

小电流断路器梅花触头更换专用工具研制技术

宾啸, 王闯, 马博鸣

深圳供电局有限公司, 广东 深圳 518000

摘要: 本文围绕小电流断路器梅花触头更换专用工具的研制展开。针对传统手动更换方法存在的效率低、弹簧易损等问题, 设计了一种具备快速拆装、无损触头弹簧保护及接触压力测量功能的专用工具。通过实验验证, 该工具大幅提升了触头更换效率, 弹簧损坏率降至0%, 并确保了更换后的接触压力稳定。实际应用结果表明, 工具在电力系统的维护中表现优异, 有效降低了电网故障风险。该研究为电力设备的高效维护提供了重要的技术支持。

关键词: 小电流断路器; 梅花触头; 专用工具

Research and Development of Special Tool for Replacing Small Current Circuit Breaker Flox Contacts

Bin Xiao, Wang Chuang, Ma Boming

Shenzhen Power Supply Bureau Co., LTD. Shenzhen, Guangdong 518000

Abstract: This paper focuses on the development of special tools for the replacement of the small current circuit breaker coupling contacts. Aiming at the problems of low efficiency and easy spring damage of traditional manual replacement method, a special tool with functions of quick disassembly, non-destructive spring protection and contact pressure measurement was designed. Through experiments, the tool has significantly improved the efficiency of contact replacement, reduced the spring damage rate to 0%, and ensured a stable contact pressure after replacement. The practical application results show that the tool performs well in the maintenance of power system and effectively reduces the risk of power grid failure. This research provides important technical support for efficient maintenance of power equipment.

Keywords: low current circuit breaker; plum contact; special tool

引言

小电流断路器作为电力系统中至关重要的保护设备, 广泛应用于电力分配和控制系统中, 特别是在电压较低但仍需高度可靠的电气环境下。随着电力系统日益复杂化和用电需求的不断增长, 断路器的可靠性和维护效率变得尤为重要。在小电流断路器的日常维护过程中, 梅花触头的更换是一项频繁且精细的操作。传统的更换方式通常依赖人工拆装, 不仅工作效率低, 且容易损坏触头弹簧, 导致设备故障, 甚至引发更为严重的炸柜事故。这些问题的存在严重影响了电力系统的安全性与稳定性。为了解决这些问题, 提升小电流断路器的维护效率和安全性, 研发一种专用的梅花触头更换工具成为了必要且紧迫的任务。这种工具不仅要能够快速、无损地拆装触头, 还需具备便携性、可靠性及多功能性, 以适应复杂的维护环境^[1]。通过该工具的研制, 不仅可以提升设备维护的质量和效率, 还能够有效降低因维护不当引发的电网风险, 具有很重要的应用价值。

一、小电流断路器与梅花触头简介

(一) 小电流断路器的工作原理

小电流断路器是一种用于保护电气设备和线路的开关装置, 主要用于电力系统中的低压场景。它的工作原理基于电磁感应和热效应。当电流超过设定值时, 断路器中的电磁线圈产生足够的磁力推动断路器内部的机械结构切断电路, 从而防止过载或短路对电气设备造成损害。在小电流条件下, 断路器需要更加敏感的

触发机制, 确保能够准确识别和切断故障电流。小电流断路器的灵敏度和反应速度直接关系到电力系统的安全运行, 因此对其工作可靠性要求极高。为了避免误动作, 断路器通常还具备延时功能, 确保在电流短时间波动时不会立即触发。这种工作原理使得小电流断路器成为电力系统保护中不可或缺的一部分。

(二) 梅花触头的结构与功能

梅花触头是小电流断路器内部的关键部件, 其形状类似于梅花, 因而得名。它由多个弹性金属片构成, 能够在电流通过时提

作者简介: 宾啸 (1986.03-), 男, 汉族, 湖南省衡阳市人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 电气工程及其自动化。

供良好的接触，确保电路的正常导通。梅花触头的弹性结构设计使其能够在长期的电流冲击下维持稳定的接触压力，从而保证断路器的正常工作。由于电气设备运行时的热效应和电流波动，触头在长期使用过程中容易发生磨损或接触不良，因此定期更换梅花触头成为保障断路器可靠性的重要工作^[2]。梅花触头的高弹性设计不仅确保了电流的稳定传输，还在一定程度上缓解了因电弧引发的损耗。

二、梅花触头更换专用工具设计方案

（一）工具设计目标与要求

梅花触头更换专用工具的设计目标主要是提升工作效率和质量，同时确保更换过程中不损伤触头的弹簧结构。在传统手动更换方法中，操作过程繁琐且容易对触头和弹簧造成损坏，因此专用工具需要具有精密的操作控制功能，以减少人为误操作的风险。该工具必须能够显著缩短更换触头的时间，提高检修效率，避免因长时间停电带来的经济损失。工具应在设计上充分考虑到避免触头弹簧损伤，这是保证断路器接触可靠性的关键。通过确保触头在安装和拆卸过程中保持稳定的压力，可以避免弹簧的变形或损坏。工具还需具备较高的耐用性和稳定性，以应对复杂的电力环境和频繁使用的需求^[3]。

（二）多用途、便携式、可拓展功能设计

为了适应不同的工作场景和需求，梅花触头更换工具需要具备多用途、便携式和可拓展的功能设计。多用途性要求该工具能够同时适用于不同型号和规格的断路器触头更换工作，减少因设备不同而导致的工具切换或不兼容问题。这不仅可以降低设备成本，还能提高维修效率。便携性则是考虑到电力维护工作多在狭小、复杂的环境中进行，工具必须轻便易携，以便于维修人员在任何条件下都能快速进行操作。工具的结构应简单易于拆装，同时具备良好的防护设计，避免在运输或使用过程中损坏。工具的设计应具备可拓展性，未来可以根据不同的维修需求进行功能扩展，例如增加一些检测或辅助拆装的模块。这样的设计能够有效提升工具的适应性和长久使用价值。

（三）工具的快装及测量功能设计

为了进一步提高触头更换的效率，专用工具需要具备快装功能，使得维修人员能够迅速完成梅花触头的拆装工作。传统方法往往需要较长时间来手动调整触头和弹簧的位置，而快装设计将允许触头在固定轨道或支撑结构中精确定位，减少调整时间。通过快装机制，维修人员可以在几分钟内完成整个更换过程，大大提升了工作效率。

工具应具备测量触头压力的功能，以确保更换后的触头能够提供适当的接触压力。触头压力是断路器可靠性的重要参数，过大或过小的压力都会影响设备的正常运行^[4]。该功能可以通过内置的压力传感器实时测量触头压力，并显示在工具的界面上，帮助维修人员在更换时及时调整，从而保证更换后的触头能够达到最佳状态。通过这种精确控制，工具不仅能够提高更换效率，还能大幅降低因安装不当引发的安全隐患。

三、工具研制技术实现

（一）材料选择与加工技术

在研制梅花触头更换专用工具的过程中，材料的选择是决定工具性能和耐用性的重要因素。该工具需要经受频繁的拆装操作和复杂的电力环境，因此选材必须兼具高强度、耐磨性和抗腐蚀性。通常情况下，工具的主要部件采用高强度合金钢或钛合金，这类材料不仅硬度高，能够抵抗机械磨损，同时具备较好的耐腐蚀性，能够适应潮湿、盐雾等恶劣工作环境。为了减轻工具的重量，提高便携性，某些结构部件可以采用轻质的铝合金或工程塑料，确保工具的整体操作灵活性。工具的表面需进行特殊处理，如热处理、镀层或氧化处理，以增强其耐用性和耐腐蚀性能。

在加工技术上，采用数控机床和高精度的机械加工设备，确保工具各部件的精密度达到设计要求。加工过程中需要特别关注工具的装配精度，以确保在使用过程中不同部件的无缝衔接，避免因间隙或公差问题影响工具的功能和使用寿命。焊接和组装工艺也应精益求精，保证工具的强度和稳定性。部分关键部件可以采用3D打印技术进行原型开发与测试，以节省开发时间并提升设计灵活性^[5]。

（二）工具的结构设计与功能测试

工具的结构设计必须满足多功能和快装要求，并具备良好的操作手感和稳定性。工具的主体结构设计为模块化，方便进行组装和拆卸，同时模块化设计也使得后续维护和功能扩展更加容易。各模块之间采用插拔或螺纹连接方式，确保在更换触头时能够迅速安装到位，并提供足够的固定力。工具需要设计符合人体工程学的手柄和控制装置，使操作人员在使用过程中能够更加顺手、舒适，减少因长时间操作带来的疲劳感。

功能测试是确保工具研制成功的重要环节。在初期开发过程中，工具的各项功能如快装功能、测压功能等都需要经过多次测试和验证，以确保设计符合预期效果。测试内容包括触头更换效率、触头弹簧保护效果、测压精度以及工具的耐久性等。通过模拟实际维护环境中的操作，测试工具在不同工作条件下的表现，并根据测试结果对设计进行优化^[6]。例如，快装功能的测试重点在于工具能否快速且准确地完成触头拆装，弹簧无损测试则需验证工具是否能够在拆装过程中有效保护弹簧结构不受损坏。

（三）断路器触头弹簧快速无损拆装的实现

实现断路器触头弹簧的快速无损拆装是该专用工具的核心功能之一。由于弹簧的弹性和精密结构极易在更换过程中受到损坏，工具设计时需要特别关注对弹簧的保护。工具应具备自动定位和固定弹簧的功能，确保在拆装过程中弹簧始终保持在稳定的位置，避免因位置偏移或受力不均导致弹簧变形或损坏。为了达到这一目标，工具在设计中应采用弹簧夹具或专用的固定机构，能够对弹簧进行有效约束。拆装过程中，工具需要通过精密控制拆装力度，防止施加过大的机械应力破坏弹簧。利用气动或液压驱动装置可以实现更加平稳和精确的力控制，避免人为操作带来的不稳定性^[7]。为了进一步确保无损拆装，工具还可以配备压力传感器或位移传感器，实时监测拆装过程中弹簧所受到的力和位

移情况，当超出安全范围时，系统会发出警示，确保拆装过程完全在安全可控的范围内进行。

四、技术验证与应用

（一）断路器梅花触头更换专用工具的测试案例

在断路器梅花触头更换专用工具的开发完成后，进行了一系列的功能测试和应用验证。测试选择了不同类型的断路器进行实际操作，以验证该工具在不同工作环境和设备中的适应性。测试的主要内容包括：触头更换的时间、操作的稳定性、弹簧损坏率以及更换后的接触压力检测^[9]。测试案例分为传统人工操作和使用专用工具两种方式进行对比。

在测试中，使用工具操作的触头更换时间显著缩短，由传统人工操作的15分钟减少至5分钟，工作效率提高了约66%。与此同时，在专用工具的辅助下，触头弹簧的损坏率从人工操作的10%降至0%。表格中列出了不同测试设备中，人工操作与工具操作在时间、弹簧损伤情况和接触压力方面的对比数据。

测试项目	传统人工操作	专用工具操作	提升率 / 效果
更换时间（分钟）	15	5	+66%
弹簧损坏率	10%	0%	100%
接触压力（单位）	4.5	5.0	+11%

从测试结果可以看出，专用工具在实际应用中的效果显著，不仅极大提高了工作效率，还有效避免了弹簧的损坏问题，验证了工具的设计合理性与实际应用价值。

（二）实验结果与分析

通过多次测试实验，专用工具的各项功能表现均超过了预期，尤其在触头弹簧无损拆装以及快速更换方面效果尤为突出。在接触压力的测试中，传统人工操作难以保持触头的压力一致性，导致部分更换后的触头接触不良，压力值偏低，平均值为4.5单位。而使用专用工具后，工具内部的测压功能确保了每个触头的接触压力均匀，平均值达到5.0单位，确保了更换后的断路器能够正常运行^[9]。

另一个重要的实验结果是更换过程中弹簧的保护效果。传统人工更换方式中，由于操作人员无法精确控制拆装力道，导致弹

簧变形或损坏的情况时有发生，而在使用专用工具后，这一现象得到完全避免。实验数据显示，使用该工具后弹簧损坏率降为0%，大大提升了更换后的断路器可靠性。

（三）工具在实际维护工作中的应用效果

在经过实验室测试后，专用工具被应用于实际的电力系统维护工作中。通过在多个变电站和电力公司设备维护中的实际应用，验证了工具在复杂环境中的稳定性和实用性。数据显示，使用该工具的维护工作时间平均减少了50%以上，维修人员反馈，工具的快装设计使得操作更加简便、快捷，大大减轻了人力负担。

在实际应用中，断路器维护的整体质量也得到了提升。通过专用工具的测压功能，确保了每次触头更换后的接触压力符合标准，有效避免了接触不良导致的断路器故障。工具的弹簧无损保护设计在维护过程中表现出色，特别是在一些长时间运行且设备老化的断路器上，弹簧未出现任何损坏，维护后的设备运行稳定。

根据实际应用的反馈，维护人员普遍认为该工具大幅提高了工作效率，减少了人为操作失误的风险。尤其是在紧急情况下，工具的便携性和多用途设计帮助快速完成了断路器的维护工作，避免了长时间停电带来的经济损失^[10]。

五、结论

本文成功研制了一种小电流断路器梅花触头更换专用工具，显著提升了断路器维护工作的效率和质量。通过精确的设计和和技术实现，该工具具备快速拆装、无损触头弹簧、更换过程中接触压力测量等多项功能，解决了传统手工操作中存在的效率低、损坏率高等问题。实验结果表明，使用该工具后，触头更换时间减少了50%以上，弹簧损坏率降至0%，接触压力得到有效控制，验证了工具的实用性和可靠性。工具在实际应用中表现出色，维护人员反馈操作简便，有助于提高电力系统的整体维护水平。该工具的推广应用不仅能减少电网故障风险，还将进一步优化电力设备的维护流程。未来，通过不断优化设计和功能扩展，该工具有望在更广泛的电力设备维护中发挥更大作用。

参考文献

- [1] 林佳. 10 kV 断路器手车梅花触头发热原因与解决方案 [J]. 科技与创新, 2024, (09): 110-112.
- [2] 姚光久, 闫超, 何潇柳, 等. 小车开关梅花触头电动更换装置设计与实现 [J]. 电工技术, 2024, (02): 170-172.
- [3] 尚嘉诚, 张彦宇, 鲁亮, 等. 开关柜手车触头安装工具的研制 [J]. 农村电气化, 2021, (05): 58-59.
- [4] 马建鹏, 桑嘉芬, 张国梁. 手车断路器梅花触头部位发热原因与对策 [J]. 电子技术, 2021, 50(03): 182-183.
- [5] 薛赛, 曹飞翔, 姚新年, 等. 开关柜梅花触头弹簧拆装工具的研制及应用 [J]. 安徽电气工程职业技术学院学报, 2020, 25(03): 43-46.
- [6] 庄建焯, 温枝强, 彭健, 等. 便携式梅花触头专用拆装工具研制及应用 [J]. 机械研究与应用, 2019, 32(02): 130-132.
- [7] 倪惠浩, 张小虎. 一种 10 kV 小车开关梅花触头弹簧拆装专用工具的研制与应用 [J]. 机电信息, 2018, (03): 35+38.
- [8] 黄勤哲, 陈丽安. 装有记忆合金压片梅花触头的开关柜温度场仿真分析 [J]. 高压电器, 2017, 53(06): 84-89.
- [9] 林明伟. 10kV 小车开关梅花触头拆装专用工具的研制与应用 [J]. 机电信息, 2016, (30): 88-89.
- [10] 胡晓琳, 李公波, 孔凡强. 新型真空断路器梅花触头拆装工具的研制与应用 [J]. 电工技术, 2015, (10): 60-61.