

高速公路桥梁桩基现场施工技术与质量检测

盛泽众

四川公路桥梁建设集团有限公司公路三分公司 四川 成都 610200

摘要：高速公路桥梁桩基是桥梁下部结构的核心承重构件，其施工质量直接决定桥梁的稳定性与使用寿命。本文系统阐述了高速公路桥梁桩基施工与质量检测的核心内容，包括施工前期准备、现场核心施工技术及质量检测方法，重点分析了钻孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑等关键施工环节的技术要点，以及低应变反射波法、超声波法等检测技术的应用规范。研究表明，严格落实前期准备工作、规范执行核心施工技术、精准开展质量检测，可有效规避施工缺陷，保障桩基质量。本文研究成果可为高速公路桥梁桩基现场施工与质量管控提供实践参考。

关键词：高速公路；桥梁桩基；施工技术；质量检测

引言：随着高速公路建设事业的快速发展，桥梁工程数量逐年增加，桩基作为桥梁的“生命线”，其施工技术水平与质量检测精度直接关系到高速公路的通行安全与运营年限。高速公路桥梁桩基施工具有地质条件复杂、施工环境受限、质量要求严苛等特殊特性，施工过程中易出现塌孔、断桩等质量缺陷，而科学的质量检测是把控桩基质量的关键。基于此，本文围绕高速公路桥梁桩基现场施工技术与质量检测展开研究，梳理施工全流程技术要点与检测规范，解决实际施工中的质量管控难题，为同类工程施工提供技术支撑与借鉴。

1 高速公路桥梁桩基施工技术与质量检测概述

1.1 高速公路桥梁桩基的施工特殊性

高速公路桥梁桩基施工具有显著的特殊性，主要体现在三个方面。一是地质条件复杂多变，高速公路线路跨度广，常穿越软土、岩层、岩溶等不同地质区域，对桩基成孔、承载力保障提出更高要求。二是施工环境受限，多数桩基施工位于公路红线内，周边可能存在既有道路、管线等设施，施工空间狭小，需兼顾施工安全与周边环境保护。三是质量要求严苛，高速公路桥梁需承受长期重载、高频次行车荷载，桩基需具备足够的强度、刚度和抗沉降能力，施工过程中任何环节的疏漏都可能引发安全隐患。

1.2 桩基施工的核心技术要求

桩基施工核心技术要求围绕成孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑三大关键环节展开。成孔阶段需严格控制孔径偏差、孔深、孔径及孔壁稳定性，根据地质条件选择合适的钻孔工艺，避免出现塌孔、缩颈等问题。钢筋笼制作与安装需保证尺寸精度、焊接质量，安装时精准定位，防止错位、上浮。混凝土浇筑需控制配合比、浇筑速度和振捣质量，确保混凝土密实度，避免出现离析、断桩

等质量缺陷，同时做好成桩后的养护工作，保障混凝土强度达标。

1.3 桩基质量检测的核心标准与原则

桩基质量检测需遵循“科学、精准、全面”的原则，核心标准贴合高速公路工程规范要求。检测内容涵盖桩基承载力、桩身完整性、混凝土强度等关键指标，检测方法需选用符合规范的低应变反射波法、超声波法等现场检测技术。检测过程中需严格执行操作规范，确保检测数据真实可靠，对检测不合格的桩基，需及时采取整改措施，直至满足设计要求，坚决杜绝不合格桩基投入使用，保障桥梁结构安全稳定^[1]。

2 高速公路桥梁桩基现场施工前期准备工作

高速公路桥梁桩基现场施工前期准备是后续施工有序推进的前提，需围绕场地、材料、设备、方案四大核心，落实各项工作，具体如下：（1）施工场地勘察与清理。开展详细地质勘察，明确岩土分布、地下水位等地质条件并形成报告，为施工工艺选型提供依据；清理场地杂物与障碍物，平整场地至符合要求，划分作业、材料、设备区域，设置临时排水设施，防止积水影响施工。（2）施工材料选型与质量检验。选用符合设计标准的钢筋、混凝土、泥浆等材料，钢筋核出厂合格证并现场抽样复检；混凝土配合比试配合合格后使用；泥浆控制黏度、比重等指标，所有材料检验不合格严禁进场。（3）施工机械设备调试与布置。按工艺需求配备钻孔机、钢筋笼加工设备等，进场后全面调试设备性能、精度及安全装置，确保正常运行；按平面布置图摆放设备，保障作业空间，减少设备移动对施工的影响。（4）施工方案编制与审批。结合工程概况、地质条件编制专项施工方案，明确施工流程、技术参数及质量管控要点^[2]。

3 高速公路桥梁桩基现场核心施工技术

3.1 钻孔施工技术

钻孔施工是桩基成桩的基础,核心是控制孔位、孔深、孔径及孔壁稳定性,结合地质条件优化工艺,具体技术要点:(1)钻孔工艺选型,根据场地岩土类型精准确定,软土、粉质土区域优先采用回旋钻,搭配优质膨润土泥浆护壁;岩层区域采用冲击钻,配备合金钻头提升钻进效率,岩溶区域需提前采用地质雷达探测预处理,采用钢套管分段护壁钻孔,有效规避孔壁坍塌风险;钻孔前调试钻机水平度及垂直度,确保钻机机身稳固,钻杆轴线与桩基设计轴线重合,偏差控制在3mm/m以内。(2)孔位控制,采用全站仪精准定位桩位,设置十字定位桩及护桩,做好明显标识,钻孔过程中每钻进1-2米采用十字线复核一次孔位,偏差严格控制在50mm以内,严禁孔位偏移超出规范要求,若出现偏差及时调整钻机位置。(3)孔深与孔径控制,钻孔深度需比设计桩长超钻500mm,确保桩端嵌入持力层深度符合设计标准,孔深采用测绳精准测量,反复复核确认;孔径需与设计桩径一致,采用孔径仪每钻进5米检测一次,重点排查缩颈、扩孔现象,孔径偏差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 范围内,不合格部位及时进行扩孔或修补处理。(4)泥浆护壁控制,泥浆比重控制在1.1-1.3,黏度18-22s,含砂率 $\leq 8\%$,采用泥浆比重计、黏度计实时检测调整;钻孔过程中持续补充泥浆,保持泥浆液面高于地下水位1.5-2.0m,形成有效护壁;钻孔完成后静置30分钟,采用换浆法进行孔底沉渣清理,沉渣厚度严格控制为端承桩 $\leq 50\text{mm}$ 、摩擦桩 $\leq 100\text{mm}$,清理完成后立即进行下一道工序,避免沉渣二次沉积。

3.2 钢筋笼制作与安装技术

钢筋笼质量直接影响桩基抗剪、抗弯能力,需严格控制制作精度与安装质量,具体技术要点:(1)钢筋笼制作,采用机械加工,钢筋规格、间距、长度符合设计要求,主筋连接采用双面焊接,焊缝长度不小于5d(d为主筋直径),焊缝饱满无夹渣、气孔;箍筋与主筋采用绑扎或点焊连接,绑扎间距均匀,点焊牢固,钢筋笼直径偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 。(2)钢筋笼保护层控制,在钢筋笼外侧绑扎混凝土垫块,垫块强度与桩基混凝土强度一致,间距为2-3m,每侧不少于2块,确保保护层厚度符合设计要求(通常为50mm)。(3)钢筋笼安装,采用起重机吊装,吊装时保持钢筋笼垂直,避免碰撞孔壁,吊装速度缓慢,精准定位;钢筋笼安装到位后,采用定位钢筋固定在钻机机架上,防止钢筋笼上浮、错位,安装标高偏差控制在 $\pm 100\text{mm}$ 以内^[3]。

3.3 混凝土浇筑施工技术

混凝土浇筑是确保桩基密实度的关键,需控制浇筑流程、速度及振捣质量,具体技术要点:(1)混凝土制备,采用符合设计标准的商品混凝土,配合比经实验室试配合格后严格执行,坍落度控制在180-220mm,采用坍落度筒现场抽检,每批次抽检不少于3次;运输过程中采用搅拌罐车持续低速搅拌,避免混凝土离析,混凝土运输时间不超过2小时,超时混凝土经实验室检测不合格后严禁使用。(2)浇筑准备,浇筑前再次采用测绳检查孔底沉渣,若沉渣厚度超标,采用气举反循环法进行二次清孔处理,直至达标;安装无缝导管,导管直径选用200-300mm,提前进行水密性试验,试验压力为导管工作压力的1.5倍,无渗漏后方可使用,导管底部距孔底300-500mm,确保首批混凝土顺利封底。(3)浇筑施工,采用导管法连续浇筑,首批混凝土浇筑量需满足导管埋深 $\geq 1.2\text{m}$,浇筑过程中采用测绳实时监测导管埋深,持续提升导管,确保埋深控制在2-6m,严禁导管拔出混凝土面造成断桩;浇筑速度控制在2-3m/h,避免浇筑过快产生过大冲击力导致孔壁坍塌,同时观察混凝土浇筑情况,及时处理异常问题。(4)振捣控制,采用插入式振捣器分层振捣,振捣点均匀分布,间距控制在振捣器作用半径的1.5倍以内,振捣时间为20-30s,直至混凝土表面不再下沉、无气泡、泛出均匀水泥浆为止,严禁漏振、过振,防止混凝土离析、蜂窝、麻面等质量缺陷,振捣完成后及时整理导管位置,确保浇筑连续性。

3.4 桩基成桩后的养护技术

成桩养护直接影响混凝土强度增长,需结合环境条件采取针对性养护措施,具体技术要点:(1)养护时机,混凝土浇筑完成后,待表面初凝(约4-6小时)后开始养护,避免表面失水开裂。(2)养护方式,常温环境下,采用覆盖土工布、洒水养护,保持土工布湿润,洒水频率为每2-3小时一次,养护时间不少于14天;高温天气增加洒水频率,搭建遮阳棚,防止混凝土表面暴晒开裂;低温天气采取保温养护,覆盖保温被,严禁受冻。(3)养护管控,养护期间严禁碰撞、扰动桩基,严禁在桩基周边堆放重物;定期检测混凝土强度,待混凝土强度达到设计强度的75%以上,方可进行后续基坑开挖及上部结构施工^[4]。

4 高速公路桥梁桩基现场质量检测技术

4.1 质量检测的内容与流程

现场质量检测需覆盖桩基施工全流程,明确检测内容与规范流程,具体如下:(1)检测内容,核心涵盖三大类:一是桩身完整性,检测桩身是否存在断桩、夹泥、缩颈、空洞等缺陷;二是混凝土强度,核查混凝土实际

强度是否符合设计要求；三是桩基承载力，验证桩基抗竖向、水平荷载的能力，确保满足高速公路桥梁承重需求。（2）检测流程，严格遵循“准备-实施-数据处理-评定”四步走：先明确检测方案，核对桩基参数、划分检测批次；再进场开展现场检测，做好检测记录；随后对检测数据进行整理、分析，剔除异常数据；最后对照规范标准，对桩基质量进行评定，出具检测报告，不合格桩基需提出整改意见。

4.2 现场检测核心技术

现场检测以低应变反射波法、超声波法为主，两种方法针对性不同，操作要点如下：（1）低应变反射波法，主要用于检测桩身完整性，操作要点：检测前清理桩头，确保桩头平整、无杂物，安装传感器并固定牢固；采用力锤敲击桩头中心，激发应力波，记录应力波反射信号；根据反射波的传播速度、波形特征，判断桩身缺陷位置、类型及严重程度，检测时确保敲击力度均匀，信号采集清晰。（2）超声波法，适用于中长桩、大直径桩的桩身完整性检测，操作要点：桩基浇筑时，提前在钢筋笼上固定声测管，声测管间距符合设计要求，底部密封、顶部封堵；检测时向声测管内注入清水，将发射、接收换能器分别放入两根声测管，同步移动并采集声波信号；通过分析声波传播时间、幅值、频率等参数，判断桩身是否存在缺陷，检测过程中保持换能器同步移动，避免信号失真。

4.3 检测数据的分析与解读

检测数据的分析与解读需遵循规范要求，确保精准判定桩基质量，具体要点：（1）数据整理，对现场采集的原始数据进行筛选，剔除因操作失误、设备故障导致的异常数据，保留有效数据，整理成规范的数据报表，标注检测时间、桩号、检测部位等信息。（2）数据解读，低应变反射波法中，若波形无异常反射、波速正常，判定桩身完整；若出现明显反射波、波速偏低，判定存在缺陷，结合反射时间确定缺陷位置。超声波法中，若声波传播速度均匀、幅值稳定，判定桩身完整；若某段声波速度骤降、幅值衰减严重，判定该段存在夹泥、断桩等缺陷。（3）质量评定，结合检测数据，对照规范标准，

将桩基质量划分为I、II、III、IV四类，I、II类桩基可正常使用，III类桩基需整改后重新检测，IV类桩基需报废处理、重新施工。

4.4 检测设备的操作与校准

检测设备的性能直接影响检测结果精度，需规范操作、定期校准，具体要点：（1）设备操作，操作人员需经专业培训合格后上岗，严格按设备操作规程操作；低应变反射波法检测时，确保传感器与桩头接触良好，力锤敲击位置准确；超声波法检测时，确保声测管内无杂物、水位一致，换能器移动速度均匀。（2）设备校准，检测设备进场前需进行首次校准，核查设备精度、量程等指标；检测过程中，每检测一批桩基，对设备进行一次复核；每年定期将设备送专业机构校准，校准合格后方可继续使用，校准记录需妥善留存，确保检测设备符合规范要求^[5]。

结束语：本文围绕高速公路桥梁桩基现场施工技术与质量检测进行了全面探讨，从施工概述、前期准备、核心技术到质量检测，系统梳理了各环节的关键要点与规范要求。通过规范施工流程、强化质量管控，可有效提升桩基施工质量，保障桥梁结构安全稳定。后续可进一步优化施工技术与检测方法，不断提升高速公路桥梁桩基施工与质量检测的专业化、精细化水平，推动高速公路桥梁工程高质量发展。

参考文献：

- [1]王德志.公路桥梁桩基无损检测技术优化与应用分析[J].中国科技期刊数据库工业B,2026(2):105-107.
- [2]唐万里.试析高速公路桥梁工程的桩基施工技术[J].低碳世界,2025,15(4):151-153.
- [3]刘攀.公路桥梁桩基施工技术创新与应用[J].时代汽车,2026(6):130-132.
- [4]曹俊林.公路桥梁施工中桩基施工技术与质量控制[J].工程建设与设计,2026(1):217-219.
- [5]何泉.基于钻芯取样法的高速公路桥梁桩基质量检测技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(9):127-130.