

市政路桥污水管道混凝土施工技术及优化措施

袁巨龙

江苏润城市政建设工程有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i9.9050

[摘要] 伴随目前我国社会经济的快速发展，城市规模正在迅速扩大，在推进开展市政路桥施工活动时，对市政路桥施工的质量要求也正在提高。市政路桥项目沿线往往同步敷设大量雨污水管道，这类管道不同于单纯的厂区或小区排水管线，它上面直接承受路面结构层与通行车辆的反复动荷载，一旦出现裂缝、蜂窝麻面、接口脱开等缺陷，污水外渗会掏空路基、污染地下水，地下水入渗又会增加污水处理厂的水量负荷，形成事后难以弥补的隐蔽病害。混凝土作为污水管道基础、管座、检查井及包封结构的主要材料，其施工质量直接决定管道结构的承载能力、抗渗性能与服役寿命。本文梳理了市政路桥工程中的污水管道混凝土施工关键环节的技术要点，结合现行规范要求分析了施工过程中存在问题，并提出改进措施，以期同类市政路桥污水管道工程提供可落地的技术参考。

[关键词] 市政路桥；污水管道；钢筋混凝土；施工技术；优化措施

Construction Techniques and Optimization Measures for Concrete Work in Municipal Road and Bridge Sewer Pipelines

Yuan Julong

Jiangsu Runcheng Municipal Engineering Construction Co., Ltd.

[Abstract] With the rapid socio-economic development of China, urban areas are expanding at an accelerated pace. Consequently, the quality requirements for municipal road and bridge construction have also risen significantly. Along the routes of such projects, a large number of stormwater and sewage pipelines are often laid simultaneously. These pipelines differ from those in industrial plants or residential communities, as they directly endure the repeated dynamic loads imposed by the pavement structure and traffic traffic. Should defects such as cracks, honeycombing, or joint separation occur, sewage leakage may compromise the subgrade and contaminate groundwater; conversely, groundwater infiltration could increase the hydraulic load on wastewater treatment plants, leading to concealed structural defects that are difficult to remediate post-construction. Concrete serves as the primary material for the foundations, pipe seats, manholes, and enclosures of sewage pipelines; the quality of its construction directly determines the load-bearing capacity, impermeability, and service life of the pipeline system. This paper reviews the key technical considerations for concrete construction of sewage pipelines in municipal road and bridge projects, analyzes common construction issues in light of current regulatory standards, and proposes corrective measures, aiming to provide practical technical references for similar municipal road and bridge sewage pipeline projects.

[Key words] municipal roads and bridges; sewage conduit; reinforced concrete; Construction technology; optimization measures

引言

混凝土凭借抗压强度高、取材方便、耐久性可调等优势，成为污水管道基础、管座、检查井及包封结构的主要材料。管道结构的承载能力、抗渗性能与耐久性在很大程度上取决于混凝土施工质量。在市政路桥污水管道的施工建设中，施工工序较为复杂，并且存在较大的隐蔽性，要在确保项目施工质量的前提下，为居民的出行生活提供相应的保障。因此，在项目的实际施工中，施工企业必须掌握市政路桥雨污水管网施工的关

键技术，并强化施工管理，提升施工人员的综合素质及项目的施工质量，从而延长雨污水管网的使用寿命^[1]。本文以市政路桥工程中的污水管道混凝土施工为研究对象，先归纳其主要施工技术及关键控制点，再剖析当前施工中较为集中的不足，最后从提出优化措施，以期同类工程的施工组织与质量控制提供参考。

一、市政路桥污水管道混凝土施工技术

（一）测量放线与深基坑支护

污水管道施工的起点并非机械进场,而是测量控制网的建立。施工单位依据设计中线与水准点,先在沟槽两侧稳定位置布设临时控制桩与龙门板,直线段一般每10米设一处中心桩,检查井位置、管径变化处与管线交点必须加密,并对控制桩采取混凝土包封或护桩保护,防止土方机械与车辆碰撞造成位移。考虑到市政路桥场地狭窄,控制桩往往距离开挖边线不足两米,现场通常在沟槽外1.5米处设置双排护桩,并将管道中心线、沟槽开挖边线、井位尺寸用白灰撒出,作为后续开挖的直观依据。

当管道埋深超过3米、邻近既有道路或地下水位较高时,放坡开挖在城区几乎没有条件,拉森钢板桩加钢支撑成为最常见的支护形式。钢板桩进场前要逐根检查桩尖、锁口与立面是否存在弯曲、锈蚀或缺损,锁口处涂抹黄油润滑,防止打设过程中泥土挤入造成咬合不严。现场采用振动锤沉桩时,每入土约1米即停机用线锤校正一次垂直度,避免一次性振沉过深后桩身已经偏斜却无法纠偏。沟槽开挖至距支撑设计位置约0.8米时,及时安装横撑与竖撑,遵循“随挖随撑、先撑后挖”的原则,严禁控机进入未设支撑的槽段。拔桩一般安排在回填至管顶以上1米以后,对桩侧摩阻力过大的情况,可向锁口内注水减阻,或先反向振动下沉100至300毫米再上拔,拔除后及时用中粗砂填实桩孔并冲水密实。

(二) 沟槽开挖与基底处理

沟槽开挖普遍采用机械为主、人工收底的方式。机械一般先挖至设计基底以上20厘米,剩余土层由人工清底,目的是避免挖斗直接扰动原状地基。清底过程中一旦发现槽底存在树根、淤泥、腐殖土或局部滞水层,必须彻底清除并换填。软基厚度在80厘米以内时,常采用素土分层夯实加铺中粗砂垫层的做法;软基超过80厘米或基底处于饱和淤泥质土层时,则需要抛石挤淤、换填砖渣或采用水泥搅拌桩进行浅层加固,否则管道基础在自重与管内水重作用下会持续下沉,把接口拉开。

地下水位较高的路段,槽底两侧设置排水沟与集水井,排水沟低于槽底约20厘米,集水井再低50厘米,用潜水泵将渗水抽出沟槽,保持基底无积水状态下浇筑混凝土基础。现场常见的失误是为了抢进度而带水下混凝土,水泥浆被水冲走,基础与基底之间形成一层软弱夹层,通车后必然沉降。垫层铺设时,槽底每隔5米测设一根标高桩,中粗砂分层摊铺后用平板振动器振实,表面平整度控制在每米5毫米以内,才能为后续管节安放提供稳定的支撑面^[2]。

(三) 混凝土基础与管座浇筑

污水管道混凝土基础一般由平基与管座两部分组成。平基多采用C15或C20低坍落度混凝土,厚度按设计取10至20厘米,宽度比管底外缘每侧宽出20厘米以上。模板选用钢制定型模板,两侧用钢管斜撑加固,拼缝处贴海绵条防止漏浆。混凝土由搅拌站罐车运至现场,人工摊铺后先用插入式振捣棒振实,再用平板振捣器沿纵向拖平,初凝前完成表面收水抹面。平基浇筑完成后2小时内不得浸水,终凝后覆盖土工布洒水养护,强度达到5兆帕以上方可下管。

管座混凝土在管节就位后浇筑,常见断面为90°、135°或180°三种包角。浇筑前需将平基表面凿毛并冲洗干净,管底与平基之间的三角缝隙先用同配合比砂浆填捣密实,再两侧对称浇筑管座,防止单侧进料把管节挤偏。振捣棒插入下层混凝土的深度控制在5厘米左右,与模板保持20厘米以上距离,避免触碰管节外壁。管座养护不少于7天,期间禁止在沟槽内行驶重型机械。对埋深较大、位于主干道下方的管段,部分工程已采用C25钢筋混凝土整体基础,沿管道纵向配置双层钢筋,以增强基础的整体抗弯能力,减少不均匀沉降引起的管身开裂^[3]。

(四) 管道安装与接口密封

钢筋混凝土管单节重量大,DN1000以上管节通常需要25吨履带吊或16吨汽车吊配合下管。吊装前检查管节有无环向裂缝、保护层脱落与承口缺损,不合格的管节坚决退场。吊索采用柔性吊带,避免钢丝绳直接勒伤管壁。管节下放时平稳对中,严禁与槽壁、支撑或已铺管节碰撞。就位后用手拉葫芦或专用顶推装置将插口缓缓推入承口,插入前先将承口内工作面、插口外工作面擦拭干净,橡胶圈平顺套入凹槽,表面涂抹硅油或专用润滑剂,严禁使用黄油替代,因为油脂会加速橡胶老化。

承插到位后放松外力,管节回弹量不得大于10毫米,用塞尺沿圆周检查橡胶圈是否均匀滚入、有无“麻花”“闷鼻”或脱槽现象。对采用钢丝网水泥砂浆抹带接口的旧做法,现场需先将管口凿毛、刷素水泥浆,第一层1:2.5砂浆厚约15毫米,趁砂浆初凝前兜入钢丝网并绑扎固定,再抹第二层砂浆赶光压实,完工后3至4小时覆盖洒水养护。这种刚性接口对不均匀沉降极为敏感,新建污水主管已逐步被橡胶圈柔性接口取代,但在检查井与管道连接处仍常配合使用钢丝网抹带或自密实防水砂浆进行密封。

(五) 检查井施工与闭水试验

检查井是污水管道检修与通风的节点,也是渗漏的高发部位。传统砖砌井在中小口径管道中仍有应用,但近年市政路桥项目更多采用预制装配式钢筋混凝土井室。预制井由工厂分段生产,现场用16吨汽车吊吊装拼组,拼缝处铺设1:2防水水泥砂浆或聚氨酯密封胶,井筒垂直度用线锤逐节校核。井底板多与管道平基同时浇筑,避免施工缝出现在受力复杂的底板位置。井内流槽与井壁同步砌筑,污水井流槽高度与管顶齐平,表面用1:2水泥砂浆压光,保证过流顺畅。

闭水试验在管道部分回填后、两端检查井之间分段进行。试验段两端用砖砌堵板或专用充气堵头封堵,上游井内注水至管顶以上2米,浸泡不少于24小时使管壁充分饱水,然后观测30分钟至数小时内的水位下降值,按规范换算渗水量并与允许值比较。试验中不仅要记录渗水量,还要逐节观察接口、井壁与管道衔接处是否有明水渗出。对第一天渗水量偏大但随浸泡时间延长逐步下降的管段,可延长浸泡后复测;对接口处持续滴水的部位,必须拆开重新安装橡胶圈或注浆封堵,严禁带病回填^[4]。

二、市政路桥污水管道混凝土施工优化措施

(一) 原材料与配合比的源头优化

解决质量问题必须从材料采购与进场验收抓起。钢筋混凝土管应优先选择具备生产许可证、产品稳定的正规厂家,进场时逐节核出厂合格证与检测报告,按批次抽检外压荷载、抗渗等级与保护层厚度,对存在环向裂纹、蜂窝麻面、承口缺损的管节一律退场。橡胶圈应按批次检查硬度、拉伸强度与永久变形,储存于阴凉库房,避免阳光直射与油污接触,使用前逐根检查有无裂纹与飞边。

混凝土配合比应针对地下潮湿环境进行专门优化。水泥选用强度等级不低于 42.5 级的普通硅酸盐水泥,粗骨料含泥量控制在 1%以内,细骨料含泥量不超过 3%,并根据抗渗要求掺入适量膨胀剂与高效减水剂,将水胶比控制在 0.50 以下。基础与管座混凝土坍落度一般控制在 120 至 160 毫米,现场严禁随意加水,坍落度损失过大时由试验人员加减水剂调整。抗渗混凝土养护时间不得少于 14 天,大体积底板应布设测温点,控制内外温差不超过 25℃,从材料层面减少收缩裂缝的产生。

(二) 软基处理与接口工艺改进

针对软土、高地下水位路段,应在开挖前制定专项降水与地基处理方案。埋深较大的污水主干管采用轻型井点或管井降水,滤管深入基底以下 1.0 至 1.5 米,抽水 3 至 5 天待水位稳定后再开挖,现场配备双电源防止停泵倒灌。槽底发现软弱土层时,按厚度分别采用素土换填、抛石挤淤或水泥搅拌桩处理,处理后用静力触探或轻型动力触探复测承载力,达到设计要求后方可浇筑平基。

接口工艺的优化方向是减少人为操作误差。承插式橡胶圈接口推广使用专用安装工具与激光对位装置,橡胶圈安装位置偏差控制在±1 毫米以内;管道与预制检查井连接处采用“预埋止水环加橡胶密封圈加自密实防水抗裂砂浆”的三道密封做法,承口凹槽深度取 20 至 25 毫米并做成锥形,使密封圈嵌入后不易在沉降作用下被拔出。对老旧管段修复,可采用高压注浆与锚式防水带相结合的方式,在不破坏路面的前提下封堵渗漏通道。

(三) 回填质量与闭水试验的严格落实

回填环节必须扭转“最后一步随便做”的观念。管顶 0.5 米范围内采用中粗砂水平分层回填,每层虚铺厚度不超过 200 毫米,用手扶式振动夯两侧对称夯实,严禁单侧回填。管顶以上 0.5 至 1.0 米范围可用符合要求的素土分层回填,压实度按道路等级取值:车行道下胸腔部分不低于 95%,管顶以上 500 毫米范围内不低于 85%至 90%。井周回填与管道沟槽同步进行,不便同步时留出台阶形接茬,沿井室中心对称夯实,避免漏夯。钢板桩拔除后立即用中粗砂填实桩孔并冲水密实。

闭水试验应带井试验,分段长度一般不超过两个检查井之间的管段。试验前确认管道接缝砂浆与混凝土基础强度已达到设计要求,两端堵板承载力核算大于水压力合力。注水后浸泡不少于 24 小时,观测时间与渗水量换算严格按规范执行,对不合格管段逐节排查渗漏点,返工后重新试验,严禁以“渗水量接近允许值”为由放过。有条件的项目在道路水稳层完成后

增加 CCTV 管道内窥检测,对管道内部裂缝、错口、沉积进行可视化复查,把隐蔽缺陷在路面恢复前发现并处理^[5]。

(四) 全过程管控与智能化监测

管理优化的核心是把质量责任落到工序与个人。开工前针对深基坑、管道安装、接口密封、闭水试验、沟槽回填等关键工序编制专项技术交底,交底到班组并签字确认,而非停留在项目部层面。推行“样板引路”制度,每个分项工程先做样板段,经监理与建设单位验收合格后再大面积展开。关键工序实行旁站监理,隐蔽工程留存影像资料与检测数据,形成可追溯的质量档案。

在条件具备的项目中,可逐步引入智能化监测手段。沿管道纵向布设沉降观测点,在软土路段、穿越道路与河道段定期采集数据,当沉降速率超过预警值时及时排查原因。采用管道 CCTV、QV 潜望镜等设备对已完成管段进行内部检查,结合管网地理信息系统记录管径、材质、埋深、施工时间与维修历史,为后续运维提供基础数据。通过 BIM 模型提前综合管线碰撞,减少施工中因管线冲突导致的临时改线与返工。这些技术手段并不替代现场管理,而是让质量问题更早、更准确地暴露,避免小缺陷在地下长期累积成重大事故^[6]。

结语

市政路桥污水管道混凝土施工是一项工序多、隐蔽性强、一旦返修代价极高的系统工作。从测量放线、钢板桩支护、沟槽开挖、基底处理,到混凝土平基与管座浇筑、管道承插安装、检查井拼筑、闭水试验与分层回填,每一道工序的精度都会在通车后通过路面状态反映出来。当前工程中反复出现的问题,表面上是操作粗放,实质上反映出材料验收不严、基底处理不到位、接口密封工艺不细、回填质量被忽视以及现场管理流于形式等深层问题。需要优化原材料与配合比的源头、改进软基处理与接口工艺、严格落实回填质量与闭水试验,并进行全过程管控与智能化监测,唯有把技术要求与管理责任同步压实,市政路桥污水管道才能在道路动荷载与地下水侵蚀的长期作用下保持完整,为城市排水系统的安全运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1]许鹏飞.城市路桥工程中混凝土污水管道施工技术改进策略[J].中华建设,2026,(6):153-155.
- [2]黄国君.市政排水管道施工质量问题及处理措施[J].工程技术研究,2025,10(24):165-167.
- [3]杨波.市政工程雨污水管道施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(23):194-196.
- [4]陈翔鸣.市政工程雨污水管道施工技术应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(14):100-102.
- [5]李尊龙.市政路桥污水管道混凝土施工技术及优化措施[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(10):73-75.
- [6]张彪林.市政路桥污水管道混凝土施工技术及优化措施[J].工程技术研究,2022,7(5):91-93.

作者简介:袁巨龙,1989.8.24,男,江苏省宝应县,汉族,本科,技术负责人,研究方向:市政。