

文章编号: 1005-8451 (2012) 03-0049-04

# 列车控制系统架构与技术现状及发展方向

杨晓娟, 贾利民

(北京交通大学 轨道交通控制与安全国家重点实验室, 北京 100044)

**摘要:** 本文介绍了轨道交通中列车控制系统技术的发展过程及其框架体系, 阐述了列车控制技术专利创新的重要性。作者将列车控制系统的地面设备和车载设备进一步细分为多个技术分支, 给出了技术分支图, 对其中重要的技术分支在中国的专利申请进行了详细的分析与统计, 结合专利技术图表对该些技术分支的发展现状和趋势进行了总结和比较, 初步给出了列车运行控制系统重要技术分支的创新建议。

**关键词:** 轨道交通; 列车控制系统; 技术分支; 专利; 创新

**中图分类号:** U28 : TP39 **文献标识码:** A

## Systematic frame and status and development trend of Train Control System

YANG Xiao-juan, JIA Li-min

(State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University,  
Beijing 100044, China)

**Abstract:** The development and the systematic frame of Train Control System technique were introduced at first, and the importance of patent creative of Train Control System technique was also pointed out. The ground equipment and on-board equipment of Train Control System, were divided into more technique branches in this paper. And the patent applications about the technique branches were analyzed and summed with the graph of the technique branches given. By using many patent relative graphs, the status of the patent applications about the above technique branches were compared, and some creative strategies of the Train Control System in such important technique branches were proposed.

**Key words:** rail traffic; Train Control System; technique branch; patent; creative

列车控制系统<sup>[1]</sup>是保证铁路运输安全的重要手段, 它是以技术手段对列车运行方向、运行间隔和运行速度进行控制, 使列车能够安全运行。

随着科学技术的发展, 列车控制系统正由基于轨道电路的时代进入采用通信的方式进行信号传递的时代。世界各国都在对其原有列车控制系统进行技术改造, 不断增加新的功能。国外很早就进行了铁路列车控制系统的研发和使用, 欧洲有7大铁路信号公司及其代表性的列车控制系统<sup>[1]</sup>, 其中, 最具有代表性的是ETCS<sup>[2~3]</sup>, ETCS目的是为了解决欧洲境内铁路运输的互联互通问题。我国幅员辽阔, 铁路运输中客货列车混跑、不同速度列车共线运行, 高密度、大重量运输和地面信号制

式混杂、线路限速多样, 其运输强度和复杂度是世界之最。在这种复杂的条件下, 参照ETCS的规范, 根据我国的路况和借鉴国内外的经验, 制定了中国的列车控制系统CTCS<sup>[4~6]</sup>的规范。

## 1 列车控制系统架构

列车控制系统的主要体系<sup>[7]</sup>组成如下图1, 其包括车载部分、地面部分。地面部分可由以下组成: 应答器、轨道电路以及列车控制中心(TCC)/无线闭塞中心(RBC); 车载部分主要由以下组成: 车载安全计算机、测速传感器、监控记录设备和人机界面MMI。

鉴于列车运行控制系统技术在铁路运输中的重要性, 伴随着世界经济一体化进程的加快, 国家间技术先进性的竞争演变成技术垄断性的竞争,

收稿日期: 2011-05-30

基金项目: 轨道交通控制与安全国家重点实验室自主研究重点课题  
(I09K00020)

作者简介: 杨晓娟, 助理讲师; 贾利民, 教授。

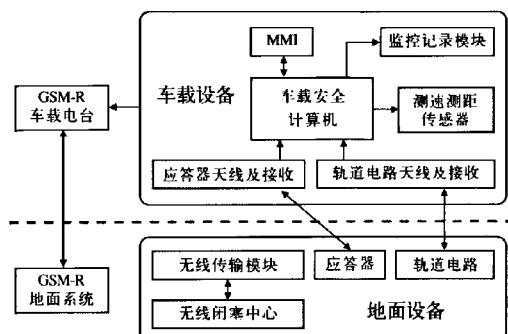


图1 列车控制系统体系结构框图

科技竞争中的焦点是知识产权的竞争，技术竞争归根结底是专利的竞争。因此，通过对该技术领域在国内外的专利申请情况进行统计和分析，能为国内的高校和企业在进行该技术领域的创新研究中提供重要帮助，以便于全面了解现有的技术水平，确定正确的研究方向，避免重复的开发，进而节省时间与研究经费。本文将以该列车运行控制系统的专利申请情况进行统计和分析，为国内的高校和企业提供该技术领域的相关初步创新策略。

## 2 列车控制系统技术分支

通过对列车控制系统现状和架构的总结分析，针对列车控制系统框架组成，如图2。

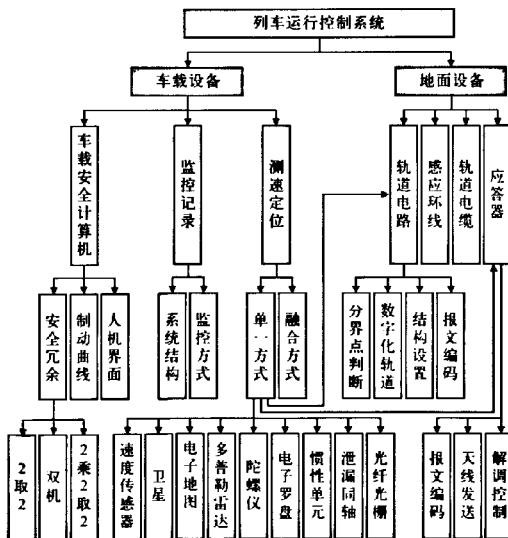


图2 列车控制系统技术分支图

在列车控制系统的车载设备中，图2技术分支图中给出了车载安全计算机、测速定位、监控记录技术分支3方面。其中，车载安全计算机是ATP装置的核心部分，负责从ATP各个模块搜集信息，生成制动模式曲线，必要时通过故障-安全电路向列车输出制动信息，控制列车安全运行，本文将车载安全计算机的技术进一步划分为涉及安全冗余、制动速度曲线以及人机界面MMI。监控记录设备用于规范机车乘务员驾驶，记录与运行管理相关的重要数据，本文将监控记录的技术进一步划分为涉及系统结构设计、监控方式。测速定位技术用于实时检测列车运行速度和位置，并计算列车走行距离，本文将测速定位技术进一步划分为单一方式的测速或定位，融合方式的测速或定位；并且给出了多种测速定位的技术方式。

列车控制系统的地面设备中，本文主要给出了轨道电路、应答器以及轨道电缆、感应环线的技术分支，其中，对于轨道电路，将其细分为分界点判断、结构设计、报文编码以及数字轨道几方面，而对于应答器，则将其进一步细分为天线发送、解调控制、报文编码。将对上述技术分支进行分析和探讨。

## 3 列车控制系统发展及创新方向

针对上述给出的技术分支，首先进行了在中国申请的专利申请文件的检索，在检索的基础上对这些技术分支所涉及的专利情况进行了筛选、分析和统计。最后得到与列车控制系统上述技术分支图密切相关的专利文献量共100多篇。在这100多篇专利文献中，通过分析，其中，涉及地面设备的专利文献61篇，车载设备的专利文献92篇。具体到技术分支点上，有关车载安全计算机的制动曲线技术分支、测速/定位技术中的速度传感器技术分支、轨道电路技术中的结构设置技术分支、应答器技术中的报文编码技术分支的专利文献量均超过了10篇，初步说明这些技术分支所受到的重视程度相对大，其技术发展较为迅速和成熟。同时，其他几个技术分支点上的专利文献基本则在10篇以下，反映出这些技术分支的研究较少而其有可能作为潜在的研究方向。根据进一步的分析，其中有关车载安全计算机的制动曲线技术

分支、测速/定位技术中的速度传感器技术分支、轨道电路技术中的结构设置技术分支、应答器技术中的报文编码技术分支的技术发展已相当成熟，下文将结合上述技术分支图中其他主要技术分支的专利文献情况进行相关创新建议说明。

### 3.1 加大安全冗余方向的研究创新

在技术分支图中，车载设备划分为3个技术分支：车载安全计算机、监控记录部分和测速/定位部分。其中，车载安全计算机是列车控制系统的核部分，而故障—安全是列车运行的重要核心技术，因此，对于车载安全计算机必须保证其本身的故障—安全，因而其相关的安全冗余技术也是发展和研究的重点。在技术分支图中将车载安全计算机又划分为3个部分：人机界面MMI、制动速度曲线以及安全冗余，而安全冗余又进一步细分为双机备份方式、3取2和2乘2取2方式<sup>[6]</sup>。根据获得专利文献，如图3给出了技术分支图中车载安全计算机涉及的各个分支的专利申请情况。

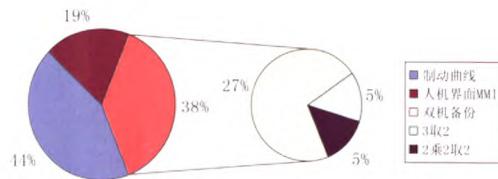


图3 车载安全计算机各技术分支申请专利情况

如图3，车载安全计算机技术分支组成中，人机界面MMI所占比例较少，约为1/5，而制动速度曲线以及安全冗余方面基本各占2/5，可见该领域申请人对制动速度曲线以及安全冗余的技术相当重视。安全冗余方面进一步细分的双机备份方式、3取2和2乘2取2方式中，前者又占据了安全冗余技术部分的近3/4，从一定程度上也说明该双机备份技术得到广泛应用和技术成熟，后两者仅占了安全冗余技术部分的1/4。因此，通过上述的比较分析，对于安全冗余方面的技术创新，国内企业和高校可以考虑从3取2和2乘2取2的技术方向作进一步研究和创新。此外，考虑到人机界面MMI技术分支专利文献较少，人机界面也是一个

车载设备中的重要部件，建议在这方面结合相关计算机技术进行相应的技术创新和研发。

### 3.2 提高测速/定位技术融合的技术创新

列车的测速/定位是列车控制系统的重要组成部分，好比列车运行控制系统这个大脑的五官，只有功能正常、运行高效的五官才能为大脑做出正确、快速的判断提供坚实的基础保证。在技术分支图中，将列车测速/定位进一步分为单一方式的测速/定位以及融合方式的测速/定位，并且给出了多种具体的测速/定位技术方式，在图4中是对这些测速/定位方式的专利申请的统计情况。

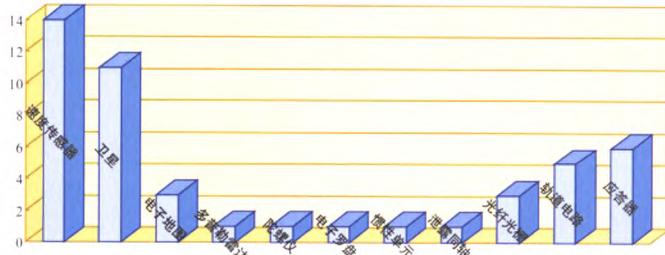


图4 多种测速/定位方式的专利申请情况

通过图4可以看出，在测速/定位技术方面，仅从数量上来看，涉及传统的速度传感器的技术分支的专利申请数量最多，轨道电路、应答器的数量也不少，卫星技术也占据较多的申请数量。此外，根据获得的专利文献，涉及单一方式的测速/定位的文献占据了有关测速/定位的申请文件的绝大多数，达到了45篇，利用融合方式的测速/定位则仅仅只有4篇。因此通过上述两方面分析，国内企业、高校可以考虑：

(1) 对上述申请数量较少的电子地图、多普勒雷达、电子罗盘、惯性单元、泄露同轴、光纤光栅这些技术在列车测速/定位方向的应用加大进一步的研究。

(2) 多种传感器或是多种技术融合的测速/定位的研究创新的一个潜在发展方向，可以考虑在多传感器及其融合方式上投入研究和开发，例如将技术分支图中的多种单一的测速/定位方式通过分析比较，结合相应地融合算法，进而进行选择性的组合，从而进一步弥补单一传感器或是单一技术方式的缺陷，大大地提高测速/定位系统的性能。

### 3.3 完善和发展轨道电路技术

在地面设备中,在获得专利申请文献中,涉及轨道电路技术分支的有31篇,而轨道电路技术分支包括了分界点判断、数字化轨道电路技术、结构改进设计、报文编码、定位技术几个技术分支。关于上述轨道电路技术分支的几个技术分支的具体申请文献情况如图5:

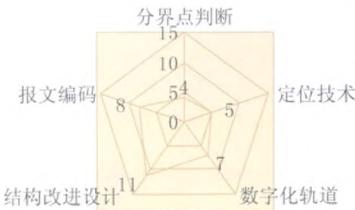


图5 轨道电路技术分支中各部分的雷达信息图

根据雷达信息图5可知,轨道电路技术各分支均有不同程度数量的专利申请文献,反映了轨道电路作为传统技术的发展情况。其中,有关分界点判断的技术较少,只有4篇申请文献,关于定位技术、报文编码、数字化轨道电路以及轨道电路结构改进方面依次有5、8、7、11篇申请文献。考虑到轨道电路技术在列车控制系统CTCS的规范中应用广泛,例如在CTCS-2、CTCS-3中将用于检测列车完整性。因此,本领域的技术人员可以考虑对轨道电路技术部分进行相应的技术创新和发展,如可考虑进一步提高数字化轨道电路的开发,并加强对分界点判断技术的研究。

#### 3.4 提高应答器设备的性能

在地面设备技术分支中,统计得出涉及应答器技术分支的有26篇,该应答器技术分支中又进一步划分为天线发送、解调控制、报文编码以及定位技术,对于这些技术分支图6给出了相应的申请文献数量的比例组成。可以清楚地看到,有关应答器报文编码的专利申请较多,占了54%,其他关于应答器天线发送技术、解调控制技术两者的专利申请较少,两者总共只占了23%。因此,从上述比例分析中可以得到,应答器报文编码技术发展较为成熟,在今后研发中可以适当跟踪现有技术,必要时可减少相应的研究投入;对于其他几个技术部分,由于都是比较重要的部分,但申请量较少,因而可以考虑适当增加应答器的天线发送技术、解调控制技术等部分的研究和开发;此外,利用应答器作为列车的定位,是CTCS-4的重要组成

部分,从现有统计来看申请数量并不多,相关研究人员应该加强对该方面技术分支的创新和开发。

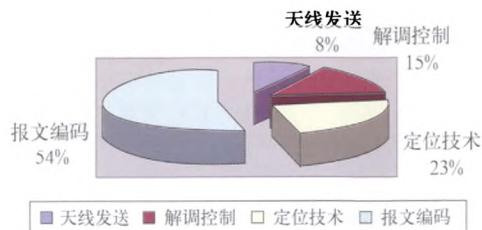


图6 应答器技术分支各部分的申请情况

## 4 结束语

随着中国城市轨道和铁路建设的快速发展,作为轨道交通的中枢和神经的列车运行控制系统,在指挥行车、保证列车安全和提高行车效率上将发挥日益巨大的作用。研发具有自主知识产权的CTCS体系下列车运行控制系统的各部分技术,是我们需要不断科技攻关的领域。本文通过对列车控制系统的组成框架的分析,对该列车控制系统进行了技术分支的划分,并对其中多个技术分支在中国的专利申请情况进行了分析和统计,初步给出了列车运行控制系统重要技术分支的发展方向和创新建议,为我国研发具有自主知识产权的CTCS体系下列车运行控制系统提供了研究参考。

#### 参考文献:

- [1] O.S.Nock..Railway Signaling[M]. A&C Black.. London,1993.
- [2] 肖代宁,刘红燕.国外高速铁路列车运行控制系统[J].铁道标准设计,2008 (4): 125-127.
- [3] 唐 涛, 邹春海. ETCS 系统分析及 CTCS 的研究[J]. 机车电传动, 2004 (6): 1-3.
- [4] 鲁志彤. 欧洲列控系统与中国列控系统的比较[J]. 科学观察, 2009 (2): 71-73.
- [5] 刘虎兴, 范 明. 中国铁路列控系统现状及发展[J]. 铁道通信信号, 2003, 39 (2): 1-4.
- [6] 成登高. 中国列车运行控制系统(CTCS)技术简介[J]. 科学情报开发与经济, 2007, 17 (32): 275-276.
- [7] 韩 燕. 浅析列车运行控制系统[J]. 甘肃科技, 2008, 24 (9): 75-76.

责任编辑 徐侃春