

中国高速铁路噪声控制研究进展

刘兰华, 李志强, 周铁军, 伍向阳

中国铁道科学研究院集团有限公司节能环保劳卫研究所, 北京 100081

摘要 随着世界高速铁路向更高速度发展, 噪声已成为高速铁路运营面临的关键问题之一。总结了中国在高速铁路噪声控制领域开展的创新性工作与取得的成效, 分析了国外新一代动车组采取的减阻降噪优化设计方案, 结合中国 CR400 动车组更高速度等级时噪声源分布特征, 从车体轻量化、转向架包覆、车体表面平顺化及低阻力受电弓等方面提出 CR450 动车组噪声控制的重点优化方向, 并建议同步推进基础设施减振降噪产品的推广应用, 从“车-线-传播途径”等方面开展全方位系统性攻关, 明确中国更高速度等级高速铁路噪声防治的要求和发展方向。

关键词 高速铁路; 噪声控制; 轻量化; 低阻力

党的十八大以来, 中国铁路的发展取得了一系列历史性成就, “四纵四横”高铁主骨架全面建成, “八纵八横”高铁主通道加密成形, 截至 2023 年底, 中国高铁总运营里程已突破 4.5 万 km, 最高商业运营速度为 350 km/h, 2 项指标均稳居世界第 1, 总体技术水平处于世界先进行列, 成为引领世界铁路发展的重要力量。当前世界各高铁强国争相发展时速 400 km 的高速铁路, 为持续保持中国高铁领跑优势, 根据《中华人民共和国国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》和《“十四五”铁路科技创新规划》, 国家相关部门提出

组织实施“CR450 科技创新工程”。

随着高速铁路的快速发展, 受噪声影响的区域范围逐步扩大, 随之产生的噪声污染问题越来越引起重视。新修订的《中华人民共和国噪声污染防治法》(新《噪声法》)已于 2022 年 6 月 5 日起施行, 铁路噪声作为交通噪声的重要组成部分, 是噪声污染防治的重点关注方向之一。为贯彻落实新《噪声法》, 生态环境部会同中国国家铁路集团有限公司等 16 个部门联合印发了《“十四五”噪声污染防治行动计划》, 推动落实噪声污染防治责任, 进一步强化了机车车辆产品限值和铁路噪声源头防治的要求。

收稿日期: 2023-11-23; 修回日期: 2024-03-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(52378450); 国铁集团科研开发计划课题(J2023Z004); 中国铁道科学研究院集团有限公司节能环保劳卫研究所基金项目(2024HWZ02)

作者简介: 刘兰华, 研究员, 研究方向为铁路噪声振动控制, 电子信箱: zhypllh@126.com

引用格式: 刘兰华, 李志强, 周铁军, 等. 中国高速铁路噪声控制研究进展[J]. 科技导报, 2024, 42(20): 60-69;

doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2023.11.01655

1 国内外高铁噪声控制要求

国内外对于高速铁路噪声影响有不同的标准和评价指标,主要包括机车车辆的运行辐射噪声标准、铁路噪声排放标准和声环境质量标准等,其中,列车的运行辐射噪声是反映机车车辆噪声性能的重要指标,国际上一般采用国际标准化组织《声学 轨道机车车辆发射噪声测量》(《Acoustics—railway applications—measurement of noise emitted by rail-bound vehicles》(ISO 3095))中的方法进行测试,但不同国家采用的评价参数存在一定差异。欧洲部分国家,如奥地利、芬兰和意大利等,通常将列车运行辐射噪声最大值(L_{Amax})作为评价量,同时也将其作为铁路噪声排放的评价量^[1];德国、法国等主要欧盟国家和中国早期均采用距离外侧轨道中心 25 m、轨面以上 3.5 m 处的列车通过暴露声级(TEL)或等效连续 A 计权声压级(L_{Aeq}),2013 年 ISO 3095 修改为仅采用 L_{Aeq} ,中国基于此标准转化的 GB/T 5111—2024 也相应做出了一致性修改。日本新干线使用距离线路 25 m 的地面以上 1.2 m 高度处的列车通过最大声级作为评价量,并且考虑了传播途径上的噪声控制措施影响。

在机车车辆噪声限值方面,2002 年国际铁路联盟(UIC)颁布的《确保高速列车技术兼容性的措施》(UIC660—2002),提出了 300 km/h 高速列车的运行辐射噪声限值为 91 dB(A),欧盟 2008 年颁布

欧盟铁路互联互通技术规范(technical specification for interoperability, TSI)——《关于跨欧高速铁路系统铁路车辆子系统互联互通技术规范》,提出 250、300 和 320 km/h 动车组的运行辐射噪声限值分别为 87、91 和 92 dB(A),并考虑 ± 1 dB(A) 的容差。日本法律规定,新干线距离线路 25 m 的地面以上 1.2 m 处噪声最大值不超过 75 dB(A)。

中国现行机车车辆的运行辐射噪声限值标准遵循《铁道机车辐射噪声限值》(GB/T 13669—1992),规定电力机车车外运行辐射噪声不超过 92 dB(A),由于其制定时间较早,无法用于评价动车组噪声水平。2010 年,原铁道部根据中国早期部分高速铁路噪声测试结果印发《铁路建设项目环境影响评价噪声振动源强取值和治理原则指导意见(2010 年)修订稿》(铁计〔2010〕44 号),用于指导开展铁路建设项目环境影响评价。2014 年,结合中国高速铁路发展水平,原中国铁路总公司发布《CRH 系列动车组噪声等评价指标暂行规定》(铁总科技〔2014〕210 号)和《时速 350 公里中国标准动车组暂行技术条件》(〔铁总科技〕),之后根据中国标准动车组的方案设计发布《时速 350 公里中国标准动车组暂行技术条件(修订内容)》(铁总科技〔2014〕291 号)。与欧盟采用的统一速度级单一的限值不同,中国提出“优级”和“良级”不同的评价限值要求。欧盟及中国动车组的运行辐射噪声限值对比统计见表 1。

表 1 国内外列车车辆噪声限值比较

速度/(km/h)	TSI 标准	UIC660	铁总科技〔2014〕210 号		铁总科技〔2014〕291 号	
	限值/dB(A)	限值/dB(A)	优级/dB(A)	良级/dB(A)	优级/dB(A)	良级/dB(A)
200	—	—	87	90	—	—
250	—	87	87	90	—	—
300	91	91	91	94	91	94
320	—	92	—	—	—	—
350	—	—	94	97	94	97

中国铁路噪声排放标准为《铁路边界噪声限值及其测量方法》(GB 12525—1990)及其修改方案,与国外更加重视噪声源的噪声排放限值规定有所不同,该标准与中国《声环境质量标准》(GB3096—

2008)相适应,以纯铁路贡献噪声的昼、夜间等效声级作为评价量,突出铁路运营不同时段内对环境噪声的贡献特征,与列车车型、长度或编组方式、速度、昼夜间车流量、线路形式及线外环境等均密切

相关。此外,该标准规定铁路排放噪声测点位于距离外侧轨道中心线 30 m 的地上 1.2 m 处,因此,线路高度也是重要的影响条件。2008 年,为解决与中国 4b 类声环境功能区噪声限值的矛盾,原环境保护部对铁路排放噪声标准限值进行了修订,对于 2010 年 12 月 31 日前已建成运营的铁路或环境影响评价文件已通过审批的铁路建设项目,铁路边界噪声执行昼间 70 dB(A)、夜间 70 dB(A) 的限值要求,对于之后新建及改、扩建铁路,铁路边界噪声执行昼间 70 dB(A)、夜间 60 dB(A) 的限值要求。

根据高速铁路噪声源发声机理及不同速度级车外辐射噪声随速度变化规律可知,速度 300 km/h 以下时,以轮轨作用噪声为主,噪声随速度 v 近似呈 $20\sim 30 \lg(v)$ 增大,在 300 km/h 以上时,气动噪声影响逐渐成为主导,噪声随速度 v 近似呈 $40 \lg(v)$ 增大^[2]。因此,相同车流量条件下,随列车运行速度提高,铁路边界噪声将显著增大。利用中国高速铁路联调联试、综合试验及服役期噪声监测结果,结合单列车通过暴露声级和不同车流量条件下的噪声预测可知,当车流密度和列车运营速度达到一定值后,铁路边界噪声可能出现超标风险^[3],因此,迫切需要研发更低噪声的动车组和新型的降噪技术。

2 中国高速铁路噪声控制技术研究进展

根据国内外高速铁路噪声源发声机理及特性研究成果,车外噪声受到轮轨关系、弓网关系及流固关系的共同影响,具有分布范围大、频率范围宽、受速度影响显著、不同机理噪声源相互耦合等复杂特征,噪声控制面临巨大挑战,需要从动车组和基础设施 2 个方面同时开展行之有效的噪声控制技术研究。系统总结近年来中国高速铁路噪声控制技术研究进展,并结合 CR400 动车组及有关基础设施减振降噪措施的试验研究成果,介绍中国在高速铁路噪声控制方面取得的成效。

2.1 动车组减振降噪技术研究

CR400 动车组作为中国自主研发、具有完全自主知识产权的新一代高速列车,从顶层设计之初即

对其声品质提出了更为严苛的要求,并结合轮轨噪声、气动噪声 2 大主要噪声源机理,开展了系统的噪声控制技术研究。

2.1.1 轮轨噪声

CR400 动车组采取全新的转向架构造、悬挂连接与牵引方式,通过减小转向架簧下质量,优化转向架与车体之间的悬挂参数,实现整车的轻量化设计;采用 920 mm 大轮径及磨耗型踏面,优化轮轨匹配关系,使列车运行更为平稳。通过有效降低轮轨动力作用,达到降低轮轨振动噪声的目的。由于动车组车轮具有较大的辐射面,其振动噪声对车体下部区域噪声贡献较大,为降低车轮噪声,中国研发了约束阻尼车轮(图 1),经 1:1 高速轮轨关系试验台测试,与无约束的裸车轮相比,车轮噪声可降低约 3 dB(A)^[4],目前该低噪声车轮已大量应用于 CR400 动车组。

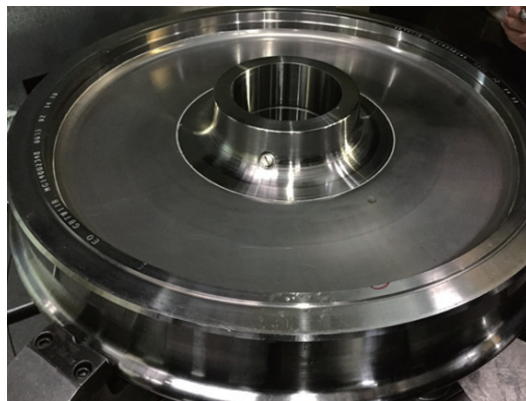


图 1 国产约束阻尼车轮

2.1.2 气动噪声

根据图 2 动车组气动噪声源仿真计算结果,气动噪声源主要分布于车头、转向架、车厢连接处、受电弓等车体结构不平顺区域,CR400 动车组重点从流线型头型、平顺化车身及低阻力受电弓开展气动优化设计。

1) 头型优化。与 CRH380 系列动车组相比,CR400 动车组车体高度相对提高,为有效降低车体截面增大引起的阻力和气动噪声增大问题,CR400 动车组重点针对头车外形开展了导流设计,通过优化头车细长比、车头前端与水平面夹角等参数,开

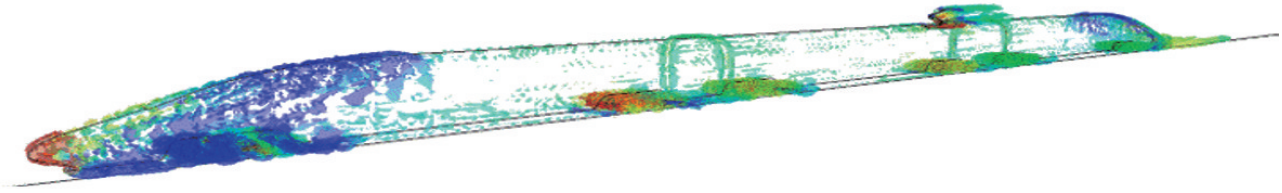


图2 气动噪声源分布仿真示意

展不同头型结构下的流阻和气动噪声仿真分析,最终形成气动阻力降低约10%、气动噪声有效减小的流线型车头。

2) 车身优化。车身气动外形优化重点在于提高车体表面的平顺性、减少凹凸结构,采取的措施包括利用半封闭式风挡优化车厢间连接方式,针对车门、车窗、空调排风口、天线等进行平顺化处理,优化排障器及转向架舱体外形,很大程度上避免了结构突变引起的气动噪声影响。

3) 受电弓优化。受电弓位于车体顶部,传统的声屏障措施难以对其形成有效遮蔽,因此,CR400动车组受电弓必须从源头采取降噪措施。一方面,通过减少受电弓杆件数量,并对弓头、弓臂、支座进行流线型设计,降低气动激扰;另一方面,设计下沉式弓盆,受电弓底座落入弓盆内,既可以减小底座的气动噪声,又可借助弓盆外形对噪声源形成遮挡。根据图3对有无弓盆的受电弓区域气动噪声仿真结果,在距离外轨中心线25 m的轨上3.5 m处,优化后的受电弓气动噪声贡献量可降低约3 dB(A),其中600 Hz以上高频成分降低显著。

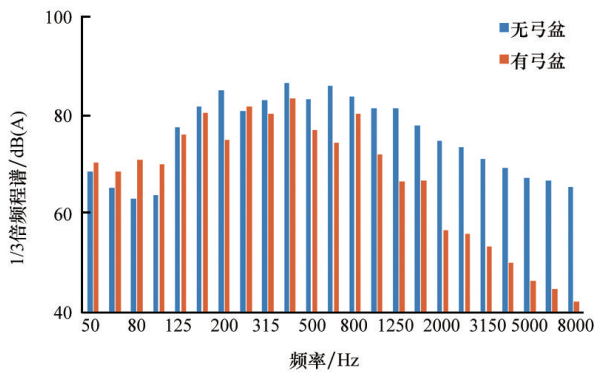


图3 优化前后受电弓气动噪声频谱变化

为验证CR400动车组噪声控制措施总体效果,开展不同车型的噪声对比试验研究,图4的对比结果表明,相同速度级下CR400动车组较同平台的CRH380系列动车组噪声进一步降低1~2 dB(A)^[9]。根据图5中与相同速度级下欧洲国家动车组运行辐射噪声的对比可知,CR400动车组的运行辐射噪声与国外动车组相当或更低,考虑到欧洲国家以有砟轨道为主,而CR400的测试线路条件为无砟轨道,预计在相同有砟线路条件下CR400动车组的运行辐射噪声将更低,已经达到了世界先进水平。

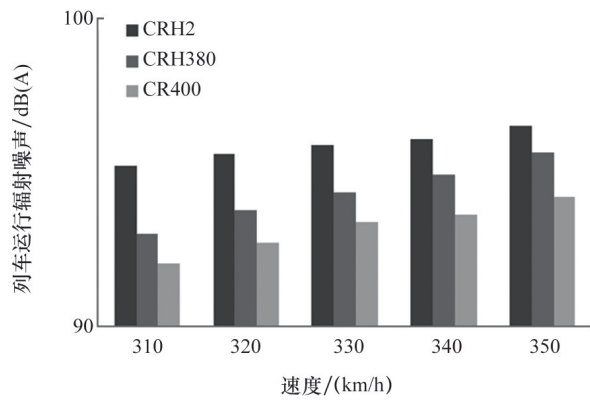


图4 中国不同类型动车组列车噪声对比

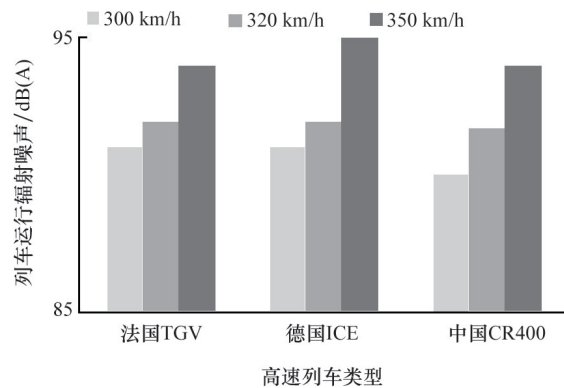


图5 国内外典型高速列车噪声对比

2.2 基础设施减振降噪技术研究

2.2.1 声屏障

声屏障是从传播途径降低列车运行噪声对环境影响的最常见措施,2015年以来,从提升声屏障声学性能和力学性能角度,国内研发多款新型声屏障,包括减载式声屏障、阻尼式声屏障、超高强混凝土-微孔陶粒复合声屏障、混凝土中空式声屏障等。

减载式声屏障目的是减小声屏障受到的载荷。声屏障安装于线路两侧,在列车高速通过气动荷载的长期作用下将出现疲劳劣化,甚至晃动等问题,图6的减载式声屏障通过将单元板设计为倒V形结构,在单元板之间预留气流通道,达到削弱列车脉动风压对声屏障作用力的效果,试验结果表明,减载式声屏障的立柱应力减载率可达到30%以上^[6]。



图6 减载式声屏障

阻尼式声屏障是一种利用阻尼结构削弱列车脉动风压荷载传递的新型声屏障,其安装示意图见图7。阻尼式声屏障单元板不同于传统的折板扣合式结构,采用的是板梁扣合式结构。梁体框架由

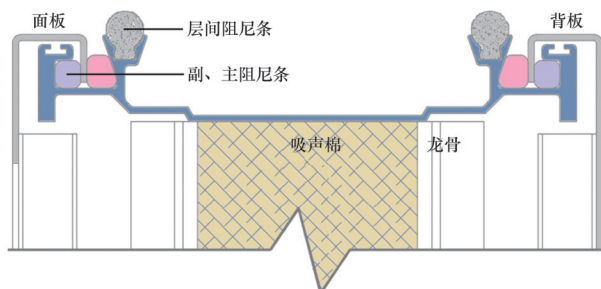


图7 阻尼式声屏障安装示意

专门设计的铝型材搭建而成,是单元板主要承力结构,可显著提高单元板抗压和抗弯能力。面板和背板利用减载阻尼材料嵌插固定于主梁相应孔隙内,利用阻尼材料削弱脉动风压对单元板的冲击尖峰,降低单元板动态响应。此外,在声屏障单元板之间设置层间阻尼、单元板与基础之间设置解耦阻尼、单元板与立柱之间设置安装阻尼,有效减小了列车通过脉动风压对立柱的冲击,试验结果表明,其立柱动应力约为普通金属插板式声屏障的1/4~1/3。

超高强混凝土-微孔陶粒复合声屏障属于一种新型的非金属声屏障(图8),其特点是所采用的微孔陶粒吸声材料直接裸露于声屏障内表面,采用三维网状孔结构且表面设计为W形尖劈,可提高材料的吸声效果,无需额外使用易折损的纤维类吸声材料,具有更好的耐候性。试验结果表明,该声屏障在800 Hz以上中高频段具有较好的降噪性能。

由于受多孔类吸声结构及陶粒材料吸声机理的制约,微孔陶粒的低频段吸声系数相对较小,为实现宽频的降噪效果,基于空腔结构低频共振原理提出了一种混凝土中空式声屏障,可以有效提升250 Hz及以下频段的吸声系数,经实验室混响室法声学性能检测,优化后的中空式混凝土声屏障的降噪系数(NRC)可提高到0.75,计权隔声量达到36 dB^[6]。



图8 超高强混凝土-微孔陶粒声屏障

除了对声屏障本身的声学 and 力学性能优化设计外,在声屏障顶端安装附加降噪器是提升声屏障

噪声控制效果的另一项重要措施(图9)。声屏障顶端降噪器通常采用干涉或吸声等消声原理,通过在声屏障顶端形成声学“软边界”条件,降低经由声屏障顶部的绕射声。试验结果表明,声屏障顶端降噪器附加高度小于一块声屏障单元板,但附加降噪效果可达到2 dB(A)。



图9 声屏障顶端降噪器

高铁线路难免会经过城市建成区或对声环境要求较高的自然保护区等,传统的直立式声屏障效果有限,对城市高层建筑难以形成有效的保护,因此,部分高速铁路在重点噪声控制区段选择安装封闭式声屏障(图10),如深茂铁路“小鸟天堂”段、京雄高铁固霸特大桥段等。封闭式声屏障降噪效果最高可达到20 dB(A)^[7],有效实现了高铁“静音”。需要说明的是,为满足消防安全要求,全封闭式声屏



图10 封闭式声屏障

障需设置排烟口,开放的排烟口处的声泄漏将降低相应区段的降噪效果。尽管封闭式声屏障具有相对优异的降噪性能,但由于其面临更为突出的气动效应,建设成本和维护难度相对更大,仍有诸多技术问题需要攻克,因此,多应用于低速或限速区段。

2.2.2 轨道吸声板

由于轮轨噪声源距离轨道板较近,在无砟轨道线路轨道板的声反射是导致列车运行辐射噪声较高的重要因素之一。相关学者对一种天然页岩陶粒和高强水泥制作的无砟轨道吸声板进行了现场试验,试验速度为250~300 km/h时,距离外侧轨道中心线25 m的轨面以上3.5 m测点处列车运行辐射噪声可降低约2 dB(A)^[6]。此外,研究人员测试了聚合微粒轨道吸声板和泡沫铝轨道吸声板的降噪效果(图11),实测速度为120 km/h时的降噪效果约为3 dB(A)。尽管轨道吸声板能有效降低列车运行辐射噪声,但考虑其对轨道排水、线路维护以及长期运营安全性的影响,相关措施仅开展了试验研究,尚未在高速铁路运营线路上得到应用。



(a) 聚合微粒轨道吸声板 (b) 泡沫铝轨道吸声板

图11 轨道吸声板

2.2.3 钢轨阻尼吸振器

钢轨阻尼吸振器是一种有效的吸振结构,通过在轨腰上镶嵌高阻尼材料达到降低钢轨振动和噪声的目的,目前多应用于地铁线路。王梦等^[8]对一种由铝型材、阻尼材料及高强度弹簧夹构成的调频式钢轨阻尼吸振器开展了降噪效果试验(图12),结果表明,列车速度为120 km/h时在630~1600 Hz频段降噪效果显著。

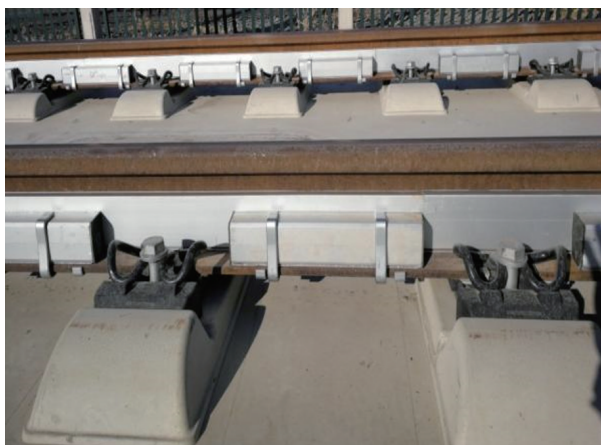


图12 调频式阻尼吸振器

3 国外新一代动车组降噪技术研究进展

根据“CR450科技创新工程”总体要求,CR450动车组以400 km/h运行时车外噪声指标应与既有CR400动车组以350 km/h运行时相当。根据350~400 km/h CR400动车组噪声源强变化,CR450动车组噪声源强需要降低3 dB(A)。国外新一代高速列车的减阻降噪设计方案如下。

3.1 日本

日本动车组高度重视降噪设计,2019年最新研制的动车组命名为ALFA-X,其最高试验速度为400 km/h,计划2030年前后投入运营,运营最高速度360 km/h。为改善动车组的气动特征,ALFA-X重点对头车外形进行了优化设计,如图13所示,采用了超长前鼻结构,流线长度约16 m,融入“楔形”“平顺起伏”“舒展”等气流要素,以期达到抑制隧道微气压波及头车气动噪声的效果^[9]。



图13 ALFA-X头车

在受电弓噪声控制方面,日本取得了大量的技术成果,如采用小尺寸单臂受电弓、低噪声绝缘子、隔离板等主动降噪措施,其低阻力受电弓噪声源可降低2 dB(A)以上^[10],可降低25 m处列车通过噪声0.8 dB(A)^[11]。ALFA-X分别在3号和7号车搭载具有良好降噪和受流性能的直臂式和曲臂式受电弓,采用对气动噪声特性有利的平滑形状弓头确保高速时的集电性能。直臂式受电弓关节部位采用符合空气动力学形状的包覆,并对受电弓隔声板内侧进行吸声处理,曲臂式受电弓采用全包式风挡结构,有效防止高速运行时产生的空气动力噪声(图14)^[12]。



图14 单臂低阻力受电弓

对于动力系统及转向架区域,新干线N700S系列列车利用新材料对动力系统减重20%,主牵引变流器尺寸减小54%;采用帽型转向架构架,单辆车减重75 kg;变速箱齿轮替换为人字齿,齿轮啮合更为稳定,列车轮轨作用噪声有所降低^[13]。为降低转向架区域气动阻力,ALFA-X对转向架还采取了图15

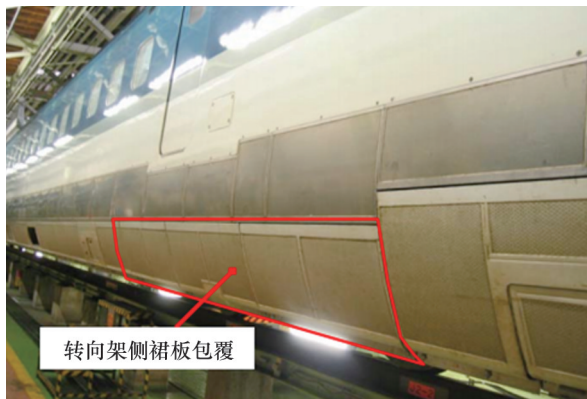


图15 转向架侧裙板包覆

所示的全包裹导流措施。在采取低噪声受电弓、受电弓隔声板、转向架包覆以及在转向架周围安装吸声结构等措施下,噪声总体可降低3 dB(A)^[11]。

3.2 德国

德国2013年开始研发第4代高速列车Velaro Novo(图16),该车设计速度为360 km/h,主要通过轻量化设计和优化车体外形、转向架、受电弓等设计实现减阻降噪。



图16 Velaro Novo外形

在车体轻量化方面,通过减小转向架和车体等部件质量达到减重15%的目标。Velaro Novo转向架构架采用开放式设计和热轧钢材质,质量减轻约40%,采用轴箱布置在轮对内侧的内置轴箱式转向架,结构更加紧凑、尺寸更小、车轴长度也可缩短,经在Desiro City型动车组上验证可减轻质量约1 t。车体采用新型铝型材,车体蒙皮厚度从Velaro的4 mm减小到2 mm,不仅增加了内部宽度,也有助于减轻车体质量。此外采用质量更小的碳化硅牵引辅助变流器、永磁同步牵引电机等,也有助于减轻整车质量^[12]。

在外形方面,降低了车顶高压设备高度,将列

车高度降低至3940 mm,高压设备利用罩壳覆盖,形成全封闭车顶;平滑列车下部轮廓曲线,以控制列车下部气流;将车辆间的风挡外表面与车体外表面平齐,降低该区域的气动阻力。采用内置轴箱全封闭式转向架,将转向架完全包裹以及底部安装腹板等设计方式,使转向架车底区域处于封闭状态,车轮区域利用裙板装置降低气动阻力和噪声。受电弓进行空气动力学结构设计,与传统Velaro型列车相比宽度更小,方便在降弓状态下完全折叠并收入罩壳内,以进一步改善列车的空气动力学性能^[9]。

3.3 法国

法国1978年制作第1列TGV-V150高速列车,并创下试验纪录574.8 km/h,阿尔斯通公司2015年开始为法国国营铁路公司设计新一代高速列车,命名为TGV M。TGV M延续TGV列车动力集中式编组方式特征,除两端为动车组外,中间车均为拖车,拖车之间采用铰接式连接,可在7~9辆之间灵活调整。由于拖车铰接的连接方式转向架位于通过台处,可使用的转向架数量相对更少,不仅出现故障的概率小,对降低整车轮轨作用噪声也有益。此外,转向架安装在通过台处可使列车车厢地板做得更低,有助于减小车体高度和车体重心,进而减小运行阻力和气动噪声^[14]。

4 结论

图17为中国CR400动车组高速通过桥梁区段时车外噪声源识别结果,根据噪声源分布云图,轮轨区域、受电弓区域以及车身不平顺位置是CR400动车组噪声源主要分布区域,国外新一代动车组在相应区域的减阻降噪设计可为中国研制更高速度低噪声动车组提供启示。



LI为一基准声强级

图17 CR400动车组车外噪声源声强级分布云图

下部区域噪声源贡献量最大,噪声源主要分布于轮轨及转向架区域。为减小轮轨振动辐射噪声,需从材料、结构等方面开展整车轻量化方案设计,并结合整车平稳性结构优化以及动轮黏着特性匹配设计,合理降低轮轨作用力。对于车底转向架区域复杂的气动激扰,可采取包覆式转向架以及安装侧裙板等平顺化方案,实现对该区域的减阻降噪,并从传播途径上降低车轮噪声辐射。

车体区域噪声源主要分布在头车、车门、空调口、车间风挡及车顶设施等结构不平顺位置,可结合声源定位结果开展针对性的结构平顺化设计。为降低车体的气动阻力和噪声,除了对车头进行流线型优化外,也可从车厢截面形状及高度2方面开展低阻力车体结构设计。

升起的受电弓为整车声强级最高的部位,尽管CR400动车组采取了下沉式弓盆,在更高速度条件下,受电弓杆件的气动噪声源仍相对较大,需要进一步从杆件数量及杆件流线型结构方面开展低阻力受电弓的研制。此外,随速度提升降弓区域气动噪声源也明显增大,对降弓状态下车顶进行全包设计将有助于降低该区域气动噪声。

中国高度重视高速铁路噪声控制研究,在低噪声动车组研制、减振降噪基础设施研究等方面取得了丰硕的成果,动车组辐射噪声水平持续降低,基础设施进一步完善,为中国部分高速铁路350 km/h速度运营、铁路沿线环境噪声改善作出重要贡献。更高速度动车组研制是一项系统性工程,在进行低噪声控制时还需要同步考虑对轴重、能耗、制动距离等其他关键指标的影响,也要兼顾车内外噪声的协同设计,因此,新一代高速列车低噪声优化方案仍需进行大量的理论和试验研究以验证其可行性。发展时速400 km及以上速度级高速铁路,噪声污染防治仍是亟须解决的重点、难点问题,需要从“车-线-传播途径”方面开展系统性攻关。应继续深化轮轨关系、弓网关系、流固关系等对列车噪声源影响规律研究,借鉴和吸收国内外先进的研究成果和经验,加强噪声源头控制,提升新一代动车组声品质和国际竞争力。在噪声源控制基础上,进一

步结合噪声源特性变化规律和线路边界条件,同步推进基础设施减振降噪产品的升级和推广应用,确保更高速度高速铁路噪声满足国家相关法律法规及标准限值要求,推动中国铁路高质量发展。

参考文献(References)

- [1] 卢力, 辜小安. 国外铁路环境噪声标准简介[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2010(5): 262-265.
- [2] 李晏良, 邵琳, 何财松. 高速铁路列车运行辐射噪声与运行速度关键系数研究[J]. 铁道运输与经济, 2018, 40(4): 90-94.
- [3] 伍向阳, 辜小安, 刘兰华, 等. 高速铁路环境噪声排放标准限值研究[J]. 铁路节能环保与安全卫生, 2019, 9(2): 1-4, 11.
- [4] 毛昆朋, 杨延峰, 徐超. 约束阻尼技术在高速列车车轮上的应用[J]. 铁道机车车辆, 2021, 41(2): 106-109.
- [5] 曲云腾, 伍向阳, 刘兰华. 我国高速铁路噪声控制技术创新成效与展望[J]. 铁路节能环保与安全卫生, 2022, 12(2): 1-5.
- [6] 胡文林, 刘鹏, 何宾, 等. 高速铁路基础设施噪声控制技术的研究与应用[C]/第十七届全国噪声与振动控制学术会议暨中国环境保护产业协会噪声与振动控制专业委员会第六届委员大会论文集. 北京: 中国环境保护产业协会, 2023: 130-137.
- [7] 辛思远, 张世峰, 王晓伟. 京雄城际铁路全封闭声屏障降噪效果研究[J]. 铁道标准设计, 2022, 66(6): 163-168.
- [8] 王梦, 王继军, 刘海涛, 等. 高速铁路调频约束阻尼钢轨的降噪性能[J]. 铁道建筑, 2020, 60(4): 59-62.
- [9] 余以正, 刘堂红, 夏玉涛, 等. 更高速(400+ km/h)列车气动减阻技术发展展望[J]. 空气动力学学报, 2021, 39(5): 83-94, 82.
- [10] Kurita T. Development of external-noise reduction technologies for shinkansen high-speed trains[J]. Journal of Environment and Engineering, 2011, 6(4): 805-819.
- [11] Kaoru M, 阎锋. 降低新干线集电系统噪声和车辆下部噪声对策[J]. 国外铁道车辆, 2007, 44(3): 24-31.
- [12] 史俊玲, 沈通, 荆晓霞, 等. 国外典型新一代高速列车研制综述[J]. 中国铁路, 2022(5): 35-41.
- [13] 马敬旗, 杜云龙, 徐俭乐, 等. 日本新干线N700S系列车所采用的新技术[J]. 智慧轨道交通, 2022, 59(2): 87-90.
- [14] 吴国栋, 李碧波. 法国TGV的发展历史和技术特点[J]. 国外铁道车辆, 2007, 44(1): 1-4.

Research and prospect on noise control of high speed railways in China

LIU Lanhua, LI Zhiqiang, ZHOU Tiejun, WU Xiangyang

Energy Saving & Environmental Protection & Occupational Safety and Health Research Institute, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China

Abstract As the high-speed railways in the world develop faster and faster, noise has become one of the key issues in high-speed railway operations. By summarizing the innovative work and achievements in noise control of high-speed railway in China, investigating the conducting research on the low noise optimization designs adopted by the new generation high-speed trains abroad, and combining with the distribution characteristics of noise sources at the higher speed of Chinese CR400 EMUs, key optimization directions for noise control of CR450 EMUs were proposed from the aspects of light weight, bogie wrapping, surface smooth, and low dynamic resistance pantograph. Meanwhile, the promotion and application of infrastructure vibration and noise reduction products is suggested to be carried out simultaneously. Comprehensive and systematic breakthroughs should be made from the perspective of "vehicle-line-propagation paths" so as to clarify the requirements and development trend of noise prevention and control on China's high-speed railway for a higher level of speed.

Keywords high-speed railway; noise control; light weight; low dynamic resistance ●



(责任编辑 王微)