

高等职业教育高速铁路规划教材

# 高速铁路 轨道施工与维护

文妮 编

GAOSU TIELU  
GUIDAO SHIGONG YU WEIHU



西南交通大学出版社  
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等职业教育高速铁路规划教材

# 高速铁路轨道施工与维护

文 妮 编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

-----  
图书在版编目 ( C I P ) 数据

高速铁路轨道施工与维护 / 文妮编. —成都: 西南交通大学出版社, 2010.8

高等职业教育高速铁路规划教材

ISBN 978-7-5643-0783-7

I. ①高… II. ①文… III. ①高速铁路-轨道(铁路)-工程施工-高等学校:技术学校-教材 ②高速铁路-轨道(铁路)-维修-高等学校:技术学校-教材 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 154641 号  
-----

高等职业教育高速铁路规划教材

高速铁路轨道施工与维护

文 妮 编

责任编辑	高 平
特邀编辑	胡哈欣
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 编	610031
网 址	<a href="http://press.swjtu.edu.cn">http://press.swjtu.edu.cn</a>
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成 品 尺 寸	185 mm × 260 mm
印 张	23.125
字 数	574 千字
版 次	2010 年 8 月第 1 版
印 次	2010 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-0783-7
定 价	39.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

近年来，中国高速铁路建设进程不断加快，2008年拥有了第一条时速超过300 km的高速铁路——京津城际铁路，2009年又拥有了世界上一次建成里程最长、运营速度最高的高速铁路——武广客运专线。按照新调整的中长期铁路网规划，到2020年，中国200 km及以上时速的高速铁路建设里程将超过1.8万 km，将占世界高速铁路总里程的一半以上。

高速铁路能高速、高密、高效、稳定、经济地运行，正是基于高速铁路线路具有高平顺性、高稳定性、高精度等特点。与普通线路相比，高速铁路线路的每一个分部采用的技术及其条件都有根本性的不同。因此，其对铁路的施工及线路的维护提出了更高的要求。为了满足高速铁路工程专业高等职业教育的需求，特编写本书。

本书比较全面、系统地阐述了高速铁路轨道的相关知识。全书共三篇，第一篇介绍高速铁路轨道的基本知识，第二篇介绍高速铁路轨道的施工工艺，第三篇介绍高速铁路轨道的维护方法。其中：武汉铁路职业技术学院文妮编写了第1章、第5章、第6章，陕西铁路工程职业技术学院杨江鹏编写了第2章，天津铁道职业技术学院丁策编写了第3章、第15章，武汉铁路局曲玉福编写了第4章，山西铁路局范友岗编写了第7章，西安铁路职业技术学院刘兴文编写了第8章、第9章、第10章、第11章，湖南交通工程职业技术学院李建平编写了第12章、第13章，天津铁道职业技术学院梁晨编写了第14章。

本书在编写过程中，德国海特坎普公司的胡云凌博士提供了许多宝贵建议，使教材的内容得到了充实和提高，在此表示衷心的感谢。武汉铁路局、北京铁路局和山西铁路局等单位对教材的编写给予了大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平和时间，书中难免有疏漏和不当之处，恳请专家和读者指正。

编 者

2010年7月

# 目 录

## 第一篇 轨道知识

1 绪 论 .....	1
1.1 高速铁路的产生及发展 .....	1
1.2 高速铁路的技术经济特征 .....	5
1.3 高速铁路线路特征 .....	8
2 轨道结构 .....	11
2.1 高速铁路对轨道结构的要求 .....	11
2.2 有砟轨道结构 .....	15
2.3 无砟轨道结构 .....	18
2.4 无砟轨道与有砟轨道的比较 .....	38
3 钢 轨 .....	42
3.1 钢轨的构造与分类 .....	42
3.2 高速铁路钢轨 .....	45
3.3 钢轨的生产 .....	52
4 扣 件 .....	56
4.1 概 述 .....	56
4.2 无砟轨道扣件 .....	57
4.3 无砟轨道扣件的选择 .....	66
5 轨道几何形位 .....	69
5.1 机车车辆走行部分基础知识 .....	69
5.2 轨道几何形位 .....	75
5.3 曲线轨道外轨超高 .....	80
5.4 缓和曲线 .....	85
6 高速铁路道岔 .....	94
6.1 高速铁路道岔的分类 .....	94
6.2 高速铁路道岔的设计 .....	99

6.3	国外高速铁路道岔简介 .....	105
6.4	法国技术客运专线道岔 .....	114
6.5	德国技术客运专线道岔 .....	118
6.6	中国技术高速铁路道岔 .....	124
7	无缝线路 .....	136
7.1	概 述 .....	136
7.2	无缝线路基本理论 .....	138
7.3	无缝线路轨温监测系统 .....	144
7.4	无缝线路阻力 .....	149
7.5	无缝线路的稳定性 .....	153

## 第二篇 轨道施工

8	无砟轨道施工测量与沉降观测 .....	158
8.1	无砟轨道施工测量 .....	158
8.2	无砟轨道沉降评估 .....	172
9	无砟轨道施工技术 .....	182
9.1	施工准备 .....	182
9.2	桥上无砟轨道施工技术 .....	186
9.3	路基上无砟轨道施工技术 .....	211
9.4	轨道板精调 .....	216
10	无缝线路铺设 .....	227
10.1	长钢轨基地焊接 .....	227
10.2	长钢轨现场铺设 .....	239
10.3	无缝线路焊接锁定 .....	243
10.4	无缝线路钢轨打磨 .....	250
11	道岔施工 .....	258
11.1	道岔运输及就位 .....	258
11.2	轨下基础浇筑前道岔线形调整 .....	265
11.3	长枕埋入式道岔板混凝土浇筑 .....	269
11.4	Ⅱ型板式无砟道岔安装 .....	273
11.5	道岔线形调整 .....	282
11.6	无缝道岔焊接与锁定 .....	285
11.7	道岔焊接后线形调整 .....	290

### 第三篇 轨道维护

12 线路维护工作的原则及内容 .....	291
12.1 线路维修工作概述 .....	291
12.2 线路维修工作原则及综合维修系统 .....	293
12.3 工作分类与工作内容 .....	298
12.4 维修管理与作业安全 .....	299
13 技术标准和维修要求 .....	307
13.1 轨下基础 .....	307
13.2 钢 轨 .....	310
13.3 连接零件 .....	312
13.4 线路平纵断面 .....	313
13.5 道 岔 .....	314
13.6 无缝线路 .....	316
13.7 标志、隔离栅栏和声屏障 .....	317
14 轨道维护主要作业内容 .....	319
14.1 钢轨整修作业 .....	319
14.2 有砟轨道修理作业 .....	321
14.3 无砟轨道作业 .....	324
14.4 无缝线路作业 .....	339
15 设备检查及标准 .....	342
15.1 静态检查及标准 .....	342
15.2 动态检查及标准 .....	350
15.3 钢轨检查及标准 .....	353
15.4 质量评定 .....	355
参考文献 .....	361

# 第一篇 轨道知识

## 1 绪 论

### 1.1 高速铁路的产生及发展

#### 1.1.1 高速铁路的产生

1825年英国人修建了世界上第一条铁路。因火车的速度大大高于轮船和马车，并以运量大、可靠性高、全天候等优点，使铁路在19世纪后半叶和20世纪初在世界各国得到迅速发展，很快成为世界各国交通运输的骨干，并形成了世界铁路的“第一个发展期”，对当时社会经济的发展与繁荣起到了很大的推动作用。但是，从20世纪50年代开始，世界进入了交通运输工具现代化、多样化时期，高速公路和汽车的快速发展、航空运输的兴起使铁路在速度上处于劣势，受到长短途运输的两面夹击，铁路在西方发达国家首先陷入“夕阳产业”的被动局面，一度处于停顿状态。它迫使人们不得不提高对铁路行车速度重要性的认识。

提高列车速度是铁路赖以生存和适应社会经济发展的唯一出路。为此，从20世纪初至20世纪50年代，德国、法国、日本等国进行了大量的有关高速列车的理论研究和试验工作。1903年10月27日，德国人用电动车首创了试验速度达210 km/h的历史纪录；1955年3月28日，法国人用两台电力机车牵引三辆客车，使试验速度达到了331 km/h。但直到20世纪60年代，高速铁路技术才进入实际运用阶段。

日本从20世纪50年代末开始，为迎接第18届奥运会在东京召开，加快了研究和建设高速铁路的步伐。1964年10月1日，世界上第一条高速铁路——日本东海道新干线（Shinkansen）——在10月10日奥运会开幕前正式投入运营，列车速度达到210 km/h，突破了保持多年的铁路运营速度的世界纪录，使东京至大阪的旅行速度比原有铁路提高了一倍。由于票价较飞机便宜，从而吸引了大量旅客，迫使东京至名古屋间的飞机航班停运。也使它成为世界上铁路在与航空的竞争中取得胜利的一个范例。图1.1所示为日本新干线300及700系高速列车。

20世纪80年代，随着世界性能源危机、环境污染等问题的越演越烈，各国政府又想起了铁路的优点，与此同时，随着有关高速铁路的一系列新技术、新工艺、新设备的研究取得了新突破和发展，以及各国铁路运输管理体制改革的深入、到位，世界铁路开始进入“第二发展期”——高速铁路的大发展期。



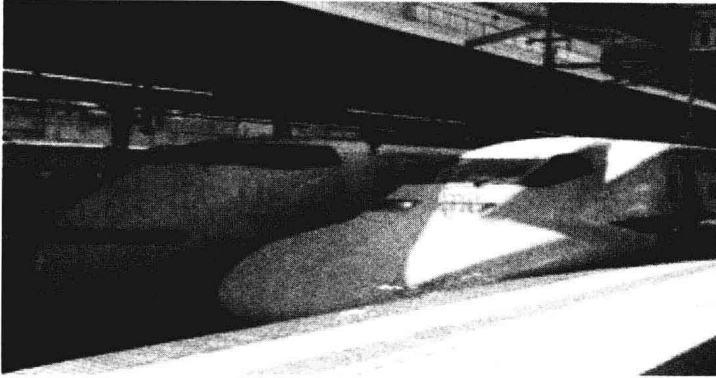


图 1.1 日本新干线 300 及 700 系高速列车

### 1.1.2 高速铁路的发展

高速铁路是现代世界铁路的一项重大技术成就，它集中反映了一个国家铁路牵引动力、线路结构、车辆技术、列车运行控制、运输组织和经营管理水平等方面的发展和进步，也集中体现了一个国家科技和工业化发展的水平，以及铁路运输管理的水平。

自日本新干线高速铁路投入运营以来，高速铁路以其安全可靠、技术创新、节能环保、快捷舒适、服务优质等特色不仅为铁路产业的发展带来了新的机遇，也为国民经济的发展带来了巨大的动力。高速铁路的成功，不仅使铁路产业在各种交通运输工具的竞争中呈现勃勃生机，也有力地促进了国民经济的增长和社会的进步。当今世界许多国家都开始考虑建设高速铁路，就连过去曾因铁路不景气而大量拆掉铁路线路的“汽车王国”美国，也在着手高速铁路建设的准备。据统计，目前，全世界拥有或正在建设高速铁路的有德国、法国、西班牙、意大利、瑞典、荷兰、比利时、英国、日本、韩国、中国等 12 个国家及地区，进行研究和规划的国家及地区有 6 个，已经建成高速铁路总长达 8 000 km 以上。

在亚洲，日本在东海道新干线后，又相继修建了山阳、东北、上越、北陆、山形、秋田等新干线，形成了纵贯日本国土的新干线网（2 175 km）。高速铁路被誉为日本“经济起飞的脊梁”。2003 年中国台湾台北—高雄的高速铁路（345 km）投入运营，如图 1.2 所示。2004 年 4 月 1 日，韩国首尔—釜山的高速铁路（412 km）投入运营，最高速度为 300 km/h。目前，印度正在进行高速铁路的前期工作。

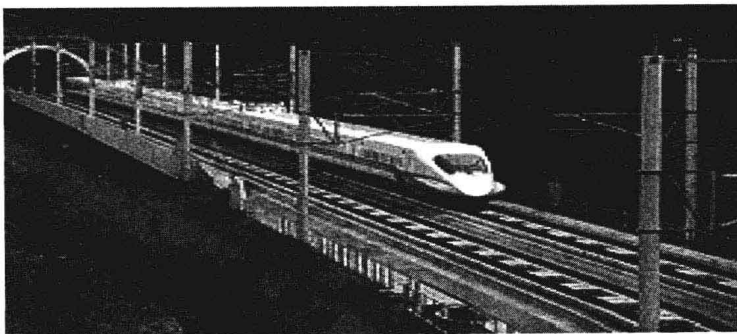


图 1.2 中国台湾高速铁路 700T 电联车

欧洲是目前全球高速铁路投入运营最多的地区,截至 2008 年,欧洲高速铁路已有 4 000 多 km 投入运营,预计到 2010 年将达到 6 000 km 以上。不仅如此,欧洲还有一个完整的高速铁路建设规划。根据这一规划,到 2020 年将形成一个新建 10 000 km 高速铁路、改造 15 000 既有线、遍及全欧洲并连接主要国家首都的高速铁路网。

欧洲的高速铁路建设始于法国。法国于 1981 年开通了 TGV 东南线(417 km),1989 年开通了 TGV 大西洋线(282 km),1993 年开通了 TGV 北方线(333 km),1994 年开通了 TGV 东南延长线(148 km),1996 年开通了 TGV 巴黎地区联络线(128 km),2001 年开通了 TGV 地中海线(295 km),完成了纵贯法国的高速铁路干线。自 2003 年 6 月起,TGV 地中海线的部分区间(约 40 km)开始了最高速度 320 km/h 的运行。

在德国,汉诺威—维尔茨堡铁路(新线 326 km)和曼海姆—斯图加特铁路(新线 99 km)于 1991 年投入运营,运行速度达 280 km/h。此后,汉诺威—柏林铁路(264 km)于 1998 年投入运营(其中有 170 km 的高速区段)。2002 年 8 月 1 日,德国科隆—法兰克福高速线(219 km)开通运营,运行速度为 300 km/h,它是德国第一条客运专线。在该线上运行的第三代 ICE3 型高速列车最高运行速度为 330 km/h,如图 1.3 所示,并允许当列车晚点时,以该速度赶点运行。2003 年,德国确定修建连接南北的柏林—慕尼黑的高速铁路线(新建高速线+即有线改造)。

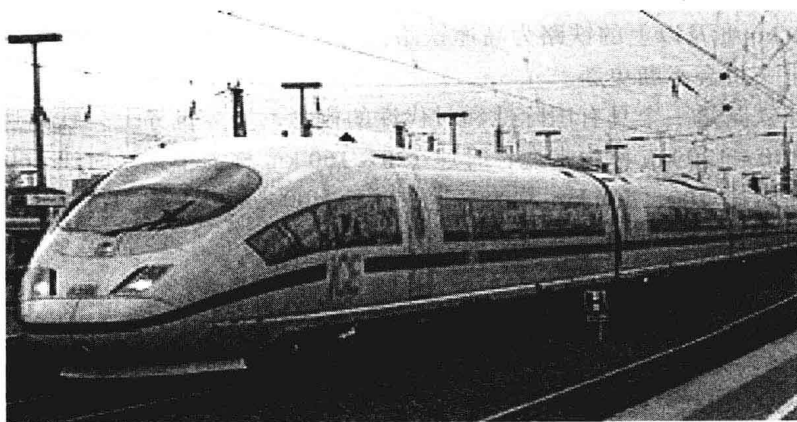


图 1.3 德国动力分散型高速列车 ICE3

英国是世界铁路的发源地,但在高速铁路建设上却滞后于欧洲其他国家,英国的第一条高速新线是于 2003 年 9 月 16 日开通运营的,连接英伦海峡的 CTRL 隧道线路,最高速度为 300 km/h。

意大利在 1970 年立项建设罗马—佛罗伦萨的高速铁路(236 km),于 1987 年建成通车,初期列车速度仅为 180 km/h,1992 年提高到 250 km/h。同时,意大利还制订了一项旨在建设高速铁路网的长期发展计划,该计划将建 2 条全长 1 300 km 的高速铁路线,使高速铁路构成 T 字形骨架网。

比利时和荷兰等国也正在建设高速铁路,其中比利时的布鲁塞尔—法国边境的高速铁路线(88 km)已于 1997 年 12 月开通,通往德国科隆—列日的高速铁路也已于 2002 年 12 月开通运营。

西班牙在新建马德里—塞维利亚(471 km)高速铁路取得成功后,又开工建设了马德里

—巴塞罗那高速铁路 (651 km/h), 设计最高速度为 350 km/h。

除西欧各国外, 东欧、南部欧洲等也在积极进行既有线基础设施的提速改造, 筹备建设高速铁路。

澳大利亚铁路一直以重载运输而驰名于世, 近年来也开始委托 TMG 公司对墨尔本—布里斯班 2 000 km 的东海岸进行高速铁路的论证工作。

美国素以重视航空和高速公路运输的发展而著称, 近年来也开始拟订高速铁路建设计划。美国加利福尼亚已决定在州内建设 1 131.3 km 的高速铁路; 佛罗里达州则通过立法准备在匹兹堡—坦帕—奥兰多建设高速铁路。

### 1.1.3 高速铁路的概念

一条铁路线是否能称为高速铁路, 即高速铁路的定义, 它有一个产生、发展、形成的过程。1970 年 5 月, 日本在第 71 号法律《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, 目前国际上公认列车最高运行速度达到 200 km/h 及以上的铁路为高速铁路。随着科学技术的发展和客观条件的变化, 有关高速铁路的定义将会不断更新。

因此, 高速铁路是一个具有国际性和时代性的概念。当今世界上, 铁路速度的分档一般规定为: 时速 100 ~ 120 km 称为常速; 时速 120 ~ 160 km 称为中速; 时速 160 ~ 200 km 称为准高速或快速; 时速 200 ~ 400 km 称为高速; 时速 400 km 以上称为特高速。对于“高速”的水平, 随着科学技术的进步也将不断提高。

### 1.1.4 高速铁路的形式

目前, 世界各国的高速铁路有多种不同的形式或模式:

(1) 按列车的动力配置方式分: 动力集中型和动力分散型。

(2) 按列车的转向架形式分: 独立式和铰接式。

(3) 按线路的状况分:

① 日本新干线模式: 全部修建新线, 旅客列车专用。

② 法国 TGV 模式: 部分修建新线, 部分既有线改造, 旅客列车专用。

③ 德国 ICE 模式: 全部修建新线, 旅客列车及货物列车混用。

④ 英国 APT 模式: 既不修建新线, 也不对既有线进行大量改造, 主要靠采用由摆式车体的车辆组成的动车组, 旅客列车及货物列车混用。

比较典型的如: 日本的各系高速列车, 属动力分散型、独立式转向架; 法国的 TGV 高速列车, 属动力集中型、铰接式转向架; 德国的 ICE 高速列车, 属动力集中、独立式转向架; 此外, 瑞典、西班牙主要是摆式列车。

## 1.2 高速铁路的技术经济特征

铁路运输包括机车车辆、线路桥隧、通信信号、牵引供电、运输组织及安全保障等系统。只有将这些系统有机地组织在一起，相互配合，相互协调，且技术上相互匹配，才能使铁路运输顺利进行。因此，人们常说，铁路是一个集中统一指挥下的“大联动机”。而高速铁路正是在这样一个传统的轮轨交通工具的基础之上，广泛运用现代高新技术发展起来的产物。

### 1.2.1 高速铁路是当代高新技术的集成

高速铁路的诞生是继航天业之后，世界上最庞大、最复杂的现代系统工程。它涉及的学科之多、专业之广已充分反映了其系统的综合性。作为现代科学技术标志的计算机及其应用，微电子技术、电力电子器件的实用化、微型化与遥控、自控技术的成熟，新材料、复合材料等三大高新技术的推广运用，为高速铁路的蓬勃发展奠定了基础。

高速铁路技术除了具备一般铁路的基本特征外，还体现在：①广泛吸收应用当今机械、化工、材料、工艺、电子、信息、控制、空气动力学、环境保护等领域高新技术的一项多学科、多专业的综合技术；②集中体现了铁路的运输组织、机车车辆、牵引供电、工务工程、通信信号等专业的巨大技术进步；③综合利用电子计算机、信息传输、机械制造、电力电子元件等多种新材料、新工艺、新产品等。它全面突破常速铁路的理论、概念、技术以及控制手段和方式。如：突破了前人关于轮轨极限速度理论的设想；通过交—直—交电传动方式的技术突破，解决了大功率牵引电机在有限空间和重量下实现的技术难题；通过采用新结构和新材料，实现了流线型的高速车体外形、动力性能优良的高速转向架的制造和有效减轻列车重量；航天航空技术的移植，使机电一体化向更高程度发展，列车高速运行轮轨黏着、弓网规律探索研究的提升，为研制牵引和制动功率大、运行阻力小、环境噪声低的高速动车组提供了条件；融现代计算机、通信技术、信号技术和遥感技术于一体的列车运行自动控制系统和行车调度指挥系统的变革，以及轨道线路、桥隧工程技术和监测、养护技术的发展和进步等，为高速列车的安全、舒适运营创造了前提；高速铁路以其靠外部供电作为动力，可广泛利用各种新型能源，减少了对沿线环境的污染；它们与高效的运输组织与运营管理体系等综合集成，形成一种能与既有铁路路网兼容的新型高效的交通系统。

### 1.2.2 高速铁路的主要经济技术特点

高速铁路之所以受到世界各国的普遍欢迎并得以快速发展，绝非偶然。高速铁路不仅克服了普通铁路速度低的缺点，与高速公路的汽车运输和中长途的航空运输相比较，在下列技术经济指标中具有一定的优势。

#### 1.2.2.1 速度快

速度是高速铁路技术的核心，也是其主要技术经济优势所在。迄今为止，高速铁路是陆上运行距离最长、运行速度最高的交通运输方式。目前高速列车的运行时速已达350 km，超过小汽车两倍多，达到喷气客机的1/3和短途飞机的1/2，因而使高速铁路在

运距 100 ~ 1 000 km 范围内均能显现其节约总旅行时间的效果(总旅行时间包括途中旅行,到离车站或机场,托运和领取行李,上、下车和飞机的全过程,以及小汽车驶入和驶出高速公路的总时间消费),而在 1 500 ~ 2 000 km 运距内也能发挥其利用夜间乘车时间睡眠的有利条件。

### 1.2.2.2 安全好

安全始终是人们出行选择交通运输方式的首要因素。从事交通运输产业的现代企业都把提高安全性能作为重中之重,以提高其在运输市场中的竞争地位。但是,即便如此,交通事故时有发生仍难以杜绝。有资料表明,在各国交通运输中,铁路、公路、民航运输的事故率之比大致为 1 : 24 : 0.8。由于高速铁路采用全封闭、自动化运行方式,且有一系列完善的安全保障体系,如:先进的 ACT 列车速度控制系统,能自动控制列车运行速度、调整列车运行间隔,按照列车允许的行车速度,使列车自动减速或停车,故其安全可靠大大高于其他交通工具;同时,高速铁路中与行车有关的固定设施和移动设备,都装有信息化程度很高的诊断与监测系统,并建立了科学的养护维修制度;对可能危及的行车安全和自然灾害,设有预报预警装置,这一系统措施有效地防止了人为过失、设备故障及自然灾害等突发事件引起的各类事故。高速铁路在国外已有 45 年安全运营的实践,除德国 1998 年 6 月 3 日发生翻车事故(死亡 101 人)和日本 2004 年 10 月 23 日在新潟地震中首次发生运行中的新干线列车脱轨的严重事故(无人员死亡)外,目前尚未发生其他乘客伤亡事故。因此,相比之下,高速铁路可称得上是当今世界上最安全的现代高速交通运输方式。

### 1.2.2.3 运能大

高速铁路继承了铁路作为大众运输工具的基本特征。高速铁路旅客列车的最小行车间隔可达 3 min,列车密度可达 20 列/小时,若每列车载客人数按 800 人计算,扣除线路维修时间 4 小时/天,则每天可开行高速列车 400 列,输送旅客 32 万人,年均单向输送将达到 1.17 亿人。而 4 车道高速公路,单向每小时可通过汽车 1 250 辆,每天也按 20 h 计算,可通过 25 000 辆,如大轿车占 20%,每车平均乘坐 40 人,小轿车占 80%,每车乘坐 2 人,年均单向输送能力为 8 700 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,采用大型客机的年单向输送能力只能达到 1 500 万 ~ 1 800 万人。可见,高速铁路的运能远远大于航空运输,且一般也大于高速公路。

### 1.2.2.4 能耗低

能耗高低是评价交通运输方式优劣的重要经济技术指标之一。根据有关方面的统计,各种交通运输工具平均每人千米的能耗为:飞机,2 998.8 J;小轿车,3 309.6 J;高速公路公共汽车,583.8 J;普通铁路,403.2 J;高速铁路,571.2 J。如果以普通铁路每人千米的能耗为 1.0,则高速铁路为 1.42,公共汽车为 1.45,小汽车为 8.2,飞机为 7.44。汽车、飞机使用的均是不可再生的一次能源——汽油或柴油(现代新型节能汽车尚未批量投入运用),而高速铁路使用的是二次能源——电力。随着水电能、太阳能、风能和核电等新型能源的发展,高速铁路在能源消耗方面的优势还将更加突出。这也是在当今石油能源紧张的情况下,世界各国选择发展高速铁路的重要原因之一。

### 1.2.2.5 污染轻

环境保护是当今关系人类生存的全球性紧迫问题。交通运输与生态环境问题密切相关,当前,交通运输对环境的污染主要是废气和噪声。据统计,在旅客运输中,各种交通运输工具一氧化碳等有害物质的换算排放量,公路每人千米为 0.902 kg,铁路为 0.109 kg,客机为每小时 635 kg(另还有二氧化碳 46.8 kg,三氧化硫 15 kg),这些有害物质在大气中一般要停留 2 年以上,是造成当今大面积酸雨,使植被生态遭到破坏和建筑物遭受侵蚀的主要原因。由于高速铁路实现了电气化,铁路基本消除了粉尘、油烟和其他废气污染。另外,在噪声污染方面,日本曾以航空运输每千人千米产生的噪声为 1,则大轿车为 0.2,高速铁路仅为 0.1。从以上数据看,在现代交通运输中,航空和汽车运输造成的环境污染越来越大。而长期生活在噪声环境中会使人的听觉器官受到损害,甚至耳聋。因此,法、日等国都在高速铁路两侧修建隔音墙来降低噪声。人们越来越认识到,为防止地球上臭氧层被破坏而造成的气候异常现象,应大力发展清洁能源的交通工具,减少飞机和汽车的废气排放,加大城市轨道交通和高速铁路的发展力度。

### 1.2.2.6 占地少

交通运输尤其是陆上交通运输,由于要修建道路和停车场,需要占用大量的土地,而且大部分是耕地。双线高速铁路路基面宽 3.6~14 m,而 4 车道的高速公路路基面宽达 26 m。双线铁路连同两侧排水沟用地在内,每千米用地约 70 亩<sup>①</sup>,而采用高架等工程,占用土地将还要少;4 车道的高速公路每千米用地要 105 亩。目前,我国高速铁路多采取高架形式,故可以大大减少对耕地的占用和对环境的负面影响。一个大型飞机场,包括跑道、滑行道、停机坪、候机大楼及其设施,面积大,又多为市郊良田,因此不经济。法国 TGV 500 km 的高速铁路仅占用相当于一个大型机场的用地。

### 1.2.2.7 造价低

工程造价的高低在一定程度上是制约某种交通运输方式能否得到迅速发展的重要因素之一。高速铁路的工程造价虽然大大高于普通铁路,但并不比高速公路高。据法国资料,法国高速铁路基础设施造价要比 4 车道的高速公路节约 17%。TGV 高速列车平均每座席的造价仅相当于短途飞机每座席造价的 1/10。

### 1.2.2.8 舒适度高

随着人们物质生活水平的不断提高,出行舒适状况已成为人们选择出行交通运输方式的重要条件之一。高速铁路线路平顺、稳定、曲线半径大,列车运行平稳,振动和摆动幅度都很小。旅客在途中占有的活动空间大大高于汽车和飞机。其座位宽敞、设施先进、装备齐全、乘坐舒适、活动自如等都是飞机和汽车无法比拟的。

### 1.2.2.9 效益好

交通堵塞和事故给各国国民经济带来巨大的损失,这已成为一个世界性的难题。欧共体国家每年用于处理高速公路堵塞和公路交通事故的费用分别占国民生产总值的 2.9% 和 2.5%。

<sup>①</sup> 1 亩 = 667 m<sup>2</sup>

而修建高速铁路的直接经济效益是非常明显的。据统计,日本东海道新干线于1964年投入运营,1966年就开始盈利,1971年就收回了全部投资。法国TGV东南线于1983年全线通车,1984年开始盈利,运营10年投资全部收回。

### 1.3 高速铁路线路特征

列车与线路是相互依存、相互适应的关系,列车是载体,线路是基础。高速运行的列车要求线路具有高平顺性、高稳定性、高精度、小残变、少维修以及良好的环境保护等特点。只有这样的线路才能保证列车高速运行的安全、平稳与舒适。

#### 1.3.1 高平顺性

高平顺性是设计、建设高速铁路的控制性条件,也是高速铁路区别于中低速铁路最主要的一点。

轮轨相互作用的理论研究指出,轨道不平顺所引起的轮轨动力响应,及其对行车安全性、平稳性和乘车舒适性的影响,均随行车速度的提高而显著增大。

高速铁路的理论研究和实践表明,在平顺的轨道上,车辆处于稳定运行状态,即使车辆速度很高,轮轨动力附加荷载也很小。而平顺性不良时,即使轨道、路基和桥梁等结构在强度方面完全满足要求,而由线路引起的车辆振动和轮轨作用力将大幅度增加。

例如,幅值为10 mm、波长为40 m的连续高低不平顺,在常规速度下引起的车体振动和轮轨动力附加荷载很小,但速度达300 km/h时,会使车体产生持续振动加速度,人体会感觉不适。为保障旅客乘坐舒适,日、法、德等国规定,局部轨道不平顺引起的瞬时作用的垂向加速度不大于 $(0.12 \sim 0.15)g$ ,横向加速度不大于 $(0.10 \sim 0.12)g$ 。

各种微小的短波不平顺,都是恶化轨道几何状态的根源,可能引发轮、轨、轴断裂。因此,高速铁路要求轨道具备高平顺性。

#### 1.3.2 高稳定性

稳定的路基是高速铁路高平顺性的基础。稳定性好的路基,主要是靠控制路基工后沉降和路基顶面的初始不平顺来保证。因为,路基的工后沉降大或沉降不均匀,就必须经常维修线路,而经常维修的线路,其稳定性和平顺性很差;路基顶面初始不平顺大,将导致道床厚度不一致,道床的残余变形积累不均匀。所以,路基的工后沉降大、沉降不均匀和路基顶面的初始不平顺会恶化线路的平顺性,直接影响行车安全。

桥梁的高稳定性表现为桥梁结构有足够大的刚度。高速列车对桥梁的动力作用远大于普速列车对桥梁的作用,桥梁出现较大挠度会直接影响桥上轨道的平顺性,造成结构物承受过大的冲击力,轨道状态不能保持稳定,影响列车的运行安全。

#### 1.3.3 高精度、小残变、少维修

严格控制轨道铺设精度是实现轨道初始高平顺的保证。轨道铺设的初始不平顺,是运营

后不平顺恶化的根源。初始状态好的轨道，维修周期长，可长期保持轨道的良好水平；而初期状态不好的轨道，不仅维修周期短，即使增加维修次数，也难以提高轨道的水平。

严格控制轨道的铺设精度：一是提高线路的测量精度；二是严格控制钢轨的平直性和焊接接头的平顺性。严格控制轨道铺设精度，是实现高平顺性轨道的第一步。由于轨道是由多种部件组成，尤其是有砟轨道，轨排位于碎石道砟散粒体之上，在高速列车荷载的作用下，这些部件会发生变形，当变形的量值超过一定限值时，将使轨道失去高平顺性。因此，高速铁路轨道各部件的设计要保证强度和小残余变形，这样才能既保证高平顺性又保证少维修。

#### 1.3.4 宽大、独行的线路空间

列车沿地面高速运行时，将带动列车周围的空气随之运动，形成一种特定的非定常流场，称为列车风。列车风威胁沿线工作人员和站台旅客的安全，对沿线建筑物也有破坏作用。此外，高速列车动能和惯性力都很大，一旦与其他物体发生碰撞，其后果是不堪设想的。所以，高速铁路需要有一个宽大、独行的空间，即采用全封闭形式，沿线路两侧设全长护栏。

#### 1.3.5 高标准的环境保护

高速铁路作为重要的现代化交通运输工具，就需要重视现代化文明，各种设施应与周围环境相协调，重视环境相保护。如桥梁的造型设计，要注重结构外观和色彩。法国高速铁路的桥梁造型设计甚至要请建筑师和环保师参与或请他们审查。

防止噪声污染是环境保护的一项重要内容。当列车速度超过 250 km/h 后，噪声量级随列车速度的六次方关系增大。建设高速铁路时，应重视降低噪声的措施。沿线通过的居民区、公园附近，均设有隔音墙、明洞或隔音土堆。

#### 1.3.6 开通即以设计速度运行

目前，世界上所建成的高速铁路均在通车后不久即按设计最高速度运营。例如，法国高速铁路在铺轨完成后，经过 5~6 个月的调试后验交，列车即以最高速度运行。

如果因线路初始状态达不到设计标准而限速运行，列车虽以低速通过这些不合格地段，但线路将产生“记忆”性病害或不平顺，其后果将是花数倍的物力去整修才可能达到高速运行的目标。

#### 1.3.7 严格的轨道状态检测

高平顺的轨道在列车荷载的不断作用下，会发生变形和位移。当轨道及其各部件的变形、位移量或其变形、位移发展的速度超过一定限值时，将恶化轮轨间的相互作用，影响列车运行的舒适性和安全性。因此，对运营中的高速线路要实行严格的轨道状态检测和科学的轨道管理制度，及时掌握铁路运营过程中轨道不平顺的量值及其发展速度，并予以校正，使其恢复到小残变或初始高平顺状态，以保证高速列车运行的安全、平稳和舒适。



### 1.3.8 严密的防灾安全监控

安全对于任何交通工具都是第一位的技术条件，对于高速铁路更为重要。高速铁路除了保证设备本身安全要求外，对于一些超出设备本身安全限度范围的灾害，如自然灾害、突发性灾害、异物侵入限界以及设备的运用状态等要进行实时监测，并根据这些监测信息，对列车的运行进行严格的管理，如限速、停车等。