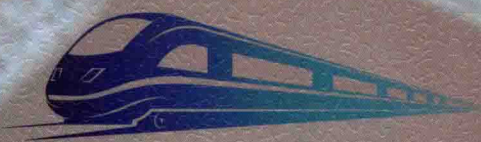


高速铁路



及其四电系统集成

GAOSU TIELU JIQI SIDIAN XITONG JICHENG

赵丽平 ○ 主编

高速铁路及其四电系统集成

Gaosu Tielu Jiqi Sidian Xitong Jicheng

赵丽平 ◎ 主编

西南交通大学出版社

• 成 都 •

内容简介

高速铁路系统集成的建设模式为高速铁路核心系统的建设提供了技术、方法、组织等方面的强有力的保障。本书介绍了高速铁路四电系统集成的产生及其必要性,介绍了四电系统的组成和原理,介绍了系统集成的概念、高速铁路的系统集成范围及内容、四电集成的接口管理、四电集成的 RAMS 分析方法及四电系统集成试验。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路及其四电系统集成 / 赵丽平主编. —成都:

西南交通大学出版社, 2018.8

ISBN 978-7-5643-6367-3

I. ①高… II. ①赵… III. ①高速铁路—电力系统
IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 195284 号

高速铁路及其四电系统集成

赵丽平 主编

责任编辑 黄淑文

封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

官网 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川煤田地质制图印刷厂

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 17

字数 342 千

版次 2018 年 8 月第 1 版

印次 2018 年 8 月第 1 次

定价 45.00 元

书号 ISBN 978-7-5643-6367-3

课件咨询电话: 028-87600533

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

京津城际高速铁路的动工，标志着我国高速铁路建设的开始，京津城际四电系统建设采用的系统集成工程总承包的建设模式，也掀开了高速铁路四电系统建设的新篇章。系统集成成为我国高速铁路四电系统的建设提供了相应的理论、方法和平台，为大规模的高速铁路建设提供了有效的途径和动力。

高速铁路的电力牵引系统、电力供电系统、通信系统和信号系统，简称为“四电”系统，是实现高速铁路的速度及能力目标值、确保高速铁路安全可靠运行的核心系统。与普速铁路相比，高速铁路四电系统与动车组、土建工程和外部系统的相互影响和衔接更为紧密。四电系统内容一体化、相互整合的进程也呈加快趋势。如何将四电系统及其相关的系统集成在一起，克服短板效应，实现整体最优，满足高速铁路对四电系统的要求，是四电系统首先要解决的问题。高速铁路四电系统集成多学科、多领域的先进技术于一体，是一个既相互独立又密切相关且与外部系统有着复杂联系的巨型系统。本书具有较强的理论性和实践指导性，是相关研究人员、工程技术人员和在校学生学习和了解相关内容的重要资料。

全书共分为7章。第1章介绍高速铁路的发展背景、经济技术特征、四电系统的产生等。第2章介绍中国高速铁路技术体系的形成。第3章介绍高速动车组的组成原理，讨论中国高速动车组的打造情况。第4章介绍高速铁路牵引供电系统的组成和接口技术。第5章介绍高速铁路的列车运行控制技术。第6章介绍高速铁路的通信技术。第7章介绍系统集成的概念、高速铁路的系统集成范围及内容、四电集成的接口管理、四电集成的RAMS评估及其集成试验。

本书由赵丽平担任主编。参加本书编写的主要人员及其分工为：张婷婷编写第1章和第2章；刘明杰编写第3章；董昭德编写第4章；权伟编写第5章；刘丽娜编写第6章，陈金强编写第7章。全书由赵丽平修改和统稿。

在本书编写过程中，参考和使用了相关文献和资料，同时不少专家提出了宝贵的建议和意见，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请各位专家、读者批评指正。

编 者

2018年5月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 高速铁路格局的演变	1
1.2 世界高速铁路路网	15
1.3 中国高速铁路的起源和发展	17
1.4 高速铁路的技术经济特征	18
1.5 高速铁路系统	21
1.6 高速铁路四电系统集成的产生	26
1.7 高速铁路四电系统集成的必要性、理念及目标	36
复习思考题	40
第 2 章 中国高速铁路技术体系的形成	41
2.1 中国铁路高速化之路	41
2.2 中国高速铁路技术体系的形成	49
第 3 章 高速动车组	58
3.1 动车组的概念	58
3.2 高速动车组的组成及基本原理	59
3.3 中国打造高速动车组的过程	70
3.4 中国高速动车组 CRH	71
第 4 章 高速铁路牵引供电及其接口技术	87
4.1 高铁牵引供电系统的基本构成	87
4.2 高速牵引供电的关键技术	91
4.3 高速铁路供电制式的选择	92
4.4 高铁牵引供电与外部电源的相互需求	94
4.5 牵引供电自动化系统及其发展	97
4.6 高速弓网的“和谐”生活	101
4.7 高速铁路牵引供电与环境的协调	105

4.8	牵引供电与相关专业的接口	111
4.9	高铁牵引供电系统的联调联试	115
第 5 章	高速铁路列车运行控制技术	117
5.1	列车运行控制系统	117
5.2	欧洲铁路列车控制系统 ETCS	121
5.3	中国铁路列车控制系统 CTCS	124
5.4	CTCS-2 级列控系统	129
5.5	中国高速铁路列车控制技术	139
第 6 章	高速铁路通信技术	144
6.1	高速铁路通信系统	144
6.2	铁路综合数字移动通信技术	153
6.3	GSM-R 实践	159
6.4	GSM-R 与中国高铁	164
第 7 章	系统集成	166
7.1	系统集成的概念	166
7.2	客运专线四电系统集成	168
7.3	四电系统接口管理	177
7.4	四电系统集成 RAMS 评估	199
7.5	四电系统集成试验	222
参考文献	264

第1章 绪论

1964年,世界第一条高速铁路——东海道新干线在日本诞生。新干线刚一问世,就让世人领略了高速铁路高速、安全、节能、环保、运能大的独特魅力。于是,从20世纪70年代开始,高速铁路的建设热潮先在欧洲掀起。至2015年底,日本新干线运营里程约2616 km,最高运营时速320 km,正在积极组织试验360 km/h高速列车及相关配套技术;法国于1981年开通第1条高速铁路,至2015年底,法国高铁总里程约1986 km,最高运营速度320 km/h,并创下了世界轨道交通系统的最高试验速度574.8 km/h;德国于1991年开通第1条高速铁路,至2015年底,德国高铁总里程约1000 km,最高运营速度280 km/h,最高试验速度406.9 km/h。至2015年底,全世界拥有或正在建设高速铁路的国家和地区已达到29个。目前世界上已有十余个国家制定了发展建设高速铁路的规划,规划总里程近2万千米。

截止到2017年底,全球高铁里程8.7万千米(含规划),中国高铁2.5万千米,占世界高铁运营里程的66.3%,铁路电气化率、复线率分别居世界第一和第二位。京沪高铁运营速度350 km/h,为世界高铁运营最高速度。

高速铁路是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线路结构、列车牵引动力、高速运行控制、高速运输组织和经营管理等方面的技术进步,也体现了一个国家的科技和工业水平。

高速是一个相对的概念,也是不断发展变化的。1970年5月日本71法令规定“列车在主要区间以200 km/h以上速度运行”为高速铁路,1985年5月联合国经社会规定“客运专线300 km/h,客货混线250 km/h”为高速铁路,国际铁路联盟(UIC)规定“新线250 km/h以上,既有线改造200 km/h以上的铁路”称为高速铁路。

世界铁路速度等级一般划分如下:120 km/h以下的一般称普速(或常速);120~160 km/h称为中速;160~200 km/h称为准高速(或快速);200~400 km/h称为高速;400 km/h以上称为超高速。

1.1 高速铁路格局的演变

1.1.1 “夕阳产业”论调的终结

1945年,第二次世界大战结束后,世界各国的经济开始迅速复苏,与人们生

活息息相关的交通运输方式也开始孕育一场新的变革。

从 20 世纪 50 年代开始,以美国为代表的汽车工业得到大力发展,高速公路快速修建,走进寻常百姓家的汽车让人们体会到了门到门的便利服务。到 60 年代,大型民航客机出现,飞机以无可争议的速度优势,广受人们青睐。

在生机勃勃的新生交通工具面前,曾经为人类带来 20 世纪文明的铁路,却日益面临“门前冷落鞍马稀”的尴尬处境。的确,在便利性方面,铁路不如公路;在速度方面,铁路又比不过航空。铁路似乎真的走进了垂暮,于是,人们发出了无力的感叹——铁路已是夕阳产业!

然而,日本的高速铁路——新干线的诞生改变了世界铁路的命运。

1964 年 10 月 1 日,世界上第一条全长 515 km、最高速度 210 km/h 的高速铁路(东海道新干线)正式开始商业运行!从此,新干线(Shinkansen)成为英语的专有名词,也成为日本高速铁路的代名词。图 1-1 所示为新干线运行的 0 系动车组。

新干线开通后,很快便以高速、正点、安全、大运量、全天候的独特优势,受到日本国民的广泛欢迎。新干线以它在技术和经营上的成功,对“铁路运输已是夕阳产业”的悲观论调给予了最明确的否定!这一壮举极大地振奋了世界铁路界人士对铁路运输的信心,人们开始重新认识铁路交通尤其是高速铁路的价值,从而引发了继新干线之后的英、德、法等欧洲国家建设高速铁路的热潮,从此拉开了欧洲和日本高铁竞争的序幕……

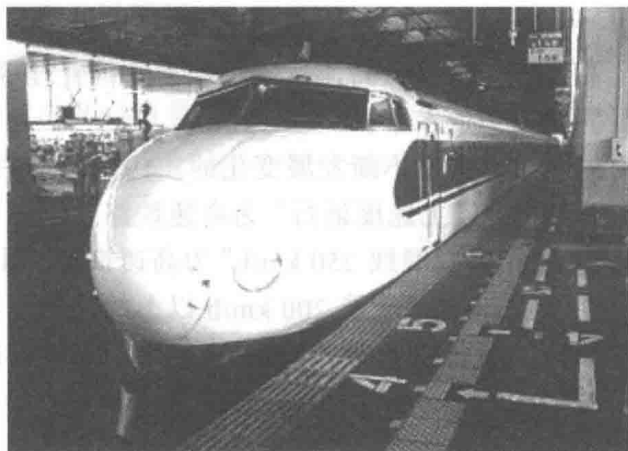


图 1-1 世界高速列车元老 0 系动车组

1.1.2 日本新干线一枝独秀(1964—1980 年)

“一举成名天下知”,新干线诞生后,只要人们谈论到高速铁路,就绕不开新干线这个话题。新干线使日本一跃成为世界铁路技术强国,日本也凭此奠定了在世界铁路界无可争辩的先驱者地位。

新干线开通后,英、法、德、美、苏联等国很快做出反应,开始着手研发自己的高速列车。当时,欧美等国的列车最高运行速度为 160 km/h。1965 年 6 月,距离新干线开通后不到一年,原联邦德国在慕尼黑召开国际运输展览会期间,每天开行 200 km/h 的 E03 型电力机车牵引的列车,主要运送参加博览会的客人。1967 年 5 月,法国的 CC-6500 型高速电力机车牵引的列车,在线路条件好、长约 80 km 的既有线区间也实现了 200 km/h 运行。

紧随新干线之后,真正下大力气研发高速列车的是英国、美国和苏联。

最早成功的是 1976 年由英国人开发的 HST (High Speed Train) 动车组,如图 1-2 所示。HST 动车组为 2M7T 的 9 辆编组,列车前、后各配置一辆功率为 1680 kW 的电传动内燃机车。在列车的前、后各配置一辆机车,这样列车在终点站就省去了调换车头的麻烦,后来法、德等国的动力集中方式的高速动车组也都采用了这一机车配置方式。从 1976 年 10 月 4 日起,HST 的 IC125 型列车在英国东海岸线既有线上开始了 200 km/h 商业运行的生涯,并在商业上获得了巨大成功。



图 1-2 大获成功的英国 HST 动车组

追随新干线的失败者主要有两种失败方式。

一种是设计目标过高,因采用新技术带来的可靠性无法得到保证,其代表是由英国研发的 APT (Advanced Passenger Train) 动车组。APT 动车组采用了大量当时的新技术,如用燃气涡轮机作为动力装置、为提高曲线通过速度的油压控制的车体倾斜技术、流体动力制动装置等,同时它的最高运行速度定为 250 km/h,比当时新干线的最高速度要高 40 km/h。由于 APT 列车的设计目标过高,未经验证的技术太多,所以虽然数次尝试正式商业运营,但都因列车故障频发,最终以失败告终。

另外一种前期技术储备不够,直接仿造动力分散方式的新干线列车而导致的失败,其代表是美国和苏联。在 20 世纪 60 年代,美、苏是当时世界的两个超级大国,在科技的诸多领域都处于世界的最前沿,然而,在高速铁路技术领域却属于二流水准的国家。美、苏两国模仿新干线列车,制造了本国的动力分散式高速列车并

投入商业运行。然而，由于两国自身在高速铁路技术方面几乎没有积累，复制的新干线高速列车故障频发，加之轨道损坏过大，最终导致不得已而取消高速列车的商业运行。

从上面的介绍来看，德、法、英三国似乎都圆了 200 km/h 高速运行的梦。然而，如果让他们对外宣称本国已经拥有高速铁路，终究有些底气不足。原因在于：联邦德国在国际运输展览会期间的 200 km/h 运行昙花一现，只能算是展览会期间的一道亮丽风景线；而法国和英国还没有脱离既有线上提速的范畴。

要想在高速铁路领域和新干线平分秋色甚至超越新干线，需要像新干线一样建一条高规格的高速新线。欧洲诸强中，法国人最先抛出建设高速新线的构想。当然，法国人准备建设高速新线，绝非单纯的意气用事或只是为了和新干线竞争，拯救国内日渐式微的铁路运输才是它的最终目的。

1965 年年底，也就是新干线开通的第二年，法国国营铁路公司（SNCF，以下简称法国国铁）开始拟定法国高速铁路的构想，并把这个计划定名为“TGV”（“超高速铁路”的法文缩写）；1966 年，法国国铁新设立了主要研究高速铁路技术的研究局；1967 年 7 月 10 日，TGV 计划正式开始启动；1968 年 6 月，在维也纳召开的关于铁路高速化的国际研讨会上，法国国铁对外宣称：法国将要建设巴黎至里昂约 500 km 长的 TGV 高速铁路。

不过，高速铁路的修建以及相关技术的研发毕竟需要时日，在 1980 年前，世界上只有日本才有高速铁路，新干线没有一个真正的竞争对手，这是属于日本新干线的时代。

1.1.3 欧洲的反超（1981—1991 年）

1. 法国的 TGV 列车

1981 年 9 月 27 日，一列前后各一辆电力机车、中间 8 辆客车构成的列车，从巴黎向里昂方向飞驰而去，它就是 TGV—PSE。它的车头形状就像欧洲人的脸庞一样轮廓分明，最高运行速度达 260 km/h。

这就是法国人的 TGV！

东海道新干线把日本最大的两座城市（东京和大阪）连接在一起。与此相同，法国的高速新线东南线，也连接了法国最大的两座城市（巴黎和里昂）。这一天，虽然还只是东南线的部分区间开通，但仅是 260 km/h 的速度，就足够让人感受到法国人制造的 TGV “舍我其谁”的不凡气势！

在高速运行方面，朝气蓬勃的 TGV 一开始就远远地把新干线甩在了后面。不过，TGV 列车的高速运行表演还没有结束。两年后，当东南线全线开通时，TGV

—PSE 列车的最高速度更上一层楼，提高到了 270 km/h！而此时新干线的最高速度依旧在 220 km/h 徘徊不前。

TGV 的优势不仅仅是速度。TGV 和新干线是两条形神迥异的高速铁路，二者主要不同点如表 1-1 所示。虽然 TGV 比新干线晚出现 17 年，但从 TGV 上几乎看不到新干线的影子。

表 1-1 TGV 开通时和新干线的主要不同点

比较项目		新干线	TGV
车 辆	动力方式	动力分散	动力集中
	受电弓数量	多	少
	转向架	独立式	铰接式
	车体尺寸	大	小
线 路	最大坡道值	小 (15‰)	大 (35‰)
	隧道	多	无
	列车利用既有线进入城市中心	不可 (需建设新线)	可
运 输 组 织	既有线的直通	不可	可
	列车编组	固定	不固定 (可两个编组联挂运行)
	票价	固定	可变
	列车运行班次	固定	根据需要临时增发列车

TGV 和新干线有那么多的不同之处，实是事出有因。法国针对新干线的缺点提出了如表 1-2 所示的应对之策。当然，表 1-2 所示新干线的缺点，仅限于法国在 TGV 开通前对当时新干线技术的认识，因为后来欧洲和日本在技术上互相借鉴，TGV 和新干线的技术都有了新的发展。

表 1-2 法国人分析的新干线缺点及其相应的改善方法

新干线的缺点	缺点产生的原因	TGV 的改善方法	对后来日本新干线的影响
受电弓受流不良、接触线事故多发、电磁干扰多发	受电弓数量过多	在高速运行区间只使用 1 台受电弓	受电弓数量逐渐减少，最后形成日本独有的 2 台受电弓受流方式
运输力调整欠弹性	固定编组、固定列车运行图、固定票价制	2 个编组联挂运行、临时增发列车、变动票价制	东北、上越、山阳采用多种编组区分使用的方法，东北新干线引入临时列车增发运输繁忙期和闲散期票价不同
和既有线必须换乘	无法和既有线直通运行	和既有线直通	导入山形新干线方式，现在研发可实现不同轨距直通的技术来应对
维护管理费用过高，车内乘坐舒适度欠佳	动力分散方式	动力集中方式，采用铰接式转向架	日、欧见解不一致的地方很多

续表

新干线的缺点	缺点产生的原因	TGV 的改善方法	对后来日本新干线的影响
造价昂贵	小坡道、隧道多、桥梁多、无碴轨道、都市中心部建设新线	大坡道、不要隧道、筑堤、有碴轨道、利用都市中心部既有线直通	北陆新干线采用 30% 的大坡道，后来开通的 TGV 线路有些区间也有隧道，根据地质不同采用不同工法 同上 日本难以实现

针对新干线的缺点，TGV 的相应改善办法如下。

1) 降低高速铁路造价

东海道和山阳新干线这两条线路总工程费分别是 3800 亿日元和 9100 亿日元，考虑物价上涨因素再折合成人民币，东海道新干线和山阳新干线平均每千米的建设费用约为 4 亿人民币。法国人认为这个造价太高了！高速铁路的建设费用主要是在土木工程上，所以节省这部分费用对降低高速铁路造价至关重要。乘坐东海道新干线或山阳新干线，不管是否留意过沿途线路，都会给人留下这样的印象：没有太多的陡坡（最大坡道 15%），隧道多、桥梁多，列车在东京都市区内虽然放慢速度运行，但依然是在新干线的专用线路上运行。在法国人看来，坡道小、隧道多、桥梁多、城市中的新线建设等，这些都是造成新干线高价的原因。

法国人要尽量克服新干线建设中的这些不足。

东南线地处丘陵地带，它的陡坡多（最大坡度值为 35%），沿途没有一个隧道，可以建桥梁的地方一般都用路堤代替，城市中心没有高速新线，由于法国既有线和高速新线的轨距相同，TGV 列车直接利用既有线路进入城市中心……这些努力，都是为了尽量降低 TGV 的造价。

除了土木工程外，法国人还认为动力分散式的新干线的机器数量太多，初期投资和维护保养费用都较大，所以 TGV 采用法国人擅长的动力集中方式。不过，到底是动力集中好还是动力分散好，不能一概而论，应该从各国的技术积累、线路条件等诸多方面综合考虑决定。从结果看，法国和日本都选择了适合各自国情的动力方式。

2) 改善运输组织的灵活性

只要在中国乘坐过远距离火车的人，想必都有过买不到票或者买不到卧铺票的担心。万一不幸没买到车票，大家都希望列车能临时加挂车厢或者能增加一个班次的列车。

虽然法、日等国的铁路运输不像中国这么紧张，但在节假日或遇到团队旅游等情况时，仍会出现运力不足的问题。法国人发现东海道和山阳新干线在运输组织方面欠缺灵活性：列车编组是固定的；票价也是固定的；出现求大于供的时候不能临

时增发加班列车等。针对新干线的这些问题，法国人采取了一系列解决办法。TGV 列车的编组是不固定的，如果乘客过多，一个编组的列车不能满足运输要求，可以使两个编组的列车联挂运行。万一联挂运行还不能满足运输要求的话，根据情况可以临时增发时刻表上没有的列车。临时列车和计划列车的发车时间间隔一般不过 5 min。由于 TGV 多采用临时列车在计划列车之前发出，所以乘坐临时列车的乘客不会出现晚到目的地或者途中赶不上换乘列车的问题。此外，为了使客流量的分布更加均匀，和新干线的固定票价制不同，TGV 采用客流高峰时间段票价高于客流量少时的票价制。

3) 减少换乘麻烦

新干线与既有线无论轨距、车辆尺寸还是信号等都“格格不入”，所以新干线在整个铁路网中显得相当孤立，无法和既有线直通，这就给很多乘客带来既有线和新干线之间必须换车的麻烦。更糟糕的是，乘客还无法在同一个站台上换乘，必须先出了新干线的检票口，再去乘坐既有线列车。

换乘，对于拿着行李的长途旅客来说，费力、费时又费事！

法国人意识到新干线的这种弱点后，充分利用自己的高速新线和既有线轨距相同的特点，采取高速线和既有线直通的运行原则，这样就大大扩大了 TGV 列车的运行范围，从而使 TGV 列车利用既有线到达更多的边远城市，使前往这些城市的乘客省去了换车的麻烦。不过要说明的是，TGV 列车下高速线进入既有线后，得按照既有线许可的速度运行。

4) 改善受电弓受流状况

日本 0 系新干线列车和 TGV-PSE 列车在运行中使用的受电弓台数之比为 8 : 1，即 1 辆列车 8 台受电弓。这实在是太多了！这不单纯只是一个经济问题，它带来的是严重的受电安全和质量问题。高速运行中的受电弓会让接触线发生振动，因前面的受电弓引起的振动会直接影响后面的受电弓和接触网的接触，受电弓的台数越多，这种现象也就越明显。所以，0 系列列车设置 8 台受电弓，无论从受电特性、经济性还是景观的角度讲，都是不合理的。TGV 注意到 0 系列列车这个设计上的重大缺陷，运行中只使用后面的电力机车的一台受电弓受电。要说明的是，日本后来吸收了 TGV 列车受电弓少的这一长处，100 系列列车的受电弓减为 3 台，300 系以后变为只使用 2 台受电弓。

5) 提高乘坐舒适度

法国人认为，动力分散方式列车把机器分散在各车辆地板下，机器的振动和噪声影响乘坐舒适度，而动力集中方式恰好没有此缺点。所以，TGV 采用动力集中方式。当然，动力集中和动力分散的优劣，绝非一个技术指标就可以评定。动力集

中方式的确有乘坐舒适度优于动力分散的优点，但可以肯定地讲，这个优点不是 TGV 选择动力集中方式的根本理由。更合理的解释是，法国人选用了自己所擅长也有扎实的技术基础的动力集中方式，客观上这种方式具有乘坐舒适度好的优点。

在改善乘坐舒适度方面，TGV 的另一个重大技术举措是，不用新干线的独立式转向架，而选用铰接式转向架，如图 1-3 所示。铰接式转向架的主要优点在于：一是可以降低车辆地板高度达到降低车辆重心的目的，从而提高列车曲线通过能力，改善乘坐舒适度；二是转向架不在客室的正下方，可以降低车内噪声；三是和采用车辆式转向架相比，列车使用转向架的数量可以减少，达到列车轻量化的目的。当然，铰接式转向架也有使轴重增加、车辆之间不易分离等缺点。

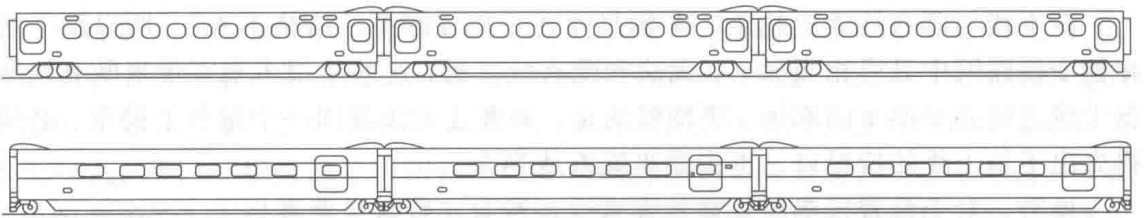


图 1-3 独立式转向架（上）和铰接式转向架（下）

总之，TGV 的成功使新干线相形见绌。作为高速铁路的先驱，新干线落后了！

1989 年 9 月 24 日，法国大西洋线的巴黎—勒芒区间 207 km 的线路开通，第二年线路延伸至图尔，线路长度达到 280 km。在大西洋线投入运行的是法国第二代高速列车 TGV-A，如图 1-4 所示，其最高运行速度达到 300 km/h！世界上法国人首先尝到了列车以最高速度 300 km/h 商业运行的滋味。1990 年 5 月 18 日，TGV-A 在大西洋线上的试验速度达到 515.3 km/h，创下了当时的世界纪录。



图 1-4 世界上首开 300 km/h 高速运行先河的 TGV-A 列车

2. 德国的 ICE 列车

1981年法国TGV开通的时候，德国还在进行高速铁路的建设和研究。

日本早就有了新干线，邻国法国的TGV又如耀眼的新星迅速升起，此时德国人内心的酸涩是可想而知的。TGV的成功开通，给此前在高速铁路建设上犹疑不决的德国政府泼了一盆冷水，清醒后的德国立即加快了高速铁路建设的步伐！

从TGV开通后的第二年起，德国的高速列车研制和高速新线建设的步伐明显加快。1982年高速试验列车的研制工作展开，1985年7月动力集中方式的ICE（Inter City Express）试验列车研制成功，这一年也正值德国铁路创建150周年。1988年4月28日，ICE首次突破了人类铁道史上400 km/h速度大关，2天后的5月1日，406.9 km/h的新世界纪录，让人们从此无法无视德国高速铁路技术的存在。不过，ICE享受世界第一速度的荣耀并不长久，半年后，实力强劲的法国TGV就以482.4 km/h的速度跃居速度榜榜首。

1991年6月2日，全长327 km的汉诺威—维尔茨堡线和107 km（其中新线99 km）的曼海姆—斯图加特线终于全线开通，最高速度280 km/h的ICE1型列车（见图1-5）闪亮登场，世人开始关注这个本该早到却迟来的竞争者——ICE。



图 1-5 德国 ICE1 列车

与日本人和法国人的高速铁路之路相比，德国人走得显然没有那么顺当。作为高速铁路的前辈，日本可以以高速铁路的鼻祖自居，法国的TGV已经成为世界新霸主。高速铁路领域已被日、法占先了，在高速运行方面，当时ICE不如TGV但优于新干线。ICE靠什么作为自己的“卖点”呢？通过对日、法高速列车的研究，德国人决定给乘客提供比新干线和TGV列车更加宽敞、舒适的乘车环境。

ICE1型列车和TGV列车一样属动力集中方式，列车前后各配置一辆动力车，

根据客流量需要中间可附挂 7~14 节拖车，按照空气动力学设计的车头外形美观，空气阻力小。ICE1 的最高速度达 280 km/h，这个速度比当时的新干线高出 60 km/h，但比 TGV-A 要低 20 km/h。

速度不是 ICE1 列车的卖点，但在乘坐环境方面，ICE1 列车是高速列车中当之无愧的佼佼者。中间拖车 14 辆的 ICE1 的乘客平均占有地板面积为 $1.32 \text{ m}^2/\text{人}$ ，这个数字是 200 系的 1.4 倍 ($0.933 \text{ m}^2/\text{人}$) 和 TGV-A 的 1.26 倍 ($1.041 \text{ m}^2/\text{人}$)。ICE1 列车不仅宽敞，而且车内装潢设计美观、明亮、大方。ICE1 列车分头等客车、二等客车和餐车。如果你和家人或者朋友结伴出行，既可以利用敞开式客室，要是想不受他人影响的话，也可以利用头等客车或二等客车的 5 人或 6 人包间式客室；如果是出差，你还可以和同事在带有会议桌的包间里开会。在这里，工作所需的复印机、传真机、电话等设备一应俱全；此外，ICE1 上还设有堪称一流的餐车。总之，ICE1 列车就像一座移动的高级宾馆。

ICE 重视乘坐环境的设计思想，对偏重于大量运输的新干线列车设计也有积极的影响。后来的 700 系列车在保证列车高速的同时，也开始注重为乘客提供更加宽敞、舒适的乘车环境。

然而，有得必有失，ICE1 在提供高规格的乘车环境的同时，也付出了列车重量增大的代价。日、法、德三国的高速列车中，ICE1 的轴重最大，达到 19 t，这个数字比 100 系新干线列车重 3 t，比 TGV 重 2 t。后来，这个 19 t 的轴重为德国带来了意想不到的烦恼。

从 1981 年到 1991 年，法国 TGV 开通了，德国 ICE 也开通了，意大利的高速客运专线建设也接近尾声，欧洲高速铁路界显得热闹而富有朝气。相比之下，远在亚洲的日本新干线则充满了沉闷之气。

1982 年，日本东北和上越两条新干线开通。由于这两条线路地处严寒多雪地区，日本国铁为这两条线路量身定制的 200 系动车组开始登场。200 系动车组比 TGV-PSE 动车组晚一年问世，且不说 210 km/h 的最高速度无法和 TGV-PSE 的 260 km/h 相提并论，而且因为增设了防雪装置，动力分散方式的 200 系的轴重居然也变得和动力集中方式的 TGV-PSE 相等，都是 17 t。日本一直强调的动力分散式列车轴重轻的优点，在 200 系身上也荡然无存！

有意无意之间，200 系的出现，越加凸显了 TGV 的绝对优势。

1985 年 10 月 1 日，东海道新干线上的 0 系动车组终于迎来了一位新伙伴——100 系动车组，此前，0 系动车组孤身在东海道新干线上跑了整整 21 年！遗憾的是，100 系的最高速度只有 230 km/h，在技术上除了导入双层车还算引人注目外，其他并没有令人耳目一新的突破。

眼看欧洲超越了自己，这一时期，看不出日本有向欧洲发起强烈挑战的欲望。日本选择了沉默……

1.1.4 日欧双雄并行（1992 年至今）

从 1992 年开始，世界高速铁路发展进入了一个全新的时期：新干线重新崛起，法国 TGV 走向世界，德国成功开发了动力分散式高速列车 ICE3，意大利、瑞典高速摆式列车的运行，亚洲的韩国和中国台湾的高速铁路……进入这个时期，世界上的高速铁路新闻让人目不暇接。日欧之间在继续竞争的同时，也彼此借鉴对方的长处，从而使世界高速铁路技术发展到一个前所未有的高度。这个时期，日欧各自都没有明显的绝对优势，出现了日欧双雄并行的局面。

1987 年，日本国铁解散，实现民营化。负责经营新干线的 JR 东海、JR 西日本、JR 东日本加大了高速铁路研发的力度，开始努力挽回新干线在日欧竞争中的颓势。

新干线卷土重来了！

1992 年 3 月 14 日，300 系“希望”号新干线动车组（见图 1-6）向 TGV、ICE 发起挑战。

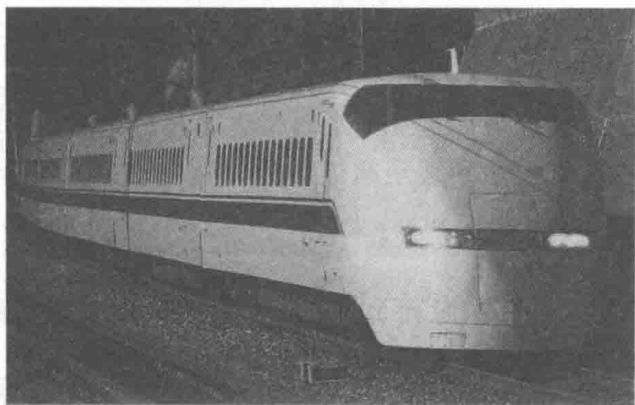


图 1-6 开一代新风的 300 系动车组

如果只看最高运行速度，300 系列车依然不能和法国的 TGV 和 ICE 抗衡。因为法国早在 3 年前，在大西洋线上投入运行的 TGV-A 列车的最高速度就已经达到了 300 km/h，而前一年刚投入运行的 ICE1 列车的最高速度是 280 km/h。300 系之所以会对 TGV、ICE 形成一种挑战，是因为动力分散式列车的优点在它身上真正显示出来了。

首先 300 系动车组的轻量化技术取得了骄人的成绩。TGV-PSE 和 TGV-A 动车组的轴重为 17 t，而 300 系动车组的轴重只有 11.3 t！ICE1 的轴重达到 19 t，更是无法和 300 系相提并论。如果只介绍轴重你还很难想象两者在列车轻量化方面的差距的话，那就来比较一下两者可供乘客利用的单位面积地板的重量吧。比较的结果是 TGV-PSE 和 TGV-A 分别为 1.041 t/m^2 和 0.937 t/m^2 ，而 300 系为 0.584 t/m^2 ——只相当于 TGV-PSE 和 TGV-A 的 56% 和 62%！

其次，动力分散方式常为动力集中论者所诟病的一个明显弱点是机器数量太