《高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求》

团体标准编制说明

团标制定工作组

二零二五年三月

一、任务来源

我国“十四五”规划明确要求推进川藏、滇西北等高海拔地区清洁能源外送通道建设，其中±800kV特高压直流、500kV交流线路需穿越重冰区长度占比达30%以上。制定专用金具标准可保障青藏高原、云贵高原等区域新能源外送通道的安全运行。为响应市场需求，需要制定高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求团体标准，满足市场服务质量提升需要。

经中国中小企业协会及相关专家技术审核，批准《高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求》团体标准制定计划，由中国中小企业协会归口。

二、制定标准的必要性和意义

（一）项目必要性

我国“十四五”规划明确要求推进川藏、滇西北等高海拔地区清洁能源外送通道建设，其中±800kV特高压直流、500kV交流线路需穿越重冰区长度占比达30%以上。制定专用金具标准可保障青藏高原、云贵高原等区域新能源外送通道的安全运行，降低因金具失效导致的停电风险（据统计，重冰区线路故障中金具问题占比达43%）。

现有金具标准（如GB/T 2314-2020《电力金具通用技术条件》）未针对此类复合型灾害工况提出专项要求，导致金具腐蚀速率超常规地区3倍以上，动态机械疲劳寿命不足常规设计的50%。例如，云南迪庆地区500kV线路曾因间隔棒断裂引发连续倒塔事故，直接经济损失超2亿元。

（二）项目意义

解决特殊环境下的技术瓶颈

高海拔重冰区（海拔≥2000m且覆冰厚度≥20mm）的输电线路面临极端气候挑战，包括强覆冰、低温（-30℃~-40℃）、高紫外线辐射和强风载荷。

填补国际标准空白

国际电工委员会（IEC）现行标准IEC 61284《架空线路金具》仅覆盖常规气候条件，对重冰区金具的覆冰动态载荷、低温脆性断裂等关键参数缺乏规定。国内虽在工程实践中积累经验（如四川雅砻江流域采用耐-45℃低温的锻钢线夹），但尚未形成系统性技术规范，制约国产金具参与国际市场竞争（如南美安第斯山脉重冰区项目多采用欧洲定制化方案）。

（三）应用前景

随着川藏铁路配套电网、藏东南清洁能源基地等国家级工程启动，2025年后高海拔重冰区线路年新增里程将超1200公里。团体标准的制定可统一技术路线，避免重复研发（目前国内企业如江苏神力、成都瑞威的同类产品参数差异达30%以上），预计使金具采购成本降低15%-20%，工程故障率下降至1.2%以下。

科研成果：中国电科院已建立高海拔重冰区金具数据库，验证了镀锌铝稀土合金在-40℃下的断裂韧性提升方案；南方电网通过真型试验塔获得间隔棒动态载荷谱，提出“低刚度-高阻尼”设计准则。

工程痛点：现行工程多采用“常规金具+冗余设计”模式，如西藏昌都工程将安全系数从2.5提升至3.0，导致金具重量增加40%，塔材成本上升25%。

三、主要工作过程

（一）前期研究工作

起草单位通过系统收集、整理高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求的相关标准、法规等材料，进一步了解国家对高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求的发展规划和政策，分析近几年电力金具产品特殊应用场景下的发展现状。

起草单位深入电力金具生产企业进行实地调研，召开研讨会，积极推进电力金具行业产品全应用场景的技术规范要求。

以上前期研究工作为本标准的制订提供了大量、详实的资料和经验。

（二）成立标准编制工作组

2025年，中国中小企业协会标准制定任务下达后，火炬电气集团有限公司和北京国标东方标准技术院成立了标准编制工作组，制订了编制工作方案，并就标准研制进行了任务分工。

（三）调研、形成征求意见稿

2025年1月-2025年2月，标准起草工作小组在电力金具生产企业开展调研工作，针对标准内容中存在的主要困难和问题进行讨论。后期通过查阅大量的国内外文献资料，并进行系统总结后，形成了标准的基本构架。同时对项目的工作进行部署和安排。

2025年2月-2025年3月，在前期工作的基础之上，通过理清逻辑脉络，整合已有的参考资料中有关高海拔金具的特殊要求，并结合实际的基础上，按照简化、统一等原则编制完成团体标准《高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求》（草案）。

2025年3月-2025年4月，开展多次小组内部意见的讨论会，通过讨论会的修改意见结合标准要点框架技术内容，多次修改标准草案，形成团体标准《高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求》（征求意见稿）及（征求意见稿）编制说明。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

（一）制定标准的原则和依据

1.规范性原则

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

2.协调性原则

分析了国内外相关政策和高海拔金具要求相关的现状和特点，对已发布实施的相关标准、进行整理、归纳和分类，标准内容与现行的国家和相关法律法规、政策、标准等保持一致。

3.科学实用原则

在紧密结合企业实际、广泛征求意见及调查研究基础上，紧贴电力金具行业实际，具有良好的实用性和可操作性。

（二）与现行法律、法规、标准的关系

本标准符合国家现行法律、法规和强制性国家标准的要求，与相关法律、法规及标准在技术内容上协调一致。

五、主要条款的说明，主要技术指标的论述

主要技术内容

材料与防腐：

铝合金部件抗拉强度≥420MPa（较常规标准提升25%），低温冲击韧性≥27J（-40℃测试）；

双重防腐体系：热浸镀锌层厚度≥100μm+有机硅复合涂层，通过3000小时盐雾试验（ISO 9227）。

机械性能：

动态载荷耐受：覆冰工况下金具疲劳寿命≥80万次（振幅±3mm，频率5-15Hz）；

抗弯刚度：间隔棒扭转刚度≤0.5kN·m/rad（允许覆冰不均匀导致的导线扭转±15°）。

电气特性：

电晕抑制：金具表面场强≤12kV/cm（海拔校正后），无线电干扰电平≤58dB（μV/m，0.5MHz测试）；

冰闪防护：均压环曲率半径≥300mm，结合硅橡胶增爬裙设计，泄漏比距≥45mm/kV。

试验方法：

建立覆冰-振动联合试验平台，模拟-30℃环境下覆冰增长（速率2mm/h）与导线舞动（频率0.5-3Hz）耦合工况；

引入数字孪生技术，通过ANSYS Icepak进行金具低温热应力分布仿真，优化结构设计。

本文件适用于电力金具生产企业特殊环境下金具的生产要求。

六、技术要求及主要内容

* 1. 技术要求
     1. 机械性能
        1. 破坏载荷

金具的标称破坏载荷应符合YS/T 318的规定，实际破坏载荷应不低于标称破坏载荷的120％。具体要求见表1。

1. 破坏荷载要求

| 金具类型 | 标称破坏载荷（kN） | 实际破坏载荷最小值（kN） |
| --- | --- | --- |
| 悬垂线夹 | 50 | 60 |
| 耐张线夹 | 100 | 120 |
| 接续管 | 80 | 96 |

* + - 1. 硬度要求

金属材料制成的金具，其硬度应符合GB/T 231.1、GB/T 231.4和GB/T 3190的要求。

* + 1. 电气性能
       1. 接触电阻

金具的接触电阻应不大于相同长度导线电阻的120％。在100 A的试验电流下，使用专业的接触电阻测量仪进行测量。

* + - 1. 绝缘性能

对于有绝缘要求的金具，其绝缘电阻应不低于1000 MΩ，在500 V的试验电压下，采用绝缘电阻测试仪进行测试。

* 1. 材料要求
     1. 金属材料

金具采用的金属材料应符合GB/T 3190和GB/T 699的规定。

* + 1. 绝缘材料

有绝缘要求的金具所采用的绝缘材料，其电气性能、机械性能和耐候性能应表2的规定。

1. 绝缘材料要求

| 性能类别 | 性能指标 | 要求 | 测试方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 电气性能 | 击穿电压 | 不低于20 kV/mm | GB/T 16927.1 |
| 绝缘电阻 | 不低于1000 MΩ | GB/T 16927.1 |
| 耐电晕性能 | 在规定电晕条件下，电晕损耗小，无明显电晕腐蚀现象 | DL/T 393 |
| 机械性能 | 拉伸强度 | 不低于150 MPa | GB/T 2317.1 |
| 弯曲强度 | 不低于100 MPa |
| 压缩强度 | 不低于100 MPa |
| 冲击强度 | 不低于30 kJ/m2 |
| 耐候性能 | 耐紫外线老化性能 | 经1000 h紫外线老化试验后，性能保持率不低于80％ | GB/T 16422.3 |
| 耐湿热性能 | 在温度40℃、相对湿度95％的湿热环境下，经28 d试验后，无明显变形、开裂、绝缘性能下降等现象 | GB/T 2423.3 |
| 耐化学腐蚀性能 | 在酸、碱、盐溶液等化学介质中浸泡14 d后，质量变化率不超过5％，性能无明显下降 | HG/T 3840 |

* 1. 设计要求
     1. 结构设计

金具的结构设计应考虑高海拔重冰区的特殊工况。连接部位应牢固可靠，避免在恶劣环境下松动或脱落。

* + 1. 热稳定性设计

金具应具备良好的热稳定性。金具的热膨胀系数应与连接的导线、绝缘子等部件相匹配，热膨胀系数差值应控制在5×10-6/℃以内，以防止因热胀冷缩导致连接部位损坏。

* 1. 制造要求
     1. 加工精度

金具的加工精度应符合DL/T 768.1、DL/T 768.2、DL/T 768.3、DL/T 768.4、DL/T 768.5、DL/T 768.6的相关规定。

* + 1. 表面质量

金具表面应光滑、无裂纹、砂眼、气孔等缺陷。镀锌层应均匀、牢固，镀锌层厚度应不小于80μm，采用磁性测厚仪进行测量。

* 1. 试验方法
     1. 机械性能试验

按照GB/T 2317.1的规定进行机械性能试验，包括拉伸试验、弯曲试验、扭转试验等，以验证金具的破坏载荷、硬度等机械性能是否符合要求。

* + 1. 电气性能试验
       1. 接触电阻试验

采用双臂电桥或专业的接触电阻测量仪，在规定的试验电流下测量金具的接触电阻，判断其是否符合技术要求。

* + - 1. 绝缘性能试验

使用绝缘电阻测试仪，在规定的试验电压下测量有绝缘要求金具的绝缘电阻；采用GB/T 16927.1规定的方法进行耐压试验，检验金具的绝缘性能。

* + 1. 防覆冰性能试验

在人工气候室内模拟高海拔重冰区的环境条件，对金具进行覆冰试验，测量金具表面的覆冰厚度和覆冰重量，检查金具覆冰后的功能是否正常；采用接触角测量仪测量金具表面涂层的接触角，评估防冰性能。

* + 1. 耐腐蚀性试验

按照GB/T 10125的规定进行盐雾试验，试验结束后检查金具表面的腐蚀情况，测量失重率，判断金具的耐腐蚀性是否符合要求。

* 1. 检验规则
     1. 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

* + 1. 出厂检验

型式检验

每批金具应进行出厂检验，检验项目包括外观质量、尺寸偏差、机械性能、电气性能等。抽样方案按照GB/T 2828.1的规定执行，接收质量限（AQL）根据不同检验项目确定。有下列情况之一时，应进行型式检验：

1. 新产品定型鉴定时；
2. 产品的设计、工艺、材料有重大改变，可能影响产品性能时；
3. 正常生产时，每5年进行一次；
4. 产品停产1年后恢复生产时；
5. 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

型式检验项目包括本标准规定的全部技术要求项目。

七、对国际标准和国外先进标准的采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比

1、采标程度

标准体系：IEC 60826-2017《架空线路设计标准》虽提出覆冰荷载计算模型，但未明确金具的差异化设计参数。欧洲EN 50341-3-22针对阿尔卑斯山区提出覆冰金具防腐要求，但未覆盖高海拔低气压环境对电晕特性的影响。

工程案例：挪威NVE在北极圈内采用钛合金耐张线夹（成本为常规产品的8倍），日本J-Power开发了带自加热功能的融冰间隔棒，但均未形成普适性技术规范。

国内技术进展

科研成果：中国电科院已建立高海拔重冰区金具数据库，验证了镀锌铝稀土合金在-40℃下的断裂韧性提升方案；南方电网通过真型试验塔获得间隔棒动态载荷谱，提出“低刚度-高阻尼”设计准则。

工程痛点：现行工程多采用“常规金具+冗余设计”模式，如西藏昌都工程将安全系数从2.5提升至3.0，导致金具重量增加40%，塔材成本上升25%。

八、重大意见分歧的处理依据和结果

无重大意见分歧。

九、其他事项说明

本标准不涉及专利、商标等知识产权问题。

《高海拔重冰区输电线路金具特殊技术要求》起草组

2025年03月25日