4. 悬挑脚手架

悬挑式外脚手架是利用建筑结构外边缘向外伸出的悬挑结构来支承外脚手架,将脚手架的荷载全部或部分传递给建筑结构。悬挑脚手架的关键是悬挑支承结构,悬挑支承结构必须有足够的强度、刚度和稳定性,并能将脚手架的荷载传递给建筑结构。

1)适用范围

在高层建筑施工中遇到以下三种情况时,可采用悬挑式外脚手架。

(1)±0.000以下结构工程回填土不能及时回填,而主体结构工程必须立即进行,否则将影响工期。

(2)高层建筑主体结构四周为裙房,脚手架不能直接支承在地面上。

(3)对于超高层建筑施工,脚手架搭设高度超过了架子的允许搭设高度,因此将整个脚手架按允许搭设高度分成若干段,每段脚手架支承在由建筑结构向外悬挑的结构上。

2)悬挑支撑结构

悬挑支撑结构主要有以下两类。

(1)用型钢作为梁挑出,端头加钢丝绳(或用钢筋花篮螺栓拉杆)斜拉,组成悬挑支撑结构。由于悬出端支撑杆件是斜拉索(或拉杆),简称为斜拉式,如图2-15(a)和图2-15(b)所示。斜拉式悬挑外脚手架悬出端支撑杆件是斜拉索(或拉杆),其承载能力由拉杆的强度控制,因此断面较小,能节省钢材,且自重轻。

(2)用型钢焊接的三角桁架作为悬挑支撑结构,悬出端的支撑杆件是三角斜撑压杆,又称为下撑式,如图2-15(c)所示。下撑式悬挑外脚手架悬出端支撑杆件是斜撑受压杆,其承载能力由压杆稳定性控制,因此断面较大,钢材用量较多。

3)构造及搭设要点

(1)斜拉式支撑结构可在楼板上预埋钢筋环,外伸钢梁(工字钢、槽钢等)插入钢筋环内固定,或钢梁一端埋置在墙体结构的混凝土内,另一端加钢丝绳斜拉,钢丝绳固定到预埋在建筑物内的吊环上。

(2)下撑式支撑结构可将钢梁一端埋置在墙体结构的混凝土内,另一端利用由钢管或角钢制作的斜杆连接,斜杆下端焊接到混凝土结构中的预埋钢板上,如图2-16所示。当结构中钢筋过密、挑梁无法埋入时,可采用预埋件将挑梁与预埋件焊接。预埋件的锚固筋要采用锚塞焊,并由计算确定。

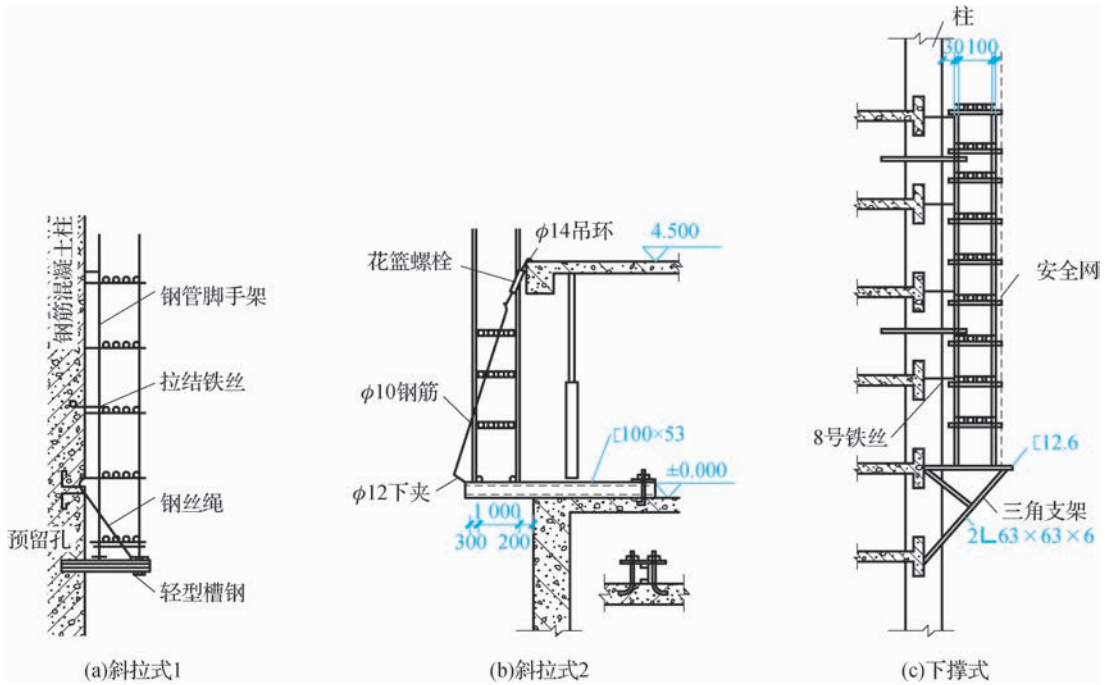


图 2-15 悬挑支撑结构的结构形式

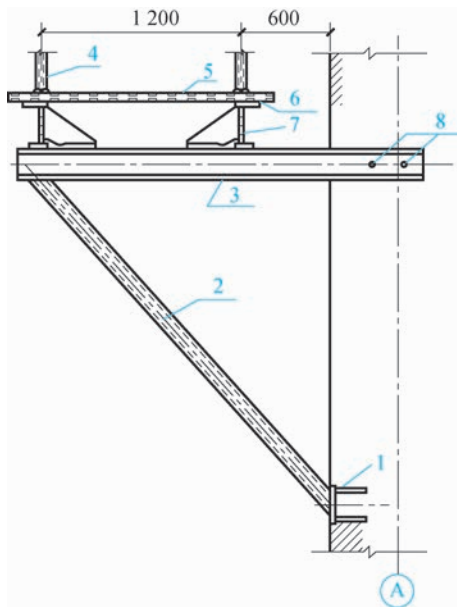


图 2-16 三角桁架式挑架

- 1—预埋件；2—圆钢管斜杆；3—型钢挑架；4—脚手架立柱；5—槽钢横梁；6—压板；
7—纵向钢梁；8—埋入结构内的钢挑梁端部穿以钢筋增加锚固

- (3) 根据结构情况和工地条件采用其他可靠的形式与结构连接。
(4) 当支承结构的纵向间距与上部脚手架立杆的纵向间距相同时，立杆可直接支承在悬

挑的支承结构上；当支承结构的纵向间距大于上部脚手架立杆的纵向间距时，则立杆应支承在设置于两个支承结构之间的两根纵向钢梁上。

(5)上部脚手架立杆与支承结构应有可靠的定位连接措施，以确保上部架体的稳定。通常在挑梁或纵向钢梁上焊接 150~200 mm、外径为 40 mm 的短钢管，将立杆套在短钢管上顶紧固定，并同时在立杆下部设置扫地杆。

(6)悬挑支承结构以上部分的脚手架搭设方法与一般外脚手架相同，并按要求设置连墙杆。悬挑脚手架的高度(或分段的高度)不得超过 25 m。

悬挑脚手架的外侧立面一般均应采用密目网(或其他围护材料)全封闭围护，以确保架上人员操作安全，避免物件坠落。

(7)新设计组装或加工的定型脚手架段，在使用前应进行不低于 1.5 倍使用施工荷载的静载试验和起吊试验，试验合格(未发现焊缝开裂、结构变形等情况)后方可投入使用。

(8)塔式起重机应具有满足整体吊升(降)悬挑脚手架段的起吊能力。

(9)必须设置可靠的人员上下的安全通道(出入口)。

(10)使用中应经常检查脚手架段和悬挑支承结构的工作情况，当发现异常时应立即停止作业，进行检查和处理。

2.2 垂直运输设施

垂直运输设施是指担负垂直运送材料和施工人员上下的机械设备和设施。在砌筑工程中，不仅要运输大量的砖(或砌块)、砂浆，而且还要运输脚手架、脚手板和各种预制构件；不仅有垂直运输，而且有地面和楼面的水平运输，其中垂直运输是影响砌筑工程施工速度的重要因素。

目前砌筑工程采用的垂直运输设施有井架、龙门架、塔式起重机和建筑施工电梯等，这里重点介绍塔式起重机和建筑施工电梯。

2.2.1 塔吊

塔式起重机的起重臂安装在塔身顶部且可进行 360°的回转，它具有较高的起重高度、工作幅度和起重能力，生产效率高，且机械运转安全可靠，使用和装拆方便等优点，广泛地用于多层和高层的工业与民用建筑的结构安装。塔式起重机按起重能力可分为轻型塔式起重机(起重量为 0.5~3 t，一般用于 6 层以下的民用建筑施工)、中型塔式起重机(起重量为 3~15 t，适用于一般工业建筑与民用建筑施工)和重型塔式起重机(起重量为 20~40 t，一般用于重工业厂房的施工和高炉等设备的吊装)。

由于塔式起重机具有提升、回转和水平运输的功能，且生产效率高，在吊运长、大、重的物料时有明显的优势，故在可能的条件下宜优先采用。

塔式起重机的布置应保证其起重高度与起重重量满足工程的需求，同时起重臂的工作范围应尽可能地覆盖整个建筑，以使材料运输切实到位。此外，主材料的堆放、搅拌站的出口等均应尽可能地布置在起重机工作半径之内。

塔式起重机一般分为固定式、轨道(行走)式、附着式、爬升式等几种，如图 2-17 所示。



图片
塔吊

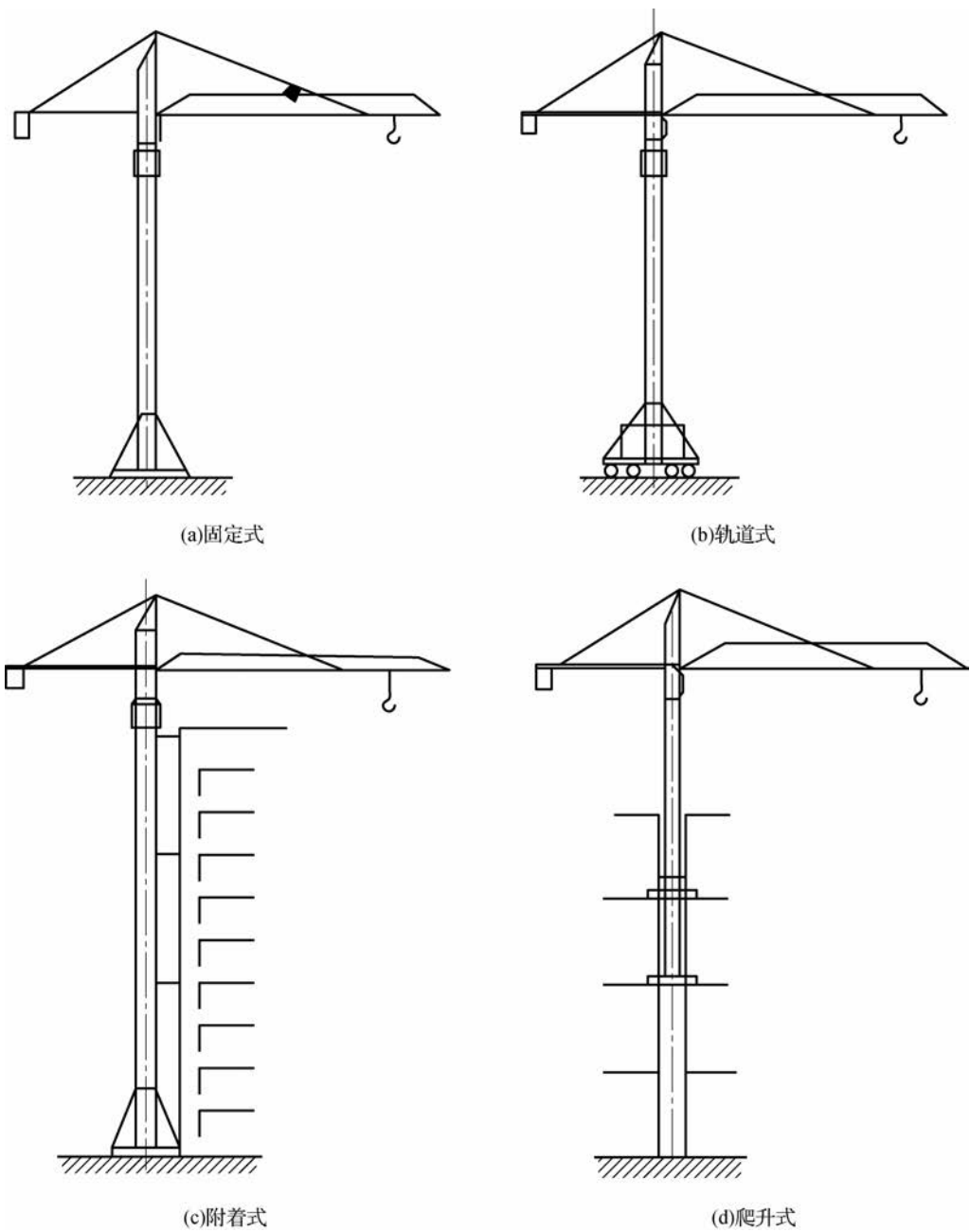


图 2-17 各种类型的塔式起重机

1. 固定式塔式起重机

固定式塔式起重机的底架安装在独立的混凝土基础上,塔身不与建筑物拉结。这种起重机适用于安装大容量的油罐、冷却塔等特殊构筑物。

2. 轨道(行走)式塔式起重机

轨道(行走)式塔式起重机是一种能在轨道上行驶的起重机,它能负荷在直线和弧形轨道上

行走,能同时完成垂直和水平运输,使用安全,生产效率高,但需要铺设轨道,且装拆和转移不便,台班费用较高。轨道式塔式起重机分为上回转式(塔顶回转)和下回转式(塔身回转)两类。

3. 附着式塔式起重机

附着式塔式起重机是固定在建筑物近旁混凝土基础上的起重机械,为上回转、小车变幅或俯仰变幅起重机械。塔身由标准节组成,相互间用螺栓连接,可以借助顶升系统随着建筑施工进度而自行向上接高。为了减少塔身的计算高度,规定每隔 20 m 左右将塔身与建筑物用锚固装置联结起来,以保证塔身的刚度和稳定性。一般附着式塔式起重机高度为 70~100 m,其特点是适合狭窄工地施工。

1) 附着式塔式起重机基础

附着式塔式起重机底部应设钢筋混凝土基础,其构造方法有整体式和分块式两种。采用整体式混凝土基础时,塔式起重机通过专用塔身基础节和预埋地脚螺栓固定在混凝土基础上,如图 2-18 所示;采用分块式混凝土基础时,塔身结构固定在行走架,而行走架的 4 个支腿则通过垫板支在 4 个混凝土基础上,如图 2-19 所示。基础尺寸应根据地基承载力和防止塔吊倾覆的需要确定。

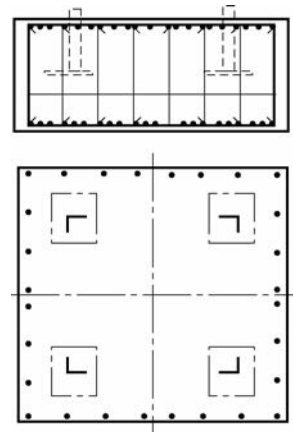


图 2-18 整体式混凝土基础

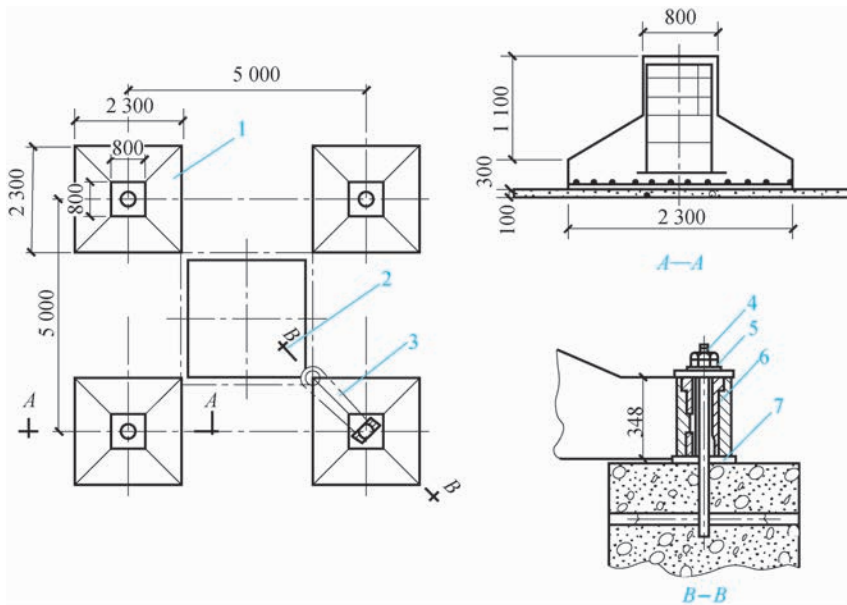


图 2-19 分块式混凝土基础(单位:mm)

- 1—钢筋混凝土基础;2—塔式起重机底座;3—支腿;4—紧固螺母;
- 5—垫圈;6—钢套;7—钢板调整片(上下各1片)

在高层建筑深基础施工阶段,如需在基坑边附近构筑附着式塔式起重机基础,可采用灌注桩承台式钢筋混凝土基础;在高层建筑综合体施工阶段,如需在地下室顶板或裙房屋顶楼板上安装附着式塔式起重机,应对安装塔吊处的楼板结构进行验算和加固,并在楼板下面加

设支撑(至少连续两层)以保证安全。

2)附着式塔式起重机的锚固

附着式塔式起重机在塔身高度超过限定自由高度时,即应加设附着装置与建筑结构联结。一般说来,设置2~3道锚固即可满足施工需要。第一道锚固装置在距塔式起重机基础表面30~40 m处,自第一道锚固装置向上,每隔16~20 m设一道锚固装置。在进行超高层建筑施工时,不必设置过多的锚固装置,可将下部锚固装置抽换到上部使用。

附着装置由锚固环和附着杆组成。锚固环由两块钢板或型钢组焊成的U形梁拼装而成。锚固环宜设置在塔身标准节对接处或有水平腹杆的断面处,塔身节主弦杆应视需要加以补强。锚固环必须箍紧塔身结构,不得松脱。附着杆由型钢、无缝钢管组成,也可以是型钢组焊的桁架结构。安装和固定附着杆时,必须用经纬仪对塔身结构的垂直度进行检查,如发现塔身偏斜,可通过调节螺母来调整附着杆的长度,以消除垂直偏差。锚固装置应尽可能保持水平,附着杆件最大倾角不得大于 10° 。附着装置如图2-20所示。

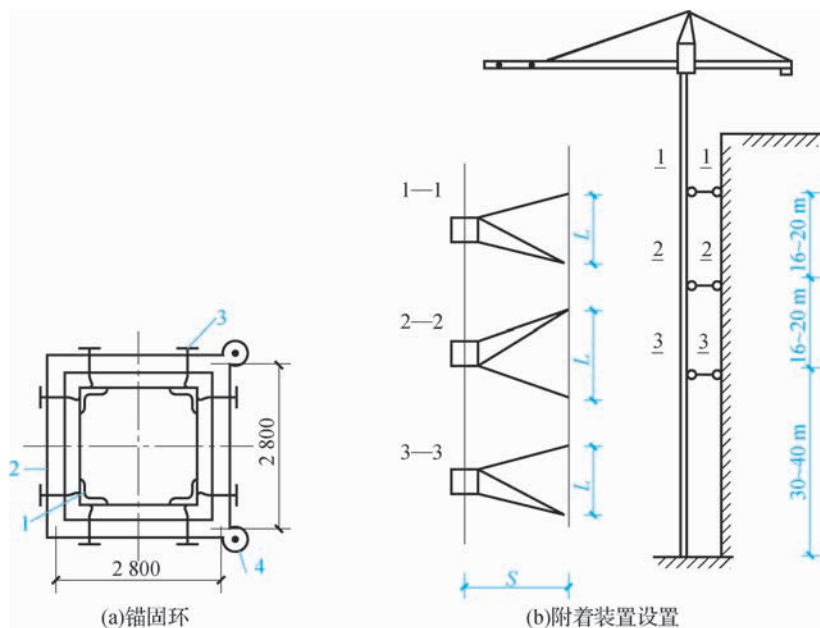


图 2-20 附着装置(单位:mm)

1—塔身;2—锚固环;3—螺旋千斤顶;4—耳环

固定在建筑物上的锚固支座,可套装在柱子上或埋设在现浇混凝土墙板里,锚固点应紧靠楼板,其距离以不大于20 cm为宜。墙板或柱子混凝土强度应提高一级,并应增加配筋。在墙板上设锚固支座时,应通过临时支撑与相邻墙板相关联,以增强墙板刚度。

3)附着式塔式起重机的顶升接高

附着式塔式起重机可借助塔身上端的顶升机构,随着建筑施工进度而自行向上接高。自升液压顶升机构主要由顶升套架、长行程液压千斤顶、顶升横梁及定位销组成,液压千斤顶装在塔身上部结构的底端承座上,活塞杆通过顶升横梁支承在塔身顶部。需要接高时,利用塔顶的行程液压千斤顶,将塔顶上部结构(起重臂等)顶高,用定位销固定,千斤顶回油,推入标准节,用螺栓与下面的塔身联成整体,每次可接高2.5 m。QT4-10型附着式塔式起重机顶升过程如下。

(1)将标准节吊到摆渡小车上,并将过渡节与塔身标准节的螺栓松开,准备顶升,如

图 2-21(a)所示。

(2)开动液压千斤顶,将塔式起重机上部结构包括顶升套架向上升超过一个标准节的高度,然后用定位销将套架固定。塔式起重机上部结构的重量通过定位销传递到塔身,如图 2-21(b)所示。

(3)液压千斤顶回缩,形成引进空间,此时将装有标准节的摆渡小车推入引进空间内,如图 2-21(c)所示。

(4)利用液压千斤顶将待接高的标准节稍微提起,退出摆渡小车,然后将其平稳地落在下面的塔身上,并用螺栓加以连接,如图 2-21(d)所示。

(5)再用液压千斤顶稍微向上顶起,拔出定位销,下降过渡节,使之与已接高的塔身连成整体,如图 2-21(e)所示。

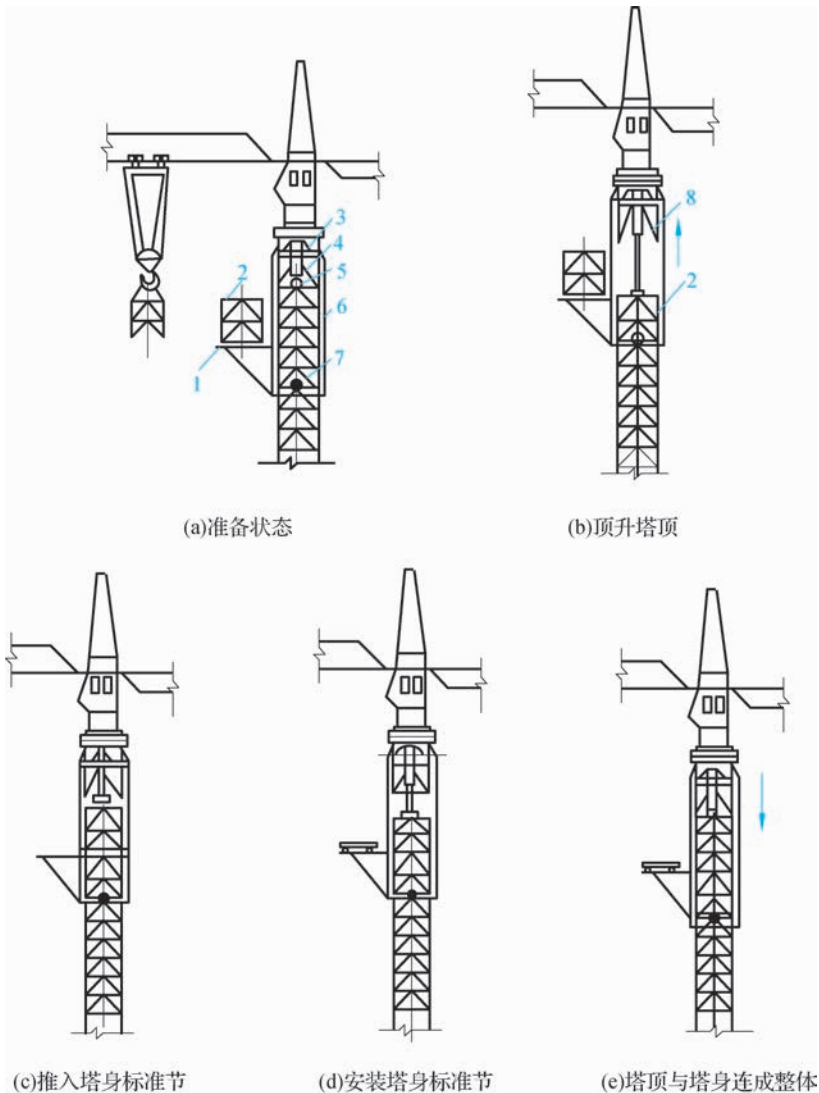


图 2-21 QT4-10 型附着式塔式起重机顶升过程示意图

1—摆渡小车;2—标准节;3—承座;4—液压千斤顶;5—顶升横梁;
6—顶升套架;7—定位销;8—过渡节

4. 爬升式塔式起重机

爬升式塔式起重机又称内爬式塔式起重机,通常安装在建筑物的电梯井或特设的开间内,也可安装在筒形结构内,依靠爬升机构随着结构的升高而升高。一般是每建造 3~8 m 起重机就爬升一次,塔身自身高度只有 20 m 左右,起重高度随施工高度而定。

爬升机构有液压式和机械式两种。液压爬升机构,由爬升梯架、液压缸、爬升横梁和支腿等组成。爬升梯架由上、下承重梁构成,两者相隔两层楼,工作时用螺栓固定在筒形结构的墙或边梁上,梯架两侧有踏步。其承重梁对应于起重机塔身的四根主肢,装有 8 个导向滚子,在爬升时起导向作用。塔身套装在爬升梯架内,顶升液压缸的缸体铰接于塔身横梁上,而下端(活塞杆端)铰接于活动的下横梁中部。塔身两侧装支腿,活动横梁两侧也装支腿,依靠这两对支腿轮流支撑在爬梯踏步上,使塔身上升。

爬升式起重机的优点是起重机以建筑物作为支承,塔身短,起重高度大,而且不占建筑物外围空间;缺点是司机作业往往不能看到起吊全过程,需靠信号指挥,施工结束后拆卸复杂,一般需设辅助起重机拆卸。

5. 塔式起重机的选用

塔式起重机的选用要综合考虑建筑物的高度、建筑物的结构类型、构件的尺寸和重量、施工进度、施工流水段的划分和工程量,以及现场的平面布置和周围环境条件等各种情况,同时要兼顾装、拆塔式起重机的场地和建筑结构满足塔架锚固、爬升的要求。

首先,根据施工对象确定所要求的参数,包括幅度(又称回转半径)起重量、起重力矩和吊钩高度等,然后根据塔式起重机的技术性能,选定塔式起重机的型号。

其次,根据施工进度、施工流水段的划分及工程量和所需吊次、现场的平面布置,确定塔式起重机的配量台数、安装位置及轨道基础的走向等。

根据施工经验,16 层及其以下的高层建筑采用轨道式塔式起重机最为经济;25 层以上的高层建筑,宜选用附着式塔式起重机或内爬式塔式起重机。

选用塔式起重机时,应注意以下事项。

(1)在确定塔式起重机的形式及高度时,应考虑塔身锚固点与建筑物相对应的位置,以及塔式起重机平衡臂是否影响臂架正常回转等问题。

(2)在多台塔式起重机作业条件下,应协调好相邻塔式起重机塔身高度差,以防止两塔碰撞,应使彼此工作互不干扰。

(3)在考虑塔式起重机安装的同时,应考虑塔式起重机的顶升、接高、锚固以及完工后的落塔、拆运等事项,如起重臂和平衡臂是否落在建筑物上、辅机停车位置及作业条件、场内运输道路有无阻碍等。

(4)在考虑塔式起重机安装时,应保证顶升套架的安装位置(塔架引进平台或引进轨道应与臂架同向)及锚固环的安装位置正确无误。

(5)应注意外脚手架的支搭形式与挑出建筑物的距离,以免与下回转塔式起重机转台尾部回转时发生碰撞。

2.2.2 施工电梯

施工电梯又称为外用施工电梯,是一种安装于建筑物外部,供运送施工人员和建筑器材

用的垂直提升机械。采用施工电梯运送施工人员上下楼层,可节省工时,减轻工人体力消耗,提高劳动生产率,因此,施工电梯被认为是高层建筑施工不可缺少的关键设备之一。

1. 施工电梯的分类

施工电梯按驱动方式一般分为齿轮齿条驱动电梯和绳轮驱动电梯两类。

1) 齿轮齿条驱动施工电梯

齿轮齿条驱动施工电梯由塔架(又称为立柱,包括基础节、标准节、塔顶天轮架节)吊厢、地面停机站、驱动机组、安全装置、电控柜站、门机电联锁盒、电缆、电缆接收筒、平衡重、安装小吊杆等组成,如图 2-22 所示。塔架由钢管焊接格构式矩形断面标准节组成,标准节之间采用套柱螺栓连接。齿轮齿条驱动施工电梯的特点是:刚度好,安装迅速;电机、减速机、驱动齿轮、控制柜等均装设在吊厢内,检查维修保养方便;采用高效能的锥鼓式限速装置,当吊厢下降速度超过 0.65 m/s 时,吊厢会自动制动,从而保证不发生坠落事故;可与建筑物拉结,并随建筑物施工进度而自升接高,升运高度可达 $100\sim 150\text{ m}$ 。

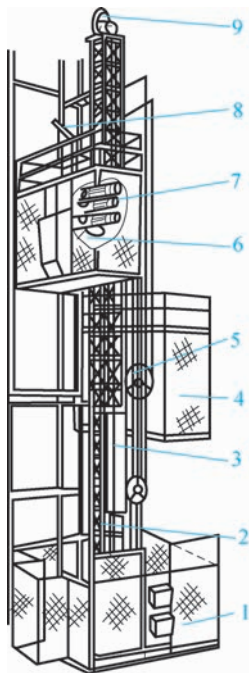


图 2-22 齿轮齿条驱动施工电梯

1—外笼;2—导轨架;3—对重;4—吊厢;5—电缆导向装置;
6—锥鼓限速器;7—传动系统;8—吊杆;9—天轮

齿轮齿条驱动施工电梯按吊厢数量分为单吊厢式和双吊厢式,吊厢尺寸一般为 $3\text{ m}\times 1.3\text{ m}\times 2.7\text{ m}$;按承载能力分为两级,一级载重量为 $1\ 000\text{ kg}$ 或乘员 $11\sim 12$ 人,另一级载重量为 $2\ 000\text{ kg}$ 或乘员 24 人。

2) 绳轮驱动施工电梯

绳轮驱动施工电梯是近年来开发的新产品,由三角形断面钢管塔架、底座、单吊厢、卷扬机、绳轮系统及安全装置等组成,如图 2-23 所示。绳轮驱动施工电梯的特点是结构轻巧、构造简单、用钢量少、造价低、能自升接高。吊厢平面尺寸为 $2.5\text{ m}\times 1.3\text{ m}$,可载货 $1\ 000\text{ kg}$

或乘员 8~10 人。因此,绳轮驱动施工电梯在高层建筑施工中的应用范围逐渐扩大。

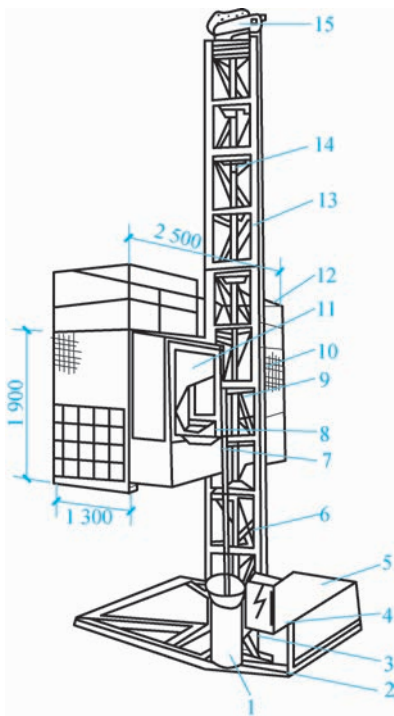


图 2-23 绳轮驱动施工电梯(SFD-1000 型)

- 1—盛线筒;2—底座;3—减震器;4—电器厢;5—卷扬机;6—引线器;7—电缆;8—安全机构;
9—限速机构;10—吊厢;11—驾驶室;12—围栏;13—立柱;14—连接螺栓;15—柱顶



微课
砌筑材料

2. 施工电梯的选择

高层建筑外用施工电梯的机型选择,应根据建筑体型、建筑面积、运输总重、工期要求、造价等确定。从节约施工机械费用出发,对 20 层以下的高层建筑工程,宜使用绳轮驱动施工电梯,25 层特别是 30 层以上的高层建筑应选用齿轮齿条驱动施工电梯。根据施工经验,一台单吊厢式齿轮齿条驱动施工电梯的服务面积约为 20 000~40 000 m²,参考此数据可为高层建筑工地配置施工电梯,并尽可能地选用双吊厢式。

2.3 砌筑材料

2.3.1 砌块材料

砌块材料包括砖、石、砌块等砌体材料和砂浆两类。

1. 砖

砌筑用砖分为实心砖和空心砖两种。普通砖的规格为 240 mm×115 mm×53 mm,根据使用材料和制作方法的不同又可分为烧结普通砖、烧结多孔砖、烧结空心砖、蒸压灰砂空心砖、蒸压粉煤灰砖等。

1) 烧结普通砖

烧结普通砖为实心砖,是以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经压制、焙烧而成。按原料不同,可分为烧结黏土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖和烧结粉煤灰砖。

烧结普通砖的外形为直角六面体,其标准尺寸为:长 240 mm、宽 115 mm、高 53 mm。根据抗压强度不同可分为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 五个强度等级。

2) 烧结多孔砖

烧结多孔砖使用的原料和生产工艺与烧结普通砖基本相同,其孔洞率不小于 25%。砖的外形为直角六面体,其长度、宽度及高度尺寸(单位为 mm)一般应符合 290、240、190、180 和 175、140、115、90 的要求,其他规格尺寸由供需双方协商确定。

根据抗压强度分为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 五个强度等级。

3) 烧结空心砖

烧结空心砖的烧制、外形、尺寸要求与烧结多孔砖的一致,在与砂浆的接合面上设有增加结合力的深度 1 mm 以上的凹线槽。

根据抗压强度的不同可分为 MU5、MU3、MU2 三个强度等级。

4) 蒸压灰砂空心砖

蒸压灰砂空心砖是以石英砂和石灰为主要原料,压制成型,经压力釜蒸汽养护而制成的孔洞率大于 15% 的空心砖。其外形规格与烧结普通砖的一致,根据抗压强度分为 MU25、MU20、MU15、MU10、MU7.5 五个强度等级。

5) 蒸压粉煤灰砖

蒸压粉煤灰砖是以粉煤灰为主要原料,掺配适量的石灰、石膏或其他碱性激发剂,再加入一定数量的炉渣作为骨料蒸压制成的砖。其外形规格与烧结普通砖的一致,根据抗压强度与抗折强度分为 MU20、MU15、MU10、MU7.5 四个强度等级。



图片
砖

2. 石料

砌筑用石料有毛石和料石两类。所选石材应质地坚实、无风化剥落和裂纹。用于清水墙、柱表面的石材应色泽均匀,石材表面的泥垢、水锈等杂质,砌筑前应清除干净,以利于砂浆和块石粘结。毛石分为乱毛石和平毛石,乱毛石是指形状不规则的石块;平毛石是指形状不规则,但有两个平面大致平行的石块。毛石应呈块状,其中部厚度不宜小于 150 mm。料石按其加工面的平整程度分为细料石、粗料石和毛料石三种。料石的宽度、厚度均不宜小于 200 mm,长度不宜大于厚度的 4 倍。根据抗压强度分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15、MU10 九个强度等级。

3. 砌块

砌块一般是指以混凝土或工业废料作为原料制成的实心或空心块材。它具有自重轻、机械化和工业化程度高、施工速度快、生产工艺和施工方法简单,且可大量利用工业废料等优点。因此,用砌块代替普通黏土砖是墙体改革的重要途径。

砌块按形状分为实心砌块和空心砌块两种。按制作原料分为粉煤灰、加气混凝土、混凝土、硅酸盐、石膏砌块等数种。按规格分有小型砌块、中型砌块和大型砌块。砌块高度在 115~380 mm 的称为小型砌块,高度在 380~980 mm 的称为中型砌块,高度大于 980 mm 的称为大型砌块。常用的有普通混凝土小型空心砌块、轻集料混凝土小型空心砌块、蒸压加

气混凝土砌块、粉煤灰砌块。

1) 普通混凝土小型空心砌块

普通混凝土小型空心砌块以水泥、砂、碎石或卵石加水预制而成,其主规格尺寸为 $390\text{ mm}\times 190\text{ mm}\times 190\text{ mm}$,有两个方形孔,空心率不小于 25% 。根据抗压强度分为 MU20、MU15、MU10、MU7.5、MU5、MU3.5 六个强度等级。

2) 轻集料混凝土小型空心砌块

轻集料混凝土小型空心砌块以水泥、砂、轻集料加水预制而成,其主规格尺寸为 $390\text{ mm}\times 190\text{ mm}\times 190\text{ mm}$,按其孔的排数分为单排孔、双排孔、三排孔和四排孔等四类,根据抗压强度分为 MU10、MU7.5、MU5、MU3.5、MU2.5、MU1.5 六个强度等级。

3) 蒸压加气混凝土砌块

蒸压加气混凝土砌块以水泥、矿渣、砂、石灰等为主要原料,加入发气剂,经搅拌成型、蒸压养护而成的实心砌块,其主规格尺寸为 $600\text{ mm}\times 250\text{ mm}\times 250\text{ mm}$ 。

根据抗压强度分为 A10、A7.5、A5、A3.5、A2.5、A2、A1 七个强度等级。

4) 粉煤灰砌块

粉煤灰砌块以粉煤灰、石灰、石膏和轻集料为原料,加水搅拌,振动成型,蒸汽养护而成的密实砌块,其主规格尺寸为 $880\text{ mm}\times 380\text{ mm}\times 240\text{ mm}$ 和 $880\text{ mm}\times 430\text{ mm}\times 240\text{ mm}$ 。砌块端面应加灌浆槽,坐浆面宜设抗剪槽。根据抗压强度分为 MU13、MU10 两个强度等级。

图片
砌块

2.3.2 砌筑砂浆

砂浆是由胶结材料、细骨料及水组成的混合物。按照胶结材料的不同,砂浆可分为水泥砂浆(水泥、砂、水)、混合砂浆(水泥、砂、石灰膏、水)、石灰砂浆(石灰膏、砂、水)、石灰黏土砂浆(石灰膏、黏土、砂、水)、黏土砂浆(黏土、水)。石灰砂浆、石灰黏土砂浆、黏土砂浆的强度较低,只用于临时设施的砌筑。建筑工程常用的砌筑砂浆为水泥砂浆、混合砂浆,其强度等级宜用 M20、M15、M10、M7.5、M5、M2.5。一般水泥砂浆用于潮湿环境和强度要求较高的砌体,石灰砂浆主要用于干燥环境中以及强度要求不高的砌体,混合砂浆主要用于地面以上强度要求较高的砌体。

1. 水泥的选用

砌筑砂浆使用的水泥品种及强度等级应根据砌体部位和所处环境来选择。水泥在进场使用前应分批对其强度、安定性进行复验(检验批应以同一生产厂家、同一编号为一批)。

水泥贮存时应保持干燥。当在使用中对水泥质量有怀疑,或水泥出厂超过3个月(快硬性硅酸盐水泥超过一个月)时,应复查试验,并按其结果使用。不同品种的水泥,不得混合使用。

生石灰熟化成石灰膏时,应用孔径不大于 $3\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ 的网过滤,熟化时间不得短于7d,磨细生石灰粉的熟化时间不得小于2d。对沉淀池中储存的石灰膏应采取防止干燥、冻结和污染的措施,脱水硬化后的石灰膏严禁使用。

细骨料宜采用中砂并过筛,不得含有害杂物,其含泥量应满足下列要求。

- 对于水泥砂浆和强度等级不小于 M5 的水泥混合砂浆,不应超过 5%。
- 对于强度等级小于 M5 的水泥混合砂浆,不应超过 10%。

凡需在砂浆中掺入有机塑化剂、早强剂、缓凝剂、防冻剂等的,应经试验和试配符合要求后,方可使用。拌制砂浆用水,水质应符合国家现行标准。

2. 制备与使用

砌筑砂浆应通过试配确定配合比,各组分材料应采用重量计量。

砌筑砂浆应采用砂浆搅拌机进行拌制。自投料完算起,搅拌时间应符合下列规定。

- 水泥砂浆和混合砂浆的搅拌时间不得小于 2 min。
- 掺用外加剂的砂浆的搅拌时间不得少于 3 min。
- 掺用有机塑化剂的砂浆的搅拌时间应为 3~5 min。

为便于操作,砌筑砂浆应有较好的和易性,即良好的流动性(稠度)和保水性。和易性好的砂浆能保证砌体灰缝饱满、均匀、密实,并能提高砌体强度。砌筑砂浆的稠度见表 2-3。

表 2-3 砌筑砂浆的稠度

砌体种类	砂浆稠度/mm	砌体种类	砂浆稠度/mm
烧结普通砖砌体	70~90	普通混凝土小型空心砌块砌体	50~70
轻集料混凝土小型空心砌块砌体	60~90	加气混凝土小型空心砌块砌体	50~70
烧结多孔砖、空心砖砌体	60~80	石砌体	30~50

掺用外加剂时,应先将外加剂按规定浓度溶于水中,在拌和水时投入外加剂溶液,需要注意外加剂不得直接投入拌制的砂浆中。

施工过程中,当用水泥砂浆代替水泥混合砂浆时,应重新确定砂浆强度等级。

砂浆应随拌随用,水泥砂浆和水泥混合砂浆应分别在 3 h 和 4 h 内使用完毕;当施工期间最高气温超过 30 ℃时,应分别在拌成后 2 h 和 3 h 内使用完毕。对掺用缓凝剂的砂浆,其使用时间可根据具体情况延长。

对所用的砂浆应进行强度检验。制作试块的砂浆,应在现场取样,对每一楼层或 250 m³ 砌体中的各种强度等级的砂浆,每台搅拌机应至少检查一次,每次至少留一组试块(每组 6 块),其标准养护 28 d 的抗压强度应满足设计要求。

砖砌体施工

2.4.1 砖砌体施工的基本要求

砌体结构工程施工前,应编制砌体结构工程施工方案,砌筑顺序应符合规定。

砌体工程所用的材料应有产品的合格证书及产品性能检测报告。块材、水泥、钢筋、外加剂等还应有材料主要性能的进场复验报告。严禁使用国家明令淘汰的材料。

砖砌体的组砌要求为:上下错缝,内外搭接,以保证砌体的整体性;组砌要有规律,少

砍砖,以提高砌筑效率,节约材料。实心砖墙常用的厚度有半砖、一砖、一砖半、两砖等,依其组砌形式不同,最常见的有一顺一丁、三顺一丁、梅花丁等,如图 2-24 所示。

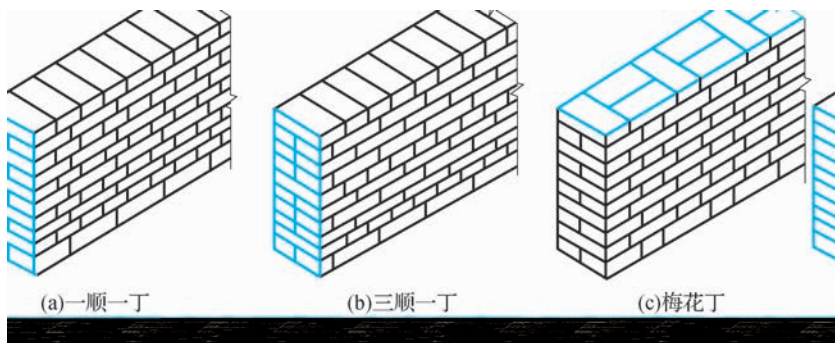


图 2-24 砖墙的组砌形式

一顺一丁的砌法是一皮中全部顺砖与一皮中全部丁砖相互交替砌成,上下皮间的竖缝相互错开 $1/4$ 砖。砌体中无任何通缝,而且丁砖数量较多,能增强横向拉结力。这种组砌方式,砌筑效率高,墙面整体性好,墙面容易控制平直,多用于一砖厚墙体的砌筑,但当砖的规格参差不齐时,砖的竖缝就难以整齐。

三顺一丁的砌法是三皮中全部顺砖与一皮中全部丁砖间隔砌成。上下皮顺砖间的竖缝错开 $1/2$ 砖长,上下皮顺砖与丁砖间竖缝错开 $1/4$ 砖长。这种砌法由于顺砖较多,砌筑效率较高,但三皮顺砖内部纵向有通缝,整体性较差,一般使用较少。宜用于一砖半以上的墙体的砌筑或挡土墙的砌筑。

梅花丁又称沙包式、十字式。梅花丁的砌法是每皮中丁砖与顺砖相隔,上皮丁砖中坐于下皮顺砖,上下皮间相互错开 $1/4$ 砖长。这种砌法内外竖缝每皮都能错开,故整体性好,灰缝整齐,而且墙面比较美观,但砌筑效率较低。砌筑清水墙或当砖的规格不一致时,采用这种砌法较好。

为了使砖墙的转角处各皮间竖缝相互错开,必须在外角处砌七分头砖($3/4$ 砖长)。当采用一顺一丁组砌时,七分头的顺面方向依次砌顺砖,丁面方向依次砌丁砖,如图 2-25(a) 所示。

砖墙的丁字接头处,应分皮相互砌通,内角相交处竖缝应错开 $1/4$ 砖长,并在横墙端头处加砌七分头砖,如图 2-25(b) 所示。

砖墙的十字接头处,应分皮相互砌通,交角处的竖缝应错开 $1/4$ 砖长,如图 2-25(c) 所示。

常温下砌砖,对于普通砖、空心砖含水量宜在 $10\% \sim 15\%$,一般应提前 1 天浇水润湿,避免砖因吸收砂浆中过多的水分而影响粘结力,并可除去砖面上的粉末。但浇水过多会产生砌体走样或滑动。灰砂砖、粉煤灰砖适量浇水,其含水量控制在 $5\% \sim 8\%$ 为宜。

在墙上留置临时施工洞口时,其侧边离交接处墙面不应小于 500 mm,洞口净宽度不应超过 1 m。临时施工洞口应做好补砌。

不得在下列墙体或部位设置脚手眼。半砖厚墙,过梁上与过梁成 60° 角的三角形范围及过梁净跨度 $1/2$ 的高度范围内,宽度小于 1 m 的窗间墙,墙体门窗洞口两侧 200 mm 和转角处 450 mm 范围内,梁或梁垫下及其左右 500 mm 范围内。施工脚手眼补砌时,灰缝应填满

砂浆,不得用干砖填塞。

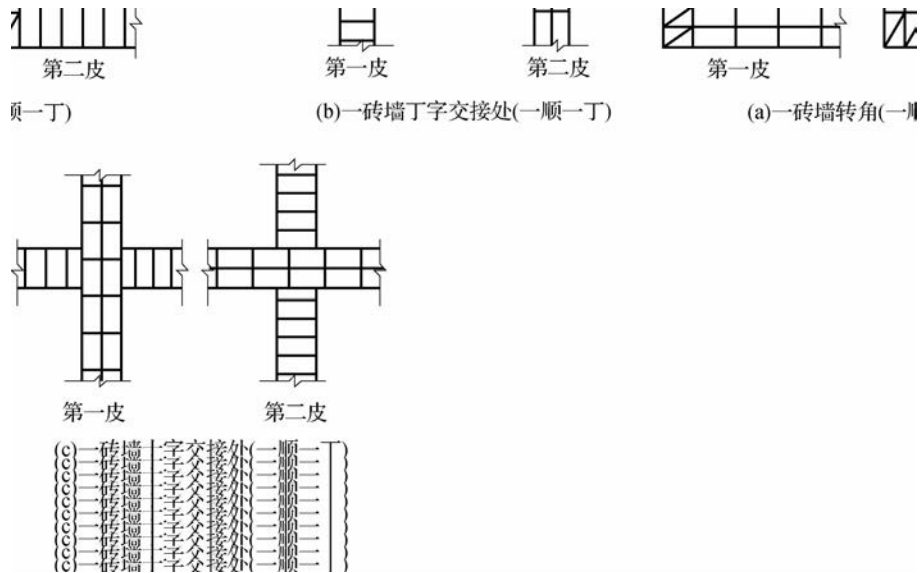


图 2-25 砖墙交接处组砌

应于砌筑时正确地留出或预埋设计要求的洞口、管道、沟槽,未经设计人员同意,不得打凿墙体或在墙体上开凿水平沟槽。宽度超过 300 mm 的洞口上部,应设置过梁。

砖墙每日砌筑高度不得超过 1.8 m。砖墙分段砌筑时,分段位置宜设在变形缝、构造柱或门窗洞口处;相邻工作段的砌筑高度不得超过一个楼层高度,也不宜大于 4 m。尚未施工楼板或屋面的墙或柱,当可能遇到大风时,其允许自由高度不得超过表 2-4 所示的规定,如超过表 2-4 中的限值,必须采取如临时支撑等有效措施。

表 2-4 墙和柱的允许自由高度

单位:m

墙(柱)厚/mm	砌体密度 > 1 600 kg/m ³			砌体密度 1 300~1 600 kg/m ³		
	风载/(kN/m ²)			风载/(kN/m ²)		
	0.3 (约 7 级风)	0.4 (约 8 级风)	0.5 (约 9 级风)	0.3 (约 7 级风)	0.4 (约 8 级风)	0.5 (约 9 级风)
190				1.4	1.1	0.7
240	2.8	2.1	1.4	2.2	1.7	1.1
370	5.2	3.9	2.6	4.2	3.2	2.1
490	8.6	6.5	4.3	7.0	5.2	3.5
620	14.0	10.5	7.0	11.4	8.6	5.7

注:1. 本表适用于施工处相对标高(H)在 10 m 范围内的情况。如 10 m < H ≤ 15 m, 15 m < H ≤ 20 m, 表中的允许自由高度应分别乘以 0.9、0.8 的系数;如 H > 20 m, 应通过抗倾覆验算确定其允许自由高度。

2. 当所砌筑的墙有横墙或其他结构与其连接,而且间距小于表列限值的 2 倍时,砌筑高度可不受本表的限制。

2.4.2 施工前的准备

1. 砖的准备

砖要按规定的数量、品种、强度等级及时组织进场,按砖的强度等级、外观、几何尺寸进行验收,并应检查出厂合格证。常温施工时,黏土砖应在砌筑前1~2天浇水湿润,以水浸入砖内深度15~20mm为宜。

2. 砂浆准备

主要是做好配制砂浆所用原材料的准备。若采用混合砂浆,则应提前两周将石灰膏淋制好,待使用时再进行拌制。

3. 其他准备

(1)检查校核轴线和标高。在偏差允许范围内,砌体的轴线和标高的偏差可在基础顶面或楼板上予以校正。

(2)砌筑前,组织机械进场并进行安装。

(3)准备好脚手架,搭好搅拌棚,安设搅拌机,接水、接电、试车。

(4)制备并安设好皮数杆。

2.4.3 砖砌体的施工工艺

砖砌体的施工工艺为:抄平、放线、摆砖、立皮数杆、盘角及挂线、砌筑、勾缝与清理等。

1. 抄平放线(也称抄平弹线)

1)抄平

砌墙前应在基础防潮层或楼层上定出各层标高,并用水泥砂浆或C10细石混凝土找平,使各段墙底标高符合设计要求。

2)放线

根据龙门板或轴线控制桩上的标志轴线,利用经纬仪和墨线弹出基础或墙体的轴线、边线及门窗洞口位置线。二层以上墙体轴线可以用经纬仪或垂球将轴线引测上去。

基础放线是保证墙体平面位置的关键工序,是体现定位测量精度的主要环节,稍有疏忽就会造成错位。所以,在放线过程中要充分重视以下环节。

(1)在挖槽的过程中龙门板易被碰动。因此,在投线前要对控制桩、龙门板进行复查,避免问题的发生。

(2)对于偏中基础,要注意偏中的方向。

(3)附墙垛、烟囱、温度缝、洞口等特殊部位要标清楚,防止遗忘。

2. 摆砖

摆砖也称为撂底,是在弹好线的基础顶面上按选定的组砌方式先用砖试摆,目的在于核对所弹出的墨线在门窗洞口、墙垛等处是否符合砖模数,以便借助灰缝调整,使砖的排列和砖缝宽度均匀合理。摆砖时,山墙摆丁砖,檐墙摆顺砖,即“山丁檐跑”。

3. 立皮数杆

皮数杆一般是用50mm×70mm的方木做成,上面划有砖的皮数、灰缝厚度、门窗、楼