文章编号：2097-5899(2026)03-0049-07　　**中图分类号**：U298　　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202412050002
引用格式：徐先纯，阳晋，韩晓彬，等. 铁路列车鸣笛噪声综合防治技术研究[J]. 铁路物流，2026，44(3)：49-55，70.
XU Xianchun，YANG Jin，HAN Xiaobin，et al. Comprehensive Prevention and Control Technology of Railway Train Whistle Noise[J]. Railway Logistics，2026，44(3)：49-55，70.

铁路列车鸣笛噪声综合防治技术研究

徐先纯[1]，阳　晋[1]，韩晓彬[2]，胡　浪[3]，薛晓兵[1]，刘　伟[1]

(1. 北京全路通信信号研究设计院集团有限公司 运输指挥与信息技术研究院，北京　100073；2. 国家铁路局装备技术中心，北京　100070；3. 武汉钢铁有限公司 运输部，湖北 武汉　430080)

摘　要：铁路列车鸣笛噪声污染防治是一个较为传统的问题，目前仍缺乏较为系统性的有效的措施。通过对铁路鸣笛作业的内容和种类的分析，采用基于无线通信技术的鸣笛替代方案，通过地面信息系统获取站场作业和进路信息，利用北斗卫星系统的高精度定位技术实现站场作业人员、机车的定位跟踪，结合电子地图、视频监控、车地联控道口防护、移动通信及其他辅助技术等，研发铁路列车鸣笛噪声综合防治系统，该系统能实现铁路站场内机车、人员间通信以及位置和动作信息采集，并由控制系统实现信息精准传达、危险避让报警、全场人员安全管理等功能，实现不同场景下鸣笛功能替代，有效地缓解铁路场站内列车鸣笛噪声综合治理问题。

关键词：噪声防治；列车鸣笛；防治技术；原理样机；系统研发

0　引言

铁路列车鸣笛广泛应用于铁路行业中的预警、信息沟通。美国联邦铁路管理局(Federal Railroad Administration，FRA)规定所有列车在进入公共道口前15～20 s内必须进行鸣笛警告，以确保前方车辆和行人的安全[1]。列车鸣笛声音一般频率较高、较为尖锐，具备较强穿透力，易造成噪声污染[2-3]。李彬等[4]研究铁路机车鸣笛噪声环境影响问题，通过计算仿真得出以客运为主的既有铁路线路受铁路列车运行噪声和鸣笛噪声影响。王重实[5]研究编组站的主要噪声源和频带突出范围，提出其相应的噪音治理对策。在铁路沿线，民众对于禁鸣区的设立具有强烈的需求[6-7]。目前行业内已采取多种不同方法来降低噪声影响：①通过声音加信号灯方式，可以提高安全性，减少交通事故的发生；②通过搭建物理噪音屏障，可以有效降低鸣笛噪音的响度和传播距离[8-11]；③通过改善火车鸣笛装置，利用喇叭可以通过定向传播声波的原理，减轻鸣笛对沿线产生噪音的影响[12-14]；④利用防护栏杆或信号灯来警告在铁路上或周围的人，从而实现人身安全的保障[15]；⑤综合利用新技术、管理制度、法律法规等全面提升铁路噪音治理治理水平。

目前高精度定位和GIS融合技术广泛应用于各类危险性较高场所的人员定位、作业可视化等场景[16-17]，孙远运等[18]、乐建炜等[19]针对铁路防灾问题和编组站现场作业人员监控和安全防护问题，开发基于北斗＋RTK的高精度定位系统，起到保障现场作业人员安全和提高作业效率的双重作用。姜抒[20]研究基于先进的列车侦测、人员精准定位、工具遗漏检测物联网设备和专有算法，实现列车通过自动告警、人员撤离自动确认、工具遗漏智能检测，为既有线施工现场人员、机具保护提供了可靠帮助。轩志伟等[21]提出一种基于北斗差分定位技术的站场数字化系统，具有定位准确、使用方便、扩展性强和可靠性高等特点，为列车安全防护、调度、监控等作业提供可靠保障。

收稿日期：2024-12-05　**修订日期**：2026-02-09
基金项目：国家铁路局科研课题(KF2023-037)

目前仍有较多鸣笛场景存在，同时取消鸣笛对于人员防护存在安全隐患，因此，亟待研究铁路列车鸣笛噪声综合防治技术，综合利用信息化、无线通信等多种技术手段替代传统鸣笛通信方式，依托北斗卫星定位系统以及可穿戴安全防护装备，研发铁路列车鸣笛噪声综合防治系统，提升安全防护能力与效率。

1　列车鸣笛现状及其应用场景

1.1　列车鸣笛及其替代技术

《铁路技术管理规程》(以下简称《技规》)是国家铁路技术管理工作的基本规章，自原铁道部1950年第1版《技规》至现今，经历了多次全面修订[22-23]。2023年中国国家铁路集团有限公司(以下简称“国铁集团”)修订的《铁路技术管理规程》(TG/01—2023)修改完善了列车鸣笛相关内容，新修订的《技规》将原有23种鸣笛场景取消了2种，合并了4种。在新《技规》19种鸣笛场景中，有3种必须鸣笛的场景，其他16种鸣笛作业可优先采用通信设备方式替代，只有通信设备失效时才鸣笛。

目前对于降低列车鸣笛噪声的措施大致可分为3类：一是通过管理手段取消或限制鸣笛；二是通过物理措施降低或减少鸣笛影响，如优化声屏障、采用电笛等；三是通过技术手段替代部分鸣笛功能。

1.2　列车鸣笛场景分析

列车鸣笛的不同组合方式代表不同的含义，其中长声3 s，短声1 s，间隔1 s。通过对《技规》19种鸣笛作业的梳理，得到鸣笛场景分析如表1所示，列车鸣笛的场景主要涉及以下4种类型：第1类是必须鸣笛的情况，无法通过技术或管理手段替代；第2类是机车之间通信，主要为机车牵引运动及途中升降弓；第3类是机车与地面工作人员之间的通信；第4类是站内人员警示、安全防护作业场景。

表1　鸣笛场景分析

Tab.1　Whistle scene analysis

场景	场景数量	鸣笛方式	替代性
必须鸣笛	3	一长、连续短、一长三短	不可替代
机车间通信	4	一长一短、一长二短、一短一长、一短二长	可替代
机车与地面通信	10	一短、二短、三短、二短一长	可替代
人员警示、安全防护	2	二长、三长	可替代

2　列车鸣笛综合防治策略

2.1　列车鸣笛防治原理

列车鸣笛的本质是一种无差别的信息沟通手段，无论是用于机车作业通信，还是其他场景的危险预警。然而，对于无关人员而言无差别的声音信息即为噪声污染，因此，使用技术手段进行鸣笛防治，其根本问题是利用精准的信息传播技术解决不同鸣笛场景下的有效通信问题。在特定的场景下鸣笛防治需要特定的技术手段，依据鸣笛场景分析可以分为3个治理方向：场内人员防护、机车通信、道口桥梁隧道等区间特定场所防护。

对于机车间通信问题，目前基于450MHz/400MHz无线电台、执法记录仪等设备已广泛应用，但仍限制于某些特定的场景和场所，亟需研发出一套适用性较强的基于通信的鸣笛系统，以代替传统的列车鸣笛通信方式。北斗卫星定位技术目前广泛应用于各类人员防护场景，其定位的精度较高、成本低廉，可以较好地解决站内人员警示、安全防护问题。

2.2　列车鸣笛噪声综合防治系统设计

通过对不同场景下列车鸣笛防治原理及防治技术手段进行分析，研发出一套列车鸣笛噪声综合防治系统解决方案，列车鸣笛噪声综合防治系统解决方案示意图如图1所示，系统由3部分组成：数据交互与集中管控层、通信支持层、控制与感知层。数据交互与集中管控层主要为显示工作站、服务工作站以及相关外部接口；通信支持层为通信组网；控制与感知层包含车载终端、人员手持终端、视频监控模块、噪声采集模块、道口防护设备等。

其中数据交互与集中管控层是系统的运转核心和工作重点，它结合了集成式计算机控制系统和云计算的优势和特点，能够同时处理多种包括作业信息、传感器数据、定位数据等原始数据，并使用分布式架构的高可靠性云服务模块对数据进行处理，挖掘并分析出数据中所包含的关键信息，然后向所有终端发送文本提示或告警信息。同时在用户操作终端的单一界面下集成了信息告警系统和人员安全保障系统的地理图形显示、环境数据报告、告警指令控制以及人员位置跟踪显示功能。

3　不同场景下列车鸣笛噪声防治方案研究

针对不同场景下列车鸣笛噪声防治情况，列车鸣笛噪声综合防治系统可分为3个子系统。其中，基于通

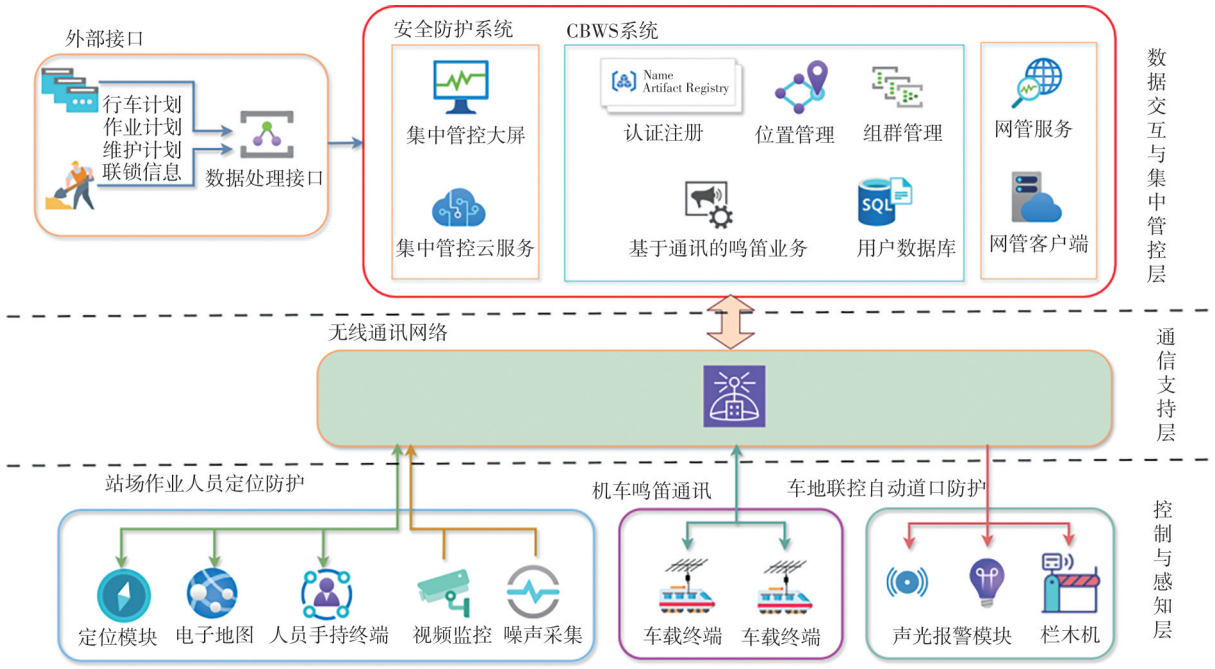


图1　列车鸣笛噪声综合防治系统解决方案示意图

Fig.1　Solutions for comprehensive control system of railway whistle

信的列车鸣笛子系统(Communication Based Whistle System，CBWS)用于实现机车与机车、司机与地面人员之间的通信问题；站场作业人员定位防护子系统利用北斗卫星定位和GIS技术用于场内作业人员安全防护；车地联控自动道口防护子系统用于无人看守道口设备控制。

3.1　基于通信的列车鸣笛子系统

为实现机车与机车、司机与地面人员之间的通信，代替既有的物理声音鸣笛，CBWS同时包含了硬件固定终端和移动终端，移动终端包括车载终端、手持终端以及其他无线通信模块。该子系统支持一对一、一对多的数据业务功能，支持使用5G、LTE等无线承载网络。

车载终端的界面布局，采用软件界面布设1个大的圆形“鸣笛键”或1个物理鸣笛按键。车载终端、各手持终端等本地保存的鸣叫音频，可循环播放。本地保存音频为连续音频，当循环播放时形成长鸣或短鸣。即时开停按键鸣笛流程示意图如图2所示。车载终端、各手持终端等实时上报位置至CBWS，当车载终端机车司机按钮触发开始或停止鸣笛命令后，由CBWS系统返回“200 OK”(成功响应状态码)给机车司机。CBWS系统将根据站场的各类信息规划鸣笛作用区域，并对临时动态组成员被呼叫用户1、被呼叫用户2发送警示消息触发被呼叫成员本地语音报警，同时向上一级也返回“200 OK”消息。司机重复以上流程，即可完成一个“N长M短”的鸣笛信号类型。

3.2　站场作业人员定位防护

场内作业人员在室外区域佩戴轻量化便携式卫星定位设备，并在站区内特定位置安装差分基站大幅提高定位精度，站场作业人员定位防护子系统采用的北斗+RTK复合定位增强基站，有效覆盖范围为半径为15 km区域，精度可达厘米级。结合多图层GIS融合技术，将高清航拍测绘地图、站场设备信号视图、开源卫星视图高度融合，满足不同操作需求。人员定位设备将实时的经纬度上传至专属服务器，再由服务器通过HTTP协议发送至集中管控系统处理，并在大屏可视化显示作业人员的具体实时位置。

站场作业人员定位防护子系统原理示意图如图3所示，站场作业人员定位防护子系统接收调度系统、施工计划管理系统发送的作业计划、站场表示数据和施工计划信息；根据施工计划和现场设备对应的高精度测绘坐标，由特定算法沿轨道自动精确规划接车、发车、通过、调车电子围栏，也可以人工的方式在显示界面添加/删除特定电子围栏。系统按照一定的频率进行风险信息计算，当作业人员进入或离开电子围栏范围时，触发人员佩戴设备进行声光报警。

在站场的进口、道口等处所安装视频监控设备，

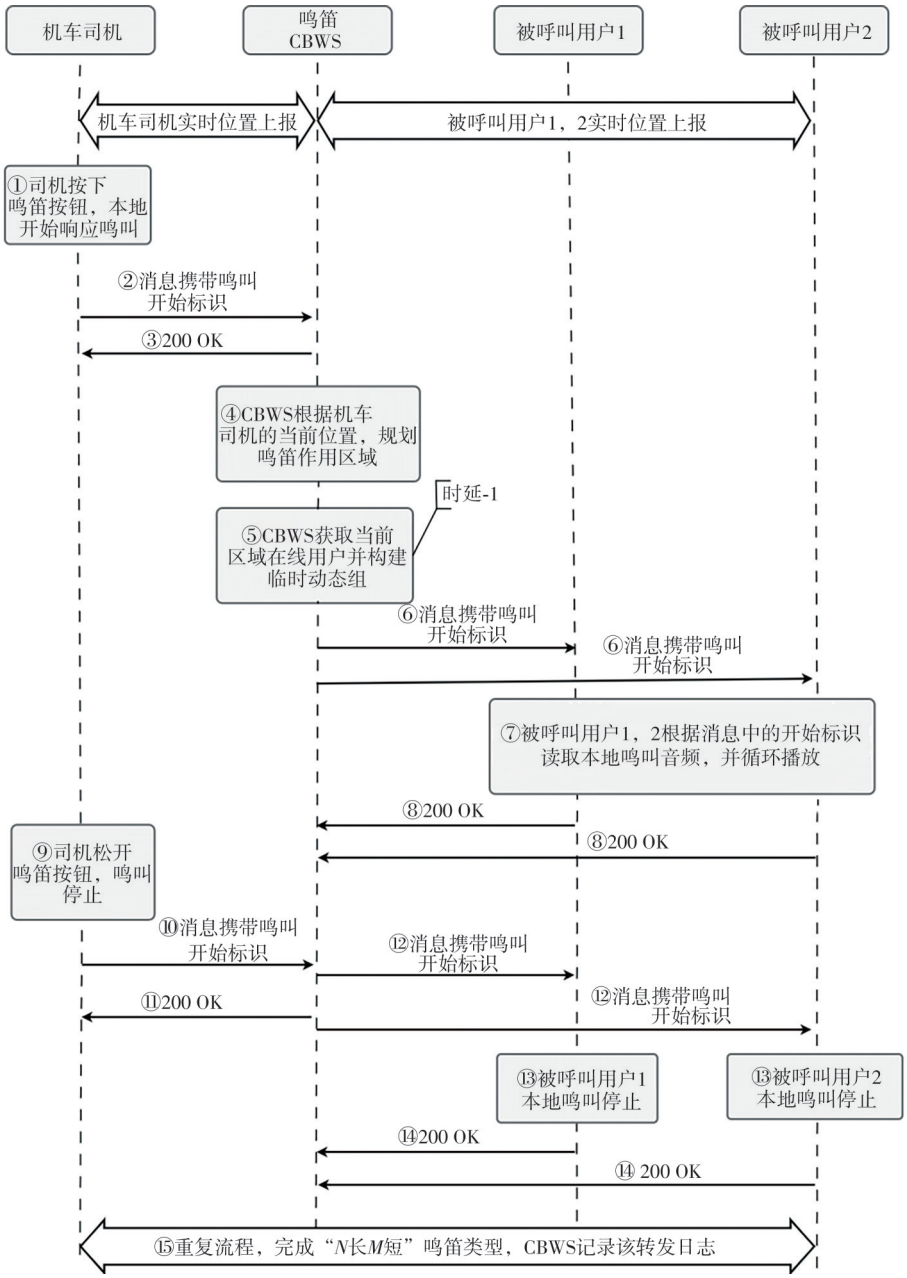


图2　即时开停按键鸣笛流程示意图

Fig.2　Instant start-stop button and whistle process flow

对通过的人员进行实时监控，针对无穿戴定位防护设备的人员，进行图像识别分析后，触发轨旁声光设备进行警示；在室外固定点位安装噪声采集传感器，获取噪声传感器的数据，实时显示噪音分贝值，并可根据历史噪声数据分析站场噪声改善情况。

3.3　车地联控自动道口防护

车地联控自动道口防护子系统可以在道口无人值守情况下，实现监控中心、司机对道口状态实时监控和道口栏木远程控制。系统包括中心监控设备、车载设备、轨旁道口设备，基于北斗定位、视频编解码、无线传输、云平台转发等技术，为司机和管理者提供超视距道口状态感知能力，辅助司机和调度人员超视距感知道口状态，自动控制声光报警。

该子系统具备自动和手动2种模式选择，道口设备无人值守，司机和调度人员可远程控制道口栏木。自动模式下，道口栏木的开启和关闭由系统自动控制；手动模式下，司机和监控中心调度人员可远程控制道口栏木。

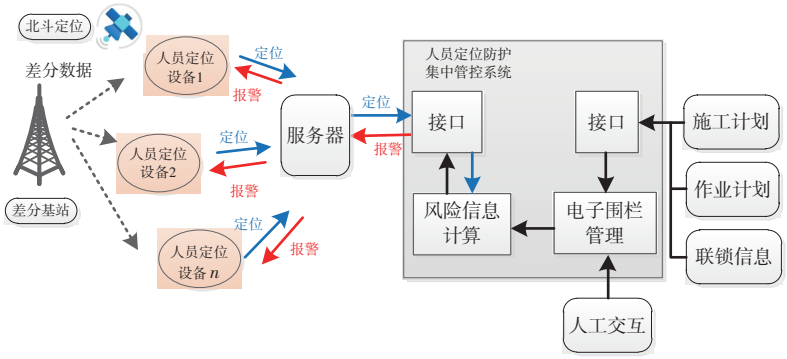


图3　站场作业人员定位防护子系统原理示意图

Fig.3　Principle of personnel positioning protection subsystem

4　列车鸣笛噪声综合防治系统软硬件设计

4.1　系统原理与主要硬件

列车鸣笛噪声综合防治系统硬件设计遵循高度集成化的原则，将不同场景下鸣笛防治系统通过软件程序高度融合，实现数据的统一管理。

列车鸣笛噪声综合防治系统的服务端可部署在云服务器或自建本地服务器，支持多个客户端访问数据，通过公网或自组网进行通信。系统结合数据加密传输、专用网络硬件，针对站场的特殊通信需求，研究站场告警信息、车地通信信息、人员状态信息在站场内各个设备之间的安全传输功能。针对不同场景下鸣笛防治方案的硬件需求，使用定制化设备，具备便携性、长续航、高可靠性，满足在恶劣工况下使用，同时达到环保要求。列车鸣笛噪声综合防治系统原理样机主要硬件设备如图4所示。

4.2　软件设计

列车鸣笛噪声综合防治系统的前端用户界面采用网页渲染技术实现，交互逻辑运用 TypeScript 语言编程实现。系统展示界面布局以及图形样式采用 HTML 以及 CSS 技术实现。软件结构及数据流程如图5所示，该系统主要包括基础数据、后端数据服务、前端显示与交互等功能模板，各个功能模块均采用 Angular 框架技术进行开发。前端软件显示界面如图6所示。

后端软件主要用于处理各类地理及状态数据、通信数据，并通过网络接口对外提供格式化数据。通过



a　通信鸣笛车载按钮
a　Communication whistle vehicle button

b　通信鸣笛地面终端
b　Communication whistle ground terminal portable work card

c　人员定位防护便携工卡
c　Personnel positioning protection

d　视频监测传感器
d　Video monitoring sensor

e　噪声采集传感器
e　Noise acquisition senso

图4　原理样机主要硬件设备

Fig.4　Main hardware equipment of principle prototype

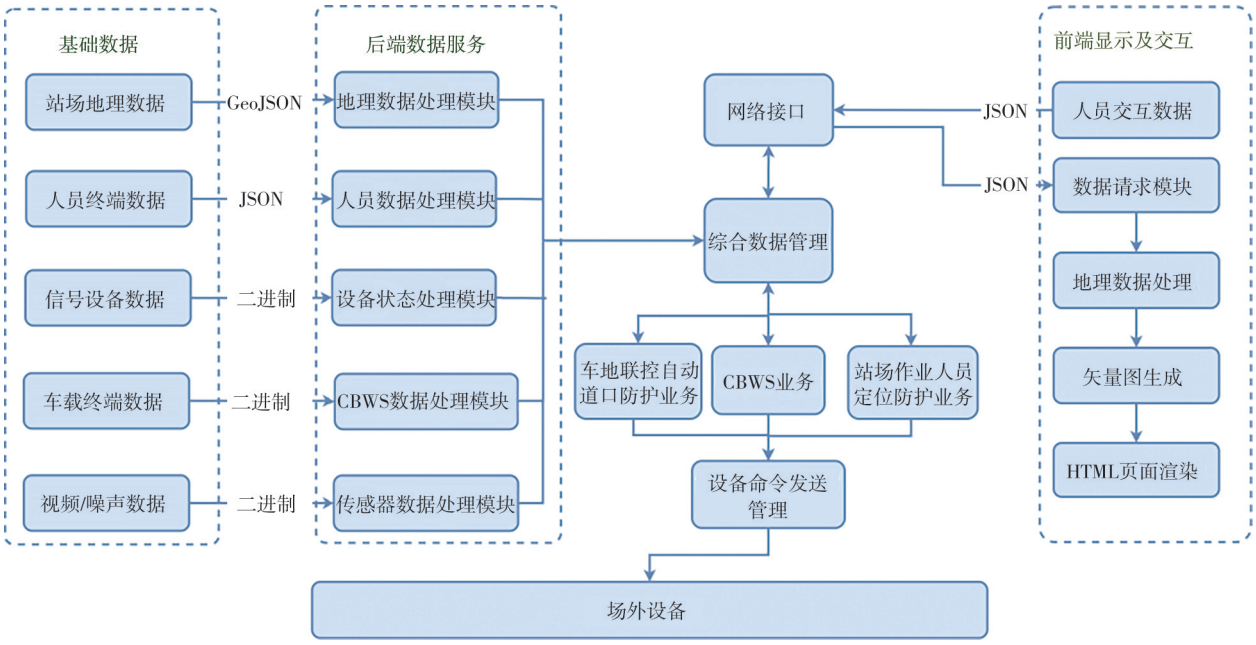


图5　软件结构及数据流程

Fig.5　Software structure and data flow



图6　前端软件显示界面

Fig.6　Display interface of front-end software

一定频率(目前一般设定为10 Hz)，定期分析所有设备与人员的地理位置信息，并采用各种地理数据算法对其实际坐标进行计算，从而得到风险区域和存在风险的人员信息。后端软件提供相关API服务，允许前端页面或其他程序通过相关通信协议访问数据文本，并支持多终端远程访问。

5　结束语

针对目前铁路列车鸣笛噪声综合防治相关问题，以及货运站场的特殊通信需求，提出了一种铁路列车鸣笛综合防治解决方案。该方案基于通信的列车鸣笛手段可有效替代机车与机车、司机与地面人员之间的通信问题；并利用卫星定位和GIS技术的站场作业人员定位防护系统，可实现人员场内厘米级定位，从地面信息系统接口获取站场作业和进路信息，可实现安全区域智能规划，有效确保人员安全；车地联控自动道口防护系统，可实现对道口的超视距感知、管控能力。

参考文献：

[1]　CUSHING-DANIELS B，MURRAY P. Welfare Effects of Increased

Train Noise：A Comparison of the Costs and Benefits of Train Whistle Use at Highway-Railway Crossings[J]. Transportation Research Part D：Transport and Environment，2005，10(5)：357−364.

[2] 韩晓彬，赵　彬，王　昊，等. 铁路列车鸣笛噪声扰民问题整治现状及整治措施研究[J]. 铁道技术标准(中英文)，2023，5(10)：43−47.
HAN Xiaobin，ZHAO Bin，WANG Hao，et al. Current Situation of Railway Train Whistle Noise Disturbing Residents and Research on the Noise Control Measures[J]. Railway Technical Standard (Chinese & English)，2023，5(10)：43−47.

[3] 何延军，辜小安，伍向阳，等. 北京远郊区县铁路机车鸣笛噪声影响状况[J]. 铁路节能环保与安全卫生，2016，6(5)：216−218，255.

[4] 李　彬，伍向阳，孙　捷，等. 北京远郊区县铁路机车鸣笛噪声环境影响仿真计算分析[J]. 铁路节能环保与安全卫生，2016，6(5)：219−221.

[5] 王重实. 编组站噪声分析及治理探讨[J]. 噪声与振动控制，2001，21(6)：38−40.
WANG ZhongShi. A Probe into the Analysis and Treatment on the Noise in the Railway Yard[J]. Noise and Vibration Control，2001，21(6)：38−40.

[6] GLISCHINSKI S. The Cost of Silence[J]. Trains，2009，69(6)：22−23.

[7] 张远东. 禁鸣喇叭对城市声环境的影响[J]. 中国环境监测，2000，16(1)：44−47.
ZHANG Yuandong. The Impact of no Honking on the Noise Environment in City[J]. Environmental Monitoring in China，2000，16(1)：44−47.

[8] 饶　永. 铁路沿线新建住宅小区声环境预测与控制方法[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版)，2010，33(7)：1045−1048.
RAO Yong. Prediction and Control Method of Sound Environment for Newly-Built Residential Area along the Railway Line[J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science)，2010，33(7)：1045−1048.

[9] 韩运强. 铁路噪声治理原则及措施研究[J]. 铁道工程学报，2017，34(10)：30−33，72.
HAN Yunqiang. Research on the Railway Noise Control Principles and Measures[J]. Journal of Railway Engineering Society，2017，34(10)：30−33，72.

[10] 平学惠，刘俊青. 既有铁路声屏障设计问题与研究[J]. 铁道标准设计，2010，54(11)：36−38.

[11] 包丽静，刘　岩. 交通噪声对校园环境的影响分析[J]. 大连交通大学学报，2015，36(S1)：9−12.
BAO Lijing，LIU Yan. Analysis of Traffic Noise Impact on Campus Environment[J]. Journal of Dalian Jiaotong University，2015，36(S1)：9−12.

[12] HEDIGER J. Using Locomotive Bell and Whistle Signals[J]. Model Railroader，2014，81(11)：20.

[13] 李　霞，宋雷鸣，张新华. 铁道机车风笛声学性能试验研究[J]. 铁道机车车辆，2005，25(6)：32−34.
LI Xia，SONG Leiming，ZHANG Xinhua. Test and Analysis on Acoustic Performance of Railway Locomotive Air Horn[J]. Railway Locomotive & Car，2005，25(6)：32−34.

[14] 张新华，宋雷鸣，田新浩. JQF型低噪声局部隔声罩风笛装置研究设计[J]. 北方交通大学学报，2000，24(4)：83−86.
ZHANG Xinhua，SONG Leiming，TIAN Xinhao. Research and Design of JQF Low-Noise Air Horn Device with Partial Acoustical Enclosure[J]. Journal of Northern Jiaotong University，2000，24(4)：83−86.

[15] KUBE K. Technology at A Crossroads[J]. Progressive Railroading，2001，44(1)：30，32，34.

[16] 申伟光. 基于UWB技术的煤矿井下无线定位系统[J]. 煤矿安全，2018，49(10)：131−134.
SHEN Weiguang. Underground Wireless Location System Based on UWB Technology[J]. Safety in Coal Mines，2018，49(10)：131−134.

[17] 刘　萍. 基于北斗卫星定位的铁路港口物流可视化平台研究[J]. 铁路物流，2025，43(7)：27−33.
LIU Ping. Visualization Platform for Railway Port Logistics Based on Beidou Satellite Positioning[J]. Railway Logistics，2025，43(7)：27−33.

[18] 孙远运，施卫忠，何　为，等. 铁路防灾减灾通信中北斗卫星系统与TMIS融合发展研究[J]. 中国铁路，2019(6)：7−12.
SUN Yuanyun，SHI Weizhong，HE Wei，et al. Development Study of Integration of Beidou Satellite System and TMIS for Communication in Railway Disaster Prevention and Mitigation[J]. Chinese Railways，2019(6)：7−12.

[19] 乐建炜，王晓强，黎　斌. 铁路编组站现场作业人员高精度定位系统[J]. 铁路计算机应用，2020，29(12)：57−60.
LE Jianwei，WANG Xiaoqiang，LI Bin. High Precision Positioning System of On-Site Staff in Railway Marshalling Station[J]. Railway Computer Application，2020，29(12)：57−60.

[20] 姜　抒. 基于北斗的既有线施工作业安全防护系统研究[J]. 山西建筑，2023，49(19)：117−119，138.
JIANG Shu. Research on Safety Protection System of Existing Railway Line Construction Based on Beidou[J]. Shanxi Architecture，2023，49(19)：117−119，138.

[21] 轩志伟，轩春青，程元涛，等. 基于北斗差分定位技术的站场数字化系统[J]. 铁路计算机应用，2018，27(11)：16−19.
XUAN Zhiwei，XUAN Chunqing，CHENG Yuantao，et al. Station Yard Digitization System Based on Beidou Differential Positioning Technology[J]. Railway Computer Application，2018，27(11)：16−19.

[22] 田　雷，孙玉明，贾永刚.《铁路技术管理规程》典型条款的溯源与演变研究[J]. 铁道运输与经济，2024，46(12)：186−190.
TIAN Lei，SUN Yuming，JIA Yonggang. Origin and Evolution of Typical Clauses in Technical Management Regulations for Railway[J]. Railway Transport and Economy，2024，46(12)：186−190.

[23] 薛　锋，杨　颖，李佳霖，等.《铁路技术管理规程》产学研用方案构建研究[J]. 铁道运输与经济，2025，47(6)：146−153.
XUE Feng，YANG Ying，LI Jialin，et al. Research on Construction of Industry，University，Research，and Application Program of Regulations of Railway Technical Operation[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(6)：146−153.

（责任编辑：刘宁馨）

（下转第70页）