

路桥工程钻孔灌注桩施工技术研究

陶 强

摘要：钻孔灌注桩作为一种常见的深基础形式，广泛应用于桥梁工程中。随着我国基础设施建设的飞速发展，路桥工程中的桩基技术也在不断创新与完善。钻孔灌注桩因其能够承载较大的荷载，适应多种复杂地质条件，且施工设备灵活，逐渐成为桥梁基础设计的首选形式之一。文章将对路桥工程中钻孔灌注桩的关键施工技术进行深入研究，希望能为相关的工程实践提供有价值的参考和指导。

关键词：路桥工程；钻孔灌注桩；施工技术

引言

在我国交通网络不断扩大的背景下，路桥工程无论是在数量上还是在规模上都越来越大，对基础设施建设质量的要求越来越严。特别是复杂地质条件的桥梁基础，其建设就成了项目能否成功的关键之一。钻孔灌注桩是一种重要的深基础施工工艺，由于具有施工工艺较为简单，适用范围较广以及承载力较大等优点，已经成为了处理不同地质环境问题的优选方案。但是在施工中经常会遇到诸如成孔困难、泥浆处理以及桩身质量控制等等技术难题，所以进一步优化施工工艺以促进钻孔灌注桩的适应性与可靠性具有十分重要的意义。

一、钻孔灌注桩施工技术概述

1. 钻孔灌注桩的定义及基本概念

钻孔灌注桩作为地基工程应用较为广泛的深基础形式之一，主要是将设计位置钻孔后再将混凝土注入到孔内，以此来形成承载力较高，稳定性较好基础结构。钻孔灌注桩的施工技术通常能够适应多种复杂的地质环境，特别是在软土层或强风化岩层等特殊情况下，由于难以使用其他类型的桩基础，其技术优势尤为明显。该类桩基采用机械或者人工钻孔并配合泥浆护壁或者套管护壁技术保证成孔稳定。成孔之后，经过钢筋笼下放和灌注混凝土组成桩体并最终与承载层或者基岩密切接触以将上部结构所受荷载传递到深层土体或者岩层中。钻孔灌注桩能按工程需要进行桩长与桩径的设计，不仅能承受竖向压力又能应付水平荷载及抗拔力的作用，在桥梁、高层建筑及港口工程上得到了广泛的运用。它具有多种

结构设计，既可以独立使用，也可以与其他基本结构结合，为用户提供了强大的支持功能。在当代的道路和桥梁工程项目中，钻孔灌注桩因其出色的适应能力和成本效益，已经成为工程师在复杂地质环境中解决基础问题的关键工具。

2. 钻孔灌注桩的分类

钻孔灌注桩按其施工方法及地质条件可分为许多类型。从施工方法上划分，可分为干作业成孔桩、泥浆护壁成孔桩及套管成孔桩三种。干作业成孔桩一般应用在地质条件相对比较稳定的区域，经机械钻孔之后无需护壁措施而在成孔完成之后直接注入混凝土。泥浆护壁成孔桩特别适用于软土或地下水资源丰富的区域。通过使用泥浆护壁技术，可以在钻孔过程中利用泥浆压力来平衡孔壁的稳定性，从而避免孔壁塌陷的发生。此类桩基在施工结束后需要及时清孔处理，同时要确保泥浆性能和桩体质量。套管成孔桩通常应用于地质条件差的地区或者水下作业中，利用钢套管持续跟进来维持孔壁的稳定性，能有效地应对强烈地下水压力。根据地质条件的划分，钻孔灌注桩可进一步划分为摩擦桩、端承桩及端承摩擦桩三种型式。摩擦桩是靠桩身和土体间摩擦力来承受荷载的桩，适用于软土地区；端承桩是由桩端直接把荷载传递给坚硬基岩或土层的一种桩，它适合在岩土条件比较优越地区使用；端承摩擦桩成功地融合了两种技术的优势，通过桩端和摩擦力的联合作用，显著提升了其承载能力和稳定性。通过对钻孔灌注桩型式的合理选择，可以有效地应对各种地质条件，保证工程安全和稳定。

二、钻孔灌注桩施工工艺要点

1. 施工设备与材料

钻孔灌注桩的施工所需的设备和材料是保障施工品

作者简介：陶强（1994.04——）男，汉族，本科学历，初级职称，主要从事交通公路工程方面的研究工作。

质与效益的核心要素。在施工中，经常使用的设备有旋挖钻机、冲击钻机以及正反循环钻机等。旋挖钻机主要用于大直径桩的建设，其钻孔的直径通常介于500毫米和2500毫米之间，钻孔的深度可以达到80米或更深，因此具有很高的施工效率。冲击钻机主要应用于硬岩层或存在障碍物的场所，其冲击钻头能够通过多次上下碰撞来破碎岩石，具有很强的适应性，但其施工效率却相对较低。正反循环钻机主要依赖泥浆产生的正压或负压来进行钻进和排渣操作，特别适用于地下水位较高且需要泥浆保护墙壁的地质环境。在施工过程中，泥浆作为一种关键的材料，其主要由膨润土和水组成。泥浆的密度、粘度和胶体率等关键参数需要根据现场的地质状况进行适当调整。通常，泥浆的密度应控制在1.1到1.3的范围内，以确保孔洞的稳定性并避免孔壁塌陷。钢筋笼作为桩身主要的受力部件，其钢筋直径通常在12毫米到32毫米之间，因此需要按照桩的设计规格进行相应的加工和绑扎操作，以确保其具备良好的强度和抗弯性能。混凝土作为桩身的核心材料，在灌注过程中，混凝土的强度通常在C30到C40之间，因此需要使用导管法进行灌注，以确保混凝土的连续性和桩身的紧密度。为了确保钻孔灌注桩施工的高质量，这些设备和材料的恰当应用显得尤为关键。

2. 钻孔工艺流程

钻孔灌注桩的技术流程涵盖了许多核心步骤，每一个步骤都与桩基的最后品质和稳固性息息相关。在施工前的准备工作中，必须确保场地的平整度和精确的定位放线，以保障钻孔位置的准确性。按照设计的具体要求，使用全站仪或GPS定位系统来进行桩位的标定，并确保桩位的误差不超过20毫米。一旦钻孔设备准备就绪，便开始进行钻孔作业。在选择设备时，需要综合考虑地质条件和桩径的具体要求。例如，在进行大直径桩的施工时，旋挖钻机是常用的工具，其钻孔直径可以达到或超过2000毫米。在钻进的过程中，需要对钻头的进尺速度、扭矩和泥浆的循环状况进行实时监控，以避免出现偏孔、倾斜或塌孔的情况。孔洞的形成深度通常按照设计标准被限制在30到60米之间，但在某些特定的地质条件下，这个深度可能会进一步增加。在钻孔工作完成之后，有必要进行孔洞清理，以确保孔底的沉渣厚度不超过50毫米。清孔技术通常是通过泥浆替换或正反循环来实现的，而这种清孔的效果对于后续混凝土的灌注品质有着巨大的影响。在下放钢筋笼的过程中，必须确保其在孔内保持垂直和准确的定位，同时钢筋笼的顶部保护

层的厚度应维持在大约50毫米的范围内。在钢筋笼被下放之后，混凝土开始灌注，通常使用直径为200毫米的导管进行灌注，以确保混凝土在灌注过程中的连续性，并防止离析或断桩现象的出现。

3. 混凝土灌注技术

混凝土灌注技术作为钻孔灌注桩的一个关键环节，对桩身质量及承载能力有着直接的影响。从混凝土配比上看，一般选择C30~C40混凝土强度级别，水灰比保持在0.45~0.55范围内，保证混凝土流动性好、强度高。为了避免混凝土在灌注阶段出现离析现象，推荐使用导管法进行灌注操作，其中导管的直径通常为200毫米，并且其长度应依据孔洞形成的深度进行合理规划，导管的底部与孔底之间的间距应维持在300毫米到500毫米的范围内。在混凝土的灌注过程中，必须确保导管始终深入混凝土，深度不少于2米，这样可以确保混凝土在灌注时不会受到外部环境的干扰。灌注的速率最好维持在6米/小时到10米/小时的范围内，过快的速度可能导致桩体断裂，而过慢的速度则可能引发冷缝的形成。施工现场要按混凝土灌注的进度分段拆除导管，导管的埋深要按孔内混凝土液面的高低及时调整。对大直径或者超深桩基的施工需要采用泥浆排替或者清孔装置来保证混凝土能够顺利地充填到孔底而不会出现泥浆将钢筋笼裹挟在其中。

表1 相关参数说明

项目	参数范围	说明
混凝土强度等级	C30~C40	适用于不同荷载要求
水灰比	0.45~0.55	保证流动性与强度
导管直径	200毫米	确保灌注流量
导管底端距孔底距离	300毫米~500毫米	防止堵管
导管埋入深度	不小于2米	防止混凝土离析
灌注速度	6米/小时~10米/小时	避免断桩或冷缝
孔底沉渣厚度	小于50毫米	保证桩身质量

三、钻孔灌注桩施工中的常见问题与应对措施

1. 成孔问题

成孔问题是钻孔灌注桩的施工过程中非常普遍的问题，它直接关系到施工进度及桩基质量。塌孔现象比较频繁，特别是软土、砂土层和含水较多的地质情况下，孔壁由于土体疏松或者水压作用易发生失稳而造成孔壁塌陷。为了防止塌孔现象发生，一般使用泥浆护壁或者套管护壁，泥浆所占比例要控制在1.2~1.3范围内，以确保泥浆护壁压力能够有效地支持孔壁平稳。钻孔偏斜又

是普遍存在的问题，往往由于设备偏位、地层硬度改变或钻头堵塞而造成。为减小偏斜可利用高精度定位设备及先进旋挖钻机并配合钻进参数的适当调整来保证钻孔垂直度并将偏差控制在允许范围内。硬质岩层或者地下障碍物的存在也增加了成孔的难度，此时可能要改变钻头的型号，或者采用冲击钻的方法对岩石进行层层破碎以提高钻进效率。通过有效地处理好这些成孔问题能够保证钻孔灌注桩在施工中的顺利实施，同时也能确保桩基整体质量安全。

2. 泥浆处理与环保问题

泥浆处理和环保问题是钻孔灌注桩建设过程中一个不容忽视的关键环节。施工期泥浆主要应用于护壁、钻进排渣等工程，泥浆质量与性能对成孔稳定性及桩基质量有直接影响。但施工所用泥浆尤其是废弃泥浆会给环境造成不利影响。若泥浆处理不好，易使周围土壤及水体受到污染。为解决这一问题，施工现场通常采用泥浆循环系统，通过泥浆池和泥浆净化设备对泥浆进行循环使用和沉淀过滤，将固体颗粒与泥浆分离，保持泥浆的有效比重和粘度。另外，对废弃泥浆的处理必须通过泥浆脱水机脱水，以保证泥浆的含水量小于国家规定的排放标准，以免将污染物带入水体或者土壤。采用这些环保措施后，既可减少泥浆浪费，又可有效减少施工环境影响，达到资源循环利用、绿色施工的目的，满足现代桥梁工程可持续发展的需要。

结束语

总之，钻孔灌注桩作为路桥工程中广泛应用的基础施工技术，凭借其高承载力、适应复杂地质条件以及施工灵活等优势，已成为桥梁基础工程的重要组成部分。通过对钻孔工艺、混凝土灌注技术、常见问题及应对措施的深入研究，可以更好地优化施工流程，提升施工质量与效率。针对施工过程中常见的塌孔、钻孔偏斜、泥浆处理等问题，提出了相应的技术改进与环保措施，为复杂地质条件下的钻孔灌注桩施工提供了科学依据和技术保障。随着施工技术的不断进步和设备的更新，钻孔灌注桩的施工精度和可靠性将进一步提高，为我国基础设施建设提供更加坚实的基础支撑。

参考文献

- [1] 胡倩. 市政路桥工程建设的钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 前卫, 2021(22): 0049-0051.
- [2] 闫超, 王聪聪. 路桥工程钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 科学与财富, 2018.
- [3] 梁磊. 研究钻孔灌注桩技术在路桥施工中的应用[J]. 2021.
- [4] 韩冬. 路桥施工中钻孔灌注桩施工技术的应用[J]. 建筑技术研究, 2021, 3(10): 72-73.
- [5] 刘昊宇. 公路桥梁施工中钻孔灌注桩技术的应用研究[J]. 建材与装饰, 2020.