

高等学校高速铁路系列教材

高速铁路

线路工程

主 编 李 斌

副主编 刘永孝

主 审 韩 峰

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

高速铁路线路工程 / 李斌主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2021.2

高等学校高速铁路系列教材

ISBN 978-7-5643-7818-9

. 高... . 李... . 高速铁路 - 线路工程 -
高等学校 - 教材 . U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 211652 号

高等学校高速铁路系列教材

Gaosu Tielu Xianlu Gongcheng

高速铁路线路工程

主 编 / 李 斌

责任编辑/张 波

助理编辑/王同晓

封面设计/何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564 028-87600533

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 9.75 字数 244 千

版次 2021 年 2 月第 1 版 印次 2021 年 2 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-7818-9

定价 36.00 元

课件咨询电话: 028-81435775

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 】 >>>>

PREFACE

本书为高等学校高速铁路系列教材之一，是根据高等学校本科铁道工程或土木工程铁道工程方向课程教学基本要求编写，是主要用于高等学校土建交通工程专业多学时高速铁路线路工程课程的教材。

我国铁路建设从 1997 年开始提速以来，既有铁路先后进行了六次大提速，同时投资新建多条普速铁路和高速铁路，铁路建设取得了巨大成就。截至 2020 年 7 月底，我国铁路营业里程达 14.14 万公里，其中高铁里程 3.6 万公里，位居世界第一。近十多年来我国高速铁路建设迅猛发展，从没有高速铁路到如今高速铁路运营里程世界第一，取得了举世瞩目的伟大成就。我国高速铁路技术日渐成熟，逐步形成了具有自主知识产权的高速铁路成套技术体系，并引领世界高速铁路的发展。

作为高等学校高速铁路系列教材之一，本书主要介绍高速铁路
线路工程基本知识和基本理论。

本书由兰州交通大学李斌主编，参加编写工作的有兰州交
通大学刘永孝、李良英、刘洋。其中兰州交通大学李斌编写了
第一章，第四章第一、二、四节；刘永孝编写了第二章，第四
章第三节；李良英编写了第三章，刘洋编写了第四章第五、六
节，第五章及第六章。全书由李斌统稿，兰州交通大学韩峰教
授主审。

本书参考、引用了已出版的铁路有关规范和文献资料，在

此一并表示感谢。因编者水平所限，书中不妥之处敬请批评指正。

本书也可供高速铁路设计、施工及工务管理人员、技术人员、维修人员参考、培训之用。

编 者

2020年8月于兰州

【 目 录 】 >>>>

CONTENTS

1	绪 论	001
	1.1 高速铁路的发展	001
	1.2 高速铁路主要技术经济优势	011
	1.3 高速铁路基础设施	014
	习 题	019
2	高速铁路选线设计	020
	2.1 综合选线	020
	2.2 高速铁路主要技术指标	021
	2.3 高速铁路平、纵断面设计	024
	习 题	033
3	高速铁路路基	034
	3.1 路基横断面	034
	3.2 高速铁路路基设计荷载	038
	3.3 基 床	040
	3.4 路堤与路堑	044
	3.5 过渡段	046
	3.6 高速铁路路基地基处理	050
	3.7 路基防排水及边坡防护	052
	习 题	056
4	高速铁路轨道	057
	4.1 高速铁路对轨道结构的基本要求	057
	4.2 高速铁路有砟轨道	058
	4.3 高速铁路无砟轨道	069
	4.4 道 岔	100
	4.5 无缝线路	117
	4.6 钢轨伸缩调节器	123

5	高速铁路车站设计	127
5.1	设计要求	127
5.2	车站布置	130
5.3	客运设备	132
	习 题	135
6	安全防护设施	136
6.1	防灾安全监控系统	136
6.2	防护栅栏	140
6.3	声屏障	144
6.4	防撞设施	146
	习 题	148
	参考文献	149

1.1 高速铁路的发展

1.1.1 高速铁路的定义

高速铁路指的是新建铁路最高运行速度达到 250 km/h 及以上,或既有线改造最高运行速度达到 200 km/h 及以上的铁路。

高速铁路运输模式,各国因国情不同而异,大致有以下四种类型:

(1) 新建高速铁路双线,专门用于旅客快速运输,如日本新干线和法国高速铁路,均为客运专线,白天行车,夜间维修。

(2) 新建高速铁路双线,实行客货共线运行,如意大利罗马—佛罗伦萨高速铁路,客运速度 250 km/h,货运速度 120 km/h。

(3) 部分新建高速线与部分既有线混合运行,如德国柏林—汉诺威线,承担着客运和货运任务。

(4) 在既有线上使用摆式列车运行,这在欧洲国家多见,在美国“东北走廊”摆式列车速度为 240 km/h。

1.1.2 铁路运输的高速化

回顾铁路技术发展的历史,即是牵引能力与车速提高过程的历史。各国铁路都把提高速度作为技术发展的目标,也是作为提高竞争能力的重要手段。而铁路要想生存发展必须提高车速。1825 年,世界第一条铁路在英国出现时,速度为 24 km/h。1829 年 10 月 6 日,在利物浦—曼彻斯特线上“罗克特”号蒸汽机车首创 48 km/h 的车速世界纪录。20 年后,法国的车速已经超过了 100 km/h,在 1890 年“克洛伯顿”号蒸汽机车速度达 143.5 km/h。1903 年德国车速超过了 200 km/h。1901 年,德国首先使用西门子—哈尔斯克和通用电气公司共同制造的电力机车,试验速度为 160 km/h 以上。1931 年 6 月 21 日,德国费兰获·克鲁肯贝格设计的流线型“钢轨策佩林”号机车创造了 230 km/h 车速纪录。1936 年 2 月 17 日,柴油机车“莱比锡”号在德国的帝国铁路线上运行速度为 205 km/h。1955 年 5 月 29 日德国波尔多—达克斯线上“BB9004”号机车创造 331 km/h 的纪录。1981 年 2 月 26 日,法国巴黎—里昂线 TGV 高速机车速度达到了 380 km/h。1988 年 5 月 1 日,德国 ICE 高速列车,在富尔达—维

尔茨堡区段上速度为 409 km/h。1990 年 5 月 18 日，德国 TGV-A 高速列车创试验速度 515.3 km/h 纪录。1996 年 7 月 26 日，日本 X300 系列高速列车速度为 443 km/h。2003 年 11 月 19 日，日本 MLX01 型磁悬浮列车创造了 558 km/h 的车速的世界纪录。2007 年 4 月 3 日，法国进行了超高速列车最新型“V150”列车的行驶试验，车速达到 574.8 km/h。2010 年 12 月 3 日，我国“和谐号”CRH380A 新一代高速动车组于 2010 年 12 月 3 日跑出 486.1 km/h 的速度，成为世界铁路运营试验最高速度。

1.1.3 国外高速铁路发展概况

世界高速铁路的发展，从根本上来讲就是一个技术不断创新，运行速度不断提高，不断满足社会经济发展需要的过程，主要特征表现为高速铁路建设标准等级不断提高，建设里程不断增加，参与建设的国家和地区不断增多。

经过半个世纪的发展，世界高速铁路技术逐渐形成以日本、德国、法国 3 个技术原创国为代表，并适合各自国情和发展状况的技术格局。日本、法国、德国 3 个国家构建了各自独立、各具特点的高速铁路技术体系，分别建成了新干线、TGV 和 ICE 高速铁路系统，并在实际运营中表现出良好的综合效益。

1. 日本高速铁路——新干线

1964 年 10 月 1 日，日本建成世界上第一条高速铁路——东京到大阪的东海道高速铁路新干线，全长 515.4 km，最高运行速度 210 km/h。东海道新干线首次创造了世界上铁路与航空竞争中取胜的实例，日本誉之为“经济起飞的脊骨”。该铁路代表了当时世界第一流的高速铁路技术水平，并标志着世界高速铁路由试验阶段跨入了商业运营阶段。在此后的 40 余年间，新干线线路不断发展，逐渐延伸至日本本州岛、九州岛的大部分地区。截至 2020 年，已有 9 条线路投入运行（其中包含 7 条标准轨距新干线和 2 条线路较短的迷你新干线），线路总长达 3 041 km 公里。所有新干线的最高运营速度均达 250 km/h 以上，其中山阳新干线达 300 km/h，东北新干线达 320 km/h。当在建、计划建设及未来规划建设的高速铁路建成后，日本将形成较完整的新干线高速铁路网。图 1-1 为日本新干线列车。

2. 法国高速铁路——TGV

1981 年，建成并投入运营的法国 TGV 巴黎东南线是继日本新干线后，世界上第二条商业运营的高速铁路，其运营速度达到了 270 km/h。改线建成通车后，客运量迅速增长，带来了极好的经济效益，10 年内的盈利还清了线路建设和车辆购置贷款本息，开辟了一条以低造价建造高速铁路的新途径，把高速铁路建设推向了一个新的台阶。

TGV 高速铁路系统的典型特征是部分修建新线，部分改造既有线。自法国 TGV 巴黎东南线建成之后，越来越多的高速铁路在法国建成，包括大西洋线、北方线、东南延伸线、巴黎地区东部联络线、地中海线等多条高速铁路线。图 1-2 为法国 TGV 高速铁路。

截至 2017 年底，法国高速铁路总里程为 2 696 km，列车最高运营速度可达 320 km/h。



图 1-1 日本新干线



图 1-2 法国 TGV 高速铁路

3. 德国高速铁路——ICE

继法国之后，1986 年德国正式研发高速铁路，实施城际高速铁路 ICE 计划，于 1991 年建成全长 107 km 的曼海姆—斯图加特和全长 327 km 的汉诺威—维尔茨堡两条线路，其最高运营速度达到了 280 km/h，并在当时创造了 406.9 km/h 的实验记录。图 1-3 为德国 ICE 列车。截至 2017 年底，德国高速铁路总里程为 1 575 km。

4. 其他国家高速铁路

在意大利，1970 年开始建设第一条罗马—佛罗伦萨高速铁路，该线为既有线改造而成，1992 年完工，最高运营速度 250 km/h，2006 年建成的最高运营速度 300 km/h 的罗马—那波利高速铁路投入运营，是欧洲铁路跨国运输发展的一个里程碑，目前，意大利投入运营的高速铁路里程达到 921 km。图 1-4 为意大利高速列车。

西班牙从 1987 年开始建设、1992 年投入运营速度达 270 km/h 全长 471 km 的马德里—塞尔维亚高速铁路后，又于 2003 年开通了马德里—莱里达线，目前，共计 2 859 km 的高速铁路在西班牙投入运营。

此外，韩国、土耳其、美国等国家均先后开始了高速铁路的建设。



图 1-3 德国 ICE 列车



图 1-4 意大利高速列车

1.1.4 我国高速铁路发展概况

1. 高铁建设规划（2008 年调整）

我国自 1994 年开通了时速 160 km/h 的广深准高速铁路线路以来，一直不断进行铁路的

提速改造和高速铁路建设工作。从 1997 年至 2007 年，中国铁路在既有铁路先后实施了六次大提速。通过区间半径的改造，路、桥、隧的加固和改造，提速道岔的更换以及列车提速系统装备、客运设施、跨线设施和相关检修设施的提升，在京沪、京哈、京广、京九、陇海、兰新、沪昆、广深、胶济等主要干线上成功实施了第六次大面积提速调图。提速后的既有线列车最高运营速度提高到了 200 km/h，部分区间达到了 250 km/h，标志着中国铁路迈入了高速化运行的时代。

我国《中长期铁路网规划》于 2004 年首次批准，并于 2008 年首次修编。《中长期铁路网规划》(2008 年调整)提出：“为适应全面建设小康社会的目标要求，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。到 2020 年，全国铁路营业里程达到 12 万公里以上，复线率和电化率分别达到 50%和 60%以上，主要繁忙干线实现客货分线，基本形成布局合理、结构清晰、功能完善、衔接顺畅的铁路网络，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。

“为实现 2020 年铁路网发展目标，规划方案要在路网总规模扩大的同时，突出客运专线、区际干线和煤运系统的建设，提高路网质量，扩大运输能力，形成功能完善、点线协调的客货运输网络。

“为满足快速增长的旅客运输需求，建立省会城市及大中城市间的快速客运通道，规划“四纵四横”等客运专线以及经济发达和人口稠密地区城际客运系统。建设客运专线 1.6 万公里以上。”

(1)“四纵”客运专线。

北京—上海客运专线，包括蚌埠—合肥、南京—杭州客运专线，贯通京津至长江三角洲东部沿海经济发达地区；

北京—武汉—广州—深圳客运专线，连接华北和华南地区；

北京—沈阳—哈尔滨(大连)客运专线，包括锦州—营口客运专线，连接东北和关内地区；

上海—杭州—宁波—福州—深圳客运专线，连接长江、珠江三角洲和东南沿海地区。

(2)“四横”客运专线。

徐州—郑州—兰州客运专线，连接西北和华东地区；

杭州—南昌—长沙—贵阳—昆明客运专线，连接西南、华中和华东地区；

青岛—石家庄—太原客运专线，连接华北和华东地区；

南京—武汉—重庆—成都客运专线，连接西南和华东地区。

同时，建设南昌—九江、柳州—南宁、绵阳—成都—乐山、哈尔滨—齐齐哈尔、哈尔滨—牡丹江、长春—吉林、沈阳—丹东等客运专线，扩大客运专线的覆盖面。

(3) 城际客运系统。

在环渤海、长江三角洲、珠江三角洲、长株潭、成渝以及中原城市群、武汉城市圈、关中城市群、海峡西岸城市群等经济发达和人口稠密地区建设城际客运系统，覆盖区域内主要城镇。

2. 高铁建设规划（2016年调整）

截至2015年底，全国铁路营业里程达到12.1万公里，其中高铁营业里程超过1.9万公里，已经基本建成以“四纵四横”为骨架的全国快速客运网，提前实现规划目标。

从总体上看，当前我国铁路运能紧张状况基本缓解，瓶颈制约基本消除，基本适应经济社会发展需要。但铁路与发展新形势新要求相比，仍然存在路网布局尚不完善、运行效率有待提高、结构性矛盾较突出等不足。

推进供给侧结构性改革，要求扩大铁路有效供给；拓展区域发展空间，要求强化铁路支撑引领作用；构建综合交通运输体系，也要求发挥铁路绿色骨干优势；贯彻总体国家安全观，更要求提升铁路应急保障水平。正因如此，国家发改委会同有关部门，于2014年再次启动了《中长期铁路网规划》修编，国家发展改革委、交通运输部和中國鐵路總公司於2016年7月正式印發《中長期鐵路網規劃》。

根据新《规划》，到2020年，我国铁路网规模达到15万公里，其中高速铁路3万公里，覆盖80%以上的大城市；到2025年，铁路网规模达到17.5万公里左右，其中高速铁路3.8万公里左右。这意味着，与2015年底相比，仅十年的时间，我国高铁里程将翻倍。

再往远期展望，到2030年，远期铁路网规模将达到20万公里左右，其中高速铁路4.5万公里左右。全国铁路网全面连接20万人口以上城市，高速铁路网基本连接省会城市和其他50万人口以上大中城市，实现相邻大中城市间1~4小时交通圈，城市群内0.5~2小时交通圈。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。

特别值得一提的是，在原规划“四纵四横”主骨架基础上，我国将形成以“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。

新《规划》中，“八纵八横”如图1-5所示，简介如下。

（1）“八纵”通道。

沿海通道。大连（丹东）—秦皇岛—天津—东营—潍坊—青岛（烟台）—连云港—盐城—南通—上海—宁波—福州—厦门—深圳—湛江—北海（防城港）高速铁路（其中青岛至盐城段利用青连、连盐铁路，南通至上海段利用沪通铁路），连接东部沿海地区，贯通京津冀、辽中南、山东半岛、东陇海、长三角、海峡西岸、珠三角、北部湾等城市群。

京沪通道。北京—天津—济南—南京—上海（杭州）高速铁路，包括南京—杭州、蚌埠—合肥—杭州高速铁路，同时通过北京—天津—东营—潍坊—临沂—淮安—扬州—南通—上海高速铁路，连接华北、华东地区，贯通京津冀、长三角等城市群。

京港（台）通道。北京—衡水—菏泽—商丘—阜阳—合肥（黄冈）—九江—南昌—赣州—深圳—香港（九龙）高速铁路；另一支线为合肥—福州—台北高速铁路，包括南昌—福州（莆田）铁路。连接华北、华中、华东、华南地区，贯通京津冀、长江中游、海峡西岸、珠三角等城市群。

京哈—京港澳通道。哈尔滨—长春—沈阳—北京—石家庄—郑州—武汉—长沙—广州—深圳—香港高速铁路，包括广州—珠海—澳门高速铁路。连接东北、华北、华中、华南、港澳地区，贯通哈长、辽中南、京津冀、中原、长江中游、珠三角等城市群。呼南通道。呼和浩特—大同—太原—郑州—襄阳—常德—益阳—邵阳—永州—桂林—南宁高速铁路。连接华北、中原、华中、华南地区，贯通呼包鄂榆、山西中部、中原、长江中游、北部湾等城市群。

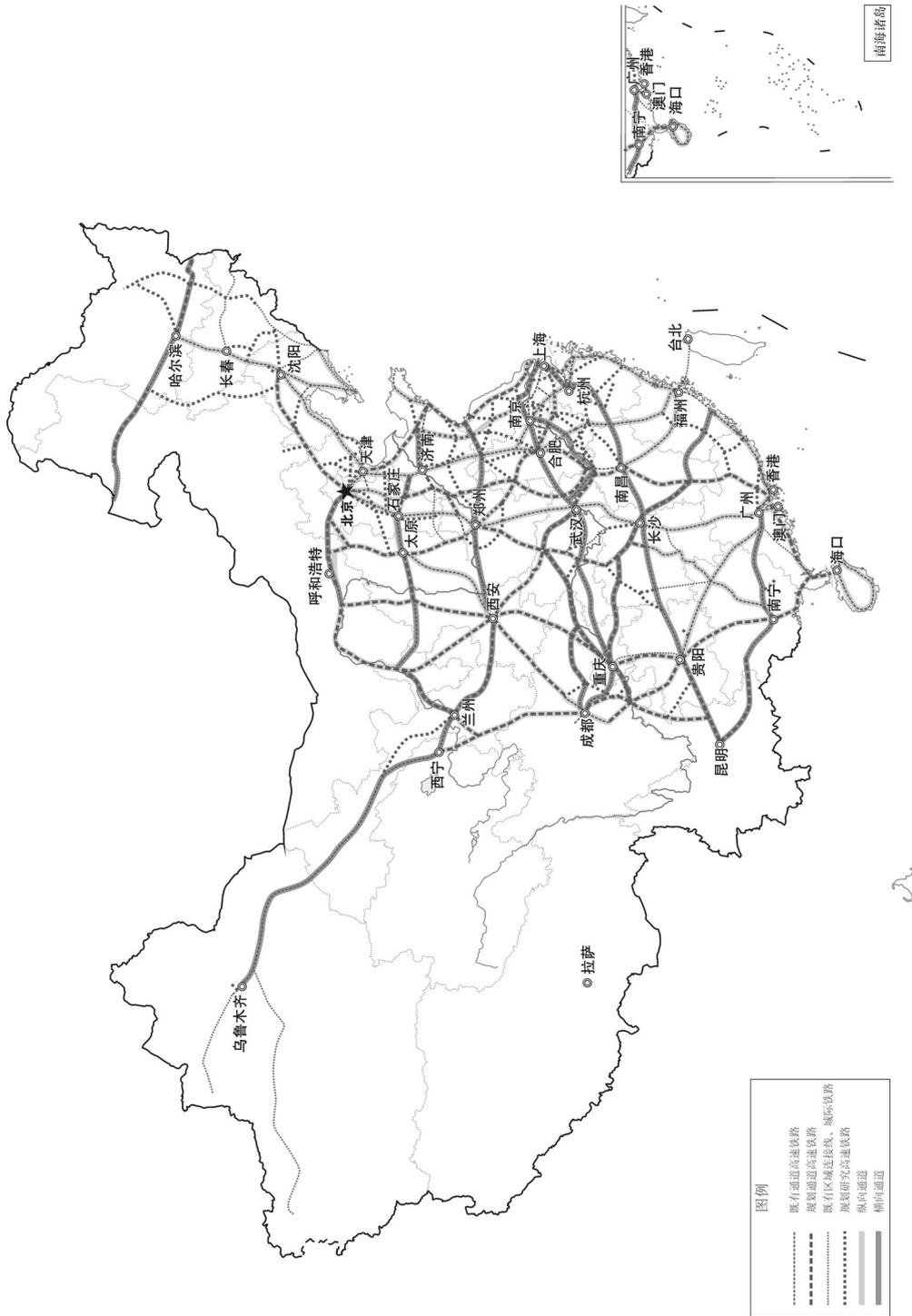


图 1-5 中国高速铁路网中长期规划示意图
 审图号：GS（2020）5635 号

京昆通道。北京—石家庄—太原—西安—成都（重庆）—昆明高速铁路，包括北京—张家口—大同—太原高速铁路。连接华北、西北、西南地区，贯通京津冀、太原、关中平原、成渝、滇中等城市群。

包（银）海通道。包头—延安—西安—重庆—贵阳—南宁—湛江—海口（三亚）高速铁路，包括银川—西安以及海南环岛高速铁路。连接西北、西南、华南地区，贯通呼包鄂、宁夏沿黄、关中平原、成渝、黔中、北部湾等城市群。

兰（西）广通道。兰州（西宁）—成都（重庆）—贵阳—广州高速铁路。连接西北、西南、华南地区，贯通兰西、成渝、黔中、珠三角等城市群。

（2）“八横”通道。

绥满通道。绥芬河—牡丹江—哈尔滨—齐齐哈尔—海拉尔—满洲里高速铁路。连接黑龙江及蒙东地区。

京兰通道。北京—呼和浩特—银川—兰州高速铁路。连接华北、西北地区，贯通京津冀、呼包鄂、宁夏沿黄、兰西等城市群。

青银通道。青岛—济南—石家庄—太原—银川高速铁路（其中绥德至银川段利用太中银铁路）。连接华东、华北、西北地区，贯通山东半岛、京津冀、太原、宁夏沿黄等城市群。
陆桥通道。连云港—徐州—郑州—西安—兰州—西宁—乌鲁木齐高速铁路。连接华东、华中、西北地区，贯通东陇海、中原、关中平原、兰西、天山北坡等城市群。

⑪ 沿江通道。上海—南京—合肥—武汉—重庆—成都高速铁路，包括南京—安庆—九江—武汉—宜昌—重庆、万州—达州—遂宁—成都高速铁路（其中成都至遂宁段利用达成铁路），连接华东、华中、西南地区，贯通长三角、长江中游、成渝等10城市群。

⑫ 沪昆通道。上海—杭州—南昌—长沙—贵阳—昆明高速铁路。连接华东、华中、西南地区，贯通长三角、长江中游、黔中、滇中等城市群。

⑬ 厦渝通道。厦门—龙岩—赣州—长沙—常德—张家界—黔江—重庆高速铁路（其中厦门至赣州段利用龙厦铁路、赣龙铁路，常德至黔江段利用黔张常铁路）。连接海峡西岸、中南、西南地区，贯通海峡西岸、长江中游、成渝等城市群。

⑭ 广昆通道。广州—南宁—昆明高速铁路。连接华南、西南地区，贯通珠三角、北部湾、滇中等城市群。

⑮ 拓展区域铁路连接线。在“八纵八横”主通道的基础上，规划建设高速铁路区域连接线，进一步完善路网、扩大覆盖。

⑯ 东部地区。北京—唐山、天津—承德、日照—临沂—菏泽—兰考、上海—湖州、南通—苏州—嘉兴、杭州—温州、合肥—新沂、龙岩—梅州—龙川、梅州—汕头、广州—汕尾等铁路。

⑰ 东北地区。齐齐哈尔—乌兰浩特—白城—通辽、佳木斯—牡丹江—敦化—通化—沈阳、赤峰和通辽至京沈高铁连接线、朝阳—盘锦等铁路。

⑱ 中部地区。郑州—阜阳、郑州—濮阳—聊城—济南、黄冈—安庆—黄山、巴东—宜昌、宣城—绩溪、南昌—景德镇—黄山、石门—张家界—吉首—怀化等铁路。

⑲ 西部地区。玉屏—铜仁—吉首、绵阳—遂宁—内江—自贡、昭通—六盘水、兰州—张掖、贵港—玉林等铁路。

⑳ 发展城际客运铁路。在优先利用高速铁路、普速铁路开行城际列车服务城际功能的同时，规划建设支撑和引领新型城镇化发展、有效连接大中城市与中心城镇、服务通勤功能的城市群城际客运铁路。京津冀、长三角、珠三角、长江中游、成渝、中原、山东半岛等城市群，建成城际铁路网；海峡西岸、哈长、辽中南、关中、北部湾等城市群，建成城际铁路骨架网；滇中、黔中、天山北坡、宁夏沿黄、呼包鄂榆等城市群，建成城际铁路骨干通道。

3. 我国目前开通运营的部分高速铁路简介

(1) 京津城际铁路。

2008年8月1日，我国第一条具有自主知识产权、具有国际一流水平的高速城际铁路——京津城际铁路正式开通运营。线路全长113.544 km，途设北京南、亦庄、武清、天津等4座车站，正式运营时速为350 km/h，成为世界上运营中的列车速度之最，CRH3“和谐号”动车组更于2008年6月24日跑出394.3 km/h的时速，图1-6所示为行驶在京津城际铁路上的“和谐号”动车。

(2) 武广客运专线。

武广客运专线为京广客运专线的南段，位于湖北、湖南和广东境内，于2005年6月23日在长沙首先开始动工。全长约1068.8 km，投资总额1166亿元。2009年12月26日正式运营。设计速度为350 km/h，试车最高时速394.2 km/h，这条高速大动脉将广州至武汉间旅客列车运行时间由目前的11小时缩短至3小时，将极大缓解既有京广铁路特别是武汉至广州间运输紧张状况，是世界上第一条时速350 km/h的长大客运干线，图1-7为武广客运专线。



图 1-6 “和谐号”动车组运行在京津城际铁路上



图 1-7 武广客运专线

(3) 郑西客运专线。

郑西铁路客运专线东起郑州国家综合交通枢纽的新郑州东站(即新郑州站)，向西经过洛阳市、三门峡市、渭南市，西至西安枢纽的西安北站(新建)，分别连接京港高铁、京广铁路大通道(包括京广深客运专线、京广线)、大湛通道、包柳通道。正线长456.639 km，另由西安北站向西延伸至陇海线咸阳西站，线路长27.879 km。郑西客运专线于2005年9月25日正式开工，2009年12月28日正式投入运营，设计速度为350 km/h。郑西客专穿越豫西山地和渭河冲积平原，南倚秦岭，北临黄河，沿线80%区段为黄土覆盖，湿陷性黄土区施工技术是最大的技术难题。图1-8为郑西客运专线线路图。

(4) 京沪高速铁路。

京沪高速铁路于 2008 年 4 月 18 日开工，从北京南站出发终止于上海虹桥站，总长度 1 318 km。全线为新建双线，设计时速 380 km/h，安全运营速度 350 km/h，总投资约 2 209 亿元。全线纵贯北京、天津、上海三大直辖市和河北、山东、安徽、江苏四省。是新中国成立以来一次建设里程最长、投资最大、标准最高的高速铁路。2011 年 6 月 30 日正式开通运营。图 1-9 为京沪高速铁路沿线。



图 1-8 郑西客专



图 1-9 京沪高铁沿线

(5) 兰新高铁。

作为国家“十二五”综合交通体系规划的重点区域性建设工程，兰新高铁（原称兰新第二双线）自 2009 年 11 月正式开工，2014 年 12 月正式投入运营。该线路作为现代“钢铁丝绸之路”的重要组成部分，线路横跨甘肃、青海、新疆 3 省区，全长 1 775.779 km。兰新高铁设计速度 200 km/h，其中兰州至西宁段，哈密至乌鲁木齐段预留 250 km/h 条件，是一次性开通里程最长的线路。作为我国首条在高原、高海拔、高寒地区修建的客运专线铁路，兰新第二双线还肩负着探索在同类地区修建高铁的若干技术关键环节的重任，也是我国承担俄罗斯莫斯科至喀山高铁的一个重要支撑，对西部铁路建设的进一步发展具有十分重要的作用，图 1-10 为运营中的兰新高铁。



图 1-10 运营中的兰新高铁

(6) 哈大高铁。

哈大高速铁路是中国境内一条连接哈尔滨市与大连市的高速铁路；线路呈南北走向，为

中国东北地区的干线铁路之一。哈大高速铁路北起哈尔滨西站、南至大连北站，线路全长 921 km，共设 22 座车站；设计速度 350 km/h，列车运营速度 300 km/h。哈大高速铁路于 2007 年 8 月 23 日开工建设，于 2010 年 12 月 28 日全线完成铺轨，于 2012 年 12 月 1 日竣工运营，沈哈段于 2013 年纳入“八纵八横”高铁路京哈通道。哈大高速铁路是中国国内首条高寒地带客运专线，采用防开裂的双向预应力 CRTS Ⅱ 型板式无砟轨道结构；动车组经由的道岔设置融雪设施，牵引供电系统设接触网融冰装置，防灾监控系统设雪灾监控子系统；路基冻结深度范围内填筑非冻胀性填料；路基高度小于季节冻深地段设置降水设施；低路堤地段设置防冻胀护道；地下排水设施出水口采用防冻胀设计；路基间排水采取轨道板底座内设置钢管外排设计。

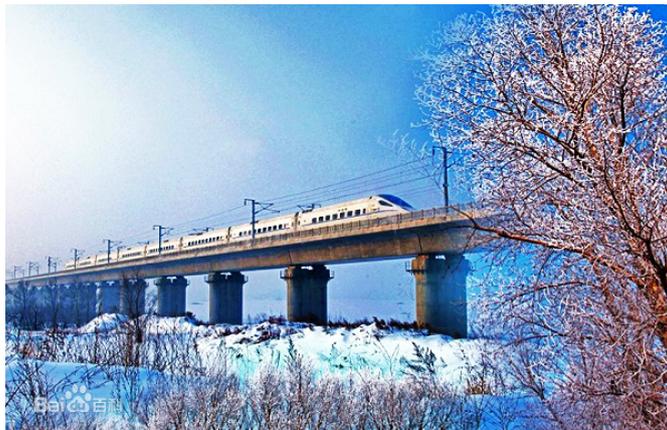


图 1-11 哈大高铁

4. 新时代交通强国铁路先行规划纲要

2020 年 8 月 13 日，中国国家铁路集团有限公司发布《新时代交通强国铁路先行规划纲要》，明确提出了我国铁路发展建设目标。从 2021 年到 21 世纪中叶，分两个阶段目标推进。

到 2035 年，率先建成服务安全优质、保障坚强有力、实力国际领先的现代化铁路强国。基础设施规模质量、技术装备和科技创新能力、服务品质和产品供给水平世界领先，运输安全水平、经营管理水平、现代治理能力位居世界前列，绿色环保优势和综合交通骨干地位、服务保障和支撑引领作用、国际竞争力和影响力全面增强。

(1) 现代化铁路网率先建成。铁路网内外互联互通、区际多路畅通、省会高效连通、地市快速通达、县域基本覆盖、枢纽衔接顺畅，网络设施智慧升级，有效供给能力充沛。全国铁路网 20 万公里左右，其中高铁 7 万公里左右。20 万人口以上城市实现铁路覆盖，其中 50 万人口以上城市高铁通达。

(2) 创新引领技术自主先进。铁路自主创新能力和产业链现代化水平全面提升，铁路科技创新体系健全完善，关键核心技术装备自主可控、先进适用、安全高效，智能高铁率先建成，智慧铁路加快实现。

(3) 运输服务供给品质一流。高效率的全程服务体系和高品质的产品供给体系更加完善，全国 1、2、3 小时高铁出行圈和全国 1、2、3 天快货物流圈全面形成，人享其行、物畅其流，安全优质、人民满意。

(4) 铁路运输安全持续稳定。人防、物防、技防“三位一体”的安全保障体系健全有力，本质安全水平、安全预防及管控能力、应急处置及救援能力全面提升，高铁和旅客列车安全得到可靠保障，铁路交通事故率、死亡率大幅降低。

(5) 运营效率效益更加优良。运输效率、资源配置效率、资本运营效率持续提升，市场规模、经营发展质量不断跃升，主要运输经济指标保持世界领先，主要经营效益指标位居世界前列，国铁资本做强做优做大，国铁集团成为世界一流企业。

(6) 铁路治理体系健全高效。党对铁路的全面领导坚强有力，铁路管理体制机制更加健全，制度更加完备，人才队伍精良，市场环境优良，发展活力增强，国铁企业的行业主体作用突出，治理体系和治理能力实现现代化。

(7) 绿色骨干优势充分发挥。铁路与其他交通运输方式实现深度融合、优势互补，铁路比较优势更好发挥，铁路的客货运输市场份额持续提升，在现代综合交通运输体系中的骨干作用和地位明显增强。

(8) 支撑引领作用全面增强。铁路服务经济社会发展的作用更加显著，应对突发事件及自然灾害、完成急难险重任务、服务重大战略、维护国家安全的能力全面提升，铁路成为社会主义现代化建设的重要支撑。

(9) 国际竞争力影响力跃升。中欧班列成为具有国际影响力的世界知名铁路物流品牌，中国成为全球铁路科技创新高地，铁路走出去的产业链和价值链向中高端聚集，中国铁路国际竞争力和影响力显著提升。

到 2050 年，全面建成更高水平的现代化铁路强国，全面服务和保障社会主义现代化强国建设。铁路服务供给和经营发展、支撑保障和先行引领、安全水平和现代治理能力迈上更高水平，智慧化和绿色化水平、科技创新能力和产业链水平、国际竞争力和影响力保持领先，制度优势更加突出。形成辐射功能强大的现代铁路产业体系，建成具有全球竞争力的世界一流铁路企业。中国铁路成为社会主义现代化强国和中华民族伟大复兴的重要标志和组成部分，成为世界铁路发展的重要推动者和全球铁路规则制定的重要参与者。

1.2 高速铁路主要技术经济优势

高速铁路技术是当代世界铁路的一项重大技术成就，高速铁路之所以受到各国政府的普遍重视绝非偶然，是因为它克服了普通铁路速度较低的不足，是解决大量旅客快速输送问题的最有效途径，已成为世界各国铁路普遍发展的趋势。与高速公路的汽车运输和长途航空运输比较，高速铁路的主要技术经济优势表现以下几个方面。

1. 速度快

速度是高速铁路的技术核心，也是其主要的技术经济优势所在。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。近几年相继建成的高速铁路，其最高运行速度都可达到 350 km/h。法国、日本、德国、西班牙和意大利高速列车的最高运行时速分别达到了 350 km、300 km、330 km、270 km、250 km。

除了最高速度以外，旅客更关心旅行时间，旅行时间由三部分组成：一是由出发地（家）至始发站（港）的走行（或短途运输方式的运行）时间及等待时间；二是所乘坐的交通运输方式由始发站（港）至到达站（港）的旅行时间；三是由到达站（港）至目的地（家）的走行（或短途运输方式的运行）时间。日本、法国、德国、西班牙、意大利在部分区段上统计的旅行速度可达 242.5 km/h、245.6 km/h、192.4 km/h、217.9 km/h、163.7 km/h。武广客运专线 350 km/h 动车组旅行速度为 280 km/h，如果旅客出行的附加时间以高速公路为零，高速铁路为 1.0h，航空为 2.5h（上飞机前 1.5h，下飞机后 1.0h），汽车平均运行速度取 120 km/h，飞机飞行速度取 700 km/h，高速铁路最高运行速度分别取 200 km/h、250 km/h、300 km/h、和 350 km/h，从旅客总时间进行比较，其有利吸引范围为：

- (1) 小汽车：优势距离在 200 km 以内。
- (2) 航空：优势距离在 1 000 km 以上。
- (3) 高速列车：速度为 200 km/h，优势距离仅为 300 ~ 500 km；
速度为 250 km/h，优势距离为 250 ~ 600 km；
速度为 300 km/h，优势距离为 200 ~ 800 km；
速度为 350 km/h，优势距离为 180 ~ 1 100 km。

2. 运能大

目前，各国高速铁路几乎都能满足最小行车间隔 4 min 及其以下（日本可达 3 min）的要求。日本东海道新干线高峰期发车间隔为 3 min，平均每小时发车达 11 列，在东京与新大阪间的 2.5 h 的运行路程中，开行“希望”号 1 列、只停大站的“光”号 7 列，以及各站都停的“回声”号 3 列，每列车可载客 1 200 ~ 1 300 人，年均输送旅客达 1.2 亿人次，品川站建成后，东京站每小时可发车 15 列。东海道新干线目前每天旅客发送人数是开通之初的 6 倍多，最高达到 37 万人/日。其他国家由于铁路客运量比日本要少，高速铁路日行车量一般在 100 对以内。目前最大的飞机可乘坐 300 ~ 400 人，两地飞行按单向每天 20 架计算，每天单向输送旅客仅 7 000 ~ 8 000 人。

高速铁路旅客列车最小行车间隔可达到 3 min，列车密度可达每小时 20 列，每列车载客人数也比较多，如采用动力分散方式及双层客车，其列车定员可达 1 200 ~ 1 500 人/列，理论上每小时的输送能力可以达到 $2 \times 24\,000 \sim 2 \times 30\,000$ 人。4 车道的高速公路每小时的输送能力约为 $2 \times 4\,800$ 人，两条跑道的机场每小时的吞吐能力约为 $2 \times 6\,000$ 人。可见高速铁路的运输能力是高速公路和民用航空等现代交通运输方式不可比的。

3. 安全性高

安全是人们出行选择的交通运输方式最关心的因素。尽管各种现代交通运输方式都在竭力提高自身的安全性能，但交通事故仍有发生。日本每 10 亿人·km 死亡人数既有铁路为 1.97 人，汽车为 18.3 人。欧洲铁路共同体 14 个成员国，每年因公路交通事故死亡 54 000 人，伤 170 万人，超过铁路的 125 倍。美国死于高速公路交通事故者每年约 5 万人，伤亡人数则高

达 200 多万人。据研究，我国交通运输中每 1 亿人·km 交通事故死伤人数公路为死亡 10.5 人，重伤 24.88 人；民航为死亡 0.1 人，受伤 0.01 人；铁路为 0.29 人，重伤 0.72 人。

高速铁路采用了先进的列车运行控制系统，能保证前后两列车有必要的安全距离，防止列车追尾及正面冲撞事故。几乎与行车有关的固定设施与移动设备，都有信息化程度很高的诊断与检测设备，并有科学的养护维修制度。对一些有可能危及行车安全的自然灾害，设有预报预警装置。所有这些构成了高速铁路现代化的、完善的安全保障系统。这一系统可以防止人为的过失、设备保障及自然灾害等突发事件引起的事故。

4. 准确性高

高速铁路的安全保障系统不但保证了高速列车运行安全，也使铁路运输全天候的优势得到了更充分的发挥。除可危及行车安全的自然灾害外，几乎不受大气和气候条件的影响，24 h 内都可以安全地正常运行。

随着生活节奏的加快，人们除了时间价值观念日益增强外，还对较普通运输的准确性提出了更高的要求。航空运输受气候影响，航班很难做到准点，有时还会停航。高速公路经常发生堵塞，行车延误在所难免。由于高速铁路事故几乎为零，再加上全天候都可正常运行，因此高速列车始终是在一个十分稳定的系统中运行，其正点率非常高。日本东海道新干线列车平均晚点不到 0.3 min。这是其他任何一种现代交通运输方式都做不到的。西班牙 AVE 高速列车晚点 5 min，就要向旅客退回全部票款。这是其他任何一种现代交通方式不敢承诺的。

5. 能耗少

交通运输是能源消耗大户，能耗标准是评价交通运输方式优劣的重要技术标准。研究表明：若以普通铁路每人公里消耗的能源为 1 单位，则高速铁路为 1.3，公共汽车为 1.5，小汽车为 8.8，飞机为 9.8。高速铁路大约是小汽车和飞机的 1/5。高速铁路使用的是二次能源——电力，而汽车、飞机使用的是不可再生的一次能源——石油。随着水电和核电的发展，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，选择发展高速铁路的原因之一。

6. 占地少

交通运输，尤其是陆地上交通运输，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 9.6~14 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；4 车道的高速公路每千米用地要用地 105 亩。高速铁路占地只有 4 车道的高速公路的 2/3，而每小时可完成的运量却是 4 车道高速公路的 4 倍以上。一个大型飞机场，包括跑道、滑行道、停机坪、候机大楼及其他设施，面积大，又多为市郊良田。500 km 的法国 TGV 高速铁路相当于一个大型机场用地。

7. 工程投资低

工程投资是制约某种现代交通运输方式能否得到迅速发展的重要因素。高速铁路的工程

投资要高于普通铁路，但并不比高速公路高。例如，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%。高速铁路工程投资在高速交通中是比较低的。

8. 污染环境轻

环境保护已成为全球性的紧迫问题，发展交通运输应注意环境生态问题，交通运输污染环境主要是废气和噪声。在旅客运输中，各种交通工具有害物质的换算排放量，公路每 1 人·km 排放 CO 为 0.902 kg，公路为铁路的 8 倍。铁路的噪声污染也是最低的，日本以航空运输每 1 000 人·km 产生的噪声为 1，则小轿车为 1，大轿车为 0.2，高速铁路仅为 0.1。高速电气化铁路基本上消除了粉尘、烟油和其他废气污染，噪声比高速铁路低 5~10 dB(A)。一架喷气式客机平均每小时排放 46.8 kg 的 CO₂、635 kg 的 CO、15 kg 的 SO₃，这些物质在大气中要停留约 2 年以上，是造成大面积酸雨，是植被生态遭到破坏和建筑物遭受侵蚀的主要原因。根据我国的研究，每 1 人·km 污染治理费用，如以高速铁路为 1，则高速公路为 3.76，飞机为 5.21。有识之士建议，为防止地球上臭氧层被破坏而造成的气候异常现象，除应力争使汽车排放的废气减少 25%和控制高速公路的发展之外，还应力争以高速铁路网部分替代国内和国际大城市间的航空运输。

9. 舒适度高

随着生活水平的提高，乘坐舒适是人们出行选择交通运输方式的重要条件之一。高速铁路线路平顺、稳定、列车运行平稳，震动和摆动幅度很小。每一旅客所占有的活动空间，高速铁路比汽车和飞机都大得多，座位宽敞，设施先进，装备齐全，乘坐非常舒适而近似于享受，这些是飞机和汽车难以做到的。

10. 效益好

高速公路的交通堵塞和事故给国民经济带来了巨大损失，欧共体国家用于解决高速公路堵塞的费用约占国民生产总值的 2.6%~3.1%，总金额在 900~1 100 亿美元之间，相当于整个欧洲高速铁路网的全部投资；用于处理公路事故的费用也占国民生产总值的 2.5%。

修建高速铁路的直接经济效益是很好的。据统计，日本东海道新干线总投资为 3 800 亿日元，由于投入运营后客流迅速增长，而运输成本只有飞机的 1/5，正式投入运营的第 7 年便全部收回投资，其直接经济效益在 20 世纪末，已是投资额的 13.5 倍。1964~1985 年间，日本的东海道新干线的营业系数（营业支出与营业收入之比）就达到了 0.42，山阳新干线的营业系数为 0.66。法国 TGV 高速线运营情况也很好，20 世纪 90 年代中期，TGV 东南线和大西洋线净赢利率就分别达到 31%及 21%，运营 11 年或 12 年就能偿还投资。

1.3 高速铁路基础设施

铁路基础设施是指构成铁路路网的固定设施，是行车的基础和保障，它由线路、桥涵、隧道、站场、电力、通信信号等系统组成，此外还包括雨量监测、风速风向监测、异物入侵报警、地震监测在内的高速铁路防灾安全系统。铁路基础设施资产规模很大，达到全路运输

业固定资产的 70%~80%。

1. 路 基

路基是轨道的基础，也叫线路下部结构。高速铁路的出现对传统铁路路基的施工和养护提出了新挑战。与普速铁路路基相比，高速铁路路基主要表现为以下三个特点：

(1) 高速铁路路基为多层结构系统。与传统的轨道、道床、土路基结构形式相比，高速铁路路基结构既能用于有砟轨道，也能用于无砟轨道。对于有砟轨道，在道床和土路基之间，已抛弃了将道砟层直接放在土路基上的结构形式，构成了多层结构系统。

(2) 控制变形是路基设计的关键。采用各种不同路基结构形式的首要目的是为了给高速线路提供一个高平顺、均匀和稳定的轨下基础。由散体材料组成的路基是整个线路结构中最薄弱、最不稳定的环节，是线路变形的主要来源。日本东海道新干线的设计速度为 220 km/h，由于其在设计中仅采用了轨道的加强措施，而忽略了路基的强化，以至于从 1965 年起，因为路基的严重下沉，线路变形严重超标，不得不对线路大举整修，列车运行平均速度降到 100~110 km/h。

(3) 路基质量的重要性更加突出。路基沉降变形问题相当复杂，是一个世界性的难题。日本及欧洲等国虽然实现了高速，但都是通过采用高标准的强化线路结构和高质量的养护维修技术来弥补这方面的不足。

图 1-12 是兰新高铁某区段路基照片。



图 1-12 兰新高铁路基

2. 桥 梁

高速铁路大量使用桥梁结构形式，桥梁占比较大。高速铁路桥梁有以下三个特点：

(1) 桥梁结构的比例明显增多。高速铁路中桥梁的比例大，高架桥和长桥多。桥梁同时也是保证建设周期和安全运营的关键。其原因是在软土地区及其他地质条件较差的地区，修建桥梁作为轨道下部基础，可以利用桥梁刚度大、变形小的特点，来保证轨道的平顺性，以满足高速行车的需要。例如沪宁高速铁路南京至上海段正线共有特大桥 57 座，总长

186.047 km，占线路总长 50%以上。

(2) 桥梁变形控制更加严格。桥上线路与路基上、隧道中的线路不同，除了基础沉降外，桥梁结构在列车活载通过时产生的变形和振动，风力、温度变化、日照、制动、混凝土徐变等因素作用下产生各种变形，会干扰线路平顺性。

(3) 重视线桥相互作用。高速铁路修建时需一次铺设跨区间无缝线路，以保证轨道的平顺和稳定，而桥梁在列车荷载、制动和温度变化时要产生位移，当梁、轨体系产生相对位移时，桥上钢轨会产生附加应力。因此，高速铁路桥梁必须考虑梁轨相互作用，尽量减小桥梁的位移和变形，以限制桥上钢轨的附加应力，保证桥上无缝线路的稳定和行车安全。

图 1-13、图 1-14 是高速铁路某区段的桥梁实景。



图 1-13 高速铁路桥梁直线段



图 1-14 高速铁路桥梁曲线段

3. 隧 道

高速铁路隧道与一般铁路隧道相比有诸多不同，主要体现在空气动力学特性方面。当列车高速进入隧道时，由于隧道边壁限制了隧道内空气侧向和向上流动，使列车前方空气受压，气压升高，随着列车通过，气压随之降低，即隧道内某一点的空气会经历先压缩后膨胀的瞬变过程；另外车辆进入隧道口时会产生压力脉冲，使旅客的耳朵产生不适；微气压波也会产生空气动力学噪声，对附近建筑物产生影响。因此，对隧道的洞口段、横断面、隧道结构的耐久性、洞内设施等都提出了较高的要求。

图 1-15 是高速铁路某区段隧道出口实景。



图 1-15 高速铁路某隧道出口实景

4. 轨道

有砟轨道是铁路的传统结构，但随着行车速度的提高，其不均匀沉降产生的列车振动会使得轨道破损和变形加剧，从而使维修工作量显著增加，维修周期明显缩短。根据德国高速铁路资料，当行车速度为 250 ~ 300 km/h 时，其线路维修费用约为行车速度为 160 ~ 200 km/h 时的 2 倍。同时，考虑在桥隧结构上，无砟轨道减少了二期恒载和建筑高度，较有砟轨道更为有利。无砟轨道在高速行车时不用担心道砟飞溅。无砟轨道应用已从桥梁、隧道发展到土质路基和道岔区。如沪宁高速铁路铁路正线 K0 + 955 ~ K291 + 435 段及引入虹桥站联络线均采用无砟轨道结构。图 1-16 是高速铁路某区段无砟轨道实景图。



图 1-16 高速铁路某区段无砟轨道

5. 车站房建

高速铁路车站房建设备具有以下特点：

(1) 由于客流较大的原因，高速铁路车站的站房屋架、雨棚普遍采用大跨度网架结构，如广州南站房屋架跨度达 68 m。

(2) 高铁站房在设计时不仅要考虑结构的可靠性和耐久性，还要考虑舒适美观的效果，大量选用新型建筑材料。

(3) 高速铁路的车站房建设备, 包括雨棚、站台帽、挡水板、吸音板、跨线天桥、跨线候车室及其给排水、消防设备设施, 均与行车紧密相关, 直接涉及运输安全。

图 1-17 为兰州西客站总体规划效果图。



图 1-17 兰州西客站总体规划效果

6. 牵引供电系统

牵引供电系统主要由牵引变电所和接触网两部分组成, 所以将电力机车、牵引变电所和接触网称为电气化铁道的三大元件。电力机车靠其顶部升起的受电弓和接触网接触获取电能。牵引变电所将电力系统输送来的 110 kV 三相交流电变换为 27.5 kV (或 55 kV) 单相电, 然后以单相供电方式经馈电线送至接触网上, 电压变化由牵引变压器完成。电力牵引供电系统是指从电力系统接受电能, 通过变压、变相后, 向电力机车供电的系统。

牵引供电回路是由牵引变电所、馈电线、接触线、电力机车、钢轨、大地或回流线构成, 另外还有分区亭、开闭所、自耦变压器站等。

图 1-18 为高速铁路接触网实景图。



图 1-18 高速铁路接触网实景

7. 通信信号系统

通信信号系统是高速铁路服务安全正点的重要保障, 它以车站设备为基础、通信网络为

骨架，集调度指挥、行车控制、设备监测和信息管理等功能于一体，包括信号网络系统、运输调度指挥系统（调度集中 CTC 系统）、列车运行控制系统、计算机联锁系统、信号设备集中监测系统、信号供电系统等。图 1-19 是高速铁路列车运行控制系统设备组成示意图。

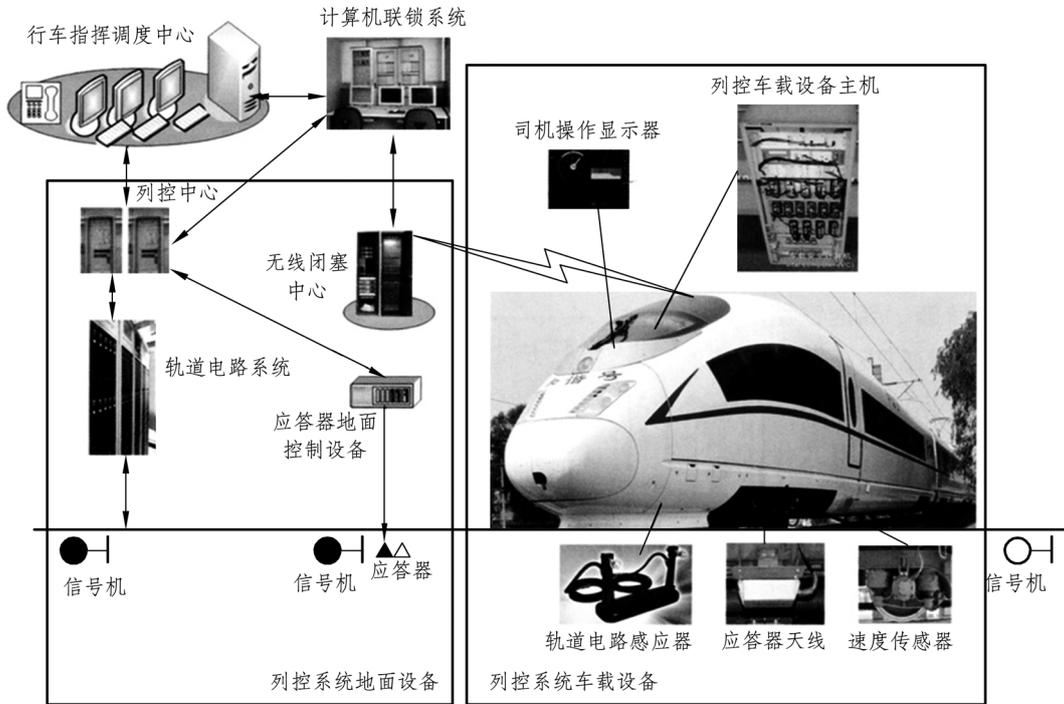
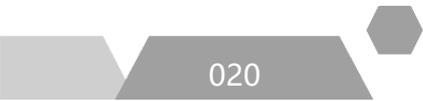


图 1-19 高速铁路列车运行控制系统设备组成示意

习题

- 1-1 高速铁路的定义是什么？
- 1-2 高速铁路的主要技术经济优势体现在哪些方面？
- 1-3 高速铁路的基础设施主要包括哪些方面？



020