

市政桥梁钻孔灌注桩施工质量控制要点探讨

卢润泽

安徽建工公路桥梁建设集团有限公司 安徽 合肥 230000

【摘要】：在市政桥梁工程建设中，钻孔灌注桩凭借承载性能优异、适应性强、施工扰动小等优势，被广泛应用于桥墩基础、承台基础施工环节。但该施工工艺属于隐蔽工程，施工工序繁琐，易受地质水文、施工技术、现场管理等多重因素影响，极易出现塌孔、沉渣超标、断桩、钢筋笼偏移等质量缺陷。本文以合肥新桥机场 S1 线市政桥梁项目为研究载体，结合项目地质特征与施工经验，系统性分析钻孔灌注桩常见质量问题，从前期准备、成孔施工、钢筋笼制作安装、混凝土灌注等全工序，梳理质量控制核心要点，同时提出针对性管控措施，旨在提升市政桥梁桩基施工质量，保障桥梁结构整体稳定性与使用寿命，为同类市政工程项目提供参考依据。

【关键词】：市政桥梁；钻孔灌注桩；施工工艺；质量控制

DOI:10.12417/2811-0722.26.09.041

引言

伴随着城市发展，城市轨道交通、市政桥梁工程的规模越来越大。从各个地质条件下来看，在填土、黏土、风化岩层等地质条件下都可以使用市政桥梁桩基施工技术。相比于一般的建筑物桩基来说，在市政桥梁桩基施工现场存在着周边有地下管线和建筑物的现象，而且存在比较复杂的水文地质条件的时候，就会受到很大的影响，并且施工精度和质量控制的标准也较高。钻孔灌注桩施工工序有场地平整、成孔护壁、钢筋笼制安和水下砼浇筑等等，各个施工工序之间存在着相互影响、相互制约的状况，在施工过程中出现某个环节的问题都会影响到整项工程的质量。桩基是地下隐蔽工程，成桩后还要对它的质量进行检验，会增加相关的费用支出并会产生诸多的影响因素。因此，市政桥梁桩基质量要靠各个环节的严格把控来保证。

1 工程概况

1.1 项目基本情况

本次选择合肥新桥机场 S1 线土建三标项目为研究对象，其路线全长约为 12.5km，设两座车站，三条区间和一个车辆段出入线。该标段内的大部分区域都采用了多种不同类型的桩基基础工法，包括岗集站到科学中心区间的岗四间开挖路段等多处施工现场，所使用的桩径大小也有所差异，并且深浅也有所不同，而且存在一处特别重要的水下混凝土 C30 被用到部分建筑物建造之中，其他种类工作也有相应的 C35、C40 等各方面的类型也存在诸多情况。共完成桩基础工程 1700 余根，属于市政类桥梁桩基工程。

1.2 地质与水文条件

施工现场分布着各种各样的岩土，如松散的杂填土、素土、黏性土等，并且存在坚硬的风化砂岩类。表面松散不稳定的填土、黏土容易吸水膨胀或收缩，风化的岩石遇水会很快崩解，在钻进过程中经常会出现缩孔、塌孔的现象。

区域水文环境多变，地表水有滁河干渠等分散的水塘，地

下水由上层滞水、基岩孔隙水和裂隙水组成。上层滞水存在于填土层中，它的水位会受到季节性降水的影响产生较大的波动范围，在桩基成孔及混凝土灌注施工的时候会影响到它的影响。

2 钻孔灌注桩常见质量缺陷及成因

根据本文的施工经验和市政类别的类似工程可以得出，在钻孔灌注桩施工过程中，塌孔、桩位移、沉渣厚度超标、钢筋笼上浮以及断桩这五类问题经常出现，并且每一类问题都有其各自产生原因的差别，详见下表。

2.1 塌孔

塌孔是成孔过程中的地质现象，不管是在填土层、砂层还是风化岩石等各种类型的土壤当中，都存在着塌孔的风险。主要原因有三个方面的因素构成，在第一个方面因为泥浆参数选择不恰当而产生的，黏度和比重均无法抵消掉孔壁水土压力的影响，在第二个方面由于在钻孔过程中地表水、地下水及外界环境的影响所造成的地壳运动引起地壳断层或地下洞室结构变形的情况就会产生，而在第三个方面，钻机工作速度过快、操作方法过于激烈或者机械振动过于厉害时，都会使得钻孔周围的结构遭到损害。另外还会有一些护筒埋设太浅，导致洞口塌陷的现象。

2.2 桩位偏移与孔身倾斜

桩基础承载力会有较大的变化，在桥墩上部荷载分布情况也会出现差异。主要的原因有以下几个方面。一是由于施工前的测量放样存在误差，钻机底座未能达到整平加固的效果，导向性能不足，在软硬交界处的地层中钻孔的速度过快并存在偏差问题造成的。

2.3 孔底沉渣超标

沉渣太厚会造成桩基的竖向承载能力下降，也会引起地基的沉降。主要原因有以下几项，第一种情况为清孔方法不当或者泥浆置换不到位；第二种情况为终孔后时间较长，孔内浮游

物再次沉积；第三种情况就是终孔之后再对地质情况进行一次清理。本项目摩擦桩沉渣厚度 $\leq 200\text{mm}$ ，支承桩沉渣厚度 $< 50\text{mm}$ 。

2.4 钢筋笼上浮与偏移

钢筋笼质量差会使桩基抗拉、抗剪能力下降。上浮是由于混凝土浇筑速度过快，在灌注后期出现了向上的顶托力比钢筋笼本身的重量要大得多的情况导致的，偏移就是因为没有对钢筋笼进行正确的定位，而是在下放过程中产生了倾斜，并且保护层垫块的数量不足所引起的。

2.5 断桩

断裂属于质量差的问题，处理起来也很难。造成该问题产生的原因主要有以下几点，在运输过程中出现混凝土坍落度不合格的情况以及导管堵塞的情况存在，在桩身中发现泥浆混入情况的发生，并且由于时间过长使得早期灌注下来的混凝土刚凝固不能和随后灌入的混凝土粘连在一起等等。

3 全工序施工质量控制要点

按照项目的旋挖钻机成孔和水下混凝土灌注施工工艺，将整个过程分为以下几个部分，分别为施工前的各项准备工作、钻孔操作的过程、安装钢筋及其他部件的情况以及导管的位置和安装等情况，并对各项工作的质量要求进行了详细的阐述。

3.1 前期施工准备控制

(1) 技术准备：在正式开工前技术人员就对图纸进行了仔细检查，地质勘察报告也一起查看，并且根据以上的情况制定出了相应的施工方案。所有工作人员都会接受分级的技术交底培训，每一个工序的施工参数、质量标准及存在的风险都一一讲解清楚，并且要求所有的施工人员必须取得相应的资格证书才可以进场工作。另外还设立了一个二级测量控制网，采用双人互检的方法来进行桩位放样，从而有效地防止因桩位偏移导致的质量问题。

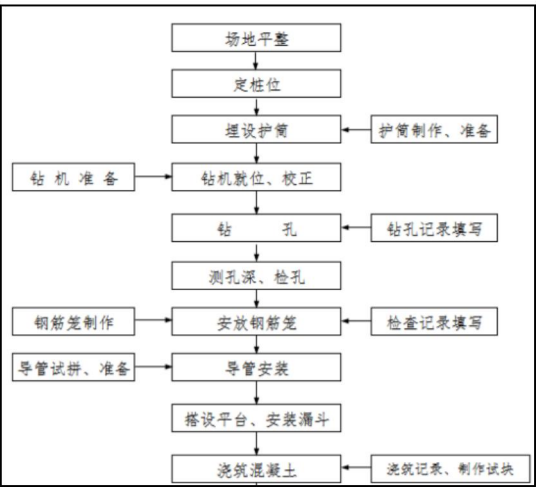


图1 钻孔灌注桩施工流程图

(2) 物资设备准备：对钢筋、商品混凝土等主要材料进

场进行验收时，需要查看出厂合格证，并且部分样品还需要做试验来保证其合格才可以使用。混凝土原材料必须符合规范要求，水泥为42.5级普通硅酸盐水泥，每立方米水泥的用量不小于370kg，粗骨料最大粒径不大于37.5mm。

施工机械设备有XR280D旋挖钻机、25-50t汽车吊、DSZ3水准仪、TS16全站仪等。进场的所有的钻机、测量仪器都会进行校准，钻孔时定期对钻机的钻杆和钻头进行检查，如果发现有任何磨损超过标准的情况就立即更换新的；导管在使用之前必须要做水密性试验，如果有不合格的地方的话，那么这个导管就会被拒绝使用。

(3) 场地与护筒埋设：对施工场地进行平整，查清地下管线并做好保护工作，避免出现意外情况。护筒是由厚度为4~8mm的钢板所制得的，在它内径的大小大于钻头外径300mm，而在表面设有一个溢浆孔，其高度比地面高250mm。通过挖埋法埋设时，中心和桩位中心之间的差值不超过50毫米，垂直度小于0.3%来达到基础质量的目的。

3.2 成孔与护壁质量控制

(1) 泥浆配置管控：泥浆是护壁防塌的主要材料，根据本项目的地质情况选择了优质的黏土和膨润土混合而成的泥浆，并且在施工过程中会根据不同的阶段来调节参数，具体的参数标准如表1所示。

表1 参数标准

施工阶段	相对密度	黏度/s	含砂率/%	胶体率/%	PH值
钻进阶段	1.10~1.30	16~22	< 2.0	> 98	8.0~10.0
清孔阶段	1.03~1.10	17~20	< 2.0	> 98	8.0~9.0

(2) 钻进作业控制：钻机就位后将底座置于水平状态并使其钻杆、护筒和桩位中心三者共线。钻孔之前要保证钻头能够稳定地落到底层之下，并且慢慢提速；当遇到各种地质变化时，则应当依据实际情况改变钻进参数，在软化、变硬的土层里首先减缓速度，在坚硬变软的土壤里再慢慢增加速度，并且对泥浆引起的孔壁破坏情况加以考虑并采取相应的措施。控制钻头上升下降速度不能引起泥浆对孔壁产生破坏的效果。所有的钻孔都只是做了一次性的工作，在钻完最后一个孔的时候把钻头抬高到距离孔底五米以上的高度，并且封住了孔口。

(3) 成孔检测与清孔：当成孔深度达到设计要求时，使用专门的检孔器检查孔径和垂直度。桩径的四倍到六倍为标准长度。清孔采用换浆法，不能以超深钻替换成清孔，只有在经过检验沉渣厚度、泥浆指标合格，并且得到了监理的验收后才可以继续下一步的工作。

表2 检测结果

检测项目	允许偏差	检测方式
孔位中心（群桩）	$\leq 100\text{mm}$	全站仪测量
孔位中心（单排桩）	$\leq 50\text{mm}$	全站仪测量

孔径	不小于设计桩径	笼式检孔器
垂直度	≤0.3%	测斜仪、检孔器
摩擦桩沉渣厚度	≤200mm	标准测锤
支承桩沉渣厚度	≤50mm	标准测锤

(注:续表2)

3.3 钢筋笼制作与安装控制

(1) 钢筋笼制作:集中加工的钢筋笼是在固定的加工厂里生产的,在生产过程中会依照规格来限制其大小。主要筋用直螺纹套筒进行焊接连接,与相应的钢筋相匹配并且全部满焊到螺旋箍筋上。堆放的层高不能超过两米,并有底座支撑以避免生锈的情况出现。

表3 各项目中钢筋加工误差的相关数据

检测项目	允许偏差/mm	检测方式
骨架长度	±30	钢尺量测
骨架直径	±10	钢尺量测
主筋间距	±10	钢尺量测
箍筋间距	±20	钢尺量测
保护层厚度	±10	钢尺量测

(2) 钢筋笼下放安装:汽车吊垂直吊装钢筋笼的速度要平稳、均匀,严禁用力过猛落下。对于每根箍筋每隔一定距离设置一块混凝土垫块使保护层厚度一致,并且所有的接头都在同一个位置上,其中任何两个相邻的接头都应在不同的两点处。下落后的钢筋笼要保持在一定的高度上,避免因钢筋笼的移动而引起偏移或者上浮等状况发生。

3.4 水下混凝土灌注控制

(1) 导管布设:根据孔深来选择导管的长度,在250mm至300mm之间选择导管的内径,在接口处做好密封工作。水下灌注的时候,导管底部与孔底距离为300-500mm,既能保证导管插入到沉渣里面,又能使得第一批混凝土能够顺利地封底。

(2) 混凝土灌注作业:灌注混凝土的坍落度为180~220mm,流动性好。第一批混凝土的灌注量使导管埋深大于等于1m,继续不断的进行灌注工作,正常的灌注过程当中导管埋设深度在2到6m之间。当混凝土面离钢筋笼底端1~3m的时候减缓灌注速度以降低混凝土顶托力防止钢筋笼上浮。桩顶

参考文献:

- [1] 黄丰满.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] 何云枫,赵聪.公路桥梁钻孔灌注桩施工技术和质量控制要点构架[J].中华建设,2025,(4):163-165.
- [3] 杨福兵.桥梁钻孔灌注桩施工工艺及质量控制要点[J].工程技术研究,2023,8(22):71-73.
- [4] 陈国帅.公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制要点[J].四川建材,2021,47(9):153-154.
- [5] 师为谱.桥梁钻孔灌注桩施工质量控制要点之我见[J].四川水泥,2020,(4):50.

标高高于设计标高0.3m~0.6m,并且需要在上部清除掉表面浮浆达到标准的要求。对于长度大于20m的桩基会存在由于初凝速度太慢而出现断桩的风险,因此会在其中添加缓凝剂以延长其初凝时间。

4 质量保障配套措施

4.1 完善质量管理体系

成立由项目经理全面负责、技术总监具体抓、专职质检员层层把关的三重质量网络,对于每个岗位的人选都进行了明确划分。推行工序交接验收制,在上一道工序未通过检验之前就不能开始下一道工序的工作,在有疑问的时候还会召开质量分析会,对出现的问题进行讨论并做出改进的意见。

4.2 加强现场人员管理

组织定期的地质适应性工艺、缺陷处理及规范标准等方面的业务学习活动。实行奖惩措施,在违反制度或者造成质量问题的情况下对班组和个人进行相应的处罚,并且提高全体员工的质量意识。

4.3 缺陷应急处置

对于塌孔、卡管、钢筋笼上浮等常见故障都制定了相应的应急预案。浅部塌孔用黏土回填再钻进,深部塌孔改善泥浆参数和孔内水头,导管卡住用振捣和下料处理,不能更换的导管用新导管封底。当发生钢筋笼上浮的情况时就减慢灌注速度,并轻微推动导管来消除侧向的影响。

5 结语

市政桥梁的施工使用钻孔灌注桩的方式,在市政基础设施系统中起着非常重要的作用。市政工程建设现场存在着各种复杂的环境因素,在项目开工之前要根据项目所在地的地质、水文条件制定详细的施工方案,保证项目的质量。并且要创建完善的质量管理组织机构、加强技术人员培训以及施工现场全面质量管理等各项举措来避免单一问题造成整个项目失败的情形发生。本文根据合肥新桥机场S1线项目的施工经验来归纳出一系列的质量控制要点,对于复杂的地质条件下桩基施工具有一定的指导意义,并且可以给其他类似的城市轨道交通、市政桥梁等桩基工程提供一些实际的操作方法和建议,从而促进市政基础设施工程的高质量发展。