[搭接金具]

不停电作业便捷引线搭接金具的设计研究

文/张文斌　叶筱怡　陈颉　王建中　蔡奎　潘旭　韩佳杰
国网嘉兴供电公司

为解决以往带电安装金具的缺陷，提高线路的安全性和经济性，开发出一种不停电作业的便捷引线搭接金具。首先应用FAME工具召集施工、维护、品质、工艺和设计等方面专家展开头脑风暴法对金具要求、结构进行辩论分析；通过SOLIDWORKS软件对金具进行三维建模，利用ANSYS有限元分析软件，对金具应力、电磁仿真进行可靠性分析；采用3D打印和CNC机加工工艺，对金具进行打样和测试。结果表明，所研发的便捷引线搭接金具，能够在不停电作业的环境下，有效提高引线搭接的可靠性以及施工人员的安全性。

随着我国社会的进步和经济的发展以及城镇化的不断推进，对于配电网的安全性和稳定性都提出了更高的要求，为了能够稳定地进行供电并且不影响生产和生活，必须做到在不拉匝限电的条件下进行施工作业[1]。其中绝缘杆作业法[2]是现阶段理想的带电安装解决方法，采用该方法操作时操作人员和带电设备之间保持足够安全距离，而且其不仅能登杆作业，还能配合绝缘斗臂车进行作业，省去很多绝缘屏蔽，提高作业的效率。但现有的带电作业用引线搭接金具[3-5]常用设计不合理，无法便捷、可靠的安装在线路上，常发生绝缘裸露、烧毁和坠落等情况，给电网公司造成了重大损失。

为促进配电系统的带电作业，提高配电网带电作业水平，本文开发一种能够在不停电作业的环境下安装且同时兼顾便利性、可靠性、绝缘性和通用型的引线搭接金具。

不停电作业便捷引线搭接金具的关键技术要求

设计一种不停电作业的专用引线线夹，能够承受长期大电流稳定的运行且做到安装方便易于规范化施工。

产品在使用的过程中其性能需做到：产品电阻小于等长支线（引线）电阻的1.1倍；温升小于支线（引线）温升；握力大于支线（引线）拉断力的10%；满足严苛的热循环试验；架空线路在运行过程中受微风振动无可避免，要求金具在结构上应能够做到保证长期工作的稳定和可靠的措施；金具安装完成后应带有绝缘效果并做到整体安装方便快捷，绝缘遮蔽效果好；产品外露部分为耐老化型绝缘材料，具有防误触电功能；主线锁紧螺栓具有双重放松功能，带有力矩型剪切槽可防呆化安装；通用型可以用于多种截面的架空绝缘铝绞线；提高作业的效率；适配于市场上常规的带电作业操作杆无需特定安装工具，也可适配于常规停电检修作业。

不停电作业便捷引线搭接金具的设计

1. 设计路线

本文采用APQP产品规划方式开展设计和开发工作。应用FAME工具召集施工、维护、品质、工艺和设计等方面专家展开头脑风暴法对不停电作业便捷引线搭接金具的要求、结构进行辩论分析；利用SOLIDWORKS软件对金具进行三维建模，采用

ANSYS有限元分析软件，对金具的应力、电磁仿真进行可靠性分析。最后应用3D打印和CNC机加工工艺，对金具进行打样和测试。图1为不停电作业便捷引线搭接金具设计的三维图、外部零件说明图，图2为3D打印便捷引线搭接金具绝缘罩。

图1　金具设计三维图及说明图

2. 实施方案

在测试过程中对样品运行参数进行收集并进行全面评估。对有可能对产品性能造成影响的或提升品质的变更点进行二次优化，直至产品趋于完善。

图2　3D打印便捷引线搭接金具绝缘罩

不停电作业便捷引线搭接金具的特点及实用性分析

1. 不停电作业便捷引线搭接金具的优点

1）外部全包围结构的应用，防污秽、防树枝、防鸟粪、防霜雪和防氧化。

2）高性能绝缘材料的包裹，遮蔽引流本体，防误碰、误触而造成的人身伤害。

3）分支线与主导线为分体式，可进行独立安装。

4）分支线的锁紧装置设置有扭力剪切槽，无需特定的安装工具，扳手拧至剪切槽断裂即可，确保正常的电气负荷，防止因安装力过大造成的导线损伤。

5）内部引流本体及锁紧装置为全铝结构，减少对线路的机械负荷，为非镀层型环保。

6）高强度、高导电性铝合金材料应用，保证了搭接接引时电气连接，保证了机械负荷。产品可在400 A电流下长时间正常运转。

7）主线锁紧螺栓外部绝缘注塑材料，绝缘性强，适配市面上常规绝缘操作杆，适用性强。

8）主导线与分支线均有较大的夹线范围，一种规格可通用配网线路中变压器容量为200 kV·A以下配电线路的搭接引流。

9）主导线锁紧螺栓内部含双保险放松机构，防止因螺栓松脱造成的虚接发热情况。

10）分支线可左右双方向安装的设计，方便安装时方向调整。

11）弹性体软胶封堵帽的设计，适用分支线（大小线均可）的端头封堵，免去绝缘胶带缠绕造成的困扰与不变，防止缠绕不良造成导线裸露。

12）外部壳体导水槽设计，有效避免雨水倾入壳体之内。

13）壳体内部排水缝的设计，控制壳体内部水珠的堆积。

14）主线防护装置拉环的设计，适配市面上的绝缘操作杆，同主线螺栓的绝缘操作杆，单杆安装，便捷可靠。

15）主线防护装置与分线防护装置，均设计有易合难开锁扣，安装完成后即无法轻易打开。

16）主线夹线槽与分线夹线槽，均带有突起条状凸起，增加与导线的接触面积，增加电气接触的优良性。

17）自锁式弹性插销，使主线锁紧螺栓的锁紧力传递给导线，保证相互之间运转不干涉。

2. 不停电作业便捷引线搭接金具创新点

基于不停电作业的便捷引线搭接金具的主线和引线分别独立安装，具有跨径效果，满足多种导线需求；线夹本体采用挂钩状C形设计，挂钩结构能够有效避免断裂失效风险，C形结构在安装后起到了长期运行状况下应力的弹性补偿；选用铝合金材料在关键位置优化设计，做到了40 N·m安装扭矩的情况下，线夹变形＜5%，具体如图3所示。

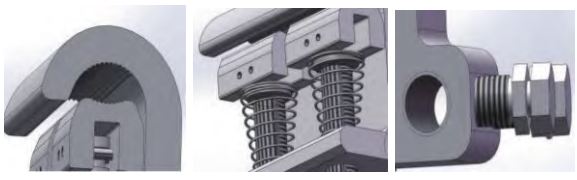

图3　线夹设计图

采用双吊环螺栓结构并配合塔形弹簧、蝶形防

松垫圈做好防松的双重保障。不停电作业便捷引线搭接金具的主线锁紧螺栓双保险放松机构；采用一体化绝缘罩设计，做到绝缘罩遮蔽效果的同时也兼顾了方便安装结实可靠的特点，具体如图4所示。

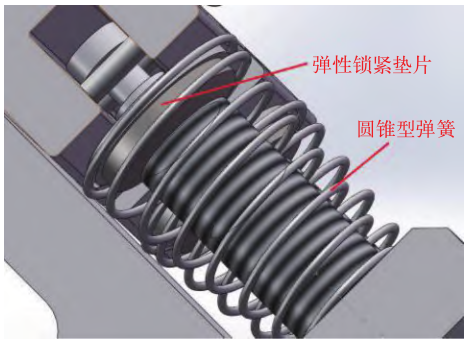

图4　主线锁紧螺栓双保险放松机构

3. 不停电作业便捷引线搭接金具的实用性分析

图5为所研制的金具无绝缘罩的实物图，新研制的引线搭接金具已通过试验检测，在实际工况下运行温度等各方面均满足要求。

图5　研制的金具无绝缘罩的实物图

该金具能够解决以往带电安装金具的缺陷，提高线路安全性及效益；具有较好的经济性，可以进行大范围推广，缩小城乡配网带电作业差距。图6所示为不停电作业便捷引线搭接金具在线路中的运用模拟图。

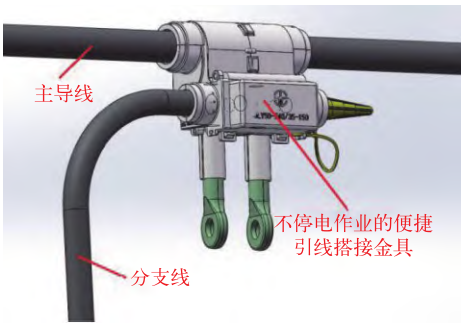

图6　便捷引线搭接金具在线路中的运用

由于该金具所解决的功能具有一致性、标准化的技术特点，除用于变电台区的电流引下，也可用于跳线的接续。经过试点应用成果总结后，便捷引线搭接金具完全可以替代目前配电网常规的平行异型线夹。目前嘉兴公司市本级（不包括县公司）配电网平行异型线夹年消耗量约6 000个左右。可以进一步向国网下属25个省电力公司推广应用和其他电网供电公司、发电集团、厂矿企业单位推广，市场需求量非常大。

结束语

本文开发出一种不停电作业的便捷引线搭接金具，能够在不停电作业的环境下安装且同时兼顾便利性、可靠性、绝缘性和通用性，能够解决传统金具便利性和适用性差、夹线范围小以及无法在没有特殊防护情况下进行带电作业等缺点，有效提高线路的安全性及经济性。由于该金具所解决的功能具有一致性、标准化的技术特点，除用于变电台区的电流引下，也可用于跳线的接续，经过试点应用成果总结后，便捷引线搭接金具完全可以替代目前配电网常规的平行异型线夹，大大缩小城乡配网带电作业差距，具有显著的市场效益。EA

（收稿日期：2024-03-30）

参考文献

[1] 吴增朗，林园敏，李学超，等．综合不停电作业法在配电网检修中的应用[J]．电气时代，2022(3)：34-37．

[2] 邢亮，张智远，武永斌，等．绝缘杆作业法在复杂作业项目中的应用探讨[J]．科技风，2021(30)：193-195．

[3] 赵宇，张孝祖，李海顺，等．带电处理输电线路金具系列工具的研制与应用[J]．电力设备管理，2021(6)：164-165+201．

[4] 赵旭阳，叶成，杜昭启，等．外部铁磁物质对电力金具能耗测量的影响[J]．浙江电力，2022，41(7)：70-77．

[5] 党乐，郭金刚，崔亚茹，等．架空输电线路金具材料研究现状及发展[J]．电气技术，2022，23(4)：1-6．