

城市供水管道维修施工技术

甄美丽 齐宗鑫 杨颖

天津市蓟州区自来水供水有限公司 天津 301900

摘要：城市供水管道对于保障居民生活及城市正常运转起着关键作用。本文先是概述了城市供水管道系统的基本构成，介绍维修施工技术分类与特点。接着深入分析常见故障，涵盖管道腐蚀、破裂渗漏、接口失效等问题及其背后成因。重点探讨了各类维修施工技术方法，像管道检漏、管道维修、阀门维修更换以及沟槽开挖回填技术等，旨在提升供水管道维修的科学性与有效性，确保城市供水的稳定可靠。

关键词：城市；供水管道；维修；施工技术

引言：随着城市化进程不断加快，城市供水管道如同城市的“血管”，其安全稳定运行至关重要。然而，供水管道在长期使用过程中，不可避免地会出现各种故障，如腐蚀、破裂、接口失效等情况，这不仅影响居民正常用水，还可能对城市基础设施造成破坏。鉴于此，深入研究城市供水管道维修施工技术意义重大，通过对其构成、常见故障及相应维修技术的剖析，能够更好地保障城市供水系统高效运行，满足城市用水需求。

1 城市供水管道维修概述

1.1 城市供水管道系统的基本构成

城市供水管道系统主要由水源、输水管道、配水管道、泵站、阀门及附属设施构成。水源提供原水，地表水如江河湖泊，地下水经开采汇集。输水管道将原水长距离输送，管径大、承压高，材质有钢管、球墨铸铁管。配水管道把水分配到各区域，形成枝状或环状网络，材质多样。泵站提升水压，保障水流畅通。阀门控制水流启停与流量。附属设施包含水表计量用水，消防栓保障消防，排气阀、泄水阀辅助管道维护，它们协同运作确保城市供水稳定可靠。

1.2 维修施工技术的分类与特点

维修施工技术分为局部修复与整体更换。局部修复技术如内衬法，在旧管道内加衬新材，施工便捷、成本低、对环境影响小；补丁法针对局部破损修补，能快速定位修复，减少停水时间。整体更换技术中，明挖更换法可彻底解决管道问题，但施工周期长、成本高、对周边干扰大；非开挖更换技术（如顶管法、盾构法）虽设备技术复杂、前期准备繁琐，但对交通和环境影响小，适用于特殊工况或重要区域管道维修^[1]。

2 城市供水管道常见故障与原因分析

2.1 管道腐蚀

2.1.1 化学腐蚀机制

化学腐蚀是城市供水管道腐蚀的重要机制之一。当金属管道与周围介质直接发生化学反应时便会产生化学腐蚀。例如，水中的溶解氧可与金属铁反应生成氧化铁，而水中若含有酸性物质，如盐酸、硫酸等，会加速金属的腐蚀进程，金属原子会不断失去电子形成金属离子进入溶液。在一些工业区域，若供水管道周边存在化工污染，管道可能会接触到各种强氧化剂或腐蚀性化学物质，使管道材料发生氧化还原反应，导致管壁逐渐变薄、强度降低，最终影响管道的承压能力和使用寿命，严重时甚至引发管道泄漏等安全事故。

2.1.2 电化学腐蚀原理

电化学腐蚀基于原电池原理在管道中发生。由于管道材质并非绝对均匀，在电解质溶液（如土壤或含有各种离子的水）存在的环境下，管道不同部位会形成电位差。例如，金属中的杂质或局部应力集中处电位较低，成为阳极，而其他部位为阴极。阳极发生氧化反应，金属原子失去电子变成离子进入溶液，如铁变为亚铁离子；阴极则发生还原反应，像水中的溶解氧得到电子与水反应生成氢氧根离子。这种电化学腐蚀反应持续进行，会在管道表面形成腐蚀坑洼，随着时间推移，腐蚀范围不断扩大，使管道结构受损，而且其腐蚀速度通常比化学腐蚀更快，对管道的危害极大，在潮湿且离子含量丰富的土壤环境中尤为突出。

2.1.3 腐蚀影响因素

多种因素会影响城市供水管道的腐蚀速度与程度。水质方面，水中溶解氧含量越高，越易促进电化学腐蚀；酸碱度不适宜，过酸或过碱都会加速金属腐蚀；水中含有的氯离子、硫酸根离子等腐蚀性离子浓度增加，会增强腐蚀作用。土壤特性也极为关键，土壤电阻率低、湿度大、含氧量高以及存在大量微生物时，管道在土壤中的腐蚀会加剧。此外，管道材质本身的质量与特

性,如金属管道的合金成分、非金属管道的耐化学性能,以及管道防护层的完整性与质量,若防护层破损,会使管道直接暴露于腐蚀环境中,极大地增加腐蚀风险,还有管道的使用年限,随着时间增长,老化的管道更易遭受腐蚀破坏。

2.2 管道破裂与渗漏

2.2.1 外力破坏

外力破坏是导致城市供水管道破裂与渗漏的常见原因之一。在城市建设过程中,各类施工活动频繁,如道路修建、建筑施工等。施工机械在挖掘、打桩等作业时,如果未准确掌握地下供水管道的位置信息,极易直接碰撞、挤压管道,使其发生破裂。另外,地面长期承受超重车辆的碾压,尤其是一些大型货车超载行驶,会使管道承受过大的压力,超过其承载极限而导致管道变形甚至破裂。再者,地震、山体滑坡、地面沉降等自然灾害也会对供水管道施加巨大的外力,使管道遭受拉伸、扭曲或剪切力,从而造成管道的断裂或破损,引发供水泄漏事故,影响城市供水的正常运行和周边环境安全。

2.2.2 管道材质缺陷与老化

管道材质缺陷与老化也是引发破裂与渗漏的重要因素。在管道生产制造环节,可能由于工艺控制不当,出现管壁厚度不均匀、存在砂眼、裂缝等先天性缺陷。这些薄弱部位在长期承受水压以及外界环境的作用下,容易率先发生损坏,导致渗漏。随着时间的推移,管道会逐渐老化,金属管道会因锈蚀而使管壁变薄、强度下降;塑料管道则可能因紫外线照射、温度变化等因素,出现材质变脆、龟裂等现象。老化后的管道柔韧性和抗压能力减弱,在正常的水压波动或轻微外力作用下,就可能发生破裂,进而影响供水系统的稳定性和可靠性,造成水资源的浪费与供应中断^[2]。

2.3 管道接口失效

2.3.1 接口连接方式与特点

城市供水管道常见的接口连接方式有多种。焊接连接适用于金属管道,如钢管,其能使管道形成连续整体,连接强度高、密封性好,能承受较大压力,但对焊接工艺和工人技术要求高,且后期维修较困难。法兰连接则便于拆卸与安装,多用于阀门与管道或不同管径管道连接,通过螺栓紧固法兰盘实现密封,但法兰及螺栓易受腐蚀,需定期维护。承插连接常见于铸铁管和部分塑料管,是将一根管道插入另一根管道的承口,再用密封材料填充,施工相对简便,有一定柔性可适应一定变形,但密封材料老化或施工不当易导致渗漏。橡胶圈密封连接依靠橡胶圈的弹性实现密封,安装便捷,密封性

较好且能适应一定位移,不过橡胶圈受环境影响大,长期使用可能老化失去弹性。

2.3.2 接口失效原因分析

接口失效原因较为复杂。施工质量不佳是重要因素,如焊接时未焊透、焊缝有夹渣或气孔,法兰连接螺栓拧紧力矩不均匀,承插连接密封材料填充不密实、橡胶圈安装不到位等,都会导致接口密封性变差。管道运行过程中,温度变化引起的热胀冷缩会使管道产生伸缩变形,若接口处不能有效适应这种变形,就会导致接口松动或开裂。地基不均匀沉降也会使管道受力不均,接口处承受额外应力而失效。此外,长期受水流冲刷、水锤作用以及管道内水压波动较大等因素,都会逐渐削弱接口的连接强度和密封性能,最终导致接口失效,引发供水管道渗漏等问题。

3 城市供水管道维修施工技术方法

3.1 管道检漏技术

管道检漏技术对于及时发现供水管道的渗漏点、减少水资源浪费和保障供水系统安全运行至关重要。第一,压力测试法是常用的检漏手段之一。通过向管道内充水加压至规定试验压力,保压一段时间后观察压力降。若压力下降超出允许范围,则表明管道存在渗漏。水压试验适用于多种材质管道,能全面检测管道的密封性能,但对于微小渗漏可能不够灵敏。气压试验则对微小渗漏较为敏感,检测速度相对较快,不过其安全性要求高,因为压缩空气具有可压缩性,一旦管道破裂,能量释放迅速,容易引发危险,且气压受温度影响较大,需要精确控制和修正。第二,流量监测法借助流量计测量管道内的水流量。通过对比正常运行流量与实时监测流量,分析流量变化趋势与波动情况来判断是否存在渗漏。例如电磁流量计利用电磁感应原理,超声流量计基于超声波在流体中的传播特性,它们能够较为精准地测量流量。但该方法易受管道内水流状态、水质等因素干扰,且难以精确定位渗漏位置,需结合其他方法进一步确定渗漏点。第三,听漏法利用听漏仪器设备检测渗漏产生的声音。电子听漏仪可放大并分析声音频率,听音棒则较为便捷。通过地面听音、阀栓听音、管道听音等方式,凭借经验和声音特征分析判断渗漏位置。夜间环境噪音小,更利于听漏操作。然而,听漏效果依赖于检测人员的经验和技能,对于深埋管道或周围干扰源多的情况,检测难度较大^[1]。

3.2 管道维修施工技术

管道维修施工技术针对供水管道的不同损伤状况,有着多样化的应对方法,以确保管道能恢复正常供水功

能并维持稳定运行。(1)内衬法是一种常用的局部修复技术。对于轻微腐蚀或磨损的管道,可采用树脂内衬法。先将管道内部清理干净,然后将浸渍树脂的软管拉入管道,利用蒸汽或紫外线等方式使树脂固化,形成一层光滑且耐腐蚀的内衬层,增强管道结构强度,延长使用寿命,施工过程相对便捷,对周边环境影响较小。

(2)补丁法适用于局部破损的管道维修。当管道出现小孔洞或裂缝时,可根据破损形状和大小制作金属或复合材料补丁。金属补丁如钢板补丁,通过焊接或螺栓连接固定在破损处,确保密封牢固;复合材料补丁如玻璃纤维布加树脂粘结,具有重量轻、耐腐蚀的优点,施工时将补丁紧密贴合在破损部位并压实固化,能快速修复局部缺陷,减少停水时间。(3)局部置换技术则用于管道局部严重损坏的情况。确定损坏段位置后,将其切除,然后选用相同规格或稍大规格的新管段,通过焊接、法兰连接或承插连接等方式进行安装。在连接过程中,要严格把控连接质量,如焊接的焊缝质量需进行外观检查和无损探伤检测,确保新管段与原有管道系统无缝衔接,恢复管道的正常输水能力。

3.3 阀门维修与更换技术

阀门在城市供水管道系统中起着控制水流的关键作用,其维修与更换技术对于保障供水的稳定性和可靠性极为重要。(1)阀门常见故障类型多样。密封件老化与损坏较为常见,由于长期受水流冲刷、温度变化及水质影响,橡胶密封件易出现磨损、硬化、开裂等情况,导致阀门关闭不严,出现渗漏现象,影响供水压力和流量控制。阀杆故障也时有发生,阀杆可能因锈蚀、弯曲或断裂,致使阀门操作困难,甚至无法正常开关,严重时会使阀门失去控制水流的功能。此外,阀体破裂与渗漏也是一大问题,阀体可能因铸造缺陷、外力撞击或长期承受过高压力,产生砂眼、裂缝,进而引发漏水,威胁供水系统安全。(2)针对这些故障,有相应的维修方法。密封件更换时,需先将阀门拆解,小心清理旧密封件,选择适配的新密封件,安装时注意密封面的平整度和预紧力,安装后进行密封性测试。阀杆修复可根据损坏程度进行除锈、校直或焊接修复,若损坏严重则需更换阀杆,同时确保阀杆与阀瓣连接牢固且操作灵活。阀体修复对于轻微破裂可采用焊接、粘接等工艺,修复后

进行压力测试;若破裂严重则需考虑更换阀体。

3.4 沟槽开挖与回填技术

沟槽开挖与回填是城市供水管道维修施工中的重要环节。

沟槽开挖前,需进行精准的测量放线,确定沟槽的中心线、边界线与开挖深度,并详细探测地下管线等障碍物并做好标记与防护预案。开挖方法依据土壤性质、沟槽规模与周边环境而定,对于较浅且土质稳定的沟槽可采用人工开挖,而深度较大、范围广的多使用机械开挖,如挖掘机作业。在开挖过程中,要注重沟槽支护,像钢板桩支护可用于软土或较深沟槽,防止坍塌,合理设置排水系统,如明沟排水或井点降水,保持沟槽干燥。沟槽回填时,首先要依据管道类型与沟槽部位挑选合适的回填材料,比如管底与基础部分常用中粗砂,管道两侧可采用灰土或原土。回填应遵循特定顺序,先填管底,再对称填两侧,最后填管顶以上部分,且严格控制每层回填厚度、压实遍数与压实度,通过环刀法等检测手段确保回填质量,避免地面沉降与管道变形,保障供水管道长期稳定运行^[4]。

结束语

城市供水管道维修施工技术的有效运用是保障城市用水稳定与安全的关键。通过对管道系统构成、常见故障及维修技术的深入探究,我们明确了各类维修方法的要点与适用场景。从管道检漏到沟槽回填,每个环节都紧密相连,不容有失。未来,随着科技的持续进步与材料的创新发展,维修施工技术必将更加高效、智能、环保。相关从业者应不断提升专业素养,积极探索新技术、新方法,以应对城市供水管道维修日益复杂的挑战,确保城市的“生命线”畅通无阻。

参考文献

- [1]李磊.城市供水管道材料与施工技术应用研究[J].中华建设,2020(02):182-183.
- [2]武建生.城市供水管道维修施工技术[J].中华建设,2019(11):152-153.
- [3]张庆伟.浅谈城市供水管道维修施工技术[J].山东水利,2019(02):44+46.
- [4]蔡茗泉.城市供水管网的漏损原因分析及控制措施[J].中小企业管理与科技,2021,(24):100-101.