[智能变电站]

基于电力物联网的变电站设计改进

文/深圳新能电力开发设计院有限公司　张　媛

随着物联网技术的飞速发展，电力物联网在智能电网的各个环节应用更加深入。从电力物联网技术架构出发，以智能变电站为切入点，分别从感知层、网络层和应用层3个方面提出了智能变电站为建设坚强智能电网做出的设计改进。

简述电力物联网

电力物联网是通过先进的感知技术与智能设备把智能电网与互联网连接起来，通过对电力设备相关数据的采集、计算、处理和传输，实现电网工作人员对电力设备的实时控制与精确管理。

当前电网覆盖范围广，电力设备种类繁多，布置较为分散，无法有效地对供电设备的故障进行实时分析和诊断，电力物联网能够利用各种类型的感知设备，有效整合良好的通信网络，将各级电网设备有效连接，提高电力系统的信息化水平。另一方面，在降低人工参与率的同时，提高电网的及时响应率和调节灵活性。

电力物联网的主要技术架构为实现信息采集的感知层、实现信息交互的传输层和实现信息分析的处理层。

智能变电站的挑战

变电站的智能化水平如何通过电力物联网技术得到提升，从而实现电网节点的自治、共享、柔性和互动，为智能电网、智能运维、管理和决策提供全面支撑，是迫切需要考虑的问题。

1．感知层

随着智能电网的发展，发展先进的智能设备成为电力行业的迫切需要，由于一二次设备在融合边缘、抗干扰等技术问题上还未实现突破，所以智能变电站目前采取的方式仍然是以智能终端的形式与一次设备配合，安装的方式大多是就近安装于一次设备附近。

现有智能变电站存在的共同问题是二次设备功能分散，一台二次设备对应一种功能，甚至为了满足不同运行部门的需求，相同的数据重复采集与传输；还有各电压等级随间隔布置的合并单元、智能终端等，这些设备种类繁杂，信息共享不充分，导致站内信息网络复杂，电力设备重复安装；不仅增加了设计难度和投资额，还增加了设备维护人员的工作难度。现有智能变电站的二次设备需要不断的技术革新才能适应智能电网的发展需求。根据国内某设备厂家的试验表明，因为增加数字化的采样环节（包括合并单元的采样传输、智能终端的解析和保护装置对报文的解析处理）所消耗的时间导致数字化线路保护的响应时间较常规线路保护动作时间慢5～10 ms左右。

智能变电站广泛使用的各种感知设备，一方面技术性能没有在长期运行经验的基础上得到改进提升；另一方面为了抢占市场各设备厂家没有完全开放源代码，结果使得不同厂家间的设备接入存在兼容问题，这对智能电网的发展造成了一定的阻碍。

2．传输层

智能变电站由于传感器及智能设备数量的增

加，使其网络规模和自动化程度迅速提高，信息网络与电力网络的交互日益复杂。目前，智能变电站自动化系统主要通过光纤专网同时整合无线专网和公网的方式，将感知层采集到的数据传送到电网调度中心，实现电网数据的实时监控。新建变电站大多采用IEC 61850通信标准，基于该标准建设的智能变电站不再是一个孤岛，工作人员和攻击者都可以进入变电站内部，这带来了新的安全威胁。

特别是正在开发的无线通信方式，由于安全措施还不完善，容易遭受黑客的窃听或篡改数据发送错误的指令，黑客还会发起路由攻击/服务器攻击，影响电网的稳定运行。

目前变电站主要通过防火墙和加密方案来加固网络，该技术已不能满足日益严峻的安全需要。

3．处理层

智能变电站的保护系统采用SV点对点或网络采样、网络跳闸的方式，使得信息传递由“实”变“虚”，运行单位的维护难度随之增加，若不能及时检查出故障原因从而恢复系统的正常运行，将影响供电的可靠性。运行单位如何以设计成果为依据，实现通过调度主站、后台工作站或测控单元对设备的故障原因进行勘查、远程复归和远程控制等维护功能，是迫切需要解决的问题。设计技术的革新成为电力行业的迫切需求。

智能变电站的技术改进

1．智能终端的集成

在初期的智能变电站中，合并单元作为电流/电压采集设备，智能终端作为操作控制设备，它们分开布置，但实际上它们都服务于一次设备本身。现阶段在充分考虑智能终端和合并单元特有功能独立的情况下，按照系统最优原则，通过分析这两个装置的功能约束条件和数据流边界，确定这两个装置在功能、信息和互联等方面的周界，将其共性功能进行有效地整合，即共人机接口、共电源和共网口。

在智能变电站的计算机监控系统网络结构图中，二次设备与监控工作站之间的传输是点对点传输，智能终端和合并单元集成后的共端口传输将减少一半的网络端口数量，这样不仅可以降低装置的生产成本，也可以减少装置的安装空间，还能简化智能变电站的设计，最终实现“间隔功能自治”。

以深圳地区的110 kV变电站为例，站内配置的主要保护一般有变压器保护、110 kV母线保护、110 kV线路保护、110 kV母联分段保护、10 kV线路保护、10 kV电容器保护、10 kV站用变压器及接地变压器保护等。其中变压器保护和110 kV母线保护需要的开入、开出量都是多个间隔的；而110 kV线路保护除了光纤电流差动保护因为与对侧的信息交互需要开入、开出量外，以及接收110 kV母线差动保护的控制信息外，均是本间隔的信息互动。采用新的智能终端后，每个110 kV线路间隔的保护测控单元所需要的模拟量和数字量信息均来自于本间隔的智能终端。

集成后的智能终端接入变电站的网络方式如图1所示。

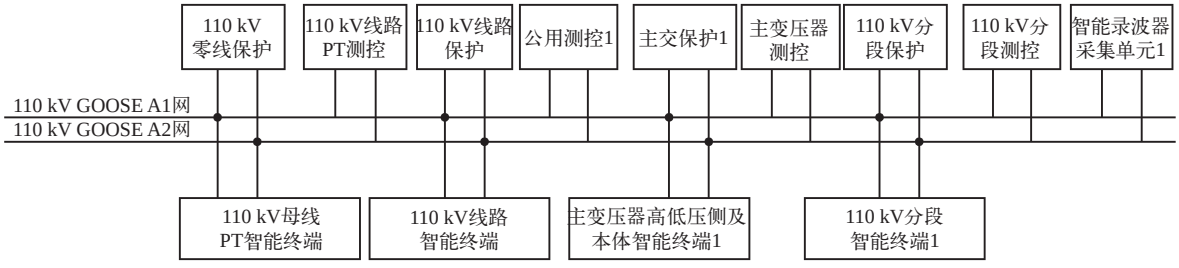

图1　110 kV变电站过程层网络结构示意图

智能终端将原有的在监控后台的一部分信息处理功能移交到收集前端感知设备信息的汇聚节点中，从而分担一部分的信息处理任务，使整个系统可以完成更加复杂的信息处理工作。无论是间隔层设备的运行信息，还是过程层的处理信息，亦或是一次设备的运行状态都可以借助智能终端完成。这些都不再借助于站内网络，而是通过装置内部的信息共享机制就可获取。智能终端的液晶显示屏除了可以显示采样回路、保护动作逻辑及时序外，还能显示发生故障的类型信息及

动作出口。除此之外，智能终端通过对长期存储信息的分析，可得出适应不同场景的专家系统，从而实现信息处理规则的优化。

2．态势感知的安装

为做好电力监控系统网络安全风险防控工作，电力系统组织全网各级单位落实病毒感染风险防控、Windows漏洞整改等各项措施。在增强网络安全边界访问控制方面，全网已完成边界防火墙的安全策略优化，阻断外部对某些端口的访问。在主机加固方面，逐步落实电力监控系统高危端口关闭等防控措施，但全网尚有部分Windows主机因兼容性问题无法关闭，主要包括厂站监控后台、五防主机、故障录波装置、计量自动化主站和调度自动化主站等。该类主机已采取限制IP地址访问等防控措施，但网络安全隐患仍未完全消除。

为有序推进电力监控系统Windows主机整改工作，切实做好网络安全风险防范，特制定了一系列安全防护方案。如通过实施Windows主机改造、防护策略完善和开展态势感知建设等综合措施，其中增设电力监控系统网络安全态势感知采集装置已成为迫切的需求。

电力监控系统网络安全态势采集装置主要是识别电力网络上的攻击活动，判断攻击能力和成功率等，并推断攻击者的意图。根据《2018年南方电网电力监控系统网络安全态势感知系统建设工作方案》的要求，网络安全态势感知装置的主站部署在各级调控中心，子站部署在各级发电厂或变电站电力监控系统网络内，从而实现对电力监控系统网络安全的采集、分析与处理。如图2、图3所示。

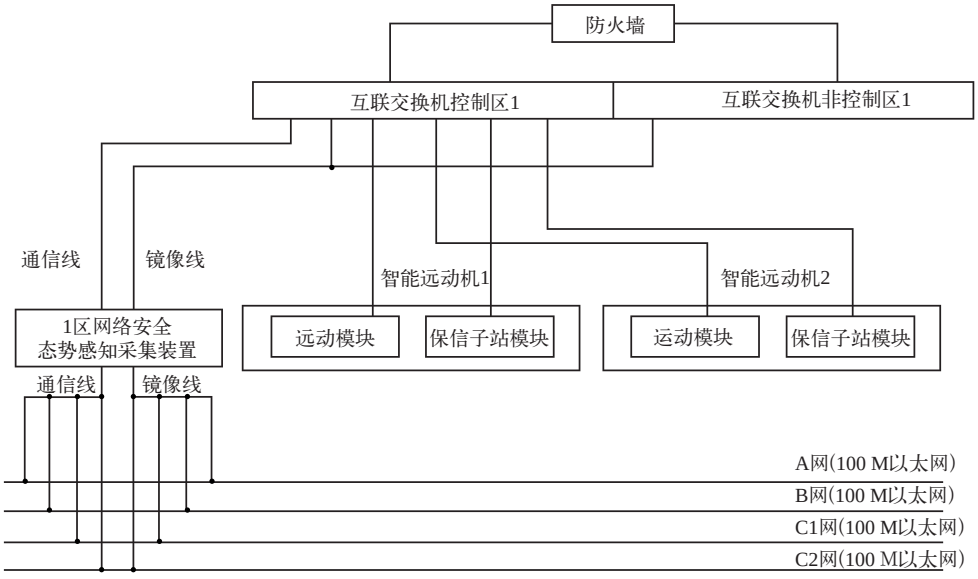

图2　110 kV变电站生产控制大区态势感知接入示意图

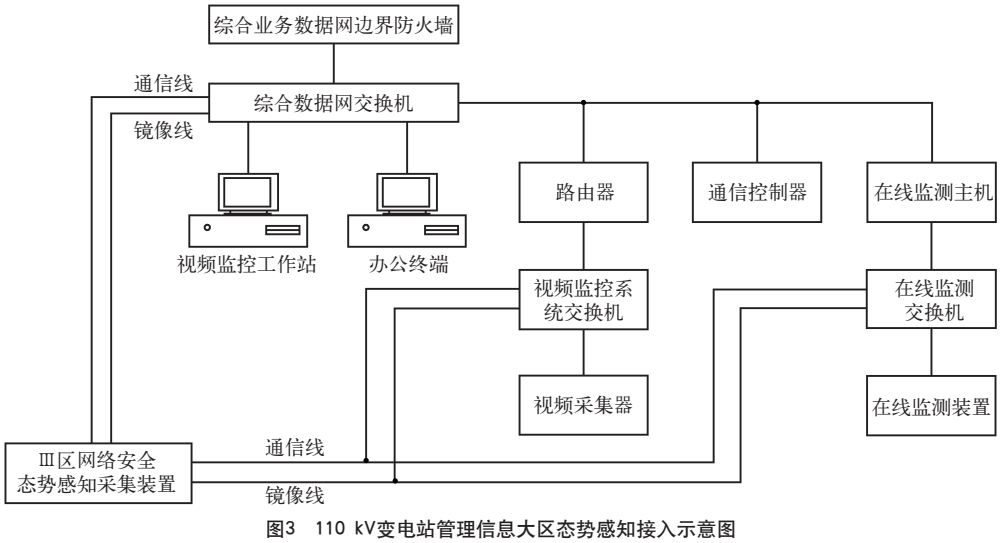

图3　110 kV变电站管理信息大区态势感知接入示意图

目前每个110 kV变电站安装网络安全态势感知采集装置2台，分别位于生产控制大区和管理信息大区。生产控制大区包括安全Ⅰ区、安全Ⅱ区和变电站站控层等设备，管理信息大区包括安全Ⅲ区的设备，所有这些设备的数据采集、处理及通信，均在安全态势感知采集装置的监测范围内。

3．三维设计的采用

随着电力物联网技术的高速发展，电力设计人员的设计业务也朝着信息化迈进，目前电力行业普遍推广的数字化三维设计平台极大地优化了设计作业流程，借助不断积累完善的标准化数据模型库和强大的自动计算分析设计功能，设计效率和质量得到了显著提升。

基于网络技术、数据库技术和图形影像技术的数字化三维设计平台，将成为贯穿变电站工程建设全生命周期的主要技术支撑，也将成为电力设计院扩展新型设计业务、转型升级的主要手段。它将各专业的设计信息融合在一起，设计人员通过该平台就可以实现设计过程的高效协同和精准设计。目前市场所推广的数字化三维设计平台主要包括各专业设计软件集成在一起的专业设计系统和项目全生命周期管理软件集成在一起管理协同系统。它能够根据现有变电站的建设经验和各阶段设计深度需求进行专业的模块化开发。

以深圳地区110 kV变电站的设计为例，数字化三维设计平台中含有以《南方电网公司35～500 kV变电站标准设计（V2.1）》为依据的标准化方案和基础模型，总图、建筑、结构、水暖和电气等各专业设计人员在同一变电站工程的设计工作中，可借助于平台的三维技术和数据智能关联机制实现各专业的协同设计。采用三维数字化设计技术，一次专业可利用模型进行短路电流计算，根据参数设定可以快速绘制主接线图，可以快速地从三维布置图中提取断面图，并自动进行设备标注和材料统计，开展电缆沟与基础、地下管线等硬碰撞校验，开展安全电气距离校验等。二次专业可进行电气二次回路原理图设计，把二次设备厂家的ICD配置文件导入平台后，可以自动生成SV/GOOSE信息流图、计算机监控系统网络结构图、光缆或电缆之间的连接图以及端子排图，还可以自动生成光缆或电缆清单，平台会自动完成逻辑对应关系的分析。工程管理人员也可以通过该平台完成该项目全生命周期的管理，包括设计阶段、施工阶段和运行维护阶段等，所有阶段的文档和数据都需在平台中保存并移交。工程管理协同系统推动数字信息在项目全生命周期中的顺畅流动，打破信息孤岛，并协助业主建立交付平台。

数字化三维设计平台不仅能够提高设计人员的效率和工作质量，还能够提高设计产品的附加值。变电站运行维护人员因为设计院移交的数字化设计成果，运维过程中的可视化程度增强，资料检索的难度也降低了。数据信息将贯穿方案设计阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段和运行维护阶段，支撑变电站全生命周期的管理理念。

结束语

本文从电力物联网技术架构出发，从感知层、传输层和处理层各取一个点简单地介绍了基于电力物联网技术深圳地区110 kV变电站的设计改进，显而易见，110 kV变电站的技术改进绝不局限于本文所述。不断改进的技术、不断革新的电网架构和更加智能化电力设备都将使电网运行更加安全稳定。EA

（收稿日期：2020.06.02）

（编辑：朱金凤）

声　明

《电气时代》杂志唯一投稿渠道

登录电气时代官网www.eage.com.cn，点击“我要投稿”

咨询电话：68993981