

高速公路桥梁桩基施工质量控制技术

茹祥强

杭州学宏建筑工程有限公司 浙江 杭州 310012

【摘要】：桩基作为高速公路桥梁工程的核心承重构件，其施工质量直接决定桥梁整体承载能力与使用寿命。本文结合高速公路桥梁桩基施工的技术特性，从施工前期准备、施工过程关键工序、施工后质量检测三个维度，系统分析桩基施工质量控制的核心要点与技术措施，重点探讨钻孔、钢筋笼制作安装、混凝土浇筑等关键环节的质量控制方法，并结合实际施工经验提出质量问题预防对策，为提升高速公路桥梁桩基施工质量提供技术参考。

【关键词】：高速公路桥梁；桩基施工；质量控制；工序管理；检测技术

DOI:10.12417/2811-0722.26.02.073

1 引言

近年来，随着我国高速公路建设规模的不断扩大，桥梁桩基施工面临的地质条件日益复杂，如软土、岩溶、裂隙发育等不良地质环境，给桩基施工质量控制带来了诸多挑战。同时，部分施工单位存在施工工艺不规范、质量管控体系不完善等问题，导致桩基施工中易出现断桩、夹泥、缩径、桩身混凝土强度不足等质量缺陷，不仅增加了工程返工成本，还严重影响桥梁的使用寿命与通行安全。基于此，深入研究高速公路桥梁桩基施工质量控制技术，明确各施工环节的质量控制要点，建立科学完善的质量管控体系，具有重要的工程实践意义。

2 施工前期准备阶段的质量控制技术

2.1 地质勘察质量控制

地质勘察结果是桩基设计与施工方案制定的核心依据，其准确性直接影响桩基类型选择、桩长确定、施工工艺选取等关键环节。在地质勘察阶段，质量控制要点主要包括以下方面：一是勘察单位需结合桥梁工程的设计图纸，明确勘察范围与勘察深度，确保勘察点覆盖全部桩基施工区域，对于地质条件复杂区域，应适当加密勘察点，提升勘察结果的代表性；二是勘察过程中，需严格按照相关规范要求开展取样、测试工作，准确记录地层分布情况、岩土物理力学性质、地下水水位与水质等关键信息，避免因勘察数据失真导致施工方案设计不合理；三是勘察完成后，需编制详细的地质勘察报告，明确指出施工区域内存在的不良地质现象，并提出针对性的施工应对措施，为施工单位开展桩基施工提供准确的地质参考依据。

2.2 施工方案设计与审核

施工方案是指导桩基施工的核心文件，其科学性与可行性直接影响施工质量与施工效率。在施工方案设计阶段，需结合地质勘察报告、桥梁设计图纸等资料，明确桩基施工工艺、施工流程、人员配置、设备选型、质量控制标准等关键内容。对于钻孔灌注桩、沉管灌注桩等不同类型的桩基，需根据其施工特性制定针对性的施工方案，如钻孔灌注桩需明确钻孔机械选型、泥浆制备方案、清孔工艺等内容，沉管灌注桩需明确沉管

方式、拔管速度、混凝土浇筑时机等要点。

2.3 材料与设备质量控制

2.3.1 材料质量控制

桩基施工所用材料主要包括钢筋、水泥、砂石骨料、外加剂等，其质量直接影响桩基混凝土强度与结构稳定性。材料质量控制需严格遵循“进场检验、合格使用”的原则，具体控制要点如下表所示。

表 1 材料质量控制

材料类型	质量控制要点	检验标准
钢筋	检查出厂合格证与质保书；外观检查无锈蚀、裂纹、弯折等缺陷；按规定批次抽样进行力学性能试验	符合《钢筋混凝土用钢第1部分：热轧光圆钢筋》（GB/T 1499.1-2017）、《钢筋混凝土用钢第2部分：热轧带肋钢筋》（GB/T 1499.2-2017）要求
水泥	检查出厂合格证、出厂检验报告；外观检查无结块现象；按规定批次抽样进行强度、安定性、凝结时间等指标检测	符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175-2007）要求
砂石骨料	检查颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状颗粒含量等指标；砂石骨料需洁净，无杂质	符合《建筑用砂》（GB/T 14684-2011）、《建筑用卵石、碎石》（GB/T 14685-2011）要求
外加剂	检查出厂合格证与检验报告；明确外加剂类型与使用说明；按规定比例进行适配试验，验证其与水泥的相容性	符合《混凝土外加剂》（GB 8076-2008）要求

2.3.2 设备质量控制

桩基施工所用设备主要包括钻孔机械、混凝土搅拌设备、混凝土输送设备、钢筋笼加工设备等，设备性能的稳定性直接影响施工工艺的实施效果。设备质量控制要点根据施工方案与地质条件，选择型号匹配、性能稳定的施工设备，如在软土地区施工可选用冲击钻，在硬岩地区施工可选用旋挖钻；设备进场前，需对设备进行全面检查与调试，检查设备的零部件完整

性、运行稳定性、计量准确性等指标，对于不符合施工要求的设备严禁进场；施工过程中，需定期对设备进行维护与保养，建立设备运行台账，记录设备运行状态与维护情况，及时发现并解决设备运行过程中出现的问题，确保设备始终处于良好运行状态。

3 施工过程关键技术的质量控制

3.1 钻孔施工质量控制

钻孔质量直接决定桩孔成孔效果，孔位偏差、孔径不足、孔壁坍塌等问题易引发桩基缺陷，需严格把控全流程。孔位放线需采用全站仪依据设计图纸与控制点实施，准确标记桩位中心并设置护桩，放线后及时复核，陆上桩基桩位偏差不大于50mm，水上桩基不大于100mm，护筒埋设前需二次复核防止偏移。护筒选用钢板制作，内径比钻孔直径大200-400mm，陆上护筒顶面高出地面0.3m以上，水上高出水面1.5-2.0m；埋设时采用人工或机械开挖方式，护筒中心与桩位中心偏差不大于50mm，垂直度偏差不大于1%，埋设后用黏土分层回填夯实确保护筒稳固防移位漏水。

钻孔过程中需严控钻孔速度、泥浆性能与孔垂直度：依据地质条件调整钻孔速度，软土地区可加快、硬岩地区需放缓；泥浆指标按地层适配，黏土地层比重1.05-1.10、黏度16-22s、含砂率 $\leq 8\%$ ，砂土地层比重1.10-1.15、黏度18-25s、含砂率 $\leq 4\%$ ，通过泥浆实现润滑携渣护壁；定期用测斜仪检测垂直度，偏差超1%时及时纠偏；钻孔至设计孔深后复核，偏差不小于设计桩长且不大于500mm。清孔先采用掏渣或抽渣法清除大块沉渣，再用换浆法置换旧泥浆，端承桩沉渣厚度 $\leq 50\text{mm}$ ，摩擦桩 $\leq 100\text{mm}$ ；清孔中持续检测泥浆性能，完成后需及时开展钢筋笼安装与混凝土浇筑，间隔过长需重新清孔。

3.2 钢筋笼制作与安装质量控制

3.2.1 钢筋笼制作质量控制

钢筋下料前需进行调直处理，确保钢筋无弯曲、锈蚀等缺陷，钢筋下料长度需根据设计桩长、钢筋笼节段长度、接头搭接长度等因素准确计算，下料偏差不应大于10mm；钢筋笼的箍筋间距、主筋间距需严格按照设计要求制作，箍筋与主筋采用绑扎或焊接连接，焊接接头需符合规范要求，焊缝高度不应小于4mm，焊缝长度不应小于10d，绑扎接头需采用火烧丝绑扎牢固，不得出现松动现象；钢筋笼制作完成后，需进行外观检查与尺寸复核，确保钢筋笼的直径、长度、箍筋间距、主筋间距等尺寸符合设计要求，钢筋笼直径偏差不应大于10mm，长度偏差不应大于100mm；为确保钢筋笼在安装过程中不变形，需在钢筋笼内部设置加强箍，加强箍间距一般为2-3m，加强箍与主筋采用焊接连接牢固。

3.2.2 钢筋笼安装质量控制

钢筋笼安装前，需检查钢筋笼的外观质量，清除钢筋笼表

面的铁锈、泥土等杂质，确保钢筋笼表面洁净；钢筋笼采用起重吊钩吊装，吊装过程中需采用两点吊装法，避免钢筋笼因吊装受力不均导致变形，吊装速度需缓慢平稳，防止钢筋笼碰撞孔壁导致孔壁坍塌；钢筋笼安装时，需对准桩孔中心，缓慢下放至设计标高，钢筋笼安装标高偏差不应大于50mm；为确保钢筋笼与桩孔壁之间的保护层厚度符合设计要求，需在钢筋笼外侧设置混凝土垫块或塑料垫块，垫块间距沿钢筋笼长度方向不应大于2m，沿钢筋笼圆周方向不应少于4个；若钢筋笼长度较长，需采用分段吊装、焊接连接的方式，焊接连接时需确保接头位置符合规范要求，同一截面内钢筋接头数量不应超过钢筋总数的50%，焊接完成后需检查焊缝质量，确保焊缝饱满、无夹渣、无裂纹等缺陷。

3.3 混凝土浇筑质量控制

混凝土采用搅拌站集中拌制，严格按配合比配料，电子计量设备控制偏差，水泥 $\pm 2\%$ 、砂石骨料 $\pm 5\%$ 、外加剂与水土 $\pm 1\%$ ；强制式搅拌机拌制时间不少于90s，确保拌合物均匀无离析泌水。运输选用搅拌运输车，途中保持搅拌筒匀速转动防离析，常温运输时间不超过2h，高温或长距离运输需采取遮阳降温措施。浇筑采用导管法，导管选用无缝钢管，内径200-300mm，使用前需做水密性与接头抗拉试验；安装时对准桩孔中心，底部距孔底250-400mm，安装后复核沉渣厚度，超标需重新清孔。浇筑前检测坍落度，控制在180-220mm，不符合要求时调整配合比严禁随意加水；浇筑速度需平稳，首次浇筑量确保导管埋深 $\geq 1.2\text{m}$ ，过程中持续测量埋深，始终控制在2-6m，防止漏浆或浇筑困难。浇筑混凝土浇筑完成后，需及时进行养护，确保混凝土强度正常增长。混凝土浇筑完成后，待混凝土初凝后，需及时清除桩顶浮浆，采用覆盖土工布、洒水养护的方式，保持混凝土表面湿润，养护时间不应少于14d；若气温较低，需采取保温养护措施，如覆盖棉被、搭设保温棚等，防止混凝土受冻；若气温较高，需增加洒水次数，避免混凝土表面失水过快导致开裂。施工过程是桩基质量形成的核心阶段，其中钻孔、钢筋笼制作安装、混凝土浇筑是影响桩基施工质量的关键工序，需针对各工序的施工特性，制定针对性的质量控制措施，确保各工序施工质量符合规范要求。

4 施工后质量检测与缺陷处理

4.1 桩基质量检测技术

目前，高速公路桥梁桩基质量检测常用的技术主要包括低应变反射波法、超声波透射法、钻芯法等，不同检测技术的适用范围与检测要点如下表所示。

表2 桩基质量检测技术

检测技术	适用范围	检测要点

检测技术	适用范围	检测要点
低应变反射波法	适用于检测桩身完整性,判定桩身缺陷的位置、类型与程度,主要用于直径不大于1.5m、桩长不大于40m的混凝土灌注桩与预制桩	检测前需清除桩顶浮浆与杂物,确保桩顶平整;检测时采用力锤敲击桩顶,采用传感器接收桩身反射波信号,通过对反射波信号进行分析,判定桩身完整性等级
超声波透射法	适用于检测桩身完整性,尤其是对于大直径、长桩的检测效果较好,可准确判定桩身缺陷的位置与范围	检测前需在钢筋笼制作时预埋声测管,声测管数量需根据桩径确定,桩径小于1.5m时预埋2根,桩径1.5-2.5m时预埋3根,桩径大于2.5m时预埋4根;检测时采用超声波检测仪,通过发射与接收超声波信号,分析超声波在混凝土中的传播速度与幅值,判定桩身完整性等级
钻芯法	适用于检测桩身混凝土强度、桩身完整性,可直接验证桩身混凝土质量,对于其他检测方法判定为有缺陷的桩基,可采用钻芯法进行复核	检测时采用钻机在桩身钻取芯样,芯样数量需根据桩径与检测要求确定,一般每根桩钻取3-4个芯样;钻取完成后,对芯样进行外观检查与强度试验,根据芯样的完整性与强度试验结果,判定桩身混凝土质量与完整性等级

4.2 常见质量缺陷处理措施

4.2.1 沉渣厚度超标

若检测发现桩底沉渣厚度超标,需采用高压射水冲洗法或二次清孔法进行处理,通过高压射水将桩底沉渣冲起,再采用抽渣设备将沉渣抽出,确保沉渣厚度符合规范要求。

4.2.2 桩身混凝土强度不足

若检测发现桩身混凝土强度不足,需分析强度不足的原因,若为混凝土配合比不合理或拌制质量问题,需对桩基进行

参考文献:

- [1] 蒋焱.高速公路桥梁加宽拼接施工质量控制技术研究[J].重庆建筑,2025,24(01):80-83.
- [2] 顾少伟.高速公路桥梁桩基施工质量问题研究和处理技术[J].四川水泥,2020,(09):250-251.
- [3] 袁磊.高速公路桥梁桩基施工质量问题研究和处理技术[J].四川水泥,2019,(05):28.
- [4] 谢桂香.公路桥梁桩基施工质量控制措施浅析[J].科技与企业,2013,(03):212.
- [5] 杜朋坤.基于ISO标准的高速公路桥梁预应力施工质量控制与检测技术[J].中国品牌与防伪,2025,(16):187-189.

加固处理,如采用外包混凝土加固法、粘贴钢板加固法等;若强度不足较为严重,无法满足设计要求,需报废该桩基,重新进行桩基施工。

4.2.3 桩身断桩、夹泥

若检测发现桩身存在断桩、夹泥等严重质量缺陷,需根据缺陷位置与程度采取处理措施:若缺陷位于桩顶部位,可采用剔除缺陷部分混凝土,重新浇筑混凝土的方式进行处理;若缺陷位于桩身中部或下部,可采用压浆补强法进行处理,通过在桩身设置压浆孔,向缺陷部位注入水泥浆,填补缺陷部位,增强桩身结构完整性;若缺陷较为严重,无法通过压浆补强法处理,需报废该桩基,重新施工。

4.2.4 桩位偏差超标

若检测发现桩位偏差超标,需根据偏差大小采取处理措施:若偏差较小,可通过调整桥梁上部结构支座位置进行弥补;若偏差较大,需分析偏差原因,若为施工放线错误导致,需报废该桩基,重新进行桩基施工。

5 结论

高速公路桥梁桩基施工质量控制是一项系统工程,涉及施工前期准备、施工过程关键工序、施工后质量检测等多个环节,只有严格把控各环节的质量控制要点,才能确保桩基施工质量符合规范要求。施工过程中,需针对钻孔、钢筋笼制作安装、混凝土浇筑等关键工序,制定针对性的质量控制措施,严格控制各工序的施工参数与质量标准,避免出现质量缺陷。在实际工程施工中,还需结合施工区域的地质条件、施工环境等实际情况,不断优化质量控制技术与管理措施,建立完善的质量管控体系,加强施工过程中的质量监督与检查,从而有效提升高速公路桥梁桩基施工质量,保障桥梁工程的安全稳定运营。