

# 市政给排水工程施工问题分析及对策研究

胡嘉文

(山东沂蒙水务工程有限公司, 山东 临沂 276000)

**摘要** 市政给排水系统作为城市地下隐蔽工程的核心组成部分, 其施工技术的精准度直接关系到城市水循环系统的运行效能。在当前施工过程中, 地质条件复杂性引发的沟槽沉降、管材物理性能差异导致的接口失效以及回填土力学参数控制不当等技术性难题较为突出。本文针对上述工程实体构建中的技术瓶颈, 重点分析沟槽开挖中的应力释放与支护结构力学平衡, 探讨管道基础处理的刚度协调机制与差异沉降控制策略, 深入研究管材接口的密封机理与热胀冷缩补偿技术, 并对回填压实过程中的土壤固结理论与密实度检测手段进行论述, 旨在通过优化施工工艺参数与强化细部构造处理, 为提升给排水工程的实体耐久性与功能稳定性提供借鉴。

**关键词** 市政给排水; 管道施工; 沟槽开挖; 回填压实

中图分类号: TU991

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.06.015

## 0 引言

城市化进程的集约化发展促使地下管网系统的密度与复杂度呈几何级数增长, 市政给排水工程面临着更为严苛的地下空间约束与地质环境挑战。在复杂的城市软土、回填土及高地下水水位区域进行管网铺设, 施工技术的微小偏差均可能在后期运营中被水力冲刷与土体蠕变效应放大, 导致渗漏、路面塌陷等结构性病害, 传统的施工粗放型作业模式已难以满足现代市政工程对毫米级精度的要求。探究施工过程中的岩土力学响应、材料物理化学行为及水力学性能, 对于解决深基坑支护失效、管道基础不均匀沉降及接口密封破坏等顽固性技术难题具有重要的工程应用价值。

## 1 沟槽开挖与地层应力控制技术分析

沟槽开挖打破了原状土体的天然应力平衡状态, 导致坑壁土体产生侧向位移与塑性变形。在施工中, 若忽略土体卸荷效应引起的剪切破坏, 极易造成边坡失稳。针对不同地质分层, 需精确计算土体的主动土压力与被动土压力, 合理确定放坡系数。对于含水量较高的粉砂地层, 流砂现象会严重削弱地基承载力, 需采用井点降水技术降低地下水位至槽底标高 0.5 m 以下, 通过水力梯度的改变增加土体有效应力, 提高槽底稳定性。支护结构的选择应基于朗肯土压力理论, 钢板桩或横列板支护需确保嵌入深度满足抗倾覆力矩要求, 机械开挖至设计标高以上 0.2 m 时, 必须转为人工清底以保持槽底原状土结构不被扰动, 防止地基

土体因超挖回填而产生压缩性沉降, 确保管道铺设处于坚实的持力层之上<sup>[1]</sup>。

## 2 管道基础构建与安装工艺难点解析

### 2.1 软土地基的换填与加固处理机制

在淤泥质土或高压缩性粘土区域, 原状土承载力往往无法满足管道荷载传递要求, 极易引发管道剪切断裂, 施工中需根据地质勘察报告中的孔隙比与液性指数, 对软弱地基进行置换处理。常采用级配碎石或中粗砂进行换填, 利用其高摩擦角特性提升地基抗剪强度, 换填深度与范围需经应力扩散角计算确定, 确保附加应力在有效深度内衰减至原状土容许承载力范围内。对于触变性较强的软土, 可采用土工格栅加筋技术, 利用格栅的抗拉性能限制土体侧向位移, 形成复合地基, 从根本上解决地基刚度不足导致的管道反拱变形问题。

### 2.2 混凝土平基管座的浇筑与养护

平基管座作为刚性管道的支撑结构, 其强度发展与体积稳定性直接影响管道轴线的平整度。在混凝土浇筑过程中, 必须严格控制水灰比与骨料级配, 防止因水化热过高导致早期温度裂缝, 破坏基础整体性。支模作业需确保模板刚度, 防止浇筑振捣时的胀模变形, 造成管座宽度或厚度偏差。振捣操作应避开预留的沉降缝位置, 保证缝隙界面清晰, 填充材料密实。浇筑完成后, 需依据环境湿度与温度执行严格的养护程序, 保持混凝土表面湿润, 防止干缩裂缝产生, 确保管座强度达到设计值的 70% 以上方可进行管道吊装作业<sup>[2]</sup>。

作者简介: 胡嘉文 (1997-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 给排水工程。

### 2.3 差异沉降下的柔性接口过渡技术

当地质条件突变或管道接入检查井时,刚度差异会导致显著的不均匀沉降,进而撕裂管道接口。在施工中刚性基础与柔性基础交接处应设置过渡段,采用级配砂石进行渐变回填,使地基刚度呈梯度变化,避免应力集中。检查井周边采用短管连接,利用短管接口的允许转角吸收部分沉降变形量。对于承插口管道、橡胶圈的压缩率应控制在合理范围,既要保证密封比压,又要预留一定的轴向伸缩与径向偏转余量。在软硬地层交界处,可增加预应力混凝土盖板或设置桩基托梁,通过结构性措施强制协调沉降差,维持管线连续性。

### 2.4 大口径管道吊装与轴线控制

大口径钢筋混凝土管或球墨铸铁管因自重与长细比特性,吊装过程中的动力响应分析至关重要。施工需引入起重力矩限制与吊点动态平衡校核机制,配置专用横梁吊具以垂直传递荷载,规避传统斜拉起吊因钢丝绳内缩角过大产生的轴向分力损伤管口。作业前需精确计算重心坐标,实施试吊静载测试,观测索具延伸率与锁扣状态,确保动态吊装系数控制在安全阈值内。下放过程需建立井下与地面协同指挥体系,控制下降速度呈微动状态,防止管体摆动撞击沟槽支护构件,保障防腐层与结构本体的完整性。

管道就位后的轴线微调与稳管工艺是决定后续水力运行参数的核心环节。利用全站仪建立三维控制网,对管底高程与中心偏位实施双向闭环监测,将安装累积误差严格锁定在 $\pm 10$  mm规范允许范围内。在管节对接校正时,严禁使用石块或木楔进行点支撑调整,以免形成集中荷载源诱发管壁剪切破坏,应采用调整基础垫层厚度的方式进行柔性找平,特别是针对管底腋角这一受力盲区,需使用专用楔形夯具进行侧向击实,通过提高管土接触角的有效包络范围,实现径向荷载的均匀分布,确保管线顺直且无波浪状起伏。

### 2.5 管道热胀冷缩效应的工程应对

对于HDPE、PVC等高分子化学管材,其线膨胀系数远高于混凝土与金属管材,环境温度变化引起的纵向伸缩变形不可忽视。在夏季施工时,应选择夜间或清晨低温时段进行接口连接,减小闭合温差,防止白昼高温导致的管道拱起变形。在长距离直线段,必须设置波纹管伸缩节或方形补偿器,吸收热应力。回填作业应在管道温度接近土壤温度时进行,利用土体的侧向约束限制管道径向变形。对于架空或浅埋管道,需增设隔热保温层,降低外部热源对管材物理性能的影响,确保管道在全生命周期内的尺寸稳定性<sup>[3]</sup>。

## 3 管道接口连接与防腐层施工策略

### 3.1 承插式接口的密封材料力学性能

承插接口的密封可靠性依赖于橡胶密封圈的弹性回复力与接触面粗糙度,施工前需对承口内壁与插口外壁进行彻底清理,去除油污与附着颗粒,防止微渗通道形成。橡胶圈安装时应保持无扭曲状态,利用润滑剂降低摩擦阻力,确保滑入过程平顺。对于大口径管道,需使用液压千斤顶均匀施力,严禁单侧强行顶入,防止橡胶圈因受力不均发生翻转或切削,就位后,需用探尺检查橡胶圈环向位置的一致性,确保其处于设计工作槽内,维持恒定的接触压力,抵御外部地下水渗透与内部流体压力。

### 3.2 热熔连接工艺的温度与压力耦合

PE管道的热熔连接涉及高分子链的解缠与重结晶过程,温度与压力的协同控制是关键。加热板表面温度需精确维持在材料熔融温度区间,过高会导致材料降解碳化,过低则无法形成有效的分子扩散。吸热时间应根据管壁厚度严格设定,确保卷边高度符合规范。对接时,拖动压力与熔接压力需平稳切换,避免冲击力破坏熔融界面。冷却阶段应在保压状态下自然冷却,严禁强制水冷,防止因内部残余应力过大导致接口脆性断裂。焊接完成后,需进行翻边切除检查,确保接口内部无虚焊、气孔等缺陷。

### 3.3 钢制管道焊接应力与缺陷防治

在钢管焊接过程中,局部高温热循环会产生复杂的焊接残余应力与金相组织变化,施焊前必须根据钢号选择匹配的焊材并对坡口进行规范加工,控制组对间隙。多层多道焊时,层间温度需严格控制,后一道焊缝对前一道具有热处理作用,可细化晶粒。焊接过程中应采取对称施焊顺序,抵消焊接变形。对于厚壁钢管,需进行焊前预热与焊后热处理,消除氢脆隐患与峰值应力。焊缝外观应平滑过渡,无咬边、夹渣,内部质量需通过超声波或射线无损探伤检测,确保焊缝承载能力不低于母材<sup>[4]</sup>。

### 3.4 金属管道外防腐层体系构建

埋地金属管道面临土壤电解质、杂散电流及微生物的复杂腐蚀环境,外防腐层需具备优异的绝缘性、附着力与抗渗透性。环氧煤沥青涂层施工时,需严格控制除锈等级达到Sa2.5级,增加金属表面粗糙度以提升机械咬合力。涂层涂刷应分层进行,确保厚度均匀无漏涂,玻璃纤维布的缠绕需紧密无褶皱,形成多层复合防护结构,对于穿越高腐蚀性土壤地段,宜采用3PE防腐结构,利用环氧粉末的化学键合力与聚乙

烯的物理阻隔性提供双重保护,回填前需进行电火花检漏,修补所有针孔缺陷。

### 3.5 牺牲阳极阴极保护技术应用

除被动涂层防腐外,对于重要输水管线,应引入阴极保护系统的主动防御机制。施工中需根据土壤电阻率计算阳极块的数量与分布间距,常选用镁合金或锌合金作为牺牲阳极,阳极包埋料应配比合理,确保阳极表面活性与电流输出效率。阳极电缆与管道的连接采用铝热焊工艺,焊接点需进行严密的防腐绝缘处理,防止电流流失。测试桩的安装应便于后期电位监测,通过定期测量管地电位,验证阴极保护系统的有效性,确保管道处于免疫保护电位区间,抑制电化学腐蚀反应的发生。

## 4 沟槽回填与系统功能性试验探究

### 4.1 回填土料的物理性质筛选

回填材料的级配与塑性指标直接决定了压实后的力学稳定性,严禁使用淤泥、腐植土、冻土及含有大块砖石的建筑垃圾作为回填料。对于管道胸腔部位,应选用中粗砂或石屑等无粘性土,利用其良好的透水性及易压实性,减少孔隙水压力积聚。管顶 500 mm 范围内,应使用过筛的良质原土,粒径不得超过 50 mm,防止大颗粒直接压迫管壁造成点荷载破坏。对于路面基层的回填,需严格控制土料的最佳含水率,偏差控制在  $\pm 2\%$  以内,通过翻晒或洒水调节,为后续压实作业创造最佳的土力学条件。

### 4.2 分层压实工艺与能量传递

压实机械的能量传递效率随土层厚度增加而呈指数衰减,施工中必须坚持分层回填、分层压实的原则,每层虚铺厚度不宜超过 250 mm。对于管顶及两侧胸腔,严禁使用重型压路机震动碾压,应采用蛙式打夯机或平板振动夯进行对称夯实,防止管道发生位移或椭圆形变形,管道两侧压实面高差不应超过 300 mm,保持侧向土压力平衡,随着回填高度上升,压实机械的激振力可逐步增加,每层压实后,需立即进行环刀法或灌砂法检测,干密度达到设计要求后方可进行下一层作业,杜绝“弹簧土”现象。

### 4.3 检查井周边回填的防沉降技术

检查井与连接管道及周边土体存在刚度突变,是路面塌陷的高发区,针对检查井周边的狭窄作业空间,大型机械无法进入,单纯依靠人工夯实难以达到密实度要求。宜采用流态固化土或水泥稳定碎石进行全断面灌注回填,利用材料的自流平与自密实特性,填充井壁与土体间的不规则空隙,回填范围应呈倒梯形结构,增加与周边原状土的楔形咬合力,井筒周围应设置钢筋混凝土卸荷板,将上部车辆荷载向远处土体分

散,减少井周土体的垂直应力集中,从构造上阻断差异沉降的发生路径<sup>[5]</sup>。

### 4.4 闭水试验的水力学参数控制

闭水试验是验证管道系统严密性的最终环节,试验段两端的封堵墙必须砌筑坚固,承受满水后的静水压力不渗漏。注水过程应分次进行,先注入至管顶三分之一处,检查封堵及管身无异常后再注满,注满水后需经过至少 24 小时的浸泡,使混凝土管壁及接口材料充分吸水饱和,排除吸水率对渗水量测定的干扰,试验水头应按设计要求设定,通常为管顶以上 2 m,保持恒定水压 30 分钟以上,渗水量的观测需精确读取水位下降值并结合蒸发量修正,确保数据真实反映管道的抗渗性能。

### 4.5 管道内窥检测与缺陷评估

对于非开挖施工或人员无法进入的小口径管道,需引入 CCTV 管道内窥摄像系统或声纳检测技术。通过高分辨率摄像头在管道内部爬行,采集内壁裂纹、错口、脱节及异物堆积的图像数据,利用声纳波的反射特性构建管道断面轮廓,量化变形程度与淤积深度,图像数据需经过专业软件处理,生成全景展开图,依据相关技术规程对缺陷进行分级评估。对于发现的结构性缺陷,需精确定位坐标,分析成因,为后续的非开挖修复(如紫外光固化修复)提供准确的几何参数与物理依据。

## 5 结束语

市政给排水工程的施工质量控制是一个涉及岩土工程、材料科学及流体力学的多学科交叉系统工程。通过深入剖析沟槽开挖中的土体稳定性机制,优化管道基础与接口安装的力学环境以及严格执行回填压实与功能性试验的工艺标准,能够有效规避常见的工程实体缺陷。未来的工程实践应更侧重于微观力学机理的量化控制与新型施工工艺的适应性研究,用精确的数据与科学的工法替代经验主义,构建地下管网系统的长效运行机制,为城市水资源的输送与排放提供坚实的基础。

### 参考文献:

- [1] 刘家国.市政给排水工程施工管理中的问题及解决措施[J].居业,2025(04):124-126.
- [2] 马光远.市政给排水工程的典型施工问题及应解[J].城市建设理论研究(电子版),2025(07):181-183.
- [3] 师磊,栾梓铭.市政给排水工程施工问题及对策研究[J].现代工程科技,2024,03(24):8-11.
- [4] 张照红.市政给排水管道工程施工中的问题及防治[J].水上安全,2024(06):85-87.
- [5] 赵玉涛.市政给排水工程施工技术问题及要点[J].有色金属设计,2023,50(03):78-81.