

一种新型轨道交通车辆用电气车钩防护端盖结构

王广超 赵金宝 陆青松 马成成

(中车青岛四方车辆研究所有限公司 山东 青岛 266031)

摘要: 文章介绍了国内外轨道交通车辆常用的几种电气车钩防护端盖结构和原理,详细阐述了新型电气车钩的防护端盖,从防护能力、端盖开闭的原理等方面与复兴号动车组电气车钩进行了计算和对比,阐明新型电气车钩具有单体防护性能更好、结构可靠性更高的优点。

关键词: 电气车钩; 防护端盖; 防护等级; 推送力; 快速编组

0 引言

随着我国轨道交通行业的发展,轨道交通在人们出行中所占比例越来越高。其中2021年全年城市轨道交通完成客运周转量1978亿人次,而根据中国国家铁路集团有限公司2021年统计公报,2021年国家铁路旅客发送量完成25.33亿人次,周转量完成9559.09亿公里。随着国内轨道交通行业的发展,如何提高轨道交通运输的经济效能,得到了越来越多的关注。为有效缓解困扰轨道交通淡旺季、早晚高峰中潮汐人流问题,多编组在线连挂解编成为了时下一个研究热点。重连车组的主控车需要和被控车之间通过自动车钩进行连接,自动车钩之间的电气连接保证了两列连挂车组之间的有效信息传输,车钩之间的电气连接好坏会影响列车的控制系统及行车安全,因此电气车钩的可靠性直接关系着车辆多编组在线连挂解编的可实施性。提升电气车钩单体防护等级可在车辆解编后有效保护电气车钩接触体,防止水、尘等污染电接触件,提升电气车钩信号传输的可靠性,对列车安全运行有着重要意义。

1 国内外现状介绍

电气车钩的防护和端盖开闭均由电气车钩前端防护端盖及其开闭机构实现。国内最常见的是以城轨车辆、CRH1型和CRH3型动车组上使用的电气车钩为代表的单轴旋转式防护端盖结构,该电气车钩

防护端盖结构简单,所需推送力较小不易发生卡滞等故障现象,防护端盖及其开闭机构较为紧凑,因此同等体积下其接触体容量可以做得比较高,但其单体防护等级较低,在GB/T 4208-2017中规定IP44到IP54等级左右。还有一种是以CRH2型动车组为代表的防护端盖旋转内翻式结构,该电气车钩单体防护等级能达到GB/T 4208-2017中规定的IP56等级,但由于防护端盖打开时是收到壳体内部的,其开闭机构也较复杂,因此该电气车钩防护端盖和其开闭机构占用体积较大,同等体积下对比该类型电气车钩其接触体容量较低。

目前国内综合性能最优的电气车钩为复兴号动车组使用的电气车钩,该电气车钩端盖在开闭时包含了旋转和平移2个动作,其运动轨迹能够保证该电气车钩端盖关闭时端盖内部弧面与弧形密封圈正向紧密扣合,因此其单体的防护等级较高,一般在GB/T 4208-2017中规定

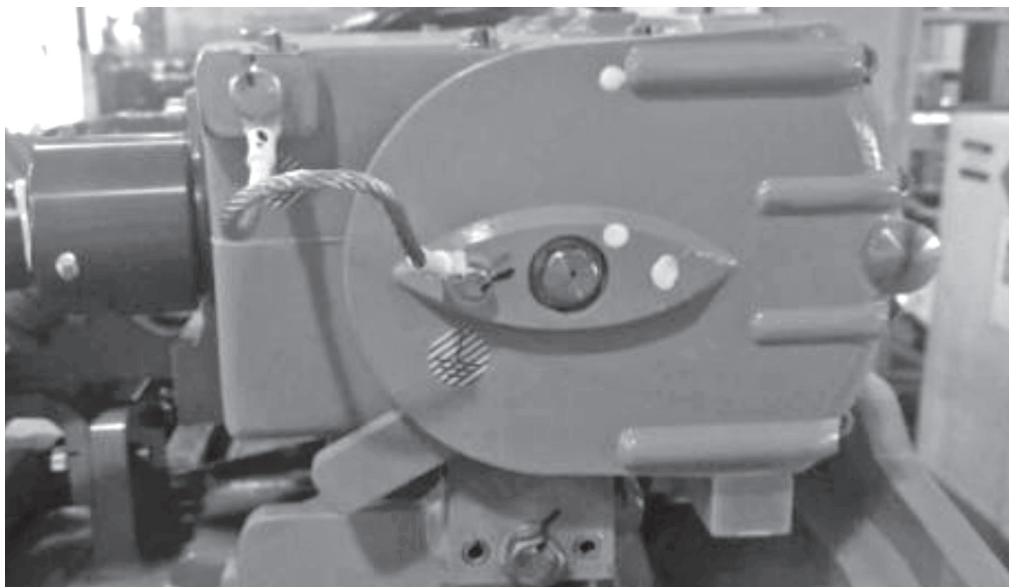


图1 复兴号动车组电气车钩

的IP55左右。而相比于CRH2型动车组电气车钩，该防护端盖在电钩壳体外侧打开和卷簧薄板操作臂等的应用使防护端盖和其开闭机构占用空间较小结构紧凑，同等体积下其接触体容量同样可以做得比较高，但由于其运动轨迹复杂，端盖开闭机构易发生卡滞和干涉等问题。复兴号动车组电气车钩如图1所示。

近年来国外也出现了一种新型的电气车钩防护端盖结构，如图2所示。该电气车钩防护端盖开闭机构为平行四边形结构，通过外置推送臂操纵端盖开闭，闭盖时端盖同样能够与密封圈紧密贴合，从而达到较高的防护等级。该电气车钩运动轨迹同样比较复杂，目前该结构只见于国外轨道交通展会有展示，暂未见有应用项目。

2 新型电气车钩介绍

2.1 新型电气车钩整体结构介绍

由中车青岛四方车辆研究所有限公司(以下简称四方所)研制的新型电气车钩是以复兴号动车组电气车钩(图1)为原型经过改进而来。新型电气车钩主要由壳体、接触体组成、线缆组成、端盖及其开闭机构组成等主要结构和部件组成，如图3所示。该电气车钩最大额定电流为25A，外壳和防护端盖的防护等级单体能达到GB/T 4208-2017中规定的IP56等级。新型电气车钩的密封圈、接触体排布、前板连接接口、壳体和翻盖臂与车钩缓冲装置接口等与复兴号动车组电气车钩完全一致，从而使新型电气车钩能够与复兴号动车组电气车钩完全兼容，整体互换。

2.2 防护端盖及其开闭机构优化

新型电气车钩以满足复兴号动车组统型接口为基本要求，通过应用新的摆臂机构，达到与原电气车钩防护端盖相同的运动轨迹，解决运动卡滞问题，使电气车钩连接过程更流畅。

复兴号动车组电气车钩防护端盖结构如图4所示，其开闭时的原理如下：当电钩开始推出时，首先是推送板的下驱动轴顶推摆臂，使摆臂绕摆臂转轴小范围转动而带动翻盖转轴向前移动，翻盖整体也前移；当推送板上驱动轴碰到翻盖挡块后，翻盖开始沿顺时针转动打开，直至达到图4(b)所示的完全打开的状态；闭合时在

卷簧的作用下翻盖先落下，然后翻盖转轴后移使扣合，回复到图4(a)所示完全关闭状态。

复兴号动车组电气车钩密封性能良好，但机构复杂，端盖翻盖转轴移动和端盖翻转需要2个驱动点同时驱动完成，因此打开时阻力相对较大；同时防护端盖在转动开闭同时混有平移动作，因此在翻转过程中容易造成翻盖卡滞现象。

新型电气车钩防护端盖主要结构如图5所示。当电钩开始推出时(图5(a)状态向左运动时)，首先是推送板(该件在电钩运动时固定不动)与摆臂驱动销接触，使摆臂绕摆臂转轴转动而带动翻盖整体向前移动，此时翻盖不转动；当摆臂与翻盖挡块接触后(图5(b))，在翻盖挡块的限位作用下摆臂开始带动翻盖同步转动，翻盖随电气车钩向前运动在推送板顶推作用下继续转动直

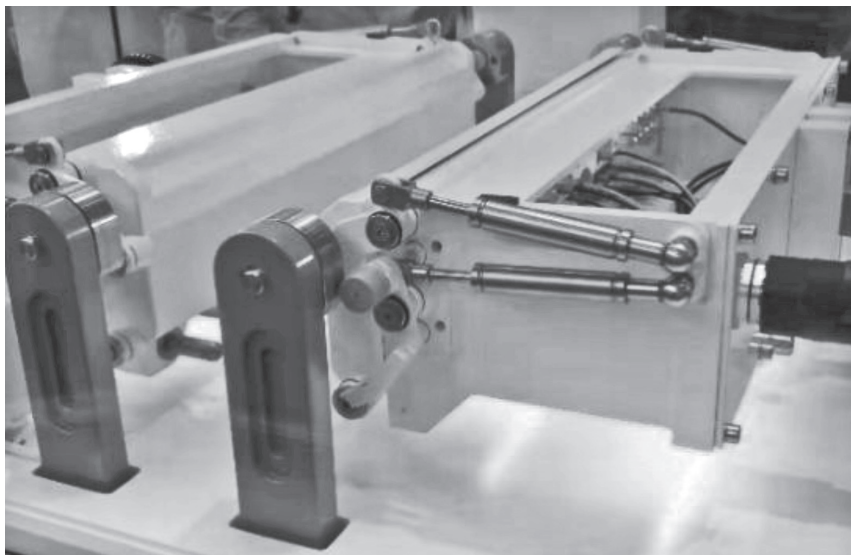


图2 平行四边形开闭机构防护端盖的电气车钩

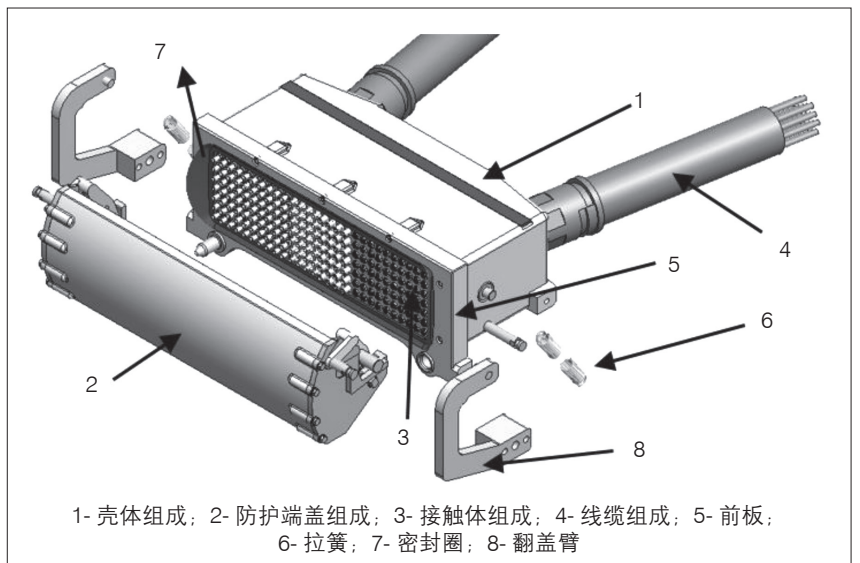


图3 新型电气车钩结构

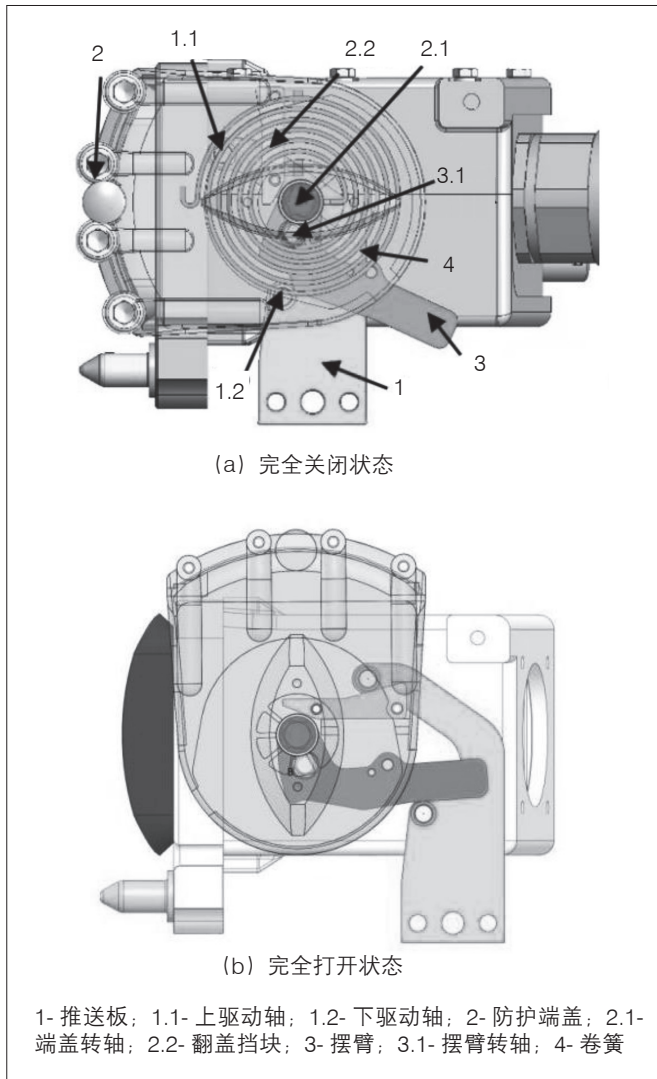


图4 复兴号动车组电气车钩翻盖结构和原理

到翻盖完全打开 (图 5 (c))。当电钩开始缩回时, 推送板驱动销与翻盖驱动挡块接触, 翻盖开始逆时针往扣合方向旋转, 由于翻盖挡块的限位作用此时摆臂与翻盖同步旋转, 继续旋转直到翻盖转到与电钩壳体前端接触后不再旋转, 此时摆臂在拉簧作用下仍旧逆时针转动带动翻盖整体向电钩壳体方向移动, 端盖扣合回复到图 5 (a) 所示初始状态。

2.3 防护端盖及前板结构优化

复兴号动车组电气车钩使用了卷簧提供端盖闭合的回复力, 且翻盖臂也位于端盖内侧, 翻盖臂和卷簧占用了较大空间, 因此侧面防护端盖和电钩壳体之间间隙较大; 其前板为梯形结构, 加大了防护端盖侧面与电气车钩壳体之间的间隙; 同时复兴号动车组电气车钩端盖闭合时其与前板扣合接缝是朝上的。当遇到从侧面或上面侵入的较大 (超出其防护等级) 水流时, 水有几率进入到电气车钩前端从而污染接触体引发电气故障。目前复

兴号动车组电气车钩防护等级只能满足 IPX5 级, 难以进一步提升。

新型电气车钩通过对局部结构优化, 实现进一步提升防护等级的目的。该电气车钩壳体组成的前板 (图 3 中件 5) 采用方形结构, 原提供端盖扣合力的卷簧改为放在端盖外侧的拉簧, 翻盖臂也放在端盖外侧, 端盖侧

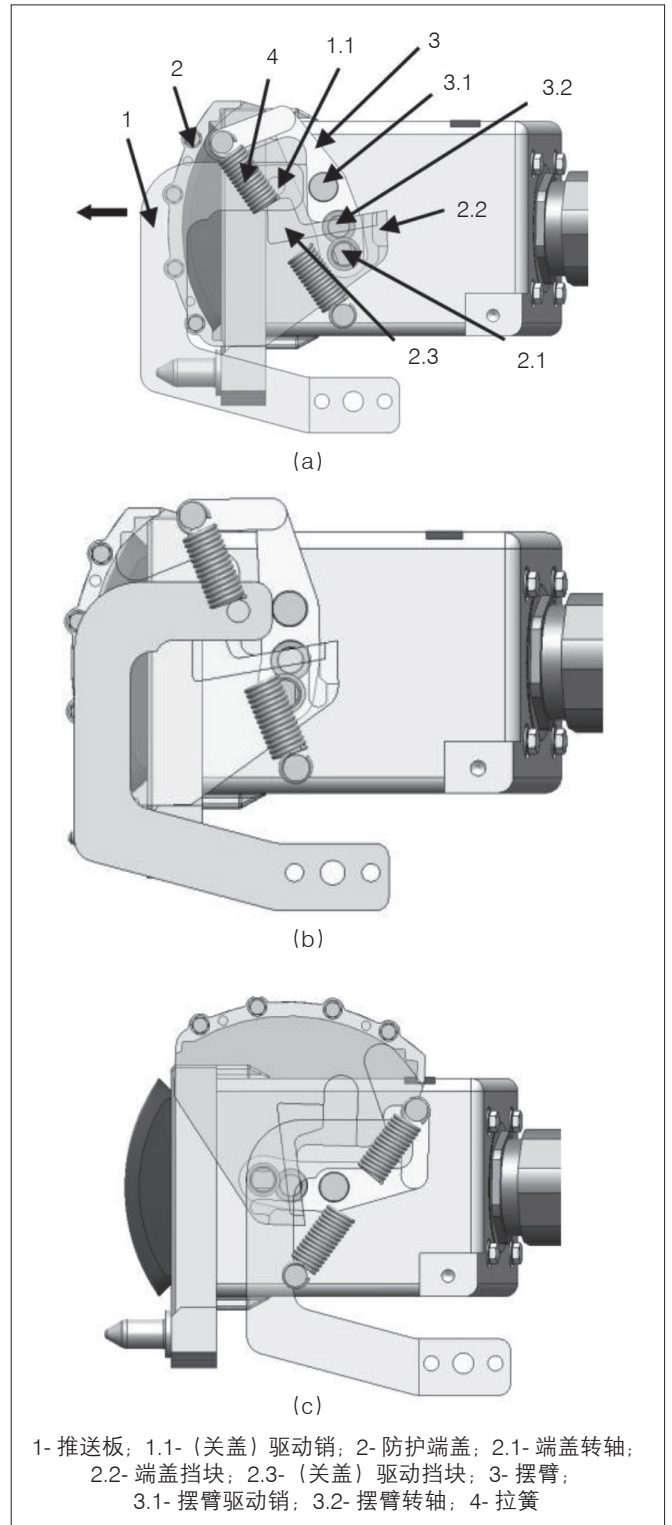


图5 新型电气车钩防护端盖结构和原理

面与电气车钩之间的间隙基本密贴，能够阻止来自侧上方较大水流冲击电气车钩密封圈。同时防护端盖顶端增加挡水结构，与前板的扣合接缝是朝后的，水想要流入需要从后向前进入，此结构可提升端盖对正上方流下的大股水流的防护能力，相比原结构可更好地适应上置式安装结构，更进一步降低进水风险。

3 运动分析

3.1 运动轨迹和推送力分析

新型电气车钩防护端盖结构相比复兴号动车组电气车钩，开盖驱动点由后者的2个驱动点改为了1个驱动点，减小了电气车钩开闭过程的摩擦力；动作过程由原来的平动和转动同时动作改为了依次动作，动作过程相比复兴号动车组电气车钩也有所简化，提高了端盖开闭过程中的稳定性；回复力弹簧由卷簧改为了拉簧，关盖原理进行了优化，大大减小了推送过程中的阻力，还能提高电气车钩关盖时的扣合力。

根据电气车钩的防护端盖开闭机构模型，计算了电气车钩推出时两种结构的推出阻碍力，新型电气车钩推出过程中的最大阻碍力相比原复兴号动车组电气车钩降低了接近60%，两种电气车钩推出过程中的阻碍力对比如图6所示。

3.2 端盖扣合力对比

防护端盖扣合力的提升有利于提升电气车钩端盖与密封圈的压紧力，从而进一步提升电气车钩的防护性能。原复兴号动车组电气车钩端盖回复力由卷簧提供，新型电气车钩改为拉簧后，在防护端盖打开过程中所需最大推送力降低的情况下，使端盖扣合力进一步增加。经计算两电气车钩理论端盖扣合力提升30%，扣合力对比如图7所示。

4 试验验证

新型电气车钩防护等级试验按照 GB/T 4208-2017 中 IP56 等级的要求进行试验，试验结束后要求检查电气车钩接触体灰尘沉降情况、接触体进水情况，以及耐压、绝缘性能。试验照片如图8所示，试验证明接触体表面未发现灰尘沉积和进水情况，耐压绝缘性能符合设计要求。试验证明，由于机构上的革新再加上防护端盖结构上的优化，四方所新型电气车钩单体防护等级已与目前国内外最高水平持平。

5 结语

四方所研制的新型电气车钩相比现有复兴号动车组

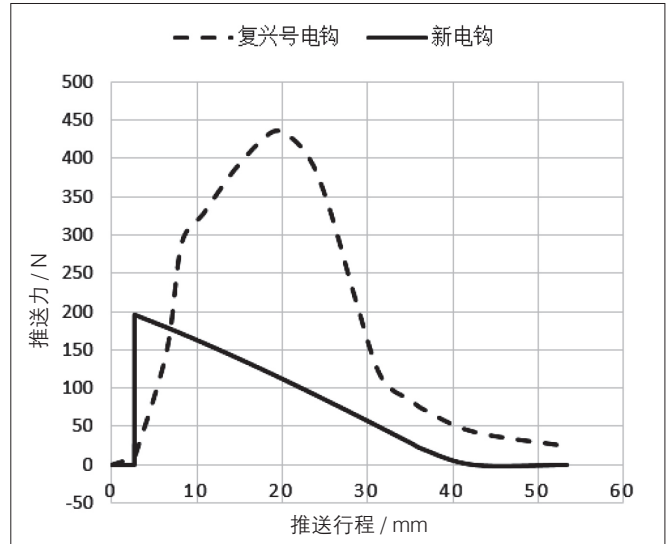


图6 电气车钩推送力对比

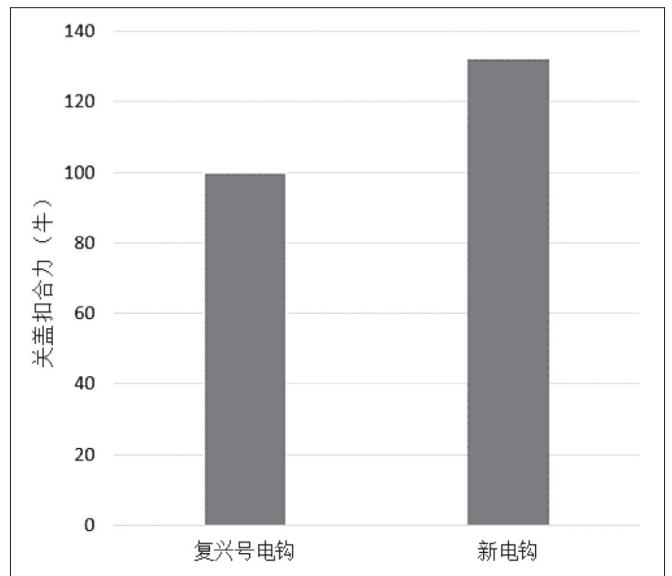


图7 电气车钩关盖扣合力对比

电气车钩，端盖扣合力提升了30%，使端盖防护能力提高；推出连挂时开盖阻力降低了接近60%，使开盖过程更流畅。理论计算和试验证明该电气车钩的方案设计具有较好的可靠性，载流量与目前复兴号动车组电气车钩相同，单体防护等级也达到了IP56，与目前国内外最高水平持平，综合性能优于国内外现有电气车钩。该电气车钩符合复兴号动车组车钩缓冲装置统型技术条件要求，可以与当前复兴号动车组电气车钩连挂接口完全兼容、整体可互换。该电气车钩可应用于动车组、城轨、铁路客车等车辆用于列车重联时电信号的传递，投入使用后能够一定程度上提升列车信号传输的稳定性，降低轨道交通车辆连挂和解编过程中的卡滞和进水等故障，也能够更好地适应当前轨道交通车辆多编组在线连挂解编的工况。

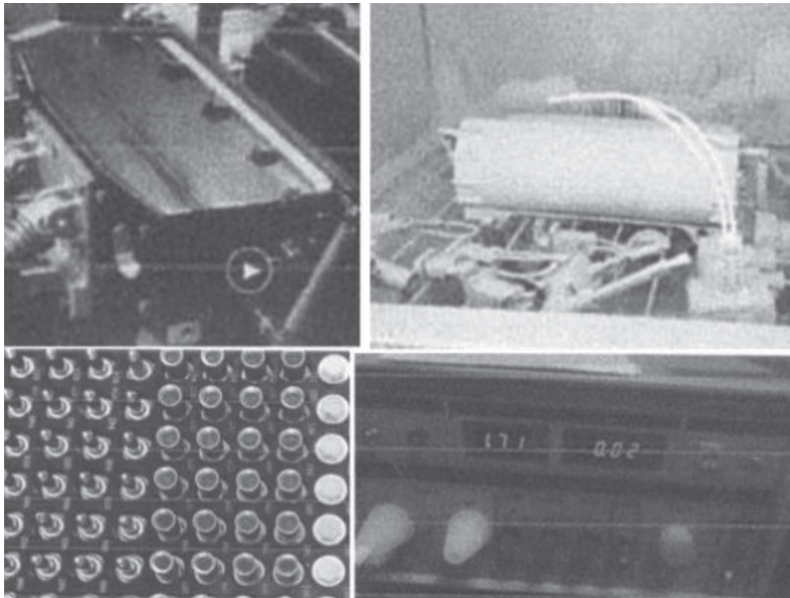


图8 新型电气车钩防护等级和耐压绝缘试验现场图

参考文献:

[1] 《中国城市轨道交通市场发展报告》编撰组. 2021中国城市轨道交通市场发展报告[R/OL]. 中国轨道交通网, <http://mp.weixin.qq.com/s/7HodyiEb9nV6VZb-ncLxSw>.
 [2] 李玉明, 帅园园. 250km/h动车组自动车钩电气控制浅析[J]. 铁道机车与动车, 2016(07): 15-16.
 [3] 王广超, 刘辉, 刘继波. 电气车钩及电气车钩推送机构: ZL201810679473.7[P]. 2019-05-10.

作者简介: 王广超(1987.01-), 男, 汉族, 山东青岛人, 研究生, 工程师, 研究方向: 机械设计及理论。

征 稿 启 事

《中国机械》(Machine China)杂志, 1982年创刊于北京, 由中国工业经济联合会主管, 中国工业报社主办, 是经国家新闻出版总署批准登记的机械工业类学术期刊(旬刊), 系万方数据全文数据库收录期刊。国内统一刊号: CN11-5417/TH; 国际标准刊号: ISSN 1003-0085; 邮发代号: 28-165。

《中国机械》杂志定位于成为机械工业领域产学研用协同创新平台, 顺应大机械学科发展趋势, 主要刊发机械工程领域及其交叉学科具有创新性的应用研究, 进而推动机械工程技术进步的优秀科研成果, 兼顾基础研究领域对科技创新有前瞻性和重大影响的基础理论研究, 引领机械工程学科发展。杂志主要服务机械工业主管部门、行业组织、科研院所、制造企业, 以及各相关企业事业单位等, 以管理者、中高层技术人员、经理人为主。

◆ 栏目设置 ◆

- 本刊特稿:** 发表有较高价值的应用研究论文, 理论上有一定深度或前瞻性的研究论文, 以及技术创新、政策解读和市场调研等方面的热点综述文章。
- 机械制造与智能化:** 发表机械制造技术、工艺、智能及自动化等科技论文。
- 工业设计:** 发表机械设计、产品设计、造型设计、环境设计、建筑设计、传播设计和设计管理等科技论文。
- 工业互联网:** 工业系统与高级计算、分析、感应技术以及互联网连接融合、软件和大数据分析, 数字设计等科技论文。
- 先进材料技术:** 发表高性能结构材料、功能材料、关键原材料与先进制造业结合相关科技论文。
- 先进动力与能源技术:** 先进及新型动力系统相关科技论文。
- 现代交通技术:** 立足综合交通运输技术, 主要刊发道路工程机械、桥隧工程机械、交通工程机械、港航工程机械、轨道交通装备等领域的科研文章。
- 可持续环境工程:** 发表环保机械、环保工程相关科技论文。
- 机械工业:** 发表农业机械、工程机械、内燃机、仪器仪表、石油化学通用机械、机床工具、汽车、重型矿山机械、文化办公设备、电工电器、食品包装机械、其他民用机械, 以及增材制造等行业领域的科技应用论文。
- 市场与管理:** 发表机械工业相关的市场分析、管理提升等学术论文。
- 质量与标准:** 发表机械工业相关企业事业单位的质量管理、体系建设及相关产品标准、故障诊断等科技论文。
- 安全与生产:** 发表机械装备制造、施工及使用过程中安全与生产等科技论文。
- 职业教育:** 发表机械行业相关院校职业教育、学生就业、创业等相关文章。
- 首台套:** 发布首台套重大工业技术装备有关技术突破、功能创新、用户反馈等相关文章。

◆ 征稿要求 ◆

1. 本着尊重原创、严禁抄袭的原则。
2. 文章格式采用 GB7713-87, 科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式。
3. 稿件的结构组成, 按次序排列为: 题名、作者署名、作者工作单位名称、第一作者工作单位所在省、市及邮编; 摘要、关键词; 引言、正文、结语; 基金项目(可选)、参考文献(必选)及作者简介(可选)。
 - (1) 题名: 符合学术期刊论文标题要求, 简单明了概括文章主题, 一般不超过15个字。
 - (2) 作者署名及工作单位: 所有文章须2版起发, 2版论文的作者数量不应超过3位; 4位作者的论文起发版面数为3版; 5位作者的论文起发版面数为4版, 依此类推。多位作者属不同工作单位的, 须明确标注。
 - (3) 摘要: 摘要应具有独立性和自含性, 即不阅读全文的全文, 就能获得必要的信息。摘要一般应说明研究工作的目的、实验方法、结果和结论等, 重点是结果和结论。以200~300字为宜, 用第三人称写, 尽量不重复题名中已有信息。不出现插图、表格、公式及参考文献序号等。
 - (4) 关键词: 每篇论文选取3~6个单词或术语作为关键词。
 - (5) 正文: 撰写论文时, 不同级别标题可采用阿拉伯数字1, 1.1, 1.2, 1.3, ……2, 2.1, 2.2, 2.3, ……标示。结语部分不能重复正文内容, 如果层次分明, 可以编号(1)、(2)等分条来撰写。
 - (6) 参考文献: 参考文献须按照 GB-T7714 - 2005 标准编写。所引用的文献及对应的刊物需具有较高的学术质量。作者一律姓前名后(外文作者名应缩写), 多位作者间用“,”间隔。凡参考过本刊论文的, 请切记标注在参考文献中。
 - (7) 作者简介: 须按照统一格式编写: 姓名(出生年.月-), 性别, 民族, 籍贯, 最高学历, 职称, 研究方向: 具体专业(不超过10个字为宜)。
- 注:
 1. 作者所投论文是否满足要求, 以《中国机械》编辑部审核意见为准, 编辑部拥有稿件的惟一最终审核权。
 2. 文章一旦被录用, 除特殊原因不允许无故撤稿。同时, 不允许再行增减作者或变更原作者顺序, 否则一律视为作者主动撤稿, 该稿将不再录用。
 3. 作者在收到稿件录用通知后, 如主动撤稿并易名再投, 一经发现, 将被纳入本刊敏感作者名单, 相关稿件均不再录用。
 4. 对于未通过本刊初审, 二次投稿依然不能通过审核的稿件, 一律做退稿处理, 不再录用。
 5. 针对每一篇论文, 编辑部将免费赠送一本发表该论文的期刊, 如需更多请联系编辑部预定。

◆ 权利和责任约定 ◆

1. 作者在投稿时视同同意向《中国机械》编辑部授予论文著作权有许可使用和独家代理授权书, 包括授权以电子版形式出版发布。
2. 编辑部收到稿件后, 将按照工作流程对稿件进行处理。
3. 稿件需经本刊编辑和审稿专家审核, 一经录用则依照编辑部出版流程依序刊登出版。如果作者想撤稿或改投其他刊物, 需向本刊提出申请, 已定稿、进入了出版流程的稿件, 作者需承担相应的责任和费用。
4. 本刊只接收作者原创、未公开发表过的论文, 对存在抄袭剽窃、一稿多投等学术不端现象的论文, 编辑部将严肃处理。