

城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

2026年3月

目 录

| | |
|--|---|
| 一、 任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人 | 1 |
| 二、 制定标准的必要性和意义 | 2 |
| 三、 主要工作过程 | 3 |
| 四、 制定标准的原则和依据，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 | 5 |
| 六、 重大意见分歧的处理依据和结果 | 7 |
| 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 | 7 |
| 八、 贯彻标准的措施建议 | 7 |
| 九、 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

（一）任务来源

受中国交通运输协会发布的《中国交通运输协会关于2025年度第1批团体标准项目立项（20项）》（中交协秘字〔2025〕25号）文件委托，依据中国交通运输协会标准化技术委员会归口管理要求，启动《城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘》团体标准编制工作。

（二）起草单位

牵头单位：湖南湘投轻材科技股份有限公司

参编单位：广州地铁集团有限公司、中车制动系统有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、济南轨道交通集团有限公司、青岛地铁集团有限公司、天津轨道交通集团有限公司、佛山市地铁集团有限公司、克诺尔车辆设备（苏州）有限公司、济南重工集团有限公司。

（三）协作单位

无

（四）主要起草人

表1 标准主要起草人员及分工

| 序号 | 姓名 | 单位 | 职务/职称 | 承担工作 |
|----|-----|-----------------|------------|--------|
| 1 | 蒋兆汝 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 董事长/经济师 | 编制总负责人 |
| 2 | 朱士友 | 广州地铁集团有限公司 | 正高级工程师 | 技术指导 |
| 3 | 霍树海 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 高级研究员 | 技术指导 |
| 4 | 刘春轩 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 总经理/正高级工程师 | 编制负责人 |
| 5 | 苏钊颐 | 广州地铁集团有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 6 | 宋文林 | 中车青岛四方股份有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 7 | 郝保磊 | 中车制动系统有限公司 | 正高级工程师 | 编制 |
| 8 | 任得鹏 | 中车株洲电力机车有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 9 | 刘光武 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 专家顾问 | 编制 |
| 10 | 聂强 | 济南轨道交通集团有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 11 | 韩凤喜 | 青岛地铁集团有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 12 | 陈国清 | 天津轨道交通集团有限公司 | 副总经理/工程师 | 编制 |
| 13 | 胡涛 | 佛山市地铁集团有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 14 | 肖广文 | 克诺尔车辆设备（苏州）有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 15 | 唐苑寿 | 济南重工集团有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 16 | 曹柳絮 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 17 | 黄亚唯 | 广州地铁集团有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 18 | 彭海清 | 中车株洲电力机车有限公司 | 高级工程师 | 编制 |

| | | | | |
|----|-----|-----------------|--------|----|
| 19 | 王杰 | 中车制动系统有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 20 | 石军 | 中车制动系统有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 21 | 孔德鹏 | 中车制动系统有限公司 | 正高级工程师 | 编制 |
| 22 | 栾诗宇 | 中车青岛四方股份有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 23 | 李福川 | 济南轨道交通集团有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 24 | 王会发 | 天津轨道交通集团有限公司 | 正高级工程师 | 编制 |
| 25 | 陈刚 | 广州地铁集团有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 26 | 高伟 | 广州地铁集团有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 27 | 李兆新 | 广州地铁集团有限公司 | 正高级工程师 | 编制 |
| 28 | 史建航 | 中车制动系统有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 29 | 鲁文超 | 中车制动系统有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 30 | 张顺 | 中车制动系统有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 31 | 熊梅 | 中车株洲电力机车有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 32 | 高小波 | 中车株洲电力机车有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 33 | 刘俊言 | 中车株洲电力机车有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 34 | 孙传健 | 济南重工集团有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 35 | 刘壮 | 克诺尔车辆设备（苏州）有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 36 | 兰阳春 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 37 | 刘建山 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 高级工程师 | 编制 |
| 38 | 伍智敏 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 工程师 | 编制 |
| 39 | 邱振宇 | 湖南湘投轻材科技股份有限公司 | 工程师 | 编制 |

二、制定标准的必要性和意义

随着城市轨道交通车辆运行速度、运载强度及轻量化要求的不断提升，制动盘材料体系正在发生结构性变化。粉末冶金铝基复合材料因其高比强度、高导热性、耐磨损等特性，已进入线路运营阶段，但目前国内外均缺乏针对该材料体系的系统化技术标准。现行行业标准主要适用于铸铁、铸造铝合金等传统制动盘，不具备对粉末冶金成形特性、增强体分布、材料均匀性、界面结合质量以及热疲劳行为进行评价的能力，导致企业难以在研发、生产及验收阶段形成统一依据，也影响装车应用的一致性。因此，制定本标准具有突出的行业紧迫性和战略必要性。

（一）制定背景与现实需求

1、行业层面存在标准空档。

当前我国城市轨道交通车辆数量持续增长，但用于大尺寸盘类部件的粉末冶金铝基复合材料尚无统一的技术要求、检测方法与验收准则。不同企业之间性能指标、试验方法、质量评价标准差异较大，亟需通过团体标准加以规范。

2、工程应用迫切需要统一的技术依据。

随着制动系统向高散热、轻质量方向发展，粉末冶金铝基复合材料制动盘已在多

条线路试验验证。若无标准支撑，可能引发设计边界不清、检验一致性不足、装车风险无法准确评估等问题。

3、适应国家装备自主化与材料国产化要求。

该类制动盘长期依赖国外技术壁垒，制定标准可形成体系化技术规范，提升国产新材料在轨道交通装备中的应用比例，支撑国家战略性新材料计划与交通装备现代化建设。

（二）制定标准的必要性

1、新颖性——首次建立行业统一的技术规范体系。

本标准将成为国内首个系统覆盖粉末冶金铝基复合材料制动盘的技术标准，填补行业空白，为材料、产品、试验、验收等提供全链条规范。

2、实用性——直接用于研发、生产、检验与装车。

标准明确材料性能、组织质量、尺寸要求、表面质量、无损检测项目、动力学与疲劳试验方法等关键内容，可作为产品开发与质量控制的直接依据。

3、适用性——针对120 km/h及以下城轨车辆工况开发。

全部技术指标均基于典型制动工况数据、热机械耦合分析与线路试验结果制定，适用于主流城市轨道交通车辆平台。

4、紧迫性——工程化应用已经展开，标准需同步建立。

多地地铁已开展试制验证，如不及时建立标准体系，将影响产品推广、安全边界定义、质量监管及后续审查评价。

（三）制定标准的意义

1、提升轨道交通关键部件轻量化水平。

铝基复合材料相较传统铸铁可减重50%以上，可显著降低车辆簧下质量，提高加速性能并减少能耗。

2、推动材料国产化、装备自主可控。

形成统一标准体系后，有利于新材料规模化生产与推广应用，降低对进口制动盘与高端材料的依赖。

3、促进行业技术进步与全链条协同。

标准将推动材料研发、粉末冶金工艺装备、制动系统厂商、车辆制造企业的技术协同，加速产业化落地。

4、支撑质量监管体系建设。

通过明确性能指标与试验方法，能够规范检验检测流程，形成一致、可重复、可追溯的评价体系。

（四）制定标准的可行性

1、技术基础成熟。

牵头单位已掌握粉末冶金铝基复合材料制动盘的材料设计、粉末冶金工艺、后处理及装车应用的关键技术，建立了稳定量产线，并完成多批次样件的动力试验、台架试验及线路验证，性能达到国际先进水平。

2、组织体系完备。

起草组涵盖材料、车辆、制动系统、运营单位、检测机构等多方力量，具备开展系统技术论证、试验验证与行业调研的能力。

3、验证数据充分。

标准中涉及的关键性能指标均基于真实试验数据，包括物理性能、耐磨性、结构完整性、增强相分布均匀性等。

4、资源保障明确。

标准编制经费由牵头单位及参编单位自筹，样件制备与现场验证条件充足，确保标准能按计划高质量完成。

三、主要工作过程

（一）起草组工作概述

根据要求，中国交通运输协会于2024年着手成立标准编制工作起草小组，组织标准编制的相关工作。作为主要起草单位，湖南湘投轻材科技股份有限公司积极收集有关本标准的各类信息，并组织相关的调研和试验验证工作，联络合作单位，最终明确了标准起草工作组的成员单位，成立了标准起草工作组。

随后，标准起草工作组开始了标准编制立项申请、计划大纲编写，明确任务分工及各阶段进度时间，工作组成员认真学习了GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》，结合标准制定工作程序的各个环节，进行了探讨和研究。

标准起草工作组经过技术调研、咨询，收集、消化有关资料，并结合实践和应用技术发展趋势，在充分总结国内外技术研究与应用基础上，于2025年9月编写完成了团体标准《城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘》的标准工作大纲，并于2025年9月25日通过了中国交通运输协会组织的大纲评审会议，形成了正式的标准工作大纲文件。

标准起草工作组按照中国交通运输协会相关要求，结合编制工作大纲进行认真分析、理解和总结，迅速开展标准的征求意见草稿的编制以及试验项目的实施工作，于2025年12月完成了国内外调研和试验验证工作，2026年1月编写完成了团体标准《城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘》技术标准的工作大纲征求意见稿，并于2026年1月19日通过了中国交通运输协会标准化技术委员会组织的征求意见稿审查会议。

（二）历次审查会议专家审查意见及结论

1、标准工作大纲审查

2025年9月25日，中国交通运输协会标准化技术委员会在北京组织召开了《城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘》团体标准的大纲审查会议，审查组同意通过审查。根据专家组提出相关建议，起草组对标准内容和研究工作进行了相应的补充修改完善，主要包括：

（1）优化章节排布，将第4章标题改为：“环境适应性条件”；将第5章分为两部分：“规格和分类”、“技术要求”；

（2）将第6章“检验方法”改为“试验方法”，并与技术要求一一对应；

2、征求意见稿草案审查

2026年1月19日，中国交通运输协会标准化技术委员会在北京组织召开了《城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘》团体标准征求意见稿审查会议，审查组同意通过审查。根据专家组提出相关建议，起草组对标准内容和研究工作进行了相应的补充修改完善，主要包括：

- (1) 将ISO标准和ASTM标准替换成相应国标；
- (2) 术语和定义部分，增加其来源；
- (3) 表面耐腐蚀性部分，明确明确耐腐蚀性要求和方法；
- (4) 无损检测部分，明确检测方法；将非国标替换成国标；
- (5) 表面粗糙度部分，规定测量方法；
- (6) 检验规则及判定部分，参考国标修改了相关表述；
- (7) 附录B部分，删除对UIC 541-3的引用；
- (8) 按照国标要求对标准文本格式和遣词造句进行了规范。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

(一) 制定原则

1、统一性原则

本标准在术语、结构、技术指标、检测方法等方面与城市轨道交通车辆制动系统相关标准保持协调统一，避免交叉冲突，确保在行业技术体系内结构一致、边界清晰。

2、协调性原则

充分考虑粉末冶金铝基复合材料制动盘与车轮、制动钳、闸片、运行工况、检修工艺之间的系统关联，确保技术指标之间相互协调，不造成使用方实施困难。

3、适用性原则

标准指标、检测项目与试验条件结合城市轨道交通车辆最高120 km/h运行环境，保证内容既具有先进性，又能实际落地于生产、检测与维护环节，避免超出当前技术能力范围。

4、一致性原则

在指标设定与验证方法中，采用国内通用标准体系中成熟的测试方法，保证不同生产企业与检测机构在执行时具有一致性和可比性，实现结果可重复、可验证。

5、规范性原则

严格遵循标准制定程序和质量要求，技术条款结构与编号方式符合团体标准编写规范，并确保材料性能、安全性、可靠性指标均有明确依据。

(二) 技术要素确定原则

1、目的性原则

所有技术要素均围绕提升制动盘的安全性、可靠性、环境适应性及服役寿命展开，重点解决粉末冶金铝基材料在轨道交通制动应用上的关键技术短板，如内部质量控制、力学性能波动、热疲劳性能等。

2、性能特性原则

技术指标结合材料本构特性、复合增强机理、热-力耦合条件、制动工况特点而设

定，例如增强相含量上限下限、摩擦面缺陷判定、残余不平衡控制等均以性能边界为依据。

3、可证实性原则

所有指标均对应可量化的检验方法，包括力学试验、增强相含量溶解法、超声与渗透检测、中性盐雾试验、台架制动试验等，避免无法验证或仅依赖经验判断的条款。

（三）与法律法规、现行标准关系

本标准的制定遵循《中华人民共和国标准化法》及交通运输行业相关管理要求。本标准不与现行强制性国家标准冲突，其技术指标涉及的材料、无损检测、安全性能、腐蚀性能、尺寸测量等内容均引用国家标准（GB/T）和行业标准（TB/T）。本标准作为团体标准，对强制标准起补充与深化作用，为新材料制动盘的工程化应用提供系统性规范。

（四）与现行相关标准的关系与差异

本标准在现有铸铁制动盘或铸造铝合金制动盘的标准基础上，结合粉末冶金铝基复合材料的特点进行扩展与提升，主要体现在以下方面：

1、现有标准如EN 14535系列、TB/T 2980-2014主要面向铸造类制动盘，本标准首次对粉末冶金铝基复合材料大尺寸制动盘提出系统性能要求，填补国内空白；

2、对材料成分、增强相体积分数、内部质量、表面质量、针孔度等制定了专门条款，增强了适用性与针对性；

3、在制动性能部分，结合复合材料热疲劳特性，设定更严格的1:1动力试验和疲劳试验条件，强化安全边界；

4、在腐蚀性能方面提高了中性盐雾试验要求，以贴合城市轨道交通长期运营环境中清洗剂与潮湿环境的影响。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

（一）主要条款的说明

1、材料与性能要求的论证

粉末冶金铝基复合材料在力学性能上受基体合金体系、增强相类型、增强相体积分数与烧结工艺共同影响。根据目前城市轨道交通车辆制动盘对安全性、热疲劳性能和耐磨性能的要求，材料性能指标（见下文实验验证部分表格“盘体材料”）来自以下因素论证：

(1)制动盘受热-力循环载荷作用，要求材料具有较高强度和足够塑性以防止热裂纹扩展；

(2)增强相含量过高将导致脆性上升，过低导致耐磨性差，因此标准将增强相质量分数限制在20 - 45 wt. %；

(3)材料性能边界通过多厂家样品测试验证，实测结果显示上述指标可满足制动工况稳定性要求（见下文实验验证部分表格“增强相含量”）。

2、尺寸结构参数的确定依据

轮装制动盘的外径、内径、螺栓分布圆及摩擦厚度直接影响制动能量吸收能力与

安装兼容性。尺寸要求基于以下原则：

- (1) 按照城市轨道车辆常用轮径与轮对结构而定，使产品具备标准化的可互换性；
- (2) 内径限制与外径比例关系确保散热通道结构合理，避免内侧刚度不足；
- (3) 螺栓孔相关尺寸必须满足力矩传递需求及载荷均布，确保连接可靠性。

3、内部质量与无损检测指标的论证

粉末冶金制品常见缺陷包括未烧结合、气孔偏聚、增强相团聚等，会显著削弱疲劳性能。本标准的内部质量控制参考了铝基复合材料的声学识别特征，通过下列原因设定 $\phi 2.0$ mm 等效缺陷作为判定基准：

(1) 超声波检测对复合材料的反射界面敏感度高，可通过限定缺陷量级以保证疲劳寿命；

(2) $\phi 2.0$ mm 以下缺陷对热疲劳裂纹萌生影响有限；

(3) 通过试制样品的1: 1台架验证证明该阈值合理、必要。

4、表面质量、摩擦面缺陷与粗糙度的设置依据

制动摩擦副性能与摩擦面粗糙度高度相关。摩擦面缺陷控制及Ra6.3粗糙度要求依据如下：

(1) 表面孔洞会导致应力集中与局部热积聚，加速热裂纹形成；

(2) 相关指标参考城市轨道车辆实际运行磨耗曲线及摩擦学试验数据设定。

5、残余不平衡与重量偏差的论证

制动盘由于结构复杂度，残余不平衡需控制 ≤ 16 g·m 的上限，是经试验验证的推荐值。

6、腐蚀性能要求的论证

城市轨道车辆常在潮湿环境、隧道及洗车环节服役，因此对腐蚀抵抗提出更高要求。本标准提出中性盐雾试验48小时后评级不低于5级。

7、制动动力与疲劳试验的论证

制动盘的最关键性能来自制动动力学与疲劳耐久性。本标准中的试验程序具有以下依据：

(1) 城市轨道车辆频繁启停，对热疲劳循环要求高；

(2) 结合T/CAMET 04004.6的基础试验流程，并针对铝基复合材料热敏感性做更高强度试验；

(3) 台架试验数据及实际运营（如广州地铁21号线超60万公里）表明该试验强度能够有效反映实际使用风险。

(二) 实验验证

(1) 盘体材料

| 试验项目 | 接受标准 | 厂家A-产品A | 厂家A-产品B |
|---------|----------------|---------|---------|
| 抗拉强度Rm | ≥ 240 MPa | 340 | 240 |
| 断后伸长率A | $\geq 0.5\%$ | 3.0 | 0.5 |
| 布氏硬度HBW | ≥ 80 | 121 | 140 |

(2) 增强相含量

| 试验项目 | 接受标准 | 厂家A-材料A | 厂家A-材料B |
|------|------|---------|---------|
|------|------|---------|---------|

| | | | |
|-------|---|---------------------------|---------------------------|
| 增强相含量 | / | 理论值：30% 实测值： 30.52% | 理论值：45% 实测值： 44.96% |
|-------|---|---------------------------|---------------------------|

台架动力与疲劳试验按T/CAMET 04004.6 城市轨道交通车辆制动系统 第6部分：制动盘技术规范 附录A及BZDT0011-FA-7321-001系列化中国标准地铁列车研制及试验项目制动盘简统方案（02版）附录A完成，试验报告合格。

广州地铁21号线60万公里载客运营，无异常故障。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

无。

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

（一）国际水平

粉末冶金铝基制动盘尚无专门国际标准，EN 14535仅涵盖铸造和钢制盘。

（三）国内水平

T/CAMET 04004.6和Q/CRRC J 1059侧重铸造盘，本标准在粉末冶金大尺寸铝基盘领域属首创，技术指标与试验方法更严苛。

八、贯彻标准的措施建议

（1）建议本标准在批准发布3个月后实施。

（2）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，对涉及的科研、设计、施工等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘的环境适应性、结构和分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存等方面的具体要求，指导最高运行速度不超过120km/h的城市轨道交通车辆的粉末冶金铝基复合材料轮装制动盘的设计、制造和检验的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

（3）组织相关人员到实验室参观学习，直观了解城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘中的关键技术；

（4）定期组织科研、生产、应用、检验等各环节人员进行技术交流，不断对城市轨道交通车辆粉末冶金铝基复合材料制动盘技术进行改进，保持技术领先、性能优化、价格合理。

九、其他应说明的事项

(一) 知识产权：不涉及。

(二) 经费与资源：编制经费由企业自筹，并由编制单位和协作单位共同投入试验和调研资源。