

「控制系统」

基于运维一体的新一代智能变电站辅助系统设计深化研究

文/国网信息通信产业集团国电通公司 贺金杭 李慕峰 尹玉 刘柳 李康玉

随着新一代智能变电站建设的深入以及调控一体、运维一体管理需求的不断增强，需要对新一代智能变电站辅助系统进行深化应用研究。基于原辅助系统和在线监测系统现状，在IEC61850框架下研究并形成了新一代智能变电站辅助系统架构，并对其接口和功能进行了说明。

2012年年初，国家电网公司提出新一代智能变电站研究与建设工作，旨在吸收现有智能变电站试点工程设计、建设及运行等的经验的基础上，从顶层设计入手，建设更加智能、可靠、节能环保的新一代智能变电站。2013年6座新一代智能变电站示范工程建设完成，2014年50座扩大示范工程推广启动，标志着新一代智能变电站进入了标准设计建设与技术持续提升新阶段。

在新一代智能变电站标准化设计体系建设方面，新一代智能变电站的建设目前处于起步阶段，设计、生产、运维模式发生了巨大变化，但相关的建设成果还未提炼，针对新一代智能变电站的标准化设计体系尚未建立，缺少对后续智能变电站持续健康有序发展以及大规模工程建设的技术支撑和质量保证。在新一代智能变电站设计支撑方面，新一代智能变电站的模块化生产、安装、调试的过程要求设计工作需要更加细化。变电站视频、安防、火灾报警、环境监测及设备在线监测等辅助系统产品种类多，互操作性较差，不能很好地支撑调控一体、运维一体的技术要求。

对新一代智能变电站辅助系统进行深化应用研究，研究并建立统一的辅助系统监控后台，可对变电站各类辅助系统运行信息进行集中监管和智能控制，实现对变电站辅助运行信息的集中采集、智能化异常运行分析、集中告警发布和智能化控制联动。

新一代智能变电站辅助系统架构设计

随着“运维一体”“调控一体”管理体系的深入发展，各级监控人员需要及时、全面掌握变电站的运行信息。对站内辅助系统而言，建立新一代智能变电站辅助系统，实现对变电站辅助运行信息的集中采集、智能化异常运行分析、集中告警发布、智能化控制联动是其未来发展的主要方向。本设计基于“运维一体”“调控一体”管理体系，从智能变电站辅助系统需求角度重新设计智能变电站辅助系统体系架构，形成了新一代智能变电站辅助系统。

1. 现有辅助系统架构

根据《智能变电站辅助系统综合监控平台通用/专业技术规范（2009）》要求，辅助系统综合监控平台由视频监控子系统、门禁子系统、环境监测子系统、安全警卫子系统及灯光智能控制子系统等组成，平台预留和消防子系统的通信接口。辅助系统综合监控平台（虚线框内）各子系统连接和其他系统的连接如图1所示。

在标准颁发前期，各网省公司招标，基本按照以上技术规范进行招标，各地变电站辅助系统建设以单独的站端管理为主，缺乏集中管理建设标准。

2. 现有在线监测系统架构

变电设备在线监测系统采用总线式的分层分布式结构，分为过程层、间隔层和站控层。各层

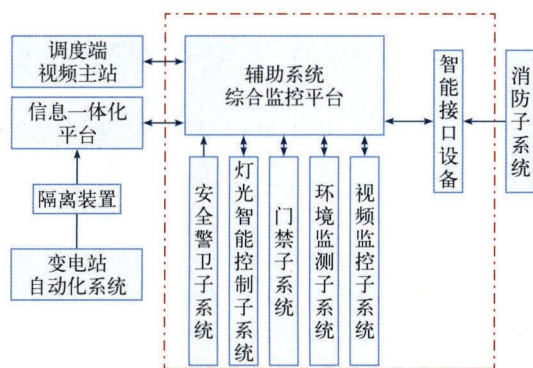


图1 智能变电站辅助系统架构图

之间均采用DL/T 860通信标准，对于过程层到间隔层未采用DL/T 860通信标准的在线监测系统，应在间隔层配置综合监测单元，将在线监测装置通信标准统一转换为DL/T 860与站端监测单元通信，如图2和图3所示。在图3中，过程层的监测装置均符合DL/T 860通信标准，省去了综合监测单元，监测装置直接与站端监测单元通信。

(1) 过程层

过程层包括变压器、电抗器、断路器、GIS、电容型设备及金属氧化物避雷器等一次设备的在线监测装置。实现变电设备状态信息自动采集、

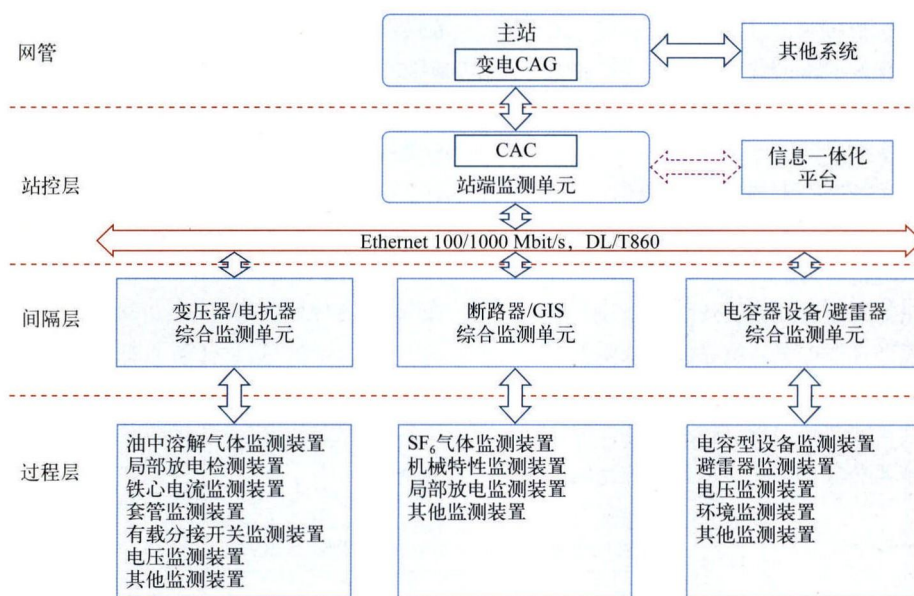


图2 在线监测系统框架图之一（含综合监测单元）

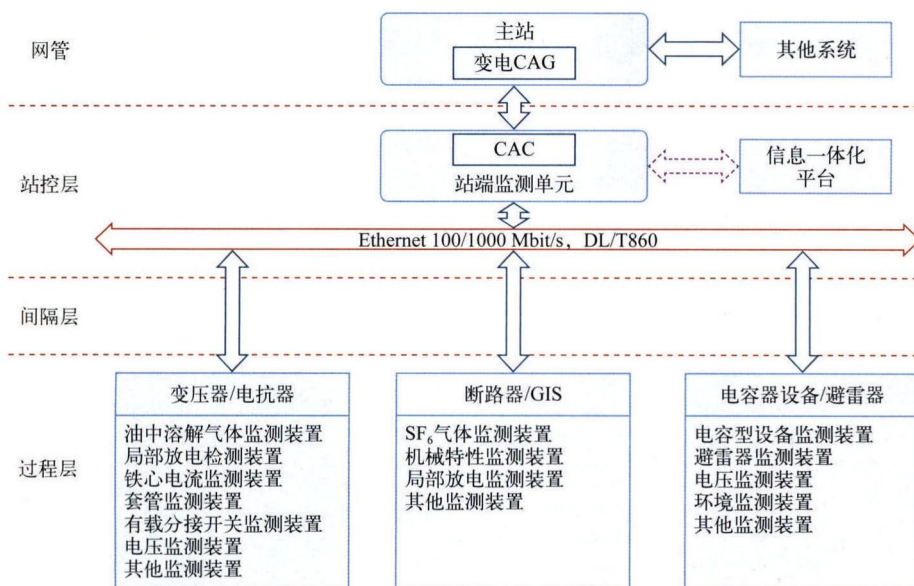


图3 在线监测系统框架图之二

测量及就地数字化等功能。

(2) 间隔层

间隔层包括变压器/电抗器综合监测单元、断路器/GIS综合监测单元及电容型设备/金属氧化物避雷器综合监测单元,可实现被监测设备相关监测装置的监测数据汇集、数据加工处理、标准化数据通信代理、阈值比较和监测预警等功能。

过程层的监测装置均符合DL/T 860通信标准,省去了综合监测单元,监测装置直接与站端监测单元通信。

(3) 站控层

站控层包括站端监测单元,可实现整个在线监测系统的运行控制,以及站内所有变电设备的在线监测数据的汇集、综合分析、故障诊断、监测预警、数据展示(设在集控站)、存储和标准化数据转发等功能。

3. 新一代智能变电站辅助系统架构

(1) 整体架构

从现有的辅助系统架构和在线监测系统架构来看,变电站在线监测系统的建设服从于国网公司输变电设备在线监测系统建设规范要求,并已形成总部、网省公司、地市级公司及变电站的上下贯通,鉴于其系统架构已较为成熟,设计时参考在线监测系统架构形式,以综合应用服务器为

核心(CAS),实现原辅助系统和原在线监测系统的统一接入,形成新一代智能变电站辅助系统架构,如图4所示。

新一代智能变电站辅助系统采用二级部署、三级应用的建设方式。其中,总部级主站管理系统,部署于国网总公司;省级主站管理系统,部署于省级主站内,主要实现对市级主站和部分变电站的辅助系统管理,以及与PMS等系统的接口功能;市级主站管理系统,通过Web与省级主站通信,主要实现对所属变电站的辅助系统管理;站端管理系统,部署于各级变电站内,实现对本站的辅助系统管理系统的感知、处理、传输及执行等操作,变电站实现无人值守后,由地市主站开展相关操作。

新一代智能变电站辅助系统各级功能如下所述。

1) 总部平台

① 总部平台部署于国网公司总部。

② 平台功能在省级平台功能基础上增加跨区域管理,强化数据挖掘和分析功能。

③ 总部平台信息来源于省级平台,由省级平台将集中的信息通过数据中心转发至总部侧辅助系统数据库,供总部辅助系统及其他应用系统使用。

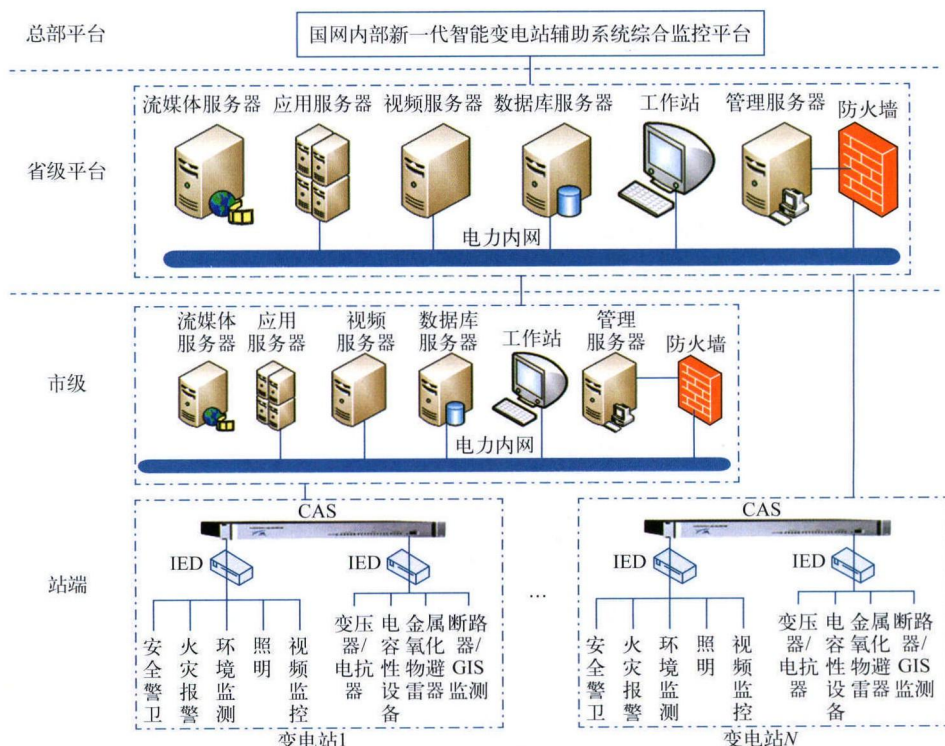


图4 新一代智能变电站辅助系统架构

④ 总部平台可以通过总部辅助系统远程调用网省侧辅助系统信息,以满足故障或其他异常情况下的特殊需要。

2) 省级平台

① 省级平台部署于省公司主站。

② 平台功能统一开发,以加强对省内变电站辅助系统的统一管理。

③ 在省级主站,其他应用系统可以通过两种方式共享集中存储的辅助系统数据。

a. 辅助系统经由企业级ESB总线为其他应用系统提供各类变电站辅助系统在线信息,满足各类业务应用对辅助系统信息的在线处理需要。

b. 其他应用系统也可通过数据中心共享辅助系统信息(这些信息由辅助系统省级平台负责定期送入数据中心,有一定的延时)。

④ 省级平台将集中的信息通过数据中心转发总部侧辅助系统数据库,以供总部平台使用。

3) 地市系统

① 地市系统部署于地市主站。

② 地市系统行使对所属变电站的运维管理职能,随着无人值守站的增加,地市主站的管理作用更为突出。

③ 在新一代智能变电站辅助系统建设初期,可先期进行地市试点,在地市级主站建立系统平台。成熟后,该平台可很方便地迁移到省级平台。

4) 站端系统

① 站端系统部署于变电站。

② 站端部署新一代智能变电站辅助监控系统,用于站端维护和管理。

5) 网络

① 总部平台、省级平台、地市主站及站端间基于电力数据专网进行通信。

② 需配置防火墙等措施以确保网络安全。

(2) 站端架构

新一代智能变电站辅助系统的核心在站端,站端的核心又在综合应用服务器(CAS),通过综合应用服务器实现原辅助系统和在线监测系统的信息统一接入。综合应用服务器可实现以下功能。

1) 对站内在线监测装置、综合监测单元以及所采集的在线监测数据进行全局监督管理,支持人工召唤和定时自动轮询两种方式采集监测数据,可实现对在线监测装置和综合监测单元安装前和安装后的检测、配置和注册等功能。

2) 建立统一的数据库,进行时间序列存盘,

实现在线数据的集中管理,并与上层平台通信,同时具有与站内信息一体化平台交互的接口。

3) 实现新一代智能变电站辅助系统监测数据综合分析、故障诊断及预警功能。

4) 系统具有可扩展性和二次开发功能,可接入的监测装置类型、监视画面及分析报表等不受限制;同时系统的功能亦可扩充,应用软件采用SOA架构,支持状态检测数据分析算法的添加、删除和修改操作,能适应辅助系统、在线监测与运行管理的不断发展。

5) 实现新一代智能变电站监测数据及分析结果发布平台,提供图形、曲线及报表等数据发布工具。

6) 具有远程维护和诊断功能,可通过远程登录实现系统异地维护、升级、故障诊断和排除等工作。

基于综合应用服务器(CAS)的新一代智能变电站辅助系统站端架构图如图5所示。

新一代智能变电站辅助系统站端由综合应用服务器(CAS)、数据通信网关机、存储单元、监控工作站、网络交换机、必要的安全防护设备,以及辅助设备、在线监测设备等组成,其中存储单元根据电压等级及实际工程规模可选。

新一代智能变电站辅助系统综合监控平台子系统包含有在线监测、安全警卫、火灾报警、环境监测、照明及视频监控等子系统,各子系统之间可实现资源共享,联调联动。

新一代智能变电站辅助系统实现变电站辅助设备及在线监测等各类设备的信息集成,完成对变电站各种辅助设备信息的实时监控、告警联动及与上级应用系统的信息交互,通过与变电站自动化系统之间的信息集成,实现对变电站设备及运行环境的一体化监控。

(3) 变电站IED设计

在新一代智能变电站辅助系统设计中,在原辅助系统中引入IED的概念,一台变电站IED代表一台主设备的全部“状态特征”,其承担的主要功能设计如下。

1) “熟数据”生成。IED汇聚现场各部位相关传感器发送的数据,结合计算模型生成主站所需的标准化熟数据。所谓的“熟数据”是指那些可被主站系统直接使用的高浓缩性数据。

2) 预警信息的就地发现。对于简单的预警信息可以通过IED就地发现后即时上传,无需延迟

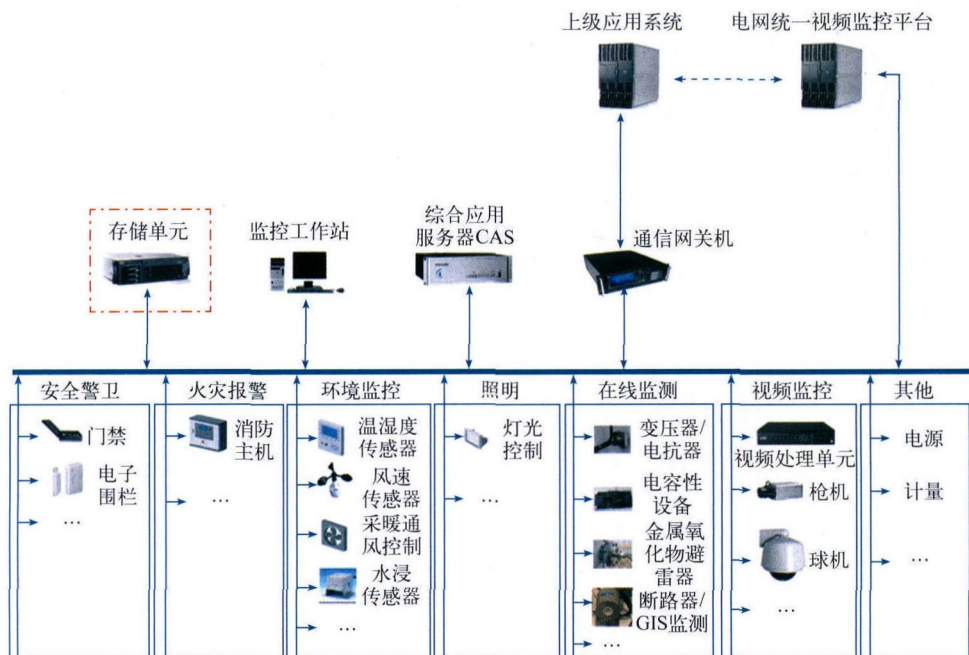


图5 新一代智能变电站辅助系统站端架构

到主站处理。

3) 在集约化的同时在现场统一管理和协调各类传感器，如自动发现所辖范围内的传感器并注册。

4) 为主站提供一个统一标准的远程交互和控制节点，实现现场缓冲和转发功能，尤其在主站发送下行命令时，如“熟数据”生成所需的模型参数下装、对时、即时数据召唤等。

5) 为未来可能出现的更多“现场就地智能化”需求（如多传感器之间的横向协同）提供一个基础支撑点。通过技术创新推动现场就地智能化技术的发展，可在不断简化和优化主站系统的同时，不断提高整个系统的智能化水平。

新一代智能变电站辅助系统设计是在原在线监测系统架构基础上做辅助系统的标准化。其中，在线监测系统IED应仍按照原相关标准建设，不做改变。而原辅助系统没有相关标准及设备，为了实现统一接入，需要给辅助系统增加IED设备。从IED的实现结构上来说，有两种网络拓扑可供选择。

1) 整个变电站的辅助设备共用一个IED。整个变电站的辅助设备通过辅助设备IED接入综合应用服务器，辅助设备IED与各个辅助设备之间采用串行通信，该辅助设备IED可以是服务器，也可以是单纯的规约转换器。网络拓扑如图6所示。

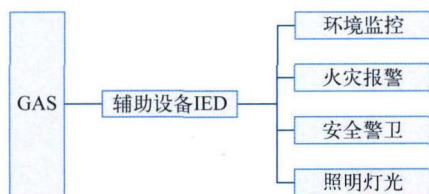


图6 整个变电站的辅助设备共用一个IED

2) 每类辅助设备具有独立的IED。每类辅助设备设计有独立的IED，各类设备之间具有互操作性。该拓扑结构具有较高的经济性和适用性。网络拓扑如图7所示。

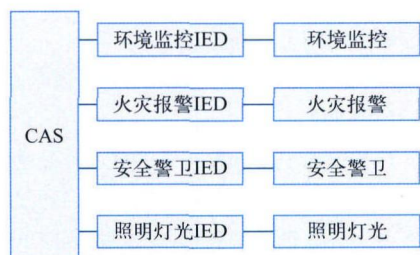


图7 每类辅助设备具有独立的IED

一般来讲，当变电站辅助系统设备通过IED接入变电站网络时，IED数量越多，则变电站智能辅助监控系统的互操作性和互换性越强，但伴随而来的是设备成本的增加，具体选用哪种结构需要根据具体建设需求来定。

新一代智能变电站辅助系统接口设计

1. 接口模型

新一代智能变电站辅助系统接口包括了与变电站自动化系统、上级应用系统、变电站内的辅助设备和视频监控设备等的接口。

各子系统IED通过DL/T 860或IEC 61850标准，与综合应用服务器通信。综合应用服务器通过DL/T 860或IEC 61850与站内一体化监控系统主机通信。综合应用服务器通过数据通信网关机与主站通信。接口模型如图8所示。

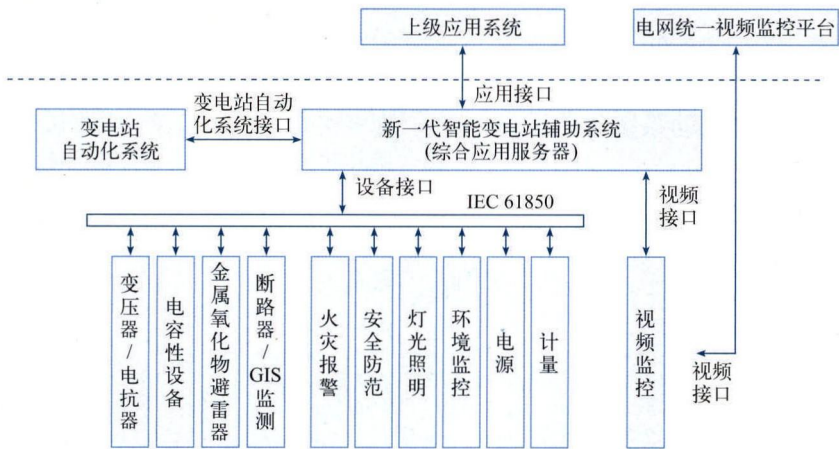


图8 新一代智能变电站辅助系统接口模型

接口模型中的接口功能如下。

- 1) 应用接口。实现数据通信网向上级应用系统传输实时数据、告警信息，接收上级应用系统的控制指令。
- 2) 变电站自动化系统接口。实现变电站辅助系统向变电站自动化系统传输辅助监控数据，实现变电站自动化系统的设备操作及告警视频联动功能。
- 3) 设备接口。实现与各辅助子系统设备的实时数据、实时告警、历史数据查询及实时控制等功能。
- 4) 视频接口。实现与变电站视频监控设备之间的实时视频调用、历史视频调用及云镜控制等

功能。

2. 接口分级

上述接口模型在各层之间存在两个接口级别，分别是第1级接口I1和第2级接口I2，其具体分布点如图9所示，其中主站（Assistant information Acquisition Gateway, AAG）由在线监测主站（Condition information Acquisition Gateway, CAG）演化而来。AAG是一种部署在主站侧的，能以标准方式远程连接各地CAS，接收它们所发出的标准化状态信息，并对它们进行标准化控制的计算机。

I1接口是传感器到IED之间的接口，位于最底层，面向传感器，传递的是原始的传感器数据和

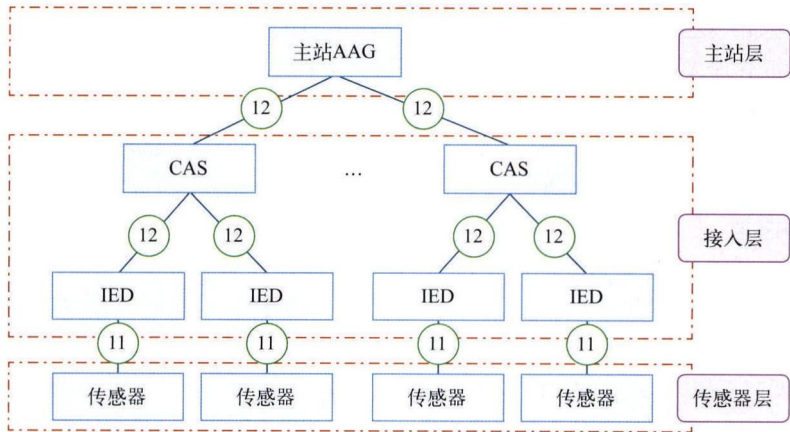


图9 新一代智能变电站辅助系统接口分级

传感器控制信号。I1接口层的设计和实现原则是尽量简单和可靠。

I2接口是IED到AAG之间的接口，位于中间层，面向主站系统，传递的是高级的加工后“熟数据”和高级控制信号。对于主站系统建设而言，I2接口是首先需要严格规范的接口层级，采用Web Service的标准接口协议和XML技术实现。

新一代智能变电站辅助系统功能设计

1. 平台功能

新一代智能变电站辅助系统平台将辅助系统和在线监测系统整合为一体，由本地管理向集中管理发展，可实现监控集中化、分析综合化、联

动智能化、通信标准化及平台统一化的目标。

新一代智能变电站辅助系统实现了智能变电站集中管理，遵从智能变电站建设要求，持续推进变电站无人值守运行方式，推动站端信息的纵向贯通，构建在线监测、电源、环境及安防等子系统的集中管理平台，实现运行监控、运行辅助、检修辅助及综合管理等核心功能。如图10所示。

通过对多种监测数据的关联性分析与挖掘，能够揭示设备运行规律，找出运行条件缺陷，准确判断故障原因，建立有效预警机制。推动对运行管理模式创新和设备全寿命周期管理，可以从根本上保障设备运行的稳定性，提升设备健康水平。



图10 新一代智能变电站辅助系统平台功能架构

2. 站端功能

新一代智能变电站辅助系统各子系统信息相互融合，实现了对变电站运行的整体监测和控制，方便了运行管理人员获取相关设备状态信息，减少了运行管理工作量，给运行维护带来了方便。

智能变电站站端系统目前已有功能有：采集接入功能、控制功能、简单联动功能、告警处理功能、实时展示功能、对时功能、数据存储功能、历史数据查询、报表功能和配置管理等。

新一代智能变电站辅助系统功能在继承原辅助系统和在线监测系统的功能的基础上，着重开发新的适应新技术发展的高级功能，其系统高级功能应包括以下3方面功能。

1) 综合监控。指平台高度集成各子系统，实现对变电站的在线监测和辅助管理的综合管理。

2) 智能联动。指通过可编辑扩展的智能联动配置工具，设置各方面业务内容的联动场景，有效应对运行需求。

3) 决策分析。指形成可灵活定制的决策分析工具，开展对所采集信息的提取、处理、相关性分析及预测。

本文为原有辅助系统引入了IED的概念，未来，在辅助系统IED产品化方面还需要深入研究，从低成本和适用性两个方面保证辅助系统安全可靠接入。EA

(收稿日期：2016.07.17)

(编辑：杨得润)