

世界各國的旅遊快聞

世界各國的旅遊快聞

世界各國的旅遊快聞

世界各国的高速铁路

编译者 孙 翔

审校者 郝 瀛

西南交通大学出版社

新登字(川)018号

内 容 提 要

本书系统地介绍了世界各国的高速铁路,包括日本的新干线、英国的城间快速列车、法国的TGV列车、德国的ICE列车、意大利的Pendolino主动控制摆式列车、西班牙的Talgo被动式摆式列车、瑞典的采用径向转向架及主动控制摆式车体的X2列车,以及奥地利、瑞士、丹麦和欧洲的高速铁路计划。书中还简介了其它一些国家和地区的高速铁路及其计划。本书详细阐述了各国高速铁路的发展背景、发展过程、发展特点、采用的技术及进一步的发展计划。书中有大量的图表,并对各国的技术发展进行了比较,对我国高速铁路的发展将具有重要的参考价值,可供铁路部门领导干部、科研单位研究人员及大专院校师生使用。

世界各国的高速铁路

孙 翔 编译

*

西南交通大学出版社出版发行

(四川 成都九里堤)

郫县印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16

印张: 8.625

字数: 200千字

印数: 1001—3000册

1992年2月第1版

1992年9月第2次印刷

ISBN 7-81022-476-X/U·023

定价: 6.50元

目 录

第一章 日本新干线,高速铁路的先驱	1
§ 1.1 新干线的发展	1
§ 1.2 新干线的线路	3
§ 1.3 新干线的列车	7
§ 1.4 新干线的运行情况	10
§ 1.5 防止因气候恶劣而影响运行	12
§ 1.6 路网改建及新的发展	13
第二章 英国——城间快速列车的发源地	16
§ 2.1 城间快车“Inter City HST”系统的出现	16
§ 2.2 APT 列车及其过早的夭折	19
§ 2.3 “Inter City 225”——节省投资的折衷方案	22
§ 2.4 连接海峡隧道的线路	25
第三章 法国的 TGV 列车——最高速度的保持者	28
§ 3.1 运行速度的最高纪录	28
§ 3.2 新型列车的发展	28
§ 3.3 巴黎—里昂间的高速铁路(TGV—PSE)	30
§ 3.4 TGV 大西洋列车(TGV—A)	35
§ 3.5 TGV 北线(TGV—N)	39
§ 3.6 TGV 的连接线(TGV—R)	40
§ 3.7 TGV 列车开行范围的进一步延长(TGV—POS 及其它)	42
第四章 德国——高技术荟萃的 ICE 系统	43
§ 4.1 铁路与其它运输方式的竞争	43
§ 4.2 德国高速铁路的发展计划	47
§ 4.3 轮轨系统研究	48
§ 4.4 试验型列车 IC Experimental (ICE—V)	55
§ 4.5 高速铁路的线路	62
§ 4.6 高速机车车辆	74
§ 4.7 高速列车的维修	83
§ 4.8 下一代的高速列车	84
第五章 意大利的 Pendolino——主动控制摆式车辆的成功运用	87
§ 5.1 意大利的新建线路	87
§ 5.2 采用摆式车体的高速列车	90
§ 5.3 意大利的新型高速列车 ETR 500	93

第六章 西班牙——由 Talgo 进入高速列车时代	95
§ 6.1 Talgo 列车及其发展	95
§ 6.2 西班牙发展的准轨高速铁路	98
第七章 奥地利——“新的铁路”	101
第八章 瑞士——“2000 年铁路”	105
第九章 丹麦——IC3 型可分列车	108
第十章 瑞典——可在曲线上高速运行的 X2 列车	111
第十一章 欧洲的高速铁路联运计划	115
第十二章 其他国家和地区的高速铁路	123
§ 12.1 前苏联在莫斯科—列宁格勒间试开的高速列车	123
§ 12.2 美国和加拿大的高速铁路	125
§ 12.3 远东地区的高速铁路	126
§ 12.4 澳大利亚的高速铁路计划	126
§ 12.5 南非的高速铁路计划	126
附表：国外高速铁路的主要参数	127
主要参考文献	129

第一章 日本新干线,高速铁路的先驱

§ 1.1 新干线的发展

50年代,日本共有一万九千公里铁路,但均采用窄轨(轨距 1067 mm),其运输能力受到限制。当时,日本国家铁路企图寻找一种新的铁路运输方式,以解决人口密集的东西走廊(东京—大阪)的运输紧张问题。1957年,政府组织了一个专门委员会对此进行研究,说明由于居民的汽车占有率较低,以及人口集中的大城市难以为汽车提供足够的停车场地,东海道走廊高速公路的建成只能暂时缓和铁路所面临的紧张局面,只可能吸引 10% 的铁路乘客转向公路,到 1962 年,铁路的运输能力又将达到饱和。通过对各种不同型式铁路运输系统的研究,包括对德国的轻轨运输系统及单轨铁路的分析,日本决定发展一种新型式的铁路——新干线高速铁路,即采用准轨高速动车的铁路系统,近郊及远距离客运将采用相同的轨道及动车组。

1964 年 10 月 1 日,第一条新干线——东海道新干线建成通车,列车运行的最高速度达到 210 km/h,线路的最小曲线半径为 2500 m。随后,新干线通过山阳地区,延长到福冈,称为山阳新干线(图 1—1)。东海道及山阳这两条新干线通过的地区,集中了日本 2/3 的人口及 3/4 的经济(表 1—1),对日本的经济的发展有重大意义。

通车以后,新干线运量急剧增长,达到了铁路从未承担过的负荷(图 1—2)。

表 1—1 东海道及山阳新干线沿线的大城市

城 市	居民人数(百万)
东 京	8.14
横 滨	2.82
名古屋	2.05
京 都	1.46
大 阪	2.54
神 户	1.36
冈 山	0.55
广 岛	0.89
小 仓	1.06
博 多	1.07

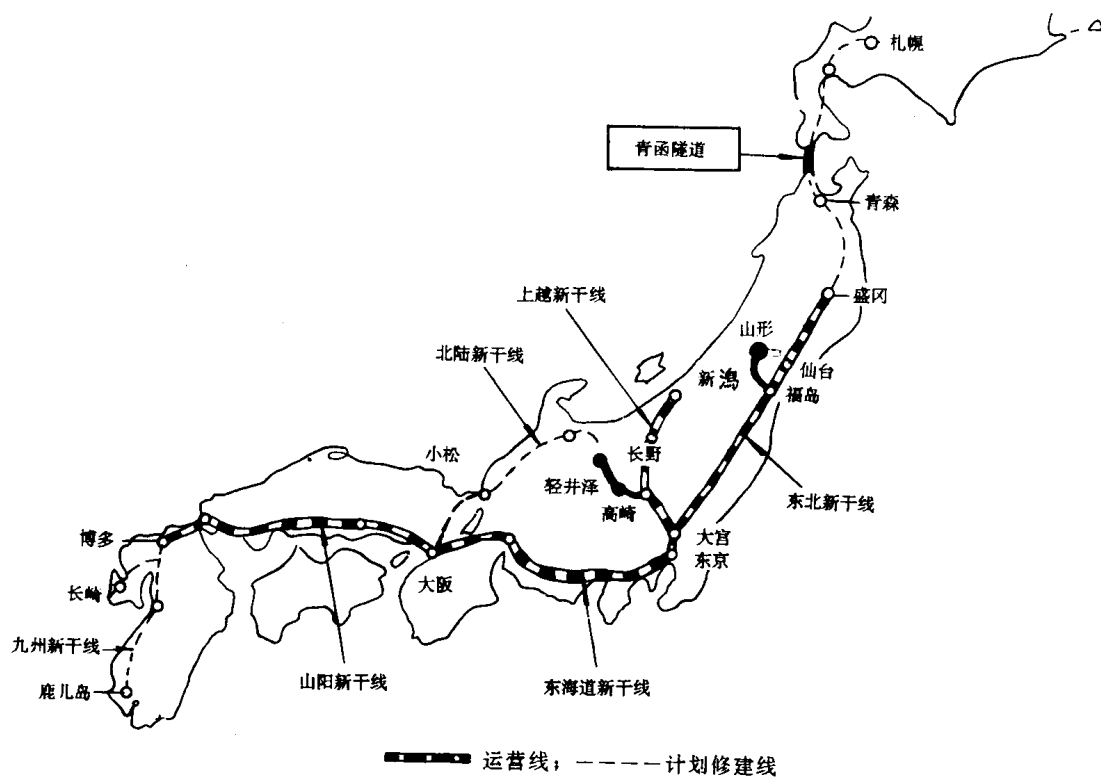


图 1—1 日本新干线的路网

1975 年,东海道及山阳新干线的运输情况为:客运量 15700 万人,旅客周转量 530 亿人公里,单向客运密度为 $67916 \text{ 人} \cdot \text{km}/\text{d} \cdot \text{km}^*$ 。

80 年代,继续进行了新干线的路网建设,见图 1—2 及表 1—2。

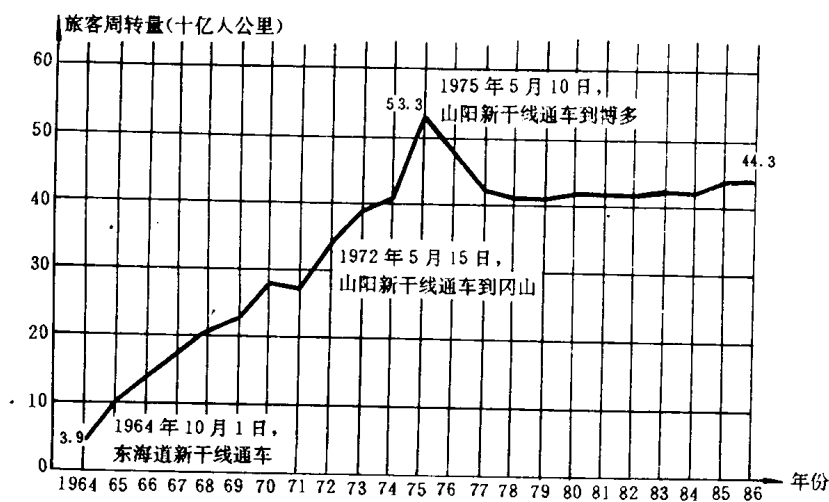


图 1—2 1964—1986 年间东海道及山阳新干线的旅客周转量

• 法国巴黎到里昂间 TGV-PSE 的单向客运密度大致为 $23670 \text{ 人} \cdot \text{km}/\text{d} \cdot \text{km}$ 。

德国预计 2000 年科隆—莱茵/美茵地区高速运输的单向客运密度大致为 $30000 \text{ 人} \cdot \text{km}/\text{d} \cdot \text{km}$ 。

表 1—2 新干线的路网建设

线路名称	线路区间	开通时间	线路长度(km)
东海道	东京—大阪	1964. 10. 1	515
山 阳	大阪—岡山	1972. 3. 15	161
	岡山—博多	1975. 3. 10	393
	东海道与山阳新干线总长		1069
东 北	大宫—盛岡	1983. 6. 23	465
上 越	大宫—新泻	1982. 11. 15	270
	大宫—上野	1985. 5. 14	30
	总 长		1834

新建东北新干线通过地区的人口较少,修建目的主要是为了改变人口及经济的区域结构,即:将目前开发较少的地区与经济发达及工业集中的东海道地区连接起来;使人口分布及经济发展更加均衡;促进日本内地的对外交通。

§ 1.2 新干线的线路

东海道以后所建设的新干线设计速度为 260 km/h,线路的主要参数见表 1—3。

表 1—3 新干线线路的主要参数

	东海道	其它线路
最大坡度	20‰	15‰
最小曲线半径	2500 m	4000 m
线间距	4.20 m	4.30 m
路基宽度	10.70 m	11.0—12.2 m
供电制	25kV,60Hz(东海道+山阳) 25kV,50Hz(东北+上越)	

对于宽度 3.38m 的车辆,会车时车辆的间距仅为 0.82 m,在各国的高速铁路中,这一间距是最小的。

因为需通过多山地区,因此必须建设一些长隧道,例如,神户附近长 16.2 km 的隧道,连接本州和九州之长 18.7 km 的新关门水下隧道以及高崎附近长 22.2 km 的大清水隧道。

隧道的断面积较小,仅有 64 m²,其遮挡系数(即车辆横断面与隧道横断面面积之比)

相当高,达到 0.19(在德国新建的高速线路上,仅为 0.13),通过双层客车时,达到 0.22,造成高速通过隧道时强烈的压力效应。这是最初考虑不周之处。

在新干线投入运用前,日本的铁路工程师曾对列车头部的空气动力学压力效应及其对隧道侧壁和站台上旅客的影响进行过详细的研究,但在第一次试运行时发现了一些使人吃惊的现象。当高速列车进入隧道时,猛烈冲击处于隧道中的静止空气柱,压力脉冲作为纵向运动的波,以声速通过隧道,并在隧道的另一端(开放端)发生反射,由正压变为负压,同样以声速沿与列车运行相反的方向向回运动,遇到列车后,空气压力在 1 大气压(100 kPa)附近发生波动,例如 100 ± 3.5 kPa,将持续 3 秒左右,并使旅客的耳朵发生明显的不适。这是过去未估计到的一种新现象。随后,新干线列车采用了全密封的设计,包括高稳定性的外墙板、封闭的排污系统(在车辆地板面下设置污水箱)及气密的车辆连接通道。在第一列新干线列车空调装置的进口处采用了阀片式结构,进入隧道后,通过设置在轨道上的电磁接触器使其关闭,使空调装置处于空气内循环的工况,直到列车出隧道,阀片重新打开时为止。这种为东海道新干线开发的空调装置工作方式,难以适用于后来建设的山阳新干线的长隧道。山阳新干线的列车上未将进气口布置在车辆内部,而是采用了功率大且具有较陡特性的涡轮压气机,从而减少了压力波动的影响。

新干线人工建筑及上部建筑的形式可见表 1—4,其特点是在人工建筑(桥梁、隧道及高架铁路)中采用了固定式轨道结构。

表 1—4 新干线上部建筑的情况

线 路	东 海 道 (516km)	山 阳 (562km)	东 北 (470km)	上 越 (270km)
桥梁所占比例	11%	9%	14%	11%
隧道所占比例	13%	50%	24%	39%
高架铁路所占比例	22%	29%	57%	49%
人工建筑总和	46%	88%	95%	99%
板式上部建筑所占比例	0%	50%	90%	95%

车站上大多采用道碴式上部建筑,而在新修的线路上则采用了日本新开发的混凝土板式上部建筑。这种结构的维修量少,而且需要时可以整块板更换。采用这种结构形式后,轨道的位置精度得以精确保持,高速列车通过时,列车中垂直立在桌子上的香烟都可以维持许多分钟而不倒。

混凝土板的宽度为 2.34 m,长度为 4.95 m,厚度为 16 cm,下面是 5 cm 厚的沥青混凝土砂浆,板间接缝也使用这种砂浆(图 1—3)。

由于最初的东海道新干线采用的道碴式道床整体结构较弱,运用结果不能令人满意,其表现为:

钢轨过轻;

轨枕过短,轨枕间距 58 cm 时轨枕长 2.35 m;

道碴厚度过薄,隧道中为 25 cm,高架铁路上为 20 cm;

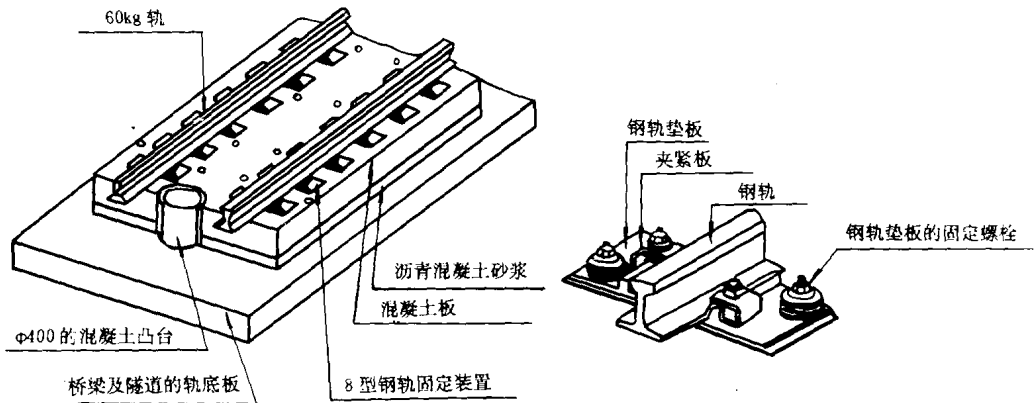


图 1—3 新干线的板式上部建筑

道碴发生破碎,后来通过在道碴下方加衬垫的方法解决。

因此,必须在每天夜间进行维修,以保证第二天的安全运行。为在技术和经济方面同时解决道碴式上部建筑的问题,日本国铁进行了综合治理,所采取的措施为;

改进道碴式上部建筑的总体结构;

对列车上出现的垂向及横向动态加速度每天进行测试;

根据所制定的严格技术规程进行快速维修。

在新干线上,每十分钟将通过一列以 210 km/h 速度运行的检测列车,检查各种轨道缺陷及接触网的位置误差。测得的数据将由一台车载计算机处理,最后由一台地面的数据分析装置进行分析。对所发现的轨道位置偏差及材料缺陷,将采取不同的处理方法。对轨道位置偏差(包括高低偏差及方向偏差)将采用日常维修的方式予以排除,而对发现的材料缺陷则进行补焊或者更换轨道的零部件(如钢轨、尖轨等)。表 1—5 为轨道维修工作的内容。

在整个轨道维修工作中,通过开行检测列车,确定检修内容及检查工作的结果。其工作流程图见图 1—4。

对无碴板式轨道也需要进行检查。为此,在两条钢轨中间留有一条地沟式的中间通道,既可以走人,也可以开行检查用的小车。

经验说明,无碴板式轨道的维修费用仅为石碴式上部建筑的五分之一。而且,由于无碴板式轨道可以较持久地保持轨道位置不变,使列车行车的舒适性也大大改善。但在采用无碴板式轨道的新干线区段上,由于上表面完全平滑,使列车运行中的空气噪声几乎无法衰减。

通过运用,还发现了碎石式道床的一个新问题,即冬天雪覆盖了轨道时,由于在列车下部(如转向架或其它部分)上结成硬块的雪落下,造成道碴飞扬,有可能损伤车体外部、车窗及制动装置。为解决这一问题,曾试图用带孔的橡胶覆盖道碴,也曾企图通过喷水装置来处理结了冻的雪,在列车上则采用在车底部的定向通风及对确定部位的加热来解决这一问题。

表 1—5 新干线线路的轨道维修工作内容

工作范围	工作名称	工 作 内 容
检测车上的 数据处理		检测车所测得的轨道缺陷将由车上的计算机处理,并将数据存于磁带上,对测得的数据进行归纳、检查并由 1 兆的标准数据单元进行分类,以便进行各个部分的检修工作
轨道 管理	对检测到的轨道缺陷进行分析	根据 1 兆数据单元中的数据,对轨道检测的结果进行综合,统计轨道缺陷出现的次数及轨道削弱的部位,分析轨道缺陷的分布及发展情况
	检查轨道维修的结果	根据 1 兆数据单元中的数据,制定维修工作内容,下达维修任务。工作完成后,检查其结果,并与 1 兆数据单元中的数据进行比较 工作后写出轨道检测及维修报告
	对工作量的统计	每天准备一份轨道维修工作报告,并将维修工作结果综合,形成材料
	对长轨的检验	根据长轨的限制温度、工作温度及变形情况,确定应进行方向校正的部位,并准备长轨检验所需要的资料
	检验轨道形状	根据轨道不规则的波长,计算轨道横移及扭曲时的表面形状及横断面形状,指出轨道缺陷
轨 道 材 料 检 测	钢轨	每根钢轨均备有一册数据记录,着重检验焊缝的缺陷,根据缺陷情况再进行精确的检验,以此作为完整测试的一部分,准备一份统计报告
	道岔及伸缩缝	对道岔伸缩缝均建立了卡片,记录每一次道岔检验的过程,并准备数据及有关资料
	碎石道床	以 20m 长的线路为一段,备有一册台帐,记录碎石道床的有关资料
	板式上部建筑	为轨枕板,特别是混凝土板、钢轨固定装置及可调的压力垫板备有数据手册

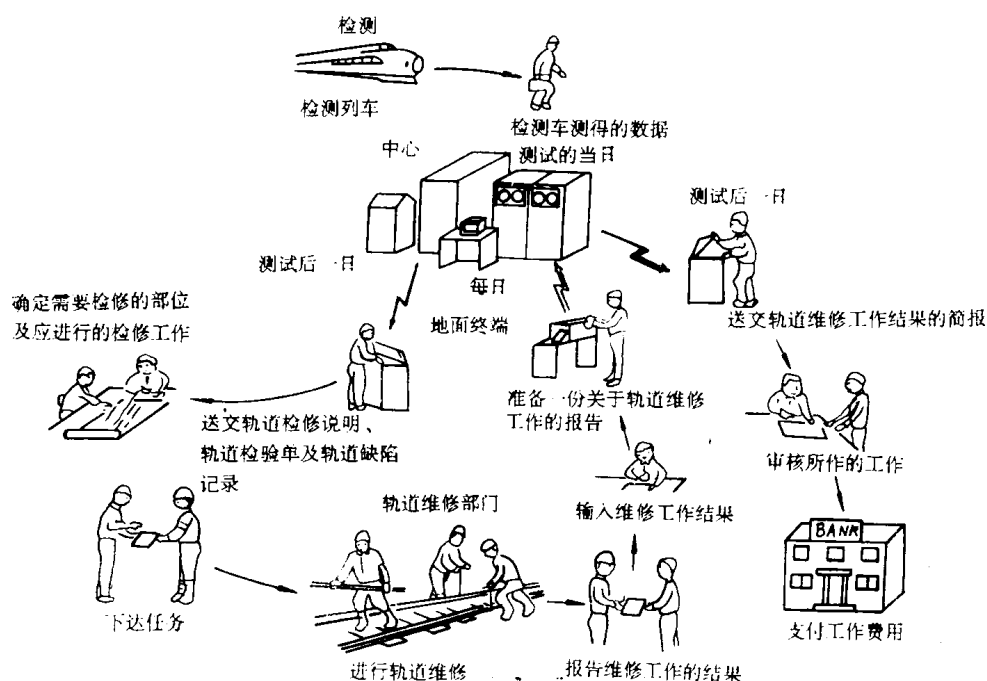


图 1—4 轨道维修工作流程图

最保险的方法是不再采用道碴式结构。但无碴板式轨道在运行中也发生了令人吃惊的问题,在长度 8 km 左右的隧道中发生了“隧道爆裂声”的现象。在新干线的高速列车进入隧道后,很快会在隧道出口处产生一种很响的爆裂声,常会导致周围住宅窗玻璃的破裂。发生这一现象是由于隧道对快速向前传播的空气压力波阻尼过小,而在隧道出口处的反射又不很完全,使一部分压能发散,并以爆裂声的形式进入周围的大气中。这种只是在采用固定式轨道结构的隧道中出现的特有现象,将通过在隧道中采用面积逐渐增大的悬臂钢制多孔扰流板消除。

通过比较计算说明,在德国新建的高速铁路上,由于加大了隧道断面积(达 82 m²,而日本新干线仅为 64 m²),同样列车运行速度下的压力波将大大减弱,“隧道爆裂声”现象将不再出现。1988 年 5 月,在德国 ICE 高速列车最高运行速度达 406 km/h 的创纪录试验中,列车通过采用固定式轨道结构的格敏登/美茵(Gemünden/Main)隧道时,也无异常现象发生,事实证明,在隧道断面积增大后,“隧道爆裂声”现象也随之消除。

§ 1.3 新干线的列车

新干线列车从一开始便以其飞机式的头部外形而引人注目。

新干线列车是由 0 系列列车开始发展的。这种列车用于东海道及山阳新干线。列车长 400 m,由 16 节固定连挂的车辆组成,每节车辆四根车轴,且全部为动轴。每两节车装有一个受电弓,形成一个完整的电技术单元。所有电气设备都装在车辆的地板下,空调装

置装在顶棚上。所采用的牵引电动机为功率较小的混流电机。

车辆的最大宽度为 3.38 m，一等车每排有 2+2 个座席，座椅可沿运行方向旋转，二等车每排有 2+3 个座席。

在后来建造的北部新干线上，采用了 200 系列动车(图 1—5)，适于在严寒的冬季运行。这种列车长 300 m，由 12 节车辆组成，1979 年，试产型列车在上越新干线上投入试运行，试验中的最高速度达到了 319 km/h。

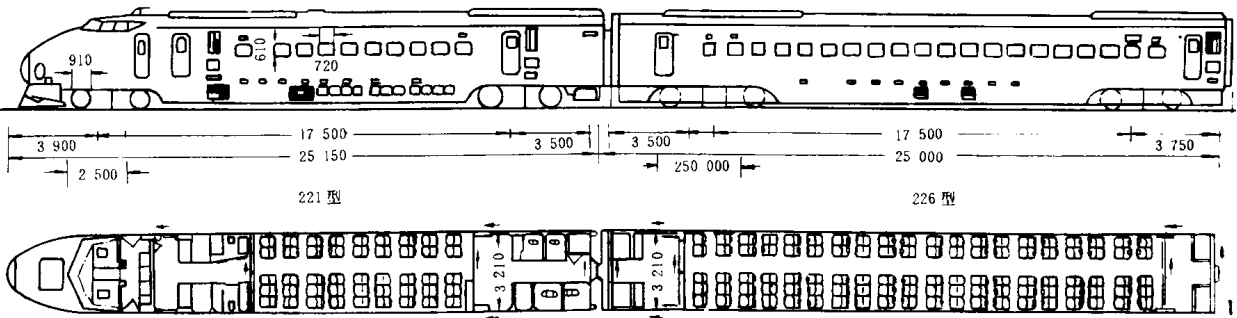


图 1—5 新干线 200 系列动车

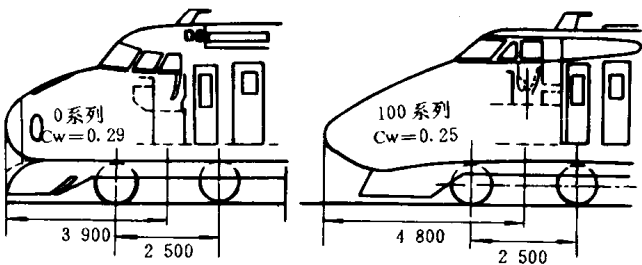
在纪念新干线系统 20 周年的时候，确定在东海道及山阳新干线发展新型的 100 系列列车，以代替原有的 0 系列列车。

这种新型列车比原有的列车轻，功率也略低，但由于改进了空气动力学性能，因此可以以较高的速度运行。该列车采用了新的头部外型(见图 1—6)、外部与墙板齐平的侧窗、平滑的车辆间通道，并改进了车体下部结构。

100 系列的试产型列车 1985 年 5 月制成，随后进行了全面的试验。1986 年 11 月 1 日，定型后的第一列 100 系列列车投入了运用。

在这种列车上第一次不再将所有车轴均设置为动轴，其端部车辆作为控制车。列车中部还编入了两节双层客车，这四节车均未安装驱动装置。100 系列列车的主要技术参数见表 1—6。

车体采用钢结构，中间车辆的车体长 24.50 m，车辆间的通道长 2×0.25 m。因此，车钩间的长度为 25m，头车较其它车辆略长，0 系列头车的车体长 24.90 m，100 系列头车的车体长为 25.80 m。



左——0 系列(1964) 右——100 系列(1986)

图 1—6 新干线列车的头部

表 1—6 东海道新干线的列车

		0 系列	100 系列
通 车 年 份		1964	1986
编 组		16 节动车	12 节动车 2 节控制车 2 节双层客车
列车总长		400m	400m
座 席 数	一等车	132	118
	二等车	1153	1153
	餐 车	42	44
	总 计	1327	1315
列车总重(空重)		967t	927t
在东海道新干线上的最高速度		210km/h	230km/h
起动加速度		1. 0m/s ²	1. 6m/s ²
持续功率		11. 84MW	11. 04MW
驱动轴	数 量	64 根	48 根
	功 率	185kW	230kW
	重 量	875kg	828kg
电机控制		机械开关	可控硅控制
制 动		电阻制动 电控盘型制动	电阻制动 电控盘型制动 转动涡流制动
电流制		25kV/60Hz	25kV/60Hz

列车中部有两节双层客车,其中一节为餐车(上层为餐厅,下层为厨房),另一节的下层供乘务员休息用,并有一个小的咖啡厅,上层是一等车的大厅,车宽 3. 38m,图 1—7 为 100 系列车辆的横断面。

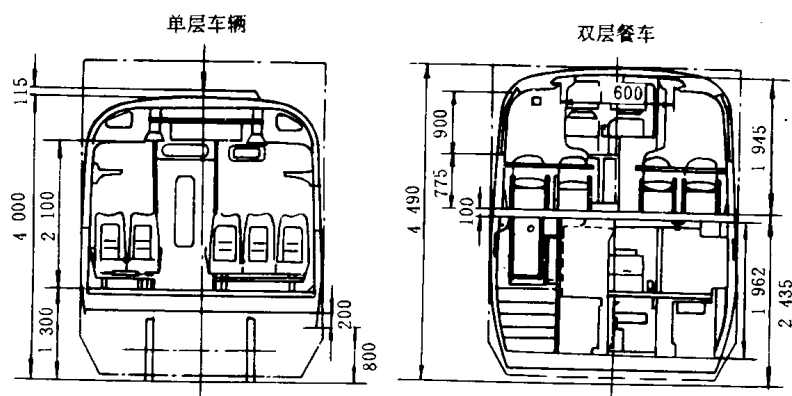


图 1—7 100 系列车辆的横断面

§ 1.4 新干线的运行情况

原先计划在东海道新干线上夜间开行货车,但这一方案很快便被放弃。因为必须在夜间对线路进行维修,而且通车后客运量剧增,很快便达到饱和,因此,新干线全部用于客运,并分为长途及短途运输两种形式。

在东海道及山阳新干线上,长途客运采用 16 节编组的列车,称之为光号,平均停车距离为 152.7 km。短途客运采用 16 节编组的列车,称之为回声号,平均停车距离为 39.6 km。在各条线上开行的列车名称及其运行时间见表 1—7。在上越新干线上长途及短途列车的混合运输方式见图 1—8。每一车站大都设置了通过线及站台线,一般采用不同高度的站台。较高的站台用于长途客运,较低的站台用于短途客运。

表 1—7 新干线 1982 年的运行时间(指站间运行时间,包括停车时间)

起始车站	线路长度 (km)	列车名称	运行时间 (小时:分)	旅行速度 (km/h)
东京—大阪	515	光 号	3 : 08	164
		回声号	4 : 14	122
东京—博多	1069	光 号	6 : 26	166
大宫—盛冈	465	绿叶号	2 : 17	203
		回声号	3 : 17	142
大宫—新泻	270	日出号	1 : 45	154
		朱鹭鸟号	2 : 10	125

开行 100 系列列车后,由于以下三个因素,使东海道/山阳新干线的旅行时间进一步

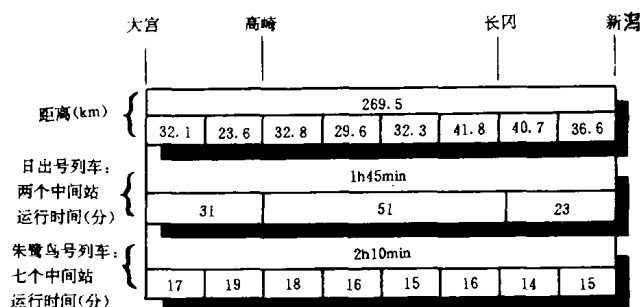


图 1—8 新干线的运行距离与时间

缩短,即运行速度较高(220km/h),起动加速度较大(由于列车重量减轻)及停车站较少。其旅行时间为:

东京—大阪(515km):运行 2 小时 50 分(旅行速度 182 km/h),比原来缩短了 9.6%;

东京—博多(1069 km):运行 5 小时 57 分(旅行速度为 180 km/h),比原来缩短了 7.5%。

1989 年 3 月 11 日,山阳新干线上的最高运行速度提高到了 230 km/h,大阪到博多间的运行时间又缩短了 10 分钟。

噪声一直是开行高速列车的一个主要问题,新干线采取高架式,列车通过大多数城市时,均比一般房屋高,达到 3—4 层楼的高度,使列车的噪声可通过城市向田野上传播。

除此而外,还采取了一系列的防噪声保护措施,包括列车上的措施(例如采用新型受电弓)、桥梁结构措施及采用 3 m 高的挡声墙,将噪声下降到可以容忍的程度。

新干线上取消了地面信号,而全部改为在司机室内显示,每一条线路均由各自的调度中心控制及监视。控制中心设在东京,运行控制采取了三种方式,即

列车自动控制 ATC (Automatic Train Control);

集中行车控制 CTC (Centralized Traffic Control);

计算机辅助行车控制 COMTRAC (Computer aided Traffic Control)。

在日本,ACT 系统与 CTC 系统是分开的。

东京的控制中心具有如下的功能:

可以清楚地了解整个线路的运行状态及列车的运行情况;

可以掌握列车运行的全部条件及装备情况,例如,控制信号系统、供电系统、发送设备及通讯系统、以及线路保养及旅客信息系统等。

为实现以上诸点,通过中央控制屏表示列车的状态,包括列车的车次、在线路上所占的位置等。除此而外,在车上人员及行车调度间设置了无线电通讯系统(无线列调),可以及时了解列车运行中有何异常现象。此外,还配备了其它一些设备,如列车运行图显示屏、供电控制屏、信号控制屏等。

随着列车对数的不断增加及运行区段的加长,人工控制方式已难于胜任。为此,发展了计算机辅助行车控制系统 COMTRAC,用于东海道及山阳新干线。COMTRAC 系统控制着 28 个车站及 3 个列车段,其功能范围可见表 1—8。

表 1—8 COMTRAC 系统的功能范围

运行图执行情况		运行图的结构由人工确定由 COMTRAC 系统检查设定的数据及运行图执行情况
发出指令	a)观察	自动发现显示运行中的异常现象
	b)监视区间中的情况	自动观察
	c)在晚点不多的情况下调整运行图	由计算机确定最佳运行方案,并在显示屏上显示,如果调度员发出“开始”的指令,列车将按最佳计划运行
	d)发生故障造成晚点很多时调整运行图	由计算机对数据进行分析,确定变化后的运行图,并在显示屏上显示,由调度员予以审查及确认,一旦发出“开始”的指令,列车将按修改后的运行图运行
实现运行图		一般情况下实现运行图,当需要变更运行图时,自动进行准备工作
进行故障分析及统计		可以自动掌握列车运行结果、晚点、运行区段及车辆周转情况等,为了解列车运行中所发生的故障,需要时可以通报列车运行情况及在线路上的位置
通报运行情况		出发时间的控制; 自动通告; 将列车晚点情况通知每一车站

§ 1.5 防止因气候条件恶劣而影响运行

在一定区段上发生的地震、台风及大雪将会危及列车的安全运行。为此,在新干线沿线及太平洋沿岸安装了地震仪,当水平加速度超过 $0.04g$ 时将自动切断牵引电流并发出警报。根据地震强弱的不同,确定对列车运行的不同限制及对线路的监督方式。为了保证在大地震发生时通讯系统的可靠工作,在特定条件下将利用卫星进行通讯。

除此而外,在线路上还装有风速测量装置,在风速达到 20 m/s 时(8级风),将首先发出警报;风速超过 25 m/s (10级风)时,将列车运行的最高速度限制为 110 km/h ;当风速超过 30 m/s 时,将停止列车的运行。