

智能水电厂一体化管控平台 关键技术研究

郑健兵, 花胜强

(南瑞集团公司 / 国网电力科学研究院, 江苏省南京市 211106)

摘要: 智能水电厂以一体化管控平台为核心来构建水电厂各类自动化控制系统和信息管理系统, 以实现各业务子系统间标准统一、数据共享、综合决策等目标。本文由此阐述了智能水电厂一体化管控平台的系统架构及组成, 并分别介绍了平台各个关键子模块的功能, 从而为智能水电厂的实施和建设提供坚实的基础性支撑。

关键词: 智能水电厂; 一体化管控平台; 数据中心; 基础服务

中图分类号: TP27 **文献标识码:** A **学科代码:** 520.6070 **DOI:** 10.3969/j.issn.2096-093X.2017.03.005

0 引言

现有水电厂已构建远程集中监控、水调自动化、大坝安全监测等许多面向各类业务应用的自动化系统, 以及生产管理信息系统和各类决策支持系统。若采用独立构建各自系统的方式, 则将导致各类自动化系统及管理信息类系统接口不一致性, 使得系统的整体性和协调性不足, 各类业务应用之间数据信息共享困难, 业务流程之间无法形成有效互动, 后续系统运维成本居高不下, 无法满足电厂集约化生产运行管理的需求。

为此, 考虑基于一体化管控平台构建上述各类自动化系统和管理信息系统, 解决自动化系统和信息化系统各自孤立、管控困难、维护复杂、智能决策水平差以及重复投资等问题。一体化管控平台是基于水电公共信息模型(HCIM)、插件式应用组件等技术, 由数据中心、基础服务、基础应用构成, 实现水电厂生产运行一体化管控的软件平台。数据中心是指存储并管理模型和数据的计算机软硬件设施, 实现模型与数据的一体化管理, 并对外提供统一的数据访问服务。基础服务提供消息通信、工作流管理、权限日志、数据计算分析、综合报警、任务调度、进程管理等各类后台服务功能。基础应用是实现计算机监控、水调自动化、大坝安全监测等水电厂基本业务功能以及业务间协同互动的应用组件集合, 用于提供各类人机交互界面^[1-3]。

1 总体设计

根据电力监控系统安全防护规定, 水电厂自动化系统分为生产控制大区和管理信息大区, 大区之间采用单向物理隔离装置进行隔离。其中, 生产控制大区分为安全Ⅰ区和安全Ⅱ区, 两个区之间采用硬件防火墙隔离, 各大区业务划分如图1所示^[3]。

各安全区均采用一体化管控平台作为各类应用的基础性支撑, 通过面向各类业务应用的二次组件开发, 分别构建安全Ⅰ区的计算机监控系统、安全Ⅱ区的水情水调自动化系统, 以及管理信息大区的各类决策支持系统及信息化系统。此外, 在各安全分区内分别构建数据中心, 利用数据同步机制进行不同分区业务数据的双向同步, 可根据需要配置构建面向全电厂、全业务过程的综合数据中心。数据中心以IEC 61850系列标准为基础, 基于CIM/CIS标准, 具备开放式信息集成能力。计算机监控系统、水调自动化系统、继电保护及故障信息管理系统、电能采集系统的数据将集成到安全Ⅱ区的数据中心内, 将管理信息大区与生产运行控制有关的各系统数据整合到管理信息大区数据中心^[4-6]。

2 平台架构

一体化管控平台严格遵循公开的国际标准, 实现面向设备对象、具备数据自描述能力的信息建模, 构建统

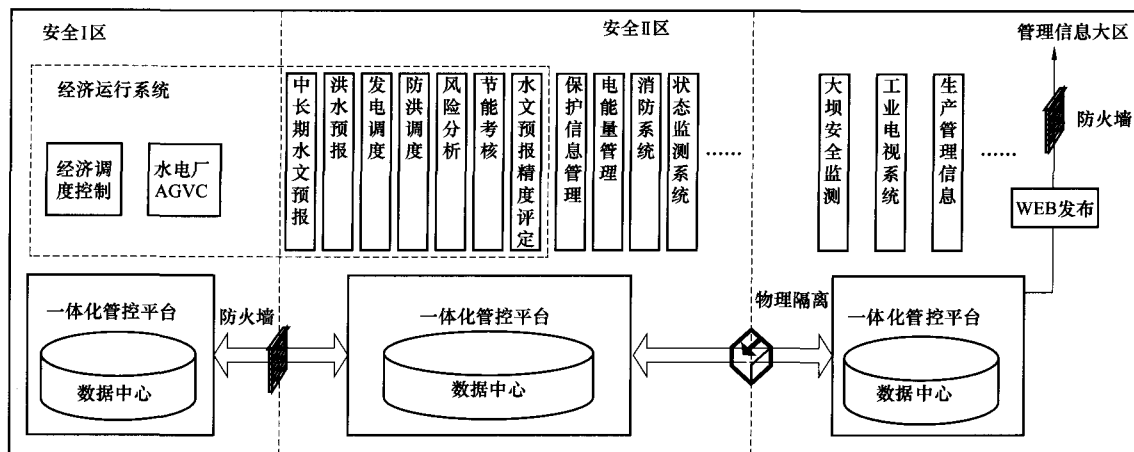


图1 水电厂各安全区业务部署示意图

Fig. 1 Hydropower plant business deployment diagram

一、开放的水电标准通信总线，实现不同电力二次安全分区之间的可靠数据信息同步机制。平台采用面向服务（SOA）的体系架构，提供统一的数据存储、访问、监视和预警平台，实现水电厂全景数据监视，为电调、水调等各类业务提供基础应用服务组件管理与发布服务，并实现不同业务之间的友好互动，对外提供标准化的二次开发接口，实现与第三方模型及业务系统的相互接入与有效协同，为不同安全区内的各类自动化系统提供统一的软件运行平台^[3]。其架构如图2所示。

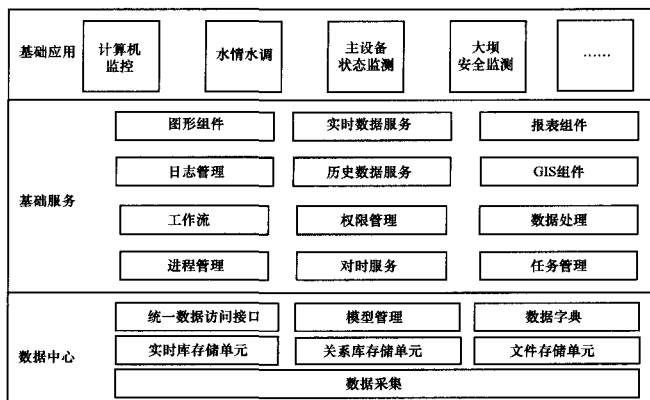


图2 一体化管控平台总体架构图

Fig. 2 integrated management platform overall structure

3 数据中心

一体化管控平台数据中心是一个整合了平台、信息及应用的系统枢纽。数据中心的整合涉及多种异构数据源，故不仅仅是将多个应用系统连接起来，也应将应用

软件的数据交换标准化。整合的目标主要涵盖三个方面：数据整合、内容整合、应用整合。数据整合是指整合集控中心各系统及电站的电力生产信息、电量信息、水情气象、枢纽信息、生产管理信息、工程建设信息、设备物资信息等，以实现内部多系统之间数据共享和透明传输的需要，同时具备数据的统计、展示及其他二次利用开发功能。内容整合则是为规范公司以及各部门、下级单位的信息发布以及维护，实现各种内容的信息发布，规范统一信息发布、统一用户权限管理。最后，应用整合是全面整合与生产运行相关的各应用模块，并实现用户统一登陆入口。

3.1 数据采集与处理

数据采集符合电力系统二次安全防护总体要求，支持隔离装置穿越，支持各种常规采集方式。同时，平台提供采集标准以方便和规范未来新建系统的数据接入。此外，平台提供数据封装能力，接入各种结构化数据和非结构化数据并对最终用户隐藏接入系统的物理位置，从而使多个分布式应用系统看起来就像一个应用数据提供者。应用系统从总线获取数据时无需关心数据来自哪个系统，也不用了解该系统的连接协议等信息，接入总线的系统相对数据应用系统保持透明。

3.2 信息对象建模及管理

由于水电厂设备种类繁多，数据各异，因此需要建立完整统一的信息对象模型。一体化管控平台遵循 IEC 61850 标准，针对自动监控、水情测报、水库调度、安全监测、状态检测等专业领域所需要的设备、数据建立

模型,形成标准、稳定、唯一的数据表示和访问的路径,构建水电监控、调度专业的标准化模型库。此外,平台与各个系统进行数据交换的接口采用 IEC 61970 系列标准,这样平台可实现生产运行控制相关系统的整合,确保整个电厂的信息单点维护、自动同步、统一使用^[6]。

3.3 标准通信总线

基于 IEC 61850/61970 国际标准建立水电厂统一、标准的数据模型,建立横跨安全 I 区、II 区、管理信息大区以及集控与厂站之间的数据交换总线,同时提供对实时数据库、关系数据库等标准接口,从而实现监控系统、水情水调、状态监测、生产管理、大坝监测以及 OA 等系统的信息交换与共享。各业务单元如监控、水情、状态检测等的的数据以 IEC 61850-1 的 MMS 通信。以 Web Service 标准接入大坝安全监测、生产管理系统、门禁管理系统、工业电视系统、消防系统等数据。在传输数据业务中支持 DL/T 634.5104—2009 中规定的协议以及 DL 476—1992 水调扩展协议,并满足其他系统要求的标准协议^[6-7]。

3.4 实时数据库

由于一体化管控平台面对的业务应用覆盖水电厂全领域,数据采集和存储规模都有级别的提升,且目前也提出了实时运行数据不采用周期性采样存储而是按照实际时间序列连续存储的更高要求,这都将导致数据存储规模急速增长。此外,历史数据的存储组织策略以及查询检索策略也随着业务的推进而变得相当复杂。在这种形势下,数据存储中心必须面对海量的实时运行数据以及归档历史数据,对这些数据进行高效的进行处理、压缩、归档都迫切要求设计和实现海量高速实时数据库。

一体化管控平台中的实时数据库软件,可在线采集、存储每个监测设备提供的实时数据,并提供清晰、精确的数据分析结果,既便于用户浏览当前生产状况,对工业现场进行及时的反馈调节,也可回顾过去的生产情况。

3.5 历史数据库

对于数据存储中心而言,虽然实时数据库在处理、存储海量数据上具有得天独厚的优势,但其仍然不可能完全取代传统的关系数据库。数据中心需要的模型信息、告警信息、图表信息等的存储仍然离不开传统的关系数据库。数据中心关系型数据库主要完成事务型和流程型

的业务逻辑,也作为标准化模型的实际存储,实现对象数据模型和关系模型之间的映射。

3.6 数据查询与管理

一体化管控平台提供的查询方式包括以下几种:

(1) 基于标准的查询,包括基于 IEC 61970 标准的 CIM 模型及 Web Service 接口查询、标准的 SQL 接口查询、SVG 标准的图形文件接口查询等,并提供查询的二次开发接口。

(2) 基于图形化界面的查询,包括基于 CS 与 WEB 两种方式。

(3) 查询支持组合查询、条件查询等各种查询方式,支持各种方式的再利用如保存等。

一体化管控平台数据管理的功能包括:

(1) 数据诊断,能够对数据的冗余、错误、缺失等常见的数据问题进行归纳,分类及诊断定位。

(2) 数据修复,能够对集中存储的主数据进行修补、建立关联、更新等。

(3) 质量报告,能够根据数据的诊断结果提供数据质量报告清单。

3.7 跨区数据同步

数据中心能够支持基于正向安全隔离和反向安全隔离传输规范,以全量和增量两种方式,根据业务需要实现相关数据在安全 I 区、安全 II 区和管理信息大区之间的同步。

4 基础服务

4.1 数据处理

数据处理主要实现对采集来的各种不同类型的数
据依据应用要求进行自动加工处理,其结果供其他子
系统调用或再加工,功能如下所述:

(1) 对采集的数据进行完整性、合法性、有效性、
齐次性检查和处理,并更新实时数据库。

(2) 生成各类事故报警记录,发出事故报警音响,
语音报警,启动综合报警服务等。

(3) 基于实时数据的各种整编和统计类型的时段
数据同步和异步计算。

(4) 计算方法、计算周期、计算参数等可以按需
组态。

(5) 实现数据的双机、多机冗余备份。

(6) 具备脚本计算的功能, 可通过语言和图形方式编辑脚本, 脚本的执行过程可图形监视, 并支持单步调试功能, 并可基于标准为平台其他组件提供脚本引擎服务。

4.2 图元库

图元库包括:

(1) 公共图元库, 基于点、线、面、表格的公共图元可作为开发各类专业应用图元的基础。

(2) 计算机监控图元, 包含了计算机监控业务的全部图元内容, 例如发电机组、断路器等。

(3) 水情水调图元, 包含了水情水调业务所需的各种图元, 如年线柱图、计划分析曲线、多站棒图等专业图元。

(4) 大坝安全监测图元, 涵盖了展示大坝安全监测业务的各种图形, 例如大坝过程图、布置图等。

(5) 设备状态监测图元, 为主设备状态在线监测业务所涉及的各种图元, 例如水轮机剖面图等专业图元。

4.3 报表

报表编辑部分通过报表系统函数库提供时间函数、算术计算、各种专业计算等函数, 能满足各种常规报表计算需要。用户可按照自己的要求, 方便地进行各种类型的函数扩充。报表支持自动生成日报表、月报表。当报表模型设置完成后, 会根据设置的运行信息, 支持按时间自动生成所需的报表。

4.4 权限管理

为各应用提供一组权限管理服务公共组件, 能提供给用户、用户组、角色管理、视图及其绑定映射等功能, 并能够提供多全方位多粒度的权限控制, 包括: 菜单、应用、类型、属性、数据、流程、单点登录、安全策略等方面的权限控制。

4.5 日志管理

系统日志包含应用程序日志、安全日志、Web 日志等。应用程序日志记录各应用程序的运行, 记录信息。可以根据不同的应用查看该应用的运行日志信息, 如报警服务的日志包含各种类型的报警信息。安全日志记录计算机的启停、网络状态、用户登录登出、用户操作等信息。Web 日志记录发布到 Web 页面上的运行信息, 包含各应用程序发布到 Web 上后的运行信息以及单独配置的 Web 页面信息。日志管理包括了日志操作的记录和查看, 及日志文件的备份等。

4.6 workflow 管理

工作流就是工作流程的计算模型, 其表示的是: 对流程中的任务, 以什么样的逻辑或者规则串接起来, 并以什么样的模型进行表示和计算。

4.7 系统进程管理

进程管理的主要任务是管理和监视应用系统中的进程的运行情况, 保证整个系统的正常运行。对于系统中所有主要进程, 平台发现异常后会启动自恢复, 在必要的时候重新启动进程。另外, 平台可以展示整个系统相关的各个进程的执行状况, 比如进程执行相关的状态(运行、终止等), 高级权限的用户可以手动对进程进行启停操作。

4.8 定时任务管理

定时任务管理模块完成定时任务的触发, 作为后台进程从配置文件中读取有关的定时任务, 不断检查所定义的定时任务是否达到触发条件, 并从系统中获取现在应该在哪个节点执行该定时任务。在满足所设定的条件的时候, 在指定的应用(节点)下执行设定的任务。

4.9 网络对时

支持 NTP 网络对时功能, 并预留与其他时钟同步装置的网络接口。

4.10 综合报警

通过统一报警协议实现系统各类信息集中综合报警, 统一接收并报送一体化管控平台系统 I 区、II 区和管理信息大区所有子系统的实时报警信息; 能完全组态报警信元、报警准则和策略、报警方式; 具备单值或多值联合实时报警判断功能; 具备历史报警信息查询功能。

4.11 二维 GIS 展示

平台应该具备二维 GIS 展示功能, 提供 GIS 服务, 具备地图浏览、图层管理、实时信息监视、地图属性查询、等值线面分析、站网数据维护等功能, 能查询各个不同时段的数据, 并提供多种数据的分析、统计功能。

4.12 二次开发接口

一体化管控平台提供遵循 IEC 61970 标准的通用的数据访问接口, 实现电厂各类数据库存储信息的关联和共享。

5 基础应用

一体化管控平台的监控应用部署在安全 I 区, 功能

满足 DL/T 578 水电厂计算机监控系统基本技术条件。水情水调应用部署在安全Ⅱ区,功能满足 DL/T 1085 水情自动测报系统技术条件。机组状态监测应用部署在安全Ⅱ区,功能符合 DL/T 1197 的规定。大坝监测应用部署在管理信息大区,功能符合 DL/T 5178 和 DL/T 5259 的规定^[3]。

综合信息展示功能部署在管理信息大区。能将计算机监控、状态监测、水情水调、大坝安全监测等水电厂生产运行数据信息以 Web 方式发布。可通过分布图、曲线、棒图、报表等多种形式发布各类数据信息。能实现基于业务的用户个性化配置,根据当前的登录用户呈现与其日常工作相关的业务内容。各安全区资源应可任意组态定制,实现全景信息发布与管理。能实现水电厂实时监控、安全防护、生产管理、防汛决策、大坝安全监测、工业电视、五防、门禁、消防等系统联动策略配置,并在此基础上实现符合应用需求的业务组件联动功能。

6 结束语

通过采用一体化管控平台,不再需要额外购置数据交换系统所需的计算机、网络设备、软件等,使得系统的硬件设备和软件投资成本明显减少。此外,一体化管控平台设计方案可大为简化系统安装调试过程,减少不同子项目组之间的协调工作,缩短项目建设周期。平台自带跨区数据同步、数据同步状态监测、通信中断数据补传等内部机制,后期维护中可通过简单配置满足新增数据交换需求,出现故障时责任主体更加明确,便于快速分析和排查故障,有效降低系统建设和运维工作量。

一体化管控平台方案能够减少数据传输中转环节,降低数据传输延时,确保不同安全区业务断面数据时标一致性,为高精度数学模型仿真分析提供合格的数据支撑。系统的性能和可靠性得到提高。

当前水电厂的智能化改造已经是行业的潮流,在水电厂安全Ⅰ区、安全Ⅱ区和管理信息大区部署统一的一体化管控平台,按照电力系统二次安防规定在不同的安全区内部署不同的业务应用组件,并实现不同安全区之间业务的信息交互和业务互动,已经写入了行业标准 DL/T 1547—2016《智能水电厂技术导则》中。一体化管控平台遵循上述标准,具备科学的前瞻性,符合水电智能化技术未来的发展趋势。

参考文献

- [1] 刘观标,李晓斌,李永红,高磊.智能水电厂的体系结构[J].水电厂自动化与大坝监测,2011,35(1):1-4.
LIU Guanbiao, LI Xiaobin, LI Yonghong, GAO Lei. System Structure of Smart Hydropower Plants[J]. Hydropower Automation and Dam Monitoring, 2011, 35(1): 1-4.
- [2] 高磊,李永红,郑健兵.智能水电厂一体化数据平台设计[J].水电厂自动化与大坝监测,2012,36(1):11-14.
GAO Lei, LI Yonghong, ZHENG Jianbing. Design of Global Data Platform For Smart Hydropower Plants[J]. Hydropower Automation and Dam Monitoring, 2012, 36(1): 11-14.
- [3] DL/T 1547, 智能水电厂技术导则[S].北京:中国电力出版社,2016.
- [4] 张金华,徐洁,郑健兵.智能水电厂关键技术研究及应用[J].水电能源科学,2013,31(10):164-167.
ZHANG Jinhua, XU Jie, ZHENG Jianbing. Reaserch on Key Technology of Intelligent Hydropower Plants and Its Application[J]. Water Resources And Power, 2013, 31(10): 164-167.
- [5] 芮钧,冯汉夫,徐洁,等.智能水电厂通信模式、协议及配置方法研究[J].人民长江,2016(8):108-112.
RUI Jun, FENG Hanfu, XU Jie. Communication model, protocol and configuration of intelligent hydropower plant[J]. Yangtze River, 2016(8): 108-112.
- [6] 闵峥,徐洁,等.基于 IEC 61850 的智能水电厂建模技术[J].水电厂自动化与大坝监测,2011,35(4):1-4.
MIN Zheng, XU Jie. The Modeling Technology about Intelligent Hydropower Plant Based on IEC61850. Hydropower Automation and Dam Monitoring, 2011, 35(4): 1-4.
- [7] 吴家祺,郭瞳瞳,彭志强,胡少英. IEC 61850 标准在智能水电厂数据通信中的应用[J].水电厂自动化与大坝监测,2011,35(6):5-8.
WU Jiaqi, GUO Tongtong, PENG Zhiqiang, Hu Shaoying. Application of IEC61850 to Smart Hydropower Plants Data Communication. Hydropower Automation and Dam Monitoring, 2011, 35(6): 5-8.

收稿日期:2017-03-30

修回日期:2017-05-24

郑健兵(1971—),男,研究员级高级工程师,主要研究方向:水电自动化研发。
花胜强(1982—),男,高级工程师,主要研究方向:水电自动化研发。

Key Technologies Research of Integrated Management and Control Platform for Smart Hydropower Plant

ZHENG Jianbing, HUA Shengqiang
(NARI Group Corporations/State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 211106, China)

Abstract: The key to the implementation of smart hydropower plant is to build the various types of automation control system and information management system of hydropower plant with the integrated management and control (IMC) platform as the core to achieve the goal of unified standard, data sharing and comprehensive decision of each business subsystem. Thus this paper expounds system architecture and composition of the IMC platform of smart hydropower plant, and introduces the functions of each key sub-module of the platform, so as to provide a solid foundation for the implementation and construction of smart hydropower plant.

Keywords: smart hydropower plant; IMC platform; data center; base service