

沉降控制技术在市政给排水管道施工中的应用研究

朱德馨

(广东南方建设集团有限公司, 广东 茂名 525000)

摘要 本文聚焦沉降控制技术在市政给排水管道施工中的落地应用。结合工程实例, 从前期技术准备、管道铺设、安装到试验检测逐段梳理, 比较不同控制措施的特点与优势, 形成一套针对性方案, 将沉降控制在允许范围内, 提升管道施工质量, 延长城市基础设施使用寿命。研究结果显示, 若能将多种沉降控制技术进行综合运用, 并搭配科学合理的施工管理措施以及精准有效的监测手段, 可以大幅降低沉降风险。研究成果旨在为当前所研究的工程提供可行的解决方案, 同时为后续类似工程提供有益参考。

关键词 沉降控制技术; 市政给排水管道施工; 管道铺设非开挖技术; 顶管技术

中图分类号: TU992.05; TU991.05

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.35.038

0 引言

市政给排水管网是城市基础设施的核心组成, 承担着供水、排涝及污水输送任务, 其施工质量直接决定了城市运行效率与居民日常体验。然而, 现场频繁出现的地面沉降, 使管道接口松脱、破裂, 继而漏水、渗水, 削弱系统功能; 沉降波及周边建筑与地下设施时, 还可能触发安全事故, 危及人身与财产安全。因此, 系统研究并应用沉降控制技术, 已成为保障市政给排水工程顺利实施与长期稳定运行的迫切需求。

1 工程概况

某城市老城区排水系统改造项目位于人流高度密集、交通繁忙的地段, 周边建筑物密集, 地下管线纵横交错。工程主体包括一座接收井、两座工作井、两段顶管及一段箱涵。顶管接收井与工作井的基坑深约 8~9 m, 采用 SMW 工法桩围护。其中一段 DN2000 顶管自东段工作井出发, 沿南路东侧连续顶进 305 m 后到达接收井, 管顶覆土 4.9~6.1 m, 管材为内径 2 000 mm 的 F 型钢筋混凝土管。场地软土深厚, 淤泥易固结, 土体结构易损, 差异沉降风险高, 对施工及后期运行均构成严峻考验。

2 前期技术准备

2.1 施工测量技术

施工测量奠定了市政给排水管道施工的基础, 一旦偏差, 进度与质量都会受到影响。开工前, 须依据设计图、控制轴线、中线及水准点完成放样, 精度必须满足设计要求。可利用全站仪将误差压到最低, 使

管道平面位置和坡度一次达标。开挖前, 还要清除地表障碍, 并探明地下管线、电缆等, 标出归属与走向, 设醒目标志, 经监理复核批准后方可动土^[1]。

2.2 加强管材管理

管材质量直接决定了管道的承载能力与使用年限, 也是抑制沉降的关键环节。材料到场前, 必须逐一核对质量证明, 确认指标满足规范与设计。外观不得出现裂纹、破损等缺陷。例如: 某工程曾要求进场钢管内衬水泥砂浆, 厂家须按规程加工并通过验收后方可发货; 外壁喷砂除锈至 Sa2.5 级, 合格后 8 h 内完成底漆涂装。IPN 防腐漆按厂家配比搅匀, 内防腐“一底三面”, 外防腐“一底两面+一布两面”, 管端各留 150 mm 裸口便于焊接。通过上述管控, 管道质量得到保证, 也为后续沉降控制奠定基础。

3 管道铺设非开挖技术

非开挖技术是一种无需破坏地表即可完成管道铺设、更换或修复的方法。它对地面交通和周边环境的干扰小, 作业速度也快, 因此在市政给排水管网建设中应用普遍。顶管法、盾构法、浅埋暗挖法和定向钻法都属于常见的非开挖工艺, 各自的适用条件与特点见表 1。

4 合理应用顶管技术

4.1 处理洞口土体

顶管启动前, 对关键穿越段先做预处理是降低风险的关键, 洞口土体尤甚。例如: 某工程先隔离再加固, 高压旋喷桩沿洞口环向喷射, 浆液与土体胶结后强度

表 1 不同非开挖技术的适用范围和特点

非开挖技术	适用范围	特点
顶管法	污水管道、雨水管道、供水管道等大直径管道	施工对地面影响小, 适用于各种土质环境
盾构法	长距离、大直径隧道或管道, 地质条件复杂或地面不允许大面积开挖	全机械化施工, 效率高, 安全性好
浅埋暗挖法	城镇软弱围岩环境, 中小规模地下管道、隧道或地下空间开发	开挖深度浅, 对地面交通和建筑影响小
定向钻法	电力电缆、通信管道、输油管道、输气管道等长距离或跨越障碍物铺设	施工灵活, 可精确铺设管道

与稳定性同步提高, 顶管推进时洞口无坍塌, 施工安全与周边环境的隐患一并消除。

4.2 规划顶管始发区

顶管能否顺利推进取决于始发区的布置是否合理。场地必须平整且承载力足够, 以便安装顶进设备和展开后续作业。例如: 某工程在规划时将设备区与材料堆场分开布置, 使工序衔接紧凑; 同时埋设监测点, 实时记录土体位移与沉降, 一旦出现异常即可微调顶力或注浆量, 从而保障安全。

4.3 合理顶进给排水管

依据本工程的具体要求, 于顶进区域距离达 87 m 的位置, 可选用规格为 2 000 mm 的三级钢承口预制钢筋混凝土管。给排水管道的总顶力计算, 可依照以下公式来开展:

$$F_o = \pi D_1 L f_k + N_F \quad (1)$$

式(1)中, F_o 表示总顶力的标准值; 取值 3.14; D_1 表示给排水管道外径, 取值 2.4 m; L 表示管道顶径长度, 取值 90 m; f_k 表示给排水管道外壁和土的平均摩擦力单位是 kN/m^2 , 在本项目中可取值 $8 \text{ kN}/\text{m}^2$; N 表示给排水管道顶管机的迎面阻力, 本项目取值为 4.9。经计算可得到 $F_o = 3.1 \times 2.4 \times 90 \times 8.0 + 4.9 = 5425.92 + 4.9 = 5430.82 \text{ kN}$ 。施工人员结合工作现场条件考虑, 可选择 1 台承重 500 t 的千斤顶, 开展对市政给排水管道的顶进处理工作, 使最大顶力控制在 5 000 kN, 合理加设中继点以承担 431 kN 应力, 从而满足项目的施工要求。

5 开挖技术的合理应用

局部地段因不具备非开挖条件, 需沿管线实测中线并放样。结合道路红线宽度及土层分布, 分段确定坡比: 黏土段 1:1, 素填土段 1:1.5, 均用机械开挖, 槽底预留 0.2 m 由人工清底。若出现超挖, 即刻加固地基, 使槽底承载力 $\geq 120 \text{ kPa}$, 检测合格后立即安装给排水管并分层回填。堆土高度控制在 1.5 m 以内, 坡脚距槽边 $\geq 0.8 \text{ m}$, 以减小地表沉降。

6 给排水管道安装技术

6.1 管道下管与稳管

吊装前, 先将管节沿管槽边缘依次排好, 再逐节吊入槽内, 避免在槽内搬运, 提高作业效率。机械下管时, 应保持匀速回转, 落管低速轻放, 禁止忽快忽慢或突然制动, 严禁人员站在被吊管节上。长距离吊装宜选用尼龙绳。例如: 某工程采用起重机下管, 操作人员严格按规程执行, 管道安全就位。下管后立即稳管, 通过人工或机械微调位置与高程, 使其满足设计要求^[2]。

6.2 管道连接

管道连接是给排水施工的核心环节, 其质量决定了系统的密封性与寿命。工程中常见的做法包括焊接、法兰连接和承插连接。以某项目为例, 钢管焊接前先用角磨机在管端开出 V 形坡口, 对口间隙控制在 2 ~ 2.5 mm, 错口量不超过壁厚的 10%。对口完成后立即点焊定位, 复核平直度、标高与坐标, 确认无误后再正式施焊。焊接时管子必须支垫稳固, 分层施焊且层间焊缝错开, 现场设置防风、防雨措施, 成品焊缝不得出现咬边、夹渣, 并保证足够的加强高。不同材质的管道则通过法兰螺栓过渡: 安装前核对阀门、管件型号规格, 检查橡胶垫片厚度与平整度, 确认压盖螺栓留有调节余量; 吊装时保持阀门及管件平稳, 将法兰与管线调至同轴, 使接口处于无应力状态, 随后按对角顺序均匀锁紧螺栓^[3]。

6.3 阀门及管件安装

阀门与管件的安装质量直接决定了管道系统能否稳定运行。安装前, 每批同牌号、同规格、同型号的阀门需抽检 10% 做耐压强度试验; 若出现漏裂, 再抽 20%, 仍有不合格者则逐件复验。试验压力取阀门出厂规定的强度与严密性数值, 并完整记录。安装时阀门应保持关闭, 阀体箭头指向介质流向, 内部不得残留杂物; 阀杆及传动机构按图施工, 手轮置于易操作处, 动作灵活, 外观整洁。完工后做空载启闭检查, 要求开关自如、密封可靠。

7 雨水回灌技术应用

雨水回灌技术已成为缓解地面沉降的常用手段。其思路并不复杂：把收集的雨水重新灌入地下，补充含水层，抬高地下水位，从而削弱因抽水过量导致的沉降风险。城市给排水管网施工时，可将这套系统同步埋入——处理达标的雨水顺着回灌井缓缓渗入地层。以某市公园为例，屋面与道路雨水先汇入集水池，经沉淀、过滤、消毒后，由回灌井回注地下。只要前期规划得当，既能在源头抑制沉降，又能让雨水在地下和地面之间循环，实现双重收益。

8 实行管道闭水试验

管道闭水试验是检验无压管道（如排水管道、污水管道）系统是否具备承受内部设计压力的能力和防止接口渗漏的一种有效方法，在管道及检查井外观质量验收合格，管道未回填且沟槽内无积水情况下可做闭水试验。其试验所使用的仪器仪表必须满足下列要求：试验用水头应根据上游支墩高度确定；采用弹簧压力计时精度不得低于 1.5 级，最大量程为试验压力的 1.3 ~ 1.5 倍，表壳公称直径不小于 150 mm，并经计量部门检定合格；采用自动测读仪时，应按国家现行标准《压力真空测量仪器》（GB/T 6879）的规定执行；观测管段长度不宜大于 1 km，每个观察点上至少设置一个观测孔；其他条件均应按照规范的要求执行。管道试压前 2 ~ 3 d，向试压管道内充水，注入管道内的水量要保证能充满整个管道断面，注满管道后，应在不大于工作压力条件下浸泡，浸泡时间不少于 24 h。管道注水时，应打开管道各高处的排气阀，将空气排尽。待水灌满后，关闭排气阀，用电动试压泵加压，压力应逐渐升高，加压到一定数值时，应停下来对管道进行检查，无问题时继续加压，一般分 2 ~ 3 次升至试验压力，每次升压以 0.2 MPa 为宜。管道水压试验的压力值应达到管道的工作压力的 1.5 倍以上。当压力达到试验压力时停止加压，保持恒压 10 min，对接口管身检查无破损及漏水现象，则认为管道强度试验合格。在试验压力下，10 min 压力降不大于 0.02 MPa，可以认为严密性试验合格，试压质量优良^[4]。

9 沉降控制技术在市政给排水管道施工中的应用效果评估

9.1 沉降量统计

根据沉降监测显示，管道沿线最大下沉 8 mm，最小 2 mm，平均 5 mm，均低于 15 mm 的设计限值，完全满足设计要求。具体分布见表 2。

表 2 沉降量统计数据

监测点编号	最大沉降量 (mm)	最小沉降量 (mm)	平均沉降量 (mm)
01	6	3	4.5
02	7	2	4.5
03	8	3	5.5

9.2 沉降曲线分析

根据沉降监测数据绘制的曲线显示，沿线沉降分布均匀，未见显著差异。顶管推进期间，沉降增速较快；竣工后，变形逐步趋于平稳。

9.3 控制效果评价

沉降控制技术一旦落地，地面沉降对管道施工的干扰便被明显削弱，工程安全与质量随之获得可靠保障。顶管与地基加固协同作业，地基承载力提高，差异沉降显著减少；监测数据实时回传并触发预警，为调整施工参数提供量化依据，使整条作业线得以连续、平稳推进^[5]。

10 结束语

沉降控制技术对市政给排水管道施工至关重要。前期充分的技术准备为后续作业奠定稳固基础。铺管时，优先采用非开挖与顶管工艺，其扰动小的特点可将周边环境影响降至最低；确需开挖处，则缩小作业面，降低大面积暴露带来的风险。安装环节严格执行给排水管道工艺标准，确保接口严密、线形精准。同步引入雨水回灌，借助回补地下水平衡土体应力。管线敷设后按规定做闭水试验，验证整体密封性。上述措施协同作用，可有效抑制地面沉降，提升施工质量与运行安全，为城市基础设施提供可靠支撑。

参考文献：

- [1] 于政, 刘吴臻. 市政给排水工程中长距离顶管施工技术分析[J]. 城市开发, 2025(02):148-150.
- [2] 蔡之科. 盾构下穿既有桥桩施工技术控制[J]. 资源信息与工程, 2025,40(02):85-90.
- [3] 吕卫东, 曹亚西. 高填方软土路基施工关键技术及沉降控制技术研究[J]. 建筑机械, 2025(04):113-117.
- [4] 陈兵. 长距离顶管施工技术在市政给排水管网建设中的应用[J]. 散装水泥, 2024(02):141-143.
- [5] 黎岩. 市政给排水管道基础处理及其施工技术研究[J]. 现代工程科技, 2024,03(23):57-60.