



节能减排丛书

铁路运输 节能减排技术

孙忠国 主编



化学工业出版社



节能减排丛书

铁路运输 节能减排技术

孙忠国 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一本系统总结铁路运输节能减排的技术指导用书。全书共分六章,从技术和管理两个层面系统阐述了铁路运输节能减排所涉及的重要环节和相关技术。书中首先对铁路运输节能减排进行了综述,说明了铁路作为资源节约型的绿色交通工具,在交通运输中的重要地位。在阐述机务、车辆、供电等铁路运输不同生产站段的节能减排技术过程中,重点从内燃机车、电力机车、铁路车辆、空调旅客列车、电气化铁路等五个领域进行了分析和总结,注重抓住关键环节。本书还介绍了铁路运输节能技术应用实例以及日本和德国的铁路运输节能减排技术。

本书内容侧重实用,适合各级铁路运输节能减排管理机构、节能服务部门的节能管理人员和工程技术人员使用,还可作为铁路运输节能减排技术培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

铁路运输节能减排技术/孙忠国主编. —北京:化学工业出版社, 2009. 6

(节能减排丛书)

ISBN 978-7-122-05362-6

I. 铁… II. 孙… III. 铁路运输-节能-技术 IV. U2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 063632 号

责任编辑:靳星瑞 郑叶琳

装帧设计:王晓宇

责任校对:陈 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张11¼ 字数162千字 2009年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00元

版权所有 违者必究



前言

改革开放以来,我国社会经济取得了巨大进步,然而传统的增长方式和产业结构并没有根本改变,资源环境的制约因素日益突出。《中华人民共和国节能法》明确指出:“节能是国家发展社会经济的一项长远方针”,为实现全面建设小康社会目标,就必须以科学发展观为指导,落实节约资源基本国策。“十一五”期间,我国将加快区域经济协调发展,切实转变经济增长方式,大力发展循环经济,加快建设资源节约型、环境友好型社会。铁路在加快建设节约型社会中肩负着重要的责任,面临着艰巨的任务。我国铁路用交通行业不到五分之一的能源,完成全社会二分之一的运量。在各种运输方式中,电气化铁路是目前惟一可以实现以电代油的运输方式。而电能可以来源于多种其他形式的一次能源如核能、风能、水能、煤等,因此,铁路作为资源节约型的绿色交通工具,加快其发展,尤其是电气化铁路的发展,对优化综合交通运输行业的能源消耗结构、缓解我国能源资源紧缺以及生态环境恶化的矛盾都具有重要的战略意义。

然而,作为国民经济的大动脉,铁路仍然是消耗能源资源的重点行业,做好铁路行业的节能减排工作,以最小的投入获取最大的运输效益,是加快建设资源节约、环境友好型社会对铁路提出的迫切要求。为适应新形势下铁路节能减排工作的需要,特编写了本书。本书是第一本系统总结铁路运输节能减排的技术指导用书。全书共分六章,从技术和管理两个层面系统阐述了铁路运输节能减排所涉及的重要环节和相关技术。书中首先对铁路运输节能减排进行了综述,阐述了铁路作为资源节约型的绿色交通工具,在建设资源节约、环境友好型社会中的重要地位,系统地梳理了铁路运输节能减排管理体系以及自20世纪80年代以来铁路节能减排工作所取得的成绩,并分析了今后面临的形势和节能减排的重点。第二章对日本和德国的铁路运输节能减排技术做了简要介绍。在第三、四章阐述机务、车辆、供电等铁路运输不同生产站段的节能减排技术过程中,重点从内燃机车、电力机车、铁路车辆、空调旅客列车、电气化铁路等五个领域进行了分析和总结。考虑到建筑节能

的通用性，第五章选编了建筑节能减排的通用基础理论并阐述了铁路建筑节能减排的特点。为了便于参考，书中附录附有中长期铁路网规划、铁路节能技术政策等内容。

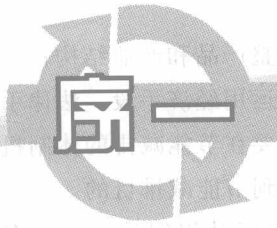
本书由中国铁道科学研究院孙忠国主编，特邀请了西南交通大学刘志刚、中国电力科学研究院丛琳、交通部水运科学研究院李庆祥三位作者共同编写。在编写过程中，编者查阅和使用了大量参考文献和技术资料，从中获得了许多帮助和启迪。德国铁路公司的 Mr. Sander、中国国家图书馆袁春艳为本书的编写提供了部分资料，北京外国语大学尹玉为部分德文资料做了翻译，武汉大学的硕士研究生梁瑜在本书编写过程中做了大量的文字整理工作。在此，编者对所有提供了参考资料的单位和个人以及参考文献与技术资料的作者一并表示衷心的感谢！尤其要感谢铁道部节能环保处姜正才处长在编者从事节能工作期间所给予的指导和关怀！

本书内容侧重实用，适合各级铁路运输节能减排管理机构、节能服务部门的管理人员和工程技术人员使用，还可作为铁路运输节能减排技术培训的参考用书。由于铁路运输节能减排所涉及的专业面较宽，编写工作量较大，当前铁路运输节能减排技术进步和管理要求未能在书中完全反映，我们通过直接和间接的实践经验，将有关资料归纳汇总，上升到理论体系，希望能在铁路运输节能减排领域里起到抛砖引玉的作用。

鉴于编写人员技术水平及实践经验的局限性，不足之处在所难免，期待广大读者和同行多提宝贵意见。

编 者

2009年3月



序一

改革开放以来，在党中央、国务院的领导下，我国经济建设、政治建设、文化建设、社会建设取得了举世瞩目的成就，人民生活快速步入小康水平。但伴随着经济的快速发展，资源匮乏、环境污染日益凸显，经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐。当前我国正处于工业化和城市化加速发展的阶段，经济总量已居世界前列，对资源的需求进一步增加。与此同时，靠大量消耗资源支撑的粗放经济增长模式使资源约束矛盾更加突出，环境形势十分严峻。各种污染物排放大大超过了环境承载能力，环境压力持续加大。各类生态系统整体功能下降，生态恶化的趋势没有得到有效遏制，水、大气、土壤等污染十分突出，生态破坏范围不断扩大，严重阻碍了经济社会的全面、协调、可持续发展。而这种状况与经济结构不合理、经济增长方式粗放密切相关。加快调整经济结构，转变经济增长方式，搞好节能减排，是实现经济社会全面、协调、可持续发展的迫切要求。

党的十七大提出要建设资源节约型、环境友好型社会，这是全面建设小康社会的基本目标，也是一项带有全局性的战略任务。“十一五”规划提出单位GDP能耗和主要污染物排放总量比“十五”期末分别降低20%左右、10%的约束性指标，这是贯彻科学发展观，构建社会主义和谐社会的重大举措，是建设资源节约型、环境友好型社会的重要任务，是推进经济结构调整、转变经济增长方式的客观要求，也是提高人民生活质量、维护中华民族长远利益的必然选择。实践已经证明并将继续证明，只有坚持节约发展、清洁发展、可持续发展，才能实现国民经济又好又快发展。

近年来，温室气体排放引起的全球气候变暖备受国际社会广泛关注。加强节能减排工作，已经成为各国应对全球气候变化的紧迫任务和重要手段。节能减排蕴含着发展理念、发展道路、发展模式的创新和提升，是应对资源短缺和环境容量有限挑战的必然选择。节能减排工作必须从现在做起，从重点领域、重点行业和重点企业抓起，把加强技术改造与淘汰落后生产能力结合起来。节

能减排的途径主要有三个方面：一是厉行节约；二是调整产品和产业结构；三是大力推广节能减排技术。国家节能减排手段主要包括运用经济手段、法律手段、行政手段，建立健全节能减排的体制和机制；企业要在节能减排的体制机制的保证和作用下，综合运用管理手段和技术手段，达到节能减排目的。

为推动党和国家节能减排政策的落实，化学工业出版社组织编写了这套《节能减排丛书》，对高耗能、高排放行业的实用节能减排技术进行了系统阐述，拓宽了节能减排的思路，为企业节能减排提供具体的技术指导，有助于企业加快技术创新和技术进步，实现清洁生产，从而最终实现经济社会的全面、协调、可持续发展。

节能减排是一项长期的、艰巨的重大任务，需要全社会的共同努力和支持，应该成为国家、企事业单位和每个公民的自觉行为。我们要坚持不懈，时刻不忘节能减排工作，为我们、也为子孙后代永远保护好人类共有的美好家园。

歐新黔

2008年7月



序二

石油和化学工业作为为人类提供物质消费的重要基础产业，为世界经济发展做出了巨大的贡献，并在世界经济贸易中占有十分重要的地位。石油和化学工业在世界范围的投资、贸易和生产要素配置，使全球日益形成相互依存、彼此互补的完整产业链，构造出利益互补和生产者与消费者共赢的世界石油化工大格局。就我国来说，石油和化学工业是国民经济的重要支柱产业，为我国的经济发展做出了巨大贡献。

对石油和化学工业来说，石油、天然气、煤炭等能源既是燃料、动力，又是生产用的原材料。石油和化学工业是能源消耗和废弃物产生的大户，每年能源消费量约占全国消费量的 17%，废水、废气和固体废物排放量分别占全国工业“三废”排放的 21.9%、11%和 8.4%。因此，节能减排是石油和化学工业可持续发展的必由之路。“十一五”及未来期间，我国的石油和化学工业将获得新的发展机遇，但资源和环境的压力也更大。石油和化学工业要坚决贯彻“节能优先、效率为本、煤为基础、多元发展、优化结构、保护环境、立足国内、对外开放”的 32 字方针，以保证国民经济和社会发展的需求。“十一五”也对石油和化学工业的发展提出了明确的目标：单位生产总值能源消耗降低 20%、单位工业增加值用水量降低 30%、工业固体废物综合利用率提高到 60%、主要污染物排放总量减少 10%。这就要求我们做到以下四点：一是全行业要把思想认识统一到中央的决策和部署上来，真正把节能减排工作作为行业和企业的首等大事来抓。二是要摸清能源消耗和污染排放的具体情况，制订切实可行的行业节能减排的工作方案。三是要找准工作的切入点，例如技术进步、人才培养、经验推广等。四是要借鉴国外经验，更好地发挥节能减排的市场作用。

通过技术进步实现节能减排是当前工作的关键。研究分析显示，技术进步对节能贡献率达到 40%~60%。要提高能源利用效率，缩小与国际先进水平的差距，必须依靠科技进步，不断增强自主创新能力。要通过节能技术进步，

推进以企业为主体的自主创新体系和创新型行业的建设。同时,要按照走新型工业化道路的要求,大力开发和推广节能减排的先进实用技术,重点是能源节约和替代技术、能量梯级利用技术、延长产业链和相关产业链接技术等等。化学工业出版社组织编写这套《节能减排丛书》,正是为了贯彻国家节能减排政策,指导企业进行节能减排技术改造。这套丛书立足于通过技术进步实现节能减排,详细介绍了相关行业已经成熟的节能减排技术,充分展现了符合现代发展理念的节能减排新技术,借鉴了许多国外的节能应用实例,必将为众多企业的节能减排工作提供广阔的视野和具体的技术指导。这套丛书涉及石化、冶金、交通、电力、轻工等多个行业,其中有炼油、烧碱、硫酸、化肥、炭黑、电石等多个分册涉及到石化行业。这套丛书的出版,必将有助于企业加快技术创新和技术进步的步伐。

节能减排工作需要全社会付出努力,并成为全社会的自觉行动。化学工业出版社组织编写的这套《节能减排丛书》,就是这种努力的一部分;为本丛书撰稿的专家学者以无私奉献的精神,付出了辛勤劳动,也是这种努力的一部分。出版社与作者值得尊敬的这些努力,必将有效促进节能减排先进技术的开发推广,进而推进石油和化学工业节能减排目标的更快、更好实现。

李斌

2008年7月

目录

第一章 铁路运输节能减排综述	1
第一节 铁路运输发展现状	1
一、“十五”期间铁路发展回顾	1
二、“十一五”开端与第六次大提速	3
第二节 铁路运输在我国交通运输中的重要地位	8
一、铁路是改善资源分布与工业布局不均衡、促进少数民族地区发展、 维护社会稳定的基础保障	8
二、铁路是国民经济的大动脉，在运输市场中居于主导地位	9
三、铁路是资源节约型的绿色交通工具	11
四、加快铁路发展，建设资源节约、环境友好型社会	11
第三节 铁路运输节能减排管理体系	12
一、中国铁路节能管理体系的建立	12
二、中国铁路节能管理的政策、规章和标准体系	13
三、中国铁路节能监管体系	14
第四节 铁路运输节能减排成绩回顾	15
一、牵引动力结构改革	15
二、铁路运输综合能耗大幅下降	16
第五节 铁路运输节能减排面临的形势	17
一、加快建设节约型社会，铁路节能减排面临更高要求	18
二、铁路建设迎来黄金机遇期，能源资源节约更加繁重	18
三、铁路客货运量持续大幅增长，运输节能更加艰巨	19
第六节 铁路运输节能减排的重点工作和主要目标	19
一、铁路运输节能减排的重点工作	19
二、铁路运输节能减排的主要目标	20
第二章 国外铁路节能技术	22
第一节 日本铁路节能技术	22

一、车辆轻量化节能技术	22
二、减小运行阻力节能技术	23
三、轨道线路等其他行车节能技术	25
四、日本铁路生产节能技术	25
第二节 德国铁路节能技术	26
一、德国铁路节能减排	26
二、德国铁路节能驾驶	27
三、德国铁路节能检测	28
第三章 铁路机车车辆节能技术	29
第一节 内燃机车节能减排	29
一、内燃机车燃油消耗的构成与计算	29
二、内燃机车燃油消耗分析	32
三、燃油单耗控制的技术手段	42
四、燃油单耗管理	45
第二节 电力机车耗电分析	49
一、电力机车耗电量的计算	49
二、列车电流曲线和列车能耗	51
第三节 铁路车辆节能技术	54
一、车体结构轻量化	54
二、车体形状流线化	60
第四节 空调旅客列车节能减排技术	61
一、国外空调旅客列车供电技术现状	61
二、我国 DC 600V 机车向客车直供电技术	62
三、我国首列 DC 600V 空调旅客列车技术特点	68
四、DC 600V 空调旅客列车供电系统的节能减排社会效益	69
第四章 电气化铁路节能技术	71
第一节 电气化铁路的组成	71
第二节 电气化铁路的节能减排优势	71
一、运输能力的比较	71
二、能源利用效率比较	72
三、保护环境,改善劳动条件	73
四、降低运输成本,提高劳动生产率	74

第三节 电气化铁路发展概况	74
一、国外电气化铁路发展概况	74
二、我国电气化铁路发展概况	76
第四节 牵引变电所节能	78
一、牵引变电所的电能损失	78
二、牵引变电所负序引起的电能损失	83
三、牵引负荷谐波引起的电能损失	84
四、牵引负荷的低功率因数引起的电能损失	87
五、牵引变电所的节能措施	88
第五节 接触网节能技术	99
一、接触网供电方式引起的电能损失	99
二、接触线材料引起的电能损失	106
第六节 供电方式与能耗	107
一、直接供电方式	107
二、BT (Booster-Transformer, 吸流变压器) 供电方式	108
三、AT (Auto-Transformer, 自耦变压器) 供电方式	108
四、CC (Coaxial Cable, 同轴电缆) 供电方式	108
第七节 减少牵引接触网电能损失的措施总结	109

第五章 铁路建筑节能减排技术..... 111

第一节 建筑能耗及其影响因素	111
一、建筑能耗的构成	111
二、建筑能耗的影响因素	111
第二节 建筑节能基础理论	114
一、建筑得热与失热的途径	114
二、建筑传热的方式	115
三、建筑保温与隔热	116
四、空气间层的传热	118
五、建筑气密性	120
第三节 通用建筑节能技术	120
一、采暖建筑节能规划设计	120
二、墙体节能技术	121
三、门窗节能技术	123
四、供热采暖系统节能技术	124

第四节 铁路建筑节能技术	124
一、铁路建筑节能技术综述	124
二、铁路建筑照明节能技术	125
第六章 铁路节能技术应用实例介绍	130
第一节 电气化铁路牵引变电所节能技术应用实例	130
一、白银西牵引变电所概况	130
二、TCR 型 SVC 无功动态自动补偿技术方案	130
第二节 电力机车能耗管理与节能操纵技术应用实例	134
第三节 变频节能技术应用实例	135
一、变频节能技术在中央空调系统中的应用实例	135
二、变频节能技术在锅炉控制系统中的应用实例	138
第四节 新能源技术应用实例	141
一、铁路站场绿色照明技术应用实例	141
二、北京南站新能源技术应用简述	143
第五节 普通旅客列车轴驱供电系统供电效率改进技术	145
一、原有轴驱供电系统	145
二、轴驱供电系统供电效率改进技术	145
附录一 铁路节能技术政策（1999 年版）	148
附录二 中长期铁路网规划（2008 年调整）	166
参考文献	173

第一章

铁路运输节能减排综述

第一节 铁路运输发展现状

一、“十五”期间铁路发展回顾

“十五”期间我国铁路进行了较大规模的基本建设，有效改善了路网，增强了铁路的运输能力。这一期间铁路部门组织了两次大面积的提速（2001年第四次提速、2004年第五次提速），大大缩短了列车运行时间，优化了列车运行时刻，直通列车和高等级列车数量大幅度增加，运输服务质量有了新的提高，无论是铁路客运能力还是货运能力都有了较大幅度的提高，除了保证常规的运输任务外，还圆满完成了国家下达的对重点物资如煤炭、石油、化肥、农药以及粮食等的抢运任务。

2001年铁路实施了以京九、浙赣、沪杭、汉丹、襄渝、达成、哈大线和京广线南段为重点的第四次大提速，新增提速里程4257公里^①，使全国铁路提速延展里程达到13000公里，基本覆盖了全国较大城市和大部分地区。全年全行业完成换算周转量19460亿吨公里，比上年增长6.3%；货物发送量完成192580万吨，比上年增长8.2%；货物周转量完成14575亿吨公里，比上年增长6.7%；全年全行业完成旅客发送量105155万人次，比上年增长0.1%；旅客周转量完成4767亿人公里，比上年增长5.2%。

2002年全国铁路完成货物发送量204246万吨，比上年增长6.1%。旅客发送量完成105606万人次，比上年增长0.4%。运输产品结构进一步优化。夕发朝至、朝发夕归、特快列车、城际列车、旅

① 本书统称千米为公里。

游列车等客运产品得到新的发展；货运“五定”班列、大宗货物直达列车、重载列车等货运新产品得到进一步巩固。2002年图定直通客车367对，比上年增加4对，增长1.1%。全年共开行直通临客16719列，比上年增加3121列，增长23.0%；开行直通旅游列车1170列，比上年增加141列，增长13.7%。全年共开行货运“五定”班列9792列，比上年增加1589列，增长19.4%；开行跨局大宗煤炭直达列车8166列，比上年增加3075列，增长60.4%。

2003年全国铁路货运总发送量完成221178万吨，比上年增长7.9%。全年旅客发送量完成97260万人，比上年下降7.9%，主要是受“非典”因素的影响。全国铁路完成换算周转量22035.26亿吨公里，比上年增长6.8%。繁忙干线增加了重载列车开行数量和重量，京沪线单机牵引定数由4000吨提高到5000吨，侯月线双机牵引定数由3700吨提高到4000吨，大秦线万吨重载列车顺利开行。

2004年，国民经济快速发展，运输需求居高不下，铁路运能持续紧张。4月18日，铁路实施了第五次大面积提速调图，此次提速在许多方面实现了重大进步和历史性跨越。大范围实施机车长交路和轮乘制，大幅度延长车辆保证距离，长距离开行时速160公里的一站直达特快列车，大力度推行单司机值乘和客车取消运转车长等，这些在中国铁路发展史上都是第一次。新图客运能力增长18.5%、货运能力增长15.0%。全路大力实施内涵扩大再生产，通过第五次大面积提速、优化运输组织、发展重载运输、坚持客货并举，努力增运增收，运输生产经营主要指标创历史最好水平，其中货物发送量、旅客运输周转量、货物运输周转量、换算周转量、运输收入的增量也创出历史记录。全国铁路完成货物运输总发送量249017万吨，比上年增长11.0%。旅客运输发送量111764万人，比上年增长14.9%，是近十五年来的最好水平。换算周转量大幅度攀升，全国铁路完成总换算周转量25000.94亿吨公里，比上年增长13.5%。

2005年全国铁路完成货运总发送量（包括行包运量）269296万吨，比上年增长8.1%。全国铁路完成旅客发送量115583万人，比上年增长3.4%，创出近十七年来的最高水平。换算周转量持续攀升，全国铁

路完成总换算周转量 26787.99 亿吨公里,比上年增长 7.1%。2001~2005 年我国铁路情况参见表 1-1~表 1-4 及图 1-1。

表 1-1 2001~2005 年铁路营业里程变化

项 目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
铁路营业里程/万公里	7	7.19	7.3	7.44	7.54

表 1-2 2001~2005 年复线及电气化里程变化

项 目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
复线里程/万公里	2.26	2.39	2.47	2.49	2.56
复线率/%	32.29	33.3	33.8	33.5	33.9
电气化里程/万公里	1.69	1.81	1.88	1.93	2.02
电气化率/%	24.14	25.2	25.7	25.9	26.7

表 1-3 2001~2005 年铁路客货运量统计

项 目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
货运/万吨	192580	204246	221178	249017	269296
增长率/%	8.2	6.1	7.9	11	8.1
客运/万人	105155	105606	97260	111764	115583
增长率/%	0.1	0.4	-7.9	14.9	3.4
年均	货运:227263.4 万吨,客运:107073.6 万人				

表 1-4 “十五”期铁路历年换算周转量增长情况

项 目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
换算周转量/亿吨公里	19460	20627.8	22035.26	25000.94	26787.99
增长率/%	6.3	6	6.8	13.5	7.1

二、“十一五”开端与第六次大提速

1. “十一五”开局之年的铁路发展成就

2006 年,作为“十一五”开局的第一年,我国铁路建设和运营又取得了重要突破。

2006 年,我国铁路以占世界铁路 6% 的营业里程完成了世界铁路 1/4 的运输量,创造了四个世界第一:旅客周转量世界第一,货物发送量世界第一,换算周转量世界第一,铁路运输密度世界第一。

2006 年,旅客运输平稳较快增长,增幅高于上年同期水平。从客

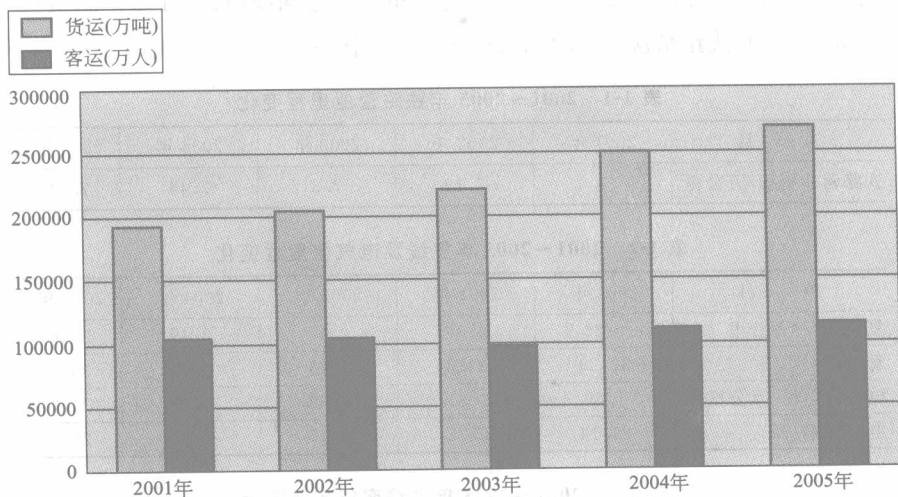


图 1-1 “十五”期间铁路客货运量统计柱状图

运量来看，全年全社会各种运输方式累计完成客运量 200.75 亿人，同比增长 8.7%，增速同比加快 5.2 个百分点。从旅客周转量来看，全社会各种运输方式累计完成旅客周转量 19192.49 亿人公里，同比增长 9.9%，增速同比加快 3.2 个百分点。其中，铁路运输完成客运量 12.57 亿人，同比增长 8.7%；旅客周转量 6622.08 亿人公里，同比增长 9.2%。

货物运输生产继续保持增长，全社会各种运输方式累计完成货运量 199.34 亿吨，同比增长 8.9%，增幅比上一年同期减少 0.2 个百分点；货物周转量 85592.35 亿吨公里，同比增长 8.1%，增幅比上一年同期减少 7.1 个百分点。其中，铁路运输全社会完成货运量 28.8 亿吨，同比增长 6.9%；货物周转量 21946.91 亿吨公里，同比增长 5.9%。铁路运量的持续大幅度增长，促进了全国煤电油运“瓶颈”状况的缓解。2006 年煤炭、石油、化肥、农药口岸运量同比分别增长了 6.8%、0.3%、3.1%、12%。

截至 2006 年底，全国铁路营业里程达到 77084 公里。其中，国家铁路 63442 公里，合资铁路 8935 公里，地方铁路 4737 公里。全国铁路复线里程达到 26404 公里，复线率达到 34.3%；全国铁路电气化里程