

# Discussion on the Construction Technology of Drilled Pile in Bridge Engineering

Yubin Li

China Water Resources and Hydropower Seventh Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu Sichuan, 610213, China

## Abstract

As one of the primary forms of bridge foundation, bored piles are widely used due to their high load-bearing capacity, strong adaptability, and minimal environmental impact. This paper systematically elaborates on the full-process construction technology and technical key points of bridge bored piles from construction preparation, surveying and layout, casing installation, slurry wall formation, steel cage fabrication and installation to underwater concrete pouring, based on the engineering practice of the Jianxin Bridge in the Chaisang River and Quanlong River Phase II Construction Project<sup>[1]</sup>. The article focuses on analyzing the hole-forming technology of rotary drilling rigs in complex strata, pile foundation verticality and sediment control at the hole bottom, installation and connection of large-diameter steel cages, as well as quality control methods for continuous underwater concrete pouring. Simultaneously, it analyzes the causes of common construction defects such as hole collapse, deviation, and floating cages, and proposes specific preventive and remedial measures. Through strict construction organization design and full-process quality control, the pile quality of 56 bored piles with a diameter of 1.6m was ensured. This paper aims to provide systematic technical references and practical experience for bridge pile foundation engineering under similar geological conditions<sup>[2]</sup>.

## Keywords

bridge engineering; bored pile; rotary drilling rig; underwater concrete pouring; quality control; accident prevention and control

## 浅谈桥梁工程钻孔灌注桩成桩施工技术探讨

李域斌

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川成都 610213

## 摘 要

钻孔灌注桩作为桥梁基础的主要形式之一, 因其承载能力高、适应性强、对周边环境影响小等优点而被广泛应用。本文结合柴桑河、泉龙河二期建设工程建新大桥的工程实践, 系统阐述了桥梁钻孔灌注桩从施工准备、测量放样、护筒埋设、泥浆护壁成孔、钢筋笼制作安装到水下混凝土灌注的全流程施工工艺与技术要点<sup>[1]</sup>。文章重点分析了旋挖钻机在复杂地层中的成孔技术、桩基垂直度与孔底沉渣控制、大直径钢筋笼的安装与连接、以及水下混凝土连续灌注的质量控制方法。同时, 对施工中常见的坍孔、偏孔、浮笼等质量通病的成因进行了剖析, 并提出了具体的预防与处理措施。通过严格的施工组织设计与全过程质量控制, 确保了56根直径1.6m钻孔灌注桩的成桩质量。本文旨在为类似地质条件下的桥梁桩基工程施工提供系统的技术参考与实践经验<sup>[2]</sup>。

## 关键词

桥梁工程; 钻孔灌注桩; 旋挖钻机; 水下混凝土灌注; 质量控制; 事故防治

## 1 引言

中国交通基建快速发展, 桥梁工程对桩基础要求日益提高。钻孔灌注桩因其荷载传递有效、土体扰动小, 成为复杂地质条件下的首选形式, 并朝着大直径、深孔、高性能方向发展, 对施工精度与质量提出了更高要求。

该技术属隐蔽工程, 质量受地质、设备、工艺及管理等多因素影响, 易出现孔径不足、孔壁坍塌、钢筋笼上浮等缺陷, 直接影响桩基承载力和耐久性。

【作者简介】李域斌(1990-)男, 中国四川眉山人, 本科, 工程师, 从事水利水电及市政工程施工技术与研究。

本文以四川柴桑河、泉龙河二期建新大桥桩基工程为例, 系统分析钻孔灌注桩施工技术, 总结特定地质水文条件下的技术对策、关键工序质量控制与常见问题解决方案, 以期为类似工程提供借鉴。

## 2 工程概述

建新大桥为柴桑河、泉龙河二期建设工程的关键节点工程, 桥梁全长 98m, 桥宽 40m, 采用 (24.5+39+24.5)m 变截面预应力混凝土连续箱梁结构, 双幅设置。桥梁基础采用钻孔灌注桩, 共计 56 根, 桩径均为 1.6m。其中, 桩长 12m 的共 24 根, 桩长 15m 的共 32 根。桥墩采用直径 1.6m 的圆柱, 横桥向三柱式布置, 柱下设承台与桩基相连。

地层岩性：桥址区位于成都平原拗陷区，场地稳定性较好。地层自上而下主要为：(1) 第四系全新统素填土（Q4ml），松散，厚度不均；(2) 第四系中更新统可塑状粉质粘土（Q2al）及稍密~中密含粘性土卵石层；(3) 下伏基岩为白垩系灌口组（K2g）砂质泥岩，按风化程度分为强风化与中风化两层。强风化层岩芯破碎，遇水易软化；中风化层岩芯较完整，是良好的桩端持力层。

不良地质：表层素填土结构松散，自稳性差；卵石层可能发生渗漏；强风化泥岩遇水易崩解软化，需防止长时间浸泡。

水文情况：场地地下水主要为上层滞水和基岩裂隙水，水量总体较小。但桥梁部分墩位位于柴桑河河床内，受季节性河水影响显著，施工需考虑汛期影响，并采取了修筑围堰、埋设导流涵管等措施创造干地施工条件。

### 3 钻孔灌注桩关键施工技术

本工程桩基施工采用“泥浆护壁、旋挖钻机成孔为主、冲击钻备用、水下导管灌注混凝土”的工艺路线。核心施工流程包括：施工准备→测量放样与护筒埋设→泥浆制备与循环→旋挖钻机成孔→成孔检测与清孔→钢筋笼制作与安装→导管安装与二次清孔→水下混凝土灌注→桩头处理与检测<sup>[3]</sup>。详见下图：

#### 3.1 施工准备与场地规划

施工前的周密准备是保障工程顺利进行的基石。本工程重点开展了以下工作：

技术准备：组织图纸会审，编制专项施工方案，对全体管理人员及作业人员进行详细的安全技术交底，明确质量标准与操作规程。

现场准备：完成施工便道的修筑与硬化，保证设备材料运输畅通；合理规划泥浆循环系统（包括造浆池、沉淀池、循环槽），确保泥浆性能稳定且符合环保要求；架设临时用电线路，配备应急发电机；完成河道导流与围堰施工，为河床内桩基提供作业面。

物资与设备准备：提前备足合格的水泥、砂石料、钢筋、膨润土等原材料；进场并调试好旋挖钻机、吊车、混凝土输送泵、导管等主要设备。

#### 3.2 精确测量与护筒埋设

测量控制：建立高精度施工控制网，采用全站仪极坐标法精确放样各桩位中心点，并设置牢固的十字形护桩进行校核。桩位中心放样误差严格控制在  $\pm 5\text{mm}$  以内。

护筒埋设：采用钢护筒，内径大于设计桩径 400mm（即 2.0m）。护筒埋设是防止孔口坍塌、保证孔位正确、维持孔内水头压力的关键。岸上护筒埋深穿透松散填土层，进入稳定土层不少于 1.0m；河床内护筒埋深考虑冲刷影响。护筒中心与桩位中心偏差  $\leq 20\text{mm}$ ，垂直度偏差  $< 1\%$ 。护筒周围用粘土分层回填夯实。

#### 3.3 泥浆护壁系统

针对地层中存在粉质粘土、卵石及强风化泥岩的特点，

采用优质膨润土制备泥浆。

泥浆性能指标控制：根据地层情况动态调整。一般地层泥浆比重控制在 1.10~1.25，粘度 18~22s；穿越易坍孔地层时，适当提高比重至 1.25~1.30，粘度至 22~28s。含砂率要求  $< 4\%$ ，pH 值  $> 6.5$ ，胶体率  $> 95\%$ 。

泥浆循环与管理：采用正循环系统，及时补充新浆，通过沉淀池有效除砂，确保循环泥浆性能。废弃泥浆经处理后外运，防止环境污染。

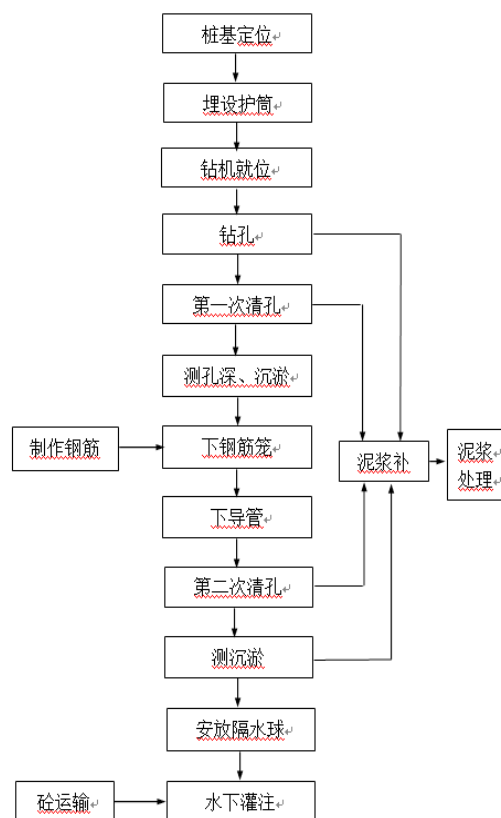


图 1 桩基施工工艺流程图

#### 3.4 旋挖钻机成孔工艺与控制

钻机就位与开孔：钻机就位后调整水平、对中，确保钻头中心与护筒中心重合。<sup>[4]</sup> 开孔时采用低速慢进，导正钻杆，保证垂直度。

### 4 钻进过程控制

分层钻进策略：在松散填土和卵石层中，控制进尺速度，防止塌孔和卡钻；在粘土层中，适当调整转速和钻压，防止泥包钻头；进入强风化和中风化泥岩后，采用高钻压、低转速破碎岩层。

垂直度控制：每钻进 3-5m 或更换钻头前，采用专用的“检孔器”（直径等于设计桩径，长度 4-6 倍桩径）进行孔壁垂直度检测，发现偏斜及时纠正。

孔深与孔径控制：根据钻杆长度和钻头高度记录孔深，确保达到设计持力层深度。定期检查钻头直径，磨损超限（ $> 15\text{mm}$ ）及时修复或更换，保证孔径。

## 5 终孔与清孔

终孔确认：当钻至设计标高并进入中风化泥岩持力层满足设计要求后，经监理工程师确认终孔。

一次清孔：终孔后立即进行第一次清孔，采用换浆法，将钻具提离孔底 20-30cm，持续泵入优质泥浆，置换孔内含渣泥浆，直至返浆指标接近入孔泥浆指标，孔底沉渣厚度初步控制。

二次清孔：钢筋笼和导管安装完毕后，在灌注混凝土前进行二次清孔。利用导管作为吸浆管，采用气举反循环或泵吸反循环方式，彻底清除孔底沉淀。清孔后沉渣厚度必须满足规范要求（摩擦桩  $\leq 20\text{cm}$ ，端承桩  $\leq 5\text{cm}$ ），泥浆指标符合灌注要求。

## 6 钢筋笼制作与安装

标准化制作：在加工场内采用胎模化制作，确保主筋间距、箍筋间距、钢筋笼直径和长度符合设计。主筋连接采用滚轧直螺纹套筒连接，连接质量可靠、效率高。加强箍筋与主筋点焊牢固，保护层垫块（耳筋）按竖向每 2m 一圈对称布置 4 个。

安全吊装与精确安装：采用双机或多点抬吊法，防止钢筋笼变形。吊装对准孔位后徐徐下放，避免碰撞孔壁。分节制作的钢筋笼，在孔口采用套筒进行连接，连接时保证主筋对正、连接牢固。钢筋笼安装到位后，通过焊接在护筒上的型钢将笼顶吊环固定，防止灌注混凝土时上浮或下沉。

### 6.1 水下混凝土灌注

水下混凝土灌注是决定成桩质量的最后一道，也是最关键的工序。

导管与漏斗：采用丝扣连接式钢导管，使用前进行水密承压试验。导管底口距孔底 30-50cm。漏斗容量经过计算，确保首盘混凝土浇筑后导管埋深不小于 1.0m。

混凝土性能要求：采用商品混凝土，设计强度等级提高一个等级配制。要求具有良好的和易性、流动性和缓凝性。坍落度控制在 180-220mm，初凝时间不小于 8 小时。

### 6.2 灌注过程控制：

首封混凝土：计算并备足首封方量，一次性连续浇筑，确保导管初始埋深。

连续灌注：灌注过程连续进行，随时测量孔内混凝土面高度，计算导管埋深，严格控制导管埋深在 2-6m 范围内。严禁将导管拔出混凝土面。

拆卸导管：根据混凝土灌注量及测量数据，适时拆卸导管，但每次拆卸后导管埋深不得小于 2.0m。

桩顶标高控制：为保证桩头混凝土强度，灌注标高应高出设计桩顶标高 0.8-1.0m，超灌部分在后续承台施工前凿除。

## 7 施工质量通病防治

结合本工程实践，对钻孔灌注桩常见质量问题的预防与处理进行了总结：

坍孔：预防：保持孔内水头稳定，使用优质泥浆，控制钻进速度。处理：轻微坍孔可加大泥浆比重和粘度；严重坍孔则回填粘土至坍孔处以上 1-2m，待稳定后重新钻进。

钻孔偏斜：预防：确保钻机安装平稳，钻杆垂直，在软硬不均地层低速钻进。处理：使用扫孔钻头反复扫孔纠偏；偏斜严重时回填重钻。

钢筋笼上浮（浮笼）：预防：将钢筋笼顶部与护筒牢固焊接固定；混凝土面接近钢筋笼底时，放缓灌注速度；控制导管埋深不过大。处理：发现上浮立即停止灌注，通过计算调整导管埋深，或适当下压钢筋笼后恢复灌注。

桩身夹泥或断桩：预防：保证清孔彻底，混凝土连续灌注，严格控制导管埋深，防止导管提空。处理：根据缺陷位置和程度，采用压浆补强或补桩处理。

## 8 桩基检测与成果

本工程 56 根钻孔灌注桩施工完成后，全部委托第三方检测单位采用超声波透射法进行桩身完整性检测。检测前对声测管进行了通水检查，确保畅通。检测结果表明，所有桩均为 I 类桩（桩身完整），桩身混凝土连续、均匀，满足设计要求。这充分证明了本工程所采用的施工技术方案、质量控制措施是有效和可靠的。

## 9 结语

钻孔灌注桩施工是一项技术复杂、环节众多的系统工程。在建新大桥桩基工程的成功实践中，我们认识到：

精细化的前期策划与地质勘察是制定正确施工方案的前提。

全过程、动态化的质量控制是保障成桩质量的核心，尤其要抓好测量定位、泥浆护壁、成孔垂直度与沉渣控制、钢筋笼连接与定位、水下混凝土灌注等关键环节。

针对性的技术措施与应急预案是应对复杂地层和突发状况的保障。

先进的设备（如旋挖钻机）与成熟的工艺（如直螺纹套筒连接）是提高施工效率和质量稳定性的重要手段。

综上所述，通过严格遵循规范、科学组织施工、强化过程控制，钻孔灌注桩技术能够在类似地质水文条件下，高效、优质地完成桥梁基础施工任务，为上部结构提供安全可靠的支撑。

### 参考文献

- [1] 林萍萍. 建筑工程中大直径旋挖成孔灌注桩施工管理[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(09): 178-180
- [2] 殷万林. 复杂地质条件下钻孔灌注桩施工技术研究--以安徽皖维高新材料股份有限公司项目为例[J]. 房地产世界, 2024, 24(12): 146-148
- [3] 张天愈. 桥梁工程基础钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2024, 24(26): 104-106
- [4] 奎建刚, 武志熙, 尚新昌. 兰州市大厚度湿陷性黄土地区超长灌注桩桩基特性研究[J]. 江西建材, 2025, 25(06): 272-274