

# 沿海配电网新型设备线夹铜铝过渡技术研究

傅梓劼<sup>1</sup> 杨志宏<sup>2</sup> 林鹏程<sup>2</sup> 王佳<sup>2</sup> 陈冰勇<sup>2</sup> 陈国强<sup>2</sup>

1 国网福建省电力有限公司泉州供电公司 2 国网福建省电力有限公司惠安县供电公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5679

**[摘要]** 沿海地区的整体气候更为潮湿,加之频繁的风雨天气和高盐分的海洋环境,这使得配电网设备面临的运行条件更为复杂,对其耐腐蚀性能提出了更高的要求。基于此,本研究充分考虑了沿海地区的特殊运行条件,提出了一种沿海配电网新型设备铜铝过渡线夹,在结构设计上,通过引入斜面导向筋等元素,能够显著提升工作的安全性和效率;在材料选择上,选择铜和铝作为主要材料,并利用铜铝过渡技术,进一步增强了线夹的抗腐蚀性能。通过本文研究,旨在为配电网提供更加稳定、可靠的连接方案。

**[关键词]** 配电网; 沿海地区; 铜铝过渡线夹

中图分类号: V242.3 文献标识码: A

## Research on Copper Aluminum Transition Technology for New Equipment Wire Clamp in Coastal Distribution Network

Zijie Fu<sup>1</sup> Zhihong Yang<sup>2</sup> Pengcheng Lin<sup>2</sup> Jia Wang<sup>2</sup> Bingyong Chen<sup>2</sup> Guoqiang Chen<sup>2</sup>

1 State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Quanzhou Power Supply Company

2 State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Huian County Power Supply Company

**[Abstract]** The overall climate in coastal areas is more humid, coupled with frequent wind and rain weather and high salt marine environment, which makes the operating conditions faced by distribution network equipment more complex, and puts forward higher requirements for its corrosion resistance performance. Based on this, this study fully considers the special operating conditions of coastal areas and proposes a new type of equipment copper aluminum transition clamp for coastal distribution networks. In terms of structural design, by introducing elements such as inclined guide bars, it can significantly improve the safety and efficiency of work; In terms of material selection, copper and aluminum were chosen as the main materials, and copper aluminum transition technology was utilized to further enhance the corrosion resistance of the wire clamp. Through this study, the aim is to provide a more stable and reliable connection solution for the distribution network.

**[Key words]** distribution network; coastal areas; Copper aluminum transition wire clam

### 前言

本研究开发了一种专为沿海配电网设计的新型铜铝过渡设备线夹,该线夹的主体结构为铜板与铝板。具体来说,铝板本体的一端上方和对应铜板本体一端下方均设置了固定块,共同作为焊接的基石,通过采用钎焊搭接技术,不仅大幅增加了铜板与铝板之间的接触面积,还显著提升了焊接强度。同时,铝板本体一端顶部还设计了有布线置线槽,这不仅优化了布线路径,还提升了布线工作的规范性。而架设在布线置线槽上的压线紧锁组件则能够确保连接布线被牢固地锁定在指定位置,避免出现松动或脱落问题。此外,压线板底部两侧设置的卡齿,进一步增强了对连接布线的限位能力。上述特性使得这种新型铜铝过渡线夹能够更好地适应沿海环境下容易出现的腐蚀、

断裂等问题,且具有较高的实用性和经济性,具有较高的应用和推广价值。

### 1 铜铝过渡线夹概述

#### 1.1 铜铝过渡线夹概念

铜铝过渡线夹是一种连接铜导线与铝导线的电力设备线夹,其不仅能够确保电能传输稳定性与安全性,还可以有效减少因接触不良而引起电流不平衡问题。铜铝过渡线夹在电力系统中占据重要地位。从应用范围方面来看,其广泛应用于输电线路、配电线路等领域,覆盖了从发电站到用户终端的每一个电力传输环节。从具体类型方面来看,铜铝过渡线夹主要可以分为螺栓型和压缩型,根据角度不同,可以将其进一步分为0°和30°两种。从具体类型方面来看,铜铝过渡线夹包括熔线夹、持线夹、终端线

夹等多种类型<sup>[1]</sup>。每一种线夹都有着特定的应用场景与需求。对于电力工程师来说,必须深入了解并掌握铜铝过渡线夹的类型、安装等内容,并根据施工实际要求来选择合适的铜铝过渡线夹类型,以保障电力系统稳定运行。

### 1.2 铜铝过渡线夹原理

铜铝过渡线夹的原理是通过使用机械卡扣,将铜导线和铝导线以一种特殊的方式进行紧密连接并固定,以此确保电流传输的高效性。通常情况下,铜和铝作为两种独立的金属物质,其物理和化学性质存在显著差异,如果将二者进行直接连接,那么其接触面就可能发生一些物理和化学反应,如电阻增大、接头烧毁等问题,这会对电力传输的安全性和效率带来负面影响。而通过应用铜铝过渡线夹,可以实现铜导线与铝导线之间的平滑过渡与紧密连接,能够确保电流传输的高效性和稳定性,确保接头处的稳定性。

### 1.3 铜铝过渡线夹作用

第一,在设计铜铝过渡线夹时,必须充分考虑导线截面积、接触面积等多方面因素,以此确保最终产品的安全性和可靠性。具体来说,导线截面积对电气传输能力具有直接影响,因此,在进行线夹设计时,必须确保具有充足的通流能力。同时,还需对接触面积与接触压力进行精确控制,使接触电阻最小化,进而提升电流传输效率,避免出现因线夹过热而导致的能耗与潜在故障风险。而在制造阶段,除了采用高精度的工艺技术与严格的质量控制流程外,还需要对成品进行专业测试,确保每一个线夹都能达到既定的性能指标。

第二,铜铝过渡线夹作为连接铜质与铝质导线的关键部件,在电气系统中具有重要地位。在电力设备的实际应用中,出线端子材料(铜质与铝质)与引出线(如铝绞线、钢芯铝绞线)的广泛使用,推动了铜设备线夹(JT-300A/200)与铜铝过渡设备线夹的产生。JT-300A/200表示的是适用于导线截面为300mm<sup>2</sup>、线间距离为200mm的铜质线夹,而JTL则代表其铜铝过渡的特质<sup>[2]</sup>。

第三,铜铝设备线夹还可以进行进一步细分,将其分为压缩型线夹和螺栓型线夹,这两种线夹在设计原理上虽然存在一定差异,但也存在共通点,即均由铜和铝组成,其原理在于,铜与铝之间存在明显的金属惰性差异,铜的化学惰性较铝强,这也意味着在相同的电化学环境下,铜的反应性要远低于铝。因此,当铜与铝直接连接并通电时,可能会引发电化学腐蚀,这会对导线绝缘层造成一定损害,并会对电能传输产生负面影响。而通过铜铝过渡设备线夹的应用,可以有效解决这一问题,更好地确保两种物质之间的稳定过渡,保障电气系统运行的稳定性和长远性。

## 2 铜铝过渡线夹常用结构

### 2.1 闪光焊对接型

闪光焊对接型铜铝过渡线夹是一种比较传统的连接方式,其原理是通过高温熔化技术,通过对温度与压力进行精确控制,使铝板和铜板在熔融状态下紧密结合。然而,尽管这种技术具有显著效果,但其缺陷也很明显。例如,由于在高温熔化过程中需

要耗费大量的能耗以及设备投入,因此闪光焊对接型铜铝过渡线夹的生产成本相对较高,加之工艺复杂,每个环节都需要严格把控,这也在一定程度上降低了该技术的生产效率,延长生产周期。同时,该类型线夹在结构上存在一定的脆弱性,特别是在连接的部位,这可能会对整体的导电性能产生一定影响,增加电能传输过程中的损耗<sup>[3]</sup>。此外,在面对外力作用时,这种线夹也更容易发生断裂,不利于系统的稳定运行。

### 2.2 摩擦焊对接型

面对闪光焊对接型铜铝过渡线夹的局限性,摩擦焊对接型技术的应用有效解决了上述问题,该方法的原理在于利用高速摩擦与反向旋转的双重作用,将铝板和铜棒进行对接并冲压成型,且能保证成品的坚固性和稳定性。与闪光焊对接型相比,摩擦焊对接型铜铝过渡线夹的结合强度更高,性能更加稳定,成本相对较低,但其应用范围相对有限,通常仅适用于6mm厚度以下的材料加工,这也限制了该技术的广泛推广<sup>[4]</sup>。

### 2.3 爆炸焊对接型

爆炸焊对接型铜铝过渡线夹在结合强度与力学性能方面表现更好,这一特性使得其不仅能够满足各种机械应力的冲击和影响,同时还兼顾良好的耐热性和导电性,能够较好地满足电气设备对高性能连接件的需求。然而,这一方法的局限性在于其生产过程容易受到外界因素的影响,增加了生产的不可控性。同时,爆炸焊接过程中会不可避免地产生一定冲击力,这可能会对线夹造成细微损伤,并可能在后续使用中成为潜在的安全风险。此外,线夹由于其结构的特殊性,导致修补工作的难度较大,且维修成本相对较高,因此应用该方法的风险较大。

### 2.4 钎焊对接型

钎焊对接型利用冲压工艺,将铝板塑造成特定形状,然后将铜片焊接到铝板上。这种生产方式不仅有助于降低材料消耗,还能显著提升生产效率,且整体成本相对较低。然而,尽管成本效益显著,但钎焊对接型线夹在工艺上仍存在明显缺陷,即耐高温性能较差,当工作环境温度超过170℃时,铜片与铝板之间的结合将变得十分不稳定,甚至出现自动脱落的情况<sup>[5]</sup>。此外,铜与铝之间的结合率本身相对较低,导致该类型线夹的批量生产合格率的效果并不理想,这也在一定程度上限制了其在大规模生产中的应用。

## 3 沿海配电网新型设备线夹铜铝过渡技术

### 3.1 设计理念与原则

铜铝过渡线夹是一种主要用于“实现铜导线与铝导线的可靠连接、确保电能有效传输与分配”的连接器件,其在电力系统中的各个关键节点都具有显著应用。而隔离开关则作为电力系统中用于隔离电源、切换电路以及保护设备安全的重要设备,当隔离开关处于分位置时,其触头间需保持一定的绝缘距离,并明确指示电路的断开状态,避免出现触电事故。

在现有技术中,铜铝过渡线夹及隔离开关设计中,通过第一刀闸、第二刀闸、拉环、锁扣等部件,形成了一个复杂的联动机制。在正常情况下,这一设计能够实现隔离开关的有效开合,但

在面对短路故障等极端条件时,也可能存在一定不足。例如,当系统发生短路时,由于电流急剧增大,两个刀闸的端部与静触头之间会产生强烈的电动斥力,这会破坏锁扣与挂钩连接的稳固性,并导致隔离开关失去原有的隔离与保护作用,并可能引发严重的安全事故。

### 3.2 结构与材料选择

在结构设计方面,本线夹采用了动触板和静触板相结合的结构,通过科学合理的布局,有效减少接触电阻,确保电气连接的准确性和稳定性。同时,触刀闸作为线夹的核心部件,设置于动触板和静触板之间。其一端与静触板铰接,在确保结构的稳固性的同时又能很好地实现开合操作。另一端则引入了锁扣设计,配合下方的勾板使用,能够在需要时迅速锁定触刀闸和动触板,确保连接安全性。此外,为尽可能避免触刀闸出现横向移动,线夹上还设置了锁定结构。通过这种设计,当触刀闸处于合闸状态时,抵接杆就会自动抵住定位件,形成一个牢固的锁定机制<sup>[6]</sup>。

在材料选择方面,基于沿海地区高湿度、高盐雾的特殊环境,本研究选择铜和铝作为主要材料。一方面,铜具有良好的导电性、延展性和耐腐蚀性特点。在本线夹中,铜主要用于制作动触板、静触板等关键导电部件,能够确保电能的高效传输和连接的稳定性。另一方面,铝则具有重量轻、强度高、成本相对较低等特点,适合制作线夹的主体结构部分,利用铝板的冲压成型工艺,不仅可以降低整体的生产成本,还能显著提高线夹的使用寿命。

### 3.3 工艺流程

铜铝过渡线夹具有十分精密的机械结构。其中,定位件主要被安置在动触板上,而抵接杆则位于触刀闸,共同确保隔离开关的稳定运行。定位件由定位板与定位筋共同构成,二者形成了一个“L”形结构,该区域可用于抵接杆的入驻,从而确保了触刀闸与动触板之间的稳固连接。为进一步优化这一操作过程,定位筋上还设置了引导弧面,其主要由两部分组成:第一弧面和第二弧面。通过这种设计,不仅有助于降低了抵接杆进入容纳腔的阻力,

还显著提升了操作的顺畅度与准确性。同时,动触板上的触头板成为了连接触刀闸与动触板的关键。为进一步提升安装的便捷性与效率,第一/第二触刀板上还设置了斜面导向筋<sup>[7]</sup>。这不仅起到了可以起到引导触刀板移动的作用,还能分散合闸过程中产生的冲击力,提升线夹的整体强度。在此基础上,考虑到用户操作的便捷性,线夹中还设计了拉环组件,并在动部与拉伸部接触的一侧设置勾件,这一设计可以极大地简化解锁流程,同时还可以有效避免失误操作带来的问题。

## 4 结束语

综上所述,这种铜铝过渡沿海配电网新型设备线夹能够有效解决传统线夹在沿海环境下易腐蚀、不稳定等问题,其安装和操作较为简单,且具有较强的实用性和经济性,适用于各类沿海配电网,为电力行业的可持续发展做出重要贡献。

### [参考文献]

- [1]郑建军,刘小恺,谢利明.铜铝过渡线夹断裂故障原因分析[J].焊接技术,2024,53(06):120-124.
- [2]焦宗寒,郑欣.铜铝过渡设备线夹断裂原因分析[J].电工技术,2021,(09):66-67+70.
- [3]余超,于奎才,季昌国,等.铜铝过渡线夹相控阵超声自动检测装置设计[J].机械工程与自动化,2024,(03):122-124.
- [4]孙庆峰,严飞,张杰,等.铜铝过渡线夹开裂原因[J].理化检验-物理分册,2023,59(03):50-52+56.
- [5]崔安原.浅析35kV配电网铜铝过渡线夹断裂原因与改进措施[J].中国设备工程,2024(9):135-137.
- [6]杨帆,方健,刘振东,等.基于界面复合技术的新型铜铝过渡线夹设计研究[J].电力设备管理,2023(1):75-77.
- [7]李正强,彭永健,陈卫民,等.一种配电网SYG铜铝过渡设备线夹:CN201710838979.3[P].CN107528135A[2024-08-14].

### 作者简介:

杨志宏(1979--),男,汉族,福建泉州人,本科,高级工程师,研究方向:电气工程与自动化。