

一种电子导向胶轮系统廊道路面材料及铺设方法

技术领域

本发明属于电子导向胶轮系统路基路面设计领域，具体涉及一种电子导向胶轮系统廊道路面材料及铺设方法。

背景技术

电子导向胶轮系统属于智能轨道交通的新型、高端制式，通过胶轮承载，无需铺设专有物理轨道，同时基于虚拟轨道跟随技术可以实现在廊道（系统运行专用车道）内自动循迹及自主导向等功能，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。株洲电子导向胶轮系统工程获第二届联合国全球可持续交通大会推介。

系统车辆具有 6 轴，长度是 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，胎压高达 1.2MPa，具有完全渠化、多轴、重载的特点，其对路面加载方式与现有公交车辆相比具有相当大的差异。因此，适用于电子导向胶轮系统的廊道路面结构存在其特殊性，需要开展针对性研究和设计。当采用普通沥青材料时，廊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体验线段于 2018 年在国内首次投入使用，车辆班次为 14 次/天，基本属于空载。运行一年多后，由于系统车辆特殊的行驶方式和高胎压，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，系统车辆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。车辙不仅影响路容，还易引发坑槽、水损坏等次生病害，加速路面结构破坏，同时路面变形会影响车辆的循迹精度，特别是系统车

辆进站时的靠站精度。雨天由于辙槽积水，车辆还易出现水漂、打滑现象，降低行驶安全性；此外，车辙引起的路面不平整会使乘客感到颠簸，降低车辆的服务水平和行车舒适性。为了进一步推动电子导向胶轮系统的应用，廊道路面车辙问题亟待解决。

专利 CN113136761A 提出采用灌注式半柔性路面作为电子导向胶轮系统廊道路面的铺设方案，能有效解决廊道路面车辙的问题，公开了路面铺设结构，但针对路面重载、渠化、多轴的交通特点，没有给出相应的材料配比方案，在运营后可能产生开裂、耐久性不足等问题。专利 CN114716180B 公开了一种适用于城市重载道路的高性能彩色半柔性路面材料，公开了浆料组成和浆料色彩的获取方法，未针对重载对材料特性进行限定。专利 CN103866667B 公开了一种重载半柔性路面结构，对路面上、中、下面层的组合进行了限定，解决了车辙问题，但未涉及材料相关参数。

大量研究表明，针对电子导向胶轮系统廊道路面这种具有自动驾驶特征的车辆道面，具有特殊的重载、完全渠化、多轴的交通特点，不能采用普通路面的半柔性材料设计体系，应综合考虑抗车辙、抗开裂和抗疲劳多因素，以实现电子导向胶轮系统廊道路面的长寿命，大幅度节省筑路成本与养护投入。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明提供一种电子导向胶轮系统廊道路面材料及铺设方法，解决现有廊道路面严重车辙、开裂的问题。

为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体；

所述灌浆料的组成按重量份计为：粉料 100 份，水 28-35 份；其中，灌浆料中的粉料包括以下组分，各组分重量份数如下：

水泥	50-90 份，
弹性体胶乳	0-10 份，
活性填料	5-22 份，
减水剂	0-3 份，

增强剂 0-6 份，
稳定剂 0-3 份，
导电颗粒 0-5 份；

所述大空隙沥青混合料基体包括以下组分，各组分重量份数如下：

集料 100 份，
沥青 3.2~5.5 份，
表面活性粘结剂 0-0.6 份，
纤维 0.2-0.4 份；

所述大空隙沥青混合料基体空隙率为 10%~28%；

所述大空隙沥青混合料基体集料的合成级配为：

16mm 筛孔的集料通过率为 100%，
13.2mm 筛孔的集料通过率为 70%~100%，
9.5mm 筛孔的集料通过率为 10%~50%，
4.75mm 筛孔的集料通过率为 5%~25%，
2.36mm 筛孔的集料通过率为 4%~20%，
1.18mm 筛孔的集料通过率为 3%~18%，
0.6mm 筛孔的集料通过率为 3%~16%，
0.3mm 筛孔的集料通过率为 3%~14%，
0.15mm 筛孔的集料通过率为 2%~12%，
0.075mm 筛孔的集料通过率为 1%~10%，
其中各种不同粒径的集料百分率总和为 100%。

所述大空隙沥青混合料基体中沥青作为主要胶结材料，表面活性粘结剂主要改善沥青的浸润性，增强与水泥界面的粘结性；纤维在拌和后分布于沥青胶浆中，增强材料的韧性，也有一定的吸油性，增大沥青膜的厚度，增强柔韧性。

优选地，灌浆料终期强度为 35MPa~45MPa，2h 强度为 10MPa~30MPa，流动度为 10s-14s。

优选地，所述灌浆料与大空隙沥青混合料基体的重量比为 10~30：70~90。

优选地，所述灌浆料中的弹性体胶乳用于增加刚性灌浆料的柔韧性，选自环氧乳液、聚酯胶乳、三元共聚弹性体胶乳、丙烯酸类高聚物中的任意一种以上混

合；其中，所述三元共聚弹性体胶乳选自三氟氯乙烯-偏氟乙烯共聚弹性体胶乳、偏氟乙烯-全氟丙烯共聚弹性体、偏氟乙烯-四偏氟乙烯-全氟丙烯中任意一种以上混合。

优选地，所述灌浆料中的活性填料用于增加灌浆料的反应活性，选自高炉矿渣、火山灰质粉料、粉煤灰、石灰粉、活性矿粉中任意一种以上混合。

优选地，所述灌浆料中的减水剂用于在一定水灰比条件下增加灌浆料的流动性，选自磺酸盐型、聚羧酸型、脂肪族型、聚氧乙烯型减水剂中任意一种以上混合。

优选地，所述灌浆料中的增强剂用于增加灌浆料的强度和浸润性，选自活性矿粉、纳米硅藻土、纳米氧化硅、金属有机框架材料、碳纳米管、石墨烯、纳米硅中任意一种以上混合。

优选地，所述灌浆料中的稳定剂用于增强灌浆料在工作时间内的体系稳定性，选自纤维、膨胀剂、减缩剂、温度吸收剂中的任意一种以上混合。

优选地，所述灌浆料中的导电颗粒用于疏导车体内的电流，粒径小于1.18mm。

优选地，大空隙沥青混合料基体中，所述沥青作为沥青基体混合料的胶连剂，选自基质沥青、SBS 沥青、高粘改性沥青、橡胶沥青、环氧沥青、聚氨酯沥青中任意一种以上混合；所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物；所述纤维选自木质素纤维、聚合物纤维、钢纤维、玄武岩纤维中任意一种以上混合。

优选地，大空隙沥青混合料基体的集料作为沥青基体混合料的骨架组成，还包括导电颗粒，导电颗粒作为块状材料混入集料中，灌浆料及集料中的导电颗粒总体积占路面材料总体积的 10%~27%；集料中导电颗粒的粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5。能有效消除充电时电车产生的感应电压，保证安全运维。

优选地，路面材料中，其灌浆料中的导电颗粒为金属导电颗粒，用于疏导车体电流。

本发明所述大空隙沥青混合料基体中的导电颗粒粒径配比，一方面匹配集料级配，另一方面自身具有级配能有效嵌挤连接，利于导电。

本发明还提供了一种上述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法,包括以下步骤:

(1) 铺设大空隙沥青混合料基体: 按质量份数将大空隙沥青混合料基体的各材料组分置于拌和楼拌锅中, 在 $160^{\circ}\text{C}\sim 180^{\circ}\text{C}$ 条件下混合 40s~55s 得到沥青混合料; 将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1~1.25 摊铺于路面上, 用钢轮压路机碾压, 第 1 遍静压, 第 2~4 遍振动碾压, 第 5~6 遍静压, 待温度降至 $70\sim 90^{\circ}\text{C}$ 时, 终压, 得到铺设好的大空隙沥青混合料基体;

其中, 表面活性粘结剂以两种方式添加, 一种将表面活性粘结剂加入熔融的沥青中均匀混合, 一种是以 $0.05\sim 0.2\text{kg}/(\text{cm}^2)$ 质量喷洒至铺设好的 $40\sim 90^{\circ}\text{C}$ 沥青混合料基体中;

(2) 灌浆料的制备: 按质量份数将粉料、水放入搅拌机中混合 90s, 搅拌速度不低于 200r/min, 得到灌浆料;

(3) 灌注: 将上述步骤(2)中的灌浆料泵送到步骤(1)铺设好的沥青混合料基体表面, 使浆体高出路面 1-2cm, 并保持 10min, 当浆表面无明显气泡时, 除去沥青混合料基体表面浮浆, 表面露石深度为 0.6~5mm。

本发明所述路面材料铺设方法采用振动压实的工序, 主要是因为振动压实能重塑集料骨架, 使骨架更密实。

本发明还提供了所述电子导向胶轮系统廊道路面材料于自动循迹或自动驾驶的车辆道面的应用。

与现有技术相比, 本发明的有益效果如下:

(1) 该用于电子导向胶轮系统廊道路面, 通过水泥-沥青复合材料, 兼具沥青的柔性和水泥的刚性, 材料强度、配比合益, 刚性与柔性材料刚度匹配、粘附力好, 在系统车车辆重载、完全渠化和多轴的荷载下, 具有优异的抗车辙效果和耐久性。

(2) 该用于电子导向胶轮系统廊道路面的材料, 通过控制级配, 合理碾压工艺, 能实现较大的连通空隙率和较好的灌注饱满度, 具有优异的承载能力。

(3) 该用于电子导向胶轮系统廊道路面的铺设方法, 简单易行, 方便实施。

具体实施方式

基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下，所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

实施例 1

本实施例中的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体，灌浆料的组成按重量计为：粉料 100 份，水 28 份，大空隙沥青混合料基体空隙率为 10%。灌浆料终期强度为 35MPa，2h 强度为 10MPa，流动度为 10s；

所述灌浆料粉料中包括水泥 57 份，环氧乳液弹性体胶乳 10 份，粉煤灰 22 份，磺酸盐型减水剂 3 份，活性矿粉和纳米硅藻土增强剂 5 份（比例 1：4），膨胀稳定剂 3 份；

所述沥青混合料基体包括集料 100 份、SBS 沥青 4.2 份、表面活性粘结剂 0.3 份，木质素纤维 0.2 份；所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物；

所述大空隙沥青混合料基体中包括块状金属导电集料，其体积占路面总体积的 10%，金属集料粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5。；

所述沥青混合料基体中集料的合成级配见表 1 所示。

表 1 沥青混合料基体集料的合成级配（实施例 1）

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	94	49	18	11	8	7	7	6	6

所述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，包括以下步骤：

- 1) 铺设基体沥青混合料：将沥青混合料材料置于拌和楼拌锅中，在 160℃ 条件下混合 55s；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90℃ 时，终压；
- 2) 灌浆料液体的制备：将浆料粉料与水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min；

3) 灌注: 将浆料泵送到铺设好的沥青混合料基体表面, 使浆体高出路面 1-2cm, 并保持 10min, 当浆表面无明显气泡时, 除去沥青混合料基体表面浮浆, 表面露石深度为 0.6~5mm。

对比实施例 1

采用普通灌注式路面材料, 终期强度为 60MPa, 2h 无强度。其他与实施例 1 相同。

对比实施例 2

大空隙沥青混合料基体空隙率为 25%, 级配不在本发明规定的上下限范围内, 如表 2 所示。SBS 沥青占比 3.2%。其他与实施例 1 相同。

表 2 沥青混合料基体集料的合成级配 (对比实施例 2)

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	79	8	5	5	4	4	4	4	3

对比实施例 3

碾压时不采用振动程序, 振动压实遍数用静压代替。其他与实施例 1 相同。

实施例 2

本实施例中的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料, 包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体, 灌浆料的组成按重量计为: 粉料 100 份, 水 35 份, 大空隙沥青混合料基体空隙率为 16%。灌浆料终期强度为 40MPa, 2h 强度为 13MPa, 流动度为 12s;

所述灌浆料粉料包括水泥 69 份, 聚酯胶乳 4 份, 石灰粉 17 份, 聚羧酸型减水剂 1.5 份, 石墨烯增强剂 5.5 份, 减缩稳定剂 3 份;

所述大空隙沥青混合料基体包括集料 100 份, 聚氨酯沥青 3.8 份、表面活性粘结剂 0.6 份, 聚合物纤维 0.3 份; 所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物;

所述大空隙沥青混合料基体中还包括块状金属导电集料, 其体积占路面总体积的 20%, 金属集料粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5;

所述沥青混合料基体中集料的合成级配见表 3 所示。

表 3 沥青混合料基体集料的合成级配 (实施例 2)

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	93	40	15	9	8	7	6	6	5

所述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，包括以下步骤：

- 1) 铺设基体沥青混合料：将沥青混合料材料置于拌和楼拌锅中，在 180℃ 条件下混合 55s；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90℃ 时，终压。
- 2) 制备灌浆料液体：将浆料粉料与水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min。
- 3) 灌注：将浆料泵送到铺设好的沥青混合料基体表面，使浆体高出路面 1-2cm，并保持 10min，当浆表面无明显气泡时，除去沥青混合料基体表面浮浆，表面露石深度为 0.6~5mm。

对比实施例 4

去掉实施例 2 灌浆料中的聚酯胶乳和石墨烯增强剂，增加活性填料石灰粉质量份数，增加至 26.5 份，其他与实施例 2 相同。

实施例 3

本实施例中的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体，灌浆料的组成按重量计为：粉料 100 份，水 30 份，大空隙沥青混合料基体空隙率为 18%。灌浆料终期强度为 38MPa，2h 强度为 30MPa，流动度为 14s；

所述灌浆料粉料包括水泥 90 份，三元共聚弹性体胶乳 2 份，火山灰质粉料 2 份，脂肪族型减水剂 1 份，金属有机框架材料和碳纳米管混合料增强剂 2 份（比例为 1：1），纤维稳定剂 1 份，导电颗粒 2 份，灌浆料中的导电颗粒粒径范围为 0~1.18mm；

所述大空隙沥青混合料基体包括集料 100 份，环氧沥青 5.5 份、表面活性粘结剂 0.4 份，钢纤维 0.4 份；所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物。

所述大空隙沥青混合料基体中包括块状金属导电集料，导电颗粒体积占路面

总体积的 13%，金属集料粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5；

所述沥青混合料基体中集料的合成级配见表 4 所示。

表 4 沥青混合料基体集料的合成级配（实施例 3）

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	84	44	17	12	8	5	4	4	4

所述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，包括以下步骤：

1) 铺设基体沥青混合料：将沥青混合料材料置于拌和楼拌锅中，在 180℃ 条件下混合 55s；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90℃ 时，终压；

2) 制备灌浆料液体：将浆料粉料与水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min；

3) 灌注：将浆料泵送到铺设好的沥青混合料基体表面，使浆体高出路面 1-2cm，并保持 10min，当浆表面无明显气泡时，除去沥青混合料基体表面浮浆，表面露石深度为 2~5mm。

对比实施例 5

去掉实施例 3 中大空隙沥青混合料基体中包括块状金属导电集料，增加相同粒径的普通集料比例体积为 13%，比例为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5；并去掉灌浆料中的导电颗粒，增加水泥质量份数，增加为 92 份。其他与实施例 3 相同。

实施例 4

本实施例中的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体，灌浆料的组成按重量计为：粉料 100 份，水 32 份，大空隙沥青混合料基体空隙率为 15%。灌浆料终期强度为 36MPa，2h 强度为 18MPa，流动度为 11s；

所述灌浆料粉料包括水泥 67 份，丙烯酸类高聚物胶乳 3 份，高炉矿渣 20 份，聚氧乙烯型减水剂 2 份，纳米硅增强剂 1 份，温度吸收剂 2 份，导电颗粒 5

份，灌浆料中的导电颗粒粒径范围为 0.15mm~0.3mm；

所述大空隙沥青混合料基体包括集料 100 份，高粘改性沥青 4.6 份、表面活性粘结剂 0.6 份，玄武岩纤维 0.4 份；所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物；

所述大空隙沥青混合料基体中包括块状金属导电集料，导电颗粒体积占路面总体积的 15%，金属集料粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5。

所述沥青混合料基体中集料的合成级配见表 5 所示。

表 5 沥青混合料基体集料的合成级配（实施例 4）

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	95	12	10	7	5	4	3	2	1

所述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，包括以下步骤：

1) 铺设基体沥青混合料：将沥青混合料材料置于拌和楼拌锅中，在 180℃ 条件下混合 55s；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90℃ 时，终压；

2) 制备灌浆料液体：将浆料粉料与水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min；

3) 灌注：将浆料泵送到铺设好的沥青混合料基体表面，使浆体高出路面 1-2cm，并保持 10min，当浆表面无明显气泡时，除去沥青混合料基体表面浮浆，表面露石深度为 2~5mm。

对比实施例 6

本实施例中的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体，灌浆料的组成按重量计为：粉料 100 份，水 32 份，大空隙沥青混合料基体空隙率为 15%。灌浆料终期强度为 36MPa，2h 强度为 18MPa，流动度为 11s；

所述灌浆料粉料包括水泥 67 份，丙烯酸类高聚物胶乳 3 份，高炉矿渣 20 份，聚氧乙烯型减水剂 2 份，纳米硅增强剂 1 份，温度吸收剂 2 份，导电颗粒 5 份；

所述空隙沥青混合料基体包括集料 100 份，高粘改性沥青 4.6 份、表面活性粘结剂 0 份，纤维 0 份；所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物。

所述大空隙沥青混合料基体中包括块状金属导电集料，其体积占路面总体积的 15%，金属集料粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5。

表 6 沥青混合料基体集料的合成级配（对比实施例 6）

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	95	12	10	7	5	4	3	2	1

所述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，包括以下步骤：

1) 铺设基体沥青混合料：将沥青混合料材料置于拌和楼拌锅中，在 180℃ 条件下混合 55s；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90℃ 时，终压；

2) 制备灌浆料液体：将浆料粉料与水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min；

3) 灌注：将浆料泵送到铺设好的沥青混合料基体表面，使浆体高出路面 1-2cm，并保持 10min，当浆表面无明显气泡时，除去沥青混合料基体表面浮浆，表面露石深度为 2~5mm。即去掉实施例 4 中大空隙沥青混合料基体中的表面活性粘结剂和纤维。

实施例 5

本实施例中的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体，灌浆料的组成按重量计为：粉料 100 份，水 29 份，大空隙沥青混合料基体空隙率为 22%。灌浆料终期强度为 45MPa，2h 强度为 26MPa，流动度为 13s；

所述灌浆料粉料包括水泥 70 份，活性矿粉 17 份，聚羧酸型减水剂 2.5 份，纳米氧化硅增强剂 6 份，膨胀剂 0.5 份，导电颗粒 4 份，灌浆料中的导电颗粒粒径范围为 1.5mm；

所述大空隙沥青混合料基体包括集料 100 份，橡胶沥青 3.2 份，钢纤维 0.3 份；

所述大空隙沥青混合料基体中包括块状金属导电集料，其体积占路面总体积的 27%，金属集料粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5；

所述沥青混合料基体中集料的合成级配见表 7 所示。

表 7 沥青混合料基体集料的合成级配（实施例 5）

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	70	13	5	4	3	3	3	2	1

所述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，包括以下步骤：

1) 铺设基体沥青混合料：将沥青混合料材料置于拌和楼拌锅中，在 180℃ 条件下混合 55s；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90℃ 时，终压；

2) 制备灌浆料液体：将浆料粉料与水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min；

3) 灌注：将浆料泵送到铺设好的沥青混合料基体表面，使浆体高出路面 1-2cm，并保持 10min，当浆表面无明显气泡时，除去沥青混合料基体表面浮浆，表面露石深度为 2~5mm。

实施例 6

本实施例中的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体，灌浆料的组成按重量计为：粉料 100 份，水 31 份，大空隙沥青混合料基体空隙率为 20%。灌浆料终期强度为 40MPa，2h 强度为 20MPa，流动度为 11s；

所述灌浆料粉料包括水泥 81 份，聚酯胶乳 7 份，粉煤灰 9.6 份，磺酸盐型减水剂 1.3 份，金属有机框架材料增强剂 1 份，纤维稳定剂 0.1 份；

所述大空隙沥青混合料基体包括集料 100 份，基质沥青 3.2 份，表面活性粘结剂 0.6 份，木质素纤维 0.3 份；所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物。

无导电颗粒或金属集料。

所述沥青混合料基体中集料的合成级配见表 8 所示。

表 8 沥青混合料基体集料的合成级配（实施例 6）

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	74	11	6	5	3	3	3	2	1

所述电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，包括以下步骤：

- 1) 铺设基体沥青混合料：将沥青混合料材料置于拌和楼拌锅中，在 180℃ 条件下混合 55s；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90℃ 时，终压；
- 2) 制备灌浆料液体：将浆料粉料与水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min；
- 3) 灌注：将浆料泵送到铺设好的沥青混合料基体表面，使浆体高出路面 1-2cm，并保持 10min，当浆表面无明显气泡时，除去沥青混合料基体表面浮浆，表面露石深度为 2~5mm。

对上述实施例和对比实施例得到的材料进行取芯或制备，得到试件进行性能测试，测试结果如表 9 所示。

表 9 各实施例及对比例测试结果

项目	动稳定度（次/mm）	马歇尔稳定度（kN）	SCB 断裂能（J/m ² ）	四点疲劳寿命（600μm, 15℃）	车体电压
实施例 1	30981	19.4	3928	103 万次	无
对比实施例 1	36287	21.3	583	45 万次	无
对比实施例 2	35238	17.4	628	32 万次	无
对比实施例 3	28763	15.2	873	35 万次	无

实施例 2	42845	18.5	3203	121 万次	无
对比实施 例 4	26289	12.1	1487	63 万次	无
实施例 3	48279	17.3	3220	118 万次	无
对比实施 例 5	45637	18.5	2929	106 万次	有
实施例 4	39498	18.3	3674	106 万次	无
对比实施 例 6	36552	16.9	1098	87 万次	无
实施例 5	35276	17.4	3257	125 万次	无
实施例 6	43821	20.9	3098	119 万次	有

通过表 9 可以看出,通过改变灌浆料和沥青混合料基体的组成或各组分含量制备的抗车辙性能、承载力和抗疲劳性能具有明显的差距,实施例中的材料抗车辙性能好、承载力强、疲劳寿命好,在重载、渠化和多轴交通条件下具有较好的耐久性。

本发明所述的在灌浆料中加入的弹性体胶乳能有效增强灌浆料的柔韧性,在重载条件下能与沥青混合料基体协同变形,减少开裂风险。在沥青混合料基体中加入的表面活性粘结材料对水泥-沥青界面粘附性有较明显的增强效果,能较大地提高抗开裂能力。同时,本发明的电子导向胶轮系统廊道路面铺设方法简单,无需增加特殊机具,适合大规模推广和应用。

虽然已经参照特定实施例示出并描述了本发明,但是本领域的技术人员将理解:在不脱离由权利要求及其等同物限定的本发明的精神和范围的情况下,可在此进行形式和细节上的各种变化。

权 利 要 求 书

1、一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，其特征在于，包括灌浆料和大空隙沥青混合料基体；

所述灌浆料的组成按重量份计为：粉料 100 份，水 28-35 份；其中，灌浆料中的粉料包括以下组分，各组分重量份数如下：

水泥	50-90 份，
弹性体胶乳	0-10 份，
活性填料	5-22 份，
减水剂	0-3 份，
增强剂	0-6 份，
稳定剂	0-3 份，
导电颗粒	0-5 份；

所述大空隙沥青混合料基体包括以下组分，各组分重量份数如下：

集料	100 份，
沥青	3.2~5.5 份，
表面活性粘结剂	0-0.6 份，
纤维	0.2-0.4 份；

所述大空隙沥青混合料基体空隙率为 10%~28%；

所述大空隙沥青混合料基体集料的合成级配为：

16mm 筛孔的集料通过率为 100%，
13.2mm 筛孔的集料通过率为 70%~100%，
9.5mm 筛孔的集料通过率为 10%~50%，
4.75mm 筛孔的集料通过率为 5%~25%，
2.36mm 筛孔的集料通过率为 4%~20%，
1.18mm 筛孔的集料通过率为 3%~18%，
0.6mm 筛孔的集料通过率为 3%~16%，
0.3mm 筛孔的集料通过率为 3%~14%，
0.15mm 筛孔的集料通过率为 2%~12%，
0.075mm 筛孔的集料通过率为 1%~10%，

其中各种不同粒径的集料百分率总和为 100%。

2、根据权利要求 1 所述的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，其特征在于，所述灌浆料终期强度为 35MPa~45MPa，2h 强度为 10MPa~30MPa，流动度为 10s-14s。

3、根据权利要求 1 所述的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，其特征在于，所述灌浆料与大空隙沥青混合料基体的重量比为 10~30：70~90。

4、根据权利要求 1 或 2 所述的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，其特征在于，所述灌浆料中的弹性体胶乳选自环氧乳液、聚酯胶乳、三元共聚弹性体胶乳、丙烯酸类高聚物中的任意一种以上混合；

其中，所述三元共聚弹性体胶乳选自三氟氯乙烯-偏氟乙烯共聚弹性体胶乳、偏氟乙烯-全氟丙烯共聚弹性体、偏氟乙烯-四偏氟乙烯-全氟丙烯中任意一种以上混合。

5、根据权利要求 1 或 2 所述的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，其特征在于，所述灌浆料中的活性填料选自高炉矿渣、火山灰质粉料、粉煤灰、石灰粉、活性矿粉中任意一种以上混合；

所述减水剂选自磺酸盐型、聚羧酸型、脂肪族型、聚氧乙烯型减水剂中任意一种以上混合；

所述增强剂选自活性矿粉、纳米硅藻土、纳米氧化硅、金属有机框架材料、碳纳米管、石墨烯、纳米硅中任意一种以上混合；

所述稳定剂选自纤维、膨胀剂、减缩剂、温度吸收剂中的任意一种以上混合；

所述导电颗粒为金属导电颗粒，粒径小于 1.18mm。

6、根据权利要求 1 或 2 所述的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，其特征在于，所述大空隙沥青混合料基体中的沥青选自基质沥青、SBS 沥青、高粘改性沥青、橡胶沥青、环氧沥青、聚氨酯沥青中任意一种以上混合；

所述表面活性粘结剂为两亲嵌段共聚物；

所述纤维选自木质素纤维、聚合物纤维、钢纤维、玄武岩纤维中任意一种以上混合。

7、根据权利要求 1 或 2 所述的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料，其特征在于，所述大空隙沥青混合料基体中还包括导电颗粒，导电颗粒作为块状材料

混入集料中，灌浆料及集料中的导电颗粒总体积占路面材料总体积的 10%~27%；

所述集料中导电颗粒的粒径分布为 4.75cm~9.5cm:9.5cm~13.5cm=2:5。

8、权利要求 1 至 7 任一项所述的一种电子导向胶轮系统廊道路面材料的铺设方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1) 铺设大空隙沥青混合料基体：按质量份数将大空隙沥青混合料基体的各材料组分置于拌和楼拌锅中，在 160°C~180°C 条件下混合 40s~55s 得到沥青混合料；将拌和好的沥青混合料以松铺系数 1.1~1.25 摊铺于路面上，用钢轮压路机碾压，第 1 遍静压，第 2~4 遍振动碾压，第 5~6 遍静压，待温度降至 70~90°C 时，终压，得到铺设好的大空隙沥青混合料基体；

(2) 灌浆料的制备：按质量份数将粉料、水放入搅拌机中混合 90s，搅拌速度不低于 200r/min，得到灌浆料；

(3) 灌注：将上述步骤 (2) 中的灌浆料泵送到步骤 (1) 铺设好的沥青混合料基体表面，使浆体高出路面 1-2cm，并保持 10min，当浆表面无明显气泡时，除去沥青混合料基体表面浮浆，表面露石深度为 0.6~5mm。

9、根据权利要求 8 所述的铺设方法，其特征在于，步骤 (1) 中表面活性粘结剂以两种方式添加，一种将表面活性粘结剂加入熔融的沥青中均匀混合，一种是以 0.05~0.2kg/(cm*m2) 质量喷洒至铺设好的 40~90°C 沥青混合料基体中。

10、一种权利要求 1 至 7 任一项所述电子导向胶轮系统廊道路面材料在自动循迹或自动驾驶的车辆道面的应用。