

ZHINENG BIANDIANZHAN
YUANLI YU YINGYONG

黄新波 主编

智能变电站 原理与应用



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

**ZHINENG BIANDIANZHAN
YUANLI YU YINGYONG**

黄新波 主 编

郭昆丽 张永宜 邵文权 副主编

智能变电站 原理与应用



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是推行和实施智能变电站建设的应用型参考书,书中全面分析了智能变电站关键技术的原理、实现和应用,并给出相应的具体设计与分析。全书共分9章,包括智能变电站概述、智能变电站基础、智能变电站数据通信网络、智能高压设备、智能辅助系统、智能控制装置、智能变电站信息一体化平台、智能变电站调试与运行维护、智能变电站设计实例。

本书可作为高等学校电气工程、智能电网信息工程、检测技术与仪器、自动化等专业本科生和研究生的专业基础课教材,还可作为从事智能变电站研究、设计、制造、使用和运行检修专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站原理与应用 / 黄新波主编. —北京: 中国电力出版社, 2012.11

ISBN 978-7-5123-3679-7

I. ①智… II. ①黄… III. ①变电所—智能技术—研究 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 260045 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 5 月第一版 2013 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.875 印张 297 千字 3 插页

印数 0001—3000 册 定价 42.00 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

编 委 会

主 编	黄新波			
副 主 编	郭昆丽	张永宜	邵文权	
编委会成员	耿庆庆	贺 霞	朱永灿	李小博
	王霄宽	郭见雷	王 勇	王 宏
	方寿贤	李文静	张晓霞	舒 佳
	王 卓	吉树亮	程文飞	王列华
	王娅娜	陈小雄	唐书霞	周柯宏
	张 烨	王红亮	王春来	付沿安

前言

随着我国智能电网建设的试点和规划,有关智能变电站的技术导则和规范陆续出台,促进了国内智能变电站技术的发展和應用。2010年国内初步建成110~750kV智能变电站18座;“十二五”期间,国家规划将完成5000~6000个智能变电站的建设或改造。智能变电站技术涉及一次设备、继电保护、在线监测、IEC 61850协议以及安全防护等多领域知识。

作者在国内较早开展了智能变电站相关技术的研究,研发了变压器局部放电、MOA阻性电流、断路器机械特性、高压开关柜运行状态等系列在线监测技术以及电流速断保护、差动保护等部分继电保护装置,上述技术均在电力系统中成功应用,并获得了陕西省科学技术奖二等奖1项和陕西省高等学校科学技术奖一等奖2项。

2011年,作者参与完成了原华北电网有限公司第一个变电站智能化改造工程——虹桥220kV变电站智能化改造工程,在总结国内已建成的智能变电站的基础上,充分学习国内其他研究人员和用户单位的科研成果、运行经验,希望通过本书反映当前智能变电站技术的实际应用和最新成果。

全书共分9章:第1章介绍了智能变电站发展、体系结构、状态检修和未来技术发展等内容;第2章介绍了变电站综合自动化技术及IED、站内时钟同步等变电站智能化技术;第3章介绍了智能变电站数据通信基础、数据网络配置、IEC 61850标准与实现等内容;第4章介绍了智能变压器、开关设备、容性设备等智能设备的组成和功能;第5章介绍了智能变电站防火防盗、视频监控、PDA巡检及巡检机器人等辅助系统;第6章介绍了电压无功控制、备用电源自动投入和冷却控制等智能控制装置;第7章介绍了智能变电站信息一体化平台的结构设计、功能分析和信息安全等方面内容;第8章介绍了智能变电站关键技术的调试与运行维护等;第9章给出了110、220kV和750kV智能变电站的具体设计和运行分析。

本书是推行和实施智能变电站建设的应用型参考书,书中全面分析了智能变电站关键技术的原理、实现和应用,并给出相应的具体设计与分析,能够使读者初步了解和掌握智能变电站相关技术,从而更好地为智能电网建设服务。

本书由黄新波教授主编,参与撰写单位有西安工程大学、西安金源电气股份有限公司等,具体参加本书各章节编写的有郭昆丽副教授、张永宜讲师、邵文权博士,以及耿庆庆、贺霞、朱永灿、李小博、王霄宽、郭见雷、王勇、王宏、李文静、张晓霞、舒佳、王卓、

吉树亮、程文飞、王列华、王娅娜、陈小雄、唐书霞、周柯宏、张烨、王红亮、王春来、付沿安等硕士研究生和研发人员。

感谢所有本书引用文献的作者，感谢为本书撰写提供技术资料的个人和单位。特别感谢中国电力企业联合会，其定期召开的输变电设备状态监测研讨会为该书提供了大量素材。感谢北京国网高科咨询中心（www.aocep.org），其定期举办的智能变电二次设备、继电保护测试以及 IEC 61850 等技术培训会给国内智能变电站建设提供了大量的技术支持。

本书的出版得到陕西省科学技术研究发展计划项目（2011KJXX09）、西安市科技计划项目—产学研工程（CXY1104）、2010 年陕西省教育厅产业化中试项目（2010JC08）等课题的资助以及西安金源电气股份有限公司的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

智能变电站是一个迅速发展的多学科交叉的技术领域，受作者学识水平所限，书中疏漏欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。联系方式：hxb1998@163.com。

编 者

二〇一二年八月于西安

目 录

前言

第 1 章 智能变电站概述	1
1.1 变电站的发展	1
1.2 智能变电站体系及功能	3
1.3 智能变电站状态检修	7
1.4 智能变电站评价	8
1.5 未来智能变电站	9
第 2 章 智能变电站基础	10
2.1 变电站综合自动化技术	10
2.2 变电站智能化技术	21
第 3 章 智能变电站数据通信网络	46
3.1 数据通信基础	46
3.2 IEC 61850 标准	50
3.3 智能变电站整体网络配置	66
3.4 IEC 61850 协议实现	73
第 4 章 智能高压设备	80
4.1 智能变压器	80
4.2 智能开关设备	85
4.3 智能容性设备	93
4.4 智能 MOA	94
4.5 未来智能设备	95
第 5 章 智能辅助系统	99
5.1 智能变电站防火防盗	99
5.2 智能变电站视频监控	102
5.3 智能 PDA 巡检	106

5.4	智能巡检机器人	109
5.5	红外在线监测技术	112
5.6	变电站智能照明系统	114
5.7	交直流一体化电源系统	117
第 6 章	智能控制装置	121
6.1	电压无功控制装置	121
6.2	备用电源自动投入装置	125
6.3	冷却控制装置	128
第 7 章	智能变电站信息一体化平台	133
7.1	信息一体化平台背景	133
7.2	信息一体化平台架构设计	133
7.3	信息一体化平台功能分析	142
7.4	信息安全分析	149
7.5	未来平台建设	151
第 8 章	智能变电站调试与运行维护	155
8.1	调试内容	155
8.2	运行维护分析	164
第 9 章	智能变电站设计实例	170
9.1	110kV 智能变电站设计实例	170
9.2	虹桥 220kV 智能变电站工程改造实例	178
9.3	洛川 750kV 智能变电站工程实例	187
附录 A	国内智能变电站技术规范与标准	191
附录 B	IEC 61850 标准	193
参考文献		194

第 1 章

智能变电站概述

1.1 变电站的发展

变电站是电力系统中不可缺少的重要环节，它担负着电能转换和电能重新分配的繁重任务，对电网的安全和经济运行起着举足轻重的作用。1891 年，俄国建成三相交流线路及升压与降压变压器，真正的电网由此诞生。至今，变电站经过了 100 多年的发展，总的来说，可以分为四个阶段。

1. 传统变电站

20 世纪 80 年代以前，变电站保护设备以晶体管和集成电路为主，二次设备均按照传统方式布置，各部分独立运行。传统变电站安全可靠性差，自动化程度低。传统变电站大多数采用常规的设备，其继电保护和自动化装置采用电磁型或晶体管型设备，结构复杂、可靠性不高，且无故障自诊断能力。同时传统变电站供电质量无法保证和考核，大都不具备调压手段。

2. 综合自动化变电站

20 世纪 90 年代，随着计算机、网络、通信技术的发展，变电站综合自动化技术出现并得到应用。变电站综合自动化通常采用二次电缆直接连接一次设备与保护、录波、测控、计量等二次设备，把传统意义上的保护、控制、测量、录波及通信设备集成一体。综合自动化系统中有电压、无功自动控制功能，提高了供电质量及电压合格率，保证了变电设备的稳定运行。综合自动化变电站系统结构如图 1-1 所示。

3. 数字化变电站

数字化变电站通常采用“三层两网”结构，实现了变电站内一次设备和二次设备的数字通信，建立了全站统一的数据模型和通信平台。一级网络连接一次设备（或智能单元、合并单元）与间隔层设备（保护、录波、测控、计量等装置），另外一级网络连接间隔层设备与站控层设备。间隔层设备采用 DL/T 860《变电站通信网络和系统》（简称 DL/T 860）标准协议（不经协议转换）与站控层进行数据通信。站控层远动主机、电量采集、五防等系统分别通过专用通道与各自管理部门相连。其主要特点是：一次设备数字化，二次设备网络化和数据平台标准化。一次设备数字化主要体现为电子式互感器和智能开关；二次设备网络化体现为二次设备对上和对下通信均通过网络；数据平台标准化体现为 DL/T 860 协议。数字化变电站系统结构如图 1-2 所示。

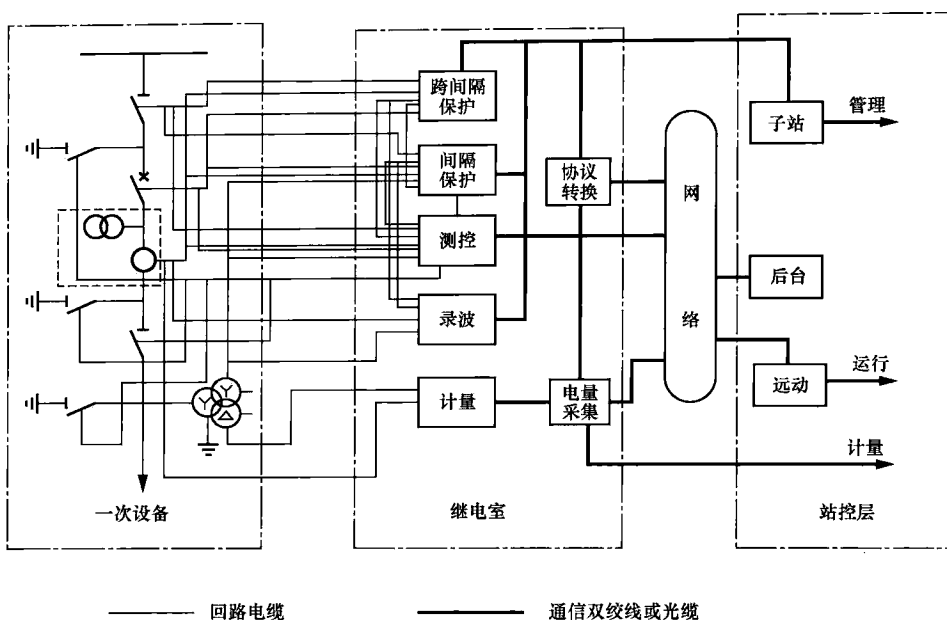


图 1-1 综合自动化变电站系统结构

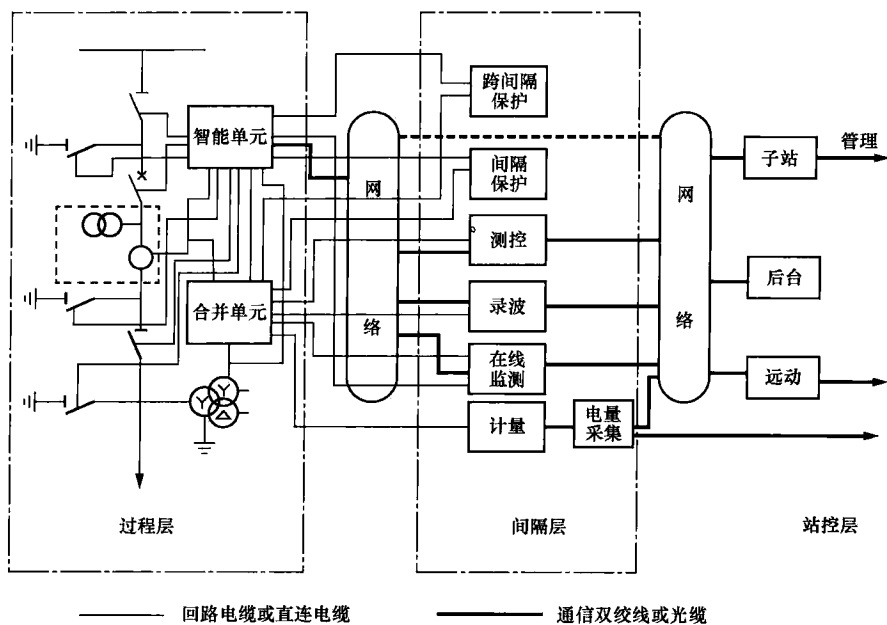


图 1-2 数字化变电站系统结构

4. 智能变电站

智能变电站采用先进、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，具有电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高

级功能, 实现与相邻变电站、电网调度互动, 系统结构如图 1-3 所示。智能变电站与数字化变电站有着密不可分的联系, 但智能变电站的智能单元增加了一次设备状态监测功能, 站控层采用了统一服务接口与电力数据网相连。

随着我国智能电网建设的试点和规划, 智能变电站技术发展迅速。2010 年已初步建成 110~750kV 智能变电站 18 座, 其中洛川 750kV 变电站和兰溪 500kV 变电站分别是国家电网公司首批智能变电站试点工程的新建站和改造站。2011 年完成了华北电网第一个变电站智能化改造工程——虹桥 220kV 变电站。“十二五”期间, 国家规划将完成 5000~6000 个智能变电站的建设或改造。

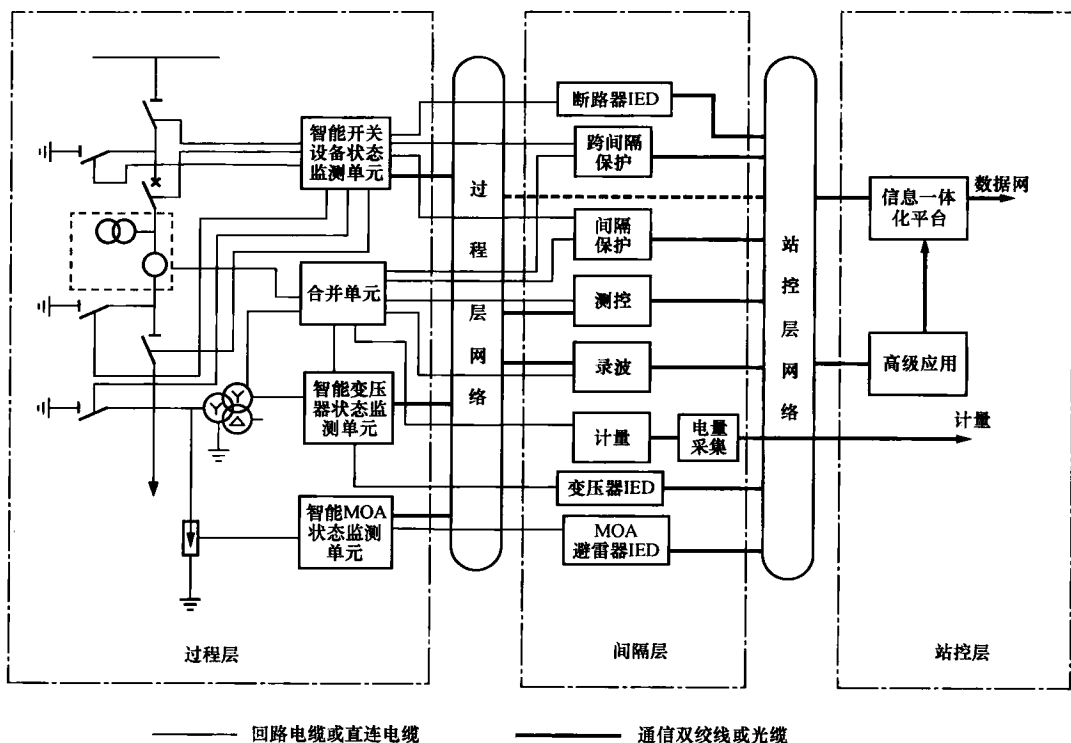


图 1-3 智能变电站系统结构

1.2 智能变电站体系及功能

1.2.1 智能变电站体系结构

智能变电站分为过程层、间隔层和站控层。

过程层包含合并单元、智能终端、现场监测单元和智能一次设备等, 完成变电站电能分配、变换、传输及状态监测等相关功能, 主要实现电气量检测、状态监测、操作控制与驱动等。

间隔层包含测控、保护、计量、故障录波、网络记录分析一体化、备自投、低频低压减负荷、状态监测智能电子设备 (Intelligent Electronic Device, IED)、主 IED 等装置, 实

施一次设备的保护、操作闭锁和同期操作及其他控制,实现对数据采集、统计运算及控制命令的优先级控制,完成过程层实时数据信息汇总和与站控层的网络通信。

站控层目前包括站域控制、远动通信、五防、对时、在线监测、辅助决策等子系统和信息一体化平台,平台与各子系统之间通过 IEC 61850《变电站通信网络和系统》(简称 IEC 61850)标准协议进行数据和控制指令通信,将来自于上述子系统的功能直接集成在信息一体化平台中。其主要功能是:通过网络汇集全站的实时数据信息,不断刷新实时数据库;按既定规约将有关信息送向调度、控制和在线监测中心;接收调度、控制和在线监测中心命令并发送至间隔层和过程层执行;具有在线可编程的全站操作闭锁功能;具有对间隔层、过程层设备的在线维护、在线修改参数的功能;具有变电站故障自动分析功能。智能变电站系统结构如图 1-4 所示。

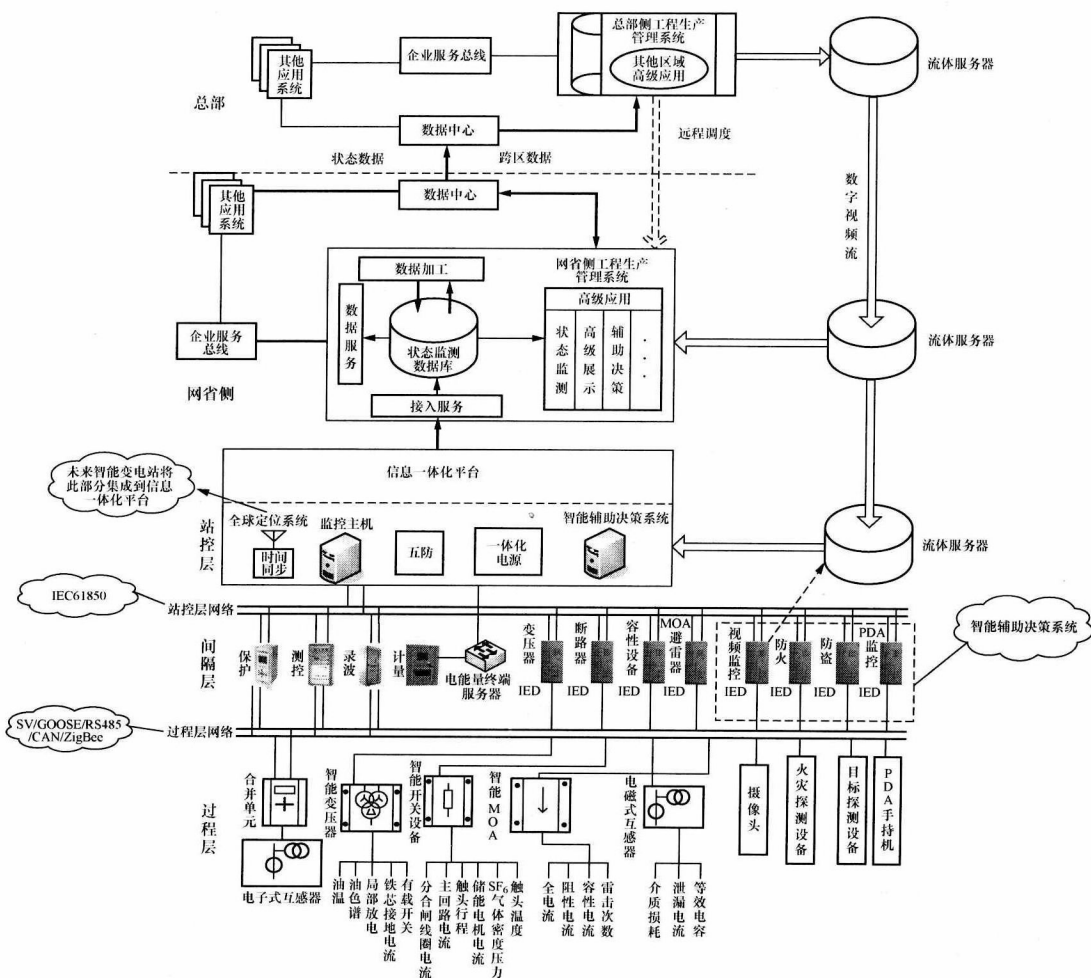


图 1-4 智能变电站系统结构

1.2.2 智能变电站功能

智能变电站的主要特征为一次设备智能化、信息交换标准化、系统高度集成化、保护控制协调化、运行控制自动化、分析决策在线化,具体分析如下:

1. 基本功能

(1) 测量单元。智能变电站测量单元采用高精度数据采集技术和三态数据（稳态数据、暂态数据、动态数据）综合测控技术，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。测量输出数据与被测电气参量在较大频谱范围内响应一致，且具备电能质量的数据测量功能。

(2) 控制单元。智能变电站控制单元接收监控中心、调度中心和当地后台系统发出的控制指令，经安全校验后，自动完成相关设备的控制。控制单元具备全站防止电气误操作闭锁、同期电压选择、本间隔顺序控制、支持紧急操作模式以及投退保护软压板等功能，满足智能变电站无人值守的要求。

(3) 保护单元。智能变电站保护单元应遵循继电保护基本原则，满足 DL/T 769—2001《电力系统微机继电保护技术导则》等相关保护的标准要求。可通过网络通信方式接收电流、电压等数据和输出控制信号，信息输入、输出环节的故障不应导致保护误动作，并应发出告警信号，不依赖于外部对时系统实现其保护功能。当采用双重化保护配置时，其信息输入、输出环节应完全独立。此外，纵联差动保护应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。

(4) 计量单元。智能变电站计量单元具备分时段、需量电能量自动采集、处理、传输、存储等功能，能够准确计算出电能量，且计算数据完整、可靠、及时、保密，满足电能量信息的唯一性和可信度的要求。计量单元互感器的选择配置及准确度要求应符合 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》的规定。电能表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。合并单元具备参数设置的硬件防护功能，其精确度要求须满足计量的需要。

(5) 状态监测单元。智能变电站状态监测单元主要包括智能变压器监测单元、智能开关设备监测单元、智能容性设备监测单元和智能避雷器监测单元，通过传感器自动采集一次设备的运行状态信息，以 IEC 61850 协议将数据传送至信息一体化平台，并能接收信息一体化平台的控制指令，具备远方设定采集信息周期、报警阈值等功能。

(6) 通信单元。智能变电站通信单元包括过程层/间隔层之间的通信单元（RS-485、无线电、CAN 和 ZigBee）和间隔层/站控层之间的通信单元（光纤），间隔层与站控层之间的数据通信须符合 IEC 61850 协议，采用完全自描述的方法实现站内信息与模型的交换。进行网络数据优先分级和优先传送，计算和控制网络流量，甄别报文丢包及数据完整性。采用信息加密、数字签名、身份认证等安全技术，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。

(7) 源端保护。变电站作为调度/集控系统数据采集的源端，须提供各种可自描述的配置参量，如变电站主接线图、网络拓扑等参数及数据模型等。维护时仅需利用统一配置工具进行配置，生成标准配置文件，并自动导入变电站自身系统数据库。

(8) 五防闭锁。五防闭锁单元实现全站的防误操作闭锁功能，同时在受控设备的操作回路中串接本间隔的闭锁回路。对于空气绝缘的敞开式开关设备（AIS），可配套设备就地锁具。变电站远方、就地操作均具有闭锁功能，本间隔的闭锁回路采用电气闭锁触点实现。

2. 高级功能

(1) 设备状态可视化。采集变电站一次设备〔变压器、断路器、气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)、氧化锌避雷器(MOA)等〕的状态信息,重要二次设备(测控装置、保护装置、合并单元及智能终端等)的告警信息及网络设备的状态信息,进行状态可视化展示并发送到上级系统(如PMS),为实现优化电网运行和设备运行管理提供基础数据支撑;实时监视变电站主设备的运行状态,为实现变电站全寿命周期管理提供必要的数据和技术支撑。

(2) 智能告警及故障信息综合分析决策。智能告警对变电站内的各种事件进行分析决策,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在线监测,对变电站异常情况进行自动报警,为主站提供分层分类的故障告警信息并合理安排,屏蔽没有意义或者在运行情况下低一级别的告警信息,同时提出故障处理指导意见,要求在故障情况下对事件顺序记录信号、保护控制、相量测量、故障录波等进行数据挖掘和综合分析,将变电站故障分析结果以简洁明了的可视化界面综合展示。

(3) 支撑经济运行与优化。系统可提供智能电压无功自动控制(VQC)、备用电源自动投入、清洁能源自动接入等功能。调度中心可以进行电压无功自动控制等的启停、状态监测和策略调整,提供智能负荷优化控制功能并执行。

(4) 站域控制。利用对站内信息的集中处理和判断,实现站内自动控制装置的协调工作,站级的运行控制策略优于面向单间隔,满足适应系统运行方式的要求。

(5) 与外部系统交互信息。具备与网省侧监控中心、相邻变电站、大用户及各类电源等外部系统进行信息交换的功能,是智能变电站互动化的体现。

3. 辅助设施功能

(1) 视频监控。站内配置视频监控系统(包括可见光和红外成像),可远传视频信息,在设备操作控制、事故处理时与信息一体化平台(或视频监控系统)协同联动,并具备设备就地和远程视频巡检及远程视频工作指导等功能。

(2) 安防系统。配置灾害防范、安全防范子系统,将告警信号、测量数据以 IEC 61850 协议接入变电站信息一体化平台(或安防监控中心),并配备语音广播系统,实现变电站内流动人员与监控中心语音交流,非法入侵时能广播告警。此外,可留有与应急指挥信息系统的通信接口。

(3) 照明系统。采用清洁能源(太阳能、地热、风能等)和高效光源,利用节能灯具等降低能耗,配备应急照明设施。室外照明系统整体采用总线布置,局部采用照明控制器的形式进行控制连接,实现照明的自动控制。

(4) 站用电源系统。全站直流、交流、逆变等电源一体化设计、配置和监控,实现全站交、直流电源远方监测、分析和控制,其运行工况和信息数据以 IEC 61850 协议接入变电站信息一体化平台(或电源控制系统)。

(5) 辅助系统优化控制。具备变电站内温度、湿度等环境信息的在线监测功能,能够与空调、风机、加热器等进行智能联动。

(6) 智能巡检系统。一方面可通过 PDA 终端人工采集变电站主要设备的运行状态信息,以 IEC 61850 协议与变电站信息一体化平台进行信息交互;另一方面可通过变电站智能巡

检机器人（配置可见光成像、红外成像及 PDA 终端），按照任务要求自动获取变电站主要设备的运行状态信息（如检修信息、运行温度等），同样以 IEC 61850 协议与变电站信息一体化平台进行信息交互。

1.3 智能变电站状态检修

智能变电站建设有助于实现变电站的状态检修，科学合理地实现对设备的运行、维护和管理。状态检修是以设备当前的实际运行状况为依据，通过在线监测等技术建立状态检修辅助决策系统，对设备的历史状况、当前状况以及同类设备的运行状况进行比较分析，识别设备故障的早期征兆，对故障部位严重程度及发展趋势做出判断，从而确定其最佳检修时机的一种检修模式。要真正地提升变电站管理水平，需要实现状态检修工作的信息化、标准化和流程化。所谓信息化、标准化和流程化，主要是研究将“数据获取→数据处理→状态评价→风险评价→检修决策→检修计划”的状态检修工作流程以及应用的标准，通过生产管理系统或者状态检修辅助决策系统进行控制。综合考虑各种因素，智能变电站的状态检修系统应包含设备状态检测单元（在线和离线）、设备状态检修辅助决策单元、设备状态检修管理单元三部分。

1. 变电设备状态检测单元

变电设备状态检测单元应包含在线监测和离线检测两部分。在线监测针对运行中的变电设备（变压器、断路器、容性设备及避雷器绝缘等）运行状况进行监测，实现设备状态信息的数据采集、传输及故障诊断等。具体的监测参数如下：

（1）变压器部分应监测变压器油中气体成分及含量、GIS 局部放电情况及位置、绕组温度、套管绝缘特性、接地铁芯绝缘特性等信息，以及对变压器冷却系统进行智能控制。

（2）断路器部分应监测断路器触头运动特性、操动机构分/合闸线圈电流、分/合闸回路状态、断路器开断电流和开断次数、断路器操动机构的储能系统以及 SF₆ 气体密度、压力和微水等信息。

（3）容性设备部分应监测容性设备的电容值、介损、全电流等信息。

（4）避雷器部分应监测全电流、阻性电流及雷击动作次数等信息。

离线检测可通过手持设备对电气设备进行周期检测，或者对设备已知故障信息进行现场确认。离线检测包括绝缘电阻检测、机械性能检测、设备热点温度等内容。

2. 设备状态检修辅助决策单元

设备状态检修辅助决策单元应包含数据获取、数据处理与预警、状态评价与风险评估、检修决策支持、数据展示等模块。设备状态检修辅助决策单元平台的设计可以参考 ISO13374、OSA-CBM 等国际标准。

状态检修辅助决策单元的核心是状态风险等级评估。目前，电力行业采用的典型风险等级评估方法有最大可能法、期望值法、概率不确定情况下的风险决策、排序法、风险矩阵法、欧氏距离法和收益评估法等。

3. 设备状态检修管理单元

设备状态检修管理单元应建立在工程生产管理系统（PMS）或企业资源规划（ERP）

的模块上,包括检修计划决策和管理应用功能。检修计划决策可利用设备状态检修辅助决策单元给出的设备状态,运用多信息融合技术综合考虑设备历史数据、运行状况、检修工期、检修费用、检修风险等多方面因素,进行技术分析和经济比较,最后给出一个最优的检修方案。设备状态检修管理单元可与 PMS 或 ERP 系统中的检修工单建立联系,实现状态检修。目前常用的检修策略主要有最小维修、完美维修或更换、预防性维修及计划维修等。

1.4 智能变电站评价

1.4.1 技术性评价

技术性评价主要包括基础功能完备性和先进性两个方面:基础功能完备性应覆盖一次

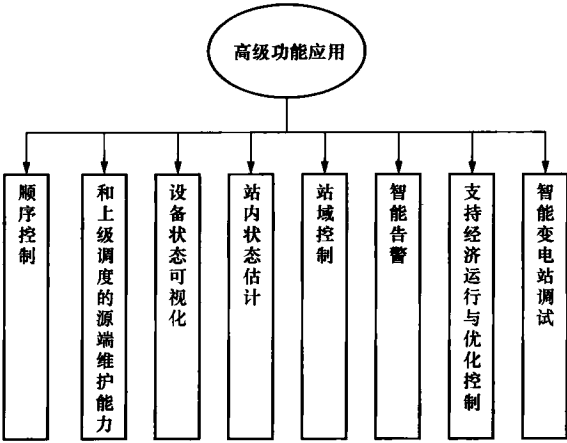


图 1-5 高级功能应用

设备智能化、电子式互感器、IEC 61850 标准、信息一体化平台、“三层两网”架构、信息安全防护和一体化电源系统等内容;先进性的评价主要从高级功能应用和其他功能应用两方面进行评价。

(1) 高级功能应用。高级功能应用如图 1-5 所示。

(2) 其他功能应用。主要包括继电保护信息综合监视与分析、变电站辅助系统综合运用与监视、其他设备及环境智能化监控。

1.4.2 经济社会评价

经济社会评价主要包含成本、社会效益和全寿命周期投入产出比等分析,对于新建变电站还应进行敏感性分析等,具体见表 1-1。

表 1-1 智能变电站经济社会评价

	新建工程	改造工程
成本分析	投资与运行成本分析	常规投资和智能化投资
社会效益分析	节地(建筑面积、占地面积)、节材、节能和增加设备可用系数、提高电网可靠性、提升电网安全防护水平等	节约占地面积、建筑面积、建筑工程量(控制电缆用量)、能耗(变电站用电量)和增加设备可用系数(停电时间)等方面
全寿命周期投入产出比	全寿命周期投入产出比,是指在全寿命周期内,因降低建筑工程费、降低其他费用、等效延缓的一次设备投资以及降低变电站运维成本而带来的效益与智能变电站较常规站设备购置费中的智能化投资增量的比值	改造站并不能真正减少已有的占地面积和建筑面积,因此在计算全寿命周期投入产出比时,计算两类投入产出比:一是不考虑节省占地费用和建筑费用的实际投入产出比;二是考虑节省占地费用和建筑费用的理论投入产出比
敏感性分析	设备价格、设计优化、设备寿命、运维成本降低等	

1.5 未来智能变电站

未来智能变电站基于设备智能化的发展和高级功能的实现，分为设备层和系统层。设备层包含一次设备和智能组件，主张将一次设备、二次设备、在线监测和故障录波等进行有机融合，具备电能输送、电能分配、继电保护、控制、测量、计量、状态监测、故障录波、通信等功能，体现智能变电站智能化技术的发展方向。系统层面向全站，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，具备基本数据处理和高级应用等功能，包括网络通信系统、对时系统、高级应用系统、一体化平台等，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。智能变电站数据源应统一化、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。未来智能变电站结构如图 1-6 所示。

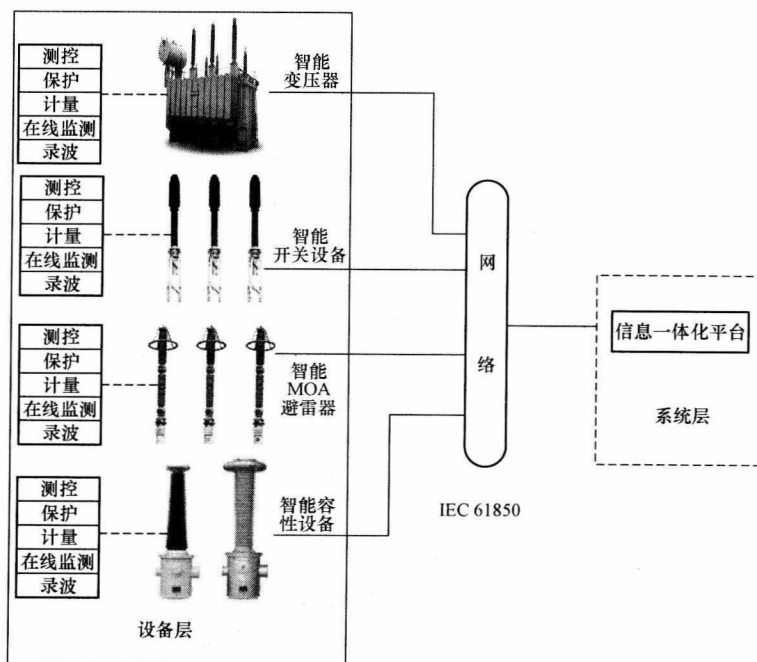


图 1-6 未来智能变电站结构