

氢燃料电池混合动力机车技术条件团体标准编制说明

1、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

任务来源：本标准依照《中国交通运输协会团体标准管理办法》的规定，由中国交通运输协会轨道安全技术专业委员会于2023年3月提出，报请中国交通运输协会标准化技术委员会批准立项为团体标准，标准立项时间为2023年4月，按计划标准编制完成日期为2023年年底。

起草单位：中车大同电力机车有限公司、内蒙古中电物流路港有限责任公司铁路运输分公司。

协作单位：国家铁路局装备技术中心机车车辆研究所、西南交通大学、北京交通大学、国家电投集团氢能科技发展有限公司、中车戚墅堰机车有限公司、北京北交新能科技有限公司、内蒙古中电物流路港有限责任公司赤峰铁路分公司、中交协永泰（北京）轨道安全技术有限公司

主要起草人：中车大同电力机车有限公司 仝雷

内蒙古中电物流路港有限责任公司铁路运输分公司 张聪慧

2、制定标准的必要性和意义

2.1 制定标准的必要性

随着全球气候的变化，越来越多的国家将“碳中和”上升为国家战略，提出了无碳未来的愿景。2020年，中国宣布碳达峰和碳中和的目标，环保问题备受关注。国家为了实现“双碳”目标，加快制定了新能源科技创新路线，推动传统能源、新能源、智慧能源等科技创新，实现能源结构革命性转型。

在能源安全方面，我国的石油进口近年来一直保持在70%以上的高位运行，且呈现不断上升的趋势。复杂多变的外部环境对石油进口的安全性造成了一定的威胁，也影响着轨道交通运输企业的正常运营秩序。氢气是地球上储量最多的资源之一，其作为一种来源广、零污染、零碳排的绿色能源，是世界公认的推动传统化石能源清洁利用和促进可再生能源规模发展的理想能源载体。

目前，我国已成为世界最大的制氢国，工业氢气产量领跑全球，交通领域以氢气为燃料的燃料电池已成为下一代新能源交通的重要发展方向。自2015年起，包括中国、日本、韩国、德国、法国、英国、荷兰、加拿大、印度尼西亚等在内的多个国家和地区着力发展氢能源轨道交通，其中中国、德国、荷兰相继实现了商业化运营。

为了推动氢能源应用的发展，各国都在原有燃油车标准的基础上加快了燃料电池标准的制定与完善。由于国内氢能源起步较晚，技术上与日本、欧美等国家仍有一定的差距，我国氢能源及燃料电池相关标准体系的发展较为滞后，主要表现在燃料电池技术标准、燃料电池汽车安全标准和储氢加氢标准等方面。目前，氢能与燃料电池技术已应用于化工、储能、交通、船舶等领域。在交通领域，氢能源及燃料电池的标准主要集中在汽车领域，如《GB/T 24548-2009 氢燃料电池电动汽车 术语》《GB/T 24549-2009 燃料电池电动汽车 安全要求》《GB/T 26990-2011 燃料电池电动汽车车载氢系统 技术条件》《GB/T 25319-2010 汽车用燃料电池发电系统 技术条件》等，这些标准主要以燃料电池汽车和汽车用燃料电池产品为主，与轨道交通领域的应用差别较大。目前轨道交通领域尚未有正式的燃料电池整车技术标准。

产业要发展，标准需先行。随着氢能源在轨道交通领域的应用范围日益增大，对标准的需求也日渐强烈。为了明确燃料电池混合动力机车整车的功能、性能、安装、布置、试验、安全等要求，需要编制整车标准，以对后续机车的研制起到引导作用。建立氢燃料电池混合动力机车（以下简称氢能机车）整车标准，使氢能源在轨道交通领域牵引机车上的应用有规可依，完善和健全我国轨道交通领域氢能源应用标准的构建，引领轨道交通领域牵引动力向清洁能源转型，从根本上解决铁路运输企业高排放的问题。

2.2 制定标准的意义

2.2.1 适应国家发展战略要求。《交通强国建设纲要》指出，瞄准新一代信息技术、人工智能、新材料、新能源等世界科技前沿，加强对可能引发交通产业

变革的前瞻性、颠覆性技术研究。国家和地方政府越来越重视氢能产业的发展，并出台了大量发展氢能的相关政策。国家能源局发布的《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》将氢能列入能源范畴，《“十四五”能源领域科技创新规划》指出，氢能及氢燃料电池技术迭代升级持续加速，推动氢能产业从模式探索向多元示范迈进。可见轨道交通领域牵引机车氢能应用研究契合国家发展国家战略，标准的建立，也能促进行业的技术进步。

2.2.2 促进氢能资源循环型产业体系的发展。轨道交通领域涉及的潜在氢能源应用场景较广，体量庞大，以氢能机车为终端平台用户，拓宽氢能产业上下游产业发展途径，一方面利用铁路沿线闲置土地发展光伏、风电以及沿线电厂的峰谷余电，大力发展绿氢产业，同时加大工业副产氢的收集利用力度，推动氢气供应端产业的发展。另一方面，氢能机车运用将有效推动建立氢能发展循环体系，推进氢气制、储、运、加、用上下游产业协同发展，并为其它同类型企业起到示范带头作用，这将为推动我国氢能产业的发展做出巨大贡献。

2.2.3 满足轨道交通行业绿色发展要求。试验表明，燃料电池适应性与内燃机类似，轨道交通领域牵引机车的动力源选择燃料电池替代内燃机作为机车牵引动力完全可以满足作业需求。氢能机车作为传统内燃机车和电力机车的替代产品，与内燃机车相比，氢能机车噪音低、零排放；较电力机车相比摆脱电网束缚，作业更机动灵活。氢能机车使用绿氢作为动力源，其输入能源为氢气，排放物为水，可实现零污染、零排放，在环保方面优势更加突出。氢能机车未来不仅可替代既有内燃机车，甚至可替代部分以火电为主要动力源的电力机车，打造“零碳”铁路运输企业。

2.2.4 促进轨道交通行业机车装备更新换代。据不完全统计，目前国铁内燃机车保有量约5600余台，大部分已经进入产品寿命后期，甚至部分机车超期服役，存在机车排放高、经济性差、维护保养工作量大等问题，在环保要求及运用成本双重压力下，亟待更新换代。国内各地方铁路和铁路专用线（包括国家铁路厂矿企业专业线）主力牵引机型基本是内燃机车，在“3060”双碳目标下，各级地方

政府节能减排政策不断出台，铁路运输经营企业环保压力日渐加大。据了解，目前很多地方铁路及铁路专用线积极寻求减排方法，但成熟的电气化改造方案投资大，回报周期长，且大部分地方铁路或铁路专用线地处偏远，线路条件复杂，不具备电气化改造的条件，另外即使可以进行电气化改造，无法使用绿电作为动力源，也无法从根本上碳排放问题。为此，需要一种低碳环保、大功率长续航的铁路牵引机车替代现役内燃机车。而氢能机车“零排放”的特点，恰恰解决了铁路运输企业减排需求，非常适合地方铁路及铁路专用线使用。上述研究表明，氢能源在轨道交通领域的推广应用，具有巨大的市场潜力。

2.2.5 进一步提升氢能机车经济效益和社会效益。综合考虑机车能耗、检修、整备等成本，通过分析氢能机车的成本，氢能机车与同级别内燃机车相比，氢气成本30元/公斤以下时，机车全寿命周期内，氢能机车综合运营成本较内燃机车降低3%至5%，有显著的经济效益。另一方面，氢能机车减排效果明显，以现有700kW氢能机车为例，预计年减少碳排放约57.5吨。仅以锦白铁路46台内燃机车计算，若全部更换为氢能机车，年减少碳排放约10万吨。同时，氢能机车低噪音的特点有效解决了传统内燃机车尾气排放对作业人员和沿线居民身体健康影响，特别可以消除隧道运行对作业人员健康的影响。

3、主要工作过程

团体标准编制单位开展团体标准编制建议、预研、开题工作，于2023年3月正式向中国交通运输协会提交标准申报书。

4、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

4.1 制定标准的原则和依据

4.1.1 氢能源在轨道交通领域牵引机车上的应用已日臻成熟。国际上，2009年美国Vehicle Projects公司与美国伯灵顿北方圣达菲铁路公司（BNSF）合作研制了燃料电池调车机车，该项目由美国国防部出资支持。该机车重约130吨，采用燃料电池与铅酸电池混合动力系统，该车采用燃料电池作为主动力源，全系统瞬时功率可超1MW。法国阿尔斯通在2016发布的燃料电池城际动车组Coradia

iLint，是全球第一台投入商业运营的燃料电池列车。国内在铁路机车装备上也有燃料电池混合动力机车相关产品，如中车唐山公司和中车四方公司也在2016年和2017年分别下线了燃料电池有轨电车。特别是2021年1月，中车大同公司发布了国内首台燃料电池和锂电池的混合动力机车。该机车输出功率700kW，能够适用于机务段及工矿企业内的中小负载的调车牵引作业。该机车目前在内蒙古中电物流路港有限责任公司铁路运输分公司进行运营考核，总体运行情况良好。

4.1.2 氢能机车整车技术标准编制窗口已经打开。目前轨道交通领域尚未有正式的燃料电池整车技术标准，但一些子系统的团体标准或企业标准已陆续出台，如由中车唐山机车车辆有限公司主起草的铁道学会团体标准《T/CRSC XXXX—×××× 城市轨道交通车辆用燃料电池发电系统》，以及同样由中车唐山公司主起草的中车企业标准《Q/CRRC J 1013—2020 城市轨道交通车辆 燃料电池混合动力系统技术条件》。在国际标准方面，2020年，IEC/TC9和IEC/TC105联合成立JWG51，主要任务是制定一系列铁路燃料电池系统标准。上述标准只针对轨道交通应用的燃料电池系统，而非整车标准，因此，需编制氢能机车整技术标准，以对氢能机车的研究和发展起到积极的引导作用。

4.1.3 《氢燃料电池混合动力机车技术条件》的编制，主要解决以下问题：一是针对轨道交通领域牵引机车燃料电池动力系统的组成、功能、性能、环境适应性、结构及试验要求等问题进行规范。二是针对轨道交通领域的行业特殊性，特别是轨道交通领域的冲击振动特性问题进行规范，满足GB/T 21563的相关要求，确保系统的结构强度能够满足轨道交通行业要求；三是解决轨道交通领域牵引机车电磁环境比较复杂对氢燃料电池动力系统干扰问题；四是规范燃料电池动力系统的安全性设计，如对电气线路的绝缘性能要求，氢气泄漏量的监测进行系统的规定；五是规范氢燃料电池动力系统的安装条件，解决安装环境的温度对系统的散热、冲击振动影响问题；六是规范轨道交通领域牵引机车安全性标准，如防火、防爆、防脱落等，同时对所用到的材质的性能，如非金属材料的防火性能、毒属性、阻燃性、寿命等进行规范。

在 2017 年之前，国内关于氢能源的标准都较为陈旧，部分关于加氢站的标准甚至制定于上世纪 50 年代。由于氢能源的快速发展，国家标准委员会在 2017 年集中发布了 8 项氢能国标，初步构成了我国氢能源标准体系。值得一提的是，国家正逐步放开标准制定的权力，对于基础安全和重大项目配套可以申请国标，但在细分项目上放权企业制定行业标准、团体标准。因此编写《燃料电池混合动力机车技术条件》的政策和氛围已经形成。

目前国内外关于燃料电池的标准体系建设主要是针对燃料电池的通用性标准编写，如 IEC 62282 系列标准，GB/T 20042 系列标准，包括燃料电池一系列通用性标准（如 IEC62282 燃料电池技术第 2 部分：燃料电池模块；IEC 62282-3-100：2019，燃料电池技术-第 3-100 部分：固定燃料电池动力系统-安全；GB/T 20042.2-2008，质子交换膜燃料电池 第 2 部分：电池堆通用技术条件等。这些标准都是针对现有的燃料电池系统以及汽车用燃料电池系统，而针对轨道交通应用燃料电池系统，目前尚未有成型的标准。目前已有的相关标准具有一些局限性：

4.2 项目与有关法律法规、国家强制性标准、国家推荐性标准、行业标准、地方标准的关系

在 2017 年之前，国内关于氢能源的标准都较为陈旧，部分关于加氢站的标准甚至制定于上世纪 50 年代。由于氢能源的快速发展，国家标准委员会在 2017 年集中发布了 8 项氢能国标，初步构成了我国氢能源标准体系。值得一提的是，国家正逐步放开标准制定的权力，对于基础安全和重大项目配套可以申请国标，但在细分项目上放权企业制定行业标准、团体标准。因此编写《燃料电池混合动力机车技术条件》的政策和氛围已经形成。

目前国内外关于燃料电池的标准体系建设主要是针对燃料电池的通用性标准编写，如 IEC 62282 系列标准，GB/T 20042 系列标准，包括燃料电池一系列通用性标准（如 IEC62282 燃料电池技术 第 2 部分：燃料电池模块；IEC62282-3-100：2019，燃料电池技术-第 3-100 部分：固定燃料电池动力系统-

安全；GB/T 20042.2-2008，质子交换膜燃料电池 第2部分：电池堆通用技术条件等。这些标准都是针对现有的燃料电池系统以及汽车用燃料电池系统，而针对轨道交通应用燃料电池系统，目前尚未有成型的标准。目前已有的相关标准具有一些局限性：

(1) 针对轨道交通氢燃料电池动力系统，没有整体的系统性标准规定，如系统的组成、功能、性能要求、环境适应性、结构要求、试验要求等，而只是针对其中内部的部件要求。

(2) 针对轨道交通的行业特殊性，以上标准的规定缺乏适用性，如针对轨道交通的冲击振动特性，需要在各个方向上，要能够满足《GB/T 21563 轨道交通机车车辆设备冲击和振动试验》的相关要求，以确保系统的结构强度能够满足轨道交通行业要求，而上述标准中，却没有相关规定；再例如，轨道交通机车车辆中电磁环境比较复杂，氢燃料电池动力系统需要有足够的抗干扰强度，其EMC性能应满足一定的要求，但是目前也没有明确标准对其规定。

(3) 对于氢燃料电池动力系统的安全性设计，没有统一的规定：如对电气线路的绝缘性能要求，以及针对氢气泄漏量的监测等，目前都没有统一的规定，而是各生产商根据经验或已有的项目确定数值。

(4) 对于氢燃料电池动力系统的安装条件缺少要求。氢燃料电池有其系统特殊性，对于安装的环境、空间、安装方式等都要较高的要求，如对安装环境的温度对系统的散热影响较大；氢燃料电池内的双极板等对冲击振动较为敏感，而轨道交通产品冲击振动更为恶劣，故需要对系统的安装缓冲要求更高；同时，氢燃料电池动力系统内的各种管路较多，对管路的安装、布置、紧固等也需要进行规范。

(5) 轨道交通车辆针对安全性有完整的标准规定，如防火、防爆、防脱落等等；同时对所用到的材质的性能，如非金属材料的防火性能、毒属性等也有明确规定，但是对机车氢燃料电池和动力电池没有相关规定。而针对轨道交通车辆用氢燃料电池系统，安全性设计则更为突出：首先，氢气属于易燃易爆气体，则

车载燃料电池系统在设计中，应重点考虑氢气的防泄漏、防火、防爆等措施；其次，针对氢气具有的氢脆等特性，在氢气管路的选择上，也需要规定；再次，燃料电池系统中大量使用了非金属管路，如空气管路、冷却液管路等，对非金属管路的毒性、阻燃性、寿命等都需要进行规定；最后，对反应后的废气、废水的排放及收集，都应进行规定。已有标准除了上述局限性以外，还有其它方面的局限性，如对系统试验的要求，对检修维护的要求等；鉴于已有标准的缺失及不完整，需要对燃料电池动力系统制定适用于轨道交通行业的标准进行规范。

5、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1) 术语和定义：

针对动力系统和氢燃料电池混合动力机车进行了术语定义，明确了相关概念。

2) 运用条件

针对机车环境条件和线路条件进行了规定，参考了已有的电力机车和内燃机车。

3) 机车总体要求

主要针对机车的相关材质、外形、重量、曲线通过能力等性能进行了规定，参考了已有的电力机车和内燃机车规定；并结合氢燃料电池混合动力机车的特点，对安全性提出了要求。

4) 机车机械性能要求

主要针对包括车体结构、钩缓装置、转向架、构架等机械性能等进行要求和规定，参考已有的电力机车和内燃机车。

5) 机车电气性能要求

主要针对机车微机网络控制系统、牵引电传动系统的性能、安全性等进行要求和规定，参考已有的电力机车和内燃机车。

6) 动力系统要求

主要针对机车氢燃料电池系统、储氢系统和储能系统进行规定，包括系统的组成、性能、安全防护等要求。

7) 检查与试验

对机车的试验项目和试验要求进行规定，与现有电力机车和内燃机车通用的要求，参考相关车型的国标或铁标；针对氢燃料电池混合动力系统的规定，则主要是在现有氢能机车研制的基础上，并参考系统在其它行业上的应用进行要求和规定。

6、重大意见分歧的处理依据和结果

标准的编制过程中没有遇到重大分歧意见。

7、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

1) 该标准未采用国际和国外标准；

2) 目前涉及机车整车技术条件类的标准，国内标准主要有GB/T 3314 《内燃机车通用技术条件》、GB/T 3317 《电力机车通用技术条件》、TB/T 3487 《交流传动电力机车》、TB/T 3488 《交流传动内燃机车》等。这些标准主要针对目前干线或调车用电力机车和内燃机车，而对新能源机车及新能源动力系统没有规定。

目前申报的《氢燃料电池混合动力机车技术条件》团体标准，是以上述机车标准为基础，在此基础上针对氢能源机车的特殊性，增加了氢燃料电池混合动力系统相关的技术要求，以及相关的试验条款。因此，该申报标准针对机车相同和通用的系统（如机械、制动系统等），还保持上述国标和行标的要求和规定；而对于新增的氢燃料电池混合动力系统，则根据目前在用的系统和试验，进行了相关规定和要求。

8、作为推荐性标准建议及其理由

本标准建议作为推荐性标准发布实施。

9、贯彻标准的措施建议

无。

10、其他应说明的事项

无。