


交通运输工程

主编 赵鲁华 单秀娟 张俊明

西南交通大学出版社
· 成 都 ·



前言

为适应交通运输业的快速发展，满足交通运输人才的培养需求，本书紧密结合国内外交通运输的发展和需求及相关行业发展的状况，完整地介绍了交通运输工程涉及的运输方式、设施设备、信息管理与控制、系统规划、技术、理念等的最新趋势与发展动态。

全书共分为四篇：第一篇为交通运输工程，包括交通运输系统概述、交通基础设施工程、载运工具运用工程、交通信息与控制工程、交通安全工程和智能交通工程的有关基础理论；第二篇为交通运输系统，包括铁路、道路、水路、航空与管道五大运输系统的相关知识，还包括特种形式的运输系统及城市交通系统相关知识；第三篇为综合运输与多式联运，包括综合运输体系、综合交通枢纽系统、交通运输通道、多式联运的有关基础理论；第四篇为交通运输综合发展，介绍了交通新技术、交通运输与经济、交通运输与物流、交通运输与环境、能源、材料、交通心理与行为、交通运输法律相关基础知识。本书的编写力求文字简明扼要、通俗易懂、图文并茂、结合实际、融入思政、注重基础、把握前沿。本书的主要特色如下。

1. 融入思政，注重育人

每一章有一节相关案例，全书共编写了 66 个案例。挖掘案例中的思政元素，并融入目录、思考与探究任务中，激发学生情感共鸣，了解并思考交通强国战略、中国工匠精神、高铁精神、两路精神、中国力量等思政元素。引导学生建立交通行业信念、交通伦理及生态伦理意识，具备正确的国家发展观、社会观、世界观。

2. 基于案例，知识拓展

通过案例在巩固知识的基础上进行相关知识的拓展、拓深，激发并锻炼学生的科研素养、问题素养、创新思维能力，前沿知识把握能力，提升交叉学科学习、大交通协同、安全与责任意识、交通法律法规素养。

3. 知识总结，系统性强

每篇的后面都设计了知识点总结思维导图，更有利于学生理清知识脉络，把握知识点。全书介绍了交通运输工程各个领域的知识内容，不仅增强了学科的完整性和系统性，而且有利于读者系统学习和查阅。

4. 重视基础，把握前沿

本书对交通运输工程涵盖领域基础知识分析的基础上，注重从发展历程，到发展前沿的分析，体现创新发展的历程及精神。介绍各领域新技术、新理念及最新发展规划等内容，增强知识内容的前瞻性。

本书获山东省教育厅教学案例库建设项目（SDYAL20066）、中国交通教育研究会重点项目（JTZD20-58）、山东科技大学课程思政示范课程建设项目（YJSKCSZ2021038）的支持。

在资料收集、调研和编写过程中，中铁十八局集团的单秀娟，山东科技大学张俊明教授，研究生丁浩楠、孙君静、仇元野、徐小倩、亓建锋等付出了大量的劳动，在此表示感谢。

书中参阅了大量国内外著作、学术论文等有关文献，在此谨向这些文献的作者表示深深的谢意。

由于交通运输业处于快速发展期，各类技术设备、发展理念日新月异，交通运输工程涵盖领域内容宽广，在资料收集方面很难做到齐全和最新，加上编者水平有限，编写时间仓促，书中技术资料和数据难免会存在不足之处，在此敬请大家谅解，亦恳请大家多提宝贵意见并批评指正。

编者

2022年3月

目 录

第一篇 交通运输工程概论

第一章 交通运输概述	002
第一节 交通运输系统的发展演变	002
第二节 交通强国战略	006
第二章 交通基础设施工程	011
第一节 交通基础设施工程概述	011
第二节 中国交通基础设施建设	013
第三节 交通基础设施案例分析	018
第三章 载运工具运用工程	022
第一节 载运工具运用工程概述	022
第二节 中国载运工具的研发历程	028
第三节 载运工具案例分析	032
第四章 交通信息与控制工程	038
第一节 交通信息与控制工程研究内容	038
第二节 城市交通信息与控制	041
第三节 案例分析	045
第五章 交通安全工程	049
第一节 交通安全工程研究内容	049
第二节 交通安全关键技术	054
第三节 高速铁路运行安全监测与监控技术案例	058
第四节 安全管理案例分析	065
第六章 智能交通工程	068
第一节 智能交通工程	068
第二节 交通新基建	074
第三节 案例分析	079
本篇知识总结	086

第二篇 交通运输系统

第一章 铁路运输系统	088
第一节 铁路运输系统概述	088
第二节 高速铁路运营模式及技术创新	093

交通运输工程

第三节 案例分析	098
第二章 道路运输系统	104
第一节 道路运输系统构成	104
第二节 道路运输系统规划	111
第三节 案例分析	116
第三章 水路运输系统	124
第一节 水路运输系统概述	124
第二节 港口装卸和船舶运输组织	126
第三节 航运安全技术	130
第四节 案例分析	134
第四章 航空运输系统	142
第一节 航空运输系统概述	142
第二节 空中交通运行与管理	144
第三节 航空公司运营管理	147
第四节 案例分析	152
第五章 管道输送系统	159
第一节 管道运输概述	159
第二节 各种类型的管道运输系统	161
第三节 案例分析	172
第六章 特种形式的运输系统	179
第一节 特种形式的运输系统概述	179
第二节 各种形式的特种货物运输	181
第三节 案例分析	186
第七章 城市交通系统	191
第一节 城市交通系统概述	191
第二节 交通运输与城市发展	196
第三节 案例分析	200
本篇知识总结	207

第三篇 综合运输与多式联运

第一章 综合运输体系	210
第一节 综合运输体系概述	210
第二节 综合运输体系规划	214
第三节 案例分析	217
第二章 综合交通枢纽系统	223
第一节 综合交通枢纽概述	223

目 录

第二节 我国综合交通枢纽规划分析	226
第三节 案例分析	229
第三章 交通运输通道系统	232
第一节 综合运输通道	232
第二节 综合运输通道规划	233
第三节 综合运输通道案例分析	236
第四章 多式联运系统	243
第一节 多式联运系统概述	243
第二节 我国多式联运发展分析	246
第三节 多式联运案例分析	249
本篇知识总结	253

第四篇 交通运输系统综合发展

第一章 交通运输与新技术	256
第一节 交通新技术	256
第二节 交通新技术应用案例	264
第二章 交通运输与社会经济	269
第一节 交通运输与经济的基本理论	269
第二节 交通运输项目的经济评价方法	271
第三节 案例分析	274
第三章 交通运输与物流	282
第一节 现代物流基本理论	282
第二节 交通运输与物流的关系	285
第三节 案例分析	286
第四章 交通运输与环境	291
第一节 交通运输环境管理	291
第二节 交通环境影响评价	293
第三节 案例分析	295
第五章 交通运输与能源	303
第一节 交通发展与能源利用	303
第二节 低碳交通运输	305
第三节 氢燃料发动机案例分析	306
第六章 交通运输与材料	309
第一节 交通运输工程材料分类	309
第二节 各种运输方式材料应用分析	312
第三节 案例分析	317

交通运输工程

第七章 交通心理与行为	326
第一节 交通行为概述	326
第二节 交通过程中人的心理与行为特征	330
第三节 案例分析	333
第八章 交通运输与法律	340
第一节 交通运输法规概述	340
第二节 各种交通运输方式的法律、法规、规章	344
第三节 交通事故法律启示分析案例	356
本篇知识总结	360
参考文献	361

第一篇 交通运输工程概论

- 第一章 交通运输概述
- 第二章 交通基础设施工程
- 第三章 载运工具运用工程
- 第四章 交通信息与控制工程
- 第五章 交通安全工程
- 第六章 智能交通工程

第一章 交通运输概述

第一节 交通运输系统的发展演变

一、我国交通运输系统的发展

交通运输系统是指各种运输方式在社会化的运输范围内和统一的运输过程中，按其技术、经济特点，组成分工协作、有机结合、连接贯通、布局合理的交通运输综合体。交通运输发展是人类社会发展的基础，是人类生产力水平高低的重要标志。纵观交通运输发展历史，其发展历程可划分为图 1-1 所示的六个阶段。

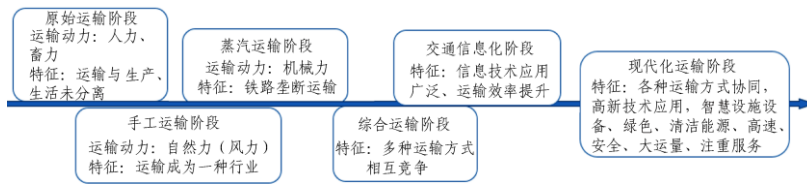


图 1-1 交通运输系统的发展演变

（一）原始运输阶段

在原始社会以前，人们以肩扛、背驮或以头顶作为运输方式，即将人类自身作为运输工具。随着时间的推移，人类开始驯养牛、马、骆驼、象等动物驮运或拉拽重物以减轻人类本身的负担。这两种运输方式是人类社会最先使用的，其发展既奠定了交通运输系统发展的基础，也是现代交通运输系统发展的开端。

（二）手工运输阶段

原始社会末期到封建社会末期，人类社会经济的发展属于简单商品经济阶段，生产规模小，社会化程度低，但在对交通运输的需求方面有了一定的发展。轮轴的发明、车辆的出现成为现代运输工具发展的基础。在水路运输方面，木筏是人类早期使用的工具，罗盘发明之后，海上运输的时代才算真正开始。航海天文历的绘制使得航海技术有飞跃发展。这些技术为以后商品流通范围的扩大提供了重要的保障。

（三）蒸汽运输阶段

1765 年瓦特对蒸汽机做出了重大改进，蒸汽动力的划时代革命成倍地提高了社会生产力。商品关系已渗透到社会生活的各个领域，成了社会最普遍的关系。大批量原材料和大宗商品在各国市场间的远程运输需要更加先进的交通运输设施及工具。商品经济的快速发展促进了交通运输条件的改善，交通运输系统在这个时期已经有了雏形，初步形成了以铁路，水

第一章 交通运输概述

路和公路为主的交通运输系统。但此时各种交通方式之间以竞争为主，各种交通运输方式都想占据主导地位，还未发展到联合的阶段。18 世纪至 19 世纪上半叶，当蒸汽机被用于船舶后，水路运输成为欧、美各国的主要运输方式。随着经济的发展，为充分发挥水路运输的优势，欧、美各国纷纷投资建设现代化的航道网。

（四）综合运输阶段

20 世纪 30 年代至 50 年代，是公路、管道、航空三种运输方式崛起的阶段。随着汽车数量的增加和公路网的扩大与完善，公路运输机动、灵活、快速、方便的优越性逐步得以发挥，人类进入了汽车时代。而管道运输是伴随着石油的大规模开采而发展起来的。到 1954 年，飞机的客运量已超过了铁路。特别是长距离的国际客运，主要依赖于航空运输。

20 世纪 50 年代以后，人们已逐步认识到，铁路、公路、水路、航空和管道五种运输方式都有各自的优势和不足。同时，通过竞争，各种运输方式已在能发挥自身优势的范围内站稳脚跟。运输结构趋于稳定，大体形成协调发展的综合运输体系。集装箱的出现，进一步刺激了多式联运的发展。在不同运输方式之间实现联运，以经济合理的方式完成“门到门”运输。

（五）交通运输信息化阶段

20 世纪 70 年代以后，随着电子计算机和通信技术的发展，信息化技术在交通领域得到广泛应用，并且逐步取得阶段性成果。交通运输部门逐步用信息技术来进行数据处理和信息传递，运用各种不同类型和不同规模的电子计算机组成管理信息系统或网络，极大地提高了运输信息处理和传递的及时性、准确性和经济性。提高了运输管理部门的决策水平，经济效益和社会效益都得以极大地提高。

（六）现代运输阶段

公路运输方面，汽车的发展和超级高速公路等设施的建设，极大地方便了人们的生活。铁路运输方面所完成的改进包括焊接无缝钢轨、机械化养路设备、电子中央控制系统、闭塞信号系统以及自动化的列车控制系统等。同时在大、中城市，轨道交通系统也有较大发展。目前已有超过 100 个城市建设了轨道交通系统。水路运输方面，由于科学技术的进步，船舶的载重量增加，水上运输已经成为人们增进全球性经济的纽带。在多种运输方式相互竞争的今天，量大价廉和较为便捷的海上运输仍是全球性经济贸易的纽带。航空运输方面，飞机以及航空发动机的不断改进和完善，大型喷气客机的应用，提高了运载能力、航程和速度；航空港的建设和飞行技术的发展，对航空运输业的发展起了很大作用。管道运输方面，20 世纪后，大量油田的发现，使得油管运输成为一种重要的运输方式。随着技术的进步，油管运输的货物已不仅是原油及汽油等液体，还可用来运送煤炭或石灰。

交通运输工具和技术的发展为交通运输系统发展提供了重要的物质基础，不同运输方式在竞争的同时还进行了分工协作、协调配合的重新整合，形成运输方式多样化、运输过程统一化的交通运输系统。在系统内部各种运输方式之间有分工协作、有机结合、布局合理、联结贯通的技术经济特点，涵盖了公路运输、水路运输、航空运输、铁路运输和管道运输等运输方式，各种运输方式的协作、协调和协同，提高了运输效率和社会整体的经济效益，交通

运输系统的发展也自此走向成熟。

二、各种运输方式的发展

(一) 水路运输

水路运输运载能力大、成本低、能耗少、投资省，是一些国家国内和国际运输的重要方式之一。中国是世界上水路运输发展较早的国家之一。公元前 2 500 年就已经开始制造舟楫，商代便有了帆船。公元前 500 年前后，中国开始开凿运河。唐代对外运输丝绸及其他货物的船舶直达波斯湾和红海之滨，其航线被誉为海上丝绸之路。明代航海家郑和率领巨大船队七下西洋，历经亚洲、非洲的 30 多个国家和地区。1807 年美国人富尔顿把蒸汽机装在“克莱蒙特号”船上，打造出第一艘机动船。19 世纪蒸汽机驱动的船舶出现后，水路运输工具产生了飞跃。1872 年，我国自制的蒸汽机船开始航行于海上和内河。目前各国水路运输正朝着现代化方向发展。在船舶方面，主要表现在船舶的大型化，船舶专业化和通用化，以及船舶的高速化和自动化。在港口方面，主要表现在泊位深水化，船头专业化，以及装卸机械化和自动化。

(二) 公路运输

公路运输主要承担短途客货运输，现代所用运输工具主要是汽车。在地势崎岖、人烟稀少、铁路和水运不发达的偏远和经济落后地区，公路是主要的运输方式，起着干线运输的作用。第一次世界大战结束后，基于汽车工业的发展和公路里程的增加，公路运输不仅是短途运输的主力，还进入了长途运输的领域。第二次世界大战结束后，公路运输发展迅速。欧洲许多国家和美国、日本等国已建成比较发达的公路网，汽车工业的迅猛发展又提供了雄厚的物质基础，促使公路运输在运输业中跃至主导地位。

(三) 铁路运输

1825 年 9 月 27 日，世界上第一条行驶蒸汽机车的，英国的斯托克顿—达灵顿的铁路正式开业运营，这是近代铁路运输业的开端。铁路凭借其迅速、便利、经济等优点，发展迅猛。进入 19 世纪，西欧各国和美国都进入了铁路建设的高潮，横贯美国大陆的铁路就是在这个时期建成的。到 19 世纪后半叶，铁路热已经扩展到非洲、南美洲和亚洲各国。

1964 年，日本建成了世界上第一条速度超过 200 km/h 的高速铁路——东海道新干线。随后，各个国家也开始了自己国家高铁的发展。中国铁路迄今已有 100 多年的历史。从其自办的第一条铁路——唐胥铁路于 1881 年通车之时算起，已经有 140 余年了。百余年来，中国的铁路事业经历了新旧两个根本性质不同的社会。新中国的铁路事业虽以旧中国的铁路设备为其物质基础，但由于在中国共产党领导下，一贯坚持自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国的方针，20 世纪 70 年代后期以来又贯彻执行改革开放的政策，不仅迅速且彻底地改变了旧铁路的半封建半殖民地性质，而且取得了前所未有的辉煌成就。20 世纪 70 年代末和 80 年代初，中国铁路进入改革开放新时期。在新的路线和新的方针、政策指引下，铁路事业推陈出新，

第一章 交通运输概述

突飞猛进。进入 21 世纪后，动车组、高速铁路的建设和发展更是跃居世界第一。

（四）航空运输

1918 年 5 月 5 日，飞机运输首次出现，其航线为纽约—华盛顿—芝加哥。20 世纪 30 年代出现了民用运输机，同时飞机各种技术性能不断改进，航空工业的快速发展促进了航空运输的发展。第二次世界大战结束后，在世界范围内逐渐建立起了航线网，以各国主要城市为起讫点的世界航线网遍及各大洲。20 世纪 60 年代后期，航空运输进入了现代化的世界航空运输时代。目前，世界航空运输业已经发展成为一个规模庞大的行业。以世界各国主要都市为起止点的世界航空网已遍及各大洲。

我国最早的民航航线是从北京到天津，于 1920 年 4 月试航，载运旅客和邮件，同年 5 月正式开航。1921 年 7 月，又开辟了北京至济南段，同时开办了航空邮政。中华人民共和国成立后，特别是自改革开放以来航空运输事业得到很快的发展。目前，我国已拥有大、中、小各种类型飞机及配套机群，建成了北京、上海、广州等一批国际机场。现今的航空国际运量位居世界第二位，仅次于美国，并已研发生产出 C919、运 20、AG600 水陆两栖国产大飞机。

（五）管道运输

现代管道运输始于 19 世纪中叶，1865 年美国宾夕法尼亚州建成第一条原油输送管道。随着第二次世界大战结束后石油工业的发展，管道的建设进入了一个新的阶段，各产油国开始竞相兴建大量石油及油气管道。管道运输不仅运输量大、连续、迅速、经济、安全、可靠、平稳以及投资少、占地少、费用低，还可实现自动控制。除广泛用于石油、天然气的长距离运输外，还可运输矿石、煤炭、建材、化学品和粮食等。管道运输可省去水运或陆运的中转环节，缩短运输周期，降低运输成本，提高运输效率。当前管道运输的发展趋势是：管道的口径不断增大，运输能力大幅度提高，运距增加、运输物资多样化。近年来管道运输也被进一步研究用于解决散状物料、成件货物、集装物料的运输问题，以及发展容器式管道输送系统。

现代运输的发展一是在交通运输领域广泛采用新技术、新装备，淘汰低效落后的技术和装备，推动创新性运输设备和工具的研发，推动运输装备向现代化、先进化发展；二是创新性衔接各类运输方式，扬长避短，发挥优势，制定统一化的运输标准，建设分工协作、协调发展、互相配合的综合运输体系，推动运输效率的提高和运输成本的降低。

三、交通运输系统的发展趋势

随着世界各国经济的发展和人民生活水平的不断提高，人们对出行的要求越来越高。未来中国交通将更加注重城市间和城市内部的交通发展，交通运输系统将朝着运输网络集成化，运输设备大型化、运输速度快捷化，运输组织智能化、运输管理信息化等方向发展。同时，交通运输设备发展要顺应节能环保绿色交通理念，节省建设期的资源，采用新型环保产品，降低运营期的能源消耗，全面推进设备国产化。

第一篇 交通运输工程概论

（一）旅客运输设备的舒适性和高速化

旅客运输更加注重体现高效性和舒适性。构建以快速铁路、高速公路为主的客运系统，以高速铁路、民航建设发展为契机，集高速公路长途客运、城市轨道交通、公交枢纽，水上运输于一体，形成便捷换乘的综合客运枢纽。进一步改进和调整运输设施与装备结构，满足人们日益增长的对交通出行的舒适度和时效性需求。

（二）货物运输设备的便捷性和重载化

货物运输更加注重经济性、快捷性和便捷性。加快多式联运设施建设，发展海铁联运，铁水联运、公铁联运、陆空联运，加快推进大宗散货水铁联运、集装箱多式联运，构建与铁路、机场和公路货运站能力匹配的公路集疏运网络系统。在货物运输方面，集中化、单元化和大宗货物运输重载化是各国发展的共同趋势。在货物运输设备方面，将发展甩挂车、多轴重载车、集装箱车辆等大型装备。货运车船等设备向大型化，标准化、专业化、清洁化方向发展。

（三）交通运输组织的信息化和智能化

注重利用信息技术提升交通运输服务质量。推进交通运输信息化、智能化建设，运用移动互联网、物联网、车联网，北斗系统、电子支付等技术手段，对交通运输领域进行全方位、全过程管控。建立不同交通运输方式之间的信息共享机制，推进与相关信息平台间的数据交换，促进信息资源共享共用。构建综合交通运输公共信息平台，实现交通运输基础设施、应急管理和运营服务的一体化。实现综合交通运输换乘衔接技术、装备和工艺创新。推进条码管理系统、全球定位系统、行包和邮件自动分拣系统等先进技术的研发和应用。

（四）倡导绿色环保智慧的新型运输基础设施

交通资源将向公共交通、轨道交通和水上运输等绿色运输方式倾斜。树立节约的“安全、可靠、适用，经济、先进”的建设理念，因地制宜，通过设备系统的集成与共享，减小相关用房的土建规模，以节省建设期的工程投资。支持新能源的开发和利用，发展和应用安全可靠、先进高效、经济适用，绿色环保的各类装卸设备，运输工具和标准化的成组运载装备，提升技术和装备整体水平。实现交通运输全面、协调和可持续发展，着力构建网络设施布局完善、技术装备先进适用、运输服务安全高效的现代化综合交通运输体系。

第二节 交通强国战略

一、交通强国战略概述

建设交通强国是党的十九大作出的重大战略决策。党的十八大以来，习近平总书记深刻把握新时代我国发展的阶段性特征，对交通事业发展作出一系列重要论述，提出了建设交通强国的时代课题。按照习近平总书记的重要论述和党的十九大决策部署，2019年9月，党中央、国务院印发了《交通强国建设纲要》。《交通强国建设纲要》中指出：要推动交通发展

第一章 交通运输概述

由追求速度规模向更加注重质量效益转变，由各种交通方式相对独立发展向更加注重一体化融合发展转变，由依靠传统要素驱动向更加注重创新驱动转变，构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系，打造一流设施、一流技术、一流管理、一流服务，建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国，为全面建成社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴中国梦提供坚强支撑。

二、交通强国战略目标

交通强国发展目标如图 1-2 所示：到 2020 年，完成决胜全面建成小康社会交通建设任务和“十三五”现代综合交通运输体系发展规划各项任务，为交通强国建设奠定坚实基础。从 2021 年到 21 世纪中叶，分两个阶段推进交通强国建设。到 2035 年，基本建成交通强国。现代化综合交通体系基本形成，人民满意度明显提高，支撑国家现代化建设能力显著增强；拥有发达的快速网、完善的干线网、广泛的基础网，城乡区域交通协调发展达到新高度；基本形成“全国 123 出行交通圈”（都市区 1 小时通勤、城市群 2 小时通达、全国主要城市 3 小时覆盖）和“全球 123 快货物流圈”（国内 1 天送达、周边国家 2 天送达、全球主要城市 3 天送达），旅客联程运输便捷顺畅，货物多式联运高效经济；智能、平安、绿色、共享交通发展水平明显提高，城市交通拥堵基本缓解，无障碍出行服务体系基本完善；交通科技创新体系基本建成，交通关键装备先进安全，人才队伍精良，市场环境优良；基本实现交通治理体系和治理能力现代化；交通国际竞争力和影响力显著提升。到 21 世纪中叶，全面建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国。基础设施规模质量、技术装备、科技创新能力、智能化与绿色化水平位居世界前列，交通安全水平、治理能力、文明程度、国际竞争力及影响力达到国际先进水平，全面服务和保障社会主义现代化强国建设，人民享有美好交通服务。

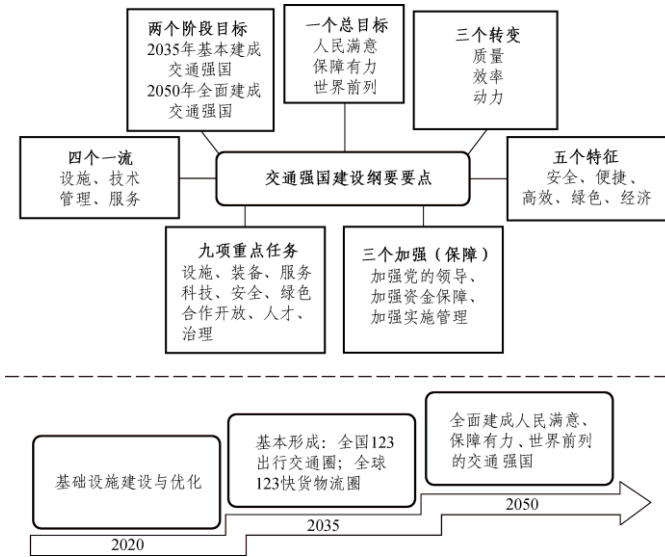


图 1-2 《交通强国建设纲要》要点

三、交通强国战略内容分析

交通强国战略内容如图 1-3 所示。

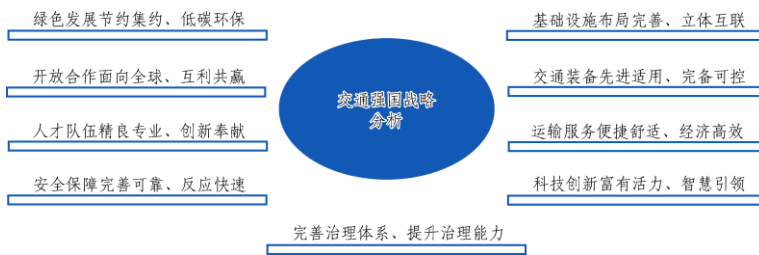


图 1-3 交通强国战略分析

（一）绿色发展节约集约、低碳环保

一是促进资源节约集约利用，提升对地、海、岛及空域的利用效率。二是强化节能减排和污染防治，优化交通能源结构，推进新能源、清洁能源应用。三是强化交通生态环境保护修复，将生态环保理念贯穿交通基础设施规划、建设、运营和养护全过程。

（二）面向全球开放合作、互利共赢

构建互联互通、面向全球的交通网络，推进与周边国家铁路、公路、航道、油气管道等基础设施互联互通。一是提高海运、民航的全球连接度，建设世界一流的国际航运中心，推进 21 世纪海上丝绸之路建设。二是加大对外开放力度，打造世界一流交通企业。三是提升交通国际合作深度与广度，形成国家、社会、企业多层次合作渠道。

（三）人才队伍精良专业、创新奉献

一是培育一批具有国际水平的战略科技人才、科技领军人才、青年科技人才和创新团队，培养交通一线创新人才，支持各领域各学科人才进入交通相关产业行业。推进交通高端智库建设，完善专家工作体系。二是打造素质优良的交通劳动者大军。弘扬劳模精神和工匠精神，造就一支素质优良的知识型、技能型、创新型劳动者大军。三是建设高素质专业化交通干部队伍，增强干部队伍适应现代综合交通运输发展要求的能力。

（四）安全保障完善可靠、反应快速

一是提升本质安全水平，二是完善交通安全生产体系，三是强化交通应急救援能力。

（五）完善治理体系，提升治理能力

一是坚持法治引领，完善综合交通法规体系，建立健全适应综合交通一体化发展的体制机制。二是优化营商环境。三是扩大社会参与。四是培育交通文明。

（六）基础设施布局完善、立体互联

一是建设现代化高质量综合立体交通网络。二是构建便捷顺畅的城市（群）交通网。三是形成广覆盖的农村交通基础设施网。四是构筑多层次、一体化的综合交通枢纽体系。

（七）交通装备先进适用、完备可控

一是加强新型载运工具研发，实现3万吨级重载列车、时速250千米级高速轮轨货运列车等方面的重大突破。加强智能网联汽车（智能汽车、自动驾驶、车路协同）研发，形成自主可控完整的产业链。强化大中型邮轮、大型液化天然气船、极地航行船舶、智能船舶、新能源船舶等的自主设计建造能力。完善民用飞机产品谱系，在大型民用飞机、重型直升机、通用航空器等方面取得显著进展。二是加强特种装备研发。推进隧道工程、整跨吊运安装设备等工程机械装备研发。研发水下机器人、深潜水装备、大型溢油回收船、大型深远海多功能救助船等新型装备。三是推进装备技术升级。推广新能源、清洁能源，智能化、数字化、轻量化、环保型交通装备及成套技术装备。

（八）运输服务便捷舒适、经济高效

一是推进出行服务快速化、便捷化。构筑以高铁、航空为主体的大容量、高效率区际快速客运服务，提升主要通道旅客运输能力。二是打造绿色高效的现代物流系统。三是加速新业态新模式发展，深化交通运输与旅游融合发展。

（九）科技创新富有活力、智慧引领

一是强化前沿关键科技研发。瞄准新一代信息技术、人工智能、智能制造、新材料、新能源等世界科技前沿，加强对可能引发交通产业变革的前瞻性、颠覆性技术的研究力度。强化汽车、民用飞行器、船舶等装备动力传动系统研发，突破高效率、大推力/大功率发动机装备设备关键技术。二是大力发展智慧交通。推动大数据、互联网、人工智能、区块链、超级计算等新技术与交通行业深度融合。三是完善科技创新机制。建立以企业为主体、产学研用深度融合的技术创新机制，鼓励交通行业各类创新主体建立创新联盟，建立关键核心技术攻关机制。

四、交通强国战略实施策略

（一）加快交通基础设施建设

首先，要高度重视、合理规划和统筹安排。在建设之前要先全面掌握交通状况，再统一布局，注重加强铁路、公路、水路、航空和管道五种运输方式在基础设施建设之间的协调与衔接；其次，要加大投资力度、积极拓宽融资渠道，充分发挥政府的指导作用。进一步扩大运输市场开放，充分发挥市场机制和市场经济的引领作用，利用更多的市场竞争机制激发运营主体对交通基础设施进行融资，以改善其运输服务；最后，要科学地调整建设规划，合理构建交通运输体系，合理构建四通八达、换乘便捷的运输线网和运输枢纽，建设能够在最大程度上带给人民获得感、提高人民满意度的运输服务设施。

（二）着力推进“一带一路”综合交通运输体系建设

推进“一带一路”现代化综合交通运输体系的建设，既是发挥我国交通运输引领功能的内在要求，也是服务于“一带一路”经济建设的现实需要。将“一带一路”综合运输体系建设作为交通建设的重点，瞄准国际需求，可以构建全国通达、世界联通的全球产业运输供应链，极大地推进我国交通网络体系的建设。也能让我们站在国际的角度，建设出具有世界眼光、中国特色的“交通强国”。

（三）深化在交通运输领域的供给侧结构性改革

交通运输领域内的供给侧结构性改革，要从提高供给质量出发，用改革的办法推进结构调整；要合理调整与运输相关经济结构，实现资源要素的最优配置；加强铁路、公路、航空、水运、管道、物流和信息等基础设施网络建设，解决各种运输方式在区域分布上的不均衡问题，以期促进各种运输方式的融合发展，提高运输生产效率和生产质量。

（四）强化交通建设的核心技术支撑和专业人才的培养

大力推进互联网、大数据、人工智能等核心技术和运输产业进行深度融合，发展智能化建设、管理与养护等技术，是引领我国交通建设走向世界前沿、走向更高层次的关键途径；对载运工具、装卸工具等的效率、安全性和舒适性等关键性技术、前沿引领技术和其他一些颠覆性技术的创新实现突破，以支撑“交通强国”未来的战略要求；要重视交通管理和技术人才的培养，推进交通运输可持续发展。

（五）推进治理体系和治理能力现代化

改善综合交通运输发展环境，提升行业管理效能，统筹各种运输方式协调发展。深化交通运输大部制改革，建立权责清晰、衔接顺畅、运行高效的综合交通运输管理体制。加强各交通专业法规标准的衔接，从提升服务的角度加强立法和标准制修订。

思考与探究——国家观 行业信念

1. 基于我国交通运输系统的发展演变过程，分析我国交通运输系统的发展特点。
2. 写下你对未来交通发展的畅想。
3. 基于交通强国战略，分析你的国家观、行业信念及大交通发展理念。

第二章 交通基础设施工程

第一节 交通基础设施工程概述

一、交通基础设施工程内容

（一）交通基础设施定义

交通基础设施是指为生产、消费及居民生活提供运输服务而修建的基础设施，既包括水运、民航、铁路、公路、管道等运输形式的道桥、港站、隧道等基础设施，也包括与运输服务有关的各种保障机制或制度等对应的基础设施，如信号灯、公路隔离栏及各种路标等。

（二）各种运输方式的基础设施

公路运输基础设施主要指道路、公路主枢纽以及附属设施。铁路基础设施包括线路、场站、供电、信号及通信设施等。水运基础设施是指为水上运输提供服务的工程，对水运生产有直接或间接作用，包括航道、港口、通信导航、安全监督及其他支撑保障系统等一系列建筑（包括航道、港口、桥梁、船闸等）。航空运输基础设施指一定陆地或水域范围内所有用于商业航空运输的航空器的出发、抵达及地表移动的建筑、设施及设备，包括航站楼、跑道、滑行道、值机设施、登机门、停车场、货物转运设施设备、换乘的其他运输设施设备；天空的航路、助航及保障机制也属于航空运输基础设施的范畴。管道运输基本设施包括管道线路设施、管道站库设施和管道附属设施等。

（三）交通基础设施特性

交通基础设施具有较强的网络性，能够将空间中各孤立的经济单元联系起来，能够促进人、货物等要素的快速位移，是用于保证国家或地区社会经济活动正常进行的公共服务系统，是社会赖以生存发展的一般物质条件。周期长、投资大、成本高、技术复杂等是交通基础设施具有的普遍特点。交通基础设施建设本身不仅是为了满足、保障和改善民生的出行需求，同时也是促进区域之间协调发展的重要举措，影响着劳动力流动性和技能匹配水平。

二、交通基础设施发展新趋势

（一）新型交通基础设施建设

随着城镇化进程的推进，城市发展越发注重存量空间优化和精细化管理，交通基础设施升级将增强供给能力、提高服务水平。加强新型基础设施建设、发展新一代信息网络，加强新型城镇化建设，强化交通、水利等重大工程建设。以 5G、云计算、大数据、物联网、人

第二章 交通基础设施工程

工智能、区块链等为代表的新型基础设施，将会为交通行业带来一次非常深刻的数字变革，也将会成为交通强国建设的强力引擎。

新型基础设施可以改造提升交通基础设施网络的短板和不足。面对基础设施供给在区域间、城乡间、城际间和“建管养运”各环节之间存在的结构性问题，新型基础设施可以提升基础设施的整体质量、综合效能和服务水平，助推智能交通、智慧物流等蓬勃发展，推动物联网、车联网、智能驾驶、无人配送等新兴产业集群发展。

新型基础设施对于经济社会发展具有重要作用。首先，有利于刺激新需求，拉动有效投资。新型基础设施具有较好的投资回报前景，有利于激发社会投资热情，激发投资“乘数效应”。还可以通过新型基础设施带动产业链上下游发展，为产业转型升级提供支撑。其次，有利于行业转型升级和高质量发展，以较小的投入加速推动交通基础设施网络转型升级，大幅提升交通网的整体效能和运输组织效率。同时，有利于提升交通运输服务品质，建设人民满意交通，并促进技术创新，抢占创新高地。

（二）推动交通基础设施全面升级

推动交通基础设施全要素、全周期数字化。推动交通基础设施规划、设计、建造、养护、运行管理等全要素、全周期数字化，实现基础设施全生命周期健康性能监测，推广应用基于物联网的工程质量控制技术。推动公路、水路、铁路、民航及管网系统等基础设施向数字化、智能化转型，带动装备制造业技术改造和设备更新，支撑交通强国建设。

促进布局重要节点的全方位交通感知网络建设。推动铁路、公路、水路领域的重点路段、航段，以及隧道、桥梁、互通枢纽、船闸等重要节点的交通感知网络覆盖。推动交通感知网络与交通基础设施同步规划建设，深化高速公路 ETC 门架等路侧智能终端应用，建立云端互联的感知网络，让“哑设施”具备多维监测、智能网联、精准管控、协同服务等能力。注重众包、手机信令等社会数据融合应用。构建载运工具、基础设施、通行环境互联的交通控制网基础云平台。加快北斗在自由流收费、自动驾驶、车路协同、海上搜救、港口自动化作业和集疏运调度等领域的应用。

推动载运工具、作业装备智能绿色化。鼓励具备多维感知、高精度定位、智能网联功能的终端设备应用，提升载运工具远程监测、故障诊断、风险预警、优化控制等能力。推动自动驾驶与车路协同技术研发，通过搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，融合现代通信与网络技术，实现车内网、车外网、车际网的无缝链接。自动驾驶车辆具备信息共享、复杂环境感知、智能化决策、自动化协同等控制功能，与智能公路和辅助设施组成智能出行系统。鼓励充电基础设施建设，支撑新能源汽车推广和使用，助力新能源汽车产业发展。

重塑城市空间资源配置。由于自动驾驶带来通行能力大幅提升，对于未来新区的规划，可以适度降低道路网密度，从而减少道路使用空间，增加城市使用空间，释放出更多的城市土地资源。对于建成区，可以通过道路横断面改造，减少车道数、降低车道宽度，既可以满足通行需求，又可以进一步扩大步行和自行车交通等公共空间。

第二节 中国交通基础设施建设

一、各种运输方式基础设施的建设现状

(一) 铁路里程大幅跃升，城市轨道交通加快成网

截至 2020 年年底，我国铁路营业里程 14.6 万千米，比上年年末增长了 5.3%，其中高铁营业里程 3.8 万千米。铁路复线率为 59.5%，电化率为 72.8%。全国铁路路网密度为 152.3 千米/万平方千米，增加 6.8 千米/万平方千米。2016~2020 年全国铁路营业里程如图 1-4 所示。

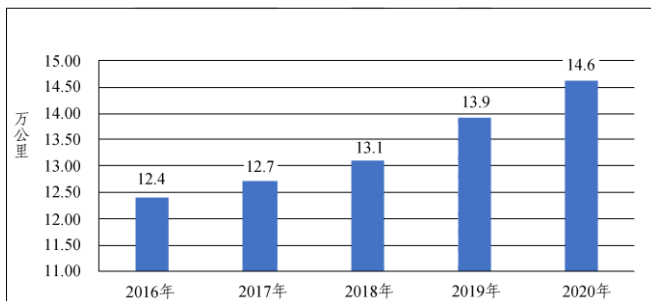


图 1-4 2016~2020 年全国铁路营业里程

城市轨道交通加快建设，超大、特大城市轨道交通加速成网。截至 2021 年 12 月 31 日，共有 51 个城市开通运营城市轨道交通线路 269 条，运营里程 8 708 km，车站 5 216 座，实际开行列车 3 120 万列次，完成客运量 237.1 亿人次。2021 年，新增城市轨道交通线路 35 条，新增运营里程 1 168 km，较去年增长约 15%；新增洛阳、绍兴、嘉兴、文山、芜湖，以及嘉兴（海宁）、镇江（句容）7 个城市首次开通运营城市轨道交通。

(二) 公路网络规模持续扩大，高速公路里程世界第一

国家公路网络规模、技术等级、通达深度不断提升，中央和地方，政府与企业形成发展合力，积极推进高速公路和普通公路建设。

截至 2020 年年底，全国公路总里程 519.81 万千米，比上年末增加 18.56 万千米。公路密度 54.15 千米/百平方千米，增加 1.94 千米/百平方千米。公路养护里程 514.40 万千米，占公路总里程 99.0%。四级及以上等级公路里程 494.45 万千米，比上年末增加 24.58 万千米，占公路总里程比重为 95.1%，提高 1.4 个百分点。二级及以上等级公路里程 70.24 万千米，增加 3.04 万千米，占公路总里程比重为 13.5%，提高 0.1 个百分点。高速公路里程 16.10 万千米，增加 1.14 万千米；高速公路车道里程 72.31 万千米，增加 5.36 万千米。国家高速公路里程 11.30 万千米，增加 0.44 万千米。国道里程 37.07 万千米，省道里程 38.27 万千米。农村公路里程 438.23 万千米，其中县道里程 66.14 万千米、乡道里程 123.85 万千米、村道里程 248.24 万千米。2016~2020 年全国公路总里程及公路密度如图 1-5 所示。

第二章 交通基础设施工程

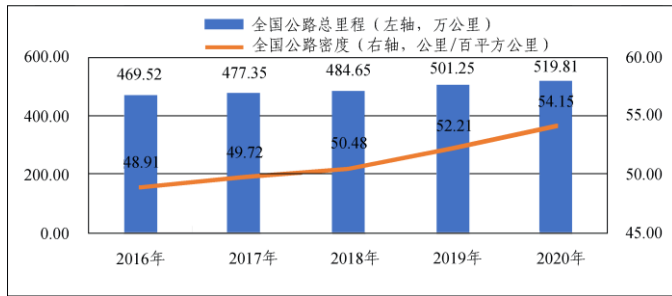


图 1-5 2016~2020 年全国公路总里程及公路密度

全国公路桥梁 91.28 万座、6 628.55 万延米，比上年末分别增加 3.45 万座、565.10 万延米，其中特大桥梁 6 444 座、1 162.97 万延米，大桥 119 935 座、3 277.77 万延米。全国公路隧道 21 316 处、2 199.93 万延米，增加 2 249 处、303.27 万延米，其中特长隧道 1 394 处、623.55 万延米，长隧道 5 541 处、963.32 万延米。

（三）航道网络持续优化，港口呈现专业化大型化深水化

内河航道通江达海、干支衔接的航道网络进一步完善。长江、西江、京杭运河等航道通航条件不断改善，初步建成了以“两横一纵，两网十八线”为主体的内河航道体系。

截至 2020 年年底，全国内河航道通航里程 12.77 万千米，比上年末增加 387 千米。等级航道里程 6.73 万千米，占总里程比重为 52.7%，提高 0.2 个百分点。三级及以上航道里程 1.44 万千米，占总里程的比重为 11.3%，2012 年~2020 年我国三级及以上航道里程如图 1-6 所示。

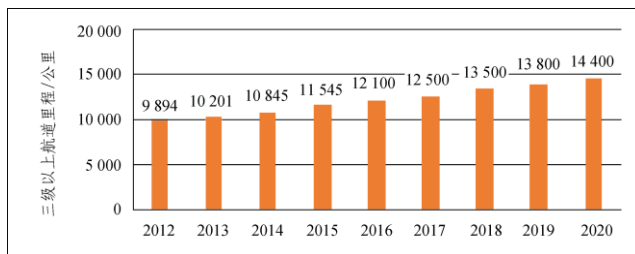


图 1-6 2012 年~2020 年我国三级及以上航道里程

各等级内河航道通航里程分别为：一级航道 1 840 千米，二级航道 4 030 千米，三级航道 8 514 千米，四级航道 11 195 千米，五级航道 7 622 千米，六级航道 17 168 千米，七级航道 16 901 千米。等外航道里程 6.04 万千米。各水系内河航道通航里程分别为：长江水系 64 736 千米，珠江水系 16 775 千米，黄河水系 3 533 千米，黑龙江水系 8 211 千米，京杭运河 1 438 千米，闽江水系 1 973 千米，淮河水系 17 472 千米。

截至 2020 年年底，全国港口生产用码头泊位 22 142 个。全国港口万吨级及以上泊位 2

第一篇 交通运输工程概论

592个，比上年年末增加72个。其中，沿海港口万吨级及以上泊位2138个，增加62个；内河港口万吨级及以上泊位454个，增加10个。万吨级及以上泊位中，专业化泊位1371个，比上年年末增加39个；通用散货泊位592个，增加33个；通用件杂货泊位415个，增加12个。

（四）民航机场建设有序推进，航空保障能力大幅提升

机场建设步伐不断加快，机场布局进一步优化，功能逐步完善，我国机场总量持续扩大、覆盖密度逐渐加大、服务能力显著提高、现代化程度不断增强。

截至2021年年底，颁证民用航空机场241个，比上年年末增加3个，其中定期航班通航机场240个，定期航班通航城市237个。

北京、上海、广州机场的国际枢纽地位明显提升，北京首都机场年旅客吞吐量位居全球第二，上海浦东机场年货邮吞吐量位居全球第三。成都、深圳、昆明、西安、重庆、杭州、厦门、长沙、武汉、乌鲁木齐等地机场的区域枢纽功能显著增强。初步形成以国际枢纽机场为中心，省会城市和重点区域枢纽机场为骨干，其他干支机场相互配合的机场格局。

边远、贫困地区的通勤航空、基本航空服务试点工作稳步实施，全行业颁证通用机场数量达到246座，陕西等有条件地区启动无人机物流配送工作试点。

（五）油气管网建设快速推进，骨干网布局基本形成

截至2020年年底，我国油气管道总里程达到16.5万千米，其中天然气管道里程全球排名第四。至2025年，我国长输管道总里程预计将超过24万千米。基本形成了“西油东送、北油南运、西气东输、北气南下、缅气北上、海气登陆”的多元供应管网络格局。在天然气输送方面，国内已经形成由西气东输、陕京线系统、川气东送等骨干管道，以及相关联络线共同组成的全国性天然气管网，实现与环渤海、长三角、东南沿海三大主力市场的衔接。在油品输送方面，国内原油可通过西部管道、东北管道等输送，进口原油可利用西北、西南、东北、海上原油战略管道输送。

（六）邮政网络全域覆盖，快递网点数量全球第一

初步形成了沟通城乡、贯通全国、联通世界的现代邮政网络。截至2020年年底，全国邮政邮路总条数3.7万条，比上年年末增加978条。邮路总长度（单程）1187.4万千米，比上年年末减少了35.3万千米。全国邮政农村投递路线10.1万条，比上年年末减少1265条；农村投递路线长度（单程）410.4万千米，比上年年末减少9.5万千米。全国邮政城市投递路线10.7万条，比上年年末增加3922条；城市投递路线长度（单程）219.4万千米，比上年年末减少1.6万千米。全国快递服务网路条数20.7万条；快递服务网路长度（单程）4091.4万千米。

（七）国际交通网络不断完善，互联互通水平大幅提升

国际交通基础设施互联互通关键性项目建设取得重大进展，铁路、高速公路、城市轨道交通及港口建设走向世界，高速铁路成为“走出去”的新亮点。肯尼亚蒙内铁路建成通车，中老铁路（中国昆明—老挝万象）、印尼雅万高速铁路、中泰铁路（中国昆明—泰国曼谷）、匈塞铁路（匈牙利布达佩斯—塞尔维亚贝尔格莱德）、巴基斯坦瓜达尔港、斯里兰卡科伦坡港口城等项目有序推进，中远海运集团比雷埃夫斯港“总体规划”获得希腊当局批

第二章 交通基础设施工程

准，吉布提多哈雷新港建成运营，巴基斯坦拉合尔轨道交通橙线项目建成试车。同江铁路大桥主体工程完工，中俄黑河公路大桥交工。10 个陆路边境口岸实现高速公路连接，43 个口岸通二级公路。

二、交通基础设施建设的突破

我国交通基础设施网络结构质量不断提升，区域互联水平和一体衔接水平不断增强，网络综合效益效率大幅度提高。快速优质交通网络比重增大，区域交通网络一体化加速推进，综合客运枢纽设施发展水平明显提升，货运最后一公里设施衔接成效显著。基础设施重大工程建设成果举世瞩目。我国高原冻土、膨胀土、沙漠等特殊地质的铁路、公路建设技术不断克服世界级难题，高速铁路、高寒铁路，高原铁路、重载铁路技术等迈入世界先进行列，特大桥隧建造技术达到世界先进水平，离岸深水港建设关键技术、长河段航道系统治理技术以及大型机场工程建设技术世界领先，涌现了一大批国家级重大工程。

（一）桥隧技术不断突破纪录

我国公路、铁路桥梁建设屡创世界奇迹。2018 年通车的港珠澳大桥作为世界级跨海大桥，是公路建设史上技术最复杂、施工难度最大、工程规模最大的桥梁工程，其最长的海底沉管隧道和深埋沉管隧道工程为世界海底隧道工程技术提供了独特样本和宝贵经验，被誉为“世界桥梁建筑史上的巅峰之作”，标志着我国走向跨海桥梁强国。G7 京新高速公路是世界上穿越沙漠距离最长的高速公路。垂直高度 565 m 的北盘江特大桥是世界第一高桥梁，矮寨特大悬索桥创造了四项世界第一，大胜关长江大桥是世界首座六线铁路桥，沪通长江大桥是世界上首座跨度超过千米的公铁两用斜拉桥。

（二）港口航道工程领先全球

上海港、厦门港、青岛港等相继建成全自动化集装箱码头。2017 年 12 月 10 日，全球最大单体自动化智能码头和全球综合自动化程度最高的码头——上海洋山港四期码头正式开港，标志着我国港口在运营模式和技术应用上实现了里程碑式的跨越升级。

（三）大型机场建设成就世界瞩目

大型机场建设技术不断进步。2019 年北京大兴国际机场正式通航，被英国《卫报》评选为“新世界七大奇迹”之首。这座世界上规模最大、技术难度最高的单体机场航站楼不仅代表了北京未来发展方向，更是艺术设计、科学技术、勤劳智慧的结晶，完美诠释中国基建实力的新高度，是中国面向世界的新国门。机场航站楼不仅兼具功能性和艺术性，还是世界上唯一一座“双进双出”航站楼，通过划分空间层次实现航站楼不同服务功能。

（四）城市轨道交通技术走向成熟

城市的轨道交通工程技术装备谱系不断丰富，智能化水平显著提升，适应各种类型城市、各种出行特征和施工条件的轨道交通投入运营。随着全自动无人驾驶的北京地铁燕房线投入使用，全自动运行系统凭借其稳定性、安全性、舒适性等优势将目前的技术提高一个层

级。长沙磁浮快线是中国国内第一条自主设计、自主制造、自主施工、自主管理的中低速磁悬浮系统，采用中低速磁浮列车，常导电磁铁悬浮、直线感应电机牵引，设计最高速度为100 km/h（见图 1-7）。中低速磁浮列车在各种环境下的电磁辐射均低于国际标准规定的安全限制，而噪声值在近距离处时仅相当于正常对话的音量大小。



图 1-7 长沙磁浮快线

三、交通基础设施的智能化水平提升

交通运输是先进技术试验应用载体和新兴产业孵化成长的平台，在现代信息技术应用和商业模式创新的推动下，交通运输新型基础设施蓬勃发展，传统基础设施加速改造升级。

（一）交通运输新型基础设施蓬勃发展

新一代国家交通控制网、智慧公路试点、智慧港口示范工程、航海示范工程、交通旅游服务大数据试点工作有序实施。基础设施数字化、路运一体化车路协同、北斗高精度定位综合应用成效显著。北斗在通用航空、海上应急救援等领域的应用不断完善，已建成北斗基准站 314 个，国产民机搭载北斗试飞成功，长江干线北斗地基增强系统完成前期工作。全国共有 533 万辆道路营运车辆、363 艘海事救助公务船舶、2 960 个导航设施、20.5 万辆邮政运输和快递车辆、65 架通用飞行器应用北斗终端。沿海建成 74 座北斗增强基准站，港口建成 11 座北斗基准站，229 个运输机场架设移动北斗基准站。围绕形成“数字化+供应链”全链路物流服务，物联网、人工智能、云计算、大数据、区块链等技术的发展，无人仓、无人机、无人车、无人港、无人驾驶、物流机器人等装备和设施的出现，智能客服、智能仓等的迅速普及，网络货运、共享经济等平台模式的诞生，持续深化在物流和供应链领域应用，加快推动我国物流供应链形成数字化、智能化、网络化发展新动能。

（二）传统交通基础设施智能化信息化升级加快

“互联网+”交通技术应用业务领域不断深化扩展，主要集中在行政执法、出行服务、行业监管、安全应急以及基础设施管理等方面。互联网在公路、铁路、民用航空上得到逐步应用。高速公路电子不停车收费系统（ETC）基本实现了全国联网。铁路实现了网上售票、刷脸进站、高铁 Wi-Fi 等服务环节的智能化，“复兴号”高速铁路列车实现 Wi-Fi 全程覆盖；民航实现“万米高空通 Wi-Fi”，东方航空在 75 架宽体机上提供空中接入互联网服务。

第二章 交通基础设施工程

云计算、大数据技术以及人工智能技术在行业监管、安全应急、行政审批等方面应用较广，人工智能与基础设施建设、运输装备研发应用、运输服务以及行业治理等深度融合。北京、深圳、杭州、南京等城市交通运行协调指挥中心加快建设，搭建信息共享与服务平台，使动态运行监测和协同服务水平不断提高。

（三）交通基础设施建设与生态保护同步推进

打造绿色交通基础设施体系。交通设施是基础设施建设的重点，要求坚持尊重自然、顺应自然、保护自然，坚持生态优先、绿色发展，在交通设施的规划、设计、建造、使用和养护各阶段充分考虑对资源的集约节约利用，尽可能减少对环境的污染排放、减缓对区域生态系统的干扰，打造绿色交通基础设施体系，增强交通行业的可持续发展能力和交通基建投资的综合效益。落实生态补偿机制，降低交通建设造成的生态影响。

结合交通设施开展生态修复工程。重点针对高寒高海拔、水源涵养生态功能区、水土流失重点治理区等重点生态功能区，结合交通基础设施改扩建推进取弃土场生态恢复、动物通道建设和湿地联通修复等工程。涉及自然保护区、世界自然文化遗产、风景名胜区等交通基础设施项目，着力于推进设施沿线生态改善。

第三节 交通基础设施案例分析

（一）案例一 “智慧高速” 基础设施建设

1. 杭绍甬高速——中国首条“智慧高速”

杭绍甬高速公路如图 1-8 所示，起点位于国道 G104（杭州中环）萧山南阳，终点位于宁波穿山疏港高速公路柴桥枢纽，全长约 161 km。杭绍甬高速构建了路网综合运行监测预警系统，打造人-车-路协同的综合感知体系。在现有的电子不停车收费系统（ETC）的基础上兼顾自由流收费，构建人车路协同系统，未来将实现构建车联网系统，全面支持自动驾驶。自由流收费系统按实际行驶公里精确计算，提高出行的便利性，同时显著提升路网运行速度。杭绍甬高速将致力于提升整体运行效率，使车辆平均运行速度提升 20%~30%，提升至接近 120 km/h，远期预留 140 km/h 提升空间，打造杭州—宁波 1 小时交通圈。另外，杭绍甬高速还将全面适应电动化发展方向，有效利用服务区、部分防撞护栏的立体及平面空间来建设太阳能发电系统，建设充电桩，从而为电动车及智慧车辆提供充电服务。



图 1-8 杭绍甬高速公路示意图

2. 江苏首条“未来高速公路”——五峰山过江通道

1) 五峰山智慧高速概述

2021年6月，江苏五峰山长江大桥南北公路接线工程通过交工验收，标志着全国首条未来高速公路正式建成。五峰山长江大桥南北公路接线工程位于江苏交通中轴通道上，全长约33 km，不仅是沟通京津冀和长三角地区间最便捷的南北向过江通道，也是江苏第一条新建全线双向八车道高速公路（见图 1-9），该高速公路设 6 处互通式立交、4 处匝道收费站和 1 处服务区。

该公路是国内第一条完备的车路协同示范应用基地，5G+车路协同开启了中国自动驾驶新阶段，如图 1-10 所示。该公路围绕“绿色、平安、智慧”的建设理念，运用了二十多个创新性应用场景，包括车路协同、雾天行车诱导、路面冰雪消融、交通事件急速感知等，将 5G、大数据、物联网、云计算等技术与高速公路建设相融合，让道路变得更加智慧聪明。五峰山智慧高速的建成，对于智慧交通建设，包括交通运输新基建的发展方向方面都具有示范引领作用。



图 1-9 五峰山智慧高速公路



图 1-10 车路协同

2) 五峰山智慧高速智慧特点

作为全国首条“未来高速”，五峰山智慧高速智慧特点借助 5G 通信技术，推进 BIM、大数据、物联网、云计算等技术与高速公路建设深度融合，建立全息感知的数据采集及传输系统，通过车路协同、“云平台+人工智能”、信息化管控等前瞻性、先进性技术，让道路变得更加智慧聪明。

(1) 借助 5G，向驾乘人员实时提供信息。

第二章 交通基础设施工程

车路协同系统在沿途安装了路测天线，可与车载终端实时进行道路信息交换，辅助、控制驾驶行为，并支持无人驾驶。利用 5G 网络极低延时的通信链路，所有交通信息将实时反馈到指挥后台，这些实时路况信息第一时间通过路侧广播诱导、高精度导航提醒等方式，向驾乘人员提供道路危险状况提示、限速预警、前方拥堵提醒、车辆汇流碰撞预警、匝道分流预警等信息，这样行车会更加安全和省心。

(2) 遇大雾，安全诱导不封路。

在大雾天气下，车道两侧设置的诱导灯会自动点亮，通过探测后方车辆距离，以红灯显示警示区域，提醒后车保持距离，从而实现车道级安全诱导行驶。该公路是全国首条装备车道级雾天行车诱导系统的高速公路。

(3) 遇雨雪，传感器自动加热融雪。

在雨雪极端恶劣天气下，可通过遥感式路面状态检测器或埋入式传感器自动启动桥面加热系统，给桥面加热或喷洒融雪剂，使桥面积雪及时融化，既避免了积雪结冰，保证交通安全，又能节约大量的人力物力，提升对恶劣天气的快速响应能力。

(4) 遇事故，第一时间快速救援。

发生事故后，通过一系列传感器、机器视觉、毫米波雷达等科技组合，也能令相关部门对碰撞事件进行快速响应，实现第一时间救援，并快速捕获拥堵、车辆违规行驶等特殊情

况。

(5) 布设“鹰眼”，全天候监控路面。

五峰山过江通道沿线，还布设有亿级像素摄像机，像“鹰眼”一样对路面进行全天候监控。这种智能设备具备事件处理功能，能够对轻微碰撞车辆进行智能取证，从而避免因事故造成的驾驶人员纠纷，以及减小对交通流的影响。

(6) 智慧服务区，提供全方位出行服务。

智慧高速的“智慧”还普及到了服务区，比如室内外智慧照明传感网，可保障服务区每个角落的光亮；配套无线充电基础设施，可让电动车可以即停即充，简单高效。此外，还有厕所异味监测传感装置、配套新风除霾系统等用来确保空气清新。

目前，五峰山高速已经完了车路协同条件下的单车自动驾驶以及重载车队编队自动驾驶的实车测试。五峰山高速路段并非国内第一条拥有“5G+车路协同”的高速公路，但完备的道路智能化能力却有助于车路协同下个阶段探索的开始。当“老基建”碰上“新基建”，致富路要从“走得通”变为“走得好”。

(二) 案例二 烟台—大连海底真空超级高铁建设项目

1. 案例概述

由中国设计师提出的烟台到大连跨海悬浮隧道真空列车，被誉为继轮船、汽车、火车、飞机之后的第五种交通工具。新设想基于三大核心技术：悬浮隧道技术、水下桥技术、真空管道技术。列车出发后先经过一个缓冲舱，然后进入真空隧道。行驶过程中乘客不会有任何异样的感觉。真空列车采用磁浮技术，与陆地磁悬浮列车不同的是它是真空状态下的海底磁悬浮。由于不占用海面、海上空间，未来人们有可能会看到如图 1-11 所示的景象——水下列车急驰，水面百舸争流。目前陆地磁悬浮列车的最高时速是 600 km 左右，没有阻力的真空

批注 [A1]:

磁浮列车时速可达到或超过 1 000 km，从烟台到大连可能用不了 12 min。

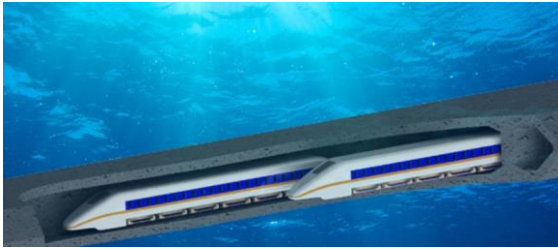


图 1-11 烟台到大连跨海悬浮隧道真空列车示意图

国内有关高校、科研机构已建成了真空管道超高速磁悬浮列车原型测试平台、真空管道试验线等。随着高铁技术的发展，我国车辆生产制造、桥梁隧道建设施工、运行控制系统等多个产业都已具备世界领先的科技水平。这些技术与产业能力都为超高速真空管道试验线创造了具备中试条件的良好基础。业内专家一致认为超高速真空管道各分项技术已趋于成熟，项目建设属于集成创新，不存在原理性技术难题。许多由企业与科研院校等机构组成的联合体共同进行技术攻关，已完成了技术可行性报告并通过了评审。已申请发明专利 13 项，实用新型 24 项。目前计划在大连皮口—长海段建设交通试验线，一旦建成将会引起世界范围内的轰动效应，使大连成为世界级旅游热点，不仅可为渤海海峡跨海通道提供示范和资金来源，还可为大连本地带来巨大的税收收益。

磁浮列车技术的百公里能源消耗为高铁的 1/5，飞机的 1/50，线路单公里造价为高铁的 1/3。而且对环境影响较小，受天气左右的程度较低。据测算，如采用真空管道方案建设，投资有望控制在 300 亿~500 亿元，可为国家节省数千亿元资金，施工周期可缩短 10 年。

2. 案例分析

由此案例可看出，未来交通基础设施的建设和交通模式会融合各种交通运输方式的优点，这需要相关设计者通过创新性思维来实现各种交通运输方式的融合。通过各种交通运输方式的融合，优势互补实现人们快速、安全、高效、舒适的出行需求。这些交通基础设施的建设同时也需要众多学科知识、技术的支撑。

我国综合交通运输体系发展成就举世瞩目，一批批超级工程彰显大国工匠精神和“中国速度”，一项项重大研发攻关和技术突破体现勇创世界一流的民族志气和“中国精神”。交通基础设施日新月异，运输服务能力的品质效率大幅提升，为我国从交通运输大国向交通运输强国迈进奠定了坚实基础，为实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦提供了强大支撑。

思考与探究——中国工匠精神

1. 分析中国的交通基础设施工程建设中的技术突破。

第二章 交通基础设施工程

2. 思考中国工匠精神对交通基础设施工程的影响。
3. 针对一种具体的交通基础设施，分析其优缺点、发展现状并提出改进设计方案。

第三章 载运工具运用工程

第一节 载运工具运用工程概述

一、载运工具运用工程概念

载运工具是指车辆、船舶、集装箱、飞机、运载火箭、铁路货车、客车等，即交通运输的运输工具部分，是使旅客和货物发生空间位移的一种载体。具体可以分为以下五类：

(1) 轨道载运工具：沿固定的轨道行驶，由电力、内燃机或蒸汽作动力的各种车辆。

(2) 道路载运工具：利用汽油、柴油、电或其他能源作动力，通过轮胎在各种道路上行驶的各种车辆，如汽车（货车和客车等）、无轨电车、摩托车等。

(3) 水上载运工具：利用螺旋桨、喷射水流在水中的推力而在水上行驶的载运工具，如各种螺旋桨船舶、水翼船、气垫船等。

(4) 航空载运工具：利用螺旋桨或高速喷射气流在空气中的推力而在空中航行的载运工具；包括各种螺旋桨飞机、喷气式飞机、直升飞机等。

(5) 其他载运工具：各种液体或气体输送管道、索道缆车、行人自动步道、皮带输送机等等。

载运工具运用工程是主要研究载运工具运行品质、安全和检测维修等理论和技术，涉及机械工程、材料科学与工程、电子科学与技术、管理科学与工程、系统工程等多学科和现代信息技术、微电子技术、计算机技术、综合集成等技术。

二、载运工具特征

载运工具的技术经济特征包括送达速度、运输成本、投资水平、运输能力、能源消耗、运输的通用性与机动性、对环境的影响程度等。尽管不同交通运输方式设备的技术经济特征差别很大，但从其服务于不同运输方式的功能来看，仍然具有很强的共性。

(一) 轨道载运工具特征

铁路载运工具是指通过铁路轨道运行的各种机车与车辆。铁路载运工具以铁路轨道进行导向，车辆通过带凸缘的钢轨内侧行驶，轨道起着支承车辆和导向的作用。铁路载运工具广泛地应用于城市之间的长途客、货运输及城市内和市郊的公共交通。轨道载运工具具有如下特点：运输能力大，运营费用低，适合大批量低值商品的长距离运输。运行的计划性强，运输的准时性好。维护工作量大，耐久性高，安全性强。可以方便地实现驮驮运输、集装箱运输及多式联运。从能源使用和环保方面来看，轨道运输可以采用电力牵引，在下坡路段还可以自行发电，有利于节能和环保。但是轨道载运工具需要进行列车编组、解体和中转改编等作业环节，占用时间较长，因而增加了货物的运输时间。由于装卸次数多，货物损毁或丢失

第三章 载运工具运用工程

事故通常比其他载运工具多。通常需要依靠其他载运工具的配合,才能实现“门到门”的运输。对铁路路线的依赖性很强,一旦某一路段发生故障,将影响其在全线上的正常运行。

(二) 道路运载工具特征

汽车运输具备全行程速度快的优点,尤其是在短程运输方面,较其他任何运输工具都更为迅速、方便。使用灵活,受地形、气候的限制性小。但是相比于其他运输方式,汽车载运量小,安全性较差。公路运输设备(高速公路除外)与其他运输方式相比,投资少,资金周转快,投资回收期短,且技术改造较容易。货运车辆在载货吨位、品种、技术等方面都有了很大的改进和提高,客运车辆也更多地满足于个性化需求,提供更加便捷和舒适的服务。

(三) 水上载运工具特征

船舶货舱与机舱的比例相比其他运输工具都大,因此运量大,同运量能源消耗低,单位运输成本低。商船拥有独立生活需要的种种设备,如发电、制造淡水、储藏大量粮食的粮舱、油槽等,虽然续航能力强,但是受气候影响严重,因此可靠性差。

(四) 航空载运工具特征

空中载运工具的特征主要表现在:速度快、科技含量高,不受地形限制,机动性大,运输路程短捷。喷气式客机的巡航高度在 10 000 m 左右,飞行不受低空气流的影响,平稳舒适。现代民航客机的客舱宽敞、噪声小、机内有供膳、视听等设施,舒适性高。由于科学技术的进步和民航客机适航性的严格要求,航空运输的安全性已大大地提高。飞机,尤其是直升机,不但可供客、货运输,而且还可以用于邮政、农业、渔业、林业、救济、工程、警务、气象、旅游观光和军事,用途十分广泛。但航空载运工具不能实现“门到门”运输,必须与其他载运工具共同完成多式联运。航空载运工具存在着运输成本较高,受气候条件影响较大的缺点。

(五) 运输管道的特征

用管道运输货物时,管道是静止的,它通过输送设备(如泵、压缩机等)驱动货物,使之通过管道流向目的地。管道运输的特征是:

- ① 运量大。管道内的流体是连续不间断的,一条管径 1 220 mm 的管道,年输量可达 1 亿吨以上。
- ② 运距短,占地少。在埋设管道的过程中,占总长度 95%的管道是埋在地面以下的,故永久性占地较少。另外,管道可以下穿河流、湖泊和海洋,在山岭地区还可以设计为采用较大的纵坡,从而缩短铺设里程。
- ③ 耗能低,运费低。
- ④ 受气候因素和环境的影响较小,便于长期稳定生产。
- ⑤ 泄露污染少,安全性好。
- ⑥ 管道运输可以实现远程控制,自动化程度高,便于管理,维修工作量较小,劳动生产率高。
- ⑦ 运输的货物比较单一,灵活性较差,是适合于单向、定点、量大的流体、气体和粉

末状货物的运输。

三、载运工具发展趋势

(一) 汽车的发展趋势

随着技术含量的不断提高, 21 世纪的汽车正在向智能化、安全化、环保化、信息化、轻量化、个性化等方向发展。

1. 智能化

智能化集中表现在汽车的自动控制能力、自动操纵能力和信息化程度的大大提高等方面。智能驾驶系统更是集中地体现了汽车的智能化程度, 通过安装在车前、后保险杠上及车身两侧的红外線摄像系统对汽车前、后、左、右的一定区域进行不停地扫描和监视, 通过计算机进行计算和分析, 结合路面信息, 通过操纵控制系统对汽车实行操纵和控制, 实现汽车的无人驾驶。另外, 智能轮胎、智能安全气囊、智能风窗玻璃、智能空调、智能前照灯、汽车“黑匣子”等也开始在汽车上被采用。随着性能的不断完善及成本的不断下降, 这些智能系统和零部件在汽车上的采用将变得越来越普遍。自动控制技术在汽车上的应用也变得越来越广泛, 如发电机的电控系统、自动调节的主动悬架、车门锁的遥控系统等, 这也是汽车智能化发展的重要特征。

2. 高环保与高节能

为了达到环保和节能的目标, 各种节能汽车、电动汽车在不断地被研制和完善。目前, 氢燃料电池电动汽车最引人注目。美国研制的这种电动汽车的电池最大输出功率为 80 kW, 可乘坐 5 人, 从 0 加速至 100 km/h 的时间约为 16 s, 最高车速达 140 km/h, 续航里程可达 400 km。

3. 高安全性

汽车的安全性可分为主动安全性和被动安全性。主动安全性是指汽车车身具有事先预防安全事故发生的能力。被动安全性是指当汽车发生安全事故时, 具备的使汽车和人所受到的损伤降低到最低程度的能力。目前, 提高主动安全性的主要措施和办法是采用电子控制的自动防撞系统、发生事故前的警示系统、防止车轮拖动而产生侧滑的防抱死装置和防滑装置。今后, 各种警示和防滑系统将会越来越完善。

4. 轻量化

汽车的轻量化是指在满足使用功能的前提下, 使汽车的质量轻、布置紧凑, 汽车的面积利用率高, 从而使汽车的体积小。这无疑对提高汽车的动力性、燃油经济性和行驶稳定性以及节约材料和能源都有好处。因此, 提高汽车的轻量化程度是汽车的发展趋势之一。

为了提高汽车的轻量化程度, 一方面在用材上采用了轻质材料, 如使用铝镁合金材料以及工程塑料等代替钢材; 另一方面开发新材料, 如新型高强度钢板、新型复合材料, 并使新材料在汽车应用中所占的比例不断提高。国外轿车上轻金属材料、非金属材料以及新研制的材料占汽车总质量的比率逐年提高。汽车设计技术的提高, 也使汽车的轻量化程度大大提高。在设计时, 减轻发动机等主要部件的自重, 汽车底盘各系统的合理匹配, 改善车身造型

以降低风阻，整车合理布置，使汽车小型化、轻型化等，已成为设计的重要原则和发展趋势。

5. 个性化

随着汽车市场竞争的日趋激烈，汽车的外观、内饰等越来越趋向于个性化、时尚化，其流行款式存在的时间越来越短。为此，各大汽车制造商应用计算机辅助设计、制造、分析和造型等技术，特别是利用高速图形处理终端和 workstation 设计现代化的产品，有效地缩短了产品的开发周期，提高了车身设计质量，使车身造型达到了艺术与功能的和谐统一。从内饰来看，除重视功能性要求外，还要重视内饰布置与外形风格的协调性，以及内饰整体的统一性和个性化的体现。重视应用人体工程学的研究成果，更强调将驾驶人员和乘客的心理、生理和个性等要求作为前提条件进行内饰设计，讲究利用内饰材料的质感和色彩来创造气氛宜人的驾驶环境。汽车内部空间有所增大，装饰性、实用性和居住性等也得到进一步提高。个性化不仅体现在内、外型上，在发动机、变速器，安全性项目及其他电子装置的选择上也能得到体现。

(二) 铁路列车的发展趋势

1. 高速化

当今全世界范围内旅客列车时速达到 200 km 及以上的高速技术已日臻成熟，正在向 300~350 km/h 的水平迈进。2014 年 1 月 16 日，中国南车（2015 年 9 月 28 日，中国南车与中国北车合并而成的中国中车宣告成立）制造的 C17500 型高速列车在运行试验中创造了运行速度达到 605 km/h 的新纪录，堪称当前铁路高速旅客列车运行的世界之最。我国在上海浦东建成了世界上第一条商业磁悬浮铁路，且车速已突破 400 km/h。

2. 高安全

列车运行控制系统是保证列车运行安全和提高运行效率最有效的信号设备。随着现代科学技术的高速发展，把数字信号处理技术应用于机车信号设备，接受多种信息，以全数字化系统代替传统的模拟电路，以高可靠性、大规模化、超大集成电路代替分立元件，使信号信息更加稳定、可靠。

3. 重载化

普通列车由一台机车牵引，大约列车重量为 2 000~3 000 t，而重载列车由一台大功率机车或几台机车牵引，列车重量上万吨。由于重载列车编组长、重量大，给运输组织工作和保证列车运行安全提出了许多新技术设备要求，如制造大功率内燃机车和电力机车。由于多台机车在列车分散配置牵引，要想实现多机同步遥控，需制造大型货车，改善线路、桥梁结构，采用行车调度指挥和运营管理自动化等高新技术设备。我国第一条重载运煤专线大秦（大同—秦皇岛）铁路线上组织开行 6 000~10 000 t 重载列车，3 万吨的重载列车也上线试验并获得成功。到 2050 年，我国铁路将实现在 3 万吨级重载列车和时速 250 km 级轮轨高速货运列车等方面的重大突破，技术储备研发时速 400 km 级高速轮轨客运列车系统。