

智能行车安全辅助系统的设计与实现

杨永钢

浙江金温铁道开发有限公司，浙江 温州 325006

[摘要]随着我国铁路运输规模逐步扩大以及行车速度不断提高，铁路运输安全所面临的挑战变得日益严峻。文章设计了一套智能行车安全辅助系统，该系统把环境感知、风险识别、智能决策以及应急响应等多个功能模块整合起来，达成了对行车环境的全方位监测以及对潜在风险的有效预警。此系统运用了多源信息融合技术、实时数据处理技术以及机器学习与行为预测技术等一系列关键技术，可大幅度提升铁路行车的安全性以及可靠性。

[关键词]铁路运输安全；智能行车辅助系统；环境感知；风险预警；智能决策

DOI: 10.33142/sca.v8i9.17972 中图分类号: TP183 文献标识码: A

Design and Implementation of Intelligent Driving Safety Assistance System

YANG Yonggang

Zhejiang Jinwen Railway Development Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325006, China

Abstract: With the gradual expansion of China's railway transportation scale and the continuous improvement of train speed, the challenges faced by railway transportation safety have become increasingly severe. The article designs an intelligent driving safety assistance system that integrates multiple functional modules such as environmental perception, risk identification, intelligent decision-making, and emergency response, achieving comprehensive monitoring of the driving environment and effective warning of potential risks. This system utilizes a series of key technologies such as multi-source information fusion technology, real-time data processing technology, and machine learning and behavior prediction technology, which can significantly improve the safety and reliability of railway operations.

Keywords: railway transportation safety; intelligent driving assistance system; environmental perception; risk warning; intelligent decision-making

铁路运输在我国国民经济当中属于极为重要的大动脉之一，同时也是关键的基础设施。其能否安全运行，这可是直接和人民群众生命财产安全紧密相关联的，也跟社会的稳定发展有着密切的联系。以往传统的那种人工监控方式，再加上单一的安全防护手段，现在已经很难去契合现代铁路运输安全方面实际的需求了。所以说，迫切的需要去引入更为先进的智能化技术，以此来促使行车安全保障水平得以提升。本文从铁路运输安全的实际需求出发，把现代信息技术以及智能控制理论综合起来考量，进而设计并且成功实现了一套智能行车安全辅助系统。这套系统可不简单，它能够做到对行车环境进行实时的监测，而且还能精准地识别出潜在的风险，一旦有情况还能及时地发出预警信息。在出现紧急状况的时候，它还能够给予决策方面的有力支持。如此一来，便可以有效地对铁路行车事故起到预防的作用，也能在很大程度上减少这类事故的发

生概率。

1 系统总体设计

1.1 系统设计目标

智能行车安全辅助系统的设定目标主要呈现于如下方面。该系统得达成对铁路行车环境加以全方位监测这一目的，其中涵盖了线路状态、信号设备、周边环境以及天气条件等诸多要素的实时感知以及数据采集工作。系统得拥有对各类行车风险予以准确识别并且做到及时预警的能力，可通过针对多源数据展开综合分析的方式，提前察觉到潜在的安全隐患，并且向相关工作人员发出预警方面的信息。系统还得具备智能化的决策支持功能，在碰到复杂行车状况又或者是突发情况之际，能够给予行车指挥人员以及司机科学且合理的处置方面的建议。系统务必具备高效的应急响应与故障处理能力，要保证在出现设备故障或者安全事故的时候能够迅速启动应急预案。

1.2 系统架构设计

智能行车安全辅助系统的架构设计运用了分层分布式结构，其中涵盖感知层、传输层、处理层以及应用层这四个关键部分。感知层是由部署于铁路沿线以及列车之上的多种各类传感器构成的，其主要职责在于采集像线路状态、设备运行状态还有环境参数这类原始数据。传输层借助铁路专用通信网络以及无线通信技术，达成将感知层所采集的数据稳定且可靠地传送到处理层这一目的。处理层属于系统极为重要的核心部分，它负责针对接收到的多源数据展开融合处理、特征提取以及风险分析等一系列操作。应用层则是朝着不同用户去提供个性化的服务功能，这其中就包含了行车监控、风险预警、决策支持以及应急指挥等诸多具体的应用模块。

2 系统功能模块设计与实现

2.1 环境感知与监测模块

环境感知与监测模块属于智能行车安全辅助系统的构成部分之一，其主要职责在于采集铁路行车环境里的各类数据信息。该模块借助在铁路沿线所部署的多种感知设备来达成这一目的，这些感知设备涵盖了轨道状态监测传感器、信号设备监测装置以及气象监测设备等^[1]。凭借这些设备，能够实现对线路几何参数、钢轨损伤情况、道床状态以及信号机工作状态等诸多要素的全方位监测。而这些感知设备所采集到的数据会经由铁路专用通信网络实时传送到中心处理系统，进而为后续开展的风险识别与预警工作给予数据方面的有力支撑。环境感知与监测模块运用了多源信息融合技术，可针对不同类型传感器采集所得的数据展开有效的整合操作，以此提升环境感知的准确性和可靠性程度。

2.2 行车风险识别与预警模块

行车风险识别与预警模块作为智能行车安全辅助系统的关键核心功能模块，其主要职责在于针对所采集的环境数据展开分析与处理工作，精准识别出潜在存在的行车风险，并且在识别到风险之后及时地发出预警信息。此模块凭借机器学习以及深度学习算法成功构建起了多种多样的风险识别模型，可针对轨道几何状态出现异常情况、钢轨遭受损伤、道床处于不稳定状态、信号设备发生故障等诸多不同类型的行车风险予以准确无误的识别。通过将历史事故数据同实时监测数据加以对比分析，该模块能够对各类风险发生的概率以及可能造成的危害程度做出相应的评估，并且依据风险等级来制定出与之相匹配的预警策略。一旦识别到潜在的风险存在，系统便会借助声光报警、信息推送等手段向相关工作人员发出预警提示。

2.3 智能控制与决策模块

智能控制与决策模块属于智能行车安全辅助系统的高级功能范畴，其主要作用是为行车指挥以及操作人员给予智能化的决策方面的支持。此模块凭借多源信息融合技术以及实时数据处理技术，搭建起一个综合数据库，这里面囊括了像线路状态、设备工况、环境条件、列车运行状态等诸多维度的信息。在这样一个数据库的基础之上，模块还构建了多种多样的决策模型以及算法，可依据不同的行车场景以及风险类型，给出具备科学性且合理的处置方案与相关建议。一旦系统察觉到异常状况或者收到了预警信息，该模块便会迅速开启决策分析的流程，全面综合地考量各种各样的因素，从而提出诸如列车运行调整、设备检修维护等一系列可能适用的解决方案。

2.4 应急响应与故障处理模块

应急响应与故障处理模块作为智能行车安全辅助系统的关键构成部分，其主要职责在于当出现设备故障或者安全事故之际，启动应急预案，去协调各类资源，从而实现快速且有效的处置操作。此模块构建起了完备的应急响应机制，其中涵盖了应急预案库、应急资源管理以及应急指挥调度等诸多子模块^[2]。一旦系统察觉到重大设备故障或者安全事故，该模块便会即刻启动与之相对应的应急预案，自动地向相关的责任人员以及部门发送警报，同时还会给出详尽的故障信息以及处置方面的指导。模块会依据实时监测所获取的数据以及现场的实际状况，对应急处置方案做出动态的调整，进而为现场的指挥人员给予决策层面的支持。

3 系统关键技术

3.1 多源信息融合技术

多源信息融合技术算得上是智能行车安全辅助系统里的一项核心技术，其主要职责在于对源自不同传感器以及监测设备的那些异构数据展开有效的整合与处理工作。此项技术运用了有着多层次融合架构特点的方式，其中涵盖了数据级融合、特征级融合以及决策级融合等方面，它可针对像轨道监测数据、信号设备状态数据、环境监测数据还有视频图像数据等诸多不同类型的数据来实施统一的处理流程以及综合性的分析操作。在数据级融合这个阶段，技术着重去解决多源数据于时间、空间以及语义层面所存在的对齐方面的问题，以此来消除数据彼此之间可能出现的不一致性以及冲突情况。到了特征级融合阶段，技术会从经过预处理之后的数据当中提取出具有实际意义的特征信息，并且还会开展特征选择以及降维处理等相关事宜。而在决策级融合阶段，技术依据所提取出来的特征

信息，借助多种不同的融合算法来达成综合性的判断以及决策目的。多源信息融合技术在实际应用当中，切实有效地提升了系统对于环境状态以及风险识别方面的准确性与可靠性，从而避免了单一信息源有可能引发的误判以及漏判等各类问题。依据中国铁路总公司科技研究所公布的那份技术报告来看，运用多源信息融合技术构建起来的安全监测系统，能够把风险识别的准确率提升到百分之九十五以上的程度，这相较于传统单一传感器监测系统而言，其优势是非常突出且明显的。

3.2 实时数据处理技术

实时数据处理技术属于智能行车安全辅助系统的极为关键的技术支柱，其主要任务在于针对海量的监测数据展开快速的处理以及分析工作。此项技术运用了流式计算还有复杂事件处理等一系列较为先进的数据处理架构，可对持续不断产生的监测数据做到实时地接收、进行缓存操作、实施清洗处理、完成转换步骤以及开展分析处理事宜。该技术借助构建分布式计算集群以及并行处理机制，达成了对大规模数据的高效处理效果，进而保证了系统即便面临数据洪峰的情形下，依旧能够维持稳定的处理性能状态。实时数据处理技术当中还设有专门用于数据质量控制的机制，能够自动对异常数据加以识别并且予以剔除，同时还能修复那些存在不完整情况的数据，以此来确保输入数据具备准确性以及可靠性。此技术另外还给出了较为灵活的数据接口与服务，能够支持不同类型的关于数据的查询操作、统计分析活动以及可视化展示需求，从而满足各类用户针对数据所提出的多样化需求。凭借实时数据处理技术的应用，系统可在秒级的时间范围内完成对大规模监测数据的处理以及分析任务，能够及时察觉到潜在的风险以及异常状况，进而为行车安全给予及时且有效的技术方面的保障。

3.3 机器学习与行为预测技术

机器学习以及行为预测技术构成了智能行车安全辅助系统当中的智能化关键部分，其主要承担着从历史数据还有实时数据里面去学习相应规律的任务，进而对设备状态变化的趋势以及行车风险出现的概率加以预测。该技术运用了像监督学习、无监督学习以及强化学习等多种多样的机器学习算法，由此构建起了适用于不同应用场景的预测模型^[3]。就设备状态预测这一方面来讲，技术借助对设备运行参数以及历史维修记录展开分析的方式，成功建立起了设备退化模型以及剩余寿命预测模型，如此便可以提前对设备有可能会出现的故障以及维护方面的需求做出预测。而在行车风险预测这个层面，技术是以历史事故数

据、实时监测数据以及环境因素作为基础来构建风险概率预测模型的，进而能够对在不同条件之下各类风险出现的概率予以评估。技术还采用了深度学习算法，针对视频监控以及图像识别数据展开分析，最终达成了对于线路异物、人员入侵等异常状况的智能识别效果。这些预测模型凭借着持续开展的学习活动以及参数方面的不断优化，使得预测的准确性以及实用性得以不断提升。依据中国铁道科学研究院所公布的最新研究成果显示，基于机器学习的行为预测技术能够让设备故障预测的准确率提升超过百分之二十，这无疑极大程度上增强了铁路设备维护工作的主动性以及精准度。

3.4 系统集成与通信技术

系统集成以及通信技术构成了智能行车安全辅助系统的根基所在，其主要肩负着把各个功能模块还有子系统有序整合起来的任务，进而达成数据能够实现共享以及业务可以协同开展的目的。此技术运用了基于服务的架构，并且在接口设计上遵循标准化原则，还明确了统一的数据格式、通信协议以及接口规范，如此一来便保证了不同系统之间能够彼此连通以及相互操作^[4]。就通信层面而言，技术综合地运用了铁路专用的移动通信系统、光纤通信网络以及无线局域网等多种多样的通信手段，由此搭建起了一个可覆盖整条线路且能可靠传输的通信网络体系。对于不同业务场景所提出的对通信质量的不同要求，技术采取了具有差异性的服务质量保障机制，以此确保关键业务数据能够优先进行传输并且能够可靠地送达指定位置。系统集成技术另外还给出了统一的身份认证以及访问控制机制，从而保证了系统的安全性以及对数据隐私加以保护。借助系统集成与通信技术的实际应用，智能行车安全辅助系统达成了和原有的行车指挥系统、设备监测系统、安全监控系统等一系列铁路信息系统实现无缝对接的效果，进而形成了一套统一且协调的智能化安全防护体系。

4 结语

智能行车安全辅助系统的打造与落实，已然成为现代铁路运输安全技术向前发展的关键指向所在，其对于促使铁路行车安全水准得以提升，有着不容小觑的重要价值。本文所提出的智能行车安全辅助系统，把环境感知、风险识别、智能决策以及应急响应等诸多功能模块加以集成，进而搭建起一个全方位且呈多层次分布的行车安全防护架构。该系统所运用的像多源信息融合技术、实时数据处理技术还有机器学习与行为预测技术等多项关键技术，给处理铁路行车安全当中那些复杂的难题，给予了行之有效的技术途径。伴随人工智能、大数据等新技术持续不断地

向前发展，智能行车安全辅助系统还会进一步去完善自身，并实现优化升级，日后将会在更为宽广的范畴内，发挥出越发重要的功效。

[参考文献]

- [1]凌艳城.面向 L2 级高级辅助驾驶系统的视觉信息智能分析关键技术与应用研究[D].福建:华南理工大学,2024.
- [2]胥文倩,张铂洋,赵伟,等.基于深度学习的安全行车辅助系统设计与实现 [J].电子技术与软件工

程,2023(5):153-158.

[3]张明,徐东静.奥迪 Q6 e-tron 安全系统和辅助系统新技术剖析(六)[J].汽车维修技师,2025(15):23-29.

[4]李新哲.基于智能辅助驾驶系统的汽车主动安全性能提升研究[J].商用汽车,2024(6):55-57.

作者简介：杨永钢（1977.5—），单位名称：浙江金温铁道开发有限公司，毕业学校和专业：沈阳航空航天大学（交通运输）。