

[电动汽车]

表带触指在电动汽车充电枪上的应用研究

文/史陶比尔（杭州）精密机械电子有限公司 杨 勇 李太华 陈瑞瑞 徐 恒

通过对目前应用比较广泛的几种接触元件的对比和分析，介绍了一种基于MULTILAM技术的新型接触元件ML-CU表带触指。通过对其结构、载流性能、插拔性能和温升性能的分析，并结合实验验证了其应用在充电枪插座上的优势，本文提出了一种解决充电枪发热过高和插拔寿命偏低的行之有效的办法。

电动汽车的充电模式通常分为两种：交流充电和直流充电。交流充电包括慢速交流充电和快速交流充电两种形式，交流充电的最大充电电流为63 A，充电时间约1 h。直流充电则较为迅速，通常电流可达250 A，短时间内可充至80%电量。在国家新能源补贴政策逐渐向长航程电动汽车倾斜的情况下，大电流快速充电势必会成为未来发展方向。与此同时，市场上使用的直流充电枪出现了许多充电枪过热、烧蚀及插拔寿命次数不够等问题，原因主要分为三个方面：一是充电枪接口的设计尺寸匹配问题，如果不能很好地匹配插头和插座的结构尺寸，会存在偏心问题，长期插拔后导致内部接触件被破坏，导致温升过高发热；二是插头插座绝缘材料问题，一般选用PBT或PA66为主，受到气候因素影响，插头插座尺寸出

现偏差，导致插入不畅，加上暴力操作等问题，导致内部接触件损伤；三是端子材质导电性不高及端子压接不良等。因此，如何在现有结构尺寸和插头材料都受限的情况下，依然能够保证内部接触件不会损伤，且温升不会过高，成为一个重要课题。本文从充电枪的核心即内部接触件入手，研究接触件存在的问题，并提出解决方案。

现有充电枪内部接触件存在的问题

目前充电枪接口比较常见的内部接触件有线簧式、斜圈弹簧式和冠簧式。三种弹性接触件的性能对比如表1所示。

线簧式接触件是由多根金属丝按照双曲面圆周排列，构成中间小两边大的结构，通常将金属丝折边后固定在内套上，再由两端外套将其固定

表1 三种弹性接触件的性能对比

	线簧式	弹簧式	ML-CU表带
力学模型	简支梁	简支梁	简支梁
插拔力	较小	较小	较小
接触电阻	较小	较小	较小
尺寸大小	长度略长	直径略大	长度适中，直径小
同轴容差度	略小	适中	适中
载流能力	大	大	大
插拔次数	10 000次	10 000次	20 000次以上
耐滥用性	较小	适中	强
车载抗振冲击	适中	较小	强

住。线簧式接触件的特点是在较小的直径内仍可布置较多的金属丝，接触点多，载流能力强，插拔柔和，接触电阻低，插拔次数高，使用直径在0.76~20 mm的插座上。线簧式接触件广泛应用在各个行业，但在实际使用中耐滥用性不强，簧片容易损伤，容易造成插拔次数不高，充电枪过热，甚至烧蚀的情况。如图1所示。

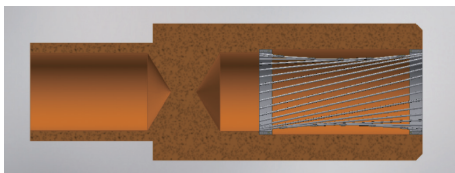


图1 线簧式插孔

斜圈弹簧式插孔由0.1~0.3 mm的簧丝环绕一圈而成，有一定的倾角。由于圈数较多，同样具备接触点多、接触电阻低、通流能力强和插拔寿命高的特点。因其工作范围较宽（5%~35%），对插座插孔同轴度容差较大。因其仅靠弹簧丝的张力固定在槽内，在车载振动的情况下，抗振动冲击性能有待进一步的验证。如图2所示。

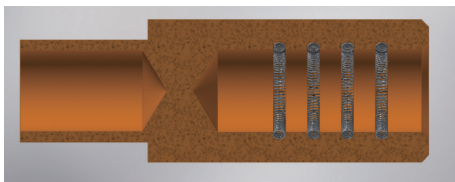


图2 斜圈弹簧式插孔

冠簧式插孔是由铜合金精密冲压成型，可分别安装在插针上或插座上，插入力柔和，在插拔力、接触电阻和插拔次数上与线簧式相当，但具有更高的载流能力，且加工工艺相对简单，适合大批量生产。同时，冠簧式插孔结构紧凑，开槽尺寸较小，在空间占用上适中。但是，它的压缩量小，同轴度容差较小，并要求插针和插座有比较高的配合准确度。在充电枪存在偏心的情况下，簧片也容易损伤，有较高风险。如图3所示。

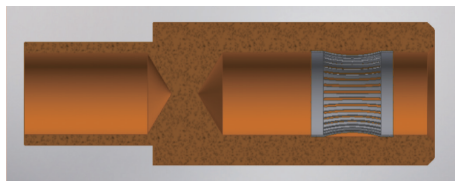


图3 冠簧式插孔

根据国标GB/T 20234.3的规定，充电插座的金属孔深度为至少30 mm，内径为12.2 (+0.2, 0)，对应塑料外径顶部24.7 mm (0, -0.2)，通常塑料壁厚预留2 mm，那么留给金属芯的空间只

有20 mm左右，孔深至少为30 mm，如图4所示。在有限的空间下，对比分析市场上比较常用的线簧插孔，通常线簧弹簧的长度在20 mm左右，且比较靠近插口位置，在充电枪插拔的时候容易伤到接触件。由于不同厂商的插座和插针有互插的情况，各个产品尺寸公差不一，在使用过程中不同程度地损伤接触件。因此，如何选用高性能接触件，降低复杂工况对接触件的损伤，耐滥用度高成为接触件遇到的重大课题。

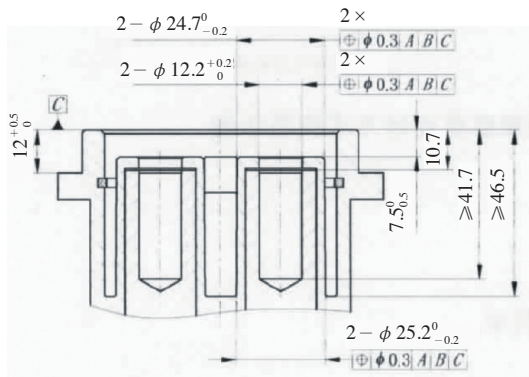


图4 充电枪插座结构图

表带触指的结构和工作原理

1. 工作原理和特点

ML-CU表带同冠簧式插孔类似，是冠簧式接触元件的全新升级。该款触指不同于传统触指技术大多采用一种材质（铍青铜、锡青铜和铬钴铜等）进行接触和连接的特点，而是创新性地采用两种基材来构成接触件，即双组分技术。它主要分为导电基材和弹性支撑基材。导电基材的选择偏向于选择载流量更大的材料，而不需要为了弹性性能牺牲导电性。弹性支撑基材部分的选择偏向于弹性变形和抗疲劳寿命更佳的材料，而不需要过多考虑导电性。得益于这种设计，ML-CU表带具有优越的导电性，低而足够的接触力，使磨损率降到最低，优异的弹性寿命，坚固的机体结构，最终达到较高的插拔次数。结构示意图如图5所示。

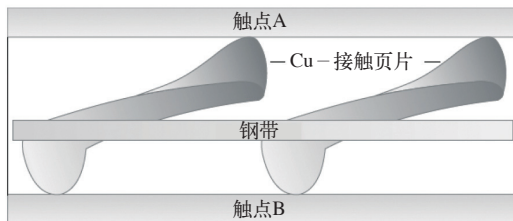


图5 ML-CU表带结构图

表带触指在充电枪上的应用

1. 表带型号的选择

根据插针尺寸、通流能力和插拔次数等情况的不同,可以选用不同表带型号。既有传统的冠簧式表带,也有全新的ML-CU表带。ML-CU表带不仅继承了冠簧类表带的全部优点,又提高了接触件的压缩量,适当降低了对插座开槽的准确度要求,使其能够有更多的同轴容差度。ML-CU表带在长度尺寸上只有12 mm,在现有充电枪尺寸下,可以将安装位置充分后置,最大程度减少了插座和插孔在设计公差大、互配性不佳和暴力插拔的情况下对接触件的损伤。如图6所示。

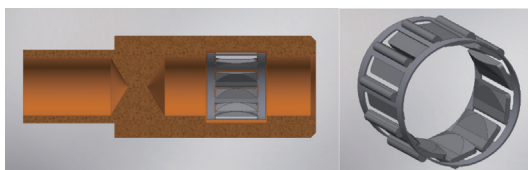
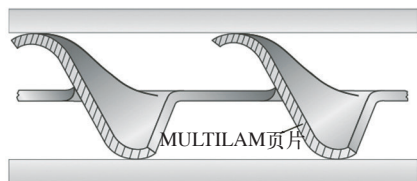
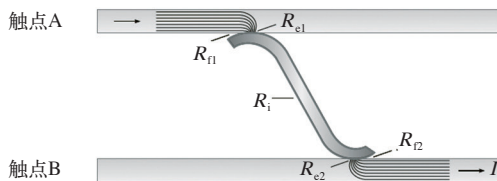


图6 ML-CU表带



R_{st} = MULTILAM页片电阻
 R_{c1}/R_{c2} = 收缩电阻
 R_i = MULTILAM页片内阻
 R_{f1}/R_{f2} = 膜层电阻
 I = 标称电流



R_{st} = MULTILAM louver resistance
 R_{c1}/R_{c2} = Constriction resistance
 R_i = Internal resistance MULTILAM louver
 R_{f1}/R_{f2} = Pollution layer resistance
 I = NoMinaj current

图7 表带触指原理

的能力和更高的可靠性,为更高的插拔寿命提供了强有力的基础。采用铜镀银作为导电基材,弹性基材与导电基材通过铆接方式连接,连接可靠。由于导电基材相对硬度较低,可以避免在工作中划伤插针表面,有助于保护镀银层,能够长时间保证良好工况。

4. 温升分析

由温升控制理论可知,对于控制大电流温升的两个关键点是减小发热,增大散热和导热,即尽量降低接触片的电阻值,并提高导电基材的导热率。由于ML-CU表带优选导电性能比较好的基材,使得单片的接触电阻可以降低到较小的值。一圈表带在插座内形成较多的接触点,充分保证了可靠接触,使得总接触电阻降低到较小的值。采用MULTILAM表带技术的连接器,常规电阻值可降至数微欧至数十微欧级别,接触电阻大大降低。同时,优选导热率的基材,温升上有保证。

2. 表带触指通流能力分析

接触电阻的高低直接影响通流能力的大小,影响接触电阻的因素主要包括收缩电阻和膜层电阻。由于MULTILAM表带技术在两个接触面之间建立平行接触点,每一片页片形成独立的弹性负载载流桥,这样就能大大减少整个接触电阻。同时,ML-CU表带特有的机械结构,能够使导电基材获得基本恒定的弹性压力,可以使接触界面之间保持稳定,从而实现稳定的低电阻。根据给定的每一片MULTILAM页片的接触力、几何结构、弹性特性以及表面材质的硬度和属性,可以准确地计算出接触电阻。如图7所示。

3. 表带触指插拔性能分析

影响插拔次数的因素主要包括接触件弹性基材的选择、镀银工艺的选择和接触件接触形式的设计。ML-CU表带触指采用不锈钢作为弹性基材,能够比常见的铜合金基材有更优的弹性形变

试验验证

为了能够验证ML-CU表带的实际性能,本文在接触电阻、插拔次数和温升方面做了详尽的实验与分析,逐一阐述如下。

1. 插入力与插拔次数验证

验证实验选用直流充电枪内部的金属芯公母头,接触对的规格按国标12 mm进行。测试方案按IEC 60512-9-1和GB/T 5095.5部分内容进行。环境温度25℃,如图8所示。

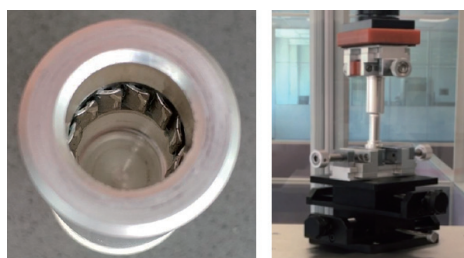


图8 样品及实验室

接触电阻与插入力如表2所示。试验表明,在完成3万次插拔测试后,接触电阻虽比初始电阻略有增加,但始终保持在较小的范围。而且,插拔力在经过3万次插拔测试后,仍然能够保持在比较稳定的状态。

表2 接触电阻与插拔力

实验次数	接触电阻/ $\mu\Omega$	插入力/N
第0次	16.5	—
第5 000次	15.5	17
第10 000次	17.4	14
第20 000次	17.3	13.8
第30 000次	17.7	13.5

2. 温升试验验证

实验用设备包括大电流发生器,型号:FTS 450-15,分流器,型号:1 000 A、75 mV,毫伏表,型号:C31/1-mV,数据采集器,型号:Aglient 34 970 A。实验室环境温度 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$,自然对流环境,无强制风冷。所使用3pcs样品为完成3万次插拔测试后的样品,将其通过1.4 m长的70 mm²线缆串联构成回路进行测试。在每个金属芯的表面布置热电偶监测温度。测试标准按IEC 60512-5-1和GB/T 5095.3进行。测试图片如图9、图10所示。

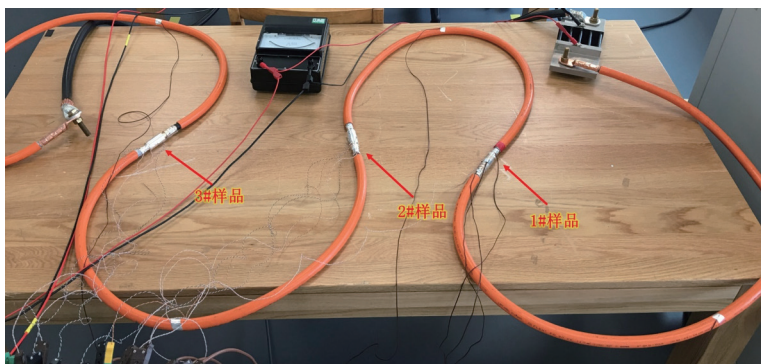


图9 测试现场

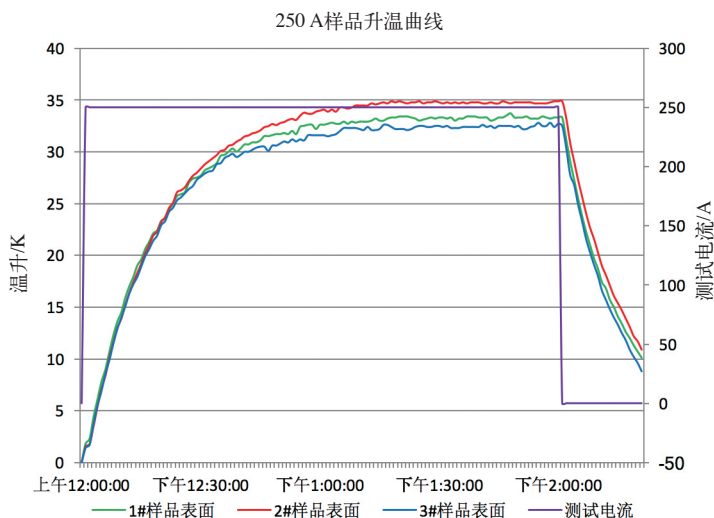


图10 温升曲线

结果表明,连接器的外表面的温升在33~35 K范围内,证明了表带触指优异的导电散热性能。

结束语

通过分析现有充电枪过热原因,引出了其核心元件即弹性接触件选择的探讨。通过市场上常见的几种触指的优缺点分析,介绍了MULTILAM技术的新款ML-CU表带,其采用的独特双组分设计,既能够最大限度地降低接触电阻,又能保持

恒定的接触力。ML-CU表带不仅通流能力强,而且滑动力小且稳定,插拔次数高,在尺寸上和空间占用上都具有优势,并且在改变接触电阻和滑动力的前提下,还可将表带的安装位置充分地后移,能够在保证通流和高插拔次数的同时,提高充电枪的耐滥用性能。综合来看,ML-CU表带在电动汽车充电枪领域有较广阔的应用前景。EA

(收稿日期:2020.02.08)

(编辑:朱金凤)