

第六类铝合金导线在高压便携式接地线中的应用

王宇轩 朱明军 胡万尼西·切尔依阿孜旦 高 婷 朱一帆

国网昌吉供电公司 新疆 昌吉 831100

【摘要】：本文研究了由铝合金绞制而成的第六类导线在变电站接地线中的应用。与传统铜导体相比，第六类铝合金导线具有重量轻、柔软度高等特点，显著降低了接地线的重量，同时电学性能相近，更易于挂接。本文详细的介绍了第六类铝合金导线的制作工艺、性能参数及其在高压便携式接地线中的应用效果，并通过实验验证了其可靠性和可行性。

【关键词】：铝合金导线；接地线；轻量化；高压设备；变电站

DOI:10.12417/2811-0536.26.01.068

1 引言

变电站便携式接地线是高压设备检修时保障工作人员安全的重要工具之一，主要用于将检修设备的来电侧三相短路并接地，以防止设备突然来电。

传统的便携式接地线采用多股软铜线，但其重量较大，增加了施工人员装拆接地线的难度。

近年来，新型导线的研制和应用为改善变电站接地线重量大的缺点提供了可能。

本文重点探讨第六类铝合金导线在变电站便携式接地线中的应用，分析其轻量化设计、电学性能及机械性能，并通过实验验证其可靠性。

2 对于便携式接地线的具体要求

根据国家电网安规要求，成套接地线应由有透明护套的多股软铜线和专用线夹组成，接地线截面不应小于 25 mm^2 ，并应满足装设地点短路电流的要求。

行业标准 DL/T 879-2021《便携式接地和接地短路装置》进一步对便携式接地线的直流电阻、抗短路电流能力等方面提出了具体要求。

为确保接地装置能够承受安装位置可能出现的最大短路电流产生的电动力及发热，需对其进行一系列试验，包括疲劳试验、相间短路试验和接地短路试验（见图1、图2、图3）。

在接地线接地短路和相间短路试验中，需分别对接地线的动稳定性及热稳定性进行试验，试验通过的标准为接地线不发生断裂或熔断。

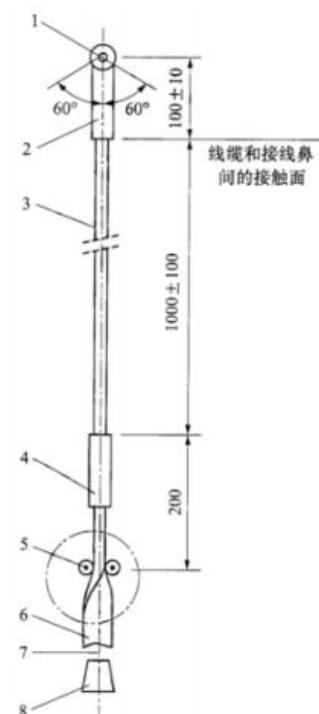


图1 接地线疲劳试验

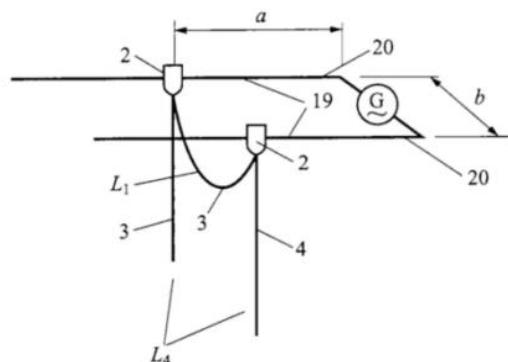


图2 接地线相间短路试验

作者简介：王宇轩，男（1998.4-），江苏省张家港市，汉，大学本科，助理工程师，研究方向为变电，于国网昌吉供电公司从事多年变电运维工作，具备丰富的工作经验。

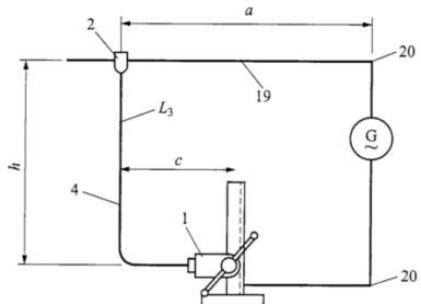


图3 接地线接地短路试验

3 新型便携式接地线的制作工艺

便携式接地线由导体和绝缘护套两部分组成。传统接地线导体部分通常采用纯铜制作，重量较大，增加了装设难度。通过调研发现，在相同载流能力下，铝合金导线的整体重量明显减轻。综合考虑机械强度、抗腐蚀能力等因素，新型接地线导体部分采用铝合金材料。

新型接地线所采用的铝合金材料包含硅、镁、铜等金属，其制作工艺如下：

拉丝处理：将铝合金杆清洗后经多级拉丝处理，得到铝合金细丝。拉丝过程中，每一级的拉丝变形量控制在10%-15%之间，以避免材料内部产生过大的应力集中，提高抗疲劳性能。

束绞与复绞：将铝合金细丝束绞成铝合金股线，再将铝合金股线复绞成铝合金导体。绞合角控制在12°-15°之间，以保证导体的柔软性和机械强度。

热处理：对铝合金导体进行高温（约500-600°C）加热后快速冷却（淬火），抑制晶体长大并形成均匀细晶组织，通过晶界强化机制提高抗蠕变性能。

经上述工艺得到的轻量化铝合金导体，既保留了铝的高导电性，又解决了普通铝导线强度低、易蠕变的缺陷。

4 铝合金接地线与铜接地线的参数对比

为了全面评估第六类铝合金导线在高压便携式接地线中的应用效果，本文对铝合金接地线与传统铜接地线进行了详细的参数对比。通过对裸导线重量、横截面积、外径、电阻率等关键指标，可以清晰地看出铝合金导线的优势。

在相同抗短路能力的前提下，铝合金接地线的裸导线重量显著低于铜接地线。具体数据如表1所示，铝合金导线的裸导线重量为153.1 g/m，而铜导线的裸导线重量为318.7 g/m，铝合金导线的重量减轻了

48%。这一显著的减重效果使得铝合金接地线在安装和拆卸过程中更加便捷，减轻了施工人员的劳动强度。

尽管铝合金导线的横截面积（53.4 mm²）略大于铜导线（35 mm²），但其外径（10 mm）仅比铜导线（8.5 mm）略大。这表明铝合金导线在保持较小外径的同时，能够提供更大的导电面积，从而确保其电学性能与铜导线相近。

表1 等效截面铝合金接地线与铜接地线质量对比表

	裸导线重量(g/m)	裸导线横截面积(mm ²)	裸导线外径(mm)	电阻率(Ω·Km)
铜制接地线	318.7	35	8.5	0.56
轻量化铝合金导体	153.1	53.4	10	0.509

为了验证铝合金导线的抗疲劳性能，同时对铝合金接地线与铜接地线进行了1000个循环的扭转疲劳性测验。结果表明，铝合金接地线与铜接地线均能通过试验，显示出相同的抗疲劳可靠性。这一结果进一步证明了铝合金导线在长期使用中的稳定性和耐用性。

表2 铝合金导线与铜导线参数

参数/特性	纯铜(Cu)	纯铝(Al)	铝合金
密度(g/cm ³)	8.9	2.7	2.7
熔点(°C)	1083	658	660
20°C 电阻率(Ω·mm ² /m)	0.0172	0.0283	0.027-0.028
热膨胀系数(10 ⁻⁶ /K)	16.5-17	23-23.1	23
抗拉强度(MPa)	200-270	70-110	160-210
屈服强度(MPa)	60-80	20-30	53.9-170

综合表2中的数据，铝合金导线在密度、熔点、电阻率、热膨胀系数、抗拉强度和屈服强度等方面均表现出与铜导线相近或更优的性能。例如，铝合金的密度为2.7 g/cm³，远低于铜的8.9 g/cm³，这直接导致了其重量的显著减轻。此外，铝合金的抗拉强度（160-210 MPa）和屈服强度（53.9-170 MPa）也接近或超过铜导线，确保了其在机械强度方面的可靠性。

5 铝合金接地线的短路电流试验

对铝合金接地线进行短路电流试验分别验证其受到故障电流冲击时的动稳定性及热稳定性，实验前，将被试线夹连接至合适的导体上，以模拟实际使用时

的连接和受力情况，试验时，应先按 DL/T 879-2021《便携式接地和接地短路装置》中要求施加一个周波分量的最大峰值电流，之后逐渐降低至试验电流，如图 4 所示。

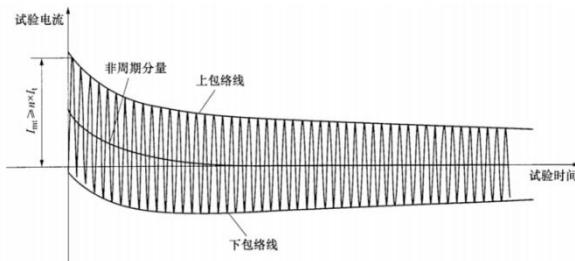


图 4 短路电流试验波形

在短路电流试验中，应保证试验电流不中断，允许线夹出现抖动、移动或转动，允许出现火花或线缆绝缘护层损坏，但应保证试验结束后接地线可以正常拆卸。

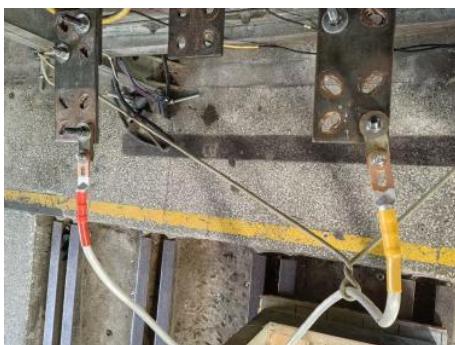


图 5 短路电流试验照片

经过短路电流试验验证，铝合金接地线未发生熔断或断裂，铝合金接地线的可靠性得到验证，用铝合金接地线替换铜接地线具备可行性和推广性。

6 结论

相较于铜导线，第六类铝合金导线在相同抗短路能力下在重量上具备不小的优势，同时，铝合金导线的电阻率（ $0.509\Omega/\text{Km}$ ）略低于铜导线（ $0.56\Omega/\text{Km}$ ），表明其导电性能与铜导线相当，甚至略有优势，能够满足高压接地线的电气要求，具备替代铜导体作为变电站接地线使用的可能。

本文首次将第六类铝合金导线应用于高压便携式接地线，突破了传统铜导线的局限性，降低了施工难度，为接地线的轻量化设计提供了新思路。

铝合金导线的应用降低了材料成本，同时减轻了接地线的重量，减少了运输成本，为电力企业带来了显著的经济效益；轻量化接地线的推广使用，能够减轻施工人员的劳动强度，提高工作效率，同时促进新材料和新技术的应用，推动电力行业的技术进步。

综上所述，第六类铝合金导线在高压便携式接地线中的应用具有重要的理论价值和实践意义，其轻量化、高性能的特点为电力行业提供了新的技术选择。

参考文献：

- [1] 杨宁.ACCC 碳纤维复合芯导线技术在我国的应用前景分析[J].电气应用,2008,27(5):50-52.
- [2] 杜雪松,隋高山,牛雪松.碳纤维复合芯导线在大跨越输电线路增容改造工程中的应用[J].电工材料,2014(4):43-46.
- [3] 何州文,陈新,王秋玲,张卓.国内碳纤维复合芯导线的研究和应用综述[J].电力建设,2010,31(4):90-93.
- [4] 顾小刚,刘庭,余光凯,等.特高压便携式接地短路保护装置用铜包铝合金电缆的研制[J].电工技术,2021(3):133-135,138.
- [5] 刘冠,许莉莉,朱红标.高导电率铝合金导线及其制备研究[J].化学工程与装备,2024,(11):8-10.