

Technical Progress of
Wheels for Rail Transit

轨道交通用车轮 技术进展

苏世怀 主编



轨道交通用车轮技术进展

苏世怀 主编



北 京
冶金工业出版社
2019

内 容 提 要

本书汇编了马鞍山钢铁股份有限公司工程技术人员在轨道交用车轮技术方面承担和参与的国家“863”项目科技报告以及公开发表的论文、专利等技术成果。2000年以来,马钢在轨道交用车轮研发、生产制造系统技术方面开展了卓有成效的科研、关键技术攻关、政产学研用合作等工作,为推动我国轨道交通关键零部件用材料和工程技术发展发挥了举足轻重的作用。本书全面展现了马钢车轮技术发展历程,科学、系统地阐述了马钢在轨道交用车轮技术发展、产品开发、试验研究、数值仿真、生产实践等领域关键技术方面所做的努力和取得的成绩。

本书可供钢铁冶金领域和轨道交通领域相关工程技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

轨道交用车轮技术进展/苏世怀主编. —北京:
冶金工业出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-5024-7971-8

I. ①轨… II. ①苏… III. ①轨道交通—车轮—技术
IV. ①U260. 331

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 279764 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcb@cnmp. com. cn

责任编辑 刘小峰 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7971-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2019 年 1 月第 1 版, 2019 年 1 月第 1 次印刷

210mm×297mm; 73. 25 印张; 2418 千字; 1156 页

600. 00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

编辑委员会

主 编：苏世怀

副主编：张明如 安 涛 陈 刚 崔银会

成 员：朱 鸿 邹 强 刘学华 戎 欣

谢世红 万志健

序

轨道交通是国民经济大动脉、关键基础设施和重大民生工程。加强现代化轨道交通建设，对扩大铁路运输有效供给、构建现代综合交通运输体系、建设交通强国，特别是国家“一带一路”“走出去”战略的实施，具有十分重要的意义。到2020年，全国铁路营业里程将达到15万公里，装备水平先进适用，运输安全持续稳定，创新能力不断提高，运输能力和服务品质全面提升，市场竞争力和国际影响力明显增强。这些目标的实现离不开轨道交通装备关键技术自主创新的集成。

车轮作为轨道交通的关键部件之一，其制造工艺技术复杂，涉及材料、冶炼、冷热加工、热处理、装配、检测、评价等多个领域，是中国率先走向世界的战略性轨道高端装备的重要部件。它在运行过程中起到承载、传递动力以及制动等作用，其安全服役性能尤为重要。车轮的质量、可靠性、适用性直接影响轨道交通的安全顺行，是我国轨道交通发展的基础产品。近年来，随着列车运行速度的提高、载重能力的提升，铁路用户对车轮的性能（良好的强韧匹配、耐磨性与抗冷热疲劳性协同）、品质（高洁净度、高均质）均提出了越来越高的要求。

马钢作为中国轨道交通用车轮的重要生产基地，是目前国内唯一一家实现了全流程车轮制备与产品谱系全覆盖的企业。1964年马钢车轮的诞生，实现了中国铁路使用国产车轮的百年梦想；时光荏苒，马钢车轮伴随着中国铁路风雨同行。多年来，马钢车轮牢牢把握世界车轮生产的前沿技术，大力开展自主创新，掌握和拥有马钢车轮的自主知识产权和核心竞争力，使自己不断发展壮大，成为世界车轮制造业的强者，马钢车轮已经成为中国品牌产品。

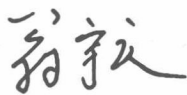
跨入21世纪，马钢根据国内外市场和铁路发展的需求，明确以世界一流为目标，以技术领先、高技术含量产品研发为主攻方向，积极构建以市场为导向，“产学研用”相结合的技术创新和研发体系，在铁路高速车轮、重载车轮、机车车轮、城市轨道交通减振降噪车轮等领域实现了关键技术突破，取得了一系列论文、专利、科技报告等

技术创新成果。为梳理与总结经验，进一步提升车轮产品研发水平，也为广大轨道交通用车轮产品研发领域的工程技术人员在今后工作过程中得以借鉴前人经验与思路，马钢集团副总经理、总工程师苏世怀等同志编著了这本《轨道交通用车轮技术进展》。

本书汇编了自 2000 年以来，马钢及其合作单位的工程技术人员在轨道交通用车轮相关课题的研发、技术攻关过程中公开发表的论文、专利以及马钢承担参与的国家“863”项目的科技报告。本书是国内第一部全面、系统对轨道交通用车轮研发、技术等成果进行整理汇编的书籍，涉及内容具有创新性、规范性、服务性、资料性、系统性和理论性，相关作者、执笔人长期从事车轮研发与制造工作，专业技术水平高、经验积累丰富，我相信这本书对轨道交通装备产品研发领域的工程技术人员的工作有较大的帮助与参考价值。

我很高兴地向有关人员推荐这本《轨道交通用车轮技术进展》，它对于轨道交通用车轮研发来说不仅仅是一次梳理与总结，更为后续车轮领域技术创新奠定基石。愿它能够帮助技术人员的科研水平更上一层楼。

中国工程院院士



2018 年 12 月 6 日

前 言

马钢是中国特大型钢铁联合企业和重要的钢材生产基地，具备年产 2000 万吨钢配套生产规模，拥有独具特色的“轮、型、板、线、特”产品结构。其中，车轮产品为“中国名牌”产品，具有良好经济与社会效益，也是最具市场竞争力的关键产品。

如今，铁路运输业已经成为世界很多国家经济发展的重要基础工业，马钢作为一个为中国铁路事业服务了五十余年的生产基地，在国家的大力支持下，积极配合中国铁路的快速发展，从生产装备、工艺技术、管理体制等方面不断创新，构建车轮制造全流程产品研发和质量保证体系，目前马钢车轮整体技术已达国际先进水平。近年来，马钢高性能铁路机车用整体车轮实现产业化、30t 以上大轴重重载货车车轮形成系列化、高速动车组车轮研发实现新突破、轨道交通用低噪声车轮实现多样化，为我国轨道交通的发展作出了重大贡献。

马钢在多年不断发展的同时，形成了一支具有较强综合研发能力的轨道交通领域人才队伍。这些长期从事车轮研发的技术人员专业技术水平较高，在日常科研项目研发、技术攻关过程中对关键技术进行总结，公开发表了大量具有参考价值的技术论文、科技报告、专利发明等文献资料。为了进一步提高轨道交通车轮研发人员的科研思路能力，马钢结合自身与合作单位的创新研发实际编写了本书。

本书共分三个部分，第一部分“车轮系统国家‘863’项目科技报告”以近年来马钢承担或参与的 4 项国家“863”项目的科技报告为内容，分四个章节进行梳理汇编。第二部分“车轮技术研究”以技术综述、产品开发、数值仿真、试验研究、生产实践为章节对马钢及合作单位技术人员学术论文进行梳理汇编。第三部分“车轮领域专利文献”对马钢技术人员 2000 年以来授权的专利进行整理与汇编。在这些文献资料中，作为马钢合作单位的科研院校论文文献的编入，使得本书无论从产品研发思路，还是从理论基础研究与试验评价方法等方面都具有极高的学术参考价值。

本书不仅对轨道交通用车轮生产企业有参考价值，而且对于轨道交通装备产品研发、工艺改进和试验评价等更具实际价值。本书也可以供院校科研和教学参考。

本书在编撰的过程中参考和引用了一些文献资料内容，在此谨向这些著作文献的作者表示谢意。

由于我们经验和水平所限，加之时间仓促，书中不妥之处，望有关专家、同仁和广大读者不吝赐教指正。

马钢（集团）控股有限公司 **苏世怀**

2018年12月6日

目 录

轨道交通用车轮技术发展

» 轨道交通用车轮技术概述	3
» 马钢车轮系统发展大事记	12

车轮系统国家“863”项目科技报告

» 高速铁路用车轮材料及关键技术的研究	17
» 重载铁路列车用车轮钢及关键技术的研究	50
» 高速动车组用车轮的研究与开发	105
» 30 吨轴重重载列车车轮材料服役行为及关键设计、制备技术	143

车轮技术研究

技术综述

» 国内外车轮生产工艺的对比分析	235
» 马钢高质量圆坯连铸技术开发	240
» 铁道车辆辗钢车轮用钢的综述与讨论	247
» 铁路重载货车车轮新材料的研制	251
» 马钢高质量车轮生产技术开发	257
» 马钢铁道车辆用低合金高强度钢的研制和开发	262
» 马钢高端车轮的开发与质量控制技术	269

产品开发·高速车轮

» 高速车轮轧制用模具的数控加工	274
» 高速列车车轮钢摩擦热致相变的计算机模拟	278
» 高速列车车轮用钢的进展	285
» 高速列车车轮材料研究的综述	289
» 高速列车车轮用钢研究和应用的进展	294
» 高速试验列车车轮的工业试制	300
» 高速列车车轮淬火加热动态测温试验	304
» 高速车轮用钢连铸技术开发	308
» 合金元素对高速车轮钢抗剥离性能的影响	313
» S 含量对高速车轮钢断裂韧性影响的研究	318
» 高速车轮钢断裂韧性与组织结构的关系	325
» 高速车轮钢的组织韧化工艺及机理研究	330
» 显微组织对高速车轮钢不同温度下断裂韧性的影响	337

产品开发·重载车轮

>> 我国大轴重货车车轮开发的几点思考 345

>> 重载车轮对机械性能要求的研究 349

>> 新型铁路重载货车车轮的生产实践 356

>> 马钢高速、重载、低噪声车轮的研发与质量控制技术 360

>> 铬微合金化高碳重载车轮钢的连续冷却转变 365

>> 重载车轮钢显微组织与氢渗透特性 371

>> 35~40t 轴重 Si-Cr 合金化重载车轮新材料研制 375

>> 35~40t 轴重铁路重载货车车轮材料研究 380

>> 出口铁路货车用 40t 轴重高硬度车轮生产实践 383

>> 铬微合金化重载车轮钢力学性能及摩擦磨损性能 387

产品开发·无碳化物贝氏体钢车轮

>> 无碳化物贝氏体在车轮上应用的展望 395

>> The Structure Stability of Carbide-free Bainite Wheel Steel 399

>> Microstructure and Properties of Carbide Free Bainite Railway Wheels Produced by Programmed Quenching 406

>> 无碳化物贝氏体钢车轮组织和力学性能 413

>> 用染色金相鉴别无碳化物贝氏体钢车轮的组织结构 421

>> Microstructure and Mechanical Properties of Railway Wheels Manufactured with Low-medium Carbon Si-Mn-Mo-V Steel 426

>> Fracture Toughness of Nanostructured Railway Wheels 434

>> 贝氏体车轮钢性能分析 443

>> 含硅低合金高强度贝氏体钢的环境断裂敏感性 447

>> 贝氏体车轮钢的氢脆敏感性 454

>> Hydrogen Embrittlement Sensitivity of a Novel Bainite Railway Wheel Steel 461

>> Innovation of Bainitic Steel for Railway Wheels in Heavy Freight Operations 468

产品开发·减振降噪车轮

>> 低噪声车轮结构特点及应用综述 477

>> 弹性车轮的发展与研究现状 481

>> 阻尼车轮的降噪结构设计与应用 487

>> 阻尼环对车轮降噪效果的影响 492

试验研究

>> 车轮断裂韧性与组织和性能的关系 497

>> KKD 车轮淬火加热动态测温试验及分析 501

>> 控制车轮钢硫含量试验研究 506

>> 车轮淬火系统参数设置的优化 510

>> 车轮钢摩擦热影响区的相变及其损伤机理 514

>> 形变温度对中碳钢组织转变的影响 520

>> 车轮钢中白点与断裂力学行为研究 527

>> 原子氢和白点对车轮钢力学性能的影响 533

>> 高碳钢高温力学性能研究 539

>> 车轮钢中的白点及其断口形貌研究 543

>> 不同加热温度下钒对车轮钢强韧性的影响	551
>> 酸溶铝含量对车轮性能的影响	558
>> 轮轨关系中的硬度匹配研究	563
>> 应力和夹杂对车轮钢中氢鼓泡的影响	570
>> 铬对高速车轮钢显微组织和力学性能的影响	576
>> 原子氢和白点对车轮钢力学性能影响的进一步研究	581
>> 连铸温度和低倍组织对轮箍钢氢致开裂的影响	588
>> KKD 车轮失圆原因分析及改进建议	593
>> 车轮钢中的白点 (一)	596
>> 车轮钢中的白点 (二)	603
>> 热处理工艺对车轮残余应力的影响	609
>> 薄轮辋、深盆形车轮的热成形工艺	614
>> 执行 GB/T 10561—2005 标准对复杂形状夹杂物的评定研究	618
>> 车轮钢精炼—连铸过程氢含量变化规律现场试验研究	623
>> Frictional Heat-Induced Phase Transformation on Train Wheel Surface	627
>> 抗剥离车轮钢的合金设计及 Si 元素对抗剥离性能的影响	635
>> 热处理工艺参数对车轮残余应力影响的研究	640
>> 热处理对车轮钢中夹杂物的形态和分布的影响	646
>> 室温下高速车轮钢断裂韧性与冲击韧性的关系	654
>> 夹杂物和晶粒尺寸对洁净车轮钢室温冲击韧度的影响	661
>> 热处理工艺对 CL50D 车轮钢晶粒度的影响	669
>> 碳、硅含量对重载车轮钢显微组织的影响	677
>> 温度对高速车轮钢断裂韧性的影响	681
>> 辗板距大差异车轮热成形工艺研究	689
>> AlN 改善车轮钢韧性的可行性分析	693
>> 表面喷丸处理对车轮辐板腐蚀行为的影响	697
>> 热处理工艺对高速车轮钢显微组织和断裂韧性的影响	704
>> 超声检测时探头压力对缺陷尺寸评定的影响	712
>> Corrosion Induced Fatigue Failure of Railway Wheels	716
>> Nb 微合金化对高碳钢组织和性能的影响	733
>> ASPEX 定量分析 CL60 车轮非金属夹杂物	737
>> Optimization of Strength and Toughness of Railway Wheel Steel by Alloy Design	741
>> Materials and Technology Development of Railway Wheels	755
>> Control of the Wheel Steel Cleanness and Inclusions	765
>> Shot Peen's Influence on the Fatigue Property of Wheel Plate	771
>> Development of New Material for High Performance High-speed Train Wheels	778
>> 滚动方向改变对车轮钢摩擦磨损性能的影响	785
>> C 和 Si 含量对车轮钢腐蚀行为的影响	793
>> 微合金化元素 V、Ti 对高碳钢组织和性能的影响	800
>> V 微合金钢碳氮析出物的热力学分析	803
>> 浅析钢材锈蚀现状及车轮防锈蚀	807
>> 热处理参数对车轮辐板残余应力及疲劳评价的影响	812
>> Influence of Solid Solution Strengthening on Spalling Behavior of Railway Wheel Steel	820

数值仿真

>> 火车车轮压痕工艺数值模拟	837
-----------------------	-----

» 火车车轮预成形过程的有限元分析	841
» 车轮堆垛过程温度场模拟的实现	845
» 淬火过程数值模拟技术研究	849
» 火车轮预成形压缩比数值模拟	853
» 840 车轮预成形过程的有限元分析	856
» 基于有限元分析的火车轮模具 CAD 的研究与开发	860
» 车轮轧制成形过程有限元分析	864
» 车轮淬火加热过程温度场的数值模拟	869
» 火车车轮淬火过程残余应力的计算机模拟	874
» 火车车轮淬火过程数值模拟	880
» 车轮压弯成形有限元分析	884
» 车轮热处理过程中的变形分析	888
» 火车车轮淬火过程中的温度场	893
» 火车车轮热成形金属流动规律数值模拟	898
» CL60 车轮钢流变应力模型	903
» 车轮残余应力测试的仿真分析	907
» 火车轮预成形过程的组织演变模拟	912
» 大直径车轮钢坯加热工艺的有限元分析及优化	918
» 车轮轧制成形过程的有限元模拟	925

生产实践

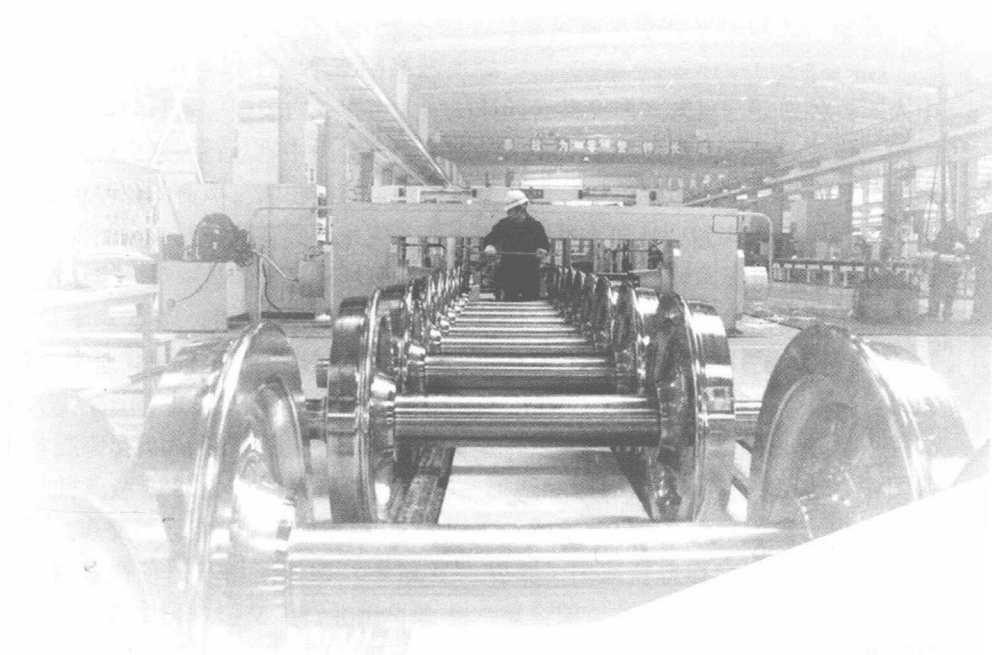
» 大型钢锭切割加工工艺技术	931
» 车轮报废线、止口加工刀具的设计	937
» 港口机械用大直径滑轮坯的轧制	940
» 一种新型车轮加工专用刀具	943
» 200km/h 轻型客车车轮踏面剥离原因分析	946
» 火车车轮成形工艺现状与展望	949
» 结晶器电磁搅拌对 $\phi 450\text{mm}$ 连铸圆坯组织和夹杂物的影响	953
» 火车车轮辐板外侧裂纹成因分析	957
» 反辐板机车轮的生产研制	961
» 车轮钢包精炼过程中氮含量变化规律	965
» 辗钢车轮立式轧机辊系的调整方法	968
» 轮箍装配试验时的声发射监测	971
» 火车车轮 S 形辐板成形研究	974
» 车轮热处理过程中残余应力的分析	978
» 长水口氩封保护对圆坯和车轮钢质量的影响	983
» 60Mn 环件断裂分析	989
» 车轮钢冶炼过程氮含量的变化规律及工艺改进	994
» KKD 车轮辐板热轧过程中裂纹成因分析	999
» 铁路机车车辆用车轮的外径测量装置的精度分析	1002
» 货车车轮残余应力的产生与分布研究	1006
» 多传感器数据融合技术在车轮热处理炉温度测量中的应用	1015
» 车轮喷水淬火之水压调控技术及其应用	1019
» 60Mn 钢环件断裂原因分析	1023
» 用 Superform 指导 DJ4 机车齿轮芯毛坯锻造工艺设计	1027
» 轮箍裂纹成因分析	1031

» 铁路机车轮箍超声波探伤的幻影波试验分析	1034
» 铁路机车用轮箍超探透声不良分析	1040
» DF8B 机车轮毛坯内侧面辐板折叠原因分析	1044
» 1050-DF11 机车轮折叠缺陷的分析与改进	1048
» 列车车轮缺陷的超声波相控阵分析	1052
» 火车车轮残余应力测试与研究	1060
» 机车用辗钢整体车轮超声波透声不良分析	1069
» 轮件超声波探伤透声不良原因的分析	1073
» 轮箍氢致裂纹的形成、扩展及预防	1078
» 提高铁路客车用 KKD 车轮抗早期踏面剥离性能的生产实践	1087
» 车轮立式轧制成形条件分析	1091
» 列车车轮辐板疲劳断裂原因分析	1100
» 环件超声波探伤透声不良原因分析	1104
» 铁路机车车轮辐板疲劳分析	1108
» 机车轮箍踏面鳞状缺陷分析	1113
» 车轮缺陷超探当量大小与实际尺寸差异分析	1120

车轮领域专利文献

» 车轮领域专利文献	1129
------------------	------

轨道交通用 车轮技术发展



轨道交通用车轮技术概述

1 中国轨道交通发展概况

1.1 轨道交通发展方向

轨道交通是铁路和城市轨道交通运输的总称,铁路是国民经济的交通大动脉,城市轨道交通是大中城市的基础性公共交通设施。

工业发达国家和地区铁路建设是以建立比较优势为前提、以服务主体需求对象为目的的,具有鲜明的特色。地域辽阔、人口密度小的工业发达国家,如美国、加拿大、澳大利亚等,拥有完善的重载货运铁路系统,车辆轴重已达 40t,货运效能非常高,但铁路客运能力薄弱,发展势头也不强,原因在于铁路货运能力大、成本低,而铁路客运在快捷、便利方面不及航空和公路交通。地域小、人口密度大的工业发达国家和地区,如日本、欧洲、韩国等,客运铁路建设是重点,趋势是发展高速铁路,铁路货运能力较弱,原因在于铁路占地少,在中等距离范围,高速铁路在舒适性、快捷性、便利性和运能上较航空、公路交通具有明显优势。

随着城市化进程的发展,城市拥堵是各城市的“心头之痛”,而城市轨道交通以其在时间效益、能源效益、环境保护、优化城市空间结构等方面的优势在各城市迅速发展起来,成为重要城市公共交通运输工具。在人口为 1000 万的巴黎拥有 1000 公里城铁,轨道交通占公共交通运输总量的 80%以上。伦敦、纽约、首尔等世界特大城市的这一比例都在 70%以上,东京则高达 90%^[1]。

城市轨道交通因其运能运效高、节能环保,是国内外城市大力发展的公共交通方式,已经成为我国大中城市市民出行非常青睐的方式。但轨道交通运行过程中仍会产生一定的污染,噪声污染是其中较为严重的一种。轨道交通系统的运行噪声主要包括滚动噪声、冲击噪声、曲线高频噪声、设备噪声、桥梁噪声和气动噪声等,在设计建造时,须采取必要的措施使其达到有关要求,从而不影响周边人群身心健康。

我国地域辽阔、人口多、环境复杂,特别是随着国家对环保、绿色发展的重视,我国国情决定了必须以客运高速、货运重载、城际地铁低噪声为主,才能满足国民经济快速发展、人民物质文化生活水平不断提高的需要,这就要求我国必须齐头并举地发展自主的高速铁路、重载铁路及其低噪声技术。

纵观国外轨道交通发展,离不开高速、重载、低噪声三个主流方向,我国也不例外。在我国经济高速发展的形势下,三者需要持续发展,才能满足我国经济、社会发展需求,才能满足人民对美好生活的需求。

2008 年 8 月,中国首条设计时速达 300km/h 的高速铁路——京津城际铁路通车运营,标志着中国轨道交通进入高铁时代,同时宣告轨道交通行业步入一个崭新的发展期,经过 10 年的快速发展,中国轨道交通行业已经由高速发展进入成熟发展阶段,根据国家“十三五”规划,国家对轨道交通行业的固定资产投资金额至少是 3.5 万亿元,预示着中国轨道交通行业仍将处于“黄金期”。

我国高速铁路经过 10 年的快速发展,“十三五”期间仍计划建设铁路新线 2.3 万公里,投资 2.8 万亿元。到“十三五”末,铁路网的总里程约达到 14.5 万公里。而且,城市轨道交通仍有着广阔的成长空间,2017 年中国内地城轨交通完成建设投资 4762 亿元^[2],至少 43 个城市在开展轨道交通建设。相关部委已经明确,到 2020 年全国城市轨道交通营运总里程要达到 6000 公里,即在“十三五”期间每年要至少完成 500 公里的新建。此外,随着国家“一带一路”倡议的实施,沿线国家铁路建设将掀起新一轮高潮,将会有力支撑中国轨道交通装备行业“走出去”的战略,目前以中国中车为龙头,已经获得北美、澳大利亚、马来西亚等国家的轨道交通产品的订单,海外轨道交通市场未来也有巨大的发展空间。

可以预见,随着轨道交通车辆设备的保有量不断增加,很多铁路车辆将进入大的检修保养周期,对安全运营、维护保养、检验检测需求必将增加,对中国轨道交通装备领域的制造企业而言,产业充满

机会,市场规模和空间非常巨大。

1.2 铁路车轮的作用

“高速、重载、低噪声”是轨道交通的发展方向,安全是铁路运行的首要要求。根据 UIC (国际铁道联盟) 的定义,高速铁路是指营运速度达 200km/h 的铁路系统,运行速度超过 200km/h 的轨道列车称为高速列车;而重载列车一般是指牵引重量达到或超过 5000t、车辆轴重达到或超过 30t 的货物列车。

无论是高速还是重载,都必须将安全运行放在首位。而作为列车的关键行走部件之一——车轮,在运行过程中起到承载、传递动力以及制动等作用,其安全服役性能显得尤为重要。

研究表明,运行速度超过 120km/h 后,随着列车运行速度的提高,列车的动力学条件发生显著变化,车轮与钢轨之间的摩擦磨损加剧,并且在高速列车的制动过程中,产生大量的摩擦热,加剧了车轮和钢轨因疲劳、剥离等引发的失效问题,给高速列车的安全运行带来极大的隐患,甚至发生安全事故,同时增加了铁路检修成本。1998 年德国高速列车出轨,造成 100 多人死亡的惨重事故,其起因就是车轮的疲劳断裂^[3]。

国外实践证明,增大货车轴重、实现重载运输,是提高铁路运输能力、解决运能不足的有效途径。发展铁路重载运输技术的难点和重点之一,是如何保证在重载运输条件下轮轨的使用安全和使用寿命。研究结果表明,对于货车来说,由于采用踏面制动方式,随着车辆轴重的加大和速度的提高,导致制动力增大,车轮在制动时将承受巨大的热载荷,同时由于制动载荷的加大,车轮滑动距离增加,加剧了轮轨间的滑动摩擦趋势,从而使热损伤缺陷甚至热裂事故的发生几率增大。近年来,传统车轮钢运行于重载、提速条件下,先后暴露出大量的问题,由于恶劣条件的影响,也发生了多起货车车轮掉块、崩轮等事故。

可见,对于整车来说,车轮虽然是一个关键的行走部件,但是涵盖了钢铁冶金、金属材料、断裂力学、轮轨关系与轮轴关系、车辆工程等多个学科,性能的波动、质量的优劣直接关系到轨道交通安全与发展,直接关系到运行安全。

根据我国铁路的发展模式,我国车轮制造业必须具备既能适应高速条件、又能适应重载条件的综合能力,实际上等于要求我国车轮制造业掌握完整的、系统的车轮生产技术,这一要求之高,是一些发达国家和地区不可比拟的。实现高等级车轮国产化,对于支撑我国铁路健康、可持续发展,确保国家经济安全具有重要作用。

2 马钢车轮系统发展概况

2.1 马鞍山钢铁股份有限公司概况

马钢是中国特大型钢铁联合企业和重要的钢材生产基地,隶属安徽省管辖,主营业务为黑色金属冶炼及其压延加工与产品销售、钢铁产品延伸加工、矿产品采选、建筑、设计、钢结构、设备制造及安装、技术咨询及劳务服务等,其中钢铁生产业务集中于马鞍山钢铁股份有限公司。

在 60 年的发展历程中,马钢为中国钢铁工业发展做出了独特贡献:中国首个火车车轮轮箍生产厂、中国首套高速线材轧机、中国首条热轧大 H 型钢生产线、中国钢铁行业首只面向全球发行的股票都诞生在这里。

马钢现拥有世界一流的冷热轧薄板、镀锌板、彩涂板、大小 H 型钢、高速线(棒)材、高速车轮、特钢等生产线,主体装备实现大型化和现代化,70% 的工艺装备达到世界先进水平,形成了独具特色的“轮、型、板、线、特”产品结构。产品出口到 50 多个国家和地区,广泛应用于航空、铁路、海洋、汽车、家电、造船、建筑、机械制造等领域及国家重点工程,其中车轮产品、H 型钢为“中国名牌”产品,马钢商标被评为“中国驰名商标”。

2.1.1 产品种类

马钢板带产品有热轧板、冷轧板、镀锌板、彩涂板,广泛应用于造船、汽车、家电、集装箱、工程机械、油气输送等领域。为打造后发优势,马钢大力推进板材产品的研发工作。目前,马钢汽车板实现了整车供货,家电板进入了格力等国内家电行业龙头企业,管线钢批量用于国家西气东输工程。

马钢是我国第一家拥有热轧 H 型钢生产线的企业,现有品种规格齐全的 H 型钢、槽钢、铁塔用钢、