中国可持续能源项目

大卫与露茜尔·派克德基金会
威廉与佛洛拉·休利特基金会
能　源　基　金　会

项目资助号：G-0910-11572

我国交通运输系统中长期节能问题研究

Medium- & Long-Term Development of Policies for Energy Saving in Transportation for China

总报告

General Report

“我国交通运输系统中长期节能问题研究”课题组

2011年1月

Group of Medium- & Long-Term Development of Policies for Energy Saving in Transportation for China, January, 2011

“我国交通运输系统中长期节能问题研究”课题组

组　长：　傅志寰

副组长：　胡思继

成　员：　总报告编写组　姜秀山　李命志　杨晓莉

专题1组　李忠奎　欧阳斌　杨晓莉　陈建营　程　悦　刘晓菲

专题2组　范剑平　刘　宇　张亚雄　赵　坤

专题3组　胡思继　宋亚萍　武　旭　邸　晶　孙熙安

专题4组　姜克隽　朱松丽

专题5组　武　旭　邸　晶

专题6组　胡思继　武　旭　姜秀山　宋亚萍　悦　彩　邸　晶　孙熙安　邓　文　李会玲

专题7组　李命志　张雪松

目　　录

前　言.....1
1 我国交通运输能源消费现状及中外对比.....2
1.1 我国交通运输能源消费现状.....2
1.2 国内外交通运输能源消费对比分析.....2
2 我国交通运输能源消费及影响因素.....5
2.1 研究的范围.....5
2.2 交通运输能耗影响因素分析.....5
2.3 交通运输量与经济发展的关系.....6
2.4 交通运输结构与能源消费关系.....12
2.5 交通运输能耗强度与能源消费关系.....16
3 我国未来交通运输能源消费预测.....1
3.1 交通运输需求量预测.....1
3.2 交通运输结构情景设计.....4
3.3 交通运输能源消耗强度预测.....5
4 交通运输节能潜力分析.....8
4.1 情景组合方案的设定.....8
4.2 交通运输节能潜力.....9
4.3 货物运输的节能潜力分析.....11
4.5 旅客运输节能潜力的分析.....16
4.6 交通运输节能潜力的分析结论.....19
5 交通运输节能政策的建议.....22
5.1 交通运输节能政策及存在问题.....22
5.2 政策的建议.....26

前　言

改革开放以来，我国交通运输业取得了巨大的成就，有力地支撑了社会、经济的发展。1990~2008年期间，我国旅客周转量和货物周转量年均增长率分别达到8.2%和8.4%，2008年分别达23,197亿人公里和77,450[1]亿吨公里。交通运输作为国民经济发展的基础性行业，在支撑经济发展的同时也消费了大量的能源。从能源消费增长速度看，交通运输能源消费增长迅速。根据国家统计局年度统计数据，1980~2008年全社会能源消费年均增长速度为5.8%，而交通运输能源消费同期年均增长速度为7.7%，为全社会能源消费年均增长率的1.32倍。从交通能源消费结构看，交通运输能源消费以石油为主，1980~2007年均增长率为10.1%，约为全社会石油消费年均增长率的1.86倍。无论从能源消费增长速度还是能源消费结构看，交通运输行业都是实现节能的重要领域。修订后的《节约能源法》明确要求交通运输主管部门充分重视交通运输节能问题。因此，研究影响我国交通运输行业能源消费的主要因素、节能潜力和途径，对保障我国能源安全具有十分重要的意义。

目前关于交通运输节能的已有成果主要集中于交通运输能源消耗强度这一影响因素的研究，缺乏全面系统的探讨。基于上述背景，本研究结合对中国交通运输业发展的认识，以我国产业结构为源头，研究影响交通运输能源消费的运输量、运输结构和运输能耗强度三个因素，提出节能的相关政策。

本课题在美国能源基金会的支持下，由北京交通大学牵头，组织了全国人大财经委经济室、国家信息中心、国家发展与改革委员会能源研究所、交通运输部科学研究院、中国铁道科学研究院、中国民航大学、中国城市规划设计研究院、UNLV等单位共同完成。

两年来，课题组查阅了大量资料，从现状分析、交通运输节能的主要影响因素分析、未来能源消费的预测、节能潜力及交通运输节约能源的政策建议五个方面，撰写了几十万字的子课题研究报告，在子报告研究成果基础上凝练而成此总报告。

[1] 本报告现状分析数据除特殊注明外均来源于《中国统计年鉴》，即均指城际交通运输系统，即包括铁路、公路、水路（不包括远洋）、航空和管道运输 。

1 我国交通运输能源消费现状及中外对比

1.1 我国交通运输能源消费现状

1.1.1 交通运输是能源消费的主要部门

从我国目前《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》等正式统计口径来看，我国交通运输、仓储及邮电通讯业能源消费总量增长迅速，尤其在2000年后，呈现了快速增长态势，2000~2008年均增长速度为10.8％。2008年交通运输能源消费量已达到22,917万吨标准煤，占全社会能源消费总量的7.9%。但在我国现行的统计体系中，值得注意的是，交通运输业仅包括对从事社会运营的交通运输企业或运输工具。相应的能源消费统计量也只包括其运输工具的燃料消费，一些非交通行业的道路或水运交通工具以及大量的社会非运营交通工具的燃油消耗没有纳入交通行业的能源消耗统计中，按全口径考虑的交通运输能源消耗量被低估了[1]，实际能源消费量大于统计数据，交通运输是能源消费的主要部门。

1.1.2 交通运输能源消费加剧了我国石油供应紧张局面

我国石油消费增长速度较快，而石油生产无法赶上需求的增长，缺口越来越大，自给率逐渐下降，对外依存度不断提高。2008年石油生产只能满足需求的48%，一半以上石油消费依赖进口。交通运输能源以石油为主，且增长速度较快，交通运输业能源消费的增加加剧了我国石油供应紧张的局面。

1.2 国内外交通运输能源消费对比分析

尽管自然环境、资源丰裕度、生产要素、经济社会发展情况等不同，但发达国家的交通运输周转量、交通运输能源消费的发展历程和规律，对分析、预测我国交通运输能源消费仍具有启示和借鉴作用。

从交通运输发展状况可以看出，美国的国土面积与我国相当，大宗货物运量大、运距长。中美两国在货物运输方面有较好的可比性。日本尽管国土面积狭小，但在交通运输节能方面具有可借鉴性。本报告重点选择美国、日本作为国际比较对象，主要比较人均GDP、产业结构、恩格尔系数、城市化率、人均发电量、人均粗钢产量等六个指标。虽然不同国家间在某一经济发展阶段的各种指标不可能具有完全的可比性，但从我们的国际比较经验和同类研究结论判断，我国当前所处的经济发展阶段大致分别相当于美国、日本的20世纪60年代中期和70年代中期

[1] 吴文化等，交通运输领域能源利用效率、节能潜力与对策分析，《宏观经济研究》2008年第6 期 P28

水平[1]。这两个国家在相应时期的交通运输需求增长情况、运输结构的演变规律、能耗强度的发展趋势以及能源消费量发展趋势等对于分析、预测我国交通运输能源消费量、挖掘节能潜力具有一定的借鉴作用。

从交通能源消费量来看，各个国家的交通运输能源消费量均在不断上升。美国1973~2008年间年均增长速度为1.3%，日本1970~2007年均增长速度为2.7%。我国1980~2008年年平均增长速度为7.7%。从能源消费量占全社会能源消费总量的比重来看，1973~2008年美国交通运输能源消费占能源消费总量的比重一直处于24.5%~29.5%之间，仅次于工业部门，为第二大能源消费部门，如图1-1所示。日本交通运输业是仅次于工业部门和民生部门的第三大用能部门。1970~2007年间，日本交通运输能源消费占能源消费总量的比重为16%~25%，呈现逐年上升到趋于稳定的发展趋势，近年来基本稳定在25%左右，如图1-2所示。

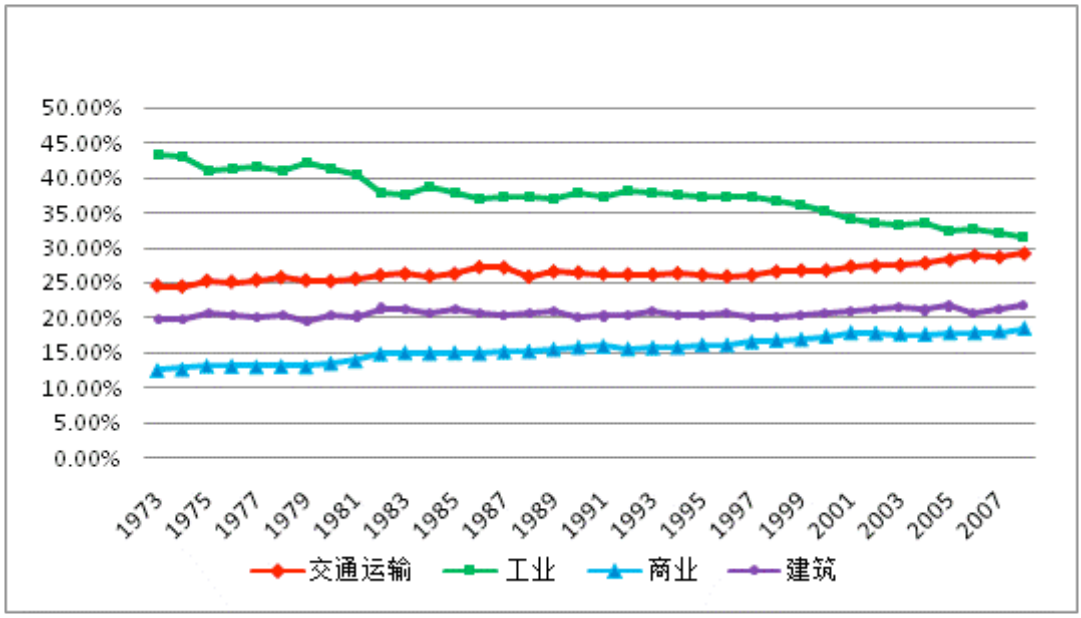

图1-1　美国分行业能源消费构成图

[1] 详见专题 2：产业结构与交通运输需求关系分析

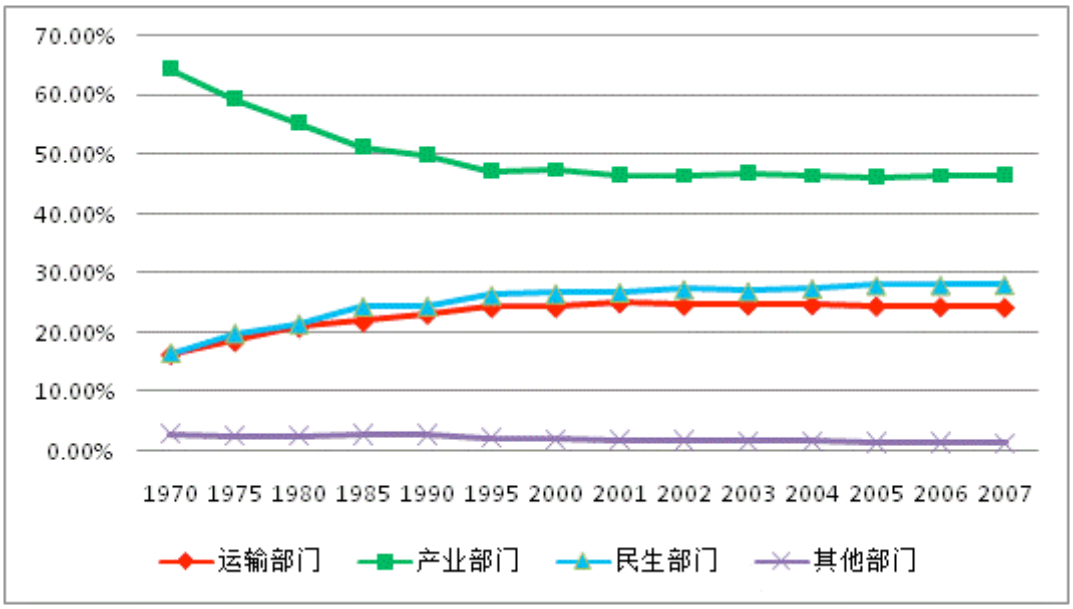

图1-2 日本分行业能源消费构成图

我国交通运输能源消费量及各种运输方式能源消费量也呈现快速增长的趋势，且增加的部分集中于汽油、柴油等油品的消耗。尽管在各种运输方式中，能源利用效率逐步提高，货物运输能耗强度逐步下降，但随着快速、便捷、舒适性等运输质量需求的增加，客运能耗强度有可能会在一段时间内呈现小幅上升的态势。随着我国工业化、城市化的进一步发展，我国交通运输能耗在相当长一段时间内将继续增长，逐步成为我国能源消费的主要部门。

2 我国交通运输能源消费及影响因素

2.1 研究的范围

交通运输系统由铁路、公路、水路、航空和管道五种运输方式组成，其中水路运输包括远洋运输、沿海运输和内河运输。公路运输按运输系统，可分为城际间公路运输和城市内道路运输；按运输任务性质，可分为营业性运输和非营业性运输。考虑计算数据获得的可靠性和数据分析的可行性，本报告在现状研究时，数据均来源于国家统计局年度统计数据，本课题所研究的交通运输系统局限于国内运输，是指城际间运输，包括铁路、公路、水路（不包括远洋）、航空、管道运输；考虑研究的完整性和国际比较性，在预测分析和节能潜力研究时，将城市交通的道路运输部分纳入到公路运输中，将城市轨道交通部分纳入到铁路运输中，则交通运输系统包括铁路（干线铁路和城市轨道交通）、水路（不包括远洋）、公路（城际间公路运输和城市内的道路运输）、航空和管道运输。

2.2 交通运输能耗影响因素分析

交通运输能源消费与运输量、运输结构和运输能耗强度相关。交通运输能源消费量可以表示为：

$$
\begin{aligned}
\text{交通运输能源消费量} &= \text{运输周转量} \times \text{交通能源消耗强度} \\
&= \text{货物周转量} \times \text{货物运输能源消耗强度} + \text{旅客周转量} \times \text{旅客运输能源消耗强度} \\
&= \sum_{i=1}^{5} \text{i运输方式货物周转量} \times \text{i运输方式货物运输能源消耗强度} \\
&\quad + \sum_{i=1}^{4} \text{i运输方式旅客周转量} \times \text{i运输方式旅客运输能源消耗强度} \\
&= \sum_{i=1}^{5} \text{货物周转量} \times \text{i运输方式货物运输结构} \times \text{i运输方式货物运输能源消耗强度} \\
&\quad + \sum_{i=1}^{4} \text{旅客周转量} \times \text{i运输方式旅客运输结构} \times \text{i运输方式旅客运输能源消耗强度}
\end{aligned}
$$

可见，交通运输能源消费量为运输周转量、运输结构、能耗强度三个因素共同作用的结果，其中运输周转量的变化和运输结构的调整是能源消费的重要推动力，也是本课题的研究重点；运输能耗强度尽管也是节约能源的重要因素，但已有多项研究成果，因此，本课题没有将其作为研究重点。

交通运输是派生需求，货运量主要取决于国民经济总量和经济结构因素。客运量主要取决于人均GDP。一般来说，不同的社会、经济发展阶段决定不同的经济发展方式。经济发展方式可以分为粗放型经济发展方式和集约型经济发展方式。粗放型经济发展是一种侧重数量增长和外延方式为主的发展方式，经济增长主要依靠物质投入的增加，国民经济总量增长产生的运输需求主要表现在“数量”

方面。而集约型经济发展方式主要依靠高效的资源配置和全要素劳动生产率的提高。一般来说，随着工业化过程的逐步完成，第三产业比重逐渐上升，第一产业和第二产业比重相对下降，产业内的行业结构也不断优化，经济发展对交通运输的影响主要表现在对运输质量的要求。我国已经进入工业化中期，经济发展方式正处在转型阶段。因此，研究交通运输量与GDP总量及产业结构之间的关系，并从产业结构调整减少运输量的角度探讨交通运输节能问题具有重要意义。

2.3 交通运输量与经济发展的关系

2.3.1 货物周转量与经济发展关系

1）国外货物周转量与经济发展的关系

对美国、日本的货物周转量与经济发展关系分析可以看出，货物周转量的增速与经济增长的增速趋势基本吻合，但货物周转量的增长幅度要小于经济增长幅度，单位GDP货物周转量逐渐降低。图2-1和图2-2显示了美国和日本货物周转量与经济发展之间的关系。美国在1960~2006的46年间，GDP增长了3.5倍，年均增长速度为3.3%，而货物周转量增长了1.7倍，年均增长速度为1.9%，单位GDP货物周转量降低了40.8%。同样，日本在1955~2007的52年间，GDP增长了9.0倍，年均增长速度为4.5%，而货物周转量增长了3.2倍，年均增长速度为2.8%，单位GDP货物周转量降低了58.5%。可见，货物周转量增长速度低于国民经济增长速度，单位GDP货物周转量呈逐年下降的趋势。

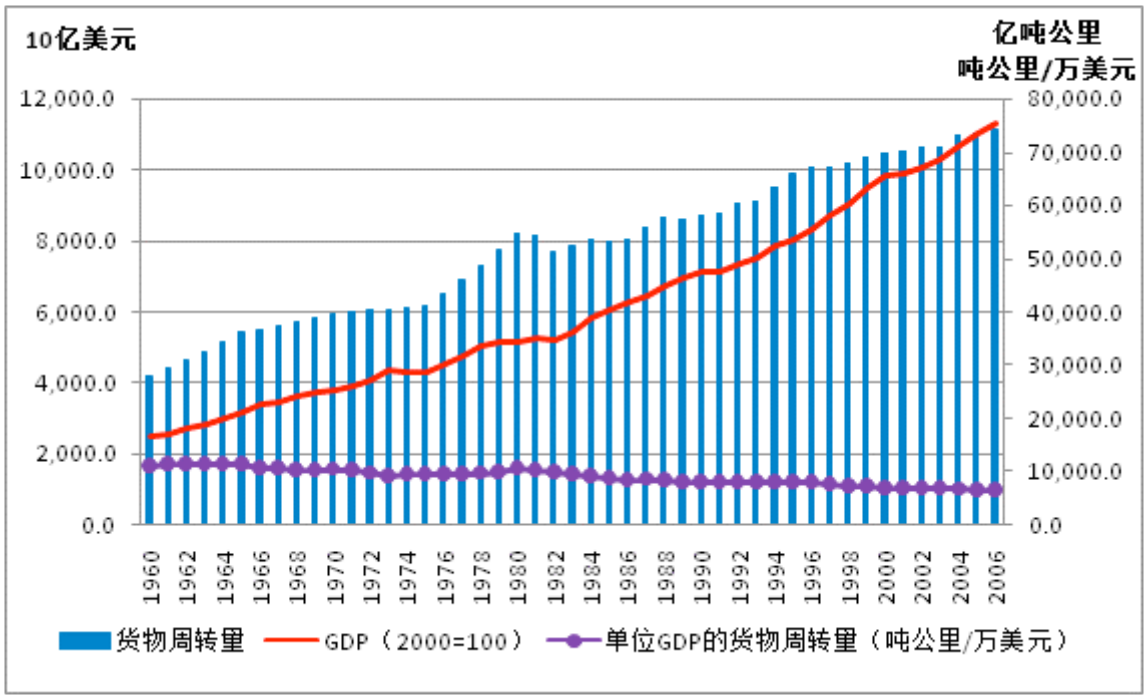

图2-1 美国GDP与货物周转量的关系图

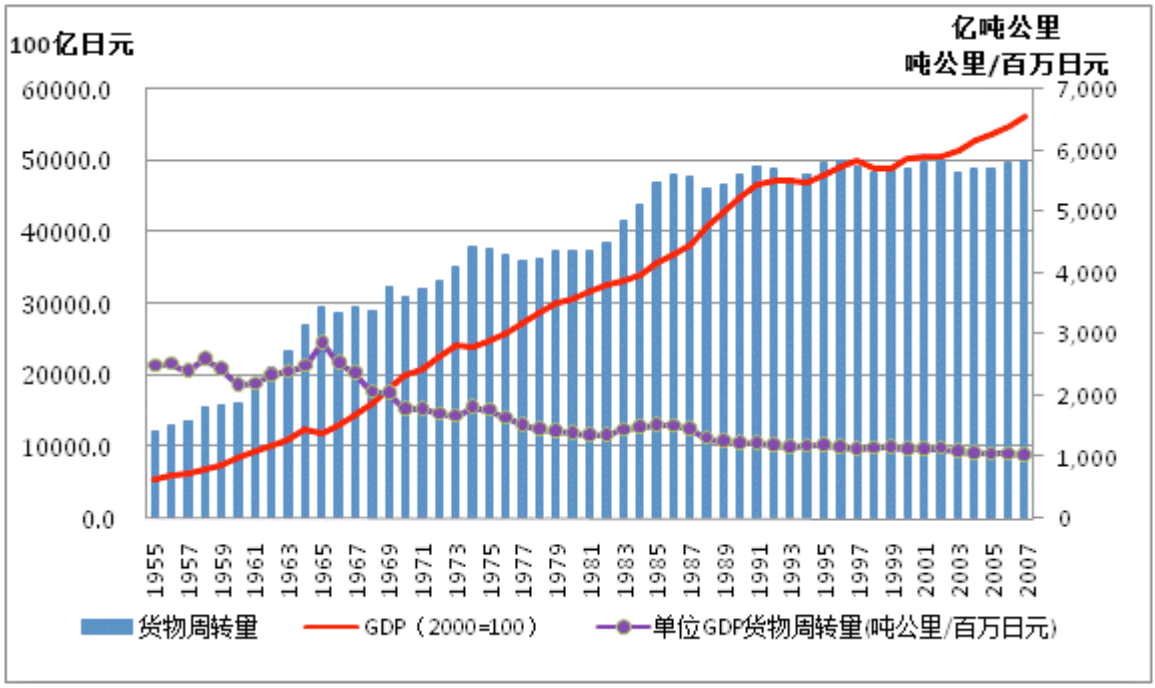

图2-2 日本GDP与货物周转量关系图

对货物周转量与产业结构进一步分析可以看出，货物周转量与第二产业比重密切相关。根据第二产业所占比重达到峰值的时间可以将经济发展分为两个阶段，不同发展阶段，货物周转量增长速度呈现不同的规律性。第二产业比重达到峰值前，其比重不断提高，货物周转量增长速度呈上升趋势；第二产业比重达到峰值后，其比重不断下降，货物周转量增长速度亦呈下降趋势。

美国20世纪60年代正处于第二产业的比重不断下降阶段，货物周转量的增长速度也呈现下降的趋势。1960~1970年货物周转量增度为4.0%，2000~2007年降到1.1%。日本在1950~1970年间，第二产比重不断上升，1971年达到顶峰为46.0%。在这个阶段货物周转量呈现增速上升的趋势，1950~1960年货物周转量增长速度为8.0%，1960~1970年间增长速度为9.4%。1971年后第二产业比重不断下降，1990年为40%，2008年降到30.0%。此阶段货物周转量增长速度也呈下降趋势，1980~1990年间增长速度为2.2%，而2000~2008则降到0.1%。

2）我国货物周转量与经济发展的关系

1978~2008的30年间，我国GDP增长了15.5倍，年均增长速度为9.8%，而货物周转量增长了9.5倍，年均增长速度为8.2%，单位GDP货物周转量呈下降趋势，而近几年又出现了小幅波动上涨。1978~2008间，单位GDP货物周转量降低了36.3%，如图2-3所示。

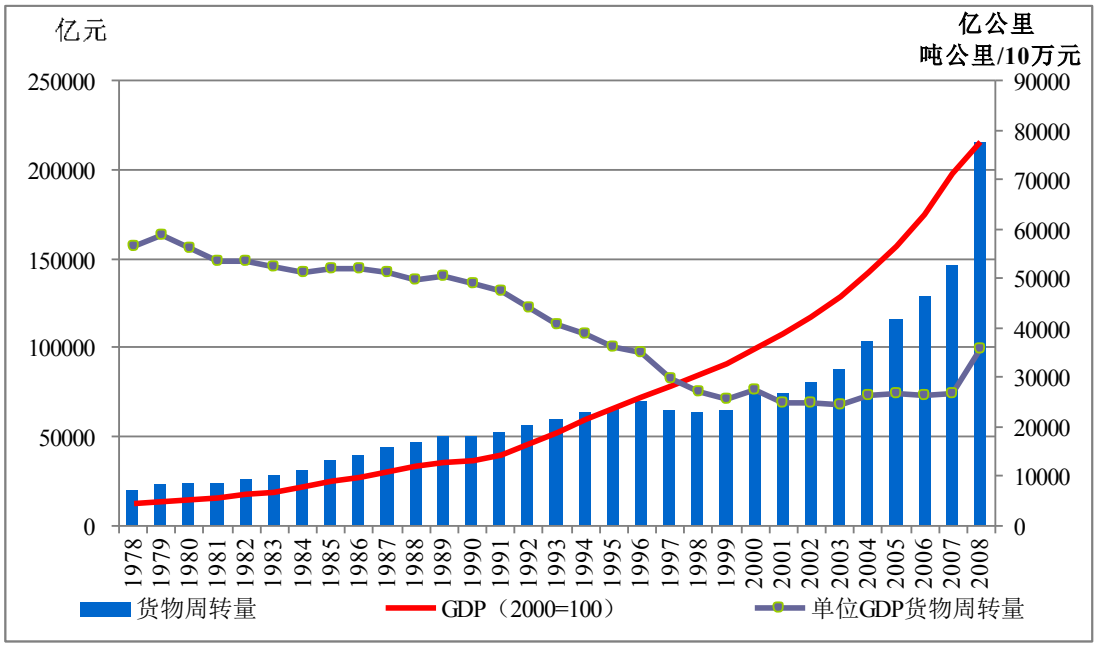

图2-3 我国货物周转量与经济发展关系图

我国货物周转量与产业结构的关系类似于发达国家发展规律。货物周转量的增长速度与第二产业比重密切相关。在第二产业比重提高阶段，货物周转量加速提高，而在第二产业比重下降阶段，货物周转量增速也呈下降趋势。从我国经济发展历程看，尽管不同时期由于不同的原因造成我国第二产业比重出现几次波动，但每一次波动，都会相应引起货物运输总量的变化。1960年，第二产业比重出现第一次峰值，达到44.5%，导致1952~1960年货物周转量的加速提高，1960年增长速度达到22.7%。1990年第二产业比重出现低值，为41.3%，货物周转量也出现小幅加速下降，随着第二产业比重变化，货物周转量会出现同方向加速变化趋势，如图2-4所示。

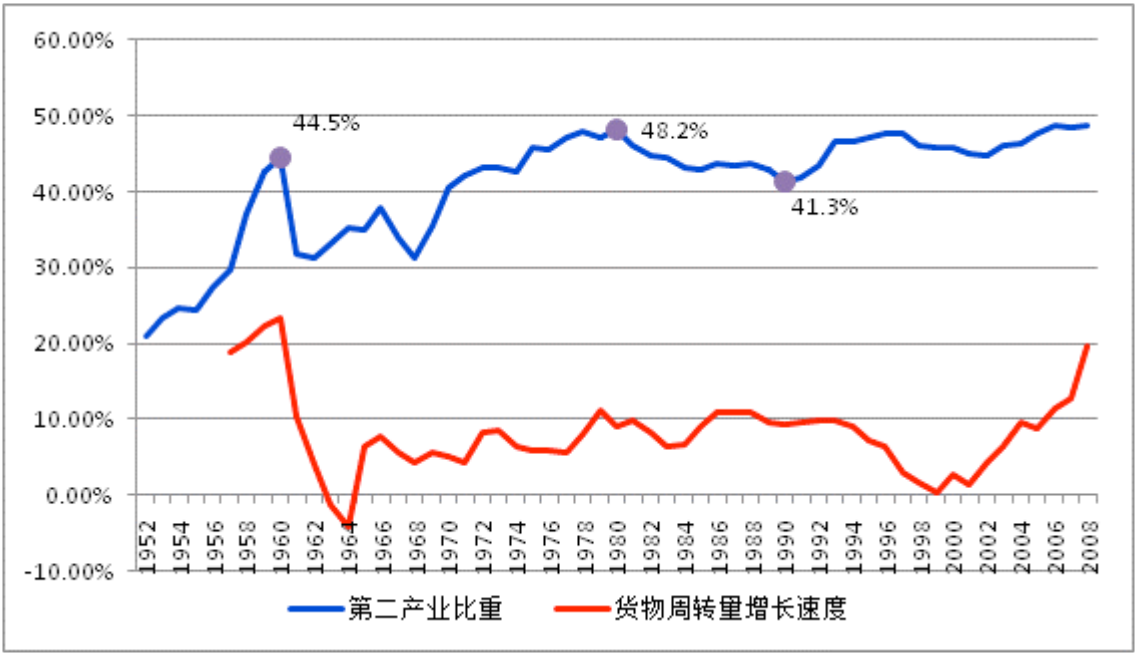

图2-4 货物周转量与第二产业比重示意图

2.3.2 旅客周转量与经济发展关系

1）国外旅客周转量与经济发展的关系

旅客周转量与人均GDP呈正相关关系。美国人均GDP的增长提高了对客运的需求，从绝对量来看，人均GDP从1960年的13,840美元[1]增加到2006年的38,474美元，增加了1.8倍；旅客周转量从1960年的21,284.2亿人公里增加到2006年的89,684.2亿人公里，增加了3.2倍，如图2-5所示。从增速来看，美国旅客周转量增速也与人均GDP增速呈正向关系，随着人均GDP增速下降，旅客周转量增速也呈下降趋势。

日本人均GDP与旅客周转量也呈现类似的规律性。从绝对量来看，日本旅客周转量与人均GDP基本呈正向关系，如图2-6所示。从增长速度上看，旅客周转量增长速度与人均GDP增长速度呈现相同趋势。

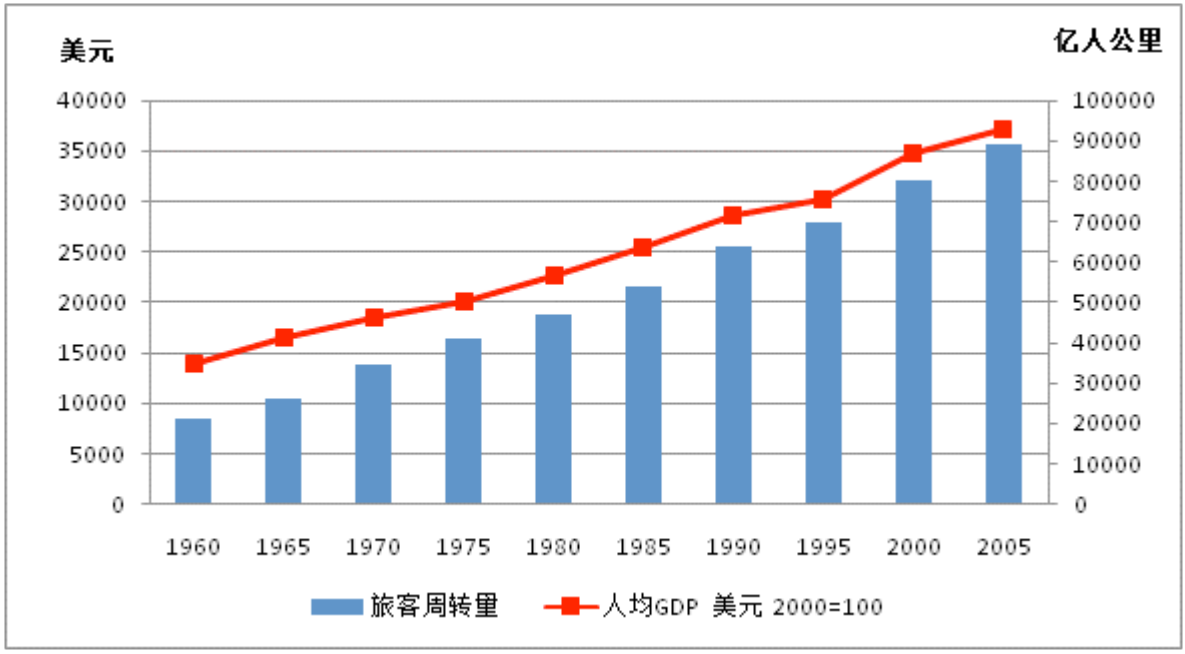

图2-5 美国旅客周转量与人均GDP关系图

[1] 美国、日本GDP、人均GDP均为2000年不变价。

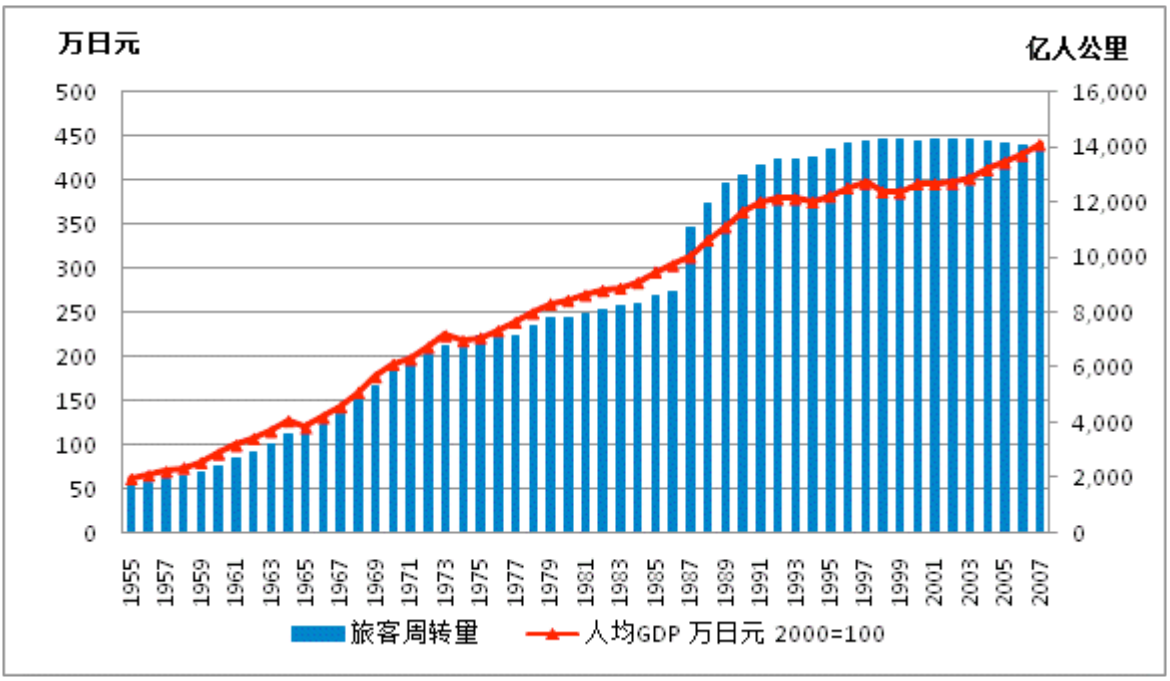

图2-6 日本旅客周转量与人均GDP关系

2）我国旅客周转量与经济发展的关系

图2-7显示了我国旅客周转量与人均GDP之间的关系，随着人均GDP的不断增加，旅客周转量也不断增加。1978~2008年间，我国人均GDP增长了10.9倍，年均增速为8.6%，同期旅客周转量增长了12.3倍，年均增长速度为9.0%。

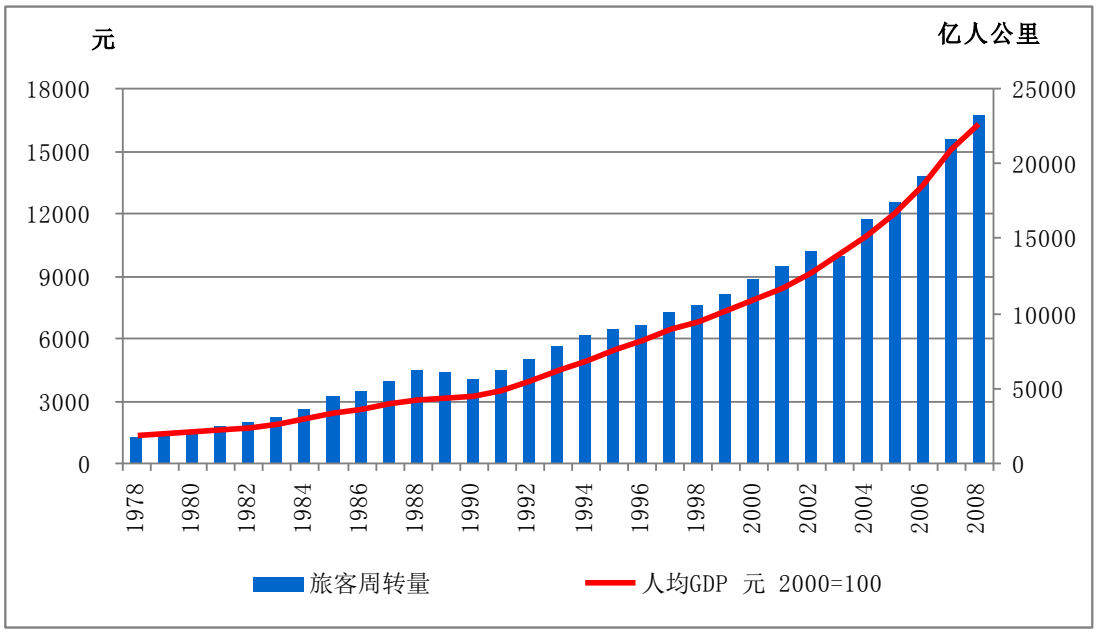

图2-7 我国旅客周转量与人均GDP关系图

2.3.3 国内外比较

通过比较研究发现，我国单位GDP的运输量过高。我国2008年的货物周转量

已与美国相当，但是GDP不足美国的三分之一，也就是说，我国单位GDP的货物周转量是美国的3倍多。这种现象虽然反映了我国经济发展处于快速工业化的阶段性特征，但在很大程度上也是我国粗放型经济发展导致的后果。

一般来说，粗放型经济单位GDP货物周转量较高，集约型经济单位GDP货物周转量较低。由于二者的差异所导致的粗放型经济比集约型经济多出的运量，可以看作为“过度运输”。

从图2-8可以看出，同一时期，我国单位GDP的货物周转量远远高于美国，即使进行两个国家同一经济发展阶段的比较，我国2005年与美国1960年相比，单位GDP的货物周转量也是偏大的，也就是说，我国存在过度运输问题。按2000年美元不变价计算，我国2005年单位GDP的货物周转量为21078吨公里/万美元，而美国1960年单位GDP的货物周转量为11298吨公里/万美元。即单位GDP的货物周转量，我国2005年的数值几乎是美国1960年的2倍。

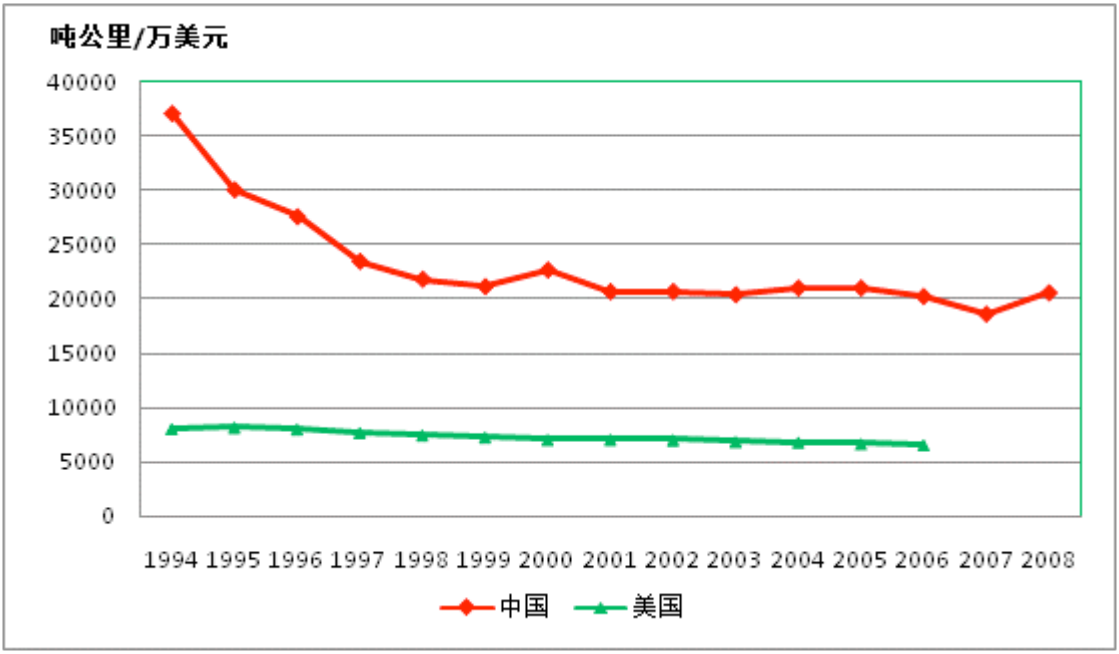

图2-8　单位GDP货物周转量的国际比较图

尽管我国与美国之间，存在汇率计算问题，自然地理条件、工业布局、发展阶段也不相同，上述比较不够十分准确。但是问题的本质是清楚的：与粗放型经济增长方式相伴的产业结构、行业结构以及货物运输强度是运量居高不下的重要因素。

与美国相比，我国第一、二产业比重较高，第三产业比重较低。从产业内部的行业构成（如建筑、钢铁、机械制造）看，与美国可比的行业结构中，运输强度高的行业比重较大。由于我国第二产业比重很大，行业结构偏重，产生的运量很大，因此运输强度远远高于美国等发达国家。从上述分析中，我们可以看到，压缩过度运输量是减少运输需求量的关键，也是挖掘交通运输节能潜力的主要方面。

虽然，我国目前处于工业化中期，而美、日等国处于后工业化时代，要求我国单位GDP的运输量达到它们的水平是不合理的，但是要看到我国在运输量方面减少的潜力。而我们的研究，就是要分析和挖掘这种潜力。

2.4 交通运输结构与能源消费关系

2.4.1 国外交通运输结构与能源消费关系

1）国外交通运输结构演变发展历程

在各个国家发展过程中，运输结构不断变化。从图2-9美国货物运输结构的变化历程中可以看出：从1965~ 2007年间，美国铁路运输市场份额经历了一个下滑继而上升的过程，近15年一直保持在30%~40%左右；公路运输市场份额基本保持逐年上升趋势，但仍低于铁路，近15年一直在25~29%之间。国内水路和管道运输市场份额前期不断上升，在20世纪80年代达到峰值，此后均开始下降，2007年的市场份额分别为12.0%和19.61%。在各种运输方式中，航空货物市场份额最小，2007年的市场份额为0.33%。

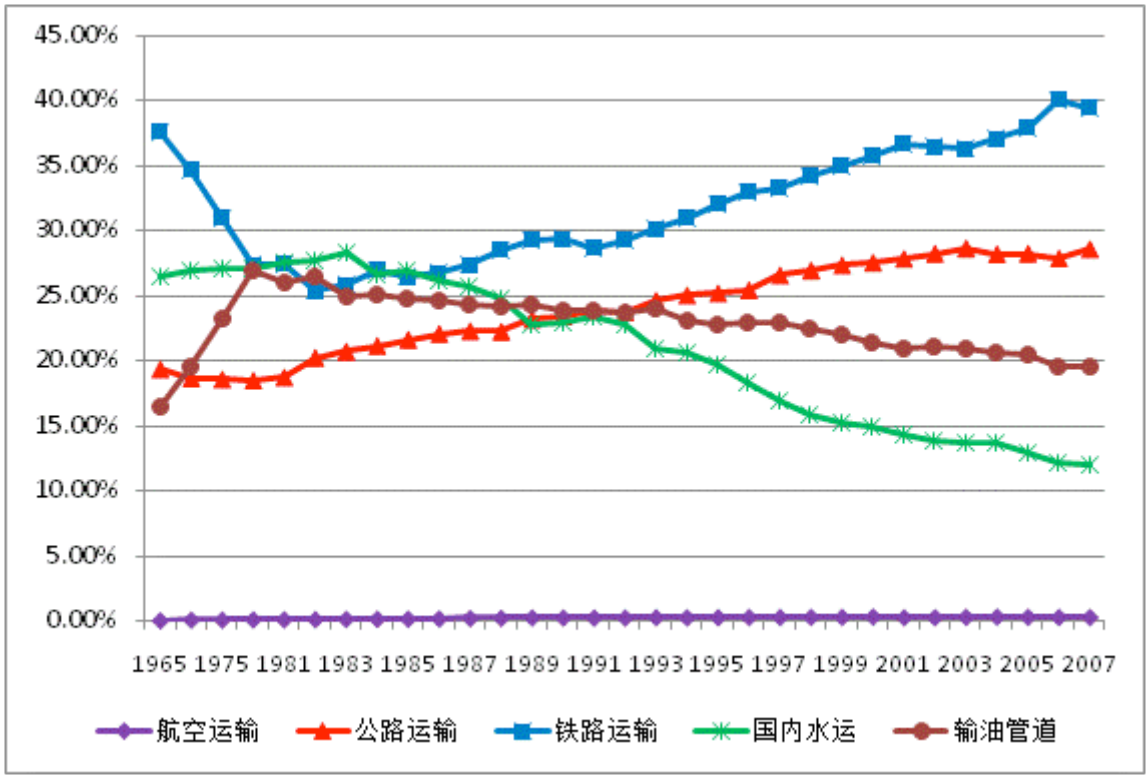

图2-9　美国货物运输结构示意图

美国旅客运输中，公路长期居主导地位，1960年市场份额为96.2%，此后波动下降，2007年市场份额为88.2%。航空运输市场份额一直持续增加，1960年以来，稳居第二位，2007年为10.1%。公共交通和城际铁路市场份额较小， 2007年两者合计仅为1.02%，美国历年旅客运输结构变化情况见图2-10。

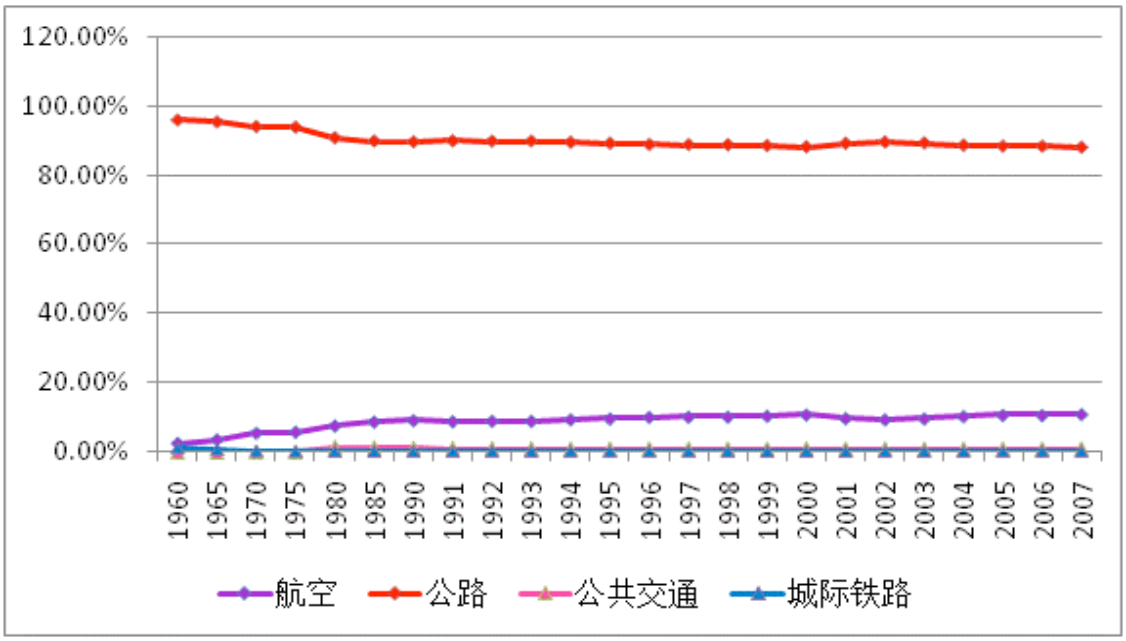

图2-10 美国旅客运输结构示意图

在日本，1950年货物周转量中铁路所占的比重最大，为50.3%，公路仅占8.7%。但是，随着公路运输的发展，铁路运输市场份额迅速下滑，而公路运输的比重则一直呈上升趋势。2007年铁路、公路运输市场份额分别为4.0%和60.9%；海运在货运市场中一直居于重要地位，1975年达到顶峰，市场份额为50.9%，2007下降到34.9%，日本货物运输结构变化情况如图2-11所示。

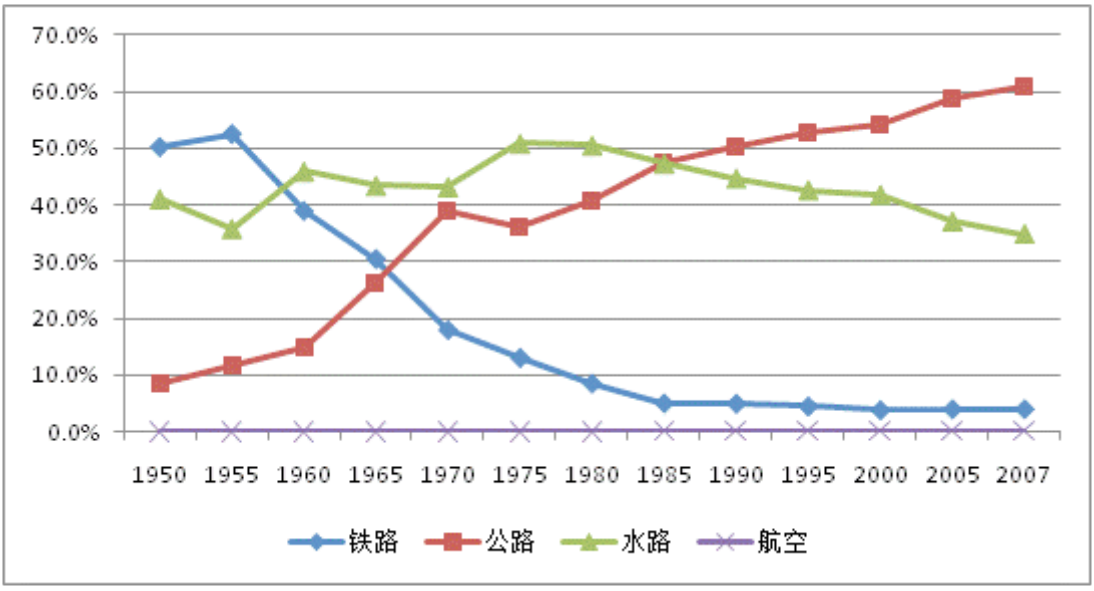

图 2-11 日本货物运输结构变化图

在旅客运输方面，1950年日本铁路占有绝对主导地位，市场份额为90.1%，而公路仅为7.7%，随着公路的发展和小汽车的广泛应用，铁路运输市场份额逐年下降，而公路运输逐年上升。2007年铁路、公路运输市场份额分别为28.7%和65.1%。日本历年旅客运输结构变化情况如图2-12所示。

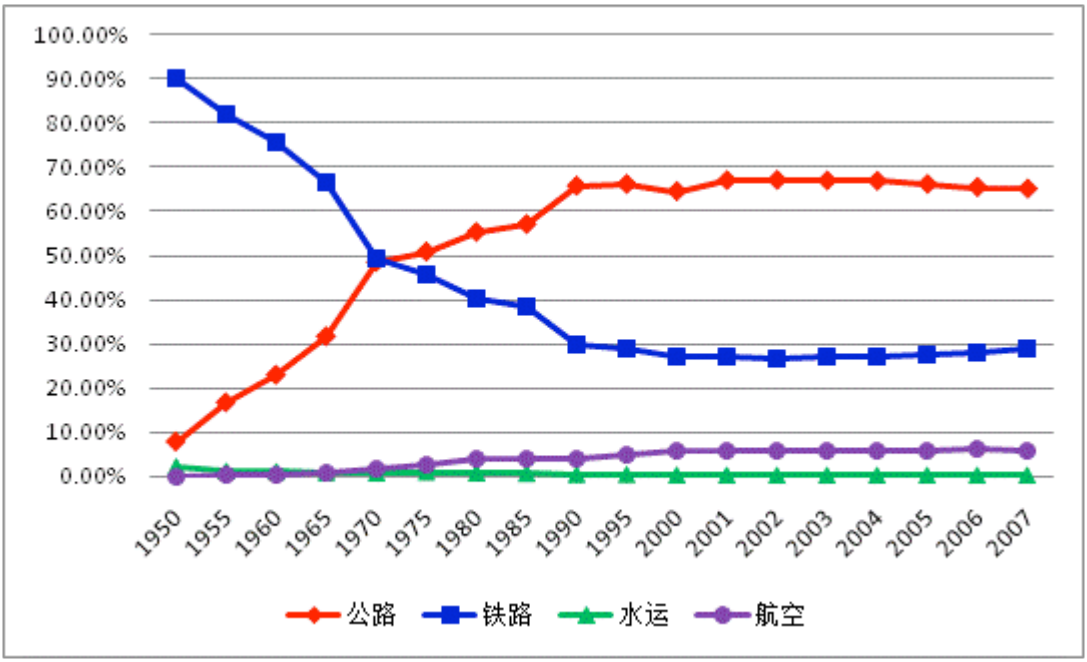

图2-12　日本旅客运输结构变化图

2）国外交通运输能源消费结构

美国各种运输方式能源消费情况如表2-1所示，从表中可以看出，公路和航空是能源消费比重较高的运输方式，1970~2008年，公路占交通运输能源消费总量的比重波动上升，2008年达到交通能源消费总量的80.7%。航空运输比重在2000年达到最高为9.7%，2004年后基本稳定在9.0%。相对而言，铁路是最节约能源的一种运输方式，能源消费比重处于不断下降的趋势，基本稳定在2.3%左右。

表2-1　　1965~2005年美国交通运输业能源消费结构变化趋势　　单位：%

年份	航空	水路	管道	铁路	公路
1970	8.49	5.43	6.43	3.61	76.04
1975	7.31	5.32	4.82	3.21	79.33
1980	7.57	7.35	4.73	3.10	77.24
1985	8.73	4.54	3.93	2.59	80.21
1990	9.61	6.67	4.27	2.34	77.10
1995	9.12	6.26	4.12	2.38	78.12
2000	9.70	5.54	3.44	2.29	79.04
2005	9.00	4.97	3.06	2.39	80.59
2008	8.92	4.57	3.40	2.36	80.74

在日本，公路仍是交通能源消费的主要运输方式，如表2-2所示。在1965~2005年间，公路占交通运输能源消费量的比重由逐年上升到基本稳定，近几年基本稳定在87%左右；其次是水路，在1965~2005年间，水路占交通运输能源消费总量的比重逐年下降，1995年达到最低，此后有所回升，2005年为6.1%；铁路在1980年后，成为最节约能源的运输方式，2005年，铁路能源消费仅占交通运输能源消费量的2.3%。

表2-2　　1965~2005年日本交通运输业能源消费结构变化趋势　　单位：%

年份	公路	水路	铁路	航空
1965	68.1	10.7	18.8	2.6
1975	78.3	13.8	4.1	3.9
1985	84.3	8.3	3.0	4.5
1995	88.2	4.5	2.4	4.9
2000	87.2	6.0	2.3	4.5
2005	86.8	6.1	2.3	4.8

来源：日本《能源经济统计要览》（2007年），The Energy Data and Modeling Center (EDMC)

注：表中数据从千卡折算为千克标准煤；公路客运交通运输包括私人乘用车、营业用乘用车和公共汽车。

2.4.2 我国交通运输结构与能源消费关系

由于各运输方式的承担运量基数和增长速度不同，导致我国各种运输方式的市场份额不断变化。建国初期，货物运输以铁路为主，1952年铁路运输市场份额为82.0%，公路仅为2.0%，此后尽管铁路一直处于重要地位，但市场份额持续下降，而公路、水路发展较快，市场份额逐年增加。2008年，铁路、公路、水路市场份额分别为32.4%、42.4%和22.5%，同时航空和管道运输也得到了较大发展，2008年市场份额分别为0.2%和7.7%，如图2-13所示。

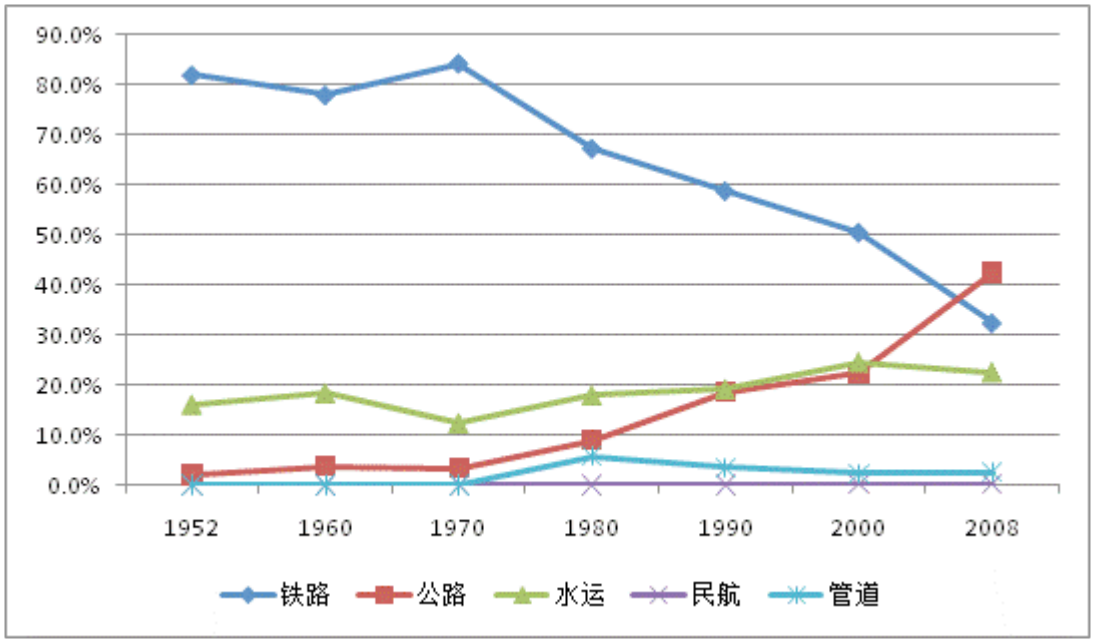

图 2-13　　我国货物运输结构（不包括远洋）变化图

同货物运输一样，建国初期，旅客运输也以铁路为主，1952年铁路市场份额为80.9%，而公路仅占9.1%，改革开放以后，公路运输发展迅速，1990年公路市场份额超过铁路，2008年公路达到53.8%；而铁路则下降到33.5%；同时，航空运输发展也异常迅速，航空市场份额从1952年的0.1%上升到2008年的12.4%；而

水路市场份额持续下降，从1952年的9.9%下降到2008年的0.3%，如图2-14所示。

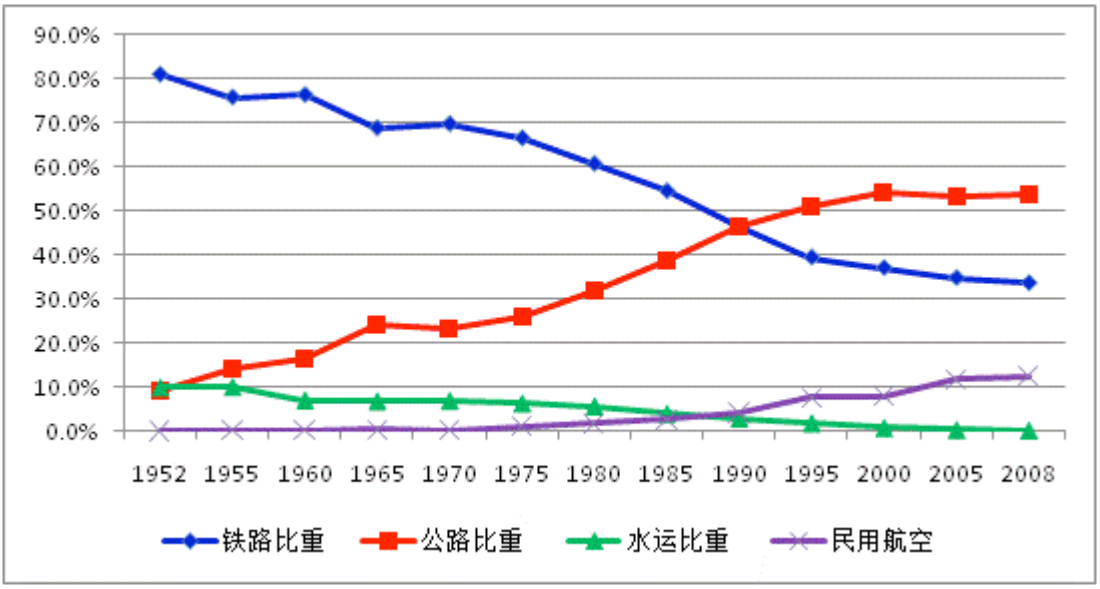

图2-14　我国旅客运输结构变化图

2.5 交通运输能耗强度与能源消费关系

2.5.1 国外交通运输能耗强度

1）货物运输能源消耗强度不断下降

各个国家货物运输能源消耗强度呈不断下降态势，而且普遍降幅较大。从日本各种运输方式的货物运输能源消耗强度的变化情况中（图2-15）可以看出，航空运输能耗强度降低幅度最大，从1965年的136.1kgce/百吨公里降低到2005年的74.1kgce/百吨公里，40年内年均降低1.5%；其次是公路，从1965年的20.4kgce/百吨公里降低到2005年的11.2kgce/百吨公里。

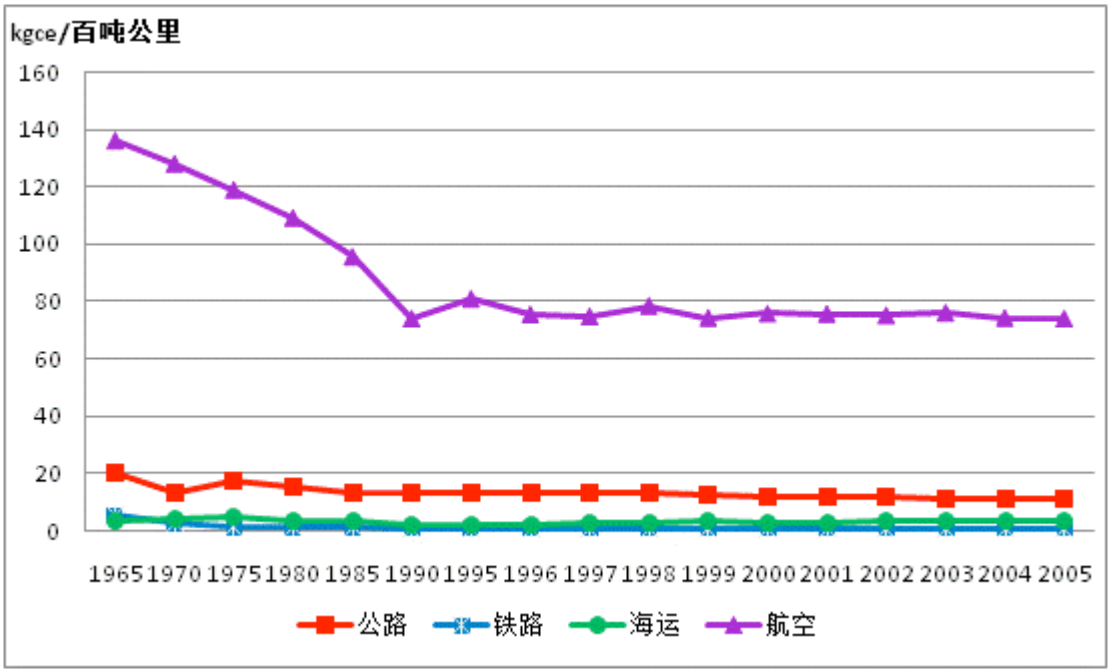

图2-15　日本不同方式货物运输能源消耗强度图

2）旅客运输能源消耗强度相对稳定

旅客运输能源消耗强度经历了降低、变化甚微、呈上升态势的变化过程。美国航空运输的降幅较大，从1975年的17.1 kgce/百人公里降低到2008年6.8kgce/百人公里，其他运输方式比较平稳，如图2-16所示。2-17显示了日本不同种类车辆以及客运总体能源消耗强度情况。自家用乘用车呈现稳中有升的趋势，1965年为8.1 kgce/百人公里， 2005年8.6 kgce/百人公里；航空旅客运输能源消耗强度降幅最大，从1965年的21.6 kgce/百人公里降低到2005年的6.8 kgce/百人公里；日本客运总体能源消耗强度呈现平稳上升的趋势。

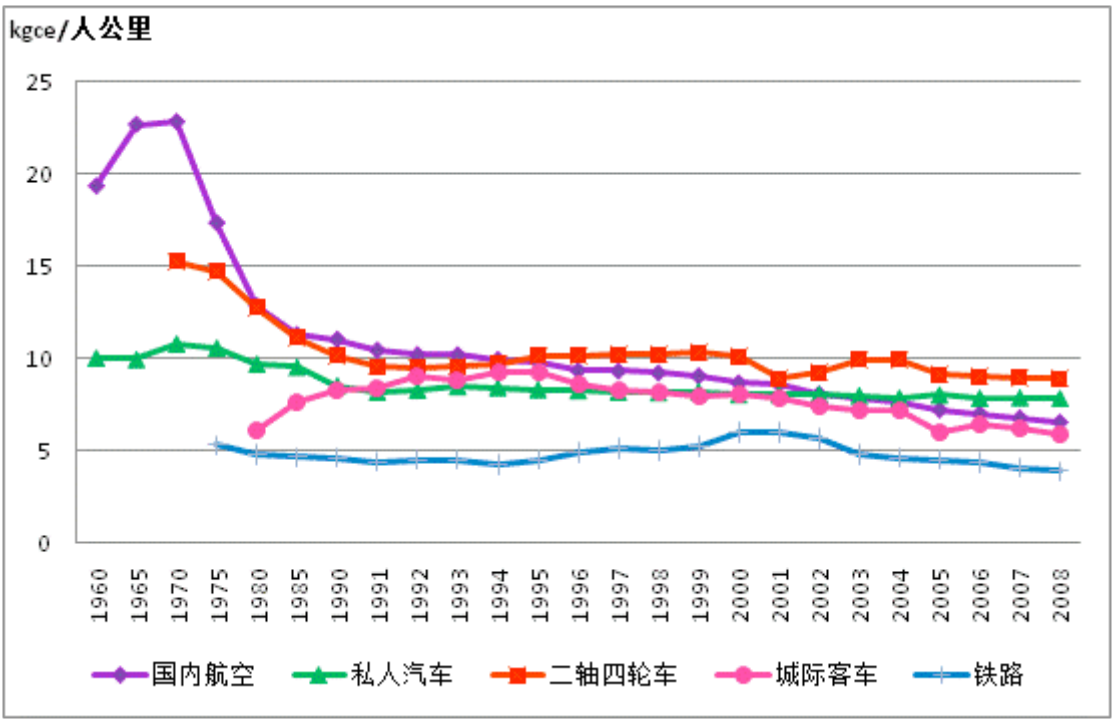

图2-16　美国不同方式旅客运输能源消耗强度图

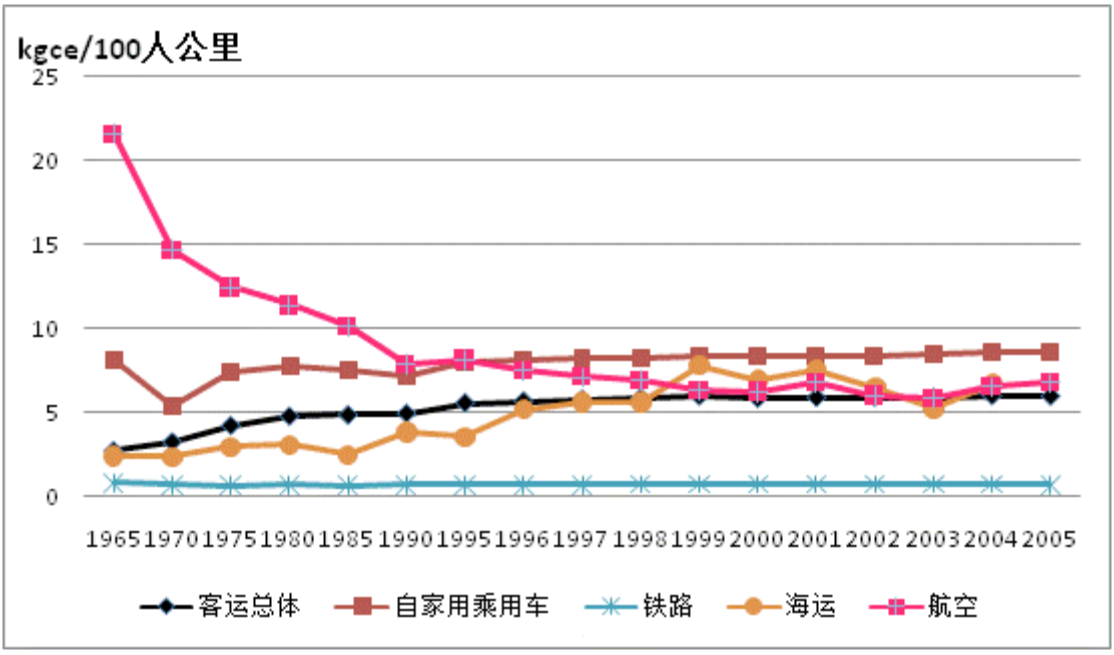

图2-17　日本不同方式旅客运输能源消耗强度图

2.5.2 我国交通运输能耗强度

我国交通运输方式能耗强度在过去20年中出现了明显变化。由于燃油经济性的提高和货物运输结构的变化，使得货物运输能耗强度大幅度下降；同时燃油经济性的提高也使得客运能耗强度有所下降。但2000年后，由于客运舒适条件的提高、严控超载以及按时发车等导致负载率下降，能耗强度反而有所上升。

3 我国未来交通运输能源消费预测

通过对国外交通运输能源消费影响因素的分析，可以预见我国能源消费发展的趋势。课题组在我国交通运输能源消费现状分析的基础上，结合交通能源消费发展的趋势和我国经济发展实际，分别对影响交通运输能源消费的运输量、运输结构、能耗强度进行了预测，为进一步分析交通运输节能潜力和政策建议奠定了基础。

3.1 交通运输需求量预测

目前，我国已经进入工业化中期阶段。从现在起到2030年，我国经济社会发展将经历两个阶段：2011~2020年，我国仍将处于工业化和城市化“双快速”发展阶段；2021~2030年，我国将处于工业化趋于稳定和城市化继续较快推进的“一稳一快”发展阶段。在未来20年里，我国经济增长的需求结构将会发生较大变化，将由目前主要依靠“投资和出口”拉动逐步转向“投资、消费和出口”三驾马车协调拉动经济增长的局面。从产业结构变化来看，第一产业比重继续下降，第三产业比重稳步上升，因仍处于快速推进工业化阶段而使得第二产业比重继续提高，直至“十二五”末期将达到峰值，特别是第二产业内部结构变化剧烈，政策导向以及市场压力双重推动制造业优化升级，能源原材料基础工业发展趋于成熟，而高加工度制造业将快速发展。

在对社会经济系统进行定性分析的基础上，以经济系统所有主体作为研究对象，将国民经济活动划分为137个产业部门、3种投入要素（劳动力、资本、土地）和6个经济主体（生产、投资、家庭、政府、国外、库存）。同时考虑了8类流通投入，分别为：水路、航空、铁路、公路、管道运输、保险、贸易（批发和零售）、仓库贮存。以中国2002年投入产出表以及2002年到2008年相关的中国经济数据为基础，应用已开发的SICGE模型，对我国未来经济发展前景和交通运输需求量进行了预测。

设定了未来我国经济发展的三种情景，即基准情景、低增长情景和高增长情景。在各种情景的模拟中，我们首先外生设定了人口以及城市化进程；然后按照模型历史模拟得到的技术进步变化趋势，设定各个行业，特别是交通运输业技术进步的变动情况；同时，按照不同情景所设定的经济发展速度与经济结构变化趋势，如表3-1、3-2、3-3所示。对模型预测情景进行校准，得到城际客货运输需求量预测值[1]。

城市客货运需求量是应用综合评价模型预测的。首先根据经济社会发展、居

[1] 详见专题 2：产业结构与交通运输需求关系分析

民收入和交通运输需求之间的关系预测需求总量；其次按照人口将城市划分为不同的组别预测公共交通发展的潜力，并设定500万以上人口城市以轨道交通为主，承担城市出行的相当比重。100万以上人口城市以公共交通为主，小城市则以个体交通为主。进一步分析城市居民的出行行为和货物的运输情况，按照不同运输方式分担率，得到各种运输方式的客货运输需求量[1]。

在城际交通运输需求量和城市交通运输需求量预测基础上，得到总交通运输需求量，如表3-4、3-5、3-6、3-7所示。

表3-1　　未来我国GDP年均增速预测表　　单位：%

	2011~2015	2016~2020	2021~2025	2026~2030
基准方案	9.0	8.0	7.0	6.5
低方案	8.5	7.5	6.5	6.0
高方案	9.5	8.5	7.5	7.0

表3-2　　我国三次产业结构变动趋势预测表　　单位：%

方案	产业	2008	2015	2020	2025	2030
基准方案	第一产业	10.7	7.5	6.2	5.3	4.6
	第二产业	47.5	47.2	45.2	42.5	39.8
	工业	42.3	41.7	40.0	37.7	35.4
	建筑业	5.2	5.5	5.2	4.8	4.4
	第三产业	41.8	45.3	48.6	52.2	55.6
低方案	第一产业	10.7	8.6	7.5	6.1	5.0
	第二产业	47.5	44.7	40.2	37.6	35.5
	工业	42.3	39.6	35.7	33.5	31.6
	建筑业	5.2	5.1	4.5	4.1	3.9
	第三产业	41.8	48.7	52.3	56.3	59.5
高方案	第一产业	10.7	7.4	6.1	5.2	4.4
	第二产业	47.5	49.0	48.2	46.0	44.3
	工业	42.3	43.2	42.6	40.8	39.4
	建筑业	5.2	5.8	5.6	5.2	4.9
	第三产业	41.8	43.6	45.7	48.8	51.3

[1] 详见专题 4：交通运输能源消耗强度的分析及消耗预测

表3-3　　未来我国三次产业增加值增速预测表　　单位：%

方案	产业	2011~2015	2016~2020	2021~2025	2026~2030
基准情景	第一产业	3.97	3.97	3.70	3.53
	第二产业	9.33	7.07	5.69	5.11
	工业	9.32	7.11	5.74	5.17
	建筑业	9.40	6.74	5.26	4.65
	第三产业	9.64	9.53	8.54	7.85
低方案	第一产业	4.66	4.60	2.19	1.87
	第二产业	8.21	5.24	5.09	4.79
	工业	8.23	5.29	5.14	4.82
	建筑业	8.08	4.90	4.63	4.53
	第三产业	10.52	9.04	8.08	7.18
高方案	第一产业	4.38	4.39	4.12	3.48
	第二产业	10.04	8.14	6.50	6.20
	工业	10.01	8.18	6.59	6.25
	建筑业	10.32	7.83	5.83	5.79
	第三产业	9.91	9.53	8.92	8.07

表3-4　　货物运输周转量增速预测表　　单位：%

	2011~2015	2016~2020	2021~2025	2026~2030
基准方案	4.96	3.85	2.53	2.01
低方案	4.36	3.26	1.87	1.31
高方案	5.56	4.46	3.17	2.71

表3-5　　货物运输周转量预测表　　单位：亿吨公里

情景方案	2015	2020	2025	2030
基准方案	126357.0	152640.7	172926.3	191018.8
低方案	122782.1	144109.7	158102.9	168716.8
高方案	130014.7	161703.7	189038.7	216102.2

表3-6　　2011~2030年旅客运输周转量增速预测表　　单位：%

	2011~2015	2016~2020	2021~2025	2026~2030
基准方案	7.55	6.22	4.83	4.74
低方案	6.95	5.61	4.23	4.14
高方案	8.15	6.82	5.44	5.34

表3-7　　旅客运输周转量预测表　　单位：亿人公里

情景方案	2015	2020	2025	2030
基准方案	72777.4	98390.3	124584.2	157033.9
低方案	68880.2	90508.9	111351.0	136359.5

高方案	76872.2	106909.0	139302.8	180701.3

3.2 交通运输结构情景设计

3.2.1 运输结构情景设计的思想和方法

通过研究发达国家运输结构演变发展历程发现，尽管由于各国国情不同、经济社会发展水平不同，使得各运输方式在交通运输结构中的地位有所差别，并在不同发展阶段，各运输方式在构成和地位上也出现不同变化，但在长期的运输结构发展演变过程中，一般来说，各运输方式的相对比重是随着社会、经济的发展而变化的。我国改革开放30年来交通运输结构的变化也不例外，具体表现在公路、航空和管道运输发展迅速，其所完成的客货运量比重大幅上升，尤其是公路运输迅速上升成为重要交通方式，航空运输的发展也异常迅速，而铁路比重则不断下降。今后20年这种趋势也难以改变，但是可以采取措施减缓这种变化，甚至可以朝着希望的方向加以引导。

在对我国运输结构演变及影响客货运输结构因素分析的基础上，建立了我国交通运输结构预测模型和分析方法。在承认实际合理性、发展延续性、经济有利性、协调发展等原则的前提下，参照国外各国运输结构的变化趋势，以我国历年运输结构的变化及影响运输结构变化相关因素的实际数据为依据，得出我国交通运输发展基本情景方案；在基本方案的基础上，用运输成本（内部成本、外部成本、时间成本）对我国未来的运输结构进行优化，得出优化方案；同时，在基本方案的基础上，用运输能源消耗强度对五种运输方式的比例进行调整，优先发展能耗强度较小的运输方式，降低能源消耗强度大的运输方式的发展速度，得出节能方案。

3.2.2 运输结构情景设计方案

根据情景方案设计思路，课题组给出了货物运输结构的三种情景方案和旅客运输结构的三种情景方案。如表3-8和3-9所示。

表3-8　　2008~2030年货物运输结构情景方案表　　单位：%

情景	运输方式		2008	2015	2020	2025	2030
基本	铁路		28.34	23.38	21.28	19.42	17.95
	公路	城际	40.87	48.13	50.73	52.78	54.72
		城市	8.80	9.44	10.37	10.91	10.94
	水路		19.65	16.51	14.80	13.72	12.79
	航空		0.14	0.16	0.19	0.22	0.26
	管道		2.19	2.38	2.63	2.95	3.34

优化	铁路		28.34	23.77	22.50	20.67	19.31
	公路	城际	40.87	47.41	49.12	50.80	52.36
		城市	8.80	9.30	10.04	10.50	10.46
	水路		19.65	16.93	15.39	14.43	13.76
	航空		0.14	0.16	0.18	0.21	0.24
	管道		2.19	2.42	2.77	3.38	3.87
节能	铁路		28.34	25.14	24.18	22.65	21.20
	公路	城际	40.87	45.45	46.34	47.58	49.61
		城市	8.80	8.91	9.47	9.84	9.92
	水路		19.65	17.57	16.45	15.74	14.58
	航空		0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
	管道		2.19	2.79	3.41	4.06	4.54

表3-9　　2008~2030年旅客运输结构情景方案表　　单位：%

情景	运输方式		2008	2015	2020	2025	2030
基本	铁路	城际	19.89	17.35	15.52	14.05	12.61
		城市	0.51	0.67	0.95	1.45	2.21
	公路	城际	38.38	39.39	40.15	40.23	40.02
		城市	33.70	34.21	34.53	34.90	35.45
	水路		0.15	0.09	0.07	0.06	0.05
	航空		7.37	8.29	8.78	9.30	9.66
优化	铁路	城际	19.89	18.46	17.09	16.22	15.09
		城市	0.51	0.71	1.05	1.67	2.65
	公路	城际	38.38	38.84	39.36	39.14	38.65
		城市	33.70	33.74	33.85	33.95	34.23
	水路		0.15	0.09	0.08	0.06	0.06
	航空		7.37	8.15	8.59	8.95	9.32
节能	铁路	城际	19.89	19.33	19.39	19.24	19.42
		城市	0.51	0.75	1.19	1.98	3.41
	公路	城际	38.38	38.61	38.38	37.75	36.51
		城市	33.70	33.53	33.01	32.76	32.33
	水路		0.15	0.09	0.08	0.06	0.06
	航空		7.37	7.69	7.95	8.20	8.28

3.3 交通运输能源消耗强度预测

3.3.1 能源消耗强度预测方法

能源消耗强度是应用中国能源环境综合政策评价模型（IPAC模型）进行预

测的。其基本计算过程：首先利用外部模型预测客货运输需求量；其次分析满足交通运输需求量的各种运输方式的主要交通工具；第三，计算这些交通工具运行的所需的能源量，最后得出各种交通运输方式的能源消耗强度。

3.3.2 能源消耗强度预测结果

根据国内外客、货运输能耗强度指标和相关因素的发展趋势，采用中国能源环境综合政策评价模型（IPAC模型）。分析计算得出的运输能耗强度见表3-10、表3-11。

表3-10　　货物运输能耗强度表　　单位：（kgce/千吨公里）

情景方案	运输方式		2015	2020	2025	2030
基准情景	铁路		8.75	8.70	8.65	8.60
	公路	城际	41.76	40.46	38.91	37.36
		城市	41.76	40.46	38.91	37.36
	水路		8.75	8.70	8.60	8.50
	民航		471.08	466.30	461.63	457.00
	管道		7.35	7.30	7.25	7.20
节能情景	铁路		8.55	8.30	8.10	7.90
	公路	城际	38.62	36.27	33.14	30.00
		城市	38.62	36.27	33.14	30.00
	水路		8.20	7.60	7.23	7.10
	民航		444.66	424.2	395.64	369.00
	管道		7.20	7.00	6.80	6.60

表3-11　　旅客运输能耗强度表　　单位： kgce/千人公里

情景	运输方式		2015	2020	2025	2030
基准情景	铁路	城际	8.46	9.77	10.81	11.97
		城市	6.77	7.82	8.65	9.58
	公路	城际	19.11	19.70	18.80	18.08
		城市	45.53	46.69	44.99	43.35
	水路		8.63	8.53	8.47	8.42
	航空		47.34	46.63	45.92	45.23
节能情景	铁路	城际	8.11	9.00	9.72	10.50
		城市	6.48	7.20	7.78	8.40
	公路	城际	18.71	18.77	16.67	15.26
		城市	44.32	44.58	42.56	40.54

	水路	8.25	8.00	7.54	7.10
	航空	45.42	43.80	40.85	38.10

4 交通运输节能潜力分析

4.1 情景组合方案的设定

为了清楚展示交通运输能源消费未来可能的发展趋势，课题组采取了情景分析方法进行交通能源消费分析，即在对发展历史进行回顾分析的基础上，对发展趋势进行一系列合理的假定，再分析达到这一目标的可行性及需要采取的技术、经济及政策措施。交通运输能源消费是运输量、运输结构和能源消耗强度共同作用的结果，而运输又分为货物运输和旅客运输，因此进行情景分析[1]时，货物和旅客运输均按照上述三个主要因素分别设计不同情景方案。对于运输量，设基准方案、低方案、高方案；对于运输结构，设基本方案、优化方案和节能方案；对于运输能耗强度，设基准方案和节能方案，三种因素不同方案的组合，使货物运输和旅客运输分别形成18个情景组合方案。如果每一情景组合方案用符号 F_{ijk} 表示，i 代表经济发展产生的运输量方案，$i=1,2,3$，即基准方案、低方案、高方案；j 代表运输结构方案，$j=1,2,3$，即基本方案、优化方案和节能方案；k 代表运输能耗强度方案，$k=1,2$，即基准方案和节能方案；则货物和旅客运输情景组合方案分别为 F_{111}、F_{121}、F_{131}、F_{211}、F_{221}、F_{231}、F_{311}、F_{321}、F_{331}、F_{112}、F_{122}、F_{132}、F_{212}、F_{222}、F_{232}、F_{312}、F_{322}、F_{332}。

F_{111} 表示运输量为基准情景方案、运输结构为基本方案、运输能耗强度为基准方案组合而成的一组方案，称为基准方案，即表示在现有经济增长模式下，运输量、运输结构和运输能耗强度按其自然趋势继续发展的情景，它分别代表货物运输基准方案、旅客运输基准方案。

F_{121}、F_{131}、F_{211}、F_{221}、F_{231}、F_{311}、F_{321}、F_{331}、F_{112}、F_{122}、F_{132}、F_{212}、F_{222}、F_{312}、F_{322}、F_{332} 表示运输量、运输结构和运输能耗强度不同情景组合而成的方案，至少一个因素经过调整的情景。

F_{232} 表示运输量为低方案、运输结构为节能方案、运输能耗强度为节能方案组合而成的一组方案，称为最节能方案，其运输量、运输结构和运输能耗强度均朝着尽可能节能的方向发展的方案。 它分别代表货物运输最节能方案、旅客运输最节能方案。

[1] 详见第3章“我国未来交通能源消费的预测”

4.2 交通运输节能潜力

4.2.1 节能潜力的界定

据前述对我国能源的长期供需预测分析，交通运输在支撑我国经济快速发展的同时对能源消费的需求也大幅度增加，以石油为主的能源需求更为突出。因此，节约能源，促进能源的合理和有效利用，对我国经济发展、环境保护都有深远的战略意义。但交通运输节能潜力是否存在、潜力为多少，潜力在哪里是需要回答的问题。

尽管“节能潜力”这一术语广泛应用于工程和经济学领域。但目前对“节能潜力”还没有一个统一、明确的定义。因此，必须首先明确什么是“节能潜力”。

节能潜力一般是指能源消费量减少的可能性。根据本文的研究目的将交通运输节能潜力界定为通过采取相关措施而形成的情景组合方案的能源消费量与在现有经济增长模式下，运输量、运输结构和运输能耗强度按其自然趋势继续发展的基准方案（F_{111}）能源消费量相比减少的可能性，即能源消费量之差；最大节能潜力，是指最节能方案（F_{232}）能源消费量与基准方案能源消费量之差，如图4-1所示。采取相关措施包括：①加强用能管理，即强调政府在节能中的作用,通过宏观经济政策调控、行政管理手段与市场调节相结合节约能源；②采取现实可靠、可行的科学技术；③采取价格等经济手段。将某一方案的节能潜力与基准方案能源消费量的比值称为节能率。

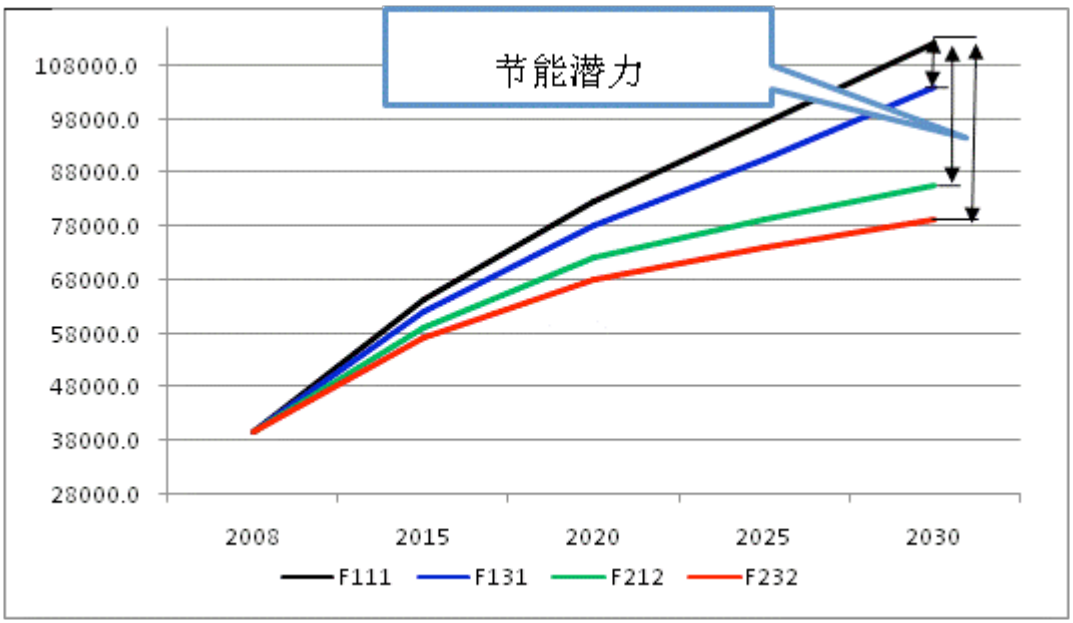

图4-1　　节能潜力示意图

4.2.2 节能潜力的计算思路和方法

交通运输不同于其它行业，是随着经济发展过程而派生的需求，因此其能源消费量也是多因素共同作用的结果，这些因素包括交通运输量、交通运输结构、交通运输能源消耗强度等等。

交通运输量的高低取决于经济发展阶段、经济发展方式和经济结构等，不同经济发展速度和经济结构作用下不同情景组合方案的运输量不同，不同的运输量会导致不同的能源消费量，可将因减少运输量导致的能源消费量降低的部分称为交通运输量减少的节能潜力。

运输结构取决于自然条件、交通设施状况、居民的收入水平和消费行为等因素。随着汽车的普及，航空的快速发展，运输结构也在不断地调整变化，能源消费向着不断增加的趋势发展。为了减缓能源消费迅速增加的趋势，在采取相应调控措施的基础上，课题组设计了不同的运输结构情景方案。我们将因运输结构优化而降低的能源消费量称为运输结构优化的节能潜力。

运输能耗强度与技术进步、路况等因素有关，能源消耗的降低必然导致交通运输能源消费量的减少。我们将由于交通运输能耗强度降低而导致能源消费量减少的部分称为运输强度的节能潜力。

在运输量、运输结构和运输能源消耗强度三因素的共同作用下，货物运输能源消费量计算公式为：

$$N_{货}=\sum_{n=1}^{5}(\sum Pl\times\alpha_{n})\times S_{n}=\Sigma Pl\times\alpha_{铁路}\times S_{铁路}+\Sigma Pl\times\alpha_{公路}\times S_{公路}$$
$$+\Sigma Pl\times\alpha_{水路}\times S_{水路}+\Sigma Pl\times\alpha_{民航}\times S_{民航}+\Sigma Pl\times\alpha_{管道}\times S_{管道}$$

其中：$N_{货}$代表货物运输能源消费量，ΣPl代表运输周转量，α_n代表n种运输方式的运输结构，S_n代表n种方式的运输能耗强度，$n=1,2\cdots5$分别代表铁路、公路、水路、航空和管道五种运输方式。

由节能潜力的定义，节能潜力 ΔN 可以表示为：

$$\Delta N = N_{F_{111}} - N_{F_{ijk}}$$

式中 $N_{F_{111}}$ 和 $N_{F_{ijk}}$ 各为基准方案和其他情景组合方案能源消费量。

最大节能潜力 $\Delta N_{\max}$ 为基准方案与最节能方案之间差距，公式为：

$$\Delta N_{\max} = N_{F_{111}} - N_{F_{232}}$$

节能率 R 可以表示为: $R=\dfrac{\Delta N}{N_{F_{111}}}\times100\%=\dfrac{N_{F_{111}}-N_{F_{ijk}}}{N_{F_{111}}}\times100\%$

4.3 货物运输的节能潜力分析

4.3.1 货物运输能源消费量的计算

货物运输能源消费量取决于运输周转量、运输结构和运输能耗强度，而运输周转量可分解为货运量和货物运输平均运程，货运量又可以进一步分解为GDP和单位GDP的货运量（即国民经济货物运输强度），则计算公式为：

$$N_{货}=\sum_{n=1}^{5}(\sum Pl\times\alpha_n)\times S_n=\sum_{n=1}^{5}GDP\times K_{货}\times l_{货}\times\alpha_n\times S_n$$

可见，货物运输能源消耗量是一项与五种因素和五种运输方式均相关的数量指标。在五个相关因素中，有的因素，如$K_{货}$，由于科技进步的作用或通过采取法律政策等措施，表现为逐期减少的发展变化趋势，在这一趋势的作用下，交通运输能源消耗量随之减少，称这些因素为节能因素；而有的因素如GDP和货物运输平均运程$l_{货}$，由于经济、社会的发展，表现为逐期增长的发展态势，在这一态势作用下，交通运输能源消费量随之增加，称这些因素为耗能因素，有的因素，如各种运输方式能源消耗强度S_n和运输结构α_n是不确定的因素，当能源消耗强度较大的运输方式比重增加时，能源消费量增加，而当能源消耗强度较低的运输方式比重增加时，能源消费量减少。货物运输的不同情景组合方案能源消费量计算结果如表4-1所示。

表4-1　　情景组合方案货物运输能源消费量汇总表　　单位：万吨标煤

情景组合方案	年份				
	2008	2015	2020	2025	2030
F_{111}	23501.7	35988.1	44171.1	49924.1	54592.2
F_{112}	23501.7	33469.6	39750.8	42784.8	44307.6
F_{121}	23501.7	35632.0	43151.6	48605.5	52895.1
F_{122}	23501.7	33143.3	38844.5	41680.8	42983.4
F_{131}	23501.7	34493.5	41239.4	45968.5	50215.9
F_{132}	23501.7	32098.3	37140.6	39461.8	40879.0
F_{211}	23501.7	34970.0	41702.4	45644.5	48218.4
F_{212}	23501.7	32522.7	37529.2	39117.3	39134.6
F_{221}	23501.7	34623.9	40739.9	44439.0	46719.5
F_{222}	23501.7	32205.6	36673.5	38107.9	37965.0
F_{231}	23501.7	33517.6	38934.5	42028.1	44353.1
F_{232}	23501.7	31190.1	35064.8	36079.1	36106.2
F_{311}	23501.7	37029.9	46793.8	54575.7	61760.9
F_{312}	23501.7	34438.5	42111.0	46771.3	50125.8
F_{321}	23501.7	36663.5	45713.8	53134.4	59841.0
F_{322}	23501.7	34102.7	41150.9	45564.4	48627.7
F_{331}	23501.7	35492.0	43688.0	50251.6	56810.0

F_{332}	23501.7	33027.4	39345.8	43138.6	46246.9

从表4-1可以看出，不同方案的能源消费量不同，能源消费量最大方案为F_{311}，即GDP的高速发展必然带来货物运输周转量的快速上升，而运输结构和运输能源消耗强度均按照自然趋势发展，如果按照此趋势发展，2030年货物运输能源消费量将比2008年提高162.8%；基准方案，即GDP发展速度、产业结构调整、运输结构和运输能耗强度均按照自然趋势发展，2030年货物运输能源消费量较2008年提高132.3%；最节能方案为F_{232}，即GDP低速发展，运输量为低方案、运输结构和运输能耗强度均为节能方案， 2030年货物运输能源消费量较2008年提高53.6 %。

4.3.2 单位GDP交通运输能源消费量变化趋势及分析

1）单位GDP交通运输能源消费量变化趋势

从表4-1可以看出，不同情景组合方案的能源消费量不同，且所有方案的能源消费量均呈上升趋势，但同一方案的不同时期（2015、2020、2025、2030年）单位GDP的能源消费量却呈不断下降的趋势，如表4-2所示。基准方案2015、2020、2030年分别比2008年降低9.7%、20.5 %和43.9 %，节能方案2015、2020、2030年分别比2008年降低18.8%、32.3%和57.3%，如图4-2所示。

表4-2　　不同组合方案的单位GDP的能源消费量表　　单位：吨标准煤/万元

情景组合方案	年份				
	2008	2015	2020	2025	2030
F_{111}	0.1089	0.0984	0.0866	0.0725	0.0612
F_{112}	0.1089	0.0930	0.0796	0.0641	0.0519
F_{121}	0.1089	0.0974	0.0849	0.0709	0.0595
F_{122}	0.1089	0.0921	0.0781	0.0626	0.0506
F_{131}	0.1089	0.0950	0.0819	0.0678	0.0568
F_{132}	0.1089	0.0899	0.0754	0.0600	0.0484
F_{211}	0.1089	0.0969	0.0847	0.0704	0.0588
F_{212}	0.1089	0.0916	0.0779	0.0622	0.0499
F_{221}	0.1089	0.0959	0.0831	0.0688	0.0573
F_{222}	0.1089	0.0906	0.0764	0.0608	0.0487
F_{231}	0.1089	0.0936	0.0801	0.0658	0.0547
F_{232}	0.1089	0.0885	0.0738	0.0582	0.0465
F_{311}	0.1089	0.0999	0.0885	0.0747	0.0635
F_{312}	0.1089	0.0944	0.0814	0.0660	0.0540
F_{321}	0.1089	0.0989	0.0868	0.0730	0.0619
F_{322}	0.1089	0.0935	0.0799	0.0645	0.0526
F_{331}	0.1089	0.0965	0.0837	0.0699	0.0591
F_{332}	0.1089	0.0913	0.0771	0.0618	0.0503

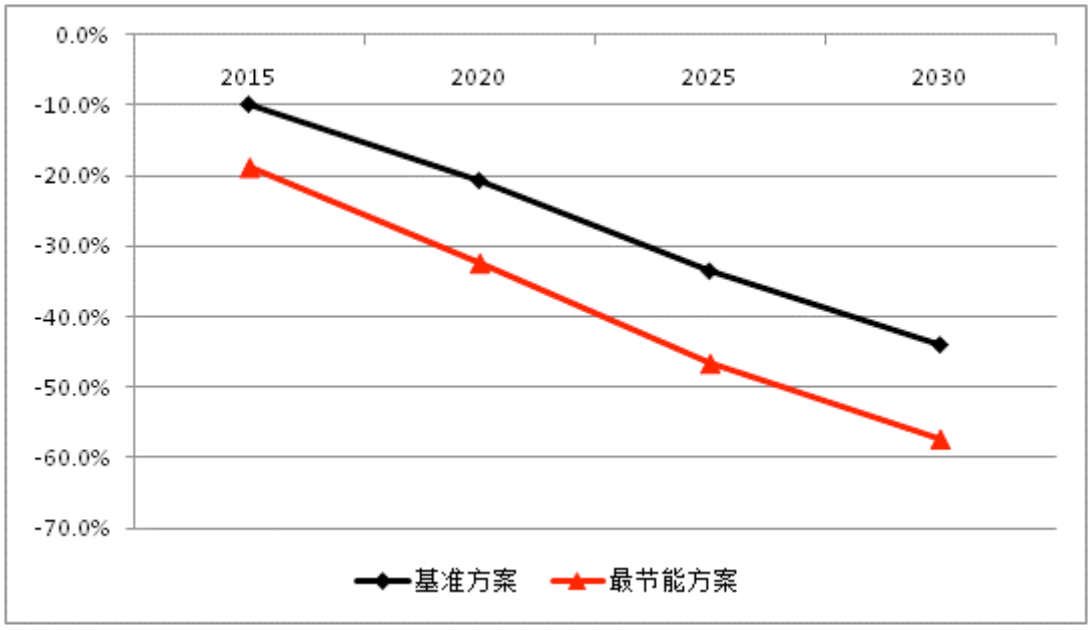

图4-2　　单位GDP交通能源消费量比2008年下降情况示意图

2）影响单位GDP能源消费量变化因素分析

粗放型经济增长方式，导致我国国民经济货物运输强度远远高于美国（目前是美国的3倍多），形成过度运输问题，这也是造成能源消费量居高不下的主要原因。因此，降低国民经济货物运输强度、压缩过度运输是节能的主要方面。

节能方案中，2030年单位GDP的能源消费量比2008年降低57.3%，其中国民经济货物运输强度占79.2%。国民经济货物运输强度的降低又决定于产业结构调整和降低产业货物运输强度，在79.2%的降低比例中产业结构占51.4%，产业运输强度占27.8%。可见，产业结构优化是影响国民经济货物运输强度的重要因素，因此，加快产业结构调整、改变粗放型生产方式降低产业运输强度，能够降低国民经济货物运输强度，达到降低运输能源消费量的目的。节能方案2008年的一、二、三产业比重分别为10.7%、47.5%和41.8%，2030年的一、二、三产业比重分别为5.0%、35.5%和59.5%，产业结构的优化使得能源消费量大幅度降低。进一步研究表明，第二产业每降低1%，同时第三产业每增加1%，可以使能源消费量降低2%。因此，优化产业结构是交通运输节能中最具影响力的因素。

4.3.3 货物运输节能潜力分析

将表4-1中18个不同货物运输情景组合方案能源消费量与基准方案能源消费量相比较，求其差值，可以得出18个不同情景组合方案节能潜力计算结果，如表4-3所示，将节能潜力与基准方案的能源消费量相比即得到节能率，如表4-4所示。

表4-3　　情景组合方案节能潜力汇总表　　单位：万吨标准煤

情景组合方案	年份			
	2015	2020	2025	2030

F_{111}	0.0	0.0	0.0	0.0
F_{112}	2518.5	4420.3	7139.3	10284.5
F_{121}	356.1	1019.5	1318.5	1697.0
F_{122}	2844.8	5326.7	8243.3	11608.8
F_{131}	1494.6	2931.8	3955.5	4376.3
F_{132}	3889.9	7030.6	10462.3	13713.2
F_{211}	1018.2	2468.7	4279.5	6373.8
F_{212}	3465.4	6642.0	10806.8	15457.6
F_{221}	1364.2	3431.2	5485.0	7872.7
F_{222}	3782.5	7497.7	11816.2	16627.2
F_{231}	2470.5	5236.6	7896.0	10239.1
F_{232}	4798.0	9106.4	13845.0	18485.9
F_{311}	-1041.8	-2622.6	-4651.7	-7168.7
F_{312}	1549.7	2060.1	3152.8	4466.3
F_{321}	-675.3	-1542.6	-3210.3	-5248.8
F_{322}	1885.4	3020.3	4359.7	5964.5
F_{331}	496.1	483.2	-327.6	-2217.8
F_{332}	2960.7	4825.4	6785.4	8345.2

表4-4　　情景组合方案节能率表　　单位: %

情景组合方案	年份			
	2015	2020	2025	2030
F_{111}	0.0	0.0	0.0	0.0
F_{112}	7.0	10.0	14.3	18.8
F_{121}	1.0	2.3	2.6	3.1
F_{122}	7.9	12.1	16.5	21.3
F_{131}	4.2	6.6	7.9	8.0
F_{132}	10.8	15.9	21.0	25.1
F_{211}	2.8	5.6	8.6	11.7
F_{212}	9.6	15.0	21.6	28.3
F_{221}	3.8	7.8	11.0	14.4
F_{222}	10.5	17.0	23.7	30.5
F_{231}	6.9	11.9	15.8	18.8
F_{232}	13.3	20.6	27.7	33.9
F_{311}	-2.9	-5.9	-9.3	-13.1
F_{312}	4.3	4.7	6.3	8.2
F_{321}	-1.9	-3.5	-6.4	-9.6
F_{322}	5.2	6.8	8.7	10.9
F_{331}	1.4	1.1	-0.7	-4.1
F_{332}	8.2	10.9	13.6	15.3

从表4-4中可以看出，与基准方案相比，大部分组合方案均存在节能潜力，即只要采取切实可行的政策和措施，就能够挖掘节能潜力，达到节能的目的。其

中节能潜力最大的方案为节能方案F_{232}，即通过调整产业结构压缩运输周转量、采取有效措施控制运输结构的恶化、加强技术进步降低运输能耗强度等措施实现节能方案，将在2015、2020、2030比自然发展趋势分别节约能源13.3%、20.6%和33.9%。

1）运输量降低的节能潜力

对节能潜力的进一步分析可以看出，在未来20年的各情景组合方案影响能源消费的三大因素——运输量、运输结构和能耗强度中，运输量的降低仍是交通运输节能的重要因素，决定着未来交通运输能源消费量的趋势，如图4-3所示。

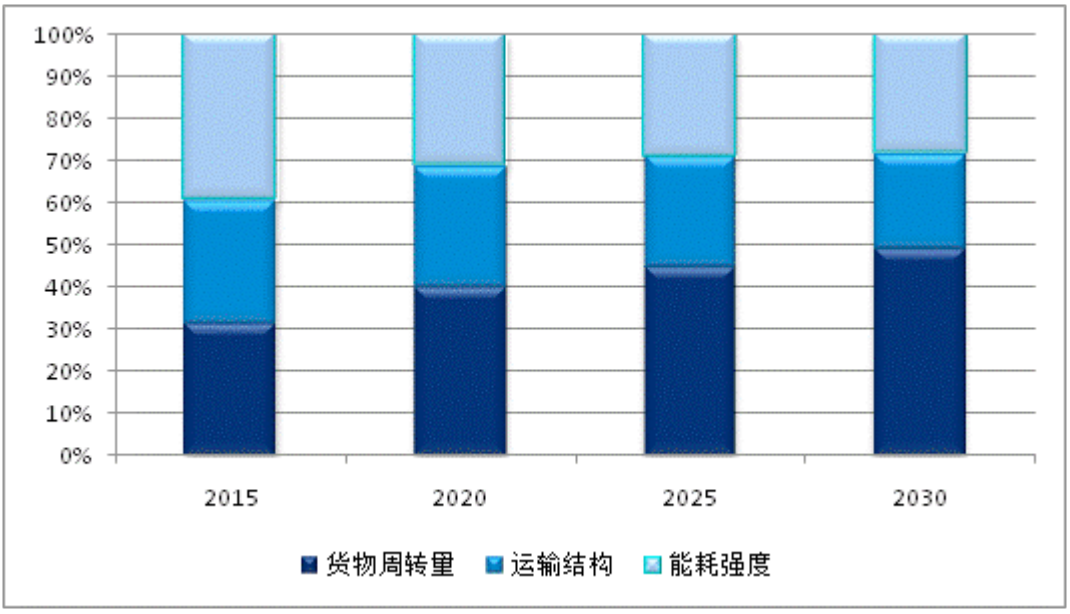

图4-3　　最大节能潜力中三因素节能贡献率图

运输量的降低主要源于两个方面：经济发展速度和经济结构，不同的发展速度和经济结构决定不同的运输需求。2015年，基准情景组合方案在GDP增速为9%、产业结构为7.5:47.2:45.3情况下，货物运输需求量为126,357亿吨公里，采取有效措施，将GDP增长速度控制在8.5%，同时加大产业结构调整力度，使得产业结构为8.6:44.7:48.7，则满足经济发展需求的货物运输量会降低3,575亿吨公里，由此而导致的能源节约量占节能潜力的31.4 %。2020年、2030年货物周转量分别降低8,531亿吨公里和22,302亿吨公里，节约能源分别占节能潜力的40.0%和48.8%。

2）运输结构优化的节能潜力

交通运输能源消费是多种运输方式协调发展的结果，但由于各种运输方式的能耗强度不同，铁路和水路能耗强度较低而公路、航空的能源消耗强度较高，因此不同方式的此消彼长必然带来能源消费量的不同，在2030的基准方案中，铁路、公路、水路、航空及管道的比重分别为17.95%、65.66%、12.79%、0.26%和3.34%，在采取经济、税收、制度等措施情况下的节能方案五种运输方式的比重分别为

21.20%、59.53%、14.58%、0.14%和4.54%。在节能方案中，铁路、管道和水路这三种能源消耗强度较低的运输方式明显高于基准方案，而公路、航空比重低于基准方案，这种结构的优化必然降低运输能源消费量。2020、2030年运输结构优化节约的能源分别占节能潜力的28.7%和22.8%。据测算，2020年和2030年，如果将铁路运输所占比重提高1%，相应地公路运输比重减少1%，均可降低能源消费量1.2%；而水路运输比重每增加1%，相应地公路运输比重减少1%，均可节约能源消费量1.1%。

3）货物运输能耗强度的节能潜力

随着经济发展和技术的进步，各种方式的货物运输能源消耗强度均呈现不同程度的降低，从而促进了能源消费的降低。在未来发展中，能耗强度仍是重要的节能因素。在2030年的基准方案中铁路、公路、水路、航空和管道货物运输的能耗强度分别为8.6 kgce/千吨公里、37.36 kgce/千吨公里、8.50 kgce/千吨公里、457.00 kgce/千吨公里和7.2 kgce/千吨公里，而如果采取有效的措施，货运能源消耗强度有望分别达到7.9kgce/千吨公里、30.0kgce/千吨公里、7.1kgce/千吨公里、369.0kgce/千吨公里、6.60kgce/千吨公里，致使能源消费降低，节能能源量占节能潜力的28.4%。2015、2020年由于能耗强度降低而节约的能源分别占节能潜力的39.6%、31.3%。

4.5 旅客运输节能潜力的分析

若以2008年的实际运输能源消费为比较对象，在旅客周转量不断增长，运输结构和能源消耗强度不断变化情景下，类似货物运输能源消耗量的计算方法，得出所有方案的旅客能源消费量计算结果，如表4-5所示。

计算结果表明，尽管不同方案的能源消费量增加幅度不同，但所有方案的能源消费量均呈大幅度增加趋势。将18个不同客运情景组合方案与基准方案相比较，可以得出18个不同情景组合方案节能潜力计算结果，如表4-6所示，不同方案的节能率如表4-7所示。

表4-5　　情景组合方案旅客运输能源消费量汇总表　　单位：万吨标煤

情景组合方案	年份				
	2008	2015	2020	2025	2030
F_{111}	10708.2	20777.9	29242.1	36366.6	45062.7
F_{112}	10708.2	20199.1	27793.7	33446.2	40314.7
F_{121}	10708.2	20568.2	28844.8	35693.3	44138.4
F_{122}	10708.2	19994.0	27410.6	32820.9	39477.3
F_{131}	10708.2	20363.7	28212.7	34708.8	42423.0
F_{132}	10708.2	19796.2	26804.0	31912.3	37943.3

F_{211}	10708.2	19665.2	26899.7	32503.8	39129.9
F_{212}	10708.2	19117.4	25567.3	29893.6	35007.1
F_{221}	10708.2	19466.7	26534.2	31902.0	38327.3
F_{222}	10708.2	18923.3	25214.9	29334.7	34279.8
F_{231}	10708.2	19273.2	25952.7	31022.0	36837.7
F_{232}	10708.2	18736.1	24656.9	28522.6	32947.8
F_{311}	10708.2	21946.9	31773.9	40663.0	51854.3
F_{312}	10708.2	21335.5	30200.1	37397.6	46390.8
F_{321}	10708.2	21725.4	31342.2	39910.2	50790.7
F_{322}	10708.2	21119.0	29783.8	36698.5	45427.1
F_{331}	10708.2	21509.4	30655.4	38809.3	48816.7
F_{332}	10708.2	20910.0	29124.8	35682.5	43661.9

表4-6　　情景组合方案旅客节能潜力汇总表　　单位：万吨标准煤

情景组合方案	年份			
	2015	2020	2025	2030
F_{111}	0.0	0.0	0.0	0.0
F_{112}	578.8	1448.4	2920.4	4748.0
F_{121}	209.7	397.3	673.3	924.3
F_{122}	783.8	1831.5	3545.7	5585.4
F_{131}	414.1	1029.5	1657.8	2639.7
F_{132}	981.6	2438.1	4454.3	7119.4
F_{211}	1112.7	2342.4	3862.8	5932.8
F_{212}	1660.5	3674.8	6473.0	10055.6
F_{221}	1311.1	2707.9	4464.6	6735.4
F_{222}	1854.5	4027.2	7031.9	10782.8
F_{231}	1504.6	3289.4	5344.6	8225.0
F_{232}	2041.7	4585.2	7844.0	12114.9
F_{311}	-1169.0	-2531.8	-4296.4	-6791.6
F_{312}	-557.7	-958.0	-1031.0	-1328.1
F_{321}	-947.5	-2100.0	-3543.6	-5728.0
F_{322}	-341.1	-541.7	-331.9	-364.4
F_{331}	-731.6	-1413.2	-2442.7	-3754.1
F_{332}	-132.2	117.4	684.1	1400.8

表4-7　　情景组合方案旅客运输节能率表　　单位：%

情景组合方案	年份			
	2015	2020	2025	2030
F_{111}	0.0	0.0	0.0	0.0
F_{112}	2.8	5.0	8.0	10.5
F_{121}	1.0	1.4	1.9	2.1
F_{122}	3.8	6.3	9.7	12.4
F_{131}	2.0	3.5	4.6	5.9

F_{132}	4.7	8.3	12.2	15.8
F_{211}	5.4	8.0	10.6	13.2
F_{212}	8.0	12.6	17.8	22.3
F_{221}	6.3	9.3	12.3	14.9
F_{222}	8.9	13.8	19.3	23.9
F_{231}	7.2	11.2	14.7	18.3
F_{232}	9.8	15.7	21.6	26.9
F_{311}	-5.6	-8.7	-11.8	-15.1
F_{312}	-2.7	-3.3	-2.8	-2.9
F_{321}	-4.6	-7.2	-9.7	-12.7
F_{322}	-1.6	-1.9	-0.9	-0.8
F_{331}	-3.5	-4.8	-6.7	-8.3
F_{332}	-0.6	0.4	1.9	3.1

从表4-5可以看出，按照目前的状况自然发展的基准方案在2015、2020、2030年能源消费量分别比2008年能源消费量增加94.0%、173.1%和320.8%，而节能方案在2015、2020、2030年能源消费量分别比2008年能源消费量增加75.0%、130.3%和207.7%。从表4-7的节能率可以看出，旅客运输能源消费中，F_{232}仍是所有情景组合方案中节能潜力最大的方案，2015、2020、2030年节能率分别为9.8 %、15.7 %和26.9 %。

4.5.1 运输量降低的节能潜力

与货物运输节能一样，旅客交通运输节能潜力同样是多因素共同作用的结果。在未来20年中，在各种情景组合方案的影响因素中，运输量仍是交通运输节能的重要影响因素。

延续目前的经济发展模式和政策调控下基准方案的旅客运输需求量2015、2020、2030年分别为72,777亿人公里、98,390亿人公里和157,033亿人公里，如果采取有效的措施减少公务、商务旅游等，实现最节能方案，则满足经济社会发展需求的旅客运输量将分别降低3,897亿人公里、7,881亿人公里和20,674亿人公里，从而会起到降低能源消费的作用。2015、2020、2030年由于运输量降低而导致的节能分别占节能潜力的63.3%、63.1%和66.9 %。

4.5.2 运输结构优化的节能潜力

随着经济和社会发展，人民生活水平不断提高，对运输快捷、舒适、方面等运输质量的需求也不断提高，因此尽管水路能源消耗强度最低，但其运输量却不断降低，相反，运输能源消耗强度较高的私人小汽车和航空运输需求量迅速增加，这不可避免造成旅客运输能源消费量的迅速增加。但通过采取有效的政策措施引

导消费者选择铁路、城际公路，降低私人小汽车的出行，实现最节能方案，即2020年、2030年铁路城际、铁路城市、公路城际、公路城市、水路、航空运输结构分别为19.39:1.19:38.38:33.01:0.08:7.95和19.42:3.41:36.51:32.33:0.06:8.28，则2020、2030年由于运输结构调整而节约的能源分别占节能潜力的16.6%和15.4%。

据测算，2020年和2030年，铁路运输比重每增加1%，相应地公路非营运城际运输比重减少1%，可减少能源消费1.5%和1.4%。2020年和2030年铁路运输比重每增加1%，相应地航空运输比重减少1%，均减少能源消费1.2%。

4.5.3 运输能耗强度仍存在节能潜力

与货物运输不同，随着人们对运输质量要求的提高，旅客运输能耗强度降低较少，而随着高速铁路运输量的增加，铁路运输能耗强度出现上升趋势，这也无疑增加了对能源消费的需求，同时也加大了旅客运输节能的难度。但如果通过多方面努力，实现节能方案，2015年、2020年、2030年由于能耗强度降低而节约的能源分别占节能潜力的20.7%、20.3%和17.8%。

4.6 交通运输节能潜力的分析结论

4.6.1 交通运输能源消费比重呈上升趋势，但仍小于发达国家

几十年来，美国交通运输占全社会能源消费总量的比重呈现缓慢上升的趋势，2008年为29.5%。日本交通运输能源消费量占能源消费总量的比重呈现逐年上升到趋于稳定的发展趋势，近年来基本稳定在25%左右。我国交通运输能源消费量也呈现逐年增加的趋势，但各情景组合方案不同，增幅不同。其中，基准方案（F_{111}）2030年交通运输能源消费量为9.97亿吨标煤，是2008年的2.9倍。而最节能方案（F_{232}）2030年交通运输能源消费量为6.9亿吨标煤，是2008年的2.0倍。交通运输能源消费量年均增长速度大于全社会能源消费总量的年均增速，因此交通能源消费占全社会能源消费总量的比重也逐年加大，基准方案由2008年的11.7%增加到了2030年的17.7%。而最节能方案，2030年交通能源消费占全社会能源消费总量的比重为15.4%，如表4-8所示。但与发达国家2005年的水平相比，我国交通运输能源消费比重还不算高，如表4-9所示。

表4-8　　交通运输能源消费量占全社会能源消费总量的比重表　　单位：%

年份	全国一次能源消费量（万吨标煤）		交通运输能源消费量（万吨标煤）		占全国能源消费的比重（%）	
	基准情景	低碳情景	基准方案（F_{111}）	最节能方案（F_{232}）	基准方案（F_{111}）	最节能方案（F_{232}）
2008	291448	291448	34209.9	34209.9	11.7	11.7

2015	403500	354200	56766.0	49926.3	14.1	14.1
2020	476600	399600	73413.3	59721.7	15.4	14.9
2025	519100	423500	86290.7	64601.7	16.6	15.3
2030	561600	447400	99654.9	69054.1	17.7	15.4

表4-9　　发达国家交通运输能源消费量比重对比表　　单位：%

年份	美国	日本	英国	德国	欧盟25国
1980	25.3	18.4	22.0	19.8	26.8(1990)
2005	28.0	24.4	36.9	28.4	30.8(2004)

4.6.2 单位GDP交通运输能源消费量呈下降趋势

单位GDP交通运输能耗和国家单位GDP能耗一样，呈逐年减少的发展趋势，若以2008年单位GDP交通运输能耗0.1089tce/万元为基数，最节能方案以年均3.8%的速度下降，2020、2030年单位GDP交通运输能源消费量有望较2008年下降32.3%和57.3%。

4.6.3 旅客运输的节能越来越重要

交通运输节能分为货物运输节能和旅客运输节能，交通运输系统能源消费和节能潜力的计算结果表明，在近期货物运输是节能的主要方面[1]， 2015、2020年，货物运输节能分别占节能潜力的70.1%和66.5%。随着社会经济发展，旅客运输的节能将会越来越重要，2020、2030年，旅客运输节能量分别占节能潜力的36.2%和39.6%，可见，在节能潜力中旅客运输节能所占比重呈上升趋势，因而节能的空间也越来越大。如图4-4所示。

[1] 详见专题 6：交通运输能耗和节能潜力的研究

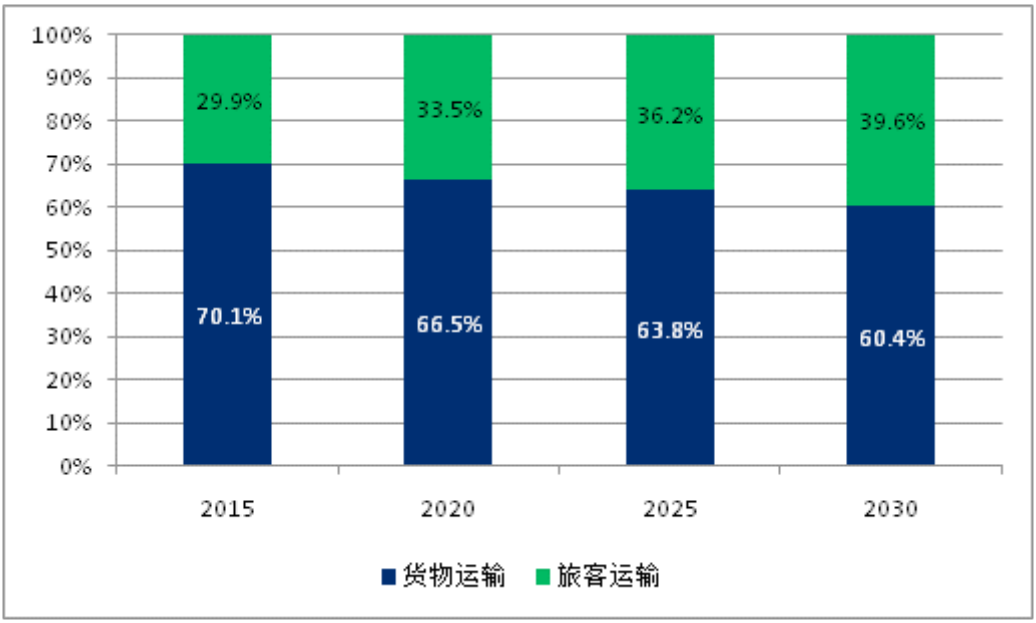

图4-4　　客货运输在节能潜力中所占比重示意图

4.6.4 转变发展方式、调整产业结构、降低单位GDP货物周转量是交通运输节能的关键

产业结构优化是影响能源消费的重要因素，转变经济发展方式、加快产业结构调整、降低单位GDP货物周转量，压缩过度运输是节约能源的关键因素。通过产业结构实现最节能方案，单位GDP货物周转量从2008年的2647.8吨公里/万元降低到2030年1090.6吨公里/万元，可以降低了58.8%，使能源消费量大幅度降低。

4.6.5 运输结构的调整是节能的主要方面

各种运输方式的能耗强度不同，铁路和水路能耗强度较低，而公路、航空的能源消耗强度较高，因此不同运输结构必然产生能源消费量的不同。2020、2030年货物运输结构调整而节约的能源分别占节能潜力的28.7%和22.8%，旅客运输结构调整节约的能源分别占节能潜力的16.6%、15.4%。

4.6.6 降低能耗强度是交通运输节能的重要途径

交通运输能耗强度是交通运输节能的重要影响因素，其对交通节能的影响也最为直观，节能效果也较显著。通过技术进步、优化各种运输方式运力结构、提高管理水平等措施综合挖潜，可大幅度降低不同运输方式的能耗强度，达到降低能源消费的目的。研究表明，2020、2030年货物运输能耗强度降低导致的节能在节能潜力中分别占31.3%，28.4%，旅客运输能耗强度降低导致的节能在节能潜力中分别占20.3%和17.8%。可见，能耗强度在交通运输节能中的重要作用。

5 交通运输节能政策的建议

5.1 交通运输节能政策及存在问题

5.1.1 国外交通运输节能政策及借鉴

调整产业结构，降低能源消费。美国、日本政府通过实行倾斜政策和加大投资，扶持高科技产业和服务业的发展，对20世纪90年代美国、日本产业结构的变化起了重要作用。

优化运输结构，减少交通运输能源消费。美国为了防止铁路垄断，1887年制定了《州际商业法案》，在加强对铁路监管的同时，降低了铁路竞争能力。近百年后，即1980年美国又通过《斯塔格斯铁路法》，解除了对铁路的管制，使铁路重新获得了较好的政策环境。1990年通过的《多模式地面运输效率法案》和随后制定的《美国21世纪运输公平性法案》改变了过去以联邦投资州际高速公路为核心的发展思路，发挥公路、铁路、水路、航空等多种运输方式的各自优势，解决不断增长的交通运输需求与环境、能源、资源之间的矛盾。同时，采取提高公路车辆汽油税和公路使用费，以促使运量向铁路转移。

1987年日本对国有铁路实行的民营化改革，使得濒临破产的原有国有铁路起死回生，竞争能力明显增强。改革后的部分铁路企业经营从赤字转为黑字。其他欧洲国家铁路，也实行了力度很大的改革，增加了市场竞争力。

多国政府通过支持铁路和水路、管道运输的发展，减少公路的市场份额，以节约能源。

依靠科技进步，提高燃油经济性标准，降低能源消耗强度。美国积极推进CAR及车辆技术（FCVT）长期发展计划，旨在发展高能源效率和环境友好的公路运输技术，减少石油的使用，降低费用和减少对环境的影响。日本从发展节能技术、保护能源来源、实施能源消费多样化等多方面采取措施，以降低日本汽车运输业对石油的依赖性。与此同时还制定严格的燃油经济性标准，由此带来了显著的节能效果。美国自1975年执行CAFÉ标准以来，使美国小轿车的平均燃油经济性几乎提高了一倍，轻型卡车的燃油经济性也大幅度提高。日本政府对汽油和柴油的轻型客货车也制定了一套燃油经济性标准，采用“Top Runner”的方法确定标准，使得少量具备先进技术的汽车带动汽车业燃料经济性的提高。

通过立法和有效的财税政策，保障节能措施的实施。美国制定的《空气污染控制法案》、《清洁空气法案》对汽车等移动污染源进行排污控制。联邦政府还颁布了《清洁空气修正法案》、《能源政策法》、《美国天然气汽车工业战略计划》、《乙醇发展计划》、《PNGV计划》以及《Freedom CAR计划》，要求大力发展代用

燃料汽车、电动汽车和燃料电池汽车等各种清洁能源汽车。日本颁布实施了《节约能源法》，并多次修订，着眼于能源的重复利用和综合利用；颁布《合理用能及再生资源利用法》以促使企业耗能设备、机动车辆必须遵守更为严格的能效标准。

美国对发展清洁运输，采取了现金补贴、税收减免和低息贷款、退还部分购车款等激励政策。在日本交通运输节能中财税政策起着重要作用，刺激企业加大节能投资力度。日本政府为推广应用清洁汽车，制定了一系列的配套优惠政策以鼓励引导民众。

5.1.2 我国交通运输节能政策及存在问题

1）交通运输节能的法律、法规、标准

2006年全国人大批准《国民经济和社会发展“十一五”规划纲要》是我国节能工作的一个新的重要起点。“十一五”规划将节能减排作为重要的约束性指标，明确提出了五年内单位国内生产总值能耗降低20%的目标，要求各级政府采取措施确保完成。同时提出实施十大重点节能工程。其中，“节约和替代石油工程”对交通运输节能提出了具体要求。2007年10月，十届全国人大常委会修订通过了《中华人民共和国节约能源法》。修订后的节能法全方位强化了节能管理制度，同时专门对交通运输节能作了规定。为了落实修订后的节能法的有关要求,交通运输管理相关部门制定了各自的节能减排规划，提出了节能目标。2008年7月，交通运输部制订了《公路、水路交通实施〈中华人民共和国节约能源法〉办法》。铁道部近年来印发了《关于铁路做好建设节约型社会和加快发展循环经济的实施意见》和《关于加强铁路节能工作的实施意见》，编制了铁路“十一五”节能和铁路“十一五”环保规划，提出节能减排目标，将节能环保指标纳入铁路局领导经营业绩考核范围。2008年8月，民航局下发了“关于全面开展民航节能减排工作的通知”。12月编制下发了《民航节能减排规划》，展开了行业节能减排工作。

为了贯彻《节约能源法》，交通运输部门制定了一系列标准，为交通节能提供了制度保障。2004年以后有关部门制定了大量标准，国家质检总局和国家标准委批准发布了《乘用车燃料消耗量限值》，对《轻型汽车燃料消耗量试验方法》进行了修改，为汽车生产企业和进口商进行产品评价提供了基础标准。国家标准委发布《轻型商用车辆燃料消耗量限值》，这是我国第一项对轻型商用车辆燃料消耗量进行限定的强制性国家标准。交通运输部公布了营运客货车燃油消耗量限值及测量方法，颁布了《道路运输车辆燃料消耗量检测和监督管理办法》等配套文件，这些标准的制定，为加强道路运输车辆燃油经济性和监督管理提供了制度保障。工业和信息化部组织制定了《轻型汽车燃料消耗量标示管理规定》，该规定对汽车燃料消耗量标示检测与申报、备案、标示、公布、监督处罚等作了规定，

进一步完善了汽车油耗公示和标示制度。

2）交通运输节能的政策措施

2005年后，为了确保“十一五”规划节能目标的实现，国家制定了一系列政策和措施。国务院办公厅转发了建设部关于优先发展城市公共交通的意见，提出完善公共交通基础设施、优化公共交通运营结构、保障公共交通的道路优先使用权等意见。国务院办公厅转发国家发改委等部门关于鼓励发展节能环保型小排量汽车的意见，提出制定鼓励节能环保型小排量汽车发展的产业政策和节能环保型小排量汽车消费的政策措施，特别要求地方政府取消针对节能环保型小排量汽车的各种限制。交通运输部印发《关于发布提前淘汰国内航行单壳油轮实施方案的公告》，鼓励船东建造使用符合国际公约标准和国内船舶检验规范的油船。在制定政策的同时，各个行业均加强管理推进交通节能工作。在公路运输方面通过货运甩挂运输和物流信息平台建设优化货运组织，提高货运车辆的里程利用率和吨位利用率，通过集约化经营提高了客运车辆的实载率，实施联网不停车收费等措施，达到减少了能耗与排放的目的。民航运输方面通过改装飞机，加快飞机的更新换代，淘汰高耗能的老旧飞机等技术手段提高燃油效率，同时加强管理，推进新一代空管系统实现节能的目标。

与此同时，为了有效促进能源节约，国家制定了财政补贴政策。经国务院批准，在车购税资金中列支农村老旧渡船改造，中央补助资金改造经费，印发了《农村老旧渡船专项补贴资金使用管理办法》。财政部和科技部公布了《关于开展节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知》，并公布了《节能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法》。交通运输部、财政部与长江沿线的有关七省二市人民政府联合制定并颁布了《推进长江干线船型标准化实施方案》，明确中央财政拿出船型标准化引导资金，加快推进长江干线船型标准化的具体目标、任务和配套措施。在实施财政政策的同时，制定实施了一系列税收政策。国家对汽车消费税政策进行了调整，按照“排气量越大负税越高”的原则，对乘用车按排气量大小划分了七档，分别适用1％至40％的税率。出台了1.6 升以下小客车减半征收车辆购置税的优惠政策。国务院发布《关于实施成品油价格和税费改革的通知》，决定自2009 年1月1日起实施成品油税费改革，实现成品油税费改革在一定程度上体现了外部成本内部化，污染者付费原则。

3） 我国交通运输节能存在的问题

（1）交通运输节能问题重视不够

从节能目标上看，道路运输节能缺乏明确目标和规划。全社会“十一五”节能目标提出后，作为重点领域的工业、建筑等都提出了明确的节能目标，铁路和民航也提出了具体目标，但作为交通运输领域用能最多、能耗增长最快的领域，道路交通却缺乏具体的、可操作的整体节能规划和节能目标。

从节能法律、法规建设上看，交通运输领域相对滞后。新修订的节能法虽然增加了交通运输节能一节，但内容不够具体，特别是政府节能管理的有关规定没有落实到具体部门，缺乏操作性和约束力。节能法修订后，国务院相继制订了《民用建筑节能条例》和《公共机构节能条例》。交通运输部也制定了相应的实施办法，但层级较低、覆盖范围有限，主要是针对营运车辆等的管理。因此权威的法律、法规的缺失是交通运输节能的主要问题。

从中央财政资金投入上看，主要投向了工业节能领域，对交通运输重视不够。以2008年用于节能的125亿元为例，其中，用于节能技术改造奖励资金60亿元，淘汰落后产能奖励资金40亿元，建筑节能补助资金15亿元，10亿元用于推广高效节能灯，没有直接用于交通运输节能方面的。

（2）交通运输节能工作管理体制不明确，制约了节能标准、节能政策的制定和落实

交通运输节能特别是道路运输节能存在着涉及面广（生产、消费、运营等）、节能主体分散等特点，涉及的管理部门也比较多。从目前看，与道路运输节能有关的部门有：质检总局负责牵头制定能耗限值、安全等标准（此外还负责管理机动车3C认证、三包、召回等）；工业和信息化部作为汽车工业的主管部门，负责汽车准入管理，在节能方面根据其制订的《轻型汽车燃料消耗量标示管理规定》，负责轻型汽车燃料消耗量的申报、公告和标示等；环境保护部负责尾气检测等；公安部负责机动车登记和道路交通安全管理等；交通运输部负责管理运营企业等；国家发改委负责总体的节能工作。交通运输特别是道路运输节能主管部门的缺失，不利于交通运输特别是道路运输节能工作有效开展，也不利于各项工作的协调和沟通。

管理体制不明确、职能分散使得节能法律和标准的实施缺乏有效的保障。尽管我国较早发布了《轻型汽车燃料消耗量试验方法》、《乘用车燃料消耗量限值》和《轻型商用车辆燃料消耗量限值》等国家标准。但直到2009年，工业和信息化部才组织制定了《轻型汽车燃料消耗量标示管理规定》，对汽车燃料消耗量标示检测与申报、备案、标示、公布、监督处罚等作了规定。但由于管理体制不明确，实施机制不健全，无法达到应有的效果。

（3）现行税制政策无法起到引导节能的作用

从企业所得税对节能项目的优惠目录看，主要针对的是工业和建筑项目，对交通节能作用较小。汽车消费税在按照“排气量越大负税越高”的原则进行调整的同时，对混合动力汽车、电动汽车等新能源汽车并未列入税目，未能体现出对这类汽车的税收优惠，削弱了国家对新能源汽车发展的引导和调控作用。车辆购置税优惠政策虽使低排量的汽车品种市场份额得到很快提升，但同时大大刺激了消费者购车积极性，使汽油消耗快速增长。车船税主要按车辆数或车船自重、载重吨位等从量计征，而对车船由于性能、油耗、尾气排放量的不同造成对能源的

消耗和对环境的污染程度的差异则未予考虑，不利于节能减排。此外，由于车船税是按时期征收，使用程度不同的同类车辆在税负上并无差别，因此它并不是真正意义上的对车辆使用征税，其实还是对车辆保有的征税。在与能源消费关系最密切的机动车使用环节，虽然推出了燃油税，但力度远远不够。税收政策在推动节能和新能源汽车方面几乎没有任何作用。对新能源汽车的推广给予财政补贴主要集中在公交客车和政府推广项目上，对私人购买新能源汽车的补贴，在研发、生产等环节税收优惠体现不够。

5.2 政策的建议

5.2.1 高度重视交通运输节能，明确中长期交通运输节能目标

根据对交通运输能源消费的研究预测，交通运输正在成为能源消费（特别是石油消费）增长最快的领域之一。交通运输作为对能源依赖性强、对生态环境影响较大的行业，必将受到影响和制约。资源短缺对经济发展的刚性约束日益凸现，国内能源赋存不足，国外供给形势复杂，压力很大；更重要的是，在我国工业化和城镇化进程还没有完成的时候，我国已经成为二氧化碳排放总量和增量最多的国家，也是受气候变化影响生态环境最为脆弱的国家之一。随着我国经济和社会发展水平不断提高，交通运输面临的节能压力将日益突出。全社会都应当高度重视交通运输节能问题。建议国务院在制定“十二五”规划纲要和节能专项规划时，除继续狠抓工业、建筑节能外，更加重视交通节能工作，将交通运输节能提到与工业、建筑节能同样重要的地位。在制定交通行业“十二五”发展规划时，除提出各种交通运输方式的建设目标、发展目标外，还应当明确提出交通运输系统的节能目标，同时根据我国政府提出的控制温室气体排放的行动目标，提出交通运输系统温室气体减排目标，并提出具体可行的政策措施和统计、监测、考核办法。由于交通领域的节能减排涉及科研、生产、运营和消费等多个环节，建议由交通运输管理部门牵头，会同有关部门和行业协会，提出行动方案和具体目标。

本课题对交通运输能源消费研究表明，单位GDP交通运输能源消费呈下降的趋势，2015、2020、2030年50%的情景组合方案降幅分别在12%、25%和50%以上，降幅最大的为最节能方案，2015、2020和2030较2008年分别下降18.8%、32.3%和57.3%。因此，课题组认为将2015、2020、2030年单位GDP交通运输能源消费量较2008年下降12%、25%和50%作为奋斗目标是有可能达到的。

5.2.2 把调整优化产业结构，减少运量，作为推进交通运输节能的关键

根据交通运输节能潜力的研究结论，运输周转量的增长是影响交通节能的关键因素。而周转量又决定于GDP增长速度、产业结构和运输强度。我国预计将在2030年前基本实现工业化和城市化，2010到2020年，仍将处于工业化和城市化“双加速”发展阶段。预计“十二五”期间，我国经济增长将保持9%左右的高速度，2015~2020、2021~2025、2026~2030的增长速度分别为8%、7%、6.5%。尽管货物周转量的增长速度低于GDP的增长速度，但主要依靠投资、出口拉动的经济发展方式，必然带来货物运输需求的增加，从而使货物周转量增加。随着人均GDP的增加和城市化率水平的持续上升，旅客周转量也会迅速增加，我国将面临更大的运输压力和交通运输节能压力。

1）转变经济发展方式，优化产业结构，减少运量

研究表明货物周转量与第二产业比重密切相关，它随着第二产业比重的增加呈加速增加，随着第二产业比重的降低呈加速降低趋势。与美日等国的工业化时期相比，我国的货物周转量增速总体较高，货物周转量对GDP的弹性系数较高，说明货物运输量的增长除了与经济增长速度较高有关外，与我国经济结构、产业结构偏重有很大关系，最突出的表现是，第二产业和工业特别是重工业比重过高。目前，我国第二产业比重已经达48%，预计将在2015年达到顶峰（49.2%）。因此，交通运输量在“十二五”期间还会出现持续增加的态势。从第二产比重达到的峰值来看，中国要比美国高14.2个百分点，比日本高3.2个百分点。目前重工业占工业的比重达到70%，已经超过了日本、德国、美国等曾经达到的峰值。重工业特别是采矿、原材料、能源、化工、机械制造和建筑业发展过快，给交通运输造成巨大压力，其结果是，实现同样的经济增长水平，我国要付出更大的运输成本和运输能耗。产业结构的调整和运输强度的降低是交通运输节能的关键。如果能够实现本课题提出的最节能方案，即2020年、2030年，使一、二、三产业结构分别达到7.5%、40.2%、52.3%和5.0%、35.5%、59.5%，与基准方案相比，交通运输能耗将明显下降。因此，必须采取切实有效措施，大力调整和优化产业结构，遏制重化工业盲目发展的趋势，淘汰落后产能，大力发展服务业和高新技术产业，逐步降低第二产业的投资，提高第三产业的比重。

2）优化产业的区域布局，降低货物运量

在货物运输的主要品类中，煤炭、石油、金属矿石、钢铁及有色金属运输三种品类占运输总量的47.7%，其中煤炭运输所占比重最高。在今后一段时期内，煤炭仍为我国主要的主要能源。“十二五”及以后的规划中应鼓励加大坑口电厂和煤化工基地的建设，提高煤炭就地转化率，减少煤炭的运量。

金属矿石和钢铁及有色金属的运输也是货物运输的主要品类，随着钢铁产量的增长，进口矿石也趋于同步增长。预测钢铁产量2015年达到峰值，随着钢铁产量的降低，货物周转量也会降低。“十二五”规划应进一步落实《钢铁产业发展政策》的内容，加快临海大型钢铁和石化基地的建设，淘汰内地产能落后的钢铁基地，优化钢铁产业布局，这些措施将会进一步减少铁矿石和钢铁的周转量。

5.2.3 优化运输结构，构建节能型综合交通运输体系

众所周知，公路和航空能源消耗强度较高，铁路、水路、管道较低。尽管目前我国的货物运输结构和旅客运输结构与美国、日本相比是较为节能的运输结构，但当前的发展趋势却是高耗能运输方式比重不断上升。从交通运输自身来讲，优化运输结构是节能的关键。

1）改革现行管理体制，建立统一的综合运输管理机构

我国现有的道路、铁路、航空、水路、管道五类运输方式，分属不同的部门管理：铁道部负责铁路的行业管理；交通运输部负责公路和水路（含港口）、航空的行业管理；管道运输由中国石油天然气公司、中国石油化工公司和中国海洋石油公司经营管理；国家发展和改革委员会负责交通基础设施建设项目审批、制定运输及相关服务价格、组织协调交通设施技术改造项目和跨运输方式运营等，行业节能管理工作由相应的管理部门负责。从节约能源的角度看，目前的管理体制主要有以下弊端：一是综合协调能力不强，各种交通运输方式各自规划、各自建设，难以无缝衔接，甚至重复建设，难以向能源消耗少的运输方式倾斜，不利于建设节能型综合交通运输体系；二是道路运输作为能耗大户，其节能工作涉及科研、制造、标准、交通管理、消费者等众多环节，涉及许多非营运单位，缺乏有力的管理协调部门。因此，改革现有体制，建立统一的综合运输管理机构，明确道路运输综合管理协调部门，加强节能各环节的协调管理，已是当务之急。

综合运输管理机构要统筹交通基础设施网络和重要运输通道的建设规划，优化运输网络布局，加强全国性和区域性枢纽建设，加强综合客运枢纽建设，为客货运输“零换乘”和“无缝衔接”创造条件。与此同时，优化城市路网功能结构，大力发展城市快速公交，鼓励具备条件的特大城市发展轨道交通。建立以公共交通为主体，出租汽车、私人汽车、自行车和步行等多种交通出行方式相互补充、协调运转的城市客运体系。

2）调整投资结构，加强节能型运输方式建设

运输固定资产投资是推动运输业发展的主要手段，也是运输资源配置的一种具体实现形式。运输固定资产投资通过新的运输能力的形成或对原有运输设施、设备的改造，直接影响或决定着各运输方式之间的比例关系，决定着运输结构。

交通运输结构研究结果表明，近些年来，我国交通运输固定资产的投资结构

中高能耗的运输方式投资比重较高，发展速度较快，而低能耗的运输方式投资比重较低，造成我国客货运输结构能源消费增长迅速。因此，必须在 “十二五”期间进一步调整交通运输的投资结构，向运能大、能耗和污染小的铁路、水路和管道三种运输方式倾斜。在面临能源紧缺、环境污染严重和温室气体减排压力的形势下，对具有能耗低、可使用清洁能源（水力、风能、核能发电等）、二氧化碳排放少优势的运输方式，在政策上应予重点扶持。加快发展道路甩挂运输、滚装运输、驼背运输、江海直达运输等运输组织方式。根据国家发改委发布的《固定资产投资项目节能评估和审查暂行办法》，对于不符合国家能源政策和节能标准的交通运输建设项目不予审批。

随着经济结构的调整和发展方式的转变，今后我国单位GDP的运量必将下降，在作交通长远规划时，必须考虑这个因素。不能由于当前某些地区、某些时段运能紧张，而把将来的运量估计过高，建设规模搞得过大，造成浪费。基础设施建设应当适度超前，但不能过于超前。

3）通过投资主体多元化，推进交通运输结构的调整和优化

一些运输方式（例如铁路）建设主要以国家为投资主体，这种单一的投资主体和融资渠道，不利于其健康发展。在“十二五”规划中应进一步明确交通建设应“积极探索市场化融资方式，吸纳民间资本、法人资本及国外投资，构建多元投资主体，拓展多种投资渠道”，充分调动各方面积极性，采用货币、实物、知识产权、土地使用权等多种出资方式，利用国内外资本市场进行权益、债务融资，实现多元投资主体、多种筹资渠道、多样融资方式，进一步提高铁路和内河、管道投资比重，实现投资结构的优化。

4）理顺价格体系、培育运输市场

运输结构调整应在国家运输政策的引导下，通过市场竞争来进行。运输价格市场化，是综合运输体系中各种运输方式合理分工的关键因素。运输价格应真实地反映运输价值和供需状况，以发挥其调节和引导运输市场健康发展的作用。长期以来，有些运输方式（如铁路）运价以行政定价为主，缺乏必要的弹性，难以适应各类运输方式之间的市场竞争，阻碍铁路融资渠道的拓宽和市场化改革，同时也影响了运输结构的调整和优化，因此，应当在“十二五”时期，理顺运输市场价格。以市场机制引导用户选择节能的铁路、水路、管道运输。

5.2.4 推进技术进步，进一步降低能源消耗强度

能源消耗强度是影响交通能源消费的重要因素，近年来，尽管各种方式的能耗强度都有不同程度的降低，但与发达国家相比还具有较大的节能空间，应继续加大技术节能力度。（1）进一步调整铁路牵引结构，大力发展电力牵引，合理发展内燃牵引，减少对石油的消费；（2）选用最新机型飞机，淘汰高耗能的老旧

飞机，并完善飞行空中管制系统，提高燃油效率；（3）进一步推进技术进步，降低汽车和船舶的单耗率。严格执行运营车辆燃油消耗量限值标准，加快淘汰老旧车辆。改变车辆构成 ,发展高性能的柴油车、拖挂运输、大吨位多轴重型车辆、汽车列车以及短途集散用的轻型低耗货车。发展低能耗、低排放的大中型高档客车，发展适合农村客运安全、实用、经济型客车。加快淘汰能耗高、污染大的老旧船舶与落后船型。推动海运船舶向大型化、专业化方向发展，全面推进内河航运船型标准化，扩大船队规模。

改进运输组织管理，积极推进运输的信息化和智能化进程，建立智能交通系统。加快物联网技术在道路运输领域的推广应用，推广无线射频识别（RFID）、智能标签、智能化分拣、条形码技术等，提高运输生产的智能化程度，提高运输效率，进一步降低能源消耗强度。

5.2.5 制定相应财政税收和价格政策，促进交通运输节能

1）加大财政支持力度

各级政府应加大对交通节能的投入力度，支持企业科研机构加强技术标准建设、共性关键技术攻关、公共服务平台建设等。鼓励开发、生产、使用节能型汽车、铁路机车车辆、船舶，实行老旧运输工具报废、更新制度。中央财政预算应安排交通节能专项资金，地方财政建立相应的配套资金，对一些特殊重要的、投资数额巨大的国家级交通节能项目，采取财政直接投资的方式予以支持，促进研究部门开发新能源、新技术，如研制推广应用生物燃料、天然气和氢以及GTL（Gas to Liquid，天然气制油）等新型燃料汽车，使用更轻便、更清洁的重型汽车发动机和用于交通运输的燃料电池等。对使用新能源、可再生能源和替代能源的领域采取现金补贴、税收减免和低息贷款等激励政策；对于使用代用燃料、电动汽车或混合燃料车等能源汽车的企业和个人，实施直接的补贴或减免税。

2）完善促进交通运输节能的税收政策

逐步提高燃油税水平，或在成品油消费税之上增加碳排放附加税。在我国没有出台碳税之前，要逐步提高成品油消费税水平，使汽油和柴油等成品油消费税承担起调节成品油消费、推进机动车节能的作用；或者在保持原消费税水平的同时，增加碳排放附加，为将来正式推出碳税打下基础。进一步完善机动车能源效率标识制度，引导消费者购买低能耗、小排量、新动力、新能源汽车。汽车消费税、购置税和车船税等应当与每种汽车的燃油经济性挂钩，如与排量、或者实际油耗挂钩。可进一步提高对大排量汽车、高油耗车船的汽车消费税、购置税。改进车船税征收办法，一是将车船税税负与车船发动机排气量或者排放挂钩，对排气量1.6升及以下的乘用车，其基准税额保持不变，而对排气量1.6升以上的乘用车，提高其基准税额，对2.5升以上的，基准税额可较大幅度提高，（船舶也可采

取类似的办法）；二是与使用年限挂钩，对使用年限超过一定期限的老旧车船，按老旧程度逐步提高基准税额，以达到加快旧车旧船更新，补偿处置环境污染支出的目的。对列入政府支持目录的新能源汽车则可采取大幅度减免的政策。

在研发和生产环节对新能源汽车实行税收优惠，如提高企业研发费的税收抵扣比例、允许用于新能源汽车的投资加速折旧，给予增值税、所得税减免等。

3）推进资源要素价格改革

目前原油等重要资源和资源性产品由政府定价，有些定价过低。急需要理顺资源产品的价格关系，建立能够反映资源稀缺程度、市场供求关系、环境损害成本的能源资源产品价格形成机制。尽快出台资源税改革方案，大幅度提高重要资源特别是能源的资源税水平，着力纠正因价格扭曲、地方政府干预造成的产能过剩，遏制盲目发展重化工业的倾向，推进节能减排、产业结构升级和发展低碳经济。

4）采取综合措施，降低小汽车出行率

从我国现阶段的国情出发，采取综合措施，降低小汽车出行率，从而降低道路运输能耗和缓解城市道路拥堵。要依靠经济手段，如逐步提高市区停车收费标准、研究制定直辖市、省会城市、副省级城市等国家机关、事业单位和国有企业内部职工停车管理办法，逐步实施有偿停车等政策提高汽车使用成本。要加大公共交通投入和建设力度，为居民出行提供方便快捷的公交出行方式。鼓励居民出行使用公共交通。通过宣传引导和信息服务提高公众低碳出行意识和理性消费观念，引导公众自愿减少碳排放强度高的出行活动。

5.2.6 完善法律法规，保障交通运输节约能源措施的有效实施

1）修订《中华人民共和国节约能源法》

《中华人民共和国节约能源法》关于交通运输节能体现在第四节，但对交通节能问题的规定不明确、不完整，操作性不强，各交通领域与之配套的实施细则或没有制定，或虽然制定了实施细则，但由于机构的配套执法力度不够，实施难度较大。新的节能法出台后，国务院制定了《民用建筑节能条例》和《公共机构节能条例》，各地也制定了不少地方性法规，在工业节能领域，管理办法和管理规章也比较健全。相比较而言，交通运输领域的节能立法明显滞后。因此，建议修订《中华人民共和国节约能源法》，加强、细化交通运输行业的内容：一是结合交通行业管理体制改革，明确节能主管部门、监督部门职责；二是在交通运输行业完善重点用能单位监管制度，加大对交通运输企业的节能监管；三是建立以完善燃油消耗限值标准为核心的市场准入门槛和监管体系，强化燃油消耗限值标准的权威性，强化对违法行为的法律责任；四是强化地方政府特别是设区的城市

政府对城市交通运输节能的责任。

2）制定《机动车节能管理条例》

进一步明确道路运输节能工作的主管机构，明确主管部门和各个政府机构的职责，并结合体制改革，由国务院制订《机动车节能管理条例》，围绕提高燃油经济性标准和燃油品质、降低小汽车出行率、提高道路运营节能管理水平、发展新能源汽车和节能汽车等，提出机动车节能工作的主要目标、政策措施。《机动车节能管理条例》既可作为节约能源法的配套法规，与节能法修订同时进行，也可以作为单独行政法规立法项目进行。

3）制定行业规章，完善节能标准

各运输方式行业管理部门应该根据“十二五”规划关于节能减排的新要求，结合行业特点，制定、修改和完善行业规章，如：“铁路运输节能管理规定”，“道路、水路运输节能管理规定”，“航空运输节能管理规定”和“管道运输节能管理规定”，并制定相应的实施细则。

根据不同运输方式行业特点制定相关标准体系，如制定各个运输方式的平均燃料经济性的国家标准等。