

基于专利分析的轨道交通车辆安全技术研究

杨 姝¹ 王淑敏²

(1. 中车长春轨道客车股份有限公司科技管理部, 130062, 长春;

2. 北京集慧智佳知识产权管理咨询股份有限公司, 100089, 北京 // 第一作者, 正高级工程师)

摘 要 轨道交通车辆安全技术已成为国内外轨道交通车辆企业和研究机构重点研究的技术之一。从专利分析的角度重点研究了国内外轨道交通车辆领先企业在安全技术方面的技术创新, 在轨道交通车辆整车、转向架、网络控制系统、车体、车门等方面研究了各企业的专利分布情况, 并研究了各企业在轨道交通装备故障预测与健康管理等关键技术方面的技术突破与创新。同时通过研究国内领先企业, 以及北京交通大学、西南交通大学等研究机构的专利信息, 了解了国内轨道交通车辆关键技术的发展现状, 提出了基于轨道交通车辆安全技术发展建议。

关键词 轨道交通车辆; 安全技术; 专利分析

中图分类号 U270.38⁺9

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.02.020

Research on Safety Technology of Rail Transit Vehicles Based on Patent Analysis

YANG Shu, WANG Shumin

Abstract Rail transit vehicle safety technology has become one of the key technologies for rail transit vehicle enterprises and research institutions at home and abroad. Focusing on the technology innovations of leading rail transit vehicle companies in the world from the perspective of patent analysis, the patent distribution of companies in the fields of rail transit vehicle, bogie, network control system, car body and door is studied. The key technological breakthrough and innovation of companies in terms of rail transit equipment failure prediction and health management are emphasized. At the same time, through studying the parent information of domestic leading enterprises, Beijing Jiaotong University, Southwest Jiaotong University and other research institutions, the development status of domestic rail transit vehicle key technologies is clearly understood, corresponding suggestions for the development of rail transit vehicle safety technology are proposed.

Key words rail transit vehicle; safety technology; patent analysis

First-author's address Science and Technology Management Department, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

轨道交通车辆安全是轨道交通系统中最为重要的环节, 列车脱轨、火灾、碰撞等事故都会造成重大损失, 严重时将造成人员伤亡, 因此, 轨道交通车辆安全技术一直受到各国重视。西门子股份公司、阿尔斯通公司、株式会社日立制作所等企业在轨道交通车辆安全技术方面都做出了重大创新研究。本文通过专利分析, 研究国内外轨道交通车辆先进公司在轨道交通车辆安全技术方面的最新技术, 以期了解国内外轨道交通安全技术的发展现状, 为国内的轨道交通车辆安全技术发展提供参考和借鉴。

1 国内外领先企业轨道交通车辆安全技术专利统计

轨道交通车辆安全技术指的是保障列车运行安全性、制动安全性、结构安全性和防火安全性的技术。本文以2016—2020年Derwent Innovation Index(德温特创新索引)和Incopat(合享全球专利文献数据库)中获得的专利文献数据为依托, 对国内外轨道交通车辆领域领先企业及研究单位近5年申请的专利进行了检索和分析, 共检索出与安全技术相关的专利2 175件, 具体如图1所示。由图1可见, 西门子股份公司在轨道交通车辆安全技术方面的创新技术最多, 株式会社日立制作所其次。

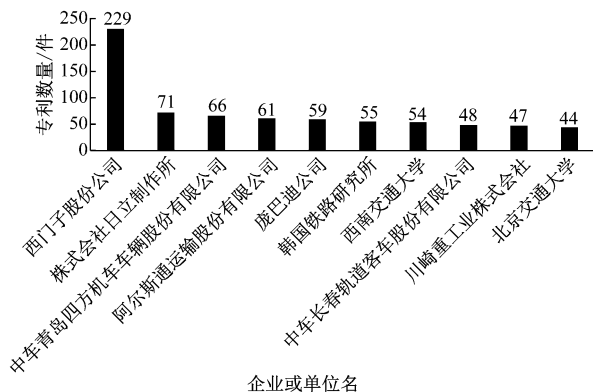


图1 国内外领先企业近5年轨道交通安全技术专利统计

Fig.1 Statistics of rail transit safety technology patents of domestic and foreign leading companies in recent 5 years

2 国外领先企业轨道交通车辆安全技术专利布局及技术分析

2.1 国外领先企业轨道交通车辆安全技术专利布局

根据近 5 年轨道交通车辆安全技术专利数据统计,国外领先企业在轨道交通车辆安全技术的专利布局整体较多。如图 2 所示,排名第 1 位的西门子股份公司在轨道交通车辆的网络控制系统、转向架、车体、车门安全、蓄电池、高压系统及制动系统等方面均提出了安全防范措施;排名第 2 位的株式会社日立制作所则从采用应急通风系统预防火灾、车体防碰撞、内装材料、健康监测、安全制动及转向架等方面做出了技术创新;排名第 3 位的阿尔斯通公司则将轨道交通车辆安全技术专注于网络控制系统(健康监测)、安全制动系统、转向架及牵引系统等方面。

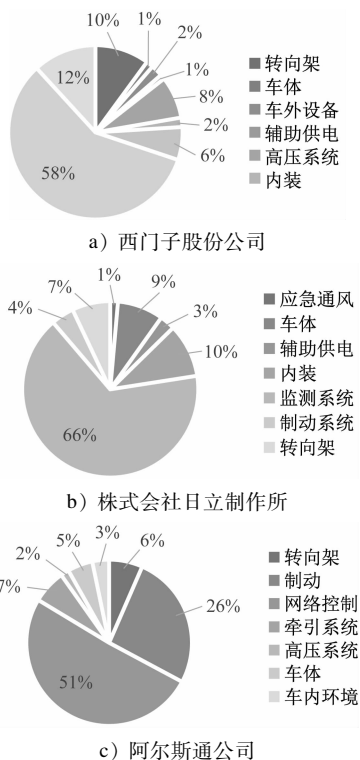


图2 国外排名前3位企业的轨道交通车辆安全技术专利分布

Fig. 2 Distribution of rail transit vehicle safety technology patents of the top 3 foreign companies

2.2 国外领先机构轨道交通车辆安全技术专利技术分析

轨道交通车辆安全的核心技术是指为保证轨道交通车辆的运行安全,对轨道交通装备故障进行

预测与健康管理的关键技术。该技术可实现对轨道交通车辆中关键部件服役状态的实时安全监控,为关键部件的故障预测、健康评估、寿命预测及维修决策等提供数据支撑。本文重点对3家领先企业在轨道交通车辆安全技术层面的专利开展了研究。

2.2.1 西门子股份公司车辆故障预测与健康管理技术

2.2.1.1 转向架监测技术

文献[1]设计了一种通过在各车厢转向架设置传感器来监测和诊断各车厢运行状态的方法。

文献[2]设计了一种检测车辆脱轨的引导系统。该引导系统通过与轨道的轨头相互作用判断车辆是否处于正常状态,并在发生脱轨时触发警报系统,促使车辆安全制动。

文献[3]提出了一种诊断轨道交通车辆车轮状态的方法。为了计算车轮的实际磨损值,测量系统按照预定时间间隔对车轮进行监测,通过计算模型评估车轮的实际磨损值与初始磨损值,计算车辆的负载情况,并及时作出预警。该技术的有益效果是监控车轮的安全状态,提升车辆运行安全性。

2.2.1.2 烟雾监测技术

文献[4]设计了一种具有轨道交通车辆吸气式烟雾探测器。该烟雾探测器经由管路与具有有限定开口横截面的吸气端件连接,以用于提取空气样本。

文献[5]设计了一种包含冗余检测器的烟雾探测组件,该烟雾探测组件设置两个相同的横向并排的烟雾探测器,并通过合理的布局减小探测组件的尺寸及质量,同时提高检测效果。

2.2.1.3 电气系统监测技术

文献[6]涉及牵引电机技术领域,当牵引电机的绕组被加热时,部分绕组材料至少部分与自身分离。这样即使未检测到初步绕组材料短路,也可以通过气体传感器系统进行感知。

文献[7]研发了一种用于监测铁路车辆集电故障的设备。该设备中,每个机架包括左、右2个集电体,且在其中的通用电气线路之间引导集流器和车体母线中相应的金属导板。当其中一个金属导板某个时刻的温度超过确定值时,信号是否输出,以及底盘是否受故障影响,是由金属导板的温度是否受机箱温度升高的影响来确定的。

2.2.1.4 车辆整体状态监测技术

文献[8]研究了一种车辆定位的方法,通过检测接收行驶中车辆及相同线路上其他车辆的反射

雷达信号,确定行驶车辆之间的距离及车速;同时对两车进行定位,使车辆行驶速度得以匹配。

文献[9]通过在轨道交通车辆上设置的多个传感器,检测并获取车辆磨损特征变量,从而确定车辆驱动行驶期间的磨损参数,以此来评价车辆的运行状态,保证车辆正常行驶。

2.2.2 株式会社日立制作所车辆故障预测与健康管理技术

2.2.2.1 火灾监测技术

文献[10]提出了一种快速、准确地检测蓄电池火灾的方法。该项技术中,控制单元可监测包括多个存储单元的蓄电池单元的状态;控制充电/放电的电池单元具有监视多个蓄电池单元的温度状态,以及确定多个蓄电池单元之间温度差的功能。若检测到蓄电池单元的温度等于或高于第一阈值,则控制单元将断开与该单元串联线路的断路器。

2.2.2.2 车辆传感器监测技术

文献[11]研发了一种铁路车辆异常的检测装置。在轨道车辆和轨道分别设置检测器,检测运行数据和振动数据,并由数据分析部门分析车辆行驶是否正常。

2.2.3 阿尔斯通公司车辆故障预测与健康管理技术

阿尔斯通公司对障碍物及电气系统的监测做出了突出的贡献。文献[12]设计了一种轨道交通车辆,其前端设有防撞装置与障碍物的检测装置。当检测到车辆前方出现冲击或存在障碍物时,防撞装置的翻板即可打开。这样,无论行人位于车辆的前方还是侧方,本发明均能起到保护行人的作用。

文献[13]设计了一种监测铁路供电状况的装置。

文献[14]研发了一种用于检测铁路车辆上障碍物或脱轨的装置,通过该检测装置上的传感器至少从2个方向对移动横梁的偏移及光束的移动进行检测,判断车辆旁是否有障碍物或者存在脱轨危险等,确保车辆行驶过程中的安全性。

文献[15]设计了一种对地面供电设施和沿线轨道车辆与接触网之间接触故障的预防性探伤方法及故障诊断方法,能够有效预防接触供电故障及供电设施与车辆接触器件的磨损状态。

3 国内领先企业轨道交通车辆安全技术专利布局分析

国内轨道交通车辆安全技术,特别是故障预测与健康管理技术发展相对较晚,但也在迅速的发展

中。以中国中车股份有限公司(中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司等)为代表的企业,以及北京交通大学、西南交通大学等科研院校在技术发展中取得了众多突破和创新。

3.1 中车青岛四方机车车辆股份有限公司轨道交通车辆安全技术

3.1.1 照明系统故障诊断技术

文献[16]提出一种轨道交通车辆照明系统的故障诊断方法。该方法通过检测电路来检测照明系统故障的运行状态。在检测到照明系统中任意模块的运行状态为故障的情况下,获取故障数据;对故障数据进行编码,并将编码结果传输至轨道交通车辆控制和管理系统中。

3.1.2 制动系统监控技术

文献[17]研发了一种轨道交通车辆制动系统的调试监控系统。该系统采用多组无线传感器节点,来进行数据采集、数据预处理、数据暂存及数据传输;通过监控列车制动系统的实时运行状态,提高系统的可靠性。

3.2 中车长春轨道客车股份有限公司轨道交通车辆安全技术

3.2.1 转向架监控技术

文献[18]研发了一种轨道交通车辆空气弹簧故障状态控制系统。该系统采用2个或4个高度阀对轨道交通车辆空气弹簧故障状态进行控制。当其中一个转向架的空气弹簧出现泄漏时,可自动检测并控制另一个转向架空气弹簧同步排风,最终实现车体保持水平状态而不发生倾斜。

3.2.2 电气系统监控技术

文献[19]设计了一种动车组安全环路旁路系统。该系统包括主控车安全环路控制电路和旁路系统。其中,旁路系统包括第1旁路开关和第2旁路开关。通过对第1旁路开关或第2旁路开关的闭合,实现安全环路故障时的应急闭合。

3.2.3 制动系统监控技术

文献[20]设计了一种轨道交通车辆制动试验控制及实时反馈系统。该系统包括制动系统在线诊断状态收集模块,用于实时收集目前列车的各类状态,并进行故障诊断和检测。

3.3 北京交通大学轨道交通车辆安全技术

北京交通大学在轨道交通车辆故障诊断、检测等方面的专利技术主要涉及设备测控、信号处理、

数据传输、无线通信及故障诊断等技术。如:高铁信号系统级“故障-安全”方法,基于数据融合模式识别的嵌入式故障智能诊断装置及其诊断方法,地铁车辆转向架轴承的故障诊断方法,无绝缘轨道电路调谐区设备故障在线诊断方法,基于 GLRT(广义似然比检验)列车悬挂系在途故障检测系统及检测方法,基于 Dempster-Shafer 证据理论信息融合的列车悬挂系统故障分离方法,列车动力系统在线监控故障诊断系统及其诊断方法,列车轴箱轴承寿命的试验预测方法,地铁车辆远程诊断系统等。

文献[21]研发了一种动车组传动系统故障预测与健康装置。该装置包括通过列车总线互联的驾驶台处理器、地面故障诊断预测器和随车诊断服务器,以及通过千兆以太网连接到对应随车诊断服务器的数据采集预处理器。该故障预测与健康装置内置数据处理单元,可准确预测出电机轴承的剩余使用寿命。

3.4 西南交通大学轨道交通车辆安全技术

西南交通大学在轨道交通车辆故障检测与诊断等方面的专利技术主要包括:具有列车减振器动力学性能的无线检测方法与装置,使用非接触式电磁感应故障定位装置对 AT 供电(自藕变压器供电)牵引网进行故障定位的方法,基于数据投影模式变换的列车运行状态监测系统,基于同步测量的牵引供电信息采集系统,弓网燃弧发生时牵引电流扰动量的获取方法及燃弧检测装置,基于模型的 CRH3 型动车组牵引逆变器 IGBT(绝缘栅双极型晶体管)开路故障诊断方法,铁道车辆车轮踏面擦伤的检测方法,高速动车组绝缘子的泄漏电流监测系统等。除此之外,文献[22]设计一种基于字典学习的列车转向架轴承故障监测系统。该系统可采集列车转向架轴承的振动信号和温度信号,通过温度信号判断轴承是否已经发生故障;同时基于字典学习技术,通过振动信号提取各个部位的轴承故障特征,判断轴承是否发生故障以及发生故障的部位,极大地提高了轴承故障识别的准确性。

4 结语

国外在轨道交通车辆安全技术发展,尤其是在领先企业中已布局大量专利。目前,国内相关技术已处于快速发展阶段,中国中车股份有限公司以及其他主要研究机构在轨道交通车辆安全技术方面均有突出的研究成果,但其专利申请量较国外领先

企业仍存在一定差距。在目前轨道交通车辆相关技术积累的条件下,可考虑与国际领先企业相互合作,取长补短,进一步寻求技术创新和突破,以提高全车技术的安全性;同时应注意技术创新的专利保护,以及专利侵权风险的规避。

参考文献

- [1] 西门子交通有限责任公司. 转向架轨道监测; 201780094927. 8 [P]. 2020-05-26.
Siemens AG Österreich. Bogie track monitoring; 201780094927. 8 [P]. 2020-05-26.
- [2] 西门子有限公司. 被引导车辆的脱轨检测方法及其装置; 200980160689. 1 [P]. 2015-02-25.
Siemens SAS. Method and device for detecting the derailment of a guided vehicle; 200980160689. 1 [P]. 2015-02-25.
- [3] 奥地利西门子公司. 轨道车辆车轮的状态诊断; 201580062122. 6 [P]. 2017-08-01.
Siemens AG Österreich. State diagnosis of rail vehicle wheels; 201580062122. 6 [P]. 2017-08-01.
- [4] 西门子公司. 具有吸气式烟雾探测器的轨道车辆; 201390000466. 0 [P]. 2015-06-17.
Siemens AG. Rail vehicle with inhaling-type smoke detector; 201390000466. 0 [P]. 2015-06-17.
- [5] 瑞士西门子公司. 包括冗余检测器的烟雾检测组件; 201410736130. 1 [P]. 2018-09-11.
Siemens Aktiengesellschaft. Smoke detection unit containing redundant detectors; 201410736130. 1 [P]. 2018-09-11.
- [6] Siemens Aktiengesellschaft. Detection of a winding state of an electrical machine; WO2014114673A3 [P]. 2015-05-07.
- [7] 奥地利西门子公司. 用于集电器失效监控的方法和装置; 201280072482. 0 [P]. 2017-03-22.
Siemens AG Österreich. Method and device for current collector failure monitoring; 201280072482. 0 [P]. 2017-03-22.
- [8] Siemens Aktiengesellschaft. Method for positioning a track-bound vehicle, use of the method, and system for positioning a track-bound vehicle; WO2016030208A1 [P]. 2016-03-03.
- [9] 西门子公司. 轨道车辆; 201580006685. 3 [P]. 2018-06-05.
Siemens AG. Rail vehicle; 201580006685. 3 [P]. 2018-06-05.
- [10] Hitachi Ltd. Storage battery unit and method for detecting fire of storage battery unit; WO2020026499A1 [P]. 2020-02-06.
- [11] Hitachi Ltd. Device and method for detecting abnormal conditions of railway vehicle; JP2019570259 [P]. 2021-03-03.
- [12] Alstom Transport SA. Dispositif de protection des piétons en cas de choc avec un véhicule; FR14058502 [P]. 2016-03-11.
- [13] 阿尔斯通运输股份有限公司. 一种用于监视铁路供电状况的装置; 201110235010. X [P]. 2012-04-18.
Alstom Transport SA. A device for monitoring railway power supply condition; 201110235010. X [P]. 2012-04-18.
- [14] 阿尔斯通运输科技公司. 用于铁路车辆的障碍物和脱轨的检测装置; 201480077887. 2 [P]. 2019-02-19.

- Alstom Transport Tech. Detection device for railway vehicle obstacles and derailment; 201480077887.2[P]. 2019-02-19.
- [15] 阿尔斯通运输股份有限公司. 在供电线路和沿着该线路移动的导电机件之间的接触故障的预防性探测和其成因诊断的方法; 201080005391.6[P]. 2012-01-04.
- Alstom Transport SA. Preventive detection of contact failures between power supply line and conductive parts moving along the line, and methods of genetic diagnosis; 201080005391.6[P]. 2012-01-04.
- [16] 中车青岛四方机车车辆股份有限公司. 轨道车辆照明系统的故障诊断方法、装置和系统; 201611002103.7[P]. 2017-02-22.
- CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd. Fault diagnosis methods, device and system of rail vehicle lighting system; 201611002103.7[P]. 2017-02-22.
- [17] 中车青岛四方机车车辆股份有限公司. 一种轨道车辆制动系统调试监控系统及调试监控方法; 201711092471.X[P]. 2018-03-27.
- CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd. Debugging and monitoring system for rail vehicle braking system and the methods; 201711092471.X[P]. 2018-03-27.
- [18] 中车长春轨道客车股份有限公司. 轨道车辆空气弹簧故障状态下控制系统; 202021491668.8[P]. 2021-02-05.
- CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd. Control system in case of air spring failure for rail transit vehicle; 202021491668.8[P]. 2021-02-05.
- [19] 中车长春轨道客车股份有限公司. 一种动车组安全环路旁路系统; 202011013653.5[P]. 2021-11-12.
- CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd. A safety loop bypass system of EMU; 202011013653.5[P]. 2021-11-12.
- [20] 中车长春轨道客车股份有限公司. 菜单引导的轨道车辆制动试验控制及实时反馈系统及方法; 202010735769.3[P]. 2020-12-01.
- CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd. Menu-guided rail vehicle braking test control and real-time feedback system; 202010735769.3[P]. 2020-12-01.
- [21] 北京交通大学. 动车组传动系统故障预测与健康管理装置及其使用方法; 202110844587.4[P]. 2021-10-01.
- Beijing Jiaotong University. Fault prediction and health management device for EMU transmission system and the application method; 202110844587.4[P]. 2021-10-01.
- [22] 西南交通大学. 一种基于字典学习的列车转向架轴承故障检测方法及系统; 202010150772.9[P]. 2020-06-19.
- Southwest Jiaotong University. A monitoring method and system of train bogie bearing fault based on dictionary learning; 202010150772.9[P]. 2020-06-19.

(收稿日期: 2021-08-25)

(上接第76页)

5 结语

本文以3节编组中低速磁浮列车为例,对其牵引和电制动性能进行了探讨分析,经计算求得了一个能够满足列车各种工况运行需求的牵引特性解,并对该解进行了故障工况核算。当发现某些工况下,列车救援能力无法满足需求时,对列车牵引力特性曲线进行调整,利用牵引系统的过载能力实现空车对超员故障列车的坡道救援。中低速磁浮列车牵引性能的研究具有较高的工程应用价值。

参考文献

- [1] 尹力明,岑兆奇,张晓杰. 对中低速磁浮列车的直线牵引电机特性设定的初步意见[J]. 上海电气技术, 2011(4):37.
- YIN Liming, CEN Zhaoqi, ZHANG Xiaojie. An initial suggestion of establishing character for linear motor in M&L Speed Maglev Train [J]. Journal of Shanghai Electric Technology, 2011(4):37.
- [2] 陈伟格. 中低速磁浮列车不同工况下的牵引仿真计算[J]. 城市轨道交通研究, 2018(6):77.
- CHEN Yige. Traction calculation simulation on medium and low speed maglev train in different operation conditions [J]. Urban Mass Transit, 2018(6):77.
- [3] 莫双鑫. 中低速磁浮列车行阻力及牵引节能研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2015.
- MO Shuangxin. Analysis of the drag and energy conservation on mid-low speed maglev train [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2015.
- [4] 罗京,胡伟,刘豫湘. 中低速磁浮列车牵引特性分析和计算[J]. 电力机车与城轨车辆, 2010(6):21.
- LUO Jing, HU Wei, LIU Yuxiang. Traction characteristic analysis and calculation of mid-low speed maglev trains [J]. Electric Locomotives & Mass Transit vehicles, 2010(6):21.
- [5] 刘卫东. 日本 Linimo 磁浮线的技术特点和运行情况[J]. 城市轨道交通研究, 2014(4):133.
- LIU Weidong. Technical characters and operation of low-speed maglev line "Linimo" in Japan [J]. Urban Mass Transit, 2014(4):133.
- [6] 刘可安,田红旗,张宇. 地铁车辆直线电机驱动系统半实物仿真研究[J]. 铁道学报, 2016(11):50.
- LIU Kean, TIAN Hongqi, ZHANG Yu. Research on semi physical simulation for metro vehicle linear motor driving system [J]. Journal of the China Railway Society, 2016(11):50.

(收稿日期: 2021-08-25)