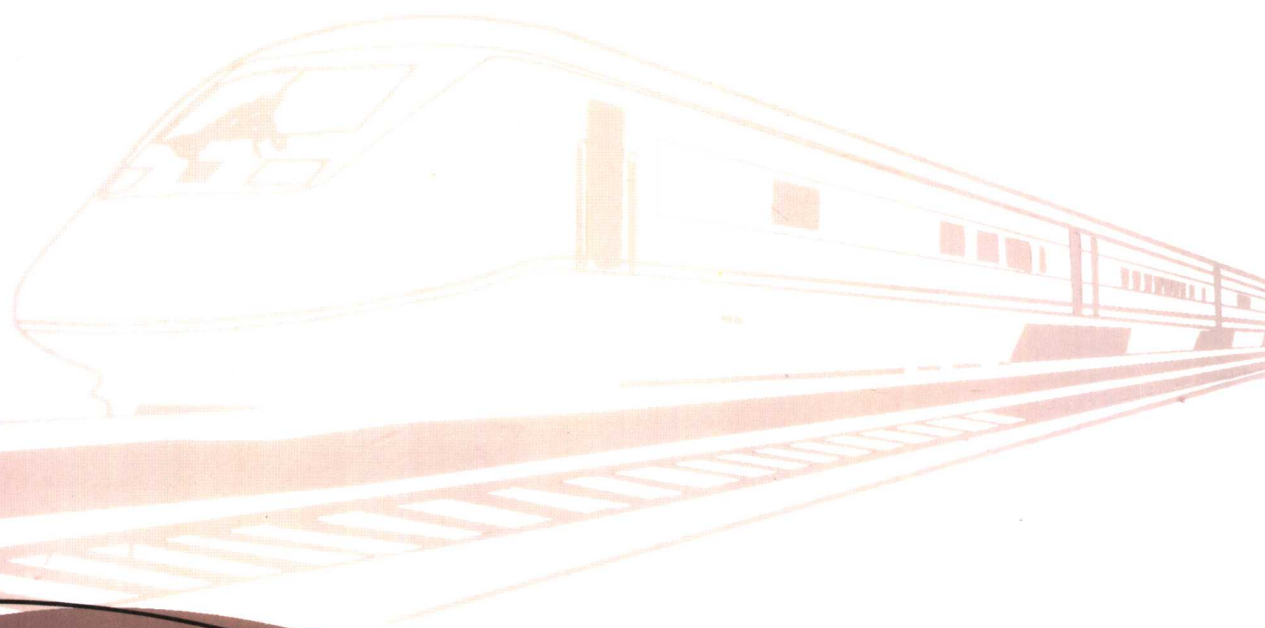


XIANDAI GAOSU LIECHE JISHU

# 现代高速列车技术

董锡明 编著



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# 现代高速列车技术

董锡明 编著

中国铁道出版社  
2006 · 北京

## 内 容 简 介

本书重点介绍世界高速铁路概况,高速列车的分类及基本概念,高速列车的发展历程及发展趋势,以及高速列车的主要参数、编组、技术特点与关键技术。另外,本书还对高速列车的可靠性、可用性、维修性和安全性以及寿命周期费用进行了详细的介绍和论述。

本书可供从事机车研究、设计制造、运用及检修人员学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

现代高速列车技术/董锡明编著. —北京:中国铁道出版社,2006.11

ISBN 7-113-06434-5

I. 高… II. 董… III. 高速列车-技术-世界  
IV. U292.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 134250 号

书 名:现代高速列车技术

作 者:董锡明 编著

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)

策划编辑:聂清立

责任编辑:聂清立

封面设计:薛小卉

印 刷:三河市宏达印刷有限公司

开 本:889mm×194mm 1/16 印张:24.25 字数:760千

版 本:2006年11月第1版 2006年11月第1次印刷

印 数:1~5000册

书 号:ISBN 7-113-06434-5/U·1779

定 价:68.00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,请与本社发行部调换。

# 前 言

20世纪60年代出现的高速铁路为铁路运输业带来了生机,它以高速、正点、舒适、安全、运量大、能耗低、占地少、污染轻等优势,在运输市场竞争中赢得了巨大成功,取得了明显的经济和社会效益。高速列车作为高速铁路的核心运输装备,是现代技术的集中体现。它包括机械、电子、计算机、控制和材料等许多高新技术,代表了机车车辆技术的最高水平。经过多年准备,我国从国外引进了高速列车及其技术,铁路第六次大提速将在既有线上开行200 km/h的高速列车,京沪高速铁路也已得到国务院批准立项,我国将迎来高速铁路和高速列车蓬勃发展的新时代。

在这种形势下,急需全面介绍高速铁路和高速列车技术的专业参考书。迄今,已经出版了一些有关世界高速铁路技术的书籍,满足了当前的需要。但是全面、详细介绍高速列车技术的专著却很少,特别是详细论述高速列车保障技术,即高速列车RAMS(可靠性、可用性、维修性、安全性)和LCC(寿命周期费用)的书籍,作者还未见到。基于这样的状况,作者撰写了这本阐述近代高速列车技术的专著,对世界高速列车的状况、特点和关键技术作了详细的介绍。此外,作为本书的特点,还对高速列车的可靠性、可用性、维修性和安全性以及寿命周期费用作了详细介绍和论述。这方面的知识对于我国机车车辆的技术现状尤为重要。作者认为,当前我国机车车辆与国外发达国家的最大差距在于RAMS。我国制造厂家在机车车辆设计中,基本上没有或很少考虑RAMS设计,不做RAMS指标分配与落实;用户在购置机车车辆时,在合同中没有提出可靠性、维修性指标的要求;在机车车辆设计、制造中没有进行可靠性、维修性监督和验收;在机车车辆投入运用时也不进行这方面的验证。致使国产机车车辆可靠性低,维修性差,可用性不高,寿命周期费用高。目前,我国铁路从国外发达国家(日本、法国和德国)购置了大批高速列车,并引进相关技术,以改变我国高速列车起点过低的状况,使我国高速列车能够在高水准的技术平台上自主创新,达到和超过世界先进水平。在此过程中,高速列车的RAMS和LCC技术尤为关键。

基于上述理由,本书论述了近代高速列车技术的各个方面,主要针对200 km/h以上高速电动车组,其中包括摆式列车技术。全书共分十一章。第一章介绍了世界高速铁路概况,高速列车的分类及基本概念,高速列车的发展历程和发展趋势。第二章至第四章介绍了世界上三个高速列车主要制造国家(日本、法国和德国)生产的高速列车,即日本新干线高速列车、法国TGV高速列车和德国ICE高速列车的主要参数、编组和各种系列的技术特点,重点阐述了它们的关键技术,包括动力配置方式、(车体)轻量化技术、高速转向架、牵引传动及供电系统、高速制动系统、空气动力学(列车和隧道空气动力学)、列车的连接与密封、列车环境技术(噪声、振动的降低,空调、换气与排污)、列车的控制、监测与诊断系统以及高速受电弓技术等。第五章重点介绍了其他国家的几种高速列车,主要有西班牙的AVE S 102型高速动车组、意大利的Pendolino摆式高速列车和瑞典的X2000型高速摆式列车。这一章有摆式列车倾摆机构和径向自导向转向架的详细介绍。第六章至第九章介绍了高速列车的RAMS技术,其中第六章介绍了高速列车可靠性技术,包括可靠性的基本概念与概况,高速列车故障及其分析,故障模式、影响分析(FMEA)方法和风险评估,故障树分析(FTA)方法,高速列车可靠性设计与分析,可靠性试验,可靠性数据收集、处理与分析。第七章介绍了高速列车维修性与测试性。阐述了高速列车维修性的基本概念、定性和定量要求,机车车辆标准化、系列化和模块化。论述了高速列车测试性的定义、定性和定量要求以及测试性指标的选取范围。第八章介绍了高速列车的可用性,阐述了可用性的基本概念及其与可靠性、维修性和安全性之间的关系。第九章介绍了高速列车安全性。阐述了安全性的基本概念,高速列车事故及其事例,高速列车安全控制与防护,高速列车耐碰撞设计。第十章介绍了高速列车的寿命周期费用(LCC)。阐述了LCC的基本概念,LCC模型,LCC的分析与评价,并以ICE3和X2000型高速列车为例介绍了LCC在高速列车中的应用。第十一章介绍了高速列车维修。高速列车维修理论是一门新发展起来的综合性学科,内容非常广泛,对于高速列车的用户——铁路运用和维修人员格外

重要,本应详细论述,但由于篇幅所限,本书只能介绍高速列车维修制度的基本概念,维修制度的发展,以可靠性为中心的维修制度(RCM),高速列车维修现状与发展趋势。关于高速列车的维修问题,作者拟另写专著详细论述。

本书的素材一方面来自作者及其同事们近年来在这一领域内的研究成果;另一方面来自国内外发表的许多文章、资料和书籍,作者在此对他们表示诚挚的谢意。

感谢铁道科学研究院机车车辆研究所的同事们,特别要感谢铁道部机车车辆大修规程管理研究室的文礼、李忠厚、申恩福、赵中喜、闫志强、王华胜、林荣文同志。他们在编写这本书的过程中给予了大力的支持与帮助。

最后,还要感谢我的老伴黄厄文女士,她帮我进行了大量的图文整理工作,使本书得以顺利完成。

由于作者水平所限,遗漏、谬误恐所难免,对所提出的批评指正,谨表谢意!

董锡明  
2006.7 于北京

# 目 录

第一章 绪 论	1
第一节 高速铁路概况	1
一、高速铁路的意义和优越性	1
二、世界高速铁路概况	3
三、我国高速铁路建设	6
第二节 高速列车分类及基本概念	8
一、高速铁路与高速列车定义	8
二、高速列车分类	8
三、高速列车的动力配置方式	9
第三节 高速列车的发展	13
一、高速列车的发展历程	13
二、高速列车的现状与发展趋势	14
第二章 日本新干线高速列车	28
第一节 概 述	28
一、日本新干线高速列车的主要参数	28
二、日本新干线高速列车头车外形	28
第二节 日本新干线高速列车系列	31
一、0系新干线电动车组	31
二、200系新干线电动车组	31
三、100系新干线电动车组	31
四、300系新干线电动车组	32
五、400系新干线电动车组	32
六、E1系新干线电动车组	33
七、500系新干线电动车组	33
八、E3系新干线电动车组	34
九、E2系新干线电动车组	34
十、E4系新干线电动车组	35
十一、700系新干线电动车组	35
第三节 日本新干线高速列车技术	36
一、全部采用动力分散型配置方式	36
二、轻量化技术	39
三、高速转向架	42
四、牵引传动系统	45
五、高速制动系统	52
六、列车空气动力学、密封和换气	59
七、列车环境技术	63
八、车辆连接技术	66
九、列车运行控制、监测与诊断系统	68

十、高速受电弓技术	70
<b>第三章 法国高速列车</b>	<b>75</b>
第一节 概    述	75
一、主要技术特征与参数	75
二、动车组数量及出厂年份	76
三、主要技术条件	76
第二节 法国高速列车系列	77
一、第一代高速列车 TGV-PSE	77
二、第二代高速列车 TGV	78
三、第三代高速列车 TGV-2N	83
四、第四代高速列车 AGV	84
第三节 法国高速列车技术	86
一、动力集中配置,车辆铰接式连接	86
二、TGV 高速转向架	86
三、TGV 列车的车体结构	97
四、列车空气动力学	100
五、牵引传动装置	101
六、制动系统	110
七、环境保护技术	118
八、车载计算机控制系统	121
九、TGV 高速列车的安全控制	125
十、高速受电弓技术	128
<b>第四章 德国高速列车</b>	<b>131</b>
第一节 概    述	131
一、德国高速列车发展概况	131
二、主要技术特征与参数	131
三、德国 ICE 列车数量与出厂年份	132
四、ICE 列车技术要求	132
第二节 德国高速列车系列	133
一、ICE1 型高速动车组	133
二、ICE2 型高速动车组	135
三、ICE3 型高速动车组	137
四、ICE M 型高速动车组	139
五、ICE T 型高速摆式动车组	139
六、ICE TD 型高速摆式内燃动车组	140
七、ICE350(西班牙 AVE S 103)型高速动车组	142
第三节 德国高速列车技术	144
一、德国 ICE 高速列车的动力配置方式	144
二、ICE 列车车体	145
三、ICE 列车的车辆连接	148
四、ICE 列车空气动力学	149
五、ICE 牵引传动及供电系统	150
六、ICE 转向架	160
七、ICE 制动系统	169

八、ICE 环境保护技术 .....	176
九、ICE 列车控制、监测与诊断系统 .....	181
十、ICE 列车受电弓技术 .....	186
<b>第五章 其他国家的几种高速列车</b> .....	<b>188</b>
<b>第一节 西班牙 AVE S 102 型高速动车组</b> .....	<b>188</b>
一、主要技术参数 .....	188
二、主要技术特征 .....	188
三、车    体 .....	189
四、牵引传动和制动装置 .....	190
五、转向架和车体倾摆系统 .....	190
六、内部装备 .....	192
<b>第二节 意大利 Pendolino 摆式高速列车</b> .....	<b>193</b>
一、概    况 .....	193
二、第一代摆式列车 ETR401 型 .....	193
三、第二代摆式列车 ETR450 型 .....	194
四、第三代摆式列车 ETR460、ETR470、ETR480 型 .....	196
<b>第三节 瑞典 X2000 型高速摆式列车</b> .....	<b>200</b>
一、主要技术参数和特点 .....	200
二、列车编组 .....	201
三、车体及其布置 .....	201
四、牵引传动系统 .....	204
五、主动式车体倾摆系统 .....	205
六、径向自导向转向架 .....	209
七、制动系统 .....	214
八、车内环境保护技术 .....	219
九、计算机控制与旅客信息系统 .....	220
<b>第六章 高速列车可靠性</b> .....	<b>222</b>
<b>第一节 概    述</b> .....	<b>222</b>
一、RAMS 基本概念 .....	222
二、RAMS 工程的目的和意义 .....	225
三、机车车辆 RAMS 工程特点 .....	227
四、国外铁道机车车辆 RAMS 工程状况 .....	227
五、我国铁道机车车辆开展 RAMS 工作的必要性 .....	231
<b>第二节 高速列车故障及其分析</b> .....	<b>231</b>
一、概    述 .....	231
二、故障(失效)的定义与规定 .....	232
三、故障模式和故障机理 .....	234
四、故障模式、影响分析(FMEA)及其风险评估 .....	237
五、故障树分析(FTA) .....	242
<b>第三节 高速列车可靠性技术</b> .....	<b>258</b>
一、机车车辆可靠性指标 .....	258
二、可靠性设计与分析 .....	262
三、可靠性试验 .....	268
四、可靠性数据收集、处理与分析 .....	279



<b>第七章 高速列车维修性与测试性</b> .....	285
<b>第一节 高速列车维修性</b> .....	285
一、概    述 .....	285
二、机车车辆维修性要求 .....	286
<b>第二节 机车车辆的标准化、系列化和模块化</b> .....	289
一、标准化、系列化和模块化的基本概念.....	290
二、标准化、系列化、模块化在机车车辆中的应用 .....	291
<b>第三节 高速列车测试性</b> .....	296
一、测试性定义 .....	296
二、测试性定性要求 .....	296
三、测试性定量要求 .....	297
四、测试性定量指标的选取范围 .....	298
五、关于测试性的若干关键问题 .....	298
<b>第八章 高速列车可用性</b> .....	300
<b>第一节 可用性基本概念</b> .....	300
一、可用性定义 .....	300
二、机车车辆可用性指标 .....	300
<b>第二节 可用性与 RAMS</b> .....	302
一、可用性与可靠性、维修性之间的关系.....	302
二、可用性计算中的注意事项 .....	302
三、提高机车车辆可用性的方法 .....	304
四、可用性与 RAMS .....	304
<b>第九章 高速列车安全性</b> .....	306
<b>第一节 安全性基本概念</b> .....	306
一、安全性定义 .....	306
二、安全性的重要意义 .....	306
三、可靠性和安全性系统工程 .....	306
四、可靠性和安全性设计 .....	308
<b>第二节 安全性指标及其分析</b> .....	309
一、机车车辆安全性指标 .....	309
二、机车车辆安全性分析方法 .....	309
<b>第三节 高速列车事故及其安全防护</b> .....	311
一、概    述 .....	311
二、列车碰撞与脱轨的原因及后果 .....	312
三、国外高速列车碰撞和脱轨事例 .....	315
四、高速列车的安全控制与防护 .....	317
五、高速列车耐碰撞设计 .....	322
<b>第四节 德国高速列车 ICE1 重大脱轨事故及其启示</b> .....	326
一、事故经过 .....	326
二、事故原因 .....	327
三、采取的措施 .....	328
四、得到的启示 .....	329
<b>第十章 高速列车寿命周期费用 LCC</b> .....	331
<b>第一节 概    述</b> .....	331

一、LCC 基本概念 .....	331
二、LCC 分析方法的发展简史 .....	333
三、LCC 分析的目的和意义 .....	333
第二节 寿命周期费用 LCC 模型 .....	335
一、LCC 模型概况 .....	335
二、LCC 分解 .....	336
三、费用单元的估算方法 .....	341
四、费用的时间因素 .....	342
第三节 寿命周期费用分析与评价 .....	344
一、寿命周期费用分析 .....	344
二、寿命周期费用评价 .....	346
第四节 LCC 在高速列车中的应用实例 .....	346
一、LCC 在高速列车 ICE3 设计中的应用 .....	346
二、在德国铁路公司机车车辆战略决策中的应用 .....	347
三、在 X2000 型高速列车购置中的应用 .....	348
<b>第十一章 高速列车维修</b> .....	<b>350</b>
第一节 高速列车维修制度 .....	350
一、维修制度基本概念 .....	350
二、维修制度的发展 .....	356
三、以可靠性为中心的维修制度(RCM) .....	360
第二节 高速列车维修现状与发展趋势 .....	367
一、维修的新观念、新发展 .....	367
二、高速列车维修的技术现状和发展 .....	368
<b>参考文献</b> .....	<b>373</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 高速铁路概况

### 一、高速铁路的意义和优越性

高速铁路是在与公路和航空运输的竞争中发展壮大的,多年的运营经验表明,高速铁路与高速公路和航空运输相比,具有其独特的优越性。主要表现在:

#### 1. 在一定的运输距离内具有最快的运达时间

各种交通工具的旅客运达时间除了取决于它们的平均运行速度以外,还与抵达出发地和办理各种相关手续所花费的时间有关。高速列车与汽车相比,虽然灵活性方面不及汽车,需要耗费抵达火车站和办理相关手续的时间,从而在运输距离相对较短的范围内运达时间不如汽车快,但由于其运行速度比汽车高,因而在相对运输距离较长的范围内运达时间比汽车快;高速列车与飞机相比,虽然运行速度没有飞机飞行速度快,从而在运输距离相对较长的范围内运达时间不如飞机快,但由于飞机场位于城郊,下机后还须换乘其他车辆,而乘高速列车下车抵达目的地耗时较短,因而在相对运输距离较短的范围内运达时间比飞机快。因此,如果我们将运输距离分为短、中、长途三个区段的话,高速列车则大致在中途及其附近的运输距离范围内,运达时间具有优势。

例如,如果假定高速铁路、高速公路和航空运输中的高速列车、汽车和飞机的运行速度分别为240 km/h、100 km/h和750 km/h;旅客到火车站和飞机场的时间分别为0.5 h和1 h;检票、托运或提取行李以及等候所需的时间,铁路为0.5 h,飞机为1.5 h,则粗略的估算得到的结论是:在205~1 058 km运输距离范围内,乘坐高速列车要比汽车和飞机节省时间。

#### 2. 运输能力大

高速列车以高速度、高密度和高运量而著称。从运量来看,一列客运高速列车一般可乘800~1 000人,这显然不是汽车和飞机所能比的。从运输密度来看,高速铁路客运专线的列车追踪间隔时间为4~5 min,每天大约可开行200~270对,按每列车平均乘坐800人计,每天运送能力为16万~21.6万人次,如果采用双联列车或双层客车,则每天运送旅客可高达30万~43万人次。以日本东海道新干线高速铁路客运为例,该线每天(早6点至晚11点)开行270列高速列车,运送旅客36.2万人次,而小轿车和飞机(假定每天往返200架次)每天运送旅客分别为15万和10万人次,其与高速列车运输量之比分别为1:0.41:0.28。

可以看出,高速铁路的运输能力远大于航空运输,一般也比高速公路大。

#### 3. 能源消耗低

发达国家交通运输业的能源消耗占全国总能源消耗的1/4~1/3,铁路是能源消耗最节省的运输方式。根据日本近年来的统计,各种交通运输工具的人均公里能耗为:高速铁路571.2J,普通铁路403.2J,高速公路公共汽车583.8J,小轿车3 309.6J,飞机2 998.8J。高速列车与小轿车和飞机的人均公里能耗之比分别为1:5.794:5.25。因此,在能源紧张的今天,发展高速铁路是节省能源的最佳选择。

#### 4. 安全可靠

安全性是旅客最为关心的问题。高速公路车祸频发,每年都有大批的人死于汽车车祸,美国每年因汽车车祸死亡的平均人数为5.5万人以上,是铁路死亡人数的18倍,死伤人数共达200万人以上;欧洲共同体13国,每年因公路交通事故死亡5.4万人,伤170万人,超过铁路125倍;日本对20世纪70年代以后的各种交通运输工具死亡率的情况做过调查,其结果列于表1—1中。由表可见,每10亿人公里的平均死亡人数分别为:既有铁路为2.637,汽车23.06,飞机5.6,而新干线高速铁路的死亡人数为0。日本新干线高速铁路自

1964年10月投入运营以来直至1995年的31年中从未发生过人身伤亡事故。法国高速铁路近20年来也未发生过列车颠覆和旅客死亡事故。世界范围内,高速铁路屈指可数的几次人身重大伤亡事故有:1995年12月28日在东海道新干线的三岛站,发生了一起高速列车车门夹住一位女旅客的衣服,由于未被及时发现而造成死亡事故;1998年6月3日德国铁路ICE高速列车在从慕尼黑(Muenchen)开往汉堡(hamburg)途中的埃舍德(Eschede)站附近高速行驶时,由于轮箍断裂,使列车脱轨颠覆,而造成100人死,88人重伤的特大伤亡事故。尽管如此,高速铁路仍然被公认为是安全性和可靠性最高的交通运输工具。

表1—1 日本各种交通运输工具死亡率的比较

年份	既有铁路			汽 车			飞 机			新 干 线		
	死亡人数	10亿人公里	死亡率(人/10亿人公里)	死亡人数	10亿人公里	死亡率(人/10亿人公里)	死亡人数	10亿人公里	死亡率(人/10亿人公里)	死亡人数	10亿人公里	死亡率(人/10亿人公里)
1975	620	161.9	3.23	10 792	360.3	29.95	11	19.1	0.57	0	53.3	0
1980	410	151.9	2.70	8 760	431.6	20.30	11	29.6	0.37	0	41.8	0
1985	280	142.0	1.97	9 261	489.2	18.93	530	33.1	16.00	0	55.5	0
平均	437	151.9	2.83	9 604	427.0	22.49	184	27.3	6.75	0	50.2	0

### 5. 正点率高,舒适性好

高速铁路是全天候运行,受气候条件影响较小,而且线路为全封闭式,设有列车运行与调度指挥自动化控制系统,能够确保列车运行安全正点。例如日本东海道新干线在1964~1994年间,共运送旅客30亿人次,从未发生过一次人身伤亡事故,列车误点未超过1 min。目前,日本新干线高速列车的平均延误时间(包括自然灾害在内)为0.6 min,这是任何一种交通工具所无法比拟的。高速公路常常由于冰雪天气、路面湿滑、驾驶错误、故障停驶等原因而发生拥堵,行车延误在所难免。航空运输受气候影响最大,航班经常晚点,时而由于各种原因而停飞。因此高速铁路较其他交通运输方式准确可靠,正点率高。

另外,高速列车旅客所占有的自由活动空间要比汽车和飞机大得多,而且还没有卧铺可睡觉休息。同时高速列车运行平稳,振动和摇摆幅度较小,因此和汽车、飞机相比,高速列车的舒适性好。

### 6. 环境污染小,生态保护好

近代交通运输的发展应该走持续发展的道路,保护好生态环境。当今,公路运输对环境的污染日益严重,汽车排出的废气严重地危害人类的身体健康。对人类健康有直接危害的大气污染物主要有悬浮微粒、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、HC。根据1971年美国对大气污染物来源的分类统计,城市大气中污染物CO、HC、NO<sub>x</sub>主要来自于汽车的排放,分别占总量CO的77.3%、HC的55.3%、NO<sub>x</sub>的50.9%。日本东京地区的统计表明,每年汽车排放的污染物,NO<sub>x</sub>高达8亿吨,CO达35万多吨,HC为9万多吨,严重危害当地居民的身体健康。

另外,还有的大气污染物,例如CO<sub>2</sub>虽然对人体没有直接的危害,但会造成地球的温室效应,对生态环境产生灾难性的影响。日本对各种交通运输方式的CO<sub>2</sub>排放进行过调查,CO<sub>2</sub>的分配比例是:汽车83%,内河航运6%,飞机3%,铁路3%。飞机排放的主要污染物为CO<sub>2</sub>、CO和SO<sub>3</sub>,例如一架喷气式飞机平均每小时排放46.8 kg的CO<sub>2</sub>、635 kg的CO和15 kg的SO<sub>3</sub>,这些污染物在大气中停留2年以上,是造成大面积酸雨,使植物生态遭到破坏,建筑物受到侵蚀的主要原因。电气化的高速铁路基本上没有上述的污染物,大大地减少了大气污染,改善了生态环境。当然它所带来的电磁污染也应引起人们的重视。

环境污染的另一个问题是噪声污染。过高的噪声[60 dB(A)以上]会使人心神不安、烦躁痛苦,引起头晕耳鸣、食欲不振、心率不齐等,甚至使人的器官受到损坏。铁路噪声与其他交通运输相比,其污染也是最低的。欧共体13国90%的噪声来源于汽车和飞机,铁路运送等量的货物和旅客,噪声只有公路的1/3~1/2。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,高速铁路仅为0.1。各国高速铁路都对噪声污染非常重视,规定了严格的噪声限制值,这些标准值比飞机起飞和汽车发动时的噪声要小得多。

### 7. 占地面积少

土地是人类赖以生存的基本条件,因此节约占地面积是发展各种交通运输工具的前提,尤其对于我国人

均土地面积远远低于世界人均水平,耕地面积日渐减少的情况,发展交通运输时节约用地就显得格外重要。在同样换算周转公里的情况下,公路占地是铁路的3.7~13.6倍。如以单位运能占地面积相比,一般高速公路的占地大约是高速铁路的3倍。美国一条复线铁路的运输能力与一条16车道的公路相当。铁路所需土地仅为15m宽,而公路则需122m,是铁路的8倍多。飞机航道虽不占用土地,但一个大型机场需用土地20km<sup>2</sup>,相当于1000km复线铁路的占地面积,而1000km航线内至少需要2~3个大型机场,总用地约为铁路的2~3倍。日本新干线高速铁路在单位运量所需的面积上,每运输1万人次往返所占土地面积210km<sup>2</sup>,小汽车和飞机所占土地面积分别为2000km<sup>2</sup>和330km<sup>2</sup>,其所占土地面积之比为1:9.5:1.6,新干线高速铁路占地面积最少。这对于日本这样一个国土面积不大,人口1.2亿,大城市相对集中,人口密度很高的国家而言,新干线占地面积较少的优点,无疑具有非常重大的意义。

#### 8. 巨大的经济和社会效益

高速铁路带来的经济和社会效益是十分显著的。众所周知,日本的高速铁路取得了辉煌的成就,尤其是东海道新干线,在运营通车以后,其运输成本只有飞机的1/5,从航空运输方面吸引了大批客流,使得东京-大阪之间的航班不得不减少。正式投入运营仅7年,于1971年就收回包括线路、机车车辆等在内的全部投资。2000年东海道新干线的旅客发送量达1.28亿人次,营业收入达9140亿日元(合86.21亿美元),取得了巨大的经济效益。在1964—1970年日本经济腾飞的年代,东海道新干线发挥了重要的作用,被日本人称为“经济起飞的脊梁”。目前,新干线长度只占全国线路的10%,但其完成的旅客周转量却占30%,运营收入占客运收入的45%。另外,由于速度提高,每年为旅客所节省的时间,相当于多创造了9000亿日元(合72亿美元)的财富。根据1996年的统计,与1975年相比,新干线沿线地区吸引了较多的人口,增长了1.35倍,而其他地区只增长了1.07倍;促进了工商业的发展,新干线地区工商企业数量增长了1.49倍,而其他地区只增长了1.15倍;增加了财政收入,新干线地区的所有城市财政收入增加了2.5倍,而其他地区只增加了1.9倍。此外,还增加了就业机会等。

法国高速铁路也取得了巨大的成效。第一条高速铁路TGV东南高速铁路于1981年投入运营,巴黎—里昂的旅行时间由3h50min缩短到2h。由于车站位于市中心,因此旅行时间比飞机还节省,而且票价仅为飞机的1/3~1/2。从而使70%的飞机旅客(约200万人次)改乘高速列车。东南线运行10年后的1991年,运量已达1820万人,运营收入50.24亿法郎,实现了净收益19.44亿法郎(占38.7%)的预期目标,创造了在10年内还清新线建设和车辆购置贷款本息(总计171.39亿法郎),并盈利的范例。另一条于1991年建成的TGV大西洋高速铁路,同样历经10年也还清了全部债务(170亿法郎),这在欧洲铁路不景气的情况下是非常不容易的。法国国家铁路(SNCF)利用20%的线路,25%的车辆装备,获得了52%的营业收入。如今,法国高速铁路已经成为法国交通运输业的主要支柱。

## 二、世界高速铁路概况

从1825年英国建立第一条铁路以来,铁路以其速度快、运量大、安全可靠的优势得到了飞速的发展,在全世界辉煌了至少120余年。但是,从20世纪50年代开始,铁路受到新兴交通工具汽车和飞机的激烈竞争,由于在速度和灵活性方面的劣势而败下阵来,世界铁路网规模急剧减少,铁路运输市场份额大幅度萎缩,铁路企业普遍亏损,一度曾被人称为“夕阳产业”。20世纪60年代出现的高速铁路为铁路运输业带来了生机,它以其高速、正点、舒适、安全、运量大、能耗低、占地少、污染轻等优势,在竞争中取得了巨大的成功,取得了明显的经济和社会效益。从此以后,这种新型的铁路运输形式得到了蓬勃的发展,至今仍兴盛不衰。

到2002年底,世界各国运营中的高速铁路分布情况如表1—2所示。计划2007年以前建成的高速铁路如表1—3所示。

### (一) 日本新干线开创了世界高速铁路的新纪元

1964年10月1日,世界上第一条高速铁路,日本东海道新干线投入运营,允许速度达240km/h,后经改造提高到270km/h。从东京到大阪只需运行3h10min,与原有铁路相比速度提高1倍,票价比飞机便宜,因此吸引了大量旅客,使得有些飞机航班不得不停运,这是世界上铁路与航空竞争的第一次胜利。继东海道新干线之后,日本又陆续建成山阳、东北、上越新干线,这4条新干线总长1900多km,约占日本铁路总里程的

9% ,而完成总旅客周转量的 30% ,在经济和社会效益方面取得了巨大成效。以后又建成北陆、山形、秋田等新干线,形成了 2 175 km 的新干线网。

表 1—2 运营中的高速铁路(至 2002 年底)

国家	线路名称	长度(km)	允许速度(km/h)	开始年份	列车型号
日本	东海道新干线(东京—新大阪)	515.4	270	1964	0、200、300、700 系
	山阳新干线(新大阪—博多)	553.7	300	1972/1975	300、500、700 系
	东北新干线(东京—盛冈)	594.0	275	1982/1985/1991	E2、E3、200、400 系
	上越新干线(大宫—新潟)	270	275	1982	200 系
	北陆新干线(高崎—长野)	117.4	260	1997	E2 系
	总计	2 050.5			
法国	TGV 巴黎东南线(巴黎—里昂)	427	270	1981/1983	TGV 东南、TGV-D、TGV-R、Eurostar
	TGV 巴黎东南线(巴黎—瓦朗斯)	83	270	1992	TGV 东南、TGV-D、TGV-R
	TGV 大西洋线(巴黎—乐芒/图尔)	282	300	1989/1990	TGV-A、TGV-R
	里昂迂回线	38	270	1992	TGV 东南、TGV-D、TGV-R
	TGV 北欧线(巴黎—里尔—加莱/比利时边境)	332	300	1993	TGV-R、TGV-D、thlys、Eurostar
	巴黎迂回线	104		1995	
	TCV 地中海线	250	300	2001	
总计	1 516				
德国	曼海姆—斯图加特	99	280	1991	ICE1
	汉诺威—维尔茨堡	327	280	1991	ICE1、ICE2
	汉诺威—柏林	263	280	1998	ICE1、ICE2
	科隆—莱茵/美茵(法兰克福)	180	330	2002	ICE3
	总计	869			
意大利	罗马—佛罗伦萨	262	250	1977/1992	ETR450、ETR460、ETR480、ETR500
西班牙	马德里—塞维利亚	471	300	1992	AVE、Talgo200
瑞典	既有线		210		X2000
比利时	布鲁塞尔—法国边境	95	300	1994	Eurostar
芬兰	赫尔辛基—图尔库(改造线)	200	220	1995	S220
美国	华盛顿—纽约—波士顿(改造线)	440	240	1999	Acela Express

表 1—3 计划 2007 年以前建成的高速铁路

序号	国家和地区	线路名称	长度(km)
1	日本	东北新干线延伸线(八户—新青森)	82
		北陆-上越新干线联络线(长野—上越)	59
		北陆新干线(丝鱼川—鱼浸、石动—金泽)	64
		九州新干线(船小屋—新八代—西鹿儿岛)	210
		总计	415
2	法国	TGV 东部线	302
3	法国/意大利	里昂—都灵	79
4	德国	纽伦堡—莱格施塔特—慕尼黑	171
5	意大利	罗马—那不勒斯	220
		都灵—诺瓦腊	92
		米兰—佛罗伦萨	274
6	西班牙	马德里—巴塞罗那	651
7	比利时	勒芬—比耶尔塞	62
8	比利时/荷兰	安特卫普—阿姆斯特丹	158
9	英国	伦敦—海峡隧道一期	72
10*	韩国	汉城—釜山	426
11	中国台湾	台北—高雄	345
12	合计		3 267

\* 韩国高速铁路已于 2004 年 4 月 1 日投入运营,采用法国 TGV 高速列车,运行速度达 300 km/h。

## (二) 欧洲高速铁路的崛起

20世纪60年代后期,欧洲的法、德、意等国借鉴日本的经验,开始研究建设高速铁路,并于80到90年代初,陆续建成自己的高速铁路,并采用和创造了许多先进技术。法国高速列车TGV-A创造了世界轮轨系铁路515.3 km/h的最高速度记录;德国高速铁路允许商业运行的最高速度达330 km/h;西班牙马德里—巴塞罗那线,最高运营速度可达350 km/h,也是目前世界之最。而且,欧洲是最早进行跨国高速铁路网规划和建设的地区。1989年欧洲共同体(CER)就对欧洲高速铁路进行了规划,计划将欧洲高速铁路构成三条南北运输走廊和两条东西运输走廊,使之成为互联互通的网络。欧洲高速铁路网计划,经过多年论证,于1992年底写入欧洲白皮书《未来公共交通发展政策》的“可支持项目”中,在1993年11月生效的马斯特里西特(Maastricht)条约中,制订了发展高速铁路网的条款,1994年12月在科尔福举行的欧洲国家首脑会议上,确定了欧洲铁路网中9个优先工程项目(见表1—4)。当今,除了西欧各国正在建设高速路网,东欧、南欧各国也在积极进行既有线基础设施的提速改造。根据规划,2020年将形成一个新建高速线路10 000 km,改建既有线15 000 km,遍及全欧洲的高速铁路网。

表 1—4 欧洲铁路网优先工程项目

序号	项 目	投资额 (亿欧元)
1	高速铁路南北贯通线(德国—意大利之间) 纽伦堡—埃尔福特—哈勒/莱比锡—柏林 不来梅中轴线—维罗那(意大利)—慕尼黑(德国)	210
2	连接欧洲5国首都的高速铁路线(法—比—德—荷—英) 巴黎—布鲁塞尔—科隆—阿姆斯特丹—伦敦	160
3	高速铁路南方线(西班牙—法国之间) 马德里—巴塞罗那—波皮哥纳—蒙比利埃 马德里—维多利亚—达科斯	130
4	高速铁路东连接线(法国—德国之间)	45
5	高速/普通铁路综合运输线(法国—意大利之间) 法国—意大利—里昂—都灵—米兰 威尼斯—特利斯特	140
6	既有铁路连接线(英伦三岛之间) 科克(北爱尔兰)—都柏林 贝尔法斯特—拉赫斯特兰利尔	3
7	丹麦—瑞典固定连接	34
8	北欧三角地带	44
9	英国西海岸干线	9
10	投资额合计	775

法国于1981年9月建成欧洲第一条高速铁路TGV东南线,列车运行速度达270 km/h;后来又建成TGV大西洋线、北欧线、地中海线等,运行速度达300 km/h。另外,法国高速铁路还率先推行了高速列车可下高速线、上既有线的运输模式,即高速列车不只在高速线路上运行,而且也可以从高速线上下来,到既有线上运行。通过改造,既有线的运行速度可达200 km/h,从而扩大了高速列车的运行范围,提高了高速铁路的投资效益。目前TGV高速列车的运行范围已达6 000多公里,约占法国铁路网的18%,覆盖了大半个法国国土。同时,在批准的情况下,也允许货物列车上高速客运专线运行。例如Sernam 200特快行包列车利用夜间高速列车停驶的时间在高速线上行驶,最高速度达160 km/h,今后将提高到200 km/h。TGV邮政特快列车的最高速度可达270 km/h。德国、意大利和西班牙等国的高速铁路,根据客流相对分散的特点,采用高速线上客货混运、高中速列车混跑的方式。货物列车一般只在夜间旅客列车停驶的时间内运行。

## (三) 高速铁路的运营里程

### 1. 正在运营的高速铁路

到2002年底,全世界共有9个国家的高速铁路建成并投入运营,共约5 900 km(表1—2)。

## 2. 正在建设的高速铁路

在2002年底正在建设,并将于2007以前建成的高速铁路有9个国家和我国台湾省的16条,总长度达3 267 km(表1—3)。

## 3. 计划兴建的高速铁路

(1)日本远期规划还要建富山—青森、大阪—下关等12条高速铁路,预计总长度为3 510 km。

(2)法国于1989年制定了未来20年的高速铁路发展计划,确定要建高速铁路新线4 700 km,改造TGV可通行的线路11 000 km。

(3)德国从1998年开始实施的Netz 21计划,加上升级改造的既有线,到2010年德国铁路要有1 300 km达到允许速度230~300 km/h。长远规划要修建高速铁路3 000多公里。

(4)意大利于1986年制定高速铁路发展规划,要建设米兰—那不勒斯、都灵—威尼斯和米兰—热那亚高速铁路,总长度约1 200 km。

(5)西班牙的高速铁路规划最宏伟,总计要修建7 200 km的高速铁路。在2000—2007年要投资4.7万亿比塞塔(276.5亿美元),主要用于高速铁路建设。

### (四)高速铁路的速度记录

高速铁路运营40余年来,在运行速度方面创造了多项铁路世界纪录,它们分别是:

1.1964年日本东海道新干线开通,允许最高速度240 km/h,列车实际运行最高速度210 km/h。后来经过改造,允许速度提高到270 km/h,实际运行速度260 km/h。

2.1981年法国建成了它的第一条高速铁路,TGV东南线,运行速度达270 km/h;后来建成的TGV大西洋线,运行速度达300 km/h。

3.目前建成的高速铁路中,允许速度最高的是西班牙马德里—巴塞罗那线,最高运营速度可达350 km/h。

4.1990年法国高速列车TGV-A创造了513.3 km/h的速度记录,这是世界上轮轨铁路的最高速度试验记录,至今还没有被打破。

5.2003年日本磁悬浮列车在山梨试验线上创下了581 km/h的新世界纪录,从而打破了1999年在同一试验线上创下的552 km/h的世界纪录。

## 三、我国高速铁路建设

### (一)我国修建高速铁路的必要性和意义

#### 1. 高速铁路是我国经济高速发展的需要

随着我国改革开放深入,市场经济迅速发展,人们对客运的需求急剧增加,而且时间价值观念逐渐增强,对缩短旅行时间、提高服务质量的愿望日益强烈。

#### (1)我国经济高速发展,对运输需求急剧增长

世界发达国家的经济发展史证明,经济的发展必然伴随着对运输的需求。在经济达到中等发达水平以前,即人均GNP从1 000美元至4 000美元期间属于经济高速发展时期,因此对运输的需求也急剧增长。随着我国经济的高速发展,一方面,我国经济发达的东部地区和资源丰富的西部地区,货物交流会更加频繁,使运量和运能之间的矛盾更加突出;另一方面,人民生活水平的提高促使人们出行次数和出行里程也大幅度提高。目前我国人均交通费用的支出仅占全部生活费用支出的5%左右,大大低于发达国家的15%,比发展中国家的平均水平6%还低。1990—1997年的统计表明,我国客运周转量的增幅(8.6%)远远大于货运(5.5%)。另外,我国城市化的水平也远远低于世界平均水平,根据专家预测,2010年我国城市化水平将从1997年的30%增加到50%以上,这必然对运输需求,特别是客运需求起着极大的推动作用,因此我国客运运量与运能的矛盾会更加突出。

#### (2)我国列车运行速度较低,迫切要求铁路高速

我国经济高速发展,促使人们缩短旅行时间的愿望愈发强烈,但是我国铁路列车的运行速度一直较低,客、货列车最高运行速度只有105 km/h和75 km/h。1995年以后,虽经多次大提速,将繁忙干线旅客列车速



度提高到 140 ~ 160 km/h, 货物列车速度提高到 80 ~ 90 km/h, 但与国外发达国家 200 ~ 300 km/h 的高速铁路相比仍有很大差距。因此, 建立和发展我国的高速铁路已成为我国交通运输的当务之急。

## 2. 高速铁路是市场竞争的需要

国内外的经验表明, 在交通运输市场的竞争中, 速度是根本, 价格是支柱, 安全是前提。

### (1) 速度是竞争的根本

随着我国市场经济体制的逐步建立和发展, 我国运输市场的竞争异常激烈, 公路和航空运输业的发展抢占了铁路运输的部分市场, 致使铁路客运量逐年下降。根据统计, 1996 年上半年铁路客运量大幅度下降, 比 1995 年同期少了 208.9 亿人公里, 下降了 11.4%。1996 年春节, 全国总客运量比 1995 年增长 1.6%, 公路和民航都大幅度增长, 分别增长 4.5% 和 21%, 而铁路却大幅度下降, 减少了 4.8%。铁路客运量减少的原因很多, 诸如管理和制度方面的问题、服务和运价方面的问题等, 但根本的原因是速度方面的问题, 在运输中没有了速度方面的优势, 就失去了竞争的基础, 因此提速和发展高速铁路是运输市场竞争的需要。

### (2) 价格是竞争的支柱

随着我国经济高速发展, 人民生活水平不断提高, 但由于我国人均收入较低, 因此交通工具的运价就成为竞争的支柱。对于普通广大群众来说, 飞机票价比较昂贵, 汽车又不适于大量的中长途旅行, 因此运价较低的高速铁路就成为人们中长途旅行的最佳选择。表 1—5 为法国高速铁路 TGV 东南线通车后, 巴黎到其他城市的飞机和高速铁路票价的对比。由于高速铁路票价低、乘车方便, 使国内有关航班大幅度减少或取消, 乘客减少了 200 万人, 并有 150 万人由乘坐公共汽车和私人小汽车改乘 TGV 高速列车。

表 1—5 巴黎至其他城市的飞机和高速铁路票价对比

城市名称 乘坐类别	南 特	里 昂	马 赛	伦 敦
飞机经济舱(法郎)	920	910	950	1 170
TGV 二等车厢(法郎)	272	292	442	328

### (3) 安全是竞争的前提

安全性和可靠性是乘客最关心的问题, 是各种交通工具竞争的前提。如前所述, 高速铁路是最安全的交通工具。根据国际铁路联盟(UIC)的调查, 至 1996 年, 高速铁路在欧洲已运送旅客 5 亿人次, 2 700 亿人公里, 只发生一次伤亡事故, 而公路 10 亿人公里的平均死亡数为 140 人, 按此推算, 如果采用高速公路运输则将有约 4 万人死亡。

## 3. 高速铁路是我国国情的需要

交通运输的发展模式必须根据具体国情来选择。我国的基本国情是: 人口众多, 幅员辽阔, 耕地匮乏, 资源短缺, 人均收入低, 生产布局不合理, 经济发展不平衡等。因此, 我国必须发展运力大、占地省、能耗低、污染轻、安全可靠和经济舒适的交通工具来解决大客流量的快速运送问题, 如前所述, 高速铁路在这方面具有明显的优势, 完全适合我国国情的需要。

### (1) 高速铁路运力大, 利于满足客运需求

我国人口众多, 幅员辽阔, 客运需求潜力很大。目前, 我国人均乘火车人数远远低于其他国家。2004 年, 我国年人均乘火车次数仅为 0.885 次, 而印度为年人均 6 次。如果我国提高到年人均 2 次, 则客运量将由目前的约 10 亿人次提高到 20 多亿人次。由于高速铁路运量大、速度快, 利于满足客运的需求。

### (2) 高速铁路有利于改善地区经济不均衡和资源的配置

面对我国东部发达、西部落后的局面, 铁路建设对于改善我国地区经济不均衡的状况起着重要的作用。落后地区一旦被铁路运输所覆盖或辐射, 则会该地区更大范围地融入到国民经济发展的整体中去, 加快自身经济发展的进程。另外, 铁路对促进资源的优化配置提供了最有效的载体, 有利于市场广度和深度的开拓, 使人们能够低成本地参与市场活动。高速铁路的建设将进一步改善地区经济的不均衡和资源的配置。

### (3) 高速铁路节省用地

如前所述, 高速铁路的优越性之一是占用土地面积少, 这对于我国人多地少的国情特别重要。我国人均