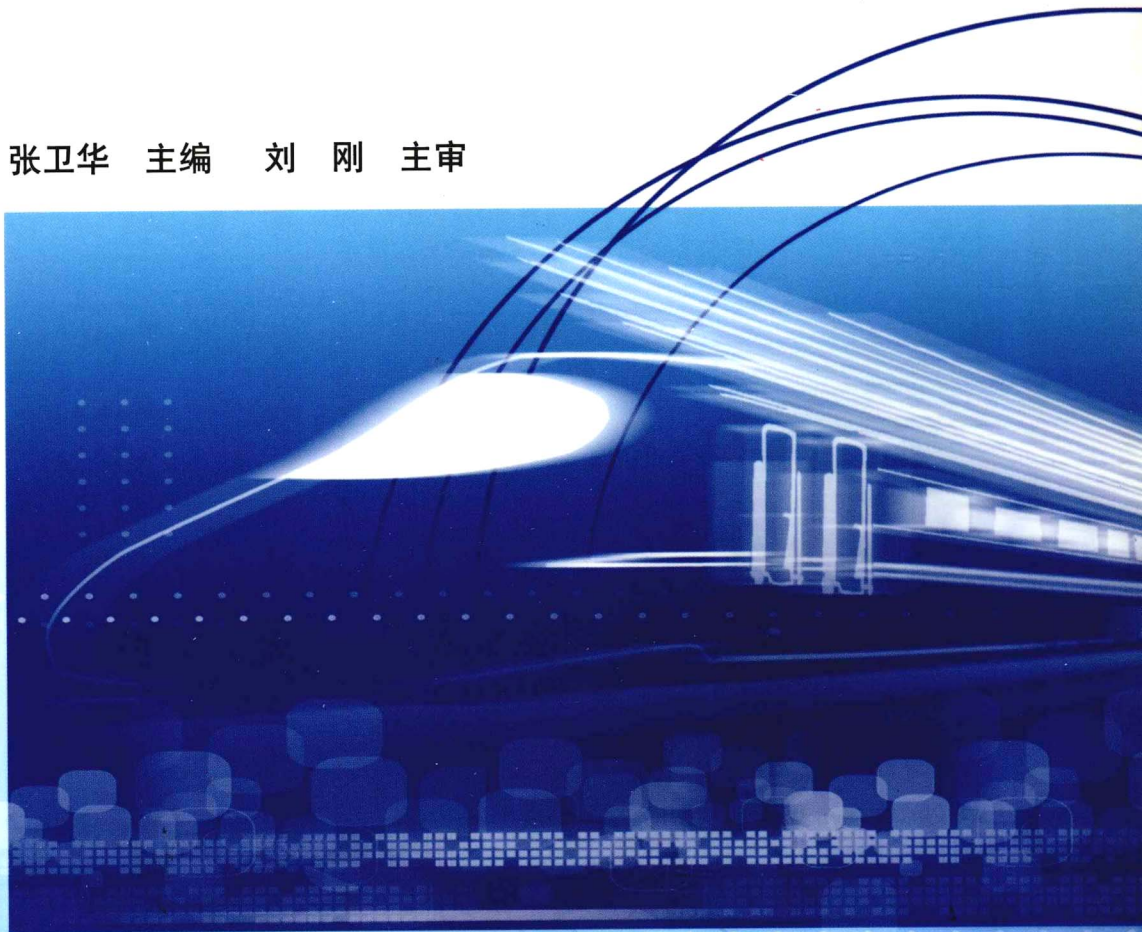




普通高等教育铁道部规划教材

动车组总体与转向架

张卫华 主编 刘 刚 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

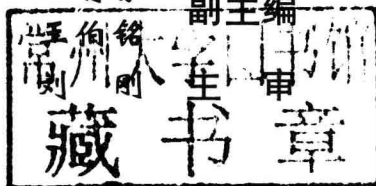
普通高等教育铁道部规划教材

动车组总体与转向架

张卫华 主 编

丁莉芬

副主编



中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书为普通高等教育铁道部规划教材,全书共分七章,分别叙述世界各国高速铁路发展概况、动车组总体及主要技术参数、动车组转向架、高速列车系统动力学、高速车体系统设计、动车组车端连接装置、动车组司机室。

本书是高等学校铁道机车车辆和轨道交通车辆类专业教材,也可供铁路高职院校机车车辆类学生和研究动车组的工程技术人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

动车组总体与转向架/张卫华主编. —北京:中国铁道出版社,2011. 3

普通高等教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-12459-5

I. ①动… II. ①张… III. ①高速列车:动车—车体结构—高等学校—教材②高速列车:动车—转向架—高等学校—教材 IV. ①U266

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 027442 号

书 名: 动车组总体与转向架

作 者: 张卫华 主编

责任编辑: 刘红梅 电话: 010 - 51873133 电子信箱: mm2005td@126.com 教材网址: www.tdjiaocai.com

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 孙 玫

责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 100054)

印 刷: 三河市华业印装厂

版 次: 2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

开 本: 787 mm×960 mm 1/16 印张: 29.25 字数: 625千

印 数: 1~3 000册

书 号: ISBN 978-7-113-12459-5

定 价: 56.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电话: 市电(010) 51873170, 路电(021) 73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010) 63549504, 路电(021) 73187

前 言

本书是普通高等教育铁道部规划教材,由铁道部教材开发领导小组组织编写,并经铁道部相关业务部门审定,适用于高等院校铁路特色专业教学以及铁路专业技术人员使用。本书为铁道机车车辆类动车组系列教材之一。

2008年8月1日,时速350 km京津城际高速铁路投入运行,从而拉开了我国高速化铁路的序幕,并迅猛发展,到2010年3月,我国已经建成并投入运行的高速客运专线达到3968 km;正在建设的客运专线还有3178 km;计划建设的客运专线有20条,共计11095 km。到2020年,我国新建高速铁路的里程总长1.8万 km,我国将成为名副其实的高速铁路大国。

随着时速350 km动车组于2009年底飞驰在1068 km长的武广高速铁路上,中国高速列车创造了旅行速度最快、一次停靠路程最长的世界纪录。2010年12月3日,在京沪高铁枣庄至蚌埠间的先导段联调联试和综合试验中,我国生产的“和谐号”CRH380A新一代高速动车组最高运行时速达到486.1 km;2011年1月9日,“和谐号”CRH380BL高速动车组在试验中更是创造了487.3 km/h的高速。中国铁道高速动车组CRH(China Railway High-speed)是中国铁路自主品牌的系列高速动车组。CRH系列和谐号动车组优雅的色彩、流线型的身躯、惊人的速度,让人们领略到高速列车的现代和先进。事实上,高速列车是高新技术的集成,融入了机械、材料、电子、计算机、网络通信、工程仿真等领域的最新技术,是高速铁路的标志性装备。目前,在打造中国品牌高速列车的过程中,铁路行业迫切需要大量的动车组设计、制造、运用、维修等方面的高级技术人才。为此,国内一些高等院校针对动车组设置了相关专业或专业方向。本书的编写,无疑是想展示CRH系列动车组的复杂的结构,细说它先进的技术,揭示它神秘的面纱。为广大



的读者朋友提供一个了解动车组及其核心技术的平台。

作者在广泛收集国内外有关高速动车组资料和对实际机型的考察、调研的基础上,经过消化吸收和系统归纳整理,结合本科教学特点,编写《动车组总体及转向架》一书。本书旨在比较全面、系统地介绍有关高速动车组总体及转向架结构和原理方面的基本概念和基本理论,以基本概念为主,力求理论联系实际,抓住典型动车组进行解剖,并注意反映国内外最新高速动车组研究成果。本书力争重点突出、内容新颖、叙述全面。本书不但可以作为高速动车组专业方向的专业教科书,也可以作为机车工程、机车运用、铁道车辆以及城市轨道交通车辆工程专业方向的教学参考书,同时也是一本铁路动车组运用、检修、管理人员和机车车辆工程技术人员实用参考书。

全书共分七章:第一章介绍了世界高速铁路发展的革沿,展示了世界各国先进动车组的概况,具体介绍了我国高速动车组的九大关键技术和十项配套技术;第二章介绍了动车组的组成、分类和主要技术参数,并详细介绍了 CRH1、CRH2、CRH3 及 CRH5 动车组总体技术和技术参数;第三章在介绍转向架的任务、组成和分类的基础上,详细介绍了 CRH1、CRH2、CRH3 及 CRH5 动车组的转向架技术,并分析了转向架构架、悬挂弹簧和减振器、轮对轴箱、驱动装置和基础制动等结构和技术特点;第四章根据高速列车及其运行系统的运用特征,给出了高速列车系统动力学的基本概念、力学关系、研究内容和研究体系,分析了动力学的评价指标,研究了高速转向架参数的设计方法,结合我国《高速动车组整车试验规范》,介绍了动车组试验的基础内容;第五章介绍了高速车体的系统设计思想,包括气动性能设计、车体模态设计、抗碰撞设计、轻量化结构设计,介绍了 CRH 系列动车组车体结构特点以及车窗与车门结构;第六章在介绍车端连接装置的作用、组成与分类的基础上,简单介绍了我国传统铁路机车车辆用车钩缓冲器及设计方法,最后介绍了 CRH1、CRH2、CRH3 及 CRH5 动车组使用的典型车端连接装置;第七章介绍了动车组司机室的人机工程、环境界面、空间界面和操作界面,介绍了



CRH1、CRH2、CRH3 及 CRH5 动车组的司机室设备布置及操纵台。

本书由西南交通大学张卫华主编,铁道部运输局刘刚主审。其中第一章由王伯铭和宋永增主笔完成,第二章由王伯铭主笔完成,第三章由王伯铭主笔完成,第四章张卫华和池茂儒主笔完成,第五章由丁莉芬和王文静主笔完成,第六章由张新华主笔完成;第七章由郭北苑主笔完成。最后由张卫华、丁莉芬和王伯铭进行统稿。

限于编写者水平,肤浅之处敬请同行们多多指教,书中错误和不当之处在所难免,也请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月

目 录

第一章 高速铁路和高速动车组概述	1
第一节 概述.....	1
第二节 高速铁路历史沿革及发展.....	6
第三节 世界各国动车组简介	16
第四节 我国动车组简介	29
第五节 动车组限界	45
复习思考题	53
第二章 动车组总体及主要技术参数	54
第一节 动车组基本组成和分类	54
第二节 动车组的主要技术参数	57
第三节 动车组黏着问题	60
第四节 动车组轻量化技术	64
第五节 三种时速 200 km 动车组总体综述	69
复习思考题.....	137
第三章 动车组转向架	138
第一节 概述.....	138
第二节 转向架的任务、组成和分类	138
第三节 CRH 系列动车组转向架简介	141
第四节 转向架构架.....	156
第五节 弹簧装置及减振器.....	167
第六节 轮对轴箱装置.....	177
第七节 驱动装置.....	197
第八节 车体与转向架间的连接装置.....	204
第九节 基础制动装置.....	223
复习思考题.....	248



第四章 高速列车系统动力学	249
第一节 高速列车系统动力学的概念.....	249
第二节 动力学性能评价体系.....	252
第三节 高速转向架参数设计.....	265
第四节 动车组试验.....	281
复习思考题.....	308
第五章 高速车体系统设计	309
第一节 系统设计思路.....	309
第二节 气动性能设计.....	311
第三节 车体模态设计.....	316
第四节 抗碰撞设计.....	319
第五节 轻量化结构设计.....	323
第六节 CRH 系列动车组车体结构	326
第七节 动车组车窗与车门.....	344
复习思考题.....	349
第六章 动车组车端连接装置	350
第一节 车端连接装置的作用、组成与分类	350
第二节 我国传统铁路机车车辆用车钩缓冲器简介.....	351
第三节 车钩缓冲装置设计简介.....	356
第四节 CRH 系列动车组使用的典型车端连接装置	358
复习思考题.....	407
第七章 动车组司机室	408
第一节 概述.....	408
第二节 CRH 系列动车组司机室	418
复习思考题.....	456
参考文献	457

第一章

高速铁路和高速动车组概述

第一节 概 述

铁路诞生后的近 200 年来,由于其舒适性好、运输能力大、速度相对较高,而得到了大发展,铁路在交通运输中扮演了最重要的角色,成为最受欢迎的旅行交通运输方式。旅客运输的高速化已成为一种世界潮流,冲击着世界各国交通运输结构,同时刺激着各种现代交通运输方式改进性能、提高速度。高速铁路伴随着经济、科技、社会发展的步伐应运而生。高速铁路的出现和迅速崛起,使铁路固有的优势得以充分发挥,为铁路的发展注入了新鲜血液。

一、铁路运行速度的不断提高

自有铁路以来,人们就在不断致力于提高列车的运行速度。1825 年 9 月 27 日,世界上第一条现代意义的铁路在英国的斯托克顿(Stockton)和达灵顿(Darlington)之间开通,其列车最高运行速度只有 24 km/h。19 世纪 40 年代,英国列车试验速度达到 120 km/h,1890 年法国将列车试验速度提高到 144 km/h,1903 年德国制造的电动车组试验速度达到了 209.3 km/h。1955 年法国电力机车牵引的试验车组最高运行速度突破 300 km/h,达到 311 km/h。1964 年 10 月日本东海道新干线最高运行速度突破 200 km/h,达到了 210 km/h。此后列车试验速度不断刷新:1981 年 2 月法国 TGV 试验速度达到 380 km/h,1988 年 5 月德国 ICE 把这一速度提高到 406.9 km/h,半年后法国人创造了 482.4 km/h 的新纪录;1990 年 5 月法国再次刷新了自己的纪录,把试验速度提高到 515.3 km/h。2007 年 4 月法国 TGV 又一次刷新了自己的纪录,把试验速度提高到 574.8 km/h。

1964 年 10 月 1 日日本东海道新干线(东京—新大阪)投入运营,新干线全长 515.4 km,列车最高运行速度 210 km/h,全程运行时间只需 3 h 10 min(后来缩短到 2 h 30 min)。由于新干线列车的旅行速度比原铁路提高一倍,再加上票价较飞机便宜,从而吸引了大量旅客,迫使东京—名古屋间的飞机航班停运,这是世界上铁路在与航空竞争中首次取胜的实例。东海道新干线以其先进的技术装备和成功的运营经验为世人所仰慕,被日本誉之为“经济起飞的脊骨”。新干线的出现顺应了旅客运输高速化的潮流,尤其是法国 TGV 在利用传统技术和降低工程造价上获得成功,更增强了许多国家发展高速铁路的信心。



十多年来,由于社会主义市场经济的发展和运输市场竞争的加剧,我国也开始重视提高旅客列车的速度。“九五”期间我国铁路开展了提速工程,提速后全路旅客列车平均旅行速度由1995年的49 km/h提高到了2000年的56.8 km/h,个别列车的直达速度已突破100 km/h。由于速度的提高,遏制了客运下滑的趋势,旅客周转量5年内增加了872亿人 km,2000年达到4415亿人 km,创造了历史最高水平。提速后运输收入也大幅度增加,为提前一年扭亏增盈打下了基础。提速在我国铁路上已取得了举世瞩目的成绩。通过六次大提速,基本形成了“四纵两横”的提速网络。提速后,全国铁路客运能力大大提高。200 km/h及以上速度的线路长度超过6000 km。

高速铁路是一个具有国际性和时代性的概念。1970年5月,日本在《全国新干线铁路整备法》中规定:“列车在主要区间能以200 km/h以上速度运行的干线铁道称为高速铁路。”这是世界上第一个以国家法律条文的形式给高速铁路下的定义。1985年5月,联合国欧洲经济委员会将高速铁路的列车最高运行速度规定为:客运专线300 km/h,客货混线250 km/h。1986年1月,国际铁路联盟秘书长勃莱认为,高速列车最高运行速度至少应达到200 km/h。因此,国际上目前公认列车最高运行速度达到200 km/h及其以上的铁路叫高速铁路。

目前世界上有三种类型的高速铁路:一是既有线客货混运型,最高运行速度200~250 km/h,如中国、俄罗斯、英国等;二是新建客货混运型,最高运行速度250 km/h,如德国、意大利等;三是新建客运专线型,最高运行速度可达300 km/h及其以上,如中国、日本、法国、德国、西班牙、韩国等。

二、高速铁路的主要技术特征

1. 高速铁路是当代高新技术的集成

20世纪后期科学技术蓬勃发展,迅速转化为生产力。计算机技术、微电子技术、电力电子器件的实用化与遥控自控技术的成熟,新材料、复合材料的推广,为发展高速铁路奠定了基础。高速铁路正是建立在这些相关领域高新技术基础之上,综合协调、集成创新的成果。因此,高速铁路实现了由高质量及高稳定的铁路基础设施、性能优越的高速列车、先进可靠的列车运行控制系统、高效的运输组织与运营管理体系等综合集成。虽然这些新技术分别隶属于各有关的子系统,但其主要技术指标、性能参数是相互依存、相互制约的,必须经详细研究、反复论证与修订,才能保证实现大系统综合集成特性的要求,达到整个系统的合理与优化。

2. 高速度是高速铁路高新技术的核心

自20世纪后半叶以来,铁路旅客列车速度连续越上三大台阶,20世纪60年代第一代高速列车,速度为230 km/h;20世纪80年代初第二代高速列车速度达到270 km/h;20世纪90年代第三代高速列车速度已达到并超过了300 km/h;21世纪初,已有350 km/h的高速列车问世;21世纪10年代,380 km/h以上的高速列车即将诞生。列车最高运行速度随着时代的进步而不断提高,它体现和代表了铁路的等级及其技术发展水平。



3. 系统间相互作用发生了质变

众所周知,普通铁路也是一个庞大的综合系统,只不过经百多年的不断更新与发展,铁路行业的技术进步已获得科学的积累。然而,高速铁路的情况就大不相同,虽然它仍受铁路行业传统影响,但由于行车速度的不断提高,将引发铁路行业各系统及其相互关系的质变,过去用于普通铁路行之有效的方法不能照搬于高速铁路。系统中某项参数或标准选择不慎都将引发连锁反应。例如:线路参数、路基密实度或桥梁刚度选择不合理,不仅是线路质量问题,还将影响列车运行的平稳性及可靠性,也干扰运输组织、行车指挥。系统之间的关系远比普通铁路复杂,必须从总体上估计到这一庞大系统的复杂性和综合特性,认真研究并协调各子系统主要技术参数变异的合理范围,重视新系统的强耦联特性。

4. 系统动力学问题更加突出,成为高速列车技术发展挑战

(1) 运动稳定性

当我们抛开这些复杂的电气设备,仅仅考虑车辆机械系统本身,这时的高速列车系统和老式的火车就没有本质的区别,都是由轮对、转向架构架和车体这三个基本质量单元及一系和二系悬挂组成。这是一个典型的机械系统。对于一般的机械系统来说,当参数固定时,其振动特性取决于频响特性,当然,一般的机械系统都要避开共振区,以保证其运行的平稳性。对于铁路车辆来说,它不再是一般的机械系统,它的特殊性来自于轮轨接触。轮轨关系尽管在理论上是确定约束,但轮轨接触的几何特征和力学特征均具强非线性特征,而轮轨蠕滑力所扮演角色是对轮对运动进行导向,实现轮轨的对中,然而蠕滑力在铁路车辆的运行过程中也同时起着系统阻尼的作用,而这一阻尼参数会随着车辆运行速度的提高而降低,从而就有可能导致系统阻尼无法遏止车辆的系统振动,车辆系统从稳定系统变成不稳定系统。

一旦铁路车辆出现系统失稳,轮对就将出现蛇行运动,轮对在两根钢轨间横向大幅度地往复摆动,这不仅使得车辆系统的振动加剧,更可怕的是极容易导致脱轨事故,这对高速列车来说,问题就更加严重。因此,保证系统稳定是高速列车动力学性能的首要任务。

(2) 运行平稳性

车辆沿轨道运行时,由于线路等扰动,使车辆系统各部件产生振动。车体的振动影响乘坐舒适性,而构架、轮对等的振动主要影响各部件的结构可靠性。车辆系统是典型的弹簧—质量系统,在有激扰的情况下,振动就无法避免,特别是激扰的频率和车辆系统的悬挂共振频率或车体等结构自振频率一致时。因此,如果通过一系和二系进行隔振是转向架悬挂参数设计的重点。

车辆系统振动的激励源主要包括:轨道不平顺、轨道刚度和几何状态变化、弓网振动、车轮不圆和擦伤、高速列车和空气的动态作用。其中轨道不平顺引起机车车辆产生振动是公认的主要原因,尤其是高速列车,轨道不平顺对其振动的影响显著增大。因此,在线路条件和车辆条件确定的情况下,限制振动,也就相当于限制了列车的运行速度。因此,高速铁路与普通铁路相比最大的区别在于线路高平顺度特性方面。高平顺性不仅体现在空间要具有平缓的线型、高精度的允差、高光洁度的轨面,而在时间上还必须具有稳固的高保持性。



(3)脱轨安全性

众所周知,脱轨是高速列车最严重的事故之一,列车脱轨事故的发生将给人们的生命和财产安全带来重大损失。脱轨可以分四类:第一类是人为事故类脱轨,它包括铁路设施被破坏、行车组织失误等非正常条件下引起的脱轨。这类脱轨和列车的运行速度无直接关系;第二类是灾害类脱轨,它是由地震、风沙、滑坡和泥石流等自然灾害引起等引起的脱轨。这类脱轨和列车的运行速度也无直接关系;第三类是失效类脱轨,它是由于机车车辆结构或接触表面失效所引起的脱轨。而失效往往和速度提高、振动加剧有关,因此,这类脱轨和列车的运行速度相关;第四类是固有特性类脱轨,该类脱轨是由高速列车动力学性能不好所导致的,如列车的运动失稳、车轮爬轨等等,这类脱轨和列车的动力学性能有关,当然也与列车的运行速度直接相关,列车运行速度越高,脱轨的可能性就越高,它直接制约着列车运行速度的提高。

(4)结构可靠性

高速列车各部件长期暴露在随机载荷的环境中,其结构可靠性是高速列车安全运行的重要保障。结构和材料的失效问题是一个普遍存在的问题,在其他机械领域的研究中也备受关注。但是,高速列车安全服役的失效有着它自身的特殊性。失效基本上都是由于振动或相对运动引起的,对于高速列车来说,相对运动的形式十分特殊,呈现出多样性,基本的相对运动有高速滚动(轮轨滚动副)、高速滑动(弓网和制动摩擦副)、紧配合微动(轮轴和螺纹连接)和结构振动(转向架和车体)四种形式。在振动条件下,不同的相对运动模式就有相应的失效形式,如高速轮轨滚动中的磨损和接触疲劳,高速弓网滑动中的摩擦磨损和电弧烧蚀,轮轴等紧配合中的微动疲劳和表面胶合,结构件的疲劳损伤等;但不管何种运动方法和失效类型,他们都和速度紧密相关。速度越高,振动越烈,失效就越快,高速列车可靠性就越低。可靠性成为列车提速和发展高速铁路的制约因素。

(5)高速列车空气动力学问题

空气动力学问题一直是航天航空领域研究的重点,然而,高速列车的运行速度在到达300 km/h以上就达到飞机的起飞速度,考虑空气动力学性能是高速列车设计必须的科目。高速运行条件下,空气动力学所带来的问题已经不是简单的阻力问题,而是气流带来的气动扰动问题,也就是流固耦合振动问题。特别是在会车、横风和隧道通过等特殊工况,情况更加严重,气流不仅会导致列车运动姿态的变化,影响乘坐舒适性,关键还会影响到列车运行的安全性。

阻力是空气动力学研究首要任务,降低阻力就是降低列车动力,降低能耗,意义重大。在一定速度下,高速列车空气阻力及其他空气动力作用取决于列车的外形、列车的截面及外表面的光滑平顺度。所以,在列车的总体设计及车体设计中都必须周密处置,使整列车具有良好的气动性能。这里涉及列车内部空气密封问题、线间距问题、隧道断面选择问题等。列车运行速度提高所带来的空气动力学问题,也将成为列车运行速度提高制约因素。

(6)噪声

噪声是结构振动产生的现象。随着列车速度的提高,轮轨相互作用、列车与空气相互作用



用、弓网振动都迅速加强,其噪声也更加严重。铁路噪声不仅降低了乘客的乘坐舒适性,而且会影响铁路沿线居民的生活。如何控制和减小铁路噪声,使其在乘客和环境的承受范围之内,是国内外高速列车面临的一个棘手问题。

轨道交通噪声是由各种不同类型的噪声组合而成的,通常按噪声产生的部位分类识别。按发生部位的不同,可分为轮轨噪声、空气动力噪声、机电系统噪声、结构物噪声和车内电气设备产生的噪声。由于各个国家具体情况不同,车辆噪声级也不尽相同,很难统一为一个标准。但不管采用什么样的噪声标准,其目的都是控制高速列车的整体噪声。在以人为本的现代社会,噪声标准已经成为强制性标准。因此,噪声控制不好就会影响到最终的高速列车运营速度。

三、高速铁路客运特点

高速铁路之所以受到各国政府的普遍重视,是由于高速铁路与高速公路和中长途航空运输相比有以下特点。

1. 旅客旅行时间短

中长途旅客选择乘坐交通工具首先考虑耗费的旅行总时间,即旅客从出发地到达目的地的“门到门”时间。高速铁路耗时越少,被选择的可能性就越大。

2. 安全性和舒适度好

安全和舒适也是旅客最为关心的因素。高速公路车祸频繁,美国每年因车祸死亡的人数约为 5.5 万人,死伤人数多达 200 多万人,德国、法国和日本每年死亡人数也在万人以上,并有近 10 万人因伤致残;民航失事也时有发生;而铁路因行车事故造成的旅客伤亡人数则大大低于公路和民航运输。1985 年原联邦德国铁路、公路和民航运输的事故率(每百万人公里的伤亡人数)之比大致为 1:24:0.8。公路大轿车的事故率为铁路的 2.5 倍。日本对 20 世纪 70 年代以来所发生的旅客生命财产事故分析表明,汽车事故是铁路事故的 1570 倍,飞机事故是铁路事故的 63 倍。我国 1987 年至 1988 年统计,完成的换算周转量铁路为公路的 3 倍,而发生的事件件数仅为公路的 1/4,死亡人数为公路的 1/282,受伤人数为公路的 1/1500。就高速铁路而言,日本近 40 年,法国 10 多年从未发生过列车颠覆和旅客死亡事故。而高速铁路舒适性也是其他运输方式不可比的。

3. 准时性

航空运输受气候影响,航班很难做到准点,有时还会停航。国外高速公路经常发生堵塞,行车延误在所难免。高速铁路则是全天候行车,线路为全封闭,设有先进的列车运行与调度指挥自动化控制系统,能确保列车运行正点,较其他交通运输方式准确可靠。

4. 能源消耗低

根据日本近年来的统计,各种交通运输工具平均每人公里的能耗,高速铁路 571.2J,高速公路公共汽车 583.8J,是高速铁路的 1.02 倍;小轿车 3309.6J,是高速铁路的 5.79 倍;飞机 2



998.8J,是高速铁路的5.25倍。

5. 占用土地少

4车道高速公路的占地宽度为26m,复线铁路占地宽度为20m;如以单位运能占地相比较,高速铁路仅为高速公路的1/3左右。飞机航道虽不占用土地,但一个大型机场需用地 20 km^2 ,相当于1000km复线铁路的占地面积,而1000km航线内至少要有2~3个大型机场,总用地约为铁路的2~3倍。

6. 综合造价低

普通复线电气化铁路每公里造价约为1000万元,高速铁路标准高些,估计为1300~2500万元。每个座席分摊到的机车车辆购置费,普通铁路约为1.2万元,高速铁路约为5万元左右。高速公路每公里造价约为1100~2600万元。豪华大客车每个座席分摊到的购置费约为1万元,小轿车则高达10万元左右。大型机场至少有一条宽60m长4km左右的跑道,路面标准高于高速公路,其他通道和停机坪也需硬面化,而配置的各种现代化导航设备,造价都是相当昂贵的。现代化大型客机每个座席的购置费约为150万元。

7. 运输能力大

根据国外资料,高速铁路客运专线每天开行的旅客列车为192~240对,如每列车平均乘坐800人,年均单向输送能力将达5600~7000万人。4车道高速公路客运专线,单向每小时可通过小轿车1250辆,全天工作20h,可通过2500辆。如果大轿车占20%,每辆车平均乘坐40人,小轿车占80%,每辆车乘坐2人,则年均单向输送能力为8760万人。航空运输主要受机场容量限制,如一条专用跑道的年起降能力为12万架次,采用大型客机的单向输送能力只能达到1500~1800万人。可见,高速铁路的运能远大于航空运输,而且一般也大于高速公路。

8. 环境污染低

在旅客运输中,各种交通工具有害物质的换算排放量,铁路每人公里为一氧化碳0.109kg,公路为0.902kg,公路是铁路的8倍。在噪声污染方面,日本以航空运输每千人公里产生的噪声为1,则小轿车为1,大轿车为0.2,高速铁路为0.1。

9. 经济效益和社会效益好

高速公路的交通堵塞和事故给国民经济带来了巨大损失。欧共体国家用于解决公路堵塞的费用约占国民生产总值的2.6%~3.1%,总金额在900~1100亿美元之间,相当于整个欧洲高速铁路网的全部投资;用于处理公路事故的费用也占国民生产总值的2.5%。

修建高速铁路的直接经济效益也是很显著的。日本和法国的实践证明,其直接投资收益都在12%以上,一般在10年之内即可还清全部贷款,其社会收益率也在20%以上。据日本资料,旅客由于从既有线改乘新干线高速列车,每年可节约旅行时间3亿h,即每年节省的时间效益相当于当时修建东海道新干线所需的全部费用。法国一条高速铁路的效益是一条6车道高速公路的3倍多。同时,高速铁路对促进国民经济发展、提高国家综合科技水平也起着巨大的推动作用。



第二节 高速铁路历史沿革及发展

自从 1825 年世界上第一条铁路建成并通车开始,铁路逐渐成为了交通运输中的重要运输方式之一。快速、可靠、舒适、经济和环保是铁路在与其他运输方式竞争中取胜的先决条件。许多国家都在通过新建或改建既有线,发展高速铁路。国际上根据铁路线路允许运行的最高时速对列车作如下划分:

普通列车:最高运行速度 100~160 km/h;

快速列车:最高运行速度 160~200 km/h;

高速列车:最高运行速度 ≥ 200 km/h。

目前,世界上已有很多国家的高速铁路投入了运营。本节介绍世界主要国家高速铁路的发展、高速铁路的客运特点、高速铁路限界及线路特点,以及各国高速动车组等。

回顾高速铁路的发展过程,可将其分为三个时期:首先是高速铁路初创时期,日、法、德等国开发并建成高速铁路;其次是高速铁路技术成熟时期,日本和欧洲一些国家提高和完善高速铁路技术,高速铁路成为成熟技术并已为更多的国家所掌握;第三是高速铁路的广泛发展时期,更多的国家与地区着手开发和建设高速铁路。

一、日本高速铁路

1964 年 10 月 1 日,日本东海道新干线东京—大阪高速铁路正式开通投入商业运营,这是世界上第一条完全按照高速行车技术条件建造的铁路,其最高运行速度达 210 km/h。东海道新干线的建成通车不仅为日本铁路,而且也为世界铁路开创了新纪元。日本新干线投入商业运营,以高速安全、准时、舒适、运量大、污染小、能源省及占地少等特点而著称。不仅为日本经济的腾飞、社会的发展起到了举足轻重的作用,而且也为铁路的复兴奠定了基础,为当时的“夕阳产业”的铁路注入了巨大的活力,再次掀起与高速公路和航空运输竞争的态势。

1958 年,日本国有铁路干线调查委员会向日本运输大臣提出了《关于加强东海道干线运输能力及其现代化的建议》。该建议主要内容包括:

(1) 东海道既有线运能到 1961~1962 年间将达到饱和,列车严重超员,应修建新的东海道新干线。

(2) 从新干线的运能、速度和安全出发,应采用 1 435 mm 的标准轨距。

(3) 东京—大阪间高速列车运行时间约 3 h,曲线半径 2 500 m,建设工期为 5 年。在日本政府正式批准修建东海道新干线之前,主要解决了以下几个关键问题:

① 最高时速 200 km 是否可行;

② 安全、正点运输是否可行;

③ 与高速公路竞争,经济上是否可行;

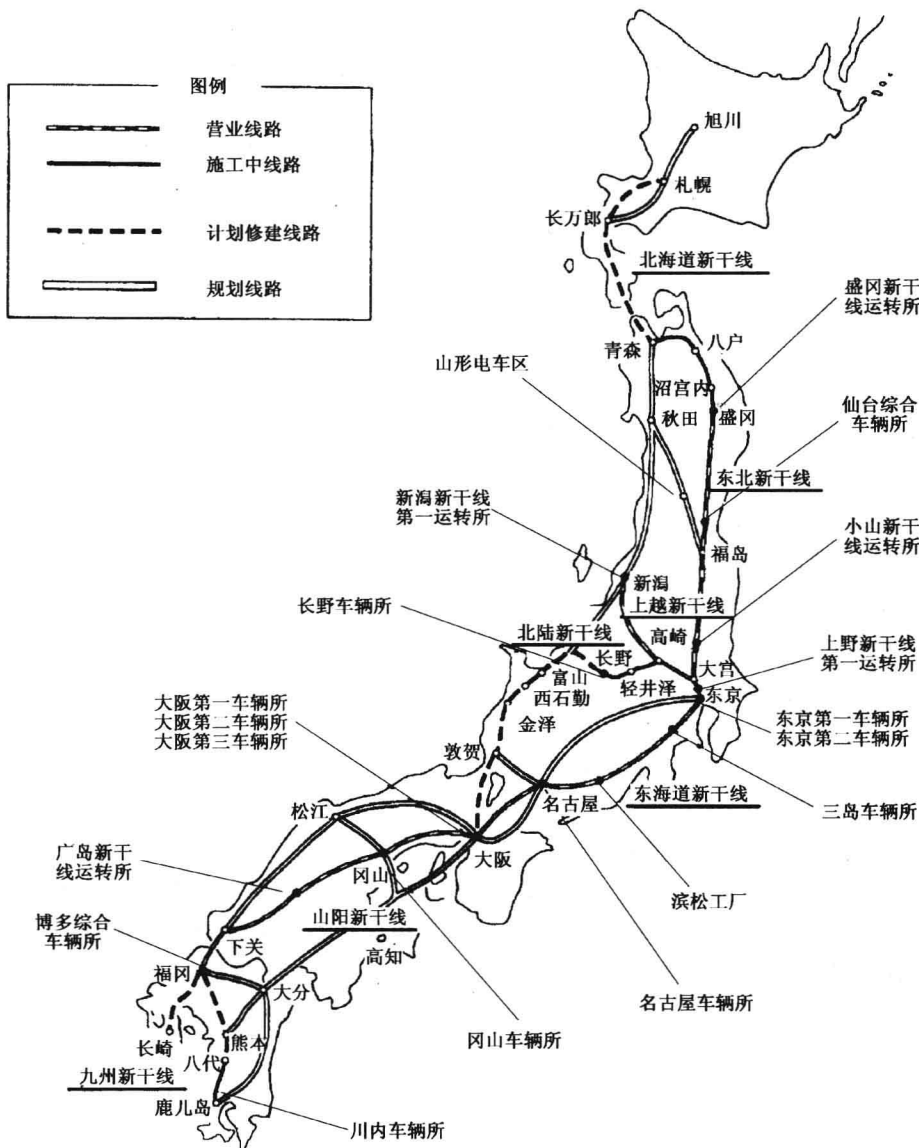


图 1-1 日本新干线高速铁路分布图

- ④如何解决资金来源问题；
- ⑤工期 5 年建成是否可行；
- ⑥东京—大阪间设置哪些车站。

东海道新干线于 1959 年 4 月正式开工(部分隧道工程于 1958 年底开工),经过 5 年的建设,于 1964 年 3 月完成铺轨,7 月竣工,10 月 1 日在第 18 届东京奥林匹克运动会开幕之前正



式开通。

日本新干线高速铁路分布如图 1-1 所示。东京—大阪新干线全长 515.4 km, 全线工程费约 3800 亿日元。全线共设 15 个车站, 平均站间距离 36.8 km, 最大站间距离为 68.1 km, 最小站间距离为 15.9 km。每天列车运行对数从开通时的 30 对增长到 1976 年的 137.5 对, 年运送旅客从 1964 年的 1100 万人次到 1976 年的 8500 万人次。从东京—大阪运行时间只需运行 3 h 10 min, 旅行速度为 164.2 km/h。到了 1992 年 3 月, 旅行时间又缩短到 2 h 30 min, 旅行速度提高到 206.2 km/h, 旅行时间比原来缩短了 21%。东海道新干线通车后取得了非常好的经济效益和社会效益。对日本国土的综合和均衡开发起到了非常重要的作用。为此, 1970 年日本政府制定了旨在由新干线铁路形成全国铁路网的全国新干线铁路整备法。根据日本全国新干线铁路整备法, 日本于 1972 年和 1975 年分别建成山阳新干线东段(大阪—冈山)和西段(延至博多), 全长 553.7 km; 1982 年 6 月和 1982 年 11 月, 分别开通东北新干线(496.5 km)和上越新干线(269.5 km); 长野新干线(117.4 km)于 1997 年 10 月开通, 东北新干线延伸线盛冈—八户段(96.6 km)于 2002 年 12 月 1 日开通。目前, 日本新干线全部营业里程已达 2049.1 km。加上 1992 年 7 月 1 日开通的山形小型新干线(福岛—山形, 87.1 km); 1999 年底开通至新庄(总长 148.6 km); 1997 年秋田小型新干线(盛冈—秋田, 全长 127.3 km)。这两条小型新干线是在既有线上增设第三轨, 拓宽了轨距, 使新干线列车能直通到更多的城市。截至 2002 年, 日本新干线运送旅客已达 65.78 亿人次, 日均约 80 万人次, 每天有 750 列高速列车运行, 全年客运量达 3 亿人次, 约是日本国内航空客运量的 4 倍。

二、法国高速铁路发展概况

法国是世界上从事提高列车速度研究较早的国家, 1955 年即利用电力机车牵引创造了 331 km/h 的世界纪录, 在日本建成东海道新干线之后, 他们开始从更高的起点研究发展高速铁路。

法国国营铁路公司(以下简称法铁公司)于 1967 年着手研究高速新线计划, 1969 年向通用电气阿尔斯通公司(ALSTOM)订购 2 台高速动车样车, 并向政府呈报了修建巴黎(Paris)—里昂(Lyon)高速新线的可行性报告。其目标是要研制一种高性能、高速度并面向大众的新型列车, 建造一条高质量的铁路新线, 向旅客提供一种安全、舒适、快速的出行方式, 解决巴黎和里昂这两个法国最大的城市间的铁路干线运输能力饱和的问题, 同时把一度被飞机和小汽车吸引走的客流夺回来。法铁公司希望通过这场技术革命扭亏为盈, 获得显著的经济效益。

法国政府对法国国铁递交的修建东南线高速铁路计划进行了全面的论证和审查, 认为发展高速铁路具有如下的优越性:

(1) 对项目的经济评价与社会评价是乐观的

该项目不需要国家投资而完全由法国国铁筹资兴建, 经济评价结果表明, 它带来显著的经济和社会效益, 企业的内部收益率将达到 15%, 社会收益率将达到 30%。