

关于桥梁工程中钻孔灌注桩基础施工技术的探讨

陈文

(安徽省公路桥梁工程有限公司, 安徽 合肥 230000)

【摘要】桥梁工程的安全性和耐久性对于基础设施建设至关重要。本文旨在提高桥梁工程中钻孔灌注桩基础施工质量, 确保工程质量目标的实现。以实际工程为例, 对钻孔灌注桩施工技术的关键环节进行深入分析, 包括优化施工工序、动态调整施工方案等。在分析的基础上, 提出一系列切实可行的解决措施, 全面优化各个施工环节, 从而全面提升钻孔灌注桩施工质量。相关工程技术人员可借鉴本文研究成果, 不断完善钻孔灌注桩施工技术, 为建设更多高质量、安全可靠的桥梁工程贡献力量。

【关键词】桥梁工程; 钻孔灌注桩; 施工技术; 质量控制

引言:

随着我国基础设施建设不断加快, 桥梁工程数量与规模日益扩大, 对桥梁工程质量和安全性能提出了更高要求。钻孔灌注桩作为桥梁工程中最常用的桩基形式, 其施工质量直接关系到整个桥梁的安全性和使用寿命。为此, 国家相关技术规范如《桥涵施工及检测技术规范》《混凝土结构工程施工质量验收规范》等对钻孔灌注桩施工技术提出了明确的控制要求, 规定了各个环节的质量标准和作业程序, 旨在指导工程建设, 规范施工操作, 确保工程质量。相关规范不仅明确了钻孔灌注桩施工的基本要求, 如钻孔精度、钢筋笼制作、混凝土配合比设计等, 还对施工准备、工序控制、质量检测等环节提出了具体的管理措施和技术要求, 为相关工程技术人员提供了借鉴和参考。

一、钻孔灌注桩基础施工技术的应用特点

(一) 具有较高的承载性

钻孔灌注桩基础施工技术具有较高的承载性能, 这主要得益于其特有的成桩机理和施工工艺。通过在地基土中钻孔形成桩孔, 并在桩孔内插入钢筋笼和灌注混凝土, 使得桩身与周围土体形成良好的复合效应, 大大提高了单桩竖向抗压承载力。同时, 通过调整桩径、桩长等参数, 可以灵活控制桩的承载力, 满足不同桥梁工程的荷载要求。此外, 钻孔灌注桩还可以将桩端嵌入基岩, 利用端持力层的强度和刚度, 进一步增强桩基承载性能, 尤其适用于大跨度、重载荷的桥梁工程。

(二) 具有较强的适用性

钻孔灌注桩基础施工技术具有较强的适用性, 主要体现在以下几个方面: 第一, 该技术不受地质条件的限制, 无论是松软土层还是岩石地基, 均可采用钻孔灌注桩; 第二, 施工过程中可根据地下水位的高低, 选择合适的钻孔方式和制浆工艺, 确保成孔质量; 第

三, 钻孔灌注桩可在狭小的作业面积内施工, 适用于各种复杂的环境条件; 此外, 通过调整钻孔直径、桩长等参数, 可满足不同桥梁工程对桩基尺寸的需求。

(三) 具有较强的抗震性

钻孔灌注桩基础施工技术具有较强的抗震性能, 主要源于其独特的成桩机理和结构形式。钻孔灌注桩通过将桩身嵌入地基土层或基岩中, 使桩身与周围介质形成整体, 从而极大增强了桩基的侧向约束和抗剪切能力。在地震作用下, 桩身与周围土体形成的复合体系可有效消散和减缓地震能量的传递, 降低对桥梁上部结构的冲击。同时, 钻孔灌注桩中的钢筋笼与混凝土形成的混合结构, 赋予了桩身良好的延性, 使其在地震作用下具有一定的变形能力, 避免脆性破坏。

二、桥梁工程中钻孔灌注桩基础施工技术的实施工序

(一) 优化施工工序, 科学应用钻孔灌注桩基础施工技术

钻孔灌注桩基础施工技术是一种复杂的系统工程, 需要科学优化施工工序, 全面把控各个环节, 方能确保工程质量。应根据工程实际情况, 合理选择钻孔设备和工艺, 确定适宜的钻孔直径、深度等关键参数。例如, 对于大直径桩孔, 可采用反循环钻进的方式, 提高成孔效率; 对于岩石地基, 则需选用合适的钻头和钻杆组合, 确保钻进能力。制定科学的钢筋笼加工和吊装方案, 严格控制钢筋笼的尺寸偏差和位置偏移, 保证钢筋笼的整体性和中心对称性。一般情况下, 钢筋笼的制作允许偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内, 吊装时中心偏移量不超过桩径的 $1/6$ 。同时, 应优化钢筋笼的结构布置, 确保混凝土浇筑时的流动性良好。优化混凝土配合比设计, 满足桩身的强度和耐久性要求。根据不同的施工环境和荷载条件, 可适当调整灰比、掺合料用量等, 使混凝土具备足够的和易性、

抗渗性和抗冻性能。例如，对于海洋桥梁工程，可采用低热混凝土配合比，减小混凝土的水化热和温度裂缝风险。此外，严格控制灌注过程中的操作参数，如灌注压力、灌速等，避免发生离析、蜂窝或夹渣等缺陷。在灌注完成后，及时对桩身进行检测，包括完整性检测、混凝土强度检测等，确保桩身质量满足设计要求。

（二）动态优化施工方案，全面提升工程质量与安全性能

钻孔灌注桩基础施工是一个动态的过程，要根据工程地质勘察报告，结合现场实际情况，动态调整钻孔参数。例如，遇到岩石地基时，可适当增加钻头转速和冲击频率，提高钻进效率；遇到塑性土层时，则需降低钻头转速，避免造成钻孔壁体失稳。根据地下水位的变化情况，动态调整钻孔液的性能，确保钻孔液具备良好的稳定性和渗透性，从而保证成孔质量。根据现场环境和施工条件，动态优化钢筋笼的结构布置。在狭小的施工空间内，可采用可拆卸式钢筋笼，方便吊装和就位；对于大直径桩孔，则需增加钢筋笼的纵向钢筋数量，提高钢筋笼的整体刚度，避免在吊装和浇筑过程中发生变形。同时根据施工季节和环境温度，动态调整混凝土配合比。夏季高温时，可适当增加掺合料用量，降低混凝土的水化热；冬季低温时，则需采用适当的防冻措施，如加热拌和水、使用早强剂等，确保混凝土的正常凝结和强度发展。此外，根据现场施工情况，动态调整灌注工艺。对于大直径桩孔，可采用分层灌注的方式，避免混凝土离析；对于超长桩孔，则需控制灌注压力和灌速，防止发生灌浆现象。在灌注完成后，及时进行完整性检测，一旦发现缺陷，立即采取补救措施，确保桩身质量。

（三）充分做好施工准备，加强施工过程精细化管理水平

在施工准备阶段，首先需要全面审核设计文件，核实桩位、桩径、桩长等关键参数，确保施工图纸的准确性。同时，应对施工现场进行详细勘察，了解场地环境、地质条件等，为制定合理的施工方案做好准备。其次，根据工程实际情况，选择合适的钻机设备。对于大直径桩孔，需配备足够大功率的钻机；对于超长桩孔，则需使用长钻杆组合，确保钻进深度。同时，应准备足够的钻头、钻杆等备件，以备不时之需。此外，需提前做好钢筋笼加工准备。根据设计要求，严格控制钢筋笼尺寸和位置偏差，一般控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。同时，优化钢筋笼结构布置，确保混凝土浇筑时的流动性良好，避免发生蜂窝或夹渣。最后，还需提前准备好混凝土拌和系统和运输设备。根据工程规模，配备足够的混凝土罐车或拖泵，确保混凝土的及时供应。与此同时，优化混凝土配合比设计，使其具

备足够的和易性、抗渗性和抗冻性能，满足工程耐久性要求。

在施工过程中，需加强各个环节的精细化管理。如对钻孔过程中的钻进参数、钻孔液性能等进行严格监控；对钢筋笼的吊装位置进行精确控制；对混凝土拌和、运输、浇筑的各个环节实施全过程跟踪管理等。一旦发现任何异常情况，均需及时调整并采取相应的防治措施。

（四）精准埋设护筒，严格控制施工偏差确保成孔质量

在钻孔灌注桩基础施工中，需要根据设计要求，选择合适的护筒规格型号。一般情况下，护筒的外径应大于桩径 $30\sim 50\text{mm}$ ，壁厚不小于 5mm 。对于大直径桩孔，可采用可拆卸式钢护筒，方便吊装和回收；对于小直径桩孔，则可使用钢筋混凝土预制护筒，具有一定的刚度。护筒的埋设位置和垂直度需严格控制。护筒中心线与设计桩位的偏差一般控制在 $\pm 25\text{mm}$ 以内，倾斜度控制在 1% 以内。可采用经纬仪、全站仪等精密测量设备，对护筒的位置和垂直度进行实时监控，发现偏差时及时调整。护筒的埋深需根据具体地质条件确定。一般情况下，埋深应超过不良地基层 $2\sim 3$ 米，嵌入到持力层中。对于软土地基，护筒埋深可适当增加，以提高桩身的侧向约束力。同时，护筒底部需采取加筋或加大壁厚等措施，增强其刚度和承载力。此外，在钻孔过程中，需采取有效措施保护护筒。可在护筒外侧回填部分土体，增加其侧向约束力；或在护筒内侧采用钻孔液进行护壁，避免土体坍塌。一旦发现护筒位移或倾斜，需立即停止钻进，调整钻机位置，确保钻孔的垂直度。

（五）优化混凝土配合比，提高灌注密实度与强度等级

混凝土配合比的优化对于提高钻孔灌注桩的灌注密实度和强度等级至关重要。需要根据工程所在地区的水泥品种、粉煤灰、矿渣等掺合料的供应情况，选择适宜的胶凝材料组合。一般情况下，可采用普通硅酸盐水泥与粉煤灰或矿渣共同组成的复合胶凝材料体系，不仅可以提高混凝土的工作性，还能够显著改善其长期性能。针对不同的施工环境和荷载条件，合理控制水灰比。对于一般工程，水灰比可控制在 $0.4\sim 0.5$ 之间；对于大跨度桥梁等重载荷工程，则需适当降低水灰比，确保混凝土达到设计强度等级。同时，还需根据环境温度、施工季节等因素，动态调整水灰比，避免出现离析、蜂窝或温度裂缝等缺陷。优化骨料的级配组合，确保混凝土具有良好的密实性。一般情况下，粗细骨料的最大粒径不宜超过桩身直径的 $1/4$ ，并采用连续级配曲线，使混凝土具备适当的黏聚力和流动性。对于大直径桩孔，可适当增加粗骨

料的用量,提高混凝土的抗离析能力。此外,还需根据工程实际情况,选择合适的外加剂和矿物掺合料。如在寒冷环境下,可添加适量早强剂,加快混凝土的初凝时间;在耐久性要求较高的工程中,可掺入矿物掺合料如粉煤灰或矿渣,提高混凝土的抗渗性和抗冻性能。

(六)规范钢筋笼制作工艺,加强保护层厚度精确控制

钢筋笼的制作应严格按照设计图纸和技术规范要求。纵向主筋和箍筋的规格、数量、间距等参数必须准确无误。筋的搭接长度、锚固长度等也需严格把控,确保钢筋笼的整体性和受力性能。保护层厚度的控制是钢筋笼制作的重中之重。保护层不仅影响混凝土与钢筋的共同工作,还关系到桩身的耐久性。根据现行规范,一般情况下,钻孔灌注桩的保护层厚度控制在50~80mm。可采用专用的保护层卡环或塑料垫块,将其固定在箍筋上,精确控制保护层厚度。同时,还需注意保护层的均匀性,避免出现局部区域保护层过薄的情况。钢筋笼的尺寸偏差也需严格控制。根据规范要求,钢筋笼的外径偏差一般控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内,长度偏差控制在 $\pm 20\text{mm}$ 以内。可在钢筋笼制作完成后,采用尺量或三维扫描等方式,对其尺寸进行检测,发现偏差时及时调整。此外,钢筋笼的吊装和就位也是一个关键环节。需采用专用的吊具,确保吊装过程中钢筋笼的整体性。同时,钢筋笼的中心线与设计桩位的偏差一般控制在 $\pm 25\text{mm}$ 以内,倾斜度控制在1%以内。可借助经纬仪、全站仪等精密测量设备,实时监控钢筋笼的位置和垂直度。

(七)严格检查成孔质量,高效开展清孔换浆等准备工作

检查成孔质量是钻孔灌注桩施工中的重点环节之一。在钻孔完成后,需对孔径、孔深、垂直度等关键参数进行检测。孔径检查可采用钻杆下放或测量环的方式,控制偏差在 $\pm 5\%$ 以内;孔深检查可使用钻杆下放或测绳的方法,控制偏差在 $\pm 100\text{mm}$ 以内;垂直度检查则可借助经纬仪等精密仪器,控制在1%以内。一旦发现任何异常情况,均需及时调整并采取补救措施。除了上述基本参数外,还需重点检查孔壁的完整性。可采用钻杆下放或视频检测等方式,查看是否存在穿孔、漏浆或夹渣等缺陷。对于发现的缺陷,需根据具体情况采取清孔、换浆或者重钻等处理措施。清孔换浆作业是确保成孔质量的重要手段。清孔时,可采用空气吹扫或水力冲洗的方式,将孔内的渣土和污浆彻底清除。换浆则需根据具体情况,选择适宜的钻孔液,如膨润土浆液、水泥浆液等,并严格控制其性能指标,确保浆液具备良好的稳定性和渗透性。在清孔换浆完成后,还需再次检查孔壁的完

整性,确认无任何缺陷后方可进行后续的钢筋笼吊装和混凝土浇筑作业。如果发现仍有缺陷,则需重复清孔换浆,直至满足质量要求为止。

(八)创新钻孔制浆工艺,强化孔壁稳定性与防护措施

传统的钻孔制浆工艺存在一定的局限性,如膨润土浆液在高温高压环境下易发生离析、水泥浆液则在渗透性差的问题。为解决这些问题,工程技术人员需要根据具体的施工环境和地质条件,创新制浆工艺。例如,在软土地基施工时,可采用高分子材料与膨润土复合制浆,提高浆液的黏结性和抗渗性,从而增强孔壁的稳定性。同时,还可掺入适量的防渗剂,进一步提高浆液的防渗性能。对于岩石地基,则可采用水泥基复合型钻孔液,利用水泥的凝结性能,形成一层保护膜,有效防止孔壁坍塌。此外,还需优化钻孔液的配制工艺,严格控制其性能指标。如膨润土浆液的黏度、比重、滤失量等指标需满足规范要求;水泥浆液的凝结时间、扩展度等也需严格把控。同时,还应根据施工环境的变化,动态调整钻孔液的性能,确保其始终处于最佳状态。在钻进过程中,还需采取有效的孔壁防护措施。可根据具体情况,选择合适的钻进参数,如适当降低钻头转速和冲击频率,避免对孔壁造成过度扰动。同时,还需严格控制钻孔液的循环流量和压力,保持孔壁的稳定性。一旦发现异常情况,如孔壁开裂或坍塌,需立即停止钻进,采取补救措施。

结语:

综上所述,钻孔灌注桩基础施工技术涉及诸多复杂环节,需要工程技术人员高度重视,从施工准备到实施的全过程中严格把控。只有优化施工工序、动态调整施工方案、加强精细化管理、精准控制关键参数、创新施工工艺等,才能最终实现预期的工程质量目标,确保桥梁工程的安全性和耐久性。相信通过不断的理论研究和工程实践,我国钻孔灌注桩施工技术必将日臻完善,为建设更多高质量的桥梁工程贡献力量。

参考文献:

- [1] 赵金秋. 钻孔灌注桩基础施工技术在高速公路桥梁工程中的应用[J]. 设备管理与维修, 2021(08): 136-137.
- [2] 金涛. 桥梁工程项目中的钻孔灌注桩基础施工技术[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(07): 185-186+189.
- [3] 杨海巍. 钻孔灌注桩基础施工技术在桥梁工程中的应用[J]. 科学技术创新, 2019(20): 99-100.
- [4] 蒋薇. 浅谈钻孔灌注桩技术在桥梁工程桩基础施工中的应用[J]. 四川水泥, 2019(02): 60.