

市政给排水工程中的管道材料与施工技术优化研究

文 / 吕良升 青岛市即墨区自来水公司

袁显涛 青岛市即墨区自来水公司

摘要: 市政给排水工程中, 管道材料与施工技术的选择与优化直接影响工程质量、使用寿命和维护成本。本文围绕市政给排水工程中的常见管道材料及其性能优化措施进行论述, 探讨了管道材料选择标准、性能提升和施工技术的匹配性, 并分析了新兴施工技术在提高施工精度、效率及降低安全风险方面的作用。本文还提出了管道材料与施工技术协同优化的方向, 并评估了优化后的工程效益, 强调了在现代市政工程中技术与材料选择的重要性。

关键词: 市政给排水工程; 管道材料; 施工技术; 协同优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.015

引言

市政给排水工程作为城市基础设施建设的重要组成部分, 承担着保障城市供水和排水系统正常运行的任务。随着城市化进程的不断推进, 市政工程的规模和复杂性逐渐增加, 传统的管道材料和施工技术已无法完全满足现代市政工程的要求。优化管道材料的性能并引入新兴施工技术, 成为当前市政给排水工程中的一大重点研究方向。本文旨在从管道材料的选择、性能优化到施工技术的提升, 以提高工程效益。

一、市政给排水工程中的管道材料概述

(一) 常见管道材料类型及其特点

市政给排水工程中, 常见的管道材料包括钢管、球墨铸铁管、PVC管、HDPE管和玻璃钢管。钢管强度高、耐压性好, 适用于高压输水系统, 但其重量大、易腐蚀且施工成本高。球墨铸铁管耐磨、抗压性强, 多用于市政主干管道系统。PVC管重量轻、价格低、耐腐蚀, 适合低压或短期使用的环境, 但抗压能力有限^[1]。HDPE管耐磨、耐腐蚀、柔韧性好, 适合复杂地质条件下的管道铺设。玻璃钢管重量轻、耐腐蚀、抗老化, 成本较高, 主要用于工业污水排放等特殊应用场景。

(二) 管道材料的选择标准

管道材料的选择需综合考虑水质、地质条件、输送介质、压力等级、施工条件、经济性及耐久性。水质决定了材料的耐腐蚀性, 如污水或海水输送需要选用如HDPE或球墨铸铁等耐腐蚀材料。地质条件复杂时, 应选择柔性高的材料如HDPE管, 以减少地质变化对管道的破坏。对于高压输水系统, 钢管或球墨铸铁管是更好的选择。经济性则要求材料采购、施工成本与项目预算匹配, 并需考虑长期维护费用。管道的使用寿命也是关键因素, 应根据项目周期评估不同材料的耐久性。

(三) 不同材料的应用领域及适用性分析

不同管道材料适用于不同场景。钢管强度高、抗压性好, 适合高压给水系统及受力较大的场景, 如桥梁下铺设。球墨铸铁管因其强度和耐腐蚀性, 常用于大口径

供水和排水主干管网^[2]。PVC管适用于小口径系统, 如社区排水, 但不适合主干管道。HDPE管耐腐蚀、柔韧性强, 适合地形复杂或非开挖施工的地下水管网。玻璃钢管因其耐腐蚀、抗老化, 主要应用于工业污水或化学品输送, 尽管成本较高, 但在特定领域表现优越。

二、管道材料的性能优化

(一) 材料强度与耐久性的提升

随着市政给排水工程的规模不断扩大和复杂性增加, 管道材料的强度和耐久性成为提高工程质量和降低长期维护成本的关键因素。为了提升管道的强度, 一些新型材料和复合技术被应用到管道生产中。例如钢管可以通过合金化处理或添加防腐涂层来增强其抗拉强度和耐压能力, 同时减少腐蚀的发生。球墨铸铁管可以在生产过程中通过改变铸造工艺来增强韧性, 增加抗拉强度并提高抗裂性。PVC和HDPE管道则通过调整分子结构来提高其抗压性和耐冲击性能。一些高性能复合材料也开始应用于管道的制造中, 如将玻璃纤维与树脂复合, 形成具有高强度和抗腐蚀性能的管道。

(二) 防腐蚀性能的优化方法

管道材料的防腐蚀性能是市政给排水工程中另一个重要的优化方向, 尤其是在污水和腐蚀性较强的环境中, 管道的防腐蚀性能决定了其使用寿命和维护成本。对于钢管, 常见的防腐蚀措施包括外部涂层、阴极保护以及内衬材料的使用。外部涂层可以有效防止管道与腐蚀性介质直接接触, 常见的涂层材料包括环氧树脂、聚乙烯和沥青等^[3]。阴极保护则是通过电化学方法防止金属的腐蚀, 尤其适用于长距离埋地管道。球墨铸铁管常采用内外双层防护, 内衬水泥或环氧树脂, 外覆聚氨酯或聚乙烯涂层, 以增强其抗腐蚀性。对于HDPE和PVC管, 这类材料本身具有良好的耐腐蚀性能, 无须额外的防护措施, 但在高温或强酸碱环境中仍需注意材料的老化问题。

(三) 管道材料的环保性与可持续性

随着环保意识的不断提升, 市政给排水工程中的管

道材料也逐渐向绿色环保方向发展。材料的环保性不仅体现在生产和施工过程中对环境的影响，还包括管道材料的回收利用和对自然资源的节约。在生产阶段，减少能耗、废气排放和水资源的消耗是优化管道材料生产过程的关键。例如HDPE管的生产过程中可以大量使用再生材料，减少对原生石化资源的依赖，同时废旧管材可以通过回收再利用来降低环境负担。球墨铸铁管在报废后可以重新熔炼成新的管材，具有很高的回收价值。对于PVC管道，虽然其回收利用的技术相对复杂，但近年来，随着技术进步，废旧PVC管材的回收利用率也在逐步提高。

三、市政给排水工程的施工技术现状

（一）施工技术分类与应用场景

市政给排水工程施工技术可以分为开挖施工和非开挖施工两大类。开挖施工是传统的管道铺设方法，适用于地表条件较为简单的区域，如新建的城市道路或未开发的地区。该方法施工简单，成本较低，但对周围环境影响较大，特别是在已建成的市区，开挖施工常伴随道路破坏、交通中断等问题。相比之下，非开挖施工技术近些年得到了广泛应用，这种技术不需要大面积开挖地面，能够有效减少对交通、环境及居民生活的影响^[4]。常见的非开挖技术包括顶管、盾构、水平定向钻等，适用于地质复杂、人口密集或交通繁忙的城市区域。在一些特殊环境中，如河流、铁路或公路下方的管道铺设，非开挖技术更是唯一可行的选择。

（二）施工技术对工程质量的影响

市政给排水工程施工技术的选择和执行质量直接关系到管道系统的运行效果和工程寿命。施工不当导致管道系统早期损坏，甚至引发二次施工，增加项目成本。传统的开挖施工虽然技术较为成熟，但如果施工人员操作不当或施工环境复杂，容易导致管道埋设不均匀、接缝不严密等问题。这种情况引起管道沉降、错位，导致水流不畅，严重时甚至会发生管道破裂，造成水资源浪费或环境污染。在非开挖技术应用中，虽然对周边环境的影响较小，但如果前期勘探不足或施工设备选择不当，出现管道铺设的偏差，导致管道无法正常与市政管网连接^[5]。非开挖技术对施工人员的技术水平要求较高，施工过程中对设备和参数的控制也十分关键，稍有不慎会导致管道变形或损坏。在市政给排水工程施工中，不仅要选择适合的施工技术，还需要确保施工队伍的专业水平，严格按照施工规范操作，以确保工程质量达到设计要求。

（三）施工过程中常见问题及对策

在市政给排水工程施工过程中，常见问题包括管道的漏水、沉降以及因地质原因导致的施工难题。漏水问题通常出现在管道的接头处，特别是在不同材料的管道连接中，由于接缝处理不当或密封材料老化，导致漏水

现象。针对这一问题，施工过程中应加强接缝部位的密封处理，选择适合的密封材料，并定期检查管道接头，发现问题及时修复。管道沉降则主要由施工地基处理不当或回填不均匀导致，管道沉降会使其局部受力过大，甚至引发破裂。为解决这一问题，施工前需进行充分的地质勘探，选择适合的管道埋设深度和回填材料，确保地基的稳定性。另一个常见问题是施工过程中的地质复杂性，如遇到岩石层或地下水位高的区域，传统的开挖施工难以完成。可以采用非开挖技术如顶管或盾构，减少对地质条件的依赖，同时避免大面积开挖对环境的影响。

四、施工技术的优化措施

（一）提高施工精度与效率的技术手段

在市政给排水工程中，施工精度和效率的提升是确保工程质量和降低施工成本的关键目标。为提高施工精度，首先需要在施工前进行充分的勘探和规划，借助地理信息系统和三维建模技术，可以精确定位管道铺设位置，并提前模拟施工过程，识别潜在的障碍物和风险点，确保实际施工与设计方案的一致性。在管道铺设过程中，利用自动化的激光测距仪、全站仪等精密仪器，能够有效控制管道的坡度和深度，避免传统人工测量误差的出现。精密的钻探和切割设备，如水平定向钻和顶管机，能够在施工过程中精确控制管道的方向和位置，减少地质复杂性对施工精度的影响。提高施工效率的另一有效手段是采用预制管道技术，即在工厂内完成管道的制造和初步组装，然后运输至施工现场进行安装。这不仅减少了现场施工的时间，还能有效控制产品质量，减少施工过程中的返工率。

（二）降低施工过程中的安全风险

市政给排水工程施工过程中，安全风险控制是重中之重，特别是在地下施工和非开挖施工中，地质不确定性、地下水位、管线交叉等因素均影响施工的安全性。降低安全风险的一个重要措施是加强施工前的风险评估与预警系统，借助现代化的测量技术与监测设备，能够实时监测地下施工的稳定性及周边环境的变化，如地质沉降、地下水位波动等，及时发现潜在的安全隐患并采取应急措施。在施工人员方面，强化安全培训和技术指导是预防事故发生的基础，确保每位施工人员掌握基本的安全知识，并严格执行安全操作规程。针对深基坑开挖和管道下穿交通干道等高风险施工环节，可以采用机械化施工代替人工操作，减少施工人员直接进入危险区域的机会。非开挖施工技术的广泛应用也能在一定程度上降低安全风险，尤其是在管道更新和维护中，减少了对城市交通和居民生活的影响。施工现场需要设置完善的安全防护措施确保施工区域内外人员的安全。

（三）新兴施工技术在市政给排水工程中的应用

随着科技的进步，新兴施工技术在市政给排水工程中的应用逐渐普及，极大地提升了工程的效率和质量。

非开挖技术是其中最具代表性的创新之一，包括水平定向钻、顶管技术和盾构机技术等。这些技术的主要优点是无须大规模破坏地面，尤其适用于城市中管道密集、交通繁忙的区域，能够在不影响地面交通的情况下完成地下管道的铺设和修复工作。机器人技术也是新兴施工技术中的一大亮点，特别是在管道内部检测和维修方面，机器人可以深入管道内部进行高清摄像和探测，帮助工程师实时了解管道内部状况，精准定位损坏点并进行局部修复。3D打印技术也开始逐步应用于管道的制造和维修中，3D打印能够根据实际需求定制化生产特殊形状的管道部件，减少材料浪费，缩短生产周期，并在施工现场直接完成部件的组装和安装。随着物联网和大数据分析技术的引入，施工过程的监控和管理也变得更加智能化，通过传感器实时获取施工进度、管道运行状态等数据，能够动态调整施工方案，提高施工效率和精度。新兴技术的应用为市政给排水工程的施工提供了更为灵活、精准和高效的手段，推动了行业的现代化发展。

五、管道材料与施工技术的协同优化

（一）材料与施工技术匹配性的分析

管道材料与施工技术之间的匹配性是确保市政给排水工程顺利实施的重要因素。不同的材料具有不同的物理和化学特性，因此在施工中需要采用相应的技术手段。例如钢管由于其重量大、刚性高，适合采用开挖施工方式，确保管道能够稳定铺设，同时在接头处需要采用焊接技术，确保其密封性和强度。而对于柔性较高的HDPE管，则更适合采用非开挖施工技术，如水平定向钻或顶管技术，利用其柔韧性应对地质变动，减少管道在铺设过程中因受力不均而破裂的风险。PVC管道则由于其轻便和易于加工的特点，适合在管道铺设难度较低的场景下使用，施工技术相对简单，通常通过热熔连接或胶水粘接即可完成。对于腐蚀性强或地质环境复杂的区域，玻璃钢管由于其高强度和耐腐蚀性，往往需要配合特定的施工设备和技术，如采用双层防护和特殊接头技术，确保管道的使用寿命。在实际工程中，选择合适的施工技术与管道材料进行匹配，能够有效提升工程的施工效率和质量，避免不必要的施工难题。

（二）材料与施工技术协同优化的方向与方法

材料与施工技术的协同优化是提升市政给排水工程综合效益的有效途径。应基于工程的实际需求，选择合适的管道材料，并在施工技术的选择上予以匹配。例如在大口径主干管道中，可以选择抗压强度较高的球墨铸铁管，同时采用顶管技术，确保管道在高压环境下的稳定性。在柔性管道如HDPE管的应用中，可以结合非开挖技术，减少地面开挖对交通和环境的影响，从而提高施工效率和环保性。优化施工过程中管道材料的预制和安装工艺，尤其是在非开挖施工中，应合理设计管道的

长度和接头位置，减少现场焊接和拼接的次数，降低因连接不当引发的漏水和损坏问题。对于腐蚀性较强的环境，可以在材料和施工技术的协同下，采用双重防护措施，如在施工过程中增加外部保护层，或采用内衬技术，延长管道的使用寿命。基于新兴材料和施工技术的发展，逐步推广智能化的施工监控手段，如利用物联网和大数据技术，实时监控管道的运行状态，优化施工方案，实现施工过程的精细化管理。

（三）优化后的市政给排水工程效益分析

通过材料与施工技术的协同优化，市政给排水工程的综合效益显著提升。施工时间大幅缩短，尤其是在采用非开挖技术与柔性材料结合的情况下，施工对交通和居民生活的干扰最小化，从而提升了社会效益。管道材料与施工技术的匹配性提高后，管道的使用寿命延长，后期维护和更换频率降低，运营成本也随之减少。例如通过合理选择耐腐蚀材料并配合防护措施，可以有效延长污水管道的使用寿命，减少渗漏问题，进而降低污水处理的成本和环境治理费用。与此同时，协同优化还能够提升工程的环境效益，选择环保型材料与技术手段可以减少施工对周围环境的影响，减少能源消耗和碳排放。优化后的工程在长期运行过程中，水资源的有效利用率提升，供水与排水系统的稳定性增强，减少了水资源的浪费，进一步提高了经济效益和社会效益。

总结

本文对市政给排水工程中的管道材料与施工技术进行了系统的分析与探讨。论述了常见的管道材料及其选择标准，并提出了材料性能优化的具体措施。分析了当前施工技术的现状与优化途径，着重强调了新兴技术在提高施工精度、效率及降低安全风险方面的应用。提出了管道材料与施工技术协同优化的方向，阐述了其对市政给排水工程效益的提升。通过优化材料性能与施工技术的匹配性，能够显著延长管道使用寿命，降低运营成本，并提升工程的社会和环境效益。

参考文献

- [1]周建萍,陈慧.市政工程给排水管道施工技术研究[J].散装水泥,2023(3):108-110.
- [2]康军贤.市政给排水工程管道施工技术创新与优化[J].2023(24):130-132.
- [3]陈少东.关于市政工程给排水管道施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):4.
- [4]王志恒.市政工程给排水管道施工技术的探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023.
- [5]唐恺.市政给排水工程中的长距离顶管施工技术研究[J].工程技术研究,2024(6).
- [6]朱亮.在市政工程给排水管道施工中的质量控制对策研究[J].工程管理与技术探讨,2022.