

# 跨坐式单轨列车司机驾驶辅助系统设置

姚 远 黄坤林

(芜湖市运达轨道交通建设运营有限公司, 241006, 芜湖//第一作者, 工程师)

**摘 要** 芜湖市轨道交通 1 号线、2 号线一期工程采用的是具备全自动运行功能的跨坐式单轨系统。基于项目的运行模式及跨坐式单轨制式的结构特征, 在人工驾驶模式下, 为避免发生列车碰撞、冲击道岔、超速等情况的发生, 配置司机驾驶辅助系统是十分必要的。与本项目相匹配的辅助司机驾驶系统在国内尚无案例可循, 探讨了适用于全自动运行跨坐式单轨列车在人工驾驶模式下辅助司机驾驶系统的配置方案, 包括道岔区域防护、限速区域防护、线路端部防护、线路障碍物探测等, 以实现不同突发情况下对司机的预警。

**关键词** 跨坐式单轨; 全自动运行; 驾驶辅助系统; 防碰撞系统; 障碍物探测

**中图分类号** U232.6

**DOI**: 10.16037/j.1007-869x.2019.10.031

## Assistant System Configuration for Straddle Monorail in Manual Driving Mode

YAO Yuan, HUANG Kunlin

**Abstract** Wuhu rail transit Line 1 and the first phase project of Line 2 adopt straddle monorail system with fully automatic operation. Based on the operation mode of this project and the structural characteristics of straddle monorail system, it is necessary to configure the auxiliary driving system in manual driving mode when driver's driving is needed in cases of train collision, impact switch and over-speeding. Since there have not yet auxiliary driving system cases suitable for this study, in this paper, a configuration scheme of the auxiliary driving system for straddle monorail project in manual driving mode is discussed, including the protection of turnout region and speed limit area, route end protection and line obstacle detection, in order to achieve the early warning for drivers in different emergencies.

**Key words** straddle monorail; fully automatic operation; driving assistance system; collision avoidance system; obstacle detection

**Author's address** Wuhu Yunda Rail Transit Construction and Operation Co. Ltd., 241006, Wuhu, China

在我国, 轨道交通的全自动运行已从探索阶段进入到实际开发和应用阶段。芜湖市轨道交通 1 号

线及 2 号线一期工程采用了具备全自动运行功能的跨坐式单轨系统, 列车不设驾驶室, 支持无人值守列车运行(UTO)模式。

在轨道交通全自动运行系统正常工作时, 列车主要依靠信号系统控制运行, 不需要司机手动驾驶, 仅在系统故障时需要司机实施应急处置。在信号系统发生故障时, 尤其是在切除 ATP(列车自动防护)的全人工驾驶模式下, 列车的行车安全完全由司机负责, 对司机的要求很高。由于司机日常已经习惯了列车处于自动运行状态, 若司机的应急处置不合理, 可能会导致非常严重的事故。基于此, 在司机手动驾驶列车时, 可通过设置相关的辅助系统来帮助司机实现安全驾驶, 这也是轨道交通全自动运行发展的必然趋势。本文对跨坐式单轨车辆在全自动运行下司机的驾驶辅助系统设置进行探讨。

## 1 现有司机驾驶辅助系统的主要技术形式

### 1.1 列车防碰撞系统

#### 1.1.1 基于 GPS/北斗定位系统的列车防碰撞系统

通过卫星定位系统获取列车的位置信息, 对这些信息进行计算和处理, 再通过无线数据传输网络实现相邻列车的信息交互。当相邻的两列车距离超过设定的安全距离时, 车载设备将发生警报或触发列车制动。

#### 1.1.2 基于雷达技术的列车防碰撞系统

列车运行时, 通过安装在列车前部的雷达, 探测位于列车运行前方的其他列车、车挡或障碍物等物体, 并通过雷达波发射和接收到反射波的时间差, 计算出前方物体与列车的距离。当此距离小于规定距离时, 系统报警, 从而保障列车运行安全。

#### 1.1.3 基于磁栅标尺定位的列车防碰撞系统

如图 1 所示, 该系统在线路上设置磁性标尺, 标尺上设有线路里程信息。列车通过车载装置时读取磁性标尺信息, 从而确定列车位置。车载设备通过无

线通信方式将列车位置发送至地面设备,地面设备收集所有在线运行的列车定位信息,并进行计算;当两列车间的距离突破安全距离,或列车距离线路端部过近时,系统发出警报,从而避免列车碰撞。

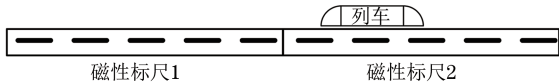


图 1 基于磁栅标尺定位的列车防撞系统原理示意图

1.1.4 线路端部防撞系统

在线路端部一定安全距离范围内设触停杆,列车端部设触停线。当列车接近线路端部并超越其正常停车位置时,触停杆截断触停线,触停线串入列车紧急制动回路,触发列车紧急制动,从而保证列车不会冲出线路端部。我国首条以无人值守列车运行 GoA4 等级开通的自动旅客运输 (APM) 系统——上海轨道交通浦江线采用了此防撞系统,其触停线如图 2 所示。

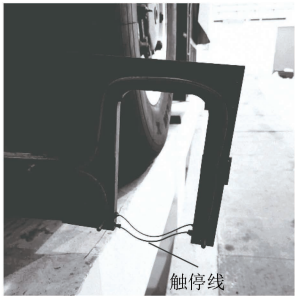


图 2 上海轨道交通浦江线的列车触停线

1.2 线路障碍物探测系统

1.2.1 在列车前端下部设置列车排障器

通过设置在列车前端下部的排障器(如图 3),用以清除线路上的障碍物。当遇到无法清除的较大障碍物且障碍物对设置在列车前端的排障横梁产生的力超过一定限值时,可触发列车制动。



图 3 列车排障器示意图

1.2.2 基于图像成型技术的障碍物探测

采用光学传感器,运用图像检测理论来进行障碍物检测。通过多次采集线路数据,建立起该线路的数据模型。列车运行时,车载摄像机采集列车运

行前方的实时数据。通过对实时数据和模型数据的对比分析,可判断列车行进前方是否存在障碍物。

2 现有司机驾驶辅助技术的优缺点分析

2.1 列车防撞系统

基于卫星定位的列车防撞系统在地面或高架线路上的定位精度高;但在地下区间,由于卫星定位系统信号无法完全覆盖,存在信号盲区,无法对列车进行精确定位。

基于雷达的列车防撞系统技术成熟、设备配置简单。但雷达波为直线传播,在小曲线区段的适用性较差,可能无法及时发现前方的运行列车。

基于磁栅定位的列车防撞系统需要在全线布置定位磁栅,设置无线通信设备,系统建设及维护成本较高。

线路端部防撞系统构成简单,但触停线较脆弱,可靠性较低,误触发率偏高,且防护区域有限。

2.2 线路障碍物探测系统

列车排障器设置在列车上,结构简单,可靠性高,但是,只有在障碍物与列车存在实际接触且超过一定的碰撞力值后,系统才能触发列车制动。因而,该系统只能降低列车碰撞带来的危害,不能完全避免列车与障碍物发生碰撞。

基于图像成型技术的障碍物探测技术算法复杂,计算量大,受环境、天气、列车振动、线路条件等干扰因素较多。随着计算机软硬件技术的发展,可通过升级软件算法及机器学习等方法,来进一步提高障碍物的识别率,降低误报率。图像检测方法将在轨道交通领域得到广泛应用。

3 跨坐式单轨车辆的司机驾驶辅助系统

跨坐式单轨的转弯半径小,限速区段多,对列车速度控制要求较高。由于采用“梁轨合一”的形式,轨道梁下方没有平台承接,一旦发生列车超速、冲出线路端部、冲出道岔等事故,可能产生非常严重的后果。因而,针对跨坐式单轨的特点,在出现碰撞(包括列车间碰撞、列车与障碍物碰撞、列车冲撞车挡等)、列车冲出道岔及列车超速等情况时,及时向司机告警并辅助司机介入列车控制是十分必要的。

通过对现有列车的司机驾驶辅助系统进行对比可知,缺少了针对列车冲出道岔及列车超速这 2 个方面进行防护的措施。因此,基于巴西圣保罗轨

道交通项目原型的手动驾驶限速检测系统 (MSRDS),芜湖市轨道交通 1 号线、2 号线一期工程采用了跨坐式单轨制式,并配套设置了司机手动驾驶辅助系统。

### 3.1 司机手动驾驶辅助系统

#### 3.1.1 道岔区域防护

在道岔区域前设置多个防冲岔射频标签。如图 4 所示,道岔的通路信息经过计算与处理后发送给这些标签。当列车经过该区域时,若读取到的标签信息为“可通过”,则列车正常通过该区段;若读取到的标签信息为“不可通过”,则列车施加紧急制动。

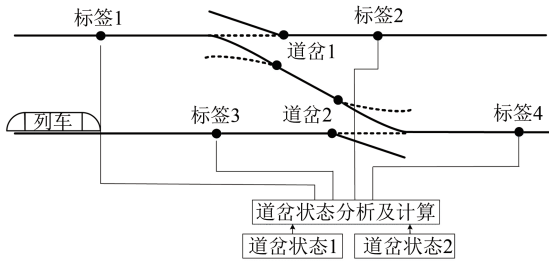


图 4 防冲岔射频标签设置方案示意图

#### 3.1.2 限速区域防护

根据列车运行方向,如图 5 所示,在线路限速区段前方设置限速射频标签。列车通过该标签区域时,通过读取标签,自动触发列车限速报警;在线路限速区段后方设置限速解除标签,列车通过该标签区域时,通过读取标签,自动解除列车限速报警。进入该区段的限速标签可作为列车反向驶出该区段的限速解除标签。

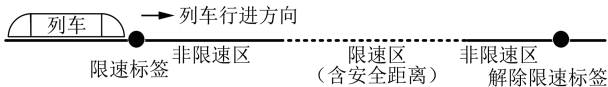


图 5 限速射频标签设置方案

#### 3.1.3 线路端部防护

在线路端部一定安全距离范围内设置线路端部射频标签。列车通过该标签区域时,通过读取标签,自动触发紧急制动,以确保不会冲出线路端部。其设置方案如图 6 所示。

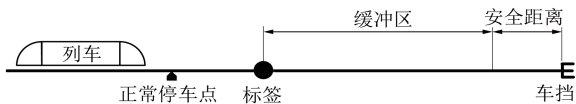


图 6 线路端部射频标签设置方案

司机驾驶辅助系统的防护区域比较全面,但须保证系统的可靠性,且在信号系统正常的情况下,该系统不得影响信号系统的正常工作。芜湖市轨

道交通 1 号线、2 号线一期工程的司机手动驾驶辅助系统在设计阶段通过优化系统配置方案,实现了系统的功能需求,在设计上保证了较高的可靠性;在系统设计方案稳定后,通过搭建模拟试验平台和线路测试进行功能验证,以进一步确保产品的可用性和可靠性。

### 3.2 线路障碍物探测

线路障碍物探测系统根据列车是否实际接触障碍物分为主动防护型和被动防护型。基于目前的技术水平,由于主动防护型的系统技术难度较大、系统可靠性不高,在实际项目上多采用被动防护型系统。但被动防护型系统只能在一定程度上减少列车碰撞所带来的后果,不能够从根源上避免列车发生碰撞。

芜湖市轨道交通 1 号线、2 号线一期项目所选用车辆原型设计方案为通过转向架构架进行排障。为完善系统的障碍物探测功能,项目拟采用与科研合作的方式,在单轨车辆上试装基于图像成型的障碍物探测系统,用于探测限界范围内可能存在的列车、移动障碍物、固定障碍物等,从而实现对司机的预警,避免发生碰撞事故。

## 4 结语

现有的司机驾驶辅助系统方案大多处于研发、试验验证或产品可靠性验证阶段,系统的可靠性、稳定性、适用性均有待进一步确认,需要通过科研、产品升级、技术方案调整等手段,不断探索适用于跨坐式单轨系统的司机驾驶辅助系统方案。

司机驾驶辅助系统仅作为辅助司机驾驶操作的一种手段。在人工驾驶模式下,司机仍须按照运营驾驶管理规章制度的要求,规范行车,不应也不得过度依赖这些辅助系统。

## 参考文献

- [1] 黄涛,吕红强,王维.基于多技术融合的地铁列车障碍物检测系统设计[J].制造业自动化,2016(8): 59.
- [2] 肖阳俊,李拥军,李金波,等.一种多技术融合的全自动无人驾驶轨道障碍物检测系统设计[J].城市轨道交通研究,2019(1): 111.
- [3] 苏先辉.城市轨道交通视频障碍物探测系统简析[J].现代城市轨道交通,2016(6): 24.
- [4] 徐伟,陈宁宁.一种全自动无人值守列车(UTO)障碍物探测方法[J].铁道通信信号,2017,53(4): 56.

(收稿日期:2019-05-10)