

# 智能变电站 设计与应用

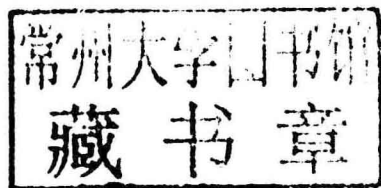
河南省电力勘测设计院 耿建风 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 智能变电站 设计与应用

河南省电力勘测设计院 耿建风 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书是在数字化变电站技术的基础上,结合近年来智能变电站工程建设的实践,重点介绍变电站智能化相关技术。

本书共分9章,主要包括综述、智能变电站的体系结构、智能变电站通信标准、智能高压设备、时钟同步技术、智能变电站网络技术、智能变电站功能创新、智能变电站高级应用和工程实践。

本书可供电力系统各设计单位,以及从事电力建设工程规划、管理、施工、安装、生产运行、设备制造及销售等技术人员使用,并可供大专院校相关专业的师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

智能变电站设计与应用 / 耿建风主编. —北京: 中国电力出版社, 2011. 12

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2467 - 1

I. ①智… II. ①耿… III. ①变电所 - 智能技术 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 260846 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

\*

2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 11 印张 184 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
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

经过十余年的发展，变电站综合自动化技术已经日臻成熟。随着 IEC 61850 系列标准的颁布和实施应用、电子式互感器及智能开关产品的不断完善、互动式智能表计及清洁能源的实际应用、工业交换式以太网及光通信技术在变电站通信领域的深入应用以及专家分析决策技术在变电站信息处理方面的应用，变电站自动化技术进入了数字化、智能化时代。具备上述诸多特征的变电站与传统变电站相比发生了巨大的变化，变电站的一次、二次部分出现了高度的融合，变电站环境更加友好，运行更加可靠、高效。

国家电网公司在“十二五”规划中已经明确表示“构建以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强智能电网”的发展目标，智能变电站作为智能电网的一个重要基础节点，对其技术标准、工作原理以及应用实施方法需要深入研究。国家电网公司的发展规划报告中数据显示 2015 年前准备建设约 7000 座智能变电站，但对智能变电站相关技术进行深入分析的科技著作却寥寥无几。本书正是在此背景下经几易其稿编写而成的。

电力系统知名专家高翔先生两年前出版了《数字化变电站应用技术》一书，该书详实地介绍了数字化变电站的相关技术，目前已是研究数字化变电站技术的“红宝书”。但限于当时的技术发展水平，该书对数字化变电站技术的下一阶段“智能变电站”技术并未做过多介绍，本书作者将在数字化变电站技术的基础上，重点泼墨在变电站智能化相关技术的剖析上，寄望此书能对我国智能电网建设、智能变电站建设及运行提供一定的参考价值。

在本书的编写过程中，依据智能变电站建设领域系列规范，如《智能变电站技术导则》、《高压设备智能化导则》、《智能变电站继电保护技术规范》、《变电站智能化改造技术规范》、《智能电网技术标准体系》等，确立了本书的编写重点和写作方向。为增加本书的实用性，还特别围绕智能变电站试点工程，如长春南 500kV 智能变电站等的设计方案进行了分析。

本书的第1章和第2章由河南省电力勘测设计院耿建风编写，第3章和第7章由许继电气魏勇编写，第4章由河南省电力勘测设计院吴超一编写，第5章和第6章由河南省电力勘测设计院王宏伟编写，第8章由许继电气宋小会编写，第9章由河南省电力勘测设计院黄晓博编写，耿建风负责全书的统稿工作。

由于编者水平有限，加之时间仓促，且智能变电站技术在不断完善发展之中，书中难免存有不妥之处，敬请专家和同行们不吝赐教。

编 者

2012年1月

# 目 录

## 前言

<b>1 综述</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 变电站自动化技术的发展 .....	2
1.3 国内外智能变电站发展与研究现状 .....	4
1.4 智能电网对智能变电站的要求 .....	7
1.5 智能变电站典型特征 .....	9
1.6 智能变电站设计原则 .....	12
1.7 智能变电站远期功能与特征 .....	13
<b>2 智能变电站的体系结构</b> .....	16
2.1 概述 .....	16
2.2 智能变电站体系 .....	17
2.3 智能变电站过程层组网方案 .....	27
<b>3 智能变电站通信标准</b> .....	29
3.1 概述 .....	29
3.2 IEC 61850 技术特点、作用和意义 .....	30
3.3 IEC 61850 系列内容 .....	35
3.4 IEC 61850 系列标准的应用技术深入研究 .....	37
3.5 变电站设备的 IEC 61850 标准建模与实现 .....	49
<b>4 智能高压设备</b> .....	52
4.1 概述 .....	52
4.2 电子式互感器 .....	52
4.3 智能设备 .....	65
4.4 智能变压器 .....	70

<b>5 时钟同步技术</b> .....	79
5.1 概述 .....	79
5.2 同步技术 .....	79
5.3 网络时钟同步技术分析 .....	83
5.4 智能变电站同步时钟同步的方案 .....	84
5.5 IEEE 1588 网络时钟同步的应用 .....	88
<b>6 智能变电站网络技术</b> .....	99
6.1 概述 .....	99
6.2 以太网通信技术的应用和发展 .....	99
6.3 智能变电站网络结构特点与要求 .....	102
6.4 自动化系统网络特性分析与研究 .....	107
6.5 变电站网络发展趋势研究 .....	115
<b>7 智能变电站功能创新</b> .....	119
7.1 概述 .....	119
7.2 网络化一键式智能操作功能 .....	120
7.3 状态监测与检修 .....	122
7.4 可视化网络安全监视功能 .....	128
7.5 变电站全寿命周期管理 .....	129
<b>8 智能变电站高级应用</b> .....	134
8.1 概述 .....	134
8.2 站内状态估计 .....	134
8.3 顺序控制 .....	136
8.4 电能质量评估与仿真决策系统 .....	138
8.5 区域智能防误操作 .....	140
8.6 设备状态可视化 .....	142
8.7 智能告警及分析决策 .....	143
8.8 故障信息综合分析决策 .....	144
8.9 经济运行与优化控制 .....	146
8.10 站域保护和控制 .....	147

<b>9 工程实践</b> .....	152
9.1 概述 .....	152
9.2 工程概况 .....	152
9.3 系统方案和设备配置 .....	153
9.4 智能设备清册 .....	162
<b>参考文献</b> .....	167



# 1 综 述

## 1.1 概 述

电力是国民经济的基础，我国经济快速发展，电网结构越来越复杂，如何提高电力系统电能传输、分配的可靠性，同时延长系统运行寿命周期，提高运行管理自动化水平是各个电力公司面临决策的问题。随着世界范围内市场化改革推进、数字经济发展、气候变化加剧、环境监管要求日趋严格以及各国能源政策的调整，电网与电力市场、客户之间的关系越来越紧密。客户对电能质量的要求也越来越高，可再生能源等分散式发电资源数量不断增加，传统的电力网络已经难以满足这些发展要求。

智能电网是当今世界电力系统发展变革的最新动向，并被认为是 21 世纪电力系统的重大科技创新和发展趋势。智能电网最具革命性的理念是将互联网的精神贯彻到了电力行业，用技术的智能化实现电力行业的市场化。简单说，智能电网就是通过传感器把各种设备、资产连接到一起，形成一个客户服务总线，从而对信息进行整合分析，以此来降低成本、提高效率、提高整个电网的可靠性，使运行和管理达到最优化。不仅电力公司可以读到用户的电能表，用户也能看到整个城市的电力供求情况，在功能上实现了数据读取的实时、高速、双向。

智能变电站是智能电网的基础，是连接发电和用电的枢纽，是整个电网安全、可靠运行的重要环节。随着应用网络技术、开放协议、一次设备在线监测、变电站全景电力数据平台、电力信息接口标准等方面的发展，驱动了变电站一、二次设备技术的融合以及变电站运行方式的变革，由此逐渐形成了完备的智能变电站技术体系。与传统的变电站相比，其技术更加先进性、安全可靠、占地少、成本低、少维护、环境友好等一系列优势。因此，智能变电站的研究、建设既是下一代变电站的发展方向，又是建设智能电网的物理基础和要求。目前我国关于智能电网方面的研究已经起步，逐步具备了建设智能变电站的技术条件。

## 1.2 变电站自动化技术的发展

### 1.2.1 传统综合自动化变电站

20年前, ABB、SIEMENS、GE 等公司推出了第一代数字化、分散式概念的变电站自动化系统(SASs 简称综合自动化变电站), 其典型结构是: 站内由星形网络结构组成的主—从式运行模式, 站内设备通信规约和变电站与电网控制中心之间的通信协议都是由设备生产厂家自己制订。由于通信网络和数据模型不具备互操作性, 所以站内 IED 设备的集成变得非常复杂, 各种类型的规约转换器成了站内设备互联的必备装置。

这种变电站自动化系统其内在的缺陷在于:

(1) 全站自动化功能集中在主站中, 形成了功能过度集中, 系统运行依附主站。

(2) 主站成为系统网络瓶颈。

(3) 主站和 IED 设备通信靠轮询而非事件驱动。

(4) IED 设备之间不具备直接通信能力。

这一代变电站自动化系统突出的问题集中在运行数据采集、显示和处理方面, 不具备对全站整个系统完整的把握能力。

### 1.2.2 数字化变电站

随着光电技术在传感器应用领域研究的突破, IEC 61850 系列标准的颁布实施, 以太网通信技术的应用以及智能断路器技术的发展, 变电站自动化技术又向着数字化技术延伸, 使数字化技术在变电站工程化应用中得到了进一步拓展, 综合自动化变电站迈向了数字化变电站时代。

数字化变电站的技术特征就是利用高速以太网构成变电站数据采集、传输系统和新型智能设备, 实现全站信息数字化。利用 IEC 61850 系列标准的统一信息建模, 实现智能设备的互操作性和全站信息共享。

数字化变电站还具有以下优点:

(1) 数字化变电站的本质特点在于就地数字化和光缆传输, 光缆是一、二次设备间信息传输最为合适的载体, 具有带宽高、不受电磁干扰的显著优点。

(2) 在数字化变电站条件下, 用光缆通信代替控制电缆硬连接, 由于同一根光纤介质可以传输的信息种类不受限制, 完全取决于报文的内容, 用一根

光纤可以传递很多根电缆表达的信息。所以，可以将二次回路大为简化。

(3) 通过光纤传输，使用通信校验和自检技术，可提高信号的可靠性。

(4) 电子式互感器杜绝了传统互感器的 TA 断线导致高压危险、TA 饱和影响差动饱和、CVT 暂态过程影响距离保护、铁磁谐振、绝缘油爆炸、SF<sub>6</sub> 泄漏等问题；解决了传统电流互感器当电压等级越高，短路电流越大时，必然将增大体积，使设备变得更加笨重，安装运输不方便等问题。

### 1.2.3 智能变电站

智能变电站以数字化变电站作为技术基础，采用先进、可靠、集成、低碳、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。

智能变电站是智能电网建设的重要节点之一，其主要作用就是为智能电网提供标准的、可靠的节点（包含一、二次设备和系统）支撑。智能变电站作为智能电网的重要基础和支撑，其站内设备具有信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、状态可视化等主要技术特征，智能变电站系统应建立站内全景数据的统一信息平台，供各子系统标准化、规范化存取访问以及与智能电网调度等其他系统进行标准化交互。

### 1.2.4 数字化变电站与智能变电站的比较

智能变电站技术发展的第一个阶段称作数字化变电站，它侧重于：基于 IEC 61850 系列标准实现建模标准化和设备及功能的互操作性；采用电子互感器及合并单元技术实现采样值的数字化传输；采用“传统开关 + 智能终端”方式，通过 GOOSE 通信机制实现一次设备的网络化操作；通过快速可靠的 GOOSE 通信，实现设备间的联闭锁及其他交互功能，甚至部分网络化的保护控制功能。这一阶段主要关注于变电站自动化系统信息的数字化传输及信息建模，但对于这些数字化信息的深层次、综合分析利用较少涉及。

智能变电站技术发展的第二个阶段称作智能化变电站，一般也称为智能变电站，它是在数字化变电站技术的基础上，对变电站信息进行了深层次的综合分析利用，侧重于：一次设备的状态监测及诊断分析；变电站级各种高级应用功能，如智能告警、智能事故辅助决策；电力三态一体化的全景数据平台；与新能源系统的接口及互动；与辅助监视系统，如灯光、门禁、消防、巡视系统等的联动等，实现变电站信息的智能监视、报警、事故处理、

联动操作等。

智能变电站与数字化变电站既有密不可分的联系，也存在重要差别。数字化变电站主要强调手段，而智能变电站更强调目的。与数字化变电站相比，智能变电站概念中更蕴含物理集成和逻辑集成两个方面。

在设备层面，智能变电站更强调智能一次设备概念。数字化变电站已经具有了一定程度的设备集成和功能优化的概念，而智能变电站设备集成化程度更高，可以实现一、二次设备的一体化、智能整合和集成。

在系统层面，智能变电站更具备“全网”意识。数字化变电站主要从满足变电站自身的需求出发，而智能变电站则更强调满足电网的运行要求，比数字化变电站更加注重变电站之间、变电站与调度中心之间的统一与协调，以在全网范围内提高系统的整体运行水平为目标。

作为一门新兴技术，智能变电站从提出开始就受到了极大的关注，目前已成为我国电力系统研究的热点之一。随着相关软硬件技术的不断发展和成熟，智能变电站将成为变电站技术的发展方向。实现智能变电站将对我国变电站的自动化运行和管理带来深远的影响和变革，具有非常重大的技术和经济意义。

在技术上，实现智能变电站可以减少设备的检修次数和检修时间，提高设备的使用效率；减少自动化设备数量，简化二次接线，提高系统的可靠性；设备具有互操作性，方便了设备的维护和更新，减少投运时间，提高工作效率；此外，还可以方便变电站的扩建及自动化系统的扩充。

在经济上，可以实现信息在运行系统和其他支持系统之间的共享，减少重复建设和投资；减少占地面积，从而减少建设投资；减少变电站寿命周期内的总体成本，包括初期建设成本和运行维护成本等。

总之，智能变电站的建设实施，符合国家电网公司对新型变电站“两型一化”及南方电网绿色“3C”电网建设的指导要求，是发展智能电网的重要基础。

## 1.3 国内外智能变电站发展与研究现状

### 1.3.1 国外研究与实践情况

#### 1.3.1.1 标准制定和互操作试验

智能变电站基于 IEC 61850 系列标准。UCA 组织总裁 Kay Clinard 曾这样

描述：“随着基于变电站和馈线自动化通信标准的 IEC 61850 系列标准的发布和实施，世界上有了统一的控制单元之间的 IEC 通信标准，这为电力企业实现站内通信设备之间的互操作打下了良好的基础，大大提高了变电站设备之间的系统集成能力和真正降低了电力企业的建设和维护费用”。

国外针对 IEC 61850 系列标准的应用和研究开始较早，相应的示范工程在制定 IEC 61850 系列标准的过程中就开始实施。美国、德国、荷兰等都有示范工程，用以验证标准，通过实践来促进标准的进一步完善。此外，国外厂商也在开发符合 IEC 61850 系列标准要求的智能电子设备，不但有保护装置，还有符合该标准的过程层设备，如智能断路器，带数字接口的光 TA、光 TV 等。从标准制定初期，就有数家大公司开始进行设备互操作试验，到目前为止已进行了数次试验。

2003 年 3~4 月在美国的 Manheim, Sun Valley 与 2004 年 8 月在法国巴黎等地分别进行了大规模的互操作试验。这些成功的互操作试验和众多电力公司与设备提供厂家的积极参与，完善了 IEC 61850 系列标准，加快了 IEC 61850 系列标准的颁布和实施。

### 1.3.1.2 实际工程应用

2004 年 5 月，IEC 61850 系列标准正式文本予以发布，仅隔半年，SIEMENS 在瑞士的 ATEL 供电公司的 Winznauschachen 变电站，实际实施了世界上首座遵循 IEC 61850 通信协议的变电站自动化系统。Winznauschachen 变电站是个 20kV 的配电变电站，SIEMENS 提供了遵循 IEC 61850-6 标准的测控和保护设备，系统于 2004 年 11 月正式投运。

美国第一个数字化、完全互操作的变电站于 2008 年 4 月在 Tennessee Valley Authority (TVA) 的 500kV Bradley 变电站投入运行。Bradley 变电站建设完全由电力用户自行设计、安装和调试。为了体现 IEC 61850 系列标准的互操作性，Bradley 数字化变电站的控制保护设备厂家为 ABB、GE Multilin、SIEMENS 和 AREVA 四个。SIEMENS 提供 IED 控制单元的同时，提供了站控层软硬件，其他各厂家提供 IED 设备和遵循 IEC 61850 系列标准的 ICD 配置文件信息，由 TVA 委托的 UCI (Utility Consulting International) 负责项目的统筹，网络设备由 RUGGEDCOM 公司提供。Bradley 变电站的站控层采用 IEC 61850-8-1 通信，过程层采用 IEC 61850-9-1 传送采用值，跳闸命令和开关状态值采用 GOOSE 传送。TVA 电力公司通过 Bradley 变电站的全数字化改造，获得了以下经验和收益：

(1) 所有的保护、测控等 IED 单元都设计为完全开放的系统。

(2) 由 IED 设备制造厂家提供 IED 标准配置工作, 不需要厂家参与, 就能完成所有设备的互操作测试。

(3) 完整的一次设备状态检测。

(4) 智能变电站新的测试手段和方法。

### 1.3.2 国内研究与实践情况

#### 1.3.2.1 标准制定和互操作试验

国家电网公司和南方电网公司组织中国电力科学研究院和国内的各大电力设备制造厂商从 2001 年开始关注 IEC 61850 系列标准, 并开始对该标准进行翻译, 目前已经发布和出版了 IEC 61850 系列标准的正式版, 并组织了 6 次互操作实验, 国内较有影响力的电力自动化设备供应商积极响应并参与了互操作性试验。

为有效推进智能变电站建设的规范化, 国家电网公司在近年近百个各种类型数字化变电站项目实施经验的基础上, 组织一系列标准和规范的讨论, 并由智能电网部牵头编写了 Q/GDW 383—2009《智能变电站技术导则》、Q/GDW Z 410—2010《高压设备智能化技术导则》、《智能变电站设计规范》、Q/GDW 441—2010《智能变电站继电保护技术规范》、《智能电网试点项目评价指标体系与评价方法研究》等。这些标准和技术规范的出台, 为智能变电站的实施试点项目提供了规范化的依据。

#### 1.3.2.2 实际工程应用

2006 年 1 月 15 日, 云南电网公司在曲靖供电局翠峰变电站正式拉开了变电站自动化技术向智能变电站技术迈进的第二次技术革命的帷幕。110kV 翠峰站是云南电网公司数字化变电站研究试点项目, 也是一个多学科的综合性的科研项目。同年 11 月 8 日, 云南省曲靖市翠峰 110kV 数字化变电站通过鉴定验收。该项目取得了智能变电站在设计、建设、管理、运行、维护等方面阶段性实践经验和成果, 具有国际先进水平, 标志着我国数字化变电站研究迈上了新台阶。

2007 年 5 月, 河南首个智能变电站——洛阳金谷园 110kV 变电站正式投入运行。该站基于“网络化二次系统”概念, 采用 VLAN 技术将局域网内的设备按网络化保护和控制功能逻辑划分成若干个网段, 保证了控制的实时性, 实现了网络的安全隔离; 在间隔层采用了 GOOSE 网络传输技术, 实现了数字化变电站三层结构的一体化应用; 利用 GOOSE 网络实现了设备跳合闸命令传

输、一键式智能操作，实现了变电站过程层、间隔层、站控层一体化的五防操作逻辑闭锁功能；利用网络化实现了母线保护、备自投、低频低压减载功能；采用基于 SNMP 协议的网络在线监视与诊断服务技术，实时监视各网络节点的工作情况，实现了变电站二次设备的网络可视化监控。特别是在“网络化二次系统”及“网络化保护”方面处于国际领先水平。河南金谷园 110kV 变电站智能化改造成功，标志真正意义上的智能变电站投入运行，也为智能电网的建设打下了良好的基础工作。

2009 年 7 月，浙江金华 500kV 芝堰变电站智能化改造试点工程投运，该站此次升级改造，对今后我国变电站智能化改造有着极为重要的示范和引导意义，同时也为智能变电站的大规模推广应用提供了实践经验和技术积累。该站是国家电网公司启动了首批 9 座智能变电站试点工程之一，也是目前国内数字化技术应用程度较深、实施范围较广、保护数字化程度较高的 500kV 数字化变电站。此次智能化升级改造内容主要包括了一次设备智能化和在线监测、信息一体化平台的构建、运行维护智能化、高级应用开发、辅助系统智能化改造等五项内容，体现了智能变电站信息化、自动化和互动化的特征。以运行维护智能化为例，如采用定期或不定期对现场设备进行巡查或红外线测温手段以发现设备隐患缺陷，现在通过智能巡视系统来完成。

2011 年 7 月，云南首个智能变电站——普洱景东 110kV 智能变电站体现了智能变电站技术发展的最新成果：全站采用过程层“三网合一”组网方式、整站采用集中式保护方案、合并器及智能接口合一的综合智能终端技术。

目前国内电压等级最高的智能变电站是延安 750kV 智能变电站。

## 1.4 智能电网对智能变电站的要求

智能变电站与常规变电站相比能够完成范围更宽、层次更深、结构更复杂的信息采集和信息处理。变电站内、站与调度、站与站之间，站与大用户和分布式能源的互动能力更强，信息的交换和融合更方便快捷，控制手段更灵活可靠。

由于智能变电站在智能电网中占有重要地位，因此智能电网对智能变电站的要求如下。

### 1.4.1 坚强可靠

变电站应用于智能电网，可靠性无疑是最主要的要求，随着高精度、小型

化的电子互感器技术，符合 IEEE 1588 标准的千兆以太网交换技术，高精度（ $\mu\text{s}$  级）的全网高精度同步采样技术，以及具有“无扰恢复”和自愈能力的高可靠通信网络技术正在走向成熟，将确保基础数据的准确性、完整性、实时性、一致性和可靠性，从而为智能电网提供坚实的数字化条件。

除了站内设备及变电站本身可靠性外，智能变电站更应该关注自身的自诊断和自治功能，做到设备故障提早预防、预警，并可以在故障发生时，自动将设备故障带来的供电损失降低到最低程度。

#### 1.4.2 信息化

变电站是电网基础信息的主要提供者之一，变电站服务于智能电网的一个主要作用就是提供可靠、准确、充分、实时、安全的信息，提供的信息应不仅仅局限于传统“四遥”（遥测、遥信、遥调和遥控）的电气量信息，还应包括设备信息，如变压器色谱分析结果、冷却散热系统情况等，断路器的动作次数、传动机构储能情况、开断电流的情况等，环境信息，图像信息等，最终达到信息描述数字化、信息采集集成化、信息传输网络化、信息处理智能化、信息展现可视化和生产决策科学化的目的，方便地实现设备状态信息的采集、传输、分析和挖掘，实施状态维修，变电站设备状态的监控、诊断信息与电网运行管理的双向互动，为资产全寿命周期管理打下坚实基础。

在信息安全方面，遵循国家及国际标准，以保证站内与站外的通信安全及站内信息存储及信息访问的安全，实现与上级调度中心通信的认证及加密，实现站内各系统之间的安全分区及安全隔离。

#### 1.4.3 自动化

变电站自动化是实现电网自动化最直接的窗口，智能变电站应最大可能地实现自动化功能为智能电网提供服务。实现根据工程配置文件生成系统工程数据、二次设备在线、自动校验、变电站状态检修、变电站系统和设备系统模型的自动重构等功能，进一步提高变电站自动化水平。

利用电力三态数据（稳态数据、暂态数据、动态数据）全景数据平台进行统一采集和处理，从而大大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，实现自动化的目标。

#### 1.4.4 互动化

友好互动是智能电网的主要运行特征，智能电网拥有大量新型柔性交流输电技术的应用，以及风力发电、太阳能发电等间歇式分布式清洁能源的接入。中低压智能变电站允许分布式电源的接入，可以满足间歇性电源“即插即用”



的技术要求。变电站服务于智能电网应充分体现互动化要求：一方面，它担负着各类电源与用户的接入与退出，电网实时数据的采集和命令的执行，变电站的继电保护设备还担负着电网“三道防线”中第一道防线的重任；另一方面，变电站统一信息平台改变了以往变电站信息孤岛系统，改变了电力系统横向系统多、纵向层次多的业务孤立格局，实现与控制中心之间、与相邻变电站之间以及与用户之间的双向交互式的信息沟通，优化了资源配置，大大提高真实性和有效性，减少重复浪费现象，满足对智能电网建设的需求。

## 1.5 智能变电站典型特征

### 1.5.1 信息采集就地化

鉴于电子式互感器工程应用所反映的稳定性问题尚未得到有效解决，智能变电站的应用特征并非以电子式互感器为应用标志已成为一种共识。Q/GDW 383—2009《智能变电站技术导则》中提出了智能组件的概念，展示了智能化一次设备发展趋势。因此，智能变电站技术发展过程中作为过程层的智能组件将起到关键作用，这里所提到的智能组件包含合并单元/智能终端的功能，实际上执行间隔的信息采集和执行功能。

随着技术的进步与发展，过程层的智能组件将成为一次设备的组成部分，因此，过程层智能组件在智能变电站初期将靠近一次设备安装，过程层就地化体现为“缩短电缆，延长光缆”，目前主要以户外柜的方式应用。智能变电站的重要特征体现为一、二次技术的融合，智能组件的功能主要是信息采集与执行，与电力系统的外在特性无关，因此，完全可以作为智能一次设备的一个组成部分，就地化靠近一次设备安装，最终形成智能一次设备的产业化。

### 1.5.2 信息共享网络化

过程层就地化后解决了间隔信息采集的唯一性问题。以往变电站自动化系统各个 IED 装置分别采集模拟量及开关量信息的现象将能得到有效解决。Q/GDW 441—2010《智能变电站继电保护技术规范》规定保护采取“直采直跳”的模式，在高压系统符合继电保护对于“四性”（可靠性、快速性、选择性、灵敏性）的要求。在整流型、晶体管、集成电路、微机保护的不同技术发展阶段，随着技术进步保护的“四性”不断得到改善。在工业以太网技术和网络同步技术尚未在实践中得到充分验证的情况下，保护“直采直跳”模式体现了电网第一道防线的简约化原则，任何技术实现不能以降低保护的