

# 桥梁桩基础旋挖成桩施工技术要点

王 克

(华邦建投集团股份有限公司, 广西 南宁 530000)

**摘 要** 桩基础广泛应用于各类桥梁工程中, 目前主流的桩基础成桩方式为钻孔灌注桩。钻孔灌注桩有正循环钻孔、反循环钻孔、冲击钻成孔、旋挖成孔等多种方法, 其适用范围各不相同, 在地质条件允许的情况下, 采用旋挖成孔速度最快。本文以某特大桥为例, 从旋挖钻施工准备、钻孔及清孔、导管安装、灌注水下混凝土等多方面介绍了旋挖成桩施工技术要点, 同时对施工过程中的常见问题进行了分析, 以期对相关工程实践提供有益参考。

**关键词** 旋挖成孔; 水下混凝土; 泥浆护壁; 钻孔灌注桩

中图分类号: U445

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0031-03

传统的桥梁桩基础成孔工艺是冲击成孔, 但是由于该工艺主要是利用冲击锤反复冲击孔底来成孔, 所以存在着施工进度慢, 噪声大, 振动大等缺点。为加快施工进度, 降低施工噪声, 减小施工期间的振动, 目前形成了一整套旋挖成孔工艺, 该工艺完美解决了冲击成孔工艺带来的不利影响, 施工速度快, 成孔质量高, 施工噪声和振动也大幅减小。工程实践证明, 旋挖成孔具有广泛的应用前景, 具有显著的社会和经济效益。

## 1 项目背景

某特大桥全长 1 029.85 m, 桥台采用矩形空心桥台, 下部结构为柱式桥墩 + 桩基础。本桥桩基采用摩擦桩基础, 采用旋挖成孔施工, 钢筋笼统一在钢筋场用滚焊机加工, 桩身混凝土等级为 C30, 灌注时采用水下灌注。桩基检测采用低应变检测加超声波检测。

## 2 旋挖成孔施工技术

### 2.1 施工工艺流程

和冲击成孔施工工艺类似, 旋挖成孔也有埋设护筒、制备泥浆、清孔、安装钢筋笼、灌注水下混凝土等工序, 区别在于成孔过程不同。其施工工艺流程图如图 1 所示。

### 2.2 施工准备

1. 桩位放样。采用全站仪对桩位进行精准放样, 并在桩位四周埋设 4 根护桩, 护桩可用混凝土将其固定<sup>[1]</sup>。再在 4 根护桩之间拉两条线, 以确保可以随时检测钻孔施工过程中桩位偏移情况。

2. 埋设护筒。旋挖钻进前, 应埋设钢护筒, 其壁厚应不小于 10 mm, 内径比桩径大约 200 mm, 长度一

般情况下应不少于 4 m。护筒埋设以机械开挖为主, 辅以人工进行精准埋设。护筒外壁与原状土之间可采用黏土将其填满并夯实, 防止地表和地下水渗入。护筒埋设完成后应再次检查其中心线与桩位的偏位情况, 同时护筒顶面应高出地表至少 300 mm<sup>[2]</sup>。

3. 泥浆配置。泥浆的配合比应经试验确定, 一般以黏土为主, 在黏土缺乏时, 可往泥浆里适当掺入膨润土, 泥浆制备完成后, 应对其进行检测, 主要的检测项目有泥浆比重、黏度、含砂率、pH 值、胶体率等, 各项指标应满足要求<sup>[3]</sup>。

### 2.3 钻孔及清孔

1. 钻孔。与传统冲击钻相比, 旋挖钻钻进具有施工速度快的优点, 但不适合用于坚硬岩石的地层。其输出扭矩一般为 120 ~ 400 kN·m, 最大成孔孔径可达到 4 m, 孔深能达到 90 m, 可满足各类钻孔灌注桩的钻进需求<sup>[4]</sup>。工作时, 将旋挖钻钻头对准桩中心线, 利用钻杆以及钻头切削土体时桩内土体进入钻头内, 提升钻头将钻渣弃至场内, 晾干后外运。多次重复上述操作后即可达到成孔的目的。钻孔完成后, 应及时对成孔质量进行检查, 主要的检查项目有孔径、孔深、中心线偏位、孔倾斜度以及沉渣厚度<sup>[5]</sup>。

2. 清孔。旋挖成孔后应及时进行清孔, 可采用换浆法进行。持续将比重较低的泥浆送入孔底, 使孔内悬浮的钻渣和比重较大的泥浆置换出来, 应视实际情况确定清孔时间, 应以孔内泥浆用手触摸无超过 3 mm 颗粒为准, 此时再次对泥浆各项指标进行检测, 当泥浆满足下列各项指标且沉渣厚度不超过规定范围后可停止清孔: (1) 比重达到 1.03 ~ 1.1; (2) 黏度达到 17 ~ 20 Pa·s; (3) 含砂率不超过 2%; (4) 胶体率超过 98%;

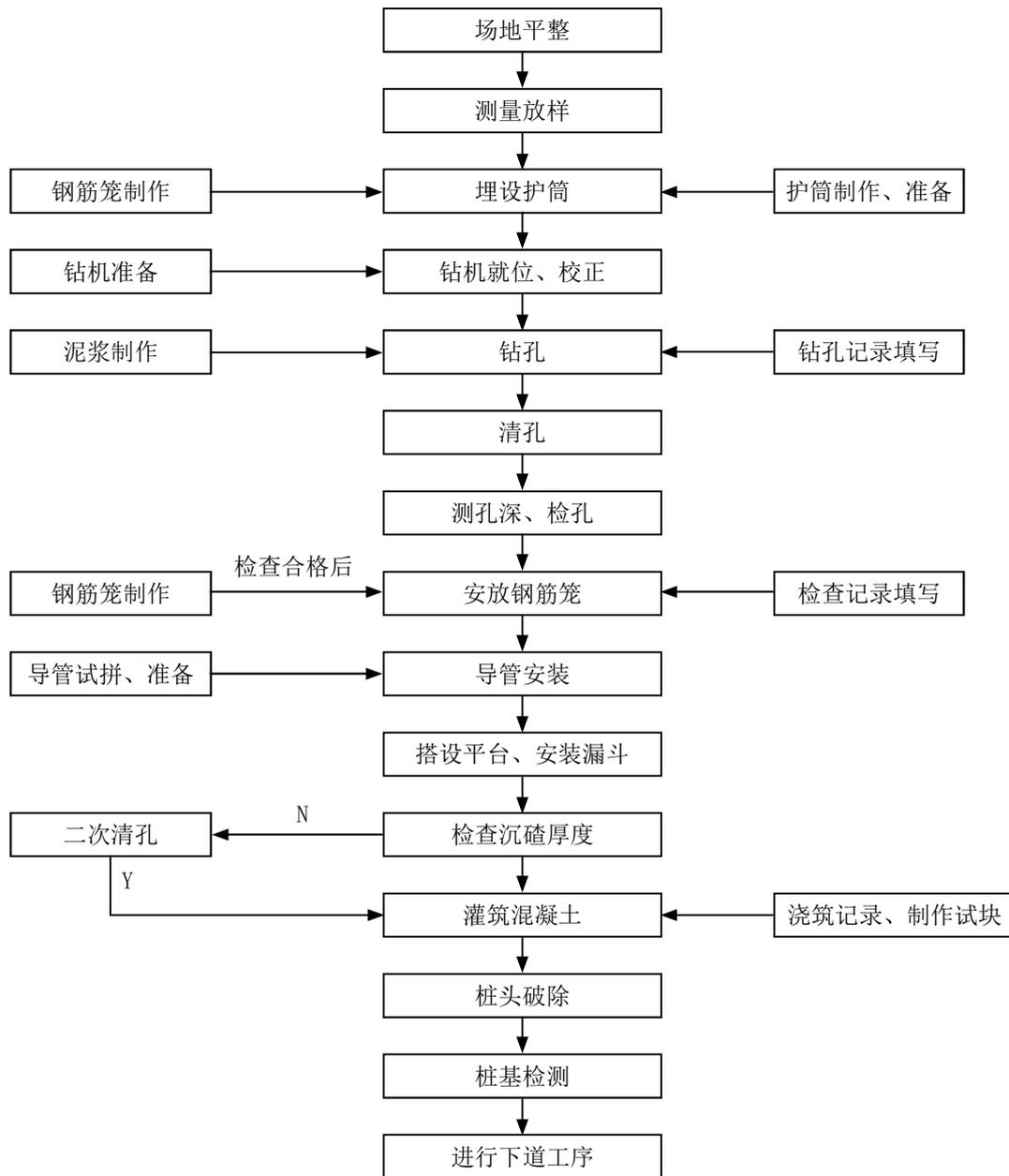


图1 桩基旋挖成孔施工工艺流程图

### 2.4 导管安装

导管安装前，应对导管进行检查。主要进行水密承压和接头抗拉试验，经检测合格后方可进行安装。在进行水密承压试验时，先将导管两端进行封闭，然后安装进水孔，向导管内注水，直至另一端出水且导管内冲水率达到70%以上时即可停止注水。封闭一端注水口，另一端与空压机连接，再加压至420 kPa，稳压15 min，然后翻转导管，再次加压并稳压15 min后其渗水量满足规定时即可。导管在灌注水下混凝土时

在孔内承受的最大压力可按下式计算：

$$P=r_1h_1-r_2H \quad (1)$$

式(1)中， $r_1$ 代表混凝土重度(kN/m<sup>3</sup>)； $h_1$ 代表导管内混凝土液面的高度(m)； $r_2$ 代表泥浆重度(kN/m<sup>3</sup>)； $H$ 代表泥浆深度(m)。

导管单节长度一般应为2 m，节与节之间采用法兰盘连接，安装完成后，导管底部与孔底之间的距离应不小于600 mm，在水下混凝土灌注过程中，导管埋深应控制在2~6 m。因此，在灌注水下混凝土时，应通

过计算严格把握拆除导管的时机。

## 2.5 灌注水下混凝土

1. 首批水下混凝土灌注。在灌注首批混凝土时, 应具有足够的数量, 确保混凝土能将导管埋住至少 1 m, 但不超过 3 m, 同时混凝土还应具有足够的能量使其将孔底沉渣冲散, 是水下混凝土灌注中非常重要的环节, 因此, 因严格计算首批混凝土的灌注量, 可按下式计算:

$$V = \frac{\pi D^2 (H_1 + H_2)}{4} + \frac{\pi d^2 h}{4} \quad (2)$$

式(2)中,  $V$ 代表首批混凝土灌注量( $\text{m}^3$ );  $D$ 代表孔径( $\text{m}$ );  $H_1$ 代表孔底与导管底部的间距( $\text{m}$ );  $H_2$ 代表导管埋置深度( $\text{m}$ );  $d$ 代表导管的内径( $\text{m}$ );  $h$ 代表导管埋置深度达到 $H_2$ 时导管内混凝土柱的高度( $\text{m}$ ), 可按式(3)计算。

$$h = \frac{r_2 H}{r_1} \quad (3)$$

式(3)中各符号的含义同式(1)及式(2)。

2. 后续水下混凝土灌注。混凝土的坍落度应控制在 18 ~ 22 mm, 以确保混凝土具有足够的流动性能。在灌注水下混凝土时, 应随时监测孔内混凝土面的上升高度, 及时进行导管拆除工作, 以确保导管的埋深控制在 2 ~ 6 m 范围内。在提升导管时, 应确保竖直提升, 拆除导管时, 应尽快拆除, 一般不超过 5 min。当混凝土面接近钢筋笼底部时, 应适当减慢混凝土灌注速度, 防止钢筋笼发生上浮, 待确保钢筋笼不会发生上浮时, 再重新恢复灌注速度。混凝土应连续灌注, 如因故发生中断时, 中断时间不应超过混凝土初凝时间, 否则应重新灌注。由于首批混凝土与泥浆直接接触, 可能导致桩头位置强度不满足要求, 因此, 灌注至桩顶时, 应超灌 0.5 ~ 1 m, 后期再将该部位凿除。

## 3 常见问题及处理

### 3.1 导管拔出混凝土面

导管拆除时, 错误的计算拆除导管的长度, 将会导致导管漏浆, 此时泥浆进入混凝土内部, 将会造成断桩事故。此时应迅速将导管插入已灌注的混凝土中, 然后再利用小型水泵将导管内部的泥浆抽出, 继续灌注混凝土; 或者迅速拔出导管, 重新设置隔水球再将导管下放至混凝土面一定深度, 重新灌注混凝土。因此, 在灌注水下混凝土时, 应严格根据测得的混凝土面高度、导管节长来计算应拆除导管的长度, 使导管埋置深度始终保持在正常范围内。

### 3.2 钢筋笼上浮

在钢筋笼顶部将钢筋笼与钢护筒进行连接, 能起

到阻止钢筋笼上浮的作用。具体做法如下: 在钢筋笼主筋焊接两条直径为 48 mm 的钢管, 护筒顶部安装两道 I16 工字钢, 将钢管与工字钢进行焊接连接即可。在灌注水下混凝土时, 混凝土面接近钢筋笼底部时, 减慢混凝土的浇筑速度, 当混凝土面上升至钢筋笼底部 1 m 以上后, 可用正常速度进行灌注。安装导管和钢筋笼时, 均须保持垂直, 防止在拆除导管时将钢筋笼带出。

### 3.3 孔内存在溶洞

在岩溶发育区进行桩基础施工, 经常会遇到溶洞。桩基础施工前, 应认真查看地质柱状图, 在旋挖至溶洞部位前, 应提前准备好片石、黏土等材料, 以便遇到溶洞后能及时进行回填。遇到一般的溶洞, 可采用回填片石和黏土, 再反复旋挖成孔, 直至孔内不发生漏浆即可。对于较大的溶洞, 常用的处理方法有钢护筒跟进、贫混凝土回填、注浆加固等措施。对于溶洞的处理, 其核心就是采用回填材料或其他手段来填充溶洞, 最终以不漏浆为溶洞处理好的标志。在遇到溶洞时, 钻进施工速度应适当减慢。

## 4 结束语

在进行桥梁桩基础施工时, 首先应对桥址区的地质情况进行复核, 根据地质情况确定其成孔方法, 不同的成孔方法施工速度不同, 目前成孔速度最快的方法是旋挖成孔, 但该方法不适用于较坚硬的岩石层。在成孔过程中应注意对溶洞的处理。成孔后, 还应对孔内进行清孔, 清孔后应检查其质量, 主要应控制泥浆性能指标和沉渣厚度。安装钢筋笼后还应进行二次清孔, 完成后方可进行水下混凝土灌注工作。在进行灌注水下混凝土时, 应严格按照设计及规范要求进行, 确保桩基础施工质量。

## 参考文献:

- [1] 张小波, 马生伟, 李言. 桥梁工程旋挖钻施工工艺研究[J]. 工程技术研究, 2024, 09(03): 65-67.
- [2] 高希恩. 桥梁钻孔桩旋挖钻成孔施工工艺分析[J]. 运输经理世界, 2024(02): 83-85.
- [3] 徐梅州, 刘红胜. 汕湛高速公路西江特大桥桩基成孔施工技术[J]. 建材世界, 2023, 44(06): 111-114.
- [4] 赵洁盛, 朱倩, 代峻儒, 等. 环境保护区旋挖钻成孔二次清孔桩基施工技术研究[J]. 四川建材, 2023, 49(11): 88-90.
- [5] 尚庆果, 何明辉, 王青云. 广佛肇高速公路北江大桥施工关键技术[J]. 世界桥梁, 2023, 51(05): 34-40.