

iP9000 与智能化解决方案

王德宽 何飞跃 张毅

北京中水科水电科技开发有限公司，北京，100038

摘要：电力行业自动化技术已由自动化、数字化、信息化迅速向智能化方向发展。本文根据我国水电及新能源自动化应用的需要，推出面向服务的iP9000智能平台，向行业各种自动化、信息化应用提供开发、运行、集成及维护环境，支持IEC 61850，兼顾IEC60870等目前广泛应用的主要规约，形成各种互联、互通、互动的水电与新能源智能化解决方案。

关键词：iP9000，水电，新能源，智能平台，H9000。

1. 引言

电力行业自动化技术已由自动化、数字化、信息化迅速向智能化方向发展，水电智能化建设如火如荼，方兴未艾，也已由模式研究、初步探索^{[1][2][3]}逐步向系统开发、工程试点方向迈进。北京中水科水电科技开发有限公司以其丰富的水电自动化、信息化技术开发与应用的经验，于2013年推出了面向应用的iP9000智能平台^[4]，目前已在水电、新能源等控制系统工程获得应用。

本文将首先分析智能化水电厂解决方案的总体架构，介绍iP9000系统的平台架构及各种智能应用组合，再介绍iP9000系统的几个工程应用，最后谈谈水电智能化建设中应注意的几个问题。

2. 智能水电厂的概念

究竟什么是智能水电厂？我们认为智能水电应具有下列几个主要技术特征：**(1) 信息标准化：**包括统一的服务标准，统一的信息标准，以及统一的数据交换标准；**(2) 系统平台化：**统一的管理平台，统一的数据平台，统一的人机联系界面；**(3) 决策智能化：**系统的数据挖掘、大数据处理功能，帮助用户实现各种智能分析与决策支持，完成各种专业应用的分析乃至决策辅助。

高度集成的统一信息控制平台将成为智能水电厂不可或缺的一部分，整合监控、水情、监测、OTS等系统的资源，建立电站的全景数据统一平台，为各应用系统提供统一的服务，实现各专业应用的互联、互通、互动及标准化、规范化。

3. iP9000 系统

3.1 iP9000的技术特征

iP9000是北京中水科水电科技开发有限公司最新推出的智能化平台解决方案，面向水电与新能源应用。iP9000的技术特征包括：**(1) 实现模型标准化，**支持IEC 61850及IEC 61970，支持面向对象编程。**(2) 数据对象化，**面向对象的数据结构、数据组织、数据表现，建立统一规范的水电厂信息模型。**(3) 应用智能化，**提供各类智能分析支持，如数据挖掘、云数据处理等。**(4) 应用一体化，**支持各种专业应用，如监控、AGC、AVC、水调、状态监测等，可应用于水电厂、梯级集控、风电场、风电集控、水风光互补集控，等等。

iP9000 智能平台为应用提供四个环境：(1) 开发环境：提供数据交换机制，人机支撑，数据支持，公共服务，系统管理等环境；(2) 集成环境：支持横向、纵向业务的集成，支持应用、基础信息的共享；(3) 运行环境：各类应用上下文，安全防护体系，软硬件环境，数据资源；(4) 维护环境：从系统到应用多层次维护管理，应用运行监视，系统资源的调度与优化。

3.2 iP9000的设计原则

智能化平台主要解决水电厂众多自动化、信息化应用的互联、互通、互动问题。我们主要把握 iP9000 系统的下列四个设计原则：(1) 提供开放的智能平台解决方案，满足智能化对平台的功能需要，功能可选配；(2) 系统开放，支持包括 IEC 61850、IEC 60870 等标准，根据实际灵活配置，不盲目限定某一标准；(3) 智能平台是数据和协调中心，全局优化和协调，各专业应用优化组合，相对独立，分层分布，避免功能重复；(4) 故障诊断、水库优化调度和水能最佳利用等是重点，充分挖掘水电厂综合效益。

3.3 iP9000的硬件系统架构

根据国家有关电力系统二次安全防护的规定，智能水电厂的硬件架构应用可划分为三个安全区，即安全 I 区、II 区和 III 区，各应用系统的安全区的原则划分如图 1 所示。另有安全 IV 区，即管理信息区，属管理信息系统，本文不过多描述。

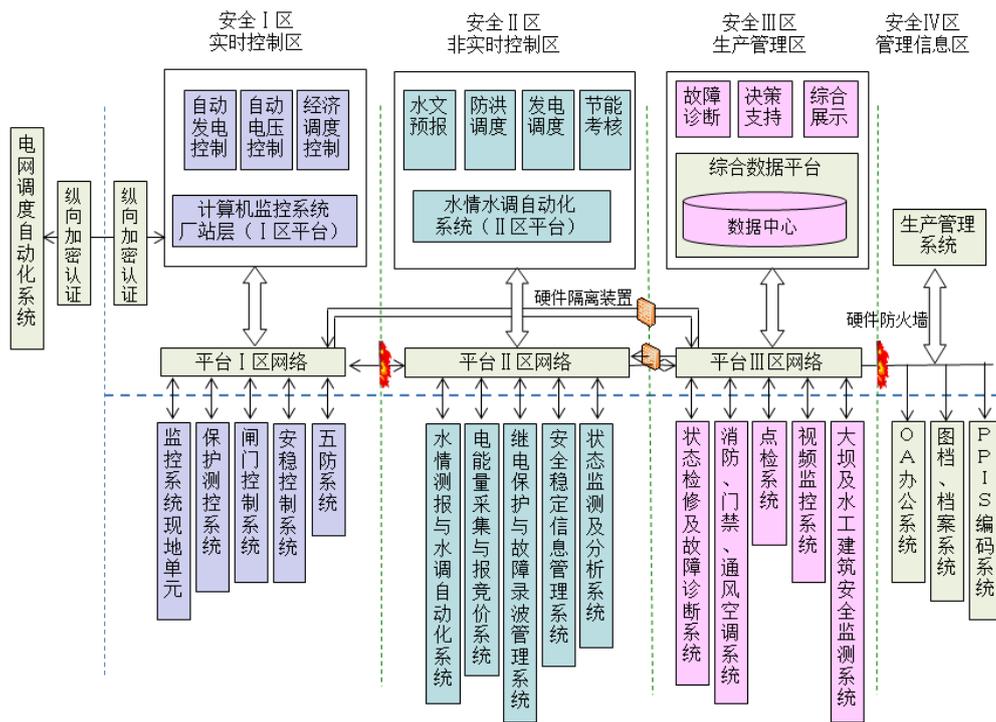


图 1 iP9000 系统的安全分区策略

我们的智能化水电厂解决方案是：采用纵向加密、横向隔离的原则，三大安全区均采用 iP9000 各区的数据平台，形成全厂统一数据平台，有关控制系统、高级应用可直接在 iP9000 系统上实现，其他特殊功能系统或装置采用开放通信协议接入 iP9000 系统，形成电厂发电控制与生产管理的一体化平台。

三大区的各应用系统在 iP9000 智能平台的协调下互动，实现水电厂生产过程控制、运

行决策与生产管理的全局化管理，使水电厂的总体决策最优，效益最大。

3.4 iP9000的软件体系架构

iP9000 智能平台采用面向服务的 SOA 体系架构。传统的水电厂自动化系统是一种紧耦合的体系结构，结构性比较脆弱。SOA 是一种软件架构模型，基于松散耦合的服务封装，包含了业务功能、业务数据和其关联的接口，具有很强的适应性和灵活性，能够支撑复杂的智能化应用开发，非常适合于作为水电厂智能平台的软件框架。

iP9000 智能平台的总体结构如图 2 所示，由下列功能层次构成：

- (1) 硬件层，支持目前各种计算机硬件平台，如 intel、Sparc、Itanium、power 等。
- (2) 操作系统层：支持各种操作系统，如 AIX、Solaris、HP-UX、Windows 以及 Linux。

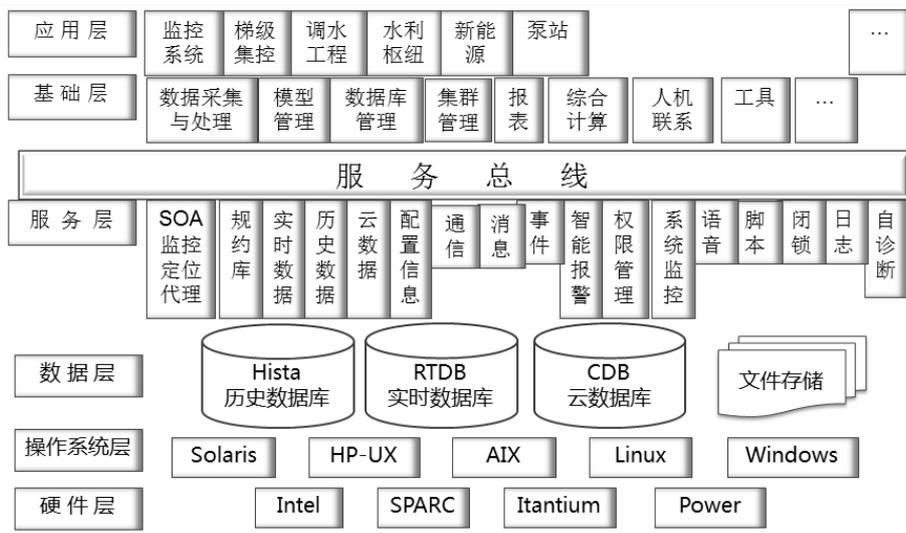


图 2 iP9000 智能平台的 SOA 架构

(3) 数据层：按照 CIM 和 IEC 61850 模型建立水电设备模型。设备模型基于面向对象方法实现，采用主/外键实现对象之间的关联。实现 RTDB 实时库、历史数据库、云数据库、文件系统级的元数据汇集，提供通用的数据服务(API、ODBC、CORBA、WEB Service)接口。

(4) 传输层(又称服务总线)：基于 C++实现，建立分布式数据传输总线，实现跨平台的消息传递、文件操作、进程管理、网络对象管理、事件异步回调等。

(5) 服务层：实现服务对象的查询、定位和访问，实现文件、画面、数据、事件、自诊断、日志等基础服务。

(6) 基础层：为集控、集控、新能源等各类应用提供数据采集、数据处理、控制、人机联系画面、数据库管理、模型管理等功能支持，并实现这些功能。

(7) 应用层：实现各专业应用的高级功能，或智能决策支持功能。

面向服务的总体架构使 iP9000 系统的层次十分清晰，易于扩展，维护方便。

3.5 iP9000的开发环境

iP9000 智能平台的开发基于 C++语言，实时性好，安全可靠。图形基于 QT 图形包，

实现源码级跨平台兼容。调用接口兼容 CORBA, Web Service。系统支持 C/S、B/S 架构。

3.6 iP9000的主要功能

(1) 数据采集: 采集服务器集群或主备设计, 除完成数据采集功能外, 还具有完善的数据采集调试手段, 如在线报文解析、报文存储、遥测/遥信调试、报文监视等。

(2) 数据通信: iP9000 平台提供通信服务, 基于组件框架实现。依据通道、子站、规约及转发等参数, 定义采集系统模型。拥有完善的通信规约库, 如 IEC 61400-25, IEC 61850, IEC 61970, IEC 60870-5-104, IEC 60870-5-101, DNP, CDT 等。

(3) 监视与控制(SCADA): 具有遥测跳变、滤波、人工置数处理功能; 具有遥信取反、防抖动功能; 具有事项报警、语言报警、用户自定义的控制逻辑校核、秒级数据存盘功能; 具有开放的过程语言, 用户可自定义的计算量和逻辑。具有遥控, 遥调功能。设备故障时, 具有特殊遥测、遥信处理功能。

(4) 模型管理: 具有 IED 设备模型、一次设备模型及管理功能。

(5) 数据库服务: 支持 Oracle、Sybase、MySql 等关系库; 提供透明的关系数据库 API; 对用户开放的实时数据库设计理念, 支持实时数据库的多应用、多态管理; 实时数据库主备机制, 具有完备的 SQL 接口, 支持问答式、订阅/发布用户访问接口。

(6) 人机联系与可视化技术: 基于 QT, 实现源码级图形系统跨平台, 可以控件、IE 浏览器等多种形式接入第三方应用。支持多种静态、电力、水调、棒图、曲线、综合图元; 支持故障诊断、在线监测等分析结果展示图元, 可动态扩展; 支持 2 态、4 态、8 态多状态图元及 GIF 动画; 支持多窗口, 多屏; 支持报警窗自定义、语音报警、报警确认; 对控制过程提供双席认证机制, 提高控制安全和可靠性。水调、电调等应用操作习惯一致, 界面风格一致。支持动态潮流展示, 动态拓扑着色, 运行安全状态显示, 遥测、遥信可视化。

(7) 图模一体化: 基于 CIM 的图模库一体化技术, 采用控件形式, 支持第三方应用, 实现多业务图形组态。利用图形生成电力设备的拓扑结构, 图形、数据库、模型库的生成、维护一气呵成。绘图的同时, 完成一次设备模型的构建。根据开关、刀闸状态校验相关遥测量, 遥信量, 由面向点转向面向设备对象, 进行设备级报警。

3.7 iP9000的工具软件

为了提高开发效率, 增强系统可维护性, iP9000 平台提供了丰富的系统开发与维护工具软件包(Toolkit), 如 DEtool 数据工程软件, 基于 QT 的 IPM 人机联系编辑软件, 面向对象、可视化、用户可编程的 Hreport 报表编辑软件, ControlLock 控制闭锁, PDC 综合计算, 面向用户的过程计算语言 UCL, 等等。

IPM 支持图模一体化, 可自动生成一次设备参数, 自动生成遥测、遥信参数, 自动生成连接关系, 极大地方便了系统集成开发与维护。

UCL 可面向对象编程, 访问实时库、历史库, 对机组、断路器等一次设备控制, 可调用常规系统函数, 如访问时间、文件等资源, 可根据多种条件触发、启动, 等等。

4. 智能应用

iP9000 智能平台是采用面向服务的开放系统, 可根据具体应用, 嵌入相应应用功能, 整合现场不同的专业应用系统, 如水电应用的电厂监控、AGC、AVC、梯级经济运行、水

情测报、水库调度、大坝监测、设备状态监测与诊断、培训仿真，等等。可根据水电的具体应用要求实施不同的应用模块，同样，选择实现与新能源集控有关的应用模块，可构成新能源互补集控应用，等等，如图 3 所示。

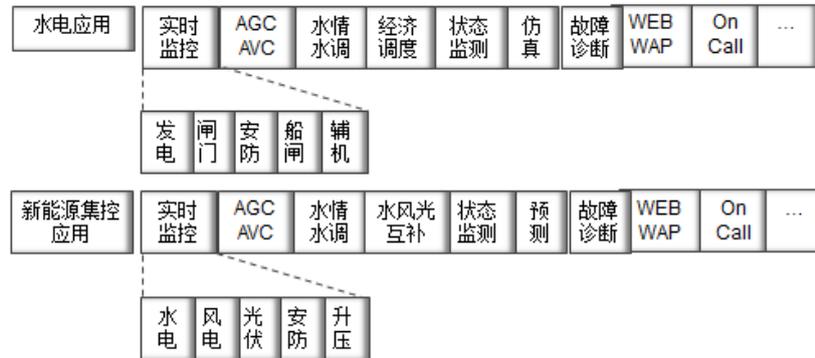


图 3 不同应用的高级应用层功能模块与组合

iP9000 平台目前支持下列智能应用，其他智能应用将根据计划和需要逐渐加入平台。

4.1 自动发电的智能决策与控制调节

根据电网对电站运行方式及电能品质的要求，自动跟踪给定功率、系统频率，考虑水轮发电机组工况、水库入库流量与水量等约束条件，自动制定机组控制策略、负荷分配策略，自动进行机组启停控制和负荷调整，低频自启动，高周减出力，实现水电厂最佳运行。

4.2 水电厂优化调度与电网联合智能协调控制

通过水电厂自动发电控制(AGC)与电网 AGC 功能的交互，实现水电厂智能优化控制与电网智能协调，提高电站发电控制精度、速度，提高电能质量。

4.3 iSMA2000水电厂设备状态在线监测与故障诊断

通过整合水电厂各安全区与设备运行状态监测有关的数据系统，形成基于私有云数据库的 III 区数据中心，采用数据挖掘、智能分析诊断方法，实现设备的在线状态监测、故障诊断及状态评估，初步具备故障诊断的专家系统，为水电厂实现状态检修提供决策支持。

iSMA2000 模块融合了 B/S 与 C/S 模式，具有较好的开放性、扩展性，采用多界面文档，全部采用动态库与应用程序多层嵌套，界面丰富，开发效率高。具有趋势分析、趋势预测、报表、报警和初步的故障诊断等生产实时管理功能。

4.4 iWorkOrder智能缺陷处理

可对事故或故障报警信号进行自动智能分析，形成缺陷处理工单。

4.5 iOnCall智能报警

灵活的人员定义及动态分组，“傻瓜式”电话及短信查询，报警发送智能过滤，短信定时发送，手动批量发送短信，脚本驱动，支持短信、电话、手机 APP 报警，可接入监控和 MIS 网数据，多路电话、多短信装置联合运行，语音、短信线路可配置，可与运营商直接通信。

4.6 系统设备智能运维管理

iHman 设备智能运维管理功能自动搜集系统设备有关信息，如 CPU、内存、硬盘、网卡及软件等，记录跟踪硬件、软件变化，实现重要的文件及其版本、路径监视与控制，异常变化时报警。

4.7 iP9000 Mobile移动发布

iP9000 Mobile 是 iP9000 移动发布模块，通过 iP9000 Mobile 界面，可方便了解电厂运行有关信息，实现基础信息查询、移动巡检、移动检修。有关界面见图 4。



图 4 iP9000 Mobile App 的界面

5. 系统特点

iP9000 系统的主要特点如下：

- (1) 采用基于 SOA 分布式服务体系结构。
- (2) 是一套完整开放的水电厂智能化解决方案，为水电厂各智能应用的开发和接入提供统一开放的数据管理、开发维护、运行管理平台，各应用可相对独立，灵活配置，实现互联、互通、互动。
- (3) 系统既有较好的技术前瞻性，支持 IEC 61850，又兼顾目前的技术现状，支持 IEC 60870 及其他规约。
- (4) 系统具有丰富的工具软件，支持设备的图、模、库一体化。
- (5) 与 H9000 V4.0 等系统向前兼容，保护用户的投资。

6. iP9000 智能一体化平台的应用

iP9000 智能一体化平台开发成功后，迅速获得推广应用，得到用户的好评。

2013 年，iP9000 在中广核四川分公司获得应用，包括成都集控中心、高凤山、脚基坪、百花滩、三江美亚等电站，实现的功能包括电站监控与集控、水情测报与水库调度等，实现了水电调一体化。

2014 年，iP9000 在黄河上游梯级水电站电调自动化系统升级改造获得应用，已接入龙羊峡、李家峡、班多、苏只、公伯峡、积石峡等电站，并实现了班多、苏只、李家峡等电站的远程集控。

2015年，iP9000在五凌电力新疆风电集控、中电投楚雄水风光互补集控等项目获得应用。其中五凌电力新疆风电集控已投入运行。楚雄水风光互补集控将于近期投入运行，主要应用功能包括水电、风电、光伏电站的监控、互补运行与控制、功率预测、水情与水调等。

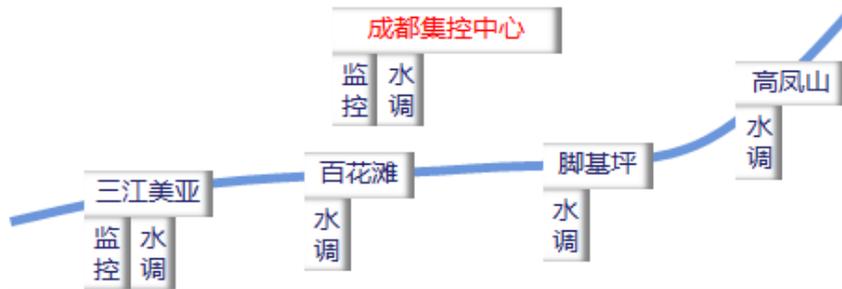


图5 中广核四川水电集控系统应用结构示意图

7. 结语

iP9000 智能一体化平台是我们针对水电智能化建设需要而研发的新产品，满足水电应用对安全、可靠、互联、互通、互动、开放、兼容的要求，融汇了 H9000 等系统的优点，即满足 IEC 61850 标准，又兼顾许多电厂的现状，支持其他标准规约设备或系统的接入。已在水电站集控、梯级水电站远方集控、新能源电站集控等获得应用。该系统开放、面向服务的架构，必将在水利、水电、新能源等自动化、智能化领域获得广泛应用。

参考文献：

- [1] 王德宽：“IEC61850 及数字化水电厂的概念与前景”，《水电站机电技术》，2010年，第3期，pp1-4。
- [2] 王德宽等：“智能水电厂自动化系统总体构想”，《水电自动化与大坝监测》，2011年，第1期，pp5-9。
- [3] 王德宽等：“流域梯级集控中心智能化建设总体规划设计”，《水电站机电技术》，2012年，第3期，pp1-4。
- [4] 王德宽等：“iP9000 水电厂智能平台”，《水电站机电技术》，2014年，第3期，pp1-3。

作者简介：

王德宽(1960-)，男，教授级高级工程师，现任中国水利水电科学研究院自动化所所长，北京中水科水电科技开发有限公司董事长，长期从事水电厂自动化、信息化与智能化、计算机监控与仿真培训技术研究与应用。