

Research on key links of quality control in construction of municipal pipeline engineering

Jianjun An

Hohhot Sifang Engineering Quality Inspection and Testing Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010010, China

Abstract

As a "lifeline" infrastructure project for urban development, municipal pipeline engineering directly impacts flood prevention, drainage efficiency, water resource utilization, and environmental protection outcomes. This study integrates traditional quality control principles with advanced detection technologies in pipeline construction processes, identifying critical control points and measures for quality management. Key factors affecting construction quality are analyzed, with particular emphasis on two innovative techniques: X-ray pipeline crawler inspection for spiral welds and magnetic induction sensors for concentricity positioning. A comprehensive quality control framework covering the entire lifecycle from "preparation to acceptance" is proposed. To ensure rigorous quality control at every stage, this approach emphasizes material procurement oversight, construction organization, and process monitoring, supplemented by professional training for all personnel to maintain high-quality standards throughout project implementation.

Keywords

pipeline engineering; construction quality; magnetic induction sensors

市政管道工程施工质量控制关键环节研究

安建军

呼和浩特市四方工程质量检测试验有限公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

摘要

市政管道工程作为城市的“生命线”工程,其施工质量将直接影响到城市防洪排涝、水资源利用和环境保护的效果。该文基于市政管道工程施工过程,整合传统质量管控要点与新型检测技术,研究市政管道工程施工质量管理主要涉及的管控点与管控措施,分析影响市政管道工程施工质量的关键因素,重点融入X射线管道爬行器检测螺旋焊缝技术与磁性感应传感器找同心点位法两大创新检测技术,提出覆盖“准备-过程-验收”全周期的质量控制方案。要抓实每一个具体环节的质量细节管控,在材料的进场管控、施工的组织、施工的过程管控基础上加强相关人员的专业技术培训,以此保证项目所有参建人员都保持高质量的工作标准。

关键词

管道工程; 施工质量; 磁性感应传感器

1 引言

随着城市化进程快速发展对地下管网系统的要求也不断提高,市政管道工程担负着排水、污水、给水等功能,是市政公用工程中最重要、最隐蔽的工程之一。由于市政管道工程受周围环境及设计环境因素的影响比较大,所以现场工况较难控制且复杂多样,地下管线复杂交错,工艺难,影响因素多、且具有一定的危险性和不可预见性,所以管道工程会出现如接口渗漏、管道位移、路基沉降、检查井变形等问题。“城市病”导致了严重的经济损失和反复开挖返修;引起市政道路存在诸多安全隐患以及环境污染等。结合传统的质量

控制模式以及现代工程质量管理理念,可看出,后者所强调的是“预防为主,过程控制”,从这个角度来讲,本文通过梳理施工全流程,整合X射线管道爬行器与磁性感应传感器定位两大创新技术,针对市政管道工程施工过程中质量控制重点的事项展开了研究,并提出了合理的施工控制方式。

2 施工准备阶段的质量控制: 奠定坚实基础

2.1 设计图纸会审与技术交底

为保证按图施工,必须由建设方、设计方、监理方及施工方在施工前组织各种图纸会审,并通过详细的图纸会审,重点审查管道的走向、埋深、坡度、接口的形式、与其他已有地下构筑物是否交错重叠等问题是否正确合理,及早发现问题及时纠正设计中的“错、漏、碰、缺”。然后项目部对各施工班组做好具体的施工技术交底工作,交底时应使

【作者简介】安建军(1988-),男,蒙古族,中国内蒙古呼和浩特人,本科,工程师,从事市政工程研究。

每一个人都能清楚地了解整个设计意图、技术要求、技术标准、施工要点、质量要求及安全操作规程,做到贯彻“按图施工、按标准施工”的思想。除审查管道走向、埋深、坡度、接口形式及与既有构筑物的避让关系外,需重点新增检测技术适配性审查:针对螺旋焊缝管道(如供热、供水干线),确认图纸标注的焊缝检测段落是否适配 X 射线管道爬行器的作业空间(如管道内径、转弯半径);针对大口径环向焊缝管道(如直径 ≥ 1.6 米的市政干管),核对同心点位定位需求,明确磁性感应传感器的扫描区域与操作空间,提前规避管道外壁障碍物(如附属支架)对检测的影响。技术交底阶段,采用“BIM 动画+现场样板”模式,除传递设计意图、施工要点外,需专项讲解新型检测技术的原理:如 X 射线爬行器的远程操控逻辑、可转动摄像头的角度覆盖范围,以及磁性感应传感器的磁场穿透原理与点位识别标准,确保施工班组理解“检测前置”的质量要求。

2.2 施工组织设计(方案)编制与优化

一有针对性、有指导意义的施工组织设计是整个施工活动的一个纲领。包括质量目标、组织机构、施工工序、重要技术工艺、进度安排等内容;施工组织设计也需新增“新型检测技术专项方案”,内容包括:X 射线管道爬行器作业流程:明确检测段落划分、远程操控台的布设位置、锂电池更换周期;磁性感应传感器定位流程:规定管道内壁标记(采用专用防水记号笔)、柱状钕磁铁的吸附位置、外壁扫描速度($\leq 0.5\text{m}/\text{min}$,避免漏检);针对复杂工况(如地下水位高、管道埋深 ≥ 3 米),制定检测设备的防护措施(如爬行器的防水密封处理、传感器的防干扰屏蔽罩)。对地质条件差或穿越重要构筑物的段落,需将检测技术参数纳入专项方案论证,如 X 射线的曝光强度、传感器的检测距离

2.3 材料与成品质量控制

工欲善其事,必先利其器。”管道、管件、井盖等原材料及成品构件的质量是工程质量的物质保障。严格按照进场报验制度:管材检验,核对产品合格证和质量证明文件,同时对外观做检验,对混凝土管还要检查是否达到设计要求强度等级;除传统管材、管件的质量检验外,需重点管控检测设备与耗材的质量:X 射线管道爬行器检验:核对设备合格证与性能报告,检查可转动摄像头的转动角度、驱动电机的扭矩、导电铜圈与碳极电刷的接触电阻;

磁性感应传感器检验:验证检测距离、双极检测功能;耗材质量控制:柱状钕磁铁需检测磁性强度、射线胶片需核对保质期与感光灵敏度,必要时抽样送第三方机构校验。

2.4 现场测量放线复核

测量工作的正确与否直接影响到管道中线的位置和高程,因此要选用精度较高的仪器,根据设计坐标、高程控制点,测设管道中线、检查井位、槽边线,测设完毕要另行再由其它组测量人员进行复查确认无误后做好保护桩号,作为沟槽开挖、管道安装的依据。

3 施工过程中的核心环节质量控制

3.1 沟槽开挖与支护控制

沟槽开挖是管道工程的“奠基”。沟槽开挖时,需在检测段落预留设备进出口,对于埋地管道,每 50 米设置一个宽 ≥ 1.2 米的操作坑,坑底高程低于槽底 0.3 米,便于 X 射线爬行器的放入与取出;边坡支护需避开磁性扫描区域,避免钢板桩等金属构件干扰磁场信号,若无法避让,需在支护结构与管道间增设绝缘层,削弱磁场干扰。

3.2 管道安装与接口处理控制

这是确保管道系统密闭的关键环节。下管与就位:下管要使用可靠的吊具和柔性的吊带,平缓地放置到槽内,不得碰擦槽壁或以坡口撞击管身而损坏管材;管道应平稳地置放到垫层上,并使用仪器进行管中线、管高程、管底坡度测量,准确无误后方可进行下一节管的安装。接口施工:接口是管道防渗漏的基本要求。承插式橡胶圈接口:对承口、插口必须清理干净,橡胶圈正确安放在承口内径中央部位且不得有扭曲、翻转的现象,严禁将橡皮圈强行压进承口内,为避免碎料等掉入管内,施工时可预先涂上专用润滑剂再用适当的拉紧工具将插口均匀引入承口至预定深度。抹带接口(混凝土管):在混凝土管管口凿毛、用净水冲刷干净的基础上,砂浆配比准确,每层抹压密实,及时对管接口抹带进行湿润养护,并防止抹带开裂。焊接接口(钢管、PE 管):焊工必须持证上岗,严格按工艺规程操作,对焊缝进行 100% 无损检测。

3.3 检查井施工质量控制

检查井是管网系统中必不可少的环节,但同时也是常见的质量较弱部位,对于砌筑质量而言,砖砌检查井要做到砂浆饱满、灰缝平直,砌体组砌正确;对于混凝土检查井来说,需要做到模板支撑牢固,混凝土浇筑密实;对于流槽,需要圆滑、流畅、与管口对接准确;同时井壁和管子结合处漏水问题比较严重,应该采用柔性防水材料或者现浇混凝土包裹等方式来进行防水;同时根据设计,应该对井室内外壁都做好防水抹面;对于井圈和井盖,要严格按照设计确定,要求座浆稳固、高程与最后的路面标高相吻合,并且使井圈平面与路面平顺,不得出现“跳车”现象。

4 影响施工质量的其他关键因素及控制措施

4.1 地下水位控制

地下水位是深埋管道施工最具活力、破坏力最大的外力。特别是在丰水地区或汛期施工时,如果得不到有效的降水控制,则会出现槽底泡软、边坡失稳、管体上浮等严重问题,甚至会毁坏整个工程施工的成果。精细降水方案设计:采取的是详细设计,在先有降水专项方案的前提下开展各项具体施工工作的操作行为。切不可按照以往的经验盲目降水,根据详勘阶段的水文地质报告查清水位标高、含水层厚度、渗透系数、补给方向、水质成分和流速、水量大小等一

系列的关键数据和信息。对透水性强的砂质土层可以使用轻型井点降水；对深度较大、水量较多的工程可以采用管井降水；对浅层潜水可以利用明沟排水与集水井相结合的方法。按照降水的工艺要求确定好井点的数量、间距、深度以及抽水设备的能力，保证降水曲线能使得基坑的开挖面下降低于槽底作业面至少0.5米，同时对X射线爬行器进行防水处理，避免电机进水短路。降水是一个动态的过程，在降水之后，在开挖、基础施工、管道安装过程中都要建立地下水位观测系统，要经常测得观测井里的水位变化情况，并以此调节泵量或者增补井点，使降水的效果达到最长的时间。还要特别地做好降水设备的保养工作，备有备用电源、备用泵，避免停电或者机械设备出故障而导致突然回水到槽底。

4.2 周边环境与既有管线保护

详尽的现状调查与精准物探：施工前调查是做好保护工作的基础，决不能单纯相信手头掌握的某些可能存在偏差的已有档案资料，要采用物探和坑探两种方法，对施工区域以及周边进行全面地“扫描”，查清所有的既有地下管线，查明各管线材质、管径、埋深、走向及产权单位，并在地面上做上标识，制定专门的保护方案：根据调查情况确定需要保护的管线，实行“一线一策”的保护方案；距离临近开挖的管线，可以考虑用钢板桩、树根桩或注浆加固的办法对土体进行分隔保护；需要悬吊保护的管线必须有稳固的悬吊系统，受力要均匀，在施工期间需要定期监测位移、沉降。所有方案均要和管线产权单位充分沟通后，联合审核把关，并请相关产权单位到场进行监护。

4.3 人员与管理的控制

在所有的质量影响因素中，“人”是最有主观能动性的一个。建立体系化教育培训和技术交底：抓住控制“人”的源头，首先必须建立常态化培训机制，对一线操作工人做好焊工、抹灰工、挖掘机司机持证上岗技能培训的同时，也要加大对各类管理人员质量意识、规范标准以及项目管理知识的教育；其次是禁止形式主义做样子，采取BIM动画、三维可视化以及现场样板等让人容易理解的方法进行技术交底，把设计意图、技术规范、操作要点、质量通病防

治措施交底到每个作业班组，并要求让其做到不仅要知道怎样做，还要知道为什么要这么做。总之建立“新型检测技术培训体系”，内容包括：理论培训：X射线辐射防护知识（如穿戴铅衣）、磁性感应原理（磁场穿透与信号转化）；实操培训：X射线爬行器的控制器操作（角度调整、速度控制）、磁性传感器的扫描手法（匀速直线移动、点位标记）；考核要求：操作人员需独立完成10米管道检测，定位偏差 $\leq 2\text{mm}$ 、检测效率 ≥ 5 米/小时，考核合格后方可上岗。

5 结论

市政管道工程是一项多工种、多环节协同作业的复杂系统，其施工质量控制是一个贯穿于项目全生命周期的动态管理过程。本研究系统梳理了从施工准备到回填完毕的整个流程，并指出：质量控制必须前移，施工准备阶段的图纸会审、技术交底和材料验收是预防质量问题的第一道关口。过程控制是核心，沟槽开挖与地基处理、管道安装与接口连接、闭水试验和精细化回填是决定管道工程长期安全运行的四大核心环节，必须进行旁站监理和严格的过程检验。系统性思维是关键，质量控制不能孤立地看待某一工序，需统筹考虑地质水文、周边环境、材料性能、人员技能和管理制度等所有影响因素，形成一套完整、闭环的管理体系。未来，随着BIM技术、非开挖技术、智能传感器等新技术的发展，市政管道工程的施工质量控制将更加趋向于数字化、精细化和智能化。通过构建数字孪生模型进行施工模拟和碰撞检测，利用物联网技术对管道应力、变形进行实时监测，将能更有效地预见和消除质量隐患，最终实现市政管道工程百年寿命的质量目标，为城市的可持续发展奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 张宇.市政给排水管道施工质量控制关键环节探析[J].科技创新导报,2015,12(19):192.
- [2] 李伟.探析市政排水管道工程施工的质量控制措施[J].建筑安全,2022,37(04):74-76.
- [3] 肖琳.市政供水管道工程施工质量控制与防治措施探析[J].安徽建筑,2017,24(03):112-113+125.