

# ZH-5006C

## 基于直流电场感应原理的非接触式 出口硬压板及关联回路在线监测系统

冯维纲 | 139-7102-3054

# 目录



# 01 背景介绍

# 背景：现存问题

## 劳动强度高

设备数量多、分布广、人手不足，为保障电网的稳定运行，需花大量的人力、物力、时间对保护压板进行一一核对。

保护压板是继电保护装置或自动装置联系外部接线的关键节点，关系到保护的功能和动作出口能否正常发挥作用。

近年来因压板投退不当，影响继电保护功能，造成保护系统不能正确行为的现象时有发生，严重时会引起保护拒动或误动而导致大范围停电事故。

## 责任风险大

基层人员素质参差不齐  
缺陷发现不及时  
自动化智能化程度低  
发生事故基本都属于人为责任

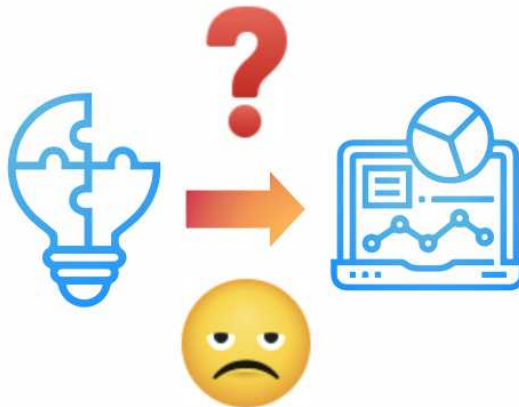
## 对人工巡视过度依赖

## 核查工作量大、效率低

## 数据实用性、可靠性差



| 连接片或转换开关编号 | 连接片或转换开关名称                        | 参照标准 |     |    | 核对情况                           |                                |                                |
|------------|-----------------------------------|------|-----|----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|            |                                   | 运行   | 冷备用 | 其它 |                                |                                |                                |
| 1QK        | PSL-603DWC 重合闸方式切换开关              | 单相   | 单相  |    | 单相 ( ) 综合 ( )<br>三相 ( ) 停用 ( ) | 单相 ( ) 综合 ( )<br>三相 ( ) 停用 ( ) | 单相 ( ) 综合 ( )<br>三相 ( ) 停用 ( ) |
| 1K         | PSL-603DWC 保护装置电源                 | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1ZKK       | PSL-603DWC 母线电压                   | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 7K         | PTX-BQ电压切换箱电源                     | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1ZKK1      | PSL-603DWC 线路电压                   | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP1       | PSL-603DWC 245断路器A相跳闸出口II         | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP2       | PSL-603DWC 245断路器B相跳闸出口II         | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP3       | PSL-603DWC 245断路器C相跳闸出口II         | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP4       | PSL-603DWC 245断路器重合闸出口            | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP5       | PSL-603DWC 不一致跳245断路器出口II         | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP7       | PSL-603DWC 闭锁主一保护重合闸              | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP10      | PSL-603DWC A相失灵启动220kV I-II母差II失灵 | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP11      | PSL-603DWC B相失灵启动220kV I-II母差II失灵 | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP12      | PSL-603DWC C相失灵启动220kV I-II母差II失灵 | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP19      | PSL-603DWC 通道一差动保护投入              | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP20      | PSL-603DWC 通道二差动保护投入              | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP21      | PSL-603DWC 距离保护投入                 | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP22      | PSL-603DWC 零序保护投入                 | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP23      | PSL-603DWC 过流保护投入                 | 切    | 切   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP26      | PSL-603DWC 远跳投入                   | 投    | 投   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |
| 1LP27      | PSL-603DWC 检修状态投入                 | 切    | 切   |    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    | 投 ( ) 切 ( )                    |



## 典型事件案例

2022年10月26日16:22, 某110kV站#1、#2母线上多间隔**相继分闸**, 导致双母失压, **造成9个110kV变电站、2个35kV用户变电站及某110kV电厂失压**, 2个35kV站损失负荷316MW, 负荷占比12.92%, 损失用户数10.2万户, **构成电力安全一级事件**。

2022年4月26日16:33, 某220kV 站在调试新220kV 母差失灵保护时, 跳开#1主变保护三侧开关, 接着平胜稳控执行站#3主变过负荷判据动作, 切除2条110kV, 4个110kV变电站, 备自投装置动作, 4站无负荷损失, 但该220kV站10kV1M、2M母线失压, 构成四级电力安全事件。



### 原因分析一

#### 上例110kV站

失压原因为运行人员利用万用表测量压板对地电位时, 发生直流回路一点接地所致。

### 原因分析二

#### 上例220kV站

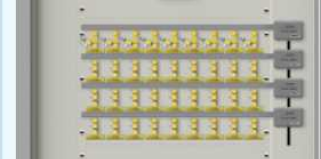
由于联跳主变三侧压板1LP19背后与下接线柱相连的**二次接线外皮破损**, 露出的铜芯与上接线柱接触, 使该压板上下接通, 压板退出功能失效。而后在保护调试过程中模拟失灵保护动作时, 启动了#1主变联跳三侧回路, 是造成本次事件的直接原因。

### 出口全回路常态化实时监测

利用回路监视技术可实现：

- ❖ 替代人工万用表测量出口压板对地电位。
- ❖ 对二次回路的本质监测, 及时发现异常情况。

# 02 现有方案

|                 |      | 工作原理                                    |                              | 优缺点                                                                     |                                                              |                                                                                       |
|-----------------|------|-----------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 视觉<br>2016-2020 |      | 利用巡检机器人或摄像机拍照，通过人工智能算法实现压板位置识别          |                              | ▶ <b>优点：</b> 屏柜上无需安装任何附件；<br>▶ <b>缺点：</b> 准确率无法保障100%、有盲区。              |                                                              |    |
| 双联压板            |      | 双回路同步操作，彼此独立，冗余节点可接入相应设备进行监测            |                              | ▶ <b>优点：</b> 检测原理成熟；<br>▶ <b>缺点：</b> 安装需停电、接线工作量大。                      |                                                              |    |
| 位置感应<br>2022至今  | 独立模式 | 利用磁钢/干簧管、微动开关、陀螺仪等器件感应压板操作位置变化，判断压板投退状态 | 每个压板独立配置传感器和监测单元             | ▶ <b>优点：</b> 不停电安装、免布线；<br>▶ <b>缺点：</b> 成本高，续航时间短、体积大，影响操作、有盲区、只能用无线通信。 |                                                              |    |
|                 |      |                                         | 每个压板独立配置传感器，<br>每排压板共用一个监测单元 | 无线通信                                                                    | ▶ <b>优点：</b> 不停电安装、免布线、成本低、不影响操作、续航时间长；<br>▶ <b>缺点：</b> 有盲区。 |                                                                                       |
|                 | 有线通信 |                                         |                              | ▶ <b>优点：</b> 成本低、不影响操作；<br>▶ <b>缺点：</b> 需布线、有盲区。                        |                                                              |  |
|                 | 组合模式 |                                         |                              |                                                                         |                                                              |                                                                                       |

目前在一些省区已经应用了一种硬压板位置检测的系统，其原理是通过视觉、各类位置感应传感器感知压板连片位置，判断压板投退状态。该方案在屏柜正面压板区域安装位置感应传感器，可以不停电施工，系统简单，但是，**不能**检测压板回路各个环节的电压状态，也不能检测接触不良的情况，存在检测盲区。

03

# ▶ 直流电场感应方案 ◀

# ZH-5006C的系统组成



## 管理单元

- ▶ 自主可控硬件平台
- ▶ 国产操作系统
- ▶ RS-485接口：4路
- ▶ 以太网接口：2路



## 汇聚节点

- ▶ 自主可控硬件平台
- ▶ 国产操作系统
- ▶ POE供电
- ▶ RS-485接口：4路
- ▶ 以太网接口：2路



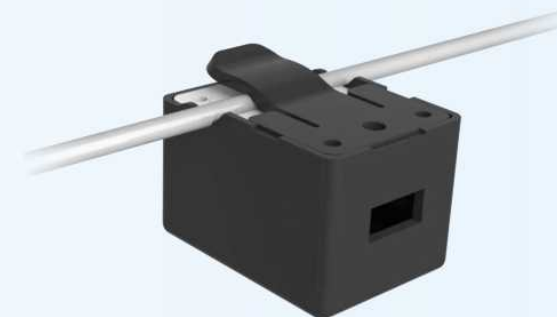
## 集中器

- ▶ 自主可控硬件平台
- ▶ 无操作系统
- ▶ POE供电
- ▶ RS-485接口：1路
- ▶ 以太网接口：1路

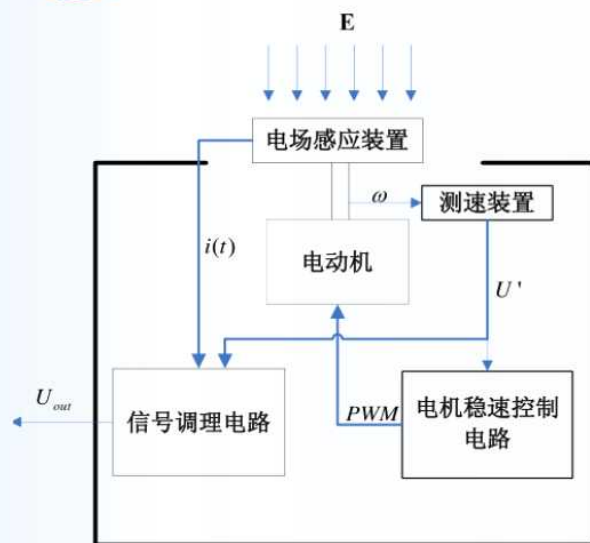


## 传感器

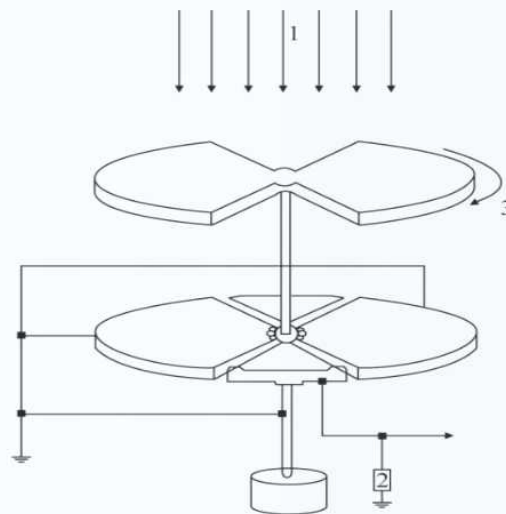
- ▶ 无电气接触安装
- ▶ 集中器供电
- ▶ RS-485通信



# ZH-5006C电场感应方式: 传感器的组成



传感器组成



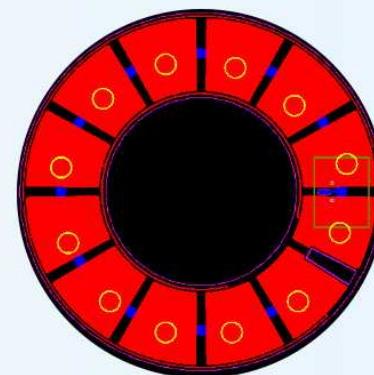
传感器原理

采用旋转屏蔽式电极作为电场测量探头，电机带动屏蔽电极旋转，使感应电极暴露于电场 $E$ 的面积呈周期性变化，产生周期变化的感应电流 $i$ ，并且正比于电场 $E$ 。

传感器主要有电机、电机驱动、屏蔽极板、感应极板、信号处理电路组成。新设计的极板采用差分结构，可以减弱离子流和电机驱动带来的干扰。



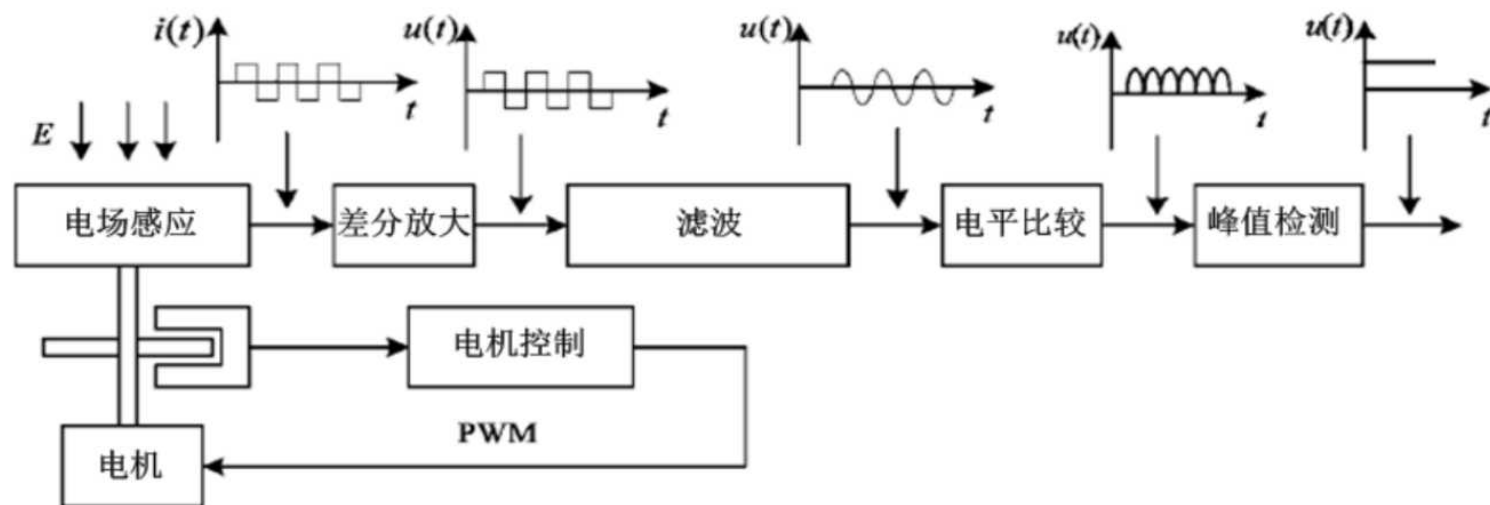
传感器



差分感应极板



# ZH-5006C电场感应方式: 传感器的工作原理



**电场感应:** 通过电机转动, 获得变化的感应电流。

**差分放大:** 提取电流 (正比于电场强度) 信号, 转化为电压信号, 提高信号信噪比。

**滤波:** 滤出高频干扰信号。

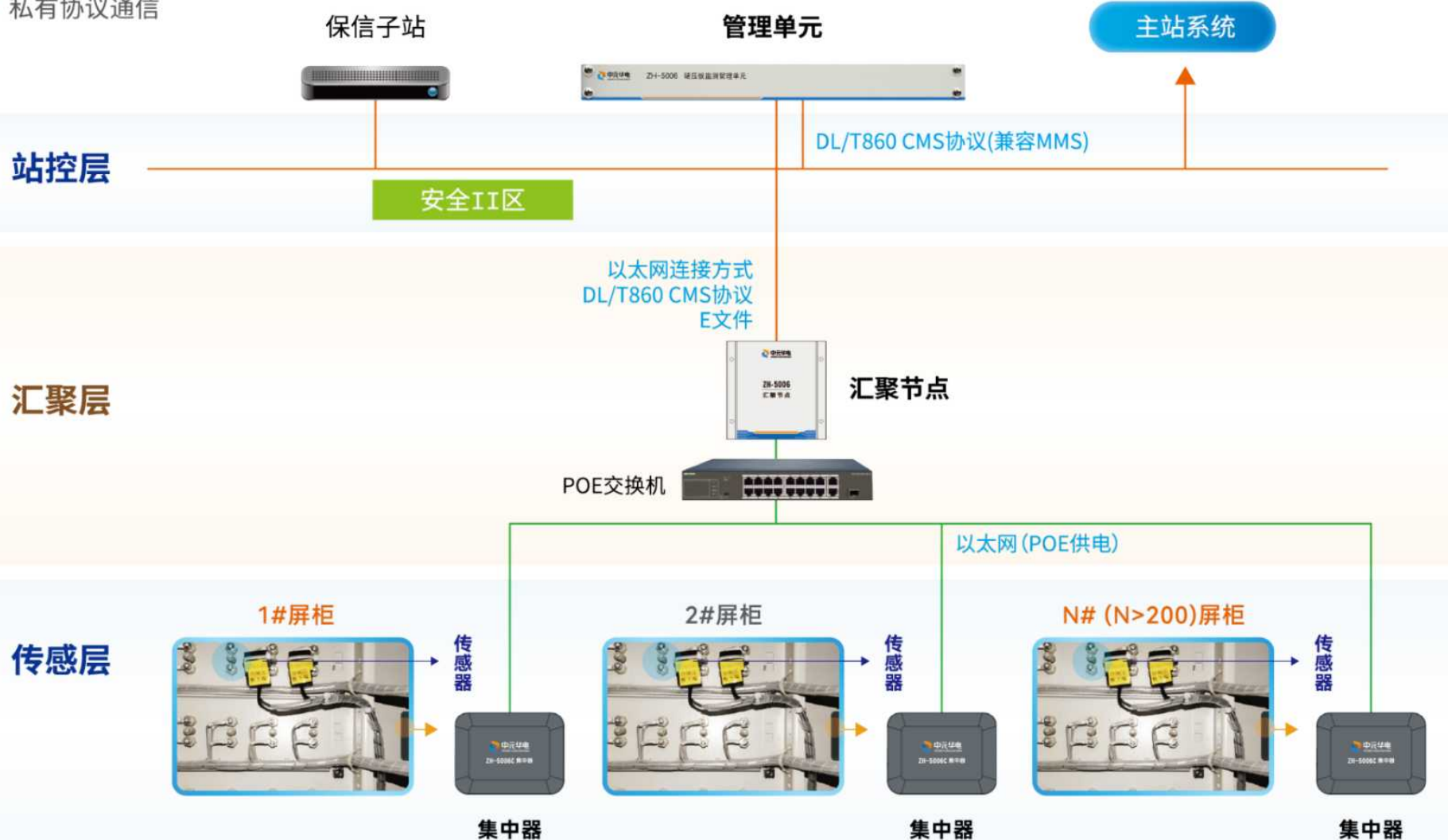
**电平比较:** 获得电机转动相位与信号相位关系, 并进行比较, 同相位电场为正; 相差 $90^\circ$ , 电场为负。

**峰值检测:** 获得交流信号的峰值大小, 转化为直流电压信号, 便于ADC采集。

**电机控制:** 通过PWM调节电机转速, 并使转速恒定, 得到稳定的感应电流。

# ZH-5006C在变电站的应用方案

— 以太网通信  
— 私有协议通信



## 管理单元

全个站配置一台，通过有线以太网与第三方系统通信。

## 汇聚节点

每个小室配置一台，通过有线以太网与管理单元通信。

## 集中器

每个屏柜配置一台，也可多个屏柜共用一台。

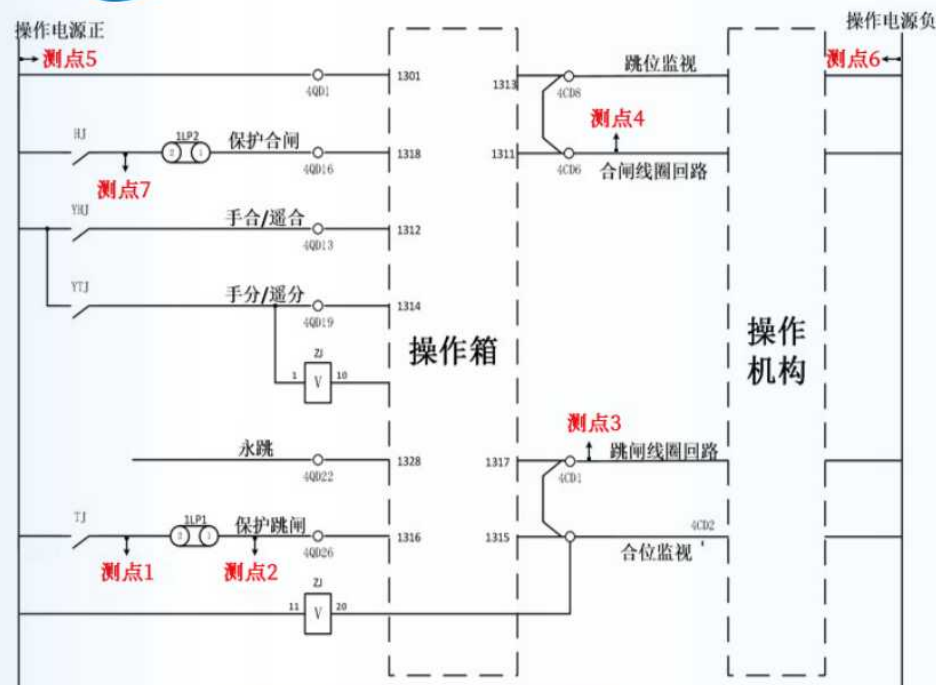
## 传感器

每个测点安装一个。

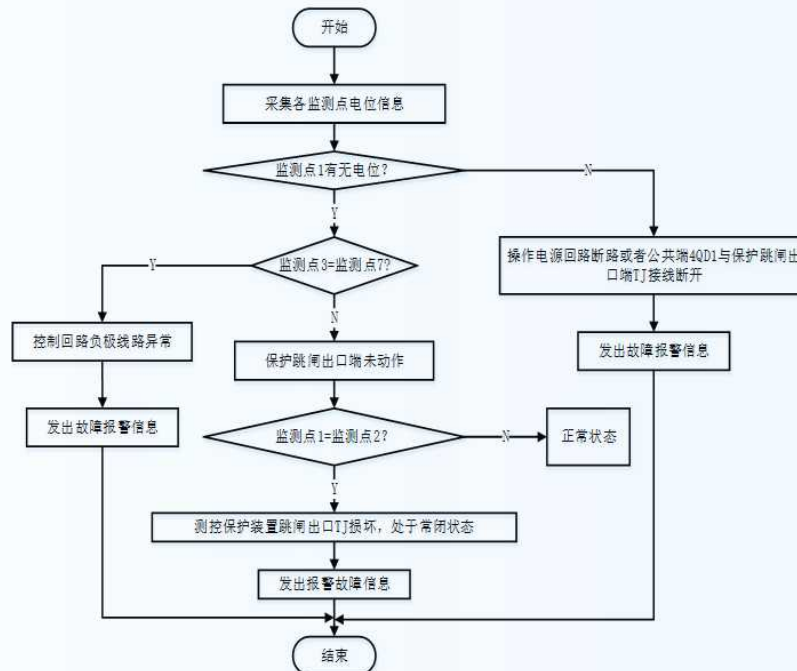
监测单元通过有线方式直接采集传感器数据，再通过有线以太网私有协议上送到汇聚节点。

监测单元采用POE方式供电，简化现场接线。

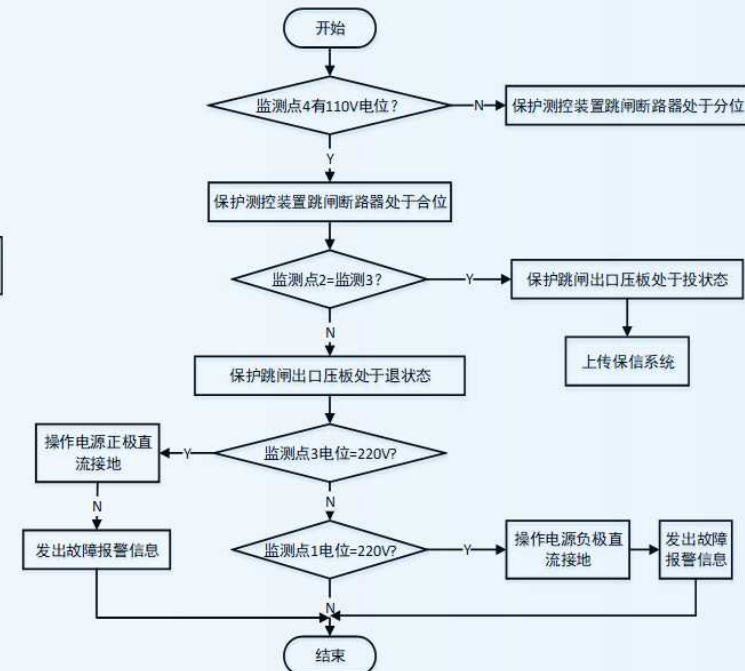
# 直流电场感应方案：工作原理



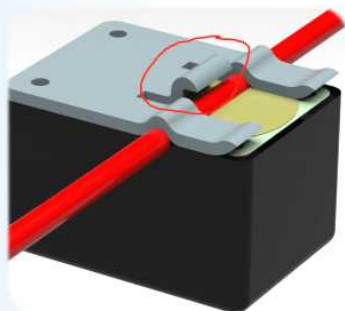
保护控制回路电气示意图



操作电源回路监测流程图



出口硬压板投退状态监测流程图

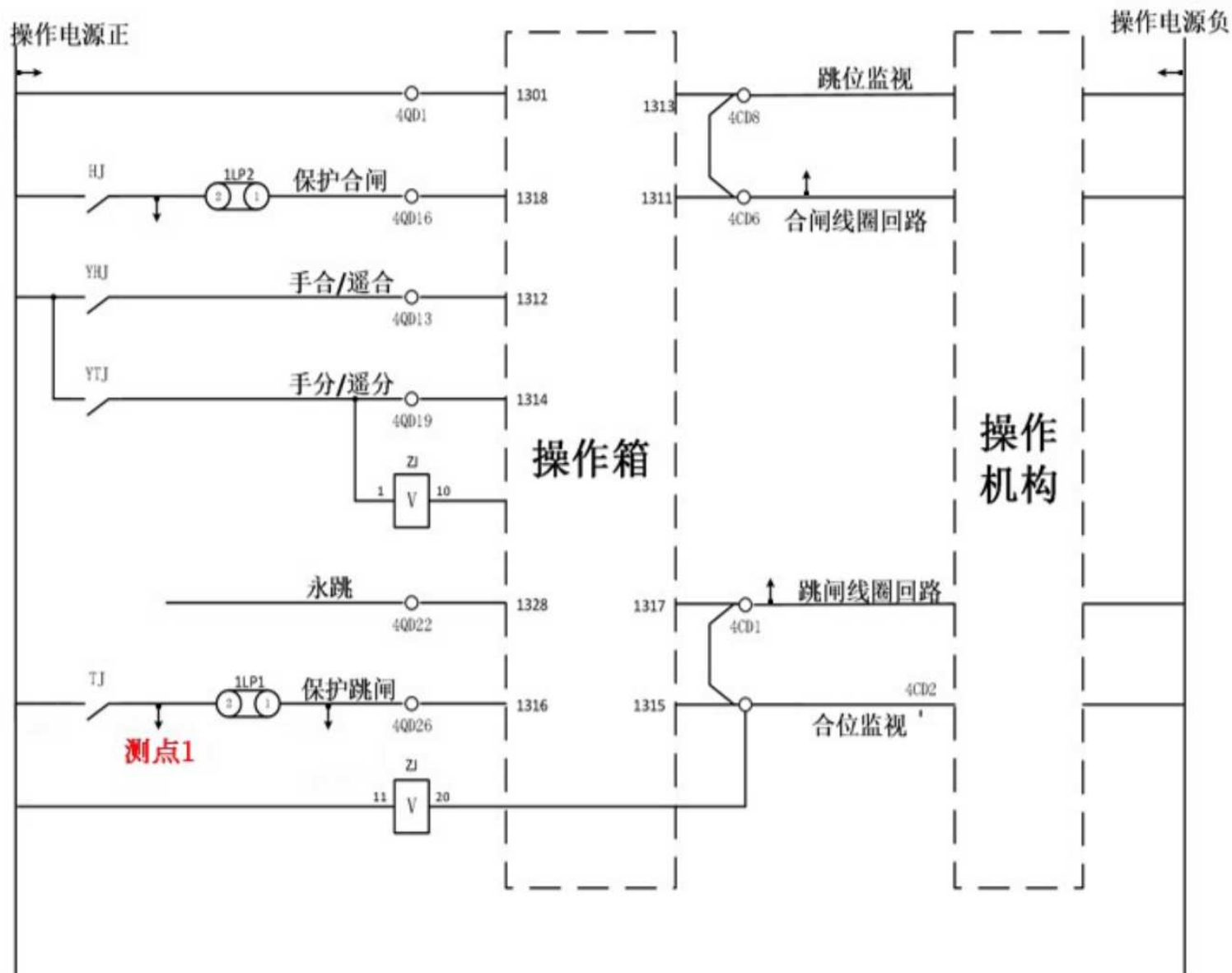


高: 21.5mm  
长: 36mm  
宽: 24mm  
重: <20g

通过在出口压板回路的关键节点位置（一般是压板下端头、压板上端头、压板控制电源等点位）安装定制的非接触式直流电场感应传感器，采集关键节点的电压状态，通过合适的判断逻辑，检测各点位的电压状态是否符合当前的运行方式。

该方案采用的传感器是针对出口硬压板回路特性定制的，采用**非接触式**安装，**不改变**原回路的电气接线，可**带电施工**，安装便捷，相比位置感应方案，能更直接的反映压板回路状态，做到**无盲区**监测。

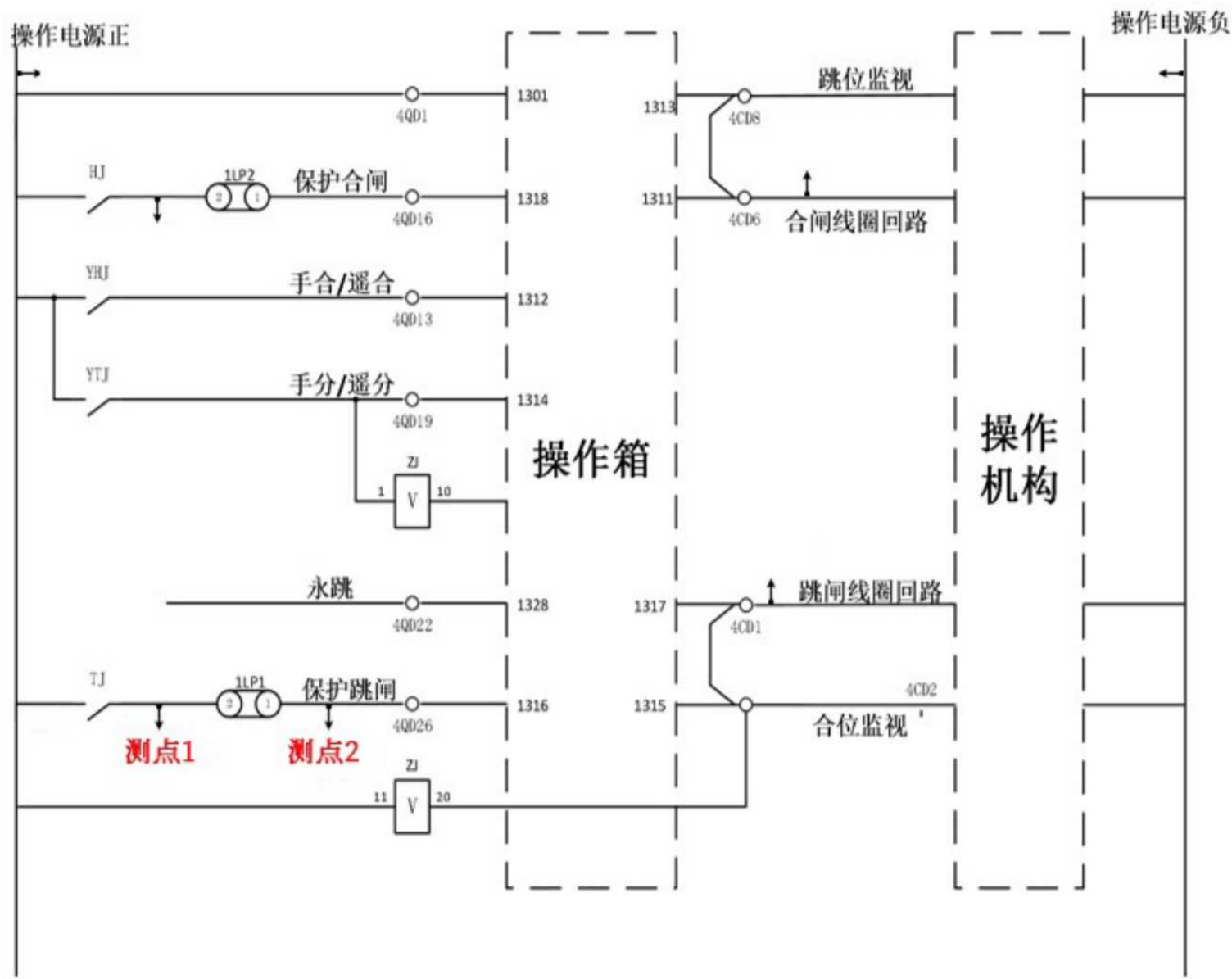
# ZH-5006C电场感应方案：关联回路测点选择举例



**测点1: 出口压板下端头**

- ❖ 电位≠0: 压板投入
- ❖ 电位 = 0: 压板退出或出口回路断线

# ZH-5006C电场感应方案：关联回路测点选择举例



测点1: 出口压板下端头

测点2: 出口压板上端头

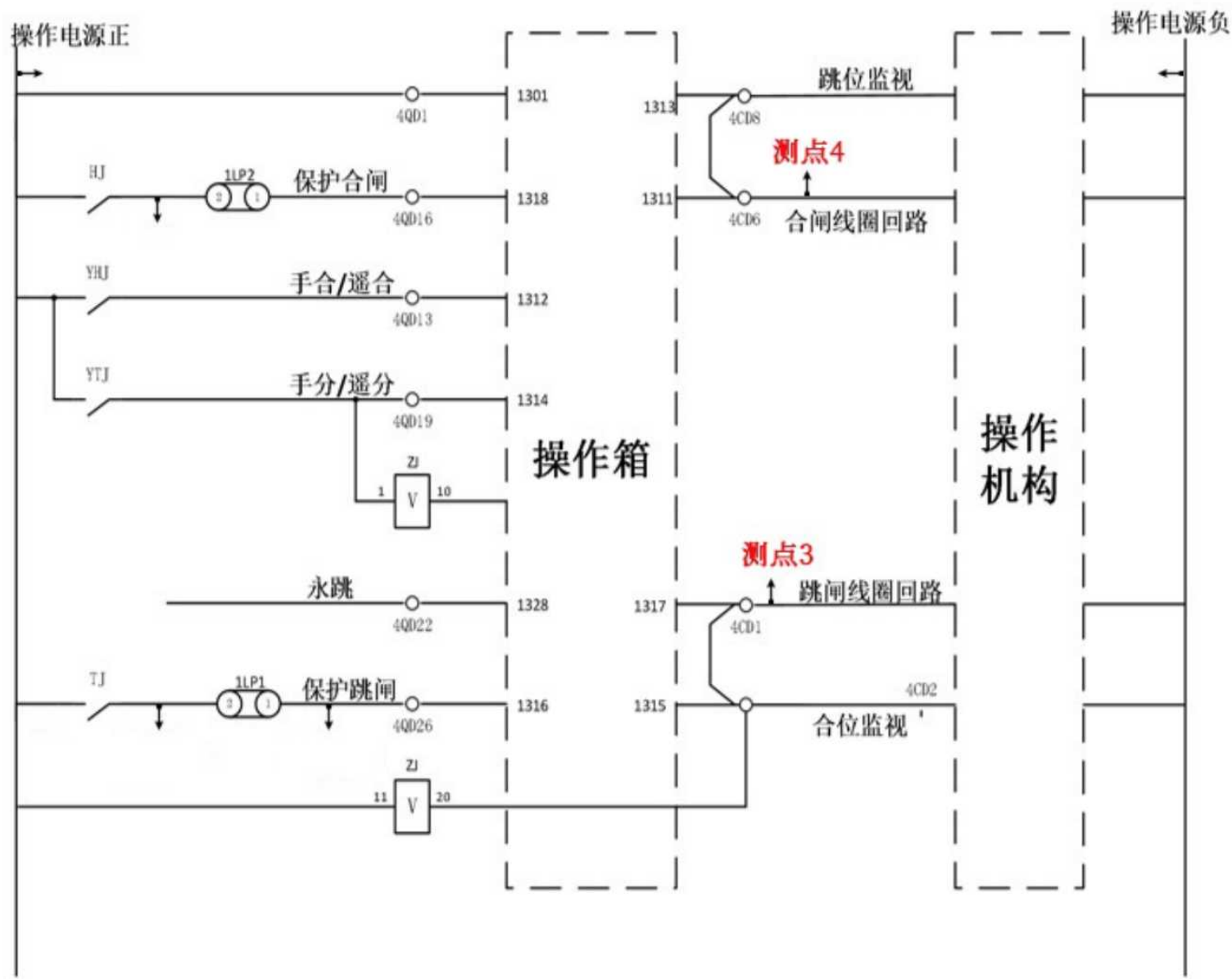
- ❖ 测点1电位 = 0且测点2电位 ≠ 0: 压板退出
- ❖ 两点电位相同且电位 ≠ 0: 压板投入
- ❖ 测点2电位 = 0: 出口回路断线



当监控系统报“跳闸回路断线”信号时，可通过该测点极性判断断线范围：

- ❖ 电位极性为正：操作机构侧断线
- ❖ 电位极性为负：操作箱侧断线
- ❖ 电位为0：两侧均有断路故障

# ZH-5006C电场感应方案：关联回路测点选择举例



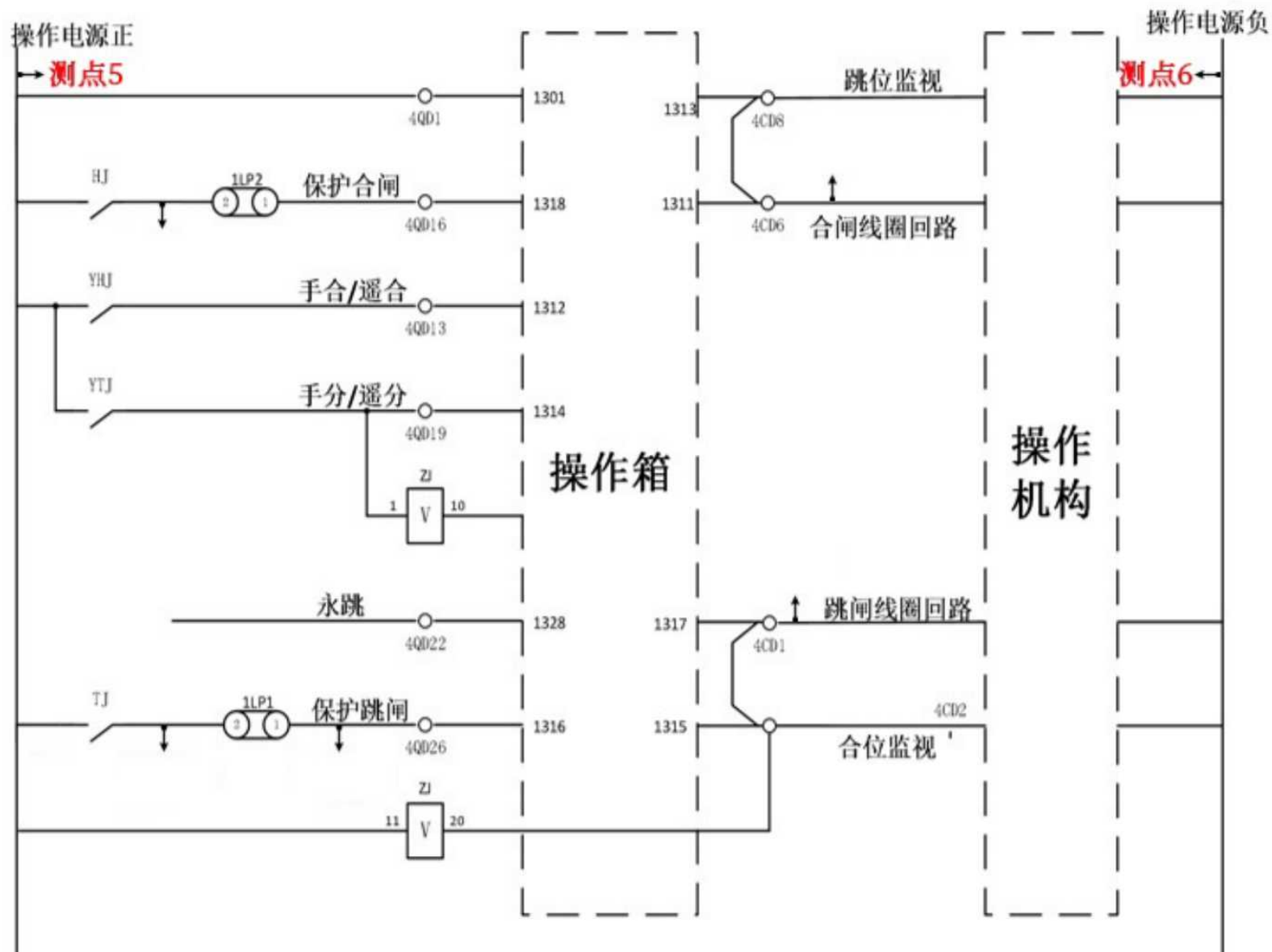
测点3: 跳闸回路线圈

测点4: 合闸回路线圈

- ❖ 两个测点极性相反：回路正常
- ❖ 两个测点极性相同：跳闸回路与合闸回路之间有短路故障



# ZH-5006C电场感应方案：关联回路测点选择举例



测点5: 操作电源正极

测点6: 操作电源负极

- ❖ 测点5电位 = 0: 正极故障
- ❖ 测点6电位 = 0: 负极故障
- ❖ 正极性满量程: 操作电源负极接地;
- ❖ 负极性满量程: 操作电源正极接地。

# 主要功能

实时在线监测  
压板投退状态  
回路工作状态

压板位置变化告警



ERROR

回路异常告警



历史记录查询



压板位置远程核对



# 功能——管理单元界面（压板状态监测）



ZH5006硬压板状态监测系统

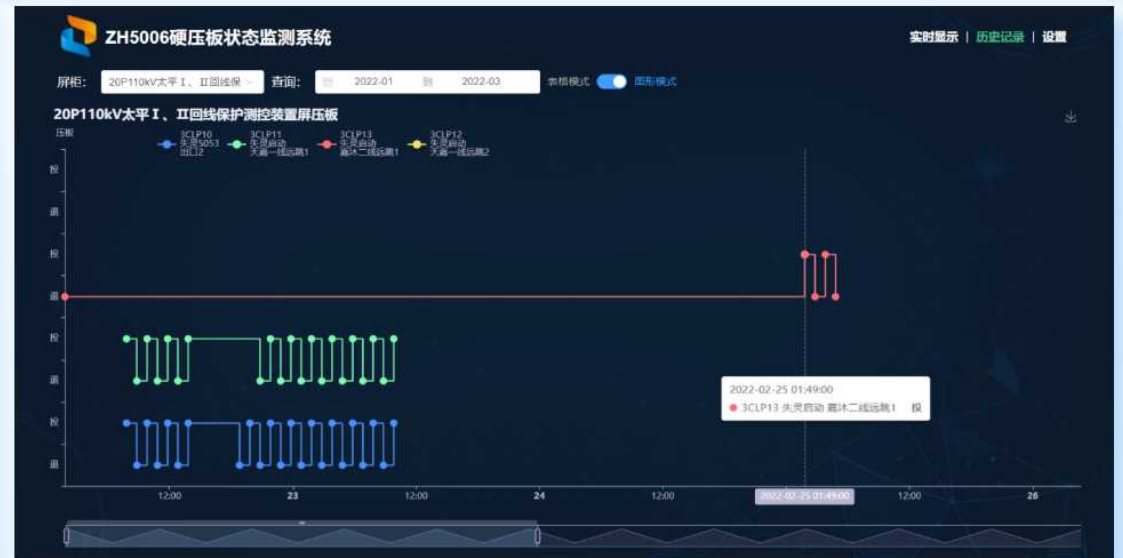
实时显示 | 历史记录 | 设置

屏柜: 20P110kV太平 I、II 回线保

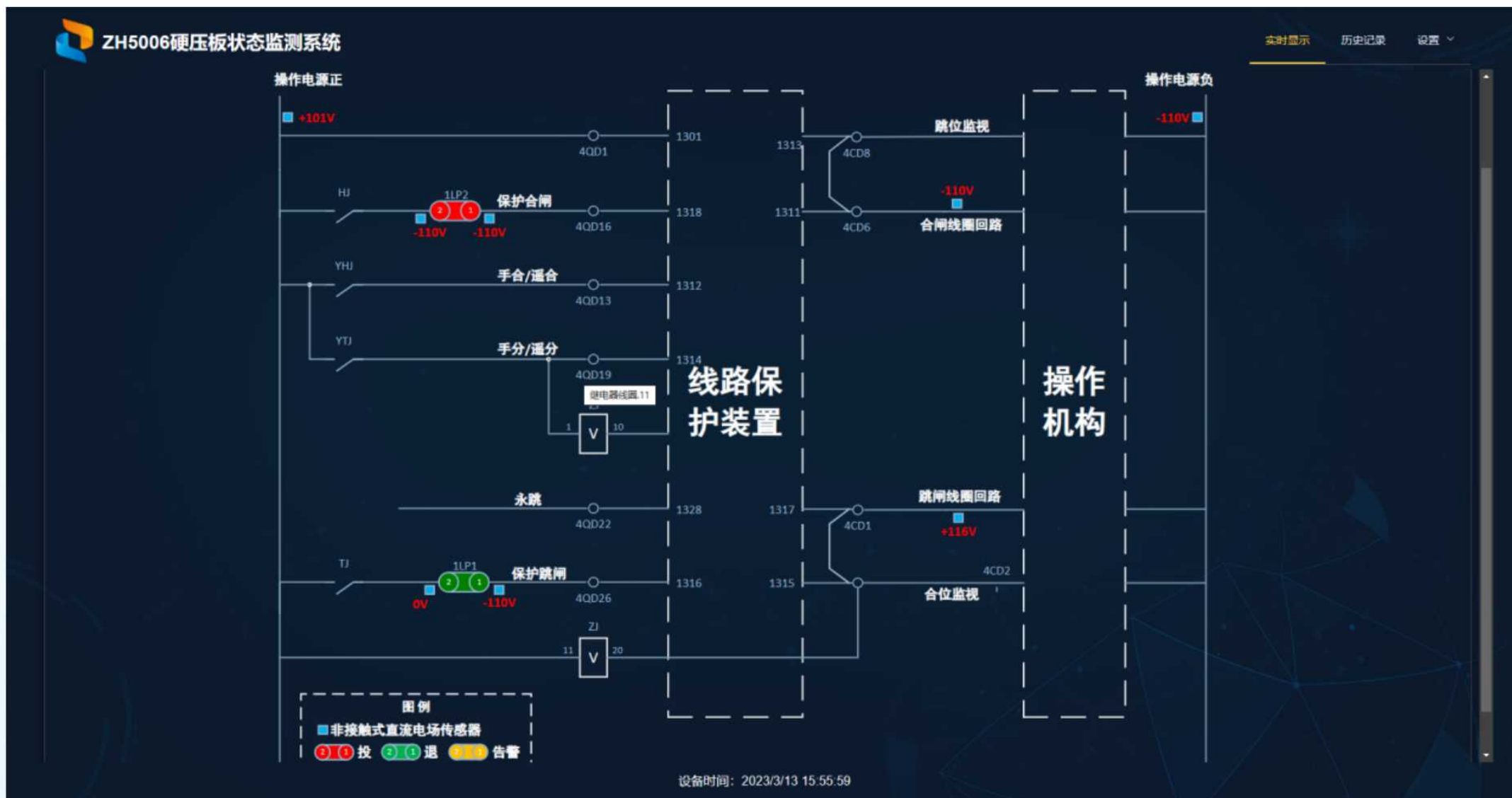
查询: 2022-01 到 2022-03

表格模式 | 图形模式

| 日期        | 时间       | ID | 名称                  | 状态 |
|-----------|----------|----|---------------------|----|
| 2022/2/22 | 12:49:00 | 2  | 3CLP11 失灵启动 天嘉一线远跳1 | 退  |
| 2022/2/22 | 11:49:00 | 2  | 3CLP11 失灵启动 天嘉一线远跳1 | 按  |
| 2022/2/22 | 10:49:00 | 2  | 3CLP11 失灵启动 天嘉一线远跳1 | 退  |
| 2022/2/22 | 9:49:00  | 2  | 3CLP11 失灵启动 天嘉一线远跳1 | 投  |
| 2022/2/22 | 8:49:00  | 2  | 3CLP11 失灵启动 天嘉一线远跳1 | 退  |
| 2022/2/22 | 7:49:00  | 2  | 3CLP11 失灵启动 天嘉一线远跳1 | 投  |
| 2022/2/23 | 9:49:00  | 1  | 3CLP10 失灵5053 出口2   | 按  |
| 2022/2/23 | 8:49:00  | 1  | 3CLP10 失灵5053 出口2   | 退  |
| 2022/2/23 | 7:49:00  | 1  | 3CLP10 失灵5053 出口2   | 投  |
| 2022/2/23 | 6:49:00  | 1  | 3CLP10 失灵5053 出口2   | 退  |
| 2022/2/23 | 5:49:00  | 1  | 3CLP10 失灵5053 出口2   | 投  |



# 功能——管理单元界面（关联回路状态监测）



# 04 价值效益

# 应用成果



申请专利

4项

3项

发明专利

1项

实用新型专利（已授权）

- ❖ 《一种硬压板非接触式直流电场测量方法及装置》
- ❖ 《一种新型硬压板状态自动检测装置》
- ❖ 《一种继电保护柜控制回路安全监测方法》
- ❖ 《一种新型硬压板状态显示装置》



# 实际应用情况

在昆明500kV白邑变、110kV石虎关变、玉溪110kV紫艺变等8个站点实施了试点应用。



110kV石虎关变现场安装设备



压板状态实时监视

# 目标



减少工作量



降低风险

减轻工作强度  
降低责任风险  
提升综合效应

优化管理方式



提高时效性





股票代码  
300018.SZ



我们期待  
与您合作

 [www.zyhd.com.cn](http://www.zyhd.com.cn)

 139-7102-3054