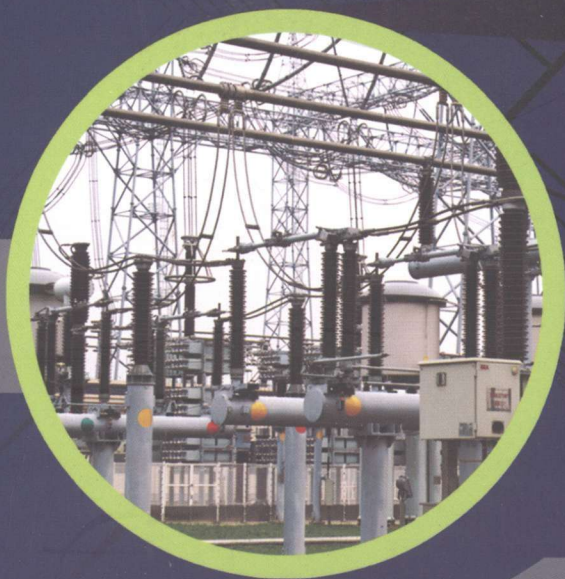


# 智能变电站 二次系统调试技术

王天锷 潘丽丽 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 智能变电站 二次系统调试技术

王天锷 潘丽丽 编



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强有力的技术支持，由于智能变电站具有信息数字化、规约统一化、保护网络化、操作及告警智能化、运行状态可视化等技术特点，使其相比传统变电站有了飞跃的变化，信息数字化使得变电站的保护测控模式发生了巨大变化，这些变化也将使得智能变电站二次系统越来越简洁。

本书紧密结合智能变电站二次现场调试技术，从基本概念着手，对现场调试工作流程、调试工具的使用、常见问题的处理以及质量控制等进行较详细的阐述；对网络流量计算、报文分析、TCP/IP 协议等进行介绍；还简要介绍了一次设备智能化、电子式互感器与数字化采样技术、一次设备状态监测等技术。

本书可以帮助没有接触过智能变电站调试的工作人员快速入门，并为现场调试工作提供帮助，同时对智能变电站的建设管理、运行维护、监理工作也具有一定的参考。

## 图书在版编目（CIP）数据

智能变电站二次系统调试技术 / 王天镔, 潘丽丽编. —北京:  
中国电力出版社, 2013.9 (2014.2 重印)

ISBN 978-7-5123-4584-3

I. ①智… II. ①王… ②潘… III. ①智能技术—应用—  
变电所—二次系统—调试方法 IV. ①TM645.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 131486 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2013 年 9 月第一版 2014 年 2 月北京第二次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 15.25 印张 266 千字

印数 2001—4000 册 定价 50.00 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



智能变电站具有信息数字化、规约统一化、操作及告警智能化、运行状态可视化等技术特点，与传统变电站相比，在二次系统方面有了质的变化，信息数字化使得变电站的保护测控模式发生了巨大变化，二次系统的电流电压不再是传统意义上的电流电压而只是以一种编码体现出来的弱信号，一次设备的状态及控制信息也由直流电量转换为了数字量，大量的二次电缆被数量不多的光缆代替。通信规约统一化则是智能变电站最重要的内核，即 IEC 61850 规约的使用，该规约可实现不同厂家设备间的无缝通信，即设备的互操作性。顺序控制操作及告警系统是智能变电站特有的高级运用功能，也是建立在信息数字化及规约统一化的基础上，这些功能将使变电站的倒闸操作等行为程序化，极大地减少了运行人员的操作时间，为整个电网负荷调整将带来很大的好处。一次设备的运行可视化，即运行状态的在线监测系统，将改变传统变电站定期检修的方式，在线监测系统通过监测的设备信息，并结合专家诊断系统智能判断一次设备是否需要检修或是否需要更换，由于改变了智能变电站定期检修的方式，因此避免了不必要的停电检修，提高了电网的使用效率。如果说特高压电网是智能电网的骨架，智能变电站则是智能电网的神经元，两者有机的结合使得智能电网才具有真正意义上的智能，即坚强、自愈、互动、可实现各种清洁能源的即插即用方式等。

另外，智能变电站二次系统信息由模拟量向数字量的转变导致了变电站二次系统的设计、调试、运行管理、维护带来了巨大的变革。图纸不再是变电站二次系统调试最重要的资料，取而代之的是全站的二次系统配置文件，智能变电站二次系统的所有调试工作都将围绕该配置文件展开。目前，很多调试人员、检修人员、运维人员对智能变电站的调试方法、调试工具、调试流程以及故障处理等方面理解还不是很清晰，许多工作人员甚至从没有接触过智能变电站方面的工作，因此对智能变电站很多基础性方面的知识比较欠缺，而以后新建变电站大都是智能变电站，包括将传统变电站改造成智能变电站等，这对很多没

有参与过智能变电站建设、运行、维护的单位和人员而言是一个巨大的挑战。因此本书将紧密结合智能变电站二次现场调试技术，从基本概念着手，对现场调试工作流程、调试工具的使用、常见问题的处理以及质量控制等方面进行较详细的阐述，并以具体保护装置为例对智能变电站的母差保护装置的调试进行较为详细的介绍。智能化变电站调试工作要求调试人员不但要具备扎实的专业知识，同时对计算机和网络知识也必须有一定的掌握，因此本书将对这方面的知识，如网络流量计算、报文分析、TCP/IP 协议等知识进行介绍。本书的目的主要是为没有接触过智能变电站调试的工作人员快速入门，并为现场调试工作提供帮助。同时对智能变电站的建设管理、运行维护、监理也具有一定的帮助作用。

在本书的编写过程中，得到了湖南省电力公司、湖南省送变电工程公司、武汉凯默电气有限公司、许继电气股份有限公司、江苏凌创电气自动化股份有限公司、北京博电新力电气股份有限公司、广州昂立电气自动化公司等单位及设备厂商的大力支持，特别是湖南省送变电工程公司调试分公司在本书的编写过程中提供大量技术方面的支持，在此，对以上单位表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中难免有疏漏错误之处，恳请批评指正。

编 者

2013 年 5 月



# 目 录



## 前言

<b>1</b>	<b>智能变电站简介</b> .....	1
1.1	智能变电站介绍 .....	1
1.2	智能变电站关键技术 .....	5
1.3	智能变电站的建设 .....	9
1.4	新一代智能变电站 .....	9
<b>2</b>	<b>智能变电站二次调试关键技术</b> .....	11
2.1	智能变电站基本概念 .....	12
2.2	智能变电站相关技术导则简介 .....	59
2.3	智能变电站配置文件介绍 .....	62
2.4	智能变电站二次系统调试工具介绍 .....	68
2.5	VLAN 及网络风暴的介绍 .....	82
<b>3</b>	<b>智能化变电站二次系统调试</b> .....	88
3.1	智能变电站调试流程 .....	88
3.2	入厂系统联调 .....	91
3.3	智能变电站的现场调试 .....	119
<b>4</b>	<b>智能变电站二次系统保护装置调试</b> .....	149
4.1	智能变电站保护装置调试流程 .....	150
4.2	智能变电站母线保护装置调试 .....	152
4.3	智能变电站保护装置现场调试注意事项 .....	188
<b>5</b>	<b>智能变电站二次系统其他装置及其现场调试</b> .....	199
5.1	交直流一体化电源 .....	199

5.2	站域控制单元	207
5.3	故障录波及网络分析仪现场调试	208
5.4	交换机及网络性能试验	211
5.5	智能变电站户外柜	213
<b>6</b>	<b>智能变电站调试其他注意事项</b>	<b>216</b>
6.1	调试人员应具备的素质	216
6.2	智能变电站二次系统检修机制问题	220
6.3	光缆安装及检查注意事项	224
	参考文献	234



# 智能变电站简介

## 1.1 智能变电站介绍

### 1.1.1 变电站技术发展历程

变电站是电力系统进行电压变换、电能集中与分配、电能流向控制及电压调整的重要节点，起到联系发电厂和用户的纽带作用。作为电力系统中不可缺少的环节，变电站既是电压与无功的“调节控制中心”，又是电力系统重要的“信息源”和“信息中继站”。

20 世纪 90 年代以来，随着电子技术、信息技术、网络通信技术的发展，以微处理器为核心的智能化自动装置在电网控制领域得到了广泛的应用，促进了变电站综合自动化技术的快速发展。传统变电站内原本分离的一、二次设备，通过功能组合和优化设计，实现了对站内主要设备和输配电线路的自动监视、测量、控制、继电保护以及与调度通信等综合性的自动化功能。

按照国际流行惯例，变电站自动化系统需完成的功能有 63 种，归纳起来可分为 7 个功能组，即控制、监视功能，自动控制功能，测量表计功能，继电保护功能，与继电保护有关的功能，接口功能，系统功能。到目前为止，国内外变电站自动化系统的发展大致经历了以下五个阶段。

#### 1.1.1.1 集中式变电站综合自动化系统

20 世纪 90 年代初，在变电站控制室内将设备按不同功能归类划分成若干个独立系统，各系统分别采用计算机来实现自身的功能，被称为集中式变电站综合自动化系统。集中式结构并非指由一台计算机完成保护、监控等全部功能，也可由多台微型计算机各自完成相应功能。

#### 1.1.1.2 分散式变电站综合自动化系统

20 世纪 90 年代中期，计算机价格大幅度下降，价格已不再是制约应用的主要因素。与此同时，集中式系统的可靠性、灵活性不能满足要求也无法满足



大容量、高电压等级变电站的要求，变电站综合自动化开始向分散式结构发展。该种结构采用多 CPU 并行处理多发事件，解决了集中式结构中一个 CPU 计算处理的瓶颈问题，方便系统的扩展和维护。

变电站信息的采集和控制分为管理层、站控层和间隔层三级分层布置。其中间隔层按一次设备组织，具有测量、控制和继电保护部分，这些独立的单元装置直接通过总线接到站控层；站控层为数据集中处理和保护管理担负着上传下达的重要任务；管理层则用于运行值班人员的各项操作。

#### 1.1.1.3 集中和分散结合变电站综合自动化系统

集中与分散结合式结构介于集中式与分散式两种结构之间，它采用面向电气间隔的方法进行设计，各间隔单元的设备相互独立，仅通过光纤或电缆由站控机进行管理和信息交换。该种结构集成了分散式结构的优点，简化了变电站二次部分的配置，适用于各种电压等级的变电站中，是当前主流的结构方式。

#### 1.1.1.4 数字化变电站

21 世纪初期，随着电子式互感器、智能开关单元等智能一次设备技术的应用以及 IEC 61850 标准的推广，数字化变电站开始应用于电力系统中。从某种程度上讲，数字化变电站是基于 IEC 61850 标准且实现信息统一建模，以网络通信技术为依托，在变电站的运行过程中实现信息采集、处理、传输部分或整体数字化应用的系统。其最终目的是实现站内各层间的无缝通信，从而最大限度地满足信息共享和系统集成的要求。

#### 1.1.1.5 智能化变电站

智能变电站作为智能电网技术的支撑，自然成为人们关注的焦点，它是在数字化变电站的架构之上，建立全站统一的信息采集、传输、分析、处理平台，使变电站具备自动运行控制、设备状态检修、运行状态自适应、智能分析决策等高级应用功能，从而大大地提高管理和运行维护水平。

智能变电站是数字化变电站发展的高级阶段，也是未来变电站技术发展的必然方向，本书将在后面章节就智能变电站的相关技术及应用实例进行重点介绍。

### 1.1.2 智能变电站的定义及技术特征

根据 Q/GDW 383—2009《智能变电站技术导则》的定义，智能变电站是采用先进、可靠、集成、低碳、环保的设备组合而成的，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、协同互动等高级应用功能的变电站。

智能变电站的特点首先是具有高度的可靠性。高度的可靠性是智能变电站应用于智能电网的最基本、最重要的要求。高度的可靠性不仅意味着站内设备和变电站本身具有高可靠性，而且要求变电站本身具有自诊断和自治功能，能够对设备故障提早预防、预警，并在故障发生的第一时间内对其做出快速反应，将设备故障带来的供电损失降低到最小程度。

其次，智能变电站具有很强的交互性。智能变电站必须向智能电网提供可靠、充分、准确的电力系统保护与控制及安全的信息。为了满足智能电网运行、控制的要求，智能变电站所采集的各种信息不仅要求能够实现站内共享，而且要求实现与电网内其他高级应用系统相关对象之间的互动，为各级电网的安全稳定经济运行提供基本信息保障。

再次，智能变电站具有高集成度的特点。智能变电站将现代通信技术、现代网络技术、计算机技术、传感测量技术、控制技术、电力电子技术等诸多先进技术和原有的变电站技术进行高度的融合，并且兼容了微网和虚拟电厂技术，简化了变电站的数据采集模式，形成了统一的电网信息支撑平台，从而为实现电网的实时控制、智能调节、在线分析决策等各类高级应用提供了信息支持。

最后，智能变电站还应具有低碳、环保的特点。智能变电站内部使用光纤代替了传统的电缆接线；集成度高且功耗低的电子元件广泛应用于变电站内各种电子设备；采用电子式互感器代替粗重的传统充油式互感器。这些不但节省了资源消耗，降低了变电站的建设成本，而且减少了变电站内部的电磁污染、噪声、辐射和电磁干扰，净化了变电站内部的电磁环境，优化了变电站的性能，使智能变电站更加符合环境保护的要求。

智能化变电站的技术特征表现在以下三个方面：

(1) 各类数据从源头实现数字化，真正实现信息集成、网络通信、数据共享。在电流、电压的采集环节采用智能化电气测量系统，如光电/电子式互感器，实现了电气量数据采集的智能化应用，并为实现常规变电站装置冗余向信息冗余的转变，为实现信息集成化应用提供了基础。打破常规变电站的监视、控制、保护、故障录波、量测与计量等几乎都是功能单一、相互独立的装置的模式，改变了硬件重复配置、信息不共享、投资成本大的局面。智能化变电站使得原来分散的二次系统装置，具备了进行信息集成和功能合理优化、整合的基础。

(2) 系统结构更加紧凑，数字化电气量监测系统具有体积小、质量轻等特点，可以有效地集成在智能开关设备系统中，按变电站机电一体化设计理念进行功能优化组合和设备布置。对一次、二次设备进行统一建模，资源采用全局统一命名规则，变电站内及变电站与控制中心之间实现了无缝通信，从而简化

系统维护、配置和工程实施。

(3) 设备实现广泛在线监测,使得设备状态检修更加科学可行。在智能化变电站中,可以有效地获取电网运行状态数据、各种智能电子装置(Intelligent Electronic Device, IED)的故障和动作信息及信号回路状态。智能化变电站中将几乎不再存在未被监视的功能单元,在设备状态特征量的采集上没有盲区。设备检修策略可以从常规变电站设备的“定期检修”变成“状态检修”,这将大大提高系统的可用性。

### 1.1.3 智能化变电站自动化系统的体系结构

智能变电站自动化系统的结构在物理上可分为智能化的一次设备和网络化的二次设备两类;根据 IEC 61850 通信协议在逻辑结构上可分为过程层、间隔层和站控层三个层次,如图 1-1 所示。

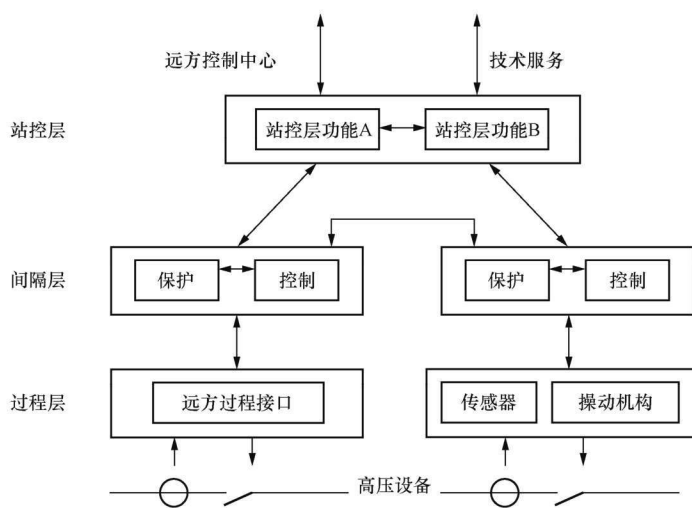


图 1-1 智能变电站体系结构图

#### 1.1.3.1 过程层

过程层是一次设备与二次设备的结合面,或者说是指智能化电气设备的智能化部分。主要是指合并单元、智能终端及在线监测就地采集单元等二次设备,实现与一次设备之间的接口及交互功能。合并单元主要用来实现与互感器之间的数据交互,用于采集电压、电流等模拟量。智能终端主要用来实现与断路器及刀闸等一次设备之间的接口,采集断路器和隔离开关等的位置信息,实现对这些设备的控制驱动等功能。在线监测就地采集单元主要为了实现在线监测系统数据的采集和上传等功能。

### 1.1.3.2 间隔层

间隔层设备主要是保护、测控、计量等二次设备。主要功能是实现继电保护功能及二次测控系统的功能等，与常规综自站的功能相同。但数据传输由二次光缆取代二次电缆，传输的信号由数字信号取代模拟信号。

### 1.1.3.3 站控层

站控层主要是变电站后台自动化系统，实现对全站各间隔一次设备数据的实时监控、二次设备异常信息的监控告警及全站一次设备的控制等功能。智能变电站站控层通常采用一体化监控系统，一体化监控系统是智能电网调度控制和管理的基础，是备用调度体系建设的基础。为了规范智能变电站建设，按照“统一规划、统一标准、统一建设”的原则，国家电网公司制定了 Q/GDW 679—2011《智能变电站一体化监控系统建设技术规范》。智能变电站一体化监控系统是指按照全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化的基本要求，通过系统集成优化，实现全站信息的统一接入、统一存储和统一展示，实现运行监视、操作与控制、综合信息分析与智能告警、运行管理和辅助应用等功能。智能变电站一体化监控系统的应用功能结构分为三个层次：数据采集和统一存储、数据消息总线和统一访问接口、五类应用功能。五类应用功能包括运行监视、操作与控制、信息综合分析与智能告警、运行管理、辅助应用。

## 1.2 智能变电站关键技术

与已有的变电站形态相比，智能化变电站可以将先进的现代科学技术融入变电站自动化系统的应用中，通过对变电站内各种实时状态信息的获取和共享，高度集成了变电站内的各种功能，实现各种功能的灵活分布和重构。智能变电站中所应用到的各种先进技术不仅改变了变电站的传统架构，加强了变电站与电网内其他设备之间的信息交互共享，而且更好地实现了分层分布的控制管理方式，优化了站内的资源，进一步提高了变电站运行的可靠性和安全性。现有的变电站技术并不能完全满足实现智能变电站的要求，各种技术之间的专业壁垒严重阻碍了智能变电站关键技术的发展。只有打破专业上的限制，才能更好地深入了解智能变电站关键技术的内涵并扩展其外延，以实现智能变电站设备信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、检修状态化的发展要求。

### 1.2.1 智能变电站硬件集成技术

传统变电站中信息的采集和处理过程是通过中央处理器与外围芯片或设备的配合来完成的，大量数据计算和逻辑分析过程以及一些高级应用功能的实现

都集中于中央处理器中，中央处理器性能的高低决定了各种功能实现的速度与质量，这里使用的中央处理器可以是 DSP (Digital Signal Processing)、ARM (Advanced RISC Machines) 或 CPU 等。这种设计的弊端在于，一方面中央处理器本身集成的资源有限，不能满足智能变电站不断增加的实时处理信息的需要，从而成为智能变电站技术发展的瓶颈；另一方面，处理器本身所集成的很多其他的硬件资源因不能满足智能变电站的需要而被闲置造成资源浪费。另外，嵌入式系统中操作系统的删减是一项很繁琐的工作，而操作系统的复杂性也增加了系统测试的难度和出错的概率。

随着现代电子学的发展，硬件描述语言的出现使得硬件系统的设计表现出模型化、集成化、自动化的特点。这些特点使得硬件设计实现了真正的针对功能的模块化设计，可以将某些固定的逻辑处理过程在智能设备内部进行固化，将原来由某些软件实现的功能转化为硬件实现。这种设计既保证了逻辑处理的实时性、可靠性和准确性，解决了信息传输时的瓶颈问题：节省了硬件资源的开销，提高了设备的集成度；另外，模块化的设计也便于智能设备的检修更换和升级。硬件的集成技术在智能变电站内的应用将会打破传统变电站设备的硬件设计理念，改变变电站硬件设备的布置格局，从而翻开变电站硬件设备设计新的一页。

### 1.2.2 智能变电站软件构件技术

智能变电站内的软件系统不仅能够实现传统的测控、信息管理等功能，而且还要将 PMU (相量测量单元)、录波等功能进行集成，实现站内状态估计、区域集控、在线状态监测、远程维护、电能质量评估以及智能管理等高级功能，并且能够根据工程配置文件生成系统工程数据，实现变电站系统和设备系统模型的自动重构等功能。要实现上述功能，软件的构件技术的应用必不可少。软件构件是指具有一定功能、能够独立工作或同其他构件装配起来协调工作的程序体。软件构件技术的实质是在不同粒度上对一组代码或类等进行组合和封装，以完成一个或多个功能的特定服务，进而为用户提供接口。构件技术的核心思想是分而治之，构件技术将系统的抽象程度提高到一个比面向对象技术更高的层次。软件复用技术是实现构件技术的重要手段，如何提取可复用构件以及如何组装成系统并能实现互操作是构件技术所面临的关键问题。软件构件技术是灵活、弹性、实时的软件系统实现的重要基础，也是嵌入式系统软件设计实现功能集成的重要手段。软件构件技术的成熟应用必须依赖于良好的软件结构体系。目前，要实现各种高级应用功能在智能变电站内的有效集成以及灵活配置和重构，在软件技术方面所要解决的问题还有很多。如软件体系结构，构件模

型，构件接口，构件粒度，构件的获取、管理、组装与部署等诸多问题。软件构件技术在智能变电站中的应用反映在嵌入式软件系统设计、多代理技术等相关技术的应用中。

软件构件技术在智能变电站内的应用不仅可以减少智能变电站在功能软件的集成和开发活动中大量的重复性劳动，提高变电站软件的效率和灵活度，降低开发成本，缩短开发周期，而且能够加强系统功能间的互操作性，使系统功能在变电站内能够灵活分布，从而提高了系统的可靠性和自愈性。

### 1.2.3 智能变电站信息管理存储技术

智能变电站采用具有自恢复能力的高速局域网构建全站统一的数字化信息平台，信息平台应具有自愈性故障恢复机制，有效保证智能变电站采集信息的服务质量。统一的数字化信息平台的构建体现了智能变电站信息集中管理的设计思想，信息的集中管理不仅为实现各种信息模型的集成、转换、调用和冗余等功能提供了方便，而且为一些简单的调度功能向变电站系统的下方提供了基础信息支撑和技术实现支撑。高度集成的信息系统和统一的数字化信息平台不仅为智能变电站提供了很好的扩展性与经济性，也为信息资源的共享、动态扩展、分配提供了平台。但是，海量信息的采集也为信息的实时传输带来了困难。以太网的发展远未能满足智能变电站对海量信息的通信需要，因此，信息分优先级传输与信息就地存储显得尤为重要。信息优先级可以保证关键信息实时、准确、可靠地传输，而非关键信息的地存储不但减少了传输网络负荷程度，而且可以为系统决策提供充分的信息依据。虚拟化的技术可以将变电站的底层硬件和网络设备虚拟成一个共享的资源库，就地存储的信息可以在库内按需分配调用。

信息优先级传输与信息就地存储技术的本质是将信息按不同粒度细化，以实现信息的分层分布调用，从而保证信息传输的准确性与可靠性。随着智能电网的建设和发展，电力系统信息安全与防护成为一重要课题被提上日程。信息的分层管理可对信息进行分析、评估，并依据信息的不同等级设计信息安全策略，从而提高了网络信息系统的安全性，最大限度地保证各级电网的信息安全和信息权限。

### 1.2.4 智能变电站标准的融合

智能电网内信息的数量和种类很多，采集渠道复杂。由于智能电网对于信息采集的设计理念的不同、算法的不同、模型的不同，导致网络内的信息差异巨大，难以充分交互利用。为了实现与智能电网的无缝通信连接，智能变电站内各种信息模型之间的转换与映射不可避免，这里就要进行标准融合。信息模

型的标准化、规范化和体系化是标准融合技术的基础。要实现信息模型的标准化和规范化，首先要有开放的通信架构，使元件之间的信息能够进行网络化的通信；其次要进一步细化信息模型，对模型的扩充及扩充原则做出标准化规定；最后要统一技术标准，形成一个多功能的多规约库，以实现各种应用系统之间的无缝通信。

目前，已发布的国际标准 IEC 61850、IEC 61970、IEC 61968 等在一定程度上促进了变电站信息标准化、规范化的进程，促进了与电网内各种应用系统之间的通信应用。其中，IEC 61850 是全面规范智能化变电站自动化通信体系的最新国际电工委员会标准，是变电站内部的统一规约。最新颁布的标准不仅涉及变电站内部的通信模型，而且其信息模型的覆盖范围已经扩展至变电站以外的所有公用电力应用领域，向成为电力自动化的通信网络系统内的通用标准又迈进了更大的一步。

随着智能变电站建设的持续推进，我国不断总结智能变电站的设计建设经验，编制智能变电站自动化系统网络设计技术规范、网络交换机技术规范、测控装置技术规范等，进一步形成、完善智能变电站设计、设备、建设、调试全过程技术标准体系，同时还进一步降低了智能变电站设备成本和工程造价。

### 1.2.5 分布式电源的保护控制技术

分布式电源的接入提高了智能电网的灵活性、效率和安全性，改变了配电系统单向潮流的特点，使传统的单电源辐射网络变成了一个多源网络。这使得智能变电站内保护设备之间建立起来的配合关系被打破，保护的動作行为和動作性能都将会受到较大的影响。针对大容量的分布式电源接入智能电网的保护算法的研究也是智能变电站继电保护的关键内容。

分布式能源作为一个独立的整体模块，既可以孤网运行，也可以在大电网上并网运行。分布式能源在接入系统时对电网的频率、无功以及电压稳定的影响是不容忽视的。因此，如何保证在任何工况下继电保护系统都能对分布式电源故障做出及时响应，同时在并网运行的情况下继电保护系统还具有快速感知大电网故障的能力并保证保护的选择性、快速性、灵敏性和可靠性，这是智能变电站继电保护的难点课题。分布式能源的保护系统完全不同于常规变电站的保护控制策略。

分布式能源的保护策略主要是针对分布式电源双向潮流流通、电源内部电力电子设备大量引入的特点，通过阻抗前馈和负荷模型反馈等算法来制定的保护控制策略。保护策略包括全线速动保护、低压保护、反孤岛、高频切机和低频减载等特殊保护功能，保护策略制订的关键问题在于保护定值与主网架保护

定值之间的配合。分布式能源的控制策略制订的主要问题在于并网控制，其并网后会改变主网架的供电格局，使系统的不稳定因素增加。因此，必须采用自动同期控制以及重合闸控制配合的控制方式。

### 1.3 智能变电站的建设

从2010年9月29日国内首个110kV智能变电站——北川110kV智能变电站建成投运，到220kV西泾智能变电站，从500kV兰溪变电站，到世界最高电压等级的智能变电站——750kV延安变电站，从国内首座以“镜像”方式布局的500kV智能变电站——500kV常熟南变电站，到首座330kV等级智能变电站……经过4年的发展，我国的智能变电站建设在不断取得新突破的同时，技术也日臻完善，并有效缓解了供电压力，改善电网结构，保证了当地居民的供电安全。目前智能变电站已达到可以大规模进行推广的条件，许多城市正在或已经建设了智能变电站。根据相关规划，“十二五”期间我国将建设110kV及以上智能变电站6100座。

### 1.4 新一代智能变电站

目前的智能变电站主要存在占地大、效率不高等问题。特别是一次设备的智能化程度低，虽然实现了一次设备与二次设备之间的数字化联络，但由于合并单元和智能终端的出现，增加了大量现场接口设备，无法实现与一次设备的整体设计；虽然二次系统实现了全站的信息化、数字化，但网络的实现过于复杂，信息传递的可靠性还需要进一步验证，还没有完全实现站内一体化信息平台的建设。

新一代智能变电站采用通用、紧凑、易维护、节能环保的智能一、二次集成设备，实现信息统一采集，集中分析处理，一体化监控、分层分布上传。变电站内各系统统一组网、网络结构将更清晰简洁，并能实现站域后备保护、站内优化控制等智能变电站已有的高级应用功能。同时还能通过站间互动，实现广域优化控制、区域备自投等更高层次的高级应用功能。新一代智能变电站仍将采用IEC 61850通信标准，并依靠多源信息的分层与交互技术、高级协调控制与预决策分析技术，支撑电网的安全稳定运行和各类高级应用，实现与电力调控中心进行设备信息和运维策略的全面互动，实现基于状态检修的设备全生命周期综合优化管理。



在体系结构方面，新一代智能变电站将采用两层设备、一级网络的分层分布式的体系结构，智能设备与站控层设备通过可靠性高的网络连接，以达到简化网络和便于功能整合的目的。智能设备高度集成，打破现有的一、二次设备界限，智能组件完成保护测量控制、计量及状态监测功能，并与一次设备有机融合。站控层设备功能深度整合，采用变电站一体化监控系统实现变电站后台监控、故障录波、网络分析等系统功能。

目前的智能站虽然实现了合并智能单元的就地化，但和一次设备间的电缆连接还需要现场完成，设计施工的工作量依然较大。新一代智能变电站将采取一次智能设备集成的模式，这样不仅能简化现场的施工调试，还可通过一次厂家充分考虑智能化特点，通过接口和回路的优化来进一步降低制造和维护的成本。新一代智能变电站将更强调间隔的概念，间隔内的网络应尽量独立且简化，站级网络为跨间隔和变电站级的功能服务，只需要投资较少的交换机设备。对站控级网而言，其交换机和设备均具备按需流量管理的能力，可根据需要配置百兆或千兆的端口，并支持优先级。

图 1-2 是各阶段变电站网络结构对比图，从图中可以看出新一代智能变电站的机构将更紧凑清晰，功能分布更合理。

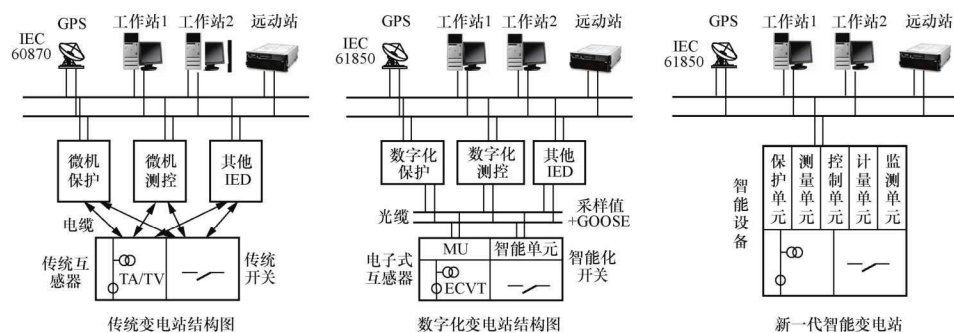


图 1-2 各阶段变电站网络结构对比图