



“十四五” 职业教育国家规划教材

2020年湖南省职业教育优秀教材

建筑 施工技术 (第4版)

JIANZHU
SHIGONG JISHU

配优质课件、精品教案

主 编 郑 伟



配套精品在线开放课程



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

· 长 沙 ·

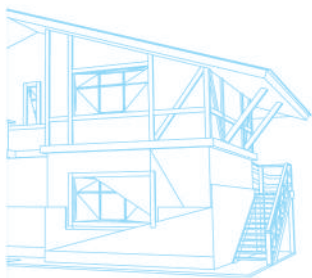


内容提要

本书为“十四五”职业教育国家规划教材。本书根据国家高职高专土建类专业教学指导委员会颁布的该课程教学基本要求，结合国家职(执)业资格考试和“八大员”岗位资格认证要求编写，主要包括：土方工程、地基处理与基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、屋面及防水工程、装饰工程、墙体保温工程、冬期与雨期施工、绿色施工等。本书以“互联网+”的形式出版，读者通过扫描书中的二维码，即可阅读丰富的工程图片、演示动画、操作视频、工程案例、拓展知识；全书采用最新国家及行业建设工程标准及规范；教材内容与真实的工程实际零距离无缝对接。

本书具有较强的针对性、实用性和通用性，可作为高职高专建筑工程技术、工程监理、工程造价、建筑工程管理等专业的教材，也可作为土建类专业成人教育及行业培训教材，还可供相关工程技术人员参考。

本书配有优质电子课件和精品教案。



出版说明



Introduction

为了深入贯彻党的二十大精神和全国教育大会精神，落实《国家职业教育改革实施方案》（国发〔2019〕4号）和《职业院校教材管理办法》（教材〔2019〕3号）有关要求，深化职业教育“三教”改革，全面推进高等职业院校土建类专业教育教学改革，促进高端技术技能型人才的培养，依据教育部高职高专教育土建类专业教学指导委员会《高职高专土建类专业教学基本要求》和国家教学标准及职业标准要求，通过充分的调研，在总结吸收国内优秀高职高专教材建设经验的基础上，我们组织编写和出版了这套高职高专土建类专业规划教材。

高职高专教学改革不断深入，土建行业工程技术日新月异，相应国家标准、规范，行业、企业标准、规范不断更新，作为课程内容载体的教材也必然要顺应教学改革和新形势，适应行业的发展变化。教材建设应该按照最新的职业教育教学改革理念构建教材体系，探索新的编写思路，编写出版一套全新的、高等职业院校普遍认同的、能引导土建专业教学改革的系列教材。为此，我们成立了规划教材编审委员会。规划教材编审委员会由全国30多所高职院校的权威教授、专家、院长、教学负责人、专业带头人及企业专家组成。编审委员会通过推荐、遴选，聘请了一批学术水平高、教学经验丰富、工程实践能力强的骨干教师及企业专家组成编写队伍。

本套教材具有以下特色：

1. 教材符合《职业院校教材管理办法》(教材[2019]3号)的要求,以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,注重立德树人,在教材中有机融入中华优秀传统文化、“四个自信”、爱国主义、法治意识、工匠精神、职业素养等思政元素。

2. 教材依据教育部高职高专教育土建类专业教学指导委员会《高职高专土建类专业教学基本要求》及国家教学标准和职业标准(规范)编写,体现科学性、综合性、实践性、时效性等特点。

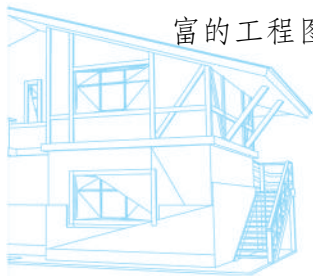
3. 体现“三教”改革精神,适应高职高专教学改革的要求,以职业能力为主线,采用行动导向、任务驱动、项目载体,教、学、做一体化模式编写,按实际岗位所需的知识能力来选取教材内容,实现教材与工程实际的零距离“无缝对接”。

4. 体现先进性特点,将土建学科发展的新成果、新技术、新工艺、新材料、新知识纳入教材,结合最新国家标准、行业标准、规范编写。

5. 产教融合,校企双元开发,教材内容与工程实际紧密联系。教材案例选择符合或接近真实工程实际,有利于培养学生的工程实践能力。

6. 以社会需求为基本依据,以就业为导向,有机融入“1+X”证书内容,融入建筑企业岗位(八大员)职业资格考试、国家职业技能鉴定标准的相关内容,实现学历教育与职业资格认证的衔接。

7. 教材体系立体化。为了方便教师教学和学生学学习,本套教材建立了多媒体教学电子课件、电子图集、教学指导、教学大纲、案例素材等教学资源支持服务平台;部分教材采用了“互联网+”的形式出版,读者扫描书中的二维码,即可阅读丰富的工程图片、演示动画、操作视频、工程案例、拓展知识等。



高职高专土建类专业规划教材

编 审 委 员 会

第4版前言



Introduction

本教材自 2016 年出版以来,累计销量近 60000 册,受到了广大读者的好评,读者一致认为本教材紧贴建筑工程施工现场的实际,特别是有大量的资源库,通过扫二维码的方式,真实的施工现场、施工设备机具、施工案例立即呈现在读者眼前,非常适合培养土建类高素质技术技能型紧缺人才。

通过教学反馈,我们发现本教材第 3 版中存在一些不足,中南大学出版社委托我们对本教材进行了修订工作。

主要修订内容包括:

1. 对应“1+X”证书内容,增加了新技术、新工艺、新材料等内容。
2. 对教材中个别错误及表述不规范之处进行了修改。
3. 根据使用学校的反馈意见,调整了部分内容,使之能够更好地满足教学的需求。
4. 对教材中的安全事故案例和质量事故案例进行了修改,引入了课程思政元素,从思想道德方面进行了透彻的分析。把思想政治教育元素融入课程中,潜移默化地对学生的思想意识、行为举止产生影响,实现立德树人的育人目标。
5. 更新了过时的标准及规范。

本教材具有以下特色:

1. 落实《国家职业教育改革实施方案》(国发[2019]4号)精神,突出职业教育特色,体现新技术、新工艺、新规范。
2. 依据国家教学标准和职业标准(规范)编写,体现科学性、先进性、综合性、实践性。
3. 体现“三教”改革精神,产教融合,校企二元开发。
4. 项目化、案例化、模块化,注重以真实生产项目、典型工作任务与案例等为载体组织

教学单元。

5. 融入“1+X”证书内容，书证融通。

本教材由郑伟教授主编，其中：模块一由侯荣伟修改；模块二由尹建国修改；模块三由王兴培修改；模块四由欧亚修改；模块五由谢湘赞修改；模块六由周军修改；模块七由侯荣伟修改；模块八由胡云珍修改；模块九由欧亚修改；模块十由侯荣伟修改；模块十一由郑伟修改。全书由郑伟教授负责统稿。

在本教材的编写过程中我们参考了部分国内外教材、著作、论文资料及网络资源，在此谨向有关作者及单位表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2022 年 6 月

2024 年 8 月修改

第3版前言



Introduction

本教材自 2016 年出版以来，累计销量近 30000 册，受到了广大读者的好评，读者一致认为本教材紧贴建筑工程施工现场的实际，特别是书中有大量的资源库，通过扫二维码的方式，真实的施工现场、施工设备机具、施工案例立即呈现在读者眼前，非常适合培养土建类高素质技术技能型紧缺人才。

通过教学反馈，我们发现本教材第 2 版中存在一些不足，中南大学出版社委托我们对本教材进行了修订工作。

主要修订内容包括：

1. 对教材中个别错误之处进行了修改。
2. 根据使用学校的反馈意见，调整了部分内容，使之能够更好地满足教学的需求；增加了新技术、新工艺、新材料等内容。

本教材由郑伟教授主编，其中：模块一由侯荣伟修改；模块二由尹建国修改；模块三由王兴培修改；模块四由欧亚修改；模块五由谢湘赞修改；模块六由周军修改；模块七由侯荣伟修改；模块八由胡云珍修改；模块九由欧亚修改；模块十由侯荣伟修改；模块十一由郑伟修改。全书由郑伟教授负责统稿。

在本教材的编写过程中我们参考了部分国内外教材、著作、论文资料及网络资源，在此谨向有关作者及单位表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2018 年 7 月

第2版前言



Introduction

本教材自2016年出版以来，受到了广大读者的好评，读者一致认为本教材紧贴建筑工程施工现场的实际，特别是书中有大量的资源库，通过扫描二维码的方式，真实的施工现场、施工设备机具、施工案例立即呈现在读者眼前，非常适合培养土建类高素质技术技能型紧缺人才。

通过教学反馈，我们发现本教材第1版中存在一些不足，出版社委托我们对本教材进行了修订工作。

主要修订内容包括：

1. 对书中个别错误之处进行了修改。
2. 对模块八装饰工程的内容进行了简化。
3. 增加了模块十一绿色施工，同时增加了视频和实际案例。

本教材由郑伟教授主编，尹检务主审，其中：模块一由侯荣伟修改；模块二由尹建国修改；模块三由王兴培修改；模块四由欧亚修改；模块五由谢湘赞修改；模块六由周军修改；模块七由侯荣伟修改；模块八由胡云珍修改；模块九由欧亚修改；模块十由侯荣伟修改；模块十一由郑伟编写。郑伟负责统稿。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2017年1月

前言



Introduction

按照“对接产业(行业)、工学结合、提升质量,促进职业教育链深度融入产业链,有效服务经济社会发展”的职业教育发展思路,为全面推进高等职业院校教育教学改革,促进人才培养质量的不断提升,我们在总结已有的优秀高职教材的基础上,根据最新颁布的国家、行业规范及标准,编写了《建筑施工技术》教材。本教材的突出特点为:

1. 以“互联网+”形式增加了拓展阅读。书中配有大量的工程实践图片、演示动画、操作视频,理论联系实际,不仅可以拓宽学生的知识面,而且便于学生掌握和理解专业知识和技能要点。读者可通过手机的“扫一扫”功能,扫描书中的二维码,阅读丰富、直观的拓展知识内容,使学习变成一种乐趣。

2. 突出技能培养,融入技能抽查标准。教材把提高学生能力放在突出的位置,注重创新能力和综合素质培养。尽量做到理论与实践的零距离,教材的编写注重技能性、实用性,加强实训环节,力争将高职院校“技能抽查标准”的相关内容有机地融入教材中,便于师生掌握专业技能抽查的要点。

3. 体现“双证融通”,融入行业、企业相关技术标准。以社会需求为基本依据,以就业为导向,对接行业、企业相关技术标准,融入职业资格认证的相关内容,重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力,实现学历教育与职业资格认证相衔接,有效实现了“双证融通”。

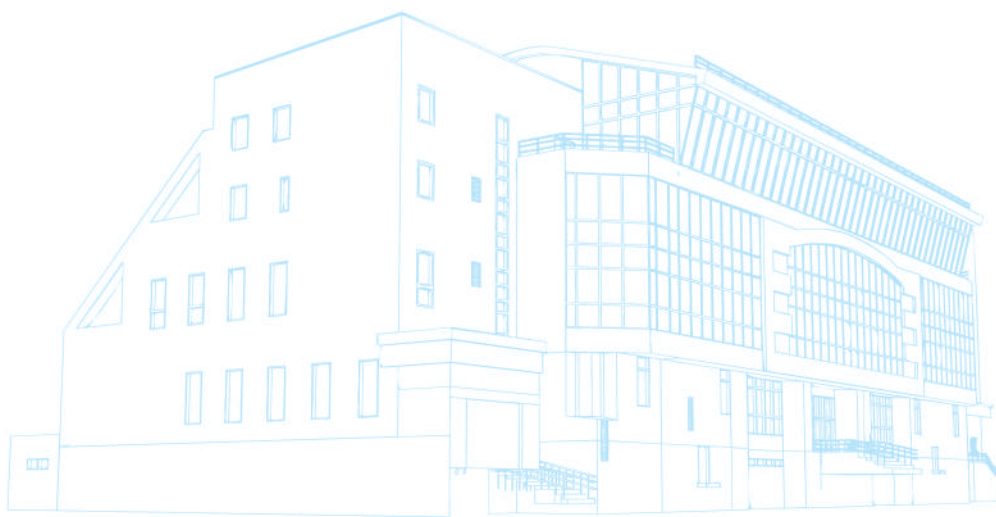
参加本教材编写的人员有:湖南城建职业技术学院郑伟、尹检务、周军、谢湘赞、王兴培、侯荣伟、尹建国、欧亚;郴州职业技术学院胡云珍。

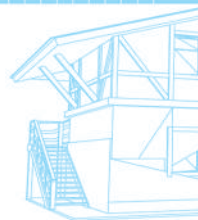
本教材编写具体分工如下:郑伟教授任主编并负责统稿,尹检务任主审。共分10个模块,其中:模块一由侯荣伟编写;模块二由尹建国编写;模块三由王兴培编写;模块四由欧亚编写;模块五由谢湘赞编写;模块六由周军编写;模块七由侯荣伟编写;模块八由胡云珍编写;模块九由欧亚编写;模块十由侯荣伟编写。以上作者均参与了教材的资源库建设。

本教材在编写过程中得到了湖南建工集团、湘潭市创新建设项目管理有限责任公司的的大力支持和关心，在此表示感谢。本教材在编写过程中参阅了大量文献资料，吸收了许多同行专家的最新研究成果，谨向这些文献的原作者深表谢意。由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者不吝指正。

编 者

2016 年 8 月





目录



Contents

模块一	土方工程	(1)
1.1	概 述	(1)
1.1.1	土方工程的施工特点	(1)
1.1.2	土的工程分类	(1)
1.1.3	土的基本性质	(2)
1.2	土方工程量计算及土方调配	(4)
1.2.1	基坑、基槽	(4)
1.2.2	场地平整土方量计算	(5)
1.2.3	土方调配	(12)
1.3	施工准备与辅助工作	(13)
1.3.1	施工准备	(13)
1.3.2	土方边坡与土壁支撑	(13)
1.3.3	土方工程施工排水和降低地下水位	(16)
1.4	土方机械化施工	(22)
1.4.1	常用土方施工机械的施工特点	(22)
1.4.2	土方工程机械的选择	(32)
1.5	土方的填筑与压实	(34)
1.5.1	填筑土料的选择	(34)
1.5.2	填土压实方法	(34)
1.5.3	影响填土压实的因素	(35)
1.6	基坑(槽)施工	(37)
1.6.1	放线	(37)
1.6.2	基坑(槽)开挖	(38)

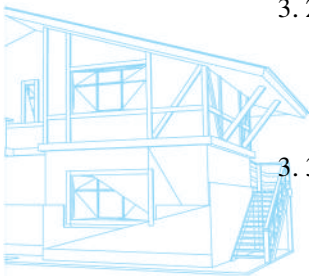
1.7 土方工程质量标准与安全技术	(39)
1.7.1 质量标准	(39)
1.7.2 安全技术	(40)
复习思考题	(40)
习 题	(41)

模块二 地基处理与基础工程

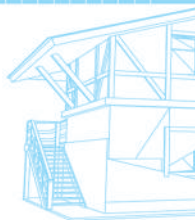
2.1 地基处理及加固	(42)
2.1.1 换土地基	(42)
2.1.2 重锤夯实地基	(45)
2.1.3 强夯地基	(46)
2.1.4 振冲地基	(48)
2.1.5 化学固结法	(50)
2.1.6 其他地基加固方法简介	(51)
2.1.7 地基局部处理	(52)
2.2 浅埋式钢筋混凝土基础施工	(54)
2.2.1 条形基础	(54)
2.2.2 杯形基础	(55)
2.2.3 筏形基础	(57)
2.2.4 箱形基础	(58)
2.3 桩基础工程	(60)
2.3.1 桩基础的作用和分类	(60)
2.3.2 钢筋混凝土预制桩施工工艺	(61)
2.3.3 现浇混凝土桩施工工艺	(64)
2.3.4 桩基础的检测与验收	(73)
复习思考题	(76)

模块三 砌筑工程

3.1 脚手架及垂直运输设施	(77)
3.1.1 脚手架	(77)
3.1.2 垂直运输设施	(87)
3.2 砌体施工的准备工作	(90)
3.2.1 砂浆的制备	(90)
3.2.2 块材的准备	(92)
3.2.3 施工机具的准备	(92)
3.3 砌筑工程	(92)
3.3.1 砌体的一般要求	(92)
3.3.2 毛石基础与砖基础砌筑	(92)
3.3.3 砖墙砌筑	(95)



3.3.4	混凝土小砌块砌体施工	(99)
3.3.5	蒸压加气混凝土砌块	(101)
3.3.6	填充墙砌体工程施工	(103)
3.4	砌筑工程的质量及安全技术	(105)
3.4.1	砌筑工程的质量要求	(105)
3.4.2	砌筑工程的安全与防护措施	(107)
	复习思考题	(108)



模块四 混凝土结构工程

4.1	模板工程	(109)
4.1.1	模板的种类	(109)
4.1.2	模板的构造要求与安装工艺	(110)
4.1.3	模板设计	(119)
4.1.4	模板的拆除	(121)
4.1.5	模板工程施工质量检查与验收	(122)
4.2	钢筋工程	(125)
4.2.1	钢筋的连接与加工	(125)
4.2.2	钢筋配料	(132)
4.3	混凝土工程	(145)
4.3.1	混凝土的施工配合比计算	(145)
4.3.2	混凝土工程施工	(146)
4.3.3	混凝土工程施工质量验收与评定方法	(158)
4.3.4	混凝土的质量缺陷与修复	(161)
4.4	钢筋混凝土预制构件	(163)
4.4.1	预制混凝土构件制作	(163)
4.4.2	预制构件的成型	(163)
4.4.3	预制构件养护	(165)
4.5	混凝土结构工程施工的安全技术	(166)
4.5.1	模板施工安全技术	(166)
4.5.2	钢筋加工安全技术	(167)
4.5.3	混凝土施工安全技术	(167)
	复习思考题	(169)
	习 题	(169)

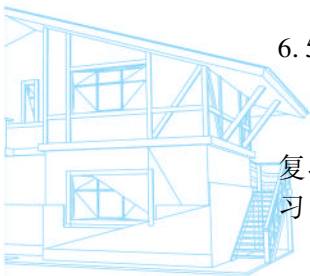
模块五 预应力混凝土工程

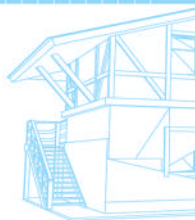
5.1	先张法	(172)
5.1.1	张拉设备与夹具	(172)
5.1.2	先张法施工工艺	(176)
5.2	后张法	(179)

5.2.1	张拉设备与锚具	(180)
5.2.2	预应力筋的制作	(186)
5.2.3	后张法施工工艺	(188)
5.3	无黏结预应力施工	(191)
5.3.1	无黏结预应力筋的制作	(192)
5.3.2	无黏结预应力施工工艺	(193)
5.3.3	无黏结预应力锚固系统	(194)
5.4	预应力混凝土施工质量检查与安全措施	(196)
5.4.1	施工质量检查	(196)
5.4.2	预应力混凝土施工安全措施	(199)
	复习思考题	(199)

模块六 结构安装工程

6.1	索具设备	(200)
6.1.1	钢丝绳	(200)
6.1.2	吊具	(202)
6.1.3	滑轮组	(204)
6.1.4	卷扬机	(205)
6.1.5	地锚	(205)
6.2	起重机械	(206)
6.2.1	桅杆式起重机	(206)
6.2.2	自行式起重机	(208)
6.2.3	塔式起重机	(213)
6.3	单层工业厂房结构安装	(215)
6.3.1	准备工作	(215)
6.3.2	构件的吊装工艺	(216)
6.3.3	结构安装方案	(224)
6.3.4	单层工业厂房吊装实例	(231)
6.4	钢结构单层工业厂房的制作安装	(236)
6.4.1	钢结构施工概述	(236)
6.4.2	钢构件的连接	(238)
6.4.3	钢结构构件的防腐与涂装	(240)
6.4.4	单层钢结构厂房安装	(242)
6.5	结构安装工程的施工质量验收与安全技术	(244)
6.5.1	结构安装工程的施工质量验收	(244)
6.5.2	结构安装工程的安全技术	(247)
	复习思考题	(248)
	习 题	(249)



**模块七 屋面及防水工程** (250)

- 7.1 屋面防水工程 (250)
 - 7.1.1 卷材防水屋面 (251)
 - 7.1.2 涂膜防水屋面 (257)
 - 7.1.3 复合防水屋面 (259)
 - 7.1.4 屋面渗漏防治方法 (259)
- 7.2 地下防水工程 (261)
 - 7.2.1 防水方案及防水措施 (262)
 - 7.2.2 结构主体防水施工 (263)
 - 7.2.3 结构细部构造防水施工 (269)
 - 7.2.4 地下防水工程渗漏及防治方法 (272)
- 7.3 室内其他部位防水工程 (274)
 - 7.3.1 厕浴间地面聚氨酯防水涂料施工 (274)
 - 7.3.2 厕浴间楼地面氯丁胶乳沥青防水涂料施工 (275)
 - 7.3.3 厕浴间渗漏及堵漏措施 (276)
- 复习思考题 (277)

模块八 装饰工程 (278)

- 8.1 抹灰工程 (279)
 - 8.1.1 一般抹灰施工 (279)
 - 8.1.2 装饰抹灰施工 (282)
- 8.2 饰面工程 (286)
 - 8.2.1 饰面砖镶贴 (286)
 - 8.2.2 大理石板、花岗石板、青石板等饰面板的安装 (288)
 - 8.2.3 金属饰面板施工 (291)
 - 8.2.4 玻璃幕墙施工 (293)
 - 8.2.5 饰面工程质量要求 (297)
- 8.3 楼地面工程 (298)
 - 8.3.1 楼地面的组成及分类 (298)
 - 8.3.2 基层施工 (299)
 - 8.3.3 垫层施工 (299)
 - 8.3.4 整体面层施工 (299)
 - 8.3.5 板块面层施工 (302)
 - 8.3.6 木质地面施工 (303)
- 8.4 吊顶和隔墙工程 (307)
 - 8.4.1 吊顶工程 (307)
 - 8.4.2 隔墙工程 (314)
- 8.5 门窗工程 (317)
 - 8.5.1 木门窗 (317)

8.5.2 钢门窗	(318)
8.5.3 铝合金门窗	(319)
8.5.4 塑料门窗	(322)
8.6 涂料工程	(324)
复习思考题	(328)

模块九 墙体保温工程

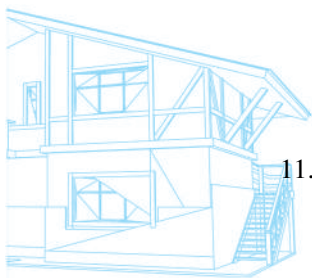
9.1 外墙保温系统的基本构造及特点	(329)
9.2 外墙内保温系统工程施工	(331)
9.2.1 增强石膏复合聚苯保温板外墙内保温的施工	(331)
9.2.2 胶粉聚苯颗粒保温浆料外墙内保温工程施工	(334)
9.3 外墙外保温系统工程施工	(339)
9.3.1 无机保温砂浆(RWJ901)外墙外保温施工	(339)
9.3.2 聚苯板薄抹灰外墙外保温系统施工	(344)
9.3.3 墙体质量验收	(348)
复习思考题	(352)

模块十 冬期与雨期施工

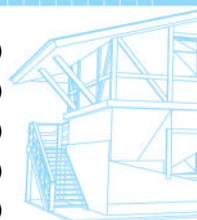
10.1 冬期和雨期施工的特点、要求和施工准备	(353)
10.2 冬期施工	(354)
10.2.1 土方工程冬期施工	(354)
10.2.2 砌筑工程冬期施工	(356)
10.2.3 混凝土工程的冬期施工	(358)
10.2.4 装饰工程和屋面工程的冬期施工	(366)
10.3 雨期施工	(368)
10.4 冬期与雨期施工的安全技术	(369)
复习思考题	(370)

模块十一 绿色施工

11.1 绿色施工的概念	(371)
11.1.1 绿色施工的基本概念	(371)
11.1.2 绿色施工原则	(371)
11.1.3 绿色施工基本要求	(372)
11.1.4 绿色施工总体框架	(372)
11.2 绿色施工技术	(373)
11.2.1 绿色施工管理	(373)
11.2.2 绿色施工环境保护技术要点	(374)
11.2.3 节材与材料资源利用技术要点	(376)

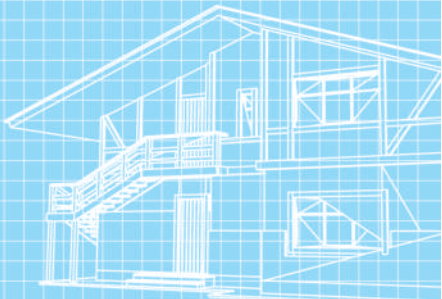


11.2.4	节水与水资源利用技术要点	(378)
11.2.5	节能与能源利用技术要点	(379)
11.2.6	节地与施工用地保护技术要点	(380)
11.3	《建筑工程绿色施工评价标准》(GB/T 50640—2010)	(380)
11.3.1	总则	(380)
11.3.2	术语	(381)
11.3.3	基本规定	(381)
11.3.4	评价框架体系	(382)
11.3.5	环境保护评价指标	(382)
11.3.6	节材与材料资源利用评价指标	(384)
11.3.7	节水与水资源利用评价指标	(385)
11.3.8	节能与能源利用评价指标	(385)
11.3.9	节地与土地资源保护评价指标	(386)
11.3.10	评价方法	(387)
11.3.11	评价组织和程序	(389)
	复习思考题	(392)
	参考文献	(393)



模块一

土方工程



教学目标 掌握土方工程施工的特点；能计算土方工程量；能正确选用基坑支护形式；能正确选用降、排水的方法；能正确选用土方施工机械；能正确选择回填土的填土料及压实方法；能合理编制土方工程施工方案。

技能抽查要求 能进行土方施工方案的编制。

企业八大员岗位资格考试要求 能进行土方工程量的计算；能合理选择降排水方法、支护方法及开挖机械；能进行土方施工方案的编制；掌握土方工程施工质量及安全要求。

1.1 概 述

1.1.1 土方工程的施工特点

土方工程是建筑工程施工过程中的第一道工序，具有工程量大，施工周期长，劳动强度大，施工条件复杂，易受水文、地质和气候影响等特点。



土方开挖

1.1.2 土的工程分类

在建筑施工中，根据土的开挖难易程度可以将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石等八类(表 1-1)。前四类为一般土，后四类为岩石。只有正确区分和鉴别土的种类，才能合理地选择施工方法及计算土方工程费用。

表 1-1 土的工程分类及现场鉴别方法

土的分类	土的名称	可松性系数		开挖方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂；粉土；冲积砂土层；疏松的种植土；淤泥	1.08~1.17	1.01~1.03	用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；填筑土及粉土混卵(碎)石；种植土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松

续表 1-1

土的分类	土的名称	可松性系数		开挖方法
		K_s	K'_s	
三类土 (坚土)	中等密实黏土；重粉质黏土；砾石土；干黄土；含碎(卵)石的黄土；粉质黏土；压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐，少许用锹、锄头，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土或黄土；中等密实的含碎(卵)石黏性土；粗卵石；天然级配砂石；软泥灰岩	1.26~1.32	1.06~1.09	用镐或撬棍，部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬质黏土；中密的页岩、泥灰岩、白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用镐或撬棍、大锤，部分用爆破
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，部分用风镐
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	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法
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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法

注： K_s —最初可松性系数； K'_s —最终可松性系数。

1.1.3 土的基本性质

1. 土的组成

土一般由土颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成，如图 1-1 所示，这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化，三者相互比例不同，反映出土的物理状态不同，如：干燥、稍湿或很湿，密实、稍密或松散。这些指标是基本的物理性质指标，对评价土的工程性质、进行土的工程分类具有重要意义。

2. 土的物理性质

(1) 土的天然密度和干密度

土的天然密度是指土在天然状态下单位体积的质量，可按下式计算：

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

土的干密度，指单位体积土中固体颗粒的质量，是填土压实质量的控制指标。土的干密度可以用下式表示：

$$\rho_d=\frac{m_s}{V} \quad (1-2)$$

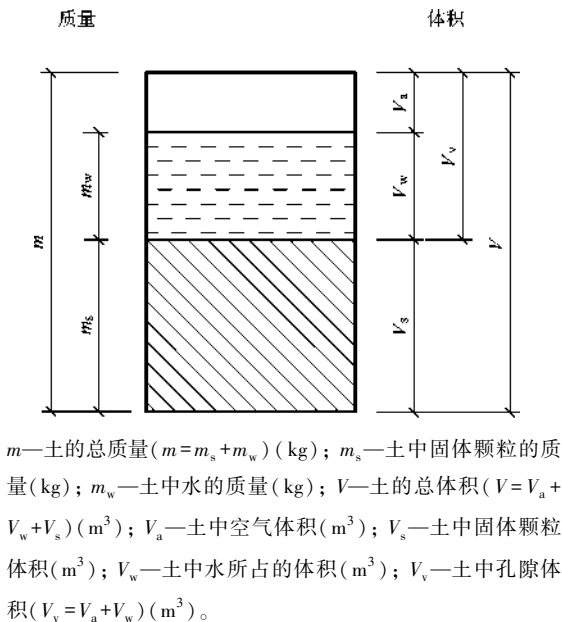


图 1-1 土的三相示意图

式中: ρ 为土的天然密度(kg/m^3); ρ_d 为土的干密度(kg/m^3); m 为土的总质量(kg); m_s 为固体颗粒的质量(kg); V 为土的体积(m^3)。

(2) 土的含水量

土的含水量 W 是指土中所含水的质量 m_w 与土的固体颗粒之间的质量 m_s 之比:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: m_1 为含水状态时土的质量(kg); m_2 为烘干后土的质量(kg); m_w 为土中水的质量(kg)。

(3) 土的孔隙比和孔隙率

孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度。孔隙比和孔隙率越小土越密实。

孔隙比 e 是土的孔隙体积 V_v 与固体体积 V_s 的比值, 用下式表示:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-4)$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积 V_v 与总体积 V 的比值, 用百分率表示:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-5)$$

(4) 土的可松性

天然状态下的土(原状土)经开挖后, 其体积因松散而增加, 即使经振动夯实, 仍不能恢复到原来的体积, 这种性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-6)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-7)$$

式中: K_s 为土的最初可松性系数; K'_s 为土的最终可松性系数; V_1 为天然状态下土的体积(m^3); V_2 为土经开挖后的松散体积(m^3); V_3 为土经回填压实后的体积(m^3)。

可松性系数对土方的调配, 计算土方运输量、填方量及运输工具都有影响, 尤其是大型挖方工程, 必须考虑土的可松性系数。

【例 1-1】 某工业厂房为钢筋混凝土条形基础, 条形基础横截面面积为 3.0 m^2 , 地基土为干黄土, 基坑深 2.0 m , 底宽 2.5 m 。若需开挖 100 延米长基槽, 请计算基槽挖土量、填土量和弃土量。(不考虑放坡, $K_s = 1.3$, $K'_s = 1.05$ 。)

解: 挖土量: $V_1 = 2 \times 2.5 \times 100 = 500 (\text{m}^3)$

条形基础体积: $V_2 = 3.0 \times 100 = 300 (\text{m}^3)$

填土量: $V_3 = (500 - 300) / 1.05 \times 1.3 = 247.6 (\text{m}^3)$

弃土量: $V_4 = 500 \times 1.3 - 247.6 = 402.4 (\text{m}^3)$

(5) 土的渗透性

土的渗透性是指水在土体中渗流的性能, 一般以渗透系数 k 表示。地下水在土中渗流速度可按达西定律计算:

$$v = ki \quad (1-8)$$

式中: v 为水在土中渗流速度(m/d); k 为土的渗透系数(m/d); i 为水力坡度。

渗透系数 k 值反映出土透水性强弱, 它直接影响降水方案的选择和涌水量计算的准确

性, 可通过室内渗透试验或现场抽水试验确定, 一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 $k/(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$	土的名称	渗透系数 $k/(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$
黏土	<0.005	中砂	$5 \sim 20$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.1$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.1 \sim 0.5$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.5$	圆砾砂	$50 \sim 100$
粉砂	$0.5 \sim 1$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1 \sim 5$		

1.2 土方工程量计算及土方调配

1.2.1 基坑、基槽

1) 基坑土方量的计算可近似按拟柱体(由两个平行的平面做上下底的多面体)体积公式来计算(图 1-2):

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-9)$$

式中: H 为基坑深度(m); A_1 为基坑上底面积(m^2); A_2 为基坑下底面积(m^2); A_0 为基坑中截面面积(m^2)。

2) 基槽土方量可沿其长度方向分段后, 按照上述同样方法计算(图 1-3):

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-10)$$

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

然后将各段的土方量相加, 即得总土方量:

$$V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n \quad (1-11)$$

式中: $V_1, V_2, \cdots, V_n$ 为各段的土方量(m^3)。

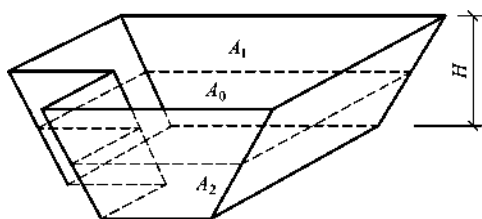


图 1-2 基坑土方量计算

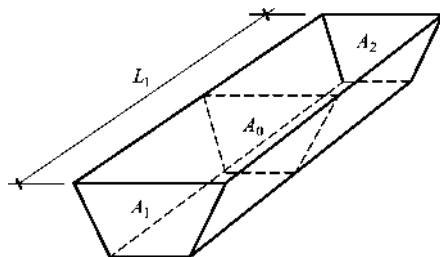


图 1-3 基槽土方量计算

1.2.2 场地平整土方量计算

将天然地面平整为施工所要求的设计平面，称为场地平整。场地平整，通常是挖高填低。在场地平整前，首先要确定场地设计标高，计算挖、填土方工程量，确定土方平衡调配方案。根据工程规模、施工期限、土的性质及现有设备条件，选择合理的土方机械，拟订施工方案。

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。合理确定场地的设计标高，对减少土方量、节约土方运输费用、加快施工进度等都具有重要的经济意义。确定场地设计标高时应考虑以下因素：

- 1) 满足建筑规划、生产工艺和运输的要求；
- 2) 尽量利用地形，减少挖填方数量；
- 3) 使场地内土方挖填平衡，以减少土方运输费用；
- 4) 有一定泄水坡度，满足排水要求；
- 5) 考虑洪水位的影响。

如果设计文件对场地设计标高无明确规定和特殊要求，就可参照下述步骤和方法确定。

(1) 初步计算场地设计标高

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据，当场地设计标高无设计文件明确规定时，可按场地内挖方总量等于填方总量的原则，初步计算场地设计标高。见图 1-4，当场地设计标高为 H_1 ，挖方土体不足以满足填方要求，需从场外取土；当场地设计标高为 H_2 ，挖方土体大大超过填方土体，则要向场外弃土；当场地设计标高为 H_0 ，恰好可以将土石方移挖作填，实现挖填方平衡。

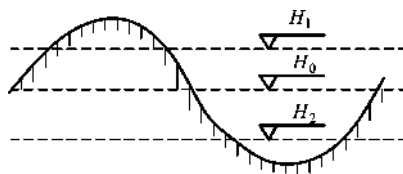


图 1-4 场地不同设计标高的比较

将场地的地形图根据精度要求划分成边长为 10~40 m 的方格网，见图 1-5(a)，在各方格左上角逐一标出其角点的编号。各方格角点的地面标高，在地形平坦时，可根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得；当地形起伏较大或无地形图时，可在地面用木桩打好方格网，然后用测量的方法直接测出。

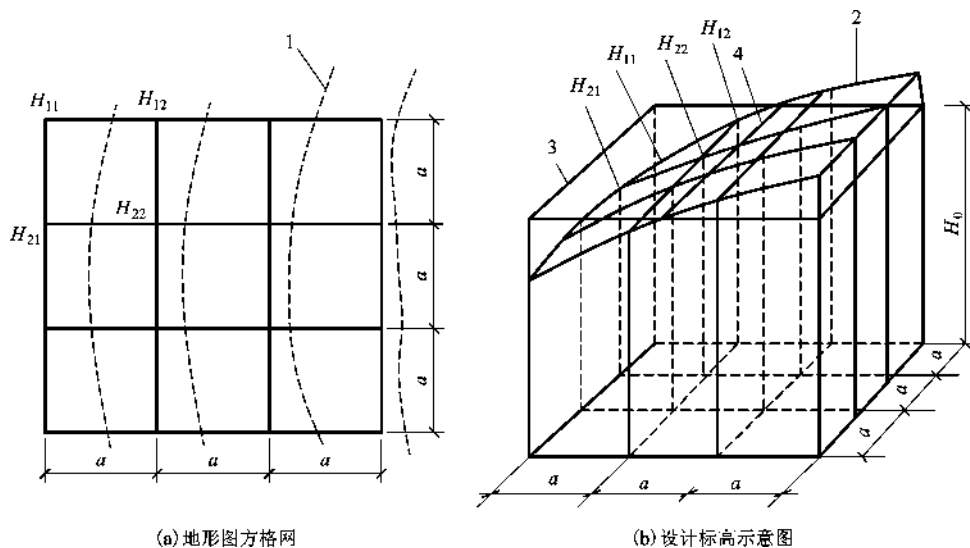
按照场地内土方在平整前及平整后相等的原则：平整前土方量 = 平整后土方量，场地设计标高可按式计算：

$$H_0 Na^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) \quad (1-12)$$

由图 1-5(a)可知， H_{11} 是一个方格的角点标高； H_{12} 和 H_{21} 是相邻两个方格公共角点标高； H_{22} 是相邻四个方格的公共角点标高。式(1-12)实际上是将类似 H_{11} 这样的角点标高加一次，而类似 H_{12} 和 H_{21} 的角点标高需加两次，类似 H_{22} 的角点标高则需要加四次。因此，整理式(1-12)可得：

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-13)$$

式中: H_1 为一个方格独有的角点标高(m); H_2 为两个方格共有的角点标高(m); H_3 为三个方格共有的角点标高(m); H_4 为四个方格共有的角点标高(m); N 为方格数。



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

图 1-5 场地设计标高计算示意图

(2) 场地设计标高的调整

按式(1-12)所计算的设计标高 H_0 为理论值, 需要考虑以下因素进行调整:

- 1) 土的可松性影响: 按 H_0 进行施工, 填土将有剩余, 因此必要时可相应提高设计标高。
- 2) 借土或弃土的影响: 经过经济比较后将部分挖方就近弃于场外, 部分填方就近从场外取土, 从而引起挖填土方量的变化, 需相应调整设计标高。

3) 泄水坡度的影响: 按上述计算及调整后的场地设计标高进行施工时, 整个场地将处于同一水平面, 无法满足排水的要求, 场地表面均应有一定的泄水坡度。因此, 应根据场地排水坡度的要求, 计算出场地内各个方格角点实际施工时所采用的设计标高。

① 单向泄水时(图 1-6):

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-14)$$

式中: H_n 为场地内任一点的设计标高(m); l 为该点至场地中心线的距离(m); i 为场地泄水坡度(不小于 2‰)。

② 双向泄水时(图 1-7), 以 H_0 作为场地中心点的标高:

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-15)$$

式中: l_x 和 l_y 分别为该点沿 $x-x$ 和 $y-y$ 方向到场地中心线的距离(m); i_x 和 i_y 分别为该点沿 $x-x$ 和 $y-y$ 方向的泄水坡度。

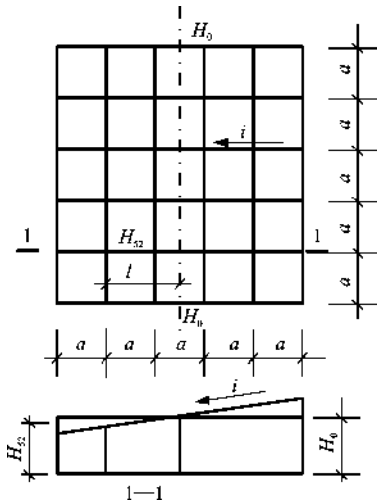


图 1-6 单向泄水坡度的场地

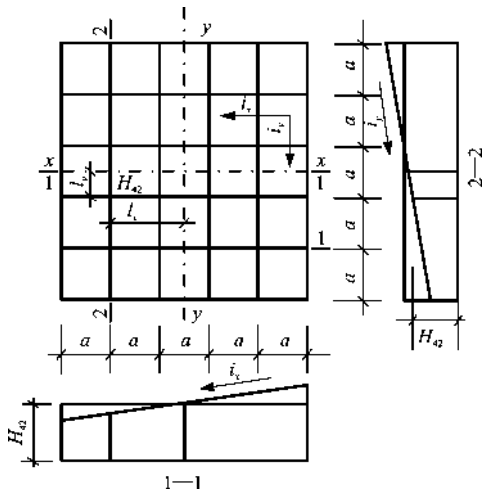


图 1-7 双向泄水坡度的场地

2. 场地土方量计算

大面积场地平整的土方量，通常采用方格网法计算。方格边长一般取 10 m、20 m、30 m 和 40 m 等。根据每个方格角点的自然地面标高和设计标高，算出相应的角点挖填高度，然后计算出每一个方格的土方量，并算出场地边坡的土方量，这样即可求得整个场地的填、挖土方量。具体步骤如下。

(1) 计算场地各方格角点的施工高度

各方格角点的施工高度(挖或填的高度)，可按下式计算：

$$h_n = H_n - H \tag{1-16}$$

式中： h_n 为角点的施工高度(m)，“+”为填，“-”为挖； H_n 为角点的设计标高(m)； H 为角点的自然地面标高(m)。

(2) 确定零线

在一个方格中角点的施工高度既有“+”又有“-”，说明此方格中的土方一部分为填方，而另一部分为挖方，那么在方格中一定存在不挖不填的点，这些点称为零点，连接零点得到零线。零线是填方区与挖方区的分界线(图 1-8)。

零点的位置可根据方格角点的施工高度用几何方法求出，按下式计算：

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a; \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a \tag{1-17}$$

式中： x_1 和 x_2 为角点至零点的距离(m)； h_1 和 h_2 为相邻两个角点的施工高度绝对值(m)； a 为方格网的边长(m)。

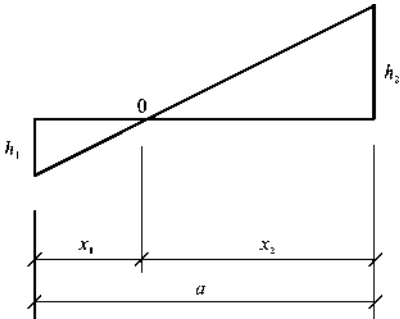


图 1-8 零点位置计算示意图

(3) 计算方格土方工程量

场地各方格土方量的计算,一般有下列四种类型,可采用四角棱柱体的体积计算方法。

1) 方格的四个角点全部为挖方或填方,见图 1-9,其挖(填)方的土方量为:

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-18)$$

式中: h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 为方格四角点的施工高度(m),以绝对值代入。

2) 方格的一个角点为挖方或填方,见图 1-10,其挖(填)方的土方量为:

$$V = \frac{1}{2} bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6} \quad (1-19)$$

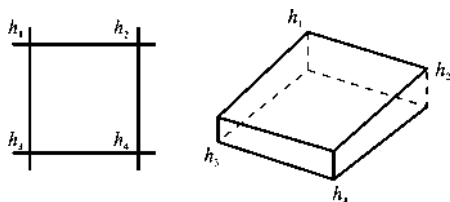


图 1-9 全挖(全填)方格

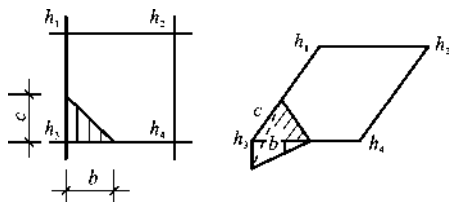


图 1-10 一点填方或挖方方格

3) 方格相邻的两个角点为挖方,另两个角点为填方,见图 1-11,其填方部分的土方量为:

$$V_{(+)} = \frac{b+c}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (b+c) (h_1 + h_3) \quad (1-20)$$

挖方部分的土方量为:

$$V_{(-)} = \frac{d+e}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (d+e) (h_2 + h_4) \quad (1-21)$$

4) 方格的三个角点为挖方或填方,见图 1-12,其挖(填)方的土方量为:

$$V = \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{\sum h}{5} = \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{h_1 + h_2 + h_4}{5} \quad (1-22)$$

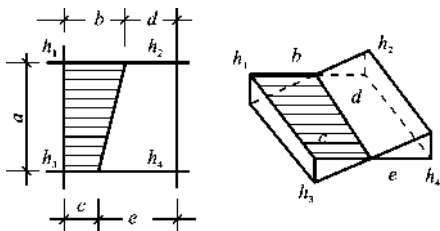


图 1-11 两挖两填方格

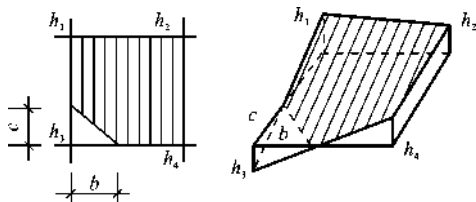


图 1-12 三挖一填(或三填一挖)方格

(4) 计算场地边坡土方量

在场地平整施工中,往往场地四周需要做成边坡,以保持土体稳定,保证施工和使用的安全。边坡土方量的计算,可先把挖方区和填方区的边坡画出来,然后将边坡划分为两种近似的几何形体,即三角棱柱体或三角棱锥体,分别计算它们的体积。

三角棱锥体边坡体积(图 1-13 中的①), 计算公式如下:

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \quad (1-23)$$

式中: l_1 为边坡①的长度(m); A_1 为边坡①的端面积(m^2)。

三角棱柱体边坡体积(图 1-13 中的④), 计算公式如下:

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1-24)$$

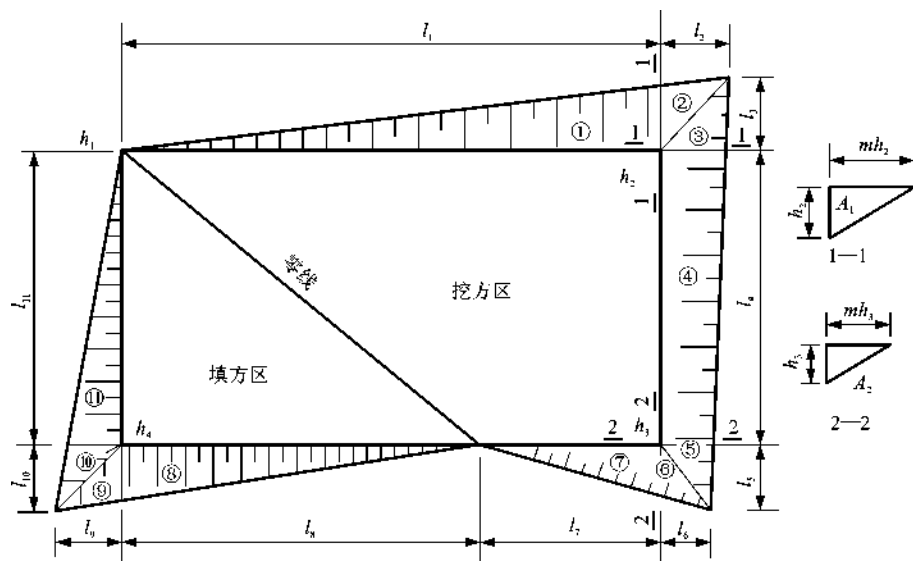


图 1-13 场地边坡平面图

在两端横断面面积相差很大的情况下, 则:

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-25)$$

式中: l_4 为边坡④的长度(m); A_1 , A_2 和 A_0 为边坡④的两端及中部的横断面面积(m^2)。

(5) 计算土方总量

将挖方区(或填方区)的所有方格土方量和边坡土方量汇总后即得场地平整挖(填)方的工程量。

【例 1-2】 某建筑施工场地地形图和方格网布置如图 1-14 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, 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, 计算挖、填方土量。

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(1-16)计算得:

$$h_1 = 251.50 - 251.40 = 0.10 (\text{m})$$

$$h_2 = 251.44 - 251.25 = 0.19 (\text{m})$$

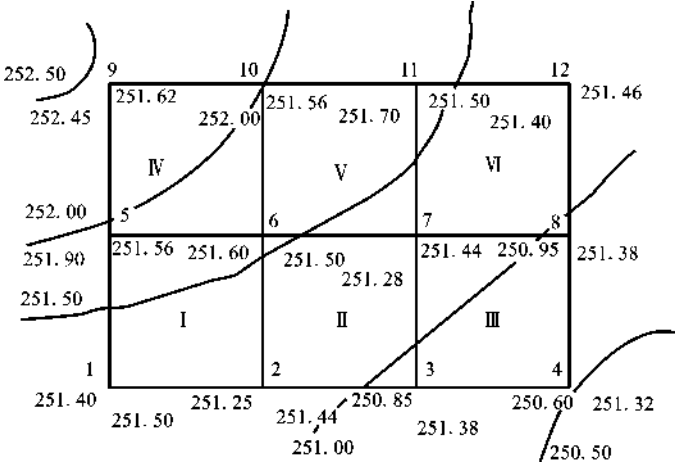


图 1-14 某建筑场地方格网布置图

$$h_3 = 251.38 - 250.85 = 0.53 \text{ (m)}$$

其余各角点计算可得： $h_4 = 0.72 \text{ m}$ ； $h_5 = -0.34 \text{ m}$ ； $h_6 = -0.10 \text{ m}$ ； $h_7 = 0.16 \text{ m}$ ； $h_8 = 0.43 \text{ m}$ ； $h_9 = -0.83 \text{ m}$ ； $h_{10} = -0.44 \text{ m}$ ； $h_{11} = -0.20 \text{ m}$ ； $h_{12} = 0.06 \text{ m}$ 。

各角点施工高度计算结果标注在图 1-15 中。

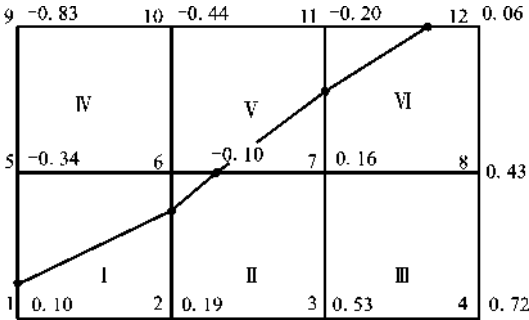


图 1-15 施工高度及零线位置

②计算零点位置

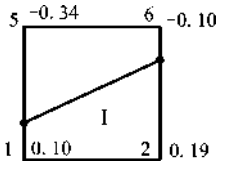
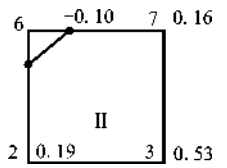
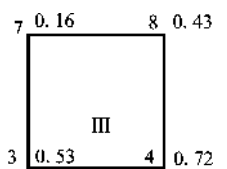
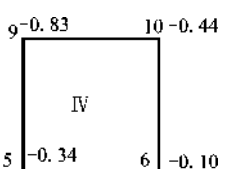
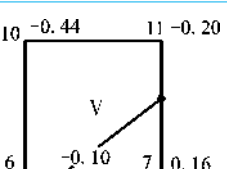
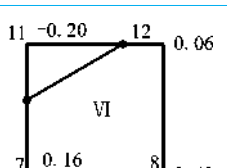
由图 1-15 可知，方格网边 1-5，2-6，6-7，7-11 和 11-12 两端的施工高度符号不同，这说明在这些方格边上有零点存在，由式(1-17)计算得：

1-5 边： $x_1 = 4.55 \text{ m}$ ；2-6 边： $x_1 = 13.10 \text{ m}$ ；6-7 边： $x_1 = 7.69 \text{ m}$ ；7-11 边： $x_1 = 8.89 \text{ m}$ ；11-12 边： $x_1 = 15.38 \text{ m}$ 。在图 1-15 中标定各零点，并将相邻零点连接起来得到零线位置。

③计算各方格的土方量

列表分别计算各方格内的挖填方量，计算过程和结果见表 1-3。

表 1-3 土方量计算过程与结果

方格 编号	方格 简图	计算过程	计算结果 /m ³
I		$V_{(+)} = (4.55 + 13.10) \times (0.10 + 0.19) \times 20 / 8$ $V_{(-)} = (15.45 + 6.90) \times (0.10 + 0.34) \times 20 / 8$	$V_{(+)} = 12.80$ $V_{(-)} = 24.59$
II		$V_{(+)} = [20^2 - 7.69 \times (20 - 13.1) / 2] \times (0.16 + 0.53 + 0.19) / 5$ $V_{(-)} = 7.69 \times (20 - 13.1) \times 0.10 / 6$	$V_{(+)} = 65.73$ $V_{(-)} = 0.88$
III		$V_{(+)} = 20^2 \times (0.16 + 0.43 + 0.72 + 0.53) / 4$	$V_{(+)} = 184.00$
IV		$V_{(-)} = 20^2 \times (0.83 + 0.44 + 0.10 + 0.34) / 4$	$V_{(-)} = 171.00$
V		$V_{(+)} = 8.89 \times 12.31 \times 0.16 / 6$ $V_{(-)} = [20^2 - 8.89 \times (20 - 7.69) / 2] \times (0.44 + 0.20 + 0.10) / 5$	$V_{(+)} = 2.92$ $V_{(-)} = 51.10$
VI		$V_{(+)} = [20^2 - 15.38 \times (20 - 8.89) / 2] \times (0.06 + 0.43 + 0.16) / 5$ $V_{(-)} = 15.38 \times (20 - 8.89) \times 0.20 / 6$	$V_{(+)} = 40.89$ $V_{(-)} = 5.70$
	合计	挖方总量 253.27 m ³ ; 填方总量 306.34 m ³	

④边坡土方量计算

如图 1-16 所示,除第④⑦按三角棱柱体计算外,其余均按三角棱锥体计算:

$$\begin{aligned}
 &V_{①(+)} = 0.003 \text{ m}^3; V_{②(+)} = V_{③(+)} = 0.0001 \text{ m}^3; V_{④(+)} = 5.22 \text{ m}^3; \\
 &V_{⑤(+)} = V_{⑥(+)} = 0.06 \text{ m}^3; V_{⑦(+)} = 7.93 \text{ m}^3; V_{⑧(+)} = V_{⑨(+)} = 0.01 \text{ m}^3; \\
 &V_{⑩} = 0.01 \text{ m}^3; V_{⑪} = 2.03 \text{ m}^3; V_{⑫} = V_{⑬} = 0.02 \text{ m}^3; V_{⑭} = 3.18 \text{ m}^3。
 \end{aligned}$$

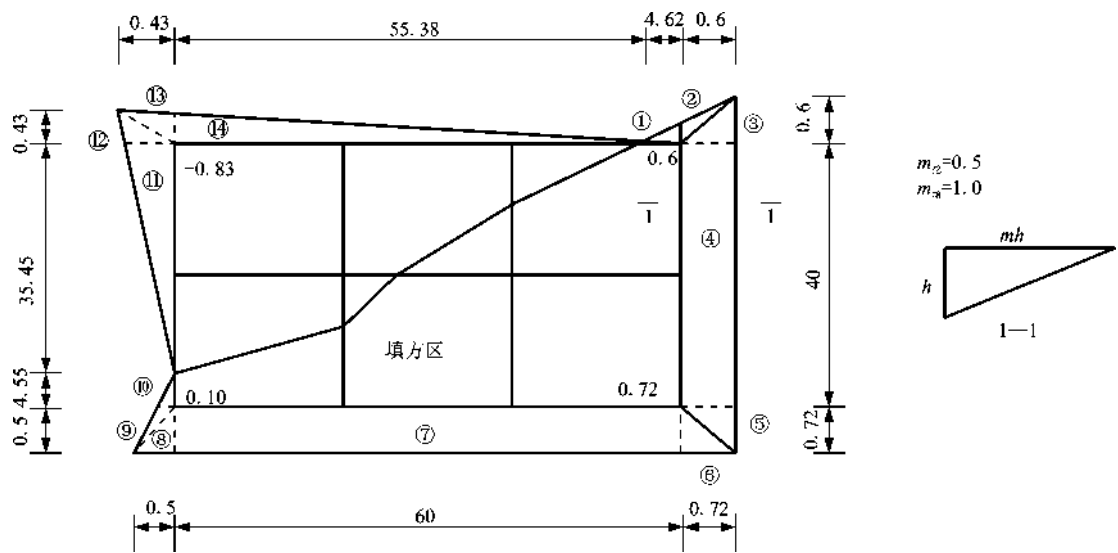


图 1-16 场地边坡平面图(单位: m)

边坡总填方量:

$\sum V_{(+)} = 0.003 + 0.0001 + 5.22 + 2 \times 0.06 + 7.93 + 2 \times 0.01 + 0.01 = 13.30(\text{m}^3)$

边坡总挖方量:

$\sum V_{(-)} = 2.03 + 2 \times 0.02 + 3.18 = 5.25(\text{m}^3)$

1.2.3 土方调配

土方量计算完成后,即可着手土方的调配工作。土方调配,就是对挖土的利用、堆弃以及填土的取得三者之间的关系进行综合协调的处理。好的土方调配方案,应该是使土方运输量或费用达到最小,而且又能方便施工。

土方调配的原则:①力求达到挖方与填方平衡和运距最短的原则;②近期施工和后期利用的原则。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、土方施工方法和运输方法,综合上述原则,并经计算比较,选择经济合理的调配方案。

调配方案确定后,绘制土方调配图。在土方调配图上要注明挖填调配区、调配方向、土方数量和平均运距。图 1-17 中 W 为挖方区, T 为填方区。

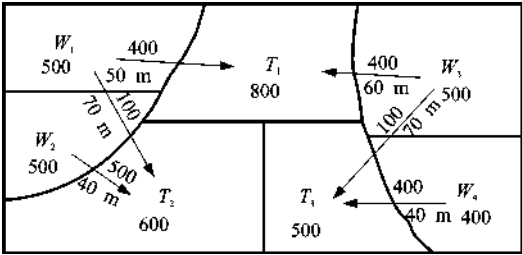


图 1-17 土方调配图

1.3 施工准备与辅助工作

在场地平整工作完成后,便可进行基坑的开挖。基坑的开挖往往涉及一系列的问题,如边坡的稳定,深基坑的支护,降低地下水位,基坑开挖方案的确定等。

1.3.1 施工准备

(1) 技术准备

熟悉施工图纸,踏勘施工现场,掌握水文地质条件,从而确定合理施工方案及施工方法。

(2) 现场准备

场地需进行清理、平整,设置排水设施排除地面水,修筑场内道路及搭设临时建筑物,安装供水、供电等临时设施,从而确保土方施工顺利进行。

1.3.2 土方边坡与土壁支撑

1. 土方边坡

为保证土方边坡稳定、防止土壁塌方、确保施工安全,当挖方超过一定深度或填方超过一定高度时,应做成一定形式的边坡或设置临时支撑。影响边坡稳定的因素很多,主要有土的种类、基坑开挖深度、水的作用、坡顶荷载、震动等。

土方边坡的坡度以开挖深度 H 与放坡的宽度 B 之比来表示,见图 1-18(a),即:

$$\text{土方边坡坡度} \frac{H}{B} = \frac{1}{B/H} = 1:m$$

式中: $m=B/H$, 称为边坡系数。

边坡坡度应根据土质、开挖深度、开挖方法、施工工期、地下水位、坡顶荷载及气候条件等因素确定,可做成直线形、折线形或阶梯形(图 1-18)。

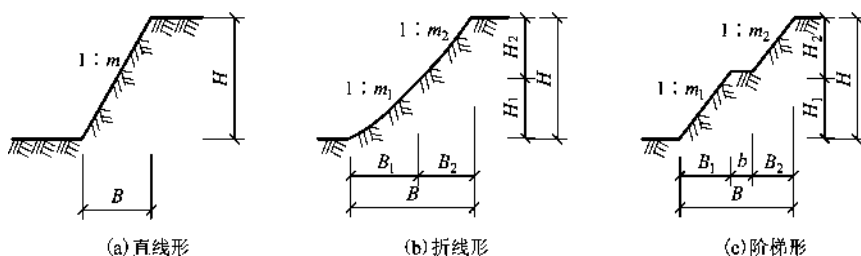


图 1-18 基坑边坡

合适的边坡系数应满足安全与经济两方面的要求,既要保证边坡稳定,又不增多土方量。一般边坡系数 m 由设计文件规定,当设计文件未作规定时,应按照国家规范的相关规定来选取。

当土质均匀且地下水位低于基坑(槽)或管沟底面标高、挖方深度不超过表 1-4 规定时,挖方边坡可做成直立壁且不加支撑。



土方边坡

表 1-4 基坑(槽)和管沟不加支撑时的允许深度

土的种类	允许深度/m
密实、中密的砂土和碎石类土(充填物为砂土)	1.00
硬塑、可塑的粉质黏土及粉土	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

当挖方超过表 1-4 的深度时,应考虑放坡或直立壁加支撑。当地质条件良好、土质均匀且地下水位低于基坑(槽)底面标高时,挖方深度在 5 m 以内不加支撑的边坡最陡坡度应符合表 1-5 的规定。

表 1-5 深度在 5 m 内的基坑(槽)、管沟边坡的最陡坡度(不加支撑)

土的种类	边坡坡度(高:宽)		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土(填充物为砂土)	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土(填充物为黏性土)	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土(经过人工降低地下水位后)	1:1.00	—	—

注:1. 静载指坑边堆土或材料等,动载指机械挖土或汽车运输作业等,堆土或材料堆积应距挖方边缘 1.0 m 以外,高度不应超过 1.5 m。
2. 若有成熟的经验或科学的理论计算并经试验证明者可不受本表限制。

对临时性挖方边坡值,应符合表 1-6 的规定。

表 1-6 临时性挖方边坡值

土的种类		边坡值(高:宽)
砂土(不包括细砂、粉砂)		1:1.25~1:1.50
一般性黏土	硬	1:0.75~1:1.00
	硬塑	1:1.00~1:1.25
	软	1:1.50 或更缓
碎石类土	充填坚硬、硬塑黏性土	1:0.50~1:1.00
	充填砂土	1:1.00~1:1.50

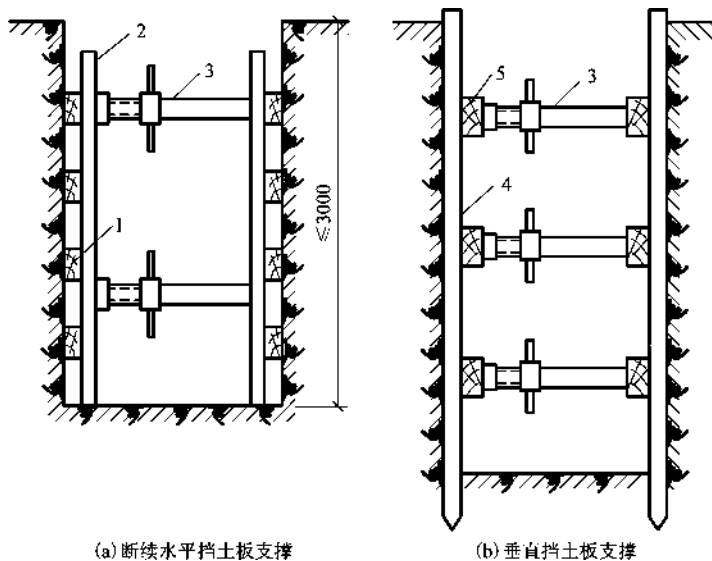
注:1. 有成熟施工经验,可不受本表限制;设计有要求时,应符合设计标准。
2. 如采用降水或其他加固措施,可不受本表限制。
3. 开挖深度:软土不超过 4 m,硬土不超过 8 m。

2. 土壁支撑

采用放坡开挖基坑(槽)法,往往是比较经济的。但有时受场地的限制不能按要求放坡,可采用设置土壁支撑的施工方法,主要包括横撑式支撑、锚锭式支撑及板桩式支撑等。

(1) 横撑式支撑

开挖狭窄的基坑(槽)和管沟时,可采用横撑式支撑。贴附于土壁上的挡土板,可水平铺设或垂直铺设,也可断续铺设或连续铺设(图 1-19)。断续水平挡土板支撑用于湿度小的黏性土及挖土深度小于 3 m 时。连续水平挡土板支撑用于挖土深度不大于 5 m 的较潮湿或松散的土。连续垂直挡土板支撑则常用于湿度很高和松散的土,挖土深度不限。



1—水平挡土板; 2—竖楞木; 3—工具式横撑; 4—竖直挡土板; 5—横楞木。

图 1-19 横撑式支撑

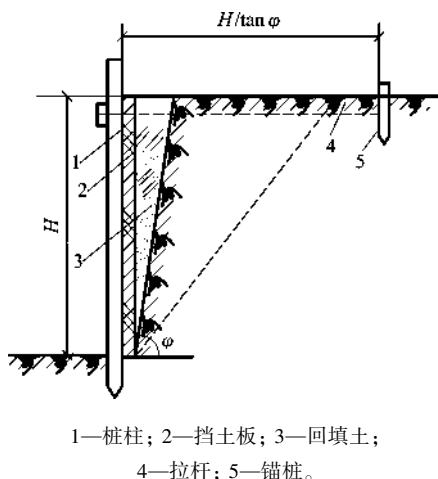
(2) 锚锭式支撑

水平挡土板支在柱桩的内侧,柱桩一端打入土中,另一端用拉杆与锚桩拉紧,在挡土板内侧回填土,适用于开挖较大型、深度不大的基坑或使用机械挖土,但不能安设横撑时使用。锚锭式支撑形式见图 1-20。

(3) 板桩式支撑

板桩式支撑特别适用于地下水位较高且土质为细颗粒、松散饱和土的支护,可防止流砂现象的发生。板桩种类很多,有木板桩、钢板桩及钢筋混凝土板桩等,其中钢板桩应用最广。

钢板桩又可分平板桩和波浪式板桩两类。平板桩防水和承受轴向压力性能良好,易打入地下,但



1—桩柱; 2—挡土板; 3—回填土;
4—拉杆; 5—锚桩。

图 1-20 锚锭式支撑

长轴方向抗弯强度较小,如图 1-21(a)所示。波浪式板桩的防水和抗弯性能都较好,施工中多采用,如图 1-21(b)所示。

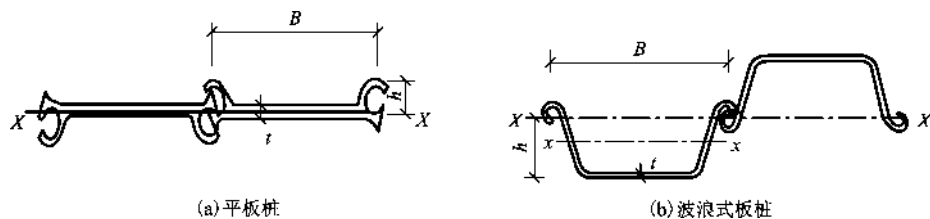


图 1-21 钢板桩示意图

1.3.3 土方工程施工排水和降低地下水位

当基坑底面低于地下水位时,开挖基坑的过程中将会切断土壤的含水层,使得地下水不断渗入基坑,导致地基承载力不断下降,同时也容易造成基坑边坡塌方的出现。因此为了保证工程质量和施工安全,在基坑开挖前或开挖过程中,必须采取措施降低地下水位,使基坑在开挖过程中坑底始终保持干燥。对于地面水,一般采取在基坑四周或流水的上游设排水沟、截水沟或挡水土堤等办法解决。对于地下水则常采用明排降水法和人工降低地下水位法,使地下水位降至所需开挖的深度以下。无论采用何种方法,降水工作都应持续到基础工程施工完毕并回填土后才可停止。

1. 明排水法

基坑在逐层开挖过程中,在坑底周围设置具有一定坡度的排水明沟,并在坑底四角或每隔 30~40 m 设置集水井,使地下水流入集水井内,然后用水泵抽出坑外(图 1-22)。明排水法是一种常用的最经济、最简单的方法,但仅适用于土质较好且地下水位不高的基坑开挖。当土为细砂或粉砂时,易发生流砂现象,此时可采用人工降低地下水位的方法。

(1) 集水井与排水明沟的设置

基坑四周的排水沟及集水井应随基坑开挖逐层设置,如图 1-22 所示,并设置于基础轮廓 0.3 m 以外处、地下水流的下游;排水沟的坡度为 1‰~5‰,断面尺寸一般不小于 0.5 m×0.5 m;集水井的直径或宽度一般为 0.7~1.0 m,其深度宜比排水沟的深度低 0.5~1.0 m。

(2) 水泵的选用

明排水是指用水泵从集水井中抽水。常用的水泵有潜水泵、离心水泵和泥浆泵。一般所选用水泵的抽水量为基坑涌水量的 1.5~2.0 倍。

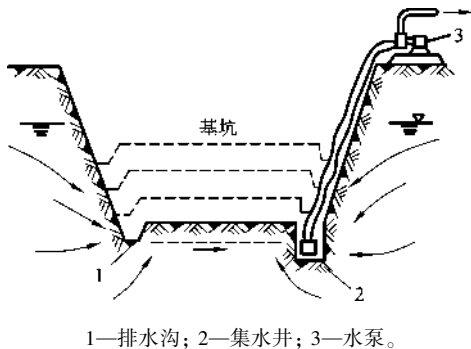


图 1-22 集水井降水

(3) 流砂的发生与防治

采用明排水法开挖基坑时,如果基坑挖至地下水位以下,坑底、坑壁的土粒形成流动状态,且随地下水的渗流不断涌入基坑,即称为流砂现象。

1) 发生流砂现象的原因。

如图 1-23 所示,由于高水位的左端(水头为 h_1)与低水位的右端(水头为 h_2)之间存在压力差,水经过长度为 l 、断面积为 F 的土体由左端向右端渗流,如图 1-23(a)所示。

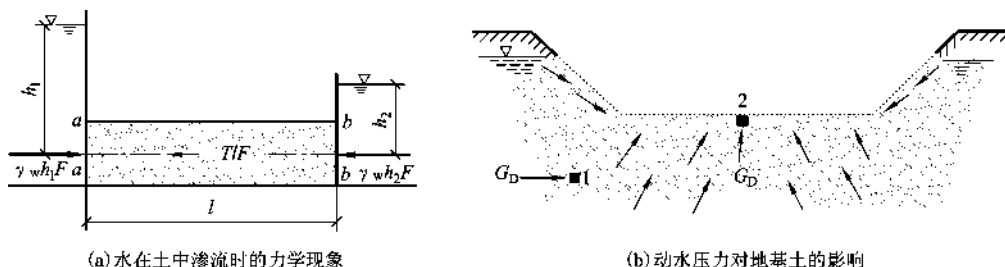


图 1-23 动水压力原理图

$\gamma_w h_1 F$ ——作用在土体左侧 $a-a$ 截面处的总水压力(γ_w 为水的密度)。

$\gamma_w h_2 F$ ——作用在土体右侧 $b-b$ 截面处的总水压力。

TlF ——水渗流时受到土颗粒的总阻力(T —单位土体阻力)。

由静力平衡条件有:

$$T = -\frac{h_1 - h_2}{l} \gamma_w \quad (-\text{表示方向向左}) \quad (1-26)$$

式中: $\frac{h_1 - h_2}{l}$ 为水头差与渗透路程长度 l 之比,称为水力坡度,以 i 表示。

$$\text{式(1-26)可写成:} \quad T = -i \gamma_w \quad (1-27)$$

由于单位土体阻力与水在土中渗流时对单位土体的压力 G_D 大小相等,方向相反,所以:

$$G_D = -T = i \gamma_w \quad (1-28)$$

式中: G_D 为动水压力(N/cm^2)。

由式(1-28)可知,动水压力 G_D 的大小与水力坡度成正比,即水位差 $h_1 - h_2$ 越大,则 G_D 越大,而渗透路程越长,则 G_D 越小,动水压力的作用方向与水流的方向相同。当水流在水位差的作用下对土颗粒产生向上的压力时,土颗粒受到了向上的浮力。如果动水压力等于或大于土的饱和密度 γ' 时,即 $G_D \geq \gamma'$,则土颗粒处于悬浮状态,土的抗剪强度等于零,土颗粒会随着渗流的水一起流动,这种现象称为流砂现象。

2) 易产生流砂的土。

下列性质的土,在一定动水压力作用下,就有可能发生流砂现象。

- ①土的颗粒组成中,黏粒含量小于 10%,粉粒(颗粒为 0.005~0.05 mm)含量大于 75%;
- ②颗粒级配中,土的不均匀系数小于 5;
- ③土的天然孔隙比大于 0.75;

④土的天然含水量大于 30%。
因此，流砂现象经常发生在细砂、粉砂及粉土中。

3) 流砂的防治办法。

当发生流砂现象时，土完全丧失承载力，土边挖边冒，很难挖到设计深度，给施工带来极大困难，严重时还会引起边坡塌方。如果附近有建筑物，则会引起地基被掏空而使建筑物下沉、倾斜，甚至倒塌。发生流砂现象的关键是动水压力的大小与方向。所以，在基坑开挖中，防治流砂的原则是“治流砂必治水”，主要途径是消除、减小或平衡动水压力或者改变动水压力的方向。其具体措施有：

①抢挖法：组织分段开挖，使挖土速度超过冒砂速度，挖到标高后立即铺竹筏或芦席，并抛大石块以平衡动水压力，压住流砂，此法可解决轻微流砂现象。

②打板桩法：将板桩打入坑底下面一定深度，增加地下水从坑外流入坑内的渗流长度，减小水力坡度，从而减小动水压力，防止流砂产生。

③水下挖土法：不排水施工，使坑内水压力与地下水压力平衡，消除动水压力，从而防止流砂产生。

④人工降低地下水位：采用轻型井点等降水，使地下水降到坑底以下，水不致流入坑内，从而防止流砂产生。

⑤地下连续墙法：在基坑周围浇筑一道混凝土连续墙，以支承土壁、截水并防止流砂产生。此外，还可以选择在枯水期施工等方法。

2. 人工降低地下水位

当土层是软土层或者含有淤泥层、细砂时，不宜采用明排水法，因为在基坑中直接排水，地下水将产生自下而上或从边坡向基坑方向流动的动水压力，容易导致边坡塌方和产生流砂现象，并使基底土结构遭受破坏，这种情况应考虑采用人工降低地下水位方法。

人工降低地下水位就是在基坑开挖前，预先在基坑周围埋设一定数量的滤水管(井)，利用抽水设备不断抽出地下水，使地下水位降低到坑底以下，直至基础工程施工完毕。人工降低地下水位法改善了工作条件，防止了流砂现象的发生。同时，由于地下水位在降落过程中动水压力向下作用与土体自重作用，使基底土层压密，提高了地基土的承载能力。

人工降低地下水位法按其系统的设置、吸水原理和方法的不同，可分为轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点和深井井点，其中轻型井点应用最广泛。对不同类型的人工降低地下水位方法的选用可参考表 1-7。

表 1-7 降水类型及适用条件

项次	井点类型	土层渗透系数/($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	降低水位深度/m
1	单级轻型井点	$10^{-5} \sim 10^{-2}$	3~6
2	多级轻型井点	$10^{-5} \sim 10^{-2}$	6~12(由井点层数而定)
3	喷射井点	$10^{-6} \sim 10^{-3}$	8~20
4	电渗井点	$<10^{-6}$	宜配合其他形式降水使用
5	深井井点	$\geq 10^{-5}$	>10

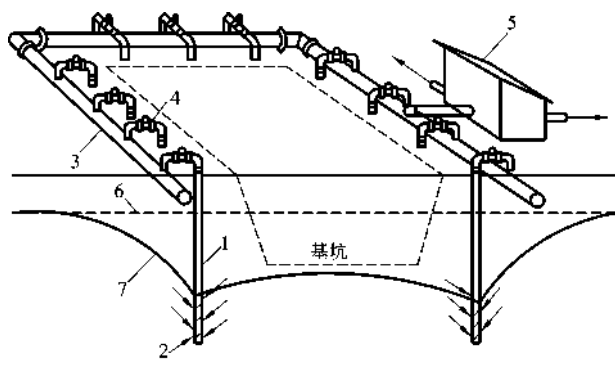
(1) 轻型井点降低地下水位

轻型井点降低地下水位是沿基坑四周每隔一定距离将若干直径较小的井点管埋入蓄水层内,井点管上端伸出地面,通过弯联管与总管相连并引向水泵房,利用抽水设备将地下水从井点管内不断抽出,使地下水位降至坑底以下,如图 1-24 所示。

轻型井点降水

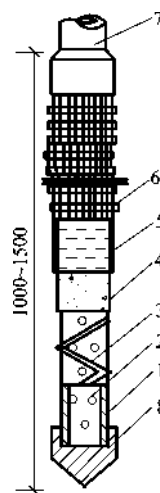
轻型井点由管路系统和抽水设备两部分组成。

管路系统包括滤管、井点管、弯联管及总管。滤管是轻型井点的进水装置(图 1-25),一般采用长 0.9~1.7 m、直径 38~55 mm 的无缝钢管。管壁上钻有直径为 12~18 mm 的滤水孔,呈梅花形排列,滤孔面积为滤管表面积的 20%~25%,外包两层滤网。井点管采用长为 5~7 m、直径为 38 mm 或 55 mm 的钢管,可用整根或分节组成,上端用弯联管与总管相连。弯联管一般用塑料透明管或橡胶管制成,其上装有阀门,以便调节或检修井点。



1—井点管; 2—滤管; 3—总管; 4—弯联管; 5—水泵房;
6—原地下水位线; 7—降低后的地下水位线。

图 1-24 轻型井点降低地下水位



1—钢管; 2—管壁上小孔; 3—缠绕的铁丝;
4—细滤网; 5—粗滤网; 6—粗铁丝保护网;
7—井点管; 8—铸铁头。

图 1-25 滤管构造

总管一般用直径为 100~127 mm 的无缝钢管分节连接而成,每节长 4 m,每隔 0.8~1.6 m 设一个与井点管连接的短接头。按 2.5‰~5‰坡度坡向泵房。

抽水设备:由真空泵、离心泵和集水箱等组成。

(2) 轻型井点的布置

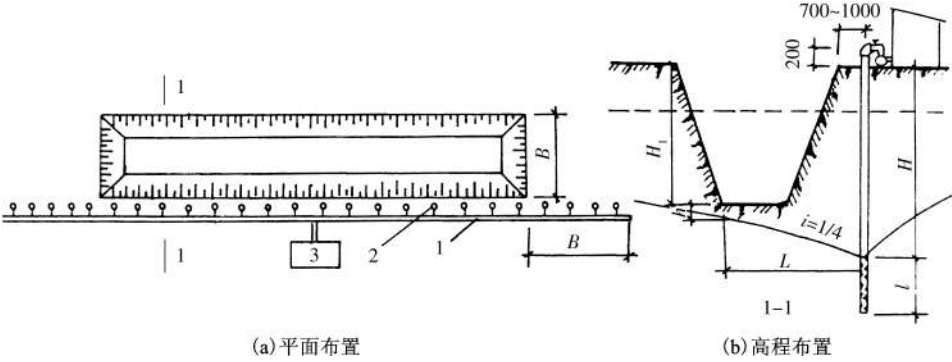
轻型井点的布置,应根据基坑的大小和深度、土质、地下水位的高低与流向、降水深度要求等因素确定。设计时主要考虑平面和高程两个方面。

1) 平面布置。

单排线状井点布置(图 1-26):基坑或沟槽宽度小于 6 m,且降水深度不超过 5 m。布置在地下水流的上游一侧,两端延伸长度一般不小于沟底宽度。

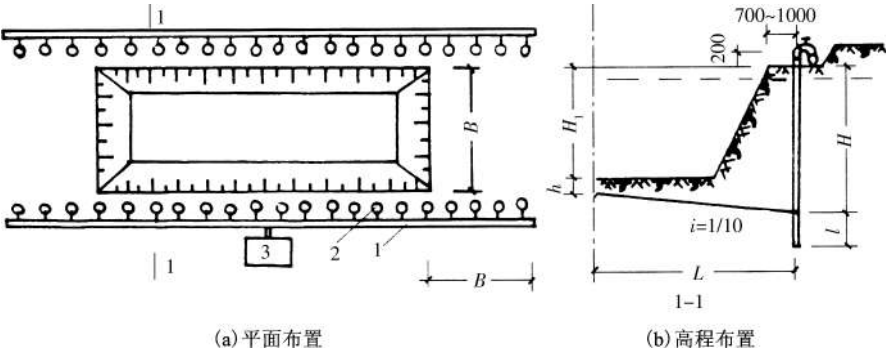
双排线状井点布置(图 1-27):基坑或沟槽宽度大于 6 m 或土质不良。

环形井点布置(图 1-28):基坑开挖面积较大。



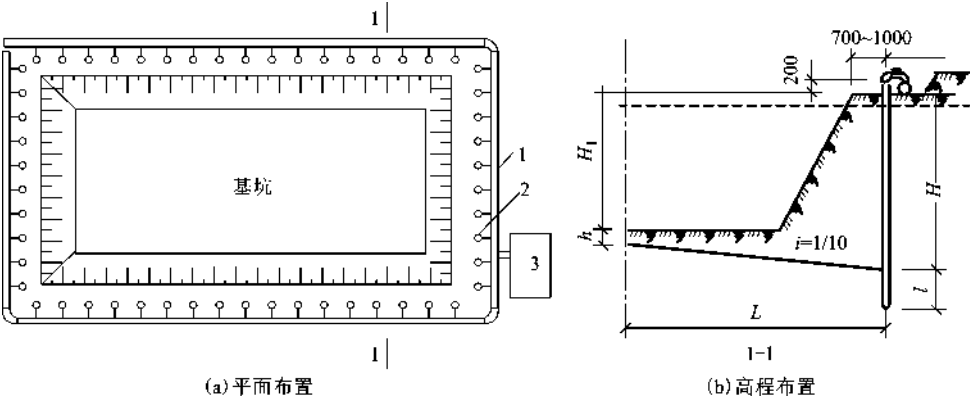
1—总管；2—井点管；3—抽水设备。

图 1-26 单排线状井点布置图



1—总管；2—井点管；3—抽水设备。

图 1-27 双排线状井点布置图



1—总管；2—井点管；3—抽水设备。

图 1-28 环形井点布置图

2) 高程布置。轻型井点的降水深度从理论上讲可达 10 m 左右,但由于抽水设备的水头损失,实际降水深度一般不大于 6 m。井点管的埋设深度 H (不包括滤管) 可按下式计算:

$$H \geq H_1 + h + iL \quad (1-29)$$

式中: H_1 为井点管埋设面到基坑底面的距离(m); h 为基坑底面至降低后的地下水位线的距离,一般取 0.5~1.0 m (人工开挖取下限,机械开挖取上限)(m); i 为降水曲线坡度,可取实测值或按经验,单排井点取 1/4,环形井点取 1/10~1/15; L 为井点管至基坑中心的水平距离,单排井点为井点管至基坑另一边的距离(m)。

如 H 小于降水深度 6 m 时,可用一级井点;当 H 稍大于 6 m,降低井点管的埋设面后,可满足降水深度要求时,仍可采用一级井点;当一级井点达不到降水深度要求时,可采用二级井点或多级井点,即先挖去第一级井点所疏干的土,然后在其底部埋设第二级井点,见图 1-29。

(3) 轻型井点的施工。

轻型井点系统的施工,主要包括施工准备、井点系统的安装、使用及拆除。

在井点系统安装时,先根据降水方案埋设总管,再冲孔、埋设井点管,然后用弯联管将井点管与总管连接,最后安装抽水设备。

井点管的埋设一般用水冲法进行,水冲法分为冲孔与埋管两个过程。冲孔时,利用起重设备将冲管吊起,并插在井点位置上,边利用高压水泵冲松土体边下沉,冲孔应垂直,直径一般为 300 mm,以保证井管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(图 1-30)。

轻型井点系统全部安装完毕后,应进行抽水试验,以检查井点管有无淤塞或漏气、漏水现象。在井点系统的使用过程中,应连续抽水,时抽时停会抽出大量泥砂,使滤管淤塞,并可能造成附近建筑物因土粒流失而沉降开裂。

(4) 降水对周围建筑的影响及防止措施

在弱透土层和压缩性大的黏土层中降水时,由于地下水流失造成地下水位下降、地基自重应力增加和土层压缩等,会产生较大的地面沉降;又由于土层的不均匀性和降水后地下水位呈漏斗形,四周土层的自重应力变化不一而产生不均匀沉降,使周围建筑基础下沉或房屋开裂。因此,在建筑物附近进行井点降水时,为防止降水影响或损害区域内的建筑物,必须阻止建筑物下的地下水流失。为达到此目的,除可在降水区域和原有建筑物之间的土层中设置一道固体抗渗屏障外,还可用回灌井点补充地下水的办法来保持地下水位,使降水井点和原有建筑物下的地下水位保持不变或降低较少,从而阻止建筑物下的地下水的流失。这样,也不会因降水而使地面沉降,或减少沉降值。

回灌井点是防止井点降水损害周围建筑物的一种经济、简便、有效的办法,它可将井点降水对周围建筑物的影响减小到最低程度。为确保基坑施工的安全和回灌的效果,回灌井点与降水井点之间应保持一定的距离,一般不宜小于 6 m。

为了观测降水及回灌后四周建筑物、管线的沉降情况及地下水位的变化情况,必须设置

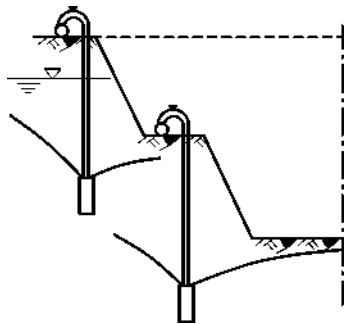
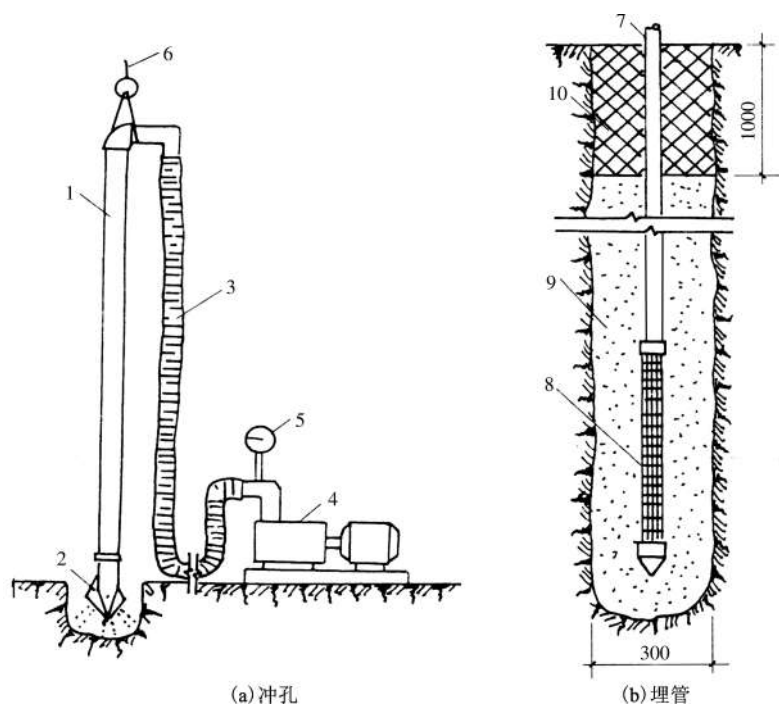


图 1-29 二级轻型井点示意图



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

图 1-30 井点管的埋设

沉降观测点及水位观测井，并定时测量记录，以便及时调节灌、抽量，使灌、抽基本达到平衡，确保周围建筑物、管线等的安全。

1.4 土方机械化施工

1.4.1 常用土方施工机械的施工特点

土方工程施工包括土方开挖、运输、填筑与压实等。由于工程量大、劳动繁重，施工时应尽可能采用机械化、半机械化施工，以减轻繁重的体力劳动，加快施工进度。常用的土方施工机械有推土机、铲运机、单斗挖土机、装载机、压实机械等。

1. 推土机

推土机是一种在拖拉机上装有推土铲刀等工作装置的土方机械。按铲刀的操纵机构不同，推土机分为索式和液压式两种。索式推土机的铲刀借自身质量切入土中，在硬土中的切土深度较小。液压式推土机由于用液压操纵，能使铲刀强制切入土中，切入深度较大。同时，液压式推土机的铲刀还可以调整角度，具有更大的灵活性，是目前常用的一种推土机，见图 1-31。

推土机操作灵活、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，因此应用较广，多用于场地清理和平整，开挖深度为 1.5 m 以内的基坑，填平沟坑，以



推土机

(4) 多刀推土

可以采用多次铲土、分批集中、一次推送的方法,以便有效地利用推土机的功率,缩短运土时间,见图 1-35。但堆积距离不宜大于 30 m,堆土高度以 2 m 内为宜。

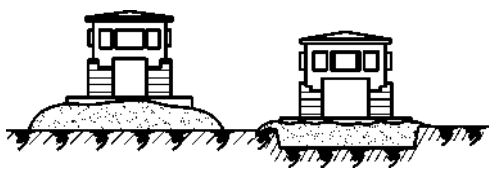


图 1-34 槽形推土

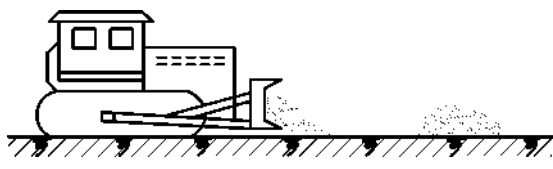


图 1-35 多刀推土

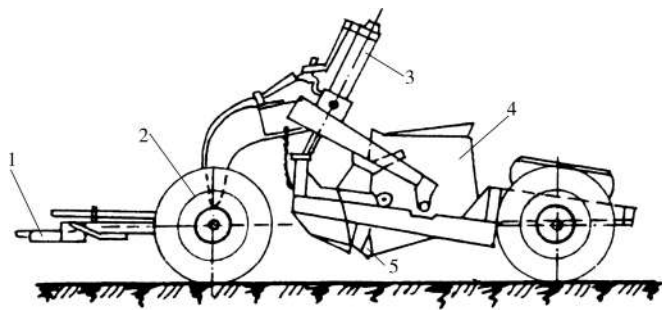
2. 铲运机

铲运机由牵引机械和土斗组成,按行走方式可分为拖式铲运机(图 1-36)和自行式铲运机(图 1-37)两种。拖式铲运机由拖拉机牵引;自行式铲运机的行驶和工作,都靠自身的动力设备,不需要其他机械的牵引和操纵。

铲运机的特点是能综合完成挖土、运土、平土或填土等全部土方施工工序,



铲运机



1—牵引挂钩; 2—行走装置; 3—铲斗操作装置; 4—铲斗; 5—铲(卸)土口。

图 1-36 拖式铲运机

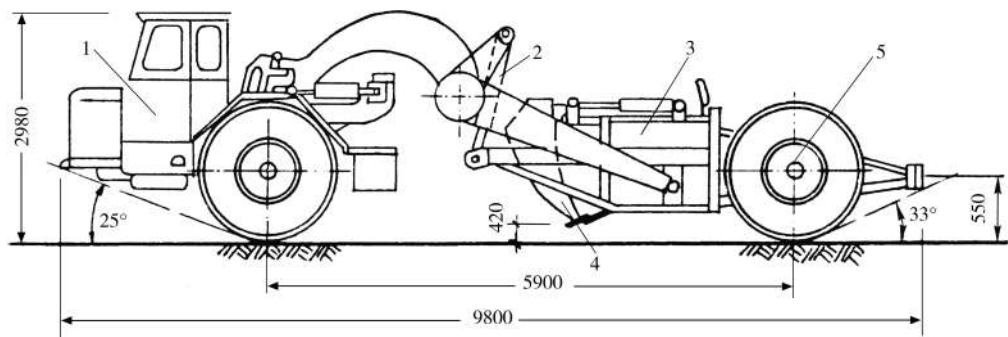
对行驶道路要求较低;操纵灵活、运转方便、生产效率高,在土方工程中常用于大面积场地平整,开挖大基坑、沟槽、填筑路基与堤坝等工程。适宜于铲运含水量不大于 27% 的松土和普通土,不适宜于在砾石层、冻土地带及沼泽区工作。当铲运三、四类较坚硬的土时,宜用推土机助铲或用松土机配合将土翻松 0.2~0.4 m,以减少机械磨损,提高生产效率。

在工业与民用建筑施工中,常用铲运机的斗容量为 $1.5 \sim 1.7 \text{ m}^3$ 。自行式铲运机的经济运距以 800~1500 m 为宜,拖式铲运机的运距以 600 m 以内为宜,当运距为 200~300 m 时效率最高。在规划铲运机的开行路线时,应力求符合经济运距的要求。

(1) 铲运机的开行路线

1) 环形路线。

根据铲土与卸土的相对位置不同,可分为图 1-38(a) 和图 1-38(b) 两种情况。每一循环只完成一次铲土与卸土。当挖填交替而挖填方之间的距离较短时,可采用大环形路线时,见图 1-38(c)。其特点是一次循环可完成两次铲土与回填的作业,减少转弯次数,提高生产效



1—牵引车；2—铲斗操作装置；3—铲斗；4—铲(卸)土口；5—行走装置。

图 1-37 自行式铲运机

率。采用环形路线时，为了防止机件单侧磨损，应避免机械总向一侧转弯。

2) “8”字形路线。

见图 1-38(d)，“8”字形路线由两个环形连接而成，省去了两个急转弯。此运行路线中重载上坡的坡道较缓，重载与空载行驶路程较短。一次循环运行中，可完成两次铲土和卸土工作，效率高。机械左、右交替转弯，可减少机械的磨损。其缺点是要有较大的施工工作面，地形要平坦，多机同时施工时容易互相干扰。一般施工中较少采用。

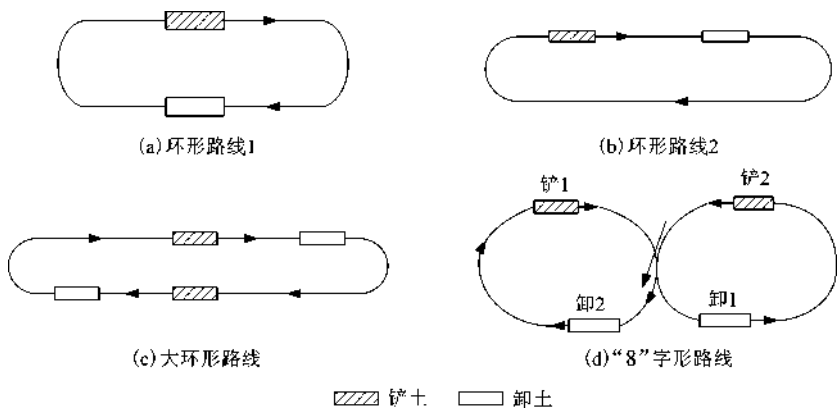


图 1-38 铲运机开行路线

(2) 铲运机施工方法

1) 下坡铲土法。

铲运机应尽量利用有利地形进行下坡铲土，借助自身重力来加大铲土能力，缩短装土时间，提高生产率。一般地面坡度以 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 为宜。

2) 跨铲法。

在较坚硬的土层内挖土时，可采用预留土埂间隔铲土的方法，见图 1-39。

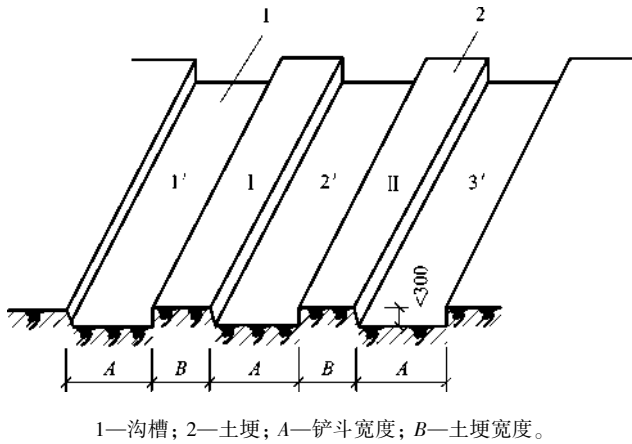


图 1-39 跨铲法

3) 助铲法。

在坚硬的土层中铲土时，可另外配置一台推土机在铲运机的后拖杆上进行顶推，协助铲土，以缩短铲土的时间。

3. 单斗挖土机

单斗挖土机是基坑开挖中最常用的一种机械。按其行走装置的不同，可分为履带式 and 轮胎式两类。按其传动方式的不同，可分为机械传动和液压传动两类。根据工作的需要，单斗挖土机可更换其工作装置，按其工作装置的不同，又可分为正铲、反铲、拉铲和抓铲等。

正铲挖土机

(1) 正铲挖土机

正铲挖土机的外形如图 1-40 所示，其工作特点是“向前向上，强制切土”。正铲挖土机挖掘力大，生产率高，铲斗自下向上切土，掘的进程向前开行，需有运土车辆配合工作。它适用于停机面以上的一至三类土的开挖，可用于开挖大型干燥基坑及土丘等。正铲挖土机性能见表 1-8。

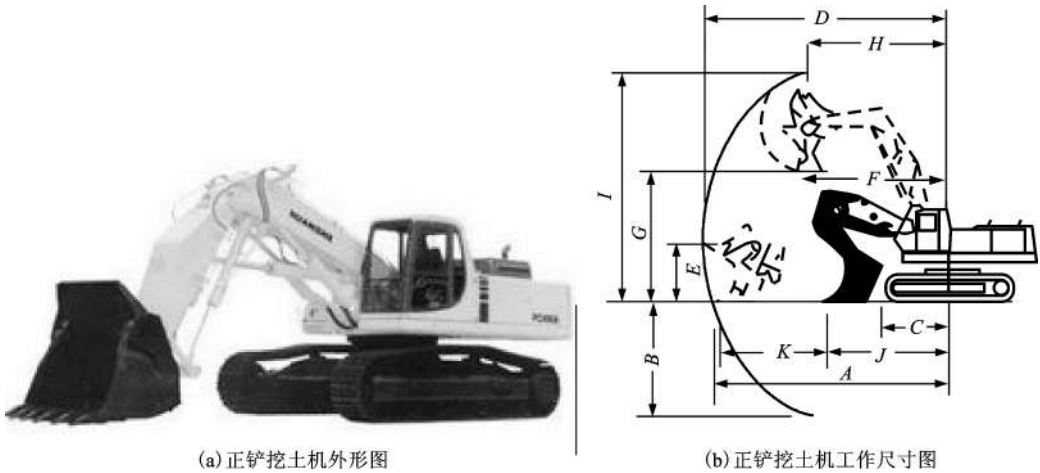


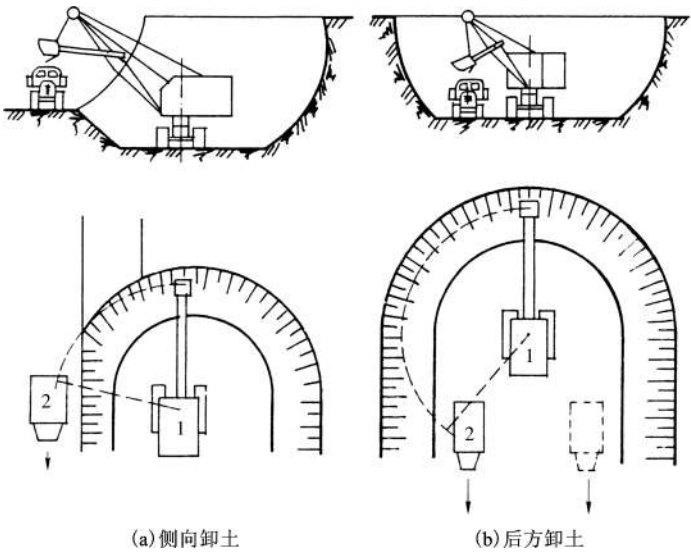
图 1-40 正铲挖土机

表 1-8 正铲挖土机技术性能

符号	名称	WY60	WY100	WY160
	铲斗容量/m ³	0.6	1.5	1.6
	动臂长度/m		3	
	斗柄长度/m		2.7	2
A	停机面上最大挖掘半径/m	7.6	7.7	7.7
B	最大挖掘深度/m	4.36	2.9	3.2
C	停机面上最小挖掘半径/m			2.3
D	最大挖掘半径/m	7.78	7.9	8.05
E	最大挖掘半径时挖掘高度/m	1.7	1.8	2
F	最大卸载高度时卸载半径/m	4.77	4.5	4.6
G	最大卸载高度/m	4.05	2.5	5.7
H	最大挖掘高度时挖掘半径/m	6.16	5.7	5
I	最大挖掘高度/m	6.34	7.0	8.1
J	停机面上最小装载半径/m	2.2	4.7	4.2
K	停机面上最大水平装载行程/m	5.4	3.0	3.6

正铲挖土机的开挖方式有正向挖土侧向卸土和正向挖土后方卸土两种。

1) 正向挖土侧向卸土[图 1-41(a)]。挖土机沿前进方向挖土，运输工具停在侧面装土。采用这种作业方式，挖土机卸土时动臂回转角小，运输工具行驶方便，生产效率高，因而使用广泛。



1—正铲挖土机；2—自卸汽车。

图 1-41 正铲挖土机作业方式

2)正向挖土后方卸土[图 1-41(b)]。挖土机沿前进方向挖土,运输工具停在挖土机后方装土。这种作业方式所开挖的工作面大,但挖土机卸土时动臂回转角大,生产率低,运输车要倒车开入,一般只宜用来开挖工作面较狭小且较深的基坑。

(2)反铲挖土机

反铲挖土机(图 1-42)的挖土特点是“后退向下,强制切土”。其挖掘能力比正铲小,能开挖停机面以下的一至三类土,常用于开挖深度不大的基坑、基槽和管沟,也可用于地下水位较高的土方开挖。反铲挖土机性能见表 1-9。



反铲挖土机

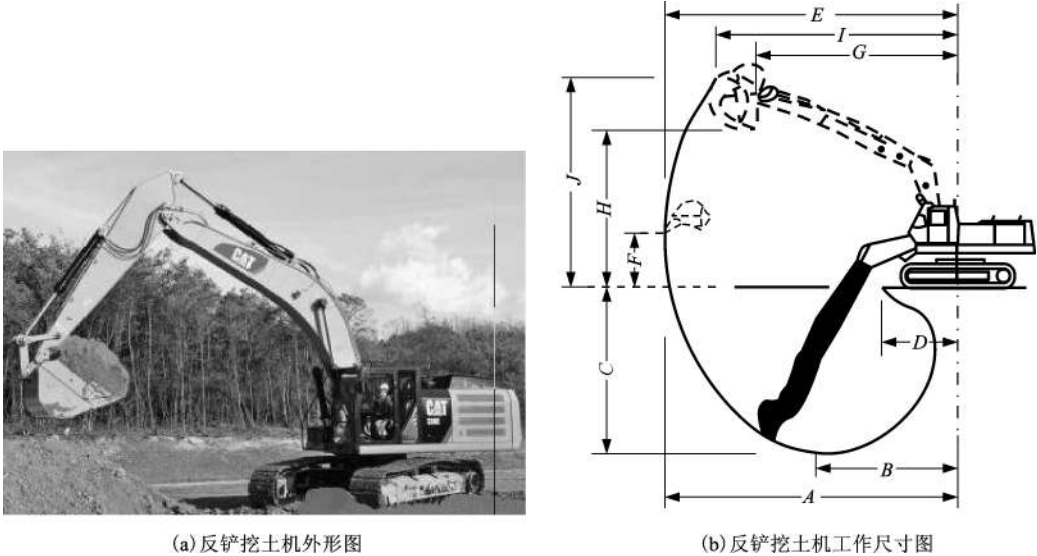


图 1-42 反铲挖土机

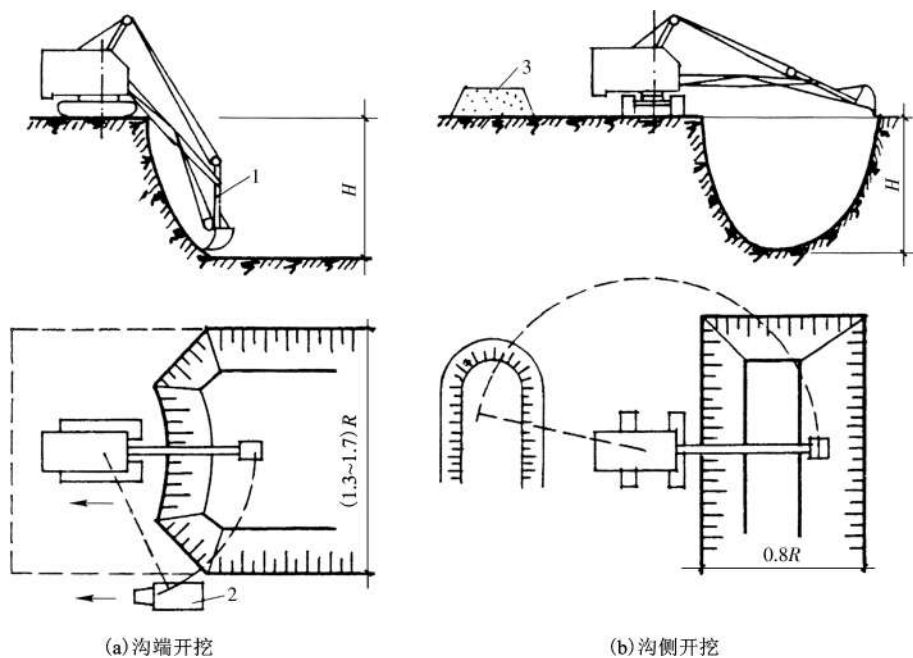
表 1-9 反铲挖土机技术性能

符号	名称	WY40	WY60	WY100	WY160
	铲斗容量/ m^3	0.4	0.6	1~1.2	1.6
	动臂长度/m			5.3	
	斗柄长度/m			2	2
A	停机面上最大挖掘半径/m	6.9	8.2	8.7	9.8
B	最大挖掘深度时挖掘半径/m	3.0	4.7	4.0	4.5
C	最大挖掘深度/m	4.0	5.3	5.7	6.1
D	停机面上最小挖掘半径/m		8.2		3.3
E	最大挖掘半径/m	7.18	8.63	9.0	10.6
F	最大挖掘半径时挖掘高度/m	1.97	1.3	1.8	2
G	最大卸载高度时卸载半径/m	5.267	5.1	4.7	5.4
H	最大卸载高度/m	3.8	4.48	5.4	5.83
I	最大挖掘高度时挖掘半径/m	6.367	7.35	6.7	7.8
J	最大挖掘高度/m	5.1	6.025	7.6	8.1

反铲挖土机的开挖方式有以下两种：

1) 沟端开挖[图 1-43(a)]。挖土机停在基槽(坑)的端部, 向后侧退挖土, 汽车停在基槽两侧装土。为了能很好地控制所挖边坡的坡度或直立的边坡, 反铲的一侧履带应靠近边线向后移动挖土。

2) 沟侧开挖[图 1-43(b)]。挖土机沿基槽的一侧移动挖土。沟侧开挖能将土弃于距基槽边较远处, 但开挖宽度受限制, 且不能很好地控制边坡, 机身停在沟边稳定性较差, 因此只在无法采用沟端开挖或所挖的土不需运走时采用。



1—挖土机; 2—自卸汽车; 3—弃土堆。

图 1-43 反铲挖土机作业方式

(3) 拉铲挖土机

拉铲挖土机(图 1-44)的挖土特点是“后退向下, 自重切土”。其挖土半径和挖土深度较大, 但不如反铲挖土机灵活, 开挖精确性差。适用于停机面以下的一、二类土。可用于开挖大而深的基坑或水下挖土。拉铲挖土机的开挖方式与反铲挖土机的开挖方式相似, 可沟侧开挖, 也可沟端开挖。

(4) 抓铲挖土机

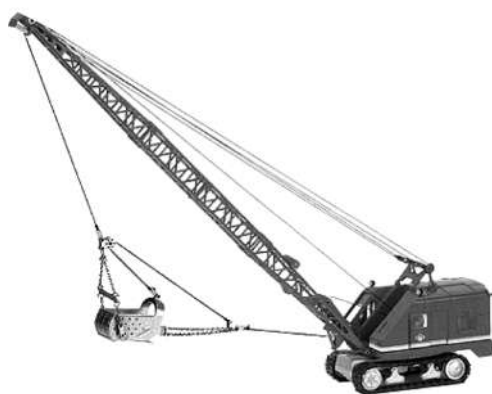
抓铲挖土机(图 1-45)的挖土特点是“直上直下, 自重切土”。其挖掘力较小, 适用于开挖停机面以下的一、二类土, 如挖窄而深的基坑、疏通旧有渠道、挖取水中淤泥等, 或用于装卸碎石、矿渣等松散材料。在软土地基的地区, 常用于开挖基坑等。



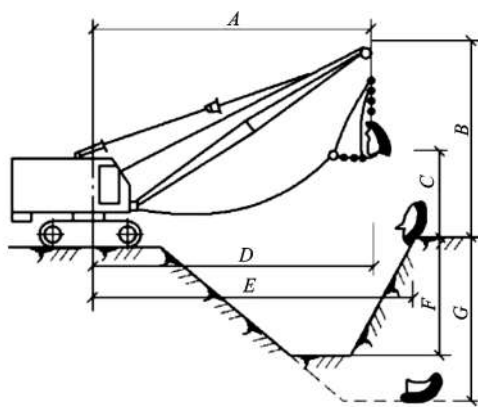
拉铲挖土机



抓铲挖土机



(a) 拉铲挖土机外形图

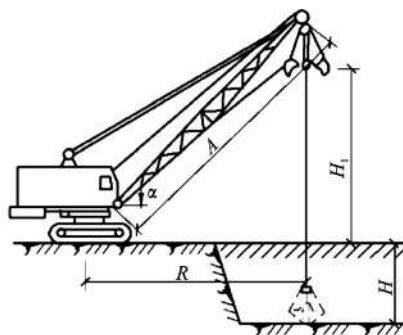


(b) 拉铲挖土机工作尺寸图

图 1-44 履带式拉铲挖土机



(a) 抓铲挖土机外形图



(b) 抓铲挖土机工作尺寸图

图 1-45 履带式抓铲挖土机



装载机

4. 装载机

装载机按行走方式分履带式和轮胎式(图 1-46),按工作方式分单斗式、链式和轮斗式。土方工程主要使用单斗铰接式轮胎装载机。它具有操作轻便灵活、转运方便快捷等特点。适用于装卸土方和散料,也可用于松软土的表层剥离、地面平整和场地清理等工作。



(a) 履带式装载机



(b) 轮胎式装载机

图 1-46 装载机

常用国产铰接式轮胎式装载机主要技术性能及规格见表 1-10。

表 1-10 国产铰接式轮胎式装载机主要技术性能及规格

名称	型号				
	ZL20	ZL30	ZL40	ZL50	ZL50K
铲斗容量/m ³	1.0	1.5	2.0	3.0	2.7
装载量/t	2	3	4	5	5
卸料高度/m	2.6	2.7	2.8	2.85	2.78
发动机功率/kW	60	73.5	100	162	
行走速度/(km·h ⁻¹)	0~30	0~32	0~35	10~35	7.8~55
最大牵引力/t	6.4	7.5	10.5	16	
爬坡能力/(°)	30	25	28~30	30	25
回转半径/m	5.03	5.5	5.9	6.5	6.24
离地间隙/m	0.393	0.4	0.45	0.305	
转向方式	铰接液压缸	铰接液压缸	铰接液压缸	铰接液压缸	铰接液压缸
外形尺寸/(m×m×m)	5.7×2.2×2.8	6×2.4×2.8	6.4×2.5×3.2	6.7×2.8×2.7	7.61×2.94×3.22
总质量/t	7.6	9.2	11.5	16.8	17

5. 压实机械

根据压实原理的不同，压实机械分为冲击式、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，分别如图 1-47 和图 1-48 所示。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。



压实机械



图 1-47 蛙式打夯机



图 1-48 内燃式打夯机

(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(图 1-49)、轮胎压路机(图 1-50)。自行式压路机主要用于土方、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，常用的有光面碾、羊足碾(图 1-51)。光面碾用于土方的回填压实；羊足碾用于黏性土的回填压实，不能用于砂土和面层土的压实。



图 1-49 光轮压路机



图 1-50 轮胎压路机



图 1-51 羊足碾

(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，按行走方式分为手扶平板式振动压实机和振动压路机。手扶平板式振动压实机主要用于小面积的地基夯实；振动压路机的生产效率高，压实效果好，能压实多种性质的土，主要用于大型土石方工程中。

常用压路机主要技术性能参数见表 1-11。

表 1-11 常用压路机主要技术性能参数

技术参数	振动式压路机				3YZ21 铰接式三轮机械 驱动静碾压路机
	YZ14B	YZ16B	YZ16	YZ18	
工作质量/kg	13600	15500	15200	18000	21000
发动机功率/kW	73.5	88.2	96.0	138.0	88
静线压力/(N·m ⁻¹)	320	368		557	1200
理论振幅/mm	1.7/0.82	1.8/1.0	1.8/0.9	1.8/1.0	—
振动频率/Hz	30	28	28/32	30/34	—
激振力/kN	270~135	290~170	294~192	360~210	—
压实宽度/mm	2130				2320
行驶速度/(km·h ⁻¹)	0~8.9	0~9.2	0~9.8	0~12	0~19
转弯半径/mm	6000	6500	6000	5400	5800
爬坡能力/%	25	25	40	49	25

1.4.2 土方工程机械的选择

在土方工程施工中合理选择土方机械，充分发挥机械性能，并将各种机械进行配合使用，有利于加快施工进度、提高施工质量、降低工程成本。

1. 施工机械选择

根据下列条件综合比较择优选择施工机械：

- 1) 基坑情况：几何尺寸大小、深浅、土质，有无地下水及开挖方式等。
- 2) 作业环境：占地范围，工程量大小，地上与地下障碍物等(地上有无高压线，地下有无各种管道、管线、构筑物)。
- 3) 气候与季节：冬雨期时间长短，冬期温度与雨期降水量等情况。
- 4) 机械配套与供应情况。
- 5) 施工工期长短和选用适宜的土方机械，以达到较高的经济效益。

2. 土方机械的适用范围

各种土方机械的适用范围见表 1-12。

表 1-12 基坑开挖机械的适用范围

机械名称	作业特点与条件	适用范围	辅助与配用机械
推土机	1. 推平； 2. 运距 100 m 内的推土； 3. 助铲； 4. 牵引	1. 找平表面，场地平整； 2. 短距离挖运； 3. 拖羊足碾	
铲运机	1. 找平； 2. 运距 1500 m 内的挖运土； 3. 填筑堤坝	1. 场地平整； 2. 运距 100~1500 m； 3. 距离最小 100 m	开挖坚硬土时需要推土机助铲
正铲挖土机	1. 开挖停机面以上的土方； 2. 在地下水位以上； 3. 填方高度 1.5 m 以上； 4. 装车外运	1. 大型基坑开挖； 2. 工程量大的土方作业	1. 外运应配备自卸汽车； 2. 工作面应有推土机配合
反铲挖土机	1. 开挖停机面以下的土方； 2. 挖土深度，随装置决定； 3. 可装土和甩土两用	1. 基坑、管沟； 2. 独立基坑	1. 外运应配备自卸汽车； 2. 工作面应有推土机配合
拉铲挖土机	1. 开挖停机面以下的土方； 2. 由于铲斗悬挂在钢丝绳上，开挖断面误差较大； 3. 可以装车也可以甩土	1. 大型基坑； 2. 排水不良也能开挖	1. 配备推土机创造施工条件； 2. 外运应配备自卸汽车
抓铲挖土机	1. 可直接开挖直井或在开口沉井内挖土； 2. 可以装车也可以甩土； 3. 钢丝绳牵拉，效率不高； 4. 液压式的深度有限	1. 施工面狭窄而深的基坑、基槽、深井； 2. 排水不良也能开挖	外运应配备自卸汽车

3. 挖土机与运土车辆的配套计算

当挖土机挖出的土方需要运土车辆运走时，挖土机的生产率不仅取决于其自身的技术性能，还取决于所选的运输工具是否与之协调。

(1) 挖土机的生产率

根据挖土机的技术性能,其生产率可按下式计算:

$$P = \frac{8 \times 3600}{t} q \frac{K_c}{K_s} K_B \quad (1-30)$$

式中: P 为挖土机的生产率($\text{m}^3/\text{台班}$); t 为挖土机每次作业循环的延续时间(s); q 为挖土机的斗容量(m^3); K_s 为土的最初可松性系数; K_c 为挖土机土斗充盈系数(可取 0.8~1.1); K_B 为挖土机工作时间利用系数(一般为 0.6~0.8)。

(2) 挖土机的数量 N 计算

$$N = \frac{Q}{P} \cdot \frac{1}{T \cdot C \cdot K} \quad (1-31)$$

式中: Q 为工程量(m^3); T 为工期(d); C 为每天工作班数; K 为工作时间利用系数(一般为 0.8~0.9)。

(3) 运土车数量计算

为了使挖土机充分发挥生产能力,应使运土车辆的载重量与挖土机的每斗土重保持一定的倍数关系,并有足够数量车辆以保证挖土机连续工作。从挖土机方面考虑,汽车的载重量越大越好,可以减少等待车辆调头的时间;从车辆方面考虑,载重量小,台班费便宜,但使用数量多,载重量大,则台班费高,但数量可以减少。最适合的车辆载重量应当是使土方施工单价为最低,可以通过核算确定。一般情况下,汽车的载重量以每斗土重的 3~5 倍为宜。运土车辆的数量 N' 可按式(1-32)计算:

$$N' = T' / t' \quad (1-32)$$

式中: T' 为运输车辆每装卸一车土循环作业所需时间(s); t' 为运输车辆装满一车土的时间(s)。

1.5 土方的填筑与压实

建筑工程的回填土主要有地基、基坑(槽)、室内地坪、室外场地、管沟、散水等,回填土是一项很重要的工作,要求回填土应有一定的密实性,使回填土土层不致产生较大的沉陷。在实际施工中,一些建筑物沉降过大,室内地坪和散水出现大面积严重开裂,主要原因之一就是回填压实的密实度没有达到设计规范的要求。

1.5.1 填筑土料的选择

填方土料应符合设计要求,以保证填方的强度与稳定性。凡含水量过大的黏土、含有 8% 以上的有机物(腐烂物)的土、含有 5% 以上的水溶性硫酸盐的土、淤泥、垃圾土、冻土、膨胀土等均不能作为回填土。

同一填方工程应尽量采用同类土填筑;如采用不同土填筑时,必须按土类不同分层填筑,并将透水性大的置于透水性小的土层之下,以防填土内形成水囊。

1.5.2 填土压实方法

填土压实的方法一般有碾压、夯实、振动压实,如图 1-52 所示。

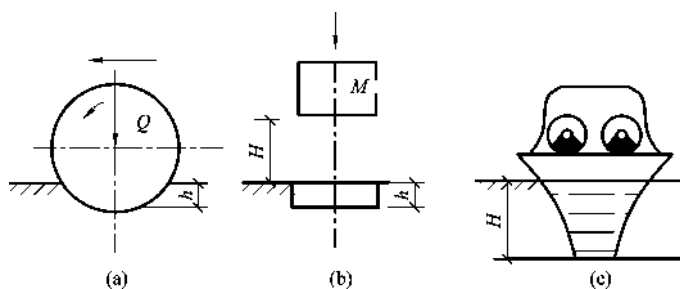


图 1-52 填土压实方法

(a) 碾压法; (b) 夯实法; (c) 振动压实法

1. 碾压法

碾压原理是利用沉重的滚轮碾压土壤表面,使土壤在压力作用下压实,此法适用于大面积填土工程,适用于碾压黏性和非黏性土壤。

碾压机械有光面碾(压路机)、气胎碾和羊足碾。光面碾是一种以内燃机为动力的自行式压路机,重量为 80~200 kN,对砂土和黏性土均可压实,应用最普遍。气胎碾在工作时是弹性体,其压力均匀,填土质量好。羊足碾靠拖拉机牵引,由于它与土接触面小,单位面积压力大,故压实效果好,主要用于黏性土的压实。因在砂土中使用羊足碾会使土颗粒受到“羊足”较大单位压力后向四周移动,从而使土的结构遭到破坏。碾压机械压实填方时,行驶速度不宜过快,一般光面碾控制在 2 km/h,羊足碾控制在 3 km/h,否则会影响压实效果。

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,主要用于小面积回填。夯实法分人工夯实和机械夯实两种。

夯实机械有夯锤、内燃夯土机和蛙式打夯机,人工夯土用的工具有木夯、石夯、飞碓等。夯锤是借助起重机悬挂一重锤进行夯土的夯实机械,适用于夯实砂性土、湿陷性黄土、杂填土及含有石块的填土等。

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械振动,土颗粒在振动力的作用下发生相对位移而达到紧密状态。这种方法用于振实非黏性土效果较好。

使用振动碾进行碾压,可使土体受振动和碾压两种作用,碾压效率高,适用于大面积填方工程。

1.5.3 影响填土压实的因素

影响填土压实的因素很多,主要有压实功、土的含水量,以及每层铺土厚度。

1. 压实功的影响

填土压实后的密度与压实机械在其上所施加的功有一定的关系。土的密度与所耗的功的关系如图 1-53 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度时,压实功虽然增加许多,但土的密度变化甚小。在实际施工中,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



填土压实

压实就会取得较好效果。

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，土颗粒之间孔隙由水填充而呈饱和状态，也不能压实。当土的含水量适当时，水起了润滑作用，土颗粒之间的摩阻力减小，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(图 1-54)。各种土的最佳含水量和最大干密度可参考表 1-13。工地简单检验黏性土最佳含水量的方法一般以手握成团落地开花为适宜。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，应予以翻松晾干，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。

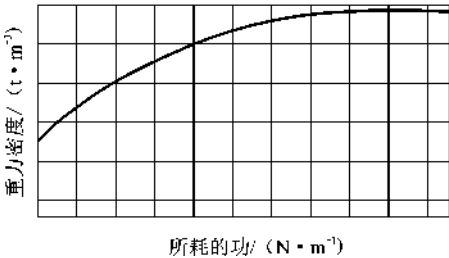


图 1-53 土的密度与压实功的关系示意图

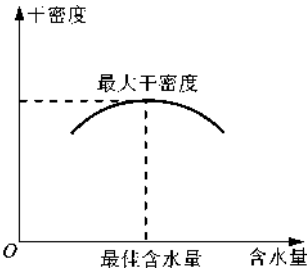


图 1-54 土的干密度与含水量的关系

表 1-13 土的最佳含水量和最大干密度参考表

项次	土的种类	变动范围	
		最佳含水量/%(质量分数)	最大干密度/(g·cm ⁻³)
1	砂土	8~12	1.80~1.88
2	黏土	19~23	1.58~1.70
3	粉质黏土	12~15	1.85~1.95
4	粉土	16~22	1.61~1.80

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(图 1-55)，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，要增加机械的总压实遍数。最优铺土厚度应能使土方压实而机械的功耗费最少，可按照表 1-14 选用。在表中规定的压实遍数范围内，轻型压实机械取大值，重型的取小值。

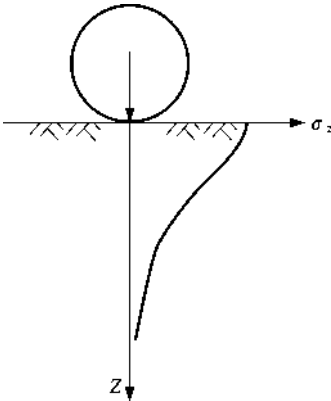


图 1-55 压实作用沿深度的变化

表 1-14 填方每层的铺土厚度和压实遍数

压实机具	每层铺土厚度/mm	每层压实遍数
光面碾	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

压实功、土的含水量以及每层铺土厚度之间是相互影响的。为了保证压实质量，提高压实机械的生产效率，重要工程应根据土质和所选用的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的压实遍数、铺土厚度及最优含水量。

1.6 基坑(槽)施工

基坑(槽)的施工，首先应进行房屋定位和标高引测，然后根据基础的底面尺寸、埋置深度、土质好坏、地下水位的高低及季节性变化等不同情况，考虑施工需要，确定是否需要留工作面、边坡、增加排水设施及设置支撑，从而定出挖土边线和进行放灰线等工作。

1.6.1 放线

基槽放线：根据房屋主轴线控制点，首先将外墙轴线的交点用木桩标设在地面上，并在桩顶钉上铁钉作为标识。房屋外墙轴线测定以后，再根据建筑物平面图，将内部开间所有轴线都一一测出。最后根据边坡系数计算的开挖宽度在中心轴线两侧用石灰在地面上撒出基槽开挖边线。同时在房屋四周设置龙门板(图 1-56)，以便于基础施工时复核轴线位置。

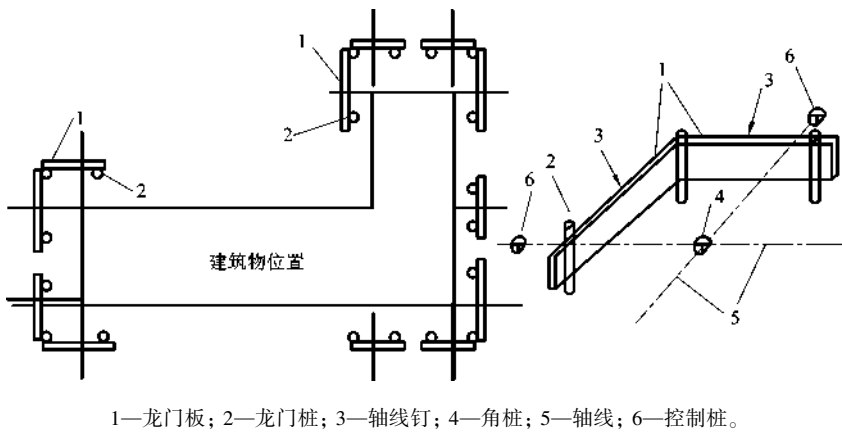


图 1-56 建筑定位

柱基放线:在基坑开挖前,从设计图纸上查对基础的纵横轴线编号和基础施工详图,根据柱子的纵横轴线,用经纬仪在矩形控制网上测定基础中心线的端点,同时在每个柱基中心线上,测定基础定位桩,每个基础的中心线上设置四个定位木桩,其桩位离基础开挖线的距离为0.5~1.0 m。若基础之间的距离不大,可每隔1~2个或几个基础打一个定位桩,但两个定位桩的间距以不超过20 m为宜,以便拉线恢复中间柱基的中线。桩顶上钉一钉子,标明中心线的位置。然后按施工图上柱基的尺寸和按边坡系数确定的挖土边线的尺寸,放出基坑上口挖土灰线,标出挖土范围。

大基坑开挖,根据房屋的控制点用经纬仪放出基坑四周的挖土边线。

1.6.2 基坑(槽)开挖

土方开挖应遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的原则。

开挖基坑(槽)按规定的尺寸合理安排开挖顺序和分层开挖深度,连续地进行施工,尽快地完成。因土方开挖施工要求标高、断面准确,土体应有足够的强度和稳定性,所以在开挖过程中要随时注意检查。挖出的土除预留一部分用作回填外,不得在场地内任意堆放,应把多余的土运到弃土地区,以免妨碍施工。为防止坑壁滑坡,根据土质情况及坑(槽)深度,在坑顶两边一定距离(一般为1.0 m)内不得堆放弃土,在此距离外堆土高度不得超过1.5 m,否则,应验算边坡的稳定性。在桩基周围、墙基或围墙一侧,不得堆土过高。在坑边放置有动载的机械设备时,也应根据验算结果,离开坑边较远距离,如地质条件不好,还应采取加固措施。

为了防止基底土(特别是软土)受到浸水或其他原因的扰动,基坑(槽)挖好后,应立即做垫层或浇筑基础,否则,挖土时应在基底标高以上保留150~300 mm厚的土层,待基础施工时再行挖去。如用机械挖土,为防止基底土被扰动、结构被破坏,不应直接挖到坑(槽)底,应根据机械种类,在基底标高以上留出200~400 mm,待基础施工前用人工铲平修整。挖土不得挖至基坑(槽)的设计标高以下,如有个别处超挖,应用与基土相同的土料填补,并夯实到要求的密实度。

在软土地区开挖基坑(槽)时,尚应符合下列规定:

- 1)施工前必须做好地面排水和降低地下水位工作,地下水位应降低至基坑底以下0.5~1.0 m后方可开挖。降水工作应持续到回填完毕。
- 2)施工机械行驶道路应填筑适当厚度的碎石或砾石,必要时应铺设工具式路基箱(板)或梢排等。
- 3)相邻基坑(槽)开挖时,应遵循先深后浅或同时进行的施工顺序,并应及时做好基础。
- 4)在密集群桩上开挖基坑时,应在打桩完成后间隔一段时间,再对称挖土。在密集群桩附近开挖基坑(槽)时,应采取措施防止桩基位移。
- 5)挖出的土不得堆放在坡顶或建筑物(构筑物)附近。

基坑(槽)开挖有人工开挖和机械开挖,对于大型基坑应优先考虑选用机械化施工,以加快施工进度。

深基坑开挖过程中,随着土的挖除,下层土因逐渐卸载而有可能回弹,尤其在基坑挖至设计标高后,如搁置时间过久,回弹更为显著。如弹性隆起在基坑开挖和基础工程初期发展很快,将加大建筑物后期的沉降。因此,对深基坑开挖后的土体回弹,应有适当的估计,如

在勘察阶段，土样的压缩试验中应补充卸荷弹性试验等。还可以采取结构措施，在基底设置桩基等，或事先对结构下部土质进行深层地基加固。施工中减少基坑弹性隆起的一个有效方法是把土体中有效应力的改变降低到最小。具体方法有加速建造主体结构，或逐步利用基础的质量来代替被挖去土体的质量。

1.7 土方工程质量标准与安全技术

1.7.1 质量标准

- 1)柱基、基坑、基槽和管沟基底的土质，必须符合设计要求，并严禁扰动基底土层。
- 2)填方的基底处理，必须符合设计要求或施工规范规定。
- 3)填方柱基、基坑、基槽、管沟回填的土料必须符合设计要求和施工规范要求。
- 4)填方和柱基、基坑、基槽、管沟的回填，必须按规定分层夯压密实。取样测定压实后土的干密度，90%以上符合设计要求，其余10%的最低值与设计值的差不应大于0.08 g/cm³，且不应集中。

土的实际干密度可用环刀法测定。其取样组数：柱基回填取样不少于柱基总数的10%，且不少于5个；基槽、管沟回填每层按长度20~50 m 取样一组；基坑和室内填土每层按100~500 m² 取样一组；场地平整填土每层按400~900 m² 取样一组，取样部位应在每层压实后的下半部。

- 5)土方工程的允许偏差和质量检验标准，应符合表1-15、表1-16 的规定。

表 1-15 土方开挖工程质量检验标准

项	序	项目	允许偏差或允许值/mm					检验方法
			柱基、基坑、基槽	挖方场地平整		管沟	地（路）面基层	
				人工	机械			
主控项目	1	标高	-50	± 30	± 50	-50	-50	用水准仪检查
	2	长度、宽度 (由设计中心线向两边量)	+200 -50	+300 -100	+500 -150	+100	—	用经纬仪和钢尺检查
	3	边坡坡度	按设计要求					观察或用坡度尺检查
一般项目	1	表面平整度	20	20	50	20	20	用 2 m 靠尺和楔形塞尺检查
	2	基本土性	按设计要求					观察或土样分析

注：地（路）面基层的偏差只适用于直接开挖、填方上做地（路）面的基层。

表 1-16 填土工程质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值/mm					检验方法
			柱基、基 坑、基槽	挖方场地平整		管沟	地（路） 面基层	
				人工	机械			
主控 项目	1	标高	-50	± 30	± 50	-50	-50	用水准仪检查
	2	分层压实系数	按要求设计					按规定方法
一般 项目	1	表面平整度	20	20	30	20	20	用 2 m 靠尺和楔形塞尺检查
	2	回填土料	按 设 计 要 求					取样检查或直观鉴别
	3	分层厚度 及含水量	按 设 计 要 求					用水准仪及抽样检查

1.7.2 安全技术



安全事故

- 1) 基坑开挖时,两人操作间距应大于 2.5 m,多台挖掘机在同一作业面开挖的机间距应大于 10 m。挖土应由上而下,分层分段按顺序进行,严禁先挖坡脚或逆坡挖土,或采用底部掏空塌土法挖土。
- 2) 基坑开挖应按要求放坡。操作时应随时注意土壁变动情况,如发现有裂纹或部分坍塌现象,应及时进行支撑或放坡,并注意支撑的稳固和土壁的变化。
- 3) 基坑挖土使用吊装设备吊土时,起吊后,坑内操作人员应立即离开吊点的垂直下方,坑内人员应戴安全帽。起吊设备距坑边至少 1.5 m,以防止造成坑壁塌方。
- 4) 用手推车运土,应先铺好道路。卸土回填,不得放手让车自动翻转。用翻斗汽车运土,运输道路的坡度、转弯半径应符合有关安全规定。
- 5) 深基坑上下应先挖好阶梯或设置靠梯,或开斜坡道,采用防滑措施,禁止踩踏支撑上下。坑四周应设安全栏杆或悬挂危险标识。
- 6) 基坑(槽)设置的支撑应经常检查是否有松动变形等不安全迹象,特别是雨后更应加强检查。
- 7) 坑(槽)沟边 1 m 以内不得堆土、堆料和停放机具,1 m 以外堆土,其高度不宜超过 1.5 m。坑(槽)、沟边与附近建筑物的距离不得小于 1.5 m,危险时必须加固。
- 8) 基坑(槽)和管沟回填前,应检查坑(槽)壁有无塌方迹象,填土夯实过程中,应随时注意边坡土的变化,必要时需采取适当支护措施。基坑回填应分层进行,基础或管道、地沟回填应防止造成两侧压力不平衡,使基础或墙体位移或倾倒。

复习思考题

1. 根据土的坚硬程度和开挖方法将土分为哪几类?
2. 土的工程性质有哪些?土的可松性对土方施工有何影响?
3. 试述场地平整土方量计算步骤及方法。
4. 场地平整和土方开挖施工机械有哪几类?

- 5. 基坑降水方法有哪些？指出其适用范围。
- 6. 基坑土壁支护的方法包括哪几类？指出其各自适用范围及特点。
- 7. 试述轻型井点降水的设备组成和布置。
- 8. 填土压实的方法和机械主要有哪些？影响填土压实的主要因素有哪些？
- 9. 对填筑土料质量有何要求？如何检查填土压实的质量？

习 题

1. 某多层建筑外墙基础断面形式如图 1-57 所示，地基土为硬塑的亚黏土，土方边坡坡度为 1 : 0.33，已知土的可松性系数 $K_s=1.30$ ； $K'_s=1.04$ 。试计算 55 m 长基坑施工时的土方挖方量。若留下回填土后，余土要求外运，试计算预留回填土量及弃土量。

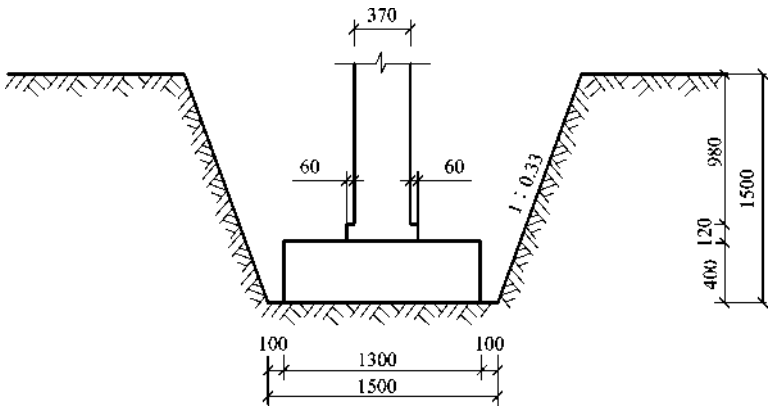


图 1-57 外墙基础断面形式

2. 某场地如图 1-58 所示(图上数字为各角点的自然地面标高)，方格边长为 30 m。

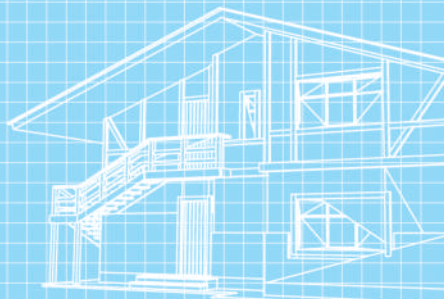
55.9	55.3	54.1	53.0
55.0	54.6	53.8	52.9
54.3	54.3	53.0	52.5

图 1-58

- (1) 试按挖、填平衡原则确定场地平整的计划标高 H_0 ，然后算出方格角点的施工高度，绘出零线，计算挖方量和填方量(不考虑土的可松性影响)。
- (2) 当 $i_x=2‰$ ， $i_y=0$ 时，确定方格角点的计划标高。
- (3) 当 $i_x=2‰$ ， $i_y=2.5‰$ 时，确定方格角点的计划标高。

模块二

地基处理与基础工程



教学目标

掌握地基的加固处理方法、适用范围、施工工艺及质量检查要点；掌握浅埋式基础的施工要点；熟悉桩基础施工工艺、质量要求；掌握桩基础的质量验收标准及检测方法，能编制常见的基础工程施工方案。

技能抽查要求

能对常见基础的施工质量进行检测；能编制常见基础工程的施工方案。

企业八大员岗位资格考试要求

掌握砌体和钢筋混凝土基础施工工艺；掌握钢筋混凝土预制桩和灌注桩的施工工艺和施工方法；掌握基础工程施工的质量与安全要求。

2.1 地基处理及加固



地基处理及加固

任何建筑物都必须有可靠的地基和基础，建筑物的全部重量(包括各种荷载)最终将通过基础传递给地基，所以，对某些地基的处理与加固就成为基础工程施工中的一项重要内容。在施工过程中如发现地基土质过软或过硬，不符合设计要求时，应本着使建筑物各部位沉降尽量趋于一致，以减小地基不均匀沉降的原则对地基进行处理。

当建筑物直接建造在未经人工处理的天然土层上时，这种地基称为天然地基。若天然地基不能满足强度和变形要求时，则必须进行地基处理。地基处理就是按照上部结构对地基的要求，对地基进行必要的加固或改良，提高地基土的承载力，保证地基稳定，减少房屋的沉降或不均匀沉降，消除湿陷性黄土的湿陷性及提高抗液化能力等。

常见的地基处理方法主要有换土、重锤夯实、振冲、化学固结、砂桩挤密、深层搅拌、堆载预压等。

2.1.1 换土地基

当建筑物基础下的持力层比较软弱，不能满足上部荷载对地基的要求时，常采用换土垫层法来处理软弱地基。换土垫层法是先将基础底面以下一定范围内的软弱土层挖去；然后回

填强度较高、压缩性较低、没有侵蚀性的材料,如中粗砂、碎石或卵石、灰土、素土、石屑、矿渣、素混凝土等,再分层夯实后作为地基的持力层。实践证明:换土垫层可以有效地处理某些荷载不大的建筑地基问题,例如:一般的三、四层房屋,路堤,油罐,以及水闸等的地基。换土地基按其回填的材料可分为砂地基、砂(碎)石地基、灰土地基等。

砂地基和砂石地基

砂地基和砂石地基是将基础下一定范围内的土层挖去,然后用强度较大的砂或碎石等回填,并经分层夯实至密实,以提高地基承载力、减少沉降、加速软弱土层的排水固结、防止冻胀和消除膨胀土的胀缩。该地基具有施工工艺简单、工期短、造价低等优点。适用于处理透水性强的软弱黏性土地基,但不宜用于湿陷性黄土地基和不透水的黏土地基,以免聚水而引起地基下沉和降低承载力(图 2-1)。

(1) 构造要求

砂地基和砂石地基的厚度一般根据地基地面处土的自重应力与附加应力之和不大于同一标高处软弱土层的容许承载力确定。地基厚度一般不宜大于 3 m,也不宜小于 0.5 m。地基的宽度除满足应力扩散的要求外,还要根据地基侧面土的容许承载力来确定,以防止地基向两边挤出。一般情况下,地基的宽度应该沿基础两边各放出 200~300 mm。如果侧面地基土的土质较差时,地基宽度还要适当增加。



图 2-1 砂石地基施工现场

(2) 材料要求

砂地基和砂石地基所用的材料,宜采用颗粒级配良好,质地坚硬的中砂、粗砂、砾砂、碎(卵)石、石屑或其他工业废颗粒。在缺少中、粗砂的地区可采用细砂,但宜同时掺入一定数量的碎(卵)石,其掺入量应符合地基材料含石量不大于 50% 的标准。所用砂石料不得含有草根、垃圾等有机杂物,含泥量不应超过 5%,兼做排水地基时,含泥量不应超过 3%,碎石或卵石最大粒径不宜大于 50 mm。

(3) 施工要点

1) 铺设地基前应先验槽,先将地基表面浮土、淤泥等杂物清除干净,边坡必须稳定,防止塌方。基坑(槽)两侧附近如有低于地基的孔洞、沟、井和墓穴等,应在未做换土地基前加以处理。

2) 砂地基和砂石地基地面宜铺设在同一标高上,如深度不同,施工应按先深后浅的顺序进行。土面挖成踏步或斜坡搭接,搭接处应夯压密实。分层铺筑时,接头应做成斜坡或阶梯形搭接,每层错开 0.5~1.0 m,并充分振捣密实。

- 3)人工级配的砂、石材料，应按级配拌和均匀，再进行铺填捣实。
- 4)地基应分层铺筑夯(压)实，每层的铺筑厚度不宜超过表 2-1 规定数值。施工时应对应下层的密实度检验合格后，方可进行上层施工。
- 5)在地下水位高于基坑(槽)底面施工时，应采取排水或降低地下水位的措施，使基坑(槽)保持无积水状态。如采用水撼法或插入振动法施工时，应有控制地注水和排水。
- 6)冬期施工时，不得采用夹有冰块砂石作地基，并应采取措施防止砂石内水分冻结。

表 2-1 砂和砂石地基每层铺筑厚度及最佳含水量

压实方法	每层铺筑厚度/mm	施工时最优含水量/%	施工说明	备注
平振法	200~250	15~20	用平板振动器往复振捣	不宜用于干细砂或含泥量较大的砂铺筑的地基
插振法	振动器插入深度	饱和	1. 用插入式振捣器 2. 插入点间距可根据机械振幅大小决定 3. 不应插至下卧黏土层 4. 插入振捣完毕后所留的孔洞，用砂填实	
水撼法	250	饱和	1. 注水高度应超过每次铺筑面层 2. 用钢叉摇撼捣实，插入点间距 100 mm 3. 钢叉分四齿，齿间距为 80 mm，长 300 mm	
夯实法	150~200	8~12	1. 用木夯或机械夯 2. 木夯重 40 kg，落距 400~500 mm 3. 一夯压半夯，全面夯实	
碾压法	150~350	8~12	6~12 t 压路机往复碾压	适用于大面积施工的砂地基和砂石地基

注：在地下水位以下的地基，其最下层的铺筑厚度可以比本表增加 50 mm。

(4)砂和砂石地基的质量验收标准及方法

1)砂和砂石地基的质量验收标准：砂和砂石地基的质量验收标准应符合表 2-2 的有关要求。

表 2-2 砂和砂石地基质量验收标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	地基承载力	设计要求	按规定方法
	2	配合比	设计要求	按拌和时的体积比或质量比
	3	压实系数	设计要求	现场实测
一般项目	1	砂石料有机质含量	≤5%	焙烧法
	2	砂石料含泥量	≤5%	水洗法
	3	石料粒径	≤100 mm	筛分法
	4	含水量(与最优含水量比较)	±2%	烘干法
	5	分层厚度(与设计要求比较)	±50 mm	水准仪

2) 砂和砂石地基密实度现场实测方法: 常用方法有环刀取样法和贯入测定法。

① 环刀取样法。在捣实后的砂地基中, 用容积不小于 200 cm^3 的环刀取样, 测定其干密度, 以不小于通过试验所确定的该砂料在中密度状态时的干密度数值为合格。若为细砂石地基, 可在地基中设置纯砂检查点, 在同样施工条件下取样检查。

② 贯入测定法。检查时先将表面的砂刮去 30 mm 左右, 用直径为 20 mm , 长为 1250 mm 的平头钢筋举离砂层面 70 cm 自由下落, 或者用水撼法使用的钢叉举离砂面层 50 cm 自由下落。钢筋或者钢叉的插入深度, 可根据砂的控制干密度预先进行小型试验确定。

2.1.2 重锤夯实地基

重锤夯实是利用起重机将夯锤 ($1.5\sim 3\text{ t}$) 提升到一定高度, 然后自由落下, 重复夯击基土表面, 使地基表面形成一层较为均匀的硬壳层, 从而使地基得到加固。该法施工简单, 费用较低, 但布点较密, 夯击遍数多, 施工工期相对较长, 夯击能量小, 孔隙水难以消散, 加固深度有限, 当土的含水量稍高时, 易形成橡皮土, 处理较困难。适用于地下水位以上、稍湿的黏性土、砂土、饱和度 $S_r \leq 60\%$ 的湿陷性黄土、杂填土以及分层填土地基的加固处理。但当夯击振动对邻近的建筑物、设备及施工中的砌筑工程或混凝土浇筑等产生有害影响时, 或地下水位高于有效夯实深度以及在有效深度内存在软黏土层时, 不宜采用。

1. 机具设备

(1) 起重设备

起重设备可选用配置有摩擦式卷扬机的履带式起重机、打桩机、龙门式起重机或悬臂式桅杆起重机等。起重机械的起重能力为: 当直接用钢丝绳悬吊夯锤时, 应大于夯锤质量的 3 倍; 当采用自动脱钩装置时, 应大于夯锤质量的 1.5 倍。

(2) 夯锤

夯锤形状宜采用截头圆锥体, 可用 C25 钢筋混凝土制成。夯锤底部可填充废铁并设置钢底板以使重心降低。夯锤质量宜为 $1.5\sim 3\text{ t}$, 锤底直径为 $1.0\sim 1.5\text{ m}$, 落距一般为 $2.5\sim 4.5\text{ m}$, 锤底单位静压力宜为 $15\sim 20\text{ kPa}$ 。吊钩宜采用半自动脱钩器, 以减小吊索的磨损和机械振动。

2. 施工要点

1) 施工前应在现场进行试夯, 选定夯锤重量、底面直径和落距, 以便确定最后下沉量及相应的夯击遍数和总下沉量。最后下沉量系指最后两击平均每击土面的夯沉量, 对黏性土和湿陷性黄土取 $10\sim 20\text{ mm}$, 对砂土取 $5\sim 10\text{ mm}$ 。通过试夯可确定夯击遍数, 一般试夯 $6\sim 10$ 遍, 施工时可适当增加 $1\sim 2$ 遍。

2) 采用重锤夯实分层填土地基时, 每层的虚铺厚度以相当于锤底直径为宜, 夯击遍数由试夯确定, 试夯层数不宜少于两层。

3) 基坑(槽)的夯实范围应大于基础底面, 每边应比设计宽度加宽 0.3 m 以上, 以便于底面边角夯打密实。基坑(槽)边坡应适当放缓。夯实前坑(槽)底面应高出设计标高, 预留土层的厚度可为试夯时的总下沉量再加 $50\sim 100\text{ mm}$ 。

4) 夯实时地基土的含水量应控制在最优含水量范围内。如土的表层含水量过大, 可采用铺撒吸水材料(如干土、碎砖、生石灰等)或换土等措施; 如含水量过低, 应适当洒水, 加水后待全部渗入土中, 一昼夜后方可夯打。

5)在大面积基坑或条形基槽内夯击时,应按一夯挨一夯顺序进行[图 2-2(a)]。在一次循环中同一夯位应连夯两遍,下一循环的夯位,应与前一循环错开 1/2 锤底直径,落锤平稳,夯位应准确。在独立柱基基坑内夯击时,可采用先周边后中间[图 2-2(b)]或先外后里的跳打法[图 2-2(c)]进行。当基坑(槽)底面的标高不同时,应按先深后浅的顺序逐层夯实。

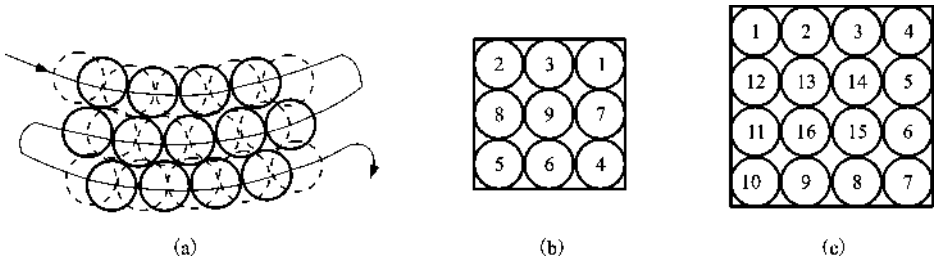


图 2-2 夯打顺序

6)夯实完后,应将基坑(槽)表面修整至设计标高。冬期施工时,必须保证地基在不冻的状态下进行夯击,否则应将冻土层挖去或将土层融化。若基坑挖好后不能立即夯实,应采取防冻措施。

3. 质量检查

重锤夯实后应检查施工记录,除应符合试夯最后下沉量的规定外,还应检查基坑(槽)表面的总下沉量,以不小于试夯总下沉量的 90%为合格。也可采用在地基上选点夯击检查最后下沉量。夯击检查点数:独立基础每个不少于 1 处,基槽每 20 m 不少于 1 处,整片地基每 50 m² 不少于 1 处。检查后如质量不合格,应进行补夯,直至合格为止。

2.1.3 强夯地基

强夯地基是用起重机械将大吨位(一般 8~30 t)夯锤起吊到 6~30 m 高度后,自由落下,给地基土以强大的冲击能量,使土中出现强大冲击波和很大的冲击应力,迫使土层孔隙压缩,土体局部液化,使土粒重新排列,经时效压密达到固结,从而提高地基承载力,降低其压缩性的一种有效的地基加固方法。该方法具有效果好、速度快、节省材料、施工简便的优点,但施工时噪声和振动较大,适用于碎石土、砂土、黏性土、湿陷性黄土及填土地基等的加固处理(图 2-3)。

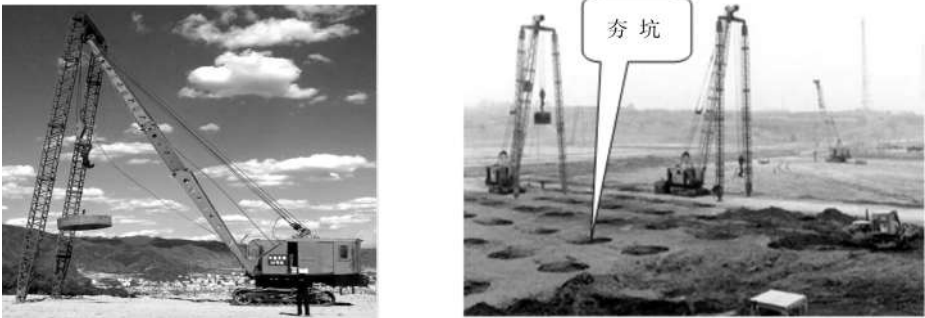


图 2-3 强夯地基施工现场

1. 机具设备

(1) 起重设备

起重设备宜选用起重能力为 150 kN 以上的履带式起重机,也可以采用专用的三角起重架或龙门架做起重设备。起重机械的起重能力为:当直接用钢丝绳悬吊夯锤时,应大于夯锤的 3~4 倍;当采用自动脱钩装置时,起重能力应大于 1.5 倍。

(2) 夯锤

夯锤可用钢材制作,或用钢板为外壳,内部焊接钢筋骨架后浇筑 C30 混凝土制成。夯锤底部有圆形和方形两种,圆形不易旋转,定位方便,稳定性和重合性好,应用较广。锤底面积取决于表层土质,对砂土一般为 $3\sim 4\text{ m}^2$,黏性土和淤泥质土不宜小于 6 m^2 。夯锤中宜设置若干个上下贯通的通气孔,以减少夯击时的空气阻力(图 2-4)。

(3) 脱钩装置

脱钩装置应具有足够的强度,且施工灵活。常用的工地自制自动脱钩装置由吊环、耳板、销环、吊钩等组成,系由钢板焊接制成(图 2-5)。



图 2-4 夯锤



图 2-5 脱钩装置

2. 施工要点

1) 强夯施工前,应进行地基勘察和试夯。通过对试夯前后试验结果对比分析,确定正式施工时的技术参数。

2) 强夯前应平整场地,周围做好排水沟,按夯点布置测量放线确定夯位。当地下水位较高时,应在表面铺 0.2~0.5 m 中(粗)砂或砂石地基,其目的是在地表形成硬层,可以支承起重设备,确保机械通行、施工,又可便于强夯产生的孔隙水压力消散。

3) 强夯施工须按试验确定的技术参数进行。一般以各夯点的夯击数为施工控制值,也可采用试夯后确定的沉降量控制。夯击时,落锤应保持平稳,夯位准确,如偏位或坑底倾斜过大,宜用砂土将坑底整平,才可以进行下一次夯击。

4) 每夯击完一遍后,应测量场地平均下沉量,然后用土将夯坑填平,方可进行下一遍夯击。最后一遍的场地平均下沉量必须符合要求。

5) 强夯施工最好在干旱季节进行,如遇雨天施工,夯击坑内或夯击过的场地有积水时,必须及时排除。冬季施工时,应将冻土击碎。

6)强夯施工时应应对每一夯实点的夯击能量、夯击次数和每次夯沉量等做好详细的现场记录。

3. 强夯地基质量检验标准及方法

强夯地基质量检验标准应符合表 2-3 的规定。

表 2-3 强夯地基工程质量标准和检验方法

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	地基强度	设计要求	按规定方法
	2	地基承载力	设计要求	按规定方法
一般项目	1	夯锤落距	± 300 mm	钢索设标识
	2	锤重	± 100 kg	称重
	3	夯击遍数及顺序	设计要求	计数法
	4	夯点间距	± 500 mm	用钢尺量
	5	夯击范围(超出基础范围距离)	设计要求	用钢尺量
	6	前后两遍间歇时间	设计要求	

强夯地基应检查施工记录及各项技术参数，并应在夯击过的场地选点做试验。一般可采用标准贯入、静力触探或轻便触探等方法，符合试验确定的指标时即为合格。检验点数，每个建筑物的地基不少于 3 处，检测深度和位置按设计要求确定。

2.1.4 振冲地基

振冲地基，又称振冲复合地基，是以起重机吊起振动器，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流成孔，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，从而提高地基的承载力，减少地基的沉降和不均匀沉降，是一种快速、经济有效的加固方法。该方法具有技术可靠、机具简单、操作技术易于掌握、施工简便、三材用料少、加固速度快、地基承载力高等特点。

振冲地基按加固机理和效果的不同，可分为振冲置换法和振冲密实法两类。前者适用于处理不排水、抗剪强度不小于 20 kPa 的黏性土、粉土、饱和黄土及人工填土等地基。后者适用于处理砂土和粉土等地基，不加填料的振冲密实法仅适用于处理黏土粒含量小于 10%的粗砂、中砂地基。

1. 机具设备

(1)振冲器

宜采用带潜水电机的振冲器，其功率、振动力、振动频率等参数，可按加固的孔径，达到土体密实度选用。

(2) 起重设备

起重能力和提升高度均应符合施工和安全要求，起重能力一般为 80~150 kN。

(3) 水泵及供水管道

供水压力宜大于 0.5 MPa，供水量宜大于 20 m³/h。

(4) 加料设备

可采用翻斗车、手推车或皮带运输机等，须符合施工要求。

(5) 控制设备

控制电流操作台，附有 150 A 以上容量的电流表、500 V 电压表等。

2. 施工要点

1) 施工前应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，水压可用 400~600 kPa，水量可用 200~400 L/min，使振冲器以 1~2 m/min 的速度徐徐沉入。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。成孔也可将振冲器以 1~2 m/min 的速度连续沉至设计深度以上 0.3~0.5 m 时，将振冲器往上提到孔口，再同法沉至孔底。如此往复 1~2 次，使孔内泥浆变稀，排泥 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，然后下降振冲器至填料中进行振密(图 2-6)，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。

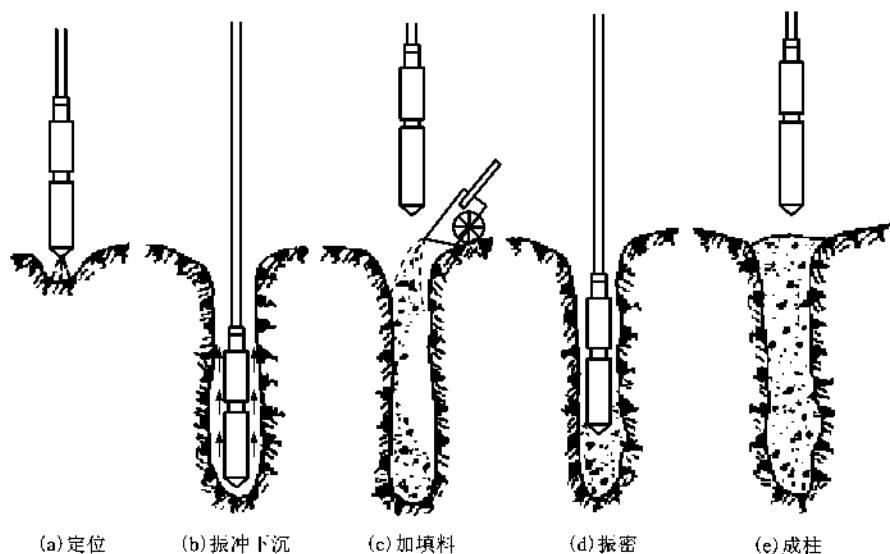


图 2-6 振冲法成桩施工工艺

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。

6)冬季施工应将表层冻土破碎后成孔。每班施工完毕后应将供水管和振冲器水管内积水排净,以免冻结影响施工。

3. 振冲地基质量检验标准及方法

(1)振冲地基的质量检验标准

振冲地基的质量检验标准应符合表 2-4 的规定。

表 2-4 振冲地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值	检查方法
主控项目	1	填料粒径	设计要求	抽样检查
	2	密实电流(黏性土)	50~55 A	电流表读数
		密实电流(砂性土或粉土)	40~50 A	
		(以上为功率 30 kW 振冲器)		
一般项目		密实电流(其他类型振冲器)	$(1.5\sim2.0)A_0$	电流表读数, A_0 为空振电流
	3	地基承载力	设计要求	按规定方法
	1	填料含泥量	<5%	抽样检查
	2	振冲器喷水中心与孔径中心偏差	≤50 mm	用钢尺量
	3	成孔中心与设计孔位中心偏差	≤100 mm	用钢尺量
	4	桩体直径	<50 mm	用钢尺量
	5	孔深	± 200 mm	量钻杆或重锤测

(2)振冲地基的质量检验方法

施工前应检查振冲器的性能,电流表、电压表的准确度及填料的性能;施工中应检查密实电流、供水压力、供水量、填料量、孔底留振时间、振冲点位置、振冲器施工参数等;施工结束后,应在有代表性的地段做地基强度或地基承载力检验。

2.1.5 化学固结法

将化学浆液通过注浆管灌入或喷入土中,使土体固结以加固地基。常用的有灌浆法、高压喷射注浆法和深层搅拌法。化学浆液一般采用以普通硅酸盐水泥为主剂的水泥浆液和以硅酸钠(水玻璃)为主剂的硅化浆液。灌浆法的分类主要有以下几种。

1. 渗透灌浆

指在压力作用下,使浆液充填于土的孔隙和岩石裂隙中,将孔隙中存在的自由水和气体排挤出去,基本上不改变原状土的结构和体积,所用灌浆压力相对较小,这类灌浆一般只适用于中砂以上的砂性土和有裂隙的岩石。对砂性土的灌浆处理大都属于这种机理。

2. 充填灌浆

指用于地基土内的大孔隙、大空洞的灌浆。如卵石、碎石,卵砾层及隧道回填灌浆都属于这类灌浆。

3. 挤密灌浆

指用较高的压力灌入浓度较大的水泥浆或水泥砂浆,使黏性土体变形后在灌浆管端部附近形成“浆泡”,由浆泡挤压土体,并向上传递反压力,从而使地层上抬,硬化的浆液混合物是一个坚固的压缩性很小的球体。挤密灌浆法可用于非饱和的土体和含有孔隙的松散土。

4. 劈裂灌浆

指在压力作用下,浆液克服地层的初始应力和抗拉强度,引起岩石和土体结构的破坏和扰动,使地层中原有的裂隙和孔隙张开,形成新的裂隙和孔隙,促使浆液的可灌性和扩散距离增大,故所用灌浆压力较高。

5. 电动化学灌浆

指在施工时将带孔的注浆管作为阳极,用滤水管作为阴极,将溶液由阳极压入土中,并通以直流电(两电极间电压梯度一般采用 $0.3\sim 1.0\text{ V/cm}$),在电渗作用下,孔隙水由阳极流向阴极,促使通电区域中土的含水量降低,并形成渗浆通路,化学浆液也随之流入土的孔隙中,并在土中硬结。

2.1.6 其他地基加固方法简介

1. 砂桩地基

挤密砂桩是采用沉管灌注桩的方法,通过冲击和振动,把砂挤入土中而成的。这种方法经济、简单且有效。对于砂土地基,可通过振动或冲击的挤密作用,使地基达到密实,从而增加地基承载力,降低孔隙比,减少建筑物沉降,提高砂基抵抗振动液化的能力。对于黏性土地基,可起到置换和排水砂井的作用,加速土的固结,形成置换桩与固结后软黏土的复合地基显著提高地基抗剪强度。这种桩适用于挤密松散的砂土、素填土和杂填土等地基。对于饱和软黏土地基,由于其渗透性较小,抗剪强度较低,灵敏度又较大,要使砂桩本身挤密并使地基土密实往往较困难,相反还破坏了土的天然结构,使抗剪强度降低,因此砂桩地基要慎重使用。

2. 水泥土搅拌桩地基

水泥土搅拌桩地基是采用水泥、石灰等材料作为固化剂,通过深层搅拌机械,在地基深处将软土和固化剂(浆液或粉体)强制搅拌,利用固化剂和软土之间所产生的一系列物理、化学反应,使软土硬结成具有一定强度的优质地基。具有无振动、无噪声、无污染、无侧向挤压等特点,对邻近的建筑物影响很小,适用于加固较深较厚的淤泥、淤泥质土、粉土和含水量较高且地基承载力不大于 120 kPa 的黏性土地基,对超软土效果更为显著。多用于墙下条形基础、大面积堆料厂房地基,在深基坑开挖时用于防止坑壁及边坡坍塌、坑底隆起的工程,以及做地下连续防渗墙等工程。

3. 预压地基

堆载预压法是在建筑物施工前,在地基表面分级堆土或其他荷重,使地基土压密、沉降、固结,从而提高地基强度和减少建筑物建成后的沉降量。待达到预定标准后再卸载,建造建筑物。本法材料、机具、方法简单直接,施工操作方便,但堆载时间长,堆载材料多,适用于各类软弱地基,包括天然沉积土层和人工充填土层的加固。堆载预压的施工效果取决于地基土层的固结特性、土层的厚度、预压荷载和预压时间等因素。

2.1.7 地基层部处理

1. 松土坑的处理

当坑的范围较小(在基槽范围内)时,可将坑中松软土挖除,使坑底及四壁均见天然土为止,回填与天然土压缩性相近的材料。当天然土为砂土时,用砂或级配砂石回填;当天然土为较密实的黏性土时,则用3:7灰土分层夯实;如为中密可塑的黏性土或新近沉积黏性土,可用1:9或2:8灰土分层回填夯实,每层厚度不大于20 cm[图2-7(a)]。

当坑的范围较大(超过基槽边沿)或因条件限制,槽壁挖不到天然土层时,则应将该范围内的基槽适当加宽,加宽部分的宽度可按下述条件确定:当砂土或砂石回填时,基槽每边均应按1:1的坡度放宽;当用1:9或2:8灰土回填时,按0.5:1的坡度放宽;当用3:7灰土回填时,如坑的长度 ≤ 2 m,基槽可不放宽;但灰土与槽壁接触处应夯实[图2-7(b)]。

如坑在基槽内所占的范围较大(长度在5 m以上),且坑底土质与一般槽底天然土质相同,可将此部分基础加深,做1:2踏步与两端相接,踏步级数根据坑深而定,但每步高度不大于0.5 m,长不小于1.0 m[图2-7(c)]。

对于较深的松土坑(如坑的深度大于槽宽或大于1.5 m),槽底处理后,还应适当考虑加强上部结构的强度,方法是在灰土基础上1~2块砖处、防潮层下1~2块砖处及首层顶板处,加配4 $\phi 8 \sim 12$ mm 钢筋跨过该松土坑两端各1 m,以防产生过大的局部不均匀沉降(图2-8)。

如遇到地下水位较高,坑内无法夯实时,可将坑(槽)中软弱的松土挖去后,再用砂土、碎石或混凝土代替灰土回填。如坑底在地下水位以下时,回填前先用粗砂与碎石(比例为1:3)分层回填夯实;地下水位以上用3:7灰土回填夯实至要求高度。

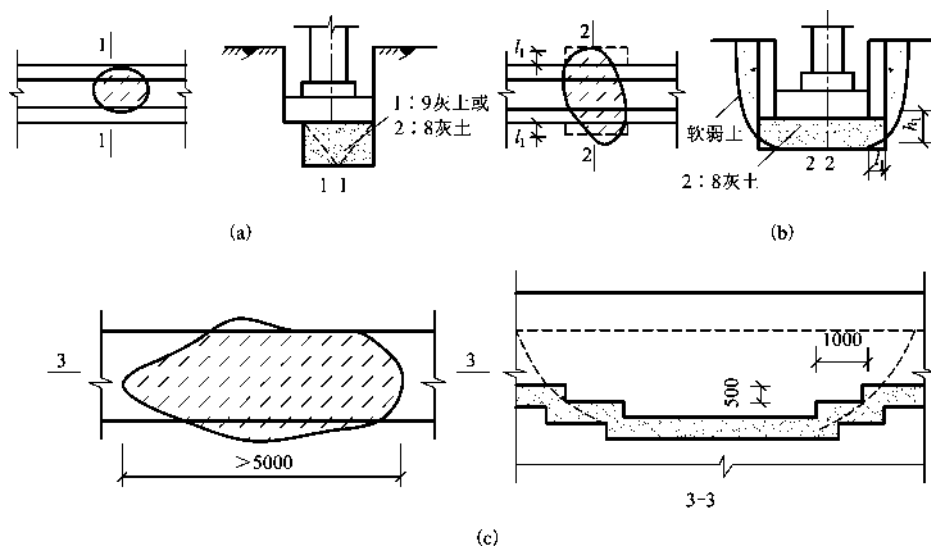


图 2-7 地基层部处理方法

2. 砖井或土井的处理

当砖井或土井在室外，距基础边缘 5 m 以内时，应先用素土分层夯实，回填到室外地坪以下 1.5 m 处，将井壁四周砖圈拆除或松软部分挖去，然后用素土分层回填夯实。

如井在室内基础附近，可将水位降到最低可能的限度，用中、粗砂以及块石、卵石或碎砖等回填到地下水位以上 0.5 m。砖井应将四周砖井圈拆至坑(槽)底以下 1 m 或更深，然后用素土分层回填夯实，如井已回填，但不密实或有软土，可用大块石将下面软土挤密，再用素土分层回填夯实。

当井在基础下时，应先用素土分层回填夯实至基础下 2 m 处，将井壁四周松软部位挖除，有砖井圈时，将井圈拆至槽底以下 1~1.5 m。当井内有水时，应用中、粗砂及块石、卵石或碎砖回填至水位以上 0.5 m，再按上述方法处理；当井内已填土，但不密实，且挖除困难时，可在部分拆除后的砖石井圈上加钢筋混凝土盖封口，上面用素土或 2：8 灰土分层回填，夯实至槽底(图 2-9)。

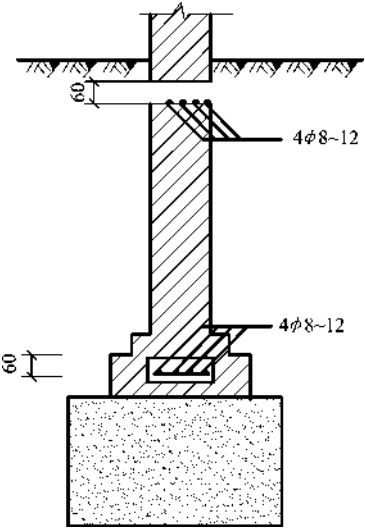


图 2-8 基础配筋构造图

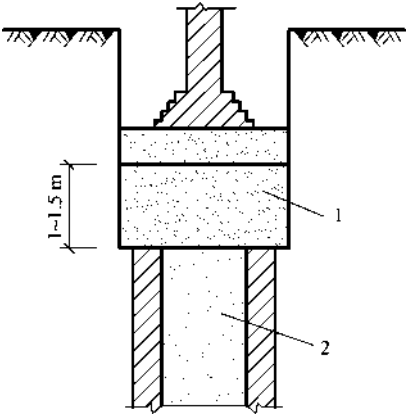


图 2-9 基槽下砖井处理方法

若在房屋转角处，且基础部分或全部压在井上，除用以上办法回填处理外，还应对基础加强处理。当基础压在井上部分较少，可采用从基础中挑梁的方法解决。当基础压在井上部分较多，用挑梁的方法较困难或不经济时，则可将基础沿墙长方向向外延长至井外天然土上，落在天然土上基础总面积应不小于井圈范围内原有基础的面积，并在墙内配筋或用钢筋混凝土梁进行加强(图 2-10)。

3. 局部软硬土的处理

当基础下局部遇基岩、旧墙基、大孤石、老灰土、化粪池、大树根、砖窑底等，均应尽可能挖除，以防建筑物由于局部落于较硬物上造成不均匀沉降，而使上部建筑物开裂。

若基础一部分落于基岩或硬土层上，一部分落于软弱土层上，基岩表面坡度较大，则应在软土层上采用现场钻孔灌注桩至基岩；或在软土部位做混凝土或砌块石支承墙(或支墩)至基岩；或将基础以下基岩凿去 0.3~0.5 m，填以中粗砂或土砂混合物做软性褥垫，使之能调

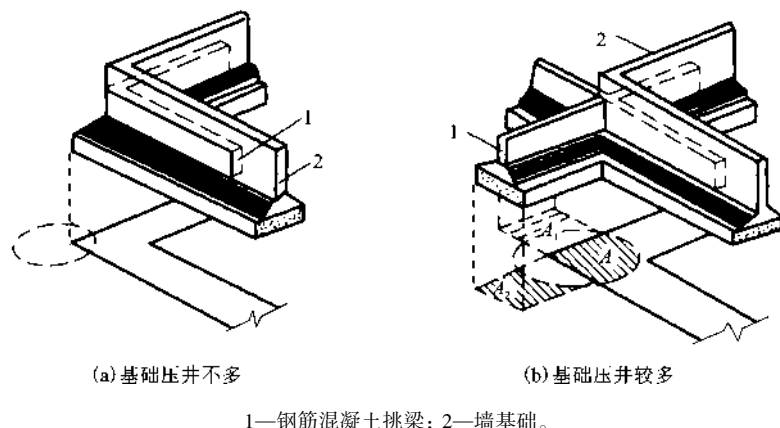


图 2-10 墙角下砖井处理方法

整岩土交界部位地基的相对变形，避免应力集中出现裂缝；或采取加强基础和上部结构的刚度，来克服软硬地基的不均匀变形。

如基础一部分落于原土层上，一部分落于回填土地基上时，可在填土部位用现场灌注桩或钻孔桩至原土层，使该部位上部荷载直接传至原土层，避免地基的不均匀沉降。

2.2 浅埋式钢筋混凝土基础施工



浅基础

通常把埋置深度不大(一般不超过 5.0 m)只需经过挖槽、排水等普通施工工序就可以建造起来的基础称为浅基础。它造价低、施工简便。浅基础一般有条形基础、杯形基础、筏形基础及箱形基础等。

2.2.1 条形基础

条形基础包括柱下钢筋混凝土独立基础(图 2-11)和墙下钢筋混凝土条形基础(图 2-12)，这种基础的抗弯和抗剪性能良好，可在竖向荷载较大、地基承载力不高以及承受水平力和力矩等荷载情况下使用。因高度不受台阶宽高比的限制，故适用于“宽基浅埋”的场合。

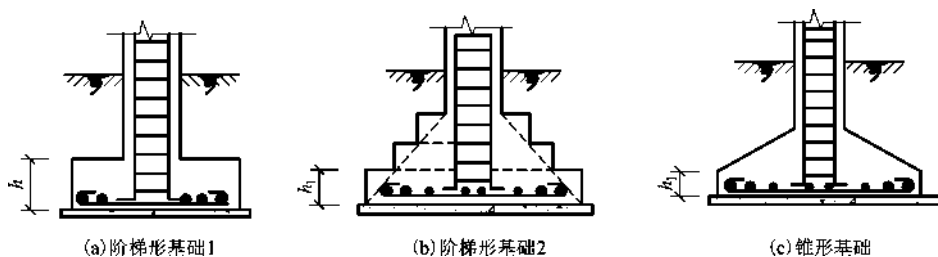


图 2-11 柱下钢筋混凝土独立基础

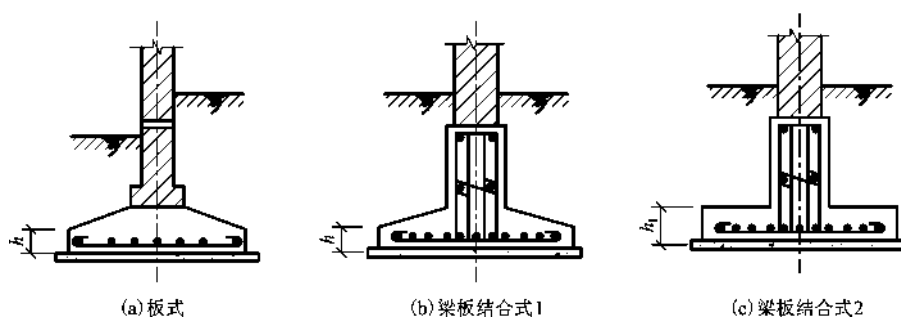


图 2-12 柱下钢筋混凝土独立基础

1. 构造要求

1) 锥形基础(条形基础)边缘高度 h 不小于 200 mm; 阶梯基础的每级台阶高度 h_1 宜为 300~500 mm。

2) 垫层的厚度一般为 100 mm, 混凝土强度等级为 C20, 混凝土基础强度等级不宜低于 C25。

3) 底板受力钢筋的最小直径不宜小于 10 mm, 间距不宜大于 200 mm; 有垫层时钢筋保护层厚度不宜小于 40 mm, 无垫层时不宜小于 70 mm。

4) 柱插筋的数量与直径应与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《混凝土结构设计规范》的规定执行。

2. 施工要点

1) 基坑(槽)应进行验槽, 基坑(槽)内浮土、积水、淤泥、垃圾、杂物应清除干净。验槽后地基混凝土应立即浇筑, 以免地基土被扰动。

2) 垫层达到一定强度后, 在其上弹线、支模。铺放钢筋网片时底部用与混凝土保护层厚度相同的垫块支垫, 保证钢筋位置正确。

3) 在浇筑混凝土前, 应清除模板上的垃圾、泥土和钢筋上的油污等杂物, 模板应浇水湿润。

4) 基础混凝土宜分层连续浇筑完成。阶梯形基础的每一台阶高度内应分层浇捣, 每浇筑完一台阶应稍停 0.5~1 h, 待其初步获得沉实后, 再浇筑上层, 以防止下台阶混凝土溢出, 在上台阶根部出现“烂脖子”现象, 台阶表面应基本抹平。

5) 锥形基础的斜面部分模板应随混凝土的浇捣分段支设且顶压紧, 以防止模板上浮变形, 边角处的混凝土应注意捣实。严禁斜面部分不支模, 用铁锹拍实。

6) 基础上有插筋时, 要加以固定, 保证插筋位置正确, 防止浇捣混凝土时发生位移。混凝土浇筑完毕后, 外露表面应覆盖浇水养护。

2.2.2 杯形基础

杯形基础常用作钢筋混凝土预制柱基础, 基础中预留凹槽(杯口), 然后插入预制柱, 临时固定后, 即在四周空隙中灌细石混凝土。其形式一般有单杯口基础、双杯口基础和高杯口基础等(图 2-13)。

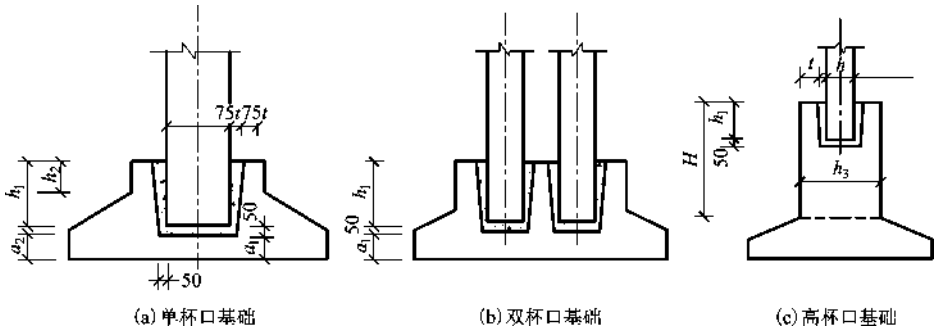


图 2-13 杯形基础形式、构造示意图

1. 构造要求

1) 柱的插入深度 h_1 可按表 2-5 选用, 并满足锚固长度的要求(一般是 20 倍纵向受力钢筋直径)和吊装时柱的稳定性(不小于吊装时柱长的 0.05 倍)的要求。

表 2-5 柱插入深度 h_1 单位: mm

矩形或工字形柱				单肢管柱	双肢柱
$h < 500$	$500 \leq h < 800$	$800 \leq h < 1000$	$h \geq 1000$		
$(1 \sim 1.2)h$	h	$0.9h$ ≥ 800	$0.8h$ ≥ 1000	$1.5d$ ≥ 500	$(1/3 \sim 2/3)h_a$ 或 $(1.5 \sim 1.8)h_b$

注: 1. h 为柱截面长边尺寸; d 为管柱的外直径; h_a 为双肢柱整个截面长边尺寸; h_b 为双肢柱整个截面短边尺寸。
2. 柱轴心受压或小偏心受压时, h_1 可适当减小; 偏心距 $e_0 > 2h$ (或 $e_0 > 2d$) 时, h_1 可适当增大。

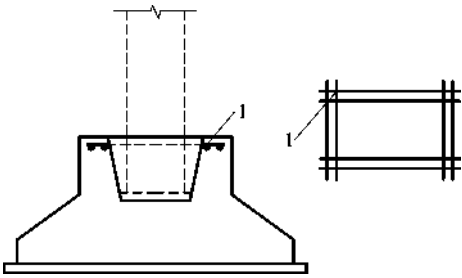
2) 基础杯底厚度和杯壁厚度可按表 2-6 选用。

表 2-6 基础杯底厚度和杯壁厚度

柱截面长边尺寸 h/mm	杯底厚度 a_1/mm	杯壁厚度 t/mm
$h < 500$	≥ 150	150~200
$500 \leq h < 800$	≥ 200	≥ 200
$800 \leq h < 1000$	≥ 200	≥ 300
$1000 \leq h < 1500$	≥ 250	≥ 350
$1500 \leq h < 2000$	≥ 300	≥ 400

注: 1. 双肢柱的杯底厚度值, 可适当加大;
2. 当有基础梁时, 基础梁下的杯壁厚度, 应满足其支承宽度的要求;
3. 柱子插入杯口部分的表面应凿毛, 柱子与杯口之间的空隙应用比基础混凝土强度等级高一级的细石混凝土充填密实, 当达到材料设计强度的 70% 以上时, 方能进行上部构件吊装。

3)当柱为轴心或小偏心受压,且 $t/h_2 \geq 0.65$ 时,或大偏心受压且 $t/h_2 \geq 0.75$ 时,杯壁可不配筋;当柱为轴心受压或小偏心受压且 $0.5 \leq t \leq 0.65$ 时,杯壁可按表 2-7 和图 2-14 构造配筋;当柱为轴心或小偏心受压且 $t/h_2 < 0.5$ 时,或大偏心受压且 $t/h_2 < 0.75$ 时,按计算配筋。



1—钢筋焊网或钢筋箍。
图 2-14 杯壁内配筋示意图

表 2-7 杯壁构造配筋

柱截面长边尺寸 /mm	$h < 1000$	$1000 \leq h < 1500$	$1500 \leq h \leq 2000$
钢筋直径 /mm	8~10	10~12	12~16

注：表中钢筋置于杯口顶部,每边两根。

4)预制钢筋混凝土柱(含双肢柱)和高杯口基础的连接与一般杯口基础构造相同。

2. 施工要点

杯形基础除参照板式基础施工要点外,还应注意以下几点:

- 1)混凝土应按台阶分层浇筑,对高杯口基础的高台阶部分按整段分层浇筑。
- 2)杯口模板可做成两半式的定型模板,中间各加一块楔形板,拆模时,先取出楔形板,然后分别将两半口模取出。为便于周转,模板宜做成工具式的,支模时杯口模板要固定牢固并压紧。
- 3)在浇筑混凝土时,应注意四侧要对称均匀进行,避免将杯口模板挤向一边。
- 4)施工时应先浇筑杯底混凝土并振实,注意在杯底一般留有 50 mm 厚的细石混凝土找平层。待杯底混凝土沉实后,再浇筑杯口四周混凝土。基础浇筑完毕,在混凝土初凝后终凝前将杯口模板取出,并将杯口内侧混凝土表面凿毛。
- 5)高杯口基础施工时,可采用后安装杯口模板的方法施工,即当混凝土浇筑接近杯口时,再安装固定杯口模板,继续浇筑杯口四周混凝土。

2.2.3 筏形基础

筏形基础由钢筋混凝土底板、梁等组成,适用于地基承载力较低而上部结构荷载很大的场合。其外形和构造上像倒置的钢筋混凝土楼盖,整体刚度大,能有效地将各柱子的沉降调整得较为均匀。筏形基础一般可分为梁板式和平板式两类(图 2-15)。

1. 构造要求

- 1)混凝土强度等级不宜低于 C25,钢筋保护层厚度不宜小于 40 mm。
- 2)基础平面布置应尽量对称,以减小基础荷载的偏心距。底板厚度不宜小于 200 mm,梁截面和板厚按计算确定,梁顶高出底板顶面不小于 300 mm,梁宽不小于 250 mm。

3) 底板下一般宜设厚度为 100 mm 的 C30 混凝土垫层, 每边伸出基础底板不小于 100 mm。

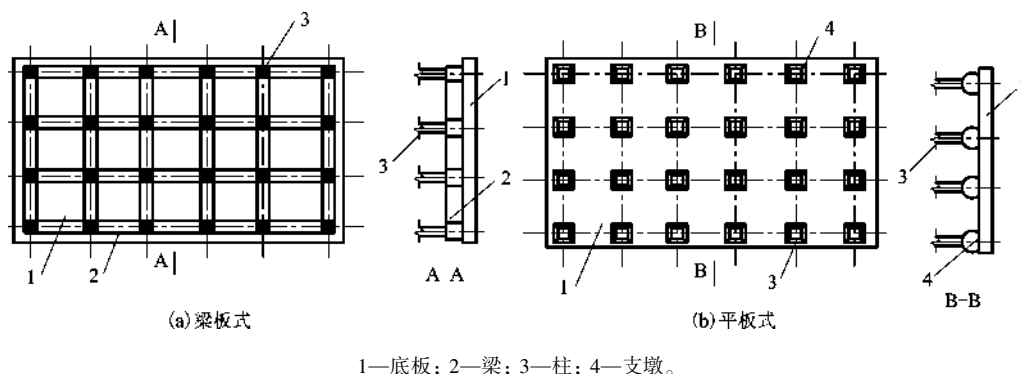


图 2-15 筏形基础

2. 施工要点

1) 施工前, 如地下水位较高, 可采用人工降低地下水位至基坑底不少于 500 mm, 以保证在无水的条件下进行基坑开挖和基础施工。

2) 施工时, 可采用先在垫层上绑扎底板、梁的钢筋和柱子的锚固插筋, 浇筑底板混凝土, 待达到 25% 设计强度后, 再在底板上支梁模, 继续浇筑完梁部分混凝土; 也可采用底板和梁模板一次支设, 混凝土一次连续浇筑完成, 梁侧模板采用支架支承并固定牢固。

3) 混凝土浇筑时一般不留施工缝, 必须留设时, 应按施工缝要求处理, 并应设置止水带。

4) 基础混凝土浇筑完毕, 表面应覆盖洒水养护, 并防止地基被水浸泡。

2.2.4 箱形基础

箱形基础由钢筋混凝土底板、顶板、外墙以及一定数量的内隔墙构成封闭的箱体 (图 2-16), 基础中部可在内隔墙开门洞作地下室。该基础具有整体性好, 刚度大, 调整不均匀沉降能力及抗震能力强, 可消除因地基变形使建筑物开裂的可能性, 减小基底处原有地基自重压力、降低总沉降量等特点。适用作软弱地基上的面积较小、平面形式简单、上部结构荷载大且分布不均匀的高层建筑的基础和对沉降有严格要求的设备基础或特种构筑物基础。

1. 构造要求

1) 基础平面布置应尽量对称, 以减小基础荷载的偏心距, 防止基础过度倾斜。

2) 混凝土强度等级不应低于 C25, 基础高度一般取建筑物高度的 $1/8 \sim 1/12$, 不宜小于箱形基础长度的 $1/16 \sim 1/18$, 且不小于 3 m。

3) 底、顶板的厚度应满足柱或墙冲切验算要求, 并根据实际受力情况通过计算确定。底板厚度一般取隔墙间距的 $1/8 \sim 1/10$, 为 300~1000 mm, 顶板厚度为 200~400 mm, 内墙厚度不宜小于 200 mm, 外墙厚度不应小于 250 mm。

4) 为保证箱形基础的整体刚度, 平均每平方米基础面积上墙体长度应不小于 400 mm, 或墙体水平截面积不得小于基础面积的 1/10, 其中纵墙配置量不得小于墙体总量的 3/5。

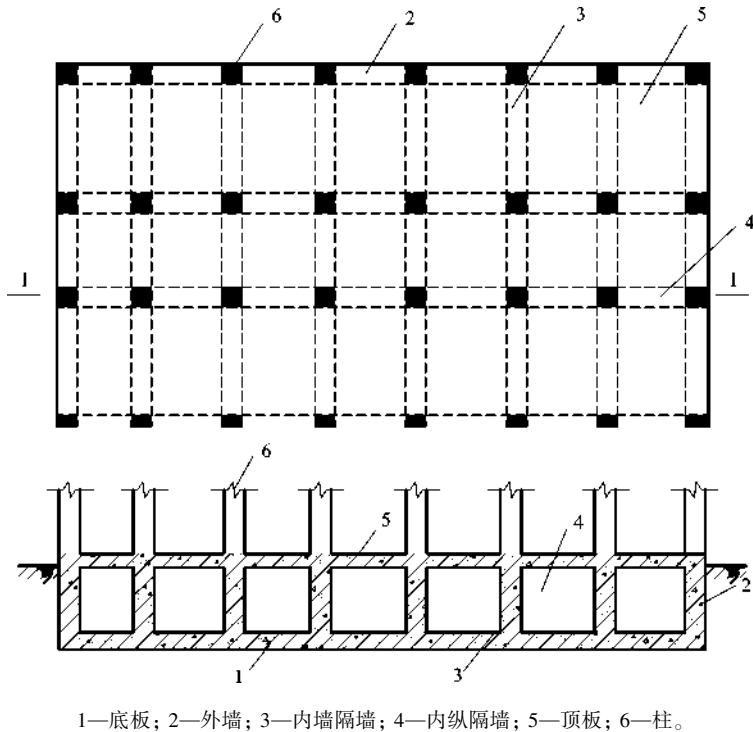


图 2-16 箱形基础

2. 施工要点

- 1) 施工前, 如地下水位较高, 可人工降低地下水位至基坑底不少于 500 mm, 以保证在无水的条件下进行基坑开挖和基础施工。
- 2) 施工时, 基础底板、内外墙和顶板的支模、钢筋绑扎和混凝土浇筑可分块进行, 其施工缝的留设位置和处理应符合钢筋混凝土工程施工及验收规范的相关要求, 外墙施工缝处应设止水带。
- 3) 基础的底板、内外墙和顶板宜连续浇筑完毕。为防止出现温度收缩裂缝, 一般应设置贯通的后浇带(或加强带), 后浇带宽度不小于 800 mm, 后浇带处钢筋应贯通, 顶板浇筑后, 相隔 2~4 周, 用比设计混凝土强度提高一级的细石混凝土将后浇带浇筑密实, 并加强养护。
- 4) 基础施工完毕, 应立即进行基坑回填。停止降水时, 应验算基础的抗浮稳定性, 抗浮系数不宜小于 1.2, 如不能满足时, 应采取有效措施, 如继续抽水至上部结构荷载加上后能满足抗浮稳定性系数要求为止, 或在基础内采取灌水或加重物, 防止基础上浮或倾斜。

2.3 桩基础工程



深基础

一般建筑物都应充分利用地基土层的承载能力,而尽量采用浅基础。但若浅层土质不良,无法满足建筑物对地基变形和强度方面的要求时,可利用下部坚实土层或岩层作为持力层,这就要采取有效的施工方法建造深基础。深基础主要有桩基础、墩基础、沉井和地下连续墙等几种,其中以桩基础最为常用。

2.3.1 桩基础的作用和分类

1. 作用

桩基础一般由设置于土中的桩和承接上部结构的承台组成(图 2-17),也称桩基。

桩的作用是将上部建筑物的荷载传递到深处承载力较大的持力层上,或使软弱土层挤压,以提高土壤的承载力和密实度,从而保证建筑物的稳定性和减少地基沉降。

承台的作用将桩基中的各根桩连成一个整体,共同承受上部结构的荷载。根据承台与地面的相对位置不同,一般有低承台和高承台桩基之分。前者承台底面位于地面以下,后者则高出地面以上。一般来说,采用高承台主要是为了减少水下施工作业和节省基础材料,常用于桥梁和港口工程中。而低承台承受荷载的条件比高承台好,特别是在水平荷载作用下,承台周围的土体可以发挥一定的作用。一般的房屋和构筑物中,大都采用低承台桩基。

2. 分类

(1) 按承载性质分

1) 摩擦型桩。

摩擦型桩又可分为摩擦桩和端承摩擦桩。摩擦桩是指在极限承载力作用下,桩顶荷载由桩侧阻力承受的桩;端承摩擦桩是指在极限承载力作用下,桩顶荷载由桩侧阻力及桩端阻力共同承受的桩。

2) 端承型桩。

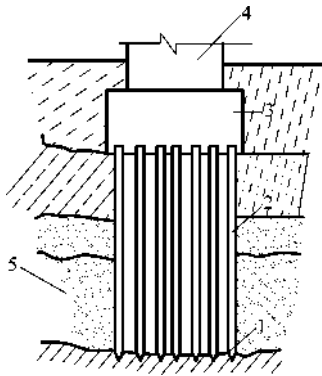
端承型桩又可分为端承桩和摩擦端承桩。端承桩是指在极限承载力作用下,桩顶荷载由桩端阻力承受的桩;摩擦端承桩是指在极限承载力作用下,桩顶荷载主要由桩端阻力承受的桩。

(2) 按桩的使用功能分

可分为竖向抗压桩、竖向抗拔桩、水平受荷桩、复合受荷桩。

(3) 按桩身材料分

可分为混凝土桩、钢桩、组合材料桩。



1—持力层; 2—桩; 3—桩基承台;
4—上部建筑; 5—软弱层。

图 2-17 桩基示意图

(4) 按成桩方法分

可分为非挤土桩(如干作业法桩、泥浆护壁桩、套筒护壁桩)、部分挤土桩(如部分挤土灌注桩、预钻孔打入式预制桩等)、挤土桩(如挤土灌注桩、挤土预制桩等)。

(5) 按桩制作工艺分

可分为预制桩和现场灌注桩。现在使用较多的是现场灌注桩。



锤击沉桩

2.3.2 钢筋混凝土预制桩施工工艺

1. 锤击沉桩施工工艺

(1) 特点及原理

锤击沉桩是利用桩锤下落时的瞬时冲击机械能,克服土体对桩的阻力,使其静力平衡状态遭到破坏,导致桩体下沉,达到新的静压平衡状态,如此反复地锤击桩头,桩身也就不断地下沉。锤击沉桩是预制桩最常用的沉桩方法。该法施工速度快,机械化程度高,适应范围广,现场文明程度高,但施工时有挤土、噪声和振动等公害,在城市中心和夜间施工时有所限制。

(2) 沉桩机械设备

打桩所用的机具设备,主要包括桩锤、桩架及动力装置三部分。

桩锤:有落锤、单动汽锤、双动汽锤、柴油打桩锤和液压锤等。

常用的桩架形式有三种:滚筒式桩架、多功能桩架、履带式桩架(图 2-18)。桩架选择时应考虑桩锤的类型、桩的长度和施工条件等因素。

(3) 沉桩工艺方法

1) 锤击沉桩施工工艺流程。

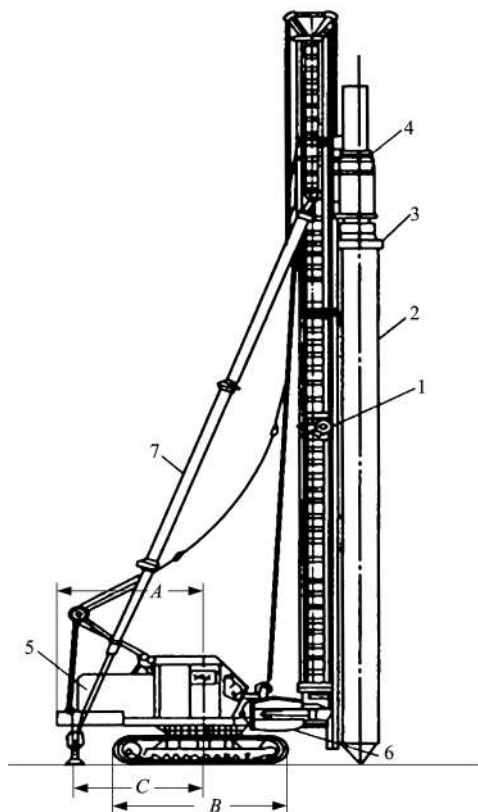
确定桩位和沉桩顺序→桩机就位→吊桩喂桩→校正→锤击沉桩→接桩→再锤击沉桩→送桩→收锤→切割桩头。

2) 沉桩顺序。

沉桩顺序直接影响打桩速度和打桩质量,应综合桩距、桩机性能、工程特点和工期要求综合考虑确定。常见的打桩顺序如图 2-19 所示。

①当桩较稀时(桩中心距大于 4 倍桩径或桩边长时),土壤的挤压影响可忽略不计,可采用由一侧向单一方向打(逐排打设),此法桩的就位和起吊方便,打桩效率高,但土壤向一个方向挤压[图 2-19(a)]。

②当桩较密时(桩中心距小于等于 4 倍桩径或桩边长时),由于打桩对土体的挤密作用,使先打的桩因受水平推挤而造成偏移和变位,或被垂直挤拔造成浮桩,因此,可采用由中间



1—立柱; 2—桩; 3—桩帽; 4—桩锤;
5—机体; 6—支撑; 7—斜撑。

图 2-18 履带式桩架

向四周打设,或由中间向两侧对称施打的方法[图 2-19(b)、(c)]。

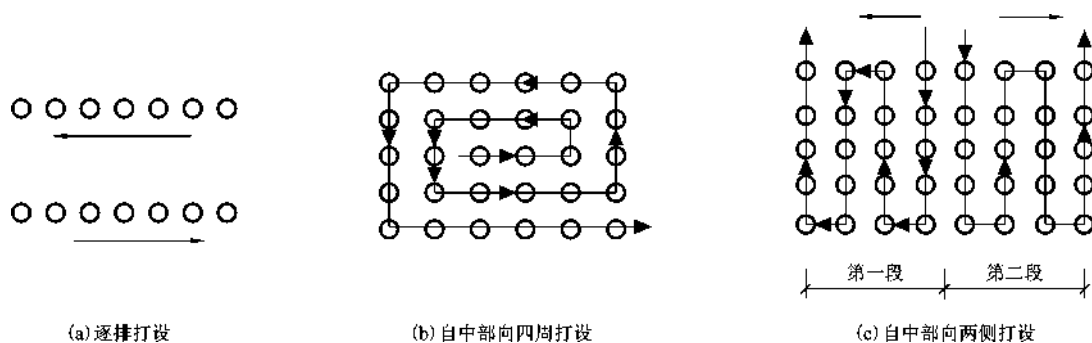


图 2-19 打桩顺序

打设标高不一的桩,应遵循“先深后浅”的原则;对不同规格的桩,应遵循“先大后小、先长后短”的原则。

(4) 打桩

在桩架就位后即可吊桩,垂直对准桩位中心,缓缓放下插入土中。桩插入时垂直度偏差不得超过 0.5%,桩就位后在桩顶安上桩帽,然后放下桩锤轻轻压住桩帽。桩锤、桩帽和桩身中心线应在同一垂直线上。在桩的自重和锤重作用之下,桩沉入土中一定的深度而达到稳定的位置。这时再校正一次桩的垂直度,即可进行打桩。

打桩开始时,应先采用小的落距做轻的锤击,使桩正常沉入土中 1~2 m 后,经检查桩尖未发生偏移,再逐渐增大落距至规定高度,继续锤击,直至把桩打到设计要求的深度。

打桩有“轻锤高击”和“重锤低击”两种方式。这两种方式,即使所做的功相同,所得到的效果却不相同。轻锤高击,所得的动量小,而桩锤对桩头的冲击力大,因而回弹也大,桩头容易损坏,大部分能量均消耗在桩锤的回弹上,故桩难以入土。相反,重锤低击,所得的动量大,而桩锤对桩头的冲击力小,因而回弹也小,桩头不易被打碎,大部分能量都可以用来克服桩身与土壤的摩阻力和桩尖的阻力,故桩很快入土。此外,又由于重锤低击的落距小,因而可提高锤击频率,打桩效率也高,所以打桩宜采用“重锤低击”方式。

打桩系隐蔽工程施工,应做好打桩记录。用落锤、单动汽锤或柴油锤打桩时,从开始即需记录桩身每沉入 1 m 所需要的锤击数。当桩下沉接近设计标高时,应在规定落距下,测定每 1 阵(每 10 击为 1 阵)的贯入度,使其达到设计承载力所要求的最小贯入度。

(5) 质量要求

打桩质量包括两个方面的内容:一是能否满足设计规定的贯入度或标高的设计要求;二是桩打入后的偏差是否在施工规范允许的范围内。

打桩的控制原则:

1) 桩尖达到坚硬、硬塑的黏性土、碎石土、中密以上的砂土或风化岩等土层时,应以贯入度控制为主,桩尖进入持力层深度或桩尖标高可做参考;若贯入度已达到而桩尖标高未达到时,应继续锤击 3 阵,其每阵 10 击的平均贯入度不应大于规定的数值。

2) 桩端位于其他软土层时,以桩端设计标高控制为主,贯入度可做参考。

3) 桩打入后的垂直度偏差和平面位置偏差在国家施工规范允许的范围内。

2. 静力压桩施工工艺

(1) 特点及原理

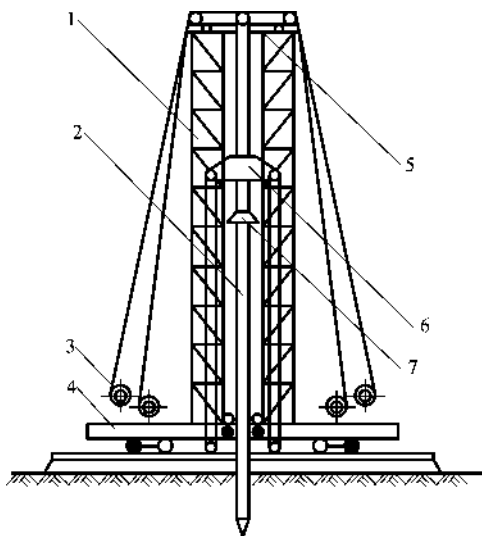
静力压桩施工是在软土地基上,利用静力压桩机或液压压桩机用无振动的静压力(自重和配重)将预制桩压入土中的一种沉桩工艺,在我国沿海软土地基上较为广泛应用。与锤击沉桩相比,具有施工无噪声、无振动、节约材料、降低成本、提高施工质量、沉桩速度快等特点,特别适宜于城市内桩基工程施工。其工作原理:通过安置在压桩机上的卷扬机的牵引,由钢丝绳、滑轮及压梁,将整个桩机的自重(800~1500 kN)反压在桩顶上,以克服桩身下沉时与土的摩擦力,迫使预制桩下沉。

(2) 压桩机械设备

压桩机有两种类型:一种是机械静力压桩机(图 2-20),它由压桩架(桩架与底盘)、传动设备(卷扬机、滑轮组、钢丝绳)、平衡设备(铁块)、量测装置(测力计、油压表)及辅助设备(起重设备、送桩)等组成;另一种是液压静力压桩机(图 2-21),它由液压吊装机构、液压夹持、压桩机构(千斤顶)、行走及回转机构、液压及配电系统、配重铁块等部分组成。

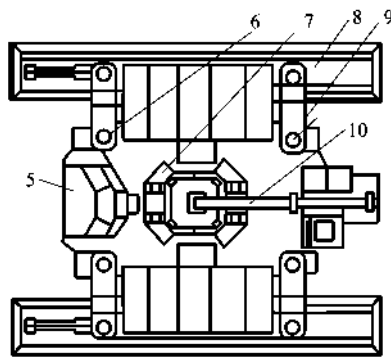
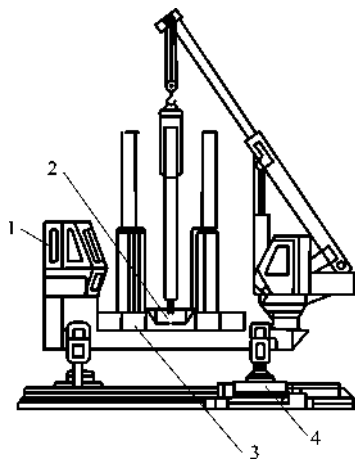


静力压桩



1—桩架; 2—桩; 3—卷扬机;
4—底盘; 5—顶梁; 6—压梁; 7—桩帽。

图 2-20 机械静力压桩机



1—操作室; 2—夹持与压桩机构; 3—配重铁块; 4—短船行走与回转机构; 5—电控系统; 6—液压系统; 7—导向架;
8—长船行走机构; 9—支腿式底盘结构; 10—液压起重机。

图 2-21 液压静力压桩机

(3) 压桩工艺方法

1) 静力压桩施工工艺。

测量定位→桩机就位→吊桩插桩→桩身对中调直→静压沉桩→接桩→再静压沉桩→终止

压桩→切割桩头。

2) 静力压桩施工方法。

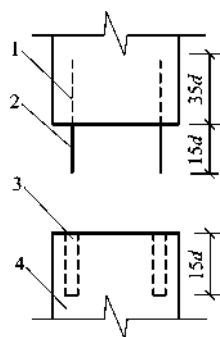
用起重机将预制桩吊运或用汽车运至桩机附近,再利用桩机自带的起重装置将桩吊入夹持器中,夹持油缸将桩从侧面夹紧,压桩油缸做伸程动作,把桩压入土层中。伸程完毕,夹持油缸回程松夹,压桩油缸回程,重复上述动作,可实现连续压桩操作,直至将桩压入预定深度土层。

3) 桩拼接方法。

钢筋混凝土预制长桩在起吊、运输时受力极为不利,因而一般先将长桩分段预制,再在沉桩施工时将桩接长。常用的接头连接方法有以下两种:

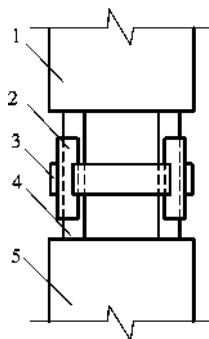
浆锚接头(图 2-22):它是用硫黄水泥或环氧树脂配制成的黏结剂,把上段桩的预留插筋黏结于下段桩的预留孔内。

焊接接头(图 2-23):在每段桩的端部预埋角钢或钢板,施工时将上下两段桩的桩端紧密接触,用扁钢贴焊成整体。



1—上节桩; 2—锚筋; 3—锚筋孔; 4—下节桩。

图 2-22 桩拼接的浆锚接头



1—上节桩; 2—连接角钢; 3—拼接板;
4—与主筋连接的角钢; 5—下节桩。

图 2-23 桩拼接的焊接接头

4) 压桩施工要点。

①压桩应连续进行,因故停歇时间不宜过长,否则压桩阻力将大幅增长导致桩压不下去或桩机被抬起。

②压桩的终压控制很重要。一般对纯摩擦桩,终压时以设计桩长为控制条件;对于长度大于 21 m 的端承摩擦桩,应以设计桩长控制为主,终压力作为对照;对一些设计承载力较高的桩基,终压力值宜尽量接近压桩机的满载值;对长 14~21 m 的静压桩,应以终压力达满载值为终压控制条件;对桩周围土质较差且设计承载力较高的,宜复压 1~2 次为佳,对长度小于 14 m 的桩,宜连续多次复压,特别对长度小于 8 m 的短桩,连续复压的次数应适当增加。

③静力压桩单桩竖向承载力,可通过桩的最终压力值大致判断。如判断的终止压力值不能满足设计要求,应立即采取送桩加深处理或补桩,以保证桩基的施工质量。

2.3.3 现浇混凝土桩施工工艺

现浇混凝土桩是一种直接在现场桩位上使用机械或人工等方法就地成孔,然后在孔内浇筑混凝土或安放钢筋笼再浇筑混凝土而成的桩。按其成孔方法不同,可分为钻孔灌注桩、沉管灌注桩、人工挖孔灌注桩等。

1. 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,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

泥浆护壁成孔灌注桩适用于地下水位较高的地质条件。按钻孔设备可分为冲击钻成孔灌注桩、冲抓钻成孔灌注桩、回转钻成孔灌注桩、潜水钻成孔灌注桩。前三种适用于碎石土、砂土、黏性土及风化岩地基,后一种则适用于黏性土、淤泥、淤泥质土及砂土。

1) 施工设备。

主要有冲击钻、冲抓钻、回转钻及潜水钻机。在此主要介绍潜水钻机(图 2-24)。

潜水钻机由防水电机、减速机构和钻头等组成。电机和减速机构设在绝缘和密封装置的电钻外壳内,且与钻头紧密连接在一起,因而能共同潜入水下作业。目前常用的潜水钻机钻孔直径 400~800 mm,最大钻孔深度 50 m。既适用于水下钻孔,也可用于地下水位较低的干土层中钻孔。

2) 施工工艺。

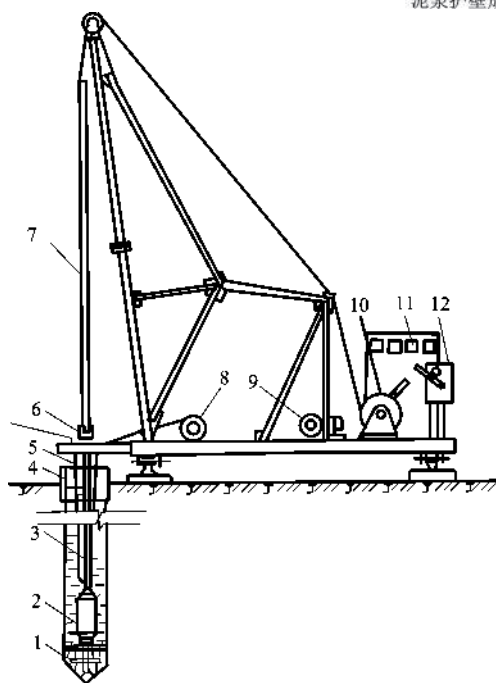
场地平整→桩位放线→开挖浆池、浆沟→护筒埋设→钻机就位→钻孔、泥浆循环、清除泥渣→清孔→下钢筋笼→浇筑水下混凝土→成桩。

①埋设护筒: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。

②制备泥浆:护壁泥浆的组成,是由高塑性黏土或膨润土和水拌和的混合物,也可掺入加重剂、分散剂、增黏剂及堵漏剂等掺合剂。泥浆一般在现场制备,有些黏性土在钻进过程中可形成适合护壁的浆液,则可利用其作为护壁泥浆,即“原土造浆”。

泥浆具有保护孔壁、防止塌孔、排出土渣、冷却与润滑钻头、减少钻进阻力等作用。钻进中,护壁泥浆与钻孔的土屑混合,边钻边排出携带土屑的泥浆;当钻孔达到规定深度后,运用泥浆循环进行孔底清渣。

③清孔:泥浆护壁成孔清孔时,对于土质较好不易坍塌的桩孔,可用空气吸泥机清孔,气压为 0.5 MPa,使管内形成强大高压向上涌,同时不断地补足清水,被搅动的泥渣随气流上涌从喷口排出,直至喷出清水为止。对于稳定性较差的孔壁应采用泥浆循环法清孔或抽筒排渣,清孔后的泥浆相对密度应控制在 1.15~1.25;原土造浆的孔,清孔后泥浆相对密度应控制在 1.1 左右。



1—钻头; 2—潜水钻机; 3—电缆; 4—护筒; 5—水管;
6—滚轮; 7—钻杆; 8—电缆盘; 9—5 kN 卷扬机;
10—10 kN 卷扬机; 11—电流电压表; 12—启动开关。

图 2-24 潜水钻机钻孔示意图



泥浆护壁成孔灌注桩

孔底沉渣必须设法清除,端承桩的沉渣厚度不得大于 50 mm,摩擦桩沉渣厚度不得大于 150 mm。

④水下浇筑混凝土:泥浆护壁成孔灌注桩的水下混凝土浇筑常用导管法,混凝土强度等级不低于 C25,商品混凝土的坍落度一般为 180~220 mm。导管一般用无缝钢管制作,直径为 200~300 mm,每节长度为 2~3 m,最下一节为脚管,长度不小于 4 m,各节管用法兰盘和螺栓连接。浇筑混凝土时,导管应始终埋入混凝土中 0.8~1.3 m,但最大埋入深度也不宜超过 5 m。

(2) 干作业成孔灌注桩

适用于成孔深度内无地下水的一般黏性、砂土及人工填土,无须护壁,成孔深度 8~20 m、成孔直径 300~600 mm,不宜用于地下水位以下的各类土及淤泥质土。

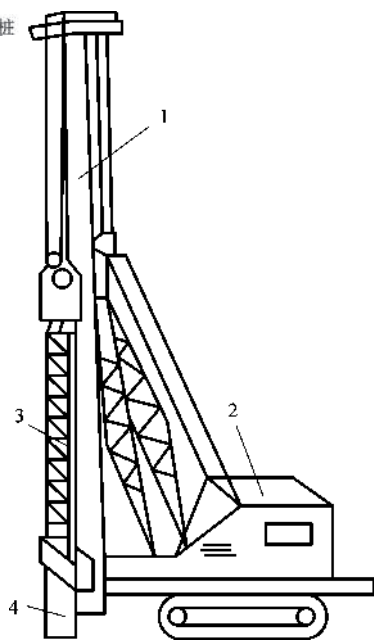
1) 施工设备。

主要有螺旋钻机、钻孔扩机、机动或人工洛阳铲等。在此主要介绍螺旋钻机。

常用的螺旋钻机有履带式 and 步履式两种。前者一般由 W1001 履带车、支架、导杆、鹅头架滑轮、电动机头、螺旋钻杆及出土筒组成(图 2-25),后者的行走底盘为步履式,在施工的时候用步履进行移动。步履式钻机下装有活动轮子,施工完毕后装上轮子由机动车牵引到下一工地(图 2-26)。

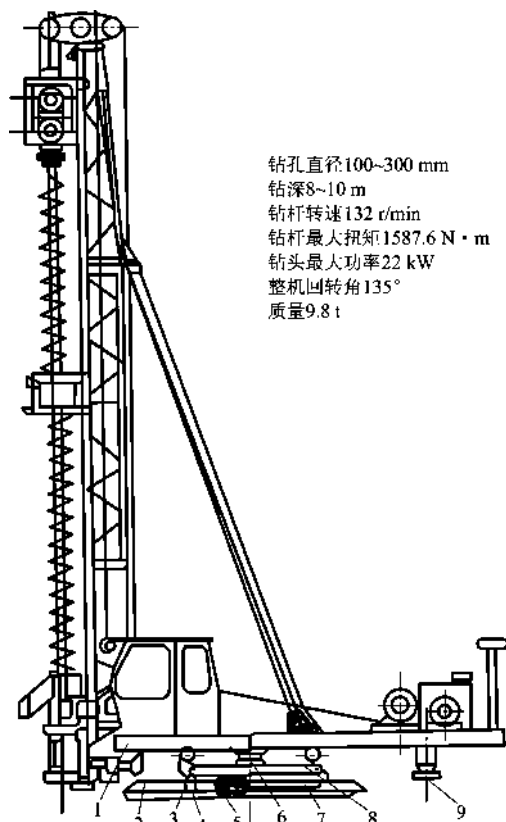


干作业成孔灌注桩



1—导杆; 2—W1001 履带车;
3—钻杆; 4—出土筒。

图 2-25 履带式钻孔机示意图



钻孔直径 100~300 mm
钻深 8~10 m
钻杆转速 132 r/min
钻杆最大扭矩 1587.6 N·m
钻头最大功率 22 kW
整机回转角 135°
质量 9.8 t

1—出土筒; 2—上盘; 3—下盘; 4—回转滚轮; 5—行走滚轮;
6—钢丝绳滑轮; 7—行走油缸; 8—中盘; 9—支腿。

图 2-26 步履式钻孔机示意图

2) 施工工艺。

场地平整→桩位定位放线→钻机就位→取土成孔→检查校正桩位及孔的垂直度→孔底清理→下钢筋笼→浇筑混凝土→成桩。

3) 质量要求。

①桩垂直度容许偏差 1%。

②孔底虚土容许厚度不大于 100 mm。

③桩位允许偏差：单柱、条形桩基沿垂直轴线方向和群桩基础边沿的偏差是 1/6 桩径；条形桩基沿顺轴线方向和群桩基础中间桩的偏差为 1/4 桩径。

(3) 施工中常见问题及处理

1) 孔壁坍塌。

在钻孔过程中，如发现排出的泥浆中不断出现气泡，或泥浆突然漏失，这表示有孔壁坍塌的现象。孔壁坍塌的主要原因是土质松散，泥浆护壁不好，护筒周围未用黏土紧密填封及护筒内水位不高。钻进时如出现孔壁坍塌，首先应保持孔内水位并加大泥浆相对密度以稳定钻孔的护壁。如坍塌严重，应立即回填黏土，待孔壁稳定后再钻。

2) 钻孔偏斜。

钻杆不垂直，钻头导向部分压短、导向性差，土质软硬不一，或者遇上大孤石等，都会引起钻孔偏斜。防止措施：除钻头加工精确、钻杆安装垂直外，操作时还要注意经常观察。当钻孔偏斜时，可提起钻头，上下反复扫钻几次，以便削去硬土，如纠正无效，应在孔中部回填黏土至偏孔处 0.5 m 以上再重新钻进。

3) 孔底虚土。

在干作业施工中，由于钻孔机械结构所限，孔底常残存一些虚土，它来自扰动残存土、孔壁坍落土及孔口落土。施工时，孔底虚土较规范大时必须清除，防止因虚土影响桩承载力。目前常用的治理虚土的方法是用 20 kg 重铁饼人工辅助夯实，或采用孔底压力灌浆法。

4) 断桩。

水下灌注混凝土桩的质量除混凝土本身质量外，是否断桩是鉴定其质量的关键。预防时应注意三方面的问题：一是力争首批混凝土浇灌一次成功；二是浇筑混凝土过程中导管要埋在混凝土中；三是严格控制现场混凝土配合比。

2. 沉管灌注桩

沉管灌注桩是指利用锤击打桩法或振动打桩法，将带有活瓣式桩尖或预制钢筋混凝土桩靴的钢套管沉入土中，然后边浇筑混凝土边锤击或振动套管将混凝土捣实而成的桩。前者称为锤击沉管灌注桩，后者称为振动沉管灌注桩。

(1) 锤击沉管灌注桩

锤击沉管灌注桩是采用落锤、蒸汽锤或柴油锤将钢套管沉入土中成孔，然后灌注混凝土或钢筋混凝土，再拔出钢套管成桩。

1) 施工设备。

锤击沉管机械设备如图 2-27 所示。

2) 施工工艺。

场地平整→桩机就位→立管→对准桩位套入桩靴、压入土中→检查→低锤轻击→检查有无偏移→正常施打至设计标高→第一次浇灌砼→边拔管，边锤击，边继续浇灌砼→安放钢筋

笼，继续浇灌砼至桩顶设计标高。如图 2-28 所示。

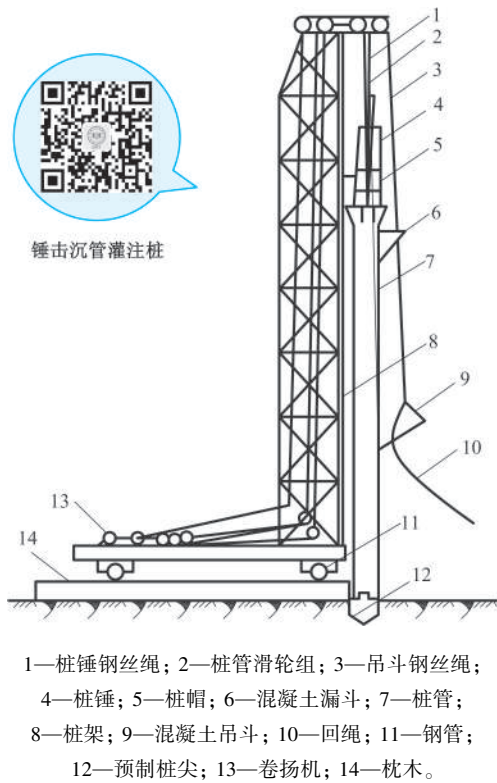


图 2-27 锤击沉管灌注桩机械设备示意图

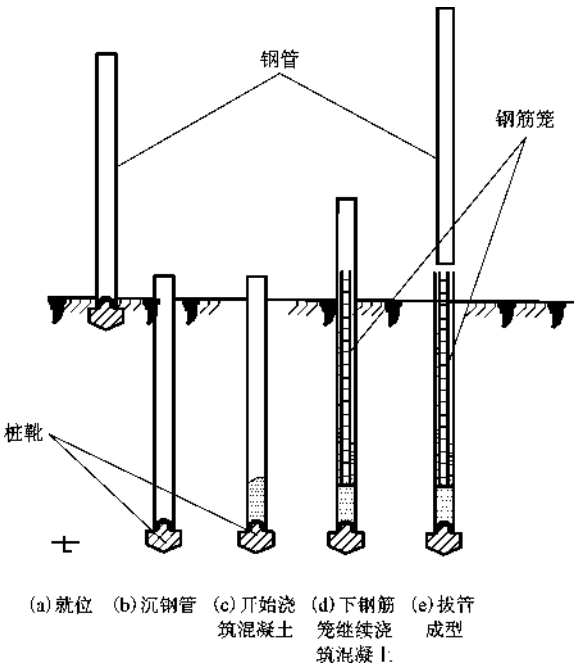


图 2-28 沉管灌注桩施工过程

①桩靴与桩管。桩靴可分为混凝土预制桩靴和活瓣式桩靴两种，如图 2-29 所示，其作用是阻止地下水及泥砂进入桩管。桩管一般采用无缝钢管，直径为 270~600 mm，其作用是形成桩孔。



(a) 活瓣式桩靴



(b) 预制混凝土桩靴

图 2-29 桩靴

②成孔。由于锤击沉管灌注桩成孔时不排土,而沉管时会把土挤压密实,所以群桩基础或桩中心距小于3~3.5倍的桩径,应制订合理的施工顺序,以免影响相邻桩的质量。

③混凝土浇筑与拔管。浇筑混凝土和拔起桩管是保证质量的重要环节。当桩管沉到设计标高后,应停止锤击,检查管内无泥浆或水进入后,即放入钢筋笼,边浇筑混凝土边拔管,拔管时必须边振(打)边拔,以确保混凝土振捣密实。拔管速度必须严格控制,对于一般土层,以不大于1 m/min为宜;在软土及软硬土交界处,应控制在0.8 m/min以内。

上面所述的这种施工工艺称为单打灌注桩的施工。为了提高桩的质量和承载能力,可采用复打扩大灌注桩的直径。其施工方法是在第一次单打法施工完毕并拔出桩管后,清除桩管外壁上和桩孔周围地面上的污泥,立即在原桩位上再次安放桩尖,再做第二次沉管,使未凝固的混凝土向四周挤压扩大桩径,然后灌注第二次混凝土,拔管方法与第一次相同。复打施工要注意前后两次沉管轴线应重合,复打必须在第一次灌注的混凝土初凝之前进行。

3) 质量要求。

①锤击沉管灌注桩混凝土强度等级应不低于C25;混凝土坍落度,在有筋时宜为80~100 mm,无筋时宜为60~80 mm;碎石粒径,有筋时不大于25 mm,无筋时不大于40 mm;桩尖混凝土强度等级不得低于C30。

③桩位允许偏差:群桩不大于 $0.5d$ (d 为桩管外径),对于两根桩组成的桩基,在两根桩的连线方向上偏差不大于 $0.5d$,垂直此线方向上则不大于 $1/6d$;墙基由单桩支承的,平行墙的方向偏差不大于 $0.5d$,垂直墙的方向不大于 $1/6d$ 。

②当桩的中心距为桩管外径的5倍以内或小于2 m时,均应跳打,中间空出的桩须待邻桩混凝土达到设计强度的50%以后方可施打。

(2) 振动沉管灌注桩

振动沉管灌注桩是采用激振器或振动冲击锤将钢套管沉入土中成孔而成的灌注桩,其沉管原理与振动沉桩完全相同。

1) 施工设备。

振动沉管机械设备如图2-30所示。

2) 施工工艺。

振动沉管采用振动锤或振动冲击锤沉管,利用桩机强迫振动频率与土的自振频率相同时产生的共振而沉管。沉桩前,将桩管下端活瓣合拢或套入桩靴,对准桩位,徐徐放下桩管压入土中,勿使偏斜,即可开动激振器沉管。桩管受振后与土体之间摩阻力减小,同时利用振动锤自重压在桩管上加压,桩管即能沉入土中。桩管下沉到设计要求深度后,停止振动,立即用吊斗向套管内灌满混凝土,并再次开动激振器,边振动边拔管,同时在拔管过程中继续向管内灌注混凝土。如此反复,直至桩管全部拔出地面后即形成混凝土



振动沉管灌注桩

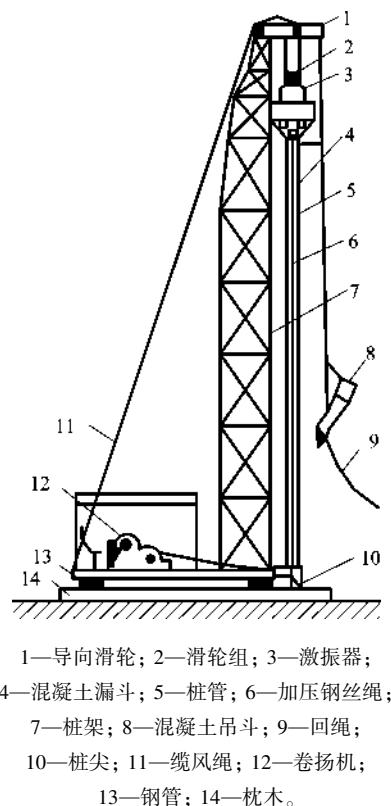


图2-30 振动沉管灌注桩桩机

土桩身。

振动灌注桩可采用单振法、反插法、复振法施工。

①单振法：在沉入土中的桩管内灌满混凝土，开激振器 5~10 s，开始拔管，边振边拔。每拔 0.5~1.0 m，停拔振动 5~10 s，如此反复，直到桩管全部拔出。在一般土层内的拔管速度宜为 1.2~1.5 m/min，在软弱土层中，不得大于 1.0 m/min。单振法施工速度快，混凝土用量少，但桩的承载力低，适用于含水量较少的土层。

②反插法：在桩管内灌满混凝土后，先振动再开始拔管。每次拔管高度 0.5~1.0 m，再向下反插深度 0.3~0.5 m，如此反复进行并始终保持振动，直到桩管全部拔出地面。反插法能扩大桩的截面，从而提高桩的承载力，但混凝土耗用量较大，一般适用于饱和软土层。

③复振法：施工方法及要求与锤击沉管灌注桩的复打法相同。

3) 质量要求。

①振动沉管灌注桩混凝土强度等级应不低于 C25；混凝土坍落度，在有筋时宜为 80~100 mm，无筋时宜为 60~80 mm；碎石粒径不大于 30 mm。

②桩的中心距为不宜小于桩管外径的 4 倍，否则应跳打，相邻的桩施工时，其间隔时间不得超过混凝土的初凝时间。

③在拔管过程中，桩管内应随时保持有不少于 2 m 高度的混凝土，以便有足够的压力，防止混凝土在管内阻塞。

④为保证沉管灌注桩的承载力要求，必须严格控制最后的沉管贯入度，其值按设计要求或根据试桩和当地长期的施工经验确定。

⑤桩位允许偏差同锤击沉管灌注桩。

(3) 施工中常见的问题及处理

1) 断桩。

断桩一般都发生地面以下软硬土的交接处，并多数发生在黏土中，砂土及松土中则很少出现。产生断桩的主要原因：桩距过小，受邻桩施打时挤压的影响；桩身混凝土终凝不久就受到振动和外力；软硬土层间传递水平力大小不同，对桩产生剪应力；等等。处理方法：经检查有断桩后，应将断桩拔出，略增大桩的截面面积或加箍筋后，再浇筑混凝土。或者在施工过程中采取预防措施，如施工中控制桩中心距不小于 3.5 倍桩径，采用跳打法或者控制时间间隔的方法，使邻桩的混凝土达到设计强度等级的 50% 后，再施打中间桩等。

2) 瓶颈桩。

瓶颈桩是指桩的某处直径缩小形似“瓶颈”，其截面面积不符合设计要求。多数发生在黏性土、土质软弱、含水率高，特别是饱和的淤泥或淤泥质软土层中。产生瓶颈桩的主要原因：在含水率较大的软弱土层中沉管时，土受挤压便产生很高的孔隙水压，拔管后便挤向新灌的混凝土，造成缩颈。拔管速度过快，混凝土量少、和易性差，混凝土出管扩散性差也造成缩颈现象。处理方法：施工中保持管内混凝土略高于地面，使之有足够的扩散压力，拔管时采用复打或反插法，并严格控制拔管速度。

3) 吊脚桩。

吊脚桩是指桩的底部混凝土隔空或混进泥砂而形成松散层部分的桩。其产生的主要原因：预制钢筋混凝土桩尖承载力或钢活瓣桩尖刚度不够，沉管时被破坏或变形，从而导致水或泥砂进入桩管；拔管时桩靴未脱落或活瓣未张开，混凝土未及时从管内流出等。处理方

法：拔出桩管，填砂后重打；或采取密振慢拔，开始沉管时先反插几次再正常拔管等预防措施。

4) 桩尖进水进泥。

桩尖进水进泥常发生在地下水位高或含水量大的淤泥和粉泥土土层中。其产生的主要原因：钢筋混凝土桩尖与桩管结合处或钢活瓣桩尖闭合不紧密；钢筋混凝土桩尖被打破或钢活瓣桩尖变形所致。处理方法：将桩管拔出，清除管内泥砂，修整桩尖活瓣变形缝隙，用黄砂回填桩孔后再重打；若地下水位较高，待沉管至地下水位时，先在桩管内灌入 0.5 m 厚度的水泥砂浆做封底，再灌 1 m 高度混凝土增压，然后再继续下沉管桩。

3. 人工挖孔灌注桩

人工挖孔灌注桩是指桩孔采用人工挖掘方法进行成孔，然后安放钢筋笼，浇筑混凝土而成的桩。其施工特点是设备简单、无噪声、无振动、不污染环境、对施工现场周围的原有建筑物影响小；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，而其施工现场又在狭窄的市区时，采用人工挖孔比机械挖孔具有更大的适应性。其缺点是人工耗用量大、开挖效率低、安全操作条件差等。

(1) 施工设备

一般可根据孔径、孔深和现场具体情况加以选用，常用的有电动葫芦、提土桶、潜水泵、鼓风机和输风管、镐、锹、土筐、照明灯、对讲机及电铃等。

(2) 施工工艺

施工时，为确保挖土成孔施工安全，必须考虑预防孔壁坍塌和流砂现象发生的措施。因此，施工前应根据地质报告中的水文地质资料，拟订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、喷射混凝土护壁、混凝土沉井护壁、砖砌体护壁、钢套管护壁、型钢-木板桩工具式护壁等多种形式。下面介绍应用较广的现浇混凝土护壁人工挖孔桩的施工工艺流程（图 2-31）。



人工挖孔灌注桩

1) 按设计图纸放线、定桩位。

2) 开挖桩孔土方。施工时采取分段开挖，每段高度取决于土壁保持直立状态而不塌方的能力，一般取 0.5~1.0 m 为一施工段。开挖范围为设计桩径加护壁的厚度。

3) 支设护壁模板。模板高度取决于开挖土方施工段的高度，一般为 1 m，由 4~8 块活动的钢模组合而成，支成有锥度的内模。

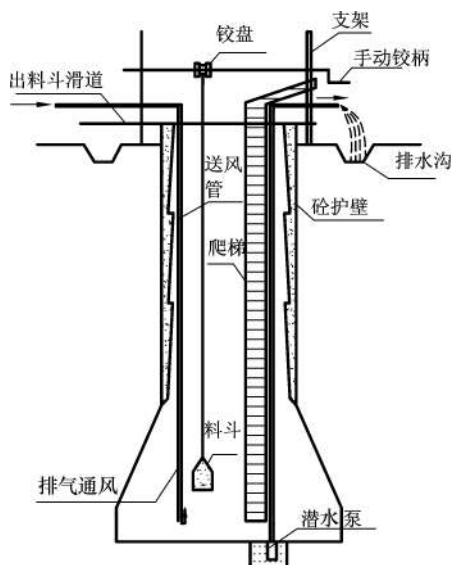
4) 放置操作平台。内模支设后，吊放用角钢和钢板制成的两个半圆形合成的操作平台进入桩孔内，置于模板顶部，以放置料具和浇筑混凝土操作之用。

5) 浇筑护壁混凝土。护壁混凝土起着防止土壁坍塌与防水的双重作用，因而浇筑时要注意捣实。上下段护壁要错位搭接 50~75 mm（咬口连接），以起到连接上下段的作用。

6) 拆除模板继续下段施工。当护壁混凝土达到 1 MPa（常温下约经 24 h）后，方可拆除模板，开挖下段的土方，再支模浇筑下段护壁的混凝土，如此循环，直至挖到设计要求的深度。

7) 排除孔底积水，浇筑桩身混凝土。当桩孔挖到设计深度，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,继续浇筑桩身混凝土而形成桩基。



(a) 人工挖孔桩



(b) 大直径群桩人工挖孔桩施工

图 2-31 现浇混凝土护壁人工挖孔桩施工

(3) 质量要求

1) 必须保证桩孔的挖掘质量。桩孔挖成后应有专人下孔检验,如土质是否符合地质勘察报告,扩孔几何尺寸是否与设计相符,孔底虚土残渣情况要作为隐蔽验收记录归档。

2) 按规程规定,桩的垂直度偏差不大于 1% 桩长,桩径不得小于设计桩径。

3) 钢筋骨架要保证不变形,箍筋要与主筋点焊,钢筋笼吊入孔内后,要保证其与孔壁间有足够的保护层。

4) 混凝土坍落度宜在 100 mm 左右,用浇灌漏斗桶直落,避免离析,且必须振捣密实。

(4) 安全措施

人工挖孔桩的施工安全措施应予以特别重视。工人在桩孔内作业,应严格按安全操作规程施工,并有切实可靠的安全措施。孔下施工人员必须戴安全帽;孔下有人时孔口必须有监护人员;护壁要高出地面 150~200 mm,以防杂物滚入孔内;孔内必须设置应急软爬梯,供施工人员上下井;使用的电葫芦、吊笼等应安全可靠并配有自动卡紧保险装置;不得使用麻绳和尼龙绳吊挂或脚踏井壁凸缘上下;使用前必须检验其安全起吊能力;每日开工前必须检测井下的有毒有害气体,并有足够的安全防护措施。桩孔开挖深度超过 10 m 时,应有专门向井下送风的设备。

孔口四周必须设置护栏。挖除的土石方应及时运离孔口,不得堆放在孔口四周 1 m 范围内,机动车辆的通行不得对井壁的安全造成影响。

施工现场的一切电源、电路的安装和拆除必须由持证的电工操作;电器必须严格接地、接零和使用漏电保护器。各孔用电必须分闸,严禁一闸多用。孔上电缆必须架空 2.0 m 以

上, 严禁拖地和埋压土中, 孔内电缆、电线必须有防磨损、防潮、防断等保护措施。照明应采用安全矿灯或 12 V 以下的安全灯。

2.3.4 桩基础的检测与验收

1. 桩基的检测

成桩的质量检验有两种基本方法: 一种是静载试验法, 又称破损试验(图 2-32); 另一种是动测法, 又称无损试验(图 2-33)。

(1) 静载试验法

1) 试验目的。

静载试验的目的是采用接近于桩的实际工作条件, 通过静载加压, 确定单桩的极限承载力, 作为设计依据, 或对工程桩的承载力进行抽样检验和评价。

2) 试验方法。

静载试验是根据模拟实际荷载情况, 通过静载加压, 得出一系列关系曲线, 综合评定其容许承载力的一种试验方法。它能较好地反映单桩的实际承载力。荷载试验有多种, 通常采用的是单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向抗拔静载试验和单桩水平静载试验。

桩基静载实验



图 2-32 桩基静载试验



图 2-33 桩基动测试验

3) 试验要求。

预制桩在桩身强度达到设计要求的前提下, 对于砂类土, 不应少于 10 d; 对于粉土和黏性土, 不应少于 15 d; 对于淤泥或淤泥质土, 不少于 25 d, 待桩身与土体的结合基本趋于稳定, 才能进行试验。现场灌注桩应在桩身混凝土强度达到设计等级的前提下, 对于砂类土成桩不少于 10 d; 对于一般黏性土不少于 20 d; 对于淤泥或淤泥质土, 不少于 30 d, 才能进行试验。对于地基基础设计等级为甲级或地质条件复杂, 成桩质量可靠性低的灌注桩, 应采用静载试验的方法进行检验, 检验桩数不应少于总数的 1% 且不应少于 3 根; 当总桩数少于 50 根时, 不应少于 2 根, 其桩身质量检验时, 抽检数量不应少于总数的 30%, 且不应少于 20 根; 其他桩基工程的抽检数量不应少于总数的 20%, 且不应少于 10 根; 对混凝土预制桩及地下水位以上且终孔后经过核验的灌注桩, 抽检数量不应少于总数的 10%, 且不应少于 10 根。每根柱子的承台不得少于 1 根。

(2) 动测法

1) 特点。

动测法，又称动力无损检测法，是检测桩基承载力及桩身质量的一项新技术，作为静载试验的补充。



动测法

一般静载试验装置比较笨重，装、卸操作费工费时，成本高，检测数量有限，并且容易破坏桩基。而动测法的试验仪器轻便灵活，检测快速，单桩时间仅为静载试验的 1/50 左右，可大大缩短试验时间；检测不破坏桩基，试验结果也相对较准确，可进行桩基普查；费用低，单桩测试费为静载试验的 1/30 左右，可节省大量的人力、物力。

2) 试验方法。

动测法是相对于静载试验法而言，它是对桩土体系进行适当的简化处理，建立起数学-力学模型，借助于现代电子技术与量测设备采集桩-土体系在给定的动荷载作用下所产生的振动参数，结合实际桩土条件进行计算，所得的结构与相应的静载试验结果进行对比，在积累一定数量的动静载试验对比结果的基础上，找出两者之间的某种关系，并以此作为标准来确定桩基承载力。单桩承载力的动测方法种类较多，国内常用的方法有动力参数法、锤击贯入法、水电效应法、共振法、机械阻抗法、波动方程法等。

3) 桩身质量检验。

在桩基动态无损检测中，国内外广泛使用的方法是应力波反射法，又称低(小)应变法。其原理是根据一维杆件弹性反射理论(波动理论)采用锤击振动力法检测桩体的完整性，即波在不同抗阻和不同约束条件下的传播特性来判别桩身质量。

2. 桩基的验收

(1) 桩基验收资料

1) 工程地质勘察报告、桩基施工图、图纸会审纪要、设计交底记录、设计变更及材料代用通知单等。

2) 经审定的施工组织设计、施工方案及执行变更情况。

3) 桩位测量放线图，包括桩位复核签证单。

4) 制作桩的材料试验检测记录，成桩质量检查报告。

5) 单桩承载力检测报告。

6) 基坑挖至设计标高的桩基竣工平面图及桩顶标高图。

(2) 桩基允许偏差

1) 预制桩。

打(压)入桩(预制混凝土方桩、预应力管桩、钢桩)的桩位偏差必须符合表 2-8 的规定。斜桩倾斜角度的偏差不得大于倾斜角正切值的 15%(倾斜角系桩的纵轴线与铅垂线间夹角)。

表 2-8 预制桩(钢桩)桩位允许偏差

序号	项目	规范允许偏差/mm
1	盖有基础梁的桩：	
	①垂直基础梁的中心线	100+0.01H
	②沿基础梁的中心线	150+0.01H

续表 2-8

序号	项目	规范允许偏差/mm
2	桩数为 1~3 根桩基中的桩	100
3	桩数为 4~16 根桩基中的桩	1/2 桩径或边长
4	桩数大于 16 根桩基中的桩: ①最外边的桩 ②中间桩	1/3 桩径或边长 1/2 桩径或边长

注：H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离。

2) 灌注桩。

灌注桩的桩位偏差必须符合表 2-9 的规定，桩顶标高至少要比设计标高高出 0.5 m，桩底清孔质量按不同的成桩工艺有不同的要求，应按规范要求执行。每浇筑 50 m³ 混凝土必须有一组试件，小于 50 m³ 的桩，每根桩必须有一组试件。

表 2-9 灌注桩平面位置和垂直度允许偏差对比表

序号	成孔方法		桩径允许偏差/mm	垂直度允许偏差/%	桩位允许偏差/mm	
					1~3 根、单排桩基垂直于中心线方向和群桩基础的边桩	条形桩基沿中心线方向和群桩基础的中间桩
1	泥浆护壁灌注桩	$D \leq 1000 \text{ mm}$	± 50	< 1	$D/6$ ，且不大于 100	$D/4$ ，且不大于 150
		$D > 1000 \text{ mm}$	± 50	< 1	$100 + 0.01H$	$150 + 0.01H$
2	套管成孔灌注桩	$D \leq 500 \text{ mm}$	-20	< 1	70	150
		$D > 500 \text{ mm}$	-20	< 1	100	150
3	干成孔灌注桩		-20	< 1	70	150
4	人工挖空桩	混凝土护壁	+50	< 0.5	50	150
		钢套管护壁	+50	< 1	100	200

注：1. 桩径允许偏差的负值是指个别断面；
2. 采用复打、反插法施工的桩，其桩径允许偏差不受本表限制；
3. H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离，D 为设计桩径。

3. 桩基工程的安全技术措施

- 1) 机具进场要注意危桥、陡坡、陷地和防止碰撞电杆、房屋等，以避免造成事故。
- 2) 施工前应全面检查机械，发现问题要及时解决，严禁带病作业。
- 3) 在打桩工程中遇到地坪隆起或下陷时，应随时对机架及路轨调整垫平。
- 4) 机械司机应持证上岗，施工操作时要思想集中，服从指挥信号，不得随意离开岗位，并经常注意机械运转情况，发现异常情况要及时纠正。
- 5) 悬挂振动桩锤的起重机，其吊钩上必须有防松脱的保护装置。振动桩锤悬挂钢架的耳

环上应加装保险钢丝绳。



安全事故

6) 钻孔灌注桩在已钻成的孔尚未浇筑混凝土前, 必须用临时盖板封严; 钢管桩打桩后必须及时加盖临时桩帽; 预制混凝土桩送桩进入土层后的桩孔必须及时用砂子或者其他材料填满, 以免发生人身安全事故。

7) 冲抓锥或冲孔锤操作时不准任何人进入落锤区施工范围内, 以防砸伤。

8) 成孔钻机操作时要注意钻机安定平稳, 防止钻架突然倾倒或钻具下落发生事故。

9) 压桩时, 非工作人员应离机 10 m 以外。起重机的起重臂下严禁站人。

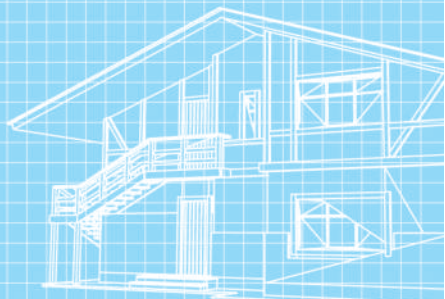
10) 夯锤下落时, 在吊钩尚未降至夯锤吊环附近前, 操作人员不得提前下坑挂钩。从坑中提夯锤时, 严禁挂钩人员站在锤上随锤提升。

复习思考题

1. 地基处理方法一般有哪几种? 各有什么特点?
2. 试述砂地基和砂石地基的适用范围、施工要点与质量检查方法。
3. 浅埋式钢筋混凝土基础主要有哪几种?
4. 试述桩基的作用和分类。
5. 如何合理地确定打桩顺序? 打桩顺序有哪几种?
6. 静力压桩有何特点? 适用范围如何? 施工时应注意哪些问题?
7. 简述锤击沉管灌注桩的施工工艺。
8. 灌注桩常见的质量问题有哪些? 如何预防处理?
9. 试述人工挖孔灌注桩的施工工艺和施工中应注意的主要问题。
10. 桩基检测的方法有哪几种?
11. 桩基验收时应准备哪些资料?

模块三

砌筑工程



教学目标

掌握砌筑工程中所用脚手架和垂直运输设施的构造及要求；明确砌体工程施工的准备工作内容及要求；掌握砖砌体、中小型砌块砌体的施工方法和施工工艺；掌握砌筑工程的质量要求及安全防护措施；能编制砌体工程施工方案。

技能抽查要求

能按规范要求并正确使用常用检测工具对扣件式钢管脚手架工程及安全网的施工质量进行检查验收；能正确填写脚手架工程及安全网施工质量检查验收记录表；掌握砖墙及砖基础的施工工艺，会使用砌筑工具，顺利完成其砌筑工作；能正确使用常用检测工具对砌体工程质量进行检查验收。

企业八大员岗位资格考试要求

掌握砖砌体、中小型砌块砌体的砌筑方法和施工工艺；掌握砌筑工程施工的质量与安全要求；掌握扣件式钢管、门式和碗扣式脚手架的构造、搭设和拆除要求；掌握物料提升机、塔吊和施工电梯的安装、使用和拆除要求。

3.1 脚手架及垂直运输设施



3.1.1 脚手架

脚手架

砌筑用脚手架是墙体砌筑过程中堆放材料和工人进行操作的临时设施。工人在地面或楼面上砌筑砖墙时，劳动生产率受砌砖的砌筑高度影响。在距地面 0.6 m 左右时生产效率最高，砌筑到一定高度时必须按要求搭设脚手架。考虑砌砖工作效率及施工组织等影响，每次搭设脚手架的每步高度一般为 1.7~2.0 m，脚手架宽度一般为 0.8~1.2 m。

脚手架的种类很多，按其搭设的位置分为外脚手架和里脚手架两大类，按其所用材料分为木、竹和金属脚手架，按其构造形式分为多立杆式、框式、吊挂式、悬挑式、升降式，以及用于楼层间操作的工具式脚手架等。

脚手架是砌体工程的辅助工具，在建筑物施工中，都需要搭设脚手架，当建筑物竣工后应全部拆除，不留任何痕迹。脚手架与施工安全有着密切的联系，必须符合如下具体要求：

1) 脚手架的各部分材料要有足够强度，应能安全地承受上部的施工荷载和自重。施工荷

载包括操作人员质量、工具设备的质量和所允许堆放材料的总质量。

2) 脚手架要有足够的稳定性, 不发生过大的变形、倾斜或摇晃现象, 以确保施工人员人身安全。

3) 脚手架板道上要有足够面积, 以满足工人操作、堆放材料和运输的要求。

4) 脚手架必须保证安全, 符合高空作业的要求。对脚手架的连接、护身栏杆、挡脚板、安全网等应按有关规定执行。

5) 脚手架属于周转性重复使用的临时设施, 要力求构造简单, 装拆方便, 损耗小。

6) 要因地制宜, 就地取材, 尽量节约架子用料。

1. 外脚手架

(1) 扣件式钢管脚手架

1) 扣件式钢管脚手架的构造。

扣件式钢管脚手架主要由钢管和扣件组成。

① 钢管。一般均采用外径 48.3 mm、壁厚 3.6 mm 的钢管, 立杆、纵向水平杆、斜杆的钢管长度为 4~6.5 m, 横向水平杆的钢管长度为 2.1~2.3 m。

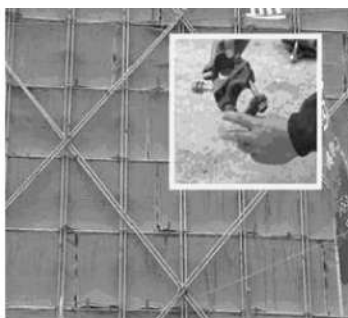
② 扣件。扣件用于钢管之间的连接, 基本形式有三种, 如图 3-1 所示。对接扣件用于两根钢管的对接连接; 旋转扣件用于两根钢管呈任意角度交叉的连接; 直角扣件用于两根钢管呈垂直交叉的连接。



扣件式脚手架



(a) 对接扣件



(b) 旋转扣件



(c) 直角扣件

图 3-1 扣件形式

③ 脚手板。脚手板可采用钢、木、竹材料制作, 如图 3-2 所示。木脚手板采用杉木或松木制作, 厚度不应小于 50 mm, 板长度为 3~6 m, 宽度为 200~250 mm。冲压钢脚手板由厚度为 2 mm 钢板压制而成, 每块板宽 250 mm, 板长度为 2~4 m, 表面有防滑措施。竹脚手板采用毛竹或楠竹制作。



(a) 钢脚手板



(b) 木脚手板



(c) 竹脚手板

图 3-2 脚手板形式

④安全网。用来防止人、物坠落或用来避免、减轻坠落及物击伤害的网具，分为平网和立网两类，如图 3-3 所示。

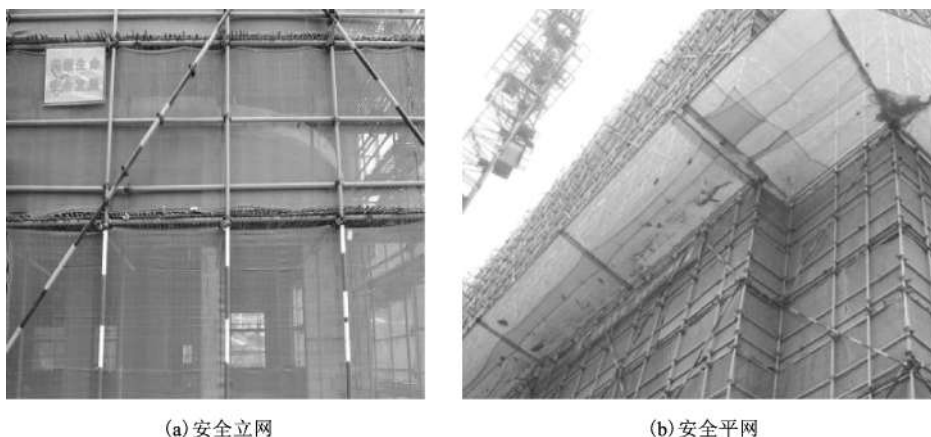


图 3-3 安全网形式

2) 构造形式。

扣件式钢管脚手架分为双排和单排两种形式，如图 3-4 所示。双排式沿墙外侧设两排立杆，横向水平杆两端支撑在纵向水平杆上。多高层建筑均可采用双排式，当建筑高度超过 50 m 时需专门设计。单排式沿墙外侧仅设一排立杆，其横向水平杆一端与纵向水平杆连接，另一端支撑在墙上，仅适应荷载较小，高度较低(<25 m)，墙体有一定强度的多层房屋。

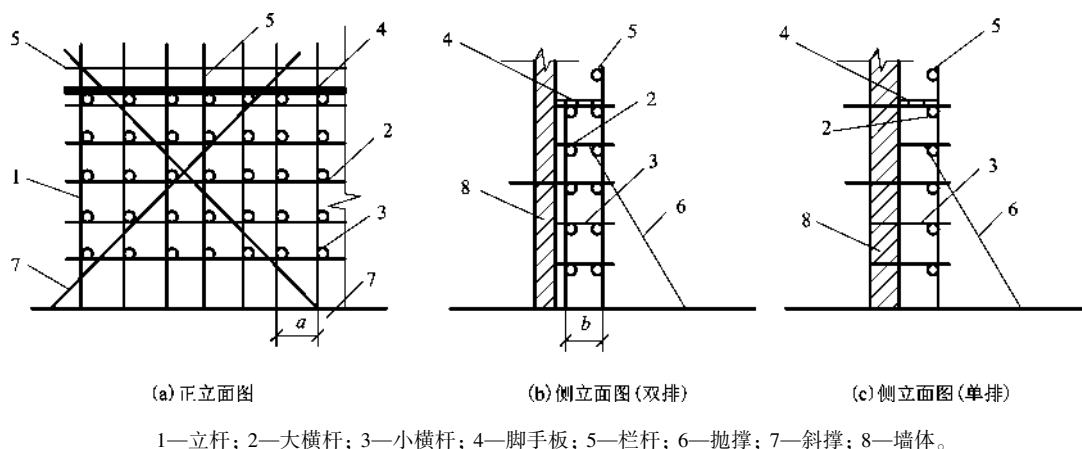


图 3-4 扣件式钢管脚手架

3) 承力结构。

脚手架的承力结构可分为作业层、横向构架、纵向构架三部分。

作业层：直接承受施工荷载。荷载由脚手板传给小横杆，再传给大横杆和立柱。

横向构架：由立杆和横向水平杆组成，是脚手架直接承受和传递垂直荷载的部分。

纵向构架：由各榀横向构架通过纵向水平杆相互之间连成的一个整体。它一般沿房屋的四周形成一个连续封闭的结构。

脚手架传力路径：荷载→脚手板→横向水平杆→纵向水平杆→立杆→基础。

4) 支撑体系。

脚手架的支撑体系包括剪刀撑、横向支撑和水平支撑。这些支撑应与脚手架这一空间构架的基本构件很好连接。设置支撑体系的目的是使脚手架成为一个几何稳定的构架，加强整体刚度，增大抵抗侧向力的能力，避免出现节点的可变状态和过大的位移。

①剪刀撑。它设置在脚手架外侧面，用旋转扣件与立杆连接，形成与墙面平行的十字交叉斜杆，如图 3-5 所示。每道剪刀撑的宽度不应小于 4 跨，且不应小于 6 m，斜杆与地面呈 $45^\circ \sim 60^\circ$ 夹角。高度在 24 m 以下的单、双排脚手架，均必须在外侧立面两端、转角及中间间隔不超过 15 m 的立面上，各设置一道剪刀撑，并应由底至顶连续设置，且每片架子不少于三道。高度在 24 m 及以上的双排脚手架应在外侧立面连续设置剪刀撑。

②横向支撑。在同一节间由底至顶层呈“之”字形连续布置，如图 3-6 所示。脚手架高度 $H \geq 24$ m 的封闭型脚手架，拐角应设置横向支撑，中间应每隔 6 跨设置一道；双排脚手架高度 $H < 24$ m 的封闭型脚手架，可不设横向支撑。开口型双排脚手架的两端均必须设置横向支撑，并中间每隔 6 跨加设一道横向支撑。



图 3-5 剪刀撑

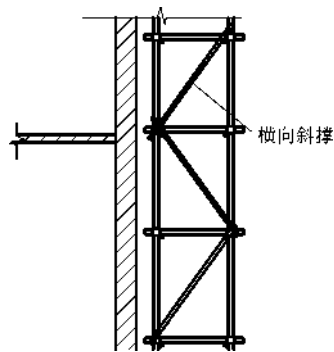


图 3-6 横向斜撑

③水平支撑。水平支撑是指在设置连墙拉结杆件的所在平面内连续设置的水平斜杆。可根据需要设置，如在承力较大的结构脚手架中或在承受偏心荷载较大的承托架、防护棚、悬挑水平安全网等部位设置，以加强其水平刚度。

5) 搭设要求。

①立杆。每根立杆底部应设置底座或垫板，与基底相连。基底面层土质应夯实、整平，其上浇筑厚度 ≥ 100 mm 的 C20 素混凝土垫层，做好地面排水。脚手架立杆对接、搭接应符合下列规定：当立杆采用对接接长时，立杆的对接扣件应交错布置，两根相邻立杆的接头不应设置在同步内，同步内隔一根立杆的两个相隔接头在高度方向错开的距离不宜小于 500 mm；各接头中心至主节点的距离不宜大于步距的 $1/3$ 。

②纵向水平杆(大横杆)。纵向水平杆设置在立杆内侧，其长度不应小于 3 跨，纵向水平杆接长应采用对接扣件连接或搭接。并应符合下列规定：两根相邻纵向水平杆的接头不应设置在同步或同跨内；不同步或不同跨两个相邻接头在水平方向错开的距离不应小于 500 mm；各接头中心至最近主节点的距离不应大于纵距的 $1/3$ 。

③横向水平杆(小横杆)。外墙脚手架主节点处必须设置一根横向水平杆,用直角扣件扣接且严禁拆除;作业层上非主节点处的横向水平杆,宜根据支承脚手板的需要等间距设置,最大间距不应大于纵距的 $1/2$ 。双排脚手架横向水平杆靠墙的一端应离开墙面 $50 \sim 150 \text{ mm}$ 。

④连墙件。设置一定数量的连墙件,主要是保证脚手架不发生倾覆,但要求与连墙件连接的墙体本身要有足够的刚度,所以连墙件在水平方向应设置在框架梁或楼板附近,竖直方向应设置在框架柱或横隔墙附近,如图 3-7 所示。连墙件应靠近脚手架主节点设置,偏离主节点的距离不应大于 300 mm 。连墙件在房屋的每层范围均需布置一排,连墙点的水平间距不得超过 3 跨,竖向间距不得超过 3 步,连墙点之上架体的悬臂高度不应超过 2 步。

⑤纵向扫地杆。它是连接立杆下端的纵向水平杆,作用是约束立杆底端,防止纵向发生位移。通常位于距底座下皮 200 mm 处,如图 3-8 所示。



图 3-7 连墙件



图 3-8 扫地杆

⑥横向扫地杆。它是连接立杆下端的横向水平杆。作用是约束立杆底端,防止横向发生位移。通常位于纵向水平扫地杆上方,如图 3-8 所示。

⑦脚手板。作业层脚手板应铺满、铺稳、铺实。冲压钢脚手板、木脚手板、竹串片脚手板等,应设置在三根横向水平杆上。当脚手板长度小于 2 m 时,可采用两根横向水平杆支承,但应将脚手板两端与其可靠固定,严防倾翻。脚手板的铺设应采用对接平铺或搭接铺设。脚手板对接平铺时,接头处必须设两根横向水平杆,脚手板外伸长应取 $130 \sim 150 \text{ mm}$,两块脚手板外伸长度的和不应大于 300 mm ,如图 3-9(a)所示。脚手板搭接铺设时,接头必须支在横向水平杆上,搭接长度不应小于 200 mm ,其伸出横向水平杆的长度不应小于 100 mm ,如图 3-9(b)所示。

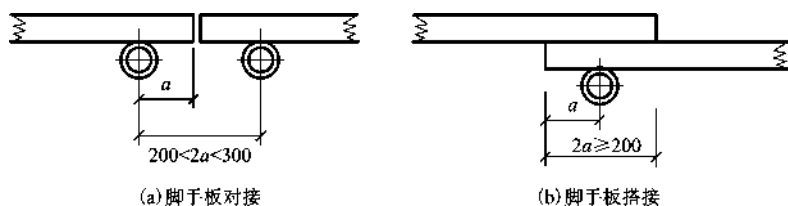


图 3-9 脚手板对接、搭接构造

6) 搭设工艺流程。

扣件式钢管脚手架搭设工艺流程：夯实平整场地→材料准备→设置垫板与底座→纵向扫地杆→搭设立杆→横向扫地杆→搭设纵向水平杆→搭设横向水平杆→搭设剪刀撑→固定连墙杆→搭设防护栏杆→铺设脚手板→绑扎安全网。

(2) 碗扣式钢管脚手架

碗扣式钢管脚手架立杆靠特制的碗扣接头连接，如图 3-10 所示。碗扣分上碗扣和下碗扣，下碗扣焊在钢管上，上碗扣对应地套在钢管上，其销槽对准焊在钢管上的限位销即能上下滑动。连接时，只需将横杆接头插入下碗扣内，将上碗扣沿限位销扣下，并顺时针旋转，靠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，横杆可组成各种角度，因而可以搭设各种形式的脚手架，特别适合扇形表面及高层建筑施工和装修施工两用外脚手架，还可作为模板的支撑。支撑形式、构造要求等参照扣件式钢管脚手架。

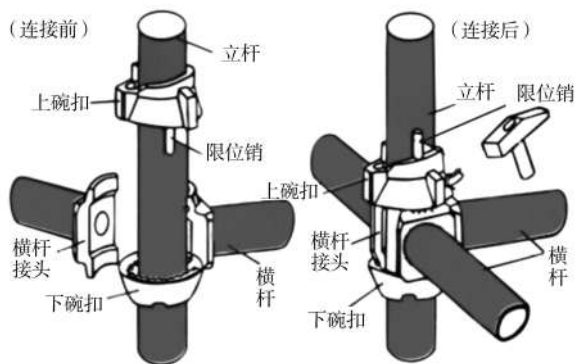


图 3-10 碗扣式钢管脚手架接头构造

(3) 门式(框式)钢管脚手架

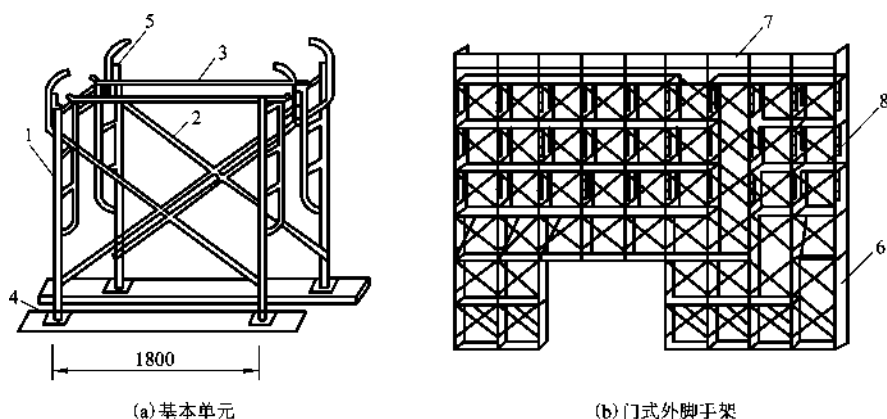
1) 门式钢管脚手架的基本组成。

门式钢管脚手架又称框式脚手架，是一种工厂生产、现场搭设的脚手架，是目前国际上应用最普遍的脚手架类型之一。它不仅可以作为外脚手架，而且可以作为内脚手架或满堂脚手架。门式脚手架由门式框架、剪刀撑、水平梁架、螺旋基脚组成基本单元，如图 3-11(a)所示。将基本单元连接起来(增加梯子、栏杆及脚手板等部件)即构成整片脚手架，如图 3-11(b)所示。

2) 门式钢管脚手架的搭设。

门式脚手架一般只要按产品目录所列的使用荷载和搭设规定进行施工，不必再进行验算。如果实际使用情况与规定有出入时，应采取相应的加固措施或进行验算。通常门式脚手架搭设高度限制在 45 m 以内，采取一定措施后可达到 80 m 左右。施工荷载限定为：均布荷载 1.8 kN/m^2 ，或作用于脚手板跨中的集中荷载 2 kN。

搭设门式脚手架时基座必须严格夯实抄平，并铺可调底座，以免发生塌陷和不均匀沉降。要严格控制第一步门式框架垂直度偏差不大于 2 mm，门架顶部的水平偏差不大于 5 mm。门架的顶部和底部用纵向水平杆和扫地杆固定。门架之间必须设置剪刀撑和水平梁



1—门式框架；2—剪刀撑；3—水平梁架；4—螺旋基脚；5—连接器；6—梯子；7—栏杆；8—脚手板。

图 3-11 门式脚手架

架(或脚手板),其间连接应可靠,以确保脚手架的整体刚度。

(4) 悬挑脚手架

1) 悬挑脚手架的构造。

悬挑脚手架是指通过水平构件将架体所受竖向荷载传递到主体结构上的施工用的外脚手架,如图 3-12 所示。悬挑脚手架适用于下列三种情况:

- ① ± 0.00 以下结构工程不能及时回填土,而主体结构必须进行,否则影响工期。
- ② 高层建筑主体结构四周有裙房,脚手架不能支承在地面上。
- ③ 超高建筑施工时,脚手架搭设高度超过了容许搭设高度,将整个脚手架按允许搭设高度分成若干段,每段脚手架支承在建筑结构向外悬挑的结构上。

悬挑脚手架主要构配件有悬挑梁、钢管、扣件、脚手板、安全网等,如图 3-13 所示。悬挑脚手架主要由悬挑梁(工字钢、槽钢)和扣件式钢管脚手架组成,一次悬挑脚手架高度不宜超过 20 m,如图 3-14 所示。



悬挑脚手架



图 3-12 钢梁悬挑脚手架



图 3-13 钢梁悬挑脚手架构件

① 悬挑梁。钢悬挑梁宜优先选用工字钢,因为工字钢具有截面对称性、受力稳定性好等优点,钢梁截面高度不应小于 160 mm。锚固型钢悬挑梁的 U 形钢筋拉环或锚固螺栓直径不宜小于 20 mm。悬挑钢梁悬挑长度应按设计确定,固定端长度不应小于悬挑长度的 1.25 倍。型钢悬挑梁固定端应采用 2 个(对)及以上 U 形钢筋拉环或螺栓与建筑结构楼板固定,

如图 3-15 所示。

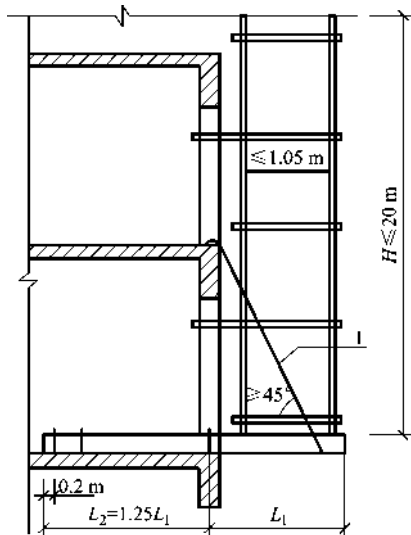


图 3-14 悬挑脚手架挑梁结构及锚固



图 3-15 U 形螺栓构造

②脚手架。一次悬挑脚手架高度不宜超过 20 m。脚手架构造措施参照扣件式钢管脚手架。

2) 钢梁悬挑脚手架搭设工艺流程。

钢梁悬挑脚手架搭设工艺流程：预埋 U 形螺栓→水平悬挑梁→纵向扫地杆→立杆→横向扫地杆→纵向水平杆→横向水平杆→剪刀撑→连墙杆→防护栏杆→铺脚手板→扎安全网。

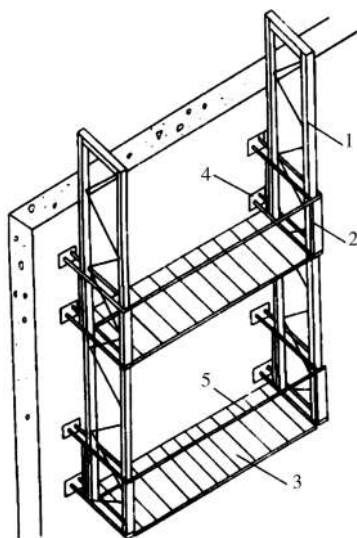
(5) 其他脚手架简介

1) 升降式脚手架。

升降式脚手架简称爬架，如图 3-16 所示。它是将自身分为两大部件，分别依附固定在建筑结构上。在主体结构施工阶段，升降式脚手架利用自身带有的升降机构和升降动力设备，使两个部件互为利用，交替松开、固定，交替爬升，其爬升原理同爬升模板。在装饰施工阶段，交替下降。该形式的脚手架搭设高度为 3~4 层，不占用塔吊，相对落地式立杆脚手架，省材料，省人工，适用于高层框架、剪力墙和筒体结构的施工。

2) 吊挂式脚手架。

吊挂式脚手架如图 3-17 所示，在主体结构施工阶段为外挂脚手架，随主体结构逐层向上施工，用塔吊吊升，悬挂在结构上。在装饰阶段，该脚手架改为从屋顶吊挂，逐层下降。吊挂式脚手架的吊升单元（吊篮架子）宽度宜控制在 5~6 m，每一吊升单元的质量宜在 1 t 以内。该形式脚手架适用于高层框架和剪力墙结构施工。



1—内套架；2—外套架；3—脚手板；
4—附墙装置；5—栏杆。

图 3-16 升降式脚手架

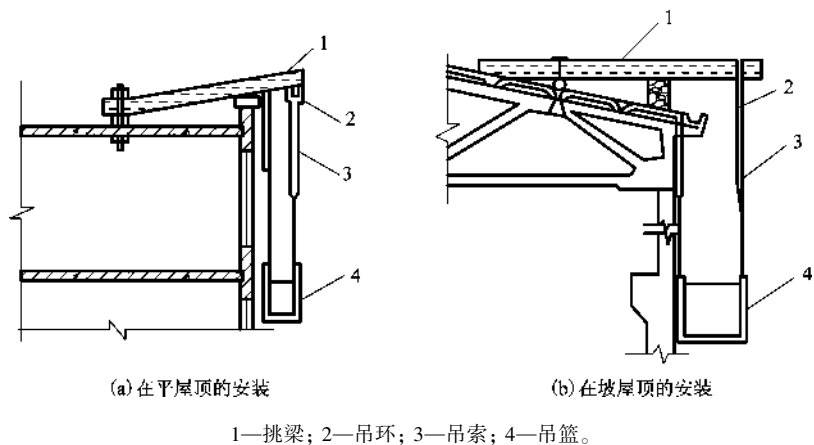


图 3-17 吊挂式脚手架

2. 里脚手架

里脚手架搭设于建筑物内部，每砌完一层墙后，即将其转移到上一层楼面，进行新的一层砌体砌筑，它可用于内外墙的砌筑和室内装饰施工。使用里脚手架，每层楼只需要搭设2~3步架，所用工料较少，比较经济，但装拆频繁。其结构形式有折叠式、支柱式和门架式等。

(1) 折叠式里脚手架

适用于民用建筑的内墙砌筑和内粉刷。根据材料不同，分为角钢、钢管和钢筋折叠式里脚手架，角钢折叠式里脚手架的架设间距，砌墙时不超过2 m，粉刷时不超过2.5 m。可以搭设两步脚手架，第一步高约1 m，第二步高约1.65 m。钢管和钢筋折叠式里脚手的架设间距，砌墙时不超过1.8 m，粉刷时不超过2.2 m，如图3-18所示。

(2) 支柱式里脚手架

支柱式里脚手架由若干支柱和横杆组成。适用于砌墙和内粉刷。其搭设间距，砌墙时不超过2 m，粉刷时不超过2.5 m。支柱式里脚手架的支柱有套管式和承插式两种形式。套管式支柱如图3-19所示，它是将插管插入立管中，以销孔间距调节高度，在插管顶端的凹形支托内搁置横杆，横杆上铺设脚手架。架设高度为1.5~2.1 m。

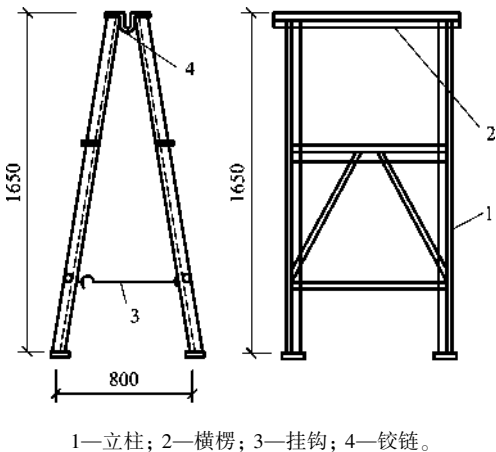


图 3-18 折叠式里脚手架

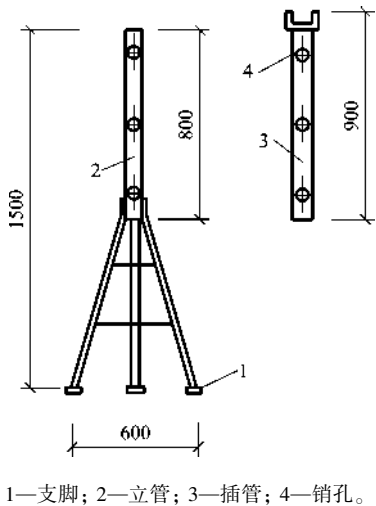


图 3-19 支柱式里脚手架

(3) 门架式里脚手架

门架式里脚手架是由两片 A 形支架与门架组成,如图 3-20 所示。适用于砌墙和粉刷。支架间距,砌墙时不超过 2.2 m,粉刷时不超过 2.5 m,其架设高度为 1.5~2.4 m。按照支架与门架的不同结合方式,分为套管式和承插式两种。

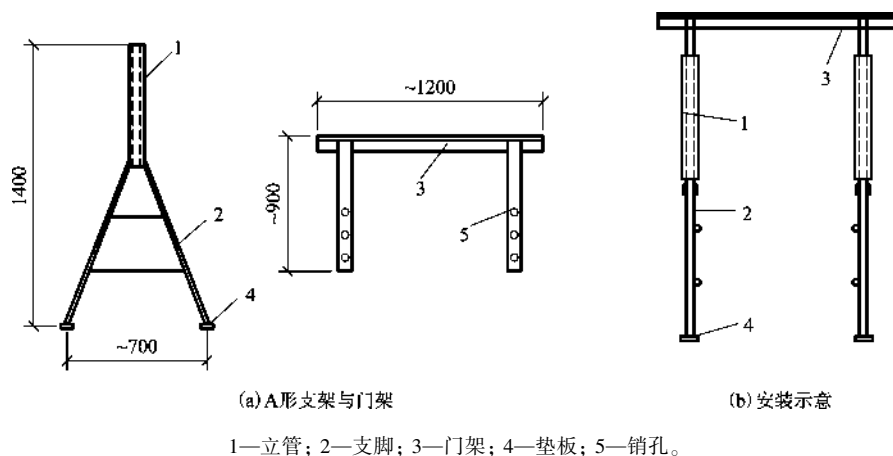


图 3-20 门架式里脚手架



安全事故

3. 脚手架的拆除与安全技术

(1) 脚手架的拆除

1) 脚手架拆除应按专项方案施工,拆除前应做好下列准备工作:应全面检查脚手架的扣件连接、连墙件、支撑体系等是否符合构造要求;应根据检查结果补充完善施工脚手架专项方案中的拆除顺序和措施,经审批后方可实施。

2) 单、双排脚手架拆除作业必须由上而下逐层进行,严禁上下同时作业。连墙件必须随脚手架逐层拆除,严禁先将连墙件整层或数层拆除后再拆脚手架。

3) 当单、双排脚手架拆至下部最后一根长立杆的高度(约 6.5 m)时,应先在适当位置搭设临时抛撑加固后,再拆除连墙杆。当单、双排脚手架采取分段、分立面拆除时,对不拆除的脚手架两端,应先按相关规范规定设置连墙杆和横向支撑加固。

4) 不准将拆除的构配件从高空抛至地面。

(2) 脚手架的安全技术

1) 扣件钢管脚手架安装与拆除人员必须是经考核合格的专业架子工。架子工应持证上岗。

2) 搭拆脚手架人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋。

3) 作业层上的施工荷载应符合设计要求,不得超载。不得将模板支架、缆风绳、泵送混凝土和砂浆的输送管等固定在架体上。严禁悬挂起重设备,严禁拆除或移动架体上安全防护设施。

4) 操作层脚手板应铺设牢靠、严实,并应用安全平网双层兜底,施工层以下每隔 10 m 应设安全平网封闭。

5) 单、双排脚手架、悬挑式脚手架沿墙体外围应用密目式安全网全封闭,密目式安全网

宜设置在脚手架外立杆的内侧, 并应与架体结扎牢固。

6) 在脚手架使用期间, 严禁拆除下列杆件: 主节点处的纵、横向水平杆, 纵、横向扫地杆、连墙杆。

7) 临街搭设脚手架时, 外侧应有防止坠物伤人的防护措施。

8) 在脚手架上进行电、气焊作业时, 应有防火措施和专人看守。

9) 工地临时用电线路的架设及脚手架接地、避雷措施等, 应按现行行业标准的有关规定执行。

10) 脚手架与支模架要分开搭设, 不能将两者混搭在一起, 脚手架不能当支模架使用。

3.1.2 垂直运输设施

垂直运输设施是指在建筑施工中担负垂直输送材料和施工人员上下的机械设备和设施。在砌筑施工过程中, 各种材料(砖、砂浆)、工具(脚手架、脚手板)及各层楼板安装时, 垂直运输量较大, 都需要用垂直运输机具来完成。目前, 砌筑工程中常用的垂直运输设施有塔式起重机、井架、龙门架、施工电梯、灰浆泵等。

1. 塔式起重机

塔式起重机如图 3-21 所示, 具有提升、回转、水平运输等功能, 不仅是重要的吊装设备, 而且也是重要的垂直运输设备, 尤其在吊运长、大、重的物料时有明显的优势, 故在可能条件下宜优先选用。



塔式起重机



图 3-21 塔式起重机

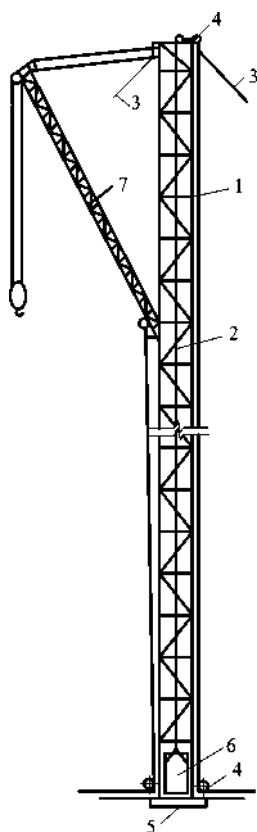
2. 井架、龙门架

井架是施工中最常用的也是最为简便的垂直运输设施, 如图 3-22 所示。井架的特点是稳定性好, 运输量大, 施工现场一般使用型钢或钢管加工的定型井架。

井架多为单孔井架, 但也可构成两孔或多孔井架。井架通常带一个起重臂和吊盘, 起重臂起重能力为 5~10 kN, 在其外伸工作范围内也可做小距离的水平运输。吊盘起重量为 10~15 kN, 其中可放置运料的手推车或其他散装材料。搭设高度可达 40 m, 需要设缆风绳保持井架的稳定。

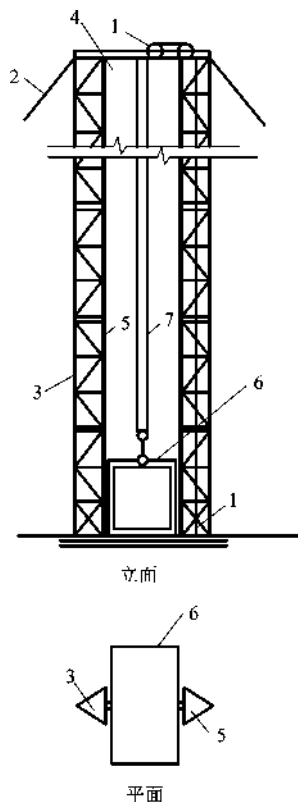
龙门架是由两立柱及天轮梁(横梁)构成。立柱是由若干个格构柱用螺栓拼装而成, 而格

构柱是用角钢及钢管焊接而成或直接用厚壁钢管构成门架。龙门架设有滑轮、导轨、吊盘、安全装置,以及起重索、缆风绳等,其构造如图 3-23 所示。可进行材料、机具和小型预制构件的垂直运输,适用于中小型工程。



1—井架; 2—钢丝绳; 3—缆风绳; 4—滑轮;
5—垫梁; 6—吊盘; 7—辅助吊臂。

图 3-22 井架



1—滑轮; 2—缆风绳; 3—立柱; 4—横梁;
5—导轨; 6—吊盘; 7—钢丝绳。

图 3-23 龙门架

3. 施工电梯

施工电梯,如图 3-24 所示,多数施工电梯为人货两用,少数为供货用。电梯按其驱动方式可分为齿条驱动和绳轮驱动两种。齿条驱动电梯又有单吊箱(笼)式和双吊箱(笼)式两种,并装有可靠的限速装置,适用于 20 层以上建筑工程使用。绳轮驱动电梯为单吊箱(笼),无限速装置,轻巧便宜,适用于 20 层以下建筑工程使用。施工电梯可载重货物 1.0~1.2 t,或容纳 12~15 人。

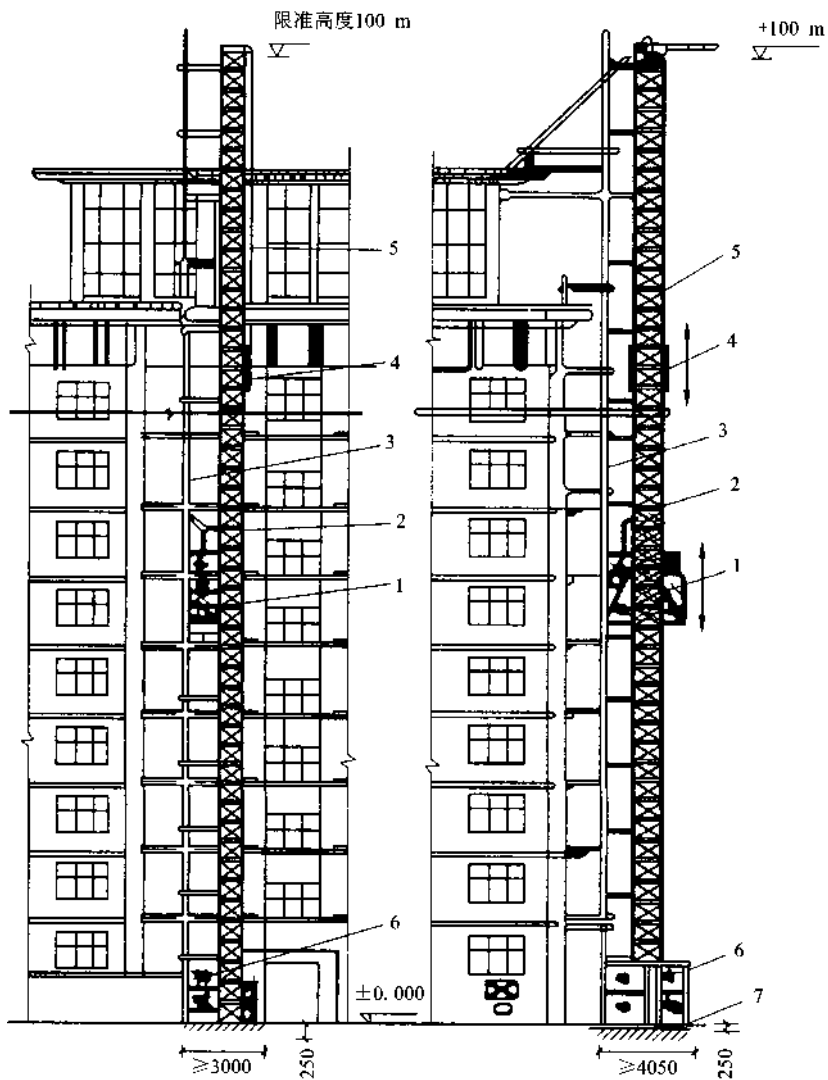
施工电梯

4. 灰浆泵

灰浆泵是一种可以在垂直和水平两个方向连续输送灰浆的机械,目前常用的有活塞式和挤压式两种。活塞式灰浆泵按其结构又分为直接作用式和隔膜式两类。

5. 垂直运输设施的设置要求

垂直运输设施的设置一般应根据现场施工条件满足以下一些基本要求。



1—吊笼；2—小吊杆；3—架设安装杆；4—平衡安装杆；5—导航架；6—底笼；7—混凝土基础。

图 3-24 建筑施工电梯

(1) 覆盖面和供应面

塔吊的覆盖面是指以塔吊的起重幅度为半径的圆形吊运覆盖面积。垂直运输设施的供应面是指借助于水平运输手段(手推车等)所能达到的供应范围。建筑工程的全部的作业面应处于垂直运输设施的覆盖面和供应面的范围之内。

(2) 供应能力

塔吊的供应能力等于吊次乘以吊量(每次吊运材料的体积、质量或件数)。其他垂直运输设施的供应能力等于运次乘以运量,运次应取垂直运输设施与其配合的水平运输机具中的低值。另外,还需乘以 0.5~0.75 的折减系数,以考虑由于难以避免的因素对供应能力的影响(如机械设备故障等)。垂直运输设备的供应能力应能满足高峰工作量的需要。

(3)提升高度

设备的提升高度能力应比实际需要的升运高度高，其高出程度不少于 3 m，以确保安全。

(4)安全保障

安全保障是使用垂直运输设施中的首要问题，必须引起高度重视。所有垂直运输设备都要严格按照有关规定操作使用。垂直运输设施安装后，必须经过有关部门严格检验合格后方可使用。

3.2 砌体施工的准备工作的

3.2.1 砂浆的制备



预拌砂浆

砂浆按制作方式不同可分为现场搅拌砂浆与预拌砂浆。为保证砌筑工程质量，现大部分地方提倡使用预拌砂浆。

1. 预拌砂浆

预拌砂浆可分为湿拌砂浆和干混砂浆两类。

(1)湿拌砂浆

用水泥、细集料、外加剂和水等拌和而成，在搅拌站经计量、拌制后，采用运输车运至使用地点，放入专用容器储存，并在规定时间内用完，如图 3-25 所示。湿拌砂浆根据用途的不同，可分为湿拌砌筑砂浆、湿拌抹灰砂浆、湿拌地面砂浆与湿拌防水砂浆等，如表 3-1 所示。



图 3-25 预拌砂浆储存罐

表 3-1 湿拌砂浆分类

项目	湿拌砌筑砂浆	湿拌抹灰砂浆	湿拌地面砂浆	湿拌防水砂浆
强度等级	M5, M7.5, M10, M15, M20, M25, M30	M5, M10, M15, M20	M15, M20, M25	M10, M15, M20
抗渗等级	—	—	—	P6, P8, P10
稠度/mm	50, 70, 90	70, 90, 110	50	50, 70, 90

(2)干混砂浆

用经干燥筛分处理的细集料与水泥以及根据性能确定的各种组分，按一定比例在专业生产厂混合而成，在使用地点按规定比例加水或配套液体拌和使用。干混砂浆也称干拌砂浆。干混砂浆按用途分为干混砌筑砂浆、干混抹灰砂浆、干混地面砂浆、干混普通防水砂浆等，如表 3-2 所示。

表 3-2 干混砂浆分类

项目	干混砌筑砂浆		干混抹灰砂浆		干混地面砂浆	干混普通防水砂浆
	普通砌筑砂浆	薄层砌筑砂浆	普通抹灰砂浆	薄层抹灰砂浆		
强度等级	M5, M7.5, M10, M15, M20, M25, M30	M5, M10	M5, M10, M15, M20	M5, M10	M15, M20, M25	M10, M15, M20
抗渗等级	—	—	—	—	—	P6, P8, P10

2. 现场搅拌砂浆

现场搅拌砂浆可分为水泥砂浆、水泥混合砂浆和非水泥砂浆三类。

(1) 水泥砂浆

用水泥、细集料、外加剂和水等拌和成的水泥砂浆具有较高的强度和耐久性，但和易性差，可用于砌筑潮湿环境和强度要求较高的砌体，例如基础一般采用水泥砂浆。

(2) 水泥混合砂浆

在水泥砂浆中掺入一定数量石灰膏的水泥混合砂浆具有一定的强度和耐久性，且和易性和保水性好，其多用于一般墙体砌筑中。

(3) 非水泥砂浆

不含有水泥的砂浆，如白灰砂浆、黏土砂浆等，强度低且耐久性差，可用于简易或临时砌筑的砌体中。

3. 砂浆拌制和使用要求

砂浆的配合比应事先通过计算和试配确定。水泥砂浆的最小水泥用量不宜小于 200 kg/m³。砂浆用砂宜用中砂，砂中的含泥量，对于水泥砂浆和强度等级不小于 M5 的水泥混合砂浆，不宜超过 5%；对于强度等级小于 M5 的水泥混合砂浆，不宜超过 10%。用建筑生石灰、生石灰粉熟化成石灰膏时，其熟化时间分别不得少于 7 d 和 2 d。为了改善砂浆在砌筑时的和易性，可掺入适量的有机塑化剂，其掺量一般为水泥用量的(0.5~1)/10000。

砂浆应采用机械搅拌，自投完料算起，水泥砂浆和水泥混合砂浆的搅拌时间不得少于 2 min；水泥粉煤灰砂浆和掺用外加剂的砂浆不得少于 3 min；掺用有机塑化剂的砂浆为 3~5 min。拌成后的砂浆，其稠度应符合表 3-3 规定；分层度不应大于 30 mm；颜色一致。砂浆拌成后应盛入贮灰器中，如砂浆出现泌水现象，应在砌筑前再次拌和。砂浆应随拌随用。拌制的砂浆应在 3 h 内使用完毕；当施工期间最高气温超过 30℃ 时，应在 2 h 内使用完毕。

表 3-3 砌筑砂浆的稠度

砌体种类	砂浆稠度/mm
烧结普通砖砌体、蒸压粉煤灰砖砌体	70~90
混凝土实心砖、混凝土多孔砖砌体、普通混凝土小型空心砌块、蒸压灰砂砖砌体	50~70
烧结多孔砖、轻骨料小型空心砌块砌体、蒸压加气混凝土砌块砌体	60~80
石砌体	30~50

注：1. 采用薄层砌筑法砌筑蒸压加气混凝土砌块砌体时，加气混凝土黏结砂浆的加水量按照其产品说明书控制；
2. 当砌筑其他块体时，其砌筑砂浆的稠度可根据块体吸水特性及气候条件确定。

砂浆强度等级是以边长为 7.07 cm 的立方体试块,按标准条件在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 温度、相对湿度为 90% 以上的条件下养护至 28 d 的抗压强度确定。砌筑砂浆按抗压强度划分为 M30, M25, M20, M15, M10, M7.5 和 M5 七个强度等级。验收时,同一验收批砂浆试块强度平均值应大于或等于设计强度等级值的 1.1 倍;最小一组平均值应大于或等于设计强度等级值的 85%。砂浆试块应在搅拌机出料口随机取样制作。每一检验批且不超过 250 m^3 砌体的各种类型及强度等级的砌筑砂浆,每台搅拌机应至少抽检一次。



砂浆与砖制备

3.2.2 块材的准备

砖的品种、强度等级必须符合设计要求,并应规格一致。用于清水墙、柱表面的砖,外观要求应尺寸准确、边角整齐、色泽均匀,无裂纹、掉角、缺棱和翘曲等现象。在砌砖前应提前 1~2 d 浇水湿润,以使砂浆和砖能很好地黏结。严禁砌筑前临时浇水,以免因砖表面存有水膜而影响砌体质量。烧结类块体的相对含水率为 60%~70%,吸水率较大的轻骨料混凝土小型空心砌块、蒸压加气混凝土砌块的相对含水率为 40%~50%。检查烧结普通砖含水率的最简易的方法是现场断砖,砖截面周围融水深度达 15~20 mm 即视为符合要求。

3.2.3 施工机具的准备

砌筑前,一般应按施工组织设计的要求组织垂直和水平运输机械、砂浆搅拌机械进场、安装、调试等工作。垂直运输可采用塔式起重机、井架、龙门架和人货两用的施工电梯,水平运输多采用手推车或机动翻斗车。对多高层建筑,还可以用灰浆泵输送砂浆。同时,还要准备脚手架、砌筑工具(如皮数杆、托线板)等。

3.3 砌筑工程

3.3.1 砌体的一般要求

砌体可分为砖砌体、砌块砌体和石材砌体。砖砌体主要形式有墙和柱;砌块砌体多用于定型设计的民用房屋及工业厂房的墙体;石材砌体多用于带形基础、挡土墙及某些墙体结构。

砌体除应采用符合质量要求的原材料外,还必须有良好的砌筑质量,以使砌体有良好的整体性、稳定性和良好的受力性能,一般要求灰缝横平竖直,砂浆饱满,厚薄均匀。砌块应上下错缝,内外搭砌,接槎牢固,墙面垂直,要预防不均匀沉降引起开裂,要注意施工中墙、柱的稳定性。

3.3.2 毛石基础与砖基础砌筑

1. 毛石基础

(1) 毛石基础构造

毛石基础是用毛石与水泥砂浆或水泥混合砂浆砌成。所用毛石应质地坚硬、无裂纹、强度等级一般为 MU20 以上,砂浆宜用水泥砂浆,强度等级应不低于 M5。

毛石基础可做墙下条形基础,如图 3-26 所示,或柱下独立基础。按其断面形式分为矩形、阶梯形和梯形等。基础顶面宽度比墙基底面宽度要大于 200 mm,即每边宽出 100 mm,基础底面宽度依设计计算而定,阶梯形基础坡角应大于 60° 。阶梯形基础每阶高度一般为 300~400 mm,并至少砌二皮毛石。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,每阶挑出宽度不小于 200 mm,如图 3-27 所示。



图 3-26 条形毛石基础

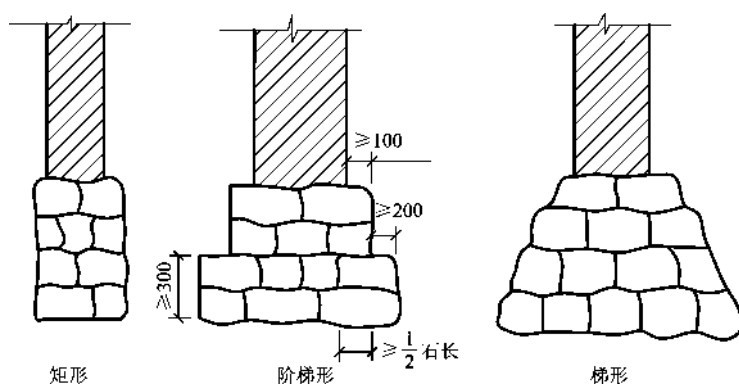


图 3-27 阶梯形毛石基础

(2) 毛石基础施工要点

1) 毛石基础砌筑时,第一皮石块应坐浆,并大面向下。料石基础的第一皮石块应丁砌并坐浆。砌体应分皮卧砌,上下错缝,内外搭砌,不得采用先砌外面石块后中间填心的砌筑方法。

2) 石砌体的灰缝厚度:毛料石和粗料石砌体不宜大于 20 mm,细料石砌体不宜大于 5 mm。石块间较大的孔隙应先填塞砂浆后用碎石嵌实,不得采用先放碎石块后灌浆或干填碎石块的方法。

3) 为增加整体性和稳定性,应按规定设置拉结石。

4) 毛石基础的最上一皮及转角处、交接处和洞口处,应选用较大的平毛石砌筑。有高低台的毛石基础,应从低处砌起,并由高台向低台搭接,搭接长度不小于基础高度。

5) 阶梯形毛石基础,上阶的石块应至少压砌下阶石块的 $1/2$,相邻阶梯毛石应相互错缝搭接。

6) 毛石基础的转角处和交接处应同时砌筑。如不能同时砌筑又必须留槎时,应砌成斜槎。基础每天可砌筑高度应不超过 1.2 m。

2. 砖基础

(1) 砖基础的构造



砖基础

砖基础有带形基础和独立基础。基础下部扩大部分称为大放脚，基础上部为基础墙。大放脚有等高式和不等高式两种，如图 3-28 所示。等高式大放脚是两皮一收，即每砌两皮砖，两边各收进 $1/4$ 砖长。不等高式大放脚是两皮一收和一皮一收相间隔，即砌两皮砖，两边各收进 $1/4$ 砖长，再砌一皮砖，两边各收进 $1/4$ 砖长，如此往复。在相同底宽的情况下，后者可减小基础高度，但为保证基础的强度，底层需用两皮一收砌筑。大放脚的底宽应根据计算而定，各层大放脚的宽度应为半砖长度的整倍数（包括灰缝）。

在大放脚下面为基础垫层，一般采用 C20 素混凝土，厚 100 mm。在墙基顶面应设防潮层，防潮层宜用 1:2.5 水泥砂浆加适量的防水剂铺设，其厚度一般为 20 mm，位置在底层室内地面以下一皮砖处，即离底层室内地面以下 60 mm 处。亦可采用圈梁代替防潮层，如图 3-28(a) 所示。

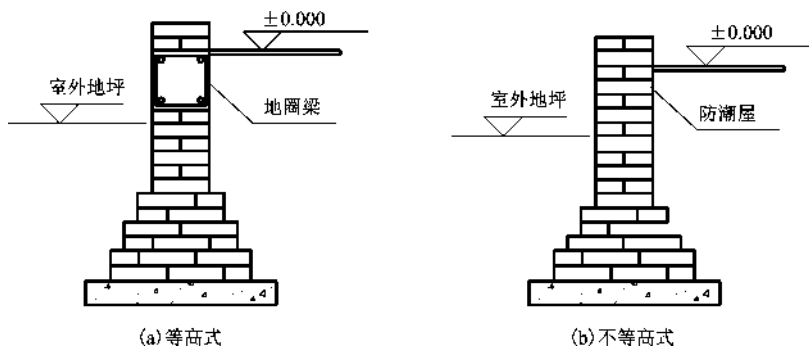


图 3-28 基础大放脚形式

(2) 砖基础施工要点

- 1) 砌筑前，应将地基表面的浮土及垃圾清除干净。
- 2) 基础施工前，应在主要轴线部位设置引桩，以控制基础、墙身的轴线位置，并从中引出墙身轴线，而后向两边放出大放脚的底边线。在地基转角、交接及高低踏步处预先立好基础皮数杆。
- 3) 砌筑时，可依皮数杆先在转角及交接处砌几皮砖，然后在其间拉准线砌中间部分。内外墙砖基础应同时砌起，如不能同时砌筑时应留置斜槎，斜槎长度不应小于斜槎高度。
- 4) 基础底标高不同时，应从低处砌起，并由高处向低处搭接。如设计无要求，搭接长度不应小于基础底的高差，搭接长度范围内下层基础应扩大砌筑。
- 5) 大放脚部分一般采用一顺一丁砌筑形式。水平灰缝及竖向灰缝的宽度应控制在 10 mm 左右，水平灰缝的砂浆饱满度不得小于 80%，竖缝要错开。大放脚的最下一皮及每层的最上一皮应以丁砌为主。
- 6) 基础砌完验收合格后，应及时回填。回填土要在基础两侧同时进行，并分层夯实。

3.3.3 砖墙砌筑

1. 砌筑形式

普通砖墙的砌筑形式主要有五种：一顺一丁、三顺一丁、梅花丁、二平一侧和全顺式。

(1) 一顺一丁

一顺一丁是一皮全部顺砖与一皮全部丁砖间隔砌成，上下皮间的竖缝相互错开 $1/4$ 砖长，如图 3-29(a) 所示。这是目前常用的一种组砌形式，适用于砌一砖、一砖半及二砖墙。



砌筑形式

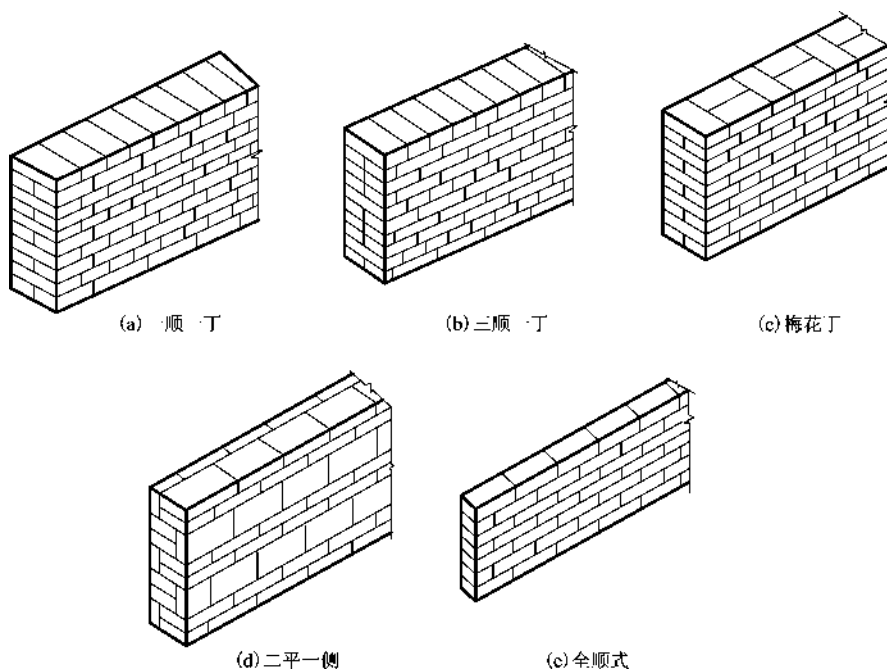


图 3-29 砖墙组砌方式

(2) 三顺一丁

三顺一丁是三皮全部顺砖与一皮全部丁砖间隔砌成。上下皮顺砖与丁砖间竖缝错开 $1/4$ 砖长；上下皮顺砖间竖缝错开 $1/2$ 砖长，如图 3-29(b) 所示。这种砌法因顺砖较多效率较高，适用于砌一砖、一砖半墙。

(3) 梅花丁

梅花丁是每皮中丁砖与顺砖相隔，上皮丁砖坐中于下皮顺砖，上下皮间竖缝相互错开 $1/4$ 砖长，如图 3-29(c) 所示。这种砌法内外竖缝每皮都能错开，故整体性好，灰缝整齐，比较美观，但砌筑效率较低。适用于砌一砖、一砖半墙，特别适用于清水墙。

(4) 二平一侧

二平一侧采用两皮平砌砖与一皮侧砌的顺砖相隔砌成。当墙厚为 $3/4$ 砖时，平砌砖均为顺砖，上下皮平砌顺砖间竖缝相互错开 $1/2$ 砖长。上下皮平砌顺砖与侧砌顺砖间竖缝相互错开 $1/2$ 砖长。当墙厚为 $5/4$ 砖长时，上下皮平砌顺砖与侧砌顺砖间竖缝相互错开 $1/2$ 砖长。

上下皮平砌丁砖与侧砌顺砖间竖缝相互错开 $1/4$ 砖长。这种形式适用于砌筑 $3/4$ 砖墙及 $(5/4)$ 砖墙,如图 3-29(d)所示。

(5) 全顺式

全顺式是各皮砖均为顺砖,上下皮竖缝相互错开 $1/2$ 砖长。这种形式仅适用于砌筑半砖墙。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。砖墙的丁字接头处,应分皮相互砌通,内角相交处的竖缝应错开 $1/4$ 砖长,并在横墙端头处加砌七分头砖。砖墙的十字接头处,应分皮相互砌通,交角处的竖缝相互错开 $1/4$ 砖长,如图 3-29(e)所示。

2. 砌筑工艺

砖墙的砌筑工艺流程:抄平放线→摆砖→立皮数杆→盘角、挂线→砌筑、勾缝→清理。

(1) 抄平放线

砌墙前应在基础防潮层或楼面上定出各层标高,并用水泥砂浆或 C15 细石混凝土找平,使各段砖墙底部标高符合设计要求。然后根据龙门板上给定的轴线及图纸上标注的墙体尺寸,在基础顶面上用墨线弹出墙的轴线和墙的宽度线,并定出门洞口位置线。二楼以上墙的轴线可以用经纬仪或垂球将轴线引测上去。

(2) 摆砖

摆砖,又称摆脚,是指在放线的基础上按选定的组砌方式用干砖试摆。摆砖的目的是核对所放的墨线在门窗洞口、附墙垛等处是否符合砖的模数,以尽可能减少砍砖,并使砌体灰缝均匀,组砌得当。摆砖由一个大角摆到另一个大角,砖与砖之间留 10 mm 的缝隙。砖墙交接处组砌方式如图 3-30 所示。

(3) 立皮数杆

皮数杆是指在其上画有每皮砖和砖缝厚度,以及门窗洞口、过梁、楼板、梁底、预埋件等标高位置的一种木制标杆。砌筑时用来控制墙体竖向尺寸及各部位构件的竖向标高,并保证灰缝厚度的均匀性。皮数杆一般设置在房屋的四大角以及纵横墙交接处,如墙面过长时,应每隔 10~15 m 立一根。

(4) 盘角、挂线

墙角是控制墙面横平竖直的主要依据,所以,一般砌筑时应先砌墙角,墙角砖层高度必须与皮数杆相符合,做到“三皮一吊,五皮一靠”,墙角必须双向垂直。

墙角砌好后,即可挂线,作为砌筑中间墙体的依据,以保证墙面平整,一般一砖墙、一砖半墙可单面挂线,一砖半以上的墙则应双面挂线。

(5) 砌筑、勾缝

砌砖的操作方法各地不一,但应保证砌筑质量要求。常用的是“铺浆法”和“三一砌砖法”砌筑。“铺浆法”即在墙顶上铺一段砂浆,然后用砖挤入砂浆中一定厚度之后把砖放平,达到下齐边、上齐线、横平竖直的要求。这种砌法可以连续挤砌几块砖,减少烦琐的动作,灰缝饱满,效率高,保证砌筑质量。采用铺浆法砌筑砌体,铺浆长度不得超过 750 mm,当施工期间气温超过 30°C 时,铺浆长度不得超过 500 mm。“三一砌砖法”即一铲灰,一块砖,一挤揉,并随手将挤出的砂浆刮去的砌筑方法。这两种砌法的优点是灰缝容易饱满、黏结力好、墙面整洁。

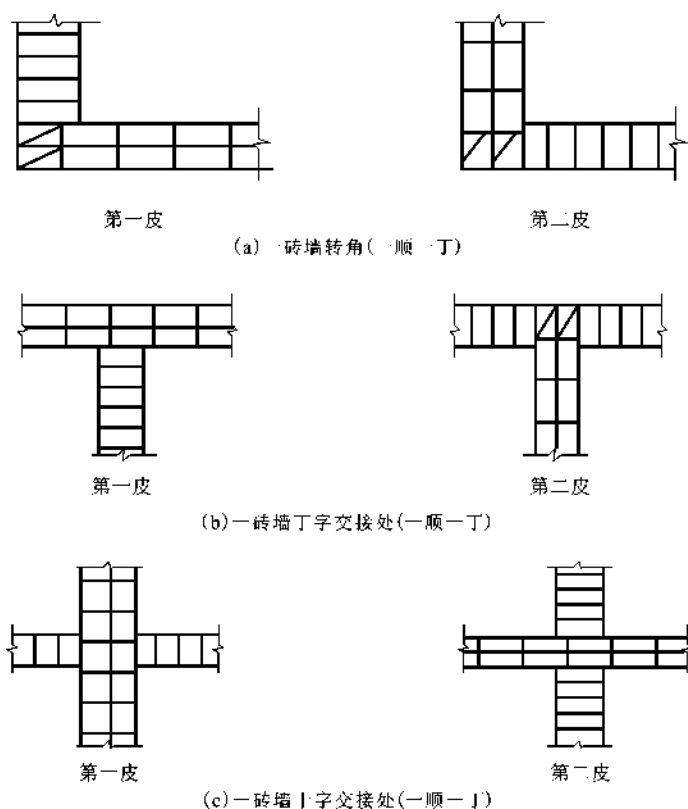


图 3-30 砖墙交接处组砌

勾缝是砌清水墙的最后道工序,可以用砂浆随砌随勾缝,叫作原浆勾缝。也可以砌完墙后再用 1 : 1.5 水泥砂浆或加色砂浆勾缝,称为加浆勾缝。勾缝具有保护墙面和增加墙面美观的作用,为了确保勾缝质量,勾缝前应清除墙面黏结的砂浆和杂物,并洒水湿润,在砌完墙以后,应画出 1 cm 的灰槽,灰缝可勾成凹、平、斜或凸形状。勾缝完毕后,应进行墙面、柱面和落地灰的清理。

3. 施工要点

1) 全部砖墙应平行砌筑,砖层必须水平,砖层正确位置用皮数杆控制,基础和每楼层砌完后必须校对一次水平、轴线和标高,在允许偏差范围内,其偏差应在基础或楼板顶面调整。

2) 砖墙的水平灰缝和竖向灰缝宽度一般为 10 mm,但不小于 8 mm,也不应大于 12 mm。水平灰缝的砂浆饱满度不得低于 80%,竖向灰缝宜采用挤浆或加浆方法,使其砂浆饱满,严禁用水冲浆灌缝。砖柱水平灰缝和竖向灰缝饱满度不得低于 90%。

3) 砖墙的转角处和交接处应同时砌筑。对不能同时砌筑而又必须留槎时,应砌成斜槎,斜槎长度不应小于高度的 $\frac{2}{3}$,如图 3-31 所示。斜槎高度不得超过一步脚手架高。非抗震设防及抗震设防烈度为 6 度、7 度地区的临时间断处,当不能留斜槎时,除转角处外,可留直槎,但直槎必须做成凸槎,如图 3-32 所示。留直槎处应加设拉结钢筋,拉结钢筋的数量为每 120 mm 墙厚放置 1 ϕ 6 mm 拉结钢筋,120 mm 厚墙放置 2 ϕ 6 mm 拉结钢筋,间距沿墙高不应超



砖墙砌筑

过 500 mm。埋入长度从留槎处算起每边均不应小于 500 mm，对抗震设防烈度 6 度、7 度的地区，不应小于 1000 mm，末端应有 90°弯钩，如图 3-32 所示。抗震设防地区不得留直槎。

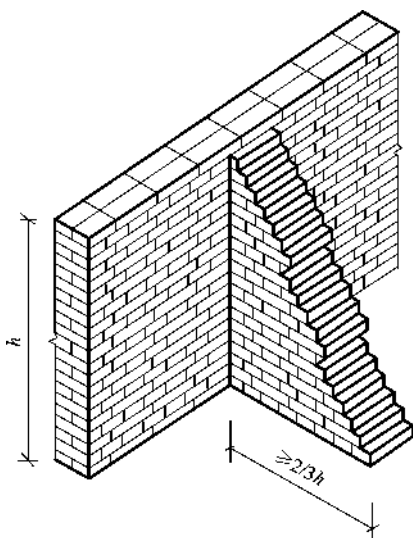


图 3-31 斜槎

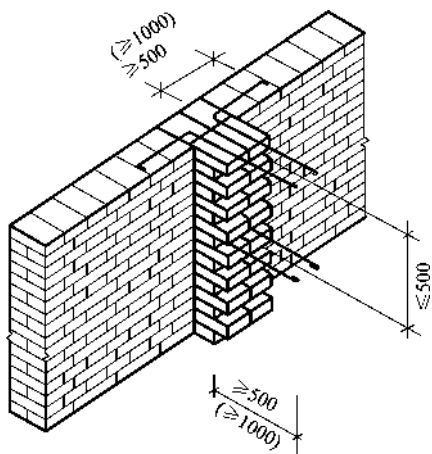


图 3-32 直槎

4) 砖墙接槎时，必须将接槎处的表面清理干净，浇水润湿，并应填实砂浆，保持灰缝平直。

5) 每层承重墙的最上一皮砖、梁或梁垫的下面及挑檐、腰线等处，应是整砖丁砌。

6) 砖墙中留置临时施工洞口时，其侧边离交接处的墙面不应小于 500 mm，洞口净宽度不应超过 1 m。

7) 砖墙相邻工作段的高度差，不得超过一个楼层的高度，也不宜大于 4 m。工作段的分段位置应设在变形缝或门窗洞口处。砖墙临时间断处的高度差，不得超过一步脚手架的高度。砖墙每天砌筑高度以不超过 1.5 m 为宜。

8) 钢筋混凝土构造柱施工，构造柱需先砌筑墙后浇筑柱，尺寸不宜小于 240 mm × 240 mm，其厚度不宜小于墙厚。砖砌体与构造柱的连接处应砌成马牙槎，马牙槎凹凸尺寸不宜小于 60 mm，高度不应超过 300 mm，马牙槎先退后进，对称砌筑。墙与柱连接处应沿高度方向每隔 500 mm 设 2φ6 mm 水平拉结筋，伸入墙内不宜少于 1000 mm，如图 3-33 所示。柱内竖向受力钢筋一般采用 HPB300 级钢筋，对于中柱不宜小于 4φ12 mm，对于边柱不宜小于 4φ14 mm，其箍筋一般采用 φ6@200，楼层上下 500 mm 范围内宜采用 φ6@100，构造柱竖向受力钢筋应在基础梁和楼层圈梁中锚固。

9) 在下列墙体或部位中不得留设脚手眼：

① 120 mm 厚墙、料石清水墙和独立柱；

② 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；

③ 宽度小于 1 m 的窗间墙；

④ 砌体门窗洞口两侧 200 mm (石砌体为 300 mm) 和转角处 450 mm (石砌体为 600 mm) 范围内；

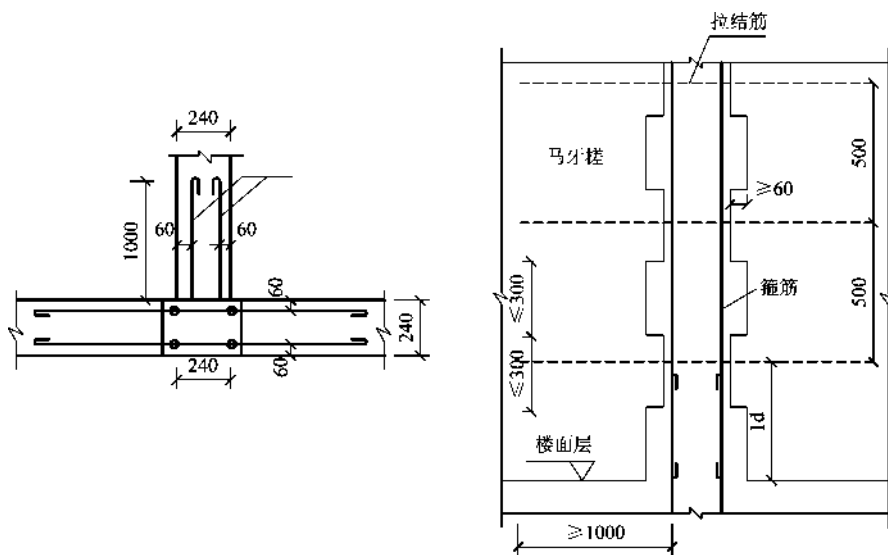


图 3-33 构造柱马牙槎及水平拉结筋设置

- ⑤梁或梁垫下及其左右 500 mm 范围内;
- ⑥设计不允许设置脚手眼的部位;
- ⑦轻质墙体;
- ⑧夹心复合墙外叶墙。

3.3.4 混凝土小砌块砌体施工

1. 普通混凝土小型空心砌块

普通混凝土小型空心砌块是以水泥、砂、碎石或卵石、水等预制成的。普通混凝土小型空心砌块按其强度分为 MU20、MU15、MU10、MU7.5、MU5 和 MU3.5 共 6 个等级。砌块主规格尺寸为 390 mm × 190 mm × 190 mm，有两个方形孔，最小外壁厚应不小于 30 mm，最小肋厚应不小于 25 mm，空心率不小于 25%，如图 3-34 所示。

2. 轻骨料混凝土小型空心砌块

轻骨料混凝土小型空心砌块是以水泥、轻骨料、砂、水等预制成的。砌块主规格尺寸为 390 mm × 190 mm × 190 mm，按其孔的排列有单排孔、双排孔、三排孔和四排孔 4 类。轻骨料混凝土小型空心砌块按其强度分为 MU10、MU7.5、MU5、MU3.5 和 MU2.5 共 5 个强度等级。

3. 构造要求

- 1) 对室内地面以下的砌体，应采取普通混凝土小砌块和不低于 M5 的水泥砂浆。
- 2) 五层及五层以上民用建筑的底层墙体，应采用不低于 MU5 的混凝土小砌块和 M5 的砌

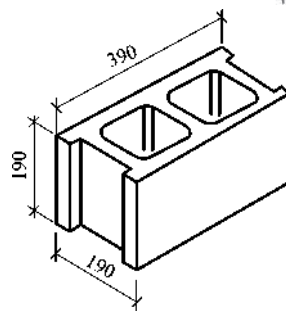


图 3-34 普通混凝土小型空心砌块



混凝土空心砌块

筑砂浆。

3) 在墙体的下列部位,应用强度等级不低于 cb20 或 C20 混凝土灌实砌块的孔洞:

- ① 底层室内地面以下或防潮层以下的砌体。
- ② 无圈梁的楼板支承面下的一皮砌块。
- ③ 没有设置混凝土垫块的屋架、梁等构件支承面下,高度不应小于 600 mm ,长度不应小于 600 mm 的砌体。

④ 砌块墙与后砌隔墙交接处,应沿墙高每隔 400 mm 在水平灰缝内设置不少于 $2\phi4\text{ mm}$ 钢筋、横向间距不大于 200 mm 的焊接钢筋网片,钢筋网片伸入后砌隔墙内不应小于 600 mm ,如图 3-35 所示。

4. 小型砌块施工

普通混凝土小型砌块不宜浇水,当天气干燥炎热时,可在砌块上稍喷水湿润,轻集料混凝土小砌块施工前可洒水,但不宜过多。龄期不足 28 d 及潮湿的小砌块不得进行砌筑。应尽量采用主规格小砌块,小砌块的强度等级应符合设计要求,并应清除小砌块表面污物和芯柱用小砌块孔洞底部的毛边。

在房屋四角或楼梯转角处设立皮数杆,皮数杆间距不得超过 15 m 。皮数杆上应画出各皮小型砌块的高度及灰缝厚度。在皮数杆上相对小型砌块上边线之间拉准线,小型砌块依准线砌筑。小型砌块砌筑应从转角或定位处开始,内外墙同时砌筑,纵横墙交错搭接。外墙转角处应使小型砌块隔皮露端面;T 字交接处应使横墙小砌块隔皮露端面,纵墙在交接处改砌两块辅助规格小型砌块(尺寸为 $290\text{ mm} \times 190\text{ mm} \times 190\text{ mm}$,一头开口)。所有露端面用水泥砂浆抹平,如图 3-36 所示。

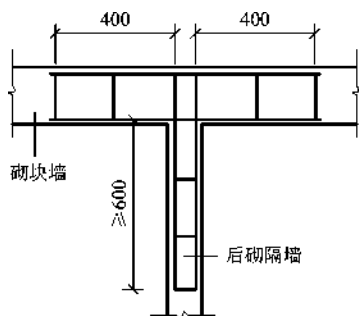


图 3-35 普通混凝土小型空心砌块

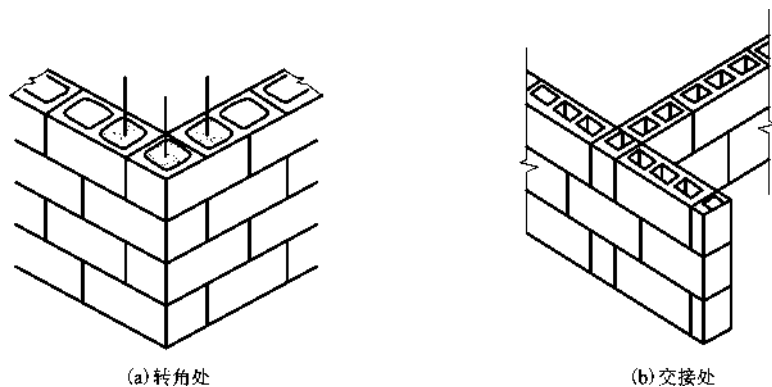


图 3-36 普通混凝土小型空心砌块

小型砌块应对孔错缝搭砌。上下皮小型砌块竖向灰缝相互错开 190 mm 。个别情况当无法对孔砌筑时,普通混凝土小型砌块错缝长度不应小于 90 mm ,轻骨料混凝土小型砌块错缝长度不应小于 120 mm 。当不能保证此规定时,应在水平灰缝中设置 $2\phi4\text{ mm}$ 钢筋网片,钢筋网片每端均应超过该垂直灰缝,其长度不得小于 300 mm ,如图 3-37 所示。

小型砌块砌体的灰缝应横平竖直,全部灰缝均应铺填砂浆,水平灰缝的砂浆饱满度不得低于 90%,竖向灰缝的砂浆饱满度不得低于 80%,砌筑中不得出现瞎缝、透明缝。水平灰缝厚度和竖向灰缝宽度应控制在 8~12 mm。当缺少辅助规格小砌块时,砌体通缝不应超过两皮砌块。

小型砌块砌体临时间断处应砌成斜槎,斜槎长度不应小于斜槎高度的 2/3(一般按一步脚手架高度控制)。如留斜槎有困难,除外墙转角处及抗震设防地区,砌体临时间断处不应留直槎外,可从砌体面深处 200 mm 砌成阴阳槎,并沿砌体高每三皮小型砌块(600 mm)设拉结筋或钢筋网片,接槎部位宜延至门窗洞口,如图 3-38 所示。承重砌体严禁使用断裂小砌块或壁肋中有竖向凹形裂缝的小型砌块砌筑,也不得采用小型砌块与烧结普通砖等其他块体材料混合砌筑。

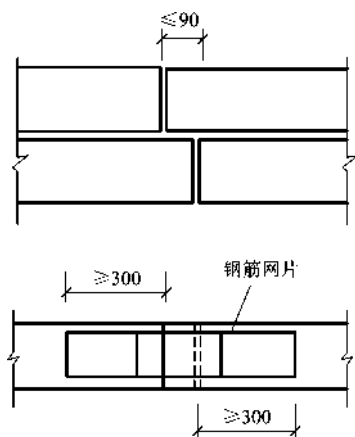


图 3-37 普通混凝土小型空心砌块

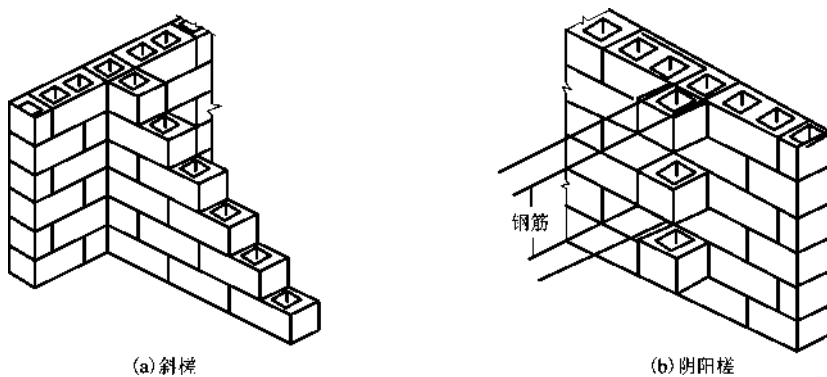


图 3-38 普通混凝土小型空心砌块

3.3.5 蒸压加气混凝土砌块

蒸压加气混凝土砌块是以水泥、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。

蒸压加气混凝土砌块按尺寸偏差分为 I 型和 II 型, I 型适用于薄灰缝砌筑, II 型适用于厚灰缝砌筑。按其抗压强度分为 A1.5、A2、A2.5、A3.5、A5 共 5 个强度等级,按其干密度分为 B03、B04、B05、B06、B07 共 5 个密度级别。

1. 加气混凝土砌块构造

加气混凝土砌块可砌成单层墙或双层墙体。单层墙是将加气混凝土砌块立砌,墙厚为砌块的宽度。双层墙是将加气混凝土砌块立砌两层中间夹以空气层,两层砌块间每隔 500 mm 墙高在水平灰缝中放置 $\phi 4 \sim 6$ mm 的钢筋扒钉,扒钉间距为 600 mm,空气层厚度 70~80 mm,如图 3-39 所示。



加气混凝土砌块

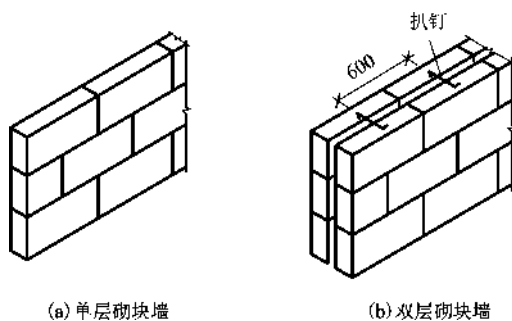


图 3-39 加气混凝土砌块

承重加气混凝土砌块墙的外墙转角处、墙体交接处均应沿墙高 1 m 左右, 在水平灰缝中放置拉结钢筋, 拉结钢筋为 $3\phi 6$ mm, 钢筋伸入墙内不少于 1000 mm, 如图 3-40 所示。

非承重加气混凝土砌块墙的转角处、与承重墙交接处, 均应沿墙高 1 m 左右, 在水平灰缝中放置拉结钢筋, 拉结钢筋为 $2\phi 6$ mm, 钢筋伸入墙内不少于 700 mm, 如图 3-41 所示。

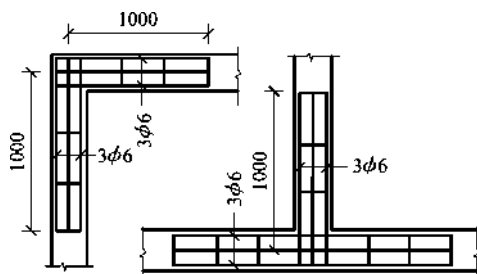


图 3-40 承重砌块墙的拉结钢筋

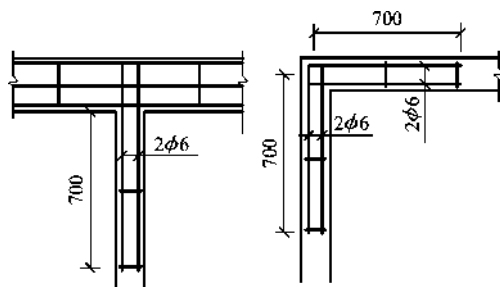


图 3-41 非承重砌块拉结钢筋

加气混凝土砌块外墙的窗口下一皮砌块下的水平灰缝中应设置拉结钢筋, 拉结钢筋为 $3\phi 6$ mm, 钢筋伸过窗口侧边应不小于 500 mm, 如图 3-42 所示。

2. 蒸压加气混凝土砌块砌体施工

承重加气混凝土砌块砌体所用砌块强度等级不应低于 A5, 砂浆强度不应低于 M5。加气混凝土砌块砌筑前, 应根据建筑物的平面、立面图绘制砌块排列图。在砌体转角处设置皮数杆, 皮数杆上画出砌块皮数及砌块高度, 并在相对砌块上边线间拉准线, 依准线砌筑。加气混凝土砌块的砌筑面上应适量洒水。

砌筑加气混凝土砌块宜采用专用工具, 如铺灰铲、锯等。加气混凝土砌块墙的上下皮砌块的竖向灰缝相互错开 300 mm, 并不应小于 150 mm。如不能满足时, 应在水平灰缝设置 $2\phi 6$ mm 的拉结筋或 $\phi 4$ mm 钢筋网片, 拉结筋或钢筋网片的长度应不小于 700 mm, 如图 3-43 所示。加气混凝土砌块墙的灰缝应横平竖直、砂浆饱满, 水平灰缝砂浆饱满度不应小于 90%, 竖向灰缝砂浆饱满度不应小于 80%。水平灰缝厚度宜为 15 mm, 竖向灰缝宽度宜为 20 mm。

加气混凝土砌块墙的转角处, 应使纵横墙的砌块相互搭砌, 隔皮砌块露端面。加气混凝土砌块墙的 T 字形交接处, 应使横墙砌块隔皮露端面, 并坐中于纵横墙砌块, 如图 3-44 所示。

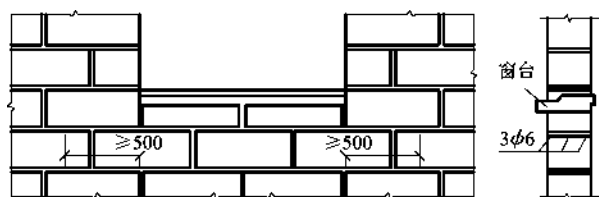


图 3-42 砌块墙窗口下配筋

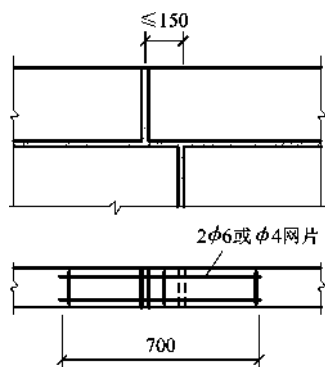


图 3-43 加气混凝土砌块墙中拉结筋

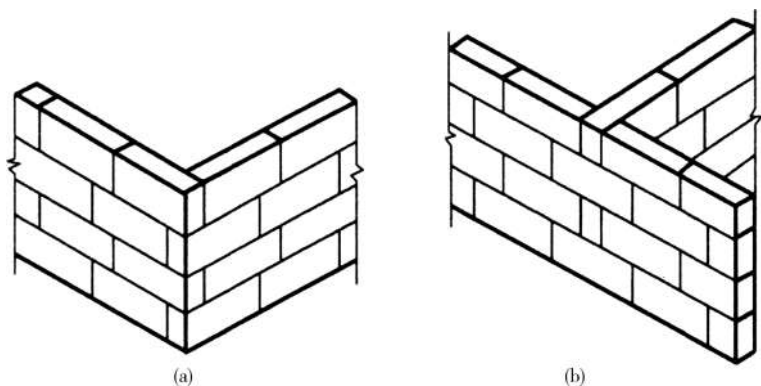


图 3-44 加气混凝土砌块墙的转角处及交接处砌法

加气混凝土砌块墙如无切实有效措施,不得使用于下列部位:

- 1) 建筑物室内地面标高以下部位。
- 2) 长期浸水或经常受干湿交替部位。
- 3) 受化学侵蚀(如强酸、强碱)或高浓度二氧化碳等环境。
- 4) 砌块表面经常处于 80℃ 以上的高温环境。

加气混凝土砌块墙上不得留设脚手眼。每一楼层内的砌块墙体应连续砌完,不留接槎。如必须留槎时应留成斜槎,或在门窗洞口侧边间断。

3.3.6 填充墙砌体工程施工

在框架结构的建筑中,墙体一般只起围护和分隔的作用,常用体轻、保温性能好的烧结空心砖或小型空心砌块砌筑,其施工方法和施工工艺与一般砌体施工有所不同,简述如下。

砌体和块体材料的品种、规格、强度等级必须符合图纸设计要求,规格尺寸应一致,质量等级必须符合标准要求,并应有出厂合格证明、试验报告单;蒸压加气混凝土砌块和轻骨料混凝土小型砌块砌筑时的产品龄期应超过 28 d。填充墙砌体应在主体结构及相关分部已施工完毕,并经有关部门验收合格后进行。



填充墙

填充墙砌体施工工艺及要求如下。

1. 基层清理

在砌筑砌体前应对基层进行清理,将楼层上的浮浆灰尘清扫干净并浇水湿润。块材的湿润程度应符合规范及施工要求。

2. 施工放线

放出每一楼层的轴线、墙身控制线和门窗洞的位置线。在框架柱上弹出标高控制线以控制门窗上的标高及窗台的高度,施工放线完成后,应经过验收合格后,方能进行墙体施工。

3. 墙体拉结钢筋

墙体拉结钢筋有多种留置方式,目前主要采用植筋方式埋设拉结筋。采用植筋方式埋设拉结筋,埋设的拉结筋的位置较为准确,操作简单不伤结构,但应通过抗拔试验。

4. 构造柱钢筋

在填充墙施工前应先将构造柱钢筋绑扎完毕,构造柱竖向钢筋与原结构上预留插孔的搭接长度应满足设计要求。

5. 立皮数杆、排砖

1) 在皮数杆上标出砌块的皮数及灰缝厚度,并标出窗、洞及墙梁等构造标高。

2) 根据要砌筑的墙体长度、高度试排砖,摆出门、窗及孔洞的位置。

6. 填充墙砌筑

1) 砖或砌块应提前 1~2 d 浇水湿润;湿润程度达到水浸润砖体 15 mm 为宜,烧结空心砖相对含水率为 60%~70%,不能在砌筑时临时浇水,严禁干砖上墙,严禁在砌筑后向墙体洒水。蒸压加气混凝土砌块相对含水率为 40%~50%,应在砌筑前喷水湿润。

2) 砌筑蒸压加气混凝土砌块和轻骨料混凝土小型空心砌块填充墙时,墙底部应砌 200 mm 高烧结普通砖、多孔砖或普通混凝土空心砌块或浇筑 150 mm 高 C20 混凝土坎台。

3) 填充墙砌筑时,除构造柱的部位外,墙体的转角处和交接处应同时砌筑,严禁无可靠措施的内外墙分砌施工。

4) 填充墙砌体的灰缝厚度和宽度应符合规定。空心砖、轻骨料混凝土小型空心砌块的砌体灰缝宽度应为 8~12 mm,蒸压加气混凝土砌块砌体的水平灰缝厚度、竖向灰缝宽度分别为 15 mm 和 20 mm。

5) 墙体一般不留槎,如必须留置临时间断处,应砌成斜槎,斜槎长度不应小于高度的 2/3;施工时不能留成斜槎时,除转角处外,可于墙中引出直凸槎(抗震设防地区不得留直槎)。直槎墙体每间隔高度 ≤ 500 mm,应在灰缝中加设拉结钢筋,拉结钢筋的数量按 120 mm 墙厚放一根 $\phi 6$ mm 的钢筋,埋入长度从墙的留槎处算起,两边均不要小于 500 mm,末端要有 90°弯钩。拉结筋不得穿过烟道和通气管。

6) 填充墙砌至近梁、板底时,应留一定空隙,待填充墙砌筑完并至少间隔 14 d 后,再将其补砌挤紧,如图 3-45 所示。

7) 木砖预埋。木砖经防腐处理,木纹应与钉子垂直,埋设数量按洞口高度确定;洞口高度 ≤ 2 m,每边放两块,洞口高度在 2~3 m 时,每边放 3~4 块。预埋木砖的部位一般在洞口上下四皮砖处开始,中间均匀分布或按设计预埋。

8) 设计墙体上有预埋、预留的构造,应随砌随留、随复核确保位置正确,构造合理。不得在已砌好的墙体中打洞。

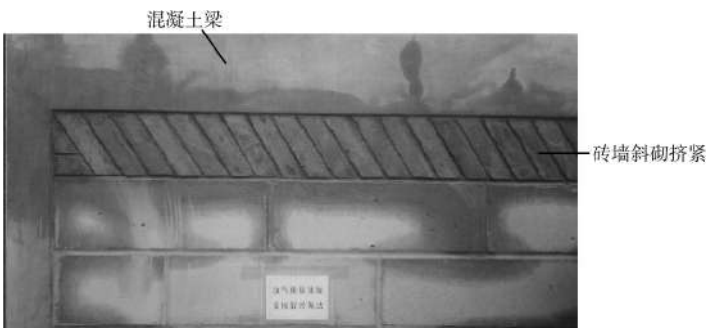


图 3-45 填充墙斜砌施工

- 9) 凡穿过砌块的水管，应严格防止渗水、漏水。在墙体内敷设暗管时，只能垂直埋设，不得水平开槽，敷设应在墙体砂浆达到强度后进行。混凝土空心砌块预埋管应提前专门作有预埋槽的砌块，不得在墙上开槽。
- 10) 加气混凝土砌块切锯时应用专用工具，不得用斧子或瓦刀任意砍劈，洞口两侧选用规则整齐的砌块砌筑。

3.4 砌筑工程的质量及安全技术

3.4.1 砌筑工程的质量要求

- 1) 砌体施工质量控制等级。
- 砌体施工质量控制等级分为三级，其标准应符合表 3-4 的要求。

表 3-4 砌体施工质量控制等级

项目	施工质量控制等级		
	A	B	C
现场质量管理	制度健全，并严格执行；非施工方质量监督人员到现场，或现场设有常驻代表；施工方有在岗专业技术管理人员，人员齐全，并持证上岗	制度基本健全，并能执行；非施工方质量监督人员间断地到现场进行质量控制；施工方有在岗专业技术管理人员，并持证上岗	有制度；非施工方质量监督人员很少做现场质量控制；施工方有在岗专业技术管理人员
砂浆、混凝土强度	试块按规定制作，强度满足验收规定，离散性小	试块按规定制作，强度满足验收规定，离散性小	试块强度满足验收规定，离散性大
砂浆拌合方式	机械拌和；配合比计量控制严格	机械拌和；配合比计量控制一般	机械或人工拌和；配合比计量控制较差
砌筑工人	中级工以上，其中高级工不少于 30%	高、中级工不少于 70%	初级工以上

注：1. 砂浆、混凝土强度离散性大小根据强度标准差确定；
2. 配筋砌体不得为 C 级施工。

2) 砌体结构工程检验批验收。

砌体结构工程检验批验收时，其主控项目应全部符合规范规定；一般项目应有 80% 及以上的抽检处符合规范规定；有允许偏差的项目，最大超差值为允许偏差的 1.5 倍。

3) 砌体工程所用的材料。

砌体工程所用的材料应有产品的合格证书、产品性能检测报告。水泥进场时应对其品种、等级、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查，并应对其强度、安定性进行复验，其质量必须符合现行国家标准的有关规定。

4) 同一验收批砂浆试块强度平均值 $\geq$ 设计强度等级值的 1.10 倍；同一验收批砂浆试块抗压强度的最小一组平均值 $\geq$ 设计强度等级值的 85%。

5) 砌筑基础前，应校核放线尺寸，允许偏差应符合表 3-5 的规定。

表 3-5 放线尺寸的允许偏差

长度 L 、宽度 B /mm	允许偏差/mm	长度 L 、宽度 B /mm	允许偏差/mm
L (或 B) ≤ 30	± 5	$60 < L$ (或 B) ≤ 90	± 15
$30 < L$ (或 B) ≤ 60	± 10	L (或 B) > 90	± 20

6) 砖砌体应横平竖直，砂浆饱满，上下错缝，内外搭砌，接槎牢固。

7) 砖、小型砌块砌体的允许偏差、检查方法和抽检数量应符合表 3-6 的规定。

表 3-6 砖、小型砌块砌体的允许偏差及检验方法、抽检数量

项目			允许偏差/mm	检验方法	抽检数量
轴线位移			10	用经纬仪和尺或其他测量仪器检查	承重墙、柱全数检查
基础、墙、柱顶面标高			± 15	用水平仪和尺检查	不应少于 5 处
墙面垂直度	每层		5	用 2 m 托线板检查	不应少于 5 处
	全高	≤10 m	10	用经纬仪、吊线和尺或其他测量仪器检查	外墙全部阳角
		>10 m	20		
表面平整度		清水墙、柱	5	用 2 m 直尺和楔形塞尺检查	不应少于 5 处
		混水墙、柱	8		
水平灰缝平直度		清水墙	7	拉 5 m 线和尺检查	不应少于 5 处
		混水墙	10		
门窗洞口高、宽(后塞框)			± 10	用尺检查	不应少于 5 处
外墙上下窗口偏移			20	以底层窗口为准，用经纬仪吊线检查	不应少于 5 处
清水墙面游丁走缝(中型砌块)			20	以每层第一皮为准，用吊线和尺检查	不应少于 5 处

8) 填充墙砌体一般尺寸的允许偏差、检验方法应符合表 3-7 的规定。

表 3-7 填充墙砌体一般尺寸的允许偏差、检验方法

项目		允许偏差/mm	检验方法	抽检数量
轴线位移		10	用尺检查	每检验批抽检不应少于5处
垂直度(每层)	≤3 m	5	用2 m托线板或吊线、尺检查	
	>3 m	10		
表面平整度		8	用2 m靠尺和楔形塞尺检查	
门窗洞口高、宽(后塞口)		± 10	用尺检查	
外墙上、下窗口偏移		20	用经纬仪或吊线检查	

9) 填充墙砌体的砂浆饱满度、检验方法应符合表 3-8 的规定。

表 3-8 填充墙砌体的砂浆饱满度、检验方法

砌体分类	灰缝	饱满度及要求	检验方法	抽检数量
空心砖砌体	水平	≥80%	采用百格网检查块材底面砂浆的黏结痕迹面积	每检验批抽查不应少于 5 处
	垂直	填满砂浆,不得有透明缝、瞎缝、假缝		
蒸压加气混凝土砌块和轻骨料混凝土小砌块砌体	水平	≥80%		
	垂直	≥80%		

3.4.2 砌筑工程的安全与防护措施

1) 在砌筑操作前,必须检查施工现场各项准备工作是否符合安全要求,如道路是否畅通,机具是否完好牢固,安全设施和防护用品是否齐全,经检查符合要求后才可施工。

2) 砌基础时,应检查和注意基坑土质的变化情况。堆放砖石材料应离开坑边 1 m 以上。

3) 当砖墙高度超过地坪 1.2 m 以上时,应搭设脚手架。架上堆放材料不得超过规定荷载,堆砖高度不得超过三皮侧砖,同一块脚手板上的操作人员不应超过两人。按规定搭设安全网。

4) 不准站在墙顶上做画线、刮缝及清扫墙面或检查大角垂直等工作。不准用不稳固的工具或物体在脚手板上垫高操作。

5) 砍砖时应面向墙面,工作完毕应将脚手板和砖墙上的碎砖、灰浆清扫干净,防止掉落伤人。正在砌筑的墙上不准走人。

6) 山墙砌完后,应立即安装临时支撑,防止倒塌。

7) 雨天或每日下班时,应做好防雨准备,以防雨水冲走砂浆,致使砌体倒塌。

8) 砌石墙时不准在墙顶或架上修石材,以免振动墙体,影响质量或石片掉下伤人。不准徒手移动上墙的石块,以免压破或擦伤手指。不准勉强在超过胸部的墙上进行砌筑,以免将墙体碰撞倒塌或上石时失手掉下造成安全事故。石块不得往下掷。运石上下时,脚手板要钉



安全事故

装牢固,并钉防滑条及扶手栏杆。

9)对有部分破裂或脱落危险的砌块,严禁起吊;起吊砌块时,严禁将砌块停留在操作人员上空或在空中整修;砌块吊装时,不得在下一层楼面上进行其他任何工作;卸下砌块时应避免冲击,砌块堆放应尽量靠近楼板两端,不得超过楼板的承重能力;砌块吊装就位时,应待砌块放稳后,方可松开夹具。

10)凡脚手架、井架、门架搭设好后,须经专人验收合格后方准使用。

复习思考题

1. 简述扣件式钢管脚手架的组成及搭设要求。
2. 常用里脚手架有哪些类型?简述其各自特点。
3. 脚手架在搭设、施工、使用中作业危险因素多,极易发生伤亡事故。请你从人、物、制度等方面找出事故的成因并提出预防对策。
4. 普通黏土砖砌筑前为什么要浇水?浇湿到什么程度?
5. 砖墙砌体有哪几种组砌形式?
6. 简述砖墙砌筑的施工工艺流程。
7. 砖墙留槎有何要求?
8. 皮数杆有何作用?如何布置?
9. 何谓“三一砌砖”法?其优点是什么?
10. 简述毛石基础和砖基础的构造和施工要点。
11. 简述加气混凝土砌块的施工要点。
12. 砌筑工程中的安全防护措施有哪些?