

公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制要点

卢亚东

新疆兵建城建集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：公路桥梁钻孔灌注桩常处于地下水位高、覆盖层变化大和成孔不可见的条件下，地层剖面、施工平台、泥浆循环和混凝土供应都会改变成桩风险。本文分析公路桥梁钻孔桩施工条件对孔壁稳定的影响，梳理材料设备查验、泥浆护壁成孔、钢筋笼定位、水下灌注和成品验收的控制要点，提出泥浆性能、成孔尺寸和灌注量的量化管控方法。施工质量控制应把现场工况、过程记录和检测判定放在同一成桩链条中，减少塌孔、缩径、沉渣超限、断桩和夹泥等隐蔽缺陷。

【关键词】：公路桥梁；钻孔灌注桩；施工质量；泥浆护壁；水下灌注

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.060

引言

钻孔灌注桩适应跨河、软弱覆盖层和场地受限的公路桥梁基础施工，但成孔、清孔、下笼和水下灌注均在孔内完成，质量缺陷常在承台施工后才暴露。孔壁泥皮破坏会诱发塌孔，沉渣未清会削弱桩端承载，导管埋深波动会形成夹泥或断桩。施工控制应把设备能力、泥浆性能、孔形偏差、钢筋笼垂直度和灌注连续性合并管理，使控制动作对应可观察的过程信号和成桩结果。

1 公路桥梁钻孔桩施工条件概述

公路桥梁桩基常布置在河漫滩、冲洪积层、软塑黏土、砂卵石层或强风化岩层中，地下水补给、孤石分布和施工平台刚度会改变钻进阻力和孔壁受力。孔径变化、孔底沉渣和泥浆含砂量不能从桩顶外观直接判断，成孔偏差会在下笼和灌注阶段继续放大^[1]。施工准备阶段应核对地层剖面、桩径桩长、护筒埋设条件、泥浆循环场地和混凝土供应半径，水上平台还要检查导向架稳定性和钻机回转中心。质量控制对象不是单个工序完成时间，而是孔壁稳定、孔底洁净、钢筋骨架居中和混凝土连续置换之间的匹配关系。

2 钻孔灌注桩成桩质量控制

2.1 施工材料设备进场质量查验要求

钻机、泥浆泵、导管、钢筋加工设备和混凝土运输设备进场后，应核对其能力是否覆盖设计桩径、桩长和地层阻力。回转钻机或旋挖钻机动力不足时，遇到密实砂卵石层容易出现钻速骤降和孔底扰动，泥浆泵流量不足会使携渣能力下降，导管接头密封不严会在水下灌注时吸入泥浆^[2]。钢筋原材、声测管、垫块和焊材应按批次查验规格、力学性能和连接质量，声测管接头要在下笼前做通水检查。混凝土供应端需确认坍落度保持能力、运输间隔和备用罐车，长桩或水上施工不宜依赖单一路线运输。

2.2 泥浆护壁成孔过程质量管控重点

泥浆护壁成孔的控制点集中在护筒稳定、泥浆液面、钻进速度和携渣回流四个环节。护筒底口应进入稳定土层，筒外回填要密实，孔口泥浆液面保持高于地下水位；钻进遇到粉细砂、卵石夹层或软硬互层时，应降低进尺速度并观察返浆颜色、渣样粒径和液面波动^[3]。孔壁泥皮过薄会削弱支护效果，过厚又会增加缩径风险，泥浆比重、黏度和含砂量要同地层变化联动调整。成孔结束后清孔不能只看循环时间，沉渣厚度、泥浆含砂量和孔底扰动状态共同决定下笼前的孔底洁净程度。泥浆护壁成孔关系见图1。

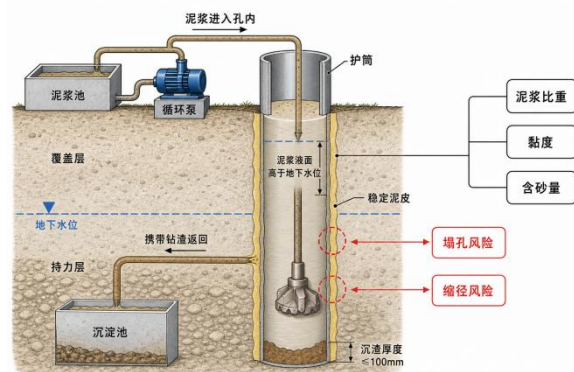


图1 泥浆护壁成孔质量控制关系

图1中，泥浆池、循环泵和沉淀池形成携渣回流通道，孔内泥浆液面高于地下水位并沿孔壁形成稳定泥皮，右侧泥浆比重、黏度和含砂量对应护壁能力、携渣能力和清孔洁净程度；红色塌孔风险、缩径风险箭头指向孔壁薄弱位置，说明泥浆性能失衡会改变孔形和沉渣控制结果。

2.3 钢筋笼定位安装质量校验要求

钢筋笼制作质量直接影响桩身受力连续性和保护层厚度，主筋间距、箍筋间距、加劲箍圆度和焊缝外观应在加工场完成首件校验。长笼分节吊装时，接头位置要避开同一截面集中连

接,吊点布置应限制笼体弯折,孔口对接后再检查声测管顺直和密封。下放中若钢筋笼刮壁、悬停或突然下沉,不能强行压入,应复测孔径、孔斜和孔底沉渣。保护层垫块按桩径和笼长分段设置,水流扰动较大的桥位还要控制笼顶固定和防浮措施。

2.4 水下混凝土连续灌注检测要求

水下混凝土灌注的质量取决于初灌封底、导管埋深、混凝土和易性和灌注不中断。导管下放前应检查内壁清洁、接头密封和长度组合,孔底距离过大时首批混凝土难以封底,距离过小时可能堵塞导管口。首灌完成后,导管埋深应随混凝土面上升及时复算,拔管过快会使泥浆卷入混凝土,埋深过大则增加提升阻力并诱发堵管。每车混凝土到场后检查坍落度、离析和初凝风险,灌注记录连续登记到场时间、灌入方量、导管长度和混凝土面高度。

2.5 桩身完整性成品验收判定

成桩验收应把施工记录、低应变或声波透射检测、桩顶外观和承台开挖情况合并判断。低应变反射异常可能来自缩径、夹泥、离析或桩顶处理不充分,声波透射波速和波幅异常更能指向桩身局部缺陷区段,检测结果不能脱离成孔和灌注记录解释。桩顶凿除后若出现浮浆厚、骨料离析或钢筋笼偏位,应追溯灌注高度和导管埋深变化。验收判定还要关注桩位偏差、桩顶标高和承台钢筋锚固条件,缺陷处理应区分桩顶修整、局部补强和严重断桩处置。

3 钻孔灌注桩施工指标量化管控

3.1 泥浆护壁性能指标量化管控

泥浆性能宜按地层和钻进阶段分档管控,不能只在开孔时留一次记录。以砂层钻进设计情景为例,泥浆比重取 $1.18\text{g}/\text{cm}^3$,漏斗黏度取 22s ,含砂量取 $35\text{g}/\text{L}$;进入稳定黏土层后,泥浆比重调整为 $1.10\text{g}/\text{cm}^3$,漏斗黏度取 18s ,含砂量控制为 $18\text{g}/\text{L}$ 。砂层泥浆比重高于稳定黏土层 $0.08\text{g}/\text{cm}^3$,漏斗黏度高于稳定黏土层 4s ^[4]。稳定黏土层含砂量低于砂层 $17\text{g}/\text{L}$,循环净化压力随地层稳定性降低。比重过低时孔内支护压力不足,砂层孔壁容易坍落;比重过高会增加沉淀池负担并使孔底沉渣清除困难。

参考文献:

- [1] 黄聿潇.国际公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制要点分析[J].工程技术研究,2025,10(9):135-137+186.
- [2] 高杰.公路桥梁施工中钻孔灌注桩质量控制措施研究[J].运输经理世界,2026,(9):60-62.
- [3] 王文勇.公路桥梁钻孔灌注桩后压浆施工与质量控制分析[J].汽车画刊,2025,(11):223-225.
- [4] 庞阳焜.公路桥梁施工中钻孔灌注桩的质量控制对策[J].汽车周刊,2025,(10):118-119+128.
- [5] 张庆龙.公路桥梁施工中钻孔灌注桩的质量控制探讨[J].四川建材,2025,51(2):177-179+194.

3.2 成孔尺寸偏差指标量化管控

成孔尺寸控制应围绕孔位、孔深、垂直度和沉渣厚度建立复测链。以桩径 1200mm 、设计孔深 42m 的桥墩桩为设计情景,孔位复测偏差控制在 35mm 内,终孔孔深达到 42.35m ,垂直度偏差控制值取 0.50m ,孔底沉渣厚度控制值取 80mm ^[5]。孔深略大于设计值用于抵消清孔和孔底扰动造成的有效深度损失,垂直度偏差过大时钢筋笼会刮壁并挤压保护层。沉渣厚度接近控制值时,应在下笼前再次循环清孔;下笼后等待时间过长,还要复测孔底沉积状态。

3.3 灌注混凝土用量指标量化管控

混凝土灌注量应同孔径、孔深、扩径和导管埋深记录相互校核。以桩径 1200mm 、有效灌注高度 42.35m 计算,理论混凝土方量为 47.88m^3 ;考虑孔壁局部扩径和桩顶超灌,计划供应方量取 54m^3 ,首批封底方量取 3.50m^3 ,正常灌注阶段导管埋深按 $2\text{m}\sim 6\text{m}$ 控制,末端超灌高度取 0.80m 。若累计灌入方量小于混凝土面上升高度对应的体积,孔内可能存在缩径或测绳读数误差;若累计方量偏大,则要结合返浆颜色、护筒周边冒浆和孔壁扩径判断风险。灌注完成后的方量差、桩顶超灌高度和导管埋深记录共同构成成桩连续性的过程证据。理论混凝土方量按式(1)计算。

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H \quad (1)$$

式(1)中, V 为理论混凝土方量, D 为桩径, H 为有效灌注高度;桩径进入平方项,孔径变化会放大方量差。该关系用于灌注前核定供应方量,并同混凝土面高度和导管埋深记录互相校核。

4 结语

公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制应从场地和地层条件出发,把材料设备、泥浆护壁、钢筋笼定位、水下混凝土灌注和桩身验收放入连续成桩过程。成孔阶段保持孔壁稳定和孔底洁净,下笼阶段维持钢筋笼顺直居中,灌注阶段维持导管埋深和混凝土供应连续。泥浆比重、黏度、含砂量、孔深、垂直度、沉渣厚度和灌注方量等指标能够把隐蔽工序转化为质量信号。施工管理把这些指标同地层变化、设备能力和检测结果一起判断,可减少塌孔、缩径、夹泥、断桩和桩端承载削弱等风险。