

智能变电站实用技术丛书

保护控制分册

BAOHU KONGZHI
FENCE

主 编 宋璇坤

副主编 刘 颖 李 军 肖智宏 李敬如



智能变电站实用技术丛书

保护控制分册

BAOHU KONGZHI
FENCE

主 编 宋璇坤

副主编 刘 颖 李 军 肖智宏 李敬如



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

智能变电站是实现坚强智能电网建设发展的重要组成部分,它涉及多学科理论和多领域技术。为加快智能变电站实用技术的推广,有必要编写一套综合性强且便于不同专业理解的《智能变电站实用技术丛书》。该丛书对智能变电站一、二次设备的基本原理、关键技术、工程应用、试验调试、运维检修等内容进行了系统性阐述与经验总结,凝聚了编写单位及人员在智能变电站实用技术研究与实践方面的成果与心得,以期对智能变电站推广建设起到一定的促进作用。

本书为《智能变电站实用技术丛书 保护控制分册》,共分为 5 章,包括概述、层次化保护控制系统、合并单元及智能终端装置、时间同步系统及展望。每章节都包含概念定义、结构特点、应用现状、关键技术、工程方案、检测调试、运维检修等内容,本书对推动智能变电站保护控制系统实用技术体系的建立具有重要价值。

本书可供从事二次系统方面研究、设计等人员阅读,也可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站实用技术丛书. 保护控制分册 / 宋璇坤主编. —北京: 中国电力出版社, 2018.12
ISBN 978-7-5198-2590-4

I. ①智… II. ①宋… III. ①智能系统—变电所—继电保护 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 246886 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 马 青 (010-63412784, 610757540@qq.com)

责任校对: 黄 蓓 常燕昆

装帧设计: 张俊霞 赵姗姗

责任印制: 石 雷

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2018 年 12 月第一版

印 次: 2018 年 12 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 18.75

字 数: 420 千字

印 数: 0001—2500 册

定 价: 75.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换

《智能变电站实用技术丛书 保护控制分册》

编写组名单

主 编 宋璇坤

副 主 编 刘 颖 李 军 肖智宏 李敬如

参编人员 谷松林 张志鹏 陈 炜 姜百超

张晓宇 刘晓川 申洪明 张华娇

马迎新 刘 鹏 陈光华 任雁铭

尹 星 刘 宇 陶洪铸 李 刚

周劼英 刘思革 李仲青 刘前卫

周航帆 须 雷 周 斌 刘丽榕

刘东超 张祥龙 徐 江 王洪斌

贺 春 韩凝晖 高 旭 李 力

李铁臣 吴聪颖 吴 刚 李海涛



序

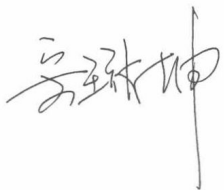
智能变电站是实现坚强智能电网建设发展的重要组成部分。在前期新技术研究与标准制定基础上,2009年8月,国家电网有限公司开始了智能变电站试点工程的建设工作,试点工程采用电子式互感器、智能终端、一次设备状态监测、DL/T 860 规约等新设备与新技术,基本实现了全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化等功能要求。为了进一步提升智能变电站的设计、建设及运行水平,2012年1月,国家电网有限公司又提出建设以“系统高度集成、结构布局合理、装备先进适用、经济节能环保、支撑调控一体”为特征的新一代智能变电站,国网经济技术研究院有限公司(简称国网经研院)作为电网规划和工程设计咨询技术归口单位,牵头承担了新一代智能变电站的研究与设计工作。

历经10个月的研究与论证,2012年11月,国网经研院完成了新一代智能变电站近、远期概念设计方案,并得到了行业内多位院士与专家学者的认可。同年12月,北京未来科技城、重庆大石等6座新一代智能变电站示范工程开工建设,并于2013年底成功投运。在充分肯定新一代智能变电站的设计思路和工作方法的基础上,国家电网有限公司于2014年初启动了50座扩大示范工程建设,实现了110(66)~500kV电压等级的全覆盖。今昔之感,从2012年到2018年,国网经研院与相关协作单位攻坚克难,完成了关键技术研究、工程设计论证、技术标准制定、典型方案编制等工作,提出了基于整体集成技术的顶层设计方法,研发了集成式隔离断路器、一体化业务平台、层次化保护控制系统等新型智能装备,构建了融合设计、制造、调试、安装全环节的模块化建设技术,编写了《新一代智能变电站研究与设计》《新一代智能变电站典型设计》(110kV、220kV、330kV、500kV分册)等书籍,推动了智能变电站技术的创新与发展。

智能变电站涉及多学科理论和多领域技术。在智能变电站的建设与运行中发现,不同专业人员对智能变电站的认识往往局限于“点”,难以拓展到“面”。为加快智能变电站实用技术的推广,有必要编写一套综合性强且便于不同专业人员理解的《智能变电站实用技术丛书》,以提高智能变电站的实用化水平。

该丛书对智能变电站一、二次设备的基本原理、关键技术、工程应用、试验调试、

运维检修等内容进行了系统性阐述与经验总结，凝聚了国网经研院与各协作单位在智能变电站实用技术研究与实践方面的成果与心得，以期对智能变电站推广建设起到一定的促进作用。最后，对关心、支持本丛书编写与出版的相关单位、有关领导和编写组成员表示衷心的感谢！



2018 年 12 月
于未来科学城



前言

智能电网是传统电网与现代传感测量技术、通信技术、计算机技术、控制技术、新材料技术高度融合而形成的新一代电力系统。变电站是电网的基础节点，是重要的参量采集点和管控执行点，因此变电站智能化是建设智能电网的重要环节。近年来，我国智能变电站的建设稳步推进，相应技术不断发展，智能变电站采用可靠、经济、集成、环保的设计理念，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化、系统功能集成化、结构设计紧凑化、高压设备智能化和运行状态可视化等技术特征为基础，支持电网实时在线分析和控制决策，进而提高电网整体的运行可靠性与经济性。2009 年开始，国家电网有限公司先后启动了两批智能变电站的试点工程建设，覆盖 66~750kV 电压等级，2011 年国家电网有限公司新建智能变电站由试点建设转入全面建设阶段，2013 年开始又先后启动了第三批新一代智能变电站示范工程建设，标志着我国智能变电站发展进入高速阶段。截至 2017 年底，共建成投运新建智能变电站 4900 座，预计到 2020 年，国家电网有限公司新建智能变电站将达到 8000 余座。智能变电站的设计与建设提高了大电网运行稳定性及控制灵活性，增强了变电站与电网协同互动能力，进一步提升了我国变电站建设与装备研制水平。

变电站的基本构成包括一次系统、二次系统、辅助系统。一次系统包括电气主接线、配电装置、主设备，其中主设备包括电力变压器、断路器、隔离开关、互感器、无功补偿设备、避雷器、气体绝缘金属封闭开关设备（Gas Insulated Switchgear, GIS）组合电器、开关柜等，主接线是主设备的功能组合，配电装置是主设备在场地的空间布置。二次系统包括继电保护系统、变电站计算机监控系统、故障记录分析系统、时钟同步系统、计量系统等。辅助系统包括站用交直流电源系统、视频监控系统、火灾报警及消防系统、防盗保卫系统、环境监测系统等。为总结、梳理、深化、推介智能变电站中各类智能设备/系统的选型、设计、运维、调试等实用化技术知识，本套丛书选择了智能变电站内具有代表性的集成式隔离断路器、智能气体绝缘金属封闭开关设备（智能 GIS）、电子式互感器、层次化保护控制系统、过程层合并单元智能终端、变电站时钟同步对时系统、智能变压器、智能中压开关柜、预制舱式组合设备等典型智能设备/系统，分别阐述了各个设备/系统的原理结构、关键技术、工程应用、试验调试、运维检修，供读者有针对性的使用。

本书为《智能变电站实用技术丛书 保护控制分册》。随着信息技术、计算机技术的不断进步，变电站的保护控制水平不断提升，故障隔离的选择性、快速性、可靠性、灵敏性不断提高。层次化保护控制系统、合并单元与智能终端、时间同步系统是构成智能变电站保护控制的重要元素，其中层次化保护控制系统将继电保护与安全自动装置的有

机结合,实现了多装置在时间、空间和功能上的协调统一,代表着站内保护控制技术的发展趋势;合并单元和智能终端将常规变电站复杂二次电缆接线替换为光纤以太网通信系统,实现了变电站信息采集数字化;时间同步系统通过接收授时系统所播发的标准时间信号与信息,实现设备内数据信息的时间同步及区域时间同步。本书以智能变电站研究、设计、建设、运维阶段的工作成果为基础,对层次化保护控制系统、合并单元及智能终端、时间同步系统的功能结构、关键技术、工程方案、检测调试、运行维护等内容进行较为详细的阐述和分析,并通过给出全面的设备信息及典型应用实例,为读者提供有益参考。

全书共分5章,第1章介绍了智能变电站二次系统的架构组成、应用特征、发展需求、技术特点等,阐述了智能电网新形势下对二次系统的发展要求;第2章详细介绍了层次化保护控制系统的概念定义、结构特点、应用现状、关键技术、工程方案、检测调试、运维检修等,通过与传统电网继电保护、安全自动装置的对比分析,说明了层次化保护控制系统的结构设计特点,阐述了其在保护控制方面的优势,以及在试验调试、运维检修等方面的特殊要求;第3章介绍了合并单元及智能终端的概念定义、结构特点、应用现状、关键技术、工程方案、检测调试、运维检修等,突出其在信息采集、信息处理、信息共享方面的技术革新,并对合并单元、智能终端的调试、运维和检修方面的技术要求进行详细说明;第4章介绍了时间同步系统的概念定义、结构特点、关键技术、应用需求、应用方案、检测调试、运维检修等,突出了站内不同设备对时间同步系统的需求,并对时间同步系统的调试、运维和检修方面的技术要求进行详细说明;第5章展望了未来保护控制系统、合并单元及智能终端以及时间同步系统的技术发展路线,指出光子保护、保护就地化、芯片保护、合并单元及智能终端模块化、全网时间同步系统等未来技术发展。

本书突出实用技术,编写过程中力求由浅入深、简明扼要地介绍智能变电站中保护控制的原理及现场应用的相关知识。本书主要为从事智能变电站研究、设计、调试、运行的人员提供实用技术知识,也可为广大高校和科研人员提供参考。

本书由国网经济技术研究院有限公司组织编写,南瑞继保电气有限公司、北京四方继保自动化股份有限公司、南瑞科技股份有限公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司、中国能建集团辽宁电力勘测设计院有限公司、成都引众数字设备有限公司、许昌开普检测研究院股份有限公司、国网冀北电力有限公司、国网重庆电力公司电力科学研究院等单位参与编写,并得到了国家电网有限公司科技部、国家电力调度控制中心的大力支撑,在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者谅解并提出宝贵意见。

编 者

2018年12月



目 录

序
前言

第1章	概述	1
1.1	智能变电站简述	1
1.1.1	智能变电站技术特征	2
1.1.2	智能变电站发展需求	3
1.2	智能变电站二次系统	4
1.2.1	智能变电站二次系统架构及组成	4
1.2.2	智能变电站二次系统应用特征	6
1.2.3	智能变电站二次系统发展需求	6
1.3	智能变电站保护控制设备	7
1.3.1	保护控制相关二次设备特征	7
1.3.2	保护控制相关二次设备通用技术	9
第2章	层次化保护控制系统	16
2.1	层次化保护控制系统简述	16
2.1.1	层次化保护控制系统定义	16
2.1.2	层次化保护控制系统特点	17
2.1.3	国内外应用现状	19
2.2	层次化保护控制系统原理与关键技术	20
2.2.1	基本原理	20
2.2.2	数据处理与通信技术	37
2.2.3	装置设计实现技术	46
2.3	层次化保护控制系统工程应用方案	62
2.3.1	系统设计原则	62
2.3.2	装置选型及技术参数	64

2.3.3	典型工程应用方案	66
2.4	层次化保护控制系统检测与调试	79
2.4.1	层次化保护控制系统检测	79
2.4.2	层次化保护控制系统调试	85
2.5	层次化保护控制系统运行与维护	96
2.5.1	运行维护基本要求	96
2.5.2	线路保护运行与维护	98
2.5.3	变压器保护运行与维护	100
2.5.4	母线(失灵)保护运行与维护	102

第3章 合并单元及智能终端装置 103

3.1	合并单元与智能终端简述	103
3.1.1	合并单元及智能终端的定义	104
3.1.2	功能及特点	105
3.1.3	国内外应用情况	105
3.2	装置的功能实现关键技术	106
3.2.1	合并单元关键技术	106
3.2.2	智能终端关键技术	141
3.2.3	合并单元智能终端集成装置技术	147
3.3	装置的设计与工程应用方案	159
3.3.1	一般技术要求	159
3.3.2	功能要求	160
3.3.3	设备选型与主要技术参数	163
3.3.4	外部接口要求	168
3.3.5	配置原则及应用方案	171
3.4	装置的检测与调试	178
3.4.1	通用试验项目	179
3.4.2	合并单元特有试验项目	180
3.4.3	智能终端特有试验项目	186
3.4.4	合并单元智能终端集成装置特有试验项目	189
3.5	装置的调试方法及要求	190
3.5.1	调试流程	190
3.5.2	工厂调试	191
3.5.3	现场调试	194

3.6 装置的运行与维护要求	198
3.6.1 运行维护基本要求	198
3.6.2 合并单元运行维护要求	202
3.6.3 智能终端运行维护要求	204

第4章 时间同步系统

4.1 时间同步系统概述	206
4.1.1 时间的定义及其分类	206
4.1.2 时间对电气量测量的影响	209
4.1.3 电力系统时间同步的特点及意义	212
4.2 时间同步基本原理与关键技术	213
4.2.1 时间同步基本原理	213
4.2.2 时间同步授时技术	214
4.2.3 时间同步守时技术	230
4.2.4 时间同步传递补偿技术	232
4.2.5 时间同步系统架构及基本运行方式	233
4.2.6 时间同步装置关键技术	239
4.2.7 精确网络时间同步系统	245
4.3 电力系统时间同步应用	249
4.3.1 电力系统常用设备时间同步需求	249
4.3.2 电力系统时间同步应用现状	250
4.3.3 电力调度控制中心时间同步	252
4.3.4 变电站时间同步	254
4.3.5 PMU 时间同步	257
4.3.6 广域保护时间同步	258
4.3.7 时间同步监测	259
4.4 变电站时间同步系统工程应用方案	267
4.4.1 全站时间同步系统通用设计原则	267
4.4.2 变电站时间同步系统典型设计方案	267
4.4.3 传输介质的应用与技术指标	268
4.5 时间同步系统的调试与检测	269
4.5.1 时间同步系统的调试	269
4.5.2 时间同步系统的检测	269
4.6 时间同步系统的运行与维护	277
4.6.1 缺陷、故障及应对措施	277
4.6.2 运维管理手段	278

第5章	展望	280
5.1	层次化保护控制系统展望	280
5.2	合并单元与智能终端展望	281
5.3	电力系统时间同步系统展望	282
附录	引用技术标准表	284
参考文献		286
索引		288



第 1 章

概 述

1.1 智能变电站简述

我国变电站的发展大体上可分为三个阶段，尽管每个阶段变电站的基本功能都是电压变换、电能汇集和传递，但以变电站技术发展为着眼点，各阶段具有不同的技术特征，存在明显的差异和代际传承。我国变电站发展历程如图 1-1 所示。

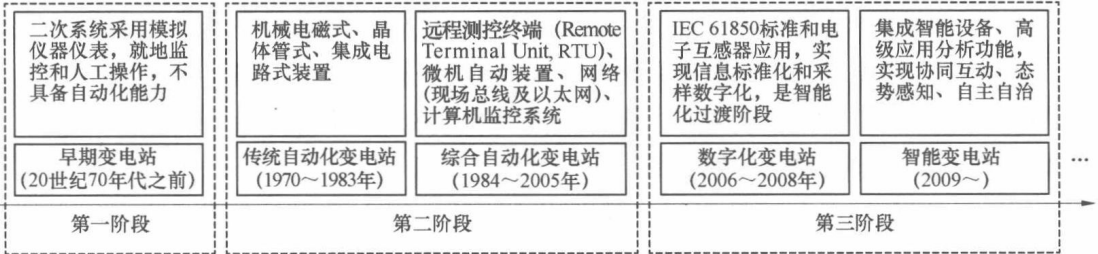


图 1-1 我国变电站发展历程

20 世纪 70 年代之前为早期传统人工操作变电站，以低电压、小容量、弱联系、人工运维为技术特征，变电站二次系统采用模拟仪器仪表，实行就地监控和人工操作，基本不具备自动化能力。20 世纪 70 年代后进入自动化阶段，以超高电压、大容量、强联系、自动化运维为特征。以 330-500-750kV 级超高压变电站为代表，主变压器容量大幅提升，远动技术开始大规模应用，调度实现了实时监控电网运行，微机保护及自动装置大量应用，利用网络实现了计算机监控和自动化操作，运维模式为定期停电检修，降低了故障停电概率，减少了停电时间。自 2006 年，以应用 IEC 61850 标准和电子式互感器的“数字化变电站”为起点，进入变电站发展的智能化过渡阶段。该阶段以智能化、集成化、协同互动、自主自治为特征，是变电站发展的高级阶段。该阶段变电站实现一、二次设备融合，应用集成化智能设备，基于网络实现高度自动化和智能化运行监控，运维方式向设备状态检修转变，站内设备除了满足自身功能的优化集成，还将实现与智能电网的协同互动。自 2009 年起，以两批智能变电站试点工程为标志，我国正式进入智能变电站阶段。2009~2012 年投运的智能变电站以一次设备智能化、设备状态监测、高级应用分析功能为特征，处于智能变电站的初级阶段。自 2013 年开始，以能源消费方式变革为契机的电网发展方式的转变，要求变电站实现协同互动、态势感知、自主自治，适应接纳新能源、分布式电源、电动汽车等多元化用户，进入智能变电站的更高级阶段。

1.1.1 智能变电站技术特征

在 Q/GDW 383—2009《智能变电站技术导则》中，明确提出智能变电站是由先进、可靠、节能、环保、集成的设备组合而成，以高速网络通信平台为信息传输基础，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。

以上智能变电站的定义中提出采用先进、可靠、节能、环保、集成的设备，指明一体化、集成化、节能环保是设备发展趋势；强调高速网络通信平台为信息传输基础，不仅局限于变电站内，还包括变电站之间、变电站与调度端之间；指出信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等变电站基本功能的自动化程度需要进一步提升；提出变电站需要具备实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级应用功能。

智能变电站能够完成比常规变电站范围更宽、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。智能变电站具有全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化和高级应用互动化等主要技术特征。

(1) 全站信息数字化。全站信息数字化指实现一次、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。主要体现在信息的就地数字化，通过采用电子式互感器，或采用常规互感器就地配置合并单元，实现了采样值信息的就地数字化；通过一次设备配置智能终端，实现设备本体信息就地采集与控制命令就地执行。其直接效果体现为缩短电缆，延长光缆。

(2) 通信平台网络化。通信平台网络化指采用基于 IEC 61850 的标准化网络通信体系。具体体现为全站信息的网络化传输。变电站可根据实际需要灵活选择网络拓扑结构，利用冗余技术提高系统可靠性；互感器的采样数据可通过过程层网络同时发送至测控、保护、故障录波及相角测量等装置，进而实现了数据共享；利用光缆代替电缆可大大减少变电站内二次回路的连接线数量，也提高了系统的可靠性。

(3) 信息共享标准化。信息共享标准化指形成基于同一断面的唯一性、一致性基础信息，统一标准化信息模型，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。具体体现在信息一体化系统下，将全站的数据按照统一格式、统一编号存放在一起，应用时按照统一检索方式、统一存取机制进行，避免了不同功能应用时对相同信息的重复建设。

(4) 高级应用互动化。高级应用互动化指实现各种变电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。具体而言，指建立变电站内全景数据的信息一体化系统，供各子系统统一数据标准化、规范化存取访问以及和调度等其他系统进行标准化交互；满足变电站集约化管理、顺序控制等要求，并可与相邻变电站、电源（包括可再生能源）、用户之间的协同互动，支撑各级电网的安全稳定经济运行。

智能变电站的技术需求，决定了其设备信息数字化、功能集成化、结构紧凑化的重要

特征。智能变电站二次系统设备整合符合 IEC 61850 功能自由分配的理念。同时二次系统优化整合、合理压缩二次功能房间面积，符合变电站可靠、高效、节能、环保的要求。

1.1.2 智能变电站发展需求

变电站作为发电、输电、变电、配电、用电、调度六大环节的衔接点，是智能电网建设的关键环节，是智能电网信息化、自动化、互动化的集中体现，是“电力流、信息流、业务流”一体化融合的重要节点，是接纳风能、太阳能、电动汽车等多元化用户的核心平台，将被赋予更加广泛和强大的功能，从而对变电站未来发展趋势提出了新的要求。

(1) 清洁能源和可再生能源的高速扩张要求变电站更加灵活可控。核电可调节性差，风能、太阳能发电具有随机性和间歇性，若大规模接入电网必将对电网产生重大冲击，安全、稳定、谐波等问题亟待解决，这就要求变电站作为各种电源的汇集点与接入点，具有及时有效的功率监测和能量调节措施，能够实时控制、平衡电能的接入，确保电网系统稳定。

(2) 多元化用户和优质服务的目标要求变电站更加友好互动。市场化改革的推进和用户身份的重新定位，使电力流和信息流由传统的单向流动模式向双向互动模式转变。分布式电源、电动汽车等多元化用户的出现，要求电网具有良好的兼容性；微网以及储能装置等这类既作为电力消费者又作为电力生产者的新用户，要求电网具有良好的互动性。因此作为能量调节的核心环节，变电站的互动水平亟待提高。

(3) 经济社会发展要求变电站提供更安全、更可靠、更优质的电力服务。随着能源结构的优化调整和清洁能源的快速发展，电能在终端能源消费中的比例日益提高，经济社会发展对电力供应依赖程度日益增强，停电事故对社会生产和人民生活的危害也越来越大。而随着电网运行与控制的复杂程度越来越高，发生连锁性事故和大面积停电的风险也日益加大，实现电能的安全传输和可靠供应面临重大挑战。

(4) 资源与环境约束要求变电站更高效、更节约、更环保。资源节约型、环境友好型社会要求不断提高资源利用效率，尽可能减少资源消耗和环境代价。变电站发展既要实现低损耗、高效率转化和传输能量，还要节材、节地、节能、免维护，提高建设效率、节约工程造价和运维成本，最大限度节约土地资源、物质资源和人力资源。

(5) 企业发展方式转变和集约创新要求变电站支撑电力流、信息流、业务流的高度融合。为改变传统供电企业生产分工方式松散、管理链条长、生产机构设置复杂的局面，电网企业需要转变发展方式，实施人、财、物核心资源的集约化管理。智能电网对企业管理模式优化的支撑作用越来越重要。运行、检修业务纵向贯穿管理模式要求变电站信息一体化、功能集成化、支撑电力流、信息流、业务流的高度融合。变电站将更好地支撑调度运行业务一体化需要，实现变电站设备监控的统一管理，通过信息流优化整合，与调度系统全景数据共享，提升决策控制能力，提高运行效率。变电站将更好地支撑专业化检修、维护需要，实现设备运维、检修一体化，通过在线监测、设备状态可视化技术，为检修管理提供优化和决策依据，提高设备利用效率和设备管理水平。

1.2 智能变电站二次系统

随着变电站三个阶段的发展历程，变电站二次设备也经历了三个阶段的发展，各阶段的主要特征如表 1-1 所示。

表 1-1 我国变电站主要二次设备各阶段的主要特征

类别	第一阶段 20 世纪 70 年代以前	第二阶段（20 世纪 70 年代~2005 年左右）		第三阶段（2006~）	
		传统自动化阶段	综合自动化阶段	数字化变电站 （2006~2009 年）	智能变电站 初级阶段 （2009~2012 年）
保护	机电式保护，基本实现一次设备保护功能，调试运维工作量很大	保护性能、可靠性、运维便利性不断提高		向就地化保护、网络化保护发展	
		晶体管/集成电路保护应用，保护性能提升，调试运维工作量较大	微机保护应用，保护可靠性较高，调试运维方便	基于数字测量值的微机保护应用	微机保护就地化推广应用
监控	不具备自动化能力	具备自动化、网络化能力		全站自动化、网络化、标准化程度更高，信息综合应用能力更强，逐渐具备智能化、互动化能力	
		“二遥”或“四遥”	① 除监测量“四遥”，还有计量、同步相量测量装置（Phasor Measurement Unit, PMU）等； ② 脉冲对时或串行对时； ③ 远动支持“四遥”上送	① 监测量统一建模、统一监测； ② 脉冲对时、简单网络时间协议（Simple Network Time Protocol, SNTP）对时； ③ 远动能力更强	① 监测量除了“四遥”，还有计量、PMU； ② 1588 网络对时试点； ③ 远动支持告警直传、远程浏览
计量	广泛采用机械感应式电能表，单向计费，精度低、非线性负荷计量误差大，无通信	① 广泛采用电子式多功能电能表； ② 双向计费，功能简单； ③ 精度较高，非线性负荷计量误差较小； ④ 具有一定的通信功能，串口通信		① 智能电能表逐步推广和应用； ② 双向互动，功能强大； ③ 更高精度，各种负荷计量误差更小； ④ 强大的通信功能，以太网通信； ⑤ 全面支持新能源接入	

1.2.1 智能变电站二次系统架构及组成

依据 IEC 61850 系列标准，如图 1-2 所示，智能变电站二次系统分为站控层、间隔层和过程层三层，在逻辑上由三层设备及站控层网络、过程层网络组成。站控层网络、过程层网络物理上相互独立。

（1）过程层设备。

过程层设备包括变压器、高压开关设备、电流/电压互感器等一次设备及其所属的智能组件以及独立的 IED 等，支持或实现电测量信息和设备状态信息的实时采集和传送，实现所有与一次设备接口相关的功能。

（2）间隔层设备。

间隔层设备包括继电保护装置、测控装置、安全自动装置、一次设备的主 IED 装置等，实现或支持实现测量、控制、保护、计量、监测等功能。

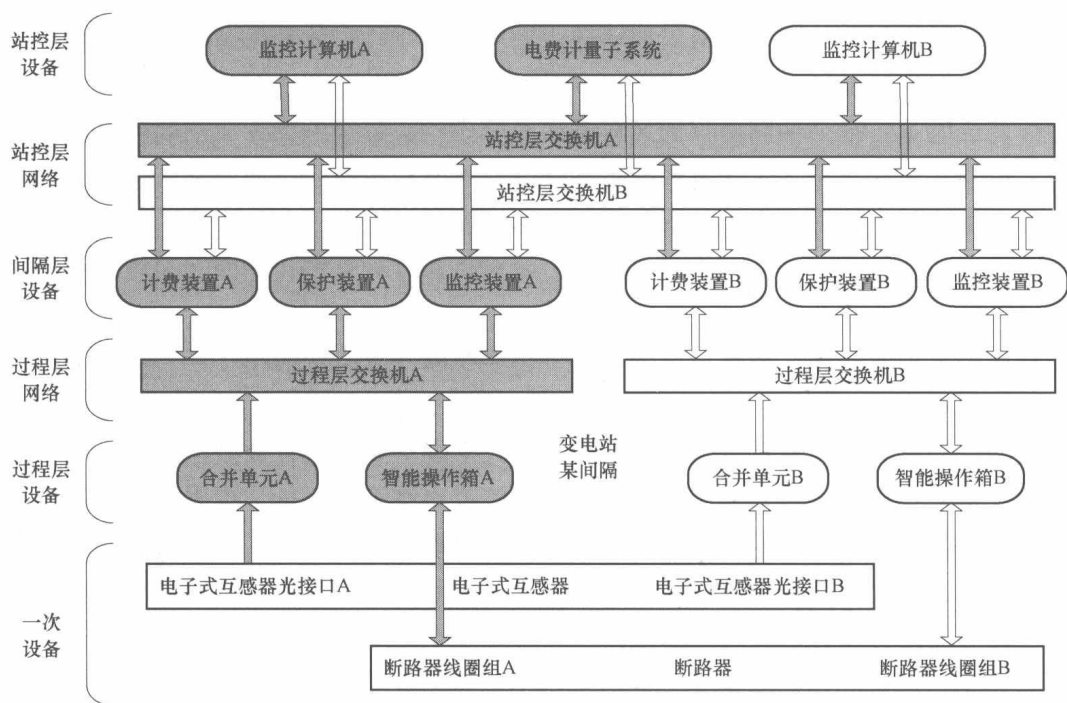


图 1-2 智能变电站二次系统架构图

(3) 站控层设备。

站控层设备包括监控主机、综合应用服务器、数据通信网关机等，完成数据采集、数据处理、状态监视、设备控制和运行管理等功能。

变电站网络由站控层网络、过程层网络组成。站控层网络是间隔层设备和站控层设备之间的网络，实现站控层内部以及站控层与间隔层之间的数据传输。过程层网络是间隔层设备和过程层设备之间的网络，实现间隔层设备与过程层设备之间的数据传输。间隔层设备之间的通信，物理上可以映射到站控层网络，也可以映射到过程层网络。全站的通信网络应采用高速工业以太网组成。

(1) 站控层网络。

站控层网络采用星形结构的 100Mbit/s 或更高速度的工业以太网，网络设备包括站控层中心交换机和间隔交换机。站控层中心交换机连接数据通信网关机、监控主机、综合应用服务器、数据服务器等设备。间隔交换机连接间隔内的保护、测控和其他智能电子设备。间隔交换机与站控层中心交换机通过光纤连成同一物理网络。站控层和间隔层之间的网络通信协议采用 MMS，故也称为 MMS 网；网络可通过划分虚拟局域网(VLAN)分割成不同的逻辑网段。

(2) 过程层网络。

过程层网络包括用于间隔层和过程层设备之间的状态与控制数据交换的 GOOSE 网和用于间隔层与过程层设备之间采样值传输的 SV 网。GOOSE 网一般按电压等级配置，采用星形结构，220kV 以上电压等级采用双网；采用 100Mbit/s 或更高通信速率的工业以太网；保护装置与本间隔的智能终端设备之间采用 GOOSE 点对点通信方式。SV 网一