

水利工程供水管道施工技术与质量管理

董文臣

巴彦淖尔市临河区水利局 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要: 在快速城市化的背景下,城市人口的急剧膨胀对供水系统的容量和可靠性提出了前所未有的挑战。水利工程作为城市供水系统的骨架,其建设和维护直接关系到城市水资源的稳定供给。供水管道作为连接水源与用户的关键纽带,其施工技术和质量管理的优劣直接决定了供水系统的安全性与效率。此外,施工质量管理作为确保工程长期稳定运行的关键,其在水利工程中的重要性日益增加。从施工前的规划与设计,到施工过程中的监督与控制,再到施工后的评估与维护,每一个环节都对供水管道的最终质量有着决定性的影响。

关键词: 水利工程;供水管道;施工技术;质量管理

随着科技的进步和材料科学的发展,水利工程领域迎来了新的施工技术和材料应用。这些新应用虽然为水利工程带来了施工便捷性和效率提升,但同时也带来了对施工质量控制的新要求。确保这些新型管道在施工过程中的安全性、可靠性和长期稳定性,是当前水利工程领域亟需解决的问题。

1 水利工程供水管道施工质量管理的重要性

水利工程供水管道施工质量管理的重要性主要体现在以下方面:

1.1 保障民生安全与生活质量。饮水安全基础,供水管道质量直接决定饮用水卫生安全,关系亿万群众健康。管道渗漏或材料不合格可能导致水质污染,威胁居民饮水安全,尤其是农村地区饮用水保障的核心环节。如某市通过水质检测和管网改造,解决水源污染问题,确保居民用水安全。生活品质提升,稳定可靠的供水系统推动洗衣机、热水器等家电普及,改善农村卫生条件,提升居民生活品质。

1.2 维护工程安全与长效运行。结构安全核心,管道破裂、接口渗漏或地基沉降可能导致供水中断、路面塌陷甚至水体污染。严格质量控制(如镇支墩加固、防腐处理)是预防此类风险的关键。技术要点:分层夯实回填土(压实度 $\geq 95\%$)、规范焊接工艺可避免不均匀沉降和接口失效。工程寿命保障,劣质管材(如锈蚀金属管)或施工缺陷会大幅缩短工程寿命。严控材料验收(如抽样检测抗渗性)、规范防腐工艺,可确保管道设计年限 ≥ 20 年。

1.3 支撑经济发展与社会稳定。乡村振兴基础,稳定供水是发展特色农业、庭院经济的先决条件。资源高效利用,管道渗漏造成水资源浪费。通过接口密封性

控制、防水锤设计(如缓闭阀),减少输水损耗,响应《节约用水条例》资源集约要求。

1.4 降低综合风险与成本。事故预防,管道爆裂可能引发洪水、道路坍塌等次生灾害。施工中强化关键部位(如渡槽、高边坡)质量控制,可规避安全事故及巨额赔偿。全周期成本优化,初期质量投入可减少后期维修费用。例如DN1400PCCP管吊装方案优化,既保障安装精度,又降低设备损耗成本。

2 水利工程供水管道施工基础

水利工程供水管道施工基础是确保管道系统安全稳定运行的关键,主要包括以下核心要素:

2.1 施工规范依据。依据水利部技术标准,涵盖施工准备、管道安装、焊接、试压、防腐及验收等环节。

2.2 施工前准备。技术准备,图纸会审与施工方案编制(含进度计划、质量安全措施)。施工人员技术培训和安全教育。材料与设备,管材(如PCCP管、螺旋钢管、PE管)需符合国标,进场前严格检验。吊装设备选择需匹配管材重量(如DN1400 PCCP管单节重达16.05吨)、沟槽深度及坡度。现场勘察,清除施工区域障碍物(石块、漂石等),避免管道受力不均。复核管道走向、标高及坡度,确保与设计一致。

2.3 地基与沟槽处理。地基加固,软土地段采用30cm砂卵石垫层减小地基应力;土质不均时需设过渡段。基础宽度需大于管道外径30cm,底面平整无岩石。

沟槽开挖,宽度:管道外径+30cm,减少开挖量。深度:耕作区 ≥ 0.8 m,道路区 ≥ 1.0 m;结合冻结深度、荷载综合确定。坡度:沟底保持水平或顺水坡度,末端设泄水井。安全措施:深槽需设边坡或支撑,雨季坍塌方。

2.4 管道安装技术要点。吊装与铺设,大型管道(如PCCP)采用履带吊车,深槽施工需调整配重比。管道底部填10-15cm良质砂土,避免集中受力。连接工艺,钢管焊接:焊缝间距 $\geq 100\text{mm}$,弯头起弯点 $\geq 100\text{mm}$ 。PE管熔接:地面完成长段对接后下沟,减少沟内作业。过河管道:宽度 $< 20\text{m}$ 用平管桥, $> 20\text{m}$ 用斜拉管桥。特殊部位处理,穿墙/楼板时加装套管,高出地面5cm(厨卫)或2cm(其他)。管道接头、镇支墩等关键部位需强化质量控制。

2.5 回填与质量控制。分层回填,管道两侧同步回填良质土(禁用含有机物或锋利石块),每层25-30cm夯实。管顶30cm以上方可机械压实。质量检测,试压:按设计压力测试管道密封性和强度。防腐:埋地钢管用环氧煤沥青,过河管用硅丙涂料;内壁采用水泥砂浆衬里。冲洗消毒:清除杂质,保障水质安全。

2.6 常见问题防控。爆管风险:严控管材质量与焊接工艺,监测地基沉降。二次污染:选用食品级管材,定期冲洗维护。覆土不足:确保最小覆土厚度,避免重载车辆碾压。

3 水利工程供水管道施工的复杂性和面临的挑战

水利工程供水管道施工面临多维度复杂挑战,需综合应对技术、环境与管理难题,具体体现在以下方面:

3.1 技术复杂性。高精度施工要求,穿越水域时需精准定位(如过湖管道轴线偏差 $\leq 5\text{cm}$),依赖GPS-RTK、声呐扫描与水下摄像监控技术确保精度。水下焊接与连接工艺复杂,需在浑浊水流中完成密封性达0.8MPa的作业。特殊工艺应用,采用"分段预制+浮拖法"解决长距离跨湖管道安装难题,配合分级配重下沉控制变形。针对山地地形,需定制加压泵站与高落差管道抗压方案,防止爆管风险。

3.2 环境与地质挑战。自然条件制约,海洋工程面临高盐腐蚀、风浪运输风险(如舟山海岛设备跨海运损率高);内河施工受水文突变影响(如长江水位30米落差需预测施工窗口期)。复杂地质频发险情:引江补汉工程遭遇岩爆、软岩变形,隧道施工需动态调整支护方案。生态保护压力,水体施工需控制悬浮物扩散(防污帘阻隔范围 $\leq 50\text{米}$),采用环保钻井液(对鱼类96小时存活率 $> 95\%$)。

3.3 资源与管理难点。资金与资源瓶颈,农村供水系统因规模小、收益低,难以吸引社会资本,依赖"中央预算+专项债+贷款"组合融资。山区居民分散导致管网成本倍增。协同与标准化不足,历史遗留管理体制割裂(如城乡

供水系统分治),需推行"五个统一"整合资源。施工人员技术水平参差,材料质量管控不严易引发泄漏隐患。

3.4 创新应对措施。智能化监测:预埋光纤传感器实时追踪管道应变与渗漏,精度达0.01mm/m。模块化施工:液压同步沉放系统实现8吊点毫米级误差控制,效率提升40%。标准升级:新版《村镇供水工程技术规范》(GB/T 43824)强化水源保护与跨区域调水要求。

4 水利工程供水管道施工技术要点

以下是水利工程供水管道施工的核心技术要点,结合最新规范与实践要求归纳:

4.1 管材选型技术要点。材质适配性,钢管:高抗压强度,需加强防腐(如3PE涂层),适用于高压段。球墨铸铁管:耐腐蚀、韧性好,接口采用橡胶圈密封,适用中低压管网。PE管:柔韧性优,耐化学腐蚀,适合复杂地质或非开挖施工。

PCCP管:综合钢与混凝土优势,但重量大(单节达16吨),吊装要求高。选型需综合压力等级、地质条件及成本,优先选用新型环保材料。材料质量控制,进场前核验质量证明,抽样检测壁厚、椭圆度(误差 $\leq 1\%$)。PE管重点检测炭黑含量、氧化诱导时间;钢管防腐层需无气泡剥离。

4.2 管道安装关键技术。管道连接工艺,钢管:焊接坡口 $30^\circ-35^\circ$,焊缝间距 $\geq 100\text{mm}$,100%无损检测。PE管:热熔温度精确控制($\pm 5^\circ\text{C}$),地面预焊长段后下沟。球墨铸铁管:橡胶圈承插连接,安装后需试压验证密封性。特殊部位处理,穿墙/楼板加装套管,高出地面2-5cm,间隙填充严密。三通、弯头处设混凝土镇墩抗位移。河道穿越:宽度 $< 20\text{m}$ 用平管桥, $> 20\text{m}$ 用斜拉管桥。

4.3 功能性试验与验收。压力与密封性测试,钢管试压=工作压力+0.5MPa,球墨铸铁管=2倍工作压力。分段试压后整体复测,保压时间 $\geq 30\text{min}$ 。冲洗消毒,漂白粉溶液浸泡24小时,末端水质检测达标后方可通水。智慧化验收管理,优化验收工序(如混凝土单元简化为备仓、浇筑两环节)。质量缺陷需在单元工程验收时备案并载明处理方案。

4.4 安全与特殊工况措施。雨季高危作业专项防护,边坡动态支护技术,采用"坡脚清淤+锚杆挂网+智能监测"三级防护:土质边坡高差 $> 2\text{m}$ 时,设置位移传感器实时预警,裂缝扩展速率 $\geq 2\text{mm/h}$ 即启动沙袋格栅支护。排水系统实行"双通道保障":坡顶截水沟坡度 $\geq 5\%$,配合坑底 $\Phi 200\text{mm}$ 导水管,确保暴雨期排水能力 $\geq 150\text{m}^3/$

h. 有限空间作业强制规范, 执行“三阀联锁”通风标准: 作业前30分钟启动防爆风机(风量 $\geq 500\text{m}^3/\text{min}$), 同步进行 O_2 (19.5%-23.5%)、 CH_4 ($< 1\%\text{LEL}$)、 H_2S ($< 10\text{ppm}$) 三参数检测, 防护装备配置要求: 正压式呼吸器(使用时间 > 40 分钟)+防静电连体服+应急牵引绳(承重 $\geq 200\text{kg}$)。复杂地形重型施工控制, 大口径管道吊装防倾覆措施, 采用QUY650履带吊时, 配重需达额定载荷的120%, 支腿压力分布偏差控制在 $\pm 5\%$ 以内; DN1400 PCCP管道安装实行“双机抬吊+激光对中”, 接口错位允许偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。多工作面进度平衡机制, 建立BIM-4D进度模型, 每日更新各工作面完成量(混凝土浇筑/管道安装/土方回填); 设置进度差异预警阈值(单工作面滞后 $\geq 15\%$ 时启动资源调配)。

4.5 管材特性对比速查如表1

表1 水利工程供水管道管材特性对比速查如表

管材类型	适用压力	优势	局限性	适用场景
钢管	高压	抗压强度高	需加强防腐, 成本较高	主干管网、过河道
球墨铸铁管	中低压	耐腐蚀, 接口密封性好	抗地基变形能力较弱	市政配水管网
PE管	中低压	柔韧性强, 耐化学腐蚀	抗紫外线差, 需埋地	非开挖施工、支线
PCCP管	高压	寿命长, 造价较低	重量大, 地形适应性差	长距离输水干线

5 水利工程供水管道施工流程与管理

以下是水利工程供水管道施工流程与管理的系统性要点, 综合施工规范及项目管理要求整理:

5.1 施工全流程控制。前期准备阶段, 规划设计与审批, 完成可行性研究、水源选择及管网布局设计, 基于水文地质条件确定管线走向。办理施工许可证, 提交用地预审、环评等批复文件。施工组织, 编制专项施工方案, 明确进度计划与质量安全措施。人员培训考核合格后上岗, 特种作业持证操作。分层夯实(每层 $\leq 30\text{cm}$), 管顶0.3m以上方可用机械压实。

5.2 核心管理要素。质量管理, 材料进场检验(壁厚误差 $\leq 1\%$ 、防腐层无剥离), 隐蔽工程验收48小时内归档, GB502689依据规范。安全管理, 深槽支护+雨季排水防塌方, 有限空间作业强制通风及燃气检测, 安全生产法规。进度控制, 多工作面同步推进(≥ 3 组)动态调整, BIM技术模拟管线碰撞优化施工顺序, 智慧工地标准。

5.3 智慧化管理应用。过程监控, 物联网传感器实时监测沟槽变形、设备状态, AI视频分析自动识别违规操作(如未戴安全帽)。决策支持, 数字孪生模型预演施工方案, 优化资源调度, 大数据分析预警工期偏差, 动

态调整机械配置。

5.4 文档与责任体系。全过程留痕: 焊接参数、试压报告等资料终身可追溯。责任主体: 项目法人承担首要责任, 施工/监理单位按职责分工, 单元工程验收时同步备案质量缺陷处理方案。

5.5 质量保障与验收体系。责任落实与监管, 推行质量终身责任制, 项目法人负首要责任, 施工/监理单位负主体责任。政府部门不得兼任项目法人, 社会资本方组建需政府授权。验收标准执行, 依据《水利工程输水管道施工质量验收评定规范》等, 严格检验管道埋深、连接质量及基础稳定性。施工过程文件需完整可追溯, 监理全程复核测量数据。

5.6 技术创新与问题预防。通病防治: 针对管材腐蚀、接口渗漏(如灰口铸铁管)、水锤破坏等, 优选球墨铸铁管等耐腐蚀材料, 规范焊接工艺, 设置缓压设施。

技术应用: 采用内补口机器人处理小口径管道焊接防腐(节约成本100元/接口), 推广一体化净水设备及自控系统。

6 水利工程供水管道施工质量管理责任体系

水利工程供水管道施工质量管理责任体系以工程质量终身制为核心, 依据法律法规明确各方责任边界, 具体框架如下:

6.1 责任主体划分。项目法人(建设单位), 承担工程质量首要责任, 负责建立专职质量管理机构、制定质量管理制度并实施全过程管控。须依法发包工程, 在合同中明确质量条款及各主体责任, 且不得由政府部门兼任。勘察、设计单位, 对勘察设计质量承担主体责任, 需确保设计文件深度符合标准、资料完整可靠, 严禁超资质承揽业务。设计变更需严格履行审批程序, 未经批准不得实施。施工单位, 负工程施工质量主体责任, 需建立质量保证体系, 落实“三检制”(自检、互检、专检)。禁止将主体工程分包, 分包需经项目法人认可, 总包单位对分包质量承担连带责任。监理单位, 对监理质量承担主体责任, 需持证履职, 监督施工过程并复核关键数据。独立开展质量抽检, 形成可追溯的记录文件。供应商及检测机构, 材料供应商依据合同对管材、设备质量负责, 需提供合格证明并接受抽样检测。检测/监测单位按规范出具真实报告, 对数据准确性担责。

6.2 终身责任制与监管机制。终身责任追溯, 所有参建单位及个人(含法定代表人)在工程合理使用年限内对质量担责。质量事故按损失或处理工期分级追责(如损失超1亿元为特别重大事故)。政府监督体系, 水利部

统筹全国监管，流域管理机构负责管辖范围内监督，县级水行政主管部门落实属地管理。省级水行政主管部门将项目法人纳入信用管理，强化责任落实。社会监督与奖惩，公众有权举报质量事故与缺陷行为。对质量创新突出单位给予奖励，推广新技术应用。

6.3 责任衔接关键点。合同签订，项目法人需在合同中明确质量目标、各方责任及违约条款。过程管控，施工单位执行技术交底与培训，监理单位全程旁站验收隐蔽工程。事故处理，遵循“四不放过”原则（原因未清、责任未究、措施未落、教育未行不放过）。

综上所述，供水管道施工本质是自然条件、技术极限与管理效能的多重博弈，需通过技术创新、资源整合与标准迭代突破瓶颈。水利供水管道质量管理是民生安全、工程耐久性、资源可持续利用的基石。通过终身责任制（、技术创新（如内补口机器人防腐）及全过程监控，实现从“有水喝”到“喝好水”的民生升级，并为

乡村振兴注入持久动力。

参考文献

- [1]李林.水利工程质量技术监督管理模式探析[J].水利技术监督,2024(6):6-12,30.
- [2]朱刚.引调水工程管道管材选择主要因素和常遇问题分析[J].水利规划与设计,2024(9):134-138.
- [3]薛东.给排水工程施工中管道防腐技术探讨[J].四川建材,2024,50(7):229-231.
- [4]蔺晓.水利水电施工中机电安装出现的问题及对策论述[J].建筑工程技术与设计,2016(23):1859
- [5]李乔.排水管道阻塞辨识定位和供水管网漏损技术及应用现状分析[J].给水排水,2022,58(S1):1074-1082.
- [6]顾宁.常用城镇供水管道非开挖整体修复工艺的分析比较及展望[J].城镇供水,2022(5):61-64,91.
- [7]杨星峰.基于树脂常温固化技术的供水管道非开挖修复技术[J].净水技术,2022,41(8):129-139.