

## 通信管道施工质量控制与精细化管理研究

匡琦骏

上海共联通信信息发展有限公司 上海

**【摘要】**市政工程建设规模持续扩大，通信管道作为城市基础设施的重要组成部分，其施工质量直接影响通信网络稳定性和市政工程进度。本文针对当前通信管道施工中普遍存在的渗漏水及人孔砌筑不达标等质量问题，系统分析传统工艺缺陷与特殊地段技术方案不足及交叉施工标准缺失等质量影响因素。研究提出“五线法”空间控制与砌筑样板段引路和不锈钢预埋件应用等精细化管理方案，形成可量化的质量控制标准，该方法有效提升管道施工合格率，为同类市政工程中的通信设施建设提供技术参考和管理范式。

**【关键词】**通信管道施工；质量控制；精细化管理；市政工程；五线法

**【收稿日期】**2025 年 2 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250088

### Research on construction quality control and fine management of communication pipeline

Qijun Kuang

Shanghai Gonglian Communication Information Development Co., Ltd, Shanghai

**【Abstract】** The scale of municipal engineering construction continues to expand. As an important part of urban infrastructure, the construction quality of communication pipeline directly affects the stability of communication network and the progress of municipal engineering. In this paper, aiming at the common quality problems such as water leakage and substandard manhole masonry in the current communication pipeline construction, the quality influencing factors such as traditional process defects, insufficient technical scheme in special sections and lack of cross-construction standards are systematically analyzed. The refined management scheme of "five-line method" for space control, guide of masonry model section and application of stainless steel embedded parts is studied and put forward, which forms a quantifiable quality control standard. This method effectively improves the qualified rate of pipeline construction and provides technical reference and management paradigm for the construction of communication facilities in similar municipal projects.

**【Keywords】** Communication pipeline construction; Quality control; Fine management; Municipal engineering; Five-line method

### 引言

随着城市更新进程加速，地铁建设与道路拓宽等市政工程大规模开展，通信管线搬迁已成为保障工程实施的关键环节。当前市政工程普遍面临施工周期压缩和地下空间紧张等现实约束，通信管道施工中暴露出渗漏与错位等质量通病，会严重直接影响后期运维安全。行业现有规范对复杂工况的适应性不足，交叉施工缺乏统一协调标准，传统管理方式难以满足现代市政工程的质量要求，工程质量缺陷导致重复开挖整改，既增加建设成本又影响市民

通信服务体验。针对这一现状亟需建立适应市政工程特点的通信管道施工质量管理体系，实现工程效率与建设质量的协同提升。

### 1 通信管道施工质量现状

#### 1.1 管道渗漏水问题

在市政工程中，管道渗漏水问题长期困扰着工程质量，特别是在复杂工况下，如道路改扩建和地铁新建项目中，这一问题尤为突出。渗漏水主要发生在管道接口、管道与人孔的连接处以及基础层三个关键部位，其中最常见的是人孔与管道衔接处的

作者简介：匡琦骏（1990-）男，汉族，江苏省无锡市人，本科，深耕通信管线搬迁项目管理领域。

渗漏，占比超过 70%。这一现象主要是由于橡胶圈密封失效或混凝土振捣不密实所导致的。在地下水位较高的区域，尤其是沿河道路或隧道下穿工程，渗漏风险明显增加，部分项目在验收阶段甚至发现日均渗水量达到 3-5L/m<sup>2</sup>。传统的沥青防水层在动态荷载的作用下容易出现裂缝，特别是在地铁振动区段，渗漏点的密度是普通路段的 2.8 倍。施工过程中，如果回填土的压实度不足，通常低于 90%的标准值，就容易导致管道出现不均匀沉降，从而加剧渗漏问题的发生，上述因素共同作用<sup>[1]</sup>，使得管道渗

漏水问题成为影响市政工程质量和安全的重要隐患。

1.2 管块错位偏差超标

管群安装偏差在市政工程交叉施工中极为严重，以某城市快速路升级改造项目为例，通信管道需在既有电力管廊上方 0.8m 空间内实施迁改，实测数据显示（表 1），标准段管块水平偏差均值为 12mm，但在下穿地铁盾构区段因地基扰动，偏差值骤增至 28mm 且最大单点偏差达 41mm，远超《通信管道工程施工及验收规范》（GB50374-2019）规定的±10mm 允许值。

表 1 快速路项目管块安装偏差实测数据（单位：mm）

| 施工区段  | 检测点数 | 合格点数 | 平均偏差 | 最大偏差 |
|-------|------|------|------|------|
| 标准路基段 | 156  | 142  | 12   | 19   |
| 地铁振动区 | 89   | 53   | 28   | 41   |
| 桥梁衔接段 | 67   | 48   | 21   | 35   |



图 1 人孔砌筑的现场情景

地铁振动区段偏差超标率较普通路段提升 2.3 倍，桥梁伸缩缝周边因热位移影响，偏差值呈现周期性波动特征，该项目采用全站仪每 5m 进行管群顺直度检测，发现偏差值>20mm 的管段接续损耗增加 0.8dB/km，直接影响 5G 毫米波传输性能。

1.3 人孔砌筑不达标

市政工程中的人孔砌筑质量缺陷集中体现在结构强度、防水性能和尺寸精度三个方面，混凝土抗压强度检测数据显示，约 35%的现场取样试块 28 天强度低于设计要求的 C25 等级且最低值仅 18.3MPa。砖砌体垂直度偏差普遍超过 15mm/m 的限值，某地铁配套工程中人孔内径实测值与设计值最大差异达

47mm，导致光缆弯曲半径不足引发传输损耗。防水砂浆抹面存在空鼓以及开裂现象，钻芯取样检测显示有效粘结厚度不足 2mm 的占比达 62%且远低于 5mm 的规范要求，道路翻挖重建项目中，重型压路机碾压后人孔周边沉降量可达 30-50mm，一定程度上加剧砌体结构开裂风险，图 1 展示出人孔砌筑的现场情景。

2 质量影响因素与根源

2.1 传统施工工艺缺陷

通信管道施工仍然广泛采用人工砌筑和明挖直埋等传统施工工艺，这些工艺难以满足现代市政工程日益严格的质量要求。在道路改扩建项目中传统

的人孔砌筑工艺普遍存在砂浆饱满度不足和砌体接缝过大等问题，这不仅影响了施工质量，还导致了结构整体性差，降低了管道系统的耐久性和稳定性。管道敷设方面传统的人工对接方式也存在较大问题，尤其是在曲线段施工时，管节错台现象频繁发生，且随着施工距离的增加，累计偏差不断放大，进一步影响了管道的平顺性和密封性。在地铁沿线的管道施工中，传统的夯实施工方法产生的振动往往会影响到邻近已完成的管段，造成管道位置的变化和新的位移，影响了整个管道系统的稳定性。对于管道包封混凝土的浇筑，传统工艺依赖现场拌制混凝土，但水灰比控制不严，导致强度分布不均。特别是在一些快速路项目中，检测数据显示管道包封混凝土的强度离散系数高达 0.25，远高于商品混凝土标准值 0.15，这增加了工程的风险和维护成本。管道接口的处理仍主要采用普通橡胶圈，在温差变化较大的城市快速路工程中，热胀冷缩引起的接口松动问题屡见不鲜，进一步影响了管道的密封性和防水性能<sup>[2]</sup>。

2.2 特殊地段技术方案不完善

市政工程通信管道施工面临各类特殊工况的技术挑战，现有技术方案存在明显适应性不足的问题，下穿河道施工中常规防水设计采用单层沥青油毡，在动态水压超过 0.3MPa 时，防水层剥离面积可达

40%以上，严重威胁管道结构安全。地铁振动影响区的管道设计仍沿用静态荷载标准，实测显示列车通行产生的持续振动加速度达 0.15g，导致普通混凝土管节接头松动率较普通区段增加 3 倍。城市核心区受限空间施工面临机械无法展开的困境，人工砌筑的人孔垂直度偏差普遍超出规范限值 50%以上<sup>[3]</sup>。在历史风貌保护区为满足文物保护要求，某项目管道埋深由标准 2.0 米缩减至 0.8 米，管道顶部承受的动荷载显著增加。高寒地区冻土深度达 1.5 米时，传统基础处理方案难以抵御冻胀力且管道竖向位移可达 30mm 并严重影响管线通畅性，特殊腐蚀性土壤环境中普通混凝土管材年腐蚀深度超过 2mm，远超 0.5mm 的安全阈值。上述特殊工况暴露出现有技术方案在防水体系、抗震设计、空间适应性和环境耐久性等方面的系统性缺陷，亟需建立针对性的技术标准体系。

2.3 交叉施工衔接标准缺失

市政工程中的多专业交叉施工缺乏系统性的协调标准，导致通信管道施工质量难以保证。以某城市地铁 5 号线配套通信管道迁改工程为例，该项目需在既有电力管廊（顶板埋深 2.8 米）上方 0.6 米空间内新建 12 孔通信管道，施工过程中暴露的典型问题如表 2 所示。

表 2 地铁 5 号线通信管道与电力管廊交叉施工问题统计

| 问题类型 | 检测点数 | 问题点数 | 问题比例   | 典型偏差值        |
|------|------|------|--------|--------------|
| 高程冲突 | 48   | 19   | 39.60% | +120mm~-85mm |
| 间距不足 | 32   | 14   | 43.80% | 最小间距 0.3m    |
| 防护缺失 | 24   | 9    | 37.50% | 0            |

在电力管廊转弯半径较小的区段（ $R<50m$ ），通信管道高程偏差极为突出，最大达到 120mm，导致后续光缆敷设时出现过度弯曲。交叉段最小净距仅 0.3m，远低于规范要求的 0.5m 安全距离，项目后期采用 BIM 技术进行管线综合排布后且冲突点减少 72%，但前期已施工部分返工量仍达到总工程量的 15%。道路拓宽工程中通信管道与给排水管道的平行施工也存在典型冲突，某快速路改造项目监测数据显示交叉施工段回填土压实度较设计值低 6-8 个百分点，局部区域甚至出现 30mm 的不均匀沉降。多产权单位协调方面，某主干道改造项目因三家运营商分期施工且累计开挖次数达 7 次，最大开挖深

度差达 1.2 米并严重影响路基稳定性，上述案例充分暴露出当前交叉施工在技术标准、工序衔接和协同机制等方面的系统性缺陷。

3 质量控制与精细化管理方案

3.1 推行“五线法”控制

“五线法”是针对市政工程通信管道施工特点开发的空间定位控制体系，依靠建立基准线、高程线、边线、检测线和警示线五重控制网络，实现施工全过程精准管控。基准线采用全站仪布设且沿管道中心线每 20 米设置永久性控制桩，在地铁振动区段加密至 10 米间距，保证管群走向与设计轴线偏差控制在允许范围内。高程线控制引入激光水准仪进行实

时监测,对道路交叉口以及桥梁衔接段等关键节点实施动态高程调整,保证管道纵坡坡度符合排水要求。边线控制采用可调节钢制模板,在管道沟槽开挖阶段即固定安装位置,可以有效约束开挖宽度并避免超挖或欠挖。检测线系统由预埋传感器组成,实时反馈管道位移以及沉降等参数,为质量验收提供客观依据。警示线设置在施工影响区边界,采用反光标识与电子围栏相结合的方式,防止后续市政施工对已完管道造成破坏,该控制体系特别适用于城市快速路等线性工程,可以有效解决长距离管道施工中的累积误差问题。

### 3.2 设置砌筑样板段

砌筑样板段制度是提升通信管道施工质量的核心管理措施,借助在工程实施前建立实体化的质量标杆,该制度要求选择典型施工区段,按照最高标准完成包含地基处理、结构砌筑、防水施工、管线接驳等全工序示范建造<sup>[4]</sup>。基础处理环节采用级配砂石分层回填配合小型振动碾压设备,进一步保证地基承载力均匀稳定,墙体砌筑工序引入预制混凝土模块化构件,构件间借助精密设计的凹凸接口实现无缝衔接,彻底解决传统砖砌工艺存在的接缝不均匀问题。防水体系实施立体化防护策略,基层处理采用高压喷涂渗透结晶材料,中间层铺设具有自愈功能的高分子复合防水膜,面层施作掺加纤维增强剂的防水砂浆并形成多道设防的可靠屏障。管线预留孔洞采用数控定位模板系统,实现孔位坐标的毫米级精度控制。样板段验收建立多维度评价体系,重点核查结构尺寸精度与材料结合密实度以及工艺衔接完整性等关键指标,所有验收记录形成标准化档案,该管理方法借助实物示范将抽象的质量标准转化为具体施工参照,有效统一各作业班组的技术执行标准,特别适用于市政工程中多标段并行施工的质量管控。

### 3.3 安装不锈钢预埋件

不锈钢预埋件系统是针对传统管道支架易腐蚀问题开发的耐久性解决方案,采用 304 不锈钢材质加工制作,包含管枕与固定卡箍以及连接螺栓等全套组件。预埋件在混凝土浇筑前精准定位安装,利用其预设的调节机构实现管道高程微调且精度可达 $\pm 1$ 毫米。管枕设计为弹性支撑结构且内置减震橡胶垫,有效吸收地铁运行产生的振动能量,固定卡箍采用双向锁紧设计以保证管道在温度变化时的轴向

位移可控,连接节点处设置绝缘垫片来避免不同金属间电化学腐蚀<sup>[5]</sup>。预埋件表面进行喷砂处理,增强与混凝土的粘结力且抗拔强度达到传统做法的 2 倍以上,该系统特别适用于地下水位较高或腐蚀性土壤环境,在沿海城市快速路项目中表现出优异的耐久性能,安装过程采用专用定位夹具以保证各预埋件空间位置符合设计要求,整套系统可实现管道长期稳定支撑并大幅延长工程使用寿命。

## 4 结语

本文针对市政工程中通信管道施工存在的质量通病,系统分析传统工艺缺陷与特殊地段技术方案不足以及交叉施工标准缺失等关键问题根源,提出的"五线法"空间控制体系可以有效解决长距离管道施工的累积误差难题,砌筑样板段制度能实现质量标准的具体化和可视化,不锈钢预埋件系统可提升管道支撑结构的耐久性能。上述质量控制与精细化管理方案在道路改扩建与地铁新建等市政工程实践中展现出良好的适用性。随着城市地下空间开发强度持续加大,通信管道施工将面临更复杂的工程环境和更高的质量要求,市政工程建设单位应当充分认识到通信管道作为城市神经网络的重要性,在项目规划阶段就提前考虑管线综合布局并为后续施工创造有利条件,工程质量提升需要设计与施工及监理等各方主体的共同努力,依靠技术的创新和管理优化来推动通信管道建设水平持续提高。

## 参考文献

- [1] 沈阳.管道线缆布放机在通信线缆工程施工中的效率提升研究[J].中华建设,2024,(10):74-76.
- [2] 侯安杰.探究通信管道光缆线路施工及质检关键技术[J].中国信息界,2024,(01):218-221.
- [3] 程勇.中央空调安装质量控制要点——以上海百隆家具项目为例[J].建设监理,2022,(05):80-83.
- [4] 郭琦.综合业务接入机房地线引入与通信管道的同步施工探讨[J].江西通信科技,2021,(01):32-34.
- [5] 肖立坚.试论通信管道光缆线路施工和质量控制[J].决策探索(中),2020,(01):32-33.

版权声明:©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS