

ZHINENG BIANDIANZHAN JISHU JI YUNXING WEIHU

智能变电站 技术及运行维护

国网浙江省电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

智能变电站 技术及运行维护

国网浙江省电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从实际应用的角度,介绍了智能变电站的设计、应用、调试、运维等相关技术。

全书共七章,主要包括智能变电站的发展、技术特点及展望,新建智能变电站工程设计,智能变电站的改造及扩建、调试、运行与维护、检修,以及工程应用实例等。

本书适用于电力企业专业人员,对智能变电站的设计、安装、调试、运维和检修等一线技术人员的实际工作有切实指导作用,也适用于电力工程类相关专业师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站技术及运行维护 / 国网浙江省电力公司组编. —北京:
中国电力出版社, 2015.12

ISBN 978-7-5123-8438-5

I. ①智… II. ①国… III. ①智能系统-变电所-电力系统
运行 IV. ①TM63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 243309 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 12 月第一版 2015 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 348 千字

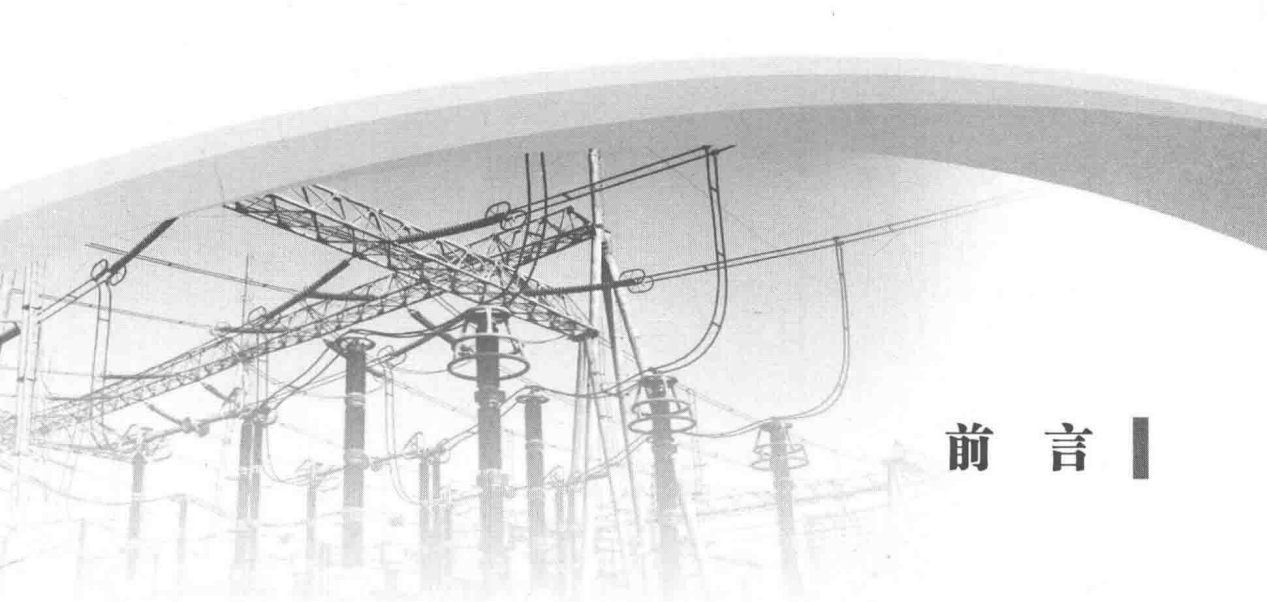
印数 0001—2000 册 定价 55.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

智能变电站是建设智能电网的基础，智能变电站的核心是智能化的一次设备、网络化的二次设备及以此为基础的智能化运行管理系统。

由于智能变电站采用了大量数字化、信息化和计算机通信技术，智能一、二次设备相对于传统设备有较大不同，其设计、施工、调试、运行维护的技术也发生了变化。由于新技术的应用，大量变电站建设、运行、检修等一线专业人员对这些新技术缺乏深入的认识和理解，对智能变电站的建设、运行和维护缺少经验，这也是智能变电站当前亟待解决的问题。智能变电站的设计、施工、调试、运行和维护涉及技术标准制定、设备生产制造、工器具开发、配置文件版本管理等问题，要全面解决这些问题还需要有一个过程。本书由国网浙江省电力公司组织具有丰富现场经验的技术人员、设备研发人员和培训中心教师共同编写。编写人员亲身经历了多个智能变电站的建设、改造、设计、制造、试验、运行和维护及技术培训工作，在智能变电站的设计、制造、试验、运行和维护以及技术培训方面有扎实的理论基础和丰富的实践经验。

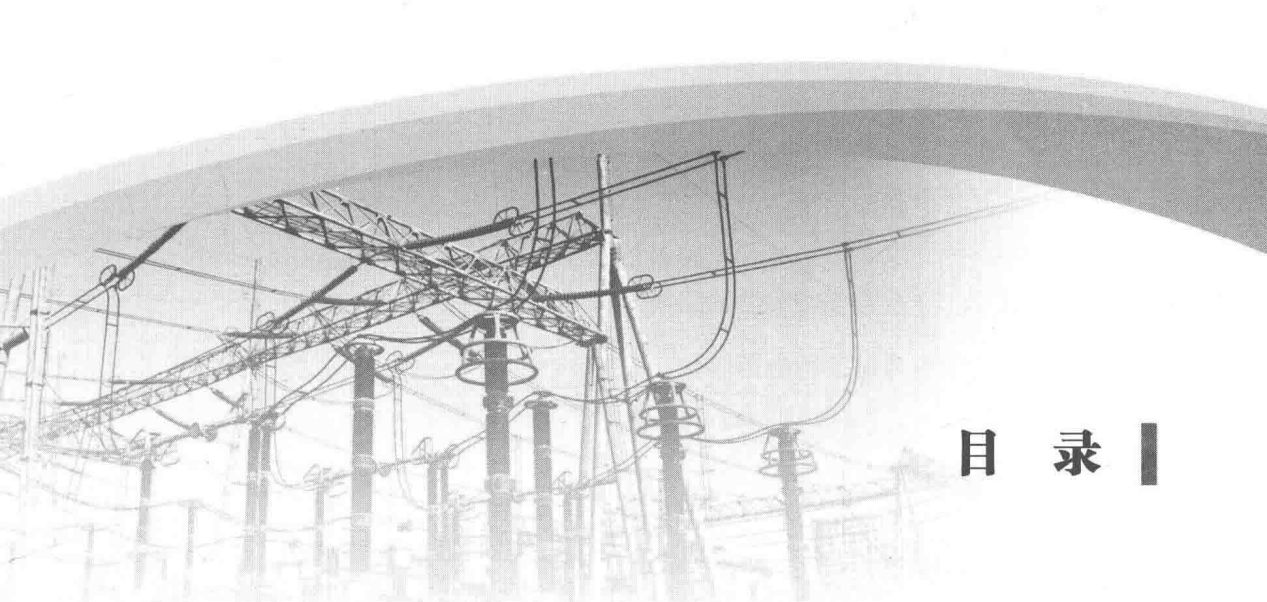
本书适用于电力企业的专业人员，帮助其加深、加快对智能变电站技术及其实际工程应用的全面理解；特别是对智能变电站的设计、安装、调试、运维和检修等一线技术人员的实际工作具有切实的指导作用；同时，本书也可供电力工程类的本科及研究生学习参考。

本书由石华军担任主编，朱松林、乐全明、黄晓明担任副主编。第一章由冯亚东、乐全明、宋勤编写；第二、三章由杨卫星编写；第四章由王松、丁峰、黄晓明编写；第五章由周立辉编写；第六章由邱子平、陈晓刚、董建洋、朱炳铨编写；第七章由陈晓刚、周立辉、杨卫星、邱子平编写。全书由石华军、朱松林、乐全明、宋勤、黄晓明、朱炳铨、王松、冯亚东审核、修改。

本书在编写过程中得到南瑞继电保护电气有限公司专家以及诸多同仁的大力支持和帮助，在此致以诚挚的谢意！在本书的编写过程中，参考了参考文献所列著作和论文的有关部分，在此谨向以上作者表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者
2015 年 9 月

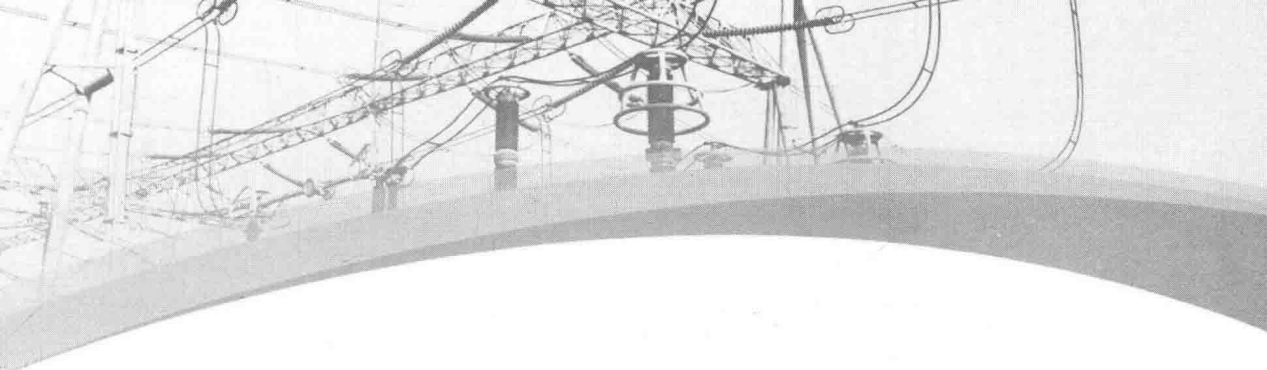


目 录

前言

第一章	概述	1
第一节	智能变电站的发展	1
第二节	智能变电站的技术特点	2
第三节	智能变电站技术展望	6
第二章	新建智能变电站工程设计	9
第一节	智能变电站建设方案	9
第二节	智能变电站设计方法	17
第三节	智能辅助控制系统设计	36
第三章	智能变电站改造及扩建	39
第一节	变电站智能化改造工程设计	39
第二节	变电站智能化改造实施方案	44
第三节	智能变电站扩建工程接口设计	58
第四章	智能变电站调试	62
第一节	智能变电站调试概述	62
第二节	智能变电站调试流程及内容	67
第三节	一体化监控系统调试	92
第四节	新设备调试	110
第五章	智能变电站运行与维护	125
第一节	智能变电站运行维护特点	125
第二节	智能变电站运行维护技术	129
第三节	维护与消缺	156

第六章	智能变电站检修	163
第一节	智能变电站一次设备检修	163
第二节	智能变电站二次系统检修	177
第七章	智能变电站工程应用实例	201
第一节	SL 变电站智能化改造工程	201
第二节	ZY 变电站扩建	212
第三节	YH 变电站不停电检修	221
第四节	PN 变电站装配式建设	228
参考文献		232



第一章 概 述

本章简要介绍了智能变电站的发展历程与应用情况、智能变电站的建设模式及技术特点，以及未来智能变电站的技术发展。

第一节 智能变电站的发展

进入 21 世纪，超高压、特高压交直流输电技术在网间功率传输的应用越来越广泛，风能、太阳能等绿色能源的应用不断扩展，静态无功补偿装置(static var compensator, SVC)、动态无功补偿装置(static var generator, SVG)，柔性输电技术开始得到应用，这对电网的运行控制提出了更高的要求。国内外广泛提出了智能电网的概念，通过先进的电网技术、传感测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术和控制技术与传统电网高度集成而形成新型电网。国家电网公司提出了建设坚强智能电网的战略，将“建设数字化电网，打造信息化企业”作为当前的重点任务，如何提高变电站及其他电网节点的智能化程度成为打造信息化企业的重要工作之一。作为智能电网中的一个环节，智能变电站是电网智能化的重要组成部分。智能变电站采用先进、可靠、集成的智能设备，以全站信息数字化、通信网络化、信息共享标准化为基本要求，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能，并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能的变电站。

信息化是智能变电站的关键，需要实现信息纵向的贯通和横向的充分交互，一次设备不再通过大量电缆与二次设备交互，而是通过智能化或与过程层设备配合进行网络化的数据交互。因此，实现变电站信息交换的标准化是智能变电站建设的基础。国际电工委员会(IEC)建立了新一代的变电站信息交换标准——IEC 61850。目前的智能变电站主要以符合 IEC 61850 的变电站通信网络和系统、网络化的二次设备为主要建设目标，同时探索智能化的一次设备、信息化的运行管理系统等技术和手段，不断提高变电站的智能化的水平。

智能变电站的工程实践目前主要经历了以下三个阶段：

第一阶段可以称为数字化阶段。侧重在数字化的层面进行设备的研发与应用工作，通过网络取代一、二次设备间和二次设备相互之间的大量电缆，简化变电站的建设与维护。第一阶段从 2007 年的宣家（外陈）变电站开始，以大侣变电站、芝堰（兰溪）变电站等数字化变电站为代表，充分验证了面向通用对象的变电站事件（generic object-oriented substation event, GOOSE）、采样值（sampled value, SV）等过程层数据传

输技术和组播注册协议（GARP multicast registration protocol, GMRP）、IEEE1588 等网络技术的可行性，充分认识了技术发展中可能存在的问题，为智能变电站的发展奠定了技术基础。

第二阶段可以称为推广应用阶段。从 2010 年芝堰（兰溪）变电站、午山变电站、金谷园变电站智能化改造开始，通过开展过程层应用、电子式互感器、一次设备在线监测、顺序控制、智能告警、一体化智能网关机等应用，变电站逐步往智能化方向发展。第二阶段，从过程层通信、控制保护设备、变电站建设等不同方面制定了一系列智能变电站技术标准，以过程层通信为例，国家电网公司制定了选用延时固定、相对可靠的点对点通信作为过程层通信的标准方案，中国南方电网有限责任公司制定了选用对时同步、组网的过程层通信方案作为标准方案，并对方案实现细节做出了详细的规范要求。在第二阶段智能变电站的建设逐步走向规范化和标准化。

第三阶段可以称为探索提高阶段。2013 年国家电网公司提出建设新一代智能变电站的目标，智能变电站进一步向集成化方向发展，并选定北京未来城等 6 个变电站作为第一批示范应用。通过应用隔离式断路器、集成电子式互感器，一次设备充分融合、数字化或者智能化，占用空间显著减少，可靠性大大提高，建设和维护工作量显著降低。二次设备功能融合，部分电压等级合并单元、智能终端一体化，保护、测控一体化，测控集成计量等多种功能，同时通过应用预制二次设备舱等技术方案，简化了二次设备布置和空间占用，变电站的建设调试周期显著缩短，充分体现了智能变电站的技术和经济优势，为未来进一步推广应用奠定了基础。

第二节 智能变电站的技术特点

一、智能化的一次设备

（一）智能化一次设备的特点

智能化一次设备是智能变电站建设的重要组成部分，具有区别于传统一次设备的显著特点。

1. 具有信息通信的接口

智能化的一次设备对外提供支持 IEC 61850 的数字化接口。通过数字化接口，对外提供设备的信息（如设备状态、告警信息等），或者获取外部系统的信息（如电压、电流采样值等），接受外部系统的控制命令等。

2. 具有自我监测诊断能力

智能化的一次设备通过自身集成的传感器时监测各种涉及自身安全运行的状态变量，对自我健康状况、风险做出评估。将这些信息提供系统运行人员参考，合理安排设备的运行状态，促进设备由定期检修向状态检修的转变。

3. 具有自我协调控制能力

智能化的一次设备根据系统实际工作环境与状况对操作过程或设备自身状态进行自适应调节，使得控制过程与设备状态最优，例如：智能开关集成顺序控制、联锁功能；能选相合闸，减少涌流；能选相分闸，从而提高开断能力等。

4. 对功能进行优化组合

如通过断路器、隔离开关、互感器的融合、集成,实现设备智能化,并进一步减少变电站占地空间。

一次设备的智能化可以通过一次设备直接集成相关智能功能实现,也可以通过在传统一次设备附近就地加装智能组件等智能电子设备(IED设备)来实现。

(二) 智能化一次设备的分类

1. 智能变压器

智能变压器通常集成以下一项或多项功能:① 油色谱在线监测功能,对变压器绝缘油中气体成分进行在线监测,及时发现变压器绝缘劣化风险;② 局部放电在线监测功能,通过高频信号的采集检测变压器中的放电现象和放电点并及时预警;③ 温度监测功能,对变压器油或绕组温度进行实时监测,防止过温运行并评估变压器的寿命;④ 非电量监视和保护功能;⑤ 数字化的有载调压控制功能;⑥ 变压器智能冷却控制功能等。

2. 智能开关

智能开关通过集成智能终端对外提供数字化接口,输出开关状态、报警等信息,接收跳、合闸等控制命令。智能开关通过集成相关传感器,提供开关机械特性,跳、合闸电流以及跳、合闸回路完整性等监测信息,及时检测开关操作系统的隐患,可有效预防开关分、合闸操作失灵等故障的发生。智能开关还可实现开关绝缘性能监测、开关触点寿命预测以及特定相位点合闸或者分闸的功能。

3. 电子式互感器

电子式互感器相比电磁式互感器,具有绝缘简单、体积小、质量轻、动态范围宽等优点,并能有效避免由于输出端开路或短路导致的人身伤害或设备损坏。电子式互感器对外提供数字接口,便于数据共享,精度不受后续负载的影响。电子式互感器根据原理分为有源式和无源式两种。有源电子式互感器是指高压部分的传感头需要进行供电的电子式互感器;无源电子式互感器是指高压部分的传感头不需要供电电源的电子式互感器。

有源电子式互感器通常利用电磁感应等原理产生被测信号。对于电流互感器采用罗氏线圈,对于电压互感器采用电阻、电容或者电感分压等方式进行传感。有源电子式互感器的高压传感部分含有需要电源供电的采样电路(即RTU,远端模块)。对于气体绝缘全封闭组合电器(GIS),电子式互感器远端模块安装在地电位上,所以直接可以采用直流电源进行供电。对于空气绝缘的变电站(AIS),电子式互感器远端模块安装在高压侧,一般用激光电池、电流线圈取电等供电方式工作。为了减少占地面积,电子式互感器通常会采用电压、电流组合式安装方式。

无源电子式互感器又称为光学互感器。无源电子式电流互感器利用法拉第磁光效应感应被测信号。无源电子式电压互感器利用伯克利电光效应感应被测信号。无源式前端传感头通过光纤将感应后的信号传至解调装置,由此获取量测值。由于无源电子式互感器在一次侧没有有源器件,所以一次侧维护工作量非常少,电磁兼容风险几乎可以完全消除。当互感器异常时,可以在一次侧不停电的情况下进行维护,具有巨大的优势。

常规互感器也可以通过加装合并单元来实现电气量的模数变换,并通过通信接口实现数字化传输,既能简化其他IED设备的电流、电压输入回路,还能大大降低互感器的负载,提高互感器的性能,并节省大量电缆。

4. 避雷器

通过监测避雷器总的泄漏电流和阻性泄漏电流，可以监测避雷器长期承受系统运行电压的阀片劣化或者绝缘劣化的程度和避雷器的动作次数，避免避雷器失效或爆炸。

二、网络化的二次设备

随着数字化技术的不断发展以及 IEC 61850 的不断推广,智能变电站逐渐形成网络化为主的控制保护系统架构。该架构通常称为三层两网，其中三层为站控层、间隔层、过程层；两网为站控层网络和过程层网络。

图 1-1 为综合自动化变电站和智能变电站在二次系统结构上的对比。对于站控层，综合自动化变电站和智能变电站在组网架构方面没有明显的差别，但采用的通信协议方面产生了较大的变化。综合自动化变电站通常采用各设备厂商自定义的网络版 IEC 60870-5-103 规约，由于链路层没有统一定义，应用层协议实现细节上的差异，部分设备不可避免需要增加网络协议转换设备，维护困难，性能受到影响。智能变电站站控层采用统一的标准 IEC 61850，结合 Q/GDW 396《IEC 61850 工程继电保护应用模型》规范，可以实现各个厂家设备的无缝互操作，系统更为简洁，功能更为完善。

从图 1-1 中可以看到传统变电站过程层和间隔层设备之间通过电缆直接进行连接；智能变电站则就地安装了合并单元和智能终端，智能终端完成了开关的数字化接口功能，合并单元完成了互感器的数字化接口功能。过程层设备和间隔层设备之间信号由原来的电缆模拟量传输方式改为光缆数字传输方式，并产生了过程层网络。就地化安装的合并单元和智能终端大大缩短了电缆传输的距离，方便了电缆的施工和维护。信号改为在光缆上数字化传输，可以实现回路的在线监测功能，具有更好的抗干扰性能，并节省了长距离电缆的投资。

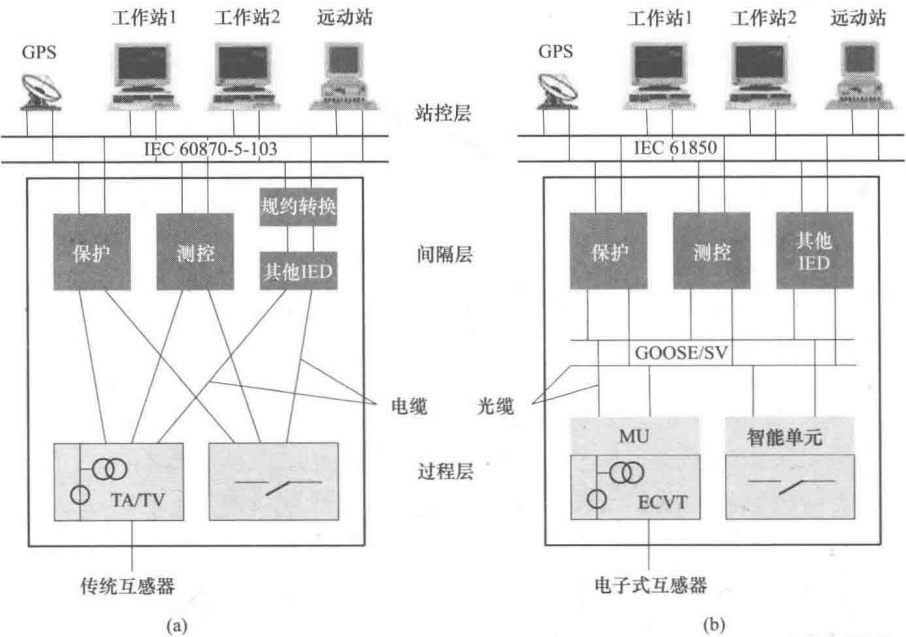


图 1-1 综合自动化变电站与智能变电站二次系统结构比较

(a) 综合自动化变电站结构图；(b) 智能变电站结构图

智能变电站的一大特点就是实现数据共享。过程层设备将电流、电压模拟量和开关量数字化后传输到网络上进行数据交互共享。根据应用可靠性的要求不同，智能变电站网络化的二次设备过程层会采用不同的组网模式。组网模式主要可以分为网络模式和点对点模式，网络模式具有比较好的数据共享特性，点对点模式具有更好的鲁棒性。

1. 基于同步时钟的组网应用模式

组网模式最大限度地利用了网络的共享特性，但整个变电站的数据同步依赖于变电站的时钟同步系统。时钟同步主要有 IEEE1588 网络同步对时和点对点光纤对时两种模式。在组网模式下，当对时系统异常时容易造成保护设备闭锁，如果合并单元对时异常处理不当，甚至会引起保护设备的误动，当交换机异常时会造成多个间隔的保护退出。总体上，组网模式比较适合 GOOSE 信号的传输，应用于采样数据的传输时实现难度较大，厂家之间互操作存在风险，目前国内应用得比较少，多应用于低电压等级的智能变电站中。

2. 基于点对点固定延迟的应用模式

基于同步信号的组网模式由于数据同步严重依赖对时系统和交换机，使保护可靠性有所降低，所以出现了点对点的应用模式，整体方案如图 1-2 所示。即：保护设备和过程层设备之间通过光缆直接连接（SV 采用直连方式，GOOSE 可以直连也可以组网），中间不经过交换机的环节，这样数据传输延时完全固定。保护装置需要同步不同间隔合并单元的采样数据时，可以根据延时推算出合并单元实际采样的时刻，然后采用插值算法得到所需要时刻的同步后采样值，完全不依赖于对时系统，大大提高了系统整体的可靠性。由于网络分析仪、故障录波器在变电站内往往配置较少，所以一台网络分析仪、故障录波器需要接入众多的合并单元和智能终端等设备，如果也采用点对点的方式，光口数量较多，往往无法满足要求。所以通常情况下，除点对点外，过程层还保留了组网，方便网络分析仪、故障录波器、测控装置等的接入。

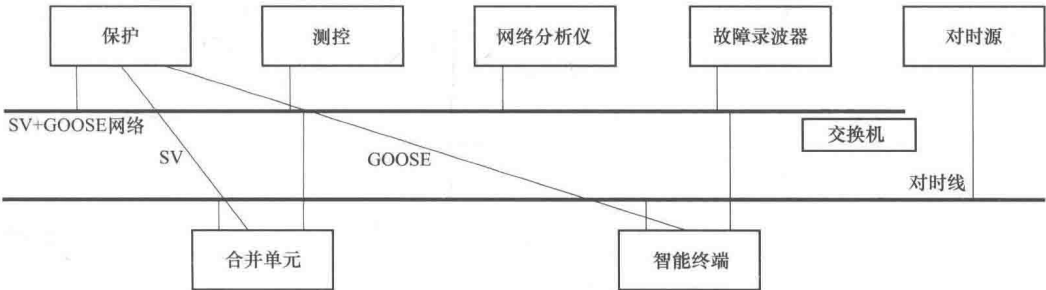


图 1-2 点对点+组网的方案

点对点的应用模式大大提高了系统的可靠性，但设备的光纤网络口数量大大增加，而光纤网络口是现场设备的主要发热源之一，对于户外就地安装的设备运行也是比较大的挑战。同时，光缆数量相对较多，增加了对光纤的管理和维护工作量。

三、智能化的运行管理系统

基于智能一次设备和网络数据共享，智能变电站可以实现很多高级应用功能。这些高级应用功能提高了变电站的运行管理水平。

1. 一体化信息平台

在高级应用系统中,高级应用服务器和人机接口(HMI)采用统一的软件平台来实现,基于此平台来建立全站内全景数据的一体化信息平台。

2. 设备状态可视化

状态可视化是指基于自检测信息和经过信息互动后获得的设备状态信息。这里的可视化并非对运行人员而言,而是对上级系统而言,如调度主站、在线监测主站等。

3. 智能告警

智能告警功能通过建立变电站故障信息的逻辑和推理模型,实现对故障告警信息的分类和过滤。对变电站的运行状态进行实时分析和推理,自动报告变电站异常情况,为主站提供分层分类的故障告警信息。

4. 源端维护

变电站作为调度主站数据采集的源端,提供各种可自描述的配置参量,维护时仅需在变电站利用统一配置工具进行配置,生产标准化的配置文件。调度主站可以动态获取这些配置文件,自动导入到自身的系统数据库中,并自行更新运行监控画面,从源头实现标准化,便于后面各种系统使用,大幅提高了工作效率,避免了重复性工作。

5. 顺序控制

顺序控制操作模式的引入,有效解决了人工操作效率低下与高风险的矛盾。顺序控制是一种可以按照单个任务操作指令,根据预先规定的操作逻辑和防误闭锁规则,完成一系列电气单元连续自动控制的操作模式。顺序控制能够有效地减少操作时间和停电时间,并有效地降低误操作的概率,从而降低电网事故率,避免大面积停电。

第三节 智能变电站技术展望

一、组网技术将进一步发展

随着 IEC 61850 Ed.2 版本的发布,IEC 61850 实施的进一步规范化,基于 IEC 61850 的智能变电站的集成和维护过程将变得越来越简单高效。在 IEC 61850 Ed.2 中推荐网络冗余的方案为:高可靠性无缝环网(HSR)技术和并行冗余网络(PRP)技术。这些技术将使网络的冗余处理更标准化,网络可靠性也将得到保证。

国内提出的集成报文延时标签的交换机技术,由交换机将报文进入交换机和出交换机的延时测量出来并标记到网络报文中,保护装置将报文接收时间减去该延时和合并单元延时就可以得到合并单元采样的时间,然后应用与点对点同样的插值算法就可以得到同步后的采样值。该技术具有点对点模式不依赖于同步时钟的优点,又具有组网模式数据共享的特点,是有良好应用前景的一种组网模式。

二、可视化设计技术

通过可视化的设计技术,使工程设计人员不再直接面对其不熟悉的装置 ICD 文件和变电站 SCD 文件开展工作,而是提供一整套变电站的设计工具。设计人员采用其熟悉的方法在图纸上进行一次设备和二次设备的布置、连线,工具将自动形成描述一次设备配置的系统规格描述(system specification description, SSD)文件、全站设备配置的 SCD 文

件及相关信号连线与关联关系。

可视化设计方法可以消除设计工作与配置工作中的重复部分,提高智能变电站工程实施的效率,同时降低智能变电站维护的难度,是智能变电站设计技术的发展方向。

三、模块化与可装配式变电站

智能变电站的发展大大促进了一次设备的智能化水平,拥有自身数字化接口的智能变压器、智能开关等一次设备得到应用。一、二次设备的界限变得模糊,二次设备的一些技术在一次设备中得到大量体现,一次设备的在线检测技术与本体保护在一次设备侧得到更好的集成。一次设备的智能化,使变电站中二次设备的数量大大减少,简化了运维管理的同时提高了系统的整体可靠性。目前变电站的过程层设备,如智能终端,将进一步集成到一次设备中。由于一次设备直接提供网络数据接口,现场设备间的组装连接将变得非常简单。

一次设备智能化程度的提高与二次设备的简化,有助于实现设备、系统的模块化设计,为可组装式智能变电站的发展提供了可能。

四、海量信息与高度集成的自动化系统

通信技术与通信标准的进一步结合,为智能变电站提供了前所未有的海量信息,这些信息能够得到很好的集成并实现共享,为智能变电站的更多智能应用提供了信息基础。统一的应用平台与模型建设,可实现电网的源、远端的图模一体化设计和维护。结合自动发布等技术,会大大降低智能站和调度监控系统的设计、实施工作量。

智能变电站的通信带宽进一步提高,千兆网络得到广泛的应用。借助物联网通信,变电站的各种信息以更方便的方式集成到自动化系统中,包括监控影像、智能机器人自动控制信息链等,为变电站的无人值班提供了所有的技术手段。无人值班的超高压变电站将更安全、可靠。

变电站的各种海量信息的存储由传统硬盘过渡到“电力云”的云端存储。通过云端充足的实时信息和历史信息,设备的状态检修变得可能。事故的分析、故障的定位甚至故障后的恢复,将变得更为准确和可靠。

五、分布式变电站与变电站集群

高度智能化的变电站,结合变电站间通信协议标准,以及海量信息的云端存储,为分布式局域性智能变电站与智能变电站的集群提供了技术支撑,可形成分布式微电网、互动型局域性电网;结合实时大数据的智能分析系统,这种分布式、集群式的智能变电站通过协作,具有局域性故障可自愈等功能,且为风、光等分布式能源接入电网提供了方便。在这种分布式智能变电站,接入的风、光等分布式能源,可根据其特点进行能量的自动调配、负荷的自动均衡,在保障电网运行可靠、电力供应正常的基础上,最大限度地实现一种绿色环保的能源供应方式。

六、电网层面的在线监测与评估

现代通信标准体系以及网络技术,为变电站及电力系统的运行、设计、评估提供了丰富的信息资源。通过对故障原因、故障影响范围及经济影响等方面大量数据的统计分析,结合各种变电站配置方案(如星形、环形、双星形等各种网络)实际可靠性的信息统计,

可以为智能变电站的设计方案，进行经济性、可靠性的进一步评估，为电网用户提供更多设计选择的信息。

通过更大规模的故障信息统计分析，可以实现系统层面的在线评估。如根据大量统计的某厂家产品的平均运行无故障时间，结合目前运行设备的无故障运行时间，以及运行环境温湿度等统计信息，构建电力系统评估模型，实现对运行系统的可靠性、可用性、安全性的分析与评估，可实现变电站运行风险预警、检修智能提醒等功能。

七、智能化诊断与一键式检修的管理

智能变电站技术为变电站的运行、维护、检修提供了进一步的创新发展空间。结合云端大数据统计结果、智能神经网络分析方法、变电站运行现状，可实现智能化的故障分析诊断。通过“类人”的思维模式，根据统计结果与实际运行信息，进行分析推理，实现设备故障、网络故障的提前预警、自动诊断与故障排除。模块化、可组装式变电站的出现，简化了整个变电站的检修逻辑，为程序化检修提供了一种可能。在变电站设计阶段，编制出一些常规检修方案与实施办法，并将该方法以检修操作票的方式进行程序式地固化，结合顺序控制功能以及在线分析通信报文，可通过一个远端命令的方式，使智能变电站的一键式进入检修状态。一键式检修使操作更加简单，系统的运维管理更加智能。

未来变电站的一次设备可靠性、智能化水平将大大提高，一、二次设备技术将充分融合，模块化、装配式的变电站将会出现，结合高级应用的发展，变电站的建设、运行、维护变得越来越简单。相应地，与电网的互动能力将显著增强，从而提升电网可靠性，实现电网的自愈。



第二章 新建智能变电站工程设计

本章介绍了智能变电站近期及远期两种不同的建设模式，重点阐述了智能变电站的设计方法以及二次设备就地化布置在变电站中的应用，同时简要介绍了无人值班智能变电站辅助控制系统设计。

第一节 智能变电站建设方案

一、概述

自 20 世纪 90 年代以来，国内 220kV 及以上的变电站自动化系统得到了广泛的应用，其一般模式是：一次设备与二次设备系统之间采用电气线缆连接，二次设备之间采用电气硬接线和计算机网络通信相结合的方式，在一定程度上实现不同设备之间的信息共享。20 世纪初，随着基于 IEC 61850 的数字化技术的发展，数字化变电站的研究和建设取得了长足的发展，IEC 61850 互操作得到了初步验证，电子式互感器等一次设备得到了初步的应用，为后续智能变电站技术打下了良好的基础。2006 年后，智能电网的建设对变电站提出了新的要求，越来越多的智能型数字化、集成化、节能、环保的电子设备应用于变电站，使得变电站在信息化方面取得了长足的进步，尤其是智能化的一次设备、网络化的二次设备的应用切实提高了变电站的智能化水平。

随着网络技术的进步及智能化一次设备制造水平的提高，智能变电站的建设模式也在不断发展。目前普遍认为智能变电站应从智能电网业务需求出发，统筹考虑技术、经济、管理问题，实现对三态数据（稳态数据、暂态数据、动态数据）的统一采集和处理，提高智能电网对全景信息的感知能力，提高高级应用的精度和鲁棒性满足，实现全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化，实现无人值班和集中监控技术要求。智能变电站一般具备以下基本特征：① 通信规约及信息模型符合 DL/T 860《变电站通信网络和系统》系列标准；② 信息一体化平台；③ 支持智能告警等众多高级功能；④ 智能一次设备；⑤ 能够实现设备的状态监测。为更好地实现与支持智能变电站高级功能，智能变电站在结构上更加侧重于物理集成与逻辑集成。物理集成真正体现了面向对象、功能自治的思想，减少了设备数量，降低了投资；提高了间隔功能的可靠性，降低运行和维护费用。电力系统是一个互联的系统，仅依靠单间隔、局部信息是难以在电网系统层面优化保护与控制功能的，为此，智能变电站同时强调逻辑集成，以构成面向系统的应用，实现就地、区域和全局功能的协调，支持具有在线决策、协同互动特征的各种高级应用。

但在智能变电站建设初期，对于什么是智能变电站并没有真正意义上的定义，智能

变电站的建设者们往往对智能变电站有着自己的理解，甚至仅在站控层和间隔层应用 IEC 61850（可简称为站控层 IEC 61850 模式），在一次设备上试点应用电子式互感器的变电站也被称为智能变电站。随着技术的进一步发展，过程层 GOOSE 技术开始应用，随后变电站整个体系均采用 IEC 61850 中规定的结构。下面介绍现阶段智能变电站建设方案并展望远期智能变电建设方案。

二、建设方案

（一）现阶段智能变电站建设方案

与常规变电站相比，智能变电站通过设备或系统的物理集成，为逻辑功能集成提供了载体，能够更好地支持高级应用的实现。围绕高级功能应用的需求，结合不断发展的变电站设备、新技术，智能变电站解决了大量常规变电站现有的设备、设计、施工、运维、管理问题，给出了更为优化的工程解决方案，更符合易扩展、易升级、易改造、易维护等工业化应用要求。下面主要从八个方面简单讲述智能变电站的建设方案。

（1）智能变电站布置。智能变电站的总布置一般遵循资源节约、环境友好的技术原则，结合新设备、新技术的使用条件，实现全站场地和建筑物布置优化。常规变电站为了减少电缆、提高抗干扰能力，往往在配电装置现场设置多个继电器小室；而在智能变电站中智能设备（智能终端、电子式互感器）的使用使二次控制保护与现场的电缆大量的减少，可根据变电站的配电装置型式、规模等因素尽量减少继电器小室的数量或者直接将二次设备就地化布置，从而可以优化变电站的布置以节省土地等不可再生资源。

（2）建筑结构。结合集成化新设备新技术的应用，智能变电站通过优化设备布置和建筑结构，实现占地面积和建筑面积的减少。少量光缆替代大量电缆，连接介质减少，可缩小智能变电站内电缆沟截面，减少敷设材料，实现电缆沟的优化。

（3）智能一次高压设备。高压设备智能化是智能变电站的重要特征，也是智能变电站区别于常规变电站的主要标志之一。智能高压设备将与高压设备相关的测量、监测、控制、计量和保护等功能就地化，实现高压设备的测量数字化、控制网络化、状态可视化和功能一体化，从而完成高压设备运行状态、控制状态、负载能力状态的自评估和自描述。目前阶段，采用智能终端和一次设备组成智能一次设备，实现保护、测控、计量、设备状态监测功能，智能一次设备通过在一次设备外加智能组件，实现一次设备的保护、测控和状态监测等功能，保留常规电气一次设备本体结构或机电控制回路，仅间隔内保留部分电缆接线，达到一次设备的智能化目的，其方案如图 2-1 所示。

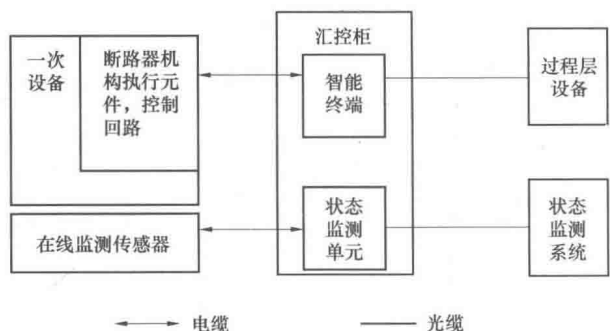


图 2-1 一次设备智能化方案（常规开关设备+智能终端）