

[开关设备]

# 一起24 kV中置柜绝缘配合问题的分析与处理

文/杭州电力设备制造有限公司临安恒信成套电气制造分公司 张琪英 于文 徐晓峰 郑素群  
浙江万马电缆有限公司 王彤东

开关柜的交流工频电压试验是产品出厂试验的必测项目，是检测开关柜绝缘水平的重要手段，对确保开关柜健康稳定运行具有十分重要的意义。基于实例对某工程项目的24 kV中置柜工频电压试验发生的绝缘问题做详细阐述，然后通过分析做出相应的处理方法，最后阐述了不同处理方法的验证结果。

随着社会经济的不断发展，城市用电负荷快速增长，20 kV电网系统在城市的建设中得到逐步推广，在12 kV中置柜基础上发展起来的24 kV中置柜应运而生。为了保证高压开关设备的健康稳定运行，需在出厂前对其各项性能进行检试验，检试验项目有主回路的绝缘试验、辅助和控制回路的试验、主回路电阻测量、机械操作和机械特性试验、局部放电测量、设计和外观检查等。其中，整柜的交流工频电压试验是检验开关柜与断路器绝缘配合的最重要手段，是出厂必试项目。

本文阐述了一起24 kV中置式开关柜在进行交流工频电压试验时发现的绝缘配合问题进行分析、处理和验证的过程，通过对绝缘故障现象进行现场解体检查并进行详细分析，作出了几个处理方案，并对不同的处理方案详细讲解了验证结果，希望对相关工作者有参考价值。

## 绝缘故障现象

2020年1月，某公司制造的24 kV中置式开关柜施工完毕后（未接避雷器），对其中Ⅰ段系统开关柜进行相对地的交流工频电压试验。当试验电压升至50 kV左右时，开关柜内发生大面积闪络，声音明显，试验设备未显示异常，并未动作。试验人员担心绝缘件有污秽，停止试验，并

对开关柜内各种绝缘件以及手车的触臂用工业酒精进行清理，然后进行第二次工频电压试验。当试验电压升至58 kV左右时，试验车跳闸。事后，将手车全部拉出，逐一检查，经过查看后发现其中一台断路器手车B相上触臂被击穿，如图1所示，但隔离手车无闪络爬电现象，于是将触臂击穿的断路器手车拉出至隔离位置。



图1 B相上触臂靠近极柱处被击穿图

为了不对绝缘件造成过多的绝缘破坏，换做Ⅱ段系统开关柜进行试验，当试验电压升至60 kV左右时，试验车泄漏电流大于45 mA，开关柜闪络严重，试验车直接跳闸。经详细检查后发现，有3台断路器手车的上触臂在靠近梅花触头两层绝缘层搭接处，有不同程度的爬电现象，并且有明显闪络爬电的痕迹，如图2～图5所示。但是，隔离手车并没有发现闪络爬电现象。于是，将Ⅱ段系统内所有断路器手车均拉至隔离位置后，再一次对ⅠⅡ段开关柜进行工频电压试验。结果是：试

验电压升至65 kV, 保持1 min, 无异常现象, 符合24 kV高压开关柜的出厂工频电压试验的要求。将I段所有断路器手车置于隔离位置, 再一次对I段开关柜进行工频电压试验, 试验结果为试验电压升至65 kV, 保持1 min, 无异常现象, 符合出厂工频电压试验要求。



图2 绝缘层搭接处放电图



图3 绝缘层搭接处放电图



图4 触臂上的爬电痕迹图



图5 绝缘层搭接处放电图

### 绝缘故障分析

绝缘故障发生后, 公司立即组织相关技术人员、断路器厂家、柜架厂和绝缘件制造厂相关人员至现场进行检查, 经过对断路器手车触臂、其他手车触臂、柜架的加工制造工艺和绝缘件的绝缘性能等进行研究分析, 结果如下。

1) 经过详细查看, 绝缘件和其他手车(断路器手车除外) 均未发现有异常现象。

2) 试验表明, 只要将断路器手车全部置于隔离位置, 再进行常规的工频电压试验, 无异常现象, 符合出厂工频电压试验要求。

3) 查看断路器手车触臂的绝缘处理方式与其他手车触臂的绝缘处理方式, 发现两者差异较大, 现场断路器手车采用的是触臂中间段用24 kV热缩套管, 靠近固封极柱端用硬绝缘套, 靠近梅花触头端采用软硅橡胶套的绝缘方式, 如图6所示。而其他手车的触臂绝缘采用的是阻燃型ABS材质的一体式的硬绝缘套如图7所示。



图6 现场断路器触臂

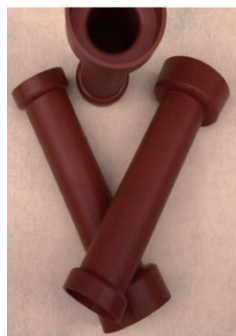


图7 其他手车触臂的绝缘处理

4) 绝缘击穿故障点集中体现在断路器手车触臂上。

电器产品的绝缘配合很关键, 因此, 最终将故障原因锁定: 断路器与开关柜柜体之间的绝缘配合上存在问题, 导致整柜在工频电压试验中出现严重的闪络爬电, 甚至是断路器触臂绝缘层的击穿。

主要原因: ①断路器触臂绝缘处理工艺不完善, 性能不达标, 有绝缘层与导电体之间存在稍大空隙的可能; ②断路器手车、柜体和绝缘件的尺寸配合不理想, 24 kV触头盒采用了常规配置, 没有采用断路器厂家在故障发生后另外推荐的配合尺寸(事前未提出该要求)。

次要原因：①触头盒的安装方式，现场为板前安装；②触头盒与安装板之间未打绝缘密封胶（图8所示为事后打绝缘密封胶）；③触头盒安装螺丝未采用内六角螺丝，如图8所示；④触头盒安装板开孔处工艺不达标，个别呈锯齿状。

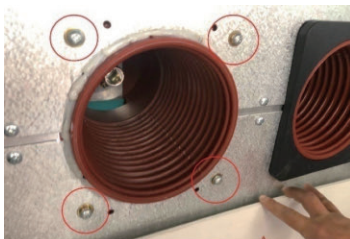


图8 现场触头盒处理方式图

## 处理方法

针对现场情况，处理故障的难易程度以及成本、交货工期问题，作出以下逐级改进措施。

(1) 第一阶段：对Ⅰ段系统开关柜采用通用处理方案

1) 将所有绝缘件以及手车触臂用工业酒精进行清理。

2) 将所有触头盒的安装螺丝全部改为内六角固定螺丝，避免尖端放电。

3) 在断路器触头盒与安装板之间的空隙内涂敷绝缘胶，避免绝缘件与金属件之间存在空气间隙，如图9所示。

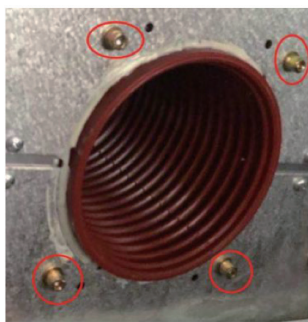


图9 涂绝缘胶换螺丝处理图

采用上述通用处理方案后，将其中一台断路器推入至原来开关柜工作位置，单独对此柜进行工频电压试验，试验电压升至55 kV左右，经过约10 min时间，试验车直接跳闸，检查断路器，触臂上有明显爬电痕迹。

(2) 第二阶段，在第一阶段通用处理方案的基础上，进行针对性的处理方案

1) 将断路器触臂拆下，在触臂外层再加一层相同电压等级的绝缘热缩套管，如图10所示。



图10 双层绝缘套管的触臂

将一台断路器的触臂进行增加绝缘套管的方法处理后，推入至原来开关柜，并摇至工作位置，随后单独进行工频电压试验，试验电压升至50 kV左右，经过2~3 min时间，试验车再次跳闸，检查断路器手车，触臂上有明显爬电痕迹，如图11所示。



图11 双层绝缘套管的触臂耐压后

2) 将其中两台断路器手车触臂拆下，进行更好工艺的绝缘处理，送专业厂家进行环氧树脂硫化涂覆处理，两头套原来的软硅橡胶套，硅橡胶套与硫化层之间涂抹高压绝缘硅脂如图12~图14所示。将处理后的两台断路器手车推入Ⅱ段系统其中两台出线柜内，分别对其进行工频电压试验，试验结果为：两台开关柜试验电压升至65 kV保持1 min，无异常现象，符合出厂工频电压试验要求。



图12 触臂采用硫化涂覆工艺



图13 涂抹的高压绝缘硅脂



图14 硫化涂覆工艺后的断路器触臂

对上述处理方法仍未能通过工频电压试验的情况下预先制定后备方案。

1) 更换触头盒, 将触头盒的安装方式由板前安装改为板后安装。

2) 更换触头盒, 将原630 A触头盒的尺寸加大至最大可用于3 150 A断路器的尺寸。

## 验证结果

现场几种不同的处理方法的验证结果: ①第一阶段的通用处理方案: 将触头盒的安装螺丝全部改为内六角固定螺丝, 并在触头盒与安装板之间的空隙内涂敷绝缘胶, 试验电压仅能达到55 kV左右, 经过约10 min时间, 试验车直接跳闸。这样的处理方式使交流试验电压值在一定程度上可以有所提高, 但收效甚微, 与国家标准要求的65 kV相差甚远; ②第二阶段第一处理方案: 增加触臂绝缘层, 由于热缩工艺受热不均匀的缘故, 触臂的表面高低不平, 反而加大了绝缘层之间的空隙, 试验电压升至50 kV左右, 经过2~3 min时间, 试验车直接跳闸, 绝缘能力不升反降; ③第二阶段第二处理方案改变触臂的绝缘处理方式, 对触臂进行更好工艺的环氧树脂硫化涂覆处理, 使触臂的金属部分与绝缘层之间完全没有空气间隙, 并对触臂两端套软硅胶套, 并涂抹高压绝缘硅脂, 试验电压升至65 kV保持1 min, 无异常现象, 完全符合出厂工频电压试验要求。

可见, 在相同情况下, 对触臂绝缘处理方式的好坏, 是关系到整个开关柜工频电压试验是否通过的关键因素。

## 故障处理的引申

24 kV开关柜的结构设计以及绝缘配合思路都是从12 kV开关柜延伸而来, 但是技术要求及运行要求又远远高于12 kV开关柜, 在设计和生产制造24 kV开关柜时, 应当注意以下几个方面。

1) 注意断路器手车与触头盒的匹配问题, 断路器厂家须进行更严格的试验验证, 严格制定触头盒尺寸以及相关柜体匹配尺寸配合。

2) 配中置柜的24 kV断路器手车触臂宜采用环氧树脂硫化涂覆处理工艺, 不宜采用热缩套管绝缘处理工艺; 不应由于断路器手车触臂绝缘处理工艺问题而任意加大触头盒尺寸。

3) 柜体工艺方面, 各种安装板的开孔应采用激光切割工艺, 元器件安装固定螺丝尽量采用内六角螺丝, 避免毛刺和尖角带来的电场分布不均匀导致尖端放电。

4) 注意活门导轨支架与导轨杆定位销, 活门导轨支架应避免有毛刺和尖角, 可采用绝缘材料, 活门导轨杆定位销采用开口销时, 需将开口销掰开, 安装好后无尖角。

5) 铜排制作过程中均可采用倒圆角处理, 避免尖端放电。

## 结束语

随着经济的迅速发展, 用电负荷增长快, 城市负荷密度高而土地制约严峻等实际情况, 采用20 kV配电电压等级, 相比10 kV而言, 具有节约投资、节约用地和节能降耗等一系列优点。而24 kV开关柜的工频电压试验涉及的绝缘配合要求高、潜在薄弱点多。为了提升24 kV开关柜工频电压试验的安全性、有效性和科学性, 使其在整个电力系统中安全稳定的正常工作, 在生产制作时应重点关注断路器手车触臂的绝缘处理工艺方法、断路器厂家推荐的触头盒配合尺寸、柜体触头盒安装板开孔加工工艺以及装配制作方面的消除尖端放电的细节处理等, 确保24 kV开关柜出厂工频电压试验项目的顺利进行, 从而确保高压开关柜在电力系统中安全稳定的运行。EA

(收稿日期: 2020.04.13)

(编辑: 朱金凤)