

电力设备状态“智能运检”技术之：

## 基于数字感知的隔离开关机械状态监测技术

On line monitoring technology of mechanical state of disconnectors



武汉大学 电气与自动化学院  
School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University

南京鼎耀电力科技有限公司



1

**隔离开关分合闸状态，如何准确判断？**

**合闸不到位、开距不足，如何准确预警？**

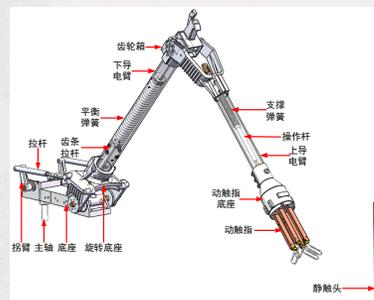
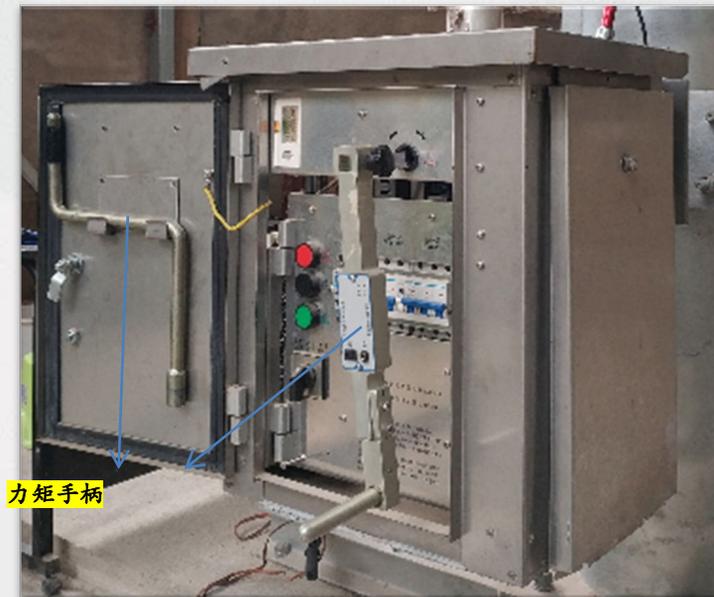
**是否存在缺陷状态？是否需要及时检修？**

## 可靠性现状:

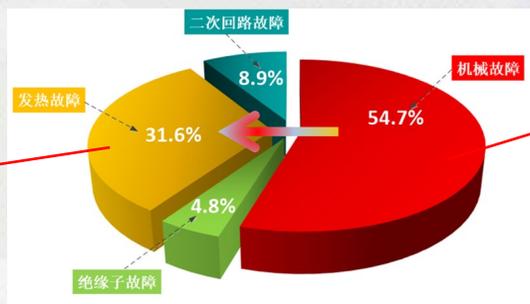
- ✓ 敞开式隔离开关长期暴露于雨雪、风沙、盐湿、等恶劣环境中，金属构件容易被氧化、腐蚀，轴销、轴承中的润滑脂直接与空气接触，容易变质流失，传动关节处易积累氧化物、灰沙，使开关分合时运动受阻，导致分合闸运动中存在卡涩、三相不同期、分合闸不到位等问题。
- ✓ 机械缺陷/故障会进一步导致触头过热故障
- ✓ 隔离开关的故障/缺陷率在变电设备中居于首位。重大缺陷率高达0.5次/百台·年，普通缺陷率近50%。

## 存在的技术问题:

- ✓ 隔离开关的机械状态诊断技术落后，依赖**人力**，需停电检修
- ✓ 运行工况下**不及时**发现卡涩、三相不同期、分合不到位等缺陷，不能及时消缺，导致故障
- ✓ 过于依赖人工经验判断，缺陷检出率低，耗时长，劳动强度大，并存在一定的风险

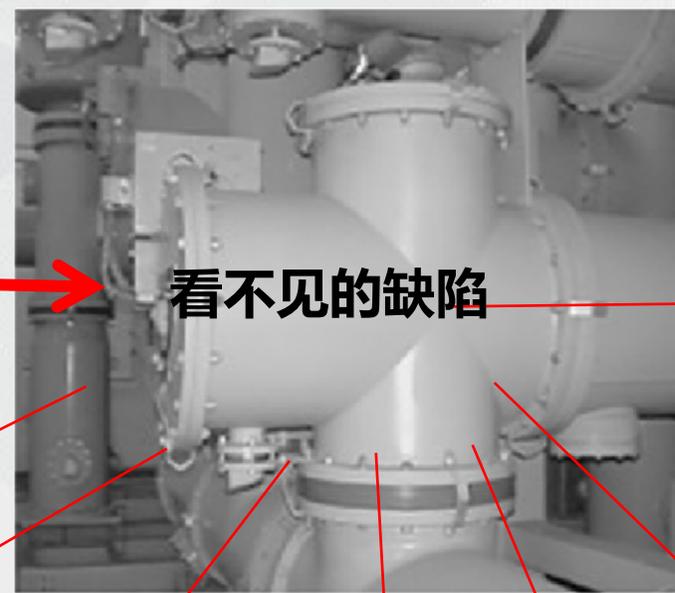
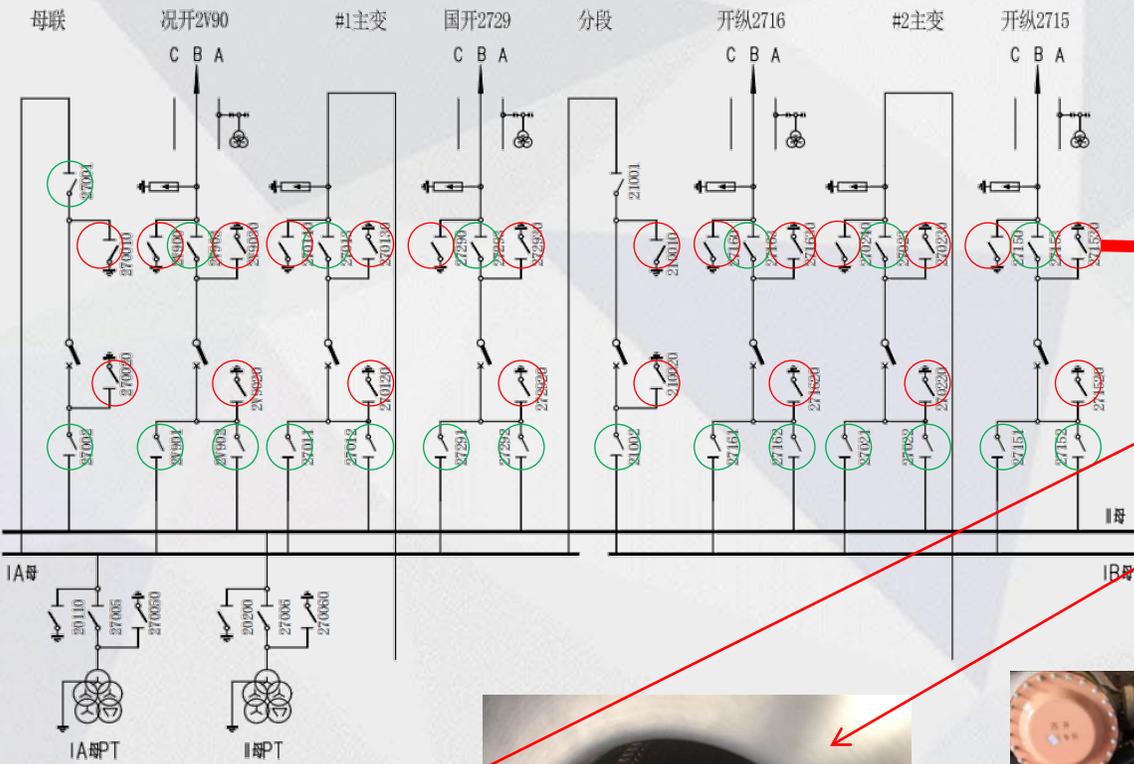


AIS隔离开关故障/缺陷分布



序号	《防止电力生产事故的二十五项重点要求》 (国能安全[2023]22号)	实现方式	存在的问题
13.2.6	新安装的隔离开关 <b>手动操作力矩</b> 应满足相关技术要求	人工摇柄检测	不准确，分散性大
13.2.7	加强对隔离开关导电部分、 <b>转动部分</b> 、 <b>操作机构</b> 、瓷绝缘子等的检查，防止 <b>机械卡涩</b> 、触头过热、绝缘子断裂等故障的发生。隔离开关各运动部位用润滑脂宜采用性能良好的二硫化钼锂基润滑脂	人工摇柄检测	难以发现早期缺陷，漏检
13.2.8	为预防GW6型等类似结构的隔离开关运行中“ <b>自动脱落分闸</b> ”，在检修中应检查操作机构 <b>蜗轮、蜗杆的啮合</b> 情况，确认没有倒转现象；检查并确认刀闸主拐臂调整应 <b>过死点</b> ；检查 <b>平衡弹簧</b> 的张力应合适	人工观察与调试	操作复杂，效率低
13.2.10	隔离开关倒闸操作，应尽量采用电动操作，并远离隔离开关，操作过程中应严格监视隔离开关动作情况，如发现 <b>卡滞</b> 应停止操作并进行处理，严禁强行操作	人工观察与控制	难以准确判断，危险性大
23.3.4.2	定期检查电制隔离开关动静触头 <b>接触情况</b> ，发现 <b>压紧弹簧松脱</b> 或单个触指与其他触指不平行等问题应及时处理	人工观察与判断	已构成机械故障，滞后检查

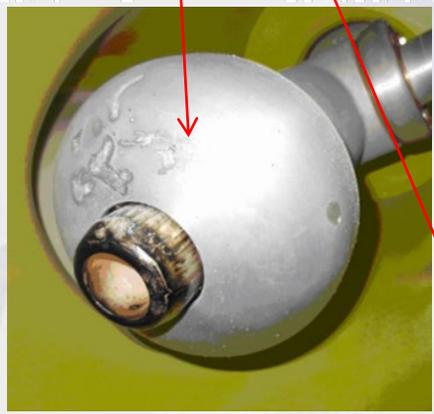
# GIS隔离开关分合闸状态、故障风险 难以直观感知



平键断裂, 传动失效



接触不良, 烧蚀



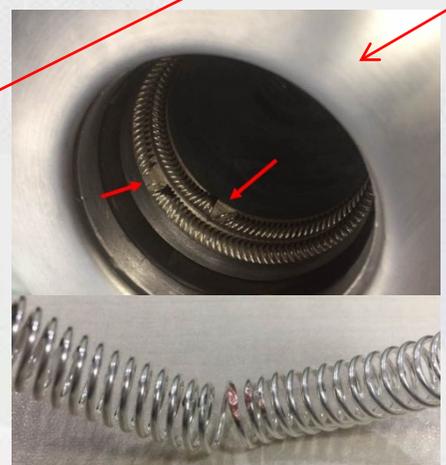
动触头外露, 烧蚀



触头碰撞



紧固销钉脱落, 拒动



动静触头配合不良



合闸不到位

## 五防要求:

- 1、防止带负荷分、合隔离开关。
- 2、防止误分、误合断路器、负荷开关、接触器。
- 3、防止接地开关处于闭合位置时关合断路器、负荷开关。
- 4、防止在带电时误合接地开关。
- 5、防止误入带电隔室。

### ✓ 隔离开关分闸不到位→合接地开关→短路

某核电厂GIS隔离开关“分闸不到位”故障：500kV #2联变由运行状态转为检修状态，拉开带电侧304JS隔离刀闸后，合上315JS接地开关，短路保护动作跳闸。**原因：隔离刀闸304JS隔离开关涡轮蜗杆与绝缘拉杆连接松脱，导致分闸不到位**



### ✓ 隔离开关合闸不到位→合负荷→触头烧蚀→短路

某220kV变电站GIS隔离开关“合闸不到位故障”：负荷从186A突增至900A，持续5.5小时后，触头烧蚀，短路爆炸。**原因：由于**

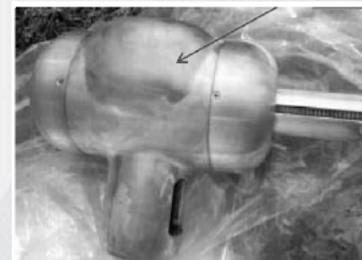
**2543#隔离开关合闸不到位，接触电阻超标。**



### ✓ 接地开关分闸不到位→合隔离开关→短路

某220kV变电站GIS隔离开关“拒分”故障：母联间隔停电定检后送电，合上母联开关时，220kV双套母差保护动作，220 kV系统全停。

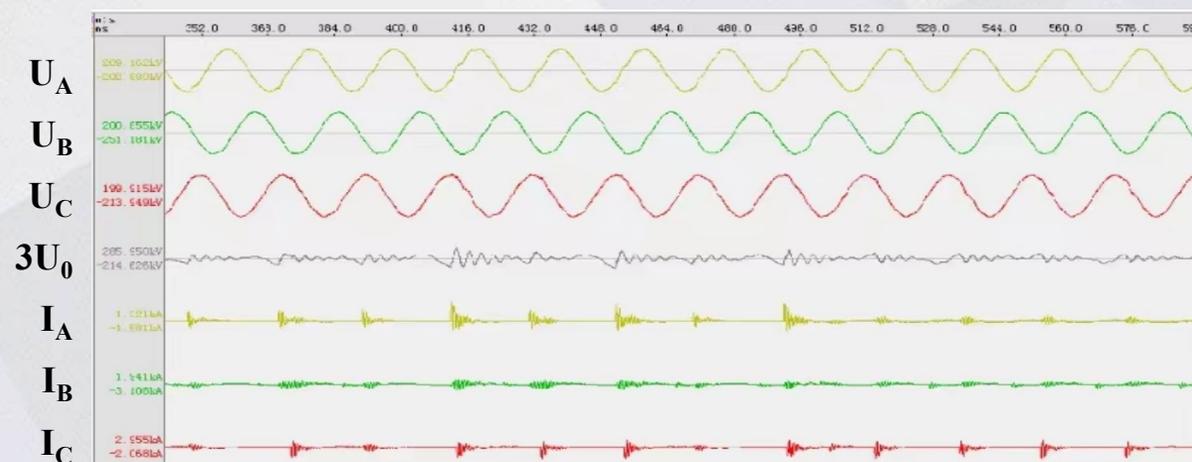
**原因：220kV I母 三工位接地开关C处于合位，但机构指示在分位。当断路器合闸后，系统金属性接地短路。**



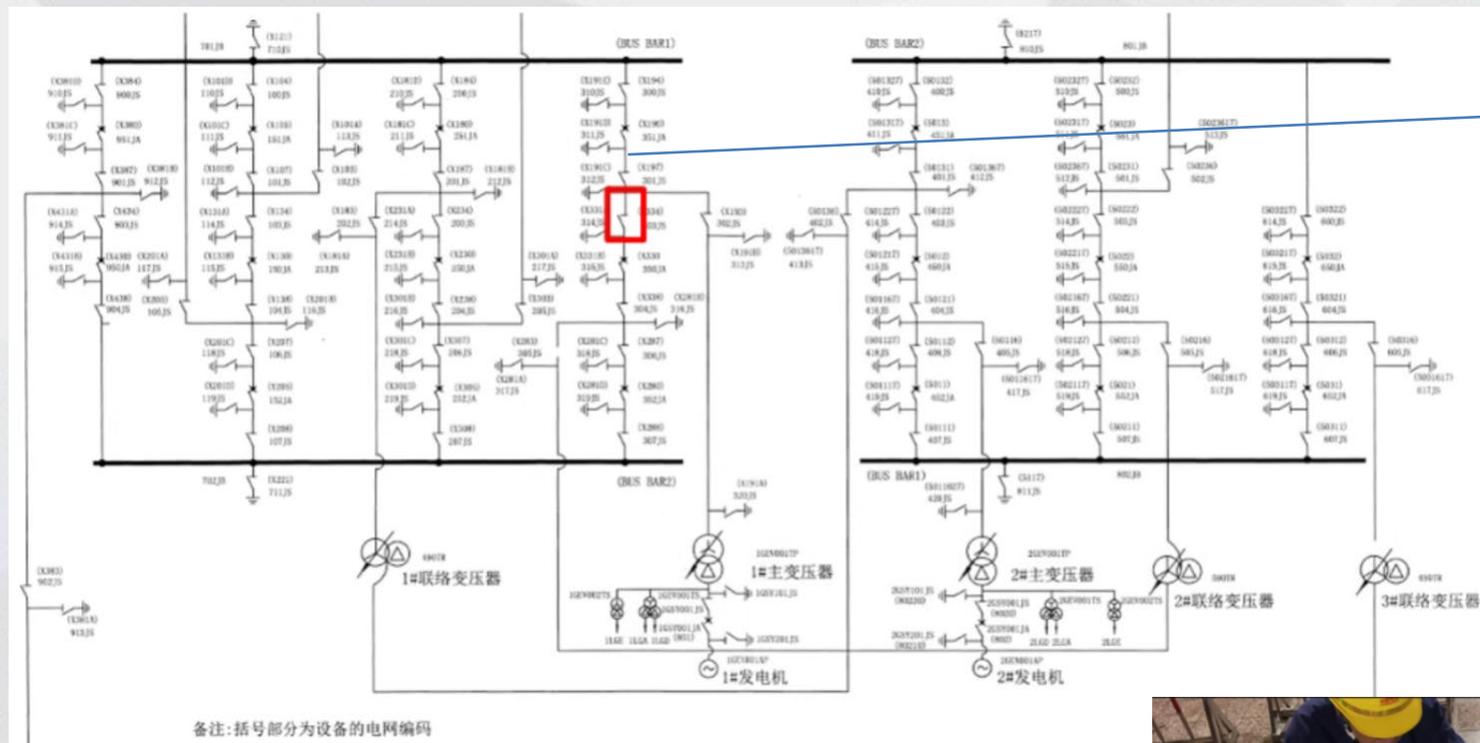
动触头导体卡死在静触座内

### ✓ 隔离开关合闸不到位→间隙持续放电→绝缘破坏→短路

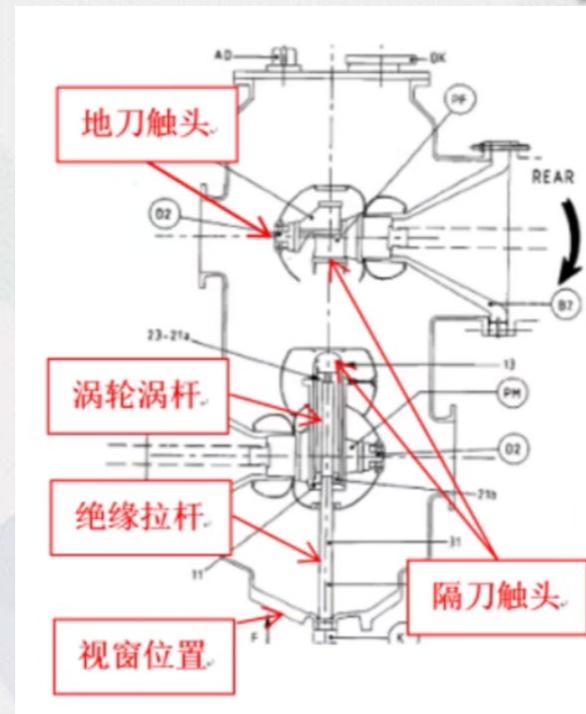
某220kV 海上风电厂GIS 隔离开关“合闸不到位”故障：2211断路器合空线，9分30秒后A相对GIS壳体放电，接地故障。**原因：合闸不到位，触头持续电弧放电（空线电流出现周期性脉冲），SF<sub>6</sub>绝缘破坏。**



# 事故案例1：大亚湾电厂500kV GIS隔离开关“假分”故障



备注：括号部分为设备的电网编码



操作500kV #2联变400kV侧由运行状态转为检修状态  
拉开带电侧隔离刀闸 (304JS)、合上地刀 (315JS) 后,  
两套T区保护动作跳闸

## 事故原因:

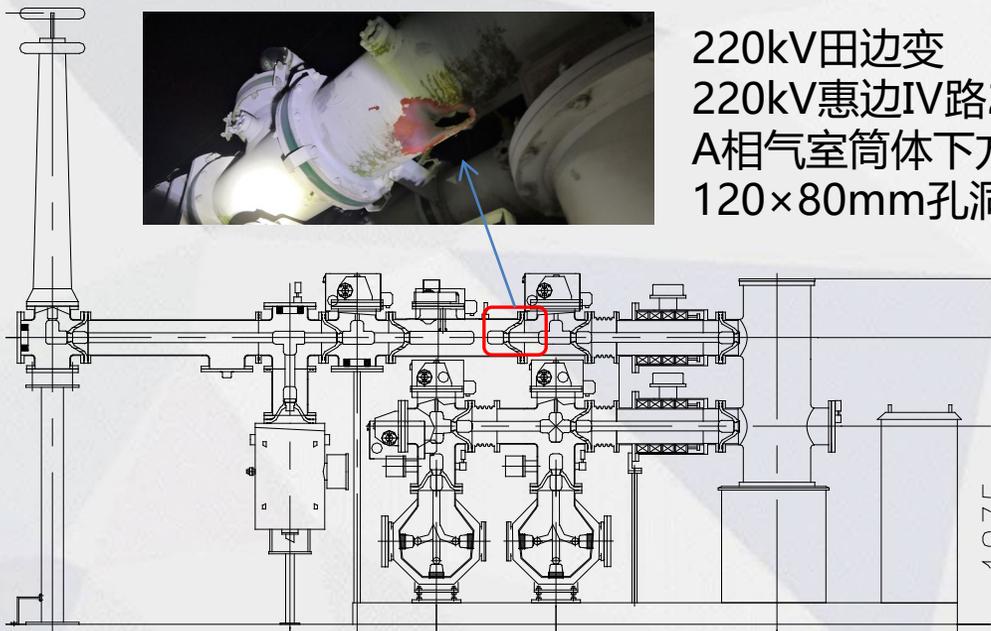
**隔离刀闸304JS分闸不到位**

**隔离开关分闸不到位→合接地开关→短路**



分合闸不到位的原因：  
涡轮蜗杆存在上移现象，涡轮蜗杆与绝缘拉杆连接松脱

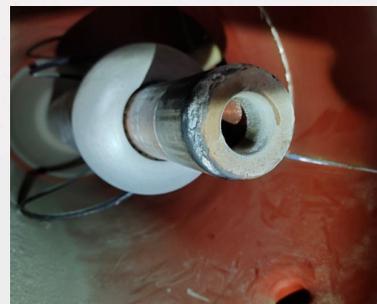
# 事故案例2：220kV GIS 隔离开关合闸不到位事故



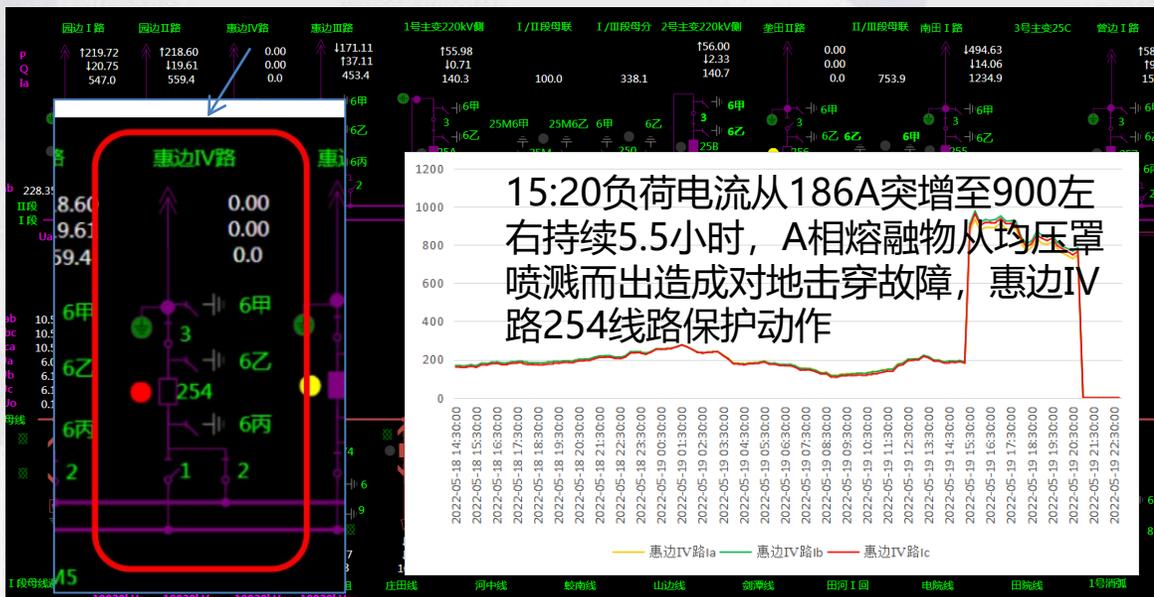
220kV田边变  
220kV惠边IV路2543隔离开关  
A相气室筒体下方烧穿一个约  
120×80mm孔洞



A相动、静触头座之间距离为18.7mm，合闸不到位



B相静触头梅花触指仅有2片触指接触，合闸不到位



C相动触头插入深度20mm，基本达到要求

# 事故案例3: 500kV GIS 隔离开关绝缘拉杆失效故障



第22卷 第2期  
2021年2月  
电气技术  
Electrical Engineering  
Vol.22 No.2  
Feb. 2021

## 500kV 高压开关设备隔离开关绝缘拉杆故障分析

于晓翔

(国网福建电力有限公司检修分公司, 福州 350001)

某变电站 500kV 线路  
5032、5033 开关 A 相跳闸  
5033 开关重合不成功并强送  
失败

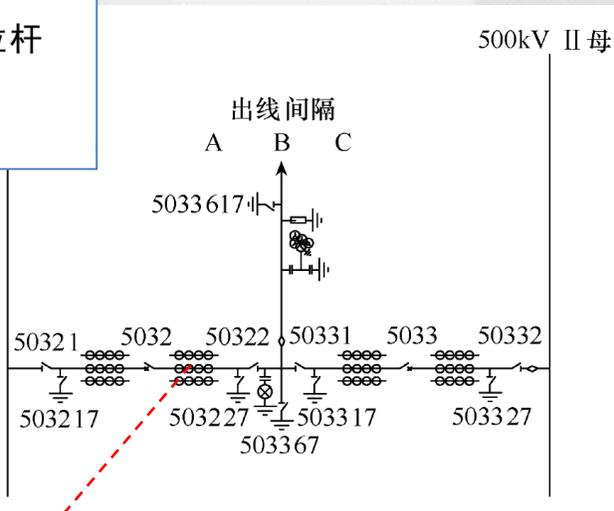
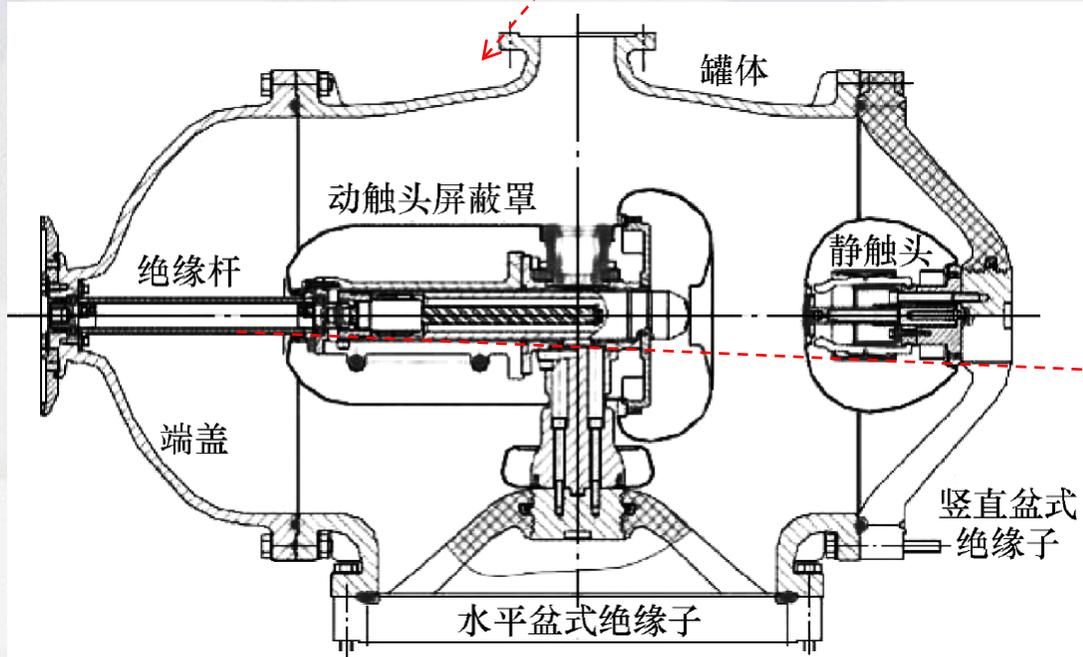


表 1 各气室 SF<sub>6</sub> 气体测试结果 单位: μL/L

检测气室	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO	HF
50321A 相刀闸气室	0	0	3.7	0
5032A 相开关气室	1.35	0	0	0
50322A 相刀闸气室	100+	100+	1 000+	58.96
50331A 相刀闸气室	0	0	15.4	0
5033A 相开关气室	11.25	0.23	0	0
50332A 相刀闸气室	0	0	25.9	0



屏蔽罩尾部烧穿孔



水平绝缘子屏蔽罩烧穿孔

50322A 相刀闸气室发生严重放电, 绝缘拉杆已断裂成若干块

# GIS隔离开关事故一直在发生



武汉大学电气与自动化学院  
School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University



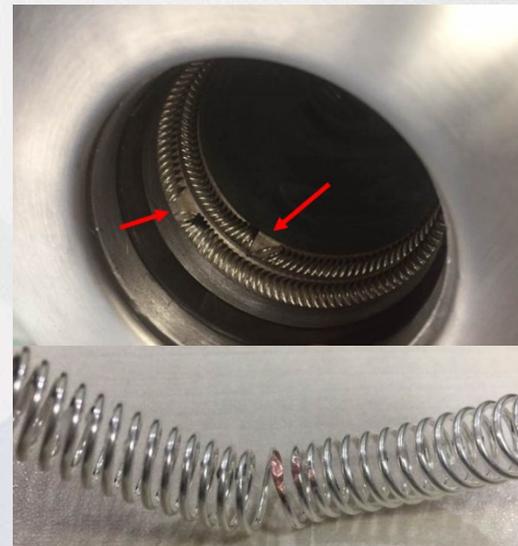
220kV弥勒变24360接地开关B相平键发生断裂，**传动失效**导致送电时发生短路故障。



500kV峨溪变50222隔离开关紧固销钉脱落，**隔离开关未分闸**，误合接地刀引发气室内部放电。



220kV振林站20563刀闸气室发生接地故障，解体检查发现B相刀闸的动静触头均有明显烧蚀痕迹，**动触头伸出屏蔽罩**长度超过20mm。



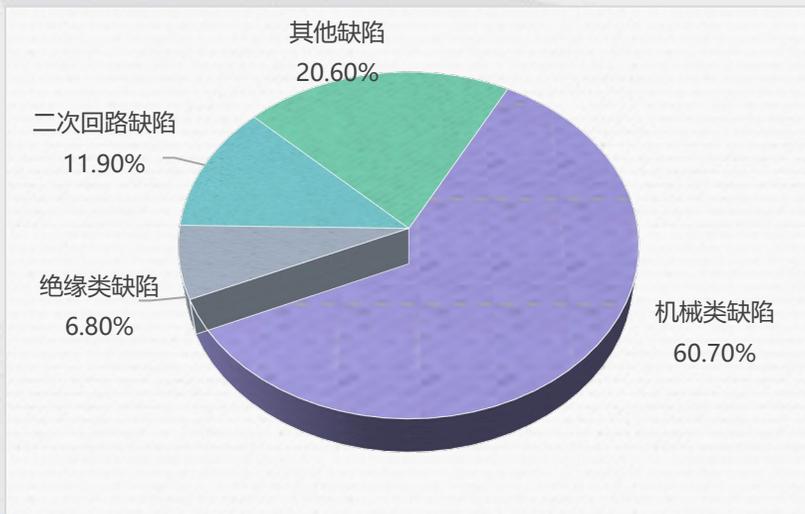
220kV弥勒变2461隔离开关C相动静触头配合不良**卡涩故障**。

福建500kV五峰变、崇儒变均发生500kVHGIS隔离开关合闸不到位情况，原因为隔离开关本体有齿套管与内传动轴之间松脱，导致隔离开关电机正常转动但无法带动触头合闸到位；

特高压北岳站500千伏GIS隔离开关机械传动失效未断开，导致500千伏I母线B相接地故障。

## 缺乏可成熟应用的机械状态检测技术与量化的评估标准

- ◆ 根据《隔离开关及接地开关状态检修导则DL/T 1700-2017》目前暂无针对隔离开关机械状态的量化评估标准。



GIS隔离开关机械缺陷占60%以上

- ✓ **缺陷率、故障率高**是GIS隔离开关面临的棘手问题。
- ✓ **引发重大风险**：“带负荷拉隔离开关”、“带接地开关送电”、“触头烧蚀”“绝缘劣化”
- ✓ **GIS 隔离开关机械状态指示与检测手段**：
  - 分合闸指示牌
  - X射线数字成像仪
  - 姿态传感仪
- ✓ **这些手段不能有效监测“触头分合不到位”或“接触不良”等状态，也不能预先感知可能存在的诸如“机构卡涩”、“传动部件松脱”、“触头烧蚀”等缺陷风险。**

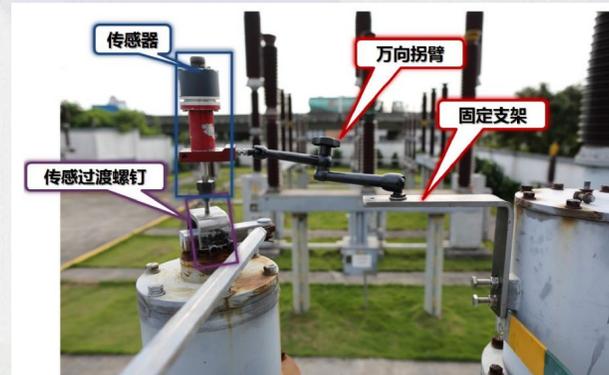
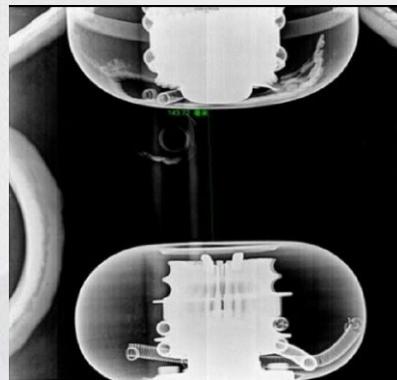


“分、合”机械指示器/电气指示不能指示传动机构是否失效，是否存在缺陷



X射线成像

存在观测盲区，有辐射性，不方便使用



**姿态传感器或磁感应角位移传感器**：如果传动杆变形或内部传动连接失效，则该方法失效。需针对型号进行针对性设计，并需改装拐臂结构



2

与隔离开关分合闸运动过程相关性最强的物理量是什么？如何获取？

约束条件：不改变隔离开关结构及操动控制

# 隔离开关机械状态数字感知研究方向



武汉大学电气与自动化学院  
School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University

序号	学位论文题目	作者	发表日期
1	敞开式高压隔离开关机械特性检测与状态诊断技术研究	周涛涛	2020年10月
2	高压断路器机械振动信号特征提取及故障诊断方法研究	杨秋玉	2020年5月
3	高压隔离开关多体动力学仿真与缺陷识别方法研究	刘宇飞	2022年4月
4	GW4型隔离开关机电耦合仿真及机械缺陷诊断技术研究	刘翼	2019年5月
5	隔离开关机械缺陷数字化智能诊断技术研究	彭诗怡	2019年5月
6	高压隔离开关动态过程仿真与机械特性参数测量	程志万	2017年5月
7	基于电机电流与操作轴转角检测的高压隔离开关机械故障诊断研究	黄聿琛	2015年5月
8	高压隔离开关操作绝缘子应变监测及机械故障诊断研究	段大刚	2014年5月

分类号 TMS61 密级  
UDC 621.3 编号 10486

**武汉大学**  
博士学位论文

敞开式高压隔离开关机械特性检测与状态诊断技术研究

研究生姓名: 周涛涛  
指导教师姓名、职称: 阮江军 教授  
学科、专业名称: 电气工程  
研究方向: 电气设备在线监测与状态诊断

二〇二〇年十二月

分类号 TMS61 密级  
UDC 621.3 编号 10486

**武汉大学**  
博士学位论文

高压断路器机械振动信号特征提取及故障诊断方法研究

研究生姓名: 杨秋玉  
指导教师姓名、职称: 阮江军 教授  
学科、专业名称: 电气工程  
研究方向: 高压设备状态评估

二〇二〇年六月

分类号 TMS72 密级  
UDC 621.3 编号 10486

**武汉大学**  
硕士学位论文

GW4型隔离开关机电耦合仿真及机械缺陷诊断技术研究

研究生姓名: 刘翼  
学号: 2017202070154  
指导教师姓名、职称: 阮江军 教授  
专业名称: 电气工程

二〇一九年五月

分类号 TMS72 密级  
UDC 621.3 编号 10486

**武汉大学**  
硕士学位论文

隔离开关机械缺陷数字化智能诊断技术研究

研究生姓名: 彭诗怡  
学号: 2016202070609  
指导教师姓名、职称: 阮江军 教授  
专业名称: 电气工程  
研究方向: 电力设备状态监测

二〇一九年五月

分类号 TMS5 密级  
UDC 621.3 编号 10486

**武汉大学**  
硕士专业学位论文

高压隔离开关动态过程仿真与机械特性参数测量

研究生姓名: 程志万  
学号: 2012212072386  
指导教师姓名、职称: 阮江军 教授  
专业名称: 电气工程

二〇一七年四月

分类号 TMS54 密级  
UDC 621.3 编号 10486

**武汉大学**  
硕士学位论文

高压隔离开关多体动力学仿真与缺陷识别方法研究

研究生姓名: 刘宇飞  
学号: 2019202070635  
指导教师姓名、职称: 阮江军 教授  
专业名称: 电气工程  
研究方向: 高电压与绝缘技术

二〇二二年五月

中国南方电网  
CHINA SOUTHERN POWER GRID

**云南电网公司科技进步奖**

**获奖证书**

获奖项目: 高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用  
获奖等级: 一等奖  
获奖者: 阮江军  
奖励年度: 2018年度

证书号: 2019-KJ02-G10

云南电网有限责任公司  
2019年8月

云南省科学技术奖励

**证书**

为表彰云南省科学技术奖获得者, 特颁发此证书。

奖励类别: 科学技术进步奖

项目名称: 高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用

奖励等级: 二等

获奖单位: 武汉大学

2020年06月30日

证书号: 201910006-D-002

**科学技术奖励证书**

项目名称: 电网设备状态综合诊断及运维支撑关键技术与应用

奖励类别: 科技进步奖

获奖等级: 贰等奖

获奖人: 阮江军

证书编号: 2014J-241-2-078-005-R06

二〇一四年十月

# 创新点：提出基于机电能量转换平衡原理的隔离开关机械状态数字感知方法



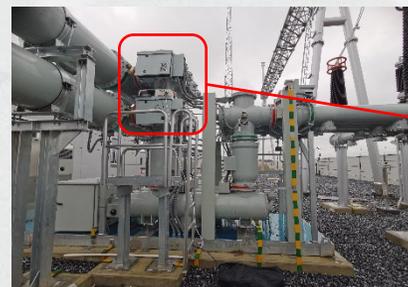
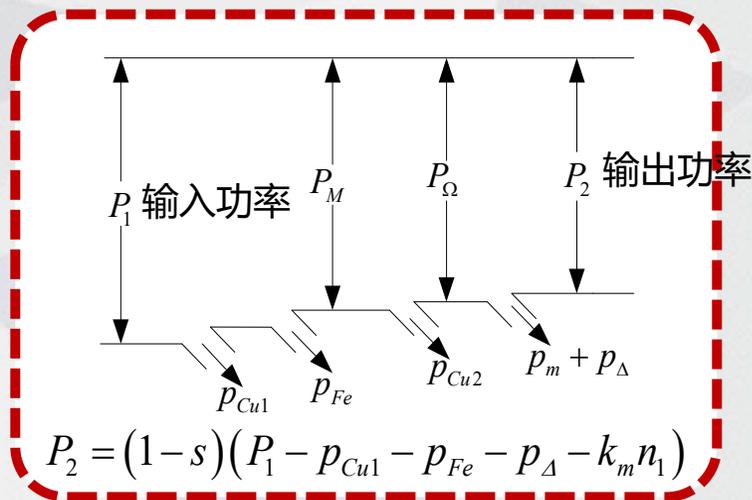
隔离开关由操动机构、传动机构、导电部组成

分合闸运动过程各种机械阻力均通过传递至驱动电机转轴

不同机械状态下，转轴转动所需扭矩发生变化

电机输出功率与输出扭矩存在函数关系

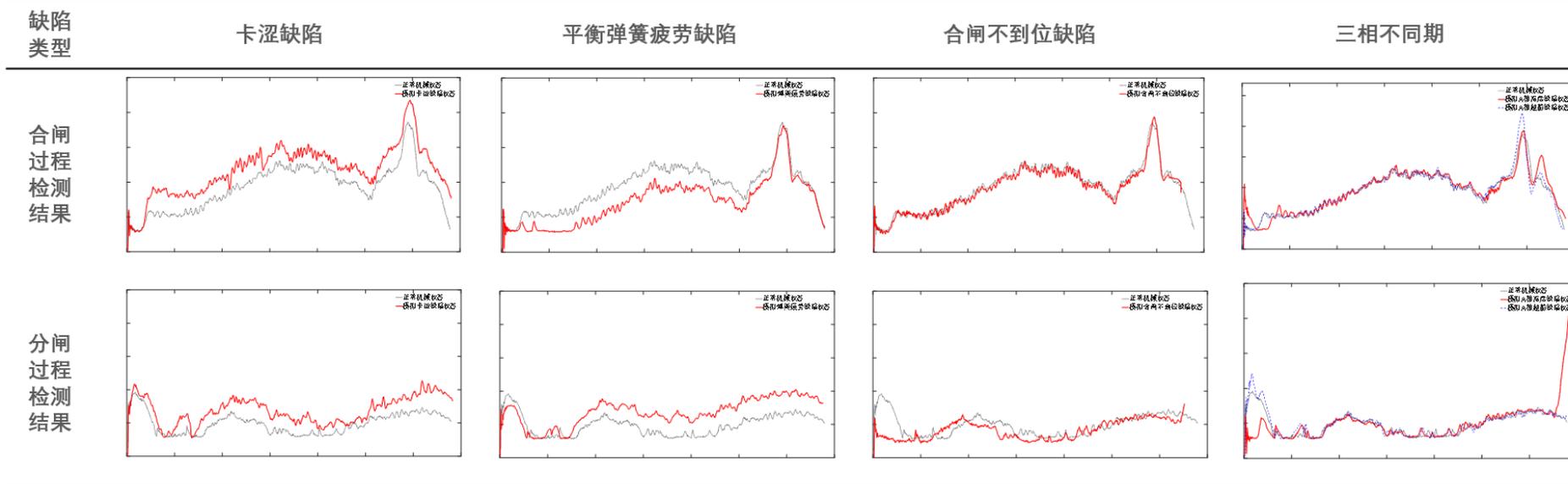
通过测量电机输出功率判断其机械状态



驱动电机



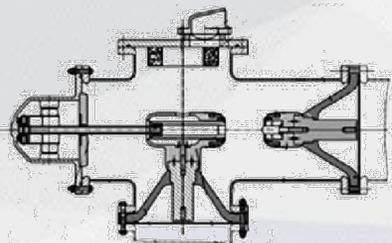
- 以GW23型隔离开关为例：
- **展开阶段**：该阶段上、下导电臂重心逐渐降低，下导电臂内平衡弹簧逐渐压缩。驱动力矩呈现先逐渐增大后逐渐减小的趋势；
- **啮合阶段**：操作杆克服复位弹簧弹力运动，使得动触指逐步收拢，克服夹紧弹簧做功，使得触指夹紧。滚轮逐渐进入齿轮箱凹槽内，导电臂趋于稳定状态，运行至合闸到位状态时，主轴力矩较小。



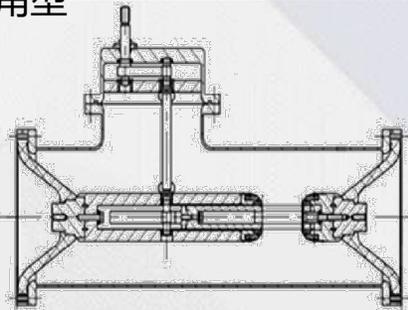
# 核心技术：多体动力学仿真、缺陷模拟、智能化反演诊断算法



武汉大学电气与自动化学院  
School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University



角型

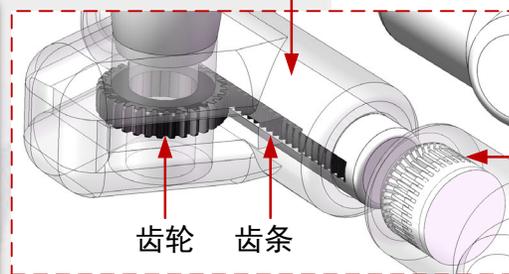
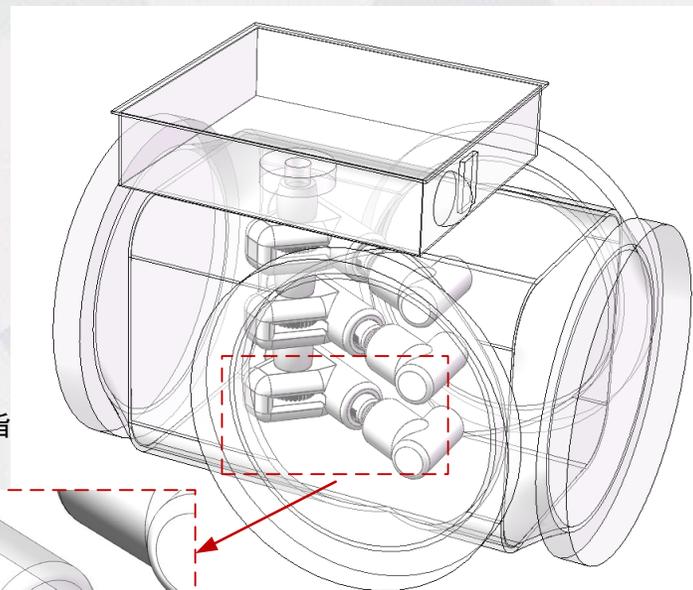


线型

- 不同型号GIS隔离开关**运动原理相似**
- 主要区别在**传动机构设计、触头触指大小**
- 实测结果验证，不同型号不同电压等级GIS隔离开关**行程曲线变化趋势相似**



1:1精细化建模



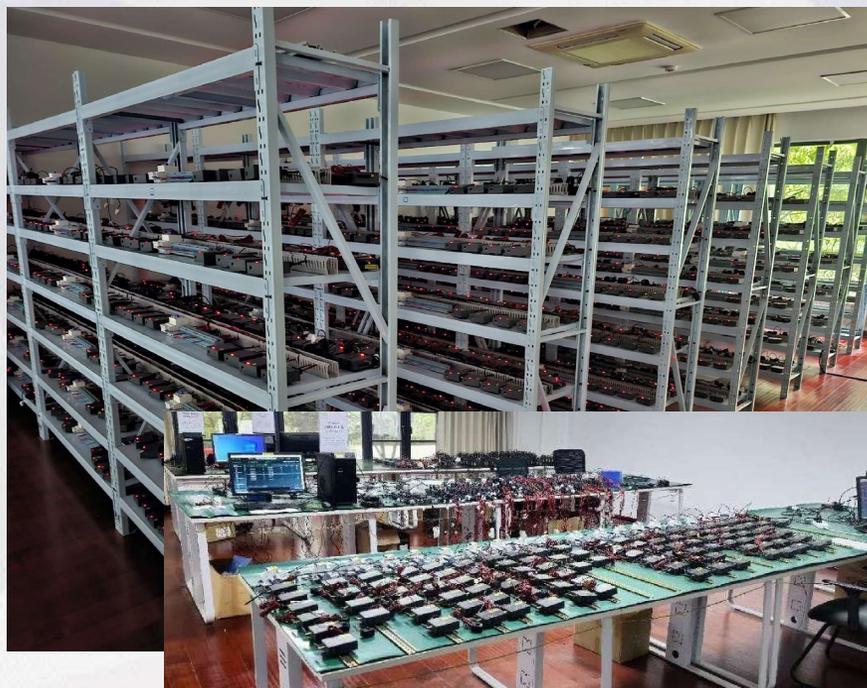
动触指

齿轮

齿条

静触指

- ✓ 深入了解机械系统
- ✓ 便于开展故障模拟
- ✓ 支撑实测数据分析



鉴 定 意 见

2022年11月17日, 湖北省电工技术学会在武汉市组织召开了武汉大学和武汉荆门电工科技有限公司研制的“高压隔离开关机械状态在线监测系统”产品技术鉴定会。鉴定委员会听取了研制单位所作的研制报告、应用报告等, 审查了鉴定资料, 考察了生产现场, 并进行了系统演示与现场抽测。经质询讨论, 形成鉴定意见如下:

- 提供的鉴定资料完整、齐全、规范, 符合产品技术鉴定要求。
- 产品经电力工业电气设备质量检验检测中心的性能试验, 结果合格, 技术性能指标符合相关标准要求。现场抽测结果合格。
- 产品技术创新点及主要特点:
  - 提出了基于功率平衡原理的高压隔离开关机械状态在线监测与反演诊断方法, 可定量反应各类隔离开关的分合闸状态与机械缺陷情况, 为隔离开关状态检测与精准维修提供了新的技术手段。
  - 研制的“高压隔离开关机械状态在线监测系统”的主要特点包括:
    - 可实时侦测隔离开关分合闸全过程功率曲线, 诊断其分合闸状态;
    - 可实时诊断分合闸过程中是否存在卡涩、连杆松脱、超行程不足、开距不足等缺陷, 对其中的严重缺陷及时告警提示;
    - 构建了隔离开关分合闸功率曲线诊断分析数据库, 开发了可灵活查询及缺陷诊断的软件平台;
    - 该产品与行程开关配合, 可实现隔离开关分合闸位置“双确认”。
  - 生产企业通过 ISO9001 质量管理体系认证和 ISO14001 环境管理体系认证, 生产和检测设备齐全, 能满足批量生产要求。产品在生产过程中, 无“废水、废气、废渣”产生, 生产过程低碳环保, 符合国家环境法规的要求。
  - 产品已在国家电网、南方电网的 50 余座 110kV~1000kV 变电站进行了试点应用, 现场应用效果好。

鉴定委员会一致认为, 该产品的“基于功率平衡原理的高压隔离开关机械状态在线监测与反演诊断方法”技术达到国际领先水平, 同意通过鉴定。  
建议批量生产和推广应用。

鉴定委员会主任: 副主任:

2022年11月17日

# 技术比较：数字感知 取代表象传感



技术方法	准确性	可靠性	技术经济性	通用性	技术特点
分合指示器	★★	★★	★★★★	★★★★★	不能指示传动机构是否失效、是否存在缺陷
X射线成像	★★★	★★★★	★	★★	图像存在盲区，无法判断；不能实时诊断分合闸状态；不能诊断机构卡涩等过程性缺陷；成本高、有辐射性
姿态传感器	★★★	★★★	★★	★★★	如果传动杆变形或内部传动连接失效，则该方法失效；需针对型号进行针对性设计，并需改装拐臂结构
图像识别法	★★★	★★	★	★★★★★	图像质量依赖于环境
光学感应法	★	★	★★	★★ 旋转式	判断准确性依赖于环境，存在安装位置选择问题
压力传感器	★★★★	★★★	★	★★ 触指弹簧	安装在高电位，存在取电问题
辅助触点	★★	★★	★★★	★★★★★	安装在高电位，存在取电问题
行程开关	★★	★★	★★★★	★★★★★	只能反映分合状态，不能反映机构卡涩等过程性缺陷
<b>本技术方法</b>	<b>★★★★★</b>	<b>★★★★★</b>	<b>★★★★★</b>	<b>★★★★★</b>	<b>准确监测触头分合不到位、接触不良等状态；准确感知机构卡涩、传动部件松脱等功能性缺陷</b>



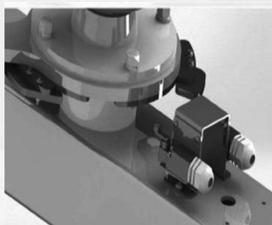
- ✓ 数字化在线监测，及时消缺，显著降低故障率
- ✓ 推进数据驱动下的精准检修，提高检修效率
- ✓ “一键”顺控“双确认”的正确选择



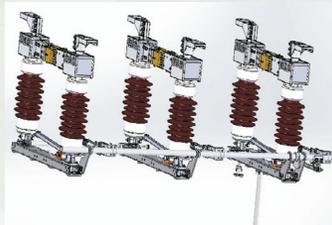
分合指示器



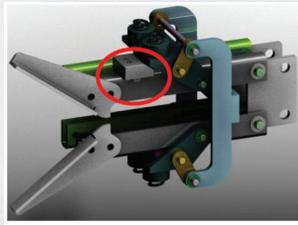
X射线成像



行程开关



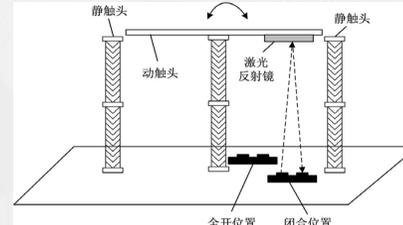
辅助触点



姿态传感器



压力传感器



光学感应法



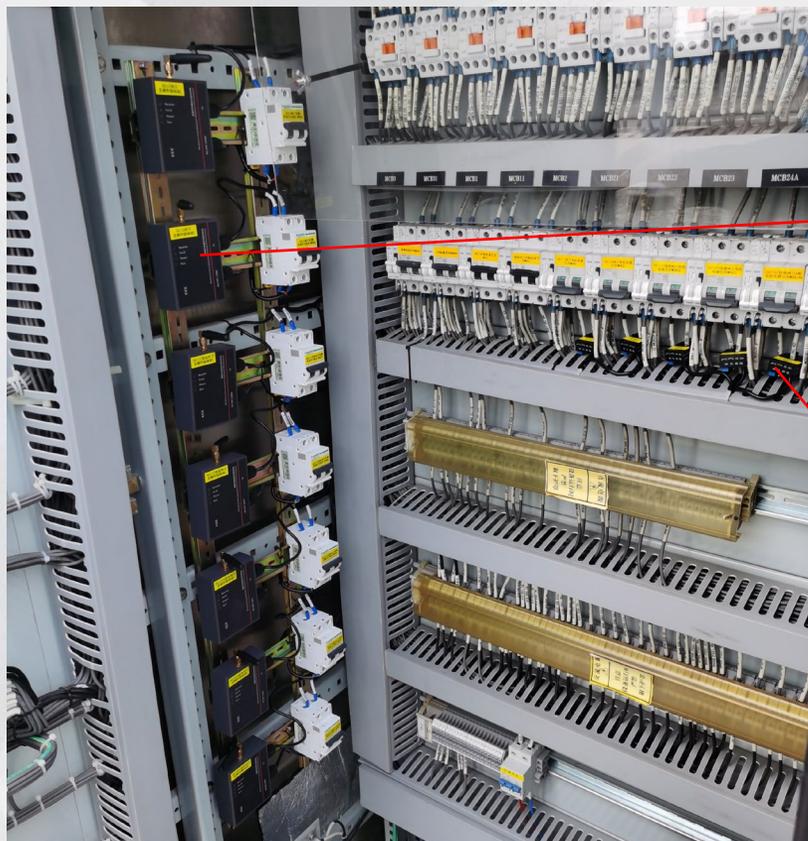
图像识别法



# 3

## 科技成果转化：

- 1、产品可靠性、兼容性
- 2、诊断准确性



安装于汇控柜中的DMSM监测终端与柜体内部结构兼容



监测终端实时侦测每一次隔离开关分合闸



开口型电流互感器不改变隔离开关二次回路

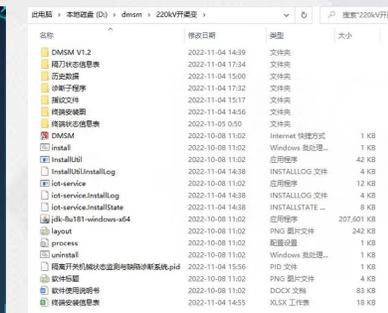
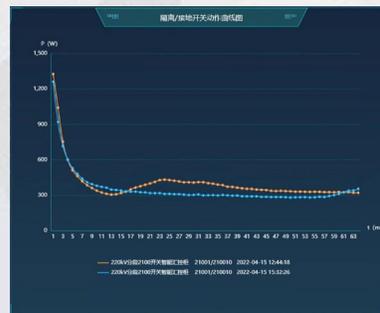
## 站内LoRa通信安全可靠

隔离开关机械状态监测与缺陷诊断系统

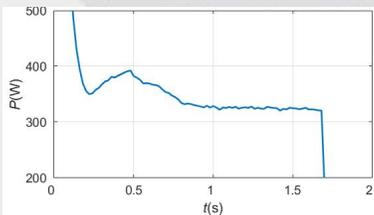
监测时间: 352天 | 监测隔离刀数量: 64台 | 缺陷次数: 0次

动作时间	开关编号	动作时间	分合状态	机械状态	隔离刀状态	功率曲线	数据报告
2022-04-15 12:44:18	21001/210010	2022-04-15 12:44:18		●	□		
2022-04-15 15:32:26	21001/210010	2022-04-15 15:32:26		●	□		
2022-04-15 15:32:42	21001/210010	2022-04-15 15:32:42		●	□		
2022-04-18 10:00:30	21001/210010	2022-04-18 10:00:30		●	□		
2022-04-22 19:06:42	21001/210010	2022-04-22 19:06:42		●	□		
2022-04-15 12:44:56	21002/210020	2022-04-15 12:44:56		●	□		
2022-04-15 15:32:32	21002/210020	2022-04-15 15:32:32		●	□		
2022-04-15 15:33:07	21002/210020	2022-04-15 15:33:07		●	□		
2022-04-18 10:00:36	21002/210020	2022-04-18 10:00:36		●	□		
2022-04-22 19:06:57	21002/210020	2022-04-22 19:06:57		●	□		

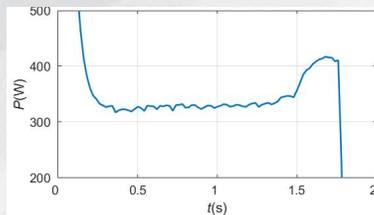
安置于站内监控室的DMSM服务器，实时接收分析每一次分合闸曲线，生成诊断结论，实时显示所有隔离开关的分合闸状态、机械缺陷状态，查看历史曲线



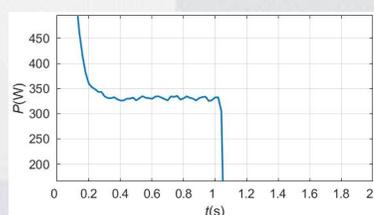
✓ 实时侦测分合闸功率曲线，诊断分合闸状态，并以告警提示，防止事故发生



分闸正常

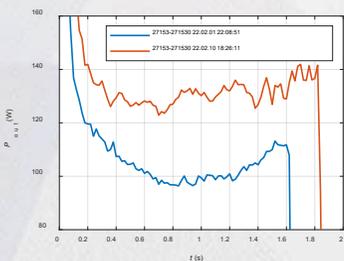


合闸正常

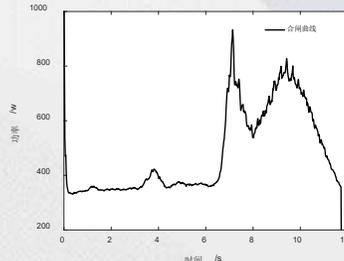


分闸异常!

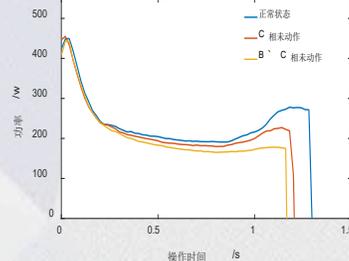
✓ 实时诊断并显示分合闸过程中是否存在卡涩、连杆松脱、欠行程、超行程等缺陷，指导检修安排；对“严重卡涩”予以告警提示



轻微卡涩

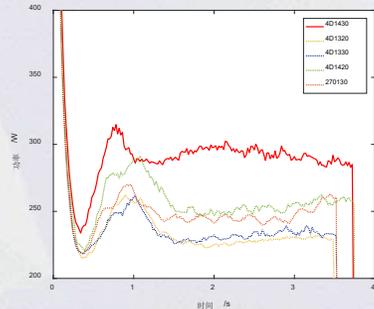
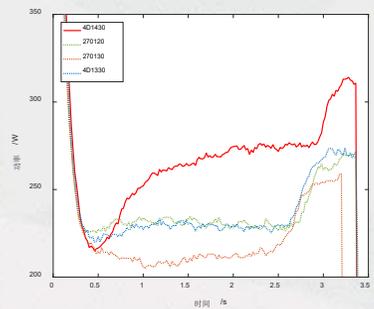
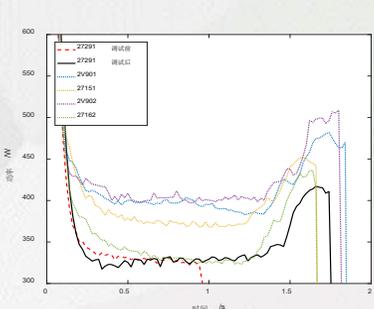


轻微卡涩

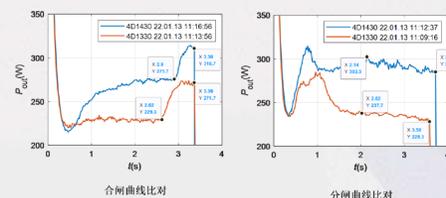
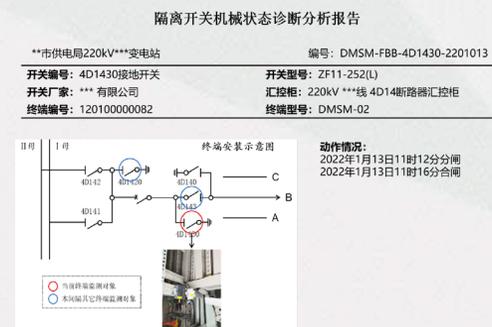


连杆脱落!

✓ 隔离开关每次分合闸的功率-行程曲线数据库，灵活查询、调用、比对分析



✓ 生成诊断分析报告，形成检修记录历史档案



分析方法: 与同型号接地开关的分合闸曲线进行数据比对

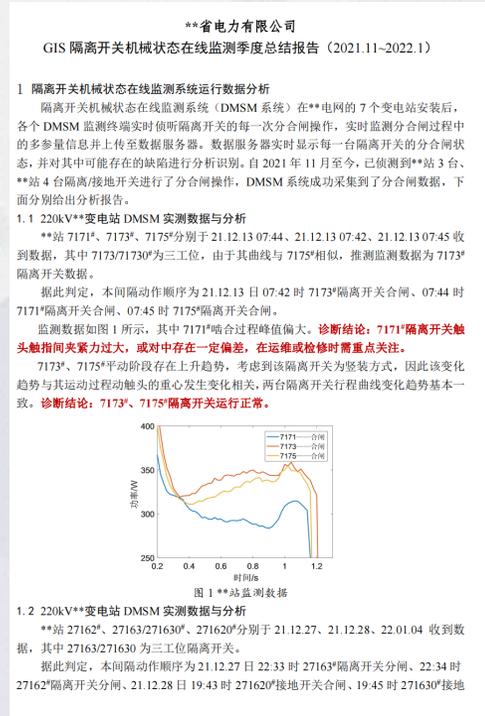
诊断结论:

(1) 4D1430接地开关传动环节存在轻微卡涩;

(2) 4D1430接地开关合闸到位良好, 触头触指间夹紧力正常; 分闸到位良好。

检修建议: 4D1430接地开关可正常运行。在检修期间, 采用X射线探伤法比较4D1430接地开关与4D1330接地开关的插入深度和开距。

报告编写: 刘宇  
武汉厦门理工科技有限公司  
2022年11月13日



✓ 与行程开关配合，可实现隔离开关分合闸位置“双确认”，并对行程开关位置进行优化

隔离开关分合闸位置“双确认”：  
为推进“一键”顺控技术应用，《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》（Q/GDW1799.1-2013）规定：“至少有两个非同样原理或非同源的指示同时发生对应变化，方可确认设备已操作到位”。

# 测试案例分析-1：敞开式隔离开关

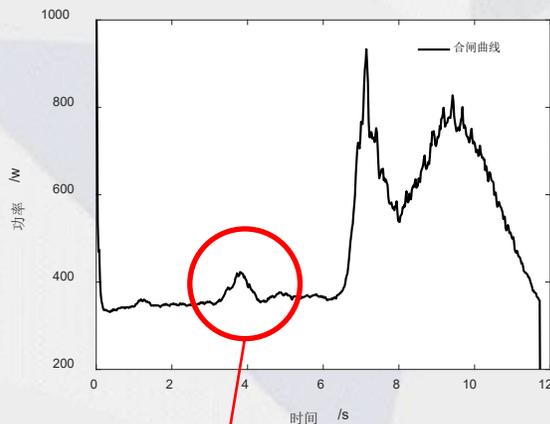
对76台敞开式隔离开关的机械状态进行诊断，共检出缺陷41台，占54%，其中：

- ✓ 23台存在限位不当问题，导致欠程或超程，影响导电回路的电接触性能
- ✓ 12台存在三相不同期问题

- ✓ 10台存在卡涩问题
- ✓ 3台存在平衡弹簧问题



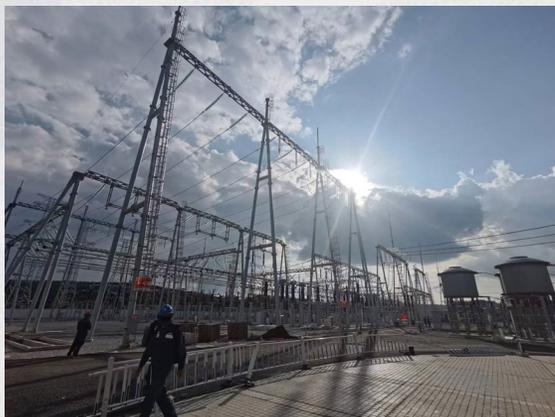
江西九江220kV蔡岭变



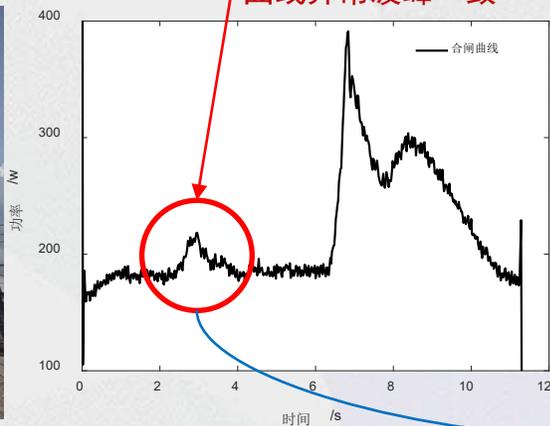
曲线异常波峰一致



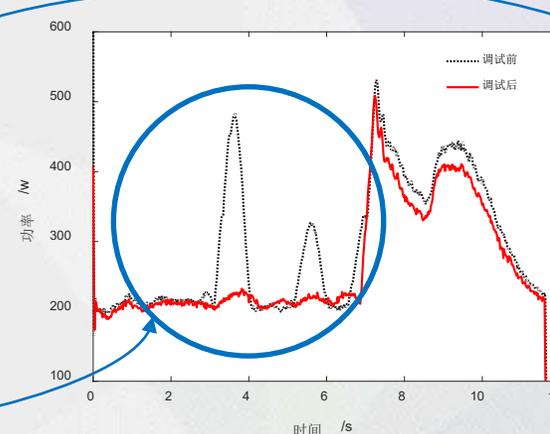
缺陷点一致



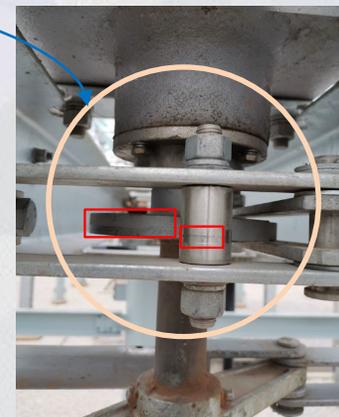
云南文山500kV天星变



缺陷类型相似



曲线异常波峰相似



- 缺陷点仅存于运动过程，人工难以发现；
- 故障类型与故障点快速排查；
- 实现机械状态量化评估，识别卡涩、三相不同期、动作不到位等多种机械缺陷。

# 测试案例分析-2：某500kV GIS隔离开关制造厂

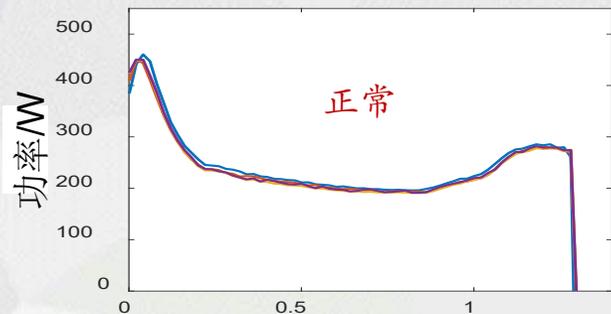


试验目的：机械联动的GIS隔离开关，在分合闸过程中，如果某一相因机械故障未能正常分合闸，将导致严重事故。脱相模拟试验验证DMSM系统是否可准确监测隔离开关的脱相操作情况。

试验结论：DMSM系统可准确监测隔离开关是否存在脱相操作情况，预防事故发生。

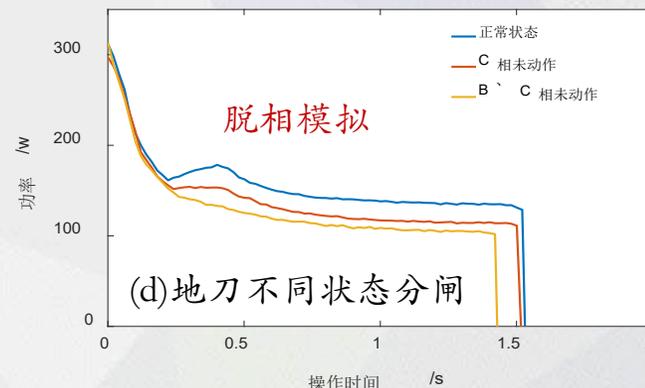
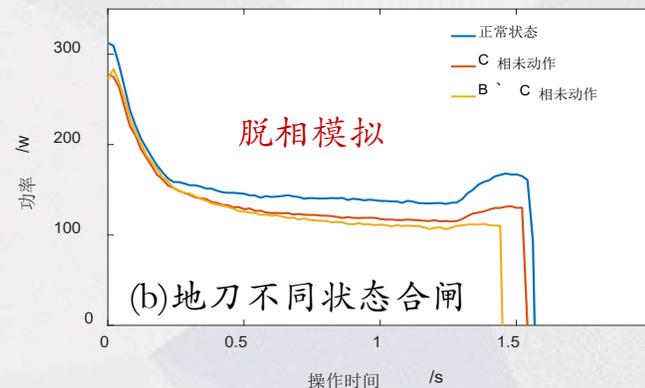
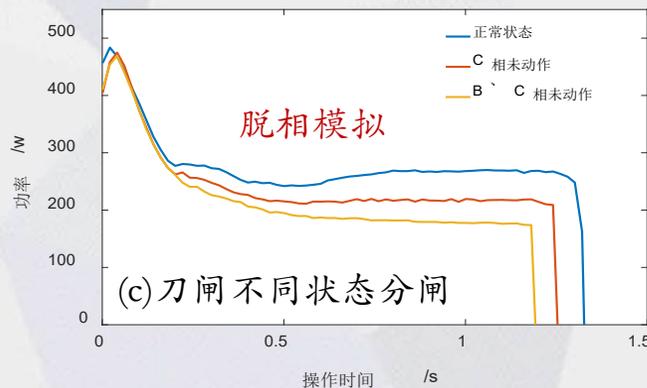
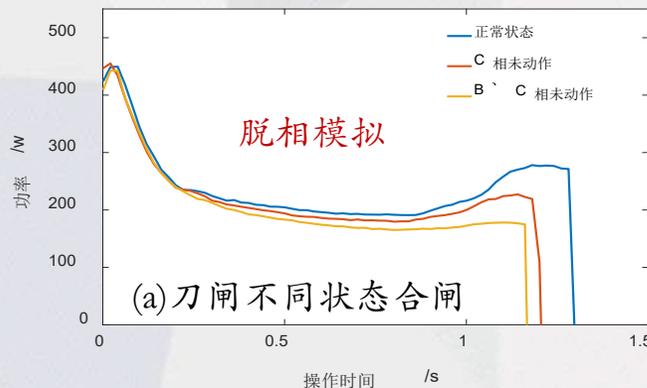


500kV GIS隔离开关脱相模拟测试



操作时间/s

多组检测数据重复性良好

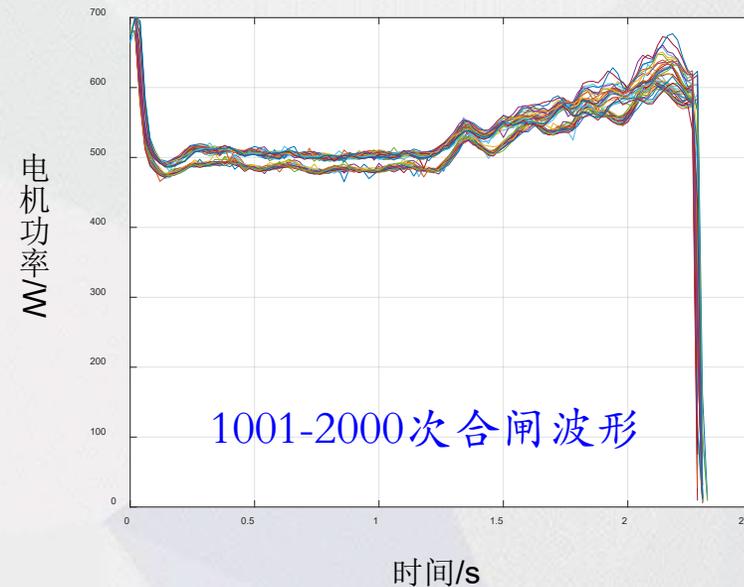
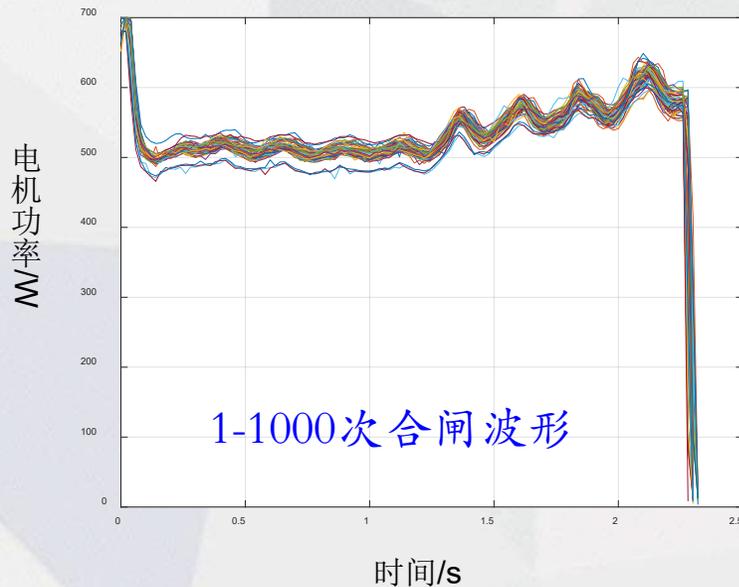
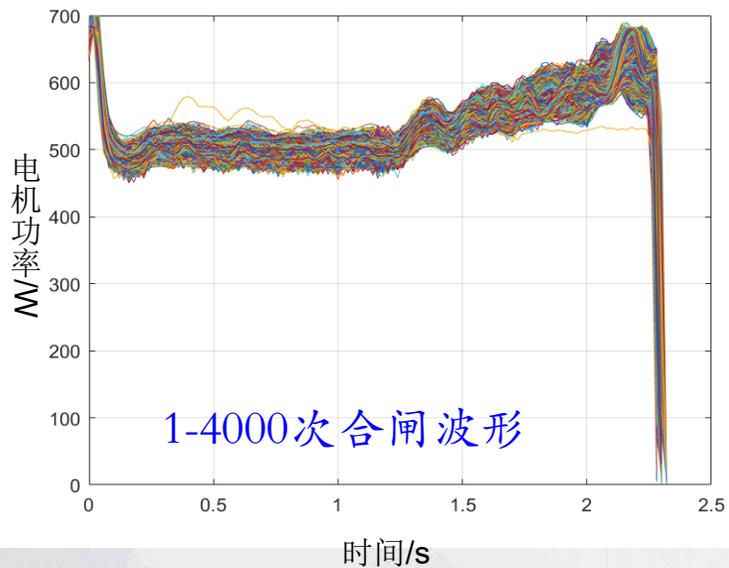


- 1、缺相后，电机负载减小，因此合、分闸输出功率均值均减小；
- 2、合闸啮合过程功率上升幅值减小；
- 3、随着电机负载减小，其转速将小幅提升，因此整体运动时间减小。

# 南网科研院：G3A-126kV GIS隔离开关5000次疲劳试验

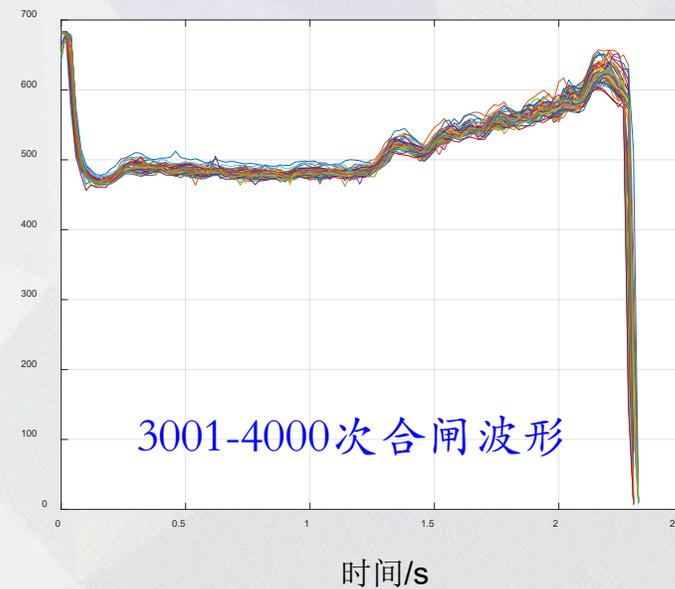
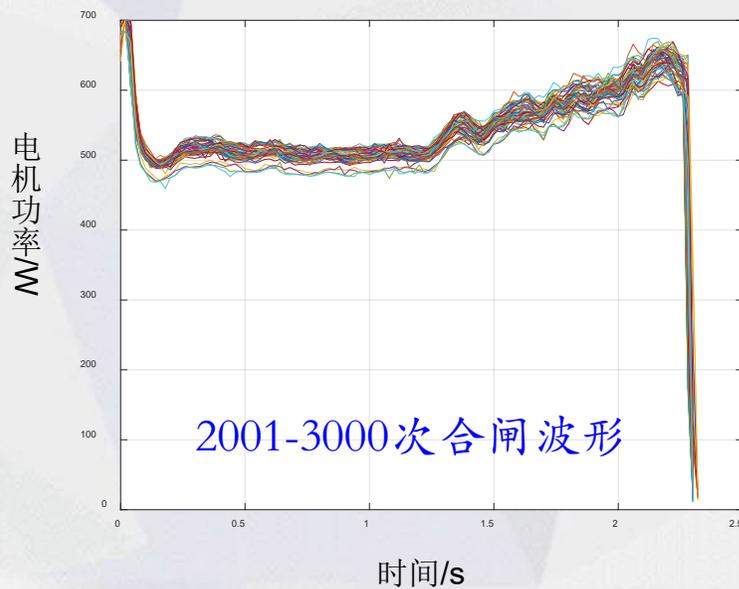


武汉大学 电气与自动化学院  
School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University

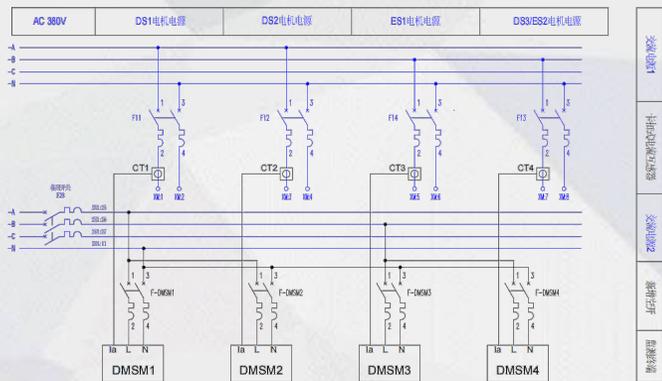


## 测试结论:

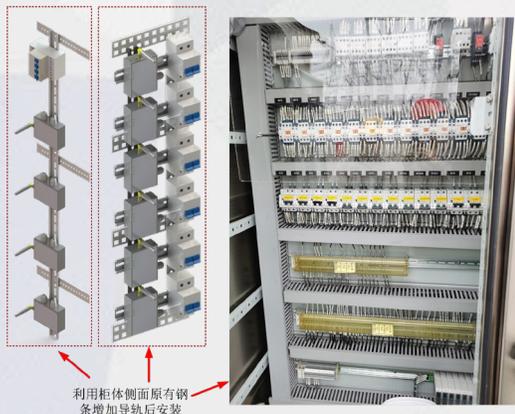
- 1、\*\*型GIS隔离开关的机械寿命能满足5000次分合闸要求;
- 2、功率测试能准确表征GIS隔离开关的机械状态;
- 3、随着分合闸次数的增加,触头啮合过程逐渐变得顺畅。



**1、现场勘察：**编制DMSM终端与GIS隔离开关对应的安装信息表，获取一次、二次图纸。



**2、方案设计：**根据现场勘察情况设计DMSM安装方案，定制DMSM终端安装组件。



**3、系统模拟测试：**根据终端安装信息表，搭建与变电站场景——对应的DMSM系统，完成功能和稳定性测试



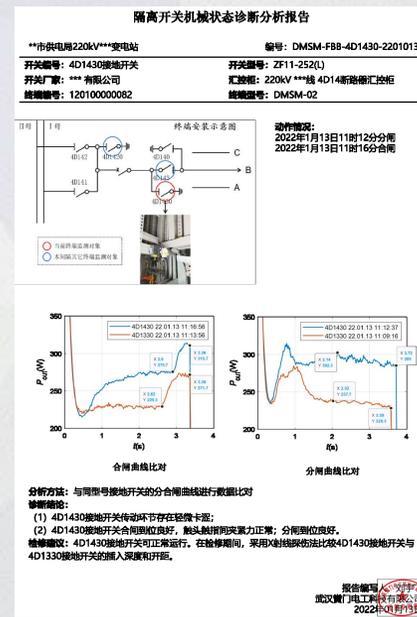
**4、现场安装：**与汇控柜结构兼容



**5、系统测试：**测试DMSM终端的数据采集与通信性能，测试DMSM数据服务器的数据接收、显示与分析



**6、数据服务：**DMSM系统在线侦听隔离开关的每一次分合闸动作，准确判断分合闸状态及缺陷状态





# 4

# 数据服务

09:36:06 2023-06-09 星期五

## 隔离开关机械状态监测与缺陷诊断系统

黄门电工数据中心

监测时间: 159天 | 监测隔刀数量: 776台 | 缺陷次数: 0次

修改终端号 终端安装布置图 导入 轮询

请输入过滤查找

- 黄门电工数据中心
  - 黄门电工隔离开关
    - GW7
    - GW23
    - ZF11-126
  - 220kV 馈云变
    - 27913
    - 279120
    - 279130
    - 27923
    - 279220
    - 279230
    - 27843
    - 278420
    - 278430
    - 27873
    - 278720
    - 278730
    - 28123
    - 281220
    - 281230
    - 28113
    - 281120
    - 281130
    - 28013
    - 280120
    - 280130
    - 28023

动作时间: 2023-06-01 00:00:00 → 2023-07-01 00:00:00 查询

间隔	开关编号	动作时间	分合状态	终端状态	隔刀状态	功率曲线	数据报告
黄门电工隔离开关	GW23	2023-06-06 09:43:55		●		<input type="checkbox"/>	📄
黄门电工隔离开关	GW23	2023-06-06 09:44:10		●		<input type="checkbox"/>	📄
黄门电工隔离开关	GW23	2023-06-06 09:45:10		●		<input type="checkbox"/>	📄
黄门电工隔离开关	GW23	2023-06-06 09:48:24		●		<input type="checkbox"/>	📄
黄门电工隔离开关	GW7	2023-06-06 09:28:49		●		<input type="checkbox"/>	📄
黄门电工隔离开关	GW7	2023-06-06 09:35:45		●		<input type="checkbox"/>	📄
黄门电工隔离开关	GW7	2023-06-06 09:36:42		●		<input type="checkbox"/>	📄
黄门电工隔离开关	GW7	2023-06-06 09:36:55		●		<input type="checkbox"/>	📄

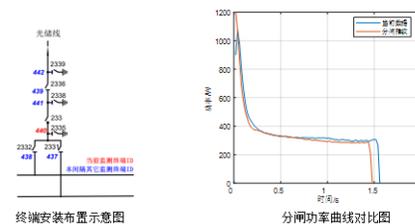
机械状态: ● 正常 ● 一般缺陷 ● 严重缺陷 ● 故障 绘制功率曲线

端口号: COM8 通信状态: 打开串口 (COM8)成功

激活 Windows 转到“设置”以激活 Windows. 技术支持电话: 400 027 1986

### GIS 隔离开关机械缺陷诊断报告

隔刀详情			
变电站名称	220kV 熊家嘴变	报告文件名	171000000111_230601_072304_ZD
汇控箱名称	220kV 南院线熊227断路器控制柜	隔刀编号	2275
汇控箱编号	227	隔刀类型	接地开关
隔刀型号	ZF16-252	电机用途	驱动电机
隔刀厂家	山东泰开高压开关有限公司	电机型式	单相电机
始用年份	2010	操作方式	机械联动
终端ID	171000000111	动作时间	23.06.01-07:23:04
终端安装日期	2023-01-11	分合状态	分



### 诊断结论

分合闸状态	FHZZ	弹簧缺陷程度	TQX
机械状态	JXZZ	安全开距比	DFKJB
缺陷形式	QXXS	合闸超程比	DHCCB
分闸缺陷状态	FQXS	合闸缺陷状态	HQXS
分闸触头抽离卡涩程度	FQXCL	合闸传动卡涩程度	HQXCD
分闸传动卡涩程度	FQXCD	合闸触头啮合卡涩程度	HQXNH
分闸全程卡涩程度	FQXQC	合闸全程卡涩程度	HQXQC

## 数据服务的五个层面:

单次动作诊断报告

阶段性报告

针对性报告

论文研究成果

进阶提升

## 220kV\*\*变 27291#隔离开关机械状态诊断分析报告

### 1 27291#隔离开关分合闸动作情况

27291#隔离开关（双工位）为三相机械联动机构，驱动电机电源为 AC 220V。DMSM 系统运行以来，12060000001#终端侦测到 27291#隔离开关分别于 4 月 15 日、18 日及 21 日分/合闸动作共 8 次，DMSM 系统前置服务器按照动作时间顺序绘制 27291#隔离开关分合闸过程中的电机功率曲线，如图 1 所示：

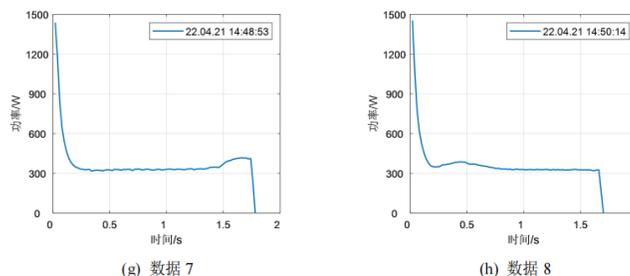
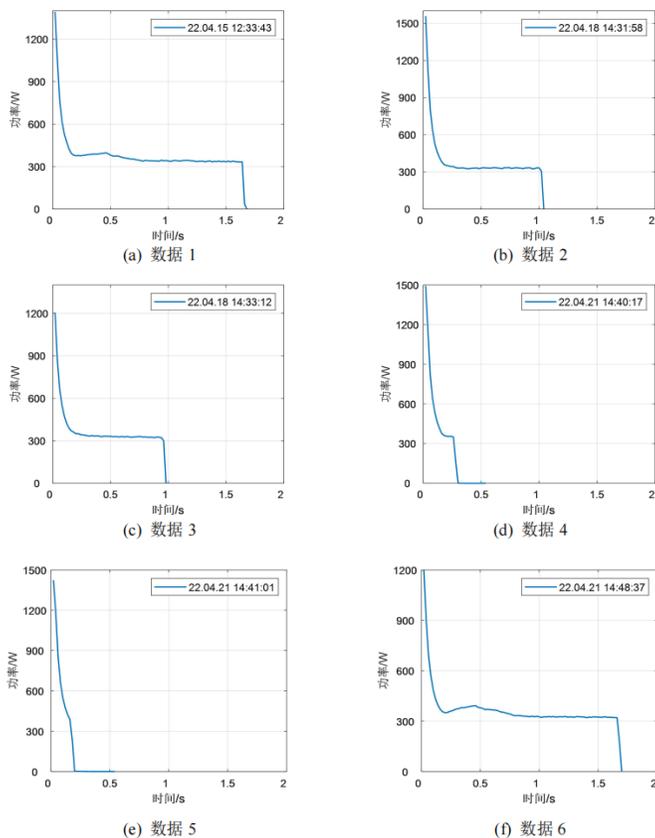


图 1 27291#隔离开关分合闸功率曲线图

### 2 27291#隔离开关机械状态监测数据分析

根据图 2 按动作时间顺序，对 27291#隔离开关的机械状态进行分析：

(1) 数据 1 为 4 月 15 日的分闸功率曲线，分闸时间为 **1.64s**，曲线整体变化趋势与同型号隔离开关分闸曲线相似，判断本次分闸操作所反映出的机械状态正常。

(2) 数据 2 与数据 3 为 4 月 18 日的合闸功率曲线，合闸时间分别为 **1.02s** 与 **0.96s**，与数据 1 及同型号的正常合闸时间（1.6s 左右）相比，缩短了近 37.5%，但功率值与数据 1 基本一致，可以排除机构卡涩或传动机构松脱等情况。导致这种现象的原因可能有两种：

- A：在操动机构触发限位开关之前，电机电源非正常断开；
- B：限位开关误触发。

公司运维检修人员收到 DMSM 系统的告警信息后，通知 27291#隔离开关厂家人员对 27291#隔离开关进行 3 次分/合闸操作，对上述两种故障进行验证性试验。

(3) 27291#隔离开关厂家人员在收到通知后，于 4 月 21 日对 27291#隔离开关进行了 1 次分合闸操作，数据 4 与数据 5 为 DMSM 系统侦测到的功率曲线。分/合闸时间分别为 **0.28s** 与 **0.18s**，相比于 4 月 18 号的数据，分/合闸时间进一步大幅下降。所反映出的现象是：电机启动完成刚开始带动传动机构时，电机电源断开。

27291#隔离开关的分合闸动作时间从 15 日的 1.64s，下降到 18 日的 1.02s 与 0.96s，进一步下降到 21 日的 0.28s 与 0.18s，可以明显看出，电机电源回路的保持时间呈快速递减趋势，鉴于误触发具有一定的随机性，故限位开关误触发的可能性不大。

(4) 27291#隔离开关厂家人员于 4 月 21 日下午 14 点 41 分完成第一次分合闸操作后，对其电机回路进行了检修后，再次对 27291#隔离开关进行分合闸操作，DMSM 系统侦测到 3 组数据，分别为数据 6、数据 7、数据 8，数据 6、8 为分闸数据，数据 7 为合闸数据。分合闸时间分别为 **1.68s**、**1.76s**、**1.68s**，功率曲线整体变化趋势与同型号隔

离开关分合闸曲线相似，判断该 3 次分合闸操作所反映出的隔离开关机械状态恢复正常。

### 3 27291#隔离开关监测数据异常变化现象分析

根据 4 月 15 日至 21 日 DMSM 系统侦测到的数据异常现象，对 27291#隔离开关可能存在的故障做进一步的机理分析与推断：**操动机构的电机电源回路存在电接触不良状态**，分析如下：

27291#隔离开关的分合闸动作时间从 15 日的 1.64s，下降到 18 日的 1.02s 与 0.96s，进一步下降到 21 日的 0.28s 与 0.18s，每次操作后电机回路的保持时间快速下降，与“电接触不良”的劣化机理吻合。

电机回路有很多电接触点。如果某接触点未紧固或受潮，会导致该接触点的接触电阻变大，设为  $R_0$ （4 月 15 日）。

异步电机的起动电流  $I$  很大（为额定值的 2-4 倍），在该接触点注入的能量为  $P R_0 t$ ，使该接触点产生高温  $T_0$ （随时间  $t$  不断上升），该高温  $T_0$  会进一步使接触点氧化并导致断开（4 月 18 日，电机回路保持时间下降到 1s 左右），断开后接触点温度下降，但其接触电阻增大到了  $R_1$ （4 月 18 日）。

电机再次启动后，在该接触点注入的能量变为  $P R_1 t$ ，使该接触点产生更高的温度  $T_1$ （随时间  $t$  不断上升），该高温  $T_1$  会进一步使接触点氧化并导致断开（4 月 21 日，电机回路保持时间下降到 0.2s 左右），断开后接触点温度下降，但其接触电阻增大到了  $R_2$ （4 月 21 日）。

如果进一步重复上述过程，会导致该接触点不断劣化，最终导致完全断开，电机不能启动。

**值得注意的是：电接触不良是一个不可逆的劣化过程，需人为干预才能恢复正常。**如果不及时解决，将导致电气回路不能执行正常功能，会引发开关拒动、分合闸不到位等严重故障。

### 4 建议

(1) 加强对隔离开关操动机构二次回路的巡视检查工作，尤其关注继电器线圈/触点、电线接头、紧固螺丝等有可能存在电接触不良的部位，及时清理、更换、修复，预防开关拒动、分合闸不到位等事故发生。

(2) 对 DMSM 系统监测到的信息引起高度重视，严格按照验证试验要求执行，理清问题本质，以利于及时消缺。

## 110kV 黄龙变 1101#隔离开关机械状态监测数据分析报告

### 1. 测试情况

公司于2022年7月28日在110kV黄龙变110分段间隔检修期间安装隔离开关机械状态在线监测系统终端，侦测到4组1101#隔离开关分合闸数据，具体动作时间及分合属性见表1。

表1 动作次序表

序号	动作时间	分合属性
1	2022.07.28 15:55:30	分
2	2022.07.28 16:00:03	合
3	2022.07.28 16:01:16	分
4	2022.07.28 16:08:52	合

DMSM系统前置服务器按照动作时间顺序绘制1101#隔离开关分合闸过程中的电机功率曲线，如图1所示：

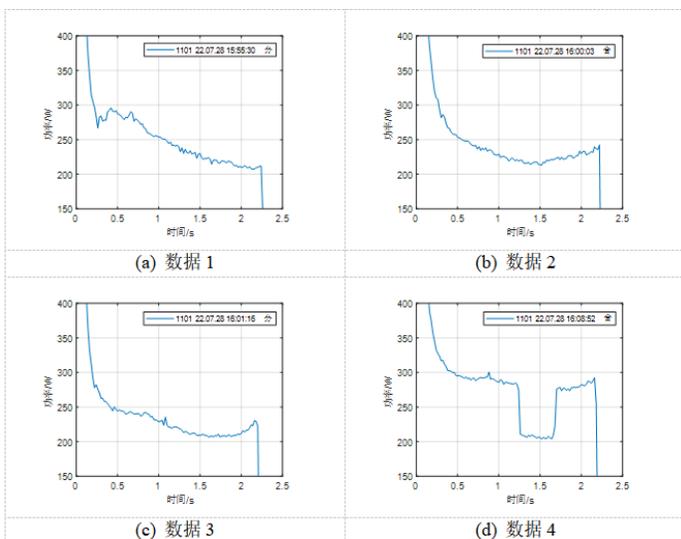


图1 1101#隔离开关分合闸功率曲线图

### 2. 数据分析

根据图1按动作时间顺序，对1101#隔离开关的机械状态进行分析：

(1) 数据1和数据3为1101#隔离开关的分闸功率曲线，数据1在0.26s-0.86s时间范围内，即分闸波峰处的平均功率比数据3同时时间范围内的平均功率高33.51W，曲线对比见图2(a)。

(2) 数据2和数据4为1101#隔离开关的合闸功率曲线，数据4在0.3s-1.22s时间范围内的平均功率为293.17W，比数据2同时时间范围内的平均功率高51.06W，在1.22s后功率急剧下降至210W左右，一直持续到1.7s，功率回升至异常的高功率值，曲线对比见图2(b)。

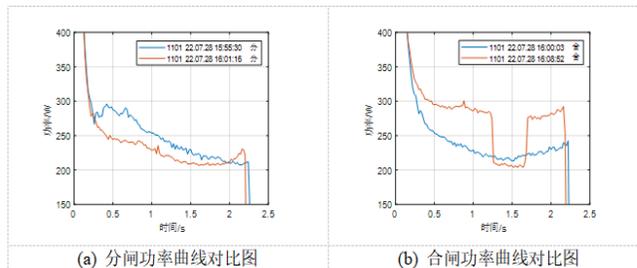


图2 1101#隔离开关分合闸功率曲线对比图

根据以上分析以及现场实际勘察结果，判断1101#隔离开关传动机构连杆处法兰盘锈蚀、锈蚀处铁屑脱落等导致其在分合闸过程中存在卡涩情况，因此出现了数据1的异常波峰以及数据4的异常波动。法兰盘锈蚀图见图3。



图3 1101#隔离开关法兰盘锈蚀图

### 3. 建议

- 更换法兰盘，加强日常巡视检查工作，及时清理、修复、更换锈蚀卡涩部件；
- 新装法兰盘后，分合1101#隔离开关3次，每次间隔3分钟，用隔离开关机械状态在线监测系统终端侦测分合闸数据，确保新法兰盘安装到位。

## GIS 隔离开关机械缺陷诊断报告

变电站名称：220kV 富邦变电站	隔离/接地开关编号：4D133
隔离/接地开关型号：ZF11-252(L)	隔离/接地开关厂家：河南平高电气
汇控柜名称：220kV 龙富 4D13 线 4D13 断路器汇控柜	DMSM 终端编号：12010000077

### 行程曲线：

2022 年 9 月 9 日，DMSM 系统采集到 4D133 隔离开关 6 组动作数据，绘制功率曲线图如图 1 所示：

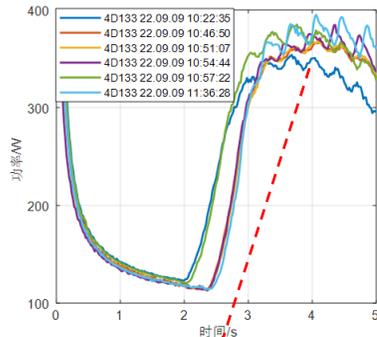


图 1 4D133 隔离开关检测曲线

### 曲线分析：

4D133 隔离开关连续 6 次动作的功率曲线，在 3~5s 弹簧压缩储能的过程中，其功率幅值呈现逐渐增大的趋势，且曲线波动逐渐增大，判断 4D133 隔离开关弹簧传动机构可能存在轻微锈蚀卡涩。

### 建议：

4D133 隔离开关弹簧传动机构可能存在轻微卡涩，建议在运维或检修过程中加强对 4D133 隔离开关的关注。

## GIS 隔离开关机械缺陷诊断报告

变电站名称：220kV 富邦变电站	隔离/接地开关编号：270230
隔离/接地开关型号：ZF11-252(L)	隔离/接地开关厂家：河南平高电气
汇控柜名称：220kV2 号主变 2702 断路器汇控柜	DMSM 终端编号：12010000090

### 行程曲线：

2022 年 9 月 9 日，DMSM 系统采集到 270230 接地开关 3 组动作数据，绘制功率曲线对比图如图 1 所示：

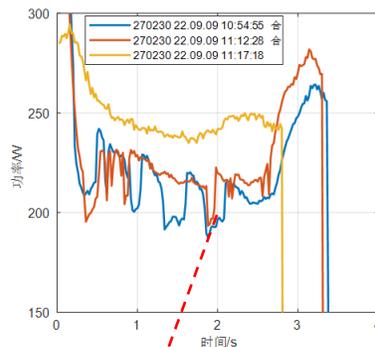


图 1 270230 接地开关检测曲线对比图

### 曲线分析：

270230 接地开关的合闸过程中，动触头向静触头进行平移运动的平动阶段，曲线上下异常波动明显，可能是传动机构卡涩导致。

### 建议：

270230 接地开关可能存在卡涩缺陷，建议在运维或检修过程中加强对 270230 接地开关的关注。

## GIS 隔离开关机械缺陷诊断报告

变电站名称：220kV 紫云变电站	隔离/接地开关编号：27873
隔离/接地开关型号：ZF16-252	隔离/接地开关厂家：山东泰开高压开关
汇控柜名称：220kV 锦紫 2787 线 2787 断路器汇控柜	DMSM 终端编号：12010000045

### 行程曲线：

2022 年 6 月 13 日采集到 27873 隔离开关 1 组动作数据，结合同间隔 278720、278730 动作曲线，判断 27873 隔离开关本次动作数据为分闸数据，绘制曲线图如图 (a) 所示；结合其他间隔同位置隔离开关分闸动作数据，绘制曲线对比图如图 (b) 所示。

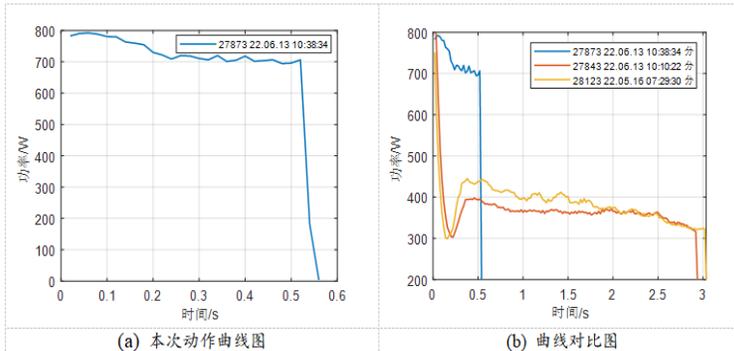


图 1 27873 隔离开关本次动作曲线图及曲线对比图

### 曲线分析：

12010000045 (终端 ID) 于 2022 年 6 月 13 日 10:38 采集到 27873 隔离开关动作数据，相比于其它间隔同位置隔离开关动作数据，27873 隔离开关本次动作数据与其他台次隔离开关存在较大差异：①运动时间较短，仅为 0.52s；②曲线缺失触头抽离触指阶段的波峰。

**综合判断 27873 隔离开关可能存在分闸不到位缺陷。**

### 建议：

结合上述检测数据，需业主方协助进行下述步骤，进一步核实检测结果：

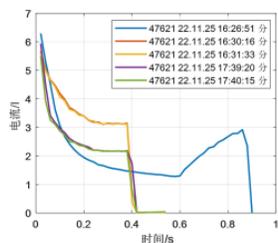
(1) 请核实 27873 隔离开关分合闸指示牌，确认 27873 隔离开关当前分合闸状态与理论上的分闸状态是否对应，若对应，执行步骤 2；

(2) 请对 27873 隔离开关进行 3 次分合闸操作，操作时间间隔 3 分钟以上。

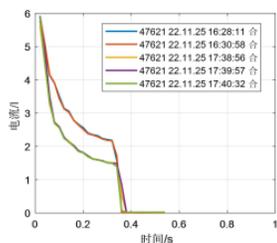
## 500kV 怀洪变 47621#隔离开关机械状态监测分析报告

2022年11月25日在500kV怀洪变220kV侧47621#隔离开关检修期间,隔离开关机械状态在线监测系统厂家人员在47621#隔离开关的电机回路处安装隔离开关机械状态在线监测系统终端,采集隔离开关分合闸时的电机电流,通过电机电流曲线来判断47621#隔离开关的机械状态。

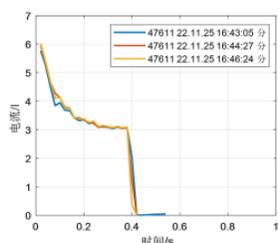
现场共采集到47621#隔离开关10组分闸数据、10组合闸数据,绘制其中分、合闸各5组电流曲线图如图1(a)、(b)所示;为进一步验证47621#隔离开关曲线是否正常,将相同间隔的47611#隔离开关分、合闸各三次,采集分、合闸时的电机电流数据,绘制电流曲线图如图1(c)、(d)所示。从隔离开关机械状态在线监测系统数据库中查找到与47621#、47611#隔离开关同型号、同厂家、同生产年份的隔离开关分、合闸电机电流数据,绘制电流曲线图如图1(e)、(f)所示。



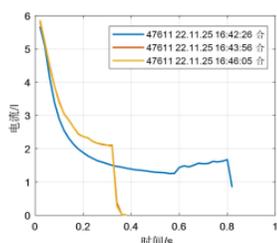
(a) 47621#分闸曲线对比图



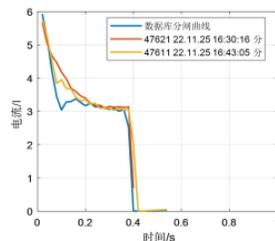
(b) 47621#合闸曲线对比图



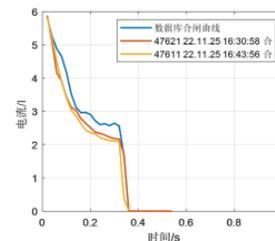
(c) 47611#分闸曲线对比图



(d) 47611#合闸曲线对比图



(e) 数据库分闸曲线对比图



(f) 数据库合闸曲线对比图

图1 隔离开关分合闸曲线对比图

从图1(a)、(d)中可以看出,47621#隔离开关在16时26分51秒第一次动作,其分闸曲线动作时间超过0.8s,47611#隔离开关在16时42分26秒第一次动作,其合闸曲线动作时间超过0.8s,两台隔离开关自第一次动作后的后续动作曲线的分、合闸时间均在0.4s左右。因此初步判定47621#隔离开关在第一次分闸过程中,机构中部件存在由松到紧的过程,电机在0.6s之前是空转,因此电流值较低,0.6s后带负载,因此电流值逐渐增大。

从图1(c)、(d)、(e)、(f)中可以看出,该型号隔离开关在正常分闸时,动作时间在0.4s左右,在正常合闸时,动作时间在0.35s左右。因此,从动作时间上看,47621#隔离开关自第一次分闸后的后续动作时间恢复正常。

从图1(a)、(b)中可以看出,47621#隔离开关分、合闸曲线对比图中各有两组曲线存在较高的电流值,初步判断可能是传动机构卡涩导致,分、合闸两次之后,机构顺滑,后续动作曲线的电流值恢复正常。

现场勘察过程中,发现传动机构确实存在卡涩情况,如下图2所示:



图2 传动机构卡涩图片

结论:

(1) 47621#隔离开关第一次动作时间0.8s,电机从空转到0.6s时带负载,原因是机构中部件存在由松到紧的过程,请厂家结合机构结构进一步核实;

(2) 47621#隔离开关后续分合闸机械状态恢复正常。

## 220kV 民生变电站隔离开关机械状态分析报告

### 1 DMSM 系统安装情况概述

民生站 110kV 侧为山东泰开高压开关有限公司 2010 年出厂设备, 型号为 ZF10-126。于 2023 年 5 月 6-8 日完成隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM) 的安装工作。共在 15 个间隔安装了 94 台监测终端, 监测该站 110kV 侧 18 台隔离开关、6 台接地开关、56 台三工位隔离开关、14 台快速接地开关, 安装的隔离/接地开关信息与监测终端 ID 编号如图 1 所示。

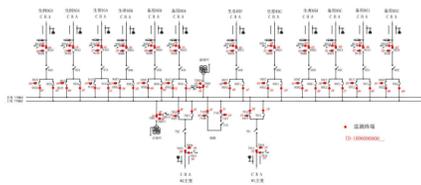


图 1 民生站监测终端布置示意图

监测终端安装在每个间隔的汇控柜内, 如图 2 (a) 所示, 采集隔离/接地开关分合闸过程中的电机功率, 数据通过 LORA 无线传输的方式传输到安装在站内的数据服务器, 如图 2 (b) 所示。



(a) 监测终端



(b) 数据服务器

图 2 DMSM 系统架构

### 2 监测数据分析

2023 年 5 月 7 日-5 月 21 日, DMSM 系统共侦听到 300 余台次隔离/接地开关分合闸数据, 经分析, 以下隔离/接地开关可能存在缺陷:

#### 2.1 91A3#、7023#、95A3#、95A8#隔离/接地开关存在卡涩缺陷

91A3#、7023#、95A3#、95A8#隔离/接地开关的分合闸功率曲线与该站同型号、同位置隔离/接地开关正常的分合闸功率曲线对比图如图 3 所示。

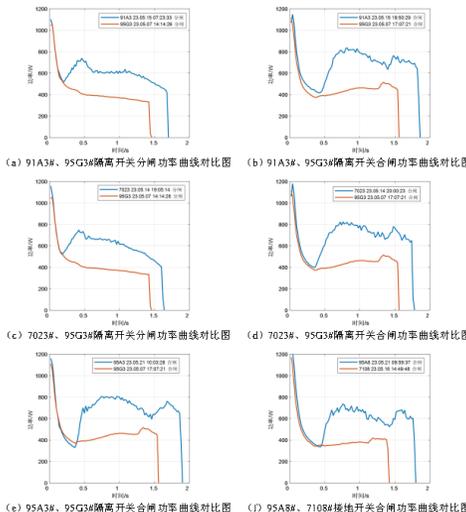


图 3 分合闸功率曲线对比图

以图 3 (a)、(b) 为例, 从中提取不同隔离开关分合闸曲线的特征, 如表 1 所示:

表 1 不同隔离开关分合闸曲线特征

隔离开关编号	分闸时间 (s)	合闸时间 (s)	分闸波峰 (W)	合闸波峰 (W)
91A3	1.7	1.86	737.9	763
95G3	1.46	1.56	449.3	514.9

由图 3 (a)、(b) 及表 1 的特征值可知: 91A3# 隔离开关在分合闸过程中动触头平动阶段以及动静触头的抽离阶段、啮合阶段功率值均高于 95G3# 隔离开关正常的分合闸功率值, 而 91A3# 隔离开关的分合闸功率曲线存在明显波峰。因此, 91A3# 隔离开关分合闸状态正常, 但其换动/传动机构可能存在卡涩缺陷, 结合该站近期在对隔离开关进行机构更换及清理工作, 建议对 91A3# 隔离开关进行多次分合闸操作, 磨合机构。

由图 3 (c)、(d)、(e)、(f), 同样存在换动/传动机构卡涩缺陷的还有 7023#、95A3#、95A8# 隔离/接地开关, 其分合闸状态正常, 但是分合闸的功率曲线存在明显高功率值, 建议对其进行多次分合闸操作, 磨合机构。

#### 2.2 95A1# 隔离开关存在分闸开距不足缺陷

95A1# 隔离开关的合闸功率曲线与该站同型号、同位置的隔离开关合闸功率曲线对比图如图 4 所示。

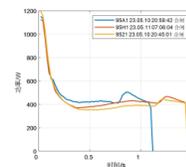


图 4 95A1#、95H1、95Z1# 隔离开关合闸功率曲线对比图

从图 4 中提取不同隔离开关分合闸功率曲线的特征, 如表 2 所示:

表 2 不同隔离开关分合闸功率曲线特征

隔离开关编号	啮合点 (s)	啮合时间 (s)	合闸时间 (s)
95A1	0.78	0.3	1.12
95H1	1.18	0.3	1.48
95Z1	1.14	0.34	1.48

由图 4 及表 2 的特征值可知: 在 95A1# 隔离开关合闸过程中动触头的平动阶段,

95A1# 隔离开关仅用时 0.78s, 小于正常用时 1.1s, 因此, 95A1# 隔离开关的上一次分闸操作可能存在分闸开距不足缺陷, 但该异常数据也可能是停电检修期间, 隔离开关从中间位置开始合闸导致。在 95A1# 隔离开关合闸过程中动触头的啮合阶段, 95A1#、95H1、95Z1# 三台隔离开关的啮合时间基本一致, 因此, 三台隔离开关目前均已合闸到位。由于 DMSM 系统仅收到 95A1# 隔离开关 1 组合闸数据, 因此, 建议现场运维人员对 95A1# 隔离开关保持密切关注, 条件允许的情况下, 对 95A1# 隔离开关进行多次分合闸操作, 及时利用 DMSM 系统对采集到的数据进行对比分析。

经现场 X 射线印证, 95A1# 隔离开关确实存在合闸插入深度不足的缺陷, X 射线印证如图 5 所示:



图 5 X 射线印证

### 3 总结

- (1) 91A3#、7023#、95A3#、95A8# 隔离/接地开关的换动/传动机构存在卡涩缺陷, 但不影响其正常分合闸操作, 建议对此四台隔离/接地开关进行多次分合闸操作, 磨合机构;
- (2) 95A1# 隔离开关存在分闸开距不足缺陷, 建议现场运维在对 95A1# 隔离开关进行分合闸操作时, 密切关注其分合闸状态;
- (3) 其它已安装 DMSM 监测终端的隔离/接地开关无明显缺陷, 机械状态正常。

### 应用证明

产品使用单位	国网安徽省电力有限公司淮北供电公司
应用地址	220kV 开集变电站
产品生产单位	武汉赛门电子科技有限公司
产品名称及型号	隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM)
应用数量	64套
用户评价:	
开集 220kV 变电站 220kV 侧于 2021 年 11 月完成由武汉赛门电子科技有限公司生产的 30 套隔离开关机械状态在线监测系统终端的安装, 110kV 侧于 2022 年 7 月完成 34 套隔离开关机械状态在线监测系统终端的安装。	
2022 年 4 月 18 日, 在开集变电站检修期间, 该厂家提供的针对 27291# 隔离开关二次回路接触不良的诊断报告, 符合实际情况, 运维人员根据诊断结论及时将存在的安全隐患进行了消除。	
隔离开关机械状态在线监测系统的安装应用为隔离开关分合闸过程中的机械状态判断提供了辅助判断, 及时有效的数据服务显著提升了隔离开关的运维检修效率。	
国网安徽省电力有限公司淮北供电公司 2022. 11	

### 应用证明

产品名称:	隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM)
厂家名称:	武汉赛门电子科技有限公司
产品型号:	DMSM-G2
应用时间:	2023. 5. 8
应用电压:	220kV 民生变电站
应用数量:	94 套

评价:

2023 年 5 月 7 日-5 月 21 日 (220kV 民生变电站投产前), DMSM 系统共检测到 500 余台次隔离/接地开关分合闸功率数据, 诊断结论为: 在所监测的 94 台隔离/接地开关中, 89 台隔离/接地开关机械状态正常, 其余 5 台存在机械缺陷: 91A3#、7023#、95A1#、95A8#隔离/接地开关的合闸功率与隔离/接地开关的 1.5 倍左右, 触头功率接近 800W, 而该 4 台隔离/接地开关均存在严重缺陷: 95A1#隔离/接地开关的行程时间小于行程标准偏差 0.36s, 表明该隔离/接地开关合闸速度不在正常的分闸后, 建议再次对 95A1#隔离/接地开关进行分合闸操作, 并使用 X 射线复检。

图 1 91A3#、7023#、95A1#、95A8#开关功率曲线对比图

图 2 95A1#、9211#、9211#分闸功率曲线对比图

通过变电站运维的数据分析诊断, DMSM 系统对本站隔离/接地开关的机械状态做了量化评价, 指导运维检修人员及时发现存在安全隐患的隔离/接地开关进行复检, 减少了变电站的安全隐患, 最终确保安全运维, 在城郊地区实现无人值守、远程、巡检、检修闭环, DMSM 系统还将继续助力现场高效运维。

国网江苏省电力有限公司南通供电公司  
2023 年 6 月

### 应用证明

产品名称:	隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM)
厂家名称:	武汉赛门电子科技有限公司
产品型号:	DMSM-01
应用时间:	2023. 5. 24
应用电压:	220kV 右庄变电站
应用数量:	31 套

评价:

2023 年 5 月 20 日-5 月 29 日 (220kV 右庄变电站投产前), DMSM 系统共检测到 150 余台次的隔离/接地开关分合闸功率数据, 诊断结论为: 所监测的 31 台隔离/接地开关中, 27 台隔离/接地开关机械状态正常, 其余 4 台存在缺陷: 4253#、4223#隔离/接地开关配合闸功率存在异常波动, 4392#隔离/接地开关在合闸过程中存在异常波动, 7563#隔离/接地开关行程时间存在异常波动, 部分功率曲线对比图如下所示:

图 1 4223#、4223#、7563#、7013#分闸功率曲线对比图

图 2 4392#、7013#分闸功率曲线对比图

经现场运维检修人员核查, 诊断结论与实际相符, 运维人员结合 DMSM 系统的诊断结论对存在缺陷的 4 台隔离/接地开关进行了详细检查, 后续对 4223#、4392#功率曲线异常, 表明隔离/接地开关机械状态正常, DMSM 系统为现场运维提供了有效的技术手段, 提高了现场的运维检修效率。

国网江苏省电力有限公司南通供电公司  
2023 年 6 月 12 日

### 应用证明

2023 年 6 月, 220kV 开集变电站安装了武汉赛门电子科技有限公司研制的隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM), 对该站 220kV 侧和 110kV 侧的共 17 个间隔 66 台隔离/接地开关机械状态进行监测。

2023 年 7 月 26 日, DMSM 系统检测到 110kV 侧 1246#隔离/接地开关分合闸数据, 其中 1246#接地开关 7 月 26 日动作两次, 其动作功率曲线如图 1 所示。

图 1 (a) 1246#接地开关动作功率曲线图

图 1 (b) 1246#接地开关动作功率曲线图

诊断结论: 1246#接地开关的动作功率曲线均符合开关机构接地开关动作时的基本变化趋势, 判断为正常动作且弹跳状态正常, 1241#隔离/接地开关、1246#隔离/接地开关的动作功率曲线均符合隔离/接地开关动作时的基本变化趋势, 判断为正常动作且弹跳状态正常。

隔离开关机械状态在线监测系统的安装应用为隔离开关分合闸过程中的机械状态判断提供了辅助判断, 及时有效的数据服务显著提升了隔离开关的运维检修效率。

国网安徽省电力有限公司淮北供电公司  
2023 年 11 月

### 应用证明

成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	广西电网有限责任公司北海供电公司		
通讯地址	广西北海市海城区北海路27号		
应用成果起止时间	2017年8月至2017年11月		
经济效益 (万元)			
年度	2017		
新增产值 (产量)			
新增利税 (纯收入)			
年增收节支总额	18		

应用情况及社会效益:

“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目所研制的隔离开关机械故障智能诊断装置, 在广西电网的 220kV 海安变电站进行现场应用, 检测效果良好。

针对 220kV 电压等级的隔离开关设备进行了现场培训、测试和指导, 对测试结果进行对比分析, 测试结果显示相关隔离开关均无异常, 通过实践表明, 该隔离开关机械故障智能诊断装置能够有效有效地反映隔离开关多种机械故障, 为高压隔离开关的状态检修提供了依据。

国网广西壮族自治区北海供电公司  
2018年10月

### 应用证明

2023 年 2 月, 110kV 光伏变电站安装了武汉赛门电子科技有限公司研制的隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM), 对该站 110kV 侧的 6 个间隔 12 台三位隔离/接地开关进行机械状态在线监测 (图 1)。

2023 年 5 月 10 日, DMSM 监测到 1123A/11230A#三位隔离/接地开关的驱动电机合闸功率曲线, 与该站同型号、同位置三位隔离/接地开关的合闸功率曲线相比 (图 2), 1123A/11230A#三位隔离/接地开关的行程时间较短, 存在行程偏小缺陷, 建议运维人员跟踪关注, 观察是否存在超行程进一步减小的现象, 避免合闸不到位故障风险。

图 1 典型行程示意图

图 2 合闸功率曲线对比图

DMSM 通过监测分析隔离开关分合闸过程的驱动电机功率曲线, 及时诊断出 1123A/11230A#三位隔离/接地开关的行程减小缺陷, 提升了 GIS 隔离/接地开关的精细化运维水平。

国网江苏省电力有限公司南通供电公司  
2023 年 5 月 28 日

### 应用证明

2023 年 1 月, 220kV 熊家湾变电站安装了武汉赛门电子科技有限公司研制的隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM), 对该站 220kV 侧的 9 个间隔 46 台隔离/接地开关进行机械状态在线监测。

2023 年 4 月 26 日, DMSM 系统检测到 226#隔离/接地开关和 224#隔离/接地开关的分闸功率曲线 (图 1) 与合闸功率曲线 (图 2)。

图 1 226#、224#隔离/接地开关分闸功率曲线对比图

图 2 226#、224#隔离/接地开关合闸功率曲线对比图

DMSM 对 226#隔离/接地开关的诊断结论为: 226#隔离/接地开关分闸位置正常, 但存在较为严重的卡涩缺陷, 具体表现为: 226#隔离/接地开关分闸过程中, 合闸头抽离阶段和平动阶段, 功率明显增大 (比同型号 224#隔离/接地开关的功率大 50%以上), 分闸时间较长 (比同型号 224#隔离/接地开关的时间长 0.4s), 建议及时安排检修, 预防分闸不到位事故发生。

DMSM 系统对本站隔离/接地开关的机械状态进行数字化评价, 指导运维检修人员及时发现存在安全隐患的隔离/接地开关进行复检, 减少了变电站检修时的安全隐患。

国网湖北省电力有限公司宜昌供电公司  
2023 年 6 月 12 日

### 应用证明

2023 年 5 月 20 日, 220kV 右庄变电站安装了武汉赛门电子科技有限公司研制的隔离开关机械状态在线监测系统 (DMSM), 对该站 220kV 侧的 31 台隔离/接地开关进行机械状态在线监测。

2023 年 5 月 20 日-5 月 29 日 (220kV 右庄变电站投产前), DMSM 系统共检测到 150 余台次的隔离/接地开关分合闸功率数据, 诊断结论为: 所监测的 31 台隔离/接地开关中, 27 台隔离/接地开关机械状态正常, 其余 4 台存在缺陷: 4253#、4223#隔离/接地开关配合闸功率存在异常波动, 4392#隔离/接地开关在合闸过程中存在异常波动, 7563#隔离/接地开关行程时间存在异常波动, 部分功率曲线对比图如下所示:

图 1 4223#、4223#、7563#、7013#分闸功率曲线对比图

图 2 4392#、7013#分闸功率曲线对比图

经现场运维检修人员核查, 诊断结论与实际相符, 运维人员结合 DMSM 系统的诊断结论对存在缺陷的 4 台隔离/接地开关进行了详细检查, 后续对 4223#、4392#功率曲线异常, 表明隔离/接地开关机械状态正常, DMSM 系统为现场运维提供了有效的技术手段, 提高了现场的运维检修效率。

国网江苏省电力有限公司南通供电公司  
2023 年 6 月 12 日

### 应用证明

2022 年 7 月 28 日, 在 110kV 开集变电站 110 号间隔检修期间, 会友公司武汉“电力”技术专家团队研制的隔离开关机械状态多元感知关键技术研究及应用, 在广西电网的 220kV 海安变电站进行现场应用, 检测效果良好。

针对 110kV 和 220kV 电压等级的隔离开关设备进行了现场培训、测试和指导, 对测试结果进行对比分析, 测试结果显示相关隔离开关均无异常, 通过实践表明, 该隔离开关机械故障智能诊断装置能够有效有效地反映隔离开关多种机械故障, 为高压隔离开关的状态检修提供了依据。

国网广西壮族自治区北海供电公司  
2018年10月

# 应用证明



武汉大学电气与自动化学院  
School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University

应用证明			
成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	国网孝感供电公司检修分公司		
通讯地址	湖北省孝感市孝南区城站路96号		
应用成果起止时间	2017年1月至今		
经济效益(万元)			
年度			
新增产值(产量)			
新增利税(纯收入)			
年增收节支总额			
应用情况及社会效益:			
<p>“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目所研制的隔离开关机械故障智能诊断装置,在孝感供电公司所属的110kV东桥变电站进行现场应用,检测效果良好。</p> <p>该装置在不破坏改变隔离开关原有结构的基础上,利用非侵入式操作力矩与转角离线检测技术或操作机构机电输出功率与转角在线监测技术,实现了隔离开关机械状态的定量检测。通过实践表明,该隔离开关机械故障智能诊断装置能够客观有效地反映隔离开关状态,为高压隔离开关的故障检修提供依据。</p>			
 (纸面不敷,可另增页)			

应用证明	
成果名称	隔离开关机械缺陷诊断系统
应用单位	贵州送变电有限责任公司
应用情况及社会效益:	
<p>“隔离开关机械缺陷诊断系统”检测装置,在贵州送变电有限责任公司的新建500kV威宁变电站进行现场应用,测量了GW7-3150、GW7-5000、GW16-3150、GW36-4000四种型号的隔离开关,经检测发现,其中一台GW16-3150的隔离开关存在三相不同期的故障。经检测结果显示调试人员后,对该隔离开关进行测试,调试后的检测曲线显示开关处于正常状态。该装置可以有效检测隔离开关运动过程中的操作力矩以及转角变化,并以此为依据有效判断隔离开关的机械状态,实现了隔离开关机械状态的准确判断。</p>	
 (纸面不敷,可另增页)	

应用证明			
成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	云南电网有限责任公司保山供电局		
通讯地址	云南省保山市隆阳区永昌街道办事处永昌路西侧(永昌路412号)		
应用成果起止时间	2015年1月至今		
经济效益(万元)			
年度			
新增产值(产量)			
新增利税(纯收入)			
年增收节支总额			
应用情况及社会效益:			
<p>“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目所研制的隔离开关机械故障智能诊断装置,在保山供电局的220kV腾冲变电站进行现场应用,检测效果良好。</p> <p>通过实践表明,该隔离开关机械故障智能诊断装置能够客观有效地反映隔离开关多种机械故障,为高压隔离开关的状态检修提供了依据。</p>			
 (纸面不敷,可另增页)			

应用证明	
成果名称	隔离开关机械缺陷诊断系统
应用单位	孝感供电公司
应用情况及社会效益:	
<p>“隔离开关机械缺陷诊断系统”检测装置,在孝感供电公司的110kV东桥变电站进行现场应用,测量了GW4-128型号共九组隔离开关,对检测结果进行比较分析,测试结果显示部分隔离开关存在三相不同期或限位开关调试不当缺陷。调试人员调试后,对隔离开关进行复检,结果显示所有开关机械状态良好。</p> <p>该装置在不破坏改变隔离开关原有结构的基础上,利用非侵入式操作力矩与转角离线检测技术,实现了隔离开关机械状态的定量检测。可以准确的量化隔离开关运动过程中的操作力矩以及转角,为每台测量的开关建立相应的机械状态档案,为隔离开关的机械状态判断提供有效的参考依据。</p>	
 (纸面不敷,可另增页)	

应用证明			
项目名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	国网湖北电力有限公司黄石供电公司		
通讯地址	湖北省黄石市黄石大道881号		
应用成果起止时间	2015年1月-2018年9月		
经济效益(万元)			
年度			
新增产值(产量)			
新增利税(纯收入)			
年增收节支总额			
应用情况及社会效益:			
<p>基于“高压开关设备机械故障智能诊断关键技术研究及应用”的子项目“断路器弹簧驱动机构的机械故障诊断研究”所研制的断路器弹簧驱动机构的机械故障诊断装置,在湖北省黄石电局的110kV东桥变电站东桥线108断路器进行现场应用,检测效果良好。</p> <p>通过实践表明,该断路器弹簧驱动机构的机械故障诊断装置能够客观有效地评价高压断路器弹簧的状态,为高压断路器弹簧的状态检修提供了依据。</p>			
 (纸面不敷,可另增页)			

应用证明			
成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	云南电网有限责任公司昆明供电局		
通讯地址	云南省昆明市吴井路88号		
应用成果起止时间	2015年1月至今		
经济效益(万元)			
年度			
新增产值(产量)			
新增利税(纯收入)			
年增收节支总额			
应用情况及社会效益:			
<p>“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目所研制的断路器弹簧机械状态检测装置,在昆明供电局的220kV新村变电站进行现场应用,利用断路器弹簧力值、分合闸速度和储能电机电流综合参数准确诊断断路器弹簧状态,检测效果良好。该装置能够进行断路器驱动机构状态在线监测与带电巡检,实现了断路器弹簧状态的准确判断。</p>			
 (纸面不敷,可另增页)			

应用证明	
成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用
应用单位	云南电网有限责任公司迪庆供电局
通讯地址	云南省迪庆藏族自治州香格里拉市康珠大道24号
应用成果起止时间	2016年1月至今
经济效益(万元)	
年度	
新增产值(产量)	
新增利税(纯收入)	
年增收节支总额	
应用情况及社会效益:	
<p>“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目所研制的隔离开关机械故障智能诊断装置,在迪庆供电局的220kV保马河变电站进行现场应用。该装置在不破坏改变隔离开关原有结构的基础上,利用非侵入式操作力矩与转角离线检测技术或操作机构机电输出功率与转角在线监测技术,实现了隔离开关机械状态的定量检测,可以为高压隔离开关的检修提供依据,检测效果良好。</p>	
 (纸面不敷,可另增页)	

应用证明			
成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	广西电网有限责任公司贵港供电局		
通讯地址	广西贵港市港北区贵港路89号		
应用成果起止时间	2017年8月至2017年11月		
经济效益(万元)			
年度	2017		
新增产值(产量)			
新增利税(纯收入)			
年增收节支总额	18		
应用情况及社会效益:			
<p>“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目所研制的隔离开关机械故障智能诊断装置,在广西电网的220kV太华变电站进行现场应用,检测效果良好。</p> <p>针对220kV电压等级的隔离开关设备进行现场培训、测试和指导,对测试结果进行比较分析,测试结果显示相关隔离开关均无异常。通过实践表明,该隔离开关机械故障智能诊断装置能够客观有效地反映隔离开关多种机械故障,为高压隔离开关的状态检修提供了依据。</p>			
 (纸面不敷,可另增页)			

应用证明			
成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	广东电网有限责任公司东莞供电局变电管理二所		
通讯地址	广东省东莞市东城区东宝路221号		
应用成果起止时间	2015年1月至今		
经济效益(万元)			
年度			
新增产值(产量)			
新增利税(纯收入)			
年增收节支总额			
应用情况及社会效益:			
<p>“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目研制的隔离开关机械故障智能诊断装置,在东莞供电局的松竹培训基地多次进行现场演示与应用。在实际检测中,该隔离开关机械故障智能诊断装置能够客观有效地反映隔离开关多种机械故障,效果良好,获得专业人员的高度认可和广泛好评,具有较高的应用价值与市场潜力。</p>			
 (纸面不敷,可另增页)			

应用证明			
成果名称	高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用		
应用单位	云南电网有限责任公司昭通供电局		
通讯地址	云南省昭通市昭阳区朱提大道中段		
应用成果起止时间	2016年1月至今		
经济效益(万元)			
年度			
新增产值(产量)			
新增利税(纯收入)			
年增收节支总额			
应用情况及社会效益:			
<p>“高压开关设备机械状态多元感知关键技术研究及应用”项目所研制的隔离开关机械故障智能诊断装置,在昭通供电局的500kV东丰变电站进行现场应用。</p> <p>通过实践表明,该隔离开关机械故障智能诊断装置能够客观有效地反映隔离开关多种机械故障,检测效果良好,该检测结果可为高压隔离开关的检修提供有力依据。</p>			
 (纸面不敷,可另增页)			

# 总结：隔离开关机械状态数字感知 推广应用情况



- ✓ 已应用于13个省市，55座110kV~1000kV变电站，共2600余套
- ✓ 已发现一般缺陷96台次，严重缺陷22台次，分合闸不到位故障52台次
- ✓ 协助供电公司完成隔离开关现场检测20余次，故障溯源4次
- ✓ 已完成3座变电站一键顺控“双确认”试点工程
- ✓ 数据涵盖18个隔刀厂家，29种隔刀型号



DMSM [进入系统]  
2628套



应用变电站 55 座

## 变电站电压等级

110kv

8 座

220kv

30 座

500kv

12 座

750kv

0 座

1000kv

4 座

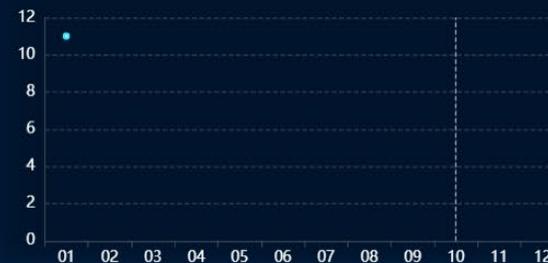
±500kv

0 座

±800kv

1 座

## 本年每月采集数据量统计



累计数据量

5815

指纹数量

1425

诊断库数量

475

## 不同类型缺陷数量



正常

1863



一般缺陷

96



严重缺陷

22



故障

52

安徽

1131套

湖北

902套

江苏

181套

江西

178套

陕西

105套

山西

48套

浙江

22套

广东

20套



欢迎到南京做客

感谢倾听!

联系人：张自林15850667440  
蓝朋举13813366534