

中国交通运输协会团体标准
短定子磁浮铁路车辆通用技术条件
编制说明

标准编制组

2022 年 12 月

目录

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人.....	3
二、制订标准的必要性和意义.....	3
三、主要工作过程.....	3
四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	4
五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	4
六、重大意见分歧的处理依据及结果.....	5
七、与国内外同类标准水平的对比情况.....	6
八、作为推荐性标准建议及其理由.....	6
九、贯彻标准的措施建议.....	6
十、其他应说明的事项.....	7

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

根据中国交通运输协会发布的“2022 年度第四批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2022〕34 号）要求，由中车工业研究院有限公司联合多家单位作为起草单位，负责本规程的编制工作。

主要起草人：齐洪峰、闫一凡、刘帅、司恩、梁瑜、李熙、顾超、王轶欧、任坤华、周高伟、李林蔚、刘雯、李徽、刘曰锋、袁文烨、王明星。

二、制订标准的必要性和意义

磁浮铁路作为新制式轨道交通系统，在车辆结构、牵引系统、走行系统、运行控制系统等方面与传统轮轨轨道交通系统有较大差别，已有的轮轨轨道车辆系列标准不能对磁浮铁路系统开发设计起到规范与指导作用，国家铁路局在 2019 年度牵头组织编制并发布了“磁浮铁路技术标准”（TB 10630-2019），对磁浮技术做出了架构上的定义与规范，为了更好的衔接铁路行业标准，更好的指导磁浮技术与产品看法，需要对行业标准做出延伸，制定一部短定子磁浮车辆标准。

针对短定子磁浮车辆通用技术条件领域，已发布且得到应用的标准有 CJ/T 375-2011《中低速磁浮交通车辆通用技术条件》，CJ/T 375-2011 起草较早，主要是依托上海临港和唐山中低速磁浮试验线的研究成果编制而成，车辆主要参数和技术指标存在一定的局限性，例如车辆有效载荷、运行速度等主要技术指标均受限于技术探索期的经验与认知，与当前产业实际存在一定差距。近年来，以长沙磁浮增购及广东清远磁浮线为代表的新项目，CJ/T 375-2011 已不再适用，无法有效指导当前短定子磁浮车辆的设计，因此亟需根据最新的线路运行经验与技术发展水平进行新短定子磁浮车辆通用技术条件编制。

2019 年，国家铁路局发布了 TB10630-2019《磁浮铁路技术标准》对时速 120km/h 以下的短定子磁浮系统进行了总体性定义与规范，并且提出了未来市域交通情况下短定子磁浮系统在 160km/h 以下速度级别的使用情况，对短定子磁浮铁路使用范围进行了重新划分，因此有必要在此行业标准基础上编制新的短定子磁浮铁路车辆通用技术条件，提出更科学、合理、适用的技术指标，涵盖城市与市域两个潜在市场。

三、主要工作过程

在本标准的编制过程中，完成了大量的基础研究和编写工作，并邀请了国内和铁路

行业相关领域的专家进行了技术审查，确保了标准的规范性和权威性。本标准编制过程概要如下：

(1) 标准计划下达后，在归口单位指导下，中车工业研究院有限公司召集各单位成立了标准起草组，对全国范围内短定子磁浮车辆的车体、悬浮架、牵引、信号、制动等各主要系统的技术指标及轨道、桥隧等外部设施设备等情况进行了调研，收集了相关资料，形成了工作大纲和本标准的草案稿。

(3) 标准起草组对标准草案和交通协会修改意见深入讨论研究与修订后，2022 年 9 月形成了本标准的征求意见稿并发送交通协会，由交通协会审查后形成征求意见稿，征求意见稿发往各地相关单位进行意见征集。

四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

标准编制过程参考与引用了多项技术标准，下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 5599-2019 机车车辆动力学性能评定及试验鉴定规范

GB/T 6769-2016 机车司机室布置规则

GB/T 10411-2005 城市轨道交通直流牵引供电系统

GB 14892-2006 城市轨道交通列车 噪声限值和测量方法

GB/T 14894-2005 城市轨道交通车辆组装后的检查与试验规则

GB 18045-2000 铁路车辆用安全玻璃

GB/T 19842-2005 轨道车辆空调机组

GB/T 21413.1-2018 轨道交通 机车车辆电气设备 第1部分：一般使用条件和通用规则

GB/T 21414-2021 轨道交通机车车辆电气隐患防护的规定

GB/T 21562.2-2015 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例 第2部分：安全性的应用指南

GB/T 21563-2018 轨道交通 机车车辆设备冲击和振动试验

GB/T 24338.4-2018 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备

GB/T 25119-2021 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 25122.1-2018 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第1部分：特性和试验方法

GB/T 34571-2017 轨道交通 机车车辆布线规则

GB/T 39902-2021 城市轨道交通中低速磁浮车辆悬浮控制系统技术条件

CJ/T 375-2011 中低速磁浮交通车辆通用技术条件

CJ/T 416-2012 城市轨道交通车辆防火要求

TB/T 1451-2017 机车、动车组前窗玻璃

TB/T 1508-2016 机车电气屏柜

TB/T 2879.3-1998 铁路机车车辆 涂料及涂装 第3部分 金属和非金属材料表面处理技术条件

TB/T 2879.5-1998 铁路机车车辆. 涂料及涂装. 第5部分：客车和牵引动力车的防护和涂装技术条件

TB/T 3124-2005 机车车辆制动用压缩空气质量等级及测量方法

TB/T 3139-2021 机车车辆内装材料及空气有害物质限量

TB 10630-2019 磁浮铁路技术标准（试行）

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1. 本标准按照常导短定子磁悬浮制式进行编制。

从目前国内外磁悬浮铁路发展的整体情况看，区分磁悬浮铁路的主要特征是不同的牵引和悬浮方式：

磁悬浮铁路按牵引方式可以分为长定子和短定子；按悬浮方式可以分为常导电磁悬浮(EMS)、超导电动悬浮(EDS)、永磁电磁混合悬浮等。

短定子直线电机的初极设置在车辆上，次极展开铺置于线路轨道上，定子长度受列车长度的限制。短定子磁悬浮一般采用列车驱动技术，当定子绕组通电后，次极中感应产生磁场，由此产生电磁牵引力驱动列车前进，列车的运行速度和运行工况由车载设备直接控制。

常导电磁悬浮采用电磁悬浮 EMS 原理，利用在车体底部的可控悬浮电磁铁和安装在导轨底面的铁磁反应轨(定子部件)之间的吸引力使列车浮起，导向磁铁从侧面使车辆与轨道保持一定的侧向距离，保持运行轨迹，适用于高速运输。高度可靠的电磁控制系统保证列车与轨道之间的平均悬浮间隙保持在 10mm，两边横向气隙均为 8~10mm。运行速度可达 400-600km/h，也可适用于低速运行，速度为 50-120km/h。

超导电动悬浮利用超导体在处于超导态时，将阻止外磁场的穿过，从而实现超导体在磁场中的悬浮。实际上，当超导体处于或进入磁场时，将在超导体的表面产生感应电流，同时，感应电流又产生感应磁场，与外磁场方向相反，这两个磁场相互排斥，当速度达到一定速度后车体实现悬浮，悬浮间隙可达 100mm，适用于高速和超高速运输，运行速度可高达 600km/h 及以上。日本磁悬浮中央新干线及山梨县磁悬浮试验线均采用该种悬浮方式。

日本低温超导磁悬浮 MLX 系统采用了长定子直线同步电机 (LSM) 驱动。在导轨侧壁安装有悬浮及导向绕组。当车辆高速通过时，车辆上的超导磁场会在导轨侧壁的悬浮绕组中产生感应电流和感应磁场，控制每组悬浮绕组上侧的磁场极性与车辆超导磁场的极性相反从而产生引力、下侧极性与超导磁场极性相同产生斥力，使得车辆悬浮起来，悬浮高度为 100mm。如果车辆在平面上远离了导轨的中心位置，系统会自动在导轨每侧的悬浮绕组中产生磁场，并且使得偏离侧的地面磁场与车体的超导磁场产生吸引力，靠近侧的地面磁场与车体磁场产生排斥力，从而保持车体不偏离导轨的中心位置。

西南交大高温超导钉扎磁悬浮是一项利用高温超导块材磁通钉扎特性，悬浮和导向不需要主动控制就能实现稳定悬浮、不需要车载电源，系统相对简单。悬浮和导向只需用廉价的液氮 (77K) 冷却。此外，高温超导磁悬浮能静止悬浮，完全无噪音；永磁轨道产生的是静磁场，乘客接触的地方磁场为零，无电磁污染，悬浮高度为 10-30mm，与其他几种磁悬浮技术比较，更适合较高速度 (大于 1000km/h)。

永磁电磁混合悬浮是指利用永磁铁提供正常悬浮所需的磁场，利用电磁铁提供调节悬浮间隙的悬浮力。目前，由国防科技大学领衔研制的新型磁悬浮列车工程样车运行试验取得成功，时速可达 160 公里以上，列车采用永磁电磁混合悬浮技术方案。

目前，低速磁悬浮主要采用常导短定子制式，日本东部丘陵线、大江试验线及韩国仁川机场线等低速磁悬浮铁路与我国的北京 S1 线、长沙磁浮机场线、唐山中低速磁浮试验示范线、上海临港新城低速磁浮试验线、株机公司中低速磁浮试验线等均采用常导短定子制式，技术较为成熟，有工程应用经验，具备编制设计技术标准的基础。

2. 常导短定子轨距

轨距的大小与车辆有密切关系，国内建成的试验线轨距分别为 1860mm、1900mm 及 2000mm，但目前已经运营的两条线路中，轨距分别为 1860mm、2000mm。目前在建的清远旅游专线轨距拟采用 1860mm，拟建的张家界旅游观光线亦采用 1860mm。在湖南省《中低速磁浮交通设计规范》中，轨距为 1860mm。住建部《中低速磁浮交通设计规范》

CJJ262-2017 中引用的标准轨距为 2000mm，土木学会编制的规范中以上两种轨距均有。

经仿真和试验研究分析，轨距为 1860mm 或 2000mm，均能满足短定子磁悬浮车辆端部滑台相对于车体横向位移的限值 δ ，（北京 S1 线磁浮车辆 $\delta=300\text{mm}$ ，长沙机场快线 $\delta=320\text{mm}$ ）。并且轨距不影响列车的动力学性能。

表 1 车体横向位移计算表

车宽 W	轨距 G	$(W-G)/2$
3000	1860	570
2900		520
2800		470
2700		420
2600		370
3000	2000	500
2900		450
2800		400
2700		350
2600		300

经中车研究院测算北京 S1 线磁浮车辆和长沙机场快线磁浮车辆的最大有效载荷均为 35t，因此该计算不考虑座椅的排布和车内电气柜的布置空间，仅计算磁悬浮车辆车厢内部地板的最大有效面积，该计算均选择中间车作为计算样本。计算结果如下：

(1) 北京 S1 线中间车车厢内部地板的最大有效面积： $S=\text{内部车宽} \times \text{车长}=(0.96 \times 2+0.7) \times 14=36.68$ 平方米。

(2) 长沙机场线中间车车厢内部地板的最大有效面积： $S=\text{内部车宽} \times \text{车长}=(2.8-2 \times 0.1) \times 15=39$ 平方米。

但依据湖南省《中低速磁浮交通设计规范》以及《中低速磁浮交通车辆通用技术条件》的规定，北京 S1 线车辆最大载客量为 224 人，长沙机场线车辆最大载客量为 150 人。

日本、韩国的中低速磁悬浮列车轨距均经历一个变化过程，日本的轨距从 2.0m 变化为 1.7m，韩国的轨距从 2.0m 变化为 1.85m，且列车的外形尺寸也在变小，与列车的适用环境、制造技术相关。

表 2 日本磁悬浮列车参数表

车型	车长(m)		宽度 (m)	重量(t)		每延米重量 (t/m)	悬浮重量 (t/m)	轨距 (m)
	端车	中车		空车	满载			
HSST-03	13.8		3.0	12.3	18.0	0.89	1.30	2.0
HSST-04	19.4		3.0	19.8	27.0	1.02	1.39	2.0
HSST-05	18.2		3.0	20.0	27.0	1.10	1.48	2.0
HSST100-S	8.5	8.37	2.6	10.0	15.0	1.18/1.20	1.77/1.8 1	1.7
HSST100-L	14.4	13.5	2.6	15.0	25.0	1.04/1.04	1.74/1.7 4	1.7
TKL	14.0	13.5	2.6	17.3	28.0	1.24/1.28	2.00/2.0 7	1.7

表 3 韩国磁悬浮列车参数表

车辆	车长(m)		宽度 (m)	重量(吨)		每延米重量 (t/m)	悬浮重量 (t/m)	轨距 (m)
	端车	中车		空车	满载			
UTM01	13.6	---	3.0	21	25	1.62	2.06	2.0
UTM02	13.5	---	2.9	27	32	2.00	2.37	2.0
UTM03	12.0	---	2.7	20	30	1.48	2.60	1.85

通过对两款车型进行各项技术分析，可以总结出以下几点：

(1) 短定子磁悬浮列车现存两种轨距均能适配 2.6m-3m 宽车体，目前车辆承载能力主要受制于车辆悬浮能力（35t）；

(2) 更窄的轨距有利于提升磁悬浮列车理论极限运动学性能，例如小曲线通过等，目前两种轨距车辆均能实现最小 50m 半径曲线通过，已可满足工程最极端环境要求；

(3) 更宽的轨距有利于提升磁悬浮列车理论动力学性能，特别是车辆运行平稳性，经过线路试验与运行示范，两种轨距车辆均表现出良好的动力学性能，通过各系悬挂参数匹配调校，均在测试中达到了优秀；

(4) 从技术角度进行判断，两种轨距车型均达到了预先设定的工程设计目标。

3. 短定子磁浮车辆车体基本宽度：

目前世界范围内，处于商业运营状态的短定子磁浮列车有三种（2600mm、2800mm、3000mm）宽度车型，从满足未来市场需求角度考虑，建议在统一轨距及站台面高度的前提下，可将车宽定义在 2600mm-3000mm 范围内，目前商业化运行的车辆实际车宽为 2800mm-2830mm，建议车宽宜采用 2800mm，考虑到磁浮列车的个性化需求也可以采用 2600mm 和 3000mm 的车宽。

4. 关于制动减速度：

目前，现有标准对短定子磁浮列车（120km/h 以下）常用制动减速度和紧急制动减速度的规定分别为： $\geq 1.1\text{m/s}^2$ 、 $\geq 1.3\text{m/s}^2$ 。长沙机场快线运营发现，存在以下问题：

1) 短定子磁浮列车属于中低速运量轨道交通，适用于市区非骨干线、市域（郊）线和景区旅游线等，不具备地铁车辆快启快停的运行特点。而现有标准对短定子磁浮列车制动减速度的要求高于地铁车辆（常用制动和紧急制动减速度分别为 $\geq 1.0\text{m/s}^2$ 、 $\geq 1.2\text{m/s}^2$ ），欠合理；

2) 受车辆、轨道结构参数的制约，车载短定子直线电机牵引系统的电制动能力有限，按照目前的制动减速度要求，制动时需补充一定的摩擦制动，施加摩擦制动会对悬浮系统造成干扰，导致悬浮失稳，速度越高，干扰越大，甚至影响乘坐舒适性；

3) F 轨通过油漆防腐，制动摩擦系数减小，过高的减速度指标对制动系统设计提出了更高要求，系统配置增加，成本和重量增加，可靠性下降。

基于短定子磁浮列车的运营场景，通过研究分析，建议将常用制动减速度调整为 0.8m/s^2 ，紧急制动减速度调整为 1.0m/s^2 ，仍满足中低运量轨道交通线路对最高速度、站间距、追踪间隔和舒适性等运营需求。

2. 关于受流器参数：

受流器滑板与第三轨间的接触压力是维持稳定受流的重要条件，在保持二者稳定接触的前提条件下，尽量降低磨损量，以维持系统的使用寿命。关于静态接触压力的取值，国内外无相关的技术标准，已开通线路大多依据运营经验而定。

根据既有短定子磁浮线路的调试和运营经验，在满足受流性能的情况下，接触压力需随着运行速度的提高而适当增大，100km/h 车辆接触压力大为 110N 左右时受流稳定，160km/h 车辆接触压力为 130N 左右时受流稳定。列车运行时由于外部扰动因素的作用，接触压力会出现不同程度的波动，在第三轨和受流器匹配良好的情况下，接触压力的平均值应接近或等于标准工作高度测量的静态接触压力。

因此，考虑出厂时静态接触压力的误差（不大于 15N），推荐受流器在标准工作高度下的静态接触压力采用 120N，具体根据线路调试情况可调。

六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、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

国外未有规模化的商用磁浮交通系统，本标准未采用国际标准和国外先进标准。

国内目前同类标准为北控磁浮主编的住建部标准 CJ/T 375 中低速磁浮交通车辆通用技术条件，规定了 80km/h 速度等级中低速磁浮列车辆的各系统主要技术条件，此次编制的标准将适用范围扩大到 160km/h 速度等级，提高了标准的技术适用性。

八、作为推荐性标准建议及其理由

标准编制工作汇集了国内短定子磁浮列车设计、制造经验丰富的团队参与，通过长沙磁浮快线及东延提速线路、清远磁浮线的车辆设计经验为标准编制提供技术与经验支撑，保证标准成文质量。

1. 编制组成员单位覆盖面较广

本标准的编制组成员单位覆盖面较广。共 3 家单位参与标准的编制。编制单位基本上覆盖了国内磁浮车辆研究单位、主机厂，同时高校、科研机构及相关配套企业将对标准编制工作起到支撑作用。

2. 编制组成员专业性强经验丰富

标准的编制组成员均为各行业、各部门的技术骨干。有着丰富的工作实践经验。

3. 各编制单位有着丰富的短定子磁浮车辆的科研、设计、生产经验

标准的参与编制单位均有着丰富的短定子磁浮车辆的生产制造及其运营管理经验。目前国内主流的短定子磁浮车辆均由标准编制单位制造，同时在系统运维、组织管理等方面已经有成熟的经验与规范。

九、贯彻标准的措施建议

（1）精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的磁浮交通行业设计规划、工程建设、机电设备研制、零部件供应以及运维方等单位开展标准实施培训和宣贯普及，进一步统一技术认知与共识，积极扩展技术应用面。

（2）组织相关人员到短定子磁浮车辆研制与运用现场参观学习，直观展示技术最新发展；

（3）定期组织科研、生产、应用、检验各环节人员进行技术交流，不断对声短定子磁浮关键技术进行改进，保持技术领先、性能优化、价格合理。

十、其他应说明的事项

暂无。