

水利工程供水管道施工技术与质量管理分析

文 / 范志宏 中国电建市政建设集团有限公司

摘要：本文围绕某新建水处理厂供水管道工程展开探究，该工程供水规模为 11000m³/d，共铺设 146.4km 公里供水管线（含 135.4km HDPE 管和 11km 球墨铸铁管），配套设施建设多座清水池、泵房、取水点。结合项目概况，详细阐述了施工测量、清表清障、沟槽开挖、管道安装、沟槽回填、打压试验、冲洗消毒等各项施工技术，并提出材料控制、工序管控、试验监督等质量管理措施。本文研究旨在为同类水利工程供水管道工程施工以及质量保障提供参考，确保工程能满足设计供水需求。

关键词：水利工程；供水管道；沟槽开挖；管道敷设；打压试验

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.071

引言

水利工程供水管道作为保障城市及其周边区域用水安全的重要基础设施，其施工技术和质量管理关系到项目使用寿命、供水可靠性。本文所提出的某新建水处理厂供水管道工程作为区域水资源调配的核心项目，供水规模达到 11000m³/d，涉及到 146.4km 复杂管线铺设，包含 HDPE 管和球墨铸铁管 2 个类型，且施工环境复杂、多样，需协调处理清表、开挖、安装等诸多衔接问题。全方位贯彻“先地下、后地上；先主后支”的施工原则，分析各道工序的技术要点与质控方法，为工程顺利推进提供技术支撑，为类似大规模、多类型管线工程施工组织、质量控制积累经验。

一、工程概况

如图 1 所示，本项目为某新建水处理厂配套供水管道工程，是区域水资源保障体系的核心组成部分，旨在满足周边居民生活、工业生产及公共设施的日常用水需求，设计供水规模达 11,000m³/d。工程涵盖多类配套设施，包括新建 8 座清水池（用于存储净化后清水，保障供水稳定性）、4 座送水泵房（负责将清水加压输送至管网）、1 座原水泵房（抽取原水进入处理系统）、1 座反冲洗泵房（用于水处理设备的清洁维护）及 17 个取水点（覆盖主要用水区域）。

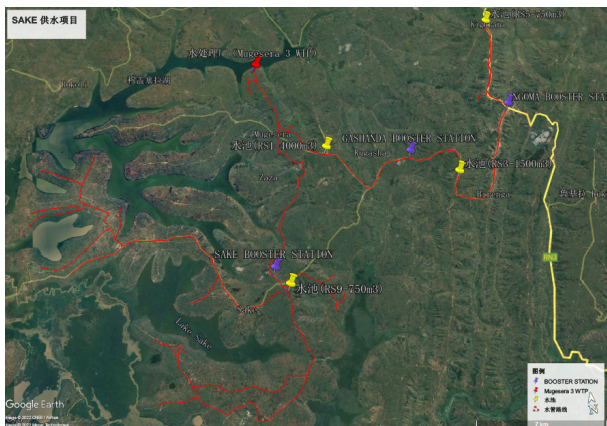


图 1 施工分布图

核心施工内容为供水管线铺设，总长度 146.4km，分为两种类型：HDPE 供水管线 135.4km，直径范围 32-630mm，适用于中低压输水场景，具有耐腐蚀、重量轻、施工便捷等特点；球墨铸铁管（DI 管）11km，直径 200-400mm，主要用于高压及重要节点路段，凭借高强度、抗冲击性强的优势保障管线安全。

二、水利工程供水管道施工技术

（一）施工测量

施工测量是确保管线位置精度、高程合规的重要一环，会对后续管道安装和整体工程质量造成直接影响。本工程测量工作严格贯彻“先控制后细部”的原则，共计分为 3 个实施步骤：

1. 建立控制测量体系

获取到征地许可证后，在各工序施工前，采用 GPS 静态测量技术开展首级控制测量。采用多台 GPS 接收机同步观测，采集到高精度平面和高程控制点，使用专业软件解算，与已知基准点校核，将误差控制在允许范围内，即平面位置误差不超过 5cm、高程误差不超过 3cm。校核合格后，将控制点引测至沿线需控制高程的结合物（泵站、阀室）附近，设置临时水准点，便于后续施工高程传递。同时，根据平面控制网，对主管线、直管线走向精准放样，使用全站仪放出管线中心及线槽开挖宽度，在地面上使用白灰洒出连续灰线，确定开挖边界，避免出现欠挖、超挖等情况^[1]。

2. 中心线控制措施

为了避免施工期间管线中心线出现偏移情况，在管线中心线延长线上间隔 50-100m 设置永久性控制桩。工资装使用 $\phi 14$ 螺纹钢制作，长度在 80cm 以上，打入地下 50cm 深度以下，裸露出地面部分进行防腐处理，根据使用 C20 混凝土包裹（尺寸 50cm×50cm×50cm），强化基础的稳定性，对于管径较短（ $\leq 30m$ ）的施工区域，适当减少控制桩的设置数量。所有控制桩均编号登记，记录其坐标、高程、与管线相对位置，形成书面资料存档，便于后续复核^[2]。

3. 高程控制方法

为了严控沟槽开挖深度，每隔 25m 在槽口两侧设置对称的高程控制桩，控制桩为 5cm×5cm 方木，长度 50cm，使用水准仪将中心线高程控制点精准测设到桩体上，标注并复核高程线，要求误差不超过 1cm。在施工期间，以控制桩高程为基准控制沟槽开挖深度，根据管线设计坡度计算各段槽底高程，避免因深度偏差造成管道坡度不符、排水不畅等情况。

(二) 清表清障

1. 地表清理

使用 200 型挖掘机搭配 50 型装载机清理灌木、树根、大块杂物，对于直径大于 10cm 的树木，应现将树干锯断，如若树根埋深超过 80cm 则使用挖掘机将其挖出，否则可通过人工挖掘。清理物种，可焚烧杂草、枯枝在远离居民区和植被的区域集中焚烧，现场提前做好灭火器，以防万一；其余废弃物使用 15T 自卸车运输至弃渣场，分层堆放，堆放高度最高不超过 3m，以免出现扬尘情况。

2. 坑穴处理

地表清理完毕后会出坑穴、洼池，使用素土分层回填，每层回填厚度为 30cm，使用燃油式冲击夯（压实度不低于 90%）或扶手式振动碾（压实度不低于 93%）压实处理，保证地基承载性能满足 120kPa 以上的标准。

3. 环境保护

针对合同中有明确要求保护的草皮（绿化带等）及种植土，采用人工剥离方法，厚度为 20cm，集中堆放至临时堆场，并覆盖防尘网，在完成作业后将其恢复；对于施工现场中的古树、珍惜植被，必须严格按照环保部门要求做好保护工作。

(三) 沟槽开挖

本项目采用了明沟排水系统，在沟槽两侧挖出 30cm×30cm 规格的排水沟，每隔 50m 设置 80cm×80cm×100cm 集水井，使用扬程不小于 10m 的潜水泵抽排至场外排水系统，保证槽底内无积水（水深 ≤ 5cm）。完成开挖工作后，在沟槽两侧设置 1.2m 高钢管护栏，表面涂刷红白警示漆，设置立柱、间距为 2m，底部设置 20cm 高的挡脚板；夜间每隔 50m 悬挂一盏警示灯，距离槽边 1m 设置警示带，严禁无关人员进入施工区域。针对深度大于 3m 的沟槽，每隔 100m 设置一个安全梯（设置宽度为 60cm，防滑踏步），便于施工人员上下沟槽。

(四) HDPE 管安装

1. 存放

将管材堆放至平整的硬化场地上，混凝土垫层厚度为 10cm，底部垫 10cm×10cm 方木，设置间距为 2m，对方高度不超过 2 层，在直径大于 315mm 时必须单层堆放，

保证安全，两侧使用木楔固定以防滚动；搬运时采用专用吊具，如宽带吊带等，不得在坚硬的地面上滚动，以免管壁受损。正式安装前逐根检查，保持内外壁光滑、无气泡、无凹陷，端面平整，保持与轴线垂直度，最大偏差不超过 1mm，表面无裂缝、划痕，如若划痕深度超过 0.2mm，必须采取修复手段。使用卷尺测量管径偏差，不超过 ±1%；测量壁厚偏差，不超过 ±5%。使用水平尺检查直线度，要求偏差不超过 2mm/m，不合格产品不得进场入库^[4]。

2. 基础处理与铺设

将管道铺设在岩石的原状土上，土壤压实度不得低于 93%，如若遇到软基（承载力低于 80kPa），则要换填 30cm 厚级配砂石，粒径在 5-30mm 之间，使用平板振动器将其压实，压实度不低于 95%。人工配合机械下管，对于直径大于 315mm 的管线使用 5T 吊车，吊带兜底。下放期间，管身中心保持与沟槽中心线对齐，最大偏差不超过 5cm。相邻管段预留热熔对接间隙 10-20mm，不得强行挤压连接^[5]。

3. 热熔对接工艺

(1) 管材固定。将两根管材水平架设在夹具上，对齐中心线，最大偏差不超过 1mm，使用卡瓦固定。

(2) 端面铣平。启动铣刀，缓慢将其推进至与管材端面接触，铣削直至连续出现切屑为止，停机后将铣刀退出，以免造成端面污染。

(3) 加热对接。在两管之间设置加热板，开启液压装置，使材料端面均与加热板均匀接触，对接压力控制在 0.1-0.2MPa，根据管径确定吸热时间，315mm 管吸热一般为 180s。完成吸热后快速抽离加热板，快速对接管材，对接时间不超过 10s，施加熔接压力为 0.3-0.5MPa，使接口形成宽度为 10-15mm、高度 ≥ 3mm 的均匀翻面，并锁定液压系统。

(4) 冷却。自然冷却不少于 30min，期间严禁接触水，冷却后将卡瓦松开，检查翻面是否有气泡、开裂等情况，如若不合格需切除重接。

4. 回填

接口冷却之后及时开展回填工作，使用粒径 50mm 以内的素土从管道两侧对称回填，高差不得超过超过 30cm，待到回填管底到管顶 50cm 内，由人工夯实，压实度不低于 90%，以免机械碾压造成管道损伤^[6]。

(五) 球墨铸铁管（DI 管）安装

1. 存放于吊装

沿管线一侧 3-5 根一组堆放，堆放间距为 2m，底部垫设 20cm 厚、10cm 宽的方木，管身和地面间距不低于 10cm；承口、插口端使用塑料盖保护，以免进入杂物。使用 25T 吊车吊装，钢丝绳外套橡胶管，采用两点吊装法，

在两端 1/3 分别设置吊点，吊装时的提速 / 下降速度不超过 0.5m/s，将管道轻放置在沟槽内，下放至于距沟槽底 30cm 左右由专人扶正，严禁出现磕碰情况。

2. 接口处理

针对承口内侧、插口外侧的泥沙、锈迹，需使用钢丝刷清理干净，用抹布擦拭干净，表面不得有油污。本项目选择橡胶圈为 $\Phi 20\text{mm}$ 天然橡胶圈，硬度为 60 ± 5 Shore A，将其挤压成“心”型或“8”型套承口凹槽内，要求橡胶圈完全贴合、无扭曲，检查方向与水流方向保持一致。在橡胶圈内侧和健插口外侧均匀涂抹非石油基的专用润滑剂，以免造成橡胶腐蚀^[7]。

3. 安装固定

管道对准中心线后，对称布置 2 台 5T 手扳葫芦牵引插口入承口，以不超过 5cm/s 的速度缓慢推进，直至插口端和承口标准线对齐，偏差不得超过 5mm。使用塞尺检查橡胶圈位置，不得出现挤出情况，用水平尺测量管道坡度，不达标需使用电葫芦缓慢拉出重新对接。

（六）管沟回填与试验、消毒

1. 管沟回填

DI 管回填共分为 2 层，管顶 30cm 以下为粒径不超过 30mm 的素土，人工分层回填，每层回填 15cm，两侧用木夯夯实，压实度不低于 93%，管顶使用小型振动夯压实，压实度不低于 95%；30cm 以上使用推土机推土，使用压路机碾压，压实度不低于 96%，以免发生沉降。

2. 打压试验

分段试验中，使用钢板 + 千斤顶做后靠背，高点设排气阀，注水排净空气后，使用电动打压泵升至设计压力，维持 24h，压力降不超过 0.05MPa 为合格；如若不合格应使用肥皂水检测方法找到漏点，修复后重新测量。

3. 冲洗消毒

将阀门全部开启，使用供水系统分段冲洗，直至出水浑浊度不超过 1NTU 为止。水源处加入浓度为 20mg/L 的固体氯粉，注水后关闭阀门静置 24h，检测余氯和微生物含量，合格后用清水冲洗，直至余氯不超过 0.5mg/L 为止。

三、质量管理措施

（一）按照标准作业

本项目施工遵循明确的总体原则，以“先地下后地上、先主管后支管、先设备就位后工艺配管”为标准，强调土建施工优先，为过后续施工作业创造良好的条件。室内施工采取“预留预埋先行，土建完成后交叉作业”模式，保证管线和建筑结构能精准衔接；室外施工选择室内工程完成大半、道路施工前的关键窗口期，按“先下后上、先大后小”顺序推进，减少各工序交叉干扰，保障整体进度。这些原则与布局既兼顾了工程逻辑，又充分考虑了现场实际条件，为高效施工奠定了基础^[8]。

（二）材料管控

优选具有行业资质、口碑良好等管道和配件供应商，要求其提供生产许可证、合格证、材质检验报告，派专人对供应商实地考察，确认其生产能力和管控能力。材料入场后进行验收，检查管道是否有气泡、裂纹、凹陷以及防腐层是否破损、剥落，承插口尺寸师傅满足标准，橡胶圈是否有老化、裂纹情况等。HDPE 管抽取 3 根展开压力试验、球墨铸铁管每 50 根抽 1 根进行水压试验。存放区设置标牌，标准规格、批次、状态，HDPE 管应覆盖遮阳布，球墨铸铁管垫软质材料，以免承插口碰撞，橡胶圈存放至阴凉干燥处，以免出现老化问题。

结语

综上所述，某新建水处理厂供水管道工程凭借科学的施工原则、规范的技术流程及严格的质量管理措施，实现了工程顺利实施的目标。严控项目施工的每个环节，从施工测量的精准控制到清表清障的细致处理，从管道安装的规范操作到打压试验的严格把关，每一道工序都高度重视工程质量标准与要求。结合项目客观环境情况，科学应用 HDPE 管和球墨铸铁管施工技术，开展全过程质量监督，有效保障了 146.4km 管线的施工质量。实践表明，将技术规范与现场管控紧密结合，强化各环节协同管理，能有效保障供水管道工程满足设计要求，为区域供水安全提供长期可靠的保障，也为同类工程的施工管理提供了可借鉴的范例。

参考文献

- [1] 杨国洪. 对澳供水工程大口径平行顶管与附属工程设计 [J]. 中国给水排水, 2025, (08): 83-90.
- [2] 闫超. 水利工程建设中城镇供水管道安装和管理研究 [J]. 现代工程科技, 2025, 4(07): 49-52.
- [3] 刘超. 水利工程供水管道施工技术与质量管理 [J]. 水利技术监督, 2025, (05): 5-8+12.
- [4] 张鹏飞. 灵台县什字塬片区供水工程泵站和管道施工方案探讨 [J]. 中国水运, 2025, (04): 101-102.
- [5] 赵永宣. 严寒地区高压供水工程压力管道设计研究 [J]. 甘肃水利水电技术, 2024, 60(11): 29-32.
- [6] 高学先. 水利工程供水管道安装施工中技术的应用 [J]. 中国储运, 2024, (09): 71-72.
- [7] 任伟. 沁水县土沃乡规模化供水工程管道水力学分析 [J]. 山西水利, 2024, (08): 50-52+55.
- [8] 高扬波. 夏日哈木镍钴矿采选项目供水工程管道施工及设备安装探讨 [J]. 中国水运, 2024, 24(16): 103-105.

作者简介：范志宏（1983.2-），男，汉族，河南省商丘市民权县，工程师，本科，研究方向：水利工程。