

# 1 地 基 工 程

## 1.1 土工合成材料地基施工工艺

### 1.1.1 总 则

#### 1.1.1.1 适用范围

土工合成材料适用于加固软弱地基,使之形成复合地基,可提高土体强度,显著地减少沉降,提高地基的稳定性;用于公路、铁路路基作加强层,防止路基翻浆、下沉;用于堤岸边坡,可使结构坡角加大,又能充分压实;作挡土墙后的加固,可代替砂井。此外,还可用于河道和海港岸坡的防冲;水库、渠道的防渗以及土石坝、灰坝、尾矿坝与闸基的反滤层,可取代砂石级配良好的反滤层,达到节约投资、缩短工期、保证安全使用的目的。

#### 1.1.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001);
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002);
3. 中华人民共和国行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002);
4. 中华人民共和国国家标准《短纤针刺非织造土工布》(GB / T 17638—1998);
5. 中华人民共和国国家标准《长丝纺粘针刺非织造土工布》(GB / T 17639—1998);
6. 中华人民共和国国家标准《长丝机织土工布》(GB / T 17640—1998);
7. 中华人民共和国国家标准《裂膜丝机织土工布》(GB / T 17641—1998);
8. 中华人民共和国国家标准《非织造复合土工布》(GB / T 17642—1998);
9. 中华人民共和国国家标准《聚乙烯土工膜》(GB / T 17643—1998);
10. 中华人民共和国国家标准《聚氯乙烯土工膜》(GB / T 17688—1998);
11. 中华人民共和国国家标准《塑料土工格栅》(GB / T 17689—1998);
12. 中华人民共和国国家标准《塑料扁丝编制土工布》(GB / T 17690—1998)。

### 1.1.2 术 语

1. 土工合成材料:岩土工程和土木工程中所应用的高分子聚合物材料的总称。
2. 土工织物:透水性土工合成材料。按制造方法不同分为织造土工织物和非织造(无纺)土工织物。
3. 土工膜:由聚合物或沥青制成的一种相对不透水薄膜。
4. 土工格栅:由高密度聚乙烯等聚合物经挤压加工再进行拉伸制成的格栅状、用于加筋的土工合成材料。其开孔可容周围土、石或其他土工材料穿入。
5. 土工带:经挤压拉伸或加筋制成的条带抗拉材料。
6. 土工格室:由土工格栅、土工织物或土工膜、条带等形成的蜂窝状或网格状三维结

构材料。

7. 土工复合材料：由两种或两种以上材料复合而成的土工合成材料。

### 1.1.3 基本规定

1. 施工前应应对土工合成材料的物理性能（单位面积的质量、厚度、相对密度）、强度、延伸率以及土、砂石料等做检验。土工合成材料以  $100\text{m}^2$  为一批，每批应抽查 5%；产品验收抽样以卷为单位时，每批应抽查 5%，并不少于一卷。

2. 施工过程中应检查清基、回填料铺设厚度及平整度、土工合成材料的铺设方向、接缝搭接长度或接缝状况、土工合成材料与结构的连接状况等。

3. 施工结束后，应进行承载力检验。

### 1.1.4 施工准备

#### 1.1.4.1 技术准备

1. 详细阅读设计文件，准确理解设计采用土工合成材料在地基加固中的作用。

2. 详细阅读地质勘察报告，了解原地基土层的工程特性、土质及地下水对拟使用的土工合成材料的腐蚀和施工影响。

3. 对拟使用的回填土、石做检验，确保符合设计要求。

4. 根据设计要求和土工合成材料特性及现场施工条件编制施工方案。

5. 对工人进行施工技术交底。

#### 1.1.4.2 材料准备

1. 根据设计要求及施工现场情况，制定土工合成材料的采购计划；

2. 选择回填土、石的来源地；

3. 土工合成材料进场时，应检查产品标签、生产厂家、产品批号、生产日期、有效期限等，并取样送检；

4. 根据施工方案将土工合成材料提前裁剪拼接成适合的幅片；

5. 准备好土工合成材料的存放地点，避免土工合成材料进场后受阳光直接照射。

#### 1.1.4.3 主要机具

1. 土工合成材料拼接机具；

2. 回填土、石料运输机具；

3. 回填层夯实、碾压机具；

4. 水准仪、钢尺等。

#### 1.1.4.4 作业条件

1. 土工合成材料验收合格；

2. 回填土、石材料试验合格；

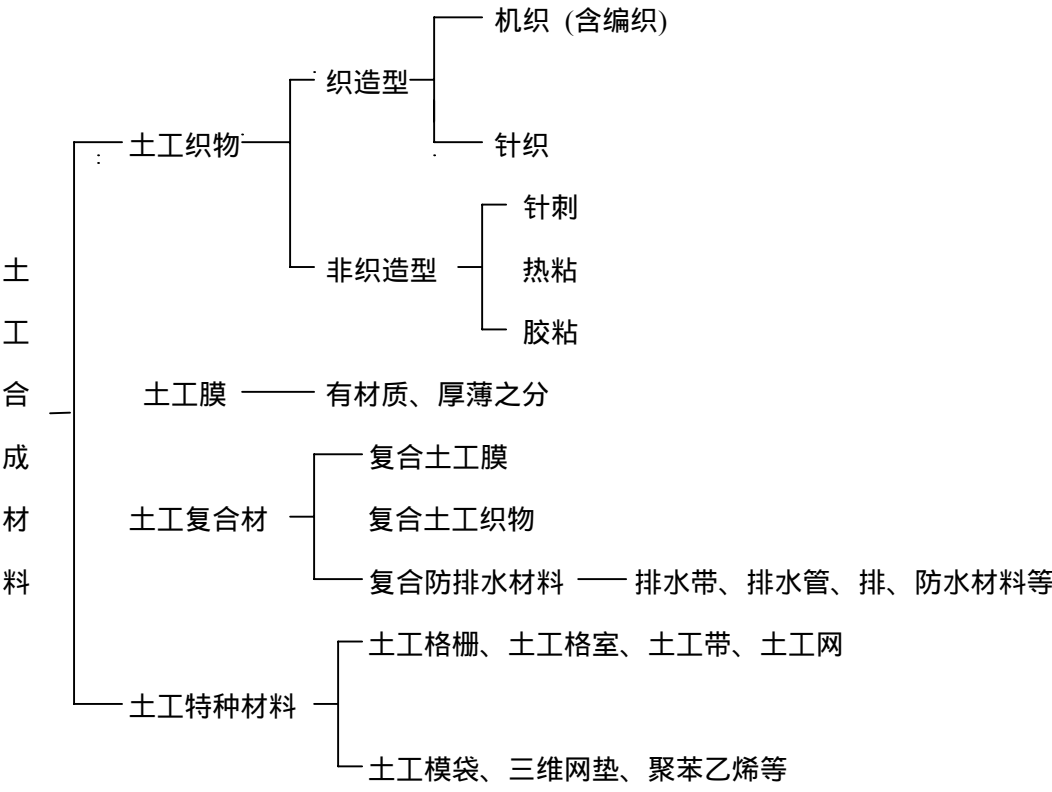
3. 向工人的技术交底已经完成；

4. 土工合成材料铺设基层处理合格。

1.1.5 材料和质量要点

1.1.5.1 土工合成材料的分类

土工合成材料目前可分为下列四大类；



1.1.5.2 土工合成材料的性能

(1) 土工合成材料的性能指标包括其本身特性指标及其与土相互作用指标。后者需模拟实际工作条件由试验确定(该指标主要用于初步设计时参考)。

(2) 土工合成材料自身特性指标包括下列内容：

- 1) 产品形态指标：材质、幅度、每卷长度、包装等；
- 2) 物理性能指标：单位面积(长度)质量、厚度、有效孔径(或开孔尺寸)等；
- 3) 力学性能指标：拉伸强度、撕裂强度、握持强度、顶破强度、胀破强度、材料与上相互作用的摩擦强度等；
- 4) 水力学：透水率、导水率、梯度比等；
- 5) 耐久性能：抗老化、化学稳定性、生物稳定性等。

1.1.5.3 土工合成材料应按设计指定产品选择，设计没有明确指定时，应选用抗拉强度大，延伸率较小的产品。土工格栅应有较大糙度；土工织物、土工膜应有较高的刺破、顶破、握持强度，其性能指标应满足设计要求。

1.1.5.4 土工合成材料的抽样检验可根据使用功能进行试验项目选择(见表1.1.5.4)。

| 土工合成材料试验项目选择表 |      |    | 1.1.5.4 |      |    |
|---------------|------|----|---------|------|----|
| 试验项目          | 使用目的 |    | 试验项目    | 使用目的 |    |
|               | 加筋   | 排水 |         | 加筋   | 排水 |
| 单位面积质量        |      |    | 顶 破     |      |    |
| 厚 度           |      |    | 刺 破     |      |    |
| 孔 径           |      |    | 淤 堵     |      |    |
| 渗透系数          |      |    | 直接剪切摩擦  |      |    |
| 拉 伸           |      |    |         |      |    |

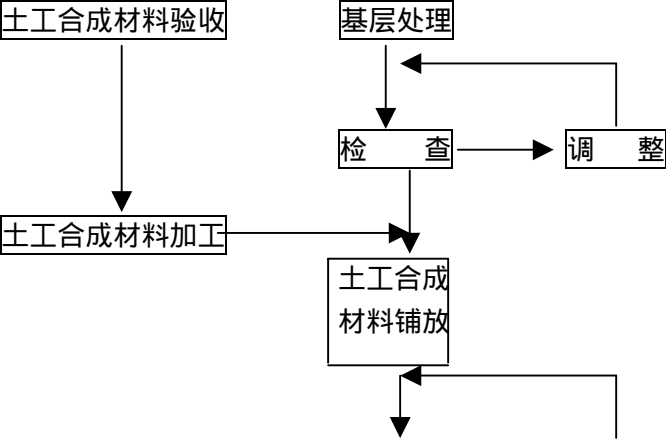
注： 为必做项， 为选做或不做项。

1.1.5.5 土工合成材料自身主要性能的试验方法标准可参照《土工合成材料试验规程》(SL/T235—1999)执行。

1.1.6 施 工 工 艺

1.1.6.1 工艺流程

土工合成材料地基的施工工艺流程见图1.1.6.1。



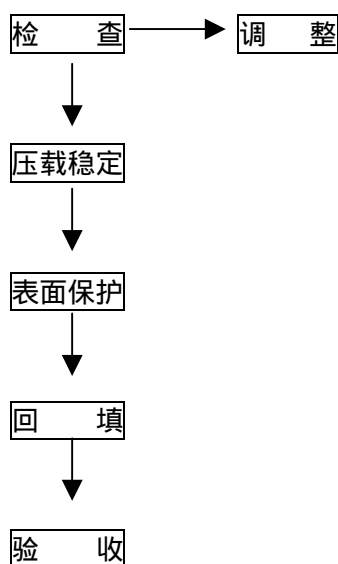


图 1.1.6.1 土工合成材料地基施工工艺流程

### 1.1.6.2 操作工艺

#### 1. 基层处理

(1) 铺放土工合成材料的基层应平整，局部高差不大于 50mm。清除树根、草根及硬物，避免损伤破坏土工合成材料。

(2) 对于不宜直接铺放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，宜用中粗砂，含泥量不大于 5%。

#### 2. 土工合成材料铺放

(1) 首先应检查材料有无损伤破坏。

(2) 土工合成材料须按其主要受力方向铺放。

(3) 铺放时应用人工拉紧，没有皱折，且紧贴下承层。应随铺随及时压固，以免被风掀起。

(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，用聚合材料绳或棒或特种连接件连接。对土工织物及土工膜可采用搭接或缝接。

(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) 土工织物、土工膜的连接可采用搭接法、缝合法和胶结法。连接处强度不得低于设计要求的强度。

##### 1) 搭接法：

搭接长度 300 ~ 1000mm，视建筑荷载、铺设地形、基层特性和铺放条件而定。一般情况下采用 300 ~ 500mm。荷载大、地形倾斜、基层极软，不小于 500mm，水下铺放不小于 1000mm。当土工织物、土工膜上铺有砂垫层时不宜采用搭接法。

##### 2) 缝合法：

采用尼龙或涤纶线将土工织物或土工膜双道缝合，两道缝线间距 10 ~ 25mm。缝合形式如图 1.1.6.2 所示。

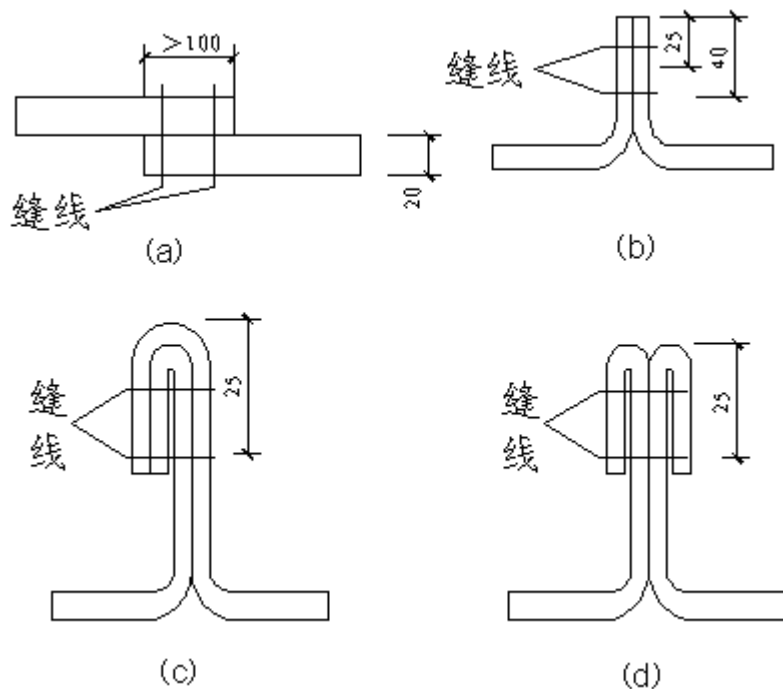


图 1.1.6.2 缝合尺寸 (尺寸单位 mm) (a) 平接; (b) 对接;  
(c) J 字形接; (d) 碟形接

### 3) 胶结法:

采用热粘接或胶粘接。粘接时搭接宽度不宜小于 100mm。

(8) 在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, 应在其上缝补新材料。新材料面积不小于破坏面积的 4 倍, 边长不小于 1000mm。

### 3. 回填

(1) 土工合成材料垫层地基, 无论是使用单层还是多层土工合成加筋材料, 作为加筋垫层结构的回填料, 材料种类、层间高度、碾压密实度等都应由设计确定。

(2) 回填料为中、粗、砾砂或细粒碎石类时, 在距土工合成材料(主要指土工织物或土工膜)80mm 范围内, 最大粒径应小于 60mm, 当采用黏性土时, 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。

(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 50mm 的砂层。

(4) 对于黏性土, 含水量应控制在最佳含水量的  $\pm 2\%$  以内, 密实度不小于最大密实度的 95%。

(5) 回填土应分层进行, 每层填土的厚度应随填土的深度及所选压实机械性能确定。一般为 100 ~ 300mm, 但筋上第一层填土厚度不小于 150mm。

(6) 填土顺序对不同的地基有不同要求:

1) 极软地基采用后卸式运土车, 先从土工合成材料两侧卸土, 形成戗台, 然后对称往两戗台间填土。施工平面应始终呈“凹”形(凹口朝前进方向)。

2) 一般地基采用从中心向外侧对称进行。平面上呈“凸”形(突口朝前进方向)。

(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, 填土机械只能沿垂直于土工合成材料的铺放方向运行。应用轻型机械(压力小于 55kPa)摊料或碾压。填土高度大于 600mm 后方可使用重型机械。

## 1.1.7 质量标准

1. 土工合成材料地基应满足设计要求的地基承载力。
2. 土工合成材料地基表面应平整。
3. 土工合成材料地基质量检验标准应符合表 1.1.7 的规定。

质量标准

表 1.1.7

| 项    | 序 | 检查项目      | 允许误差或允许值 |      | 检 查 方 法                  |
|------|---|-----------|----------|------|--------------------------|
|      |   |           | 单位       | 数值   |                          |
| 主控项目 | 1 | 土工合成材料强度  | %        | 5    | 置于夹具上做拉伸试验<br>(结果与设计标准比) |
|      | 2 | 土工合成材料延伸率 | %        | 3    | 置于夹具上做拉伸试验<br>(结果与设计标准比) |
|      | 3 | 地基承载力     | 设计要求     |      | 按规定的方法                   |
| 一般项目 | 1 | 土工合成材料搭接度 | mm       | 300  | 用 钢 尺 量                  |
|      | 2 | 土石料有机质含量  | %        | 5    | 焙 烧 法                    |
|      | 3 | 层面平整度     | mm       | 20   | 用 2m 靠 尺                 |
|      | 4 | 每层铺设厚度    | mm       | ± 25 | 水 准 仪                    |

## 1.1.8 成品保护

1. 铺放土工合成材料，现场施工人员禁止穿硬底或带钉的鞋；
2. 土工合成材料铺放后，宜在 48h 内覆盖，避免曝晒；
3. 严禁机械直接在土工合成材料表面行走；
4. 用黏土做回填时，应采取排水措施。雨雪天要加以遮盖。

## 1.1.9 安全环保措施

1. 土工合成材料存放点和施工现场禁止烟火；
2. 土工格栅冬季易变硬，应防止施工人员割、碰损伤；
3. 土工合成废料要及时回收集中处理，以免污染环境。

## 1.1.10 质量记录

土工合成材料地基工程验收时应有以下质量记录：

1. 土工合成材料产品出厂合格证；
2. 土工合成材料性能（按设计要求项目）实验报告；
3. 土工合成材料接头抽样试验报告；
4. 土工合成材料地基工程检验批质量验收记录；
5. 土工合成材料地基工程隐蔽检查资料；
6. 土工合成材料地基承载力检验报告；
7. 设计文件资料；
8. 施工技术交底资料；
9. 当地建设主管部门或规范要求的其他资料。

## 1.2 强夯地基施工工艺

### 1.2.1 总 则。

#### 1.2.1.1 适用范围。

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。对于高饱和度的粉土和黏性土等地基，当采用块石、碎石或其他粗颗粒材料进行强夯置换，应通过现场试验确定其适用性；当强夯所产生的振动，对现场周围已建成或正在施工的建筑物或构筑物有影响时不得采用，必须采用时应采取防振措施。

#### 1.2.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)；
3. 中华人民共和国行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—2002)。

### 1.2.2 术 语

1. 强夯法：用大吨位（10～40t）夯锤，反复起吊至高处（6～30m）使其自由下落，给地基以冲击和振动能量，将地基土夯实的地基处理方法。

2. 强夯地基：利用重锤自由下落的冲击能来夯实浅层填土地基，使表面形成一层较为均匀的硬土层来承受上部荷载的地基。

### 1.2.3 基 本 规 定

1. 强夯施工前，应在现场有代表性的场地上选取一个或几个试验区，进行试夯或试验性施工，以确定相应的施工参数。试验区数量应根据建筑场地的复杂程度、建设规模及建筑类型确定。

2. 施工前应检查夯锤重量、尺寸，落距控制手段，排水设施及被夯地基的土质。
3. 施工中应检查落距、夯击遍数、夯点位置、夯击范围。
4. 施工结束后，检查被夯地基的强度并进行承载力检验。

### 1.2.4 施 工 准 备

#### 1.2.4.1 技术准备

1. 应有工程地质勘察报告、强夯场地平面图及设计对强夯的效果要求等技术资料。
2. 结合场区内的具体情况，编制施工组织设计或施工方案。
3. 对现场施工人员进行技术交底，专业工种应进行短期专业技术培训。
4. 进行测量基准交底、复测及验收工作。
5. 其他技术准备工作。



1.2.4.2 劳动力准备

起重司机 1 名、起重工 2 名；辅助工 4 名（单机单班考虑）。

1.2.4.3 主要机具

1. 夯锤：可用钢材制作，或用钢板为外壳，内部焊接骨架后灌注混凝土制成。夯锤底面为方形或圆形。锤底面积宜按土的性质确定，锤底静接地压力值可取 25～40kPa，对于细颗粒土锤底静接地压力宜取较小值。夯锤的底面宜对称设置若干个与其顶面贯通的排气孔，孔径可取 250～300mm。

2. 起重机械：宜选用起重能力 15t 以上的履带式起重机或其他专用起重设备，但必须满足夯锤起吊重量和提升高度的要求，并均需设安全装置，防止夯击时臂杆后仰。

3. 自动脱钩装置：要求有足够强度，起吊时不产生滑钩；脱钩灵活，能保持夯锤平稳下落，挂钩方便、迅速。

4. 推土机：用 T<sub>3</sub>—100 型，用作回填、整平夯坑和作地锚。

5. 检测设备：有标准贯入度、静力触探或轻便触探等设备以及土工常规试验仪器。

1.2.4.4 作业条件

1. 场地已整平，机械设备进出场道路已修好。表面松散土层已经预压。雨期施工周边已挖好排水沟，防止场地表面积水。

2. 现场积水已排除，满足机械行走作业。

1.2.5 施工工艺

1.2.5.1 工艺流程

场地平整 布置夯点 机械就位 夯锤起吊至预定高度 夯锤自由下落 按设计要求重复夯击 低能量夯实表层松土

1.2.5.2 设计

1. 有效加固深度：

$$H=a\sqrt{M\cdot h}$$

式中  $a$ ——修正系数，一般黏性土取 0.5，砂性土到 0.7，黄土取 0.35～0.5；  
 $H$ ——有效加固深度（m）；  
 $M$ ——夯锤重（t）；  
 $h$ ——落距（m）。

实际影响有效加固深度的因素很多，除了锤重和落距外，还有地基土层的性质、不同土层的厚度和埋藏顺序、地下水位以及其他强夯的设计参数等都与有效加固深度密切相关。在缺少经验或试验资料时，可按表 1.2.5.2 预估。

强夯的有效加固深度(m)表

表 1.2.5.2

|                     |             |                   |
|---------------------|-------------|-------------------|
| 单击夯击能<br>( kN · m ) | 碎石土、砂土等粗颗粒土 | 粉土、黏性土、湿陷性黄土等细颗粒土 |
|---------------------|-------------|-------------------|

|      |             |           |
|------|-------------|-----------|
| 1000 | 5.0 ~ 6.0   | 4.0 ~ 5.0 |
| 2000 | 6.0 ~ 7.0   | 5.0 ~ 6.0 |
| 3000 | 7.0 ~ 8.0   | 6.0 ~ 7.0 |
| 4000 | 8.0 ~ 9.0   | 7.0 ~ 8.0 |
| 5000 | 9.0 ~ 9.5   | 8.0 ~ 8.5 |
| 6000 | 9.5 ~ 10.0  | 8.5 ~ 9.0 |
| 8000 | 10.0 ~ 10.5 | 9.0 ~ 9.5 |

注：强夯的有效加固深度应从最初起夯面算起。

2. 夯点的夯击次数，应按现场试夯得到的夯击次数和夯沉量关系曲线确定，并应同时满足下列条件：

(1) 最后两击的平均夯沉量不大于下列数值：当单击夯击能量小于 4000kN·m 时为 50mm；当单击夯击能量为 4000 ~ 6000kN·m 时为 100mm；当单击夯击能量大于 6000kN·m 时为 200mm；

(2) 夯坑周围地面不应发生过大的隆起；

(3) 不因夯坑过深而发生起锤困难。

3. 夯击遍数应根据地基土的性质确定，可采用点夯 2 ~ 3 遍，对于渗透性较差的细颗粒土，必要时夯击遍数可适当增加。最后再以低能量满夯 2 遍，满夯可采用轻锤或低落距多次夯击，锤印搭接。

4. 两遍夯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，可根据地基土渗透性确定，对于渗透性较差的黏性土地基，间隔时间不应少于 3 ~ 4 周；对于渗透性好的地基可连续夯击。

5. 夯击点位置可根据基底平面形状，采用等边三角形、等腰三角形或正方形布置。第一遍夯击点间距可取夯锤直径的 2.5 ~ 3.5 倍，第二遍夯击点位于第一遍夯击点之间。以后各遍夯击点间距可适当减小。对处理深度较深或单击夯击能较大的工程，第一遍夯击点间距宜适当增大。

6. 强夯处理范围应大于建筑物基础范围，每边超出基础外缘的宽度宜为基底下设计处理深度的  $1/2 \sim 2/3$ ，并不宜小于 3m。

7. 根据初步确定的强夯参数，提出强夯试验方案，进行现场试夯。应根据不同土质条件待试夯结束一至数周后，对试夯场地进行检测，并与夯前测试数据进行对比，检验强夯效果，确定工程采用的各项强夯参数。

8. 强夯地基承载力特征值应通过现场载荷试验确定，初步设计时也可根据夯后原位测试和土工试验指标按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002) 有关规定确定。

9. 强夯地基变形计算应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002) 有关规定。夯后有效加固深度内土层的压缩模量应通过原位测试或土工试验确定。

### 1.2.5.3 操作工艺

#### 1. 强夯工艺要点

- (1) 清理并平整施工场地；
- (2) 标识第一遍强夯点位置，并测量原地面高程；
- (3) 起重机就位，使夯锤中心对准夯点位置；
- (4) 测量夯前锤顶标高；
- (5) 将夯锤起吊到预定高度，夯锤脱落自由下落后放下吊钩，测量锤顶标高；若发现

因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时，应及时将坑底整平；

(6) 重复步骤(5)，按设计要求的夯击次数及控制标准，完成一个夯点的夯击；

(7) 换夯点，重复(3)～(6)，完成第一遍全部夯点的夯击；

(8) 用推土机将夯坑填平，并测量场地高度；

(9) 在规定的间隔时间后，按以上步骤逐次完成强夯夯击遍数，最后用低能量满夯，将功赎罪表层松土夯实，并测量夯后场地标高。

## 2. 施工操作要点

(1) 强夯施工场地应平整并能承受夯击机械荷载，施工前必须清除所有障碍物及地下管线。

(2) 强夯机械必须符合夯锤起吊重量和提升高度要求，并设置安全装置，防止夯击时起重机臂杆在突然卸重时发生后倾和减少臂杆的振动。安全装置一般采用在臂杆的顶部用两根钢丝绳锚系到起重机前方的推土机上。不进行强夯施工时，推土机可作平整场地用。

(3) 强夯施工，必须严格按照试验确定的技术参数进行控制。夯击深度应用水准仪测量控制。

(4) 每夯击一遍后，应测量场地平均下沉量，然后用土将夯坑平，方可进行下一遍夯实，施工平均下沉量必须符合设计要求。

(5) 强夯时，首先应检验夯锤是否处于中心，若有偏心时，应采取在锤边焊钢板或增减混凝土等办法使其平衡，防止夯坑倾斜。

(6) 夯击时，落锤应保持平稳，夯位正确。如错位或坑底倾斜度过大，应及时用砂土将坑整平，予以补夯后方可进行下一道工序。

(7) 淤泥及淤泥质土地基强夯，通常采用开挖排水盲沟（盲沟的开挖深度、间距、方向等技术参数应根据现场水文、地质条件确定，或在夯坑内回填粗骨料，进行置换强夯。

(8) 强夯时，会对地基及周围建筑物产生一定的振动，夯击点宜距现有建筑物 15m 以上，如间距不足，可在夯点与建筑物之间开挖隔振沟带，其沟深要超过建筑物的基础深度，并有足够的长度，或把强夯场地包围起来。

## 3. 雨期强夯施工措施

(1) 强夯施工宜在干旱季节进行。在雨期施工时应采取措施防止场地积水，导致土质变软，以致出现挤出现象，降低强夯效果。

(2) 根据总图利用自然地形确定明沟排水方向，按规定坡度挖好明沟，以确保施工质量。

(3) 对强夯的区域及时进行表面碾压。

(4) 掌握天气变化情况，做到事前预防。

(5) 履带式起重机在雨后强夯时，严禁在未经夯实的虚土上或低洼处作业，同时应进行试吊，将夯锤吊离地面 1m 左右往返起落数次，确定稳妥后，方可正式强夯。

(6) 使用轮胎式起重机在强夯和移机过程中都应铺设垫板。

# 1.2.6 质量标准

强夯地基质量检验标准应符合表 1.2.6 的规定。

强夯地基质量检验标准

表 1.2.6

| 项 目  | 序 号 | 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 强 度         | 设 计 要 求  |       | 按规定方法   |
|      | 2   | 地 基 承 载 力       | 设 计 要 求  |       | 按规定方法   |
| 一般项目 | 1   | 夯 锤 落 距         | mm       | ± 300 | 钢索设标志   |
|      | 2   | 锤 重             | Kg       | ± 100 | 称 重     |
|      | 3   | 夯击遍数及顺序         | 设 计 要 求  |       | 计数法     |
|      | 4   | 夯 点 间 距         | mm       | ± 500 | 用钢尺量    |
|      | 5   | 夯击范围内 (超过基础范围距离 | 设 计 要 求  |       | 用钢尺量    |
|      | 6   | 前后两遍间歇时间        | 设 计 要 求  |       |         |

## 1.2.7 成品保护

1. 做好现场测量控制桩、控制网的保护工作。
2. 做好现场夯击位置布点的保护工作。
3. 做好现场排水设施的保护工作。

## 1.2.8 安全环保措施

1. 建立健全安全生产责任制和安全保证体系，对全体施工人员进行安全教育，组织学习安全技术规范及施工设备的安全操作规程。
2. 定期和不定期地组织安全检查，发现隐患应及时整改。
3. 进入现场必须带安全帽，特殊工种应持证上岗。
4. 吊机起重臂活动范围内严禁站人，非工作人员严禁进入强夯区域。
5. 夯机驾驶室前应安装安全防护网，测量仪器应架设在距夯机 30m 以外的地方，夯锤下落位置与施工人员的安全距离为 20m。
6. 汽车吊行走时应铺放 4m×2m×0.02m 钢板。
7. 施工时应随时观察机械的工作状态，发现问题及时予以解决。
8. 施工应按计划有序进行，保持现场安全文明施工。
9. 施工垃圾、生活垃圾应定期清理，以免污染环境。

## 1.2.9 质量记录

1. 强夯施工纪录；
2. 强夯地基质量检验评定；
3. 强夯地基承载力检验记录；
4. 其他必须提供的文件和记录。

## 1.3 真空预压加固地基工程施工工艺标准

### 1.3.1 总 则

#### 1.3.1.1 适用范围

真空预压法适用于处理饱和匀质黏性土及含薄层砂夹层的黏性土，特别适用于新淤填土、超软土地基的加固。

#### 1.3.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)；
3. 中华人民共和国行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—2002)。

### 1.3.2 术 语

1. 预压地基：在原状土上加载，使土中水排出，以实现土的排水固结，减少建筑物地基后期沉降和提高地基承载力。按加载方法不同，分为堆载预压、真空预压、降水预压三种不同方法的预压地基。

2. 真空预压：是以大气压力作为预压载荷，通过先在需加固的软土地基表面铺设一层透水砂垫层或砂砾层，再在其上覆盖一层不透气的塑料薄膜或橡胶布，四周密封与大气隔绝，在砂垫层内埋设渗水管道，然后与真空泵连通进行抽气，使透水材料保持较高的真空度，在土的孔隙水中产生负的孔隙水压力，将土中的孔隙水和空气逐渐吸出，从而使土体固结的一种软土地基加固方法。

### 1.3.3 基本规定

1. 真空预压加固地基施工前，必须详细分析地质勘察资料，了解土层在水平和竖直方向的分布和层理变化，透水层的位置、地下水类型及水源补给条件等。通过土工试验确定土层的先期固结压力、孔隙比和固结压力关系、渗透系数、固结系数、三轴试验抗剪强度指标以及原位十字板抗剪强度等。同时踏勘工程附近管线、建筑物、构筑物和其他公共设施的构造情况。

2. 对重要工程，应预先在现场选择试验区进行预压试验，在预压过程中应进行竖向变形、侧向位移、孔隙水压力、地下水位等项目的监测并进行原位十字板剪切试验和室内土工试验。根据试验区获得的监测资料确定加载速率控制指标、推算土的固结系数、固结度及最终竖向变形等，分析地基处理效果，对原设计进行修正，并指导全场的设计和施工。

3. 对主要以变形控制的建筑，当塑料排水带或砂井等排水竖井处理深度范围内和竖井底面以下受压土层经预压所完成的变形量和平均固结度符合设计要求时，方可卸载。对主要以地基承载力或抗滑稳定性控制的建筑，当地基土经预压而增长的强度满足建筑物地基承载力或稳定性要求时，方可卸载。

4. 施工前应检查施工监测措施，沉降、孔隙水压力等原始数据，塑料排水带等位置。

5. 真空预压施工应检查密封膜的密封性能、真空表读数等。塑料排水带的质量标准应

6. 施工单位必须具备相应专业资质、完善的质量管理体系和质量检验制度。

#### 1.3.4.1 技术准备

- ### 1.3.4.2 材料准备

### 1.3.4.3 主要机具

- 表 1.3.4.3**

#### 1.3.4.4 劳动组织

**表 1.3.4.4**

| 序号 | 项 目    | 工 种   | 人数 |                               |
|----|--------|-------|----|-------------------------------|
| 1  | 准备工作阶段 |       |    | 工种及人数视工程量大小，工期量要求及现场居住条件作相应考虑 |
|    | 插板作业   | 机械操作工 | 2  | 按 1 台桩机 1 个作业班配备              |

|   |        |     |     |                                      |
|---|--------|-----|-----|--------------------------------------|
| 2 |        | 电 工 | 1   |                                      |
|   |        | 指 挥 | 1   |                                      |
|   |        | 力 工 | 8   |                                      |
| 3 | 挖膜沟、筑埝 | 力 工 | 20  | 以每 10000m <sup>2</sup> 配备            |
| 4 | 铺膜     | 力 工 | 30  | 以每 10000m <sup>2</sup> 临时配备          |
| 5 | 设备安装   | 电 工 | 4   | 以每 10000m <sup>2</sup> 配备            |
|   |        | 钳 工 | 3~4 |                                      |
|   |        | 力 工 | 20  |                                      |
|   |        | 钳 工 | 1   |                                      |
| 6 | 抽 气    | 电 工 | 2   | 按三班运行，每班正常人员配备<br>( 白班进行修补增加力工 3~4 ) |
|   |        | 钳 工 | 1   |                                      |
|   |        | 测量工 | 2   |                                      |
|   |        | 运行工 | 3   |                                      |
|   |        | 力 工 | 4   |                                      |

#### 1.3.4.5 作业条件

开工前必须水通、电通、路通，技术准备、材料准备、主要机具准备齐全。

### 1.3.5 材料质量要点

1. 工作垫层应选用柔韧性好的荆笆，铺滤水层的材料通常用中粗砂，密封膜选项用 0.08~0.10mm 的普通白色聚氯乙烯农用薄膜，滤水管选用 90 聚氯乙烯硬塑料制作。

2. 塑料排水带质量要求

(1) 不同型号塑料排水带的厚度应符合表 1.3.5 - 1

不同型号排水带的厚度 (mm) 表 1.3.5-1

| 型 号 | A    | B    | C    | D  |
|-----|------|------|------|----|
| 厚 度 | >3.5 | >4.0 | >4.5 | >6 |

(2) 塑料排水带的性能应符合表 1.3.5 - 2。

塑料排水带的性能

表 1.3.5-2

| 项 目             |     | 单 位                | A 型                | B 型 | C 型 | 条 件                       |
|-----------------|-----|--------------------|--------------------|-----|-----|---------------------------|
| 纵向通水量           |     | cm <sup>3</sup> /s | 15                 | 25  | 40  | 侧 压 力                     |
| 滤膜渗透系数          |     | cm/s               | $5 \times 10^{-4}$ |     |     | 试件在水中浸泡泡沫塑料 24h           |
| 滤膜等效孔径          |     | μm                 | < 75               |     |     | 以 D <sub>98</sub> 计，D 为孔径 |
| 复合体抗拉强度<br>(干态) |     | KN/10cm            | 1.0                | 1.3 | 1.5 | 延伸率 10%时                  |
| 滤膜抗<br>拉强度      | 干 态 | N/cm               | 15                 | 25  | 30  | 延伸率 10%时                  |
|                 | 湿 态 |                    | 10                 | 20  | 25  | 延伸率 15%时，试件在水中浸泡 24h      |
| 滤 膜 重 度         |     | N/m <sup>2</sup>   | -                  | 0.8 | -   |                           |

注：1. A 型排水带适用于插入深度小于 1.5m;

2. B 型排水带适用于插入深度小于 2.5m;

3. C 型排水带适用于插入深度小于 3 5 m.

## 1.3.6 施工工艺

### 1.3.6.1 工艺流程

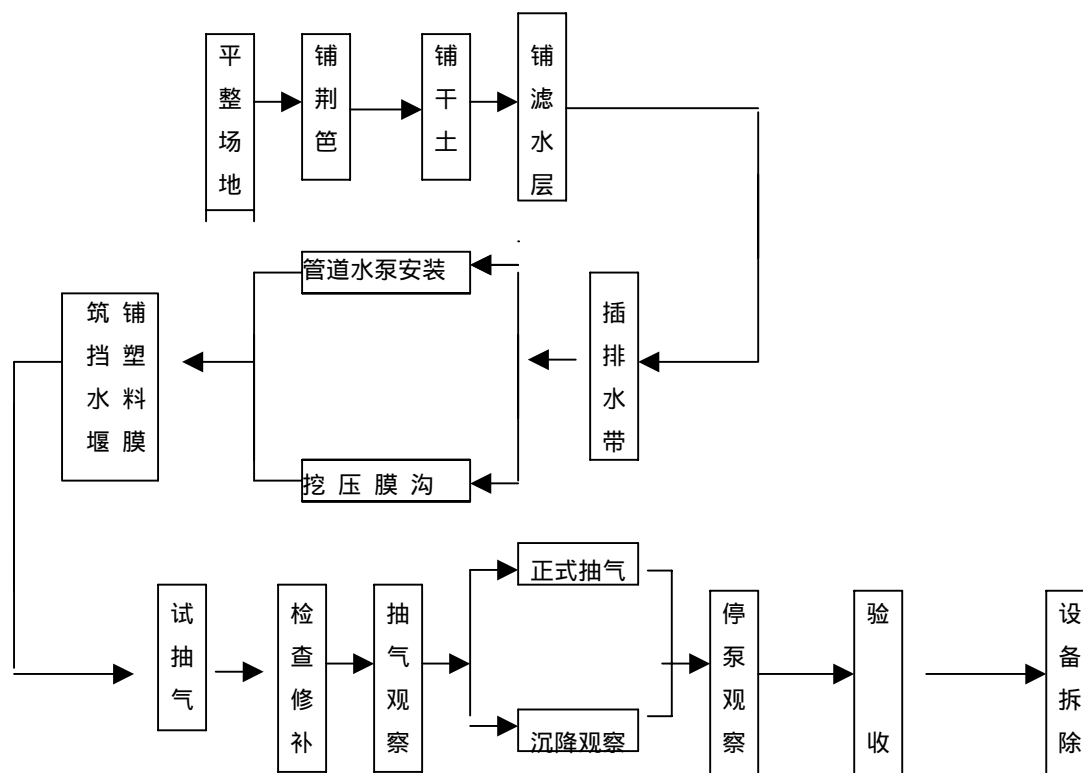


图 1.3.6.1 真空预压工艺流程

### 1.3.6.2 操作工艺

#### 1. 工作垫层

作垫层由铺荆笆和填干土两道工序组成，做法为：先铺荆笆，选用柔韧性好的荆笆，在软土表面按顺序满铺两层，荆笆的块与块之间搭接 200mm，并用 14~16 号钢丝按 500mm 间距绑扎牢固，层与层之间要错缝。然后填土，厚度不小于 400mm。填土宜用人工手推车进行，严禁用机械作业，亦禁止在加固区内堆放土，以防止被加固土受到扰动而影响下道工序施工和造成回填材料浪费。

#### 2. 铺滤水层

滤水层的材料通常用中粗砂，也可用不带利刃的其他小颗粒材料代替（如电厂的工业废料、液态渣），其作用是在土表面形成水平排水通道。滤水层厚度为 400mm，作业要求表面平整、厚度均匀，厚度误差不大于±20mm，如原来地势高低起伏太大时，在铺干土和铺滤水层时进行调整。铺滤水层亦应由人工用手推车进行。

#### 3. 插塑料排水带

（1）塑料排水带是专门用于土体排水的专用材料，用于竖向排水有 A、B、C、D 型四种规格。

#### （2）插板的操作要点

1) 插板前应根据设计要求和地块形状进行布点，接近加固区周边的排水带应离开铺膜



沟中心线 1200 ~ 1500mm。门式插板机转向比较困难，因而行走方向应沿地块长方向安排。

2) 排水带的平面布置和埋置深度应严格控制，水平间距允许误差不大于± 100 mm，埋置深度允许误差不大于± 200mm。为防止埋置深度不够，要根据土质条件选择合适的桩靴，操作时桩管满足插入深度后先缓缓向上拔管，待确认排水带下端锚固后再加快拔管速度。

3) 单根排水带长度计算，应增加桩尖锚固时折起长度 200mm 和滤水层上表面加长 200mm。因桩孔中土体在回涌时，会将排水带下拉，故要求桩孔应及时回填。回填时应将排水带适当向上提拉，以保证排水带上端在滤水层内的埋置长度。

4) 排水带出厂时每盘长度 200m，塑料排水带需要接长时，应采用滤膜内芯板平搭接的连接方式，搭接长度宜大于 200mm。

#### 4. 铺管网和设备安装

##### (1) 滤水管

滤水管采用 90 聚乙烯硬塑料管制作，在管壁上按每 60mm 钻一圈 10 小孔，每圈为 6 个孔。然后在管表面先裹一层塑料窗纱，再包一层剪去硬皮的棕皮，并用 16 号钢丝按每 100 mm 一道绑扎牢固。安装和绑扎时应注意将绑扎钢丝头朝下，以防扎破上面的密封膜。滤水管的间距不大于 8m，外侧管距膜沟中心线距离不大于 4m。

##### (2) 真空泵

射流式真空泵是由射流器、离心式清水泵、循环水箱等组成，真空泵是真空预压的关键设备，其性能好坏直接影响加固效果。

#### 5. 加固单元划分

加固单元是指在一张完整的密封膜覆盖下的加固地块为一个单元。一般情况下，加固单元的面积不大于 10000m<sup>2</sup>，不小于 2000m<sup>2</sup>；过大会增加施工难度，过小则加大工程成本，此外还应根据地形和地势条件灵活掌握，划分加固单元和技术条件有：

(1) 地块的长边和短边之比不大于 3 : 2。

(2) 地块的地势要平坦，相对高差不大于 0.3m，否则应适当划分小单元面积。

#### 6. 密封膜

(1) 塑料薄膜采用厚度为 0.08 ~ 0.10 mm 的普通白色聚乙烯农用薄膜按一定尺寸要求经热缝合而成。为防止热冷缩，加工尺寸应比实际尺寸大一些。

##### (2) 铺膜

密封膜应铺三层，铺膜前应先挖好压膜沟。铺膜工作应选择无风天气、在白天一次完成。一块 10000m<sup>2</sup> 的地块，铺膜的人数不少于 30 人。并应准备足够数量的氯丁胶和高温热合机及部分备用整卷塑料薄膜。施工人员必须穿无钉软底鞋，认真检查塑料薄膜有无开焊、破孔，并及时修补。第一层膜修补后才能铺第二层、第三层。相邻两层膜的合缝必须错开 500mm 以上，严禁焊接缝重叠。修补孔洞可用小块薄膜，要求用湿布将破孔周围和小薄膜擦洗干净，再分别涂刷氯丁胶，待胶干燥（以不粘手为准）后将小块膜粘贴在破孔处，以两层膜间没有气泡即可。

##### (3) 压膜沟与挡水埝

为了保证压膜沟的密封质量，压膜前需先在沟内灌水深 200 ~ 300mm。压膜时先把膜浸入水底，再在膜上压一层黏土。当泥浸透后由人工将黏泥踩成泥浆，然后再在沟里填黏土，并分层轻轻夯实。膜沟填实后再做挡水埝，埝高 600 ~ 800mm，同一块的埝顶要在同一平面上，高差不大于 100mm，为防止风浪冲刷和便于行走，埝顶压两层土袋。

##### (4) 局部密封

抽气管需穿过密封膜，膜与钢管的接口处需采取特殊的密封措施，既要把接口处压密实，又要防止抽真空时将膜拉裂。

#### 7. 预压

### (1) 试抽气

抽气开始时,应将所有的抽气泵同时开动,并认真观察真空度的变化,正常情况下开泵后 2~4h,泵口处的真空度应达到 2.66kPa (20mmHg)。此时应安排专人在地块内和膜沟附近巡查,寻找漏气部位。如有漏气,停泵进行修理工,直至无漏气点为止。巡查时应特别注意压膜沟有无漏气,如有漏气应及时停泵,进行全面检修。检修内容包括:

- 1) 挡水埝和膜沟外侧的地面有无裂缝,塌陷,并查明原因进行加固处理。
- 2) 预压区内有无过大的不均匀沉降,如沉降呈凹塌状时要剪开密封膜用砂子填平;
- 3) 真空表灵敏度是否正常。
- 4) 电器、机械是否完好。

### (2) 抽气

经检查修理,再抽气时真空度提高很快,此时更应注意观察整个预压区内有无异常,因为随着真空度的提高,一旦发生故障,情况比较突然,会造成较大的损坏,而且不易修复。经过 24h 抽气,如情况正常,便可向埝内灌水密封;亦可采用膜上全面覆水密封,可提高膜的密封性能;防止塑料膜直接爆晒,减缓膜的老化;冬期施工可以起到保温防冻作用。

### (3) 观测与检测

施工单位一般只负责表面沉降观测,其他诸如分层沉降观测、分层孔隙水压检测、侧向位移等测试项目一般由设计单位委派的监测单位负责,其目的是对设计方案和加固效果进行评估。

#### 1) 临时水准点。

由于真空预压的地块处在大面积软土地区,附近很难设置较好的临时水准点。为此除需就近选择正式水准点供施工观测时对观测结果进行调整外,还必须认真做好临时水准点。

临时观测点可将 100mm 的钢管,用插板机插入地下,钢管下端应达到比较密实的土层。当桩周土稳定后(一般需 15d),在桩顶浇注混凝土墩,并埋入短钢筋头制成水准点。

#### 2) 沉降观测标尺

沉降观测尺以每 500m<sup>2</sup> 设一个标尺,底座用混凝土制作。尺杆要选用经烘干的红松制作,尺杆每格读数为 5mm。为防止放尺时割破塑料膜,宜在尺座下垫两层塑料编织袋。

#### 3) 沉降观测

沉降观测每天应观测一次。如遇到大风天气,应在观测记录中注明。观测时必须按平面图中的编号顺序进行,并做好记录。

## 1.3.7 质量标准

### 1.3.7.1 真空预压地基和塑料排水带质量检验标准应符合表 1.3.7.1 的规定。

真空预压地基和塑料排水带质量检验标准

表 1.3.7.1

| 项    | 序号 | 检查项目        | 允许偏差或允许值 |     | 检验方法          |
|------|----|-------------|----------|-----|---------------|
|      |    |             | 单位       | 数值  |               |
| 主控项目 | 1  | 真空度降低值      | %        | < 2 | 观察真空表         |
|      | 2  | 固结度(与设计要求比) | %        | 2   | 根据设计要求采用不同的方法 |
|      | 3  | 承载力或其他性能指标  | 设计要求     |     | 按规定方法         |

|      |   |               |    |           |           |
|------|---|---------------|----|-----------|-----------|
| 一般项目 | 1 | 沉降速率（与控制值比）   | %  | $\pm 10$  | 水准仪       |
|      | 2 | 砂井或塑料排水带位置    | mm | $\pm 100$ | 用钢尺量      |
|      | 3 | 砂井或塑料排水带插入深度  | mm | $\pm 200$ | 插入时用经纬仪检查 |
|      | 4 | 插入塑料排水带时的回带长度 | mm | 500       | 用钢尺量      |
|      | 5 | 塑料排水带或砂井      | mm | 200       | 用钢尺量      |
|      | 6 | 插入塑料排水带的回带根数  | %  | $< 5$     | 目测        |

### 1.3.7.2 质量检验

1. 对于以抗滑移控制的重点工程，应在预压区内选择代表性地点预留孔位，在加载不同阶段进行不同深度的十字板抗剪强度试验和取土进行室内试验，以验算地基的抗滑移稳定性，并检验地基的处理效果。

2. 预压期应及时整理变形与时间、孔隙水压力与时间等关系曲线，推算地基的最终固结变形量、不同时间的固结度和相应的变形量，以分析处理效果并为确定卸载时间提供依据。

3. 真空预压处理地基除应进行地基变形和孔隙水压力观测外，尚应量测膜下真空度和砂井不同深度的真空度，真空度应满足设计要求。

4. 预压后的地基应进行十字板抗剪强度试验及室内土工试验等，以检验处理效果。

5. 真空预压地基其竣工后的承载力必须达到设计要求的标准。检验数量，每单位工程不应少于3点，1000 m<sup>2</sup>以上工程，每100 m<sup>2</sup>至少应有一点，3000 m<sup>2</sup>以上工程，每300 m<sup>2</sup>至少应有一点。

## 1.3.8 成品保护

1. 塑料薄膜和塑料排水带要妥当存放，防止损坏。

2. 塑料薄膜铺完后，应采取防护措施，以防损坏薄膜。

## 1.3.9 安全环保措施

### 1.3.9.1 用电安全

1. 真空预压大都在空旷荒野施工，作业人数少，预压阶段是带水作业，必须高度重视用电安全。

2. 变压器以下的所有施工线路，必须采用“三相五线”制。所有用电设备必须配备国家指定的标准闸箱。

3. 固定电源线必须架空，拖地电缆必须采用防水橡胶电缆，且必须符合耐压要求。严禁使用已老化的旧电缆，或不合格的产品。所有的电缆接头必须有严格的防漏电措施，并用木桩将接头竖起架离地面。

4. 电工或运行工，上岗值班两人同岗，严禁单人上岗，必须坚持定期安全检查制度。强风、暴雨后应立即进行线路和用电设备检查。

### 1.3.9.2 机械作业

1. 插板机的安装、拆卸必须有专人指挥，登高作业的人员必须配备安全装置。

2. 两班制或三班制作业，必须执行班前交接制度和班后保养制度。机上人员必须遵守“清洗、润滑、调整、紧固、防腐”的十字作业法。

3. 插板机的卷扬机钢丝绳必须经常检查，及时更换。振动锤的所有紧固件必须有防振自锁装置，并经常检查紧固。

4. 插板机作业必须专人指挥，特别是穿桩靴的人员必须动作协调，严防人身伤害。

### 1.3.9.3 环保措施

施工现场合理布置、场容整洁、封闭施工，废弃物及时清理，现场进行有组织排水。严格执行国家现行环境保护有关规定和企业环境保护程序文件，防止有损坏周围环境和人身健康的现象发生。

## 1.3.10 质量记录

### 1.3.10.1 交工资料

交工资料包括：

1. 原始地面标高测量记录（见表 1.3.10.1-1）；

自然地面原始标高测量记录

表 1.3.10.1—1

|  |     |  |  |          |       |  |
|--|-----|--|--|----------|-------|--|
| 单位工程名称   |     |  |  | 施工单位名称   |       |  |
| 建设单位名称   |     |  |  | 测量日期     | 年 月 日 |  |
| 测量依据   |     |  |  |          |       |  |
| 水准点标高  | 相 对 |  |  | 使用仪器     |       |  |
|  | 绝 对 |  |  |          |       |  |
| 测点分布示意图： <span style="float: right;">尺寸单位：mm</span>    |     |  |  |          |       |  |
| 要求：第一次测量点分布必须和施工中沉降观测点的位置，编号相一致，以便计算该点的累计沉降量（即加固总沉降量）。 |     |  |  |          |       |  |
| 结论：  |     |  |  |          |       |  |
| 监理单位：  |     |  |  | 施工单位负责人： |       |  |
| 测量员：   |     |  |  | 复测员：     |       |  |

2. 沉降观测记录（见表 1.3.10.1-2）；

沉降观测记录表

1.3.10.1-2

单位工程名称：

第 页 共 页

资料编号

| 观察点编号 | 第 次       |          |    | 第 次       |          |    | 第 次       |          |    | 第 次       |          |    |
|-------|-----------|----------|----|-----------|----------|----|-----------|----------|----|-----------|----------|----|
|       | 年 月 日     |          |    | 年 月 日     |          |    | 年 月 日     |          |    | 年 月 日     |          |    |
|       | 标高<br>(m) | 沉降量 (mm) |    | 标高<br>(m) | 沉降量 (mm) |    | 标高<br>(m) | 沉降量 (mm) |    | 标高<br>(m) | 沉降量 (mm) |    |
|       |           | 本次       | 累计 |           | 本次       | 累计 |           | 本次       | 累计 |           | 本次       | 累计 |

[illegible]

## 3. 真空预压运行记录 (见表 1.3.10.1-3、表 1.3.10.1-4)

**真空预压运才记录 (泵上真空度) 表 1.3.1 0.1 - 3**

工程名称：

值班人员：

[illegible]

注：1 mmHg=133.322N/m<sup>2</sup>

### 真空预压运行记录 (膜内真空度)

表 1.3.101 - 4

工程名称：

值班人员：

|      |              |
|------|--------------|
| 查表时间 | 真空度记录 (mmHg) |
|------|--------------|

[illegible]

1.4.3 基本规定

1.4.3.1 使用本标准须符合《建筑地基处理技术规范》( JGJ79—2002 )、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》( GB50202—2002 ) 的相关规定。

1.4.3.2 高压喷射注浆施工前,必须具备完整的工程地质勘察资料及工程附近管线、建筑物、构筑物和其他公共设施的构造情况,当地下水流动速度较快时,应进行专项水文地质勘察。

1.4.3.3 施工过程中出现异常情况时,应立即停止施工,由监理或建设单位组织勘察、设计、施工等有关单位共同分析,解决问题。消除质量隐患,并应形成文件资料后方可继续施工。

1.4.3.4 正式施工前应进行现场喷射试验,以确定适宜的施工参数。

1.4.4 施工准备

1.4.4.1 技术准备

施工前应准备下述资料:

- 1.岩土工程勘察资料;
- 2.邻近建筑物和地下设施类型、分布及结构质量情况;
- 3.工程设计图纸、设计要求和须达到的标准及检测手段;
- 4.设计文件及相关规范;
- 5.编制施工组织设计和施工技术交底。

1.4.4.2 材料要求

- 1.高压喷射施工所用材料包括水泥、外加剂和水。
- 2.水泥宜采用强度等级为 32.5 以上的普通硅酸盐水泥,并按有关规定对水泥进行质量抽样检测。搅拌水泥浆所用的水须符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ63—89)的规定。
- 3.外加剂包括速凝剂、早强剂(如氯化钙、水玻璃、三乙醇胺等)、扩散剂( NNO、三乙醇胺、亚硝酸钠、硅酸钠等)、填充剂(粉煤灰、矿渣等)、抗冻剂(如沸石粉、NNO、三乙醇胺和亚硝酸钠)、抗渗剂(水玻璃)。
- 4.外加剂的使用必须按照设计要求,使用量必须按试验资料或已有工程经验确定。外加剂必须按要求复试合格后方可使用。

1.4.4.3 主要机具

高压喷射注浆主要机具包括:钻机,高压泥浆泵,高压清水泵,空压机,浆液搅拌机,真空泵与超声波传感器。机具设备的主要型号及性能见表 1.4.4.3。

高压喷射注浆需用的设备 表 1.4.4.3

| 设备名称 | 型号举例             | 主要性能                     | 所用注浆管 |     |     |     |
|------|------------------|--------------------------|-------|-----|-----|-----|
|      |                  |                          | 单管    | 二重管 | 三重管 | 多重管 |
| 钻机   | XJ-100 ,<br>SH30 | 慢速提升、旋转,可调节提升、旋转速度,可预先成孔 |       |     |     |     |
| 高压泥  | SNC-H300 , Y-2 液 | 泵量 80 ~ 230 L/min        |       |     |     |     |

|           |                              |   |  |  |  |  |
|-----------|------------------------------|---|--|--|--|--|
| 浆泵        | 压泵                           | 泵压 20 ~ 30 MPa                                    |  |  |  |  |
| 高压清水泵     | 3XB, 3W-6B<br>3W-7B          | 泵量 80 ~ 250 L/min<br>泵压 20 ~ 40 MPa               |  |  |  |  |
| 泥浆泵       | BW-150,<br>BW-200,<br>BW-250 | 泵量 90 ~ 150L/min<br>泵压 2 ~ 7MPa                   |  |  |  |  |
| 空压机       | YV-3/8LGY20-10/7             | 风量 3 ~ 10 m <sup>3</sup> /min<br>风压 0.7 ~ 0.8 MPa |  |  |  |  |
| 浆液搅拌机     |                              | 容量 0.8 ~ 2m <sup>3</sup>                          |  |  |  |  |
| 真空与超声波传感器 |                              |   |  |  |  |  |

#### 1.4.4.4 作业条件

1. 场地应具备“三通一平”条件，旋喷钻机行走范围内无地表障碍物。
2. 按有关要求铺设各种管线（施工电线，输浆、输水、输气管）；开挖储浆池及排浆沟（槽）。

### 1.4.5 材料和质量要点

#### 1.4.5.1 材料的关键要求

1. 无特殊要求时宜采用普通硅酸盐水泥，水泥强度等级不宜低于 32.5，具有出厂合格证明，并应按要求抽样送检，合格后方可使用。
2. 外加剂必须为合格产品，其使用量须经过试验确定或已具备成功经验。

#### 1.4.5.2 技术的关键要求

1. 施工前应复核高压喷射注浆的孔位。
2. 单管、二重管喷射高压泥浆泵注浆压力不应低于 20MPa。
3. 三重管及多重管喷射清水泵压力不应低于 25MPa。低压水泥浆液液流压力宜大于 1MPa，气流压力宜为 0.7MPa。高压喷射注浆通常采用的技术参数见表 1.4.5.2。

高压喷射注浆通常采用的技术参数 表 1.4.5.2

| 技术参数 |                         | 单管法 | 二重管法  | 三重管法      |
|------|-------------------------|-----|-------|-----------|
| 水    | 压力(MPa)                 | —   | —     | 25 ~ 30   |
|      | 流量(L/min)               | —   | —     | 80 ~ 120  |
|      | 喷嘴孔径(mm)                | —   | —     | 2 ~ 3.2   |
|      | 喷嘴个数                    | —   | —     | 1 ~ 2     |
| 空气   | 压力(MPa)                 | —   | 0.7   | 0.5 ~ 0.7 |
|      | 流量(m <sup>3</sup> /min) | —   | 1 ~ 2 | 0.5 ~ 2   |
|      | 喷嘴间隙(mm)                | —   | 1 ~ 2 | 1 ~ 3     |



|       |               |          |          |          |
|-------|---------------|----------|----------|----------|
| 浆 液   | 压力(MPa)       | 20 ~ 25  | 20 ~ 25  | 0.5 ~ 3  |
|       | 流量(L/min)     | 80 ~ 120 | 80 ~ 120 | 70 ~ 150 |
|       | 喷嘴孔径(mm)      | 2 ~ 3.2  | 2 ~ 3.2  | 8 ~ 14   |
|       | 喷嘴个数          | 1 ~ 2    | 1 ~ 2    | 1 ~ 2    |
| 注 浆 管 | 提升速 度(cm/min) | 15 ~ 25  | 10 ~ 20  | 7 ~ 14   |
|       | 旋转速度(r/min)   | 15 ~ 20  | 10 ~ 20  | 11 ~ 18  |
|       | 外径( mm)       | 42/50    | 42/50/75 | 75/90    |

4. 旋喷钻机旋转速度 10 ~ 20r/min, 提升速度 8 ~ 25cm / min。
5. 高压液流管道输送距离不宜大于 50m。
6. 分段提升喷射搭接长度不得小于 100 mm。
7. 单孔注浆体应在其初凝前连续完成施工, 不得中断。由于特殊原因中断后, 应采用复喷技术进行接头处理。
8. 单管及二重管喷射水泥浆水灰比一般采用 1:1 ~ 1:1.5, 三重管水灰比宜采用 1:1。
9. 水泥浆必须随搅随用, 当水泥浆放置时间超过初凝时间后, 不得再用于喷射施工。
10. 高压注浆喷射用浆液必须搅拌均匀, 每罐搅拌时间不得少于 3min。浆液使用过程中应对浆液进行不间断的轻微搅拌, 避免浆液沉淀。
11. 水泥浆液应经过筛网过滤, 避免喷嘴堵塞。
12. 当局部须增大桩体直径和提高桩体强度时, 可采用复喷。
13. 当处理既有建筑地基时, 应采取速凝浆液或大间距隔孔旋喷和冒浆回灌等工艺。

#### 1.4.5.3 质量关键要求

1. 高压喷射注浆体强度不得低于设计要求。
2. 高压喷射注浆体形态及其大小必须与设计要求相符。
3. 高压喷射注浆的其他技术指标 ( 如防渗时的渗透系数 ) 必须满足设计要求。

#### 1.4.5.4 职业健康安全关键要求

水泥浆泵站操作人员应戴口罩上岗。

#### 1.4.5.5 环境关键要求

高压喷射产生的废浆应抽排至储浆池中, 采用泥浆车运至指定地点排放。

### 1.4.6 施 工 工 艺

#### 1.4.6.1 工艺流程

场地平整 机具就位 贯入注浆管、试喷射 喷射注浆 拔管及冲洗等

#### 1.4.6.2 操作工艺

1. 施工前先进行场地平整, 挖好排浆沟, 做好钻机定位。要求销。机安放保持水平, 钻杆保持垂直, 其倾斜度不得大于 1.5%。
2. 成孔: 成孔宜根据地质条件及钻机功能确定成孔工艺, 在标准贯入 N 值小于 40 的土层中进行单管喷射作业时, 可采用振动钻机直接将注浆管插入; 一般情况下可采用地质钻

机预先成石厂，成孔直径一般为 75~130mm；孔壁易坍塌时，应下套管。

3．插管；将注浆管插入钻孔预定深度，注浆管连接接头应密封良好。

4．喷射作业：喷射作业前应检查喷嘴是否堵塞，输浆(水)、输气管是否存在泄漏等现象，无异常情况后，开始按设计要求进行喷射作业。施工过程中应随时检查各压力表所示压力是否正常，出现异常情况，应立即停止喷射作业，待一切恢复正常后，再继续施工。

5．完成喷射作业后，拔出注浆管。

6．拔出注浆管后、立即使用清水清洗注浆泵及注浆管道。连续注浆时，可于最后一次进行清洗。

7．注浆体初凝下沉后，应立即采用水泥浆液进行回灌，回灌高度应高出设计标高。

### 1.4.7 质量标准

高压旋喷注浆地基质量检验标准见表 1.4.7。

高压喷射注浆地基质量检验标准

表 1.4.7

| 项    | 序 | 检 查 项 目      | 允许偏差地基质量检验标准 |       | 检查方法                     |
|------|---|--------------|--------------|-------|--------------------------|
|      |   |              | 单位           | 数值    |                          |
| 主控项目 | 1 | 水泥及外加剂质量     | 符合出厂要求       |       | 查产品合格证书和抽样送检             |
|      | 2 | 水泥用量         | 设计要求         |       | 查看流量计及水泥 浆水灰比            |
|      | 3 | 注浆体强度或完整性检验  | 设计要求         |       | 超声波、钻孔抽芯检测               |
|      | 4 | 地基承载力        | 设计要求         |       | 静载试验                     |
| 一般项目 | 1 | 钻孔位置         | mm           | 50    | 用钢尺量                     |
|      | 2 | 钻孔垂直度        | %            | 1.5   | 用经纬仪测钻杆或实测               |
|      | 3 | 孔深           | mm           | ± 200 | 用钢尺量                     |
|      | 4 | 注浆压力         | 设计参数         |       | 查看压力表                    |
|      | 5 | 桩（墙）体搭接      | mm           | > 200 | 用钢尺量                     |
|      | 6 | 桩体直径/墙体长度、厚度 | mm           | 50    | 开挖后用钢尺量                  |
|      | 7 | 桩身中心允许偏差     |              | 0.2D  | 开挖后桩顶下 500mm 处用钢尺量，D 为桩径 |

### 1.4.8 成品保护

高压喷射注浆体施工完成后，未达到养护龄期 28d 时不得投入使用。

### 1.4.9 安全环境措施

施工过程中应对冒浆进行妥善处理，不得在场地内随意排放。可采用泥浆泵将浆液抽至沉淀池中，对浆液中的水与固体颗粒进行沉淀分离，将沉淀的固体运至指定排放地点。

### 1.4.10 质量记录

施工质量记录应包括测量记录、施工记录（注浆孔号、施工时间、使用材料的品种、水灰比、水泥浆液用量、外加剂用量、施工参数及施工过程中的异常情况），同时还应包含材

料的出厂合格证明及抽样送检及现场试验等各项试验资料。施工记录可参照表 1.4.10。

高压喷射注浆施工记录表 表 1.4.10

|               |           |                |                |                 |                  |              |
|---------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|------------------|--------------|
| 工程名称：         |           |                | 注浆孔编号：         |                 |                  |              |
| 浆液水灰比：        |           | 外加剂名称：         |                | 外加剂用量：          |                  |              |
| 高压泵型号：        |           | 注浆泵型号：         |                | 空压机型号：          |                  |              |
| 钻机型号：         |           | 喷嘴直径：          |                | 施工日期：           |                  |              |
| 时间<br>(h/min) | 深度<br>(m) | 高压泵压力<br>(MPa) | 注浆泵压力<br>(MPa) | 旋转速度<br>(r/min) | 提升速度<br>(cm/min) | 水泥浆用量<br>(L) |
|               |           |                |                |                 |                  |              |
|               |           |                |                |                 |                  |              |
|               |           |                |                |                 |                  |              |
| 备注：           |           |                |                |                 |                  |              |

技术负责人： 施工班长：

1.5 水泥土搅拌桩地基工程施工工艺标准

1.5.1 总 则

1.5.1.1 适用范围

水泥土搅拌法分为深层搅拌法（以下简称湿法）和粉体喷搅法（以下简称干法）。水泥土搅拌法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、黏性土以及无流动地下水的饱和松散砂土等地基。

1.5.1.2 编制参考标准及规范

- 1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)；
- 2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)；
- 3. 中华人民共和国行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)；
- 4. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)。

1.5.2 术 语

- 1. 水泥土搅拌桩地基：利用水泥作为固化剂，通过搅拌机械将其与地基土强制搅拌，硬化后构成的地基。水泥土搅拌法形成的水泥土加固体，可作为竖向承载的复合地基；基坑工程围护挡墙、被动区加固、防渗帷幕；大体积水泥稳定土等。加固体形状可分为柱状、壁状、格栅状或块状等。
- 2. 深层搅拌法：使用水泥浆作为固化剂的水泥土搅拌法。简称湿法。
- 3. 粉体搅拌法：使用水泥粉作为固化剂的水泥土搅拌法。简称干法。

### 1.5.3 基本规定

1.5.3.1 水冰泥土搅拌法用于处理泥炭土、有机质土、塑性指数  $I_p$  大于 25 的黏土、地下水具有腐蚀性时以及无工程经验的地区，必须通过现场试验确定其适用性。

1.5.3.2 当地基土的天然含水量小于 30%（黄土含水量小于 25%）、大于 70%或地下水的 pH 值小于 4 时不宜采用干法。冬期施工时，应注意负温度对处理效果的影响。

1.5.3.3 确定处理方案前应收集拟处理区域内详尽的岩土工程资料，尤其是填土层的厚度和组成；软土层的分布范围、分层情况，地下水位及 pH 值；土的含水量、塑性指数和有机质含量等。

1.5.3.4 设计前应进行拟处理土的室内配比试验。针对现场拟处理的最弱层软土的性质，选择合适的固化剂、外掺剂及其掺量等。

1.5.3.5 对竖向承载的水泥土强度宜取 90d 龄期试块的立方体抗压强度平均值；对承受水平荷载的水泥土强度宜取 28d 龄期试块的立方体抗压强度平均值。

### 1.5.4 施工准备

#### 1.5.4.1 技术准备

##### 1. 设计

(1) 水泥土搅拌法的设计，主要是确定搅拌桩的置换率和长度。竖向承载搅拌桩的长度应根据上部结构对承载力和变形的要求确定，并有宜穿透软弱土层到达承载力相对较高的土层；为提高抗滑稳定性而设置的搅拌桩，其桩长应超过危险滑弧以下 2m。

湿法的加固深度不宜大于 20m，干法不宜大于 15m。水泥土搅拌桩的桩径不应小于 500mm。

(2) 竖向承载水泥土搅拌桩复合地基的承载力特征值应通过现场插单桩或多桩复合地基荷载试验确定。

(3) 单桩竖向承载力特征值应通过现场荷载试验确定。初步设计时可按式 (1.5.4.1—1) 估算。并应同时满足式 (1.5.4.1—2) 的要求，应使由桩身材料强度确定的单桩承载力大于（或等于）由桩周土和桩端土的抗力所提供的单桩承载力：

$$R_a = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} \int_i + a q_p A_p \quad (1.5.4.1-1)$$

$$R_a = f_{cu} A_p \quad (1.5.4.1-2)$$

式中  $f_{cu}$  —— 与搅拌桩桩身水泥土配比相同的室内加固土试块（边长为 70.7mm 的立方体，也可采用边长为 50mm 的立方体）在标准养护条件下 90d 龄期的立方体抗压强度平均（kPa）；

—— 桩身强度折减系数，干法可取 0.20~0.30；湿法可取 0.25~0.33；

$U_p$  —— 桩的周长(m)；

$q_{si}$  —— 桩周第  $i$  层土的侧阻力特征值。对淤泥可取 4~7kPa；对淤泥质土可取 6~12kPa；对软塑状态的黏性土可取 10~15kPa；对可塑状态的黏性土可以取 12~18kPa；

$\int_i$  —— 桩长范围内第  $i$  层土的厚度（m）；

$q_p$  —— 桩端地基土未经修正的承载力特征值 (kPa), 可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002) 的有关规定确定;

$\alpha$  —— 桩端天然地基土的承载力折减系数, 可取 0.4 ~ 0.6, 承载力高时取低值。

(4) 竖向承载搅拌桩复合地基应在基础和桩之间设置褥垫层。褥垫层厚度可取 200 ~ 300mm。其材料可选用中砂、粗砂、级配砂石等, 最大粒径不宜大于 20mm。

(5) 竖向承载搅拌桩复合地基中的桩长超过 10m 时, 可采用变掺量设计。在全桩水泥掺量不变的前提下, 桩身上部三分之一桩长范围内可适当增加水泥掺量及搅拌次数; 桩身下部三分之一桩长范围内可适当减少水泥掺量。

(6) 竖向承载搅拌桩的平面布置可根据上部结构特点及对地基承载力和变形的要求, 采用柱状、壁状、格栅状或块状等加固形式。桩可只在基础平面范围内布置, 独立基础下的桩数不宜少于 3 根。柱状加固可采用正方形、等边三角形等布桩形式。

(7) 当搅拌桩处理范围以下存在软弱下卧层时, 应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002) 的有关规定进行下卧层承载力验算。

(8) 竖向承载搅拌桩复合地基的变形包括搅拌桩复合土层的平均压缩变形  $S_1$  与桩端下未加固土层的压缩变形  $S_2$  :

搅拌桩复合土层的压缩变形  $S_1$  可按 1.5.4.1-3、1.5.4.1-4 计算

$$S_1 = \frac{(P_z + P_{zL}) L}{2 E_{sp}} \quad (1.5.4.1-3)$$

$$E_{sp} = mE_p + (1 - m) E_s \quad (1.5.4.1-4)$$

式中  $P_z$  —— 搅拌桩复合土层顶面的附加压力值 (kPa);

$P_{zL}$  —— 搅拌桩复合土层底面的附加压力值 (kPa);

$E_{sp}$  —— 搅拌桩复合土层的压缩模量 (kPa);

$E_p$  —— 搅拌桩的压缩模量, 可取 (100 ~ 120)  $f_{cu}$  (kPa);

对桩较短或桩身强度较低者可取低值, 反之可取高值,

$E_s$  —— 桩间土的压缩模量 (kPa)。

桩端以下未加固土层的压缩变形  $S_2$  可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) 的有关规定进行计算。

2. 深层搅拌机定位时, 必须经过技术复核确保定位准确, 必要时请监理人员进行轴线定位验收。

3. 施工前应标定搅拌机械的灰浆输送量、灰浆输送管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工工艺参数, 并根据设计通过试验确定搅拌桩材料的配合比。

#### 1.5.4.2 材料要求

1. 水泥: 采用强度等级为 32.5 的普通硅酸盐水泥, 要求无结块。

2. 砂子: 用中砂或粗砂, 含泥量小于 5%。

3. 外加剂: 塑化剂采用木质素磺酸钙, 促凝剂采用硫酸钠、石膏, 应有产品出厂合格证, 掺量通过试验确定。

#### 1.5.4.3 主要机具

深层搅拌机, 起重机, 灰浆搅拌机, 灰浆泵, 冷却泵, 机动翻斗车, 导向架, 集料斗, 磅秤, 提速测定仪, 电气控制柜, 铁锹, 手推车等。常用深层搅拌机主要性能见表 1.5.4.3。

常用深层搅拌机技术性能

表 1.5.4.3

| 型 号<br>性 能              | SJB-1       | SJB30            | SJB40            | GPP-5             |
|-------------------------|-------------|------------------|------------------|-------------------|
| 电机功率 (kw)               | 2 × 30      | 2 × 30           | 2 × 40           |                   |
| 额定电流 (A)                |             | 2 × 60           | 2 × 75           |                   |
| 搅拌轴转数(r/min)            | 46          | 43               | 43               | 28、50、92          |
| 额定扭矩(N · m)             |             | 2 × 6400         | 2 × 8500         |                   |
| 搅拌头数量 (根)               | 2           | 2                | 2                |                   |
| 搅拌头距离(mm)               |             | 515              | 515              |                   |
| 搅拌头直径(mm)               | 700 ~ 800   | 700              | 700              | 500               |
| 一次处理面积(m <sup>2</sup> ) | 0.71 ~ 0.88 | 0.71             | 0.71             |                   |
| 加固深度(m)                 | 12          | 10 ~ 12          | 15 ~ 18          | 12.5              |
| 外型尺寸 (主机) (mm)          |             | 950 × 482 × 1617 | 950 × 482 × 1737 | 41402230 × 15490  |
| 总重量 (主机) (t)            | 4.5         | 2.25             | 2.45             |                   |
| 最大送粉量(kg/min)           |             |                  |                  | 100               |
| 储料量(kg)                 |             |                  |                  | 200               |
| 给料方式 叶轮压送式              |             |                  |                  |                   |
| 送料管直径 (mm)              |             |                  |                  | 50                |
| 最大送粉压力 (MPa)            |             |                  |                  | 0.5               |
| 外型尺寸 (主机) (m)           |             |                  |                  | 2.7 × 1.82 × 2.45 |

#### 1.5.4.4 作业条件

1. 施工场地应先整平，清除桩位处地上、地下障碍物，场地低洼处用粘性土料回填夯实，不得用杂填土回填。
2. 设备开机前应经检修、调试，检查桩机运行和输料管畅通情况。
3. 开工前应检查水泥及外加剂的质量，桩位、搅拌机工作性能及各种计量设备完好程度（主要是水泥浆流量计和其他计量装置）。

### 1.5.5 材料和质量要求

#### 1.5.5.1 材料的关键要求

1. 施工所用水泥，必须经强度试验和安定性试验合格后才能使用。
2. 所用砂子必须严格控制含泥量。
3. 外加剂：塑化剂采用木质素磺酸钙，促凝剂采用硫酸钠、石膏应有产品中出厂合格证，掺量通过试验确定。

#### 1.5.5.2 技术关键要求

1. 固化剂宜选用强度等级为 32.5 及以上的普通硅酸盐水泥。水泥掺量除块状加固时可用被加固湿土质量的 7% ~ 12% 外，其余宜为 12% ~ 20%。湿法的水泥浆水灰比可 0.45 ~ 0.55。外掺剂可根据工程需要和土质条件选用具有早强、缓凝、减水以及节省水泥等作用的材料，但应避免污染环境。外掺剂掺入比例：（按水泥用量计）木质素磺酸钙木钙粉减水剂为 0.2

% ~ 0.25%，硫酸钠为 2%，石膏为 1%。

2. 施工中固化剂应严格按预定的配比拌制，并应有防离析措施。

3. 应保证起吊设备的平整度和导向架的垂直度。成桩要控制搅拌机的提升速度和次数，使连续均匀，以控制注浆量，保证搅拌均匀，同时泵送必须连续。

#### 1.5.5.3 质量关键要求

1. 搅拌机预搅下沉时，不宜冲水，当遇到较硬土层下沉太慢时，方可适量冲水，但应考虑冲水成桩对桩身强度的影响。

2. 深层搅拌桩的深度、截面尺寸、搭接情况、整体稳定和桩身强度必须符合设计要求，检验方法在成桩后 7d 内用轻便触探仪检查桩均匀程度和用对比法判断桩身强度。

3. 场地复杂或施工有问题的桩应进行单桩荷载试验，检验其承载力，试验所得承载力应符合设计要求。

### 1.5.6 施工工艺

#### 1.5.6.1 工艺流程

水泥土搅拌桩的施工程序为：地上（下）清障 深层搅拌机定位、调平 预搅下沉至设计加固深度 配制水泥浆（粉） 边喷浆（粉）边搅拌提升至预定的停浆（灰）面 重复搅拌下沉至设计加固深度 根据设计要求，喷浆（粉）或仅搅拌提升至预定的停浆（灰）面 关闭搅拌机、清洗 移至下一根桩。

#### 1.5.6.2 操作工艺

1. 施工时，先将深层搅拌机用钢丝绳吊挂在起重机上，用输浆胶管将储料罐砂浆泵与深层搅拌机接通，开通电动机，搅拌机叶片相向而转，借设备自重，以  $0.38 \sim 0.75\text{m/min}$  的速度沉至要求的加固深度；再以  $0.3 \sim 0.5\text{m/min}$  的均匀速度提起搅拌机，与此同时开动砂浆泵，将砂浆从深层搅拌机中心管不断压入土中，由搅拌叶片将水泥浆与深层处的软土搅拌，边搅拌边喷浆直到提至地面，即完成一次搅拌过程。用同法再一次重复搅拌下沉和重复搅拌喷浆上升，即完成一根柱状加固体，外形呈 8 字形（轮廓尺寸：纵向最大为 1.3m，横向最大为 0.8m），一根接一根搭接，搭接宽度根据设计要求确定，一般宜大于 200mm，以增强其整体性，即成壁状加固，几个壁状加固体连成一片，即成块状。

2. 搅拌桩的桩身垂直偏差不得超过 1%，桩位的偏差不得大于 50mm，成桩直径和桩长不得小于设计值。当桩身强度及尺寸达不到设计要求时，可采用复喷的方法。搅拌次数以一次喷浆，一次搅拌或二次喷浆，三次搅拌为宜，且最后一次提升搅拌宜采用慢速提升。

3. 施工时设计停浆面一般应高出基础底面标高 0.5m，在基坑开挖时，应将高出的部分挖去。

4. 施工时因故停喷浆，宜将搅拌机下沉至停浆点以下 0.5mm，待恢复供浆时，再喷浆提升。若停机时间超过 3h 应清洗管路。

5. 壁状加固时，桩与桩的搭接时间不应大于 24h，如间歇时间过长，应采取钻孔留出樁头或局部补桩、注浆等措施。

6. 每天加固完毕，应用水清洗贮料罐、砂浆泵、深层搅拌机及相应管道，以备再用。

7. 搅拌桩施工完毕应养护 14d 以上才可开挖。基坑基底标高以上 300mm，应采用人工开挖。

8. 水泥土搅拌法施工步骤由于湿法和干法的施工设备不同而略有差异；以下各项：9～12 为湿法，13～19 为干法。

9. 施工前应确定灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工参数，并根据设计要求通过工艺性成桩试验确定施工工艺。

10. 所使用的水泥都应过筛，制备好的浆液不得离析，泵送必须连续。拌制水泥浆液的罐数、水泥和外掺剂用量以及泵送浆液的时间等应有专人记录；喷浆量及搅拌深度必须采用经国家计量部门认证的监测仪器进行自动记录。

11. 搅拌机提升的速度和次数必须符合施工工艺的要求，并应有专人记录。

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

13. 喷粉施工前应仔细检查搅拌机械、供粉泵、送气（粉）管路、接头和阀门的密封性和可靠性。送气（粉）管道的长度不宜大于 60m。

14. 水泥土搅拌法（干法）喷粉施工机械必须配置经国家计量部门确认的具有能瞬时检测并记录出粉量的粉体计量装置及搅拌深度自动记录仪。

15. 搅拌头每旋转一周，其提升高度不得超过 16mm。

16. 搅拌头的直径应定期复核检查，其磨损量不得大于 10mm。

17. 当搅拌头到达设计桩底以上 1.5m 时，应即开启喷粉机提前进行喷粉作业。当搅拌头提升至地面下 500mm 时，喷粉机应停止喷粉。

18. 成桩过程中因故停止喷粉，应将搅拌头下沉至停灰面以下 1m 处，待恢复喷粉时再喷粉搅拌提升。

19. 需在地基土天然含水量小于 30% 土层中喷粉成桩时，应采用地面注水搅拌工艺。

### 1.5.7 质量标准

1.5.7.1 水泥土搅拌桩地基质量检验标准必须符合表 1.5.7.1 的规定。

1.5.7.2 水泥土搅拌桩的质量控制应贯穿在施工的全过程，施工过程中必须随时检查施工记录和计量记录，并对照规定的施工工艺对每根桩进行质量评定。检查重点是：水泥用量、桩长、搅拌头转数和提升速度、复搅次数、深度、停浆处理方法等。

水泥土搅拌桩地基质量检验标准 表 1.5.7.1

| 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 | 水泥及外掺剂质量 | 设 计 要 求  |           | 查产品证书或抽样送检         |
|      | 2 | 水泥用量     | 参 考 指 标  |           | 查看流量计              |
|      | 3 | 桩基承载力    | 设 计 要 求  |           | 按规定办法              |
|      | 4 | 地基承载力    | 设 计 要 求  |           | 按规定办法              |
| 一般项目 | 1 | 机头提升速度   | m/min    | 0.5       | 量机头上升距离及时间         |
|      | 2 | 桩底标高     | mm       | ± 200     | 量机头深度              |
|      | 3 | 桩顶标高     | mm       | +100; —50 | 水准仪(最上部 500mm 不计入) |
|      | 4 | 桩位偏差     | mm       | < 50      | 用钢尺量               |
|      | 5 | 桩 径      |          | < 0.04D   | 用钢尺量，D 为桩径         |
|      | 6 | 垂 直 度    | %        | 1.5       | 经纬仪                |
|      | 7 | 搭 接      | mm       | > 200     | 用钢尺量               |



1.5.7.3 水泥土搅拌桩的施工质量检验可采用以下方法：

1. 成桩 7d 后，采用浅部开挖桩头[深度宜超过停浆（灰）面下 0.5m]，目测检查搅拌的均匀性，量测成桩直径。检查数量为总桩数的 5%。

2. 成桩 3d 后，可用轻型触探（ $N_{10}$ ）检查每米桩身的均匀性。检查数量为总桩数的 1%，且不少于 3 根。

1.5.7.4 竖向承载水泥土搅拌桩地基竣工验收时，承载力检验应采用复合地基载荷试验和单桩载荷试验。

1.5.7.5 载荷试验必须在桩身强度满足试验载荷条件时，并宜在成桩 28d 后进行。检查数量为总桩数的 0.5%~1%，且每项单体工程不应少于 3 点。

经触探和载荷试验检验后对桩身质量有怀疑时，应在成桩 28d 后，用双管单动取样器钻取芯样作抗压强度检验，检验数量为总桩数的 0.5%，且不少于 3 根。

1.5.7.6 对相邻桩搭接要求严格的工程，应在成桩 15d 后，选取数根桩进行开挖，检查搭接情况。

1.5.7.7 基槽开挖后，应检查桩位、桩数与桩顶质量，如不符合设计要求，应采取有效补强措施。

## 1.5.8 成品保护

1. 基础地面以上应预留 0.7~1.0m 厚土层，待施工结束后，将表层挤松的土挖除，或分层夯压密实后，立即进行下道工序施工。

2. 雨期或冬期施工，应采取防雨防冻措施，防止水泥土受雨水淋湿或冻结。

## 1.5.9 安全环保措施

1. 施工机械、电气设备、仪表仪器等在确认完好后方准使用。并由专人负责使用。

2. 深层搅拌机的入土切削和提升搅拌，当负荷太大及电机工作电流超过预定值时，应减慢升降速度或补给清水，一旦发生卡钻或停钻现象，应切断电源，将搅拌机强制提起之后，才能启动电机。

3. 施工场地内一切电源、电路的安装和拆除，应由持证电工负责，电器必须严格接地接零和设置漏电保护器，现场电线、电缆必须按规定架空，严禁拖地和乱拉、乱搭。

4. 所有机器操作人员必须持证上岗。

5. 施工场地必须做到无积水，深层搅拌机行进时必须顺畅。

6. 水泥堆放必须有防雨、防潮措施，砂子要有专用堆场，不得污染。

## 1.5.10 质量记录

1. 原材料的质量合格证和质量鉴定文件；

2. 施工记录及隐蔽工程验收文件；

3. 检验试验及见证取样文件；

4. 其他必须提供的文件和记录。

## 1.6 CFG 桩施工工艺标准

### 1.6.1 总 则

#### 1.6.1.1 适用范围

CFG 桩又称水泥粉煤灰碎石桩，适用于处理黏性土、粉土、砂土和已自重固结的素填土等地基。对淤泥质土应按地区经验或通过现场试验确定其适用性。

#### 1.6.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)；
3. 中华人民共和国行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)；
4. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)。

### 1.6.2 术 语

1. CFG 桩：又称水泥粉煤灰碎石桩。
2. 水泥粉煤灰碎石桩法：由水泥、粉煤灰、碎石、石屑或砂等混合料加水拌和形成高黏结强度桩，并由桩、桩间土和褥垫一起组成复合地基的地基处理方法。

### 1.6.3 基 本 规 定

- 1.6.3.1 CFG 桩应选择承载力相对较高的土层作为桩端持力层。
- 1.6.3.2 CFG 桩复合地基设计时应进行地基变形验算。
- 1.6.3.3 技术人员应掌握所承担工程的地基处理目的、加固原理、技术要求和质量标准等。施工中应有专人负责质量控制和监测，并做好施工记录。当出现异常情况时，必须及时会同有关部门妥善解决。
- 1.6.3.4 施工过程中应有专人或专门机构负责质量监理。施工结束后应按国家有关规定进行工程质量检验和验收。

### 1.6.4 施 工 准 备

#### 1.6.4.1 技术准备

1. 施工前应具备下列资料和条件
  - (1) 建筑物场地工程地质报告和必要的水文资料；
  - (2) CFG 桩布桩图，并应注明桩位编号，以及设计说明和施工说明；
  - (3) 建筑场地邻近的高压电缆、电话线、地下管线、地下构筑物及障碍物等调查资料；
  - (4) 建筑物场地的水准控制点和建筑物位置控制坐标等资料；

(5) 具备“三通一平”条件。

## 2. 施工技术措施

(1) 确定施工机具和配套设施；

(2) 编制材料供应计划，标明所用材料的规格、质量要求和数量；

(3) 试成孔应不小于 2 个，以复核地质资料以及设备、工艺是否适宜，核定选用的技术参数；

(4) 按施工平面图放好桩位；

(5) 确定施打顺序及桩机行走路线；

(6) 施工前，施工单位放好桩位、CFG 桩的轴线定位点及测量基线，并由监理、业主复核。

(7) 在施工机具上做好进尺标志。

### 1.6.4.2 主要机具设备

1. 长螺旋钻机性能见表 2.4.4.3。

2. 振动沉拔桩锤规格与技术性能见表 1.6.4.2。

振动沉拔桩锤规格与技术性能

表 1.6.4.2

| 型号     | 电机功率 (kw) | 偏心力矩 (N·m)  | 偏心轴速 (r/min) | 激振力 (kN)   | 空载振幅 > (mm) | 容许拔桩力 < (kN) | 锤全高 (mm) | 桩锤振动质量 (kN) | 导中心距(mm) |
|--------|-----------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|----------|-------------|----------|
| DZ-11  | 11        | 36 ~ 122    | 600 ~ 1500   | 49 ~ 92    | 3           | 0.60         | 1400     | 18.00       | 330      |
| DZ-15  | 15        | 50 ~ 166    | 600 ~ 1500   | 67 ~ 125   | 3           | 0.60         | 1600     | 22.00       | 330      |
| DZ-22  | 22        | 73 ~ 275    | 500 ~ 1500   | 76 ~ 184   | 3           | 0.80         | 1800     | 26.00       | 330      |
| DZ-30  | 30        | 100 ~ 375   | 500 ~ 1500   | 104 ~ 251  | 3           | 0.80         | 2000     | 30.00       | 330      |
| DZ-37  | 37        | 123 ~ 462   | 500 ~ 1500   | 129 ~ 310  | 4           | 1.00         | 2200     | 34.00       | 330      |
| DZ-40  | 40        | 133 ~ 500   | 500 ~ 1500   | 139 ~ 335  | 4           | 1.00         | 2300     | 36.00       | 330      |
| DZ-45  | 45        | 150 ~ 562   | 500 ~ 1500   | 157 ~ 378  | 4           | 1.20         | 2400     | 30.00       | 330      |
| DZ-56  | 56        | 183 ~ 687   | 500 ~ 1500   | 192 ~ 461  | 4           | 1.60         | 2600     | 44.00       | 330      |
| DZ-60  | 60        | 200 ~ 750   | 500 ~ 1500   | 209 ~ 503  | 4           | 1.60         | 2700     | 50.00       | 330      |
| DZ-75  | 75        | 250 ~ 937   | 500 ~ 1500   | 262 ~ 553  | 5           | 2.40         | 3000     | 60.00       | 330      |
| DZ-90  | 90        | 500 ~ 2400  | 400 ~ 1100   | 429 ~ 6975 | 5           | 2.40         | 3400     | 70.00       | 330      |
| DZ-120 | 120       | 700 ~ 2800  | 400 ~ 1100   | 501 ~ 828  | 8           | 3.00         | 3800     | 90.00       | 600      |
| DZ-150 | 150       | 1000 ~ 3600 | 400 ~ 1100   | 644 ~ 947  | 8           | 3.00         | 4200     | 110.00      | 600      |
| DZF40Y | 40        | 0 ~ 3180    |              | 14.5/25.6  | 13.5        | 1.00         | 3100     | 34.0        |          |
| DZF30Y | 30        | 0 ~ 2398    |              | 12.9/23    | 11.3/8.5    | 1.20         | 1812     | 34.0        |          |
| DZC26  | 26        |             | 频率 11.77     | 冲击力 53     |             |              |          | 29.4        |          |
| DZC60  | 60        |             | 频率 11.77     | 冲击力 119    |             |              |          | 43.8        |          |
| DZC74  | 74        |             | 频率 11.77     | 冲击力 119    |             |              |          | 46.8        |          |

3. 泥浆护壁所采用的钻机见本标准 2.2 节。

### 1.6.5 材料和质量要求

### 1.6.5.1 水泥

1. 根据工程特点、所处环境以及设计、施工的要求,选用强度等级为 32.5 以上的水泥。

2. 施工前, 对所用水泥应检验其初终凝时间、安定性和强度, 作为生产控制和进行配合比设计的依据。必要时, 应检验水泥的其他性能。

3. 水泥应按规定堆放在防雨、防潮的水泥库内。如因储存不当引起质量明显下降或水泥出厂超过三个月时, 应在使用前对其质量进行复验, 并按复验结果使用。

#### 1.6.5.2 褥垫层材料

褥垫层材料宜用中砂、粗砂、碎石或级配砂石等。最大粒径不宜大于 30mm。不宜选用卵石，卵石咬合力差，施工扰动容易使褥垫层厚度不均匀。

### 1.6.5.3 碎石

碎石粒径 20~50mm, 松散密度  $1.39\text{t/m}^3$ , 杂质含量小于 5%。

1.6.5.4 石屑

粒径 2.5 ~ 10 mm, 松散密度 1.47t / m<sup>3</sup>, 杂质含量小于 5%。

### 1.6.5.5 粉煤灰

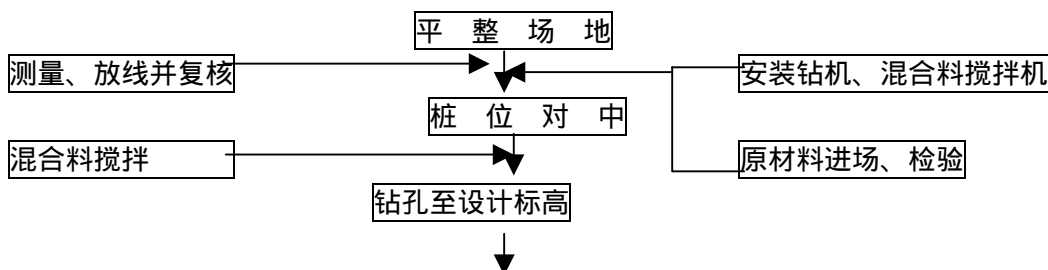
粉煤灰应选用 级或 级以上等级粉煤灰。

### 1.6.6 施工工艺

#### 1.6.6.1 工艺流程

1. CFG 桩复合地基技术采用的施工方法有：长螺旋钻孔灌注成桩，长螺旋钻孔、管内泵压混合料灌注成柱，振动沉管灌注成桩等。

2. 长螺旋钻孔灌注成桩适用于地下水位以上的黏性土、粉土、素填土、中等密实以上的砂土；长螺旋钻孔、管内泵压混合料灌注成桩，适用于黏性土、粉土、砂土，以及对噪声或泥浆污染要求严格的场地。长螺旋钻孔灌注成桩及长螺旋钻孔、管内泵压混合料灌注成桩工艺流程见图 1.6.6.1-1。



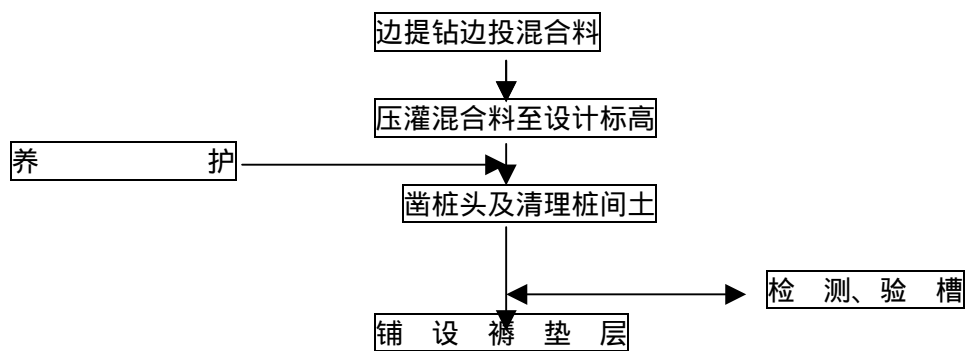


图 1.6.6.1-1 长螺旋钻孔压灌成桩施工流程图

3. 振动沉管灌注成桩，适用于粉土、黏性土及素填土地基。使用的施工设备多用浙江瑞安建筑机械厂和兰州建筑通用机械总厂生产的设备，桩尖采用钢盘混凝土预制桩尖或钢制活瓣桩尖。沉管灌注成桩工艺流程见图 1.6.6.1-2

1.6.6.2 施工要点

1. 施工前应按设计要求由试验室进行配合比试验，施工时按配合比配制混合料。长螺旋钻孔、管内泵压混合料成桩施工的坍落度宜为 160~200mm，振动沉管灌注成桩施工的坍落度宜为 30~50mm，振动沉管灌注成桩后桩顶浮浆厚度小于 200mm。

2. 桩机就位，调整沉管与地面垂直，确保垂直偏差不大于 1%；对满堂布桩基础，桩位偏差不应大于 0.4 倍桩径；对条形基础，桩位偏差不应大于 0.25 倍桩径，对单排布桩桩位偏差不应大于 60mm。

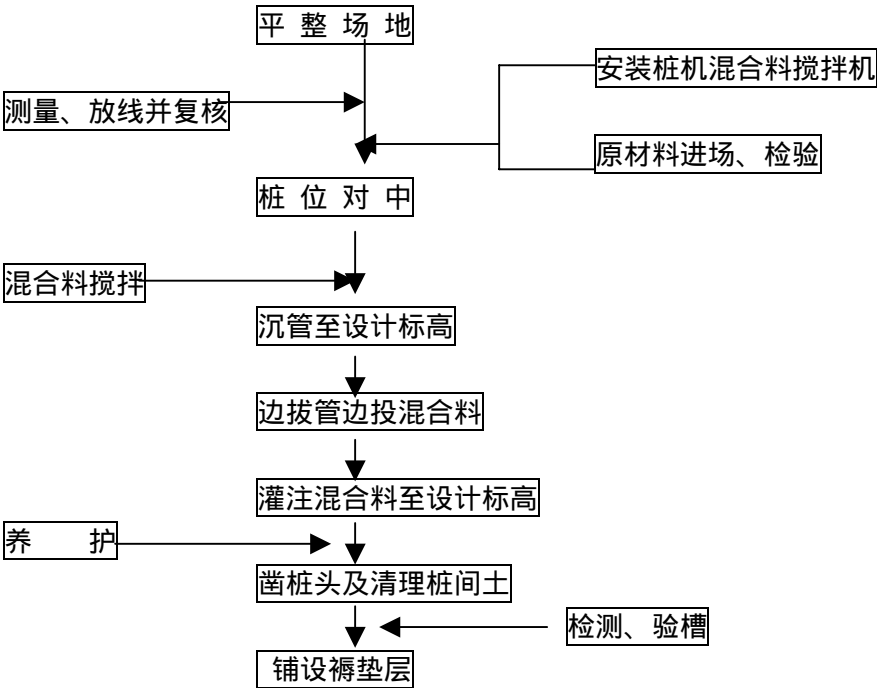


图 1.6.6.1~2 沉管灌注成桩施工流程图

3. 控制钻孔或沉管入土深度，确保桩长偏差在 +100mm 范围内。
4. 长螺旋钻孔、管内泵压混合料成桩施工在钻至设计深度后，应准确掌握提拔钻杆时间，混合料泵送量应与拔管速度相配合，遇到饱和砂土或饱和粉土层，不得停泵待料；沉管灌注成桩施工拔管速度应按匀速控制，拔管速度应控制在 1.2~1.5m/min 左右，如遇淤泥土或淤泥质土，拔管速度可适当放慢。
5. 施工时，桩顶标高应高出设计标高，高出长度应根据桩距、布桩形式、现场地质条件和施打顺序等综合确定，一般不应小于 0.5m。
6. 成桩过程中，抽样做混合料试块，每台机械一天应做一组（3 块）试块（边 150mm 立方体），标准养护，测定其立方体 28d 抗压强度。
7. 冬期施工时混合料入孔温度不得低于 5℃，对桩头和桩间土应采取保温措施。
8. 清土和截桩时，不得造成桩顶标高以下桩身断裂和扰动桩间土。
9. 褥垫层厚度宜为 150~300mm，由设计确定。施工时虚铺厚度  $(h)$ ： $h = H / \lambda$  其中  $\lambda$  为夯填度，一般取 0.87~0.90。虚铺完成后宜采用静力压实法至设计厚度；当基础底面下

桩间土的含水量较小时，也可采用动力夯实法。对较干的砂石材料，虚铺后可适当洒水再进行碾压或夯实。

### 1.6.7 质量标准

- 1.6.7.1 水泥、粉煤灰、砂及碎石等原材料应符合设计要求。
- 1.6.7.2 施工中应检查桩身混合料的配合比、坍落度和提拔钻杆速度（或提拔套管速度）、成孔深度、混合料的灌入量等。
- 1.6.7.3 施工结束后，应对桩顶标高、桩位、桩体质量、地基承载力以及褥垫层的质量做检查。
- 1.6.7.4 CFG 桩复合地基的质量检验标准应符合表 1.6.7.4 的规定。

| CFG 桩复合地基质量检验标准 |   |        |                          |      | 表 1.6.7.4    |
|-----------------|---|--------|--------------------------|------|--------------|
| 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 | 桩径     | mm                       | - 20 | 用钢尺量或计算填料量   |
|                 | 3 | 桩身强度   | 设计要求                     |      | 查 28d 试块强度   |
|                 | 4 | 地基承载力  | 设计要求                     |      | 按规定的办法       |
| 一般项目            | 1 | 桩身完整性  | 按桩基检测技术规范                |      | 按桩基检测 技术 规范  |
|                 | 2 | 桩位偏差   | 满堂布桩 0.40D<br>条基布桩 0.25D |      | 用钢尺量、D 为桩径   |
|                 | 3 | 桩垂直度   | %                        | 1.5  | 用经纬仪测桩管      |
|                 | 4 | 桩长     | mm                       | +100 | 用经纬长度或垂球测孔深  |
|                 | 5 | 褥垫层夯填度 | 0.9                      |      | 用钢尺量         |

注： 1. 夯填度指夯实后的褥垫层厚度与虚体厚度的比值。  
2. 桩径允许偏差负值是指个别断面。

### 1.6.8 成品保护

- 1.6.8.1 CFG 桩施工时，应调整好打桩顺序，以免桩机碾压已施工完成的桩头。
- 1.6.8.2 CFG 桩施工完毕后，待桩体达到一定强度后（一般为 3~7d），方可进行开挖。开挖时，宜采用人工开挖，如基坑较深、开挖面积较大，可采用小型机械和人工联合开挖，应有专人指挥，保证铲斗离桩边应有一定的安全距离，同时应避免扰动桩间土和对设计桩顶标高以下的桩体产生损害。
- 1.6.8.3 挖至设计标高后，应剔除多余的桩头，剔除桩头时应采取如下措施：
1. 找出桩顶标高位置，在同一水平面按同一角度对称放置 2 个或 4 个钢钎，用大锤同时击打，将桩头截断。桩头截断后，再用钢纤、手锤等工具沿桩周向桩心逐渐剔除多余的桩头，直至设计桩顶标高，并在桩顶上找平。
  2. 不可用重锤或重物横向击打桩体。
  3. 桩头剔至设计标高，桩顶表面应凿至平整。
  4. 桩头剔至设计标高以下时，必须采取补救措施。如断裂面距桩顶标高不深，可接桩

至设计标高，方法如图 1.6.8.3。同时保护好桩间土不受扰动。

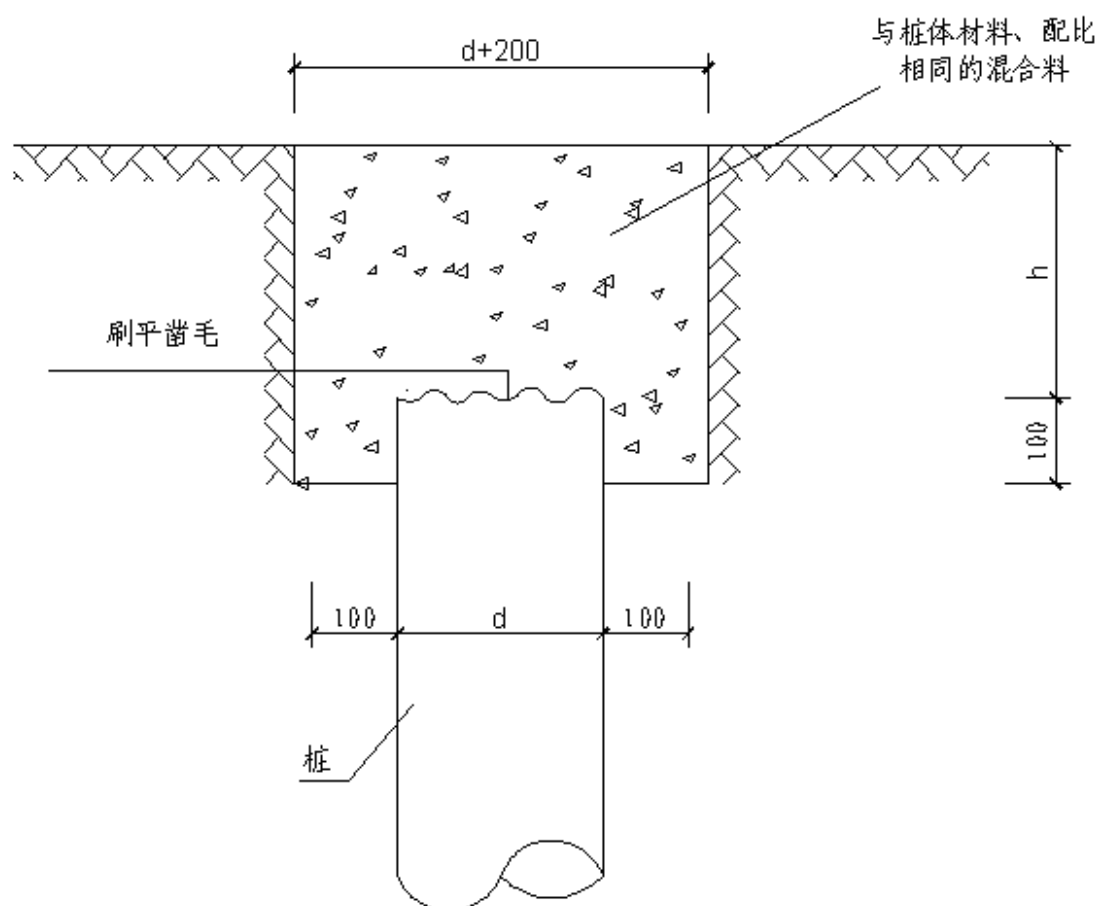


图 1.6.8.3 桩头示意图

1.6.8.4 保护土层和桩头清除至设计标高后，应尽快进行褥垫层的施工，以防桩间土被扰动。

1.6.8.5 冬期施工时，保护土层和桩头清除至设计标高后，立即对桩间土和 CFG 桩采用草帘、草袋等保温材料进行覆盖，防止桩间土冻胀而造成桩体拉断，同时防止桩间土受冻后复合地基承载力降低。

## 1.6.9 安全环保措施

### 1.6.9.1 安全生产注意事项

1. 机械设备操作人员（或驾驶员）必须经过专门训练，熟悉机械操作性能，经专业管理部门考核取得操作证或驾驶证后上机（车）操作。

2. 机械设备操作人员和指挥人员严格遵守安全操作技术规程，工作时集中精力，谨慎工作，不擅离职守，严禁酒后驾驶。

3. 机械设备发生故障后及时检修，决不带故障运行，不违规操作，杜绝机械和车辆事故。

4. 专业电工持证上岗。电工有权拒绝执行违反电器安全规程的工作指令，安全员有权制止违反用电安全的行为，严禁违章指挥和违章作业。



5. 所有现场施工人员佩戴安全帽，特种作业人员佩戴专门的防护用具。
6. 所有现场作业人员和机械操作手严禁酒后上岗。
7. 施工现场所有设备、设施、安全装置、工具配件以及个人劳保用品必须经常检查，确保完好和使用安全。
8. 施工现场的一切电源、电路的安装和拆除必须由持证电工操作；电器必须严格接地、接零和使用漏电保护器。各孔用电必须分闸，严禁一闸多用。孔上电缆必须架空 2.0m 以上，严禁拖地和埋压土中，电缆、电线必须有防磨损、防潮、防断等保护措施。照明应采用安全矿灯或 12V 以下的安全灯。并遵守《施工现场临时用电安全技术规范》(JCJ46—88) 的规定。

#### 1.6.9.2 环保措施

1. 易于引起粉尘的细料或松散料运输时用帆布、盖套等遮盖物覆盖。
2. 施工废水、生活污水不直接排入农田、耕地、灌溉渠和水库，不排入饮用水源。
3. 食堂保持清洁，腐烂变质的食物及时处理，食堂工作人员定期体检。
4. 受工程影响的一切公用设施与结构物，在施工期间应采取适当措施加以保护。
5. 使用机械设备时，要尽量减少噪声、废气等的污染；施工场地的噪声应符合《建筑施工场地界噪声限值》(GB 12523—1990) 的规定。
6. 运转时有粉尘发生的施工场地，如水泥混凝土拌和机站等投料器应有防尘设备。在这些场地作业的工作人员配备必要的劳保防护用品。
7. 驶出施工现场的车辆应进行清理，避免携带泥土。

### 1.6.10 质量记录

1. 工程定位测量记录；
2. 设计交底记录；
3. 设计变更、洽商记录；
4. 技术交底记录；
5. CFG 桩施工记录表；
6. 施工日志；
7. 施工组织设计；
8. 混合料配合比申报表；
9. 原材出厂合格证；
10. 原材试验报告；
11. 混合料抗压强度试验报告。

## 2 桩 基 础

### 2.1 静力压桩施工工艺标准

#### 2.1.1 总 则

##### 2.1.1.1 适用范围

静力压桩适用于软土、填土及一般黏性土层中应用，特别适合于居民稠密及危房附近环境要求严格的地区沉桩，但不宜用于地下有较多孤石、障碍物或有厚度大于 2m 的中密以上砂夹层的情况，以及单桩承载力超过 1600kN 的情况。

##### 2.1.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)；
3. 中华人民共和国行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)；
4. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)。

#### 2.1.2 术 语

静力压桩：系用静力压桩机或锚杆将预制钢筋混凝土桩分节压入地基土中的一种沉桩施工工艺。

#### 2.1.3 基 本 规 定

2.1.3.1 静力压桩包括锚杆静压桩及其他各种非冲击力沉桩。施工前应对成品桩做外观及强度检验，接桩用焊条或半成品硫磺胶泥应有产品合格证书，或送有关部门检验，压桩用压力表、锚杆规格及质量也应进行检查。硫磺胶泥半成品应每 100kg 做一组试件（3 件）。

2.1.3.2 压桩过程中应检查压力、桩垂直度、接桩间歇时间、桩的连接质量及压入深度。重要工程应对电焊接桩的接头做 10% 的探伤检查。对承受反力的结构应加强观测。

2.1.3.3 施工结束时，应做桩的承载力及桩体质量检验。

2.1.3.4 压桩时压力不应超过桩身所能承受的强度。同一根桩的压桩过程应连续进行。压桩时操作员应时刻注意压力表上压力值。并在压桩前排出合理的压桩顺序。

## 2.1.4 施工准备

### 2.1.4.1 技术准备

1. 认真熟悉图纸，理解设计意图，做好图纸会审及设计交底工作。
2. 编制施工组织设计或施工方案，确定施工工艺标准。
3. 针对工程基本情况，收集工程所需的相关规定、标准、图集及技术资料。收集工程相关的水文地质资料及场区地下障碍物、管网等其他资料。
4. 对现场施工人员进行图纸和施工方案交底，专业工种应进行短期专业技术培训。
5. 组织现场管理人员和施工人员学习有关安全、文明施工和环保的有关文件和规定。
6. 进行测量基准交底、复测及验收工作。
7. 其他技术准备工作。

### 2.1.4.2 材料要求

1. 预制桩材料要求
  - (1) 钢筋：静压法沉桩时最小配筋率不宜小于 0.6%，主筋直径不宜小于 14。
  - (2) 混凝土：混凝土强度等级不应低于 C30。
2. 静压预制桩施工材料要求
  - (1) 钢板：应符合设计要求，一般宜用低碳钢。
  - (2) 电焊条：电焊条应符合设计及施工规范要求，一般宜采用 E43。
  - (3) 硫磺胶泥：配合比应通过试验确定。
  - (4) 法兰的钢板和螺栓宜用低碳钢。

### 2.1.4.3 主要机具

1. 全液压静力压桩机主要技术参数见表 2.1.4.3。

液压静力压桩机主要技术参数

表 2.1.4.3

| 型 号                         |     | YZY80     | YZY120      | YZY160      | YZY280      | YZY300 - Z  |
|-----------------------------|-----|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 技术参数                        |     |           |             |             |             |             |
| 最大压入力(kN)                   |     | 80        | 120         | 160         | 280         | 300         |
| 压桩截面 (m <sup>2</sup> )      |     | 0.3 ~ 0.4 | 0.35 ~ 0.45 | 0.35 ~ 0.50 | 0.35 ~ 0.50 | 0.35 ~ 0.50 |
| 行走速度                        | 伸程  | 0.039     | 0.0875      | 0.0325      | 0.033       | 0.033       |
|                             | 回程  | 0.067     | 0.127       | 0.0615      | 0.058       | 0.058       |
| 压桩速度(m/s)                   |     | 0.032     | 0.0282      | 0.03        | 0.03        | 0.025       |
| 每次回转角度(°)                   |     | 13        | 13          | 15          | 15          | 15          |
| 工 作 吊 机 起 重 力 矩<br>(kN · m) |     | 180       | 360         | 460         |             |             |
| 总功率(kw)                     |     | 43        | 70.5        | 92          | 105         | 110         |
| 拖 运 尺<br>寸(m)               | 宽 度 | 3.32      | 3.32        | 3.38        | 3.5         | 3.5         |
|                             | 高 度 | 4.2       | 4.2         | 4.2         | 4.5         | 4.5         |

- 2.其他机具：吊车、经纬仪、水准仪、钢卷尺、电焊机。

2.1.4.4 作业条件

- 1. 施工现场具备三通一平。
- 2. 施工人员到位，机械设备已进场完毕。
- 3. 测量基准已交底、复测、验收完毕。
- 4. 混凝土预制桩已从具备资质的预制构件厂订购，部分进场并验收合格。
- 5. 临建工程搭设完毕。

2.1.5 材料和质量要求

2.1.5.1 材料的关键要求

- 1. 混凝土强度等级评定应符合《混凝土强度检验评定》(GB 107—87)和《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)的要求。
- 2. 硫磺胶泥的主要物理力学性能指标见表 2.1.5.1。

硫磺胶泥的主要物理力学性能指标 表 2.1.5.1

| 项 目  | 物理力学性能   |
|------|--|
| 物理性能 | 1.热变性：60 <sup>0</sup> C 以内强度无变化，120 <sup>0</sup> C 变液态，140~145 <sup>0</sup> C 密度最大和易性最好，170 <sup>0</sup> C 开始沸腾，超过 180 <sup>0</sup> C 开始焦化，且遇明火即燃烧<br>2.重度：2.28~2.328g/cm <sup>3</sup><br>3.吸水率：0.12%~0.24%<br>4 弹性模量： 5×10 <sup>5</sup> kPa<br>5.耐酸性： 常温下能耐盐酸、硫酸、磷酸、40%以下的硝酸、25%以下的铬酸、中等浓度乳酸和醋酸 |
| 力学性能 | 1.抗拉强度：4×10 <sup>3</sup> kPa<br>2.抗压强度：4×10 <sup>4</sup> kPa<br>3.握裹能力： 与螺纹钢为 1.1×10 <sup>4</sup> kPa， 与螺纹孔混凝土为 4×10 <sup>3</sup> kPa<br>4.疲劳强度； 对照混凝土的实验方法，当疲劳应力比值 p 为 0.38 时疲学修正系数 r>0.8   |

2.1.5.2 技术关键要求

- 1. 桩机就位：静压桩机就位时，应对准桩位，将静压桩机调至水平、稳定，确保在施工中不发生倾斜和移动。
- 2. 预制桩起吊和运输时，必须满足以下条件：
  - (1) 混凝土预制桩的混凝土强度达到强度设计值的 70%方可起吊。
  - (2) 混凝土预制桩的混凝土强度达到强度设计值的 100%才能运输和压桩施工。
  - (3) 起吊就位时，将桩机吊至静压桩机夹具中夹紧并对准桩位，将桩尖放入土中，位置要准确，然后除去吊具。
- 3. 稳桩：桩尖插入桩位后，移动静压桩机时桩的垂直度偏差不得超过 0.5%，并使静压桩机处于稳定状态。

4. 测桩记录：桩在沉入时，应在桩的侧面设置标尺，根据静压桩机每一次的行程，记录压力变化情况。

5. 压桩：压桩顺序应根据地质条件、基础的设计标高等进行，一般采取先深后浅、先大后小、先长后短的顺序。密集群桩，可自中间向两个方向或四周对称进行，当毗邻建筑物时，在毗邻建筑物向另一方向进行施工。

压桩施工应符合下列要求：

- (1) 静压桩机应根据设计和土质情况配足额定重量；
- (2) 桩帽、桩身和送桩的中心线应重合；
- (3) 压同一根桩应缩短停歇时间；
- (4) 为减小静压桩的挤土效应，可采取下列技术措施：

1) 对于预钻孔沉桩，孔径约比桩径（或方桩对角线）小 50 ~ 100mm；深度视桩距和土的密实度、渗透性而定，一般宜为桩长的  $1/3 \sim 1/2$ ，应随钻随压桩。

2) 限制压桩速度等。

6. 接桩：

(1) 桩的一般连接方法有焊接、法兰接和硫磺胶泥锚接三种，焊接和法兰接桩适用于各类土层桩的连接，硫磺胶泥锚接适用于软土层，但对一级建筑桩基或承受拔力的桩宜慎重选用。

(2) 应避免桩尖接近硬持力层或桩尖处于硬持力层中接桩。

(3) 采用焊接接桩时，应先将四周点焊固定，然后对称焊接，并确保焊缝质量和设计尺寸。焊接的材质（钢、焊条）均应符合设计要求，焊接件应做好防腐处理。焊接接桩，其预埋件表面应清洁，上下节之间的间隙应用铁片垫实焊牢。接桩时，一般在距地面 1m 左右进行，上下节桩的中心线偏差不得大于 10 mm，节点弯曲矢高不得大于 1% 桩长。

(4) 硫磺胶泥锚接桩应按下列要求作业：

- 1) 锚筋应调直并清除污垢、油迹和氧化铁层。
- 2) 锚筋孔内应有完好螺纹，无积水、杂物和油污。
- 3) 接点的平面和锚筋孔内应灌满胶泥。
- 4) 硫磺胶泥溶剂灌注及停歇时间应符合表 2.1.7 的规定。
- 5) 胶泥试块每工作班不得少于 1 组。

(5) 法兰连接桩上下节桩之间宜用石棉或纸衬垫，拧紧螺帽，经过压桩机施加压力时再拧紧一次并焊死螺帽。

7. 送桩：设计要求送桩时，送桩的中心线与桩身吻合一致方能进行送桩。若桩顶不平可用麻袋或厚纸垫平。送桩留下的孔应立即回填。

### 2.1.5.3 质量关键要求

1. 施工中应密切关注压桩的压力变化，确保工程质量。
2. 按标高控制的桩，桩顶允许偏差为  $\pm 50\text{mm}$ 。
3. 压桩时压力不得超过桩身强度。

### 2.1.5.4 职业健康安全关键要求

1. 施工人员必须持证上岗。
2. 施工属于露天作业，必须做好作业人员夏季防暑、冬季防冻工作。
3. 遵守《劳动保障法》规定的相关职业健康及安全要求。

#### 2.1.5.5 环境关键要求

1. 现场生活区、施工区、办公区等应分区布置，降低影响或干扰。
2. 施工垃圾、生活垃圾等分类收集，定期定场所处理，减少垃圾对周围环境的影响。
3. 施工中因施工而修建的临时设施完工后应及时清除。

## 2.1.6 施工工艺

### 2.1.6.1 工艺流程

静力压桩工艺流程见图 2.1.6.1。

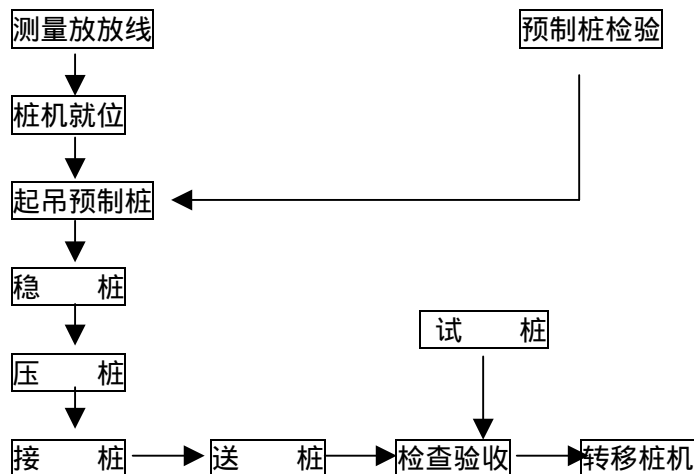


图 2.1.6.1 静压桩施工工艺流程图

### 2.1.6.2 施工工艺

1. 测量放线：在打桩施工区域附近设置控制桩与水准点，不少于 2 个，其位置以不受打桩影响为原则（距操作地点 40m 以外），轴线控制桩应设置在距外墙桩 5 ~ 10m 处，以控制桩基轴线和标高。

2. 桩机就位：按照打桩顺序将静压桩机移至桩位上面，并对准桩位。

3. 起吊预制桩：将预制桩吊至静压桩机夹具中，并对准桩位，夹紧并放入土中，移动静压桩机调节桩垂直度，符合要求后将静压桩机调至水平并稳定。

4. 压桩：压桩时注意压力表变化并记录。

5. 接桩：待桩顶压至距地面 1m 左右时接桩，接桩采用焊接、法兰、硫磺胶泥等方法。

6. 送桩：如设计要求送桩时，应将桩送至设计标高。

7. 移动至下一根桩位处，重复以上操作。

8. 为防止桩身断裂、桩顶碎裂、桩顶位移、桩身倾斜等问题。在桩的堆放、运输、起吊时严格检查桩身的外观质量，防止使用断桩。在开始压桩前，应调好桩身垂直度，使其垂直度轴线与桩顶平面垂直度的轴线一致。同时静压桩机应水平、稳定、桩尖与桩身保持同一轴线上。

9. 下压过程中，如桩尖遇到硬物，应及时处理后方可再压。

## 2.1.7 质量标准

静力压桩质量检验标准应符合表 2.1.7 的规定。

静力压桩质量检验标准

表 2.1.7

| 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 | 桩体质量检验                     |                                | 按基桩检测技术规范   |       | 按基桩检测技术规范  |
|      | 2 | 桩位偏差                       |                                | 按《建筑地基基础工程施工质量验收规范》表 5.1.3  |       | 用钢尺量   |
|      | 3 | 承载力                        |                                | 按基桩检测技术规范   |       | 按基桩检测技术规范  |
| 一般项目 | 1 | 成品桩质量；<br>外观<br>外形尺寸<br>强度 |                                | 表面平整，颜色均匀，掉角深度 < 10mm，蜂窝面积小于总面积 0.5%<br>见《建筑地基基础工程施工质量验收规范》表 5.4.5 满足设计要求 |       | 直观<br>见《建筑地基基础工程施工质量验收规范》表 5.4.5<br>查产品合格证书或钻芯试压 |
|      | 2 | 硫磺胶泥质量<br>(半成品)            |                                | 设计要求  |       | 查产品合格证书或抽样送检                                     |
|      | 3 | 接桩                         | 电焊接桩：<br>焊缝质量<br>电焊结束后<br>停歇时间 | 见《建筑地基基础工程施工质量验收规范》表 5.4.5-2  |       | 见《建筑地基基础工程施工质量验收规范》表 5.4.5-2                     |
|      |   |                            |                                | min   | > 1.0 | 秒表测定   |
|      |   |                            | 硫磺胶泥接桩：<br>胶泥浇筑时间<br>浇筑后停歇时间   | min   | < 2   | 秒表测定   |
|      |   |                            |                                | min   | > 7   | 秒表测定   |
|      | 4 | 电焊条质量                      |                                | 设计要求  |       | 查产品合格证书  |
|      | 5 | 压桩压力 (设计有要求时)              |                                | %   | ± 5   | 查压力表读数   |
|      | 6 | 接桩时上下节平面偏差<br>接桩时节点弯曲矢高    | mm<br>mm                       | < 10<br>1/1000l   |       | 用钢尺量<br>用钢尺量，l 为两节桩长                             |
|      | 7 | 桩顶标高                       |                                | mm  | ± 50  | 水准仪  |



## 2.1.8 成品保护

1. 现场测量预制桩、控制网的保护工作。
2. 已进场的预制桩堆放整齐，注意防止施工机械碰撞。
3. 送桩后的孔洞应及时回填，以免发生意外伤人事件。

## 2.1.9 安全环保措施

1. 施工应按顺序有系统的进行，保持现场文明施工、安全施工。
2. 施工垃圾、生活垃圾应定期清理，以免污染环境。
3. 制定安全生产措施，定期对施工人员进行安全知识培训，提高安全意识，确保安全生产。

## 2.1.10 质量记录

1. 桩的结构图及设计变更通知单。
2. 材料的出场合格证和试、化验报告。
3. 焊件和焊接记录及焊件试验报告。
4. 桩体质量检验纪录。
5. 混凝土试件强度试验报告。
6. 压桩施工记录。
7. 桩位平面图。

# 2.2 泥浆护壁钻孔灌注桩施工工艺标准

## 2.2.1 总 则

### 2.2.1.1 适用范围

泥浆护壁钻孔灌注桩按成孔工艺和成孔机械的不同,可分为如下几种,其适用范围如下:

1. 冲击成孔灌注桩:适用于黄土、黏性土或粉质黏土和人工杂填土层中应用,特别适合于有孤石的砂砾石层、漂石层、坚硬土层、岩层中使用,对砂层亦可克服,但对淤泥及淤泥质土,则应慎重使用。
2. 冲抓成孔灌注桩:适用于一般较松软黏土、粉质黏土、砂土、砂砾层以及软质岩层应用,孔深在 20m 内。
3. 回转钻成孔灌注桩:适用于地下水位较高的软、硬土层,如淤泥、黏性土、砂土、软质岩层。
4. 潜水钻成孔灌注桩:适用于地下水位较高的软、硬土层,如淤泥、淤泥质土、黏土、粉质黏土、砂土、砂夹卵石及风化页岩层中使用,不得用于漂石。

## 2.2.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)；
3. 中华人民共和国行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)；
4. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)。

## 2.2.2 术 语

1. 灌注桩：先用机械或人工成孔，然后再下钢筋笼、灌注混凝土的基桩。
2. 泥浆护壁：用机械进行灌注桩成孔时，为防止塌孔，在孔内用相对密度大于 1 的泥浆进行护壁的一种成孔施工工艺。

## 2.2.3 基本规定

### 2.2.3.1 桩位放样允许偏差如下：

1. 群桩：20mm；
2. 单排桩：10mm。

### 2.2.3.2 桩基工程的桩位验收，除设计有规定外，应按下述要求进行：

1. 当桩顶设计标高与施工场地标高相同时，或桩基施工结束后，有可能进行检查时，桩基工程的验收应在施工结束后进行。

2. 当桩顶设计标高低于施工场地标高，送桩后无法对桩位进行检查时，灌注桩可对护筒位置做中间验收。

2.2.3.3 泥浆护壁钻孔灌注桩的桩位偏差必须符合表 2.2.3.3 的规定，桩顶标高至少比设计标高高出 0.5m，桩底清孔质量要求见表 2.2.7—2。每浇注 50m<sup>3</sup> 必须有 1 组试件；小于 50m<sup>3</sup> 的单柱单桩，每根桩必须有 1 组试件；每个柱子承台下的桩至少应有 1 组试件。

泥浆护壁灌注桩施工允许偏差 表 2.2.3.3

| 桩径                     | 桩径允许差<br>(mm) | 垂直度<br>允许偏<br>差(%) | 桩位允许偏差 (mm)                        |                             |
|------------------------|---------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|
|                        |               |                    | 1~3 根、单排桩基<br>垂直于中心线方向<br>和群桩基础的边桩 | 条形桩基沿中心<br>线方向和群桩基<br>础的中间桩 |
| $D \leq 1000\text{mm}$ | $\pm 50$      | 1                  | $d/6$ 且不大于 100                     | $d/4$ 且不大于 150              |
| $D > 1000\text{mm}$    | $\pm 50$      |                    | $100+0.01H$                        | $150+0.01H$                 |

注：1. 桩径允许偏差的负值是指个别断面

2. 采用复打、反插法施工的桩允许偏差不受本表限制：

3.  $H$  为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离； $d$  为设计桩径。

2.2.3.4 工程桩应进行承载力检验。对于地基基础设计等级为甲级或地质条件复杂，成桩质量可靠性低的灌注桩，应采用静载荷试验的方法进行检验，检验桩数不应少于总数的

1%，且不应少于 3 根，当总桩数少于 50 根时，不应少于 2 根。

2.2.3.5 桩身质量应进行检验。对设计等级为甲级或地质条件复杂，成桩质量可靠性低的灌注桩，抽检数量不应少于总数的 30%，且不应少于 20 根；其他桩基工程的抽检数量不应少于总数的 20%，且不应少于 10 根；对地下水位以上终孔后经过核验的灌注桩，检验数量不应少于总桩数的 10%，且不应少于 10 根。每个柱子承台下不得少于 1 根。

2.2.3.6 对砂子、石子、钢材、水泥等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法，应符合国家现行有关标准的规定。

2.2.3.7 粗骨料可选用卵石或碎石，其最大粒径对于沉管灌注桩不宜大于 50mm，并不得大于钢筋间最小净距的 1/3；对于素混凝土桩，不得大于桩径的 1/4，并不宜大于 70mm。

2.2.3.8 为核对地质资料、检验设备、工艺以及技术要求是否适宜，桩在施工前，宜进行“试成孔”。

## 2.2.4 施 工 准 备

### 2.2.4.1 技 术 准 备

1. 认真熟悉现场的工程地质和水文地质资料，收集场区内地下障碍物、管网等相关资料。
2. 结合场区内的具体情况，编制施工组织设计或施工方案。
3. 对现场施工人员进行图纸和施工方案交底，专业工种应进行短期专业技术培训。
4. 组织现场所有管理人员和施工人员学习有关安全、文明施工规程，增强职工安全、文明施工和环保意识。
5. 进行测量基准交底、复测及验收工作。
6. 其他技术准备工作。

### 2.2.4.2 作 业 条 件

1. 施工平台应坚实稳固，并具备机械、人员操作空间。
2. 施工用水、用电接至施工场区，并满足机械及成孔要求。
3. 混凝土搅拌站、混凝土运输、混凝土浇筑机械试运转完毕，钢筋进场检验合格，钢筋骨架安放设备满足要求。
4. 测量控制网（高程、坐标点）已建立，桩位放线工作完成，或复测验收合格。

### 2.2.4.3 成孔机械

成孔机械根据土质情况进行选用，见表 2.2.4.3-1。潜水钻机技术参数见表 2.2.4.3-2，国产回转钻机技术参数见表 2.2.4.3-3、表 2.2.4.3-4，国产冲击钻机技术参数见表 2.2.4.3-5，冲抓钻机技术参数见表 2.2.4.3-6，抓斗与套管配套表见表 2.2.4.3-7、表 2.2.4.3-8。

成孔机械选用表

表 2.2.4.3-1

| 成 孔 机 械 | 土 质 情 况                          |
|---------|----------------------------------|
| 潜 水 钻   | 黏性土、粉土、淤泥、淤泥质土、砂土、强风化岩石、软质岩      |
| 回 转 钻   | 碎石类土、黏性土、粉土、淤泥、淤泥、砂土、强风化岩、软质及硬质岩 |

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| 冲击钻    | 各类土层及风化岩、软质岩             |
| 冲抓锥成孔机 | 较松软黏土、粉质黏土、砂土、砂砾层以及软持岩层等 |

潜水钻机主要技术能参数 表 2.2.4.3-2

| 型 号<br>参 数    |      | KQ-800    | KQ-1250A   | KQ-1500     | KQ-2000      | KQ-2500     | KQ-3000     |
|---------------|------|-----------|------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| 钻孔直径 (mm)     |      | 450 ~ 800 | 450 ~ 1250 | 800 ~ 1500  | 800 ~ 2000   | 1500 ~ 2500 | 2000 ~ 3000 |
| 钻孔深度 (m)      | 潜水钻法 | 80        | 80         | 80          | 80           | 80          | 80          |
|               | 钻斗钻法 | 35        | 35         | 35          |              |             |             |
| 主轴转速 (r/min)  |      | 200       | 45         | 38.5        | 21.3         |             |             |
| 最大扭矩 (kN · m) |      | 1.90      | 4.60       | 6.87        | 13.72        | 36.0        | 72.0        |
| 钻进速度 (m/min)  |      | 0.3 ~ 1   | 0.3 ~ 1    | 0.06 ~ 0.16 | 0.06 ~ 0.10` | 74          | 111         |
| 电机功率 (kw)     |      | 22        | 22         | 37          | 44           | 16          | 12          |
| 电机转速 (r/min)  |      | 960       | 960        | 960         | 960          |             |             |
| 钻头转速 (r/min)  |      | 86        | 45         | 42          |              | 16          | 12          |
| 主机重量 (kg)     |      | 550       | 700        | 1000        | 1000         |             |             |
| 整机重量 (kg)     |      | 7280      | 10460      | 15430       | 20180        |             |             |
| 外型尺寸<br>(mm)  | 长度   | 4306      | 5600       | 6850        | 7500         |             |             |
|               | 宽度   | 3260      | 3100       | 3200        | 4000         |             |             |
|               | 高度   | 7020      | 8742       | 10500       | 11000        |             |             |

国产回转钻机主要性能 (一) 表 2.2.4.3-3

| 型 号<br>参 数       | GPS-15     | SPJT-300 | SPC-500   | QJ250 | ZJ150-1              | G-4      | BRM-80    | BRM-1      |
|------------------|------------|----------|-----------|-------|----------------------|----------|-----------|------------|
| 钻孔直径<br>(mm)     | 800 ~ 1500 | 500      | 500 ~ 350 | 2500  | 1500                 | 100<br>0 | 1200      | 1250       |
| 钻孔深度<br>(m)      | 50         | 300      | 600       | 100   | 70 ~ 100             | 50       | 40 ~ 60   | 40~60      |
| 转盘扭矩<br>(kN · m) | 17.7       | 17.7     |           | 68.6  | 3、5、4.9、<br>7.2、19.5 | 20       | 4.2 ~ 8.7 | 3.3 ~ 12.1 |

续 表

| 型号<br>参数      | GPS-15       | SPJT-300      | SPC-500                                     | QJ250          | ZJ150-1          | G-4          | BRM-08   | BRM-1    |
|---------------|--------------|---------------|---|----------------|------------------|--------------|----------|----------|
| 转盘转速( r/min ) | 13、23、<br>42 | 40、70、<br>128 | 正 42、70、<br>110、203、<br>反 51、84、<br>132、243 | 12、8、<br>21、41 | 22、59、<br>86、120 | 10、<br>40、80 | 15 ~ 41  | 9 ~ 52   |
| 钻孔方式          | 泵吸反<br>循环    | 正反<br>循环      | 正循环   | 正反循<br>环       | 正反循<br>环         | 正反<br>循环     | 正反循<br>环 | 正反循<br>环 |
| 加压给进方式        |              |               |   | 自重             | 自重               |              | 配重       | 配重       |
| 驱动功率(kW )     | 30           | 40            | 75  | 95             | 55               | 20           | 22       | 22       |
| 重量(kg )       | 15000        | 11000         | 25000                                       | 13000          | 1000             |              | 6000     | 9200     |
| 外型尺<br>寸(m )  | 长度           | 4.7           | 11.7  | 12.3           | 3.0              |              |          |          |
|               | 宽度           | 2.2           | 2.5   | 2.5            | 1.6              |              |          |          |
|               | 高度           | 8.3           | 3.7   | 3.7            | 2.7              |              |          |          |

国产回转钻机主要性能 (二)

表 2.2.4.3-4

| 型 号<br>参 数      | BRM-2   | BRM-4    | BRM-4A                | GJD1500               | 红星 400 | SPC-300H     | SPC-600                |
|-----------------|---------|----------|-----------------------|-----------------------|--------|--------------|------------------------|
| 钻孔直径(mm)        | 1500    | 3000     | 1500 ~<br>3000        | 1500 ~<br>2000        | 1500   | 500、700      | 500 ~ 1900             |
| 钻孔深度 ( m )      | 40 ~ 60 | 40 ~ 100 | 40 ~ 80               | 50                    | 50     | 200 ~ 300、80 | 400 ~ 600              |
| 转盘扭矩(kN·m)      | 7 ~ 28  | 15 ~ 80  | 15、20、30、<br>40、55、80 | 39 . 2                | 40     |              | 15、24、39、<br>64、11 . 5 |
| 转盘转速(r/min)     | 5 ~ 34  | 6 ~ 35   | 6、9、13、<br>17、25、35   | 6、3、14 . 4、<br>30 . 6 | 12     | 52、78、123    | 25、45、74、<br>120、191   |
| 钻孔方式            | 正反循环    | 正反循环     | 气举反<br>循环             | 正反循环<br>冲击            | 正反循环   | 正反循环、<br>冲击  | 正循环                    |
| 加压给进方式          | 配重      | 配重       | 配重                    |                       | 自重     |              |                        |
| 驱动功率(Kw)        | 28      | 75       | 75                    | 63                    | 40     | 118          | 75                     |
| 重量(kg)          | 13000   | 32000    | 68177                 | 20500                 | 7000   | 15000        | 23900                  |
| 外型<br>尺寸<br>(m) | 长度      |          | 7.9                   | 5.1                   | 3.0    | 10.9         | 14.2                   |
|                 | 宽度      |          | 4.5                   | 2.4                   | 1.6    | 2.5          | 2.5                    |
|                 | 高度      |          | 13.3                  | 6.38                  | 2.7    | 3.6          | 3.6                    |

国产冲击钻机主要技术性能

表 2 . 2 . 4 . 3-5

| 型 号<br>技术参数 | SPC-300H | GJC-40H | CZ-30      | CZ-22    | KCL-100    | GJD-1500           |
|-------------|----------|---------|------------|----------|------------|--------------------|
| 钻孔最大直径(mm)  | 700      | 700     | 1200       | 559      | 1000       | 2000 土层<br>1500 岩层 |
| 钻孔最大孔深(m)   | 80       | 80      | 180        | 300      | 50         | 50                 |
| 冲击行程(mm)    | 500、650  | 500、650 | 500 ~ 1000 | 350~1000 | 350 ~ 1000 | 100 ~ 1000         |

续 表

| 型 号<br>技术参数             |             |    | SPC-300H | GJC-40H | CZ-30    | CZ-22    | KCL-100  | GJD-1  |
|-------------------------|-------------|----|----------|---------|----------|----------|----------|--------|
| 冲击频率(次.min)             |             |    | 25、50、72 | 20 ~ 72 | 40、45、50 | 40、45、50 | 40、45、50 | 0 ~ 30 |
| 钻头重量(kg)                |             |    |          |         | 2500     | 1500     | 1500     | 2940   |
| 卷筒<br>提升<br>力<br>(kN)   | 冲击钻卷筒       |    | 30       | 30      | 30       | 30       | 20       | 39 . 2 |
|                         | 淘渣筒卷筒       |    |          |         | 20       | 20       | 13       |        |
|                         | 滑车卷筒        |    | 20       | 20      | 30       | 15       |          |        |
| 电机功率(kW)                |             |    | 118      | 118     | 40       | 22       | 30       | 63     |
| 桅杆负荷能力(kN)              |             |    | 150      | 150     | 250      | 150      | 120      |        |
| 桅杆工作高度(m)               |             |    | 11       | 11      | 16       | 11       | 7.5      |        |
| 钻<br>机<br>尺<br>寸<br>(m) | 拖<br>动<br>时 | 长度 |          |         | 10.0     |          |          |        |
|                         |             | 高度 |          |         | 2.66     |          |          |        |
|                         |             | 宽度 |          |         | 3.50     |          |          |        |
|                         | 工<br>作<br>时 | 长度 | 10.85    | 10.85   | 6.00     |          | 2.8      | 5.04   |
|                         |             | 高度 | 2.47     | 2.47    | 2.66     |          | 2.3      | 2.36   |
|                         |             | 宽度 | 3.60     | 3.55    | 16.30    |          | 7.8      | 6.38   |
| 钻机重量(kg)                |             |    | 15000    | 15000   | 13670    | 7000     | 6100     | 20500  |

冲抓式成孔机技术参数 表 2 . 2 . 4 . 3-6

| 性能指标         | A-3 型            | A-5 型            |
|--------------|------------------|------------------|
| 成孔直径(mm)     | 480 ~ 600        | 450 ~ 600        |
| 最大成孔深度 (m)   | 10               | 10               |
| 抓斗长度 (mm)    | 2256             | 2356             |
| 抓瓣张开直径 (mm)  | 450              | 430              |
| 抓 瓣 数        | 4                | 4                |
| 提升速度 (m/min) | 15               | 18               |
| 卷扬机起重能力 (kN) | 20               | 25               |
| 平均工效(孔/台班)   | 5 ~ 6 (深 5 ~ 8m) | 5 ~ 6 (深 5 ~ 8m) |
| 适应土质条件       | 黏土夹石或砂卵石类土       | 黏土夹石或砂卵石类土       |

抓斗与套管匹配表 (一)

表 2.2.4.3-7

| 出 厂 单 标                         |            |           | 日 本 三 菱 重 工 |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|------------|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 钻 孔 直 径                         |            |           | 1000        | 1100  | 1200  | 1300  | 1500  | 1800  | 2000  |
|                                 | 型 号        |           | GS-13       | GS-13 | GS-13 | GS-13 | GS-20 | GS-20 | GS-20 |
| 锤<br>式<br>抓<br>斗                | 抓斗片直径(mm)  |           | 8850        | 9950  | 11050 | 11150 | 11340 | 11610 | 11800 |
|                                 | 全长(mm)     |           | 22860       | 22910 | 22960 | 33010 | 33655 | 33755 | 33855 |
|                                 | 容量(mm³)    |           | 0.08        | 0.10  | 0.12  | 0.14  | 0.24  | 0.29  | 0.40  |
|                                 | 质量(kg)     |           | 11500       | 11690 | 11750 | 11850 | 33350 | 33750 | 33990 |
| 套<br>管<br>不<br>含<br>固<br>定<br>销 | 直径<br>(mm) | 外径        | 9900        | 11080 | 11180 | 11280 | 11480 | 11780 | 11980 |
|                                 |            | 内径        | 8890        | 9990  | 11090 | 11190 | 11390 | 11690 | 11890 |
|                                 | 质量<br>(kg) | 6m 管      | 33060       | 33370 | 44100 | 44400 | 55160 | 77880 | 88810 |
|                                 |            | 4m 管      | 22090       | 22300 | 22800 | 33020 | 33510 | 55370 | 66000 |
|                                 |            | 3m 管      | 11580       | 11740 | 22100 | 22280 | 22650 | 44080 | 44550 |
|                                 |            | 2m 管      | 11130       | 11240 | 11480 | 11610 | 11870 | 22850 | 33190 |
|                                 |            | 第二节管 1.8m | 11170       | 11290 | 11420 | 11540 | 11780 | 22590 | 22910 |

抓斗与套管匹配表 (二)

表 2.2.4.3-8

| 出 厂 单 位                      |             |      | 德国 LEFFER 公司 |       |         |       |       |         |        |
|------------------------------|-------------|------|--------------|-------|---------|-------|-------|---------|--------|
| 钻 孔 直 径                      |             |      | 900          | 1200  | 1300    | 1500  | 2000  | 2200    | 2500   |
| 锤<br>式<br>抓<br>斗             | 型 号         |      | L770         | L1070 | L1190   | L1360 | L1840 | L2000   | L2250  |
|                              | 抓斗片直径 (mm)  |      | 6630         | 9930  | 9930    | 11200 | 11600 | 11150   | 11150  |
|                              | 下部最大尺寸 (mm) |      | 7750         | 11050 | 11050   | 11340 | 11820 | 11960   | 11960  |
|                              | 容量 (mm³)    |      | 0.095        | 0.165 | 0.165   | 0.240 | 0.520 | 0.92    | 0.92   |
|                              | 质量 (kg)     |      | 22460        | 33890 | 33950   | 44900 | 66620 | 88300   | 88930  |
| 套<br>管<br>(不<br>固<br>定<br>销) | 直径<br>(mm)  | 外径   | 9900         | 11200 | 11300   | 11500 | 22000 | 22200   | 22500  |
|                              |             | 内径   | 8820         | 11120 | 11220   | 11420 | 11910 | 22100   | 22400  |
|                              | 质量<br>(kg)  | 6m 管 | 22927        | 44390 | 44710   | 55545 | 99415 | 110730  | 112190 |
|                              |             | 5m 管 | 22473        | 33694 | 33956.. | 44673 | 77891 | 99015   | 110240 |
|                              |             | 4m 管 | 22019        | 22986 | 33228   | 33797 | 66368 | 77300   | 88290  |
|                              |             | 3m 管 | 11550        | 22775 | 22432   | 22903 | 44840 | 55580   | 66340  |
|                              |             | 2m 管 | 11100        | 11584 | 11714   | 22034 | 33337 | ..33865 | 44390  |
|                              | 第二节管(1.8m)  | 6627 | 8852         | 9925  | 11133   | 11802 | 22150 | 22440   |        |

#### 2.2.4.4 材料进场准备

1. 钢筋、水泥、砂、石、水等原材料经质量检验合格；
2. 混凝土拌合所需原材料全部进场，并至少具备 1 个工作班用量的储备；
3. 钢筋骨架加工所需原材料已全部进场，并具备成批加工能力，开钻前宜加工成型 1 个工作班用量的套数；
4. 配置泥浆用的黏土或膨润土已进场。泥浆池和排浆槽已挖好。

## 2.2.5 材料和质量要求

### 2.2.5.1 材料要求

1. 水泥：可采用火山灰水泥、粉煤灰水泥、普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，使用矿渣水泥时应采取防离析措施。水泥强度等级不宜低于 32.5，水泥的初凝时间不宜早于 2.5 h 水泥性能必须符合现行国家有关标准的规定，水泥的进场验收应符合以下要求：

(1) 出厂合格证，内容包括：水泥牌号、厂标、水泥品种、强度等级、出场日期、批号、合格证编号、抗压强度、抗折强度、安定性等试验指标；合格证应加盖厂家质量检查部门印章，转抄（复）件应说明原件存放处、原件编号、转抄人应加盖转抄单位印章（红印为准，复印件无效）；合格证的备注栏由施工单位填写单位工程名称及使用部位。

(2) 水泥进场取样方法应按《水泥取样方法》(GB 12573—90) 进行，通常复试内容包括：安定性、凝结时间和胶砂强度三项。

(3) 进场水泥有下列情况之一者，应进行复试，复试应由法定检测单位进行并应提出试验报告，合格后使用：

- 1) 水泥出厂日期超出三个月（快硬性水泥超出一个月）；
- 2) 水泥发生异常现象，如受潮结块等；
- 3) 使用进口水泥者；
- 4) 设计有特殊要求者。

2. 粗骨料：宜优先选用卵石，如采用碎石宜适当增加混凝土配合比的含砂率。粗集料的最大粒径不应大于导管内径的  $1/8 \sim 1/6$  和钢筋最小净距的  $1/4$ ，且不宜大于 40mm，其性能及质量要求如下：

(1) 颗粒级配一般采用连续级配 5~31.5mm、单粒级配 16~31.5mm 或 20~40mm，有条件时优先选用连续级配。

(2) 含泥量限制见表 2.2.5.1-1

含泥量和泥块含量指标

表 2.2.5.1-1

| 混凝土强度等级          | C30  | < C30 |
|------------------|------|-------|
| 含泥量，按重量计不大于 (%)  | 1.0  | 2.0   |
| 泥块含量，按重量计不大于 (%) | 0.50 | 0.70  |

(3) 有害物质含量见表 2.2.5.1-2

碎石和卵石中有害物质含量指标

表 2.2.5.1-2

| 项 目                             | 质 量 标 准                              |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 硫化物和硫酸盐含量折算为 $SO_3$ 按重量计不大于 (%) | 1                                    |
| 卵石中有机物质含量 (用比色法试验)              | 颜色不应深于标准色，如深于标准色，则应以混凝土进行强度对比试验，予以复核 |

(4) 针、片状颗粒的含量限制见表 2.2.5.1-3

针、片状颗粒的含量指标

表 2.2.5.1-3

| 混凝土强度等级              | C30 | < C30 |
|----------------------|-----|-------|
| 针、片状颗粒含量 按重量计不大于 (%) | 15  | 25    |



(5) 强度指标 ; ; 采用压碎指标值见表 ; 2.2.5.1-3

碎石、卵石的压碎指标值

表 2.2.5.1-4

| 骨 料 品 种   | 混凝土强度等级       | 压碎指标值 (%) |
|-----------|---------------|-----------|
| 水 成 岩     | C55 ~ C40 C35 | 10 16     |
| 变质岩或深层火成岩 | C55 ~ C40 C35 | 12 20     |
| 火 成 岩     | C55 ~ C40 C35 | 13 30     |
| 卵 石       | C55 ~ C40 C35 | 12 16     |

3. 细骨料料 ( 砂 ): 采用级配良好的中砂 , 细度模数为 3.4 ~ 2.3 , 其性能及质量要求如下 ;

(1) 砂的主要技术性能见表 2.2.5.1-5.

砂 的 主 要 性 能

表 2.2.5.1-5

| 序 号 | 项 目   | 技 术 指 标                      |
|-----|-------|------------------------------|
| 1   | 粒 径   | 5mm                          |
| 2   | 表观密度  | 2.6 ~ 2.7g/cm <sup>3</sup>   |
| 3   | 堆积密度  | 1350 ~ 1650kg/m <sup>3</sup> |
| 4   | 紧密密度  | 1600 ~ 1700kg/m <sup>3</sup> |
| 5   | 空 隙 率 | 干 燥 松 散 35% ~ 45%            |
|     |       | 颗 粒 级 配 35% ~ 37%            |

(2) 含泥量 : 砂的含泥量指砂中粒径小于 0.080mm 的颗粒含量 ; 砂中泥的粒径大于 1.25mm , 经水洗并用手捏后变成小于 0.630mm 颗粒的 , 称为泥块。砂的含泥量泥块含量见表 2.2.5.1-6。

砂中含泥量、泥块含量指标

表 2.2.5.1-6

| 混凝土强度等级            | C30 | < C30 |
|--------------------|-----|-------|
| 含泥量 , 按重量计不大于 (%)  | 3.0 | 5.0   |
| 泥块含量 , 按重量计不大于 (%) | 1.0 | 2.0   |

(3) 有害物含量见表 2.2.5.17。

砂中有害物含量

表 2.2.5.1-7

| 项 目  | 质 量 指 标                                    |
|--|--|
| 云母含量 , 按重量计不大于 (%)                         | 2  |
| 轻物质含量 , 按重量计不大于 (%)                        | 1  |
| 硫化物和硫酸盐含量折算为 SO <sub>3</sub> , 按重量计不大于 (%) | 1  |
| 有机物含量 ( 用比色法试验 )                           | 颜色不应深于标准色 , 如深于标准色 , 则应配成砂浆进行强度对比试验 , 予以复核 |

4 . 水 : 搅拌混凝土宜采用饮用水。当采用其他来源的水时 , 水质必须符合国家现行标准的规定。一般情况下应符合以下规定 :

(1) 水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害物质或油脂、糖类及游离酸类等。

(2) 污水、pH 值小于 5 的酸性水及含硫酸盐量按 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 计超过水的质量 0.27mg / cm<sup>3</sup>

的水不得使用。

(3) 得用海水拌制混凝土。

(4) 供饮用的水，一般能满足上述条件，使用时可不经试验。

5. 外加剂：采用水下混凝土灌注时，混凝土中一般掺加减水缓凝剂，用于延长混凝土的初凝时间，提高混凝土的和易性，外加剂的质量应符合国家现行标准的规定。

6. 钢筋：钢筋进场时应检查产品合格证，出厂检验报告和进场复验报告。复验内容包括：拉力试验（屈服、抗拉强度和伸长率）、冷弯试验。具体要求如下：

(1) 出厂合格证应由钢厂质检部门提供或供销部门转抄，内容包括：生产厂家名称、炉罐号（或批号）、钢种、强度、级别、规格、重量及件数、生产日期、出厂批号；力学性能检验数据及结论；化学成分检验数据及结论；并有钢厂质量检验部门印章及标准编号。出厂合格证（或其转抄件、复印件）备注栏内应由施工单位写明单位工程名称及使用部位。

(2) 试验报告应有法定检测单位提供，内容包括：委托单位、工程名称、使用部位、钢筋级别、钢种、钢号、外形标志、出厂合格证编号、代表数量、送样日期、原始记录编号、报告编号、试验日期、试验项目及数据、结论。

(3) 钢筋进场后应进行外观检查，内容包括：直径、标牌、外形、长度、劈裂、弯曲、裂痕、锈蚀等项目，如发现有异常现象时（包括在加工过程中有脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常时）应拒绝使用。

2.2.5.2 质量要求

1. 钢筋加工前，应对所采用的钢筋进行外观检查，钢筋表面必须洁净，无损伤、油渍、漆污和铁锈等，带有颗粒状或片状老锈的钢筋严禁使用。

2. 钢筋加工前，应先行调直，使钢筋无局部曲折。

3. 混凝土搅拌按以下规定执行：

(1) 原材料计量应建立岗位责任制，计量方法力求简便易行、可靠，允许偏差见表 2.2.5.2。

配料数量允许偏差 表 2.2.5.2

| 材 料 类 别 | 允 许 偏 差 (%) |         |
|---------|-------------|---------|
|         | 现 场 拌 制     | 集中搅拌站拌制 |
| 水 泥     | ± 2         | ± 1     |
| 粗、细骨料   | ± 3         | ± 2     |
| 水、外加剂   | ± 2         | ± 1     |

(2) 外加剂应用台秤计量。

(3) 当拌制混凝土受到外界因素的影响时（如砂石含水量的变化），应及时调整和修正配合比，使拌制的混凝土达到设计的要求。

(4) 混凝土搅拌的最短时间，强制式搅拌机不少于 90s，自落式不少于 120s。

(5) 混凝土拌和物搅拌必须均匀，且色泽一致。

(6) 应在拌制地点和灌注地点分别检查混凝土的坍落度和温度。

4. 护筒埋入土中的深度必须满足要求，护筒四周用黏性土回填并分层夯实。

5. 桩机就位后，必须平正、稳固，确保在施工中不发生倾斜和移动；为准确控制成孔深度，在桩架或钻具上应设置控制深度的标尺，以便在施工中观测记录。

6. 从开始成孔至水下混凝土浇筑完毕，应始终保持护筒内泥浆面高出地下水位 1.0 m 以上，受水位涨落影响时，应高出最高水位 1.5m 以上。

7. 成孔过程中应注意地层的变化，随时调整钻进工艺，防止塌孔、缩颈、倾斜等质量

缺陷。

8．钢筋骨架在存放、起吊过程中应采取措施防止变形；在安放入孔时，位置要居中，不得碰撞孔壁；安放至设计高程后，应采取措施固定，确保在混凝土灌注过程中不移动。

9．导管在使用前应作水密性试验，安装时要放密封圈并上紧丝扣，在孔中的位置要居中，导管底距孔底 300～500mm，上部高出泥浆面不少于 300mm。

## 2.2.6 施工工艺

### 2.2.6.1 工艺流程

泥浆护壁钻孔灌注桩的施工工艺流程见图 2.2.6.1。

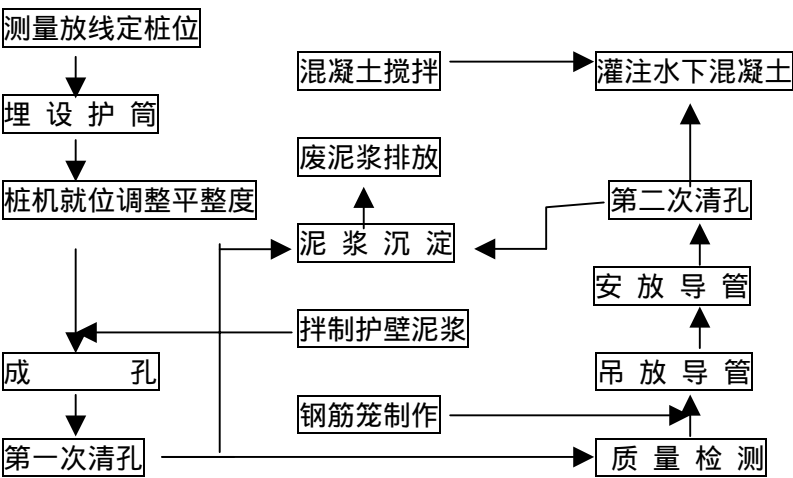


图 2.2.6.1 泥浆护壁灌注桩施工工艺流程图

### 2.2.6.2 操作工艺

#### 1．施工平台

- (1) 场地内无水时，可稍作平整、碾压以能满足机械行走移位的要求。
- (2) 场地为浅水且水流较平缓时，采用筑岛法施工。桩位处的筑岛材料优先使用黏土或砂性土，不宜回填卵石、砾石土，禁止采用大粒径石块回填。筑岛高度应高于最高水位 1.5m，筑岛面积应按采用的钻孔机械、混凝土运输浇筑等的要求决定。
- (3) 场地为深水时，可采用钢管桩施工平台、双壁钢围堰平台等固定式平台，也可采用浮式施工平台。平台须牢靠稳定，能承受工作时所有静、动荷载，并能满足机械施工、人员操作的空间要求。

#### 2．护筒

- (1) 护筒一般由钢板卷制而成，钢板厚度视孔径大小采用 4～8mm，护筒内径宜比设计桩径大 100 mm，其上部宜开设 1～2 个溢流孔。
- (2) 护筒埋置深度一般情况下，在黏性土中不宜小于 1m；砂土中不宜小于 1.5m；其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求。淤泥等软弱土层应增加护筒埋深；护筒顶面宜高出地面 300mm。
- (3) 旱地、筑岛处护筒可采用挖坑埋设法，护筒底部和四周回填黏性土并分层夯实；水域护筒设置应严格注意平面位置、竖向倾斜，护筒沉入可采用压重、振动、锤击并辅以护

筒内取土的方法。

(4) 护筒埋设完毕后,护筒中心竖直线应与桩中心重合,除设计另有规定外,平面允许误差为 50mm,竖直线倾斜不大于 1%。

(5) 护筒连接处要求筒内无突出物,应耐拉、压、不漏水。应根据地下水位涨落影响,适当调整护筒的高度和深度,必要时打入不透水层。

3. 护壁泥浆的调制和使用

(1) 护壁泥浆一般由水、黏土(或膨润土)和添加剂按一定比例配制而成,可通过机械在泥浆池、钻孔中搅拌均匀。

(2) 泥浆的配置应根据钻孔的工程地质情况、孔位、钻机性能、循环方式等确定,调制好的泥浆应满足表 2.2.6.2 的要求。

泥 浆 性 能 指 标 表 2.2.6.2

| 钻孔方法 | 地层情况 | 泥 浆 性 能 指 标 |          |        |        |               |                |         |         |
|------|------|-------------|----------|--------|--------|---------------|----------------|---------|---------|
|      |      | 相对密度        | 黏度(Pa.s) | 含砂率(%) | 胶体率(%) | 失水率(mL/30min) | 泥皮厚度(mm/30min) | 静切力(Pa) | 酸碱度(pH) |
| 正循环  | 一般地层 | 1.05~1.20   | 16~22    | 8~4    | 96     | 25            | 2              | 1.0~2.5 | 8~10    |
|      | 易塌地层 | 1.20~1.45   | 19~28    | 8~4    | 96     | 15            | 2              | 3~5     | 8~10    |
| 反循环  | 一般地层 | 1.02~1.06   | 16~20    | 4      | 95     | 20            | 3              | 1.0~2.5 | 8~10    |
|      | 易塌地层 | 1.06~1.15   | 18~28    | 4      | 95     | 20            | 3              | 1.0~2.5 | 8~10    |
|      | 卵石层  | 1.10~1.15   | 20~35    | 4      | 95     | 20            | 3              | 1.0~2.5 | 8~10    |
| 冲击   | 一般地层 | 1.10~1.20   | 18~24    | 4      | 95     | 20            | 3              | 1.0~2.5 | 8~11    |
|      | 易塌地层 | 1.20~1.40   | 22~30    | 4      | 95     | 20            | 3              | 3~5     | 8~11    |

注; 1 地下水位高或其流速大时,指标取高限,反之取低限;

2. 地质状态较好,孔径或孔深较小的取低限,反之取高限。

(3) 泥浆原料和外加剂的性能要求及需要量计算方法

1) 泥浆原料黏性土的性能要求

一般可选用塑性指数大于 25,粒径小于 0.074mm 的黏粒含量大于 50%的黏性土制浆。当缺少上述性能的黏性土时,可用性能略差的黏性土,并掺入 30%的塑性指数大于 25 的黏性土。

当采用性能较差的黏性土调制的泥浆其性能指标不符合要求时,可在泥浆中掺入 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (俗称碱粉或纯碱) 氢氧化钠 (NaOH) 或膨润土粉末,以提高泥浆性能指标。掺入量与原泥浆性能有关,宜经过试验决定。一般碳酸钠的掺入量约为孔中泥浆土量的 0.1%~0.4%。

2) 泥浆原料膨润土的性能和用量

膨润土分为钠质膨润土和钙质膨润土两种。前者质量较好,大量用于炼钢、铸造中,钻孔泥浆中用量也很大。膨润土泥浆具有相对密度低、黏度低、含砂量少、失水量少、泥皮薄、稳定性强、固壁能力高、钻具回转阻力小、钻进率高、造浆能力大等优点。一般用量为水的 8%,即 8kg 的膨润土可掺 100L 的水。对于黏性土地层,用量可降低到 3%—5%。较差的膨润土用量为水的 12%左右。

3) 泥浆外加剂及其掺量

a. CMC (Carboxy Methyl Cellulose) 全名羧甲基纤维素,可增加泥浆黏性,使土层表

面形成薄膜而防护孔壁剥落并有降低失水量的作用。掺入量为膨润土的 0.05% ~ 0.01%。

b. FCI, 又称铁木质素磺酸钠盐, 为分散剂, 可改善因混杂有土、砂粒、碎、卵石及盐分等而变质的泥浆性能, 可使上述钻渣等颗粒聚集而加速沉淀, 改善护壁泥浆的性能指标, 使其继续循环使用。掺量为膨润土的 0.1% ~ 0.3%。

c. 硝基腐殖酸钠 (简称煤碱剂) 分散剂, 其作用与 FCI 相似。它具有很强的吸附能力, 在黏性土表面形成结构性溶剂水化膜, 防止自由水渗透, 能使失水量降低, 使黏度增加, 若掺入量少, 可使黏度不上升, 具有部分稀释作用, 掺用量与 FCI 相同。两种分散剂可任选一种。

d. 碳酸钠 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 又称碱粉或纯碱。它的作用可使 pH 值增大到 10。泥浆中 pH 值过小时, 黏土颗粒难于分解, 黏度降低, 失水量增加, 流动性降低; 小于 7 时, 还会使钻具受到腐蚀; 若 pH 值过大, 则泥浆将渗透到孔壁的黏土中, 使孔壁表面软化, 黏土颗粒之间凝聚力减弱, 造成裂解而使孔壁坍塌。pH 值以 8 ~ 10 为宜, 这时可增加水化膜厚度, 提高泥浆的胶体率和稳定性, 降低失水量。掺入量为膨润土的 0.3% ~ 0.5%。

e. PHP, 即聚丙烯酰胺絮凝剂。它的作用为, 在泥浆循环中能清除劣质钻屑, 保存造浆的膨润土粒; 它具有低固相、低相对密度、低失水、低矿化、泥浆触变性能强等特点。掺入量为孔内泥浆的 0.003%。

f. 重晶石细粉 ( $\text{BaSO}_4$ ), 可将泥浆的相对密度增加到 2.0 ~ 2.2, 提高泥浆护壁作用。为提高掺入重晶粉后泥浆的稳定性, 降低其失水性, 可同时掺入 0.1% ~ 0.3% 的氢氧化钠 ( $\text{NaOH}$ ) 和 0.2% ~ 0.3% 的橡胶粉。掺入上述两种外加剂后, 最适用于膨胀的黏质塑性土层和泥质页岩土层。重晶石粉掺量根据原泥浆相对密度和土质情况检验决定。

g. 纸浆、干锯末、石棉等纤维质物质, 其掺量为水量的 1% ~ 2%, 其作用是防止渗水并提高泥浆循环效果。

以上各种外加剂掺入量, 宜先做试配, 试验其掺入外加剂后的泥浆性能指标是否有所改善, 并符合要求。

各种外加剂宜先制成小剂量溶剂, 按循环周期均匀加入, 并及时测定泥浆性能指标, 防止掺入外加剂过量。每循环周期相对密度差不宜超过 0.01。

#### 4) 调制泥浆的原料用量计算

在黏性土层中钻孔, 钻孔前只需调制不多的泥浆。以后可在钻进过程中, 利用地层黏性土造浆、补浆。

在砂类土、砾石土和卵石土中钻孔时, 钻孔前应备足造浆原料, 其数量可按公式 2.2.6.2 计算:

$$m = V_1 = ( \rho_2 - \rho_3 ) \times V_1 / ( \rho_1 - \rho_3 ) \quad (2.2.6.2-1)$$

式中;  $m$ ——造泥浆所需原料的总质量 (t)

$V$ ——造泥浆所需原料的总体积 ( $\text{m}^3$ )

$V_1$ ——泥浆的总体积 ( $\text{m}^3$ )

$\rho_1$ ——原料的密度 ( $\text{t}/\text{m}^3$ )

$\rho_2$ ——要求的泥浆密度 ( $\text{t}/\text{m}^3$ )

$\rho_3$ ——水的密度, 取  $\rho_3 = 1 \text{ t}/\text{m}^3$

若造成的泥浆的黏度为 20 ~ 22 s 时, 则各种原料造浆能力为: 黄土胶泥 1 ~ 3  $\text{m}^3/\text{t}$ , 白土、陶土、高岭土 3.5 ~ 8  $\text{m}^3/\text{t}$ , 次膨润土为 9  $\text{m}^3/\text{t}$ 。膨润土为 15  $\text{m}^3/\text{t}$ 。

#### (4) 泥浆各种性能指标的测定方法

1) 相对密度  $\rho_x$ : 可用泥浆相对密度计测定。将要量测的泥浆装满泥浆杯, 加盖并洗净从小孔溢出的泥浆, 然后置于支架上, 移动游码, 使杠杆呈水平状态 (即气泡处于中央), 读出游码左侧所示刻度, 即为泥浆的相对密度。

若无以上仪器时,可用一口杯,先称其质量设为  $m_1$ ,再装清水称其质量为  $m_2$ ,再倒去清水,装满泥浆并擦去杯周溢出的泥浆,称其质量为  $m_3$ ,则  $P_x=(m_3 - m_1) / (m_2 - m_1)$ 。

2) 黏度 (s): 用标准漏斗黏度计测定,黏度计如附图 2.2.6.2—1 所示。用两端开口量杯分别量取 200mL 和 500mL 泥浆,通过滤网滤去大砂粒后,将 700mL 泥浆注入漏斗,然后使泥浆从漏斗流出,流满 500mL 量杯所需时间 (s),即为所测泥浆的黏度。

校正方法: 漏斗中注入 700mL 清水,流出 500mL,所需时间应是 15s,如偏差超过 ±1s,则量测泥浆黏度时应校正。

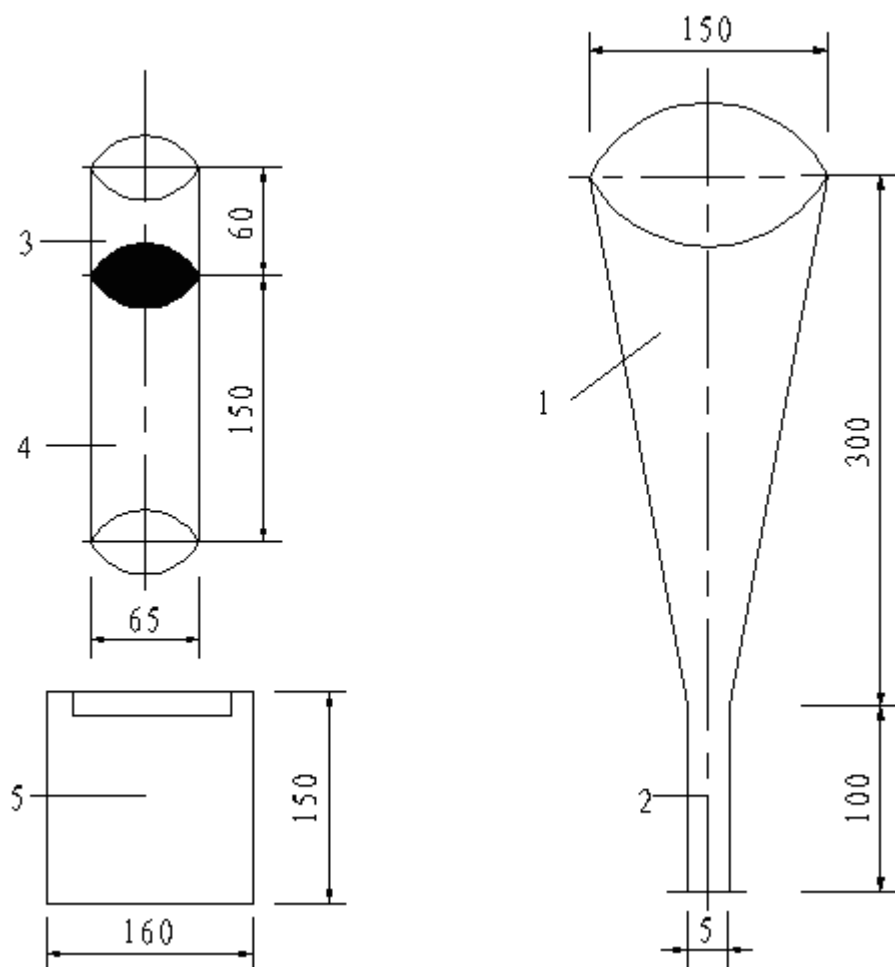


图 2.26.2 - 1 黏度计 (单位: mm)

1 - 漏斗; 2 - 管子; 3 - 量杯 200mL 部分; 4 - 量杯 500mL 部分; 5 - 筛网及杯

3) 含砂率 (%): 工地用含砂率计 (如图 2.2.6.2—2 所示) 测定。量测时,把调制好的泥浆 50mL 倒进含 / 砂率计,然后再倒 450mL 清水,将仪器口塞紧,摇动 1 min,使泥浆与水混合均匀,再将仪器竖直静放 3min,仪器下端沉淀物的体积 (由仪器上刻度读出) 乘 2 就是含砂率 (%)。(有一种大型的含砂率计,容积 1000mL,从刻度读出的数不乘 2 即为含砂率)。

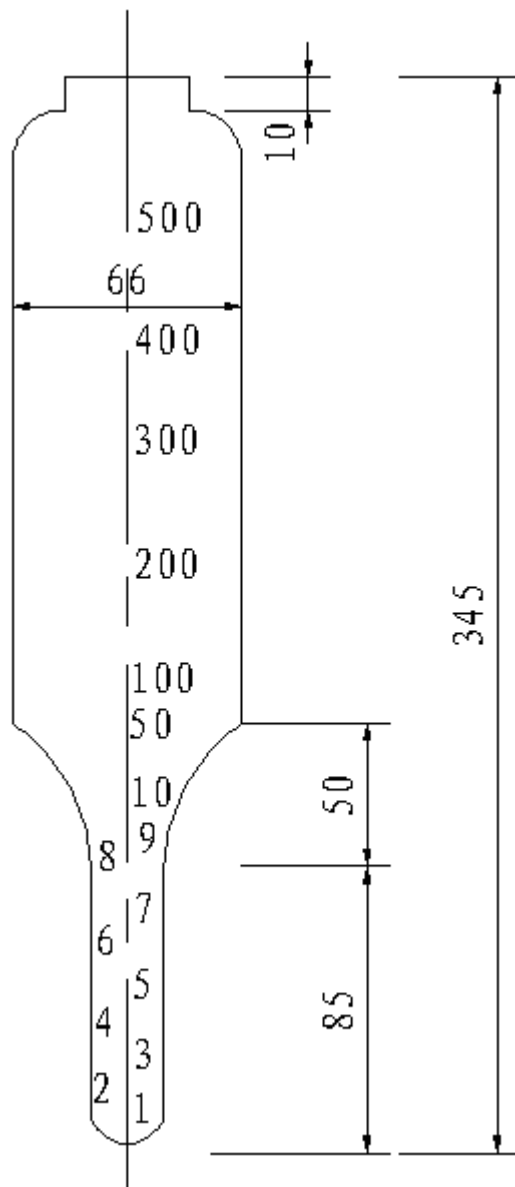


图 2.26.2 - 2 含砂率计 (mm)

4) 胶体率 (%) : 亦称稳定率, 它是泥浆中土粒保持悬浮状态的性能。测定方法: 可将 100 mL 的泥浆放入干净量杯中, 用玻璃板盖上, 静置 24h 后, 量杯上部的泥浆可能澄清为透明的水, 量杯底部可能有沉淀物。以  $100 - (\text{水} + \text{沉淀物})$  体积即等于胶体率。

5) 失水量 (mL / 30min) 和泥皮厚 (mm) : 用一张 120mmX120mm 的滤纸, 置于水平玻璃板上, 中央画一直径 30mm 的圆圈, 将 2mL 的泥浆滴于圆圈中心, 30min 后, 量算湿润圆圈的平均半径减去泥浆坍平成为泥饼的平均半径 (mm) 即失水量, 算出的结果 (mm) 值代表失水量, 单位: mL / min。在滤纸上量出泥饼厚度 (mm) 即为泥皮厚。泥皮愈平坦、愈薄, 则泥浆质量愈高, 一般不宜厚于 2 ~ 3mm。

(5) 泥浆池一般分循环池、沉淀池、废浆池三种, 从钻孔中排出的泥浆首先经过沉淀池沉淀, 再通过循环池进入钻孔, 沉淀池中的超标废泥浆通过泥浆泵排至废浆池后集中排放。

(6) 泥浆池的容量宜不小于桩体积的 3 倍。

(7) 混凝土灌注过程中, 孔内泥浆应直接排入废浆池, 防止沉淀池和循环池中的泥浆被污染破坏。

#### 4. 钻孔施工

### (1) 一般要求

1) 钻孔前, 应根据工程地质资料和设计资料, 使用适当的钻机种类、型号, 并配备适用的钻头, 调配合适的泥浆。

2) 钻机就位前, 应调整好施工机械, 对钻孔各项准备工作进行检查。

3) 钻机就位时, 应采取措施保证钻具中心和护筒中心重合, 其偏差不应大于 20mm。钻机就位后应平整稳固, 并采取措施固定, 保证在钻进过程中不产生位移和摇晃, 否则应及时处理。

4) 钻孔作业应分班连续进行, 认真填写钻孔施工记录, 交接班时应交待钻进情况及下一班注意事项。应经常对钻孔泥浆进行检测和试验, 不合要求时应随时纠正。应经常注意土层变化, 在土层变化处均应捞取渣样, 判明后记入记录表中并与地质剖面图核对。

5) 开钻时, 在护筒下一定范围内应慢速钻进, 待导向部位或钻头全部进入土层后, 方可加速钻进。

6) 在钻孔、排渣或因故障停钻时, 应始终保持孔内具有规定的水位和要求的泥浆相对密度和黏度。

### (2) 潜水钻机成孔

潜水钻机适用于小直径桩、较软弱土层, 在卵石、砾石及硬质岩层中成孔困难, 成孔时应注意控制钻进速度, 采用减压钻进, 并在钻头上设置不小于 3 倍直径长度的导向装置, 保证成孔的垂直度, 并根据土层变化调整泥浆的相对密度和黏度。

### (3) 回转钻机成孔

1) 回转钻机适用于各种直径、各种土层的钻孔桩, 成孔时应注意控制钻进速度, 采用减压钻进, 保证成孔的垂直度, 根据土层变化调整泥浆的相对密度和黏度。

2) 在黏土、砂性土中成孔时宜采用疏齿钻头, 翼板的角度根据土层的软硬在  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  之间, 刀头的数量根据土层的软硬布置, 注意要互相错开, 以保护刀架。在卵石及砾石层中成孔时, 宜选用平底楔齿滚刀钻头; 在较硬岩石中成孔时, 宜选用平底球齿滚刀钻头。

3) 桩深在 30m 以内的桩可采用正循环成孔, 深度在 30 ~ 50m 的桩宜采用砂石泵反循环成孔, 深度在 50m 以上的桩宜采用气举反循环成孔。

4) 对于土层倾斜角度较大, 孔深大于 50m 的桩, 在钻头、钻杆上应增加导向装置, 保证成孔垂直度。

5) 在淤泥、砂性土中钻进时宜适当增加泥浆的相对密度; 在卵石、砾石中钻进时应加大泥浆的相对密度, 提高携渣能力; 在密实的黏土中钻进时可采用清水钻进。

6) 在卵石、砾石及岩层中成孔时, 应增加钻具的重量即增加配重。

### (4) 冲击钻机成孔

1) 开孔时应低锤密击, 表土为淤泥、细砂等软弱土层时, 可加黏土块夹小石片反复冲击造壁;

2) 在护筒刃脚以下 2m 以内成孔时, 采用小冲程 1m 左右, 提高泥浆相对密度, 软弱层可加黏土块夹小石片;

3) 在砂性土、砂层中成孔时, 采用中冲程 2 ~ 3m, 泥浆相对密度 1.2 ~ 1.4, 可向孔中投入黏土;

4) 在密实的黏土层中成孔时, 采用小冲程 1 ~ 2m, 泵入清水和稀泥浆, 防粘钻可投入碎石、砖;

5) 在砂卵石层中成孔时, 采用中高冲程 2 ~ 4m, 泥浆相对密度 1.2 ~ 1.3, 可向孔中投入黏土;

6) 软弱土层或塌孔回填重钻时, 采用小冲程 1m 左右、加黏土块夹小石片反复冲击, 泥浆相对密度 1.3 ~ 1.5;



7) 遇到孤石时,可采用预爆或高低冲程交替冲击,将孤石击碎挤入孔壁。

(5) 冲抓锥成孔与冲击钻成孔方法基本相同,只是起落冲抓锥高度随土质而不同,对一般松软散土层为 1.0—1.5m;对坚实的砂卵石层为 2~3m。

(6) 钻进过程中的注意事项

1) 钻进时应时刻注意钻具和钻头连接的牢固性、钢丝绳的磨损等如有异常应及时处理。

2) 大直径桩孔成孔可分级成孔,一般情况下第一级成孔直径为设计桩径的 0.6~0.8 倍。

3) 在钻进过程中出现钻杆跳动、机架晃动、钻不进尺等异常情况,应立即停车检查,排除故障;如钻杆或钻头不符合要求时,应及时更换,试钻达到正常后,方可施钻。

4) 钻孔完毕,应及时将混凝土浇筑完毕,或及时盖好孔口,并防止在盖板上过车、行人;钻进过程中应及时清理虚土,提钻时应事先把孔口积土清理干净。

5) 钻进成孔过程中应时刻注意土层变化,调整泥浆性能、采用合理的进尺方法,确保不塌孔、不缩颈。

5. 清孔

(1) 清孔分两次进行,钻孔深度达到设计要求,对孔深、孔径、孔的垂直度等进行检查,符合要求后进行第一次清孔;钢筋骨架、导管安放完毕,混凝土浇筑之前,应进行第二次清孔。

(2) 第一次清孔根据设计要求,施工机械采用换浆、抽浆、掏渣等方法进行,第二次清孔根据孔径、孔深、设计要求采用正循环、泵吸反循环、气举反循环等方法进行。

(3) 第二次清孔后的沉渣厚度和泥浆性能指标应满足设计要求,一般应满足下列要求:沉渣厚度摩擦桩 300mm,端承桩 50mm,摩擦端承或端承摩擦桩 100mm;泥浆性能指标在浇注混凝土前,孔底 500mm 以内的相对密度 1.25,黏度 28s,含砂率 8%。

(4) 不论采用何种清孔方法,在清孔排渣时,必须注意保持孔内水头,防止塌孔。

(5) 不应采取加深钻孔深度的方法代替清孔。

6. 钢筋骨架制作、安放

(1) 钢筋骨架的制作应符合设计与规范要求。

(2) 长桩骨架宜分段制作,分段长度应根据吊装条件和总长度计算确定,应确保钢筋骨架在移动、起吊时不变形,相邻两段钢筋骨架的接头需按有关规范要求错开。

(3) 应在钢筋骨架外侧设置控制保护层厚度的垫块,可采用与桩身混凝土等强度的混凝土垫块或用钢筋焊在竖向主筋上,其间距竖向为 2m,横向圆周不得少于 4 处,并均匀布置。骨架顶端应设置吊环。

(4) 大直径钢筋骨架制作完成后,应在内部加强箍上设置十字撑或三角撑,确保钢筋骨架在存放、移动、吊装过程中不变形。

(5) 骨架入孔一般用吊车,对于小直径桩无吊车时可采用钻机钻架、灌注塔架等。起吊应按骨架长度的编号入孔,起吊过程中应采取措施确保骨架不变形。

(6) 钢筋骨架的制作和吊放的允许偏差为:主筋间距  $\pm 10\text{mm}$ ;箍筋间距  $\pm 20\text{mm}$ ;骨架外径  $\pm 10\text{mm}$ ;骨架长度  $\pm 50\text{mm}$ ;骨架倾斜度  $\pm 0.5\%$ ;骨架保护层厚度水下灌注  $\pm 20\text{mm}$ ,非水下灌注  $\pm 10\text{mm}$ ;骨架中心平面位置 20mm;骨架顶端高程  $\pm 20\text{mm}$ ,骨架底面高程  $\pm 50\text{mm}$ 。钢筋笼除符合设计要求外,尚应符合下列规定:

1) 分段制作的钢筋笼,其接头宜采用焊接并应遵守《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002) 的规定。

2) 主筋净距必须大于混凝土粗骨料粒径 3 倍以上。

3) 加劲箍宜设在主筋外侧,主筋一般不设弯钩,根据施工工艺要求所设弯钩不得向内圆伸露,以免妨碍导管工作。

4) 钢筋笼的内径比导管接头处外径大 100mm 以上。

(7) 搬运和吊装时，应防止变形，安放要对准孔位，避免碰撞孔壁，就位后应立即固定。钢筋骨架吊放入孔时应居中，防止碰撞孔壁，钢筋骨架吊放入孔后，峰举嚏氧幕涌津阍筋固定，使其位置符合设计及规范要求，并保证在安放导管、清孔及灌注混凝土过程中不发生位移。

7. 灌注水下混凝土

(1) 灌注水下混凝土时的混凝土拌和物供应能力，应满足桩孔在规定时间内灌注完毕；混凝土灌注时间不得长于首批混凝土初凝时间。

(2) 混凝土运输宜选用混凝土泵或混凝土搅拌运输车；在运距小于 200m 时，可采用机动翻斗车或其他严密坚实、不漏浆、不吸水、便于装卸的工具运输，需保证混凝土不离析，具有良好的和易性和流动性。

(3) 灌注水下混凝土一般采用钢制导管回顶法施工，导管内径为 200~250mm，视桩径大小而定，壁厚不小于 3mm；直径制作偏差不应超过 2mm；导管接口之间采用丝扣或法兰连接，连接时必须加垫密封圈或橡胶垫，并上紧丝扣或螺栓。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验（试水压力一般为 0.6~1.0 MPa），确保导管口密封性。导管安放前应计算孔深和导管的总长度，第一节导管的长度一般为 4~6m，标准节一般为 2~3m，在上部可放置 2~3 根 0.5—1.0 m 的短节，用于调节导管的总长度。导管安放时应保证导管在孔中的位置居中，防止碰撞钢筋骨架。

(4) 水下混凝土配制

水下混凝土必须具备良好的和易性，在运输和灌注过程中应无显著离析、泌水现象，灌注时应保持足够的流动性。配合比应通过试验，坍落度宜为 180~220mm。

2) 混凝土配合比的售砂率宜采用 0.4~0.5，并宜采用中砂；粗骨料的最大粒径应 < 40mm；水灰比宜采用 0.5~0.6。

3) 水泥用量不少于 360kg/m<sup>3</sup>，当掺有适宜数量的减少缓凝剂或粉煤灰时，可不小于 300kg。

4) 混凝土中应加入适宜数量的缓凝剂，使混凝土的初凝时间长于整根桩的灌注时间。

(5) 首批灌注混凝土数量的要求

首批灌注混凝土数量应能满足导管埋入混凝土中 0.8m 以上，见图 2.2.6.2-3

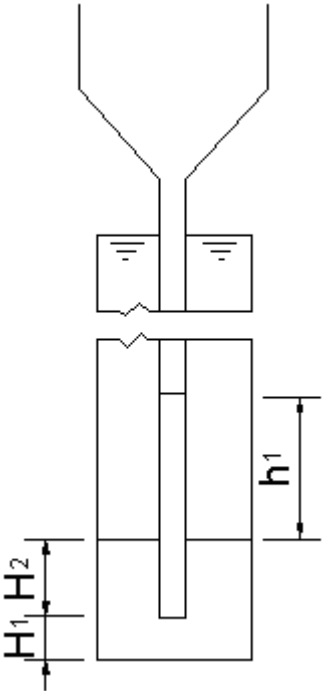


图 2.26.2 - 3 首批混凝土数量计算

所需混凝土数量可参考公式 2.2.6.2-2

计算：

$$V = \pi R^2 (H_1 + H_2) + \pi r^2 h_1 \quad (2.2.6.2-2)$$

式中  $V$ ——灌注首批混凝土所需数量( $m^3$ )；

$R$ ——桩孔半径( $m$ )；

$H_1$ ——桩孔底至导管底端间距，一般为 0.3—0.5 $m$ ；

$H_2$ ——导管初次埋置深度，不小于 0.8 $m$ ；

$r$ ——导管半径( $m$ )；

$h_1$ ——桩孔内混凝土达到埋置深度  $H_2$  时，导管内混凝土柱平衡导管外泥浆压力所需的高度( $m$ )混凝土灌注时，可在导管顶部放置混凝土漏斗，其容积大于首批灌注混凝土数量，确保导管埋入混凝土中的深度。

(6) 灌注水下混凝土的技术要求

- 1) 混凝土开始灌注时，漏斗下的封水塞可采用预制混凝土塞、木塞或充气球胆。
- 2) 混凝土运至灌注地点时，应检查其均匀性和坍落度，如不符合要求应进行第二次拌合，二次拌和后仍不符合要求时不得使用。
- 3) 第二次清孔完毕，检查合格后应立即进行水下混凝土灌注，其时间间隔不宜大于 30min。
- 4) 首批混凝土灌注后，混凝土应连续灌注，严禁中途停止。
- 5) 在灌注过程中，应经常探测井孔内混凝土面的位置，及时地调整导管埋深，导管埋深宜控制在 2~6 $m$ 。严禁导管提出混凝土面，就要有专人测量导管埋深及管内外混凝土面的高差，填写水下混凝土灌注记录。
- 6) 在灌注过程中，应时刻注意观测孔内泥浆返出情况，倾听导管内混凝土下落声音，如有异常必须采取相应处理措施。
- 7) 在灌注过程中宜使导管在一定范围内上下窜动，防止混凝土凝固，增加灌注速度。
- 8) 为防止钢筋骨架上浮，当灌注的混凝土顶面距钢筋骨架底部 1 $m$  左右时，应降低混凝土的灌注速度，当混凝土拌和物上升到骨架底口 4 $m$  以上时，提升导管，使其底口高于骨架底部 2 $m$  以上，即可恢复正常灌注速度。
- 9) 灌注的桩顶标高应比设计高出一定高度，一般为 0.5~1.0 $m$ ，以保证桩头混凝土强度，多余部分接桩前必须凿除，桩头应无松散层。
- 10) 在灌注将近结束时，应核对混凝土的灌入数量，以确保所测混凝土的灌注高度是否正确。
- 11) 开始灌注时，应先搅拌 0.5~1.0 $m^3$  同混凝土强度的水泥砂浆放在料斗的底部。

## 2.2.7 质量标准

混凝土灌注桩的质量检验标准应符合表 2.2.7—1、表 2.2.7—2 的规定。

钢筋笼质量检验标准 (mm) 表 2.2.7-1

| 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   | $\pm 10$  | 用钢尺量    |
|      | 2 | 钢筋骨架长度 | $\pm 100$ | 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   | $\pm 20$ | 用钢尺量 |
|      | 3 | 直 径    | $\pm 10$ | 用钢尺量 |

混凝土灌注桩质量检验标准

表 2.2.7-2

| 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             | 见本标准表 2.2.3.3                     |           | 基坑开挖前量护筒,开挖后量桩中心                          |
|      | 2 | 孔 深             | mm                                | $\pm 300$ | 只深不浅,用重锤测,或中央电视台钻杆、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 |           | 按桩基检测技术规范                                 |
|      | 4 | 混凝土强度           | 设计要求                              |           | 试件报告或钻芯取样检                                |
|      | 5 | 承载力             | 按《建筑基桩检测技术规范》                     |           | 按《建筑基桩检测技术规范》                             |
| 一般项目 | 1 | 垂 载 力           | 见本标准表 2.2.3.3                     |           | 测套管或钻杆,或用超声波探测                            |
|      | 2 | 桩 径             | 见本标准表 2.2.3.3                     |           | 井径仪或超声波检测                                 |
|      | 3 | 泥浆相对密度(黏土或砂性土中) | 1.15 ~ 1.2                        |           | 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 ;端承桩摩擦桩    | mm                                | 50<br>150 | 用沉渣仪或重锤测量                                 |
|      | 6 | 混凝土坍落度          | mm                                | 160 ~ 220 | 坍落度仪                                      |
|      | 7 | 钢筋笼安装深度         | mm                                | $\pm 100$ | 用钢尺量                                      |
|      | 8 | 混凝土充盈系数         | > 1                               |           | 检查每根桩的实际灌注量                               |
|      | 9 | 桩顶标高            | mm                                | +30, - 50 | 水准仪,需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体                         |

## 2.2.8 成品保护

1. 桩基就位后,应复测钻具中心,确保钻孔中心位置的准确性。
2. 成孔过程中,应随地层变化调整泥浆性能,控制进尺速度,避免塌孔及缩径。
3. 成孔过程中,应时刻注意钻具连接的牢固性,避免掉钻头。
4. 护筒埋设完毕、灌注混凝土完毕后的桩坑应加以保护,避免人或物品掉入。
5. 钢筋骨架制作完毕后,应按桩分节编号存放;存放时,小直径桩堆放层数不能超过两层,大直径桩不允许堆放,防止变形;存放时,骨架下部用方木或其他物品铺垫,上部覆盖。
6. 钢筋骨架安放完毕后,应用钢筋或钢丝绳固定,保证其平面位置和高程满足规范要求。
7. 混凝土灌注完成后的 24h 内,5m 范围内相邻的桩禁止进行成孔施工。

## 2.2.9 安全环保措施

### 2.2.9.1 安全生产注意事项

1. 机械设备操作人员（或驶员）必须经过专门训练，熟悉机械操作性能，经专业管理部门考核取得操作证或驾驶证后上机（车）操作。
2. 机械设备操作人员和指挥人员严格遵守安全操作技术规程，工作时集中精力，谨慎工作，不擅离职守，严禁酒后驾驶。
3. 机械设备发生故障后及时检修，决不带故障运行，不违规操作，杜绝机械和车辆事故。
4. 专业电工持证上岗。电工有权拒绝执行违反电器安全规程的工作指令，安全员有权制止违反用电安全的行为，严禁违章指挥和违章作业。
5. 所有现场施工人员佩戴安全帽，特种作业人员佩戴专门的防护用具。
6. 所有现场作业人员和机械操作手严禁酒后上岗。
7. 护筒埋设完毕、灌注混凝土完毕后的桩坑应加以保护，避免人或物品掉入。
8. 登高作业超过 2m 必须穿防滑鞋，带安全带。
9. 钢筋骨架起吊时要平稳，严禁猛起猛落，并拉好尾绳。
10. 灌注桩施工现场所有设备、设施、安全装置、工具配件以及个人劳保用品必须经常检查，确保完好和使用安全。
11. 施工现场的一切电源、电路的安装和拆除必须由持证电工操作；电器必须严格接地、接零和使用漏电保护器。各孔用电必须分闸，严禁一闸多用。孔上电缆必须架空 2.0 m 以上，严禁拖地和埋压土中，孔内电缆、电线必须有防磨损、防潮、防断等保护措施。照明应采用安全矿灯或 12V 以下的安全灯。并遵守《施工现场临时用电安全技术规范》（JGJ 46—88）的规定。

### 2.2.9.2 环保措施

1. 易于引起粉尘的细料或松散料运输时用帆布、盖套等遮盖物覆盖。
2. 施工废水、生活污水不直接排入农田、耕地、灌溉渠和水库，不排入饮用水源。
3. 食堂保持清洁，腐烂变质的食物及时处理，食堂工作人员定期体检。
4. 受工程影响的一切公用设施与结构物，在施工期间应采取适当措施加以保护。
5. 使用机械设备时，要尽量减少噪声、废气等的污染；施工场地的噪声应符合《建筑施工场地界噪声限值》（GB 12523—1990）的规定。
6. 运转时有粉尘发生的施工场地，如水泥混凝土拌和机站等投料器应有防尘设备。在这些场地作业的工作人员配备必要的劳保防护用品。
7. 驶出施工现场的车辆应进行清理，避免携带泥土。

## 2.2.10 质量记录

1. 混凝土配合比报告单；
2. 水泥检验报告、出场合格证；
3. 碎石、砂检验报告、出场合格证；

4. 水质分析报告；
5. 钢筋检验报告、出场合格证；
6. 钢筋焊接检验报告；
7. 灌注桩钻进记录；
8. 泥浆测试记录；
9. 灌注桩隐蔽工程验收记录；
10. 水下混凝土灌注记录；
11. 钢筋焊接验收记录；
12. 钢筋加工安装验收记录；
13. 测量放线记录。

## 2.3 人工成孔灌注桩施工工艺标准

### 2.3.1 总 则

#### 2.3.1.1 适用范围

人工成孔灌注桩适用于桩直径 800mm 以上,无地下水或地下水较少的黏土、粉质黏土,含少量的砂、砂卵石、姜结石的黏土层采用,特别适于黄土层使用,深度一般 20m 左右,可用于高层建筑、公用建筑、水工结构(如泵站、桥墩作支承、搞滑、挡土、锚拉桩之用。)对有流砂、地下水位较高、涌水量大的冲积地带及近代沉积的含水量高的淤泥、淤泥质土层不宜使用。

#### 2.3.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001);
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002);
3. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002);
4. 中华人民共和国行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)。

### 2.3.2 术 语

人工成孔灌注桩:又称人工挖孔灌注桩,即是采用人工挖土成孔、灌注混凝土成桩的一种基桩。

### 2.3.3 基本规定

- 2.3.3.1 桩位放样允许偏差同 2.2.3.1。
- 2.3.3.2 桩基工程的桩位验收同 2.2.3.2。
- 2.3.3.3 人工成孔灌注桩的桩位偏差必须符合表 2.3.3.3 的规定,桩顶标高至

少比设计标高高出 0.5m。每浇注 50m<sup>3</sup> 必须有 1 组试件；小于 50m<sup>3</sup> 的单柱单柱的桩，每根桩必须有 1 组试件；每个柱子承台下的桩至少应有 1 组试件。

人工成孔灌注桩施工允许偏差 表 2.3.3.3

| 护 壁 方 法   | 桩径允许偏差(mm) | 垂直度允许偏差 (%) | 桩位允许偏差 (mm)                  |                     |
|-----------|------------|-------------|------------------------------|---------------------|
|           |            |             | 1 ~ 3 根、单排桩基垂直于中心线方向和群桩基础的边桩 | 条形桩基沿中心线方向和群桩基础的中间桩 |
| 混 凝 土 护 壁 | +50        | < 0.5       | 50                           | 150                 |
| 刚 套 管 护 壁 | +50        | < 1         | 100                          | 200                 |

注：桩径允许偏差的负值是指个别断面；

2.3.3.4 工程桩应进行承载力检验同 2.3.3.4。

2.3.3.5 桩身质量应进行检验同 2.2.3.5。

2.3.3.6 对砂子、石子、钢材、水泥等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法，应符合国家现行有关标准的规定。

2.3.3.7 为核对地质资料、检验设备、工艺以及技术要求是否适宜，桩在施工前，宜进行“试成孔”。并应复验孔底持力层土（岩）性，嵌岩桩必须有桩端持力层的岩性报告。

2.3.3.8 人工挖孔灌注桩在地下水位较高，特别是有承压水的砂土层、滞水层、厚度较大的高压缩性淤泥层和流蛆淤泥质土层中施工时，必须有可靠的技术措施和安全措施。

2.3.3.9 孔径（不含护壁）不得小于 0.8m，当桩净距小于 2 倍桩径且小于 2.5m 时，应采用间隔开挖。排桩跳挖的最小施工净距不得小于 4.5m，孔深不宜大于 40m。

2.3.3.10 人工挖孔桩混凝土护壁的厚度、拉结钢筋、配筋、混凝土强度等级均应符合设计要求。上下节护壁的搭接长度不得小于 50mm，混凝土强度等级不得低于桩身混凝土强度等级，采用多节护壁时，上下节护壁间宜用钢筋拉结。

## 2.3.4 施 工 准 备

### 2.3.4.1 技术准备

1. 熟悉施工图纸及场地的地下土质、水文地质资料，编制施工组织设计交有关技术部门审批，并将批准的施工组织设计向施工人员进行技术咨询和安全交底。

2. 根据地下水位高低，水量大小，编制水下施工方案，对地下水位高，含有流砂的场地，应采取周密的降低地下水位或排除万难水、止水措施。

3. 按基础平面图，设置桩位轴线、定位点；桩孔车周撒灰线。测定高程水准点。放线工序完成后，输预检手下续。

4. 按设计要求分段制作钢筋笼。

5. 全面开挖之前，有选择地先挖试验桩孔，试孔数量不少于 2 个，分析土质、水文等有关情况，以此修正施工方案。

6. 在地下水位比较高的区域，先降低地下水位至桩底以下 0.5mm 左右。

7. 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的检查和试验区，确保施工安全。

### 2.3.4.2 机具准备

1. 一般需备有三木搭、卷扬机组或电动葫芦、手下推车或翻斗车、镐、锹、手铲、钢

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、粗麻绳、钢丝绳、安全活动盖板、防水照明灯（低压 36V、100W）、电焊机、通风及供氧设备、扬和水泵、木轱辘、活动爬梯、安全帽、安全带等；

2. 灌注桩施工现场所有设备、设施、安全装置、工具配件及个人劳保用品必须经常检查，确保完好和使用安全。

#### 2.3.4.3 材料准备

1. 按配合比要求，对所需原材料进行采购、检查、验收、入库；

2. 对水泥、钢筋、石子、砂子，由持证材料员和试验员按规定对其进行抽样检验，确保原材质量符合相应标准的规定。

#### 2.3.4.4 作业条件

1. 开挖前场地应完成三通一平。地上、地下的电缆、管线、旧建筑物、设备基础等障碍物均已排除或处理完毕。各项临时设施，如照明、动力、通风、安全设施准备就绪。

2. 建立混凝土搅拌站，并对混凝土强度等级、配合比、搅拌制度、操作规程等进行挂牌。

3. 施工人员作业要求

(1) 试验员：须持证上岗，要求熟知材料及混凝土试块的取样规定，熟知混凝土试块的制作、养护规定，操作熟练；

(2) 材料员：须持证上岗，要求熟知材料进场的检验、验收、入库规定；

(3) 计量员：应熟知计量器具的校检周期、计量精度、使用方法等规定，并掌握配合比单及其配料精度；

(4) 搅拌机操作人员：须持证上岗，要求熟知操作规程和搅拌制度，操作熟练；

(5) 操作工人：应经过培训，并掌握井下作业、投料、搅拌、运输、浇筑、振捣等技术、安全交底内容，操作熟练。

### 2.3.5 材料和质量要求

同 2.2.5。

### 2.3.6 施工工艺

#### 2.3.6.1 工艺流程

放线定桩位及高程 开挖第一节桩孔土方 支护壁模板放附加钢筋 浇筑第一节护壁混凝土 检查桩位（中心）轴线 加设垂直运输架 安装电动葫芦（卷扬机或木轱辘） 安装吊桶、照明、活动盖板、水泵、通风机等 开挖吊运第二节桩孔土方（修边） 先拆第一节支第二节护壁模板（放附加钢筋） 浇筑第二节护壁混凝土 检查桩（中心）轴线 逐层往下循环作业 开挖扩底部分 检查验收 吊放钢筋笼 放混凝土串筒（导管） 浇筑桩身混凝土（随浇随振） 插桩顶钢筋



### 2.3.6.2 施工工艺

1. 放线定桩位及高程：在场地三通一平的基础上，依据建筑物测量控制网资料和基桩平面布置图，测定桩位轴线方格控制网和高程基准点。确定好桩位中心，以中心为圆心，以桩身半径加护壁厚度为半径画出上部（即第一步）的圆周。撒石灰线作为桩孔开挖尺寸线。桩位线定好之后，必须经有关部门进行复查，办好预检手续后开挖。

2. 开挖第一节桩孔土方：开挖桩孔应从上到下逐层进行，先挖中间部分的土方，然后向周边扩挖，有效控制开挖桩孔的截面尺寸。每节的高度应根据土质条件根据设计而定，一般以 0.9~1.2m 为宜。每挖完一节，必须根据桩孔口上的轴线吊直、修边、使孔壁圆弧保持上下顺直一致。

3. 支护壁模板附加钢筋：为防止桩孔壁坍方，确保安全施工，成孔应设置井圈，其种类有素混凝土和钢筋混凝土两种。以现浇钢筋混凝土井圈为优，与土壁能紧密结合，稳定性和整体性均佳，且受力均匀，可以优先选用。当桩孔直径不大，深度较浅而土质较好，地下水位以上的土层，也可以采用喷射混凝土护壁。护壁的厚度和混凝土强度等级必须满足设计要求。护壁模板采用拆上节、支下节重复周转使用。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圆弧形的、用槽钢或角钢做成的内钢圈作为内侧支撑，防止内模因受涨力而变形。不设水平支撑，以方便操作。第一节护壁以高出地坪 150~200mm 为宜，壁厚比下面护壁厚度增加 100~150mm，便于挡土、挡水。桩位轴线和高程均应标定在第一节护壁上口。

4. 浇筑第一节护壁混凝土：桩孔护壁混凝土每挖完一节以后应立即浇筑混凝土。人工浇筑，人工捣实，坍落度控制在 100 mm 以内，确保孔壁的稳定性。护壁混凝土应根据气候条件，浇灌完毕须经过 24h 后方可拆模。

5. 检查桩位（中心）轴线及标高：每节桩孔护壁做好以后，必须将桩位十字轴线和标高测设在护壁的上口，然后用十字线对十，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。

6. 架设垂直运输架：第一节桩孔成孔以后，即着手在桩孔上口架设垂直运输支架。支架有：木搭、钢管吊架、木吊架或工字钢导轨支架几种形式；要求搭设稳定、牢固。

7. 安装电动葫芦或卷扬机：在垂直运输架上安装滑轮组和电动葫芦或穿卷扬机的钢丝绳，选择适当位置安装卷扬机。如果是试桩和小型桩孔，也可以用木吊架、木辘轳或人工直接借助粗麻绳作提升工具。地面运土用手推车或翻斗车。

8. 安装吊桶、照明、活动盖板、水泵和通风机。在安装滑轮组及吊桶时，注意使吊桶与桩孔中心位置重合，作为挖土时能直观控制桩位中心和护壁支模的中心线。井底照明必须用低压电源（36V、100 W）带罩防水安全灯具。桩口上设围护栏。当桩孔深大于 20m 时，应向井下通风，加强空气对流。必要时输送氧气，防止有毒气体的危害。操作时上下人员轮换作业，桩孔上人员密切观察桩孔下人员的情况，互相呼应，切实预防安全事故的发生。当地下水量不大时，随挖随将泥水用吊桶运出。地下渗水量较大时，吊桶已满足不了排水，先在桩孔底挖集水坑，用高程水泵沉入抽水，边降水边挖土，水泵的规格按抽水量确定。应日夜：班抽水，使水位保持稳定。地下水位较高时，应先采用统一降水的措施，再进行开挖。桩孔口安装水平推移的活动安全盖板，当桩孔内有人挖土时，应掩好安全盖板，防止杂物掉下砸伤人。无关人员不得靠近桩孔口边。吊运土时，再打开安全盖板。

9. 开挖吊运第二节桩孔土方（修边）：从第二节开始，利用提升设备运土，桩孔内人员应戴安全帽，地面人员应系好安全带。吊桶离开孔上方 1.5m 时，推动活动安全盖板，掩蔽孔口，防止卸土的土块、石块等杂物坠落孔内伤人。吊桶在小推车内卸土后，再打开活动盖

板,下放吊桶装土。桩孔挖至规定的深度后,用支杆检查桩孔的直径及井壁圆弧度,修整孔壁,使上下垂直平顺。

10.先拆除第一节再支第二节护壁模板,放附加钢筋,护壁模板采用拆上节支下节依次周转使用。如下面孔径缩小,应另配模板。拆模强度应达到 1MPa 以上。模板上口留出高度为 100 mm 的混凝土浇筑口。

11.浇筑第二节护壁混凝土:混凝土用串桶运送,人工浇筑,人工插捣密实。混凝土可由试验室确定掺入早强剂,以加速混凝土的硬化

12.检查桩位中心轴线及标高:以桩孔口的定位线为依据,逐节校测。

13.逐层往下循环作业,将桩孔挖至设计深度,清除虚土,检查土质情况,桩底应支承在设计所规定的持力层上。

14.开挖扩底部分;桩底可分为扩底和不扩底两种情况。挖扩底桩应先将扩底部位桩身的圆柱体挖好,再按设计扩底部位的尺寸、形状自上而下削土;如设计无明确要求,扩底直径一般为  $1.5d \sim 3.0d$ 。扩底部位的变径尺寸为 1:4。

15.检查验收:成孔以后必须对桩身直径、扩头尺寸、孔底标高、桩位中线、井壁垂直度、虚土厚度进行全面测定。做好施工记录,办理隐蔽验收手续,并经监理工程师或建设单位项目负责人组织勘察、设计单位检查签字后方可进行封底施工。

16.吊放钢筋笼:钢筋笼按设计要求配置,运输及吊装应防止扭转弯曲变形,根据规定加焊内固定筋。钢筋笼放入前应先绑好砂浆垫块,按设计要求一般为 70mm (钢筋笼四周,在主筋上每隔 3~4m 左右设一个 20 耳环,作为定位垫块);吊放钢筋笼时,要对准孔位,直吊扶稳、缓慢下沉,避免碰撞孔壁。钢筋笼放到设计位置时,应立即固定。遇有两段钢筋笼连接时,应采用焊接(搭接焊或帮条焊),双面焊接,接头数按 50% 错开,以确保钢筋位置正确,保护层厚度符合要求。

17.浇筑桩身混凝土 桩身混凝土可使用粒径不大于 50mm 的石子,坍落度 80~100 mm,机械搅拌。用溜槽向桩孔内浇筑混凝土,当高度超过 3m 时应用串筒,串筒末端离孔底高度不宜大于 2m。桩孔深度超过 12m 时,宜采用混凝土导管浇筑。浇筑混凝土时应连续进行,分层振捣密实。一般第一步宜浇筑到扩底部位的顶面,然后浇筑上部混凝土。分层高度以捣固的工具而定,但不宜大于 1.5m。水下浇灌应按水下浇灌混凝土的规定施工。

18.混凝土浇筑到桩顶时,应适当超过桩顶设计标高,以保证在剔除浮浆后,桩顶标高符合设计要求。桩顶上的插筋应保证设计尺寸,垂直插入。

19.冬、雨期施工

(1)冬期当温度低于 0℃ 以下浇筑混凝土时,应采取加热保温措施。浇筑入模的温度应由冬施方案确定。在桩顶未达到设计强度 50% 以前不得受冻。当夏季气温高于 30℃ 时,应根据具体情况对混凝土采取缓凝措施。

(2)雨天不宜进行人工挖桩孔的施工。如确需施工时,现场必须做好排水的措施,严防地面雨水流入桩孔内,致使桩孔塌方。

## 2.3.7 质量标准

2.3.7.1 挖孔桩的检验,应按现行有关规定、质量验收规范、设计文件的质量要求进行。

1.施工前应对水泥、砂、石子(如现场搅拌)、钢材等原材料进行检查,对施工组织设计中制定的施工顺序、监测手段(包括仪器、方法)也应检查。

2.施工中应对成孔、清渣、放置钢筋笼,灌注混凝土等进行全过程检查,应复验孔底持力层土(岩)性。嵌岩桩必须有桩端持力层的岩性报告。

3. 施工结束后，应检查混凝土强度，并应做桩体质量及承载力的检验。

2.3.7.2 人工成孔灌注桩质量必须符合表 2.3.7.2-1、表 2.3.7.2-2 的规定。

钢筋笼质量检验标准 (mm) 表 2.3.7.2-1

| 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   | $\pm 10$  | 用钢尺量 |
|      | 2 | 钢筋骨架长度 | $\pm 100$ | 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   | $\pm 20$  | 用钢尺量 |
|      | 3 | 直径     | $\pm 10$  | 用钢尺量 |

人工成孔混凝土灌注桩质量检验标准 表 2.3.7.2-2

| 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      | 见本标准表 2.3.3.3                         |           | 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《建筑基桩检测技术规范》。如钻芯取样，大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 50cm |           | 按《建筑基桩检测技术规范》                         |
|      | 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《建筑基桩检测技术规范》                         |           | 按《建筑基桩检测技术规范》                         |
| 一般项目 | 1 | 垂直度     | 见本标准表 2.3.3.3                         |           | 测套管或钻杆，或用超声波探测                        |
|      | 2 | 桩径      | 见本标准表 2.3.3.3                         |           | 井径仪或超声波检测                             |
|      | 3 | 混凝土坍落度  | mm                                    | 70 ~ 100  | 坍落度仪                                  |
|      | 4 | 钢筋笼安装深度 | mm                                    | $\pm 100$ | 用钢尺量                                  |
|      | 5 | 混凝土充盈系数 | > 1                                   |           | 检查每根桩的实际灌注量                           |
|      | 6 | 桩顶标高    | mm                                    | +30， - 50 | 水准仪，需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体                     |

### 2.3.8 成品保护

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。严禁用草袋、塑料布虚掩。

2. 已挖好的桩孔及时放好钢筋笼，及时浇筑混凝土，间隔时间不得超过 4h，以防塌孔。有地下水的桩孔应随挖、随检、随放钢筋笼、随时将混凝土灌好，避免地下水浸泡。

3. 桩孔上口外圈应做好挡土台，防止港湾水及掉土。挖出的泥土应集中堆放或及时运走，孔口周边 1m 范围内严禁堆放泥土。

4. 保护好已成型的钢筋笼，不得扭曲、松动变形。吊入桩孔时，不要碰坏孔壁。串桶应垂直地放置，防止因混凝土斜向冲击孔壁，破坏护壁土层。造成夹土。

5. 钢筋笼不应被泥浆污染；浇筑混凝土时，在钢筋笼顶部固定牢固限制钢筋笼上浮。

6. 桩孔混凝土浇筑完毕，应复核桩位和桩顶标高。将桩顶的主盘或插铁扶正，用塑料布或草帘围好，防止混凝土发生收缩、干裂。

7. 施工过程中妥善保管好场地的轴线桩、水准点。不得碾压桩头，弯折钢筋。

## 2.3.9 安全环保措施

### 2.3.9.1 安全措施

1. 开挖前应掌握现场土质情况，错开桩位开挖，缩短每节高度随时观察土体松动情况，必要时可在塌孔处用砌砖、钢板桩、木板桩封堵；操作进程要紧凑，不留间隔空隙，避免塌孔。

2. 孔内应设置应急软爬梯供人员上下井，使用的电动葫芦、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下踏井壁缘上下。电动葫芦宜用按钮式开关，使用前必须检验其安全起吊能力。

3. 每日开工前必须检测井下有无毒、有害气体，并应有足够的安全防护措施。桩孔开挖深度超过 10m 时，应设专门向井下送风的设备，风量不得少于 25L / s。

4. 孔口四周必须设置护栏，一般加 0.8m 高围栏围护。

5. 挖出的土方应及时运离孔口，不得堆放在孔口四周 1m 范围内，机动车辆的通行不得对井壁的安全造成影响。

6. 施工现场的一切电源、电路的安装和拆除必须由持证电工操作；电器必须严格接地、接零和使用漏电保护器。各孔用电必须分闸，严禁一闸多用。孔上电缆必须架空 2.0 m 以上，严禁拖地和埋压土中，孔内电缆、电线必须有防磨损、防潮、防断等保护措施。照明应采用安全矿灯或 12V 以下的安全灯。并遵守《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46—88)的规定。

### 2.3.9.2 环保措施

1. 砂、石、水泥的投料人员应配戴口罩，防止粉尘污染；
2. 振动器的操作人员应穿绝缘胶鞋和配戴绝缘胶皮手套；
3. 砂、石、水泥应统一堆放，并应有防尘措施；
4. 因混凝土搅拌而产生的污水应经过滤后排入指定地点；
5. 混凝土搅拌机的运行噪声应控制在当地有关部门的规定范围内；
6. 混凝土搅拌、使用现场及运输途中遗漏的混凝土应及时回收处理。

## 2.3.10 质量记录

1. 水泥的出厂合格证及复验证明；
2. 钢筋的出厂证明、合格证，以及钢筋试验单；
3. 试桩的试压记录；
4. 灌注桩的施工记录；
5. 混凝土试配申请单和试验室签发的配合比通知单；
6. 混凝土试块 28d 标养抗压强度试验报告；
7. 桩位测量放线图、桩位竣工平面图；
8. 钢筋及桩孔隐蔽验收记录单；
9. 设计变更通告单；
10. 分项工程自检表。

## 2.4 螺旋钻成孔灌注桩施工工艺标准

### 2.4.1 总 则

#### 2.4.1.1 适用范围

螺旋钻成孔灌注桩适用于地下水位以上的一般黏性土、粉土、黄土、以及密实的黏性土、砂土层中使用。

#### 2.4.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)；
3. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)；
4. 中华人民共和国行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ94—94)。

### 2.4.2 术 语

1. 干作业成孔灌注桩：是指不用泥浆或套管护壁的情况下用人工或钻机成孔，下钢筋笼、浇灌混凝土的基桩。

2. 螺旋钻成孔灌注桩：是干作业成孔灌注桩的一种，系利用电动机带动带有螺旋叶片的钻杆转动，使钻头螺旋叶片旋转削土，土块随螺旋叶片上升排出孔口，至设计深度后，进行孔底清理，然后下钢筋笼、浇灌混凝土成桩。

### 2.4.3 基本规定

2.4.3.1 桩位放样允许偏差同 2.2.3.1。

2.4.3.2 桩基工程的桩位验收同 2.2.3.2。

2.4.3.3 螺旋钻成孔灌注桩的桩位偏差必须符合表 2.4.3.3 的规定，桩顶标高至少比设计标高高出 0.5m。每浇注 50m<sup>3</sup> 必须有 1 组试件；小于 50m<sup>3</sup> 的单柱单桩的桩，每根桩必须有 1 组试件；每个柱子承台下的桩至少应有 1 组试件。

螺旋钻成孔灌注桩施工允许偏差

表 2.4.3.3

| 成孔方法     | 桩径允许偏差(mm) | 垂直度允许偏差<br>(%) | 桩位允许偏差 (mm)                        |                             |
|----------|------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------|
|          |            |                | 1~3 根、单排桩基<br>垂直于中心线方向<br>和群桩基础的边桩 | 条形桩基沿中心线<br>方向和群桩基础的<br>中间桩 |
| 干作业成孔灌注桩 | - 20       | < 1            | 70                                 | 150                         |

注：桩径允许偏差的负值是指个别断面。

2.4.3.4 工程桩应进行承载力检验同 2.2.3.4。

2.4.3.5 桩身质量应进行检验同 2.3.2.5。

2.4.3.6 对砂子、石子、钢材、水泥等原材料的质量、检验项目、批量和检验方法，应符合国家现行有关标准的规定。

## 2.4.4 施工准备

### 2.4.4.1 技术准备

1. 熟悉图纸，消除技术疑问。
2. 详细的工程地质资料。
3. 经审批后的桩基施工组织设计、施工方案。
4. 根据图纸定好桩位点、编号、施工顺序、水电线路和临时设施位置。

### 2.4.4.2 材料准备

1. 水泥：宜用强度等级为 32.5 的矿渣硅酸盐水泥。
2. 细骨料：中砂或粗砂。
3. 粗骨料：卵石或碎石；粒径 5—32mm。
4. 钢筋；根据设计要求选用。
5. 垫块：用 1:3 水泥砂浆和 22 号火烧丝提前预制成型或用塑料卡。
6. 火烧丝：规格 18~20 号铁丝烧成。
7. 外加剂：选用高效减水剂。

### 2.4.4.3 机具准备

1. 螺旋钻孔机：常用的主要技术参数见表 2.4.4.3。

常用长螺旋钻孔机的主要技术参数 表 2.4.4.3

| 型 号     | 电机功率(kw) | 钻孔直径(mm) | 钻杆扭矩(kN·m) | 钻孔浓度(m) | 钻进速度(m/min) | 钻杆转速(r/min) | 桩架型式     |
|---------|----------|----------|------------|---------|-------------|-------------|----------|
| BQZ400  | 22       | 300~400  | 1.47       | 8~10.5  | 1.5~2       | 140         | 步履式      |
| KLB600  | 40       | 300~600  | 3.30       | 12.0    | 1.0~1.5     | 88          | 步履式      |
| ZKL400B | 30       | 300~400  | 2.67       | 12.0    |             | 98          | 步履式      |
| LZ600   | 30       | 300~600  | 3.60       | 13.0    | 1.0         | 70~110      | 履带吊W1001 |
| ZKL650Q | 40       | 350~600  | 6.71       | 10.0    |             | 39、64、99    | 汽车式      |
| ZKL400  | 30       | 400      | 3.7、4.85   | 12~18   | 1.0         | 63、81、116   | 履带吊W1001 |
| ZKL600  | 55       | 600      | 12.07      | 12~18   | 1.0         | 39、54、71    | 履带吊W1001 |
| ZKL800  | 55       | 800      | 14.55      | 12~18   | 1.0         | 21、27、39    | 履带吊W1001 |
| KW~40   | 40       | 350~450  | 1.53       | 7~18    | 1.0~1.2     | 81          |          |
| LKZ400  | 22       | 400      | 1.47       | 8~10.5  | 1.0         | 140         | 轨道式      |
| GZL400  | 15       | 400      | 1.47       | 12.0    | 1.0         | 88          |          |

2. 机动小翻斗车或手推车，装卸运土或运送混凝土。
3. 长、短棒式振捣器。部分加长软轴、混凝土搅拌机、平尖头铁锹、胶皮管等。
4. 串筒、盖板、测绳、手把灯、低压变压器及线坠等。

#### 2.4.4.4 作业条件

1. 地上、地下障碍物都处理完毕，达到“四通一平”。施工用的临时设施准备就绪。
2. 场地标高一般应为承台梁的上皮标高，并经过夯实或碾压。
3. 分段制作好钢筋笼，其长度以 5—8m 为宜。
4. 根据图纸放出轴线及桩位点，抄水平标高，并经过预检。
5. 施工前应作成孔试验，数量不少于两根。
6. 要选择和确定钻孔机的进出路线和钻孔顺序，制定施工方案，做好技术交底。

### 2.4.5 材料质量控制要点

同 2.2.5。

### 2.4.6 施工工艺

#### 2.4.6.1 工艺流程

1. 成孔工艺流程：

钻孔机就位 钻孔 检查质量 孔底清理 孔口盖板 移钻孔机

2. 浇筑混凝土工艺流程：

移盖板测孔深、垂直度 放钢筋笼 放混凝土串筒 浇筑混凝土（随浇随振） 插桩顶钢筋

#### 2.4.6.2 操作工艺

1. 钻孔机就位：钻孔机就位时，必须保持平稳，不发生倾斜、位移，为准确控制钻孔深度，应在机架上作出控制标尺，以便在施工中进行观测、记录。

2. 钻孔：调直机架挺杆对好桩位（用对位圈），开动机器钻进、出土，达到控制深度后停钻、提钻。

3. 检查成孔质量

（1）孔深测定。用测绳（锤）或手提灯测量孔深及虚土厚度。虚土厚度等于钻孔深度与测量深度的差值。虚土厚度一般不应超过 100mm。

（2）孔径控制。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，必须防止钻杆晃动引起孔径扩大；致使孔壁附着扰动土和孔底增加回落土。

4. 孔底清土。钻到预定的深度后，必须在孔底处进行空转清土，然后停止转动；提钻杆，不得回转钻杆。孔底的虚土厚度超过质量标准时，要分析原因，采取措施进行处理。钻进过程中散落在地面上的土，必须随时清除运走。

5. 移动钻机到下一桩位。经过成孔检查后，应填好桩孔施工记录。然后盖好孔口盖板，并要防止在盖板上行车或走人。最后再移走钻机到下一桩位。

6. 浇筑混凝土

（1）移走钻孔盖板，再次复查孔深、孔径、孔壁、垂直度及孔底虚土厚度。有不符合质量标准要求时，应处理合格后，再进行下道工序。

（2）吊放钢筋笼；钢筋笼放入前应先绑好砂浆垫块（或塑料卡）；吊放钢筋笼时，要对

准孔位，吊直扶稳，缓慢下沉，避免碰撞孔壁。钢筋笼放到设计位置时，应立即固定。遇有两段钢筋笼连接时，应采取焊接，以确保钢筋的位置正确，保护层厚度符合要求。

(3) 放串筒浇筑混凝土。在放串筒前应再次检查和测量钻孔内虚土厚度。浇筑混凝土时应连续进行，分层振捣密实，分层高度以捣固的工具而定。一般不得大于 0.5m。

(4) 混凝土浇筑到桩顶时，应适当超过桩顶设计标高，以保证在凿除浮浆后，桩顶标高符合设计要求。

(5) 撤串筒和桩顶插钢筋。混凝土浇到距桩顶 1.5m 时，可拔出串筒，直接浇灌混凝土。桩顶上的插筋一定要保持垂直插入，有足够的保护层和锚固长度，防止插偏和插斜。

(6) 混凝土的坍落度一般宜为 80~100mm；为保证其和易性及坍落度，应注意调整砂率和掺入减水剂、粉煤灰等。

7. 冬、雨期施工

(1) 冬期当温度低于 0℃ 以下浇筑混凝土时，应采取加热保温措施。浇筑时，混凝土的温度按冬施方案规定执行。在桩顶未达到设计强度 50% 以前不得受冻，

(2) 雨期严格坚持随钻随浇筑混凝土的规定，以防遇雨成孔后灌水造成塌孔。雨天不应进行钻孔施工。现场必须有排水措施，防止地面水流入孔内。

8. 质量控制

(1) 钻孔完毕，应及时盖好孔口，并防止在盖板上过车和行走。操作中应及时清理虚土。必要时可二次投钻清土。

(2) 注意土质变化，遇有砂卵石或流塑淤泥、上层滞水层渗漏等到情况，应会同有关单位研究处理，防止塌孔缩孔；

(3) 要严格按操作工艺边浇筑混凝土边振捣的规定执行。严禁把土和杂物混入混凝土中一起浇筑。

(4) 钢筋笼在堆放、运输、起吊、入孔等过程中，应严格按操作规定执行。必须加强对操作工人的技术交底，严格执行加固的质量措施，防止钢筋笼变形。

(5) 当出现钻杆跳动、机架晃摇、钻不进尺等异常现象，应立即停车检查。

(6) 混凝土浇筑到接近桩顶时，应随时测量顶部标高，以免过多截桩和补桩。

2.4.7 质量标准

2.4.7.1 桩的检验，应按现行有关规定、质量验收规定、设计文件的质量要求进行。

1. 施工前应对水泥、砂、石子（如现场搅拌）、钢材等原材料时行检查，对施工组织设计中制定的施工顺序、监测手段（包括仪器、方法）也应检查。

2. 施式中应对成孔、清渣、放置钢筋笼、灌注混凝土等进行全过程检查，应复验孔底持力层土（岩）性。嵌岩桩必须有桩端持力层的岩性报告。

3. 施式结束后，应检查混凝土强度，并应做桩体质量及承载力的检验。

2.4.7.2~2 螺旋钻成孔灌注桩质量必须符合表 2.4.7.2-1、表 2.4.7.2-2 的规定。

钢筋笼质量 检验标准（mm） 表 2.4.7.2-1

| 项        | 序 | 检 查 项 目 | 允许偏差或<br>允许值 | 检 查 方 法 |
|----------|---|---------|--------------|---------|
| 主控<br>项目 | 1 | 主筋间距    | ± 10         | 用钢尺量    |
|          | 2 | 钢筋骨架长度  | ± 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 |

人工成孔混凝土灌注桩质量检验标准

表 2.4.7.2~2

| 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     | 见本标准表 2.4.3.3                             |      | 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《建筑基桩检测技术规范》。<br>如钻芯取样，大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 50cm |      | 按《建筑基桩检测技术规范》                         |

续 表

| 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 | 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《建筑桩基检测技术规范》 |          | 按《建筑基桩检测技术规范》     |
| 一般项目 | 1 | 垂直度     | 见本标准表 2.4.3.3 |          | 测套管或钻杆,或用超声波探测    |
|      | 2 | 桩径      | 见本标准表 2.4.3.3 |          | 井径仪或超声波检测         |
|      | 3 | 混凝土坍落度  | mm            | 70 ~ 100 | 坍落度仪              |
|      | 4 | 钢筋笼安装深度 | mm            | ± 100    | 用钢尺量              |
|      | 5 | 混凝土充盈系数 | >1            |          | 检查每根桩的实际灌注量       |
|      | 6 | 桩顶标高    | mm            | +30, -50 | 水准仪,需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体 |

## 2.4.8 成品保护

2.4.8.1 钢筋笼在制作、运输和安装过程中,应采取措施防止变形。吊入钻孔时,应有保护垫块、或垫管和垫板。

2.4.8.2 钢桩笼在吊放入孔时,不得碰撞孔壁。灌注混凝土时,应采取措施固定其位置。

2.4.8.3 灌注桩施工完毕进行基础开挖时,应制定合理的施工顺序和技术措施,防止桩的位移和倾斜。并应检查每根桩的纵横水平偏差。

2.4.8.4 成孔内放入钢筋笼后,要在 4h 内浇筑混凝土。在浇筑过程中,应有不使钢筋笼上浮和防止泥浆污染的措施。

2.4.8.5 安装钻孔机、运输钢筋笼以及浇筑混凝土时,均应注意保护好现场的轴线和高程桩。

2.4.8.6 桩头外留的主筋插铁要妥善保管,不得任意弯折或压断。

2.4.8.7 桩头混凝土强度,在没有达到 5MPa 时,不得碾压,以防桩头损坏。

## 2.4.9 安全环境保护措施

2.4.9.1 钻孔机就位时,必须保持平稳,防止发生倾斜、倒塌。

2.4.9.2 桩成孔检查后,盖好孔口盖板,用钢管搭架子护栏围挡,防止在盖板上行

车或走人。

- 2.4.9.3 施工现场地面应适当进行混凝土硬化，并有洒水等降尘措施。
- 2.4.9.4 现场搅拌混凝土应搭设搅拌棚，防止水泥飞扬污染环境。
- 2.4.9.5 散落混凝土应及时清理。
- 2.4.9.6 施工机械易发生滴油部位应用塑料薄膜包裹，防止侵入地面污染环境。

## 2.4.10 施工记录

- 1. 水泥的出厂证明及复验证明。
- 2. 钢筋的出厂证明或合格证以及钢筋试验单。
- 3. 试桩的试压记录。
- 4. 补桩的平面示意图。
- 5. 灌注桩施工记录。
- 6. 混凝土试配申请单和试验室签发的配合比通知单。
- 7. 混凝土试块 28d 标养抗压强度试验报告。
- 8. 商品混凝土的出厂合格证。

## 2.5 预应力管桩打桩施工工艺标准

### 2.5.1 总 则

#### 2.5.1.1 适用范围

预应力管桩适用于一般黏性土及填土、淤泥和淤泥质土、粉土、非自重湿陷性黄土等土层中使用。

#### 2.5.1.2 编制参考标准及规范

- 1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)；
- 2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)；
- 3. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)；
- 4. 中华人民共和国行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)。

### 2.5.2 术 语

预应力管桩：预应力混凝土管桩是采用离心脱水密实成型工艺原理，先张法施加预应力，达到规定的强度后放张预应力筋，再进行压蒸养护（或浸水养护）成型的一种预制混凝土桩。

### 2.5.3 基本规定

- 2.5.3.1 桩位放样允许偏差同 2.2.3.1。

2.5.3.2. 桩基工程的桩位验收，除设计有规定外，应按下述要求进行：

1. 当桩顶设计标高与施工场地标高相同时，或桩基施工结束后，有可能进行检查时，桩基工程的验收应在施工结束后进行。

2. 当桩顶设计标高低于施工场地标高，送桩后无法对桩位进行检查时，可在每根桩桩顶沉至场地标高时，进行中间验收报告，待全部桩施工结束，承台或底板开挖至设计标高后，再做最终验收。

2.5.3.3 先张法预应力管桩的桩位偏差必须符合表面现象 2.5.3.3 的规定。

斜桩倾斜度的偏差不得大于倾斜角正切值的 15%（倾斜角系桩的纵向中心线与铅垂线间夹角）。

桩 位 允 许 偏 差（mm）

表 2.5.3.3

| 项 | 项目               | 桩位允许偏差    |
|---|------------------|-----------|
| 1 | 盖有基础梁的桩：         | 100+0.01H |
|   | (1)垂直基础梁的中心线     |           |
|   | (2)沿基础梁的中心线      | 150+0.01H |
| 2 | 桩数为 1~3 根桩基中的桩   | 100       |
| 3 | 桩数为 4~16 根桩基中的桩  | 1/2 桩径或边长 |
| 4 | 桩数为大于 16 根桩基中的桩： | 1/3 桩径或边长 |
|   | (1)最外边的桩         | 1/2 桩径或边长 |
|   | (2)中间桩           |           |

注：H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离。

2.5.3.4 工程桩应进行承载力检验。对于地基基础设计等级为甲级或地质条件复杂，应采用静载荷试验的方法进行检验，检验桩数不应少于总数的 1%，且不应少于 3 根。当总桩数少于 50 根时，不应少于 2 根。

2.5.3.5 桩身质量应进行检验。预应力混凝土管桩，检数量不应少于总数的 10%，且不应少于 10 根；每个柱子承台下不得少于 1 根。

2.5.3.6 管桩基础工程施工前必须具备完备的地质勘察资料及工程附近管线、建筑物、构筑物和其他公共设施的构造情况，必要时应作施工勘察和调查，并采取措施以确保工程质量及邻近建筑的安全。

2.5.3.7 管桩生产厂家、打桩施工单位必须具备相应专业资质，并应建立完善的质量管理体系和质量检验制度。

2.5.3.8 主要施工机具、仪器已经过有关单位的检验和校核。

2.5.3.9 施工过程中出现异常情况时，应停止施工，由监理或建设单位组织勘察、设计、施工等有关单位共同分析，消除质量隐患，并应形成文件，方可继续施工。

## 2.5.4 施 工 准 备

### 2.5.4.1 技术准备

1. 建立由项目经理领导，技术负责执行控制，施工员、质检员、班组检查的三级管理系统，形成横向由施工员、质检员和班组长分别监控，纵向由项目经理到生产班组长的质量管理体系。

2. 会同有关单位进行图纸会审和打试验桩工作确定打桩施工标准，并采取有效措施保证地下管线和周边建筑物的安全。

3. 根据建设单位及监理单位提供的规划及设计，图纸进行轴线控制网点和标高控制点的移交、检验和校核工作。

4. 编制切实可行的施工组织设计，组织施工管理人员熟悉图纸和打桩施工标准并对进场的工人进行技术及安全交底。

2.5.4.2 材料要求

1. 预应力管桩的品种规格：

混凝土强度等级分为预应力混凝土管桩（代号为 PC）和预应力高强混凝土管桩（代号为 PHC）。

按管桩的抗弯性能或混凝土有效预压应力值分为 A 型，AB 型，B 型和 C 型。

按管桩外径分为 300 ~ 1000mm 等规格，壁厚为 60 ~ 130mm。

按管桩的外观质量和尺寸偏差分为优等品，一等品和合格品。

管桩标记符号：

管桩品种 – 类型 外径 – 壁厚 – 长度  
生产日期

例如： $\frac{PHC - AB800 - 130 - 12}{2002.11.6}$

注：外径、壁厚单位为毫米，长度单位为米。

2. 预应力管桩的质量要求：

预应力管桩质量必须符合国家标准和施工质量验收规范的规定，进场时应附有出厂合格证。

预应力管桩的外观质量应符合表 2.5.4.2-1 的规定。

预应力管桩的外观质量表达式

表 2.5.4.2-1

| 项 目          |       | 产品质量等级                       |   |  |
|--------------|-------|------------------------------|---|--|
|              |       | 优等品                          | 一 等 品   | 合 格 品  |
| 粘皮和麻面        |       | 不允许                          | 局部粘皮和麻面累计面积不大于桩身总面积的 0.2%；每处粘皮和麻面的深度不得大于 5mm，且应修补 | 局部粘皮和麻面累计面积不大于桩身总面积的 5%，每处粘皮和麻面的深度不得大于 10 mm，且应修补                      |
| 桩身合缝漏浆       |       | 不允许                          | 漏浆深度不大于 5mm，每处漏浆长度不大于 100 mm，累计长度不大于管桩长度的 5%，且应修补 | 漏浆深度不大于 10 mm，每处漏浆长度不大于 300mm，累计长度不大于管桩长度的 10%，或对漏浆的搭接长度不大于 100mm，且应修补 |
| 局部磕损         |       | 不允许                          | 磕损深度不大于 5mm，每处面积不大于 20cm <sup>2</sup> ，且应修补       | 磕损深度不大于 10 mm，每处面积不大于 50cm <sup>2</sup> ，且应修补                          |
| 内外表面露筋       |       | 不允许                          |   |  |
| 表面裂缝         |       | 不得出现环向或纵向裂缝，但龟裂、水纹及浮浆层裂纹不在此限 |   |  |
| 端顶面平整度       |       | 管桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不得高出端板平面      |   |  |
| 断筋、脱头        |       | 不允许                          |   |  |
| 桩套箍凹陷        |       | 不允许                          | 凹陷深度不大于 5mm                                       | 凹陷深度不大于 10 mm  |
| 表面混凝土坍落      |       | 不允许                          |   |  |
| 接头及桩套箍与桩身结合面 | 漏浆    | 不允许                          | 漏浆深度不大于 5mm，漏浆长度不大于周长的 1 / 8，且应修补                 | 漏浆深度不大于 5mm，漏浆长度不大于周长的 1 / 4，且应修补                                      |
|              | 空洞和蜂窝 | 不 允 许                        |   |  |

预应力管桩的长处允许偏差及检验方法应符合表 2.5.4.2-2

预应力管桩的尺寸允许偏差及检查方法

表 2.5.4.2-2

| 项目          |       | 允许偏差值        |                   |                   | 质检工具及量度方法                      |
|-------------|-------|--------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
|             |       | 优等品          | 一等品               | 合格品               |                                |
| 长度 L        |       | ± 0.3%L      | +0.5%L<br>－ 0.4%L | +0.7%L<br>－ 0.5%L | 采用钢卷尺                          |
| 端部倾斜        |       | 0.3%D        | 0.4%D             | 0.5%D             | 用钢尺量                           |
| 顶面平整度       |       | 10           |                   |                   | 浆直角靠尺的一边紧靠桩身，另一边端板紧靠，测其最大间隙    |
| 外径<br>d     | 600   | +2-2         | +4-2              | +5-4              | 用卡尺或钢尺在同一断面测定相互垂直的两直径，取其平均值    |
|             | >600  | +3-2         | +3-2              | -7-4              |                                |
| 壁厚 <i>t</i> |       | +10.0        | +15.0             | 正偏差不计 0           | 用钢直尺在同一断面相互垂直的两直径上测定四处壁厚，取其平均值 |
| 保护层厚度       |       | +5.0         | +7+3              | +10+5             | 用钢尺，在管桩断面处测量                   |
| 桩身弯曲度       |       | L / 1500     | L / 1200          | L / 1000          | 将拉线紧靠桩的两端部，用钢直尺测其弯曲处最大距离       |
| 端<br>头<br>板 | 外侧平面度 | 0.2          |                   |                   | 用钢直尺一边紧靠端头板，测其间隙处距离            |
|             | 外径    | 0 ~ -1       |                   |                   | 用钢卷尺或钢直尺                       |
|             | 内径    | -2           |                   |                   |                                |
|             | 厚度    | 正偏差值不限负偏差为 0 |                   |                   |                                |

注：1. 表内尺寸以管桩设计图纸为准，允许偏差值单位为毫米。

2. 预应力筋和螺旋箍筋的混凝土保护层应分别不小于 25mm 和 20mm。

3. 焊条（接桩用）：型号、性能必须符合设计要求和有关标准的规定，一般采用国产 E43 焊条，其质量应符合《碳钢焊条》（GB/T 5117—1995）的规定；采用保护焊专用焊丝时按相应规程执行。

### 2.5.4.3 主要施工机具

根据施工组织设计，组织机械、设备及仪器进场，一个工作班组打桩所需主要施工机具计划见表 2.5.4.3-1。

主要施工机具计划表

表 2.5.4.3-1

| 序 号 | 机械设备名称 | 型号规格        | 数量 | 生产能力 |
|-----|--------|-------------|----|------|
| 1   | 打 桩 机  | 履带式或步履式     | 1  | 良好   |
| 2   | 打 桩 锤  | 见表 5.4.3-2  | 1  | 良好   |
| 3   | 起 重 机  | 履带式 15t     | 1  | 良好   |
| 4   | 电 焊 机  | 交流或气体保护焊电焊机 | 3  | 良好   |
| 5   | 送 桩 器  | 与桩径相匹配      | 1  | 良好   |
| 6   | 桩 帽    | 与桩径相匹配      | 1  | 良好   |
| 7   | 管桩切割器  |             | 1  | 良好   |
| 8   | 经 纬 仪  | J2          | 2  | 良好   |
| 9   | 水 准 仪  | S3          | 1  | 良好   |

### 1. 打桩机

三点支撑式履带打桩机或步履式打桩机。

打桩机的桩架由支架、导向杆、起吊设备、动力设备、移动装置等组成，桩架由钢制成，高度按桩长分节组装，选择桩架高度应按桩长+滑轮组高+桩锤帽高度+起移位高度的总和另加 0.5 ~ 1m 的富余量。

打桩机的桩架必须具有足够的承载力、刚度和稳定性，并应与所挂桩锤相匹配。

### 2. 桩锤

桩锤分为落锤、气动锤、柴油锤、液压锤等类型。

以上几种桩锤中，柴油锤爆发力强，锤击能量大，工效高，锤击作用时间比自由落锤作用时间长，因此锤击应力相对低一些，冲击体冲击距离(原距)随桩阻力的大小而自动调整，比较适合于管桩的施打。

目前我国各地施打预应力管桩以筒式柴油锤为主，选择筒式柴油打桩锤参考表 2.5.4.3-2。

### 3. 桩帽

桩帽应有足够的强度、刚度和耐打性。

桩帽宜做成贺筒型，套桩头用的筒体尝试宜为 35 ~ 40cm。内径应比管桩外径大 2 ~ 3cm，并设有导向脚与桩架导轨相连，保证与柴油锤的中心线重合。

桩帽应设有桩垫层和锤垫层两部分，“锤垫”设在桩帽的上部，与柴油锤的下冲击体接触，保护柴油锤和桩头的作用。“锤垫”一般用竖纹硬木或盘圆层叠的钢丝绳制作，厚度宜取 15 ~ 20cm。“桩垫”设在桩帽的下部套筒的里面，与管桩顶面相接触，一般地用麻袋，硬纸板，水泥纸袋，胶合板等材料制作。



筒式柴油打桩锤参考表

表 2.5.4.3-2

| 柴油锤型号               | 25 号                 | 32 号 ~ 36 号          | 40 号 ~ 50 号              | 60 号 ~ 62 号       | 72 号        | 80 号        |
|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| 冲击总质量(t)            | 2.5                  | 3.2<br>3.5<br>3.6    | 4.0<br>4.5<br>4.6<br>5.0 | 6.0<br>6.2        | 7.2         | 8.0         |
| 锤体总质量 (t)           | 5.6 ~ 6.2            | 7.2 ~ 8.2            | 9.2 ~ 11.0               | 12.5 ~ 15.0       | 18.4        | 17.4 ~ 20.5 |
| 常用冲程(m)             | 1.5 ~ 2.2            | 1.6 ~ 3.2            | 1.8 ~ 3.2                | 1.9 ~ 3.6         | 1.8 ~ 2.5   | 2.0 ~ 3.4   |
| 适用管桩规格              | 300                  | 300<br>400           | 400<br>500               | 500<br>550<br>600 | 550<br>600  | 600<br>800  |
| 单桩竖向承载力设计值适用范围 (kN) | 600 ~ 1200           | 800 ~ 1600           | 1300 ~ 2400              | 1800 ~ 3300       | 2200 ~ 3800 | 2600 ~ 4500 |
| 桩尖可进入的岩土层           | 密实砂层<br>坚硬土层<br>全风化岩 | 密实砂层坚<br>硬土层强风<br>化岩 | 强风化岩                     | 强风化岩              | 强风化岩        | 强风化岩        |
| 常用控制入贯度 (mm / 10 击) | 20 ~ 40              | 20 ~ 50              | 20—50                    | 20 ~ 50           | 30 ~ 70     | 30 ~ 80     |

#### 4. 送桩器、

(1) 送桩器宜做成圆筒形，并有足够的强度，刚度和耐打性。

(2) 送桩器长度宜做成送桩深度的 1.5 倍。

(3) 送桩器应与管桩匹配，一般采用套筒式送桩器，套筒深度宜取 250 ~ 350 mm，内径应比管桩外径大 20 ~ 30mm。

(4) 送桩器上下两端面应平整，且与送桩器中心轴线垂直。

(5) 送桩器下端面应开孔，使管桩内腔与外界连通。

#### 5. 履带式或轮胎式起重机

打桩施工现场宜采用履带式起重机，起重吨位为 15t。

6. 施工现场还应配备有电焊机，管桩切割器、经纬仪、水准仪等施工机具和仪器。

### 2.5.4.4 作业条件

1. 现场三通一平完成，场地内地坪应碾压平整，保证可以承受桩机及单节桩起吊的重量，一般要求场地表层土的地基承载力大于 0.2 ~ 0.3MPa，保证桩机移动和打桩时稳定垂直。

2. 对邻近原有建筑物和地下管线，应认真细致地查清结构和基础情况并会同有关单位研究采取适当的隔振、减振、防挤、监测和预加固措施。

3. 做好现场总平面的规划，修建现场临时道路和管桩的堆放场地，做到布局合理，规划有序。

4. 清除现场影响打桩施工的高空、地面及地下障碍物。

5. 布置测量控制网，水准基点，按设计图纸放线定位，并会同有关部门做好预检手续。桩基的轴线控制点和水准点的数量应不少于 2 个，并设在受打桩影响范围之外。

6. 根据桩基设计图纸及地质钻探资料，选择有代表性的工程桩或试验桩进行试桩工作，

一般数量不少于 2 根，核查地质资料是否准确，打桩机及桩锤选用的合理性，并确定工程桩大面积施工时应控制的各项指标及施工标准。

7. 根据试桩情况，合理编制施工方案，工程桩号图，打桩顺序图，保证桩机的行走路线和打桩顺序的合理，避免施工过程中挤桩和压桩，施工时宜考虑采用退打。

## 2.5.5 材料和质量要点

### 2.5.5.1 材料的关键要求

1. 混凝土质量控制应符合《混凝土质量控制标准》(GB50164—92) 的规定。
2. PC：桩的混凝土强度等级不得低于 C50，PHC 桩的混凝土强度等级不得低于 C80。
3. 管桩的各部位尺寸偏差应符合表 2.5.4.2-2 的规定。

### 2.5.5.2 技术关键要求

1. 场地应碾压平整，地基承载力不小于 0.2~0.3MPa，打桩前应认真检查施工设备，将导杆调直。
2. 按施工方案合理安排打桩路线，避免压桩及挤桩。
3. 桩位放样应采用不同方法二次核样。桩身倾斜率应控制在：底桩倾斜率 0.5%，其余桩倾斜率 0.8%。
4. 桩间距小于 3.5d (d：桩径) 时，宜采用跳打，应控制每天打桩权数，同一区域内不宜超过 12 根桩，避免柱体上浮，桩身倾斜。
5. 施打时应保证桩锤、桩帽、桩身中心线在同一条直线上，保证打桩时不偏心受力。
6. 打底桩时应采用锤重或冷锤（不挂档位）施工，将底桩徐徐打入，调直桩身垂直度，遇地下障碍物及时清理后再重新施工。
7. 接桩时焊缝要连续饱满，焊渣要清除焊接自然冷却时间应不少于 1 min，地下水位较高的应适当延长冷却时间，避免焊缝遇水如淬火易脆裂；对接后间隙要用不超过 5mm 钢片数填，保证打桩时桩顶不偏心受力；避免接头脱节。

### 2.5.5.3 质量关键要求

1. PC 桩一般采用常压蒸汽养护，一般要经过 28d 才可以运输使用。PHC 桩一般脱模后进高压釜经 10 个大气压，180 左右的高温高压蒸汽养护，从成型到运输使用的时间只需 3~4d。因此，可根据实际工程的需要选择管桩类型，保证预应力管桩强度达到设计强度的 100%后才开始打桩。
2. 严格管桩生产制作及养护工艺，认真按标准检查管桩各项指标，符合要求的才能使用，避免因管桩制作及养护工艺不当，混凝土龄期不够，导致桩顶破碎以及桩身断裂。
3. 对照地质资料及按设计及规范要求合理选用施工机具，采用“重锤低击”的原则选用桩锤并控制打桩总锤击数，避免桩身混凝土产生疲劳破坏，桩身断裂。
4. 根据施工的管桩尺寸按要求制作桩帽及送桩器，避免因桩帽和送桩器尺寸不合要求使桩顶破碎及桩身断裂。
5. 管桩在运输，吊桩及堆放过程中应正确叠放，轻起轻吊，避免使用前桩身就已经断裂，桩顶破碎。
6. 施工管桩时要保证桩体的垂直度，避免桩身倾斜；保证桩锤、桩帽、桩身中心线在同一条直线上，避免因打桩时的偏心受力导致桩顶破碎，桩身断裂。

2.5.5.4 职业健康安全关键要求

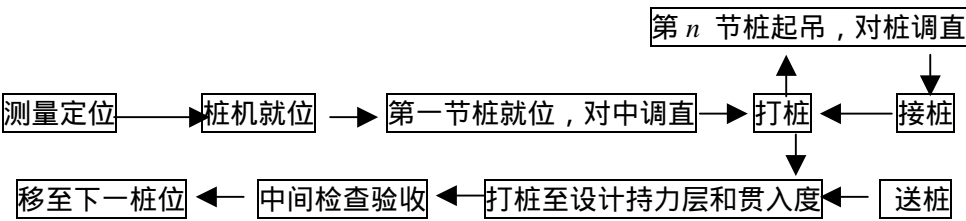
- 1. 工人进入工地必须佩戴统一的安全帽，穿工作服和胶鞋。
- 2. 打桩时现场工人必须佩戴耳塞或耳罩，防止噪声污染。
- 3. 电焊作业时工人必须使用防护面罩，戴防护手套，穿绝缘鞋。
- 4. 工人上高空作业时必须佩带安全带。
- 5. 雨天时不宜进行打桩施工，施工时必须穿雨衣，绝缘雨鞋。暴雨及台风天气要暂停施工。

2.5.5.5 环境关键要求

- 1. 根据施工总平面图在施工现场四周设置一封闭的围墙和大门，将现场与外界隔离。
- 2. 遵守当地有关环卫、市容管理的有关规定，现场出口应设洗车台，每辆汽车出场时对其轮胎进行冲洗，防止汽车轮胎带土污染市容。
- 3. 打桩施工时应严格遵守在当地环保时间内施工尽量减少打桩哭声对周围环境产生的影响。防哭声的措施有：对桩锤加隔声罩；采用无哭声施工工艺，如：静压桩、钻孔灌注桩；同时，在大城市闹区不适用打入桩施工。
- 4. 打桩对邻近原有建筑物和地下管线产生影响的，应根据施工方案采取必要的隔振、减振、防挤、监测和预加固措施。对在 40m 之内的房屋，如需防振保护，可以采用防振沟或防振槽（必要时可在沟、槽内充填泥浆），沟、槽尝试一般为 4~5m，如再深可采用减振壁，如：地下连续墙、砂桩、旋喷桩。
- 5. 施工现场应尽可能的将表层土硬化，减少打桩和刮风时带来的粉尘污染。

2.5.6 施工工艺

2.5.6.1 工艺流程



2.5.6.2 操作工艺

- 1. 测量定位  
根据设计图纸编制工程桩测量定位图，并保证轴线控制点不受打桩时振动和挤土的影响，保证控制点的准确性。  
根据实际打桩线路图，按施工区域划分测量定位控制网，一般一个区域内根据每天施工进度放样 10~20 根桩位，在桩位中心点地面上打入一支 6.5 长约 30~40cm 的钢筋，并用红油漆标示。  
桩机移位后，应进行第二次核样，核样根据轴线控制网点所标示工程桩位坐标点（X、Y 值），采用极坐标法进行核样，保证工程桩位偏差值小于 10mm，并以工程桩位点中心，

用白灰按桩径大小画一个圆圈，以方便插桩和对中。

工程桩在施工前，应根据施工桩长在匹配的工程桩身上划出以米为单位的长度标记，并按从下至上的顺序标明桩的长度，以便观察桩入土深度及记录每米沉桩锤击数。

2. 桩机就位

为保证打桩机下地表土受力均匀，防止不均匀沉降，保证打桩机施工安全，采用厚度约 2~3cm 厚的钢板铺设在桩机履带板下，钢板宽度比桩机宽 2m 左右，保证桩机行走和打桩的稳定性。

桩机行走时，应将桩锤放置于桩架中下部以桩锤导向脚不伸出导杆末端为准。

根据打桩机桩架下端的的角度计初调桩架的垂直度，并用线坠由桩帽中心点吊下与地上桩位点初对中。

3. 管桩起吊，对中和调直

(1) 管桩应由吊车将桩转运至打桩机导轨前，管桩单节长 20m 转运采用专用吊钩钩住两端内壁直接进行水平起吊，两点钩吊法见图 2.5.6.2-1。管桩单节长>20 m 应采用四点吊法转运，吊点位置见图 2.5.6.2-2。管桩摆放宜采用两点支法见图 2.5.6.2-3。

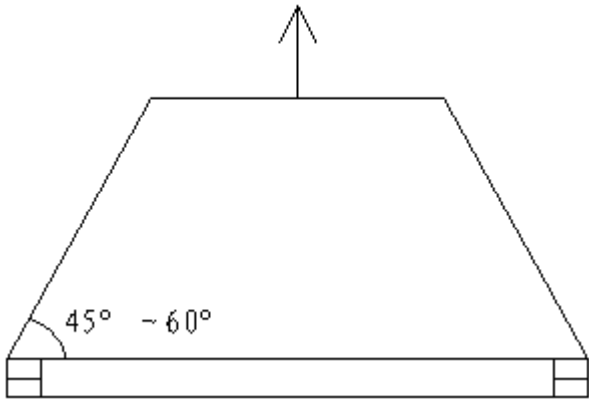


图 2.5.6.2 - 1

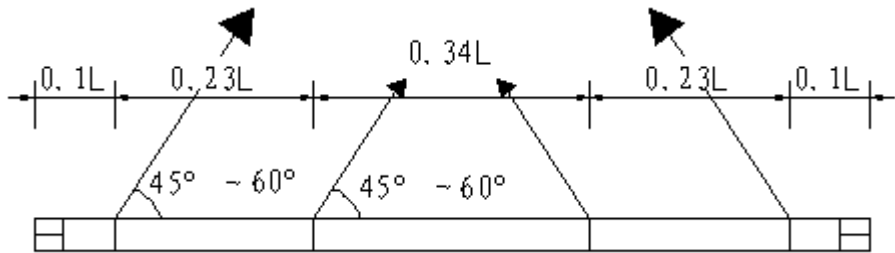


图 2.5.6.2 - 2



图 2.5.6.2 - 3

(2) 管桩摆放平稳后，在距管桩端头 0.21L 处，将捆桩钢丝绳套牢，一端拴在打桩机的卷扬机主动钩上，另一端钢丝绳挂在吊车主钩，打桩机主卷扬向上先提桩，吊车在后端辅助用力，使管桩与地面基本成 45°~60°角向上提升，将管桩上口喂入桩帽内，将吊车一端

钢丝绳松开取下，将管桩移至桩位中心。

(3) 对中：管桩插入桩位中心后，先用桩锤自重将桩插入地下 30 ~ 50cm，桩身稳定后，调正桩身、桩锤桩帽的中心线重合，使之于打入方向成一直线。

(4) 调直：用经纬仪（直桩）和角度计（斜桩）测定管桩垂直度和角度。经纬仪应设置在不受打桩机移动和打桩作业影响的位置，保证两台经纬仪与导轨成正交方向进行测定，使插入地面变偏差不得大于 0.5%。

#### 4. 打桩

(1) 打第一节桩时必须采用桩锤自重或冷锤（不挂档位）将直至管桩沉到某一深度不动为止，同时用仪器观察置和角度，确认无误后，再转为正常施打，必要时，宜拔出重插，直至满足设计要求

(2) 正常打桩宜采用重锤低击，锤重根据设计图纸及地质钻探资料参照表 2.5.4.3-2 选择。

(3) 打桩顺序应根据桩的密集程度用计周围建（构）筑物的关系：

1) 若桩较密集且距周围建（构）筑物较远，施工场地开阔时宜从中间向四周进行

2) 若桩较密集场地狭长，两端距建（构）筑物较远，施工场地开阔时宜从中间向两端进行。

3) 若桩较密集且一侧靠近建（构）筑物时，宜从毗邻建（构）物的一侧开始，由近及远地进行。

4) 根据桩入土深度，宜先长后短。

5) 根据管桩规格，宜先大后小。

6) 根据高层建筑塔楼（高层）与裙房（低层）的关系，宜先高后低。

#### 5. 接桩

(1) 当管桩需接长时，接头个数不宜超过 3 个且尽量避免桩尖落在夺取黏性土层中接桩。

(2) 管桩接桩，采用焊接接桩，其入土部分桩段的桩头宜高出地面 0.5 ~ 1.0m。

(3) 下节桩的桩头处宜设导向箍以方便上节桩就位，接桩时上下节桩应保持顺直，中心线偏差不得大于 2mm，节点弯曲矢高不得大于 1‰桩长。

(4) 管桩对接前，上下端板表面应用钢丝刷清理干净，坡口处露出金属光泽，对接后，若上下桩接触面不密实，存有缝隙，可用厚度不超过 5mm 的钢片嵌填，达到饱满为止，并点焊牢固。

(5) 焊接时宜由三个电焊工在成 120° 角的方向同时施焊，先在坡口圆周上对称点焊 4 ~ 6 点，待上下桩节团定后拆除导向箍再分层施焊，每层焊接厚度应均匀。

(6) 焊接层数不得少于三层，采用普通交流焊机的手工焊接时第一层必须用 3.2mm 电焊条打底，确保根部焊透，第二层方可用粗电焊条（4mm 或 5mm）施焊，采用自动及半自动保护焊机的应按相应规程分层连续完成。

(7) 焊接时必须将内层焊渣清理干净后再焊外一层，坡口槽的电焊必须满焊，电焊厚度宜高出坡口 1mm，焊缝必须每层检查，焊缝应饱满连续，不宜有夹渣、气孔等缺陷，满足《钢结构工程施工质量验收规范》（GB50205—2001）中二级焊缝的要求。

(8) 焊接完成后，需自然冷却不少于 1min 后才可继续锤击，夏天施工时温度较高，可采用鼓风机送风，加速冷却，严禁用水冷却或焊好即打。

(9) 对于抗拔及高承台桩，其接头焊缝外露部分应作防锈处理。

#### 6. 送桩

(1) 根据设计桩长接桩完成并正常施打后，应根据设计及试打桩时确定的各项指标来控制是否采取送桩。

(2) 送桩前应保证桩锤的导向脚不伸出导杆末端，管桩露出地面高度宜控制在 0.3 ~ 0.5m。

(3) 送桩前在送桩器上以米为单位，并按从下至上的顺序标明长度，由打桩机主卷扬吊钩采用单点吊法将送桩器喂入桩帽。

(4) 在管桩顶部放置桩垫，厚薄均匀，将送桩器下口套在桩顶上，采用仪器调正桩锤、送桩器和桩三者的轴线在同一直线上。

(5) 送桩完成后，应及时将空孔回填密实。

7. 检查验收

(1) 在桩帽侧壁用笔标示尺寸，以厘米为单位，高度宜为试桩标准制定最后每阵贯入度的 4 ~ 5 倍。将经纬仪架设在不受打桩振动影响的位置上对管桩贯入度进行测量。最后，用收锤回弹曲线测绘纸绘出管桩的回弹曲线，再从回弹曲线上量出最后三阵贯入度。

(2) 当采用送桩时测试的贯入度应参考同一条件的桩不送桩时的最后贯入度予以修正。

(3) 根据设计及试打桩标准确定的标高和最后三阵贯入度来确定可否成桩，满足要求后，做好记录，会同有关部门做好中间验收工作。

(4) 实际控制成桩标准中的标高和最后三阵贯入度与设计及试桩标准出入较大时，应会同有关部门采取相应措施，研究解决后移至下一桩位。

(5) 打桩过程中，遇下列情况之一应暂停打桩，及时会同有关部门解决：

- 1) 贯入度突变；
- 2) 桩头混凝土剥落、破碎、桩身出现裂缝；
- 3) 桩身突然倾斜、跑位；
- 4) 地面明显隆起，邻桩上浮或位移过大；
- 5) PC 桩总锤击数超过 2000，PHC 桩总锤击数超过 2500；
- 6) 桩身回弹曲线不规则。

8. 管桩基础工程验收程序

(1) 当桩顶设计标高与施工现场标高基本一致时，可待全部管桩施打完毕后一次性验收。

(2) 当桩顶设计标高低于施工现场标高需要送桩时，在送桩前应进行质量评定；待全部管桩施工完毕并开挖到设计标高后，再进行竣工验收，绘制打桩工程竣工图。

2.5.7 质量标准

2.5.7.1 施工前应检查进入现场的成品桩，接桩用电焊条等产品质量。

2.5.7.2 施工过程中应检查桩的贯入度情况、桩顶完整状况、电焊接桩质量、桩体垂直度、电焊后的停歇时间。重要工程应对电焊接头做 10% 的焊缝探伤检查。

2.5.7.3 施工结束后，应做桩体质量检验及承载力检验。

2.5.7.4 先张法预应力管桩的质量检验应符合表 2.5.7.4 的规定。

预应力管桩质量检验标准 表 2.5.7.4

| 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 | 桩体质量检验  | 按《建筑基桩检测技术规范》 |     | 按《建筑基桩检测技术规范》 |
|      | 2 | 桩位偏差    | 见本标准表 2.5.3.3 |     | 用 钢 尺 量       |
|      | 3 | 承 载 力   | 按《建筑基桩检测技术规范》 |     | 按《建筑基桩检测技术规范》 |

|      |   |               |       |                       |             |                 |
|------|---|---------------|-------|-----------------------|-------------|-----------------|
| 一般项目 | 1 | 成品桩质量         | 外观    | 无蜂窝、露筋、裂缝、色感均匀、桩顶处无空隙 |             | 直 观             |
|      |   |               | 桩 径   | mm                    | $\pm 5$     | 用钢 尺 量          |
|      |   |               | 管壁厚度  | mm                    | $\pm 5$     | 用 钢 尺 量         |
|      |   |               | 桩尖中心线 | mm                    | $< 2$       | 用 钢 尺 量         |
|      |   |               | 顶面平整度 | mm                    | 10          | 用 水 平 尺 量       |
|      |   |               | 桩体弯曲  |                       | $< 1/1000L$ | 用钢尺量, $L$ 为桩长   |
|      | 2 | 接桩: 焊缝质量      |       | 见本标准表 2.6.6.4         |             | 见本标准表 2.6.6.4   |
|      |   | 电焊结束后停歇时间     |       | mm                    | $> 1.0$     | 秒 表 测 定         |
|      |   | 上下节平面偏差节点弯曲矢高 |       | mm                    | $< 10$      | 用 钢 尺 量         |
|      |   |               |       |                       | $< 1/1000L$ | 用钢尺量, $L$ 为两节桩长 |
|      | 3 | 停锤标准          |       | 设 计 要 求               |             | 现场实测或查沉桩记录      |
|      | 4 | 桩 顶 标 高       |       | mm                    | $\pm 50$    | 水 准 仪           |

## 2.5.8 成品保护

1. 预应力管桩应达到设计强度的 70% 方可起吊, 达到 100% 才能运输和打桩。
2. 单节管桩采用专用吊钩钩住管桩两端内壁直接进行水平起吊, 装卸要轻起轻放, 严禁抛掷、碰撞、滚落。
3. 管桩堆放应符合下列要求:
  - (1) 应根据总平面及每日施工根数控制进场管桩数量, 避免出现管桩的多次转运。
  - (2) 管桩堆放场地应坚实平整。
  - (3) 管桩应按不同规格, 长度及施工流水顺序分别堆放。
  - (4) 当场地条件许可时, 宜单层堆放。叠层堆放时, 500~1000mm 的管桩不宜超过 4 层, 外径为 300~400mm 的不宜超过 5 层。
  - (5) 叠层堆放管桩时, 最下层宜在垂直于管桩长度方向的地面上设置 2 道垫木, 垫木应分别位于距桩端 0.21 倍桩长处, 底层最外缘的管桩应在垫木处用木楔塞紧以防滚动。
  - (6) 垫木宜选用耐压的长木枋或枕木, 不得用有棱角的金属构件替代。
4. 妥善保管好桩基轴线控制网点和标高控制桩, 不受打桩挤土、运桩车辆及人为的破坏, 有条件的可以将轴线控制点及标高控制点引至场外不受打桩影响的永久性建(物)筑物边上。
5. 对地下管线及周边建(构)筑物应采取减少震动和挤土影响的措施, 并设点观测, 必要时采取加固措施; 在毗邻边坡打桩时, 应随时注意观测打桩对边坡的影响。
6. 打桩过程中, 有代表性地发现打桩情况与地质资料不相吻合时, 应停止施工, 会同有关部门对地质重新进行补钻等措施。
7. 管桩桩头需要截断时, 宜采用锯桩器截割, 严禁采用大锤横向敲击截桩或强行扳拉截桩。
8. 管桩工程的基坑土方开挖时应制订合理的施工方案和程序, 控制挖土宜分层均匀进

行且桩周土体高差不宜大于 1m，严禁用挖掘机对管桩硬碰、硬拽，对于桩间距较密的土方宜采用小型挖掘机或人工进行开挖土方，防止在基坑开挖过程中，将管桩产生位移，倾斜和断桩。

## 2.5.9 安全环保措施

1. 工人进入工地后应进行三级安全教育，按照本工艺标准 2.5.5.4 条做好职业健康安全教育。各工种结合培训进行安全操作规程教育后方能上岗，桩机及起重机机长、电焊工等特殊工种必须持证上岗，新工人应进行上岗教育，严禁使用童工。

2. 桩机及起重机等机械及设备组装和使用前应根据《建筑机械使用安全技术规程》检查各部件工作是否正常，确认运转合格后方能投入使用。使用后应检查并停放合格后方可下班。

3. 施工现场的临时用电必须按照施工方案布置完成并根据《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ 46—88) 检查合格后方可投入使用。

4. 根据施工总平面图在施工现场四周设置一封闭的围墙和大门，围墙要按当地建委文件规定进行施工。

5. 施工现场大门处设置统一的“五牌一图”，施工现场办公室应在醒目处挂设安全、质量、消防保卫，场容卫生环保等制度牌。

6. 在现场出入口处设置汽车冲洗台及污水沉淀池，对开出车辆进行冲洗，做到车辆不带泥沙出场。安排工人每天进行现场卫生清理，做到整洁有序，无污水、污物出口畅通、不积水、不发臭、不污染周围环境。

7. 工地临时食堂，应严格执行食品卫生法等有关制度，炊事员应有健康证。

8. 打桩施工时应严格遵守在当地环保时间内施工，尽量减少打桩对周围环境产生的影响。

## 2.5.10 质量记录

1. 预应力管桩的出厂合格证。

2. 电焊条的出厂合格证。

3. 试打桩记录及标准。

4. 预应力管桩的施工记录及汇总表。

5. 预应力管桩接头隐蔽验收记录。

6. 桩位测量放线图，标高引测记录。

7. 桩基设计图纸，图纸会审记录及设计变更通知书。

8. 打桩平面桩位图，桩基竣工图。



## 2.6 钢桩打桩施工工艺

### 2.6.1 总 则

#### 2.6.1.1 适用范围

钢桩一般适用于港口码头、水中高桩平台、桥梁、超高层建筑和特重型工业厂房等。

#### 2.6.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)；
3. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)；
4. 中华人民共和国行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)。

### 2.6.2 术 语

1. 钢桩：用钢管或型钢制成的基桩。
2. 钢管桩：钢桩的一种，一般采用螺旋缝钢管或直缝钢管，按设计要求的规格加工而成，钢管桩的下口有开口和闭口两种形式。
3. 型钢桩：简称钢桩，一般多采用热轧（或焊接）工字钢或槽钢加工而成。

### 2.6.3 基 本 规 定

#### 2.6.3.1 桩位放样允许偏差如下：

1. 群桩：20mm；
2. 单排桩：10mm。

#### 2.6.3.2 桩基工程的桩位验收，除设计有规定外，应按下述要求进行：

1. 当桩顶设计标高与施工场地标高相同时，或桩基施工结束后，有可能进行检查时，桩基工程的验收应在施工结束后进行。

2. 当桩顶设计标高低于施工场地标高，送桩后无法对桩位进行检查时，可在每根桩桩顶沉至场地标高时，进行中间验收，待全部桩施工结束，承台或底板开挖至设计标高后，再做最终验收。

2.6.3.3 钢桩的桩位偏差必须符合表 2.6.3.3 的规定。斜桩倾斜度的偏差不得大于倾斜角正切值的 15%（倾斜角系桩的纵向中心线与铅垂线间夹角）。

桩位允许偏差（mm） 表 2.6.3.3

| 项 | 项 目              | 桩位允许偏差        |
|---|------------------|---------------|
| 1 | 盖有基础梁的桩：         |               |
|   | (1) 垂直基础梁的中心线    | $100 + 0.01H$ |
|   | (2) 沿基础梁的中心线     | $150 + 0.01H$ |
| 2 | 桩数为 1 ~ 3 根桩基中的桩 | 100           |

|   |  |                            |
|---|--|----------------------------|
| 3 | 桩数为 4 ~ 16 根桩基中的桩                        | 1 / 2 桩径或边长                |
| 4 | 桩数为大于 16 根桩基中的桩：<br>(1) 最外边的桩<br>(2) 中间桩 | 1 / 3 桩径或边长<br>1 / 2 桩径或边长 |

注：H 为施工现场地在标高与桩顶设计标高的距离。

**2.6.3.4** 工程桩应进行承载力检验。对于地基基础设计等级为甲级或地质条件复杂，应采用静载荷试验的方法进行检验，检验桩数不应少于总数的 1%，且不应少于 3 根，当总桩数少于 50 根时，不应少于 2 根。

**2.6.3.5** 建筑钢桩工程必须进行水文地质勘察，并出具详细的岩土工程勘察报告。

**2.6.3.6** 建筑钢桩工程除进行水文地质勘察外，还应对周边环境条件进行详细的调查，作为设计和施工的依据。

**2.6.3.7** 建筑钢桩工程必须进行设计，并出具完整的施工图设计文件。

**2.6.3.8** 承担勘察和设计的单位应具备相应的资质，并应建立质量管理体系，由于勘察和设计原因造成的质量问题应由勘察和设计单位负责。

**2.6.3.9** 承担钢桩施工的单位应具备相应的专业施工资质，并应建立质量管理体系。施工单位应编制桩基施工组织设计或施工方案，并应经过审查批准。施工单位应按照有关的施工工艺标准或经审定的施工技术方案施工，并应对施工全过程进行质量控制。

**2.6.3.10** 钢桩工程的施工组织设计或施工方案的审核、审批应按照本单位或企业的相关技术管理规定进行。

**2.6.3.11** 安全文明施工应按国家现行有关规定执行。

**2.6.3.12** 文物和环境保护应按国家现行有关规定执行。

## 2.6.4 施 工 准 备

### 2.6.4.1 技术准备

1. 组织有关单位进行桩基施工图会审，会审纪要连同施工图等作为施工依据。

2. 编制施工组织设计或施工方案，并报有关部门和人员审查批准。

3. 钢桩基础工程施工前，应具备下列文件和资料。

(1) 建筑场地的工程地质和水文地质资料。

(2) 钢桩基础工程的施工图和图纸会审纪要。

(3) 钢桩基础施工组织设计或施工方案。

(4) 建筑场地地下管线图和毗邻区域内的市政管线及建筑物的调查资料。

(5) 打桩设备（桩架和桩锤）的技术性能资料。

(6) 钢桩的出厂合格证及产品施工说明资料。

(7) 钢桩施 ~ 1132 艺的试验参考资料。

### 2.6.4.2 材料准备

1. 钢桩工程所用的材料品种、规格和质量应符合设计要求，并应有出厂材质证明书。钢桩按断面形状划分有钢管桩、H 型钢桩和其他异型钢桩，钢管桩应用最多，H 型钢桩次之，其他异型钢桩应用较少。

2. 钢桩的制作应符合设计要求，其材质应符合设计和现行有关规范规定。

3. 钢桩的焊接接头应采用等强度连接，钢管桩应采用上下节桩对接焊接，H 型钢桩接

头可采用对焊或采用连接板贴角焊,焊接使用的焊条、焊丝和焊剂应符合设计和现行有关规范的规定。

4. 钢桩的端部形式应根据桩所穿越的土层、桩端持力层性质、桩的尺寸、挤土效应等因素综合考虑确定。

(1) 钢管桩可采用下列桩端形式。

1) 敞口

带加强箍(带内隔板、不带内隔板);

不带加强箍(带内隔板、不带内隔板)。

2) 闭口

平底;

锥底。

(2) H 型钢桩可采用下列桩端形式。

1) 带端板;

2) 不带端板:

锥底;

平底(带扩大翼、不带扩大翼)。

5. 钢桩的所用的防腐材料和防腐方法应根据钢桩所环境按设计要求进行处理。

6. 钢桩防腐处理可采用外表面涂防护层,增加腐蚀余量及阴极保护,当钢管桩内壁同外界隔绝时,可不考虑内壁防腐。

7. 当钢桩焊接接头因焊接将防腐层破坏时,焊接后应重新做防腐处理。

8. 对于抗拔桩及高承台桩,其接头焊缝外露部分应作防腐处理。

### 2.6.4.3 主要机具

1. 沉桩机械应根据地质条件、设计条件和周边环境条件等因素综合考虑后确定,打桩机宜选用三点支撑履带自行式柴油打桩机,打桩机的桩架必须具有足够的强度、刚度和稳定性,并应与打桩锤相匹配。

2. 柴油锤宜选用筒式柴油锤,柴油锤的型号可按下列方法之一确定。

(1) 根据工程地质条件、桩的规格、入土深度、竖向承载力,并遵循重锤低击的原则综合考虑后确定。

(2) 根据高应变测试法配合测试的试打桩结果进行确定。

3. 桩帽及垫层的设置,应符合下列规定。

(1) 桩帽应有足够的强度、刚度和耐打性。

(2) 钢管桩桩帽宜做成筒型,套入桩头用的筒体深度宜取 200~300mm,外径应比钢管桩内径小 20~30mm。

(3) 打桩时桩帽与桩头之间应设置弹性衬垫。衬垫可采用麻袋、硬纸板、胶合板等材料制作,衬垫厚度应均匀且经锤击压实后的厚度不宜小于 100mm,在打桩期间应经常检查,及时更换或补充。

(4) 桩帽与桩锤之间应用竖纹硬木或盘圆层叠的钢丝绳做锤垫,其厚度宜取 150~200mm。

4. 送桩器及衬垫的设置应符合下列规定。

(1) 送桩器宜做成圆筒形,并应有足够的强度、刚度和耐打性。送桩器的长度应满足送桩深度的要求。

(2) 送桩器上下两端面应平整,且与送桩器中心线垂直。

(3) 送桩器与钢管桩应匹配，套筒式送桩器下端的套筒长度宜取 250 ~ 300mm，外径应比钢管桩内径小 20 ~ 30mm。

(4) 送桩作业时，送桩器与桩头之间应设置 1 ~ 2 层麻袋或硬纸板做衬垫。

5. 施工现场尚应配备电焊机、气割工具、索具、撬棍、钢丝刷、送桩器等工具。还应配备经纬仪、长条水准尺、钢卷尺等测量工具。

2.6.4.4 作业条件

1. 调查场地及毗邻区域内的地下及地上管线、可能受打桩影响的建筑物和构筑物，并提出相应的安全防护措施和环境保护措施。

2. 处理场地内影响打桩的高空和地下障碍物。

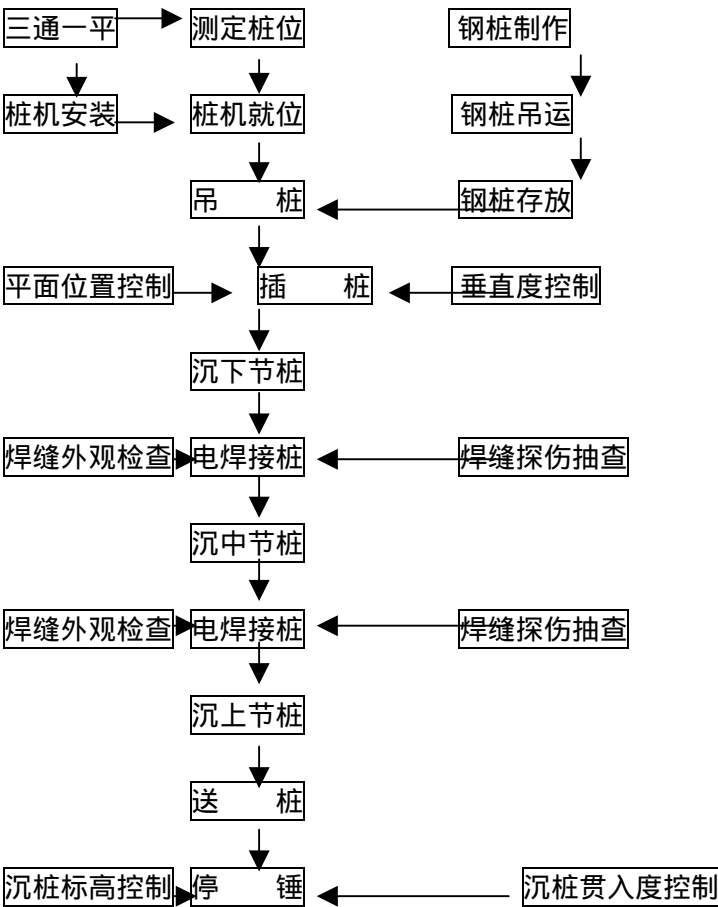
3. 回填、碾压和平整场地，场地的承压能力应满足打桩机行走和稳定的要求。

4. 在不受打桩施工影响的地方设置轴线定位点和高程控制点。

5. 准备桩基施工用的临时设施，如施工用水、用电、排水、照明、道路、临时办公及生活用房屋等应满足施工需要。

2.6.5 施工工艺

2.6.5.1 工艺流程



## 2.6.5.2 施工操作要点

1. 钢桩制作应符合下列规定：

(1) 钢桩制作应在工厂进行，所使用的材料应符合设计要求，并应有出厂合格证。

(2) 钢桩制作的场地应坚实平整，并应有挡风防雨措施。

(3) 钢桩的分段长度应符合下列规定：

1) 应满足桩架的有效高度和钢桩的运输吊装能力。

2) 应避免钢桩的桩端接近或处于持力层中接桩。

3) 桩的单节长度不宜大于 15m。

(4) 成品钢桩的质量检验标准应符合表 2.6.6.1 的规定。

2. 钢桩的吊运应符合下列规定：

(1) 钢桩出厂前应作出厂检查，其质量、规格应符合设计和订单的要求。

(2) 钢桩在吊运过程中应轻吊轻放，避免强烈碰撞。

(3) 钢桩运至施工现场时应按本标准表 2.6.6.1 进行检查验收，严禁使用质量不合格及在吊运过程中损坏的钢桩。

3. 钢桩的堆放应符合下列规定：

(1) 堆放场地应平整坚实。

(2) 钢桩应按不同规格、长度及施工流水顺序分别堆放。

(3) 当场地条件许可时，宜单层堆放；叠层堆放时，对钢管桩，外径 800~1000mm 时不超过 3 层，外径 500—800mm 时不超过 4 层，外径 300~500mm 时不超过 5 层，对 H 型钢桩最多 6 层。支点设置应合理，钢管桩的两侧应用木楔塞紧，防止滚动。

(4) 垫木宜选用耐压的长方木或枕木，不得用带有棱角的金属构件代替。

4. 钢桩的施打应符合下列规定：

(1) 打桩前应完成下列准备工作。

1) 认真检查打桩机各部件的工作性能，以保证打桩机的正常运行。

2) 核对装桩的规格、长度及送桩深度，以保证所打桩的类别准确无误。

3) 根据施工图绘制整个工程的桩位编号图。

4) 由专职测量人员测定并复核桩位，其偏差不得大于 20mm。

5) 在桩身和送桩器上划出以米为单位的长度标记，并按从下至上的顺序标明桩的长度，以便观察桩的入土深度和记录每沉桩锤击数。

(2) 打桩顺序应综合考虑下列原则后确定：

1) 根据桩的密集程度及周围建（构）筑物的关系。

a 若桩较密集且距周围建（构）筑物较远，施工场地较开阔时，宜从中间向四周进行。

b 若桩较密集，场地狭长、两端距建（构）筑物较远时，宜从中间向两端进行。

c 若桩较密集且一侧靠近建（构）筑物时，宜从建（构）筑物一侧由近及远地进行。

2) 根据桩的入土深度，宜先长后短。

3) 根据桩的规格，宜先大后小。

4) 根据高层建筑塔楼与裙房的关系，宜先高后低。

(3) 打桩时应符合下列规定：

1) 第一节桩起吊就位插入地面时的垂直度偏差不得大于 0.5%，用经纬仪或长条水平尺校正，必要时应拔出重新就位。

2) 钢桩施打过程中，桩锤、桩帽和桩身的中心线应重合。当桩身倾斜度超过 0.8% 时，应找出原因并采取措施纠正；当桩端进入硬土层后，严禁用移动桩架的方法纠偏。

3) 打桩时应有专职记录员及时准确地填写钢桩施工记录表, 并应交当班监理人员或建设单位代表签认。

(4) 打桩过程中遇下列情况之一时, 应暂停打桩, 并及时与设计、监理和建设单位现场代表等有关人员研究处理:

- 1) 贯入度突变。
- 2) 桩身突然倾斜、移位。
- 3) 地面明显隆起、邻桩上浮或位移过大。
- 4) 桩身不下沉。

(5) 钢管桩如锤击沉桩有困难, 可在管内取土以助沉。

(6) H 型钢桩断面刚度较小, 锤重不宜大于 4.5t (柴油锤), 且在锤击过程中桩架前应有约束装置, 防止横向失稳, 持力层较硬时, H 型钢桩不宜送桩。

(7) 为避免或减小沉桩挤土效应和对邻近建筑物、地下管线和已打桩等的影响, 施打大面积密集群桩时, 可采取下列辅助措施。

1) 预钻孔沉桩, 孔径约比桩径小 50~100 mm, 深度视桩距和土的密实度、渗透性而定, 深度宜为桩长的  $1/3 \sim 1/2$ , 施工时应随钻随打。

2) 设置袋装砂井或塑料排水板, 以消除部分超孔隙水压力, 减小挤土现象。袋装砂井直径一般为 70~80mm, 间距 1~1.5m, 深度 10~12m; 塑料排水板的深度和间距与袋装砂井相同。

3) 设置隔离板桩或地下连续墙。

4) 开挖地面防振沟可消除部分地面振动, 可与其他措施结合使用, 沟宽 0.5~0.8m, 深度按土质情况以边坡能自立为准。

5) 限制打桩速度和日打桩量。

6) 合理确定打桩顺序。

7) 沉桩过程中加强邻近建筑物、地下管线等的观测和监护。

8) 对先打桩按其可能出现的位移变形曲线提前预留位移变形量。

9) 对后打桩施打前, 重新复核桩轴线和桩位, 以确保桩位准确。

(8) 当打桩的振动和噪声受到周边环境条件限制时, 可采用静力压桩, 静力压桩适用于软弱土层, 当存在厚度大于 3m 的中密以上砂夹层时, 不宜采用静力压桩, 采用静力压桩时, 可采取预钻孔、水冲或管内取土等辅助措施。

5. 焊接接桩除应符合现行国家和行业标准的有关规定外, 尚应符合下列规定:

(1) 端部的浮锈、油污等脏物必须清除, 保持干燥, 下节桩顶经锤击后的变形部分应割除。

(2) 焊接采用的焊丝(自动焊)或焊条应符合设计要求, 使用前应烘干。

(3) 气温低于 0 或雨雪天, 无可靠措施确保焊接质量时, 不得焊接。

(4) 当桩需要接长时, 其入土桩段的桩头宜高出地面 0.5~1m。

(5) 接桩时上下节桩段应校正垂直度使上下节保持顺直, 错位偏差不宜大于 2mm, 对口的间隙为 2~3mm。

(6) 焊接应由两个焊工对称进行, 焊接层数不得少于两层, 内层焊渣清理干净后方可施焊外层, 钢管桩各层焊缝的接头应错开, 焊渣应清除, 焊缝应连续饱满。

(7) 焊好的桩接头应自然冷却后方可继续沉桩, 自然冷却的时间不得小于 2min。

(8) 每个焊接接头除应按规定进行外观质量检查外, 还应按设计要求进行探伤检查, 当设计无要求时, 探伤检查应按接头总数的 5% 做超声或 2% 做 X 拍片检查, 在同一工程内, 探伤检查不得少于 3 个接头。

(9) 接头焊好后应按本标准表 2.6.6.4 的有关规定进行检查验收。

#### 6. 送桩应符合下列规定：

(1) 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顶质量，合格后立即送桩。

(2) 送桩时桩身与送桩器的中心线应重合。

(3) 应严格控制送桩深度，以标高控制为主的桩，桩顶标高允许偏差为  $\pm 50\text{mm}$ 。以贯入度控制为主的桩，按设计确定的停锤标准停锤。

#### 7. 停锤标准应按下列规定执行：

(1) 除设计明确规定以桩端标高控制的摩擦桩应保证设计桩长外，其他桩应按设计、监理、施工等单位共同确认的停锤标准收锤。

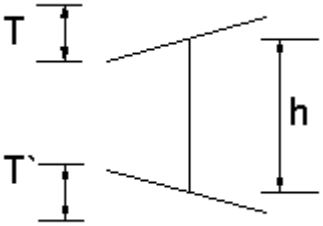
(2) 停锤标准应根据场地工程地质条件、单桩承载力设计值、桩的规格和长短、锤的大小和落距等因素综合考虑最后贯入度、桩端持力层的岩土类别以及桩端进入持力层的深度等指标由设计、监理、施工等单位共同研究确定。

## 2.6.6 质量标准

2.6.6.1 施工前应检查进入施工现场的成品钢桩，成品钢桩的质量标准应符合本标准表 2.6.6.1 的规定。

成品钢桩质量检验标准

表 2.6.6.1

| 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 | 外径或断面尺寸  | 桩端部 |          | $\pm 0.5\%D$         | 用钢尺量， $D$ 为外径或边长           |
|      |   |  | 桩身  |          | $\pm 1D$             |                            |
|      | 2 | 矢 高  |     |          | $1/1000L$            | 用钢尺量， $L$ 为桩长              |
| 一般项目 | 1 | 长 高  |     | mm       | +10                  | 用钢尺量                       |
|      | 2 | 端部平整度  |     | mm       | 2                    | 用水平尺量                      |
|      | 3 | 端部平面与桩身中心线的倾斜值   |     | mm       | 2                    | 用水平尺量                      |
|      | 4 | H 型钢桩的方正度<br>$h > 300$<br>$h < 300$<br> |     | mm       | $T+T'$ 8<br>$T+T'$ 6 | 用钢尺量， $h$ 、 $T$ 、 $T'$ 见图示 |

2.6.6.2 施工中应检查钢桩的垂直度、沉入过程、电焊连接质量、电焊后的停歇时间、桩顶锤击后的完整状况。电焊质量除常规检查外，应做 10% 的焊缝探伤检查。

2.6.6.3 施工结束后应做承载力检验。

2.6.6.4 钢桩施工质量检验标准应符合表 2.6.6.4 的规定。

钢桩施工质量检验标准

表 2.6.6.4

| 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 偏 差       | 见本标准表 2.6.3.3  |           | 用 钢 尺 量       |
|      | 2 | 承 载 力         | 按《建筑基桩检测技术规范》  |           | 按《建筑基桩检测技术规范》 |
| 一般项目 | 1 | 电焊接桩焊缝：       |                |           |               |
|      |   | (1) 上下节端部错口   | mm             | 3         | 用钢尺量          |
|      |   | 钢管桩外径 700mm   | mm             | 2         | 用钢尺量          |
|      |   | 钢管桩外径 < 700mm | mm             | 0.5       | 焊缝检查仪         |
|      |   | (2) 焊缝咬边深度    | mm             | 2         | 焊缝检查仪         |
|      |   | (3) 焊缝加强层高度   | mm             | 2         | 焊缝检查仪         |
|      |   | (4) 焊缝加强层宽度   |                |           |               |
|      |   | (5)焊缝电焊质量外观   | 无气孔、无 2 焊瘤、无裂缝 |           | 直 观           |
|      |   | (6)焊缝探伤检验     | 满足设计 要求        |           | 按设计要求         |
|      | 2 | 电焊结束持的停歇时间    | min            | > 1       | 秒 表 测 定       |
|      | 3 | 节点弯矢高         |                | < 1/1000l | 用钢尺量，l为两节桩长   |
|      | 4 | 桩顶标高          | mm             | ± 50      | 水 准 仪         |
|      | 5 | 停锤标准          | 设 计 要 求        |           | 用钢尺量或沉桩记录     |

## 2.6.7 成品保护

2.6.7.1 钢桩进入现场应单排平放，下面垫枕木，防止桩变形。

2.6.7.2 钢桩起吊时应合理选择吊点，防止桩起吊过程中变形。

2.6.7.3 钢桩工程的基坑开挖应符合下列规定：

基坑开挖应制定合理的基坑开挖方案，宜在打桩全部完成并相隔 15d 后进行，宜分层均匀开挖，桩周土体高差不宜大于 2m，基坑开挖时挖土机械不得碰撞桩头，截桩头时应用截桩器，不得用倒链硬拉，基坑开挖过程中应加强围护结构、边坡的监测

## 2.6.8 安全环保措施

参见 2.5.9。

## 2.6.9 质量记录

1. 桩基设计文件和施工图，包括图纸会审纪要、设计变更等。
2. 桩位测量放线成果和验线表。
3. 工程地质和水文地质勘察报告。
4. 经审定的施工组织设计或施工方案，包括实施中的变更文件和资料。
5. 钢桩出厂合格证及钢桩技术性能资料。
6. 打桩施工记录，包括桩位编号图。
7. 桩基竣工图。
8. 成桩质量检验报告和承载力检验报告。



9. 质量事故处理资料。

## 2.7 钻孔压浆桩施工工艺标准

### 2.7.1 总 则

#### 2.7.1.1 适用范围

钻孔压浆桩适应性较大,几乎可用于各种地质土层条件施工,既能在水位以上干作业成孔成桩,也能在地下水位以下成孔成桩;既能在常温下施工,也能在 $-35^{\circ}\text{C}$ 的低温条件下施工;采用特制钻头可在饱和单轴抗压强度标准值 $f_{rk}\leq 40\text{MPa}$ 的风化岩层、盐渍土层及砂卵石层中成孔;采用特殊措施可在厚流砂层中成孔,还能在紧邻持续振动源的困难环境下施工。

#### 2.7.1.2 编制参考标准及规范

- 1.中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001);
- 2.中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002);
- 3.中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)。

### 2.7.2 术 语

钻孔压浆桩:是用长螺旋钻机钻孔至设计深度;在提升钻杆的同时通过设在钻头上的喷嘴向孔内高压灌注已制配好的以水泥为主剂的浆液,至浆液达到没有塌孔危险,或地下水位以上 $0.5\sim 1.0\text{m}$ 处;待钻杆全部提出后,向孔内放置钢筋笼,并放入至少1根离孔底 $1\text{m}$ 的补浆管,然后投放粗骨料至设计标高以上 $0.5\text{m}$ 处;最后通过补浆管,在水泥浆终凝之前多次重复地向孔内补浆,直至孔口返出纯水泥浆、浆面不再下降为止而形成的灌注桩。

### 2.7.3 基本规定

2.7.3.1 钻孔压浆桩按其使用功能可分为基础桩(竖向抗压桩、竖向抗拔桩、水平受荷桩和复合受荷桩)及基坑支护桩;按竖向抗压承载性状可分为端承摩擦桩和摩擦端承桩。目前常用桩径为 $400\text{mm}$ 、 $600\text{mm}$ 和 $800\text{mm}$ ,成桩长度最大可达 $33\text{m}$ 。

2.7.3.2 钻孔压浆桩的单桩竖向承载力初步设计时可按当地静载荷试验结果统计分析资料估算;也可按国家行业标准《火力发电厂地基处理技术规定》(DL5024—93)的“12.5.3 条目”估算;还可按土的物理特性指标与承载力参数之间的经验关系结合可靠的静载荷试验结果分析资料估算;供设计用的单桩竖向承载力,最终应由现场静荷载试验确定。

2.7.3.3 钻孔压浆桩的桩身构造和配筋等按有关灌注桩混凝土和钢筋混凝土的规定执行。

## 2.7.4 施工准备

### 2.7.4.1 技术准备

1. 工程合同书和施工任务书；
2. 开工报告书；
3. 建筑场地的桩基岩土工程报告书（工程地质资料和必要的水文地质资料，若在冬期施工还应具备当地气象资料和土层冻深及冻胀性资料）；
4. 桩基础工程施工图纸及图纸会审纪要；
5. 试成孔及试成桩资料；
6. 桩的静载及动测试验资料；
7. 桩工机械及配套设备的技术性能资料；
8. 有关现行的桩基础设计与施工方面的规范、规程与规定以及各级政府有关桩基础施工的技术政策、法令和文件；
9. 建筑场地和邻近区域内的高压电源、通信线路、地下管网与构筑物、地上与地下障碍物以及周围道路状况的调查资料；
10. 水泥、石料、钢筋及混凝土外加剂等原材料的质检报告；
11. 编制施工组织设计，基本内容如下：
  - （1）根据施工场地工程地质、水文地质条件及施工图设计，选定钻孔压浆桩的主要技术参数：成孔方法、水灰比、注浆压力、提钻速度、补浆压力等；
  - （2）确定成孔成桩工艺流程；
  - （3）确定施工机械及配套设备；
  - （4）设备及主要材料供应计划，标明相应的规格、质量要求及数量；
  - （5）劳动力组织计划；
  - （6）根据工程量大小及业主合同要求制定进度计划；
  - （7）试成孔及试成桩，若在施工准备阶段未进行此项工作，则应在桩正式施工前进行；
  - （8）桩的载荷试验，若在施工准备阶段未进行此项工作，而设计单位又要求试桩时，应制定试桩计划；
  - （9）制定保证工程质量、安全生产、劳动保护、防火、防止环境污染和适应季节性（冬季、雨季、风天）施工等技术措施以及文物保护措施；
  - （10）编制施工平面图（标明桩数、桩位、编号、施工顺序；水电线路、道路与临时设施的位置；材料及钢筋堆放位置；泵站位置等）。

### 2.7.4.2 材料准备

1. 水泥：钻孔压浆桩宜用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，基础桩的桩身强度 C25 时，水泥强度等级宜用 42.5，平均气温低于-20 的野外施工，可使用早强型普通硅酸盐水泥。
2. 粗骨料：钻孔压浆桩由于成桩过程中存在有别于其他灌注桩的向浆孔内投料及补浆工序，为使这两道工序能顺利进行，骨料中 10mm 以下的含量宜控制在 5% 以内，常用规格：16~31.5mm、20~40mm、31.5~63mm、10~20mm 与 16~31.5mm 混合级配，20~40mm 与 31.5~63mm 混合级配、最常用为 20~40mm；桩径较粗、孔深较大又容易串孔时，宜用较大粒径的碎石，反之则宜选用较细粒径。骨料最大粒径不应大于钢筋最小净距的 1/2。
3. 钢筋：钻孔压浆桩使用的钢筋笼与普通灌注桩完全相同，主筋采用热轧带肋钢筋、常用规格为 12~32；螺旋箍筋采用热轧圆盘条、常用规格为 6~12；架立箍筋通

常采用热轧光圆钢筋、常用规格为 10~16。

4. 混凝土外加剂 :作为减水剂使用 ,以提高桩身混凝土强度为目的时 ,宜用奈系的 FDN、UNF、NNO 等高效减水剂或高效缓凝减水剂；桩径、桩长较大，注浆泵能力不足时，可使用缓凝剂或缓凝减水剂，提高成桩工艺质量。

5. 混凝土用水：混凝土拌合用水应符合《混凝土拌合用水标准》( JCJ 63—89 ) 的技术要求。普通自来水可作为混凝土拌合用水。

2.7.4.3 主要机具准备

1. 钻孔压浆桩施工的主要机具设备由长螺旋钻孔机、高压注浆泵、铲车、螺旋钻杆、高压注浆管、注水器及浆液制备装置等组成，单台机组配备如表 2.7.4.3-1。

钻孔压浆桩单机组施工主要机具配备表 表 2.7.4.3-1

| 序 号 | 机 具 名 称 | 型 号 规 格                    | 数 量   |
|-----|---------|----------------------------|-------|
| 1   | 长螺旋钻孔机  | 履带式或步履式在表 2.7.4.3-2 中选用    | 1 台   |
| 2   | 高压注浆泵   | SNC-300 水泥注浆泵              | 1 台   |
| 3   | 泥 浆 泵   | BW-320                     | 1 台   |
| 4   | 铲 车     | ZL-40                      | 1 台   |
| 5   | 高压注浆管   | B25×4S -275 或 B32 ×4 S-210 | 100m  |
| 6   | 浆液制备装置  | 自 行 加 工                    | 2~5 台 |
| 7   | 螺旋钻杆    | 300~ 800 按桩径配              | 按桩长配  |
| 8   | 电 焊 机   | 交流或直流电焊机 ( 30kW )          | 2~5 台 |
| 9   | 经 纬 仪   | 12                         | 2     |
| 10  | 水 准 仪   | S3                         | 1     |

2. 长螺旋钻孔机：钻孔压浆桩应选用能满足长螺旋钻孔需要的长螺旋钻孔机，常用国产长螺旋钻孔机规格、型号及性能见表 2.7.4.3-2。

3. 注浆泵：钻孔压浆桩所使用的注浆泵，因其工作介质是以水泥浆为主的浆液，通常浆液重度大于 16kN / m<sup>3</sup>、漏斗黏度大于 35s，且采用高压注浆工况，因此对注浆泵的吸程、泵量、泵压及功率储备都有严格的要求。可选用 SNC-300 水泥注浆泵、：桩径、桩长较小时也可用 WB-320 泥浆泵替代。SNC-300 水泥注浆泵性能如表 2.7.4.3-3

国产长螺旋钻孔机 表 2.7.4.3-2

| 性能指标            | 新 河 钻 机 厂 |         | 双城钻<br>城厂 | 郑 州 勘 机 厂 |          |          |         | 兰 州 建<br>机厂 | 北京桩机<br>厂 |
|-----------------|-----------|---------|-----------|-----------|----------|----------|---------|-------------|-----------|
|                 | KLB600    | KLB800  | ZKL400B   | ZKL800BA  | GKL800BA | ZKL600-1 | ZKL800  | ZKL600      | ZKL1000   |
| 钻孔深度<br>(m)     | 12/18     | 24      | 12(15)    | 18        | 18       | 25       | 27.5    | 15.5        | 22/27     |
| 钻孔直径<br>(mm)    | 300~600   | 400~800 | 300~400   | 400       | 600      | 400~600  | 400~800 | 400~600     | 800/600   |
| 钻杆转速<br>(r/min) | 50        | 31      | 98        |           |          | 23.40    | 22      | 80          | 31        |
| 钻杆扭矩<br>(kN·m)  | 10        | 26      | 2.67      | 17.5      | 30.7     | 30.7     | 48.4    |             | 27.1      |
| 机头电机<br>功率(Kw)  | 55        | 45×2    | 30        | 55        | 37×2     | 37×2     | 55×2    | 45          | 45×2      |

|                 |       |       |       |       |       |              |              |              |                     |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| 一次行走<br>距离(m)   |       |       | 1.5   | 1.1   | 1.1   |              |              |              |                     |
| 提钻速度<br>(m/min) | 13    |       |       |       |       |              |              |              |                     |
| 卷扬电机<br>功率(Kw)  |       |       | 11.4  |       |       |              |              |              | 37                  |
| 卷扬起重<br>能力(KN)  | 90    | 240   | 20    |       |       |              |              |              | 30                  |
| 桩架型式            | 步履式   | 步履式   | 步履式   | 步履式   | 步履式   | 履带式<br>QUY50 | 履带式<br>QUY50 | 履带式<br>DJB25 | 三支点履<br>带式<br>DLJ90 |
| 整机质量<br>(kg)    | 17200 | 41000 | 12500 | 18000 | 24500 |              |              |              | 60000               |
| 工作<br>状态        | 长度    | 7.73  |       | 7.93  | 9.00  | 9.00         |              |              | 10.50               |
| 外形<br>尺寸        | 宽度    | 4.10  |       | 4.46  | 4.20  | 4.20         |              |              | 5.60                |
| (m)             | 高度    | 16.44 |       | 13.90 | 20.63 | 20.63        |              |              | 33.00               |
| 托运<br>状态        | 长度    | 11.35 |       | 13.55 | 13.30 | 13.30        |              |              | 11.00               |
| 外形<br>尺寸        | 宽度    | 2.60  |       | 2.60  | 3.00  | 3.00         |              |              | 3.30                |
| (m)             | 高度    | 4.00  |       | 3.78  | 3.60  | 3.60         |              |              | 3.60                |

注：ZKL400B 旧型号为 LZ-10，钻孔深度 15m 指螺旋伸缩钻杆的情况。

4. 螺旋钻杆 ;常用规格有： 300mm、 400mm、 500mm、 600mm、 800mm，每节定尺长度为 4m 或 5m，常规连接方式有“六方插接”和“法兰盘螺栓连接”。

**SNC-300 水泥注浆泵性能表** **表 2.7.4.3-3**

| 发动机变速档位  | 曲轴转速(min) | 缸套直径 100mm |         | 缸套直径 115mm |         |
|--|-----------|------------|---------|------------|---------|
|  |           | 排量(L/min)  | 压力(MPa) | 排量(L/min)  | 压力(MPa) |
| V  | 117       | 762        | 6.1     | 1040       | 4.47    |
| II   | 26        | 154        | 30      | 220        | 20.1    |
| 动力：6135 柴油机；额定功率：117.6kW 泵活塞行程：250mm 泵外型尺寸：mm：2380×945×1895；<br>泵重量：2.775t |           |            |         |            |         |

注：SNC-300 水泥注浆泵安装在黄河 JN-150 车上，原为油田固井车。

5. 高压注浆管；高压注浆管是钻孔压浆桩施工中连接注浆泵与螺旋钻杆、实现浆液高速输送和高压注浆的重要工具。本工艺使用的高压注浆管与液压传动机械的高压胶管通用，常用规格性能如表 2.7.4.3-4。

**高压主胶管规格性能表** **表 2.7.4.3-4**

| 公称内径<br>(mm) | 型 号        | 外 径 (mm) | 工作压力 (MPa) | 最低爆破压力<br>(MPa) | 最小弯曲半径<br>(mm) |
|--------------|------------|----------|------------|-----------------|----------------|
| 19           | B1×2S-180  | 31.5     | 18         | 72              | 265            |
|              | B19×4S-345 | 35       | 34.5       | 138             | 310            |

|    |              |      |      |     |     |
|----|--------------|------|------|-----|-----|
| 22 | B22 × 4S-170 | 34.5 | 17   | 68  | 280 |
|    | B22 × 4S-300 | 39   | 30   | 120 | 330 |
| 25 | B25 × 2S-160 | 37.5 | 16   | 64  | 310 |
|    | B2 × 4S-275  | 41   | 27.5 | 110 | 350 |
| 32 | B3 × 4S-210  | 50   | 21   | 84  | 420 |
|    | B32 × 6S-260 | 53.8 | 26   | 104 | 490 |

6. 注水器：注水器是连接注浆管与动力头的高压动密封装置，是实现钻杆旋转的同时进行高压注浆的关键装置。

7. 浆液制备装置：由电器控制柜、电动机、减速器、搅拌轴、搅拌叶片及搅浆桶组成，搅浆桶容积 1.2 ~ 2.2m<sup>3</sup>，浆液制备装置配套数量和规格，视单桩混凝土体积及施工效率而定。每个机组通常配 2 套以上。

#### 2.7.4.4 作业条件

1. 施工前应做好三通一平。清除妨碍施工的地上和地下障碍物；雨期施工时必须采取有效的排水措施，冬期施工时，必须采取防冻措施；风天施工时，必须采取防止扬尘措施；对于不利于大型机械运行的松软场地应进行硬化处理或备足钢板、路基箱。

2. 施工前应复核测量基线、水准点及桩位。桩基的轴线控制点和水准点的数量应不少于 2 个，桩基轴线的定位点及施工地区附近所设的水准点应使其在不受桩基施工影响处，所有测量资料均需由监理工程师核验。

3. 施工前应试成孔，且不少于 2 个，核对地质资料，检验施工工艺参数是否适宜。

4. 在钻机塔杆上应有明显的进尺标记。

### 2.7.5 材料和质量要求

#### 2.7.5.1 水泥

水泥进场前应检查出厂合格证，进场应作复试，进场取样方法应按《水泥取样方法》（GB12573—90）进行，通常复试内容包括：安定性、凝结时间和胶砂强度三项，检验方法、性能指标及质量要求按《水泥胶砂强度检验方法》（GB / T17671—1999）《水泥压蒸安定性试验方法》（GB / T750—1992）《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》（GB 1346—2001）《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》（GB / T175—1992）执行。

#### 2.7.5.2 卵石、碎石

钻孔压浆桩所用碎石取样方法、检验方法、性能指标及质量要求按《建筑用卵石、碎石》（GB / T 14685—2001）《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》（JGJ 53—92）执行。

#### 2.7.5.3 钢筋

钢筋入场应附厂家出厂合格证、批号和出厂材质检验单。使用前按不同厂家，不同规格，按规范批量取样做母材抗拉、冷弯试验和可焊性试验，符合规定方可使用。钢筋分别堆放，防止±锈，设标志以示区别。取样方法、检验方法、性能指标及质量要求按《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB 1499—1998）《低碳钢热轧圆盘条》（GB / T701—1997）《钢筋混凝

土用热轧光圆钢筋》(C—B 13013—1991) 执行。

#### **2.7.5.4 混凝土外加剂**

检验方法、性能指标及质量要求按《混凝土外加剂》(GB 8076—1997) 执行。

#### **2.7.5.5 混凝土用水**

钻孔压浆桩混凝土用水应符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ63—89) 的技术要求。

## 2.7.6 施工工艺

### 2.7.6.1 工艺流程（见图 2.7.6.1）

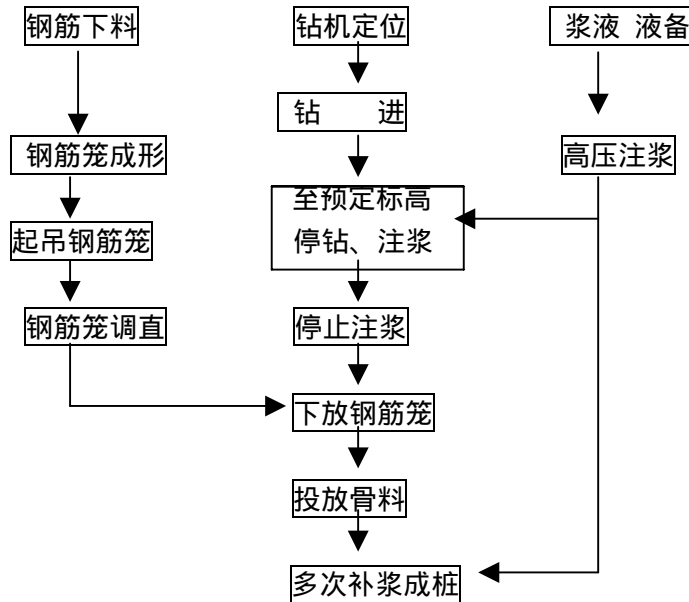


图 2.7.6.1 钻孔压浆桩工艺流程图

### 2.7.6.2 操作工艺

用长螺旋钻机钻孔至设计深度 ;在提升钻杆的同时通过设在钻头上的喷嘴向孔内高压灌注已配制好的以水泥为主剂的浆液，至浆液达到没有塌孔危险，或地下水位以上 0.5 ~ 1.0 m 处；待钻杆全部提出后，向孔内放置钢筋笼，并放入至少 1 根离孔底 1m 的补浆管，然后投放粗骨料至设计标高以上 0.5m 处；最后通过补浆管，在水泥浆终凝之前多次重复地向孔内补浆，直至孔口返出纯水泥浆、浆面不再下降为止。操作工艺分述如下：

1．定桩位：根据设计图纸、施工组织设计，本着有利于保护已施工程桩，以及孔土和废浆外运及钢筋笼、碎石内运方便等综合因素，确定当班施工桩位顺序。定出拟施桩位后由当班技术人员测量复核确定，并随即插上标志桩。

2．钻机定位：由钻机指挥人员指挥钻机司机，将长螺旋钻机开到拟施桩位，钻头的钻尖对准标志桩后，用吊线法或经纬仪在互为  $90^0$  的两个方向，将螺旋钻杆或挺杆调至设计角度，垂直度控制在桩长的 1% 以内。如果地基承载力不能满足长螺旋钻机行走要求，则应采用道渣、废砖块等垫道，也可用 6 块长 × 宽 × 厚：mm：6000 × 1200 × 16 或 6 块长 × 宽 × 厚：mm：6000 × 1200 × 120 的路基箱垫道后行走移位。

3．挺杆垫实：钻机挺杆下方必须用硬方木垫实，通常用一根 mm：1500 × 250 × 250 另加若干厚度较小的硬方木，挺杆垫实可避免钻进时钻机晃动，影响桩的垂直度，损坏钻机桩径较粗、桩长较大、施工地坪土层地基承载力小于 100 kPa 又容易发生卡钻时，挺杆下方宜用两根 mm：1500 × 250 × 250 硬方木平行垫实。

4．钻进：将钻头的出浆孔用棉纱团堵塞严实，钻头轻放入土、合上电闸、钻头及螺旋钻杆缓慢钻入土中。铲土工将螺旋钻杆钻出的孔土随即清出孔口并及时运出场外。

5．制浆：放浆员按技术人员技术交底中水灰比所决定的需水量，在搅浆桶内设定放水

标志,每次搅浆前加水至标志位置;搅浆岗工人按技术交底中水灰比所决定的水泥包数整齐的摆好在搅浆桶前,经放浆员过数后方可将水泥拆包倒入搅浆桶开始搅浆。搅浆岗在得到钻机指挥指令后方可开始搅浆。搅好的浆必需用 16 目的筛网过滤后方可放入放浆池。

6. 补浆管安放:将 20mm 聚氯乙烯补浆塑料管穿入加工成型的钢筋笼内,并使补浆塑料管入桩孔时下端距孔底 1m,当桩长超过 13m 时,宜放两根补浆管,为一长一短,长管下端距孔底 1m,短管为桩长的 1/2 即可;补浆管应与钢筋笼简易固定、上部超出笼顶长度应保证钢筋笼入桩孔后尚能露出施工地坪 0.5m 左右,补浆塑料管上端接上快速接头。

7. 注浆:

(1) 钻至设计标高后,钻机空转(桩孔较浅或没有埋钻危险可停止转动)等待注浆、钻杆不再下放,钻机指挥在钻头已到达、或将要到达设计标高前 10~20s 向注浆车司机发出注浆信号。

(2) 注浆车司机接到信号开始注浆的同时以浆车喇叭声发出应答信号,钻机指挥接到信号 30s 左右,并观察高压胶管伴随注浆到达位置产生剧烈摆动的特征,确认浆液到达孔底后,向钻机司机发出提钻指令。

(3) 钻机指挥根据技术交底的提钻速度和注浆车司机定时发出注浆量信号,指挥钻机司机提升钻杆,保证注浆量略大于提钻形成的钻孔空间、确保钻头始终浸没在浆面下 1.0 m 左右。一般注浆压力 4~8MPa。

(4) 钻杆提至没有埋钻危险的标高位置时停止转动并延续原提钻和注浆速度,铲土工将螺旋钻杆上附着的孔土及时清出。

8. 提出钻杆:钻杆提升至不塌孔标高位置时,停止注浆,在孔口清理干净后、将钻杆提出孔外,立即安放孔口护筒,并加盖孔口盖板;上部孔段超径严重时应将孔口护筒中心固定在原桩位中心。

9. 下钢筋笼:

(1) 单吊点起吊:长度为 12m 以内的钢筋笼可直接起吊。

1) 将两端带封闭环、长度约 10 m 的钢丝绳(10~16 的专用吊绳、以下同)一端从位于约 1/4 笼长位置钢筋笼吊点(焊接双道架立箍筋)位置穿出,两端的封闭环与钻机副卷扬吊绳的索具临时连接,同时在吊点处拴好 2 根  $\phi$ 25mm、长度约 50m 的棕绳(方向控制绳、以下同),在钢筋笼的左右两个方向人工拉紧方向控制绳。

2) 起动钻机副卷扬后,钻机指挥全面协调副卷扬与人工方向控制绳的工作状态,使钢筋笼不刮、不碰任何地面和空中物件将钢筋笼按预定方向平稳的吊起。

3) 钢筋笼吊至与地面垂直时,转动或移动钻机将钢筋笼中心对准孔口。

4) 孔口操作人员扶好钢筋笼、松开副卷扬将钢筋笼缓慢平稳地入桩孔,吊点下移至接近孔口时松开方向控制绳。继续下降钢筋笼至设计标高位置。

5) 用水准仪测量并将钢筋笼固定在设计标高处。

6) 将专用吊绳一端的封闭环从索具中取出,开动钻机副卷扬抽出专用吊绳。

(2) 双吊点起吊:长度大于 12m 可采用双吊点起吊;吊点宜设在 1/3 笼长和 2/3 笼长位置。为减少起吊变形可采用加焊甚至满焊螺旋箍筋焊点、增加架立箍筋直径的方法增加钢筋笼整体刚度;也可采用在吊点处绑扎梢径 120~180mm、长度 4~6m 的干燥杉木增加吊点处刚度的综合方法起吊。

10. 孔内投骨料:钢筋笼就位后立即在孔口安放漏斗并将装满骨料的铲车开至孔口,铲斗举高对准漏斗、均匀缓慢的往桩孔内倾倒骨料,骨料高出桩顶标高 0.5~1.0 m 投料完成,并作好纪录。

11. 补浆:

(1) 长管补浆:投料完成以后约 15min,补浆员用孔土将桩孔围高 0.3m,将注浆管接



头与拟补浆桩孔的长补浆管快速接头连接，补浆员向制浆站发出开泵补浆信号后退离桩孔 5m 以外，开泵补浆（补浆压力 2~4MPa）后浆面上升，首次补浆应将泥水返净，每次补浆都应见纯净水泥浆液开始从桩孔流出方可终止，终止补浆时补浆员向制浆站发出停泵信号，停泵后卸开注浆管接头，通常长管补浆一次。

（2）短管补浆：长管补浆后约 15min，补浆员将注浆管接头与拟补浆桩孔的短补浆管快速接头连接，补浆员向制浆站发出开泵补浆信号后退离桩孔 5m 以外，开泵补浆后，浆面上升，见纯净水泥浆液开始从桩孔口流出终止补浆。由于水泥浆在桩孔内的析水原因，浆面反复下降，因此必需多次补浆直至浆面停止下降方可完成全部补浆工序。

（3）花管补浆：基础桩施工末次补浆前将花管插入桩头下约 4m。末次补浆应采用花管补浆并振捣。（花管结构：32X3mm 钢管，长约 5m，上端部焊接补浆快速接头，下端封堵，下部 0.5m 范围钻有若干 5mm 孔）。

### 2.7.6.3 操作注意事项

1. 特殊培训：钻孔压浆桩的钻机司机、钻机指挥、泵车司机、铲车司机、补浆员、放浆员及电工必须接受钻孔压浆桩工艺的专门培训、并有一定的实习时间方可独立操作。

2. 浆液制作：

（1）水灰比 0.45~0.6 之间，搅拌的水泥浆超过初凝时不得使用；

（2）水泥浆严禁掺有水泥纸袋或其他杂物。

3. 根据不同的地质条件在泵压能力范围内调整注浆压力，控制在 4~8MPa 之间。

4. 严禁孔口的泥块掉入，骨料投放量不应少于桩的理论计算体积的 80%。

5. 钻孔时将相邻未完成补浆的桩孔盖好，以防落土入孔。

6. 基础桩桩头采用插入式振捣器振捣，快插慢拔，且不得长时间在一处振捣，振捣深度应大于 1.5m。振捣完毕的桩头注意防止车辆、钻机压碾。

7. 钢筋笼加工。

（1）钢筋笼加工由技术负责人下达图纸并进行技术交底后施工。

（2）成形之钢筋笼应平卧堆放在平整干净的地面上，并编号、挂牌堆放待用，其堆放不宜超过 3 层。

（3）钢筋笼下置前，由项目部值班技术员会同甲方监理进行实地检查验签后，方准起吊入孔。

（4）钢筋笼制作，必须由专业焊工持证上岗，按设计图纸，实行现场挂牌焊制，便于检验。所有钢筋焊件必须符合规范要求，焊缝应饱满无气孔、空洞，不伤筋。施工中每 200 个焊接点做一组拉、弯焊件试验，检验焊接质量是否符合要求。

（5）沿钢筋笼主筋每隔 2~3m 加焊弹性定位架，每个断面均匀布置 3~4 个。

（6）钢筋笼起吊点处加焊箍筋，防止钢筋笼吊起变形。

（7）吊放钢筋笼入孔时应对准孔位、保持垂直，轻放、慢放入孔，不得左右旋转。若遇阻碍应停止下放，查明原因进行处理。严禁高提猛落和强制下入。如果下放不到设计标高则应查明原因复钻注浆后方可重新下入。

（8）钢筋笼按确认长度下入后，应保证笼顶在孔内居中，吊筋均匀受力，牢靠固定。

8. 钻孔压浆桩冬期严寒气候下施工要点：

（1）钻孔压浆桩的一个主要优势是能在冬期严寒气候条件下(可达到 -35℃)顺利成孔成桩。

（2）选用特制的钻头，钻进冻土时应加大钻杆对土层的压力，并防止摆动和偏位。

（3）钻进过程中，应及时清理孔口周围积土，避免气温严寒使暖土在钻机底护筒下冻

结。

- (4) 冬期施工钻孔与注浆两道工序必须密切配合，避免孔内土壁结冰，影响桩质量。
- (5) 冬期施工钢筋笼的焊接应符合《建筑工程冬期施工规程》(JGJ 104—97) 中“钢筋工程”的规定。
- (6) 水泥浆制备设备放置于暖棚内，采取热水搅拌水泥浆，输浆管路用防寒毡垫等包裹严实，设置专人对水温、浆温、混凝土入模温度进行监测，并做好冬期施工记录。
- (7) 一般情况下冬期施工成桩时混凝土温度不低于 - 15℃，桩头用塑料薄膜、岩棉被及干土覆盖严密，局部桩孔留有测温管。
- (8) 安装一台内燃机为动力的小型空压机，在发生停电、停水或机械故障时将管路内积水吹干。
- (9) 施工期间气温低于 - 20℃ 时采取提高水温，增加补浆次数，增加测温频率，桩头蒸汽加温，添加防冻剂等技术措施。

2.7.7 质量标准

2.7.7.1 桩位的放样允许偏差如下：

- 群桩：20mm；
- 单排桩：10 mm。

2.7.7.2 钢筋笼质量标准见表 2.7.7.2。

| 钻孔压浆桩钢筋笼质量检验标准 |     |          |           | 表 2.7.7.2 |
|----------------|-----|----------|-----------|-----------|
| 项              | 序 号 | 检 查 项 目  | 允许偏差值(mm) | 检查方法      |
| 主控项目           | 1   | 主筋间距     | ± 10      | 用钢尺量      |
|                | 2   | 钢筋笼长度    | ± 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、螺旋筋间距 | ± 20      | 用钢尺量      |
|                | 3   | 直 径      | ± 10      | 用钢尺量      |

2.7.7.3 钻孔压浆桩质量检验标准见表 2.7.7.3。

| 钻孔压浆桩质量检验标准 |   |      |               |      | 表 2.7.7.3      |
|-------------|---|------|---------------|------|----------------|
| 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  | 见本标准表 2.2.3.3 |      | 开挖前量桩孔,开挖后量桩中心 |
|             | 2 | 孔 深  | mm            | +300 | 只深不浅,或测钻杆      |

续 表

| 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 | 3 | 桩体质量检验  | 按《建筑基桩检测技术规范》 |          | 按《建筑基桩检测技术规范》     |
|      | 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《建筑基桩检测技术规范》 |          | 按《建筑基桩检测技术规范》     |
| 一般项目 | 1 | 垂 直 度   | %             | 1        | 测钻杆，或用超声波探测       |
|      | 2 | 桩 径     | mm            | - 20     | 井径仪或超声波检测         |
|      | 3 | 钢筋笼安装深度 | mm            | ± 100    | 用钢尺量              |
|      | 4 | 混凝土充盈系数 | > 1           |          | 检查每桶桩的实际灌注量       |
|      | 5 | 桩 顶 标 高 | mm            | +30， -50 | 水准仪，需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体 |

## 2.7.8 成品保护

1. 钻孔压浆桩的施工顺序，应根据桩间距和地层可能的串浆情况，按编号顺序跳跃式进行，防止串浆造成对已施工完的邻桩的损坏。
2. 桩施工完毕后 3d 内，应避免钻机或重型机械直接碾压桩头，以免桩头破坏。
3. 桩头清理，应在桩头混凝土凝固后进行，一般 3d 以后。清理桩头应采用人工清理，严禁挖掘机等机械强行清理。桩顶标高至少要比设计标高高出 0.5m。

## 2.7.9 安全环保措施

### 2.7.9.1 安全生产

1. 钻机、泵车及装载机司机必需经过专门训练，经专业管理部门考核并取得操作证或驾驶证后才能上机操作。
2. 钻机、泵车及装载机司机和钻机指挥人员应严格遵守安全操作规程，严禁酒后上岗。
3. 机械设备不得带病运转。
4. 专业电工持证上岗，应严格遵守电气安全操作规程。
5. 所有现场施工人员都必须佩戴安全帽，特种作业人员应佩戴专门防护用具。
6. 登高作业必须穿防滑鞋、系安全带。
7. 钢筋笼起吊要平稳，并拉好方向控制绳、严禁钢筋笼下站人。
8. 应经常检查钢丝绳、吊具及索环的磨损损坏程度，按报废标准及时更换。
9. 冬期施工应经常检查钻机挺杆、滑轮横梁，发现脆断裂纹立即修补。
10. 处理钻杆埋钻强力提升前应全面检查设备、特别是薄弱部位。
11. 钻机行走场地的地基承载力不满足要求时应加垫钢板或路基箱。
12. 多风地区或多风季节施工时应配备风速仪，6~7 级大风应停止作业，钻机按迎风面停放，并将钻杆钻入土中 5~8m；7~8 级强风应卸去钻杆、将动力头降至地面。8 级以上强

台风应将挺杆放至地面。

13. 高压注浆时，人员不得在注浆管 3m 范围滞留。

14. 夜间施工时各岗位应有可靠的联络信号。

#### 2.7.9.2 环境保护

1. 施工废水经沉淀后方可排入市政下水管道。

2. 现场生活区应保持清洁、垃圾应及时集中存放，生活废水应排放（或集中运送）至市政下水管道。

3. 食堂保持清洁、食堂工人定期检查身体。

4. 施工现场噪声应符合《建筑施工场地噪声限值》（GB 12523—1990）的规定。

5. 易于引起粉尘的细料或松散料运输时用帆布或其他可靠措施遮盖。

6. 水泥浆搅拌站应有挡风装置防止粉尘飞扬，工作人员配备必要的劳动保护用品。

7. 驶出施工现场的车辆应进行清理，避免污染场外道路。

### 2.7.10 质量记录

1. 工程定位测量记录；

2. 设计交底记录、图纸会审记录；

3. 设计变更、洽商记录、事故处理记录；

4. 技术交底记录；

5. 施工记录表、施工记录汇总表、桩的工艺试验记录；

6. 施工日志；

7. 施工组织设计、施工方案及执行中变更情况；

8. 原材料出厂合格证；

9. 原材料试验报告；

10. 混凝土试块抗压强度报告；

11. 混凝土试块强度统计评定；

12. 分项评定表、质量检查表；

13. 桩基检测报告；

14. 竣工报告；

15. 竣工平面图；

16. 工程竣工验收记录表。

# 3 基 坑 工 程

## 3.1 排桩墙施工工艺标准

### 3.1.1 总 则

#### 3.1.1.1 适用范围

排桩墙支护结构适用于基坑侧壁安全等级为一、二、三级的工程基坑支护。排桩墙可以根据工程情况做成悬臂式支护结构、拉锚式支护结构、内撑式和锚杆式支护结构。

#### 3.1.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)；
3. 中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120—99)；
4. 中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2002)。

### 3.1.2 术 语

1. 排桩墙：将置于地层中各种形式、按一定方式排列的桩，组合后构成的地下墙。
2. 预制桩排桩墙：将置于地层中各种形式、按一定方式排列的预制桩，组合后构成的地下墙。
3. 灌注桩排桩墙：将置于地层中各种形式、按一定方式排列的灌注桩，组合后构成的地下墙。
4. 水泥土桩排桩墙：将置于地层中各种形式、按一定方式排列的水泥土桩，组合后构成的地下墙。
5. 疏式排桩墙：桩体之间互不接触的排桩墙。
6. 密排式排桩墙：桩体之间紧密接触的排桩墙。
7. 双排式排桩墙：桩体平面呈两列排列的排桩墙。
8. 冠梁：在排桩墙顶部将各桩体连接的钢筋混凝土结构物，俗称压顶圈梁或锁口梁。
9. 腰梁：在排桩墙中部将各桩体连接的钢筋混凝土结构物。
10. 锚杆：由锚固段、自由段、锚头组成，一端与构筑物相连，一端与土层锚固的细长杆件。依靠其锚固段与土体的摩阻力，来加固或锚固现场土体。一般采取先在土层中钻孔，后置入钢筋、在锚固段注浆、锚头紧固的方法制成。亦可采用置入钢管、角钢、钢绞线，在锚固段注浆的方法制成。

### 3.1.3 基 本 规 定

3.1.3.1 排桩墙支护结构包括灌注桩、预制桩、板柱（钢板桩、预制混凝土板桩）等类型桩构成的支护结构。

3.1.3.2 采用悬臂式排桩墙支护结构，在软土地带中悬臂长度不宜大于 5m。

3.1.3.3 排桩墙支护的基坑，应支护后再予开挖。内支撑施工应确保基坑变形在设计要求的控制范围内。在含水层范围内的排桩墙支护基坑，应有切实可行的止水措施，确保基坑施工及邻近建筑物的安全。

## 3.1.4 施工准备

### 3.1.4.1 技术准备

1. 施工区域的岩土工程勘察报告；
2. 排桩墙桩的设计文件；
3. 施工区域内地下管线、设施、障碍资料；
4. 相邻建筑基础资料；
5. 施工区域的测量资料；
6. 桩工艺性试验；
7. 施工组织设计。

### 3.1.4.2 材料要求

1. 水泥：宜使用硅酸盐、普通硅酸盐水泥。水泥重量允许偏差  $\pm 2\%$ 。
2. 粗骨料：宜使用材质坚硬、级配良好、5~40mm 的卵碎石。粗骨料重量允许偏差  $\pm 3\%$ 。
3. 细骨料：宜使用含泥量  $\leq 3\%$  的中、粗砂。细骨料重量允许偏差  $\pm 3\%$ 。
4. 外加剂：可使用速凝、早强、减水剂、塑化剂。外加剂溶液允许偏差  $\pm 2\%$ 。
5. 外掺料：可酌情使用外掺料。
6. 水：混凝土拌合用水应符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ63—89) 的有关规定。
7. 钢材：主筋宜使用 HRB335、HRB400 级热轧带肋钢筋。箍筋宜使用  $\Phi 6 \sim \Phi 8$  圆钢。型钢应满足有关标准要求
8. 钢板桩、预制混凝土方桩、预制混凝土板桩的规格、型号按设计要求选用。

### 3.1.4.3 主要机具设备

1. 钢筋混凝土灌注桩可根据设计要求的桩型选用冲击式钻机、冲抓锥成孔机、长螺旋钻机、回转式钻机、潜水钻机、振动沉管打桩机等打桩机械及其配套的其他机具设备。
2. 预制钢筋混凝土桩（方桩、板桩）、钢板桩可根据设计的桩型及地质条件选用柴油打桩机、蒸汽打桩机、振动打拔桩机、静力压桩机等打桩机械及其配套的其他机具设备。
3. 打桩机械见本标准第 2 章相应桩型的施工机械及配套机具。

### 3.1.4.4 作业条件

1. 作业面施工前应具备的基本条件；
2. 施工现场水电应满足施工要求；
3. 施工道路通畅；
4. 施工现场应具备临时设施搭设场地；
5. 施工现场应具备作业施工空间；

6. 施工现场应平整、具备泥浆排放条件；
7. 施工现场应具备满足施工要求的测量控制点。

### 3.1.5 材料和质量要点

#### 3.1.5.1 材料的关键要求

各种桩原材料质量应满足设计和规范要求；外加剂应与水泥相适应。

#### 3.1.5.2 技术关键要求

1. 桩位偏差、轴线和垂直轴线方向均不宜超过表 3.1.6.3 规定。垂直度偏差不宜大于 1.0%。
2. 桩顶标高应满足设计标高的要求。
3. 悬臂桩其嵌固长度必须满足设计要求。
4. 锚拉桩锚杆位置、长度、抗拔力应满足设计要求。
5. 内支撑支撑点位置应符合设计要求。
6. 等效矩形配筋、按弯矩大小配筋桩其钢筋布置方向、位置必须满足设计要求。
7. 冠梁施工前，应将支护桩桩头凿除清理干净，桩顶露出的钢筋长度应达到设计锚固长度要求；腰梁施工时其位置及梁与桩连接应符合设计要求。
8. 排桩墙正式施工前必须进行试桩工作。检验施工工艺的适宜性，确定施工技术参数。
9. 施工现场应平整、夯实，施工期间不产生危及施工安全的沉降变形。
10. 施工现场应具备满足施工要求的测量控制点。

#### 3.1.5.3 质量关键要求

##### 1. 灌注桩排桩墙

- (1) 成孔，必须保证设计桩长。
- (2) 水下混凝土应满足下列要求：
  - 1) 桩身混凝土施工强度应满足设计要求；
  - 2) 水泥应与外加剂做相容性试验。

##### (3) 筋笼

钢筋笼安装应满足设计规定的方向要求。弯矩配筋位置应准确。

##### (4) 成桩

成桩不应有断桩现象。且嵌固桩长应保证设计要求。

##### 2. 预制桩排桩墙桩

- (1) 桩长度应满足设计要求。一般不应采用接桩的方法达到其长度要求。必须接桩时，应采用焊接法，不宜采用浆锚法。且在排桩同一标高位置接头数量不应大于总桩数的 50%，并应交错布置。
- (2) 当桩下沉困难时，不应随意截桩。
- (3) 预制桩排桩墙内支撑点位置应准确，支撑应及时。
- (4) 预制桩排桩墙应与冠梁、腰梁连接紧密牢固。

#### 3.1.5.4 职业健康安全关键要求

有高血压、恐高症、肺矽病者禁止进行排桩墙施工作业。

#### 3.1.5.5 环境关键要求

排桩墙施工噪声、隆起、污染、不得危及周边建筑物安全，影响居民生活。

### 3.1.6 施工工艺

#### 3.1.6.1 排桩墙施工组织

##### 1. 施工顺序

(1) 排桩墙一般应采用间隔法组织施工。当一根桩施工完成后，桩机移至隔一桩位进行施工。

(2) 疏式排桩墙宜采用由一侧向单一方向隔桩跳打的方式进行施工。

(3) 密排式排桩墙宜采用由中间向两侧方向隔桩跳打的方式进行施工。

(4) 双排式排桩墙采用先由前排桩位一侧向单一方向隔桩跳打，再由后排桩位中间向两侧方向隔桩跳打的方式进行施工。

(5) 当施工区域周围有需保护的建筑物或地下设施时，施工顺序应自被保护对象一侧开始施工。逐步背离被保护对象。

##### 2. 冠梁施工

(1) 桩：桩施工时应按设计要求控制桩顶标高。待桩施工完成后，按设计要求位置破桩。破桩后桩中主筋长度应满足设计锚固要求。水泥土桩排桩墙一般不设钢筋。若设筋时，破桩后桩中主筋长度应满足设计要求。

(2) 冠梁施工：排桩墙冠梁一般在土方开挖时施工。采用在土层中开挖土模，铺设钢筋、浇注混凝土的方法进行。腰梁、围檩、内撑均应按设计要求与土方开挖配合施工。

##### 3. 锚杆施工

锚拉桩的锚杆一般应与土方开挖配合施工。

#### 3.1.6.2 工艺流程

##### 1. 钢板桩施工工艺流程

测量放线 导架安装 钢板桩打设 基础施工 钢板桩拔除

##### 2. 灌注桩排桩墙基本工艺流程

混凝土灌注桩施工（同本标准 2.2~2.4） 桩机移位 桩养护 破桩 冠梁施工

##### 3. 预制桩（方桩、板桩）排桩墙基本工艺流程

测量 桩机就位 立桩 沉桩 送桩（接桩） 桩机移位 破桩 冠梁施工

#### 3.1.6.3 操作工艺

##### 1. 测量放线

排桩墙测量、应按照排桩墙设计图在施工现场，依据测量控制点进行。测量时应注意排桩墙形式（疏式、密排式、双排式）和所采用的施工方法及顺序。桩位放样误差 10mm。



桩位允许偏差

表 3.1.6.3

| 序 号 | 项 目   |        | 允许偏差 (mm)   |
|-----|-------|--------|-------------|
| 1   | 有冠梁的桩 | 垂直梁中心线 | $100+0.01H$ |
| 2   |       | 沿梁中心线  | $150+0.01H$ |

注：  $H$  施工现场地面标高与桩顶设计标高之差。

## 2. 桩机就位

桩机就位前、施工场地地下障碍物应予排除或采取有效保护措施。施工场地地面应平整稳固。空中不应存在安全隐患。桩位应予复核。

## 3. 钢板桩施工

(1) 国产钢板桩一般为拉森式 (U 形), 日本、美国等生产的钢板桩有拉森式 (Z 形) 直腹板式、H 形、组合式等多种型号。

(2) 钢板桩的设置位置应便于基础施工, 即在基础结构边缘之外并留有支、拆模板的余地。如利用钢板桩作为箱基外侧模板, 则必须衬以纤维板等其他隔离材料, 以利钢板桩的拔除。钢板桩的平面布置, 应尽量平直整齐, 避免不规则的转角以便充分利用标准钢板桩和便于设置支撑。

### (3) 钢板桩的检验及矫正

用于基坑支护的成品钢板桩如为新桩, 可按出厂标准进行检验; 重复使用的钢板桩使用前, 应对外观质量 进行检验, 包括长度、宽度、厚度、高度等是否符合设计要求, 有无表面缺陷, 端头矩形比, 垂直度和锁口形状等。其质量标准见本标准表 3.1.7.1-1

对桩上影响打设的焊接件应割除, 如有割孔、断面缺损等应补强, 若严重锈蚀, 应量测断面实际厚度, 计算时予以折减。

对桩上影响打设的焊接件应割除, 如有割孔、断面缺损等应补强, 若严重锈蚀, 应量测断面实际厚度, 计算时予以折减。

对各种缺陷进行矫正, 如表面缺陷矫正、端部矩形比矫正、桩体挠曲矫正、桩体扭曲正、桩体截面局部变形矫正和锁口变形矫正等。

### (4) 导架安装

为保证沉桩轴线位置的正确和桩的竖直, 控制桩的打入精度, 防止板桩的屈曲变形和提高桩的贯入能力, 需设置一定刚度的坚固导架。

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

打桩时导架的位置不应与钢板桩相碰, 围檩桩不应随着钢板桩的打设而下沉或变形, 导架的高度要适宜, 应有利于控制钢板桩的施工高度和提高工效。需用经纬仪和水准仪控制导架的位置和标高。

### (5) 沉桩机械的选择

打设钢板桩分为冲击打入法和振动打入法。冲击打入法采用落锤、汽锤和柴油锤。为使桩锤的冲击能均匀分布在板桩断面上, 保护桩顶免受损坏, 在桩锤和钢板桩间应设桩帽。振动打入法采用振动锤, 它既可用于打设钢板桩, 又可用于拔桩。目前多采用振动打入法。

### (6) 钢板桩焊接

由于钢板桩的长度是定长的, 因此在施工中常需焊接。为了保证钢板桩自身强度, 接桩位置不可在同一平面上, 必须采用相隔一根上下颠倒的接桩方法。

### (7) 钢板桩的打设

1) 钢板桩的打设方式可根据板桩与板桩之间的锁扣方式, 或选择大锁扣扣打施工法及小锁扣扣打施工法。大锁扣扣打施工法是从板桩墙的一角开始, 逐块打设, 每块之间的锁扣并没有扣死。大锁扣扣打施工法打设简便迅速, 但板桩有一定的倾斜度、不止水、整体性较差、钢板桩用量较大, 仅适用于强度较好透水性差、对围护系统要求精度低的工程; 小锁扣扣打施工法也是从板桩墙的一角开始, 逐块打设, 且每块之间的锁扣要求锁好。能保证施工质量, 止水较好、支护效果较佳, 钢板桩用量亦较少。但打设速度较缓慢。

2) 钢板桩的打设方法还可分为单独打入法和屏风式打入法两种。

单独打入法是从板桩墙的一角开始, 逐块打设, 直到工程结束。这种打入方法简便迅速不需辅助支架, 但易使板桩向一侧倾斜, 误差积累后不易纠正。适用于要求不高, 板桩长度较小的情况。

屏风式打入法是将 10~20 根钢板桩成排插入导架内, 呈屏风状, 然后再分批施打。这种打入方法可减少误差积累和倾斜, 易于实现封闭合拢, 保证施工质量。但插桩的自立高度较大, 必须注意插桩的稳定和施工安全, 较单独打入法施工速度较慢。目前多采用这种打入方法。

3) 钢板桩打设; 选用吊车将钢板桩吊至插桩点处进行插桩, 插桩时锁口要对准, 每插一块即套上桩帽, 并轻轻地加以锤击。在打桩过程中, 为保证钢板桩的垂直度, 用两台经纬仪在两个方向加以控制。为防止锁口中心线平面位移, 同时在围檩上预先计算出每一块板桩的位置, 以便随时检查校正。

钢板桩应分几次打入, 如第一次由 20m 高打至 15m, 第二次则打至 10 m, 第三次打至导梁高度, 待导梁拆除后再打至设计标高。开始打设的第一、第二块钢板桩的打入位置和方向要确保精度, 它可以起样板导向的作用, 一般每打入 1m 就应测量一次。

#### (8) 钢板桩的转角和封闭

钢板桩墙的设计水平总长度, 有时并不是钢板桩的标准宽度的整数倍, 或者板桩墙的轴线较复杂、钢板桩的制作和打设有误差等, 均会给钢板桩墙的最终封闭合拢施工带来困难, 这时候可采用: 异型板桩法、连接件法、骑缝搭接法、轴线调整法等方法进行调整。

#### (9) 钢板桩的拔除

1) 在进行基坑回填时, 要拔除钢板桩, 以便修整后重复使用, 拔除时要确定钢板桩拔除顺序、拔除时间及坑孔处理方法等。

2) 钢板桩多采用振动拔除方法, 由于振动, 拔桩时可能会发生带土过多, 从而引起土体位移及地面沉降, 给施工中地下结构带来危害, 并影响邻近建筑物、道路及地下管线的正常使用。在拔桩时应充分重视, 注意防止。可采用隔一根拔一根的跳拔方法。

3) 对于封闭式钢板桩墙, 拔桩开始点宜离开角桩 5m 以上, 拔桩的顺序一般与打桩的顺序相反。

4) 拔除钢板桩宜采用振动锤或振动锤与起重机共同拔除的方法。后者只用于振动锤拔不出的钢板桩, 需在钢板桩上设吊架, 起重机在振动锤振拔的同时向上引拔。

5) 拔桩时, 振动锤产生强迫振动, 破坏板桩与周围土体间的黏结力, 依靠附加的起吊克服拔桩阻力将桩拔出。可先用振动锤将锁口振活以减少与土的黏结, 然后边振边拔, 为及时回填桩孔, 当将桩拔至比基础底板略高时, 暂停引拔。用振动锤振动几分钟让土孔填实, 对阻力大的钢板桩, 还可采用间歇振动的方法。对拔桩产生的桩孔, 需及时回填以减少对邻近建筑物等的影响, 方法有振动挤实法和填土法, 有时还需在振拔时回灌水, 边振边拔并回填砂子。

#### 4. 灌注桩排桩墙施工

##### (1) 干作业成孔排桩墙

##### 1) 螺旋钻孔桩排桩墙

螺旋钻孔桩排桩墙施工应按本标准 2.4 螺旋钻孔灌注桩施工工艺标准进行。但施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求和 3.1.5.3 质量关键要求。

2) 人工挖孔桩排桩墙

人工挖孔桩排桩墙施工应按本标准 2.3 人工挖孔灌注桩施工工艺标准进行。但施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求、3.1.5.3 质量关键要求。

3) 沉管桩排桩墙

沉管桩排桩墙施工可参照本标准 1.6CFG 桩施工工艺标准中沉管灌注桩施工工艺进行。但施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求、3.1.5.3 质量关键要求。

(2) 湿作业排桩墙

1) 回转钻孔桩排桩墙

回转钻孔桩排桩墙施工可参照本标准 2.2 泥浆护壁钻孔灌注桩施工工艺标准中有关规定进行。但施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求、3.1.5.3 质量关键要求。

2) 冲击钻孔排桩墙

冲击钻孔桩排桩墙施工可参照本标准 2.2 泥浆护壁钻孔灌注桩施工工艺标准中有关规定进行。但施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求、3.1.5.3 质量关键要求。

5. 预制桩排桩墙施工

(1) 静力压桩排桩墙

静力压桩排桩墙施工应按本标准 2.1 静力压桩施工工艺标准进行。但施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求、3.1.5.3 质量关键要求。

(2) 预应力管桩排桩墙

预应力管桩排桩墙施工应按本标准 2.5 预应力管桩打桩施工工艺标准进行。预制方桩应参照该标准进行，但施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求、3.1.5.3 质量关键要求。

(3) 钢管桩排桩墙

钢管桩排桩墙施工应按本标准 2.6 钢桩打桩施工工艺标准进行。施工应满足本标准 3.1.5.2 技术关键要求、3.1.5.3 质量关键要求。

3.1.7 质量标准

3.1.7.1 钢板桩均为工厂成品，新桩可按出厂标准检验，重复使用的钢板桩应符合表 3.1.7.1-1 的规定；混凝土板桩应符合表 3.1.7.1-2 的规定。

重复使用的钢板桩检验标准 表 3.1.7.1-1

| 序 号 | 检 查 项 目   | 允许偏差或允许值 |       | 检 查 方 法        |
|-----|-----------|----------|-------|----------------|
|     |           | 单 位      | 数 值   |                |
| 1   | 桩 垂 直 度   | %        | < 1   | 用钢尺量           |
| 2   | 桩 身 弯 曲 度 |          | < 2‰L | 用钢尺量，L 为桩长     |
| 3   | 齿槽平直光滑度   | 无电焊渣或毛刺  |       | 用 1m 长的桩段做通过试验 |
| 4   | 桩 长 度     | 不小于设计长度  |       | 用钢尺量           |

混凝土板桩制作标准 表 3.1.7.1-2

| 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 | 桩长度       |    | +10<br>0  | 用钢尺量       |
|      | 2 | 桩身弯曲度     |    | < 0.1%L   | 用钢尺量，L 为桩长 |
| 一般项目 | 1 | 保护层厚度     | mm | ± 5       | 用钢尺量       |
|      | 2 | 横截面相对两面之差 | mm | 5         | 用钢尺量       |
|      | 3 | 桩尖对桩轴线的位移 | mm | 10        | 用钢尺量       |
|      | 4 | 桩厚度       | mm | ± 10<br>0 | 用钢尺量       |
|      | 5 | 凹凸槽尺寸     | mm | ± 3       | 用钢尺量       |

3.1.7.2 灌注桩排桩墙的质量标准见本标准 2.2、2.3、2.4、2.8。

3.1.7.3 预制桩排桩墙的质量标准见本标准 2.1、2.5。

### 3.1.8 成品保护

1. 排桩墙施工过程中应注意保护周围道路、建筑物和地下管线的安全。
2. 基坑开挖施工过程对排桩墙及周围土体的变形、周围道路、建筑物以及地下水位情况进行监测。
3. 基坑、地下工程在施工过程中不得伤及排桩墙墙体。

### 3.1.9 安全环保措施

1. 施工场地坡度<0.01。地基承载力>85kPa。
2. 桩机周围 5m 范围内应无高压线路。
3. 桩机起吊时，吊物上必须栓溜绳。人员不得处于桩机作业范围内。
4. 桩机吊有吊物情况下，操作人员不得离机。
5. 桩机不得超负荷进行作业。
6. 钢丝绳的使用及报废标准应按有关规定执行。
7. 遇恶劣天气时应停止作业。必要时应将桩机卧放地面。
8. 施工现场电器设备必须保护接零，安装漏电开关。
9. 当排桩墙施工所造成的地层挤密、污染对周边建筑物有不利影响时，应制定可行、有效的施工措施后，才可进行施工。

### 3.1.10 质量记录

1. 排桩墙施工质量记录；
2. 钢筋混凝土预制桩排桩墙打桩施工记录；
3. 钢筋混凝土灌注桩排桩墙施工记录；
4. 振动冲击沉管灌注桩排桩墙施工记录；
5. 干作业成孔灌注桩排桩墙施工记录；
6. 湿作业成孔灌注桩排桩墙施工记录；
7. 钢筋混凝土预制桩排桩墙压桩施工记录；

8. 钢板桩排桩墙打桩施工记录。

## 3.2 锚杆及土钉墙施工工艺标准

### 3.2.1 总 则

#### 3.2.1.1 适用范围

1. 锚杆支护结构是挡土结构与外拉系统相结合的一种深基坑组合式支护结构。其挡土结构与悬臂式或内撑式支护结构相同,诸如:钻孔灌注桩、钢板桩、预制混凝土桩、地下连续墙等。适用于较密实的砂土、粉土、硬塑到坚硬的黏性土层或岩层中的大型、较深、邻近有建(构)筑物而不允许有较大变形的基坑和不允许设内支撑的基坑。存在有地下埋设物而不允许损坏的场地不宜采用。

2. 土钉墙适用于地下水位以上或经人工降低地下水位后的人工填土、黏性土和弱胶结砂土的基坑支护或边坡加固。土钉墙宜用于深度不大于 12m 的基坑支护或边坡加固,当土钉墙与有限放坡、预应力锚杆联合使用时,深度可增加;不宜用于含水丰富的粉细砂层、砂砾卵石层和淤泥质土;不得用于没有自稳能力的淤泥和饱和软弱土层。

#### 3.2.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001);
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002);
3. 中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99);
4. 中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)。

### 3.2.2 术 语

1. 锚杆:由锚固段、自由段、锚头组成的,一端与支护挡土结构相连,一端与土层相锚固的细长杆件。依靠其锚固段与土体的摩阻力,加固或锚固现场土体。一般采取先在土层中钻孔,后置入钢筋、在锚固段注浆、锚头紧固的方法制成。亦可采用置入钢管、角钢、钢绞线,在锚固段注浆的方法制成。

2. 锚杆支护结构:锚杆支护结构包括挡土支护结构、腰梁和锚杆三部分组成。挡土支护结构可以是钢板桩、排桩墙、连续墙等各种挡土结构;当挡土结构为非连续体时,在锚拉点标高处应加腰梁,使之形成整体共同受力。

3. 锚固体:土层锚杆的锚固段全长即为锚固体。锚固体是由水泥砂浆或水泥浆将拉杆(预应力筋)与土体黏结在一起形成的,通常呈近似圆柱体状。

4. 锚头:锚头是锚杆体的外露部分,由锚杆台座、承压垫板及紧固器三部分组成。

5. 台座:一般锚杆轴线与支护挡土结构间有一定的倾角(称为锚杆倾角),以台座作为调整构件,并固定拉杆位置防止滑动。锚杆通过台座与挡土结构的接触面,分布其集中力,避免挡土结构承受过大的局部应力而损坏。

6. 承压垫板:直接承受拉杆拉力的垫板,并将拉力传递给台座。

7. 紧固器:又称锚具,是将拉杆锚固在台座、垫板和挡土结构的连接件。

8. 拉杆:拉杆是锚杆的主要部分,拉杆从锚头到锚固体的末端,其长度取决于锚固段

和自由段的总长度。拉杆可以是粗钢筋、钢丝绳或钢绞线构成。

9. 土钉：依靠其全长与土体的摩阻力，用来加固或锚固现场土体的细长杆件。可采取先在土层中钻孔，后置入钢筋、在全孔注浆的方法制成。亦可采用将钢管、角钢直接击入土中，再注浆的方法制成。

10. 土钉支护：以土钉、被加固的土体、钢筋混凝土面层和必要的防水措施组成的支护体系。

### 3.2.3 基本规定

1. 锚杆及土钉墙支护工程的设计、施工与监测宜统一由支护工程的施工单位负责，以便于及时根据现场测试与监控结果进行反馈设计；当设计、施工与监测不为一个单位时，三者应相互配合，密切合作，确保安全生产。

2. 锚杆及土钉墙支护的设计计算按《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120—99)中有关规定执行。施工中应特别重视地表水和地下水对支护工作的影响，应设置良好的排水系统并在施工前进行降低地下水位；一般情况下，应遵循分段开挖、分段支护的原则，不宜按一次挖就再行支护的方式施工。同时，应考虑施工作业周期和降雨、振动等环境因素对开挖面土体稳定性的影响，做到随开挖随支护，以减少边坡变形。

3. 施工中应对锚杆或土钉位置，钻孔直径、深度及角度，锚杆或土钉插入长度，注浆配比、压力及注浆量，喷锚墙面厚度及强度、锚杆或土钉应力等进行检查。

4. 每段支护体施工完成后，应检查坡顶及坡面位移，坡顶沉降及周围环境变化，如有异常情况应采取措施，恢复正常后方可继续施工。

### 3.2.4 施工准备

3.2.4.1 技术准备，锚杆与土钉支护施工前必须具备下列文件：

1. 工程周边环境调查及工程地质勘察报告；

2. 支护施工图纸齐全，包括支护平、剖面图及总体尺寸；挡土结构的类型、详细设计图纸及设计说明，如已施工完毕应有施工的详细记录；标明锚杆、土钉位置、尺寸（直径、孔径、长度）、倾角和间距；喷射混凝土面层厚度及钢筋网尺寸，土钉及喷射混凝土面层的连接构造方法和混凝土强度等级；

3. 排水及降水方案设计；

4. 施工方案或施工组织设计，规定基坑分层、分段开挖的深度及长度，边坡开挖面的裸露时间限制等；

5. 现场测试监控方案，以及为防止危及周围建筑物、道路、地下设施安全而采取的措施及应急方案；了解支护坡顶的允许最大变形量，对邻近建筑物、道路、地下设施等环境影响的允许程度。

6. 确定基坑开挖线、轴线定位点、水准基点、变形观测点等，并在设置后加以妥善保护。

#### 3.2.4.2 材料要求

各种材料应按计划逐步进场，钢材、水泥及化学添加剂必须有相关产品合格证，锚杆及土钉所用的钢材需要焊接连接时，其接头必须经过试验，合格后方可使用。

### 3.2.4.3 主要机具设备

#### 1. 成孔机具设备

根据现场土质特点和环境条件选择成孔设备,如:冲击钻机、螺旋钻机、回转钻机、洛阳铲等;在易塌孔的土体钻孔时宜采用套管成孔或挤压成孔设备。

#### 2. 灌浆机具设备

灌浆机具设备有注浆泵和灰浆搅拌机等;注浆泵的规格、压力和输浆量应满足施工要求。

#### 3. 混凝土喷射机具

混凝土喷射机具有 Z-5 混凝土喷射机和空压机等;空压机应满足喷射机所需的工作风压和风量要求;可选用风量  $9\text{m}^3/\text{min}$  以上、压力大于  $0.5\text{MPa}$  的空压机。

#### 4. 张拉设备

张拉设备用 YC - 60 型穿心式千斤顶,配 YC - 60 型油泵、油压表等,YC - 60 型穿心式千斤顶在使用前必须送当地技术监督部门或有资质的检测机构进行校验标定。

#### 5. 百分表(精度不小于 $0.02\text{mm}$ ,量程小于 $50\text{mm}$ )

### 3.2.4.4 作业条件

1. 有齐全的技术文件和完整的施工组织设计或方案,并已进行技术交底。

2. 进行场地平整,拆迁施工区域内的报废建(构)筑物和挖除工程部位地面以下  $3\text{m}$  内的障碍物,施工现场应有可使用的水源和电源。在施工区域内已设置临时设施,修建施工便道及排水沟,各种施工机具已运到现场,并安装维修试运转正常。

3. 已进行施工放线,锚杆孔位置、倾角已确定;各种备料和配合比及焊接强度经试验可满足设计要求。

4. 当设计要求必须事先做锚杆施工工艺试验时,试验工作已完成并已证明各项技术指标符合设计要求。

## 3.2.5 材料和质量要点

### 3.2.5.1 材料的关键要求

#### 1. 锚杆(土钉)

用作锚杆(土钉)的钢筋(HRB 335 级或 HRB 400 级热轧螺纹钢筋)、钢管、角钢、钢丝束、钢绞线必须符合设计要求,并有出厂合格证和现场复试的试验报告。

#### 2. 钢材

用于喷射混凝土面层内的钢筋网片及连接结构的钢材必须符合设计要求,并有出厂合格证和现场复试的试验报告。

#### 3. 水泥浆锚固体

水泥用强度等级为 32.5、42.5 的普通硅酸盐水泥,并有出厂合格证;砂用粒径小于  $2\text{mm}$  的中细砂;水用 pH 值小于 4 的水;所用的化学添加剂、速凝剂必须有出厂合格证。

### 3.2.5.2 技术关键要求

1. 灌浆是土层锚杆及土钉施工中的一道关键工艺,必须认真进行,并作好记录。灌浆材料宜采用水泥浆或水泥砂浆,其强度等级不宜低于 M10;当灌浆材料用水泥浆时,水灰

比为 0.4~0.5 左右,为防止泌水、干缩,可掺加 0.3%的木质素磺酸钙;当灌浆材料用水泥砂浆时灰砂比为 1:1 或 1:2 (重量比),水灰比为 0.38~0.45,砂用中砂并过筛。如需早强,可掺加水泥用量 3%~5%的混凝土早强剂;水泥浆液试块的抗压强度应大于 25MPa,塑性流动时间应在 22s 以下,可用时间应为 30~60min 整个灌浆过程应在 5min 内结束。

2. 灌浆压力一般不得低于 0.4MPa,亦不宜大于 2MPa;宜采用封闭式压力灌浆和二次压力灌浆,可有效提高锚杆抗拔力 (20%左右)。

3. 锚杆、土钉墙设计及构造应符合下列规定:

(1) 锚杆的构造要求

- 1) 锚杆的锚固体应设置在地层的稳定区域内,且上覆土层厚度不宜小于 4.0 m;
- 2) 锚杆的自由段长度不宜小于 5m 并应超过潜在滑裂面 1.5m;
- 3) 土层锚杆锚固段长度不宜小于 4m;
- 4) 锚杆上下排垂直间距不宜小于 2.0 m,水平间距不宜小于 1.5m;
- 5) 锚杆倾角宜为  $15^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ ,且不应大于  $45^{\circ}$ ;
- 6) 沿锚杆轴线方向每隔 1.5~2.0 m 宜设置一个定位支架;
- 7) 锚杆锚固体宜采用水泥浆或水泥砂浆,其强度等级不宜低于 M10。

(2) 土钉墙的构造要求

土钉墙墙面坡度不宜大于 1:0.1;土钉的长度为开挖深度的 0.5~1.2 倍,间距宜为 1~2m,与水平面夹角宜为  $5^{\circ}$ ~ $20^{\circ}$ ;土钉钢筋宜采用 HRB 335、HRB 400 级钢筋,钢筋直径宜为 16~32mm,钻孔直径宜为 70~120mm;土钉必须和面层有效连接,应设置承压板或加强钢筋等构造措施,承压板或加强钢筋应与土钉螺栓连接或钢筋焊接;喷射混凝土面层宜配置钢筋网,钢筋直径宜为 6~10mm,间距宜为 150~300mm,混凝土强度等级不宜低于 C20,面层厚度不宜小于 80mm,钢筋网片搭接长度应大于 300mm;当地下水位高于基坑底面时,应采取降水措施或截水措施,坡顶应采用砂浆或混凝土护面,其宽度应不小于 800mm,并高于地面,以防止地表水灌入基坑,坡脚应设排水沟和集水坑,坡面可根据具体情况设置泄水管。

### 3.2.5.3 质量关键要求

1. 根据设计要求、水文地质情况和施工机具条件,认真编制施工组织设计,选择合适的钻孔机具和方法,精心操作,确保顺利成孔和安装锚杆并顺利灌注。

2. 在钻进过程中,应认真控制钻进参数,合理掌握钻进速度,防止埋钻、卡钻、塌孔、掉块、涌砂和缩颈等各种通病的出现,一旦发生孔内事故,应尽快进行处理,并配备必要的事事故处理工具。

3. 钻机拔出钻杆后要及时安置锚杆(土钉)并随即进行注浆作业。

4. 锚杆安装应按设计要求,正确组装,认真安插,确保锚杆安装质量。

5. 锚杆灌浆应按设计要求,严格控制水泥浆、水泥砂浆配合比,做到搅拌均匀,并使灌浆设备和管路处于良好的工作状态。

6. 施加预应力应根据锚杆类型正确选用锚具,并正确安装台座和张拉设备,保证数据准确可靠。

### 3.2.5.4 职业健康安全关键要求

1. 施工人员进入现场,必须正确佩带安全帽;

2. 电工和机械操作工必须经过安全培训并持证上岗;

3. 基坑四周必须设置不低于 1.5m 的维护设施,沿道路侧夜间必须有红色灯光示警。



### 3.2.5.5 环境关键要求

应加强混凝土喷射机械的维护保养，在作业过程中，不得出现漏风、漏气现象，最大限度的控制粉尘污染。

## 3.2.6 施工工艺

### 3.2.6.1 工艺流程

1. 土层锚杆施工工艺流程：土方开挖 修整边壁 测量、放线 钻机就位 接钻杆 校正孔位 调整角度 打开水源 钻孔（接钻杆） 钻至设计深度 冲洗 插锚杆 压力灌浆养护 裸露主筋除锈 上横梁（或预应力锚件） 焊锚具 张拉（仅限于预应力锚杆） 锚头（锚具）锁定。

土层锚杆干作业施工程序与水作业钻进法基本相同，只是钻孔时不用水冲泥渣成孔，而是将土体顺钻杆排出孔外而成孔。

2. 喷射混凝土面层施工工艺流程：立面子整 绑扎钢筋网片 干配混凝土料 依次打开电、风、水开关 进行喷射混凝土作业 混凝土面层养护。

### 3.2.6.2 操作工艺

#### 1. 基坑开挖

锚杆、土钉支护应按设计规定分层、分段开挖，做到随时开挖，随时支护，随时喷混凝土，在完成上层作业面的锚杆预应力张拉或土钉与喷射混凝土以前，不得进行下一层土的开挖。当基坑面积较大时，允许在距离四周边坡 8~10 m 的基坑中部自由开挖，但应注意与分层作业区的开挖相协调；当用机械进行土方开挖时，严禁边壁出现超挖或造成边壁土体松动或挡土结构的破坏。为防止基坑边坡土体发生塌陷，对于易塌的土体可采用以下措施：

- （1）对修整后的边壁立即喷上一层薄的砂浆或混凝土，待凝结后再进行钻孔；
- （2）在作业面上先安装钢筋网片喷射混凝土面层后，再进行钻孔并设置土钉；
- （3）在水平方向分小段间隔开挖；
- （4）先将开挖的边壁作成斜坡，待钻孔并设置土钉后再清坡；
- （5）开挖时沿开挖面垂直击入钢筋和钢管或注浆加固土体。

#### 2. 排水

（1）锚杆、土钉支护宜在排除地下水的条件下进行施工，应采取恰当的降、排水措施排除地下水（包括地表、支护内部、基坑排水），以避免土体处于饱和状态并减轻作用于面层上的静水压力。

（2）基坑四周支护范围内应预修整，构筑排水沟和水泥砂浆或混凝土地面，防止地表水向地下渗透。靠近基坑坡顶 2~4m 的地面应适当垫高，并且里高外低，便于径流远离边坡。

（3）在支护面层背部应插入长度为 400~600mm、直径不小于 40mm 的水平排水管，其外端伸出支护面层，间距可为 1.5~2m，以便将喷射混凝土面层后的积水排出。

（4）为了排除积聚在基坑内的渗水和雨水，应在坑底设置排水沟和集水坑，坑内积水应及时抽出。排水沟应离开边壁 0.5~1m，排水沟和积水坑宜用砖砌并用砂浆抹面以防止渗漏。

#### 3. 钻孔与锚杆制作

(1) 钻孔时要保证位置正确(上下左右及角度),防止高低参差不齐和相互交错。

(2) 钻进时要比设计深度多钻进 100~200mm,以防止孔深不够。

(3) 锚杆应由专人制作,接长应采用对焊或帮条焊,为使锚杆置于钻孔的中心,应在锚杆上每隔 1500mm 设置定位器一个;钻孔完毕后应立即安插锚杆以防塌孔,为保证非锚固段锚杆可以自由伸长,可在锚固段和非锚固段之间设置堵浆器或在非锚固段涂以润滑油脂,以保证在该段自由变形;当使用钢绞线作锚杆时,使用前应检查有无油污、锈蚀、缺股断丝等情况,端部要用钢丝绑扎牢,不得参差不齐或散架。

#### 4. 注浆

(1) 注浆管在使用前应检查有无破裂和堵塞,接口处要牢固,防止注浆压力加大时开裂跑浆;注浆管应随锚杆同时插入,干成孔时在灌浆前封闭孔口,湿成孔时在灌浆过程中看见孔口出浆时再封闭孔口。

(2) 注浆前要用水引路、润湿输浆管道;灌浆后要及时清洗输浆管道、灌浆设备;灌浆后自然养护不少于 7d,待强度达到设计强度的 70% 时方可进行张拉工艺;在灌浆体硬化之前,不能承受外力或由外力引起的锚杆移动。

#### 5. 锚杆、土钉试验

##### (1) 锚杆试验

1) 应在锚杆锚固段浆体强度达到 15MPa 或达到设计强度的 75% 时方可进行。

2) 锚杆试验应按中华人民共和国现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99) 附录 E 的规定,在试验前做试验方案,并经批准后执行。

##### (2) 土钉试验

1) 土钉支护施工必须进行现场抗拔试验,应在专门设置的非工作土钉上进行抗拔试验直至破坏,用来确定极限荷载,并据此估计土钉的界面极限黏结强度。

2) 每一典型土层中至少应有 3 个专门用于测试的非工作钉。测试钉的总长度、黏结长度和施工方法原则上应与工作钉一致。

3) 土钉的现场抗拔试验时,土钉、千斤顶、测力杆三者应在同一轴线上,千斤顶的反力架应置于混凝土面层或土钉上、下部,安设两道工字钢或槽钢作横梁,并与护坡墙紧贴;当张拉到设计荷载时,拧紧锁定螺母完成锚定工作;张拉时宜采用跳拉法或往复式拉法,以保证土钉和钢梁受力均匀,张拉力的设定应根据实际所需的有效张拉力和张拉力的可能松弛程度而定,一般按设计张拉力的 75%~85% 进行控制。

4) 测试钉进行抗拔试验时的注浆抗压强度不应低于 6MPa。试验应采用连续分级加载,首先施加少量初始荷载(不大于土钉设计荷载的 20%)使加载装置保持稳定,以后的每级荷载增量不超过设计荷载的 20%。每级荷载施加完毕后应立即记下位移读数并保持荷载稳定不变,继续记录以后 1min、6min、10min 的位移读数。若同级荷载下 10min 与 1min 的位移增量小于 1mm,即可施加下级荷载,否则应保持荷载不变继续测读 15min、30min、60min 时的位移。此时若 60min 与 6min 的位移增量小于 2mm,可进行下级加载,否则即认为达到极限荷载。根据试验得出的极限荷载必须大于设计荷载得 1.25 倍,否则应反馈修改设计。

#### 6. 喷射混凝土

(1) 在喷射混凝土前,面层内的钢筋网片牢固固定在边坡壁上并符合规定的保护层厚度的要求。钢筋网片可用插入土中的钢筋固定,在混凝土喷射时应不出现移动。

(2) 筋网片可用焊接或绑扎而成,网格允许偏差为 10mm;钢筋网铺设时每边的搭接长度不小于一个网格的边长或 200mm,如为焊接则焊接长度不小于网筋直径的 10 倍。

(3) 喷射混凝土的配合比应按设计要求通过试验确定,粗骨料最大粒径不宜大于 12mm;喷射混凝土作业,应事先对操作手进行培训,以保证喷射混凝土的水灰比和质量能达到要求;喷射混凝土前,应对机械设备、风、水和电路进行全面检查及试运转;喷射混凝

土的喷射顺序应自下而上，喷头与受喷面距离宜控制在 0.8～1.5m 范围内，射流方向垂直指向喷射面，但在钢筋部位应先喷填钢筋一方后再侧向喷填钢筋的另一方，防止钢筋背面出现空隙；为保证喷射混凝土厚度达到规定值，可在边壁上垂直插入短的钢筋段作为标志。

(4) 为加强支护效果，在喷射混凝土时可加入 3%—5% 的早强剂；在喷射混凝土初凝 2h 后方可进行下一道工序，此后应连续喷水养护 5—7d。

(5) 喷射混凝土强度可用边长 100 mm 立方试块进行测定，制作试块时应将试模底面紧贴边壁，从侧向喷射混凝土，每批至少留取 3 组（每组 3 块）试件。

7. 施工监测

(1) 锚杆、土钉支护的施工监测应包括下列内容：支护位移、沉降的测量；地表开裂状态(位置、裂宽)的观察；附近建筑物和重要管线等设施的变形测量和裂缝观察；基坑渗、漏水和基坑内外的地下水位变化。在支护施工阶段，每天监测不少于 3 次；在支护施工完成后、变形趋于稳定的情况下每天 1 次。监测过程应持续至整个基坑回填结束为止。

(2) 观测点的设置：观测点的总数不宜少于 3 个，间距不宜大于 30m。其位置应选在变形量最大或局部条件最为不利的地段。观测仪器宜用精密水准仪和精密经纬仪。

(3) 应特别加强雨天和雨后的监测，以及对各种可能危及支护安全的水害来源（如场地周围生产、生活排水，上下水管、贮水池罐、化粪池漏水、人工井点降水的排水，因开挖后土体变形造成管道漏水等）进行仔细观察。

(4) 在施工开挖过程中，基坑顶部的侧向位移与当时的开挖深度之比超过 3‰（砂土中）和 3‰～5‰（一般黏土中）时应密切加强观察、分析原因并及时对支护采取加固措施，必要时增用其他支护方法。

3.2.7 质量标准

锚杆及土钉墙支护工程质量检验应符合表 3.2.7 的规定。

锚杆及土钉墙支护工程质量检验标准 表 3.2.7

| 项    | 序 | 检 查 项 目 | 允许偏差或允许值 |      | 检 验 方 法 |
|------|---|---------|----------|------|---------|
|      |   |         | 单 位      | 数 值  |         |
| 主控项目 | 1 | 锚杆土钉长度  | mm       | ±30  | 用钢尺量    |
|      | 2 | 锚杆的锁定力  | 设计要求     |      | 现场实测    |
| 一般项目 | 1 | 锚杆或土钉位置 | mm       | ±100 | 用钢尺量    |
|      | 2 | 钻孔倾斜度   | °        | ±1   | 测钻机倾角   |
|      | 3 | 浆体强度    | 设计要求     |      | 试样送检    |
|      | 4 | 注浆量     | 大于理论计算量  |      | 检查计量数据  |
|      | 5 | 土钉墙面厚度  | mm       | ±10  | 用钢尺量    |
|      | 6 | 墙体强度    | 设计要求     |      | 试样送检    |

3.2.8 成品保护

1. 锚杆的非锚固段及锚头部分应及时作防腐处理。

2. 成孔后立即及时安插锚杆，立即注浆，防止塌孔。
3. 锚杆施工应合理安排施工顺序，夜间作业应有足够的照明设施，防止砂浆配合比不准确。
4. 施工过程中，应注意保护定位控制桩、水准基点桩，防止碰撞产生位移。

### 3.2.9 安全环保措施

1. 施工人员进入现场应戴安全帽，高空作业应挂安全带，操作人员应精神集中，遵守有关安全规程。
2. 各种设备应处于完好状态，机械设备的运转部位应有安全防护装置。
3. 锚杆钻机应安设安全可靠的反力装置，在有地下承压水地层中钻进时，孔口应安设可靠的防喷装置，以便突然发生漏水涌砂时能及时封住孔口。
4. 锚杆外端部的连接应牢靠，以防在张拉时发生脱扣现象。
5. 第拉设备应经检验可靠，并有防范措施，防止夹具飞出伤人。
6. 注浆管路应畅通，防止塞管、堵泵，造成爆管。
7. 电气设备应可靠接地、接零，并由持证人员安全操作。电缆、电线应架空设置。

### 3.2.10 质量记录

1. 各种原材料出厂合格证和试验报告；
2. 锚杆或土钉施工记录；
3. 锚杆或土钉试验记录；
4. 支护结构监测记录。

## 3.3 水泥土桩墙工程施工工艺标准

### 3.3.1 总 则

#### 3.3.1.1 适用范围

水泥土桩墙支护结构是利用水泥系材料为固化剂，通过特殊的拌和机械（深层搅拌机或高压旋喷机等）在地基土中就地将原状土和固化剂（粉体、浆液）强制拌和（包括机械和高压力切削拌和），经过土和固化剂或掺合料产生一系列物理化学反应，形成具有一定强度、整体性和水稳定性的加固土圆柱体桩（包括加筋水泥土搅拌桩）。施工时将桩相互搭接，连续成桩，形成具有一定强度和整体结构性的水泥土壁墙或格栅状墙，用以维持基坑边坡土体的稳定，保证地下室或地下工程的施工及周边环境的安全。

水泥土桩墙支护结构适用于加固淤泥、淤泥质土和含水量高的黏土、粉质黏土、粉土等土层；直接作为基坑开挖重力式围护结构，用于较软土的基坑支护时支护深度不宜大于 6m，对于非软土的基坑支护，支护深度不宜大于 10 m。

#### 3.3.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2001）；

2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收》(GB 50202—2002);
3. 中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JCJ 120—99);
4. 中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002);
5. 中华人民共和国行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)。

### 3.3.2 术 语

1. 水泥土桩墙支护结构：由水泥土桩相互搭接形成的格栅状、壁状等形式的重力式支护结构。

2. 重力式支护结构：重力式支护结构是重力式挡土墙的一种延伸和发展，主要仍是以结构自身重力来维持支护结构在侧向土压力作用下的稳定，其次也能承受一定的弯矩作用。

3. 水泥土桩：水泥土桩是利用水泥系材料为固化剂，通过特殊的拌和机械（深层搅拌机或高压旋喷机等）在土层中就地将原状土和固化剂（粉体、浆液）强制拌和（包括机械和高压力切削拌和），经过土和固化剂或掺合料产生一系列物理化学反应，形成具有一定强度、整体性和水稳定性的加固土圆柱体桩（包括加筋水泥土搅拌桩）。按施工工艺的不同可分为：水泥土深层搅拌桩、高压喷射注浆桩和水泥粉喷桩三种。

4. 水泥土深层搅拌桩：使用水泥浆作为固化剂，用单轴或多轴深层搅拌机在土层中将原状土与水泥浆强制拌和形成的水泥土搅拌桩。

5. 水泥粉喷桩：使用水泥粉作为固化剂，用粉体喷射深层搅拌机在土层中边搅拌边喷射水泥干粉而形成的水泥土桩。

6. 高压喷射注浆桩：是利用钻机把带有特殊喷嘴的注浆管钻进至土层的预定位置后，用高压脉冲泵，将水泥浆通过钻杆下的喷射装置，向四周以高速水平喷入土体，借助流体的冲击力切削土层，使喷射射程内土体遭受破坏，与此同时钻杆一面以一定的速度（ $20\text{r/min}$ ）旋转，一面低速（ $15\sim 30\text{cm/min}$ ）徐徐提升，使土体与水泥浆充分搅拌混合而形成的水泥土桩。

### 3.3.3 基本规定

3.3.3.1 水泥土桩墙采用格栅布置时，水泥土的置换率对于淤泥不宜小于 0.8，淤泥质土不宜小于 0.7，一般黏性土及砂土不宜小于 0.6；格栅长宽比不宜大于 2。

3.3.3.2 水泥土桩与桩之间的搭接宽度应根据挡土及截水要求确定，考虑截水作用时，桩的有效搭接宽度不宜小于 200mm。

3.3.3.3 当变形不能满足要求时，宜采用基坑内侧土体加固或水泥土墙插筋加混凝土面板及加大嵌固深度等措施。

3.3.3.4 水泥土桩墙应采取切割搭接法施工。应在前桩水泥土尚未固化时进行后序搭接桩施工。施工开始和结束的头尾搭接处，应采取加强措施，消除搭接沟缝。

3.3.3.5 深层搅拌水泥土墙施工前，应进行成桩工艺及水泥掺入量或水泥浆的配合比试验，以确定相应的水泥掺入比或水泥浆水灰比，浆喷深层搅拌的水泥掺入量宜为被加固土质量的 15%~18%；粉喷深层搅拌的水泥掺入量宜为被加固土质量的 13%~16%。

3.3.3.6 高压喷射注浆施工前，应通过试喷试验，确定不同土层旋喷固结体的最小直径、高压喷射施工技术参数等。高压喷射水泥浆的水灰比宜为 1.0~1.5。高压喷射注浆切割搭接宽度应符合下列规定：

1. 旋喷固结体不宜小于 150mm；

2. 摆喷固结体不宜小于 150mm；

3. 定喷固结体不宜小于 200mm。

3.3.3.7 当水泥土桩墙需设置插筋时，桩身插筋应在桩顶搅拌完成后及时进行。插筋材料、插入长度和露出长度等均应符合设计要求。

3.3.3.8 水泥土桩墙工程施工前，必须具备完整的地质勘察资料及工程附近管线、建筑物、构筑物和其他公共设施的构造情况，必要时应作施工勘察和调查以确保工程质量及附近建筑的安全。

3.3.3.9 施工单位必须具备相应专业资质，并应建立完善的质量管理体系和质量检验制度。

3.3.3.10 施工过程中出现异常情况时，应停止施工，由监理或建设单位组织勘察、设计、施工等有关单位共同分析，消除质量隐患，并应形成文件资料后方可继续施工。

### 3.3.4 施 工 准 备

#### 3.3.4.1 技 术 准 备、

1. 基坑支护挡墙施工前，会同有关设计人员进行设计图纸会审和技术交底。

2. 编制施工组织设计，内容包括：

(1) 场区工程地质、水文地质概况；

(2) 基坑周边环境、地下障碍物情况，施工场地总平面布置图；

(3) 根据成桩试验结果确定搅拌桩施工工艺和施工参数；

(4) 基坑支护挡墙搅拌桩施工方案和施工顺序；

(5) 机械设备的型号、数量、动力；各工种材料的数量、质量、规格、品种、使用计划；工程技术人员、管理人员和关键岗位人员的配置；

(6) 施工中的关键问题和技术难点的技术质量要求标准和保证措施等；

(7) 施工工期、质量、安全控制方案；

(8) 施工期间的质量监控、抢险应急措施等。

3. 深层搅拌机或钻机定位时，必须经过技术复核确保定位准确，必要时请监理人员进行轴线定位验收，同时设置桩位标志。

4. 施工前应标定搅拌机械的灰浆输送量、灰浆输送管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工工艺参数，并根据设计通过试验确定搅拌桩材料的配合比。

5. 采用旋喷法施工时必须事先确定水泥浆的水灰比。

#### 3.3.4.2 材 料 要 求

1. 水泥：用强度等级为 32.5 普通硅酸盐水泥，要求新鲜无结块。

2. 砂子：用中砂或粗砂，含泥量小于 5%（水泥土搅拌）。

3. 外加剂：塑化剂采用木质素磺酸钙，促凝剂采用硫酸钠、石膏，应有产品出厂合格证，掺量通过试验确定（水泥土搅拌）。

#### 3.3.4.3 主 要 机 具

1. 水泥土搅拌施工主要机具：SJB-1 型深层搅拌机，履带式起重机，灰浆搅拌机，灰浆泵，冷却泵，机动翻斗车。导向架，集料斗，磅秤，提速测定仪，电气控制柜，铁锹，手推车等。其中 SJB-1 型深层搅拌机主要性能要求如表 3.3.4.3

SJB-1 型深层搅拌机主要性能

表 3.3.4.3

| 项次 | 项 目       |  | 规 格 性 能  | 数 量                                 |
|----|-----------|--|--|-------------------------------------|
| 1  | 深层搅拌机     | 搅拌轴数量<br>搅拌轴长度<br>搅拌外径<br>电动机功率        | 127 × 10mm<br>每节长 2.5m<br>700 ~ 800mm<br>2 × 30kw  | 2 根<br>2 节<br><br>1 台               |
| 2  | 起吊设备及导向系统 | 履带式起重机<br><br>提升速度<br>导向架              | CH500 型, 起重高度大于<br>14m, 超重量大于 10t<br><br>0.3 ~ 1.m/min<br>88.5mm 钢管制                               | 1 台<br><br>1 座                      |
| 3  | 固化剂制配系统   | 灰浆泵<br>灰浆搅拌机<br>集料斗<br>磅 秤<br>提升速度测定仪  | HB6-3 型 , 输浆量 3m <sup>3</sup> /h ,<br>工作压力 1.5MPa<br>HL-1 型 200L<br>400L<br>计 量<br>量测范围 0 ~ 2m/min | 1 台<br><br>2 台<br>1 个<br>1 台<br>1 台 |
| 4  | 技 术 指 标   | 一次加固面积<br>最大加固深度<br>加固效率<br>总重量(不含起重机) | 0.7 ~ 0.9m <sup>3</sup><br>10m<br>40 ~ 50m/台班<br>6.5t  |                                     |

2. 高压喷射注浆法主要机具设备包括：高压泵、钻机、浆液搅拌器等；辅助设备包括操纵控制系统、高压管路系统、材料储存系统以及各种管材、阀门、接头安全设施等。

#### 3.3.4.4 作业条件

1. 施工场地应先整平，清除桩位处地上、地下一切障碍物，场地低洼处用黏性土料回填夯实，不得用杂填土回填。

2. 设备开机前应经检修、调试，检查桩机运行和输料管畅通情况。

3. 开工前应检查水泥及外加剂的质量、桩位、搅拌机工作性能及各种计量设备完好程度（主要是水泥浆流量计和其他计量装置）。

### 3.3.5 材料和质量要点

#### 3.3.5.1 材料的关键要求

1. 施工所用水泥，必须经强度试验和安定性试验合格后才能使用。

2. 所用砂子必须严格控制含泥量，外加剂必须无变质。

#### 3.3.5.2 技术关键要求

1. 水泥土搅拌桩施工时必须严格控制配合比，当用水泥砂浆作固化剂，其配合比为 1:1 ~ 2 (水泥:砂)，为增强流动性，可掺入 0.2% ~ 0.25% 的木质素磺酸钙减水剂与 1% 硫酸钠和 2% 石膏；灰土比为 0.43 ~ 0.5。

2. 施工中固化剂应严格按预定的配比拌制，并应有防离析措施。起吊应保证起吊设备的平整度和导向架的垂直度。成桩要控制搅拌机的提升速度和次数，使连续均匀，以控制注浆量，保证搅拌均匀，同时泵送必须连续。

3. 旋喷所用的水泥浆水灰比为 1 : 1 ~ 1.5 : 1，为消除离析，一般加入水泥用量 3% 的陶土、0.09% 的碱，浆液宜在旋喷前 1h 以内配制。

3.3.5.3 质量关键要求

1. 搅拌机预搅下沉时，不宜冲水，当遇到较硬土层下沉太慢时，方可适量冲水，但应考虑冲水成桩对桩身强度的影响。

2. 深层搅拌桩的深度、截面尺寸、搭接情况整体稳定和桩身强度必须符合设计要求，检验方法在成桩后 7d 内用轻便触探器钻取桩身加固土样，观察搅拌均匀程度，同时根据轻便触探击数，用对比法判断桩身强度。

3. 施喷注浆深度、直径、抗压强度和透水性必须符合设计要求。质量检验应在旋喷注浆 4 周后进行。检验点数量为注浆孔数的 2% ~ 5%，不合格者应进行补喷。

3.3.6 施 工 工 艺

3.3.6.1 工艺流程

1. 水泥土搅拌桩施工的施工程序为：深层搅拌机定位 预搅下沉 配制水泥浆（或砂浆） 喷浆搅拌、提升 重复搅拌下沉 重复搅拌提升直至孔口 关闭搅拌机、清洗 移至下一根桩、重复以上工序。

2. 旋喷法施工程序为：机具就位 贯入注浆管 试喷射 喷射注浆 拔管及冲洗等。

3.3.6.2 操作工艺

1. 水泥土搅拌法：同 1.5.6.2。

2. 旋喷法施工：同 1.4.6.2。

3.3.7 质 量 标 准

1. 水泥土搅拌桩施工质量检验标准必须符合表 3.3.7—1 的规定。

水泥土搅拌桩地基质量检验标准 表 3.3.7-1

| 项                | 序 | 检 查 项 目    | 允许偏差或允许值 |            | 检 查 方 法            |
|------------------|---|------------|----------|------------|--------------------|
|                  |   |            | 单 位      | 数 值        |                    |
| 主<br>控<br>项<br>目 | 1 | 水泥及外掺剂质量   | 设 计 要 求  |            | 查产品证书或抽样送检         |
|                  | 2 | 水 泥 用 量    | 参 考 指 标  |            | 查看流量计              |
|                  | 3 | 桩体强度或完整性检验 | 设 计 要 求  |            | 按规定办法              |
| 一<br>般<br>项<br>目 | 1 | 机头提升速度     | m/min    | 0.5        | 量机头上升距离及时间         |
|                  | 2 | 桩底标高       | mm       | ± 200      | 测机头深度              |
|                  | 3 | 桩顶标高       | mm       | +100， - 50 | 水准仪(最上部 500mm 不计入) |
|                  | 4 | 桩位偏差       | mm       | < 50       | 用钢尺量               |



|   |       |    |         |            |
|---|-------|----|---------|------------|
| 5 | 桩 径   |    | < 0.04D | 用钢尺量，D 为桩径 |
| 6 | 垂 直 度 | %  | 1.5     | 经纬仪        |
| 7 | 搭 接   | mm | > 200   | 用钢尺量       |

2. 高压喷射注浆施工质量检验标准必须符合表 3.3.7-2 的规定。

高压喷射注浆施工质量检验标准主控项目

表 3.3.7-2

| 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 | 水泥及外掺剂质量 | 设计出厂要求   |       | 查产品证书或抽样送检                   |
|      | 2 | 水泥用量     | 设 计 要 求  |       | 查看流量计及水泥浆水灰比                 |
|      | 3 | 桩体强度     | 设 计 要 求  |       | 按规定办法                        |
| 一般项目 | 1 | 钻孔位置     | mm       | 50    | 用钢尺量                         |
|      | 2 | 钻孔垂度     | %        | 1.5   | 经纬仪测钻杆或实测                    |
|      | 3 | 孔 深      | mm       | ± 200 | 用钢尺量                         |
|      | 4 | 注浆压力     | 按设定参数指标  |       | 查看压力表                        |
|      | 5 | 桩 体 搭 接  | mm       | > 200 | 用钢尺量                         |
|      | 6 | 桩 体 直 径  | mm       | < 50  | 开挖后用钢尺量                      |
|      | 7 | 桩身中心允许偏差 |          | 0.2D  | 开挖后桩顶下 500mm 处用钢尺量，<br>D 为桩径 |

3. 加筋水泥土桩质量检验 标准必须符合表 3.3.7-3 的规定。

加筋水泥土桩质量检验标准

表 3.3.7-3

| 序 号 | 检 查 项 目  | 允许偏差或允许值 |      | 检 查 方 法 |
|-----|----------|----------|------|---------|
|     |          | 单 位      | 数 值  |         |
| 1   | 型 钢 长 度  | mm       | ± 10 | 用 钢 尺 量 |
| 2   | 型钢垂直度    | %        | < 1  | 经纬仪     |
| 3   | 型钢插入标高   | mm       | ± 30 | 水 准 仪   |
| 4   | 型钢插入平面位置 | mm       | 10   | 用 钢 尺 量 |

### 3.3.8 成 品 保 护

1. 雨期或冬期施工，应采取防雨防冻措施，防止水泥土受雨水淋湿或冻结。
2. 深层搅拌机和钻机周围必须作好排水工作，防止泥浆或污水灌入已施工完的桩位处。

### 3.3.9 安全环保措施

1. 施工场地内一切电源、电路的安装和拆除，应由持证电工专管，电器必须严格接地、接零和设置漏电保护器，现场电线、电缆必须按规定架空，严禁拖地和乱拉、乱搭。
2. 所有机器操作人员必须持证上岗。

3. 施工场地必须做到场地平整、无积水，挖好排浆沟，深层搅拌机钻机行进时必须顺畅。
4. 水泥堆放必须有防雨、防潮措施，砂子要有专用堆场，不得污染。
5. 施工机械、电气设备、仪表仪器等在确认完好后方准使用。并由专人负责使用。
6. 深层搅拌机的入土切削和提升搅拌，当负荷太大及电机工作电流超过预定值时，应减慢升降速度或补给清水，一旦发生卡钻或停钻现象，应切断电源，将搅拌机强制提起之后，才能启动电机。

### 3.3.10 质量记录

1. 材料的质量合格证和质量鉴定文件；
2. 施工记录及隐蔽工程验收文件；
3. 检验试验及见证取样文件；
4. 其他必须提供的文件和记录。

## 3.4 地下连续墙工程施工工艺

### 3.4.1 总 则

#### 3.4.1.1 适用范围

地下连续墙适用于深基坑开挖和地下建筑的临时性和永久性的挡土围护结构；地下水位以下的截水、防渗；还可作为承受上部建筑的永久性荷载兼有挡土墙和承重基础的作用。

#### 3.4.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)；
3. 中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JCJ120—99)；
4. 中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2002)；
5. 中华人民共和国国家标准《地下防水工程施工质量验收规范》(GB50208—2002)。

### 3.4.2 术 语

1. 地下连续墙：地下连续墙是通过专用的挖（冲）槽设备，沿着地下建筑物或构筑物的周边，按预定的位置，开挖出或冲钻出具有一定宽度与深度的沟槽，用泥浆护壁，并在槽内设置具有一定刚度的钢筋笼，然后用导管浇灌水下混凝土，分段施工，用特殊方法接头，使之连成地下连续的钢筋混凝土墙体。

2. 导墙：为了控制地下连续墙的平面位置和尺寸准确、保护槽口、防止槽壁顶部坍塌，支承施工设备和钢筋笼焊接接长时的荷载，蓄浆并调节液面，在地下连续墙成槽前，在连续墙两侧预先制做的钢筋混凝土或砖砌墙体。

### 3.4.3 基本规定

3.4.3.1 地下连续墙均应设置导墙，导墙形式有预制及现浇两种，现浇导墙形状有“L”形或倒“L”形，可根据不同土质选用。

3.4.3.2 地下墙施工前宜先试成槽，以检验泥浆的配比、成槽机的选型并可复核地质资料。

3.4.3.3 作为永久结构的地下连续墙，其抗渗质量标准可按现行国家标准《地下防水工程施工质量验收规范》(GB 50208—2002)执行。

3.4.3.4 地下墙槽段间的连接接头形式，应根据地下墙的使用要求选用，且应考虑施工单位的经验，无论选用何种接头，在浇筑混凝土前，接头处必须刷洗干净，不留任何泥沙或污物。

3.4.3.5 地下墙与地下结构顶板、楼板、底板及梁之间连接可预埋钢筋或接驳器(锥螺纹或直螺纹)，对接驳器也应按原材料检验要求，抽样复验。数量为每500套为一个检验批，每批应抽查3件，复验内容为外观、尺寸、抗拉试验等。

3.4.3.6 施工前应检验进场的钢材、电焊条。已完工的导墙应检查其净空尺寸，墙面平整度与垂直度。检查泥浆用的仪器、泥浆循环系统应完好。地下连续墙应用商品混凝土。

3.4.3.7 施工中应检查成槽的垂直度、槽底的淤积物厚度、泥浆相对密度、钢筋笼尺寸、浇筑导管位置、混凝土上升速度、浇筑面标高、地下墙连接面的清洗程度、商品混凝土的坍落度、锁口管或接头箱的拔出时间及速度等。

3.4.3.8 成槽结束后应对成槽的宽度、深度及倾斜度进行检验，重要结构每段槽段都应检查，一般结构可抽查总槽段数的20%，每槽段应抽查1个段面。

3.4.3.9 永久性结构的地下墙，在钢筋笼沉放后，应做二次清孔，沉渣厚度应符合要求。

3.4.3.10 每50m<sup>3</sup>地下墙应做1组试件，每幅槽段不得少于1组，在强度满足设计要求后方可开挖土方。

3.4.3.11 作为永久性结构的地下连续墙，土方开挖后应进行逐段检查，钢筋混凝土底板也应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)的规定。

### 3.4.4 施工准备

#### 3.4.4.1 技术准备

1. 具有施工现场的地质勘察和地下水勘测资料，据此以确定挖槽机械种类，槽段划分、地基加固和泥浆配备计划。

2. 具有地下埋设物的资料，以确定各种地下管线及障碍物的处理方案。

3. 具有施工场地及邻近结构物的调查资料，以确定施工场地布置、施工场地平整和施工防护措施。

4. 编制施工组织设计，其内容包括：

- (1) 地下连续墙的总平面布置；
- (2) 总体单元施工进度计划；
- (3) 挖槽机械和配套设备；
- (4) 单元槽段的尺寸、分段次序编号、节点的构造形式；

- (5) 泥浆制作应用和循环系统的现场布置，弃土、沉淀方式；
- (6) 成墙穿越不同地质状况对策；
- (7) 排除障碍措施；
- (8) 导墙的平面布置和截面结构设计；
- (9) 钢筋笼分段尺寸、接头、制作、安装方法；
- (10) 混凝土配制、搅拌、运输、浇筑方法；
- (11) 施工场地内地面排水；
- (12) 保证质量的技术措施；
- (13) 质量检测；
- (14) 安全技术措施等。

#### 3.4.4.2 材料准备

钢筋、钢材、水泥、砂和碎石、膨润土（优质黏土）、CMC 等附加剂。

#### 3.4.4.3 机具准备

地下连续墙施工成槽及配套泥浆制配、处理、混凝土浇筑、槽段接头所需要主要机具设备见表 3.4.4.3。

#### 3.4.4.4 作业准备

- 1. 具备施工设备的运输条件和进退场条件。
- 2. 具备施工用水电的供给条件。
- 3. 具备钢筋加工和运输条件。

地下连续墙施工成槽机具 表 3.4.4.3

| 种 类     | 名 称   | 性 能 指 标                       | 单 位 | 数 量 | 用 途        |
|---------|-------|-------------------------------|-----|-----|------------|
| 多头钻成槽机  | 多头钻机  | SF-60-80 或组合多头钻机              | 台   | 1   | 挖槽用        |
|         | 多头钻机架 | 钢组合件，带配套装置                    | 件   | 1   | 吊多头钻机用     |
|         |       | 3t 或 5t 慢速                    | 台   | 1   | 提升钻机头用     |
|         | 卷扬机   | 0.5t 或 1t                     | 台   | 1   | 吊胶皮管、拆装钻机用 |
|         | 电动机   | 4kW                           | 台   | 2   | 钻机架行走动力    |
|         | 液压千斤顶 | 15t                           | 台   | 4   | 机架就位、转向顶升用 |
| 液压抓斗成槽机 | 液掘装置  | 斗容量 0.48 ~ 1.68m <sup>3</sup> | 套   | 1   | 挖槽用        |
|         | 导 架   | 31m                           | 件   | 1   | 导杆抓斗支撑、导向用 |
|         | 起 重 机 | 91t                           | 台   | 1   | 吊导架、挖掘装置用  |
| 钻挖成槽机   | 潜水电钻  | 22kW                          | 台   | 1   | 钻导孔用       |
|         | 导板抓斗  | 60cm                          | 台   | 1   | 挖槽及清除障碍物   |
|         | 钻抓机架  | 钢组合件，带配套装置                    | 台   | 1   | 吊钻机导板抓斗用   |
| 冲击成槽机   | 冲击式钻机 | CZ30 型或 CZ22 型                | 台   | 1   | 冲击成槽用      |
|         | 卷扬机   | 3t 或 5t                       | 台   | 1   | 升降冲击锤用     |

|             |              |                                   |        |        |                    |
|-------------|--------------|-----------------------------------|--------|--------|--------------------|
| 泥浆制备及处理机具设备 | 旋流器机架        | 钢组合件                              | 件      | 1      | 制备泥浆用              |
|             | 泥浆搅拌机        | 0.8m <sup>3</sup> × 8kW           | 台      | 1      | 搅拌泥浆用              |
|             | 软轴搅拌机        | 2.2kW                             | 台      | 1      | 泥渣处理分类             |
|             | 振动筛          | 5.5kW                             | 台      | 1      | 与旋流器配套             |
|             | 灰渣泵          | 4PH 、 40Kw                        | 台      | 2      | 和吸泥用               |
|             | 砂 泵          | 50PS 、 22Kw                       | 台      | 1      | 供浆用                |
|             | 泥浆泵          | SLN ~ 33 、 2Kw                    | 台      | 1      | 输送泥浆用              |
|             | 真空泵          | SZ ~ 4 、 1.5kW                    | 台      | 1      | 吸泥引水用              |
| 混凝土浇筑机具设备   | 孔压机          | 10m <sup>3</sup> /min 、 75kW      | 台      | 1      | 多头钻吸泥用             |
|             | 混凝土浇筑架卷扬机    | 钢组合件                              | 台      | 1      | 提升混凝土              |
|             | 混凝土料斗        | 1t 或 2t                           | 台      | 1      | 漏斗及导管装运混凝土         |
|             | 混凝土导管 (带受料斗) | 1m <sup>3</sup><br>直径 200 ~ 300mm | 个<br>套 | 2<br>1 | 浇筑水下混凝土            |
| 接头管及其顶升提拔设备 | 接 头 管        | 直径 580mm                          | 套      | 2      | 混凝土接头用             |
|             | 接头管顶升架       | 钢组合件                              | 套      | 1      | 顶升接头管用             |
|             | 油压千斤         | 50t 或 100t                        | 台      | 2      | 与顶升架配套             |
|             | 高压油泵         | LYB-44、 2.2kW                     | 台      | 2      | 与油压千斤顶配套           |
|             | 吊车           | 1004 型                            | 台      | 1      | 吊放接头管和钢筋笼、混凝土浇筑、料斗 |

注：采用自成泥浆护壁工艺时，不需泥浆制备与处理机具设备，只需污水泵一台作排泥浆用。

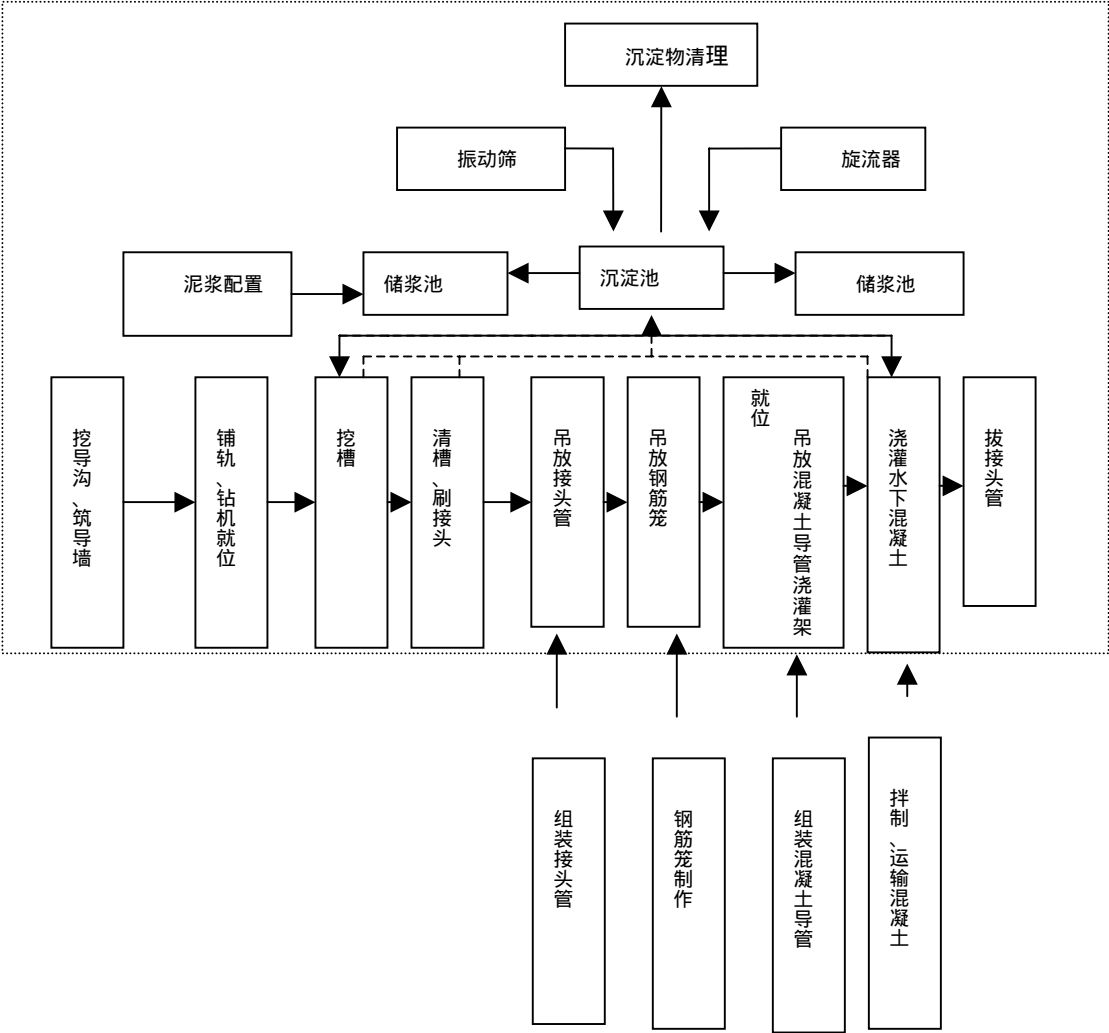
- 4．具备混凝土生产、运输和灌注条件。
- 5．具备泥浆配制、存贮和再生处理的条件。
- 6．具备弃土和废弃泥浆处理方法和位置。
- 7．具备对于噪声、振动和废泥浆污染等公害的防止措施。

### 3.4.5 材料质量要点

- 3.4.5.1 水：一般应为自来水或可饮用水，水质不明的水应经过化验，符合要求后，方可使用。
- 3.4.5.2 水泥、砂和碎石：应按设计要求或水下混凝土标准选用。
- 3.4.5.3 钢筋及钢材：应按设计要求选用。
- 3.4.5.4 膨润土或优质黏土：其基本性能应符合成槽护壁要求。
- 3.4.5.5 CMC 等附加剂：应按护壁泥浆的性能要求选用。

3.4.6 施工工艺

3.4.6.1 工艺流程（见图 3.4.6.1）



### 3.4.6.2 操作工艺

#### 1. 导墙施工

(1) 导墙的作用是作为挖槽机的导向，容蓄泥浆及防止地表土的坍塌。

(2) 导墙一般用钢筋混凝土浇筑而成，导墙断面一般为「形、」形或[]形，厚度一般为150~250mm，深度为1.5~2.0m，底部应坐落在原土层上，其顶面高出施工地面50~100mm，并应高出地下水位1.5m以上。两侧墙净距中心线与地下连续墙中心线重合。每个槽段内的导墙应设一个以上的溢浆孔。

(3) 导墙宜建在密实的黏性土地基上，如遇特殊情况应妥善处理，导墙背后应使用黏性土分层回填并夯实，以防漏浆。

(4) 现浇钢筋混凝土导墙拆模后，应立即在两片导墙间加支撑，其水平间距为2.0~2.5m，在导墙混凝土养护期间，严禁重型机械在附近行走、停置或作业。

(5) 采用预制的导墙时，应确保连接部分的质量。

(6) 导墙的施工允许偏差为：

1) 两片导墙的中心线应与地下墙纵向轴线相重合，允许偏差应为±10mm。

2) 导墙内壁面垂直度允许偏差为0.5%。

3) 两导墙间间距应比地下墙设计厚度加宽30~50mm，其允许偏差为±10mm。

4) 导墙顶面应平整。

#### 2. 槽段开挖

(1) 应根据成槽地点的工程地质和水文地质条件、施工环境、设备能力、地下墙的结构尺寸及质量要求等选用挖槽机械。通常，对于软质地基，宜选用抓斗式挖槽机械；对于硬质地基，宜选用回转式或冲击式挖槽机械。

(2) 挖槽前，应预先将地下墙划分为若干个施工槽段，其平面形状可为一字形、L形、T形等。槽段长度应根据设计要求、土层性质、地下水情况、钢筋笼的轻重大小、设备起吊能力、混凝土供应能力等条件确定，一般槽段长度为3~7m。

(3) 挖槽前，应制订出切实可行的挖槽方法和施工顺序，并严格执行。挖槽时，应加强观测，确保槽位、槽深、槽宽和垂直度符合设计要求。遇有槽壁坍塌事故发生，应及时分析原因，妥善处理。

(4) 挖槽过程中，应保持槽内始终充满泥浆，泥浆的使用方式，应根据挖槽方式的不同而定，使用抓斗挖槽时，应采用泥浆静止方式，随着挖槽深度的增大，不断向槽内补充新鲜泥浆，使槽壁保持稳定；使用钻头或切削刀具挖槽时，应采用泥浆循环方式，用泵把泥浆通过管道压送到槽底，土碴随泥浆上浮至槽顶面排出称为正循环；泥浆自然流入槽内，土碴被泵管抽吸到地面上称为反循环。反循环的排碴效率高，宜用于容积大的槽段开挖。

(5) 槽段的终槽深度应符合下列要求：即非承重墙的终槽深度必须保证设计深度，同一槽段内，槽底深度必须一致且保持平整。承重墙的槽段深度应根据设计入岩深度要求，参照地质剖面图及槽底岩屑样品等综合确定，同一槽段开挖深度宜一致。遇有特殊情况应会同设计单位研究处理。

(6) 槽段开挖完毕，应检查槽位、槽深、槽宽及槽壁垂直度，合格后应尽快清底换浆及安装钢筋笼灌注槽段混凝土。

#### 3. 泥浆的配制与使用

(1) 泥浆的作用在于维护槽壁的稳定、防止槽壁坍塌、悬浮岩屑和冷却、润滑钻头。泥浆质量的优劣直接关系着成槽速度的快慢，也直接关系着墙体质量、墙底与基岩接合质量以及墙段间接缝的质量。

(2) 施工前应对造浆黏土进行认真选择，一般应选用膨润土造浆，并在施工前进行造浆率和造浆性能试验。

(3) 配制泥浆前，应根据地质条件、成槽方法和用途等进行泥浆配合比设计，试验合格后方可使用。其性能指标应符合表 3.4.6.2 的规定。新拌制的泥浆应存放 24h 或加分散剂，使膨润土充分水化后方可使用。

(4) 施工场地应设置足够施工使用的泥浆配制、循环和净化系统场地。泥浆池应加设防雨棚，施工场地应设集水井和排水沟，防止雨水和地表水污染泥浆，同时也防止泥浆污染场地，做到文明生产。

- (5) 不同施工阶段的泥浆性能指标的测定项目应按下列要求进行：
- 1) 在鉴定黏土的造浆性能和确定泥浆配合比时，均应测定泥浆的黏度、相对密度、含砂量、稳定性、胶体率、静切力、失水量、泥皮厚度和 pH 值；
  - 2) 槽后，测定槽底以上 0.2 ~ 1.0m 处泥浆的相对密度、含砂率和黏度。
- (6) 施式期间，槽内泥浆面必须高于地下水位 1.0m 以上，并且不低于导墙顶面 0.5m。
- (7) 施工过程中，应经常测定和调节泥浆性能，使其适应不同地层的钻进要求。

| 制配泥浆的性能指标 |   | 表 3.4.6.2       |     |
|-----------|---|-----------------|-----|
| 项 目       | 性 能 指 标   | 检 验 方 法         | 备 注 |
| 相对密度      | 1.1 ~ 1.3   | 泥浆比重计           |     |
| 黏度        | 18 ~ 25S  | 500/700mL 野外黏度计 |     |
| 含砂量       | < 5%  | 含砂量仪            |     |
| 胶体率       | > 95%   | 试管法             |     |
| 失水量       | < 30mL/30min  | 失水量仪            |     |
| 泥皮厚度      | 1 ~ 3mm/30min   | 失水量仪            |     |
| 静切力       | 1min 2 ~ 3N/m <sup>2</sup> 10min 5 ~ 10N/m <sup>2</sup> | 静切力仪            |     |
| 稳定性       | < 0.004 30g/mm <sup>3</sup>                             | 比重力仪            |     |
| pH 值      | 7 ~ 9   | pH 试纸           |     |

- 1) 对于覆盖层（即人工填土部分）泥浆黏度要适当大些，可达 25 ~ 30s 甚至更大，失水量和泥皮厚度要小一些。
- 2) 对于黏土层，泥浆黏度可小一些，浓度也可稀一些。当黏度过高时，可用分散剂和加水稀释，但应禁止直接向槽内加清水，而应将水加进池内，经充分搅拌后再用。
- 3) 对于砂层，泥浆黏度应大些，深度也可大些，失水量和泥皮厚度要小一些，在地下水特加紧丰富的地层中要采用高黏度高浓度泥浆。
- 4) 对于渗透性极高的地层，泥浆可能漏失，可用高黏度泥浆，或在泥浆中添加堵漏材料，如锯末和其他纤维物质，也可以直接往槽内投黏土球，在制作黏土球时，可往土中加适量的 Na—CMC。
- (8) 当泥浆受水泥污染时，黏度会急剧升高，可用 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 和 FCL（铁铬盐）进行稀释。如果泥浆过分凝胶化时，就要把泥浆废弃。
- 1) 当泥浆受海水污染时，可用海水造浆，并加入抗盐 CMC。
  - 2) 当泥浆受其他盐类污染时，可用腐植酸钠或 FCL 处理。
  - 3) 当钻进页岩时，页岩会遇水膨胀剥落，要用 CMC 降低失 / K 量和泥皮厚度。
- (9) 施工现场应有足够的泥浆储备量，以满足成槽、清槽的需要以及失浆时的应急需要。泥浆池的数量至少要放置 4 个，总容量应能满足 1 ~ 2d 挖槽和清槽用浆量。
- (10) 在清槽过程中应不断置换泥浆。清槽后，槽底以上 0.2 ~ 1.0 m 处的泥浆相对密度应小于 1.2，含砂量不大于 8%，黏度不大于 28s。



(11) 泥浆应进行净化回收重复使用。泥浆净化回收可采用振动筛、旋流器、流槽、沉淀池或强制脱水等方法。

废弃泥浆和残渣，应按环境保护的有关规定处理。

#### 4. 清底换浆

(1) 在槽段开挖结束后，灌注槽段混凝土前，应进行槽段的清底换浆工作；以清除槽底沉渣，直至沉渣厚度符合设计要求为止。

(2) 清底换浆作业可在挖槽结束后立即进行，也可在灌注槽段混凝土之前进行，不管在什么时候进行清底换浆作业，均应在浇注槽段混凝土之前，测定槽内泥浆的指标及沉渣厚度，达到设计要求后，才允许灌注槽段混凝土。

(3) 清底换浆时，应注意保持槽内始终充满泥浆，以维持槽壁的稳定。

#### 5. 钢筋笼的制作与安放

(1) 地下墙的钢筋笼规格尺寸应考虑结构要求、单元槽段、接头形式、加工场地、现场起吊能力等因素分节制作而成，每节钢筋笼主筋的连接可用电焊接头，压接接头或套筒接头。

(2) 钢筋笼应具有必要的刚度，以确保在吊装和插入时不致于变形或破坏，如有必要，须加设斜撑和横撑补强。钢筋笼的吊点位置、起吊方式和固定方法应符合设计和施工要求。在吊放钢筋笼时，应对准槽段中心，并注意不要碰伤槽壁壁面，不应强行插入钢筋笼，以免钢筋笼变形或导致槽壁坍塌。

(3) 钢筋的净距应大于 3 倍粗骨料粒径，并应在现场制作成型和预留插放混凝土导管的位置。分节制作的钢筋笼，应在制作台上试装配，接头处纵向钢筋的预留搭接长度应符合设计要求。

(4) 为了确保混凝土保护层厚度，可用钢筋或钢板定位垫块或预制混凝土垫块焊接在钢筋笼上，设置垫块位置时，在每个槽段前后两个面应各设两块以上，其竖向间距约为 5m。

(5) 为了防止在灌注混凝土时钢筋笼上浮，应在导墙上埋设钢板，与钢筋笼焊接在一起作临时锚固。

#### 6. 施工接头

(1) 地下墙的接头施工质量直接关系到其受力性能和抗渗能力，应在结构设计和施工中予以高度重视。

(2) 施工接头应能承受混凝土的侧压力，倾斜度应不大于 0.4%，不致于妨碍下一槽段的开挖，且能有效地防止混凝土绕过接头管外流。

(3) 施工接头可用钢管、钢板、型钢、预制混凝土、化学纤维、气囊、橡胶等材料制成，其结构形式应便于施工。

(4) 单元槽段挖槽作业完毕，应使用清扫工具或高压射水清除粘附于接头表面上的沉渣或凝胶体，以保证混凝土的灌注质量，防止接头漏水。

(5) 使用接头管接头时，要把接头管打入到沟槽底部，完全插入槽底。接头管宜用起重机吊放就位。起拔接头管时，宜用起重机或起拔千斤顶。接头管的拔出，应根据混凝土的硬化速度，依次适时地拔动，待混凝土灌注完毕经 2—3h 后完全拔出。过早拔出接头管，会使混凝土坍塌或开裂；过晚拔出接头管，会使拔出困难或不能拔出。

#### 7. 水下混凝土灌注

(1) 地下连续墙的混凝土是在护壁泥浆下灌注，需按水下混凝土的方法配制和灌注。且应采用商品混凝土。

(2) 混凝土的配合比应通过试验确定，并应符合下列规定：

- 1) 满足设计要求和抗压强度等级、抗渗性能及弹性模量等指标，水灰比不应大于 0.6。
- 2) 用导管法灌注的水下混凝土应有良好的和易性，坍落度宜为 180~220mm，扩散度

宜为 340~380mm，每立方米混凝土中水泥用量不宜少于 370kg，粗骨料最大粒径不应大于 25mm，宜选用中、粗砂，混凝土拌和物中的含砂率不小于 45%。

3) 水泥宜选用普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥，并可根据需要掺加外加剂，其品种和数量应通过试验确定。

(3) 导管的构造和使用应符合下列要求：

1) 导管壁厚不宜小于 3mm，直径宜为 200~250mm。直径制作偏差不得超过 2mm。导管必须顺直、密封、装拆方便。导管总长度应大于槽深加槽孔上升高度。导管的分节长度应按工艺要求确定。两管之间可用法兰接头、穿绳接头或双螺纹方扣快速接头连接，底管长度不宜小于 4m。

2) 导管使用前应试拼试压，试压压力一般为 0.6~1.0 MPa。

(4) 灌注混凝土的隔水栓宜用预制混凝土塞、钢板塞、泡沫塑料等材料制成。

(5) 为保证水下混凝土的灌注顺利进行，灌注前应拟定灌注方案，内容包括槽孔纵剖面图、计划灌注量、混凝土供应能力、终灌高度、导管位置、导管组合方式、灌注方法及顺序、主要材料用量等。

(6) 灌注水下混凝土应遵守下列规定：

1) 开始灌注时，隔水栓吊放的位置应邻近水面，导管底端到孔底的距离应以能顺利排出隔水栓为宜，一般为 0.3~0.5m。

2) 开灌前储料斗内必须有足以将导管的底端一次性埋入水下混凝土中 0.8m 以上深度的混凝土储量。

3) 混凝土灌注的上升速度不得小于 2m/h，每个单元槽段的灌注时间不得超过下列规定：

- a. 灌注量为 10~20m<sup>3</sup>， 3h；
- b. 灌注量为 20~30m<sup>3</sup>， 4h；
- c. 灌注量为 30~40m<sup>3</sup>， 5h；
- d. 灌注量为 >40m<sup>3</sup>， 6h。

4) 随着混凝土的上升，要适时提升和拆卸导管，导管底端埋入混凝土面以下一般保持 2~4m，不宜大于 6m，并不得小于 1m，严禁把导管底端提出混凝土面。

5) 在水下混凝土灌注过程中，应有专人每 30min 测量一次导管埋深及管外混凝土面高度，每 2h 测量一次导管内混凝土面高度。混凝土应连续灌注不得中断，不得横移导管，提升导管时应避免碰挂钢筋笼。

(7) 在一个槽段内同时使用两根导管灌注时，其间距不应大于 3m，导管距槽段端头不宜大于 1.5m，混凝土面应均匀上升，各导管处的混凝土表面的高差不宜大于 0.3m，混凝土应在终凝前灌注完毕，终浇混凝土面高程应高于设计要求 0.5m。

(8) 灌注前应有严密的施工组织设计及辅助设施，一旦发生机具故障或停电以及导管堵塞、进水等事故时，应立即采取有效措施，并同时作好记录。

(9) 灌注过程中槽段口宜设盖板，以免混凝土散落槽内污染泥浆；所置换出来的泥浆应送入沉淀池处理，不得让泥浆溢出地面。不能重复使用的泥浆应直接废弃处理。

(10) 单元槽段接头不良造成接头处漏水：接头处漏水是由于灌注混凝土时接头处有泥渣存在，使混凝土无法充填接头处缝隙所致。为此，应在设计中采用合理的结构形式，在施工中注意清除接头处沉积物，使单元槽段之间的衔接紧密，才能防止接头处漏水的发生。

(11) 墙体壁面不够平直：墙体壁面不平直往往是因挖槽机械选用不当，或因壁面局部坍塌所致。为此，应注意选用合适的挖槽机械，采用合理的施工方法，配制合格的护壁泥浆，才能避免上述缺陷的发生。

(12) 墙体混凝土质量欠佳：挖槽时，护壁泥浆质量不合格，清底时，清除沉渣及换浆

不彻底，灌注混凝土时，导管布置不合理，导管埋入深度不够，混凝土的灌注不够连续等原因，均可导致墙体混凝土的质量缺陷。为此，应注意保证护壁泥浆的质量，彻底进行清底换浆，严格按照规定灌注水下混凝土，以确保墙体混凝土的质量。

(13) 槽底沉渣过厚：护壁泥浆不合格，或清底换浆不彻底，均可导致大量沉渣积聚于槽底，在灌注水下混凝土前，应测定沉渣厚度，符合设计要求后，才能灌注水下混凝土。

(14) 施工准备时，应做好施工调查，挖槽开始之前，应清除一切地下障碍物。

(15) 防止导墙破坏或变形：在挖槽过程中，导墙的强度及刚度不足、导墙的地基坍塌、导墙内侧没有支撑、作用在导墙上的荷载过大等原因都可导致导墙破坏或变形，应采用切实措施，防止这些事故的发生。

(16) 防止槽壁坍塌：护壁泥浆不合格，漏浆或泥浆液面下降、地下水位上升、地下水流速大、挖槽穿过极软弱的粉砂层或松砂层，地面荷载过大或承受偏大土压力等因素，均可导致槽壁坍塌，应针对施工现场的条件，采取相应措施。

(17) 防止挖槽机具卡在槽内：槽壁坍塌，挖槽机具停留在槽内太久，在黏土层中挖槽，挖槽方向偏差太大，挖槽中遇有地下障碍物等原因，都可造成挖槽机具卡在槽内的事故，为此，应在施工中加强观测，密切注意地质条件的变化，改善护壁泥浆的质量，以防止这类事故的发生。

### 3.4.7 质量标准

1. 地下连续墙的钢筋笼检验标准应符合建筑地基基础工程施工质量验收规范（GB 50202—2002）表 5.6.4-1 的规定。

2. 地下连续墙的质量检验标准应符合表 3.4.7 的规定。

地下连续墙质量检验标准

表 3.4.7

| 项    | 序 | 项 目               |                       | 允许偏差或允许值  |                        | 检 查 方 法                      |
|------|---|-------------------|-----------------------|---|------------------------|------------------------------|
|      |   |                   |                       | 单 位   | 数 值                    |                              |
| 主控项目 | 1 | 墙 体 结 构           |                       | 设 计 要 求   |                        | 查试件记录或取芯试压                   |
|      | 2 | 垂直度：永久结构临时结构      |                       | 1/300<br>1/150                                  |                        | 测声波测槽仪或成槽机上的临测系统             |
| 一般项目 | 1 | 导墙尺寸              | 宽度<br>墙面平整度<br>导墙平面位置 | mm<br>mm<br>mm                                  | W+40<br>< 5<br>± 10    | 用锤尺量，W 为地下连续墙设计厚度<br>用 钢 尺 量 |
|      | 2 | 沉渣厚度：永久结构<br>临时结构 |                       | mm<br>mm  | 100<br>200             | 重锤测或沉积物测定仪测                  |
|      | 3 | 槽 深               |                       | mm  | +100                   | 重 锤 测                        |
|      | 4 | 混凝土坍落度            |                       | mm  | 180 ~<br>220           | 坍落度测定器                       |
|      | 5 | 钢筋笼尺寸             |                       | 见《建筑地基基础工程施工质量验收规范》<br>(GB50202—2002) 表 5.6.4-1 |                        |                              |
|      | 6 | 地下墙表面平整度          | 永久结构临时结构<br>插入式结构     | mm<br>mm<br>mm                                  | < 100<br>< 150<br>< 20 | 此为均黏土层，松散及易坍土层由设计决定          |

|  |   |                 |        |          |          |               |
|--|---|-----------------|--------|----------|----------|---------------|
|  | 7 | 永久结构时的预埋<br>件位置 | 水平向垂直向 | mm<br>mm | 10<br>20 | 用 钢 尺 量 水 准 仪 |
|--|---|-----------------|--------|----------|----------|---------------|

### 3.4.8 成品保护

1. 施工过程中，应注意保护现场的轴线桩和高程桩。
2. 在钢筋笼制作、运输和吊放过程中，应采取措施防止钢筋笼变形。
3. 钢筋笼在吊放入槽时，不得碰伤槽壁。
4. 钢筋笼入槽内之后，应在 4h 内灌注混凝土，在灌注过程中，应固定导管位置，并采取防止泥浆污染。
5. 注意保护外露的主筋和预埋件不受损坏。

### 3.4.9 安全环保措施

1. 施工场地内一切电源、电路的安装和拆除，应由持证电工专管，电器必须严格接地接零和设置漏电保护器，现场电线、电缆必须按规定架空，严禁拖地和乱拉、乱搭。
2. 所有机器操作人员必须持证上岗。
3. 施工场地必须做到场地平整、无积水，挖好排浆沟。
4. 水泥堆放必须有防雨、防潮措施，砂子要有专用堆场，不得污染。
5. 施工机械、电气设备、仪表仪器等在确认完好后方准使用。并由专人负责使用。

### 3.4.10 质量记录

- 3.4.10.1 施工前应检验进场钢材、电焊条等原材料质量，并做好记录。
- 3.4.10.2 施工中应检查成槽垂直度、槽底的淤积物厚度、淤泥相对密度、钢筋笼尺寸、浇注导管位置、混凝土上升速度、浇注高度、地下墙连接面的清洗高度、商品混凝土的坍落度、锁口管或接头箱的拔出时间及速度等，并做好记录。

## 3.5 沉井(箱)施工工艺

### 3.5.1 总 则

#### 3.5.1.1 适用范围

沉井和沉箱适用于作建（构）筑物的深基坑、地下室、水泵房、设备深基础、墩台等工程的施工围护结构或建（构）筑物地下挡水、防渗和承重结构。适用的土层条件为：比较均匀平整、无影响下沉的大块石、漂石及障碍物；土层的透水性较小，如软黏土层，采用一般的排水措施可进行开挖。若在砂土中下沉，则要采取降水措施或在水中下沉。

#### 3.5.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2001）；

2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002);
3. 中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99);
4. 中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)。

### 3.5.2 术 语

1. 沉井：沉井是在地面或地坑上，先制作开口钢筋混凝土筒身，待筒身达到一定强度后，在井内挖土使土面逐渐降低，沉井筒身自重克服与土壁之间的摩阻力，不断下沉、就位的一种深基础或地下工程施工工艺。

2. 沉箱：又称气压沉箱，沉箱的外形和构造与沉井相同，下沉工艺也与沉井基本类似，只是在下部设有工作室和顶板，在上部有气闸室，施工时利用压缩空气的压力阻止外部河水（或地下水）和泥土进入箱内，使在箱底有一个工作间，以便能用水力机械或人工挖土，使其下沉到设计要求的深度和位置。

3. 井（箱）壁：为沉井（箱）的外壁，是沉井的主要部分，承受在下沉过程中水土压力所产生的内力，应有足够的厚度与强度。

4. 刃脚：井（箱）壁及最下端一般做成刀刃状的“刃脚”，其主要功用是减少下沉阻力。

5. 工作室及顶板：工作室作为沉箱下沉取土的操作间，工作室的顶盖就是顶板。顶板上开有人员和材料、土方运输进出的升降井孔。

6. 空气闸室：通常是一间钢制的小室，装设两扇门，一扇能通向外界；另一扇能通向升降井和工作室，在门框上装橡皮衬垫使其不漏气，以保证工作室内的气压。

### 3.5.3 基本规定

3.5.3.1 沉井是下沉结构，必须掌握确凿的地质资料，钻孔可按下述要求进行：

1. 面积在  $200\text{m}^2$  以下（包括  $200\text{m}^2$ ）的沉井（箱），应有一个钻孔（可布置在中心位置）。
2. 面积在  $200\text{m}^2$  以上的沉井（箱），在四角（圆形为相互垂直的两直径端点）应各布置一个钻孔。
3. 特大沉井（箱）可根据具体情况增加钻孔。
4. 钻孔底标高应深于沉井的终沉标高。
5. 每座沉井（箱）应有一个钻孔提供土的各项物理力学指标、地下水位和地下水含量资料。

3.5.3.2 沉井（箱）的施工应由具有专业施工经验的单位承建。

3.5.3.3 沉井（箱）制作时，承垫木或砂垫层的采用，与沉井（箱）的结构情况、地质条件、制作高度等有关。无论采用何种形式，均应有沉井（箱）制作时的稳定计算及措施。

3.5.3.4 多次制作和下沉的沉井（箱），在每次制作接高时，应对下卧层作稳定复核计算，并确定确保沉井接高的稳定措施。

3.5.3.5 沉井采用排水封底，应确保终沉时，井内不发生管涌、涌土及沉井止沉稳定。如不能保证时，应采用水下封底。

3.5.3.6 沉井施工除应符合本节规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204—2002)及《地下防水工程施工质量验收规范》(GB50208—2002)的规定。

3.5.3.7 沉井（箱）在施工前应应对钢筋、电焊条及焊接成形的钢筋半成品进行检验。如不用商品混凝土，则应对现场的水泥、骨料做检验。

3.5.3.8 混凝土浇注前，应对钢筋、模板尺寸、预埋件位置、模板的密封性进行检验。拆模后应检查浇注质量（外观及强度），符合要求后方可下沉。浮运沉井尚需做起浮可能性检查。下沉过程中应对下沉偏差做过程控制检查。下沉后的接高应对地基强度、沉井的稳定做检查。封底结束后，应对底板的结构（有无裂缝）及渗漏做检查。有关渗漏验收标准应符合现行国家标准《地下防水工程施工质量验收规范》（GB 50208—2002）的规定。

3.5.3.9 沉井（箱）竣工后的验收应包括沉井（箱）的平面位置、终端标高、结构完整性、渗水等进行综合检查。

3.5.3.10 沉箱工程施工除应符合本节的规定外，尚应符合气压沉箱安全技术的有关规定。

3.5.3.11 气闸、升降筒、贮气罐等承压设备应按有关规定检验合格后，方可使用。

3.5.3.12 沉箱上部箱壁的模板和支撑系统，不得支撑在升降筒和气闸上。

3.5.3.13 沉放到水下基床的沉箱，应校核中心线，其平面位置和压载经核算符合要求后，方可排出作业室内的水。

3.5.3.14 沉箱施工应有备用电源。压缩空气站应有不少于工作台数 1/3 的备用空气压缩机，其供气量不小于使用中最大一台的供气量。

## 3.5.4 施工准备

### 3.5.4.1 技术准备

1. 施工区域的岩土勘察报告；
2. 沉井（箱）的技术文件；
3. 施工区域内地下管线、设施、障碍资料；
4. 相邻建筑基础资料；
5. 施工区域的测量资料；
6. 施工组织设计。

### 3.5.4.2 材料要求

1. 水泥品种应按设计要求先用，其强度等级不应低于 32.5 级，不得使用过期或受潮结块水泥；

2. 碎石或卵石的粒径宜为 5~40mm，含泥量不得大于 1.0%，泥块含量不得大于 0.5%；

3. 砂宜用中砂，含泥量不得大于 3.0%，泥块含量不得大于 1.0%；

4. 拌制混凝土所用的水，应采用不含有害物质的洁净水；

5. 外加剂的技术性能，应符合国家或行业标准一等品及以上的质量要求；

6. 粉煤灰的级别不应低于二级，掺量不宜大于 20%；硅粉掺量不应大于 3%，其他掺合料的掺量应通过试验确定；

7. 钢筋及钢材按设计选用，钢筋进场时，应按现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1499—1998）等的规定抽取试件，做力学性能检验，其质量必须符合有关标准的规定。

### 3.5.4.3 主要机具设备

沉井、沉箱施工主要机具设备见表3.5.4.3—1、3.5.4.3—2。

沉井、沉箱施工主要机具设备表

表3.5.4.3-1

| 机 具 名 称  | 规 格、性 能                           | 单<br>位 | 数<br>量 | 用 途            |
|----------|-----------------------------------|--------|--------|----------------|
| 挖 掘 机    | WY40 型                            | 台      | 1      | 基坑、沉井挖土        |
| 翻 斗 汽 车  | 3.5t                              | 台      | 6      | 运输土方、混凝土、工具、材料 |
| 混凝土搅拌机   | j <sub>1</sub> -400 型             | 台      | 2      | 搅拌混凝土          |
| 灰浆搅拌机    | HJ-200 型                          | 台      | 1      | 拌制砂浆、灰浆        |
| 推 土 机    | T <sub>1</sub> -100 型             | 台      | 1      | 整平场地、集中土方、推送砂石 |
| 机动翻斗车    | JS-1B 型                           | 台      | 6      | 运送混凝土及小型工具材料   |
| 振动器      | HZ <sub>6</sub> X-50 型，插入式        | 台      | 10     | 振捣混凝土          |
| 振动器      | HZ <sub>2</sub> -5 型，平板式          | 台      | 2      | 振捣混凝土          |
| 混凝土吊斗    | 1.2m <sup>3</sup>                 | 台      | 4      | 吊运混凝土          |
| 履带式起重机   | w <sub>1</sub> -100 型             | 台      | 2      | 吊运土方、混凝土、吊装构件  |
| 混凝土搅拌运输车 | JC6Q 型                            | 台      | 6      | 搅拌运输混凝土        |
| 混凝土输送泵车  | IPF-185B 型                        | 台      | 2      | 输送浇灌混凝土        |
| 水 泵      | 4BA-6A 型，105m <sup>3</sup> /h     | 台      | 4      | 基坑、沉井排水        |
| 水 泵      | 3BA-9 型，45m <sup>3</sup> /h       | 台      | 1      | 临 时 供 水        |
| 潜 水 泵    | QS32 × 25-4 型 25m <sup>3</sup> /h | 台      | 4      | 基坑、沉井排水        |
| 钢筋调直机    | GJ <sub>4</sub> -14/4 型           | 台      | 1      | 钢 筋 调 直        |
| 钢筋切断机    | GJ <sub>5</sub> -40-1 型           | 台      | 1      | 钢 筋 切 断        |
| 钢筋弯曲机    | QJ <sub>7</sub> -40 型             | 台      | 1      | 钢 筋 成 形        |
| 钢筋对焊机    | UN <sub>1</sub> -75 型             | 台      | 1      | 钢 筋 对 接        |
| 轮 锯 机    | MJ104 型 ， 400mm                   | 台      | 1      | 木 材 加 工        |
| 平 刨 机    | MB503A ， 300mm                    | 台      | 1      | 模 板 加 工        |
| 电 焊 机    | BX1-330 型                         | 台      | 5      | 现 场 焊 接        |
| 卷 扬 机    | JJM-5 型                           | 台      | 1      | 吊运土方、辅助起重      |
| 卷 扬 机    | JJM-3 型                           | 台      | 1      | 吊运土方、辅助起重      |
| 变 压 器    | 320Kva                            | 台      | 1      | 变 压 用          |
| 蛙式打夯机    | H-201 型                           | 台      | 1      | 回填土夯实          |

沉井、沉箱施工水力机械挖土需用机械设备

表 3.5.4.3-2

| 名 称   | 规格、型号  | 单位 | 数量  | 备 注   |
|-------|--|----|-----|-------|
| 水 泵   | 8BA-12 型，流量 280M <sup>3</sup> /h，<br>扬程 29.1m，压力 1.2MPa 以上 | 台  | 1   |       |
| 水 泵   | 8BA-18 型，流量 285M <sup>3</sup> /h，<br>扬程 18m，压力 1.25MPa 以上  | 台  | 1   |       |
| 水力冲泥机 |  | 台  | 6   | 2 台备用 |
| 水力吸泥机 |  | 台  | 3   | 1 台备用 |
| 进 水 管 | 150（硬管或软管）   | m  | 16  |       |
| 排 泥 管 | 150（硬管或软管）   | m  | 280 |       |
|       | 250  | m  | 280 |       |
| 泥 浆 管 | 3PN 型，流量 108M <sup>3</sup> /h，<br>扬程 21m，带空气抽除器            | 台  | 3   | 1 台备用 |

#### 3.5.4.4 作业条件

1. 有齐全的技术文件和完整的施工组织设计方案，并已进行技术交底；
2. 进行场地整平至要求标高，按施工要求拆迁区域内的障碍物，如房屋、电线杆、树木及其他设施，清除地面下的埋设物，如地下水管道、电缆线及基础、设备基础、人防设等；
3. 施工现场有可使用的水源和电源，已设置临时设施，修建临时便道及排水沟，同时敷设输浆管、排泥管、挖好水沟，筑好围堤，搭设临时水泵房等，选定适当的弃土地段，设置沉淀池；
4. 已进行施工放线，在原建筑物附近下沉的沉井（箱）应在原建筑物上设置沉降观测点，定期进行沉降观测；
5. 各种施工机具已运到现场并安装维修试运转正常，现场电源及供气系统应设双回路或备用设备，防止突然性停电、停气造成沉箱事故；
6. 对进入沉箱内工作人员进行体格检查，并在现场配备医务人员。

### 3.5.5 施 工 工 艺

#### 3.5.5.1 重沉井(箱)的制作

沉井（箱）的制作有一次制作和多节制作，地面制作及地坑制作等方案，如沉井（箱）高度不大时宜采用一次制作，可减少接高作业，加快施工进度；高度较大时可分节制作，但尽量减少分节节数。

##### 1. 制作工艺流程

场地平整 定位放线 开挖基坑（应用于地坑制作） 夯实基底 抄平放线验线 铺砂垫层、垫木或挖刃脚土模 安设刃脚铁件、绑钢筋 支刃脚、井身模板 浇筑混凝土、养护、拆模 抽出垫木或拆砖垫座。

##### 2. 分节高度的确定

当沉井（箱）高度不大时，应尽量采取一次制作下沉，以简化施工程序，缩短作业时间。如高度和重量都大，重心高，如地基处理不好，操作控制不严，在下沉前很容易产生倾斜，



这时应采取分节制作，每节制作高度的确定，应保证地基及其自身稳定性，并有适当重量使其顺利地地下沉，一般每节高度以 6~8m 为宜。每节下沉时应计算下沉系数，保证顺利下沉。

### 3. 基坑开挖

(1) 沉井(箱)一般采用地坑制作，采用地坑制作法可减少沉井下沉的高度，同时也减小了沉井的施工高度，给施工带来便利。’

(2) 地坑开挖的深度根据地质报告，地下水位，开挖的土方量综合考虑，确定施工方便，经济合理的开挖深度。

(3) 根据基坑的大小来确定机械开挖或人工开挖，机械开挖时一般预留 200mm 厚土方，用人工清除，以免扰动地基土体。外围应留出 2000~2500mm 工作面，以便搭设脚手架及混凝土灌注施工，也便于沉井(箱)接节施工。如地下水位较高则还应设置排水沟及集水井，基坑上口设置挡水坝。

(4) 基坑开挖放坡系数，根据土质类别而定，对黏土、粉质黏土放坡系数宜取 0.33~0.75；对砂卵石类土放坡系数宜取 0.5~0.75；对软质岩石放坡系数宜为 0.1~0.35。

### 4. 地基处理及刃脚的支设

(1) 根据地基土的承载力验算是否能承受沉井重量或分节的重量。如不能，应对地基进行处理，处理方法一般采用砂、砂砾、碎石、灰土垫层，用打夯机夯实或机械碾压等措施使其能够承受沉井重量或分节的重量。

#### (2) 刃脚的支设

1) 刃脚的支设，可视沉井(箱)重量、施工荷载和地基承载力情况，采用垫架法、半垫架法、砖胎模或土底模等。

2) 较大较重的沉井，在较软弱地基上制作，常采用垫架或半垫架法，此法先在刃脚处整平地基夯实，或再铺设砂垫层，然后在其上铺承垫木或垫架，垫木常用 16cm×20cm (或 15cm×15cm) 枕木，根数由沉井或每节的重量和地基(或砂垫层)的承载力计算得出。枕木应对称铺设。

3) 对重量较轻，土质较好，地基承载力能够满足要求，可采用砖胎模和土底模，砖胎模采用 MU7.5 砖(或 MU30 毛石) M10 的水泥砂浆，沿周长分成 6—8 段，中间留 20mm 空隙，以便拆除。土底模按刃脚的形状成型后，土底模及砖胎模内壁用 1:3 水泥砂浆抹平并压光，在浇筑混凝土前涂刷隔离剂，保证刃脚光滑，以减少摩擦便于下沉。

### 5. 井(箱) 壁施工

#### (1) 模板支设

1) 井(箱)壁模板采用钢组合式定型模板或木定型模组装而成，为便于后序工程钢筋绑扎先支内模，待钢筋验收完毕后再封外模。

2) 模板采用对拉螺栓紧固，由于一次浇筑混凝土较高，在支模前应对模板进行计算，避免胀模、暴模的现象出现。当有防渗要求或地下水位较高时，在对拉螺栓中间设 mm:100×100×3 钢板止水片，止水片与对拉螺栓必须满焊。为防止在浇筑混凝土时模板发生位移，保证模板整体稳定，应与内部的脚手架及外部脚手架、基坑边坡连接牢固。模板拼缝要严密，避免漏浆形成蜂窝麻面，模板应涂刷脱模剂，使混凝土表面光滑，减小阻力便于下沉。

3) 模板及其支架安装和拆除的顺序及安全措施应按施工技术方案执行。

#### (2) 钢筋绑扎

1) 在支好沉井一面模板即可进行钢筋绑扎，每节竖筋可一次绑到顶部，在顶部用几道环向钢筋固定，水平筋可分段绑扎。竖筋与上一节井壁连接处伸出的插筋采用焊接或搭接连接，接头错开，在 35d 并不小于 500mm 区域内或 1.3 倍的搭接长度区域内，接头面积的百分比不应超过 50%。为确保钢筋位置和保护层厚度正确，内外钢筋之间加设批 4 支撑钢筋，每 1.0 m 不少于 1 个，梅花形布置。在钢筋外侧垫置水泥砂浆保护层垫块或塑料卡。钢筋用

挂线控制垂直度，用水平仪测量并控制水平度。

2) 钢筋安装时受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。

### (3) 混凝土浇筑和养护

1) 根据沉井(箱)的大小选择混凝土拌和物输送机械，可采用塔吊或汽车吊吊运，最好选用臂长能完全覆盖整个浇筑面的混凝土泵车进行浇筑。浇筑前应在沉井四周搭设操作平台，便于混凝土浇筑作业。

2) 混凝土浇筑应分层进行，每层厚度 300~500mm(振动棒作用部分长度的 1.25 倍)。为防止模板变形或地基不均匀下沉，浇筑时应从沉井(箱)两侧对称进行、均衡下料，外壁和隔墙同时上升。每节沉井(箱)的混凝土应一次连续完成，不留施工缝。待下一节混凝土强度达到 70% 时方可浇筑上一节混凝土。当井壁有抗渗要求时，上下节井壁的水平施工缝应留成凸形或加止水带。支设下一节模板前，应将施工缝处剔除水泥薄膜和松动的石子以及软弱混凝土层，并冲洗干净，但不得积水。继续浇筑下节混凝土前，宜先在施工缝处铺一层与混凝土内成分相同的水泥砂浆。

3) 混凝土养护：混凝土浇筑完毕后 12h 内对混凝土表面覆盖和浇水养护，井壁侧模拆除后应悬挂草袋并浇水养护，每天浇水次数应能保持混凝土处于湿润状态。浇水养护时间，当混凝土采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥时不得少于 7d，当混凝土内掺用缓凝型外加剂或有抗渗要求时不得少于 14d。

## 3.5.5.2 沉井(箱)下沉

### 1. 下沉工艺流程

下沉准备工作 设置垂直运输机械、排水泵，挖排水沟、集水井 挖土下沉 观测 纠偏 沉至设计标高、核对标高 降水 设集水井、铺设封底垫层 底板防水 绑底板钢筋、隐检 底板浇筑混凝土 施工内隔墙、梁板、顶板、上部建筑及辅助设施 回填土。

### 2. 下沉施工方法选择

根据地下水和土质情况及施工条件，沉井下沉常用方法有排水下沉和不排水下沉两种。当沉井、沉箱所穿过的土层透水性较低，地下涌水量不大，不会因排水而产生流砂，或因排水造成井周地面过大沉降时，可采用排水挖土下沉法施工。排水下沉可以在干燥的条件下施工，挖土方便，容易控制均衡下沉，土层中的孤石等障碍物易于发现和清除，下沉时一旦发生倾斜也容易纠正；当土层不稳定、涌水量很大时，在井内排水挖土很容易产生流砂，此时可采用水下挖土不排水下沉。采用不排水下沉，井内水位应始终保持高出井外水位 1~2m，井内出土可视土质情况采用机械抓斗水下挖土或用高压水泵破土，再用吸泥机排出泥浆。但此方法需一定的冲土吸泥设备。

### 3. 下沉施工

(1) 大型沉井(箱)混凝土应达到设计强度 100%，小型沉井达到 70% 以上，便可拆除垫木，进行下沉施工。抽除刃脚下的垫木应分区、分组、依次、对称、同步进行。

#### (2) 排水下沉

##### 1) 排水方法的选择

a. 设明沟、集水井排水：在沉井(箱)内离刃脚 2~3m 挖一圈排水明沟，设 3~4 个集水井，深度比地下水位深 1~1.5m，沟和井底深度随沉井挖土而不断加深，在井内或井壁上设水泵，将地下水排出井外。为不影响井内挖土操作和避免经常搬动水泵，一般采取在井壁上预埋铁件，焊钢操作平台安设水泵，或设木吊架安放水泵，水泵下加草垫或橡皮垫，避免振动。水泵抽吸高度控制不大于 5m。如果井内渗水量很少，则可直接在井内设高扬程潜水电泵将地下水排出井外。本法简单易行，费用很低，适于地质条件较好时使用。

b. 井点降水、井点与明排水相结合的方法：在沉井外部周围设置轻型井点、喷射井点

或深井井点以降低地下水位，使井内保持干燥挖土。适于地质条件较差，有流砂发生的情况下使用。如采用此方法应编制详细的降水施工方案。

## 2) 挖土方法

常用人工或风动工具，或在井内用小型反铲挖土机，在地面用抓斗挖土机分层开挖，挖土必须对称，均匀进行，使沉井均匀下沉，挖土方法随土层情况而定。

a. 普通土层：从沉井中间开始逐渐向四周挖，每层挖土厚度为 0.4 ~ 0.5m，在刃脚处留 1 ~ 1.5m 宽台阶，然后沿沉井壁每 2 ~ 3m 一段，向刃脚方向逐层全面、对称、均匀的开挖土层，每次挖去 5 ~ 10 cm，当土层经不住刃脚的挤压而破裂，沉井便在自重作用下均匀破土下沉，当沉井下沉很少或不下沉时，可再从中间向下挖 0.4 ~ 0.5m，并继续向四周均匀开挖，使沉井平稳下沉。

b. 砂夹卵石或硬土层：从沉井中间开始逐渐向四周挖土，当挖到刃脚，沉井仍不下沉或下沉不平稳，则须按平面布置分段的次序逐段对称地将刃脚下挖空，并超出刃脚外壁约 10 cm，每段挖完用小卵石填塞夯实，待全部挖填后，再分层挖掉回填的小卵石，可使沉井均匀减少承压面而平衡下沉。

c 岩层、风化或软质岩层：可用风镐或风铲等从中间向四周开挖，在刃脚口打炮孔，进行松动爆破，炮孔深 1.3m，以 1m 的间距梅花形交错排列，使炮孔伸出刃脚口外 15 ~ 30cm，以便开挖宽度可超出刃脚口 5 ~ 10 cm，下沉时，按刃脚分段顺序，每次 1m 宽用小卵石进行回填，如此逐段进行，至全部回填后，再去除小卵石，使沉井平稳下沉。

## 3) 排水下沉注意事项

沉井下沉开始 5m 以内，要特别注意保持水平与垂直度，以免继续下沉时，不易调整。为减少下沉的摩擦力和以后的清淤工作，最好在沉井的外壁采用随下沉随填砂的方法，以减轻下沉困难。

挖土应分层进行，防止中部锅底挖得太深，或刃脚挖土太快，突沉伤人。在挖土时，刃脚处，隔墙下不准有人操作或穿行，以避免刃脚处切土过多或突沉伤人。

在沉井开始下沉和将沉至设计标高时，周边每层开挖深度应小于 30cm 或更薄些，避免发生倾斜，在离设计标高 20cm 左右应停止取土，依自重下沉到设计标高。

## (3) 不排水下沉

一般采用抓斗、水力吸泥机或水力冲射空气吸泥等方法在水下挖土。

### 1) 抓斗挖土

用吊车或卷扬机吊抓斗挖掘井底中央部分的土，使形成锅底，在砂或砾石类土中，一般当锅底比刃脚低 1 ~ 1.5 m 时，沉井即可靠自重下沉，而将刃脚下土挤向中央锅底，再从井孔中继续抓土，沉井即可继续下沉。在黏性土或密实土中，刃脚下不易向中央坍落，则应配以射水管冲土。

### 2) 水力机械冲土

用高压水泵将高压水流通过进水管分别送进沉井内的高压水枪和水力吸泥机处，利用高压水枪射出的高压水冲刷土层，使其形成一定稠度的泥浆汇流至集泥坑，然后用水力吸泥机（或空气吸泥机）将泥浆吸出，通过排泥管排出井外。

水力吸泥机冲土，适用于粉质黏土、粉土、粉细砂土，在淤泥或粉砂层中使用水力吸泥时，为防止涌泥、流砂现象，应保持井内水位高出井外水位 1 ~ 2m。

#### a. 机械选择及布置

水力挖土机械设备包括：高压水泵、水力冲泥机（又称水枪）、水力吸泥机以及进水和输泥管线等，根据沉井（箱）的面积选择机械设备的型号。

整个水力机械装置的进水管、排泥管及工作室内的连接管线，都采用橡胶垫座、法兰接头。安装和固定在沉箱顶板上或沉井上口的进水及排泥管宜采用直径 150mm 无缝钢管，并

装设直径 150mm 阀门；排泥总管直径宜为 250mm；工作室进水管与水力冲泥机及吸泥相连接的管线宜为直径 100 mm，箱外管线与水泵站及排泥总管相连通。

b. 水力机械系统的布置：一般干线管路铺设于场外，冲泥机一般布置在所分担挖土区段的中部，吸泥机布设在其附近。冲泥机应尽可能地采用两个工作面交替进行，每台冲泥机的移动距离，宜恰等于一节水管长度。

#### c. 水力机械冲土施工

水力冲土从中间开始，先在水力吸泥机水龙头下方冲 1 个直径 2~5m 的集泥坑，其深度应使吸泥管吸口下方有足够的容积，以便泥浆来源暂时中断时，其存量仍足以维持 2~3min，同时吸泥龙头又可伸至浆面下 0.5~0.75m，避免带人空气。然后用水枪成辐射形开拓通向集泥坑的土沟 4~6 条，沟坡度为 8%~10%，最后向四周用“顺向挖土方法”拓宽开挖井（箱）底土体使其成锅底形，用高压水柱切割箱底土层与土体混合成为相应稠度的泥浆，顺土沟流向集泥坑内，经水力机械排出沉井（箱）外，泥浆含量一般在 10%~30%之间，浓度愈大则效率愈高。为不使集泥坑和排泥沟内的泥砂沉淀，应经常用水枪轮流冲射搅动，如此循环作业分层冲土使锅底达到一定深度。为了便于控制沉降偏斜，减少附近土体扰动破坏，必要时在刃脚部位可辅以适当人工作业，为了防止沉井（箱）突然下沉引起过大的偏斜和发生安全事故，减少井（箱）外土体扰动，在靠近工作室四周刃脚 1.0~1.5m 应保留一土堤。

#### d. 注意事项

挖土时应注意创造自由面以提高效率；几台冲泥机在同一地点工作时，应密切配合协同动作；水力必须集中使用不要分散，特别应防止水锋交织，抵消力量；泥浆流运送时，要注意经常清除和冲洗沟槽底部淤泥，避免堵塞和泥浆外溢；沉井（箱）底面以上应保留 0.3~0.5m 厚土层，采用其他机械或人工方法挖除，以保持土体的天然结构和承载力，每次下沉以后的高度应能保持工作室内的自由高度不小于 1.6m。

#### （4）沉箱人工挖土下沉方法

在开始进行时，气压沉箱和开口沉井完全相同，直到水压力增加到必须施加压缩空气时，才在气压下挖土。人工挖土下沉方法，也采用开口沉井挖土相类似的方法，采取分段、分层开挖，碗形挖土，自重破土方式，从中间开始向四周，在刃脚部位则沿刃脚方向全面、均匀、对称地进行，使均衡平稳下沉，刃脚下部土方边挖边清理，对各种土层具体挖土方法按沉井排水下沉法施工方法。

沉箱挖出的土体放在吊桶内吊出，在下沉时，宜每次将气压适当降低，促进沉箱下沉，但不得将气压降低到施工时气压半以上。初次下沉每次不得超过 30cm，以后每次不超过 50cm。如果挖的是砂，则可用“吹出法”，利用工作室中和外界压力之差除去泥砂，只需在沉箱内装一根柔性蛇管到箱外即可。

如遇到基岩，刃脚周边的沟道被挖至设计标高，并使空气压力始终等于或略大于沟槽底面处的静水压力，同时在四角及中部沿沉箱保留地段的全宽度设枕木支柱，使沉箱支在枕木支柱上。待刃脚下面等于沟槽深度的岩石全部挖掉后，遂将支柱取去，并且稍稍降低工作室内的空气压力，使沉箱分 3~4 次下沉，使降落到设计标高处。

人工挖土下沉方法需用工具设备简单，操作方便，费用较低，但需较多的劳动力，施工进度较慢，再者工人在高压条件下作业，条件差，如注意不够，则影响健康。

#### 4. 测量控制与观测

沉井（箱）位置标高的控制，是在沉井（箱）外部地面及井壁顶部四面，设置纵横十字中心控制线和固定的观测点及水准点与沉降观测点，以控制位置和标高。沉井（箱）垂直度的控制，是在井筒内壁按 4 或 8 等分标出垂直轴线，各吊线逐个对准下部标板来控制，并定时用两台经纬仪进行垂直偏差观测，挖土时，随时观测垂直度，当线坠离墨线达 50mm，

或四面标高不一致时，即应纠正。沉井（箱）下沉的控制，系在井（箱）：筒外壁周围弹水平线，或在井（箱）外壁上四侧用红铅油画出标尺，每 10 mm 一格，用水准仪观测沉降。沉井（箱）下沉中应加强位置、垂直度和标高（沉降值）的观测，每班至少测量两次（于班中及每次下沉后检查一次），同时每层不小于一次，接近设计标高时，应加强观测，每 2h 一次，预防超沉，由专人负责并做好下沉施工记录，发现有倾斜、位移扭转，应及时通知值班技术人员，指挥操作人员随沉随纠正，使偏差控制在允许范围以内。

### 3.5.5.3 沉井（箱）封底

#### （1）沉井封底

分为湿封底和干封底两种，干封底施工设备和操作简单，质量易于控制，混凝土用量较少。沉井下沉至设计标高，经过观测在 8h 内累计下沉不大于 10 mm，沉井下沉已经稳定时，即可进行沉井封底。

##### 1) 干封底

当沉井下沉到设计标高后，井内继续降水保持较低的地下水位，使地下水涌入井中流速小于 6mm/min 时采用干封底；整平基土使基土面由沉井内壁四周向集水井倾斜，在中部设 2~3 个集水井，深 1~2m，插入 600~800 的带孔眼钢管或混凝土管，或钢筋笼外缠绕 12 号钢丝，间隙 3~5mm，外包两层尼龙窗纱，上口低于底板混凝土表面 100 mm，四周填以卵石。由集水井向井壁四周辐射 300mm×200mm 排水沟，沟底铺 100 mm 细碎石，然后在沟内放 80 带孔 PVC 管外裹两层纱滤网，最后用细碎石填满形成排水盲沟，使与集水井相互连通。井底的水通过排水盲沟汇集到集水井，用泵排出，保持地下水位低于基底面 0.5m 以下，然后浇筑封底混凝土。封底一般铺一层 150~500mm 厚碎石或卵石层，再在其上浇筑一层厚约 0.35~1.5m 的混凝土垫层，在刃脚下填严，振捣密实，以保证沉井的最后稳定。垫层混凝土达到 50% 设计强度后，在垫层上绑扎钢筋，两端伸入刃脚或凹槽内，浇筑上层底板混凝土。封底混凝土与老混凝土接触面应冲刷干净；封底混凝土浇筑时应在整个沉井面积上分层、同时、不间断地进行，由四周向中央推进，每层厚度 300~500mm，并用振捣器捣实；当井内有隔墙时，应前后左右对称地逐孔浇筑。混凝土采用自然养护，养护期间应继续抽水。待底板混凝土强度达到 70% 的设计强度后，集水井逐个停止抽水、逐个封堵。封堵方法是将集水井中水抽干，在套管内迅速用于硬性高强混凝土或快硬水泥配制的混凝土进行封堵并捣实，然后上法兰盘用螺栓拧紧或四周焊接封闭，上部用混凝土垫实抹平。

##### 2) 湿封底

井底向井中较大规模的涌水、涌砂、涌泥不可用于封底时，采用不排水封底（即在水下进行封底）。要求将井底浮泥清除干净，新老混凝土接触面用水冲刷干净，并铺碎石垫层，封底混凝土用导管法灌注，待水下封底混凝土达到所需要的强度后，即一般养护为 7~14d，方可从沉井中抽水，检查封底情况，进行检漏补修，按干封底法施工上部钢筋混凝土底板。

#### （2）沉箱封底

沉箱下沉至设计深度，经 2~3d 稳定后，即可进行封底。封底前应先将基底浮泥用人工挖除，送至吸泥机旁加以稀释成泥浆排往箱外，部分无法清除的软土，可掺加块石或砂砾夯实，使其稳定，然后再在整个沉箱底面铺设一层厚 200mm 的碎石并振实。刃脚内壁、墙内面及顶板底，均应事先用水冲洗干净，以保证与封底混凝土良好的结合。

在浇筑时应分层浇筑，混凝土振捣密实。对于工作室大体积混凝土浇筑，要求不出现温度收缩裂缝，应采取降低混凝土内部温度的措施，如采用水化热较低的水泥、混凝土搅拌时用碎冰屑代替部分搅拌用水等措施。

在浇筑混凝土时箱内气压须继续维持至混凝土达到足以抵抗静水上托浮力的强度后，方可停止供气。

### 3.5.6 安全要求

3.5.6.1 严格执行国家颁布的有关安全生产制度和安全技术操作规程。认真进行安全技术教育和安全技术交底,对安全关键部位进行经常性的检查,及时排除不安全因素,以确保全过程安全施工。

3.5.6.2 做好地质详勘,查清沉井范围内的地质、水位,采取有效措施,防止沉井(箱)下沉施工中出现异常情况,以保证顺利和安全下沉。

3.5.6.3 做好沉井(箱)垫架拆除和土方开挖程序,控制均匀挖土和刃脚处破土速度,防止沉井发生突然下沉和严重倾斜现象,导致人身伤亡事故。

3.5.6.4 做好沉井下沉排降水工作,并设置可靠电源,以保证沉井挖土过程中不出现大量涌水、涌泥或流砂现象,造成淹井事故。

3.5.6.5 沉井(箱)口周围设安全杆,井下作业应戴安全帽,穿胶皮鞋,半水下作业穿防水衣裤。

3.5.6.6 采用不排水下沉,井(箱)内操作人员应穿防水服、下井应设安全爬梯,并应有可靠应急措施。

3.5.6.7 认真遵守用电安全操作规程,防止超负荷作业,电动工具、潜水泵等应装设漏电保护器,夜班作业,沉井(箱)内外应有足够照明,井(箱)内应采用 36V 低压电。

3.5.6.8 沉箱内气压不应超过 0.35MPa(约合水深 35m),在特殊情况不得超过 0.4MPa,超过此值,则应改用开口沉井施工。

3.5.6.9 沉箱内的工作人员应先经医生体格检查,凡患心脏病、肺结核、有酗酒嗜好以及其他经医生认为有妨碍沉箱作业的疾病患者,均不得在沉箱内工作。

3.5.6.10 为保证工作人员的健康,应根据工作室气压,控制在沉箱内工作时间。

3.5.6.11 沉箱工作人员离开工作室,经过升降管进入空气闸之后,先把从空气闸通到升降管的门关好,然后开放阀门,使气压慢慢降低,减压时必须充分,经相当长的时间,减压的速率不得大于  $0.007\text{MPa}/\text{min}$ ,可防止得“沉箱病”,以保障人身健康。一旦得此病应将工人即送入另备的空气闸,加到工作室气压或接近沉箱的气压,然后慢慢减压即可。

3.5.6.12 高压水系统在施工前应进行试压,试压压力应为计算压力的 1.5 倍,吸泥系统施工前应试运转。施工时应经常检查、维修、妥当保养。

3.5.6.13 沉箱内与水泵间应安设讯号装置,以便及时联系供水或停水。当发生紧急情况时,应迅速停泵。当停止输送高压水时,应立即关闭操纵水力冲泥机的阀门。水力冲泥机停止使用时应对着安全方向。

3.5.6.14 水力冲泥机工作时,应禁止站在水柱射程范围内,或用手接触喷嘴附近射出的水柱,或将水柱射向沉箱或岩层造成射水伤人;或急剧地转动水力冲泥机,或使用中的水力冲泥机无人看管,或未关闭阀门而更换喷嘴,以免高压水柱射向人体,造成严重人身伤害。

3.5.6.15 冲挖土层的上面及附近,不论在冲挖时或冲挖后,均不得站人,防止土方坍塌伤人。冲土作业工人应备有适当的劳动保护用品。

3.5.6.16 输电线路应架设在安全地点,并绝缘可靠,操作人员应有良好的防护,因水有导电性,电压可能通过水柱至水力冲泥机再传至人体,造成触电事故。

### 3.5.7 质量标准

沉井(箱)的质量检验度应符合表 3.5.7 的要求。

沉井（箱）的质量检验标准

表 3.5.7

| 项    | 序 | 检 查 项 目  |      | 允许偏或允许值                 |   | 检 查 方 法  |
|------|---|--|------|-------------------------|---|--|
|      |   |  |      | 单位                      | 数值  |  |
| 主控项目 | 1 | 混凝土强度  |      | 满足设计要求（下沉前必须达到 70%设计强度） |   | 查试件记录或抽样送检   |
|      | 2 | 封底前，沉井（箱）的下沉稳定   |      | mm/8h                   | < 10  | 水准仪  |
|      | 3 | 封底结束后的位置：<br>刃脚平均标高（与设计标高比）<br>刃脚平面中心线位移<br>四角中任何两角的底面高差 |      | mm                      | < 100<br>< 1%H<br>< 1%L   | 水准仪<br>经纬仪，H 为下沉总深度，H < 10m 时，控制在 100mm 之内<br>水准仪，L 为两角的距离，但不超过 300mm，L < 10m 时，控制在 100mm 之内 |
| 一般项目 | 1 | 钢材、对接钢筋、水泥、骨料等原材料检查                                      |      | 符合设计要求                  |   | 查出厂质保书或抽样送检  |
|      | 2 | 结构体外观  |      | 无裂缝，无风窝，空洞，不露筋          |   | 直 观  |
|      | 3 | 平面尺寸：长度与宽  | %    | ± 0.5                   | 用钢尺量，最大控制在 100mm 之内<br>用钢尺量，最大控制在 50mm 之内<br>用 钢 尺 量<br>用 钢 尺 量 |  |
|      |   | 曲线部分半径   | %    | ± 0.5                   |   |  |
|      |   | 两对角线差  | %    | 1.0                     |   |  |
|      | 4 | 下沉过程中的偏差   | 预埋件  | mm                      | 20  | 水准仪，但最大不超过 1m<br>经纬仪，H 为下沉深度，最大应控制在 300mm 之内，此数值不包括高差引起的中线位移                                 |
|      |   |  | 高差   | %                       | 1.5 ~ 2.0   |  |
|      |   |  | 平面轴线 |                         | < 1.5%H   |  |
|      | 5 | 封底混凝土坍落度   |      | cm                      | 18 ~ 22   | 坍落度测定器   |

注：主控项目 3 的三项偏差可同时存在，下沉总深度，系指下沉前后刃脚之高差。

### 3.5.8 成品保护

1. 沉井（箱）下沉前第一节应达到 100%的设计强度，其上各节必须达到 70%设计强度；
2. 施工过程中妥善保管好场地轴线桩、水准点，加强复测，防止出现测量错误；
3. 加强沉井过程中的观测和资料分析，分区、依次、对称、同步地抽除垫架、垫木，发现倾斜及时纠正；
4. 沉至接近设计标高应加强测量观测、校核分析工作，下沉至距设计标高 0.1m 时，停止挖土和井内抽水，使其完全靠自重下沉至设计标高或接近设计标高；
5. 沉至设计标高经 2 ~ 3d 下沉已稳定，即可进行封底。

### 3.5.9 环境保护措施

1. 易于引起粉尘的细料或松散料运输时用帆布等遮盖物覆盖；
2. 施工废水、生活废水不得直接排入耕地、灌溉渠和水库；

3. 食堂保持清洁，腐烂变质的食物及时处理，食堂工作人员应有健康证；
4. 对驶出施工现场的车辆进行清理，设置汽车冲洗台及污水沉淀池；
5. 安排工人每天进行现场卫生清洁。

### 3.5.10 质量记录

1. 水泥、钢材的出厂合格证以及见证取样复验报告；
2. 砂、石检验报告；
3. 钢筋焊接检验报告；
4. 混凝土配合比通知单；
5. 钢筋隐蔽工程验收记录；
6. 混凝土试块强度等级、抗渗等级测试报告；
7. 测量放线记录；
8. 沉井（箱）施工记录等。

## 3.6 降水施工工艺标准

### 3.6.1 总 则

#### 3.6.1.1 降水作用与适用条件

在地下水位较高的透水土层中进行基坑开挖施工时，由于基坑内外的水位差较大，较易产生流砂、管涌等渗透破坏现象，有时还会影响到边坡或坑壁的稳定。因此，除了配合围护结构设置止水帷幕外，往往还需要在开挖之前，采用人工降水方法，将基坑内或基坑内外的水位降低至开挖面以下。

##### 1. 降水作用

- (1) 防止地下水因渗流而产生流砂、管涌等渗透破坏作用。
- (2) 消除或减少作用在边坡或坑壁围护结构上的静水压力与渗透力，提高边坡或坑壁围护结构的稳定性。
- (3) 避免水下作业，使基坑施工能在水位以上进行，为施工提供方便，也有利于提高施工质量。

##### 2. 适用条件

- (1) 地下水位较高的砂石类或粉土类土层。对于弱透水性的黏性土层，可采取电渗井点、深井井点或降排结合的措施降低地下水位。
- (2) 周围环境容许地面有一定的沉降。
- (3) 止水帷幕密闭，坑内降水时坑外水位下降不大。
- (4) 采取有效措施，足以使邻近地面沉降控制在容许值以内。
- (5) 具有地区性的成熟经验，证明降水对周围环境不产生大的影响。

#### 3.6.1.2 编制参考标准及规范

1. 中华人民共和国国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)；
2. 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)；



3. 中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》( JGJ 120—99 );  
4. 中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程技术规范》( GB 50330—2002 )。

## 3.6.2 术 语

1. 降水：又称人工降水，即采用人工降低地下水位的方法将基坑内或基坑内外水位降低至开挖面以下。

2. 止水帷幕：用于阻止或减少基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑而采用的连续止水体。

3. 轻型井点降水：系在基坑外围或一侧、两侧埋设井点管深入含水层内，井点管的上端通过连接弯管与集水总管再与真空泵和离心泵相连，启动抽水设备，地下水便在真空泵吸力的作用下，经滤水管进入井点管和集水总管，排出空气后，由离心水泵的排水管排出，使地下水位降低到基坑底以下。

4. 喷射井点降水：喷射井点降水是在井点管内部装设特制的喷射器，用高压水泵或空气压缩机通过井点管中的内管向喷射器输入高压水(喷水井点)或压缩空气(喷气井点)，形成水气射流，将地下水经井点外管与内管之间的间隙抽出排走。

5. 管井井点降水：管井井点降水系沿基坑每隔一定距离设置一个管井，每个管井单独用一台水泵不断抽水降低地下水位。

6. 深井井点降水：深井井点降水是在深基坑的周围埋置深于基底的井管，使地下水通过设置在井管内潜水电泵将地下水抽出，使地下水位低于基坑底。

7. 电渗井点降水：是在渗透系数很小的饱和黏性土或淤泥、淤泥质土层中，利用黏性土中的电渗现象和电泳特性，结合轻型井点或喷射井点作为阴极，用钢管或钢筋作阳极，埋设在井点管环圈内侧，当通电后使黏性土空隙中的水流动加快，起到一定的疏干作用，从而使软土地基排水效率提高的一种降水方法。

## 3.6.3 基本规定

3.6.3.1 降水施工前应有降水设计，当在基坑外降水时，应有降水范围估算，对重要建筑物或公共设施在降水过程中应监测。

3.6.3.2 施工完后，应试运转，如发现井管失效，应采取措施使其恢复正常，如不可能恢复则应报废，另行设置新的井管。

3.6.3.3 降水系统运转过程中应随时检查观测孔中的水位。

## 3.6.4 施 工 准 备

### 3.6.4.1 技术准备

#### 1. 降水方案编制

在降水工程施工前，应根据基坑开挖深度、基坑周围环境、地下管线分布、工程地质勘察报告和基坑壁、边坡支护设计等进行降水方案设计，并经审核和批准。

#### 2. 技术交底

降水施工作业前，应进行技术、质量和安全交底，交底要有记录，并有交底人和接受交底人签字。

3.6.4.2 材料准备

主要包括井点管、砂滤层（黄砂和小砾石）、滤网、黏土（用于井点管上口密封）和绝缘沥青（用于电渗井点）等。

3.6.4.3 主要机具

- 1. 轻型井点降水系统主要设备：由井点管、连接管、集水总管及抽水设备等组成。
- 2. 喷射井点降水系统主要设备：由喷射井点、高压水（气）泵和管路系统等组成。
- 3. 管井井点降水系统主要设备：由滤水井管、吸水管和水泵等组成。
- 4. 电渗井点降水系统主要设备：由作阴极用的井点管、作阳极用的钢筋或钢管和直流发电机或直流电焊机等组成。
- 5. 深井井点降水系统主要设备：由井管、水泵等组成。
- 6. 井点成孔设备：主要包括起重设备、冲管和冲击或钻机等。

3.6.4.4 作业条件

- 1. 建筑物的控制轴线、灰线尺寸和标高控制点已经复测。
- 2. 井点位置的地下障碍物已清除。
- 3. 基坑周围受影响的建筑物和构筑物的位移监测已准备就绪。
- 4. 防止基坑周围受影响的建筑物和你构筑物的措施已准备就绪。
- 5. 水源电源已准备。
- 6. 排出的地下水应经沉淀处理后方可排放至市政地下管道可或河道。
- 7. 所采用的设备已维修和保养，确保能下常使用。

3.6.5 材料和质量要求

3.6.5.1 砂滤层

用于井点降水的黄砂和小砾石砂滤层，应洁净,其黄砂含泥量应小于 2%，小砾石含泥量应小于 1%，其填砂粒径应符合  $5d_{50} \leq D_{50} \leq 10d_{50}$  要求，同时应尽量采用同一种类的砂粒，其不均匀系数应符合  $C_u = D_{60}/D_{10} \leq 5$  要求；

式中  $d_{50}$  ——为天然土体颗粒 50%的直径；  
 $D_{50}$  ——为填砂颗粒 50%的直径；  
 $D_{60}$  ——为颗粒小于土体总重 10%的直径。  
 $D_{10}$  ——为颗粒小于土体总重 10%的直径。

对于用于管井井点的砂波层，其填砂粒径以含水层土颗粒  $d_{50} \sim d_{60}$ （系筛分后留置在筛上的重量为 50～60%时筛孔直径）的 8～10 倍为最佳。

3.6.5.2 滤网

常用滤网类型 有方织网、斜织网和平织网，其类型选择按下表 3.6.5.2 所示。

| 常用滤网类型 |               |        | 表 3.5.6.2 |
|--------|---------------|--------|-----------|
| 滤网类型   | 最适合的网眼孔径 （mm） |        | 说 明       |
|        | 在均一砂中         | 在非均一砂中 |           |

|     |                       |                      |  |
|-----|-----------------------|----------------------|--|
| 方织网 | $2.5 \sim 3.0d_{cp}$  | $3.0 \sim 4.0d_{50}$ | $d_{cp}$ ——平均粒径<br>$d_{50}$ ——相当于过筛量<br>50%的粒径 |
| 斜织网 | $1.25 \sim 1.5d_{cp}$ | $1.5 \sim 2.0d_{50}$ |  |
| 平织网 | $1.50 \sim 2.0d_{cp}$ | $2.0 \sim 2.5d_{50}$ |  |

2. 在细砂中适宜于采用平织网，中砂中宜用斜织网，粗砂、砾石中则用方格网。

3. 各种滤网均应采用耐水锈材料制成，如铜网、青铜网和尼龙丝布网等。

### 3.6.5.3 黏土

用于井点管上口密封的黏土应呈可塑状，且黏性要好。

### 3.6.5.4 绝缘沥青

用于电渗井点阳极上的绝缘沥青应呈液体状，也可用固体沥青将其熬成液体。

3.6.5.5 各种原材料进场应有产品合格证，对于砂滤层还应进行原材料复试，合格后方可采用。

## 3.6.6 施工工艺

### 3.6.6.1 工艺流程

#### 1. 轻型井点、喷射井点

施工准备 井点管布置 井点管埋设 井点管系统运行 井点管拆除

#### 2. 管井井点

施工准备 井点管布置 井点管埋设 水泵设置 井点管系统运行 井点管拆除

#### 3. 深井井点

施工准备 做井口、安护筒+钻机就位、钻孔 回填井底砂垫层 吊放井管 回填管壁与井壁间砂滤层 安装抽水控制电器 试抽 正常降水运行 拆除

#### 4. 电渗井点

施工准备 阴极井点埋设施工准备 阳极埋设施工准备 接通电路 阳极通电 正常降水运行 拆除

### 3.6.6.2 施工操作要点

#### 1. 轻型井点降水

##### (1) 井点布置

轻型井点降水系统的布置，应根据基坑的平面形状与大小、土质、地下水位高低与流向、降水深度要求而定。

##### 1) 平面布置

当基坑或沟槽宽度小于 6m，降水深度小于 5m 时，可用单排井点，井点管布置在地下水流上游一侧；当基坑或基槽的宽度大于 6m，或土质不良、渗透系数较大时，则宜采用双排线状井点，布置在基坑或基槽的两侧；当基坑或基槽的面积较大时，宜采用环状井点布置。

##### 2) 高程布置

当地下降水深度小于 6m 时，应采用一级轻型井点布置；当降水深度大于 6m、一级轻型井点不能满足降水深度时，可采用明沟排水和井点降水相结合的方法，将总管安装在原有地下水位线以下，以增加降水深度，当采用明沟排水和一级井点相结合的方法不能满足要求

时,则应采用二级轻型井点降水方法,即先挖去一级井点排干的土方,然后再在坑内布置第二排井点。

(2) 井点管埋设

1) 井点管埋设程序。

总管排放 井点管埋设 弯连管连接 抽水设备安装

2) 井点管埋设

井点管埋设一般采用水冲法,包括冲孔和埋管两个过程。冲孔时,先用起重设备将直径 50~70mm 的冲管吊起,并插在井点位置上,然后开动高压水泵,将土冲松,冲孔时,冲管应垂直插入土中,并做上下左右摆动,以加剧土体松动,边冲边沉,冲孔直径应不小于 300mm,以保证井管四周有一定数量的砂滤层,冲孔深度应比滤管底深 500mm 左右,以防冲管拔出时,部分土颗粒沉于坑底而触及滤管底部。各层土冲孔所需水流压力详见表 3.6.6.2。

井孔冲成后,立即拔出冲管,插入井点管,并在井点管和孔壁间迅速填灌砂滤层,以防孔壁坍塌,砂滤层的填灌质量是保证轻型井点顺利工作的关键,一般应采用洁净的粗砂,填灌要均匀,当填灌到滤管顶上 1~1.5m,以保证水流畅通,井点填砂后,井点管上口须用黏土封口,以防漏气。

各层土冲孔所需水流压力 表 3.6.6.2

| 土 层 名 称      | 冲 水 压 力 (MPa) | 土 层 名 称      | 冲 水 压 力 (MPa) |
|--------------|---------------|--------------|---------------|
| 松 散 砂 土      | 0.25 ~ 0.45   | 可塑的黏土        | 0.60 ~ 0.75   |
| 软塑状态的黏土、粉质黏土 | 0.25 ~ 0.50   | 砾石夹黏性土       | 0.85 ~ 0.90   |
| 密实的腐植土       | 0.5           | 硬塑状态的黏土、粉质黏土 | 0.75 ~ 1.25   |
| 密实的细砂        | 0.5           | 粗 砂          | 0.80 ~ 1.15   |
| 松散的中砂        | 0.45 ~ 0.55   | 中等颗粒的砾石      | 1.0 ~ 1.25    |
| 黄 土          | 0.60 ~ 0.65   | 硬 黏 土        | 1.25 ~ 1.50   |
| 密实的中砂        | 0.60 ~ 0.70   | 密实的粗砾        | 1.35 ~ 1.50   |

注:1. 埋设井点冲孔水流压力,最可靠的数字是通过试冲,以上表列值供施工预估配备高压泵及必要时的空气压缩机性能之用。

2. 根据国产轻型井点的最小间距 800mm,要求冲孔距离不宜过近,以防两孔冲通,轻型井点间距宜采用 800~1600mm。

(3) 井点管系统运行

井点管系统运行,应保证连续抽水,并准备双电源,正常出水规律为“先大后小,先浑后清”。如不上水,或水一直较浑,或出现清后又浑等情况,应立即检查纠正,真空度是判断井点系统良好与否的尺度,应经常观察,一般真空度应不低于 55.3~66.7kPa,如真空度不够,通常是因为管路漏气,应及时修好,井点管淤塞,可通过听管内水流声,手扶管壁感到振动,手扶管子较热等简便方法进行检查,如井点管淤塞太多,严重影响降水效果时,应逐个用高压水反冲洗井点管或拔除重新埋设。

(4) 井点管拆除

地下建、构筑物竣工并进行回填土后,方可拆除井点系统,井点管拆除一般多借助于倒链、起重机等,所留孔洞用土或砂填塞,对地基有防渗要求时,地面以下 2m 应用黏土填实。

(5) 质量控制要点

- 1) 集水总管、滤管和泵的位置及标高应正确。
- 2) 井点系统各部件均应安装严密,防止漏气。
- 3) 隔膜泵底应平整稳固,出水的接管应平接,不得上弯,皮碗应安装准确,对称,使

工作时受力平衡。

4) 降水过程中, 应定时观测水流量、真空度、和水位观测井内的水位。

## 2. 喷射井点降水

### (1) 喷射井点布置与埋设

1) 喷射井点布置与埋设方法与轻型井点基本相同。

2) 井管间距一般为 2~3m, 冲孔直径为 400~600mm, 深度应比滤管底深 1m 以上, 为防止喷射器损坏, 成孔宜采用套管法, 加气及压缩空气排泥, 当套管内含泥量经测定小于 5% 时, 方可下井管, 井点孔口地面以下 500~1000mm 深度范围内应采用黏土封口。

3) 下井管时水泵应先运转, 每下好一根井管, 立即与总管接通(不接回水管), 并及时进行单根试抽排泥, 并测定其真空度(地面测定不应小于 93.3kPa), 待井管出水变清后停止。

4) 全部井管下沉完毕, 再接通回水总管, 经试抽使工作水循环进行后再正式工作。

5) 扬水装置(喷嘴、混合室、扩散室等)的尺寸、轴线等, 应加工精确。

各套进水总管应用阀门隔开, 各套回水管也应分开, 为防止产生工作水反灌, 在滤管下端应设逆止球阀。

### (2) 喷射井点系统的运行

1) 开泵时, 压力要小些(小于 0.3MPa), 以后再逐渐正常。

2) 抽水时, 如发现井管周围有泛砂冒水现象, 应立即关闭井点管进行检修。

3) 工作水应保持清洁, 试抽两天后应更换清水, 以防止工作水磨损喷嘴和水泵叶轮。

### (3) 质量控制要点

1) 井点管组装前, 应检验 喷嘴混合室、支座环和滤网等, 井点管应在地面做泵水试验和真空度测定, 其测定真空度不宜小于 93.3kPa。

2) 准确控制进水总管和滤管位置和标高。

3) 高压水泵的出水管应装有压力表和调压回水管路, 以控制水压力。

4) 为防止喷射器磨损, 应用套管冲枪成孔, 加水及压缩空气排泥, 套管内含泥量应小于 5%。

5) 冲孔直径不应小于 400mm, 深度应比滤管底深 1m 以上。

6) 工作水应保持清洁, 全面试抽两天后, 应用清水更换, 防止水质浑浊。

7) 在降水过程中, 应定时观测工作水压力、地下水流量、井点的真空度和水位观测井的水位。

8) 观测孔孔口标高应在抽水前测量一次, 以后则定期观测, 以计算实际降深。

## 3. 管井井点降水

### (1) 管井布置

1) 基坑总涌水量确定后, 再验算单根井点极限涌水量, 然后确定井的数量, 采取沿基坑边每隔一定距离均匀设置管井, 管井之间用集水总管连接。

2) 井管中心距地下构筑物边缘距离, 应依据所用钻机的钻孔方法而定, 当采用泥浆护壁套管法时应不小于 3m, 当用泥浆护壁冲击式钻机成孔时, 为 0.5~1.5m。

3) 井管埋设深度和距离, 应根据降水面积和深度及含水层的渗透系数而定, 最大埋深可达 10m, 间距 10~50m。

### (2) 管井埋设

管井埋设可用泥浆护壁套管的钻孔方法成孔, 也可用泥浆护壁冲击钻成孔, 钻孔直径一般为 500~600mm, 当孔深到达预定深度后, 应将孔内泥浆掏净, 然后下入 300~400mm 由实管和花管组成的铸铁管或水泥砾石管, 滤水井管置于孔中心, 用圆木堵塞管口, 为保证井的出水量, 且防止粉细砂涌入井内, 在井管周围应回填粒料作过滤层, 其厚度不得小于

100 mm，井管上口地面下 500mm 内，应用黏土填充密实。

管井回填料后，如使用铸铁井管时，应在管内用活塞拉孔进行洗井或采用空压机洗井，如用其他材料的井管时，应用空压机洗井至水清为止。

### （3）水泵设置

水泵的设置标高应根据降水深度和估计水泵最大真空吸水高度而定，一般为 5 ~ 7m，高度不够时，可设在基坑内。

### （4）管井井点系统的运行

管井井点系统在运行过程中，应经常对电动机、传动机械、电流、电压等进行检查，并对管井内水位和流量进行观测和记录。

### （5）井管拔除

井管使用完毕合，滤水井管可拔除，拔除的方法是在井口周围挖深 300mm，用钢丝绳将管口套紧，然后用人工拔杆借助倒链或绞磨将井管徐徐拔除，孔洞用砂粒填实，上部 500mm 用黏土填实。

### （6）质量控制要点

1) 管井井点成孔直径应比井管直径大 200mm。

2) 井管与孔壁间应用 5 ~ 15mm 的砾石填充作过滤层，地面下 500mm 内应用黏土填充密实。

3) 井管管井直径应大于 200mm，吸水管底部应装逆止阀。

4) 应定时观测水位和流量。

## 4. 深井井点降水

### （1）深井管布置

深井井点总涌水量计算后，一般沿基坑周围每隔 15 ~ 30m 设置一个深井井点。

### （2）深井管埋设

深井成孔方法可根据土质条件和孔深要求，采用冲击钻孔、回转钻孔、潜水电钻钻孔或水冲法成孔，用泥浆或自成泥浆护壁，孔口设置护筒，一侧设排泥浆和泥浆坑，孔径应比井管直径大 300mm 以上，钻孔深度根据抽水期内可能沉积的高度适当加深。

深井井管沉放前，应进行清孔，一般用压缩空气或用吊桶反复上下取出洗孔，井管安放力求垂直，井管过滤部分应放置在含水层适当范围内，井管与孔壁间填充砂滤料，粒径应大于滤孔的径，砂滤层填灌后，在水泵安放前，应按规定先清洗滤井，冲除沉渣。

深井内安放潜水电源，可用绳吊入滤水层部位，潜水电机、电缆及接头应有可靠绝缘，并配备保护开关控制，设置深井泵时，应安放平稳牢固，转向严禁逆转，防止转动轴解体，安放完毕后应进行试抽，满足要求后再进入正常工作。

### （3）深井井点系统的运行

与管井井点的运行要求相同。

### （4）深井井点拔除

与管井井点的拔除方法相同。

### （5）质量控制要点

1) 深井井管直径一般为 300mm，其内径一般宜大于水泵外径 50mm。

2) 深井井点成孔直径应比深井管直径大 300mm 以上。

3) 深井孔口应设置护套。

4) 孔位附近不得大量抽水。

5) 设置泥浆坑，防止泥浆水漫流。

6) 孔位应取土，核定含水层的范围和土的颗粒组成设置。

- 7) 各管段及抽水设备的连接, 必须紧密、牢固, 严禁漏水。
- 8) 排水管的连接、埋深、坡度、排水口均应符合施工组织设计的规定。
- 9) 排水过程中, 应定时观测水位下降情况和排水流量。

#### 5. 电渗井点降水

##### (1) 电渗井点布置

电渗井点降水是利用井点管(轻型或喷射井点)本身作阴极, 沿基坑外围布置, 以钢管(50~70)或钢筋(25以上)作阳极, 垂直埋设在井内侧, 阴阳极分别用导线等连接成通路, 并对阳极施加强直流电流。

电渗井点管埋设采用套管冲枪成孔埋设, 阳极埋设应垂直, 严禁与相邻阴极相碰, 阳极入土深度应比井点管深 500mm, 外露地面以上约 200~400mm。阴阳极间距一般为 800~1500mm, 当采用轻型井点时为 800~1000mm, 当采用喷射井点时为 1200~1500mm, 并成平行交错排列, 阴阳极数量应相等, 必要时阳极数量可多于阴极。

为防止电流从土表面通过, 通电前应将阴阳极间地面上的金属和其他导电物体处理干净, 有条件时涂一层沥青绝缘, 另外, 在不需要通电流的范围内(如渗透系数较大的土层)的阳极表面涂两层沥青绝缘, 以减少电耗。

##### (2) 电渗井点系统运行

在电渗降水时, 应采用间隙通电, 即通电 24h 后停电 2—3h, 再通电, 以节约电能和防止土体电阻加大。

##### (3) 电渗井点拆除

在基坑土方回填不需要降水后, 再拆除电渗井点降水, 在拆除前, 应先关闭电源, 拆除直流发电机或直流电焊机, 然后再按轻型井点管或喷射井点管的拆除方法, 拆除电渗井点。

##### (4) 质量控制要点

- 1) 用金属材料制成的阳极应考虑电蚀量。
- 2) 阴阳极的数量应相等, 阳极数量可多于阴极数量, 阳极的深度应较阴极深约 500mm, 以露出地面 200~400mm 为宜。
- 3) 阳极埋设应垂直, 严禁与阴极相碰, 阳极表面可涂绝缘沥青或涂料。
- 4) 工作电流不宜大于 60V, 土中通电时的电流密度宜为  $0.5 \sim 1.0 \text{ A} / \text{m}^2$ 。
- 5) 降水期间隙通电时间, 一般为工作通电 24h 后, 应停电 2~3h, 再通电作业。
- 6) 降水过程中, 应定时观测电压、电流密度、耗电量和地下水位。

#### 6. 基坑降水回灌

##### (1) 回灌井点埋设

1) 回灌井点应埋设在降水区和邻近受影响的建(构)筑物之间的土层中, 其埋设方法与降水井点相同。

2) 回灌井点滤管部位应从地下水位以上 500mm 处开始直到井管底部, 也可采用与降水井点管相同的构造, 但必须保证成孔与灌砂的质量。

3) 回灌井点与降水井点之间应保持一定距离, 其埋设深度应根据滤水层的深度来决定, 以确保基坑施工安全和回灌效果。

4) 在降灌水区附近应设置一定数量的沉降观测点和水位观测井。

##### (2) 回灌井点使用

- 1) 回灌水宜采用清水, 其水量应根据地下水位变化及时调节保持抽降平衡。
- 2) 在降灌过程中, 应根据所设置的沉降观测点和水位观测井进行沉降和水位观测, 并作好记录。

##### (3) 回灌井点拆除

当降水井点拆除后，方可进行回灌井点拆除，其拆除方法与其他降水井点相同。

### 3.6.7 质量标准

降水施工的质量检验标准应符合表 3.6.7 的规定。

降水施工质量 检验标准 表 3.6.7

| 序 | 检 查 项 目                    | 允许偏差或允许值 |           | 检 查 方 法        |
|---|----------------------------|----------|-----------|----------------|
|   |                            | 单 位      | 数 值       |                |
| 1 | 排水沟坡度                      | ‰        | 1 ~ 2     | 目测：坑内不积水，沟排水畅通 |
| 2 | 井管（点）垂直度                   | %        | 1         | 插管时目测          |
| 3 | 井管（点）间距<br>（与设计相比）         | %        | 150       | 用 钢 尺 量        |
| 4 | 井管（点）插入深度<br>（与设计相比）       | mm       | 200       | 水 准 仪          |
| 5 | 过滤砂砾料填灌<br>（与计算值相比）        | mm       | 5         | 检查回填料用量        |
| 6 | 井点真空度：<br>轻型井点<br>喷射井点     | kPa      | > 60      | 真 空 度 表        |
|   |                            | kPa      | > 93      | 真 空 度 表        |
| 7 | 电渗井点阴阳极距离：<br>轻型井点<br>喷射井点 | mm       | 80 ~ 100  | 用 钢 尺 量        |
|   |                            | mm       | 120 ~ 150 | 用 钢 尺 量        |

### 3.6.8 成品保护

1. 井点管口应有保护措施，防止杂物掉入井管内。
2. 为防止滤网损坏，在井管放入前，应认真检查，以保证滤网完好。

### 3.6.9 安全环保措施

1. 施工场地内一切电源、电路的安装和拆除，应由持证电工专管，电器必须严格接地接零和设置漏电保护器，现场电线、电缆必须按规定架空，严禁拖地和乱拉、乱搭。
2. 所有机器操作人员必须持证上岗。
3. 施工场地必须做到场地平整、无积水，挖好排浆沟。
4. 排出的地下水应经沉淀处理后方可排放到市政地下管道或河道。
5. 施工机械、电气设备、仪器仪表等在确认完好后方准使用，并由专人负责使用。

### 3.6.10 质量记录

在降水过程中，应定人、定时做好表 3.6.10 所示的降水记录。



降水记录

表 3.6.10

| 降排水方法 | 轻型<br>井点降水                          | 喷射<br>井点降水                  | 管井<br>井点降水   | 深井<br>井点降水   | 电渗<br>井点降水                     | 回灌<br>井点 |
|-------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------------------------|----------|
| 记录内容  | 排水流量<br>真空度<br>地下水位                 | 水流量<br>真空度<br>工作水压力<br>地下水位 | 排水流量<br>地下水位 | 排水流量<br>地下水位 | 电压、电流<br>密度、耗电量<br>排水量<br>地下水位 | 地下水位     |
|       | 注：当降水基坑周围有受影响的建（构）筑物时，应对其进行位移监测和记录。 |                             |              |              |                                |          |