



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111234587 A

(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 202010181886.X

C09D 1/00(2006.01)

(22)申请日 2020.03.16

B61F 5/50(2006.01)

(71)申请人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市湖南长沙麓山  
南路932号

(72)发明人 高广军 汪馗 赵世越 宋子健  
周永灿 曾捷 张丹瑜

(74)专利代理机构 北京金智普华知识产权代理  
有限公司 11401

代理人 杨采良

(51)Int.Cl.

C09D 5/25(2006.01)

C09D 121/00(2006.01)

C09D 7/61(2018.01)

C09D 5/24(2006.01)

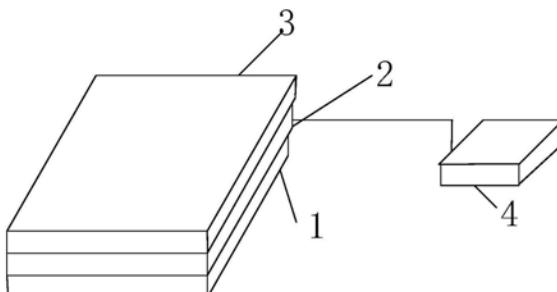
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种动车组车载转向架防冰涂层

(57)摘要

本发明属于动车组防冰除冰技术领域,公开了一种动车组车载转向架防冰涂层,从下到上依次喷涂有绝缘涂层、导电发热涂层及疏水耐磨涂层;绝缘涂层将导电发热涂层与车体分离开,避免漏电的事故,还用于绝热,减少热量向转向架内部的传导损失;导电发热涂层用于保持转向架维持在0℃以上,维持转向架温度的稳定;疏水耐磨涂层用于避免融化后的水粘滞在转向架上,还用于避免风沙雨水侵蚀转向架,保护内侧的绝缘涂层、导电发热涂层。本发明通过导电发热涂层融雪除冰,防止转向架表面及周围发生严重积雪结冰,保证转向架的动力学性能和悬挂性能、提高列车在雪天运行的安全性及平稳性和高效性的保护装置。



1. 一种动车组车载转向架防冰涂层，其特征在于，所述动车组车载转向架防冰涂层从下到上依次喷涂有绝缘涂层、导电发热涂层及疏水耐磨涂层；

所述绝缘涂层将导电发热涂层与车体分离开，用于避免漏电的事故，还用于绝热，减少热量向转向架内部的传导损失；

所述导电发热涂层用于保持转向架维持在0℃以上，维持转向架温度的稳定；

所述疏水耐磨涂层用于避免融化后的水粘滞在转向架上，还用于避免风沙雨水侵蚀转向架，保护内侧的绝缘涂层、导电发热涂层。

2. 如权利要求1所述的动车组车载转向架防冰涂层，其特征在于，绝缘涂层采用柔性低温深冷绝热材料。

3. 如权利要求1所述的动车组车载转向架防冰涂层，其特征在于，所述导电发热涂层通过连接动车组辅助供电系统的控制系统，用于控制导电发热涂层的加热温度。

4. 如权利要求3所述的动车组车载转向架防冰涂层，其特征在于，所述导电发热涂层通过调整涂料中导电粉末与有机溶剂的比例得到 $5\sim10\Omega/dm^2$ 的电阻。

5. 如权利要求3所述的动车组车载转向架防冰涂层，其特征在于，导电粉末中银粉含量占比为8%，铜粉含量占比为92%，并使用乙酸异戊酯按照1:0.5的稀释比例进行稀释，常温喷涂。

6. 如权利要求3所述的动车组车载转向架防冰涂层，其特征在于，疏水耐磨涂层采用纳米二氧化硅涂料，该纳米二氧化硅涂料疏水接触角150°。

7. 如权利要求6所述的动车组车载转向架防冰涂层，其特征在于，所述纳米二氧化硅涂料，常温喷涂，150℃保温20min。

8. 一种利用权利要求1~7任意一项所述动车组车载转向架防冰涂层喷涂的动车组车载转向架。

## 一种动车组车载转向架防冰涂层

### 技术领域

[0001] 本发明属于动车组防冰除冰技术领域,尤其涉及一种动车组车载转向架防冰涂层。

### 背景技术

[0002] 目前,高速列车在高寒大雪环境中运行时,由于车底处的负压作用,环境风夹杂着雪花进入转向架,在转向架表面大量堆积。转向架传动系统产生的热量会将部分区域的积雪融化并甩出,而由于环境温度较低,水会迅速凝结成冰,往复作用下,转向架部分部位会形成较大的冰块;冰块的凝结会导致转向架承受数百公斤的额外簧上重量,从而容易损坏转向架零部件,以及降低转向架悬挂系统的运动性能,并且在冰块脱落时容易造成轨边设备被击打。

[0003] 除此之外,还会影响转向架的动力学特性,使得列车制动距离大大增加,严重时还会阻碍转向架的正常运动,甚至造成脱轨事故的发生,对于行车安全造成了重大安全隐患。动车组在停放长时间后也会因冷空气的作用出现转向架区域大量积雪结冰,急需快速高效进行融冰,避免影响列车的发车准时性。

[0004] 融雪除冰技术主要在城市道路和输电网络领域得到了广泛的应用,根据其基本实现原理,可以划分为以下三个类别:自然脱落法、机械除冰法和热力除冰法。国内目前在线除冰的解决方案主要为机械除冰法,即司机通过制动进行除冰,这种方法的除冰效果无法得到保证,并且频繁的制动会影响乘客的乘车舒适性。截至目前,绝大多数高速列车转向架的融雪除冰措施,主要为解决列车返回动车所后如何高效地进行融雪除冰作业,而对于在列车运行过程中的在线除冰尚缺乏有效解决办法。

[0005] 在热力防除冰方面,哈尔滨工业大学张晗冰等发明了一种热风除冰装置,其通过向转向架吹以热风而加热除冰,但其改变了转向架结构,能耗大并且受列车运行速度影响大;中铁第一勘察设计院集团有限公司发明了高压热风枪辅助红外线辐射加热除冰装置,利用红外线辅助冰层脱落,但其仅针对积冰严重的临时除冰,功率大、加工难度高并且抗干扰性差;南京理工大学李胜等发明了一种无需改变现有转向架结构的除冰装置,利用加热线圈加热除冰,但其线圈无法做到转向架复杂分布区域的加热,且其没有注意到冰雪融化后的去向,无法做到防积冰。

[0006] 在机械防冰方面,中南大学高广军等设计了导流板用于阻碍积雪进入转向架区域,该结构能够在一定程度上对于车辆底部的空气流动进行引导,减少进入转向架区域的雪量,但是其重点在于预防雪粒子进入转向架区域,而对于结冰之后的治理尚缺乏有效的解决措施,当列车长时间在冰雪天气下运行时,随着进入转向架区域的雪量持续积累,最终仍会产生转向架区域积雪结冰严重的问题。

[0007] 通过上述分析,现有技术存在的问题及缺陷为:(1)现有技术列车在运行中实时监测转向架没有利用导电发热涂层融雪除冰,不能防止转向架表面及周围发生严重积雪结冰,造成转向架的动力学性能和悬挂性能差,使列车在雪天运行的安全性及平稳性得不到

保证。

[0008] (2) 现有技术转向架没有利用探测器检测导电发热涂层的温度,不能通电加热提高转向架温度,造成转向架结冰。

[0009] (3) 现有技术所采取方式如长期捶打、敲击动车组机械组件极易造成金属原件加速损伤与老化,而频繁的制动会影响乘客的乘车舒适性,增加能耗。

[0010] (4) 现有技术部分装置由于体积与形状问题,会明显改变转向架部分流场分布情况,影响列车整体结构设计科学性。

[0011] 解决以上问题及缺陷的难度为: (1) 需要设计一套用于检测转向架是否结冰的传感检测装置,并与动车组辅助供电系统连接形成检测驱动。

[0012] (2) 由于高速动车组转向架的结构严谨依据高速动车组空气动力学分析设计,需要尽量减少转向架部位结构空间的改动。

[0013] (3) 需要合理设计涂层功能与叠涂次序,并需选取合适涂层材料以符合良好绝缘、产热、耐磨与耐候等性能。

[0014] 解决以上问题及缺陷的意义为: (1) 运用涂层设计防(除)冰,适用性强、安装简单且无需改变现有动车组转向架和车底的结构。

[0015] (2) 成本低,能节省大量劳动力,提升经济效益。

[0016] (3) 防冰为主,除冰为辅,耗时短,能有效保障冬季动车组的运行效率。

[0017] (4) 弥补了车载转向架自动化防(除)冰装置领域的空白,有效提升动车组高寒地区运行的安全性能。

## 发明内容

[0018] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种动车组车载转向架防冰涂层。

[0019] 本发明是这样实现的,一种动车组车载转向架防冰涂层,所述动车组车载转向架防冰涂层从下到上依次喷涂有绝缘涂层、导电发热涂层及疏水耐磨涂层;

[0020] 所述绝缘涂层将导电发热涂层与车体分离开,避免漏电的事故,还用于绝热,减少热量向转向架内部的传导损失;

[0021] 所述导电发热涂层用于保持转向架维持在0℃以上,维持转向架温度的稳定;

[0022] 所述疏水耐磨涂层用于避免融化后的水粘滞在转向架上,还用于避免风沙雨水侵蚀转向架,保护内侧的绝缘涂层、导电发热涂层。

[0023] 进一步,绝缘涂层采用柔性低温深冷绝热材料,由合成橡胶、碳酸钙(无机填料)、氢氧化铝(阻燃剂)、石蜡油、偶氮二甲酰胺(发泡剂)、润滑油、黄原酸盐类促进剂(橡胶促进剂)组成,各组分质量占比分别为20%、40%、15%、10%、4%、1%,常温喷涂

[0024] 进一步,所述导电发热涂层通过连接动车组辅助供电系统的控制系统,用于控制导电发热涂层的加热温度。

[0025] 进一步,所述导电发热涂层通过调整涂料中导电粉末与有机溶剂的比例得到5~10  $\Omega / dm^2$ 的电阻。其中,导电粉末中银粉含量占比为8%,铜粉含量占比为 92%,并使用乙酸异戊酯按照1:0.5的稀释比例进行稀释,常温喷涂。

[0026] 进一步,疏水耐磨涂层采用纳米二氧化硅涂料,常温喷涂,150℃保温20min,该纳米二氧化硅涂料疏水接触角150°。

[0027] 本发明的另一目的在于提供一种利用所述动车组车载转向架防冰涂层喷涂的动车组车载转向架。

[0028] 结合上述的所有技术方案,本发明所具备的优点及积极效果为: (1) 针对性区域加热保温,预防为主,除冰为辅,节能环保,成本十分低廉。

[0029] (2) 多种性能涂层材料组合应用,避免复杂安装,创新设计。

[0030] (3) 启动前除冰与运行中除冰结合,提高系统利用率。

[0031] 本发明提供了一种适用性强、成本低并且可以预防运行动车转向架结冰的表面涂层,克服了以上背景技术中提到的不足和缺陷,提供一种利用列车在运行中实时监测转向架附近空气温度,通过导电发热涂层融雪除冰,防止转向架表面及周围发生严重积雪结冰,保证转向架的动力学性能和悬挂性能、提高列车在雪天运行的安全性及平稳性和高效性的保护装置。

[0032] 本发明公开的动车组辅助供电系统通过转向架上的一平膜式结冰探测器,所述平膜式结冰探测器设置在转向架上以在检测达到临界温度阀值时控制所述导电发热涂层通电加热提高转向架温度,防止转向架结冰。该系统可解决在列车组停放长时间后出现转向架区域大量积雪结冰的问题,在将转向架表面温度提升后,表面冰层融化,冰块可自行脱离转向架,达到快速除冰的效果。

[0033] 相比于现有技术,本发明的优点进一步包括:

[0034] (1) 整体防冰,本发明的涂料适用于转向架整体,可实现转向架整体的在线加热,且由传统的被动除冰转化为主动预防积雪结冰。利用发热涂层控制转向架整体表面温度,防止积雪;利用疏水耐磨涂层迅速甩水,防止水在转向架整体粘滞。

[0035] (2) 节能环保,装置加热涂层所采用的银铜导电漆电阻可控,热能转化效率高,实测热能转换效率达98%,加热时无异味产生,同样具有节能环保优势;本发明所选用的绝热绝缘层、加热层、疏水耐磨层材料均不含有污染性化学成分,具有环境友好的特点。

[0036] (3) 耐用性强,本发明的复合涂层结构在工作状态下附着力强,绝缘层、加热层、疏水耐磨层的热膨胀系数均较小且基本一致,有效预防在固化后龟裂纹的出现;最外层表面涂覆纳米二氧化硅疏水耐磨涂层,不仅大幅提高了涂层整体的耐高温和耐磨性能,还有效保证内部与空气隔离,保护银铜导电漆在工作中不被氧化,使用寿命显著延长。

[0037] (4) 加工简易,本发明主体采用多功能涂层复合结构,相对于背景技术加工操作简单易行,适用于转向架表面各种复杂条件的涂覆;且复合涂层厚度在 1mm以内,不改变转向架现有结构,可有效避免影响转向架区理论流场分布、干扰转向架正常工作,同时也不受不同动车组型号转向架差异的限制。

[0038] 本发明相比于现有技术,对比的技术效果或者实验效果有:

[0039] 能耗方面:包裹10mm冰层情况下,列车以30m/s运行时点刹除冰耗能为 6.8KJ/m<sup>2</sup>,热气喷射加热除冰耗能72KJ/m<sup>2</sup>,本装置利用加热疏水实现掉冰,除冰仿真能耗值为0.9KJ/m<sup>2</sup>除冰时间方面:直径为10cm、厚度为5mm的冰层在 -20℃下,利用热气喷射除冰时间为10min,利用本装置实现掉冰时间为2min14s。

## 附图说明

[0040] 图1是本发明实施例提供的动车组车载转向架防冰涂层示意图。

- [0041] 图中:1、绝缘涂层;2、导电发热涂层;3、疏水耐磨涂层;4、动车组辅助供电系统。
- [0042] 图2是本发明实施例提供的动车组车载转向架防冰涂层应用效果图。
- [0043] 图3是本发明实施例提供的涂层工作示意。
- [0044] 图4是本发明实施例提供的工作仿真示意图。

## 具体实施方式

[0045] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0046] 现有技术列车在运行中实时监测转向架没有利用导电发热涂层融雪除冰,不能防止转向架表面及周围发生严重积雪结冰,造成转向架的动力学性能和悬挂性能差,使列车在雪天运行的安全性及平稳性得不到保证。

[0047] 现有技术转向架没有利用探测器检测导电发热涂层的温度,不能通电加热提高转向架温度,造成转向架结冰。

[0048] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种动车组车载转向架防冰涂层,下面结合附图对本发明作详细的描述。

[0049] 图1是本发明实施例提供的动车组车载转向架防冰涂层,将导电涂层的通电发热性、以及疏水耐磨层的疏水性应用至高铁转向架除防冰,具体包括:

[0050] 绝缘涂层1、导电发热涂层2、疏水耐磨涂层3、动车组辅助供电系统4,其中动车组辅助供电系统4通过集成的控制系统与导电发热涂层2相连。将三种涂料依次喷涂至转向架表面。导电发热涂层2位于绝缘涂层1上部;疏水耐磨涂层3位于导电发热涂层2上部。

[0051] 本发明公开的动车组辅助供电系统通过转向架上的一平膜式结冰探测器设置在转向架上,以在检测达到临界温度阀值时控制所述导电发热涂层通电加热提高转向架温度,防止转向架结冰。该系统可解决在列车组停放长时间后出现转向架区域大量积雪结冰的问题,在将转向架表面温度提升后,表面冰层融化,冰块可自行脱离转向架,达到快速除冰的效果。

[0052] 在本发明实施例中,绝缘涂层1紧贴转向架,该层采用优选的柔性低温深冷绝热材料,具有绝缘、绝热、亲水的优点。该涂层可有效地将导电发热涂层与车体分离开,避免漏电的事故发生,保障车体以及车内的设备与乘客的安全;同时可以起到绝热效果,减少热量向转向架内部的传导损失,提升加热效率。

[0053] 在本发明实施例中,导电发热涂层2外部为加热层,加热层是保持转向架维持在0℃以上的关键,该层采用优选的银铜导电材料,具有通电发热、低电阻的特点,可通过维持转向架温度的稳定。

[0054] 本发明中导电发热涂层的电力来源为动车组辅助供电系统,通过控制系统、转向架温度传感系统自动控制发热功率。此外,通过调整涂料中导电粉末与有机溶剂的比例可以得到合适 $5\sim10\Omega/dm^2$ 的合适电阻,保证了在工作功率既不会因为电阻太大而使得涂层电压高于36V安全电压,也不会因为电阻太小而使得电路电流超限。如今这种银铜材料技术已经基本成熟,并已经成功地在车辆信号屏蔽、地暖加热等方面范围地得到了应用。

[0055] 在本发明实施例中,疏水耐磨涂层3位于最外层,这层疏水层采用优选的纳米二氧化

化硅涂料,具有成本低、无毒环保、耐磨性好、疏水性强的优点。该材料疏水接触角可达150°,并耐3M砂纸打磨,既可以避免融化后的水粘滞在转向架上,又可以避免在恶劣条件下的风沙雨水侵蚀转向架,全方位保护内侧的加热层以及绝缘层,提升这个涂层的使用寿命以及在恶劣条件下的工作稳定性。

[0056] 下面结合效果对本发明作进一步描述。

[0057] (1) 整体防冰,本发明的涂料适用于转向架整体,可实现转向架整体的在线加热,且由传统的被动除冰转化为主动预防积雪结冰。利用发热涂层控制转向架整体表面温度,防止积雪;利用疏水耐磨涂层迅速甩水,防止水在转向架整体粘滞。

[0058] (2) 节能环保,装置加热涂层所采用的银铜导电漆电阻可控,热能转化效率高,实测热能转换效率达98%,加热时无异味产生,同样具有节能环保优势;本发明所选用的绝热绝缘层、加热层、疏水耐磨层材料均不含有污染性化学成分,具有环境友好的特点。

[0059] (3) 耐用性强,本发明的复合涂层结构在工作状态下附着力强,绝缘层、加热层、疏水耐磨层的热膨胀系数均较小且基本一致,有效预防在固化后龟裂纹的出现;最外层表面涂覆纳米二氧化硅疏水耐磨涂层,不仅大幅提高了涂层整体的耐高温和耐磨性能,还有效保证内部与空气隔离,保护银铜导电漆在工作中不被氧化,使用寿命显著延长。

[0060] (4) 加工简易,本发明主体采用多功能涂层复合结构,相对于背景技术加工操作简单易行,适用于转向架表面各种复杂条件的涂覆;且复合涂层厚度在1mm以内,不改变转向架现有结构,可有效避免影响转向架区理论流场分布、干扰转向架正常工作,同时也不受不同动车组型号转向架差异的限制。

[0061] 下面结合具体实验及仿真对本发明作进一步描述。

[0062] 如图2所示,本发明提供的动车组车载转向架防冰涂层应用效果图。

[0063] 如图3,在-20℃冰箱中,本装置以40W功率工作用时15s将实验物体表面温度升高至0℃以上;本装置以40W功率工作用时2min8s使附着不规则附着冰块掉落。

[0064] 如图4,利用多物理场仿真软件Comsol模拟本装置在30m/s的-20℃(253K)的环境下以30m/s的速度运行,当通电功率达到1.8kW时,达到稳定在如下图效果。

[0065] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

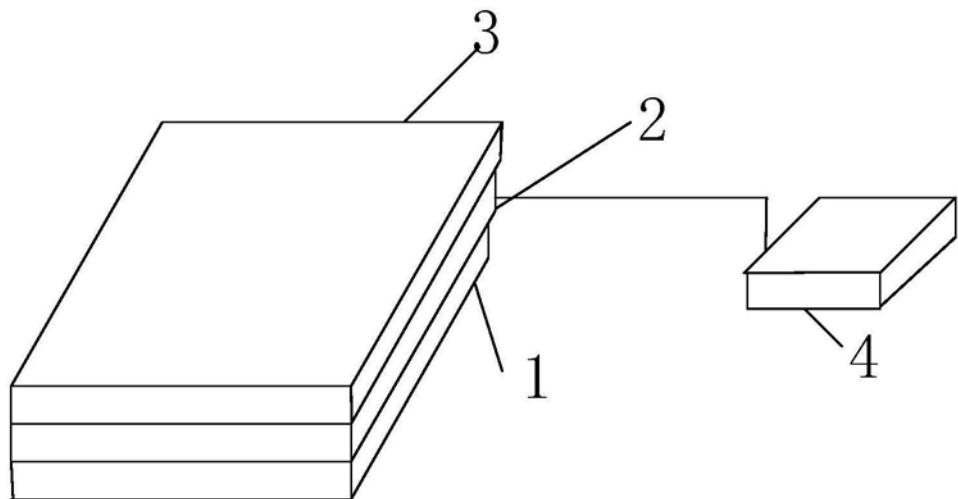


图1

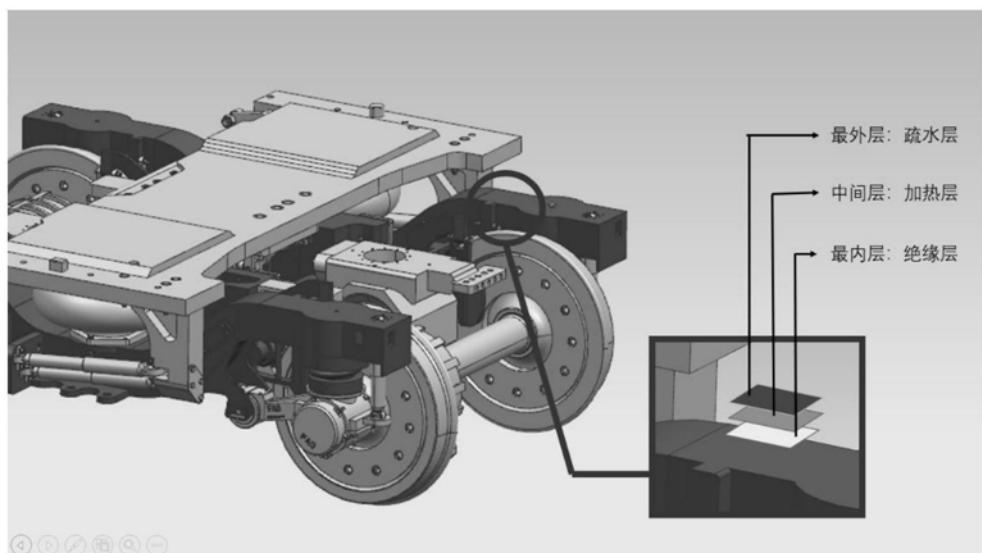


图2



图3

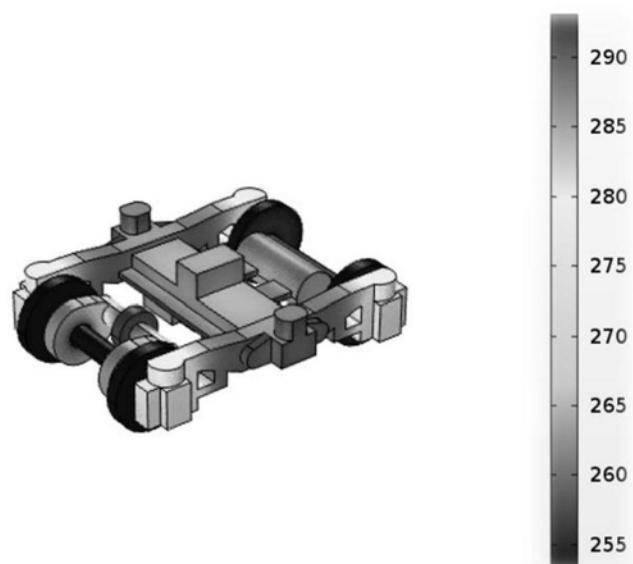


图4