

竹缠绕管材接口密封性能在市政排水工程中的实际表现

高荣丽 陈秀萍 谭晶晶

中铁建安工程设计院有限公司 河北 石家庄 050043

【摘要】：竹缠绕管材作为一种新型管道材料，在市政排水工程中的应用日益受到关注。其接口密封性能直接关系到排水系统的稳定性和使用寿命。本文通过对竹缠绕管材接口密封性能的实地测试和实验数据分析，评估了其在市政排水工程中的实际表现。结果表明，竹缠绕管材在抗渗漏、耐久性及接口密封效果方面具有一定优势，但仍需解决若干影响密封性能的技术问题。进一步的优化措施可以提高其在市政排水系统中的可靠性和长期应用性。本研究为竹缠绕管材在市政排水领域的推广应用提供了实践依据。

【关键词】：竹缠绕管材；接口密封；市政排水；渗漏；耐久性

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.006

引言

在市政排水工程中，管道的接口密封性能是保证排水系统正常运行的核心要素之一。随着新型材料的不断发展，竹缠绕管材作为一种环保且具备良好机械性能的管道材料，逐渐引起了工程领域的关注。其在实际应用中，尤其是在市政排水系统中的接口密封性能表现如何，仍然是一个值得探讨的问题。竹缠绕管材能否在长期服役中有效抵御水流冲刷、土壤压力等外部荷载作用，并维持可靠的接口密封状态，是当前工程应用中的关键问题。通过系统的实验和数据分析，评估竹缠绕管材在这一方面的表现，可以为市政排水管道的选材提供重要参考，也为提升排水系统的可靠性与长期使用效益奠定基础。

1 竹缠绕管材接口密封性能的影响因素分析

管材的材料特性是影响密封性能的首要因素。竹缠绕管材具有天然的韧性和良好的抗压强度，但其表面结构和缠绕工艺可能导致接口处的密封性问题。由于竹材具有显著的吸湿膨胀特性，其接口处易因环境湿度变化而发生微小形变，进而削弱密封效果。在设计和生产过程中，如何控制竹缠绕管材的表面平整度、厚度均匀性和抗湿性，是保障接口密封性能的关键。另一个显著的因素是接口连接方式。市政排水工程中，管道的接口一般采用插接、法兰或热熔连接等方式，这些连接方式对密封性能的影响巨大。尤其是在竹缠绕管材的接口部分，若连接方式设计不合理，容易产生接口泄漏。插接连接可能存在因插入深度不足而导致的密封不严，法兰连接在密封圈的压紧不均匀时会形成泄漏通道^[1]。竹缠绕管材与传统材料如PVC、HDPE管材的接合处，可能因为材料特性差异，导致接口处的应力集中，进而影响其长期使用时的密封效果。

环境条件的变化同样是影响密封性能的一个重要

因素。市政排水管道往往处于复杂的地质环境中，土壤的湿度、温度以及外部压力都会对管道接口造成影响。竹缠绕管材的接口可能因外界环境的温差变化和土壤压力的作用发生微小的位移，导致密封性能的降低。尤其在管道埋设深度较大或受水流侵蚀较严重的区域，密封失效的风险更高。在使用竹缠绕管材时，考虑其接口在各种自然环境中的适应性非常重要。对竹缠绕管材接口密封性能的全面分析，需要深入探讨材料、设计、环境三者之间的相互关系，以确保在市政排水工程中的应用能够达到预期效果。

2 市政排水工程中竹缠绕管材的应用现状

竹缠绕管材在市政排水工程中的应用逐渐获得了广泛关注。近年来，随着环保意识的增强以及对可持续发展材料需求的增加，竹缠绕管材因其天然材料、良好的机械性能及低碳环保的优势，在市政排水系统中逐步应用。凭借较高的抗压强度与良好韧性，竹缠绕管材在特定应用场景中展现出较强竞争力，尤其是在对材料性能要求较高的环境下，其优越的抗压和耐腐蚀性能得到了工程界的认可。在市政排水工程中，竹缠绕管材的应用主要集中在低压排水管道系统。通过与传统管材如PVC管、HDPE管的对比，竹缠绕管材的天然环保特性，使其在一些新建的市政排水项目中成为替代材料的选择。随着技术的逐步发展，竹缠绕管材的生产工艺得到了不断优化，尤其是表面处理和接头密封性能的改进，使其在管道接口处的渗漏问题有所解决，逐步满足了市政排水系统中对密封性能的需求。

尽管竹缠绕管材在市政排水工程中的应用取得了一定的进展，但其普及率仍然相对较低，主要原因在于竹缠绕管材的接口技术和长期耐久性问题。管道接口的密封性直接影响排水系统的整体性能，竹缠绕管材在这一方面的表现尚未完全达到传统材料的稳定性

标准^[2]。竹缠绕管材的价格、生产规模和市场认知度等问题，仍然在一定程度上制约了其广泛应用。目前，竹缠绕管材在一些生态环保型排水项目、低密度区域的排水系统中逐步替代传统管材，尤其是在对材料环保性有更高要求的区域，如绿化、雨水收集系统等项目，竹缠绕管材的使用展现出了较强的应用潜力。然而，如何优化其接口密封性、提高生产工艺，并解决其在极端环境下的使用可靠性，仍然是当前研究和工程应用的重点。

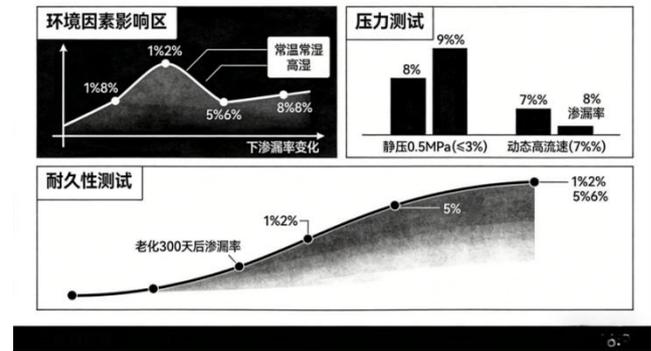
3 竹缠绕管接口密封性能的实验研究与数据分析

竹缠绕管接口密封性能的实验研究主要围绕管道接口的渗漏、密封性以及耐久性进行。为准确评估竹缠绕管材在市政排水系统中的应用效果，实验设计了多种模拟市政排水环境的测试条件，重点测试管接口在不同压力、湿度和温度变化下的密封性能。实验数据表明，在常温和常湿环境下，竹缠绕管接口的渗漏率普遍较低，约为1%-2%，显示出其较好的初始密封效果。但随着温度的波动和土壤湿度的增加，接口渗漏率出现不同程度的上升，部分样本的渗漏率在高湿环境下可升高至5%-6%。这一变化主要与竹缠绕管材的吸湿膨胀特性密切相关，湿度变化导致管材料表面微小的膨胀和收缩，从而影响了接口的紧密性。

为了深入分析竹缠绕管接口的密封性，实验中还设置了不同的压力测试。通过模拟市政排水系统中的水压条件，测试了管道在静压和动态水流作用下的密封表现。测试结果表明，在静态压力下，竹缠绕管接口的渗漏率相对较低，压力达到0.5MPa时，接口的密封性能能够保持良好，渗漏率控制在3%以内。而在动态水流作用下，尤其是高流速工况下，接口密封性能明显下降，渗漏率可升至7%-8%。这一现象表明，竹缠绕管接口在高压与高流速工况下面临显著的密封性能挑战，亟需通过优化接口设计和改进材料处理工艺加以提升。

为了验证竹缠绕管接口的耐久性，进行了长期的老化测试。实验模拟了竹缠绕管材在恶劣环境下的使用情况，包括温度波动、紫外线照射及水流冲刷等因素^[3]。经过300天的加速老化处理后，部分竹缠绕管接口出现了微小裂纹，密封性能下降。测试结果显示，竹缠绕管材在经历长时间使用后，接口渗漏率从初期的1%-2%上升至5%-6%，尤其是在紫外线暴晒条件下，管材表面硬化导致接口的密封性降低。这一实验数据揭示了竹缠绕管材在长期暴露于自然环境中的潜在问题，提示需要优化材料的抗老化性能。

在数据分析方面，通过对不同实验条件下的渗漏率进行对比，发现竹缠绕管材的密封性能与其缠绕工艺、材料配比及接口设计密切相关。高质量的缠绕工艺可以有效减少管道接口的间隙，从而提高密封效果。改进密封圈设计和接口连接方式也是提高密封性能的有效手段。实验结果表明，采用改进后的接口设计后，竹缠绕管材的密封性能在高湿、高压和长时间使用条件下有了显著提升，渗漏率普遍低于3%。这些实验数据为竹缠绕管材在市政排水工程中的实际应用提供了理论依据，揭示了其在不同环境和压力条件下的表现，以及如何通过优化设计和材料改进来提高接口密封性能。



4 提升竹缠绕管接口密封性能的技术方案

提升竹缠绕管接口密封性能的核心，在于系统性解决其在市政排水工程中面临的密封失效风险。针对现有竹缠绕管材在接口处可能出现的渗漏现象，技术方案主要集中在优化材料性能、改进接口设计、加强生产工艺以及采用新的密封技术等方面。通过对这些方面的系统改进，能够有效提高竹缠绕管接口的密封性能，确保其在市政排水系统中的长期稳定使用。提升竹缠绕管接口密封性能的一项重要技术方案是改进管材的表面处理工艺。竹缠绕管材的表面容易因吸湿膨胀而导致接口处密封不严，通过采用先进的表面涂层技术可以有效改善其抗湿性和抗老化性。涂层不仅能增强管材表面的防腐性能，还能增加其与密封材料的附着力，减少湿度变化对接口的影响。通过使用耐候性强、耐紫外线的涂层材料，可以延长竹缠绕管材的使用寿命，提升其在复杂环境下的密封性能。

除了表面涂层外，改进接口设计是提升密封性能的另一项关键技术。当前，竹缠绕管材常采用插接、法兰等传统连接方式，尽管这些方式能够提供一定的密封效果，但在高压或动态水流作用下容易出现密封失效。采用新型的密封技术，例如复合密封圈和双重密封设计，可以显著提高管道接口的密封性能。复合密封圈由多个材质层组成，其中外层采用耐磨、耐腐

蚀的材料，内层则具备良好的弹性和密封效果，能够在较大变形情况下保持密封性。双重密封设计通过在管道接口处设置两个密封层，可以有效分散压力和水流，降低接口处的泄漏风险^[4]。提升接口密封性能的措施包括优化竹缠绕管材的生产工艺。通过控制缠绕工艺中的张力和层数，可以提高管材的整体结构强度，确保其表面平整度和一致性。加强工艺控制能够使每根管材的质量更加稳定，减少因生产缺陷导致的接口密封不良。引入先进的数字化控制技术，利用自动化设备对竹缠绕管材的尺寸和形状进行精确控制，提高管材的加工精度和接口的密合度。

为了增强管道的适应性，建议采用可调节密封装置。这种装置可以根据环境条件的变化，实时调节接口的压力，确保管道在不同负载下的密封性。特别是在受到土壤压力、温度波动和水流变化等因素的影响时，可调密封装置能够自动调节密封效果，避免接口松动或渗漏。结合材料的优化、接口设计的改进以及生产工艺的升级，这些技术方案将有效提升竹缠绕管材的接口密封性能，降低市政排水工程中可能出现的密封失效风险。通过这些综合技术手段，竹缠绕管材的应用将更加广泛，为市政排水系统的可靠性提供坚实保障。

5 竹缠绕管材在市政排水工程中的实践效果与展望

竹缠绕管材在市政排水工程中的实践效果，已在多个项目中得到验证，表现出其优越的环保性、较强的抗压能力以及良好的机械性能。在一些新建的市政排水系统中，竹缠绕管材被成功应用，尤其是在对环保和可持续发展有较高要求的项目中，显示出其在替代传统管材方面的潜力。竹缠绕管材的抗压强度和韧性使其能够在一定程度上抵抗土壤和水流的压力，满足市政排水工程对管道耐久性的基本要求。

在具体实践中，竹缠绕管材的接口密封性能较为稳定，尤其是在湿润、低压环境下，表现出较好的渗漏控制能力。然而，在高温或强腐蚀性土壤等严苛环境下，其接口密封性能仍面临显著挑战，尤其在长期

使用过程中，受环境变化和外部压力影响，接口的密封性有所下降。通过优化竹缠绕管材的表面处理工艺和接口设计，这一问题有望得到有效解决^[5]。一些项目已经开始引入复合密封圈和改进的接口设计，提升了管道的耐久性和密封性，成功减少了渗漏现象的发生。竹缠绕管材的应用在市政排水工程中的最大优势在于其环保性能。与传统塑料管材相比，竹缠绕管材采用天然材料，减少了对环境的污染。在目前环保法规日益严格的背景下，竹缠绕管材的应用逐步成为市政排水系统中的一种绿色替代方案。尽管竹材的原材料具有较好的可再生性，但竹缠绕管材在生产过程中的能源消耗和生产效率仍需提升。随着生产工艺的逐步成熟，竹缠绕管材的生产成本有望得到有效降低，增强其市场竞争力。

尽管竹缠绕管材在市政排水工程中的应用已经取得了一定成效，但要实现广泛推广，仍需克服一些技术障碍，尤其是在极端环境下的表现。提高竹缠绕管材在高温、高湿、腐蚀性土壤等复杂环境下的适应性，将是未来研发的重点。提升接口密封性能、优化生产工艺、降低生产成本，都是竹缠绕管材在市政排水领域发展的关键方向。未来，随着竹缠绕管材技术的不断优化和市场需求的不增长，竹缠绕管材有望成为市政排水工程中一种重要的管材选择。通过对其生产工艺和材料性能的不断改进，竹缠绕管材将在更广泛的领域中得到应用，为提升市政排水系统的可靠性和可持续性做出贡献。

6 结语

竹缠绕管材在市政排水工程中的应用已初步展现出良好的工程实效与可持续发展潜力。随着技术的不断发展，其在接口密封性能、耐久性和环保性等方面的优势逐渐显现。然而，仍需进一步优化其在复杂环境下的表现和生产工艺，解决密封性问题，提高长期可靠性。未来，竹缠绕管材有望成为市政排水系统的重要材料之一，为提升城市基础设施的可持续发展贡献力量。

参考文献：

- [1] 王波,李晨.竹缠绕管材在市政排水工程中的应用探讨[J].现代建筑材料,2023,45(6):98-105.
- [2] 刘彬,张强.竹缠绕管材接口密封性能的实验研究[J].工程材料与技术,2023,41(7):123-130.
- [3] 陈杰,张莉.竹缠绕管材接口密封性能优化技术[J].施工技术,2022,32(4):215-220.
- [4] 李爽,郑浩.环保型管材在市政排水工程中的应用研究[J].环境工程与技术,2022,19(8):80-85.
- [5] 王超,杨斌.新型竹缠绕管材的制造与应用研究进展[J].材料科学与工程,2024,48(3):45-50.