

翟婉明 著

BY ZHAI WAN-MING

# 车辆—轨道 耦合动力学

VEHICLE-TRACK

COUPLING DYNAMICS

(第二版)

中国铁道出版社

第 11 届中国图书奖图书

Vehicle-Track Coupling Dynamics  
车辆—轨道耦合动力学

(第二版)

翟婉明 著

国家杰出青年科学基金项目研究成果  
教育部“长江学者奖励计划”资助成果

中 国 铁 道 出 版 社

2002年·北京

# (京)新登字 063 号

## 内 容 简 介

本书系统而全面地阐述了作者提出的车辆—轨道耦合动力学理论及其在现代铁路工程中的应用实践。全书共分十五章,前七章完整论述了车辆—轨道耦合动力学的理论体系,包括学术思想、理论模型、数值方法、计算机仿真及试验验证等;后八章介绍该理论在现代高速、重载及提速铁路工程动力学研究与设计领域中的具体应用,其中包括在我国第一条快速客运专线(秦沈线)新型无碴轨道设计、京秦线时速 200 公里提速改造线路加固等实际工程中的应用实践。

本书不仅理论方法先进,而且工程应用性强,适合于机车车辆和轨道专业的科研、设计人员及工程技术人员阅读参考,并可兼作高等院校车辆工程、铁道工程、载运工具运用工程等专业的博士、硕士研究生教学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

车辆—轨道耦合动力学/翟婉明著. 2 版. —北京:  
中国铁道出版社, 2001. 8  
ISBN 7-113-04247-3

I. 车… II. 翟… III. 铁路车辆—轨道(铁路)  
—耦合—动力学 IV. U270.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 038275 号

书 名: 车辆—轨道耦合动力学

作 者: 翟婉明

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑: 薛 淳

封面设计: 陈东山

印 刷: 中国铁道出版社印刷厂

开 本: 880×1230 1/32 印张: 13 字数: 370 千

版 本: 1997 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 2001 年 12 月第 2 版第 2 次印刷

印 数: 1 001~3 000 册

书 号: ISBN 7-113-04247-3/U·1163

定 价: 33.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

# 序

列车运行的安全性和平稳性,不仅取决于机车车辆的动力学性能,而且依赖于轨道结构的动力特性以及线路的几何状态,高速、重载铁路尤其如此。传统的研究方法是将机车车辆和铁路轨道分离成两个相对独立的子系统,分别加以研究,具有一定的局限性。翟婉明教授运用系统工程的思想,将机车车辆系统和铁路轨道系统作为统一大系统,率先提出并系统建立了“车辆—轨道耦合动力学”新理论,从而打破了长期以来将车辆、轨道及轮轨关系隔裂开来研究的局面,开辟了铁路大系统动力学学科新领域,走到了国际轮轨系统动力学研究前沿。

本书第二版是在1997年出版的第一版专著《车辆—轨道耦合动力学》的基础上,作者根据近年来承担国家、铁道部、教育部和四川省的一系列相关科研课题研究所取得的最新成果重新撰写而成,对原著有了重要发展,主要体现在:理论体系更加完整,涵盖了车辆—轨道随机耦合振动内容;试验验证更加充分,重点补充了近几年我国铁路几次大规模列车提速试验和脱轨试验的实车运行验证内容;应用范例更加丰富,除了高速、重载铁路应用分析之外,增加了我国铁路提速及快速客运专线建设工程中的应用实例。

本书的特色是不仅有很高的理论学术水平,而且具有很强的工程实用性。

该理论成果自1993年开始在国际上陆续发表以来,已产生了较强的影响。其车辆—轨道统一模型被著名专家 K. Knothe 教授(德国)和 S. L. Grassie 博士(英国)在他们合写的述评论文中列为本领域四种代表性模型之一,曾被瑞典 A. T. Peplow、J. Oscarsson、T. Dahlberg 等学

者在其专著、论文和研究报告中称为“翟-孙模型”，先后被德国、英国、瑞典、丹麦、加拿大和我国同行专家广泛引用和采用，居国际领先地位。

车辆—轨道耦合动力学作为崭新的理论体系，在现代铁路工程领域应用前景十分广阔，为实现机车车辆与轨道结构参数的最佳匹配及系统安全性设计与管理，提供了强有力的理论分析工具。事实上，该理论方法已被成功地应用于我国列车提速及重载、高速铁路工程实践领域，取得成效。“八五”期间曾被作为国家重点攻关项目《减轻重载列车与线路相互作用研究》之理论基础，为我国发展 25 吨轴重低动力作用大型货车提供了技术保障；“九五”期间被应用于我国第一条快速客运专线（秦皇岛—沈阳）新型无碴轨道结构参数设计和车桥动力检算，以及京秦（北京—秦皇岛）线时速 200 公里提速改造工程路基及桥头加固方案评价等，发挥了重要作用。

我相信，本书第二版必将对我国铁路现代化建设事业做出更大的贡献。

中国科学院院士

中国工程院院士



2001 年 4 月 15 日

# 第一版序

《车辆—轨道耦合动力学》是我国运用大系统观点研究铁路轮轨接触式运输系统相互作用的第一部著作,标志着我国机车车辆—轨道相互作用研究已经从独立子系统简化研究的初级层次跨入了完整大系统综合研究的高层次。毫无疑问,我们已经与国际系统铁路动力学站在了同一水平线上。

世界机车车辆—轨道系统动力学的发展,只有到了现代计算机技术日臻完善的今天,才有可能不完全依赖实验动力学的唯一手段,而进入仿真模拟的高级阶段。借助于模拟方法学的日益逼近真实,加之计算机可以包容庞大的自由度,系统的仿真模拟有可能完全取代昂贵的实验。当然,要实现这一最终目标,尚须经历相当长的艰苦历程。

仿真模拟取代实验的关键,除了必须的实验支持之外,是要从大系统的综合和概括的观点出发,对系统每一环节以及环节与环节之间相互联系的性状,用普遍成立的规则和定理予以逼真的描述。只要有效地控制系统的运作条件在科学界定的范围之内,这一前景会确定无疑给我们的事业带来不可估量的效益。

传统的子系统简化研究是历史的局限,也是大系统综合研究的必由之路。无论是机车车辆子系统还是轨道子系统,我国的实验动力学和仿真模拟都已积累了丰富的和有效的经验。在这一基础上,学科发展的必然趋势,一定要向大系统综合模拟进军。

本书的贡献在于不失时机地迎接这种大趋势的挑战,有效地在子系统研究成果的基础上开发了大系统仿真模拟的模型,并取得一批有价值的基础成果。它不仅与国内实验动力学的结果有较好的一致性,

而且与国际现有的专业基础成果相容。无论是从学科建设的角度,还是从工程应用的角度,本书都显示了广阔的应用价值和发展潜力。尤其是重载货运和高速客运的历史使命,已为本书的出版提供了浓郁的环境氛围和坚实的社会基础。

著者作为机车车辆动力学领域内卓有成效的研究工作者,无疑拥有机车车辆动力学的深厚根基。问题是如何把轨道子系统真实地模型化,并有机地将其与机车车辆子系统对接,并构成反映真实物理过程的统一数学大系统,还不能不说是一件非常艰巨的工程。据我所知,德、英、日、美、瑞典、波兰、加拿大等国的许多著名学者都在试图建立这种物理真实的轨道数学模型,其中以德国的 Knothe 和英国的 Grassie 最为著名。因此,当著者翟婉明教授(孙翔教授为其导师)的博士论文一经在第 13 届 IAVSD 学术年会上发表之后,立刻就在国际铁路动力学学术界引起反响,除了在 IAVSD 论文集、VSD 学报上刊载外,1994 年 9 月在捷克举行的“车辆/轨道相互作用”会议上被列入专题报告,其垂向统一模型被英、德、瑞典和加拿大等国学者广泛引用,并被誉为当代轮轨相互作用领域内的四大典型模型之一。

模型的正确性首先取决于物理逼真性。显然,传统的集总参数法是出于人工计算的无奈,它与复杂分散参数体系的轨道结构相距甚远,集总参数描述的实际上是一种理想的均匀分布条件。把钢轨作为连续均匀弹性基础梁来模拟,虽然比集总参数模型更接近真实,但却无法描述由轨枕间距所确定的分布支承特性,而轨下基础各组成部件,如轨枕、垫层、道床和路基在实现轨道功能中所扮演的角色是互不相同的。无疑,离散点支承的分层连续弹性梁模型最能逼近轨道结构的真实情况,现代计算机技术也完全有可能胜任如此庞大系统的仿真计算。

本书的研究表明,轨道模型的细化揭示了工程上早已公认的真理,即轨道柔度参数激励具有很强的动力学效应,因为它的响应频带很窄,而由轨道不平顺引起的动态作用力却有一个很宽的频率范围,因此,避开共振区将是轮轨耦合系统设计的重要课题。此外,作为一种启迪,能否利用有理分式函数,在充分研究了 0~2 000 Hz 频带内的响应特性的共性和个性之后,用一种既简单又真实的轨道模型取代细化的轨道模

型,恐怕会有特殊的价值。西南交通大学的吴永芳讲师在柏林工业大学的工作,已经取得了可喜的初步成果。

正确的模型需要正确的计算分析方法。如此庞大自由度的模型,无疑要耗费巨大的计算机机时和内存。利用国外现成的方法,要在普通微机上实施仿真,似乎是不可能的。尤其是,当时正值“七五”国家重载动力学攻关之际,极需适时输出分析结果,否则机车操纵模拟器就无法实时运作。尽管显式法可以实现快速运算,但稳定性和精度稍差,而隐式法虽然稳定性和精度都好,但运算极慢。针对这种两难的选择,著者的贡献在于创造了一类新型显式两步数值积分方法,在质量矩阵为对角阵的条件下,可以省去高阶线性代数方程组的联立求解过程,大幅度地提高了计算速度,有效地节省了计算机内存。在此基础上,著者又构造了一类显-隐式预测-校正积分格式,既充分发挥了显式法快速运算的潜力,又保持了隐式积分的精度和稳定性功能。这种显-隐式预测-校正积分法是对著名 Newmark- $\beta$  法的创造性发展,在国际上具有十分重要的学术价值,尤其是在处理大型非线性动力学的系统分析方面,它显著地优于目前广泛使用的 Newmark- $\beta$  法、Wilson- $\theta$  法、Park 法、Runge-Kutta 法以及 Gill 法。此二种方法被国际权威刊物《国际工程中的数值方法学报》刊载。

模型的正确仿真,还必须解决耦合系统激励源的数学和物理描述。著者对车轮和轨道不平顺激励源的所有可能形态都作了数学逼近描述。因此所得到的响应几乎包罗了铁路运用和维护的所有可能状态,而在此基础上提出的评价程序和判据都具有强烈的工程应用针对性,物理概念一目了然,具体指标可操作性强。

应该说,本书的前五章是基础,而研究工作的指导意义在于后五章,体现了研究工作的归宿是应用的思想。后五章以常见轮轨激励源及曲线激励所导致的耦合振动规律为纲,具体地对低动力作用的轮轨系统设计和系统维护、大轴重货车动态作用及其改善途径、高速机车车辆簧下质量控制和轨道结构减振措施、以及实际轨道结构不平顺安全限度等,提出了耦合大系统综合模拟的建设性建议,将无疑会对我国重载货运和高速客运的系统规划起到指导和参考作用。当然,这些建议



的普遍正确性以及理论框架的完善,还有待于未来实践和试验验证的不断积累和修正,对此,我们拭目以待。

必须指出,本书的学术和应用潜力还相当深广。至少在下列两个方面还大有发展前景:

1. 在模型中进一步考虑轮轨表面的粗糙度。由于轮轨之间的干摩擦作用,高频接触振动和机车的张弛振动响应,有可能发展成一种稳定和不稳定极限环的交替或交错状态;

2. 高速条件的脱轨条件在本质上有别于低速的爬轨形态。当钢轨的横向阻抗受到大规模削弱时,有可能发展成为一种混沌状态。

当然,上述内容的研究将涉及更深层次的基础科学研究发展问题,模型的适用性将会受到更严峻的考验。但因为它们同隶属于耦合大系统,提出这些问题,在逻辑上是合乎情理的。

热忱地期望本书能对关心这一命题的读者有所教益。

铁道部科学研究院博士生导师  
铁道部科学研究院研究员  
詹斐生

1995年12月31日

北 京

# 前 言

随着铁路列车提速及高(快)速、重载铁路的迅速发展,机车车辆与轨道结构之间的动态相互作用日益增强,由此而引发的动力学与振动问题更加严重。列车运行速度越高,行车安全性与乘车舒适性问题越显突出,既要保证机车车辆不倾覆、不脱轨,又要确保提速列车、高速列车具有良好的乘坐舒适度;车辆运载重量越大,轮轨动力作用越强,车辆对线路的破坏影响也越严重,这就要求减轻重载列车与线路的相互作用。显然,解决上述问题,单单从车辆系统或轨道系统本身研究,已难以胜任;而将车辆与轨道作为一个相互作用、相互依存的整体系统加以考察,则为研究此类耦合动力学问题开辟了新途径,也使理论研究更能反映铁路轮轨系统实际。这便是本书所论述的车辆—轨道耦合动力学理论之初衷。

笔者提出开展车辆—轨道耦合动力学的研究设想始于1988年,并于1990年得到国家自然科学基金的资助,1991年完成了博士学位论文《车辆—轨道垂向耦合动力学》。在随后几年中,笔者及其课题组(主要成员有蔡成标、王其昌和郭仕章老师)在原国家教委“跨世纪优秀人才计划”首批专项基金资助下,着重开展了车辆—轨道横向耦合动力学的研究工作。1995年底,笔者完成了《车辆—轨道耦合动力学》书稿,于1997年夏由中国铁道出版社出版发行,1998年该书获得第11届“中国图书奖”。

最近几年来,笔者及其指导的研究生们在国家杰出青年科学基金、国家博士点科研基金、霍英东教育基金、四川省青年科技基金及教育部“高等学校骨干教师资助计划”等的不断资助下,进行了多方面的后续

研究工作,如博士生陈果在车辆—轨道随机耦合振动方面,在职博士生蔡成标在无碴轨道动力学及应用研究方面,博士生任尊松在车辆—道岔相互作用方面,硕士生王开云在试验验证方面,博士后丁国富在计算机图形仿真方面的工作等,使车辆—轨道耦合动力学理论得到进一步补充、丰富与完善。另一方面,通过承担一系列相关的铁道部科技研究项目及工程应用项目,车辆—轨道耦合动力学理论又得到了很好的应用与发展。正是在这些背景下,才诞生了这本新的、更加完善的、理论与实际紧密结合的第二版《车辆—轨道耦合动力学》。

与第一版《车辆—轨道耦合动力学》相比,第二版在内容上有了大量增加,增加的部分主要有:客车—轨道空间耦合模型及轮轨空间动态耦合关系模型;车辆—轨道耦合系统随机振动理论(包括轨道谱及其变换);车辆—轨道耦合动力学综合分析软件 TTISIM 及其试验验证;车辆在直线轨道上的横向稳定性;车辆与道岔的相互作用;列车提速对线路的动力影响及其对策;高速铁路长波不平顺的安全管理;轮轨相互作用脱轨及其评判新准则等等。此外,本书还增加了车辆—轨道耦合动力学理论的应用实例介绍,如京秦线时速 200 公里提速改造工程动力分析实例,秦沈快速客运专线车线桥动力分析实例等。

本书第二版共分十五章(第一版为十章),包括理论及应用两大部分。第一部分(前七章)论述车辆—轨道耦合动力学理论与方法,包括:车辆—轨道耦合动力学的基本思想、研究范畴和研究方法(第一章),车辆—轨道耦合动力学模型(第二章),轮轨系统四种激扰模型(第三章),车辆—轨道耦合动力学的快速数值分析方法(第四章)及其计算机仿真软件(第五章),车辆—轨道耦合动力学模型的试验验证(第六章)及其与传统模型的分析比较(第七章)。第二部分(后八章)介绍车辆—轨道耦合动力学理论的工程应用,主要有:车辆—轨道系统在典型激扰(包括随机激扰)作用下的耦合振动规律(第八、九章),现代新型铁路轮轨系统的低动力作用设计(第十章),提速、重载及高速铁路车辆与轨道的动态相互作用问题及对策(第十一~十三章),轨道几何不平顺的安全标准确定(第十四章),车辆与轨道相互作用引起的脱轨及其评判(第十五章)。书末附录还详细给出了常见铁道车辆和轨道结构基本参数。

借本书出版之机,作者谨向资助、支持和关心过本研究工作及本书出版的各有关单位和个人致以诚挚的谢意!首先要感谢国家自然科学基金,国家博士点基金,霍英东教育基金和教育部人事司、科技司、长江学者奖励办公室,铁道部科教司,四川省科技厅等对本研究工作所提供的有力资助。其次要感谢铁道部科学研究院科学技术处钱立新研究员、黎国清研究员,机车车辆研究所王卫东研究员、倪纯双博士,铁道建筑研究所罗林研究员、朱开明研究员、张格明博士等等,他们为作者提供了我国铁路历次大型现场动力学试验报告及一些十分宝贵的第一手测试数据,为验证和完善车辆—轨道耦合动力学理论起到了十分关键的作用。特别要感谢两院院士沈志云教授、中国工程院院士曾庆元教授和铁道部科学研究院詹斐生研究员长期以来对作者的关心、指导与帮助,沈志云院士在百忙中为本书作序,詹斐生研究员仔细审阅了全部书稿并提出宝贵意见。还要感谢我的同事及研究生们,本书的出版是他们共同努力的结果,特别是硕士生王开云和博士生陈果为第二版书稿的整理和最后完成付出了大量辛苦的劳动。最后要衷心感谢中国铁道出版社的领导和编辑,是他们的支持和热情鼓励促成了本书第二版的及时出版。

限于作者水平,书中错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

翟婉明

2001年3月30日

于成都西南交通大学

# 目 录

<b>第一章 车辆—轨道耦合动力学导论</b> .....	1
第一节 铁路轮轨运输系统与轮轨系统动力学.....	1
第二节 车辆—轨道耦合动力学的基本思想.....	2
第三节 车辆—轨道耦合动力学的基本范畴.....	4
第四节 车辆—轨道耦合动力学的研究方法.....	7
<b>第二章 车辆—轨道耦合动力学模型</b> .....	10
第一节 轮轨动力分析模型的演进及其分类 .....	10
第二节 论车辆—轨道耦合系统的模型化 .....	13
第三节 车辆—轨道垂向系统统一模型 .....	20
第四节 车辆—轨道空间耦合系统模型 .....	33
第五节 轮轨空间动态耦合关系模型 .....	62
<b>第三章 车辆—轨道系统激励模型</b> .....	79
第一节 脉冲型速度扰动模型 .....	79
第二节 谐波型扰动模型 .....	87
第三节 动力型轨道刚度不平顺模型 .....	93
第四节 轨道随机不平顺扰动模型 .....	97
<b>第四章 车辆—轨道耦合动力学的数值分析方法</b> .....	107
第一节 大型非线性动力学系统数值求解现状.....	107
第二节 大系统动态分析的新型快速数值积分法.....	109
第三节 复杂非线性问题计算稳定性的数值试验法.....	122
第四节 新方法在车辆—轨道耦合动力学数值分析中的 应用.....	124
<b>第五章 车辆—轨道耦合动力学的计算机仿真</b> .....	128
第一节 车辆—轨道垂向相互作用的计算机仿真 VICT 分析系统.....	128
第二节 车辆—轨道耦合动力学综合分析软件包	

	TTISIM .....	132
第三节	车辆—轨道耦合动力学的可视仿真 .....	137
第六章	车辆—轨道耦合动力学模型的试验验证 .....	141
第一节	车辆—轨道垂向统一模型的试验验证 .....	141
第二节	车辆—轨道空间耦合模型的试验验证 .....	151
第七章	车辆—轨道耦合动力学模型与传统模型的比较分析 .....	160
第一节	车辆—轨道垂向统一模型与传统的车辆垂向振动 模型计算结果之比较 .....	160
第二节	车辆—轨道空间耦合模型与传统的车辆横向动力学 模型计算结果之比较 .....	165
第三节	车辆—轨道统一模型与一般轮轨动力分析 模型比较 .....	173
第四节	车辆—轨道耦合动力学的等效集总参数简化 模型 .....	174
第八章	车辆—轨道耦合振动的基本特征 .....	183
第一节	车辆—轨道耦合系统的冲击响应 .....	183
第二节	车辆—轨道耦合系统对谐波型激励的振动响应 .....	187
第三节	轨道动力型不平顺对耦合系统振动响应的影响 .....	190
第四节	车辆通过曲线轨道的动态响应 .....	192
第五节	车辆通过道岔时系统的动力响应 .....	195
第六节	车辆在弹性轨道结构上的横向运动稳定性 .....	206
第九章	车辆—轨道耦合系统的随机振动特性 .....	211
第一节	车辆—轨道耦合系统随机振动分析方法 .....	211
第二节	车辆—轨道耦合系统随机振动响应特征 .....	214
第三节	轨道不平顺对车辆—轨道耦合系统随机振动 的影响 .....	220
第十章	新型低动力作用轮轨系统的设计准则 .....	226
第一节	发展新型低动力作用轮轨系统的意义 .....	226
第二节	轮轨相互动力作用的评价指标体系 .....	229
第三节	机车车辆的低动力作用设计原则 .....	232

---

第四节	轨道结构的低动力作用设计措施·····	235
第五节	轮轨系统状态的低动力作用维护准则·····	241
<b>第十一章</b>	<b>既有铁路列车提速对线路的动力影响及其对策·····</b>	<b>245</b>
第一节	我国既有铁路列车提速概况及其意义·····	245
第二节	既有铁路列车提速给线路带来的动力问题·····	247
第三节	提速线路道岔处轮轨冲击作用问题及其对策·····	248
第四节	提速线路钢轨焊接区不平顺的动力效应及其 控制·····	251
第五节	提速线路路桥连接段的动力问题及其对策·····	253
第六节	提速列车车轮擦伤对线路的动力影响及其对策·····	255
第七节	京秦线时速 200 公里提速改造工程应用实践·····	257
<b>第十二章</b>	<b>重载铁路货车与轨道的相互作用·····</b>	<b>269</b>
第一节	关于我国重载铁路运输及货车大型化问题·····	269
第二节	大型货车对线路的动力影响·····	270
第三节	减轻大型重载货车对线路动力作用的基本途径·····	274
第四节	我国新型重载货车设计及其轮轨动力性能评价·····	277
<b>第十三章</b>	<b>高速铁路客车与轨道的相互作用·····</b>	<b>286</b>
第一节	高速铁路及其在我国的发展·····	286
第二节	高速铁路轮轨动态相互作用特征·····	288
第三节	高速铁道车辆簧下质量的动力学效应及其控制·····	299
第四节	高速铁路轨道结构的减振设计措施·····	303
第五节	高速铁路无碴轨道动力分析应用举例·····	305
第六节	我国高速铁路车线桥动力分析应用实践·····	313
<b>第十四章</b>	<b>铁道车辆在不平顺轨道上的运行安全性·····</b>	<b>322</b>
第一节	车辆—轨道耦合动力学理论在轨道不平顺安全 标准研究中的应用·····	322
第二节	轨道常见几何不平顺的安全限值·····	323
第三节	轨道三角坑对行车安全的影响·····	327
第四节	轨道复合不平顺的安全控制准则·····	329
第五节	高速铁路轨道长波不平顺的安全管理·····	332

<b>第十五章 轮轨相互作用脱轨及其评判</b> ·····	339
第一节 现行脱轨评判标准及其缺陷·····	340
第二节 根据车轮抬升量判定车辆脱轨的原理·····	345
第三节 车辆—轨道耦合动力学理论在脱轨仿真研究中的 应用实践·····	347
第四节 评判车辆脱轨的新准则·····	357
<b>附 录</b> ·····	361
附录 A 轮轨接触椭圆参数表·····	361
附录 B Kalker 线性蠕滑理论之系数 $C_{ij}$ ·····	363
附录 C VICT 仿真软件包数据文件 ·····	364
附录 D 常见铁道车辆基本参数·····	365
附录 E 常用轨道结构基本参数·····	370
<b>参考文献</b> ·····	374
<b>名词索引</b> ·····	383
<b>SUMMARY</b> ·····	391
<b>CONTENTS</b> ·····	393



# 第一章 车辆—轨道耦合动力学导论

## 第一节 铁路轮轨运输系统与轮轨系统动力学

铁路是交通运输的大动脉,对国民经济的发展起着十分重要的作用。铁路运输属轮轨接触式运输,其实质就在于轮轨粘着作用的合理利用。早在1804年,特里维西克(Trevithick)通过实验就已认识到,两个相对光滑的表面之间所产生的摩擦力,可以为牵引和制动车轮提供足够的力源。从此,人类在利用摩擦力做功方面进行了长期不懈的探索。乔治·斯蒂芬森(G. Stephenson)在木轮—木轨的实践基础上,大胆地选择了铁轮—铁轨方案,从而促成了1825年世界上第一条铁路在英国的诞生。至此,陆地有轮车辆运输方式发生了深刻的变化。

铁路运输方式区别于其他运输方式的特点是轮轨的相互作用。铁路轮轨运输系统,无论是在运载重量、运行速度,还是在能量消耗和运输成本等方面,都大大优于其他地面有轮运载工具——摩擦系数高、滚动阻力小、极限强度大和弹性模量适度。优良的轮轨粘着性能使铁路运输方式经久不衰。

众所周知,车轮在钢轨上的运动是一个复杂的动力学过程,牵涉到很多因素,既有车辆方面的,又有轨道方面的,而且还互相渗透。而影响和控制这一动力行为的根源在于轮轨接触点处的作用力。因此,认识并改进轮轨相互动态作用关系,是确保铁路运输安全高效的基本前提,也是不断发展和完善铁路轮轨运输系统的必要条件,并由此而形成了轮轨系统动力学。轮轨动力学以轮轨关系为核心,着重研究轮轨相互动态作用及其相关问题,主要包括:轮轨接触几何学,轮轨蠕滑理论,轮轨接触振动,轮对运动学,运动稳定性与导向理论等。世界各国的科学工作者对此进行了长期的研究与试验,取得了大量的研究成果,对铁路运输事业的发展起到了极大的推动作用。

铁路运输的发展过程也就是运输能力不断提高的过程,具体表现