

中国高铁出版工程——科普系列

高铁知识趣谈

GAOTIE ZHISHI QUTAN

编著：胡启洲



西南交通大学出版社



胡启洲

博士生导师、东南大学博士

清华大学博士后、香港大学访问学者

南京理工大学高速铁路科学研究所所长

河南理工大学特聘教授

江苏省高校“青蓝工程”中青年学术带头人

江苏省“六大人才高峰”高层次人才培养者

International journal for traffic

and transport engineering 杂志编委

主要从事高速铁路、交通运输工程、不确定性数学理论研究。近年来承担了30多项科研项目，其中：主持国家自然科学基金面上项目1项、中国博士后基金项目1项、国家铁路局研究项目1项、国家统计局科学研究项目1项、河南省重点科技攻关项目1项、江苏省地方标准项目1项、江苏省高层次人才项目1项，参加了国家863项目2项、国家科技支撑计划项目4项、省部级项目多项。在国内外重要学术刊物和国际会议上发表论文70多篇，出版专著6部、教材2部，获发明专利10多项、软件著作权3项，获省部级奖励2项。其博士学位论文被评为江苏省优秀博士学位论文和东南大学优秀博士学位论文。

联系方式: qizhouhu@163.com

中国高铁出版工程——科普系列

高铁知识趣谈

编著：胡启洲



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

高铁知识趣谈 / 胡启洲编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2021.11

ISBN 978-7-5643-7925-4

I. ①高… II. ①胡… III. ①高速铁路—介绍—中国
IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 262690 号

高铁知识趣谈

编著: 胡启洲

出 版 人	王建琼
策 划 编 辑	黄庆斌 周 杨
责 任 编 辑	杨 勇
封 面 设 计	曹天擎
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)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川煤田地质制图印刷厂
成 品 尺 寸	170 mm × 230 mm
印 张	10.75
字 数	160 千
版 次	2021 年 11 月第 1 版
印 次	2021 年 11 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-7925-4
定 价	35.00 元

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

“科技强国，科普及惠民”。高速铁路（High-Speed Railway, HSR），简称高铁，作为一种安全可靠、快捷舒适、运载量大、低碳环保的运输方式，已经成为世界交通业发展的重要趋势。目前世界上有中国、西班牙、日本、德国、法国、瑞典、英国、意大利、俄罗斯、土耳其、韩国、比利时、荷兰、瑞士等 20 多个国家和地区已经有了高速铁路。“交通强国，筑梦前行”，虽然中国高速铁路发展时间较晚，但在高速铁路领域发展迅速，取得了举世瞩目的成就，并引领着世界高铁的发展潮流。《高铁知识趣谈》作为一本介绍高铁基本概念、相关术语、设计理念与发展历程等的科普读物，主要从理论与技术两个不同的方面，向读者阐述高铁的内涵，特别是深入浅出地解读了高铁的专业术语、运营原理、设计方法、系统组成等内容。本书内容架构，如图 1。

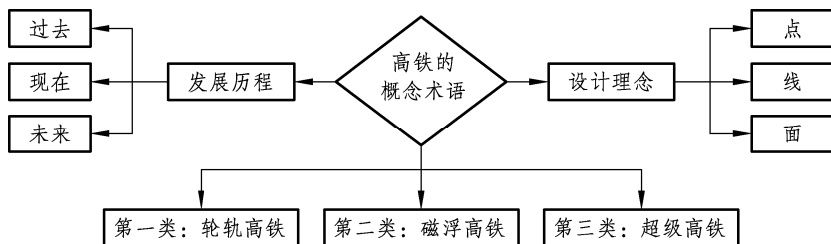


图 1 本书内容架构

本书具体解读三类高铁——轮轨高铁（Wheel high-speed railway）、磁浮高铁（Maglev high-speed railway）、超级高铁（Super-speed railway）等的相关术语、诞生条件及发展历程，特别是各类高铁的参数界定和速度分类。全书主要从“点、线、面”的角度，阐述高铁的设计理念：首先，从“点”的角度，解析动态点（高速列车）和静态点（高速车站）的设计理念；其次，从“线”的角度，解析经典高铁线路的设计理念；最后，从“面（线网）”

的角度，解析我国的“四纵四横”高铁网络，以及“八纵八横”的高铁网络。

“悬壶济世，普照苍生”。编写科普读物，将专业知识普及大众是我们每个人的最高追求。

本书由胡启洲老师团队创作，团队成员主要有邱乐侠、陈杰、丛子荃、岳民、马超、高洁、吴翊凯等人。编写本书，编著者参考了众多学术著作和专业资料，对其作者表示诚挚的谢意；书中部分图片和内容来自网络，由于来源复杂，有些无法找到源头，在此对其原作者和相关人员表示感谢和敬意；本书写作中还得到编辑部同人的无私帮助，对其表示衷心感谢。

本书语言通俗、图文并茂、简单易懂，适合作为高铁爱好者的读物，也可以作为科研工作者、工程技术人员、管理工作、大专院校师生的读物。但由于时间较紧和水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请大家赐教批评。

编著者

2021年5月

目 录

第 1 章 高铁的基本知识	1
1.1 高铁的产生条件	3
1.2 高铁的发展条件	5
1.3 高铁的四个阶段	5
1.4 高铁的三次飞跃	7
1.5 高铁的不同类型	10
第 2 章 高铁的常用术语	14
2.1 高铁的四种模式	15
2.2 高铁的三种类型	19
2.3 高铁的技术特性	26
2.4 高铁的速度界定	33
第 3 章 高铁的设计理念	40
3.1 高铁列车的设计理念	42
3.2 高铁站点的设计理念	96
3.3 高铁线路的设计理念	107
3.4 高铁线网的设计理念	113
第 4 章 高铁的发展历程	118
4.1 高铁的“昨天之历程”	119
4.2 高铁的“今天之魅力”	127
4.3 高铁的“明天之愿景”	146
参考文献	165

第 1 章 高铁的基本知识

“没有最快，只有更快”，速度和运能是人类对交通运输的永恒追求。因此，无论哪种交通工具（火车、汽车、飞机、轮船等交通工具），人类不但要求它跑得快，而且要求它运能大。虽然飞机是目前运行最快的交通工具，但飞机的运能有限；普通火车虽然是目前运能最大的交通工具，但普通火车的运行速度较慢。所以，人类对交通工具的追求步伐，一直没有停止。“快速度、大运量”，高速铁路（High-Speed Railway，简称高铁）就是人类对交通工具追求的智慧结晶。三种交通方式的对比见图 1.10。

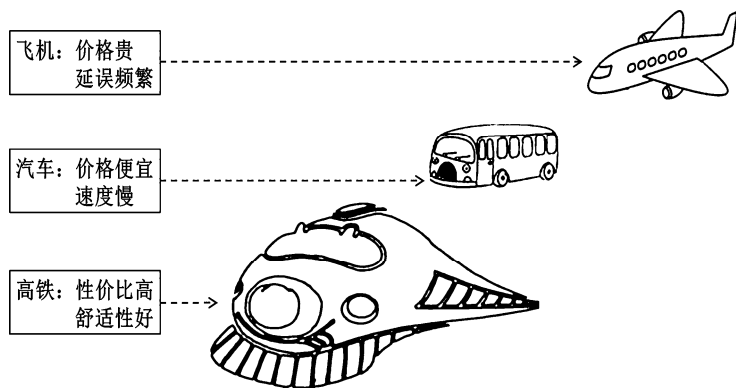


图 1.1 三种交通方式对比较

自从 1964 年 10 月 1 日高铁运营以来，高铁经历了“四次发展”和“三次飞跃”。目前，世界上有 20 多个国家和地区已经规划、建设和运营着高速铁路，可以说世界已经进入高铁时代，如图 1.2。

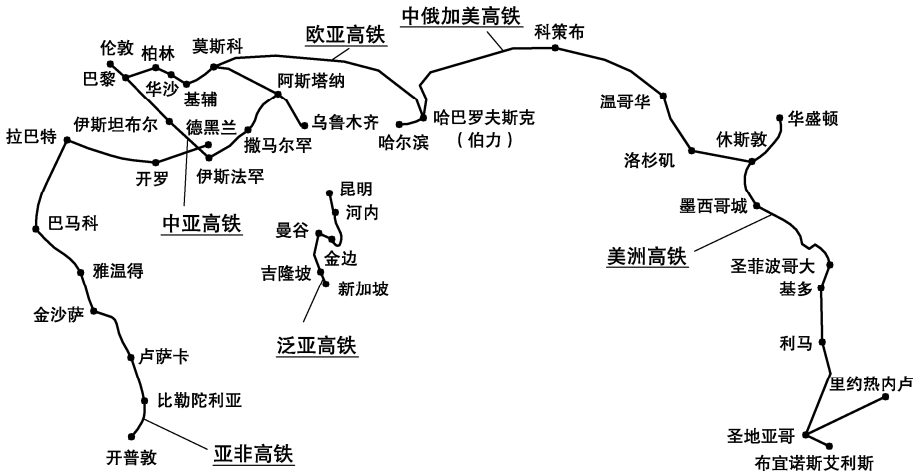


图 1.2 世界高速铁路规划示意图

高速铁路中“高速”是高铁的品质，“铁路”是高铁的属性，“高铁”是高速铁路的简称。高铁是由专用线路、高速列车和专用控制系统等组成的大系统，因此高铁是一个系统概念，不是个体概念。由于高铁除了轮轨式的高铁外，还有磁悬浮高铁（也叫磁浮高铁）和超级高铁，所以高铁还有狭义高铁（常规高铁，主要指轮轨高铁）和广义高铁（包括轮轨高铁、磁浮高铁和超级高铁）之分。

“交通强国，铁路先行”。目前，高速铁路已经成为世界各国交通发展中的一个热点问题，这是因为高速铁路具有其他交通工具难以比拟的技术优势：

(1) 高铁的速度快。一方面，从实验速度来说：2007年4月，法国轮轨高铁TGV列车曾创出574.8km/h的世界运行纪录；2015年12月，日本磁悬浮高铁创出603 km/h的世界纪录；2016年3月，美国超级高铁创出1 000 km/h的世界纪录（超过了飞机常规飞行速度）。另一方面，从运营速度来说：中国高铁运营速度保持在350 km/h左右。

(2) 高铁的运量大。高铁除了自身载重量大，而且发车间隔小，如日本高速列车间隔时间可达到4 min，单向每小时可开12列列车，这是公路和航空所无法相比的。

(3) 高铁的安全性高。高铁不但建设精致，而且管理水平也高。高铁的车辆、站点、线路设施的质量和精度都很高，而且高速列车运行控制系统也很智能化。因此，世界各国的高速铁路极少发生人身伤亡事故。

(4) 高铁的准点率高。高速列车可以全天候运行，不受雨、雪、雾、风的影响，即使地震环境下，也能采取有效预警机制，保障安全。

(5) 高铁的环境友好。高铁不但能耗低、节约用地，而且具有环境污染轻（噪声低、振动小，使用清洁能源）、舒适度高等特点。

1.1 高铁的产生条件

“速度”是高铁的灵魂，“运能”是高铁的载体。高铁作为一种交通工具，正好满足人类需求：快速和重载。

(1) “速度”是高铁产生的必要条件。速度是人类对交通工具的基本要求。正是高铁的快速性和高效性，高铁才得到大力发展。高铁速度和其他交通工具速度的对比性，见图 1.3 和表 1.1。

表 1.1 不同类型的高铁的速度

名称		试验速度 (km/h)	运营速度 (km/h)	国家	备注	
第一类型	轮轨 高铁	低速轮轨高铁	220	200	日本	技术已经成熟
		中速轮轨高铁	335	250	德国	
		高速轮轨高铁	574.8	320	法国	
第二类型	磁浮 高铁	低温磁浮高铁	343	350	日本	技术已经掌握， 但不成熟
		常温磁浮高铁	438	380	德国	
		高温磁浮高铁	603	500	日本	
第三类型	超级 高铁	低速超级高铁	1 000	—	美国	技术研发阶段
		中速超级高铁	1 200	—	美国	
		超速超级高铁	6 500	—	美国	

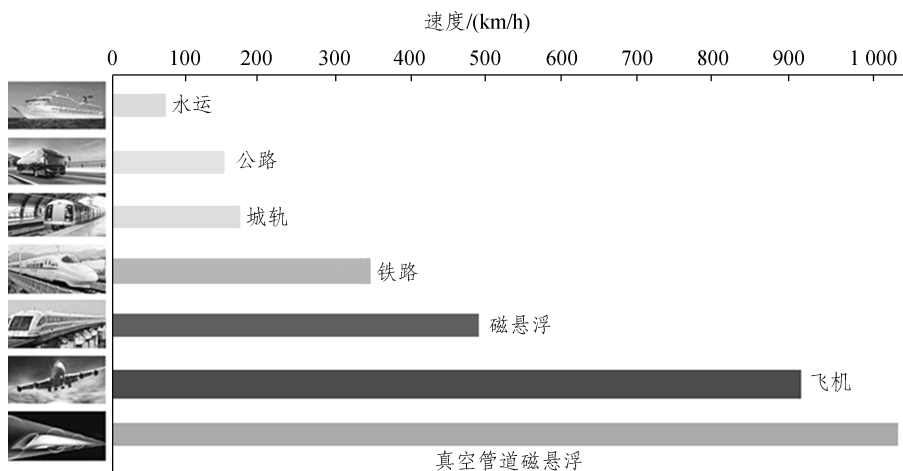


图 1.3 不同交通工具的运营速度

(2)“载重”是高铁产生的充分条件。载重也是人类对交通运输工具的基本要求。无论哪一种交通工具，人们都希望载重量越大越好，以满足人们对货运和客运的基本需求。而在相同条件下，高铁的载重量是目前所有交通工具中最大的，见表 1.2。

表 1.2 不同交通工具的载重量

名称	货 运			客 运		
	载重量 /t	国家	备 注	载重量 /人	国家	备 注
汽车	7.265	美国	通用汽车公司的凯迪拉克改装而成的，车身长达 21.93 m	200	德国	双层公交车
轮船	260 581	新加坡	诺克·耐维斯号 (Knock Nevis)	5 375	英国	“海洋独立号”是“世界最大的超级邮轮”
飞机	450	乌克兰	安 225 运输机	840	法国	空中客车 A380-800
火车	10 万	俄罗斯	由 44 辆车组成、全长 6.5 km	3 560	印度	超载条件下
高铁	2	德国	设计货运高铁	1 634	日本	新干线

1.2 高铁的发展条件

1964 年 10 月，世界上第一条真正意义上的高速铁路东海道新干线（东京—大阪）在日本正式通车，标志着世界高速铁路新纪元的到来。经过几十年发展，高铁经历了“从无到有、从有到多、全球共享”的过程，但无论高铁怎样发展，其发展必须满足 3 个条件：“天时”“地利”“人和”。

第一条条件：“天时”。主要是经济要求：国家或地区的经济必须发达。因为高铁研发、建设、运营、管理和维护，都需要很高费用。所以，没有一定经济基础的国家或地区，就无法建设和运营高铁。目前，拥有高铁的国家和地区，基本上都是经济发达的国家和地区，如日本、法国、德国、西班牙、意大利和中国等国家。

第二条条件：“地利”。主要是区域要求：国家或地区的地域必须辽阔。由于高铁运行速度快，要想高铁发展快，必然要有辽阔的地域。日本、法国、德国等国家，虽然首先掌握了高铁技术，并且经济也发达，但高铁运营里程很短，没有形成真正的高铁网络，主要还是国土面积限制的原因。而中国在短短的几年里形成了“四纵四横”的高铁网络，国土面积广阔是主要原因之一。

第三条条件：“人和”。主要是人口要求：必须是人口密集的城市群。高铁的载运量大，但运营成本也高，需要在人口密集的城市间运营，如人口密集的都市圈（日本东京都市圈）、经济圈（中国长三角经济圈、京津冀经济圈等）。人口密集的城市群才能保证一定的客流量，高铁才能有效运营。如美国、加拿大等国家虽然经济发达，但没有人口密集的城市群，所以就很难发展高铁。

1.3 高铁的四个阶段

高铁“始于日本、兴于欧洲、熟于中国、惠于世界”。从高铁发展历程



来看，高铁发展经历了4个阶段：幼年阶段、童年阶段、青年阶段、中年阶段。在幼年、童年、青年到中年等4个阶段中，高铁有着不同特征和属性。

第一阶段：幼年阶段。代表国家：日本。时间：1964—1980年。1964年10月，世界上第一条真正意义上的高速铁路东海道新干线在日本正式通车，标志着世界高速铁路新纪元的到来。从那时起，高速铁路便成为20世纪末人类极具革命性的交通工具。

第二阶段：童年阶段。代表国家：法国、德国。时间：1981—2007年。1981年9月，全长425m的巴黎至里昂的法国第一条高铁投入运营，开启了法国高铁新纪元。1991年10月，德国第一条城际高铁运营，开启德国高速铁路建设的步伐。特别是20世纪90年代中期，法国、意大利、德国、西班牙、比利时、英国等欧洲大部分国家开始大规模地修建本国或者跨国高速铁路，欧洲高铁网络逐步形成。由于法国和德国的大力推动，欧洲各国相互支撑，高铁有了快速发展。

第三阶段：青年阶段。代表国家：中国。时间：2008—2015年。2008年8月，中国北京到天津的城际高铁开通运营，标志着中国加入了“高铁俱乐部”。经过不到10年发展，中国高铁营业里程达到2.5万千米以上，高铁运营里程世界排名第一。2015年，中国形成了完善的“四纵四横”高铁网络，连接所有省会城市和50万人口以上城市，覆盖全国90%以上人口，实现了“人便其行、货畅其流”的目标，并且引领了国际潮流。中国高铁大力发展，有效推动了全球高铁发展，催进了高铁全球化，引领着世界高铁时代。

第四阶段：中年阶段。代表国家：日本、法国、德国、中国。时间：2015年以后。从2015年至今，世界各洲在规划、建设和运营高铁。在包括亚洲（韩国、中国、土耳其、科威特）、美洲（美国、巴西）、非洲（南非）、大洋洲（澳大利亚）的世界范围内掀起了建设高速铁路的热潮。特别到2020年12月，世界高速铁路已建设的里程为5万千米，建有高速铁路的国家有中国、日本、法国、德国、意大利、西班牙、比利时、荷兰、瑞典、英国、美国、韩国、俄罗斯、土耳其等，正在规划建设中的国家有瑞

士、奥地利、丹麦、加拿大、澳大利亚、印度、科威特、越南、泰国等国家。高铁已成为世界铁路发展的重要趋势，为世界的铁路运输业注入了新的活力。

1.4 高铁的三次飞跃

无论是昨天的轮轨高铁、今天的磁浮高铁，还是明天的超级高铁，高铁总体经历了三次大的质变，也有了三次大的飞跃。从轮轨高铁到磁浮高铁，再从磁浮高铁到超级高铁，相应的速度也由 200 km/h 到 500 km/h，再由 500 km/h 到 1 000 km/h 的飞跃。

第一次飞跃：昨日之轮轨高铁。为了提高普通火车的运营速度，减少运行阻力（主要改进车身设计，采用流线型），便有了轮轨高铁（运行速度 200 km/h 以上）。轮轨高铁是王者归来，地面速度有了很大提升。如图 1.4 所示。

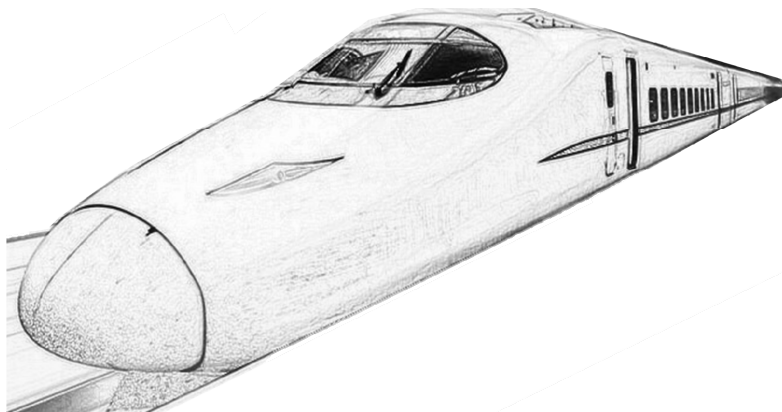


图 1.4 轮轨高铁

普通火车的运能是所有交通工具中的王者，但运行速度很难满足人类需求。因为普通火车都是 200 km/h 以下的速度运行，不能满足人类对快速出行的需要。基于仿生学原理，通过对轨道、车辆等研究，特别是通过火

车车型改进，来减小高速列车运行时摩擦阻力和空气阻力，达到提高运营速度的目的。1964 年日本新干线上，高速列车运行速度达到 200 km/h 以上。而火车运营速度 200 km/h 以上，就是高铁了。因此，轮轨高铁是第一类高铁，轮轨高铁是普速火车的第一次飞跃。

轮轨高铁由于受空气阻力和摩擦阻力限制，只能运行在 200 km/h 和 400 km/h 之间。运营速度 400 km/h 是轮轨高铁的预警阈值，超过 400 km/h 极容易脱轨，发生交通事故。所以，轮轨高铁需要进一步完善。

第二次飞跃：今日之磁浮高铁。为了除去轨道与高速列车的摩擦阻力，便有了磁浮高铁。磁浮高铁是腾空而起，地面巨龙出现。如图 1.5 所示。

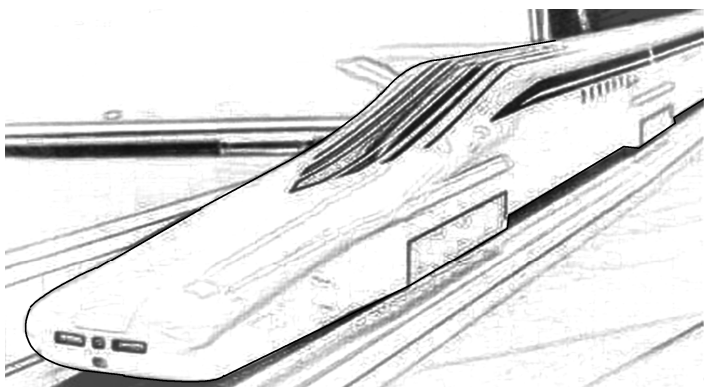


图 1.5 磁浮高铁

为了减小摩擦阻力，提高运行速度，满足人类快速出行的要求，基于“异性相吸，同性相斥”原理，有了磁浮高铁，运行速度达到 400 km/h 以上。在磁浮高铁运行中，磁浮列车不和轨道直接接触，而是浮在轨道上运行，这样没有了摩擦阻力，提高了运行速度。2015 年，日本磁悬浮高铁运行达到 600 km/h 以上。因此，磁浮高铁是第二类高铁，磁浮高铁也是普速铁路的第二次飞跃。

磁浮高铁虽然不受摩擦阻力影响，但由于受空气阻力限制，也只能运行在 400 km/h 和 800 km/h 之间。运营速度 800 km/h 是磁浮高铁的预

警阈值，超过该速度运营成本太高。所以，磁浮高铁也需要进一步完善和创新。

第三次飞跃：明日之超级高铁。为了减小高速列车运行时的空气阻力，便有了超级高铁。超级高铁是真空飞行，没有空气阻力，运行速度无极限。如图 1.6 所示。

为了减小空气阻力，提高运行速度，满足人类快速出行要求，基于“真空管道”概念，有了超级高铁，它的运行速度达到 1 200 km/h (音速 340 m/s) 以上。超级高铁由于在真空管道运行，不但没有空气阻力，也没有摩擦阻力，可以任性运行，所以运行速度可以达到 10 000 km/h 以上。因此，超级高铁是第三类高铁，将是普速铁路的第三次飞跃。

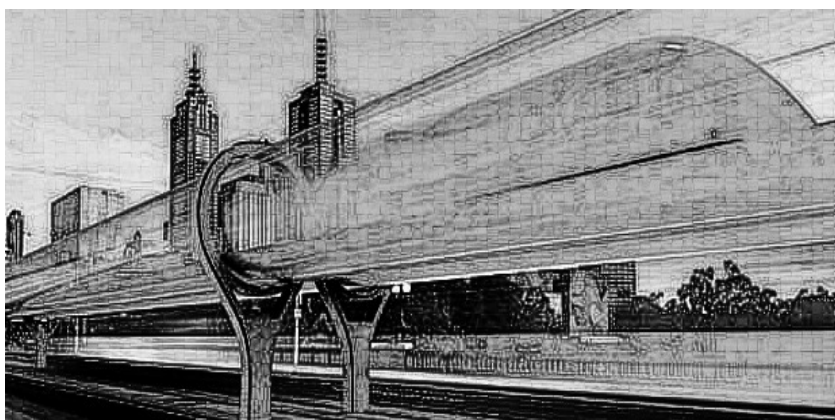


图 1.6 超级高铁

“速度正成为全球高铁技术竞争焦点”。超级高铁在“磁悬浮 + 真空”创造的低阻运行环境下，能有效提升未来高铁的速度。特别是高温超导，是指在零下 196 °C 的液氮环境中，特殊材料制成的超导体具有零电阻效应。因此，把高温超导体放在永磁轨道上后，可实现列车在低速甚至静止状态下，具有稳定的导向力和悬浮力。而成熟的真空技术，加上成型的高温超导磁悬浮技术，二者相结合即是未来“超级高铁”。



1.5 高铁的不同类型

高铁是一个复杂系统，除了轮轨式的高速铁路外，还包含使用磁悬浮技术的高速轨道运输系统和真空轨道中的超级高铁运输系统。因此，高铁的分类也是比较复杂的问题。大多数学者根据高铁的运营速度来划分高铁。而本书根据高铁运营原理和预警阈值，把高铁分为三类：轮轨高铁、磁浮高铁和超级高铁。其中高铁的预警阈值，主要根据高速列车的能耗和对环境的破坏程度，从速度和经济的角度考虑，把不适合商业运营的速度，作为预警阈值。

第一类：轮轨高铁（Wheel high-speed railway）。轮轨高铁属于轮轨式的高速铁路，本书把它定义为第一类高铁。根据国际铁路联盟的定义，高速铁路是指透过改造原有线路（直线化、轨距标准化），使营运速率达到 200 km/h 以上，或者专门修建新的高速新线，使营运速率达到 250 km/h 以上的铁路系统。轮轨高铁的类型见表 1.3。

表 1.3 轮轨高铁的类型

序号	类 型	速度/(km/h)	名 称	主要国家	备 注
1	第一类型	200~300	低速轮轨高铁	日本、德国	400 km/h 是轮轨高铁运营速度极限值，也是预警阈值
2	第二类型	300~350	中速轮轨高铁	法国、中国	
3	第三类型	350~400	高速轮轨高铁	中国	

1. 轮轨高铁的定义

轮轨高铁就是轮轨式高速铁路，是主要在轨道上运行且靠轮子驱动的高速铁路运输系统，简称轮轨高铁，也叫常规高铁、普速高铁。

2. 轮轨高铁的特征

轮轨高铁的主要特征包括运营速度、预警阈值、运行阻力三个方面。具体如下：

特征一：运营速度。轮轨高铁的运营速度：200~400 km/h。不同国家和地区，根据本国和地区情况，采用不同的运营速度，一般都在 200 km/h