

水电厂智能智慧化建设整体解决方案综述

张 毅, 文正国, 王德宽, 王桂平, 张 煦
(北京中水科水电科技开发有限公司, 北京 100038)

摘 要: 在分析水电厂数字化、智能化、智慧化概念及相互关系的基础上,探讨了水电厂智能智慧化应用设计和建设目标,对基于智能一体化平台的水电厂智能智慧化整体解决方案进行了综述,并介绍了 iP9000 一体化平台的最新进展。

关键词: 数字化;智能化;智慧化; iP9000;整体解决方案

中图分类号: TV736 文献标识码: A 文章编号: 1672-5387(2019)12-0001-05
DOI: 10.13599/j.cnki.11-5130.2019.12.001

1 引言

随着大数据、云计算、互联网+和人工智能技术的发展和广泛应用,水利水电及新能源领域多专业系统互联、互通、互动、分析挖掘、智能决策支持与全景展示需求广泛,智能与智慧化应用发展趋势越来越明显。

由于相关概念和认识还不是很清晰统一,国内主要发电企业在开展水电厂数字化、智能化、智慧化的规划设计和试点实施工作中,一些项目出现了将关注点主要放在采用的具体技术手段上的问题,没有真正从电站智能智慧化的实际应用需求进行考虑。北京中水科水电科技开发有限公司作为国内水电站计算机监控系统的主要研发单位,一直致力于智能一体化平台和水电厂智能智慧化整体解决方案研究开发工作,针对电站智能智慧化应用实际需求,先后提出了智能水电厂自动化系统总体构想与总体规划,开发了 iP9000 智能一体化平台并成功应用于智能化建设项目。我们希望大家共同努力,推动我国水电厂智能智慧化技术进步,满足电站多业务集成和智能智慧化应用不断发展的需要。

2 数字化、智能化、智慧化概念及相互关系

由于智能化在水电领域目前还处于试点建设与探索阶段,具体概念和认识还比较模糊,相关标准还在制定和完善过程中,缺乏统一的被广泛接受的明

确定义,目前在水电厂智能化建设中存在有数字化、智能化和智慧化等不同提法。

我们认为水电厂智能化建设应包括不同层面的丰富内容,当前开展的数字化、智能化、智慧化建设就是不同层面的具体体现,数字化主要关注于水电站生产现场设备的智能化和网络互联,是基础和支撑,智能化侧重于全厂一体化平台建设及智能高级应用,智慧化则是在更高的企业层面上通过云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能等新型 IT 技术应用,建立高可扩展性的多源海量数据统一管理与分析大数据平台,汇聚来源广泛的各类业务的实时与非实时生产及管理数据,实现数据的整合与深度挖掘,形成丰富的数据监测、数据挖掘、数据统计、分析预测、指挥决策与综合展示功能。

数字化重点在于现场设备的智能化,是针对水电站大量采用常规 I/O 硬接线、现场传感器采集设备重复设置的问题,通过采用智能 IED 设备和现场过程网络,实现现场数据采集、传输和控制的全数字化,将数字化网络扩展至电站现地过程层设备,有效获得设备内部运行参数和健康状态信息,为实现设备运行状态评估等智能化高级应用功能提供支撑。即数字化建设实现现场网络互连互通是智能智慧化的底层和基础。数字化的另一个方面就是采用虚拟

收稿日期: 2019-10-17

作者简介: 张 毅(1963-),男,教授级高级工程师,从事水电厂自动化技术研究与应用工作。

现实、三维建模等先进技术,建设数字化的虚拟流域和厂房,实现综合展示。

智能化建设主要包括设备的智能化和应用功能的智能化。水电厂智能化实施的重点在全厂一体化平台和智能化高级应用功能,通过组建一体化平台实现跨安全分区的全厂监控、保护、计量、水情水调、状态监测、辅控、视频和生产信息管理等信息的统一共享、集中管理和互动,其关注点在厂站层,支持LCU采用 IEC61850 标准接入,而过程层数字化改造不是必选项,仍可采用硬接线和各类常规現地通信接口。

智慧化实施重点在公司层面,通过“云大物智移”等新型 IT 技术应用,建立满足海量多源异构数据的采集、并行分布式存储和处理等需求的大数据平台,提供海量数据存储和处理能力及高可扩展性;汇聚来源广泛的各类业务的结构化、半结构化和非结构化,实时与非实时生产及管理数据,围绕“数据收集整合、数据管理、数据分析挖掘、智能决策应用”的全过程,深度挖掘出更多的数据价值,支撑智能高级应用,通过三维建模及虚拟现实等技术,形成丰富的数据监测、数据挖掘、统计计算、分析预测、流域管理、指挥决策与综合展示功能。

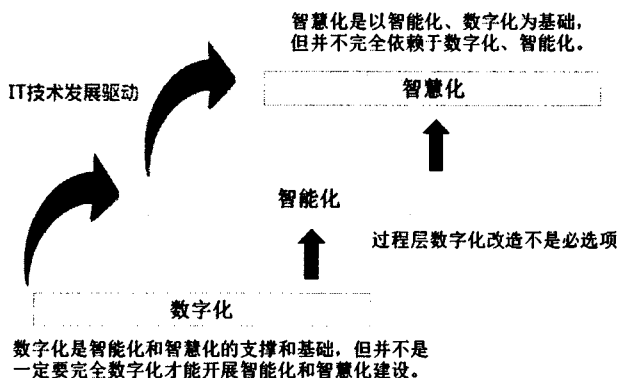


图1 数字化、智能化、智慧化相互关系示意图

3 水电厂智能智慧化应用设计

智能智慧化水电厂建设应转变以关注技术手段为主的系统和设备厂家思维方式,应针对水电厂智能智慧化的实际需求和总体目标,真正站在电站和用户的角度进行智能智慧化应用设计,重点关注生产运行、设备检修、管理决策等几个方面的智能化需求。技术是手段不是目标,全厂智能一体化平台、遵循统一标准和信息建模等均是水电厂实现智能智慧化可选的技术方案,在设计采用具体技术时必须紧

密结合实际应用需求并与现实条件相适应,不能本末倒置。

智能运行:采用物联网技术和智能设备,实现对生产运行过程和设备状态的全面有效感知,构建预报、调度、运行环节的协调互动机制,提升各自动化系统与设备的智能协调互动水平;结合对象模型进行数据挖掘和趋势预测与智能报警,实现电站生产过程控制的智能化,提高电站的安全稳定运行水平和生产效率。结合水库防洪调度和联合优化调度,在各水电厂 AGC 联调基础上,建立汛期与非汛期多种经济运行策略,优化流域水电站经济运行,提高经济运行水平和综合效益。

智能安全防控:构建智能锁、智能安全帽等安全防控功能,结合三维 GIS、BIM 等技术实现所有巡检人员的定位和可视化展示功能,实现智能工作票、操作票联动功能,人员定位系统对执行过程进行全过程跟踪,依托智能一体化平台实现火灾报警系统、工业电视、消防系统、门禁系统、通风系统等互联互通和多系统安全联动。

智能检修:充分利用大数据技术对设备运行过程的关键参数进行深度挖掘和综合分析诊断,提供监测数据变化趋势预警、设备健康状态评价、设备异常诊断、设备异常修复、检修策略制定、自动生成检修后评价报告等功能,为设备的状态检修和智能分析决策提供科学依据,减少运维及检修成本。

智能管理决策:依托数据中心和智能一体化平台,实现水电厂安全管理、生产管理、运行管理、设备管理、检修管理、技术管理和物资管理等各类生产管理业务系统信息资源的集中共享、业务交互融合与分析挖掘,为水电厂的经营管理决策提供更加科学的技术支持。采用三维建模和虚拟现实(VR)技术构建逼真的三维数字流域和虚拟生产运行环境,充分利用 GIS、动态仿真等高新信息技术,实现突发事件快速判别、快速模拟和情景生成,真实模拟突发事件的演进和应急处置过程,为决策指挥与应急处置提供技术支撑。基于电厂智能一体化平台,实现三维数字化水电站展示、虚拟设备在线演示、虚拟漫游、虚拟巡视、虚拟操作等功能。通过数据分析挖掘、数据统计分析,以直观丰富的图形化展示方式,实现各业务专题数据的多维度集中展示,以及关键系统及设备信息的全景可视化展示与查询功能,满足水电厂生产运行、水雨情与防汛调度、各类运营管理业

务的综合信息展示与查询需求。

4 智能智慧化水电厂整体解决方案

根据目前现有的水电厂运行方式和应用需求,推荐采用全厂一体化平台构建智能智慧化水电厂整体解决方案,基于全厂一体化平台,构建智能智慧化水电厂跨安全区 I、II、III 的分层、分区、分布的系统总体结构。

4.1 厂站层解决方案

智能一体化平台采用基于面向对象的信息模型设计,实现基于面向服务架构(SOA)的跨平台应用集成,提供标准开放的服务接口,支持包括第三方在内的各业务应用集成,满足不断增长的水电厂生产运行、设备检修、管理决策等智能智慧化应用需求。

一体化平台应具备规范的信息模型和完整的通信规约库,除支持 IEC61850 标准外,对于当前水电厂现有常规系统和设备,不宜采用外接协议转换器的方式来实现统一的 IEC61850 接口,还应继续支持现有主流 PLC 通信规约以及常用 IEC 国际标准通信规约。

对于一体化平台应注意避免产生如下 2 种误解,首先一体化平台并不是在原有系统结构上增加了一个层次,而是将原来各系统中的数据采集、处理、数据库管理、通信以及人机接口等功能平台化,从而对应用提供功能更强大的支撑,不仅满足监控系统的应用需求,也能支撑水情水调、在线监测等其他业务应用;其次,一体化平台虽然具备很强的系统支撑能力,但并不是要取代全厂其他系统,一体化平台在安全区 I、II、III 均部署有网络,已实现了安全区 I 的监控与安全区 II 的水调系统的一体化,但并不是要实现所有系统网络的大融合,而是要取决于电厂的实际应用需要,如监控和保护系统均在安全区 I,但保护系统还应单独组网,并通过统一的接口接入一体化平台,以保证控制系统的实时可靠性,并满足保护系统的规范要求。同样在安全区 II 的在线监测系统也宜单独组网,并通过统一的接口接入部署在安全区 II 的一体化平台,以保证一体化平台网络系统性能。在本文后续章节将结合 iP9000 一体化平台的架构和特点对厂站层解决方案进行详细介绍。

4.2 单元层解决方案

水电厂 3 层结构中,现地单元层担负着承上启下的功能,主要有按单元分布式和扁平式两种系统

架构。

单元分布式架构是一套完整的现地单元控制系统,具有较强的系统管理能力,可脱离厂站层网络独立运行,具有很强的系统可靠性,机组台数较多的大中型水电站计算机监控系统 LCU 主要采用单元分布式架构,其 LCU 一般均采用 PLC,但因为接入本单元的调速、励磁、辅控等设备数据均须 LCU 进行转发,易形成系统通信瓶颈。扁平式系统架构中所有系统和设备包括调速、励磁、辅控、保护等均直接接入厂站层网络,比较适合采用测控单元的应用场景,有利于实现系统间互联互通,消除系统通信瓶颈,但当机组台数较多时,厂站层众多的通信接口管理将成为一个问题,同时各单元因为缺少实现统一管理的 LCU,会导致单元层功能的弱化。

在现有条件下,现地单元层不宜单独采用测控装置,不宜将复杂的顺控流程在厂站层实现,而应综合各类设备的优势,宜采用以 PLC 单元分布式架构为主,这样不仅非常适合完成水电厂现场设备的实时控制,具备接入 IED 设备的能力,部分 PLC 还支持 GOOSE 网络接口,可较好的满足目前数字化智能化应用需求。同时借鉴扁平式架构的优点,将与 LCU 控制无关的信息通过接入厂站层网络的接口直接上送,减轻 PLC 转发负担,并提高系统总体性能。

4.3 过程层解决方案

具备条件的水电厂可开展过程层网络建设试点和智能设备改造,由于目前可用的智能设备较少,研制难度较大,短期将难以获得较大突破,现场主要是具备现场总线或常规通信接口的系统和设备,在此条件下,采用统一的工业以太网现场总线或常规通信方式接入过程层系统和设备是一种可行的解决方案。

考虑到目前数字化传感器和智能开关组件尚不成熟和稳定,虽然无源全光纤互感器仍是未来发展方向,但存在着性能不够稳定、精度易受环境温度影响等问题,目前变电站已暂缓推广使用,现阶段智能水电厂建设不宜采用电子式互感器^[1]。

基于通信网络的安全性、可靠性问题,在水电厂开展数字化建设时,应保留部分与控制直接相关硬接线,在现有条件下,建议保留的常规接线方式信号包括:机组有/无功变送器、与调速器、励磁的常规接口^[1]。

5 iP9000 总体架构

iP9000 是中水科技公司针对电站智能智慧化应用需求开发的智能一体化平台,采用 SOA 分布式服务组件模式,具有良好的开放性,能较好地满足电站多业务的集成和应用不断发展的需要。

iP9000 一体化平台系统集成包括横向和纵向两个方面。从横向看, iP9000 一体化平台通过跨安全区 I、II、III/IV 的统一网络服务实现监控、经济运行、状态监测等业务的集成。从纵向看,通过调度数据网双平面实现电网调度、集控中心、发电厂间的数据采集和交换,实现各类业务的纵向贯通。

iP9000 一体化平台系统遵循面向服务的软件体系架构(SOA),系统提供跨安全分区的数据共享与系统管理服务,简化了不同系统和应用的跨区交互实现。

系统采用了分层设计技术,整个系统按 SOA 框架部署,一体化平台充分发挥集中管控的优势,服务层为提供一组通用的系统服务,提供 SOA 服务管理模块,实现服务的定位、查询、监控和代理。一体化系统中的各类业务应用对服务的访问通过 SOA 的服务定位得到所需要的服务。可满足跨操作系统平台的各类系统应用需求。

6 iP9000 的特点

iP9000 智能一体化平台是在继承 H9000 系统全冗余全发布等众多优点的基础上,采用面向对象的设计思路和 C++ 语言进行了代码的重新编写,实现了包括系统实时数据库底层在内的彻底的对象化,主要技术进步和特点如下:

(1) 高可靠全冗余全分布的系统结构

完全继承了 H9000 系统全冗余全分布的系统结构,系统各节点既可配置完整的全厂实时数据库,也可根据具体功能需求配置装载数据库子集,确保系统具有极高的实时性能;系统各节点可运行完整的系统功能软件包,在原 H9000 系统通过配置文件定义各节点功能的基础上,升级为配置库统一管理,系统功能配置更加灵活方便。系统各应用功能均通过本地主机的实时数据库提供服务完成,使系统具有高可靠全冗余特点。系统全面采用服务队列调度与切换机制取代原来的主备状态切换机制,任一功能均可采用服务管理机制进行服务调度和故障切换,不同的服务调度队列相互独立,各自根据本服务定义的主机队列进行自动切换,互不影响。H9000

多年来的应用表明,全冗余全分布的系统架构可以获得极高的系统可靠性、实时性和扩展性。

(2) 高速的消息总线

消息总线用于系统内部的实时数据传输与同步,系统采用双网(多网)同时冗余传输,支持广播模式和多播模式(可穿透路由器等网络设备),支持通用对象数据传输格式(传输任意对象属性),提供丢包检测与重传机制,确保实时数据传输的高效、实时、可靠。同时消息总线支持传输对象化数据,可采用 JSON、BSON 格式传输通用对象化数据,具有易扩展、易维护、使用方便等特点,有效减少了开发使用难度。

(3) 可靠服务总线

服务总线用于系统内部和外部的远程服务功能调用,服务功能包括:事件、文件、数据库访问、语音报警、权限、闭锁等,服务的定位通过访问实时库获取,简单快速,通过服务接口定义可快速生成服务接口和调用接口代码,屏蔽底层数据打包/解包、网络传输细节,服务总线同时提供安全认证机制。

(4) 非结构化对象数据库

系统实时数据库和历史数据库均支持非结构化对象存储,其中实时数据库运行时常驻本机内存,对于配置 30 万点以上大型电站系统,经测试,实时数据库可实现高达百万次/秒的数据访问和处理。系统提供统一、透明的数据库访问接口,可满足各类应用业务系统的数据储存与管理需要。

(5) 智能报警

针对电站海量数据报警处理需求,智能一体化平台采取一系列智能报警技术手段对原始设备信号进行加工处理,将最有价值的信息及数据分析结果提供给用户。通过相关量分析与报警控制策略产生相关量故障信号。用户可采用脚本语言对报警产生的条件进行限定,也可对现场产生的多个信号进行逻辑运算、算术运算或滤波等处理,产生更加能反映现场状况的信号,并根据分类赋予它们高、低不同的报警控制级别。

(6) 开放的第三方应用接入

iP9000 的平台定位,决定了其不仅可以部署在安全区 I 完成监控系统功能,也可以用于构建水情水调、在线监测与诊断等其他应用,作为开发与运行支撑平台, iP9000 平台具有高开放性,支持各类

(下转第 64 页)

正常工作,可以很好地适应葛洲坝水电厂的运行条件,可以为电厂方面节省下检修维护的液压油,减少废油的排放。

6 结语

(1)数字插装式水轮机调速器从研制到现场应用,无不经历着安全性、可靠性、“节能、降耗、绿色、环保”方面的考验,该型调速器采用独特的集成块结构,柜内机械液压组件整体无外露管道,减少了漏油环节,体积小、结构紧凑,可以实现水电厂油液无外泄,减少对环境及河道污染,环保效应显著。

(2)由于数字插装式水轮机调速器内泄漏小、静耗油量小、保压能力强,极大程度地减少油泵启动次数,降低了厂用电消耗,也使同等时间内设备噪声降低,符合绿色环保设计理念。

(3)通过对葛洲坝水力发电厂 19F 调速器改造前后能耗方面的对比分析,再次证明了该类数字式水轮机调速器体现的“节能、降耗、绿色、环保”的技术优势,解决了水电厂用户最关心的安全性、可靠

性、节能降耗、对电厂与下游河道及周围环境污染等问题。

(4)在数字插装式水轮机调速器的推广和发展历程中,作为长期处于后进者角色的中国水轮机调速器界,一改过去被动、落后和沉寂的表现,充当了紧跟时代发展前沿并不断有所创新、积极、进取的角色。该类调速器特别适合与现代先进的电子技术相结合,体现了与时代相适应的先进技术水平,极大地鼓舞和激励了我国水轮机调速器界在 21 世纪奋起直追、努力引领世界先进水平的信心。

参考文献:

- [1] 姚振龙. 水电站运行管理节能措施的研究 [J]. 华人时刊: 产业科技与理论, 2014(12 下): 144.
- [2] 郑莉媛. 水轮机调节 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [3] 中国长江三峡集团公司. 葛洲坝电厂 2017 年发电量创新高 [EB/OL]. (2018-01-08). <http://www.cec.org.cn/hangyeguangjiao/fadianxinxi/2018-01-08/176813.html>.
- [4] 吴持恭. 水力学: 上册 [M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社.
- [5] 王婷婷, 李晓伟. 常规水电站节能评估的能量转换分析与计算 [J]. 水力发电, 2016, 42(6): 81.

(上接第 4 页)

APP 的开发,同时也可作为第三方应用的开发平台和大数据基础平台,实现横向数据整合,纵向跨区服务。

7 iP9000 的最新进展

针对水电厂自动化、信息化系统普遍存在信息孤岛与互联、互通、互动瓶颈,缺乏智能应用和支持平台,中水科技在完成 iP9000 智能一体化平台开发并于 2018 年在清江公司集控中心投入运行后,根据水利水电及新能源电站实际应用需求进一步开展了平台和智能智慧化应用软件的开发工作,特别采用当前流行的数据诊断分析技术与方法,基于 iP9000 智能一体化平台面向对象的信息模型设计,实现了面向服务架构(SOA)的水电厂设备诊断分析应用功能的跨平台应用集成。目前 iP9000 智能一体化平台已应用于三峡左岸电站计算机监控系统改造、白鹤滩水电站计算机监控系统及主设备在线监测趋势分析系统建设、三峡梯调电调自动化系统升级改造、金沙江下游梯级昆明调控中心电调自动化系统建设、巴西伊利亚、朱比亚电站及集控中心系统升级改

造工程。

8 结束语

数字化、智能化、智慧化是智能化建设中的不同层面,数字化是智能化和智慧化的支撑和基础,但智能化、智慧化并不完全依赖于数字化,并不是一定要先实现数字化才能开展智能化和智慧化建设,应根据实际应用需要和具体条件在不同层面开展建设试点工作,过程层数字化改造不是必选项,在当前缺乏现场智能设备的条件下,重点是基于智能一体化平台开展水电厂智能化和智慧化建设。

参考文献:

- [1] 张毅,王德宽,刘晓波,等. 水电厂数字化解决方案分析探讨 [J]. 水电站机电技术, 2018(02).
- [2] 王德宽,文正国,黄帆. 面向对象的 H9000 V6.0 系统主要技术特征 [J]. 水电站机电技术, 2018(03).
- [3] 王德宽,何飞跃,张毅. iP9000 智能平台及其应用 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2016(10).
- [4] 王德宽,张毅,刘晓波,等. 智能水电厂自动化系统总体构想 [J]. 水电自动化与大坝监测, 2011(2).