

水利工程中的给排水施工技术

文 / 冯卓贤 中寅建设集团（广东）股份公司

摘要：水利工程作为保障国家水安全、支撑农业生产与城乡发展的战略性基础设施，其功能实现高度依赖给排水系统的稳定性与高效性。因此，简要分析水利工程中给排水施工技术，重点强调水利工程给排水施工存在的问题，并以加强水利工程给排水施工的对策作为切入点，如健全安全风险防控机制、引入超声相控阵检测技术以及提升进度动态协调能力等方面进行研究，期望能够为相关人员提供参考，以此来加强给排水施工技术的应用，使其发挥出应有的作用，保证水利工程质量。

关键词：水利工程；给排水施工；管道敷设

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.089

引言

随着我国城镇化进程加快与农业现代化推进，水利工程对给排水系统的要求已从“基础功能保障”向“高质量、长寿命、低能耗”升级。本文将围绕给排水施工的技术基础、管理体系展开分析，并结合实际工程方案，旨在为提升水利工程给排水施工质量、保障系统长期稳定运行提供参考。

一、水利工程中给排水施工技术分析

（一）管道敷设技术

水利工程给排水管道的敷设技术应结合工程地质、地形和功能需求灵活选择工艺，分为开挖式及非开挖式两类。对于地形开阔、无复杂地下设施的区域，可采用开挖式敷设，施工过程中需先根据管材直径与埋深确定沟槽的断面，基底处理需根据不同地质情况优化，采用30-50cm级配砂石换填并碾压至压实度 $\geq 93\%$ ，对于硬基需凿平处理以防管道下沉；管道安装时需严格控制轴线与高程，对钢管焊接需做无损检测，PE管热熔连接时应保证温度及压力稳定，接口处设置止水橡胶圈且进行打压试验，为防止管道变形，回填应采用分层压实法。

非开挖式敷设多应用于穿越河道、公路或密集建筑群的场景，顶管法依靠千斤顶推动管道，同时借助泥浆护壁减少土体扰动，顶进过程中借助激光导向仪控制偏差；定向钻法借助导向钻头精准定位，在岩层段应配备牙轮钻头破碎地层，管道回拖时控制拉力，防止接口崩裂，两种工艺均需结合BIM建模预演施工流程，同步埋设沉降监测点，保障管道敷设精度及长期运行稳定。

（二）管道连接技术

水利工程给排水管道连接的技术直接关乎系统密封性与长期运行稳定性，需根据管材特性、工程水压及地质条件选定适配方式，核心可划分为刚性与柔性两种。刚性连接大多用于高压、固定的工况，例如：钢管一般采用法兰连接与焊接连接；实施法兰连接需选用与管材匹配的钢制法兰，并在接口处加装耐老化、耐水压的橡胶密封垫，螺栓须按对称顺序均匀拧紧，连接完成后需

为法兰面涂抹防锈漆防腐蚀；焊接主要采用电弧焊方式，焊接前需将管口加工成V型坡口，将坡口处的铁锈与油污清除干净，并在施焊时控制层间温度，焊好后采用超声波检测排查焊缝缺陷，进而实施局部热处理消除焊接应力^[1]。

振动频繁、地基沉降的区域适合采用柔性连接，如PE管、球墨铸铁管一般采用承插式连接和热熔连接；承插式连接需将橡胶圈均匀套入插口凹槽，将专用润滑剂涂抹，按照规范控制承插深度，使橡胶圈彻底嵌入承口密封槽；实施热熔连接需借助全自动热熔机，严格控制加热温度及时长，对接时施加稳定压力，冷却结束后查看熔接面是否平坦无气泡。

（三）防腐与防渗技术

水利工程给排水施工阶段，防腐和防渗技术是抵御管道腐蚀破损、水资源渗漏及工程安全隐患的核心支撑，为此，应根据管材类型与工程环境采取合理措施。防腐技术以“内外兼顾、分级防护”为准则，常用三层结构聚乙烯涂层对管道外壁进行防腐，应用在埋地钢管，施工时需控制涂层厚度 $\geq 2.5\text{mm}$ ，并采用15kV电火花检测仪查找针孔缺陷；露天管道采用抗紫外线的环氧树脂涂层，结合每2年补刷1次防腐面漆，抵抗日晒雨淋的破坏；并且为满足输水水质要求，管道内壁多采用水泥砂浆衬涂层，施工完成后需养护7天以上，使其固化密实。如图1所示。图片源自网络。



图1 聚乙烯涂层

防渗技术聚焦“接口密封+沟槽防护”关键环节，接口防渗需与连接方式相匹配：承插式接口采用遇水可膨胀的橡胶圈，套入前需清理插口杂质，然后涂抹专用润滑剂；热熔接口需保证熔接面无气泡、无间隙，冷却时间需达到30分钟及以上；在法兰接口处添加耐水压橡胶垫，依照对称顺序拧紧螺栓。

二、水利工程给排水施工存在的问题

（一）安全管理体系不完善

风险识别方面缺少针对性，针对沟槽开挖、泵站管道高空安装、临时用电等高频且高风险的场景，未按照项目地质及工况制定专门的方案，多直接套用通用模板，例如沟槽仅采用简单放坡，未依照规范设置钢板桩或土钉墙支护，且未配置边坡位移监测仪，不能实时预警坍塌风险；高空作业中防坠器使用标准未明确，临边防护栏高度未达到国家标准1.2米要求，与安全规范不符。

防护措施实施徒有其表，施工单位采购的安全帽、安全绳等装备部分未达标，日常安全检查仅记录问题但未跟进整改，甚至为赶工期省略高空作业安全交底环节，允许“先施工、后补手续”的违规行为，培训与演练环节敷衍塞责，现场安全培训多照本宣科，未结合给排水施工特点开展实操授课，考核仅通过书面答题，导致施工人员安全意识淡薄，频繁出现高空施工不绑安全绳、带电作业未关闭电源等行为^[2]。

（二）隐蔽工程检测技术滞后

当前大部分项目对管道接口、防腐层、沟槽回填等隐蔽部位的检测操作，仍以“事后静态检测”为主，过度依赖水压试验和人工目视检查，水压试验仅能发现宏观渗漏，对管道内壁微小裂缝、防腐层局部破损这类隐性缺陷识别困难；而人工检查因沟槽深度、水下环境等场景受限，常出现漏检问题。

检测设备更新滞后，多数项目仍采用老旧的超声检测仪，缺乏适用于复杂地质条件的专用设备。例如：穿越流沙层的管道无法借助雷达探测准确确定敷设偏差，导致部分管道因微小偏移出现接口应力聚集，后期发生密封功能丧失。检测数据未与数字化管理结合，多数采用纸质记录，无法即时同步到施工管理平台，无法追溯缺陷发生的工序阶段，也不能为后续隐蔽工程施工提供数据支撑。

（三）进度协调能力薄弱

多数项目拟定进度计划时，未充分结合区域的气候及地质条件，依旧沿用通用模板划分“开挖—敷设—回填”工序。例如：未预留汛期前完成河道穿越管道施工的缓冲时段，致使汛期到来时被迫停工。在资源协调方面，材料与设备的供应衔接不畅，专用管材、非开挖机械这

类关键资源未提前30天储备，频繁出现“沟槽已开挖却等管材”“机械故障无备用设备”的问题，工序中断短则3天、长则一周。

外部协调主动性不足，遇到交通封路、环保审批、水务部门停水协调等事项时，未组建专项对接小组，多采取临时申请，审批周期拉长至15-20天，严重影响整体进度。内部工序交叉协调存在漏洞，如泵站管道安装与周边电缆敷设同步施工时，没有明确界定作业边界和时间节点，导致机械与人员冲突，频繁产生窝工现象。

三、加强水利工程给排水施工的对策

（一）健全安全风险防控机制

构建“场景化风险识别清单”，按照项目实际工况细化高风险点：对于平均埋深4.5m的沟槽开挖作业，重点关注粉质黏土层边坡坍塌与流沙层管涌的风险；面对穿越河道的顶管工程作业，重点关注水土压力失衡引起的管道偏移、泥浆护壁泄漏风险；针对泵站20米高度的管道安装作业，排查高空坠落及机械碰撞风险；同时将临时用电、有限空间等常规风险纳入清单，每周组织技术、安全、监理三方联合核查，实时调整风险等级^[3]。

并以此为基础制定专项防控措施，在进行沟槽开挖时，开挖粉质黏土层采用1:1.2放坡与钢板桩联合支护，针对流沙层额外增设环形井点降水系统，且每隔50m布置1台边坡位移监测仪；顶管穿越河道段落，选择带有水土压力传感器的顶管机，实时监控管周压力数值，同时准备2台应急泥浆泵，防范护壁泥浆泄漏造成河道水体倒灌。在进行泵站高空作业时，作业面搭建1.2m高的临边防护栏，施工人员需佩戴双钩防坠器，同时每个作业面配置1名专职安全员旁站监督。

在措施落地阶段，落实“三级安全交底”制度：专项方案由项目总工向班组交底，班组长对作业人员进行岗位风险交底，交底应留存签字记录且同步上传至项目BIM管理平台；安全装备推行“准入—巡检—报废”全周期管理模式，安全帽需符合GB2811要求，每季度对安全绳进行拉力测试，即刻将不合格装备清退。

（二）引入超声相控阵检测技术

根据项目施工场景定制检测设备参数，并结合野外施工的实际环境，采用便携式超声相控阵检测装置，搭配防水式阵列探头，符合钢管焊接接口与泵站法兰焊缝的检测需求，同时定制弧形探头贴合DN800-DN1200管道外壁的弯曲程度，消除因管径差异引发的检测盲区；针对穿越河道的顶管焊接段落，为探头加装橡胶防水套，且搭配磁吸附式耦合剂，使检测过程免受水体、泥沙的干扰。如图2所示。

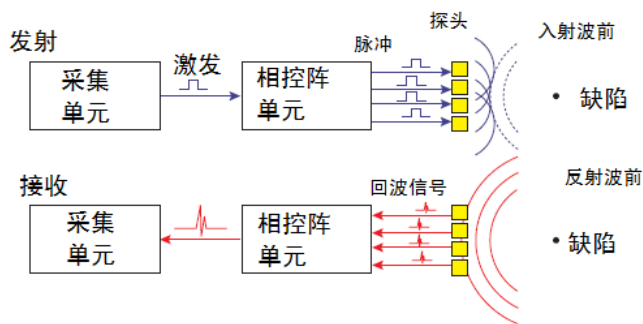


图2 超声相控阵检测技术(图片源自网络)

针对检测流程,并与施工工序深度衔接,按“预制-现场-回填后”三个阶段应用:预制阶段重点聚焦工厂加工的钢管焊缝,在管材进场前抽样检验,依靠超声相控阵技术的全断面扫描功能,获取焊缝横截面的成像图片,精准识别未焊透、夹渣、裂纹等缺陷,将不合格的管材清出场,防止后期现场施工返工;施工阶段针对现场钢管焊接接口进行“跟焊检测”,完成钢管焊接并冷却30分钟后,检测人员携带设备在沟槽内开展检测作业,借助仪器配备的实时成像系统,当场检测焊缝质量合格与否,合格后方可进入下一道工序,避免传统检测因等待第三方报告引发的工期延误。在回填完成后,针对埋深4.5m的管道和穿越河道的顶管段,借助“管道内窥镜+超声相控阵”联合检测模式,以内窥镜通道为载体将小型化相控阵探头送入管道内部,对焊接接口内壁开展二次扫描,重点检查沟槽回填压实期间因土体挤压产生的焊缝应力裂纹,无需开挖即可完成检测,降低对已建成设施的破坏。

与此同时,还应构建检测数据与项目管理的联动机制,将超声相控阵检测获取的焊缝缺陷位置、大小、类型等数据,通过无线传输同步到项目BIM管理平台,与管道敷设的三维模型关联,标注缺陷位置的里程桩号、埋深及相关施工班组,建立可追溯的质量档案库;针对检测发现的缺陷,技术团队结合模型立即制定整改方案,整改完毕后通过超声相控阵复检,确保每个焊接接口缺陷的检出率达到99%以上。

(三) 提升进度动态协调能力

借助BIM技术和实际工况规划动态进度计划,并结合江淮地区6-8月汛期、冬季低温冻土期等气候特点,将施工划分为“前期准备-沟槽开挖与地基处理-管道敷设-泵站建设-验收调试”5个阶段,将每个阶段关键节点细化。例如:在汛期前完成2处河道顶管施工,防止汛期水体倒灌影响作业;针对局部流沙层路段,设定15天为地基加固缓冲时段,随后将计划录入项目管理系统,实时记录各工序完成比例。同时,利用BIM模型

模拟管道敷设与泵站管道对接的交叉作业流程,明确“泵站预留接口施工需比对应管道敷设提前10天完成”的衔接标准,避免工序冲突引发窝工^[4]。

在资源协调方面应设立“提前储备+动态调配”体系,针对项目所需的DN800-DN1200钢管、耐盐碱PE管等专用管材,提前30天与生产厂家签订供货协议,明确各批次管材到货时间,还需在项目现场预留2000m²的材料堆放空间,将管材按类别存放;非开挖施工所需的顶管机、定向钻机核心器械,除实际使用的主用设备外,额外租赁一台小型顶管机作为备用,且同设备维保单位签订“4小时响应”协议,防止设备故障造成工序中断。而在人员调配方面,针对顶管穿越、泵站高空管道安装等专业工序,提前1个月协调具备资质的专业班组进场,明确“沟槽开挖班组与管道敷设班组按1:1.2配比配置”,确保开挖完成后24小时内即可开展管道安装,减少沟槽暴露时间。

内外协同需搭建“专班对接+快速审批”通道,针对项目涉及的河道穿越、临时占路、施工废水排放等外部事项,组建由项目总工牵头的协调专班,提前2个月对接相关部门:如向水务部门提交河道顶管施工方案,同步提供BIM模型展示施工对河道生态的影响,缩短审批周期至15天内;针对穿越乡镇道路的3处管道施工,提前与交通部门制定“半幅施工+临时便道”方案,避开早晚交通高峰,减少外部协调对工期的影响。

结语

综上所述,水利工程中的给排水施工技术是决定水利设施功能稳定性、运行效能与使用寿命的核心支撑,其技术应用与管理水平直接关联国家水安全战略落地、农业生产保障及城乡供水稳定。未来可进一步融合BIM协同管理、物联网智慧监测与环保施工工艺,不断提升施工精度与资源利用效率。

参考文献

- [1] 黄文清,韦庆华.水利工程隧洞施工中的岩土工程技术优化[J].广西水利水电,2025(2):74-77.
- [2] 黄晓雷.探析水利工程中的河道堤防护岸工程施工技术[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):083-085.
- [3] 王小莉,李亚荣.防渗技术在水利工程施工中的应用分析[J].水上安全,2025(6):157-159.
- [4] 刘会连.防渗技术在水利工程施工中的应用研究[J].水上安全,2025(6):88-90.

作者简介:冯卓贤,1986年11月,男,本科,广东鹤山,职称:给水排水施工高级工程师,研究方向:水利工程给排水。