



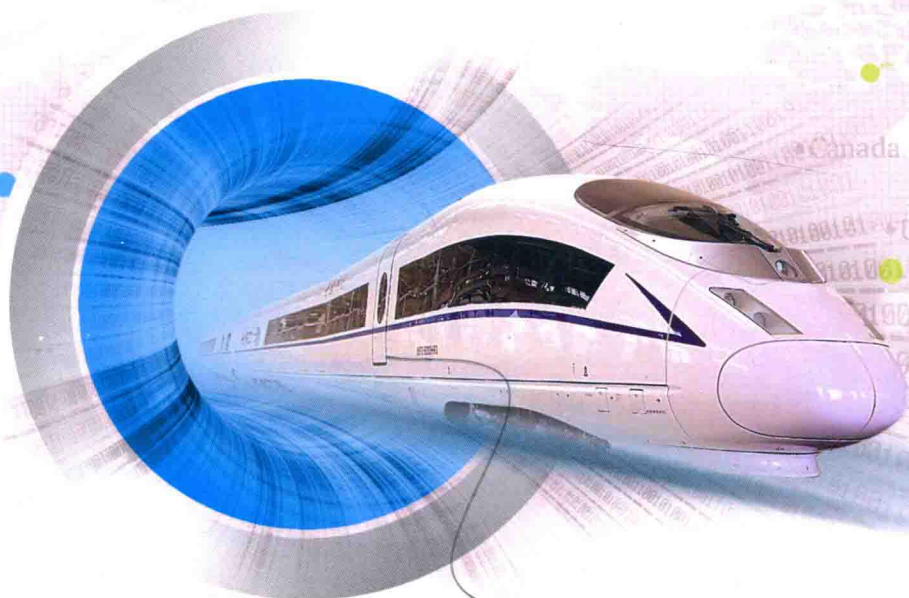
车辆工程专业卓越工程师计划系列教材

动车组总体设计 实践教程

DONGCHEZU ZONGTI SHEJI SHIJIAN JIAOCHENG

◎ 主编 陶桂东

◎ 主审 刘志明 丁叁叁



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>

车辆工程专业卓越工程师计划系列教材

动车组总体设计实践教程

主编 陶桂东

主审 刘志明 丁叁叁

首次扫描二维码安装加阅 App，安装成功并注册后，点击“扫一扫加入我的书架”，即可获取本书更丰富资源。



北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

《动车组总体设计实践教程》作为车辆工程专业卓越工程师计划系列教材之一,主要介绍了动车组总体参数设计、外部接口设计、总体配置设计及 RAMS 设计等内容。

全书分为 5 章。第 1 章介绍世界高速动车组发展简述、我国高速动车组发展简述、动车组总体设计流程、动车组总体设计内容;第 2 章介绍动车组总体参数范围、动车组总体参数选择、动车组总体参数匹配优化设计、动车组总体参数分解及典型动车组的总体参数;第 3 章介绍概念阐述、高速铁路子系统划分、动车组与线路接口设计、动车组与其他接口设计等内容;第 4 章介绍总体配置设计概述、系统配置设计、列车布置设计及结构配置设计;第 5 章介绍动车组 RAMS 设计基本概念、动车组 RAMS 设计及原则、动车组 RAMS 设计流程、动车组 RAMS 设计示例。

本教材是车辆工程专业卓越工程师计划系列教材之一,也可供铁路高职和中职学校师生,以及从事机车车辆、动车组、城市轨道交通车辆相关专业的工程技术人员学习参考。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

动车组总体设计实践教程 / 陶桂东主编. —北京:北京交通大学出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5121-3073-9

I. ① 动… II. ① 陶… III. ① 高速动车-总体设计-高等学校-教材 IV. ① U266

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 298984 号

动车组总体设计实践教程

DONGCHEZU ZONGTI SHEJI SHIJIAN JIAOCHENG

责任编辑:陈跃琴 助理编辑:陈可亮

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

<http://www.bjtup.com.cn>

地 址:北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编:100044

印 刷 者:北京艺堂印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185 mm×260 mm 印张:19.25 字数:478 千字

版 次:2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-3073-9/U·257

印 数:1~2 000 册 定价:48.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

铁路运输客运的高速化已经成为现代交通运输领域的趋势。高速铁路是庞大复杂的系统工程，被称作“大国技术”，集成了多学科、多领域的高新技术，集中展示综合国力、经济社会发展水平和自主创新能力。高速列车是高速铁路的关键子系统，与高速铁路其他五个子系统（工务工程、通信信号、牵引供电、运营调度、旅客服务）之间存在轮轨关系、弓网关系、流固关系、电磁兼容等典型耦合关系。其中，高速列车是高速铁路的核心技术之一，自身也是多学科、多系统、多部件的集成。高速列车融合了系统集成技术、高速转向架技术、高强轻型车体结构技术、交流传动技术、复合制动技术、减阻降噪与密封技术、网络控制、空调通风等一系列当代最新技术成果。其中，高速列车总体设计是各系统的设计输入及贯穿主线，目的是确保高速铁路各子系统之间、高速列车自身各系统之间的相互兼容、整体优化。

在学生培养和知识传播过程中，教材建设是必不可少的重要环节，尤其是在现代技术与知识不断更新的情况下，编写动车组总体设计的教材尤为迫切。青岛四方机车车辆股份有限公司联合北京交通大学车辆工程专业，以高速动车组设计制造流程及方法为基础，并结合北京交通大学教学经验，编写了本教材。

本书作为车辆工程专业卓越工程师计划系列教材之一，主要介绍了动车组总体参数设计、外部接口设计、总体配置设计及 RAMS 设计等内容。全书分为 5 章。第 1 章介绍世界高速动车组发展简述、我国高速动车组发展简述、动车组总体设计流程、动车组总体设计内容；第 2 章介绍动车组总体参数范围、动车组总体参数选择、动车组总体参数匹配优化设计、动车组总体参数分解及典型动车组的总体参数；第 3 章介绍概念阐述、高速铁路子系统划分、动车组与线路接口设计、动车组与其他接口设计等内容；第 4 章介绍总体配置设计概述、系统配置设计、列车布置设计及结构配置设计；第 5 章介绍动车组 RAMS 设计基本概念、动车组 RAMS 设计及原则、动车组 RAMS 设计流程、动车组 RAMS 设计示例。

本书由陶桂东主编，参加编写的有李树典、王浩、李兵、程建峰、徐春华。李树典编写了第 1 章，王浩编写了第 2 章，李兵编写了第 3 章，程建峰编写了第 4 章，徐春华编写了第 5 章。全书由刘志明、丁叁叁主审。

由于水平有限，时间仓促，疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 动车组总体设计概述	1
1.1 世界高速动车组发展简述	1
1.1.1 高速铁路的定义	1
1.1.2 国外高速铁路与高速列车	1
1.2 我国高速动车组发展简述	10
1.2.1 动车组需求	10
1.2.2 动车组产品现状	11
1.2.3 动车组发展趋势	22
1.3 动车组总体设计流程	23
1.4 动车组总体设计内容	23
1.4.1 前期策划（决策）阶段	23
1.4.2 设计策划阶段	25
1.4.3 方案设计阶段	31
1.4.4 技术设计阶段	36
1.4.5 施工设计阶段	38
1.4.6 产品试制、验证及确认阶段	42
第2章 动车组总体参数设计	44
2.1 动车组总体技术参数范围	44
2.1.1 依据	44
2.1.2 运用环境条件	44
2.1.3 运输组织	47
2.1.4 运用	47
2.1.5 供电条件	48
2.1.6 通信信号	49
2.1.7 运用服务设施	49
2.1.8 环境特点和运营需求	49
2.2 动车组总体技术参数选择	49
2.2.1 运能	50
2.2.2 旅行时间	50
2.2.3 舒适性	50
2.2.4 节能环保	51
2.2.5 安全性	52

2.2.6	系统可靠性及可维护性	54
2.3	动车组总体参数匹配优化设计	54
2.3.1	速度	54
2.3.2	运能	61
2.3.3	牵引能力	61
2.3.4	制动性能	62
2.3.5	安全性	62
2.3.6	综合舒适性及环境	63
2.3.7	综合经济性	64
2.3.8	对外环境	65
2.3.9	系统可靠性及可维护性	65
2.3.10	环境适应性	66
2.3.11	满足线路条件	66
2.4	动车组总体参数分解	67
2.4.1	限界	67
2.4.2	速度	67
2.4.3	轴重	67
2.4.4	编组	67
2.4.5	车型	67
2.4.6	曲线通过能力	68
2.4.7	空气动力学	68
2.4.8	密封性能	68
2.4.9	弓网受流性能	69
2.4.10	防火性能	69
2.4.11	安全性	70
2.4.12	舒适度	70
2.4.13	强度	70
2.4.14	耐振动和耐冲击性能	71
2.4.15	环境保护	71
2.4.16	车体	71
2.4.17	转向架	72
2.4.18	牵引高压系统	73
2.4.19	制动系统	76
2.4.20	风源系统	77
2.4.21	辅助供电系统	77
2.4.22	列车的控制、监测与诊断	78
2.4.23	空调系统	79
2.4.24	供排水系统与卫生系统	80

2.4.25	车内装饰及设备	81
2.4.26	车间连接	83
2.4.27	旅客信息系统	83
2.4.28	电磁兼容	84
2.5	典型动车组的总体参数	84
2.5.1	国外典型动车组的总体参数	84
2.5.2	国内典型动车组的总体参数	88
第3章	动车组外部接口设计	96
3.1	概念阐述	96
3.1.1	系统的基本概念	96
3.1.2	接口的相关概念	96
3.1.3	系统的描述与研究方法	97
3.1.4	接口管理方法	99
3.2	高速铁路子系统划分	99
3.3	动车组与线路接口设计	101
3.3.1	轨道不平顺对列车的扰动作用	101
3.3.2	动车组与轨道的匹配设计	104
3.3.3	动车组轮轨匹配优化原则	112
3.4	动车组与牵引供电系统接口设计	114
3.4.1	牵引供电系统	114
3.4.2	动车组牵引系统	118
3.4.3	主要接口关系辨识	120
3.5	动车组与列控系统接口设计	127
3.5.1	接口辨识	128
3.5.2	测速定位单元介绍	135
3.5.3	接口分析	138
3.5.4	电气接口设计	139
3.6	动车组与其他接口设计	140
3.6.1	列车—工务工程接口	140
3.6.2	列车—运营调度接口	141
3.6.3	列车—客服接口	142
3.6.4	列车—安全防灾接口	142
3.6.5	列车—自然环境接口	143
3.6.6	列车—法律法规接口	143
3.6.7	列车—乘客接口	144
3.6.8	列车—检修维护接口	144

第4章 动车组总体配置设计	146
4.1 总体配置设计概述	146
4.2 系统配置设计	146
4.2.1 顶层目标	146
4.2.2 车体	149
4.2.3 转向架	155
4.2.4 牵引系统	158
4.2.5 制动系统	163
4.2.6 网络控制系统	171
4.2.7 空调通风系统	181
4.2.8 给水卫生系统	187
4.2.9 旅客界面	191
4.3 列车布置设计	195
4.3.1 列车平面布置设计	195
4.3.2 列车车顶设备布置设计	197
4.3.3 列车车下设备布置设计	198
4.4 结构配置设计	201
4.4.1 车体结构配置	202
4.4.2 转向架结构配置	209
4.4.3 牵引系统结构配置	213
4.4.4 制动系统结构配置	219
4.4.5 网络控制系统结构配置	222
4.4.6 空调通风系统结构配置	230
4.4.7 给水卫生系统结构配置	232
4.4.8 旅客界面结构配置	235
第5章 动车组 RAMS 设计	242
5.1 动车组 RAMS 设计基本概念	242
5.1.1 术语和定义	242
5.1.2 质量与 RAMS 的关系	245
5.1.3 RAMS 组成之间的相互关系	246
5.2 动车组 RAMS 设计及原则	249
5.2.1 动车组设计思想和方法	249
5.2.2 动车组可靠性设计	250
5.2.3 动车组可维修性设计	268
5.2.4 动车组可用性设计	274
5.2.5 动车组安全性设计	276
5.3 动车组 RAMS 设计流程	282

5.3.1 设计流程 282

5.3.2 各阶段 RAMS 工作及注意事项 283

5.4 动车组 RAMS 设计示例 289

5.4.1 动车组 FMECA 分析示例 290

5.4.2 动车组隐患分析（HL）示例 292

5.4.3 动车组确定性安全评估（DSA）示例 296

参考文献 298



第 1 章

动车组总体设计概述

1.1 世界高速动车组发展简述

1.1.1 高速铁路的定义

界定高速铁路有以下几种标准：

1970 年日本政府第 71 号法令中的定义为：列车在主要区间能以 200 km/h 以上速度运行的干线铁路。

1985 年欧洲委员会将高速铁路的最高速度规定为：客运专线 300 km/h，客货混运线 250 km/h。

UIC 提出的高速铁路的定义是：最高速度至少应达到 250 km/h 的专线，或最高速度达到 200 km/h 的既有线。

1964 年日本东海道新干线开通，这是一条客运专线，线路设计允许最高速度为 240 km/h，列车实际运行最高速度为 210 km/h。按照日本的定义，这是一条高速铁路，也是日本乃至世界第一条高速铁路。东海道新干线通车以后，在夜间停运做线路养护的情况下，东京与新大阪之间日均客流量达 30 万人次，年运量稳定在 1.2 亿人次左右。加上后来几年陆续建成的山阳、东北、上越新干线，四条新干线共长 1 900 多 km，约占日本国铁（JR）铁路总里程的 9%，完成了 30% 的铁路总旅客周转量，在经济和社会方面取得明显效益。从此以后，这种新型的铁路形式在世界各地，尤其是在欧洲和日本飞速发展。

20 世纪 60 年代后期，欧洲的法国、德国、意大利等国家借鉴日本经验，分别开始研究高速铁路问题，并于 70 年代初开始建设高速铁路，80 年代初陆续建成各自早期的高速铁路。

1.1.2 国外高速铁路与高速列车

下面按国别介绍高速铁路和高速列车的现状及其发展情况。



1. 日本

1) 高速铁路发展阶段

从日本（也是全世界）第一条高速铁路——东海道新干线于 1964 年建成算起，日本的高速铁路已经走过了 50 多年的历史。

日本高速铁路的建设可以划分为三个阶段：

第一阶段（1964—1975 年），在人口稠密的地区修建高速铁路，如东海道新干线和山阳新干线等。

第二阶段（1983—1985 年），以开发沿线地区经济为目的，在人口较少的地区修建东北和上越新干线。高速铁路的功能从简单的缓解运输紧张发展到拉动国民经济的阶段，并初步形成新干线网。

第三阶段（1990 年到现在），高速铁路建设以满足舒适、快捷、安全、节能、环保和低噪声要求为目的，在均衡开发国土和可持续发展方面发挥积极作用。在这个阶段，不仅要提高既有线和新干线的速度，还要通过建设隧道和大桥，用铁路网把四岛连接起来，形成由既有线和新干线组成的高速铁路网。

2) 路网规模

日本全国铁路线路总长约 27 400 km，由 JR 经营的新干线和国内既有线铁路、私营铁道公司经营的私营铁路及主要由地方交通局经营的城市轨道交通（地铁及轻轨）三部分构成。其中 JR 经营的除新干线外的铁道线路和私营公司经营的私营铁路为了与新干线区分开，统称为既有线。JR 经营的新干线主要为远途旅客提供服务，服务水平高，价格相对偏高。JR 经营的既有线主要分为两类：一类为既有干线铁路，担当都市间输送、新干线输送的补充等角色；另一类为既有区域铁路，担当地域内输送、都市圈郊区旅客输送的角色。私铁及城市轨道交通主要是为通勤、通学旅客提供服务。

新干线是日本城市间客运交通的大动脉（《日本铁路建设法》对新线干线铁路的定义是：在主要区间以时速 200 km 以上速度运行高速列车的干线铁路）。到目前为止，日本共有 8 条新干线，全长 2 300 多 km，贯穿日本本州南北及九州部分地区。新干线分布图如图 1-1 所示。

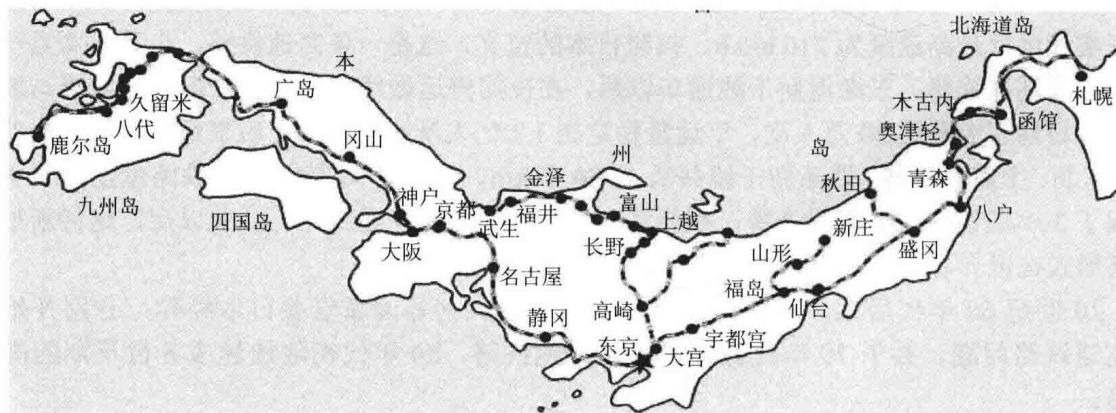


图 1-1 新干线分布图

3) 运营中的高速列车

新干线是日本高速铁路运输服务的核心系统。自 1964 年以来，新干线用车辆已经经历了



多种车型的变更。新干线的主要服务对象是高端商务旅客，对旅行时间及旅行舒适性有较高的要求。因此，新干线的速度均在 200 km/h 以上，车内服务设施齐全。新干线主要车型信息如表 1-1 所示。

表 1-1 新干线主要车型信息

型号		0 系	100 系	200 系	300 系	400 系	500 系	700 系	E1 系	E2 系	E3 系	E4 系	E5 系
供电制式		25 kV 60 Hz	25 kV 60 Hz	25 kV 50 Hz	25 kV 60 Hz	25 kV 50 Hz	25 kV 60 Hz	25 kV 60 Hz	25 kV 50 Hz	25 kV 50/60 Hz	25 kV 50 Hz	25 kV 50 Hz	25 kV 50 Hz
列车编组		16M	12M4T	12M	10M6T	6M1T	16M	12M4T	6M6T	6M2T	4M2T	4M4T	8M2T
定员 / 人	一等 座车	132	168	52	200	20	200	200	102	51	23	54	73
	二等 座车	1 153	1 153	833	1 123	379	1 124	1 123	1 133	579	315	763	658
空车编组 质量/t		896	857	702	635	318	630	630	693	350	259	428	453.5
最高速度/ (km/h)		220	230	275	270	240	300	285	240	275	275	240	320
加速能力/ (m/s ²)		0.27/0.3 3	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.55	0.55	0.44	0.44	0.46	0.475
减速能力/ (m/s ²)		常用 0.79 紧急 1.3	常用 0.75	—	—	常用 0.75	常用 0.75	常用 0.75	常用 0.75	—	—	常用 0.747 紧急 1.12	—
编组长度 /m		400.3	402.1	300.3	402.1	148.65	404	404.7	302.1	201.4	128.15	201.4	253
转向架 型式		有摇 枕旁 撑支 重	有摇 枕旁 撑支 重	有摇 枕旁 撑支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重	无摇 枕车 体支 重
牵引控 制方式		变压器 切换	晶闸管 相控	晶闸管 相控	VVVF 逆变器	晶闸管 相控	VVVF 逆变器	VVVF 逆变器	VVVF 逆变器	VVVF 逆变器	VVVF 逆变器	VVVF 逆变器	VVVF 逆变器
牵引 电动机		直流 串励	直流 串励	直流 串励	三相 鼠笼	直流 串励	三相 鼠笼	三相 鼠笼	三相 鼠笼	三相 鼠笼	三相 鼠笼	三相 鼠笼	三相 鼠笼
制动 方式	动车	电阻+ 盘形	电阻+ 盘形	电阻+ 盘形	再生+ 盘形	电阻+ 盘形	再生+ 盘形	再生+ 盘形	再生+ 盘形	再生+ 盘形	再生+ 盘形	再生+ 盘形	再生+ 盘形
	拖车		盘形+ 涡流 盘	盘形	盘形+ 涡流 盘	盘形+ 涡流 盘		盘形+ 涡流 盘	盘形	盘形	盘形	盘形	盘形

0 系和 100 系等高速列车是日本的第一代高速列车，采用直流传动，其他指标也比较落后，正在逐渐淘汰。300 系可以算是第二代高速列车，而 500 系、700 系、E5 等是第三代最新的高速列车。E5 系列车是目前日本铁路上运行速度最高的高速列车，设计速度 360 km/h，



运营速度可以达到 320 km/h。新干线主要车型头型及内饰如图 1-2～图 1-4 所示。



图 1-2 500 系高速列车头型及内饰

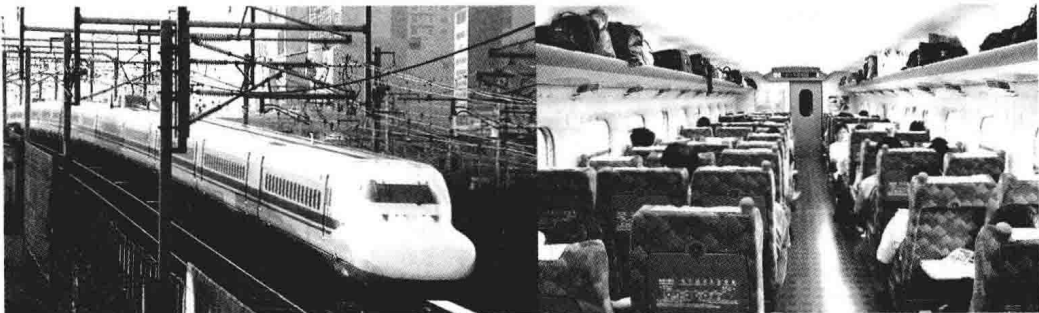


图 1-3 700 系高速列车头型及内饰



图 1-4 E5 系高速列车头型及内饰

2. 欧洲

欧洲铁路高度发达，整个欧洲已经融为一体。欧洲大陆的轨道交通系统紧密衔接，旅客输送效率高。欧洲众多国家中，轨道交通规划发展较好的为德国和法国，其轨道交通现状具有典型性。

1) 德国

德国的线路种类主要包括干线铁路（含城间高速铁路、城间快速铁路）、区域铁路、市郊快速铁路、地铁和轻轨，其简要情况介绍如表 1-2 所示。

表 1-2 德国轨道交通类型简介

类型	英文简称	线路	最高运行速度	作用
城间高速铁路	Intercity-Express (ICE)	一般为 200 km 以上，站间距较大，一般为 50 km 以上	200~350 km/h	主要连接大城市，承担着德国大城市之间远途旅客的输送
城间快速铁路	Intercity (IC)		200 km/h	作为对城间高速铁路的补充
区域铁路	Regional-Bahn (RB)、Regional-Express (RE)	站间距一般为 5~25 km	160 km/h	主要连接大城市和卫星城市，具有高峰客流明显的特征



续表

类型	英文简称	线路	最高运行速度	作用
市郊快速铁路	S-Bahn	站间距一般为 5 km 以下	一般不超过 140 km/h, 在市区地下运行时限速 90 km/h	运行线路穿过城市, 连接城市外围的两端, 主要用于大城市郊区通勤
地铁和轻轨	U-Bahn	站间距一般为 1 km 以下	80 km/h	城市内部通勤

德国的干线铁路、区域铁路、市郊快速铁路、地铁和轻轨统筹规划，换乘极为方便，步行一般仅需几分钟。各种交通工具进出站均不检票，采用车内抽查的检票方式。进出站不设检票口也是换乘效率极高的主要原因。

德国多数车站设置两股车道，个别车站设置四股车道。设置四股车道主要考虑列车越站运行，即站站停和大站停运营方式。

德国各类轨道交通线路中，部分线路承担了类似城际轨道交通线路的角色，具备城际轨道交通的特点，如区域铁路、市郊快速铁路。下文中德国区域铁路、市郊快速铁路及地铁以规划发展较好的柏林为例进行分析。

(1) 路网规划。

德国干线铁路由新建的高速线、改造的既有线和既有线组成。德国的干线铁路建设在保证旅客输送能力的同时，还特别强调扩大货物的运输能力。所以在这些线路上既要运行城间高速铁路（ICE）列车，也要运行货物列车，还要开行区域和短途旅客列车，线路运输任务相当繁重。

德国城间高速铁路呈网状分布，由 5 条新线约 1 088 km 及既有铁路提速 200 km/h 速度级线路组成，形成总长约 4 800 km 的服务范围。由 ICE 系列高速动车组担当客运任务，运行速度为 200~350 km/h。德国高速铁路网如图 1-5 所示。

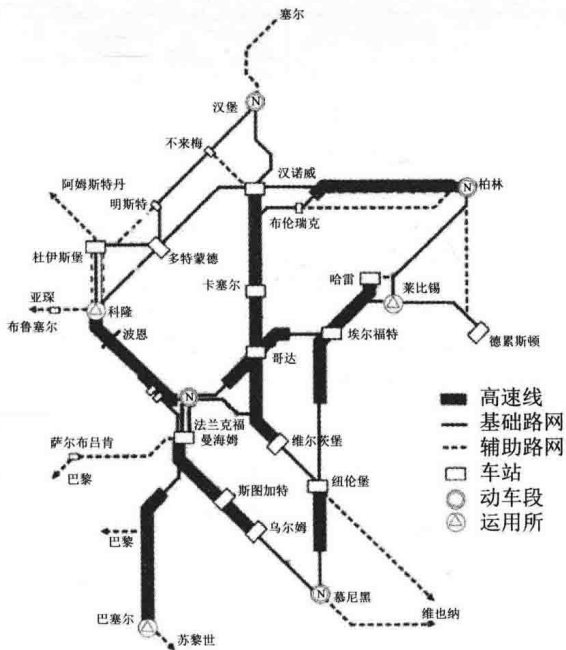


图 1-5 德国高速铁路网



(2) 高速列车。

高速铁路 ICE 系列列车中，ICE1、ICE2 为动力集中型高速动车组，其他为动力分散型。ICE1 有 2M14T、2M12T、2M10T 三种不同的编组形式，其中 2M14T 编组列车的最高运营速度为 250 km/h；2M12T、2M10T 编组列车的最高运营速度为 280 km/h。2M14T、2M12T 编组列车的定员分别为 759 人和 669 人。ICE3 分为交流单电压制式、交直流电压制式，其中交流分为 AC 25 kV 与 AC 15 kV，直流分为 DC 3 000 V 与 DC 1 500 V。车辆最大牵引功率和最高运行速度，在交流电制下为 8 000 kW 和 330 km/h；在直流电制下为 4 300/3 600 kW 和 220 km/h。既有干线列车最高运行速度一般为 200 km/h。ICE 系列动车组主要技术参数如表 1-3 所示，外观及内饰如图 1-6 所示。

表 1-3 ICE 系列动车组主要技术参数

主要技术参数		车 型		
		ICE1	ICE2	ICE3
运营速度/(km/h)		250/280	280	330/220
轨距/mm		1 435	1 435	1 435
编组形式		2M14T 2M12T 2M10T	1M7T	4M4T
车体材料		不锈钢、铝合金车体	不锈钢、铝合金车体	铝合金车体
列车全长/m		358 (2M12T)	205.4	200
车辆长度/mm	头车	20 560	20 560	25 675
	中间车	26 400	26 400	24 775
车体长度/mm	头车	20 160	20 160	24 975
	中间车	25 600	25 600	23 975
车辆宽度/mm	动车	3 070	3 070	2 950
	拖车	3 020	3 020	
车辆高度/mm		3 840	3 840/3 856 (控制车)	3 950
车辆定距/mm	头车	11 460	11 460	17 375
	中间车	19 000	19 000/18 100 (控制车)	17 375
定员/人		759/669	391	415/404/458
列车质量/t		782 (2M12T)	422	410/436/410
车辆自重/t	动车	77.5	78	46.6~53.8/49.2~58.1
	拖车	51.8~58.2	46.5~53.5/55.4 (控制车)	
车体自重/t	动车	11.4	11.4	10.2~11.2
	拖车	10.2~11.2	10.2~11.2	
转向架形式	动车	ET401	ET402	SF500-TDG
	拖车	MD530	SGP400	SF500-LDG
轴重/t	动车	19.5	19.5	≤17
	拖车	≤17	≤17	



续表

主要技术参数		车 型		
		ICE1	ICE2	ICE3
转向架 固定轴距/mm	头车	3 000	3 000	2 500
	中间车	2 500	2 500	2 500
编组牵引功率/kW		9 600	4 800	8 000/3 600/4 300
牵引电机数量/台		8	4	16
牵引电机形式		感应电机	感应电机	感应电机
额定输出功率/kW		1 200	1 200	500
主电路控制方式		GTO、VVVF-IV	GTO、VVVF-IV	GTO、VVVF-IV
起动牵引力/kN		400	400	300
制动系统	动车	再生/电阻+轴盘	再生/电阻+轴盘	再生/电阻+轴盘
	拖车	轴盘+磁轨	轴盘+磁轨	轴盘+线性涡流制动
供电制式		AC 15 kV	AC 15 kV	AC 15 kV AC 25 kV DC 1 500 V/3 000 V



(a) 外观



(b) 一等车内饰



(c) 列车观光区内饰



(d) 二等车内饰

图 1-6 ICE 系列动车组外观及内饰

通过表 1-3 可知，德国高速铁路列车编组形式种类较多且以长编组居多，供电制式种类



也较多（AC 15 kV/AC 25 kV/DC 1 500 V/DC 3 000 V）。为满足轻量化要求，车体多采用铝合金材料，动力集中型动车组轴重 $\leq 19.5\text{ t}$ ，动力分散型动车组轴重 $\leq 17\text{ t}$ ，运营速度在 200~350 km/h 之间。

2) 法国

(1) 路网规划。

法国国家铁路公司（SNCF）于 1982 年收购了全部私人股份之后成为法国干线铁路唯一的铁路经营公司。截至 1999 年，法国国家铁路公司经营 3.18 万 km 的铁路线，其中 1.6 万 km 为电气化铁路。在电气化铁路线路中，高速铁路新线为 1 280 km。随着法国高速铁路线路的不断发展，2010 年统计高速铁路线全程达到 2 117 km。法国干线铁路线呈树状网络结构，贯通各大中等城市，如图 1-7 所示。高速铁路线主要由北方线、大西洋线、东南线、地中海线、多条延伸线及环线组成。法国高速干线铁路采用 TGV、AGV 列车，速度为 250~350 km/h。

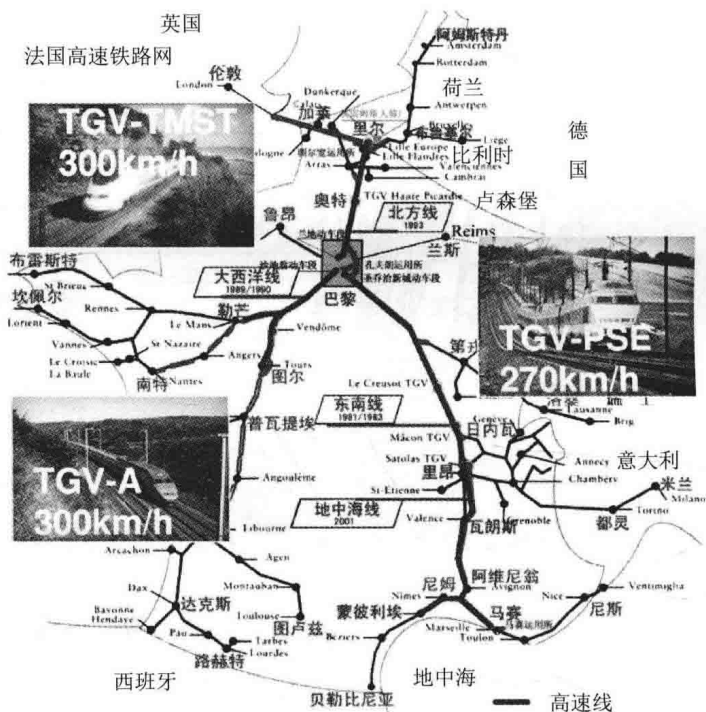


图 1-7 法国高速铁路网

(2) 高速列车。

法国高速铁路 TGV 系列列车均为动力集中型铰接式车辆，其中第三代 TGV-2N 为双层列车。TGV 系列列车主要技术参数如表 1-4 所示。

表 1-4 TGV 系列列车主要技术参数

主要技术参数	车 型			
	TGV-PSE	TGV-A	TGV-TMST	TGV-2N
供电制式	25 kV/1.5 kV	1.5 kV	25 kV/2 kV/750 V	25 kV/1.5 kV