

高速动车组电缆故障检测技术专利分析

王 雷 孔羽姝 马宏宇 张 恒 罗添元

(中车长春轨道客车股份有限公司高速动车组制造中心, 130062, 长春//第一作者, 工程师)

摘 要 高速动车组的运行完全依靠电路控制来实现, 如何快速简便地发现电缆故障点, 是减少车辆安全隐患的重要手段之一。通过对不同领域电缆故障检测技术专利进行检索, 分析适用于高速动车组电缆故障检测的技术热点和空白点, 以促进高速动车组电缆故障检测技术的创新。

关键词 高速动车组; 电缆故障; 检测技术; 专利分析

中图分类号 TM246⁺. 1: U266. 2; T-18

DOI:10. 16037/j. 1007 - 869x. 2022. 02. 027

Analysis of Detection Technology Patent for High-speed EMU Cable Fault

WANG Lei, KONG Yushu, MA Hongyu, ZHANG Heng, LUO Tianyuan

Abstract The operation of high-speed EMU completely depends on the circuit control. How to quickly and easily detect the cable fault points is one of the important means to reduce the vehicle safety hazards. In this paper, through searching patents of cable fault detection technology in different fields, technical hot spots and blank points suitable for the cable fault detection of high-speed EMU are analyzed, aiming to promote the development and innovation of cable fault detection technology for high-speed EMU.

Key words high-speed EMU; cable failure; detection technology; patent analysis

Author's address High-speed EMU Manufacturing Center, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

高速动车组在制造过程中, 因现场施工环境复杂, 电缆破损现象经常发生。电缆敷设工作往往集中进行, 破损电缆极易被后续电缆掩盖, 靠外观观察无法发现, 而在后续装配和调试的过程中, 线缆也经常出现被地面尖锐零件划破、被后续施工损伤的情况。目前, 电缆破损后查找破损点是使用人工外观检查方式, 需要拆除车内地板及其他装配件, 并将绑线支架上的所有电缆绑扎带拆掉, 将电缆逐根进行梳理, 极其耗费人力、物力。通过对不同领域

的电缆故障检测技术专利进行分析, 可以增强电缆故障检测技术在高速动车组领域的应用, 提升企业创新力。

1 国内外高速动车组电缆故障检测技术发展现状

1.1 电缆故障检测技术专利申请数量趋势分析

通过收集各领域电缆故障检测技术关键词和相关分类号, 在 IncoPat 专利数据库中以“2000—2020 年”进行检索, 得到如图 1 所示的专利申请数量趋势图。由图 1 可见, 电缆故障检测技术专利申请数量趋势可以大致分为 3 个时期: ①2000—2002 年是第 1 快速发展期, 主要是随着互联网的发展, 使电缆故障检测技术突破了传统的方式, 进入虚拟仪器网络时代; ②2002—2009 年进入了缓慢发展阶段, 为下一个阶段的快速发展作准备; ③2009 年至今属于第 2 快速发展期, 网络信息技术的飞速发展, 使电缆故障检测技术突破了原有的瓶颈, 且检测方式亦更加多元化。

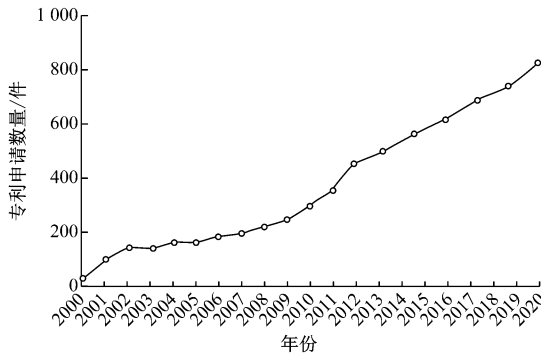


图 1 国内外各领域电缆故障检测技术专利申请数量趋势图
Fig. 1 Trend chart of cable fault detection technology patent applications in various fields of the world

1.2 电缆故障检测技术发展历程

专利申请数量及申请人数量的变化趋势必定是由技术发展来推动的。根据检索到的专利信息, 梳理电缆故障检测技术的发展历程。电缆故障检

测设备是伴随着先进电子技术的出现而诞生的。电缆故障检测技术的发展经历了一个漫长的过程,20 世纪 70 年代前,该技术主要是采用电桥法和低压脉冲测距法(又称“时域反射法”)。目前,电桥法及低压脉冲测距法在检测电缆的接地故障和开路故障方面相当完善。然而,对于高阻故障(泄露高阻和闪络高阻)的寻测,采用上述方法则是无能为力的,必须另辟蹊径。尽管后续又出现了采用高压电桥(输出高压为 10 kV)检测高阻故障,但大多还需“烧穿”,故障可测率很低。

为了打破电桥法对电缆故障检测的限制,同时亦为了方便各种故障的测试,研发出了电缆故障检测仪。该仪器的基本原理应用了微波传输(雷达测距)理论,即脉冲法。无论低压脉冲法还是高压脉冲法,均依据微波在“均匀长线(电缆)”传输中某处(故障点)特性阻抗变化对电波的影响,来微观地分析电波相位、极性、幅度等物理量的变化,通过检测得到的电波传输到故障点的时间,从而计算出故障点的距离。但在电缆故障粗测过程中测试电压的高低,取决于故障电缆绝缘损伤的程度。故障电缆电压有时可能会升至 3 万~4 万 V 才能使故障点击穿获得波形,结果往往使仪器不能承受高压而损坏,甚至造成人身安全威胁,电缆故障检测技术再一次遇到瓶颈^[1]。

随着计算机技术、网络技术、微电子技术、大规模集成电路技术的迅猛发展,出现了数字化仪器和智能化仪器。在必要的数据采集硬件和通用计算机支持下,通过软件来实现仪器的部分或全部功能。同时充分利用计算机强大的图形界面和数据处理能力,实现对测量数据的分析和显示功能^[2]。

1.3 电缆故障检测技术研发预判

从整体而言,电缆故障检测在 2020 年前后仍处于蓬勃发展时期,丝毫没有衰退的迹象。未来,该技术的发展也将着重于全智能化电缆故障检测的研究,该检测技术将具有操作方便、一机多用、可自动控制、可支持远程技术服务、安全性好及准确性高等特点。另外,电缆故障检测技术的相关专利最早是在 1907 年英国申请的,而国内的第 1 个与电缆故障检测技术相关的专利是在 1985 年申请的。这说明中国的专利技术起步较晚,反之,则可能有大量的现有技术可以借鉴而具有后发优势。此外,大量专利技术并未在我国进行布局,因此,我国的创

新主体可以利用专利的地域性特点对这些专利技术进行合理应用。

2 电缆故障检测技术专利构成分析

2.1 电缆故障检测技术分类

现阶段电缆故障检测技术主要分为反射信号检测、行波故障测距、图像识别、深海电缆、高压电弧故障等 5 个分支。其中,反射信号检测主要包括超声波信号、电磁波信号、回波信号、发射信号、探测信号;行波故障测距主要包括离线行波测距、在线行波测距、脉冲法、闪络法、暂态行波测距;图像识别系统主要包括工业相机、图像采集、连续检测、故障识别、动态监测仪;深海电缆主要包括光纤通信、海底光电复合缆、电缆故障测距、短路故障报警、光缆接线盒;高压电弧故障主要包括接地故障定位、屏蔽层接地线、架空线、漏电故障。其中,反射信号检测和行波故障测距是主要的研究方向。

2.2 电缆故障检测核心技术分支

通过查询科技创新情报平台统计国际 IPC(专利分类号),对检索结果进行分析(见表 1)。由表 1 可见,IPC 为 G01R 的专利数量最多,占比为 49.84%。其余核心技术还涉及:信号传输,紧急保护电路装置,数字信息传输,电缆或电线的安装/光电组合电缆或电线的安装,供电或配电的电路装置或系统/电能存储系统,导电、绝缘或介电材料的选择,借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料,电数字数据处理,信号装置/呼叫装置/指令发信装置/报警装置,一般的控制或调节系统等。

2.3 专利申请的密集点

对表 1 中的 G01R 技术领域进行检索,得到如表 2 所示的电缆故障主要检测技术专利统计。从表 2 中可以看出,探测电缆、传输线或网络中的故障方面的专利占比最大,为 51.94%,其次是对电设备、电路或元件进行短路、断路、泄漏,以及不正确连接方式的检测专利,占比为 22.89%。

3 电缆故障检测技术专利聚类分析

图 2 所示为全球电缆故障检测技术的专利柱状图。由图 2 可见,致力于电缆故障检测技术研究的公司主要包括:国家电网有限公司,江苏省电力公司,ABB Corporate Research Center,华为技术有限公司。其中,国家电网有限公司的研究方向比较全面,主要包括:非接触式高压电缆故障检测,行波故

表 1 电缆故障主要检测技术专利统计

Tab.1 Statistics of main cable fault detection technology patents

IPC	内容	数量/件	占比/%
G01R	测量电变量/测量磁变量	3 005	49.84
H04B	光电信号的传输	494	8.19
H02H	紧急保护电路装置	452	7.50
H04L	数字信息的传输	400	6.63
H02G	电缆/电线的安装,光电组合电缆/电线的安装	281	4.66
H02J	供电/配电的电路装置系统,电能存储系统	281	4.66
H01B	导电、绝缘或介电材料的选择	237	3.93
G01N	借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料	228	3.78
G06F	电数字数据处理	218	3.62
G08B	信号装置/呼叫装置,指令发信装置,报警装置	217	3.60
G05B	一般的控制或调节系统	216	3.58

注:表中的 IPC 为小类,表 2 同。

表 2 G01R 技术领域电缆故障的主要检测技术专利统计

Tab.2 Statistics of main cable fault detection technology patents in G01R technical field

IPC	内容	数量/件	占比/%
G01R31/08	探测电缆、传输线或网络中的故障	1 779	51.94
G01R31/02	对电设备、电路或元件进行短路、断路、泄漏或不正确连接的测试	784	22.89
G01R31/12	测试介电强度或击穿电压	313	9.14
G01R31/11	采用脉冲反射法	301	8.79
G01R31/00	电性能的测试装置,电故障的探测装置	248	7.24

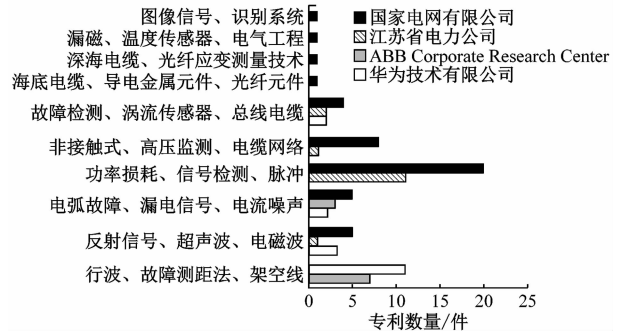


图 2 全球电缆故障检测技术专利数量柱状图

Fig.2 Histogram of cable fault detection technology patents worldwide

障测距,海底电缆故障检测,超声波反射信号检测,电磁波反射信号检测,图像信号识别,光纤应变测量,涡流传感器故障检测,漏电检测,漏磁检测,电流噪声信号检测,温度传感器检测及脉冲信号检测等技术。江苏省电力公司的研究方向主要包括:功率损耗检测,脉冲信号检测,超声波信号检测,电磁波信号检测,非接触式高压电缆检测方法及涡流传感器故障定位等技术。ABB Corporate Research Center 的主要研究方向为:行波故障测距,架空线故障定位,漏电检测,电弧故障检测及电流噪声信号检测等技术。华为技术有限公司的主要研究方向为:超声波反射信号检测,电磁波反射信号检测,涡流传感器电缆故障检测,漏电检测,电弧故障检测及电流噪声信号检测等技术。

4 结语

1) 现阶段电缆故障检测技术的主要研究方向是反射信号检测和行波故障检测,其核心技术分支是电变量和磁变量的测量。目前电缆故障检测的热点技术有高压电缆故障检测、行波故障测距、海底电缆故障检测、超声波反射信号检测、电磁波反射信号检测、漏电检测、漏磁检测、电流噪声信号检测、温度传感器检测及脉冲信号检测等。但该检测技术在气压检测、荧光检测、光学探测、射线探测等方面的应用却较少。

2) 适用于高速动车组的电缆故障检测技术包括行波故障检测、漏电漏磁检测、温度传感器检测等。在技术空白领域,如气压检测、荧光检测、光学探测等技术方面的研发还较少。

参考文献

[1] 郭风华,赵景焕,黄倩,等. 电力电缆故障检测专利技术综述[J]. 电子制作,2014(16):28.

GUO Fenghua, ZHAO Jinghuan, HUANG Qian, et al. Summary of patent technology for power cable fault detection[J]. Practical Electronics, 2014(16):28.

[2] 蒋正勇. 电力电缆故障测试方法[J]. 科技风, 2009(12):205.

JIANG Zhengyong. Power cable fault test method[J]. Technology Wind, 2009(12):205.

(收稿日期:2021-08-25)