《弹性绝缘悬挂组件》国家标准

编制说明（征求意见稿）

1. 概述

架空刚性接触网由于其系统无张力、运营维护方便、施工工艺简单，已成为地铁接触网的主选趋势。而传统的刚性接触网都是采用瓷瓶绝缘子悬挂支撑，因其挠度值不均，造成接触线磨耗过大和不均匀磨耗等现象。为了优化提高刚性接触网的受流效果，天津电化院通过研究，得出“当悬挂点刚度减少到一定值时，可大幅提高受流效果”的结论，也就是说受流效果的提高就意味着电气磨耗的减少，即接触线整体磨耗的减少。依据减小整个刚性悬挂系统的刚度值可以改变接触网受流效果理论研究，浙江旺隆轨道交通设备有限公司开发研制了具有径向大刚度、轴向高弹性的弹性绝缘悬挂组件。其工作原理为：当架空刚性接触网的汇流排安装在弹性绝缘悬挂组件上，在其自重的作用下，弹性绝缘组件的橡胶弹性元件产生变形，达到一种应力应变的平衡。当机车受电弓滑过定制点时，由于受电弓向上冲击加速度的作用，橡胶弹性元件的变形恢复，在避让受电弓冲击的同时吸收了冲击能量和列车运动所产生的振动，从而克服了硬点的产生，也减小了受电弓的离线率，提高弓网的受流质量，减缓了弓网的磨耗。

弹性绝缘悬挂组件由径向大刚度、轴向高弹性的功能橡胶弹性元件、硅橡胶伞裙护套、以及连接螺栓和汇流排线夹等部分组合而成，并且它将汇流排线夹与绝缘子组合为一体，将其制成具有弹性的产品。该产品主要用于地铁刚性架空接触网的定制与悬挂和绝缘。

该产品与目前普遍使用的完全刚性的瓷质绝缘子相比，除了重量轻之外，最大的优点就是在绝缘的同时能够为刚性架空接触网提供一定的弹性，克服在汇流排定制点产生硬点，吸收机车受电弓冲击接触网的能量，降低汇流排的振动，减小接触线和受电弓的磨耗，使受电弓平稳通过定制点，提高受流质量，确保地铁车辆安全、平稳运行。

该产品经过试挂，上线试运行，已广泛用于城市轨道交通新线建设，目前已采用该产品开通运营的线路有广佛地铁；西安地铁2号线，杭州地铁1号线，杭州地铁2号线，西安地铁1号线，上海地铁12号线一期；在建的有；上海地铁12号线二期；杭州地铁4号线，苏州地铁2号线，东莞R1线；正在招标使用该产品的有成都地铁3、4号线；大连地铁1、2号线，南昌地铁等，已设计采用该产品的有厦门、苏州4号线等。

然尔弹性绝缘悬挂组件从开发到广泛使用一直没有统一的技术标准，给设计选型、安装施工、运营维护都带来诸多不便。为了解决这些问题，规范产品形式，指导产品生产，为工程设计、使用提供依据，必须尽早制定相应的国家标准，为业内提供优质产品，创造竞争环境，推动行业技术进步。

1. 工作简况

2.1 任务来源

根据国标委综合（2014）89号“国家标准委关于下达2014年第二批国家标准制修订计划的通知”的要求，由全国橡标委橡胶杂品分会负责组织《弹性绝缘悬挂组件》国家标准的制定工作（计划项目编号：20140658-T-606），浙江旺隆轨道交通设备有限公司负责起草。

2.2 主要工作过程

2015年2月6日，分会秘书处在浙江省台州市浙江旺隆轨道交通设备有限公司组织召开了“弹性绝缘悬挂组件”国家标准起草首次工作会，会议讨论确定了标准框架及主要内容，提出了需进行试验验证的项目，并就标准编制进度安排等事项进行了讨论。根据会上讨论的结果以及各位专家的意见，最终确定了工作组讨论稿。

2015年3月26日，分会秘书处在浙江省杭州市召开工作会议，与会专家听取了浙江旺隆轨道交通设备有限公司对产品涉及领域、用途等的介绍，并就产品标准草案进行了讨论，提出了不少改进意见，为完善本标准做了大量的工作。

会后浙江旺隆轨道交通设备有限公司依据与会专家的意见，对标准草案进行了认真的修改，对部分章节做了删除，譬如将产品制造过程中的刚度检测做为附录，方便企业生产时的质量控制。为了与铁道及轨道交通行业在材料上保持一致，对部分材料标准进行了直接引用，譬如产品的绝缘伞裙材料和绝缘芯棒材料就直接采用TB/B3199中的材料标准。

考虑到产品的使用寿命，在工作组讨论稿的基础上增加了橡胶材料的热空气老化指标和脆性温度指标。

1. 标准编制原则

本标准是本着积极推进该类产品的发展创新，提升产品的总体质量，确保用户满意的原则进行编制。

1. 主要技术内容的确定

4.1 主要材料性能要求

4.1.1橡胶弹性体材料物理性能

在制定橡胶材料指标时，一定要与产品的指标结合起来。在确保产品性能的情况下，选择合适的指标。弹性绝缘悬挂组件使用在长期恒定应力之下，同时要求其无蠕变。按照一般情况应该是测试橡胶材料的蠕变性能，但实际情况是材料硬度较小，其蠕变比较大，如果这样考核就与实际不符。

结合弹性绝缘悬挂组件的使用特点，综合分析橡胶材料的性能，重点考虑硬度、拉伸强度、拉断伸长率和压缩永久变形性能。

4.1.2橡胶绝缘伞裙材料和绝缘芯棒材料物理性能

电气化铁路用绝缘子标准TB/T3199对绝缘子伞裙用硅橡胶和芯棒材料做了明确规定，地铁用绝缘子除了电气性能指标另有规定外，都按照上述标准执行，所以我们在制定硅橡胶材料和绝缘芯棒材料标准时，仍采用TB/T3199的要求。

4.1.3导电滑垫材料性能

导电滑垫是弹性绝缘悬挂组件中唯一接触刚性接触网中汇流排的材料，由于汇流排的热胀冷缩作用要在导电滑垫上来回串动，所以在规定了材料的拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度等基本性能要求的基础上，增加了对材料的磨耗指标（磨损率和摩擦系数）的规定，另外为了避免在线夹与汇流排处形成电容，该材料必须是具有导电性，我们以电阻率来控制。

4.2 产品性能要求

4.2.1机械性能

本标准规定了弹性绝缘悬挂组件的如下几项机械性能：

①拉伸破坏负荷，②弯曲破坏负荷，③加载变形量，④振动试验后的拉伸破坏负荷、弯曲破坏负荷以及轴向施加1kN负荷时悬挂组件的变形量和施加600N负荷，然后卸载120N时悬挂组件变形量的恢复范围。

地铁产品长期以来都是依据电气化铁路接触网零部件通用技术标准，其拉伸破坏负荷、弯曲破坏负荷，疲劳试验后的指标等，都是必须考虑的。因此，结合弹性产品的特性，以及工作荷重的实际情况提出了具体指标。

加载变形量、刚度试验指标两项是依据产品特性及“当刚性悬挂刚度减小三个数量级时其受流效果最好”的理论研究。由于刚度测试主要用于产品生产过程的控制，所以在标准中只规定了加载变形量，未规定刚度试验的指标。考虑到为生产控制检测方便，我们另外设置了附录B，为制造厂生产过程的控制及检测提供依据。

4.5电气性能

① 工频干耐受电压

② 工频湿耐受电压

③ 雷电冲击耐受电压

④ 人工污秽耐受电压

⑤ 爬电距离

弹性绝缘悬挂组件的功能有悬挂支撑、绝缘、缓冲、吸能等，地铁设计规范对绝缘的要求是非常明确的。上述电气性能的项目、要求是必须达到的指标。

4.6试验方法

在本标准的制定中有两项指标是针对产品整体进行检测的，其机械电气性能试验方法的制定依据电气化铁路接触网零部件试验方法TB/B2073、TB/T2074和产品使用实际情况。

比如该产品使用过程中主要承受垂直向下的汇流排重量，接触网拉出值的侧向力以及汇流排沿顺线路方向串动的摩擦力，所以按照实际使用情况制定了产品的拉伸、抗弯试验方法。

另外该产品在使用过程中长期受到振动，所以振动试验方法在采用了上述两个标准方法的同时，也考虑到地铁运行密度大的实际情况，增加了100万次的振动次数。

考虑到接触网导高的要求，我们在产品试验中增加了加载变形量的检测。加载变形量检测的试验方法，是模拟产品在使用过程中受到受电弓冲击时的情况而建立，主要控制接触网导高变化。

1. 主要技术指标分析和预期达到的经济效果

本标准中技术参数及指标是根据国内城市轨道交通设计规范并参照部分设计院所和地铁建设业主的技术要求制定的。

通过本标准的制定，将有效规范产品形式，指导产品生产，为工程设计选型、安装施工、运营维护提供有效的技术支撑，为业内提供优质产品，创造竞争环境，推动行业技术进步；随着更多的城市轨道交通新线的开发建设，产品的使用量和需求量将会日益增长，从而带来良好的经济效益。

住建部在2015年度地铁用产品质量工作内容中提出：“大力推动地铁产品第三方认证工作”，作为认证依据的产品标准建立更是必要前提。弹性绝缘悬挂组件标准的提出，对此项工作具有一定的积极意义。

6.与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与国家有关法律法规无冲突。

7.标准属性和标准水平

按标准属性和级别划分原则，本标准属性为推荐性国家标准。

按本标准所规定的弹性体材料性能、产品的机械性能及电气性能等技术指标生产的弹性绝缘悬挂组件，已经过试挂，上线试运行，实际使用证明产品满足城市轨道架空刚性接触网设计、使用要求，并广泛用于城市轨道交通新线建设，因此，认为本标准达到国内领先水平。

8.贯彻标准的要求和措施建议

鉴于我国城市轨道交通建设发展的需要，建议要尽快颁布实施该标准，在设计、生产、施工和使用各个领域做好标准的宣贯工作，对标准的实施情况进行及时地调查和统计，掌握标准的实施情况，以利于提高产品质量，规范市场。

表一 橡胶弹性体材料试验数据汇总

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 试验数据 | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 硬度 邵尔A/度 | | 37 | 37 | 37 | 36 | 37 | 37 | 38 | 37 | 37 | 37 |
| 2 | 拉伸强度 / MPa | | 21.1 | 19 | 23.3 | 21.5 | 22.8 | 19.5 | 19.8 | 23.5 | 21 | 22 |
| 3 | 拉断伸长率/ % | | 657 | 663 | 721 | 650 | 668 | 670 | 665 | 690 | 710 | 640 |
| 4 | 压缩永久变形（70°×22h）/ % | | 35.2 | 34 | 36 | 35.5 | 33.5 | 32.2 | 36 | 34.8 | 35.1 | 35 |
| 5 | 热空气老化70°\*70h | 硬度变化 邵尔A/度 | +4 | +5 | +4 | +4 | +3 | +5 | +5 | +4 | +5 | +4 |
| 拉伸强度变化% | +4.3 | +5.2 | +3.5 | +2 | +5.6 | +5 | +4.8 | +4.5 | +4.3 | +4.4 |
| 拉断伸长率变化% | -3.9 | -8.5 | -6.9 | -6.8 | -5.2 | -11 | -8.9 | -4.7 | -3.5 | -9.0 |
| 6 | 脆性温度 | | -40° | -40° | -40° | -40° | -40° | -40° | -40° | -40° | -40° | -40° |

表二 导电滑垫材料试验数据汇总

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 试验数据 | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 拉伸强度/ MPa | 41.0 | 40.2 | 41.2 | 40.4 | 41.0 | 40.6 | 40.8 | 40.9 | 41.2 | 41.1 |
| 2 | 弯曲强度/ MPa | 57.0 | 56.2 | 56.4 | 56.7 | 56.5 | 56.4 | 56.6 | 56.5 | 56.8 | 56.7 |
| 3 | 缺口冲击强度/（kJ/m2） | 7.00 | 7.01 | 7.01 | 7.03 | 7.03 | 7.03 | 7.03 | 7.01 | 7.01 | 7.02 |
| 4 | 磨损率/ % | 2．40 | 2.43 | 2.40 | 2.40 | 2.41 | 2.40 | 2.42 | 2.43 | 2.41 | 2.43 |
| 5 | 电阻率/ （Ω.cm） | 1×103 | 1×103 | 1×103 | 1×103 | 1×103 | 1×103 | 1×103 | 1×103 | 1×103 | 1×103 |
| 6 | 摩擦系数 | 0．270 | 0.262 | 0.265 | 0.262 | 0.262 | 0.263 | 0.265 | 0.268 | 0.268 | 0.267 |

表三 产品机械性能试验数据汇总

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项 目 | | 试验数据 | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 拉伸破坏负荷/ kN | | 23 | 24 | 20 | 22 | 20 | 26 | 26 | 23 | 24 | 28 |
| 2 | 弯曲破坏负荷/ kN | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | 加载变形量 | 轴向施加1kN负荷悬挂组件变形量/ mm | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 |
| 施加600N负荷，然后卸载120N时悬挂组件变形量的恢复范围/ mm | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 1.0 |
| 4 | 振动试验后 | 拉伸破坏负荷/ kN | 22 | 24 | 24 | 23 | 24 | 18 | 23 | 22 | 24 | 20 |
| 弯曲破坏负荷/ kN | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 轴向施加1kN负荷时悬挂组件的变形量/ mm | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 施加600N负荷，然后卸载120N时悬挂组件变形量的恢复范围/mm | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.6 |

注：序号1、2、3试验为一组试样，且为先做加载变形量，再做弯曲，最后做拉伸；序号4为一组试样，振动试验后项目顺序与序号1、2、3相同。

表四 电气性能试验数据汇总

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 试验数据 | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 电气性能 | 工频干耐受电压/ kV ≥ | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| 工频湿耐受电压/ kV ≥ | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 雷电冲击耐受电压（施压15次）/ kV ≥ | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 |
| 人工污秽耐受电压/ kV ≥ | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 爬电距离/ mm ≥ | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |