

智能变电站

工程管理与安装调试

重庆市送变电工程有限公司 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

智能变电站 工程管理与安装调试

重庆市送变电工程有限公司 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

智能变电站是坚强智能电网建设的组成部分,是实现能源转换和控制的重要平台之一,作为衔接智能电网发电、输电、变电、配电、用电和调度六大环节的核心,智能变电站的建设得到了更多的关注与重视。

当前,正处于智能变电站技术从发展期到成熟期的转变过程,为在技术和功能上更好地满足智能电网的要求,本书首先阐述了智能变电站的相关技术,然后从实际应用的角度出发,以工程实例为基础,从设计、安装、调试到运行的不同阶段,详细说明其中的关键控制技术,以促进现场施工技术水平的提高。

本书能够直接指导现场作业,满足智能变电站安装、调试及管理人员的施工要求,也可以作为相关人员的培训教材和大专院校专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站工程管理与安装调试/重庆市送变电工程有限公司编著. —北京:中国电力出版社,2016.8

ISBN 978-7-5123-9073-7

I. ①智… II. ①重… III. ①智能系统—变电所—工程管理
②智能系统—变电所—设备安装 IV. ①TM63—39

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第048868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

*

2016年8月第一版 2016年8月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 12.25印张 273千字
印数0001—2000册 定价 45.00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



《智能变电站工程管理与安装调试》

编 委 会

主 任 胡 忠 陈伟文

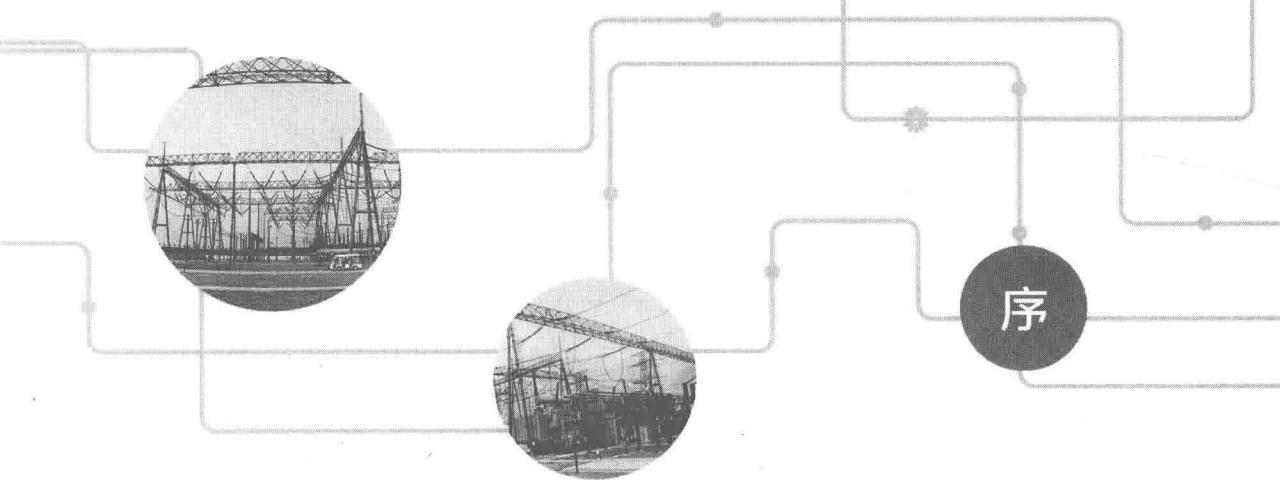
副 主 任 张 俊 周泽宏 杨雪松 唐 政

委 员 王 勇 王 淦 叶开颜 易冯新

编写人员 王 泉 刘 伟 郭远波 彭 涛

廖智伟 王 伟 林 江 卢连晋

简安刚



序

当今时代，科技创新是一个企业、一个行业，甚至是一个国家持续发展的动力。在“十三五”开局之际，创新发展是我们一起坚持的方向。在智能变电站的建设中，我们致力于推动新技术、新工艺的应用，持续将各项科技成果应用于施工现场，不但提高了工程质量，降低了施工成本，而且有力推动了企业转型升级，培养并增强了核心竞争力。

作为国家电网的建设者，我们始终以积极的心态，饱满的热情，在参与市场竞争的同时，始终以高标准进行自我审视，力求通过技术革新占领产业制高点，形成长期竞争优势。未来的智能电网需要更加坚强的智能变电站。我国智能变电站技术领先于世界，如何更加有效地把技术与工程建设相结合，是当前我们正在认真研究的课题。在智能变电站施工时，从全站设计、设备研制、安装检测、调试验收等环节充分考虑变电站运行维护的安全与可靠，并积极开展施工技术总结及后续相关研究，促使智能变电站维护管理更加便利、高效，这不仅可以降低变电站全寿命周期成本，同时也能够进一步提升变电站运行的安全性和可靠性。

当然，我们也注重并推动新技术带来的管理模式的转变。在当前智能电网迅速发展的同时，结合新一代智能变电站建设的实际情况，我们深化与整个产业链企业的合作，带动相关装备、技术的提升，实现技术进步，为发展成为一流企业打下坚实的基础。在这个过程中，公司正建立并完善规范有序、公正合理、和谐稳定的发展模式，为员工发展提供机遇和舞台，充分调动员工的积极性、主动性和创造性，赢得员工对企业的忠诚。公司正大力倡导勇于变革、敢于打破常规的创新精神，全面推进智能变电站的理论创新、技术创新、管理创新和实践创新。

是为序。

重庆市送变电工程有限公司

2015. 11



前言

随着国家电网公司建设“统一坚强的智能电网”的力度不断加强，作为智能电网的重要组成部分和关键节点，智能变电站的建设受到了极大的关注。智能变电站是坚强电网的重要节点，是连接发电、输电和配电等环节的纽带，具有至关重要的作用。智能变电站涵盖了大量的电力系统一次及二次设备，是形成电力系统坚强网架的基础。

智能变电站是以数字化变电站为依托，通过采用先进的传感器、信息、通信技术，建立全站所有数据信息采集、传输、分析与处理，实现变电站的自动运行控制、设备状态检修、智能分析决策等应用功能，提高管理和运行维护水平。

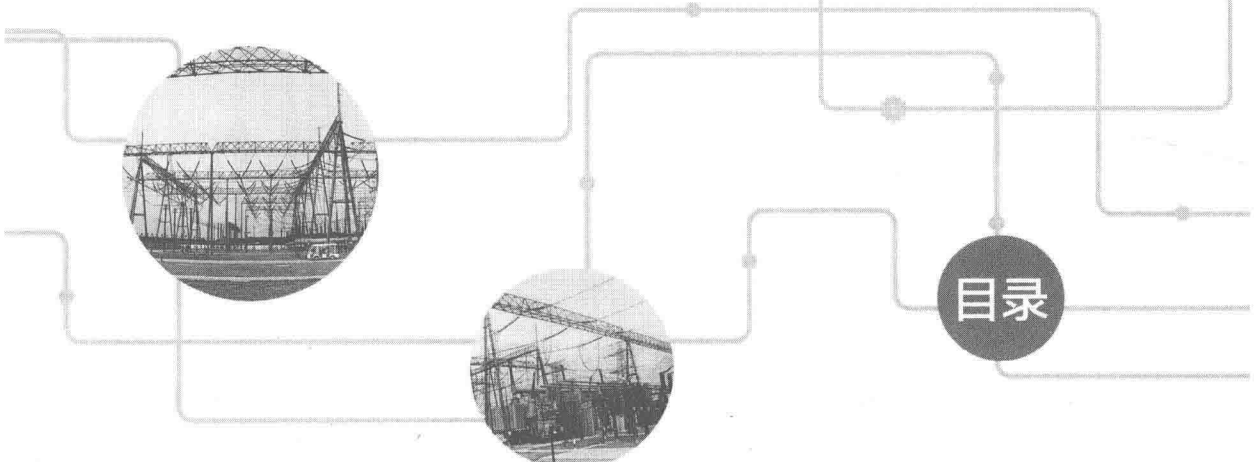
当前，智能变电站的发展正持续进步，要实现智能变电站的建设，全面提升变电站智能化水平、完善智能设备的自诊断能力，就需要对其关键技术进行深入的研究。智能变电站在工程建设上要采用过程管理的理念，推动变电站的标准化建设，减少工程施工量和施工周期，深入探索现场的精心管理、科学施工。

本书正是在这样的指导思想下，将智能变电站安装与调试过程中的关键技术集结成册，以满足现场工程技术人员的需要。同时，对智能变电站的设备制造提出必要的建议，以促进相关行业的可持续发展，实现创建世界一流电网、国际一流企业的目标，最大限度地创造经济、社会、环境的综合价值。

由于水平有限，加之时间仓促，疏漏之处在所难免，敬请读者提出意见和建议，以便进一步修订，使之更趋完善。

编者

2015年11月



目录

序 前言

第一章 智能变电站概述	1
第一节 坚强智能电网计划	1
第二节 智能变电站的构成	2
第三节 智能变电站的技术特征与技术基础	4
第四节 发展中的智能变电站技术	9
第五节 变电站设备巡检机器人系统	14
第六节 智能变电站无线测温应用	17
第七节 重庆 220kV 大石变电站示范工程方案	21
第二章 智能变电站工程管理	27
第一节 智能变电站设计原则	27
第二节 智能变电站项目建设	32
第三节 智能变电站施工方案简介	41
第四节 新一代智能变电站技术简介	53
第三章 智能变电站安装技术	59
第一节 预制仓安装技术	59
第二节 UPS 设备的安装	62
第三节 盘柜及二次接线施工	65
第四节 无功补偿施工方法	71
第五节 主变压器安装技术	75
第六节 GIS 安装技术	84
第七节 抗干扰技术	91
第四章 智能变电站调试技术	95
第一节 继电保护及相关设备配置原则	95
第二节 智能变电站调试流程与工具	117

第三节 继电保护调试方案	123
第五章 智能变电站维护技术	135
第一节 概述	135
第二节 智能变电站设备管理	140
第三节 智能变电站设备维护技术	147
第六章 变电站改造工程实践	160
第一节 常规变电站改造成智能变电站	160
第二节 智能变电站改造技术	164
第三节 智能变电站改造后的调试	172
第四节 智能变电站的验收	177
附录 有关名词解释	183
参考文献	186



第一章

智能变电站概述

第一节 坚强智能电网计划

坚强智能电网能够友好兼容各类电源和用户接入与退出，最大限度地提高电网的资源优化配置能力，提升电网的服务能力，保证安全、可靠、清洁、高效、经济的电力供应；推动电力行业及其他产业的技术升级，满足我国经济社会全面、协调、可持续发展要求。其发展的总体目标是：以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强电网为基础，利用先进的通信、信息和控制等技术，构建以信息化、数字化、自动化、互动化为特征的自主创新、国际领先的坚强智能电网。

一、智能电网的特征与内涵

1. 基本特征

坚强智能电网的基本特征是技术上体现信息化、数字化、自动化、互动化，管理上体现集团化、集约化、精益化、标准化。

信息化、数字化、自动化、互动化是坚强智能电网的基本技术特征。信息化是坚强智能电网的基本途径，体现为对实时和非实时信息的高度集成和挖掘利用能力；数字化是坚强智能电网的实现基础，以数字化形式清晰表述电网对象、结构、特性及状态，实现各类信息的精确高效采集与传输；自动化是坚强智能电网发展水平的直观体现，依靠高效的信息采集传输和集成应用，实现电网自动运行控制与管理水平提升；互动化是坚强智能电网的内在要求，通过信息的实时沟通及分析，实现电力系统各个环节的良性互动与高效协调，提升用户体验，促进电能的安全、高效、环保应用。

2. 基本内涵

坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动是坚强智能电网的基本内涵。坚强可靠是指拥有坚强的网架和强大的电力输送能力，可提供安全可靠的电力供应，是中国坚强智能电网发展的物质基础；经济高效是指提高电网运行和输送效率，降低运营成本，促进能源资源的高效利用，是对中国坚强智能电网发展的基本要求；清洁环保是指促进可再生能源发展与利用，减少化石能源消耗，提高清洁电能 in 终端能源消费中的比重，降低能耗并减少排放，是经济社会对中国坚强智能电网的基本诉求；透明开放是指为电力市场化建设提供透明、开放的实施平台，提供高品质的附加增值服务，是中国坚强智能电网的发展理念；友好互动是指灵活调整电网运行方式，友好兼容各类电源和



用户接入与退出，激励电源和用户主动参与电网调节，是中国坚强智能电网的主要运行特征。

二、智能电网基本构架

坚强智能电网由四大体系构成，分别是电网基础体系、技术支撑体系、智能应用体系、标准规范体系，如图 1-1 所示。电网基础体系是电网系统的物质载体，是实现“坚强”的重要基础；技术支撑体系是指先进的通信、信息、控制等应用技术，是实现“智能”的基础；智能应用体系是保障电网安全、经济、高效运行，最大效率利用能源和社会资源，提供用户增值服务的具体体现；标准规范体系是指技术、管理方面的标准、规范，以及试验、认证、评估体系，是建设坚强智能电网的制度保障。

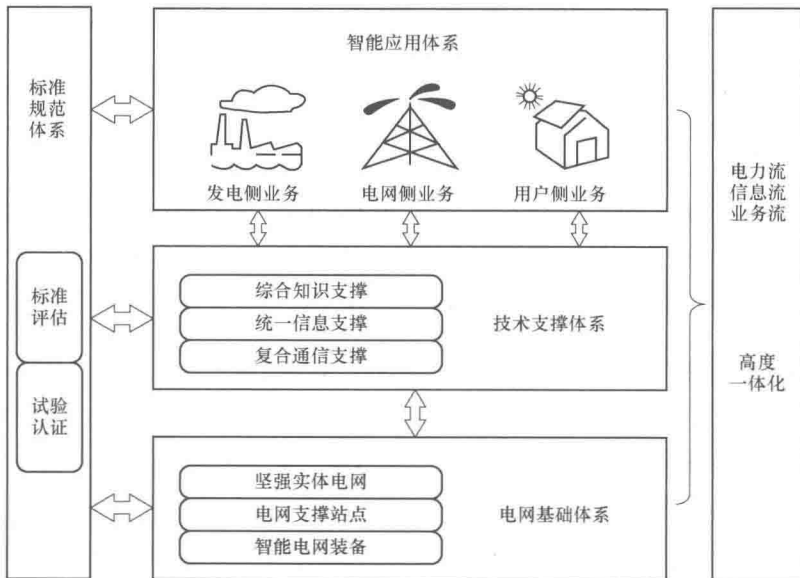


图 1-1 智能电网基本构架图

第二节 智能变电站的构成

作为智能电网的重要组成部分，智能变电站在其中也占据一个重要的地位，它是把电力送到各家各户的的必要设备。智能变电站是采用先进、可靠、集成和环保的智能设备，以全站信息数字化、通信平台网络化、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、计量和检测等基本功能，同时，具备支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策和协同互动等高级功能的变电站。

智能变电站主要包括智能高压设备和变电站统一信息平台两部分。智能高压设备主要包括智能变压器、智能高压开关设备、电子式互感器等。智能变压器与控制系统依靠通信光纤相连，可及时掌握变压器状态参数和运行数据。当运行方式发生改变时，设备根据系统的电压、功率情况，决定是否调节分接头；当设备出现问题时，会发出预警并提供状态参数等，在一定程度上降低运行管理成本，减少隐患，提高变压器运行可靠性。



智能高压开关设备是具有较高性能的开关设备和控制设备，配有电子设备、传感器和执行器，具有监测和诊断功能。电子式互感器是指纯光纤互感器、磁光玻璃互感器等，可有效克服传统电磁式互感器的缺点。变电站统一信息平台的功能是：①系统横向信息共享，主要表现为管理系统中各种上层应用对信息获得的统一化；②系统纵向信息的标准化，主要表现为各层对其上层应用支撑的透明化。

智能变电站包括过程层（设备层）、间隔层、站控层。过程层（设备层）包含一次设备以及智能组件构成的智能设备、合并单元和智能终端，完成变电站电能分配、变换、传输及其测量、控制、保护、计量、状态监测等相关功能。间隔层设备一般指继电保护装置、测控装置等二次设备，实现使用一个间隔的数据并且作用于该间隔一次设备的功能，即与各种远方输入/输出、智能传感器和控制器通信。站控层包含自动化系统、站域控制、通信系统、对时系统等子系统，实现面向全站或一个以上一次设备的测量和控制的功能，完成数据采集和监视控制（SCADA）、操作闭锁以及同步相量采集、电能量采集、保护信息管理等相关功能。

2012年，国家电网公司开启了新一代智能变电站的建设序幕。采用隔离式断路器等新型一次设备，优化主接线设计和总平面布局，节省占地面积；采用智能电力变压器等一次设备，近期集成了状态检测传感器和智能组件，远期可进一步集成电子互感器，一次设备的智能化水平大幅提升。

由于采用稳定可靠的电子互感器技术，解决了电子互感器的长期运行可靠性不足以及抗干扰能力较差等问题，提高电子互感器的应用成熟度，实现电压、电流采样的源端数字化，提升智能变电站数字化水平，保障电网可靠运行。

另外，在设计中，大量采用合并单元智能终端一体化装置、整合型测控装置，简化了二次电缆布线，全站集成化水平大幅提升。层次化保护控制系统应用取得突破，实现站域后备保护和站域智能控制策略，突破了间隔化保护控制的局限性，拓展了变电站的智能化应用。

在监控中，构建了一体化监控系统，深化信息综合分析、智能告警、一键式顺序控制等高级应用功能，解决系统功能分散、集成度低、维护工作量大等问题，提升变电站监控系统的集成化和智能化水平。

在数据通信中，采用数据通信网关机，提供面向主站的实时数据服务和远程数据浏览，满足主厂站信息交互的“告警直传、远程浏览、数据优化、认证安全”的新要求，支撑调控一体化的业务需求。由于大量采用基于虚拟装置、数字化工具的一体化监控集成调试环境，大大简化调试工作量，缩短变电站建设调试周期。

在运行中，采用全站运行状态监测和远程可视化技术，通过数字化工具简化变电站日常运行和维护工作量，提高智能变电站运行维护的便利性。

总体上，新一代智能变电站采用集成化智能设备和一体化业务系统，采用一体化设计、一体化供货、一体化调试模式，实现“占地少、造价省、可靠性高”的目标，打造“系统高度集成、结构布局合理、装备先进适用、经济节能环保、支撑调控一体”新一代智能变电站。



第三节 智能变电站的技术特征与技术基础

一、智能变电站的技术特征

从技术发展的路线来看,智能变电站的技术建设和建设是分阶段完成的。在2010年,作为技术探索与发展阶段,主要以数字化变电站技术体系为基础,探索建设符合智能电网要求的智能变电站;在2010~2012年,随着技术的进步,逐步完善和建设具有智能预警监控功能的智能变电站。2013年以后,新一代智能变电站开始从理论研究进入到实质建设阶段,并从中总结相关的技术能力与水平。

因此,智能变电站是从数字化变电站技术体系中继承而来,数字化变电站技术体系构成了智能变电站的技术基础,在数字化变电站的技术构架,再融入在线监测、全寿命周期综合优化管理、协同互动等高级应用技术,最终形成符合智能电网要求的智能变电站。

智能电网赋予了数字化变电站新的内涵。作为智能电网的一个重要节点,智能变电站是指以变电站一次、二次设备为数字化对象,以高速网络通信平台为基础,通过对数字化信息进行标准化,实现站内外信息共享和互操作,并以网络数据为基础,实现测量监视、控制保护、信息管理等自动化功能的变电站。智能变电站具有“一次设备智能化、全站信息数字化、信息共享标准化、高级应用互动化”等重要特征。

一次设备智能化。随着基于光学或电子学原理的电流互感器和智能断路器的使用,常规模拟信号和控制电缆将逐步被数字信号和光纤代替,测控、保护装置的输入输出均为数字通信信号,变电站现场的采样数据、开关状态信息能在全站甚至广域范围内共享,实现一次设备智能化。

全站信息数字化。实现一次、二次设备的灵活控制,且具备双向通信功能,能够通过信息网进行管理,满足全站信息采集、传输、处理、输出过程完全数字化。

信息共享标准化。基于IEC 61850统一标准化信息模型,实现站内外信息共享。数字化变电站将统一和简化变电站的数据源,形成统一的基础信息,通过统一标准、统一建模来实现变电站内外的信息交互和信息共享,可以将传统变电站内多套孤立系统集成成为基于信息共享基础上的业务应用。

高级应用互动化。实现各种站内/外高级应用系统相关对象间的互动,全面满足智能电网运行、控制要求。

二、智能变电站相关技术基础

(一) 智能变电站的技术结构

1. IEC 61850

智能变电站信息共享的基础首先在于信息的规范化与标准化,进而实现互操作。IEC 61850作为变电站通信网络与系统的国际标准和电力系统无缝通信体系(变电站内、变电站与控制中心之间)的基础,是变电站信息建模与信息交互的必然选择。

IEC 61850与以往的通信规约相比,有着本质的不同。以往规约主要用于传输电力

系统实时数据和一些定值及配置信息，完全基于点表方式，缺乏对变电站系统模型和功能模型的描述，也没有将系统应用与通信技术进行分层处理，同时还缺乏一致性测试，因此变电站自动化系统的应用受到通信技术的限制，传输的信息量偏少，且互操作性差，扩展性差。

IEC 61850 具有 3 项基本目标：①真正意义上的互操作；②功能自由分布；③良好的扩展性及适应性。为实现上述目标，与以往的变电站通信标准相比，IEC 61850 体现出如下技术特征：①功能分层的变电站；②面向对象的信息模型；③面向对象的数据自描述；④变电站配置语言。

2. 功能分层的智能变电站

IEC 61850 按照变电站内监控和继电保护两大功能，从逻辑和功能上将未来变电站内智能设备分为三层：站控层、间隔层和过程层。图 1-2 所示为智能变电站分层结构，这是 IEC 61850 标准系列的基础。

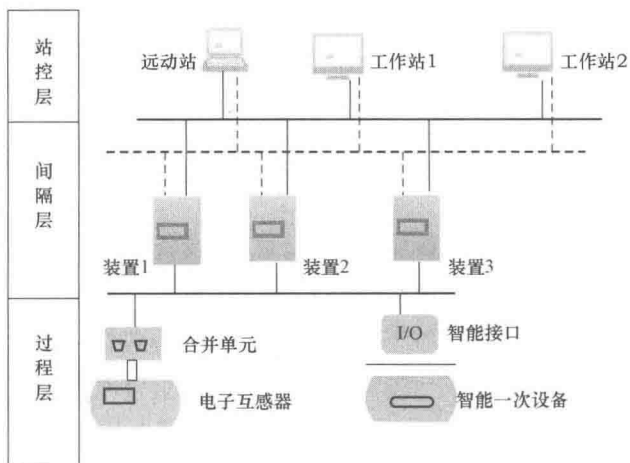


图 1-2 智能变电站分层结构图

过程层的典型设备有智能传感器和智能一次设备，主要完成开关量和模拟量的采集以及控制命令的发送等与一次设备相关的功能。过程层概念的提出，是 IEC 61850 对过去变电站通信协议体系的重大突破之一。按照 IEC 61850 的观点，变电站各个层次之间的联系都将建立在数字通信的基础上，过程层与间隔层之间基于交换式以太网的数字通信方式在标准中称为过程总线（process bus）通信，间隔层与变电站层之间串行通信方式称为站级总线（station bus）通信。

3. 系统结构分层

设备智能化和高级功能是智能变电站的两个重要特征。与基于 IEC 61850 的三层结构划分（过程层、间隔层、站控层）不同，智能变电站基于设备智能化的发展和高级功能的实现，可分为设备层和系统层（见图 1-3），其划分依据是智能变电站的功能特征。

从当前的技术发展趋势来看，智能化的设备将过程层、间隔层、一次设备本体三者有机融合为一体，因此，在智能变电站中引入设备层的概念，更能体现变电站智能化技

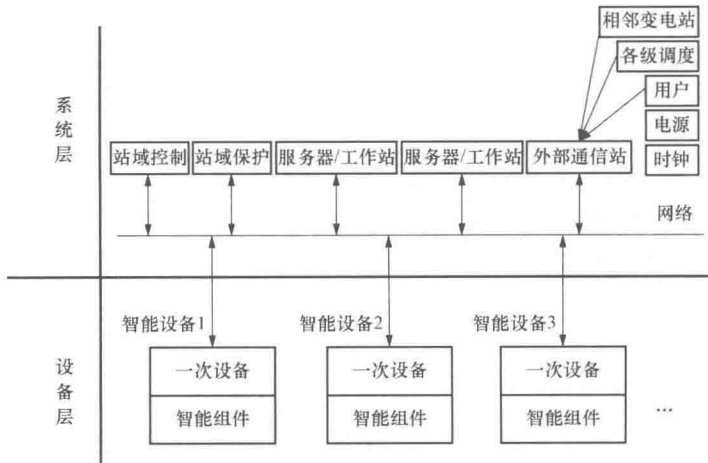


图 1-3 智能变电站系统结构分层图

术的发展方向，更能引领和指导设备智能化的发展趋势。

基于目前的认知，设备层可看作对应于过程层和间隔层，实现过程层和间隔层的功能，系统层可看作对应于站控层，实现站控层的功能。但随着智能变电站技术的发展，其对应关系将越来越模糊，融合性更强。

从功能来看，智能变电站的设备层将一次、二次设备进行有机融合，展现未来变电站设备智能化的发展方向。系统层突出信息共享、设备状态可视化、智能告警、分析决策等高级功能，遵循功能应用面向整个变电站或者多个元件对象的原则，强调各独立系统的集成。这样的分层模式，能够有效实现系统层的计算机根据变电站的实际规模灵活配置，其可实现的功能也根据实际情况灵活配置。

(二) 智能变电站各层的基本作用与功能

1. 设备层基本作用

设备层完成变电站电能分配、变换、传输及其测量、控制、保护、计量、检测等相关功能。智能组件是设备中根据需要灵活配置的物理设备，可包含测量单元、控制单元、保护单元、计量单元、检测单元中的一个或几个。测控装置、保护装置、状态检测组件等均可作为独立的智能组件。智能组件安装方式是外置或者内嵌，也可以两种形式共存。

智能设备可采用的模式有：①独立运行的一次设备加上外置的智能组件；②一次设备加上内嵌的包含状态检测单元的智能组件，再加上外置的一个或多个智能组件；③一次设备加上内嵌的智能组件。智能设备操作宜支持顺序控制。

2. 系统层基本作用

系统层面面向全站或一个以上一次设备，通过智能组件获取并综合处理变电站中关联智能设备的相关信息，按照变电站和电网安全稳定运行要求，控制设备层协同完成多个应用功能。系统层完成数据采集和监视控制（SCADA）、操作闭锁、同步相量采集与集中、电能量采集、备用电源自动投入、低压/低频解列、故障录波、保护信息管理等相关功能。

系统层功能应高度集成一体化，并根据变电站电压等级和复杂程度，可集成在一台

计算机或嵌入式装置运行，也可分布在多台计算机或嵌入式装置运行。智能变电站数据来源应统一、标准化，实现网络共享。智能设备之间应实现进一步的互联互通，支持采用系统级的运行控制策略。智能变电站自动化系统采用的网络架构应合理，可采用环形、星形或混合型网络。

3. 设备层功能要求

一次设备应具备高可靠性，其外绝缘宜采用复合材料，与当地环境相适应。在进行信号转变、数据采集时，宜将压力、油位等直接反映设备运行状况的模拟量数字化，满足各种应用对数据采集精度、频率的要求，并以网络方式送出。对于信号的采集，宜采用电子式互感器，并应尽可能考虑互感器与一次设备集成。

智能组件的基本功能要求包括：采集与控制系统宜就地设置，与一次设备一体化设计安装时应适应现场电磁、温度、湿度、沙尘、振动等恶劣运行环境。应具备异常时钟信息的识别防误功能，同时具备一定的守时功能。应具备参量自检测、就地综合评估、实时状态预报、自诊断、自恢复功能，设备故障自动定位，相关信息能以网络方式输出。宜有标准化的物理接口及结构，具备即插即用功能。宜将测量、控制、计量、保护和检测等功能进行一体化设计，集成到统一的硬件平台上，但不同功能区应有足够绝缘强度的电气隔离功能。宜采用测控、保护一体化设备，装置可分散就地安装。应考虑通信网络的延时情况并采取措施，不能影响相关智能组件（特别是保护）的功能及性能要求。应支持在线调试功能。通过智能组件能对站内主要设备的健康状况和变化趋势作出综合评估。

智能组件中的测量单元，宜采用高精度数据采集技术，用不小于 16 位的数据长度表示。能够实现统一断面实时数据的同步采集，提供带精确的绝对时标的电网数据。在采用基于三态数据（稳态数据、暂态数据、动态数据）综合测控技术时，能够统一全站数据的采集及输出方式。测量或输出的数据能够满足电力参数在较大变化范围内的响应要求。

控制单元，首先应具备全站防止电气误操作闭锁功能。能够具备同期电压选择功能。在运行中，能够进行本间隔顺序控制。其中遥控回路宜采用两级开放方式抗干扰。能够具有进行紧急操作模式的功能。

保护单元，需遵守继电保护基本原则，满足相关保护的标准要求。对通过网络通信方式接入电流、电压等数值和输出控制信号，具有一定的识别能力，信号的输入输出环节的故障不应导致保护误动作，应发出告警信号。保护单元应不依赖于外部对时系统实现其保护功能。针对双重化配置的两套保护，其信息输入输出环节应完全独立。

当采用电子式互感器时，应针对电子式互感器特点优化相关保护算法、提高保护动作性能。纵联保护宜支持一端为电子式互感器另一端为常规互感器或两端均为电子式互感器的配置形式。

状态监测单元，应逐步扩展设备的自诊断范围，提高自诊断的准确性和快速性。具备通过传感器自动采集设备状态信息（可采集部分）的能力，同时宜具备从生产管理系统（PMS）自动复制宿主设备其他状态信息的能力，包括指纹信息、家族缺陷信息、现场试验信息等。

在不影响测量和可靠性的前提下，宜将传感器外置，确需内置的，仅内置最必要部



分。不论内置或外置，传感器的接入应不影响宿主一次设备的安全运行。应具备远方设定采集信息周期、报警阈值功能。

计量单元，应能准确地计算电能量，计算数据完整、可靠、及时、保密，满足电能量信息的唯一性和可信度的要求。具备分时段、需量电能量自动采集、处理、传输、存储等功能，并能可靠地接入网络。能够根据重要性对某些部件采用双重设备以提高冗余度。

计量用互感器的选择配置及准确度要求应符合相关技术准则的规定。电能表应具备可靠的数字量或模拟量输入接口，用于接收合并单元输出的信号。合并单元应具备参数设置的硬件防护功能，其准确度要求应能满足计量的需要。能够针对不同计量单元特点制订各方认可的检定和溯源规程。

通信单元，能够采用完全自描述的方法实现站内信息与模型的交换。具备对报文丢包及数据完整性甄别功能。网络上的数据应分级，具备优先传送功能，并计算和控制流量，满足在全站电力系统故障时保护与控制设备正常运行的需求。宜按照规范要求，采用信息加密、数字签名、身份认证等安全技术，满足信息通信安全的要求。

4. 系统层功能要求

针对顺序控制，应当能够实现的功能有：满足无人值班及区域监控中心站管理模式的要求；可接收和执行监控中心、调度中心和当地后台系统发出的控制指令，经安全校核正确后，自动完成符合相关运行方式变化要求的设备控制；自动生成不同主接线和不同运行方式下典型操作流程的功能；投退保护软压板功能；急停功能；可配备直观图形图像界面，在站内和远端实现可视化操作。

站内状态估计，应具备站内状态估计功能，实现数据辨识与处理，保证基础数据的正确性，并支持智能调度技术支持系统实现电网状态估计。

与主站系统通信，能够采用基于模型的通信协议与主站进行通信。

同步对时系统，应建立统一的同步对时系统。全站应采用基于卫星时钟与地面时钟互备方式获取精确时间。用于数据采样的同步脉冲源应全站唯一，可采用不同接口方式将同步脉冲传递到相应装置。同步脉冲源应同步于正确的精确时间秒脉冲，应不受错误的秒脉冲的影响。

通信系统，应具备网络风暴抑制功能，网络设备局部故障不应导致系统性问题。应具备方便的配置向导进行网络配置、监视、维护。应具备对网络所有节点的工况监视与报警功能，宜具备 DoS 防御能力和防止病毒传播的能力。

电能质量评估与决策系统，宜实现包含电压、谐波监测在内的电能质量监测、分析与决策的功能，为电能质量的评估和治理提供依据。

区域集控功能，当智能变电站在系统中承担区域集中控制功能时，除本站功能外，应支持区域智能控制防误闭锁，同时应满足集控站相关技术标准及规范的要求。

防误操作，根据变电站高压设备的网络拓扑结构，对断路器、隔离开关操作前后不同的分合状态，进行高压设备的有电、停电、接地三种状态的拓扑变化计算，自动实现防止电气误操作逻辑判断。

配置工具，应通过统一的配置工具对全站设备进行全站数据模型及通信配置。

— 源端维护，变电站作为调度/集控系统数据采集的源端，应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,生成标准配置文件,包括变电站主接线图、网络拓扑等参数及数据模型。

变电站自动化系统与调度/集控系统可自动获得变电站的标准配置文件,并自动导入到自身系统数据库中。同时,变电站自动化系统的主接线图和分画面图形文件,应以网络图形标准格式提供给调度/集控系统。

网络记录分析系统,宜配置独立的网络报文记录分析系统,实现对全站各种网络报文的实时监控、捕捉、存储、分析和统计功能。网络报文记录分析系统应具备变电站网络通信状态的在线监视和状态评估功能。

第四节 发展中的智能变电站技术

一、电子式互感器

非传统互感器的应用是智能变电站技术体系中重要的一个环节。智能变电站内新一代的二次装置支持电压电流值的小功率信号输入及数字信号输入,以及基于 IEC 61850 的过程总线通信技术的发展,使得电子式互感器在技术上有了应用的可能性,在实际工程中也具有越来越多的应用需求。

由于电子式互感器和间隔层的保护、测控等设备一般来自于多个生产厂商,为保证兼容性和互操作性,设备之间数字化接口通信的标准化十分重要,这是目前电子式互感器应用于变电站中亟待解决的重要问题。国际电工委员会也发布了电子式电压互感器(IEC 60044-7)、电子式电流互感器(IEC 60044-8)的标准,国内已经将这两部标准等同采用并转化为 GB/T 20840.7—2007《互感器 第7部分:电子式电压互感器》和 GB/T 20840.8—2007《互感器 第8部分:电子式电流互感器》。

1. 原理

根据传感原理,电子式互感器可分为基于光学材料的光电式和基于非光学材料的线圈式两类。光电互感器是利用光学玻璃或光纤传感技术来实现电力系统电压、电流测量的新型互感器,是光学电压互感器(OVT)、光学电流互感器(OCT)、组合式光学互感器等各种光学互感器的通称。线圈电子式互感器主要是采用空心线圈或小磁铁芯材料感应一次电流原理。电子式电压互感器多采用分压(电容、电感或电阻)原理。

2. 与传统的电磁式互感器相比较的特点

传统的电磁式互感器面临一些突出问题,如绝缘技术复杂、成本高、体积大而笨重;互感器铁芯在故障状态下的饱和限制了TA和TV的动态响应精度;由于铁芯磁饱和及磁滞回线的影响,TA的暂态输出电流严重畸变,甚至可能严重影响电网的安全运行;TA输出端不能开路,TV可能产生铁磁谐振,出现过电压危及电气设备的运行安全。

电子式互感器在经济性、可用性、功能性、简约性和可维护性上,较传统电磁式互感器有很多优点。如抗电磁干扰、不饱和、测量范围大、动态范围大、频率响应宽、不怕二次开路/短路、不会谐振、体积小重量轻(尤其是在超高压、特高压领域)等。因此,电子式互感器获得了众多电力用户和电力设施制造企业的青睐。

电子式互感器与传统电磁感应式互感器相比,其优点是明显的。传统电磁感应式互