

灌区量水设施自动化改造中的 土建施工关键技术

孔 杨

(中国水利水电第六工程局有限公司, 辽宁 沈阳 110119)

摘 要 在水资源调配与利用体系中, 灌区是关键枢纽, 其建设和运营效果关系到水资源利用与产业发展质量。灌区量水设施作为核心部件, 在其自动化改造中, 需重视土建施工技术应用, 才能实现灌区量水设施稳定运行。本文从灌区量水设施自动化改造需求方面分析, 探讨土建施工工艺, 具体从量水堰槽、标准化预制安装、监测设备高精度基座浇筑、渠道防渗抗冲防护以及接口预埋等技术出发, 采用 BIM 模拟优化、模块化快速组装、全生命周期质量控制等策略, 确保灌区量水设施自动化改造有序完成, 以期为促进水资源高效调配体系的发展提供参考。

关键词 灌区改造; 量水设施; 土建施工; 自动化适配

中图分类号: S274.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.22.032

0 引言

在现代大数据、物联网、人工智能等技术应用下, 灌区管理不断向数字化、智能化方面转变, 通过各类高精度流量计、雷达水位计以及智能水闸应用, 能有效提升灌区自动化运行水平。然而, 灌区量水设施自动化改造中, 其稳定运行需要保证土建基础的几何精度、结构稳定性, 还要确保水力条件达到适宜状态。因此, 在灌区量水设施自动化改造中, 需选择适宜土建施工技术, 才能确保灌溉体系稳定运行, 为现代农业领域高速发展奠定基础。

1 灌区量水设施自动化改造土建施工基础

1.1 自动化量水设施土建施工要求

自动化量水设施对土建结构安装尺寸精度有极高要求, 其安装精确性远超传统水利工程。在自动化量水设施中, 量水堰槽为主要组成部分。量水堰、槽等建筑物的喉道宽度、底板坡度及侧壁垂直度的偏差需达到毫米级, 能保证水流流态符合理论模型设计要求。在该系统安装过程中, 其传感器基座有较高的稳定性和刚度, 能有效抵抗水流脉动、温度变化、冻融循环持续作用, 预防因为探头角度偏移而造成测量偏差过大。同时, 在土建结构施工中, 需深入分析电磁兼容性以及防雷接地要求, 在设备基础布置独立接地网, 线缆管廊有完善防水、防潮、防鼠咬设施。此外, 土建结构施工选择高强度、耐腐蚀、表面光滑的混凝土或复合材料, 能有效避免表面粗糙率对水流分布造成干扰影响, 使自动化设备有恒定、规则的水力边界条件^[1]。

1.2 施工前期勘察与场地预处理要点

土建工程施工前进行精细化地质勘察, 这是确定自动化设计方案的关键。在该环节利用激光扫描仪、全站仪、地质雷达等设备, 对水利工程现场渠道断面形态、地基土质特性、地下水位、既有建筑物概况全面测绘。该环节需重点查看渠道淤积厚度、边坡稳定性、潜在不均匀沉降风险, 通过勘察数据分析, 结合现场实际情况制定预处理方案, 如清除淤泥、杂草、夯实松软地基、修整形变断面、设置临时导流设施等。

1.3 土建施工与自动化设备适配原则

在土建工程施工中, 将设备安装作为核心工序, 保持适配性原则, 使其在物理空间和数字逻辑方面深度融合。灌区量水设施自动化改造中, 其方案设计阶段引入设备厂商技术参数, 将传感器安装孔位、线缆走向、检修通道、散热空间作为基础绘制土建图纸, 防止现场施工存在开凿破坏结构整体性的情况。而在现场施工作业阶段, 需严格落实预留预埋制度, 保证法兰盘、地脚螺栓、穿线套管等位置精度合格与接口位置保持匹配。土建结构形式保证安装、拆卸以及维护方便, 如采用可开启式盖板、模块化基座等设计方式, 确保后续运维过程中更加便捷。此外, 考虑到水

作者简介: 孔杨 (1992-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利自动化与信息化。

利工程运行环境,采取保温隔热、遮阳、防雨等设施,能有效应对极端天气影响,确保自动化设备运行过程中不会发生损坏。

2 灌区量水设施自动化改造核心土建施工关键技术

2.1 量水堰(槽)土建施工技术

量水堰与量水槽的施工核心在于严格控制几何尺寸精度并确保整体刚性。为此,施工采用工厂化预制钢筋混凝土构件替代传统现场支模浇筑工艺,利用高精度钢模具加工,将喉道尺寸、收缩段曲线及底板平整度等关键参数的误差严格控制在 1 mm 以内。构件运至现场后,以精密水准仪、经纬仪对各关键点作多点联测定位,通过楔形垫铁对高程、水平度做微调,从而使纵向坡度严格符合设计值,横向绝对水平。基础开挖后先铺碎石垫层,浇筑素混凝土找平层,切实提高地基承载力。预制件吊装就位后,采用二期高强无收缩灌浆料填实接缝,内部植入不锈钢连接筋,形成真正的刚性整体。接触面设置遇水膨胀止水条,外侧涂刷聚合物水泥防水涂料,二者配合严密,渗漏风险彻底排除。施工全过程中严禁人员进入槽体踩踏或堆放重物,养护时用土工布覆盖洒水保湿,避免混凝土收缩引起过流断面形状的改变,故最终水力特性与设计模型完全一致^[2]。

2.2 自动化监测设备基础施工技术

灌区量水设施自动化改造中,保证基础具备独立稳定性与抗微震能力。在自动化监测设备基础设计中,摒弃传统渠道衬砌或量水建筑物施工方式,其单独基坑深入冻土层以下,浇筑 C30 及以上标高混凝土,使其形成钢筋混凝土独立墩台。基座内配置双层双向钢筋网,顶部预埋镀锌锚栓或法兰盘,利用定位模板固定螺栓间距,保证外露长度合格,且各尺寸偏差在 ± 2 mm 内。基座与周围回填土设置隔离层,需在内部填充沥青砂或泡沫板,能有效切断土壤冻胀力传递路径。雷达、摄像头等悬挂安装设备,其基础需增加埋深,设置扩大底板,必要时打入微型钢管桩加固,能有效抵抗风荷载产生的倾覆力矩。基座顶面采取找坡处理措施,且安装不锈钢防护罩,底座周边设置排水沟,以防发生积水浸泡现象。上述结构施工结束后,采取振动测试、静载试验方式,确保其运行具备稳定性。

2.3 防渗与抗冲防护土建施工技术

在土建结构施工中,防渗与抗冲防护为重要措施,能有效防止水流对结构精度造成不利影响。渠道衬砌使用滑膜摊铺机连续作业,确保其结构表面达到光滑、平整要求,能有效降低阻力系数。量水设施上下游各

10 m ~ 20 m 范围之内,需选用厚度适宜的混凝土护底以及护坡,内部加入聚丙烯纤维,以提高结构抗裂性能。在土建工程接缝位置使用双组份聚硫密封胶嵌缝处理,且在底部铺设橡胶止水带,进而使土建结构形成多道防水防线。而高流速区域在消力池末端设置海漫段,通过抛填大块石或铺设雷诺护垫方式消耗动能,预防因为冲刷作用向上游扩展而影响量水建筑物安全性。

2.4 施工接口衔接与预埋件安装技术

接口衔接及预埋件安装是土建与机电无缝对接中极其重要的工序,施工过程中根据设备接口图纸绘制准确预埋件布置图,确定套管管径、标高、坐标及倾斜角度。同时,在混凝土浇筑前将 PVC 或镀锌钢管绑扎于钢筋骨架上,管口及时封堵以防砂浆进入;转弯处采用大半径弯头以降低穿线阻力,强弱电管线分开敷设,间距符合电磁屏蔽的要求;交叉处均进行绝缘处理;机柜基础内预埋接地扁钢,与主接地网可靠焊接。所有预埋件表面均涂刷防锈漆,螺纹部分涂黄油后予以可靠保护;混凝土振捣时主动避开预埋管件,严防其移位变形,预埋件安装完毕以后即用水准仪、经纬仪对标高、坐标及垂直度复核,偏差严格控制在规范允许范围内,凡发现移位、倾斜问题,立即调整、重新固定,直至符合要求;对于穿墙、穿楼板的套管,在套管与混凝土接触部位加装止水环,从设计源头解决防水密封问题,杜绝今后使用中渗漏的风险;管线敷设时又主动预留充足的伸缩余量,合理补偿混凝土收缩及温度变化引起的变形,避免管线因拉伸、挤压而损坏;预埋件安装后及时、规范地做好标识记录,清楚标明规格、位置、安装日期,为后续机电设备安装提供极好的参考依据。混凝土浇筑完成后,及时清理预埋件表面所黏附的混凝土杂物,逐个检查管件的完整性及接口密封性,对受损的防锈层、螺纹保护部位予以及时、妥善的修复,最终确保预埋件安装质量完全符合设计及规范要求。

3 灌区量水设施自动化改造土建施工常见问题与优化

3.1 灌区量水设施自动化改造土建施工常见问题

3.1.1 量水建筑物几何尺寸偏差导致流态紊乱

灌区量水设施自动化改造中,土建施工重视量水建筑物几何尺寸控制,以防尺寸偏差造成流态紊乱。然而在项目具体施工阶段,往往因为支撑体系部分模板刚度不足、测量放线误差等,极易造成量水堰槽喉道宽度不均、底部起伏、侧壁倾斜。这种尺寸偏差的影响下,极易造成水流平稳性、对称性受到影响。在

该位置存在漩涡、回流、水面波动,这将会导致其流态偏离标准流量公式的适用范围。而在巴歇尔槽的喉道部位,如果侧壁不平或者底板不平,就会造成临界水深位置发生改变,其水位流量曲线出现非线性漂移^[3]。

3.1.2 设备基础不均匀沉降引发传感器失准

因为灌区地质条件复杂性较高,其存在失陷性黄土、软土、地下水波动大等情况。如果自动化设施基础设计不足,或者没有考虑到基础受到冻胀风险,设备底座运行一段时间后发生不均匀沉降风险。这种沉降问题发生后,极易造成基座上雷达水位计、超声波探头出现倾斜或高程变化,进而导致基准面发生改变,使整个自动化设施出现系统性偏差。翻板式液位计、磁致伸缩液位计对安装水平度有极高要求,一旦基座发生扭曲,极易造成机械卡死或者无法正常工作。

3.1.3 线缆管廊防水失效与电气安全隐患

灌区环境潮湿,雨季地下水位升高,线缆管廊施工中若质量控制不严,渗漏水事故极易发生。典型问题表现为:管材接口粘接不牢、检查井壁有裂缝、穿墙套管密封不严等。水分进入管内就会直接导致线缆绝缘性能下降,从而引起短路、漏电故障,更严重的是会腐蚀金属屏蔽层,干扰信号传输,致使数据丢包、噪点增多;冬季渗入的水分结冰膨胀后会撑破管材,直接破坏管路结构。此外,不少施工现场没有按规范设置排水设施,故机柜基础长期处于水浸状态,设备因此加速老化锈蚀。

3.2 灌区量水设施自动化改造土建施工优化

3.2.1 基于BIM技术的精细化建模与预演

灌区量水设施自动化改造土建施工中,通过BIM技术精细化建模与预演,能及时消除设计方案的缺陷。该技术应用后,通过构建全专业三维模型,利用碰撞检测及时消除设计方案冲突问题,且使管线路由与预留孔位达到精准布置要求。同时,BIM技术应用后引入流体动力学仿真模块,能模拟不同几何尺寸水流流态,再反向优化堰槽设计尺寸,使其成型后水力条件达到最优化状态。而在灌区量水设施自动化改造土建施工时,利用BIM模型导入全站仪或手持终端设备,对现场各项尺寸精准测量和监控,及时消除误差问题。复杂节点通过制作3D打印缩尺模型或虚拟现实交底,使作业人员了解内部构造细节,进而提高施工精度^[4]。

3.2.2 装配式模块化施工与地基加固组合策略

灌区量水设施自动化改造土建施工中,通过装配式模块化施工技术,使量水堰槽、设备基座、线缆井等制作工厂化预制模块运输到现场后拼装与连接。工厂化生产环节具备高度工业化,其生产作业具备较高

精度,使混凝土强度、几何尺寸、预埋件精度达到毫米级偏差,有效规避人为误差影响安装施工质量。不良地质条件采用复合地基加固措施,通过水泥搅拌桩、高压旋喷桩、CFG桩等,提高基础结构承载力与均匀性。基座底部设置滑动支座或柔性垫层,能有效释放温度应力与冻胀力,确保不会发生不均匀沉降问题。

3.2.3 多层级防水体系与智能监测集成

根据土建施工要求,建设“结构自防水+卷材外包+节点密封”的多层防水体系,能使灌区量水设施自动化系统稳定运行。混凝土内加入防水剂与膨胀剂,确保混凝土具备较高抗裂性与密实度;管廊外壁粘贴高分子防水卷材,在系统内形成封闭屏障;穿墙管、施工缝、变形缝等细节部位,使用遇水膨胀止水条、双组分密封胶以及防水砂浆等多重封堵。检查井内安装液位传感器与自动排污泵,如果检测到积水立即排放,且传输报警信息。同时,在土建结构内安装温湿度传感器、水浸传感器,能及时监测管廊内环境状态,并将数据信息传输到自动化监控平台。在数据掌握后,通过光纤传感器监测灌区结构裂缝问题。灌区管理人员掌握各项数据后,能实现防水性能的全面分析,确保系统运行达到动态感知以及预警的效果,为灌区安全、可靠运行奠定基础^[5]。

4 结束语

灌区量水设施自动化改造涉及多个专业,土木、机械、电子信息需要共同参与,才能实现自动化改造效果提升。而这些系统内土建作为基础结构部分,对于灌区量水设施自动化改造有直接影响。在这一背景下,深入分析灌区量水设施自动化改造需求,结合土建施工技术标准优化改进施工技术,确保土建施工效率达到需求,以满足当前灌区量水设施自动化改造要求,为现代农业水利设施的建设和发展奠定基础。

参考文献:

- [1] 彭微强.韩江粤东灌区续建配套与节水改造工程施工技术的研究[J].四川水泥,2020(06):175.
- [2] 张全锋.钢筋混凝土衬砌施工技术及其在水利灌区渠道改造中的应用[J].四川水泥,2022(07):123-124,127.
- [3] 苗艳丽,裴仁波,王鹏.灌区水渠改造工程施工技术应用及效果分析[J].四川水泥,2024(01):216-218.
- [4] 王涛.水利农田灌区节水改造渠道施工技术探讨[J].当代农机,2025(11):34-35.
- [5] 张永平.水利工程灌区续建配套与节水改造工程防渗渠道衬砌施工技术:以湖南省双峰县南冲灌区节水配套改造工程为例[J].湖南水利水电,2024(01):14-16.