

文章编号: 1674—8247(2021)03—0019—05  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.03.004

## 铁路客站无线通信系统发展现状及展望

陈 昶 虞 凯 段永奇

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘 要:**随着铁路客站的大规模发展,客站的运营管理对无线通信提出了更高的要求。本文研究了现有铁路客站无线通信系统使用情况,对比分析了 DMR、Wi-Fi、LTE 和公网等技术的特点及存在问题。针对铁路客站作业的基本需求和智能客站的发展,提出了 DMR 叠加宽带无线通信的铁路客站无线通信系统发展方向,采用 DMR 技术解决客站最基本的生产作业组织需求,采用宽带无线通信系统解决智能客站对宽带数据的传输需求,并通过宽窄带融合技术,实现两者之间的互联互通。

**关键词:**铁路客站;无线通信;LTE;DMR;公网

**中图分类号:**U285.21<sup>+</sup>2 **文献标志码:**A

## Development Status and Prospect of Wireless Communication System in Railway Passenger Stations

CHEN Yi YU Kai DUAN Yongqi

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

**Abstract:** With the large-scale development of railway passenger stations, the operation and management of passenger stations set higher requirements for wireless communication. This paper studies the use of existing wireless communication systems in railway passenger stations, and compares and analyzes the characteristics and existing problems of DMR, Wi-Fi, LTE, and public network technologies. In view of the basic needs of railway passenger station operation and the development of intelligent passenger stations, wireless communication system of railway passenger stations with DMR superimposed broadband wireless communication is proposed as the development direction. DMR technology is adopted to solve the basic operation and organization needs of the passenger stations, while the broadband wireless communication system is adopted to solve the broadband data transmission needs of the intelligent passenger stations, and the interconnection between them is realized through wide and narrow band convergence technology.

**Key words:** railway passenger station; wireless communication; LTE; DMR; public network

铁路客站是铁路部门办理客运业务、供旅客上下车之用的场所。目前,我国已发展形成了小、中、大以及特大等类型的铁路客站。并有一大批新型现代化铁路客站相继开通运营,如上海虹桥、北京南、广州南、成都东站等<sup>[1]</sup>。该类客站具有占地面积大、结构复杂、

功能划分多、作业人员多、作业分工细等特点。

铁路客站作为铁路行业对外服务的窗口,既要满足人们出行速度、品质、环境等需求的不断提升,更要保证公共安全,提高应对突发事件的指挥、协调和处理能力。为便于客站的运营管理,给旅客出行提供优质

收稿日期:2020-12-18

作者简介:陈昶(1973-),男,高级工程师。

基金项目:中国中铁重点研发项目(2018-重点-36),四川省重点研发项目(2019YFG0045)

引文格式:陈昶,虞凯,段永奇. 铁路客站无线通信系统发展现状及展望[J]. 高速铁路技术,2021,12(3): 19-23.

CHEN Yi, YU Kai, DUAN Yongqi. Development Status and Prospect of Wireless Communication System in Railway Passenger Stations[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(3): 19-23.

服务,客站均配置了大量的客运作业人员。作业人员之间通过语音通信,实现互相的沟通、协调。随着客站规模的不断扩大及作业人员的增加,现代化客站对客运作业人员的业务要求越来越高,客运人员之间的语音通信需求量持续增大。同时,随着我国铁路数字化和智能化战略的实施<sup>[2-3]</sup>,铁路客站增加了图像、视频、大数据等大带宽数据无线传输以及多媒体调度通信应用的需求。因此,无线通信是铁路客站运营管理服务以及保障公共安全的重要技术手段,也是构建未来铁路智能客站的重要支撑平台。

本文重点研究了现有铁路客站无线通信系统的使用情况,从技术特点和客站运营需求角度分析各类客站无线通信系统存在的问题,并结合客站的作业需求,提出了未来铁路客站无线通信系统的发展方向。

## 1 铁路客站无线通信技术使用现状

20世纪90年代初,原铁道部制定了《大中型客站客运无线通信系统主要技术条件》,提出利用同频单工模拟对讲技术解决铁路大中型客站内管理人员与流动客运作业人员之间以及流动客运作业人员之间的无线语音通信。客站作业人员配备模拟对讲机,实现相互联系。所有作业人员对讲机工作在同一频点,实现组呼通信;也可根据作业需求,分为客运、售票、行包等作业组,不同作业组工作于不同频点。模拟对讲技术对铁路客运作业产生了非常积极的影响,是铁路客运作业必备工具,直到现在,绝大部分铁路客站仍采用模拟对讲机。

随着我国铁路客站的大规模建设和铁路数字化、智能化发展,原本结构简单、功能单一、相互孤立的客站发展为结构复杂、功能划分多、作业人员多、分工细的新型现代化客站,铁路客站对无线通信提出了新的需求,同频单工模拟对讲技术的缺陷逐渐突显,已不能满足客站无线通信的需求。该技术主要存在以下问题:

### (1) 信号覆盖问题

现有客站模拟设备基本没有中继转发,通信仅在对讲机信号覆盖范围内实现,地下及过站通道、大型客站等存在通信盲区。

### (2) 频道问题

所有用户在单一频点进行大组通信,通话干扰严重,特别是大站用户多时,存在通信质量差、容量受限而呼不通等问题。

### (3) 功能问题

仅能实现语音对讲通信功能,缺乏语音分组、数据传输、优先级呼叫、通话录音等功能。

### (4) 干扰问题

抗环境噪声干扰能力弱,易受周边商业、工地等对讲机干扰而串音。

此外,在产业政策上,国家已明确了无线通信由模拟转为数字。2009年,工业和信息化部明确数字对讲机替代模拟对讲机;2010年,原铁道部发文确定停止模拟对讲机的型号核准,全面推广数字对讲机。

因此,无论从实际应用还是国家产业政策出发,模拟对讲技术的使用已不适应现代化客站的客运作业与管理需求,无法应对高速铁路客站现代化的客运指挥调度,无法为旅客提供更优质的客运服务。目前,已有部分新建铁路客站开始采用新的无线通信技术服务于铁路客站。

## 2 新技术在铁路客站无线通信中的应用

### 2.1 DMR 数字无线通信系统

#### 2.1.1 DMR 数字无线对讲技术

DMR是欧洲电信标准协会(ETSI)于2007年公布的数字无线对讲技术标准,用以替代模拟无线对讲技术<sup>[4]</sup>,该技术克服了模拟对讲技术的大部分缺陷,其主要特点有:

(1)提高了频率利用率。信道间隔12.5 kHz,单个12.5 kHz信道可支持2个同步或独立的通话,频率利用率是传统模拟技术的4倍。

(2)支持数据传输。单信道可支持2.4 kbit/s的数据传输速率。

(3)抗干扰能力强。采用窄带编解码和数字纠错等技术,可更好地抑制噪声,拥有比模拟技术更优质的语音质量。

(4)支持语音分组、优先级呼叫、紧急呼叫、语音录音等功能。

DMR的优势在语音通信,相比于GSM、TETRA等集群语音通信系统,具有组网简单、造价低廉等优势,近年来逐渐应用于各行各业专网无线通信领域。

#### 2.1.2 基于DMR的客站无线通信系统

目前,许多新建客站相继采用DMR来建设铁路客站无线通信系统<sup>[5]</sup>,如成都东站、成灌铁路客站、贵阳北站等。

基于DMR的客站无线通信系统由中心设备(服务器、交换机)、基站设备(含天馈、分合路器等)、有线调度台、手持台等组成。系统结构如图1所示。

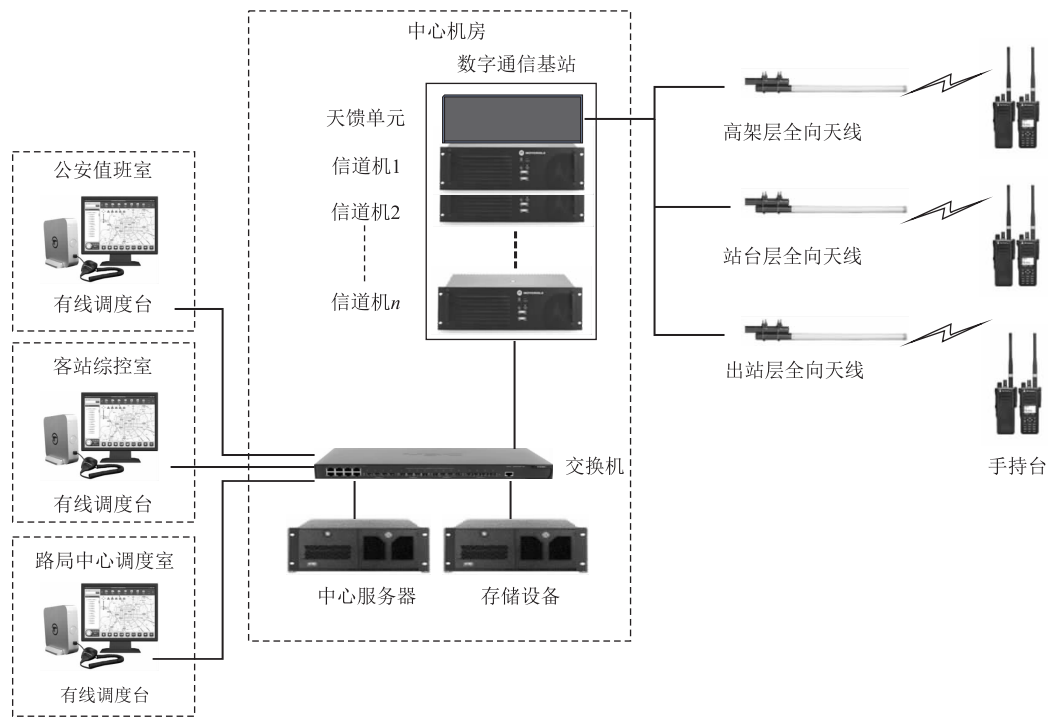


图1 基于 DMR 的客站无线通信系统结构图

中心设备和基站设备设置于客站通信信息机房内,主要负责用户终端的鉴权、注册、通信的交换、控制与管理以及与信息系统的互联互通等。在高架候车厅、站台、出站层等设置天馈系统,实现 DMR 系统的无线覆盖;在客站综控室、公安值班室等重要部门设置有线调度台,通过全呼与组呼实现客站内所有移动终端的作业调度;作业人员配备数字手持台,按需求进行分组,每个手持台有唯一的 ID 号码且可有多个组 ID 号,通过不同的分组,手持台可实现不同分组内的呼叫和数据接收功能。

2.1.3 DMR 系统特点

相比模拟对讲机,基于 DMR 的客站无线通信系统极大地提高了铁路客站的生产组织作业效率,其优点主要表现为:

- (1)通过系统建设,实现了客站内无线信号的全覆盖。
- (2)通过分组功能,提高了作业效率,有效解决了单个分组繁忙时的资源紧张问题。
- (3)通过数据传输功能,实现了生产作业信息化,并通过与蓝牙等技术的结合,实现了作业人员位置信息的无线传输,解决了客站内人员的定岗定位管理。
- (4)通过录音功能,规范了对讲机使用用语,避免无效用语占用信道,提高了信道利用率。

DMR 技术很好地解决目前铁路客站作业管理的

基本需求,但因其是窄带技术,无法支撑图像、视频等大带宽数据的无线传输。

2.2 Wi-Fi 宽带无线通信系统

2.2.1 Wi-Fi 宽带无线通信技术

Wi-Fi 是一种被广泛应用和部署的无线宽带接入技术,工作在 2.4 GHz 或 5 GHz 公共频段。Wi-Fi 的代表是由 IEEE 802.11 工作组规定的无线通信系统,其技术标准主要包括 802.11 b、802.11 a 和 802.11 g、802.11 n、802.11 ac 等物理层标准,有效带宽可达 100 Mbps,理论速率甚至高达 600 Mbps。

2.2.2 基于 Wi-Fi 的客站无线通信系统

Wi-Fi 因传输带宽大、易部署、频段无须申请等优点,在轨道交通领域已经得到了广泛应用,常用于传输图像、视频等大带宽的数据<sup>[6]</sup>。我国城市轨道交通普遍采用 WLAN 承载 CBTC、PIS 和 CCTV 等系统业务,在铁路客站领域,广州南站、深圳北站等客站采用 Wi-Fi 宽带无线通信系统,通过 PDA 移动终端,为客站作业提供列车到发信息、人员管理等信息化功能。

2.2.3 Wi-Fi 系统特点

通过 Wi-Fi 宽带无线通信系统提供的查询列车运行信息、作业任务传达、打卡等功能,可提高作业信息化,降低对讲机的语音业务量。还可进一步提供图像、视频等传输功能。但是 Wi-Fi 技术在实际使用中也有着一些问题。

(1)干扰问题:由于工作于公共频段,信号不稳定,干扰严重,甚至导致系统无法使用。

(2)设备过多问题:Wi-Fi未解决语音通信问题,客站作业人员工作时需同时携带对讲机和PDA两个设备。

### 2.3 LTE 宽带无线通信专网

#### 2.3.1 LTE 宽带无线通信技术

LTE是第四代无线通信技术,采用正交频分复用、多输入多输出、自适应调制编码、混合自动重传等技术,可实现图像、视频等大带宽数据的无线传输。我国已明确1785~1805 MHz频段可用于交通、电力等行业的LTE专网。

#### 2.3.2 基于LTE专网的客站无线通信系统

LTE具备高带宽和高传输速率优势,又工作于授权频段,避免了Wi-Fi系统互相干扰的问题,使其在轨道交通领域得到应用推广。我国城市轨道交通行业逐渐采用LTE技术解决CBTC、PIS、CCTV等车-地无线通信的传输。在铁路客站领域,郑州东站、上海站<sup>[7-8]</sup>率先使用LTE无线通信技术,配备集群手持式终端,实现多媒体调度、信息发送、视频传输等功能。

基于LTE的客站无线通信系统由多媒体调度系统、LTE核心网、基站(BBU和RRU)、移动终端等组成。其中,多媒体调度系统由多媒体调度服务器、录音服务器、调度台、终端等组成。LTE网络提供多媒体调度服务器和终端间数据传输通道,由核心网和基站构成。核心网包含了MME、GW、HSS等网元;基站采用BBU+RRU的分布式基站,采用室分系统进行覆盖。

#### 2.3.3 LTE 专网特点

LTE宽带无线通信技术可为铁路客站作业提供图像、视频等大带宽数据的无线传输,为客站信息化、智能化建设提供很好的技术支撑。但在使用中也存在如下问题:

(1)频率资源问题:工信部规定1.8 GHz频段共20 MHz带宽资源可用于铁路、地铁、电力、石油、机场等行业建设LTE无线通信专网,并采用先申请先使用的原则。但在很多铁路客站内,20 MHz带宽资源有大部分被其他行业占领使用,因此频率资源申请不易。

(2)终端问题:现有的LTE手持式终端功率偏小,不适合铁路客站客运作业嘈杂的环境,也不符合客运人员的使用习惯(传统对讲机PPT按讲的习惯)。因此,终端设备还需进一步改进,以满足设备使用环境和习惯。

(3)政策问题:根据铁发改[2020]144号《国铁集

团关于加快推进5G技术铁路应用发展的实施意见》要求,我国铁路正在开展5G技术的应用研究,可能会跳过4G直接进入5G时代,因此,今后铁路可能不会再使用LTE技术。

### 2.4 公网无线通信系统

#### 2.4.1 公网技术

公网技术是指中国移动、中国电信、中国联通三家移动运营商向公众提供的3G、4G等无线接入技术服务。三大运营商提供的网络制式分别为:①中国移动:GSM(2G)、TD-SCDMA(3G)、TD-LTE(4G);②中国联通:GSM(2G)、WCDMA(3G)、TD-LTE(4G)、FDD-LTE(4G);③中国电信:CDMA1X(2G)、EVDO(3G)、TD-LTE(4G)、FDD-LTE(4G)。采用公网技术,无须自建无线通信网络,只需提供后期每年的运营费用。但网络的稳定性和可靠性受制于移动运营商,存在不可控因素。

#### 2.4.2 公网技术特点

目前有部分轨道交通客站采用公众移动通信网服务于客站的生产组织作业。通过终端业务软件的定制化开发,可提供语音对讲、数据传输、视频和图像传输等功能,满足智慧客站的部分功能需求。由于无需建设基础无线通信网络,可节省前期投资。京张智能高速铁路早期即采用公网技术解决客站作业的无线需求。

公网技术虽在投资和宽带传输等功能上具有优势,但结合轨道交通客站的应用场景和客站作业人员的使用习惯,仍存在以下问题:

(1)覆盖问题:客站要做公网引入,特别是大型客站和地下站,否则信号覆盖不满足要求。

(2)功能问题:公网不提供专用调度语音,需进行定制化开发,通常采用基于IP的语音通信技术,采用IP数据包形式传输,在时延等指标方面不如专网。

(3)终端问题:公网终端通常是大屏幕终端,易碎不防摔,不符合客站作业人员的作业习惯。

(4)网络可靠性问题:无线通信网络受制于移动运营商,其可靠性和稳定性存在不可控因素;同时,客站作业人员与旅客共用一个无线网络,网络性能受制于在线用户数量,在旅客高峰期,网络性能可能受影响,客站的作业指挥可能在关键时刻出现呼叫不通等状况。

基于以上原因,京张智能高速铁路沿线客站在后期增设了DMR无线通信系统,由纯公网技术调整为“DMR+公网”技术。

3 铁路客站无线通信系统发展方向

3.1 技术对比

基于现有可用于铁路客站的无线通信技术,对比 DMR、LTE、Wi-Fi、公网等特点,如表 1 所示。

表 1 无线通信技术对比表

项目	DMR	LTE	Wi-Fi	公网
技术制式	窄带通信	宽带通信	宽带通信	宽带通信
语音通信	功能全,性能好	部分功能不易实现	性能差	调度功能需开发
数据通信	短数据传输	宽带数据传输	宽带数据传输	宽带数据传输
频率资源	专用频段易申请	专用频段难申请	公共频段	专用频段
干扰	抗干扰性能较好	抗干扰性能较好	易受干扰	易受干扰
系统可靠性	高	高	低	低
系统成熟度	高	高	高	高
投资	低	高	低	低,但有后期运营费用

从表 1 可以看出:

(1) DMR 是窄带数字对讲技术,适用于语音对讲,兼具短数据传输,其设备和系统更符合当前轨道交通客站作业人员的习惯,但不支持大带宽数据传输。

(2) LTE、Wi-Fi、公网同属宽带无线通信技术,适合大带宽数据传输,几种技术各有优势,Wi-Fi 易部署,投资低,但易受干扰,目前铁路领域基本不考虑 Wi-Fi 无线专网建设;LTE 抗干扰性好,传输性能好,但投资高,频率资源不易申请,且未来可能直接进入 5G 时代;公网最大的优势是不需自建无线通信网络,但存在后期运营费用,同时其网络受制于公网运营商,稳定性和可靠性低。

3.2 铁路客站无线通信系统技术体制选择

铁路客站生产组织所需的语音通信和短数据传输是最普遍存在也最迫切需要解决的通信需求。随着铁路客站智能化建设的推进,大型铁路客站还将增加多媒体调度、图像和视频传输等宽带无线通信业务的需求。因此,针对铁路客站管理与作业要求,对比分析现有无线通信技术特点,DMR 叠加宽带无线通信的技术体制将更适合于铁路客站无线通信系统,具体技术方案如下:

(1)采用基于 DMR 的数字无线通信技术实现客客运生产组织无线通信需求,解决语音通信和短数据传输,包括:①语音个呼、组呼、紧急呼叫等基本语音通信;②列车到发信息、作业工单、定位信息等短数据传输;③联网远程调度指挥,大站管小站;④站车语音通

信;⑤分组通信、无线小区广播、脱网直通、遥毙/遥晕/复活、强插/强拆、通话录音等功能。

(2)采用宽带无线通信技术实现大带宽数据无线传输,包括:①可视个呼、可视组呼等多媒体通信;②现场图像、视频上传;③坐席信息等站车数据通信;④客站设备监控信息传输;⑤智能客站相关信息系统提供无线承载平台。

(3)DMR 和宽带无线通信分属不同的通信技术领域,两者之间不能直接互通。通过宽窄融合技术,打通 DMR 和宽带无线通信网络之间的通信障碍,实现业务功能的无缝融合,实现①DMR 终端和宽带终端之间的语音通信、数据通信;②DMR 系统和宽带系统的综合业务调度;③DMR 设备和宽带设备的统一调度管理。

4 结束语

针对铁路客站的大规模发展,本文研究了现有铁路客站无线通信系统的使用情况,对比分析了 DMR、Wi-Fi、LTE、公网等技术的特点及其在铁路客站使用中存在的问题,结合客站的管理和作业需求,提出了未来铁路客站无线通信系统采用 DMR 叠加宽带无线通信的技术体制,通过经济适用的 DMR 技术解决客站最基本的生产作业组织需求,采用宽带无线通信系统智能客站大数据传输,并通过宽窄带融合技术实现两者之间的互联互通。

参考文献:

[1] 盛晖. 中国第四代铁路客站设计探索[J]. 城市建筑, 2017(31): 22-25.  
SHENG Hui. An Exploration of the Design of the Fourth Generation Railway Passenger Station in China[J]. Urbanism and Architecture, 2017(31): 22-25.  
[2] 何华武, 朱亮, 李平, 等. 智能高铁体系框架研究[J]. 中国铁路, 2019(3): 1-8.  
HE Huawu, ZHU Liang, LI Ping, et al. Study on the System Framework of Intelligent High Speed Railway[J]. China Railway, 2019(3): 1-8.  
[3] 叶年发, 杨岗, 严谨, 等. 浅析铁路智能旅客车站系统的现状和发展[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(2): 40-45.  
YE Nianfa, YANG Gang, YAN Jin, et al. Analysis of Current Situation and Development of Intelligent System for Railway Passenger Station[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 40-45.  
[4] 谢联莲, 虞凯, 苏恺, 等. DMR 通信系统紧急插话方法研究[J]. 铁道通信信号, 2020, 56(6): 57-60.  
XIE Lianlian, YU Kai, SU Kai, et al. Research on Emergency Interposing Method of DMR Communication System[J]. Railway Signalling & Communication, 2020, 56(6): 57-60.

(下转第 46 页)

[3] 郭福安. 国外高速铁路的道岔设计[J]. 中国铁路, 2006(2): 48-50.  
GUO Fu'an. Turnout Design of High-speed Railway Overseas[J]. Chinese Railways, 2006(2): 48-50.

[4] 沈长耀. 我国铁路道岔整体技术发展的新阶段[J]. 铁道工程学报, 2005, 22(1): 51-60.  
SHEN Changyao. New Development Stage of Overall Points Technology of Chinese Railway[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2005, 22(1): 51-60.

[5] 翟婉明. 车辆-轨道耦合动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2015.  
ZHAI Wanming. Vehicle-Track Coupled Dynamics[M]. Beijing: Science Publishing House, 2015.

[6] 陈小平, 王平, 陈嵘, 等. 高速车辆与道岔空间耦合振动特性[J]. 西南交通大学学报, 2008, 43(4): 453-458.  
CHEN Xiaoping, WANG Ping, CHEN Rong, et al. Spatial Coupling Vibration Properties of High-speed Vehicle-Turnout[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2008, 43(4): 453-458.

[7] 王平, 陈嵘, 陈小平. 高速铁路道岔设计关键技术[J]. 西南交通大学学报, 2010, 45(1): 28-33.  
WANG Ping, CHEN Rong, CHEN Xiaoping. Key Technologies in High-speed Railway Turnout Design[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2010, 45(1): 28-33.

[8] 王平, 刘学毅, 陈嵘. 我国高速铁路道岔技术的研究进展[J]. 高速铁路技术, 2010, 1(2): 6-13.  
WANG Ping, LIU Xueyi, CHEN Rong. Progress of Turnout Technology for China's High Speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2010, 1(2): 6-13.

[9] 王平, 陈嵘, 陈小平. 高速铁路道岔设计关键技术及工程应用[C]//高速铁路、线路工程设计理论、施工及养护技术国际学术会议. 2009.  
WANG Ping, CHEN Rong, CHEN Xiaoping. Key Technologies of HSR Turnout Design and Their Application[C]//International Conference on HSR, Route Design Theory, and Construction and Maintenance Technologies. 2009.

[10] 陈小平, 王平. 时速350 km客运专线无砟道岔的合理轨道刚度研究[J]. 铁道标准设计, 2010, 54(3): 1-3.  
CHEN Xiaoping, WANG Ping. Study on Reasonable Track Stiffness of Ballastless Turnout on 350 km/h Passenger Dedicated Line[J]. Railway Standard Design, 2010, 54(3): 1-3.

[11] 王树国, 顾培雄. 客运专线道岔技术研究[J]. 中国铁路, 2007(8): 21-24.  
WANG Shuguo, GU Peixiong. Study on Turnout Technologies of Passenger Dedicated Line[J]. Chinese Railways, 2007(8): 21-24.

[12] 王树国, 司道林, 王猛, 等. 高速铁路道岔尖轨降低值对行车平稳性影响机理研究[J]. 中国铁道科学, 2014, 35(3): 28-33.  
WANG Shuguo, SI Daolin, WANG Meng, et al. Influence of Value Reduced for Switch Rail of High Speed Railway on Riding Quality[J]. China Railway Science, 2014, 35(3): 28-33.

[13] 全顺喜. 几何不平顺对道岔区轮轨接触几何关系的影响[J]. 铁道标准设计, 2013, 57(3): 17-22.  
QUAN Shunxi. Influence on Geometrical Relationship between Wheel-Rail Contacting Caused by Geometrical Irregularity in Turnout Zone[J]. Railway Standard Design, 2013, 57(3): 17-22.

[14] 陈小平. 高速道岔轨道刚度理论及应用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.  
CHEN Xiaoping. Study on Theory and Application of Track Stiffness in High-speed Turnouts[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2008.

[15] 傅一帆, 罗雁云. 道岔轨下刚度不均匀对轮轨系统动力特性的影响分析[J]. 铁道建筑, 2011, 51(4): 139-141.  
FU Yifan, LUO Yanyun. Influence Analysis of Uneven Stiffness Under Turnout rail on Dynamic Characteristics of a Wheel-rail System[J]. Railway Engineering, 2011, 51(4): 139-141.

(上接第23页)

[5] 韦道准, 虞凯. 铁路大型客站客服数字无线通信系统[J]. 通信与信息技术, 2015(1): 90-93.  
WEI Daozhun, YU Kai. Digital Wireless Communication System for Passenger Service of Large Railway Station[J]. Communication & Information Technology, 2015(1): 90-93.

[6] 蒋肖锋. 基于Wi-Fi技术的铁路站场无线接入平台建设[J]. 铁路通信信号工程技术, 2016, 13(1): 26-29.  
JIANG Xiaofeng. Wireless Access Platform Construction Based on Wi-Fi Technology in Railway Station and Yard[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2016, 13(1): 26-29.

[7] 金浩. LTE宽带集群在铁路智慧站场的应用[J]. 中国铁路, 2018(5): 84-89.  
JIN Hao. Application of LTE Broadband Cluster in Smart Railway Station and Yard[J]. China Railway, 2018(5): 84-89.

[8] 陈维明, 蒋肖锋, 陈云飞, 等. 基于TD-LTE的铁路客站移动信息化接入平台和应用系统[J]. 中国铁路, 2019(8): 87-91.  
CHEN Weiming, JIANG Xiaofeng, CHEN Yunfei, et al. Access Platform and Application System for Mobile Digitalization in Railway Passenger Station Based on TD-LTE[J]. China Railway, 2019(8): 87-91.