

UG

北京市地方标准

DB

编号：DB11/XXXX-202X

备案号：JX-202X

建筑安装分项工程施工工艺规程

第1部分：地基与基础工程

Construction workmanship code

for builder's work and building service work items

Part 1: Ground and foundation engineering

(征求意见稿)

202x-xx-xx发布

202x-xx-xx实施

北京市住房和城乡建设委员会

北京市市场监督管理局

联合发布

北京市地方标准

建筑安装分项工程施工工艺规程  
第1部分：地基与基础工程

Construction workmanship code

for builder's work and building service work items

Part 1: Ground and foundation engineering

编号：DB11/XXXX-202X

备案号：J× -202×

主编部门：北京城建科技促进会  
北京城建集团有限责任公司  
北京城建华夏基础建设工程有限公司  
批准部门：北京市市场监督管理局

施行日期：20××年×月×日

202×北京

## 前言

根据原北京市质量技术监督局《2018年北京市地方标准制修订项目计划》（京质监发[2018]20号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内相关标准，在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1天然地基钎探；2素土、灰土地基；3砂和砂石地基；4强夯地基；5袖阀管注浆加固地基；6土工合成材料加筋地基；7长螺旋压灌素混凝土桩复合地基；8灰土挤密桩和土挤密桩复合地基；9钢筋混凝土预制桩；10三重管高压旋喷桩；11水泥土（喷浆）搅拌桩；12夯实水泥土桩复合地基；13人工挖孔混凝土灌注桩；14旋挖成孔灌注桩；15反循环钻孔灌注桩；16冲击成孔灌注桩；17长螺旋钻成孔灌注桩；18柱锤冲扩挤密碎石桩；19振冲碎石桩；20注浆钢管桩；21抗浮锚杆；22现浇混凝土桩基承台；23浆砌重力式挡土墙；24劲芯水泥土搅拌墙（桩）；25土钉墙和复合土钉墙；26型钢内支撑；27中空注浆锚杆；28管井降水；29人工挖土；30人工填土；31机械挖土；32机械填土。

本规程由北京市住房和城乡建设委员会和北京市市场监督管理局共同管理，北京市住房和城乡建设委员会归口并负责组织实施，由北京城建科技促进会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送北京城建科技促进会（地址：北京市西城区广莲路1号建工大厦9层，邮编：100055；电话：010-63989087电子邮箱：[cjhbzb@163.com](mailto:cjhbzb@163.com)）。

本规程主编单位：北京城建科技促进会

北京城建集团有限责任公司

北京城建华夏基础建设工程有限公司

## 目次

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 1 总则.....              | 5   |
| 2 基本规定.....            | 6   |
| 3 天然地基钎探.....          | 7   |
| 4 素土、灰土地基.....         | 6   |
| 5 砂和砂石地基.....          | 15  |
| 6 强夯地基.....            | 19  |
| 7 袖阀管注浆加固地基.....       | 24  |
| 8 土工合成材料加筋地基.....      | 27  |
| 9 长螺旋压灌素混凝土桩复合地基.....  | 31  |
| 10 灰土挤密桩和土挤密桩复合地基..... | 31  |
| 11 钢筋混凝土预制桩.....       | 40  |
| 12 三重管高压旋喷桩.....       | 49  |
| 13 水泥土（喷浆）搅拌桩.....     | 54  |
| 14 夯实水泥土桩复合地基.....     | 59  |
| 15 人工挖孔混凝土灌注桩.....     | 63  |
| 16 旋挖成孔灌注桩.....        | 69  |
| 17 反循环钻孔灌注桩.....       | 76  |
| 18 冲击成孔灌注桩.....        | 82  |
| 19 长螺旋钻成孔灌注桩.....      | 86  |
| 20 柱锤冲扩挤密碎石桩.....      | 90  |
| 21 振冲碎石桩.....          | 94  |
| 22 注浆钢管桩.....          | 99  |
| 23 抗浮锚杆.....           | 103 |
| 24 现浇混凝土桩基承台.....      | 114 |
| 25 浆砌重力式挡土墙.....       | 118 |
| 26 劲芯水泥土搅拌墙（桩）.....    | 122 |
| 27 土钉墙和复合土钉墙.....      | 128 |
| 28 型钢内支撑.....          | 132 |
| 29 中空注浆锚杆.....         | 138 |
| 30 管井降水.....           | 147 |
| 31 人工挖土.....           | 152 |
| 32 人工填土.....           | 155 |
| 33 机械挖土.....           | 157 |
| 34 机械填土.....           | 161 |
| 本规程用词说明.....           | 164 |
| 引用标准名录.....            | 165 |

## 1 总则

- 1.0.1** 为加强北京市建筑工程地基与基础工程施工管理工作，规范工艺做法，保证工程质量，制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于北京市行政区域内建筑工程施工中地基与基础工程施工。
- 1.0.3** 地基与基础工程的施工工艺除应符合本规程外，尚应符合国家及北京市现行有关标准的规定。

## 2 基本规定

**2.0.1** 建筑地基、基础、基坑及边坡工程施工所使用的材料、制品等的质量检验应符合设计要求和国家现行标准的规定。

**2.0.2** 建筑地基、基础、基坑及边坡工程施工前宜具备下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 建筑地基、基础、基坑及边坡工程施工所需的设计文件；
- 3 拟建工程施工影响范围内的建(构)筑物、地下管线和障碍物等资料；
- 4 施工组织设计和专项施工、监测方案。

**2.0.3** 建筑地基、基础、基坑及边坡工程施工的轴线定位点和高程水准基点，经复核后应妥善保护，并定期复测。

**2.0.4** 建筑地基基础工程冬、雨季施工应采取防冻、防雨措施。

**2.0.5** 基坑(槽)开挖应符合下列规定：

- 1 基坑(槽)周边的施工荷载不大于设计允许值；
- 2 基坑(槽)开挖施工工况符合设计要求；
- 3 基坑(槽)变形值及变形速度符合设计要求。

**2.0.6** 建筑地基、基础、基坑及边坡工程施工中出现险情时，应及时启动应急措施控制。

**2.0.7** 建筑地基、基础、基坑及边坡工程施工中遇有文物、古迹遗址等，应立即停止施工，并上报有关部门。

**2.0.8** 建筑地基、基础、基坑及边坡工程施工过程中，应做好施工记录。

**2.0.9** 地基基础工程施工质量验收应符合下列规定：

- 1 施工质量符合验收规定的要求；
- 2 质量验收的程序符合验收规定的要求；
- 3 施工质量的验收应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行；
- 4 质量验收应进行分部、分项工程验收；
- 5 质量验收应按主控项目和一般项目验收。

**2.0.10** 地基基础工程验收时宜提交下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 设计文件、图纸会审记录和技术交底资料；
- 3 工程测量、定位放线记录；
- 4 施工组织设计及专项施工方案；
- 5 施工记录及施工单位自查评定报告；
- 6 监测资料；
- 7 隐蔽工程验收资料；
- 8 检测与检验报告；
- 9 竣工图。

**2.0.11** 施工前及施工过程中所进行的检验项目宜制作表格，并做相应记录、校审存档。

**2.0.12** 地基基础工程应进行验槽，验槽检验要点应符合现行标准的规定。

**2.0.13** 主控项目的质量检验结果应全部合格，一般项目的验收合格率不得低于 80%。

**2.0.14** 检查数量应按检验批抽样，当本标准有具体规定时，应按相应条款执行，无规定时应按检验批抽检。检验批的划分和检验批抽检数量可按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定执行。

**2.0.15** 原材料的质量检验应符合下列规定：

- 1 钢筋、混凝土等原材料的质量检验符合设计要求和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》

GB 50204 的规定；

**2** 钢材、焊接材料和连接件等原材料及成品的进场、焊接或连接检测符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定；

**3** 砂、石子、水泥、石灰、粉煤灰、矿(钢)渣粉等掺合料、外加剂等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法符合国家现行有关标准的规定。

### 3 天然地基钎探

#### 3.1 材料要求

- 3.1.1** 天然地基钎探的钎探孔在测试后应回填。  
**3.1.2** 充填探孔时，宜选用中砂，可根据设计和工程特点灌注其他填充料。

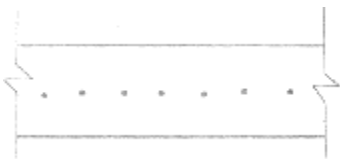
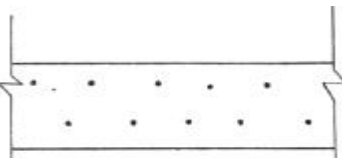
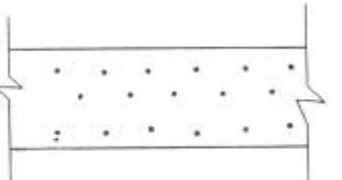
#### 3.2 主要机具

- 3.2.1** 钎探机具应为圆锥轻型动力钎探设备，具体设备参数应符合下列规定：  
1 穿心锤质量  $10\text{kg} \pm 0.2\text{kg}$ ；  
2 钎探杆直径 25 mm；  
3 探头直径 40mm，锥角  $60^\circ$ 。  
**3.2.2** 钎探架进行钎探时，参数应符合本规程规定，并应为自动设备。  
**3.2.3** 其他辅助工具可选用撬棍、手推车、麻绳或铅丝、梯子（凳子）、形夹具、钢卷尺等。

#### 3.3 作业条件

- 3.3.1** 基坑开挖不得超挖，设计基坑（槽）底标高留置保护土不应超过 100mm，基底应平整，轴线及坑（槽）宽、长应符合设计图纸要求。  
**3.3.2** 应根据设计图纸绘制钎探孔位平面布置图，设计无要求时，可按表 3.3.2 布设钎探孔。

表 3.3.2 探孔排列方式

| 槽宽<br>(m) | 排列方式及图示   | 间距<br>(m) | 深度<br>(m) |
|-----------|---|-----------|-----------|
| <0.8      | 中心一排<br> | 1.0~1.5   | 1.2       |
| 0.8~2.0   | 两排错开<br> | 1.0~1.5   | 1.5       |
| >2.0      | 梅花型<br>  | 1.0~1.5   | 2.1       |

- 3.3.3** 应按钎探孔位平面布置图放线，孔位宜钉上小木桩或撒白灰点。



### 3.4 施工工艺

3.4.1 施工工艺流程宜符合图 3.4.1 的规定。

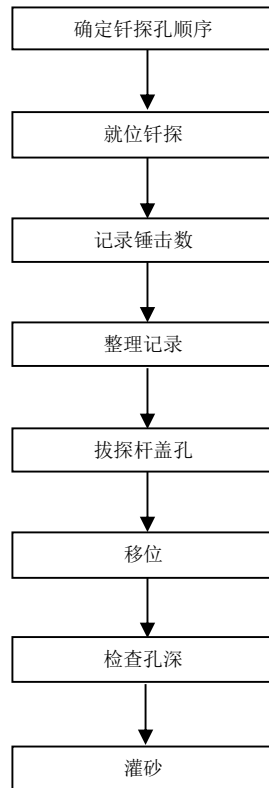


图 3.4.1 工艺流程图

3.4.2 就位钎探时应将钎探杆锥尖对准孔位，再把穿心锤套在探杆上，扶正探杆、拉起穿心锤，使其自由下落，锤落距应为 500mm，将钎控杆竖直打入土层中，自动钎探时，应按自动钎探要求进行。

3.4.3 记录锤击数应符合下列规定：

- 1 钎杆、探杆应每打入土层 300mm 时记录一次锤击数；
- 2 钎探深度设计无规定时，应按本规程表 3.3.2 执行。

3.4.4 完成试验的钎探孔，应经质量检查人员检查孔深与记录无误后，方可进行灌砂，灌砂时应符合下列规定：

- 1 每填入 300mm 可用钢筋棒捣实一次；
- 2 灌砂可每孔打完或几孔打完灌一次，也可每天打完，统一灌一次。

3.4.5 整理记录应按孔顺序编号，将锤击数填入统一表格内，字迹应清楚，电动机械应自动计数，并应经过钎探人员签字后归档。

3.4.6 雨冬期施工应符合下列规定：

- 1 地基土雨后，不得进行钎探；
- 2 地基土冬季钎探时，每打几孔应及时覆盖保温材料一次，不得大面积掀开，地基土不得受冻。

### 3.5 质量标准

3.5.1 主控项目的钎探深度应符合要求，锤击数记录应准确。

3.5.2 一般项目应符合下列规定：

- 1 孔位应准确，钎探孔不得遗漏；
- 2 钎探孔灌砂应密实。

### 3.6 成品保护

- 3.6.1 钎探完毕后，宜用砖盖孔作为标记，并应保护钎孔。
- 3.6.2 未经质量检查、有关工长复验时，不得堵塞或灌砂。

### 3.7 注意事项

- 3.7.1 钎探作业出现异常情况时，应按要求采取加密、移位等措施。
- 3.7.2 记录和平面布置图的整理应符合下列要求：
  - 1 记录表宜用不同颜色或符号将不同（锤击数）的探孔分开；
  - 2 钎探孔平面布置图上，应注明过硬或过软孔号的位置，并应注明枯井、墓穴、孔洞等尺寸。
- 3.7.3 当钎探孔可能成为地下通道并对建筑物的防水、抗浮造成不利影响时应采用灌注水泥浆方法填充钎探孔。

## 4 素土、灰土地基

### 4.1 材料要求

**4.1.1** 土料宜优先采用基槽中挖出的黏质粉土及粉质黏土，有机质含量不得超过 5%，不得含有冻土、耕土、淤泥、杂填土等。使用前应过筛，其粒径不得大于 15mm，含有碎石粒径不得大于 50mm。含水量应符合处理地基设计的规定，按  $W_{op} \pm 2\%$  控制。含水量偏高时，可采用翻松、晾晒或均匀掺入干土等措施；含水量偏低时，可采用先洒水润湿等措施。

**4.1.2** 石灰应选用新鲜的块灰或生石灰粉，使用前应经过 1-2 天的充分熟化并过筛，其粒径不得大于 5mm，不得夹有未熟化的生石灰块及其他杂质，也不得含有过多的水份。生石灰中 CaO 含量应大于 80%；对于室内地坪、室外散水、管沟等次要工程，其 CaO 含量不得低于 60%。

**4.1.3** 水泥（替代石灰时）宜采用 P.042.5 或 P.S.A32.5 水泥，并符合相关质量标准。

### 4.2 主要机具

**4.2.1** 主要机具宜选用人力夯、蛙式打夯机或压路机、平碾、羊足碾、铲运机、振动碾、搅拌机等。

**4.2.2** 辅助机具包括手推车、筛子、标准斗、靠尺、耙子、平头铁锹、胶皮管、小线、钢尺、测量仪器、环刀、击实仪等。

### 4.3 作业条件

**4.3.1** 基坑（槽）在施工素土、灰土垫层前应编制施工方案，基槽开挖至拟回填的设计标高应进行钎探，办理基底土检验手续。基础外侧回填施工前，应对基础、地下室墙和地下防水层、保护层进行检查，并完成隐检工作。

**4.3.2** 施工前应做好基槽防排水措施，防止地表水流入。当地下水位高于基坑（槽）底时，施工前应采取排水或降低地下水位的措施，地下水位应保持在施工面 500mm 以下。

**4.3.3** 施工前应根据项目特点、填料种类、设计压实系数、施工条件等合理确定土料含水量控制范围、铺土厚度和夯打遍数等参数。重要的填方工程应通过现场压实试验来确定各施工参数。

**4.3.4** 室内地坪和管沟处灰土回填前，应先完成上下水管道的安装或管沟墙间加固，并清除沟槽、地坪上的积水和杂物。

**4.3.5** 施工前，应标识水平高程。宜在基坑（槽）或沟的边坡上每隔 3m 钉标桩；在室内和散水的边墙上弹上水平线或在地坪上钉标高控制标桩。

### 4.4 施工工艺

**4.4.1** 素土、灰土地基工艺流程宜符合图 4.4.1。

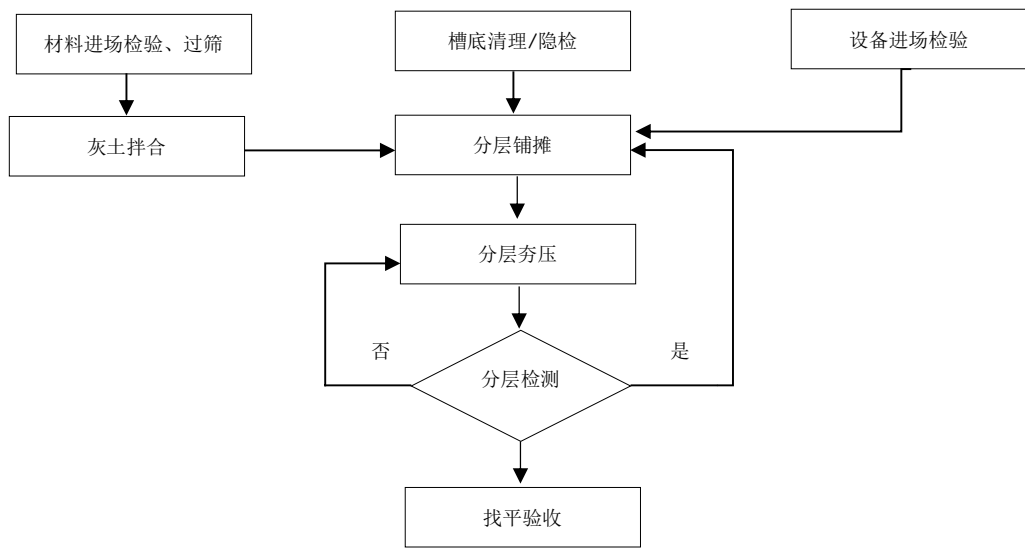


图 4.4.1 素土、灰土地基工艺流程

4.4.2 土料和石灰的材料质量应符合设计标准并分别过筛。

4.4.3 灰土拌合应符合下列规定：

- 1 设计无规定时，灰、土体积比宜为 2:8 或 3:7；
- 2 基础垫层灰、土应使用标准斗作为量具；
- 3 拌合应均匀一致，人工拌合时翻拌不少于 3 次，并应随用随拌。

4.4.4 灰土施工时，应控制含水量。施工现场检验时，宜采用“用手将灰土紧握成团，两指轻捏即碎”的标准。土料水份过多或不足时，应翻松晾晒或洒水润湿，控制其含水量在  $W_{op} \pm 2\%$  范围内。

4.4.5 基坑（槽）底或基土表面应将虚土、树叶、木屑、纸片等清理干净，并夯压两遍。局部有软弱土层或孔洞时应挖除并用灰土分层回填夯实，坑底应平整。

4.4.6 分层铺摊应符合下列规定：

- 1 每层的铺摊厚度，可根据不同的施工方法按表 4.4.6 选用；

表 4.4.6 素土、灰土分层铺设厚度

| 项次 | 夯具种类   | 重量          | 虚铺厚度<br>(mm) | 备注                      |
|----|--------|-------------|--------------|-------------------------|
| 1  | 人力夯    | 40kg~80kg   | 200~250      | 人力打夯落高 400 ~500mm，一夯压半夯 |
| 2  | 轻型夯实机具 | 120kg~400kg | 200~250      | 蛙式                      |
| 3  | 压路机    | 6t~10t      | 200~300      | 双轮                      |
| 4  | 振动碾    | 8t~25t      | 500~600      | /                       |

- 2 各层虚铺厚度应找平，虚土顶层应与坑（槽）边壁上的标桩相对应，并用尺、标准杆检查。

4.4.7 夯压密实应符合下列规定：

1 夯压的遍数应根据设计要求或现场试验确定，不宜少于 4 遍，并控制机械碾压速度。夯实应一夯压半夯、夯夯相连，行行相连，纵横交叉；碾迹重合宽度不少于虚铺厚度；

2 分段施工时，不得在墙角、柱基及承重窗间墙下接槎。上下两层灰土的接槎距离不得小于 500mm。铺土料时应从留槎处多铺 500mm，夯实时夯过接缝 300mm 以上，接槎时用铁锹在留槎处垂直切齐。灰土基础标高不同时，应做成阶梯形；

- 3 灰土拌合均匀后应当日铺填夯压；
- 4 夯压密实后，3d 内不得受水浸泡。

**4.4.8 找平和验收应符合下列规定：**

- 1 夯压完成后，应检查标高和平整度；
- 2 检验压实系数，在符合设计要求后方可进行上层施工。采用环刀法检验施工质量时，取样点应选择位于每层厚度的 2/3 深度处。检验点数量：条形基础下每 10m~20m 不应少于 1 个点，独立柱基、单个基础下不应少于 1 个点，其他基础下每 50m<sup>2</sup>~100m<sup>2</sup> 不应少于 1 个点；
- 3 采用标准贯入试验或轻型动力触探法检验施工质量时，检验点的间距不应大于 4m；
- 4 采用静载荷试验检验地基承载力时，每个单体工程不宜少于 3 个点。

**4.4.9 雨、冬期施工应符合下列规定：**

- 1 雨期施工时，基坑（槽）或管沟的夯填地基应连续进行尽快完成。施工中应防止地面水流入槽坑。雨期对土料、石灰应有防雨淋措施。刚铺完尚未夯实的灰土，如遭雨淋浸泡，则应将积水及松软灰土清除，重新补填新灰土夯实，稍受浸湿的灰土，应在晾干后再夯打密实；
- 2 冬期施工时，应采取防冻措施，对土料、石灰以及刚施工完的地基应覆盖保温，做到随筛、随拌、随铺、随打、随盖，每层铺土厚度应比常温施工时减少 20%-25%。气温在-10℃以下时，不宜施工。

**4.5 质量标准**

- 4.5.1 施工前应检查土料、石灰或水泥等材料的质量和其配合比及拌合均匀性。
- 4.5.2 施工中应检查分层铺设的厚度、夯实时的含水量、夯压遍数及压实系数。
- 4.5.3 施工结束后，应进行地基承载力检验。
- 4.5.4 素土、灰土地基的质量验收标准应符合表 4.5.4 的规定。

**表 4.5.4 素土、灰土地基质量检验标准**

| 项    | 序 | 检查项目    | 允许偏差或允许值 |     | 检查方法      |
|------|---|---------|----------|-----|-----------|
|      |   |         | 单位       | 数值  |           |
| 主控项目 | 1 | 地基承载力   | 不小于设计值   |     | 静载试验      |
|      | 2 | 配合比     | 设计值      |     | 检查拌和时的体积比 |
|      | 3 | 压实系数    | 不小于设计值   |     | 环刀法       |
| 一般项目 | 1 | 石灰粒径    | mm       | ≤5  | 筛析法       |
|      | 2 | 土料有机质含量 | %        | ≤5  | 灼烧减量法     |
|      | 3 | 土颗粒粒径   | mm       | ≤15 | 筛析法       |
|      | 4 | 含水量     | 最优含水量±2% |     | 烘干法       |
|      | 5 | 分层厚度    | mm       | ±50 | 水准测量      |

**4.6 成品保护**

- 4.6.1 施工时，应注意保护定位桩、轴线桩、标高桩，不得撞坏位移。
- 4.6.2 施工时，应对既有基础、基础墙或地下防水层进行保护。
- 4.6.3 素土、灰土地基施工完成后，应及时进行基础施工。夯实后的地基不得暴晒、淋雨和受冻。
- 4.6.4 地基夯压完成后，严禁行走施工机械和堆放重型材料，需要时应在表面铺设垫板。

#### 4.7 注意事项

- 4.7.1 施工前，应检验进场的设备及材料。
- 4.7.2 应在分层检测合格后再进行上层土的施工。
- 4.7.3 对于未达到设计要求的部位，应提出处理方法并进行处理后的复验。
- 4.7.4 石灰应熟化彻底，并按要求过筛。
- 4.7.5 房心土施工时，平整度偏差不大于 20mm。
- 4.7.6 对大面积施工，应考虑夯压顺序的影响，宜采用先外后内、先周边后中部的夯压顺序，优先选用机械碾压。
- 4.7.7 夜间施工时，应合理安排施工顺序，安设足够的照明设施。
- 4.7.8 土料晾晒、过筛、灰土拌合时应采取防尘措施。

## 5 砂和砂石地基

### 5.1 材料要求

**5.1.1** 砂宜采用质地坚硬的中砂、粗砂、砾砂。砂石宜采用级配良好的天然级配砂石或人工级配砂石。

**5.1.2** 人工级配砂石配制宜选用质地坚硬的中砂、粗砂、砾砂、卵石、碎石、石屑或其他稳定性好、透水性强、无害工业废粒料。在缺少中、粗砂和砾砂的地区，有试验依据时，可采用细砂，宜同时掺入一定数量粒径 20mm~50mm 的碎石或卵石，其掺量应符合设计要求，拌合均匀。

**5.1.3** 级配砂石材料，碎（卵）石含量不得超过 50%，不得含有草根、垃圾等有机杂物，含泥量不宜超过 5%，碎石或卵石最大粒径不得大于垫层或虚铺厚度的 2/3，并不宜大于 50mm。

### 5.2 主要机具

**5.2.1** 主要机具宜选用压路机、平碾、羊足碾、铲运机、振动碾、蛙式打夯机或人力夯等。

**5.2.2** 辅助机具包括手推车、靠尺、耙子、平头铁锹、胶皮管、小线、钢尺、测量仪器、环刀、击实仪等。

### 5.3 作业条件

**5.3.1** 应对级配砂石进行质量检验，并符合设计要求。

**5.3.2** 基坑（槽）在施工砂或砂石地基前必须编制施工方案，基槽开挖至拟回填的设计标高时办理基底土检验手续。基础外侧回填施工前，必须对基础、地下室墙和地下防水层、保护层进行检查，并完成隐检工作。

**5.3.3** 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，使地下水位降低至基坑底 500mm 以下，保持基坑（槽）无积水（当采用水撼法时可不考虑地下水位）。

**5.3.4** 施工前，应标识水平高程。宜在基坑（槽）或沟的边坡上每隔 3m 钉标桩；在室内和散水的边墙上弹上水平线或在地坪上钉标高控制标桩。大面积铺设时，应设置 5m×5m 网格标桩，控制每层铺设厚度。

### 5.4 施工工艺

**5.4.1** 砂和砂石地基工艺流程宜符合图 5.4.1。

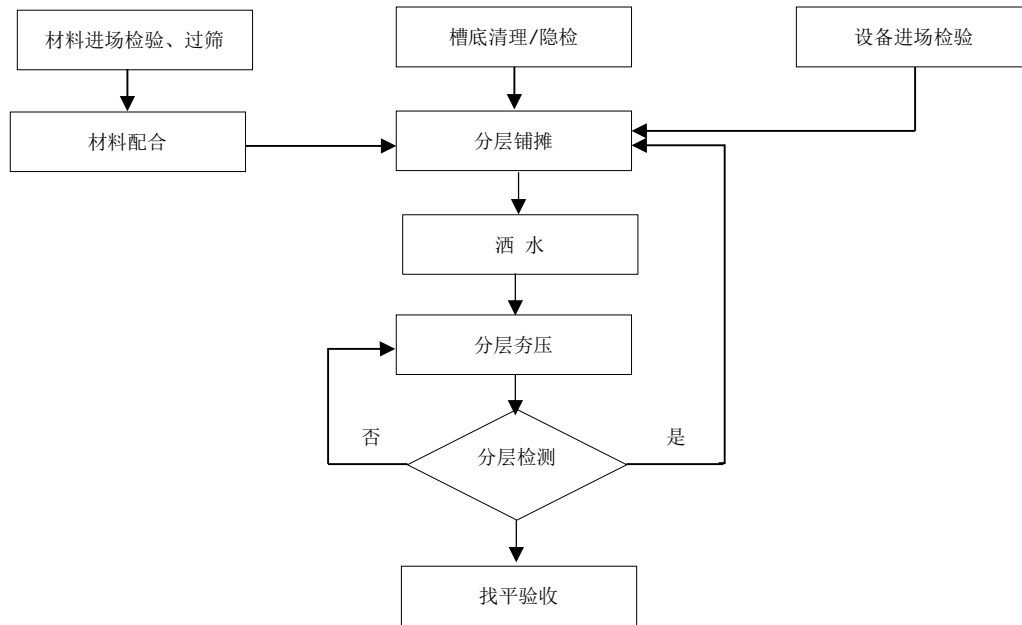


图 5.4.1 砂和砂石地基工艺流程

5.4.2 处理槽底表面应符合下列规定：

- 1 将槽底上表面的浮土和杂物清除干净，平整槽底，并妥善保护基坑边坡，防止塌土混入砂石垫层中；
- 2 基坑（槽）及附近如有低于槽底的孔洞、沟、井、墓穴等，应在未填砂石前加以填实处理；
- 3 对旧河暗沟应妥善处理，旧池塘回填前应将池底浮泥清除。

5.4.3 采用人工级配砂石时，材料级配应达到设计要求，并将砂石拌合均匀。

5.4.4 砂和砂石地基施工的虚铺厚度和含水量，可按表 5.4.4 控制。

表 5.4.4 砂和砂石地基虚铺厚度和含水量控制值

| 项次 | 压实方法 | 虚铺厚度 (mm) | 含水量 (%) | 施工说明  | 备注             |
|----|------|-----------|---------|---|----------------|
| 1  | 平振法  | 150~250   | 15~20   | 用平板振动器时，每行应搭接 1/3。                                    | 不宜使用细砂或含泥量较大的砂 |
| 2  | 夯实法  | 200~250   | 8~12    | 用蛙式夯时，一夯压半夯，全面夯实。                                     | 不宜用于地下水位以下砂垫层  |
| 3  | 碾压法  | 200~300   | 8~12    | 用 6~10t 的平碾时，行驶速度可控制在 2km/h，碾压次数以达到要求的密实度为准，不宜少于 4 遍。 | 适用于砂石地基        |

5.4.5 分层铺筑砂石应符合下列规定：

1 砂和砂石地基应分层铺设。每层厚度依据施工设备，一般为 200mm~300mm，不宜超过 500mm，分层厚度可用标桩控制。坑底土质软弱时，首层虚铺厚度可增加，增加厚度不计入垫层设计厚度内；

2 砂和砂石地基地面宜铺设在同一标高上。深度不同时，搭接处基土面应挖成踏步或斜坡形，施工应按先深后浅的顺序进行，搭接处应压实；

3 分段施工时，接头处应做成斜坡，每层错开 0.5m~1.0m，并增加质量检查点。

5.4.6 铺筑级配砂石在夯实碾压前应根据其干湿程度和气候条件，应均匀洒水保持砂石的最佳含水量。

5.4.7 夯实或碾压应符合下列规定：

- 1 根据不同条件，可按表 5.4.4 选择适用压实方法；



- 2 大面积的砂石垫层，宜采用大型机械碾压，边角处可用人力夯或蛙式打夯机夯实；
  - 3 夯实或碾压的施工参数应由现场试验确定；
  - 4 采用机械碾压，不宜少于 4 遍，轮迹搭接不应小于 500mm；
  - 5 采用人力夯或蛙式打夯机时，应保持落距为 400mm~500mm，应一夯压半夯全面夯实，不宜少于 3 遍。
- 5.4.8 找平和验收应符合下列规定：**
- 1 施工时应分层找平，夯、压密实，下层密实度经检验合格后方可进行上层施工；
  - 2 采用环刀法（容积不小于 200cm<sup>3</sup>）、灌砂法、灌水法检验施工质量时，检验点数量：条形基础下每 10m~20m 不应少于 1 个点，独立柱基、单个基础下不应少于 1 个点，其他基础下每 50m<sup>2</sup>~100m<sup>2</sup> 不应少于 1 个点；
  - 3 采用标准贯入试验或动力触探法检验施工质量时，检验点的间距不应大于 4m；
  - 4 采用静载荷试验检验地基承载力时，每个单体工程不宜少于 3 个点；
  - 5 最后一层夯压密实后，表面应拉线找平，并符合设计标高。

## 5.5 质量标准

- 5.5.1 施工前应检查砂石等原材料质量和配合比及砂石拌合的均匀性。
- 5.5.2 施工中应检查分层厚度、分段施工时搭接部分的压实情况、加水量、压实遍数、压实系数。
- 5.5.3 施工结束后，应进行地基承载力检验。
- 5.5.4 砂和砂石地基的质量检验标准应符合表 5.5.4 的规定。

**表 5.5.4 砂和砂石地基质量检验标准**

| 项    | 序 | 检查项目     | 允许偏差或允许值 |     | 检查方法          |
|------|---|----------|----------|-----|---------------|
|      |   |          | 单位       | 数值  |               |
| 主控项目 | 1 | 地基承载力    | 不小于设计值   |     | 静载试验          |
|      | 2 | 配合比      | 设计值      |     | 检查拌合时的体积比或质量比 |
|      | 3 | 压实系数     | 不小于设计值   |     | 灌砂法、灌水法       |
| 一般项目 | 1 | 砂石料有机质含量 | %        | ≤5  | 灼烧减量法         |
|      | 2 | 砂石料含泥量   | %        | ≤5  | 水洗法           |
|      | 3 | 砂石料粒径    | mm       | ≤50 | 筛析法           |
|      | 4 | 分层厚度     | mm       | ±50 | 水准测量          |

## 5.6 成品保护

- 5.6.1 回填砂石时，应保护现场轴线桩、标桩，并应经常复测。
- 5.6.2 夯压时，对结构性强的基底土，在垫层最下层宜先铺设 150mm~200mm 厚松砂并夯实。
- 5.6.3 施工中必须保证边坡稳定、防止坍塌。
- 5.6.4 级配砂石地基施工完成后，下一步工序不能及时施工时，应洒水润湿。
- 5.6.5 地基铺夯完成后，严禁行走施工机械和堆放重型材料，需要时应在表面铺设垫板。

## 5.7 注意事项

- 5.7.1 施工前，应检验进场的设备及材料。

**5.7.2** 应在分层检测合格后进行上层垫层的施工。

**5.7.3** 对于未达到设计要求的部位，应提出处理方法并进行处理后的复验。

**5.7.4** 雨、冬期不宜进行垫层工程，施工时应采取技术措施，回填地基不得水泡、受冻。

**5.7.5** 大面积施工时，宜采用先外后内、先周边后中部的夯压顺序，优先选用机械碾压。

**5.7.6** 铺筑的级配砂石发现砂窝或堆石时，应将该处砂或石堆挖出，并填入级配良好的砂石。

**5.7.7** 夜间施工时，应合理安排施工顺序，安设足够的照明设施。

**5.7.8** 级配砂石配制和运输过程中应采取防尘措施。

## 6 强夯地基

### 6.1 材料要求

**6.1.1** 柴油、机油、齿轮油、液压油、钢丝绳、电焊条均符合主机使用要求。

**6.1.2** 回填土料可选用和处理地层相适应的土料，宜选用不含有机质、含水量较小的黏质粉土、粉土或粉质黏土等。

### 6.2 主要机具

**6.2.1** 起重机宜根据夯锤重量、单击夯击能等合理选用，起吊能力大于锤重 1.5~2.0 倍，可选用履带式起重机或汽车起重机，宜优先选用履带式起重机。

**6.2.2** 夯锤可采用 10t~60t、铸钢或钢筒混凝土制作而成，宜优先选用铸钢夯锤。底面形状宜用圆形，锤的底面宜均匀设置若干个与其顶面贯通的排气孔，孔径可取 300mm~400mm。锤底静接地压力值可取 25kPa~80kPa。

**6.2.3** 自动脱钩器应强度足够，转动灵活，安全可靠。

**6.2.4** 可在强夯设备上集成施工管理系统或自动测量记录分析装置，对强夯作业参数进行自动测量记录分析。

**6.2.5** 强夯作业还应备有推土机、电焊机、全站仪、水准仪、塔尺、钢卷尺等，其质量或精度均应满足现场施工需要。

### 6.3 作业条件

**6.3.1** 施工前应完成“三通一平”，地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均已处理完毕；各项临时设施如照明、动力、安全设备等准备就绪。

**6.3.2** 施工现场周围建筑、构筑物（含文物保护单位）、古树、名木和地下管线应有可靠的保护措施。当强夯能量有可能对邻近建筑物产生影响时，应在施工区边界开挖隔震沟，隔震沟规模应根据影响程度确定。汛期应根据场地大小设置合理的周边排水沟或排水措施。

**6.3.3** 应具备详细的岩土工程地质及水文地质勘察资料、拟建建筑物平面位置图、基础平面图剖面图、强夯地基处理施工图及工程施工组织设计。

**6.3.4** 依据建筑物控制点坐标、水准点高程及书面资料，进行施工放线、放点，施工测量控制点应引至不受施工影响的稳固地点。

**6.3.5** 起吊设备进场后应及时进行安装及调试，保证吊车行走运转正常；起吊滑轮组与钢丝绳连接紧固，安全可靠；起吊挂钩锁定装置应牢固可靠，脱钩自由灵敏，与钢丝绳连接牢固；夯锤重量、直径、高度应满足设计要求，夯锤挂钩与夯锤整体应连接牢固；施工用推土机应运转正常。

### 6.4 施工工艺

**6.4.1** 强夯地基工艺流程宜符合图 6.4.1。

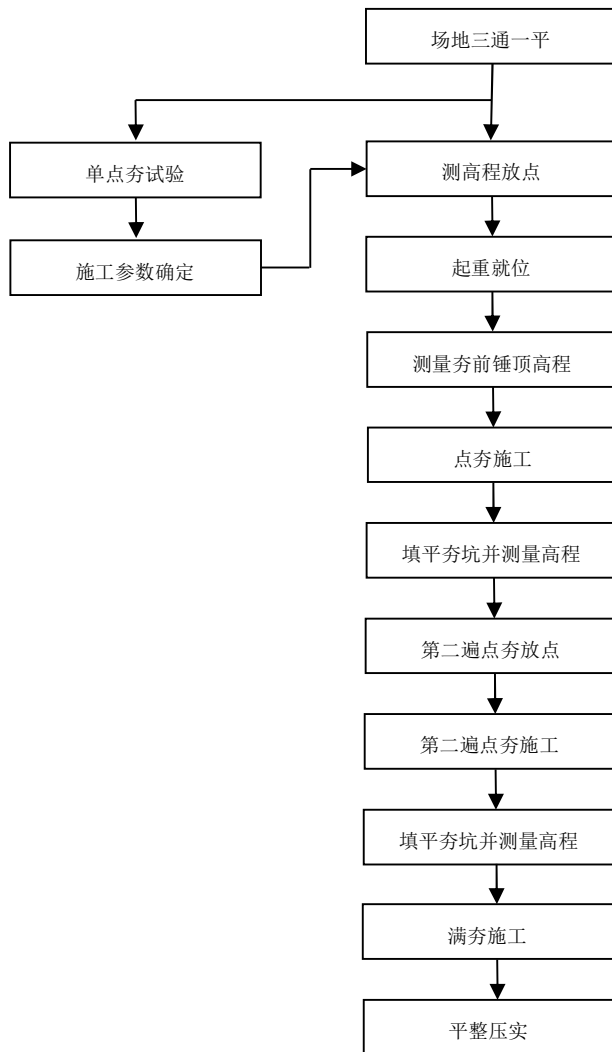


图 6.4.1 强夯地基工艺流程

6.4.2 单击夯击能应符合设计要求，锤重  $G$ 、落距  $H$  按式 6.4.2 计算。

$$(6.4.2)$$

式中  $E$ ——单击夯击能，KNm.；

$G$ ——锤重，KN；

$H$ ——落距，m。

6.4.3 单点夯试验应符合下列要求：

- 1 在施工现场附近或场地内，应选择具有代表性的适当位置进行单点夯试验。试验点数量根据工程需要确定，不宜少于 2 点，每个试验区面积不宜小于 20m×20m；
- 2 根据夯锤直径，画出试验点中心点位置及夯击圆界限；
- 3 在夯击试验点界限外两侧，以试验中心点为原点，宜对称等间距埋设标高施测基准桩，基准桩埋设在同一直线上，直线通过试验中心点，基准桩间距一般为 1 米，基准桩埋设数量视单点夯影响范围而定；
- 4 宜在远离试验点（夯击影响区外）架设水准仪，进行各观测点的水准测量，并做好记录；
- 5 平稳起吊夯锤至设计要求夯击高度，释放夯锤应自由平稳落下；
- 6 用水准仪对基准桩及夯锤顶部进行水准高程测量，应做好试验记录；

7 重复以上 5、6 两步骤至试验要求夯击次数。

#### 6.4.4 施工参数确定应符合下列要求：

1 完成各单点夯试验施工及检测后，应综合分析施工检测数据，确定强夯施工参数，包括：夯击高度，单点夯击次数，点夯施工遍数及满夯夯击能量，夯击次数，夯点搭接范围、满夯遍数等；

2 处理场地整体夯沉量、需要回填土数量应根据单点夯试验资料、强夯施工参数及建筑设计基础埋深进行计算；

3 必要时，应通过强夯小区试验，来确定强夯施工参数。

#### 6.4.5 强夯施工场地测量、放样应符合下列要求：

1 对强夯平整后施工场地进行高程测量，场地平整度应符合要求；

2 根据每遍点夯施工图，以夯击点中心为圆心，以夯锤直径为圆直径，分别画出每一个夯点，夯击点中心点位偏差应不大于 2cm；

3 对每遍夯坑周围隆起量应进行观察测量。

#### 6.4.6 点夯施工应符合下列要求：

1 夯击机械就位，提起夯锤离开地面，调整吊机使夯锤中心与夯击点中心一致，固定起吊机械；

2 测量夯前锤顶高程；

3 将夯锤起吊到预定高度，开启脱钩装置，夯锤脱钩自由下落，放下吊钩，测量锤顶高程；若发现因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时，应及时将坑底整平；

4 重复步骤 3，按设计规定的夯击次数及控制标准，完成一个夯点的夯击；当夯击过深，出现提锤困难，但无明显隆起，而尚未达到控制标准时，宜将夯坑回填至与坑顶齐平后，继续夯击；

5 换夯点，重复步骤 1~4，完成第一遍全部夯点的夯击；

6 用推土机将夯坑填平，并测量场地高程；

7 在规定的间隔时间后，按上述步骤逐次完成全部夯击遍数。

#### 6.4.7 满夯施工应符合下列要求：

1 点夯施工全部结束，平整场地并测量场地水准高程后，可进行满夯施工；

2 满夯施工应根据满夯施工图进行并遵循由点到线，由线到面的原则；

3 按设计要求的夯击能量、夯击次数、遍数及夯坑搭接方式进行满夯施工，并测量夯后场地高程。

6.4.8 两遍夯击之间，应有一定的时间间隔，间隔时间取决于土中超静孔隙水压力的消散时间。当缺少实测资料时，可根据地基土的渗透性确定，对于渗透性较差的黏性土地基，间隔时间不宜少于 2~3 周；对于渗透性好的地基可连续夯击。

#### 6.4.9 冬、雨期施工应符合下列要求：

1 雨期施工，应做好气象信息收集工作；夯坑应及时回填夯平，避免坑内积水渗入地下影响强夯效果；夯坑内一旦积水，应及时排出；场地因降水浸泡，应增加消散期，严重时，采用换土再夯等措施；

2 冬期施工，应将冻土击碎或将冻层挖除，然后再按各点规定的夯击数施工，在第一遍及第二遍夯完整平后宜在 5 天后进行下一遍施工。

## 6.5 质量标准

6.5.1 施工前应检查夯锤质量和尺寸、落距控制方法，排水设施及被夯地基的土质。

6.5.2 施工中应检查夯锤落距、夯点位置、夯击范围、夯击击数、夯击遍数、每击夯沉量、最后两击的平均夯沉量、总夯沉量和夯点施工起止时间等。

6.5.3 检查施工过程中的各项测试数据和施工记录，不符合设计要求时应补夯或采取其他有效措施。

6.5.4 施工结束后，应进行地基承载力、地基土的强度、变形指标及其他设计要求指标检验。

6.5.5 强夯处理后的地基承载力检验，应在施工结束后间隔一段时间进行，对于碎石土和砂土地基，间隔时间宜为（7~14）d；粉土和黏性土地基，间隔时间宜为（14~28）d。

6.5.6 强夯地基均匀性检验，可采用动力触探试验或标准贯入试验、静力触探试验等原位测试，以及室内土工试验。检验点的数量，可根据场地复杂程度和建筑物的重要性确定，对于简单场地上的一般建筑物，按每400m<sup>2</sup>不少于一个检测点，且不少于3点；对于复杂场地或重要建筑地基，每300m<sup>2</sup>不少于一个检测点，且不少于3点。

6.5.7 强夯地基承载力检验的数量，应根据场地复杂程度和建筑物的重要性确定，对于简单场地上的一般建筑，每个建筑地基载荷试验检验点不应少于3点；对于复杂场地或重要建筑地基应增加检验点数。

6.5.8 强夯地基质量检验标准应符合表 6.5.8 的规定。

表 6.5.8 强夯地基质量检验标准

| 项    | 序  | 检查项目           | 允许偏差或允许值 |      | 检查方法   |
|------|----|----------------|----------|------|--------|
|      |    |                | 单位       | 数值   |        |
| 主控项目 | 1  | 地基承载力          | 不小于设计值   |      | 静载试验   |
|      | 2  | 处理后地基土的强度      | 不小于设计值   |      | 原位测试   |
|      | 3  | 变形指标           | 设计值      |      | 原位测试   |
| 一般项目 | 1  | 夯锤落距           | mm       | ±300 | 钢索设标志  |
|      | 2  | 夯锤质量           | kg       | ±100 | 称重     |
|      | 3  | 夯击遍数           | 不小于设计值   |      | 计数法    |
|      | 4  | 夯击顺序           | 设计要求     |      | 检查施工记录 |
|      | 5  | 夯击击数           | 不小于设计值   |      | 计数法    |
|      | 6  | 夯点位置           | mm       | ±500 | 用钢尺量   |
|      | 7  | 夯击范围（超出基础范围距离） | 设计要求     |      | 用钢尺量   |
|      | 8  | 前后两遍间歇时间       | 设计值      |      | 检查施工记录 |
|      | 9  | 最后两击平均夯沉量      | 设计值      |      | 水准测量   |
|      | 10 | 场地平整度          | mm       | ±100 | 水准测量   |

## 6.6 成品保护

6.6.1 施工过程中应避免夯坑内积水，一旦积水要及时排除，必要时换土再夯。

6.6.2 强夯处理后的地基承载力检验，应在施工结束后间隔一段时间进行，间隔时间应满足 6.5.5 条要求。

## 6.7 注意事项

6.7.1 起夯时，吊车正前方、吊臂下和夯锤下严禁站人；整平夯坑内土方时，应先将夯锤吊离并放在坑外地面后方可进行。

6.7.2 施工人员进入现场必须佩戴安全帽，夯击时要距离夯坑 10m 以上。

6.7.3 六级以上大风天气、雨、雾、雪、风沙扬尘等能见度低时应暂停施工。

6.7.4 施工时应根据地下水迳流排泄方向，从上游向下游方向施工。

6.7.5 严格遵守强夯施工程序及要求，做到夯锤升降平稳，对准夯坑，避免歪夯，禁止错位夯击施工。

6.7.6 夯锤排气孔在施工时应保持畅通。

**6.7.7** 施工前应加强对夯锤、脱钩器、吊车臂杆和起重索具的检查。

**6.7.8** 对不均匀场地，应同时控制夯击次数和夯沉量。

**6.7.9** 强夯施工过程中，如遇地面隆起影响施工，应适当增加消散期，适时挖除隆起量，保持起夯面标高不变。必要时可适当超挖一定深度后，回填碎石土至起夯面标高，再继续强夯施工。

## 7 袖阀管注浆加固地基

### 7.1 材料要求

7.1.1 水泥宜采用 P.S.A 32.5 水泥或 P.O 42.5 水泥。

7.1.2 外加剂应根据工程需要和土质条件，分别选用具有早强、缓凝、减水等性能的外加剂，且应经实验室复试合格。

7.1.3 袖阀管宜选用外径 48mm、76mm、89mm 的钢管、铸铁管或塑料管，壁厚宜不小于 3mm。

### 7.2 主要机具

7.2.1 成孔机械采用小型机械，可采用小型冲击钻机、回旋钻机、螺旋钻机。

7.2.2 水泥搅拌机的搅浆筒体积不宜不小于 0.5m<sup>3</sup>。

7.2.3 注浆泵的注浆压力范围为 1.5~4.0MPa。

### 7.3 作业条件

7.3.1 施工前应完成“三通一平”施工条件，地上、地下障碍物均已排除处理完毕，无碍施工。

7.3.2 按设计要求放线定孔位，孔距允许误差±200mm。

7.3.3 施工前应将水泥、外掺剂送实验室复试。

7.3.4 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，对设备进行安全可靠性检查。

7.3.5 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使水泥浆输送距离最短，且输送管铺设时拐弯最少。

### 7.4 施工工艺

7.4.1 袖阀管注浆加固地基工艺流程宜符合图 7.4.1。

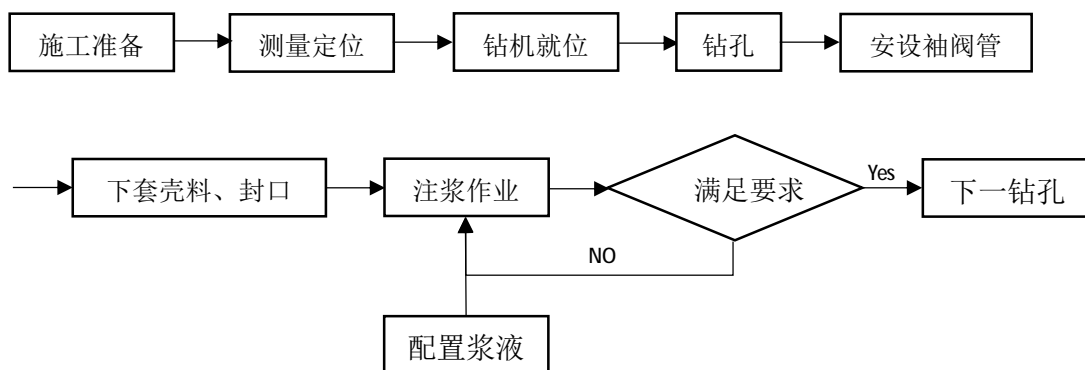


图 7.4.1 袖阀管注浆加固地基工艺流程

7.4.2 钻机就位时应准确并放置平稳，以保证钻孔的竖向垂直度及孔位偏移。

7.4.3 施工过程中应随时检查测量钻杆角度，保证符合设计角度。成孔时要进行清孔检查，对于孔中出现的局部塌孔或掉落松土应立即处理，成孔后用编织物等将孔口临时堵塞，及时放置袖阀管。钻进过程中要做好记录，为注浆作业提供参考数据。

7.4.4 泥浆护壁成孔时，成孔后及时用套壳料替换孔内泥浆，直至排出的泥浆中含有套壳料时，停止置换。



套壳料采用现场配置，可采用水泥：黏土：水=1:1.5:2（重量比），或根据现场试验后确定。

**7.4.5** 安设袖阀管时应根据引孔深度连接袖阀管，袖阀管上口露出地面约 20cm，将连接好的袖阀管下口用尖底封好；然后，将袖阀管下入孔中，要确保袖阀管下到孔底。必要时，用高压水对孔内进行清洗，减少孔内沉渣和泥浆比重。

**7.4.6** 在孔口周围的地面至地面以下 1m 范围内采用灰土封堵。

**7.4.7** 配置浆液时应先往搅拌桶内注入预定水量并开动搅浆机后，再逐渐加入水泥直到设计用量，一般水灰比为 0.75~1.0，搅拌不低于 3min 后将浆液通过过滤网流到储浆池内待灌。

**7.4.8** 在套壳料具备一定强度（不小于 48 小时）后进行注浆，注浆时采取分段注浆，每段注浆长度称为注浆步距。注浆步距应按设计要求，设计无要求时宜选取 0.3~0.5m，注浆土层松散时选低值，反之选高值。注浆过程中，每段注浆完成后，向上或向下移动一个步距的芯管长度。宜采用提升设备移动，或人工采用 2 个管钳对称夹住芯管，两侧同时均匀用力，将芯管移动。每完成 3~4m 注浆长度，要拆掉一节注浆芯管。

**7.4.9** 注浆顺序应按跳孔间隔注浆方式进行，并宜采用先外围后内部的注浆施工方法。当地下水流速较大时，应从水头高的一端开始注浆，必要时可采用双液注浆，并严格控制注浆效果。

**7.4.10** 注浆控制应符合下列要求：

1 单根注浆结束标准：注浆过程中，压力逐渐上升，流量逐渐减少，当压力达到注浆终压，注浆量达到设计注浆量的 80% 以上，可结束该孔注浆；注浆压力未能达到设计终压，注浆量已达到设计注浆量，并无漏浆现象，亦可结束该孔注浆；

2 本循环注浆结束标准：所有注浆孔均达到注浆结束标准，无漏注现象，即可结束本循环注浆。

## 7.5 质量标准

**7.5.1** 施工前应检查注浆点位置、浆液配比、浆液组成材料的性能及注浆设备性能。

**7.5.2** 施工中应抽查浆液的配比及主要性能指标、注浆的顺序及注浆过程中的压力控制等。

**7.5.3** 施工结束后，应进行地基承载力、地基土强度和变形指标检验。

**7.5.4** 袖阀管注浆地基的质量检验标准应符合下表 7.5.4 的规定。

表 7.5.4 注浆地基质量检验标准

| 项次   | 项 目         | 允许值或允许偏差 |      | 检验方法    |
|------|-------------|----------|------|---------|
|      |             | 单位       | 数值   |         |
| 主控项目 | 1 地基承载力     | 不小于设计值   |      | 静载试验    |
|      | 2 处理后地基土的强度 | 不小于设计值   |      | 原位测试    |
|      | 3 变形指标      | 不小于设计值   |      | 原位测试    |
| 一般项目 | 1 注浆材料称量    | %        | ±3   | 称重      |
|      | 2 注浆孔位      | mm       | ±50  | 用钢尺量    |
|      | 3 注浆孔深      | mm       | ±100 | 量测注浆管长度 |
|      | 4 注浆压力      | %        | ±10  | 检查压力表读数 |

## 7.6 成品保护

**7.6.1** 注浆结束后，应在注浆管上口盖上闷盖，以便于复注施工。

**7.6.2** 注浆时应对露出地面的袖阀管进行保护。

**7.6.3** 当既有建筑地基进行注浆加固时，应对既有建筑及其邻近建筑、地下管线和地面的沉降、倾斜、位移和裂缝进行监测。并应采用多孔间隔注浆和缩短浆液凝固时间等措施，减少既有建筑基础因注浆而产生的附加沉降。

## 7.7 注意事项

**7.7.1** 袖阀管应保证管内光滑、无毛刺，防止划伤芯管密封件。

**7.7.2** 注浆开始前，应正确连接注浆管路，并应进行压水或压稀浆试验，检查管路的密封性和地层的吸浆情况。

**7.7.3** 注浆时，要经常观测注浆压力和流量的变化，当注浆量大于 30L/min 时，应停止注浆分析原因及时处理，并且在注浆过程中，要经常观察工作面及管口情况，发现漏浆和串浆，要及时进行封堵。

**7.7.4** 注浆过程中要做好注浆记录。

**7.7.5** 在注浆过程中如发现浆液冒出地表的情况，应该采取如下措施：

- 1 降低注浆压力，同时提高浆液浓度，必要时掺砂或水玻璃；
- 2 限量注浆，控制单位吸浆量；
- 3 采取间歇注浆的方法，即发现冒浆后就停灌，待 15min 左右再灌。

**7.7.6** 在注浆过程中，发现浆液从附近其他钻孔流出时，应适当延长相邻两个孔的施工时间间隔或进行隔孔灌注。

**7.7.7** 冬期施工时，应在施工现场采取措施，保证浆液不冻结。

## 8 土工合成材料加筋地基

### 8.1 材料要求

**8.1.1** 土料宜选用碎石、角砾、砾砂、粗砂、中砂等洁净粗粒料，不宜含氯化钙、碳酸钠、硫化物等化学物质，有机质含量不大于5%。当工程要求垫层具有排水功能时，土料应具有良好的透水性。

**8.1.2** 土工格栅可按照下列类别采用，按照受力的方向分二类：单向土工格栅（代号GD）、双向土工格栅（代号GS）；按照典型产品形状分：单向拉伸土工格栅（代号GDL）、双向拉伸土工格栅（代号GSL）、单向经编土工格栅（代号GDJ）、双向经编土工格栅（代号GSJ）、单向粘焊土工格栅（代号GDZ）、双向粘焊土工格栅（代号GSZ）。产品规格系列见表8.1.2。

表 8.1.2 土工格栅产品规格

| 格栅种类            | 标称每延米抗拉强度（kN/m） |    |    |    |     |     |     |
|-----------------|-----------------|----|----|----|-----|-----|-----|
|                 | 20              | 35 | 50 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| 单向拉伸土工格栅 GDL    | 20              | 35 | 50 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| 双向拉伸土工格栅 GSL    | 20              | 35 | 50 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| 单向经编土工格栅 GDJ    | 25              | 40 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| 双向经编土工格栅 GSJ    | 25              | 40 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| 单向粘焊、焊接土工格栅 GDZ | 25              | 40 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| 双向粘焊、焊接土工格栅 GSZ | 25              | 40 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 |

**8.1.3** 土工布可按照纤维品种分类为涤纶、丙纶、锦纶、乙纶等长丝纺粘针刺非织造土工布；可按照结构类型分为普通型和复合型等。

**8.1.4** 土工布产品规格可采用单位面积质量和幅宽表示，系列如下：单位面积质量（g/m<sup>2</sup>）：100、150、200、250、300、350、400、450、500、600、800等；幅宽（m）：2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0等。

### 8.2 主要机具

**8.2.1** 主要机具包括土工合成材料拼接机具，回填土、石料运输机具，回填层夯实、碾压机具等。

**8.2.2** 辅助工具包括水准仪、钢尺、靠尺等。

### 8.3 作业条件

**8.3.1** 铺设施工前应对土工合成材料进行检验，检验数量及标准应符合设计要求，设计无要求时，参照《交通工程土工合成材料 土工格栅》JT/T 480、《土工合成材料 长丝纺粘针刺非织造土工布》GB/T 17639等规范执行。

**8.3.2** 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，对设备进行安全可靠性检查，确保施工质量及安全。

**8.3.3** 施工现场土工合成材料的搬运及贮存工作，应满足以下要求：在搬运过程中，不得抛摔，避免与尖锐物品混装，避免剧烈冲击。贮存过程中，不应露天存放，不得沾污、雨淋、破损，不得长期日光照射、直立。

**8.3.4** 土工合成材料铺设施工前，应保证基层处理符合设计要求，并通过验收。

## 8.4 施工工艺

### 8.4.1 工艺流程宜按如下流程：

基层处理→土工合成材料铺放→检查→回填料铺设夯（压）实→检查验收

### 8.4.2 基层处理应符合下列要求规定：

1 铺设土工合成材料的基层应平整，局部高差不大于 50mm。铺设土工合成材料前应清除树根、草根及硬物，避免损伤破坏土工合成材料，表面凹凸不平的可铺一层砂找平。找平层表面应有 4-5% 的坡度，以利排水；

2 对于不宜直接铺设土工合成材料的基层应先设置砂垫层，砂垫层厚度不宜小于 300mm，宜采用中粗砂，含泥量不大于 5%。

### 8.4.3 土工合成材料铺放应符合下列要求规定：

1 首先应检查材料有无损伤破坏；

2 土工合成材料需按其主要受力方向从一端向另一端铺放；

3 铺放时松紧度应适度，防止崩拉过紧或有皱折，且紧贴下基层。要及时加以压固，以免被风吹起；

4 土工合成材料铺放时，两端须有富余量。富余量每端不少于 1000mm，且应按设计要求加以固定；

5 相邻土工合成材料的连接，对土工格栅可采用密贴排放或重叠搭接，用聚合物绳或棒或特种连接件连接。对土工布可采用搭接或缝接；

6 当加筋垫层采用多层土工材料时，上下层土工材料的接缝应交替错开，错开距离不小于 500mm；

7 土工布的连接可采用搭接法、缝合法、胶结法。连接处强度不得低于设计要求的强度，具体要求如下：

搭接法：搭接长度 300-1000mm，视建筑荷载、铺设地形、基层特性、铺放条件而定。一般情况下采用 300-500mm，荷载大、地形倾斜、基层较软时，不宜小于 500mm；水下铺放搭接长度不宜小于 1000mm。当土工布上铺有砂垫层时，不宜采用搭接法；缝合法：采用尼龙或涤纶将土工布双道缝合，两道缝线间距 1.0-2.5mm，缝合形式如图 8.4.3 所示；胶结法：采用热粘结或胶粘接。粘结时搭接宽度不宜小于 100mm；

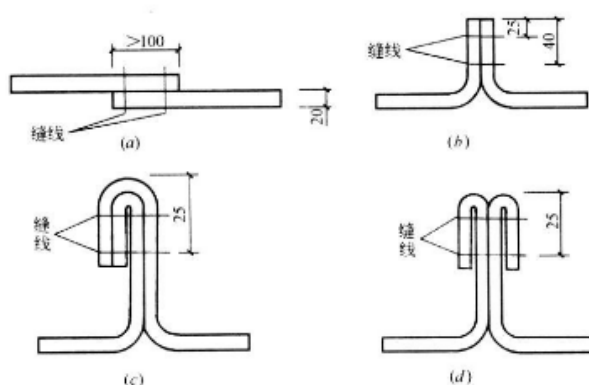


图 8.4.3 缝合接缝形式

(a)平接；(b)对接；(c)J 字接；(d)蝶形接

8 土工合成材料铺放时，不得有大面积的损伤破坏。对小的裂缝或孔洞，应在其上缝补新材，新材面积不小于破坏面积的 4 倍，边长不小于 1000mm。

### 8.4.4 土料回填应符合下列要求规定：

1 土工合成材料垫层地基，加筋垫层结构的回填料，其材料种类、层间高度、碾压密实度等均应满足设计要求；

- 2 回填料为中、粗、砾砂或细粒碎石料时，距离土工合成材料 80mm 范围内，最大粒径不应大于 60mm；
- 3 当使用块石做土工合成材料保护层时，块石抛放高度应小于 300mm，且土工合成材料上应铺放厚度不小于 500mm 的砂层；
- 4 对于黏性土，填料应能满足设计要求的压实度，并不含有对土工合成材料有腐蚀作用的成分；
- 5 回填土应分层进行，每层填土的厚度一般为 100-300mm，土工合成材料上第一层填土厚度不应小于 300mm；
- 6 填土顺序一般采用从中心向外侧对称进行，平面上呈“凸”形，凸口朝向前进方向；
- 7 回填时应根据设计要求及地基沉降情况控制回填速度；
- 8 土工合成材料上第一层填土，机械应沿垂直土工合成材料的铺放方向运行，采用压力小于 55kPa 的轻型机械摊料及碾压。填料高度大于 600mm 后方可使用重型机械；
- 9 为防止土工合成材料在施工中产生顶破、穿刺、擦伤、撕破等，宜在土工合成材料下设置砾石或碎石垫层，在其上设置砂卵石保护层，铺设方法同砂石垫层；
- 10 土工合成材料铺设时，一次铺设不宜过长，以免下雨渗水难以处理，土工合成材料铺设完成后，应及时铺设上层砂石料或土料，避免长时间暴晒和暴露。

## 8.5 质量标准

**8.5.1** 施工前应检查土工合成材料的单位面积质量、厚度、比重、强度、延伸率以及土、砂石料质量等。土工合成材料以 100 m<sup>2</sup>为一批，每批应抽查 5%。

**8.5.2** 施工中应检查基槽清底情况、回填料铺设厚度及平整度、土工合成材料的铺设方向、接缝搭接长度或缝接状况、土工合成材料与结构的连接状况等。

**8.5.3** 施工结束后，应进行地基承载力检验。

**8.5.4** 土工合成材料地基质量检验标准应符合表 8.5.4 的规定。

**表 8.5.4 土工合成材料地基质量检验标准**

| 项    | 序 | 检查项目       | 允许值或允许偏差 |      | 检查方法           |
|------|---|------------|----------|------|----------------|
|      |   |            | 单位       | 数值   |                |
| 主控项目 | 1 | 地基承载力      | 不小于设计值   |      | 静载试验           |
|      | 2 | 土工合成材料强度   | %        | ≥-5  | 拉伸试验（结果与设计值相比） |
|      | 3 | 土工合成材料延伸率  | %        | ≥-3  | 拉伸试验（结果与设计值相比） |
| 一般项目 | 1 | 土工合成材料搭接长度 | mm       | ≥300 | 用钢尺量           |
|      | 2 | 土石料有机质含量   | %        | ≤5   | 灼烧减量法          |
|      | 3 | 层面平整度      | mm       | ±20  | 用 2m 靠尺        |
|      | 4 | 分层厚度       | mm       | ±25  | 水准测量           |

## 8.6 成品保护

**8.6.1** 铺放土工合成材料，现场施工人员禁止穿硬底鞋或钉鞋。

**8.6.2** 土工合成材料铺放后，应在 48h 内覆盖，避免阳光暴晒。

**8.6.3** 严禁机械直接在土工合成材料表面行走。

**8.6.4** 黏土作为回填料时，应采取排水措施。雨雪天应加以覆盖。

## 8.7 注意事项

**8.7.1** 土工合成材料存放点和施工现场禁止烟火。

**8.7.2** 土工合成材料冬期易发硬，施工人员应防止割、碰损伤。

**8.7.3** 土工合成材料废料应及时回收集中处理。

## 9 长螺旋压灌素混凝土桩复合地基

### 9.1 材料要求

- 9.1.1** 水泥宜选用 PO42.5 普通硅酸盐水泥或 P.S.A32.5 矿渣硅酸盐水泥。
- 9.1.2** 砂子宜选用中砂或粗砂，含泥量不大于 5%。
- 9.1.3** 石子宜选用砾石或碎石，粒径 5mm-20mm，含泥量不大于 2%。
- 9.1.4** 粉煤灰宜选用细度（0.045mm 方孔筛筛余百分比）不大于 45%的Ⅲ级或Ⅲ级以上等级的粉煤灰。
- 9.1.5** 褥垫层材料宜采用中砂、粗砂、级配砂石和碎石，最大粒径不宜大于 30mm。
- 9.1.6** 预拌商品混凝土强度、塌落度指标应满足设计要求，其和易性和可泵性应满足泵送要求，具有出厂合格证且试块强度复检合格。

### 9.2 主要机具

- 9.2.1** 长螺旋钻机宜根据桩长、桩径、地层条件等合理选用，常用长螺旋钻机主要技术参数见表 9.2.1。

表 9.2.1 常用长螺旋钻机主要技术参数

| 参数名  | 单位   | 钻机型号    |                  |                  |                  |                  |                  |
|------|------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|      |      | KLB26   | CFG28            | CFG-26           | CFG-30           | CFGD28           |                  |
| 最大孔径 | mm   | 800     | 600              | 400              | 400              | 600              |                  |
| 钻孔深度 | m    | 26      | 28               | 26               | 30               | 28               |                  |
| 主机功率 | kw   | 55*2    | 55*2             | 55*2             | 55*2             | 55*2             |                  |
| 钻杆转速 | rpm  | 31      | 16               | 21               | 23               | 21.8             |                  |
| 移动形式 |      | 液压步履    | 液压步履             | 液压步履             | 液压步履             | 液压步履             |                  |
| 扭矩   | KNm  | 48      | 48.5             | 48               | 48               | 47.3             |                  |
| 拔钻力  | KN   | 400     | 400              | 400              | 450              | 300              |                  |
| 回转角度 |      | 360     | 360              | 360              | 360              | 360              |                  |
| 外形尺寸 | 工作状态 | mm      | 12200*6700*31930 | 11500*6000*34500 | 12200*6700*31900 | 13500*5800*36300 | 13800*6000*43000 |
|      | 运输状态 | mm      | 12050*2630*3850  | 12700*2600*4150  | 12050*2630*3850  | 18800*2500*3450  | 15000*3000*3200  |
| 整机质量 | t    | 50      | 57               | 47               | 72               | 48               |                  |
| 运输形式 |      | 拖挂+解体散件 | 拖挂+解体散件          | 拖挂+解体散件          | 拖挂+解体散件          | 拖挂+解体散件          |                  |

- 9.2.2** 强制式搅拌机宜选用 500L 以上。
- 9.2.3** 混凝土输送泵宜选用 45~60m<sup>3</sup>/h 规格。
- 9.2.4** 连接混凝土输送泵与钻机的钢管、高强柔性管，内径不宜小于 150mm。

### 9.3 作业条件

- 9.3.1** 施工前应完成“三通一平”；地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物处理完毕；各项临时设施如照明、动力、安全设备等准备就绪。
- 9.3.2** 施工前应熟悉施工图纸及场地的工程地质、水文地质资料。
- 9.3.3** 应按桩位平面图测设桩位轴线、标识桩位，所有桩位应一次全部放完。
- 9.3.4** 在基坑内打桩时，基坑边坡与边桩的净距不应小于 1.0m。

9.3.5 施工前应将水泥、砂、石子、粉煤灰、外掺剂送试验室复试及配合比试验，由试验室出具现场所需的混凝土配合比。

9.3.6 施工前应进行施工和安全技术交底，对设备进行安全可靠性检查。

9.3.7 施工现场材料、机具摆放规划应符合输送距离短、输送管拐弯少原则。

## 9.4 施工工艺

9.4.1 长螺旋压灌素混凝土桩复合地基工艺流程宜符合图 9.4.1

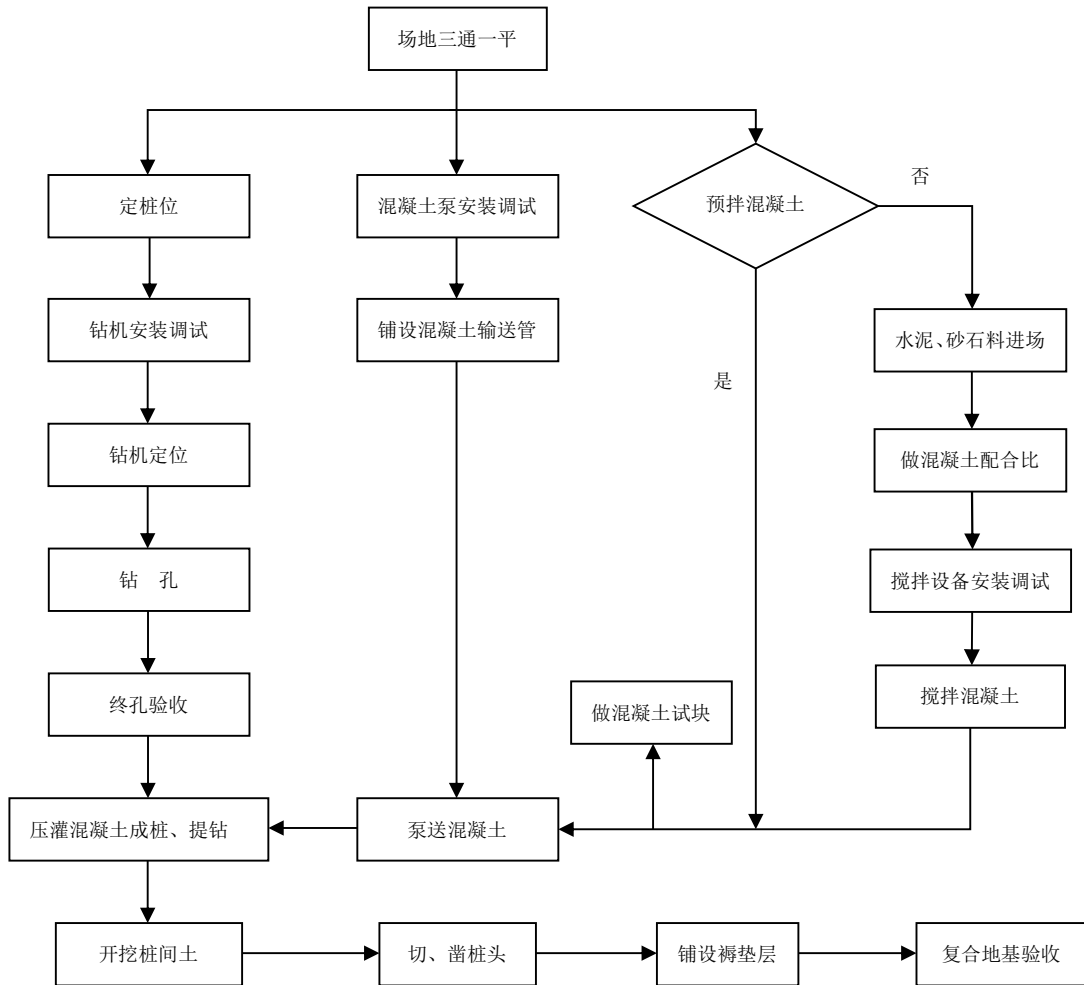


图 9.4.1 长螺旋压灌素混凝土桩复合地基工艺流程

9.4.2 钻孔施工应符合下列要求：

- 1 钻机进场后，应根据桩长安装钻塔及钻杆，钻杆连接应牢固，调试钻机至良好状态；
- 2 移动钻机至孔位，封闭钻头阀门，钻尖对准桩点，调整钻杆垂直度；
- 3 钻进速度宜根据土层情况确定，卵石层宜为 0.2 m/min—0.5m/min；素填土、粘性土、粉土、砂层宜为 1.0 m/min—1.5m/min；
- 4 钻机钻进过程中，不得反转或提升钻杆，如需提升钻杆或反转应将钻杆提至地面，重新封闭钻头阀门；
- 5 在钻进过程中，如遇到卡钻、钻机摇晃、偏斜或出现有节奏的声响时，应立即停钻，查明原因，采取相应措施后，方可继续钻进；
- 6 钻出的土应随钻随清，钻至设计标高后，质检员进行终孔验收。

9.4.3 压灌混凝土成桩应符合下列要求：



1 终孔验收后，应先向钻杆泵送混凝土后提钻，钻杆的提升速度应与混凝土泵送量相匹配，钻杆混凝土阀门应低于钻杆内混凝土面不小于 4m，饱和砂土或饱和粉土层中，宜减慢提升速度，不得停泵待料；

2 成桩施工各工序宜连续进行，混凝土在输送泵及输送管内留置时间不得超过混凝土初凝时间，否则，应将钻杆、泵管、混凝土泵内的混凝土清除干净；

3 每台钻机一天应做一组（3 块）试块（边长为 150mm 的立方体），标准养护。

#### 9.4.4 混凝土搅拌应符合下列要求：

1 根据设计的混凝土强度等级，按照实验室提供的配合比进行配制，坍落度宜为 180mm-220mm；

2 搅拌用水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ63；

3 冬季施工当气温低于-5℃时，应采取添加防冻剂、热水搅拌等措施，保证混凝土入孔温度不低于 5℃；

4 雨季施工时，依据骨料含水量调整混凝土配合比。

#### 9.4.5 混凝土输送应符合下列要求：

1 混凝土泵的安放位置应与钻机的施工顺序相配合，混凝土泵与钻机的距离不宜大于 60m；

2 混凝土泵输送混凝土前宜采用同标号水泥砂浆进行润湿，同一根桩的泵送混凝土宜连续进行，当钻机移位时，混凝土泵料斗内的混凝土应连续搅拌，泵送时，应保持料斗内混凝土的高度不低于 40cm；

3 混凝土输送管宜保持水平，输送管下面宜用垫木垫实。

#### 9.4.6 清除桩间土宜在素混凝土桩施工 7 天后进行，宜采用小型挖土机配合人工开挖作业，并应符合下列要求：

1 不得损坏设计标高以下桩体；

2 不得扰动桩间土；

3 位于基底斜面素混凝土桩周围清土深度和范围应满足铺填褥垫层要求，可按图 9.4.6 所示清除桩间土。

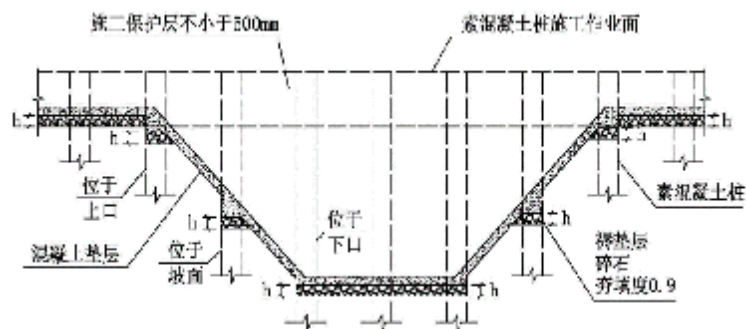


图 9.4.6 素混凝土桩复合地基局部加深部位桩头处理示意图

#### 9.4.7 剔除桩头应符合下列步骤和要求：

1 标示出桩顶标高位置；

2 用电锯等工具沿桩周向桩心水平切除桩头；

3 桩头应平整；

4 如果发生断桩，且断裂面距桩顶标高不大于 1.5m，可按图 9.4.7 所示进行接桩。

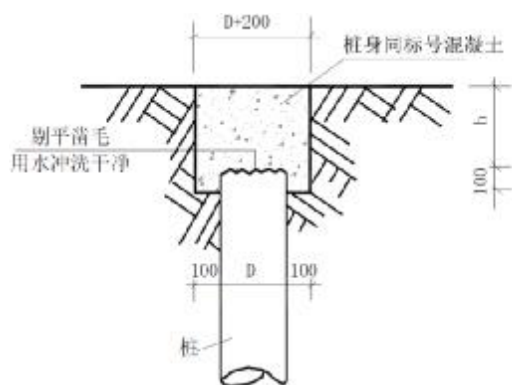


图 9.4.7 接桩头示意图

9.4.8 褥垫层所用材料、铺设范围和厚度应符合设计要求，虚铺厚度  $\Delta H$  按式 9.4.8 计算，使用小型机具压实至厚度  $h$ 。褥垫层宜采用电动平板夯、蛙式打夯机等小型机具夯实。

$$\Delta H = \frac{h}{\lambda} \quad (9.4.8)$$

式中  $\Delta H$ ——褥垫层虚铺厚度；

$h$ ——设计褥垫层厚度；

$\lambda$ ——夯填度，按设计要求取值，一般取 0.9。

## 9.5 质量标准

9.5.1 施工前应对入场的水泥、粉煤灰、砂及碎石等原材料进行检验。

9.5.2 施工中应检查桩身混凝土的配合比、坍落度和成孔深度、混凝土充盈系数等。

9.5.3 施工结束后，应对桩体质量、单桩及复合地基承载力、桩顶标高、桩位、褥垫层进行检查和检验。

9.5.4 素混凝土桩复合地基的质量检验标准应符合表 9.5.4 的规定。

表 9.5.4 素混凝土桩复合地基质量检验标准

| 项    | 序      | 检查项目    | 允许值或允许偏差 |          | 检查方法          |
|------|--------|---------|----------|----------|---------------|
|      |        |         | 单位       | 数值       |               |
| 主控项目 | 1      | 复合地基承载力 | 不小于设计值   |          | 静载试验          |
|      | 2      | 单桩承载力   | 不小于设计值   |          | 静载试验          |
|      | 3      | 桩长      | 不小于设计值   |          | 测钻杆长度或用测绳测孔深  |
|      | 4      | 桩径      | mm       | +50<br>0 | 用钢尺量          |
|      | 5      | 桩顶标高    | mm       | ±50      | 水准测量或用钢尺量     |
|      | 6      | 桩身完整性   | -        |          | 低应变检测         |
|      | 7      | 桩身强度    | 不小于设计要求  |          | 28d 试块强度      |
| 一般项目 | 1      | 桩位      | 条基边桩沿轴线  | ≤1/4D    | 全站仪或用钢尺量      |
|      |        |         | 垂直轴线     | ≤1/6D    |               |
|      |        |         | 其他情况     | ≤2/5D    |               |
|      | 2      | 桩垂直度    | %        | ≤1/100   | 用经纬仪测钻杆       |
|      | 3      | 混凝土坍落度  | mm       | 160-200  | 坍落度仪          |
|      | 4      | 混凝土充盈系数 | ≥1.0     |          | 实际灌注量与理论灌注量之比 |
| 5    | 褥垫层夯填度 | ≤0.9    |          | 水准测量     |               |

## 9. 6 成品保护

- 9.6.1 桩顶保护桩长不宜小于 0.5m。
- 9.6.2 钻机液压支腿不得挤压已施工的桩头。
- 9.6.3 机械清土不得碰撞桩头和扰动桩间土，不得超挖桩间土。
- 9.6.4 铺设褥垫层时不得扰动桩间土。
- 9.6.5 冬施期应对桩间土采取保温措施。

## 9. 7 注意事项

- 9.7.1 施工前应确定钻机行走路线，避免钻机进入已打完桩的场区。
- 9.7.2 当发生串桩现象时，应采取跳打方法。
- 9.7.3 施工中应对每根桩成桩时间、投料量、桩长、发生的特殊情况等进行真实、详细的记录。
- 9.7.4 注意承压水对成桩质量的影响，必要时应采取减压措施。
- 9.7.5 在基坑内靠近坡脚施工时，应避免因扰动地基土而影响基坑边坡稳定。

## 10 灰土挤密桩和土挤密桩复合地基

### 10.1 材料要求

- 10.1.1** 白灰宜选用新鲜的消石灰或生石灰粉，粒径不大于 5mm，有效 CaO+MgO 含量不低于 60%。
- 10.1.2** 土料宜选用粉质黏土，有机质含量不超过 5%，不得含有冻土和膨胀土，渣土垃圾粒径不应超过 15mm。
- 10.1.3** 掺合料使用时应通过 10mm~20mm 的筛，混合料含水量应满足最优含水量要求，允许偏差应为±2%，土和灰应按体积配合比拌合均匀。

### 10.2 主要机具

- 10.2.1** 成孔设备宜采用步履式打桩机、自制锤击式打桩机或沉管桩机，亦可采用冲击钻或洛阳铲。
- 10.2.2** 夯实设备宜采用提升式夯机或偏心轮夹杆式夯实机及梨形锤等，其他机具有卷扬机、铁锹、量斗、水桶、胶管、喷壶、铁筛、手推胶轮车等。

### 10.3 作业条件

- 10.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，地下、地上障碍物均应已排除处理完毕，临时设施如照明、机械用电、用水应已准备就绪。
- 10.3.2** 熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。进行现场取土，确定原位土的土质及含水量是否适宜作灰土桩的混合料。根据设计选用的成孔方法进行现场成孔试验，确定成孔的可行性，事前发现问题，研究对策。
- 10.3.3** 建筑场地地面上所有障碍物和地下管线、电缆、旧基础等均应完成拆除搬迁。沉管振动对邻近建筑物及厂房内仪器设备有影响时，应采取有效保护措施。
- 10.3.4** 施工前进行成孔、夯填工艺和挤密效果试验，确定施工工艺参数如：分层填料厚度、夯击次数和夯实后的干密度、打桩次序等。对试验桩进行检测，承载力及挤密效果应符合设计要求。
- 10.3.5** 消石灰应出厂检验合格，并经试验室复试合格。土料最优含水量、最大密实度参数应通过击实试验取得。
- 10.3.6** 成孔时，地基土宜接近最优（或塑限）含水量，当土的含水量低于 12%时，宜对拟处理范围的土进行增湿，应在地基处理前（4~6）d，将需增湿的水通过一定数量和一定深度的渗水孔，均匀地侵入拟处理范围内的土层中，增湿土的加水量根据《建筑地基处理技术规范》JGJ 79。
- 10.3.7** 地基处理的范围、成桩直径、处理深度及桩间土的平均挤密系数应满足设计要求。
- 10.3.8** 按基础平面图测设轴线及桩位，每栋建筑物的桩位宜一次全部放出，并经技术负责人、质检员、工长等共同验收合格后报甲方或监理办理预检签字手续。

### 10.4 施工工艺

- 10.4.1** 灰土挤密桩和土挤密桩复合地基工艺流程宜符合图 10.4.1。

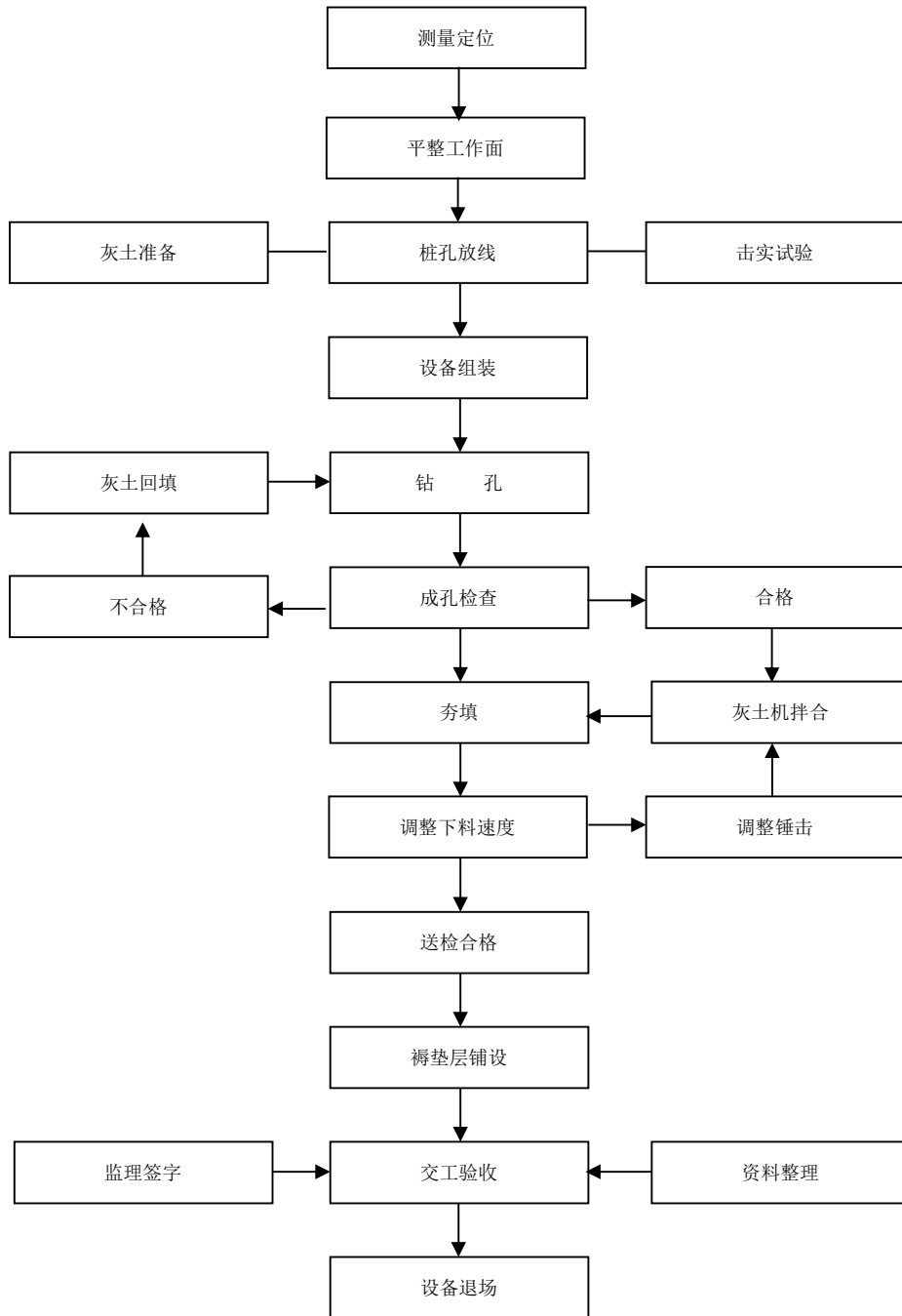


图 10.4.1 灰土挤密桩和土挤密桩复合地基工艺流程

#### 10.4.2 成孔施工应符合下列要求规定：

1 桩成孔前应预留保护层，沉管成孔时预留土层不宜小于 0.5m，冲击成孔或钻孔夯扩法成孔时预留土层不宜小于 1.2m；成孔方法可根据现场机具条件选用沉管(振动、锤击)法、爆扩法、冲击法等；

2 成孔至设计孔深后，应检查孔底有无虚土，如虚土较厚，可用专门机具清理，并采用机械对孔底进行夯实，夯击次数宜现场试验确定，一般为 6~8 击；成孔完毕后，应进行终孔验收，检验孔深是否满足设计要求，桩尖是否进入持力层设计的长度；

3 桩施工顺序应先外排后里排，同排内应间隔 1-2 孔进行；对大型工程可采取分段施工，以免因振动挤压造成相邻孔缩孔成坍孔，成孔后应夯实孔底，夯实次数不少于 8 击，并立即夯填灰土。对边角部位，机械无法到位的桩，采用人工夯实，先用小落距轻夯 3~5 次，然后重夯不少于 8 次，夯锤落距不小于 60cm；

4 若孔底出现饱和软弱土层时，可采取加大成孔间距，避免由于振动而造成已打好的桩孔内挤塞；当孔底有地下水流入，可采用井点降水后再回填填料或向桩孔内填入一定数量的干砖渣和石灰，经夯实后再分层填入填料。

#### 10.4.3 灰土拌合料应符合下列要求规定：

1 土料有机物含量应不大于 5%，过 1~2cm 的网筛。现场控制拌合料的含水量，试验方法是“手攥成团，落地开花”。如含水量低，可洒水处理；如：含水量偏高，可进行晾晒或掺加其他干料，如粉煤灰或炉渣等，保证达到最佳含水量；

2 拌合水泥土宜采用机械搅拌，可选用强制式搅拌机或普通滚筒式搅拌机，保证拌合料均匀。工程量很小时，可考虑采用人工搅拌，应保证拌合料均匀；

3 按设计要求进行配比，采用专用量具测量消石灰与土的体积，保证配比准确。

#### 10.4.4 成桩施工应符合下列要求规定：

1 填料前孔口堆料距离孔口应大于 0.5m，避免夯击时堆料掉入孔内影响成桩质量，宜在孔口铺一块铁皮或木板，堆放拌合料；

2 填料应分层回填夯实，每层回填厚度宜为 250-400mm；采用电动卷场提升式夯实机时，落锤高度不宜小于 2m，每层不宜少于 10 击。施打时，逐层以量斗向孔内下料，逐层夯实，当采用偏心轮夹杆式连续夯实机，将土料用铁锹随夯击不断下料，每下二锹夯 2 击，均匀地向桩孔下料、夯实；

3 成桩桩顶应高出设计标高不小于 0.5cm 作为保护桩头，确保桩头质量。

#### 10.4.5 挖土凿桩头应符合下列要求：

1 挤密桩成桩 3~7 天后，可进行清土凿桩作业。宜采用人工开挖，防止对桩体和桩间土产生不良影响；

2 如采用机械开挖，应避免对设计标高以下桩体产生损害；对中高灵敏土，尽量避免扰动桩间土；

3 凿剔桩头，应用钢钎等工具沿桩周向桩心逐次剔除多余的桩头，直到设计桩顶标高，并把桩顶凿平；不可用重锤或重物横向击打桩体，避免造成桩顶标高以下的桩体横向断裂；

4 桩头剔至设计标高处，桩顶表面不可出现斜截面。

#### 10.4.6 垫层铺设应符合下列要求规定：

桩头凿剔至设计桩顶标高，并经验槽合格后，可铺设褥垫层。褥垫层厚度、材料、压实系数等应按照设计要求施工，褥垫层厚度一般为 300-600mm，垫层材料一般采用 2:8 或 3:7 灰土、水泥土等，压实系数不低于 0.95。

#### 10.4.7 冬雨期施工应符合下列要求规定：

1 冬期施工应采取有效的冬施方案，如用热水拌合或成品坑保温。灰土入孔温度不得低于 5℃；

2 当气温高于 30℃时，要已搅拌好的水泥土拌合料上覆盖两层湿草袋，每隔一段时间洒水湿润，以防水份蒸发过快，使拌合料含水量降低；

3 雨期施工防止雨水流入孔内，施工面不宜过大，按逐段逐片分期施工，重点做好材料防雨工作，设引水沟集水井。

## 10.5 质量标准

10.5.1 施工前应对石灰及土的质量、桩位等进行检查。

10.5.2 施工中应对桩孔直径、桩孔深度、夯击次数、填料的含水量及压实系数等进行检查。

10.5.3 施工结束后，应检验成桩的质量及复合地基承载力。

10.5.4 土和灰土挤密桩复合地基质量检验标准应符合表 10.5.4 的规定。

表 10.5.4 灰土挤密桩和土挤密桩复合地基质量检验标准

| 项    | 序          | 检查项目        | 允许偏差或允许值        |             | 检查方法                      |
|------|------------|-------------|-----------------|-------------|---------------------------|
|      |            |             | 单位              | 数值          |                           |
| 主控项目 | 1          | 复合地基承载力     | 不小于设计值          |             | 静载试验                      |
|      | 2          | 桩体填料平均压实系数  | $\geq 0.97$     |             | 环刀法                       |
|      | 3          | 桩长          | 不小于设计值          |             | 测桩管长度或用测绳测孔深              |
| 一般项目 | 1          | 土料有机质含量     | $\leq 5\%$      |             | 灼烧减量法                     |
|      | 2          | 含水量         | 最优含水量 $\pm 2\%$ |             | 烘干法                       |
|      | 3          | 石灰粒径        | mm              | $\leq 5$    | 筛析法                       |
|      | 4          | 桩位          | 条基边桩沿轴线         | $\leq 1/4D$ | 全站仪或钢尺量                   |
|      |            |             | 垂直轴线            | $\leq 1/6D$ |                           |
|      |            |             | 其他情况            | $\leq 2/5D$ |                           |
|      | 5          | 桩径          | mm              | +500        | 用钢尺量                      |
|      | 6          | 桩顶标高        | mm              | $\pm 200$   | 水准测量，最上部 500mm<br>劣质桩体不计入 |
|      | 7          | 垂直度         | $\leq 1/100$    |             | 经纬仪测桩管                    |
| 8    | 砂、碎石褥垫层夯填度 | $\leq 0.9$  |                 | 水准测量        |                           |
| 9    | 灰土垫层压实系数   | $\geq 0.95$ |                 | 环刀法         |                           |

注：1 夯填度指夯实后的褥垫层厚度与虚铺厚度的比值。

2 D 为设计桩径（mm）。

## 10.6 成品保护

**10.6.1** 灰土挤密桩和土挤密桩成桩完成后应避免铲车等大型车辆碾压，避免造成断桩及桩间土的扰动。清土时应采用人工清除，手推车清运，不可用铲车清运。

**10.6.2** 雨期或冬期施工，应采取防雨或防冻措施。

## 10.7 注意事项

**10.7.1** 填料时应分层填料夯实，确保桩体密实。严禁用手推车或小翻斗车直接往孔内倒料。

**10.7.2** 雨期施工时，已成孔未填料的钻孔，应在降雨前及时覆盖，避免雨水灌入孔内造成孔壁坍塌。

如设计加固深度范围内有管道或墓穴等地下障碍时，可采用人工或挖掘机将地下障碍清除，人工修整为阶梯状，分层回填至原施工标高。回填密实度可采用轻型触探或重力触探进行检验，应与原地基土承载力相近。

## 11 钢筋混凝土预制桩

### 11.1 材料要求

**11.1.1** 钢筋混凝土预制桩规格质量应符合设计要求和施工规范的规定，并有出厂合格证。砂、石、水泥及钢材等桩体材料均应符合相关标准并具有合格证、检测报告。

**11.1.2** 预制桩接桩用焊条、焊丝的型号、性能应符合设计要求和有关标准的规定。采用粗焊条焊接时，焊条宜选用 E4303，采用二氧化碳气体保护焊时，焊丝宜选用 ER50-6。

**11.1.3** 预制桩接桩用钢板、抱箍连接板以及螺栓的材质、规格应符合设计要求。钢板宜用低碳钢，抱箍连接板材质不宜低于 Q235B，螺栓强度不宜低于 8.8 级。

**11.1.4** 预制桩接桩用硫磺胶泥的材质、性能应符合设计要求，硫磺胶泥的重量配合比宜为：硫磺：水泥：砂：聚硫橡胶（44:11:44:1）。

**11.1.5** 预制桩宜选用管桩、超高强管桩、钢管混凝土管桩、混合配筋管桩、空心方桩、实心方桩等预制桩，预应力预制桩桩身混凝土强度等级不得低于 C60，非预应力预制桩桩身混凝土强度等级不得低于 C40。

**11.1.6** 灌入的填充料可根据实际情况选用细石或豆石混凝土、水泥砂浆、水泥土。水泥砂浆强度应大于 M15，细石混凝土强度应大于 C20，水下灌注混凝土等级须提高一个等级。

### 11.2 主要机具

**11.2.1** 打入式施工宜采用柴油打桩机或液压打桩机、电焊机、桩帽、缓冲垫、运桩小车、索具、钢丝绳、钢垫板或槽钢、电动扳手，以及钢尺等机具。

**11.2.2** 打入式施工机械应根据场地条件、地质条件、工程特点、施工前沉桩工艺试验、预制桩截面尺寸及强度、承载力特征值、持力层土性及进入深度等合理选用，打桩锤宜选用液压锤或柴油锤，常用液压锤、柴油锤主要技术参数可按表 11.2.2-1、11.2.2-2 进行选择。

表 11.2.2-1 常用液压锤主要技术参数

| 液压锤型号                   | 6"~8"             | 10"~14"     | 14"~16"     | 16~20"      | 20~25"      | 25~30"      |
|-------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 锤芯质量 (t)                | 6、8               | 10、12、14    | 14、16       | 16、20       | 20、25       | 25、30       |
| 锤总重量 (t)                | 8.3~12.9          | 16.4~21     | 21~23.7     | 23.7~29.5   | 29.5~41.5   | 41.5~46.4   |
| 最大打击能量 (KJ)             | 60~120            | 150~210     | 210~240     | 240~300     | 300~375     | 375~450     |
| 适用预制桩规格                 | φ300、φ400         | φ400、φ500   | φ500、φ600   | φ700、φ800   | φ900、φ1000  | φ1200、φ1400 |
| 单桩竖向承载力特征值<br>适用范围 (KN) | 500~1500          | 800~1800    | 1600~2600   | 1800~3500   |             |             |
| 桩尖可进入的岩土层               | 密实砂层、坚硬土层<br>强风化岩 | 强风化岩 (N>70) | 强风化岩 (N>70) | 强风化岩 (N>70) | 强风化岩 (N>70) | 强风化岩 (N>70) |
| 常用收锤贯入度 (mm/10 击)       | 20-40             | 20-40       | 20-50       | 30-60       | 30-60       | 30-60       |

表 11.2.2-2 常用柴油锤主要技术参数

| 柴油锤型号 | 30"~36" | 40"~50" | 60"~62" | 72"~80" | 100"~160" |
|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|



|                         |                   |                 |             |             |                |
|-------------------------|-------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| 冲击体质量 (t)               | 3.2、3.5、3.6       | 4.0、4.5、4.6、5.0 | 6.0、6.2     | 7.2、8.0     | 10.0、12.5、16.0 |
| 锤体总重量 (t)               | 6.2~8.2           | 9.2~11.0        | 11.5~12.3   | 13.1~16.9   | 20.6~32.8      |
| 常用冲程 (m)                | 1.6~3.2           | 1.8~3.2         | 1.9~3.6     | 1.8~2.5     | 2.0~3.4        |
| 适用预制桩规格                 | Φ300、Φ400         | Φ400、Φ500       | Φ500、Φ600   | Φ600、Φ800   | Φ900、Φ1200     |
| 单桩竖向承载力特征值<br>适用范围 (KN) | 500~1500          | 800~1800        | 1600~2600   | 1800~3500   |                |
| 桩尖可进入的岩土层               | 密实砂层坚硬土<br>层、强风化岩 | 强风化岩 (N>70)     | 强风化岩 (N>70) | 强风化岩 (N>70) | 强风化岩 (N>70)    |
| 常用收锤贯入度 (mm/10 击)       | 20-40             | 20-40           | 20-50       | 30-60       | 30-60          |

**11.2.3** 静压式施工宜采用抱压式静力压桩机或顶压式静力压桩机、电焊机、运桩小车、索具、钢丝绳、钢垫板或槽钢、电动扳手，以及钢尺等机具。

**11.2.4** 静力压桩设备宜采用液压式压桩机，桩机型号应根据地质条件、桩型和受力情况确定，常用静压桩机主要技术参数可按表 11.2.4 进行选择。

表 11.2.4 常用静压桩机主要技术参数

| 压桩机型号<br>(吨位)       |              | 160~180                  | 240~280                  | 300~360                  | 400~460                    | 500~600                    | 800-1000                   | 1200-1400                  |
|---------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 项目                  |              |                          |                          |                          |                            |                            |                            |                            |
| 最大压桩力 (kN)          |              | 1600~1800                | 2400~2800                | 3000~3600                | 4000~4600                  | 5000~6000                  | 8000-10000                 | 12000~14000                |
| 行程<br>(m)           | 纵向 (一次)      | 3                        | 3                        | 3                        | 3                          | 3                          | 3                          | 3                          |
|                     | 横向 (一次)      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                      | 0.5                        | 0.5                        | 0.55                       | 0.55                       |
| 最大回转角 (°)           |              | 18                       | 18                       | 18                       | 18                         | 18                         | 20                         | 20                         |
| 适用预<br>制桩           | 最小桩径<br>(mm) | 300                      | 300                      | 400                      | 400                        | 500                        | 500                        | 600                        |
|                     | 最大桩径<br>(mm) | 400                      | 500                      | 500                      | 550                        | 600                        | 800                        | 800                        |
|                     | 最小边长<br>(mm) | 250                      | 300                      | 350                      | 350                        | 400                        | 400                        | 450                        |
|                     | 最大边长<br>(mm) | 300                      | 350                      | 400                      | 450                        | 450                        | 550                        | 600                        |
| 单桩承载力特征值 (kN)       |              | 500~1000                 | 800~1500                 | 1000~1900                | 1500~2500                  | 1800~2800                  | 2800-3600                  | 4000~4800                  |
| 桩端持力层               |              | 中密~密实<br>砂层、硬塑~<br>坚硬粘土层 | 密实砂层、坚硬<br>粘土层、<br>全风化岩层 | 密实砂层、坚<br>硬粘土层、<br>全风化岩层 | 密实砂层、坚硬<br>粘土层、<br>全、强风化岩层 | 密实砂层、坚硬<br>粘土层、<br>全、强风化岩层 | 密实砂层、坚硬<br>粘土层、<br>全、强风化岩层 | 密实砂层、坚硬<br>粘土层、<br>全、强风化岩层 |
| 桩端持力层标贯值 N          |              | 20~25                    | 20~35                    | 30~40                    | 30~50                      | 30~55                      | 35-60                      | 30~65                      |
| 穿透中密~密实<br>砂层厚度 (m) |              | 约 1.5                    | 1.5-2.5                  | 2-3                      | 2-4                        | 3-5                        | 4-6                        | 4~6                        |

注：1 最大压桩力为理论最大压桩力，压桩时压桩机提供的最大压桩力约为其机架重量和配重之和的 0.8 倍。

2 本表中静压桩机施工边、角桩及正常桩时，与邻近建（构）筑物施工的最小距离宜为 2m-5m。

**11.2.5** 振动式施工宜采用振动锤、电焊机、运桩小车、索具、钢丝绳、钢垫板或槽钢、电动扳手，以及钢尺等机具。

**11.2.6** 振动式施工宜采用电驱振动锤和液压振动锤，振动锤功率及频率大小应根据地质条件、预制桩型号、入土深度、施工场地条件、周边环境要求和当地工程经验等因素确定。常用振动锤主要技术参数可按表 11.2.7 进行选择。

**11.2.7** 搅拌、旋喷设备以及机械成孔设备应符合本规程相关章节要求。

表 11.2.7 常用主要技术参数

| 分类    | 型号、名称         | 技术性能             |             |
|-------|---------------|------------------|-------------|
|       |               | 锤重 (t) 或激振力 (kN) | 适用管桩直径 (mm) |
| 振动打桩机 | 70-80 振动打桩机   | 激振力 70-80 (kN)   | 300         |
|       | 100-150 振动打桩机 | 激振力 100-150 (kN) | 300         |

|  |               |                  |          |     |
|--|---------------|------------------|----------|-----|
|  | 150-200 振动打桩机 | 激振力 150-200 (kN) | 400      | 7-8 |
|  | ZJ40          | 激振力 230-260 (kN) | 400      | 18  |
|  | ZJ60          | 激振力 280-345 (kN) | 400, 500 | 25  |
|  | DZ25          | 激振力 550 (kN)     | 400, 500 | 25  |

### 11.3 作业条件

**11.3.1** 施工前应完成“三通一平”；地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均应处理完毕；各项临时设施如照明、动力、安全设备等准备就绪。

**11.3.2** 施工前应熟悉施工图纸及场地的工程地质、水文地质资料。

**11.3.3** 场地应辗压平整，排水畅通，保证桩机的移动和稳定垂直。必要时可采取填铺砂石、钢道板、枕木等施工措施对进行地面加固。

**11.3.4** 应在测定桩基的轴线和标高后，进行检查并办理预检手续。桩基的轴线和高程的控制桩，应设置在施工区附近不受打桩影响的地点，并应加以妥善保护。

**11.3.5** 应根据轴线放出桩位线，用木橛或钢筋头钉好桩位，并用白灰做上标志。

**11.3.6** 施工前应打试验桩确定贯入度、桩长并校验打桩设备，施工工艺以及技术措施是否适宜，其数量不少于 2 根。

**11.3.7** 应选择和确定打桩机进出路线和打桩顺序，制定施工方案，并做好安全技术交底。

### 11.4 施工工艺

**11.4.1** 钢筋混凝土预制桩工艺流程宜符合图 11.4.1。

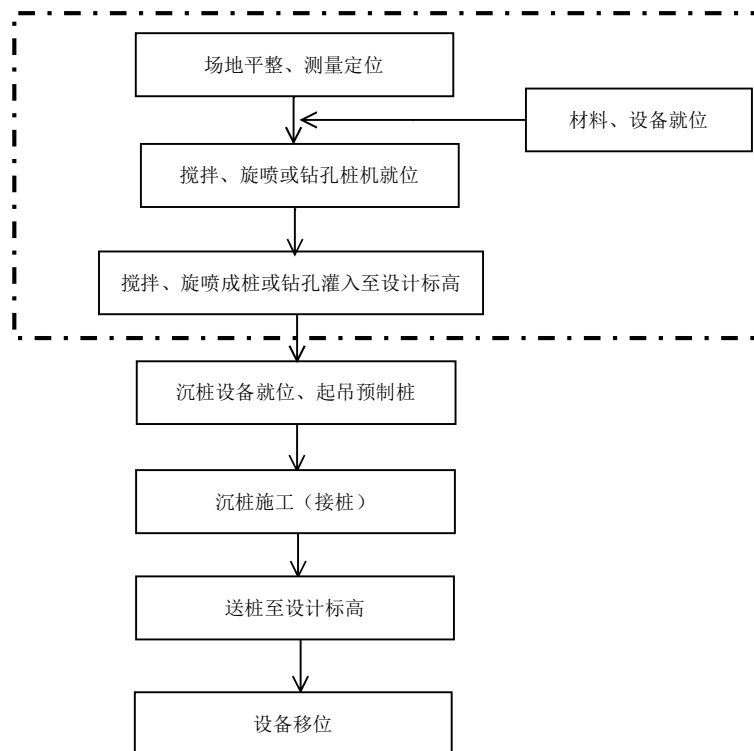


图 11.4.1 钢筋混凝土预制桩工艺流程

#### 11.4.2 打桩设备就位应符合下列规定：

- 1 桩机进场后，检查各部件及仪表是否灵敏有效，确保设备运转安全；
- 2 按照压桩顺序，移动调整桩机对位、调平、对中。桩机就位后应精确定位，用 2 台经纬仪对打桩机进行垂直度调整，使导杆垂直，或达到符合设计要求的角度；采用线锤对点时，锤尖距离放样点不宜大于 10mm；
- 3 桩帽的设置应符合要求的强度、刚度和耐打性，桩帽套筒应与施打的预制桩直径或边长相匹配；
- 4 桩帽套筒底面与桩头之间应设置桩垫，桩帽上部直接接触打桩锤的部位应设置锤垫，打桩前应进行检查、校正或更换。

#### 11.4.3 起吊预制桩应符合下列规定：

- 1 吊装用索具捆绑在桩上端吊环附近处，一般不宜超过 300mm；
- 2 起吊预制桩时，使桩身垂直或按设计要求的斜角准确地对准预定的桩位中心，位置要准确。

#### 11.4.4 打桩施工应符合下列规定：

- 1 打桩顺序应在施工组织设计或施工方案中明确；
- 2 抱压式压桩机应安装满足最大压桩力要求的配重；
- 3 第一节预制桩起吊就位插入地面后应认真检查桩位及桩身垂直度偏差。桩位偏差不得大于 20mm，垂直度偏差不得大于 0.5%；
- 4 当预制桩沉入地表土后就遇上厚度较大的淤泥层或松软的回填土时，柴油锤应采用不点火空锤的方式施打，液压锤应采用落距为 200mm~300mm 的方式施打；
- 5 预制桩施打过程中，宜重锤低击，应保持桩锤、桩帽和桩身的中心线在同一条直线上，并随时检查桩身的垂直度。当桩身垂直度偏差超过 0.8% 时，应找出原因并作纠正处理；沉桩后，严禁用移动桩架的方法进行纠偏；
- 6 在深厚的黏土、粉质黏土层、砂土中施打预制桩，沉桩、接桩、送桩宜连续进行，尽量减少中间休息时间，且尽可能避免在接近设计深度时进行接桩；
- 7 桩数多于 30 根的群桩基础应从中心位置向外施打。桩的接头标高位置宜适当错开，处于同一接头标高的桩数不宜大于总桩数的 50%；
- 8 施工桩径不小于 700mm 的预制桩或施工过程中预制桩内孔充满水或淤泥时，桩身应设置排气（水）孔；
- 9 斜桩沉桩过程中，桩架宜与桩的设计倾斜度保持一致；
- 10 沉桩的控制深度应根据地质条件、贯入度、设计桩长、标高等因素综合确定。当桩端持力层为黏性土时，应以标高控制为主，贯入度控制为辅；当桩端持力层为密实砂性土、坚硬黏性土、全风化岩层、强风化岩层时，应以贯入度控制为主，标高控制为辅；
- 11 当在深厚的黏土、粉质黏土层、砂土中施打预制桩出现沉桩困难时，宜结合试打桩经验、场地条件、施工设备等选取可靠的沉桩措施。采用液压锤施工时，应控制重锤冲程，冲程不宜大于 1m。必要时宜采用引孔、高压射水或其它可靠的措施辅助沉桩，亦可采用植入法沉桩。

#### 11.4.5 送桩应符合下列规定：

- 1 送桩器器身宜做成圆筒形，并应有足够的强度、刚度和耐打性，上下两端面应平整，且与送桩器中心轴线相垂直。送桩器长度应满足送桩深度的要求，器身弯曲度不得大于 1/1000；
- 2 当地表以下有较厚的淤泥土层时，送桩器应开孔排淤、排泥，送桩深度不宜超过 2.0m，当准备复打时，送桩深度不宜大于 1.0m；
- 3 当桩顶打至接近地面需要送桩时，应测出桩的垂直度并检查桩头质量，合格后应立即送桩；
- 4 当地表以下无淤泥土层，桩端持力层顶面埋深标高基本一致，且持力层厚度不少于 4m，或持力层上面

有较厚的全风化岩层、硬塑~坚硬黏土层或中密~密实砂土层时，送桩深度可适当加大，但不宜大于 12m。

**11.4.6** 焊接接桩除应符合现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 中二级焊缝的规定外，尚应符合下列规定：

1 入土部分桩段的桩头宜高出地面 1.0m；

2 下节桩的桩头处宜设置导向箍或其他导向措施。接桩时，上、下节桩段应保持顺直，错位不超过 2mm；逐节接桩时，节点弯曲矢高不得大于 1/1000 桩长，且不得大于 20mm；

3 上、下节桩接头端板坡口应洁净、干燥，且焊接处应刷至露出金属光泽；

4 手工焊接时宜先在坡口圆周上对称点焊 4 点~6 点，待上、下节桩固定后拆除导向箍再分层焊接，焊接宜对称进行；

5 焊接层数不得少于 2 层，内层焊渣应清理干净后方可施焊外层，焊缝应饱满连续；

6 手工电弧焊接时，第一层宜用  $\Phi 3.2\text{mm}$  电焊条施焊，保证根部焊透。第二层可用粗焊条，宜采用 E43 型系列焊条；采用二氧化碳气体保护焊时，焊丝宜采用 ER50-6 型；

7 桩接头焊好后应进行外观检查，检查合格后必须经自然冷却，方可继续沉桩。自然冷却时间应不少于 5 分钟，采用二氧化碳气体保护焊时不应少于 3 分钟。严禁浇水冷却，或不冷却就开始沉桩；

8 钢桩尖宜在工厂内焊接；当在工地焊接时，宜在堆放现场焊接。严禁桩起吊后点焊、仰焊做法；

9 桩身接头焊接外露部分应作防锈处理；

10 雨天焊接时，应采取防雨措施。

**11.4.7** 采用抱箍式接头接桩时，应符合下列规定：

1 接桩前检查桩两端制作的尺寸偏差及连接件，无损伤后方可起吊施工，下节桩段的桩头宜高出地面 0.8m~1.0m；

2 接桩时应清理上、下两节桩的端板和螺栓孔内残留物，并在下节桩的定位螺栓孔内注入不少于 0.5 倍孔深的沥青涂料。用扳手将定位销逐个旋入预制桩端板的螺栓孔内，定位销数量不得小于 2 个；

3 将上节预制桩吊起，使连接孔与定位销对准，随即将定位销插入连接孔内；

4 逐一将机械连接卡卡入上、下节预制桩突出桩身的端板上，并适度调整连接卡使连接卡和端板的螺栓孔对准。用手持电动钻将固定螺栓旋入端板上的螺孔内固定连接卡，接桩完成。

**11.4.8** 采用啮合式、膨胀咬合接头接桩时，应符合下列规定：

1 连接前，连接处的桩端端头板应先清理干净，将满涂沥青涂料的连接销用扳手逐根旋入预制桩带孔端板的螺栓孔内，并用钢模型板检测调整连接销的方位；

2 剔除已就位预制桩带槽端板连接槽内填塞的泡塑保护块，在连接槽内注入不少于 0.5 倍槽深的沥青涂料，并沿带槽端板外周边抹上宽度 20mm、厚度 3mm 的沥青涂料。当预制桩基础的地基土、地下水具有中、强腐蚀性时，带槽端板板面应满涂沥青涂料，厚度不应小于 2mm；

3 将上节预制桩吊起，使连接销与带槽端板上的各个接口对准，随即将连接销插入连接槽内；

4 加压使上、下桩节的桩端端头板接触，接桩完成；

5 当预制桩基础的地基土、地下水具有中、强腐蚀性时，应按设计要求进行封闭围焊。

**11.4.9** 打入式施工收锤应符合下列规定：

1 收锤标准应根据工程地质条件、桩的承载性状、单桩承载力特征值、桩规格及入土深度、打桩锤性能规格及冲击能量、桩端持力层性状及桩尖进入持力层深度、最后贯入度等因素综合确定；

2 最后贯入度不宜小于 30mm/10 击。当持力层为较薄的强风化岩层且下卧层为中、微风化岩层时，最后贯入度不应小于 25mm/10 击，此时宜量测一阵锤的贯入度，若达到收锤标准即可收锤；

3 采用液压锤施工并以贯入度控制时，接近控制沉桩深度时应减少重锤冲程，冲程不宜大于 70cm；

4 当一根预制桩被施打到设计要求并达到收锤标准后即可收锤，终止施打。收锤标准应根据地基土层状况和静载试验桩或者试打桩，结合邻近工程或相近桩基条件的打桩经验并经试打桩验证后确定；

5 当地质条件变化较复杂时，可以采用桩的总锤击数控制标准和最后 1 米的锤击数控制标准作为判定停锤的辅助标准，UHC 桩、PHC 桩及 PC 桩的总锤击数不宜超过 3000、2500 和 2000，最后 1 米锤击数不宜超过 350、300 和 250。

**11.4.10** 振动式沉桩终锤标准应以桩长控制为主；当桩长达不到设计标高时，以最后 30s 电流值控制，电流值的取值根据试桩或经验确定。

**11.4.11** 静压式施工终压控制标准应符合下列规定：

1 终压标准应根据设计要求、沉桩工艺试验情况、桩端进入持力层情况及压桩动阻力等因素，结合静载荷试验情况确定；

2 摩擦桩与端承摩擦桩以桩端标高控制为主，终压力控制为辅；

3 当终压力值达不到预估值时，单桩竖向承载力特征值宜根据静载试验确定，不得任意增加复压次数；

4 当压桩力已达到终压力或桩端已到达持力层时应采取稳压措施；

5 当压桩力小于 3000kN 时，稳压时间不宜超过 10s；当压桩力大于 3000kN 时，稳压时间不宜超过 5s；

6 稳压次数不宜超过 3 次，对于小于 8m 的短桩或稳压贯入度大的桩不宜超过 5 次。

**11.4.12** 采用引孔辅助沉桩法时，引孔的直径、孔深及数量应符合下列规定：

1 引孔直径不宜超过桩直径的 2/3，深度不宜超过桩长的 2/3，并应采取防塌孔的措施；

2 引孔宜采用长螺旋钻机引孔，垂直偏差不宜大于 0.5%。钻孔中有积水时，宜用开口型桩尖；

3 引孔作业和沉桩作业应连续进行，间隔时间不宜大于 12h。

**11.4.13** 当采用搅拌或旋喷工艺植入法施工时，应符合下列规定：

1 搅拌桩或旋喷桩孔径应根据现场工程地质条件和预制桩截面尺寸确定；

2 基坑或边坡支护的预制桩植入，搅拌桩或旋喷桩应连续搭接施工成槽，搭接处最小宽度应大于 200mm；

3 搅拌桩或旋喷桩施工需保证连续性，成桩后应在初凝前将桩植入，对于超过 24 小时未植入的桩孔，应进行复搅后方可植入预制桩；

4 植入预制桩前应将桩孔附近返浆清理干净。

**11.4.14** 当采用钻孔等成孔工艺植入法施工时，应符合下列规定：

1 成孔工艺应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定；

2 护壁浆液宜采用水泥浆、水泥与膨润土混合浆液，相关配比及性能应符合工艺与性能要求，应由现场工艺试验确定。

## 11.5 质量标准

**11.5.1** 施工前应对预制桩的外观质量、桩身混凝土强度以及桩位进行检验。

**11.5.2** 施工中应对预制桩的打入深度、停锤标准、桩身垂直度检查、接桩质量以及贯入度等进行检验。

**11.5.3** 施工结束后应对桩身质量、单桩承载力、桩顶标高、桩位偏差进行检查和检验。

**11.5.4** 预制桩施工的质量检验标准应符合表 11.5.4 的规定。

表 11.5.4 预制桩施工质量检验标准

| 项次             |                                  | 项 目                                    |                                  | 允许偏差<br>(mm)                                      | 检验方法  |               |
|----------------|----------------------------------|--|----------------------------------|---|---|---------------|
| 主控项目           | 1                                | 桩中心位置                                  | 有基础梁的桩                           | 垂直基础梁的中心线方向                                       | 100+0.01H                                       | 用经纬仪或拉线和钢尺量检查 |
|                |                                  |  |                                  | 沿基础梁的中心线方向  | 150+0.01H                                       |               |
|                |                                  |  | 桩数为 1-3 根或单排桩                    |   | 100   |               |
|                |                                  |  | 桩数为 4-16 根                       |   | D/2   |               |
|                |                                  |  | 桩数多于 16                          | 边缘桩   | D/3   |               |
| 中间桩            | D/2                              |  |                                  |   |   |               |
| 一般项目           | 2                                | 成品桩外形<br>(预制桩、混合配筋预制桩、超高强预制桩、钢管混凝土预制桩) | 合缝漏浆长度                           | <300  | 用卷尺或钢尺量<br>用游标卡尺量<br>直观<br>直观<br>裂缝测定仪<br>裂缝测定仪 |               |
|                |                                  |  | 合缝漏浆深度                           | <5  |   |               |
|                |                                  |  | 桩套箍凹陷                            | <10   |   |               |
|                |                                  |  | 蜂窝面积                             | <0.5%   |   |               |
|                |                                  | 成品桩尺寸<br>(预制桩、混合配筋预制桩、钢管混凝土预制桩)        | 横截面直径                            | ±5  | 用钢尺量<br>用钢尺量<br>用水平尺量                           |               |
|                |                                  |  | 桩身弯曲矢高                           | <1/1000l  |   |               |
|                |                                  |  | 桩顶平整度                            | <2  |   |               |
|                |                                  |  | 成品桩外形<br>(空心方桩、预应力实心方桩、非预应力实心方桩) | 合缝漏浆长度  |   | <300          |
|                | 合缝漏浆深度                           | <5                                     |                                  |   |   |               |
|                | 桩套箍凹陷                            | <10                                    |                                  |   |   |               |
|                | 掉角深度                             | <10                                    |                                  |   |   |               |
|                | 成品桩尺寸<br>(空心方桩、预应力实心方桩、非预应力实心方桩) | 横截面边长                                  | ±5                               | 用卷尺或钢尺量<br>用卷尺或钢尺量<br>用卷尺或钢尺量<br>用卷尺或钢尺量<br>用水平尺量 |   |               |
|                |                                  | 桩顶对角线差                                 | <10                              |   |   |               |
| 桩尖中心线          |                                  | <10                                    |                                  |   |   |               |
| 桩身弯曲矢高         |                                  | <1/1000l                               |                                  |   |   |               |
| 3              | 接桩质量                             | 焊接法                                    | 焊缝质量                             | 施工质量验收规范  | 用卷尺或钢尺、焊缝检查仪和秒表检查                               |               |
|                |                                  |  | 电焊后停歇时间                          | >1.0min   |   |               |
|                |                                  |  | 上下节点平面偏差                         | <10   |   |               |
|                |                                  |  | 节点弯曲矢高                           | <1/1000L  |   |               |
| 机械连接法<br>(抱箍式) | 连接孔与抱箍的来去孔相对位置                   | 1.0mm                                  | 直观<br>直观<br>用钢尺量<br>直观           |   |   |               |
|                | 连接卡磕损                            | ≤5                                     |                                  |   |   |               |
|                | 上下节端板平整偏差                        | ≤3mm                                   |                                  |   |   |               |
| 机械连接法<br>(啮合法) | 连接孔与连接槽相对位置                      | 1.0mm                                  | 用卷尺或钢尺量<br>直观<br>直观<br>直观        |   |   |               |
|                | 连接销与连接块的齿面磕碰深度                   | 0.5mm                                  |                                  |   |   |               |
| 浆锚法            | 连接销与连接块的齿面伤痕面积                   | ≤15mm <sup>2</sup>                     | 直观<br>直观                         |   |   |               |
|                | 连接销与连接块的齿面伤痕数目                   | ≤3 处                                   |                                  |   |   |               |
| 4              | 桩顶标高                             |  | 胶泥浇注时间                           | <2min   | 秒表测定  |               |
| 5              | 停锤标准                             |  | 浇注后停歇时间                          | >7min   | 秒表测定  |               |
|                |                                  |  |                                  | ±50   | 水准仪   |               |
|                |                                  |  |                                  | 设计要求  | 现场实测  |               |

注：H 为地面标高与桩顶设计标高的距离；D 为桩的直径或截面边长，l 为桩长 L 为两节桩长。

## 11.6 成品保护

### 11.6.1 预制桩的吊运应符合下列规定：

- 1 预制桩在吊运过程中应轻吊轻放，严禁碰撞、滚落；
- 2 预制桩不宜在施工现场多次倒运；
- 3 预制桩长度不大于 15m，且符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB/T 13476 规定的单节长度时，宜采用两点起吊，如图 11.6.1-1 所示；也可采用专用吊钩钩住桩两端内壁进行水平起吊，吊绳与桩夹

角应大于  $45^\circ$  ；

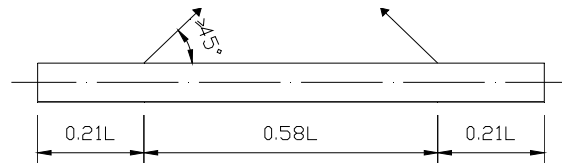


图 11.6.1-1 15m 以下桩吊点位置

4 预制桩长度大于 15m ，且小于 30m 的预制桩或拼接桩，应按图 11.6.1-2 采用四点吊；长度大于 30m 的预制桩或拼接桩，应采用多点吊，吊点位置应另行验算。

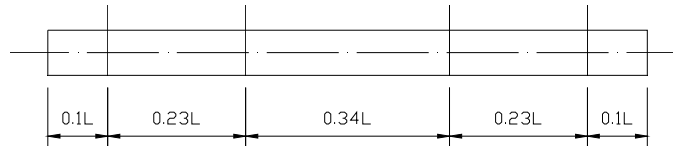


图 11.6.1-2 15m~30m 长桩吊点位置

**11.6.2** 预制桩运输宜采用平板车或驳船，装卸及运输时应采取防止桩滑移与损伤的措施。

**11.6.3** 预制桩的现场堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整坚实，排水条件良好；
- 2 应按不同规格、长度及施工流水顺序分类堆放；
- 3 当场地条件许可时，宜单层或双层堆放；

4 叠层堆放时，应在垂直于桩身长度方向的地面上设置 2 道垫木，垫木支点宜分别位于距桩端 0.21 倍桩长处；采用多支点堆放时上下叠层支点不应错位，两支点间不得有突出地面的石块等硬物；预制桩堆放时，底层最外缘桩的垫木处应用木楔塞紧。

**11.6.4** 施工现场移桩应符合下列规定：

- 1 预制桩叠层堆放时，应采用吊机取桩，严禁拖拉移桩；
- 2 应保持桩机的稳定和桩的完整；
- 3 采用三点支撑履带自行式打桩机施工时不应拖拉取桩；
- 4 大型工程或用三点支撑履带式打桩机打桩的工程，宜按两台打桩机配备一台吊机进行取桩、吊桩作业。

## 11.7 注意事项

**11.7.1** 在邻近有建筑物或岸边、斜坡上打桩时，应会同有关单位采取有效措施，施工时应随时进行观测。

**11.7.2** 打桩完毕的基坑开挖时，应制定合理的施工顺序和技术措施，防止桩产生位移和倾斜。

**11.7.3** 静压式压桩机压桩作业时，当机上吊机在进行吊装续桩过程中，压桩机严禁行走和调整。

**11.7.4** 下列特殊情况之一时应暂停沉桩，应与设计、监理等有关人员研究处理后方可继续施工：

- 1 压桩力或沉桩贯入度突变；
- 2 沉桩入土深度与设计要求差异大；
- 3 实际沉桩情况与地质报告中的土层性质明显不符；
- 4 桩头混凝土剥落、破碎，或桩身混凝土出现裂缝或破碎；
- 5 桩身突然倾斜；
- 6 地面明显隆起、邻桩上浮或位移过大；
- 7 沉桩过程出现异常声响；
- 8 压桩力不到位，或总锤击数超过规定值。

- 11.7.5** 冬期在冻土区打桩有困难时，应先将冻土挖除或解冻后进行。
- 11.7.6** 施工过程中宜增加桩帽或桩头保护措施，如加垫或增强桩帽耐打性。
- 11.7.7** 送桩后应采取相应的措施对施工所产生的桩孔进行封堵处理。



## 12 三重管高压旋喷桩

### 12.1 材料要求

- 12.1.1** 水泥宜选用 PO42.5 普通硅酸盐水泥或 PSA32.5 矿渣硅酸盐水泥。
- 12.1.2** 成桩用水应用自来水或不含有有害物质的洁净水。
- 12.1.3** 外加剂可根据需要选用早强剂、缓凝剂、减水剂等，其用量应通过试验确定。

### 12.2 主要机具

- 12.2.1** 高压旋喷桩钻机应根据桩长、桩径、地层条件等合理选用，常用的旋喷桩钻机主要技术参数见表 12.2.1。

表 12.2.1 常用高压旋喷钻机主要技术参数表

| 参数   | 单位   | 钻机型号     |                    |                    |                    |                    |                     |                     |                    |                      |
|------|------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
|      |      | XP-20    | XP-20B             | XP-20A             | XP-25              | XP-30              | XPG-65              | XPL-50              | CFG30              |                      |
| 旋喷直径 | mm   | 600-1200 | 600-1200           | 600-1200           | 600-1200           | 600-1200           | 600-1200            | 600-1200            | 600-1200           |                      |
| 钻孔深度 | m    | 50       | 50                 | 60                 | 40                 | 50                 | 180                 | 40                  | 30                 |                      |
| 主机功率 | kw   | 18.5     | 18.5               | 22                 | 30                 | 30                 | 55                  | 22                  | 110                |                      |
| 挺杆高度 | m    | 3        | 3                  | 3                  | 3                  | 19                 | 27                  | 4.6                 | 32.5               |                      |
| 扭矩   | Nm   | 2500     | 2500               | 3600               | 3500               | 3500               | 5800                | 2000                | 48000              |                      |
| 提升力  | KN   | 21       | 21                 | 60                 | 25                 | 60                 | 66                  | 30                  | \                  |                      |
| 钻孔角度 | °    | 0-90     | 0-90               | 0-90               | 0-90               | 0-90               | 0-90                | 0-100               | 90                 |                      |
| 尺寸   | 工作状态 | mm       | 3045*1370<br>*3060 | 3000*1500<br>*3550 | 3045*1370<br>*3210 | 3000*1500<br>*3050 | 5250*3200<br>*19200 | 6385*3340<br>*27530 | 2600*1800<br>*4600 | 10500*32400<br>*2150 |
|      | 运输状态 | mm       | 3045*930<br>*1500  | 3450*1500<br>*1500 | 3160*930<br>*1410  | 3000*1500<br>*1500 | 6410*2250<br>*2950  | 6385*2050<br>*2550  | 4600*1800<br>*1780 | 11000*7200<br>*36000 |
| 整机质量 | t    | 1.4      | 1.5                | 1.8                | 1.3                | 8.5                | 8.2                 | 2.8                 | 65                 |                      |

- 12.2.2** 水泥搅拌机的搅浆筒体积不宜小于 0.5m<sup>3</sup>；过滤网网孔宜小于喷嘴直径的 1/2，且不得大于 20 目。
- 12.2.3** 注浆泵的型号应与输浆量相匹配，水泥浆输送泵泵送能力应满足注浆流量要求，空压机气流压力宜大于 0.7MPa，高压水泵的水压应大于 20MPa。
- 12.2.4** 注浆泵、输浆管、水管、气管的规格应与施工能力相匹配，且质量完好。

### 12.3 作业条件

- 12.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，现场电源根据设备功率大小，选用现场配电；水源根据设备数量，选用宜大勿小；场地应平整并具有一定的强度，如强度不足，应铺垫砂石或垫钢板。地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均已排除处理完毕，无碍施工。各项临时设施如照明、动力、安全设备准备就绪。
- 12.3.2** 施工前应熟悉施工图纸及场地的工程地质、水文地质资料。
- 12.3.3** 施工前应按旋喷桩位平面图测设桩位轴线、定位点，用钢筋在桩位处扎入深度不小于 30cm 的孔，插上钢筋棍标识桩位，要求所有桩位一次全部放完，经检查确认准确无误后，办理预检签字手续。基坑内施工

时，边坡应外扩不小于 1.0m。

**12.3.4** 施工前应将水泥、外掺剂送实验室复试，保证各种材料合格。

**12.3.5** 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，对设备进行安全可靠性检查，确保施工安全。

**12.3.6** 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使水泥浆输送距离最短，且输送管铺设时拐弯最少。

**12.3.7** 高压设备、管路系统和浆液循环设备均已准备就绪，经检查或试验满足设计与施工要求。

## 12.4 施工工艺

**12.4.1** 三重管高压旋喷桩工艺流程宜符合图 12.4.1。

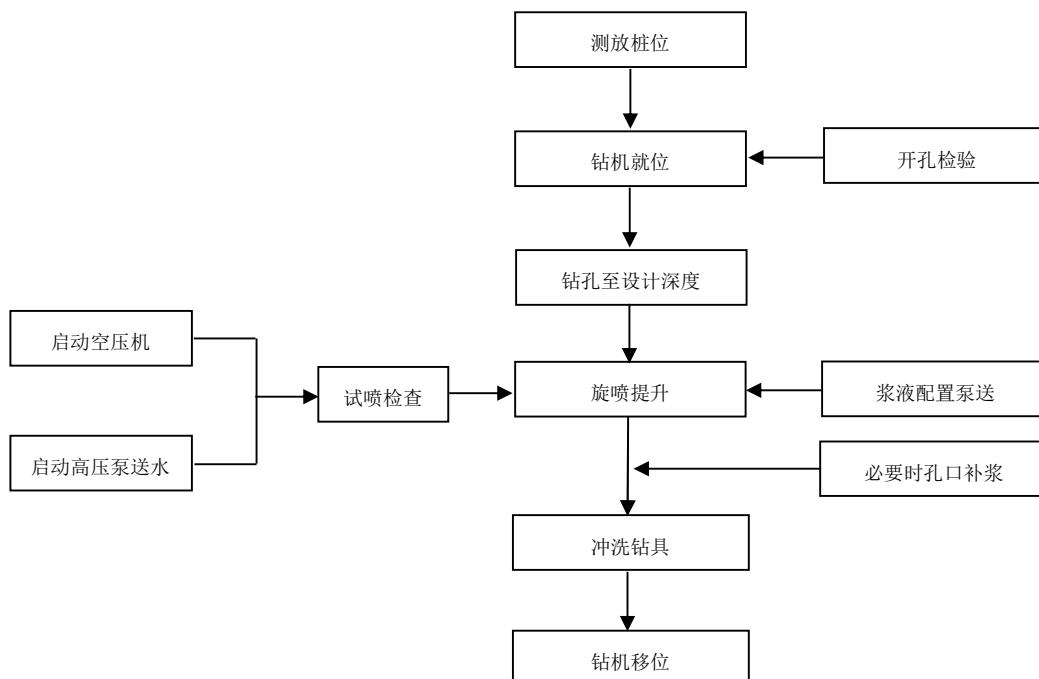


图 12.4.1 三重管高压旋喷桩工艺流程

**12.4.2** 桩机就位对中误差应不大于 2cm，桩机的钻杆应保证垂直，可采用双锤法检验，垂直度应不大于 1%。就位后，首先进行低压（0.5MPa）射水试验，用以检查喷嘴是否畅通，压力是否正常。

**12.4.3** 浆液的配制与输送应符合下列规定：

1 浆液配置应设专人负责，按设计配比进行制浆，一次性配制一根桩所用的水泥浆量。水灰比宜为 0.8~1.2，搅浆时间应不小于 3min；

2 进入贮浆桶的浆液应经过滤筛，筛网孔径不大于 20 目，且筛网不得有破损。贮浆桶内的浆液必须持续搅拌防止沉淀。对停置时间超过 2 小时的水泥浆应降低标号使用或废弃。

**12.4.4** 施钻与喷浆控制应在施钻前向作业人员作详细交底。施工过程中，应严格对旋喷桩的水泥用量、水泥浆液的水灰比进行核校。

**12.4.5** 成桩施工应符合下列规定：

1 施工前，应根据现场环境和地下埋设物的位置等情况，复核旋喷桩的设计孔位；

2 旋喷桩的施工工艺及参数应根据土质条件、加固要求，通过试验或根据工程经验确定。三重管高压水的压力应大于 20MPa，流量应大于 30L/min，气流压力应大于 0.7MPa，提升速度宜为 0.1 m/min~0.2m/min；

3 喷射孔与高压注浆泵的距离不宜大于 50m。钻孔位置的允许偏差应为±50mm。垂直度允许偏差应为±1%；

4 当喷射注浆参数达到规定值后，应随即按旋喷的工艺要求，提升喷射管，由下而上旋转喷射注浆。喷射管分段提升的搭接长度不得小于 100mm；

5 当旋喷管提升接近桩顶时，应从桩顶以下 1.0m 开始，慢速提升旋喷，旋喷数秒，再向上慢速提升 0.5m，直至桩顶停浆面。停浆面应控制在设计桩顶标高以上 0.5m；

6 对需要局部扩大加固范围或提高强度的部位，可采用复喷措施；

7 在旋喷注浆过程中出现压力骤然下降、上升或冒浆异常时，应查明原因并及时采取措施；

8 旋喷注浆完毕，应迅速拔出喷射管。为防止浆液凝固收缩影响桩顶高程，可在原孔位采用冒浆回灌或第二次注浆等措施；

9 施工中应做好废泥浆处理，及时将废泥浆或在现场短期堆放后作土方运出；

10 施工中应严格按照施工参数和材料用量施工，用浆量和提升速度应采用自动记录装置，并做好各项施工记录。桩体施工完毕后，应将顶部预留的松散桩体挖除，铺设垫层并压实，其夯填度不应大于 0.9。

#### 12.4.6 旋喷桩施工质量控制应符合下列规定：

1 应将桩位区域场地平整压实，为后续钻杆成孔保持垂直度创造条件；

2 桩机就位对中误差应不大于 2cm，桩机的钻杆垂直度偏差不大于 1%；每根桩开钻前应用水平尺测量机身水平和立轴垂直一次，保证垂直度满足要求；

3 钻进过程中遇到地下障碍物或砂卵石时，可采用冲击钻引孔后再用旋喷钻复钻；

4 钻杆刚度应满足施工要求，避免钻进中歪斜，必要时可选择具有钻杆刚度相对大的螺旋钻机施工；

5 旋喷桩施工中，应严格控制送浆泵的压力和提升喷浆速度，需满足设计和试验要求；

6 旋喷桩与排桩咬合止水，排桩间不少于两根旋喷桩时，应沿着排桩一侧旋喷完成后，间隔 24 小时，再返回沿着排桩另一侧复喷，以达到较好的咬合效果；

7 钻杆提升过程中，拆卸钻杆后继续施工时，应保持钻杆有不小于 50cm 的搭接长度；

8 对于标贯击数大于 12 的粘性土、标贯击数大于 20 的砂土，宜单桩采用复喷。

12.4.7 旋喷桩复合地基宜在基础和桩顶之间设置褥垫层。褥垫层厚度宜为 150mm~300mm，褥垫层材料可选用中砂、粗砂和级配碎石等，褥垫层最大粒径不宜大于 20mm。桩体施工完毕后，应将顶部预留的松散桩体挖除，铺设褥垫层并压实，其夯填度不应大于 0.9。

#### 12.4.8 冬、雨期施工应符合下列要求：

1 雨期施工，应准备好水泥盖布，下底垫木板，防止水泥雨淋受潮；

2 坑内施工应做好排水工作，避免受水浸后槽底土变软，钻机行走不便，必要时垫方木以利行走；

3 冬期施工，水泥浆进钻管温度应不低于 5℃，气温太低可用热水进行水泥浆配制；

4 已施桩应做好保温，尤其清除桩间保护土层后应及时用岩棉被或草帘进行覆盖避免桩头及桩间土受冻。

## 12.5 质量标准

### 12.5.1 高压喷射注浆复合地基质量检验应符合下列要求：

1 施工前应检验水泥、外掺剂等的质量，桩位，浆液配比，高压喷射设备的性能等，并应对压力表、流量表进行检定或校准；

2 施工中应检查压力、水泥浆量、提升速度、旋转速度等施工参数及施工程序；

3 施工结束后，应检验桩体的强度和平均直径，以及单桩与复合地基的承载力等；

4 高压喷射注浆复合地基质量检验标准应符合表 12.5.1 的规定。

表 12.5.1 高压喷射注浆复合地基质量检验标准

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

12.5.2 高压喷射注浆截水帷幕质量检验应符合下列要求：

1 基坑开挖前截水帷幕的强度指标应满足设计要求，强度检测宜采用钻芯法，取芯数量不宜少于总桩数的 1%，且不应少于 3 根；

2 高压喷射注浆截水帷幕质量检验标准应符合表 12.5.2 的规定。

表 12.5.2 高压喷射注浆截水帷幕质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目  | 允许偏差或允许值 |      | 检查方法                       |
|------|---|-------|----------|------|----------------------------|
|      |   |       | 单位       | 数值   |                            |
| 主控项目 | 1 | 水泥用量  | 不小于设计值   |      | 查看流量表                      |
|      | 2 | 桩长    | 不小于设计值   |      | 测钻杆长度                      |
|      | 3 | 钻孔垂直度 | ≤1/100   |      | 经纬仪测钻杆                     |
|      | 4 | 桩身强度  | 不小于设计值   |      | 钻芯法                        |
| 一般项目 | 1 | 水胶比   | 设计值      |      | 实际用水量与水泥等胶凝材料的重量比          |
|      | 2 | 提升速度  | 设计值      |      | 测机头上升距离及时间                 |
|      | 3 | 旋转速度  | 设计值      |      | 现场测定                       |
|      | 4 | 桩位    | mm       | ±20  | 全站仪或用钢尺量                   |
|      | 5 | 桩顶标高  | mm       | ±200 | 水准测量，最上部 500mm 浮浆层及劣质桩体不计入 |
|      | 6 | 注浆压力  | 设计值      |      | 检查压力表读数                    |

|  |   |      |   |     |        |
|--|---|------|---|-----|--------|
|  | 7 | 施工间歇 | H | ≤24 | 检查施工记录 |
|--|---|------|---|-----|--------|

## 12.6 成品保护

- 12.6.1** 清理桩间土时，应人工进行，不可上铲车等大型设备，避免压坏桩头及扰动桩间土。
- 12.6.2** 冬季气温低时清除桩间土后应及时覆盖避免桩头及桩间土受冻。
- 12.6.3** 雨季施工时清除桩间土后应及时采取覆盖等措施，避免雨水浸泡槽底桩间土。

## 12.7 注意事项

- 12.7.1** 施工中应及时核查桩位及桩数，发现漏打及时补上。
- 12.7.2** 成孔时如遇下沉困难，电流值偏高，电机声音过大，电机跳闸，应检查额定电压是否过低并将其调高，遇土中较大障碍物（大石块、树根、旧地基等）应进行人工清除。
- 12.7.3** 成孔时钻头深度不到位，应加大反压力并提高转速。
- 12.7.4** 输浆管堵塞爆裂，应停机检查输浆管道，拆洗输浆管，调整喷浆口球阀间隙。
- 12.7.5** 施工时如因故停浆，应将喷浆头下沉至停浆点以下 0.5m 处，待恢复供浆时再喷浆提升。若停机超过三小时，宜先拆卸输浆管路，并妥加清洗。
- 12.7.6** 壁状加固相邻桩的施工时间间隔不宜超过 24h。

## 13 水泥土（喷浆）搅拌桩

### 13.1 材料要求

- 13.1.1** 水泥宜选用 P.042.5 普通硅酸盐水泥或 P.S.A32.5 矿渣硅酸盐水泥。
- 13.1.2** 粉煤灰宜选用 I 级或 II 级粉煤灰。
- 13.1.3** 可根据工程需要和土质条件选用具有早强、缓凝、减水等功能的外加剂，且应经过试验室复试合格。

### 13.2 主要机具

**13.2.1** 水泥土搅拌桩施工应根据地质条件和周边环境条件、成桩深度、桩径等选用不同形式和不同功率的搅拌桩机，与其配套的桩架性能参数应与搅拌机的成桩深度相匹配，钻杆及搅拌叶片构造应满足在成桩过程中水泥和土能充分搅拌的要求。常用搅拌桩机主要技术参数如表 13.2.1 所示。

表 13.2.1 常用搅拌桩机主要技术参数表

| 参数名  | 单位 | 钻机型号    |         |          |          |          |
|------|----|---------|---------|----------|----------|----------|
|      |    | GZB-600 | SJB-1/2 | Zdl-650  | SPM808   | ZDK100   |
| 搅拌轴  | 个  | 1       | 2       | 3        | 3        | 3        |
| 叶片外径 | mm | 600     | 700~800 | 650      | 850      | 1000     |
| 主机功率 | kw | 2*30    | 2*30    | 2*45(55) | 2*75(90) | 3*75(90) |
| 拔钻力  | KN | > 150   | > 100   | 300      | 500      | 700      |
| 钻孔深度 | m  | 10~15   | 10/18   | 18-30    | 18-30    | 18-30    |
| 整机重量 | t  | 16      | 31      | 52       | 56       | 115      |

- 13.2.2** 水泥搅拌机搅浆筒体积不宜小于  $0.5\text{m}^3$ ，宜选用 2~3 个搅浆筒并联。
- 13.2.3** 水泥浆输送泵应与输浆量相匹配。
- 13.2.4** 输浆管、水管规格应与施工能力相匹配，且不得漏浆、漏水。
- 13.2.5** 动力电缆与电机工作能力应相匹配。
- 13.2.6** 过滤网网孔不应大于 20 目。

### 13.3 作业条件

**13.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，现场电源根据设备功率大小，宜选用现场配电；水源根据设备数量，选用宜大勿小；场地应平整并具有一定的强度，如强度不足，宜铺垫砂石，或垫钢板以利机械行走。地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均应排除处理，无碍施工。遇有明浜、池塘及洼地时应抽水和清淤，应先填 200mm~300mm 砂石垫层，然后分层回填黏性土并予以压实。各项临时设施如照明、动力、安全设备，应准备就绪。

**13.3.2** 应熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。

**13.3.3** 按水泥土桩位平面图，测设桩位轴线、定位点，宜用钢筋在桩位处扎入深度不小于 30cm 的孔，填入白灰并插上钢筋，标识桩位，所有桩位应一次全部放完。基坑内施工时，边坡应外扩不小于 1.0m。

13.3.4 施工前应将水泥、粉煤灰、外掺剂送实验室复试，保证各种材料合格。

13.3.5 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，施工前对设备进行安全可靠性检查。

13.3.6 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使水泥浆输送距离最短，且输送管铺设时拐弯最少。

### 13.4 施工工艺

13.4.1 水泥石（喷浆）搅拌桩可选用“四搅两喷”工艺，工艺流程宜符合图 13.4.1。根据地层情况及加固要求也可采用“四搅三喷”或“四搅四喷”工艺。

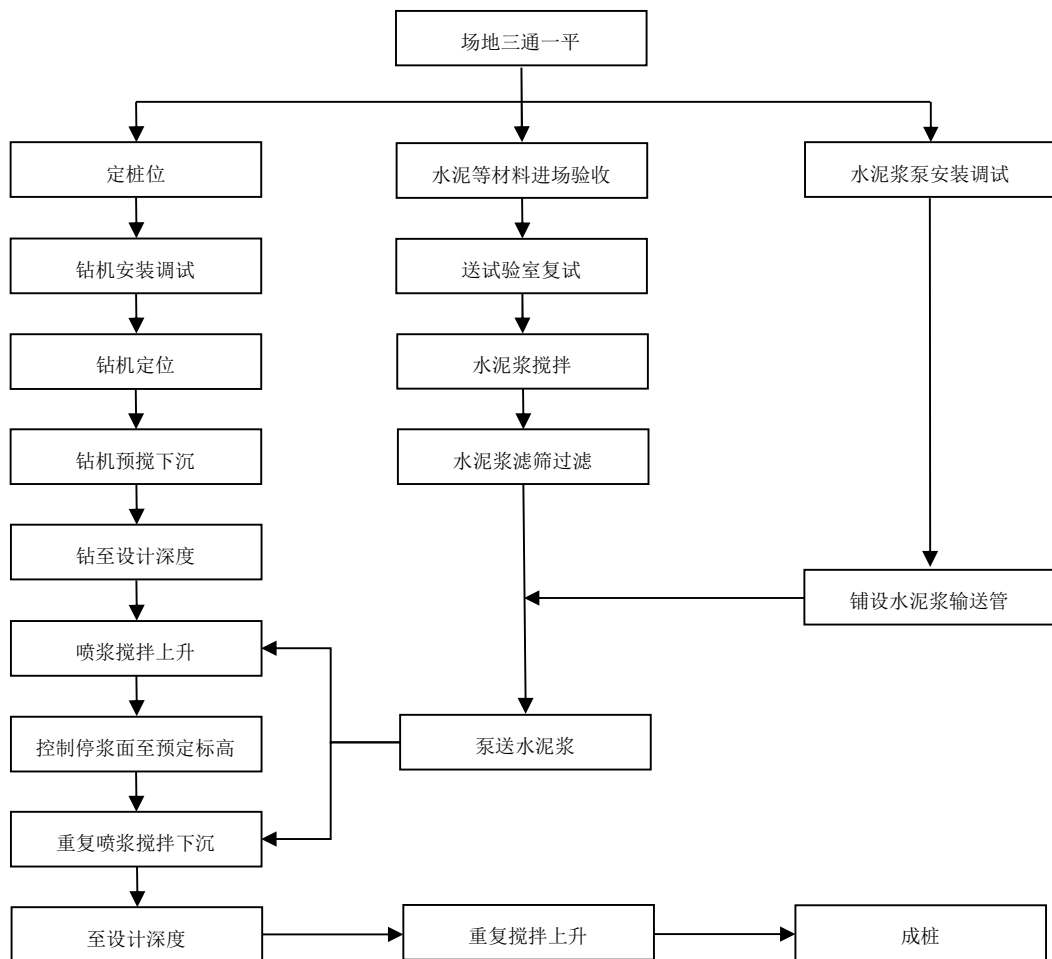


图 13.4.1 水泥石（喷浆）搅拌桩工艺流程

13.4.2 桩机就位，下钻时钻尖对中误差应小于 20mm。单轴与双轴水泥石搅拌桩机导向架垂直度偏差应小于 1/150，三轴水泥石搅拌桩机导向架垂直度偏差不应大于 1/250。

13.4.3 浆液的配制与输送应符合下列规定：

1 应按设计配比进行制浆，根据每米桩长水泥用量，配制单桩所用的水泥浆量。单轴和双轴水泥石搅拌桩浆液水灰比宜为 0.55~0.65，三轴水泥石搅拌桩浆液水灰比宜为 1.5~2.0，搅浆时间应 $\geq 3\text{min}$ ，浆液比重宜控制在 1.75~1.85 之间；

2 进入贮浆桶的浆液应经过滤筛，筛网孔径不宜大于 20 目，且筛网不得有破损。贮浆桶内的浆液应持续搅拌防止沉淀。对停置时间超过 2 小时的水泥浆，应降低标号使用或废弃；

3 水泥浆泵应设专人管理，注浆泵出口压力应保持在 0.4MPa~0.6MPa，喷搅所额定的浆液量应控制在各自喷搅完成时贮浆桶内的浆液正好排空。

**13.4.4** 施钻前，应就施钻深度、复搅次数、施钻速度、喷浆速度、喷浆次数及停浆面等技术内容进行交底。施工过程中，应对搅拌桩的水泥用量、水泥浆液的水灰比进行核校。

**13.4.5** 成桩施工应符合下列规定：

- 1 正式施工前应在现场进行不少于 2 根桩的工艺性试验，开动深层搅拌机钻进至设计深度，确认钻深；
- 2 开动水泥浆泵进行第一次喷浆搅拌，应喷浆搅拌 30s，在水泥浆与桩端土充分搅拌后，再开始提升搅拌头；边搅边上升，上升速度依据地层不同及钻机型号不同可控制在 0.5m/min~1.5m/min，喷浆量为 20L/min~40L/min。停浆面应控制在设计桩顶标高以上 0.5m；
- 3 第二次钻进喷浆至设计深度后，应反搅上升，至设计桩顶标高以上 0.5m；
- 4 三轴水泥土搅拌桩可采用跳打方式、单侧挤压方式和先行钻孔套打方式施工，对于硬质地层，当成桩有困难时，可采用预先松动土层的先行钻孔套打方式施工；
- 5 施工过程中应对搅拌机提升速度和次数等进行记录。

**13.4.6** 冬雨期施工应符合下列规定：

- 1 雨期施工，应准备好水泥盖布，下底垫木板，防止水泥雨淋受潮。盖布不应透水；
- 2 坑内施工应做好排水工作，避免槽底受水浸后，槽底土变软，钻机行走不便，必要时垫木方以利行走；
- 3 冬期施工，水泥浆进钻管温度不应低于 5℃，气温过低可用热水进行水泥浆配制。

**13.4.7** 凿桩头、清桩间土、铺褥垫层应满足本标准第 14 章对夯实水泥土桩的要求。

### 13.5 质量标准

**13.5.1** 施工前应检查水泥及外掺剂的质量、桩位、搅拌机工作性能及各种计量设备的完好程度。

**13.5.2** 施工中应检查机头提升速度、水泥浆或水泥注入量、搅拌桩的长度及标高。

**13.5.3** 施工结束后，应检查桩体强度、桩体直径及地基承载力。

**13.5.4** 进行强度检验时，对承重水泥土搅拌桩应取 90d 龄期试块的强度；对支护水泥土搅拌桩应取 28d 龄期试块的强度。

**13.5.5** 水泥土搅拌桩质量检验标准应符合表 13.5.5~13.5.7 的规定。

表 13.5.5 水泥土搅拌桩地基质量检验标准

| 项    | 序    | 检查项目    | 允许值或允许偏差 |       | 检查方法              |
|------|------|---------|----------|-------|-------------------|
|      |      |         | 单位       | 数值    |                   |
| 主控项目 | 1    | 复合地基承载力 | 不小于设计值   |       | 静载试验              |
|      | 2    | 单桩承载力   | 不小于设计值   |       | 静载试验              |
|      | 3    | 水泥用量    | 不小于设计值   |       | 查看流量表             |
|      | 4    | 搅拌叶回转直径 | mm       | ±20   | 用钢尺量              |
|      | 5    | 桩长      | 不小于设计值   |       | 测钻杆长度             |
|      | 6    | 桩身强度    | 不小于设计值   |       | 28d 试块强度或钻芯法      |
| 一般项目 | 1    | 水胶比     | 设计值      |       | 实际用水量与水泥等胶凝材料的重量比 |
|      | 2    | 提升速度    | 设计值      |       | 测机头上升距离及时间        |
|      | 3    | 下沉速度    | 设计值      |       | 测机头下沉距离及时间        |
|      | 4    | 桩位      | 条基边桩沿轴线  | ≤1/4D | 全站仪或用钢尺量          |
|      | 垂直轴线 |         | ≤1/6D    |       |                   |
|      | 其他情况 |         | ≤2/5D    |       |                   |



|  |   |        |        |      |                            |
|--|---|--------|--------|------|----------------------------|
|  | 5 | 桩顶标高   | mm     | ±200 | 水准测量，最上部 500mm 浮浆层及劣质杆体不计入 |
|  | 6 | 导向架垂直度 | ≤1/150 |      | 经纬仪测量                      |
|  | 7 | 褥垫层夯填度 | ≤0.9   |      | 水准测量                       |

注：D 为设计桩径（mm）。

表 13.5.6 单轴与双轴水泥土搅拌桩截水帷幕质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目   | 允许值或允许偏差 |      | 检查方法                       |
|------|---|--------|----------|------|----------------------------|
|      |   |        | 单位       | 数值   |                            |
| 主控项目 | 1 | 水泥用量   | 不小于设计值   |      | 查看流量表                      |
|      | 2 | 桩长     | 不小于设计值   |      | 测钻杆长度                      |
|      | 3 | 导向架垂直度 | ≤1/150   |      | 经纬仪测量                      |
|      | 4 | 桩径     | mm       | ±20  | 量搅拌叶回转直径                   |
| 一般项目 | 1 | 桩身强度   | 不小于设计值   |      | 28d 试块强度或钻芯法               |
|      | 2 | 水胶比    | 设计值      |      | 实际用水量与水泥等胶凝材料的重量比          |
|      | 3 | 提升速度   | 设计值      |      | 测机头上升距离及时间                 |
|      | 4 | 下沉速度   | 设计值      |      | 测机头下沉距离及时间                 |
|      | 5 | 桩位     | mm       | ≤20  | 全站仪或用钢尺量                   |
|      | 6 | 桩顶标高   | mm       | ±200 | 水准测量，最上部 500mm 浮浆层及劣质杆体不计入 |
|      | 7 | 施工间歇   | h        | ≤24  | 检查施工记录                     |

表 13.5.7 三轴水泥土搅拌桩截水帷幕质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目   | 允许值或允许偏差 |      | 检查方法              |
|------|---|--------|----------|------|-------------------|
|      |   |        | 单位       | 数值   |                   |
| 主控项目 | 1 | 桩身强度   | 不小于设计值   |      | 28d 试块强度或钻芯法      |
|      | 2 | 水泥用量   | 不小于设计值   |      | 查看流量表             |
|      | 3 | 桩长     | 不小于设计值   |      | 测钻杆长度             |
|      | 4 | 导向架垂直度 | ≤1/250   |      | 经纬仪测量             |
|      | 5 | 桩径     | mm       | ±20  | 量搅拌叶回转直径          |
| 一般项目 | 1 | 水胶比    | 设计值      |      | 实际用水量与水泥等胶凝材料的重量比 |
|      | 2 | 提升速度   | 设计值      |      | 测机头上升距离及时间        |
|      | 3 | 下沉速度   | 设计值      |      | 测机头下沉距离及时间        |
|      | 4 | 桩位     | mm       | ≤50  | 全站仪或用钢尺量          |
|      | 5 | 桩顶标高   | mm       | ±200 | 水准测量              |
|      | 6 | 施工间歇   | h        | ≤24  | 检查施工记录            |

## 13.6 成品保护

**13.6.1** 清除打桩出土及桩间土时，应人工进行，不可在上面行走大型设备。

**13.6.2** 冬季气温低时，清除桩间土后应及时覆盖，避免桩头及桩间土受冻。

**13.6.3** 雨季施工时，清除桩间土后应及时采取覆盖等措施，避免雨水浸泡槽底桩间土。

### 13.7 注意事项

- 13.7.1** 施工中应及时核查桩位及桩数，发现漏打应及时补上，如因机械移位困难无法施打的桩位，应采用其他工艺进行补打。
- 13.7.2** 预搅下沉困难，电流值偏高，电机声音过大电机跳闸时，应检查额定电压是否过低并将其调高，土质较硬时应适量冲水或浆液下沉，遇土中较大障碍物（大石块、树根、旧地基等）应进行人工清除，或适当移位。
- 13.7.3** 预搅桩头深度不到位时，应加大反压力并提高转速和下沉速度。
- 13.7.4** 喷浆量在达到预定桩位深度时，量不足或有过多浆量，应检查输浆管路，调整标定浆量。
- 13.7.5** 出现输浆管堵塞爆裂情况时，应停机检查输浆管道，拆洗输浆管，调整喷浆口球阀间隙。
- 13.7.6** 出现搅拌钻头和加固土体同步旋转情况时，应检查浆液浓度，调整水灰比，同时调整叶片角度或更换新钻头。
- 13.7.7** 出现电机声音突然变小，电流值下降，叶片或钻头脱落情况时，应及时更换新的钻头，移位重搅，并调整预搅下沉速度和重搅提升速度。
- 13.7.8** 施工时如因故停浆，应将搅拌头下沉至停浆点以下 0.5m 处，待恢复供浆时再喷浆搅拌提升。若停机超过 3h，宜先拆卸输浆管路，并进行清洗。
- 13.7.9** 对壁状加固时，相邻桩的施工时间间隔不宜超过 24h。
- 13.7.10** 粉煤灰的掺加量在有经验时可按经验掺加，否则应通过试验室试验合格后掺加。

## 14 夯实水泥土桩复合地基

### 14.1 材料要求

**14.1.1** 水泥宜选用 P.042.5 普通硅酸盐水泥或 P.S.A32.5 矿渣硅酸盐水泥。

**14.1.2** 土宜优先选用原位土，可选用无污染、有机质含量不超过 5%的黏性土、粉土或砂类土，不得含有垃圾杂质、冻土或膨胀土。使用前应过 10mm~20mm 网筛，土含水量过高时，应晾干或另掺加其他含水量较低的掺合料。

**14.1.3** 其他掺合料可选用工业废料、粉煤灰、炉渣等。

### 14.2 主要机具

**14.2.1** 主要设备宜选用人工或机械洛阳铲、长螺旋钻机、夯机、搅拌机、粉碎机。

**14.2.2** 其他机具包括网筛、专用量具、盖板、量孔器、测量仪器等。

### 14.3 作业条件

**14.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，地下、地上障碍物应排除处理完毕，照明、机械用电、用水等临时设施应准备就绪。

**14.3.2** 熟悉施工图纸和场地的工程地质水文地质资料。应现场取土，确定原位土的土质及含水量是否适宜做水泥土桩的水泥土料。

**14.3.3** 水泥使用前应出具出厂合格证，尚应送试验室复试。

**14.3.4** 水泥土料确定后，应进行室内配合比试验，用击实试验确定水泥土料的最优含水量。在水泥土料最优含水量的状态下，试制几种配合比的水泥土试块，作 3d、7d、28d 的侧限抗压强度试验，确定适宜的配合比。

**14.3.5** 按桩位平面图，测设轴线、定位点，测放桩位，宜用钢筋或钢钎扎入 300mm 深，填白灰进行桩位标识，每栋建筑物的桩位应一次全部测放完成，并办理预检签字手续。

### 14.4 施工工艺

**14.4.1** 夯实水泥土桩复合地基工艺流程宜符合图 14.4.1。

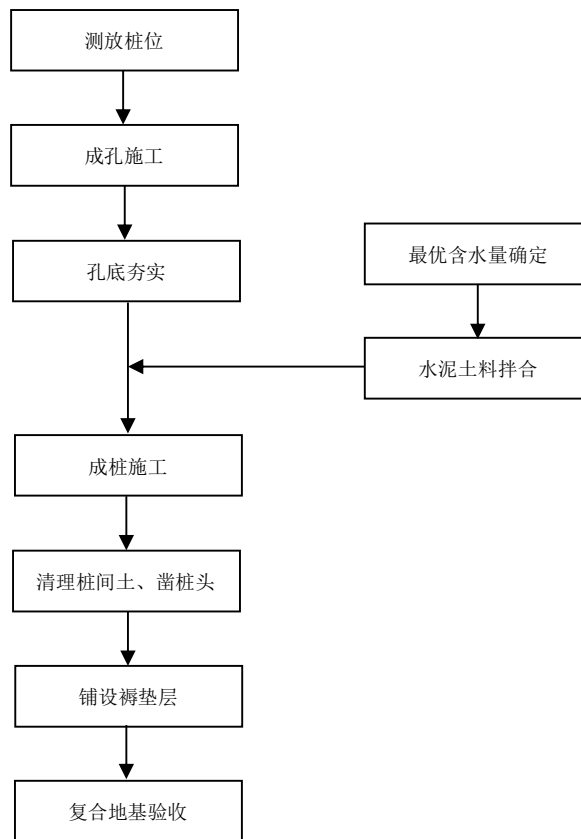


图 14.4.1 夯实水泥土桩复合地基工艺流程

#### 14.4.2 成孔施工应符合下列规定：

- 1 采用洛阳铲成孔，确定桩位中心，以中点为圆心，以桩身半径为半径划出圆，作为桩孔开挖尺寸线，从周围向中心开始挖；
- 2 挖孔过程中及时量测孔径、垂直度，当挖至设计深度时，用量孔器测量孔深、孔径、垂直度及进入设计持力层的深度，应满足设计要求；
- 3 采用长螺旋钻机成孔，在钻机进场后，根据桩长安装钻塔及钻杆，钻杆长度应适当；
- 4 钻机定位后，进行检查，钻尖与桩点偏移不得大于 10mm；
- 5 钻出的土应及时清运走。不能及时运出时，堆土应距孔口 0.5m 以外；
- 6 钻至设计孔深时，进行终孔验收，孔深和桩端进入持力层的深度应满足设计要求。

#### 14.4.3 孔底夯实应符合下列规定：

- 1 钻（挖）至设计孔底深度后，应清除孔底虚土并夯实；
- 2 对边角部位，机械无法到位的桩，采用人工夯实，先用小落距轻夯 3 次~5 次，然后重夯不少于 8 次，夯锤落距不小于 600mm。

#### 14.4.4 水泥土料拌合应符合下列规定：

- 1 土料应过 10mm~20mm 的网筛。水泥土料的含水量宜控制在最优含水量 $\pm 2\%$  的范围内，现场控制时含水量宜采用“手攥成团，落地开花”的标准。土的含水量偏高时，应晾晒或掺入粉煤灰、炉渣等其他干料；
- 2 机械拌合水泥土料时可采用强制式搅拌机或普通滚筒式搅拌机，搅拌时间不应少于 2 min，并保证搅拌均匀。采用人工搅拌时，拌合次数不应少于 3 次，确保拌合均匀；
- 3 水泥土料拌合时，用量具量水泥与土的体积进行配比；
- 4 拌合好的水泥土料，宜在 2h 内用完。

14.4.5 成桩施工应符合下列规定：

1 在孔口铺一块铁皮或木板，堆放拌合料；

2 分层夯填时，夯锤的落距和填料厚度应根据现场试验确定。填料宜用铁锹匀速填料，填料厚度宜取250mm~400mm，夯锤落距宜大于2m。严禁直接用手推车或小翻斗车填倒；

3 夯至桩顶标高时，多夯填300mm作为保护桩头，之后再填素土夯至施工作业面。

14.4.6 夯实水泥土桩施工完成后，待桩体达到一定强度（一般3d~7d）方可清理桩间土。宜采用人工开挖，桩顶预留土较厚时可采用机械配合人工开挖，尚应符合下列规定：

1 不得损害桩体；

2 避免扰动桩间土，对易扰动土层人工开挖厚度不宜小于500mm。

14.4.7 基槽开挖至设计标高后，应剔除保护桩头，剔除桩头时应符合下列规定：

1 标识桩顶标高位置；

2 沿桩周向桩心逐次剔除保护桩头，并剔平桩顶；

3 不得用重锤或重物横向击打桩体。

14.4.8 铺设褥垫层应符合下列规定：

褥垫层材料宜选用级配砂石或中粗砂，最大粒径不宜大于20mm，褥垫层厚度一般100mm~300mm。褥垫层虚铺厚度按下式控制：

$$\Delta H = h / \lambda \quad (14.4.8)$$

式中  $\Delta H$ —褥垫层虚铺厚度；

$h$ —设计褥垫层厚度；

$\lambda$ —夯填度，宜取0.87~0.90。

褥垫层宽出基础垫层的部分不宜小于褥垫层的厚度。

14.4.9 雨、冬期施工应符合下列规定：

1 雨期施工应防止雨水流入孔内，施工面不宜过大，逐段逐片分期施工。应做好材料防雨工作；

2 当气温高于30℃时，已搅拌好的水泥土料应覆盖湿草袋，每隔一段时间洒水湿润；

3 冬期施工时，已搅拌好的水泥土料应采取保温防冻措施，土料入孔温度不得低于5℃。

## 14.5 质量标准

14.5.1 施工前应对进场的水泥及土料进行质量检验。

14.5.2 施工中应检查孔位、孔深、孔径、配合比及含水量等。

14.5.3 施工结束后，应对桩体质量、复合地基承载力及褥垫层夯填度进行检验。

14.5.4 夯实水泥土桩的质量检验标准应符合表14.5.4的规定。

表 14.5.4 夯实水泥土桩质量检验标准

| 项        | 序 | 检查项目       | 允许偏差或允许值 |    | 检查方法     |
|----------|---|------------|----------|----|----------|
|          |   |            | 单位       | 数值 |          |
| 主控<br>项目 | 1 | 复合地基承载力    | 不小于设计值   |    | 静载试验     |
|          | 2 | 桩体填料平均压实系数 | ≥0.94    |    | 环刀法      |
|          | 3 | 桩长         | 不小于设计值   |    | 用测绳测孔深   |
|          | 4 | 桩身强度       | 不小于设计要求  |    | 28d 试块强度 |
| 一般       | 1 | 土料有机质含量    | ≤5%      |    | 灼烧减量法    |

|   |        |                 |             |                        |
|---|--------|-----------------|-------------|------------------------|
| 2 | 含水量    | 最优含水量 $\pm 2\%$ |             | 烘干法                    |
| 3 | 土料颗粒   | $\leq 20$       |             | 筛析法                    |
| 4 | 桩位     | 条基边桩沿轴线         | $\leq 1/4D$ | 全站仪或用钢尺量               |
|   |        | 垂直轴线            | $\leq 1/6D$ |                        |
|   |        | 其他情况            | $\leq 2/5D$ |                        |
| 5 | 桩径     | mm              | +50<br>0    | 用钢尺量                   |
| 6 | 桩顶标高   | mm              | +50<br>-200 | 水准测量，最上部 500mm 劣质桩体不计入 |
| 7 | 桩孔垂直度  | $\leq 1/100$    |             | 经纬仪测桩管                 |
| 8 | 褥垫层夯填度 | $\leq 0.9$      |             | 水准测量                   |

注：D 为设计桩径（mm）

## 14. 6 成品保护

- 14.6.1** 已施工完的夯实水泥土桩，禁止施工机械行驶碾压。
- 14.6.2** 冬期施工时，对已施工完的夯实水泥土桩及桩间土宜用草帘或岩棉被等盖好，避免受冻。
- 14.6.3** 施工场地不得泡水或泡槽。根据场地地形条件可设置相应的排水沟和排水设施。

## 14. 7 注意事项

- 14.7.1** 对重要工程或在缺乏经验的地区，施工前应按设计要求选择地质条件有代表性的地段进行试验性施工。
- 14.7.2** 在设计加固深度及其影响范围内，发现有管道或墓穴等地下障碍物时，应清除，并人工修整边界成阶梯状，分层夯实回填至原标高。同时应保留相应的设计变更及施工记录。

## 15 人工挖孔混凝土灌注桩

### 15.1 材料要求

- 15.1.1 水泥宜选用 P042.5 普通硅酸盐水泥。
- 15.1.2 砂子宜选用中砂或粗砂，含泥量不大于 5%。
- 15.1.3 石子宜选用砾石或碎石，粒径 5mm~20mm，含泥量不大于 2%。
- 15.1.4 成桩用水应用自来水或不含有有害物质的洁净水。
- 15.1.5 钢筋的品种和规格均符合设计规定，并有出厂合格证及试验报告。
- 15.1.6 护壁混凝土强度等级不应低于桩身混凝土强度等级，塌落度宜取 70mm~100mm。
- 15.1.7 桩身混凝土塌落度宜取 90mm~150mm，强度不低于 C25。
- 15.1.8 垫块应采用 1:3 水泥砂浆埋 22#火烧丝提前预制而成或采用塑料卡。
- 15.1.9 火烧丝的规格宜为 18#~22#。
- 15.1.10 外加剂、掺合料应根据施工需要通过试验确定。

### 15.2 主要机具

- 15.2.1 人工挖孔桩施工应具备有卷扬机组或电动葫芦、手推车或翻斗车、镐锹、手铲、锤、钎、线坠，定滑轮组、导向滑轮组、混凝土搅拌机、吊桶、溜槽，导管、振捣棒、插钎、钢丝绳、安全活动盖板、送风设备、水泵、活动扒梯、安全帽、安全带、照明灯具、半月防护板等。
- 15.2.2 模板可采用组合式钢模、弧形工具式钢模 4 块（或 8 块）拼装，并备有卡具、挂勾等零配件，木板、方木、8#或 12#槽钢等。

### 15.3 作业条件

- 15.3.1 应根据该地区的土质特点、地下水分布情况编制人工挖孔桩施工专项方案，进行井壁支护的计算和设计。
- 15.3.2 开挖前场地应完成“三通一平”。地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均已排除处理完毕，无碍施工。各项临时设施如照明、动力、通风、安全设备准备就绪，设置好排水沟、集水井和沉淀池等。
- 15.3.3 施工前应熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。对场地周边建（构）筑物，尤其危房、地下管线等应进行详细调查，对因挖孔和抽水可能危及的房屋、地下管线应采取必要的加固或其他保护措施。并对穿越砂层的挖孔作业可能出现的流沙、涌水等现象应制定有效的技术和安全防范措施。
- 15.3.4 施工前应按照设计图纸，测设桩位轴线、定位点，测定高程基准点。测量放线工序完成后应办理预检手续。
- 15.3.5 预制钢筋笼应符合规范与设计的要求。
- 15.3.6 开挖前应有选择性地试挖成孔，分析土质、水文等有关情况。
- 15.3.7 有地下水区域，宜先降低地下水位至桩底以下。
- 15.3.8 开挖前应对施工人员进行全面的安全技术交底，操作前对吊具进行安全可靠性检查，确保施工安全。
- 15.3.9 超过 5m 深人工挖孔桩工程，应有专项施工方案，且井专家论证通过，方可实施。

## 15.4 施工工艺

15.4.1 人工挖孔混凝土灌注桩工艺流程宜符合图 15.4.1。

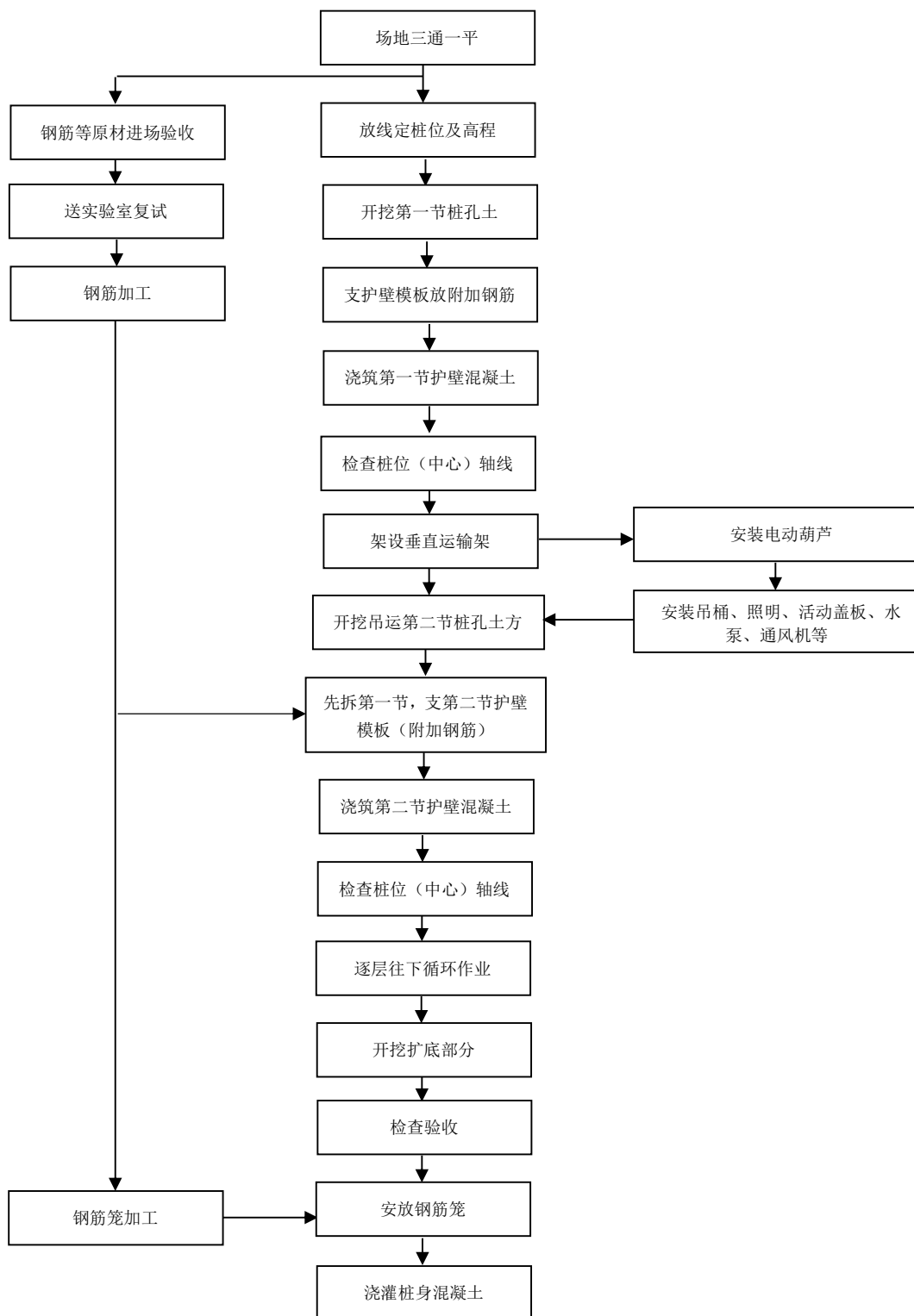


图 15.4.1 人工挖孔混凝土灌注桩工艺流程

15.4.2 人工挖孔桩施工应采取下列安全措施：

- 1 孔内必须设置应急软爬梯供人员上下；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凸缘上下；电葫芦宜用按钮式开关，使用前必须检验其安全起吊能力；

2 每日开工前必须检测井下的有毒、有害气体，并应有相应的安全防范措施；当桩孔开挖深度超过 5m 时，应有专门向井下送风的设备，风量不宜少于 25L/s；

3 孔口四周必须设置护栏，护栏高度宜为 0.8m；

4 挖出的土石方应及时运离孔口，不得堆放在孔口周边 1m 范围内，堆土高度不得大于 0.5m，机动车辆的通行不得对井壁的安全造成影响；

5 施工现场的一切电源、电路的安装和拆除必须遵守现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的规定，施工作业、照明必须遵守地方标准《有限空间作业安全技术规范》DB11/T 852 的规定；

6 现场应有至少一名经建委培训合格的人工挖孔桩监督员。

**15.4.3** 开孔前桩位应定位放样准确，在桩位外设置定位基准桩，安装护壁模板必须用桩中心点校正模板位置，并由专人负责。放线定桩位及高程应符合下列要求：

1 在场地三通一平的基础上，应依据建筑物测量控制网的资料和基础平面布置图，测定桩位轴线方格控制网和高程基准点；

2 确定好桩位中心，宜以中点为圆心，以桩身半径加护壁厚度为半径画出上部（即第一节）的圆周；

3 画出桩孔开挖尺寸线，并沿桩中心位置向桩孔外引出四个桩中轴线控制点，宜用牢固木桩标定；

4 桩位线定好之后，必须经有关部门复查，办好预验手续后开挖。

**15.4.4** 开挖第一节桩孔土方应符合下列要求：

1 由人工开挖从上到下逐层进行，应先挖中间部分的土方，然后扩及周边，有效控制开挖截面尺寸；

2 每节的高度应根据土质好坏及操作条件而定，宜为 0.9m~1.2m；

3 开孔完成后应进行一次全面测量校核工作，对孔径、桩位中心检测无误后进行支护。

**15.4.5** 人工挖孔桩混凝土护壁的厚度不应小于 100mm，混凝土强度等级不应低于桩身混凝土等级，并应振捣密实；护壁应配置不小于 8mm 的构造钢筋，竖向筋应上下搭接或拉接。护壁的厚度应根据井圈材料、性能、刚度、稳定性、操作方便、构造简单等要求，并按受力状况，以及所承受的土侧压力和地下水侧压力，通过计算来确定。

**15.4.6** 第一节井圈护壁应符合下列规定：

1 井圈中心线与设计轴线的偏差不得大于 20mm；

2 井圈顶面应比场地高出 100~150mm，壁厚应比下面井壁厚度增加 100~150mm。

**15.4.7** 护壁模板用薄钢板，圆钢、角钢拼装焊接成弧形工具式内钢模每节宜分成 4 块，大直径桩也可分成 5~8 块，或用组合式钢模板、预制拼装而成。采取拆上节、支下节的方式重复周转使用。模板之间用卡具、扣件连接固定，也可以在每节模板的上下端各设一道用槽钢或角钢做成的圆弧形内钢圈作为内侧支撑，防止内模变形。为方便操作不设水平支撑。

**15.4.8** 浇灌第一节护壁混凝土应符合下列规定：

1 桩孔挖完第一节后应立即支模浇灌护壁混凝土，浇灌应从四周均匀灌入，人工振捣密实。混凝土坍落度控制在 70 mm~100mm；

2 护壁模板应 24h 后拆除，一般在下节桩孔土方挖完后进行。拆模后若发现护壁有蜂窝、漏水现象，应加以堵塞或导流；

3 第一节护壁筑成后，应将桩孔中轴线控制点引回到护壁上，并进一步复核无误后，作为确定地下和节护壁中心的基准点，同时用水准仪把相对水准标高标定在第一节孔圈护壁上。

**15.4.9** 每节的护壁做好以后，应将桩位十字轴线和标高测设在护壁上口，然后用十字线对中，吊线坠向井底投设，以半径尺杆检查孔壁的垂直平整度，随之进行修整。井深必须以基准点为依据，逐根进行引测，保证

桩孔轴线位置、标高、截面尺寸满足设计要求。

**15.4.10** 第一节桩孔成孔以后，应着手在孔上口架设垂直运输支架，运输支架应搭设稳定、牢固。随后安装电动葫芦和卷扬机。

**15.4.11** 安装吊桶、照明、活动安全盖板、水泵、通风机应符合下列要求：

1 在安装滑轮组及吊桶时，应使吊桶与桩孔中心位置重合，挖土时直观上控制桩位中心和护壁支模中心线；

2 井底照明必须采用 12V 低压电源、防水带罩安全灯具，且符合《有限空间作业安全技术规范》DB11/T 852 的规定，井上口设护拦。电缆分段与护壁固定，长度适中，防止与吊桶相碰；

3 当桩孔开挖深度大于 5m 时应有井下通风，加强井下空气对流，必要时送氧气，密切注视，防止有毒气体的危害，操作时上下人员轮换作业，互相呼应，井上人员随时观察井下人员情况，切实预防发生人身安全事故；

4 当地下渗水量不大时，可随挖随将泥水用吊桶运出，或在井底挖集水坑，用水泵抽水。

5 井口应安装水平推移的活动安全盖板。井下有人操作时，掩好安全盖板，防止杂物掉入井内，无关人员不得靠近井口，确保井下人员安全施工。

**15.4.12** 开挖吊运第二节桩孔土方（修边）应符合下列要求：

1 从第二节开始，利用提升设备运土，井下人员应戴好安全帽，井上人员栓好安全带，井口架设护拦，吊桶离开井上口 1m 时推动活动盖板，掩蔽井口，防止卸土时土块、石块等杂物坠落井内伤人；

2 吊桶在小推车内卸土后（也可以用工字钢导轨将吊桶移出向翻斗车内卸土）再打开井盖，下放吊桶装土；

3 桩孔挖至规定的深度后，用尺杆检查桩孔的直径及井壁圆弧度，上下应垂直平顺，修整孔壁。

**15.4.13** 修筑井圈护壁应符合下列规定：

1 护壁的厚度，拉接钢筋、配筋、混凝土强度等级均应符合设计要求；

2 上下节护壁的搭接长度不得小于 50mm；

3 每节护壁均应在当日连续浇筑施工完毕；

4 护壁混凝土必须保证振捣密实，应根据土层渗水情况使用速凝剂；

5 护壁模板的拆除应在灌注混凝土 24h 之后；

6 发现护壁有蜂窝、漏水现象时，应及时补强；

7 同一水平面上的井圈任意直径的极差不得大于 50mm。

**15.4.14** 当遇有局部或厚度不大于 1.5m 的流动性淤泥和可能出现涌土涌砂时，护壁施工可按下列方法处理：

1 将每节护壁的高度减小到 300mm~500mm，并随挖、随验、随灌注混凝土；

2 采用钢护筒或有效的降水措施。

**15.4.15** 逐层往下循环作业，挖至设计标高后，应清除护壁上的泥土和孔底残渣、积水，并应进行隐蔽工程验收。验收合格后，应立即封底、安放钢筋笼、灌注桩身混凝土。

**15.4.16** 挖扩底桩应先将扩底部位桩身的圆柱体挖好，再按照扩底部位的尺寸、形状，自上而下削土扩充成扩底形状。扩底尺寸应符合设计要求，完成后清除护壁污泥、孔底残渣、浮土、杂物、积水等。

**15.4.17** 钢筋笼制作、安装的质量应符合下列要求：

1 钢筋笼的材质、尺寸应符合设计要求，制作允许偏差应符合表 15.5.5 的规定；

2 分段制作的钢筋笼，其接头宜采用焊接或机械接头（钢筋直径大于 20mm），并应遵守国家现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定；

3 加劲箍宜设主筋外侧，当因施工工艺有特殊要求时也可置于内侧；

4 导管接头处外径应比钢筋笼的内径小 100mm 以上；

5 搬运和吊装钢筋笼时，应防止变形，安放应对准孔位，避免碰撞孔壁和自由落下，就位后应立即固定；  
6 超声波等非破损检测桩身混凝土质量用的测管，应在制作钢筋笼时同时按设计要求进行预埋。钢筋笼安放完毕后，须经经验筋合格后方可浇灌桩身混凝土。

**15.4.18 浇注桩身混凝土应符合下列规定：**

- 1 灌注桩身混凝土时，混凝土必须通过溜槽；
- 2 当落距超过 3m 时，应采用串筒，串筒末端距孔底高度不宜大于 2m；也可采用导管泵送；
- 3 混凝土宜采用插入式振捣器振实；
- 4 当渗水量较大时（可以孔内水面上升速度 > 15mm/min 为参考），应采取场地截水、降水、或水下灌注混凝土等有效措施。严禁在桩孔中边抽水边开挖，同时不得灌注相邻桩。
- 5 冬期施工当气温低于 0℃ 浇注时，混凝土的浇灌温度不得低于 5℃。桩顶混凝土未达到冻结强度前不准受冻。当气温高于 30℃ 时，应在混凝土中掺入缓凝剂；
- 6 应按规范规定制作试块，填写混凝土灌注施工记录。

**15.5 质量标准**

**15.5.1** 施工前应对原材料、施工组织设计中制定的施工顺序、设备性能指标、保证人员安全的措施或安全专项方案等进行检查验收。

**15.5.2** 施工中应检验钢筋笼质量、混凝土坍落度、桩位、孔深、桩顶标高等。

**15.5.3** 施工结束后应检验桩的承载力、桩身完整性及混凝土强度。

**15.5.4** 应复验孔底持力层土岩性，嵌岩桩应有桩端持力层的岩性报告。

**15.5.5** 人工挖孔混凝土灌注桩质量检验标准应符合表 15.5.5 的规定。

**表 15.5.5 人工挖孔混凝土灌注桩质量检验标准**

| 项目   | 序号 | 检查项目          | 允许值或允许偏差 |            | 检查方法                               |      |
|------|----|---------------|----------|------------|------------------------------------|------|
|      |    |               | 单位       | 数值         |                                    |      |
| 主控项目 | 1  | 承载力           | 不小于设计值   |            | 静载试验                               |      |
|      | 2  | 孔深及孔底土岩性      | 不小于设计值   |            | 测绳、检查孔底土岩性报告                       |      |
|      | 3  | 桩身完整性         | —        |            | 钻芯法（大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 500mm），低应变法或声波透射法 |      |
|      | 4  | 混凝土强度         | 不小于设计值   |            | 28d 试块强度或钻芯法                       |      |
|      | 5  | 桩径（不含混凝土护壁厚度） | mm       | ≥0         | 井径仪或超声波检测，干作业时用钢尺量，人工挖孔桩不包括护壁厚     |      |
| 一般项目 | 1  | 桩位            | mm       | ≤50+0.005H | 全站仪或用钢尺量                           |      |
|      | 2  | 垂直度           | ≤1/200   |            | 经纬仪测量或线锤测量                         |      |
|      | 3  | 桩顶标高          | mm       | +30<br>-50 | 水准测量                               |      |
|      | 4  | 混凝土坍落度        | mm       | 90~150     | 坍落度仪                               |      |
|      | 5  | 钢筋笼质量         | 主筋间距     | mm         | ±10                                | 用钢尺量 |
|      |    |               | 长度       | mm         | ±100                               | 用钢尺量 |
|      |    |               | 钢筋材质检验   | 设计要求       |                                    | 抽样送检 |
|      |    |               | 箍筋间距     | mm         | ±20                                | 用钢尺量 |
| 笼直径  |    |               | mm       | ±10        | 用钢尺量                               |      |

注：H 为桩基施工面至设计桩顶的距离（mm）

## 15.6 成品保护

- 15.6.1** 已挖好的桩孔必须用木板或脚手板、钢筋网片盖好，防止土块、杂物、人员坠落。严禁用草席、塑料布虚掩。
- 15.6.2** 已挖好的桩孔应及时安放钢筋笼，办理隐检手续，间隙时间不得超过 4h，及时灌注混凝土。
- 15.6.3** 钢筋笼应竖直放入井内，不得碰坏井壁，浇灌混凝土时吊桶应垂直放置，防止因混凝土斜向冲击孔壁，破坏护壁上层，造成夹土。
- 15.6.4** 已成形的钢筋笼应保护妥善，不得扭曲、松动变形，浇灌混凝土时应在笼顶部固定牢固，控制钢筋笼上浮。
- 15.6.5** 混凝土浇灌完毕后应复核桩位和桩顶标高。桩顶压实抹平后应用塑料布或草帘将桩头围好养护，防止混凝土出现收缩、干裂。
- 15.6.6** 施工过程中应妥善保护好场地轴线桩、水准点，不得碾压桩头，弯折钢筋。

## 15.7 注意事项

- 15.7.1** 从事挖孔桩作业的人员须经健康检查和井下、高空、用电、吊装及简单的机械操作等安全作业培训，且经过考核合格，方可进入现场施工。
- 15.7.2** 对施工现场所有设备、设施、装置、工具、配件及个人劳防用品等必须每天进行工前检查和工后验收，工后做好孔口防护和安全警示标识，夜间不得进行挖孔施工。严格执行《北京市建筑工种施工安全操作规程》DBJ01-62 有关规定。施工现场的一切电源、电路的安装和拆除必须遵守现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的规定。
- 15.7.3** 必须每挖完一节即根据井上口护壁上的轴线中心线吊线坠，用尺杆测定修边，使井壁圆弧保持上下顺直。
- 15.7.4** 开挖前应掌握现场土质情况，错开桩位开挖，随时观察土体松动情况，必要时可在坍塌处用砌砖封堵，操作进程要紧凑，不留间隔空隙，避免坍孔。
- 15.7.5** 挖到设计深度后，必须将孔底的虚土清除干净，必要时用水泥砂浆或混凝土封底。
- 15.7.6** 少量积水浇灌时首盘可采用半干硬性混凝土。
- 15.7.7** 混凝土浇灌、振捣操作前应进行技术交底，坚持分层浇注、分层振捣、连续作业。分层浇注厚度以一节护壁的高度为宜，必要时用铁管、竹杆、钢筋钎人工辅助插捣，以补充机械振捣的不足。
- 15.7.8** 钢筋笼应在专用平台上加工。主筋与箍筋点焊应牢固，支撑加强应可靠。吊运应竖直，使其平稳地放入井中，保持骨架完好。

## 16 旋挖成孔灌注桩

### 16.1 材料要求

- 16.1.1** 预拌混凝土强度、抗渗及抗腐蚀等指标应符合设计要求，坍落度宜为 180mm~220mm，水泥用量不宜少于 360kg/m<sup>3</sup>，含砂率宜为 40%~50%。和易性、凝结时间应满足施工要求。
- 16.1.2** 钢筋的品种和规格均应符合设计要求，并有出厂合格证及复试合格报告。
- 16.1.3** 垫块可采用混凝土轮式垫块、钢筋桥式保护层或塑料卡块。
- 16.1.4** 膨润土、植物胶、钠羧甲基纤维素、纯碱、烧碱等稳定液材料等应符合要求。
- 16.1.5** 掺入外加剂应与水泥有良好的适用性，其种类和掺入量应经试验确定，宜优先选用液态外加剂。

### 16.2 主要机具

**16.2.1** 旋挖钻机宜根据灌注桩设计参数、地质条件、场地条件和施工要求等合理选用。常用旋挖钻机主要技术参数见表 16.2.1。

表 16.2.1 旋挖钻机主要技术性能参数表

| 钻机型号     | 发动机功率(kw) | 动力头扭矩<br>(kN·m) | 主卷扬提拔<br>力(kN) | 副卷扬提拔<br>力(kN) | 最大钻深<br>(m) | 最大孔径<br>(mm) | 工作重量<br>(t) |
|----------|-----------|-----------------|----------------|----------------|-------------|--------------|-------------|
| BG25C    | 224       | 237             | 200/250        | 80/100         | 57          | 1900         | 76          |
| BG30     | 354       | 270             | 250/317        | 80/100         | 70          | 2200         | 100         |
| BG26     | 224/2100  | 260             | 230/295        | 80/100         | 65          | 2200         | 86.5        |
| BG38     | 354/1800  | 380             | 290/370        | 100/125        | 91          | 3000         | 135         |
| BG39     | 403       | 390             | 400            | 100/125        | 92          | 3600         | 150         |
| SR220 II | 250       | 250             | 240            | 110            | 70          | 2300         | 71          |
| SR220C   | 250       | 250             | 240            | 110            | 67          | 2300         | 70          |
| SR250    | 250       | 285             | 256            | 110            | 70          | 2300         | 72          |
| TR220D   | 213       | 220             | 200            | 110            | 65          | 2000         | 65          |
| TR250D   | 250       | 261             | 240            | 110            | 80          | 2500         | 73          |
| TR280DH  | 261       | 290             | 250            | 110            | 85          | 2500         | 67          |
| TR360D   | 305       | 320             | 300            | 120            | 95          | 2500         | 105         |
| TR550C   | 412       | 520             | 440            | 130            | 130         | 4000         | 172         |
| XR220    | 246       | 220             | 200            | 80             | 65          | 2000         | 70          |
| XR250    | 298       | 250             | 230            | 100            | 70          | 2500         | 80          |
| TRM140   | 192       | 140             | 150            | 76             | 40~50       | 1600         | 45          |
| TRM200   | 224       | 200             | 200            | 90             | 45~60       | 2000         | 65          |
| SD10- I  | 125       | 100             | 140            | 50             | 40          | 1400         | 40          |
| SD10- II | 125       | 100             | 140            | 50             | 50          | 1400         | 48          |

|          |     |     |     |     |     |      |      |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| SD10-III | 125 | 20  | 140 | 50  | 100 | 1400 | 40   |
| Sd20     | 194 | 194 | 180 | 75  | 60  | 2000 | 65   |
| SD28     | 263 | 286 | 250 | 75  | 80  | 2400 | 86   |
| SD25W    | 221 | 250 | 250 | 75  | 75  | 2000 | 65.5 |
| FR618    | 194 | 180 | 165 | 80  | 55  | 1500 | 55   |
| FR626    | 250 | 250 | 250 | 100 | 70  | 2500 | 69   |
| R160     | 205 | 180 | 180 | 70  | 52  | 1800 | 58   |
| R200     | 224 | 210 | 200 | 100 | 60  | 2000 | 65   |
| R260     | 354 | 260 | 250 | 100 | 80  | 2200 | 82   |
| R400     | 400 | 398 | 360 | 140 | 100 | 3000 | 110  |
| SR100    | 480 | 245 | 370 | 145 | 92  | 3500 |      |
| SR40     | 187 | 160 | 150 | 64  | 55  | 1500 |      |
| SR65     | 300 | 240 | 240 | 140 | 77  | 2000 |      |
| SR80C    | 328 | 292 | 260 | 100 | 77  | 2000 |      |
| ZR280A   | 261 | 280 | 274 | 110 | 86  | 2500 | 80   |
| ZR280B   | 261 | 280 | 283 | 110 | 86  | 2500 | 88   |

**16.2.2** 钻杆宜依据地层条件和设计桩型选用。黏性土层和砂层可选用摩擦钻杆。风化岩层应根据岩层的软硬程度选用摩擦或机锁钻杆。

**16.2.3** 旋挖钻斗可根据地层条件选用，常用钻头适用地层见表 16.2.3。

**表 16.2.3 钻头的类型及适用地层**

| 地层钻头形式 | 一般黏性土及其填土 | 淤泥和淤泥质土 | 粉土、砂土 | 硬黏性土 | 密实砂土 | 碎石土、砂砾卵石层 | 软质岩石和<br>风化岩石 | 硬质岩石 |
|--------|-----------|---------|-------|------|------|-----------|---------------|------|
| 螺旋钻    | ●         | ●       | ●     | ●    | ●    |           |               |      |
| 斗齿钻    | ●         | ●       | ●     |      |      |           |               |      |
| 截齿钻    | ●         | ●       | ●     | ●    | ●    | ●         | ●             |      |
| 筒式截齿钻  |           |         |       |      |      | ●         | ●             |      |
| 筒式牙轮钻  |           |         |       |      |      |           | ●             | ●    |

注：●为该类地层所对应的钻头形式，某些地层适应几种钻头形式单独或互补使用，螺旋钻头一般适用于干钻。

**16.2.4** 导管宜选用厚壁丝扣连接的钢导管。首节配管长宜为 1.0m，底管长度不宜小于 4.0m。导管规格的选择与桩径大小和通过能力相适应，并宜满足表 16.2.4 的要求。

**表 16.2.4 导管直径与通过能力**

| 桩径(mm)    | 导管直径(mm) | 导管壁厚(mm) | 通过能力(m <sup>3</sup> /h) |
|-----------|----------|----------|-------------------------|
| <800      | 200      | 3~5      | 12                      |
| 800~1200  | 250      | 4~5      | 15~17                   |
| 1200~2000 | 300      | 5~6      | 25                      |
| >2000     | 宜采用双导管灌注 |          |                         |

16.2.5 护筒应有足够强度和刚度，其内径宜比设计桩径大 150mm~200mm。采用全护筒护壁时，护筒应满足强度、连接等要求。

### 16.3 作业条件

16.3.1 施工前应完成“三通一平”。输电线、管线、旧建筑物设备基础等地上、地下障碍物均已清理完毕。旋挖钻机、起重机等施工机械与架空输电导线的最小安全距离应不低于表 16.3.1 规定。

表 16.3.1 架空输电导线的最小安全距离

| 输电导线电压 (kV)         | 1<  | 1~15 | 20~40 | 60~110 | 220 |
|---------------------|-----|------|-------|--------|-----|
| 允许沿输电导线垂直方向最近距离 (m) | 1.5 | 3.0  | 4.0   | 5.0    | 6.0 |
| 允许沿输电导线水平方向最近距离 (m) | 1.0 | 1.5  | 2.0   | 4.0    | 6.0 |

16.3.2 施工场地应平坦、地面坚实，施工工作面坡度不宜大于 3°，场地地基承载力特征值宜大于 120kPa。

16.3.3 应熟悉施工图和图纸会审资料，根据场地地质条件，结合工程项目现场状况，按照《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502 的规定编制施工组织设计，审批后实施。

16.3.4 施工前应对施工人员进行施工和安全技术交底。

16.3.5 宜依据平面布置图搭建临时设施，进行现场泥浆池等设备、设施的布置。

16.3.6 钻机和各种配套设施应进行安装调试，经验收合格后方可投入使用。

### 16.4 施工工艺

16.4.1 旋挖成桩灌注桩施工工艺流程应符合图 16.4.1。

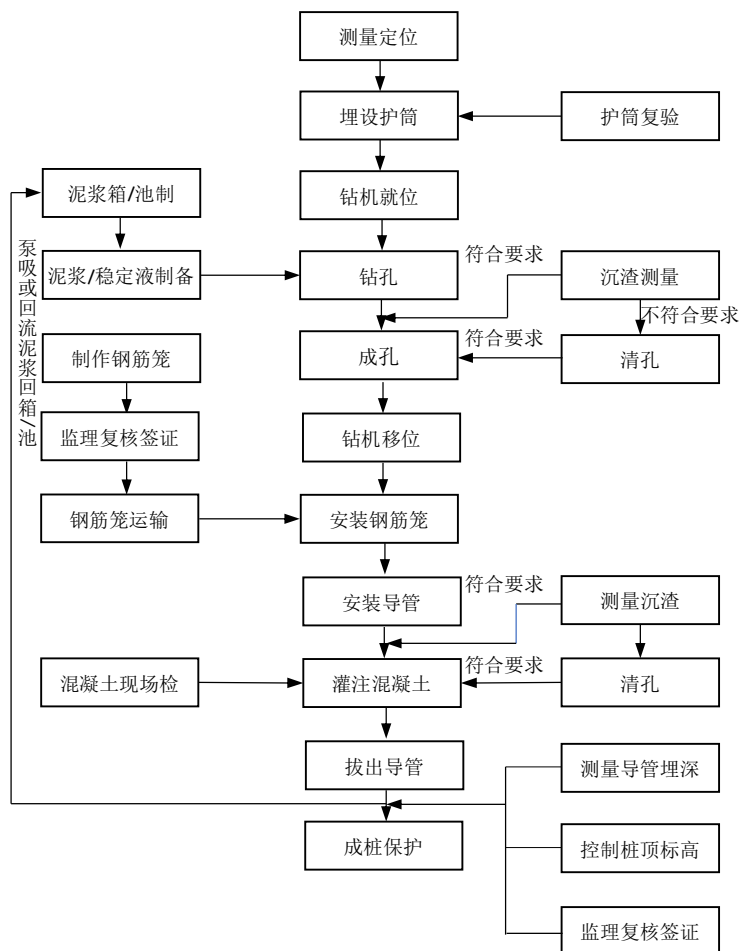


图 16.4.1 旋挖灌注桩工艺流程

16.4.2 应在已建立的现场测量控制网基础上进行准确的桩位测量定位，宜采用十字控制线标识。桩位偏差不应大于 20mm。

16.4.3 护筒埋设应符合下列要求：

- 1 埋设深度根据具体地质情况确定，宜座落在稳定的土层上；
- 2 护筒顶部应高出地面 200mm 左右，测量护筒顶标高作为成孔孔深依据；
- 3 护筒中心与桩中心偏差不宜大于 50mm，护筒倾斜度不宜大于 1%。

16.4.4 泥浆制备宜采用膨润土。当用黏土代替膨润土时，含砂率不应大于 2%，塑性指数不应小于 25。可有选择的加入适量的分散剂、增黏剂、加重剂和堵漏剂等处理剂。制备泥浆的主要性能指标见表 16.4.4。

表 16.4.4 制备泥浆的性能指标

| 项次 | 项目   | 性能指标      | 检验方法                  |
|----|------|-----------|-----------------------|
| 1  | 相对密度 | 1.05~1.15 | 玻璃密度计、泥浆比重秤           |
| 2  | 黏度   | 18s~25s   | 500ml /700ml 漏斗式泥浆黏度计 |
| 3  | 含砂率  | <4%       | 量杯法、泥浆含砂量测定仪          |
| 4  | 胶体率  | ≥95%      | 量杯法                   |
| 5  | PH 值 | 7~9       | PH 试纸                 |

16.4.5 旋挖钻机就位后应调整桅杆的垂直度，垂直度符合要求后将钻头中心对准桩位点进行钻孔作业。在钻进过程中应随时监控并校核桅杆的垂直度，每钻进 10.0m 至少校核 1 次，桅杆垂直度偏差应小于 0.1%。

16.4.6 钻孔施工应符合下列要求：

1 成孔应依据地层条件和设计桩型，选择钻斗及钻进参数。钻斗宜按表 16.2.3 选用，钻斗升降速度及转速参考值宜按表 16.4.6-1、表 16.4.6-2 选用。

表 16.4.6-1 钻斗升降速度参考值

| 桩径 (mm)     |    | <800 | 1000 | 1200 | 1500 | 2000 | >2500 |
|-------------|----|------|------|------|------|------|-------|
| 钻斗升降速度(m/s) | 载重 | 0.97 | 0.86 | 0.75 | 0.58 | 0.44 | 0.23  |
|             | 空斗 | 1.21 | 1.02 | 0.83 | 0.83 | 0.62 | 0.31  |

表 16.4.6-2 钻斗转速参考值

| 土层类型                | 转速 (r/min) |
|---------------------|------------|
| 表土层                 | <10        |
| 淤泥质粉质黏土、淤泥质粉土、粉质黏土  | <20        |
| 砂质粉土夹粉砂、粉土、粉砂、粉质黏土等 | <15        |
| 粉细砂、粉砂、粗砂等          | <8         |

2 钻斗的回次进尺以钻斗的高度为准，钻渣装斗量不宜大于钻斗总容量的 80%；

3 钻孔内泥浆面不宜低于护筒底口，且高于地下水位不宜小于 1.0m。受水位涨落影响严重的场地，高于地下水位不宜小于 1.5m；水位过高时可设置泥浆缓存池；

4 钻进过程中，应做好钻孔记录，记录孔深、地层变化、钻进时间等内容；

5 终孔自检后应及时进行报验验收。

16.4.7 旋挖成孔灌注桩应进行两次清孔。安装钢筋笼前可采用清渣斗、双层底捞砂钻斗一次清孔。混凝土灌注前可采用导管正循环清渣进行第二次清孔。清孔后孔底 500mm 处泥浆比重不宜超过 1.25。孔底沉渣厚度指



标应根据桩型控制：端承型桩不大于 50mm，摩擦型桩不大于 100mm，抗拔、抗水平力桩不大于 200mm。

#### 16.4.8 钢筋笼的制作应符合下列规定：

- 1 按设计图纸及规范要求制作，尚应满足设计要求和符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18、《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107 规定；
- 2 相邻两根主筋的接头应错开，错开距离不应小于 35d，同一截面内的钢筋接头数量不得超过主筋总数的 50%。钢筋笼顶锚固区内不宜有接头；
- 3 主筋与加劲筋的连接应采用点焊焊接；螺旋筋与主筋的可采用绑扎或点焊固定。绑扎应采用正反交叉方式，绑扎点数不应少于 50%。当设计有特殊要求时应满足设计要求；
- 4 水下灌注桩钢筋笼的保护层厚度应不小于 50mm，偏差±20mm。干孔灌注桩钢筋笼的保护层厚度应不小于 35mm，偏差±10mm。钢筋笼的保护垫块应均匀布置，宜每隔 3~5m 设置 1 道，每道不少于 3 个；
- 5 钢筋笼最下端主筋可向中心稍微收拢，弯曲角度不宜大于 15°，弯折长度不宜大于钢筋笼直径 1/4；
- 6 钢筋笼长度小于 30m 一般可在地表一次成型。超过 30m，宜分段制作孔口采用焊接或机械连接。钢筋直径大于 25mm 时，宜采用机械连接；
- 7 钢筋笼长度的调节段应在终孔后的清孔和起钻期间制作，其段长根据孔深计算，并置于最下部；
- 8 对钢筋可能产生腐蚀地层应考虑防腐及特殊处理应符合设计要求；
- 9 声测管、压浆管、检测专用管、地源热泵循环管等预埋件的连接头应牢固，顶底口封闭严实。

#### 16.4.9 钢筋笼的运输、安装应符合下列规定：

- 1 钢筋笼在运输和安装时不应产生永久性变形；运距较长时宜使用运输车；
- 2 钢筋笼起吊点宜设在加劲筋处或其他可靠部位，并采取防钢筋脱焊、变形措施。直径大、质量大的钢筋笼宜设对称双吊点加滑轮横担方式起吊；
- 3 钢筋笼吊装入孔时，应保持竖直状态，对准孔位中心慢速下放，严禁强行压入；
- 4 钢筋笼在孔口对接时，主筋位置应对正，钢筋笼轴线应一致。

#### 16.4.10 导管安装应符合下列规定：

- 1 导管平台应平整，夹板牢固可靠；
- 2 导管安装位置应居中，导管连接处应密实。导管底口距孔底应为 300mm~500mm；
- 3 混凝土灌注前应向导管内置入隔水栓（塞），隔水栓（塞）的直径宜比导管内径小 10mm~20mm，使用的隔水栓（塞）应有良好的隔水性能。

#### 16.4.11 混凝土灌注应符合下列要求：

- 1 混凝土坍落度应根据运输、气候、施工现场等条件综合确定；
- 2 初灌混凝土应采用大漏斗，并有足够储量，初灌量应使导管埋入混凝土面内 1.0m 以上；
- 3 灌注过程中，导管埋入混凝土内的深度宜为 2.0m~6.0m；
- 4 混凝土灌至钢筋笼下端时，宜减少灌注速度。当孔内混凝土面进入钢筋笼 1m~2m 时，应适当提升导管，减小导管埋深，增大钢筋笼在下层混凝土中的埋置深度；
- 5 混凝土超灌高度宜为 1.0D 且不宜小于 1.0m；
- 6 水下混凝土灌注必须连续进行，灌注时间一般不宜超过 8h，并填写水下混凝土灌注记录；
- 7 灌注过程出现异常，应如实记录并及时通知设计人员采取补救、补强等措施，对于经过补救或处理的桩，应进行桩身质量或承载力检测。

## 16.5 质量标准

16.5.1 施工前应对入场的水泥、砂、石子、钢材等原材料进行检验。

16.5.2 施工中应对测量放线、成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等进行全过程检查验收，嵌岩桩应对桩

端持力层岩性及入岩深度进行检验。

**16.5.3** 施工结束后，应对混凝土强度、桩身质量及承载力进行检验。

**16.5.4** 旋挖成孔灌注桩的质量验收应符合表 16.5.4 的规定。

**表 16.5.4 混凝土灌注桩质量检验标准**

| 项    | 序       | 检查项目          | 允许偏差或允许值                         |                   | 检查方法                   |      |
|------|---------|---------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|------|
|      |         |               | 单 位                              | 数 值               |                        |      |
| 主控项目 | 1       | 承载力           | 不小于设计值                           |                   | 按基桩检测技术规范 JGJ106 检验    |      |
|      | 2       | 孔深            | 不小于设计值                           |                   | 重锤、井径仪                 |      |
|      | 3       | 桩身完整性         |                                  |                   | 按基桩检测技术规范 JGJ106 检验    |      |
|      | 4       | 桩位            | GB50202 表 5.1.4 要求（护坡桩<br>≤50mm） |                   | 复测护筒，检验桩中心             |      |
|      | 5       | 混凝土强度         | 不小于设计值                           |                   | 28 天试件报告或钻芯取样送检        |      |
|      | 6       | 嵌岩深度          | 不小于设计值                           |                   | 取岩样或超前钻取样              |      |
|      | 5       | 承载力           | 不小于设计值                           |                   | 按基桩检测技术规范              |      |
| 一般项目 | 1       | 垂直度           | ≤1/100（0.5%支护桩）                  |                   | 用超声波或井径仪测量             |      |
|      | 2       | 桩径            | ≥0（±5mm）个别断面                     |                   | 用超声波或井径仪测量，干施工时用钢尺量    |      |
|      | 3       | 泥浆比重（黏土或砂性土中） | ≤1.25                            |                   | 用比重计测，清孔后在距孔底 50cm 处取样 |      |
|      | 4       | 泥浆面标高（高于地下水位） | m                                | 0.5~1.0           | 目测                     |      |
|      | 5       | 沉渣厚度：端承桩      | mm                               | ≤50               | 用沉渣仪或重锤测量              |      |
|      |         | 摩擦桩           | mm                               | ≤100              |                        |      |
|      |         | 抗拔抗水平力桩       | mm                               | ≤200              |                        |      |
|      | 6       | 钢筋笼安装深度       | mm                               | ±100              | 用钢尺量                   |      |
|      |         | 钢 筋           | 主筋间距                             | mm                | ±10                    | 用钢尺量 |
|      |         |               | 长度                               | mm                | ±100                   | 用钢尺量 |
| 筋 笼  |         | 箍筋间距          | mm                               | ±20               | 用钢尺量                   |      |
|      |         | 钢筋笼直径         | mm                               | ±10               | 用钢尺量                   |      |
| 量    |         | 钢筋材质          | 设计要求                             |                   | 抽样送检                   |      |
| 7    | 混凝土充盈系数 | >1            |                                  | 检查每根桩的实际灌注量       |                        |      |
| 8    | 桩顶标高    | mm            | +30                              | 水准仪，需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体 |                        |      |
|      |         |               | -50                              |                   |                        |      |

## 16.6 成品保护

**16.6.1** 成孔后灌注不及时，应将孔内注满优质泥浆，孔口用盖板盖好。

**16.6.2** 群桩施工时，应间隔跳钻成孔。其安全距离不宜小于 4D（D 为桩径）或距离浇灌混凝土完成最短时间间隔不应少于 24h。

**16.6.3** 桩基施工过程中，施工设备不得碾压桩头。

**16.6.4** 桩头外留的主筋插件要妥善保管，不得任意弯折或压断。

**16.6.5** 在软土地基基坑中开挖时，应合理安排开挖顺序，分层平衡开挖，挖掘机具不得碰撞桩体，不得因开挖造成桩体位移或损伤。

**16.6.6** 钢筋笼雨天应覆盖，存放场地面平整，不得直接放于潮湿的地面。

**16.6.7** 气温-5℃以下施工期间，桩顶应采取保温措施，保温深度应根据当地的冻土深度确定。

## 16.7 注意事项

**16.7.1** 施工前应对作业过程进行辨识和评价，项目负责人应组织进行现场开工安全检查，并采取相应的安全防护措施。

**16.7.2** 针对塌孔、孔斜、钢筋笼上浮等质量事故及通病宜编制预案，出现时及时采取措施。

**16.7.3** 干孔作业时，桩头部分宜采用振捣棒振实。

**16.7.4** 遇六级及以上大风和雷雨等恶劣天气，应停止作业，把桩机的重心调至面对风的方向，锁紧制动器。

**16.7.5** 夜晚施工应遵守现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的规定。

## 17 反循环钻孔灌注桩

### 17.1 材料要求

- 17.1.1** 预拌混凝土强度、抗渗及抗腐蚀等指标应符合设计要求，和易性、凝结时间应满足施工要求。
- 17.1.2** 钢筋的品种和规格均应符合设计要求，并有出厂合格证及复试合格报告。
- 17.1.3** 垫块可采用混凝土轮式垫块、钢筋桥式保护层或塑料卡块。
- 17.1.4** 膨润土、植物胶、钠羧甲基纤维素、纯碱、烧碱等稳定液材料等应符合要求。

### 17.2 主要机具

**17.2.1** 反循环钻机宜根据灌注桩设计参数、地质条件、场地条件和施工要求等合理选用。常用的反循环钻机主要技术参数见表 17.2.1。

表 17.2.1 常用反循环钻机工作主机的主要技术参数

| 钻机型号         | 钻孔直径<br>(mm) | 钻孔深度<br>(m) | 钻杆直径<br>(mm) | 转盘最大扭矩<br>(kN·m) | 主卷扬提升力<br>(kN) | 动力功率<br>(kw) |
|--------------|--------------|-------------|--------------|------------------|----------------|--------------|
| GJC-40H      | 500~1500     | 300~40      | 89           | 6.35             | 29.4           | 40           |
| GJD-1500     | 1500         | 50          | 180          | 39.2             | 392            | —            |
| QJ-250       | 2500         | 100         | —            | 27.44            | —              | —            |
| BDM-1        | 1250         | 40          | 120          | 12.2             | 200            | 14/24        |
| BDM-2        | 2500         | 40          | 219          | 29.4             | 200            | 18/28        |
| BDM-4        | 3000         | 40          | 273          | 80               | 600            | 75           |
| GPS-15       | 1500         | 100         | —            | 20               | 30             | 30           |
| GPS-18       | 1800         | 100         | —            | 26               | 30             | 37           |
| GPS-22       | 2200         | 100         | —            | 80               | 30             | 55           |
| GPS-25D      | 2500         | 130         | —            | 120              | 50             | 75           |
| Sp180/150    | 2500         | 120         | 300          | 180              | 1100           | 302          |
| YG-15        | 800~1500     | 50          | —            | 20               | 35             | 37           |
| ZJD2800/180C | 2800         | 150         | 351          | 18               | 120            | 182          |
| ZJD3500/250C | 3500         | 150         | 377          | 25               | 150            | 246          |
| ZJD4000/350C | 4000         | 160         | 377          | 35               | 220            | 311.5        |
| ZJD05000/450 | 5000         | 200         | 559          | 45               | 350            | 355          |
| KYZ10-150    | 600-3000     | 150         | 273          | 30               | 75             | 170          |
| KYZ10-180    | 600-3000     | 180         | 373          | 45               | 115            | 170          |

**17.2.2** 钻杆的直径、强度等性能应满足设计孔径和钻进工艺及地质情况的要求，并与主动钻杆和钻头连接杆相匹配。

**17.2.3** 反循环钻机钻头可根据地层条件选用，主要技术参数见表 17.2.3。

表 17.2.3 钻头的形式、种类及适用范围

| 钻头种类     | 钻头形式 | 适用岩(土)层范围                            |
|----------|------|--------------------------------------|
| 刮刀钻头     | 鱼尾钻头 | 软土、黏性土、松散砂土、松散圆(角)砾                  |
|          | 三翼钻头 | 软土、黏性土、砂土、圆(角)砾、软质岩、强风化硬质岩           |
|          | 四翼钻头 |                                      |
|          | 笼式钻头 | 软土、黏性土、粉土、砂土、碎石土(块石、漂石除外)、软质岩、强风化硬质岩 |
| 牙轮(滚刀)钻头 | 盘形滚刀 | 破碎岩、硬质岩                              |
|          | 楔齿滚刀 |                                      |
|          | 球齿滚刀 |                                      |
| 组合钻头     |      | 软硬不均地层、厚层砂土、孤石、漂石地层                  |

17.2.4 导管的选用应符合本规程 16.2.4 节要求。洞内施工时,应考虑净空高度,导管长度不宜大于 1.5m。

17.2.5 护筒应有足够强度和刚度,其内径宜比设计桩径大 100mm~150mm,宜开设 1~2 个溢流口,护筒长度宜大于 1.5 米。

17.2.6 泥浆泵、注浆泵泵型应根据设计桩径、孔深、地层、成孔工艺、钻进速度、泵量大小及扬程等因素选择确定,常用泵的主要技术参数见表 17.2.6。

表 17.2.6 常用泵主要技术参数

| 泵型        | 性能 | 流量     |       | 吸程(m) | 扬程(m) | 转速(r/min) | 功率(kw) | 叶轮直径(mm) | 泵重(kg) |
|-----------|----|--------|-------|-------|-------|-----------|--------|----------|--------|
|           |    | (m³/h) | (L/s) |       |       |           |        |          |        |
| PWL 污水泵   |    | 350    |       |       | 23    |           | 55     |          |        |
| 4PN 泥浆泵   |    | 100    |       |       | 41    |           | 55     |          |        |
| 4PN 衬胶泥浆泵 |    | 160    |       |       | 40    |           | 55     |          |        |
| 6PN 泥浆泵   |    | 230    | 64    | 5.5   | 27    | 980       | 75     | 420      | 1200   |
|           |    | 280    | 78    | 5.3   | 26    |           |        |          |        |
|           |    | 320    | 90    | 4.2   | 25    |           |        |          |        |
| 8PN 泥浆泵   |    | 450    | 125   | 3.5   | 65    | 980       | 215    | 635      | 4000   |
|           |    | 550    | 153   |       | 63    |           |        |          |        |
|           |    | 600    | 163   |       | 62    |           |        |          |        |
| 4PS 砂泵    |    | 90     |       |       | 37    |           | 55     |          |        |
| 6PS 砂泵    |    | 320    |       |       | 29    | 980       | 115    |          | 1500   |
|           |    | 380    |       |       | 28.5  |           |        |          |        |
|           |    | 440    |       |       | 27    |           |        |          |        |

17.2.7 洞内钻孔灌注桩与钢管柱安装多功能一体机可用于洞室内钢筋笼运输与安装。

### 17.3 作业条件

17.3.1 施工前应完成“三通一平”。输电线、管线、旧建筑物设备基础等地上、地下障碍物均已清理完毕。

反循环钻机、起重机等施工机械与架空输电导线的最小安全距离应不低于表 16.3.1 规定。

**17.3.2** 施工场地应平坦、地面坚实，当不能满足机械行走时，应采取相应措施。

**17.3.3** 根据施工需求合理布置生产、生活设施及场内道路、供水、供电及排水系统。当施工供电能力不能满足施工高峰要求时应安装自备电源或采取双回路供电系统。

**17.3.4** 应依据平面布置图搭建临时设施，进行现场泥浆池等设备、设施的布置。泥浆池宜设置储浆池、溢流池和沉淀池。泥浆池/箱大小不宜小于钻孔体积的 1.5~2 倍。泥浆循环畅通，易于清除钻渣。

**17.3.5** 施工前应对施工人员进行施工和安全技术交底。

**17.3.6** 钻机和各种配套设备应进行安装调试。

## 17.4 施工工艺

**17.4.1** 反循环钻孔灌注桩施工工艺流程图宜符合图 17.4.1。

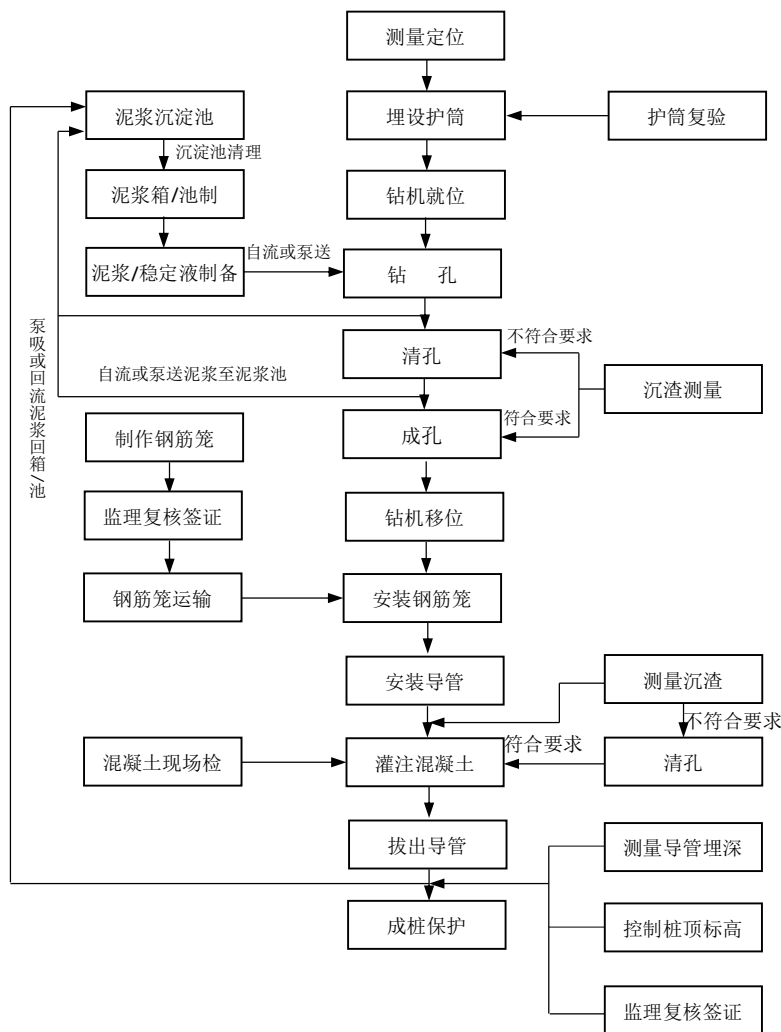


图 17.4.1 反循环钻孔灌注桩施工工艺流程

**17.4.2** 应在已建立的现场测量控制网基础上进行准确的桩位测量定位，宜采用十字控制线标识。桩位偏差不应大于 20mm。有限空间内（洞内）施工时，可将桩位标识于洞顶。

**17.4.3** 护筒一般采用人工埋设，埋设应符合下列要求：

1 埋设深度根据具体地质情况确定，黏性土中不宜小于 1.0m；砂性土中不宜小于 1.5m。护筒下端外侧应采用黏土填实；

2 护筒顶部应高出地面 200mm 左右，测量护筒顶标高作为成孔孔深依据；

3 护筒中心与桩的中心偏差不得大于 50mm，护筒倾斜度不大于 1%。

**17.4.4** 泥浆制备宜采用膨润土。当用黏土代替膨润土时，含砂率不应大于 2%，塑性指数不应小于 25。制备泥浆的主要性能指标宜符合表 16.4.4 要求。根据不同的地质条件，也可采用上部黏性土自然造浆。

**17.4.5** 桩机就位时，应保持钻机底盘、转盘（或回转器）面水平和钻架垂直，回转钻机钻架的天车滑轮前缘、转盘（或回转器）中心与孔位中心（钻头中心）应在同一铅垂线上。孔位偏差不应大于 50mm。

**17.4.6** 成孔施工应符合下列规定：

1 碎石土中钻进时，地层颗粒粒径不应大于钻杆内径的 3/4，且不宜超过钻头吸渣口直径的 2/3；

2 开钻时，待泵组起动形成正常反循环后，停止正循环泥浆泵才能钻进。

3 钻进过程中，应控制给进速度。泥浆流速、钻斗转速及钻进钻压可按表 17.4.6-1、17.4.6-2、17.4.6-3 选择。

表 17.4.6-1 反循环钻进泥浆流速

| 泥浆流动方向        | 流速 (m/s)                   |
|---------------|----------------------------|
| 钻杆内泥浆上返流速     | 2~4                        |
| 孔底泥浆横向流速      | 0.3~0.50 (泥浆取 0.3, 清水 0.5) |
| 钻孔外环状间隙泥浆垂直流速 | 0.02~0.04 不超过 0.16         |

注：1. 钻孔直径较小时，钻压宜选下限，转速宜选上限；钻孔直径较大时，钻压宜选上限，转速宜选下限；

2. 砂石泵排量一般钻杆与孔壁环状间隙泥浆流速不宜大于 10.0m/min, 钻杆内上返速度宜大于 2.0 m/min;

表 17.4.6-2 钻头外缘线速度

| 岩（土）层类别 | 岩石单轴抗压强度 (MPa) | 钻头线速度 (m/s) |
|---------|----------------|-------------|
| 土层      |                | 1.3~3.5     |
| 软质岩层    | 5~15           | 1.6~1.8     |
|         | 15~30          | 1.4~1.6     |
| 中硬岩层    | 30~60          | 1.2~1.4     |
| 硬岩层     | >60            | 1.0~1.2     |

表 17.4.6-3 泵吸反循环钻进钻压表（单位：kN）

| 钻头类别    | 规格 (mm) | 地层    |  |       |     |
|---------|---------|-------|--|-------|-----|
|         |         | 黏性土层  | 砂层、砾石层、卵石层   | 软岩层   | 中硬层 |
| 翼片式钻头   | 800     | 8~10  | 6~12   | 10~30 | —   |
|         | 1000    | 9~12  | 8~15   | 15~35 | —   |
|         | 1200    | 12~15 | 10~20  | 25~40 | —   |
|         | 1500    | 15~30 | 12~25  | 30~45 | —   |
|         | 1800    | 20~35 | 15~30  | 40~50 | —   |
|         | 2000    | 25~45 | 20~35  | 50~80 | —   |
| 滚刀、牙轮钻头 | 800     | —     | 1. 牙轮钻头按钻头直径 (0.5kN~1.0kN) /cm 选用；<br>2. 滚刀钻头按钻头每把滚刀 10.0kN~20.0kN 选用； |       |     |
|         | 1000    | —     |  |       |     |

|  |      |   |  |
|--|------|---|--|
|  | 1200 | — |  |
|  | 1500 | — |  |

4 加接钻杆前，应先停止钻进，并将钻头提离孔底 100mm~200mm，维持泥浆循环 1min~2min，然后停泵加接钻杆，钻杆应拧紧上牢且密封。在恢复钻进时，应先把钻头提离孔底 200mm~300mm，待形成正常反循环后下放钻具，继续钻进；

5 钻进过程中应监测钻孔深度和垂直度，注意系统压力、钻头回转阻力、钻进速度、孔内异响、钻具磨损情况等；

6 终孔前应及时量测钻孔深度达到设计深度后，自检报验。

**17.4.7** 可采用正循环或反循环分两次清孔。孔深达到设计要求后，钻头应提离孔底 200mm~300mm，维持正常反循环进行一次清孔，直到符合清孔要求。混凝土灌注前应进行二次清孔。安装放钢筋笼后，可采用导管正循环清孔。清孔时应适时补浆保持孔内泥浆液面高度，不宜采用清水置换孔内泥浆。

**17.4.8** 钢筋笼的制作、钢筋笼、导管安装及混凝土灌注应符合本规程 16.4.8~11 条规定。

**17.4.9** 狭窄空间内，钢筋笼制安及泥浆池设置宜符合下列要求：

1 狭窄空间场地（洞室）内，钢筋笼须多段制作时，宜整体制作后分段安装。分段制作接头位于同一平面时，应征得设计同意。

2 狭窄空间场地（洞室）内，可采用履带式液压调垂机进行钢筋笼运输与安装及导管的安拆工作。

3 当泥浆池不能设置于现场或泥浆不能自流至泥浆池时应布置泥浆，应设置供回浆双管路，并宜采用伺服式泥浆泵供应和回返泥浆。

## 17.5 质量标准

**17.5.1** 施工前应对入场的水泥、砂、石子、钢材等原材料进行检验。

**17.5.2** 施工中应对测量放线、成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等进行全过程检查验收，嵌岩桩应对桩端持力层岩性及入岩深度进行检验。

**17.5.3** 施工结束后，应对混凝土强度、桩身质量及承载力进行检验。

**17.5.4** 旋挖成孔灌注桩的质量验收应符合表 16.5.4 的规定。

## 17.6 成品保护

**17.6.1** 成孔后灌注不及时，应将孔内注满优质泥浆，孔口用盖板盖好。

**17.6.2** 群桩施工时，应间隔跳钻成孔。其安全距离不宜小于 4D（D 为桩径）或距离浇灌混凝土完成最短时间间隔不应少于 24h。

**17.6.3** 桩基施工过程中，施工设备不得碾压桩头。

**17.6.4** 桩头外留的主筋插件要妥善保管，不得任意弯折或压断。

**17.6.5** 在软土地基基坑中开挖时，应合理安排开挖顺序，分层平衡开挖，挖掘机具不得碰撞桩体，不得因开挖造成桩体位移或损伤。

**17.6.6** 钢筋笼雨天应覆盖，存放场地面平整，不得直接放于潮湿的地面。

**17.6.7** 气温 -5℃ 以下施工期间，桩顶应采取保温措施，保温深度应根据当地的冻土深度确定。



## 17.7 注意事项

**17.7.1** 施工前应对作业过程进行辨识和评价，项目负责人应组织进行现场开工安全检查，并采取相应的安全防护措施。

**17.7.2** 钻进中遇到钻具跳动、憋车、憋泵、孔内严重漏水、涌水、钻孔偏斜等异常现象时，应停机检查。调整钻进技术参数以控制钻速，必要时应采取加大泥浆相对密度、黏度、更换钻头或增加导向钻具等措施。继续钻进前应对桩位进行复测。

**17.7.3** 水上施工时，应充分考虑筑岛的拆除和环保要求；采用水上作业平台施工时，应充分考虑材料供应和施工设备的进、退场方式。

**17.7.4** 停钻时钻具应随即提出孔口或提至安全孔段，不得停放孔底，孔口应加盖保护。

**17.7.5** 夜晚施工应遵守现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的规定，避免扰民。

**17.7.6** 废弃的浆、渣应进行处理，不得污染环境。

## 18 冲击成孔灌注桩

### 18.1 材料要求

18.1.1 预搅拌混凝土应符合下列要求：

- 1 坍落度应为 180mm~200mm，和易性及标号应符合设计要求，常用标号为 C25~C40；
- 2 水泥宜选用 PO42.5 普通硅酸盐水泥。

18.1.2 砂应选用中砂或粗砂，含泥量不大于 5%，且泥块含量不大于 2%。

18.1.3 石子应选用砾石或碎石，粒径 2mm~20mm，含泥量不大于 2%。

18.1.4 外掺剂应为泵送剂、早强、减水剂等，根据施工需要通过试验确定。

18.1.5 水下浇筑混凝土的塌落度和石子粒径等应满足水下工艺要求。

18.1.6 钢筋的品种和规格应符合设计要求，并有出厂合格证及复试合格报告。

### 18.2 主要机具

18.2.1 钻机可选用 CZ 系列冲击钻机（如：CZ-22、CZ-30 型冲击钻孔机）和简易冲击钻。

18.2.2 钻具可选用冲击锥和管状锤，冲击锥按锥底形状分一字形、工字形、人字形和十字形等多种，其形状尺寸常见有 $\Phi 800\text{mm}$  十字钻头和 $\Phi 920\text{mm}$  三翼钻头。

18.2.3 冲击锥应配备专用掏渣筒，用钢管制成，底端有单向活门，管状锤自带单向活门，同时用作淘渣使用。

### 18.3 作业条件

18.3.1 施工前应完成“三通一平”的施工条件，并应符合下列要求：

- 1 现场电源应根据设备功率大小，选用现场配电；
- 2 水源应根据设备数量，选用宜大勿小；
- 3 场地应平整并具有一定的强度，如强度不足，应铺垫砂石，或垫钢板；
- 4 地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均应排除处理完毕，无碍施工；
- 5 各项临时设施如照明、动力、安全设备应准备就绪。

18.3.2 应熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。

18.3.3 应按桩位平面图，测设桩位轴线、定位点，用钢筋或木棍等细长杆体在桩位处扎入深度不小于 30cm 的孔，填入白灰并插上钢筋棍，标识桩位，所有桩位要一次或分区段全部放完，并按要求进行检查 and 确认，基坑内施工时，边坡外扩应满足作业安全空间且不宜小于 1.0m。

18.3.4 桩身混凝土宜采用商品混凝土，且施工前应将水泥、砂、石子、外掺剂送试验室复试，同时进行配合比试验，保证各种材料合格并提出合适的配合比，水下浇筑应满足相应工艺要求。

18.3.5 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，施工前应对设备进行安全可靠性检查，确保施工安全。

18.3.6 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使混凝土料输送距离最短，且输送管铺设时拐弯最少。

### 18.4 施工工艺

18.4.1 冲击成孔灌注桩施工工艺流程宜符合下图 18.4.1

场地平整

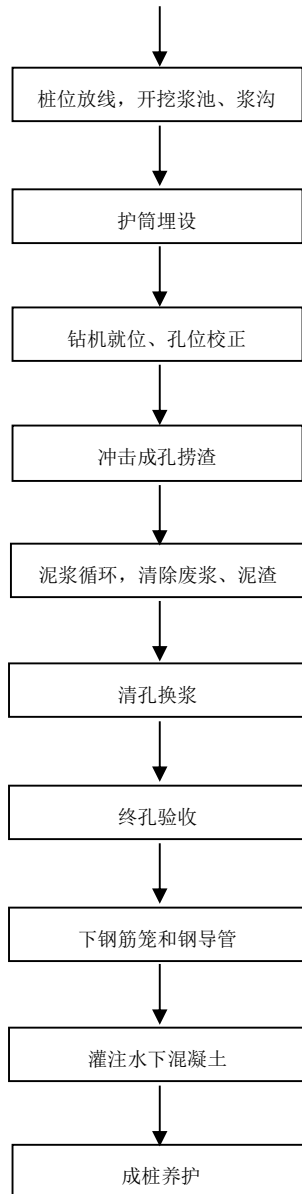


图 18.4.1 冲击成孔灌注桩施工工艺流程

#### 18.4.2 钻孔施工应符合下列要求：

- 1 成孔时应先在孔口设圆形 6mm~8mm 厚钢板护筒或砌砖护圈；
- 2 开始低锤（小冲程）密击，对易渗漏、塌孔地层，应及时加块石与黏土泥浆护壁，直至孔深达护筒下 3~4m 后，加快速度，加大冲程，转入正常连续冲击；
- 3 冲击钻头的重量选用应根据孔径及地层性质决定；
- 4 冲孔时应随时测定和控制泥浆密度；
- 5 排渣方法有泥浆循环法和抽渣筒法两种，应根据实际情况选用合适的方法进行施工，前者是将输浆管插入孔底，泥浆在孔内向上流动，将残渣带出孔外，适用于浅孔，而排渣筒法是用一个下部带活门的钢筒，当抽筒向下活动时，活门打开，残渣进入筒内，向上运动时，活门关闭，可将孔内残渣抽出孔外；
- 6 钻进过程中每 1m~2m 应检查一次成孔的垂直度情况，对于变层处和易于发生偏斜的部位，应采用低锤轻击，间断冲击的办法穿过；
- 7 泥浆制作时采用现场泥浆搅拌机制作，应先加水并计算体积，在搅拌下加入规定的膨润土，纯碱以溶

液的方式在搅拌下徐徐加入，搅拌时间不少于 3min，必要时还需加入其他外加剂如增黏降失水剂、重晶石粉增大泥浆比重，锯末、棉子等防止漏浆，制备泥浆的性能指标按表 18.4.2；

表 18.4.2 制备泥浆性能指标

| 项目   | 性能指标      | 检验方法        |
|------|-----------|-------------|
| 比重   | 1.04~1.18 | 泥浆比重计       |
| 黏度   | 18~25s    | 500/700 漏斗法 |
| 固相含量 | 6~8%      |             |
| 胶体率  | >95%      |             |
| 含砂率  | <4%       |             |
| PH 值 | 7~9       | PH 试纸       |

8 孔底沉渣厚度应用沉渣仪或重锤测量，端承桩≤50mm，摩擦桩≤100mm。

18.4.3 冬雨期施工应符合下列要求：

- 1 冬期施工应采取热水搅拌等有效的冬施措施，压灌混凝土时，混凝土的温度不得低于 5℃；
- 2 雨季施工时，应增加骨料含水量的测量次数并及时调整施工配合比。

## 18.5 质量标准

18.5.1 所使用的水泥、粉煤灰、砂及碎石等原材料应符合设计规定要求。

18.5.2 施工中应检查桩身混凝土的配合比、坍落度和水下浇筑速度、成孔深度、混凝土灌入量等。

18.5.3 施工结束后，应对桩顶标高、桩位、桩体质量做检查。

18.5.4 冲击成孔混凝土灌注桩的质量检验标准应符合表 18.5.4-1 和 18.5.4-2 的规定。

表 18.5.4-1 混凝土灌注桩钢筋笼质量检验标准（mm）

| 项    | 序 | 检查项目   | 允许偏差或允许值 | 检查方法 |
|------|---|--------|----------|------|
| 主控项目 | 1 | 主筋间距   | ±10      | 用钢尺量 |
|      | 2 | 长度     | ±100     | 用钢尺量 |
| 一般项目 | 1 | 钢筋材质检验 | 设计要求     | 抽样送检 |
|      | 2 | 箍筋间距   | ±20      | 用钢尺量 |
|      | 3 | 直径     | ±10      | 用钢尺量 |

表 18.5.4-2 冲击成孔混凝土灌注桩质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目   | 允许偏差或允许值                          |      | 检查方法                                  |
|------|---|--------|-----------------------------------|------|---------------------------------------|
|      |   |        | 单位                                | 数值   |                                       |
| 主控项目 | 1 | 桩位     | 见 GB50202 表 5.1.4                 |      | 基坑开挖前量护筒，开挖后量桩中心                      |
|      | 2 | 孔深     | mm                                | +300 | 只深不浅，用重锤测，或测钻杆、套管长度，嵌岩桩应确保进入设计要求的嵌岩深度 |
|      | 3 | 桩体质量检验 | 按基桩检测技术规范。如钻芯取样，大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 50cm |      | 按基桩检测技术规范                             |

|      |      |                     |                   |                   |                                    |
|------|------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|
|      | 4    | 混凝土强度               | 设计要求              |                   | 试件报告或钻芯取样送检                        |
|      | 5    | 承载力                 | 按基桩检测技术规范         |                   | 按基桩检测技术规范                          |
|      | 6    | 桩身完整性               | —                 |                   | 钻芯法（大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 500mm），低应变法或声波透射法 |
| 一般项目 | 1    | 垂直度                 | 见 GB50202 表 5.1.4 |                   | 测套管或钻杆，或用超声波探测，干施工时吊垂球             |
|      | 2    | 桩径                  | 见 GB50202 表 5.1.4 |                   | 井径仪或超声波检测，干施工时用钢尺量                 |
|      | 3    | 泥浆比重（黏土或砂性土中）       | 1.15~1.20         |                   | 用比重计测，清孔后在距孔底 50cm 处取样             |
|      | 4    | 泥浆面标高（高于地下水位）       | m                 | 0.5~1.0           | 目测                                 |
|      | 5    | 沉渣厚度：<br>端承桩<br>摩擦桩 | mm                | ≤50               | 用沉渣仪或重锤测量                          |
|      |      |                     | mm                | ≤100              |                                    |
|      | 6    | 钢筋笼安装深度             | mm                | ±100              | 用钢尺量                               |
|      | 7    | 混凝土充盈系数             | >1                |                   | 检查每根桩的实际灌注量                        |
| 8    | 桩顶标高 | mm                  | +30<br>-50        | 水准仪，需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体 |                                    |

## 18.6 成品保护

- 18.6.1** 桩顶保护桩长不应小于 0.5m；  
**18.6.2** 机械清土不得碰撞桩头和扰动桩间土。

## 18.7 注意事项

- 18.7.1** 施工前应确定钻机行走路线，成桩后钻机避免碾压成桩。  
**18.7.2** 水下浇筑时应均匀提钻并保证灌注导管始终埋在混凝土中不少于 2m。  
**18.7.3** 相邻桩基施工应保证足够的安全距离，确保临近尚未达到养护强度的桩体不受扰动破坏。  
**18.7.4** 当容易发生串桩现象时，应采取跳打方法。  
**18.7.5** 对于地层相对稳定，同时地基土中黏性土的占比较大的地区，经试验也可采取地层自造浆，对于地层稳定性较差或渗漏严重的地区宜采用化学泥浆。

## 19 长螺旋钻成孔灌注桩

### 19.1 材料要求

- 19.1.1** 水泥宜选用 P.0 42.5 型号，具有出厂合格证和检测报告。
- 19.1.2** 砂宜选用中砂或粗砂，含泥量不大于 5%，质量符合相关规范规定。
- 19.1.3** 石子宜选用质地坚硬的卵石或碎石，粒径 5mm~40mm，含泥量不大于 2%，质量符合相关规范规定。
- 19.1.4** 钢筋品种和规格均应符合设计规定，并有出厂合格证及试验报告。
- 19.1.5** 混凝土应符合设计及相关验收规范要求，坍落度宜取 90mm-150mm，强度不小于设计值。
- 19.1.6** 外加剂、掺合料应根据施工需要通过试验确定。

### 19.2 主要机具

- 19.2.1** 长螺旋钻孔机宜根据桩长、桩径、地层条件等合理选用，常用长螺旋钻孔机械的主要技术参数见表 19.2.1。

表 19.2.1 常用长螺旋钻机主要技术参数

| 参数名  | 单位   | 钻机型号    |                  |                  |                  |                  |                  |
|------|------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|      |      | KLB26   | CFG28            | CFG-26           | CFG-30           | CFGD28           |                  |
| 最大孔径 | mm   | 800     | 600              | 400              | 400              | 600              |                  |
| 钻孔深度 | m    | 26      | 28               | 26               | 30               | 28               |                  |
| 主机功率 | kw   | 55*2    | 55*2             | 55*2             | 55*2             | 55*2             |                  |
| 钻杆转速 | rpm  | 31      | 16               | 21               | 23               | 21.8             |                  |
| 移动形式 |      | 液压步履    | 液压步履             | 液压步履             | 液压步履             | 液压步履             |                  |
| 扭矩   | KNm  | 48      | 48.5             | 48               | 48               | 47.3             |                  |
| 拔钻力  | KN   | 400     | 400              | 400              | 450              | 300              |                  |
| 回转角度 |      | 360     | 360              | 360              | 360              | 360              |                  |
| 外形尺寸 | 工作状态 | mm      | 12200*6700*31930 | 11500*6000*34500 | 12200*6700*31900 | 13500*5800*36300 | 13800*6000*43000 |
|      | 运输状态 | mm      | 12050*2630*3850  | 12700*2600*4150  | 12050*2630*3850  | 18800*2500*3450  | 15000*3000*3200  |
| 整机质量 | t    | 50      | 57               | 47               | 72               | 48               |                  |
| 运输形式 |      | 拖挂+解体散件 | 拖挂+解体散件          | 拖挂+解体散件          | 拖挂+解体散件          | 拖挂+解体散件          |                  |

### 19.3 作业条件

- 19.3.1** 场地应达到“三通一平”，施工用的临时设施准备就绪。
- 19.3.2** 施工前应熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。
- 19.3.3** 应按桩位平面图测设桩位轴线、标识桩位，所有桩位应一次全部放完。
- 19.3.4** 施工前应进行安全技术交底，并对设备进行安全可靠性检查。
- 19.3.5** 应按设计要求预制钢筋笼，钢筋笼宜分段制作。钢筋笼接头宜采用焊接或机械式接头，接头相互错开。
- 19.3.6** 施工前应作成孔试验，数量不少于 2 根。

## 19.4 施工工艺

19.4.1 长螺旋钻成孔灌注桩施工工艺流程应符合图 19.4.1 的规定。

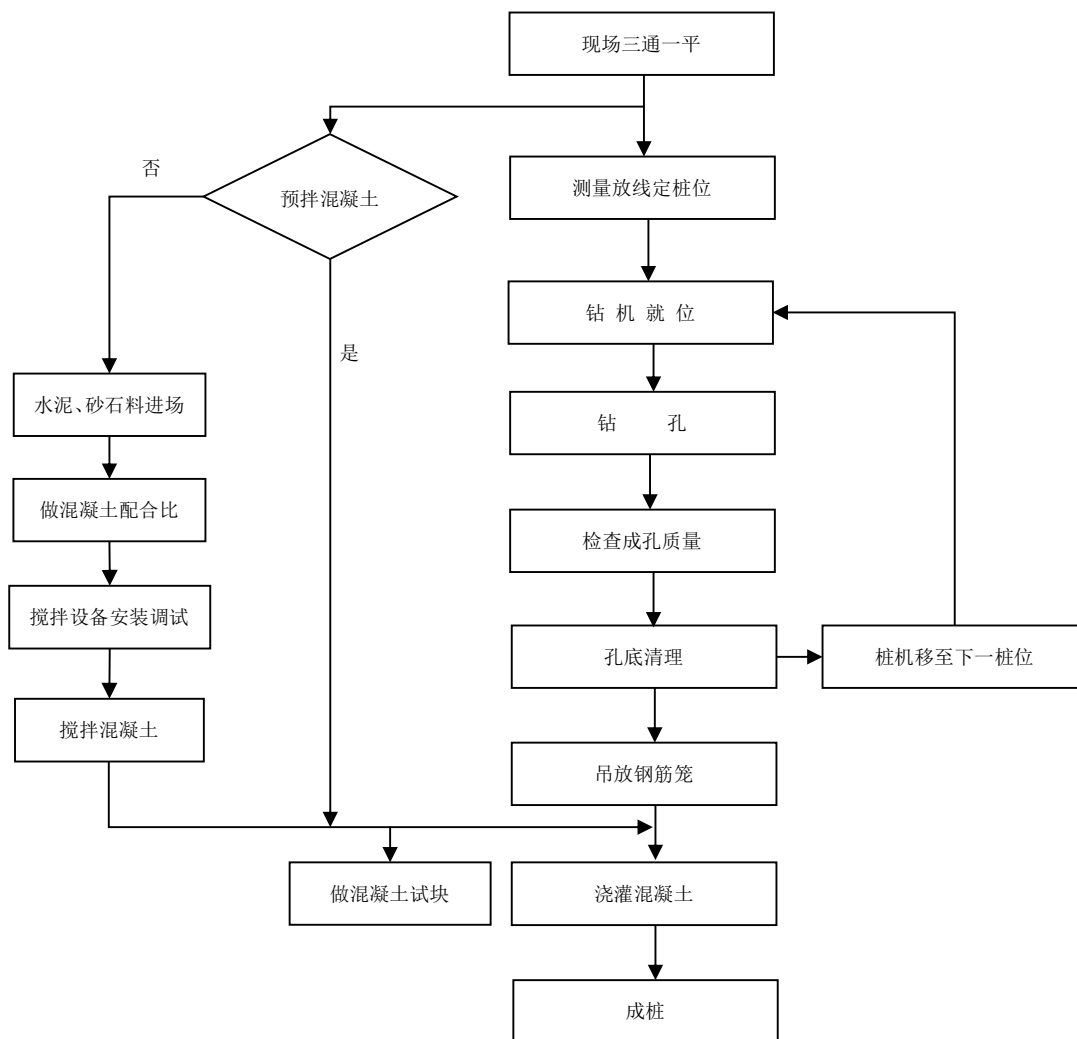


图 19.4.1 长螺旋钻成孔灌注桩工艺流程

19.4.2 钻孔施工应符合下列规定：

- 1 钻机就位时应保持平稳，不发生倾斜、移位。应在桩架上或桩管上作出控制的标尺；
- 2 钻孔时应调直机架挺杆，对好桩位（用对位圈），合理选择和调整钻进参数，应以电流表控制进尺速度，开动机器钻进、出土，达到设计深度后使钻具在孔内空转数圈，清除虚土，然后停钻、提钻；
- 3 钻孔结束后应检查成孔质量，可用测深绳（锤）或手提灯测量孔深、垂直度及虚土厚度。虚土厚度为测量深度与钻孔深的差值，虚土厚度不应超过 100mm；
- 4 孔底的虚土厚度超过质量标准时，应分析原因，采取处理措施。进钻过程中散落在地面上的土，应随时清除运走。孔底土清理完成后，盖好孔口盖板，不应在盖板上行车走人；
- 5 经过成孔质量检查后，应按表逐项填好桩孔施工记录，然后移走钻孔机到下一桩位。

19.4.3 浇筑混凝土成桩应符合下列规定：

- 1 吊放钢筋笼时，应再次复查孔深、孔径、孔壁、垂直度及孔底虚土厚度。钢筋笼上应先绑好砂浆垫块；钢筋笼起吊时不得在地上拖曳，吊入钢筋笼时，应吊直扶稳，对准孔位，缓慢下沉，避免碰撞孔壁。钢筋笼下放到设计位置时，应立即固定。两段钢筋笼连接时，应确保钢筋的位置正确，保护层符合要求；
- 2 浇灌混凝土时落差不宜大于 2m，应边浇灌混凝土边分层振捣密实。浇灌桩顶以下 5m 范围内的混凝土

时，每次浇注高度不应大于 1.5m。灌注混凝土至桩顶时，应适当超过桩顶设计标高 500mm 以上，保证在凿除浮浆后，桩标高符合设计要求。拔出混凝土溜筒和桩顶插入钢筋时，钢筋应保持垂直，保证有足够的保护层。灌注桩施工应按规范要求留置试块，每桩不得少于一组。

**19.4.4** 冬期当温度低于 0℃ 浇灌混凝土时，应采取加热保温措施。浇灌时，混凝土的温度应按冬施方案规定执行。在桩顶未达到设计强度 50% 前不得受冻。当气温高于 30℃ 时，应根据具体情况对混凝土采取缓凝措施。

**19.4.5** 雨期混凝土应随钻随打。雨天不得进行钻孔施工且现场应采取有效的排水措施。

## 19.5 质量标准

**19.5.1** 施工前应对原材料、施工组织设计中制定的施工顺序、主要成孔设备性能指标、监测仪器、监测方法、保证人员安全的措施等进行检查验收。

**19.5.2** 施工中应检验钢筋笼质量、混凝土坍落度、桩位、孔深、桩顶标高等。

**19.5.3** 施工结束后应检验桩的承载力、桩身完整性及混凝土的强度。

**19.5.4** 长螺旋钻成孔灌注桩的质量检验标准应符合表 19.5.4 规定。

表 19.5.4 长螺旋钻成孔灌注桩质量检验标准

| 项次   | 项 目        | 允许值或偏差值<br>(mm) | 检验方法                               |
|------|------------|-----------------|------------------------------------|
| 主控项目 | 1 承载力      | 不小于设计值          | 静载试验                               |
|      | 2 孔深及孔底土岩性 | 不小于设计值          | 测绳、检查孔底土岩性报告                       |
|      | 3 桩身完整性    | —               | 钻芯法（大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 500mm），低应变法或声波透射法 |
|      | 4 混凝土强度    | 不小于设计值          | 28d 试块强度或钻芯法                       |
|      | 5 桩径       | ≥0              | 用钢尺量                               |
| 一般项目 | 1 桩位       | ≤70+0.01H       | 全站仪或用钢尺量                           |
|      | 2 垂直度      | ≤1/100          | 经纬仪测量或线锤测量                         |
|      | 3 桩顶标高     | +30<br>-50      | 水准测量                               |
|      | 4 混凝土坍落度   | 90-150          | 坍落度仪                               |
|      | 5 钢筋笼主筋间距  | ±10             | 用钢尺量                               |
|      | 6 钢筋笼长度    | ±100            | 用钢尺量                               |
|      | 7 钢筋材质检验   | 设计要求            | 抽样送检                               |
|      | 8 箍筋间距     | ±20             | 用钢尺量                               |
|      | 9 钢筋笼直径    | ±10             | 用钢尺量                               |

## 19.6 成品保护

**19.6.1** 钢筋笼在制作、运输和安装过程中，应采取保护措施防止变形。放入桩孔时，应有保护垫块或垫管和垫板。安装钻孔机、运输钢筋笼以及打混凝土时，应注意保护好现场的轴线桩、高程桩。

**19.6.2** 钢筋笼在吊放入孔时，不得碰撞孔壁。灌注混凝土时，应采取保护措施固定其位置。成孔放入钢筋笼后，应及时浇注混凝土。在浇注过程中，应有防止钢筋笼上浮的措施。

**19.6.3** 已完桩在开挖时应制定合理的施工顺序和技术措施，防止桩的位移和倾斜，并检查每根桩的纵横水平偏差。

**19.6.4** 桩头外留的主筋插铁应妥善保管，不得任意弯折或压断，并备有防止伤人措施。

**19.6.5** 桩头混凝土强度在没有达到 5MPa 时不得碾压。



## 19.7 注意事项

**19.7.1** 开始钻孔或穿过软硬互层交界时，应缓慢进尺，保证钻具垂直，钻进遇有含石块较多的土层或含水量较大的软塑黏土层时，应防止钻杆晃动引起孔径扩大。钻进不稳定地层(如含水砂层、干砂层、砂砾层等)时，应采用低转速钻进，提钻前上下活动钻具，挤实孔壁，必要时可投入黏土泥球，保护井壁。

**19.7.2** 钻孔完毕应及时盖好孔口，不应在盖板上过车和行走。操作中应及时清理虚土。提钻、下笼时注意保护孔壁，必要时可二次投钻清理虚土。

**19.7.3** 注意土质变化，遇有砂卵石或流塑淤泥、上层滞水渗漏等情况，应立即采取措施，选择合理的降、止水措施。成孔后应及时浇筑混凝土。

**19.7.4** 应严格按操作工艺边灌混凝土边振捣，严禁将土及杂物和混凝土一起灌入孔中。

**19.7.5** 钢筋笼在堆放、运输、起吊、入孔等过程中，应严格执行操作规定，加强对操作工人的技术交底，严格执行保证质量的措施。

**19.7.6** 当出现钻杆跳动、机架摇晃、钻不进尺等异常情况时，应立即停车检查。

**19.7.7** 混凝土灌到桩顶时，应随时测量顶部标高，避免过多截桩。

**19.7.8** 钻进砂层遇地下水时，钻深应不超过初见水位。

**19.7.9** 如遇到周围环境敏感时，宜采取隔桩跳打的方法。

## 20 柱锤冲扩挤密碎石桩

### 20.1 材料要求

**20.1.1** 桩体材料可用含泥量不大于 5%的碎石、卵石。

**20.1.2** 碎石、卵石粒径宜为 40~150mm。

### 20.2 主要机具

**20.2.1** 起重机具可用起重机、步履式夯扩桩机或其他专用机具设备。

**20.2.2** 柱锤的系列直径分别为：325mm、377mm 和 500mm；长度 2m~6m；质量 2.0t~10.0t。柱锤可用钢材制作或用钢板为外壳内部浇注混凝土制成，也可用钢管为外壳内部铸铁制成。

**20.2.3** 装料机具可用装载机或人工手推车。

**20.2.4** 测量仪器应备有全站仪、水准仪等；钢卷尺：30m、50m 及 5m 等。

### 20.3 作业条件

**20.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，场地的地上电线、地下管网及其他障碍物得到清理或妥善安置，施工用临时设施准备就绪。

**20.3.2** 施工现场周围建筑、构筑物（含文物保护单位）、古树、名木和地下管线得到可靠的保护。当夯击能量有可能对邻近建筑物产生影响时，应在施工区边界开挖隔震沟。隔震沟规模应根据影响程度确定。

**20.3.3** 应具备详细的岩土工程地质及水文地质勘察资料、拟建建筑物平面位置图、基础平面图、剖面图，柱锤冲扩挤密碎石桩复合地基处理施工图及工程施工组织设计。

**20.3.4** 施工前应依据建筑物控制点坐标、水准点高程的书面资料，进行施工放线、放点，对建筑物控制点埋设木桩。要求使用的测量仪器经过检定合格。

**20.3.5** 设备安装与调试：起重设备进场后应及时进行安装与调试，保证起重机行走运转正常；起吊挂钩锁定装置应牢固可靠，脱钩自由灵敏，与钢丝绳连接牢固；柱锤重量、直径、高度应满足设计要求，柱锤挂钩与柱锤整体应连接牢固。

### 20.4 施工工艺

**20.4.1** 柱锤冲扩挤密碎石桩工艺流程宜符合图 20.4.1。

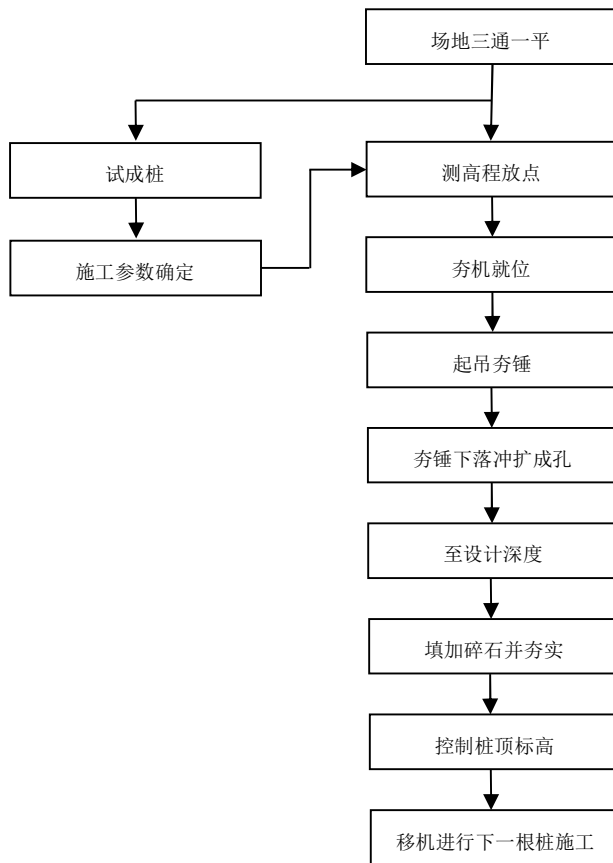


图 20.4.1 柱锤冲扩挤密碎石桩工艺流程

**20.4.2 试成桩与施工参数确定应符合下列要求：**

- 1 正式施工前应在施工场地适当位置进行试成桩工作，以检查各种施工机械设备性能及运行情况，协调各工种之间的施工配合问题；
- 2 试验成孔直径、成孔深度、成桩直径，应以设计文件为准；
- 3 施工每步（层）填料量，夯击次数及夯锤提升高度，应根据现场试验后确定，同时验证设计参数，必要时对设计参数进行修改。

**20.4.3 施工机具就位时，应使柱锤对准桩位，对中误差应小于 2cm。**

**20.4.4 柱锤冲孔根据土质及地下水情况可分别采用下述几种方式：**

- 1 冲击成孔：将柱锤提升至一定高度，自由下落冲击土层，如此反复冲击，接近设计成孔深度时，可在孔内填少量粗骨料继续冲击，直到孔底被夯密实；
- 2 填料冲击成孔：成孔时出现缩颈或坍孔时，可分次填入碎、卵石，边冲击边将填料挤入孔壁及孔底，当孔底接近设计成孔深度时，夯入部分碎、卵石挤密桩端土；
- 3 复打成孔：当塌孔严重难以成孔时，可提锤反复冲击至设计孔深，然后分次填入生石灰块或干水泥，待孔内生石灰、水泥吸水膨胀，桩间土性质有所改善后，再进行二次冲击复打成孔。
- 4 当采用上述方法仍难以成孔时，可以采用跟套管成孔，即用柱锤边冲孔边将套管压入土中，直至桩底设计标高。

**20.4.5 利用钻具或钻机支架上的深度尺寸标记，进行成孔深度控制，应满足设计要求。**

**20.4.6 填料夯击成桩应符合下列要求：**

- 1 宜用标准料斗或运料车将填料运至孔口；

2 孔口填料一侧，应铺上铁板，填料填入孔内时应用铁锹导入，不得将料斗内的混合料直接倒入，严禁有土块等杂质掉入孔内；

3 当采用跟套管方法成孔时，边分层填料夯实，边将套管拔出；

4 锤的质量、锤长、落距、分层填料量、分层夯填度、夯击次数和总填料量等，应根据试验或当地经验确定；

5 孔底夯实后，应按要求进行分层填料，分层夯实；

6 每个桩孔应夯填至桩顶设计标高以上至少 0.5m，其上部桩孔宜用原地基土夯封；

7 施工中，应做好记录，并对发现的问题及时处理。

**20.4.7 冬、雨期施工应符合下列要求：**

1 雨期施工，应做好气象信息收集工作，夯孔应及时填料夯实，避免孔内积水造成坍孔影响质量，场地因降水浸泡，应增加消散期；

2 冬期施工，应将冻土层击碎或将冻土挖除，然后再按设计的参数进行施工。

**20.5 质量标准**

**20.5.1** 施工前应检查石料的含泥量及有机质含量等。

**20.5.2** 施工过程中应随时检查施工记录及现场施工情况，对照预定的施工工艺标准，检查每根碎石桩的桩位、桩孔直径、桩孔深度、夯击次数、压实系数、灌料量、标高、垂直度等，并进行质量评定。

**20.5.3** 施工结束后 7d~14d，可采用重型动力触探或标准贯入试验对桩身及桩间土进行抽样检验，检验数量不应少于冲扩桩总数的 2%，每个单体工程桩身及桩间土总检验点数均不应少于 6 点。

**20.5.4** 竣工验收时，柱锤冲扩碎石桩复合地基承载力检验应采用复合地基静载荷试验，静载荷试验应在成桩后 14d 进行。

**20.5.5** 承载力检验数量不应少于总桩数的 1%，且每个单体工程复合地基静载荷试验不应少于 3 点。

**20.5.6** 基槽开挖后，应检查桩位、桩径、桩数、桩顶密实度及槽底土质情况。如发现漏桩、桩位偏差过大、桩头及槽底土质松软等质量问题，应采取补救措施。

**20.5.7** 柱锤冲扩挤密碎石桩地基的质量检验标准应符合表 20.5.7 的规定。

表 20.5.7 柱锤冲扩挤密碎石桩地基的质量检验标准

| 项    | 序      | 检查项目       | 允许值或允许偏差 |       | 检查方法         |                        |
|------|--------|------------|----------|-------|--------------|------------------------|
|      |        |            | 单位       | 数值    |              |                        |
| 主控项目 | 1      | 复合地基承载力    | 不小于设计值   |       | 静载试验         |                        |
|      | 2      | 桩体填料平均压实系数 | ≥0.97    |       | 灌砂法、灌水法      |                        |
|      | 3      | 桩长         | 不小于设计值   |       | 测桩管长度或用测绳测孔深 |                        |
| 一般项目 | 1      | 填料的含泥量     | ≤5%      |       | 水洗法          |                        |
|      | 2      | 桩位         | 条基边桩沿轴线  | ≤1/4D | 全站仪或用钢尺量     |                        |
|      |        |            | 垂直轴线     | ≤1/6D |              |                        |
|      |        |            | 其他情况     | ≤2/5D |              |                        |
|      | 3      | 桩径         | +50<br>0 |       | 用钢尺量         |                        |
|      | 4      | 桩顶标高       | mm       | ±200  |              | 水准测量，最上部 500mm 劣质桩体不计入 |
|      | 5      | 垂直度        | ≤1/100   |       | 经纬仪测桩管       |                        |
| 6    | 褥垫层夯填度 | ≤0.9       |          | 水准测量  |              |                        |

## 20.6 成品保护

- 20.6.1 成孔后应及时回填料，尤其在雨期施工，避免孔内进水造成坍孔。
- 20.6.2 桩施工完清除保护桩头后，应进行晾槽拍底或碾压，随后铺设垫层并压实。
- 20.6.3 施工结束后，宜休止 7d~14d，再进行检测。

## 20.7 注意事项

- 20.7.1 对大型的、重要的或场地复杂的工程，在正式施工前，应在有代表性的场地上进行试验。
- 20.7.2 开始成孔或填料快结束时，夯锤落地易侧向倾倒，施工人员应戴安全帽并离开夯坑 5m 以上。
- 20.7.3 如采用自动脱钩下落夯锤的方法应设有导正架限制其侧向倾倒。
- 20.7.4 采用钢丝绳悬吊下落夯锤的方法应经常检查钢丝绳磨损情况及钢丝绳与柱锤连接牢固情况，发现磨损严重或连接处有松动，应及时更换。
- 20.7.5 桩体施工的关键是分层填料量、分层夯实厚度及总填料量。施工前应根据试成桩及设计要求的桩径和桩长进行确定。填料充盈系数不宜小于 1.5，如密实度达不到设计要求，应空夯夯实。
- 20.7.6 柱锤冲扩挤密桩夯击能量大，易发生地面隆起，造成已施桩表层和桩间土出现松动，因此成孔及填料夯实的施工顺序宜间隔进行。

## 21 振冲碎石桩

### 21.1 材料要求

**21.1.1** 桩体材料可用含泥量不大于 5% 的碎石、卵石、矿渣或其他性能稳定的硬质材料，不宜使用风化易碎的石料。填料粒径宜为 20mm~150mm，应根据振冲器功率大小合理选择。

**21.1.2** 褥垫层材料宜用中砂、粗砂、级配砂石和碎石等，最大粒径不宜大于 30mm。

**21.1.3** 成桩用水可用自来水，有条件地方为节约用水可使用无毒无腐蚀性的中水，不可用污水。

### 21.2 主要机具

**21.2.1** 振冲器宜根据桩长、桩径、地层条件等合理选用，各型号振冲器主要技术参数见表 21.2.1。

表 21.2.1 振冲器主要技术参数

| 型号           | 功率 (kW) | 额定电流 (A) | 最大转速 (rpm) | 振幅 (mm) | 振动力 (kN) | 质量 (kg) | 外径 (mm) | 长度 (mm) |
|--------------|---------|----------|------------|---------|----------|---------|---------|---------|
| BJ-ZC-30-325 | 30      | 58       | 1450-1800  | 13.5    | 130-200  | 1192    | 325     | 2000    |
| BJ-ZC-30-377 | 30      | 58       | 1450-1800  | 20      | 150-230  | 1300    | 377     | 2300    |
| ZCQ30        | 30      | 60       | 1470       |         | 90       | 960     | 351     | 2470    |
| BJ-ZC-45-325 | 45      | 88       | 1450-1800  | 13.5    | 130-200  | 1200    | 325     | 2000    |
| BJ-ZC-45-377 | 45      | 88       | 1450-1800  | 20      | 150-230  | 1380    | 377     | 2300    |
| ZCQ45        | 45      | 80       | 1450       | ≥10     | 110      | 1000    | 360     | ≤2230   |
| BJV55E-325   | 55      | 108      | 1450       | 15.5    | 117      | 1240    | 325     | 2560    |
| BJV55E-377   | 55      | 108      | 1450       | 14      | 138      | 1560    | 377     | 2500    |
| BJV75E-325   | 55      | 148      | 1450       | 14      | 117      | 1368    | 325     | 2700    |
| ZCQ55        | 55      | 100      | 1450       | ≥9.8    | 130      | 1350    | 390     | ≤2465   |
| ZCQ55        | 55      | 107      | 1470       |         | 130      | 1150    | 351     | 2785    |
| BJV75E-377   | 75      | 148      | 1450       | 17.5    | 188      | 1828    | 377     | 3110    |
| BJV75E-426   | 75      | 148      | 1450       | 16      | 180      | 2018    | 426     | 2783    |
| ZCQ75        | 75      | 150      | 1450       | ≥9.5    | 160      | 1800    | 426     | ≤2600   |
| ZCQ75C       | 75      | 146      | 1480       |         | 160      | 1800    | 426     | 3125    |
| ZCQ75D       | 75      | 150      | 1460       |         | 160      | 1690    | 402     | 3250    |
| ZCQ75E       | 75      | 142      | 1470       |         | 160      | 1640    | 351     | 3660    |
| BJV100E-377  | 100     | 195      | 1450-1800  | 19      | 180-276  | 1880    | 377     | 3215    |
| BJV100E-426  | 100     | 195      | 1450       | 17.2    | 208      | 2073    | 426     | 2883    |
| ZCQ100       | 100     | 190      | 1450       | ≥9.2    | 180      | 1950    | 426     | ≤2750   |
| ZCQ100A      | 100     | 197      | 1480       |         | 190      | 1900    | 402     | 3215    |
| ZCQ100C      | 100     | 189      | 1470       |         | 180      | 1816    | 351     | 3950    |
| BJV130E-377  | 130     | 255      | 1450-1800  | 19      | 180-276  | 1900    | 377     | 3355    |
| BJV130E-426  | 130     | 255      | 1450       | 17.2    | 208      | 2320    | 426     | 2963    |
| ZCQ130       | 130     | 250      | 1450       | ≥9.0    | 200      | 2200    | 426     | ≤2860   |
| ZCQ132A      | 132     | 246      | 1480       |         | 220      | 2320    | 402     | 3655    |
| ZCQ132B      | 132     | 246      | 1480       |         | 120-220  | 2500    | 402     | 4003    |

|             |     |     |           |            |         |      |     |             |
|-------------|-----|-----|-----------|------------|---------|------|-----|-------------|
| ZCQ132C     | 132 | 241 | 1470      |            | 200     | 2410 | 351 | 4320        |
| BJV150E-377 | 150 | 290 | 1450-1800 | 19         | 180-276 | 2100 | 377 | 3445        |
| BJV150E-426 | 150 | 290 | 1450      | 18.9       | 276     | 2516 | 426 | 3023        |
| ZCQ150      | 150 | 290 | 1450      | $\geq 8.8$ | 225     | 2350 | 426 | $\leq 3000$ |
| ZCQ160A     | 160 | 295 | 1480      |            | 260     | 2890 | 402 | 4400        |
| BJV180E-377 | 180 | 350 | 1450-1800 | 21         | 180-276 | 2140 | 377 | 3485        |
| BJV180E-426 | 180 | 350 | 1450      | 18.9       | 276     | 2586 | 426 | 3100        |
| ZCQ180      | 180 | 359 | 1450      | $\geq 8.5$ | 250     | 2600 | 426 | $\leq 3150$ |
| ZCQ180A     | 180 | 336 | 1470      |            | 300     | 3000 | 402 | 4470        |
| ZCQ220      | 220 | 395 | 1470      |            | 320     | 3110 | 402 | 4410        |
| BJV260E-450 | 260 | 500 | 1450      | 32         | 520     | 3280 | 450 | 3770        |

**21.2.2** 起吊机具可用汽车吊、履带吊或自行井架式专用车。采用汽车吊施工比较方便，汽车吊的起吊力应满足施工要求，起吊高度必须大于施工深度。

**21.2.3** 填料机具可用装载机或人工手推车。

**21.2.4** 电器控制设备应选用自动控制装置。

**21.2.5** 供水泵水压宜为 200kPa~600kPa，供水量宜为 200L/min~400L/min，且应与所选用振冲器工作参数相匹配。

**21.2.6** 排浆泵应根据排浆量和排浆距离选用合适的排污泵。

**21.2.7** 配套的辅助机具还应有电缆、胶管、水管、修理机具等。

### 21.3 作业条件

**21.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，现场电源根据设备功率大小，选用现场配电；水源根据设备数量及需水量，选用具有一定压力、供水量足够的水源；场地应平整并使作业区较周围略低；地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均已排除处理完毕，无碍施工。各项临时设施如照明、动力、安全设备准备就绪。

**21.3.2** 熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。

**21.3.3** 施工前应按碎石桩位平面图测设桩位轴线、定位点，用钢筋在桩位处扎入深度不小于 30cm 的孔，插上钢筋棍标识桩位，要求每栋楼所有桩位一次全部放完，并经检查后办理预检手续。

**21.3.4** 施工前应将石子送试验室复试，保证所进石子符合设计与规范要求。

**21.3.5** 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，施工前对设备进行安全可靠性及完好状态检查，确保施工安全，确保施工设备完好。

**21.3.6** 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使材料运输距离最短，泥浆池个数、大小要依据现场计算排放量进行设置，保证泥浆排放畅通。

### 21.4 施工工艺

**21.4.1** 振冲碎石桩工艺流程宜符合图 21.4.1。

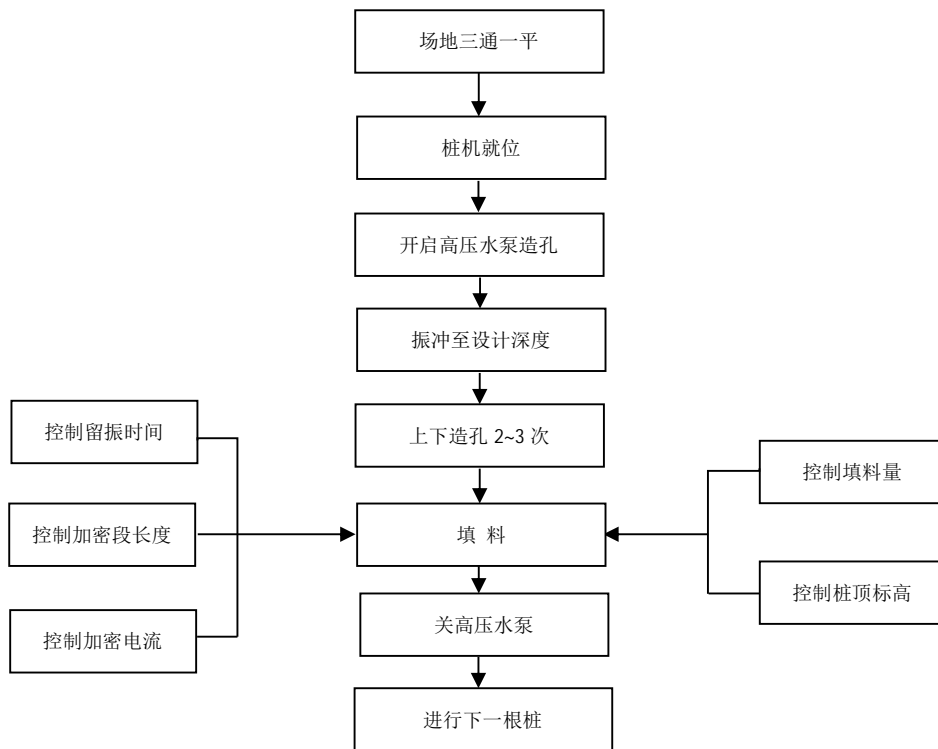


图 21.4.1 振冲碎石桩工艺流程

**21.4.2** 正式施工前在护桩或建筑物非主要部位进行试制桩，试制桩的目的有：

- 1 调试施工机具，掌握施工工艺；
- 2 验证和熟悉设计确定的加密技术参数处理效果；
- 3 通过试制桩成果，确认施工工艺和加密技术参数；

4 确定制桩顺序。碎石桩施工顺序主要有：排打法、围打法和跳打法。在一般情况下宜采用排打法，当地基是强度较低的软粘土或极易液化的粉土，可采取间隔跳打法。围打法对中粗砂等土加密效果好，在桩距小的情况下会出现内部造孔困难。当加固区附近有建（构）筑物时，施工宜先从邻近建筑物一边的桩开始施工，然后逐步向外推移。

**21.4.3** 造孔应符合下列规定：

- 1 振冲器对准桩位，偏差应小于 50mm。先开启高压水泵，振冲器端口出水后，再启动振冲器，待运转正常后开始造孔；
- 2 造孔过程中振冲器应处于悬垂状态，要求振冲器下放速度小于或等于振冲贯入土层速度；
- 3 造孔速度取决于地基土质条件和振冲类型及造孔水压等，造孔速度宜为 0.5 m/min~2.0m/min；
- 4 造孔水压大小视振冲器贯入速度和地基土冲刷情况而定，宜为 200kPa~600kPa，水量宜为 200L/min~600L/min；
- 5 造孔深度可以小于设计桩深 300mm，在此造孔深度填料，振冲器带着填料向下贯入到设计深度，并开始加密，减少水冲对下卧地基土的影响，即成桩深度与设计桩深相一致。对于软淤泥、松散粉砂、砂质粉土、粉煤灰等易被水冲破坏的土，初始造孔深度可小于设计深度 300mm 以上，但开始加密深度必须达到设计深度；
- 6 当造孔时振冲器出现上下颤动或电流大于电机额定电流可终止造孔，此时造孔深度未达到设计深度应



与设计研究解决。

**21.4.4** 造孔后应边提升振冲器边冲水直至孔口，再放至孔底，重复（2~3）次扩大孔径，并使孔内泥浆变稀，开始填料制桩。

**21.4.5** 填料方式可采用连续填料、间断填料或强迫填料方式：

1 连续填料：在制桩过程中振冲器留在孔内，连续向孔内填料直至充满振冲孔。宜适用于机械作业；

2 间断填料：填料时将振冲器提出孔口，倒入一定量填料，每次填料厚度一般不宜大于 500mm，再将振冲器放入孔内振捣填料。可适用于 8m 以内孔深；

3 强迫填料：利用振冲器的自重和振动力将上部的填料输送到孔下部需填料的位置。宜适用于大功率振冲器施工。

**21.4.6** 加密控制标准可分为以下三种：

1 填料量控制：加密过程中按每延米来填入填料数量控制。该控制方法可在施工中参考使用或复核填料量使用；

2 电流控制：设计确定的加密电流是振冲器空载电流加某一增量电流值。在施工中由于不同振冲器的空载电流有差值，加密电流应作相应调整；

3 加密电流、留振时间、加密段长度综合指标法：采用这三种指标作为加密控制标准可使加密质量更具保证。加密效果与加密电流值大小有关，也与达到该电流值的维持时间长短有关，留振时间即是保证达到加密电流值延续的时间。在相同加密电流和留振时间条件下，加密段长度大小对加密效果起着关键作用，加密段长度短效果好，加密段长度大效果差。留振时间宜为 5 秒~15 秒，加密段长度宜为 200mm~500mm，加密水压宜为 0.2Mpa~0.6MPa。

**21.4.7** 为保证桩头密实，应在槽底标高以上预留 700mm~1500mm 厚土层，碎石桩施工宜达到设计桩顶标高以上 200mm~500mm。加密结束，应先关闭振冲器，后关高压水泵。

**21.4.8** 桩体施工完毕后，应将顶部预留的松散桩体挖除，铺设垫层并压实，其夯填度不应大于 0.9。

**21.4.9** 冬、雨期施工应符合下列要求：

1 雨季施工时，在清除预留松散桩体及桩间土后，应注意及时进行下道工序，及时做好覆盖，避免下雨时造成浸槽。如不慎造成浸槽，应将浸泡土全部清除后填级配碎石并压实；

2 冬季施工时，当清至槽底时，应用草帘或岩棉被做好覆盖避免槽底桩间土受冻。

## 21.5 质量标准

**21.5.1** 施工前应检查碎石料的含泥量及有机质含量等。振冲法施工前应检查振冲器的性能，应对电流表、电压表进行检定和校准。

**21.5.2** 施工中应检查每根碎石桩的桩位、标高、垂直度等。尚应检查密实电流、供水压力、供水量、填料量、留振时间、振冲点位置、振冲器施工参数等。

**21.5.3** 检查各项施工记录，如有遗漏或不符合要求的桩，应补桩或采取其他有效的补救措施。

**21.5.4** 施工后，应间隔一段时间方可进行质量检验。对粉质黏土地基不宜少于 21d，对粉土地基不宜少于 14d，对砂土和杂填土地基不宜少于 7d。

**21.5.5** 施工质量的检验，对桩体可采用重型动力触探试验；对桩间土可采用标准贯入、静力触探或其他原位测试等方法；对消除液化的地基检验应采用标准贯入试验。桩间土质量的检测位置应在等边三角形或正方形的中心。检验深度不应小于处理地基深度，检验数量不应少于桩孔总数的 2%。

**21.5.6** 竣工验收时，地基承载力检验应采用复合地基静载荷试验，试验数量不应少于总桩数的 1%，且每个单体建筑不应少于 3 点。

21.5.7 振冲碎石桩地基质量检验标准应符合表 21.5.7 的规定。

表 21.5.7 振冲碎石桩地基质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目     | 允许值或允许偏差 |       | 检查方法                 |
|------|---|----------|----------|-------|----------------------|
|      |   |          | 单位       | 数值    |                      |
| 主控项目 | 1 | 复合地基承载力  | 不小于设计值   |       | 静载试验                 |
|      | 2 | 桩体密实度    | 不小于设计值   |       | 重型动力触探               |
|      | 3 | 填料量      | %        | ≥-5   | 实际用量与计算填料量体积比        |
|      | 4 | 孔深       | 不小于设计值   |       | 测钻杆长度或用测绳            |
| 一般项目 | 1 | 填料的含泥量   | %        | <5    | 水洗法                  |
|      | 2 | 填料的有机质含量 | %        | ≤5    | 灼烧减量法                |
|      | 3 | 填料粒径     | 设计要求     |       | 筛析法                  |
|      | 4 | 桩间土强度    | 不小于设计值   |       | 标准贯入试验               |
|      | 5 | 桩位       | mm       | ≤0.3D | 全站仪或用钢尺量             |
|      | 6 | 桩顶标高     | 不小于设计值   |       | 水准测量,将顶部预留的松散桩体挖除后测量 |
|      | 7 | 密实电流     | 设计值      |       | 查看电流表                |
|      | 8 | 留振时间     | 设计值      |       | 用表计时                 |
|      | 9 | 褥垫层夯填度   | ≤0.9     |       | 水准测量                 |

注: 1 夯填度指夯实后的褥垫层厚度与虚铺厚度的比值;

2 D 为设计桩径 (mm)。

## 21.6 成品保护

21.6.1 冬期应用草帘或岩棉被覆盖保护避免桩间土受冻; 雨期时应做好覆盖, 避免下雨时造成浸槽;

21.6.2 雨期时应做好覆盖, 避免下雨时造成浸槽。

## 21.7 注意事项

21.7.1 对大型的、重要的或场地地层复杂的工程, 在正式施工前应通过现场试验确定其处理效果。

21.7.2 造孔过程中贯入速度慢, 可加大水压解决。

21.7.3 造孔过程中振冲器电流大, 可通过减小贯入速度, 加大水压, 必要时增加旁通管射水, 减小振冲器冲击力, 或采用更大功率振冲器。

21.7.4 造孔孔位偏移, 可调整振冲器造孔位置, 在偏移一侧倒入适量填料。

21.7.5 孔口返水少, 可加大供水量或清孔, 增大孔径, 清除堵塞。

21.7.6 填料不畅, 可用振冲器扩孔口, 铲去孔口泥土, 或换用粒径小的石料, 或可暂停填料, 慢慢上下活动振冲器直到消除石料抱导管。

21.7.7 加密电流上升慢, 可加大水压继续填料, 或可适当降低加密电流标准。

21.7.8 串桩, 可减小桩径或扩大桩距, 可能时也可采用跳打法施工。

21.7.9 振冲器埋在孔中, 可用吊车提住振冲器, 启动振冲器慢慢上提, 可多次启动振冲器乃至提出。若一时不能提出振冲器, 可暂停电机运行, 继续水冲, 冲 1~3 小时待石料束缚振冲器及导管的应力解除后再按上面的步骤提拔; 或振冲器电机损坏, 当吊车不能提出, 可采用振冲器在其周围打孔, 减小阻力。

21.7.10 振冲桩施工过程中需要水量大, 会造成场地积水, 应设置排水沟, 合理抽排。

## 22 注浆钢管桩

### 22.1 材料要求

- 22.1.1 水泥宜用 PO42.5 普通硅酸盐水泥。
- 22.1.2 砂子宜选用干净的中细砂，砂粒径小于 2.5mm，砂含泥量 $\leq 3\%$ ；采用干净的角砾，粒径不宜大于 10mm，使用前应进行碱活性检验。
- 22.1.3 成桩用水应用自来水或不含有有害物质的洁净水。
- 22.1.4 钢管外径主要有 $\phi 89\text{mm}$ 、 $\phi 108\text{mm}$ 、 $\phi 140\text{mm}$ 、 $\phi 168\text{mm}$  等。
- 22.1.5 注浆钢管桩按复合地基设计时，褥垫层材料可采用粗砂、中砂或碎石等，垫层材料最大粒径不宜大于 20mm，褥垫层厚度宜为 100mm~150mm，褥垫层的夯填度不宜大于 0.9。
- 22.1.6 钢管防腐构造应符合耐久性设计的要求，钢管砂浆保护层厚度不宜小于 35mm。

### 22.2 主要机具

- 22.2.1 注浆钢管桩施工一般应备有地质钻机、锚杆静压机、空气压缩机、电焊机、切割机、注浆泵、锚喷机。
- 22.2.2 测量仪器应备有全站仪、水准仪等。

### 22.3 作业条件

- 22.3.1 施工前应完成“三通一平”施工条件，现场电源根据设备功率大小，选用现场配电；水源根据设备数量，选用宜大勿小；场地应平整并具有一定的强度，如强度不足，应铺垫砂石或垫钢板。地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均已排除处理完毕，无碍施工。各项临时设施如照明、动力、安全设备准备就绪。
- 22.3.2 熟悉施工图纸及场地的工程地质、水文地质资料。
- 22.3.3 施工前应按桩位平面图，测设桩位轴线、定位点，用钢筋在桩位处扎入深度不小于 30cm 的孔，插上钢筋棍标识桩位，要求所有桩位一次全部放完，并由技术负责人组织质检员、施工员、班组长共同对桩位进行检查，确认准确无误后，与甲方或监理办理预检签字手续。基坑内施工时，边坡应外扩不小于 1.0m。
- 22.3.4 施工前应将水泥、外掺剂送实验室复试，保证各种材料合格。
- 22.3.5 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，施工前对设备进行安全可靠性检查，确保施工安全。
- 22.3.6 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使水泥浆输送距离最短，且输送管铺设时拐弯最少。
- 22.3.7 钢管加工、水泥、砂料堆放场地布置完毕，钢管已按设计要求接长，其连接应采用套管焊接。
- 22.3.8 应选择和确定打桩机进出路线和打桩顺序，制定施工方案，做好技术交底。

### 22.4 施工工艺

- 22.4.1 注浆钢管桩工艺流程宜符合图 22.4.1。

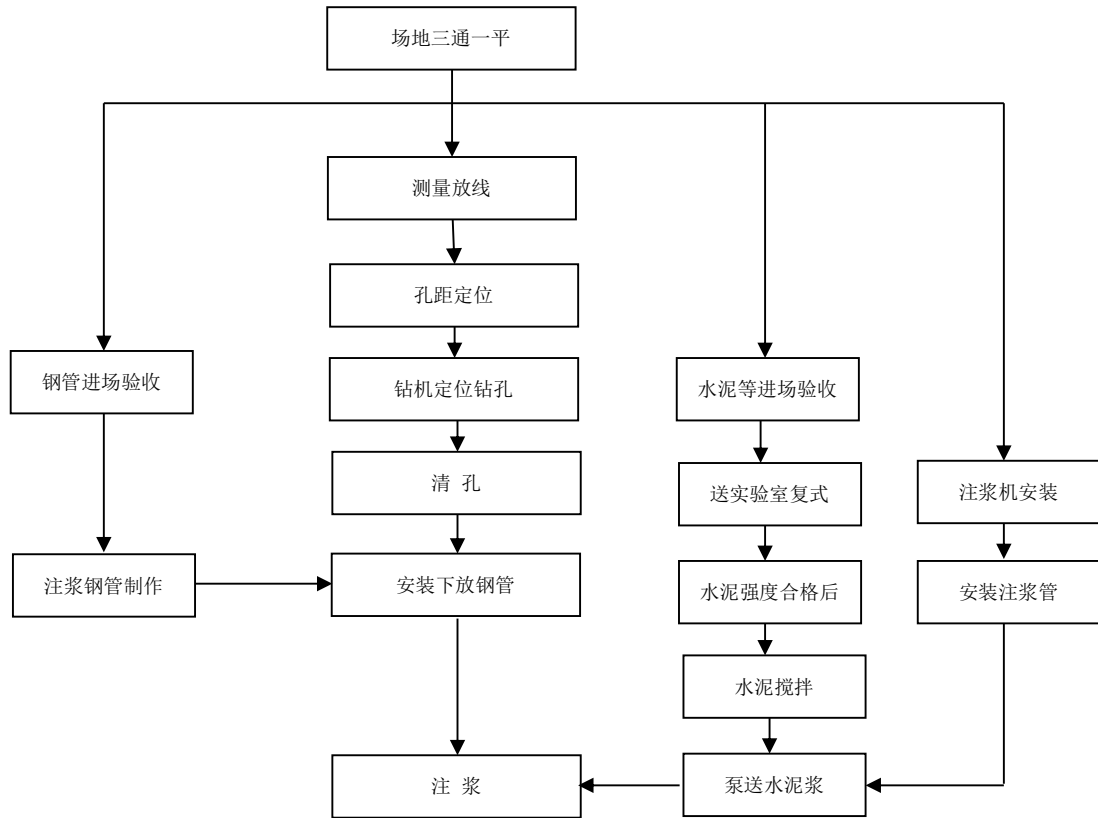


图 22.4.1 注浆钢管桩工艺流程

**22.4.2** 钢管桩施工前应进行场地平整，并对影响钻机成孔的地下障碍物进行破除，以保证测量放线准确和钻机就位钻孔。

**22.4.3** 钢管制作应符合下列要求：

- 1 钢管制作宜在工厂或施工现场作业棚内台架上进行；
- 2 应按设计要求的钢管材质、壁厚、深度进行下料；
- 3 钢管连接处采用套管接焊，焊接强度与质量应满足现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的要求；
- 4 涂料防腐应按《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 的有关规定执行。

**22.4.4** 水泥浆的制备应符合下列规定：

- 1 水泥浆的配合比应采用经认证的计量装置计量，材料掺量符合设计要求；
- 2 选用的搅拌机应能够保证搅拌水泥浆的均匀性；在搅拌槽和注浆泵之间应设置存储池，注浆前应进行搅拌以防止浆液离析和凝固；
- 3 砂浆配合比宜为：水泥：砂-1:1~1:2（重量比），水灰比宜为 0.38~0.45；纯水泥浆水灰比宜为 0.45~0.5。

**22.4.5** 场地平整后应按设计要求的桩位、间距、排距及标高进行测量放线。测量放线工序完成后办理预检手续。

**22.4.6** 钻孔施工应符合下列要求：

- 1 钻孔前，根据设计要求定出孔位，应根据实际情况选用干钻、湿钻或风钻等；
- 2 钻机就位后，应保持平稳，安放水平，防止倾斜。将钻杆抬至钻机旁，启动钻机，缓慢钻进；每进深 2m 宜接一次钻杆，直至设计有效深度；
- 3 钻孔过程中，若遇易塌孔的土层，宜采用泥浆循环护壁或跟管钻进，钻孔完成后应采用泥浆循环清孔，清除孔底沉渣；

- 4 成孔后应及时清孔，塌孔后应二次清孔，不得强行植入钢管；
- 5 钻孔的孔深、孔径应符合设计要求，钻孔记录应详细、完整。

**22.4.7** 注浆机应安装在现场指定位置，电源由指定的配电箱接入；注浆管需装设压力表，注浆后暂不拔管，待浆液从管口流出，方拔出注浆管。

**22.4.8** 安装下放钢管应符合下列要求：

- 1 钢管桩可采用静压或植入等方法施工；如采用静压法，则安装下放钢管在注浆后水泥浆初凝前完成；
- 2 应及时在孔内安装预先制作好的钢管，沿钢管轴线方向每隔 1.0m~2.0m 设置一个定位支架；
- 3 钢管的保护层厚度不宜小于 35mm，钢管上套 PVC 管露出地面 200mm，便于接入注浆管；
- 4 钢管安装后应悬吊在钻孔内，底端与孔底距离不应小于 100mm；
- 5 钢管制作后的成品宜尽早使用；存放期较长时，使用前应进行腐蚀性及其完整性检查。

**22.4.9** 下放钢管完毕后，应及时进行注浆，注浆管由注浆机直接接入到下入孔内的钢管上，接口要密封连接，注浆管采用橡胶管输送。

**22.4.10** 水泥浆灌注应符合下列规定：

- 1 注浆管需装设压力表，注浆压力宜为 0.5Mpa；
- 2 应缩短桩孔成孔和灌注水泥浆之间的时间间隔；
- 3 灌注方法应根据注浆泵和注浆系统合理选用，注浆泵与注浆口距离不宜大于 30m；
- 4 当采用桩身钢管进行注浆时，可通过底部一次或多次灌浆；也可将桩身钢管加工成花管进行多次灌浆；
- 5 采用花管注浆时，可通过花管进行全长多次灌浆，也可通过花管及阀门进行分段灌浆，或通过互相交错的后注浆管进行分布灌浆。

## 22.5 质量标准

**22.5.1** 施工前应对桩位、成品钢管桩外观质量进行检验。

**22.5.2** 施工验收应提供原材料的力学性能检验报告，试件留置数量及制作养护方法、混凝土和砂浆等抗压强度试验报告，钢管制作质量检查报告。

**22.5.3** 施工完成后应进行桩顶标高、桩位偏差等检验。

**22.5.4** 注浆钢管桩作为复合地基时，应按刚性桩复合地基要求进行检测。

**22.5.5** 桩身完整性检验宜采用低应变动力试验进行检测。检测桩数不得少于总桩数的 10%，且不得少于 10 根。每个柱下承台的抽检桩数不应少于 1 根。

**22.5.6** 注浆钢管桩的竖向承载力检验应采用静载荷试验，检验桩数不得少于总桩数的 1%，且不得少于 3 根。

**22.5.7** 注浆钢管桩质量检验标准应符合表 22.5.7 的规定。

**表 22.5.7 注浆钢管桩地基质量检验标准**

| 项    | 序 | 检查项目 |         | 允许偏差或允许值 |                          | 检查方法         |
|------|---|------|---------|----------|--------------------------|--------------|
|      |   |      |         | 单位       | 数值                       |              |
| 主控项目 | 1 | 承载力  |         | 不小于设计值   |                          | 静载试验         |
|      | 2 | 桩长   |         | 不小于设计值   |                          | 用钢尺量         |
|      | 3 | 桩径   |         | mm       | ≥0                       | 用超声波或井径仪测量   |
|      | 4 | 钢管外径 |         | mm       | ±0.1%外径                  | 用钢尺量         |
| 一般   | 1 | 桩位   | 独立、条形基础 | mm       | 垂直轴线方向 ±1/6D；沿轴线方向 ±1/4D | 全站仪或<br>用钢尺量 |

|        |           |          |               |              |            |       |
|--------|-----------|----------|---------------|--------------|------------|-------|
| 项<br>目 |           | 其它位置     | mm            | $\pm 1/2D$   |            |       |
|        | 2         | 垂直度      | mm            | $\leq 1/100$ | 用经纬仪测量     |       |
|        | 3         | 强度       | 不小于设计值        |              | 产品合格证      |       |
|        | 4         | 上下节桩错口   | mm            | $\leq 1$     | 用钢尺量       |       |
|        | 5         | 焊<br>缝   | 咬边深度          | mm           | $\leq 0.5$ | 焊缝检查仪 |
|        |           |          | 加强层高度         | mm           | $\leq 2$   | 焊缝检查仪 |
|        |           |          | 加强层宽度         | mm           | $\leq 3$   | 焊缝检查仪 |
|        | 6         | 焊缝电焊质量外观 | 无气孔, 无焊瘤, 无裂缝 |              | 目测法        |       |
|        | 7         | 焊缝探伤检验   | 设计要求          |              | 超声波或射线探伤   |       |
| 8      | 焊接结束后停歇时间 | min      | $\geq 1$      | 用表计时         |            |       |
| 9      | 桩顶标高      | mm       | + 30<br>- 50  | 水准测量         |            |       |

## 22. 6 成品保护

**22.6.1** 对钢管加工场地、水泥等进行下垫上盖, 防止雨淋、日晒;

**22.6.2** 当清至槽底时, 冬期应用草帘或岩棉被覆盖保护避免桩间土受冻, 雨期时应做好覆盖, 避免下雨时造成浸槽。

## 22. 7 注意事项

**22.7.1** 钢管焊接宜在室内进行。在室外焊接时, 最低气温不宜低于 $-20^{\circ}\text{C}$ , 且应有防雪挡风措施。

**22.7.2** 钢管桩钢构件应采取防腐措施, 符合耐久性的设计要求。

**22.7.3** 钢管顶部保护层厚度需满足设计和规范要求。

**22.7.4** 软土地区微型桩应选择较好的土层作为桩端持力层, 进入持力层深度不宜小于 5 倍的桩径; 应采取间隔施工、控制注浆压力和速度等措施, 减少微型桩施工期间的地基附加变形, 控制基础不均匀沉降及总沉降量。

**22.7.5** 场地岩溶发育, 出现大量漏浆时, 采用降压或自流式灌浆, 同时限制进浆量、改换浓浆、加入水玻璃等方法进行处理, 或采用间歇式注浆方式灌注, 以控制浆液的扩散半径。

## 23 抗浮锚杆

### 23.1 材料要求

**23.1.1** 初次注浆浆体材料可采用水泥净浆、水泥砂浆或细石混凝土，二次及分段高压注浆应采用水泥净浆，分别应符合下列要求：

1 水泥宜选用 52.5R 及 42.5R 的水泥，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 及《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748 的有关规定；

2 采用水泥净浆时，初次注浆水灰比宜为 0.45~0.55，二次及多次注浆水灰比宜为 0.60~0.80；

3 采用水泥砂浆时，灰砂比宜为 1:0.5~1:1，水胶比宜为 0.45~0.55；

4 采用细石混凝土时，宜按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定执行。

**23.1.2** 钢筋筋体宜采用强度等级不小于 400MPa 的热轧带肋钢筋、预应力螺纹钢筋及环氧涂层钢筋，性能应符合《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2、《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065 及《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》GB/T 25826 的有关规定。

**23.1.3** 钢绞线筋体可采用钢绞线、环氧涂层钢绞线、无黏结钢绞线，性能应符合《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224、《环氧涂层七丝预应力钢绞线》GB/T 21073、《填充型环氧涂层钢绞线》JT/T 737 及《无黏结预应力钢绞线》JG/T 161 的有关规定。

**23.1.4** 采用环氧涂层筋体及金属筋体涂敷环氧材料或防腐材料时，以及采用非金属筋体时，均应进行筋体与浆体的黏结强度试验及锚夹具夹持试验验证。

**23.1.5** 拌合用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

**23.1.6** 细骨料的选用应符合下列要求：

1 公称粒径不应大于 2.5mm；

2 砂的含泥量或石粉含量按重量计不得大于总重量的 3%，泥块含量不大于 1%，含云母、有机质、轻物质、硫化物及硫酸盐等有害物质的含量，按重量计不得大于总重量的 3%，并应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 及《建设用砂》GB/T 14684 等技术标准的有关规定；

3 使用前应进行砂的碱活性检验。

**23.1.7** 外加剂的使用应符合下列要求：

1 不应影响浆体与岩土体的黏结及对筋体产生腐蚀；

2 不应使用含有氯盐配制的外加剂，不宜采用无机盐类早强剂；

3 不宜采用含硝酸盐、亚硝酸盐、碳酸盐的早强剂；

4 锚固段不宜采用缓凝类外加剂；

5 拉力型及非预应力型锚杆浆液中不宜加入引气类外加剂；

6 对锚杆孔口充填注浆及封闭锚头时，宜使用膨胀剂；

7 外加剂的性能、使用要求及方法等应符合《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119、《混凝土外加剂》GB 8076 及《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ/T 192 或 YB/T 9231 等技术标准的有关规定；

8 外加剂应通过配比试验后选用。

**23.1.8** 浆体中的最大氯离子含量不应超过 0.2%，并应符合下列要求：

1 氯离子最大含量应为浆液中水泥、砂、石、外加剂、矿物掺合料及水等各组成材料中氯离子的总含量，以氯离子与胶凝材料重量的百分率计；

2 单位体积浆体结石中三氧化硫的最大含量不应超过胶凝材料总量的 4%；

3 浆体中含碱量（水溶碱，等效 Na<sub>2</sub>O 当量）不应超过 3kg/m<sup>3</sup>；

4 氯盐环境和化学腐蚀环境宜使用粉煤灰、磨细矿渣及硅灰等矿物掺合料。

23.1.9 其他材料应满足《抗浮锚杆技术规程》YB/T 4659 的要求。

## 23.2 主要机具

23.2.1 抗浮锚杆施工应采用满足不同要求的分体式全液压锚固钻机和钻具、履带式全液压锚杆钻机、顶冲履带式锚杆钻机，根据施工工艺不同，可选用螺旋钻进也可配备潜孔冲击器进行冲击钻进，还可配备同心套管或偏心套管潜孔锤钻进或双管钻机，或可配备顶部液压冲击的钻机。

23.2.2 分体式全液压锚杆钻机应具有以下特点：

1 泵站、操纵台、主机分体，结构紧凑，重量轻，解体性强，应便于搬迁和安装，对施工现场适应性强，更适合脚手架上施工；

2 钻机动力头扭矩大，行程长，钻孔速度快，钻进及处理事故能力应强，适用范围广，钻进效率高；

3 钻机可适用多种钻进工艺方法，如合金回转钻进、螺旋钻进、潜孔锤钻进、跟管钻进等，可配备跟管钻进钻具（钻杆、套管、偏心钻头），在不稳定地层用套管护壁开孔，常规球齿钻头终孔，成孔质量好；

4 钻机钻孔角度范围大，滑架可沿底架前后滑移，钻孔定位方便、可靠；

5 钻机中心低，钻具上、下方便，全液压控制，操作方便灵活，省时、省力；

6 可选配孔口集尘装置，减少环境污染，改善工作环境，分体式锚固钻机技术参数见表 23.2.1。

表 23.2.1 分体式全液压锚固钻机技术参数表

| 性能参数               | YG-30                  | YG-50                  | YG-60                   | YG-80                  | YG-100                             |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|
| 钻孔直径 (mm)          | 80-130                 | Φ100~Φ168              | Φ110~180                | Φ110~220               | Φ110~250                           |
| 钻孔深度 (m)           | 30-40                  | 40~60                  | 60-70                   | 80-100                 | 60~120                             |
| 钻杆直径 (mm)          | Φ 50×1500<br>Φ 73×1500 | Φ 73×1500<br>Φ 89×1500 | Φ 73×1500,<br>Φ 89×1500 | Φ89×1500、<br>Φ114×1500 | Φ89×1500、<br>Φ114×1500             |
| 钻孔倾角 (°)           | 0~360                  | 0~120                  | 0~120                   | 0~120                  | 0~180                              |
| 回转器输出转速 (r/min)    | 24~114                 | 5~120                  | 5-130                   | 5~180                  | 5-42 (低档) r/min<br>5-90 (高档) r/min |
| 回转器输出扭矩 (N.m)      | 1500                   | 2000                   | 2500                    | 3500                   | 6000                               |
| 回转器行程 (mm)         | 1800                   | 1800                   | 1800                    | 1800                   | 1800                               |
| 推进架给进行程 (mm)       |                        | 500                    | 500                     | 500                    | 500                                |
| 回转器提升力(KN)         | 30                     | 30                     | 45                      | 30                     | 55                                 |
| 回转器加压力 (KN)        | 15                     | 15                     | 30                      | 33                     | 40                                 |
| 液压系统额定压力(MPa)      | 18                     | 18                     | 18                      | 18                     | 18                                 |
| 输入功率 (KW)          | 15                     | 18.5                   | 22                      | 30                     | 37                                 |
| 重量(kg)             | 约 550                  | 1000                   | 1300                    | 1700                   | 2500                               |
| 最大部件重量 (不含电机) (kg) |                        | 200                    | 220                     | 260                    | 300                                |

23.2.3 YGL 系列、MXL 系列和 MDL 系列履带式锚杆钻机为履带底盘装载、全液压驱动动力头式钻机，适合钻杆钻进、套钻钻进、钻杆套管复合钻进，应具有如下主要特点：

1 钻机动力头扭矩大，行程长，钻孔速度快，处理事故能力强，钻进能力强，适用范围广，钻进效率高；

2 钻机移位、行走更快捷方便、定位极为方便，钻进时稳定可靠；

3 配有孔口夹持、卸扣装置，使装卸钻杆、套管劳动强度低效率高，减少了辅助时间；

4 可配套相应的钻具，钻机可适用多种钻进工艺方法，如回转钻进、螺旋钻进、风动潜孔锤钻等；

5 可选配旋喷机构，能够进行扩大头锚索的施工。



23.2.4 履带式锚固钻机主要技术参数见表 23.2.4，施工时应根据实际情况选用。

表 23.2.4 履带式锚固钻机主要技术参数表

| 型号           | YGL-50Q   | YGL-130Q                     | YGL-150Q               | YGL-180                | YG-650  |
|--------------|-----------|------------------------------|------------------------|------------------------|---|
| 钻孔直径 (mm)    | Φ50-Φ200  | Φ110-Φ300                    | Φ150~Φ250              | Φ110~Φ300              | Φ110~Φ300                                       |
| 钻孔深度 (m)     | 50        | 130                          | 150                    | 180                    | 180   |
| 钻孔倾角 (°)     | 5~90      | 5~90                         | 0~90                   | -10~90                 | -10~90  |
| 输出转速 (r/min) | 40、80     | 22/44、35/70、40/80、<br>60/120 | 25/50、40/80、<br>65/130 | 30/60；45/90；<br>75/150 | 低速：30/60、45/90、<br>75/150、100/200<br>高速：400/675 |
| 最大输出扭矩 (N.m) | 2500      | 7500                         | 8500                   | 8500                   | 低速 8500<br>高速 1000/650                          |
| 回转器行程 (mm)   | 1800/2300 | 3500                         | 3500                   | 3500                   | 3500  |
| 最大给进力(KN)    | 15        | 40                           | 40                     | 45                     | 45  |
| 最大起拔力(KN)    | 30        | 60                           | 60                     | 65                     | 65  |
| 水平孔高度(m)     |           | 1.85~2.8                     | 1.85~2.8               | 0.6~2.1~3.0            | 0.6~2.1~3.0                                     |
| 输入功率 (KW)    | 柴 26/2200 | 柴 74/2200，<br>电 55           | 柴 74/2200，<br>电 45+22  | 柴 125/2200，<br>电 55+22 | 柴 125/2200，电 55+22                              |
| 重量(kg)       | 2500      | 6500                         | 6500                   | 8500                   | 8500  |

23.2.5 在砂层、砂卵石层、松散覆盖层及破碎地层钻凿锚杆孔宜采用全液压顶部冲击回转多功能履带式钻机，顶冲履带式锚杆钻机应具有以下特点：

- 1 该型钻机配备大扭矩、高钻速、大功率液压冲击动力头，可多角度多方位钻孔；
- 2 又可采用液压顶驱钻进、液压锤跟管钻进、潜孔锤基岩钻进、潜孔锤偏心跟管钻进、潜孔锤对心跟管钻进等钻进方式；
- 3 钻进速度快，成孔质量好，效率高，顶驱履带式多功能钻机主要技术参数见表 23.2.5。

表 23.2.5 国内外顶驱履带式多功能钻机主要技术参数表

| 型号            | MDL-C200  | HTYM808        | YGL- C 150              | YGL- C200               | MG-130A    | KR805 - 2  |         |
|---------------|-----------|----------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|---------|
| 钻孔直径(mm)      | Φ150~Φ250 | Φ150~Φ300      | 130-250                 | 130-250                 | 65-225     |            |         |
| 钻孔深度(m)       | 220-180   | 30-100         | 150                     | 200 (仅冲击钻<br>进 40 m)    | 80         |            |         |
| 钻孔倾角 (°)      | 0-110     | -15~90         | -15~90                  | 15--100                 | -5~90      |            |         |
| 回转器输出扭矩 (N.m) | 14000     | 5500/<br>11000 | 9400/7500、<br>4700/3500 | 9400/7500、<br>4700/3500 | 13000HB50A | 7000~18100 |         |
| 额定转速(r/min)   | 12~140    | 86、43          | 32/64；<br>(60/120)      | 80                      | 80         | 56-212     |         |
| 冲击功(N.m)      | 900       |                | 400                     | 400                     | 835        | 535        | 420 900 |

|                           |                 |                      |                       |               |              |      |                        |      |
|---------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------|--------------|------|------------------------|------|
| 冲击频率 (min <sup>-1</sup> ) | 1200~2100       | 2400<br>HD5012       | 1800<br>HB40A         | 1800<br>HD40A | 1200         | 1900 | 2400                   | 2100 |
| 额定提升力 (KN)                | 75              | 95                   | 65                    | 65            | 85           |      | 100                    |      |
| 额定给进力 (KN)                | 40              | 45                   | 45                    | 45            | 57           |      | 100                    |      |
| 提升速度 (m/min)              | 15.0~2.8        | 5.3/17.9, 最大<br>23.2 |                       |               | 39.5 最大      |      | 6.6/13.2、<br>25.2/50.4 |      |
| 给进速度 (m/min)              | 30、0~5.5        | 0-11.7 慢 38 快        |                       |               | 56 最大        |      | 6.6/13.2、<br>25.2/50.4 |      |
| 给进行程 (m/min)              | 3600            | 3500                 |                       | 4000          | 4100         |      | 4000                   |      |
| 滑架给进行程(mm)                | 1500            |                      |                       | 1000          | 1000         |      |                        |      |
| 输入功率 (KW)                 | 75+37+4 电       | 112 KW<br>柴          | 125/2200 柴<br>45-30 电 | 125/2200 柴    | 180/2200 柴   |      | 129/2100 柴             |      |
| 重量(kg)                    | 8800            | 14000                | 8500                  | 12500         | 17000        |      | 14000                  |      |
| 爬坡角度                      | 25°             | 25°                  | 20°                   | 20°           | 25°          |      | 25°                    |      |
| 生产厂家                      | 江苏省无锡探矿机械总厂有限公司 | 张家口市宣化恒通鑫钻孔机械有限公司    | 无锡金帆钻凿设备股份有限公司        |               | 北京建研机械科技有限公司 |      | 德国宝峨机械设备有限公司           |      |

### 23.2.6 潜孔冲击器（潜孔锤）和钻头应具有以下特点：

1 具有结构简单、性能优良、工作可靠、维修方便、耗风量低的特点，冲击器取消了复杂的配气结构，代之以简单的配气气路，压气直吹，气道路程短，气体压力损失小；

2 压缩气体膨胀作功，使冲击器耗风量大大减小，从而减小空压机容量，减轻了空压机重量和降低能耗，QCW 系列潜孔冲击器和钻头技术参数见表 23.2.6-1；

表 23.2.6-1 QCW 型无阀式风动潜孔冲击器技术参数表

| 型号     | 钻孔直径(mm)  | 冲击器直径<br>(mm) | 耗风量(m/min) | 工作风压<br>(MPa) | 单次冲击功(J) | 冲击频率<br>(HZ) | 重量(kg) |
|--------|-----------|---------------|------------|---------------|----------|--------------|--------|
| QCW54  | φ 64-80   | 54            | 3          | 0.5-0.7       | 40       | 18           | 12     |
| QCW70  | φ 76-90   | 67            | 4          | 0.5-0.7       | 70       | 15           | 16     |
| QCW80  | φ 90-100  | 80            | 5          | 0.5-0.7       | 140      | 15           | 22     |
| QCW100 | φ 110-150 | 104           | 8          | 0.5-0.7       | 200      | 14           | 36     |
| QCW130 | φ 150-175 | 128           | 12         | 0.5-0.7       | 250      | 14           | 64     |
| QCW150 | φ 175-200 | 142           | 15         | 0.6-0.7       | 380      | 15           | 87     |
| QCW200 | φ 200-250 | 185           | 20         | 0.6-0.7       | 500      | 14           | 165    |
| QCW250 | φ 250-300 | 220           | 30         | 0.6-0.7       | 600      | 14           | 210    |

3CIR 系列和 DHD 高风压潜孔冲击器结构简单、凿岩高效、高寿命、低消耗，能将风压（0.5 MPa -2.5 MPa）转化为高冲击能，施工时应根据实际情况选用，CIR、DHD 系列潜孔冲击器和钻头技术参数见表 23.2.6-2；

表 23.2.6-2 DHD 系列高风压系列潜孔冲击器技术参数表

| 型号                        | DHD76     | DHD90   | DHD340A | DHD350Q | DHD350R | DHD360  | DHD380      | DHD112C |
|---------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|
| 钻孔直径 (mm)                 | 80        | 90      | 105、115 | 140     | 131     | 152、165 | 203、216、254 | 311、505 |
| 外径 (mm)                   | 68        | 80      | 92      | 122     | 114     | 136     | 180         | 276     |
| 总长 (mm)                   | 912       | 1011    | 1138    | 1254    | 1387    | 1450    | 1734        | 2212    |
| 重量 (kg)                   | 20        | 35      | 47      | 90      | 68.5    | 126     | 277         | 642     |
| 风压 (MPa)                  | 0.7-2.1   | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1     | 0.7-2.1 |
| 耗风量 (m <sup>3</sup> /min) |           |         | 3.5~18  |         | 5.7~20  | 8.5~25  |             |         |
| 配用钻头                      | DHD76-15A | 19A     | 15A、15B | 19A     | 17      | 19A、19B | 19A、19B     | 19A、19C |

4 潜孔锤跟管钻进可用于疏松、破碎、砂卵、砾石等复杂地层的钻进，分为套管回转和套管非回转两种类型，套管回转类套管跟进为回转头驱动套管回转，同时钻机施加轴压推进套管跟进，套管非回转类套管跟进是通过套管鞋内环肩冲击套管，同时钻机施加轴压推进套管跟进。

23.2.7 我国生产的柴动移动螺杆和电动式空压机（高压系列）性能参数见表 23.2.7-1 和表 23.2.7-2，国外进口的螺杆空压机主要有日本的 AIRMEN 系列、美国寿力系列和瑞典的阿特拉斯系列，排气压力从低压至高压，排气量从 10m<sup>3</sup>/min 到 40m<sup>3</sup>/min，应根据锚杆施工的要求进行选用，空气压缩机具有以下特点：

1 为潜孔钻机配备的空气压缩机主要有中低压（≤0.8MPa）系列的活塞式电动或柴油驱动空压机，中风压（0.8~1.4MPa）系列的螺杆式电动或柴油驱动空压机，高风压（≥1.4MPa）系列的两级螺杆式电动或柴油驱动空压机；

2 从提高成孔速度角度考虑，应尽量选择中高风压的空气压缩机。

表 23.2.7-1 柴动移动螺杆空压机（高压系列）性能参数表

| 型号            | 排气压力  | 排气量                   | 柴油机功率    | 含油量   | 净重   | 外形尺寸           |
|---------------|-------|-----------------------|----------|-------|------|----------------|
|               | (MPa) | (m <sup>3</sup> /min) | KW(HP)   | (ppm) | (kg) | (mm)           |
| 177SCY-17     | 1.7   | 16                    | 179(240) | ≤6    | 3760 | 3720*1970*2550 |
| 188SCY-17     | 1.7   | 18                    | 191(260) | ≤6    | 3650 | 3720*1970*2550 |
| 191SCY-17(高原) | 1.7   | 18                    | 191(260) | ≤6    | 3830 | 3720*1970*2550 |
| 250SCY-17     | 1.7   | 22                    | 250(340) | ≤6    | 4800 | 3810*2000*2900 |
| 195SCY-19     | 1.9   | 19                    | 191(260) | ≤6    |      | 3720*1970*2550 |
| 260SCY-21     | 2.1   | 22                    | 250(340) | ≤6    |      | 4150*2000*2900 |
| 288SCY-22     | 2.2   | 27                    | 288(380) | ≤6    |      | 4150*2000*2900 |

|           |     |    |          |    |  |                |
|-----------|-----|----|----------|----|--|----------------|
| 406SCY-25 | 2.5 | 33 | 400(525) | ≤6 |  | 4600*2250*2500 |
|-----------|-----|----|----------|----|--|----------------|

表 23.2.7-2 电动移动螺杆空压机性能参数表

| 型号         | 排气压力  | 排气量                   | 电机功率     | 含油量   | 净重   | 外形尺寸           |
|------------|-------|-----------------------|----------|-------|------|----------------|
|            | (MPa) | (m <sup>3</sup> /min) | KW(HP)   | (ppm) | (kg) | (mm)           |
| 55SDY-8    | 0.8   | 10                    | 55(75)   | ≤5    | 1500 | 2810*1515*1970 |
| 75SDY-8    | 0.8   | 12                    | 75(100)  | ≤5    | 1956 | 2810*1515*1970 |
| 75SDY-10   | 1.0   | 10                    | 75(100)  | ≤5    | 1832 | 3080*1890*1818 |
| 75SDY-14.5 | 1.45  | 10                    | 75(100)  | ≤5    | 1952 | 2810*1515*1800 |
| 90SDY-8    | 0.8   | 16                    | 90(120)  | ≤5    | 2273 | 2810*1515*1970 |
| 90SDY-14.5 | 0.8   | 12.8                  | 90(120)  | ≤5    | 1500 | 3080*1890*1810 |
| 110SDY-8   | 0.8   | 20                    | 110(150) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 132SDY-8   | 0.8   | 24                    | 132(180) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 132SDY-13  | 1.3   | 17                    | 132(180) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 160SDY-13  | 1.3   | 20                    | 160(220) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 185SDY-13  | 1.3   | 21                    | 185(250) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 185SDY-17  | 1.7   | 18                    | 185(250) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 200SDY-21  | 2.2   | 23                    | 200(270) | ≤5    | 1500 | 3300*1910*2330 |

### 23.3 作业条件

**23.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，并应符合下列要求：

- 1 现场电源应根据设备功率大小，选用现场配电；
- 2 水源应根据设备数量，选用宜大勿小；
- 3 场地应平整并具有一定的强度，如强度不足，应铺垫砂石，或垫钢板；
- 4 地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均应排除处理完毕，无碍施工；
- 5 各项临时设施如照明、动力、安全设备应准备就绪。

**23.3.2** 应熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。

**23.3.3** 应按桩位平面图，测设桩位轴线、定位点，用钢筋或木棍等细长杆体在桩位处扎入深度不小于 30cm 的孔，填入白灰并插上钢筋棍，标识桩位，要求所有桩位尽可能一次或分区段全部放完，并按要求进行检查和确认，边坡外扩应满足作业安全空间且不宜小于 1.0m。

**23.3.4** 注浆泵和注浆材料应和施工场地就近设置，且施工前应将水泥、砂、石子、外掺剂送实验室复试，同时进行配合比试验，保证各种材料合格并提出合适的配合比。

**23.3.5** 施工前应对施工人员进行全面的安全技术交底，施工前应对设备进行安全可靠性检查，确保施工安全。

**23.3.6** 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使注浆料输送距离最短，且输送管铺设时拐弯最少。

## 23.4 施工工艺

23.4.1 抗浮锚杆施工工艺流程见下图 23.4.1。

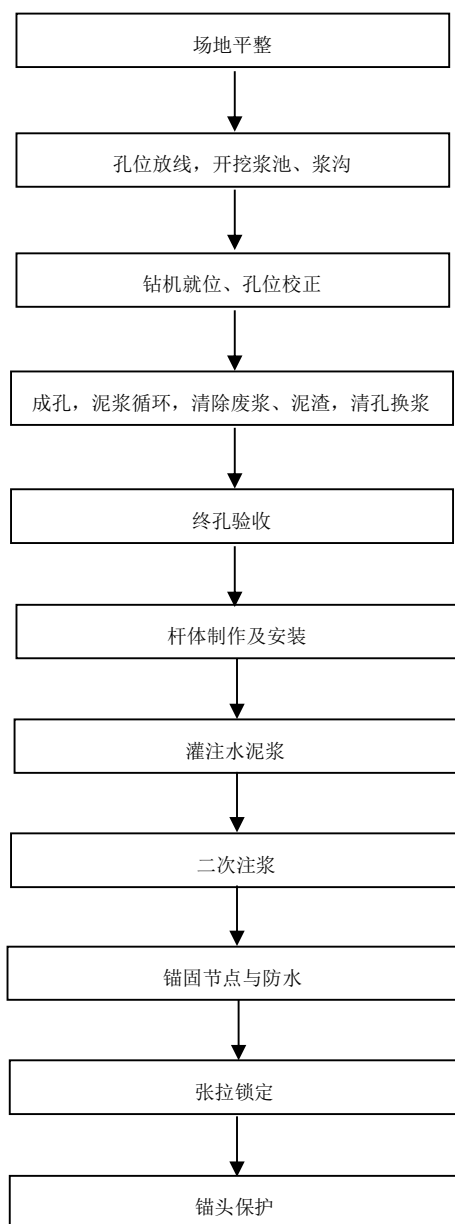


图 23.4.1 抗浮锚杆施工工艺流程

23.4.2 钻孔施工应符合下列要求：

- 1 在破碎及极破碎的岩层、地下水有承压性或流动性的地层、淤泥、砂层、岩溶等复杂地层中成孔时，应对抗浮锚杆的施工可行性进行专项研究，采取有效的应对措施，必要时应进行钻孔的渗透性试验等现场试验；
- 2 土层不稳定或容易受扰动时，钻孔应采用套管护壁，土层中的荷载分散型锚杆及采用二次及分段高压注浆的锚杆宜采用套管护壁钻孔，设计抗浮承载力超过 200kN 的锚杆不宜采用泥浆护壁回转方式成孔，必须采用时，应采取分段高压劈裂注浆等有效措施消除孔壁附着的泥皮的不利影响；
- 3 成孔后、下入杆体前应及时清孔，塌孔后应二次清孔，不得强行置入杆体；
- 4 岩层中钻孔长度宜超过设计锚杆长度 100~300mm，土层中宜超过 0.3~1.0m，沉渣较薄时较小值，厚时

取大值；

5 孔位放线误差不应大于 20mm，机械定位误差不应大于 50mm，其余施工误差应符合有关规定。

#### 23.4.3 杆体制作与安装存储应符合下列要求：

1 杆体组装宜在工厂或施工现场作业棚内的台架上等清洁场所进行；

2 筋体应平行顺直，不得相互交叉、扭曲，下料时宜采用切割机，不应使用电弧或乙炔焰切割，筋体之间不宜焊接，宜通过定位架及束线环等配件组装为整体；

3 钢绞线不应接长，除非用于修复时；

4 预应力螺纹钢筋应采用连接器连接并应按《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定执行；

5 钢筋宜采用机械连接并应按《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107 的有关规定执行；

6 塑料波纹管及套管宜采用熔接法接长；

7 压力型锚杆杆体底端应设置保护锚具、承载体及预应力筋的防护罩，拉力型锚索杆体底部应设置端帽，钢筋锚杆杆体底部宜设置端帽；

8 筋体为单根钢筋时可采用对中架或定位架对中定位，为多根钢筋时应采用隔离架或定位架对各筋体隔离，为多根钢绞线时宜采用定位架隔离兼定位；

9 二次或分段高压注浆管宜与杆体组装成整体，初次注浆管宜随杆体一同安装至钻孔内；

10 定位架及对中架的外径宜小于孔径 4~6mm，套管内径宜大于筋体直径 4~6mm，波纹管内径宜大于内定位架及隔离架外径 4~6mm，定位架或对中架、隔离架应沿锚杆轴线方向每隔 1~3m 设置一个，对土层应取小值，对岩层应取大值，初次注浆管管底宜超出筋体尾端、端帽及保护罩 50~100mm，二次及分段注浆管管底宜与筋体尾端、承载体或端帽平齐；

11 筋体自由段采用后注浆或缓凝浆体防腐时，宜设置止水塞及排废管，排废管应将锚固段的气、水及废弃浆液直接排出孔口，不应流入自由段；

12 采用环氧涂料防腐时，应先对钢筋表面除锈处理，处理方法及处理质量等级应按《涂覆涂料前钢材表面处理—表面清洁度的目视评定 第一部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 相关规定执行，处理质量等级不应低于 Sa2 或 St3，压力型锚杆组装完成后，应按相关技术标准在锚固端锚夹具及承压板表面喷刷防腐材料；

13 涂料防腐应按《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定执行；

14 应在荷载分散型锚杆各单元锚杆的外露端作出明显的标记；

15 杆体安装后应悬吊在钻孔内，杆体底端与孔底及沉渣距离不应小于 100mm；

16 杆体组装后宜尽早使用，存放期较长时，使用前应进行腐蚀及完整性检查；

17 在杆体的组装、存放、搬运过程中，应防止损伤、附着泥土或油渍等不洁物质及筋体锈蚀，不得产生不可接受的残余变形；

18 杆体安装时应防止各种护管及环氧涂层损伤，如有损伤应修补或替换，其中波纹管及环氧涂层轻微损伤处可采用外包 2 层防水聚乙烯胶带进行修补，杆体在安放就位后至浆体硬化前不应受到扰动；

19 筋体黏结段长度误差不应大于 100mm，定位架、对中架及隔离架的间距误差不大于 50mm，筋体净距不少于 10mm，筋体保护层厚度不少于 20mm，其余施工误差应符合有关规定。

#### 23.4.4 注浆应符合下列要求：

1 清孔后应及时安装杆体并注浆；

2 根据锚杆设计抗拔承载力及地质条件等具体情况，宜采用一次注浆、二次简易高压注浆、多次分段高压劈裂注浆等注浆工艺，其中预应力土层锚杆宜采用后两种注浆工艺；

3 应综合注浆工艺、浆体种类、输送距离、设计注浆压力、连续注浆量等因素选用注浆设备；

4 浆体应随用随制备，在初凝前用完，浆体出现泌水现象时，应重新拌和，并对配合比、泵送设备及工艺等进行检查，采取相应处理措施；

5 注浆过程应连续，初次注浆管应插至距孔底 200~500mm 处，随浆液灌注而匀速或分段拔出，直至孔口溢出均匀浆液后方可停止注浆，设置止浆塞时，宜在止浆塞下安装排废管通到地面，初次注浆管可不拔出，排废管口溢出均匀浆液后方可停止注浆，压力型锚杆应采取对承载体下反复注浆等措施，确保承载体下锚固体中不夹杂黏粒、粉末、碎屑、泥渣、泥浆等杂质及不窝水，孔口浆体液面下沉时应及时补浆；

6 对锚固体的二次及分段高压注浆还应按下列要求进行：初次浆体的水泥结石体强度达到 5.0MPa 后进行，开环压力不宜低于 2.0MPa；分段注浆宜采用袖阀管、马歇管等带密封装置的注浆设备，可不设置初次注浆管，依次由锚固段底端向前端分段注浆，前次注浆结束后应将注浆装置清洗干净以备下次注浆使用；

7 地下水有流动性或同时进行降水作业时，应采取措施避免地下水的流动造成浆液的稀释及流失；

8 锚杆完成注浆后 28d 内不得受冻。

#### 23.4.5 锚固节点与防水应符合下列要求：

1 锚杆周边有地下水渗漏时应采取相应措施处理；

2 防水层施工前应清除基层上的泥土、粉尘等杂物，用清水冲洗干净，基面不得有明水；

3 采用涂料防水时，锚杆端头应剔凿至锚杆浆体密实处，并用聚合物水泥防水砂浆找平至设计要求顶标高；

4 涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料应连续、均匀，待表层涂料呈半干状态后开始喷水养护，养护时间不宜少于三天；

5 止水胶条宜采用自黏式缓膨胀型遇水膨胀止水带，成品应及时采取措施保护；

6 防水施工还应按照《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定执行。

#### 23.4.6 张拉与锁定应符合下列要求：

1 张拉时锚杆休止期及浆体、基础结构的强度应符合设计要求；

2 张拉用的设备、仪表等应事先进行校准；

3 基础结构的承压面应平整，并与锚杆轴线方向垂直；

4 张拉应有序进行，张拉顺序应能避免邻近锚杆相互影响；

5 应取预计最大试验荷载的 0.1~0.2 倍预张拉 1~2 次，使杆体完全平直，各部位接触紧密；

6 用于锚杆荷载试验及张拉锁定的加卸载速率宜为 50kN/min~100kN/min；

7 宜超张拉，超张拉荷载宜为设计锁定荷载与预计损失荷载之和；

8 荷载分散型锚杆宜采用并联千斤顶组对各单元锚杆实施荷载控制同步张拉并锁定，经对比试验取得应力损失数据并补偿后也可采用其它张拉锁定方法；

9 预应力锚杆宜验收合格后再切割张拉段及封锚。

#### 23.4.7 冬雨期施工应符合下列要求：

1 冬期施工应采取有效的冬施措施，如热水搅拌；

2 注浆时，浆液的温度不应低于 5℃。

## 23.5 质量标准

**23.5.1** 水泥、粉煤灰、砂及碎石等原材料应符合设计要求。

**23.5.2** 施工中应检查浆液的配合比、密度和成孔深度、注浆量等。

**23.5.3** 施工结束后，应对桩顶标高、桩位、桩体质量做检查。

**23.5.4** 抗浮锚杆的质量检验标准应符合表 23.5.4 的规定。

表 23.5.4 抗浮锚杆质量检验标准

| 项目   | 序号 | 检验项目       | 指标及允许偏差  | 检查方法                        |
|------|----|------------|--|-----------------------------|
| 主控项目 | 1  | 承载力 (kN)   | 不小于设计要求  | 验收试验                        |
|      | 2  | 表观自由长度 (m) | 误差范围符合验收标准   | 验收试验                        |
|      | 3  | 防腐保护层      | 设计要求   | 现场检查                        |
|      | 4  | 压力型锚杆锚固体强度 | 不低于设计指标  | 每 30 根锚杆制作 1 组试块，<br>每组 6 个 |
| 一般项目 | 1  | 钻孔位置       | 100mm  | 用钢尺量                        |
|      | 2  | 钻孔直径       | 负偏差为 10mm，正偏差无要求                                   | 用钢尺量                        |
|      | 3  | 钻孔倾斜度      | 3°   | 现场测量                        |
|      | 4  | 钻孔长度       | 超过 L 不少于 100mm                                     | 量测钻杆                        |
|      | 5  | 筋体下料长度     | 负偏差为 30mm 与 1% $L_j$ 中的较大值， $L_j$ 为孔内杆体设计长度。正偏差无要求 | 用钢尺量                        |
|      | 6  | 杆体插入长度     | 负偏差为 2% $L_j$ 。正偏差无要求                              | 用钢尺量                        |
|      | 7  | 水胶比        | 设计值 $\pm 0.05$                                     | 比重计                         |
|      | 8  | 拉力型锚杆锚固体强度 | 平均值不低于设计要求且<br>最低值不小于平均值 80%                       | 每 30 根锚杆制作 1 组试块，<br>每组 6 个 |
|      | 9  | 锁定荷载       | 设计值的 $\pm 10\%$                                    | 持有荷载试验                      |
|      | 10 | 防水保护层      | 设计要求   | 现场检查                        |
|      | 11 | 基础变形       | 设计要求   | 水准仪等                        |

注：表中锚固体强度指边长为 70.7mm 的立方体试件，在 28d 龄期应以《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 规定的标准试验方法测得的抗压强度。

**23.5.5** 锚杆质量验收应按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 及《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 执行。

## 23.6 成品保护

**23.6.1** 锚杆养护期间（锚杆强度不大于设计强度的 85%）和人工清土期间不得碰撞桩头和扰动桩间土。

**23.6.2** 清土时应采用人工和小型机械配合进行，不得用大型机械扰动。

## 23.7 注意事项

**23.7.1** 施工前要确定钻机行走路线，成桩后钻机应避免碾压成桩。

**23.7.2** 施工作业面应平整，周边有边坡时应事先确认边坡稳定，地下水位较高场地应做好降水、隔水作业，地层软弱场地应做好地基处理工作，保证作业场地安全。

**23.7.3** 机械设备应符合下列要求：



- 1 施工机械设备应安放平稳；
- 2 作业前应检查机械设备，确认各部件完好、正常、可靠，使用前应进行试运转；
- 3 使用过程中如出现异常情况应立即停机检查，排除故障后方可使用；
- 4 作业完毕后应切断电源。

**23.7.4** 张拉作业时相关人员不应站在千斤顶的正面及上下方。

**23.7.5** 施工区域应避免人员及机械穿行。

**23.7.6** 恶劣天气作业时应采取相应的安全措施。

**23.7.7** 易燃易爆物品及危险化学品等材料，在采购、运输、存放、发放、使用、回收、处理各环节均应严格控制管理。

**23.7.8** 本章适用于一般地质条件下的建、构筑物抗浮工程，适用于一般第四纪松散土层、砂卵石层，和稳定基岩层以及某些具有特殊物理力学性能及工程特性的岩土层，如新近填土及深厚填石层、软土、膨胀土、湿陷性土、高地应力岩层、松散破碎岩层、盐渍土地层、承压水地层、液化地层等，特殊土地层是指严重影响锚杆的力学及化学稳定性或者施工特别困难的地层，如膨胀性地层、湿陷性地层等，应进行专门的设计，采取必要的处理措施后方可实施。

## 24 现浇混凝土桩基承台

### 24.1 材料要求

24.1.1 预拌混凝土应符合下列要求：

- 1 坍落度要求宜符合 18~20cm，和易性及标号应符合设计要求，常用标号为 C25~C40；
- 2 水泥宜选用 PO42.5 普通硅酸盐水泥。

24.1.2 钢筋的品种和规格均应符合设计要求，并有出厂合格证及试验报告。

24.1.3 火烧丝的规格应为 18#~22#。

24.1.4 砂浆垫块应用 1:3 水泥砂浆埋 22#火烧丝，提前预制，使用时要达到强度。

### 24.2 主要机具

24.2.1 支模板时应备有组合钢模板和零配件、木模板和钉子以及木工锯、斧、锤子、钢尺等。

24.2.2 绑扎钢筋应备有钢筋钩子、扳子、小撬棍、断丝钳、弯钩机及钢尺等。

24.2.3 浇灌混凝土应插入式振捣器、平尖铁锹、胶皮管子、手推车、木抹子等。

### 24.3 作业条件

24.3.1 应满足桩基施工已完成，并按设计标高、尺寸挖完土，而且办完桩基施工验收记录。

24.3.2 桩顶疏松混凝土应全部凿完，如桩顶低于设计标高时，须用高一级混凝土接桩，至设计桩顶标高，并达到一定强度后再将埋入承台内的桩顶部分凿毛、洗净，如预制桩顶伸入承台梁超过设计规定时，应预先剔凿、桩顶伸入承台梁深度应符合设计要求。

24.3.3 桩顶伸入承台梁中的钢筋长度应符合设计及施工规范要求。

24.3.4 对于冻胀地区，应满足已按设计要求完成承台梁下防冻胀的处理措施。

24.3.5 应将槽底虚土、杂物等清除干净。

### 24.4 施工工艺

24.4.1 工艺流程包括钢筋绑扎、模板安装和混凝土浇筑等施工工艺，详细流程见下图。

钢筋绑扎工艺流程见图 24.4.1-1。

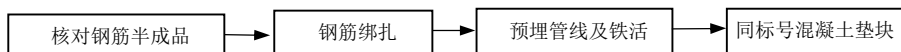


图 24.4.1-1 钢筋绑扎工艺流程

模板安装工艺流程见图 24.4.1-2。

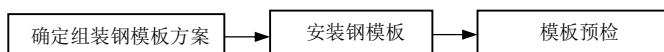


图 24.4.1-2 模板安装工艺流程

混凝土浇筑工艺流程见图 24.4.1-3。

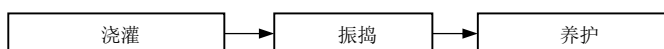


图 24.4.1-3 钢筋绑扎工艺流程

**24.4.2 钢筋绑扎工艺应符合下列要求：**

1 钢筋绑扎前，应按设计图纸核对加工的半成品钢筋，对其规格、形状、型号、品种进行检验，然后挂牌堆放好；

2 钢筋应按顺序绑扎，一般情况下，先长轴后短轴，由一端向另一端依次进行，操作时按图纸要求划线、铺铁、穿箍、绑扎，最后成型；

3 预留孔洞位置应正确，桩入承台梁的钢筋、承台梁上的柱子、板墙插铁，应按图纸绑好，绑扎应牢固，应采用十字扣绑扎或焊牢，其标高、位置、搭接锚固长度等尺寸应准确，不得遗漏和移位；

4 受力钢筋搭接接头位置正确，其接头应相互错开，上铁在跨中，下铁应尽量在支座处；

5 每个搭接接头的长度的 1.3 倍范围内，搭接钢筋面积不应超过该长度范围内钢筋总面积的 1/4，所有受力钢筋和箍筋交接处全绑扎，不得跳扣；

6 底部钢筋下垫水泥砂浆垫块，保护层的厚度不应小于 70mm，根据上部钢筋重量，换为高强度垫块，每隔 1m 放一块，呈梅花型布置，侧面的垫块应与钢筋绑牢，不应遗漏；

7 钢筋应办隐检手续。

**24.4.3 模板安装工艺应符合下列要求：**

1 应先制定出承台梁模板的组装方案，并经计算确定对拉螺栓的直径、长度、位置和纵横龙骨、连杆点的间距及尺寸位置，遇有钢模板不合模数时，可另加本模板补缝；

2 安装组合钢模板应由平面模板，阴、阳角模板拼成，其纵横肋拼接用的 U 型卡、插销等零配件，应要求齐全牢固，不松动不遗漏；

3 模板安装完成后，应对其断面尺寸与标高、对拉螺栓、连杆支撑等进行预检，均应符合设计图纸和质量标准的要求。

**24.4.4 混凝土浇灌工艺应符合下列要求：**

1 桩头、槽底及帮模（木模时）应浇水润湿，承台梁浇灌混凝土时，应按顺序直接将混凝土倒入模板中，如甩槎超过初凝时间，应按施工缝要求处理，若使用塔式起重机吊斗直接卸料入模时，其吊斗出料口距操作面高度以 300~400mm 为宜，并不得集中一处倾倒；

2 应沿承台梁浇筑的顺序方向，采用斜向振捣法，振捣棒与水平面倾角为 60°左右，棒头朝前进方向，棒间距以 500mm 为宜，防止漏振，振捣时间以混凝土表面翻浆出气泡为宜，混凝土表面应随振捣随按标高线用木抹子搓平；

3 纵横连接处及桩顶一般不宜留槎，留槎应在相邻两桩中间的 1/3 范围内，甩槎处应预先用模板挡好，留成直槎，继续施工时，接槎处混凝土应用水润湿并浇浆，使新旧混凝土结合良好，然后用原强度等级混凝土进行浇灌；

4 混凝土浇灌后，在常温条件下 12h 内应覆盖浇水养护，浇水次数以保持混凝土湿润状态为宜，养护时间不应少于 7 昼夜。

**24.4.5 冬雨期施工应符合下列要求：**

1 钢筋焊接宜在室内进行，在室外焊接时，最低气温不宜低于-20℃，且应有防雪挡风措施，焊接后的接头严禁立即碰到冰雪；

2 基土应进行保温，不得受冻；

3 混凝土的养护应按冬季施工方案执行，混凝土的试块应增加二组与结构同条件养护。

## 24.5 质量标准

**24.5.1 钢筋分项工程的主控项目和一般项目应符合下列要求：**

1 主控项目应符合下列要求：钢筋的品种、质量和焊条的牌号、性能必须符合设计要求和有关标准的规定，进口钢筋焊接前应进行化学成份检验和焊接试验，符合有关规定后方可焊接；钢筋表面必须清洁，如有颗粒状或片状老锈，经除锈后留有麻点的钢筋严禁按原规格使用；钢筋的规格、形状、尺寸、数量、间距、锚固长度、接头设置应符合设计要求和施工规范的规定；焊接接头机械性能试验结果应符合钢筋焊接施工及验收的规定；

2 一般项目应符合下列要求：绑扎钢筋的缺扣、松扣数量不应超过绑扣数的 10%，且不应集中；弯钩的朝向应正确，绑扎接头应符合施工规范的规定，搭接长度均不小于规定值；用 1 级钢筋制作的箍筋，其数量应符合设计要求，弯钩的角度和平直长度应符合施工规范的规定；对焊接头无横向裂纹和烧伤，应焊接均匀；接头处弯折不大于 4°，接头处钢筋轴线位移不可大于 0.1d，且不大于 2mm；电弧焊接头焊缝表面应平整、无凹陷，焊瘤、接头处应无裂纹、气孔、焊渣及咬边；接头处绑条沿接头中心线的纵向位移不应大于 0.5d，且不应大于 3mm；接头处钢筋的轴线位移不应大于 0.1d，且不大于 3mm；焊缝厚度不应小于 0.05d，焊缝宽度不应小于 0.1d，焊缝长度不应小于 0.5d，接头处弯折不应大于 4°；

3 允许偏差项目见表 24.5.1。

表 24.5.1 钢筋安装及预埋件位置允许偏差

| 项次 | 项目       |       | 允许偏差<br>(mm) | 检查方法            |
|----|----------|-------|--------------|-----------------|
| 1  | 骨架的宽度、高度 |       | ±5           | 钢尺检查            |
| 2  | 骨架的长度    |       | ±10          |                 |
| 3  | 箍筋构造筋间距  | 焊接    | ±10          | 钢尺连续三档，取其最大值    |
|    |          | 绑扎    | ±20          |                 |
| 4  | 受力钢筋     | 间距    | ±10          | 钢尺两端、中间各一点，取最大值 |
|    |          | 排距    | ±5           |                 |
| 5  | 钢筋弯起点位置  |       | 20           | 钢尺检查            |
| 6  | 预埋件      | 中心线位置 | 5            |                 |
|    |          | 水平高差  | +3<br>0      |                 |
| 7  | 受力钢筋保护层  | 基础    | ±10          |                 |

24.5.2 模板分项工程的主控项目和一般项目应符合下列要求：

1 主控项目应符合下列要求：模板及其支架应具有足够的强度、刚度和稳定性；其支架的支承部分应有足够的支承面积；安装在基土上，基土必须坚实并应有排水措施；

2 一般项目应符合下列要求：模板接缝处接缝的最大宽度不应大于 1.5mm；模板与混凝土的接触面应清除干净，并涂隔离剂；

3 允许偏差项目见表 24.5.2。

表 24.5.2 桩基承台梁模板安装和预埋件允许偏差

| 项次 | 项目          |       | 允许偏差<br>(mm) | 检验方法        |
|----|-------------|-------|--------------|-------------|
| 1  | 轴线位置        |       | 5            | 钢尺检查        |
| 2  | 标高          |       | ±5           | 水准仪或拉线、钢尺检查 |
| 3  | 截面尺寸        |       | ±10          | 钢尺检查        |
| 4  | 相邻两板表面高低差   |       | 2            | 钢尺检查        |
| 5  | 表面平整度       |       | 5            | 2m 靠尺和塞尺检查  |
| 6  | 预埋钢板中心线位置   |       | 3            | 拉线和钢尺检查     |
| 7  | 预埋管预留孔中心线位置 |       | 3            |             |
| 8  | 预埋螺栓        | 中心线位置 | 2            |             |
|    |             | 外露长度  | +10<br>0     |             |

|   |     |                 |                |  |
|---|-----|-----------------|----------------|--|
| 9 | 预留洞 | 中心线位置<br>截面内部尺寸 | 10<br>+10<br>0 |  |
|---|-----|-----------------|----------------|--|

**24.5.3** 混凝土分项工程的主控项目和一般项目应符合下列要求：

**1** 主控项目应符合下列要求：混凝土的养护和施工缝处理应符合施工规范的规定；评定混凝土强度的试块，应按有关规定取样、制作、养护和试验，其强度必须符合施工规范的规定；对设计不允许有裂缝的结构，应严禁出现裂缝；设计允许出现裂缝的结构，其裂缝宽度应符合设计要求；

**2** 一般项目应符合下列要求：混凝土应振捣密实。蜂窝麻面表面缺陷已修整，无孔洞；任何一根主筋均不得有露筋；应无缝隙，无夹渣层；

**3** 允许偏差项目见表 24.5.3。

表 24.5.3 桩基承台梁混凝土工程允许偏差

| 项次 | 项目           | 允许偏差 (mm)  | 检验方法       |
|----|--------------|------------|------------|
| 1  | 轴线位置         | 10         | 钢尺检查       |
| 2  | 标高           | ±10        | 水准仪或钢尺检查   |
| 3  | 截面尺寸         | +15<br>-10 | 钢尺检查       |
| 4  | 表面平整度        | 8          | 2m 靠尺和塞尺检查 |
| 5  | 预埋钢板中心线位置    | 10         | 钢尺检查       |
| 6  | 预埋管、预留孔中心线位置 | 5          |            |
| 7  | 预埋螺栓中心线位置    | 5          |            |
| 8  | 预留洞中心线位置     | 15         |            |

## 24. 6 成品保护

**24.6.1** 安装模板和浇筑混凝土时，应注意保护钢筋，不得攀踩钢筋。

**24.6.2** 钢筋的混凝土保护层厚度应不小于 50mm，其钢筋垫块不得遗漏。

**24.6.3** 冬期施工应覆盖保温材料，防止混凝土受冻。

**24.6.4** 拆模时应避免重撬、硬砸，以免损伤混凝土和损坏钢模板。

## 24. 7 注意事项

**24.7.1** 应注意蜂窝、露筋现象的出现，由于模板拼装不严、混凝土漏浆造成蜂窝，振捣不按工艺操作造成振捣不密实或缺少垫块造成露筋。

**24.7.2** 应注意缺棱、掉角现象出现，由于配合比不准、搅拌不均匀或拆模过早、养护不够都会致使混凝土棱角损伤。

**24.7.3** 应避免偏差过大以及支模的支撑、卡子、拉杆间距过大或不牢固，混凝土局部浇筑过高或振捣时间过长的情况，以免造成混凝土鼓肚、错台等缺陷。

**24.7.4** 应注意插铁钢筋产生位移，插铁固定不牢固，振捣棒或料斗碰撞钢筋，致使钢筋位移。

**24.7.5** 对于地震设防区，当承台梁采用支模浇筑时，承台梁侧面应按设计要求回填夯实。

## 25 浆砌重力式挡土墙

### 25.1 材料要求

**25.1.1** 石材强度不应低于 MU30，砌体的自重应大于  $22\text{KN}/\text{m}^3$ 。

**25.1.2** 水泥宜选用 P.042.5 普通硅酸盐水泥或 P.S.A32.5 及以上矿渣硅酸盐水泥。

**25.1.3** 砂宜选用中砂或粗砂，含泥量不大于 5%，且泥块含量不大于 2%。

**25.1.4** 外掺剂可选用泵送剂、早强剂、减水剂等。根据施工需要通过试验确定。

**25.1.5** 墙背填料宜根据附近土源，选用抗剪强度和透水性强的砾石或砂土。选用黏性土时，宜掺入适量的砂砾或碎石。不得选用膨胀土、淤泥质土、耕植土等。

**25.1.6** 反滤层宜选用砂砾石，由 2 层~3 层（每层厚度 100mm~250mm）均质透水材料组成。相邻层平均粒径之比宜为 8 倍~10 倍，最小不应小于 4 倍；各层滤料颗粒不均匀系数不宜大于 4；小于 0.1mm 颗粒的含量不应大于 5%（质量比）。

### 25.2 主要机具

**25.2.1** 主要机具宜选用卷扬机、砂浆搅拌机、手推车或机动小翻斗车等。

**25.2.2** 辅助工具包括磅秤、盘秤或天平、手锤、凿子、双刃斧、大小灰铲、灰刀、木锤、皮数杆、推尺、灰桶、测量仪器等。

### 25.3 作业条件

**25.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，地上、地下障碍物清除完毕，临时设施准备就绪。

**25.3.2** 应熟悉施工图，核对设计条件，并详细调查地形地貌、地表和地下水源、边坡稳定性、山坡裂缝、滑动面、气象等情况。

**25.3.3** 水泥、外加剂等进场后应进行抽样检验，合格后方可使用。

**25.3.4** 提前做好砂浆配合比试验、墙背填料的击实试验等。

**25.3.5** 根据施工图划分施工段，测定挡土墙基础主轴线、墙顶轴线、挡土墙起止点和横断面，每根轴线均应在基线两端延长线上设 4 个桩点（每端两点），并分别以素混凝土包封保护。

**25.3.6** 放桩位时，应测定中心桩及挡土墙的基础地面高程，临时水准点应设置在施工干扰区域之外，施测结果应满足精度要求并与相邻段水准点相闭合。

### 25.4 施工工艺

**25.4.1** 浆砌重力式挡土墙工艺流程宜符合图 25.4.1。

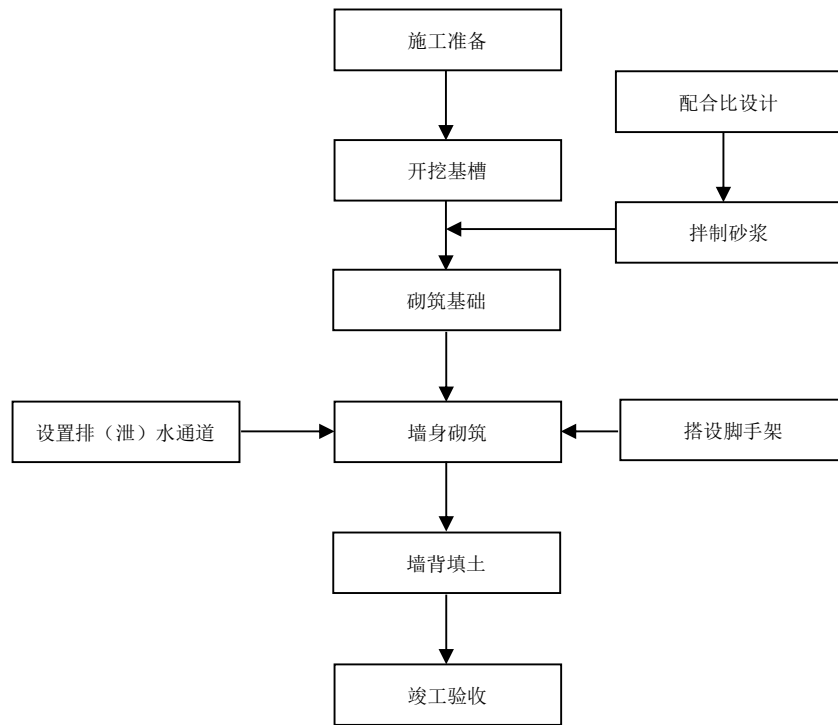


图 25.4.1 浆砌重力式挡土墙工艺流程

#### 25.4.2 开挖基槽应符合下列规定：

- 1 开挖前应在上方做好截、排水设施，坑内积水应及时排干处理；
- 2 开挖基坑时应核查地质情况，挡土墙墙基嵌入岩层应符合设计要求；
- 3 基槽开挖时结合结构要求分段、集中施工；
- 4 墙基位于斜坡地面时，其趾部进入持力层深度和距地面水平距离应符合设计要求；基底为倾斜面时，应准确挖凿成型，不得用填补方法筑成斜面。
- 5 基槽经验收合格后，方可进行砌筑基础。

#### 25.4.3 拌制砂浆应符合下列规定：

- 1 砌体工程所用砂浆的强度等级不宜低于 M10；
- 2 砂浆应机械拌制。拌制时间宜为 3 min~5min；
- 3 砂浆按施工配合比配制，应具有适当的流动性和良好的和易性，其稠度宜为 10 mm~50mm。每批砂浆均应抽检一组试块；
- 4 炎热天气或雨天运送砂浆时，运送容器应加以覆盖；
- 5 砂浆应随拌随用、少拌快用。宜在 3h~4h 内使用完毕，气温超过 30℃时，宜在 2h~3h 内用完。

#### 25.4.4 砌筑基础应符合下列规定：

- 1 砌筑前，应将基底表面风化、松软土石清除。砌筑应分段进行，每隔 10m~20m 或在基槽地质变化处设置沉降缝；
- 2 岩石地层的基础，宜紧靠坑壁砌筑，并灌浆与周边地层结为一体；
- 3 采用台阶式基础时，台阶转折处不得砌成通缝；砌体与台阶壁的缝隙应插浆塞满；
- 4 基础砌筑完毕应及时回填肥槽，背土面沿墙根部做成不小于 4% 的排水横坡。

#### 25.4.5 搭拆脚手架应符合下列规定：

- 1 搭脚手架应根据负载要求进行设计，并对作业人员进行技术交底。层高宜为 1.9 m~2.0m，宽度宜为 0.8 m~1.2m；

2 脚手架宜与墙体连接，使用中应定期检查，发现问题及时加固处理。

#### 25.4.6 挂线找平应符合下列规定：

1 按照墙面坡度、砌体厚度、基底和墙顶高程可设两面立杆挂线或固定样板挂线，对高度超过 6m 的挡土墙宜分层挂线；

2 所挂外面线应顺直整齐，逐层收坡，在砌筑过程中经常校正线杆。

#### 25.4.7 砌筑墙身应符合下列规定：

1 砌筑前石块应适当修整、浇水湿润，清洗表面泥土、水锈；

2 砌筑墙身应分层、分段砌筑。分段位置宜设在沉降缝或伸缩缝处。分段砌筑时，相邻层的高差不宜超过 1.2m；

3 砌石顺序宜为先砌角石、再砌面石、最后砌腹石。砌缝应饱满，各工作层竖缝相互错开，不得贯通；

4 砌筑上层砌块时，应避免振动下层砌块；砌筑中断后恢复时，应清扫、湿润砌体表面，坐浆砌筑；

5 勾缝应嵌入砌体内约 20mm 深，勾缝砂浆不得低于砌体砂浆强度；

6 砌筑的墙体应及时覆盖，并洒水保持湿润，洒水养护期不得少于 7d。

#### 25.4.8 设置排（泄）水通道应符合下列规定：

1 砌筑过程中应沿墙高和墙长设置泄水孔，宜采用梅花形等间距布置，孔径不小于 50mm，材料可采用 PVC 塑料管或镀锌钢管。易积水处泄水孔应加密；

2 墙背土透水性差时，泄水孔的进水侧应设置反滤层，厚度不小于 300mm。最低排泄水孔的下部，应设置隔水层；

3 挡土墙顶面应采用砂浆抹面或面石封闭。挡土墙顶面内侧与山体连接处应采用黏土夯实；

4 侧沟和天沟砌筑时采用的水泥砂浆，不得低于砌筑挡土墙的水泥砂浆标号，并与挡土墙一同砌成整体。挡土墙较高时，应设置台阶或检查梯。

#### 25.4.9 墙背填筑应符合下列规定：

1 砌体砂浆强度达到 75% 以上方可进行墙背填筑。墙后回填应逐层碾压夯实，设不小于 3% 的横坡，禁止向墙背斜坡填筑；

2 墙背回填应由最低处分层填起，不同作业段交接处宜在先填地段按 1:1 分层留台阶，相互交叠衔接，其搭接长度不得小于 2m；

3 每一压实层均应检验压实系数，合格后方可填筑其上一层。

#### 25.4.10 雨、冬期施工应符合下列规定：

1 冬期砌筑施工前，应清除石材表面冰雪、冻结块等。砌筑砂浆宜采用普通硅酸盐水泥，并进行保温或加温处理；

2 雨期施工时，新砌筑的挡土墙在砂浆硬化期间应防止雨水冲刷或水流淹没。

## 25.5 质量标准

25.5.1 施工前，应检验墙背填筑所用填料的重度、强度，同时应检验墙身材料的物理力学指标。

25.5.2 施工中应进行验槽，并检验墙背填筑的分层厚度、压实系数、挡土墙埋置深度，基础宽度、排水系统、泄水孔（沟）、反滤层材料级配及位置。

25.5.3 施工结束后，应检验浆砌重力式挡土墙砌体墙面质量、墙体高度、顶面宽度、砌缝、勾缝质量，结构变形缝的位置、宽度，泄水孔的位置、坡率等。

25.5.4 浆砌重力式挡土墙质量检验标准应符合表 25.5.4 的规定。

表 25.5.4 浆砌重力式挡土墙质量检验标准

| 项 | 序 | 检查项目 | 允许偏差或允许值 |    | 检查方法 |
|---|---|------|----------|----|------|
|   |   |      | 单位       | 数值 |      |



|      |   |            |        |          |                            |
|------|---|------------|--------|----------|----------------------------|
| 主控项目 | 1 | 挡土墙埋置深度    | mm     | ±10      | 经纬仪测量                      |
|      | 2 | 墙身材料（石材）强度 | MPa    | ≥30      | 点荷载试验                      |
|      | 3 | 分层压实系数     | 不小于设计值 |          | 环刀法                        |
| 一般项目 | 1 | 平面位置       | mm     | ≤50      | 全站仪测量                      |
|      | 2 | 墙身、压顶断面尺寸  | 不小于设计值 |          | 用钢尺量：每一缝段测 3 个断面，每断面各 2 个点 |
|      | 3 | 压顶顶面高程     | mm     | ±10      | 水准测量：每一缝段测量 3 点            |
|      | 4 | 泄水孔尺寸      | mm     | ±3       | 用钢尺量：每一缝段测量 3 点            |
|      | 5 | 泄水孔坡度      | 设计值    |          |                            |
|      | 6 | 伸缩缝、沉降缝宽度  | mm     | +20<br>0 | 用钢尺量：每一缝段测量 3 点            |
|      | 7 | 轴线位置       | mm     | ≤30      | 经纬仪测量：每一缝段纵横各测量 2 点        |
|      | 8 | 墙面倾斜率      | ≤0.5%  |          | 线锤测量：每一缝段测量 3 点            |
|      | 9 | 墙表面平整度     | mm     | ±10      | 2m 直尺、塞尺量：每一缝段测量 3 点       |

## 25.6 成品保护

**25.6.1** 在挡土墙养护期间，砂浆强度尚未达到设计强度的 75%时不得侧向受力。

**25.6.2** 墙背填筑时，靠近挡土墙 1m~2m 范围内填料夯实时，应采用人工夯实或者小型机械夯实。

## 25.7 注意事项

**25.7.1** 挡土墙后有山坡时，应在挡土墙顶部设置截水沟。对于不能向坡外排水的边坡，应在墙后设置排水暗沟。

**25.7.2** 施工前应根据实际地形，核查施工图中挡土墙沉降缝与伸缩缝、泄水孔等设置的合理性；基础埋深及地质描述与实际地基情况的匹配性；挡土墙与路基或构造物的连接等。

**25.7.3** 施工过程中及施工完成后，应进行挡土墙的安全巡查和监测工作。

## 26 劲芯水泥土搅拌墙（桩）

### 26.1 材料要求

**26.1.1** 水泥宜选用普通硅酸盐水泥 P.O.42.5，需止水性好可选用矿渣水泥 PSA32.5。地下水具有侵蚀性时，需通过试验选用。

**26.1.2** 水宜选用自来水，使用其他水源时，应考虑水对水泥凝结的影响。

**26.1.3** 膨润土宜选用钠基膨润土，蒙脱石含量不低于 85%。

**26.1.4** 型钢宜选用 Q235B 级钢和 Q345B 级钢，规格型号级有关要求宜按国家现行标准《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》GB/T 11263 及《焊接 H 型钢》YB/T 3301 选用制作。存在破损和已弯曲变形的不宜使用。

**26.1.5** 预制构件可选用混合配筋管桩、钢管混凝土管桩、波浪桩、护壁桩、空心平板桩、实心平板桩、凹形板桩、空心方桩、实心方桩等预制构件。

**26.1.6** 减摩剂选用不宜剥离、脱落的减摩剂。减摩剂可自配，配合比宜为：氧化石蜡：阳离子乳化剂：OP：助乳剂：除锈剂：水=15：11.3：0.8：2：2：6.5。

### 26.2 主要机具

**26.2.1** 三轴水泥土搅拌桩机按行走形式可分为步履式和履带式。主要技术参数见表 26.2.1。

表 26.2.1 三轴搅拌桩机主要技术参数

| 型号           | 桩机高度 | 成桩长度 | 钻杆直径 |
|--------------|------|------|------|
| SPA135 履带式   | 33   | 25   | 219  |
| SPF808 履带式   | 36   | 28   | 219  |
| SF858 履带式    | 30   | 22   | 219  |
| DH608 步履式    | 36.5 | 36   | 273  |
| D36.5 步履式    | 34.4 | 27.7 | 273  |
| JB180 步履式    | 39   | 32   | 273  |
| JB250 步履式    | 45   | 42   | 273  |
| LTZJ42.5 步履式 | 47.5 | 42.5 | 273  |

**26.2.2** 三轴动力头按成桩直径可分为 650、800、1000 型，主要技术参数见表 26.2.2。

表 26.2.2 三轴动力头主要技术参数

| 参数 \ 型号      | ZKD63-3/MAC120 | ZKD83-3A/MAC200 | ZKD100-3/ZKD100-3A |
|--------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 钻头直径 (mm)    | 650            | 850             | 1000               |
| 钻杆根数 (根)     | 3              | 3               | 3                  |
| 钻杆中心距 (mm)   | 450/450        | 600/600         | 750/750            |
| 主功率 (kw)     | 45*2/55*2      | 75*2/85*2/75*3  | 75*3/90*3          |
| 钻杆转速 (r/min) | 17.6-35        | 16-35           | 16-35              |

**26.2.3** 制浆系统宜优先选用制浆站，制浆能力不宜小于 20m<sup>3</sup>/h。

- 26.2.4 储浆设备宜选用容量不小于 2m<sup>3</sup>，且具有转速不低于 15 转/min 的搅拌能力的储浆筒。
- 26.2.5 水泥存贮仓容量不宜小于 50m<sup>3</sup>，带有螺旋输送机。
- 26.2.6 空压机优选静音空压机，不宜小于 8m<sup>3</sup>。
- 26.2.7 水泥浆输送设备一般采用 BW250 以上柱塞注浆泵，流量不宜小于 200L/min。
- 26.2.8 吊装设备宜为履带吊，按预制件长度和重量选择。

### 26.3 作业条件

- 26.3.1 施工前应完成“三通一平”。输电线、管线、旧建筑物设备基础等地上、地下障碍物均已清理完毕。钻机、起重机等施工机械与架空输电导线的最小安全距离应不低于表 16.3.1 规定。
- 26.3.2 施工场地应平坦、地面坚实，必要时应采取垫砂石、钢板、路基箱等相应措施。
- 26.3.3 熟悉施工图和图纸会审资料，根据场地地质条件，结合工程项目现场状况，按照《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502 的规定编制施工组织设计，审批后实施。
- 26.3.4 施工前应对施工人员进行施工和安全技术交底。
- 26.3.5 宜根据场地条件布置水泥浆搅拌设备搭建临时设施。
- 26.3.6 钻机和各种配套设施应进行安装调试，经验收合格后方可投入使用。

### 26.4 施工工艺

26.4.1 劲芯水泥土搅拌墙施工工艺流程宜符合图 26.4.1。

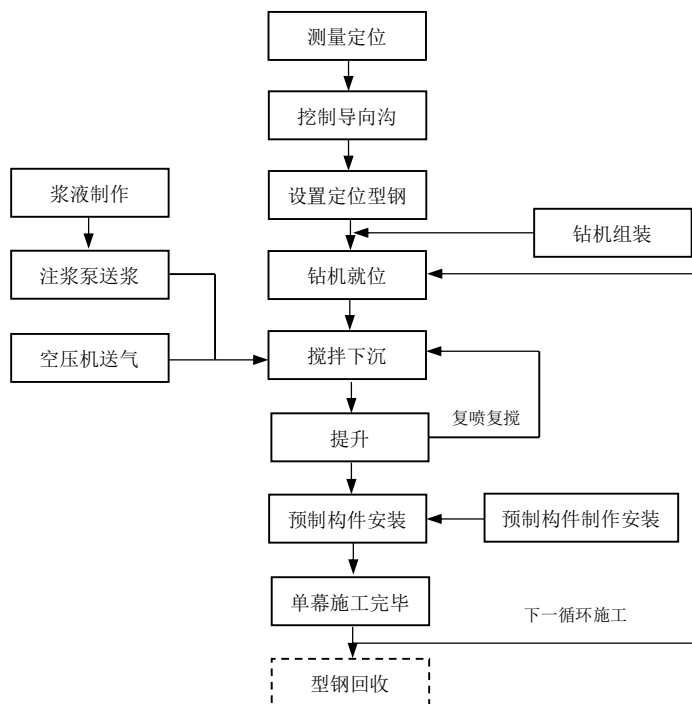


图 26.4.1 劲芯水泥土搅拌墙施工工艺流程

26.4.2 已建立的现场测量控制网基础上进行准确的测量放点，确定墙（桩）体中心线。宜会同甲方或监理共同验线后进行下一步施工。

26.4.3 导向沟控制及导墙制作应符合下列要求：

- 1 根据搅拌墙轴线开挖导向沟，尺寸宜为上口（墙宽+600）\*下口（墙宽+300）\*深 1500；

2 回填土或松散砂场地，可采用钢筋混凝土导墙。导墙宜筑于稳定土层上，宜高出地面 100mm。导墙的净宽应大于墙体设计宽度（桩体直径）40mm~60mm。

#### 26.4.4 定位型钢设置应符合下列要求：

1 导向沟开挖完成后，应在沟槽边缘设置搅拌桩定位型钢。如图 26.4.4 所示，垂直导向沟方向放置两根 200\*200mm，长约 2.5m 的工字型钢（或槽钢）作为定位型钢支撑，横向定位型钢在平行于导向沟方向放置两根 300\*300mm，长约 8-20m 的定位型钢，于定位型钢表面标识置入体间距；

2 设有导墙时，可直接定位于导墙之上。

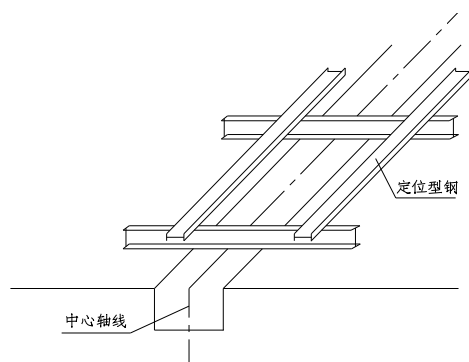


图 26.4.4 定位型钢示意图

26.4.5 钻机调试运转正常后就位。应保持基底盘平稳，搅拌轴定位对中平面允许偏差  $\pm 20\text{mm}$ 。宜用全站仪或吊锤校正垂直度，导向架垂直度偏差不大于  $1/250$ 。

26.4.6 水泥浆液制备水泥浆液应按是设计配比和搅拌机操作规程进行拌制。搅拌桶内注入预定水量并开动搅拌机后，再逐渐加入水泥直到设计用量，一般水灰比为  $1.5\sim 2.0$ ，搅拌不低于  $3\text{min}$ 。拌制后宜通过滤网泵送至储浆筒备用（储浆筒应有搅拌装置）。水泥浆留置时间不应超过  $2\text{h}$ 。

#### 26.4.7 H 型钢制作应符合下列要求：

1 型钢采用分段焊接时，应采用坡口焊接。坡口形式和要求应遵照《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 有关规定，焊缝质量等级不应低于二级。型钢焊接接头不宜大于 2 个，焊接接头位置应避免布置于型钢受力较大处(如支撑位置)；相邻接头竖向位置宜错开，错开距离不宜小于  $1\text{m}$ ；

2 型钢应除锈，涂刷减阻剂；型钢插入前应清除表面污垢及铁锈，并涂敷减摩剂，涂抹厚度不宜小于  $1\text{mm}$ 。减摩剂须加热至完全熔化后方能进行涂敷。

#### 26.4.8 预制构件制作应符合下列要求：

1 预制桩宜在工厂按设计要求制作，且制作和运输应符合国家现行规范的相关规定。

2 预制桩制作时应留设与冠梁、腰梁连接构造措施；

3 预制桩接头强度宜通过试验验证。

#### 26.4.9 成孔搅拌操作应符合下列要求：

1 土层可选用跳槽式双孔全套打复搅方式、单侧挤压方式。砂砾地层预钻套打方式；

2 轴杆、钻头类型宜根据土层选择。粉土、黏土地层宜使用叶片式轴杆、平底钻头，砂土、砂砾土地层宜选用螺旋叶片式轴杆、定心螺旋式钻头；

3 搅拌次数和搅拌时间应保证水泥土墙的成墙质量。一般情况下，应上下各一次喷浆搅拌，如须具有截水功能时，须复喷复搅。搅拌下沉的速度宜控制在  $0.5\text{m}/\text{min}\sim 1\text{m}/\text{min}$ ，提升速度宜控制在  $1\text{m}/\text{min}\sim 2\text{m}/\text{min}$ ，并保持匀速下沉和提升。使水泥浆和原地基土充分搅拌，提升时不应产生负压；

4 可采用流量计进行水泥浆的流量控制，喷浆压力一般控制在  $0.8\text{MPa}\sim 1.0\text{MPa}$ ，注浆流量为  $20\text{L}/\text{min}\sim$

40 L/min。

5 下沉至设计标高后，宜原位喷浆搅拌不少于 30s；

6 施工时因故停浆，应在恢复喷浆前，搅拌位置提升或下沉 0.5m 后再进行喷搅施工。施工间断情况下应采用跳槽式全套复搅式连接；

7 搅拌头直径不应小于设计直径，磨损量不宜大于 10mm，应及时补焊；

8 施工中产生的水泥石浆液，可集积在导向沟内或现场设置的沟槽中，自然固结后外运。

**26.4.10** 预制构件安装应符合下列要求：

1 搅拌完成后宜在 30min 内插入预制构件；

2 型钢分段安装应设置坡口焊接。焊接段 30cm 内不应涂抹减摩剂，待焊接完成回温后补刷；

3 预制构件的插入须采用定位导向架确定型钢平面位置。型钢插入过程中可用全站仪或垂准仪校准垂直度；

4 预制构件宜依靠自重插入。也可采用震动锤等辅助手段下沉到位，严禁采取重复起吊自由落钩的插入形式；

5 下沉至设计深度后，预制构件应固定。

**26.4.11** 型钢回收应符合下列规定：

1 基坑肥槽回填过程中，须将支撑、锚杆等构件拆除。回填后，可进行型钢回收；

2 千斤顶垂直平稳布置在连梁上，液压卡具加紧钢筋腹板后，两只千斤顶同步加压，将 H 型钢顶出，待顶升压力平稳后，可采用吊车提出；

3 型钢拔出后的孔隙应及时注浆或灌砂填充。

## 26.5 质量标准

**26.5.1** 劲芯水泥土搅拌墙的质量检查验收可分为施工期间过程控制、成墙质量验收和基坑开挖检查三个阶段。

**26.5.2** 水泥土搅拌墙施工前应对进场的材料进行验收。水泥外加剂等原材料指标、H 型钢、预制构件及机械性能应满足设计要求。

**26.5.3** 施工中应检查桩身混合料的配合比、基坑开挖前应检验墙体强度。墙体强度宜采用施工中应检查桩身混合料的配合比、基坑开挖前应检验墙体强度。墙体宜采用浆液试块强度确定。每个台班应取一幅墙体，每个墙体 2 个取样点（每个取样点 3 个试块）。取样点可设置基底 1 米处及最软弱土处。采用钻芯法确定强度时，宜在软弱土层取样。抽检数量不应小于总轴数的 2%，且不小于三根。

**26.5.4** 劲芯水泥土搅拌墙质量检验标准应符合表 26.5.4 的规定。

表 26.5.4 型钢水泥土搅拌墙质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目       | 允许偏差或允许值                |     | 检查方法            |
|------|---|------------|-------------------------|-----|-----------------|
|      |   |            | 单位                      | 数值  |                 |
| 主控项目 | 1 | 型钢截面高度     | mm                      | ±5  | 用钢尺量            |
|      | 2 | 型钢截面宽度     | mm                      | ±2  | 用钢尺量            |
|      | 3 | 型钢长度       | mm                      | ±10 | 用钢尺量            |
|      | 4 | 预制桩型号及桩身质量 | 符合本标准、国家现行有关标准的规定和设计的要求 |     | 检查质量证明文件或质量验收记录 |

|              |        |             |                      |        |              |
|--------------|--------|-------------|----------------------|--------|--------------|
|              | 5      | 墙身强度        | 不小于设计值(一般 0.5Mpa 以上) |        | 28 天试块强度或取芯法 |
|              | 6      | 水泥用量        | 不小于设计值               |        | 查看流量计数据      |
|              | 7      | 墙体深度        | 不小于设计值               |        | 测量搅拌轴长度      |
|              | 8      | 导向架垂直度      |                      | 1/250  | 全站仪或垂准仪      |
|              | 9      | 成桩直径        | mm                   | ±20    | 量量搅拌螺旋直径     |
| 一般<br>项<br>目 | 1      | 型钢挠度        | mm                   | ≤1/500 | 用钢尺量         |
|              | 2      | 型钢腹板厚度      | mm                   | ≥-1    | 游标卡尺量        |
|              | 3      | 型钢翼缘板厚度     | mm                   | ≥-1    | 游标卡尺量        |
|              | 4      | 型钢形心转角      | °                    | ≤3     | 用量角器量        |
|              | 5      | 型钢顶标高       | mm                   | ±50    | 水准测量         |
|              | 6      | 预制桩截面直径或厚度  | mm                   | +10    | 预制桩截面直径或厚度   |
|              | 7      | 预制桩桩身侧向弯曲矢高 | L/1000 且不大于 20mm     |        | 用钢尺量         |
|              | 8      | 桩身钢筋保护层厚度   | mm                   | +5     | 桩身钢筋保护层厚度    |
|              | 9      | 水胶比         | 设计值                  |        | 水与水泥等凝胶材料质量比 |
|              | 10     | 提升速度        | 设计值                  |        | 测量动力头距离时间    |
|              | 11     | 下沉速度        | 设计值                  |        | 测量动力头距离时间    |
|              | 12     | 轴线位置        | mm                   | ≤50    | 全站仪钢尺量       |
|              | 13     | 墙体标高        | mm                   | ≥100   | 水准仪测         |
|              | 14     | 平面位置        | 平行基坑边线               | mm     | ≤50          |
|              | 垂直基坑边线 |             | mm                   | ≤10    | 用钢尺量         |
|              | 15     | 垂直度         |                      | ≤1/200 | 全站仪, 垂准仪     |

注: L 为芯材设计长度。

## 26.6 成品保护

- 26.6.1 施工过程中, 禁止施工设备碰触、碾压外露预制构件。
- 26.6.2 基坑开挖过程中, 施工设备不得碰触搅拌墙体。
- 26.6.3 预制桩应按不同规格、长度及施工流水顺序分别堆放, 不宜在施工现场多次吊运。
- 26.6.4 预制桩叠层堆放时, 应采用吊机取桩, 严禁拖拉移桩。
- 26.6.5 安装腰梁须破除墙体时应人工清除水泥石, 不得使用挖机、破碎炮清除。

## 26.7 注意事项

- 26.7.1 浇筑冠梁时, 冠梁和型钢支件应采用一定材料隔离(如聚丙板等)。支护结构设置钢腰梁, 焊接时须清除外露部分涂层。回填时应将钢梁支座拆除、焊口磨平后重新涂抹减摩剂。
- 26.7.2 水泥石搅拌墙宜进行施工前成墙实验, 以确定实际采用的各项施工技术参数, 包括浆液水灰比、下沉提升速度、每幅墙体注浆量即涂层分层技术参数等。
- 26.7.3 采用两轴注浆、中间轴注压缩空气, 进行辅助成墙时, 应考虑压缩空气对水泥石强度的影响。
- 26.7.4 施工过程中宜随机对机座四周标高进行复测, 确保机械处于水平状态施工, 同时用经纬仪经常对搅拌轴进行垂直度复测。

**26.7.5** 置换涌土少的地层，可掺入 5%左右的膨润土。

**26.7.6** 转角处搭接应采用“十”字接头的形式。当与灌注桩、连续墙搭接时，可采用旋喷桩搭接。当出现冷缝接头时，可在墙体外侧搭接厚度 10cm 补打搅拌桩一至两幅。

**26.7.7** 钻孔取芯完成后的孔隙应注浆填充。

**26.7.8** 长时间停止施工，应对压浆管道和设备进行清洗。

**26.7.9** 基坑开挖过程中，出现漏点，应及时封堵。可采用引流管速凝水泥砂浆和水泥、水玻璃双液竖向注浆。

## 27 土钉墙和复合土钉墙

### 27.1 材料要求

- 27.1.1 水泥宜选用 P.O42.5 普通硅酸盐水泥或 P.S.A32.5 矿渣硅酸盐水泥，具有出厂合格证和检测报告。
- 27.1.2 砂子宜选用洁净的中、粗砂，含水量宜为 5%~7%。
- 27.1.3 石子宜选用洁净的砾石，粒径不宜大于 15mm。
- 27.1.4 钢筋、钢绞线品种和规格应符合设计规定，具有出厂合格证和试验报告。
- 27.1.5 预拌喷射混凝土应符合设计及相关验收规范要求，具有出厂合格证和检测报告。
- 27.1.6 泵送剂、早强剂、减水剂、速凝剂等外掺剂应根据施工需要通过试验确定。

### 27.2 主要机具

- 27.2.1 主要施工机具宜选用成孔钻机、洛阳铲、钢筋切断机、钢筋弯曲机、交流电焊机、锚喷机、空压机、水泥储存罐、压浆泵、水泥搅拌机等。
- 27.2.2 辅助设备宜选用全站仪、经纬仪、水准仪、钢卷尺等。

### 27.3 作业条件

- 27.3.1 施工前应完成“三通一平”，现场电源根据设备功率大小选用；水源根据设备数量选用，宜大勿小；场地应平整并具有一定的强度，如强度不足，应铺垫砂石或垫钢板。地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物应排查处理完毕。各项临时设施如加工场地、工棚、标养室、照明、动力、安全设备应准备就绪。
- 27.3.2 应熟悉施工图纸及场地的土质、水文地质资料。
- 27.3.3 施工前应将水泥、外掺剂送实验室复试，同时进行配合比试验，保证各种材料合格并提出合适的配合比。
- 27.3.4 应根据施工设备需要开挖施工作业面，按照设计标高及间距测放土钉或锚杆孔位。
- 27.3.5 施工前应对施工人员进行全面的安全、技术交底，施工前应对设备进行安全可靠性检查。
- 27.3.6 施工现场应做好材料、机具摆放规划，使水泥浆、喷射混凝土输送距离最短，且输送管铺设时拐弯最少。

### 27.4 施工工艺

- 27.4.1 土钉墙和复合土钉墙工艺流程应符合图 27.4.1。



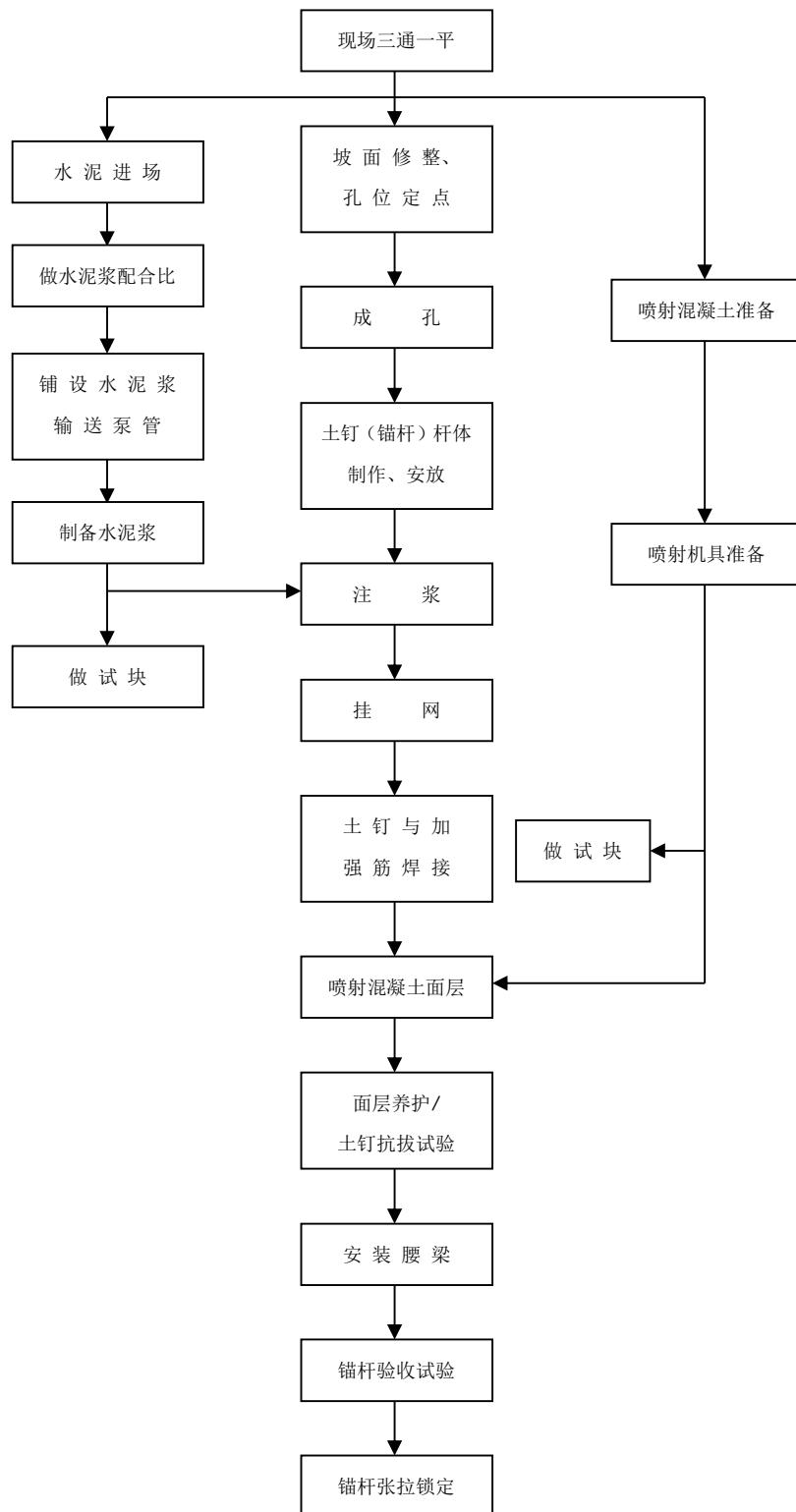


图 27.4.1 土钉墙和复合土钉墙工艺流程

**27.4.2** 修整工作面应符合下列要求：机械开挖后的土质边坡，应经过坡面修整，清掉坡面虚土。基坑边坡应按要求分步开挖，在上层土钉注浆体及喷射混凝土面层达到设计强度的 **70%**后方可开挖下层土方。

**27.4.3** 测量放线应符合下列要求：根据设计方案，使用水准仪或全站仪投放每步土钉的水平设计标高，按一定间距设置标高控制桩，间隔不宜大于 **20m**，在两相邻定位桩中间挂线确定孔位。

**27.4.4** 钻孔施工应符合下列要求：根据设计要求，使用成孔设备进行成孔，孔径和倾角应符合设计要求。

#### 27.4.5 杆体制作与放置应符合下列要求:

1 土钉杆体制作可与修整坡面、测量放线等工序同时进行,并在钻孔前完成。应沿土钉全长设置对中定位支架,其间距宜取 1.5m~2.5m,土钉钢筋保护层厚度不宜小于 20mm。成孔结束,放置土钉杆体应对正杆体的方向,杆体置入后不应再扭转方向,放置过程中应减少对孔壁土层的扰动,土钉外端部剩余高度应与面板厚度及预计的钢筋网片位置相配合;

2 锚杆杆体应提前就地加工,杆体材料应符合设计要求。锚杆制作和安放时应除锈、去油污、避免杆体弯曲。每根钢绞线的下料长度误差不应大于 50mm。沿杆体轴线方向每隔 1.0m~2.0m 应设置一个定位支架。杆体自由段应使用塑料管包裹,与锚固段相交处的塑料管口应绑紧密封。锚杆钻孔完成后,应立即放入杆体。

#### 27.4.6 注浆应符合下列要求:

1 土钉注浆时,宜使用水灰比 0.5~0.55 的水泥浆。注浆管随杆体一起放入孔内,应距离孔底 250~500mm,注浆至孔口溢浆为止,初凝前应补浆 1~2 次至浆液饱满;

2 锚杆注浆时,宜使用水灰比 0.5~0.55 的水泥浆。一次注浆管距孔底距离宜为 100~200mm。当需要二次高压注浆时,终止注浆压力不应小于 1.5MPa,注浆时间可根据注浆工艺试验确定或一次注浆锚固体强度达到 5MPa 后进行。

**27.4.7** 喷射混凝土面层应符合下列要求:土钉或锚杆施工完毕后,进行面层钢筋网编制,面层网上每 1.0 m<sup>2</sup>绑设一块垫块,钢筋网与土层坡面净距不应小于 30mm,然后放置加强筋,喷射混凝土面层。

**27.4.8** 锚杆张拉与锁定应符合下列要求:锚杆注浆后浆体强度达到 15Mpa 或达到设计强度的 75%以上后(经验值为养护 7 天左右),应取每层锚杆总数的 5%(且不少于 3 根),进行验收试验。经验收试验合格后,进行集中统一张拉施工。

**27.4.9** 冬期施工应采取有效的冬施措施,如热水搅拌等。注浆时,水泥浆的温度不应低于 5℃。喷射面层后应使用保温材料覆盖养护。

### 27.5 质量标准

**27.5.1** 土钉墙和复合土钉墙施工前应对钢筋、水泥、砂子、石子、机械设备性能等进行检验。

**27.5.2** 土钉墙和复合土钉墙质量检验标准应符合表 27.5.2 的规定。

表 27.5.2 土钉墙和复合土钉墙质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目            | 允许偏差或允许值                              |
|------|---|-----------------|---------------------------------------|
| 主控项目 | 1 | 土钉或锚杆杆体长度       | +50mm                                 |
|      | 2 | 土钉验收抗拔力或锚杆抗拔承载力 | 设计要求                                  |
| 一般项目 | 1 | 土钉或锚杆位置         | ±100mm                                |
|      | 2 | 土钉或锚杆倾角         | ±3°                                   |
|      | 3 | 成孔孔径            | ±5mm                                  |
|      | 4 | 注浆体强度           | 设计要求                                  |
|      | 5 | 注浆量             | 大于计算浆量                                |
|      | 6 | 混凝土面层钢筋网间距      | ±30mm                                 |
|      | 7 | 混凝土面层厚度         | 平均厚度不小于设计值,最小厚度不小于设计值的 80%,并不应小于 50mm |
|      | 8 | 混凝土面层抗压强度       | 设计要求                                  |

**27.5.3** 土钉墙检测应符合下列规定:

1 施工过程中应对土钉位置，成孔直径、深度及角度，土钉长度，注浆配比、压力及注浆量，墙面厚度及强度，土钉与面板的连接情况、钢筋网的保护层厚度等进行检查；

2 土钉应通过抗拔试验检测抗拔承载力。同一条件下，检测数量不宜少于土钉总数的 1%，且不宜少于 3 根。土钉抗拔试验宜分层、分区段进行，土钉试验应有代表性和针对性；

3 对安全等级为二级、三级的土钉墙，抗拔承载力检测值分别不应小于土钉轴向拉力标准值的 1.3 倍、1.2 倍。

4 墙面喷射混凝土厚度应采用钻孔法或其他方法检测，检查数量宜为每 500 m<sup>2</sup>墙面积一组，每组不少于 3 点。

#### **27.5.4 预应力锚杆质量检查应符合下列规定：**

1 施工过程中应对预应力锚杆位置，钻孔直径、长度及倾角，自由段与锚固段长度，浆液配合比、注浆压力及注浆量，锚座几何尺寸，锚杆张拉值和锁定值等进行检查；

2 锚杆抗拔力试验应取每层锚杆总数的 5%，且同一土层中的锚杆检验数量不应少于 3 根。应在锚杆锚固浆体强度达到 15Mpa 或达到设计强度的 75%以上时，方可进行锚杆抗拔力试验。锚杆抗拔力检测试验的最大试验荷载应取锚杆极限抗拔承载力的 0.8 倍。

## **27.6 成品保护**

**27.6.1** 锚杆张拉前后，应保护杆体不受外力碰撞。

**27.6.2** 应保护腰梁和墙面避免承受外部荷载。

**27.6.3** 冬期施工应覆盖有效的防风、保温材料，防止土钉墙面层在终凝前受冻。

**27.6.4** 土钉墙或复合土钉墙施工完成后，应尽量减小地下水或地表水对支护结构的影响，当存在残留水时，应采取有效的引排水措施。

## **27.7 注意事项**

**27.7.1** 土钉成孔范围内存在地下管线等设施时，应查明其位置并调整设计参数避开一定的安全距离后，再进行成孔作业。

**27.7.2** 根据土层的性状可选择洛阳铲、螺旋钻、冲击钻、潜孔锤等成孔方法，采用的成孔方法应能减小对孔壁的扰动、保证孔壁的稳定性。

**27.7.3** 当成孔遇到不明障碍物时，应停止成孔作业，在查明障碍物的情况并采取针对性措施后方可继续成孔。

**27.7.4** 注浆开始或中途停止超过 30min 时，应用水或稀水泥浆润滑注浆泵及其管路。

**27.7.5** 坡面土体自稳性差时，宜先喷射护面，再进行土钉成孔等施工。

**27.7.6** 做好场区排水组织，不宜在坡顶设置排水沟。

## 28 型钢内支撑

### 28.1 材料要求

- 28.1.1 钢支撑钢材宜采用 Q235 钢。可采用圆形钢管、H 型钢、工字钢、槽钢或其组合截面，宜选用圆形钢管。
- 28.1.2 钢腰梁可采用 H 型钢、工字钢、槽钢或其组合截面等。当采用组合截面时，组合截面构件应采用缀板连接。
- 28.1.3 进入施工现场的钢支撑、腰梁、立柱及辅助材料，应按照物资进场报验程序进行材料报验，安装施工前应验收合格。
- 28.1.4 钢支撑、钢腰梁和立柱等构件宜由工厂化制作。
- 28.1.5 周转使用的材料应提供原材材质单、产品合格证、现场检验几何尺寸以及外观，经验收合格后方可使用。
- 28.1.6 进场的焊接材料的质量合格文件、中文标识及检验报告应符合标准要求，其品种、规格、性能应符合设计文件及规范要求。
- 28.1.7 螺栓连接件应有产品质量合格证明文件，其型号、规格应符合设计要求。
- 28.1.8 支撑体系用的涂装材料进场应检查产品质量合格证明文件。

### 28.2 主要机具

- 28.2.1 主要机具宜备有吊车、龙门吊、千斤顶、电焊机、全站仪、经纬仪、水准仪、钢卷尺等。
- 28.2.2 主要机具选型配备应满足施工要求。

### 28.3 作业条件

- 28.3.1 施工单位应依据设计图、工程地质条件、水文地质条件、周边环境编制土方开挖和支撑方案。
- 28.3.2 腰梁施工前应去除腰梁处围护墙体表面浮泥和突出墙面的混凝土。
- 28.3.3 钢支撑结构应在土方开挖至其设计位置后及时安装。
- 28.3.4 钢支撑体系材料应经过检查验收，预压力施加设备经过标定，支撑材料堆放应满足设计和相关规范要求。
- 28.3.5 钢支撑体系应按相关规范和要求进行防腐处理。
- 28.3.6 钢支撑体系各构件吊装应符合相关规范和要求。

### 28.4 施工工艺

- 28.4.1 钢支撑安装工艺流程宜符合图 28.4.1 的规定。

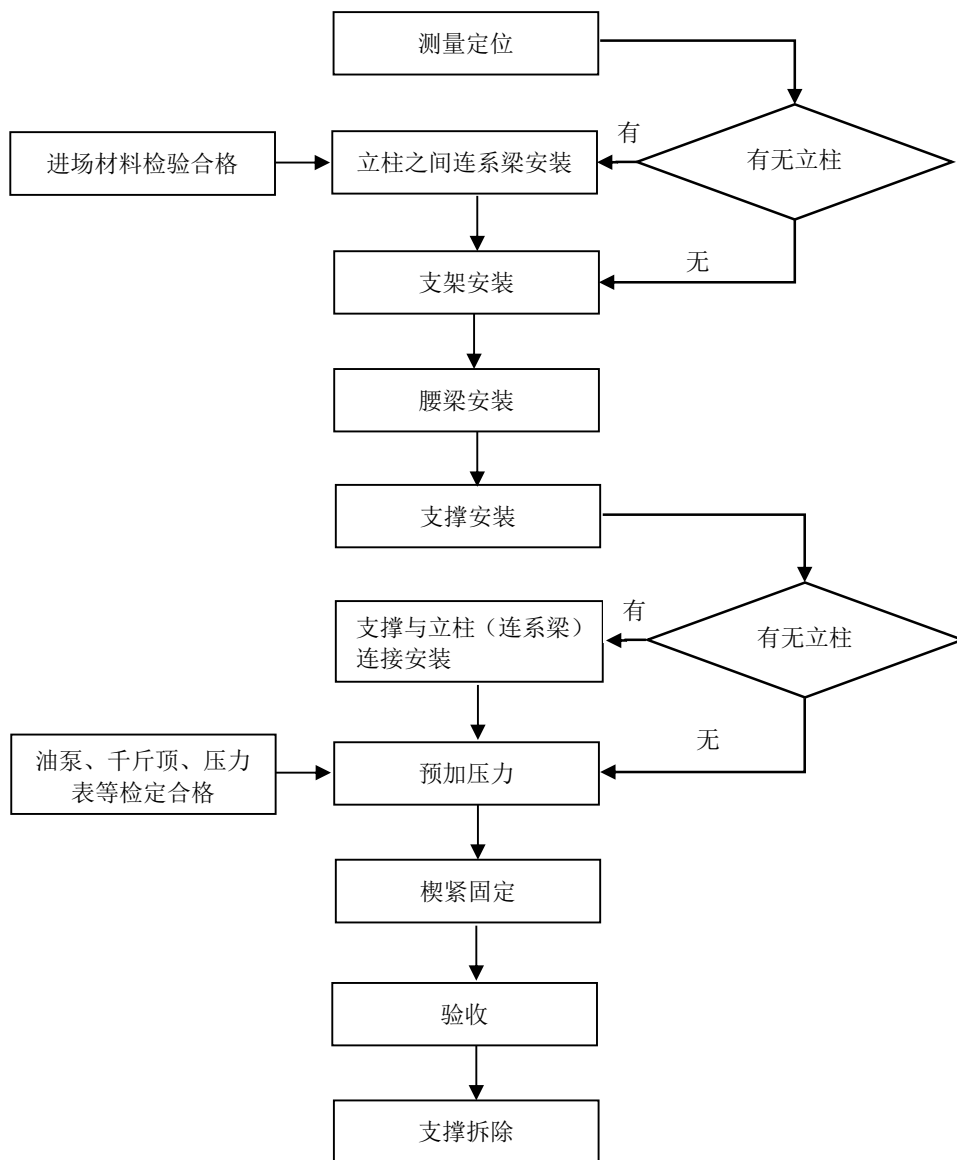


图 28.4.1 钢支撑安装工艺流程图

#### 28.4.2 钢腰梁安装应符合下列规定：

1 钢腰梁单节长度应按设计选取，设计无规定时，应根据起吊能力、运输能力，以及施工分段长度等综合考虑确定，做到安全稳妥、灵活方便；

2 钢腰梁单节长度确定后，应对全部钢腰梁按照不同层高、不同部位进行统一编号，并绘制安装平面、剖面图，标明各段钢腰梁编号；

3 钢腰梁应根据土方开挖情况，在同一层位上进行分段安装，分段连接点应避开钢支撑位置。钢腰梁之间连接应采用焊接方式；

4 应按设计要求安装螺栓，固定三角形支架(牛腿)，确保装好的支架顺直并在同一高度位置，三角支架的纵向间距按照设计图纸要求进行设置；

5 腰梁应水平放置，腰梁水平中线应与支撑轴线在同一水平面上；

6 采用吊筋方式时，应焊接不少于 2 个吊耳与上部的围护桩体拉结固定；

7 与斜撑相连的每节腰梁，应有抗剪措施(如抗剪蹬)，避免腰梁受力时产生顺向滑移；

8 抗剪蹬的焊接尺寸、数量、位置等应符合设计要求，设计无要求时，应设置在钢支撑轴线的两端，每端至少一个，嵌入围护桩桩间的深度不小于半个桩径与喷射混凝土厚度之和，并用混凝土充填密实；

9 钢腰梁与围护结构应密贴，钢腰梁对应围护桩(墙)部位应在挂网喷射混凝土时找平，若存在空隙，视

空隙宽度，采用强度等级不低于 M20 的砂浆抹平或采用强度等级不低于 C30 的细石混凝土填充；

10 钢腰梁安装就位后，托盘应与钢腰梁焊接或螺栓连接，钢支撑座与钢支撑的搭接长度不小于 150mm，当需要安装端头轴力计时，钢支撑座的长度应为轴力计长度与搭接长度之和。

**28.4.3 钢支撑安装应符合下列规定：**

- 1 钢支撑安装前，应做好测量定位工作，保证支撑位置准确；
- 2 钢支撑安装前应先拼装，拼装偏差应符合设计要求或相关规范之规定；
- 3 吊放钢支撑时，钢支撑的固定端与活动端纵向应逐根交替间隔布设；
- 4 钢支撑就位时，应根据监控量测方案及时安装监测元器件；
- 5 钢支撑安放到位后，应检查各节点的连接状况，经确认符合要求后方可施加预压力。

**28.4.4 土方开挖至设计标高后，钢支撑应当在 24h 内安装到位并施加预加压力。**

**28.4.5 钢支撑安放到位后，施加预加压力应按照设计要求逐级进行，预加压力加至设计要求后，顶紧并固定钢楔。**

**28.4.6 钢支撑分段之间的连接应符合下列规定：**

- 1 钢支撑分段之间可采用法兰连接或焊接。每根钢支撑轴线偏心应不大于 20mm；
- 2 采用螺栓连接，拼装时螺栓安装应互相错开螺母连接方向，并应在平整地方进行拼装，采用对角和分级分序将螺母扳紧，使各螺栓受力均匀。螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定；
- 3 采用焊接连接时，焊接应满足现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的要求。

**28.4.7 钢支撑与腰梁的连接应符合下列规定：**

- 1 钢支撑与腰梁宜采用托盘形式架设连接，支撑端与腰梁应均匀接触；
- 2 钢支撑与冠梁、连续墙结构连接时，宜采用在冠梁、连续墙结构钢筋上预埋钢板形式；
- 3 预压力加至设计轴力 10% 时，应在检查钢支撑和钢腰梁无异常后，对钢支撑两端进行焊接或螺栓连接，活动端安装轴力计的，可不焊接，但应采取悬吊等防坠落措施。

**28.4.8 钢支撑与立柱(连系梁)之间的连接应符合下列规定：**

- 1 钢支撑与立柱(连系梁)之间的连接应严格按照设计要求施工；
- 2 架设钢支撑前，应复核两侧腰梁体系与立柱(连系梁)的标高，减少钢支撑在空间相交部位的竖向受力。

**28.4.9 立柱的施工应符合下列规定：**

- 1 立柱的加工材料、尺寸，焊接要求等严格按照设计图纸进行，设计无要求时，执行现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 中的相关规定；
- 2 钢格构柱宜在工厂进行制作，分段制作长度不宜超过 15m；
- 3 立柱现场安装可采用“地面拼接、整体吊装”的施工方法；
- 4 立柱的定位和垂直度应采取措施进行控制，对格构柱、H 型钢柱尚应同时控制方向偏差；
- 5 土方开挖后，应按照设计要求，及时架设剪刀撑和水平钢支撑等加固措施，立柱之间应形成整体、稳定的支撑体系；
- 6 开挖过程中应定时测量立柱的回弹，并及时调节立柱与支撑拉紧装置；
- 7 立柱穿过地下结构底板的部位，应按设计要求设置可靠的防水构造措施。

**28.4.10 对撑式双向多跨压杆式支撑水平纵横向支撑之间的连接应符合下列规定：**

- 1 基坑尺寸较大时，应设置水平纵横向支撑，水平纵横向支撑的连接应有十字接头、井字接头及叠交连接形式；
- 2 接头形式的选择应按设计要求加工制作，并应满足相关规范的要求；
- 3 十字接头可由四通管、法兰盘及高强螺栓连接组成；井字接头可由四个十字接头拼装组成；
- 4 十字、井字接头与立柱(钢构柱)的连接应按设计要求施作，及时架设剪刀撑等加固措施，立柱之间应形成整体、稳定的支撑体系；
- 5 采用叠交连接时，应保证连接构造及连接件的强度满足支撑在平面内的稳定要求。

#### 28.4.11 预压力施加应符合下列规定：

- 1 仪器安装调试后应按照设计要求的预压力值逐级进行加压，期间应检查各连接部位的稳定性、牢固性，遇到异常情况，应立即停止，排除隐患后，继续作业；
- 2 预压力应逐级施加达到设定值时，应再次检查各连接点的情况，待压力稳定后锁定；
- 3 当昼夜温差过大导致支撑预加压力损失时，应根据设计要求修正；
- 4 施加预压力过程中，应做好施工记录，施加预压力完成，并锁定钢支撑后再拆除千斤顶。

#### 28.4.12 倒撑施工应符合下列规定：

- 1 利用主体结构倒撑时，主体结构的底板或中板混凝土强度应满足设计要求。设计无要求时，混凝土强度应达到设计值的 70%，方可倒撑；
- 2 利用主体结构施作倒撑时，可不设置腰梁，倒撑结构连接形式宜采用在主体结构上预埋钢板，进行钢支撑与预埋钢板焊接；
- 3 使用满堂红支架代替倒撑时，应编制专项施工方案；
- 4 利用地下结构作为倒撑结构时，地下结构与围护结构之间应已回填或设置传力构件。当结构底板和楼板分块浇筑或设置后浇带时，应在分块部位或后浇带处设置传力构件。

#### 28.4.13 钢支撑拆除应符合下列规定：

- 1 钢支撑拆除应按照“先倒撑、后拆除”的顺序进行，施工流程应符合设计计算工况的要求；
- 2 钢支撑拆除前，应编制专项施工方案；
- 3 钢支撑拆除应自下而上分层进行。拆卸钢支撑时宜用托架托住待拆除的钢支撑，用千斤顶施加预压力卸去活动端的锁定装置，释放支撑轴力，用气焊切开钢支撑端头连接部位，依次吊出钢支撑，拆除钢腰梁；
- 4 利用地下结构作为换撑结构时，换撑结构混凝土强度应达到设计允许的强度要求；
- 5 拆除过程中，应加强基坑的监控量测与现场巡视。发现安全隐患时，应立即停止拆除作业，待找出原因，隐患排除后方可继续作业，必要时调整拆除方案。

## 28.5 质量标准

28.5.1 所采用的原材料、监测器具等应具有产品合格证、进场复验报告，施工过程应有施工记录，并应按照相关规定进行。

28.5.2 千斤顶应具有质量技术监督部门出具的标定记录。

28.5.3 钢支撑施工前，应对放线尺寸、标高进行校核。对钢支撑的产品构件和连接构件以及钢立柱的制作质量等进行检验。

28.5.4 钢支撑系统所使用的原材料型号、尺寸及力学性能应符合设计要求。

28.5.5 连系梁与围护桩的连接、腰梁与围护结构的连接、内支撑端头与连系梁、腰梁的连接、内支撑与立柱的连接应符合设计和规范要求。

28.5.6 内支撑的连接方式应符合设计要求，当采用栓接时，连接板尺寸、螺栓种类、材质、孔径、孔距应符合设计要求，允许偏差应符合相关规定，成孔应采取机械成孔方式，严禁现场气割扩孔。

28.5.7 钢支撑焊接外观质量应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 的规定。

28.5.8 当设计单位对焊接质量有明确要求时，应按规定对焊缝进行无损检测，无损检测应在外观检查合格后进行。

28.5.9 各项目允许偏差应符合表 28.5.9-1 及表 28.5.9-2 的规定。

- 1 钢支撑的质量检验应符合表 28.5.9-1 的规定。

表 28.5.9-1 钢支撑质量检验标准

| 项 | 序 | 检查项目 | 允许值或允许偏差 | 检查方法 |
|---|---|------|----------|------|
|---|---|------|----------|------|

|      |   |                    | 单位   | 数值   |           |
|------|---|--------------------|------|------|-----------|
| 主控项目 | 1 | 外轮廓尺寸              | mm   | ±5   | 用钢尺量      |
|      | 2 | 预加顶力               | kN   | ±10% | 应力监测      |
| 一般项目 | 1 | 轴线平面位置             | mm   | ≤30  | 用钢尺量      |
|      | 2 | 同一横撑中间及两端顶面任意两点的高差 | mm   | 5    | 水准仪测量     |
|      | 3 | 横撑整体直线度            | mm   | ±20  | 全站仪或经纬仪测量 |
|      | 4 | 开挖超深               | mm   | <200 | 水准仪测量     |
|      | 5 | 连接质量               | 设计要求 |      | 超声波或射线探伤  |

2 立柱桩的质量检验应符合《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004 及《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定。钢立柱的质量检验应符合表 28.5.9-2 的规定。

表 28.5.9-2 钢立柱的质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目        | 允许偏差   |        | 检查方法      |
|------|---|-------------|--------|--------|-----------|
|      |   |             | 单位     | 数值     |           |
| 主控项目 | 1 | 截面尺寸（立柱）    | mm     | ≤5     | 用钢尺量      |
|      | 2 | 立柱长度        | mm     | ±50    | 用钢尺量      |
|      | 3 | 垂直度         | ≤1/200 |        | 全站仪或经纬仪测量 |
| 一般项目 | 1 | 立柱挠度        | mm     | ≤l/500 | 用钢尺量      |
|      | 2 | 截面尺寸（缀板或缀条） | mm     | ≥-1    | 用钢尺量      |
|      | 3 | 缀板间距        | mm     | ±20    | 用钢尺量      |
|      | 4 | 钢板厚度        | mm     | ≥-1    | 用钢尺量      |
|      | 5 | 立柱顶标高       | mm     | ±20    | 水准测量      |
|      | 6 | 平面位置        | mm     | ≤20    | 用钢尺量      |
|      | 7 | 平面转角        | °      | ≤5     | 用量角器量     |

注：l 为型钢长度（mm）。

## 28.6 成品保护

- 28.6.1** 钢构件在装卸、运输过程中，应注意保护钢管管口、法兰盘接口，避免发生碰撞、坠落。
- 28.6.2** 水平支撑上不得堆放材料或其他重物，基坑周边荷载应当符合设计要求。
- 28.6.3** 钢支撑使用过程应定期进行预应力监测，预应力损失对基坑变形有影响时应对预应力损失进行补偿。
- 28.6.4** 土方开挖过程中，严禁挖运设备磕碰钢支撑、腰梁和临时立柱。

## 28.7 注意事项

- 28.7.1** 支撑系统的施工与拆除顺序应与支护结构的设计工况一致，应严格执行先撑后挖的原则。
- 28.7.2** 基坑开挖前，立柱周边的桩孔应均匀回填密实。
- 28.7.3** 支撑构件应按使用计划的先后顺序、构件的形状和大小进行堆放，钢构件堆放时下方应垫稳，分类码放整齐，标识明确、记录完整，并应设置明显的警戒标识。堆放层高和与基坑之间的净距应符合相关标准和规范的规定。
- 28.7.4** 支撑与冠梁、腰梁的连接应牢固，钢腰梁与围护墙体之间的空隙应填充密实，采用无腰梁的钢支撑系



统时，钢支撑与围护墙体的连接应满足受力要求。

**28.7.5** 支撑拆除应在形成可靠换撑并达到设计要求后进行。

## 29 中空注浆锚杆

### 29.1 材料要求

**29.1.1** 注浆浆体材料可采用水泥净浆或水泥砂浆，二次及分段高压注浆应采用水泥净浆，分别应符合下列要求：

1 水泥宜选用 $\geq 42.5$ 级普通硅酸盐水泥，必要时可采用抗硫酸盐水泥，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175及《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748的有关规定；

2 采用水泥净浆时，初次注浆水灰比宜为0.5~0.55，二次及多次注浆水灰比宜为0.60~0.80；

3 采用水泥砂浆时，灰砂比宜为1:0.5~1:1，水胶比宜为0.45~0.55。

**29.1.2** 钢筋筋体宜采用强度等级不小于400MPa的热轧带肋钢筋、预应力螺纹钢筋及环氧涂层钢筋，性能应符合《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2及《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》GB/T 25826的有关规定。

**29.1.3** 采用环氧涂层筋体及金属筋体涂敷环氧材料或防腐材料时，以及采用非金属筋体时，均应进行筋体与浆体的黏结强度试验及锚夹具夹持试验验证。

**29.1.4** 拌合用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的有关规定。

**29.1.5** 细骨料的选用应符合下列要求：

1 公称粒径不应大于2.5mm；

2 砂的含泥量或石粉含量按重量计不得大于总重量的3%，泥块含量不大于1%，含云母、有机质、轻物质、硫化物及硫酸盐等有害物质的含量，按重量计不得大于总重量的3%，并应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52及《建设用砂》GB/T 14684等技术标准的有关规定；

3 使用前应进行砂的碱活性检验。

**29.1.6** 外加剂的使用应符合下列要求：

1 不得影响浆体与岩土体的黏结及对筋体产生腐蚀；

2 不应使用含有氯盐配制的外加剂，不宜采用无机盐类早强剂；

3 不宜采用含硝酸盐、亚硝酸盐、碳酸盐的早强剂；

4 锚固段不宜采用缓凝类外加剂；

5 拉力型及非预应力型锚杆浆液中不宜加入引气类外加剂；

6 对锚杆孔口充填注浆及封闭锚头时，可使用膨胀剂；

7 外加剂的性能、使用要求及方法等应符合《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119、《混凝土外加剂》GB 8076及《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ/T 192或YB/T 9231等技术标准的有关规定；

8 外加剂应通过配比试验后选用。

**29.1.7** 浆体中的最大氯离子含量不应超过0.2%，并应符合下列要求：

1 氯离子最大含量应为浆液中水泥、砂、石、外加剂、矿物掺合料及水等各组成材料中氯离子的总含量，以氯离子与胶凝材料重量的百分率计；

2 单位体积浆体结石中三氧化硫的最大含量不应超过胶凝材料总量的4%；

3 浆体中含碱量（水溶碱，等效 $\text{Na}_2\text{O}$ 当量）不应超过 $3\text{kg}/\text{m}^3$ ；

4 氯盐环境和化学腐蚀环境可使用粉煤灰、磨细矿渣及硅灰等矿物掺合料。

## 29. 2 主要机具

**29.2.1** 注浆锚杆施工应采用满足不同要求的全液压多功能锚固钻机和钻具，可选用螺旋钻进也可配备潜孔冲击器进行冲击钻进，还可配备同心套管或偏心套管潜孔锤钻进或双管钻机，或可配备顶部液压冲击的钻机。

**29.2.2** 分体式全液压式钻机应具有以下特点：

- 1 泵站、操纵台、主机分体，结构紧凑，重量轻，解体性强，便于搬迁和安装，对施工现场适应性强，更适合脚手架上施工；
- 2 钻机动力头扭矩大，行程长，钻孔速度快，钻进及处理事故能力强，适用范围广，钻进效率高；
- 3 钻机可适用多种钻进工艺方法，如合金回转钻进、螺旋钻进、潜孔锤钻进、跟管钻进等，可配备跟管钻进钻具（钻杆、套管、偏心钻头等），在不稳定地层用套管护壁开孔，常规球齿钻头终孔，成孔质量好；
- 4 钻机钻孔角度范围大，滑架可沿底架前后滑移，钻孔定位方便、可靠；
- 5 钻机中心低，钻具上、下方便，全液压控制，操作方便灵活，省时、省力；
- 6 可选配孔口集尘装置，减少环境污染，改善工作环境。
- 7 分体式锚固钻机技术参数见表 29. 2. 1。

表 29. 2. 1 分体式锚固钻机技术参数表

| 性能参数               | YG-30                  | YG-50                  | YG-60                   | YG-80                  | YG-100                             |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|
| 钻孔直径 (mm)          | 80-130                 | Φ100~Φ168              | Φ110~180                | Φ110~220               | Φ110~250                           |
| 钻孔深度 (m)           | 30-40                  | 40~60                  | 60-70                   | 80-100                 | 60~120                             |
| 钻杆直径 (mm)          | Φ 50×1500<br>Φ 73×1500 | Φ 73×1500<br>Φ 89×1500 | Φ 73×1500,<br>Φ 89×1500 | Φ89×1500、<br>Φ114×1500 | Φ89×1500、Φ114×1500                 |
| 钻孔倾角 (°)           | 0~360                  | 0~120                  | 0~120                   | 0~120                  | 0~180                              |
| 回转器输出转速 (r/min)    | 24~114                 | 5~120                  | 5-130                   | 5~180                  | 5-42 (低档) r/min 5-90<br>(高档) r/min |
| 回转器输出扭矩 (N.m)      | 1500                   | 2000                   | 2500                    | 3500                   | 6000                               |
| 回转器行程 (mm)         | 1800                   | 1800                   | 1800                    | 1800                   | 1800                               |
| 推进架给进行程 (mm)       |                        | 500                    | 500                     | 500                    | 500                                |
| 回转器提升力(KN)         | 30                     | 30                     | 45                      | 30                     | 55                                 |
| 回转器加压力 (KN)        | 15                     | 15                     | 30                      | 33                     | 40                                 |
| 液压系统额定压力(MPa)      | 18                     | 18                     | 18                      | 18                     | 18                                 |
| 输入功率 (KW)          | 15                     | 18.5                   | 22                      | 30                     | 37                                 |
| 重量(kg)             | 约 550                  | 1000                   | 1300                    | 1700                   | 2500                               |
| 最大部件重量 (不含电机) (kg) |                        | 200                    | 220                     | 260                    | 300                                |

**29.2.3** YGL 系列、MXL 系列和 MDL 系列履带式锚杆钻机为履带底盘装载、全液压驱动动力头式钻机，适合钻杆钻进、套钻钻进、钻杆套管复合钻进，应具有如下主要特点：

- 1 钻机动力头扭矩大，行程长，钻孔速度快，处理事故能力强，钻进能力强，适用范围广，钻进效率高；
- 2 钻机移位、行走更快捷方便、定位极为方便，钻进时稳定可靠；
- 3 配有孔口夹持、卸扣装置，使装卸钻杆、套管劳动强度低效率高，减少了辅助时间；
- 4 可配套相应的钻具，钻机可适用多种钻进工艺方法，如回转钻进、螺旋钻进、风动潜孔锤钻等；
- 5 可选配旋喷机构，能够进行扩大头锚索的施工。

6 履带式锚固钻机技术参数见表 29.2.2。

表 29.2.2 履带式锚固钻机主要技术参数表

| 型号           | YGL-50Q   | YGL-130Q                     | YGL-150Q               | YGL-180                 | YG-650  |
|--------------|-----------|------------------------------|------------------------|-------------------------|---|
| 钻孔直径 (mm)    | Φ50-Φ200  | Φ110-Φ300                    | Φ150~Φ250              | Φ110~Φ300               | Φ110~Φ300   |
| 钻孔深度 (m)     | 50        | 130                          | 150                    | 180                     | 180   |
| 钻孔倾角 (°)     | 5~90      | 5~90                         | 0~90                   | -10~90                  | -10~90  |
| 输出转速 (r/min) | 40、80     | 22/44、35/70、<br>40/80、60/120 | 25/50、40/80、<br>65/130 | 30/60; 45/90;<br>75/150 | 低速: 30/60、45/90、<br>75/150、100/200<br>高速: 400/675 |
| 最大输出扭矩 (N.m) | 2500      | 7500                         | 8500                   | 8500                    | 低速 8500<br>高速 1000/650                            |
| 回转器行程 (mm)   | 1800/2300 | 3500                         | 3500                   | 3500                    | 3500  |
| 最大给进力(KN)    | 15        | 40                           | 40                     | 45                      | 45  |
| 最大起拔力(KN)    | 30        | 60                           | 60                     | 65                      | 65  |
| 水平孔高度(m)     |           | 1.85~2.8                     | 1.85~2.8               | 0.6~2.1~3.0             | 0.6~2.1~3.0                                       |
| 输入功率 (KW)    | 柴 26/2200 | 柴 74/2200,<br>电 55           | 柴 74/2200,<br>电 45+22  | 柴 125/2200, 电<br>55+22  | 柴 125/2200, 电 55+22                               |
| 重量(kg)       | 2500      | 6500                         | 6500                   | 8500                    | 8500  |

#### 29.2.4 潜孔冲击器（潜孔锤）和钻头应具有以下特点：

1 常用的风动潜孔冲击器分为低压和高压冲击器，风动潜孔冲击器具有结构简单、性能优良、工作可靠、维修方便、耗风量低的特点，冲击器取消了复杂的配气结构，代之以简单的配气气路，压气直吹，气道路程短，气体压力损失小；

2 利用了压缩气体膨胀做功，使冲击器耗风量大大减小，从而减小空压机容量，减轻了空压机重量和降低能耗；

3 该冲击器虽然按照低风条件下设计制造，但在中高风压条件下，冲击器膨胀做功的性能将得到充分发挥，会取得更好的凿岩效果，QCW 系列潜孔冲击器和钻头技术参数见表 29.2.3-1；

表 29.2.3-1 QCW 型无阀式风动潜孔冲击器技术参数表

| 型号    | 钻孔直径(mm) | 冲击器直径<br>(mm) | 耗风量<br>(m <sup>3</sup> /min) | 工作风压<br>(MPa) | 单次冲击功(J) | 冲击频率<br>(HZ) | 重量(kg) |
|-------|----------|---------------|------------------------------|---------------|----------|--------------|--------|
| QCW54 | Φ 64-80  | 54            | 3                            | 0.5-0.7       | 40       | 18           | 12     |

|        |           |     |    |         |     |    |     |
|--------|-----------|-----|----|---------|-----|----|-----|
| QCW70  | φ 76-90   | 67  | 4  | 0.5-0.7 | 70  | 15 | 16  |
| QCW80  | φ 90-100  | 80  | 5  | 0.5-0.7 | 140 | 15 | 22  |
| QCW100 | φ 110-150 | 104 | 8  | 0.5-0.7 | 200 | 14 | 36  |
| QCW130 | φ 150-175 | 128 | 12 | 0.5-0.7 | 250 | 14 | 64  |
| QCW150 | φ 175-200 | 142 | 15 | 0.6-0.7 | 380 | 15 | 87  |
| QCW200 | φ 200-250 | 185 | 20 | 0.6-0.7 | 500 | 14 | 165 |
| QCW250 | φ 250-300 | 220 | 30 | 0.6-0.7 | 600 | 14 | 210 |

4 CIR 系列和 DHD 高压潜孔冲击器具有结构简单、凿岩高效、高寿命、低消耗的特点，能将风压(0.5-2.5 MPa)转化为高冲击能，CIR、DHD 系列潜孔冲击器和钻头技术参数见表 29.2.3-2。

表 29.2.3-2 DHD 系列高压系列潜孔冲击器技术参数表

| 型号                        | DHD76     | DHD90   | DHD340A | DHD350Q | DHD350R | DHD360  | DHD380      | DHD112C |
|---------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|
| 钻孔直径 (mm)                 | 80        | 90      | 105、115 | 140     | 131     | 152、165 | 203、216、254 | 311、505 |
| 外径 (mm)                   | 68        | 80      | 92      | 122     | 114     | 136     | 180         | 276     |
| 总长 (mm)                   | 912       | 1011    | 1138    | 1254    | 1387    | 1450    | 1734        | 2212    |
| 重量 (kg)                   | 20        | 35      | 47      | 90      | 68.5    | 126     | 277         | 642     |
| 风压 (MPa)                  | 0.7-2.1   | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1 | 0.7-2.1     | 0.7-2.1 |
| 耗风量 (m <sup>3</sup> /min) |           |         | 3.5~18  |         | 5.7~20  | 8.5~25  |             |         |
| 配用钻头                      | DHD76-15A | 19A     | 15A、15B | 19A     | 17      | 19A、19B | 19A、19B     | 19A、19C |

5 潜孔锤跟管钻进是克服疏松、破碎、砂卵石等复杂地层钻进的有效方法，分为套管回转和套管非回转两种类型，套管回转类套管跟进为回转头驱动套管回转，同时钻机施加轴压推进套管跟进；套管非回转类套管跟进是通过套管鞋内环冲击套管，同时钻机施加轴压推进套管跟进。

29.2.5 我国生产的柴动移动螺杆和电动式空压机（高压系列）性能参数见表 29.2.4-1 和表 29.2.4-2。国外进口的螺杆空压机主要有日本的 AIRMEN 系列、美国寿力系列和瑞典的阿特拉斯系列，排气压力从低压至高压，排气量从 10m<sup>3</sup>/min 到 40m<sup>3</sup>/min，可根据锚杆施工的要求进行选用，空气压缩机应具有以下特点：

1 为潜孔钻机配备的空气压缩机主要有中低压（≤0.8MPa）系列的活塞式电动或柴油驱动空压机，中风压（0.8~1.4MPa）系列的螺杆式电动或柴油驱动空压机，高压（≥1.4MPa）系列的两级螺杆式电动或柴油驱动空压机；

2 从提高成孔速度角度考虑，应尽量选择中高压的空气压缩机。

表 29.2.4-1 柴动移动螺杆空压机（高压系列）性能参数表

| 型号 | 排气压力 | 排气量 | 柴油机功率 | 含油量 | 净重 | 外形尺寸 |
|----|------|-----|-------|-----|----|------|
|----|------|-----|-------|-----|----|------|

|               | (MPa) | (m <sup>3</sup> /min) | KW(HP)   | (ppm) | (kg) | (mm)           |
|---------------|-------|-----------------------|----------|-------|------|----------------|
| 177SCY-17     | 1.7   | 16                    | 179(240) | ≤6    | 3760 | 3720*1970*2550 |
| 188SCY-17     | 1.7   | 18                    | 191(260) | ≤6    | 3650 | 3720*1970*2550 |
| 191SCY-17(高原) | 1.7   | 18                    | 191(260) | ≤6    | 3830 | 3720*1970*2550 |
| 250SCY-17     | 1.7   | 22                    | 250(340) | ≤6    | 4800 | 3810*2000*2900 |
| 195SCY-19     | 1.9   | 19                    | 191(260) | ≤6    |      | 3720*1970*2550 |
| 260SCY-21     | 2.1   | 22                    | 250(340) | ≤6    |      | 4150*2000*2900 |
| 288SCY-22     | 2.2   | 27                    | 288(380) | ≤6    |      | 4150*2000*2900 |
| 406SCY-25     | 2.5   | 33                    | 400(525) | ≤6    |      | 4600*2250*2500 |

表 29.2.4-2 电动移动螺杆空压机性能参数表

| 型号         | 排气压力  | 排气量                   | 电机功率     | 含油量   | 净重   | 外形尺寸           |
|------------|-------|-----------------------|----------|-------|------|----------------|
|            | (MPa) | (m <sup>3</sup> /min) | KW(HP)   | (ppm) | (kg) | (mm)           |
| 55SDY-8    | 0.8   | 10                    | 55(75)   | ≤5    | 1500 | 2810*1515*1970 |
| 75SDY-8    | 0.8   | 12                    | 75(100)  | ≤5    | 1956 | 2810*1515*1970 |
| 75SDY-10   | 1.0   | 10                    | 75(100)  | ≤5    | 1832 | 3080*1890*1818 |
| 75SDY-14.5 | 1.45  | 10                    | 75(100)  | ≤5    | 1952 | 2810*1515*1800 |
| 90SDY-8    | 0.8   | 16                    | 90(120)  | ≤5    | 2273 | 2810*1515*1970 |
| 90SDY-14.5 | 0.8   | 12.8                  | 90(120)  | ≤5    | 1500 | 3080*1890*1810 |
| 110SDY-8   | 0.8   | 20                    | 110(150) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 132SDY-8   | 0.8   | 24                    | 132(180) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 132SDY-13  | 1.3   | 17                    | 132(180) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 160SDY-13  | 1.3   | 20                    | 160(220) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 185SDY-13  | 1.3   | 21                    | 185(250) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 185SDY-17  | 1.7   | 18                    | 185(250) | ≤5    | 1500 | 3190*1640*2110 |
| 200SDY-21  | 2.2   | 23                    | 200(270) | ≤5    | 1500 | 3300*1910*2330 |

### 29.3 作业条件

**29.3.1** 施工前应完成“三通一平”施工条件，并应符合下列要求：

- 1 现场电源根据设备功率大小，选用现场配电；
- 2 水源根据设备数量，选用宜大勿小；
- 3 场地应平整并具有一定的强度，如强度不足，应铺垫砂石，或垫钢板；

- 4 地上、地下如电线、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均已排除处理完毕，无碍施工；
- 5 各项临时设施如照明、动力、安全设备准备就绪。

29.3.2 施工前应熟悉施工图纸及场地的工程地质、水文地质资料。

29.3.3 应确定基坑开挖线、轴线定位点、水准基点、变形观测点等，并妥善保护好。。

29.3.4 原材料型号、品种、规格、锚杆各部件的质量及主要技术性能应符合设计要求。。

29.3.5 注浆泵和注浆材料应和施工场地就近设置，且施工前应将水泥、砂、外掺剂送实验室复试，同时进行配合比试验，保证各种材料合格并提出合适的配合比。

29.3.6 锚杆施工前，宜取一定数量的（不小于 3 根）的锚杆进行钻孔、注浆、张拉及锁定的试验作业，检验设计的合理性及施工工艺、设备的适合性。

## 29.4 施工工艺

29.4.1 注浆锚杆施工流程见下图 29.4.1。

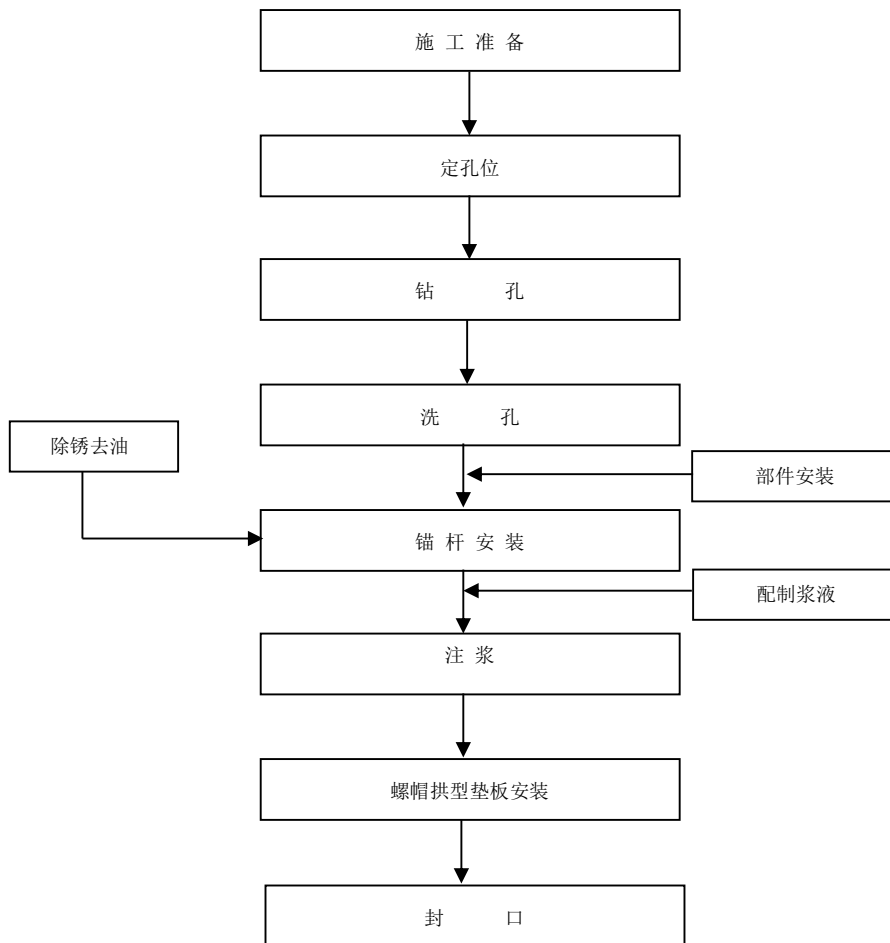


图 29.4.1 注浆锚杆施工工艺流程

29.4.2 钻孔施工应符合下列要求：

- 1 钻孔前，根据设计要求定出孔位，并做好标记；钻进方式应根据实际情况选用干钻、湿钻或风钻等；
- 2 钻机就位后，应保持平稳，导杆或钻机立轴与锚杆倾角一致，并在同一轴线上；
- 3 钻孔过程中，若遇易塌孔的土层，宜采用泥浆循环护壁或跟管钻进，钻孔完成后应采用泥浆循环清孔，清除孔底沉渣；
- 4 孔口承压垫座应符合下列要求：

- 5 钻孔孔口必须设有平整、牢固的承压垫座；
- 6 承压垫座的几何尺寸、结构强度必须满足设计要求，承压面应与锚孔轴线垂直。
- 7 清孔完成后，应迅速拔出钻杆，安放锚杆体；若为预应力筋时，随后拔出套管；
- 8 钻孔的孔深、孔径应符合设计要求。钻孔深度不宜比规定值大 200mm 以上。钻头直径不应比规定的钻孔直径小 3.0mm 以上；
- 9 钻孔记录应详细、完整，对岩石锚杆应有判层记录，钻孔深度应超过设计深度 0.5~1.0m。

#### 29.4.3 锚杆体制作安装施工应符合下列要求：

- 1 下料长度应考虑锚杆的成孔深度、腰梁、台座的尺寸以及张拉锁定设备所需的长度；
- 2 钢筋的接头应采用双面焊接，焊接长度不应少于 5 倍钢筋直径；
- 3 锚杆杆体自由段应涂润滑油和包以塑料布或套塑料管并扎牢，与锚杆体连接处的塑料管管口应密封并用铝丝绑扎牢固；
- 4 锚杆杆体为钢绞线及高强钢丝时，严禁有接头，严禁使用焊枪断料；
- 5 沿锚杆杆体轴线方向每隔 1.0~2.0m 应设置一个定位支架，杆体的保护层不应少于 20mm；
- 6 扩大头型锚杆在制作时扩大头部位应局部加强；
- 7 安放锚杆杆体时，应防止杆体扭曲、弯折及各部位松脱；
- 8 注浆管宜随锚杆一同放入孔内，管端距孔底为 50~100mm，杆体放入角度与钻孔角保持一致，安放后使杆体始终处于钻孔中心；
- 9 二次注浆管的出浆孔及端头应密封，保证一次注浆时浆液不进入二次注浆管内；
- 10 锚杆杆体插入孔内的深度不应小于锚杆成孔深度的 95%，亦不得超深；锚杆安装后，不得随意敲击；
- 11 若发现孔壁坍塌，应重新透孔、清孔、直至能顺利送入锚杆为止；
- 12 锚杆杆体安放时应防止注浆管被拔出，若注浆管被拔出长度为 50mm 时，应将杆体拔出，修整后重新安放。

#### 29.4.4 锚杆防腐应符合下列要求：

- 1 一般腐蚀环境中的永久性锚杆，其锚固段内杆体可以采用水泥浆或水泥砂浆封闭防腐，但杆体周围必须有 20mm 厚的保护层；
- 2 严重腐蚀环境中的永久性锚杆，其锚固段内杆体宜用波纹管外套；管内隙用环氧树脂、水泥浆或水泥砂浆填充，套管周围保护层厚度不得小于 10mm；
- 3 临时性锚杆锚固杆体应采用水泥浆封闭防腐，杆体周围保护层厚度不得小于 10mm；
- 4 永久性锚杆自由段杆体表面宜涂润滑油或防腐漆，然后包裹塑料布，在塑料布上再涂润滑油或防腐漆，最后装入塑料套管中，形成双层防腐；
- 5 临时性锚杆的自由段杆体可采用涂润滑油或防腐漆，再包裹塑料布等简易防腐措施；
- 6 永久性锚杆采用外露锚头时，必须涂以沥青等防腐材料；再采用混凝土密封，外露钢垫板和锚杆的保护层厚度不得小于 25mm；
- 7 永久性锚杆采用盒具密封时，必须用润滑油充填盒具的空隙；
- 8 锚杆杆体应按防腐要求进行防腐处理。临时性锚杆的锚头宜采用沥青防腐。

#### 29.4.5 注浆施工应符合下列要求：

- 1 浆液应搅拌均匀，随搅随用，并应在凝结前用完；
- 2 注浆开始或中途停止超过 30min 时，应用水或稀水泥浆润滑注浆罐及其管路；



3 注浆时,注浆管应插至距孔底 50~100mm,随浆液的注入缓慢拔出,杆体插入后,若孔口无浆液溢出,应及时补浆;

4 注浆时宜边罐注边拔出注浆管,但应注意管口应始终处于浆面下,注浆时应随时活动注浆管,待浆液溢出孔口时全部拔出;

5 一次注浆待浆液从孔口溢出后可停止注浆;

6 一次注浆结束后,应将注浆管,注浆枪和注浆套管清洗干净;

7 二次高压注浆应在一次注浆浆体初凝后进行二次注浆;

8 一次注浆压力宜为 0.5~1.5mpa,二次注浆压力宜为 2.0~3.0mpa;

9 当使用自由段套管的预应力筋时,宜在锚固段长度和自由段长度内采取同步灌浆;

10 当采用自由段无套管的预应力筋时,应进行两次灌浆,第一次灌浆时,必须保证锚固段长度内灌满,但浆液不得流入自由段,预应力筋张拉锚固后,应对自由段进行第二次注浆;

11 永久性预应力锚杆应采用封孔灌浆,应用浆体灌满自由段长度顶部的空隙;

12 灌浆后,浆体强度未达到设计要求前,预应力筋不得受扰动;

13 灌浆材料达到设计强度时,方可切除外露的预应力筋,切口位置至外锚具的距离不应小于 100mm。

## 29.5 质量标准

29.5.1 水泥、砂等原材料应符合设计要求。

29.5.2 施工中应检查浆液的配合比、密度和成孔深度、注浆量等。

29.5.3 施工结束后,应对孔顶标高、孔位、杆体质量做检查。

29.5.4 注浆锚杆的质量检验标准应符合表 29.5.4 的规定。

表 29.5.4 注浆锚杆质量检验标准

| 项目   | 序号 | 检验项目       | 指标及允许偏差   | 检查方法                     |
|------|----|------------|---|--------------------------|
| 主控项目 | 1  | 承载力 (KN)   | 不小于设计要求   | 验收试验                     |
|      | 2  | 表观自由长度 (m) | 误差范围符合验收标准  | 验收试验                     |
|      | 3  | 防腐保护层      | 设计要求  | 现场检查                     |
|      | 4  | 压力型锚杆锚固体强度 | 不低于设计指标   | 每 30 根锚杆制作 1 组试块, 每组 6 个 |
| 一般项目 | 1  | 钻孔位置       | 100mm   | 用钢尺量                     |
|      | 2  | 钻孔直径       | 负偏差为 10mm, 正偏差无要求   | 用钢尺量                     |
|      | 3  | 钻孔倾斜度      | 3°  | 现场测量                     |
|      | 4  | 钻孔长度       | 超过 L 不少于 100mm  | 量测钻杆                     |
|      | 5  | 筋体下料长度     | 负偏差为 30mm 与 1%L <sub>1</sub> 中的较大值, L <sub>1</sub> 为孔内杆体设计长度。正偏差无要求 | 用钢尺量                     |
|      | 6  | 杆体插入长度     | 负偏差为 2%L <sub>1</sub> 。正偏差无要求                                       | 用钢尺量                     |
|      | 7  | 水胶比        | 设计值 ±0.05   | 比重计                      |
|      | 8  | 拉力型锚杆锚固体强度 | 平均值不低于设计要求且最低值不小于平均值 80%  | 每 30 根锚杆制作 1 组试块, 每组 6 个 |
|      | 9  | 锁定荷载       | 设计值的 ±10%   | 持有荷载试验                   |
|      | 10 | 防水保护层      | 设计要求  | 现场检查                     |

|  |    |      |      |      |
|--|----|------|------|------|
|  | 11 | 基础变形 | 设计要求 | 水准仪等 |
|--|----|------|------|------|

注：表中锚固体强度指边长为 70.7mm 的立方体试件，在 28d 龄期以《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 规定的标准试验方法测得的抗压强度。

**29.5.5** 锚杆质量验收应按《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 及《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 执行。

## 29.6 成品保护

**29.6.1** 锚杆养护期间（锚杆强度不大于设计强度的 85%）和人工清土期间不得碰撞桩头和扰动桩间土。

**29.6.2** 清土时应采用人工和小型机械配合进行，不得用大型机械扰动。

## 29.7 注意事项

**29.7.1** 施工作业面应平整，周边有边坡时应事先确认边坡稳定，地下水位较高场地应做好降水、隔水作业，地层软弱场地应做好地基处理工作，保证作业场地安全。

**29.7.2** 机械设备应符合下列要求：

- 1 施工机械设备安放平稳；
- 2 作业前应检查机械设备，确认各部件完好、正常、可靠，使用前应进行试运转；
- 3 使用过程中如出现异常情况应立即停机检查，排除故障后方可使用；
- 4 作业完毕后应切断电源。

**29.7.3** 施工区域应避免人员及机械穿行。

**29.7.4** 恶劣天气作业时应采取相应的安全措施。

**29.7.5** 易燃易爆物品及危险化学品等材料，在采购、运输、存放、发放、使用、回收、处理各环节均应严格控制管理。

**29.7.6** 注浆开始或中途停止超过 30min 时，应用水泥浆润滑注浆管及其管路。

**29.7.7** 注浆过程若发现注浆量大大减少或注浆管爆裂时，应将杆体及注浆管拔出，待更换注浆管后，再放下杆体；若中途耽搁时间超过浆液初凝时间，应重新清孔后再放下杆体，重新注浆。

**29.7.8** 本章适用于地质条件中等，良好的围岩永久性支护以及边坡支护、基坑支护等工程，通过中空锚杆体的压力注浆，可达到固结破碎岩体，改良岩体，隔断地下水及杆体防腐,从而达到良好的支护目的。

## 30 管井降水

### 30.1 材料要求

**30.1.1** 井管材质应无毒、不对地下水造成污染。

**30.1.2** 滤水管宜选用无砂混凝土滤管、UPVC 管、钢筋骨架管、钢管或土工合成材料管等，孔隙率应大于 15%，井管底部应设置沉淀管，长度不宜小于 1000mm。

**30.1.3** 滤水管直径应满足单井设计出水量要求，外径不宜小于 200mm，内径宜大于水泵外径 50mm。

**30.1.4** 滤料宜选用母岩为硬质岩石、磨圆度好的砾砂或土工合成材料颗粒，含泥量<5%。滤料厚度宜为 75~150mm。滤料规格宜符合表 30.1.4 规定。

表 30.1.4 滤料规格选择

|                   | 砂土                           | 孔隙率 (%)                      | 适用含水层岩性           |
|-------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 含水层岩性             | 10                           | $e \geq 20$                  | $d_{20} \geq 2mm$ |
| 砾料粒径 ( $D$ ) (mm) | $D_{10} = (6 \sim 8) d_{10}$ | $D_{10} = (6 \sim 8) d_{10}$ | $D = 10 \sim 20$  |
| 砾料不均匀性            | $\eta_2 < 10$                | -                            | -                 |

注：1 表中  $\eta_1$  为含水层的颗粒不均匀系数， $\eta_2$  为砾料不均匀系数，通过计算确定； $\eta_1 = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ ， $\eta_2 = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ 。

2  $d_{10}$ 、 $d_{20}$ 、 $d_{50}$ 、 $d_{60}$  和  $D_{10}$ 、 $D_{20}$ 、 $D_{50}$ 、 $D_{60}$  分别为含水层土试样和砾料试样在筛分中能通过筛眼的颗粒，其累计重量占筛样全重分别为 10%、20%、50%、60%时的最大颗粒直径。

**30.1.5** 冲洗液宜采用清水、泥浆等。致密稳定地层宜选用清水；采用泥浆作为冲洗液时，非含水层泥浆比重宜为 1.05~1.08，粉、细、中砂层宜为 1.08~1.10，粗砂、砾石层宜为 1.10~1.20，卵石层宜为 1.15~1.20。

**30.1.6** 井口封口的黏土应做成黏土球，球径大小应为 20mm~30mm，揉实，外表干燥内部湿润、柔软。

**30.1.7** 排水管宜采用铸铁管、UPVC 管等。管径应满足基坑涌水量要求，不宜小于 150mm。

### 30.2 主要机具

**30.2.1** 根据地层条件可选用冲击钻、回转钻、旋挖钻机或潜孔锤成井。冲击钻进适用于第四系砂土、卵石、碎石层及风化破碎基岩；回转钻进中正循环钻进适用于砂土类及黏性土类松散地层及软岩；回转钻进中反循环钻进适用于第四系稳定地层及基岩；潜孔锤钻进适用于卵石、漂石或裂隙基岩；旋挖钻机适用于黏土、粉土、砂土、淤泥质土、人工填土及卵石、碎石的地层。

**30.2.2** 水泵应根据单井涌水量、水位降深选择，水泵出水量和扬程应大于设计值的 20%~30%。常用水泵包括潜水泵、离心泵、污水泵等。

**30.2.3** 洗井设备宜根据地层条件、井管强度选择空压机、活塞、抽筒等。

**30.2.4** 其他设备包括卷扬机、测量仪器、铁锹、小推车、水位计、流量计、备用电源、泥浆泵、电焊机等。

### 30.3 作业条件

**30.3.1** 施工前应完成“三通一平”。场地应平整并具有一定的强度，强度不足时，应铺垫砂石或垫钢板。地上、地下障碍物均应排除处理完毕，水电等各项临时设施准备就绪。

**30.3.2** 施工前应调查场地周围市政雨水管线及雨水井分布位置，布置排水管线和供电线路。

**30.3.3** 施工设备及材料进场后应进行检验。

**30.3.4** 施工前，应熟悉设计图纸及施工图纸，并进行技术安全交底。

### 30.4 施工工艺

**30.4.1** 管井降水工艺流程宜符合图 30.4.1。

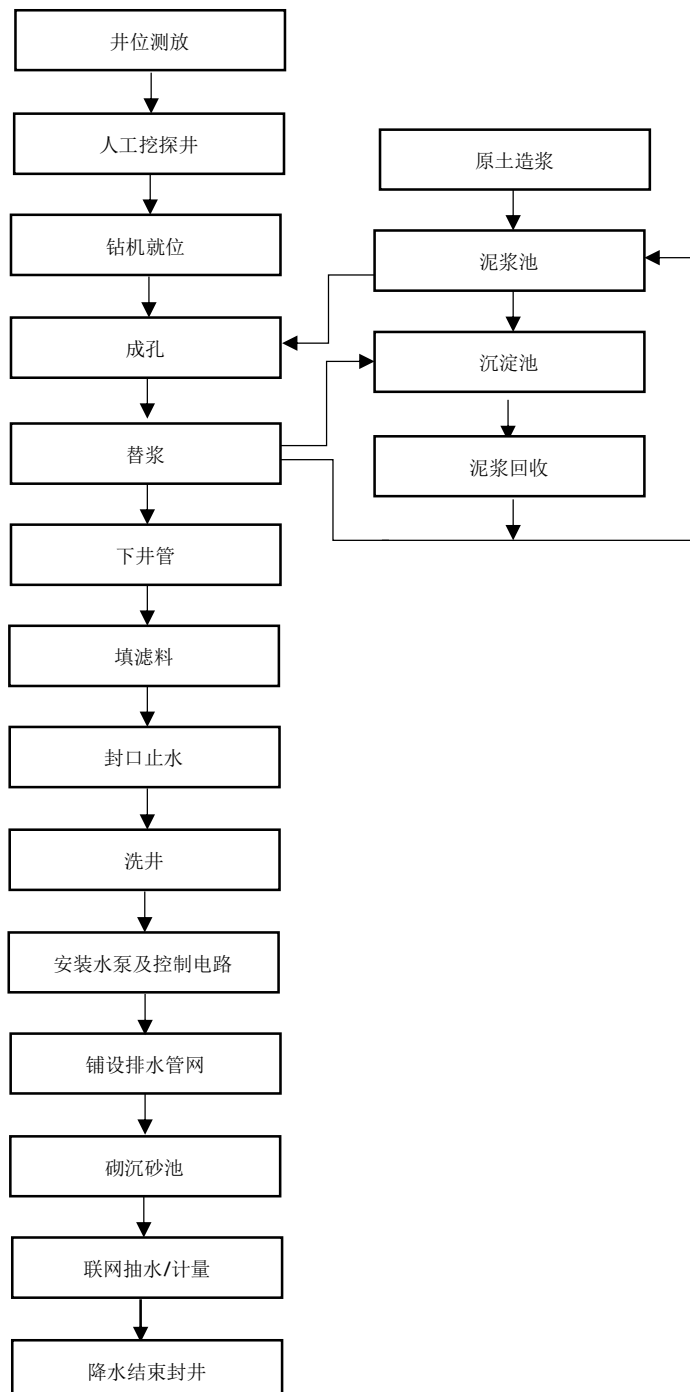


图 30.4.1 管井降水工艺流程

**30.4.2 井位测放应符合下列规定：**

1 按设计要求布设井位并测量地面标高，井位应采用显著标志，必要时采用钢钎或钢筋打入地面下 300mm 并灌入石灰粉，放线定位完毕后应及时办理检验验收手续；

2 井位偏差不宜大于 500mm。

**30.4.3 挖泥浆池应符合下列规定：**

1 泥浆池位置的选定宜根据现场条件确定。可多井一池，其大小根据井深、井数及排浆量综合确定；

2 泥浆池的选定与开挖应注意地下管网，泥浆严禁排入市政管网。

**30.4.4 钻井应符合下列规定：**

1 开钻前应先人工探查地下障碍物情况，确认安全后钻进。遇地下障碍物时，应清除并回填；

2 钻机就位应稳固、周正、水平，起落钻塔必须平稳；

3 当井口土质松散时，应设置护筒，泥浆不得浸泡、冲刷孔口，井口护筒外侧应填黏土封隔表层杂填土；

4 钻进护壁应根据地层条件、水源情况和技术要求进行选择，可采用泥浆、水泥浆或套管；

5 钻进过程中应随时观察冲洗液的流损变化，应保持冲洗液面不低于井口下 1000mm；

6 钻孔深度宜大于设计深度 0.5m~1.0m；

7 钻孔直径不小于设计值。

**30.4.5 替浆、清孔应符合下列规定：**

1 钻孔至预定深度后，应清除孔底沉渣；

2 采用泥浆作为冲洗液时，应注入清水替换孔内泥浆。泥浆比重不宜大于 1.05，粘度宜为 18~20s。

**30.4.6 下管应符合下列规定：**

1 井管应无残缺、断裂及弯曲情况；

2 吊放井管应平稳、垂直，保持井管在井孔中心，缓慢下入井中；井管强度差时，可使用托盘下管法。

井管上下节应连接牢固；

3 井管宜高出地面不小于 300mm。

**30.4.7 填滤料应符合下列规定：**

1 井管安装完成后，应立即填滤料，滤料应符合 30.1.4 要求；

2 滤料应使用铁锹沿井壁四周均匀连续填入，不得使用装载机和小推车直接倒入；

3 滤料填入量不应小于计算量的 95%。

**30.4.8 止水封口应符合下列规定：**

1 封口长度不宜小于 2.0m；

2 投入黏土球时应缓慢匀速进行，并应将不同直径大小的黏土球掺杂填入。

**30.4.9 洗井应符合下列规定：**

1 洗井应在下管填滤料后 8h 内进行。可采用空压机洗井，且宜采用双管射流式清渣洗孔方式；

2 当空压机洗井效果不好、井管强度允许时，可采用活塞与空气压缩机联合洗井。当井管强度不允许时，宜采用化学洗井；

3 洗井应由上而下分段进行，当沉没比不足，应注入清水。

4 洗井过程中应监测含砂量，开始抽水半小时内含砂量应小于 1/10000，洗井结束时含砂量应小于 1/50000。

**30.4.10 安装水泵及控制线路应符合下列规定：**

- 1 水泵在安装前对水泵及配套设备进行质量检查；
- 2 水泵应下放至含水层部位，应保证泵吸口在动水位以下 3m~5m，离心泵应安放水平，潜水泵应吊装稳固；
- 3 水泵电动机、电缆及接头应有可靠的绝缘，供配电系统应有三级保护。主电源线路沿排水管路设置，应保证单井单控电路，并检查漏电保护系统。

**30.4.11 铺设排水管网、联网抽水应符合下列规定：**

- 1 排水管网宜布置在降水井外侧，集水支管口径应与水泵出水口径相匹配；
- 2 铺设排水水管道向水流方向的坡度不宜小于 1%，地下水排入市政管道前应安装计量设备；
- 3 排水管出口处应设置沉淀池，大小应满足排水量要求，不宜小于 4m<sup>3</sup>，沉淀池内壁应进行防水处理；
- 4 排水管网安装完毕后应进行试抽水，单井出水量、含砂量等满足要求后转入正常抽水。
- 5 正常抽水过程中应监测含砂量，其值不大于 1/50000。

**30.4.12 封井应符合下列规定：**

- 1 降水结束后，应及时封井，使用弱透水材料填充密实；
- 2 基础底板下的降水井，拆除垫层标高以上井管，井口处浇注不少于 500mm 厚的素砼封堵。

**30.4.13 雨、冬期施工应符合下列规定：**

- 1 雨期施工，基坑槽内积水应及时排除，加强配电线路巡视；
- 2 雨期施工，配电柜等应有防雨措施；
- 3 雷雨季节易受雷击地区，钻机上应安装避雷装置；
- 4 冬期施工应对地表排水管道采取岩棉被覆盖等保温措施；
- 5 冬期施工严禁使用冻土块配制泥浆，滤料中冻土块直径不得大于 50mm；

## 30.5 质量标准

**30.5.1 降水施工材料应符合设计要求。**

**30.5.2 降水井正式施工时应进行试成井，试成井数量不应少于 2 口。**

**30.5.3 降水井施工中应检验成孔垂直度。降水井的成孔垂直度偏差为 1%，井管应居中。**

**30.5.4 管井施工质量检验标准应符合表 30.5.4 的规定。**

表 30.5.4 管井施工质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目   | 允许偏差或允许值  |    | 检查方法                    |
|------|---|--------|-----------|----|-------------------------|
|      |   |        | 单位        | 数值 |                         |
| 主控项目 | 1 | 原材料    | 设计要求      |    | 查产品合格证书或抽样送检            |
|      | 2 | 泥浆比重   | 1.05~1.10 |    | 比重计                     |
|      | 3 | 滤料回填高度 | +10%<br>0 |    | 现场检验、测算封填黏土体积、孔口浸水检验密封性 |
|      | 4 | 封孔     | 设计要求      |    | 现场检验                    |
|      | 5 | 出水量    | 不小于设计值    |    | 查看流量表                   |
|      | 6 | 含砂量    | ≤1/50000  |    | 用含砂量计测量                 |

|      |       |       |      |      |                    |        |
|------|-------|-------|------|------|--------------------|--------|
| 一般项目 | 1     | 成孔直径  | mm   | ±50  | 用钢尺量               |        |
|      | 2     | 成孔深度  | mm   | ±20  | 测绳测量               |        |
|      | 3     | 扶中器   | 设计要求 |      | 测量扶中器高度或厚度、间距、检查数量 |        |
|      | 4     | 活塞洗井  | 次数   | 次    | ≥20                | 检查施工记录 |
|      |       |       | 时间   | h    | ≥2                 | 检查施工记录 |
| 5    | 沉淀物高度 | ≤5%井深 |      | 测锤测量 |                    |        |

### 30.6 成品保护

- 30.6.1 井口应加盖保护，井位应使用围栏等进行防护。
- 30.6.2 土方开挖时，应对坑内降水井进行防护，随基坑开挖加深逐节拆除多余井管。
- 30.6.3 降水维护阶段应有专人值班，对降排水系统进行巡视检查维护。

### 30.7 注意事项

- 30.7.1 滤水管外过滤网应根据含水层岩性选择。
- 30.7.2 对于钻井形成的泥浆、渣土，应及时清运，清运时杜绝泥浆遗洒。
- 30.7.3 夜间施工时应有足够的灯光照明，泥浆池应设防护栏并进行醒目标识。
- 30.7.4 路面上的降水井应做检查井并加承重井盖，排水方式为暗排。
- 30.7.5 钻探设备的传动系统和运转部位应安装防护罩或防护。
- 30.7.6 降水运行期间应配备独立供电系统。连续降水时，应配置双路以上独立供电系统或备用发电机。
- 30.7.7 降水期间应对地下水位、出水量和含砂量及周边环境进行监测。
- 30.7.8 抽排水应综合利用，减少地下水资源浪费。
- 30.7.9 若有多层含水层时，应根据需要进行分层抽水，非抽水目的层应采取隔水措施。
- 30.7.10 施工降水方案应通过政策性审查。

## 31 人工挖土

### 31.1 主要机具

- 31.1.1** 挖运设备包括铁锹（尖、平头）、铁镐、手推车、自卸汽车等。  
**31.1.2** 辅助机具包括测量仪器、手锤、梯子、撬棍、龙门板、钢尺、坡度尺、小线或 20#铅丝等。

### 31.2 作业条件

- 31.2.1** 土方开挖前，应编制施工方案。应根据开挖深度，采取有效的边坡支挡方式。  
**31.2.2** 施工前应清除地上、地下障碍物。  
**31.2.3** 基槽和管沟的位置或场地的定位控制线（桩、龙门板）、水准基点，应检验合格，并办完预检手续。  
**31.2.4** 场地宜清理平整，应设置地表截（排）水设施。  
**31.2.5** 开挖低于地下水位的基槽、管沟时，应根据现场地质资料采取降（排）水措施，降低水位至开挖底面以下不少于 500mm。

### 31.3 施工工艺

- 31.3.1** 人工挖土工艺流程宜符合图 31.3.1。

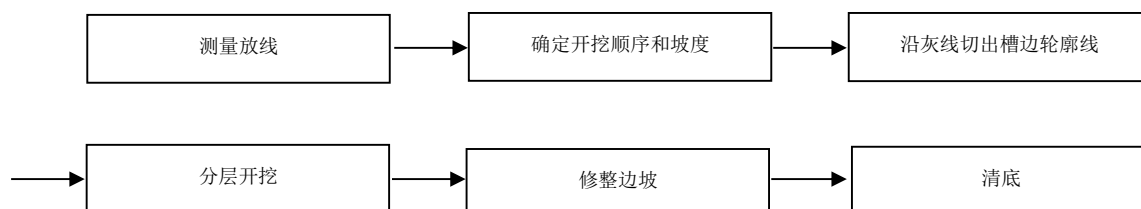


图 31.3.1 人工挖土工艺流程

- 31.3.2** 无支护措施时的临时性土方工程边坡坡率允许值应符合表 31.3.2 规定。

表 31.3.2 深度在 5m 以内的基槽（管沟）自然放坡的坡率允许值

| 序号 | 土体类别 | 密实度或状态 | 坡率允许值（高宽比）      |
|----|------|--------|-----------------|
| 1  | 碎石土  | 密实     | 1: 0.35~1: 0.50 |
|    |      | 中密     | 1: 0.50~1: 0.75 |
|    |      | 稍密     | 1: 0.75~1: 1.00 |
| 2  | 黏性土  | 硬塑~坚硬  | 1: 0.75~1: 1.00 |
|    |      | 可塑     | 1: 1.00~1: 1.25 |

注：1 碎石土中的充填物为坚硬或硬塑状态的黏性土；

2 对于砂土或充填物为砂土的碎石土，其边坡坡率允许值应按自然休止角确定。

3 设计有要求时，应符合设计要求。

- 31.3.3** 应根据基础形式和土质状况及现场出土等条件，确定开挖顺序，分段分层下挖。



**31.3.4** 不放坡开挖各种浅基础时，应先按放好的灰线直边切出槽边的轮廓线。

**31.3.5** 开挖各种基槽、管沟应符合下列规定：

1 开挖管沟与条形基础时，黏性土可自上而下分层开挖，每层深度不宜大于 600mm，从开挖端部逆向倒退踏步型挖掘；碎石类土宜先用镐翻松，正向挖掘出土，每层深度不宜大于 500mm；

2 管沟开挖标高宜按龙门板上平往下返出沟底尺寸，接近设计标高后，再从两端龙门板下面的沟底标高上返 500mm 为基准点，拉小线用尺检查沟底标高，最后修整沟底；

3 开挖放坡的基槽或管沟时，应按开挖线开挖，分层按坡度要求做出坡度线，每隔 3m 左右做出一条，以此为准进行修坡。深管沟挖土时，应在沟帮中间留出宽不小于 800mm 的倒土台；

4 大面积开挖浅基坑时，宜沿坑三面开挖，挖出的土方装入手推车或翻斗车，运至弃土（存土）地点。

**31.3.6** 土方开挖至距槽底 500mm 以内时，应及时测出距槽底 500mm 的水平标高点，随时校核槽底标高。由两端轴线（中心线）引桩拉通线，检查沟槽底部尺寸，确定槽宽标界，修整槽帮，清除槽底土方、整平。

**31.3.7** 基槽、管沟开挖时，槽（沟）边缘 1.0m 以内严禁堆土；1.0m 以外堆土高度不宜超过 1.5m。

**31.3.8** 雨、冬期施工应符合下列规定：

1 雨期挖土工作面不宜过大，应分段逐片分期完成；

2 冬期挖土应采取防冻措施。停歇时间过长时，可在冻结前翻松预留一层松土，其厚度宜为 250mm～300mm，并用保温材料覆盖。

## 31.4 质量标准

**31.4.1** 施工前应检查支护结构质量、定位放线、排水和地下水控制系统，以及对周边影响范围内地下管线和建（构）物保护措施的落实情况。

**31.4.2** 施工中应检查平面位置、水平标高、边坡坡率、排水系统、地下水控制系统，预留土墩、分层开挖厚度、并随时观测周围环境变化。

**31.4.3** 施工结束后应检查平面几何尺寸、水平标高、边坡坡率、表面平整度和基底土性等。质量检验标准见表 31.4.3。

表 31.4.3 人工土方开挖工程质量检验标准

| 项<br>序           | 项目                          | 允许偏差或允许值 |             |              |           |          | 检验方法       |
|------------------|-----------------------------|----------|-------------|--------------|-----------|----------|------------|
|                  |                             | 单位       | 数值          |              |           |          |            |
|                  |                             |          | 柱基/基坑/基槽    | 挖方场地平整       | 管沟        | 地（路）面基层  |            |
| 主<br>控<br>项<br>目 | 1 标高                        | mm       | 0<br>-50    | ±30          | 0<br>-50  | 0<br>-50 | 水准仪        |
|                  | 2 长度、宽度<br>(由设计中心线向<br>两边量) | mm       | +200<br>-50 | +300<br>-100 | +100<br>0 | 设计值      | 全站仪或用钢尺量   |
|                  | 3 坡率                        |          | 设计值         |              |           |          | 目测法或用坡度尺检查 |
| 一<br>般<br>项<br>目 | 1 表面平整度                     |          | ±20         | ±20          | ±20       | ±20      | 用 2m 靠尺    |
|                  | 2 基底土性                      |          | 设计要求        |              |           |          | 目测法或土样分析   |

注：地（路）面基层的偏差只适用于直接在挖、填方上做地（路）面的基层。

## 31.5 成品保护

**31.5.1** 挖运时不得碰撞定位标准轴线引桩、标准水准点、龙门板等，并应测量和校核其位置、水平标高和边坡坡度。

**31.5.2** 土方开挖时，应防止临近已有建筑物或构筑物、道路、管线等发生下沉或变形，采取防护措施，在施工中进行变形监测。

**31.5.3** 土方开挖过程中发现有古物、古墓等地下文物或其他不能辨认的气体、液体及异物时，应立即停止作业妥善保护，并及时报请当地有关部门处理后方可继续施工。

## 31.6 注意事项

**31.6.1** 基槽或管沟开挖后，应减少对地基土的扰动。基础不能及时施工时，可在基底标高以上预留不少于300mm厚的保护土层。

**31.6.2** 施工场地应根据需要安装照明设施，在危险地段应设置明显标识。

**31.6.3** 在敷设地上或地下管道、电缆的地段进行土方施工时，应事先取得有关管理部门的书面同意，施工中应采取措施，以防止损坏管线。

**31.6.4** 在条形基础和管沟等有限空间开挖作业时，应设置安全逃生通道。

**31.6.5** 旧基础埋置深度大于2.0m时，不宜采用人工开挖和清除。对于有机质含量高、有刺鼻气味及淤泥厚度大于1.0m的场地，不得采用人工挖土。

**31.6.6** 施工现场土方作业，应采取防扬尘措施。裸露的场地和堆放的土方应采取覆盖、固化或绿化措施。运输车辆出场应进行清洗，运输道路应及时清扫。

## 32 人工填土

### 32.1 材料要求

**32.1.1** 宜采用粉土、中粗砂、碎石土，优先采用基槽中挖出的沉积土层，应剔除大块体和有机杂质。含水量应符合规定要求。有机质含量不得超过 5%，不得含有冻土、耕土、淤泥、杂填土等。

**32.1.2** 不宜选用黏土、重粉质黏土和粒径较大的碎石土等。

### 32.2 主要机具

**32.2.1** 主要夯实机具宜选用电动平板夯，手持式夯实机（电动、汽油、柴油款）、蛙式打夯机、人力夯等。

**32.2.2** 辅助工具包括测量仪器、手推车、筛子、木耙、铁锹（尖头及平头）、2m 靠尺、胶皮管、小线及钢尺等。

### 32.3 作业条件

**32.3.1** 回填前，应按回填施工方案进行技术安全交底，确保基槽回填土施工安全措施到位。

**32.3.2** 回填前，应清除基底的垃圾等杂物，清除积水、淤泥，对基底标高以及已有基础或地下防水层、保护层等进行检查验收，并办理隐检手续。

**32.3.3** 施工前应根据项目特点、填方土料种类、密实度要求、施工条件等，合理确定填方土料含水量控制范围、虚铺厚度和压实遍数等参数；重要回填土方工程，回填土的最大干密度参数应通过现场试验来确定。

**32.3.4** 房心和管沟的回填，应在完成上下水管道的安装或墙间加固后再进行。

**32.3.5** 施工前，应设置水平高和标志。在基坑（槽）或管沟边坡上，宜每隔 3m 钉上水平标桩；在室内和散水的边墙上宜弹水平线或在地坪上钉上标高控制标桩。

### 32.4 施工工艺

**32.4.1** 人工填土工艺流程宜符合图 32.4.1。

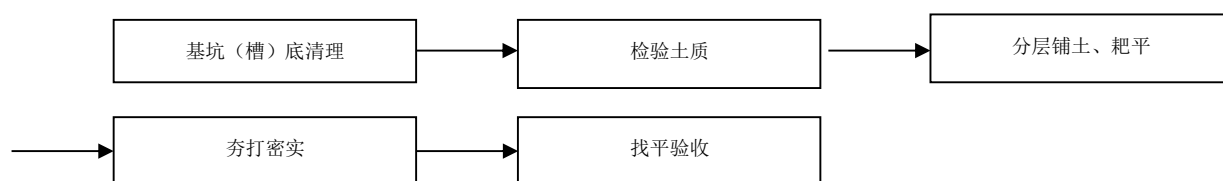


图 32.4.1 人工填土工艺流程

**32.4.2** 回填前应清理到基础底（管沟底）面标高，将回落的松散土、砂浆、碎石、垃圾杂物等清理干净。

**32.4.3** 应检验回填土的有机质含量、含水量、颗粒级配等。含水量偏高时，可采用翻松、晾晒或均匀掺入干土等措施；含水量偏低时，可采用洒水润湿等措施。

**32.4.4** 每层铺土厚度应根据土质、密实度要求和机具性能确定。蛙式打夯机每层铺土厚度宜为 200mm~250mm；人工打夯不超过 150mm。每层铺摊后，随之耙平。

**32.4.5** 回填土每层夯打不少于 3 遍。打夯应一夯压半夯，夯夯连接，纵横交叉。

**32.4.6** 每层夯实后，应按规定进行取样，实测最大干密度，合格后再铺上一层的土。填土全部完成后，应进

行表面拉线找平。

**32.4.7** 深浅两基坑（槽）相连时，应按先深后浅顺序施工，交接处应呈阶梯形或设置斜坡。分段施工时，上下层错缝距离不宜小于 1.0m。

**32.4.8** 基坑（槽）回填应在相对两侧或四周同时进行，基础墙两侧填土高度相差不宜大于 500mm。

**32.4.9** 回填管沟时，应先用人工在管道两侧对称填土夯实。施工至管顶 500mm 以上时方可采用蛙式打夯机夯实。在抹带接口处、防腐绝缘层或电缆周围，应回填细粒料。

**32.4.10** 雨、冬期施工应符合下列规定：

- 1 雨期回填现场应有防雨排水措施。施工中应防止地表水流入基坑（槽）、管沟内；
- 2 冬期回填应采取防冻措施。每层铺土厚度应比常温施工时减少 20%~25%，其中冻土块含量不得超过 15%，其粒径不得大于 150mm。铺填冻土块应分散开，并应逐层压（夯）实；
- 3 冬期回填，室内坑（槽）、室外管沟底至管顶以上 500mm 范围内不得用含有冻土块的土回填。

## 32.5 质量标准

**32.5.1** 施工中应检查土料质量、分层厚度、含水量、压实遍数、压实系数。

**32.5.2** 施工结束后，应进行回填标高和压实系数检验。

**32.5.3** 人工回填土工程质量检验标准应符合表 32.5.3 的规定。

表 32.5.3 人工回填土工程质量检验标准

| 项次   | 项目       | 允许值或允许偏差 |        |        | 检验方法        |
|------|----------|----------|--------|--------|-------------|
|      |          | 基槽       | 场地平整   | 管沟     |             |
| 主控项目 | 1 标高     | -50mm    | ±30mm  | -50mm  | 用水准仪测量      |
|      | 2 分层压实系数 | 不小于设计值   |        |        | 环刀法、灌水法、灌砂法 |
| 一般项目 | 1 回填土料   | 设计要求     |        |        | 观察鉴别或土样分析   |
|      | 2 分层厚度   | 设计值      |        |        | 水准仪测量及抽样检查  |
|      | 3 含水量    | Wop±2%   | Wop±4% | Wop±2% | 烘干法         |
|      | 4 表面平整度  | ±20mm    |        |        | 用 2m 靠尺检查   |
|      | 5 有机质含量  | ≤5%      |        |        | 灼烧减量法       |

## 32.6 成品保护

**32.6.1** 施工时，应注意保护定位桩、轴线桩、标高桩，不得碰撞、位移。

**32.6.2** 基础或管沟的现浇混凝土应达到设计强度，方可回填。

**32.6.3** 管道沟槽回填土，应注意对已敷设的管道进行保护。

**32.6.4** 夯填完成的回填土，应注意防雨、防晒、防冻，禁止重型机械行走。

## 32.7 注意事项

**32.7.1** 施工场地应根据需要安装照明设施，在危险地段应设置明显标识。

**32.7.2** 在敷设地上或地下管道、电缆的地段进行回填施工时，应事先取得有关管理部门的书面同意，施工中应采取措施，以防止损坏管线。

**32.7.3** 在基础肥槽、条形基础和管沟等有限空间回填作业时，应设置安全逃生通道。作业面狭小不能保证人员安全和夯实质量时，不得采用人工回填。

## 33 机械挖土

### 33.1 主要机具

**33.1.1** 挖土（石）机械包括挖土机、推土机、岩石劈裂机、破碎锤、风炮机、铰挖机、铲运机、自卸汽车等。  
**33.1.2** 一般工具包括测量仪器、铁锹（尖头与平头两种）、手推车、小白线或 20#铅丝、2m 钢卷尺、坡度尺等。

### 33.2 作业条件

**33.2.1** 应根据基坑的几何尺寸、工程地质及水文地质情况、周边环境条件等，编制土（石）方开挖施工方案。应按规定完成施工方案的审批手续。

**33.2.2** 应根据施工方案的工序安排，完成基坑支护和地下水控制工作。

**33.2.3** 应将施工区域内的地上、地下障碍物清除和处理完毕，设置地面排水系统。

**33.2.4** 建筑物或构筑物的位置或场地的定位控制线（桩）、水准基点及开槽的灰线尺寸，应经过检验合格，并办理预检手续。

**33.2.5** 夜间施工时，应安设足够的照明设施；在危险地段应设置明显标识，调整开挖顺序。

**33.2.6** 施工机械设备的性能及状态应检验合格。设备进场所经过的道路、桥梁和卸车设施等，应事先经过检查，必要时要做好加固或加宽等准备工作。

**33.2.7** 在施工现场内修筑供汽车行走的坡道，坡度应小于 1:6，对坡道与周边高差超 2.5m 部位，应设置围挡和警示标识。坡道路面强度偏低时，路面土层宜铺填碎石或渣土；挖土机械所站土层处于饱和状态时，宜填筑碎石或渣土。

**33.2.8** 应合理安排土方运输车辆的行走路线及弃土场。

### 33.3 施工工艺

**33.3.1** 机械挖土（石）方工艺流程宜符合图 33.3.1。

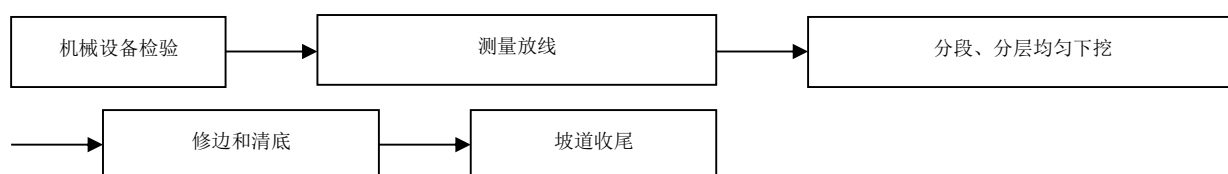


图 33.3.1 机械挖土（石）方工艺流程图

**33.3.2** 开挖坡率应符合下列规定：

- 1 基坑、沟槽侧壁的开挖坡率，应按基坑支护设计文件留设；
- 2 基坑内分段开挖留设的临时性边坡，当无设计要求时其开挖坡率可参照表 33.3.2 选用。

表 33.3.2 临时性挖方边坡坡率允许值

| 序号 | 土体类别 | 密实度或状态 | 坡率允许值（高宽比）      |                 |
|----|------|--------|-----------------|-----------------|
|    |      |        | 坡高小于 5m         | 坡高 5~10m        |
| 1  | 碎石土  | 密实     | 1: 0.35~1: 0.50 | 1: 0.50~1: 0.75 |
|    |      | 中密     | 1: 0.50~1: 0.75 | 1: 0.75~1: 1.00 |
|    |      | 稍密     | 1: 0.75~1: 1.00 | 1: 1.00~1: 1.25 |
| 2  | 黏性土  | 硬塑~坚硬  | 1: 0.75~1: 1.00 | 1: 1.00~1: 1.25 |
|    |      | 可塑     | 1: 1.00~1: 1.25 | 1: 1.25~1: 1.50 |

注：1 碎石土中的充填物为坚硬或硬塑状态的黏性土；

2 对于砂土或充填物为砂土的碎石土，其边坡坡率允许值应按自然休止角确定。

3 设计有要求时，应符合设计要求。

**33.3.3** 应根据基础形式和土质状况及现场出土等条件确定开挖顺序、行车路线。

**33.3.4** 土（石）方开挖应与基坑支护施工相配合，应先撑后挖，严禁超挖。支护结构强度达到设计强度后方可继续开挖。

**33.3.5** 应分层分段按照坡度线均匀向下开挖。严禁在高度超过 3.0m 或在不稳定土体之下作业。

**33.3.6** 采用反铲、拉铲挖土机开挖基坑（槽）或管沟时，可采用端头挖土或侧向挖土两种施工方法。

**33.3.7** 挖土机械沿挖方边缘移动时，机械距离边坡上缘的宽度不得小于基坑（槽）和管沟深度的 1/2，如挖方深度超过 3.0m 时应按专项施工方案来确定。

**33.3.8** 机械开挖基坑（槽）和管沟，应采取措施防止基底超挖。对土质地层应在设计标高以上预留 200mm~300mm，待抄平后由人工清底挖出。对岩质地层应在临近设计标高时及时校核标高，配合人工风镐修整。

**33.3.9** 应在距槽底标高 500mm 的槽帮处，抄出水平线，钉基准木桩。宜由两端轴线（中心线）引桩拉通线，检查距槽边尺寸，确定槽宽标准。

**33.3.10** 挖掘机械无法施工边角区域、修整边坡坡度、清理槽底等工作均宜人工进行。

**33.3.11** 岩层基底应凿出新鲜岩面，清除岩面松碎石块、浮土、苔藓等。倾斜岩层应将岩面凿平或凿成台阶。基底岩层易风化时，应尽快封闭回填。

**33.3.12** 雨、冬期施工应符合下列规定：

1 雨期开挖时，开挖工作面不宜过大，应逐段、逐片分期进行；

2 雨期施工应制定基坑排水方案，宜在坑（槽）外侧修挡水墙、反坡硬化地面或开挖水沟等截排地表水。

山区或地形高差较大场地，应加强防洪措施；

3 冬期开挖土方，宜在冻结以前用保温材料覆盖或将表层土翻耕耙松，其翻耕深度应根据当地气候条件确定，一般不宜小于 300mm；

4 应采取措施防止地基土冻结。可在基底标高以上预留适当厚度的松土，或用其他保温材料覆盖；

5 冬期开挖土方引起临近建筑物的地基和基础暴露时，应对其采取防冻措施。

### 33.4 质量标准

**33.4.1** 开挖过程中应定期测量和校核设计平面位置、边坡坡率和水平标高等。

**33.4.2** 开挖完成后应检查平面几何尺寸、坡率、水平标高、岩土性质、表面平整度等。

**33.4.3** 机械开挖土（石）方工程质量检验标准应符合表 33.4.3-1、表 33.4.3-2 规定。

**表 33.4.3-1 土方机械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<br>基坑<br>基槽    | 场地<br>平整    | 管沟           | 地（路）<br>面基层 |          |              |
| 主控项目 | 1  | 标高                | 0<br>-50    | ±50          | 0<br>-50    | 0<br>-50 | 水准仪测量        |
|      | 2  | 长度、宽度（由设计中心线向两边量） | +200<br>-50 | +500<br>-150 | +100<br>0   | 设计值      | 全站仪或用钢尺量     |
|      | 3  | 坡率                | 设计值         |              |             |          | 目测法或用坡度尺检查   |
| 一般项目 | 1  | 表面平整度             | ±20         | ±50          | ±20         | ±20      | 用 2m 靠尺检查    |
|      | 2  | 基底岩（土）性           | 设计要求        |              |             |          | 目测鉴别或岩（土）样分析 |

注：地（路）面基层的偏差只适用于直接在挖、填方上做地（路）面的基层。

**表 33.4.3-2 岩石机械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；<br>基槽、管沟   | 场地<br>平整  |              |              |
| 主控项目 | 1  | 标高                | 0<br>-200 | +100<br>-300 | 水准仪测量        |
|      | 2  | 长度、宽度（由设计中心线向两边量） | +200<br>0 | +400<br>-100 | 全站仪或用钢尺量     |
|      | 3  | 坡率                | 设计值       |              | 目测法或用坡度尺检查   |
| 一般项目 | 1  | 表面平整度             | ±100      | ±100         | 用 2m 靠尺检查    |
|      | 2  | 基底岩（土）性           | 设计要求      |              | 目测鉴别或岩（土）样分析 |

注：1 场地平整工程应整平完后检查，其他情况应在清除炸松的石渣后检查。

### 33.5 成品保护

**33.5.1** 土（石）方开挖时应对平面控制桩和水准控制点进行保护，并定期检查复测。

**33.5.2** 土（石）方开挖时，应对临近已有建筑物或构筑物、道路、管线等采取保护措施。并在施工中进行变形监测。

**33.5.3** 土（石）方开挖过程中，发现古物、古墓等地下文物或其他不能辨认的气体、液体及异物时，应立即停止作业妥善保护，并及时报请当地有关部门处理后方可继续施工。

**33.5.4** 施工时发现测量用的永久性标桩或地质、地震部门设置的长期观测点等，应妥善保护。

**33.5.5** 在敷设有地上或地下管线、电缆的地段进行土（石）方施工时，应事先取得有关管理部门的书面同意，施工中应采取针对性保护措施。

**33.5.6** 挖方时应边坡支护结构和降排水设施做好保护。

### 33.6 注意事项

**33.6.1** 推土机、铲土机宜在地下水位 500mm 以上推、铲土；挖土机宜在地下水位 800mm 以上挖土；正铲挖土机挖方的台阶高度，不得超过最大挖掘高度的 1.2 倍。

**33.6.2** 雨期挖基坑（槽）或管沟，可根据核算适当放缓边坡坡度或设置支撑并对坡面进行保护。

**33.6.3** 挖掘岩石基坑沟槽时，应防范边坡岩石沿软弱层面、风化界面、构造节理面等转移垮塌的风险，加强岩体（山体）变形监测，及时封闭开挖岩面，尽快实施加固支护措施。

**33.6.4** 挖掘岩石基坑沟槽时，应加强对植被、地下水的保护，遇泉眼和潜流时，宜结合工程特点进行疏导引流。

**33.6.5** 在挖方边坡上发现软弱土、流砂土层时，或地表面出现裂缝时，应停止开挖，并及时采取相应补救措施。

**33.6.6** 开挖基坑（槽）的土（石）方，宜一次运走，避免二次搬运。

**33.6.7** 施工现场土方作业，应采取防扬尘措施。裸露的场地和堆放的土方应采取覆盖、固化或绿化措施。运输车辆出场应进行清洗，运输道路及时清扫。

**33.6.8** 开挖坚硬岩石，机械破碎施工困难时，可联合采用液压劈裂、静力爆破等其他静力破岩方式开挖。



## 34 机械填土

### 34.1 材料要求

**34.1.1** 填方土料宜采用粉土、中粗砂、碎石土等，宜优先采用基槽中挖出的沉积土层，不得使用杂填土、耕土、冻土、淤泥和淤泥质土、膨胀土、有机质物含量大于5%的土、含水溶性硫酸盐大于5%的土，土料含水量应符合设计要求。

**34.1.2** 平整场地回填土时，碎石类土、砂土和爆破石渣可用作表层以下填料；其最大粒径不得超过每层铺填厚度的2/3，使用振动碾时为3/4。

### 34.2 主要机具

**34.2.1** 主要机具包括铲土机、自卸汽车、推土机、铲运机、翻斗车、平碾、羊足碾、振动碾、冲击碾、蛙式或柴油打夯机等。

**34.2.2** 辅助工具包括测量设备、手推车、铁锹（平头、尖头）、2m钢卷尺、20#铅丝、胶皮管等。

### 34.3 作业条件

**34.3.1** 应按回填施工方案进行技术安全交底，确保基槽回填土施工安全措施到位。

**34.3.2** 对基底标高以及已有基础或地下防水层、保护层等进行检查验收，并办理隐检手续。

**34.3.3** 施工前应根据施工特点、填方土料种类、密实度要求、施工条件等确定填方土料含水量控制范围、虚铺厚度和压实遍数等参数。回填土方工程宜通过现场试验来确定。

**34.3.4** 施工前，应设置水平高和标志。宜在基坑或边沟上每10.0m钉上水平桩或在临近的固定建筑物上设置标准高程点；大面积场地，应设置10.0m×10.0mm网格标桩，控制每层铺设厚度。

**34.3.5** 应按施工方案确定机械填土的施工顺序、土方机械车辆的行走路线等。

**34.3.6** 房心和管沟回填时，应在完成上下水管道的安装或墙间加固后再进行。

### 34.4 施工工艺

**34.4.1** 机械填土施工工艺流程宜符合图34.4.1。

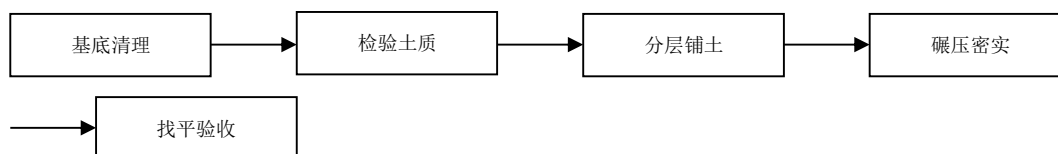


图 34.4.1 机械填土施工工艺流程图

**34.4.2** 回填前应清理基础底（管沟底）面回落的松散土、砂浆、碎石、垃圾杂物等。

**34.4.3** 检验回填土的有机质含量、含水量、颗粒级配等是否在控制范围内。含水量偏高时，可采用翻松、晾晒或均匀掺入干土等措施；含水量偏低时，可采用洒水润湿等措施。

**34.4.4** 每层铺土的厚度应根据土质、密实度要求和机具性能确定。无试验依据时，应符合表34.4.4的规定。

表 34.4.4 填土分层铺土厚度和压实遍数

| 压实机具                 | 分层厚度 (mm) | 每层压实遍数 (遍) |
|----------------------|-----------|------------|
| 蛙式、柴油式打夯机            | 200~250   | 3~4        |
| 平碾 (8~12t)           | 200~300   | 6~8        |
| 羊足碾 (5t~16t)         | 200~350   | 8~16       |
| 振动碾 (8t~15t)         | 500~1200  | 6~8        |
| 冲击碾 (冲击势能 15kJ~25kJ) | 600~1500  | 20~40      |

**34.4.5** 碾压机械压实填方时，应控制机械行驶速度。最佳行驶速度宜根据填料性质、虚铺厚度、设备性能、质量要求和作业效率等通过现场试验取得。无试验资料时，宜按平碾 $\leq 2\text{km/h}$ 、羊足碾 $\leq 3\text{km/h}$ 、振动碾 $\leq 2\text{km/h}$ 、冲击碾 $\leq 10\text{km/h}$ 选择初步施工参数。

**34.4.6** 碾压时，轮（夯）迹应相互搭接。长宽尺寸较大时，填土应分段进行。每层接缝处应制作成斜坡形，碾迹重叠宜为 0.5m~1.0m，上下层错缝距离不应小于 1.0m。

**34.4.7** 填方高于基底表面时，应保证边缘部位的压实质量。填土后，不要求边坡修整时，宜将填方边缘外扩不小于 500mm；边坡整平拍实时，外扩不宜小于 200mm。

**34.4.8** 大型机械施工无法施工的边角等部位，应改用人工作业或选用蛙式或柴油打夯机分层夯实。

**34.4.9** 每层夯实后，应按规范规定进行取样，实测最大干密度，合格后再铺上一层的土。填土全部完成后，应进行表面拉线找平。

**34.4.10** 回填管沟时，管道不得损坏和移位。应用人工先在管道周围填土夯实，并应从管道两边同时进行，直至管顶 500mm 以上，方可采用机械回填土和压实。在抹带接口处、防腐绝缘层或电缆周围，应使用细粒土料回填。

**34.4.11** 雨冬期施工应符合下列规定：

1 雨期施工时，工作面不宜过大，应逐段、逐片分期完成；

2 雨期施工时，现场应有防雨及排水措施。宜于四周或坑槽顶部设置截水沟或挡水墙；

3 冬期施工填土前，应清除基底的冰雪和保温材料；填方边坡表面 1.0m 以内不得用冻土填筑，最上层填方应使用未冻的、不冻胀的或透水性好的土料填筑，其厚度应符合设计要求；

4 冬期施工室外平均气温在  $-5^{\circ}\text{C}$  以上时，填方高度不受限制；平均气温在  $-5^{\circ}\text{C}$  以下时，填方高度不宜超过表 34.4.11 规定；

表 34.4.11 冬期填方高度限制

| 平均气温 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 填方高度 (m) |
|-----------------------------|----------|
| -5 ~ -10                    | 4.5      |
| -11~-15                     | 3.5      |
| -16~-20                     | 2.5      |

5 冬期回填土方时，每层铺土厚度应比常温施工时减少 20%~25%，其中冻土块体积不宜超过填土总体积的 15%；其粒径不得大于 150mm。铺填冻土块应分散开，并应逐层压（夯）实。

### 34.5 质量标准

**34.5.1** 施工过程中应检查每层填筑厚度、碾迹重叠成都、含水量控制、回填土质量、压实系数等。

**34.5.2** 施工结束后，应进行标高及压实系数检验。

34.5.3 机械填方工程质量检验标准应符合表 34.5.3 规定。

表 34.5.3 机械填方工程质量检验标准

| 项次   | 项目 | 允许值或允许偏差 (mm)        |          | 检验方法     |               |
|------|----|----------------------|----------|----------|---------------|
|      |    | 柱基、基坑、基槽、管沟、地(路)面基础层 | 场地平整     |          |               |
| 主控项目 | 1  | 标高                   | 0<br>-50 | ±50      | 水准测量          |
|      | 2  | 分层压实系数               | 不小于设计值   |          | 环刀法、灌水法、灌砂法   |
| 一般项目 | 1  | 回填土料                 | 设计要求     |          | 观察鉴别或土样分析     |
|      | 2  | 分层厚度                 | 设计值      |          | 水准仪测量及抽样检查    |
|      | 3  | 含水量                  | 最优含水量±2% | 最优含水量±4% | 烘干法           |
|      | 4  | 表面平整度                | ±20      | ±30      | 靠尺(2m)法、液平面法等 |
|      | 5  | 有机质含量                | ≤5%      |          | 灼烧减量法         |
|      | 6  | 碾迹重叠长度               | 500~1000 |          | 用钢尺量          |

### 34.6 成品保护

34.6.1 施工时应保护定位桩、轴线桩和标高桩，不得碰撞下沉或位移。

34.6.2 基础或管沟、挡土墙的现浇混凝土、砂浆应达到设计强度，方可进行回填土作业。

34.6.3 已完成的填土应将表面压实，路基应做成一定的坡向排水。

### 34.7 注意事项

34.7.1 邻近已有建筑基础或构筑物区域，基坑回填应分层对称进行。

34.7.2 填方应按设计要求预留沉降量。设计无要求时，可根据工程性质、填方高度、填料种类、密实要求和地基情况等确定。冬期填方一般应增加 1.5%~3.0%的预留下陷量。

34.7.3 夜间施工时，应调整施工顺序，应安设足够的照明设施。

34.7.4 施工现场填方作业时，应采取防扬尘措施。裸露的场地和堆放的土方应采取覆盖、固化或绿化措施。运输车辆出场应进行清洗，运输道路及时清扫。

## 本规程用词说明

- 1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 GB 12523
- 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB 1499.2
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 《建筑地基基础工程施工规范》 GB 51004
- 《抗硫酸盐硅酸盐水泥》 GB 748
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》 GB/T 11263
- 《先张法预应力混凝土管桩》 GB/T 13476
- 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》 GB/T 14370
- 《建设用砂》 GB/T 14684
- 《土工合成材料 长丝纺粘针刺非织造土工布》 GB/T 17639
- 《预应力混凝土用螺纹钢筋》 GB/T 20065
- 《环氧涂层七丝预应力钢绞线》 GB/T 21073
- 《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》 GB/T 25826
- 《建筑施工组织设计规范》 GB/T 50502
- 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
- 《涂覆涂料前钢材表面处理—表面清洁度的目视评定 第一部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》 GB/T 8923.1
- 《无黏结预应力钢绞线》 JG/T 161
- 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
- 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 《建筑钢结构焊接技术规程》 JGJ 81
- 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94

《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70  
《钢筋阻锈剂应用技术规程》 JGJ/T 192  
《建筑钢结构防腐蚀技术规程》 JGJ/T 251  
《交通工程土工合成材料 土工格栅》 JT/T 480  
《填充型环氧涂层钢绞线》 JT/T 737  
《有限空间作业安全技术规范》 DB11/T 852  
《北京市建筑工种施工安全操作规程》 DBJ01-62  
《焊接 H 型钢》 YB/T 3301  
《抗浮锚杆技术规程》 YB/T 4659  
《钢筋阻锈剂应用技术规程》 YB/T 9231