



中国的高速铁路发展

玛莎·劳伦斯，理查德·布洛克，刘子铭

聚焦国际发展

中国的高速铁路发展

玛莎·劳伦斯，理查德·布洛克，刘子铭

© 2019 国际复兴开发银行 / 世界银行

1818 H Street NW

Washington DC 20433

电话: 202-473-1000

网址: www.worldbank.org

本著作由世界银行工作人员与外部撰稿人共同编写。书中所描述的调查结果、解释和结论并不一定反映世界银行、其执行董事会或他们所代表的各国政府的观点。

世界银行不保证本著作所包含的数据的准确性。本著作所附地图显示的边界、颜色、名称和其他信息并不代表世行对任何领土法律地位的判断，也不代表世行认可或接受这些边界。

版权和许可

本著作中的资料受版权保护。世界银行鼓励传播其知识，因此只要完整标注本作品版权归属，即可全部或部分复制本作品用于非商业目的。

有关版权（包括附属版权）和许可的任何疑问，均应致函联系世界银行出版部门（World Bank Publications, The World Bank Group），地址: 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; 传真: 202-522-2422; 电子邮件: pubrights@worldbank.org

封面照片: © Gerald Ollivier/ 世界银行。再利用需获得进一步许可。

封面设计: Debra Naylor/Naylor 设计公司。

目录

前言 *vii*
致谢 *ix*
关于作者 *xi*
缩写 *xiii*

执行摘要 1

注释 5
参考资料 5

第一章：中国高速铁路的增长 7

铁路产业结构 7
高铁子部门结构 8
高铁规划 9
高铁网络发展 10
当前高铁网络 18
本章重点内容 19
注释 19

第二章：服务设计 21

当前服务水平 21
服务频率、容量和市场规模 21
选择高铁时速 23
运营管理 25
高铁票价结构 25
准点率和可靠性 27
高速铁路与普速铁路网络的联合运营 27
本章重点内容 28
注释 28
参考资料 28

第三章:	市场	29
	客流增长与客流密度	29
	高铁乘客市场	30
	新增客流	33
	对普速铁路服务的影响	34
	中国高铁的可负担性	36
	本章重点内容	38
	注释	38
	参考资料	38
第四章:	建设	39
	设计标准和建设成本	39
	高铁供应链	41
	项目规划、设计和审批	43
	施工监管	45
	施工管理	45
	高铁项目建设中的激励机制	48
	本章重点内容	49
	注释	49
	参考资料	49
第五章:	测试、调试和安全	51
	新线路竣工验收	51
	高铁安全	52
	基础设施维护	54
	电力动车组维护	55
	本章重点内容	55
第六章:	融资	57
	地方铁路局与合资公司财务表现	58
	线路财务表现	61
	高铁网络的财务表现	64
	中国高铁的财务可持续性	65
	如何解决财务问题	66
	本章重点内容	68
	注释	68
第七章:	经济评估	69
	资金成本	70
	运营商成本和收益	70
	用户成本和收益	70
	温室气体排放	71
	道路拥堵和事故	72
	高铁和经济发展	73
	城镇发展	75
	旅游	75

经济收益率 75

本章重点内容 78

注释 78

参考资料 79

第八章： 结论 81

框

1.1 磁悬浮还是传统轨道? 10

1.2 研发能力 18

2.1 对市场规模的影响 23

4.1 合资公司合同管理制度 48

7.1 中国高铁经济收益 70

7.2 案例分析：高铁对商业的影响 74

7.3 案例分析：高铁与曲阜旅游 76

图

1.1 中国高铁行业结构 8

1.2 2008-2017 年中国高铁网络长度 12

2.1 高铁与汽车、飞机票价比较 26

3.1 高铁与普速铁路服务需求（2007-2017 年） 29

3.2 高铁网络客流密度 30

3.3 中国高铁乘客及客运周转量构成（2015 年） 31

3.4 高铁对航空服务的影响 32

3.5 京沪高铁对民航的影响 32

3.6 高铁的竞争力 33

3.7 主要通道的客流密度和市场份额（2001-2013 年） 34

3.8 高铁通道列车服务（2011-2016 年） 35

3.9 铁路乘客收入分布及月收入（2015 年） 37

4.1 中国高铁工程造价 41

4.2 建设管理结构 47

6.1 “直接”与“股权”融资模式 57

6.2 售票营收与使用权营收模式 58

6.3 成本与收入：时速 250 公里线路 60

6.4 成本与收入：时速 350 公里线路 60

6.5 开通时盈亏平衡所需乘客密度 61

6.6 未来盈亏平衡所需乘客密度（50% 债务：50 股权） 63

6.7 时速 250 公里和 350 公里线路盈亏平衡票价（50% 债务：50 股权） 63

7.1 每人公里温室气体排放量与乘客密度相关 72

7.2 高铁项目的经济成本与收益 77

7.3 经济内部收益率对乘客密度敏感 78

地图

1.1 规划中的高速铁路通道 11

1.2 2008-2017 年中国高铁网络的增长 13

2.1 中国现有高铁运行速度 22

照片

3.1	乘坐贵广高铁外出旅游的家庭	37
4.1	张呼铁路线上架设预制桥梁	42
4.2	运输桥梁的专业设备	43

表

2.1	部分高铁班次服务模式（2018 年 8 月）	22
2.2	中国高铁网络中的高铁线路分类	24
2.3	中国高铁票价（2011-2016 年）	25
2.4	线路与机车对应表	28
3.1	京广线通道高铁市场份额（2013 年）	36
4.1	高铁技术标准（按最高速度）	40
5.1	高速铁路维护检查方案	54
6.1	中国高铁单位收入及成本（2016 年）	59
6.2	线路开通后盈亏平衡所需客流密度	62
6.3	高铁财务评估中的一些假设	64
6.4	2015 年末高铁网财务分析	65
7.1	高铁经济评估中的一些假设	70
B7.1.1	经济收益率	70
7.2	各要素经济成本与收益	76
7.3	经济内部收益率的敏感性测试	77

前言

2018 年是中国“改革开放”40 周年，中国经济进入高速增长和减贫时期。中国取得显著发展，一方面得益于广泛推行的系列改革，中国经济由此转变为更加市场化的开放型经济；另一方面则得益于大规模的基础设施建设项目。

中国在交通运输发展方面的领先地位始于多年来对技能和专业知识的投资，注重质量、安全、及时完工、投资效益、环境保护和技术创新。中国在发展交通基础设施方面取得了惊人的进展。从 1990 年到今天，中国全国交通运输系统新增铁路里程超过 12 万公里、高速公路 13 万公里、公路 370 万公里、沿海码头长度 74 万米。

世界银行一直是中国的合作伙伴。过去 30 年中，世界银行批准了 110 多个中国交通项目，总投资达 190 亿美元。世界银行也是中国的知识合作伙伴，推出的有针对性研究收录于中国交通主题丛书的达 15 项之多。世界银行与中国交通运输部联合开发了交通转型与创新知识平台（TransFORM）项目，这是一个旗舰知识平台，旨在分享中国和国际上的交通运输经验，便于中国国内以及世界银行其他客户国家借鉴。

其他国家能从中国的成功中借鉴什么？中国的最佳实践对于寻求可持续解决交通发展挑战的世界银行客户来说非常重要。世界银行通过 TransFORM 分析中国在高铁、高速公路、城市交通、港口和内陆水路五大领域的经验，找出中国可以向其他发展中国家传授的经验。这份关于高速铁路的报告是本系列的第一篇。

这份报告分析了有关中国高铁的“为什么、是什么、怎么做”的问题。自 2008 年以来，中国已投入运营的高铁网络规模超过了世界其他所有高铁网络的总和。这一快速增长值得我们对中国从“怎么做”的角度进行研究：是怎样的规划过程、能力开发、业务结构和建设模式促成了这种快速增长？中国的客运量已增长到每年 17 亿人次。在很多铁路均面临客运量下降的时代，高铁的价格和服务上的哪些特色吸引了如此之多的乘客？中国是第一个发展高铁网络并在定价上使所有收入水平的人群都能负担高铁出行的中等收入国家。为什么中国能够保持高铁服务价格的可负担性同时又能保持财政和经济的活力？

我鼓励您读完整篇报告，寻找这些以及许多其他问题的答案。

Binyam Reja 博士

世界银行交通全球实践局

中亚、中国和蒙古区局长

致谢

本报告由玛莎·劳伦斯、理查德·布洛克和刘子铭撰写，并基于中国铁路设计集团有限公司编写的一份报告以及世界银行为中国六个高速铁路项目提供融资时编写的数份报告。对本报告做出贡献的亦包括博睿、欧杰、Jit Sondhi、谈桦、王佩坤、张建平 and 周楠燕。对世界银行交通全球实践局中亚、中国和蒙古区副局长任斌在编写本报告过程中给予的指导和支 持，报告撰写团队深表感谢。

撰写团队亦感谢以下人员对报告的审阅和建议：Atul Agarwal、Paul Amos、Federico Antoniazzi、Victor Aragonas、Achal Khare、聂磊和 Wei Winnie Wang。撰写者为文中所有错误负责。此外，撰写团队还要感谢中国铁路设计集团有限公司、中国铁路总公司与世界银行的合作及其提供的信息，感谢中央和地方政府诸多代表不吝分享对中国高速铁路系统发展的观点。

本报告由中国 - 世行伙伴关系信托基金（简称“世行中国基金”，CWPF）资助。世行中国基金目标是帮助世界银行集团各参与组织的发展中成员国实现包容性和可持续性发展。报告将通过中国政府与世界银行共同发起的中国交通知识转型与创新平台 TransFORM 分享，该平台旨在为中国发展提供更安全、清洁、可负担的综合交通运输解决方案，同时促进中国与开发合作伙伴的知识共享。



关于作者

理查德·布洛克 (Richard Bullock) 在铁路领域拥有超过 40 年的经验，从事成本和定价、项目分析、铁路重组和监管等问题的研究，为世界各地 50 多条铁路工作，范围遍及除北美洲以外的每一个大洲。他自 1987 年开始在中国工作。成为独立顾问之前，布洛克先生是澳大利亚特拉弗斯·摩根银行的董事。除了在世界银行任职之外，他亦为其他几家国际机构的项目提供咨询服务。布洛克先生参与了世界银行中国境内的 7 个高铁项目，以及中国境外的 5 个高铁项目。

布洛克先生拥有剑桥大学数学硕士学位和布鲁内尔大学运筹学硕士学位。

玛莎·劳伦斯 (Martha Lawrence) 是世界银行铁路实务部门的负责人，也是世界银行在中国和印度的技术援助和贷款项目团队负责人。她在铁路行业拥有 30 余年的经验，在铁路重组、铁路金融和运输监管方面拥有广泛的知识。劳伦斯女士领导开发了世界银行铁路改革领域的资源包——“铁路改革：提高铁路部门绩效的工具包”，并编写了报告《为发展中国铁路吸引资金》。她为世界各地多条铁路制定过业务、重组和融资计划，并为私营部门投资者提供轨道交通车辆和基础设施结构性租赁融资咨询，相关融资总额超过 80 亿美元。

劳伦斯女士拥有美国西北大学经济学学士学位和西北大学金融和交通管理 MBA 学位。

刘子铭 于 2017 年加入世界银行，担任北京办事处交通顾问。自那时起，她一直参与世界银行在中国和中亚地区交通运输领域的技术援助和贷款项目。她曾参与多项世界银行的研究，包括即将发布的旗舰报告《创新中国：增长的新驱动力》、欧亚贸易陆基运输研究以及其他有关中国运输和物流的研究。

在加入世界银行之前，刘女士曾在宾夕法尼亚大学和香港大学担任学生研究助理。她曾创新地将先进的地理信息系统技术和大数据分析应用到城市经济和地理研究中。

刘女士目前的研究兴趣是铁路、货运和物流、交通经济和大型基础设施项目。

她拥有香港大学土木工程学士学位及美国宾夕法尼亚大学城市规划硕士学位。

缩写

CRC	China Railway Corporation 中国铁路总公司
CRCC	China Railway Construction Corporation Ltd. 中国铁建股份有限公司
CREC	China Railway Group Ltd. 中国中铁集团有限公司
CRH	China Rail Highspeed 中国铁路高速
EIRR	economic internal rate of return 经济内部收益率
EMU	electric multiple unit (trainset) 电力动车组
FIRR	financial internal rate of return 财务内部收益率
FYP	Five-Year Plan 五年规划
GDP	gross domestic product 国内生产总值
GHG	greenhouse gas 温室气体
HSR	high-speed rail 高速铁路
JV	joint venture 合资公司
km	kilometer 公里
kph	kilometer per hour 公里 / 小时
kWh	kilowatt-hour 千瓦时
MLTRP	Medium- and Long-Term Railway Plan 《中长期铁路网规划》
MOR	Ministry of Railways 铁道部
MOT	Ministry of Transport 交通运输部
NDRC	National Development and Reform Commission 国家发展改革委员会
NRA	National Railway Administration 国家铁路管理局
PDL	passenger dedicated line 客用专线
pkm	passenger-kilometer 人公里 (客运周转量单位)
RA	Regional Administration 地方铁路局

SASAC	State-Owned Assets Supervision and Administration Commission 国有资产监督管理委员会
VOSL	Value of Statistical Life 统计生命价值
VOT	value of time 时间价值
Y	人民币

执行摘要

在过去十年间，中国高速铁路运营里程达到 2.5 万公里，总长度远高于其他国家高铁运营里程的总和。从 2006 年开始，世界银行在中国资助了总长度约为 2600 公里的高铁线路建设，同时也对七个项目进行了评估和监督，其中五个项目已经投入运营。本报告在中国铁路设计集团有限公司提供的报告基础之上，综合世界银行在中国工作的经验和分析，总结了中国在发展高速铁路中的经验和关键教训，以资其他考虑发展高速铁路的国家借鉴。

中国是第一个在人均 GDP 尚未达到 7000 美元时就选择投资高铁网络的发展中国家。中国在很多方面都有其独特之处：国土面积达 960 万平方公里，东西向和南北向的跨度很大，当前经济发展阶段（2017 年人均 GDP 为 7590 美元），以及可观的人口密度（平均每平方公里 141 人）¹。中国有许多人口超过 50 万的大城市，布局分散，城市间距（在 200 至 500 公里之间）适合发展高铁。

2008 年，在北京奥运会前夕，中国的第一条高速铁路——京津高铁——投入运营。截至 2017 年末，中国共有 25,162 公里的高速铁路投入运营，设计时速为 200 至 350 公里。迄今为止，这是世界上最大的客运高铁网络，目前每天运行 2600 多组 CRH 动车组²。

高铁为中国铁路总公司所提供的客运服务带来了翻天覆地的变化：不仅大大缩短了旅行时间，也显著地提高了运力。除高峰时段，在大部分的高铁线路上乘客都可以做到“即来即走”，这是前所未有的。十年间，中国高铁动车组累计发送旅客超过 70 亿人次，仅次于在过去 50 年间总客运量达到 110 亿人次的日本新干线。目前，中国的国家铁路网络每日运送旅客 830 万人次，高铁动车组承担了其中约 56% 的客运量。

目前，中国高铁客运需求为每年 17 亿人次，这证明核心交通干道上对高铁服务需求旺盛，很多乘客愿意支付比普通列车更高昂的票价。中国高铁的年客运量已经远远超过法国 TGV 高铁以及日本新干线。考虑到目前还有很多高铁线路正在建设中，以及中国持续增长的城市人口以及收入水平，这一数字还将持续快速增长。高铁虽然分流了客源，普通铁路的客运量依然保持增长，只是增速较为缓慢（平均每年 0.5%）。与其他高铁大国相比，中国高铁强势开局，推行初期就达到了良好的客流密度。

来自不同收入群体的旅客因旅行时间短、舒适、便捷、安全和准时选择搭乘高铁。高铁促进了劳动力流动、探亲访友、旅游，并扩大了人们的社交网络。将近一半的高铁乘客因商务旅行搭乘高铁。

通过引入高铁这种价位不同的高质量服务，中国为跨城出行提供了更多的选择，有利于更好地匹配需求和供给。普速列车曾经一票难求，高铁的出现显著释放普速列车的运力，这使对价格更为敏感的低收入人群也能从中获益。

过去十年间，中国积累了丰富的铁路规划、建设以及运营的经验。本报告在此之上总结了一些关键经验，以资他国借鉴。

报告第一章勾勒出中国高铁发展的背景，以及《中长期铁路网规划》在其中起到的关键作用。该规划于 2004 年获批，经 2008、2016 年两次修编，着眼未来 15 年，并以一系列五年计划作为常规补充。一经批准，这些规划很少被改动。最初，《中长期铁路网规划》计划在 2020 年底前修建总长度为 1.2 万公里的高速铁路网络。2016 年的修编将此计划调整为 2020 年建成高速铁路 3 万公里，2025 年建成 3.8 万公里，以及 2030 年建成 4.5 万公里（国家发改委，2016）。经审慎分析并获得政府强力支持的长期规划为发展高速铁路系统提供了清晰的框架。

这些线路的建设从一开始就由专门的资产建设和管理公司负责。这些公司通常是由中央和地方政府共同设立的合资企业。这样的结构确保地方政府积极参与项目的规划和融资。铁路制造商、大学、研究机构、实验室以及工程中心的紧密合作促进了能力建设，以及技术水平的快速提升和本土化。

第二章讨论服务设计中的关键选项。高铁的服务频次需要平衡运营成本、线路运力使用和对乘客的吸引力之间的关系。大多数高铁线路从早上 7 点到午夜每小时至少开出一趟列车，这意味着线路的平均客流密度需要达到每年 400 万至 600 万人次以确保其运营效益。在大多数线路上，中国铁路总公司提供大站直达和中途经停两种服务，很少数的车次停靠所有的中途站点。线路的运行速度在综合考虑该线路在铁路网中的角色、市场需求、工程条件及投资成本等情况后决定。

高铁的票价与汽车票和飞机票相比具有竞争力。中国高铁的票价与其他国家相比偏低，能够吸引来自不同收入群体的乘客。

第三章分析高铁的市场，给出了高铁从其他出行模式（包括普速铁路）吸引乘客的案例。在中国的主要交通干道上，高铁通常能捕获普速铁路最高将近一半的客流量、长途城际汽车的绝大多数客流量、以及飞行距离在 800 公里以内的航空线路的部分客流量，因此不少此类航线不得不终止服务或者大幅度减少了航班班次。在中国，有一到二成的高铁出行是新增的，即在没有高铁服务的情况下不会以其他交通模式发生的出行³。大约一半的高铁出行是商务旅行。高铁较低的票价也吸引了来自不同收入群体的乘客。

第四章描述了中国在建设新高铁线路时所采用的流程。最值得其他国家借鉴的一个经验是，在给予清晰的引导和职责分配的情况下，公共部门可以如此快速地修建高质量的基础设施。虽然中国的高铁线路中高架桥梁和隧道占比很高，但其高铁网络的平均建设成本在每公里 1700 万美元至 2100 万美元之间，仅为其他国家的三分之二。

除了较低的劳动力成本以外，中国高铁建设快速高效的一个关键原因是标准化的设计和施工程序。稳定的业务量催生了能力强、有竞争力的供应产业。一经批准就鲜少修改的大型高铁投资计划也鼓励了设备制造和建设部门进行具有竞争力和创新性的开发，并使他们能够在诸多项目上摊还项目设备的资金成本。

高铁建设的项目经理有着明确的分工和授权。他们通常全项目周期负责，确保项目的推进有清晰的责任链条。他们的酬劳中很大一部分是激励薪酬，与绩效相关。

第五章讨论中国在新线路投入运行时所采用的程序以及保障运营安全的措施。中国在项目的整个生命周期中都会管控安全风险：在设计阶段确保使用恰当的技术，在建设阶段中保证建设质量，在运营阶段进行监管和养护。

为确保运营安全，中国通过实物检查和仪表设备动态检测来收集高铁资产状况的数据，并通过对这些数据进行集中分析来确定养护要求。在高铁运行过程中，每天早晨第一列车是空驶的检测车，以确认高铁线路状况。每隔十天，还会发出一列安全综合检测车。每天深夜列车停驶时会安排 4 小时的检查保养窗口。

第六章解释了中国高铁网络的融资。每条高铁线路的融资情况不尽相同。时速为 350 公里的线路服务频次高，平均年客流量可达 4000 万人次，0.5 元 / 公里（0.074 美元 / 公里）的运价可以确保足够的票价收入来支付列车运营、养护的费用以及还本付息额。

然而，中国还有很多线路平均年客流量在 1000 万至 1500 万人次之间，特别是时速为 250 公里运价为 0.28 元 / 公里（0.041 美元 / 公里）的线路，几乎无法靠票价收入支付列车运营和养护的费用，在未来数年内恐怕也难以偿还债务。但这样的结果并不意味着时速 250 公里的线路的经济可行性一定低于 350 公里的线路。这样的差异主要原因在于两种线路的定价政策的不同。中国现在已经认识到这个问题，并开始定价上引入更大的灵活性。

对于亏损线路的成本覆盖有以下选择：（1）在客流量需求允许的情况下，提高时速为 250 公里线路的票价；（2）提高非票价收入；以及（3）提供政府补贴。财务重组的策略包括：（1）打包支线与干线，集中安排收入与成本；（2）债务本金偿还的“重新安排”（reprofiling），即推迟部分本金还款期限数年，待客流量增长、收入更高之后偿还。总体上，截至 2015 年末，高铁网络的财务内部收益率据估算约为 6%⁴，这与中国铁路总公司的融资成本大致相当⁵。

第七章讨论高铁的经济影响。高铁服务给乘客带来显著收益，包括旅行时间的缩短、服务频次的提升、更多的座位以及舒适度的改善。

经济效益还包括从其他成本更高的出行模式——如汽车、民航——转向高铁之后运营成本的减少。在这一转向过程中，负外部性（事故、高速拥堵以及温室气体排放）⁶也随之减少。同时，在出行需求转向高铁后，对其他出行模式的投资需求被推迟，这也成为经济效益的一部分。

其他经济收益与区域连通性的改善相关。高铁有助于平衡不同地区间的增长水平，减少贫困及提升包容性。

总体上，高铁项目在初期阶段似乎就已经达到了经济正效益。截至 2015 年末，高铁网络的经济回报率据估算为 8%，远超中国和其他国家在对基础设施进行长期投资中的资金的机会成本。因此，我们有理由对中国高铁干线线路的长期经济可行性保持乐观。

对于其他考虑投资高铁的国家来讲，中国的哪些经验可以复制或者有启发意义呢？潜在的经验及可复制的操作包括：

- 长期规划需经审慎分析，获得政府支持，一经决定后尽量不要改动；
- 标准化的设计；
- 有竞争力的高铁供应产业；
- 与地方政府合作；
- 权责清晰的项目管理结构，能够全程负责的项目经理，以及为项目经理提供可观的薪酬激励；
- 能够在项目的各个阶段识别和管理风险的安全体系；
- 准时、高频次及高速的列车服务；
- 与普速铁路和城市交通体系的良好连接；
- 高客流量、中等距离是高铁运输的市场；
- 高铁票价与其他出行模式相比需要有竞争力且可负担，力求找到可以使收入最大化又不至于大幅减少乘客数量的票价“最佳点”；
- 在不同价位提供不同的服务（高速线路和普速线路），以满足不同乘客的需求。

注释：

1. 中部和东部的省份人口尤其密集，平均人口密度达到每平方公里 420 人，与荷兰相当。
2. 此报告中，高速铁路（HSR）指高速铁路网络，即时速在 200 公里 / 小时以上的线路。其中既包括设计时速在 200 公里 / 小时或以上的新建客运专线，也包括设计时速最高为 200 公里 / 小时的新建客货共线线路。中国铁路高铁动车组（CRH, China Railway High-speed）是指在这些线路上运行的高速列车服务，其中有些也在提速后的普速铁路上运行。这与法国的情况类似，TGV 列车既可在法国高速铁路线（LGV）上运行，也可在普速铁路网的连接线运行。
3. 催生新出行的部分在第三章：市场—新客流一节中讨论。
4. 假设通货膨胀率为 2%。
5. 假设通货膨胀率为 2%。
6. 然而，高铁在运行过程中减少温室气体排放，同时还应考虑高铁建设过程中的温室气体排放，如隐含在建筑材料水泥和钢铁中的碳排放。

参考资料：

国家发改委，2016。《中长期铁路网规划》，中华人民共和国国家发展和改革委员会，北京。

1

中国高速铁路的增长

中国高铁项目最引人瞩目的成就之一就是发展和实施的速度。这一成就是如何取得的？其他地方是否可以借鉴？

铁路产业结构

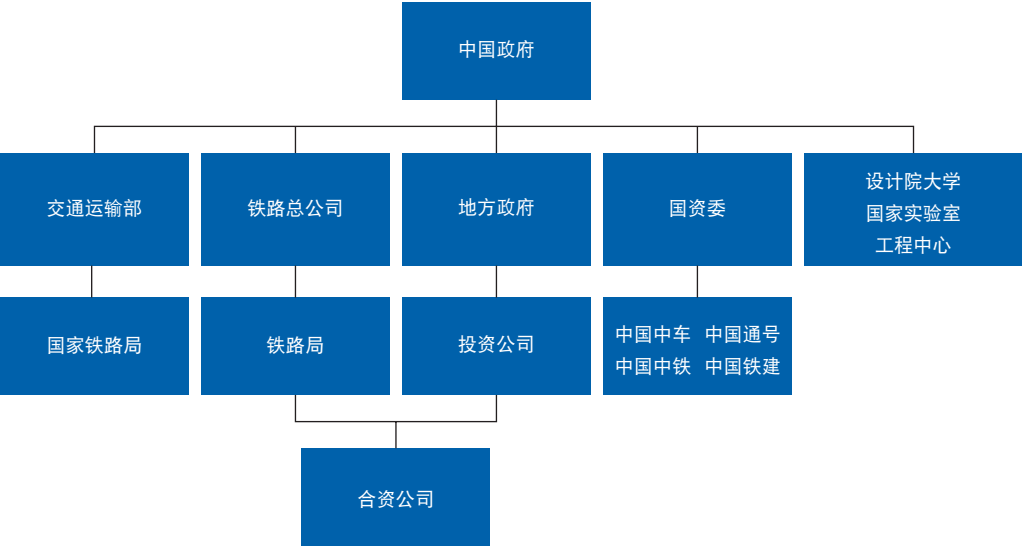
2013 年以前，几乎所有的公共铁路均由铁道部运营和管理。铁道部拥有广泛的权力，经常被称为“中国计划经济的最后堡垒”，这些权力在高铁关键技术的引进和本土化以及基础设施快速建设方面发挥了重要作用。

然而，这种行业管理与商业活动相结合的模式与中国现代企业制度的建立及中国铁路系统拟议的改革越来越不相容。因此，2013 年铁道部被拆分为国家铁路局和中国铁路总公司（见图 1.1）。

国家铁路局是交通运输部下属的一个部门，负责整个铁路行业的管理和行政事务¹，包括：

- 行业相关法律法规；
- 铁路技术标准的制定与实施；
- 铁路安全管理，包括参与者执照发放和铁路事故调查；
- 铁路运输和建设监管；
- 监督铁路企业的服务质量和承担的公共服务义务；以及
- 铁路运营和铁路行业的监测和分析。

图 1.1
中国高铁行业结构



中国铁路总公司是一家百分之百的国有企业，其股份由财政部持有。它负责几乎全部的 12.7 万公里公共铁路网络的管理和安全生产工作，包括：

- 对铁路运输统一调度和控制；
- 客运和货运服务的运营和管理；
- 公益运输；
- 与国家发展和改革委员会（简称“国家发改委”）共同制定铁路建设投资计划和国家铁路建设和融资安排；以及
- 建设项目的准备工作和后续管理。

中国铁路总公司包括数家子公司，其中最重要的是 18 个地方铁路局。地区铁路局维护铁路网络并提供列车服务。尽管如此，铁路网的运营和整体建设管理仍然高度集中，这也正是促成高铁快速发展的关键因素。

铁路部门还包括整个工程建设和设备制造实体产业链，其中许多为国有企业，受国有资产监督管理委员会（SASAC，简称“国资委”）的监督。设计院和大学的铁路专业是铁路部门发展的重要参与者。

高铁子行业结构

高铁基础设施主要通过合资公司的模式建造。合资公司股东通常是中央政府和省政府。有些项目还涉及第三方，如其他非铁路部门的国有企业或私营公司。中央政府由中国铁路总公司代表，而许多省份已建立铁路投资公司，持有其所有者权益。整体财务结构通常为 50% 的股权和 50% 的债务。每个合资公司合作伙伴均参与注资，省政府经常以土地形式注资。其余资金由合资公司从贷款和其他债务中筹集。

虽然高铁基础设施是合资公司的财产，但大多数合资公司通常并不管理铁路服务，而是将以下服务完全或部分地承包给地方铁路局：

- 运营管理，包括列车运行和列车控制；
- 基础设施和设备管理；
- 车辆管理；
- 安全管理；
- 收入管理；以及
- 铁路土地使用管理，包括巡逻和维护边界。

高铁规划

中国的一项重要发展是 2004 年制定并批准了《中长期铁路网规划》，涵盖到 2020 年货运和客运网络的发展，包括高铁网络的建设。最初的《中长期铁路网规划》推出后已经更新两次并扩展至 2030 年。该规划通过一系列“铁路发展五年规划”（以下简称“五年规划”）实施，五年规划则详列每个五年周期（目前为 2016-2020 年）内要开展的项目。五年规划与《中长期铁路网规划》保持一致，同时确保每个五年周期内国家铁路发展与其他经济部门的协调²。这些铁路规划还反映国民经济和社会发展规划、综合交通运输体系规划等更高层次的规划。

《中长期铁路网规划》和五年规划由国家发展改革委、交通运输部和中国铁路总公司（或当时的同等机构）共同编制。这些规划基于详细的分析过程，包括基本调查、数据收集、项目研究和规划中包含的主要项目的筛选，以及由专家咨询委员会进行的广泛的外部咨询和审查。

《中长期铁路网规划》是国务院批准的首个此类行业规划³。该规划经国务院批准，由国家发改委、交通运输部和中国铁路总公司共同发布。因此，该规划和五年规划拥有最高级别政府的权力。

规划发布后，即无法随后对其进行修改。国务院各部门提供积极支持，制定并完善扶持政策。各省市市政府还制定省级和市级铁路规划，与国家规划相协调，并根据需要提供支持。

总之，政府高层的持续坚定承诺，加上执行机构强大的能力，是促成 2004 年规划目标实现的一个主要因素。规划发布后得到的坚定支持，或是中国政治制度的一个独特特征，难以在其他地方复制。

高铁网络发展

在《中长期铁路网规划》推出之前，中国已经在高铁基础设施和机车车辆（框 1.1）开发和测试上投入了大量工作。中国铁路总公司为客运服务开展了一系列“大提速”活动。其中，于 2007 年 4 月完成的第六次大提速，推出了中国铁路高铁动车组（CRH⁴ 服务。其中包括改进数条繁忙通道上的列车时间表和轨道（升级总长约 6,000 公里）以及引入新一代列车，这些列车最高时速可达 250 公里。但是，当时大多数高速列车仍然必须与货运列车共用频繁使用的轨道，导致列车站到站速度中等，尽管最高速度已显著提高⁵。

2004 年的《中长期铁路网规划》首次提出高铁网络。当时，货运量增长迅速，年增速约 7.5%，导致铁路网运力紧张。现有铁路的低速限制了铁路在客运方面的竞争力。规划目标是，到 2020 年，全国铁路营业里程达到 10 万公里，其中 1.2 万公里为高铁（HSR）⁶。

高速客运专线（PDL）将形成四纵四横通道（地图 1.1），连接所有主要城市。除杭州 - 深圳通道外，所有主要通道均与现有普速线路平行，这些线路处于或接近满负荷。当时，铁路出行很难在短时间内买到车票，购票时长途旅行优先于短途旅行。规划将所有长途客运转移到新服务，在现有线路上仅留下有限数量的本地客运服务，可腾出大量运力用于扩大货运服务。

框 1.1

磁悬浮还是传统轨道？

最初，中国面临着传统轨道还是磁悬浮的技术选择。一条 30 公里长的磁悬浮示范运营线将上海浦东机场与当时的地铁网终点站连接起来，该线路于 2002 年开始运营。磁悬浮虽然技术上成功，但资金成本非常高，可用于商业规模的技术很少，加上磁悬浮与现有铁路不兼容，因此，中国决定继续利用传统铁路技术，在其基础之上调试发展高速铁路（HSR）。

2003 年和 2006 年，中国开通了两条高铁线路（总共超过 500 公里），作为高铁建设各方面的试验基地，并成立了专门小组，利用国际技术，开发中国高铁综合技术系统（如电力、信号）。

这些努力得到 2008 年修订的《中长期铁路网规划》相关决定的支持，即通过大规模调动研究和开发资源，建立中国自己的体系和标准，使中国高铁技术尽可能自给自足。高铁项目的规模进而助力中国提高学习成效，实现显著的规模经济，使得工程、运营及管理诸多方面的广泛研究和开发项目值得投资。除了中国以外，很少有国家有足够大的规模来开展类似项目。

地图 1.1

规划中的高速铁路通道



《中长期铁路网规划》还包括三个区域城际铁路网（现称为“快速铁路”）：
（1）环渤海（天津、北京、河北省）；（2）长三角（上海、江苏与浙江两省中、东部 16 个城市）；（3）珠三角（广东省中部和南部），覆盖各地区主要城镇。这些线路将以类似地铁的频率为当地中短途乘客提供服务。

到 2008 年，随着国民经济的快速发展，铁路的重要性越来越大，地方和地区政府都热衷于投资，加快 2004 年规划的实现。而此时恰逢全球金融危机，中央政府希望提供经济刺激，以尽量减少对中国的影响，因此提议增加项目，对《中长期铁路网规划》进行了修订。修订后，2020 年的发展目标是 12 万公里的国家铁路网、9 个区域城际铁路网和 1.6 万公里的高速客运专线。

2008 年 8 月，京津城际高铁开通后，新一代高铁线路开始运营，最高时速达 350 公里，站间平均时速 240 公里。城际高铁将高铁专用轨道（主要是高架桥上的轨道）与电力动车组（EMU）结合起来，迅速成为颇具竞争力的运输方式，运营第一年载客量超过 1600 万人次。

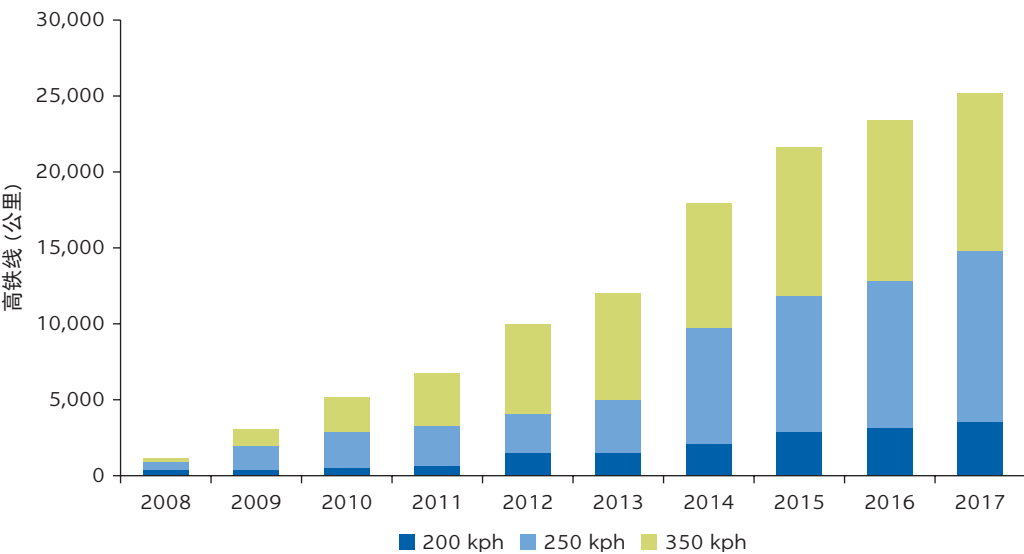
2009 年，广州至武汉经长沙的首条主要长途线路开始运营。截至 2012 年 12 月，1318 公里的京沪线和 2105 公里的京广线已经建成，连接了中国三大最具活力的经济集群。

2016 年，《中长期铁路网规划》得到进一步修订。修订后的规划将铁路网由原来的“四纵四横”通道扩展到“八纵八横”通道（见图 1.1），并辅以更多的区域连接和城际铁路。2020 年的目标是全国铁路网达到 15 万公里，其中包括 3 万公里高铁，覆盖 80% 以上大中型城市⁷。到 2025 年，全国铁路网将达 17.5 万公里，其中 3.8 万公里为高铁。高铁网络将连接几乎所有的大中型城市，实现相邻大中型城市之间 1.0-4.0 小时的交通圈，区域中心周围 0.5-2.0 小时的交通圈。

此后，高铁网络继续扩大，截至 2017 年底，达到 2.5 万公里（见图 1.2，其中也包括以 200 公里 / 小时速度运行的混合运营线路）。现在，中国的高铁网络占世界高铁线路总长的 66%，是所有其他国家的两倍。地图 1.2 显示了 2008 年至 2017 年高铁网络地理发展情况。

由此可见，规划的高铁网络增长，其驱动原因也是不断变化的。最初的目标是为超载的铁路网增加运力，提高客运服务并推动发展，以提供高效的中距离运输。现在的重点更多的是改善区域和省级的连通性，以支持经济发展和城市化。但是，其基本要素保持不变，保持了规划的连续性和一致性，铁路网因而能够快速有序地发展。

图 1.2
2008-2017 年中国高铁网络长度



资料来源：根据 2008-2017 年《中国铁道年鉴》中的数据。
注释：kph = 公里 / 小时。

地图 1.2

2008-2017 年中国高铁网络的增长

a. 2008 年高铁网络



b. 2009 年高铁网络



续

地图 1.2 续

c. 2010 年高铁网络



d. 2011 年高铁网络



续

地图 1.2 续

e. 2012 年高铁网络



f. 2013 年高铁网络



续

地图 1.2 续

g. 2014 年高铁网络



h. 2015 年高铁网络



续

地图 1.2 续

i. 2016 年高铁网络



j. 2017 年高铁网络



注释：HSR = 高铁。

框 1.2

研发能力

中国已经建立了一个由大学和研究机构组成的广泛的“生态系统”，这些机构与供应商合作，提供经过改进的产品。例如，为开发时速 350 公里的“复兴号”动车组，2008 年科技部与原铁道部联合签署了《中国高铁自主创新合作协议联合行动计划》。该计划汇集了 6 家大型央企、25 所重点大学、11 家一流科研机构、51 个国家实验室和工程中心以及由 68 名院士、500 名教授和 1 万多名工程技术人员组成的一支科技队伍。这种合作使中国能够引进、消化、吸收国外先进的多机组电气技术，在短时间内即可进行再创新，创造出成功的产品。

为了实施如此大规模的项目，中国需要为基础设施组件和机车车辆打下技术基础（框 1.2）。虽然中国早期的高速列车是根据与欧洲和日本供应商签订的技术转让协议进口或制造的，但随后便迅速调整并改进了设计，以适合本地使用。中国与国际铁路联盟（UIC）合作开发了高铁设备国际标准，其技术符合这些标准。

当前高铁网络

目前，中国大部分主要大都市地区已接入或正在接入最高时速 200 公里或更高速度的线路。

新的高铁线路有三大类型。干线是专为乘客设计的线路，最高时速为 350 公里 / 小时。这些线路的平均站对站速度比大多数国际线路的平均站对站速度要高⁸，但前提是许多车站位于中心区域以外，因此往返中心区域需要额外的连接时间。次干线和区域连接线设计最高速度为 250 公里 / 小时。其他城际线路的设计最高速度为 200 里 / 小时。其中一些仅为客运，而另一些则设计为可同时进行客运和快速货运，如集装箱服务。

现在，城市连接有多种机会，可通过多种线路组合实现，例如，经过郑州的北京和西安之间的直达火车。网络化是中国高铁的一个重要特点。南北纵线和东西横线构成了基本的网络骨架，区域和城际铁路线对其起到补充作用。

因此，每条高铁线路均可可为其他线路创建流量。例如，2016 年在京沪线上旅行的乘客中，有 24% 前往或来自不在主干线上但在连接线上的车站。另一个例子是郑州 - 西安线，直到 2012 年它还是一条孤立的线路，只为郑州和西安之间的乘客提供服务，2013 年连接北京 - 广州高铁后，客运量增长了 43%，客运周转量增长了 72%。截至 2016 年，郑州 - 西安的高铁乘客中，约有一半前往或来自该主干线自身之外的车站。

高铁网络的一个主要特点是其覆盖范围的扩大，提高了各个地区和城市的可达性。随着全国范围内特大城市的形成，周围又有省级城市群，高铁网络的目标是在一到四个小时内将所有 50 万人口或 50 万以上人口的城市连接到一个特大城市，并为每个省级城市群创建两小时以内的交通圈。

本章重点内容

- 中国高铁网络得以快速实施，其中关键因素包括：
- 经过充分分析，制定长期规划，为行动提供明确一致的框架；
 - 政府为长期规划的实施提供强有力的支持；
 - 制定五年规划，详细说明长期规划如何实施，规定每个规划周期的工作计划；一旦确定，这些规划很少改变，为地方政府和建筑/供应行业提供了明晰的框架，使其可以在范畴内自信筹划；
 - 单个项目计划获得批准后，修改尽可能少；
 - 采用合资公司结构，确保省和地方政府积极参与项目的规划和融资；以及
 - 铁路制造商、大学、研究机构、实验室和工程中心之间紧密合作，有助于快速实现技术进步和技术本土化。

注释：

1. 不包括为矿山、林业和工业服务的专用工业线，这些工业线由拥有这些工业线的公司运行管理。
2. 中国的规划体系包括三个层次和三种类型的规划。国家、省、县三级编制规划，按对象和功能类别规划划分为总体规划、专项规划和区域规划。
3. 中国政府的最高级别。
4. CRH 是指既能在普速线路上运行，又能在专用高速线路上运行的服务和列车组。
5. 北京到上海的平均时速提高到 132 公里 / 小时，行程 10 小时。
6. 2016 年修订《中长期铁路网规划》之前称为客运专线（PDL）。
7. 五百万以上人口的省会城市。
8. 8 北京与郑州之间（693 公里）、北京和上海之间（1318 公里）最快的服务分别为平均 289 公里 / 小时和 275 公里 / 小时。巴黎和马赛之间（783 公里）最快的服务平均为 253 公里 / 小时。

2 服务设计

当前服务水平

2018 年初，中国铁路总公司每天运营的动车组列车超过 2600 对，占整个铁路网运行列车总数的 68%。其中，京沪线大部分路段每天对开超过 100 对动车组，京广线每天对开超过 80 对动车组。所有高速铁路和时速在 200 公里的列车都采用电力动车组（EMU）列车，由 8 或 16 节车厢组成，列车容量从 494 到 1,299 个座席不等。根据目前中国铁路总公司的列车时刻表，每天有 70 至 130 对高铁列车在繁忙的线路上运行，高峰时段每小时最多运行 8 组列车。这类路线的客流密度估计为 6,000 万至 7,000 万乘客。在中等密度的路线上，每天运行 40 至 50 组列车。

目前在任一线路上通常都有两种服务形式：特快列车只在城市停靠，其他列车会停靠在一些中间站，但很少会全部停站。因此，两个中间站之间的直达服务频次较低，但可以通过在较大的车站换乘而辗转到达目的地。

大部分列车服务频次密集，通常在早晨 7 点至午夜之间每小时或每半小时发车一次（表 2.1）。在主线上通常采用 16 车厢的车型，在次要线路上则采用 8 车厢的车型。高铁网络的平均上座率（人公里数 / 座位公里数）为 70-75%。

2007 年，中国铁路高速列车（CRH）全年周转量达到 4000 万车·公里，且全部是在“大提速”的传统铁路线上运行。至 2017 年，全年周转量已经超过 10 亿车·公里，且几乎全部是在最高时速为 250 公里及以上的客运专线上运行（地图 2.1）。

服务频次、容量和市场规模

服务频次是服务设计中的重要方面，平衡运营成本和线路容量的使用，以及对潜在乘客的吸引力。更高的频次为乘客提供了更多的选择，使他们可以更灵活地安排行程。然而，服务频次需要有足够大的客流量来支持，否则，许多座位就会被浪费和闲置。上座率降低，单位运营成本亦随之增加。因此，需要合理匹配服务频次和乘客需求，并在服务水平和运营效益之间达到平衡。

表 2.1 部分高铁班次服务模式（2018 年 8 月）

客运段	首班发车时刻	末班发车时刻	日列车班次 ^a
城际线路			
北京 - 天津	06:46	23:25	100
长春 - 吉林	05:45	23:01	69
上海 - 南京	05:48	23:30	227 ^b
广州 - 深圳	06:00	23:37	191 ^b
成都 - 重庆	06:39	23:29	78
长途线路			
北京 - 上海	06:39	23:39	44
武汉 - 广州	06:22	23:44	54
郑州 - 西安	05:56	22:52	32
温州 - 福州	07:10	22:24	31

a. 单向，某些线路也有往来于中间站点的车次。

b. 两条线路。

地图 2.1

中国现有高铁运行速度



注释：kph = 公里/小时。

中国运营两种线路：区域城际服务以及长途服务。它们具有不同的服务特性和服务频次。

区域城际铁路是在人口密集的城市群或城市带上建造的中短途高速铁路，连接主要城镇和经济节点。它们具有较高的服务频次。例如，北京和天津的人口都超过 1500 万，京津之间的城际铁路全程运行时间在 35 分钟左右。每日开行列车数量已从开通运营时的 47 对增加到目前的 100 对，高峰时段的班次间隔低于 10 分钟，非高峰时段的班次间隔为 25 分钟。许多其他城市对开列车的频率为每天 60 对或以上，相当于每个方向每小时有 4 趟列车开出（表 2.1）。

区域城际铁路需要选用高服务频次及适当的车型，以确保市场竞争力。即使在运行初期客流量较小，也应保证一定的服务频率；这只能通过对运输市场的分析来确定。不过，中国的经验表明，高峰时段的班次间隔不应超过 30 分钟，非高峰时段不应超过 1 小时。

长途列车线路需要容纳长途列车及短途列车的混合，同时承接从其他交叉线路中转的旅客。例如，北京到上海之间 1318 公里的线路连接了 11 座人口超百万的城市。目前每天在这条线路上运行的列车有 248 对，但只有 44 列覆盖全程。在任一区间内，列车时刻表上所给出的班次在 110 组至 144 组之间浮动，而从头至尾跑全程的列车仅为全部班次的 30-40%。

在京沪高铁的线路上有 23 个站点。最快的列车仅停靠两个中间站，行驶时间为 4 小时 24 分钟；而最慢的列车停靠其中十个中间站，耗时 6 小时 12 分钟。每趟列车停靠的站点越多，中间站点的使用频次就越高，但列车上每个乘客的出行时间就越长。因此，停站计划也需要与每站的交通量相匹配。随着时间的推移，中国铁路总公司不断依靠经验及用户反馈调整其停站计划。

框 2.1

对市场规模的影响

从早 7 时至晚 11 时，每小时一趟，选用至少有 494 个座位的 8 车厢列车，在这种情况下的高铁列车的年最低座位容量约为 600 万。如用合理的负荷系数（例如 70%）计算，表明每年需至少有 400 万乘客的市场规模才能较好地利用列车容量。

选择高铁时速

高铁线路的设计时速是指基于线路设计标准的动车组列车最高运行速度。它是基础设施设计速度和设备设计速度中的较低值。运行速度受设计速度的限制，动车组的最大实际运行速度需综合考虑运行成本、单位能耗、安全冗余、噪声、振动等因素。基础设施一旦建成后很难改动，但设备可以通过技术改造进行升级。

目前，在中国设计时速为 350 公里的高铁线路运行时速在 300-350 公里之间。设计时速为 250 公里的线路运行时速在 200-250 公里之间。因此可将中国高铁分为两组：时速为 300-350 公里的和时速为 200-250 公里的。至 2017 年底，时速为 300-350 公里的线路总长约为 10,000 公里，时速为 200-250 公里的线路总长约为 15,000 公里（表 2.2 与地图 2.1）。

表 2.2 中国高铁网络中的高铁线路分类

分类	设计速度 (KPH)	运营速度 (KPH)	适用性	技术标准
300-350 kph	350	300-350	主干线	高速铁路设计规范
200-250 kph	250	200-250	区域连接线	高速铁路设计规范
	200	200	城际铁路	城际铁路设计规范

注释: kph = 公里 / 小时。

一条线路的功能划分由所处地区的经济发展水平和人口数量、所经城镇的数量和规模、所在通道的客流特征以及在铁路网中的角色决定。“八纵八横”铁路通道服务于人口密集、经济发达地区，连结省会及大城市群，并涵盖大部分长途线路。在这些通道上，高铁时速多为 350 公里。区域连接线一般时速为 250 公里 / 小时；连接地级市的城际铁路中主要运送中短途的旅客，在铁路网络中的作用较小，通常时速为 200 公里。

在讨论功能分类的同时，还需考虑每条线路的市场竞争、工程条件、投资效益和运输组织计划等因素。较高时速有助于节省行驶时间，提高铁路车辆生产率，以及提高高铁的竞争力。但同时，更高的速度也意味着运营成本和票价的增加。因此，需要根据对通道运输市场的具体分析来选择车速和票价组合。

无论采用何种速度标准，都必须保证运行安全。降低速度有时被认为是一种安全措施，所以安全也可能影响有关速度的决策。

高铁线路的设计速度也应当与运输组织计划相符。例如，当跨线列车数量较大时，速度标准应与相邻的线路匹配。对于距离短、中间站点密集的线路采用较高速度标准也并无益处。因此，在实践中，速度的选择不仅是技术与经济因素之间的平衡，也应与整个网络管理相平衡。

从工程的角度来看，线路的设计速度应考虑沿线的地形、地貌和地质条件。土建工程一旦完工，就很难重建到更高的标准。因此，有的土建工程从开始阶段就采用更高的标准，能够为未来提速留出空间。一些设计时速为 350 公里的线路也可能在部分地段采用较低的设计速度（如，城镇地区采用较小的水平曲线半径，以减少土地收购和拆迁，从而节省建设成本）。

运营管理

一个互联互通的高铁网络的运营管理显然比管理单一的点对点线路更为复杂。在中国，中国铁路总公司作为单一机构对此进行总体控制。但在中国铁路总公司全面监控和协调运营的同时，各地方铁路局负责其辖区内的实际业务。

从用户的角度看，这是一个统一的产品，具有统一的票务系统。高铁网络提供三种类型的服务（G、D 和 C）。该票务系统允许乘客随时通过现场、电话或互联网购买、取消和更换高铁网络中任何车次的火车票。

从运营者的角度看，网络的综合管理在提供直达服务时更便捷，同时还可通过主要枢纽提供非直达服务。如果某些线路不可用，它还提供一定程度的操作灵活性。网络的综合管理提高了设备利用率，使得设备维护可以标准化，维修设施也可以在线路之间共享。例如，高铁网络中的 48 个 EMU 动车组车库被分为 7 组，每个小组有一个车库提供大修服务，而其他车库则负责日常和定期维护。

高铁票价结构

按照《中华人民共和国价格法》规定，中国的部分商品及服务实行政府指导价或政府定价，历史上铁路运输也包含其中。因此，直至 2016 年，高铁票的价格接受国务院指导。

在过去，高铁票价由其速度决定，分为时速 200-250 公里和时速 300-350 公里两档：

- 时速 200-250 公里动车组的票价由中国铁路总公司确定，地方铁路局可根据市场情况以此为基础提供折扣。
- 时速 300-350 公里动车组的票价目前试行新产品票价政策，即票价在公共购买力和市场供给的基础上决定。

除在 2011 年降价 5% 之外，2007 至 2016 年高铁票价没有变化（表 2.3）。儿童、学生及其他目标群体可享受优惠票价。时速 350 公里的高铁为距离超过 2000 公里的长途路线提供不超过 20% 的折扣。

表 2.3 中国高铁票价（2011-2016 年）

速度 (KPH)	一等座	二等座
票价 (元 / 公里)		
300-350	0.74	0.46
200-250	0.35 ^a	0.29
票价 (美分 / 公里，汇率按 1 美元 = 6.7 元计算)		
300-350	0.110	0.069
200-250	0.052	0.043

注释：kph = 公里 / 小时；

a. 时速 200 公里的一等座票价可以低至每公里 0.30 元（合 0.045 美元 / 公里）（几乎相当于新建的时速 250 公里高铁二等座票价）。

这样的定价政策使得高铁票价在长时间内保持在一个较低的水平（票价几乎为大多数其他国家高铁基础票价的四分之一¹），大多数人群均可负担。但是，也有两个明显的缺点：

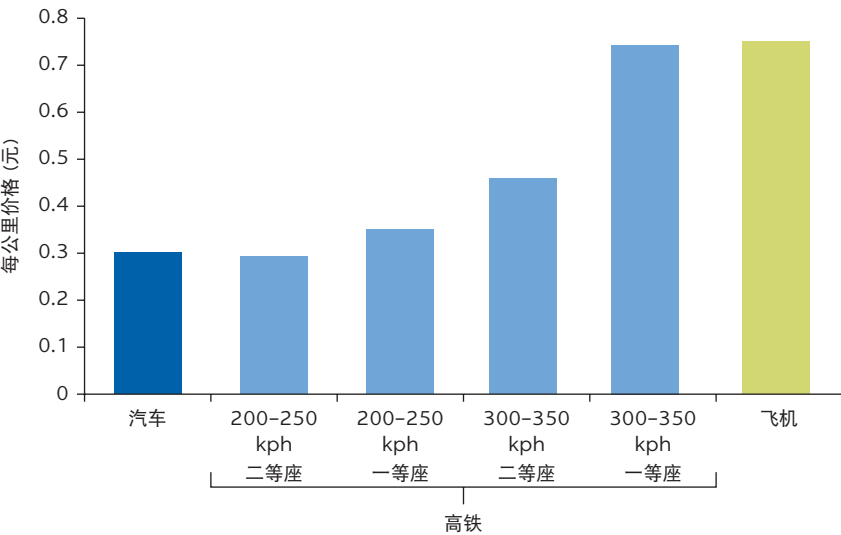
- 1. **缺乏灵活性：**高铁的票价只和运速相关，几乎是恒定的，并不能反映出市场需求的变动，如一天中的不同时段，一周中的不同日期，国家不同地区间的收入水平差异，以及不同出行模式间的竞争。因此，难以通过票价浮动来平衡旅客需求和列车运力²。
- 2. **成本回收：**相对较低的票价减少了经营收入和投资收益，因此难以吸引民间投资到此行业。自 2007 年高铁动车组开投入运营以来，中国城市居民人均可支配收入从 1,4000 元人民币（2,100 美元）增加到近 34,000 元人民币（5,100 美元），但票价几乎没有变化。

按照门到门时间计算，高铁与其他出行模式相比也非常有竞争力。高铁价格比飞机（0.75 元 / 公里或 11.2 美分 / 公里，短途更高一点）和汽车（0.3 元 / 公里或 4.4 美分 / 公里，卧铺车稍贵）都要低。因此，较低速的高铁线路与汽车相比非常有竞争力，而高速线路也通常比飞机更便宜，除非机票有较高的折扣（图 2.1）。

普速铁路的票价仅为 0.06 元（0.9 美分） / 公里，软座价格为 0.12 元（1.8 美分） / 公里，大约为时速 350 公里的高速铁路的四分之一或更少。对这类服务的需求依然存在。更便宜的普速铁路全部或部分被高速铁路取代，使得票价上涨，也导致了不少老顾客的投诉。

同时，票价结构因缺乏灵活性而受到批评，高铁服务无法通过价格浮动调节高峰期的需求，也无法填补淡季的空座（例如，参见 Scales, Ollivier, and Amos 2011）。2016 年，中央政府决定将铁路服务定价权下放至中国铁路总公司，并赋予高铁定价更大的灵活性，依据服务类型、乘客需求和当地购买力定价。

图 2.1
高铁与汽车、飞机票价比较



注释：汽车和飞机的票价为估算出的平均值。kph = 公里/小时。

自从高铁定价权下放至中国铁路总公司之后，很多现有的时速为 200-250 公里的高铁票价都在指导价的基础上有所调整。沿海高铁线路首先进行了较大调整。2017 年 4 月，沿海高铁一等座票价上浮最高达 60%，二等座上浮最高达 20%。本次调整对需求的影响并不显著，这与线路处在经济发达地区有关，且调整后的票价与其他出行方式相比依然具有竞争力。另外，中国铁路总公司最近也宣布了在六条时速为 200-250 公里的线路上调低票价。2016 年及以后投入运营的高铁线路，其价格不再直接参照指导价，而是根据公共购买力和市场供给来决定。

2016 年 1 月的高铁定价机制改革对航空业也带来了影响，随后航空业在同年 11 月也获批开展定价机制改革。800 公里以下的航线、以及 800 公里以上与高铁动车组列车形成竞争可以自主定价。因此，随着经济成熟及运力增加，政府正在逐渐放开对交通定价的管制，让市场在资源配置中发挥更大的作用。长期来看这将会提高资源效率。

准点率和可靠性

中国的高铁具有良好的准点率和可靠性，这主要归功于强有力的运营能力以及基础设施良好的状况。中国高铁的发车准点率达到 98%，到达准点率为 95%。时速为 300-350 公里的最新版动车组“复兴号”车型，发车和到达准点率更高，可分别达到 99% 和 98%。

高速铁路和普速铁路网络的联合运营

在中国的铁路网络中也有很多高速铁路和普速铁路、客运和货运共线的情况。在六次大提速之后，很多普速铁路的主干线可运行时速为 200 公里的电力动车组，并且部分动车组服务（如北京至东北地区的车次）目前是在高速铁路和普速铁路上联合运营的。

部分早期的高铁项目采用了 200-250 公里的设计时速，在设计之初准备（客运动车组和机车牵引货运列车）混用。大多数项目最终并没有运行货车，但也有一些（如石家庄至太原）运行了机车牵引客运列车。

目前，中国遵循的原则是时速为 250 公里的列车可以在时速为 300-350 公里的高速铁路线上运行；时速为 160 公里的机车牵引客车可在时速为 200-250 公里的高速铁路线上运行。但高速动车组列车在普速铁路线上运行速度不应超过 160 公里/小时（表 2.4）³。这样的安排提供了更大的操作灵活性和更好的服务。

表 2.4 线路与机车对应表

线路分类	机车类型	
高速铁路线	300-350 kph	运行时速在 250 公里以上的电力动车组
	200-250 kph	运行时速在 160-250 公里的电力动车组；运行时速在 160 公里的普速列车
普速铁路线	普速列车；运行时速在 160 公里或以下的电力动车组	

注释：kph = 公里 / 小时。

本章重点内容

- 服务频率必须平衡运营成本、线路运载力及对潜在顾客的吸引力。大多数高铁线路通常在早晨 7 点至午夜之间每小时发车至少一次。这意味着整条线路上需要每年有四百万至六百万人次的旅客才能保证线路的高效运行。
- 在大多数线路上，中国铁路总公司同时提供直达和停站的服务。只有很少的车次停靠所有中间站。服务频率应当与该站的客流量相匹配。
- 线路速度应平衡该线路在铁路网中的角色、市场需求、工程条件以及投资成本。
- 高铁票价与飞机和汽车相比具有竞争力，中国的高铁票价低于其他国家。
- 高速线路上存在运行普速列车的情况，反之亦然，但均不普遍。

注释：

1. 按官方网站、年报和汇率计算结果为法国：0.24-0.31 美元 / 公里；德国：0.34 美元 / 公里；日本：0.29-0.31 美元 / 公里，台湾：0.13 美元 / 公里。按照购买力平价计算，除台湾外，中国的票价几乎为其他地区的一半。
2. 因此，在非高峰期常有空座，而在高峰期（如周末或公共假期）往往一票难求。
3. 动车组列车在普速铁路上曾经以 200 公里的时速运行，但目前在客货共线的线路上已经停止这样的操作。这样可以提高运输效率，以及乘客舒适度和安全。重型轴载货运列车影响铁轨质量，速度差异降低运载能力，且很难在这样的速度上同时保持适合于两种类型列车的轨道几何形状。

参考资料：

Scales, John, Gerald Ollivier, and Paul Amos. 2011. “Railway Price Regulation in China: Time for a Rethink?”（中国铁路运输定价：是否到了重新思考的时候？）China Transport Topics No. 01, World Bank, Washington, DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/103931468010857398/Railway-price-regulation-in-China-time-for-a-rethink>.

3 市场

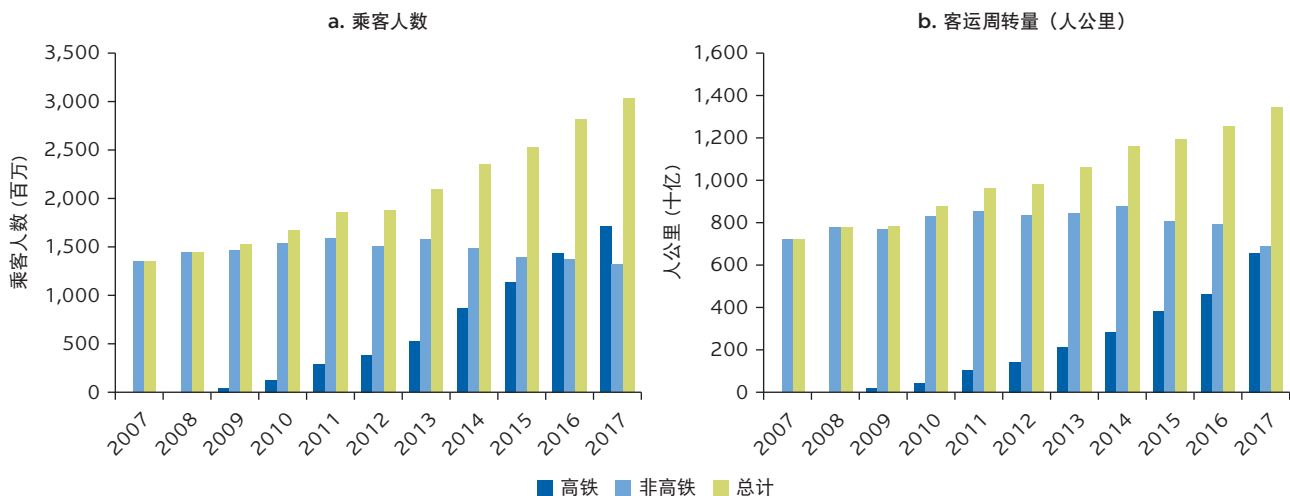
中国的高铁服务在吸引客流上成效卓然。本章对高铁所处的市场环境进行分析，高铁不论从距离、乘客特点和可负担性方面均具有竞争性。

客流增长与客流密度

自 2008 年首条高铁线路开通以来，铁路客运总量以每年 8.5% 的速度增长¹，客流构成发生显著变化（图 3.1）。普速铁路客流年增长率为 0.5%，而高铁客流年增长率为 81.0%（尽管基数非常低）。目前，中国的客运量为 17 亿人次，客运周转量达 6000 亿人公里，是欧洲或日本高铁网络（UIC 2019）的 4 倍多。与最初的预期相反，

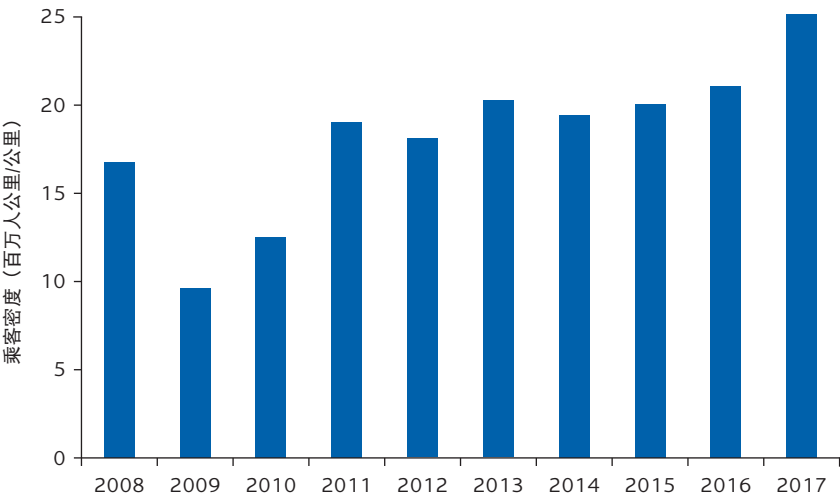
图 3.1

高铁与普速铁路服务需求（2007-2017 年）



资料来源：根据中国铁路总公司的数据。

图 3.2
高铁网络客流密度



资料来源：根据《中国铁道年鉴》2008-2017 年的数据。

高铁服务尚未导致普速列车总体客流量的减少，反倒是加快了铁路客流总量的增长，以前的铁路网几乎已满负荷运行，是无法实现这一目标的。到 2017 年，高铁在占全国铁路网 20% 的铁路上承载了约 50% 的铁路旅行。由于新高速铁路的建设正在进行中，高铁客运量和人公里数继续以每年超过 20% 的速度增长，这种趋势近期很可能会继续。

高铁主干线（如京沪线和京广线）和长江珠三角铁路网的地区城际线的平均客流密度² 每年超过 5000 万人次；而很多较小的次干线上客流密度才达 1000 万人次 / 年甚至更低。高铁网络客流总体平均密度已从第一年（2009 年）的 1000 万人次增加到目前的 2300 万人次（图 3.2），大约是欧洲高铁客流密度的两倍，对刚刚诞生不久的这个大型系统来说是一个非常可观的数字，但还只是日本新干线系统全网客流密度的三分之二（UIC 2019）。

尽管许多服务设施的运营距离长达 2500 公里，但从起点乘坐到终点的旅客比较少。2013 年，京沪高铁和京广高铁的平均旅行距离都在 500 公里左右，而且这些线路还承载着大量来自或去往支线的插入客流（京沪线上约为 30%）。

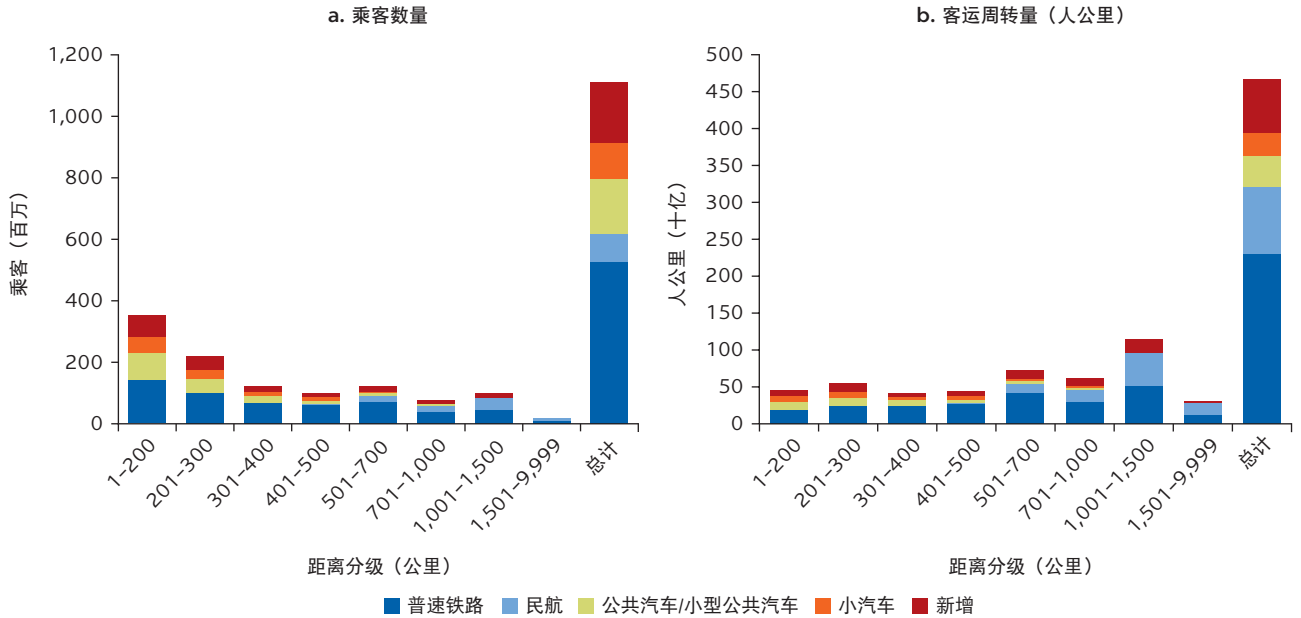
新线路开通后，通常是头两三年内需求增加，运营第一年全年的客流量约为稳定状态的 70%。

高铁乘客市场

在过去的五年中，世界银行和中国铁路总公司进行了车上调查，目的是获取有关乘客特点的信息，包括如果没有高铁，乘客会如何出行（图 3.3）。这些特点因线路而异，但调查仅涵盖了五条主要线路（两条主干线、两条区域线和一条城际线），合计占中国高铁总需求的 25% 以上。

图 3.3

中国高铁乘客及客运周转量构成（2015 年）



2015 年，约 50% 的中国高铁动车乘客和客运周转量（人公里）来自普速铁路。大约 25% 的乘客搭乘公共汽车和汽车转乘高铁，但这些乘客只占高铁客运周转量的 15%，因为他们集中在较短距离的旅行。相反，大约有 10% 的乘客由民航转乘高铁，而这些乘客约占高铁客运周转量的 20%，因为他们都是长途旅行。

与民航的竞争

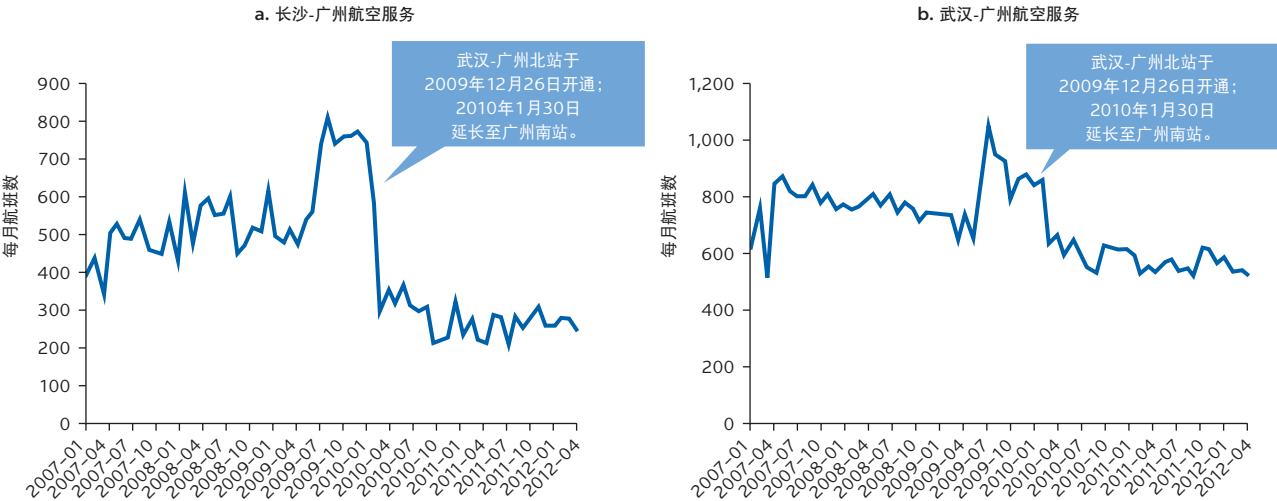
尽管民航不是高铁乘客的主要来源，但高铁已经对许多航线产生了重大影响。一些短程航空服务在高铁开通后就完全取消了；另外一些则采取票价打折，或者将服务减少到每天一至两个航班。

图 3.4 显示了广州至长沙（约 600 公里）和广州至武汉（900 公里）之间航线所受的影响。高铁开通后，飞往武汉的航班减少了一半，飞往长沙的航班减少了三分之二³。

在北京和广州通道沿线主要城市之间的航空旅行也出现类似的模式。图 3.5 显示，高铁对北京至广州之间的航线（2000 公里的航程）没有明显的影响，该市场的航空客运量继续快速增长。对北京 - 长沙航班（1400 公里）的需求继续增长，但速度较慢。北京与武汉（1100 公里）之间的航空客运量略有下降，但北京与郑州（700 公里左右）之间的下降幅度很大，航班因此大幅减少。

图 3.4

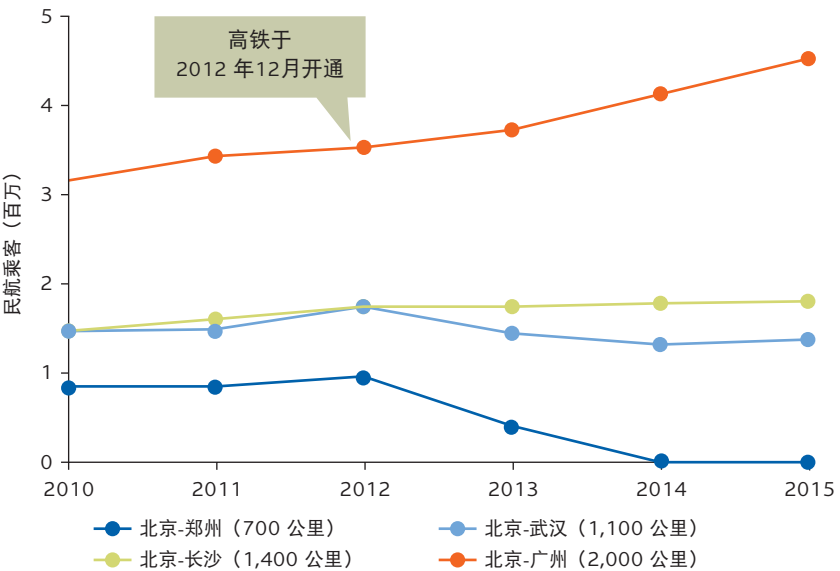
高铁对航空服务的影响



资料来源：世界银行对航班数的分析。

图 3.5

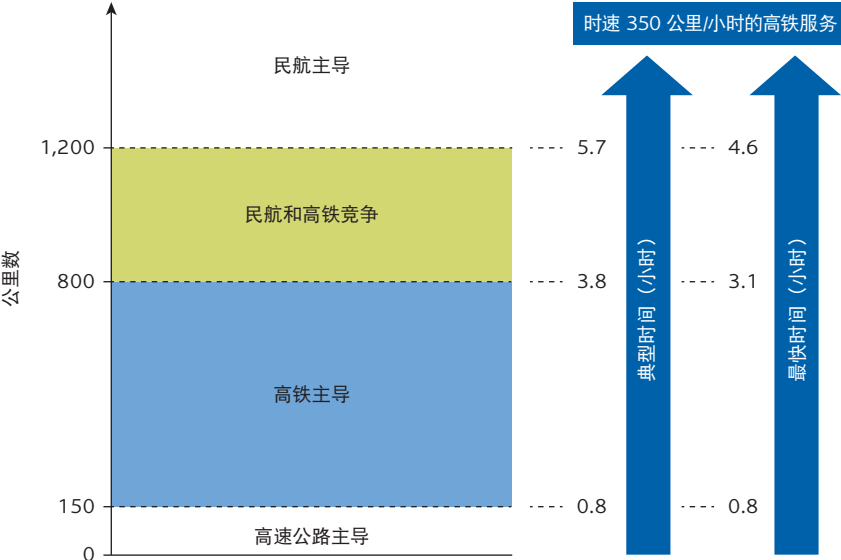
京沪高铁对民航的影响



资料来源：世界银行根据民航统计数据进行分析。

因此，中国高铁产生显著影响的距离可达 1000 公里（3 到 4 小时），远超过欧洲通常预期的影响。除了速度更高的因素外，影响的产生还与高铁的高可靠性有关，加上机场通常位于远离城市中心的地方。例如，北京至南京（1000 公里）之间的高铁旅行时间为 3.5 小时，飞机航程为 2.0 小时，但南京机场距离市中心 47 公里，而高铁车站距离市中心仅 16 公里。考虑到这一较长的接入距离，再加上机场处理和空中交通管制的延误，乘客发现高铁服务具有很强的竞争力；目前，高铁服务在这条线路上占有 60% 的市场份额⁴。对于大多数中等距离的旅行来说，高铁服务的可靠性、频次和舒适性具有强大的竞争优势⁵。

图 3.6
高铁的竞争力



注释：这三种模式的竞争范围具有指示性。以 300-350 公里/小时线路为样本，对高速铁路的竞争力进行研究。200-250 公里/小时线路因存在不同价格和速度设定，优势范围会略微不同。

短城际路线的主要竞争对手是公共汽车和私家车（小汽车和小型客车）。这些客运服务经常受到新的高铁路线的沉重打击，尤其是因为 250 公里/小时的铁路票价与公共汽车票价的竞争非常激烈，虽然铁路票价并不比汽车票价便宜。与高铁形成竞争的长春和吉林（两个高铁站均在市中心）之间的公共汽车服务，虽然收费与高铁大致相同，但服务质量要低得多。高铁开通后，公共汽车几乎遭到淘汰，从每 5-10 分钟一班减少到每天一两班，途经中间城镇。在另外一些线路（比如 150 公里以下）上，小汽车和公共汽车仍然保持着竞争力，特别是在高铁车站距离市中心很远的情况下。

除了发车频繁的几次地区城际列车和高铁车站位于城中心的情况之外，小汽车和公共汽车在距离 150 公里以下的行程中占据着市场的主导地位。在 150 公里到 800 公里之间（在中国最多 4 小时的旅行时间），高铁占据主导地位。350 公里/小时的高铁服务在 1200 公里（中国的 6 小时旅行时间）内仍具有竞争力，更长距离之外，民航占主导地位。

总之，在中等距离出行模式中，中国的高铁服务最具竞争力（图 3.6）。

新增客流

车上调查一致发现，有些乘客报告称，如果没有高铁，他们就不会旅行。持这种看法的乘客在各个线路上占比各不相同，但总体上估计占乘客总数的 18%。这些发现可以与观测数据进行部分交叉检查⁶，检查结果表明，武汉 - 广州线路新增客流量为 20-25%，北京 - 天津为 40% 或更多，长春 - 吉林为 18%。

一些新增的出行来自以前根本不出行的新乘客或去原本要去其他目的地旅行的新乘客。这些出行往往发生在休闲和旅游市场。例如，广州 - 贵阳线吸引许多游客到桂林和贵阳。另一个记录在案的例子是孔子故里曲阜（见第七章框 7.3）。

车上调查还询问乘客的高铁出行频率是否增加，比较 2014 年的出行频率与 2015 年计划的出行频率。超过四分之三（76%）的乘客报告称，2015 年的出行量有所增加，总体增长 40-50%。尽管这种关于未来打算的声明往往不可靠，但这些回应表明，伴随很多高铁服务而出现的总体出行量增加，一是由于现有旅行者出行更加频繁，二是由于全新旅行者的出现。

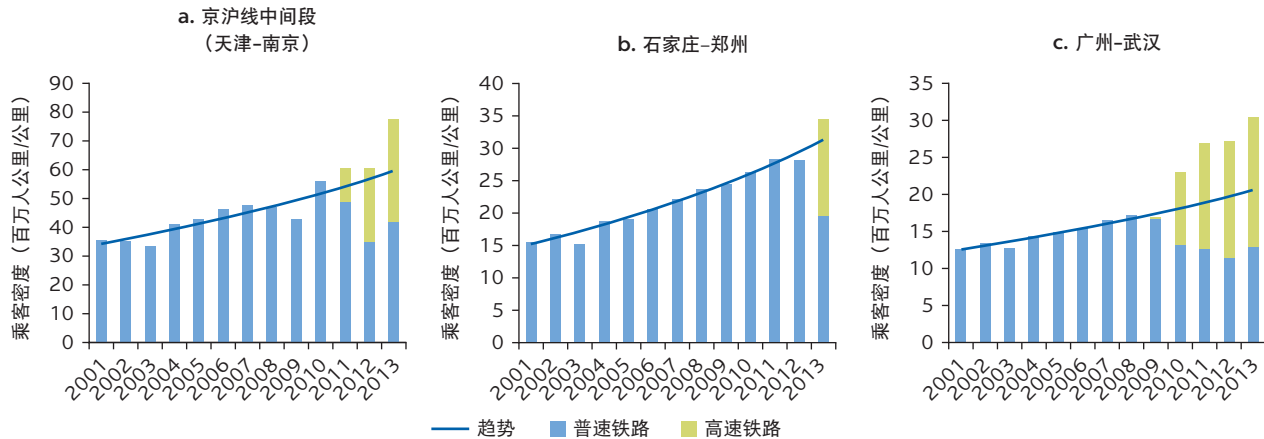
对普速铁路服务的影响

在最初的规划阶段，高速线路上的服务预计能满足 90% 的通道需求，剩下的 10% 将由现有线路上的本地服务完成。在实践中，中国铁路总公司发现，从政治上讲，撤销现有服务是不可能的，而且这些服务仍在继续运作。在一些主要通道，例如北京和广州之间的南北线，普速铁路的客运量仍然承载总客运量的一半到三分之二。

图 3.7 显示 2001 年至 2013 年，高速列车服务开始前后，京沪线、京广线的石郑段、武广线三大通道中间路段的客流密度，仅包括完全在通道内的客流量。

到 2013 年，高速列车服务在前两条线路中占据了相当大的市场份额（约 45%）。武汉 - 广州线是 2009 年底开通的第一条主要的长途高铁线路，开通后立即占据了很大的市场份额，虽然这其中原因可能是高速列车服务的推出恰逢普速列车服务大幅减少、运力不足难以满足市场需求。2013 年，高速列车服务运载了这条通道上 58% 的乘客。

图 3.7
主要通道的客流密度和市场份额（2001-2013 年）



资料来源：世界银行基于中国铁路客流数据的分析。

对普速铁路服务的需求相当稳定。在引进高铁服务之前，普速铁路服务运力有限：车票很难买到，列车总是满载。现在看来，转向高铁的乘客所释放出的空间足以满足被抑制的需求。

实际上，近年来，普速铁路的客运服务数量保持相对稳定，甚至有所增加（图 3.8）。唯一的例外是武汉 - 广州通道，这是第一条投入运营的长途通道，也是对普速火车班次减少投诉最多的通道。

在所有类型的旅行中，高速列车对普速铁路服务的影响并非一致。表 3.1 显示了高速列车服务在京广线沿线主要城市的预计份额。总体格局很清晰。对于大城市之间较短的距离（例如北京 - 石家庄和广州 - 长沙），高铁和非高铁之间的绝对票价差相对较小，高铁占据了铁路市场的 70% 到 80%，这得益于其更加人性化的服务频次、时间表和购票的便利性。之后，这一份额稳步下降，在票价差异绝对值较大的长途运输中，高铁的份额约为 40%。

图 3.8
高铁通道列车服务（2011-2016 年）

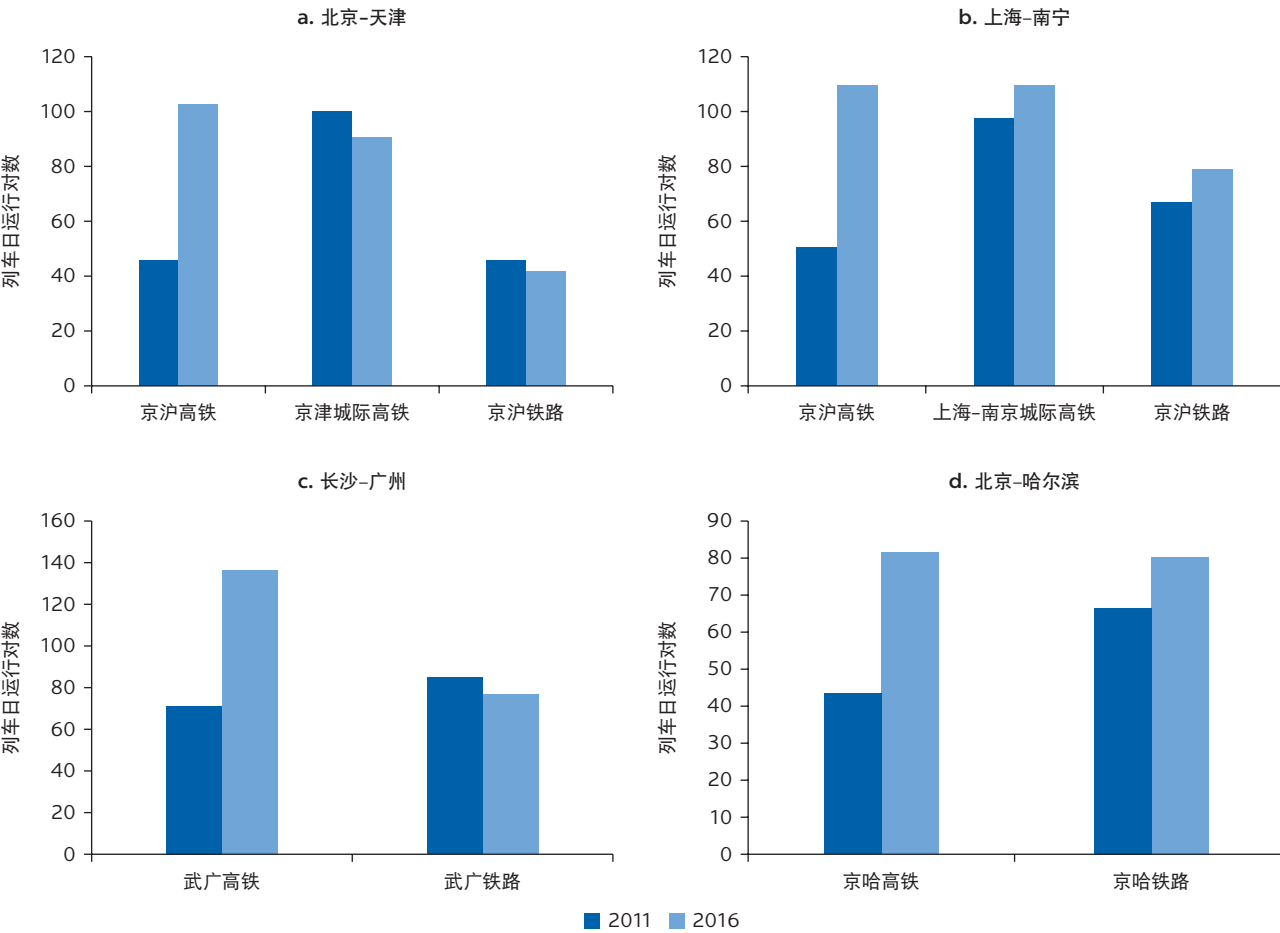


表 3.1 京广线通道高铁市场份额（2013 年）

	北京	石家庄	郑州	武汉	长沙	广州
与北京的距离（公里）	0	281	693	1,229	1,591	2,298
北京		73	58	51	35	40
石家庄	77		51	49	42	20
郑州	55	47		46	45	24
武汉	52	47	44		64	64
长沙	37	46	42	67		70
广州	37	23	24	64	71	

资料来源：世界银行基于中国铁路客流数据的分析。

是哪些主要限制因素导致仅有部分乘客转移到高铁？首先是票价问题。对时间敏感、需要长途跋涉的乘客不会选乘高铁而是选择民航。在京广线，普速列车票价与高速铁路票价之比在 1:3 到 1:4 之间，尽管这种差别在 300 公里左右的行程中相对较小（例如北京 - 石家庄为 60-80 元 [9-12 美元]，而对于北京 - 广州这样的旅行来说，价差就变成很大一笔金额（例如，400-600 元 [60-90 美元]）。

普速列车服务也在一定程度上服务于不同的地理市场。在许多通道上，普速线路和高铁线路相隔一定距离，但普速铁路有更多中间站⁷，这些中间站位于中等城市中心，通常比典型的城外高铁站更为便利。由此导致的一个结果是，高铁在中等城市之间的短距离交通中所占份额要少得多，通常吸引 10-30% 的市场份额。

最后，在六次大提速之后，许多中国普速铁路服务也可以在速度上竞争，尤其是通宵铁路旅行可以让乘客节省通宵住宿费用。尽管高铁线路上也有一些电力动车组（EMU）卧铺服务运行，但受到 4 小时维护窗口的限制，无法充分发挥速度优势。

随着时间的推移，随着收入和时间价值的增加，预计将有更多的乘客从普速铁路服务转移到高铁服务。尽管如此，未来许多年里，对普速铁路服务的需求还会很强劲。这一发现如何为其他国家所借鉴将取决于一系列因素：需求在多大程度上受到供应限制，这两种服务类型之间的价格差异，以及地理位置。

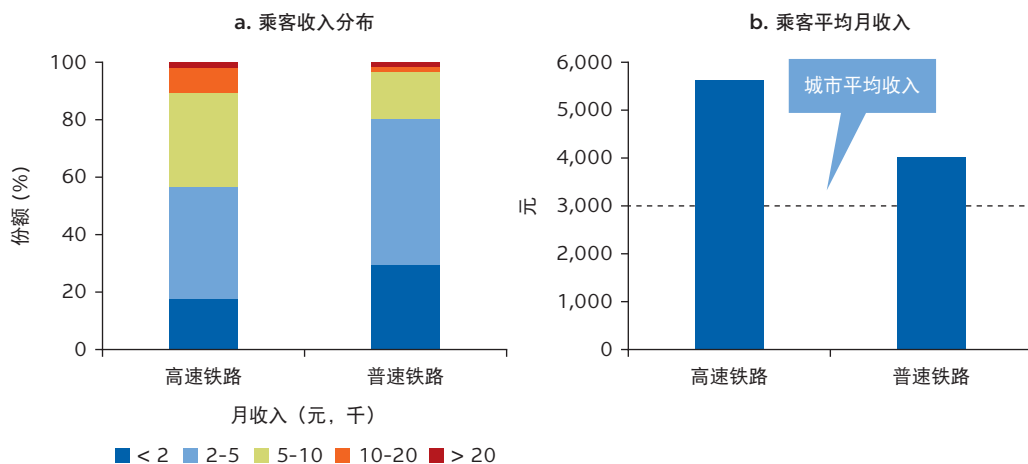
中国高铁的可负担性

高铁吸引了商务和休闲旅客。准确的比例自然取决于各个路线的特点，但调查显示，商务旅行通常占总行程的 40-60%。正如预料，与普速列车服务相比，高铁乘客的商务出行比例更大，但这种差异并不是很大。

2014-2016 年高铁车上调查中，乘客自我报告个人月收入⁸ 平均值中，从长春 - 吉林线的 4300 元（640 美元）到天津 - 吉林线的 6700 元（1000 美元）不等，总平均值为 5700 元（850 美元）。平行的普速列车乘客收入约为高铁乘客收入的 65-75%。图 3.9 显示，高速列车和普速列车的大多数乘客月收入都低于 5000 元（750 美元）。当时，中国东部人均月收入约为 3000 元（450 美元）⁹。

图 3.9

铁路乘客收入分布及月收入（2015 年）



资料来源: 世界银行-中国铁路总公司车上调查

虽然自我报告的收入数字需谨慎对待, 但调查结果显示, 使用高铁服务的乘客包含各种收入水平的人。很大份额的乘客来自中低收入阶层, 其中近 60% 的高铁乘客自称每月收入低于 5000 元 (750 美元)。尽管如此, 普速和高速列车服务各个收入水平的人均有使用 (图 3.1)。在许多方面, 高铁似乎填补了先前提供的服务类型的空白, 说明客户愿意为更优质的服务支付更高费用。

照片 3.1

乘坐贵广高铁外出旅游的家庭



资料来源: © Mengke Chen/ 世界银行。照片使用需授权许可。

本章重点内容

- 高铁约有一半的乘客来自普速列车服务，大约 25% 来自公共汽车和小汽车，10% 来自民航。大约 15-20% 是新乘客（新增客流）。
- 在 150 到 800 公里之间的行程中，高铁与其他交通模式的竞争非常激烈。由于速度和服务频次均很高，中国高铁在 1200 公里以内具有竞争力。
- 普速列车仍在大量使用，因为它们比高铁便宜得多（票价为高铁的 1/3 或 1/4），而且有车站设在高铁服务覆盖不到的地方。此外，转移的乘客已经释放了普速列车的运力，现在可满足被压抑的需求。
- 与其他国家相比，中国的高铁票价较低，能够吸引所有收入水平的乘客。

注释：

1. 客运量（人公里 pkm）增长相当缓慢，约为每年 6.5%，因为许多高铁通道的平均行程比传统铁路短得多。
2. 定义为高铁人公里除以当年运行的高铁线路的平均长度。
3. 到 2017 年，往返武汉的航班略有恢复，每月约为 600 个航班，但长沙仍保持在 200 个航班左右。
4. 虽然许多高铁车站也位于市中心以外，但提供从这些车站到市中心的高质量交通连接，可以增强高铁的吸引力。
5. 如前所述，为应对这种竞争，2016 年国内机票进行了改革。航线距离小于 800 公里或大于 800 公里但与高铁服务有竞争时，航空公司现在可以自行设定票价。
6. 有航空和铁路数据；公共汽车乘客可根据服务频次估算；没有小汽车出行数据。
7. 高铁线路上的站间距通常为 50 公里，而传统铁路网上的站间距为 8-10 公里。
8. 在中国，收入通常被理解为每月平均带回家的工资或养老金和财产的定期收入。
9. 但北京和上海可高达 4000 元，而吉林则刚刚 2000 元出头。

参考资料：

UIC (International Railway Union 国际铁路联盟) 2019. "High Speed Traffic in the World." Fact sheet ("世界高速交通" 简报), UIC, Paris. 全文见: https://uic.org/IMG/pdf/20190122_high_speed_passenger_km.pdf.

4 建设

本章探讨中国如何在如此之短的时间内成功建成如此庞大的高铁网络，按时、按预算出色地完成了投资项目。中国拥有高度集成的建筑和机车车辆供应链，降低了项目资金成本。设计和管理方法的标准化也发挥了重要作用，而合同管理和监督也十分有力。

设计标准和建设成本

高铁线路使用的技术规范是标准化的（见表 4.1）。

图 4.1 显示了 60 个项目的工程造价。时速 350 公里的双向轨道高铁线路（包括信号、电气化和设施）平均成本约为 1.39 亿元 / 公里（2060 万美元 / 公里）¹，时速 250 公里成本约为 1.14 亿元 / 公里（1690 万美元 / 公里），时速 200 公里约为 1.04 亿元 / 公里（1540 万美元 / 公里）²，比欧洲的建造成本至少低 40%（European Court of Auditors 2018, 35）³。项目浩大、过去十年持续施工是成本如此之低的一个因素，专家团队和移动生产设施（例如，桥梁）直接从一个工程转移到另一个工程。承包商可以分期偿还专用设备（见图 4.1 和 4.2）和多个工程设施的投资。

但是，如图 4.1 所示，同样速度的单个工程成本可能相差达 100%，这取决于施工条件、工程范围和征地拆迁成本。根据可行性研究的估算（通常也包括不同速度备选方案的比较），同一条线路，采用时速 350 公里的轨道标准成本要比时速 250 公里的成本高出 10% 到 30%。

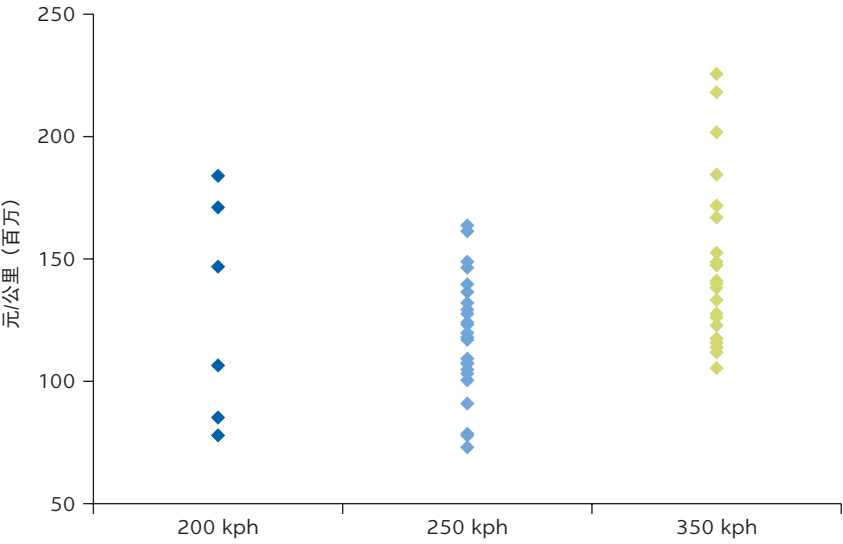
表 4.1 高铁技术标准（按最高速度）

		350 kph		300 kph ^a	250 kph	200 kph
线路	正线线间距（米）	5.0		4.8	4.6	4.2
	最小平面 曲线半径（米）	无砟	一般 7,000	一般 5,000	一般 3,200	一般 2,200
			困难 5,500	困难 4,000	困难 2,800	困难 2,000
		有砟	一般 7,000	一般 5,000	一般 3,500	
			困难 6,000	困难 4,500	困难 3,000	
	最小竖曲线半径（米）	25,000		25,000	20,000	一般 15,000
						困难 10,000
轨道	轨道类型	无砟轨道			有砟轨道或无砟轨道	有砟轨道为主， 部分无砟轨道
路基	路基面宽度（米）	无砟轨道	13.6	13.4	13.2	11.5 或 11.7 （路肩无电缆槽）
						13（路肩有电缆槽）
		有砟轨道		不适用	13.4	10.3（路肩无电缆槽）
						11.8（路肩有电缆槽）
	基床厚度（米）	无砟轨道	2.7	2.7	2.7	2.7
		有砟轨道		不适用	3	3
	路基工后沉降 （厘米）	无砟轨道	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5
		有砟轨道		不适用	一般地段 ≤ 10. 桥台 台尾过渡段 ≤ 5	≤ 15. 桥台台尾 过渡段 ≤ 8
桥梁和涵洞	墩台均匀沉降 （毫米）	无砟轨道	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20
		无砟轨道		不适用	≤ 30	≤ 50
	相邻墩台沉降差 （毫米）	有砟轨道	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 10
		无砟轨道		不适用	≤ 15	≤ 20
隧道	净空有效面积（平方米）	双线铁路隧道 ≥ 100			双线铁路隧道 ≥ 90	双线铁路隧道 ≥ 72
		单线铁路隧道 ≥ 70			单线铁路隧道 ≥ 58	单线铁路隧道 ≥ 35
信号	列车运行控制	CTCS-3			CTCS-3 或 CTCS-2	CTCS-2
通信	GSM-R 系统	单网交织覆盖			CTCS-3: 单网 交织覆盖	单网交织覆盖
					CTCS-2: 普通 单网交织覆盖	
供电	牵引供电	AT 供电方式				
接触网系统	路基支柱	路基上单支柱一般采用 H 型钢柱			路基上单支柱一般采 用等径混凝土支柱	路基上单支柱一般采 用等径混凝土支柱
	支持装置	一般采用铝合金腕臂			一般采用钢腕臂	一般采用钢腕臂
电力	配电所高压柜	气体柜			空气柜	空气柜

注释：时速 250、300 和 350 公里的高铁线路设计遵循《高速铁路设计规范》（TB10621-2014）；时速 200 公里线路的设计遵循《城际铁路设计规范》（TB10623-2014）。
AT= 自耦变压器；CTCS = 中国列车控制系统；GSM-R = 全球移动通信铁路系统。

a. 在实践中，中国尚未修建时速 300 公里的高铁线路。

图 4.1
中国高铁工程造价



资料来源：世界银行根据中国铁路总公司的数据进行的分析。
注释：kph = 公里/小时。

高铁供应链

高铁供应链主要有四大分支：工程建设、装备制造、技术研发和运营管理。中国高铁网络发展的规模为这些分支机构的充分发展提供了足够大的市场。

高铁线路的建设和管理由相关合资公司负责。合资公司通常与中国八家铁路勘测设计公司中的一家或多家签订合同，由其完成勘测设计任务。施工监理承包给一家或多家施工监理企业，其中大部分属于中国铁建股份有限公司（CRCC，中国铁建）和中国中铁股份有限公司（CREC，中国中铁）这些世界上最大的建筑工程承包商。

中国还拥有完整的铁路装备制造链。设备制造企业由国家铁路局(NRA)发放许可，国家铁路局也负责产品质量的监督检查。目前，电力动车组(EMU)主机厂分布在青岛、唐山、长春、江门和南京，均隶属于中国中车股份有限公司(CRRC，中国中车)，该公司生产 31 种 EMU 产品。中国高速列车的成本仅为海外同类产品的三分之一到一半。

铁路运输基础设备包括道岔及其转辙设备、铁路信号控制软件和控制设备、铁路通信设备和铁路牵引供电设备四大类，共计超过 130 家企业。

照片 4.1
张呼铁路线上架设预制桥梁



资料来源：© Martha Lawrence/世界银行。照片使用需授权许可。

照片 4.2

运输桥梁的专业设备

资料来源：© Nanyan Zhou/世界银行。照片使用需授权许可。

中国铁路的技术研发由企业、科研院所、高等院校三方组成。大多数企业将研发与制造业相结合，产业与大学研究合作机制促进了发展。许多主要的铁路研究机构，如中国铁道科学院和中国铁路经济规划研究院，均为中国铁路总公司（CRC）的子公司。

一个值得重视的因素是，主要承包商和供应商确信项目将持续进行，因此能够放心投资设备和设施，从而提高了效率、降低了成本。

高度的自给自足以及相关的产业供应链带来了巨大的规模优势，这些优势在其他地方不太可能实现。其他国家能在多大程度上借鉴中国的做法取决于各自情况。然而，中国体制的许多特点确实为其他考虑高铁项目的国家提供了有益的经验。

项目规划、设计和审批

中国铁路总公司规划部门每年编制下一年度工作计划。该计划经内部审查后批准。

2015 年之前，每个项目均需进行预可行性研究。自 2015 年起，该流程已简化，现在直接开始进行相应的可行性研究，提交国家发展和改革委员会审批⁴。设计工作通常分为初步设计和施工图设计两个阶段。

初步设计由中国铁路总公司规划部门制定工作计划。公司聘请工程设计顾问（即设计公司）根据计划完成初步设计。中国铁路总公司内部的鉴定中心对初步设计进行审查并提出意见，然后将初步设计送交总公司各部门审核。对于合资项目（包括所有高铁项目），初步设计也需要得到相关合作伙伴（如省政府）的核准。初步设计严格按照可行性研究的施工范围、标准和投资进行，重大修改必须经中国铁路总公司副总经理批准。

设计草案应密切遵循初步设计，由工程设计公司承担完成。草案由中国铁路总公司工程管理中心审查，该中心有能力审查桥梁、隧道和主要车站等复杂工程构件。设计草案一经核准，必须经设计变更规定的具体授权方可修改。

2015年前，开工前还需对开工计划进行审批。这一要求现已撤销，但要求合资公司严格遵守有关规定，包括：

- 项目符合相关计划和政策。
- 主管人员或有关部门已与设计院签署设计文件并提交协议。
- 建立了安全评估管理体系。
- 项目的初步设计、总预算估算和施工估算已批准，施工图已审核。
- 总承包商和施工监理的投标过程已完成。
- 项目资本金和其他建设资金已按照国家规定进行了担保。已根据可行性批复签订贷款合同，贷款银行也已评审通过。

所有高铁投资均采用竞争性招标，包括工程设计、施工服务和机车车辆。各省招标投标中心负责所有工程和服务的招标工作。由于中国铁路总公司是大多数合资公司的最大股东，因此大多数高铁投标均由北京招标投标中心负责。由专家委员会对投标书进行评审，选出前三名投标人。然后，招标公司在这些投标人中进行选择。

合资公司中标后，向中国铁路总公司（主要是建设管理部和工程管理中心）和国家铁路管理局报告一些方面的情况。

中国的高铁规划、设计和审批的速度均相当快。通常情况下，从开始可行性研究到开始施工用时不到一年。

施工监管

中国铁路总公司和地方政府都监督高铁建设，而合资公司的监理顾问则提供日常项目监理。

中国铁路总公司的主要监督机构如下：

- **建设管理部**编制铁路施工标准和标准成本，监督施工管理体系，监督标准设计的实施。承担招标、合同履行、工程质量、安全生产的集中管理。在工程层面，对施工工作进行集中管理，指导工程竣工验收，对重大问题进行协调。在产业层面，监督铁路施工部门，为各个施工单位提供指导和评估，并监督公司和个体员工的资质。
- **安全监督管理局**制定安全规章制度，从宏观和微观两个层面监督其实施。负责编制新铁路开通前的安全评估计划并监督其实施。
- **工程管理中心**负责大中型铁路建设项目的组织和日常监督，包括施工计划、施工质量和安全、验收和调试。
- **工程质量安全监督总站**监督和检查工程质量和施工安全，包括施工期间事故的调查。

地方政府的主要监督机构如下：

- **安全监察局**负责项目的详细监督，定期检查施工情况，调查事故，并在开工前对项目进行检查。
- **质量监察站**同样负责对施工质量进行详细的监督和检查。

合资公司聘请工程建设监理，负责监督日常运营和施工承包商在实际产出和工程管理方面的表现。

施工管理

2007年，中国铁路总公司（原铁道部）开始推行建设项目的标准化管理。这一管理模式适用于所有高铁，其核心原则是“事事有标准，事事有流程，事事有责任人”。通过引入标准程序，节省了施工成本和时间，避免了返工和资源浪费，同时促进了施工标准的不断提高，提高了安全水平。

这一管理模式具备以下四个特点：

- **规范性：**从顶层设计到基本实施，都有规定的标准和规范。在施工现场，物资采购、人员配置、现场布置和安全生产均有规定可循，从而建立了规范性工地和规范性队伍。
- **系统性：**各子系统之间必须建立全面的协作关系，力争从根本上保证提高绩效，实现“整体大于部分之和”的效果。
- **通用性：**框架结构适用于不同地区、不同自然环境和不同承包商。
- **灵活性：**各个承包商可以在整体框架下编制适合自己项目的条文和规章制度。中国铁路总公司（及以前的铁道部）制定的《铁路合同管理办法》提供了框架，在这个框架内，各个合资公司可以创建反映每个项目具体特点的项目合同管理结构。

中国有一套全面的建设项目环境管理法规，包括铁路项目环境管理法规和规范。中国铁路总公司高度重视铁路建设项目环境管理体系的实施。2007年制定了铁路项目“六位一体”的政策，要求把六个目标——质量、安全、环保、工期、投资、技术创新——纳入所有项目。该系统采用符合国际良好实践的缓解层次方法，即在预先避免环境风险/影响方面做出重大努力，然后通过合理的项目设计、综合缓解措施和必要时的补偿措施将影响降至最低。例如，为了管理噪音影响，采取措施，通过技术设计（如无缝轨道）、安装隔音屏障以及必要时将人员重新安置在远离轨道的地方，将噪音降至最低。

程序上，必须制定环境影响评估（EIA）和环境管理计划（EMP）并由环境保护部核准。项目竣工后，由项目业主聘请的第三方顾问进行环境验收，以核实环境措施的实施以及是否符合环境影响评估/环境管理计划的要求。环境验收是试运行、正式运行和运行一年后项目最终竣工审批的一部分。

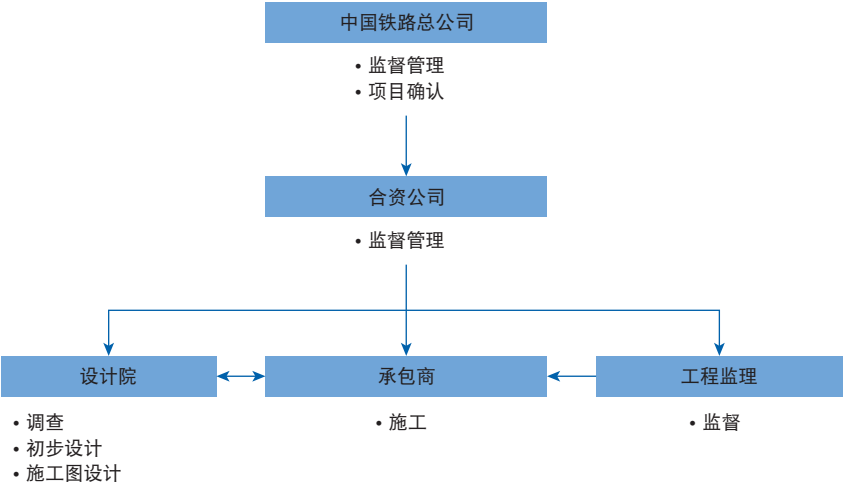
中国还有综合性的土地管理法和实施条例，管理土地征用，并为受项目影响的人员提供补偿。所有铁路工程均按照国家法律法规进行。

在规范的管理模式下，各方在工程建设中发挥着不同的作用。图 4.2 显示了高铁建设的管理结构：

中国铁路总公司对合资公司进行监督，负责制定施工管理标准，审查和批准设计，监督施工标准的实施，并负责项目竣工后的评估和验收。

合资公司聘请设计院、承包商和工程监理公司来开展这项工作。作为项目管理方，合资公司负责资金的安全；管理合同；协调设计师、承包商和工程监理；检查施工工作；控制和指导工程进度、质量和安全；向中国铁路总公司报告。合资公司的项目经理有着明确的分工和授权。他们通常全项目周期负责，确保项目的推进有清晰的责任链条。

图 4.2
建设管理结构



设计院负责项目的勘测、初步设计和施工图设计。大多数情况下，只有一家设计院负责可行性研究到施工阶段的所有测量和设计⁵。

承包商根据设计院的施工图设计建造项目。在操作层面，按照架子队模式组建作业队，确保施工质量。总承包商中合格的专业经理和工程师组成架子队，管理各个施工任务。架子队直接指导和管理工人开展施工工作，确保达到操作和技术标准，确保工作进度符合工作计划。工人与总承包商签订个人劳动合同。相比之下，在传统的分包模式下，工人由分包商管理，而分包商在技术能力和责任感方面可能要弱一些。因此，架子队模式更好地保证了施工工程的质量（合同管理体系的进一步讨论见框 4.1）。

工程监理负责监督承包商的日常工作，以确保施工质量和安全；工程监理向合资公司报告。

框 4.1

合资公司合同管理制度

建立合同管理机制的主要目的是规范铁路建设合同的订立、履行、变更和解除；防止和减少合同纠纷；维护合同当事人的合法权益。

合同管理实行集中管理、分级负责。合资公司是合同管理的主体，负责建立合同管理制度，必要时可任命合同管理人员，包括专职法律顾问。成立合同管理小组，由总经理领导，各部门设副经理。

合资公司负责合同相关技术条款的谈判和起草，合同管理指导小组负责审查。

合资公司的合同经理每年进行一次检查，向地方行政管理部门的建设局和企业管理法办公室报告。合资公司还组织定期和临时检查。

最后，合资公司要建立合同管理记录，并定期进行统计分析。合同完成后，承包商向合资公司提交工作报告，所有合同文件存档。

高铁项目建设中的激励机制

建筑企业生产方式和工程项目的特点决定了项目经理激励机制的具体内容。高铁项目的责任和风险分为三个层次。

- 1. 建筑企业是招标发包单位，承担每个项目的盈利和信誉风险。
- 2. 建筑企业项目经理控制施工质量、成本、工期，承担管理风险。
- 3. 建筑工人进行施工作业，承担作业风险。

这三个层次按照各自的责任和风险分担高铁项目的利润。

承包商项目经理的激励机制在设计上应当使项目经理的个人利益与建筑企业的长期利益相一致。对项目经理的考核不能仅以上缴多少利润为标准，而是要综合考虑工程质量、安全、文明施工、合同履约、生态效益等指标的完成情况，这些都会影响项目公司的长期利益。

项目经理的经济补偿通常包括基本工资和绩效奖金，辅以精神激励。基本工资一般由项目规模决定，按工程造价定级（不含分包合同），并考虑工程位置和施工难度等调整因素。工资之外有反映绩效和风险的绩效奖金做补充。以某铁路建设公司为例，绩效奖金根据基本工资确定，为基本工资的 0% 到 150% 不等。参考因素通常包括施工安全、工程质量、财务管理和报告、按期完成情况以及与外部各方（环境、水等）的关系。按季度对这些因素进行评估，项目结束时的平均值用于确定最终奖金。此外，在许多情况下，项目利润的一部分会发放给项目管理团队，此举对激励团队节约成本起到了重要作用。

本章重点内容

- 时速 350 公里的高铁线路，中国建设成本平均约为 1.39 亿元 / 公里（2060 万美元 / 公里），时速 250 公里约为 1.14 亿元 / 公里（1690 万美元 / 公里），时速 200 公里月为 1.04 亿元 / 公里（1540 万美元 / 公里）。与欧洲相比，中国高铁建设成本至少低 40%。
- 除了劳动力成本较低之外，中国高铁建设快速高效的一个关键原因是设计和施工程序的标准化。
- 稳定的业务量催生了能力强、有竞争力的供应产业。
- 一经批准就鲜少修改的大型高铁投资规划促进了设备制造和建设部门进行具有竞争力和创新性的开发，并使他们能够在诸多项目上摊还项目设备的资金成本。
- 项目经理有着明确的分工和授权。他们通常全项目周期负责，确保项目的推进有清晰的责任链条。他们的酬劳中很大一部分是激励薪酬，与绩效相关。

注释：

1. 各年的建筑成本采用国内生产总值平减指数抵去通货膨胀成分，折算为 2017 年的人民币数字；2018 年通货膨胀率按 2% 计算。2017 年采用的美元人民币平均汇率为：1 美元 = 6.75 元人民币。
2. 由于数据可用性限制，时速 200 公里的高铁线路平均成本用 6 条线路的样本估算。由于样本量小，这些数字应谨慎对待。
3. 基于 10 条线路的样本。
4. 在某些情况下，铁路建设项目涉及一个省以下的，可以由中国铁路总公司与省级政府共同审批。
5. 中国有八家铁路设计院：（1）隶属于中国铁路总公司的中铁设计集团有限公司；（2）中铁第一勘察设计院集团公司；（3）中铁第四勘察设计院集团有限公司；隶属于中铁建的（4）中国铁路第五勘察设计院集团公司和（5）中铁上海设计院集团有限公司；以及隶属于中国中铁的（6）中铁二院工程集团有限责任公司、（7）中铁第六勘察设计院集团有限公司和（8）中铁工程设计咨询集团有限公司。

参考资料：

European Court of Auditors. 2018. “A European High-Speed Rail Network: Not a Reality but an Ineffectual Patchwork.”（“欧洲高铁网络：不是现实，而是无效的拼凑。”）Special Report No. 19, European Court of Auditors, Luxembourg City.

5

测试、调试和安全

中国铁路总公司拥有一套完善的系统，用于所有线路的测试和调试，以及线路运行后的安全保证。在所遵循的原则上，高速铁路与其他铁路网并无不同。然而，由于高速铁路的速度更高，为确保日常运行的安全，高铁确实有更为复杂的系统和程序。

新线路竣工验收

高铁竣工验收分为五个阶段：

1. 静态验收
2. 动态验收
3. 初步验收
4. 安全评估
5. 正式验收

静态验收是对工程设计和设备安装质量进行检查确认的过程。通常由地方铁路局组织。由施工单位自检合格，经合资公司确认。

动态验收通常是在静态验收合格后。地方铁路局组织对工程质量进行“联调联试”。联调联试采用高速综合检测列车和相关设备，在各种运行条件下以不同速度在线路上往返运行，检查确认所有系统（如通信、信号、制动）运行协调统一。

中国高铁的联调联试还涵盖运行系统，包括组织与管理、进度管理、安全管理和质量管理。与地方铁路局各部门共同制定涵盖高铁运营各个方面的具体规定。这些规定确立了三个管理层：行政管理（通常由地方铁路局进行）、建设项目管理机构（与其他相关单位）和检测机构（检验部门）。

初步验收一般在动态验收完成后进行，由中国铁路总公司验收委员会组织。

安全评估通常在初步验收之后进行，主要检查安全管理、设备设施、规章制度和人员素质，评估线路是否具备安全运营条件。安全评估通常由铁路总公司安全监督管理局组织。安全评估合格后，方可开始初期运营。

正式验收通常在试运营一年后进行。这是对建设项目自试运营之日起一年后的整体情况进行检查和评价的过程。通过正式验收后，高铁线路即投入正式运营。正式验收通常由国家发改委或国家铁路局组织。

高铁安全

2013年以来，在国家铁路局的监督管理下，中国铁路总公司开始实施铁路安全管理。国家铁路局负责制定铁路安全法规。中国铁路总公司负责监督和执行国家铁路局的规定，此外还配有内部标准和管理条例，由各个车站、动车段和地区的团队负责。

1990年颁布的第一部《中华人民共和国铁路法》规定了铁路安全管理的基本原则。2014年颁布的《铁路安全管理条例》规定了安全管理的基本指导方针。除了基本政策和原则，该条例还包括铁路安全管理的组织和实施，针对应急救援、事故调查和驾驶等具体方面，出台了一系列安全法规，这也正是安全生产法最为根本的要求。随着中国高铁的快速发展，2015年，《中华人民共和国铁路法》进行了第二次修订，具体参考了高铁的安全管理，制定了一套具体的高铁技术法规，对传统铁路的现有法律法规进行了补充。

高铁安全管理体系涵盖制度保障、技术保障、人员组织、应急救援四个方面的内容。制度保障为高铁安全管理提供了法律和法规依据，技术保障提供了技术保证。人员组织提供了坚实的人力资源基础，应急救援提供了应急保障方案。

中国铁路安全风险管理工作注重全生命周期的安全，将设计阶段的技术方案、施工阶段的工程质量、运营阶段的检查和维护结合起来。该方法考虑影响安全的三个因素：技术、人员和外部环境，目标是建立健全的检测和监控系统、人员培训的有效机制和综合的运行控制系统。

高铁列车控制系统自动监控列车运行和中央技术设备，确保各种速度水平下的运行安全和效率。该系统包括地面设备、车载设备、信号数据传输网络和车—地信息传输设备。地面设备提供线路参数、距离和路线状态。车载设备通过驾驶室接口向司机提供速度和位置信息。信号数据传输网络和车—地信息传输设备完成地面设备和车载设备的信息交互。

为了在高速下安全运行，高铁线路完全隔离，以避免外来物体的入侵。高铁线路大规模使用高架桥和隧道，这些结构自然隔离了人和动物。对于地面路段，高铁轨道完全用栅栏围起来，留有供人和牲畜横穿的涵洞。高铁线路也通过视频监视器进行监控。安装在移动通信信号塔上的摄像头将视频全天候发送到监控中心。此外，在线路两侧划定 10-20 米的禁区，禁止在该区域内从事耕作、采矿和废物处理等活动。

大风、强降雨（雪）、地震也会对高速铁路的安全运行造成影响。高铁线路上已建立自然灾害及异物侵限监测系统，会自动启动应对措施，确保高速列车的安全。在接触网支柱和地面上，安装有风速计、雨量计和雪深计。地震监测子系统监测铁路沿线的情况，当检测到的地震加速度达到设定的报警限值时，自动向列车控制系统报警，并通过列车控制系统控制列车运行。地震报警信息同时也发送到牵引变电所，通过牵引变电系统停止向接触网供电，使列车紧急停车；同时，信息还将发送到运营调度中心，供组织应急救援和快速修理线路时参考。

在某些地方，公路通过立交桥从高速铁路上面跨越，造成坠物可能进入高铁线路的风险。这些位置还配备了监控装置，用于警告列车控制系统和在受影响线路区段运行的列车。

高铁采用了大量的新技术、新设备和新系统，因此，高铁人员的专业培训在确保高铁安全方面发挥着重要作用。中国铁路总公司建立了高铁技术培训中心、铁路继续教育高新技术基地和高铁事故救援培训中心，形成了高铁三级培训体系。

同时，中国铁路总公司先后出台了有关高速铁路人员技术培训的系列规章制度，包括技术和专业人员的培训和资格认定、其他人员的培训以及高铁交通管制程序。培训内容涵盖高铁运营各方面的理论研究和实践。

安全管理不仅限于运营人员，也包括乘客。所有高铁站均对乘客和行李进行安检。此外，中国铁路总公司还通过多种方式对乘客进行高铁安全教育和宣传。在列车上发布安全通告，在人口稠密地区的基础设施上设置安全警示标志。

如果确实发生事故或事件，预先建立的高铁应急管理体系将与地方政府和应急单位联系。其中包括乘客紧急疏散、脱轨救援和恢复、列车火灾紧急情况 and 设备故障的应对程序。各铁路局常年储备足够数量的应急救援物资，并做好应急资金保障，以快速响应此类紧急情况。

基础设施维护

严格的基础设施检查和维护是运营阶段安全保证系统的一部分。表 5.1 为检查程序。中国高铁主要采用高速综合检测列车和特制的专业检查车对基础设施检测。检查范围既包括轨道，也包括接触网，检测得到的数据传输至铁路基础设施检查数据中心进行分析，及时发现设施存在的问题，提出维修建议。中国高铁每条线路上每天开出的第一趟列车为“确认列车”，检查确认高铁装备状态完好才能开行第一趟旅客列车。综合检测列车（因黄色外表而得名“Doctor Yellow”）每 10 天运行一次，对高铁基础设施（轨道、信号和通信、接触网、轮轨相互作用）进行实物检查。

除了检查列车的动态检查之外，中国铁路总公司还设置每晚 240 分钟的“综合维修天窗”对线路进行定期静态检查，并进行必要的轨道几何调整。根据检测到的高铁故障类型和级别，铁路工程部门在维护窗口期间维修或更换轨道和接触网部件，并将其恢复到一般状态。

通信和信号的维护重点在于预防性维护，采用的是地面监控、检查列车数据和车载远程监控系统综合手段。

表 5.1 高速铁路维护检查方案

检查方式	检查内容	检查设备	检查周期
动态	轨道几何状态	综合检测列车	10 天/次
	车辆动力响应	综合检测列车	10 天/次
	轮轨动力学	综合检测列车	10 天/次
	部件状态	综合巡查车	季度/次
	钢轨探伤	钢轨探伤车	月/次
	路基、道床状态	地址雷达检测车	年/次
	轨道刚度	轨道加载车	年/次
	隧道衬砌状态	隧道检查车	年/次
静态	轨道几何状态	轨道检查仪	月/次
	线路纵断面	纵断面检查仪	年/次
	隧道、道床表面状态	激光断面测量仪	年/次
	道岔和调节器	检查仪	年/次
	钢轨状态	探伤仪、断面检查仪	月/次
	无缝线路	无缝线路监控装置	年/次
	精测网	全站仪、精测小车	年/次

电力动车组维护

与基础设施一样，中国的电力动车组（EMU）维护目前主要是预防性维修，其他维修仅在需要时进行。这些车辆有 3000 多个自动传感器，可监测运动部件的状态。这些传感器将信息传输到动车段 / 修理车间，指导具体的维护。维护周期采用以走行公里周期为主、时间周期为辅的模式。

电力动车组每行驶 4000 公里（公里）或 48 小时进行一次检查和维护，主要进行目视检查和功能测试（刹车、受电弓、厕所排水和清洁），通常在动车段连夜完成。此外，电力动车组进入或离开动车段 / 修理车间时，线路侧设备会对每个车轮进行测试。

不同程度的动车段维护每隔 20,000 至 800,000 公里行驶里程（大致每两周一次到每两年一次）进行，具体间隔取决于机车车辆类型。此类维护包括轴检查、胎面调整、变速箱换油、轴承润滑以及系统和部件功能测试。

在此间隔（即大约 120 万公里或三年）之后，动车组需要进入动车运用所或动车制造工厂进行更广泛的维护，维修涉及转向架并测试制动、牵引和空调系统。行驶里程达 240 万公里时，每个主要的动车组系统（转向架、受电弓、制动器、电机和电气性能测试、车内设施和油漆）均需剥离和维修。最后，在 480 万公里或 12 年的时间内，整个车辆需进行拆卸，更换部件，必要时进行升级，并重新喷漆。

本章重点内容

- 中国铁路总公司在国家铁路管理局的监管和监督下，负责制定内部标准、实施安全管理。在高铁的建设阶段和运营阶段，这些标准的日常实施则委托给合资企业和地方铁路局执行。
- 中国对高铁项目整个生命周期内的安全风险施以管理：在设计阶段确保使用恰当的技术，在建设阶段中保证建设质量，在运营阶段进行监管和养护。
- 中国通过实物检查和仪表设备动态检测收集高铁资产状况的数据，对这些数据进行集中分析，确定养护要求。
- 在高铁运行过程中，每天早晨发出的第一趟列车是检测车，用以检查高铁基础设施。每隔十天，还会发出一列安全综合检测车进行检查。
- 每天深夜会安排 4 小时的检查保养窗口。

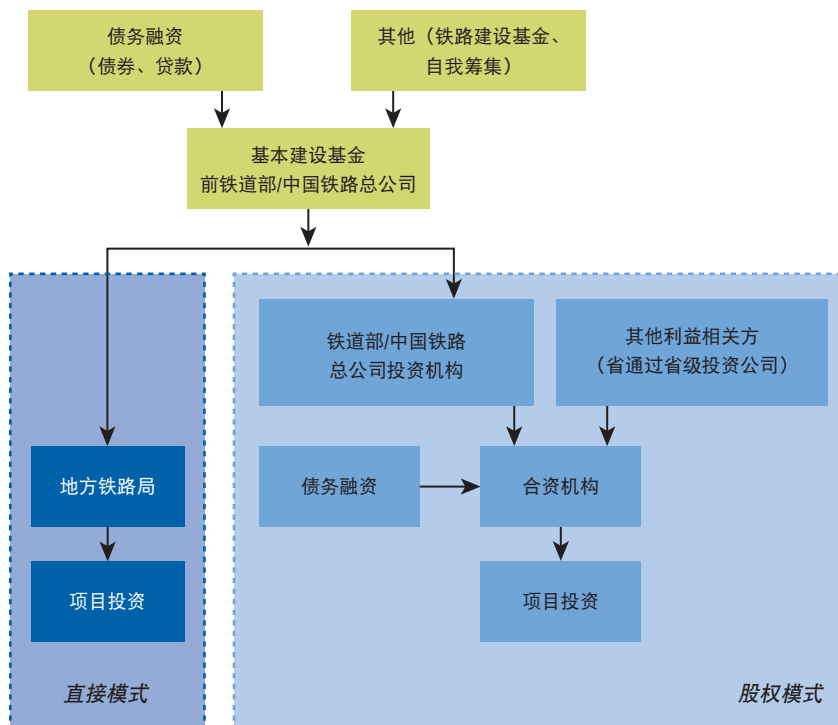
6 融资

2004 年前，中国高铁投资的主要模式为“直接投资”。铁道部负责出资，地方铁路局负责项目的执行（图 6.1）。

自 2004 年起，绝大多数项目都采用了“股权”模式。此种方式下，中国铁路总公司通过所属的机构——如中国铁路投资有限公司——或者地方铁路局与地方政府

图 6.1

“直接”与“股权”融资模式



（通常是省政府）组成合资公司（JV）¹，有时也会有一小部分第三方机构参与，如中国平安保险（集团）参股京沪高速铁路股份有限公司，中国海洋石油总公司参股京津城际铁路有限责任公司，而复星集团参股了杭绍台铁路有限公司。项目通常由合资公司出资 50%，再从国内银行（如国家开发银行）贷款 50%，很少的情况下会向国际银行贷款²。中国铁路总公司负责项目执行并推动融资。这种方式也被称为“铁路与地方政府合作”模式。

本章分析了高铁项目融资的四个方面：

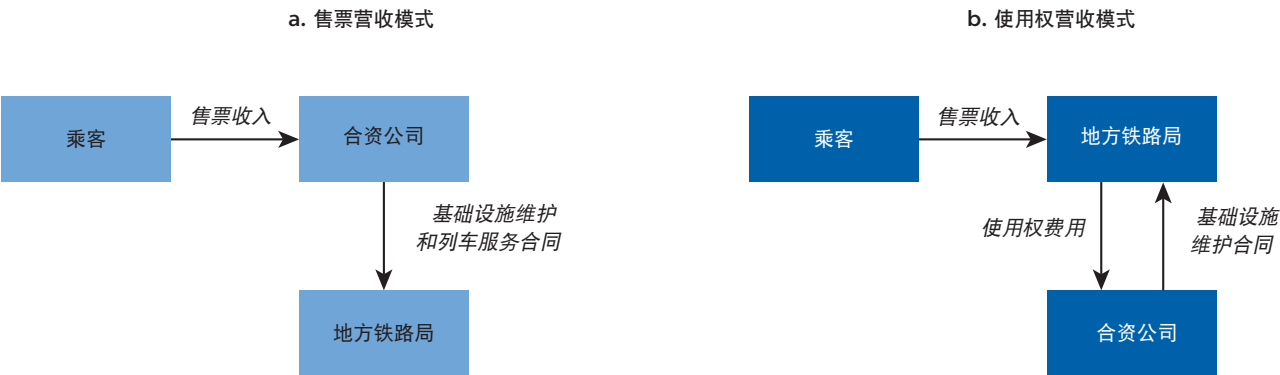
- 1. 项目公司的财务表现；
- 2. 各条铁路线的总体财务表现；
- 3. 中国高铁网络整体的财务表现；
- 4. 如何使财务具有更好的可持续性。

地方铁路局与合资公司财务表现

目前，合资公司有两种营收模式（图 6.2）。第一种是依靠售票收入，合资公司承担营收风险。在这种模式下，合资公司从地方铁路局租用高铁动车组，并与地方铁路局就列车运营和设备维护签订合同。合资公司通过向旅客售票获得收入，并支付地方铁路局的服务。另外一种模式是收取使用权费用。合资公司向使用高铁线路和车站的列车运营方收取费用，并与地方铁路局签订设备维护合同。使用权的费用水平由中国铁路总公司决定。地方铁路局负责组织列车服务并保留售票收入，承担营收风险。合资公司大部分的收入和支出主要与列车运行的数量相关，而不是客运量。营收模式由合资公司的董事会选择。

使用权付费的模式将所有权和管理分开，限制了资产所有者盈利的选择，使高铁项目对民营资本的吸引力大打折扣。但是，它通过统一的运输组织、调度和控制来确保高铁网络的完整性。而且，原则上可以在未来引入新的运营商。在这种模式下，地方铁路局的设备、人员和经验得以充分运用，确保了运输安全，也使得高铁网络的效率得以最大化，尽管这是以限制创新为代价的。

图 6.2
售票营收与使用权营收模式



除少数特例外，如京沪高速铁路股份有限公司，大多数合资公司通过使用权付费的模式运营。在这种情况下，合资公司基本上是一家基础设施融资和合同管理的公司，不参与任何服务的运营。这些高铁合资公司与收费高速公路公司类似，它们作为资产管理公司主要负责监督道路资产的建设、使用和维护，以及债务的还本付息。

表 6.1 总结了两种服务类型的单位收入和成本³。图 6.3 和图 6.4 将这些单位收入和成本计算为地方铁路局和合资公司的财务业绩。图 6.3 和图 6.4 都是基于 400 公里长的线路，时速为 250 公里的线路客流密度⁴达到 1500 万人次 / 年，时速为 350 公里的线路密度达到 3000 万人次 / 年。

对地方铁路局来说，时速 350 公里的线路收入和列车运营成本都较高，每人公里（pkm）的收入比时速 250 公里的线路几乎高出 80%。列车运营成本约高出 20%，这主要是由于轨道能源成本不同⁵。时速为 350 公里的列车资金成本也高出将近 50%，但这个差异可以被更高的利用率抵消（时速 350 公里的线路每年运行 66 万公里，时速 250 公里的线路每年运行 44 万公里）。

综合考虑其较高的收入和成本，扣除列车运营成本后，在中国时速 350 公里线路的净收入为时速 250 公里线路的三倍（前者 0.27 元 / 人公里；后者 0.09 元 / 人公里）。计算为车·公里净收入，时速 350 公里的线路为 233 元 / 车·公里，而时速为 250 公里的线路仅为 35 元 / 车·公里。这使得地方铁路局在时速 350 公里的线路上可以用收入负担使用权费用，而在时速 250 公里的线路上就无法负担。

表 6.1 中国高铁单位收入及成本（2016 年）

	单位	200-250 kph	300-350 kph
乘客 / 列车 ^a	乘客人数	390	825
收入 ^b	元 / 人公里	0.28	0.50
列车运营成本	元 / 人公里	0.19	0.23
净运营收入	元 / 人公里	0.09	0.27
净运营收入	元 / 车·公里	35	233
使用权费用	元 / 车·公里 ^c	70	153
基础设施维护成本	百万元 / 公里	1.80	2.30
基础设施投资成本	百万元 / 公里	110	130
线路开通时利息 ^d	百万元 / 公里	2.75	3.25
本金偿付额 ^d	百万元 / 公里	2.75	3.25

资料来源：世界银行估算。

注释：列车运营成本包括电力动车组（EMU）列车的电力消耗成本，维修和维护成本，乘务人员的工资，部分管理成本以及动车组列车的资金成本（相当于每人公里 [pkm] 0.05 元左右）。固定运营成本包括基础设施维护成本和部分管理成本。

a. 假设载客率为 75%。

b. 人公里数按 400 公里以上线路的乘客数量计算。

c. 时速 200-250 公里线路按 8 车厢计费，时速 350 公里线路按 16 车厢计费。同时，在较大的车站，车站使用费按每乘客 5 元计算，较车站收费略低。

d. 按股权 50%、债务 50% 计。

图 6.3
成本与收入：时速 250 公里线路

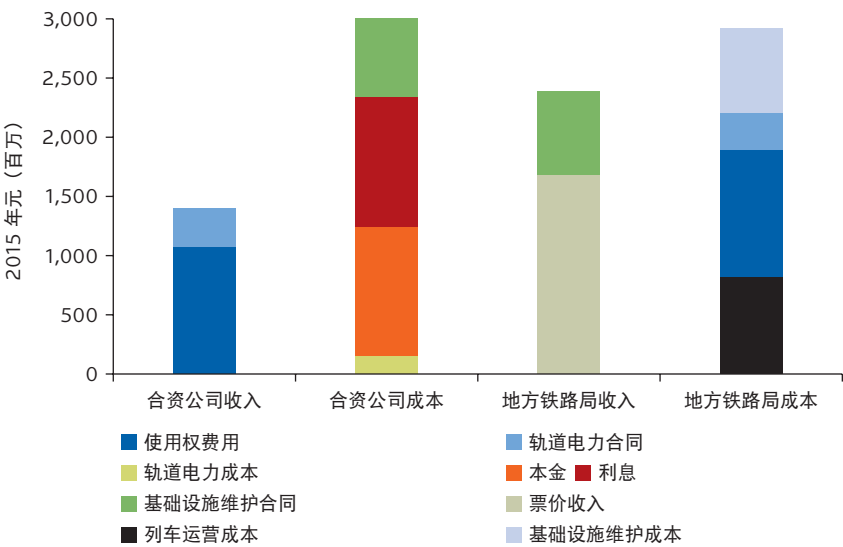
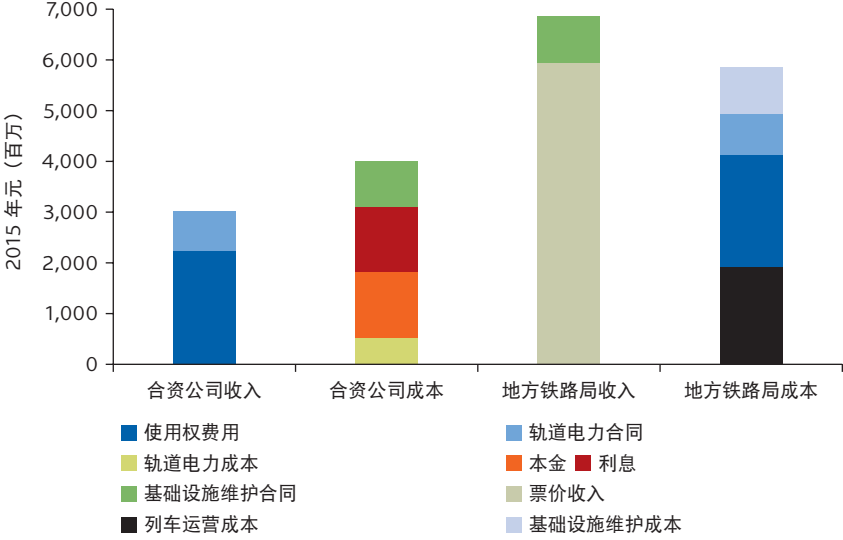


图 6.4
成本与收入：时速 350 公里线路



对于地方铁路局来说，成本和收入均直接与客流量相关。两种线路票价的巨大差异使得时速 350 公里线路的财务可持续性远高于时速 250 公里的线路。

合资公司通过收取使用权费用获得收入，其付出的成本为基础设施维护和还本付息额。与地方铁路局相比，合资公司的成本大致是固定的。然而，其收入随客流量变动，且几乎无法控制这个变量。

使用权费用基于车 公里征收。时速 350 公里线路的费用为时速 250 公里线路的两倍。同时，在时速 350 公里线路上运行的列车也更多，该线路每公里的维护成本也高出约 28%。还本付息额按照 50% 债务及 50% 股权计算，利率为 5%，期限为 20 年。时速 350 公里线路的资金成本比时速 250 公里线路高出约 18%，从而导致利息和本金支付的增加。

对两类线路——客运周转量 1500 万人公里、时速 250 公里的线路与周转量 3000 万人公里、时速 350 公里的线路——进行建模得到的结果表明，二者财务表现对于合资公司均为负数，但是时速 250 公里线路的亏损更为严重。随着时间的推移，基础设施债务的利息费用将随着本金的偿还而减少，合资公司的财务生存能力也将随之提高。但是在可见的未来，时速 250 公里的线路会遇到严重的财务挑战，除非需求有明显的增长，或者提高使用权费用。时速 350 公里线路的财务前景则较为明朗。一些客流量大的线路已经实现盈利，虽然大多数线路还做不到。

到目前为止，基础建设合资公司的现金缺口由控股的地方铁路局（通过不收取基础设施维护费用的方式）或中国铁路总公司（通过承担部分还本付息额的方式）间接弥补。

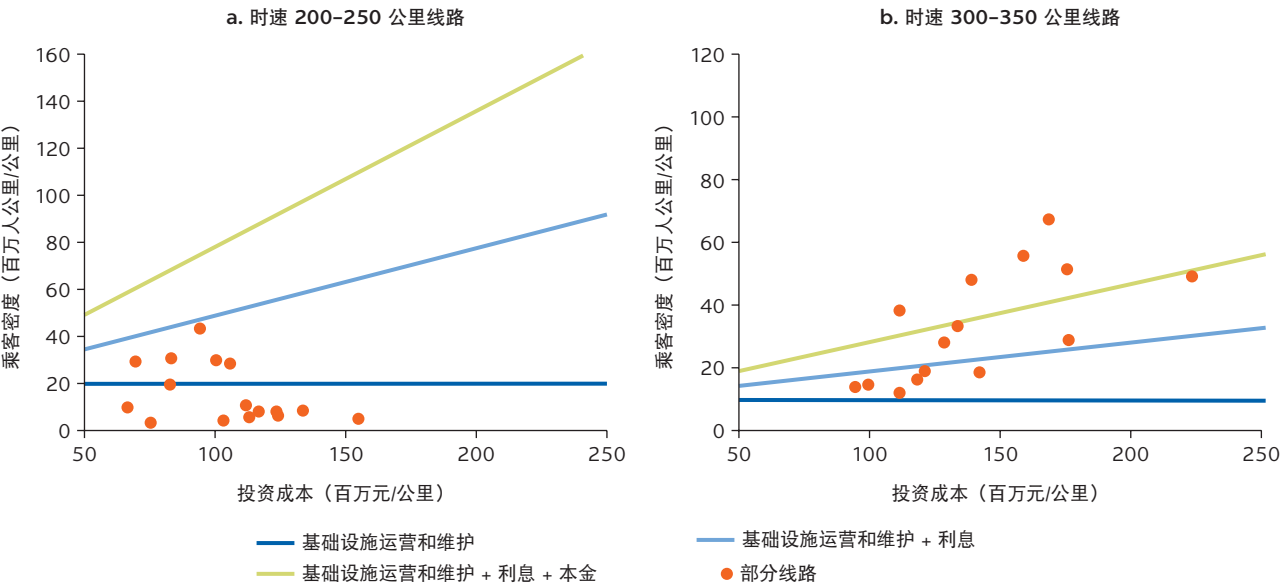
线路财务表现

将基础设施合资公司和地方铁路局放在一起考虑，这些线路的总体表现是考量投资财务可行性的重要基准。在此处是将乘客收入与全部成本相比，包括列车运营成本、基础设施维护成本及还本付息额。图 6.5 显示扣除列车运营成本后的收入能够覆盖基础设施成本时所需要的客流密度，基础设施成本有以下三个关键门槛：

1. 基础设施维护成本；
2. 基础设施维护成本 + 利息；
3. 基础设施维护成本 + 利息 + 本金。

图 6.5

开通时盈亏平衡所需乘客密度



资料来源：根据表 6.1 中的成本和收入数据建模。

门槛密度从线路开通日期开始计算，采用表 6.1 的数据。图中显示了一定范围的投资成本。投资的融资成本按照 50% 债务，利率为 5%，贷款期限为 20 年计算。在图 6.5 中，深蓝线代表每年的维护成本，通常认为该数值保持不变，因为至少在短期至中期它基本上独立于初始的投资成本。另外两条线与投资规模直接相关。

图表中的线对比了不同水平的成本覆盖所需的客流量。桔色的点代表 2016 年 16 个时速 250 公里高铁项目的实际客流密度，以及 15 个时速 350 公里项目的客流密度。如果点在线上方，则表明该项目的乘客收入可以负担这条线的成本。

只有五条时速 200-250 公里的高铁线路落点在深蓝线以上，说明这些线路可以回收运营和维护成本。没有一个点落在浅蓝线以上——即，有能力支付利息⁶。首要原因是票价过低，且从 2007 年定价之后就没有调整过。2016 年，中国铁路总公司获得授权对时速 200 公里以上线路的定价进行调整，此后很多类似线路的票价也得到了调整。

时速 300-350 公里的高铁线路情况则好得多。全部线路可以负担其运营成本。15 条线路中有九条有能力支付利息，而东部地区有五条线路有能力偿付本金。

然而，有很大一部分盈利线路（时速 300-350 公里）的客流来自时速 200-250 公里的线路。因此，在考察高铁财务表现时可以采取对高铁网络进行分析的方式。

上述分析中采用的还本付息额是运营第一年时的数字，此时的还本付息额最大，客运需求仍有待增长。随着时间的推移，还本付息额将稳步减少，部分原因是本金逐渐被偿还，部分原因是通货膨胀将降低其实际成本⁷。图 6.6 显示开始还贷后每 5 年间隔下还本付息所需的客流量，基于 20 年的贷款期且年通胀率为 2% 的假设。

偿还全部还本付息额所需的客运量逐年减少，因此，开通 10 年后，15 条时速 300-350 公里的线路中有 8 条线路可依靠现在客运量水平偿还全部债务。然而，时速 200-250 公里的线路情况仍然面临挑战。根据 2016 年前客运量增长速度，有望能够在十年内偿还全部本金的时速 250 公里的线路只有一两条，除非客运量增长到目前的三倍或四倍。中国已经认识到有必要应对时速 250 公里线路由如此低价所带来的财务挑战，开始着手调整价格以提高成本覆盖率。

表 6.2 线路开通后盈亏平衡所需客流密度（百万人 / 年）

	200-250 kph	300-350 kph
维护	21	9
维护 + 利息	53	21
维护 + 利息 + 本金	85	33

注释：kph = 公里 / 小时。

图 6.6

未来盈亏平衡所需乘客密度（50% 债务：50% 股权）

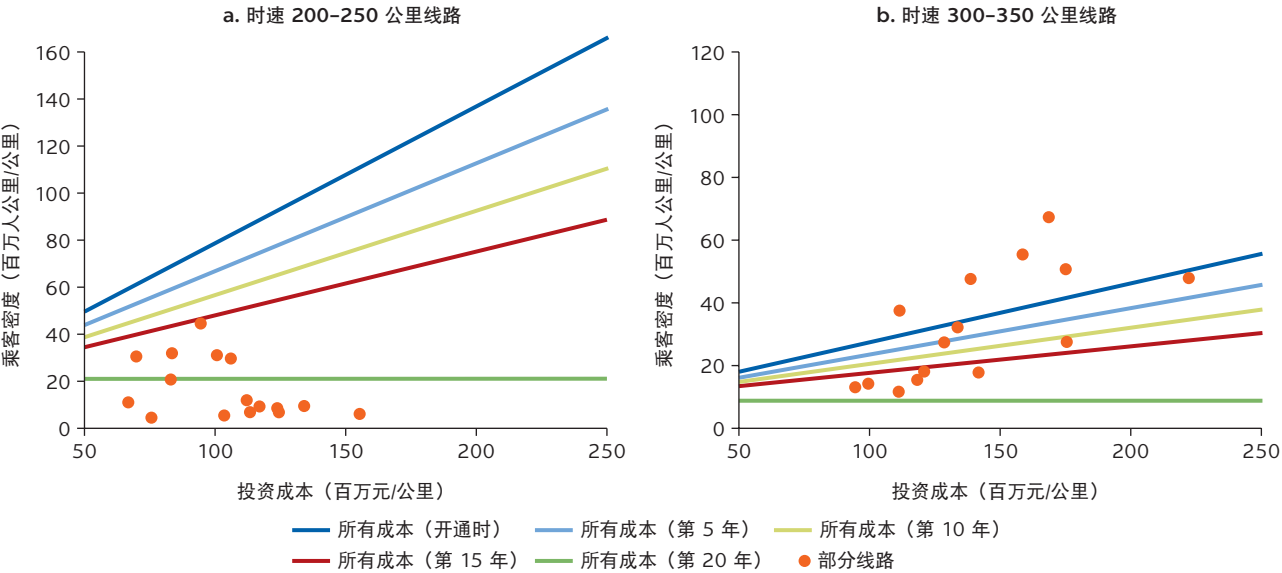


图 6.7

时速 250 公里和 350 公里线路盈亏平衡票价（50% 债务：50% 股权）

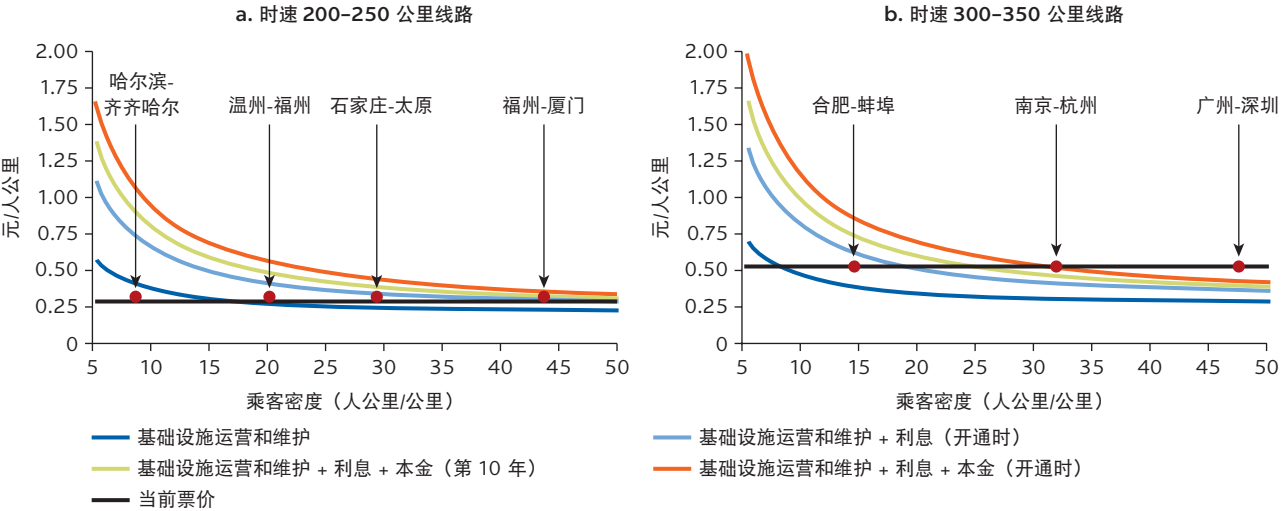


表 6.2 给出了支付维护成本、平均投资成本（如表 6.1 所示）的利息及本金所需的客流密度⁸。

另外一种分析是在给定的需求下推导出盈亏平衡时的票价。图 6.7 显示这一分析，所采用的平均投资水平数据见表 6.1。

按照当前的平均票价（0.28 元 / 人公里，或 4.2 美分 / 人公里）⁹，时速 200-250 公里线路需要在营业十年内达到 2000 万人公里 / 公里的乘客密度方能支付基础设施维护成本，支付债务本金和利息另外还需 3000 万人公里 / 公里的乘客密度。

然而，时速 300-350 公里的线路有能力在目前的票价水平上负担基础设施维护成本。多数线路（但不是全部）均达到了 2000 万人次 / 年的客流密度，这一水平也使它们有能力偿还利息。在这一水平上，偿还本金需要使票价达到 0.67 元 / 人公里（10 美分 / 人公里）。只有客流密度达到或超过 3500 万人次 / 年的线路可以在当前票价水平上承担全部成本。

与之相比，东京 - 大阪高铁线的客流密度达到 9500 万人次 / 年，平均票价相当于 1.40 元 / 人公里（21 美分 / 人公里）；台湾高铁的密度达到 3100 万人次 / 年，平均票价相当于 0.84 元（13 美分） / 人公里。另外两条主要日本高铁线路（东北本线和山阳本线）的密度在 3500 万人次左右。欧洲的高铁线路乘客密度都不高于 2000 万人次。中国的高铁线路在乘客密度上仅次于东京 - 大阪线，而其票价（特别是时速 250 公里的线路）却远低于其他国家。

高铁网络的财务表现

前面描述了线路的财务表现，那么高铁网络整体的表现如何呢？本部分展示的是中国铁路总公司和其全资控股项目公司与高铁财务相关的成本和收入综合预测，涵盖所有 2015 年 12 月 31 日前建成的高铁线路（表 6.3 和 6.4）。其中包括高速铁路网络的建设和维护费用，以及中国高铁服务的收入和成本，以显示高铁投资的财务回报。为了评估对中国铁路总公司的整体影响，必须考虑乘客转移到高铁后对普速铁路服务所造

表 6.3 高铁财务评估中的一些假设

项目	假设
框架	在评估这些类别的成本时考虑了“有项目”情境和“无项目”情境之间的区别。“有项目”情境是指在 2015 年底已建成高铁网络的情况；“无项目”情境是指没有建设高铁网络、但中国铁路总公司通过逐渐增加运营能力满足（较低的）需求增长的情况。
方法	在评估期的每一年都对成本流进行计算，这里的评估期既包括 2005-2015 的建设期（以及部分运营），也包括 2015-2045 间三十年的运营期 ^a 。评估中计算了财务内部收益率（FIRR），是在成本和收益流上应用折现现金流，折现率按 7% 计算。
客流增长	据估算，2015 年已完工的高铁网络上，2015 年的客流量增长 15%，2016 年增长 6%，2017-2030 年间以每年 3% 的速度增长，此后增速为 2%。按此增速，到 2045 年，客流量预计为 1.3 亿人次。这样的增长水平可以使刚开通的线路在一段时间内持续增加收入，直到增速稳定下来（与通胀相当）。
交通模式的转换	最初是按目前从其他出行模式转换为高铁的情况来计算，但考虑到未来汽车和民航使用增长的情况，对未来情况做了修改。
资金成本	基础设施建设成本在第四章进行了论述。高铁车辆的资金成本是将其估算成每年的成本（与租赁公司的模式类似）并包含在铁路运营成本中。所避免的普速列车的成本按照此类型的典型成本计算。
运营商收入和成本	除高铁基础设施维护成本（按公里计）外，均按单位“人公里”计。铁路成本与收入相独立，但是其他交通模式的运营成本假设为平均收入的 90%。对于汽车出行，边际运营成本计为燃料成本、过路费及维护成本一半的加总，平均按照每车两人计算。所有的计算中都假设年通胀率为 2%。

a. 基本情况下高铁的生命周期远超 30 年，因此，分析中在运营期末包含了未来 20 年持续运营的价值在当期的折现值。

表 6.4 2015 年末高铁网财务分析

	十亿元
高铁网络	
建设	-3,498
收入	6,329
列车运营成本	-3,020
基础设施维护	-554
总计	-743
普速铁路网络	
避免的资金成本	468
收入损失	-940
节省的列车运营成本	940
总计	468
残余价值 ^a	1,570
总计	1,295

注释：表中的数值单位为 2015 年人民币值十亿元，执行的折现率为 7%。

a. 指高铁网络在 30 年评估期末的（折现）价值。

成的财务影响。此分析包含修建的高铁线路取代部分普速列车网之后，普速列车网所减少的收入、运营成本和施工成本。

仅考虑高铁的收入和成本（不包括残余价值），其内部财务收益率（FIRR）按 30 年评估期估算时估算为 5.5%。然而，如果将与普速列车相关的成本和所节省的资金计算在内，高铁内部财务收益率就增至 6.4%。如果将高铁网络的残余价值包含在内，其内部财务收益率则进一步增至 8.6%。如果通胀率为 0，该值降为 5.0%。若评估期小于 30 年，财务回报则不太理想，如，到 2035 年的评估期内部财务收益率约为 4.1%，到 2025 年的评估期内部财务收益率则为 2.4%。

由于时速 350 公里的高铁线路单位收入更高，其财务表现优于整个高铁网络，其内部财务收益率大约为 9.7%。相反，时速 200-250 公里的线路的内部财务收益率仅为 0.2%；二者相差 9.5%，原因是时速 200-250 公里的线路单位收入（5.7%）较少、乘客密度（3.8%）较低。

中国高铁的财务可持续性

从 2005 年开始，约有 2.5 万亿元（折合 3,700 亿美元）的投资进入 2015 年底前投入运营的高铁网络。资金来源于铁道部/中国铁路总局和地方政府的股权出资、合资公司的银行贷款（主要来自国家和省级开发银行）、中央预算和各类建筑债券。铁道部/中国铁路总公司的股权出资来自中央预算和各类建筑债券。地方政府通过土地购置和拆迁、材料供应、设施和地方税收减免等方面参股。在某些情况下，也有民营资本参与¹⁰。

高铁的建设面临了巨大的资金压力，为解决这一问题，中国制定了一系列投资促进政策，目前正在逐步实施。其基本战略是通过提倡独资、合资的结构，以及所有权和经营权，来鼓励民间资本参与建设和运营铁路。政府和社会资本合作模式（PPP 模式）还可用于通过将运输收入和相关开发收入结合起来吸引投资。这一模式似乎在前景良好的线路上取得了成功：济青高铁是第一条以地方政府投资为主的高铁线路，而杭州 - 台州高铁则是第一条民营资本控股 51% 的高铁线路。

在更宏观的层面上，铁路发展基金得以建立，将中央政府的原始资本与希望获得稳定、合理回报的长期投资者的投资结合起来。此外，符合条件的企业可以通过公司债券和债务融资工具筹集资金，并允许重大项目发行债券。金融机构还可以通过对矿业权和特许经营等资产放贷来支持铁路项目的建设。

然而，财政可持续性以及获取高回报以吸引股权投资的能力仍然有所欠缺。客流量大的高铁线路不必担心长期的财务问题。但在许多线路上，收入虽然可以负担服务的运营，但不足以支付基础设施维护。目前，持股的地方铁路局必须通过其他业务来分担维护线路基础设施的成本。只有在极少数情况下，高铁线路有能力偿还部分债务。

铁路的一个重要财务门槛是其偿还贷款本金的能力。多年来，只有东京 - 大阪和巴黎 - 里昂的高铁线路被认为有能力达到这一里程碑。目前，最繁忙的中国线路似乎也在向着实现这一目标前进，但对其他线路来说，本金的偿还最终还需要以这样或那样的方式重新安排。

最后一个财务门槛是获得足够高的回报以吸引股权投资。按照目前的高铁票价水平，只有密度超过 3500 万人次、时速为 350 公里的线路能够获得足够多的利润达到这一目标。

如何解决财务问题

解决高铁财务问题有如下选择：

- 通过增加收入、提供政府补贴、降低成本来提高财务回报；以及
- 通过打包高铁线路重组债务，重新安排本金偿付。

已经有很多这样的机制被采纳，今后可以进一步发展，并将其组合使用。

增加收入。高铁票价可根据市场情况进行调整。中国的客运铁路票价由政府决定，但在 2015 年，中国放宽了由民营资本资助的新客运线的票价，2016 年，中国铁路总公司旗下所有时速 200 公里以上的线路也放开了定价。高铁票价现在可以根据运营成本、市场需求、竞争和社会接受程度独立进行调整。采取此举的第一条线路是时速 200 公里的沿海铁路宁波 - 深圳段。该线路旅客多（密度超过 3000 万人次），经济发展情况良好，平均票价上浮超过 23%。根据当地市场条件进行票价调整的政策可以改善许多线路的财务表现，对时速 250 公里的线路尤其重要，因为其过低的票价会导致财务不可持续。在目前的情况下，票价有调整的余地。

中国高铁已经在努力扩大收入来源，如全面开展广告、快递包裹、车站和列车上的业务。未来也有希望进行土地开发。高铁站及站台周边应该成为综合土地开发规划的一部分。这不仅将提高铁路收入，还将促进火车站布局与对外交通、城市道路和公共交通之间的协调。

降低成本。在成本方面，中国的铁路运输公司享受优惠的税收待遇，经营的前三年在一定情况下免缴企业所得税；接下来的三年所得税减半。铁路债券利息享受税收优惠，中国铁路总公司继续享受国家对前铁道部的税收优惠政策，以及地方政府的优惠。

提供政府补贴。这些办法全部采用之后，接下来可以考虑政府补贴，这无疑是一个直接而简单的解决办法。2013年中国铁路总公司成立后，国务院要求其建立明确的铁路客运补贴机制，并研究利用财政补贴补偿客运服务损失的方式。作为支持铁路改革的临时措施，中央政府对铁路总公司实施了过渡性客运补贴。此外，对于一些由民营资本控股的铁路项目，中央政府专项基金投资部分可能得到利息折扣和投资补贴的支持。对由民营资本承担的公共福利项目应该有合理的补偿制度。然而，这些政策需要仔细的设计，以鼓励运营者提高运输收入并控制运营成本。

线路打包。可以将高铁线路分成几个大组，这样干线就可以支撑它们的支线。这并不改变财务基本面，但可以用利润更高的线路支持利润较低的线路。这一方法较为合理，因为干线上多达30%的客流量来自或将去往这些支线。

债务重新安排。高铁债务可以进行重组，以延长贷款期限或本金偿还的期限，更好地匹配随时间推移而增长的市场需求。在运营初期以及本金偿还开始时，高铁项目的还本付息压力最大。旅客需求仍在发展中，但本金偿还额很大。可以更改债务时间表，将更多的本金偿还放在贷款期限的末端，使还款情况与项目产生现金的状况匹配。

本章重点内容

- 一些使用频率很高、时速 350 公里的线路能够通过售票获得足够的收入负担列车运营和维护的成本并还本付息额。这些线路的平均客流密度都达到了 4000 万人次 / 年，票价为 0.5 元（0.075 美分）/ 人公里。
- 中国很多线路的客流密度在 1000 万 -1500 万人次 / 年，特别是那些时速为 250 公里的线路，票价为 0.28 元（0.042 美分）/ 人公里，难以负担运营和维护费用。除非大幅提高票价，这些线路将在未来很多年内都将不具备还本付息能力。
- 这些结果并不能证明时速 350 公里的线路本质上就比时速 250 公里的线路在财务上更加可行。到目前为止，其中主要原因是中国高铁采用的定价政策。对于很多中低等通道而言，建造时速 250 公里的线路成本会更低、运营起来也更经济划算，而客流量仅比同一票价水平、时速 350 公里的线路少 10-15%。
- 提高亏损线路成本覆盖能力的选择包括：(1) 在客流量允许的前提下提高时速 250 公里线路的票价，(2) 提高非票价收入，以及 (3) 提供政府补贴。
- 财务重组的选择包括：(1) 将干线与支线打包，集中各线路的收入与成本，以及 (2) 重新安排本金偿还，将本金偿还移至偿还期限末端，以期客流量增长带来更多收入。

注释：

1. 很多省成立了省级铁路投资公司，负责本省铁路项目的投资。
2. 中国铁路总公司从其资产负债表中为其股权投资提供资金。其资本结构包括约 4 万亿元人民币的长期债务。
3. 参数值与中国评估高铁财务和经济的数据是相一致的。它们是平均值，每条线路稍有不同。
4. 客流密度为每个方向的客流量之和，单位为人公里（pkm）/ 公里。
5. 轨道电费包括所用电量以及供电设备的费用。
6. 计算结果基于平均成本。在现实中，每条线路的情况略有不同。
7. 票价和成本每年增长 2%，而贷款本金和利息不受影响。
8. 客流密度为双方向客流量之和。
9. 每人公里平均票价包括学生、老人和其他群体的折扣票价。
10. 中海油在京津高铁中参股 19%，平安保险在京沪高铁中参股 14%。

7 经济评估

高铁已经在铁路部门之外产生了广泛的影响。现在，对越来越多的人来说，出行变得更轻松、更可靠。而航空公司和公交公司不得不在许多路线上改变服务模式。高铁一直是许多城市改变发展模式的催化剂，也带来了旅游业大幅增长。此外，高铁还为未来温室气体减排奠定了基础。

经济评估考虑对整个社会的成本¹和收益，而不是对单一的组织。它不仅包括铁路的成本和收益，还包括航空公司和公交公司等其他运输公司的成本和效益，还包括因为缩短旅行时间、提升旅行舒适度而给乘客带来的成本和收益，以及对社会的整体外部性改进，如道路交通事故、拥堵以及温室气体排放的减少。

世界银行对截至 2015 年 12 月 31 日投入使用的高铁线路进行了指示性经济评价。这是一个初步评估，因为许多线路只开放了一两年，区域影响的全面效果需要几年时间才能充分体现。尽管如此，高铁带来的变化正逐渐清晰，而经济评价正是总结各种影响的有效工具。

这些影响大致可以划分为五类成本和收益：

1. 资金成本
2. 运营商成本和收益（所有模式）
3. 用户成本和收益
4. 外部性（如第三方的成本和收益、温室气体排放、道路拥堵和交通事故）²
5. 区域经济发展

经济评估中的假设有一部分与第六章财务评估中的假设相同（见表 6.4），另一部分关于用户成本和收益以及外部性的假设如下（表 7.1）。如框 7.1 所示，不同线路的经济回报率不同。

表 7.1 高铁经济评估中的一些假设

项目	假设
运营商收入和成本	除高铁基础设施维护成本（按公里计）外，均按单位“人公里”计。铁路成本与收入相独立，但是其他交通模式的运营成本假设为平均收入的 90%。对于汽车出行，边际运营成本计为燃料成本、过路费及维护成本一半的加总，平均按照每车两人计算。这些成本与表 6.1 中相同，但不包括通货膨胀（因为所有计算均按实际值计算）。
用户效益和成本	假设商务旅行的时间价值（VOT）与工资相同，非商务旅行的时间价值按工资的三分之一计算。该值与在车上调查（第三章）中收集的收入数据相结合，并假设（第六章）随时间变化与工资水平同步增长。考虑到服务水平的改进，高铁服务的时间价值有 10% 的提升。
温室气体排放	在经济评估换算中，参照世界银行 2015 年二氧化碳的经济代价 30 美元 / 吨，到 2045 年会增至 50 美元 / 吨（实值）。
公路拥堵	通过在没有高铁的情况下保持同样拥堵水平所需的车道公里数来间接计算，每车道公里的建造费用为 200 万元人民币（30 万美元）。
公路事故	假设每车 - 公里的事故率每年下降 2%，统计生命价值（VOSL）为人均 GDP 的 50 倍，随 GDP 增长而逐年增长。
区域发展	基于其他国家的一系列研究，计为以上收益的 20%。

框 7.1

中国高铁经济收益

世界银行在中国资助了六个高铁项目。对已完成的四个项目进行的项目后评估显示它们的经济收益为正（表 B7.1.1）。

表 B7.1.1 经济收益率

线路	经济收益率（%）
石家庄 - 郑州	15
贵阳 - 广州	18
吉林 - 珲春	8
南宁 - 广州	16

资金成本

中国铁路总公司的资金成本包括基础设施（第四章）及列车（第六章）。中国铁路总公司同时还获得如下收益：高铁建设增加的运力、从普速铁路网转向高铁的乘客需求（和乘客服务）、以及因高铁建设而推迟增扩普速铁路运力所避免的支出。

运营商成本和收益

运营商的成本和收益包括每种模式的收入和边际运营成本因需求变化而发生的变化。单位费率（表 6.1）与需求预测相结合以计算不同模式的年运营成本。可通过类似方式计算出运营收入。运营收入与乘客票价金额相等，但方向相反（即票价越高，乘客越少，进而运营收入越低）。

用户成本和收益

用户成本和收益涵盖了“有项目”情境和“无项目”情境之间的用户成本、时间和便利性的差异。用户成本很直接，即用户为使用铁路和连接方式而支付给运营商的票价。

用户节省的时间是指用户在使用高铁后的出行时间和在“无项目”情境下出行时间的差异。计算时同样需要考虑用户始发地和最终目的地与机场、火车站、汽车站之间的耗时。

节省的时间成本可以换算为按金钱计算的时间价值（VOT）。这是指用户在进行某一次特定旅行时所付出的时间价值，关于这个概念有大量的文献。时间价值通常被认为随收入而变化，收入较高的人往往使用耗时最短的出行模式。

除成本和时间之外，用户的收益还包括高铁带来的舒适度、可靠性、服务频率、购票的简便等服务水平的提升。

温室气体排放

高铁的碳排放³贯穿整个项目周期，从规划设计、物料生产、建设、运营维护以及拆卸。碳排放的相对重要性在很大程度上取决于客流量；与建设相关的碳排放主要与所提供的运力相关，但运力可能得到充分利用，也可能得不到充分利用，因此，在客流密度高的线路上与运营相关的碳排放就很突出，在客流密度低的线路上则相反。

规划设计期的碳排放绝对数量上与其他阶段相比非常小。列车制造在全部列车相关的碳排放中占比也很小（大约 3%）（Yue et al. 2015）。然而，高铁基础设施建设消耗大量的物质和能源。大部分碳排放产生自三种源头：水泥（50%）、钢（30%）以及燃料和能源（10%）。典型高铁线路的总排放量约 25,000 至 35,000 吨二氧化碳 / 路线公里，具体取决于桥梁和隧道的比例。与拆除相关的排放量要小得多，通常为 2,000 吨 / 路线公里。

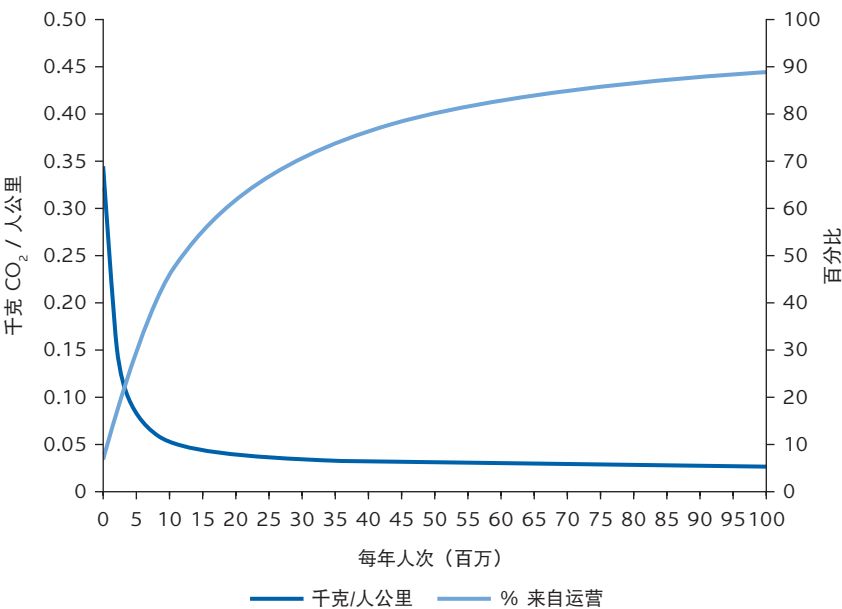
在高铁的运营中，碳排放主要来自于牵引电力消耗（总量的 80% 至 90%），车站辅助设施和设备、以及检修库的能耗（总量的 10% 至 20%）。

轨道能耗主要与速度、停站模式以及列车质量相关，但同时也受到其他因素如高速铁路级别的影响⁴。高铁电力动车组通常采用流线型设计、轻量化技术以及再生制动，这些均有助于减少能耗。

电力消费本身不造成碳排放；碳排放是在电力生产过程中产生。综合各种发电方法，中国的平均碳排放指数为 0.98 千克 / 千瓦时⁵，因此高铁列车运营带来的碳排放放在 35 至 60 千克 / 千人公里，取决于具体的速度和线路，并假设平均上座率为 75%。

因此高铁项目全生命周期的碳排放总量随乘客密度而变化（图 7.1）。最繁忙的线路，如年客流量在 5000 万人次的京沪高铁，生命周期中大约 90% 的碳排放来自于运营，而在年客流量为 1000 至 2000 万人次的低密度线路上，这一比例降至 60%⁶。

图 7.1
每人公里温室气体排放量与乘客密度相关



注释：图中假设建设和拆除的碳排放为每公里 32000 吨，每人公里 0.045 千克，生命周期为 100 年。

由于其较高的速度,高铁比传统电气铁路消耗更多的能量,也产生更多的二氧化碳,几乎是普速铁路的两倍。但是,其碳排放仅为飞机的三分之一至一半⁷。

据估计,2015 年高铁乘客约有一半来自普速铁路的用户,另外有 20%来自民航用户。大约 15%来自公共汽车和小汽车,其余的是新增的用户。估计的净效应是与没有高铁的情况相比,二氧化碳排放量减少约 2%。然而,随着时间的推移,随着单位电力生产的碳排放减少以及旅行越来越多地从普速铁路转向民航和小汽车,碳减排应该能增加至 60%左右。

未来中国高铁也可能带来间接的碳减排,因为高铁的出现可能增加普速铁路的货运能力,而铁路货运与其他货物运输模式相比可显著减少能耗和碳排放。

道路拥堵和事故

2015 年,高铁大约 15%的乘客来自中短途公路旅行的乘客,减少了道路的拥堵和事故。在没有高铁的情况下,需要在干线公路网络上额外增加 1500 车道公里才能达到同样的服务水平⁸。

关于中国公路事故率的可靠数据很难找到,但在 2006 至 2008 年间,根据警方的数据,高速公路的估计死亡率约为 21 人 / 十亿车公里。这是一个非常高的比率⁹,但根据其他国家的经验,该比率会随着机动车化的提高而减少。据此,高铁网络在 2015 年从道路交通事故中挽救了大约 140 人的生命。

与温室气体排放类似，死亡率需要换算成货币以进行经济评估。通常用“统计生命价值”（VOSL）计算。统计生命价值通常通过调查获得，但大多数结果都与人均 GDP 紧密相关，通常为人均 GDP 的 40 至 70 倍。本评估采用 50 倍这一数值。

未来高铁网络会导致更多的交通拥堵和事故减少，这与越来越多的汽车乘客转向高铁直接相关。

高铁和经济发展

除了直接的经济效益外，高铁还在促进区域经济和宏观经济发展方面发挥了重要作用。高铁服务创造了许多新的旅行，包括商务旅行和休闲旅行。商务旅行原则上意味着更大和更联通的市场，相应地可以促进高铁服务地区的区域发展。对乘客和企业的访谈证实，高铁服务显著提高了城市之间的流动性和互动（框 7.2）。

在每年总客流量约为 17 亿人次、大约半数为商务旅行的前提下，高铁每年创造了 8.5 亿个新机会让人们连接、交易、交换想法，带来了更多的经济活动和创新，提高了生产率。

国家和省级政府在几乎所有的可行性研究中都强调运输在区域经济发展中的重要影响力¹⁰。研究同时表明，交通的改善如果可以提提高一个城市到区域商业和信息中心的可达性，就可以刺激经济活动。在其他条件相同的情况下，一个新企业如果在一天内可以到达这些中心，那么它就更易接触到更大的劳动力市场以及其他的企业，从而提高生产率。这一结果正是所谓的集聚经济的重要要素——企业和个人从经济活动的集聚中不断获益。高铁大大缩短了不同地区之间的交通时间，有助于互动并提高生产率。人员、物流和信息可以在更广泛的区域内更快、更方便地流动，因此人才、资金和技术等资源可以得到更好的分配，生产和消费得到更好的匹配，从而推动经济增长。

中国正处于城镇化¹¹的转折点，2014 年发布了《国家新型城镇化规划（2014—2020 年）》。由于大城市吸引人才，中小型城市中心的人才不断流失，而这些中小城市往往只有一个主要产业，限制了城市自身的发展。相比之下，大城市面临着人口密度高、空间不足、以及环境污染等问题，这些都影响了商业效率。高铁旨在扭转这种局面，作为运输中枢，高铁能够促进城市之间互补性，并将人才和技术转移到较小的中心以提高其整体竞争力。这些城市将寻求发展其二级产业和服务业，而它们与全国和全球供应链及创新网络的交通连接质量将会强烈影响其竞争力。《中长期铁路网规划》中的快速铁路网证明了这一点。

框 7.2

案例分析: 高铁对商业的影响

为了解商旅用户和个人用户选择高铁的原因, 在 2013 至 2015 年间世界银行在四个新开通高铁的城市 (天津、济南、长春和吉林) 以及南广高铁、贵广高铁及石郑高铁线上进行了一系列的访谈。访谈也希望了解高铁如何改变乘客的日常工作、生活以及商业决策。主要结论包括以下几点:

- **企业选址:** 制造业在选址时不会将高铁作为重要因素。关键的影响因子包括政府的优惠政策、土地资源的可获取性、整体的交通条件, 以及经济新区。一些更小的从事专业服务和物流的企业会考虑城际间旅行的便利性, 但是总体上高铁对其选址决策的影响偏低。
- **商业运营:** 大多数制造业企业认为高铁给商务旅行带来了很大的影响, 因为高铁可以降低差旅费用, 缩短出行时间并提高生产率。销售、采购和专业服务人员现在对高铁有很大的依赖性 (每月出差 3 至 6 次)。服务公司现在可以更轻松地覆盖邻近的中心, 改善人员配置, 扩大服务区域并加快响应速度。

- **个人生活:** 高铁似乎加强了城际一体化。家庭和社会交往越来越频繁, 商机往往由此出现。在许多城市 (例如天津西部和郑州东部), 高铁站的开通一直是推动房地产住宅开发的主要动力。
- **当地旅游和休闲产业:** 高铁通过三种方式惠及旅游业。首先, 高铁票相对容易获得, 这使得安排旅游行程变得更加容易。其次, 高铁可以大大缩短旅行时间, 使得之前无法进行的周末旅行成为可能。第三, 高铁提供干净舒适的乘坐体验, 受到游客的青睐, 使高铁成为 500 公里以内旅行的首选^a。

总之, 高铁显著提高了当地企业和员工的移动能力。不仅销售和生产力得到了提高, 社交机会也因此增加。高铁对商业的选址影响不大, 但促进了地区分支机构的发展, 特别是专业服务方面。此外, 高铁还带动了沿线旅游业的发展。

a. 一个很有趣的副作用是, 由于高铁更好的可达性和可靠性, 一些重要事件的前期售票从一个半月缩短到一个月, 且服务区域有所增加, 观众可以单独出行而不再需要交通安排。

中国面临的巨大挑战之一就是贫困地区的贫困人口。因此, 中国正在寻求在地理上重新平衡其经济发展, 消除贫困并增加包容性。在东部地区经历了三十年的快速发展之后, 目前中部和西部地区的发展已经成为中国政策的首要目标。其中很重要的一个政策就是“交通减贫”, 用高铁将全部区域的经济活动连成一个整体, 用发达地区带动发展滞后的地区。最近的一项计量经济学研究发现, “在控制其他关键因素 (资本投资、全球化、市场化、教育和财政分权) 之后, 通过面板数据回归分析证实了高铁对促进中国区域经济融合的积极影响” (Chen and Haynes 2019, 172)。

城镇发展

高铁的大规模发展与新城区的大规模开发密切相关，特别是在中小城市。政府通常将新的高铁站设定在未开发的地区，并与“高铁新城”的发展规划捆绑在一起。通过这一模式，政府将土地出售给房地产开发商，获得了重要的财政收入。在中国，有 139 个城市拥有至少一个高铁新城（Chen and Haynes 2019）。陈和海恩斯（Chen and Haynes）的研究表明，高铁站的建设使附近的土地增值 3% 至 13%，且越靠近高铁站增值效应越强。

然而，与新高铁线路和车站相关的新城发展，结局却大不相同。随着新站周边综合的城区开发，一些高铁新城变成了充满活力的城市空间，如蚌埠。与此同时，也有很多高铁新城因为与现有城区相隔甚远，房地产物业供过于求且公共基础设施缺乏，导致了失败。

旅游

尽管大多数高铁旅行都是沿线居民进行的，但当高铁服务中心是主要旅游景点时，这种模式就不再成立，乘客主要是外来居民（框 7.3）。这种休闲旅游是游客自行决定的，他们根据不同景点的情况及其他的消费选择决定是否进行该旅行。这种选择自由意味着他们对旅行成本的变化更加敏感，对旅行的便利性也很敏感。很多这样的旅行通常在周末或短假期（例如三天的长周末）完成，旅游景点的可达性和出行时间（例如，能够往返该目的地，并在此处花费合理的时间）、以及车票的可获得性（因为许多此类旅行是临时决定且受到如天气的短期因素影响）会对休闲旅游产生重大影响¹²。

经济收益率

表 7.2 和图 7.2 总结了分析结果。

乘客节省的出行时间是项目收益的最大贡献者，同时，节省的运营成本及外部性效益（包括区域发展收益）一起贡献了总收益的 30%。但是，由于所分析的高铁运行时间较短，不足以抵消建设过程中产生的大量温室气体，因此温室气体排放的收益为负。据估算经济收益率约为 8%，对如此大型的投资而言，这一结果已属良好。

框 7.3

案例分析: 高铁与曲阜旅游

孔子故里山东曲阜距北京 500 公里、距上海 800 公里，在过去数百年间都是中国游客的重要目的地之一。目前，每年有大量游客到访曲阜，特别是在夏季。2010 年曲阜孔庙售出 140 万张门票，孔庙是曲阜的主要景点，因此也是衡量曲阜游客数量的良好指标。

在京沪高铁线投入运营之前，很少有乘客搭乘火车前往曲阜，这主要是由于车次少、列车时刻不方便，距离主要城市（北京、上海、南京）的旅行时间长。搭乘火车的游客往往乘火车到达相邻大城市，再换乘汽车游览曲阜地区；只有非常坚定的旅行者才会利用周末到曲阜旅游。

高铁开通后带来了全新的旅游市场。在 2012 年有 260 万乘客乘坐新高铁线，2013 年这一数字达到 350 万。2013 年有 30% 的乘客从北京出发或去往北京，12% 的乘客从上海出发或去往上海，6% 从南京出发或者去往南京。

当然，如此多的乘客不可能都是旅游者，但一定有很大一部分是旅游者。旅行团现在可以通过高铁连接公共汽车；因此，目前大约有 30% 左右的旅行团（约 11 万游客）通过曲阜的旅行社订购旅行服务，而在高铁开通之前这一数字为 12%。自由行的游客比例从 70% 增加到 80%。高铁开通之后，曲阜孔庙的门票销售立刻增加了 10%，与曲阜通过高铁直接相连的城市有更为显著的增长。

酒店业也随之新增了更多客房。在高铁开通之前，曲阜的 329 家旅店一共可以提供 11,000 个床位；11 家酒店（大约 2000 个床位）为星级酒店。从 2010 年下半年至 2013 年，共有 30 家酒店开业，提供超过 3000 个床位。2013 年还有更多的酒店（约 1000 个床位）在建设当中，包括两家五星级酒店。

表 7.2 各要素经济成本与收益

	收益
建设成本	-3,367
推迟建设的铁路	442
节省的出行时间	2,209
节省的运营成本	889
基础设施维护	-465
新增客流收益	473
温室气体收益	-126
交通事故减少	2
道路拥堵减少	9
区域收益	596
总计	662

注释：表中数值为 2015 年人民币值，折现率 7%，单位 10 亿元。

指示性结果显示，两种不同的高铁线路经济内部收益率不同，时速 350 公里的线路经济内部收益率（EIRR）约为 9%（包括区域收益），而时速 250 公里及以下的线路经济内部收益率约为 6%。两者的差异并不显著，主要是因为单位收入差异（财务分析中的关键因素）并没有出现在经济分析中，因为它只是用户和运营商之间的转移支付。

图 7.2
高铁项目的经济成本与收益

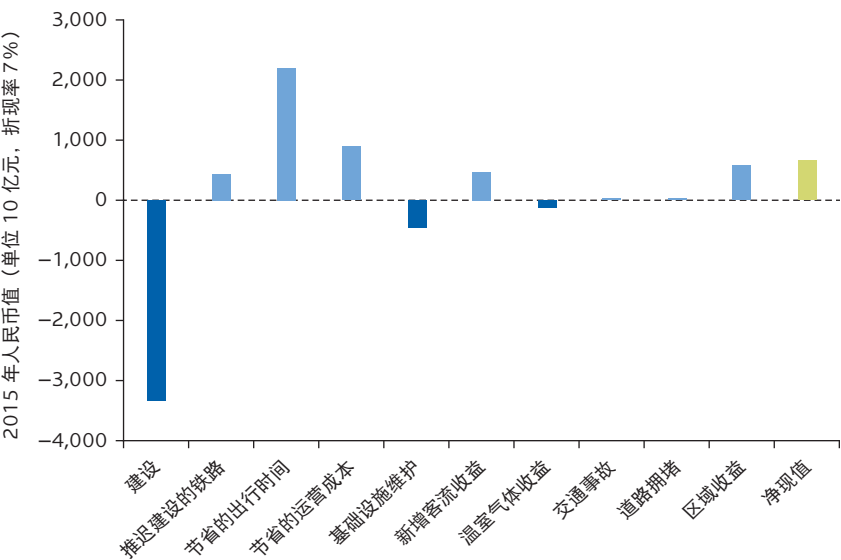


表 7.3 经济内部收益率的敏感性测试

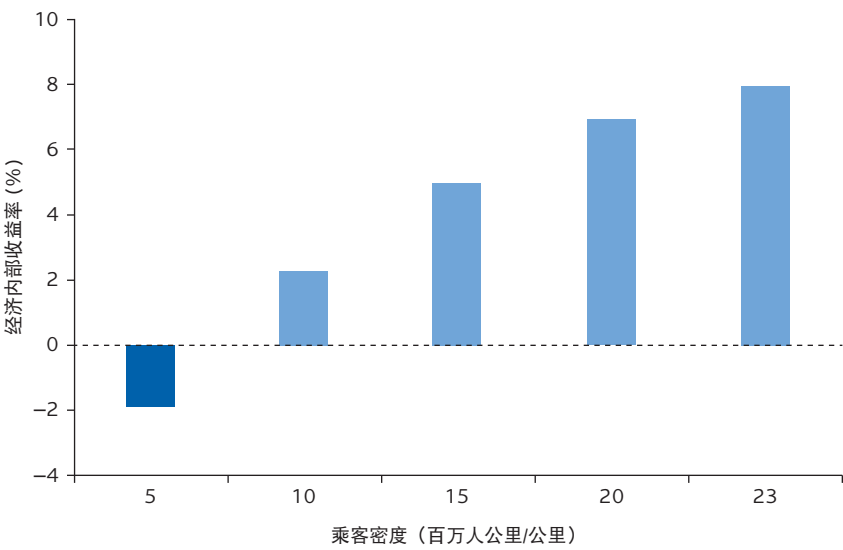
	经济内部 收益率 (%)
基准	8.0
去除区域收益	6.8
50% 节省的时间	5.8
50% 节省的运营成本	7.1
去除区域收益 / 外部性效益	7.1

针对不同关键要素进行的一系列敏感性测试显示收益率较为稳健（表 7.3）。

然而，收益率与高铁网络的客流量密切相关。2015 年，高铁网的平均密度为 2300 万乘客。如果中国铁路总公司铁路网乘客密度仅为 1500 万人次 / 年，经济内部收益率则会降低至 5% 左右，按中国的标准衡量，刚刚达到经济可行的水平。但是，如果乘客密度进一步降低，经济内部收益率则会直线下降，在乘客密度为 500 万人次时降为负数。经济内部收益率为 0 时对应的乘客密度约为 700 万人次（图 7.3）。在全球范围内，中国的客流密度很高，仅次于日本和台湾。

尽管这些经济内部收益率结果只针对中国的情况，但中国可能比许多其他国家拥有更有利的条件，如较低的建设成本、较高的乘客密度，以及高效的运营。这些结果相独立于票价水平，因为运营商的收益与用户的支出相同、方向相反，只要票价越高，乘客就越少，进而经济收益越低。

图 7.3
经济内部收益率对乘客密度敏感



本章重点内容

- 在中国，经济收益主要为节省的乘客出行时间（特别是那些搭乘普速铁路和汽车的乘客转乘高铁之后节省的时间）以及节省的运营成本。
- 最显著的持续的外部性收益为温室气体排放的减少，但目前这一数值与建造高铁产生的排放相比还较小。
- 区域发展的影响已经显现，但效果全部呈现尚需时日。
- 在中国，截至 2015 年底投入使用的高铁系统目前看来经济上较为成功，但是对客流密度较低的系统来说经济收益较小或为负。

注释：

1. 严格来说，这些是经济成本和收益，即，包括财务成本不能反映基本经济成本的调整——简而言之就是“取消税收、包含补贴”。在全面计划经济时代这在中国曾是一个大问题，但目前不再重要，而且本分析中已将其忽略。
2. 虽然高铁给第三方造成了成本支出，如为获得通行权争地、或给临近定居点带来噪音等，这些正在得到逐步解决，如通过建造高架桥和隧道减少征地，以及在敏感地区设立隔音屏障。
3. 温室气体排放包含一系列的气体，但它们对分析铁路运营排放的影响不大，通常只对二氧化碳的影响进行 0.5% 的调整。
4. 级别是影响高铁能耗最重要的基础设施因素，但在东部并非主要因素。
5. 未来 30 年随能源结构调整，这一数值有望降至 0.5 公里 / 千瓦时。

6. 这一结果只适用于中国。在其他国家如法国，每千瓦时的二氧化碳排放约为中国的 10%，建设和运营的平衡就非常不同。这一平衡同时也与基础设施的服务年限紧密相关。
7. 考虑高层大气辐射强迫效应之后。
8. 按照 20,000 车公里 / 天的车道容量计算（730 万车公里 / 年）。
9. 发达国家类似路网的死亡率为 4 至 7 人 / 十亿车公里。
10. 通常表述为 1-2 小时出行圈以强调高铁给内陆城市带来的变化。
11. 2016 年，大约有 7.9 亿的人口（总人口的 57%）居住在城市，预计到 2030 年城镇化的比例将上升到 70%（约 10 亿人口）。
12. 一个很好的例子是欧洲发展起来的“周末度假”——通常只有两三天。廉价航空的发展以及网上购票的便利使得此类出行成为可能。

参考资料：

- Chen, Zhenhua, and Kingsley Haynes. 2019. *High Speed Rail and China's New Economic Geography*. (《高速铁路与中国新经济地理》). Cheltenham, U.K., and Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- U.K. Department for Transport. 2005. "Transport, Wider Economic Benefits, and Impacts on GDP." (交通、经济效益及对 GDP 的影响) Discussion Paper, U.K. Department for Transport, London.
- Yue, Ye, Tao Wang, Sai Liang, Jie Yang, Ping Hou, Shen Qu, Jun Zhou, Xiaoping Jia, Hongtao Wang, and Ming Xu. 2015. "Life-Cycle Assessment of High Speed Rail in China." (中国高铁的生命周期评估) *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 41 (December): 367-76.

8

结论

过去十年中，中国投入运营的高速铁路专用线已达 25000 公里，远远超过世界其他地区的总和。中国是第一个人均国内生产总值低于 7000 美元而投资高铁网络发展的国家。中国在高铁领域所取得的显著成就非常值得研究。中国在许多方面均独一无二，包括面积（960 万平方公里）和人口密度（141 人 / 平方公里）。中国有许多空间布局良好的大中型城市，它们之间的距离非常适合发展高铁。在 2010 年之前的十年里，即高铁规划的形成年份，中国人口超过 25 万的城市从 376 个增加到 451 个，超大城市（超过 500 万人）从 59 个增加到 82 个。这一增长推动了投资城际交通连接的需求，铁路网解决方案呼之欲出。中国在高铁建设上有哪些独特经验？哪些经验对其他考虑投资高铁的国家具有指导意义？

规划。对大型基础设施项目，需要进行周密规划并始终如一地实施。中国经过深入分析，制定了铁路网发展长期规划，为实施提供了清晰一致的框架。政府对该规划大力支持，规划改动极小，深得各方信赖，所有各方均可依靠这一坚实有力的框架，将重点放在交付上。

规模。由于投资项目规模巨大，中国得以在高速铁路基础设施、系统和机车车辆设计和施工方面发展出一个有创新和竞争力的供应产业。中国还对许多高铁部件进行了标准化设计。这些因素使中国高铁基础设施建设成本比欧洲低约 30%。虽然很少有国家能够与中国的规模相媲美，但它们可以通过采用标准设计、利用国际上具有竞争力的供应产业来实现一些规模效益。

能力。能力发展是高铁项目管理的关键。早在开始建设高铁网络之前，中国就已开始能力建设。中国探索并采用了国际上可用的高铁技术，并随着时间的推移对技术进行了改进和本地化。中国在工程技术培训方面投入巨资，创建了由设计院、大学、有能力的承包商和有能力的铁路工作人员组成的“生态系统”以实施高铁项目。

地方合作伙伴关系。与地方政府合作有利于高铁项目。中国的高铁基础设施利用合资公司模式建设完成，合资公司由地方政府提供支持和项目融资。

项目管理。中国在按时、按预算交付高铁项目方面成绩卓然。项目管理体系在促成这一非凡成绩上发挥了重要作用，该管理体系具有以下特点：项目管理结构职责明确、权责分明；经理全项目周期负责；项目后勤有力；经理享受可观的激励薪酬。

安全。严格的安全制度是高铁安全交付的必要条件。中国的高铁安全制度覆盖整个项目生命周期的安全风险管理：首先在设计阶段采用适当技术，然后在建设阶段保证高质量的施工，最后在运营阶段确保全面检查和维护。这种严格的安全体制在任何国家均可复制，但重点是需要提高安全体系各个层面上的能力。

服务。为了保持竞争力，高铁服务必须高准时、高频率和高速度运行。在中国，高铁的准点率为 98% 以上，到达率为 95%，复兴号列车的准点率更高。其最低频率为早上 7:00 至午夜之间的每小时发车，繁忙时线路上有 70 多对列车运行。线路速度为每小时 200 至 350 公里 (kph) 不等，具体速度取决于线路在铁路网中的作用、市场需求、投资成本与工程条件。在中国，高铁的吸引力得到了加强，因为中国高铁网拥有许多高铁线路，可以与普速铁路线路换乘，乘客能够通过铁路到达许多地点。

市场。高铁适用于旅行需求非常高的中距离旅行市场。在中国，高铁在 150-800 公里（约 3-4 小时的行驶时间）的距离上与其他交通模式竞争非常激烈，而 350 公里 / 小时的服务在 1200 公里以内具有竞争力。对于较短的距离，客户更喜欢公共汽车和私家车，而对于较长的距离，客户更喜欢民航服务。在最低服务频次（早上 7:00 至午夜每小时一列）实现合理的上座率每年客运量需要 400 万人次，而以中国成本和票价实现经济可行性每年客流量则需达到 4000 万人次。对于不同项目、不同定价的其他国家，这些数字可能有所不同。不过，这些数字也说明，高铁不适合客运量低的市场。根据中国的地理情况，许多大城市均在适于高铁旅行的距离内，非常适合发展高铁。其他国家可能需要考虑其人口密度模式和距离是否同样适合。

城市连通性。当高铁与所服务的城市连接紧密时，对客户更具吸引力。在中国，由于成本和城市发展的原因，高铁车站往往建在市中心以外的地方。这种安排增加了高铁客户的成本（从时间和金钱两方面来说），降低了高铁的竞争力。改善高铁与城市交通系统的连接有助于克服这一劣势。此外，通过新建车站周围的城市综合开发，高铁也可以为当地社区带来经济效益。

定价。高铁价格需要设定在能够与其他交通模式竞争且能够为大众所负担的水平上。中国高铁票价约为欧洲的四分之一，但却是中国传统铁路票价的三到四倍，包括中国铁路公司公共服务类非常便宜的“硬座”车票。虽然如此，高铁价格也已低到足以让众多收入群体乘坐高铁，2017 年所有城际铁路乘客一半以上和全年 17 亿次出行的一半以上均采用高铁。高铁客运量的强劲增长表明，中国许多消费者愿意为更高质量的服务支付更高的费用。传统列车客运量增长亦保持强劲，显示对低成本 / 低质量服务的需求持续强劲，同时说明需要以不同的价格点提供一系列服务，以满足不同乘客的需求。

财务可行性。发展中国家可以把高铁服务的价格定在可负担水平而且在财务上仍然可行。然而,这种财务可行性很大程度上取决于客流密度是否足够高、票价是否适当。在中国,能够依靠票务收入支付火车运营、维护和债务的线路,平均每年客流密度需要超过 4000 万人次,每人公里的票价为 0.50 元 (0.075 美元)。价格更低的线路则需要更高的客流密度来支付成本。因此,铁路需要在定价上寻求“最佳点”,鼓励更多乘客乘坐高铁,同时又能够最大限度地增加收入和成本覆盖。中国已经开始采用这一策略,在高铁定价上赋予铁路总公司更多的灵活性。

经济可行性。高铁在发展中国家也能够实现经济上的可行性。高铁服务在缩短出行时间和提高服务质量方面为用户提供了显著的好处。由于使用更高成本模式出行的用户转向高铁(如从民航和汽车转移到高铁),加上外部成本的降低(事故、道路拥堵和温室气体的减少),经济效益也会随之增长。其他经济效益还包括区域连通性提高。高铁也有助于在地理上重新平衡发展,减少收入差距。截至 2015 年,对中国高铁投资的分析表明,经济回报率为正;然而,经济可行性依靠高客流密度。预计客流密度比中国低或建设成本比中国高或两种情况兼有的国家,在高铁项目上很可能会面临财务和经济可行性上的挑战。

中国高铁的故事还没有结束。中国正在继续其雄心勃勃的计划,增加高铁系统建设,力图连接所有地区。随着客流量的增长,现有高铁网络的财务可行性将继续提高,但一些客流量较少、票价较低的线路将继续面临挑战。采用更灵活的基于需求的票价,定期对票价进行调整,其作用大有可为。改善城市连通性、增强高铁体验的机会正在召唤。世界将继续学习中国的高铁经验。

过去十年中，中国已建成 25000 公里的专用高速铁路，这一数字超过世界其他地区的总和。我们能从这一非凡成就中学到什么？《中国的高速铁路发展》详细分析了中国的经验，为考虑投资高铁的国家提供借鉴。

本报告详细审查了高速铁路系统得以快速建设所依赖的规划和交付机制。报告认为，长期规划、一致的执行、以及确保省和地方政府积极参与项目规划和融资的合资企业结构发挥了重大作用。

中国高速列车的年客运量已增至 17 亿人次。对此，报告考察了中国高铁竞争市场的特点，并从定价和服务设计上讨论高速铁路服务如何在与其他模式和因素的竞争中脱颖而出，如，高铁服务具有良好的城市连通性，因此对客户更具吸引力。

中国经验中最引人瞩目的一个方面是建设质量高、速度快。报告分析了中国铁路总公司、铁路制造商、大学、研究机构、实验室和工程中心自身强大的能力发展以及相互之间的合作所发挥的重大作用：能力发展和合作推动快速的技术开发和技术本土化。报告还描述了项目交付结构和以及时交付高质量成果的激励措施。

最后，本报告分析了高速铁路投资的财务和经济可持续性。报告发现，发展中国家能够在保持高速铁路服务定价的可负担性的同时实现财务可行性。但这需要非常高的乘客密度。经济可行性同样取决于乘客密度高。



世界银行集团



CWPF
中国世界银行合作基金



中国交通转型与创新知识平台
Transport Transformation &
Innovation Knowledge Platform