
电子导向胶轮系统车道路面工程技术规程

（征求意见稿）

编制说明

标准起草组

2024 年 08 月

一、任务来源

针对中小城市的运量和经济特征，近年来国内提出采用电子导向胶轮系统。该系统属于智能轨道交通的新型的高端制式。电子导向胶轮系统是通过车载传感器识别路面虚拟轨道线路运行的一类新型城市轨道交通系统，属于轨道交通中低运量体系的新兴制式，它采用虚拟轨迹跟随、高效电传动技术，以车载传感器识别路面虚拟轨道，是提升城市公共交通水平的有效方式之一，近年来被越来越多的中小城市青睐。通过胶轮承载，无需铺设专有物理轨道，同时基于系统运行专用车道跟随技术可以实现在车道内自动循迹及自主导向等功能。电子导向胶轮系统车辆（后文简称“系统车辆”）不仅是一种“零污染”、“零排放”的新型交通工具，同时还具有建设周期短、基础设施投资小、城市适应性高、综合运力强等优势，有望为中小城市智慧交通建设提供核心技术支持。目前已经在盐城、株洲、宜宾等地建成通车。系统车辆具有 6 轴，是 18 米铰接式公交的 2 倍，轴型为单轴单轮，轮胎尺寸和载重大于普通公交。由于电子导向胶轮系统利用虚拟轨迹跟随技术控制电车在专有车道上运行，并且电车胎压高达 0.8-1.2MPa，渠化交通条件下路面典型病害问题十分突出。

通过对现有电子导向胶轮系统车道路面使用状况的调研发现，车道路面在通车早期均出现严重的车辙病害，并伴有推移、拥包等问题，其中以站台区域尤甚。株洲电子导向胶轮系统试验路于 2018 年 5 月 8 号投入使用，系统车辆班次为 14 次/天，基本属于空载。运行一年多，试验路产生有明显的车辙，辙槽宽度约 400mm，最深深度为 25mm，铣刨重铺后的体育中心站，两个月内车辙再次达到了 11mm。宜宾电子导向胶轮系统初期运营计划为 166 次/天，作为当地居民出行的主要公共交通工具，其作用下的路面使用状况不佳，站台区车辙深度普遍超过 20mm，部分路段由于采用混合路权，转弯公交明显增多，加剧了车辙并引发推移，如宜宾园区站交叉口处，辙槽深度甚至达 80mm。

系统车辆引起的车辙、推移等病害对乘客、车辆、道路和环境均有不利的影响。首先车辙减薄了沥青面层厚度，不仅影响路容，还易引发坑槽、水损坏等次生病害，加速路面结构破坏；其次路面变形会影响系统车辆的循迹精度，特别是进站时电子导向胶轮系统的靠站精度；雨天辙槽积水，车辆还易出现水漂、打滑现象，降低了行驶安全性；此外，车辙引起的路面不平整使乘客感到颠簸，降

低了系统车辆的服务水平和行车舒适性。因此为保障系统车辆安全高效运营，相关交通基础设施的发展也应该配套进行。

既有工程已经表明，不能仅以单一结构设计指标或材料设计指标控制车辙，需要建立适用于电子导向胶轮系统的车道路面设计方法。**因此，研究针对具有重载渠化交通特征的路面材料与结构，为解决电子导向胶轮系统车辙问题、保持电子导向胶轮系统控制精度、提高车道路面使用的安全性和舒适性、减少城市交通拥堵、推动“智慧交通”发展均具有重要意义。**

本标准由中国交通运输协会牵头组织编制工作，江苏苏博特新材料股份有限公司为主编单位，东南大学、湖南中车智行科技有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司等单位参与编制工作，计划完成时间为 2024 年 12 月。

标准主要起草人：洪锦祥、龚明辉、陈先华、熊子佳、杨军、江磊、范津、张磊、肖磊、蒋小晴、张立华、张学欣、杨晓宇、刘浏、张恒、邓成、程金梁、徐正宏、彭刚、褚辞。

制定标准的必要性和意义：

截止目前，已有超过 14 条电子导向胶轮系统线路项目落地，其中已开通线路 6 条（包括株洲智轨一期、宜宾 T1 线、江西永修捷运线、苏州吴江捷运线、江苏盐城线、上海临港线），极大地缓解了城市交通压力，取得了良好的经济和社会效益；在建和即将建设线路 8 条（包括宜宾 T2 和 T4 线、哈尔滨智轨 1 号线、西安昆明池旅游线、西安智轨示范 1 号线、沈抚新区项目、拉萨智轨项目、长沙智轨项目等）。在国家“十四五”城市轨道交通发展政策收紧的状况下，可预见今后会有更多的中小城市在规划建设电子导向胶轮系统，该系统具有广阔的发展前景。

为匹配电子导向胶轮系统高胎压、高渠化的特点，标准将对路面材料与结构性能指标进行特殊化限定，区别于普通路面标准体系，对进一步完善路面设计和应用指标，具有明显的先进性。大量的研究和工程实践表明，抗车辙路面铺装层结构具有比普通沥青混合料更好的抗疲劳性能和更高的抗压、抗剪强度，具有高承载能力，方能有效解决沥青路面的车辙问题。推广应用抗车辙路面技术，对于解决电子导向胶轮系统车道路面车辙病害，提高路面使用性能和延长路面使用寿命

命，减少路面建设投资，减少道路维修带来的交通压力等方面具有重要意义。

国内相关的电子导向胶轮系统标准体系尚待完善。截至 2021 年底，国内共发布电子导向胶轮系统相关标准 7 项。现有标准对道路路基设计针对性不强，目前电子导向胶轮系统路面工程设计标准主要参考城市道路设计规范和公路工程施工规范执行，与车道路面工程设计、施工及质量验收标准体系不健全，部分仍处于空白。面对逐年增长的电子导向胶轮系统项目建设需求，编写《电子导向胶轮系统车道路面工程技术规程》可为电子导向胶轮系统工程建设和质量管控提供指导和依据，对其发展具有重要的意义。

在成本方面，我国地铁造价约为 4-7 亿元/公里，现代有轨电车线路造价约为 1.5-2 亿元/公里，而电子导向胶轮系统车辆在现代有轨电车运力相同的情况下，只需简单的道路改造就能投入使用，整体线路的投资约为现代有轨电车的 1/5。与现代有轨电车相比，建设一条 10 公里的线路，电子导向胶轮系统至少能节省 10 亿元以上。但电子导向胶轮系统对道路的要求十分严格，其车道路面部分比普通道路更易产生车辙。

如果采用标准所述的抗车辙性路面技术，广泛应用于电子导向胶轮系统车道路面，将提升路面寿命 10-15 年，按照全寿命周期计算，预计每年可以节约养护维修成本 500-1000 万元。电子导向胶轮系统技术已经在株洲、宜宾、哈尔滨、盐城等地建成通车,极大地缓解了交通压力。如果在全国大部分城市推广开，每年将节约道路车辙维修成本近 10 亿元，有效解决交通拥堵问题。另外，抗车辙路面技术的应用将减少沥青混凝土的维修养护频次，除节约资源，还有助于降低污染气体的排放，带来显著的社会环境效益。

该标准在全国若能够设立并实施，电子导向胶轮系统相关产品性能要求、结构设计方法、施工质量控制与验收就有标准可依，会极大促进该技术的推广应用，提升城市交通管理与铺面技术水平。

二、主要工作过程

根据要求，由中国交通运输协会于 2022 年初开始着手组织标准编制相关工作。作为主要起草单位，江苏苏博特新材料股份有限公司在 2022 年上半年积极收集有关本标准的各类信息，基于电子导向胶轮系统车道抗车辙技术涉及到的材

料、结构、施工工艺等与相关参编单位紧密联系，并认真总结株洲智轨车道上的应用经验，并结合东南大学沥青材料研究要点，在交通运输协会的支持和领导下，最终确定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。同时，标准起草工作组成员认真学习了 GB/T 1.1-2020《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，并结合设计、材料、施工工艺和应用技术发展趋势，以材料特性及施工应用为主要参考依据，于 2022 年 3 月着手编制标准工作大纲，形成了标准草稿。后经多次内部论证形成了标准征求意见稿，并于 2024 年 6 月提交至中国交通运输协会。

三、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

■ **编写规则：**按照 GB/T 1.1—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》。

■ **标准内容：**对电子导向胶轮系统车道路面材料、设计、施工、质量控制与验收进行规定。

■ **与现行法律、法规、标准的关系：**

本规范编制参考如下规范：

CJJ 36 城镇道路养护技术规范

CJJ 169 城镇道路路面设计规范

JTJ 003 公路自然区划标准

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JGJ 63 混凝土用水标准

JTJ 073.1 公路水泥混凝土路面养护技术规范

JT/T 533 沥青路面用纤维

JT/T 798 路用废胎胶粉橡胶沥青

JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG/T 3350-03 排水沥青路面设计与施工技术规范

JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

本次规范编制在参考规范的基础上，结合电子导向胶轮车道对半柔性路面的材料性能和施工等要求，对部分相关参数进行深入研究并做针对性的优化调整。本次规范编制关键技术指标满足国家强制性标准。本次规范编制参考国外及国际标准，采纳一般性规定，技术指标与实验数据对比，综合分析后采用。本标准与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

四、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述；

■ 主要内容

包括以下章节内容：

1、范围

2、规范性引用文件

3、术语和定义

4、一般规定

5、材料

5.1 一般规定

5.2 上面层材料技术要求

5.3 中、下面层材料要求

5.4 基层材料要求

5.5 路基材料要求

6、设计

6.1 一般规定

6.2 轴载换算

6.3 下承层设计

6.4 车道路面结构设计

6.5 层间黏结设计

6.6 车道半柔性路面复合材料级配设计

7、施工

7.1 一般规定

7.2 施工准备

7.3 基体大空隙沥青混合料生产及运输

7.4 基体大空隙沥青混合料施工

7.5 灌浆施工

7.6 养生及开放交通

8、质量控制

8.1 一般规定

8.2 路面施工质量控制

8.3 验收阶段工程质量检查

■ 主要内容的解释和说明

标准名称：电子导向胶轮系统车道路面工程技术规程

应用范围：本文件规定了电子导向胶轮系统车道路面工程的材料、结构、施工、质量管理与验收要求等。

本文件适用于电子导向胶轮系统车道路面的新建及维修养护工程。

规范性引用文件：

本标准中引用和参考最新版的国内外先进标准和行业规范，以充分保证本标准条款的可依性和可行性。

术语和定义：对电子导向胶轮系统及材料等概念进行定义和解释。

材料：包括电子导向胶轮系统车道路面的上面层材料，中、下面层材料，基层材料及车道路基材料的技术要求。

设计：包括电子导向胶轮系统列车的轴载换算方法，电子导向胶轮系统车道用于新建道路及旧路改造时的下承层要求，车道路面结构设计方法，车道路面结构与层间黏结的设计以及车道半柔性路面复合材料的级配设计方法。

施工：规定了电子导向胶轮系统车道路面施工的主要工作流程与关键工艺。

质量控制与检查验收：规定了过程检测和验收检测中的检测频率、质量要求、试验方法等。

■ 主要试验（或验证）综述

按照条款要求,组织实施相关重要的试验项目进行验证,实施的试验项目有:采用多尺度、多维度的评价方法,对比分析了半柔性路面的抗车辙性能、模量、耐久性特点,并在实际工程中进行持续监测分析。研究了不同混合料及其路面结构设计方法,分析了沥青改性机理及界面特性,探究了混合料性能及力学参数,构建模型进行了重载、渠化交通抗车辙结构与性能评估,分析不同路面结构车辙形成和发展规律,比较不同路面材料与结构的竖向蠕变变形、车辙深度、车辙分布规律及不同层位结构对车辙贡献率等。基于工程应用对工艺及施工质量标准进行了研究,针对长大桥隧、BRT 车道、港区道路、公路、市政、电子导向胶轮系统路段,在典型应用路段埋设传感器,对其服役情况进行定期监测,结合 FWD、雷达探测仪等检测车辙发展情况与模量动态变化规律,进行全面工程应用跟踪观测。

研究表明,采用半柔性路面材料能极大地提升路面的高温稳定性。在一定的材料和结构参数条件下,动稳定度可达 20000 次/mm 以上。且该材料疲劳寿命室内测试值为 200 万次,具有较好的抗疲劳和耐久性能。但由于其模量较高,需要规定材料中沥青材料的比例和类型,用以提高整体柔韧性,以适应低温、冻融地区的应用。材料低温最大弯拉应变可达 $2300\mu\epsilon\sim 3000\mu\epsilon$,能适应国内各种气候条件。在株洲电子导向胶轮系统车道路面中设置传感器,包括不同方向的半柔面层和中下面沥青层,收集到系统车辆和公交车运营时的路面应力-应变响应。并在普通公路、市政道路的不同路段中埋设传感器,经过对比分析,参考现有规范对数据进行总结分析,结果为结构设计章节的撰写提供了丰富的数据依据。上述研究成果都为具有重载渠化特征的电子导向胶轮系统车道路面提供了丰富的理论基础和应用数据。

五、重大意见分歧的处理依据和结果

无

六、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

没有涉及到相关国际标准,且在制定过程中未查到同类国际标准。

编制过程主要参考相关路面规范。但目前尚不存在符合电子导向胶轮系统车道路面高胎压、完全渠化交通特点的路面工程标准，现有规范对电子导向胶轮系统特殊的车道路面工程技术尚无相关标准。关于重载路面或抗车辙路面的现行标准均是建立在普通重载道路或普通道路抗车辙技术要求的基础上，所述材料性能要求、施工方法并不完全适用于电子导向胶轮系统车道路面，如普通干线公路重载交通其渠化程度远不及电子导向胶轮系统车道，对于同样的重载条件，渠化程度高，对路面的要求与上述技术规范要求不尽不同。另外，电子导向胶轮系统车道路面对材料的高温稳定性和质量均一性要求更高。现有的技术规范均针对普通路面，对于电子导向胶轮系统车道路面缺乏约束力，指导性不强。

另外，电子导向胶轮系统以地面敷设为主，除随新建道路共建外，更多的是在既有城市道路的基础上进行道路改造。对于既有路面改造和利用方面，现有的技术规范未能详细说明，若能对道路路面改造和利用做深入研究，将有利于控制电子导向胶轮系统的工程造价。

本标准的总体技术水平属于国内领先水平。

七、作为推荐性标准建议及其理由

建议团体标准《电子导向胶轮系统车道路面工程技术规程》作为推荐性标准颁布实施。

八、贯彻标准的措施建议

建议本标准在批准发布 3 个月后实施。本标准发布后，应向电子导向胶轮系统生产、设计、施工等相关单位进行宣传、贯彻，向相关单位和个人推荐执行本标准。

九、其他应说明的事项。

无