

一起瓦斯继电器误动作分析及 送检运输装置研制

蓝翔威 高 锋 林悦德 梁伟杰 曾令诚 汤宇奇
(广东电网有限责任公司中山供电局)

摘要：本文以某站在瓦斯继电器送检后误动作为例，分析瓦斯继电器结构特点及原理，总结瓦斯继电器误动原因。针对送检过程中存在的问题，分享一种实时监控瓦斯继电器防震运输装置，以此达到可靠检修瓦斯继电器的目的。该装置能有效解决送检过程固定困难、缺少监测手段的难题，提高瓦斯继电器故障排查效率，确保瓦斯继电器全生命周期有效管理，对瓦斯继电器检修评价与故障诊断具有重要意义。

关键词：瓦斯继电器；误动；防震运输；实时监控

0 引言

瓦斯继电器（又称“气体继电器”）是变压器反映内部故障的一种保护装置，对绝缘劣化、绕组内部断线、铁心故障、变压器层间及匝间短路做出非常灵敏的动作^[1]。瓦斯继电器装在变压器的储油柜和油箱之间的管道内，在内部故障时油剧烈加热分解产生大量气体和油流涌动，导致气体继电器接点动作接通指定的控制回路，并及时发出信号告警（轻瓦斯）或启动保护元件自动切除变压器（重瓦斯）。

近年来，瓦斯继电器误动作事件时有发生，为进一步强化变压器瓦斯继电器运维检修管理，有效解决瓦斯继电器误动问题，提升瓦斯继电器运行可靠性，需加强瓦斯继电器校验工作^[2]，但瓦斯继电器送检过程处理不当也容易引起安装、校验质量问题，比如安装不当引起渗油、密封不良、运输减隔震措施不足引起

内部精密零部件破裂，最终易引起误动作等^[3]。

本文以某站送检后瓦斯继电器误动作事件为例，根据目前运行瓦斯继电器结构特点及动作原理，分析瓦斯继电器误动原因。针对送检过程中存在的隐患，分享一种实时监控瓦斯继电器防震运输装置。该装置能有效解决送检过程固定困难、缺少监测手段的难题，提高瓦斯继电器故障排查效率，确保瓦斯继电器全生命周期有效管理，对瓦斯继电器检修评价与故障诊断具有重要意义。

1 瓦斯继电器误动作事件经过

2022年6月，某110kV变电站#2主变本体重瓦斯动作，#2主变非电量保护动作跳开1102、552A、552B开关。检修人员对主变进行详细检查，测量主变重瓦斯干簧接点绝缘电阻为0Ω，轻瓦斯干簧接点

绝缘电阻为无穷大，见图 1。



图 1 瓦斯接点图

现场判断本体重瓦斯干簧接点绝缘损坏，本体瓦斯继电器结构图见图 2。正常运行时，由于瓦斯继电器内部充满变压器油，在浮力的作用下轻重瓦斯浮球处于上倾位置。当变压器内部出现轻微故障时，变压器油分解产生的气体聚集填充在瓦斯继电器的上部空间。瓦斯继电器内气体达到一定体积时油位下降，在重力的作用下浮球也随之下降，到达设定位置时，浮球联动的磁铁就会使干簧接点管触点吸合，接通信号回路，发出轻瓦斯报警信号；当变压器内部出现严重故障时，变压器油急剧分解产生大量气体，油箱内压力瞬时升高，产生大量气体，同时变压器油向储油柜方向涌动并冲击挡板，重瓦斯浮球到限定位置时，其下置磁铁就会使得下干簧管触点接通，接通跳闸回路。

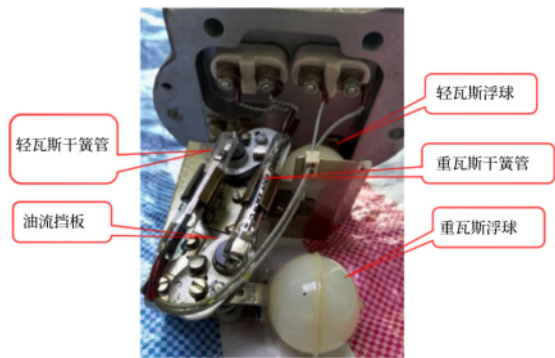


图 2 瓦斯继电器结构图

2 瓦斯继电器误动作原因分析

对瓦斯继电器进行外观检查发现重瓦斯、轻瓦斯

干簧管内存有一定量变压器油（见图 3），而未充盈。进一步对重瓦斯、轻瓦斯干簧管检查，两处干簧管均在靠近接线柱侧外壳发现裂纹（见图 4）。现场判定由于外壳裂纹导致干簧管内真空度破坏，变压器油在油压及真空玻璃管负压的双重作用下，瞬间透过裂纹冲入干簧管内，使重瓦斯干簧接点在变压器油的冲击下发生抖动。同时由于重瓦斯干簧接点完全浸泡在油中，导致其在油污、油膜的污染下绝缘性能降低而导通。



图 3 干簧管内存变压器油图

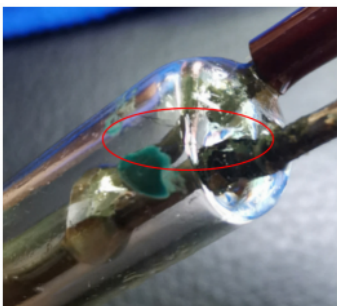


图 4 重瓦斯干簧管裂纹图

进一步分析真空干簧管破裂原因，真空干簧管如果在运行中破裂，干簧管内应充满变压器油。而现场发现真空干簧管内只是底部积累了变压器油，上部为空气。因此，可以判断真空干簧管不是在运行时破裂，而是在瓦斯继电器从变压器上拆除送检的过程中破裂的。

由该型号的瓦斯继电器抗震性能试验可知，真空干簧管与固定的金属卡子之间在受到大的冲击时会出现偏移的现象。卡子的紧固方式为螺丝紧固，在振动试验过程中，随着振动频率和加速度的不断增大螺丝容易出现松动现象，导致干簧接点管位置发生偏移。另外金属卡子和干簧接点管之间缺少必要的软质材料作为缓冲连接。卡子和干簧接点之间的金属连接部位，在剧烈振动时易造成干簧接点管开关移位甚至有可能造成干簧接点管开关玻璃壳体与金属连接部位的碰撞导致玻璃壳体破损^[4]。

3 瓦斯继电器运输送检过程中存在的隐患

3.1 防护措施

为防止在运输及搬运过程中引起设备隐患，做了防震、防撞击等措施，具体包括：

- 1) 使用专用工具将瓦斯继电器的试验按钮按压固定，减少了浮球和挡板在运输过程中晃动。
- 2) 瓦斯继电器放置在专用运输箱体内，内填充使用气泡袋、塑胶等软性材料填充固定或使用聚氨酯发泡剂成型固定，减少瓦斯继电器运输中受到振动的影响。
- 3) 放置瓦斯继电器的箱体使用绳索捆扎固定在运输车辆特定位置，采用海绵填充箱体与车辆内壁的空间，防止因刹车等造成箱体与车辆内壁的碰撞。
- 4) 瓦斯继电器在安装过程中，轻拿轻放，安装前应进行包装及外观检查，检查瓦斯继电器外观是否良好等。

3.2 运输隐患

目前装箱固定方式在运输过程中无法减少途中三维方向的冲击，尤其垂直方向上的冲击缺乏有效保护，同时对于意外碰撞无法进行有效记录。总结现行运输方式主要存在以下问题：

- 1) 瓦斯继电器装箱后，需要根据运输条件使用

绳索或魔术贴进行二次固定，运输过程中无法满足箱体平稳要求。

- 2) 软性材料包裹瓦斯继电器方式不能有效固定，发生翻转时内部精密部件受冲击无法得到有效支撑。

- 3) 运输过程中多次震荡倾斜、频繁的冲击下，外观检查无法评估瓦斯继电器内部受损情况，内部干簧管仍有受累积冲击情况，导致瓦斯继电器存在隐患。

- 4) 瓦斯继电器种类繁多，型号规格、安装尺寸各不相同，配置定制箱体增加了管理难度，发泡剂固定不同的瓦斯继电器需重新加工固定件，现场加工工作量大、时间长、效率低。

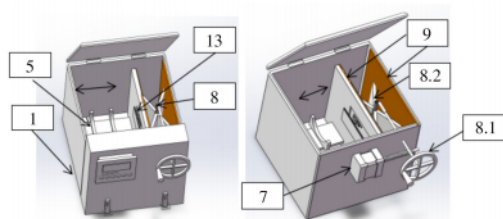
4 实时监控瓦斯继电器防震运输装置的研制

为解决瓦斯继电器运输过程中的问题，本文设计一种规格统一的实时监控瓦斯继电器防震运输装置。该装置由运输平台与固定容器组成，内设三维冲撞记录设备及数据处理模块。固定容器利用弹簧和涡轮蜗杆配合调节，任意型号瓦斯继电器均可实现固定功能。利用数据处理模块和远端控制端实现实时监测瓦斯继电器状态及查阅冲击记录功能。根据瓦斯继电器型号选择设定冲撞加速度阈值，过程中超过阈值远端立即收到提醒，提高隐患发现率。

本运输装置可以实现瓦斯继电器送检运输期间三维全面保护、不需现场加工、快捷高效、人机工效良好及规格统一的目标，降低瓦斯继电器送检风险，提高设备检修效率，确保主变、系统主设备安全可靠运行。

4.1 运输装置的结构组成

瓦斯继电器固定容器 1 为一带盖箱体，内设支撑架 5、可调紧固装置 8 以及夹力传感器及封板 13，见图 5。



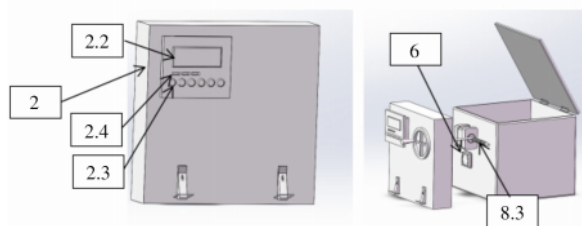
1—瓦斯继电器固定容器箱体 5—支撑架 7—电机
8—可调紧固装置 8.1—紧固瓦斯继电器螺杆把手
8.2—活动支撑板 9—瓦斯继电器固定容器内部缓冲棉
13—夹力传感器及封板

图5 瓦斯继电器固定容器

箱体四周内、活动支撑板内设缓冲棉9，通过缓冲棉有效降低外部对瓦斯继电器以及紧固件三维加速度。瓦斯继电器通过支撑架5进行竖向支撑，根据不同型号活动有效进行固定。固定容器箱体为铝合金，支撑架和封板均为金属件。

瓦斯继电器通过内设可调紧固装置8进行横向固定，可调紧固装置可由手动或电动操作，由电机7、操作螺杆把手8.1以及活动支撑板8.2组成。操作螺杆把手8.1与电机7设置离合器，默认手动操作，保证可调紧固装置失电时，仍然可以进行手动操作。可调紧固装置手动操作原理：手动操作螺杆把手8.1顺时针旋转，螺杆8.1输出至活动支撑板8.2、与箱体左内侧收紧、压缩固定瓦斯继电器；螺杆把手8.1逆时针旋转，活动支撑板8.2与箱体左内侧距离变大，释放瓦斯继电器。活动支撑板运动方向见图5箭头。可调整大小的内部结构可以适配多款瓦斯继电器，通用性较强。

遥感控制装置2由数据处理单元2.1、显示器2.2、三维冲击记录传感器6、夹力传感器13以及附件组成，安装在瓦斯继电器固定容器1外壁。遥感控制装置2内置可充电锂电池2.6，对装置、电机提供电能，见图6。



2—遥感控制装置 2.1—数据处理单元 2.2—显示器
2.3—操控按钮 2.4—外设接口 6—三维冲击传感器
7—电机 8.3—蜗杆 13—夹力传感器

图6 三维冲撞记录装置设计图

数据处理单元2.1设置在遥感控制装置2内部，具有处理记录传感器数据、操作指令发送以及通讯功能。处理单元内设计时器，可以记录冲击事件时间，检查三维冲撞传感器、夹力传感器实时状态，发送命令以及通过4G、蓝牙发送报警信号。配置扬声器，显示器2.2闪烁报警同时发出提示声，用于监测与提示工作过程异常状态。

显示器2.2界面，可通过操控按钮2.3查询冲击事件发生时间及所受最大冲击加速度，检测瓦斯继电器智能夹紧状态以及发出异常状态指示闪烁报警，包括操作，夹紧/复位，可通过控制器就地控制电机7瓦斯继电器的固定与解除。

外设接口2.4通过电脑连接插口获取记录数值。

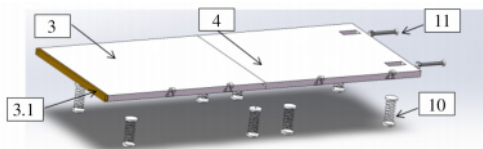
可调紧固装置电动操作原理：由数据处理单元2.1进行对电机7矢量参数控制，通过蜗杆正反转输出至活动支撑板8.2，实现瓦斯继电器紧固和复位，可达到0.1N的精度控制。可调紧固装置电动检测原理：通过夹力传感器13对瓦斯继电器的夹紧力进行检测，判断瓦斯继电器的夹紧力是否处于正常运行状态，如上述实时监测值预设偏离阈值，则系统会判断为故障，并通过驱动装置重新夹紧。由操控按钮2.3进行手动/自动操作功能切换。手动操作以及默认情况下，电机7与螺杆8.3分离，闭锁电动操作，选择

电动操作时，电机 7 与螺杆 8.3 锁紧连接，实现手动 / 自动操作功能切换。

三维冲击传感器 6 内置在记录装置内，与箱体直接接触，感知三维冲撞加速度。

夹力传感器 13 安装在可移动活动支持板上，感知瓦斯继电器的夹紧力。

金属可折叠减震支架由左减震支架 3、右减震支架 4、减震弹簧 10、减震胶条 3.1、横向加固杆 11 及附件组成，见图 7。减震支架用于固定在车后备箱。底部设置有减震弹簧 10，用于减缓垂直方向上的外力干扰。减震弹簧末端设置强力钕磁铁，可以吸附在皮卡车货箱内。左减震支架 3 一侧带有减震胶条 3.1，右支架板一侧设有横向加固杆 11，可通过底部螺杆把手进行调节稳固，让支架具备快速安装拆卸功能的同时兼备稳固。



3—金属可折叠减震支架左边 3.1—减震胶条
4—金属可折叠减震支架右边 10—减震弹簧
11—横向加固杆

图 7 减震支架设计图

通过搭扣件 12 可以将固定容器 1 和遥感控制装置 2 快速固定在减震左支架 3 或减震右支架 4 上，可以快速取用和固定，避免繁琐安装和花费时间可通过绑扎来紧固。固定好位置后可以有效避免固定容器倾覆，见图 8。

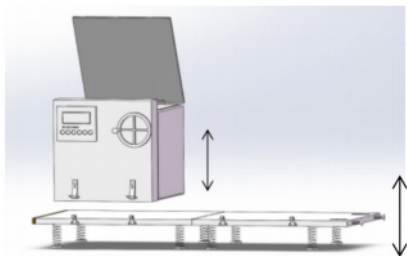


图 8 搭扣设计图

左支架板 3.1、右支架板 3.2 具备折叠收纳，磁铁可自由组装拆卸，见图 9。

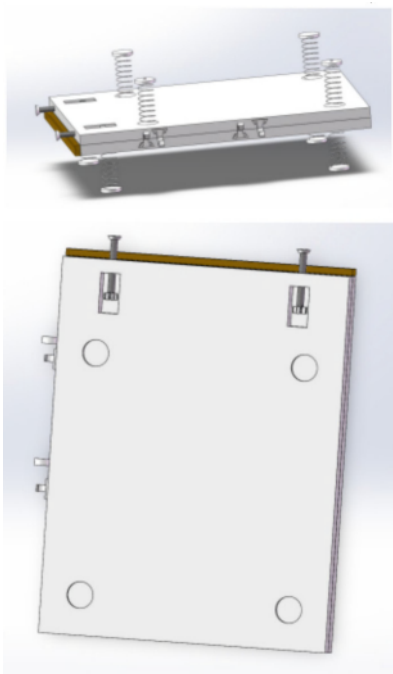


图 9 支撑板折叠设计图

4.2 运输装置的亮点

1) 箱体结构设计，有效保护固定：平台设有垂直设置垂直弹簧支撑，减缓运输过程中垂直方向上的冲击，底座四周设计缓冲弹簧，降低运输过程水平方向意外碰撞。内嵌模具使用缓冲材料减轻刚性受力，结合固定涡轮蜗杆以及弹簧、底部缓冲材料从而实现保护固定功能。

2) 智能检测锁紧，加强固定能力：固定箱体内设可调紧固装置，装设夹力传感器，对瓦斯继电器的夹紧力进行检测，能够通过手动或者电动保持瓦斯继电器锁紧，从而加强对瓦斯继电器的固定效果。

3) 卡扣组装设计，利于安装携带：瓦斯继电器装置采用卡扣组装设计，运输前通过卡扣方式可以轻松完成固定容器固定工作。平台与车辆匹配，方便安

表 1 两种方式跑车数据对比

	三级公路/40km	二级公路/50km	高速公路/80km	减速带/20km
绳子捆绑箱体	4.61g	4.12g	3.88g	4.98g
防震运输装置	2.23g	2.05g	1.86g	2.98g

装、拆卸与携带。该技术可实现快速安装、不需现场加工、快捷高效、人机工效良好的目标，提高送检工作及时率，确保主变安全可靠运行。

4) 冲撞数据处理，保障实时监控：该装置内置冲撞记录传感器、数据处理单元，装置三维冲击数据可以实时监控，根据记录判定瓦斯继电器状态，对数据异常元器件加强隐患排查，提高瓦斯继电器故障排查效率，确保可及时消缺。

5 应用实例

5.1 现场场景应用

根据气体继电器检验规程要求，结合主变检修对瓦斯继电器进行检验，现场将拆卸下来的瓦斯继电器安装在装置内，运输平台与车身配合紧固。将装置启动后，装置开始记录三维冲击，若在运输过程中发生超出设定冲撞加速度阈值，远端会立即收到提醒，及时监测到瓦斯继电器送检过程中出现的异常情况，能够避免瓦斯继电器带缺陷投运，杜绝瓦斯继电器零部件损坏引起误动作事故发生。

5.2 公路跑车试验

公路跑车试验^[5]选用工作用皮卡车，分两种运输情况。一种按照以往工作方式，在一个箱体内使用气泡袋填满箱体，使用绳子捆绑在车上。另一种则使用实时监控瓦斯继电器防震运输装置固定在车上。

1) 试验条件：试验在箱体上各布置 1 个三维冲击传感器。

2) 试验过程：跑车试验路线分别包括三级公路、二级公路、高速公路、减速带。

3) 试验结果：通过对比跑车过程记录最大值数据（见表 1）可知，实时监控瓦斯继电器防震运输装置在试验中的各种路况下减震功能均优于以往的工作方式，能够明显实现保护运输瓦斯继电的目的。

5.3 效果评价

2023 年 11 月至 2024 年 3 月，使用装置运输瓦斯继电器进行送检共 15 次，来回共 30 趟，三维冲击传感器共工作计时 60 小时，未发报警信号，最大记录值为 2.98g，可以有效解决送检过程固定困难、缺少监测手段的难题，确保瓦斯继电器在送检过程中可控、可监测，达到可靠检修瓦斯继电器的目的。

6 结束语

本文以某站在瓦斯继电器送检后误动作事件为例，分析瓦斯继电器误动原因，提出了相关的防治措施，同时分享一种实时监控瓦斯继电器防震运输装置，可以实现瓦斯继电器运输实时在线监测功能，使精密瓦斯继电器运输工作安全、易行，送检工作及时可靠，确保了主变安全可靠运行，提高了系统设备运行可靠性。

参考文献

- [1] 王忠毅. 主变轻瓦斯保护动作后的原因分析及处理[J]. 高电压技术, 2005, 31(5): 2.
- [2] DL/T 540—2013 气体继电器检验规程[S].
- [3] 王世阁. 变压器气体继电器故障分析与改进措施[J]. 电力设备, 2006(9): 58-59.
- [4] 兰昊. 基于 CFD 的瓦斯继电器流场理论研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [5] 孙福佳, 杨明, 陈然, 等. 小型航天精密仪器运输包装箱设计及试验[J]. 包装工程, 2022, 43(23): 259-267.

(收稿日期: 2024-05-31)