



# 智能变电站 运维技术

国网成都供电公司 组编

非  
外  
借



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 智能变电站 运维技术

国网成都供电公司 组编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

随着我国低碳经济方式逐步转变,智能电网技术日臻完善,智能变电站已进入全面推广建设阶段。与常规变电站相比,智能变电站存在设备类型、通信标准、数据传输、应用支持等诸多技术差异,智能变电站运维工作面临新的挑战。

本书共分为6章,主要内容包括智能变电站基础知识、智能变电站压板与定值、智能变电站“两票”解析、智能装置巡视与异常告警解析、智能变电站设备验收、智能变电站程序化操作。

本书可供变电运维人员、设备检修人员和安全生产管理人员使用,也可作为供电企业新入职员工培训学习的参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

智能变电站运维技术 / 国网成都供电公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2017.11  
ISBN 978-7-5198-0980-5

I. ①智… II. ①国… III. ①智能系统—变电所—电力系统运行 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 168902 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: 王春娟 (010-63412350) 周秋慧 (010-63412627)

责任校对: 马 宁

装帧设计: 郝晓燕 左 铭

责任印制: 邹树群

---

印 刷: 北京瑞禾彩色印刷有限公司

版 次: 2017 年 11 月第一版

印 次: 2017 年 11 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米 × 980 毫米 16 开本

印 张: 14

字 数: 153 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 82.00 元

---

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

## 编委会

主任 褚艳芳

副主任 李科峰

委员 樊晓锋 刘江 程华 赵光辉 王红梅  
杜仁杰 叶有名 余昆 江川 邓强强  
雷敏 周洲 朱雨 李芳 朱利

## 编写组

组长 杜仁杰 程华

成员 刘团 刘挺 何大地 杨涛 陈翔  
潘晓筠 王姝欢 彭建 谢康 康丽红  
龚华麟 陈莉珺 袁明哲 秦晓柯 金鑫琨

全球化石能源的生产、运输、加工和使用对生态环境已经造成严重的污染和破坏。因此，调整和改善能源结构，降低化石能源比重，迫切需要加快能源革命的步伐。低碳、清洁的能源发展理念使电力在未来能源体系中扮演着越来越重要的角色，智能电网逐渐成为能源互联网的核心组成部分。

2016年11月7日，国家发展和改革委员会、国家能源局正式发布《电力发展“十三五”规划》，把推进“互联网+”智能电网建设列为重点任务，全面建设智能变电站，推广在线监测、状态诊断、智能巡检等高级应用。智能电网是承载现代能源体系建设、推动我国能源生产和消费革命的重要支撑。智能变电站是智能电网建设发展的重要环节，国家电网公司在各省（自治区、直辖市）公司大力推动智能变电站新建和变电站智能化改造进程。

我国的智能变电站发展先后经历了试点建设、经验总结、标准制定等探索阶段，从2013年起正式进入“标准化设计、模块化建设”的全面推广建设阶段，智能变电站的全面建设意味着技术的加速更迭。不同于常规变电站总线式数据传输方式，智能变电站采用具有广泛适用性的IEC-61850通信协议，用光纤通信网络让二次设备间实现了网络化的信息共享，使各种设备能以统一的“语言”实现互操作，这一智能化特征为变电站全景式监控和高级应用提供了技术保证，同时，也让设备的运行、检修、维护作业规范发生相应变化，智能变电站的安全运维需要更多的通信、计算机信息知识作为支撑。

在智能电网提速发展的背景下，电网安全生产形势更显

复杂，急需变电运维人员扩展知识领域，更新技术技能，更好地与网络化、智能化设备协同互动。目前，智能变电站运维技术培训多来自检修调试人员或设备厂家提供的技术咨询，此类培训通常结构简单、内容零散，且未能从运维人员的视角对整个智能变电站运维工作进行梳理和解析，使得大量运维人员对智能变电站的知识体系掌握不完整、对技术要点理解不透彻，为智能变电站安全运行埋下了隐患。

为此，国网成都供电公司组织智能变电站专家和一线运维人员团队，根据运维岗位日常工作、结合相关行业标准及管理要求，编制了本书。本书从智能变电站基础知识、智能变电站压板与定值、智能变电站“两票”解析、智能装置巡视与异常告警解析、智能变电站设备验收、智能变电站程序化操作等方面对智能变电站进行了详细介绍。本书内容通俗易懂、条理清晰、重点突出，配有大量现场照片，并通过智能变电站和常规变电站一、二次设备结构及功能的对比，帮助读者突破理解障碍，加深读者对难点的记忆。本书可供变电运维人员、设备检修人员和安全生产管理人员使用，也可作为供电企业新入职员工培训学习的参考资料。

本书的编写出版得到了国网成都供电公司诸多技术专家的大力支持，在此对他们的付出表示感谢。

鉴于编者水平，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2017年10月

# 目 录

## 前言

<b>第一章</b>	<b>智能变电站基础知识</b> .....	1
第一节	智能变电站概述 .....	1
第二节	典型智能装置 .....	8
第三节	典型配置方案 .....	14
<b>第二章</b>	<b>智能变电站压板与定值</b> .....	18
第一节	压板分类与功能 .....	18
第二节	软压板管理 .....	35
第三节	检修硬压板检修机制及其操作 .....	36
第四节	定值解析 .....	43
<b>第三章</b>	<b>智能变电站“两票”解析</b> .....	61
第一节	线路间隔“两票”解析 .....	61
第二节	主变压器间隔“两票”解析 .....	93
第三节	母线“两票”解析 .....	109
第四节	其他典型操作票解析 .....	121

<b>第四章</b>	智能装置巡视与异常告警解析.....	128
第一节	智能装置巡视.....	128
第二节	智能装置面板信息.....	131
第三节	断链信息.....	136
第四节	其他告警信息.....	144
第五节	告警信息处理原则.....	150
<b>第五章</b>	智能变电站设备验收.....	151
第一节	过程层验收.....	151
第二节	间隔层、站控层验收.....	160
<b>第六章</b>	智能变电站程序化操作.....	169
第一节	程序化操作概述.....	169
第二节	程序化操作范围及设备要求.....	170
第三节	程序化操作管理.....	170
第四节	程序化操作设置要求.....	172
第五节	程序化操作验收.....	173
第六节	典型程序化操作票.....	177
<b>附录 A</b>	110kV 智能变电站压板.....	185
<b>附录 B</b>	继电保护典型标准化告警信息.....	190
<b>附录 C</b>	继电保护典型配置及软压板命名.....	196
<b>附录 D</b>	程序化操作检查项目.....	200



# 第一章

## 智能变电站基础知识

和常规变电站相比，智能变电站以IEC 61850标准为通信规约来完成设备之间的信息交互，二次系统大量采用光纤网络来实现数据的高效传输，通过使用合并单元、智能终端等智能装置使一次部分更加智能化，支持实时自动控制等多种高级应用。智能变电站具备数据测量精度高、数据传输可靠性高、设备支持互操作等诸多技术优势，在电网发展中占据越来越重要的位置。智能变电站多采用“三层两网”体系结构，将全站设备划分为过程层、间隔层和站控层，通过过程层网、站控层网来满足不同设备层次间的数据通信需求。可通过直采和网采两种形式采集电气量数据，通过直跳和网跳两种形式来发送跳闸指令。本章主要讲述智能变电站基础知识，包括智能变电站的体系结构、主要技术特点及优势，合并单元、智能终端、电子式互感器、保护装置等典型智能装置的概念、分类及主要功能，合并单元、智能终端、保护装置等设备的配置方案和过程层网络的组网方案。

### 第一节 智能变电站概述

#### 一、变电站发展历程

纵观变电站发展历程（如图1-1所示），20世纪90年代以前，常规变电站保护装置主要采用晶体管、集成电路，二次设备按照常规方式布置，各部分独立运行。到20世纪末，随着微机保护技术和计算机技术的发展，变电站二次设备功能得以重新组合、优化设计，建成了变电站综合自动化系统，实现对变电站设备运行情况的监视、测量、控制和协调。21世纪初，随着数字化技术的不断进步和IEC 61850标准在国内的推广应用，出现了基于IEC 61850通信标准的数字化变电站，实现了过程层设备数字化、信息传输网络化。在数字化变电站基础上，面向

智能电网，在过程层使用电子式互感器、合并单元、智能终端等智能组件，在间隔层使用交换机、光纤等网络设备，不断完善高级应用，逐步发展成为现今的智能变电站。

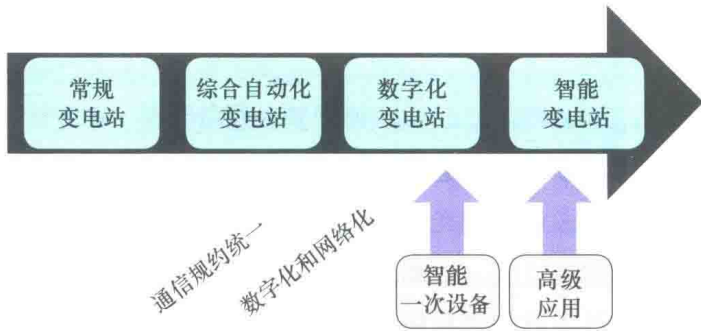


图1-1 变电站发展历程

## 二、智能变电站定义

根据Q/GDW 383—2009《智能变电站技术导则》，智能变电站是指采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能装置，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、计量和监控等基本功能，并根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协调互动等高级功能的变电站。

一般来说，智能变电站就是利用现代传感测量技术、通信技术、计算机及网络技术、智能控制技术，将原来的模拟信号经过智能组件转换为数字信号，通过光纤传输数据信息，达到自动监测、控制、保护、计量等功能的变电站。智能变电站具有信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、状态可视化等主要技术特征，符合易扩展、易升级、易改造、易维护的工业化应用要求，能够实现比常规变电站范围更广、层次更深、结构更复杂的信息采集和信息处理功能，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。

## 三、智能变电站体系结构

### （一）“三层两网”结构

智能变电站采用“三层两网”结构，将全站设备划分为过程层、间隔层和站

控层，由过程层网络、站控层网络来满足不同设备层次间的数据通信需求。智能变电站“三层两网”结构如图1-2所示。

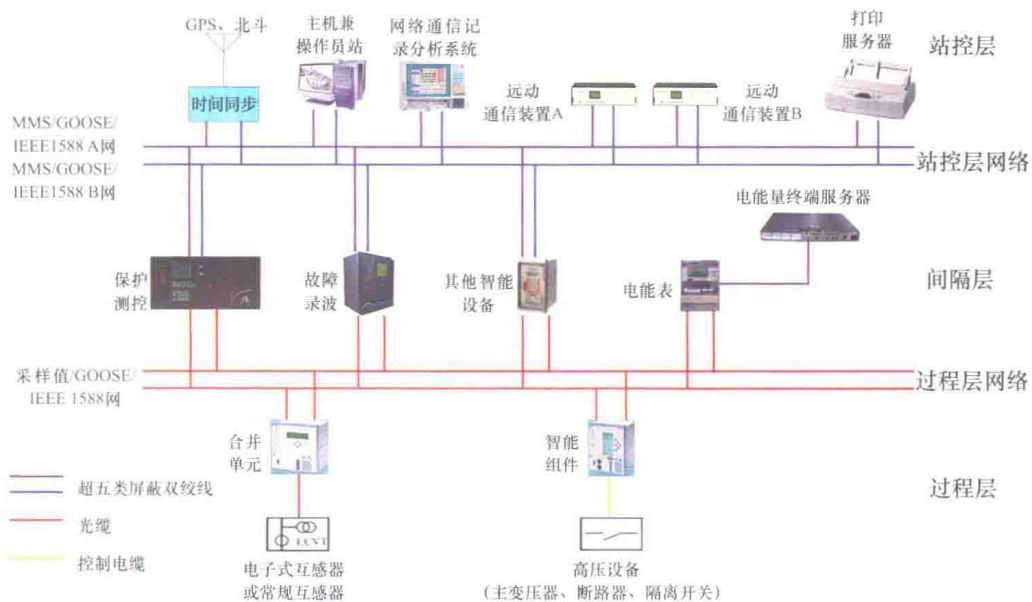


图1-2 智能变电站“三层两网”结构

过程层包括变压器、断路器、隔离开关、电流/电压互感器等一次设备及实现其智能化的合并单元、智能终端等智能电子设备（IED）组成的智能组件。

间隔层一般包括继电保护装置、系统测控装置、监测功能组主IED等二次设备，仅使用相应间隔的数据并且作用于该间隔一次设备，与各种远方输入/输出、传感器和控制器通信。

站控层包括自动化站级监视控制系统、站域控制、通信系统、对时系统等，实现面向全站设备的监视、控制、告警及信息交互功能，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。

过程层网络用于过程层、间隔层设备的信息交换，包括GOOSE网和SV网。GOOSE网主要用于保护设备间联闭锁信息交互、间隔层与过程层之间控制命令传递以及断路器与隔离开关等开关量信息采集，SV网主要用于合并单元与保护、测控、录波装置间采样数据的传输。220kV智能变电站过程层网络分220kV和110kV两个电压等级，GOOSE网和SV网均为A、B网双网配置。110kV智能变电站

过程层网络只有110kV电压等级，GOOSE网和SV网为A网单网配置。

站控层网络用于站控层设备和间隔层设备间的信息交换，220、110kV智能变电站站控层网络均A、B网双网配置，汇总全站实时数据信息。

### （二）通信标准

智能变电站中，统一的通信标准是实现全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化的基础。国际电工委员会颁布的IEC 61850通信标准，是电力系统自动化领域唯一一个全球通用标准，提供MMS、GOOSE、SV三类通信服务，满足了智能变电站工程运作的标准化要求，使智能变电站的工程实施变得规范、统一和透明。它通过一系列规范化约束，使各个设备能够形成规范的数据输出，进而实现不同厂家设备之间的互操作和信息共享。

IEC 61850面向变电站工程对象建模，使得二次系统在结构、通信、连接以及工程应用方式等方面更易于标准化。通过采用过程层光纤网络和智能组件的方式，简化了现场二次回路，提高了系统运行可靠性和基础数据共享的能力；标准化的MMS、SV、GOOSE网络通信，更利于系统的功能配置以及设备的兼容、扩展、维护，且更容易接入新的高级应用，逐步实现新的系统功能。图1-3所示为智能组件就地集成的智能变电站。



图1-3 智能组件就地集成的智能变电站

对于常规变电站，由于技术限制，不同设备厂商采用的通信协议不同，使系统集成困难；保护、测控、在线监测等IED互操作性差，联调工作量大，维护成本高；二次回路线缆连接复杂，调试难度大，故障率高；站端系统达不到标准化要求，无法为全电网的数字化提供技术基础。智能变电站采用全站统一的IEC 61850通信标准，在很大程度上弥补了常规变电站的上述不足。

### （三）模型配置

智能变电站使用SCL作为配置语言，SCL是IEC 61850采用的变电站专用描述

语言，基于XML1.0。它采用可扩展的标记语言清楚地描述变电站IED、变电站系统和变电站网络通信拓扑结构的配置。使用SCL能够方便地收集不同厂商设备的配置信息并对设备进行配置，使系统维护升级变得简单易行。基于SCL语言，在智能变电站不同实施阶段形成的模型配置文件包括ICD文件、SSD文件、SCD文件、CID文件等。

(1) ICD (IED Capability Description) 文件。IED能力描述文件，由装置厂商提供给系统集成厂商，描述IED提供的基本数据模型及服务，但不包含IED实例名称和通信参数。

(2) SSD (System Specification Description) 文件。系统规格文件，应全站唯一，描述变电站一次系统结构以及相关逻辑节点，最终包含在SCD文件中。

(3) SCD (Substation Configuration Description) 文件。全站系统配置文件，全站唯一，描述所有IED的实例配置和通信参数、IED之间的通信配置以及变电站一次系统结构，由系统集成厂商完成。SCD文件应包含版本修改信息，明确描述修改时间、修改版本号等内容。

(4) CID (Configured IED Description) 文件。IED实例配置文件，每个装置有一个，由装置厂商根据SCD文件中本IED相关配置生成。

智能变电站配置服务模型如图1-4所示，给出了不同配置文件之间的关系。

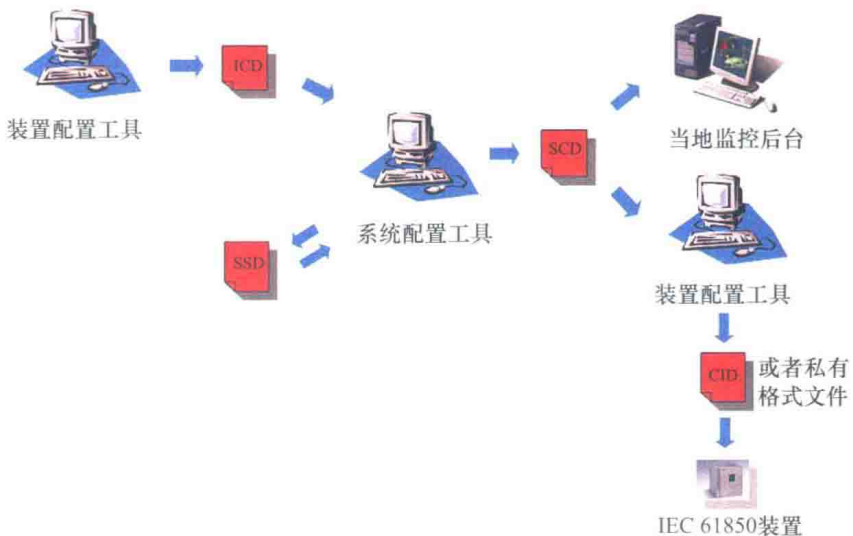


图1-4 智能变电站配置服务模型

### 四、智能变电站技术特点及优势

#### (一) 智能变电站技术特点

##### 1. 信息传输

基于IEC 61850, 智能变电站信息传输主要有MMS报文、GOOSE报文、SV报文三种形式。

(1) MMS报文。MMS即制造报文规范, 是ISO/IEC 9506所定义的一套用于工业控制系统的通信协议。MMS报文规范了工业领域具有通信能力的智能传感器、IED、智能控制设备的通信行为, 使出自不同制造商的设备之间具有互操作性(Interoperation)。

(2) GOOSE报文。GOOSE报文是一种面向通用对象的变电站事件, 主要用于实现在多IED之间的信息传递, 包括传输跳合闸信号(命令), 具有高传输成功概率。GOOSE报文信息包括:

- 1) 保护装置的跳/合闸命令;
- 2) 测控装置的遥控命令;
- 3) 保护装置间信息(启动失灵、闭锁重合闸、远跳等);
- 4) 一次设备的遥信信号(开关隔离开关位置、压力等);
- 5) 间隔层的联锁信息。

(3) SV报文。采样值, 基于发布/订阅机制, 交换采样数据集中的采样值的相关模型对象和服务, 以及这些模型对象和服务到ISO/IEC 8802-3帧之间的映射。

为了便于形象地理解和应用GOOSE、SV信号, 将IED中GOOSE、SV信号的逻辑连接点称为虚端子, 等同于常规变电站的屏端子, 用以标识过程层、间隔层及其之间的通信链路。

##### 2. 保护采样和跳闸

在智能变电站中, 保护采样方式包括直采和网采两种方式。直采指按照点对点的配置原则, 保护装置不经过交换机中转而通过光纤直接与合并单元连接, 光纤链路仅传输该保护所需的采样信号。网采指保护装置和合并单元均接入交换机, 通过交换机组成的网络进行采样信号的传输。

保护跳闸方式分为直跳和网跳两种形式。直跳指按照点对点的配置原则, 保护装置不经过交换机中转而通过光纤直接与智能终端连接, 光纤链路仅传输该保护的跳闸信号。网跳指保护装置和智能终端均接入交换机, 通过交换机组成的网

络进行保护跳闸指令的传输。

### 3. 同步对时

智能变电站的对时要求远高于综合自动化变电站和数字化变电站。综合自动化变电站对时主要用于SOE时标，进行动作时序判断，但不影响电网本身的安全运行。数字化变电站强调采样的同一时刻，但并不强调绝对时刻。智能变电站由于与站外电网有协同互动功能，因而必须要有精确的绝对时标。

智能变电站内合并单元、智能终端、保护装置可通过IRIG-B(DC)码对时，也可采用IEC 61588(IEEE 1588)标准进行网络对时，对时精度应满足要求。

### 4. 网络报文记录分析

智能变电站配置有网络报文记录分析装置，对全站各种网络报文进行实时监控、捕捉、存储、分析和统计，且不对原有的网络通信产生任何影响。网络报文记录分析装置应能监视、捕捉过程层SV网、过程层GOOSE网、站控层MMS网网络报文的传输，并具有MMS接口，将装置相关信息经MMS接口直接上送站控层。网络报文记录分析装置应具备智能变电站网络通信状态的在线监视和状态评估及自诊断功能，以便启动告警信号、远动信号、事件记录等。

### 5. 程序化操作

智能变电站具备程序化操作这一高级功能，能够通过一体化监控系统的单个操作命令，根据预先规定的操作逻辑和“五防”闭锁规则，自动完成断路器、隔离开关等一次设备及二次软压板的操作，依据执行结果信息来判断每步操作是否到位，确认到位后自动或半自动执行下一指令，直至执行完成所有的指令，实现智能变电站电气设备运行、热备用、冷备用、检修等各种状态的自动转换。

### 6. 交换机

交换机是一种有源的网络元件。交换机连接两个或多个子网，子网本身可由数个网段通过转发器连接而成。二层交换机属数据链路层设备，可以识别数据包中的MAC地址信息，根据MAC地址进行转发，并将这些MAC地址与对应的端口记录在内部的一个地址表中。在智能变电站中，站控层、过程层交换机都是二层交换机。在智能变电站中，任两台IED之间的数据传输路由不应超过4个交换机；根据间隔数量合理配置过程层交换机，3/2接线型式，交换机宜按串设置。每台交换机的光纤接入数量不宜超过16对，并配备适量的备用端口。

### （二）智能变电站技术优势

与数字化变电站相比，智能变电站的技术优势在于：

（1）一次设备智能化。新增合并单元、智能终端、电子式互感器等过程层设备，为电网设备管理提供了基础数据支撑。

（2）二次设备网络化。用光纤取代电缆、通信网络取代二次回路，使二次系统大大简化，二次设备硬压板大量减少。

（3）数据交换标准化。全站采用统一的IEC 61850通信规约，用以实现信息交互，有效解决了信息共享和设备互操作性问题。

（4）支持高级应用。如支持状态监测、实时自动控制、程序化操作等功能。

## 第二节 典型智能装置

### 一、合并单元

#### （一）合并单元的概念

合并单元（Merging Unit, MU）是采集和传输模拟量信号的设备，对来自二次转换器的电流和（或）电压数据进行时间相关组合。合并单元可以是现场互感器的一个组件，也可以是一个独立单元，母线合并单元还具有电压切换或并列功能。合并单元如图1-5所示。

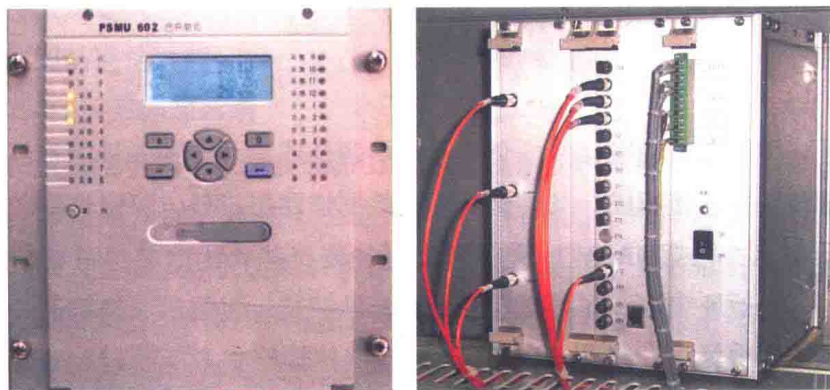


图1-5 合并单元



## （二）合并单元功能

### 1. 数据合并

常规变电站保护装置通过电缆直接接入常规互感器二次侧，采集电流、电压数据，由保护装置完成对不同模拟量的采样和A/D转换。而智能变电站的采样和A/D转换在合并单元中完成，合并单元需同时接受和处理三相电流互感器和三相电压互感器的输出信号，A/D模数转换后，按IEC 60044-8或IEC 61850-9-1/2的要求输出合并数据信号。

### 2. 数据同步

由合并单元完成三相电流互感器和三相电压互感器独立采样数据的同步。

### 3. 分配信号

合并单元的数字量输出接口称为SV接口，主要以光纤输出为主。合并单元可通过不同的SV接口分配信号，将电流、电压数字量上送测控、保护、电量采集等装置。

## （三）合并单元分类

合并单元主要分为间隔合并单元、本体合并单元、母线合并单元等。母线合并单元如图1-6所示。



图1-6 母线合并单元

间隔、本体合并单元采集来自常规一次互感器的模拟信号，同时接收母线合并单元采集的电压信号，进行同步处理后通过以太网接口（光纤）上送保护、测控、数字式电能表、数字式录波仪等二次设备。母线合并单元采集来自常规一次电压互感器的模拟信号，对于双母线接线，一台母线合并单元宜同时接收两段