

团 体 标 准

城市轨道交通电动客车牵引系统 第 8 部 分：牵引电传动系统

(征求意见稿)

编制说明

2022-11-7

《城市轨道交通电动客车牵引系统 第 8 部分：牵引电传动系统》 (征求意见稿) 编制说明

1 任务来源、协作单位

1.1 任务来源

牵引电传动系统作为城市轨道交通电动客车的“心脏”，为列车提供动力和能源，是保证城市轨道交通电动客车能否正常运行的关键核心系统。鉴于城市轨道交通的绿色化、智能化发展以及城轨认证的需要，对城市轨道交通电动客车牵引电传动系统提出了一些新要求，应用了一些新技术，为进一步规范和细化对城市轨道交通电动客车牵引电传动系统的要求，提高质量水平、保障运输安全，株洲中车时代电气股份有限公司提出了团体标准提案《城市轨道交通电动客车牵引系统 第 8 部分：牵引电传动系统》，符合行业发展和标准需求。

2022 年 2 月 8 日，中国城市轨道交通协会下达 2022 年第一批团体标准制修订计划的通知（中城轨〔2022〕15 号），《城市轨道交通电动客车牵引系统 第 8 部分：牵引电传动系统》正式立项，计划编号为：2022039-T-13，由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会牵引电气设备与系统分技术委员会（SC13）管理，计划完成时间为 2023 年 1 月。

1.2 协作单位

牵头单位：中车株洲电力机车研究所有限公司

参编单位：南京地铁建设有限责任公司、上海申通地铁集团有限公司、重庆市轨道交通(集团)有限公司、南宁轨道交通集团有限责任公司、福州地铁集团有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、中铁检验认证中心有限公司、中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司。

2 编制工作组简况

2.1 编制工作组及其成员情况

牵头单位中车株洲电力机车研究所有限公司在城市轨道交通电动客车牵引电传动系统开发和运用等方面具有丰富的经验，荣获 2005 年度国家科技进步二等奖的殊荣，在轨道交通电气系统领域，享有“技术领跑者”与“首选供应商”的行业声誉，先后为北京、上海、广州、深圳、天津、南京、重庆、沈阳、昆明、长沙、无锡、杭州、大连、南昌、宁波、武汉、福州、南宁、郑州等地提供成熟、优质的城轨牵引电传动系统。参编单位参编人员覆盖了城市轨道交通电动客车建设运营单位、车辆供应商、设备供应厂家、检验检测单位等，均具有丰富的城市轨道交通电动客车牵引电传动系统的设计、制造、检验和运用维护的经验，组成合理，技术优势明显，为本文件的编写提供了坚实的技术支撑。

2.2 标准主要起草人及其所做的工作

具体人员及分工见表 1。

表1 标准主要起草人及工作内容

序号	姓名	单 位	职务/职称	分工
1	陈文光	中车株洲电力机车研究所有限公司	首席专家/正高级工程师	牵头标准编制、编审
2	刘 雄	中车株洲电力机车研究所有限公司	高级工程师	组织编制, 编审
3	王 龙	中车株洲电力机车研究所有限公司	高级工程师	编制、编审
4	张 超	中车株洲电力机车研究所有限公司	高级工程师	编制、编审
5	瞿海平	中车株洲电力机车研究所有限公司	工程师	编制、编审
6	韦苏来	南京地铁建设有限责任公司	副总工/教授级高工	编审, 提供系统需求、运用及维护相关专家意见
7	何玉琴	南京地铁建设有限责任公司	研究员级高级工程师	编审, 提供系统需求、运用及维护的专家意见
8	周 炯	上海申通地铁集团有限公司	高级工程师	编审, 提供系统需求、运用及维护的专家意见
9	文 登	中车株洲电力机车研究所有限公司	高级工程师	标准化
10	吴 晶	重庆市轨道交通(集团)有限公司	部长/高级工程师	编审, 提供系统需求、运用及维护的专家意见
11	罗志骁	南宁轨道交通集团有限责任公司	高级工程师	编审, 提供系统需求、运用及维护的专家意见
12	周根华	福州地铁集团有限公司	机电中心主任/高级工程师	编审, 提供系统需求、运用及维护的专家意见
13	吴桂林	中车株洲电力机车有限公司	正高级工程师	编审, 提供系统与车辆匹配的专家意见
14	丁朝奉	中车南京浦镇车辆有限公司	高级工程师	编审, 提供系统与车辆匹配的专家意见
15	王亚龙	北京鉴衡认证中心有限公司	高级工程师	编审, 提供系统试验相关的专家意见
16	李会南	北京鉴衡认证中心有限公司	高级工程师	编审, 提供系统试验相关的专家意见
17	姜 伟	中铁检验认证中心有限公司	高级工程师	编审, 提供系统试验相关的专家意见
18	黄永刚	中铁检验认证中心有限公司	高级工程师	编审, 提供系统试验相关的专家意见

19	蔡万银	中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司	副总经理/工程师	编审, 提供系统试验相关的专家意见
20	鲁秀龙	中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司	工程师	编审, 提供系统试验相关的专家意见

3 起草阶段的主要工作内容

3.1 起草阶段

2022年9月, 中车株洲电力机车研究所有限公司向SC13秘书处提交了《城市轨道交通电动客车牵引系统 第8部分: 牵引电传动系统》的工作组讨论稿及编制说明。

2022年9月14日, 《城市轨道交通电动客车牵引系统 第8部分: 牵引电传动系统》启动会暨工作组会议以网络会议形式召开, 中车株洲电力机车研究所有限公司、南京地铁建设有限责任公司、上海申通地铁集团有限公司、重庆市轨道交通(集团)有限公司、南宁轨道交通集团有限责任公司、福州地铁集团有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、中铁检验认证中心有限公司、中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司等11个单位的22位专家参加会议。编制工作组对文本内容进行了认真细致的讨论和修改, 对标准文本内容均达成了一致意见。

3.2 征求意见阶段

2022年11月7日, 形成本标准的征求意见稿, 中国城市轨道交通协会在官网公开征求意见, SC13秘书处将征求意见稿发往SC13委员单位及西安市轨道交通集团有限公司、宁波市轨道交通集团有限公司、绍兴市轨道交通集团有限公司、长沙市轨道交通集团有限公司、广东广佛轨道交通有限公司、广州轨道交通建设监理有限公司、广州地铁设计研究院股份有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、中车大连电力牵引研发中心有限公司、中车青岛四方车辆研究所有限公司、新誉集团有限公司、江苏经纬轨道交通设备有限公司、湘电集团有限公司、交科院检测技术(北京)有限公司、上海轨道交通检测认证(集团)有限公司等单位进行意见征集。

4 标准编制原则及与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

4.1 编制原则

标准格式统一、规范, 符合GB/T 1.1-2020要求。

标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。

标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进、节能环保。

标准实施后有利于提高城市轨道交通产品质量、保障运输安全, 符合行业发展需求。

4.2 与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

本文件遵循国家法律法规内容, 未采用强制性标准。

本文件符合 GB/T 37863.1-2019 的规定，并重点完善细化了牵引系统环境条件、供电条件、功能要求及性能要求，增加了对牵引系统特性曲线的设计进行规范。主要变化如下：

- 1) GB/T 37863.1-2019 的技术要求主要包括：一般要求、性能要求、系统保护和特性曲线；而本标准的技术要求在国家标准的基础上增加了对牵引电传动系统动力性能、牵引加速性能、电制动减速性能、故障下的运行能力、坡道救援能力、制动、负载补偿和特性曲线的要求；相比较而言，本标准对系统的技术要求更加具体，有利于进行 CURC 城轨认证。
- 2) 在“双碳”背景下，中国城市轨道交通协会在 2022 年 8 月正式发布《中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案》，提出将全面推广采用永磁同步牵引技术，本标准制定了针对永磁牵引系统的相关技术规范内容和应用示例。
- 3) 考虑到目前城市轨道交通中很多采用了储能系统供电的牵引电传动系统，因此本标准包含了储能系统供电的相关技术要求；目前国内的城市轨道交通电动客车牵引电传动系统基本没有采用 DC3000V 的系统，因此本标准的范围没有包含 3000V 系统的内容。

5 标准主要技术内容的论据或依据；修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比情况

5.1 标准主要技术内容的论据或依据

《城市轨道交通电动客车牵引系统 第 8 部分：牵引电传动系统》主要内容共分为 8 个章节：范围、规范性引用文件、术语和定义、使用条件、系统构成、技术要求、检验要求以及标志、包装、运输和贮存，还包括两个资料性附录。

主要技术内容的依据见表 2。

表 2 主要技术内容确定依据

主要技术内容	确定依据和理由
4.1 环境条件	根据 TB/T 3213、GB/T 32347.1—2015、GB/T 21563 等相关标准要求及实际应用经验，对牵引电传动系统工作的环境条件进行了详细的规定，如海拔条件、温度条件、湿度条件、冲击振动条件、风/沙/雨/雪/冰/雷电以及其他化学、生物、机械活性物质条件等。
4.2 供电条件	目前地铁车辆主要采用的供电方式为接触网供电和接触轨供电，供电制式为 DC750 V、DC1500 V；但基于城市实际线路限制、景观要求以及环保要求等，地铁车辆对于采用蓄电池移车、氢燃料电池供电、超级电容等多种类型的车载储能系统供电或混合供电的需求逐步增加。
6.1.6 当与空气制动或液压制动等制动系统配合时，应优先采用电制动，电制动应优先使用再生制动。	牵引电传动系统具有优先发挥电制动的功能，当电制动不足或失效时，电制动将退出运行，所需制动可由列车其他制动补足或替代。这种机制加快制动力上升速度，缩短制动距离，

	<p>还能减少了基础制动装置的机械磨耗,延长基础制动装置的使用寿命,降低检修成本,提高制动系统的可靠性和安全性,同时也节约了电能,符合轨道交通车辆安全、节能的需求。</p>
<p>6.1.11 宜具有轻微电制动功能,在列车过无电区供电电压短暂丢失等情况下能使直流侧电压稳定。</p>	<p>AC25kV/50Hz 供电线路存在分相无电区,采用过分相微制动发电功能可以使直流侧电压稳定,从而保证过分相时整车辅助系统正常工作,提高车辆舒适性和相关产品的安全性,因此推荐牵引电传动系统具备该功能。</p>
<p>6.2.12 各设备使用的电缆联结导线应采用多股铜芯电缆,其规格及结构、物理机械性能、电气性能、阻燃性能均应符合 TB/T 1484.1 的规定,电缆所用材料在燃烧和热分解时不应产生有害和危险的烟气;通信电缆的规格及结构、物理机械性能、电气性能、垂直燃烧性能及卤素含量均应符合 TB/T 1484.3 的规定,使用的光缆应符合产品技术条件要求。</p>	<p>对于牵引电传动系统所使用的电缆,依据实际项目的标准要求执行。</p>
<p>6.2.16 高压电气设备应具有人身安全防护措施和警示标识。各设备应具有可靠的保护性接地措施,具有储能元件的电路中储能元件所储存的能量能通过固定放电电阻或其他特定设备进行释放。在规定的时间内,电压应降低到规定的安全电压以下,以保证检修人员的人身安全。电气隐患防范措施应符合 GB/T 21414 的规定。</p>	<p>牵引变流器设备内部有大量的电容等储能器件,为保证维修人员的人身安全,设备维护时,必须保证设备储能器件内部电压降低到人体安全电压以下。GB/T 21414 中明确放电系统应在设备断电后将电荷放电至 60V 以下,设备放电时间要与设备所在的维修方法相适应。</p>
<p>6.2.22 系统的输入电流谐波大小应使车辆在所有运行条件下,在电网和轨道电路中产生的干扰不应超过允许值,以避免影响车载和轨旁的列车自动控制(ATC)设备以及通信设备正常工作。具体限值应根据轨道电路类型确定,部分轨道电路的干扰电流限值可参考 GB/T 28807.2—2017 中的附录 A。</p>	<p>依据大量城市轨道交通项目实践经验,目前在进行输入谐波电流测试时,对于输入电流谐波大小的限值要求大多参考 GB/T 28807.2—2017 中附录 A 的轨道电路可承受电流限制要求。</p>
<p>6.2.23 系统各设备的噪声水平应满足整车对各设备的噪声水平要求。</p>	<p>本标准 6.2.7 规定“牵引变流器应符合 T/CAMET 04002.1 的规定,牵引控制单元应符合 GB/T 25119 的规定,高压电器应</p>

	<p>符合 GB/T 21413.1—2018、GB/T 21413.2、GB/T 21413.3、GB/T 21413.5 的规定，制动电阻或过压吸收电阻应符合 T/CAMET 04002.9 的规定，线路滤波电抗器应符合 GB/T 25120 的规定，异步牵引电机应符合 T/CAMET 04002.4 的规定，永磁同步电机应符合 GB/T 25123.4 的规定。”，由于牵引电传动系统各部件设备的噪声限值在上述各个部件标准中均已具有具体规定，因此在本标准中不再重复列出系统各设备的具体噪声限值。</p>
<p>6.2.24、6.2.25、6.2.26 及 6.2.27 中规定的牵引加速性能要求、电制动减速性能要求、故障状态下的运行能力要求以及坡道救援能力要求等</p>	<p>参考了 GB 7928、我国城市轨道交通招标文件技术规格书模板“基本技术条件”、“牵引和电制动”等章节的规定以及我国城市轨道交通建设项目的大量实践经验，确定对牵引电传动系统性能和能力的具体要求。其中，牵引电传动系统可通过电制动功能与列车制动系统相互配合，以实现制动的平滑转换。正常制动时，电制动与空气制动平滑过渡，总的制动力保持不变，电制动与空气制动转换的速度点（转换点速度）不宜高于大于 6 km/h，并宜尽可能小，可经现场调试后确定。</p>
<p>6.4.1 不同的牵引电传动系统，所选择的保护项目可存在差异，当采用永磁同步牵引电机时，应考虑永磁同步电机的感应电压对牵引系统的影响。具体保护功能至少包括但不限于 6.4.2~6.4.14 规定的功能，其他保护功能由供需双方协商确定。</p>	<p>永磁同步电机感应电压（反电动势）对设备有很大影响，牵引电传动系统设计时，为保证设备可靠性，必须要考虑系统对于永磁同步电机反电动势的承受能力，并施加必要的保护功能。同时，在 GB/T 37863.1 所规定的系统保护项目基础上增加必要的保护措施，例如“卡分/卡合故障保护”和“错误指令保护”。</p>
<p>第 7 章 检验要求</p>	<p>根据行业要求，牵引电传动系统的检验包括装车前的牵引电传动系统组合试验和装车后投入使用前的检验，其检验项目和检验方法分别依据已经发布的中国城市轨道交通协会团体标准 T/CAMET 04002.5 和 T/CAMET 04002.7 的规定进行。</p>
<p>第 8 章 标志、包装、运输和贮存</p>	<p>依据大量城市轨道交通项目实践经验编写该部分内容。</p>
<p>附录 A、附录 B</p>	<p>附录 A 提供了城市轨道交通电动客车典型的牵引/电制动特性曲线，附录 B 提供了典型的异步牵引电机牵引/电制动特性曲线示例和典型的永磁同步电机牵引/电制动特性曲线示例，均为资料性附录，是根据多个实际应用项目总结的典型数据资料。目前城市轨道交通电动客车仍以采用异步牵引电机的传动牵引电传动系统为主，但采用永磁牵引系统已成为未来发展趋势，因此本附录同时提供两种类型的电机牵引/电制动特性曲线示例。</p>

6 主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要试验（验证）的分析

本文件是结合既有已实现大批量载客运用的城市轨道交通牵引电传动系统（如：长沙市轨道交通 6 号线、广州市轨道交通 13 号线、广州市轨道交通 14 号线等）的设计指标要求及实际运用结果作为依据，同时结合新造（如：广州市轨道交通 12 号线、南京市轨道交通 9 号线、大连市轨道交通 5 号线等）城市轨道交通牵引系统技术规范作参考。对城市轨道交通电动客车牵引电传动系统的使用条件、系统构成、技术要求、试验检验等制定相应规范，有助于指导牵引电传动系统的技术设计、生产制造、试验验证及安全运用。



图 1 牵引系统试验报告

6.2 综述报告

城市轨道交通电动客车牵引电传动系统在国内已普遍成熟运用。比如长沙市轨道交通 6 号线、广州市轨道交通 13、14 号线、大连市轨道交通 5 号线等项目采用的是 DC1500V 供电牵引电传动系统，昆明市轨道交通 2 号线等项目采用的是 DC750V 供电牵引电传动系统。

目前国内对城市轨道交通电动客车牵引电传动系统的需求基本确定，招标文件用户需求书中的相关要求也已基本明确，于此同时，城市轨道交通电动客车对于绿色化、智能化等新需求也在增加。本文件制定过程中充分考虑了牵引电传动系统的使用条件、构成及技术要求，同时也充分考虑对不同电制式、智能运维、永磁牵引等新技术、新需求进行规范，使系统遵循安全可靠、功能合理、经济适用、节能环保、节约资源的原则，也保证了牵引电传动系统在一定程度上技术先进性、创新性和广泛的适用性。

城市轨道交通电动客车牵引电传动系统作为轨道交通高端装备核心系统之一，经过不断的发展、完善，国内产品性能指标达到国际先进水平，掌握了一批核心技术，形成了完善的、具有自主创新的系统产品平台和技术体系。为了推进城市轨道交通电动客车牵引电

传动系统技术和产业的健康发展，制定相应标准进行统一规范，具有十分重要的意义。

6.3 技术经济论证及预期经济效果

城市轨道交通电动客车牵引电传动系统是城市轨道交通电动客车的关键系统，关系到城轨车辆的正常运行。通过本文件的制定，可以规范和引导城市轨道交通电动客车牵引系统的设计要求和检验要求，使产品性能指标达到国际先进水平，提高牵引系统的性能、质量和可靠性，对保证列车的安全性具有重要意义，能够促进轨道交通科学、健康发展，社会经济效益显著。

7 采用国际标准的程度及水平的简要说明

无

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无

9 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

本文件为新制定，为进一步推进标准的执行及宣贯，主要采取如下措施：

- 1) 联合各起草单位积极推广本文件，向城市轨道交通电动客车牵引电传动系统的生产方、使用方进行新标准规范的宣讲，深入阐述规范的优越性和合理性，进一步说明本文件对于城市轨道交通牵引电传动系统的设计、制造、试验等所起的规范效用；
- 2) 根据牵引电传动系统前沿技术的发展，进一步优化、完善本文件，对于新增技术需求进行讨论研究并最终确定合理方案；
- 3) 制作相关宣传材料并设定应用反馈机制，在实际工程应用中同步优化，同步提升规范的先进性和合理性。

10 其他应予说明的事项，如涉及专利的处理等

无