

# 第一篇 轨道知识

## 第一章 绪论

### 第一节 高速铁路的发展

#### 一、高速铁路的产生

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。但至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200 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。东海道新干线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。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。

#### 二、世界高速铁路的发展

随着世界性的能源危机、环境污染等问题的愈演愈烈，各国政府再次关注到铁路的优点；与此同时，随着有关高速铁路的一系列新技术、新工艺、新设备的研究取得新的突破和发展，以及各国铁路运输管理体制改革的深入和到位，世界铁路开始进入高速铁路的大发展期。

##### （一）探索初创阶段

高速铁路探索初创阶段为从20世纪60年代到70年代末，以日本1964年开通第一条高速铁路东海道新干线为标志，开通时最高运营速度为210 km/h。从东海道新干线开始，高速铁路在工务工程、高速列车、牵引供电以及通信信号等领域都对传统铁路进行了重大革新。由于高速铁路发展尚处于探索阶段，没有既有的经验可资借鉴，需要反复论证和试验，而且从高速铁路发展成效显现到加快发展高速铁路形成共识需要一定的过程，因此，高速铁路发展缓慢。在高速铁路初创阶段的近20年中，全世界只有日本先后于1964年和1972年建成了

东海道新干线和山阳新干线，总里程 1 069 km。

## （二）扩大发展阶段

高速铁路扩大发展阶段为从 20 世纪 80 年代初到 20 世纪末，以 1981 年法国第一条高速铁路 TGV 东南线开通运营为标志，开通时最高运营速度 270 km/h，是世界高速铁路进入最高运营速度 250~300 km/h 新时期的转折点。随着高速铁路技术研究开发与应用的不断深入，高速铁路技术体系不断完善。除日本新干线技术体系继续发展外，法国、德国、意大利也先后形成了各具特色的高速铁路技术体系和系列化产品，分别于 1981 年、1991 年、1992 年开通了本国第一条高速铁路，并开始制定和逐步实施庞大的高速铁路发展规划。从 20 世纪 90 年代开始，伴随着已建成高速铁路的成功运营，以及可持续发展理念逐步成为共识，高速铁路对经济社会可持续发展的重要作用日益显现，欧洲其他发达国家也开始通过技术引进发展高速铁路，西班牙、比利时分别在 1992 年、1997 年开通了本国第一条高速铁路，其他国家（如荷兰、瑞典等）也制定了高速铁路发展规划。在该阶段近 20 年中，日本、欧洲共新建高速铁路 3 000 多千米，是 20 世纪 80 年代以前新建高速铁路的 3 倍多。

## （三）快速发展阶段

高速铁路快速发展阶段从 21 世纪初开始，以中国高速铁路的快速崛起为标志。我国于 2004 年制定的《中长期铁路网规划》和 2008 年的《中长期铁路网规划（2008 年调整）》，构建了中国高速铁路发展的宏伟蓝图。在短短几年时间内，中国已经成为世界上高速铁路系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。中国高速铁路的快速发展，为世界高速铁路发展注入了强大动力，对其他国家产生了强大的示范作用，形成了中国高铁发展的世界效应，美国、波兰、俄罗斯、土耳其等国家纷纷加快实施本国的高速铁路发展规划，南美洲、亚洲的一些发展中国家，如阿根廷、巴西、伊朗、越南等，也纷纷加入高速铁路发展行列。

# 三、中国高速铁路的发展

## （一）发展历史

20 世纪 90 年代以来，中国对高速铁路的设计建造技术、高速列车、运营管理的基础理论和关键技术组织开展了大量的科学研究和技术攻关，并进行了广深铁路提速改造，修建了秦沈客运专线，实施了既有线铁路六次大提速等。2002 年 12 月建成的秦皇岛至沈阳间的客运专线，是中国自己研究、设计、施工，目标速度 200 km/h、基础设施预留 250 km/h 高速列车条件的第一条铁路客运专线。自主研发的“中华之星”电动车组在秦沈客运专线创造了当时“中国铁路第一速”——321.5 km/h。

经过十多年坚持不懈的努力，我国铁路通过技术创新，在高速铁路的工务工程、高速列车、通信信号、牵引供电、运营管理、安全监控、系统集成等技术领域，取得了一系列重大成果，形成了具有中国特色的高铁技术体系，总体技术水平进入世界先进行列。

## （二）速度提升

2010年12月,CRH380A新一代高速动车组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,最高速度达到486.1 km/h。

2011年1月,CRH380BL“和谐号”电力动车组——试验编组在京沪客运专线运行最高时速497.3 km/h。

2012年3月,中国铁道科学研究院建成世界速度最快的高速列车制动试验台,最高试验速度达到530 km/h。

2014年1月,中国南车制造的CIT500型高速列车在试验台上的滚动试验速度达到了605 km/h。这列试验车为6辆编组,全部为动力车,车头为剑型,如图1.1所示。



图 1.1 CIT500 型高速列车

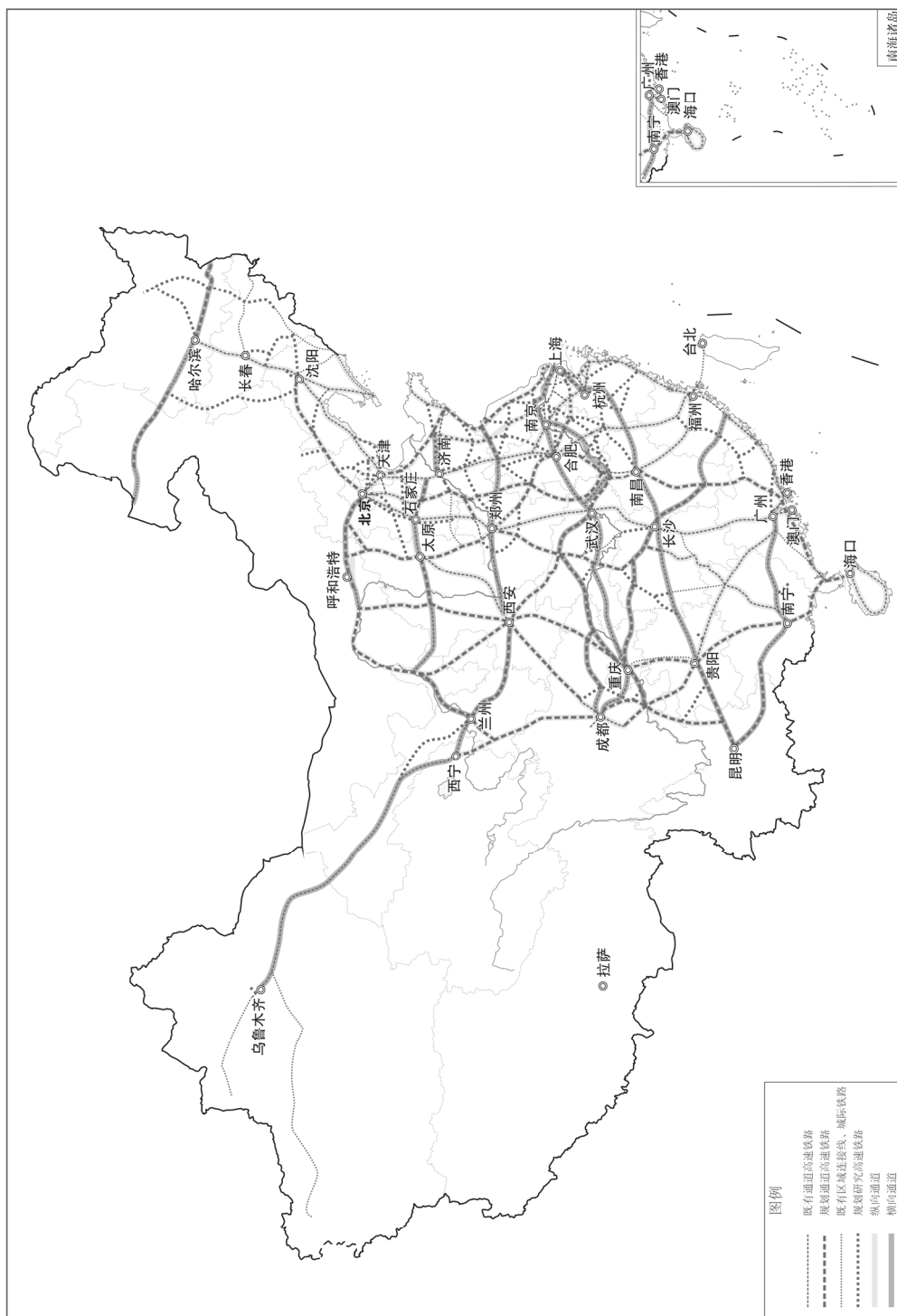
### (三) 发展规划

长期以来,我国运力十分紧张,伴随国民经济持续快速增长,运输瓶颈制约日趋严重,铁路繁忙干线运输能力与运输需求的矛盾更是突出,京沪、京广、京哈等干线,部分区段运力趋于饱和状态,无法满足客货运输的巨大需求。我国高速铁路的建设是从2004年1月国务院常务会议讨论并原则通过的《中长期铁路网规划》开始的。《中长期铁路网规划》提出铁路网要扩大规模,完善结构,提高质量,快速扩充运输能力,迅速提高装备水平。确定到2020年,全国铁路营业里程达到10万千米,主要繁忙干线实现客货分线,复线率和电化率均达到50%,运输能力满足国民经济和社会发展需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平。

2008年10月国家批准《中长期铁路网规划(2008年调整)》,确定到2020年全国铁路营业里程达到12万千米以上,其中客运专线达到1.6万千米以上,复线率和电化率分别达到50%和60%。

2016年6月国家批准《中长期铁路网规划》(以下简称《规划》),规划期为2016—2025年,远期展望到2030年。其中,高速铁路规划如图1.2所示,在原规划“四纵四横”主骨架

基础上，形成以“八纵八横”主通道为骨架、区域连接线衔接、城际铁路补充的高速铁路网。这是我国首次在规划中提出建设“高速铁路网”。



《规划》设计了 2020 年、2025 年、2030 年三个阶段的目标。其中：到 2020 年，铁路网规模达到 15 万千米，其中高速铁路 3 万千米，覆盖 80%以上的大城市；到 2025 年，铁路网

规模达到 17.5 万千米左右，其中高速铁路 3.8 万千米左右；展望到 2030 年，基本实现内外互联互通、区际多路畅通、省会高铁连通、地市快速通达、县域基本覆盖。

《规划》明确划分了高速铁路网建设标准，提出高速铁路主通道规划新增项目原则采用时速 250 km 及以上标准（地形地质及气候条件复杂困难地区可以适当降低），其中沿线人口城镇稠密、经济比较发达、贯通特大城市的铁路可采用时速 350 km 标准。区域铁路连接线原则采用时速 250 km 及以下标准。城际铁路原则采用时速 200 km 及以下标准。

## 四、中国高速铁路的成就

### （一）高铁技术

目前中国所掌握的高铁技术有：车体设计和空气动力学、高速道岔、板式轨道、列控系统、逆变器、变流器、电动机。中国铁路在高速动车组、高速铁路基础设施建造技术和既有线路提速技术等方面都达到了世界先进水平。尤其在动车组技术方面，我国成功搭建了具有自主知识产权的时速 350 km 的动车组技术平台，实现了国产时速 350 km 动车组批量化生产，在高速铁路的固定设施、系统集成、运营管理、环境保护等方面实现了一系列重大技术创新，形成了具有我国特色的高速铁路技术标准体系。

### （二）安全运营

中国高速铁路建立了较为完善的运营管理体系，确保了运营持续安全，取得了良好的经营业绩，提供了安全、快捷、舒适、经济的运输服务，有力地促进了经济社会又好又快发展。如今，中国铁路每天开行“和谐号”高速动车组列车 1000 多列，发送旅客近百万人。而且高速铁路开通后，既有铁路通道的货运能力得到了巨大释放，为实现货运增量、丰富货运产品体系、提升货运服务质量奠定了坚实基础。

### （三）建设规模

截至 2017 年年底，全国铁路营业里程达到 12.7 万千米，其中高铁 2.5 万千米，占世界高铁总量的 66.3%。中国高铁网还将向“八纵八横”迈进，根据 2016 年 7 月新调整后发布的《中长期铁路网规划》，到 2020 年，中国铁路网规模将达到 15 万千米，其中高铁 3 万千米。届时中国将建成以“八纵八横”主通道为骨架、区域连接线衔接、城际铁路补充的现代高速铁路网。

## 第二节 高速铁路的特征

### 一、高速铁路的优势

#### （一）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，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

小汽车近两倍多，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  $100 \sim 1\,000$  km 范围内均能显示其节约总旅行时间的效果（总旅行时间包括途中旅行、到离车站及机场、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  $1\,500 \sim 2\,000$  km 运距内也能发挥其利用夜间乘车时间睡眠的有利条件。

## （二）安全性高

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（每百万人千米的伤亡人数）之比大致为  $1 : 24 : 0.8$ 。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；对可能危及行车安全的自然灾害，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。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。

## （三）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/h，若每列车载客人数按  $800$  人计算，扣除线路维修时间  $4$  h/d，则每天可开行高速列车  $400$  列，输送旅客  $32$  万人，年均单向输送旅客将达到  $1.17$  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  $\sim 1\,800$  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。

## （四）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：飞机： $2998.8$  J；小轿车： $3309.6$  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、飞机均使用的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、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。