

文章编号: 1674—8247(2020)04—0033—03
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.04.007

中国高速铁路无砟轨道的发展及应用

王继军¹ 姚 力² 王 梦¹

(1. 中国铁道科学研究院集团有限公司, 北京 100081; 2. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:自 20 世纪 60 年代开始,我国开始在普速铁路隧道地段开展支承块式等多种形式无砟轨道的试验及应用;20 世纪 90 年代,开始进行高速铁路无砟轨道的研究,经过秦沈、遂渝等无砟轨道试验段铺设及试验,形成了时速 200 km 级无砟轨道建造成套技术;21 世纪初,通过引进消化吸收再创新,形成了 CRTS I 型板式、CRTS II 型板式和双块式无砟轨道,并自主研发了 CRTS III 型板式无砟轨道,在我国高速铁路建设中广泛应用,运营里程已超过 2.1 万 km。目前,我国正在积极推进智能建造、全生命周期管理等技术在无砟轨道中的应用。随着技术研究和工程应用的不断深入,我国无砟轨道技术必将得到进一步的发展和完善。

关键词:无砟轨道;高速铁路;CRTS III 型板式;双块式

中图分类号:U213.2⁺44 **文献标志码:**A

Development and Application of Ballastless Track of High-speed Railway in China

WANG Jijun¹ YAO Li² WANG Meng¹

(1. China Academy of Railway Sciences Group Co., Ltd., Beijing 100081, China;
2. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: From the 1960s, China began to carry out the experiment and application of various forms of ballastless track, such as supporting block type, in the tunnel section of conventional railway. In the 1990 s, it began to conduct research on ballastless track of high-speed railway. After the laying and testing of ballastless track pilot sections in Qinhuangdao-Shenyang and Suining-Chongqing High-speed Railways, a complete set of technologies for ballastless track construction with a speed of 200 km/h was formed. At the beginning of the 21st century, through the introduction, digestion, absorption and innovation, the CRTS I slab, CRTS II slab and double-block ballastless track were formed, and the CRTS III slab ballastless track was independently developed, which is widely used in the construction of high-speed railway in China, the operating mileage has exceeded 21 000 kilometers. At present, China is actively promoting the application of intelligent construction, full life cycle management and other technologies in ballastless track. With the development of technology research and engineering application, China's ballastless track technology will be further developed and improved.

Key words: ballastless track; high speed railway; CRTS III slab; double-block type

我国高速铁路经过 10 余年的快速发展,即将形成以北京—上海、上海—昆明等线路为代表的“八纵八横”高速铁路网,实现全国相邻大中城市间 1~4 h 交

通圈,城市群内 0.5~2 h 交通圈。截至 2019 年底,铁路营业里程达到 13.9 万 km 以上,其中高速铁路里程已达到 3.5 万 km。

收稿日期:2020-04-14

作者简介:王继军(1971-),男,研究员。

引文格式:王继军,姚力,王梦. 中国高速铁路无砟轨道的发展及应用[J]. 高速铁路技术,2020,11(4): 33-35.

WANG Jijun, YAO Li, WANG Meng. Development and Application of Ballastless Track of High-speed Railway in China[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 33-35.

无砟轨道采用混凝土、沥青混合料等整体基础取代散粒体碎石道床,具有高稳定性、高耐久性、少维修等突出优点,在世界各国铁路尤其是高速铁路中得到了广泛应用。我国铁路在综合交通运输体系中处于骨干地位,为保证路网的稳定运营,对无砟轨道技术开展了长期研究和试验,并进行了大量工程应用。

1 普速铁路无砟轨道早期实践

为减少线路维修工作量,延长轨道结构及部件的使用寿命,我国从20世纪50年代起就开始进行无砟轨道的研究和设计,初期曾尝试采用了支承块式、短木枕式、整体灌注式等结构形式,并对支承块式无砟轨道^[1-2]进行了推广应用。此外,还进行了纵向轨枕埋入式无砟轨道、沥青混凝土铺装宽枕无砟轨道、沥青灌注固化道床、板式无砟轨道及桥上无砟无枕结构等的研究和试验^[3-4]。

30多年间,我国在普速铁路无砟轨道的结构设计、施工工艺、下部基础的技术要求以及基础下沉引起伤损的整治等方面积累了丰富的宝贵经验,为后续高速铁路无砟轨道新技术的研究与发展奠定了基础。

2 高速铁路无砟轨道研究与试验

20世纪90年代,随着京沪高速铁路可行性研究的深入,高速铁路无砟轨道研发被提上日程^[5],在大量试验研究基础上,初步提出了弹性支承块式、长枕埋入式和板式3种无砟轨道型式^[6],并提出了高速铁路在刚性基础上铺设无砟轨道的选型原则、设计荷载、轨道刚度、几何参数和配套扣件系统。

1999年,我国在西康铁路秦岭隧道铺设了弹性支承块式无砟轨道试验段,在秦沈客运专线沙河特大桥铺设了长枕埋入式无砟轨道试验段,在秦沈客运专线狗河特大桥和双河特大桥铺设了板式无砟轨道试验段。并由自主研发的“中华之星”动车组创造了321.5 km/h的试验速度。

为进一步完善新型无砟轨道技术,2003年,我国在渝怀铁路鱼嘴2号隧道铺设了长枕埋入式无砟轨道,在赣龙铁路枫树排隧道铺设了板式无砟轨道^[7]。至此,我国在桥梁和隧道地段已完成高速铁路无砟轨道的试铺及试验。

2004年,我国在设计速度200 km/h的遂渝铁路铺设了13.2 km的无砟轨道综合试验段^[8],第一次成区段铺设了双块式无砟轨道、单元板式无砟轨道(含预应力混凝土平板、预应力混凝土框架板、普通混凝土框架板)、纵连板式无砟轨道以及岔区长枕埋入式无砟轨道,实现了无砟轨道在路基、桥梁、隧道和道岔区的成段铺设。采用无砟轨道绝缘化处理技术解决了无

砟轨道与ZPW-2000轨道电路的适应性问题,研制了无砟轨道配套WJ-8型有挡肩和WJ-7型无挡肩扣件系统,研制了12号、18号无砟道岔系统,研发了无砟轨道制造、施工配套装备,为客运专线大规模、成区段铺设无砟轨道提供了有力技术支撑。至此,我国形成了时速200 km级无砟轨道设计、制造、施工的成套技术。

3 高速铁路无砟轨道规模应用及自主创新

3.1 引进技术国产化

2004年,国务院批复了《中长期铁路规划网》,为高速铁路建设创造了空前有利的条件。为满足“四纵四横”主通道的建设需求,我国引进了无砟轨道技术。

2006年,我国启动了客运专线无砟轨道技术再创新工程^[9],在前期近50年的研究实践基础上,结合引进技术,系统开展了高速铁路无砟轨道结构设计方案、设计理论和方法、工程材料、轨道结构及接口设计技术、制造施工装备及工艺、养护维修技术等研究,建立了温暖地区武广高速铁路武汉综合试验段和严寒地区滨绥铁路成高子无砟轨道试验段。结合我国气候环境条件,形成了CRTS I型、CRTS II型板式和双块式无砟轨道建造成套技术,进一步丰富了我国无砟轨道技术体系,为高速铁路无砟轨道大规模建设奠定了基础。

截至2019年底,CRTS I型、CRTS II型板式和双块式无砟轨道的运营里程分别达到2 320 km、4 350 km和11 647 km,有力支撑了我国高速铁路建设,并为自主研发新型无砟轨道提供了宝贵的经验。

3.2 自主研发无砟轨道技术

受气候及地质条件差异等的影响,引进技术的无砟轨道出现了高温上拱、低温断裂、结构层离缝失效、大跨梁端限位结构破损等问题,在环境适应性、结构耐久性和可维修性等方面存在不足。为全面解决上述问题,2009年以来,我国先后结合成灌、盘营等铁路建设,开展了新型无砟轨道结构的研发^[10],系统开展了设计理论及关键参数、轨道结构及其与下部基础接口设计技术、自密实混凝土等工程材料、轨道板制造技术、轨道结构施工关键技术、室内外试验、运营线路长期监测和养护维修技术等的研究,形成了CRTS III型板式无砟轨道设计、制造、施工、养修等成套技术,使我国一举成为高速铁路无砟轨道系统原创国。

CRTS III型板式无砟轨道系统由钢轨、扣件、预制轨道板、自密实混凝土层、隔离层及设置限位凹槽的钢筋混凝土底座等部分组成,如图1所示。

轨道板顶面设混凝土挡肩,配套采用有挡肩扣件系统,底面预留连接钢筋;轨道板下灌注自密实混凝土,并与轨道板形成复合结构;底座设置限位凹槽,与

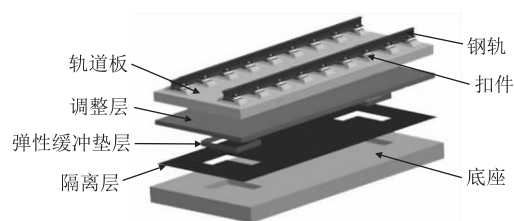


图1 CRTSⅢ型板式无砟轨道结构示意图

灌注自密实混凝土形成的凸台构成限位结构;复合结构与底座之间设置隔离层,底座限位凹槽四侧面设置弹性缓冲垫层。主要技术特点如下:

(1) 采用单元式复合轨道板结构,并与设置凹槽的底座形成凹凸限位结构,受力体系合理,结构稳定可靠。

(2) 复合轨道板和底座均分段设置,可适应温暖、寒冷、严寒等不同气候条件,环境适应性强。

(3) 采用自密实混凝土作为充填材料,无砟道床主体均为钢筋混凝土结构,结构耐久性好。

(4) 复合轨道板与底座之间设置隔离层,限位凹槽周边设置弹性缓冲垫层,可协调层间变形差异,缓和层间冲击,并可提供特殊条件下的可修复性。

截至2019年底,CRTSⅢ型板式无砟轨道已应用于京沈、京雄、郑徐、商合杭、昌赣等高速铁路,开通运营里程超过3200 km,并以此为平台创造了动车组420 km/h 交会及重联运营试验速度两项世界纪录。多条线路运营实践表明,CRTSⅢ型板式无砟轨道结构稳定可靠,养护维修工作量明显少于其他无砟轨道。

3.3 大跨度桥梁无砟轨道技术

目前,我国已在高速铁路主跨110 m 简支钢桁梁桥、140 m 钢箱系杆拱桥、200 m 刚构连续梁桥、228 m 连续梁拱桥、324 m 钢箱桁梁斜拉桥等不同类型大跨度桥梁上铺设了无砟轨道,研发了大跨度桥上无砟轨道铺设精度控制技术,并针对性制定了静态验收和养护维修标准^[11]。

4 结束语

经过60余年的科学研究和工程实践,我国已积累了严寒、寒冷、大风、沙漠、冻土、湿陷性黄土、大跨度桥梁等不同气候和下部基础条件下铺设无砟轨道的丰富经验,形成了适用于不同运营条件的无砟轨道成套技术,构建了涵盖勘察、设计、工程材料、制造、施工、验收、维护等的较为完善的技术标准体系,在高速铁路建设中累计应用超过2.1万 km,有力支撑了我国高速铁路网的建设。同时,随着“一带一路”倡议和“高铁走出去”战略的实施,我国无砟轨道技术已走出国门,应用于印度尼西亚雅加达至万隆高速铁路、莫斯科至喀

山高速铁路等国际工程。目前,我国正在积极推进智能建造、全生命周期管理等技术在无砟轨道中的应用。随着技术研究和工程应用的不断深入,我国无砟轨道技术必将得到进一步的发展和完善。

参考文献:

- [1] 何华武. 我国客运专线应大力发展无砟轨道[J]. 中国铁路, 2005(1): 11-15.
HE Huawu. Ballastless Track Shall Be Developed in Great Efforts on Chinese Passenger Dedicated Lines [J]. China Railway, 2005(1): 11-15.
- [2] 姚明初, 邵力新. 铁路新型轨下基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1986.
YAO Mingchu, SHAO Lixin. New Type Underrail Foundation for Railway [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1986.
- [3] 曾宗根. 客运专线铁路无砟轨道工程技术(上)[J]. 铁道建筑技术, 2005(3): 1-9.
ZENG Zonggen. Ballastless Track Technology for Passenger Dedicated Railway [J]. Railway Construction Technology, 2005(3): 1-9.
- [4] 王其昌. 皖赣线溶口隧道轨道板轨道结构受力分析[J]. 铁道标准设计通讯, 1984(12): 15-24.
WANG Qichang. Analysis on the Stress of Track Plate and Track Structure in Anhui-Jiangxi Line Tunnel [J]. Railway Standard Design Communications, 1984(12): 15-24.
- [5] 傅志寰. 我国高铁发展历程与相关思考[J]. 中国铁路, 2017(8): 1-4.
FU Zhihuan. Development course of China's High-speed Railway and Related Thoughts [J]. China Railway, 2017(8): 1-4.
- [6] 江成, 林之珉. 高速铁路无砟轨道结构的试验研究[J]. 中国铁路, 2000(7): 22-24.
JIANG Cheng, LIN Zhimin. Experimental Study on Ballastless Track Structure of High Speed Railway [J]. China Railway, 2000(7): 22-24.
- [7] 江成, 范佳, 王继军. 高速铁路无砟轨道设计关键技术[J]. 中国铁道科学, 2004, 25(2): 42-47.
JIANG Cheng, FAN Jia, WANG Jijun. Key Techniques of Ballastless Track Design on High-speed Railway [J]. China Railway Science, 2004, 25(2): 42-47.
- [8] 吴克俭, 辛学忠. 遂渝铁路无砟轨道工程技术创新研究与实践[J]. 中国铁路, 2007(3): 9-15.
WU Kejian, XIN Xuezhong. Innovative Study and Practice on the Engineering Technologies of Ballastless Track on Suining-Chongqing Railway [J]. China Railway, 2007(3): 9-15.
- [9] 吴克俭. 无砟轨道技术再创新研究与实践[J]. 铁道工程学报, 2010, 27(6): 55-60.
WU Kejian. Research on the Recreation and Practice of Ballastless Track Technology [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(6): 55-60.
- [10] 王继军, 王梦, 刘伟斌, 等. CRTSⅢ型板式无砟轨道系统技术[J]. 中国铁路, 2017(8): 11-15.
WANG Jijun, WANG Meng, LIU Weibin, et al. Technology of CRTSⅢ Ballastless Track System [J]. China Railway, 2017(8): 11-15.
- [11] 陈良江, 周勇政. 我国高速铁路桥梁技术的发展与实践[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(2): 27-32.
CHEN Liangjiang, ZHOU Yongzheng. Development and Practice of High-speed Railway Bridge Technology in China [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 27-32.