

[智能变电站]

某大型化工企业110 kV智能总降的功能配置应用研究

文/董东来 董云鹏 刘 威 尚世超 孙婷婷 张波涛
中石油吉林化工工程有限公司

随着化工企业数字化、智能化转型的需求日益紧迫，为更好地紧跟化工企业智能化转型的步伐，在新建大型化工企业中，经过对智能化相关功能配置的应用研究，实现了总降压变电所的智能化建设和应用，为化工企业的电气智能化提供了有效借鉴。

随着科学技术的不断发展，智能化工厂的概念已进入各个行业及领域，并且信息化、智能化的迅速兴起，为化工企业的智能化工厂建设提供了良好的技术支撑，加之国家和当地政府一些政策的实施和导向，目前大部分化工企业都在进行智能化工厂的建设和改造。且大部分业主对智能化工厂建设提出明确的要求。

总降压变电所（简称总降）作为化工企业的供电核心，是化工企业安全可靠供电的保障中心。化工企业中的传统总降一般采用传统开关设备、传统互感器和103通信规约等。总降智能化并未得到化工项目建设者的重视，导致化工企业智能总降的相关研究尚浅。为提高化工企业全专业的智能化水平，开展智能总降的研究十分必要。

智能总降的应用背景

该项目坐落于广东某大型炼化一体化项目中的独立厂区内。厂区仅有一座110 kV总降，供电负荷约73.6 MV·A。根据该化工企业建成后要实现较高的智能化水平的总体要求，在总降建设中如何更好地实现智能化，成为一个亟待解决的新课题。

1. 总降的作用

化工企业总降对于电力系统来说不仅是用户终端变电站，是电力系统的一个输配电节点，而且是化工企业配电系统的核心变电所。化工系统拥有大量的

级负荷、二级负荷和少量的一级重要负荷，对供电可靠性要求高，因此深入研究总降的智能化建设，对于化工企业电气智能化具有较强的示范作用。

2. 智能总降的发展情况

智能总降是基于智能化电网的发展而提出的，具备信息数字化、通信平台网络化和信息共享标准化等特点。同时，还能实现信息的自动化采集、测量、控制、保护、计量和监测等功能，并支持多项高级功能应用。相对于数字变电站，智能总降的一二次设备间界限更加模糊。

智能总降经历了IEC 61850总降、数字化总降和智能化总降的发展阶段。

3. 高压电气设备的研究现状

（1）智能变压器的研究现状

随着智能总降的建设，变电站主变压器朝着智能化方向发展，目前的智能变压器主要包括变压器本体和智能组件。智能组件主要采集变压器油色谱、温度及气体等信号，通过数据分析对比来判断变压器运行状态，实现对变压器的智能在线监测。

（2）高压断路器的研究现状

高压断路器朝着智能化发展，高压断路器智能化技术建立在状态在线监测与故障诊断的基础上。智能断路器依靠智能终端完成电流、电压局部放电，温度及振动等信息的采集，从而进一步实现监

测状态功能。

(3) 互感器的研究现状

目前,智能总降有采用新型互感器替代传统互感器的趋势。新型互感器包括光电流互感器、光电电压互感器和独立式空芯线圈(罗戈夫斯基线圈)互感器等,统称为电子式互感器。GIS中应用的空芯线圈电流互感器与常规的电磁式互感器相比,具有体积小、暂态响应和运行性能良好及可靠性高等特点。

智能总降构架体系研究

1. 传统总降的网络构架

常用的传统总降的网络构架一般采用IEC 60870-5-103规约通信,由传统开关、互感器、保护装置、测控装置及电缆等部分组成,如图1所示。

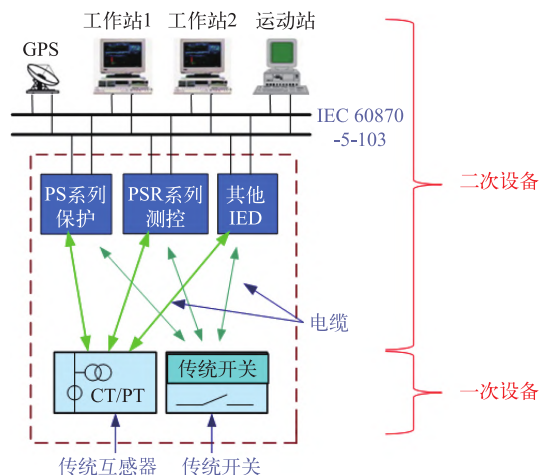


图1 传统总降的结构图

2. 智能总降的网络构架

智能总降采用了IEC 61850通信规约,由智能单元、合并单元、光缆及SV+GOOSE网络构架等部分组成,如图2所示。

3. IEC 61850标准体系分析

IEC 61850标准在工程中的应用体现在通信信息、服务映射、配置流程和数据模型四个方面。

(1) 信息数据交互结构IEC 61850标准中第5部分通信信息数据交互结构,阐述了从一次设备、过程层、间隔层到变电站层的逐级通信的数据交互构架。

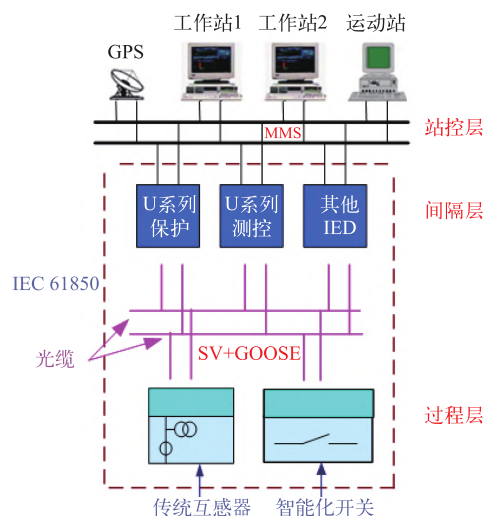


图2 智能总降的结构图

(2) 使用SCL语言来描述变电站IED设备标准化配置流程

在IEC 61850标准中第6部分变电站自动化系统结构SCL语言中,SCL配置与数据建模技术的应用形成了智能变电站IED设备的几大配置文件,包括装置能力描述文件、系统配置描述文件和配置后的IED描述文件(即IED实例化配置文件)。

随着IEC 61850标准的发展,配置技术逐渐成熟与规范化,近年来新增了系统说明描述文件(即一次系统规格化配置文件)和配置控制文件(即过程层二次虚回路配置文件)。IED设备标准化配置流程如图3所示。

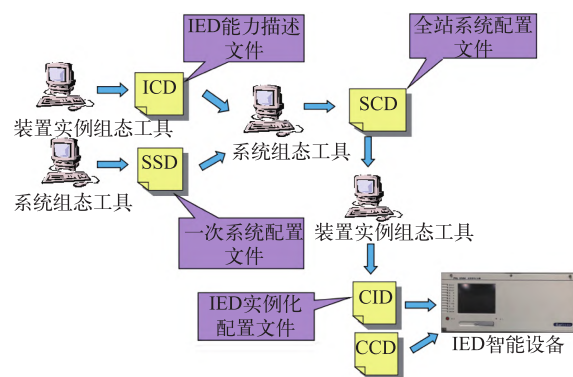


图3 IED设备标准化配置流程图

(3) IEC 61850标准中模型的结构和类型

在IEC 61850标准第7部分模型的结构和类型中,主要分为通信服务类和逻辑节点类。IEC 61850模型的树状层次为AP->LD->LN->DO->DA,其中,AP为访问接入点;LD为逻辑设备;LN为逻辑节点。

辑节点；DO为数据对象；DA为数据属性。

(4) IEC 61850标准中服务映射协议

在IEC 61850标准中第8和第9部分抽象服务映射的应用形成了智能变电站三大网络报文体系。

1) 间隔层IED与站控层监控主机之间进行运行、维护报文的传输，如保护动作信息、异常告警信息及保护整定信息等，有效解决了各类IED运行维护信息标准化上传给主站的问题。

2) 间隔层IED之间、间隔层与过程层之间的开量报文的快速传输，如状态信息、控制信息，可实现设备状态信息共享、设备联闭锁及开关类设备的跳合闸控制等功能。

3) 间隔层IED与合并单元之间采样值报文的传输，使IED直接接收来自合并单元的测量数字信息，实现测量信息的共享。

(5) 国内智能总降的组网方案

随着智能总降在国内的逐步推广应用，过程层网络得到了大范围应用，过程层交换机作为过程层网络的载体，负责传输面向通用对象的总降事件GOOSE、采样值SV报文，接入保护、测控、合并单元和智能终端等智能电子设备IED，实现过程层信息的网络传输，为网络监视管理提供了可能。

目前普遍采用的智能总降组网方案有三种，详细的对比分析情况见表1。

表1 三种智能组网方案对比

名称	特点	优点	缺点
方案一	保护装置以点对点通信模式和MU通信，获取交流采样数据，保护跳闸、保护开入通过保护装置和智能终端点对点通信模式实现。用于测控的信号、告警及位置等信息通过GOOSE网络实现共享	连接可靠，传输延时固定，技术上容易实现	光纤数量较多，连接复杂，增加工作量。系统可扩展性差，不符合二次设备网络化的方向
方案二	保护装置以组网模式和MU通信，获取交流采样数据，保护跳闸、保护开入用于测控的信号、告警及位置等信息通过GOOSE网络实现共享	系统可扩展性好，符合二次设备网络化的方向，节省大量光纤和光纤接口，成本降低	交流采样依赖于外部时钟同步，且交换机网络延时不固定，对采样实时性与GOOSE跳闸时间有影响
方案三	保护装置以点对点模式和MU通信，获取交流采样数据，保护跳闸、保护开入用于测控的信号、告警及位置等信息通过GOOSE网络实现共享	节省保护装置和智能终端的光纤连接盒光纤接口，成本降低，保证了交流采样的可靠性	系统可扩展性差，不符合二次设备网络化的方向，对GOOSE跳闸时间有影响

通过上述对比研究分析可知，三种组网方案均通过GOOSE网络构架实现共享，方案二和方案三由于GOOSE跳闸时间的影响，对保护动作可靠性会有一定的影响，因此根据工程实际情况选择相对合理且符合实际需求的组网方案。

智能总降配置应用

经过多次实地考察，多番交流研究，多轮技术论证后，在确保可靠性的前提下，结合早期已签订的电气设备框架技术协议，最终形成了该化工项目110 kV智能总降的详细配置方案。

1. 主接线情况

该110 kV智能总降内设一组110 kV GIS设备、4台110 kV/10.5 kV和40 MV·A主变压器、若干10 kV开关柜、一组直流屏、保护屏和通信屏等设备。

2. 智能总降设备智能化功能配置方案

1) 主变压器。采用油色谱检测智能组件，实现主变压器在线检测，对变压器绝缘油中的H₂、CO、乙炔及乙烯气体的复合含量实时监测，并通过气体含量及其他变化趋势对变压器内部隐患及故障进行智能预警。同时监测变压器油中的水分含量和湿度，以及一级变压器铁心工频电流变化。该智能组件通过通信接口与监测后台系统通信，实现远程监测功能。

2) 在10 kV开关柜中配备智能操控单元、电动底盘车和微型摄像头。智能操控单元具备一次回路模拟功能，动态实现断路器分合状态显示、接地开关和小车位置显示等；电动底盘车由电动底盘和操作控制单元组成，实现就地/远方操作；微型摄像头可监控柜内底盘车，将接收到的监控视频信号通过视频交换机上传至智能辅控系统，并接收集控系统操作信号，在集控系统操作相应柜体时自动显示相对应视频信息。

3) 110 kV GIS设备配置的智能模块有：SF₆气体泄漏在线监测装置，实时检测SF₆开关或各个间隔下方的O₂和SF₆气体的浓度；GIS中SF₆密度、温度、微水在线监测装置，通过IEC 61850通信接口上传至总降监控后台；GIS断路器室内设置了局部放电现象在线监测装置，基于局部放电信号的幅值、发生频度和发展趋势，对局部放电的严重程度进行智能判断。

4) 综合考虑到电子式互感器产品仍处于持续发展阶段,在实际应用中其性能的稳定程度还需进一步验证;同时按DL/T 5510—2016《智能变电站设计技术规定》中对互感器选择的规定,为保证项目可靠高效推进,经充分论证后最终仍采用常规的电磁穿芯式电流互感器。

5) 采用智能型直流电源装置,内设电池巡检和保护模块、整组电池容量在线检测模块和绝缘检测模块及馈出回路选线装置。监控系统配有远程智能无线通信装置,具备远程无线监测、查询和故障报警功能,运行参数和故障报警信息推送到值班技术

人员手机APP。

3. 智能总降集控系统

经过深入的研究分析,该项目智能总降最终采用了方案一(见图4)的组网方式,同时考虑投资充分结合了早期框架协议谈判及签订的实际情况,在尽可能实现智能化的前提下,该智能总降并未在过程层中大量使用合并单元、智能终端。

110 kV智能总降设置了集控系统,由历史数据服务器、SCADA服务器、主网(采用A/B双网)、监控站、打印机和大屏等组成。关于自动化系统网络拓扑及配置示意图如图4所示。

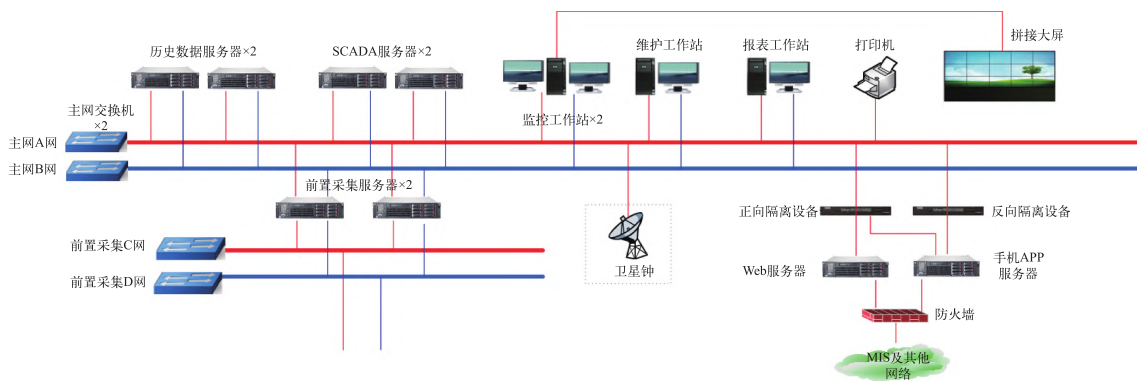


图4 110 kV智能总降集控系统架构示意图

4. 智能辅控系统配置

(1) 总降智能辅控系统配置

该项目110 kV智能总降设置了智能辅控系统,包含智能巡检子系统、主变压器检测子系统、GIS检测子系统、智能门禁子系统、倒闸操作视频联动子系统和大屏综合监控子系统。这些智能子系统在智能总降中的配置情况为:在变压器室、组合电器室和接地变室等设备室加装智能巡检系统、主变压器监测系统、高压组合电器监测系统、智能门禁控制系统、倒闸操作视频联动+故障报警联动+智能巡检系统。设置独立集控室,大屏显示所有变电所智能巡检系统、变压器监测系统、高压组合电器监测系统、倒闸操作视频信息及故障报警信息等。智能辅控系统组网示意图如图5所示。

(2) 总降负责监控的变电所的配置情况

该项目除智能总降外,另设8座分变配电所。

第1~5智能变电所分别设置变压器室、中低压室、电容器室、机组设备间和监控设备间等设备室,设置智能巡检子系统、智能门禁控制子系统、

倒闸操作视频联动及故障报警子系统,配置了3个智能子系统。

其他3个变电所和UPS室均设置智能巡检子系统、智能门禁控制子系统,配置了2个智能子系统。

(3) 智能辅控子系统配置

辅控系统最终在大屏综合监控子系统中,通过树形列表一键智能分屏显示实时视频和环境信息。经过智能算法,对现场异常图形实现告警信息提示,通过带拾音器、扩音器的摄像机和门禁对讲主机子系统,与现场进行语言通话、广播及语音侦听。对智能总降自身设备房间及其他8座分变配电所的智能巡检机器人、门禁、灯光和风机等实现智能控制。

(4) 智能辅控系统应用效果

充分实现了智能巡检、智能门禁等辅助巡检控制功能,提高了变电所的问题处理速度和电气巡检效率,为化工装置的平稳高效运行提供较好的辅助保障作用。

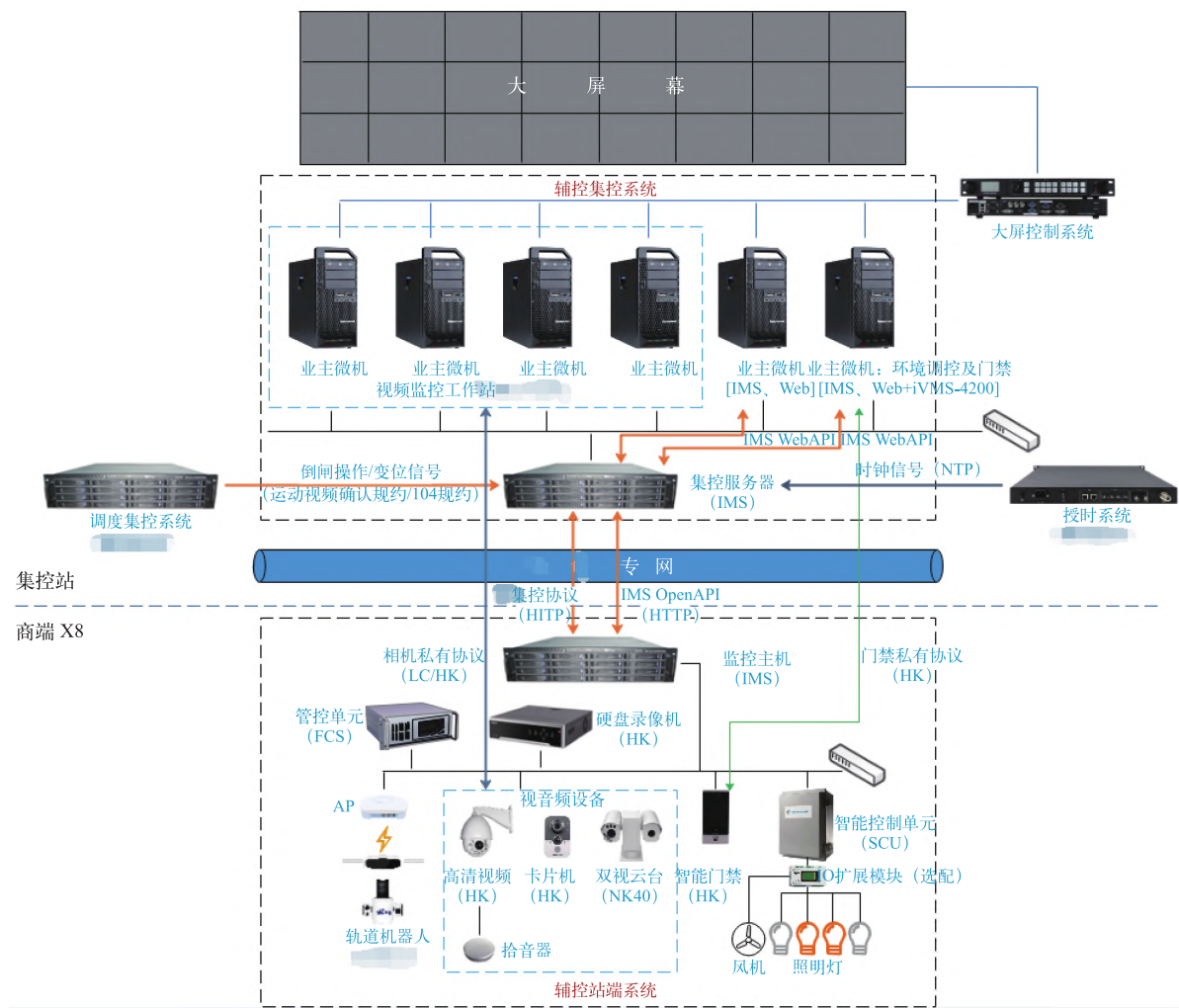


图5 110 kV总降智能辅控系统网络拓扑及配置图

结束语

经过本次对大型化工企业110 kV智能总降相关功能配置的应用研究，最终选择了务实、可靠的智能化应用配置方案。目前，该项目一次设备已安装完毕，二次设备正在稳步安装调试中。希望通过项目实施情况和实际效果，为未来化工企业智能总降建设积累更多的宝贵经验，助力化工企业智能化转型。

(收稿日期：2023-05-18)

参考文献

[1] 党昊驰. 浅谈石油化工智能化工厂在企业安全生产中的应用[J]. 石油化工自动化, 2021, 57(S1): 107-110.
 [2] 欧佐元. 基于数字化变电站自动化技术的应用研究[J]. 科技风, 2018(8): 131-133.

[3] 杜文娇. 变电站高压电气设备状态检修策略探讨[J]. 科学技术创新, 2018(10): 32-33.
 [4] 李麟. 智能化变电站继电保护调试及应用分析[J]. 通讯世界, 2018(3): 159-160.
 [5] 朝阳, 吴俊辉. 智能变电站二次舱一体化设计研究[J]. 电气应用, 2021, 40(1): 49-54.
 [6] 彭业, 杨贵, 张弛, 等. 基于过程层交换机的智能变电站网络运维方案研究[J]. 电力信息与通信技术, 2021, 19(2): 95-101.
 [7] 国家能源局. 智能变电站设计技术规定: DL/T 5510—2016[S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.
 [8] 国家能源局. 智能变电站监控系统技术规范: DL/T 1403—2015[S]. 北京: 中国电力出版社, 2015.