

桥梁施工钻孔灌注桩施工技术应用分析

蒋仁军

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 桥梁基础施工中, 钻孔灌注桩被广泛采用, 它特别适宜于处理软质土壤、沙质土地以及含有砾石的区域。因其在建桥过程中展现出的高度适应性, 这项技术被频繁应用。它不仅具有较高的承重能力和较短的施工周期, 而且对环境的干扰也极小, 它可以确保桥梁的稳定承重, 并有助于提升桥梁的耐久性。本研究聚焦于此技术在建造桥梁时的应用实践, 并对施工中经常出现的问题进行了分析, 提出了相应的解决措施与质量控制策略, 以支持桥梁建设的持续进步。

[关键词] 桥梁施工; 钻孔灌注桩; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v2i12.14809

中图分类号: U445.55

文献标识码: A

Application Analysis of Drilling and Grouting Pile Construction Technology in Bridge Construction

JIANG Renjun

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: In bridge foundation construction, drilled pile is widely used, which is particularly suitable for handling soft soil, sandy soil, and areas containing gravel. Due to its high adaptability demonstrated during bridge construction, this technology is frequently applied. It not only has high load-bearing capacity and short construction period, but also has minimal interference with the environment. It can ensure the stable load-bearing capacity of the bridge and help improve its durability. This study focuses on the practical application of this technology in the construction of bridges, analyzes common problems that arise during construction, and proposes corresponding solutions and quality control strategies to support the continuous progress of bridge construction.

Keywords: bridge construction; drilling and grouting pile; technical application

引言

针对不同土层, 包括松软的泥土、沙质土壤及碎石层, 钻孔灌注桩皆能适应性地进行搭建, 并在桥梁建设上展现出卓越的兼容性。此外, 其施工不会受到季节变化的制约, 有利于大幅度减少建设时间, 有效促进整体工程进展。钻孔灌注桩不仅稳固性强, 承重力优, 而且最大程度地确保了桥梁的结构安全, 提高了项目的整体品质。同时, 这种技术相对先进, 操作简便, 并且对环境的干扰很小, 因此它是目前一种既环保又高效的施工方法。

1 钻孔灌注桩概述

1.1 概念与原理

通过深层地基施工的工艺之一——钻孔灌注桩, 主要过程包括先在建筑基础处钻孔, 接着注入规定量的浆料, 进而构筑出一个稳固的柱状结构。此项技术依赖于钻孔与灌浆的结合使用, 目的是打造一种坚实的支撑体系。其技术要领主要涉及对地面深层进行钻孔操作, 确保桩体深植于坚实地层之中, 通过注入浆料填补空隙, 从而增强桩身的承重及拉伸能力, 使之能够适应多种地质环境。

1.2 结构与特性

钻孔灌注桩属于新型的地基桩形态, 由三个主要部分构成: 桩顶、桩身及桩底。通常, 桩顶与上层建筑紧密相扣, 以便传递上面的载荷^[1]。通过地面钻孔并灌入浆液形成的桩身, 是此结构的核心, 其尺寸和长度需依据工程设

计的规格和土质状况来定制。桩的底端通常安置在较坚实的地层, 有助于提供更稳固的承托功能。钻孔灌注桩的显著性能体现在以下几点: (1) 高度适用性: 不论是何种土壤结构或地质状况, 该工法都能顺利应对, 适宜各种建设情景。

(2) 承压和拉伸能力出众: 桩基经过注浆加固后, 显著增强其抵御压力和张力的能力, 尤其适用于有承载垂直和水平荷载需求的环境。(3) 施工调整性高: 根据项目的具体需要, 施工中能对桩基的直径和长度进行灵活调节。(4) 环境友好与高效能: 使用环境友好的注浆材质, 使得钻孔灌注桩施工对环境的干扰降到最低, 符合可持续发展原则。

1.3 实用性与优点

在众多建筑工程, 如桥梁、高层建筑, 以及堤防等领域, 都普遍采用了钻孔灌注桩技术, 这种方法的主要优势可以归纳为: ①较高的承重能力: 钻孔灌注桩深入地下, 可以应对不同的复杂载荷, 具备较高的承载力。②工期缩短: 和传统打桩工艺相比, 钻孔灌注桩能够以更短的施工时间完成, 这有利于提高建设速度。③适用性强: 根据实际工程需求, 可以选择不同尺寸和长度的桩体, 以适应多样的地质状况和建设需求。④品质管控: 施工期间, 通过实时监测和品质管理等措施, 确保桩体的整体质量与稳定性。综上所述, 由于它灵活多变、承载能力优异、建设周期减少等特点, 钻孔灌注桩作为一种施工技术被广泛运用在桥梁和其他多种工程建设中。

2 材料选用及设备配置要点

2.1 灌浆材料选择

在打桩工程中，填充物的选用至关重要，它直接决定了桩基的结实程度、承重性以及持久稳定性等指标。通常采用的填充物包括混凝土、水泥砂浆以及增稠剂等多种类型^[2]。这些不同的填充材质各自展现独特的属性，例如混凝土表现出卓越的承重能力和持久性，却需较长时间以达到硬化；水泥砂浆的变形适应能力强，弹性好，然而其硬度略显不足；而增稠剂则能提升填充物的流动性和混合均匀度。在实际操作中，要依据工程具体需求、施工环境，还有载重标准、气候条件、施工特性及成本效益等多重因素进行平衡，慎重挑选适合的填充材质，确保工程质量达到标准。

2.2 钻机和搅拌机合理配置

如图 1 所示的钻机为钻掘操作的关键装置，而图 2 展示的搅拌机则用以混合和配制灌浆材料。通过优化配备钻孔和混合设施，能有效提升施工的作业效率及施工品质。钻机的选型应依据桩孔直径、钻透深度以及地质状况等诸多条件，并须斟酌设定钻机的功率、旋转速度、扭矩等技术参数，以确保钻掘过程顺畅无阻。同时，应基于灌注物料性质慎重选搅拌装置，并对其参数进行适宜调节，目的是使混合作用均匀，保障灌注物料具备施工过程所需的流动特性。



图 1 钻机



图 2 搅拌机

2.3 其他辅助设备

执行钻孔灌注桩作业时，除了需要钻孔设备与搅拌器，亦需借助其他辅助工具。例如，运用泵车将混凝土浆料从搅和设备输送进入钻洞，选配该泵车得考量其承压能力与流动率等要素；监控设施与感测器被用以追踪灌注桩建设的各环节与品质，包含监测孔洞深度、灌入压力以及振动等情况；而清洁器械则负责清理钻头及孔壁沉积物，确保孔洞内壁的洁净及构筑品质。

3 钻孔灌注桩技术在桥梁施工中的具体应用

3.1 埋置护筒

在钻孔灌注桩的施工过程中，根本的步骤便是设置钻孔并放置灌注护筒。该操作阶段，施工队伍需特别注意护筒定位这一要务，并要确保用钻孔设备精确施工。同时，工作人员须保障钻孔灌注桩的核心部位定位精确无误，务必严格核对中心线的位置，保证相对误差控制在可接受的标准区间以内。在施舍钢壳时，施工队伍需确保钢壳顶部与灌注桩中轴线持续处于同一水平面。具体操作过程中，应控制灌注桩的核心直径小于钢壳的核心直径^[3]。值得重视的是，一般采用高性能合金钢料打造钢壳，并保证厚度约为 6mm，目的是增强钢壳的防护作用。在设置灌注桩钢壳主体时，须使其顶部高出地面约 30cm，而其底端深度须超过 150cm。为了增进钢壳的稳定性和加强其固化作用，建议在钢壳周围及其底部填充高品质粘土。

3.2 备制泥浆

在建桥过程中所使用的灌注桩钻孔泥浆含多样成分，这些成分的比例直接关联着泥浆的性状和效用。这种泥浆在施工时能够为护壁提供防护，故必须对其稠度进行精确的调配，确保泥浆稠度保持在适宜水平。因此，要想确保泥浆品质，满足桥梁桩基施工的特殊需要，就得对黏土和各类添加剂的品质执行严格监管。倘若黏土品质出现问题，就会导致泥浆稠度与品质不稳定，从而可能危害到整个构筑物的稳固性。进行泥浆配比的施工技术人员需依据既定的规范，进行科学的搭配，并且要深入了解桥梁工程中对泥浆功能特性的具体需求。

3.3 钻孔与清孔

施工中，钻孔对于钻孔灌注桩是至关重要的一环。钻孔的好坏直接牵连到钻注桩工程的成败。因此，施工人员须对钻孔环节予以高度重视。鉴于不同桥梁所处的地质条件差异，施工人员应依据具体的地质状况挑选恰当的钻孔技术和钻头类型，确保钻孔的精度和品质满足标准。地质偏软时，宜采取冲击力较轻的钻孔策略。同时，对于钻注桩的建造而言，钻孔同样极端关键。通过解析钻孔所得数据，工人可推断负载土壤层的特性。进行桩基钻孔作业时，应结合实际情况妥善搭配使用不同的钻头。进行钻孔作业时，需实时记录并结合设计图上的地质状况进行比对，以此判定桥梁工程是否发生了任何不正常情况^[4]。待灌浆桩钻孔任务完成后，钻孔中的土粒将会积聚于孔底。同时，

在钻孔作业中不可避免会有部分泥土残留未能清除,在钢筋笼下放时亦可能会有泥块脱落,这些残余物料累积于孔洞底层。随着建设工程的逐步推进,孔底积累的杂质会逐渐增多。若不及时进行清理,孔内积累的杂质会妨碍后续施工作业,并对工程的整体品质产生严重影响。于是,在完成钻孔作业后,应立即实施孔洞净化步骤。作业者须严格遵循施工规程,进行孔洞净化,选用适当的净孔技术,如循环浆液法、提取浆液法等,以减少孔底的沉积厚度。

3.4 制作与安装钢筋骨架

生产和设置钢筋笼是钻孔灌注桩建设环节中不可或缺的一部分。其品质对整个建设的品质产生直接影响,因此确保钢筋笼的品质至关重要。为了这个目标,施工团队在开始生产前需确保所用材料达标,并且细致审查施工图,依照图纸规划严格执行,以此确保钢筋笼的高品质。安装钢筋笼的过程同样至关重要。施工现场具体情况及所采取的安装手法都会对安装质量产生影响。在执行安装工作时,务必细致评估现场环境,挑选适宜的安装手法。另外,合理选取吊装点对于钢筋笼的牢固性同样具有重大影响,因此需要妥善选择。为了加强钢筋笼的保险系数,施工队伍通常会利用厚度超过 3mm 的钢板,来从各个角度加固钢筋笼。在进行钢筋笼焊接作业时,有必要增加焊接点,以此提升钢筋笼的稳定性和耐用性。

3.5 灌注

在实施桥梁钻孔灌注过程中,施工人员应严守作业流程,遵循既定的建造序次,以充分激发灌注作业的潜效。待钢筋笼安置妥当后,不宜立即开展混凝土灌入,而应重新洗净钻孔,确保泥浆质量指数及沉积层厚符合规范,从而确保结构品质。最初注入的混凝土体积需满足导管初始设置深度的实际需求,而桩孔底部到导管底部的垂直距离通常应保持在 0.4~0.6m 范围。在建造过程中,导管的设置深度宜控制在 2~6m 之间。注浆前,作业人员需对桥梁注浆管道的外观进行仔细审查,以识别是否有损坏或弯折现象;一旦发现问题,应立即替换管道,避免妨碍随后的施工安全。此外,工作人员须确保清洗测试管线畅通无阻,以便注浆活动能够顺畅执行。执行桥梁注浆时,作业人员必须严格按照注浆的规范操作。施工过程中要随时注意管道位置,并适时做出调整。若遇到压力不正常,可能会损害注浆的品质。另外,浆液的返流情况也会对注浆成果产生不利影响,故施工前需细心检验返流效果。伴随着注浆的进行,注浆点的变动,注射管的指向亦需做出相应调整。当注浆抵达特定位置时,须对注射管的部署进行修改,严格依照桥墩钻孔注浆所需的垂直度来安置注射管。在接下来的注浆操作中,应定期进行泵压力的检测和孔口回浆情况的观察。在注浆任务完成时,应填充回浆物料,通过这种方式使底部的浆料析出,以避免未来可能出现的土壤空洞问题。完成注浆之后,还需对注浆机等设备进行清洗维

护,确保其性能得到有效维持。

4 桥梁钻孔灌注桩的施工问题和防治措施

4.1 缩孔问题及措施

因塑性土质正处于扩张阶段,导致钻洞直径未能符合现行设计规范。为避免孔洞松动,关键是确保泥浆质量合乎标准,降低水分流失。在钻孔时,通过提升泵送流量和加快施工速度,在孔壁上形成泥皮,这样做可以有效降低孔壁泄漏风险,减轻其扩张程度。

4.2 桩孔偏斜问题及措施

桥梁施工过程频繁碰到的一个问题是孔洞位置偏移。造成这种情况的根本原因通常归咎于钻头的轴线与其对应的中心线没有正确对准。在钻孔时,若遭遇较大的石料或其他障碍,可能会使得钻杆发生偏移或是钻头朝其他方向偏移。为了防止这一问题的发生,在正式开挖孔洞前,确保场地表面是平坦的,并准确设定钻机位置,保证其基础与底座保持水准是必要的措施。另外,还应应对预定钻孔区域的地质构造进行详细的探查,以便根据探查结果判断是否存在隐患,及时消除这些潜在的障碍。施工时,也需按照现场的具体条件灵活调整钻进速度,避免因过快的钻进导致孔洞位置失准。

4.3 孔壁坍塌问题及措施

在钻井作业时,一旦观察到液体流失或气体冒出,这很可能意味着钻孔边缘发生了坍塌。这种坍塌主要是因为井口附近土层结构松散,或者是在安装保护套管时,周围的土壤密度没有符合工程规定的标准,另外,如果保护筒内的水量未能满足规范要求也会导致此类问题^[5]。要防止孔壁坍塌,在打井前应该先调查检视钻孔位置的地质结构,一旦发现该区域土质疏松,需要用到粘性和密度较高的泥浆进行作业。钻进过程中,如遭遇水位变化而需增高护筒水位时,须在现有护筒基础上加长其长度。再者,若护筒周围发生了坍塌,必须及时查清坍塌的确切地点和受影响范围,分析坍塌对护筒造成的影响,并据此提出有效应急措施,以避免因坍塌造成的严重损害。

4.4 沉渣量过多问题及措施

通常遇到桩基底部积聚过多沉淀物,通常缘由在于作业人员在钻孔时缺乏仔细的排查和清理,尤其在再次凿孔时的不留神。若对此不予以充分重视,则可能对桥梁建设的工程品质造成重大损害。因此,在施行钻孔桩作业期间,须严格监控桩基情况,还须应用规范的测量绳和下垂工具,发现任何异常要立即妥善解决。一旦结束首轮孔底清理,若发现残留沉积物尚未彻底去除,施工团队当选用高品质泥浆执行有效的孔底净化作业,并应精确匹配泥浆密度,调整清孔作业的时机以配合施工的节奏。置入钢筋笼期间,施工人员须定期检测沉积物含量,一旦检出含量超标,便需针对性地重新开展二次清孔作业,确保后续作业的顺利进行。

4.5 断桩问题及措施

在进行钻孔灌注桩作业时，混凝土坍落度不达标、使用的引导管尺寸过细以及混凝土在输送过程中发生分离等因素，都有可能引起桩身断裂。针对此类问题，采纳诸如工地重新打桩、校正偏差、桩顶扩建和桩身连接等对策是可行的。特别是在发现桩身断裂时，应及时进行重新打桩或通过超声波探测技术定位断点。实施此策略前，需要先完全清理断裂的桩基，再次执行钻孔灌注工艺。这种处理方法虽然效率高，但同时伴随着施工难度大、工程周期延长及成本上升等问题。因此，动用此技术之前，应对当前工程进行精确评估，结合现场地质实况，选择恰当的应对策略，以期有效补救桩断现象。

5 结语

钻孔灌注桩技术适用于各类土质环境下的建设项目，在桥梁建设领域占据核心地位并展现出广泛的发展潜力，能够增强桥梁的承载力、稳固性和持久耐用性。面向未来的桥梁建设工作，必须持续探究并提升打桩注浆技术的应

用效果，从而进一步提高桥梁结构的品质与信赖度。此外，建筑施工过程应加强有效管理，运用精确的监控设施和适宜的培养方案，保障桥梁建设的优质推进。

【参考文献】

- [1]谢勇. 桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术应用要点[J]. 运输经理世界, 2024(18): 103-105.
 - [2]包锦普. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2023(11): 61-63.
 - [3]杨联国. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 建材发展导向, 2022, 20(20): 184-186.
 - [4]陈清艺. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 江西建材, 2022(3): 168-169.
 - [5]宦冬芹. 关于公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用分析[J]. 居舍, 2021(30): 67-68.
- 作者简介：蒋仁军（1981.12—），男，毕业于长沙理工大学，交通土建专业，就职于新疆北新路桥集团股份有限公司杭州分公司，副总经理，高级工程师。