

水电站机电设备全过程集约化管理浅析

兰东宏, 咎亚锋, 齐巨涛, 文仁学, 谢崇扬

(华能澜沧江水电股份有限公司托巴水电工程建设管理局, 云南 迪庆 674608)

摘要:为在数字化转型的大背景下实现水电建设数字化、智能化转型,并进一步规范水电站机电设备管理,实现集约化管理,从机电设备数字化基础搭建和全过程管理模块这两方面分析了如何以设备 ID 编码为主线搭建机电设备全过程数字一体化管理平台,并通过该平台实现业主、设计、厂家、监理及施工单位的五位一体集约化管理。

关键词:数字化;机电设备;集约化;全过程;一体化;水电站

中图分类号:TV734

文献标志码:A

文章编号:1006-7647(2024)S1-0038-04

Brief analysis of the entire-process intensive management of mechanical and electrical equipment in hydropower stations//LAN Donghong, ZAN Yafeng, QI Jutao, WEN Renxue, XIE Chongyang (Tuoba Hydroelectric Engineering Construction Management Bureau of Huaneng Lancang River Hydropower Inc., Diqing 674608, China)

Abstract: In order to realize the digital and intelligent transformation of hydropower construction under the background of digital transformation, further standardize the management of electromechanical equipment of hydropower station, and realize intensive management, this paper analyzes how to build a digital integrated management platform for the whole process of electromechanical equipment with the equipment ID code as the main line from the two aspects of digital infrastructure construction and whole process management module of electromechanical equipment. And through the platform to achieve the owner, design, manufacturers, supervision and construction units five-in-one intensive management.

Key words: digitalization; mechanical and electrical equipment; intensification; entire process; integration; hydropower station

“十四五”规划的目标建议中提出需要加快数字化发展,推进数字产业化和产业数字化。水电站作为传统的水电开发企业,在数字化转型升级背景下,如果能将机电设备从设计、制造、运输、仓储、安装、调试、验收、结算、归档与移交等全过程通过一体化管理平台实现数字集约化管控,既可改变几个项目管理不一致、简单的事情反复做、资源重复浪费、耗时耗力的情况,还可保证资源的及时性、准确性,实现资源追溯和共享,达到提质增效的目的。

1 机电设备数字化基础搭建

机电设备集约化管理的基础是搭建全过程集约化管理平台框架,建立数字化管理基础数据库,即将设备 ID 编码、设备二维码、三维模型、设备特性参数(结构特点、机械特性、电气参数)等基础数据融合,作为贯穿电站建设机电设备全过程管理的公共纽带,为设计、制造、运输、仓储、安装与调试、验收与结算、归档与移交等模块应用提供数据支撑。

1.1 设备 ID 编码

在机电设备的全生命周期管理过程中,设备所承载的数据信息逐步递增,并且需要通过不同维度对信息进行分类和描述。为了方便检索、统计、分析,借助计算机技术,对水电站所有机电设备进行唯一身份识别的直观 ID 编码^[1-3],并以此形成数字化管理的基础。针对水电站的实际情况,以设备直观 ID 编码为主线,其他信息通过分阶段、分种类附着于设备 ID 编码下,通过映射、组合和索引等方式,融合各个编码体系并建立对应关系。

1.2 二维码设置

根据工程需要,建立设备二维码管理体系,按设备管理需要将设备与二维码关联,可通过设备二维码查询设备编码、隶属系统、合同信息、生产厂商、外形尺寸及重量、主要零部件构成与材质、主要技术参数、出厂日期、出厂试验记录、现场安装验收记录、检修记录、运行维护说明书、设计图纸等,还可将主要设备的运行状态及检修维护周期、设备寿命与二维码挂接,方便手机移动端通过二维码对设备进行精

细化管理,也可从源头追溯设备的每一个过程细节,达到在控可控的目的。

1.3 三维建模

建立精细的机电设备三维模型,主要包括水轮机及附属设备、发电机及附属设备、调速器及油压装置、筒形阀及油压装置、桥式起重机、技术供排水系统、透平油系统、压缩空气系统、水力量测系统、采暖通风系统、消防系统、发电机出口配电装置、主变压器、全厂动力盘柜、控制盘柜、厂用电系统设备、GIS、高压电缆、出线设备等。

将二维图纸转化为直观的,可挂接设备 ID 编码、二维码及设备信息等资料的精细化三维模型,并可在保证模型完整性、准确性、一致性、通用性和易用性的前提下,对水电站原始三维模型数据进行压缩、过滤及优化,以减少模型规模、降低内存使用量、加快操作端显示速度,最终形成轻量化的全厂机电设备施工三维模型,作为全厂机电设备 BIM 模型基础。

1.4 设备特性参数

在全厂机电设备精细化三维模型的基础上,按系统为机电设备赋予设备基础特性参数和相关属性信息,以 GB/T 51301—2018《建筑信息模型设计交付标准》为原则,对模型信息深度梳理,除特性参数外,根据需要还可继续添加模型身份描述、项目信息、材质信息、制造及安装信息等,实现机电设备精细化三维模型到 BIM 模型的转化和升级。

1.5 设备数据关联

除将机电设备 ID 编码、隶属系统、合同信息、生产厂商、外形尺寸及重量、主要零部件构成与材质、备品备件信息、主要技术参数、出厂日期、批次及检验人员等重要信息集中于 BIM 模型外,还可将机电设备设计、制造、运输、仓储、安装与调试、验收与结算、归档与移交等工程数据进行关联。

1.6 设备数字化管理

通过模型树、场景自定义、模糊检索等方式,实现对机电设备模型的分系统、分部位检索、查询与浏览。支持不同版本模型上传,根据工程区域及专业划分,支持不同方式模型检索及查询;支持不同维度业务创建及对应模型关联关系建立,实现模型信息贯穿机电设备设计、制造、运输、仓储、安装与调试、验收与结算、归档与移交等全过程,并支持运营阶段的应用扩展。

2 机电设备全过程管理模块

2.1 设计管理

设计管理模块主要包括数字化基础模块,进度

计划模块、资料成果模块和虚拟化安装演示模块等子模块。

2.1.1 数字化基础模块

数字化基础模块包含设备 ID 编码、二维码及设备特性参数等,形成了整个机电设备全过程集约化管理数据库,提供设计、制造、运输、仓储、安装与调试、验收与结算、归档与移交及运行维护的数据来源,是设备数字化管理的基础。

2.1.2 进度计划模块

进度计划模块包含招标文件和施工图供应等内容。通过平台实现对设计院招标文件及供图进度的管理,形成预警机制。根据可行性研究报告并结合水电站实际投产发电节点倒排设备招标采购计划、供图计划,并在招标采购阶段明确各设备到货计划,在每个节点计划前 3 个月内自动形成黄色预警,2 个月内自动形成橙色预警,由业主/监理确认收到相关招标文件或图纸后点击取消报警;超过节点计划未提供设计资料则形成红色预警,自动生成警告提示,并计入月度考核。此模块可以避免人为跟踪漏项或失误造成的设计进度滞后。

2.1.3 资料成果模块

资料成果模块包括各类设计报告、招标文件、施工蓝图、三维模型、BIM 模型、设计交底资料、设计变更资料、设计联络会资料、设计工程量台账及图纸、文件目录清单等相关资料,是收集所有设计资料的仓库。

资料成果模块具备在线浏览和查询的功能,通过模型树、场景自定义、模糊检索等方式,可对设计产品及其版本进行管理,实现设计资料的在线跟踪、审核,能使业主、厂家、监理及施工单位及时准确获取设计相关资料,较好地缩短沟通环节,大大提高工作效率。

2.1.4 虚拟化安装演示模块

虚拟化安装演示模块包含水轮机安装、发电机安装、筒形阀及油压装置安装、调速器及油压装置安装、其他机电设备安装等。

采用虚拟现实技术模拟主要机电设备安装过程,将各部件安装步骤、注意事项、技术要求与三维模型有机结合,实现机电设备部件的调整、组拼、吊装、预装/安装、拆卸等全过程的虚拟安装和检修,可作为技术交底培训,指导机电设备安装过程,提高机电设备安装的效率,为实现精品机组奠定基础。

2.2 制造管理

制作管理模块包含加工工艺、进度控制和设备质量管理等子模块,是对主要机电设备制造重要部件的工艺、进度(含设备制造进度及出厂情况等)、

质量(含材质、试验、缺陷处理、验收记录)等的相关文档、照片、视频进行收集整理,便于从源头对设备质量和进度进行管控,使设备质量具备可追溯性。另外在设备出厂环节按照装配设备成套装车发运,将车辆信息和发运清单录入平台,设备到达工地后仓库管理员只需对照发运清单清点货物便可完成到货交接,可避免清单重复录入以及错发、漏发、少发的情况。

2.3 运输、仓储管理

2.3.1 运输管理模块

运输管理模块包含设备运输方案、设备发运信息(发运设备清单、发运时间及预计到货时间)、车辆信息(司机联系方式、车牌号等)和位置信息等内容。

此模块对机电设备运输方案与运输路线、发运设备清单、车辆信息、设备厂家发运负责人联系方式、北斗或GPS定位运输车辆信息、设备发运时间和预计到货时间等进行管理。可实现机电设备的运输过程跟踪管理,对设备运输车辆的异常情况进行预警提示,实现机电设备运输过程跟踪,达到过程受控。

2.3.2 智能仓储模块

智能仓储模块包含入库管理、库内管理、出库管理及其他管理等子模块。

系统平台将按照合同清单、设备组零件及成套性等对设备进行系统分类,设备制造厂将合同供货量录入智能仓储平台对应项,在设备出厂时确认发运清单。设备运输车辆到达工地仓库后,仓库管理员对照平台信息直接完成交货接收,业主组织开箱验收,仓库管理人员完成仓库日常工作(包含设备入库、出库、退库及盘点管理等)。

平台可将设备仓储数据与BIM模型进行关联,对设备的出库、入库、库存进行查询,并与机电设备制造、运输安装模块联动,对未发货设备、在运中、已到货、已出库和已安装进行区分显示。还可通过设计量/采购量、入库量、出库量、挪用量、库存量等与验收模块的安装签证量进行对接,可自动完成甲供材料核销管理及采购合同的完工闭合审计。

2.4 安装、调试

2.4.1 安装条件的智能识别

根据水电站单元工程划分,在单元工程开工前根据设计、厂家图纸到位情况,机电设备到货情况以及施工单位准备(如方案审批、技术交底及转序)情况等几项内容自动识别此单元工程是否具备开工条件。具备开工条件,由施工单位提交单元工程开工申请,监理确认后开始在一体化管理平台上填选设

备领用单,办理设备出库手续,开始单元工程施工。

2.4.2 现场质量管理

对于环境要求较高的施工区域(定子装配、定子下线、GIS安装及高压电缆头熔接等),设置温湿度及粉尘在线报警装置,并接入一体化管理平台用于自动报警,监测施工环境,确保特殊机电设备安装的工作环境。

对于施工人员要求较高的施工区域,需通过注册人脸识别刷脸后方可进入施工(如焊接场所需焊工考试合格后登记录入识别系统,每次进入需通过人脸识别进入施焊场所);对机电封闭管理区域也需采用人脸识别且通过身体检测扫描后(防止随意携带金属物件进入)方可进入。

关键工序的施工工艺流程经审批后录入一体化管理平台,现场技术人员点击一步,实施一步,严格按照工艺流程操作,并在施工场所增设可存储回放式视频监控,可通过回放检查施工人员对细节的控制,也可通过虚拟安装流程进行对比抓拍违规操作,实现现场质量管控。

2.4.3 现场进度管理

根据水电站总体规划投产发电时间倒排关键线路工期,讨论确定后,将关键线路工期导入一体化管理平台,通过关键线路上工程量的完成情况与已完时间进行自动计算分析,对比进度完成情况,对进度滞后的工序进行自动预警,及时采取纠偏措施。

2.4.4 数字化管控

a. 通过BIM模型对全场管路实现虚拟安装,可用于全厂管路的优化设计和场外组焊及现场验收、核销。根据各管件的自身参数(管径、壁厚、材质等)、转弯半径、位置坐标等信息,结合水工建筑物和设备布置等参数实现对管路的二次优化设计。同时结合施工运输条件、管道尺寸及安装、维修便利等,可在场外实现工厂化自动下料组焊,确保管道焊接实体质量和观感质量。另外,可根据各仓面/部位管路在一体化管理平台上演示的数量和相关参数与现场实际已安装管路情况进行对比验收,确认一处,验收一处,有效避免错、漏现象;同时还可自动在验收过程中生成工程量签证单,辅助工程量结算,且可与核销所需相关信息关联完成核销,以确保数据的及时性、真实性和准确性。

b. 通过BIM模型对全场电缆及桥架实现虚拟安装,实现对所有电缆、桥架的优化设计和统筹管理。电缆及桥架的优化设计可根据各部位设计所需电缆的数量、种类、截面、转弯半径、编号和连接设备等信息,实现电缆的动态虚拟安装。然后根据现场空间条件和分类情况等对电缆进行分类、分通道,同

时在考虑桥架的宽度、深度、位置、实际容积率等信息后对桥架进行虚拟设计和安装,最后再综合考虑留足后续可能新增电缆敷设裕度后生成最终的电缆桥架及电缆敷设图。另外,还可根据相关参数进行桥架订制和后期核销。

2.5 验收、结算

本模块包含自动识别验收认证系统、智能关联结算系统、一键式核销管理等子模块。

2.5.1 自动识别验收认证系统

施工单位通过一体化管理平台录入验收检测数据,平台将自动对验收检测数据进行识别,对录入数据超标或不符合要求的将自动报警;同时可自动识别验收评定等级是否合格,并自动统计优良率、合格率,实现自动识别验收认证。本模块可统一模式,在同类型电站推广,避免每个电站都重新进行单元工程讨论划分、验收表格制作等,减少资源重复浪费。

2.5.2 智能关联结算系统

通过验收,施工单位在一体化管理平台内录入验收签证工程量,并根据合同工程量清单和结算系统台账自动统计工程量,按照单价或百分比自动完成结算报表,由施工单位提交,监理确认,业主(机电物资部、计划部)审核完成结算。

2.5.3 一键式核销管理

根据确认的工程量签证单,关联仓库设计量、采购量、出库量、挪用量、退库量、库存量等可一键完成甲供材料(管路、电缆、桥架等)的核销。可避免人为统计失误及错、漏项的发生,大大提高核销工作效率和数据的精准性。

2.6 移交、归档

2.6.1 线上移交

通过 BIM 模型关联自动识别设备状态(制造、安装、验收、运行),在确认设备验收参数及运行状态满足合同要求后,施工单位提出移交申请,经业主组织对现场设备进行复核检查后确认移交。移交按分部工程自动形成设备清单,并与设备的相关所有资料通过一体化管理平台一起移交运行单位/部门。

2.6.2 电子归档

设备制造厂:将档案管理办法要求的设备归档资料清单录入一体化管理平台,线上核对厂家录入的归档资料,自动识别归档资料的完整性、符合性,资料移交后在线上出具电子归档证明(若需线下归档,可打印签章后归档)。

监理及施工单位:将档案管理办法要求的设备归档资料清单录入一体化管理平台,监理和施工单位每年一季度完成上一年度电子档案与纸质档案归档,平台自动识别归档资料的完整性、符合性,业主

定期组织线上、线下检查。验评资料则在现场验收时按照项目划分自动分类归档,实现电子档案和纸质档案归档及时,以便随时查阅和线上移交,同时可实现验收数据的真实性、可追溯性。

3 平台移植

一体化管理平台模式是按照水电站基建管理流程进行设计,可实现一次开发,多次利用,集约化管理,从根本上改变一个电站、一批人马、一种模式、一套思路的多样性及发散式管理;另外还可不断优化,实现管理更优,效率更佳的效果。但不同电站的不同设备和基础资料需重新录入管理平台。

4 结 语

数字化、智能化、集约化管理技术应用是今后水电工程建设的重要发展方向,是提质增效、推动水电工程技术革新的重要举措,也是打造中国水电高科技品牌、增强中国水电国际竞争力、加快中国水电“走出去”的重要手段。

参考文献:

[1] 中国电力企业联合会标准化中心. 水电厂标识系统编码导则:GB/T 35707—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[2] 中国电力企业联合会标准化中心. 水电水利基本建设工程单元工程质量等级评定标准第 3 部分:水轮发电机组安装工程:DL/T 5113.3—2012[S]. 北京:中国电力出版社,2012.

[3] 中华人民共和国水利部. 水利水电工程施工质量检验与评定规程:SL 176—2007[S]. 北京:中国水利水电出版社,2007.

(收稿日期:2024 - 09 - 23 编辑:刘晓艳)

