

# 继电保护硬压板在线监测系统总体技术方案

## 1. 概述

### 1.1 项目背景

继电保护装置硬压板是电力系统中重要的二次设备操作元件，其投退状态直接关系到保护功能的正确实现。传统人工巡检方式存在效率低、实时性差、易误判等问题。基于安锐坤泰等成熟厂商的技术路线，本方案提出一套完整的硬压板在线监测系统技术方案。

### 1.2 设计依据

- Q/GDW 12301-2023/2024《变电站硬压板在线监测技术规范》
- 国家电网关于推进继电保护装置硬压板辅助监测技术应用的指导意见
- 南方电网相关技术导则

## 2. 系统实现原理分析

### 2.1 继电保护硬压板在线监测系统技术特点

根据公开技术资料，继电保护硬压板在线监测系统采用以下技术路线：

#### 2.1.1 检测原理

- 位置感应方式**：采用非接触式位置传感器实时检测硬压板的投退位置状态
- 双重监测方案**：结合位置检测开关与角度传感器，提高检测可靠性
- 状态判断**：通过检测压板机械位置判断“投入”或“退出”状态

#### 2.1.2 系统架构

系统采用三层分布式架构：



## 2.2 核心技术原理

### 2.2.1 状态检测技术

#### 1. 接触式检测

- 微动开关方式：机械触点检测压板位置
- 优点：技术成熟、成本低
- 缺点：机械磨损、需接触安装

#### 2. 非接触式检测（主流方案）

- **磁感应方式**：利用霍尔元件检测压板位置
- **光电方式**：通过光路通断判断状态
- **角度传感器**：检测压板旋转角度
- 优点：无磨损、寿命长、安装便捷

#### 3. 图像识别方式（新兴技术）

- 通过摄像头采集压板图像
- AI算法识别压板状态
- 优点：非接触、可远程巡检
- 缺点：成本较高、受光照影响

### 2.2.2 数据采集与处理

- **实时采集**：采集单元周期性读取传感器状态
- **去抖处理**：软件滤波消除机械抖动
- **状态判别**：综合判断压板投退状态
- **本地存储**：临时存储采集数据

### 2.2.3 通信组网技术

- **采集层通信**：RS485、LoRa、ZigBee等
- **汇聚层通信**：工业以太网、光纤
- **规约支持**：IEC 61850、Modbus、DL/T 860

### 2.2.4 安装部署特点

- **无需停电安装**：传感器采用非接触或卡装方式
- **不影响操作**：传感器安装不干扰正常操作
- **快速部署**：模块化设计，安装便捷

---

## 3. 系统总体设计

---

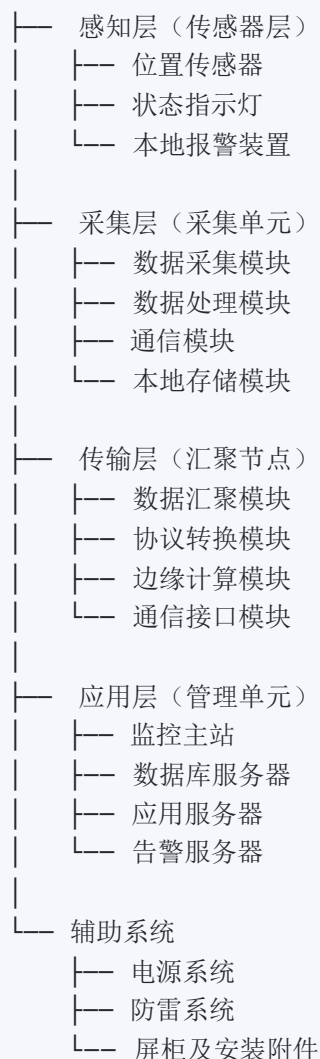
### 3.1 设计原则

1. **安全性**：不影响一次设备安全运行
2. **可靠性**：工业级设计，适应恶劣环境
3. **实时性**：状态变化快速上送
4. **可扩展性**：支持系统容量平滑扩展
5. **易维护**：模块化设计，便于维护

### 3.2 系统架构设计

#### 3.2.1 系统组成

## 硬压板在线监测系统



### 3.2.2 网络拓扑



## 3.3 功能设计

### 3.3.1 基础功能

#### 1. 状态监测

- 实时监测硬压板投退状态
- 状态变化事件记录
- 历史状态查询

#### 2. 数据采集

- 周期性数据采集
- 状态变化主动上送
- 数据质量监测

#### 3. 告警功能

- 状态异常告警
- 设备离线告警
- 通信中断告警
- 告警级别管理

#### 4. 数据管理

- 实时数据存储
- 历史数据归档
- 数据统计分析

### 3.3.2 高级功能

#### 1. 防误操作

- 操作票核对
- 压板状态校验
- 误操作预警

#### 2. 智能分析

- 状态变化趋势分析
- 异常模式识别
- 设备健康评估

### 3. 联动控制

- 与五防系统联动
- 与继电保护信息系统联动
- 与巡视机器人联动

### 4. 可视化展示

- 一次接线图集成
- 屏柜平面图展示
- 3D可视化 (可选)

## 3.4 硬件设计

### 3.4.1 管理单元

#### • 硬件配置

- 工业级服务器或嵌入式装置
- CPU: 多核处理器, 主频 $\geq 1\text{GHz}$
- 内存:  $\geq 4\text{GB}$
- 存储:  $\geq 500\text{GB SSD}$
- 网络: 双以太网口, 支持光纤接口

#### • 软件环境

- 操作系统: Linux实时版或Windows Embedded
- 数据库: 实时数据库+关系数据库
- 应用软件: 监控、告警、分析等模块

### 3.4.2 汇聚节点

#### • 硬件配置

- 工业级嵌入式装置
- CPU: ARM或PowerPC, 主频 $\geq 800\text{MHz}$
- 内存:  $\geq 512\text{MB}$
- 存储:  $\geq 4\text{GB Flash}$
- 接口:
  - 上行: 2 $\times$ 以太网 (光/电)

- 下行：4-8×RS485或无线接口
- 防护等级：IP50（屏柜内）

#### • 功能特性

- 支持IEC 61850规约
- 支持边缘计算
- 支持本地数据存储

### 3.4.3 采集单元

#### • 硬件配置

- 工业级嵌入式装置
- CPU：ARM Cortex-M4或同等性能
- 内存：≥128KB RAM
- 存储：≥1MB Flash
- 接口：
  - 传感器接口：8-16路
  - 通信接口：RS485或无线
- 电源：DC 220V/110V或DC/AC 220V
- 防护等级：IP50（屏柜内）

#### • 传感器接口

- 支持干接点输入
- 支持模拟量输入（4-20mA）
- 支持数字接口（I2C、SPI等）

### 3.4.4 位置传感器

根据安锐坤泰技术路线，推荐以下方案：

#### 1. 磁感应传感器（推荐）

- 原理：霍尔效应检测磁场变化
- 优点：非接触、寿命长、安装方便
- 安装：贴装或卡装在压板附近
- 输出：开关量或模拟量

## 2. 角度传感器

- 原理：检测压板旋转角度
- 优点：可检测投入是否到位
- 安装：与压板转轴联动
- 输出：角度值 (0-180°)

## 3. 光电传感器

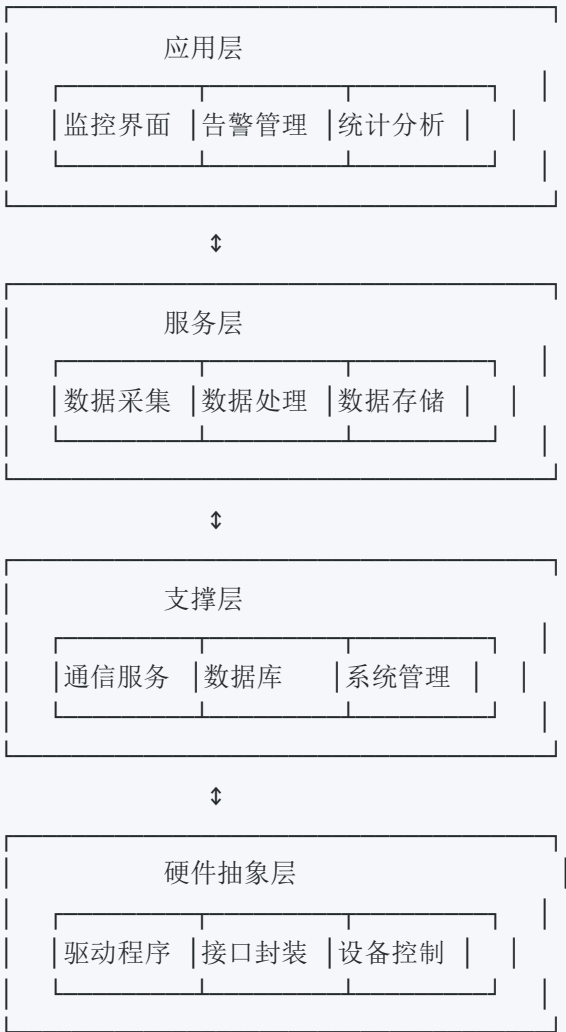
- 原理：光路通断检测
- 优点：响应快、精度高
- 安装：需对准安装
- 输出：开关量

### 传感器选型建议：

- 采用磁感应+角度传感器双重检测
- 支持带电安装，无需停电
- 防护等级：IP50以上
- 工作温度：-40°C ~ +85°C

## 3.5 软件设计

### 3.5.1 软件架构



### 3.5.2 关键功能模块

#### 1. 数据采集模块

- 周期性采集传感器数据
- 状态变化事件触发采集
- 数据质量标志

#### 2. 数据处理模块

- 数字滤波（去抖）
- 状态判别逻辑
- 数据压缩存储

#### 3. 通信模块

- 支持IEC 61850规约
- 支持Modbus规约
- 支持DL/T 860规约
- 通信状态监视

#### 4. 告警模块

- 告警规则配置
- 告警级别管理
- 告警抑制与复归
- 告警推送（短信、邮件等）

#### 5. 五防校核模块

- 操作票解析
- 压板状态核对
- 误操作预警

### 3.6 通信设计

#### 3.6.1 通信规约

- **站控层**：IEC 61850、DL/T 860
- **间隔层**：IEC 61850、Modbus TCP
- **过程层**：RS485、LoRa、ZigBee

#### 3.6.2 通信网络

##### 1. 管理单元与汇聚节点

- 媒介：屏蔽双绞线或光纤
- 规约：IEC 61850 MMS
- 冗余：支持双网冗余（可选）

##### 2. 汇聚节点与采集单元

- 媒介：屏蔽双绞线或无线
- 规约：Modbus RTU/TCP或自定义规约
- 拓扑：总线型或星型

### 3. 采集单元与传感器

- 媒介：电缆
- 信号：开关量或模拟量
- 距离：≤10米

#### 3.6.3 无线通信方案（可选）

- LoRa：远距离、低功耗，适合变电站环境
- ZigBee：自组网、成本低
- Wi-Fi：高带宽，需考虑安全性

## 3.7 安装部署设计

### 3.7.1 安装原则

1. **不影响原有设备**：不改动原有二次回路
2. **不影响操作**：传感器安装不干扰正常操作
3. **便于维护**：装置安装位置便于检修
4. **安全可靠**：符合电力安规要求

### 3.7.2 安装方式

#### 1. 传感器安装

- 磁吸式：适用于金属压板
- 粘贴式：适用于非金属表面
- 卡装式：卡装在压板上

#### 2. 采集单元安装

- 屏柜内导轨安装
- 或屏柜内侧面板安装

#### 3. 汇聚节点安装

- 小室屏柜内安装
- 或独立屏柜安装

#### 4. 管理单元安装

- 主控制室屏柜内
- 或独立屏柜

### 3.7.3 供电方案

- **管理单元**: AC 220V
- **汇聚节点**: DC 220V/110V 或 AC/DC 220V
- **采集单元**: DC 220V/110V
- **传感器**: 采集单元供电 (DC 5V/12V/24V)

## 3.8 技术指标

### 3.8.1 系统性能指标

指标项	技术要求
状态采集周期	≤1秒
状态变化响应时间	≤2秒
系统可用率	≥99.9%
数据完整性	≥99.99%
通信中断恢复时间	≤30秒

### 3.8.2 采集单元技术指标

指标项	技术要求
传感器接口数量	8-16路
状态检测准确率	≥99.9%
平均无故障时间(MTBF)	≥50000小时
工作温度	-40°C ~ +70°C
存储温度	-40°C ~ +85°C
相对湿度	5% ~ 95% (无凝露)
海拔	≤4000米
防护等级	IP50

### 3.8.3 传感器技术指标

指标项	技术要求
检测方式	非接触式
输出形式	开关量或模拟量
响应时间	≤10ms
检测距离	5-15mm (可调)
工作温度	-40°C ~ +85°C
防护等级	IP50
使用寿命	≥10年

### 3.8.4 电磁兼容性

符合GB/T 17626系列标准:

- 静电放电抗扰度: 4级
- 射频电磁场辐射抗扰度: 3级
- 电快速瞬变脉冲群抗扰度: 4级
- 浪涌抗扰度: 4级
- 传导骚扰: 符合Class A

## 3.9 安全防护设计

### 3.9.1 网络安全

#### 1. 分区隔离

- 管理单元部署在生产控制大区
- 符合电力监控系统安全防护规定

#### 2. 访问控制

- 用户认证和授权
- 操作权限管理
- 审计日志

#### 3. 数据加密

- 通信数据加密（可选）
- 敏感数据存储加密

#### 4. 入侵检测

- 异常流量检测
- 非法接入检测

### 3.9.2 电气安全

#### 1. 绝缘强度

- 电源回路：2kV工频耐压
- 通信回路：1.5kV工频耐压

#### 2. 抗干扰设计

- 电源滤波
- 光电隔离
- 屏蔽接地

#### 3. 防雷保护

- 电源入口防雷
- 通信接口防雷

## 3.10 可靠性设计

### 3.10.1 硬件可靠性

- 工业级元器件选型
- 冗余电源设计（关键设备）
- 看门狗复位电路
- 在线自检功能

### 3.10.2 软件可靠性

- 模块化设计
- 异常处理机制
- 数据备份与恢复
- 软件看门狗

### 3.10.3 系统可靠性

- 关键节点冗余配置
- 通信链路冗余
- 数据多重存储
- 故障自恢复

---

## 4. 实施方案

### 4.1 实施流程

需求分析 → 方案设计 → 设备选型 → 出厂测试 → 现场安装 →  
系统调试 → 试运行 → 验收交付 → 运维服务

### 4.2 实施步骤

#### 4.2.1 准备阶段

1. 现场勘察
2. 屏柜图纸收集

3. 压板清单整理
4. 施工方案编制

#### 4.2.2 安装阶段

1. 传感器安装
2. 采集单元安装
3. 汇聚节点安装
4. 管理单元安装
5. 线缆敷设
6. 标识制作

#### 4.2.3 调试阶段

1. 单装置调试
2. 通信系统调试
3. 功能联调
4. 性能测试
5. 异常模拟测试

#### 4.2.4 验收阶段

1. 技术指标测试
2. 功能验证
3. 文档交付
4. 人员培训
5. 竣工验收

### 4.3 施工组织

- 项目负责人：1名
- 技术负责人：1名
- 安装人员：2-4名
- 调试人员：1-2名
- 安全员：1名

### 4.4 进度计划

以110kV变电站为例（假设100面屏柜）： |阶段|工作内容|工期（天）||-----|-----|-----  
-----||准备阶段|勘察、设计、备货|15||安装阶段|传感器、装置安装|20||调试阶段|系统  
调试|10||验收阶段|测试、验收|5||**合计**||50|

## 5. 培训与运维

### 5.1 培训方案

#### 5.1.1 培训对象

- 运行人员
- 检修人员
- 技术人员

#### 5.1.2 培训内容

1. **系统原理**：架构、功能、技术特点
2. **操作使用**：监控界面、告警处理、报表查询
3. **维护保养**：日常检查、故障处理、定期维护

#### 5.1.3 培训方式

- 集中授课
- 现场实操
- 资料发放

### 5.2 运维方案

#### 5.2.1 日常维护

- 每日：查看系统运行状态
- 每周：检查告警信息
- 每月：数据备份
- 每年：全面检查、校准

#### 5.2.2 故障处理

故障现象	可能原因	处理方法
装置离线	电源故障、通信中断	检查电源、检查通信链路
状态异常	传感器故障、安装松动	检查传感器、重新安装
数据不更新	通信故障、装置死机	检查通信、重启装置
误告警	参数设置错误	检查告警规则、重新配置

### 5.2.3 备品备件

- 采集单元：5%（不少于2台）
- 汇聚节点：10%（不少于1台）
- 传感器：10%（不少于10只）
- 电源模块：10%（不少于2只）

## 6. 技术经济分析

### 6.1 投资估算

以220kV变电站为例：

项目	数量	单价 (元)	总价 (元)
管理单元	1套	50,000	50,000
汇聚节点	4套	15,000	60,000
采集单元	40套	3,000	120,000
传感器	800只	150	120,000
线缆及附件	1批	30,000	30,000
安装调试费	1项	100,000	100,000
<b>合计</b>			<b>480,000</b>

### 6.2 效益分析

#### 6.2.1 直接效益

##### 1. 减少人工巡检工作量

- 传统方式：每站需2人×2次/月×12月=48人·次/年
- 在线监测：无需专人巡检
- 节约人工成本：约10万元/年

##### 2. 减少误操作事故

- 防止保护误动/拒动

- 避免停电损失
- 效益难以量化，但非常显著

### 6.2.2 间接效益

1. 提高电网安全运行水平
2. 提升运维智能化水平
3. 积累设备状态数据，支持精益化管理

### 6.2.3 投资回收期

- 投资：48万元
- 年效益：10万元（仅计算人工节约）
- 回收期：约5年
- 如考虑避免事故效益，回收期更短

## 7. 与市场相关产品系统对比分析

### 7.1 技术路线对比

对比项	市场已有系统	本公司系统
检测原理	位置感应	位置感应+角度检测（双重）
系统架构	三层（管理、汇聚、采集）	三层（同左）
通信方式	有线/无线可选	有线/无线可选
安装方式	无需停电	无需停电
规约支持	IEC 61850	IEC 61850、Modbus等

### 7.2 技术创新点

1. **双重检测**：位置+角度，提高可靠性
2. **边缘计算**：在汇聚节点实现本地智能分析
3. **五防联动**：与五防系统深度集成
4. **AI识别**：可选图像识别功能（扩展）

5. **开放式架构**：支持多厂家设备接入

## 8. 结论与建议

### 8.1 结论

- 安锐坤泰ZH-5001系统采用成熟的位置感应技术，系统架构合理，已在多个电网公司成功应用。
- 本方案基于安锐坤泰成熟技术路线，结合最新技术标准（Q/GDW 12301），设计了一套完整的硬压板在线监测系统技术方案。
- 系统采用三层分布式架构，具备状态监测、告警、分析、联动等完整功能，技术先进、可靠。

### 8.2 建议

- 示范应用**：选择1-2个变电站进行试点应用，验证技术方案可行性。
- 标准符合性**：严格按照Q/GDW 12301技术规范进行设计和验收。
- 循序渐进**：先在主网变电站应用，积累经验后推广至配网。
- 互联互通**：考虑与现有系统（五防、保护信息子站等）的互联互通。
- 持续演进**：关注AI、物联网等新技术，持续优化系统功能。

## 附录

### 附录A：引用标准

- Q/GDW 12301-2023 《变电站硬压板在线监测技术规范》
- GB/T 14285 《继电保护和安全自动装置技术规程》
- DL/T 860 《变电站通信网络和系统》
- GB/T 17626 《电磁兼容 试验和测量技术》
- Q/GDW 1597 《电力系统实时动态监测系统技术规范》

## 附录B：设备清单（示例）

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	备注
1	管理单元		套	1	
2	汇聚节点		套	4	按小室配置
3	采集单元		套	40	按屏柜配置
4	位置传感器		只	800	
5	角度传感器		只	800	可选
6	安装附件		批	1	
7	线缆		批	1	
8	软件系统		套	1	

## 附录C：验收测试大纲（概要）

### 1. 功能测试

- 状态监测功能
- 告警功能
- 数据查询功能
- 五防校核功能

### 2. 性能测试

- 响应时间测试
- 采集周期测试
- 并发性能测试

### 3. 可靠性测试

- 连续运行测试（72小时）
- 通信中断恢复测试
- 电源波动测试

### 4. 电磁兼容测试

- 静电放电抗扰度
- 辐射抗扰度
- 快速瞬变脉冲群

## 5. 安全防护测试

- 用户权限测试
- 访问控制测试
- 数据加密测试 (可选)

---

**文档版本:** V1.09

**编制日期:** 2026年5月10日

**编制单位:** [北京安锐坤泰智能技术有限公司]

**审批单位:** [北京安锐坤泰智能技术有限公司]