

# 智能变电站基础知识

南瑞继保电气有限公司

高级工程技术专家 陆伟

**南京南瑞继保电气有限公司**

智能变电站简介

智能变电站与常规站的区别

智能变电站常用名词解释

智能变电站典型方案



智能变电站简介

智能变电站与常规站的区别

智能变电站常用名词解释

智能变电站典型方案



坚强智能电网以坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，以智能控制为手段，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合，是坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。



- (1) 智能电网包含发电、输电、变电、配电、用电、调度6大环节
- (2) 智能变电站作为智能电网的重要节点，其概念派生于智能电网

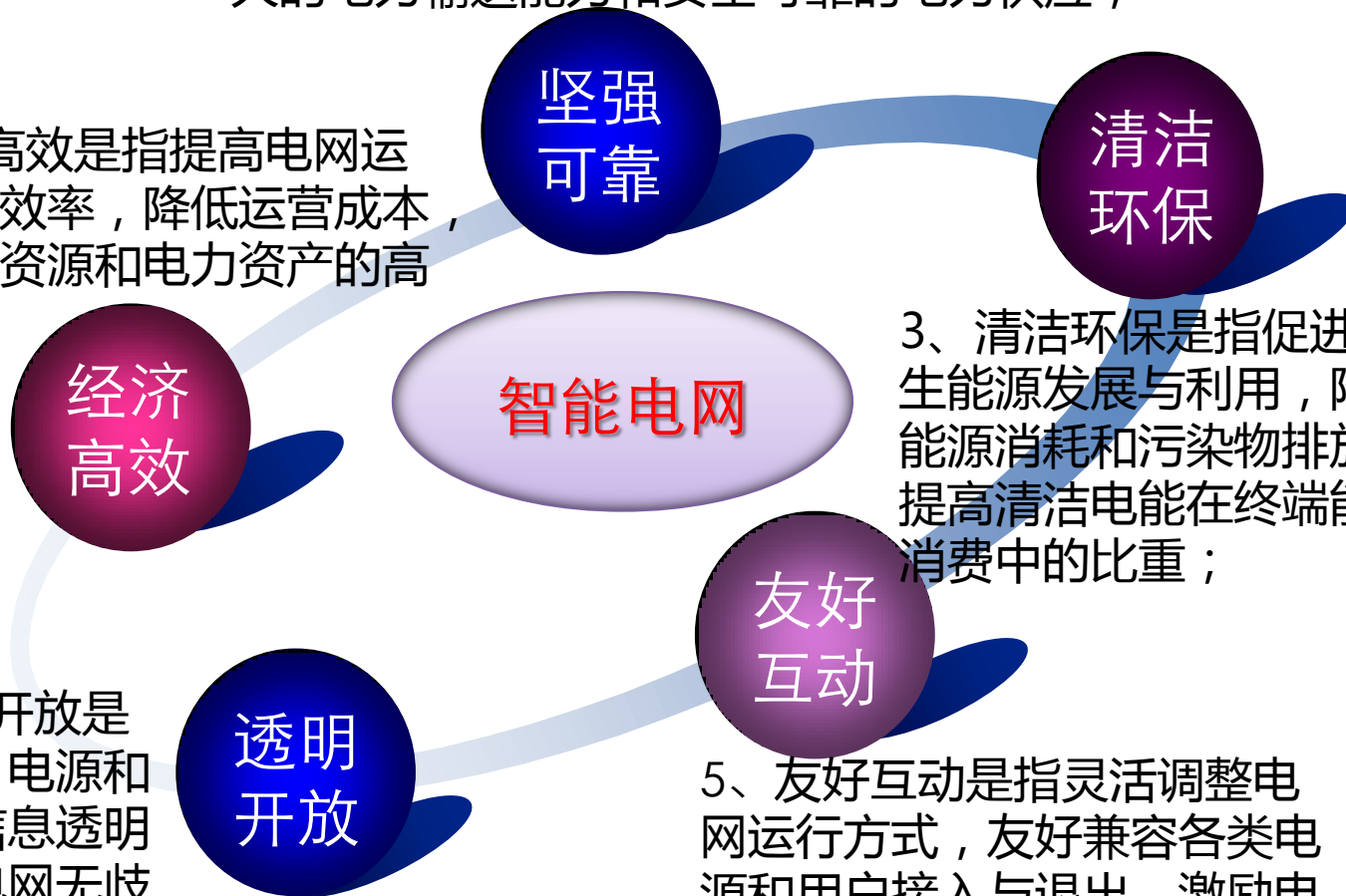
1、坚强可靠是指具有坚强的网架结构、强大的电力输送能力和安全可靠的电力供应；

2、经济高效是指提高电网运行和输送效率，降低运营成本，促进能源资源和电力资产的高效利用；

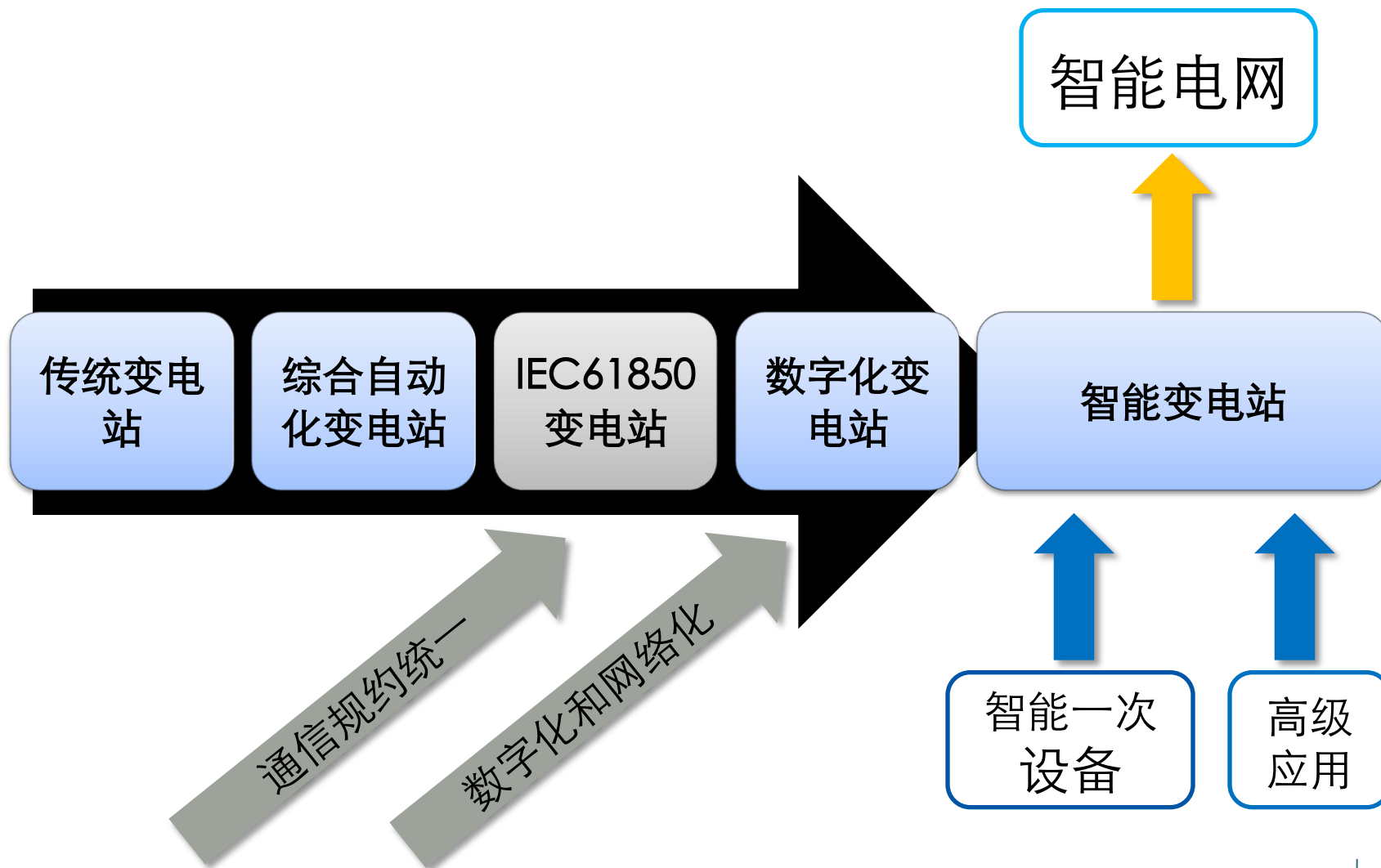
3、清洁环保是指促进可再生能源发展与利用，降低能源消耗和污染物排放，提高清洁电能终端能源消费中的比重；

4、透明开放是指电网、电源和用户的信息透明共享，电网无歧视开放；

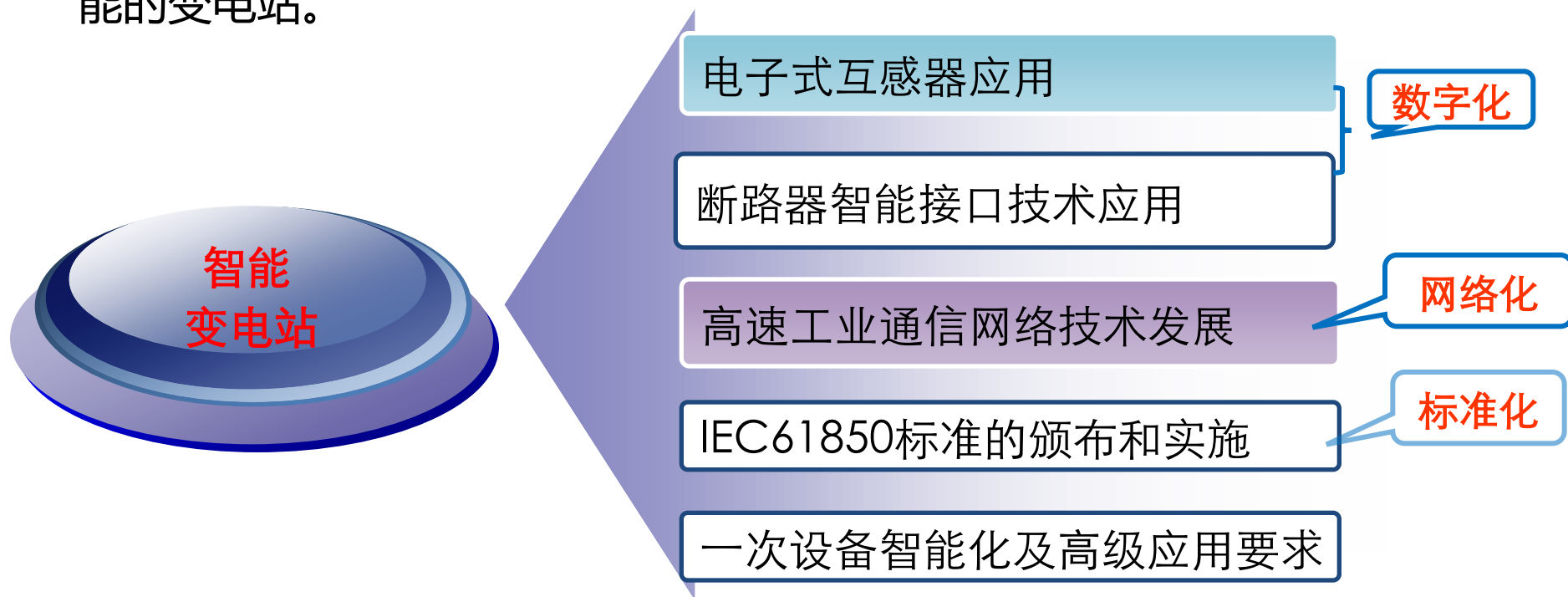
5、友好互动是指灵活调整电网运行方式，友好兼容各类电源和用户接入与退出，激励电源和用户主动参与电网调节。



## 智能变电站的演变和组成



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。



- **智能设备**：先进、可靠、集成、低碳、环保；
- **基本要求**：全站信息数字化  
通信平台网络化  
信息共享标准化
- **基本功能**：自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测；
- **高级功能**：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



- 简化二次接线  
少量光纤代替大量电缆
- 提升测量精度  
数字信号传输和处理无附加误差
- 提高信息传输的可靠性  
CRC校验、通信自检  
光纤通信无电磁兼容问题
- 可采用电子式互感器  
无CT饱和、CT开路、PT短路铁磁谐振等问题  
绝缘结构简单、干式绝缘、免维护

- 一、二次设备间无电联系

无传输过电压和两点接地等问题

一次设备电磁干扰不会传输到集控室

- 各种功能共享统一的信息平台

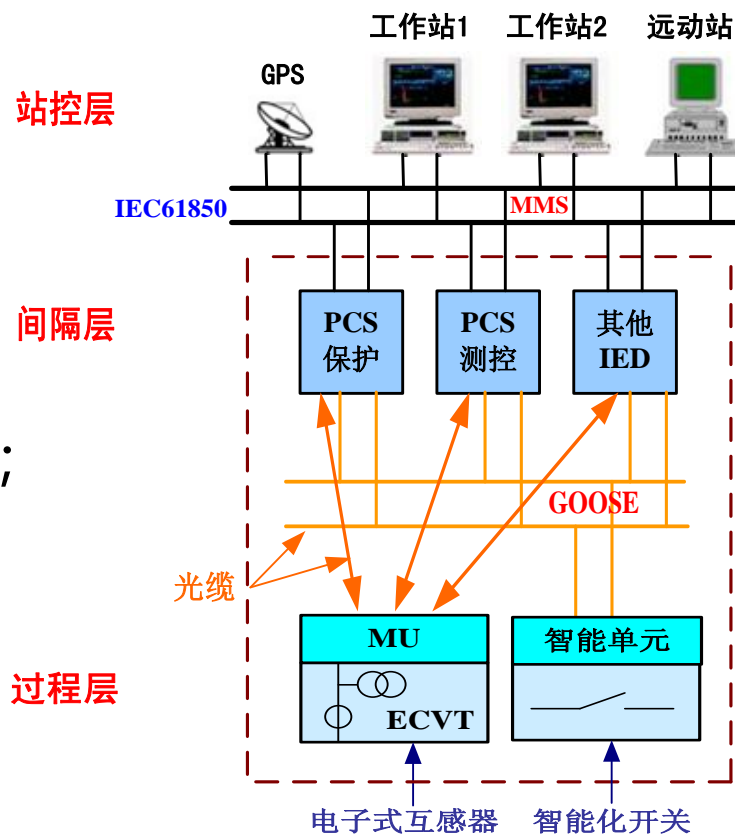
监控、远动、保护信息子站、电压无功控制VQC和五防等一体化

- 减小变电站集控室面积

二次设备小型化、标准化、集成化

二次设备可灵活布置

- 三层两网
- 逻辑结构与物理结构
- 站控层与过程层网络独立
- 信息分类：  
站控层/间隔层MMS、GOOSE;  
过程层SV、GOOSE;



智能变电站结构图

智能变电站简介

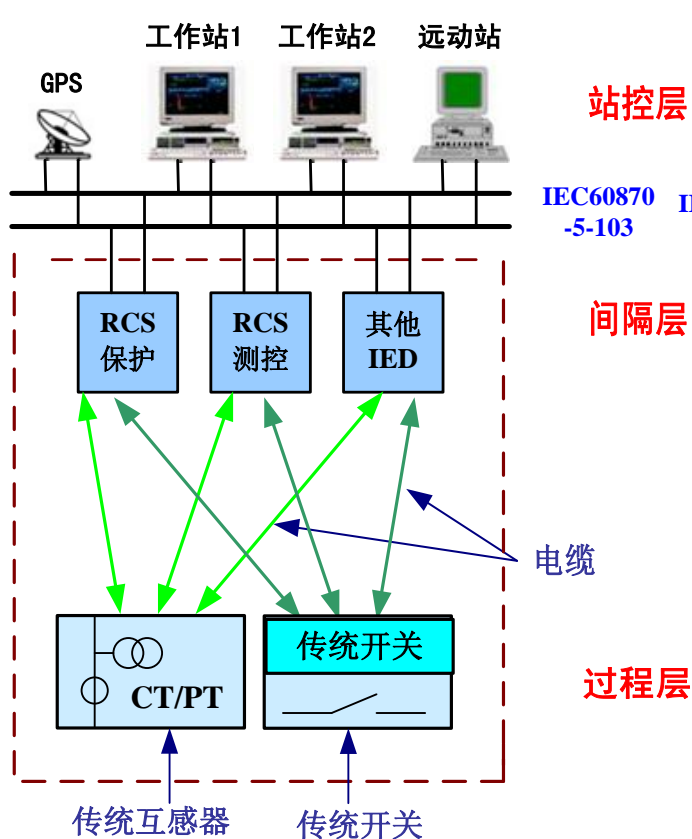


智能变电站与常规站的区别

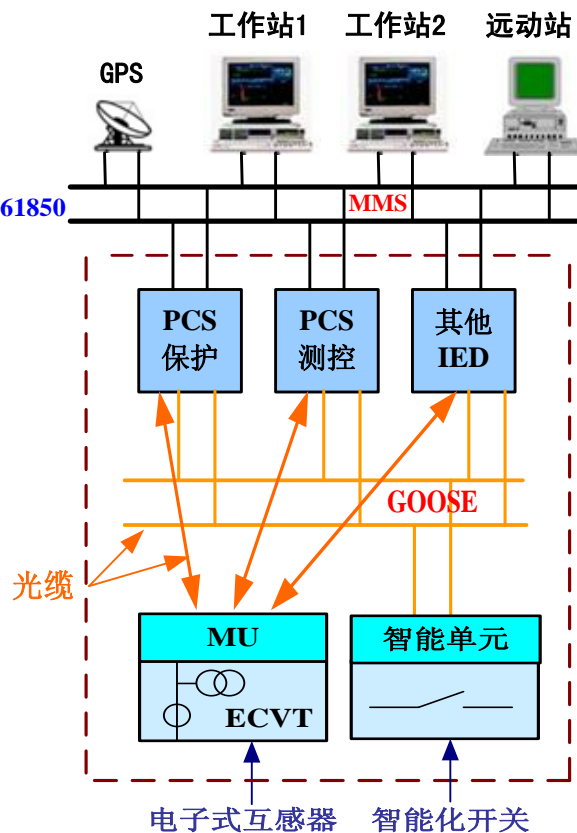
智能变电站常用名词解释

智能变电站典型方案

# 与常规站区别



传统变电站结构图

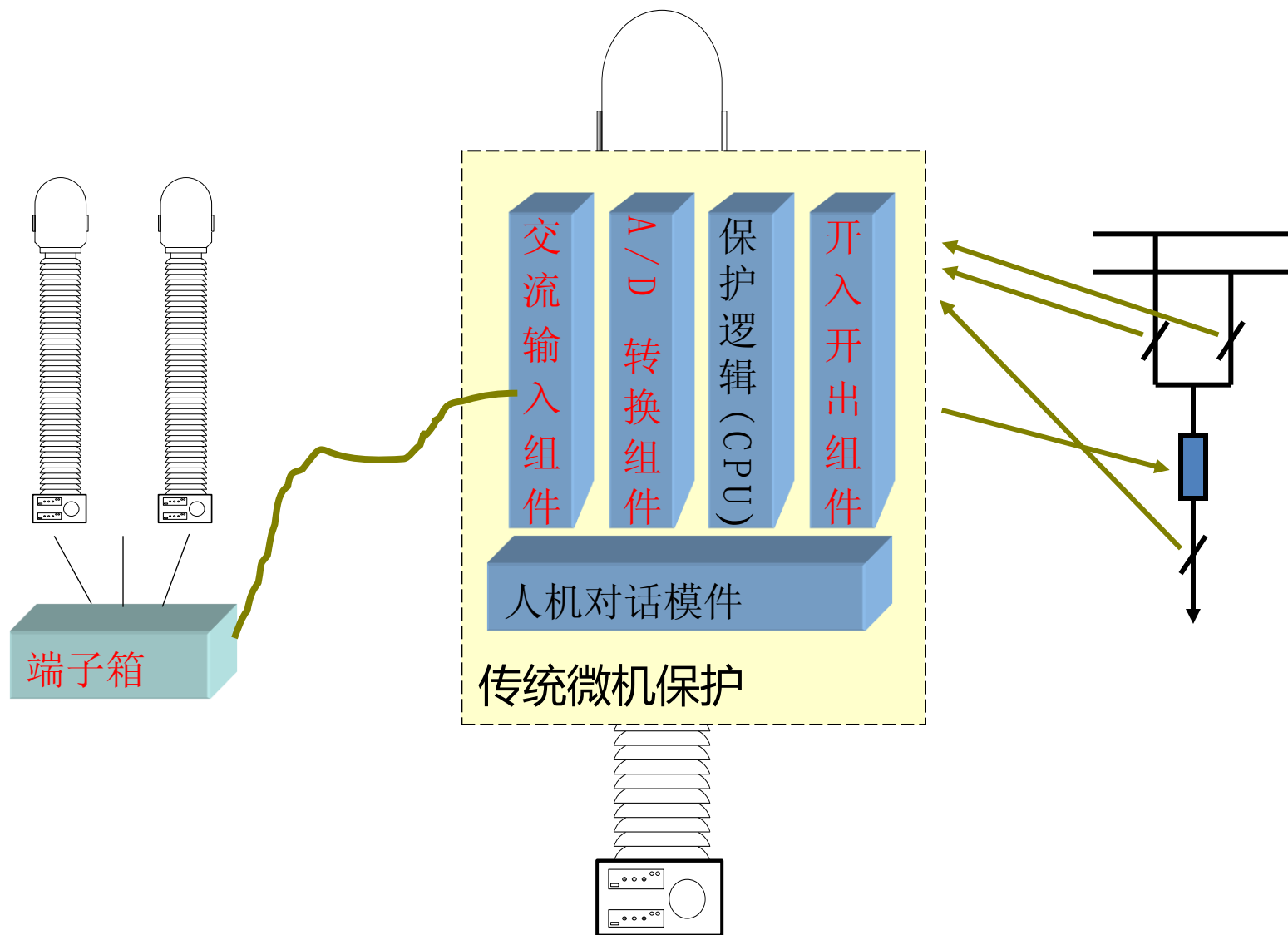


智能变电站结构图

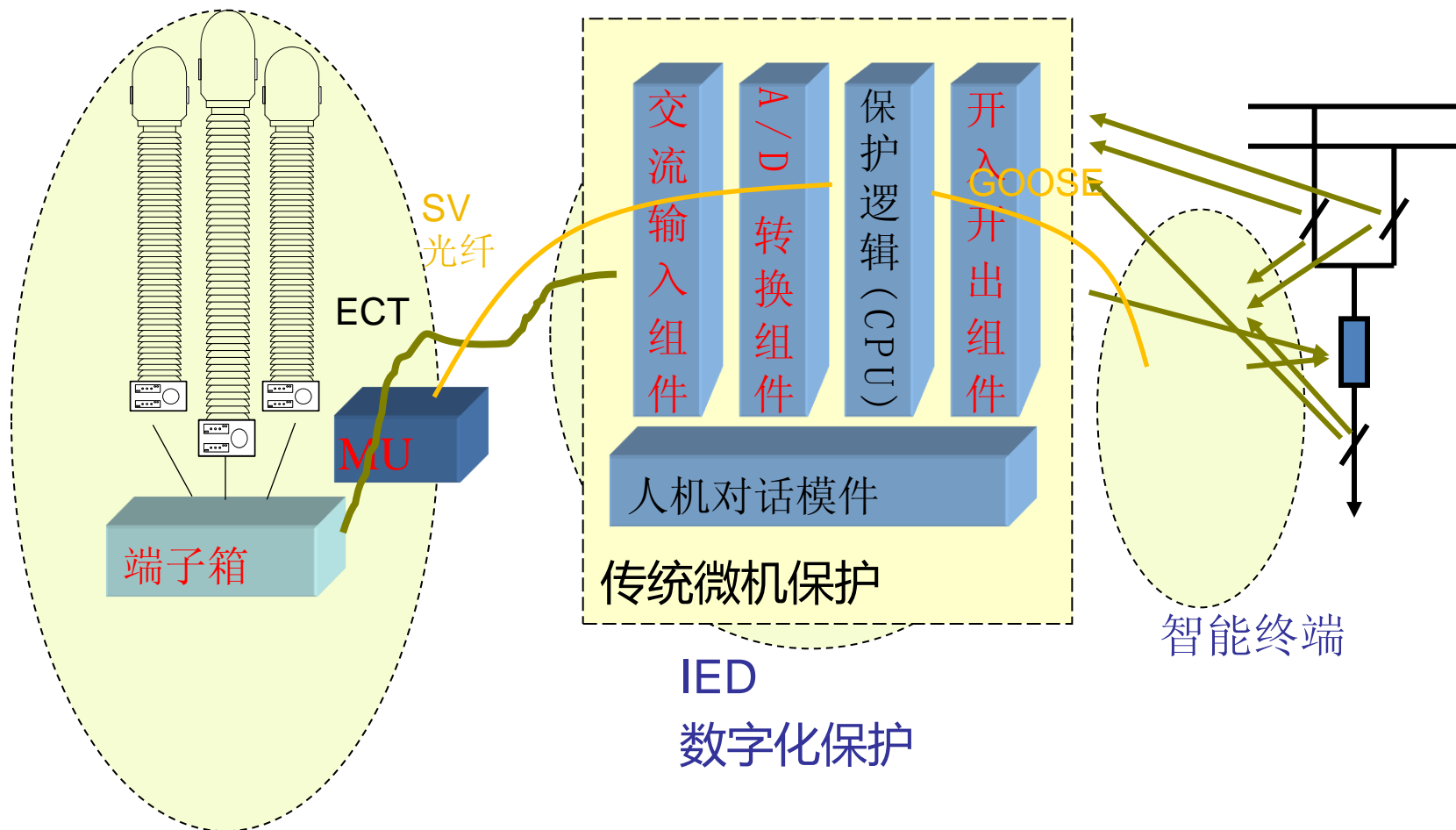
## IEC61850 规约带来的变电站二次系统物理结构的变化

- ( 1 ) 基本取消了硬接线,所有的开入、模拟量的采集均在就地完成,转换为数字量后通过标准规约从网络传输。
- ( 2 ) 所有的开出控制也通过网络通信完成。
- ( 3 ) 继电保护的联闭锁以及控制的联闭锁也由网络通信  
( GOOSE 报文 ) 完成,取消了传统的二次继电器逻辑接。
- ( 4 ) 数据的共享通过网络交换完成。

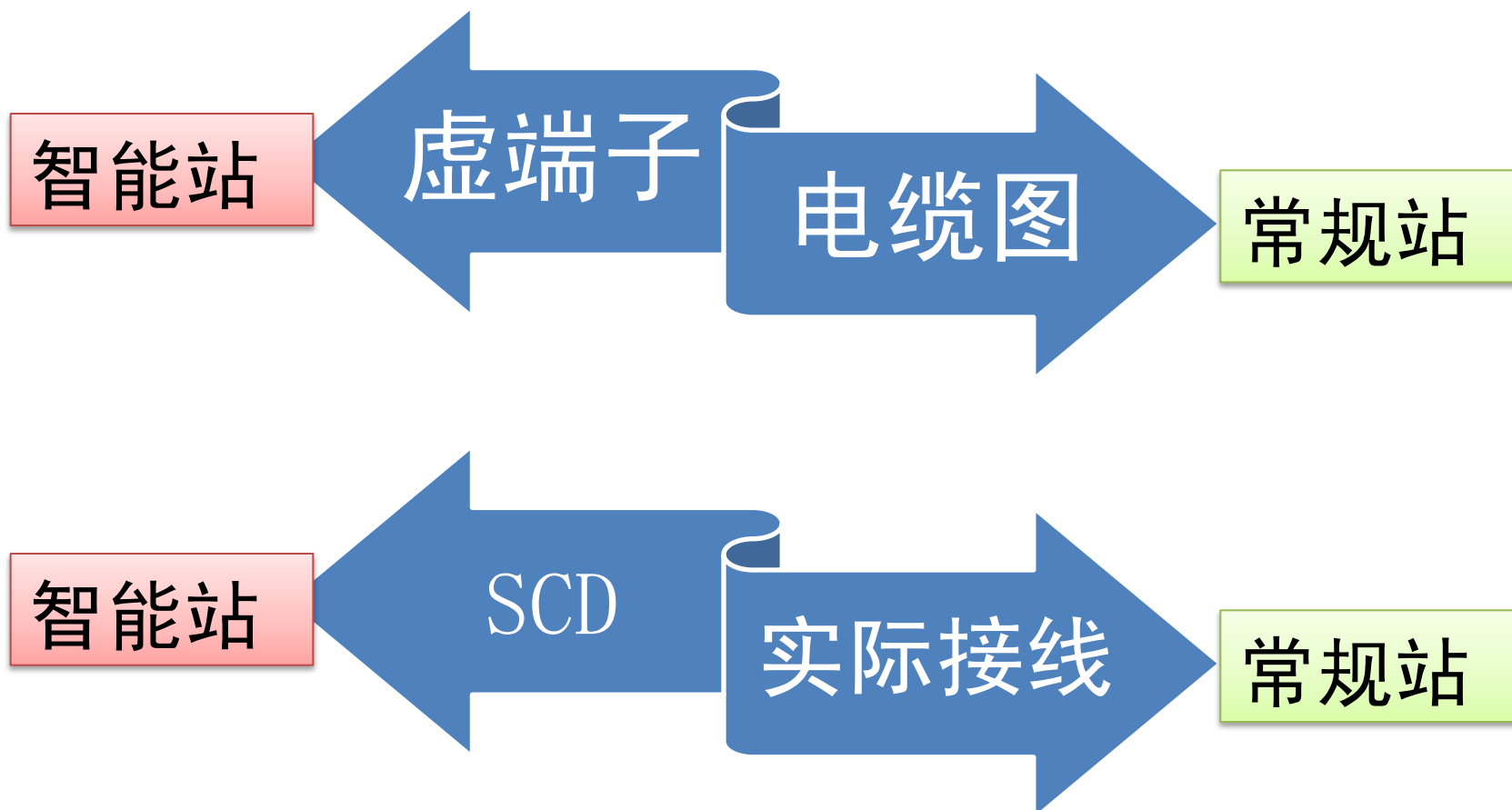
# 一二次设备重新定位

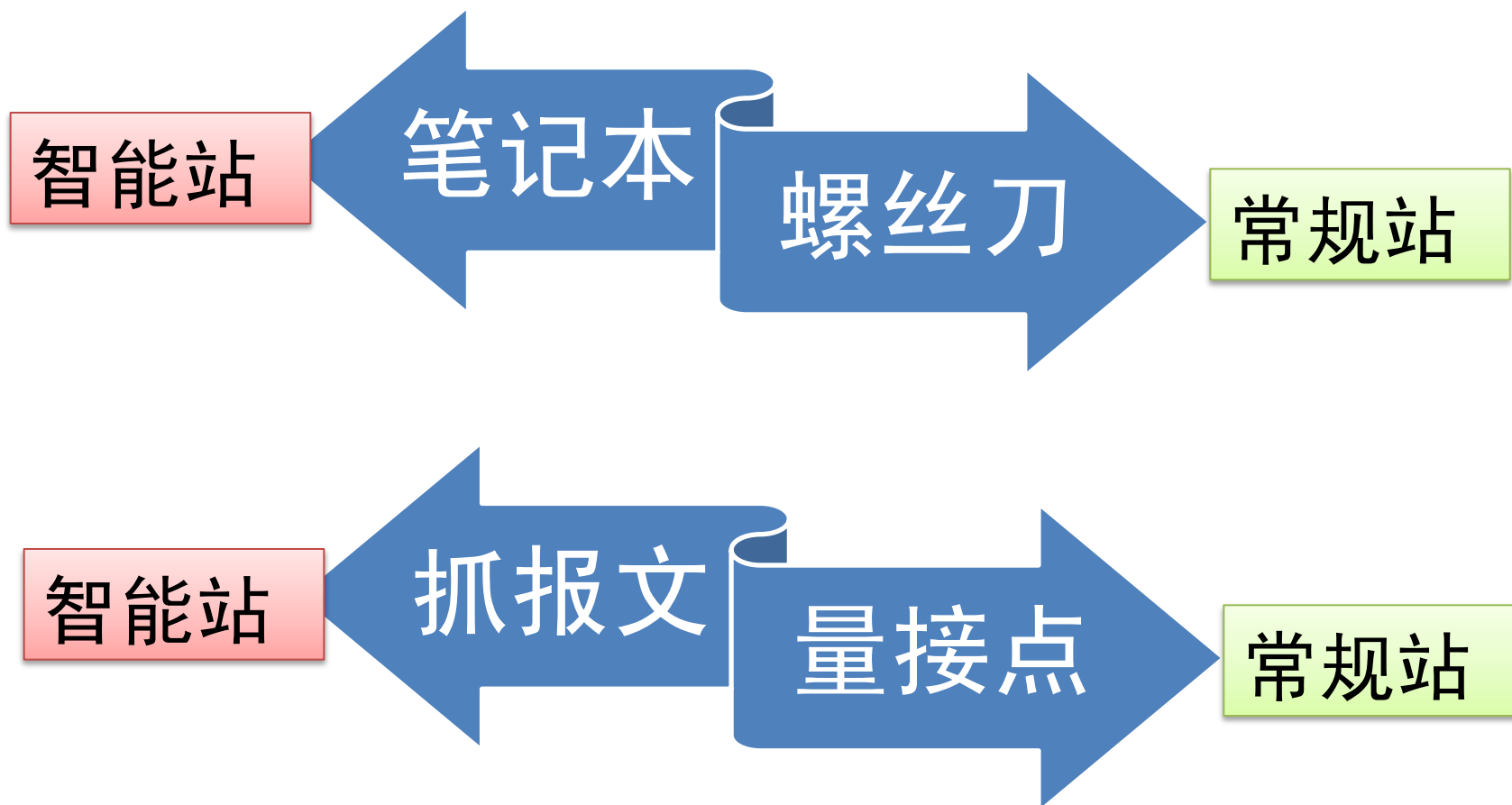


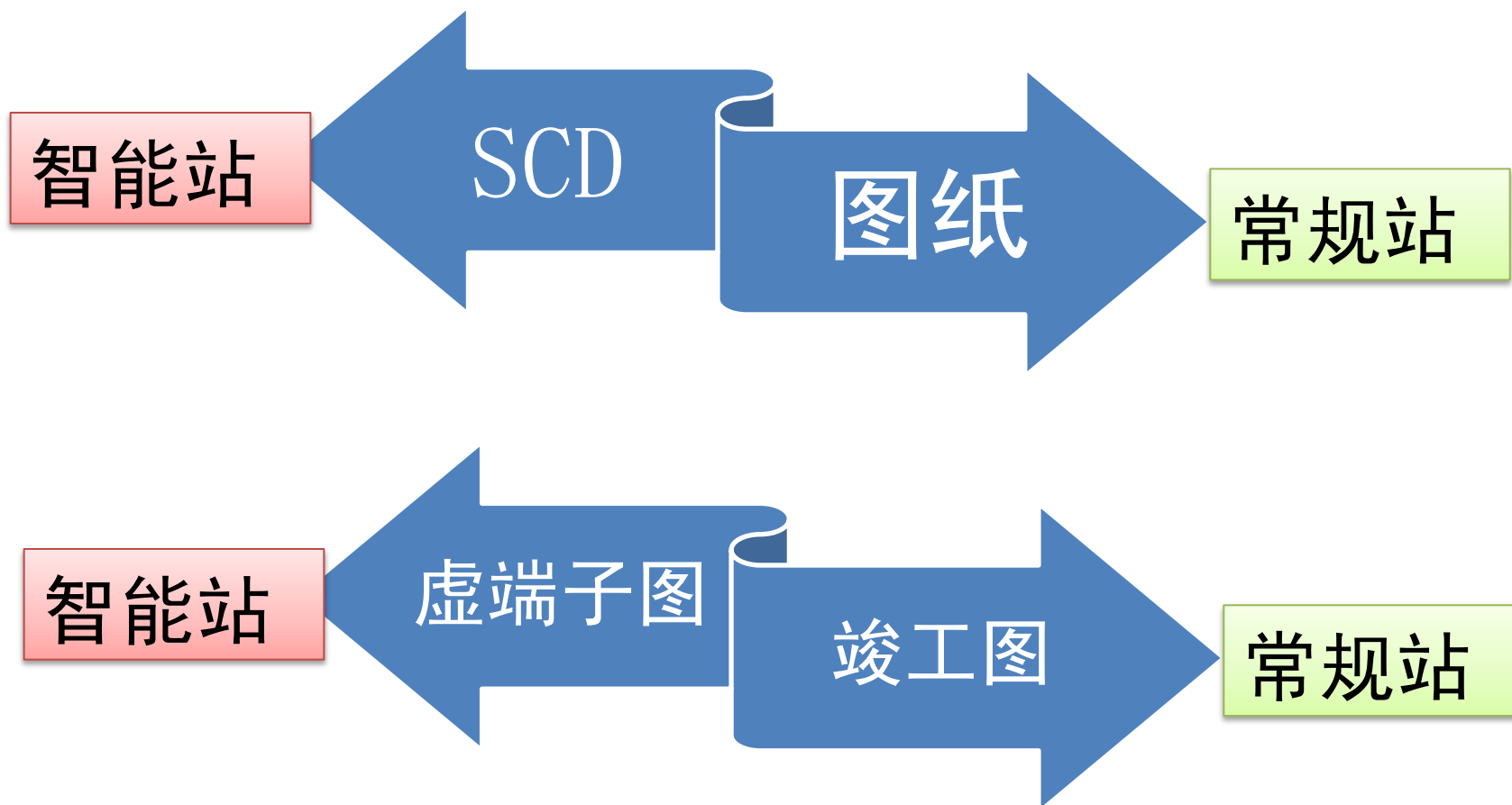
二次设备和一次设备功能重新定位：一次设备智能化

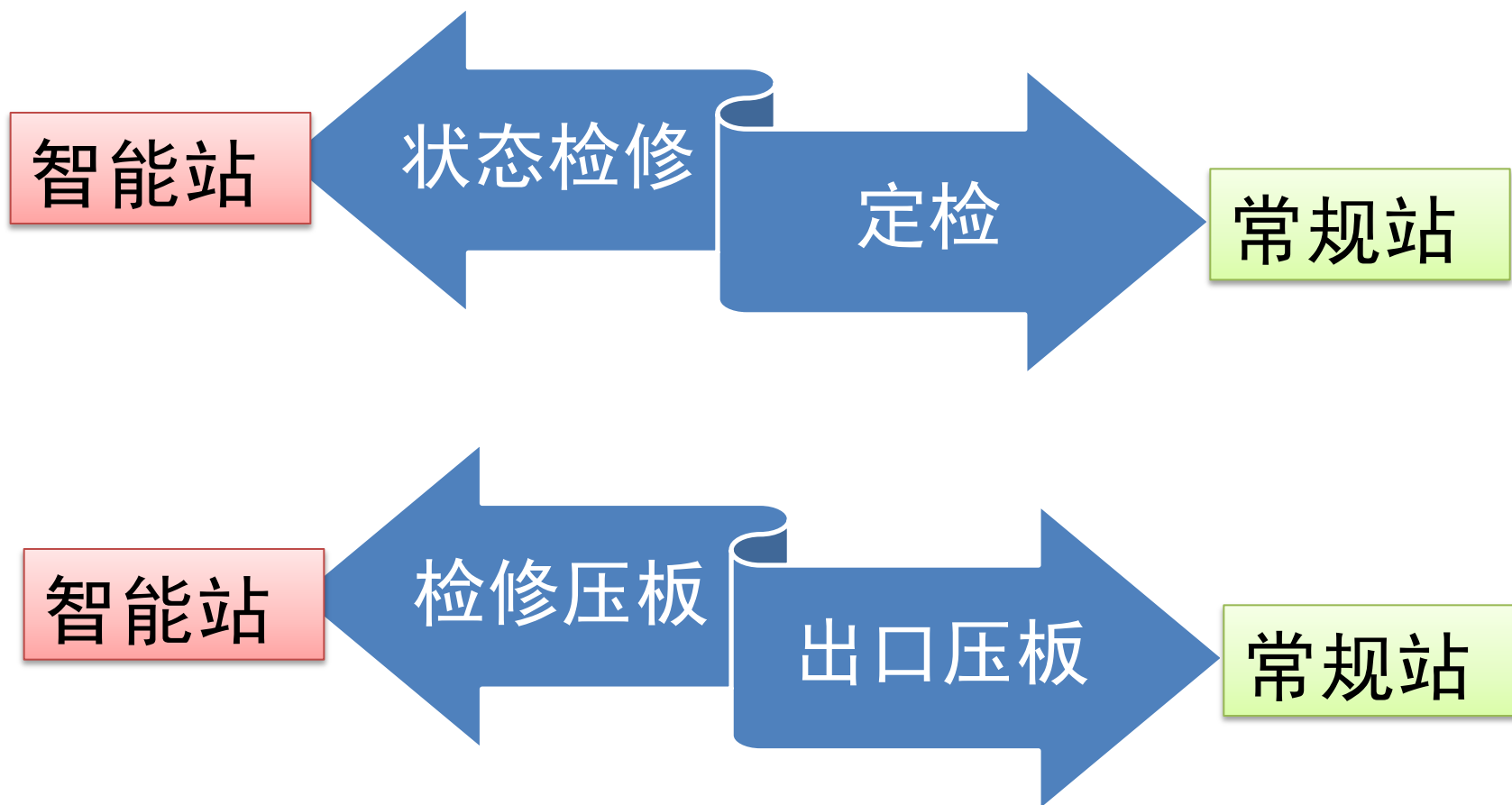


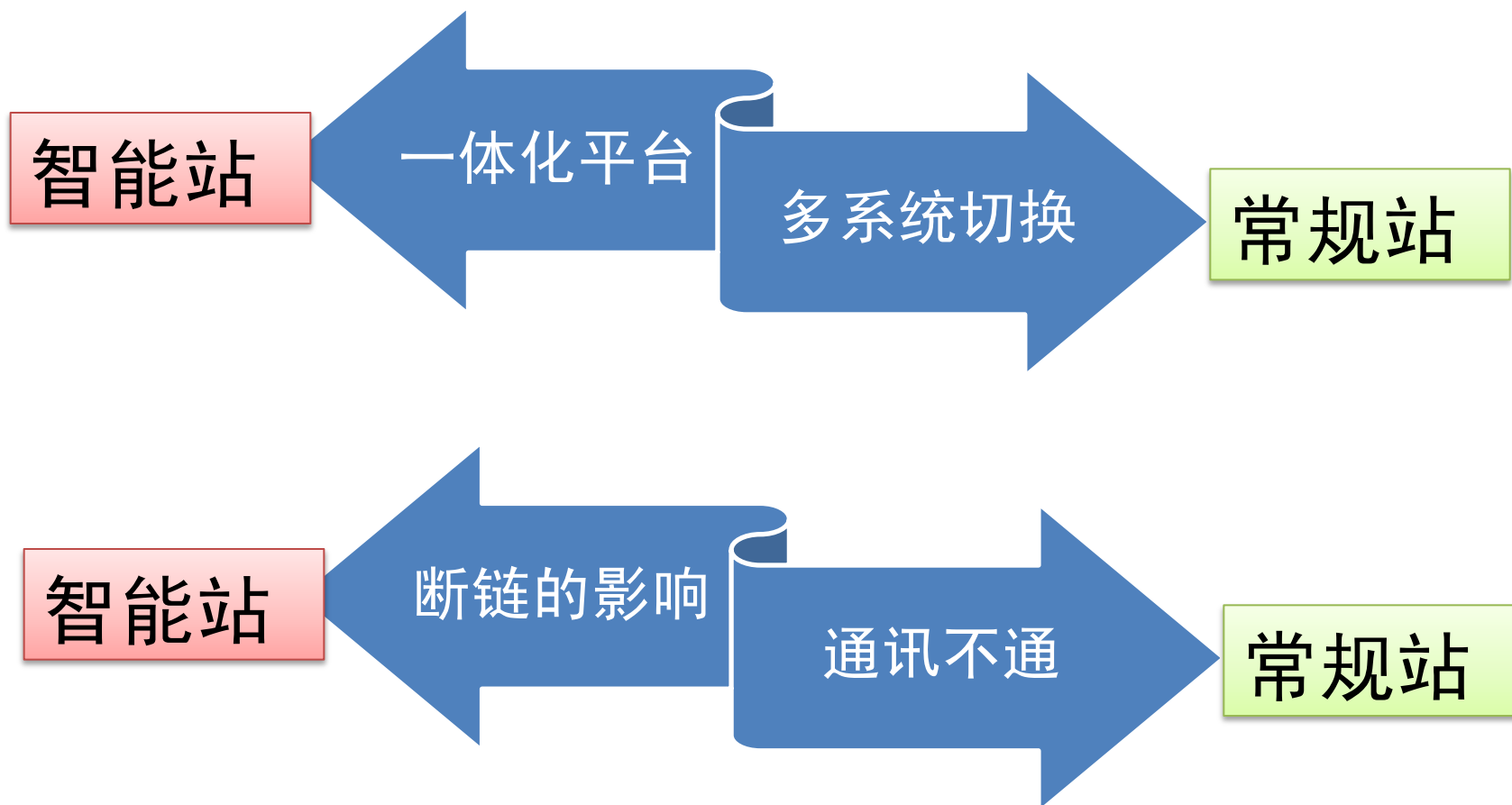












智能变电站简介

智能变电站与常规站的区别



智能变电站常用名词解释

智能变电站方案

ICD

MMS

CID

MU

SCD

智能终端

SSD

过程层

GOOSE

虚端子

SV

客户端

电子式互感器

- **IED** Intelligent Electronic Device  
智能电子设备
- **ICD** IED Capability Description  
IED能力描述文件
- **CID** Configured IED Description  
IED实例配置文件
- **SCD** Substation Configuration Description  
全站系统配置文件
- **SSD** System Specification Description  
系统规格文件



# 各文件之间的关系



变电站配置流程图



- 什么是GOOSE?

面向通用对象的变电站事件( GOOSE---Generic Object Oriented Substation Event) 是IEC 61850标准中用于满足变电站自动化系统快速报文需求的一种机制

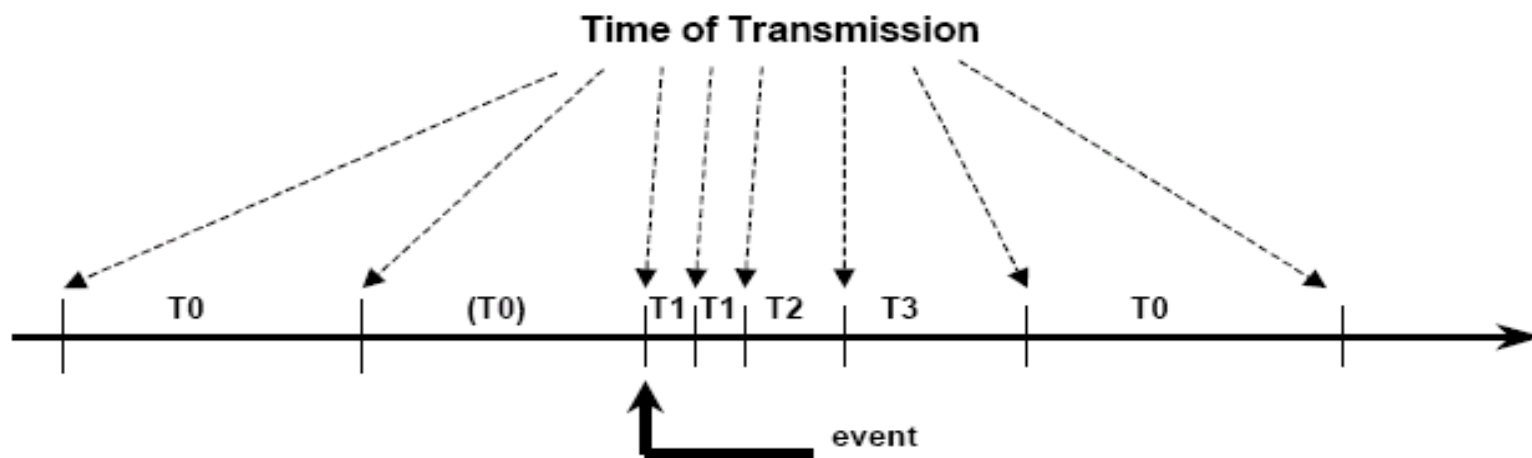
- GOOSE可以传输什么?

可以传输开入（智能终端的常规开入等），开出（跳闸，遥控，启动失灵，联锁，自检信息等），实时性要求不高的模拟量（环境温湿度，直流流量）

- GOOSE传输的数据类型?

常见传输布尔量，整型，浮点型，位串

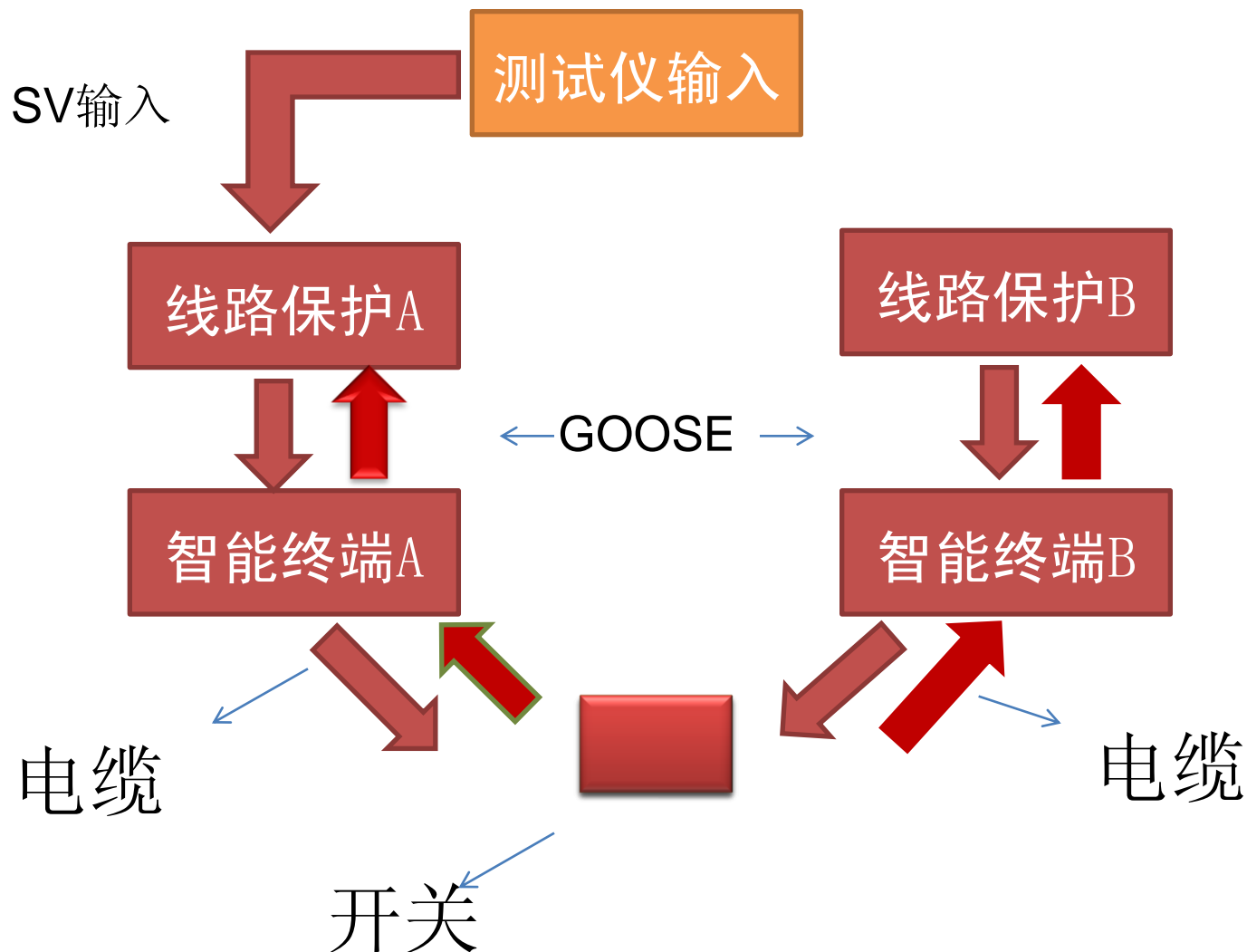
- GOOSE采用多播方式传送数据
  - 以太网传输方式有：点对点、广播、多播
- GOOSE采用连续多次传送的方式实现可靠传输： $T1=2\text{ms}$   
 $T2=4\text{ms}$   $T3=8\text{ms}$   $T0=5\text{s}$ （默认值，由SCD确定）



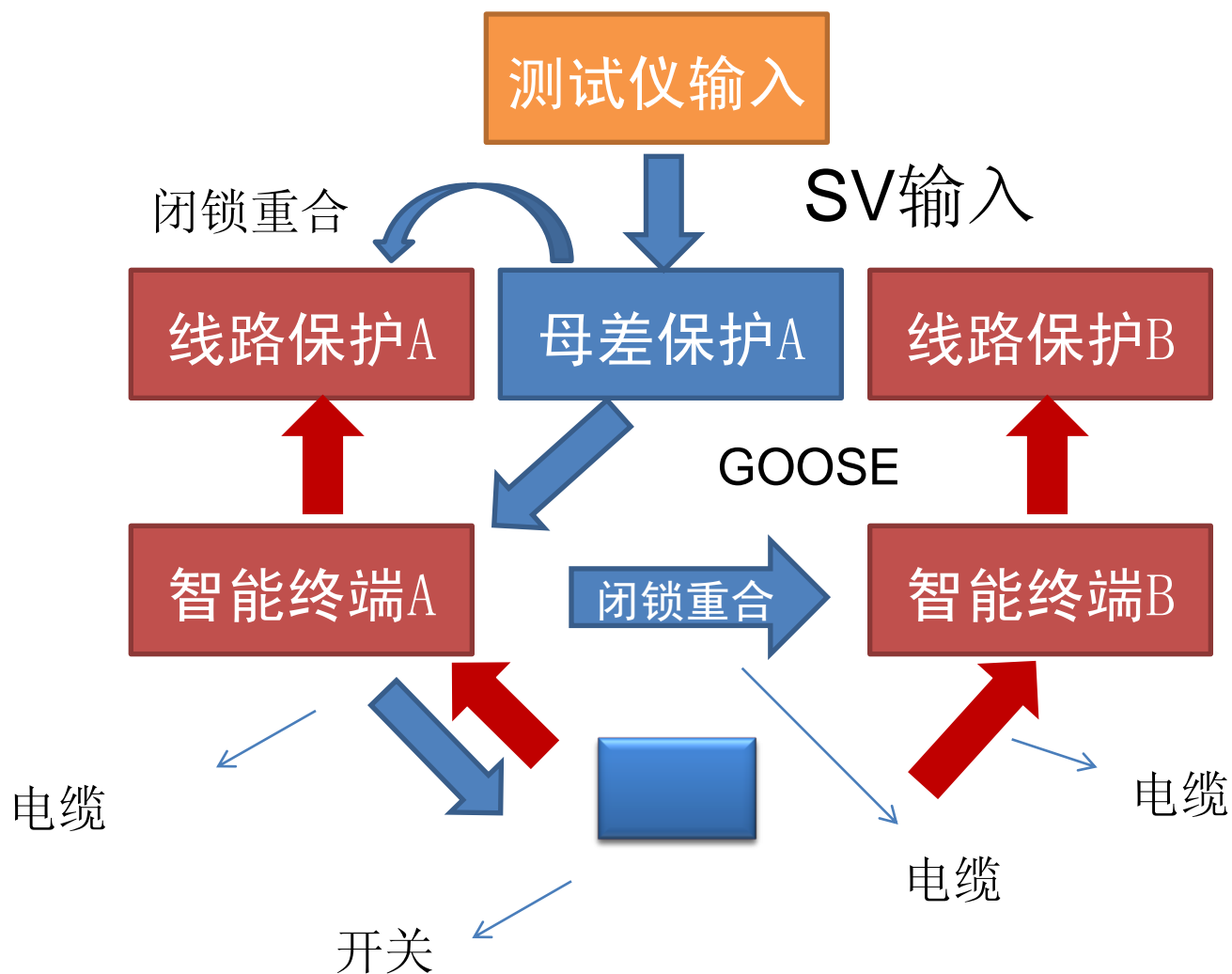
T0: retransmission in stable conditions( no event for a long time)  
(T0): retransmission in stable conditions may be shortened by an event  
T1: shortest retransmission time after the event  
T2, T3: retransmission times until achieving the stable conditions time

# 感性认识GOOSE（线路跳闸）

- 1 仿真故障
- 2 跳闸
- 3 新位置
- 4 重合
- 5 新位置



- 1 仿真故障
- 2 跳闸
- 3 新位置



# GOOSE报文

The image shows a Wireshark packet capture of a GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) message. The packet list shows three packets, with the third packet (No. 131) selected. The packet details pane shows the structure of the GOOSE message, and the packet bytes pane shows the raw data. Annotations in green boxes point to specific fields in the packet details pane.

**Annotations:**

- Appid 网络应用标示, 由SCD配置** (Appid network application label, configured by SCD)
- 源MAC, 根据goose.txt中第一个目的MAC自动映射** (Source MAC, automatically mapped from the first destination MAC in goose.txt)
- 目的MAC, 由SCD配置** (Destination MAC, configured by SCD)
- 从Appid算起至结束的全部字节长度** (Total byte length from Appid to end)
- 状态序号, 顺序序号, 见注释** (Status sequence number, sequence number, see comment)
- GOCB控制块引用名** (GOCB control block reference name)
- 允许生存时间** (Allowed survival time)
- GOOSE数据集引用名** (GOOSE data set reference name)
- GOOSE ID**
- 送出时间, 时间品质, 见注释** (Sending time, time quality, see comment)
- 数据集总个数** (Total number of data sets)
- 各成员数据** (Each member data)

**Packet List:**

No.	Source	Destination	Protocol	Info
127	001455	00:10:00:00:00:04	01:0c:cd:01:01:04	IECGOOSE GOOSE Request
130	495792	00:10:00:00:00:04	01:0c:cd:01:01:04	IECGOOSE GOOSE Request
131	001756	00:10:00:00:00:04	01:0c:cd:01:01:04	IECGOOSE GOOSE Request

**Packet Details:**

- Frame 131 (826 bytes on wire, 826 bytes captured)
- Ethernet II, Src: 00:10:00:00:00:04 (00:10:00:00:00:04), Dst: 01:0c:cd:01:01:04 (01:0c:cd:01:01:04)
- IEC 61850 GOOSE
  - AppID\*: 260
  - PDU Length\*: 812
  - Reserved1\*: 0x0000
  - Reserved2\*: 0x0000

**Packet Bytes:**

```
Control Block Reference: 222C_IRPIT/LLN0$GOCB1
Time Allowed to Eject (Sec): 10000
DataSetReference: 222C_IRPIT/LLN0$dsGOOSE1
GOOSEID*: 222C_IRPIT/LLN0.gocb1
Event Timestamp: 1970-01-01 00:04:38.585992 Timequality: 2a
StateNumber*: 3
SequenceNumber*: Sequence Number: 1
...
{
  BOOLEAN: TRUE
  UTC 1970-01-01 00:04:37.977987 Timequality: 2a
  BOOLEAN: FALSE
  UTC 1970-01-01 00:00:00.000000 Timequality: 00
}
```

- stNum:  
范围（1-4294967295）状态序号，状态改变一次+1，溢出后从1开始；
- sqNum:  
范围（0-4294967295）顺序序号，初始值为1，状态不变化时，每发送一次+1，溢出后从1开始；0专为stNum变化时首帧传输保留。
- 装置重启：stNum, sqNum都从1开始。

- 什么是SMV?

Sampled Measured Value      采样测量值，也称为SV (Sampled Value),一种用于实时传输数字采样信息的通信服务

从发展历史来说，SMV的发展先后经历：

IEC60044-8，IEC61850-9-1，IEC61850-9-2

目前主要采用IEC61850-9-2，IEC60044-8



- IEC60044-8是国际电工委员会为电子式互感器专门制定的一个标准，点对点光纤串行数据接口
- 采用IEC69870-5-1的FT3格式，故常称之为FT3格式
- 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
  - 通道传送瞬时标么值
- 早期固定12通道，后扩展成22

- IEC61850-9-2：是国际电工委员会标准《IEC 61850-9-2：特定通信服务映射(SCSM)》中所定义的一种采样值传输方式，网络数据接口
  - 传输延时不确定
  - 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
  - 通道传送一次瞬时值

- 为了满足变电站更加可靠的需求，合并单元不再依赖时钟源进行同步，国网公司在《Q/GDW441-2010智能变电站继电保护技术规范》定义了点对点9-2的方式，具体技术要求如下：
- 合并单元应输出电子式互感器整体的采样响应延时，额定延时时间不大于2ms。
- 采样值发送间隔离散值应小于10 $\mu$ S。
- 通道延时需要在采样数据集中作为一路通道发送。

## ✓ IEC 60044-8 :

- 优点：不依赖于外部同步时钟，谁用数据谁同步处理，可靠性高。
- 缺点：物理接口专用接口；  
数据点对点传输，接线较复杂。

## ✓ IEC 61850-9-1/2 :

- 优点：物理接口标准以太网接口；  
可以组网传输，利于数据共享；
- 缺点：依赖外部时钟，时钟丢失时影响二次设备功能。（组网）  
数据点对点传输，接线较复杂（点对点）

## MMS Manufacturing Message Specification

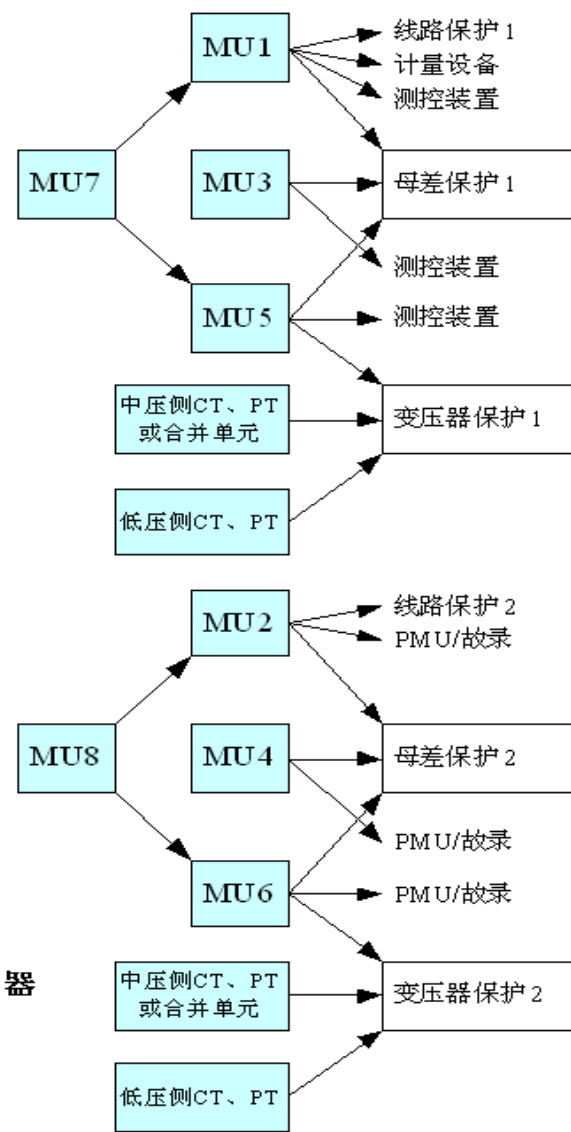
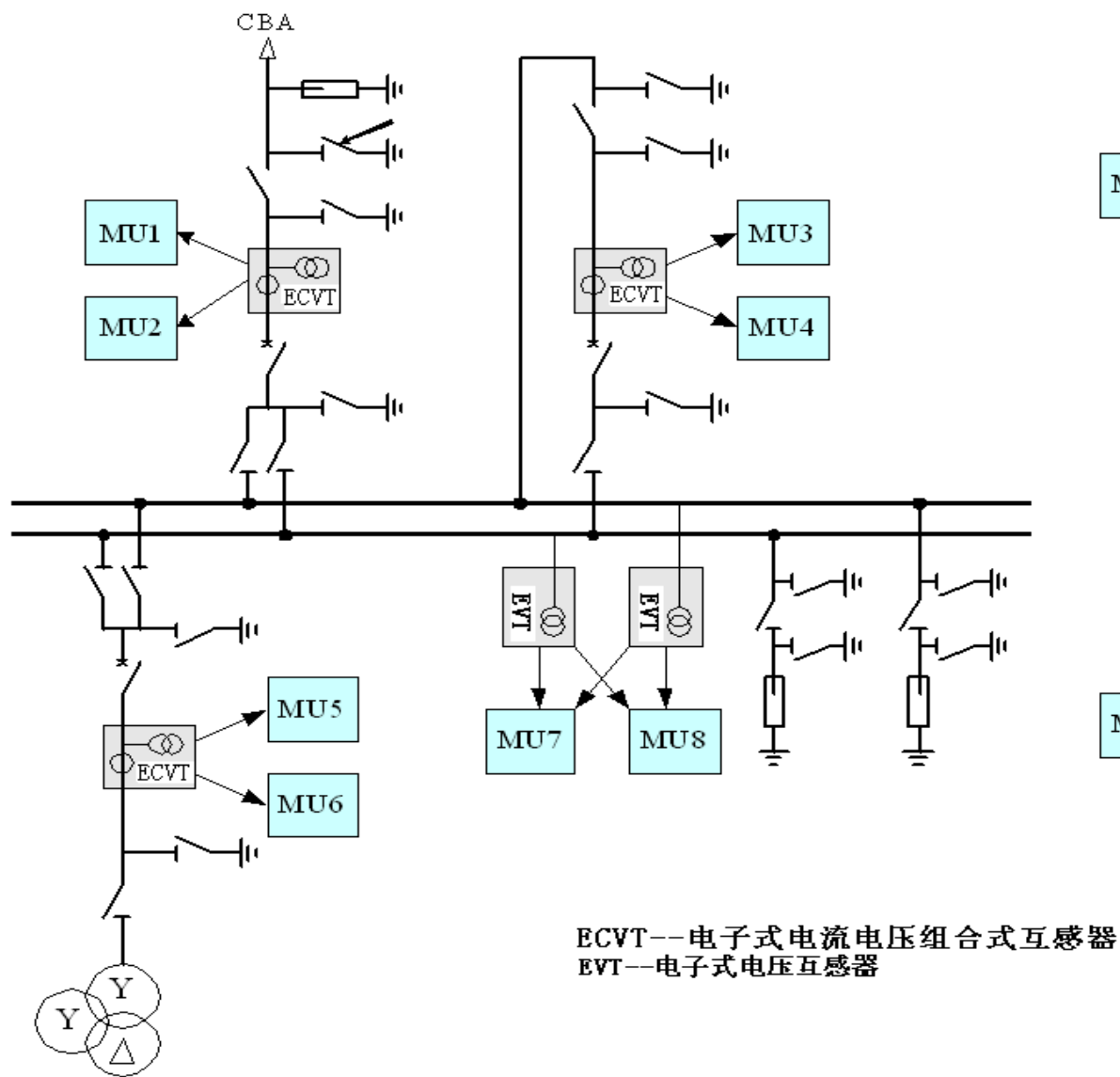
### MMS即制造报文规范

MMS规范了工业领域具有通信能力的智能传感器、智能电子设备（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）。

## MU merging unit-合并单元

- 用以对来自二次转换的电流和/或电压数据进行时间相关组合的物理单元。
- 电子式互感器合并单元
- 常规采样合并单元

# MU配置方案



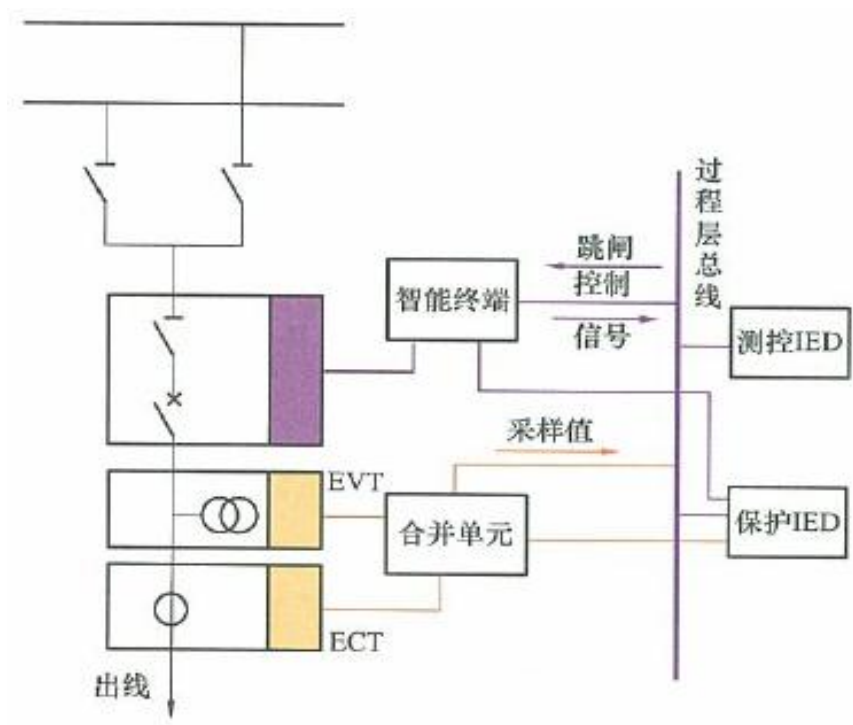
## 智能终端 smart terminal

一种智能组建。与一次设备采用电连接，与保护、测控等二次设备采用光纤连接，实现对一次设备（如：断路器、刀闸、主变压器等）的测量、控制等功能。

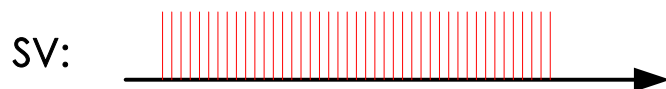
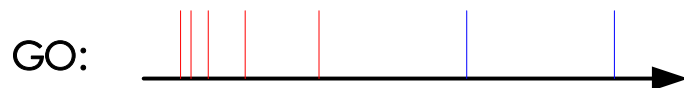


- 智能变电站过程层网络相当于常规变电站的二次电缆，各IED之间的信息通过报文交换，信息回路主要包括SV采样、GO开入和开出。
- 从结构上讲，智能变电站可分为站控层设备、间隔层设备、过程层设备、站控层网络和过程层网络，即“三层两网”。**间隔层设备跨两个网络。**
- 从功能实现上讲，智能变电站可分为过程层（含设备和网络）和站控层。**过程层面向一次设备，站控层面向运行和继保人员。**

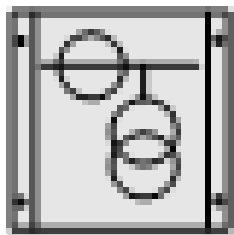
- **过程层设备：**
- 电子式互感器：实现采样的数字化。
- 合并单元：实现采样的共享化。
- 智能终端：实现开关、刀闸开入开出命令和信号的数字化。



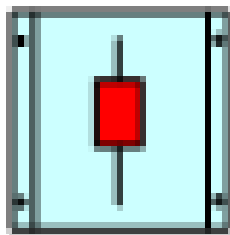
- **过程层设备可靠性要求：**
- 过程层信息的传输要求准确、可靠、快速。可分为两种：
- SV：周期性采样信号，要求保证传输的实时性和快速性。
- GO：事件驱动的开入开出信号。实时性和可靠性要求高。



- **智能变电站过程设备：**  
合并单元、智能终端和过程层交换机。



MU



智能终端

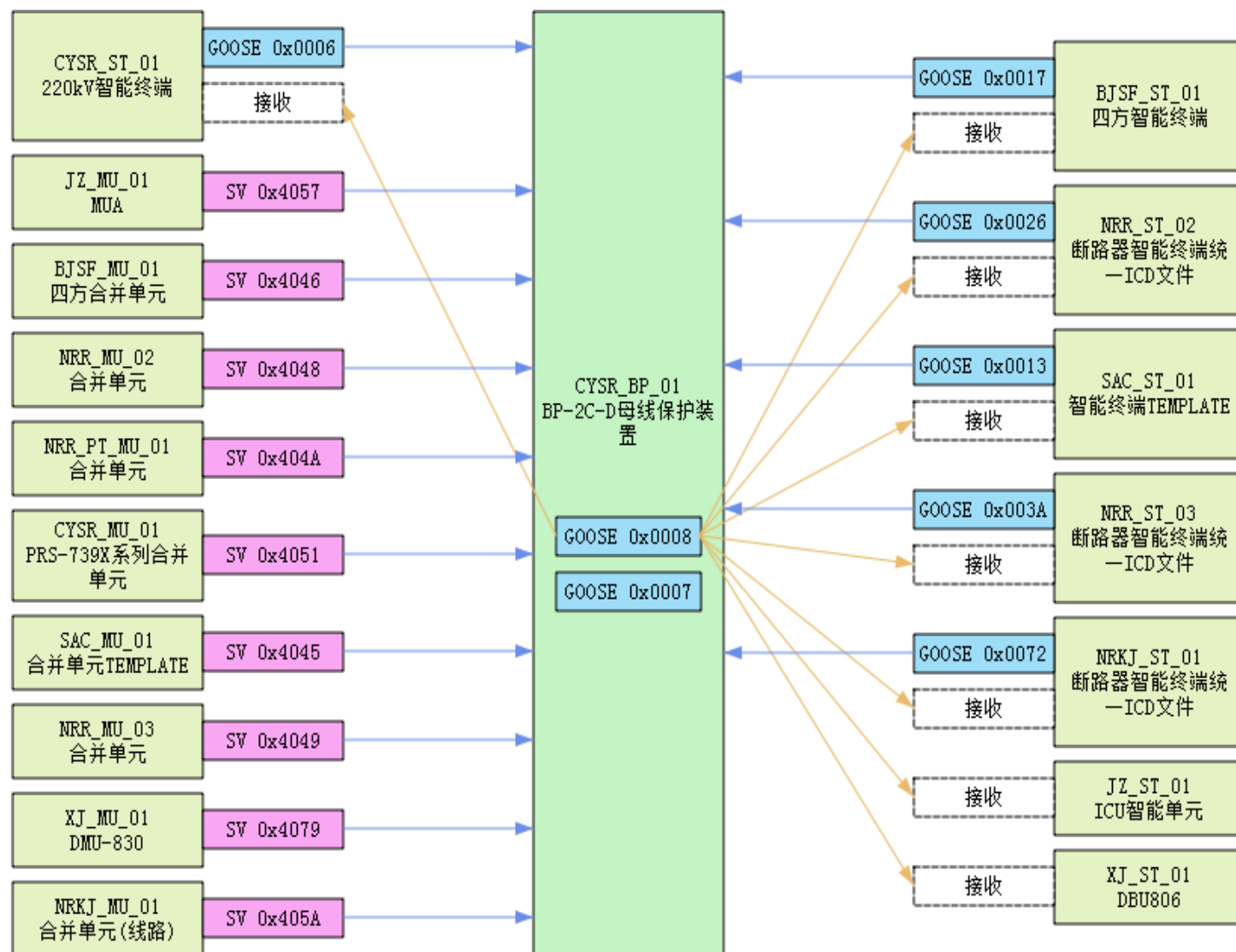


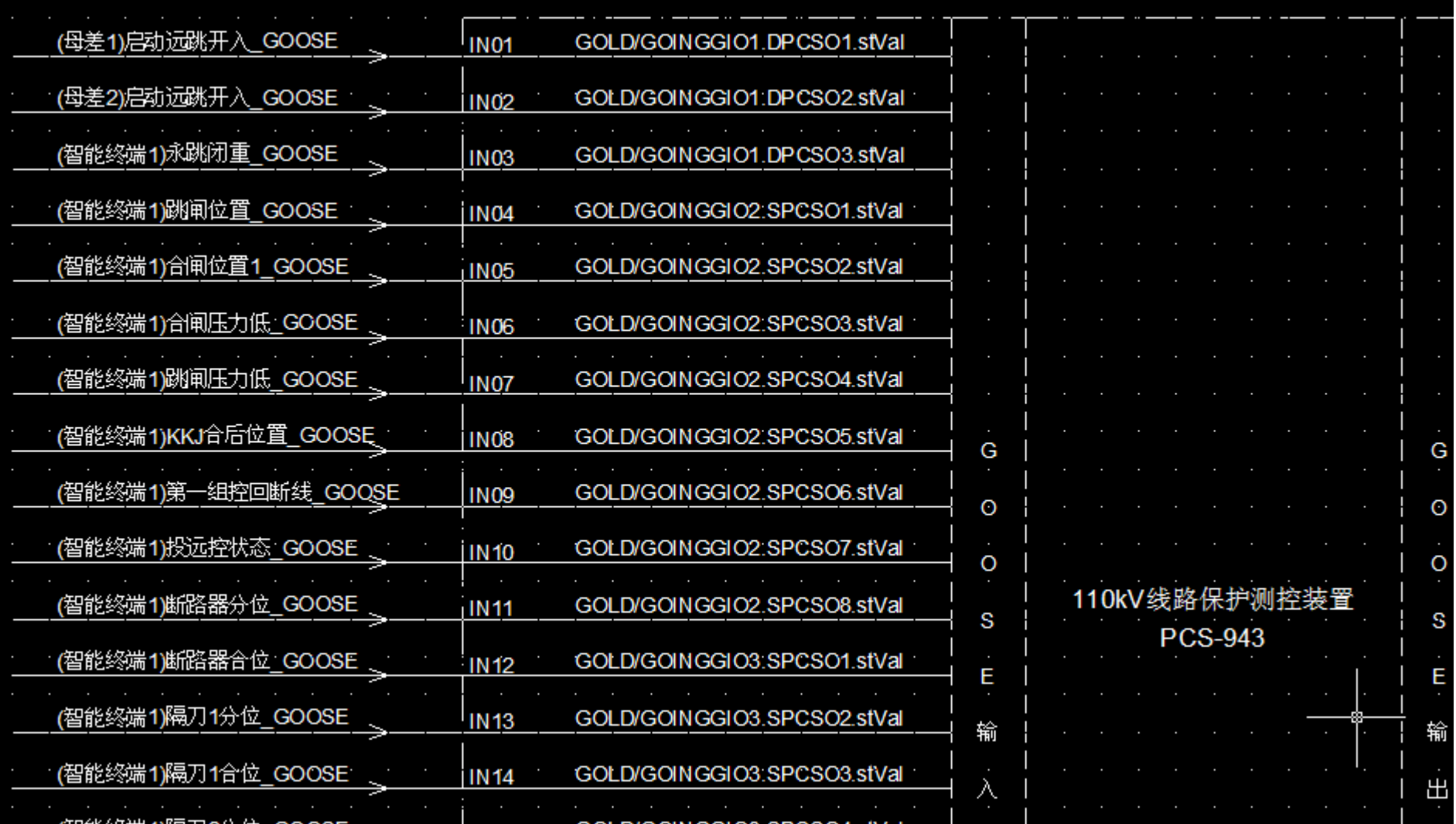
交换机

## 虚端子 **virtual terminator**

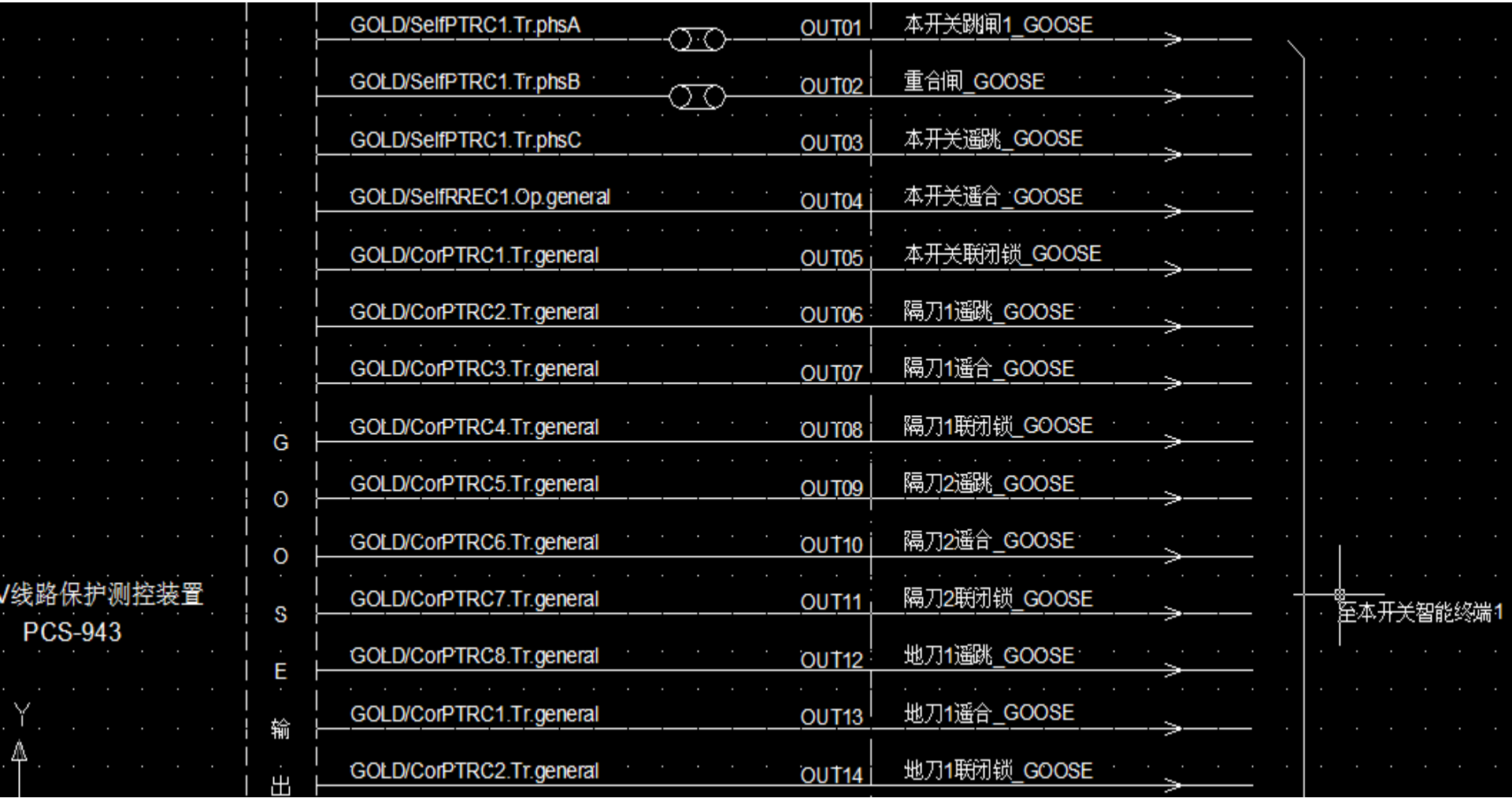
描述IED设备的GOOSE、SV 输入、输出信号连接点的总称，用以标识过程层、间隔层及其之间联系的二次回路信号，等同于传统变电站的屏端子。

# 虚端子图示





# GOOSE输出虚端子





线路保护电流A相_SMV	➔	IN58	GOLD/GOINGGIO9.SPCS01.stVal	S M V 输 入
线路保护电流B相_SMV	➔	IN59	GOLD/GOINGGIO9.SPCS02.stVal	
线路保护电流C相_SMV	➔	IN60	GOLD/GOINGGIO9.SPCS03.stVal	
线路测量电流A相_SMV	➔	IN61	GOLD/GOINGGIO9.SPCS04.stVal	
线路测量电流B相_SMV	➔	IN62	GOLD/GOINGGIO9.SPCS05.stVal	
线路测量电流C相_SMV	➔	IN63	GOLD/GOINGGIO9.SPCS06.stVal	
线路电压A相_SMV	➔	IN64	GOLD/GOINGGIO9.SPCS07.stVal	
线路电压B相_SMV	➔	IN65	GOLD/GOINGGIO9.SPCS08.stVal	
线路电压C相_SMV	➔	IN66	GOLD/GOINGGIO9.SPCS01.stVal	
同期电压A相_SMV	➔	IN67	GOLD/GOINGGIO9.SPCS02.stVal	

## 客户端

请求服务器提供服务，或接受服务器主动传输数据的实体，如监控系统等。



客户端工具：



IED Scout

：装置模型查看工具



RCS View 等等

智能变电站简介

智能变电站与常规站的区别

智能变电站常用名词解释



智能变电站典型方案

# 一个间隔的举例

断路器



间隔电子电流电压互感器

母线电压合并单元



电子母线电压互感器



传统的一次电缆

间隔电流电压

同期电压

线路保护测控装置

户外智能终端

单元合并间隔

电流电压和同期电压

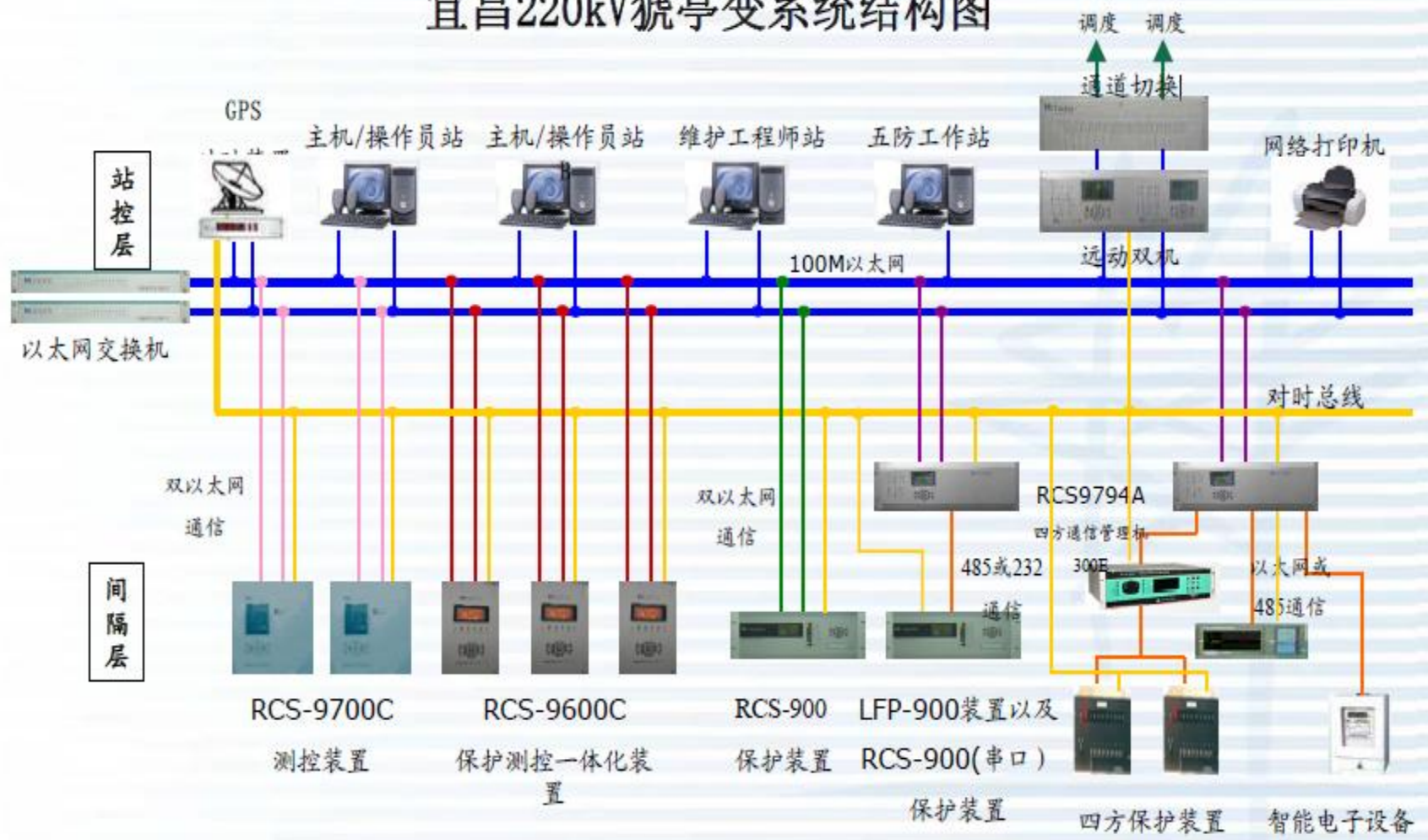
跳闸信号位置信号



# 典型设计方案一

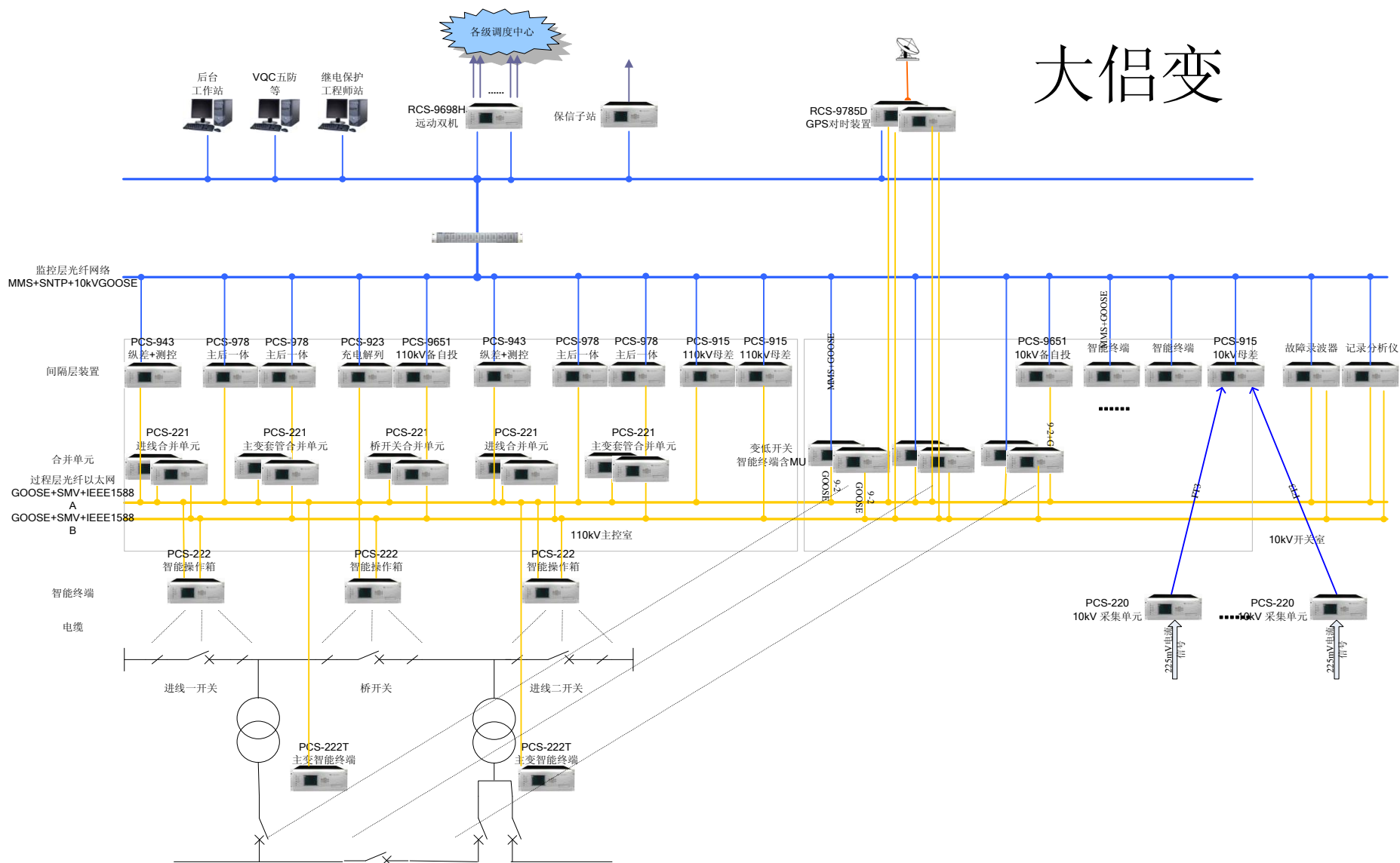
仅61850通讯:

宜昌220kV猓亭变系统结构图

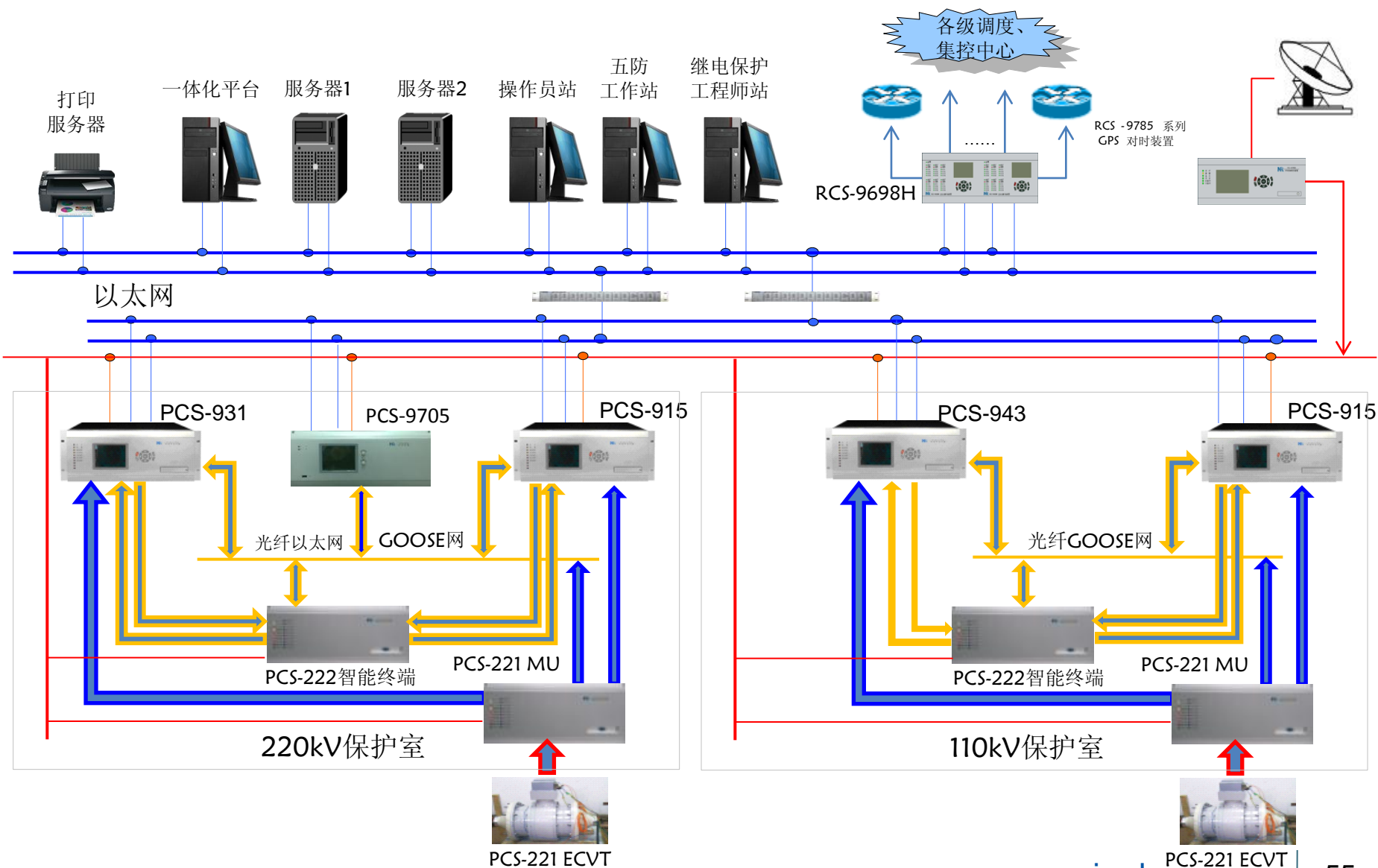


# 典型设计方案二

## 大铝变



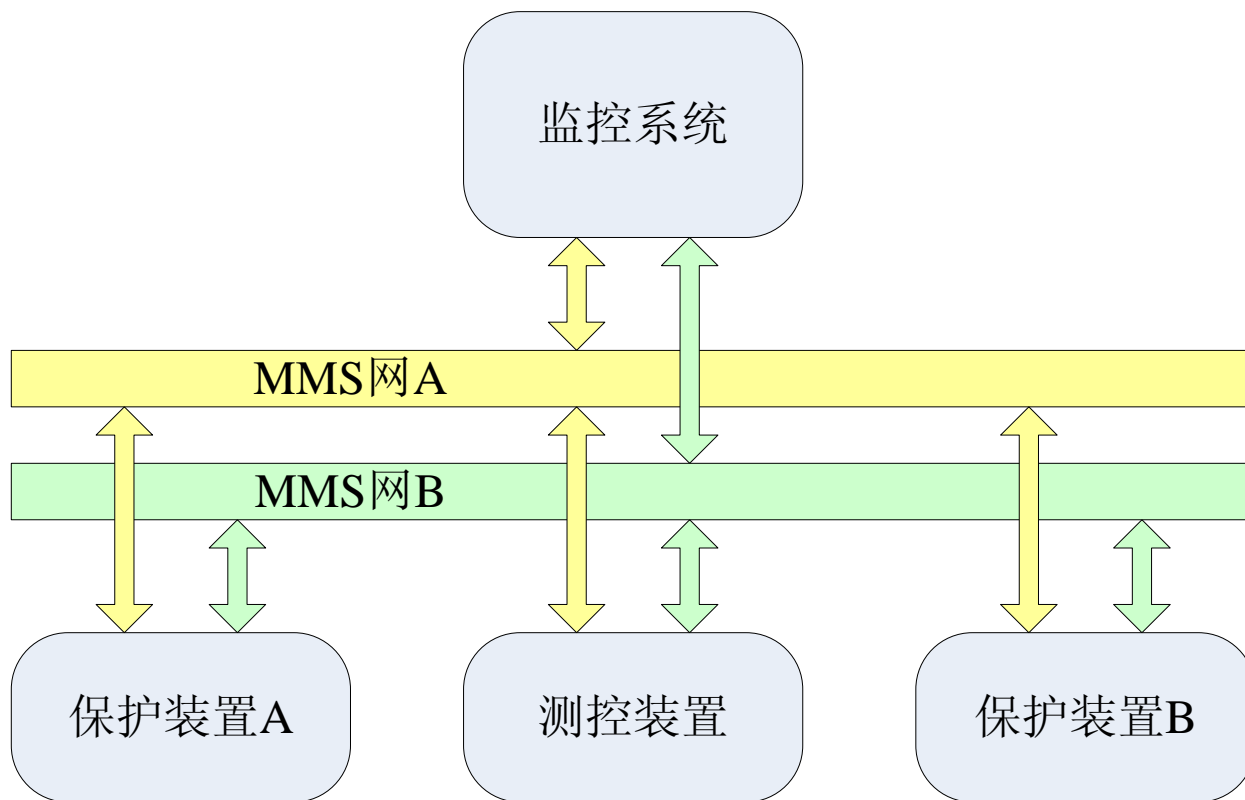
# 典型设计方案三



- 站控层/间隔层:

220kV及以上变电站双重化星型;

110kV及以下变电站宜单星型;





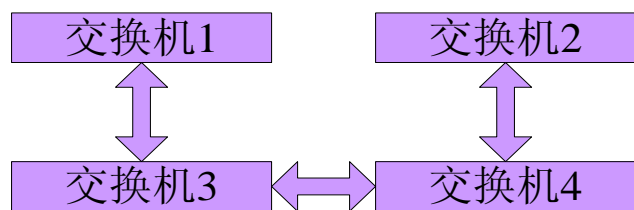
- 过程层:

一般按电压等级分别组网---交换机集中或按间隔;

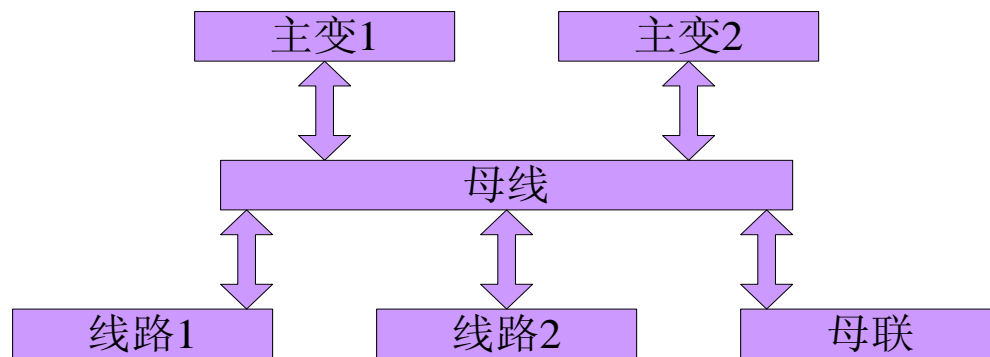
220kV及以上变电站双重化星型;

110kV变电站推荐单星型; 内桥或线变组可不组网;

主变不单独组网, 接入各侧过程层网络, 低侧可接入中侧;  
推荐!



集中设置交换机

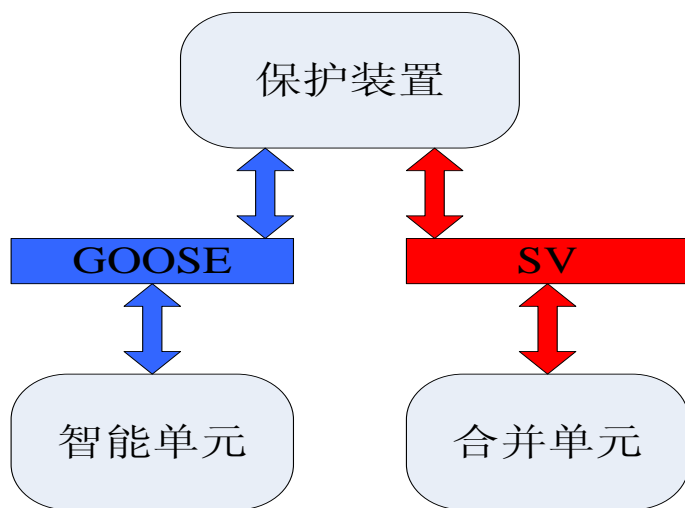


按间隔设置交换机  
(以双母线为例)

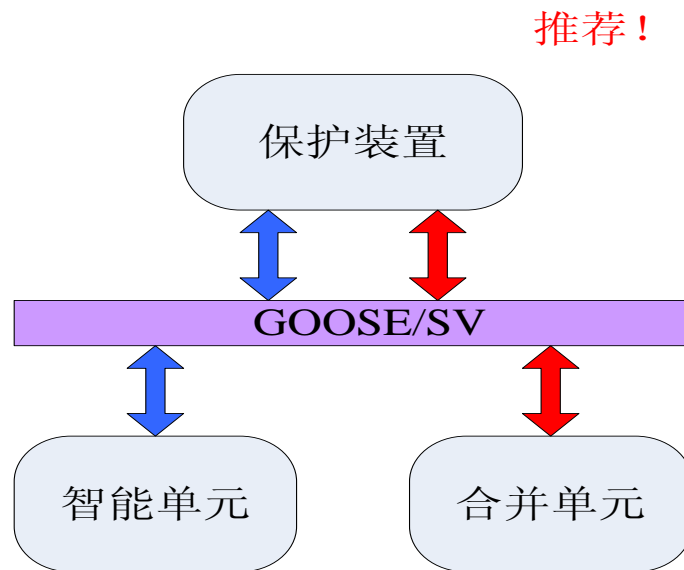
- 过程层SV及GOOSE是否共网:

330kV及以上3/2接线时SV和GOOSE独立组网—交换机按串配置;

220kV及以下SV及GOOSE可以共网;



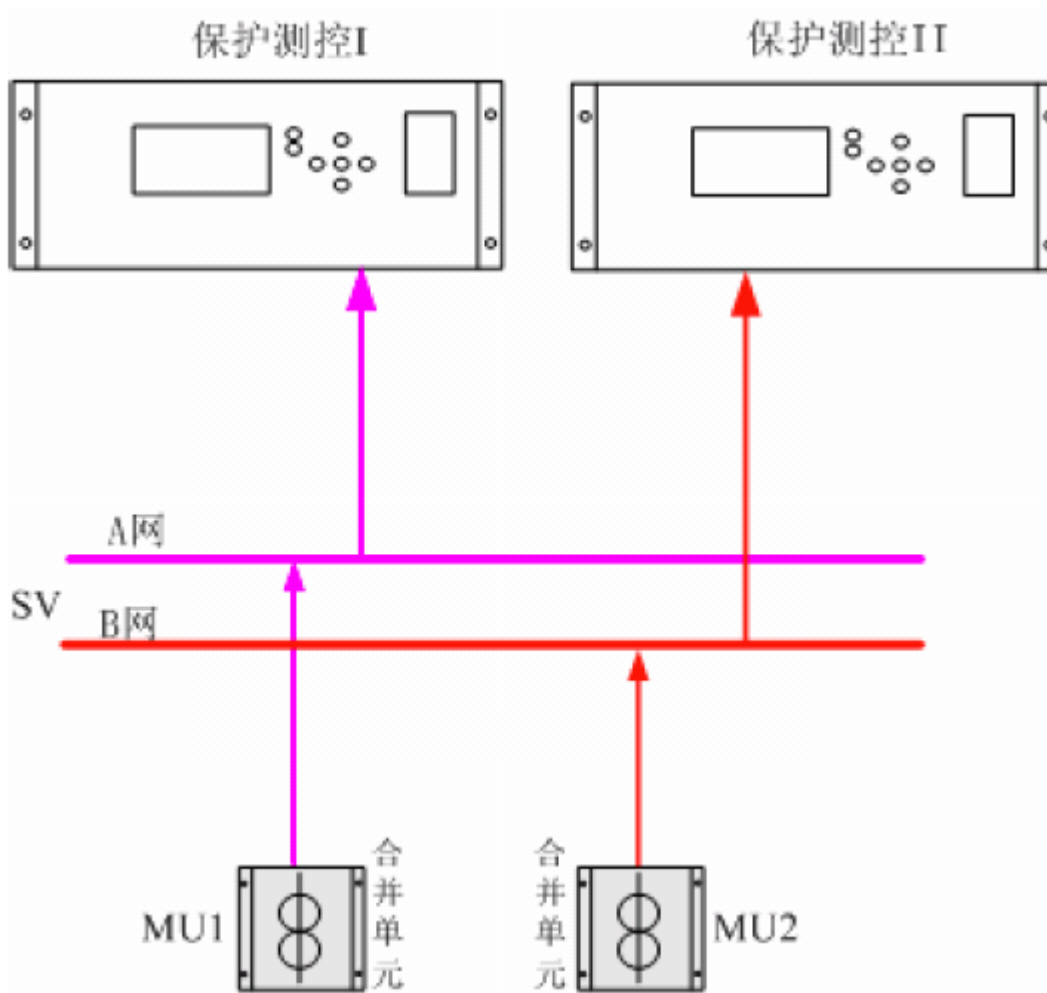
独立设置交换机



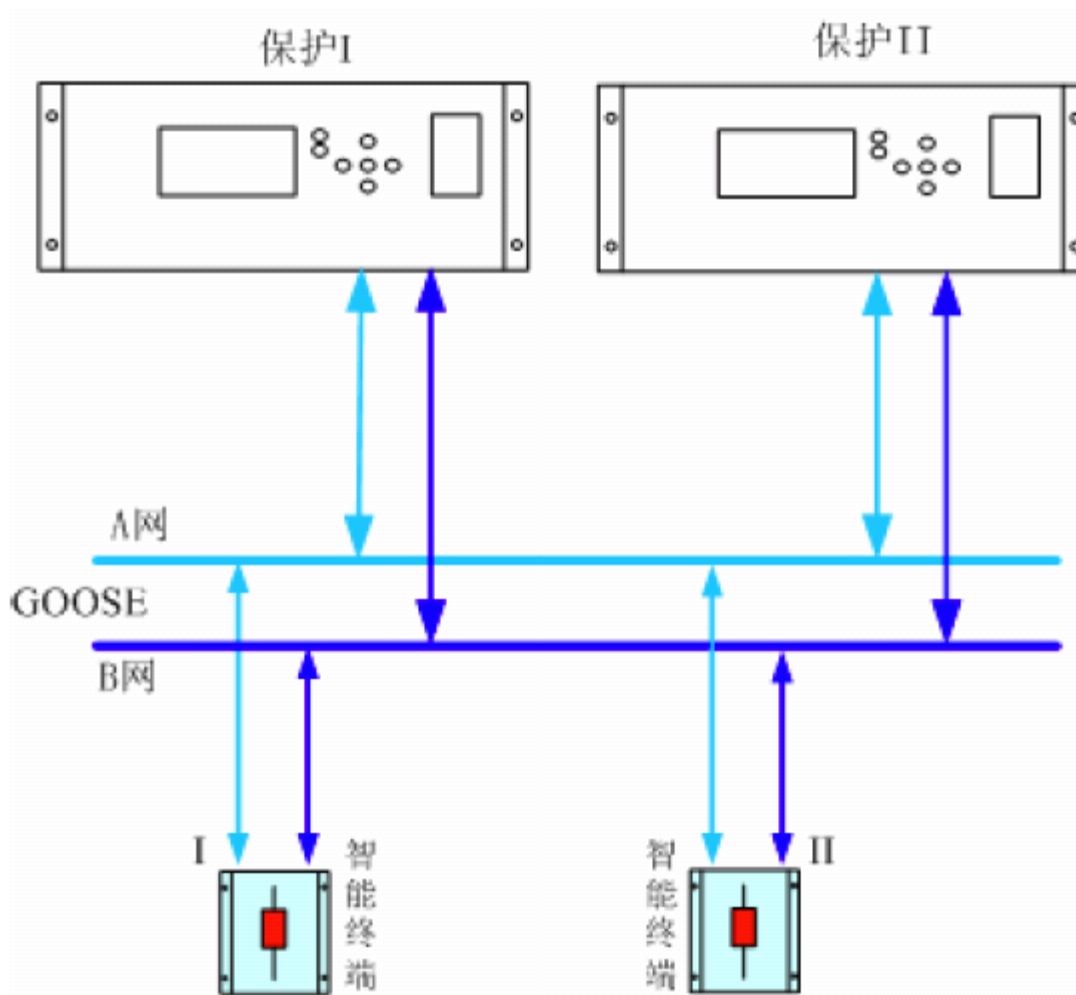
合一设置交换机

- 国网由于采用点对点方式，网络基本上只传失灵信号，所以网络都是双单网。网络结构以星型网络为主。
- 南网以贵州的站最多，贵州目前的做法是220及以上的站都是直采网跳，110及以下的站都是网采网跳。网络结构以星型网络为主。

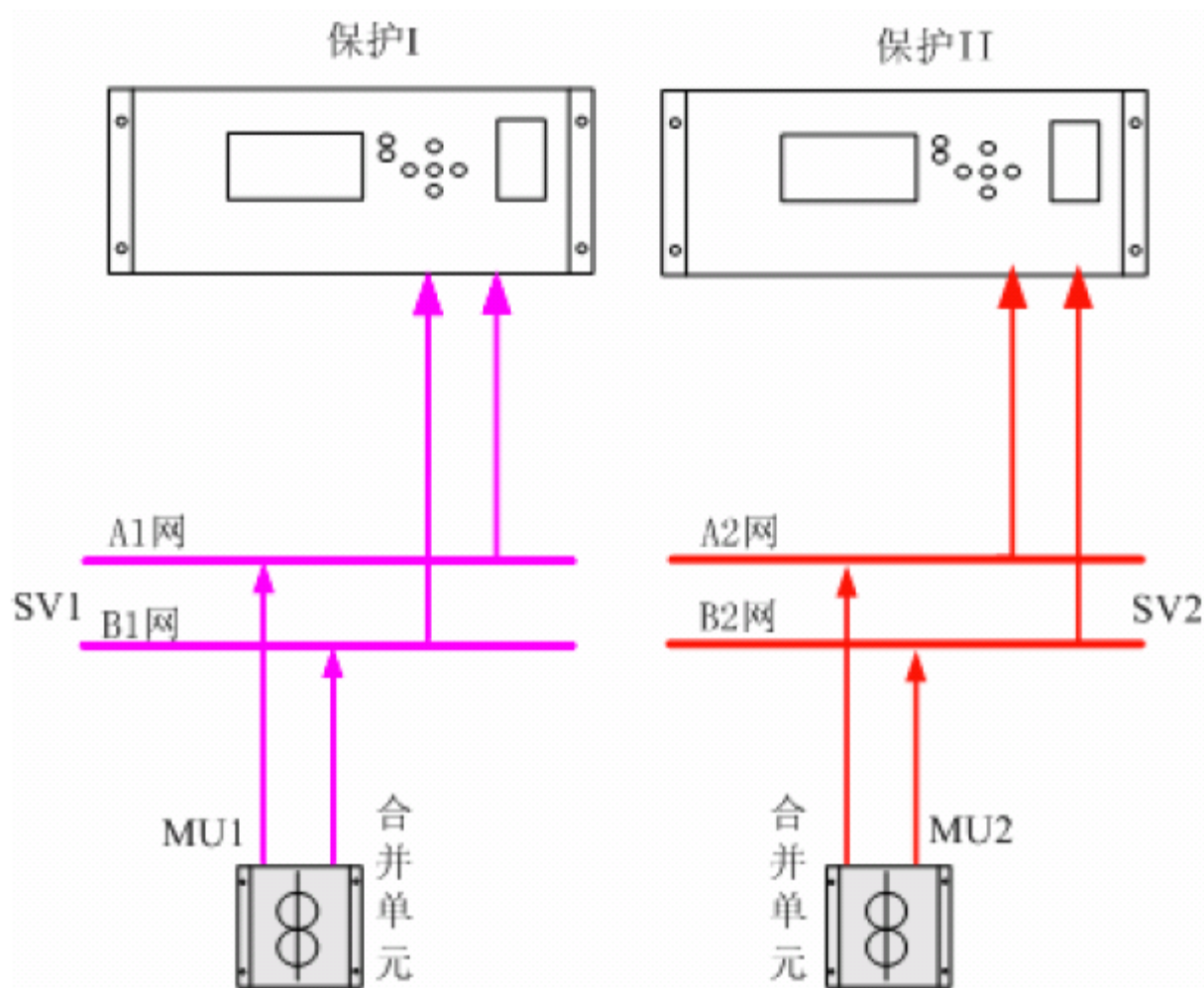
# 典型组网方式(双单网)



# 典型组网方式(共享双网)



# 典型组网方式(独立双网)



## 220kV线路保护:

- a) 每回线路应配置 2 套包含有完整的主、后备保护功能的线路保护装置，各自独立组屏。  
MU、智能终端应采用双套配置，保护采用安装在线路上的组合 ECVT 获得电流电压。
- b) 保护应直接采样，两套保护的采样值应取自相互独立的MU。
- c) 线路间隔内采用保护装置与智能终端间的点对点直接跳闸方式，两套智能终端与断路器两套跳圈一一对应。
- c) 装置间连闭锁信息、跨间隔信息（启动母差失灵功能和母差保护动作远跳功能等）采用GOOSE 网络传输。

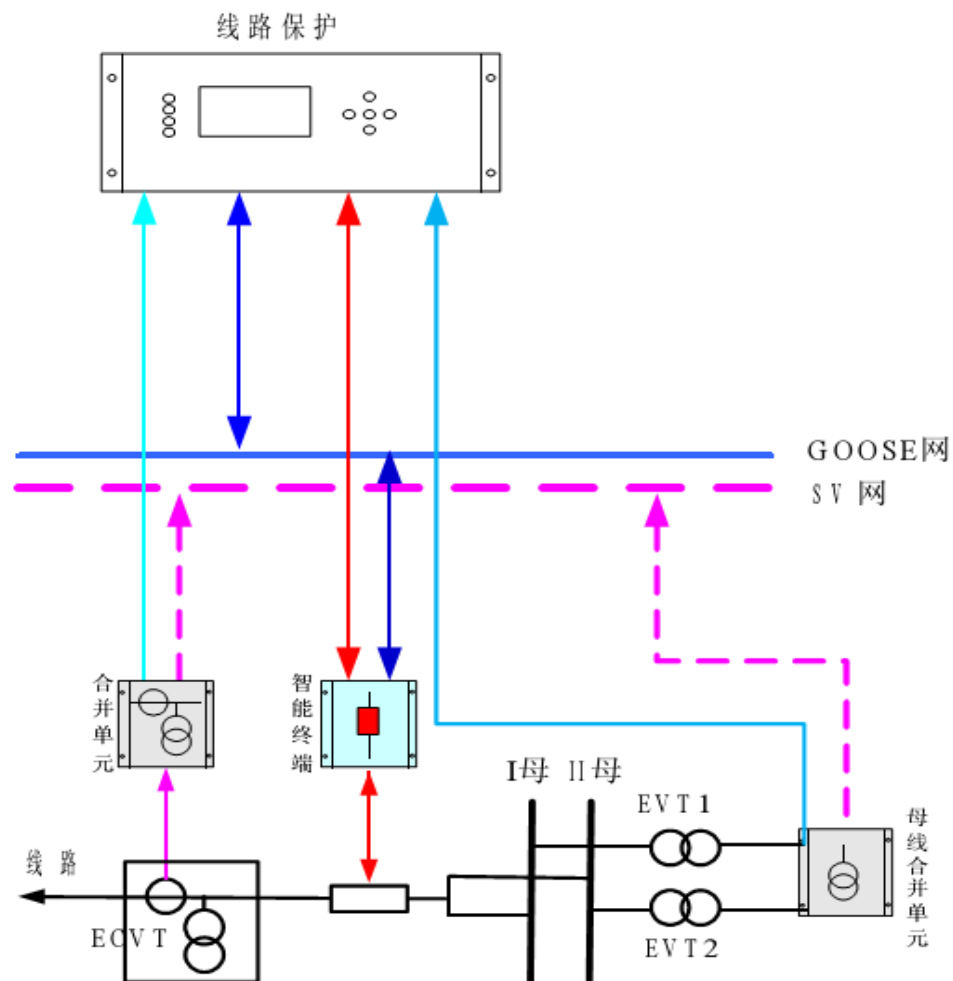


图 C-1 220kV 单套线路保护配置示意图

## 110kV线路保护:

a)每回线路宜配置单套完整的主、后备保护功能的线路保护装置。

b)合并单元、智能终端均采用单套配置。

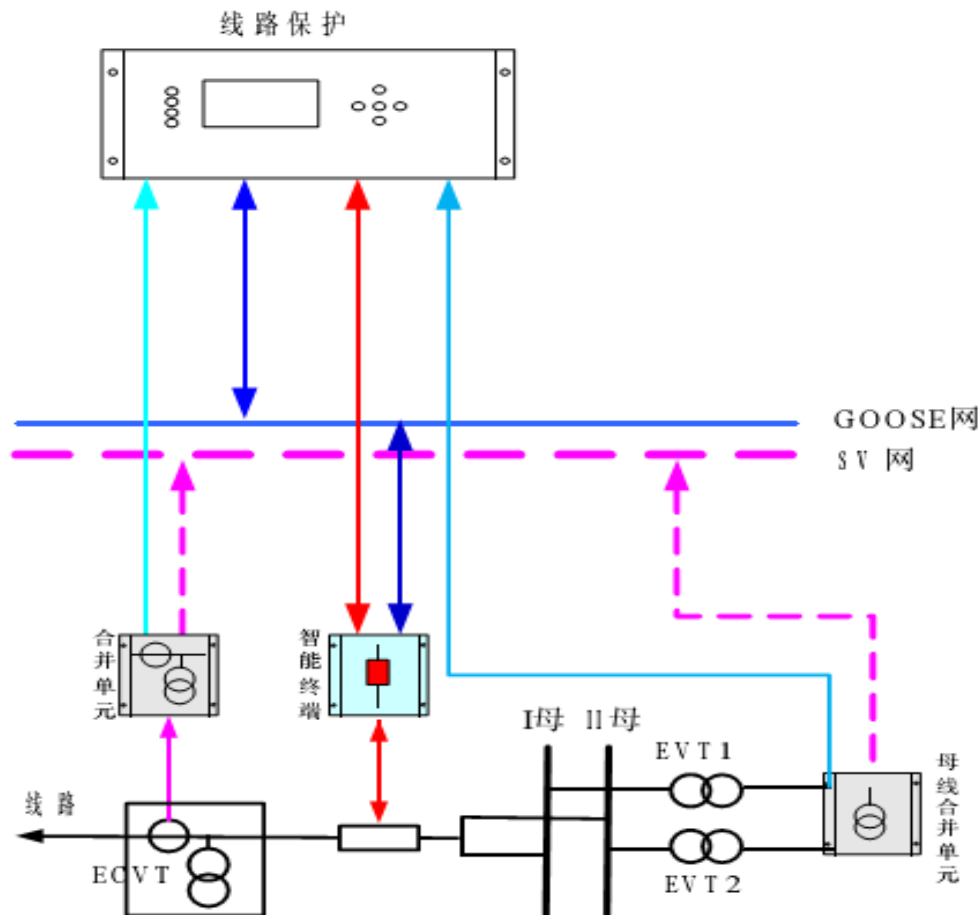


图 C-6 110kV 线路保护配置示意图



# 谢 谢！

[www.nari-relays.com](http://www.nari-relays.com)

版本 2013

Copyright © 2013 南京南瑞继保电气有限公司版权所有