轨道交通结构服役性能演变与安全控制

王开云

西南交通大学牵引动力国家重点实验室, 成都 610031

E-mail: kywang@swjtu.edu.cn

Service performance evolution and safety control of rail transportation structure

Kaiyun Wang

State Key Laboratory of Traction Power, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

E-mail: kywang@swjtu.edu.cn

doi: 10.1360/TB-2019-0429

王开云

西南交通大学博士生导师, 研究员, 牵引动力国家重点实验室主任, 国家杰出青年科学基金、中国青年科技奖获得者, 国家“万人计划”领军人才, 《科学通报》编委. 研究方向为重载铁路工程动力学理论与运营安全技术、现代轨道交通列车与线路动态相互作用、高速铁路基础结构服役性能演变. 主持获得了四川省科技进步一等奖 1 项, 作为主要完成人获得了国家科技进步一等奖(排名第 3)和二等奖(排名第 9)各 1 项.

轨道交通是国家重要基础设施和交通运输的大动脉, 对推动社会经济发展起到了至关重要的作用. 世界各国高度重视轨道交通的发展, 进入 21 世纪以来, 我国高速铁路、重载铁路、城市轨道交通发展迅猛, 取得了辉煌的成就. 截至 2018 年底, 中国高速铁路运营里程已达 29000 km, 占全世界高速铁路总里程的 2/3 左右, 成为世界上高铁里程最长、运输密度最高、成网运营场景最复杂的国家. 我国重载铁路发展也十分迅速, 已拥有大秦、朔黄两条运煤专线的重载铁路, 近年来在两条线路上分别试验开行了 3 万吨级重载列车和 30 吨轴重重载列车. 城市轨道交通方面, 我国已经进入了急速、全面发展的新时期, 截至 2018 年底, 中国内地有 35 个城市建成并投入运营城市轨道交通, 累计线路长度超过 5700 km.

然而, 随着轨道交通向高速化和重载化快速发展, 移动装备与固定设施的结构部件性能劣化现象时有发生, 主要包括车轮不圆、钢轨异常磨耗、机车车体横向错位、基础结构变形等, 带来的工程动力学问题也越来越突出, 这使轨道交通发展面临严峻挑战^[1-5]. 例如, 车轮不圆和钢轨异常磨耗等问题长期困扰着轨道交通运营部门, 无论是在高速铁路、重载铁路还是城市地铁均大量存在, 然而, 其产生机理至今尚未完全揭示清楚, 属于铁路领域面临的世界性难题. 车轮不圆的主要表现形式有扁疤、剥离、踏面突起以及车轮多边形等, 其中车轮多边形问题尤为严峻. 钢轨异常磨耗的主要表现形式有波浪形磨耗(简称波磨)、侧磨、剥离与掉块等, 钢轨波磨问题尤为突出. 车轮不圆与钢轨异常磨耗将引起轮轨之间附加动荷载, 甚至造成剧烈的轮轨冲击. 这些动荷载或冲击将从轮轨接触界面向上传递至车辆系统、向下传递至轨道结构, 引起剧烈的车辆、轨道结构振动, 加速轴箱、齿轮箱、轴承、电机、钢轨及扣件等关键零部件的疲劳失效, 大大缩短车辆和轨道结构的服役寿命, 严重时还会造成车辆脱轨等重大安全事故. 此外, 还将引起强烈的轮轨噪声, 对周边居民的正常生活产生不容忽视的影响.

虽然轨道交通取得了长足发展和辉煌成就,且针对轨道交通结构服役性能变化导致的振动与动力学问题,国内外开展了大量的研究工作,取得了诸多研究成果,但由于现代轨道交通具有结构复杂性、故障多样性、本质非线性和工况时变性等特点,研究基础和手段跟不上轨道交通快速发展的需求,致使轨道车辆运行过程中的服役安全问题依然很突出,是现代轨道交通发展面临的一大严峻挑战,迫切需要研究其中蕴含的关键科学问题以及采取合理的防控措施解决这些工程问题,提升轨道交通结构的服役安全性能.因此,本专题针对轨道交通中常见的工程动力学问题,采用理论分析、数值计算与现场试验等研究方法,探明其产生机理及影响规律,寻求相应的技术策略,对提高轨道交通服役安全,具有十分重要的研究价值和工程指导意义.

谨以本专题献给长期从事轨道交通轮轨系统动力学研究的专家和学者,衷心感谢各位专家在百忙之中为本专题撰稿,也衷心感谢审稿人及编辑人员,是他们的辛勤付出和大力支持使本专辑得以出版!

推荐阅读文献

- 1 Zhai W M, Zhao C F. Frontiers and challenges of sciences and technologies in modern railway engineering (in Chinese). J Southwest Jiaotong Univ, 2016, 51: 209–226 [翟婉明, 赵春发. 现代轨道交通工程科技前沿与挑战. 西南交通大学学报, 2016, 51: 209–226]
- 2 Grassie S L. Allowable impact loading and wheel irregularities. In: Proceedings of 8th International Rail Track Conference, Sydney, Australia. 1990. 5
- 3 Nielsen J C O, Johansson A. Out-of-round railway wheels-a literature survey. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F. J Rail Rapid Transit, 2000, 214: 79–91
- 4 Wang K Y, Liu P F, Zhai W M, et al. Wheel/rail dynamic interaction due to excitation of rail corrugation in high-speed railway. Sci China Tech Sci, 2015, 58: 226–235
- 5 Zhai W M. Vehicle-Track Coupled Dynamics (in Chinese). 4th ed. Beijing: Science Press, 2015 [翟婉明. 车辆-轨道耦合动力学. 第四版. 北京: 科学出版社, 2015]