



数字化变电站介绍

南京南瑞继保电气有限公司

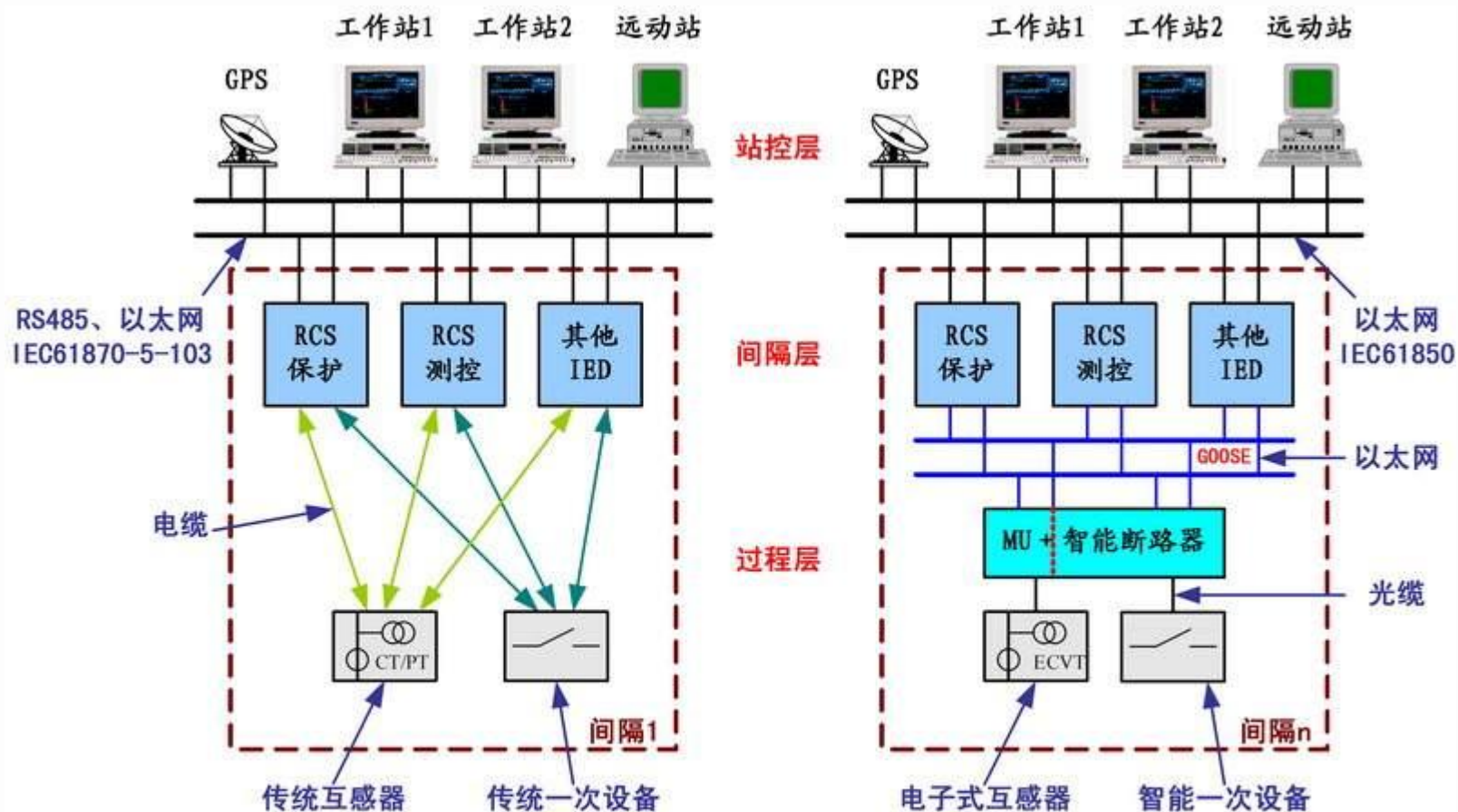


数字化变电站概念

- 数字化变电站是由智能化一次设备和网络化二次设备分层构建，建立在IEC61850协议通信规范基础上，能够实现变电站内智能电气设备间信息共享和互操作的现代化变电站。
- 智能化一次设备：电子式互感器、智能化开关等。
- 网络化二次设备：过程层、间隔层、站控层

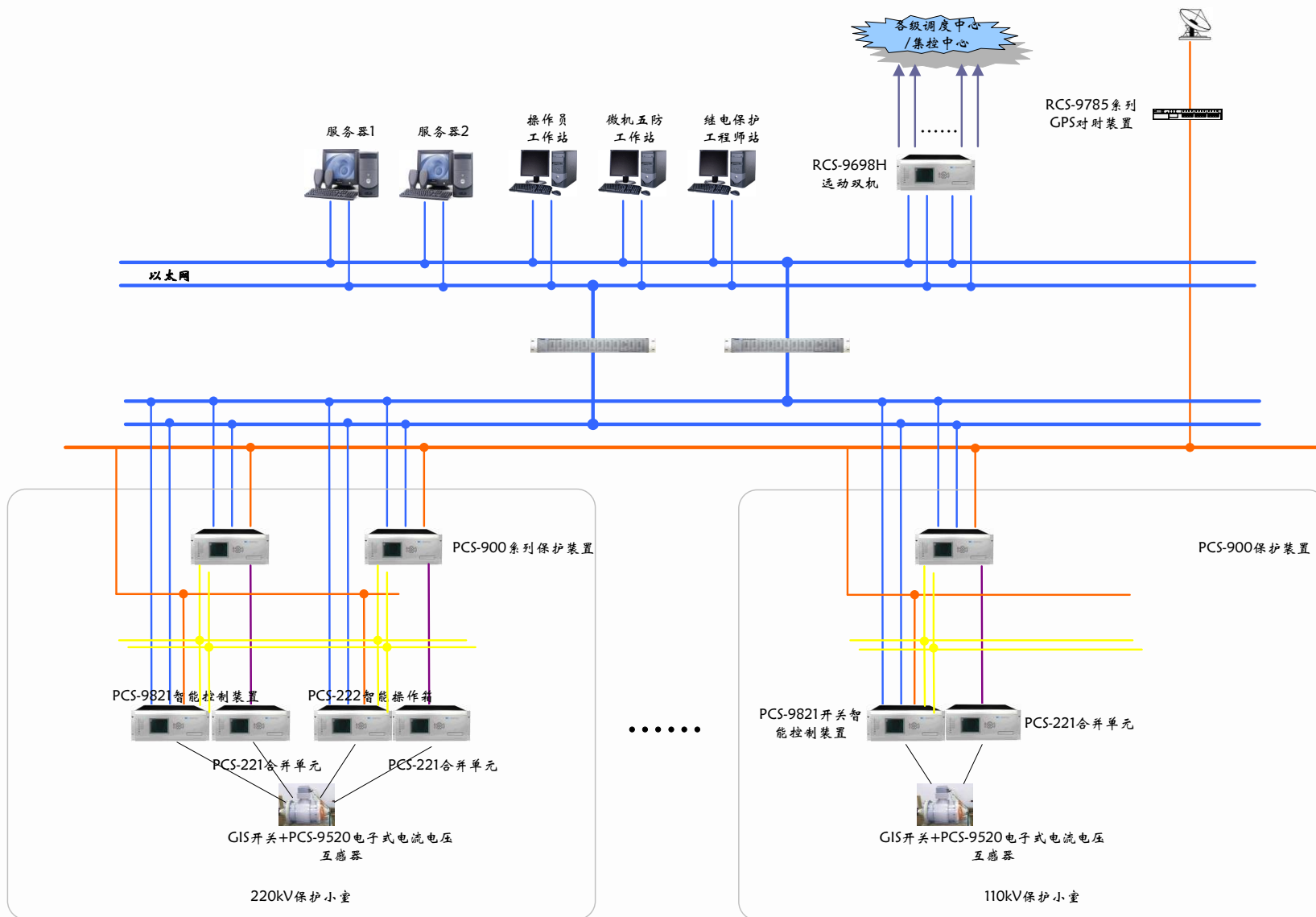


与传统变电站的比较



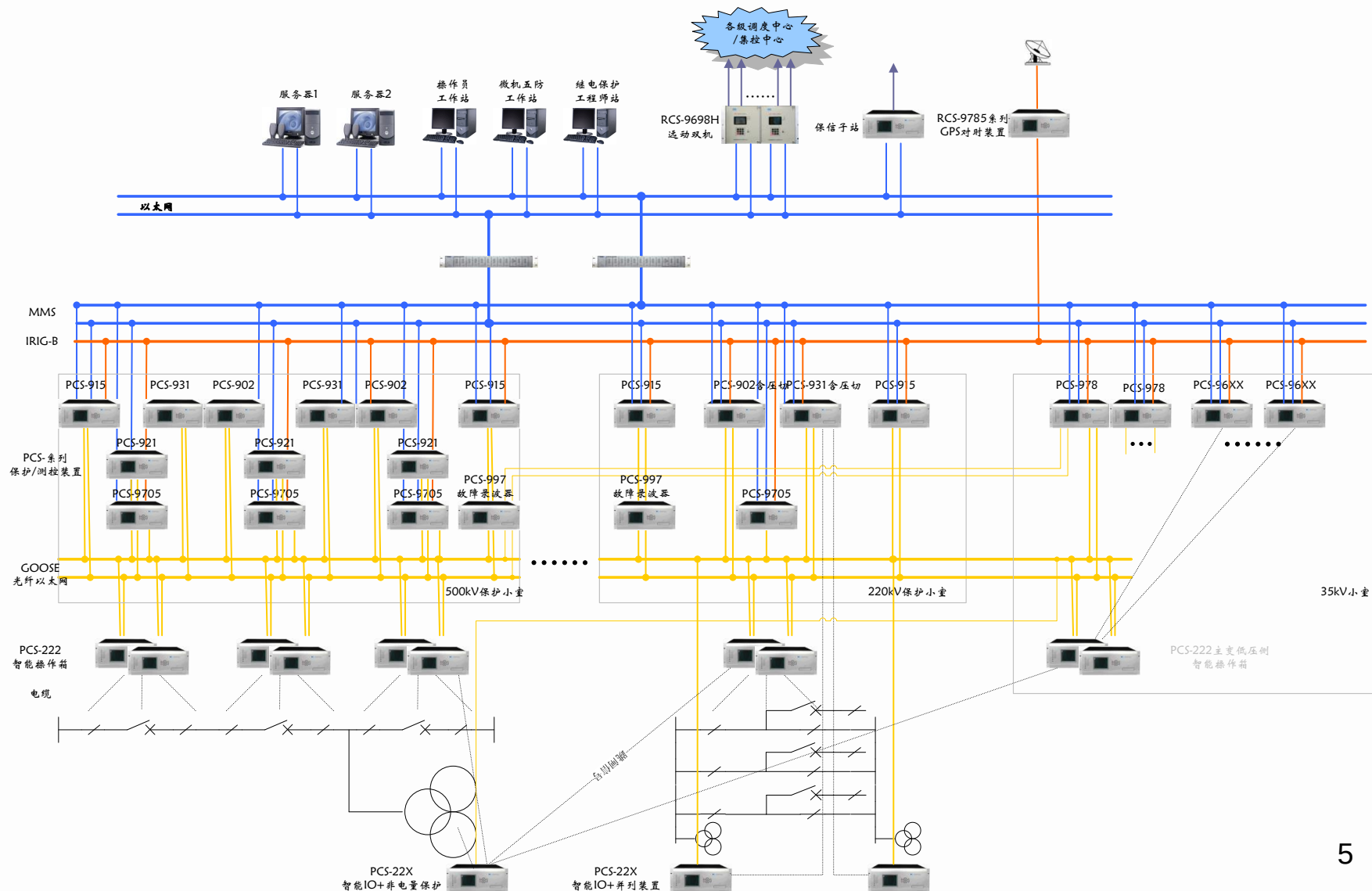


支持电子互感器和GOOSE的GIS变电站





支持GOOSE的数字化变电站





数字化变电站

1. IEC61850协议的应用
2. 一次设备智能化：电子式互感器， 开关智能化
3. 支持数字化的二次设备



一、IEC61850简介

IEC61850标准制定的背景

电力系统原来有IEC870-5-101、IEC870-5-103、DNP3.0等标准规约在广泛使用。这些规约主要面向以串口为通讯介质的微机装置时代,后来也有各个厂家以网络为通讯介质。

主要存在规约的应用功能比较有限,各厂家对应用功能自行扩充无法互操作,规约数据表达能力限制应用功能的发展。不支持装置间的通讯功能。



IEC61850标准制定的背景

1995年国际电工委员会第57委员会（IEC TC57）开始成立了3个工作组负责制定IEC61850标准。这3个工作组参考和吸收了已有的许多相关标准，于1999年3月提出了委员会的草案版本。标准的各个部分经过完善陆续于2003年、2004年正式发布为IEC61850系列国际标准。

国内也从2001年开始研究翻译相关标准，并于04~06年发布等同采用IEC61850标准的DL/T860系列标准。



IEC61850标准制定的背景

IEC61850标准是迄今为止最为完善的变电站自动化标准。

IEC61850是一个网络和计算机技术高度发展的产物。从2000年开始的嵌入式硬件技术、嵌入式操作系统技术的快速发展和广泛应用，为IEC61850在电力系统的应用创造了有利条件。

从05年开始国内各个厂家开始陆续退出基于IEC61850的装置和系统。



IEC61850标准制定的背景

同传统的IEC60870-5-103标准相比，IEC61850不仅仅是一个单纯的通信规约，而且是数字化变电站自动化系统的标准，指导了变电站自动化的设计、开发、工程、维护等各个领域。该标准通过对变电站自动化系统中的对象统一建模，采用面向对象技术和独立于网络结构的抽象通信服务接口，增强了设备之间的互操作性，可以在不同厂家的设备之间实现无缝连接，从而大大提高变电站自动化技术水平和安全稳定运行水平，实现完全互操作。

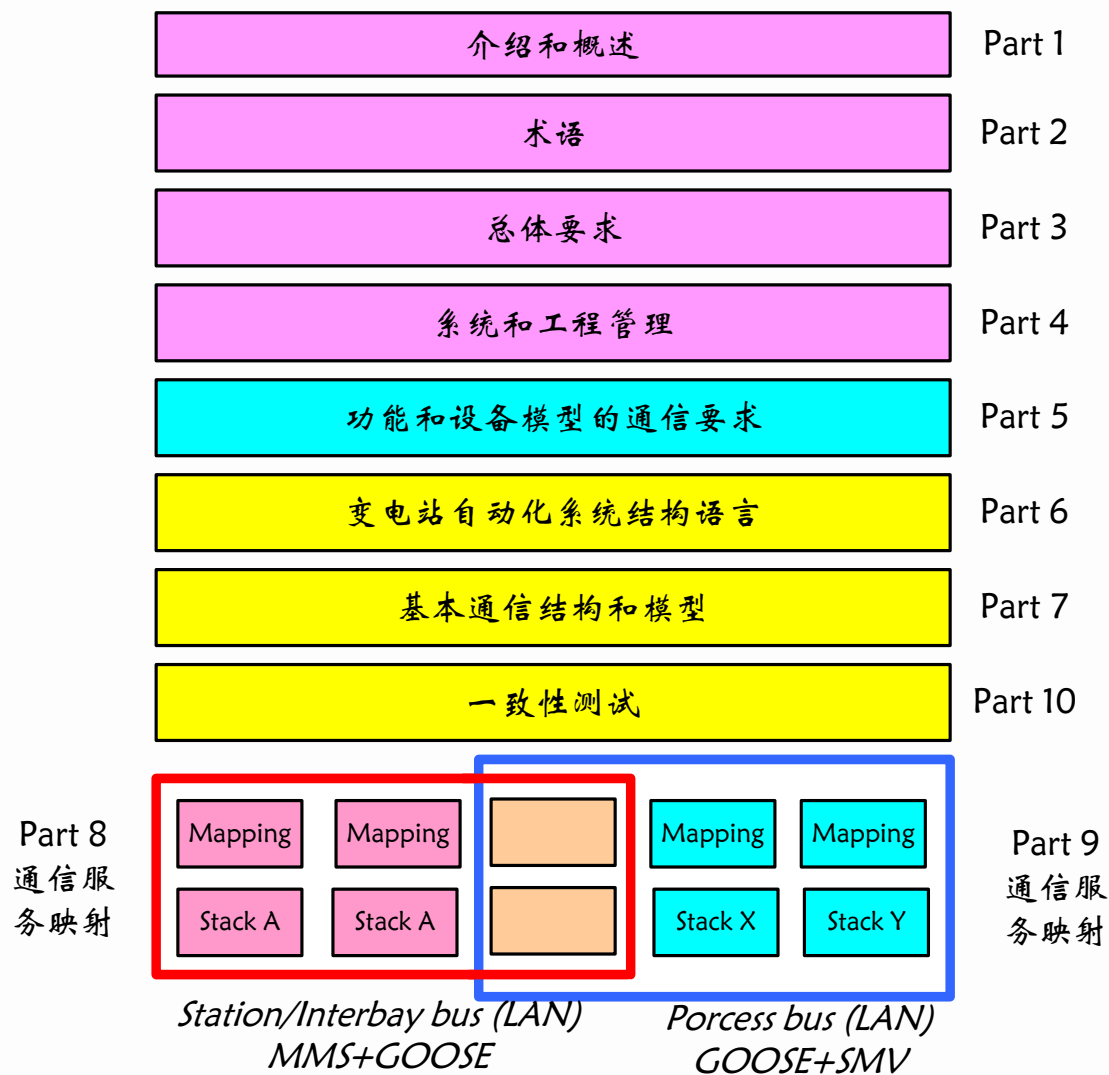


IEC61850标准制定的背景

- IEC61850解决的主要问题
 - 网络通信
 - 变电站内信息共享和互操作
 - 变电站的集成与工程实施

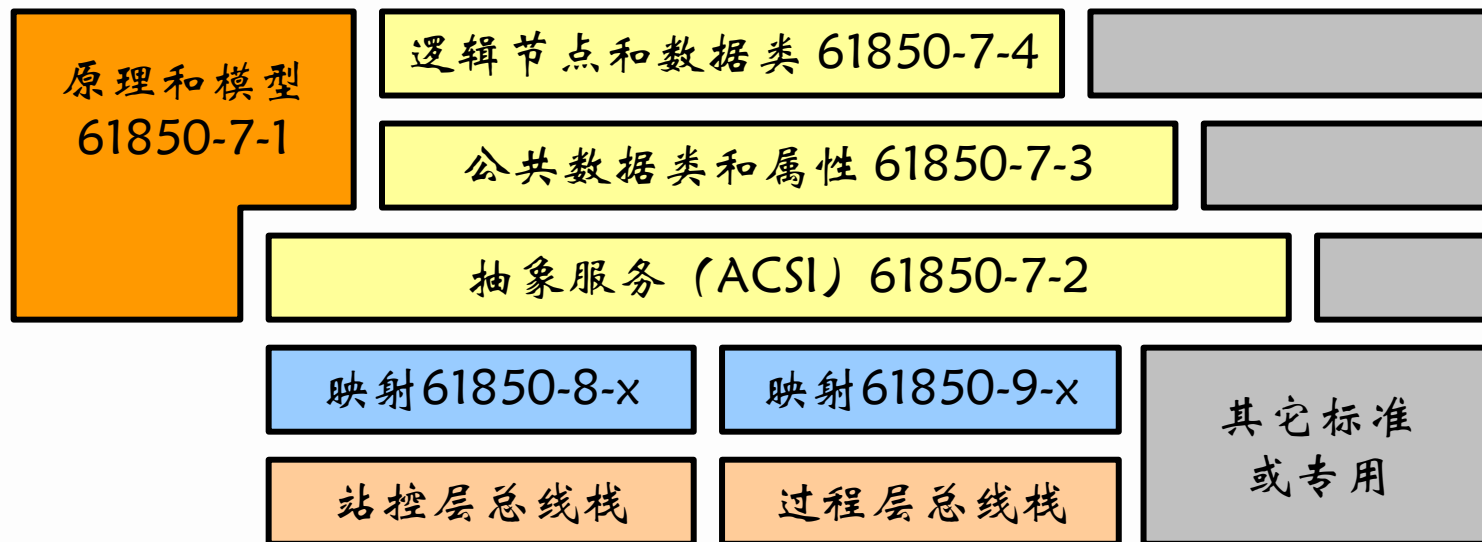


IEC61850标准的主要内容



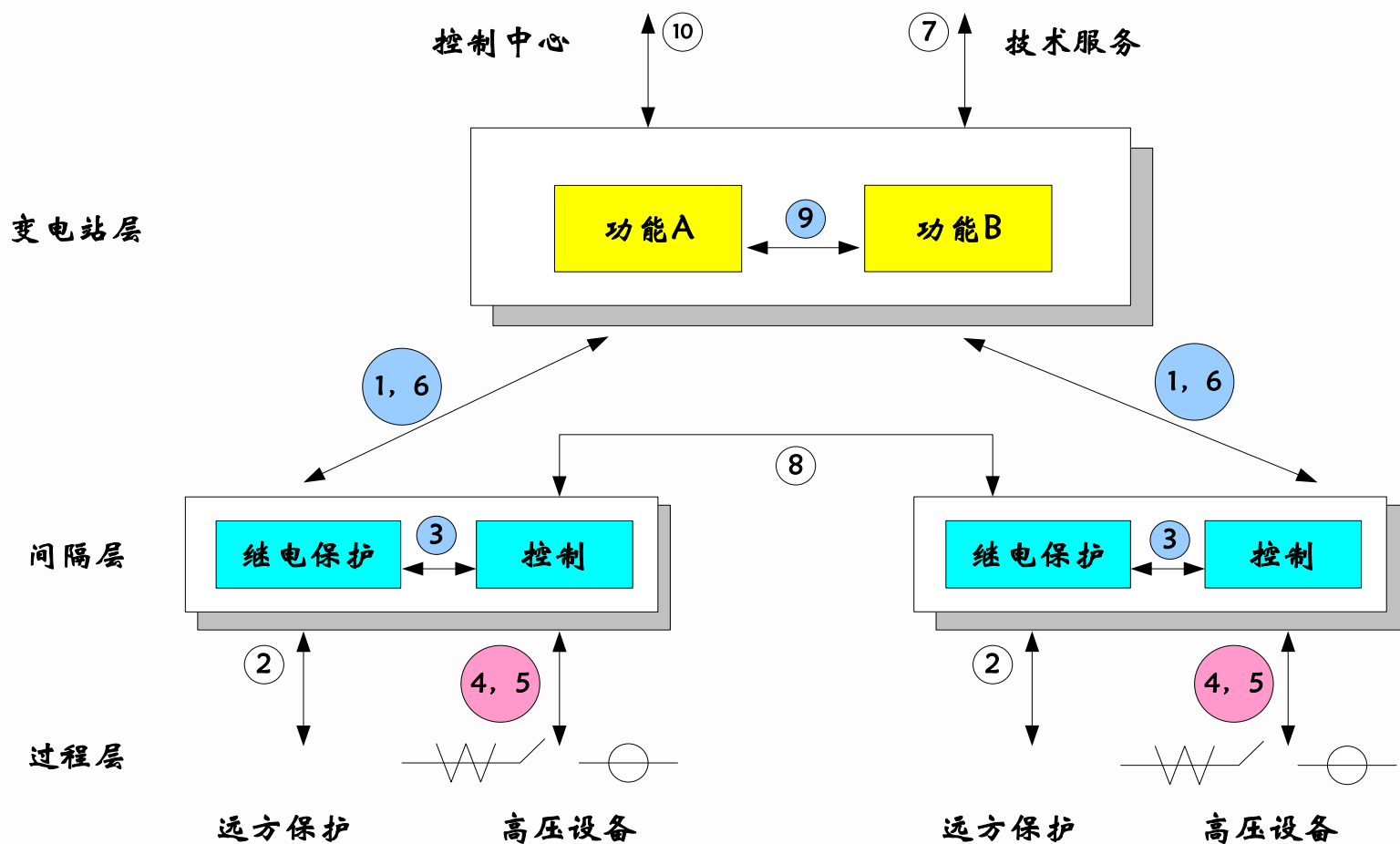


通信系统的整体结构





分层的变电站自动化系统





分层系统通讯61850解决方案

1. 间隔层装置与变电站监控系统之间交换事件和状态数据——MMS
2. 间隔层装置与远方保护交换数据——私有规约，未来发展也可用以太网方式借用GOOSE或SMV
3. 间隔内装置间交换数据——GOOSE
4. 过程层与间隔层交换采样数据——SMV
5. 过程层与间隔层交换控制和状态数据——GOOSE



分层系统通讯61850解决方案

6. 间隔层装置与变电站监控系统之间交换控制数据——MMS
7. 监控层与保护主站通信——MMS
8. 间隔间交换快速数据——GOOSE
9. 变电站层间交换数据——MMS
10. 变电站与控制中心交换数据——不在标准范围，也有用户希望采用61850



二、智能化的一次设备

- 数据采集部分
 电子式互感器
- 控制设备部分
 开关智能化



电子式互感器

比较项目	常规互感器	电子式互感器
绝缘	复杂	绝缘简单
体积及重量	大、重	体积小、重量轻
CT动态范围	范围小、有磁饱和	范围宽、无磁饱和
PT谐振	易产生铁磁谐振	PT无谐振现象
CT二次输出	不能开路	可以开路
输出形式	模拟量输出	数字量输出

- 电压等级越高电子式互感器优势越明显
- 中低电压等级使用电子式互感器意义不大



电子式互感器的原理和分类

- 按一次传感部分是否需要供电划分
 - 有源式电子互感器
 - 无源式电子互感器
- 按应用场合划分
 - GIS结构的电子互感器
 - AIS结构(独立式)电子互感器
 - 直流用电子式互感器



电子式互感器

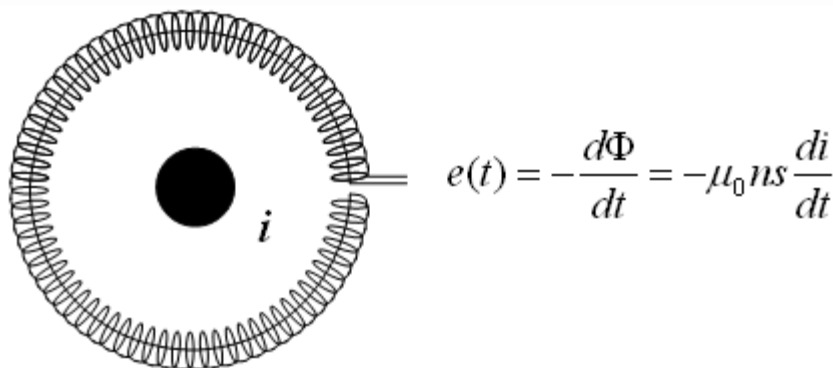
- 有源电子式互感器

- 利用电磁感应等原理感应被测信号
 - CT: 空心线圈 (RC); 低功率线圈 (LPCT)
 - PT: 分压原理 电容、电感、电阻
- 传感头部分具有需用电源的电子电路
- 利用光纤传输数字信号
- 独立式、GIS式



电子式电流互感器原理

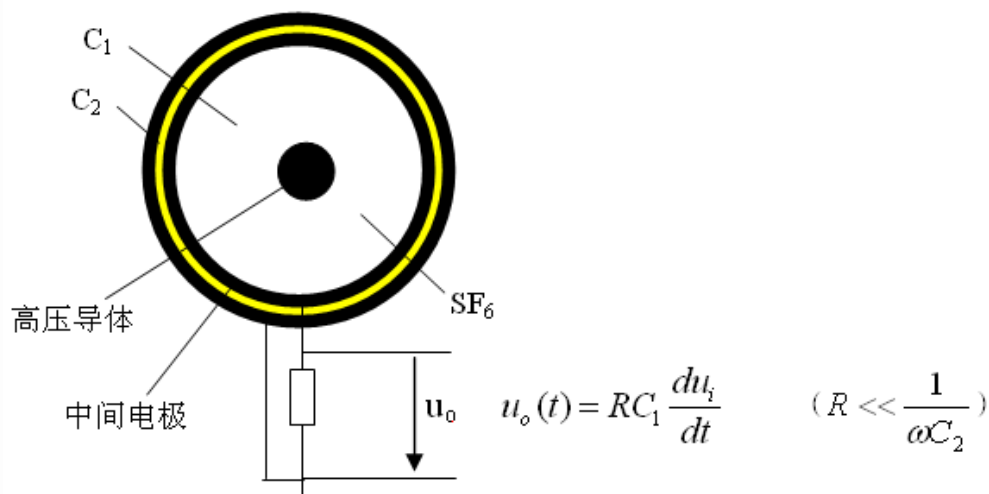
- 电流互感器利用空芯线圈及低功率线圈传感被测一次电流。低功率线圈（LPCT）的工作原理与常规CT的原理相同，只是LPCT的输出功率要求很小，因此其铁芯截面就较小。空芯线圈是一种密绕于非磁性骨架上的螺线管，如图所示。空芯线圈不含铁芯，具有很好的线性度。
- 空芯线圈的输出信号 e 与被测电流 i 有如下关系：





电子式电压互感器原理

- 电压互感器利用电容分压器测量电压。为提高电压测量的精度，改善电压测量的暂态特性，在电容分压器的输出端并一精密小电阻。电容分压器的输出信号 U_0 与被测电压 U_i 有如下关系：
- 式中 C_1 为高压电容， C_2 为低压电容。利用电子电路对电压传感器的输出信号进行积分变换便可求得被测电压。





电子式互感器的构成

电子式互感器通常由**传感模块**和**合并单元**两部分构成，传感模块又称远端模块，安装在高压一次侧，负责采集、调理一次侧电压电流并转换成数字信号。

合并单元安装在二次侧，负责对各相远端模块传来的信号做同步合并处理。



有源电子式互感器结构





图1 中低压电子式电流互感器



图2 中低压测相间电压的电子式电压互感器



图3 中低压测相对地电压的电子式电压互感器



图4 中低压母线电子式电压互感器

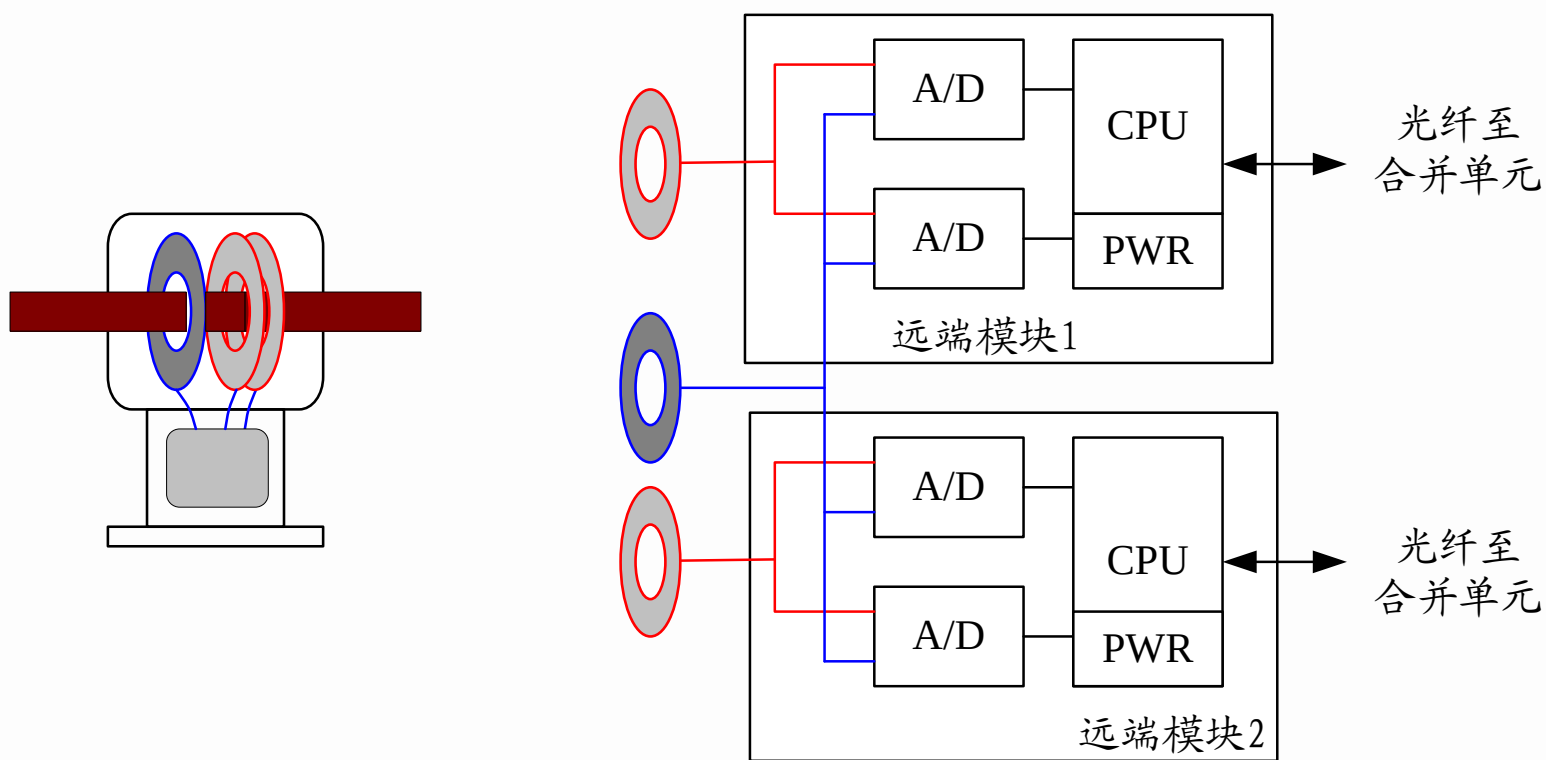


无源电子式互感器

- 与有源式电子互感器相比，无源式电子互感器的传感模块利用光学原理，由纯光学器件构成，不含有电子电路，其有着有源式无法比拟的电磁兼容性能
 - 利用光纤传输传感信号
 - 传感头部分不需电子电路及其电源
 - 独立安装的互感器的理想解决方案
 - Faraday磁光效应（电流互感器）
 - Pockels电光效应（电压互感器）



电子式互感器远端模块的配置

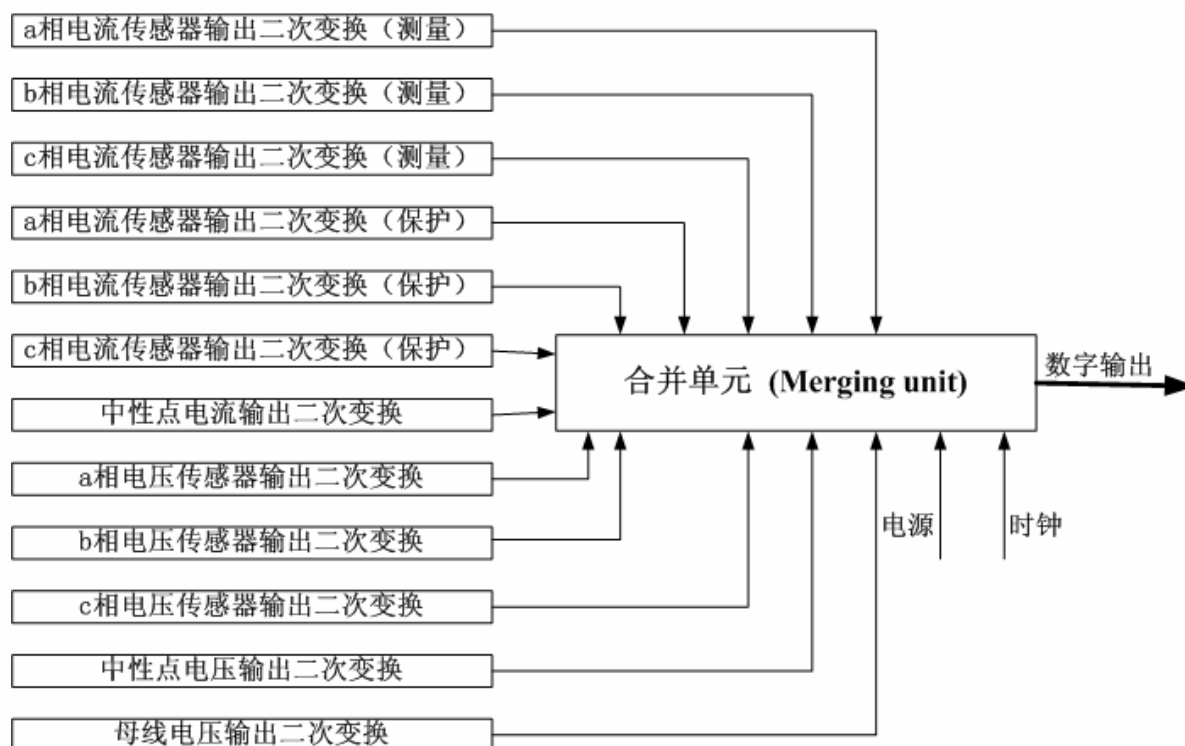




电子式互感器与二次设备的接口

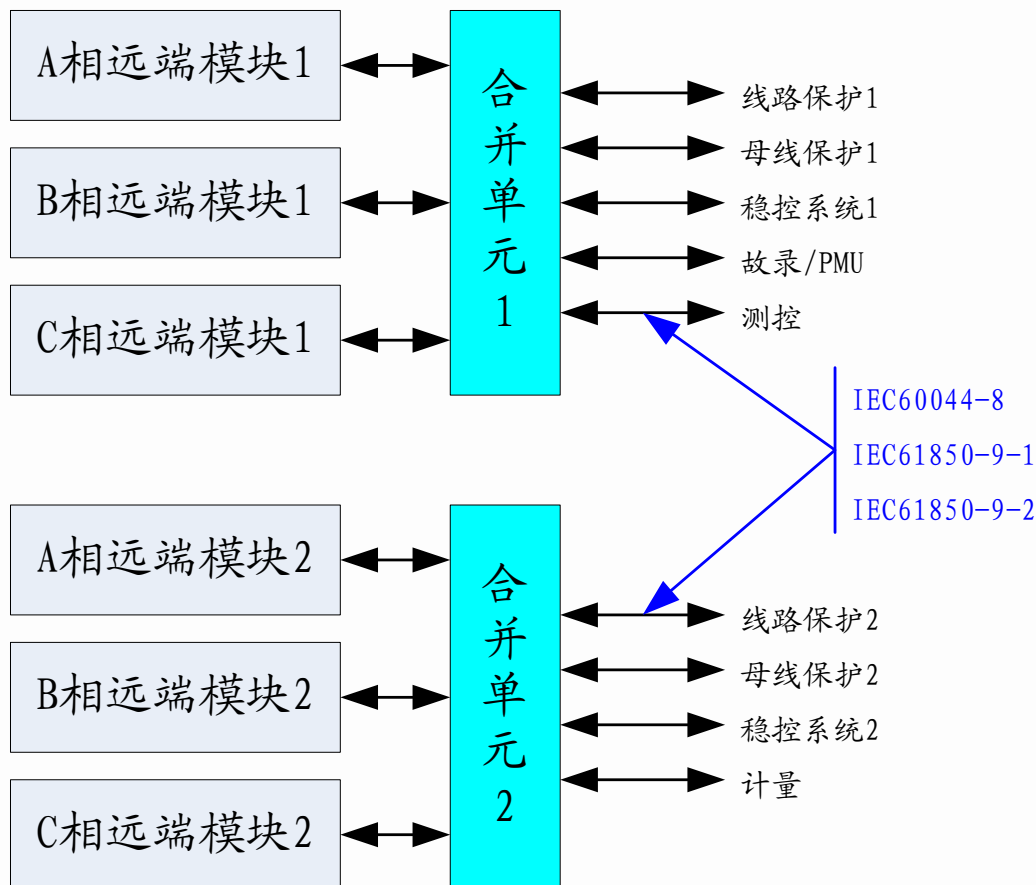
- 合并单元

- 信号合并、数据同步、分配信号、供电





电子式互感器与合并单元接口





电子式互感器配置

- 应用电子式互感器需要面对的几个问题
 - 配置方案
 - 同步采样问题
 - 采样数据传送标准



电子式互感器配置方案

- 配置方案

- 配置原则是保证一套系统出问题不会导致保护误动，也不会导致保护拒动
- 电子式互感器的远端模块和合并单元需要冗余配置
- 远端模块中电流需要冗余采样
- 合并单元冗余配置并分别连接冗余的电子式互感器远端模块，合并单元可以安装在开关附近或保护小室



合并单元数据同步

- 同步采样问题

- 常规互感器与电子式互感器会并存，如电压、电流之间，变压器不同的电压等级之间
- 三相电流、电压采样必须同步
- 变压器差动保护从不同电压等级的多个间隔获取数据存在同步问题
- 母线差动保护从多个间隔获取数据也存在同步
- 线路纵差保护线路两端数据采集也存在同步



合并单元数据同步

- 解决同步采样的两种方案
 - 基于GPS秒脉冲同步的同步采样
 - 同步方法简单
 - 秒脉冲丢失时存在危险
 - 二次设备通过再采样技术(插值算法)实现同步
 - 采样率要求高
 - 硬件软件要求高, 实现难度较大
 - 不依赖于GPS和秒脉冲传输系统



合并单元数据分发

- 采样数据传送标准（1）
 - IEC60044-8：点对点光纤串行数据接口
 - 传输延时确定
 - 可以采用再采样技术实现同步采样
 - 硬件和软件实现简单
 - 适合保护要求



合并单元数据分发

- 采样数据传送标准（2）
 - IEC61850-9-2：网络数据接口
 - 传输延时不确定（ $400\mu\text{s}$ - 3ms ）
 - 无法准确采用再采样技术
 - 硬件软件比较通用，但对交换机要求极高
 - 硬件和软件实现都将困难
 - 不同间隔间数据到达时间不确定，不利于母差、变压器等保护的数据处理
 - 比较适合测控、电能仪表一类



标准支持情况

- 我公司产品原则上支持IEC60044-8数字接口
- 我公司合并单元输出的数据既可以支持IEC60044-8，也可以支持IEC61850-9-1/2



电子式互感器应用情况

- GIS用电子式电流电压互感器





电子式互感器应用情况

合并单元 →
线路保护 →





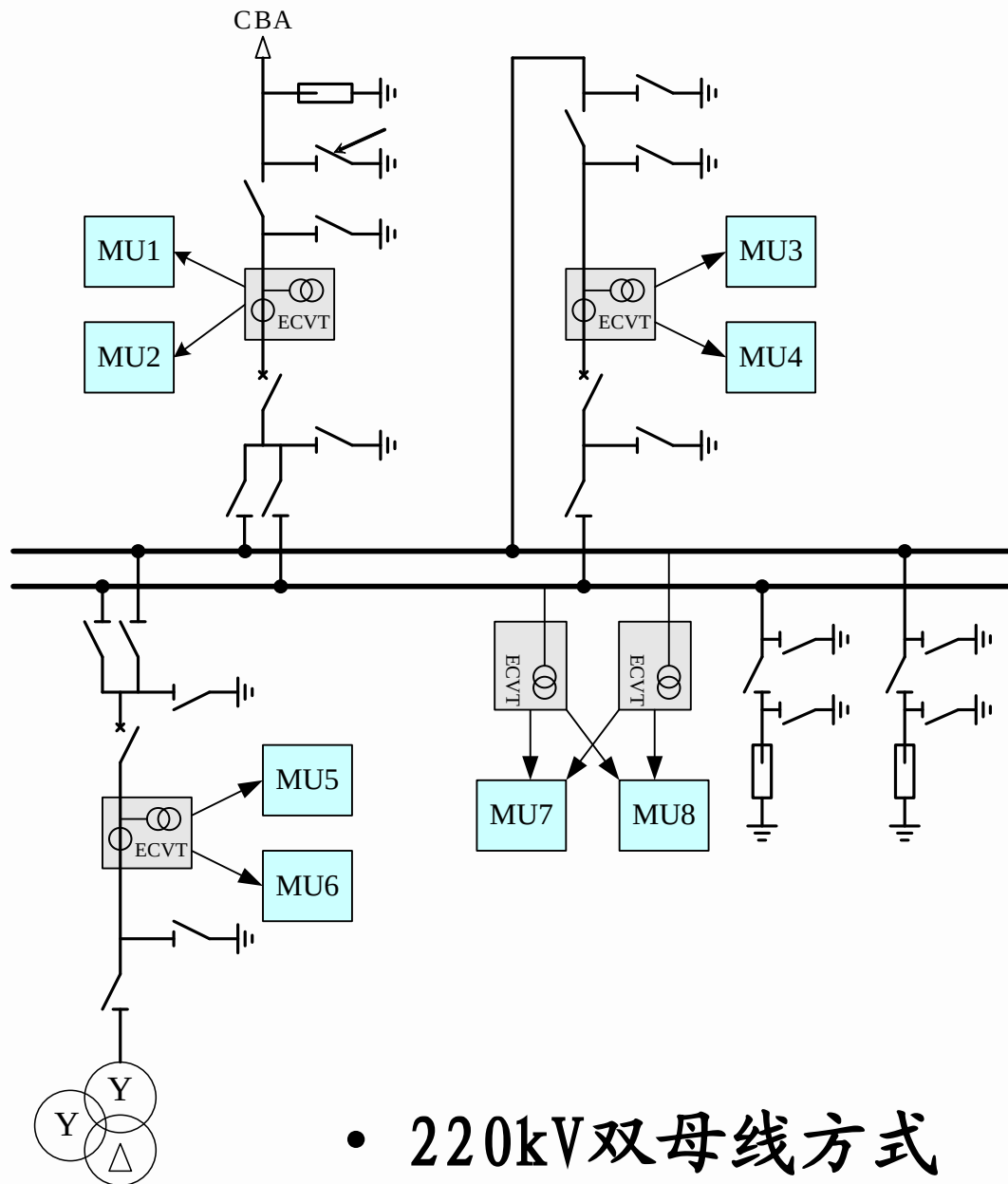
电子式互感器应用情况



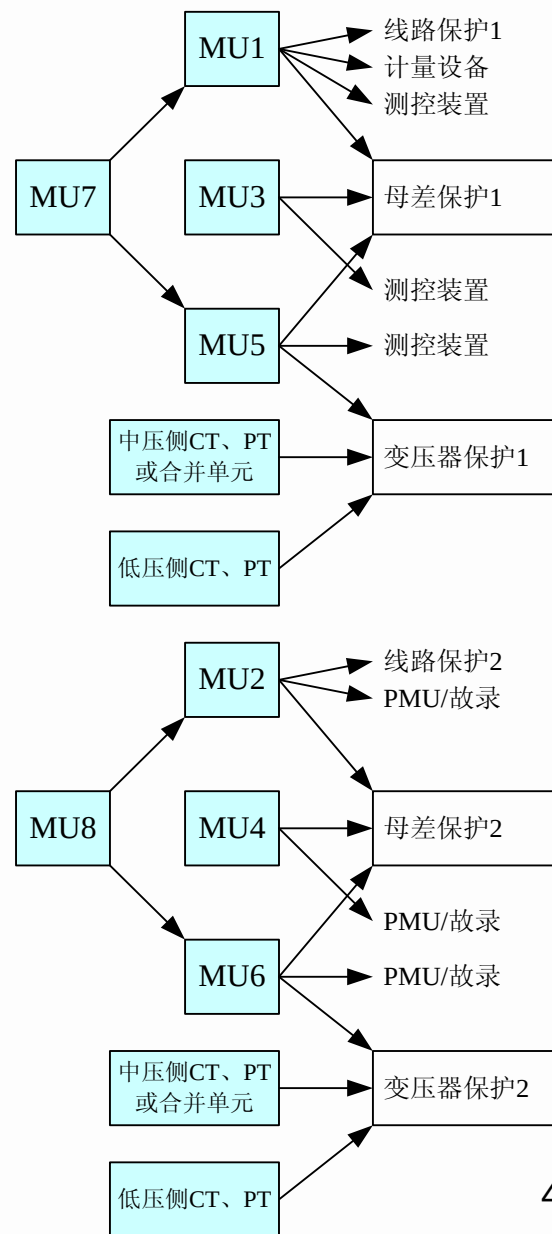


电子式互感器合并单元配置

- 220kV双母线方式
- 500kV 3/2接线

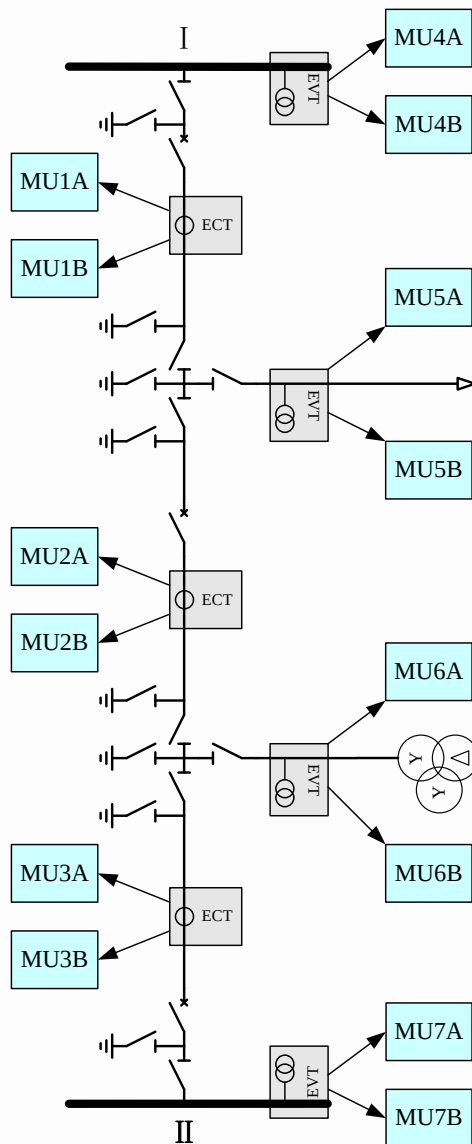


• 220kV双母线方式

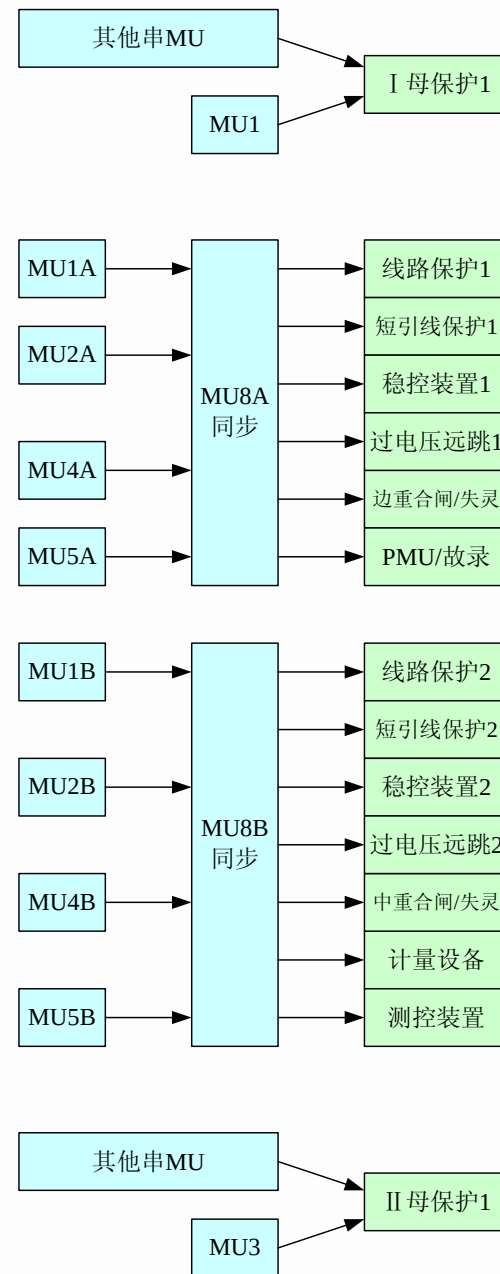




母线EVT按单相配置、出线按三相配置



母线EVT按单相配置、出线按三相配置



- 500kV
- 3/2接线



智能化开关设备

- 智能开关设备的定义
 - IEC62063: 1999具有较高性能的开关设备和控制设备，配有电子设备、传感器和执行器，不仅具有开关设备的基本功能，还具有附加功能，尤其在监测和诊断方面
- 在线监视功能
- 智能控制功能
- 数字化的接口
- 电子操动



智能化开关设备

- 在线监视功能
 - 电、磁、温度、开关机械、机构动作
- 状态检修
 - 状态监测
 - 状态评估
 - 检修计划
- 监测系统的成本、可信度、可靠性



智能化开关设备

- 智能控制功能
 - 最佳开断
 - 定相位合闸
 - 定相位分闸
 - 顺序控制



智能化开关设备

- 数字化的接口
 - 位置信息
 - 其它状态信息
 - 分合闸命令
- 开关的电子操动
 - 变机械储能为电容储能
 - 变机械传动为变频器通过电机直接驱动
 - 机械运动部件减少到一个，可靠性提高
 - 电子电路的寿命、可靠性成为关键



智能开关实施方案

- 利用现有的成熟的二次技术，结合传统开关设备，提升智能化水平
- 我公司提供两种解决方案
 - 与GIS开关相结合的智能汇控柜
 - 智能操作箱（智能I/O单元）

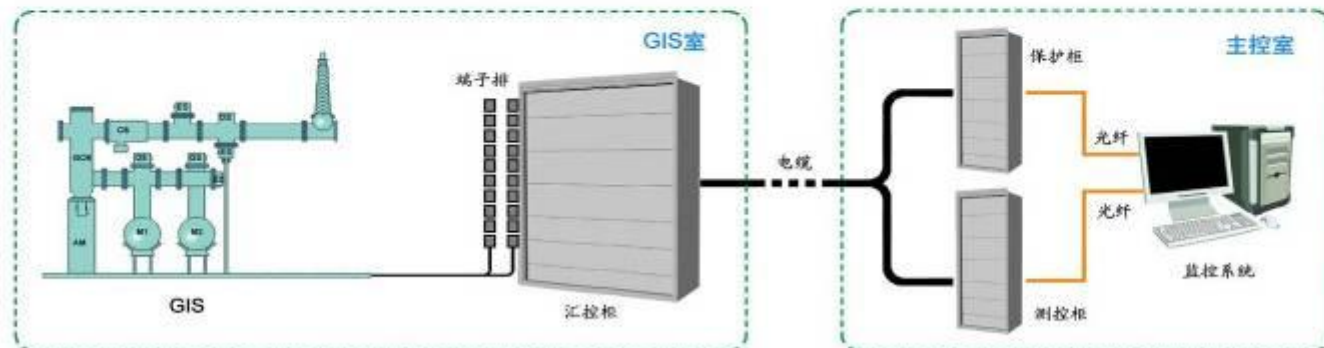
GIS开关+智能汇控柜



• 基于保护及智能控制柜的变电站基本结构



新方案



传统方案



智能控制柜包含的设备

- 智能汇控装置
 - 操作箱功能
 - 控制功能
 - 监视功能
- 单重化或双重化的线路或断路器保护



智能控制柜方案的优势

1、节约了电缆等设备投资以及相应的施工投资；

数字化变电站建设的一个主要现实目标是为了减少变电站内控制电缆的数量，一方面由于原材料的涨价，电缆成本越来越高，一方面，光缆电磁兼容性能远好于电缆，能显著提高变电站内信号传输的可靠性。另外，变模拟信号为数字信号能大大增加传输的带宽和信息量。

2、节约了保护小室及主控室等的占地面积和投资；

应用智能化GIS控制柜使得保护控制下放成为可能，从而能够显著减少保护小室和主控室的占地面积，这对一些需要尽量减少变电站土地的城市变电站和地下变电站来说有明显的效益。



智能控制柜方案的优势

3、GIS智能控制柜优化了二次回路和结构；

原来由于一次和二次的专业细分，使得原传统汇控柜内的许多功能与保护控制二次中的功能相重复，例如防跳、压力闭锁、三相不一致等等。基于一二次整合的GIS智能控制柜能够有效地取消和简化冗余回路，提高了整个二次回路的可靠性。

4、智能控制装置提供了系统的交互性；

引入智能控制装置以后，友好的中文液晶人机界面以及丰富的自检和就地操作报告功能，使得运行维护人员无论在地还是远方都能及时了解GIS的运行情况。



智能控制柜方案的优势

5、联调在出厂前完成，现场调试工作量减少；

传统方案中，一次设备和二次设备的电缆连接和调试只能到现场后完成，调试周期比较长，新方案中一二次设备联调在厂内完成，到现场后调试工作量极小。能够显著地缩短投运周期。

6、一次二次联合设计，减轻了设计院的负担；

原来一次和二次设备分别有双方厂家分别出图，中间的电缆信号连接由设计院完成，应用一二次结合的新方案后，由两个厂家联合出图并对图纸的正确性负责。



智能控制柜方案的优势

- 7、基于通讯和组态软件的联锁功能比传统硬接点联锁方便；
智能控制装置能够采集到间隔内所有刀闸位置，且间隔间也有光缆连接，所以可以方便地实现基于软件和通讯的联锁，能显著减少机构辅助接点数量，提高系统的可靠性。
- 8、缩小了与互感器的电气距离，减轻了互感器的负载；
新方案下互感器与保护控制设备的电气距离大大缩短，使得互感器的容量选择更为容易，也为小功率互感器（LPCT）的应用创造了条件。



智能操作箱

- 专为数字化变电站开发的PCS-222装置
- 能够在不改变开关现有条件下实现一次设备和间隔层二次设备的数据通信
- 支持GOOSE通信方式



我公司支持的过程层设备

- 500kV智能操作箱
- 220kV智能操作箱
- 母设智能终端，支持电压并列功能
- 主变本体智能终端，支持非电量保护采集等功能
- 低压侧智能操作箱



500kV/220kV智能操作箱

- 操作箱功能：
 - 一套分相的断路器跳闸回路，一套分相的断路器合闸回路
 - 支持保护的分相跳闸、三跳、重合闸等GOOSE命令
 - 支持测控的遥控分、合等GOOSE命令
 - 具有电流保持回路
 - 防跳功能（建议开关具有防跳功能）
 - 气压闭锁功能
 - 回路监视功能
 - 各种位置和状态信号的合成功能
 - 建议采用电流保持回路后，不用LOCKOUT继电器方式
- 开入开出功能：配置有30路开出，54路开入，还可以根据需要灵活增加
- 可以完成开关、刀闸、地刀的控制和信号采集
- 支持联锁命令的输出



母设智能终端

- 开入开出功能：开入开出插件，可以完成PT刀闸的控制和位置采集
- 支持电压并列功能，可以插入电压并列插件，通过GOOSE接收母联开关刀闸位置，控制电压是否并列



变压器本体智能终端

- 分为500kV、220kV及以下两种变压器本体智能终端
- 支持非电量开入重动和直接跳闸出口
- 支持非电量经延时逻辑出口
- 支持90路开入，可以完成非电量开入的采集和事件记录，支持变压器分接头位置的采集
- 开入延时可以设定
- 支持变压器分接头分接头调节输出
- 支持8路4-20mA或PT100接口的变压器温度信号的采集



智能终端的特点

- GOOSE板与出口板相互监视，防止误动
- 双重化配置防止拒动
- 相关逻辑支持可视化编程



智能操作箱

- 针对户外安装的需求，PCS-222进行了如下专门设计：
 - 全部采用-40~85℃范围的器件，选用耐高温长寿命电容器
 - 从装置配置中去除了液晶
 - 插件进行三防处理，适应户外的环境
 - 装置进行了-40~80℃范围的严格的温度试验，满足户外运行温度的要求
 - 进行了一系列最高等级的电磁兼容试验，可以满足就地安装的要求
 - 装置集成有温度、湿度监测功能
 - MMS通信插件选配



智能操作箱



- 经过三防处理的插件





户外柜





三、网络化二次设备

- 网络化二次设备要求
 - 具有数字化接口
 - 满足电子式互感器应用的要求
 - 满足GOOSE应用的要求
 - 网络通信功能
 - 满足IEC61850的要求
- 基于IEC61850的间隔层和站控层设备
 - RCS-9700变电站自动化系统
 - PCS-900系列保护装置
 - PCS-9000系列四合一保护测控装置
 - PCS-9700系列测控装置
 - RCS-9700系列通信设备



网络化二次设备

- PCS系列保护、测控和故障录波装置是南瑞继保电气有限公司开发的新一代全面支持数字化变电站的智能化电子设备。装置支持电子式互感器和常规互感器，支持GOOSE通信方案，支持电力行业通讯标准DL/T667-1999（IEC60870-5-103）和新一代IEC61850变电站通讯标准。
- 装置全部基于南瑞继保新一代UAPC平台



UAPC平台简介

1. UAPC平台

UAPC (Unified Advanced Platform for Protection and Control) 是我公司独立研发的新一代硬件平台，该平台可用于本公司的交流保护和直流保护控制系统，既能与传统的交流互感器接口，又能与电子式互感器接口，完全能满足未来数字化变电站的要求。



UAPC平台特点:

- 全面支持电子式互感器
 - 合并单元直接支持三菱、ABB、南瑞继保等厂家的ECVT，并易于扩展
 - 支持ECVT、常规互感器混合使用，同步采样
 - 支持多个间隔间的同步采样，并且不依赖于GPS



UAPC平台特点:

- 全面支持分布式应用
 - 数据采集和I/O系统可以就地安装
 - 控制保护支持通过IEC60044-8接口接受来自一个或多个间隔的采样数据
 - 控制保护支持通过冗余的100M以太网和GOOSE连接分布式的I/O系统
 - 分布式母差和变压器保护实现起来更容易



UAPC平台特点:

- 高性能，一体化程度高
 - CPU处理能力700MIPS
 - 浮点DSP处理能力600MFLOPS
 - 定点DSP处理能力500MIPS
 - 可以由多个CPU、DSP组合在一起完成复杂的控制保护功能
 - 支持高集成的控制保护、录波、PMU等系统



UAPC平台特点:

- 高安全性高可靠性
 - 单重系统内采样双重化、启动和保护计算独立
 - 完善的设备自检功能



UAPC平台特点:

- 硬件软件设计平台化
 - 模块化，通用灵活
 - 支持可视化编程和调试
 - 能够长期发展提高，易于进行新产品开发易于进行原有产品的维护和提高



保护测试手段

- 可提供数字信号的新型测试设备，如 omicron、博电等，一般只支持 IEC61805-9-2
- 通过 HELP2000A 等转换设备，配交流头插件，可外接电流、电压模拟信号，也可软件模拟数字信号。