[接线端子]

一种新型快速接线端子研制与应用

文/林俊超[1] 林丹丹[2] 徐丽红[1] 庄剑雄[1]
1. 国网福建省电力有限公司莆田供电公司；2. 国网福建省电力有限公司超高压分公司

针对10 kV配电网建设和运维中，传统的铜铝接线端子普遍存在规格型号单一、易锈蚀老化、安装烦琐、连接易松弛和绝缘防护性差等问题，研制了一种新型快速铜铝接线端子，根据不同规格导线采用偏心原理以内切圆方式分体设计，圆弧面上设有螺纹齿增加导线与导线槽接触的有效摩擦，同时采用软包胶技术，实现接线端子与塑胶一体成型，增加接线端子整体的抗摔、抗磨和耐腐蚀等性能。

电力生产中，配电线路导线或母线引下线与电气设备（如变压器、断路器、互感器、隔离开关和穿墙套管等）出线端子的连接，通常都采用接线端子。目前，传统的接线端子大致分为机械压接式接线端子和螺栓压板式接线端子两种。机械压接式接线端子须使用专用工具，且只能配套一种导线规格；螺栓压板式接线端子（设备线夹）无须机械压接，但体积偏大，无配套绝缘防护。在配电线路故障中，60%以上是接线端子的烧损造成的。通过分析可知，传统接线端子普遍存在易老化、易锈蚀、安装烦琐、规格固定、绝缘防护性差及容易因接触不良导致发热等问题。因此，在保证电气设备与配电线路导线等连接正常的情况下，研制出一种拆装方便、通用性高、规格灵活、绝缘防护性强和接触良好的新型快速接线端子。

传统接线端子存在的问题

1. 铜铝过渡设备线夹

铜铝过渡设备线夹可以分为镶嵌铜、覆铜、纯铜和纯铝等规格型号，如图1所示。使用前，需要事先打好孔，再根据现场安装设备类型，选择打1～2个孔。同时，设备线夹是通过2～3组螺钉加固导线，一旦安装不对称，则螺钉易松动，致使导线接触不良，造成设备线夹发热等，如图2所示。此外，设备线夹不具备绝缘防护，容易造成金属裸露部位因氧化、锈蚀等出现损坏。

图1 现场应用中的铜铝过渡设备线夹

图2 发热烧损的铜铝过渡设备线夹

2. C形线夹（安普线夹）

C形线夹（安普线夹）通常应用于引线连接和变压器铜棒连接处，一般为铝材质（如图3所

示）。一种是不带螺栓加固的，在安装过程中需要先将导线插入，然后捶打接入；另一种是带螺栓加固的，一侧将导线插入，另一侧在设备处使用螺钉加固（例如变压器低压铜棒）。两者安装时间相对较快。设备由于是铝材质，虽然价格便宜，但是容易发热融化（如图4所示）。

图3　未安装的C形线夹（安普线夹）

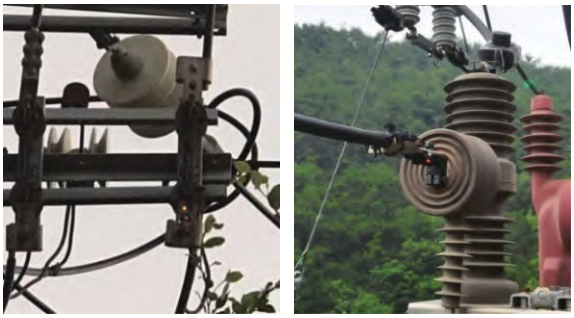

图4　发热烧损的C形线夹（安普线夹）

3. 铜铝鼻子

铜鼻子（如图5所示）相比于铜铝过渡设备线夹，其安装牢固性更强一些。但是铜鼻子型号种类较多，现场安装时，两人配合，使用液压钳按压三节。容易出现型号选择错误或者手动液压力量不足，致使导线安装不牢固，出脱落，造成鼻子发热等问题。此外，铜鼻子也不具备绝缘防护，容易造成金属裸露部位因氧化、锈蚀等出现损坏（如图6所示）。

图5　未安装的鼻子

图6　发热烧损的鼻子

针对传统接线端子烧损原因，经过大量实验及数据分析，可以分为接线端子质量不符合国家标准要求、安装工艺不精、负荷分配不均、雷击等因素引起发热烧损。

新型快速接线端子的研制

1. 铜铝过渡设备线夹

（1）接线端子防脱牙技术

新型快速接线端子根据不同规格导线采用偏心原理以内切圆方式分体设计，如图7所示。接线端子由导线槽、偏心调节螺母孔、防滑螺纹、压接片、防脱卡槽、内切拟合圆弧和软包胶组成。导线槽采用圆弧设计，圆弧直径以适用导线的最大直径为准，圆弧面上加工有螺纹，以便增加导线与导线槽接触的有效摩擦，防止导线脱落，偏心压接片接触圆弧采用不同类型导线圆内切方式拟合曲面，通过偏心调节螺母深度调节偏心压接片上的圆弧与导线槽圆弧的圆心，实现对不同型号导线有效接触及压接。

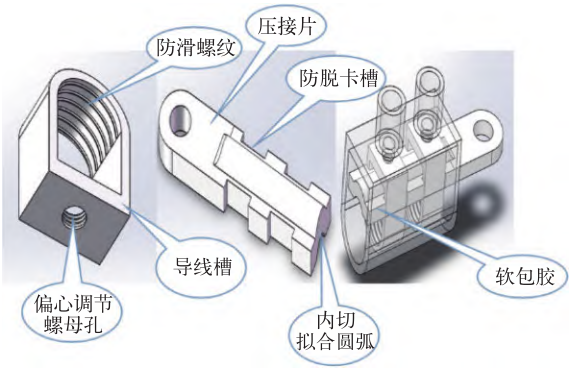

图7　新型快速接线端子结构图

（2）绝缘防护技术

绝缘防护采用软包胶技术，使用热塑性橡胶材质，环保无毒安全，硬度范围广，有优良的抗疲劳性和耐温性，耐温可高达260 ℃。能够实现接线端子与塑胶一体成型，增加接线端子整体的抗摔、抗

磨和耐腐蚀性能。

2. 设备结构3D拆解效果图

新型接线端子各部件拆解方法如图8所示，由此可知，新型快速接线端子相比于传统接线端子结构更简单，原理更科学。

图8　新型快速接线端子结构拆解图

新型快速接线端子分为五金成型和塑胶成型。相比一体式设计，减少加工和材料成本的同时，塑胶与导线槽通过高温高压粘合，相比外包胶的胶水粘黏具有更好的防潮、耐腐蚀及不易脱落等优点。

主要创新点

1）新型接线端子可以适用于不同型号的导线，保障现场正常应用。

2）无须采用机械压接工具即可安装施工，便于现场施工安装。

3）采用软包胶技术，实现接线端子与塑胶一体成型，增加接线端子整体的抗摔、抗磨和耐腐蚀性能，有效避免氧化锈蚀。

4）采用弧形凹槽设计和接线扣环带防脱牙槽，能够增加导线接触面积，并起到很好的防脱作用。

5）采用螺纹紧固压接方式，安装方便快捷，提高安装效率，有效降低故障发生率，保障配电线路安全可靠运行。

新型快速接线端子功能性试验

新型快速接线端子适用于各种规格（16～35 mm^2、50～95 mm^2、120～185 mm^{2}和240～300 mm^2）的导线，为验证其各项功能达标、完备，针对产品开展了拉力测试、大电流发生器耐流试验和拆装时间测试。

1. 拉力测试

该产品在连接导线与设备过程中需要承受一定的拉力（如大风摆动、导线牵引），须验证新型快速接线端子的拉力值符合现场应用环境，保证导线不脱落。拉力测试结果见表1。

表1　拉力测试结果

序号	检测项目	测试内容	检测标准	测试结果
1	拉力测试	使用不同的拉力测试接线端子是否按压牢固，导线是否会脱落	导线公称截面积16～35 mm^2，拉力2.5 kN	功能实现，符合要求
			导线公称截面积50～95 mm^2，拉力2.7 kN	功能实现，符合要求
			导线公称截面积120～185 mm^2，拉力3.0 kN	功能实现，符合要求
			导线公称截面积240～300 mm^2，拉力3.2 kN	功能实现，符合要求

2. 大电流发生器耐流试验

为验证新型接线端子的耐流水平，通过改变工频电流大小，模拟高压线路不同负荷下新型接线端子的运行情况。通过测试可知，在600 A以下时，设备运行完好无损，测试结果见表2。

表2　大电流发生器（升流器）耐流试验情况

测试次数	电流/A	新型快速接线端子螺钉处温度/℃	软铜线温度/℃
第一次	100	18.9	56.7
第二次	200	20.1	80.2
第三次	300	20.6	113.3
第四次	400	23.5	129.4
第五次	500	30.1	148.1
第六次	600	36.2	201.3

3. 接线端子拆装时间对比

为验证新型接线端子拆装更便捷、更高效，将传统接线端子和不同型号的新型接线端子进行测试对比。测试结果显示，新型快速接线端子平均拆装时间最短，是传统设备线夹拆装时间的1/3，测试结果见表3。同时，不同型号的新型接线端子安装时间接近，测试结果见表4。由此可知，新型接线端子安装更快，能够有效提高工作效率。

表3　不同接线端子拆装时间对比

（单位：min）

序号	实验人员	拆装6个铜铝过渡设备线夹耗时	拆装6个C形线夹耗时	拆装6个铜鼻子耗时	拆装6个新型接线端子耗时
1	林工	67	21	66	18
2	庄工	61	24	61	21
3	郑工	58	23	59	19

www.eage.com.cn

表4　不同型号的新型快速接线端子耗时情况（拆装6个）

序号	规格型号/mm²	应用场合	拆装耗时/min
1	16～35	坝津3#变压器	21
2	50～95	东井路灯箱式变压器	22
3	120～185	10 kV温东线037#杆	20
4	240～300	10 kV鸿玺园开闭所	23

应用效果分析

新型快速接线端子现场安装时，只需将导线插入导线槽，使用六角扳手旋转几下就可以完成导线固定，然后再配合数显扭力扳手完成设备端固定，操作简单便捷，同时自带绝缘防护，抗摔、抗磨，使用寿命长，现场安装如图9所示。

图9　新型快速接线端子现场安装应用场景

新型快速接线端子可以在配电网线路及设备上广泛应用，包括柱上变压器、箱式变压器、隔离开关、断路器、高（低）压电缆头、开闭所和开关柜等。

通过现场应用情况可知，传统拆装铜铝过渡设备线夹需要扳手和钳子，还需要提前打孔，拆装C形线夹需要使用工器具敲打和扳手安装，拆装铜鼻子需要液压钳（分手动和电动两款）和剪钳，而拆装新型设备线夹只需要六角扳手即可。由此可知，新型设备线夹安装工器具最少，且安装步骤简单，方便快捷。

截至2022年7月，新型快速接线端子已在多个地市公司广泛推广应用，有效消除设备的安全隐患，为设备安全运行夯实基础。新型接线端子解决了传统接线端子安装不牢固、安装步骤多等问题，同时能够有效缩减作业时间，质量可靠，现场操作方便，降低了作业人员劳动强度，节省了人力、物力，大大提高了工作效率和安全性。

结束语

新型快速接线端子根据偏心原理以内切圆方式分体设计，结合塑胶防护套设计，能够有效提高工作效率和端子的绝缘防护，增强设备有效接触，降低故障发生率，保障配电线路安全、可靠运行，实现了接线工艺规范化、标准化，具有十分显著的经济效益和社会效益。EA

（收稿日期：2022-11-14）

参考文献

[1] 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(9)：66-67，70．
[2] 陈刚，陈琦，李英奇，等．10 kV电缆户外接线端子故障分析及防范措施[J]．陕西电力，2009，37(4)：57-59．
[3] 袁义桃．配电网铜铝设备线夹故障分析及防范措施[J]．大众用电，2021，36(12)：56-57．
[4] 沈琼妹，王建勇，张睿等．电力二次接线端子紧固可靠性的检测和分析[J]．电子测试，2022，36(9)：40-43，47．
[5] 周倩影．探讨10 kV电缆户外接线端子故障及防范措施[J]．通讯世界，2017(9)：187-188．
[6] 陈重，陈航，林彦豪．10千伏高压带电显示装置外部接线端子改造应用研究[J]．电气开关，2018，56(1)：69-70，74．
[7] 何志平．10 kV干式整流变压器低压接线端子温度过高原因分析及改进措施[J]．中国新技术新产品，2015(19)：78．
[8] 王天鹏，聂晓波，孙明成等．某沿海变电站HGIS套管接线端子镀银层腐蚀剥落的原因[J]．腐蚀与防护，2022，43(5)：68-73．
[9] 杨可，苏尚流，林文贵．配电网设备线夹施工工艺与铜铝过渡分析[J]．电器与能效管理技术，2021(3)：36-40．
[10] 李晓武，彭涛，王立德等．电力设备线夹加工装置研制[J]．大众用电，2020，35(5)：25-26．
[11] 刘家鸿，欧荣梅，覃学宁等．新型预绝缘设备线夹的应用研究[J]．技术与市场，2020，27(4)：45-46．
[12] 刘阳，徐凯，郜宁等．强风区高压输电线路铝线夹疲劳断裂机制研究[J]．武汉大学学报(工学版)，2020，53(2)：176-182．