

# 南水北调洪泽泵站 监控系统自动化改造应用

范林皓, 陈 祥, 黄富佳

(南水北调东线江苏水源有限责任公司科技信息分公司, 江苏 南京 210019)

**摘要:** 分析洪泽泵站监控系统自动化改造的原因, 简要介绍了监控系统在自动化改造实现的功能和应用。监控系统升级改造完成后, 采用智能电子装置与设备本体形成智能设备, 自动完成采集、测量、分析、控制及保护等基本功能, 具备基于一体化平台的远方控制、决策评估以及系统联动等智能应用组件, 实现工程状态全面感知、生产运行安全可靠、人机界面友好灵活、设备诊断高度智能、运检效率大幅提升。

**关键词:** 自动化; 监控系统; 泵站; 南水北调

中图分类号: TV851

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2023)04-0062-0005

## Application of automatic transformation of monitoring system of Hongze Pump Station of South-to-North Water Diversion

FAN Linhao, CHEN Xiang, HUANG Fujia

(Science and Technology Information Branch of The Eastern Route of South-to-North Water  
Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd., Nanjing 210019, China)

**Abstract:** This paper analyzes the reasons of automatic transformation of monitoring system in Hongze pump station, and briefly introduces the functions and applications of monitoring system in automatic transformation. After the upgrade and transformation of the monitoring system, intelligent electronic devices and equipment ontology are used to form intelligent devices, which complete the basic functions of collection, measurement, analysis, control and protection automatically. It has intelligent application components such as remote control, decision evaluation and system linkage based on the integrated platform. It realizes comprehensive perception of engineering status, safe and reliable production and operation, friendly and flexible man-machine interface, highly intelligent equipment diagnosis and greatly improved inspection efficiency.

**Key words:** automation; monitoring system; pump station; south-to-north water diversion

洪泽站是南水北调东线一期工程第三梯级泵站之一, 该工程与下级金湖站联合运行, 由金宝航道、入江水道三河段向洪泽湖调水 150 m<sup>3</sup>/s, 与淮阴一、二、三站共同组成南水北调第三梯级, 满足一期工程入洪泽湖 450 m<sup>3</sup>/s 的目标, 保证向苏北地区和山东省供水要求, 并结合宝应湖、白马湖地区

排涝。

洪泽站设计流量 150 m<sup>3</sup>/s, 站内安装立式混流泵机组 5 台套(含备机 1 台套), 单泵设计流量 37.5 m<sup>3</sup>/s, 配套电机功率 3 550 kW, 总装机容量 17 750 kW。水泵采用立式混流泵竖井筒体式结构, 配肘形进水流道、虹吸式出水流道, 真空破坏阀断流。泵站检

收稿日期: 2022-07-028

作者简介: 范林皓(1991-), 男, 工程师, 本科, 主要从事水利工程管理、水利信息化建设工作。E-mail: 1092773016@qq.com

修间空箱岸墙内安装两台水轮发电机组。发电机为立式同步发电机,容量为625 kVA(额定功率500 kW)。

洪泽站工程监控系统核心设备包括传感器、网络设备、通信管理装置、PLC及组态软件,整体架构按照分层分布建设,目前系统整体运行情况稳定,但随着设备工作年限的增长,系统的安全性及稳定性也在经受着越来越多的考验。

## 1 自动化改造必要性

### 1.1 国家及行业智慧化进程的需要

国家“十四五”规划纲要明确要求构建智慧水利体系。水利部党组贯彻落实党中央国务院的重大决策部署,将推进智慧水利建设作为推动新阶段水利高质量发展的6条实施路径之一,并明确提出智慧水利是新阶段水利高质量发展的显著标志。

泵站信息化作为建设智慧水利的重要环节,已经得到了各级政府领导的重视。通过积极稳妥地推动大型泵站信息化平台建设,提高泵站管理单位的管理水平,确保泵站工程安全运行,实现水资源优化配置,提高调度运行效率,保障可持续发展。

### 1.2 新兴技术与自主可控要求的推动

近年来,随着“云、大、物、移、智”等技术的兴起,传统的自动化系统弊端逐渐显现,其架构越来越难以满足新的发展需求。传统自动化系统大多处于数据采集、数据处理、远程控制、数据展示的初级阶段,数据采集、调度控制、生产运行等专业跨度较大,自动化系统无法对数据进行统一的整理、分析和挖掘,难以建立高效的智慧辅助决策系统,遏制了新的泵站建设后生产、管理和决策能力的提升。

随着信息化系统建设的不断深入,对泵站运行可靠性及智能决策能力提出全新的要求。在现有自动化基础上进行统一规划和资源整合,综合应用最新的理论成果和技术手段,研究能够较好适应和满足未来相当长时期内应用需求的新型泵站自动化技术,对泵站的运行情况进行更为全面透彻的感知,有效地实现各类设备、业务系统之间的协同互动,同时针对各类业务进行更加智能化的计算、分析、诊断、评估,提升业务协调能力及智能决策能力,达成智能泵站的建设目标,保障工程安全、可靠、经济、高效运行。

同时随着工业控制网络越来越多地采用开放、互联技术,来自工控系统外部的安全攻击也成为了

可能,工业信息安全形势日趋严峻,重大工控网络安全事件更是层出不穷,所以,当前自主可控已上升为国家战略,促进国产替代,实现各泵站自主可控,逐步摆脱技术限制,打破技术壁垒,提升信息安全,才能最终保障系统正常、安全、稳定、可靠运行。

### 1.3 传统方案运行多年总结的问题

传统以“PLC+组态软件”的自动化架构已经形成了以现地自动化、厂站计算机监控<sup>[1]</sup>、远程集中监控为主的自动化技术体系及产品系列,基本满足“无人值班(少人值守)”的运行要求,在南水北调一期工程14座大型泵站的运行管理中发挥了重要作用。经过多年来的运行,总结出了存在有待改进的问题,需要在本次自动化改造<sup>[2]</sup>中解决,问题如下:(1)大量信号线缆敷设、改造维护工作量大;(2)运行数据的价值再造;(3)泵站管理经验的传承;(4)运维效率低下。

### 1.4 调水管理智能化及科技创新优先发展战略需要

随着外部环境的变化,以及调水管理智能发展战略及科技创新优先发展战略的需要,调水业务面临着信息共享、设备预测性维护、作业安全管控等问题,因此,有必要积极推动智能泵站核心技术的研究和试点应用,作为智能泵站建设引领者,开展智能泵站试点建设,充分利用互联网、大数据、云计算等现代智能技术,实现工程调度管理立体化监测、智能化决策、精细化管理、流程化操作、便捷化服务,逐步建立人员精简、节能增效、技术先进、运行可靠的现代化水利工程管理模式。

## 2 系统结构

智能化整体系统架构方案遵循IEC61850体系标准的指导思想,依据《智能水电厂技术导则》(DL/T 1547—2016)、《变电站通信网络和系统》(DL/T 860—2014)和《110(66)kV智能变电站技术导则》(GB/T 51072—2014)等标准而提出。整体系统架构见图1。

系统横向上划分工程监控网,与管理调度网、外网一起构成整个计算机网络系统。工程监控网部署计算机监控系统,实现智能告警功能;在管理调度网部署视频监视系统,实现多系统联动功能。系统纵向分层,整体上划分为4个层次:过程层、单元层、厂站层、集控层,其中,各层之间以及层内装置和系统之间的通信网络共3种:过程层网、厂站层网和集控层网。过程层、单元层和过程层网实现感知层功能,厂站层则主要部署本站平台层和应用

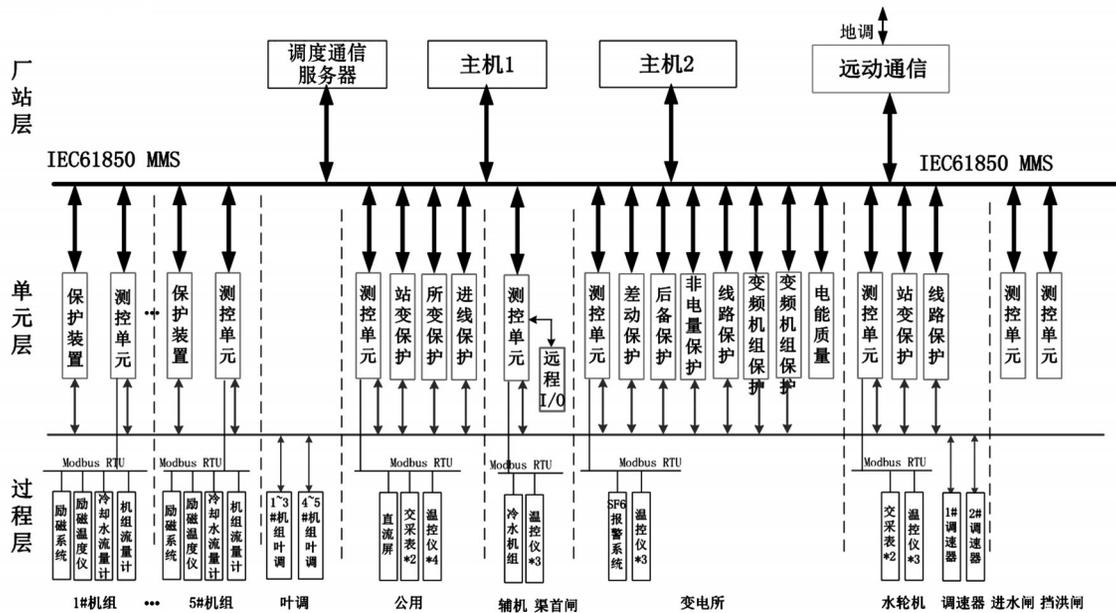


图1 洪泽站智能化架构

层,集控层则主要部署公司级的平台层和应用层。

泵站在不同的分区及分层内部署带有智能测控装置的现地自动化设备、一体化管控平台<sup>[3]</sup>和智能应用。现地自动化设备采用智能电子装置(智能终端、远程IO)和智能设备等,智能电子装置和智能设备统一建模,并具有相应的通信接口,现地自动化设备可实现即插即用功能。一体化管控平台和智能应用,支持设备和资源进行统一建模,实现数据共享、业务协同等功能。

泵站建立统一的时钟同步系统确保所有硬件、软件的时钟均与标准时钟完全一致,并利用视频监控等系统保证泵站运行环境安全,从而促进泵站安全稳定运行。

### 3 实现功能

#### 3.1 基本功能

洪泽站监控系统能够满足数据采集、数据处理、数据存储、监视与报警、控制与调节、人机接口、数据通信、时钟同步、系统自诊断与自恢复等基本功能。

#### 3.2 高级功能

##### 3.2.1 信息建模

信息建模具有以下特征:基于 IEC 61850 的泵站信息建模、基于 XML 的泵站自动化配置文件、基于 IEC 61850 的泵站过程层及厂站层组网技术、基于 IEC 61850 的信息建模软件开发。

IEC 61850 信息建模面向功能对象,侧重于现

地过程控制。厂站层则需要面向实际的物理设备对象进行建模,实现泵站设备运行状态、现场作业环境等参数的有机融合。为此,在对水电站计算机监控、水情水调自动化、大坝安全监测、机组状态监测等业务系统的深刻理解基础上,依据 DL/T 890.301—2016 能量管理系统应用程序接口(EMS-API)第 301 部分——公共信息模型(CIM)基础,建立一套符合大型水利泵站厂站级应用的公共信息模型,支撑大型水利泵站的基础建设。

主要内容:(1)研究大型水利泵站厂站级应用建设需要集成的信息范围以及信息内容,研究厂站级应用对信息模型的要求,研究生产管理相关的自动化、信息化业务需求,具体业务包括监控系统、继电保护、闸门控制、水情水调、防汛指挥、电能量采集、故障录波、五防、机房动环以及输变电设备、在线监测等系统;(2)梳理现有业务系统的数据库、数据字典或信息模型,研究已有的信息模型与大型水利泵站厂站级应用管理业务的差异性,明确可利用的信息模型以及泵站应用模型扩充的重点内容;(3)研究水利泵站厂站级信息模型 CIM 的建立,研究其逻辑分解方式,研究设备统一编码在逻辑模型设计中的融合应用,开展大型逻辑模型实体、实体属性的设计,研究逻辑实体之间的关联关系;(4)根据实际业务溯源所有实例,梳理现有业务系统数据来源库表和字段涵义,开展物理模型以及数据资源明细手册的设计,开展统一标准代码的设计,抽取模型公有属性,参考标准模型复核分层次的设备

模型属性,完成大型泵站厂站级应用的信息模型设计。

以常规开关站为例,其典型设备及相互之间的逻辑业务关系见图2,项目将针对泵站特点进行扩充。

### 3.2.2 模型应用

(1)对象化模型与编码。基于泵站生产设备对象的模型层次结构,建立符合泵站实际情况的对象化模型体系,实现测点信息间的关联、从属关系描述,形成对象化模型编码体系,固化设备关键

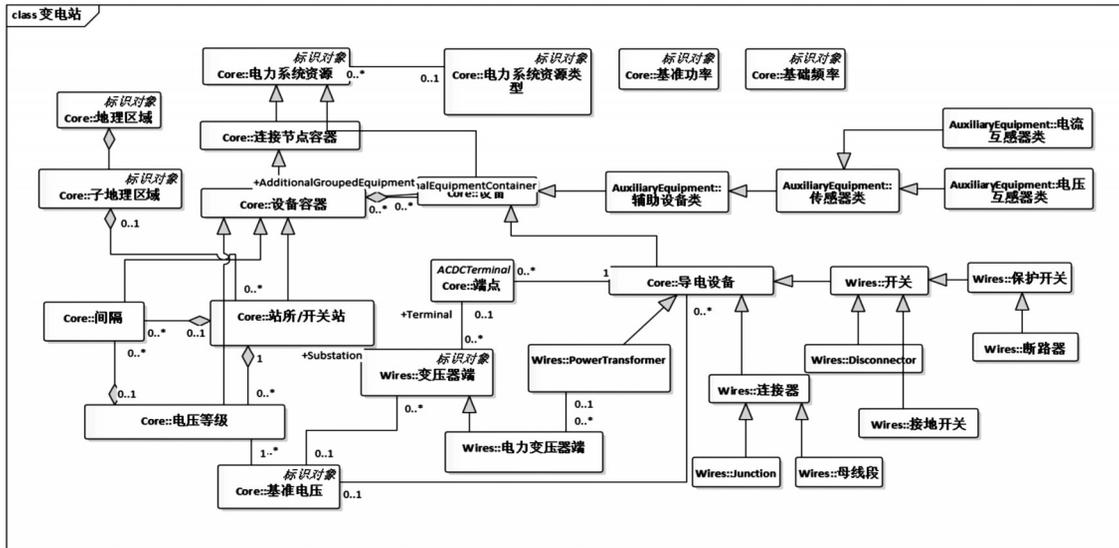


图2 设备间逻辑业务

信息的编码,降低智能化应用策略的组态难度,模型编码可以与第三方系统模型对接,为智能分析专家知识库建设提供基础,为智能化应用的发展提供支撑。

(2)模型发现。传统控制系统先建点再通讯的应用过程,可以采用模型发现技术进行改进。基于模型自描述技术,可以从现地设备获取全部的模型信息,上载相关模型信息后系统自动完成建点与通讯策略组态,实现设备的即插即用,减少投运与调试时间,降低泵站建设成本。

(3)设备互换。采用相同模型标准的设备更换后,关键模型信息的描述方式不会发生变化,系统画面、报表与历史服务等应用功能无需改动,实现了设备的即插即用,减少了维护工作的难度。

(4)图模一体化。实现图模一体化功能,设备模型建立后,关键信息固化,画面应用可以基于模型直接生成画面元素,同时提供更丰富的展示方式,例如设备对象的告警统计、相关信息的展示等。

(5)分析挖掘与告警。设备对象模型可以提供多维度的模型关系,包括设备构成关系、同类设备关系、同级设备关系等,支撑同类设备运行状态比较、同级设备运行状态比较、设备相关属性运行状态比较、所属设备故障统计等。

(6)外部系统对接。基于IEC61850模型建立的系统应用,遵循标准的IEC61850逻辑节点及属性应用规范,可以实现与满足IEC61850标准的第三方应用对接。

### 3.2.3 智能告警

智能告警可有效代替运行值班人员在工程事故时的电话通知和逐级汇报工作,以缩短事故处理时间和提高事故处理效率,是泵站运维人员发现设备缺陷、预防设备事故的重要手段。智能告警以监测数据为数据源,以各类经验值及算法为基础,提供设备相关状态监测数据和设备综合状况的报警,当自动化系统出现诸如线路中断、测量超限、控制异常、状态异常等情况时,能根据报警策略进行智能分级报警。具体分为以下内容:

(1)综合报警。使用条件语句、循环语句、数值计算、逻辑计算、延时处理、中间变量等界面工具自定义报警规则、自定义报警和预警。数据集成后,自定义报警信号源不限于监控系统的信号,可扩展到其他系统的信号源。所有报警阈值可根据设备不同运行工况计算,也可根据运维人员经验设定,具有很强的自适应性。

(2)设备状态趋势分析报警。根据经验值对设备变化趋势(如缓变量)、变化率异常自动识别并及

时产生告警,解决机组漏水、漏油、轴承温度缓慢异常变化等问题。从多维度 and 不同工况分析设备性能和效率。通过设备突变趋势分析、设备缓变趋势分析,同时结合运行工况进行诊断并给出可能原因及相应处理意见。

(3)设备操作流程过程及结果分析报警。开停机流程报警包括:跟踪开停机步序是否正常;间隔时间是否正常;各个设备操作时间是否正常。针对开停机流程报警录入标准开停机流程库组态工具:整理标准的开停机流程,包括操作输出的信号清单,反馈信号的清单,延迟等待时间,形成开停机操作库;开机失败可以准确定位因哪个信号未正常动作,确定开机失败的根本原因。

(4)运行关联性分析与告警。运用设备状态监测数据积累的全维、海量数据,智能分析设备的运行特性,为设备的安全、可靠和经济运行提供支撑:根据统计各个工况下的参数,并根据这些参数生成实际运行的运转关系。如:分析推力瓦及导向瓦温度与振动、摆度等参数的关联性等,当设备运行偏离其正常运行特性时,给出设备运行异常预警,同时结合运行工况进行估值诊断并给出可能原因及相应处理意见。

(5)报警处理。软件平台上设置统一报警窗口对所有设备的智能报警信息进行按设备对象集中展示,并根据预先定义的报警属性对不同级别的报警用不同颜色显示,报警信息为一个超级链接,点击后跳转到计算分析界面及关联量分析曲线界面,进行相应处置流程确认。对重要报警信息可产生语音提示,提醒相关人员进行应急处置。

## 4 示范意义

### 4.1 系统结构优化提升

采用智能测控装置、智能设备实现数据的采集与处理,按照 IEC61850 标准体系,构建“三层两网”,过程层、单元层、厂站层采用网络通信。提高了信息感知能力、共享能力,使系统更加灵活,并且能够支撑边缘计算、远程运维等新技术发展。

### 4.2 信息采集全面多样

全站软硬件采用统一建模后,面向对象进行信息通信,支持数据的多样性上送。如事件、保护故

障录波功能采样曲线等。数据集成的全面性更好、定制化更强。

### 4.3 建模效用强化提升

智能设备(设备+智能测控装置)的调试由专业设备厂家完成内部调试,对外以 IEC 61850 面向对象的通信,通过配置文件加载至上位机,快速实现互通信与集成。可按对象实现数据查询、事件查询、数据分析、控制流程、报表统计、对象间数据的关联分析等。

### 4.4 国产化自主安全可控

软硬件实现国产替代(近期采用国产化<sup>[4]</sup>(非芯片级)智能测控装置,2年内可升级成带国产芯片的CPU,引入国密算法实现安全加固),一体化平台已支持国产操作系统及国产数据库、支持基于国产密码的可信计算)。

### 4.5 系统平台智能可扩展

采用一体化管控平台,在泵站的经济运行、智能调度、两票联动、故障诊断、智能运检等方面可根据业主的后期需求进行模块化扩展开发。

## 5 结 语

洪泽站监控系统自动化改造积极应用传统工业自动化技术和新兴信息技术,持续优化自动化和信息化系统架构,不断改进系统功能和性能,着力提升系统的安全性和可靠性;通过对象化建模,实现数据融合、业务互动和智能决策,降低设备检修成本,提高员工的工作效率;加快智能泵站技术升级,推动自主可控先行先试,有着重要的示范意义。

### 参考文献:

- [1] 王翔. 上海大治河西闸自动化控制系统升级改造实践[J]. 水利信息化, 2018(3): 69-72.
- [2] 徐宁斯. 闸群自动化监控系统在水利信息化中的应用研究——以海珠区闸群自动化监控系统为例[J]. 信息技术与信息化, 2014(10): 103-105.
- [3] 王鑫鑫. 前柳林泵站电力综合自动化监控系统改造[J]. 水电站机电技术, 2022, 45(2): 40-43.
- [4] 刘鹏龙, 吴小锋, 方书博, 等. 宝泉抽水蓄能电站计算机监控系统国产化改造方法研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2021, 19(6): 590-597.