

水利施工钻孔灌注桩施工技术

鲍锦维¹ 蔡辉² 刘澳²

1. 长委工程建设监理(宜昌)有限公司 湖北 宜昌 431900

2. 湖北水总水利水电建设股份有限公司 湖北 武汉 430000

摘要:随着水利事业蓬勃发展,大型工程不断涌现。本文围绕水利施工钻孔灌注桩施工技术展开全面探讨。首先介绍了该技术的基本概念与在水利工程建设中的重要性。接着详细阐述了施工关键技术,包括施工准备阶段的地质勘察、设备场地及材料管控;钻孔作业中的定位、泥浆管理与事故处理;钢筋笼制作安装的精度、安全与固定;混凝土灌注的导管准备、沉渣清理和流程控制;以及施工质量检测的完整性、强度和承载力检测。最后分析了其发展趋势,如智能化装备应用、绿色环保技术创新等,为水利施工钻孔灌注桩技术的优化与发展提供理论支持与实践指导。

关键词:水利施工;钻孔灌注桩;施工技术

引言

在水利工程建设领域,钻孔灌注桩是极为关键的基础结构形式,对保障水利设施的稳定与安全起着决定性作用。其凭借适应性强、承载力大等优势,广泛应用于各类水利工程。然而,水利施工环境复杂,地质条件多变,对钻孔灌注桩施工技术提出了极高要求。从施工前的精心准备,到钻孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等各环节的精准把控,再到施工质量的严格检测,每一个步骤都关乎工程质量。深入探究水利施工钻孔灌注桩施工技术,紧跟发展趋势,对提升水利工程建设水平意义重大。

1 水利施工钻孔灌注桩施工技术的概述

钻孔灌注桩是水利工程建设中广泛应用的一种基础形式,它通过机械钻孔、钢管挤土或人力挖掘等手段在地基土中形成桩孔,并在孔内放置钢筋笼、灌注混凝土而制成。在水利施工中,其优势显著。一方面,它对不同地质条件的适应性强,无论是软土、砂土还是岩石地层,都能通过调整施工工艺和设备来成桩,有效满足水利设施在不同地质环境下对基础的承载要求。另一方面,钻孔灌注桩施工时振动小、噪音低,对周边环境的影响较小,尤其适合在临近建筑物或对环境要求较高的水利项目中使用。此外,该技术能根据水利工程的实际需求,灵活设计桩径、桩长和桩的排列方式,以适应各种复杂的受力情况。而且,钻孔灌注桩属于隐蔽工程,施工过程需严格把控各环节质量,从施工准备、钻孔、钢筋笼制作安装到混凝土灌注等,每一道工序都紧密相连,任何一个环节出现问题都可能影响桩的质量,进而影响整个水利工程的稳定性与安全性^[1]。

2 水利施工钻孔灌注桩施工的关键技术

2.1 施工准备技术

2.1.1 地质勘察与方案设计

地质勘察是水利施工钻孔灌注桩的基础前提。需全面、细致地勘查施工区域的地质情况,涵盖土层分布、岩性特征、地下水位、地质构造等,准确掌握地质参数,为桩基设计提供可靠依据。方案设计要结合地质勘察结果、水利工程的功能需求、荷载大小等因素。科学确定桩径、桩长、桩间距等参数,合理规划桩的布置形式。同时,考虑施工的可行性与经济性,制定多套方案进行比选优化。

2.1.2 设备与场地准备

设备准备方面,要根据工程规模、地质条件等精心挑选钻孔设备,如旋转钻机、冲击钻机等,并确保设备性能良好、配套齐全。同时,准备好钢筋加工设备、混凝土搅拌及输送设备等。场地准备时,先对施工场地进行平整,清除杂物、障碍物,保证场地坚实、平整,满足设备停放和施工操作要求。合理规划施工道路,确保材料运输和设备移动顺畅。搭建临时设施,如钢筋加工棚、材料堆放场等,做好排水系统,防止场地积水影响施工。

2.1.3 材料质量管控

材料质量是钻孔灌注桩施工质量的关键因素。对于钢筋,要检查其质量证明文件,进行外观检查,确保无裂纹、锈蚀等问题,并按规定抽取试样进行力学性能试验,合格后方可使用。水泥应选用符合设计要求的水泥品种,检查出厂合格证和检验报告,对水泥的安定性、强度等指标进行复验。砂石骨料要控制其粒径、含泥量等指标,保证级配良好。外加剂要根据工程需要合理选用,并严格控制掺量。材料进场后,要分类堆放,做好防潮、防雨措施。

2.2 钻孔作业技术

2.2.1 钻孔定位与垂直度控制

钻孔定位的准确性直接影响桩的位置精度。施工前，依据设计图纸和测量控制点，使用全站仪等精密仪器精确放出桩位，并设置明显的护桩标记。在钻孔过程中，要定期复核桩位，防止因钻机移动或振动导致桩位偏移。垂直度控制是保证钻孔灌注桩质量的关键。钻机就位后，需调整钻机底盘的水平度和钻塔的垂直度，可通过水平仪和垂球进行检测与校正。钻孔时，根据不同地质条件合理选择钻进参数，控制钻进速度，避免钻进过快导致钻头偏斜。

2.2.2 泥浆制备与循环管理

泥浆在钻孔作业中起着护壁、携渣、冷却钻头等重要作用。泥浆制备应根据地质条件选用合适的材料，如膨润土、水、添加剂等，按照一定比例调配，使其具有良好的黏度、比重和含砂率等性能指标。在钻孔过程中，要建立完善的泥浆循环系统，通过泥浆泵将泥浆从泥浆池输送到钻孔内，携带钻渣从孔口流出，经沉淀池沉淀后，干净的泥浆再回流至泥浆池循环使用。定期检测泥浆的性能指标，根据实际情况及时调整泥浆配比，保证泥浆质量。

2.2.3 钻孔进度与事故处理

合理控制钻孔进度对保证工程工期和成孔质量至关重要。根据地质情况、钻机性能和桩径桩长等因素，制定科学的钻进计划，明确各阶段的钻进速度和时间安排。在钻进过程中，密切关注钻机的运转情况和钻进参数变化，如遇到硬土层或孤石等，应适当降低钻进速度，避免钻头损坏或卡钻。若发生钻孔事故，如坍孔、卡钻、埋钻等，要立即停止钻进，分析事故原因，采取针对性的处理措施。

2.3 钢筋笼制作与安装技术

2.3.1 钢筋笼制作精度控制

钢筋笼制作精度关乎桩体结构性能。制作前，严格检查钢筋规格、型号与质量，确保符合设计要求。下料时，精准计算长度，控制误差在允许范围内。主筋连接优先采用机械连接或焊接，保证连接质量与强度，接头位置相互错开。箍筋间距通过定位模具控制，确保均匀一致。加强箍与主筋焊接牢固，防止钢筋笼变形。制作完成后，全面检查钢筋笼的尺寸、形状、钢筋间距等，利用钢尺、卡尺等工具测量，对不符合精度要求的及时整改，保证钢筋笼质量满足设计与施工规范。

2.3.2 钢筋笼运输与安装安全

钢筋笼运输时，要根据其长度、重量选择合适的运输车辆，并做好固定措施，防止运输过程中滑动、变

形。采用专用的运输架，将钢筋笼平稳放置，用钢丝绳等牢固捆绑。安装前，检查起重设备性能，确保安全可靠。起吊时，合理选择吊点，保证钢筋笼起吊平稳，避免扭曲变形。安装过程中，设专人指挥，操作人员严格按照操作规程作业，防止碰撞孔壁。在孔口对接钢筋笼时，要缓慢下放，精准对接，确保连接牢固，保障整个运输与安装过程的安全。

2.3.3 钢筋笼固定技术

钢筋笼固定是防止其在混凝土灌注过程中上浮或下沉的关键。常用的固定方法是在钢筋笼顶部设置吊筋，将吊筋与护筒或平台牢固连接，通过调整吊筋长度控制钢筋笼的标高。也可在钢筋笼主筋上焊接短钢筋，插入孔壁土体中，增强固定效果。对于较深的桩孔，可在钢筋笼中部设置横撑，与孔壁接触，增加摩擦力。固定后，再次检查钢筋笼的垂直度和标高，确保符合设计要求。混凝土灌注过程中，密切观察钢筋笼的位置变化，如有异常及时调整固定措施。

2.4 混凝土灌注技术

2.4.1 导管准备与水密性试验

导管是混凝土灌注的关键通道，其质量直接影响灌注质量。施工前，要根据桩径、桩深选择合适规格的导管，确保导管连接紧密、顺直，内壁光滑无杂物。安装时，采用快速接头或法兰盘连接，各节导管连接处要垫橡胶圈密封，防止漏浆。水密性试验至关重要，将导管组装后注满水，一端封闭，另一端用压力泵加压至规定压力（一般为0.6-1.0MPa），保持15-20分钟，观察导管有无渗漏现象。若发现渗漏，需及时更换密封件或修复导管，确保导管水密性良好，为混凝土顺利灌注提供保障。

2.4.2 沉渣厚度检测与清理

沉渣厚度超标会降低桩端承载力，影响桩的质量。在混凝土灌注前，必须准确检测沉渣厚度。常用测锤法，将测锤系在测绳上，缓慢放入孔底，通过测绳手感和标记判断沉渣厚度。若沉渣厚度超过设计要求，需进行清理。可采用换浆法，向孔内注入优质泥浆，置换出含沉渣的泥浆；也可用气举反循环法，利用压缩空气将沉渣从孔底吸出。清理过程中要不断检测沉渣厚度，直至满足设计标准，保证桩端与持力层良好接触，提高桩的承载能力。

2.4.3 混凝土灌注流程控制

混凝土灌注是成桩的关键环节。灌注前，再次检查导管位置、沉渣厚度等。首批混凝土灌注量要满足导管初次埋深（一般不小于1m）的要求，采用剪球法或拔塞法开启灌注。灌注过程中，要连续进行，控制好导管埋

深在2-6m之间，防止导管拔出混凝土面或埋深过大。随时测量混凝土面高度，根据测量结果提升导管。同时，要保证混凝土的供应，避免出现等料情况。当混凝土灌注至桩顶设计标高以上一定高度时，停止灌注，确保桩头混凝土质量，完成钻孔灌注桩的施工。

2.5 施工质量检测技术

2.5.1 桩身完整性检测

桩身完整性关乎钻孔灌注桩的结构安全与稳定性。常用的检测方法有低应变动力试桩法和声波透射法。低应变动力试桩法通过在桩顶施加小能量冲击，产生应力波沿桩身传播，利用传感器接收反射波信号，分析桩身阻抗变化，判断桩身是否存在缺陷及缺陷位置。声波透射法是在桩内预埋声测管，向管内发射超声波，接收不同深度处的声波信号，根据声时、波幅等参数变化，检测桩身混凝土质量，能准确识别桩身裂缝、夹泥等缺陷，为后续处理提供可靠依据。

2.5.2 桩身强度检测

桩身强度是保证桩承载能力的重要因素。通常采用钻芯法进行检测，从桩身钻取混凝土芯样，加工成标准试件，在实验室进行抗压强度试验，直接获取桩身混凝土的实际强度。此外，也可结合无损检测方法，如回弹法，通过测量混凝土表面的回弹值，结合碳化深度，推算混凝土强度。但回弹法受多种因素影响，精度相对较低，多作为辅助检测手段。

2.5.3 承载力检测

承载力检测是验证钻孔灌注桩能否满足工程荷载需求的关键。常用的方法有静载荷试验和自平衡法。静载荷试验是在桩顶施加竖向荷载，分级加载并观测桩顶沉降，绘制荷载-沉降曲线，根据曲线特征确定桩的极限承载力。自平衡法是将特制的荷载箱埋入桩身指定位置，通过油泵加压使荷载箱上下段桩分离，根据上下段桩的位移和荷载关系，推算桩的承载力。该方法无需大型堆载设备，对场地要求低，检测结果可靠，能有效评估桩的竖向承载性能^[2]。

3 水利施工钻孔灌注桩施工技术的发展趋势

3.1 智能化施工装备与技术应用

未来水利施工钻孔灌注桩领域，智能化施工装备将广泛应用。先进的钻机将配备高精度传感器，能实时感知钻孔过程中的地质变化、钻进压力、扭矩等参数，并自动调整钻进速度和力度，实现精准施工。同时，结合人工智能算法，可对施工数据进行深度分析，提前预测可能出现的问题并给出解决方案。此外，利用无人机和机器人技术，可完成一些危险或复杂环境下的施工任

务，如孔口安全监测、钢筋笼焊接质量检查等，提高施工效率和安全性，降低人力成本和人为误差。

3.2 绿色环保施工技术创新

绿色环保是水利施工钻孔灌注桩技术发展的重要方向。在泥浆处理方面，将研发更高效的泥浆分离和净化设备，实现泥浆的循环利用，减少泥浆排放对环境的污染。同时，采用新型环保型泥浆材料，降低对土壤和水体的化学危害。在施工噪音控制上，会优化钻机等设备的结构设计，配备降噪装置，减少施工噪音对周边环境的影响。

3.3 新型桩体结构与材料应用

新型桩体结构和材料的应用将为水利施工钻孔灌注桩带来新的突破。在桩体结构方面，将出现更多适应复杂地质条件的创新设计，如变截面桩、多节嵌套桩等，以提高桩的承载能力和抗拔性能。在材料应用上，高强度、高性能混凝土将得到更广泛的使用，其具有更好的耐久性和抗腐蚀性，可延长桩的使用寿命。同时，纤维增强复合材料、纳米材料等新型材料也将逐步应用于桩体中，进一步提升桩的力学性能和抗裂性能，满足不同水利工程的特殊需求。

3.4 标准化施工体系与数字化管控

建立标准化的施工体系是保障水利施工钻孔灌注桩质量的关键。未来将制定更加完善、统一的施工标准和规范，涵盖从施工准备、钻孔、钢筋笼制作与安装到混凝土灌注等各个环节，确保施工过程的规范化和标准化。同时，数字化管控技术将深度融入施工管理，通过建立数字化施工平台，实现对施工进度、质量、安全等信息的实时采集和监控^[3]。

结束语

水利施工钻孔灌注桩施工技术作为水利工程建设的关键支撑，历经多年发展已取得显著进步，在智能化装备应用、绿色环保创新、新型结构材料探索以及标准化数字化管控等方面展现出蓬勃的发展趋势。这些进步不仅提升了施工效率与质量，更契合了可持续发展的时代需求。未来，随着科技的不断革新，该技术将持续优化升级，进一步攻克复杂地质条件下的施工难题，为水利工程的稳固与安全筑牢根基。

参考文献

- [1]雷虎虎.水利施工钻孔灌注桩施工技术及管理[J].大众标准化,2023(05):45-47.
- [2]唐尊刚.水利施工钻孔灌注桩施工技术方法[J].工程建设与设计,2023(03):210-212.
- [3]杨伟,王鹏程.探析水利施工钻孔灌注桩施工技术及管理策略[J].治淮,2022(11):42-43.