

摘 要

随着我国经济和社会的不断发展,面对凸显的能源环境问题,国家提出了科学发展观,建设资源节约型和环境友好型社会,大力实施节能减排的策略。同样道路运输业的发展,也伴随着能源消耗加大、能源利用率较低、污染加大的问题。在这种情形下,道路运输业节能减排工作势在必行。

在道路运输企业调研和多个节能减排项目研究的过程中,发现道路运输业存在节能减排总体水平低、节能减排的意识参差不齐、节能减排措施使用不合理、节能减排评价标准不健全等问题,因此有必要从可持续发展的角度对我国道路运输业节能减排进行更为系统的研究。

本文首先分析了我国能源环境总体形势和道路运输业能源环境问题的具体表现,阐述了道路运输可持续发展内涵,确定道路运输业在可持续发展过程中节能减排显得尤为重要。然后结合国内外节能减排策略,对我国道路运输业节能减排现状和问题进行了详细分析,从道路运输系统出发分析了影响道路运输业节能减排的车辆、驾驶员、交通条件、运输组织和管理五大因素及对策措施,并在此基础上,从运输管理、运输生产安全、节能减排水平、车辆、驾驶员、公路设施和运输组织七个技术层面对道路运输业节能减排评价指标体系进行设计,采用改进的层次分析法对指标进行赋权,引用模糊综合评价方法对节能减排体系进行评价。最后,根据四家交通部重点联系道路运输企业 2007 年一季度的统计资料,对节能减排评价指标体系进行验证,评价结果与企业的实际节能减排情况相符合,说明评价指标体系的设计合理,这对当前和今后我国道路运输业节能减排工作提供了一定的参考价值。

关键词:道路运输业; 可持续发展; 节能减排; 评价指标体系

Abstract

With the increasing development of the economy and society, facing highlighted energy and environmental issues, China proposes the scientific development view, builds a resource-conserving and environment-friendly society and vigorously implement the strategy for Energy-saving & Pollution-reducing. Similarly, the development of road transportation produces many problems, such as lower energy efficiency, increasing energy consumption and pollution etc. In this case, it is imperative to develop the energy-saving and pollution-reducing.

During the investigations of many road transport enterprises and researches of energy-saving and emission-reducing, many problems are discovered, such as the lower overall level of energy-saving and pollution-reducing, inconformity of the consciousness, irrationality of its measure and distemperedness of the evaluation criterion, then it is necessary to make more systemic study on energy-saving and pollution-reducing from the perspective of sustainable development in China road transportation.

In this paper, the overall situation in Energy and Environment is analyzed, the concrete manifestation of problem is researched and the meaning of sustainable development of road transport is expatiated, therewith the importance of Energy-saving & Pollution-reducing is made sure during Sustainable Development. Combining with interrelated strategies at home and abroad, the paper detailedly analytics the current situation and problems of Energy-saving & Pollution-reducing about our national road transportation, according to road transport system, five influencing factors, including vehicle, driver, traffic conditions, transportation organization and management, the countermeasures are taken into account. In the base of it, from those seven technical levels, the evaluation index system is designed, then the indexes are evaluated by the way of improved Analytic Hierarchy Process. Besides, to make the system applicable, fuzzy comprehensive evaluation method is utilized to evaluate it. At last, according to the statistics of four road transportation

enterprises accentuated by ministry of communication, the evaluation index system is validated and the evaluation results correspond with the corporation's real situation, which illustrates that the design of evaluation system is reasonable. Based on the study, several reference values at improving the Energy-saving & Pollution-reducing are put forward and evaluated.

key words: Road Transportation; Sustainable Development; Energy-saving & Pollution-reducing; Evaluation Index System

西南交通大学

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权西南交通大学可以将本论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复印手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1. 保密 ☐，在 年解密后适用本授权书；
2. 不保密 ☒，使用本授权书。

（请在以上方框内打“√”）

学位论文作者签名：

张在龙

日期：2009.6.18

指导老师签名：

文江

日期：2009.6.18.

西南交通大学学位论文创新性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是在导师指导下独立进行研究工作所得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

本学位论文的主要创新点如下：

本文是在可持续发展的基础上，结合当前道路运输业节能减排实际，从运输管理、运输生产安全、节能减排指标、车辆、驾驶员、公路设施和运输组织 7 个层面设计了较为完整、科学的道路运输业节能减排评价指标体系。

张铁 2009.6.18

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

改革开放 30 年来,我国经济快速增长,各项建设取得巨大成就,但也付出了巨大的资源和环境代价,经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐,能源缺口巨大,环境问题日益严重。当今世界,能源的发展,能源和环境,是全世界、全人类共同关心的问题,也是我国社会经济发展的重要问题。而道路运输业作为高耗能的终端行业,能源与环境问题同样严峻。

在解决当代能源和环境问题的长期探索中,国际社会和世界各国逐渐认识到,只有按照生态可持续性和经济可持续性的要求,改革传统的单纯追求经济增长的战略和政策,对传统的经济增长模式,包括生产和消费模式做出重大变革,控制人口,改变现有技术和生产结构,减少资源消耗,人类才有可能实现自身的可持续发展。

针对于此各国都提出了节能减排策略,来应对日益加剧的能源和环境问题,促进经济社会的可持续发展。

根据全面建设小康社会的总体要求,2006 年颁布的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》中提出了“十一五”时期经济社会发展的主要目标。其中,明确指出节能减排的具体目标是:

一是资源利用效率显著提高。单位国内生产总值能源消耗降低 20%左右,单位工业增加值用水量降低 30%,农业灌溉用水有效利用系数提高到 0.5,工业固体废物综合利用率提高到 60%。

二是可持续发展能力增强。全国总人口控制在 136000 万人。耕地保有量保持 1.2 亿公顷,淡水、能源和重要矿产资源保障水平提高。生态环境恶化趋势基本遏制,主要污染物排放总量减少 10%,森林覆盖率达到 20%,控制温室气体排放取得成效。

1.2 研究意义

我国的能源和环境形势如此严峻,这与我国经济结构不合理、增长方式粗放直接相关。加强节能减排工作,也是应对全球气候变化的迫切需要,是我国应该承担的责任。

做到可持续发展和节能减排,这是贯彻落实科学发展观,构建社会主义和谐社会的重大举措;是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择;是推进经济结构调整,转变增长方式的必由之路;是提高人民生活质量,维护中华民族长远利益的必然要求。

而道路运输作为资源消耗型行业,每年消耗的成品油约占全社会消耗总量的 28%。到 2007 年底,我国营运车辆 849.22 万辆^[2],通过提高运输的组织化程度和车辆的实载率、车辆结构优化等,如每辆营运车辆每天节省 1 升油,全国一年就可以节约燃油 250 万吨左右,燃油成本大幅下降,而尾气排放也会相应降低。道路运输业能够取得如此高的经济和社会效益只有实行节能减排策略。

在道路运输业大力推进节能减排工作,事关国家资源节约型和环境友好型社会建设目标的实现,更关乎交通行业的长远发展。研究道路运输节能减排,对我国道路运输行业和整个国民经济的可持续发展都有着重要的意义。

1.3 国内外相关研究

早期的研究是把运输问题和可持续发展联系起来研究。

国外有关交通运输和可持续发展的论著产生于上世纪 90 年代,具有代表性的两部著作是 1993 年出版的由约翰·怀特莱格的专著《可持续的未来运输-以欧洲为例》以及由戴维·班尼斯特和肯尼斯·伯顿编辑的《运输、环境与可持续发展》,他们的研究主要是针对美国和西欧等交通发达国家当时存在的运输对环境影响、环境的价值问题以及对交通政策的建议等几个方面。后一部著作,从可持续性或可持续角度对运输实践与运输政策进行了研究。

世界银行 1996 年出版的专著《可持续运输:政策变革的关键》,从学术上提出可持续运输这一概念,并阐述了它的三个基本方面的内容:经济与财务的可持续性、环境与生态的可持续性、社会的可持续性。认为可持续是制定运

输政策的基础。1997 年雷格·哈的《面向可持续的运输规划:英国和荷兰的比较》,将可持续发展的基本概念运用到实践中,在运输规划和政策的制定中,将可持续性考虑进去,使运输系统在经济上和环境上都具有效率和效益。而后随着经济和运输业发展,为了更好的解决运输与经济发展之间的矛盾,提到运输系统的效率和效益,从经济学的角度开始了对运输问题的深入研究。

在国外学者对运输问题进行研究的同时,国内学者也在进行着不断的探索。荣朝和在 1993 年出版了《论运输化》一书,提出了运输化理论,全面概括了运输与经济发展的关系,把运输的发展阶段划分为前运输阶段、运输化阶段和后运输阶段。韩彪在 1994 年出版了《交通运输发展理论》一书,从分析运输方式的演进模式的角度,探求了运输与经济发展的关系,提出了交通运输与经济发展之间存在“交替推拉关系”的论断。熊永钧在 1998 年出版了《运输与经济发展》一书。该书从经济可持续发展的高度论述了运输与可持续发展经济的关系,认为“交通运输发展与可持续发展战略的实施密切相关”,指出“没有运输的发展,就谈不上经济发展,当然也就谈不上经济的可持续发展了,运输发展当然应是经济可持续发展的重要组成部分,也是可持续发展的重要变量”。

近年来随着经济的发展,人们逐渐认识到节能减排的重要性,它可以促进运输业的可持续发展。专家、学者和科研人员等对我国节能减排的现状、意义、特点、措施等进行了相关研究。

陈好孟“金融支持节能减排问题探讨”文中发挥金融经济杠杆的作用,推动和引导社会各方面加大对节能减排的资金投入,调动市场主体节能减排的积极性,促进节能减排目标的实现。孙仁宏“健全和完善促进节能减排的税收政策体系”文中指出需要从总体上把握和系统考虑构建促进节能减排的税收政策体系。周宏春“对我国节能减排指标的经济学分析”文中提出了几点实现我国节能减排目标的对策和建议。李家本“道路运输节能四大决定因素”文中提出要从节能管理、车辆管理、调度管理和营运驾驶员管理因素考虑道路运输的节能。习江鹏“道路运输行业实施节能减排策略研究”文中提出要通过制度创新、技术创新和管理创新,倡导节能减排,从车辆、道路和运输组织 3 个方面考虑节能减排。孟祥舟“对当前做好我国节能减排工作的初步思考”文中对当前节能减排进行了总体形势分析,提出了节能减排的对策。蔡凤田“公路交通运输领域节能减排对策”文中着重分析了公路交通运输领域节能减排的影响因素。胡正梁“国外、省外节能减排新动向”文中提

到日本、英国和丹麦以及我国江苏、浙江和广东所采取节能减排措施。邵迈“节能环保是道路运输可持续发展的必然选择”文中本文首先明确了节能环保是道路运输可持续发展的必然选择的结论,并对照国际上的水准提出了我国道路运输节能环保的发展重点和具体措施建议。于志刚“基于系统角度的道路运输节能途径研究”文中从系统的角度分析道路运输节能的途径。樊一江“交通运输企业节能减排管理方法实证研究”文中以苏州汽车客运集团的燃料消耗统计考核节能减排为例,分析统计考核工作的基本原理和具体方法。胡晓斌“节能减排的国际经验及启示”文中讨论了国际上节能减排的成功经验和对我国节能减排的启示。欧阳培“节能减排的现状分析及其路径选择”文中剖析节能减排障碍,阐述了国家节能减排的行业政策,提出了节能减排的路径选择。张振国“汽车节能减排的实现途径研究”文中分析汽车排放废气成分和来源,提出汽车节能减排的基本途径和方法,尤其对汽车基本部件、润滑油、空调制冷的选择对节能减排的意义和作用进行了重点分析,从而提出节能减排的基本途径。郭廷杰“认真贯彻节能法大力抓好交通运输节能”文中分析交通运输节能重要性并结合《节能法》中相关规定及国内外先进经验,对实现交通运输节能的方法和措施进行了剖析,并提出了可行性建议。杨洪年“我国交通运输业能源节约的战略选择”文中分析能源节约的影响因素,以及能源战略选择的必要性。马才伏“我国汽车运输节能的现状分析”文中提出要加强汽车运输节能研究,完善有关汽车运输节能的政策法规,提高汽车燃油经济性,减少汽车路面拥堵,运用先进的管理手段,增强国民的节能意识,学习国外先进的节油经验,将不合理用油减少到最低限度,以节省我国宝贵的石油资源。美国环保局 Margo Oge 提出政府在节能减排方面具有不可替代的作用,政府要制定强势的环境法规,投入大量资源用于发展、执行和强化减排计划。刘伟“中国能源消耗趋势与节能减排对策”文中对我国能耗结构等进行了具体分析,提出节能减排的对策。胡金东“中国能源安全与交通节能战略”文中从能源安全角度分析了可通过促进技术进步、调整运输结构、促使制度变迁等三种路径来实施交通节能战略。

1.4 研究内容

本文紧紧围绕我国构建和谐社会,坚持科学发展观的思想,以及现代交通业发展的要求,探讨了我国道路运输业通过实施节能减排策略可实现

道路运输的可持续发展。

本文主要从以下方面的进行了研究：

1. 当前和今后我国总体以及道路运输业的能源环境形势分析。
2. 道路运输可持续发展问题，国、内外节能减排策略，以及我国道路运输业节能减排现状。
3. 我国道路运输业节能减排影响因素分析和对策措施。
4. 从系统角度出发，设计道路运输业节能减排评价指标体系。
5. 采用模糊综合评价方法对道路运输业节能减排效果进行评价。

1.5 研究方法与技术路线

1. 研究方法

本文采用定性与定量相结合的研究方法。

定性分析我国道路运输业节能减排的影响因素，结合我国道路运输行业节能减排的现状，设计道路运输行业节能减排评价指标体系。在德尔菲法定性分析的基础上，应用层次分析法建模，从而结合两者的优势，确定节能减排评价指标体系中指标的权重，利用模糊综合评价对节能减排效果进行评判。

2. 研究技术路线

研究技术路线见图 1-1。

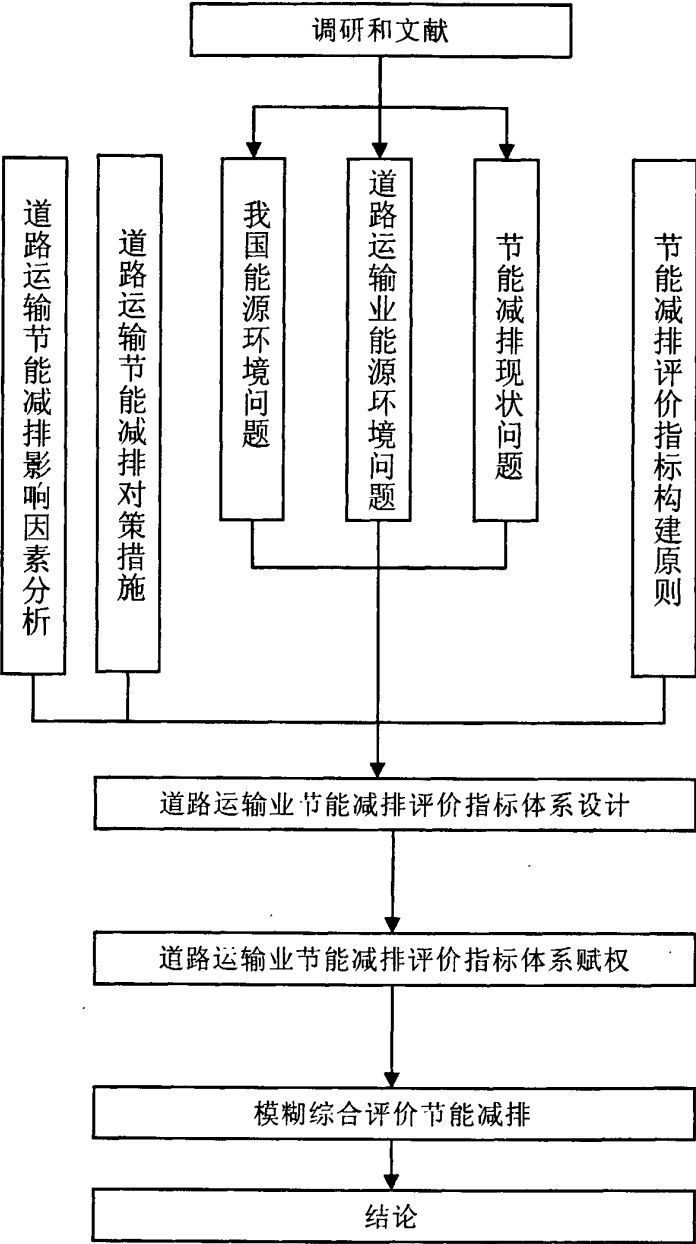


图 1-1 研究技术路线

第 2 章 能源环境问题与道路运输业

社会的不断向前发展,各行各业尤其是道路运输业都离不开能源的供给,使用能源的背后就是日益加剧的环境问题。处理、解决好能源和环境问题,是道路运输业可持续发展的前提,更是我国经济和社会科学发展的前提。

2.1 我国能源环境总体形势

我国作为发展中的社会主义国家,在现代化建设的进程中,面临着比世界其他国家更为复杂和严峻的能源和环境形势^[1]。2008 年以来的全球金融危机影响下,能源和环境问题依然不容小视。主要表现:

1. 我国能源资源有限

2007 年国务院发布的《中国的能源状况与政策》白皮书中指出:2006 年,煤炭保有资源量 10345 亿吨,剩余探明可采储量约占世界的 13%,列世界第三位。已探明的石油、天然气资源储量相对不足,油页岩、煤层气等非常规化石能源储量潜力较大。水力资源理论蕴藏量折合年发电量为 6.19 万亿千瓦时,经济可开发年发电量约 1.76 万亿千瓦时,相当于世界水力资源量的 12%,列世界首位。但是由于我国人口众多,人均能源资源拥有量在世界上处于较低水平。煤炭和水力资源人均拥有量相当于世界平均水平的 50%,石油、天然气人均资源量仅为世界平均水平的 1/15 左右。

1978-2007 年我国能源生产总量及构成^[2],见表 2-1。

表 2-1 1978-2007 年我国能源生产总量及构成

年份	能源生产总量 (万吨标准煤)	占能源生产总量的比重 (%)			
		原 煤	原 油	天然气	水电、核电、风电
1978	62770	70.3	23.7	2.9	3.1
1980	63735	69.4	23.8	3.0	3.8
1985	85546	72.8	20.9	2.0	4.3
1990	103922	74.2	19.0	2.0	4.8
1991	104844	74.1	19.2	2.0	4.7
1992	107256	74.3	18.9	2.0	4.8
1993	111059	74.0	18.7	2.0	5.3
1994	118729	74.6	17.6	1.9	5.9
1995	129034	75.3	16.6	1.9	6.2
1996	132616	75.2	17.0	2.0	5.8
1997	132410	74.1	17.3	2.1	6.5
1998	124250	71.9	18.5	2.5	7.1
1999	125935	72.6	18.2	2.7	6.6
2000	128978	72.0	18.1	2.8	7.2
2001	137445	71.8	17.0	2.9	8.2
2002	143810	72.3	16.6	3.0	8.1
2003	163842	75.1	14.8	2.8	7.3
2004	187341	76.0	13.4	2.9	7.7
2005	205876	76.5	12.6	3.2	7.7
2006	221056	76.7	11.9	3.5	7.9
2007	235445	76.6	11.3	3.9	8.2

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

从表 2-1 分析知，自 1978 年以来，我国能源生产总量逐年增加，主要能源结构是原煤和原油，二者占能源生产总量的 90%左右，天然气、水电、核电和风电所占比例很小。

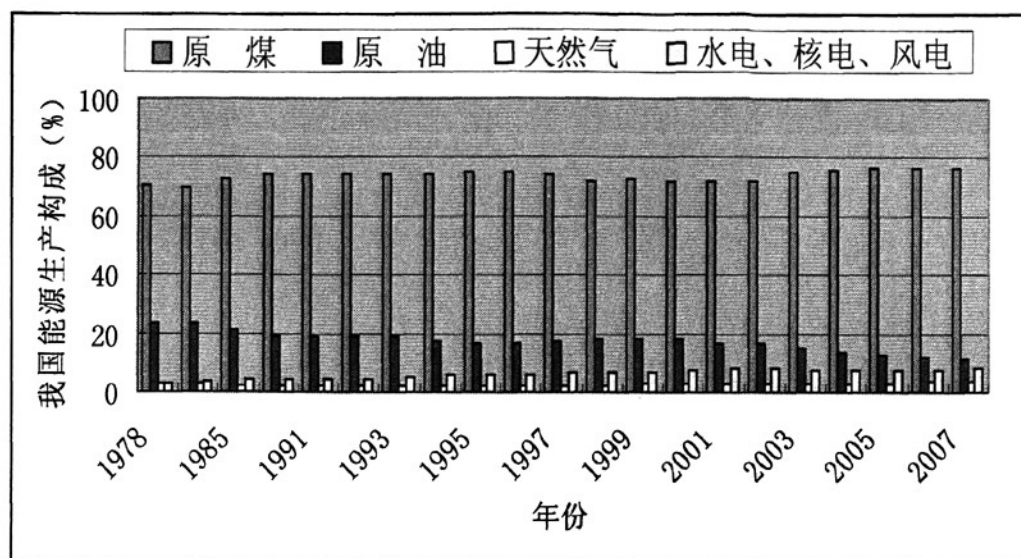


图 2-1 1978-2007 年我国能源生产构成

从图 2-1 知，由于原煤、原油和天然气可采量有限，水电、核电和风电等新能源开发利用，使得 1978-2007 年原煤和天然气的生产比例每年的变化不大，原油的生产比例逐年下降的趋势，水电、核电和风电的生产比例加大。

2. 我国能源供需矛盾突显，外部资源约束逐渐显露

进入 21 世纪以来，我国进入了工业化加速发展阶段。在工业化、城市化和消费升级的拉动下，我国的能源需求快速增长，能耗水平和污染程度居高不下^[1]。1978-2007 年我国能源消费总量及构成见表 2-2。能源消费总量指一定时期内全国（地区）各行业和居民生活消费的各种能源的核算能源消费总量指标，包括终端能源消费量、能源加工转换损失量和损失量^[2]。

表 2-2 1978-2007 年我国能源消费总量及构成表

年份	能源消费总量 (万吨标准煤)	占能源消费总量的比重 (%)			
		煤炭	石油	天然气	水电、核电、风电
1978	57144	70.7	22.7	3.2	3.4
1980	60275	72.2	20.7	3.1	4.0
1985	76682	75.8	17.1	2.2	4.9
1990	98703	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	103783	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	109170	75.7	17.5	1.9	4.9
1993	115993	74.7	18.2	1.9	5.2
1994	122737	75.0	17.4	1.9	5.7
1995	131176	74.6	17.5	1.8	6.1
1996	138948	74.7	18.0	1.8	5.5
1997	137798	71.7	20.4	1.7	6.2
1998	132214	69.6	21.5	2.2	6.7
1999	133831	69.1	22.6	2.1	6.2
2000	138553	67.8	23.2	2.4	6.7
2001	143199	66.7	22.9	2.6	7.9
2002	151797	66.3	23.4	2.6	7.7
2003	174990	68.4	22.2	2.6	6.8
2004	203227	68.0	22.3	2.6	7.1
2005	224682	69.1	21.0	2.8	7.1
2006	246270	69.4	20.4	3.0	7.2
2007	265583	69.5	19.7	3.5	7.3

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

从表 2-2 分析知，1978-1997 的 20 年间，年平均能源消费比例：煤炭占 74%，石油占 18%，天然气占 2%，水电、核电和风电 5%，从 1998-2007 的 10 年间，年平均煤炭消费比例下降为 68%，而石油、天然气、水电、核电和风电的年平均消费比例加大，分别为 22%，2.6%和 7%。

1985-2007 年我国能源消费增长率及弹性系数见表 2-3。能源消费弹性系数是能源消费增长速度与国民经济增长速度之间的比^[2]。

表 2-3 1985-2007 年我国能源消费增长率及弹性系数

年份	能源消费比上年增长 (%)	国内生产总值比上年增长 (%)	能源消费弹性系数
1985	8.1	13.5	0.60
1990	1.8	3.8	0.47
1991	5.1	9.2	0.55
1992	5.2	14.2	0.37
1993	6.3	14.0	0.45
1994	5.8	13.1	0.44
1995	6.9	10.9	0.63
1996	5.9	10.0	0.59
1997	-0.8	9.3	-
1998	-4.1	7.8	-
1999	1.2	7.6	0.16
2000	3.5	8.4	0.42
2001	3.4	8.3	0.41
2002	6.0	9.1	0.66
2003	15.3	10.0	1.53
2004	16.1	10.1	1.59
2005	10.6	10.4	1.02
2006	9.6	11.6	0.83
2007	7.8	11.9	0.66

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

从表 2-3 分析知，“十五”时期（2001-2005 年）是我国自 1978 年改革开放后能源消费年均增长率最高的时期，能源消费年均增长率为 11.3%。2003 年和 2004 年又是改革开放以来增长率最高的两个年份，能源消费年增长率分别达到 15.3%和 16.1%，能源消费弹性系数高达 1.53 和 1.59。《中国能源统计年鉴 2008》中，2007 年我国能源消费量总量达 26.5 亿吨标准煤，占据了全球能源消费增长的一半，成为世界上第二大能源消费国，未来 10-15 年我国的能源需求仍将保持较高增速。

有限的能源产量和巨大的能源需求使我国资源的进口依赖度增大。石油平衡表见表 2-4。

表 2-4 1990-2007 年我国石油平衡表

项目	1990	1995	2000	2005	2006	2007
可供量	11435.0	16072.7	22631.8	32539.1	34930.0	36648.9
生产量	13830.6	15005.0	16300.0	18135.3	18476.6	18631.8
进口量	755.6	3673.2	9748.5	17163.2	19453.0	21139.4
出口量(-)	3110.4	2454.5	2172.1	2888.1	2626.2	2664.3
年初年末库存差额	-40.8	-151.0	-1244.6	128.8	-373.3	-458.0
消费量	11485.6	16064.9	22439.3	32535.4	34875.9	36570.1
平衡差额	-50.6	7.8	192.5	3.7	54.1	78.7

注：1. 生产量为原油产量。2. 进口量包括我国飞机、轮船在国外加油量；出口量包括外国飞机、轮船在我国加油量。数据来源《中国统计年鉴 2008》

从表 2-4 分析知，1990-2007 年，我国进口石油量年年增加，2005 年合计消费石油 32535.4 万吨，已经成为仅次于美国的全球第二大石油消费国^[1]；2006 年我国的原油产量只有 18476.6 万吨，进口石油 19453.0 万吨；2007 年我国生产原油 18631.8 万吨，净进口原油 21139.4 万吨。

我国原油需求仍将持续膨胀，科技部《中国后续能源发展战略研究》对我国 2010 年和 2020 年的石油需求做了预测，分别为 2.80 亿吨和 3.60 亿吨；中石油研究报告预测，2010 年、2015 年和 2020 年我国原油需求分别为 3.10 亿吨、3.5 亿吨和 4.0 亿吨。而原油产量 2020 年只能达到 2.0 亿吨的规模。因此，到 2015 年和 2020 年，我国至少需要进口石油 1.5 亿吨和 2.0 亿吨，即缺口分别至少为 43%和 50%。

3. 我国能源利用效率偏低

用单位国内生产总值产出的能耗来计算能源利用效率。单位国内生产总值能耗指一定时期内，一个国家或地区每生产一个单位的国内生产总值所消耗的能源。计算公式为 2-1 所示。

$$\text{单位国内生产总值能耗} = \frac{\text{能源消费总量}}{\text{国内生产总值}} \quad (2-1)$$

1978-2007 年我国能源利用效率表见表 2-5。分析知，1978-2007 年，单位国内生产总值能耗逐年下降，2000-2007 年，单位国内生产总值能耗分别为 1.40, 1.31, 1.26, 1.29, 1.27, 1.23, 1.16 和 1.06 吨标准煤/万元，能源利用效率偏低。

表 2-5 1978-2007 年我国能源利用效率表

年份	能源消费总量 (万吨标准煤)	国内生产总值 (亿元)	单位国内生产总值能耗 (吨标准煤/万元)
1978	57144	3645.2	15.68
1980	60275	4545.6	13.26
1985	76682	9016.0	8.51
1990	98703	18667.8	5.29
1991	103783	21781.5	4.76
1992	109170	26923.5	4.05
1993	115993	35333.9	3.28
1994	122737	48197.9	2.55
1995	131176	60793.7	2.16
1996	138948	71176.6	1.95
1997	137798	78973.0	1.74
1998	132214	84402.3	1.57
1999	133831	89677.1	1.49
2000	138553	99214.6	1.40
2001	143199	109655.2	1.31
2002	151797	120332.7	1.26
2003	174990	135822.8	1.29
2004	203227	159878.3	1.27
2005	224682	183217.4	1.23
2006	246270	211923.5	1.16
2007	265583	249529.9	1.06

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

4. 环境污染与破坏事故影响加重

2000 年以来，我国水污染、大气污染、固体废物污染、噪声与振动危害等发生次数减少，但是造成的直接经济损失和污染事故赔、罚款总额逐年增加，这对我国经济社会的健康发展带来了极为不利的影响。环境污染与破坏事故次数情况见表 2-6。

从表 2-6 看出，环境污染与破坏事故的次数大幅降低，由 2000 年的 2411 次降到 2006 年的 842 次，但是污染造成的直接经济损失依然很高，2004 年达到 36365.7 万元，2006 年损失也有 13471.1 万元，2000-2005 年污染事故赔、罚款每年在 3000 多万元，2006 年更是达到 8415.9 万元，赔、罚款数额之大。从中可看出当前我国环境污染与破坏事故的严重性日趋加重。

表 2-6 环境污染与破坏事故次数情况表

年份	环境污染与破坏事故次数(次)	水污染	大气污染	固体废物污染	噪声与振动危害	其他	污染直接经济损失(万元)	污染事故赔偿、罚款总额(万元)
2000	2411	1138	864	103	266	40	17807.9	3682.6
2001	1842	1096	576	39	80	51	12272.4	3263.9
2002	1921	1097	597	109	97	21	4640.9	3140.7
2003	1843	1042	654	56	50	41	3374.9	2391.5
2004	1441	753	569	47	36	36	36365.7	3963.9
2005	1406	693	538	48	63	64	10515.0	3082.1
2006	842	482	232	45	6	77	13471.1	8415.9

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

另外，严重的大气污染使我国呼吸道疾病发病率居高不下，同时对我国的工、农业生产造成严重威胁，酸雨使农作物大幅度减产，腐蚀仪器设备，使其寿命大幅度减短，还造成森林植物大面积死亡^[8]。中国工程院院士、我国湖泊环境研究首席科学家刘鸿亮在对全国 55000 公里河段调查后指出我国“水质污染严重而不能用于灌溉的河段约占 23.3%、鱼虾绝迹的河段占 45%、不能满足三类水质标准的河段占 85%，生态功能严重衰退。”

5. 温室效应日益严重

燃料中含有各种复杂的成分，在燃烧后产生各种有害物质，即使不含杂质的燃料达到完全燃烧，也要产生水和二氧化碳，正因为燃料燃烧使大气中的二氧化碳浓度不断增加，破坏了自然界二氧化碳的平衡，以至可能引发“温室效应”，致使地球气温上升。现在地球上 CO₂ 的浓度比过去 65 万年任何时候都高，温室效应日益严重^{[1][8]}。

温室效应会带来地球上的病虫害增加，海平面上升，气候反常，海洋风暴增多，土地干旱，沙漠化面积增大。

如果温室效应得不到有效控制，本世纪中叶南、北极地冰山将大幅度融化，导致海平面大大上升，一些岛屿国家和沿海城市将淹于水中。气候变暖，会使得我国主要农作物产量下降，粮食的营养成分下降，蛋白质含量会降低

^[8]。

6. 自然灾害严重

地震、火山爆发、泥石流、海啸、台风、洪涝灾害、干旱、地面沉降、海岸线退化，病虫害、酸雨等多数自然灾害是自然环境恶化的直接结果，地质及地震等主要灾害次数情况见表 2-7。

表 2-7 地质及地震等主要灾害次数情况表

年份	滑坡	崩塌	泥石流	地面塌陷	地震		
					5.0-5.9 级	6.0-6.9 级	7.0 级以上
2000	13431	2945	1958	347	7	2	-
2001	3034	583	1539	554	8	2	1
2002	31247	3097	4976	521	4	-	-
2003	10240	2604	1549	574	10	6	1
2004	9130	2593	1157	445	8	1	-
2005	9367	7654	566	137	9	2	-
2006	88523	13160	417	398	9	-	-
2007	15478	7722	1215	578	1	1	-

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

2.2 道路运输行业能源和环境形势

2.2.1 道路运输

《中华人民共和国道路运输条例》中指出，道路运输，是指在道路上通过交通运输工具运送旅客或者货物的活动，从事道路运输经营以及道路运输道路相关业务的活动。道路运输业结构见图 2-2 所示。

道路运输，根据运送对象的不同，可以区分为道路旅客运输和道路货物运输^[9]。道路旅客运输是指以旅客为运送对象的道路运输，包括道路班车客运、旅游客运、包车客运和出租汽车客运 4 种类型。道路货物运输，是指以货物为运送对象的道路运输，包括普通货物运输、零担货物运输、大件货物运输、集装箱运输、冷藏货物运输、危险货物运输和搬家运输 7 种类型。

道路运输相关业务是指与道路运输密切联系的有关业务，即道路运输辅助性服务，以及机动车维修、机动车综合性能检测、机动车驾驶员培训等业

务。其中道路运输辅助性服务又包括道路运输站(场)经营、货物仓储、货物装卸、客货运代理、运输车辆租赁等。

站(场)经营是指为社会提供有偿的站(场)服务的活动、道路运输站(场)，是指为车辆进出、停靠，旅客上下，货物装卸、储存、保管等提供服务的设施和场所。道路运输站(场)包括汽车客运站、汽车货运站，客运停车场、货运停车场和货物装卸场以及货物储存、保管场所。

机动车维修经营是指经营以维持和恢复机动车技术状况和正常功能，延长机动车使用寿命为作业任务所进行的维护和修理。

机动车驾驶员培训是指为使机动车驾驶人员熟练掌握驾驶机动车所需要的有关知识和技能，按照国家有关规定进行的专门培训。

道路运输经营以及道路运输道路相关业务的完成需要行业管理部门和运输企业的组织管理。

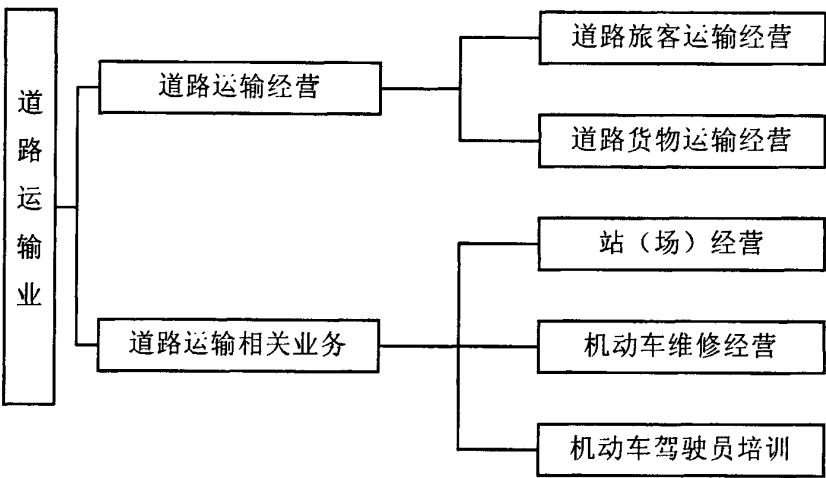


图 2-2 道路运输业组成图

2.2.2 道路运输业能源和环境形势

我国经济的飞速增长，为道路运输行业的发展带来了历史机遇。尤其是近年来，伴随着我国公路建设的迅速发展，公路网络的不断完善，道路运输行业成为服务范围最广，承担运量最大、运输组织最为灵活、运输产品最为

多样的运输服务业。道路客货运输快速增长，服务国民经济能力显著增强。道路运输在综合运输体系中的骨干作用明显增强。在应对春运和“黄金周”客流高峰、抗击非典和禽流感、抢运煤电油粮、抢险救灾等重要时段和重点物资的运输中，道路运输都发挥出重要的基础作用。在未来国民经济发展中，道路运输仍然是综合交通运输体系中的重要组成部分。

道路运输行业的快速发展面临着能源和环境更严峻。主要表现在：

1. 道路运输行业能源需求加大

(1)我国公路营运汽车拥有量的变化

1990 年以来，尤其是 1999 年以来我国公路营运客、货车拥有量逐年增加，见表 2-8 我国公路营运汽车拥有量表。

表 2-8 我国公路营运汽车拥有量

年份	汽车 总计 (万辆)	载客汽车		载货汽车			
		辆数 (万辆)	客位 (万客 位)	总辆数 (万辆)	普通载 货汽车 辆数 (万辆)	总吨位 (万吨)	普通载 货汽车 吨位 (万吨)
1990	31.30	10.76	468.92	20.22	19.82	131.61	127.06
1991	31.67	11.53	497.35	19.83	19.36	132.02	126.54
1992	30.87	12.70	528.87	18.17	17.59	125.91	118.42
1993	28.96	12.85	509.56	16.15	15.53	116.20	108.37
1994	27.97	13.05	493.94	14.87	14.22	109.80	101.21
1995	27.49	13.73	480.61	13.75	13.12	103.13	94.56
1996	28.81	15.41	499.58	13.40	12.74	102.08	91.83
1997	29.89	17.01	519.10	12.88	12.22	95.31	85.09
1998	31.88	19.40	536.43	12.48	11.81	90.02	79.51
1999	501.77	92.14	1409.86	409.62	401.28	1481.02	1406.00
2000	702.82	216.81	2524.45	486.02	475.24	1667.70	1573.73
2001	764.39	255.12	2701.68	509.27	496.65	1733.58	1621.40
2002	826.34	289.55	2972.32	536.78	520.27	1808.45	1674.79
2003	924.64	352.19	3430.64	572.45	553.23	1941.52	1788.86
2004	1067.18	439.09	3872.21	628.09	604.93	2338.61	2119.64
2005	733.22	128.40	1859.28	604.82	580.28	2537.75	2282.15
2006	802.58	161.92	2312.41	640.66	598.43	2822.69	2343.13
2007	849.22	164.73	2428.81	684.49	648.01	3135.69	2643.74

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

从表 2-8 知, 1990-1998 年, 公路营运汽车每年拥有量在 27.97-31.88 万辆, 变化不大, 但是 1999 年公路营运汽车拥有量急剧增加至 501.77 万辆, 其中货车 409.62 万辆, 占营运汽车拥有量的 80%。2007 年年底, 全国公路营运汽车达 849.22 万辆, 其中载客汽车 164.73 万辆、2428.81 万客位, 载货汽车 684.49 万辆、3135.69 万吨位, 其中普通载货汽车 648.01 万辆、2643.74 万吨位。

1990 年-2007 年我国公路营运汽车拥有量趋势见图 2-3 所示。

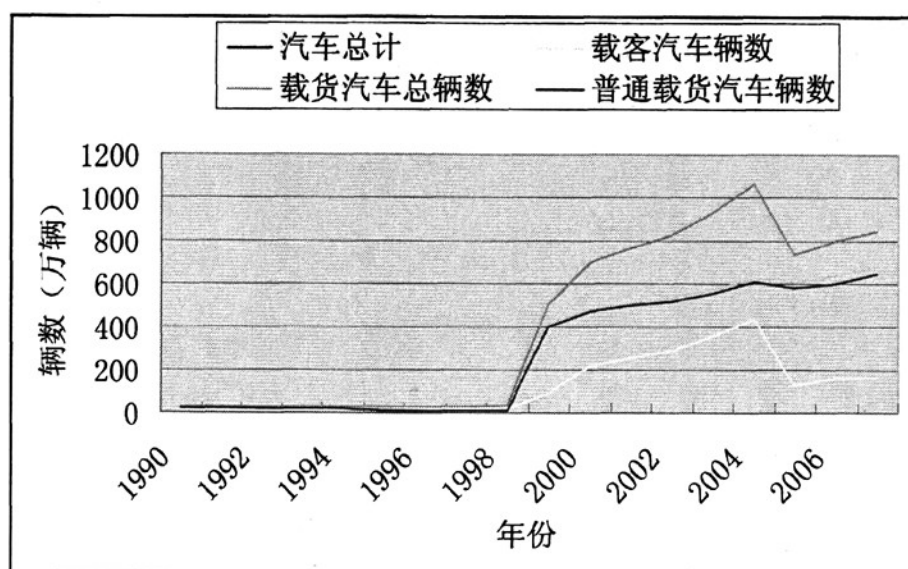


图 2-3 1990-2007 年我国公路营运汽车拥有量趋势变化图

从图 2-3 中可知, 1990-1998 年, 我国公路营运汽车拥有量每年变化不大, 平均在 30 万辆左右。但是 1999-2004 年, 我国公路汽车拥有量急剧增加, 达到 2004 年的 1067.18 万辆, 比 1990 年增加 1000 余万辆。2005 年营运汽车经过车辆淘汰、更新等, 我国公路营运汽车拥有量总数下降, 但是还是呈逐年增加的趋势^[13]。

(2) 民用汽车拥有量的变化

从表 2-9 可知, 我国每年汽车保有量也以 17% 左右的速度增长, 汽车工业不断发展, 极大地推动汽、柴油消费, 能源形势更严峻。随着人民生活水平的日益以提高, 客运舒适化、个性化, 货运便捷化、物流化趋势日趋明显,

道路运输的快速发展必然进一步促成汽、柴油消耗总量的增长^[16]。

表 2-9 1978-2007 年我国民用汽车拥有量

年份	民用汽车总计 (万辆)	载客汽车 (万辆)	载货汽车 (万辆)
1978	135.84	25.90	100.17
1980	178.29	35.08	129.90
1985	321.12	79.45	223.20
1990	551.36	162.19	368.48
1991	606.11	185.24	398.62
1992	691.74	226.16	441.45
1993	817.58	285.98	501.00
1994	941.95	349.74	560.33
1995	1040.00	417.90	585.43
1996	1100.08	488.02	575.03
1997	1219.09	580.56	601.23
1998	1319.30	654.83	627.89
1999	1452.94	740.23	676.95
2000	1608.91	853.73	716.32
2001	1802.04	993.96	765.24
2002	2053.17	1202.37	812.22
2003	2382.93	1478.81	853.51
2004	2693.71	1735.91	893.00
2005	3159.66	2132.46	955.55
2006	3697.35	2619.57	986.30
2007	4358.36	3195.99	1054.06

其中：数据来源《中国统计年鉴 2008》

2. 道路运输行业能源利用效率与国外的差距较大

我国车辆燃油经济性水平比欧洲低 25%，比日本低 20%，比美国整体水平低 10%；载货汽车百吨公里油耗 7.6 升，比国外先进水平高 1 倍以上^[15]。2004 年制定《节能中长期专项规划》我国的道路运输百吨公里的综合耗油量却比国际水平高 30%左右，汽油车为 6-9 升，柴油车为 4-6 升。

3. 道路运输燃油成本大幅度变化

道路运输行业消耗的成品油占全社会总量的近 30%，面对石油资源短缺、能源问题，成品油价格持续上涨，世界已进入高油价时代^[16]。2006 年《道路运输业“十一五”发展规划纲要》中指出道路运输燃油成本也随之加大，成品油价格的上涨导致道路运输成本大幅上升，利润空间被挤占，行业不稳定

因素增加,持续发展能力受到影响,道路运输持续发展的压力正在逐渐加大。

(1)国际原油市场价格趋势

1972-2007 年国际市场原油价格现货价格见表 2-10。

表 2-10 1972-2007 年原油现货价格 (美元/桶)

年份	迪拜 原油价格*	布伦特 原油价格	尼日利亚福卡多斯 原油价格#	美国西德克萨斯 中级原油价格*#
1972	1.9	-	-	-
1973	2.83	-	-	-
1974	10.41	-	-	-
1975	10.70	-	-	-
1976	11.63	12.80	12.87	12.23
1977	12.38	13.92	14.21	14.22
1978	13.03	14.02	13.65	14.55
1979	29.75	31.61	29.25	25.08
1980	35.69	36.83	36.98	37.96
1981	34.32	35.93	36.18	36.08
1982	31.80	32.97	33.29	33.65
1983	28.78	29.55	29.54	30.30
1984	28.06	28.78	28.14	29.39
1985	27.53	27.56	27.75	27.98
1986	13.10	14.43	14.46	15.10
1987	16.95	18.44	18.39	19.18
1988	13.27	14.92	15.00	15.97
1989	15.62	18.23	18.30	19.68
1990	20.45	23.73	23.85	24.50
1991	16.63	20.00	20.11	21.54
1992	17.17	19.32	19.61	20.57
1993	14.93	16.97	17.41	18.45
1994	14.74	15.82	16.25	17.21
1995	16.10	17.02	17.26	18.42
1996	18.52	20.67	21.16	22.16
1997	18.23	19.09	19.33	20.61
1998	12.21	12.72	12.62	14.39
1999	17.25	17.97	18.00	19.31
2000	26.20	28.50	28.42	30.37
2001	22.81	24.44	24.23	25.93
2002	23.74	25.02	25.04	26.16
2003	26.78	28.83	28.66	31.07
2004	33.64	38.27	38.13	41.49

2005	49.35	54.52	55.69	56.59
2006	61.50	65.14	67.07	66.02
2007	68.19	72.39	74.48	72.20

其中：*1972-1985 阿拉伯轻质油价格，1986-2007 即期迪拜原油现货价格。

#1976-1983 福蒂斯原油价格，1984-2007 即期布伦特原油现货价格。

##1976-1983 公布的美国西德克萨斯中级原油价格，1984-2007 美国西德克萨斯中级原油（库欣）现货价格。数据来源 BP 公司《BP 世界能源统计 2008》

从表 2-10 看出，国际原油现货价格 1972-2007 年基本上呈逐年增长的趋势，1998 年是近十年间价格最低的一年，达到 12.21 美元/桶。

2008 年，国际油价经历了过山车般的大起大落，见图 2-3 所示，数据来源 BP 公司 2008 年 6 月发布的《BP 世界能源统计》。欧佩克限产、库存下降、发展中国家需求旺盛、美元疲软、剩余产能短缺、市场对地缘政治紧张局势可能导致供应中断的担心和投机基金的炒作，使国际油价从 2008 年初的 90 美元/桶，连续 6 个月上涨至 130 美元/桶以上。7 月中旬开始美元汇率的上升以及由美国金融危机引发全球经济增长忧虑对石油需求的负面影响增强，尤其是美国及其他发达国家石油需求的大幅下降，使国际油价大幅震荡下跌。9 月中旬以后的时间里，国际金融危机的加剧，导致油价下跌。

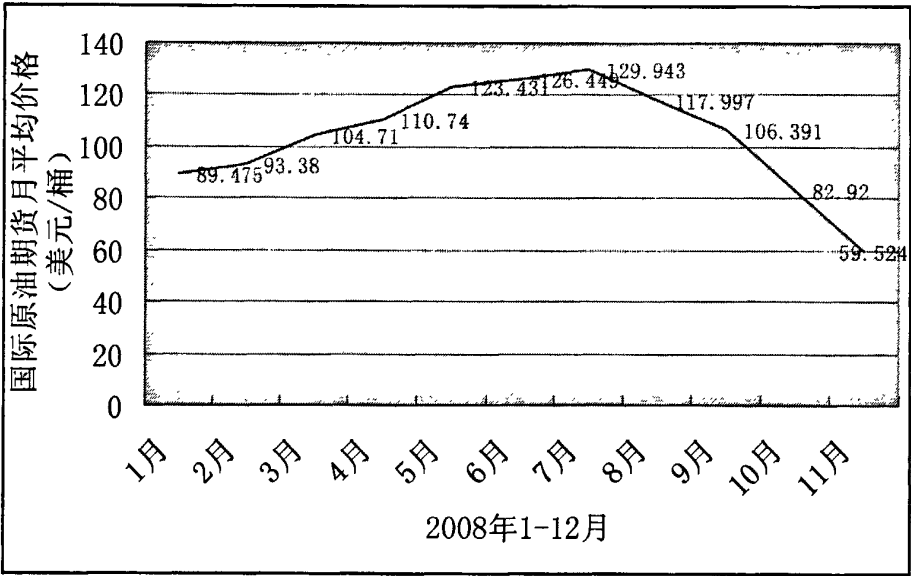


图 2-4 国际原油期货月平均价格

(2)我国成品油价格

在坚持与国际市场接轨的前提下, 结合国际市场石油价格变化, 考虑国内市场供求、生产成本和社会各方面承受能力等因素来制定的石油价格。2002-2007 年我国政府先后 18 次对国内油价进行调整, 见表 2-11。

表 2-11 2002-2007 年 18 次调整后油价 (元/升)

时间	93#汽油	97#汽油	90#汽油	0#柴油
2002 年 3 月 4 日	2.5		2.32	
2002 年 4 月 4 日	2.73			
2002 年 5 月 4 日	2.94			
2002 年 10 月 1 日	3.12		2.94	
2003 年 2 月 1 日	3.29		3.1	
2003 年 5 月 10 日	3.03		2.65	
2003 年 7 月 1 日	3.02			
2003 年 12 月 6 日	3.2		2.8	
2004 年 3 月 31 日	3.46			
2004 年 8 月 25 日	3.66	3.61	3.45	
2005 年 3 月 23 日	3.92	3.86	3.7	
2005 年 5 月 23 日	3.79	3.73	3.6	3.62
2005 年 6 月 25 日	3.96	3.9	3.48	
2005 年 7 月 23 日	4.26	4.54		4.04
2006 年 3 月 26 日	4.65	4.96	4.36	4.36
2006 年 5 月 24 日	5.09	5.42	4.76	4.83
2007 年 1 月 17 日	4.9	5.22	4.59	
2007 年 11 月 1 日	5.34	5.68	4.99	5.29

从表 2-11 分析知, 2007 年 11 月 93#汽油价格由 1 月的 4.9 元/升涨至 5.34 元/升。自 2007 年 1 月 17 日国内油价首次下调仅 10 个月不到, 国内成品油价格就又回涨, 而且还超过了下调以前的价格。加上 2008 年以来金融危机对燃油市场的冲击, 这些都严重影响道路运输行业的发展, 成为制约我国经济发展的瓶颈。

4. 机动车尾气排放污染日益严重

近年来我国机动车保有量急剧增加, 导致污染加剧。2003-2007 年我国汽车拥有量见表 2-12。

表 2-12 2003-2007 年我国汽车拥有量（单位：万辆）

	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
民用汽车拥有量	2382.93	2693.71	3159.66	3697.353	4358.355
私人汽车拥有量	1219.23	1481.66	1848.07	2333.317	2876.216
其他机动车拥有量	7108.9	7785.69	8595.418	8797.67	9434.031

据公安部的统计，截至 2008 年 9 月份，全国机动车保有量为 168032783 辆。其中，汽车 62892632 辆，摩托车 89474236 辆，挂车 1005430 辆，行驶的拖拉机 14639778 辆，其他机动车 20707 辆。机动车保有量的增加，必定带来排放污染的加剧。

第 3 章 道路运输可持续发展与节能减排

3.1 道路运输可持续发展问题

3.1.1 可持续发展的概念

可持续发展是指一种既满足当代人的需要又不对后代人满足其需求的能力构成危害,既满足特定区域的需要又不对其他区域满足其需求的能力构成危害和削弱的发展^{[5][6][16][19]}。

作为一种特定的发展形式,可持续发展在时间和空间上都有一定的限定。从时间角度上看,可持续发展既要满足当代人的需要,又不危害后代人满足其需求的能力;从空间角度上看,可持续发展既要满足某一特定区域的需要,又不危害和削弱其他区域满足其需求的能力。

可持续发展的核心是在考虑经济发展的同时,注重经济系统与环境系统的相互作用、影响及协调发展。可持续发展重在发展,前提是保持可持续性。

3.1.2 道路运输可持续发展内涵

随着人类对可持续发展的关注和面临的生存压力的增大,可持续发展的概念被迅速应用到交通运输中来,对交通运输提出了新的要求。

1. 可持续交通运输

1996 年,世界银行出版的《可持续运输:政策变革的关键》一书中:可持续运输指的是在交通运输上要实现经济与财务的可持续性、环境与生态的可持续性和社会的可持续性。

经济合作发展组织(OECD)界定了可持续交通系统:以安全、经济实用和可被社会接受的方式向人员、地点和货物提供交通和服务;达到公认的卫生和环境质量目标,如世界卫生组织制订的控制大气污染物和噪音方面的目

标；避免超过生态系统完整性的临界负荷和水准，如联合国界定的酸化、负影响化和对流层臭氧方面的负荷和水准，从而保护生态系统；不加剧气候变化和平流层臭氧耗竭等全球性消极现象。

这一定义突出反映了运输和运输基础设施发展产生的影响，不仅会涉及当地生活的各个领域，如土地利用和相关的人类活动、空气质量、事故、安全和公众健康，也将影响邻国、区域或全球范围的许多方面。

2. 道路运输可持续发展内涵

根据可持续发展的基本理论，结合道路运输业的特点，道路运输可持续发展是指道路运输在满足社会经济发展对其要求的同时，既能满足道路运输系统内部和综合运输体系的协调发展，又使其与社会、经济、环境、资源大系统长期、动态、协调的发展^{[3][4]}。

(1)道路运输系统的供给能力和发展能力与经济、社会发展对道路运输的需求相平衡，即道路运输的可持续发展与社会经济的可持续发展相一致。

(2)道路运输与资源的可持续发展。优化有限的时空资源，强调通过土地利用和对外交通运输系统的科学合理的规划布局，减少交通运输的资源消耗和土地资源消耗，提高系统的总体效率和资源利用价值的最大化；注重开发可替代资源，保证道路运输可持续发展。

(3)道路运输经济与财务上的可持续发展。在道路运输系统资源得到有效利用，可以提供较经济的运输，在满足不断变化的需求的同时，使系统的运行保持良好的财务经济状况。

(4)道路运输的环境与生态可持续性。道路运输可持续发展要以保护自然资源和生态环境为基础，与资源环境的承载力相协调。

(5)道路运输的社会可持续性。道路运输改善和发展的效益，应在全社会成员之间公平享用，并照顾到弱势群体的利益。

要实现道路运输的可持续发展，其最本质的要求是实现运输资源的合理有序流动、组合，达到资源的最优配置。而道路运输经济的增长也应该从目前运输成本高、运输效率低下、运输资源严重浪费的粗放状态向低成本、高效益、高质量，充分利用运输资源的集约化方向转变。

3.1.3 道路运输可持续发展要做到节能减排

节能减排指的是降低能源消耗，减少污染排放^[3]。而可持续发展思想是

国际社会及我国政府针对地球环境与人类发展这一整体性问题提出的长期性、前瞻性的长远规划及实现这些长远规划的策略，具备战略的特质。

从管理学角度看，当前我国实行的节能减排策略是实现我国经济社会可持续发展的重要抓手和针对全球气候变暖这一具体问题提出的一种近期的行动计划、近期目标，更多的具备战术的特征。

当前，节能减排是解决我国能源问题的根本途径，是减轻环境污染的治本之策，是实现经济又好又快发展的一项紧迫任务，是科学发展、社会和谐的本质要求；是落实“十一五”规划《纲要》提出的单位 GDP 能耗降低 20% 左右、主要污染物排放总量减少 10% 的约束性指标，加快建设资源节约型、环境友好型社会，实现节约发展、清洁发展、安全发展、可持续发展的重要抓手。节能减排既是当前的迫切任务，也是长远的战略需要。

道路运输业能源和环境问题日趋复杂，单纯依靠车辆尾气排放污染控制技术是解决不了的环境问题的。只有按照生态可持续性和经济可持续性的要求，改变运输生产过程中现有技术和生产结构，减少资源消耗，才有可能实现道路运输可持续发展。因此，道路运输可持续发展是节能减排策略的灵魂与纲领。而在道路运输业实施节能减排策略，能够更好的实现运输可持续发展。

3.2 国内外节能减排策略

节能涉及社会和经济系统的各个方面。20 世纪 70 年代能源危机后，1979 年世界能源委员会首次提出的“节能”定义，是“采取技术上可行、经济上合理、环境和社会可接受的一切措施，来提高能源资源的利用效率”。在能源系统的所有环节，包括开采、加工、转换、输送、分配、到终端利用，从经济、技术、法律、行政、宣传、教育等方面采取有效措施来节能，消除能源的浪费。1995 年世界能源委员会用“能源效率”代替“节能”，是指减少提供同等能源服务（能源的使用并不是它自身的终结，而是为满足人们需要提供服务）的能源投入。由此可知，能源利用的水平应以提供的能源服务来衡量，而不是用消耗的多少来表示。随着社会的发展，影响“能源效率”的因素和应对措施越来越多。例如，中国、美国、日本等国的节能法都包括了可再生能源利用，日本的节能法还强调了能源结构调整，开发利用代油能源，包括洁净煤、天然气、再生资源利用等^{[4][6]}。

减排是指减少气体污染物、温室气体、固体废弃物、重金属以及放射性物质等的排放。减排的对象主要有 SO_2 、悬浮颗粒（如粉尘、烟雾等）、氮氧化物 NO_x 、 CO 、重金属（如铅、镉等）、温室气体等。

3.2.1 国外节能减排

1973 年第四次中东战争引发的石油危机，导致了全球对能源的重新认识，西方发达国家特别是主要的石油进口国，开始重视能源节约利用，提倡提高能源效率；同时，温室气体过度排放引起的全球变暖，也引起了世界各国的高度重视^[6]。国外主要地区和国家如欧盟、美国和日本等围绕节能技术和碳排放进行节能减排相关研究^{[16][19][27]}。

1. 《京都议定书》的制定与实施

对于温室气体排放，大多数欧盟国家采用自愿减排的方式，减少二氧化碳排放。1997 年在《联合国气候变化框架公约》缔约方第三次会议上通过了《联合国气候变化框架公约的京都议定书》（简称《京都议定书》），已于 2005 年 2 月 16 日正式生效。它规定从 2008 年到 2012 年期间，主要工业化国家的温室气体排放量要在 1990 年的基础上平均减少 5.2%，其中欧盟将 6 种温室气体的排放量削减 8%，美国削减 7%，日本削减 6%。《京都议定书》对减排温室气体的种类、主要发达国家的减排时间表和额度等作出了具体规定。目前已有 170 多个国家签订了该协定。这是人类历史上首次以法规的形式限制温室气体排放。

2. 美国节能减排

美国为了应对 1973 年以来的两次石油危机于 1975 年出台了《能源政策和节约法》，1978 年出台了《国家能源政策法》，1992 年颁布了《国家节能政策法》，2005 年 8 月 8 日又出台了新的《2005 能源政策法》。上世纪 70 年代，美国还通过立法确定了能效标准和标识的法律地位，先后实施了强制性能效标准、标识和自愿性认证制度。在美国加州，温室气体的排放结构中，交通领域排放的温室气体占据 40%，比电力行业带来的排放还要多一倍。加州是美国第一个通过碳排放总量控制法案的州，其目标是到 2020 年，温室气体排放量控制在 1990 年的水平。

3. 日本节能减排

日本是能源极为缺乏的国家，尽可能有效使用能源是极为重要的课题。

减排是节能的量化指标之一,到 2020 年东京温室气体排放量与 2000 年相比要减少 25%。日本财政大力支持节能减排活动。仅 2004 年日本政府给非盈利组织开展节能和可再生能源宣传、普及活动补贴 15.3 亿日元,近年来的节能减排补贴更高。日本制定的“领跑者”制度是用“鞭打慢牛”办法来促进企业节能。所谓领跑者,是指汽车、电器等产品生产领域能源消耗最低的行业标兵。通过确立行业标杆,强制要求其他企业向其看齐,也就是确定家电产品、汽车的现有最高节能标准,从而使汽车的油耗标准、电器产品等的节能标准高于目前商品化机电产品中最佳产品性能。对于未达标的制造商,采取警告、公告、命令、罚款(100 万日元以下)等措施。汽车行业通过领跑者制度,在 2004 年度比 1995 年度能源消费效率提高了 22%,而按原定目标,到 2010 年提高 23%。同时,日本政府大力资助科研机构开发节能技术,补贴国民购买节能产品。这些举措都促进了日本本国的节能减排工作。

4. 丹麦节能减排

丹麦是开发和节约并重,实现能源消耗零增长。近年来在新能源技术,特别是风力发电、生物质能源及能源效率方面处于世界领先地位。1973 年第一次石油危机之前,丹麦是能源净进口国,1972 年能源消费总量约为 1500 多万吨油当量,石油全部依赖进口,每年进口石油约 1400 多万吨,包括电力进口在内,其能源对外依存度超过 95%。自 1974 开始,丹麦率先实施开发和节约并重的能源方针,大力开发北海石油和天然气资源,积极开发本土的风能和生物质能,大力提倡节能和提高能源效率,到 2005 年,在过去 30 多年时间里,以能源消费零增长,保证了经济持续快速发展。1990 年与 2005 年相比,GDP 增长了 75%,能源消费增长几乎为零。通过大力开发本国石油和天然气资源,使丹麦成为欧盟国家中三个石油净出口国之一。能源自给率达到了 156%,其中石油自给率接近 250%。由于丹麦大幅度调整能源结构,近 30 年来能源消费所引发的温室气体排放不仅没有增加,还下降了 30%。

5. 欧盟节能减排

欧盟委员会采取立法、财政税收支持、绿色配额证书、利用可再生资源等措施实现节能减排。2006 年 10 月 19 日在布鲁塞尔启动尾气六年的能源效率行动计划,指出至少要降低 20%的能耗才能应对气候变化及能源需求持续增长带来的挑战,涵盖建筑、交通、能源等行业,同时制定了严格的能耗标准。随后欧盟各国制定了一系列国家强制节能指标。2007 年 3 月 8 日,欧盟 27 国达成一致协议,使得 2020 年的温室气体排放量在 1990 年的基础上削减

20%。英国政府在财政预算中通过财政税务杠杆，支持清洁能源的利用并有效促进节能减排。

2006 年 1 月 1 日，欧洲开始实行欧 IV 发动机尾气排放标准，这与欧 I、欧 II 和欧 III 比较而言，氮氧化物排量要比欧洲 III 标准减少 30%；碳氢化合物和一氧化碳因为微粒问题要减少 80%，见表 3-1 欧洲汽车欧 I - 欧 IV 排放标准表。

表 3-1 欧洲汽车欧 I - 欧 IV 排放标准表（单位 g/km）

名称	车型	CO	HC	NOx	HC+NOx	PM	实施时间
欧洲 I 号	汽油车和柴油车	2.72/3.16			0.97/1.13	0.14/0.18	1995 年底前
欧洲 II 号	汽油车	2.2			0.5		1995 -2000 年
	非直喷柴油车	1			0.7	0.08	
	直喷柴油车	1			0.9	0.1	
欧洲 III 号	汽油车	2.3	0.2	0.15			2000 -2005 年
	柴油车	0.64		0.5	0.56	0.05	
欧洲 IV 号	汽油车	1	0.1	0.08		0.025	2005 年底起
	柴油车	0.5		0.25	0.3		

其中 CO：一氧化碳；HC：碳氢化合物；NOx：氮氧化合物；PM：颗粒物

3.2.2 我国节能减排

新中国成立尤其是改革开放以来，随着我国经济不断发展，政府也认识到各行各业在发展过程中遇到的能源和环境问题越来越多，对社会的影响越来越大。实施节能减排工作就提上日程。多年以来政府从能源环境政策的制定，到具体的实施，付出了很大的努力，逐渐引导各行各业的节能减排工作，走可持续发展的道路。

1. 节能减排政策法规的不断完善

从《环境保护法》的制定到《中华人民共和国节约能源法》制定、修改等，我国节能减排法律法规不断完善。

1979 年国家实施《环境保护法》，经济发展的同时更强调了环境保护的重要性。20 世纪 80 年代初国家开始把节能工作纳入国民经济规划，制定了《节约能源管理暂行条例》，提出了以效益为核心的能源开发利用战略和以电力为中心的能源消费结构调整战略；90 年代进一步将各项方针具体化，制定了《中华人民共和国节约能源法》及配套法规和政策，使节约能源成为我国基本国策和国家发展经济的一项长远战略方针；1998 年 5 月我国签署并于 2002 年 8 月核准了《京都议定书》。本世纪初针对能源紧张局面，我国从战略、规划、产业政策等方面进一步加强了节能减排工作的开展，将能耗降低指标分解到各省份，并签订节能减排目标责任书。2007 年政府又修订了《中华人民共和国节约能源法》，进一步明确了节能执法主体，强化了节能法律责任。国家“十一五”规划纲要明确提出：我国单位 GDP 能耗在 5 年内降低 20%；主要污染物排放总量减少 10%的战略目标。2007 年 4 月，国家发展和改革委员会发布了《能源发展“十一五”规划》，规划提出：到 2010 年，我国一次能源消费总量控制目标为 27 亿吨标准煤左右，年均增长 4%。煤炭、石油、天然气、核电、水电、其他可再生能源分别占一次能源消费总量的 66.1%、20.5%、5.3%、0.9%、6.8%和 0.4%。

2. 道路运输行业节能减排政策和标准

面对道路运输燃料消耗量的不断增长，交通行业一直对道路运输节能减排工作长抓不懈。自上世纪 80 年代以来，根据国家提出的“开发与节约并重，把节约放在优先地位”的能源战略方针，有计划、有组织地先后制定、实施了《交通行业节能管理实施条例》、《节能奖励办法》、《交通行业节能技术政策大纲》、《全国在用车船节能产品(技术)推广应用管理办法》、《车船节能产品(技术)公布规则》、《交通行业基本建设和技术改造项目增列节能篇的规定》、《交通行业实施节约能源法细则》等部门规章。2006 年，交通部又相继发出了《建设节约型交通指导意见》(交规划发[2006]140 号)、《关于交通行业全面贯彻落实国务院关于加强节能工作的决定的指导意见》(交体法发[2006]592 号)两个指导性文件，继续推动道路运输节能减排工作向深层次发展。2008 年 6 月 18 日，交通运输部确定道路运输行业节能减排的主要目标：与 2005 年相比，到 2010 年和 2020 年，营运客货车单位运输量能耗分别下降 5%和 16%，到 2020 年，力争在结构性节能和技术性节能两个方面取得显著效果，形成交通节能长效机制。到 2009 年 2 月，道路运输业受到了金融危机的影响，并将在一段时间内存在，如何应对危机、促进交通运输的科学发展，

节能减排工作就必须跟要抓紧。抓好节能减排是交通运输工作全面转入科学发展轨道的重要体现，也是发展现代交通运输业的重要内容，是应对金融危机的重要措施。

在道路运输节能减排的工作中，从运输管理、车辆技术性能和汽车使用性能改进方面制定了一系列的节能减排标准，见表 3-2 现行道路运输节能减排标准。

表 3-2 现行道路运输节能减排标准

序号	标准名称	适用范围
1	GB/T18566-2001 运输车辆能源利用检测评价方法	在用汽车燃料经济性评定
2	GB/T4352-2007 载货汽车运行燃料消耗量	对车辆运输过程的燃油消耗量考核
3	GB/T4353-2007 载客汽车运行燃料消耗量	
4	GB/T 7607-2002 柴油机油换油指标	在用车辆按质换油
5	GB/T 8028-1994 汽油机油换油指标	
6	GB/T14951-2007 汽车节油技术评定方法	
7	GB/T17752-1999 汽车燃油节能添加剂试验评定方法	在用汽车节油产品评定
8	GB/T17753-1999 汽车发动机润滑油节能添加剂试验评定方法	
9	JT/T306-1997 汽车节能产品使用技术条件	
10	GB/T21393-2008 公路运输能源消耗统计及分析方法	交通运输行业能源消耗统计
11	JT711-2008 营运客车燃料消耗量限值及测量方法	营业性车辆燃料消耗量准入和退出
12	JT719-2008 营运货车燃料消耗量限值及测量方法	

从运输管理角度制定的标准：GB/T4352-2007《载货汽车运行燃料消耗量》、GB/T4353-2007《载客汽车运行燃料消耗量》、GB/T7607-2002《柴油机油换油指标》、GB/T8028-1994《汽油机油换油指标》。从车辆技术性能角度制定的标准：GB/T18566-2001《运输车辆能源利用检测评价方法》，作为对车辆燃料经济性方面的评定依据，是目前车辆维修行业、车辆技术管理执行的重要标准。从汽车使用性能改进角度制定的标准：JT/T306-1997《汽车节能产品使用技术条件》、GB/T14951-2007《汽车节油技术评定方法》等，是对在用汽车节能产品节能效果评定及国家推广汽车节能产品的唯一依据，目前得到广泛应用。GB/T21393-2008《公路运输能源消耗统计及分析方法》标准旨在

建立科学、简便、操作性强的交通运输行业能源消耗统计制度,解决目前统计难、数据失真的问题。JT711-2008《营业性客运车辆燃料消耗量限值及测量方法》、JT719-2008《营业性货运车辆燃料消耗量限值及测量方法》,将分析研究不同质量的车辆燃料消耗量现状,确立道路运输行业客、货营业性车辆燃料消耗量评价方法及不同时期的限值,形成营业性车辆准入和退出机制中控制车辆能耗的技术依据,严禁高耗能客、货车辆在道路运输行业使用。

根据我国国情,制定了机动车排放标准。我国自 1999 年开始套用实施欧 I 排放标准,从 2001 年 1 月 1 日和 2004 年 7 月 1 日起分别实施 GB18352.1-2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(I)》和 GB18352.2-2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(II)》这两项国家机动车污染物排放标准,这对轻型汽车污染物排放的控制力度分别相当于欧洲 1992 年和 1996 年实施的欧 I 和欧 II 轻型汽车排放法规。GB18352.3-2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国 III、IV 阶段)》,于 2007 年 7 月 1 日实施的中国 III 阶段和 2010 年中国 IV 阶段,其污染物排放的控制力度分别相当于欧洲 2000 年和 2005 年实施的欧 III 和欧 IV 轻型汽车排放法规。四阶段排放标准的制定与实施,对改善我国大气环境质量起到了重要作用。

3.3 我国道路运输业节能减排现状分析

道路运输业属于交通行业的耗能大户,其能源消耗主要体现在完成运输活动的各种运输工具或设施直接消耗的能源;同时能源消耗也带来了日益加重的环境问题。在严峻的能源和环境形势下,道路运输业就必须实行节能减排,以保障国家能源安全,促进我国经济社会各项事业的健康发展。

3.3.1 道路运输业节能减排取得的成就

在党中央、国务院高度重视资源节约型和环境友好型社会建设下,良好的外部政策环境,使得道路运输业节能减排工作成就显著。尤其自 2006 年开始,从交通运输部到省、市、县道路运输主管部门严格按照国家有关节能减排的部署,在整个道路运输业实施节能减排策略,取得了一定的成效。

1. 节能减排组织机构的加强

2006 年交通运输部恢复成立节能工作协调小组,负责领导交通行业节能

工作，2008 年 5 月又把节能工作协调小组调整为节能减排工作领导小组，统一部署和协调解决交通行业节能减排工作中的重大问题，认真组织贯彻落实国务院有关节能减排工作的方针政策。对交通部能源管理办公室的工作职能和职责进一步加强。

地方各级交通运输主管部门也成立了相应的工作机构部分，大型交通运输企业设立了能源管理岗位，交通节能减排工作组织体系基本建立。这样就从机构设置上做好道路运输节能减排工作。

2. 节能减排示范项目的效果显著

2007 年推出了交通运输部推出了第一批 20 个节能减排示范项目，其中 9 个道路运输节能减排示范项目：燃油消耗考核统计、节油驾驶操作、高速公路客运接驳站服务模式、GPS 全球定位系统和行车记录仪系统、集约化经营、汽车驾驶模拟训练、客运车辆滚动发班模式、客运班线公司化经营模式以及推广新能源节能等。道路运输企业从运输管理节能、新能源利用等方面开展节能减排，这些经验对其他道路运输企业起到了很好的典型引路、全面推进的效果，引导全行业的道路运输节能减排工作。

以 2007 交通部第一批节能减排示范项目“苏州汽车客运集团燃油消耗考核统计节能减排示范”为例，其节能减排效果见表 3-3 所示。

从表 3-3 可知，2004 年到 2006 年三年间，企业经营车辆累计节约油料 689.51 万升，直接节省成本 3171.75 万元（按柴油价格 4.6 元/升计算），单车油耗节约量由 2004 年的每年 1119.66 升/车上升到 2006 年的 2051.2 升/车，增长了 83.2%。并且大幅减少交通运输行业乃至整个社会能耗总量，降低社会的经济运行成本，有效缓解交通运输行业发展给生态环境带来的负面效应，从而带来巨大的社会效益。

表 3-3 2004-2006 年能源消耗与节约情况

年份	车辆数	消耗（万升）			公司化经营车辆	
		汽油	柴油	合计	车辆数	节约（万升）
2004	2513	104	3623.6	3727.6	1068	119.58
2005	2812	64.32	5812.23	5876.55	1253	254.25
2006	3020	45.89	6592.56	6638.45	1539	315.68

在此基础上 2008 年又开展了第二批节能减排示范项目活动，包括大容量双层客车运用、煤层气在道路交通运输领域的开发利用、优选客车最佳使用

油耗区打造节能型高速公路客运、严格营运车辆准入优化车辆技术结构、网络建设和科技信息化在公路货运中的应用,从车辆技术、新能源、车辆运用、信息化管理等角度进行节能减排。

3.3.2 道路运输节能减排中存在问题

当前我国道路运输节能减排工作取得了一定的成就,但是存在的问题依然严重,在一定程度上严重影响着运输业的可持续发展。主要表现在:

1. 道路运输企业的节能减排意识参差不齐

多数道路运输企业普遍对节能减排工作认识不足,对节能减排的重视程度参差不齐,依法用能、合理用能意识淡薄,在经济效益与社会效益的处理上,偏重于经济效益。小运输企业点多面广,节能减排工作的开展难度较大。道路运输业普遍追求运输工具高档化,为追求利润而在超载运输上下功夫,不重视油耗成本的增加,更谈不上环保意识、节能意识。部分地方政府盲目追求车型档次而不考虑节能,在客运班车选型上往往不考虑客流量,盲目追求高档化,导致实载率低下。

2. 道路运输企业运输结构、管理上不合理

道路运输结构不合理,尤其是客、货运力结构不合理问题突出,能耗高、排放超标的老旧车辆淘汰缓慢,新型运力推广进展不快;内部能源管理基础工作较差。在运输需求分散且市场信息传递不畅的情况下,缺乏运输生产组织平台的个体运输,形成大量无效运输和运输资源的浪费。

3. 节能减排管理制度不完善

(1) 统计数据不全。虽然国内大型道路运输企业建立了油耗统计制度,但在整个道路运输行业内,仍缺乏足够的统计数据,对车辆的燃油消耗状况和排放状况难以准确掌握。

(2) 节能减排考核制度不健全。虽然部分道路运输企业实施了燃油定额使用考核制度,但由于缺乏行业整体的燃油消耗统计数据和定额标准,地方运输管理部门和大部分道路运输企业还没有建立相应的节能减排考核制度。

(3) 车辆技术管理制度不完善。现阶段,运输管理部门在车辆管理上,营运车辆的准入和退出没有与车辆的节能减排标准挂钩;新车采购没有规定节能减排要求。

4. 经营性道路客货运输驾驶员的节能减排素质需要提高

《道路运输从业人员管理规定》中经营性道路客货运输驾驶员包括经营性道路旅客运输驾驶员和经营性道路货物运输驾驶员，在运输中起着十分重要的作用。当前驾驶员整体素质不高，行业内未能广泛开展节能减排培训交流活动，驾驶员节能减排水平参差不齐，对企业节能减排工作进展不利。

5. 节能减排技术推广应用力度不够

混合动力客车、轿车的开发，节能减排新产品等开发和使用，虽然节能减排效果明显，但是，在节能减排技术的推广力度、应用比例上，由于节能减排资金投入有限，节能减排优惠政策不够，使得其推广力度不足、应用比例不高。道路运输管理部门没有及时总结介绍地方或企业的节能减排工作经验，没有足够的激励措施引导行业节能减排技术的推广。

6. 节能减排新产品市场混乱

节能减排新产品在一定程度上能够较大提高车辆燃油使用效率。现有节能减排产品市场前景很好，但是，由于缺乏市场导向和管理，大量无效节能减排产品的使用，严重影响了道路运输节能减排市场的健康发展，不但不节能，还恶化了车辆的技术性能，更影响了优秀节能产品的推广。

第 4 章 基于系统的我国道路运输业节能减排影响 因素及对策措施分析

道路运输与人民群众的生产、生活密切相关,直接影响人民群众的利益和经济建设的发展。道路运输业严峻的能源和环境形势要求高度重视节能减排工作,以保障国家能源安全,实现国家“十一五”节能减排目标。道路运输节能减排是一项复杂的系统工程,与人-车-路环境和运输组织管理密切相关,因此要从系统角度对道路运输业节能减排的影响因素进行分析。

4.1 道路运输系统

4.1.1 系统组成

1. 系统的定义

系统是由 2 个或 2 个以上可以相互区分、相互联系而又相互作用的要素所组成,在一定的阶层结构中分布,在给定的环境约束下,为达到整体的目的而存在的有机集合体^{[3][5]}。

2. 组成系统的三要素

系统处理的对象是物质、能量和信息,有时也包括人,从而构成系统的三要素。任何一个系统都要和物质对象、能量、信息发生关系。为了使系统正常运行或高效率化,就必须合理地管理和控制能量和物质的流动^{[3][5]}。

3. 道路运输系统

在交通运输系统中,道路运输系统是指在一定的时间和空间里,由所需位移的人和物资、运输工具(各种汽车车辆)、运输基础设施(道路等)、经营管理等,即有关人员和经营机构、信息、通信联系等若干相互制约、相互联系的动态要素所构成的具有特定功能的有机整体^[3]。

按照道路运输系统的功能可分为客运子系统、货运子系统、运输管理子

系统和线路场站辅助设施子系统。根据其构成要素可分为车辆、运输基础设施、服务设施、人等子系统^[3]。道路运输系统的总体结构如图 4-1 所示。

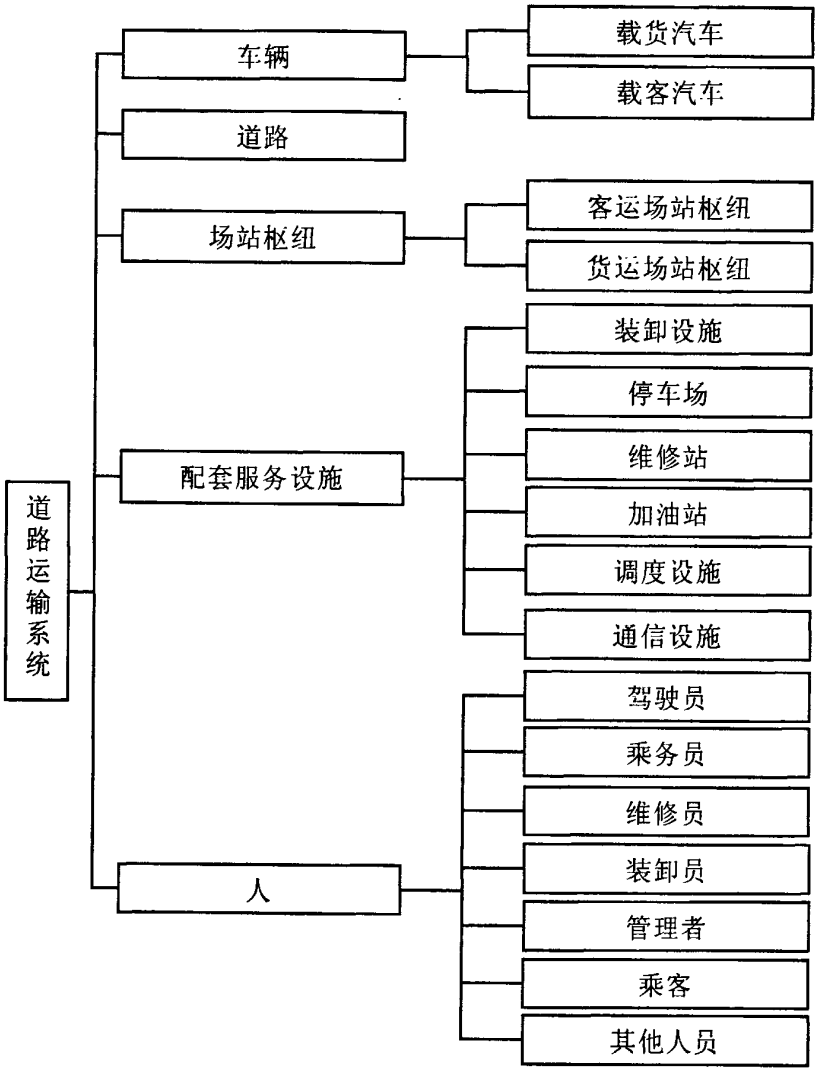


图 4-1 道路运输系统的总体结构图

4. 1. 2 道路运输业节能减排的基本模式

在道路运输系统中，有人、财、物和信息的投入，伴随运输生产过程，

节能减排的输出^{[3][6][7]}，其基本模式见图 4-2。

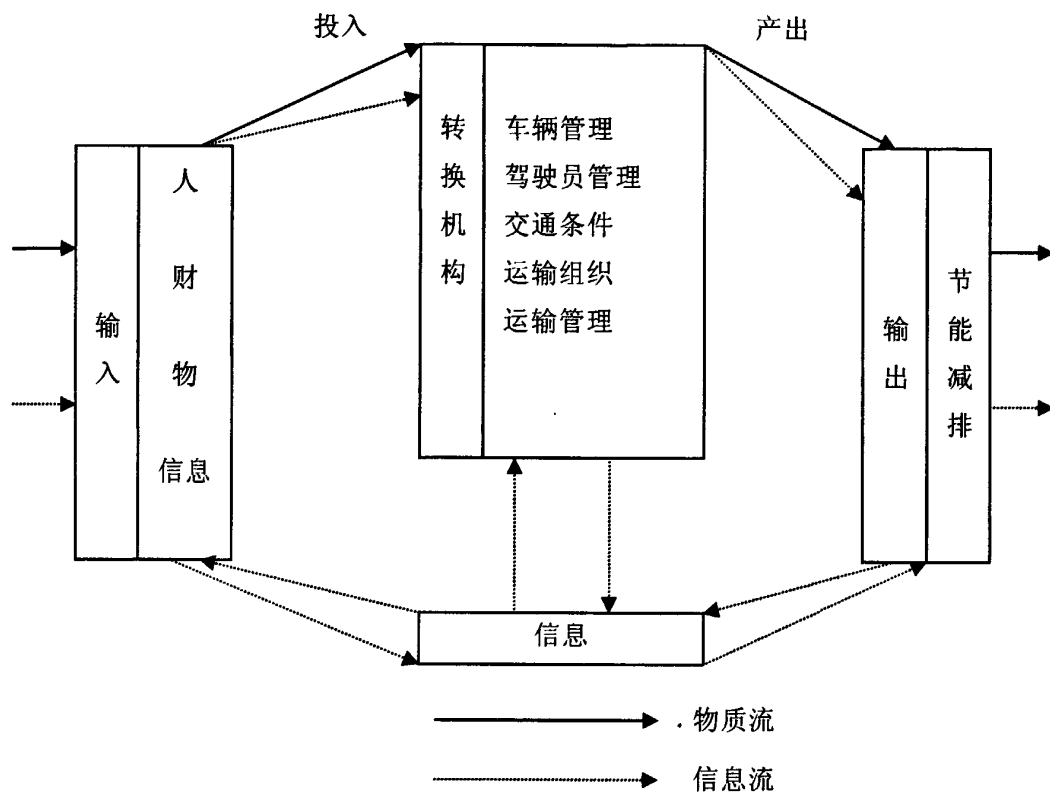


图 4-2 道路运输业节能减排的基本模式

4.2 道路运输业节能减排影响因素分析

从 4.1 节的内容分析，道路运输活动包括道路运输经营以及道路运输道路相关业务，与车辆、人、路环境紧密相连，与运输组织管理息息相关，因此从车辆因素、驾驶员因素、交通条件因素、运输组织因素、运输管理因素对道路运输业节能减排影响因素进行分析。

4.2.1 车辆因素

道路运输主要通过汽车车辆等交通工具完成运输活动的。因此道路运输

业节能减排受到车辆因素的影响最大,主要取决于车辆的燃油经济性、车辆排放水平的高低,影响因素有车辆配置情况、车辆维修及检测
[11][14][22][32][33][44][54]。

1. 车辆配置情况

车辆配置情况主要包括发动机、整车质量、汽车外形、传动系、附属设备、轮胎。

(1) 发动机。作为汽车的动力源的发动机,其能耗的高低对汽车的燃料消耗有着决定性的影响,发动机技术的高低还会影响尾气排放的优劣程度。

发动机主要有柴油机和汽油机两种。柴油机由于压缩比比汽油机要高得多,因此柴油机比汽油机的油耗要低得多,一般装备柴油发动机的轿车比装备汽油发动机的轿车节油 18%左右,柴油发动机载货汽车比汽油发动机载货汽车节油 30%左右^[34];柴油车的污染物排放也比汽油车少,主要是颗粒物或者烟雾,而汽油车则包括 CO, HC 和氮氧化物,可见提高柴油车的比例能够有效提高车辆的节能减排效果。相应的尾气排放减少。

发动机的比油耗(单位有效功的耗油量,以每千瓦小时所消耗的燃料重量来表示)对汽车的油耗有决定性的影响,而发动机的比油耗决定于发动机的结构,发动机的压缩比高、有完善的供油系统及合理的燃烧室形状、采用高能电子点火系统等都能降低发动机比油耗^{[13][14]},达到节能减排。

(2) 整车质量。减轻汽车总质量是汽车降低燃油消耗及减少排放的最有效措施之一。汽车总质量影响到汽车的滚动阻力、坡道阻力和加速阻力,对汽车的燃油经济性影响很大。目前汽车上广泛采用轻质材料,大大减轻汽车自重,有利于提高燃油经济性。根据美国 1978 年进行的统计表明,整备质量为 1360kg 的汽车,当汽车总质量减少 10%时,油耗降低约 8.8%^[13]。

(3) 汽车外形。汽车行驶时,发动机克服空气阻力所消耗的功率与车速的三次方成正比。随着高等级公路的发展,汽车的行驶速度将大大提高,消耗的功率随之加大,通过汽车外形的优化,减小汽车空气阻力来降低汽车的燃料消耗,减少排放。

(4) 传动系。根据高原、平原、低温、高温等不同使用环境条件进行优化匹配,可使汽车在相应的运输环境下具有良好的技术性能。首先发动机的功率应与整车质量匹配,大马拉小车或小马拉大车均使车辆行驶油耗上升;其次要优化汽车传动系速比,要根据汽车的行驶环境确定合理的经济车速,如长期在高速公路行驶的车辆,应提高其经济车速等。

(5) 车辆附属设备。目前汽车上带有多种附属设备以满足不同的需要, 附属设备的能耗成为汽车耗能的一个重要组成部分。如汽车空调要消耗发动机功率的 10%-12%, 使发动机燃油消耗量增加 10%-20%。

(6) 轮胎

轮胎对汽车的滚动阻力有较大的影响。子午线轮胎与普通斜交轮胎具有优异的技术性能, 其滚动阻力系数要比普通斜交轮胎小 20%-30%, 汽车使用子午线轮胎后可节省燃油 3%-8%。

2. 车辆构成。包括车辆使用燃料类型、车辆吨位大小及是否拖挂等。首先是采用柴油车替代汽油车, 能减少燃油消耗 20%以上; 第二是提高车辆平均吨位, 据测算, 普通载货汽车的平均吨位每提高 1 吨, 车辆的单耗低 6%; 第三是拖挂运输, 与单车相比, 拖挂车运输比单车运输油耗平均低 30%左右。

3. 车辆维护及检测

车辆是一个由多种零件、机构、总成组合而成的复杂的机械系统, 在使用过程中, 其技术状况将随着行驶里程的增加和外界条件的变化而逐渐变坏, 会使得车辆的动力性下降、经济性变坏、排气和噪声污染加剧以及可靠性变坏, 燃料消耗量、润滑材料消耗量和维修费用增加, 故障率提高。因此车辆维护及检测对道路运输节能减排影响很大^[9]。

(1) 车辆维护

车辆维护, 是指道路运输车辆运行到国家有关标准规定的行驶里程或间隔时间, 必须按期执行的维护作业。在汽车使用过程中, 由于各种因素的作用和影响, 各种机件、零件将随着行驶里程的增加而产生不同程度的松动、变形、磨损及机械损伤, 若不及时进行必要的技术维护, 汽车的动力性、可靠性和经济性就会破坏, 甚至可能出现意外事故。因此需要经常进行保养和维护来保证运输车辆的良好技术状况, 进而达到节能减排。

由于车辆运行条件和各个机件磨损的规律不同, 需要进行的维护作业的范围、深度和周期也就不同。车辆维护按照车辆运行间隔期、维护作业内容或运行条件等情况划分为: 按技术文件规定的运行间隔实施的强制维护、为使汽车适应季节变化而实行的季节性维护、汽车在走合同实施的走合维护等三类。加强车辆维护, 有效消除车辆故障, 保持其良好的技术状况, 是减少油耗和排放的重要手段。

(2) 车辆检测

车辆检测, 是为了确定车辆技术状况和工作能力进行的检查和测量。它

是指对车辆的整车、总成和各部件的各项参数与性能进行检验、测量和诊断。它适用于对新车装配后检测和对在用车的技术状况进行诊断,对修理后汽车的质量进行检验,以及车辆监理单位对车辆进行监督检查。

在检测维护制度的初级阶段,对在用车尾气排放达标的维护,可结合车辆正常的定期维护进行,而且采用单怠速检测进行尾气排放的控制。

4.2.2 驾驶员因素

在道路运输行业中,驾驶员的数量庞大,他们的驾驶素质对道路运输节能减排起着至关重要的作用^{[22][33][34][44]}。

1. 驾驶技术的影响

驾驶技术对交通安全、车辆油耗、节能减排的影响,贯穿在整个车辆运行过程中,起着决定性的作用。在运行安全的前提下,驾驶员起步、换挡、转向、制动到减速、停车等各种行驶工况都运用自如,运输效率必定会高,既节约燃料,又能减少污染排放。根据道路情况正确地选择行驶路线和车速,采用冷摇慢转、预热升温,轻踏缓抬,均匀中速,平稳行驶,及时换档,正确滑行,控制温度等一系列正确合理的操作方法,使车辆经常处于较有利的工作状态,从而使车辆技术性能良好、使总成零件寿命延长。

现代车辆结构越来越复杂,附加部件逐渐增多。对使用条件的要求也相应更加严格。这就要求驾驶员不但有高超的驾驶技术,还要有较全面的技术素质,能正确、合理地检查、调整、维护车辆。否则车辆的技术状况很难得到保障。

2. 驾驶员节能减排素质的影响

通过企业定期培训和管理,提高驾驶员的节能减排素质。

(1) 驾驶员车辆技术素质高,能够正确、合理地检查、调整、维护车辆,在一定程度上提高车辆的技术状况,提高车辆对运行条件的适应性,并根据运行条件选择合适、正确的驾驶操作,提高行车节能减排效果。

(2) 驾驶员必须清楚,行车中应以保证安全为首要条件,并在避免机件损伤的前提下,减少油耗,做到合理使用车辆。车辆的使用条件错综复杂,行驶中所遇到的情况更是千变万化,有些交通状况也难预料。这不仅影响驾驶操作和油耗,同时也影响行车的安全。

(3) 驾驶员对于行驶的道路熟悉与否对节油有密切的关系。熟悉道路情况

和装卸现场, 在操作中给予针对性处理, 这样必然节油。对于没走过的路程, 驾驶员在出车前应尽量了解一些道路情况。

(4) 长时间的行车会造成驾驶员的过度疲劳。长途行车中驾驶员每隔 3h, 应作间歇性休息, 这样对驾驶技术的发挥会收到明显效果^[11]。

4.2.3 交通条件因素

交通条件因素主要包括公路条件、运输场站枢纽、运输配套服务设备。

1. 公路条件

公路条件对车辆的油耗影响非常大, 国家标准 GB4352-2007《载货汽车运行燃料消耗量》及 GB4353-2007《载客汽车运行燃料消耗量》把公路分为 6 类, 见表 4-1。

表 4-1 公路等级分类

公路类别	公路等级
1 类公路	平原、微丘地形的高速公路 一、二级公路
2 类公路	平原、微丘地形的三、四级公路 山岭、重丘地形的高速公路
3 类公路	山岭、重丘地形的一、二、三级公路
4 类公路	平原、微丘地形的级外公路
5 类公路	山岭、重丘地形的四级公路
6 类公路	山岭、重丘地形的级外公路

改善交通条件包括提高公路等级, 提高路面铺装率; 改进交通信号, 建立单行线网络, 拓宽交叉路口, 平交路口改立交路口, 高速公路监控, 尽可能减少堵车, 缩短车辆在路上的等待时间等等, 可以降低车辆运营过程中的能源消耗^[44]。

根据试验研究的结果, 如以 1 类公路的汽车油耗为基数, 汽车在 2 类公路上行驶油耗要高 10%, 在 3 类公路上要高 25%, 在 4 类公路上要高 35%, 在 5 类公路上要高 45%, 在 6 类公路上要高 70%^{[33][44]}。

2. 运输场站枢纽

主要包括汽车客运站、汽车货运站的运营管理^[9]。

客运站是运输枢纽的基础设施,是集散旅客、直接为旅客与运输经营者服务、专门办理客运业务的作业场所,具有旅客组织、客运车辆组织、旅客中转换乘、多式联运、运输信息传递及综合服务等功能。

货运站是道路运输企业专门办理货物运输业务,进行货物作业、中转换乘、仓储保管的营业处和作业场所。在满足营业区域内社会对汽车货运的要求,为货物的合理运输创造良好条件,组织好城市间的汽车货运工作;组织好汽车与铁路水运的联运;完成运输经办业务和仓库作业;安全、及时、方便、经济地完成货运任务,提高汽车运输地实载率,为国家提供更多的积累,发展运输生产。

3. 运输配套服务设施

运输配套服务设施主要有装卸设施、停车场、维修站、加油站、调度设施和通信设施。这些设施的合理使用,能很好的促进道路运输节能减排。装卸设施技术水平高,操作规范,装卸效率高,停车场规模合理,管理规范,维修站和加油站设备先进,工作效率高,调度和通信设施的设置的科学,技术先进,间接促进道路运输节能减排。

4. 2. 4 运输组织因素

运输组织是运输企业的生产和经营实践中发展起来的关于运输资源合理配置和利用的理论和技術。运输组织是影响行业节能减排工作的重要內容

1. 车辆组织调度

通过对车辆进行合理的组织调度,提高车辆实载率。

(1) 运力结构

运力是道路运输业的基础,运力结构是各种运输车辆的比例,包括营运客车类型、等级,货运车辆车型。通过提高旅客运输中高档车辆比重和发展货运车辆的重型化、厢式化、专用化,来调整运力结构,提高运力结构的现代化水平。

实施营运客车类型划分及等级评定,货运汽车及汽车列车推荐车型制度,鼓励使用柴油汽车及重型车、专用车和厢式车,全面提升道路运输装备技术水平。包括旅客运输中高档车辆比重,大力发展大吨位货车、集装箱、零担、快件等特种车,还包括轻型货车和轿车的柴油化,开展拖挂运输等,均可有效提高客运实载率和货运空驶率,达到节能减排。

(2) 运输组织化程度

运输的组织化程度越高,运输越高效化。道路运输公司化和集约化经营,货物网络化运输,能合理配置资源,提高车辆实载率和行程利用率,发挥运输的规模效益,降低物流成本,实现旅客和货物流通的高效、顺畅进行,实现节能减排。

2. 站点、线路布局

站点布局包括道路运输区域内的站点数量、规模和位置、与其它运输方式的衔接等内容,这些都会影响客货运输的实载率、往返的均衡性、中转次数,合理的站点布局能够有效提高车辆的运输节能效率,减少换乘,减少车辆空驶率。

不同线路行驶路径、起止点的选择会直接影响运输车辆的能耗水平。以道路运输站场、枢纽为龙头,一般性汽车客、货运站(点)为辅助,站点、线路布局合理,结构优化,并且与其它运输方式有效衔接,能够提高运输效率,达到节能减排。

4.2.5 管理因素

1. 政府部门管理

政府在节能减排方面有着不可替代的作用^[44]。政府通过制定强势的环境法规,投入大量资源来发展、执行和强化减排计划,并加大在发动机设计、污染控制装置和油品质量方面的投入实现运输业的节能减排。

结合我国经济发展实际,通过对道路运输业的能源使用状况和节能减排潜力进行详细的评估和定量分析,政府制定科学、合理的道路运输业节能减排目标,出台道路运输业节能减排标准,从政策、资金上鼓励道路运输业实施节能减排措施,引导道路运输企业节能减排工作。政府部门管理作为源头控制管理,对于道路运输业整体节能减排工作的积极性和工作成效都有着重要影响,以政策引导、标准规范、市场准入、监督管理、科技创新、信息服务为手段,提升监管能力;通过政策标准强制性淘汰老旧高耗能车辆,通过相关制度促进车型结构优化、提高驾驶员节能减排素质进而达到整个道路运输行业节能减排。

2. 道路运输企业管理

道路运输企业在为社会提供运输服务时,消耗大量的能源,带来了一定

的环境问题,同时企业要降低成本、增加效益、提高企业核心竞争力,就必然加强本企业的节能减排管理。主要有车辆管理、车辆维修检测技术的监督与管理、驾驶员水平监督与管理、车辆的运输组织调度管理^[9]。

(1) 车辆管理。对现有车型进行节能减排更新和改造,并加大资金投入推广新产品,新技术,投入更多的资金,购买节能型汽车。提高车辆技术性能的达到道路运输企业节能减排。

(2) 车辆维修检测技术的监督与管理。维修质量直接影响车辆的技术性能。按照企业内车辆维修检测技术的要求,对车辆进行维修作业,保证车辆处于最佳性能状态。

(3) 驾驶员水平监督与管理,驾驶员的技术水平与心理素质,是否具备节能减排的相关知识,是节能减排的关键。

(4) 运输组织调度管理。企业要提高运输车辆的里程利用率,优化行车路线,提高车速的经济性,提高车辆燃油的经济性,从而可以达到节能减排的目的。

4.3 道路运输业节能减排的对策措施

我国道路运输业节能减排工作,应该从政府、企业的节能减排管理,节能减排的源头-车辆,车辆运用的节能减排环节,以及道路和配套设施的使用来进行节能减排^{[12][14][22][32][33][35][50]}。

4.3.1 加强政府和道路运输企业节能减排工作的组织和领导

1. 加强节能减排工作的宣传和教育培训

由于我国道路运输业历史发展原因,节能减排的思想意识、工作意识等十分薄弱,这严重影响了我国道路运输业的可持续发展。加大节能减排工作重要性、紧迫性的宣传和教育培训是做好节能减排工作的前提。

道路运输本身离不开人员的活动,提高道路运输从业人员的节能减排意识,由被动节能减排变为主动节能减,进而提高道路运输行业的整体节能减排意识。政府和道路运输企业通过采取多种有效的途径,加强节能宣传教育,使从业人员及时了解我国能源环境形势和节能减排的重要意义,提高全行业的节能减排意识,并通过开展道路运输节能减排培训工作,使从业人员接受

不同层次和内容的节能减排培训,对车辆驾驶员进行节能减排驾驶操作培训,提高节能操作技能。

2. 政府和企业要成立节能减排组织机构并建立健全节能减排制度

在节能减排工作中政府和道路运输企业起到领导、组织和监督的作用。在道路运输整个行业或一个企业中,节能减排工作贯彻执行的好坏,与政府或企业的组织机构和制度紧密相连。只有节能减排目标明确,组织落实到位,制度健全,才能将节能减排工作落到实处。

政府和企业要成立由专门人员、主要领导负责的节能减排组织机构,要建立自上而下的、完整的、有执行力的组织结构。建立健全相应的节能减排制度,对各级领导责任人、实行节能减排目标责任制考核;制定节能减排责任到单车、到责任人的考核方案,按照年度目标、月度考核,来进行奖惩;建立节能减排统计信息反馈系统,及时、准确、客观把握节能减排工作进度和动态。

4.3.2 加强车辆节能减排管理

车辆作为道路运输业的运输工具,在道路运输节能减排中起着十分重要的作用。

1. 建立健全道路运输车辆的准入与退出机制

政府颁布营运车辆的油耗限值强制性标准,建立车辆准入与退出制度,严禁高耗能客、货车辆在道路运输行业中使用。对于达不到油耗限值强制性标准的新生产车辆不允许其进入道路运输市场,以推动汽车制造企业主动积极地研究、开发、使用车辆节能减排新技术;并充分发挥汽车综合性能检测站的作用,加强对在用运输车辆的技术状况监督,对于不能达到油耗限值强制性标准的在用运输车辆坚决退出公路运输市场。

2. 选用低能耗、节能减排的车辆

企业在车辆结构上,积极采用能耗低、性能比较稳定、可靠性较高、与环境相适宜的车辆。根据车辆运营的道路环境,选择整车动力和传动系统匹配最佳的车辆;选择与运输生产相适宜的车辆,短途运输选用小型车辆,长途主干线运输选用大型车辆等;加大柴油车、重型车、大吨位车、大容量车、专用车、厢式车和拖挂车的使用,提高柴油车在道路运营车中的比重,提高重型车、专用车、厢式车和拖挂车在载货车中的比重;在企业中加大混合动

力、电动等新技术、新能源车辆等的使用比例。

3. 确保车辆技术状况良好

道路运输企业要建立科学的车辆维护、检测制度，实施完善的汽车技术状况检查方法，加强车辆检查、维护，保持汽车正常的技术状况。同时对高油耗车辆应实施淘汰或改造制度。

4. 加强行驶过程中车辆管理

道路运输企业通过对营运车辆安装汽车行驶记录仪或 GPS 监控系统，根据道路条件及车辆的技术性能，研究确立车辆合理的运行速度，利用该系统实施对营运车辆的车速控制，最大限度地确保车辆在低油耗区内运行，达到利用经济车速进行节能减排的目的。

4.3.3 加强道路运输从业人员节能减排管理

1. 提高驾驶员的节能减排驾驶技能

在道路运输中驾驶员是落实节能减排的重要因素。通过在驾驶员培训中增加节能减排驾驶操作等技术训练，制定并完善驾驶员节能减排培训制度，及时分析、总结企业内优秀驾驶员的节能减排驾驶经验和经验交流工作。根据车辆技术性能、运行线路、气候条件、运输要求等科学确定完善的道路运输油耗定额，并对驾驶员的节能减排水平进行考核，节超奖惩，提高驾驶员节能减排的积极性。

2. 提高修理技师、工人等其他从业人员节能减排水平

拥有素质优良的修理技师、工人等其他从业人员是保证车辆技术状况良好的根本保障。要建立专业、系统的车辆技术管理体系，确保优秀的修理人才、工人等能充分发挥各自节能减排的作用。

4.3.4 提高道路运输组织化程度，完善道路运输管理体制

1. 提高道路运输组织化程度

从我国当前的道路运输状况来看，要想大幅度提高道路运输效率，最根本的解决途径是提高运输的组织化程度，实现运输的高效化。根据运输距离和运输线路，选择最适合、最节油、最安全的车辆承担运输任务；在条件成熟的线路，探索成立线路公司或其他集约化经营模式；尽量减少和限制燃油

汽车在城市道路中的行驶。通过旅客运输公司化和集约化经营，道路货物网络化运输，有效地组织运力、合理配置资源，提高实载率和里程利用率，发挥运输的规模效益，从而降低物流成本，实现旅客和货物流通的高效、顺畅进行。

2. 完善道路运输管理体制

由于我国目前道路运输市场不健全、管理不规范，道路运输行业平均利润率较低，节能减排的实施过程中存在着很多制度上的障碍，使得技术上的节能无法解决根本问题。所以必须从制度上着手，通过提高组织化程度，完善行业管理体制，为实现节能减排提供根本的制度保障。

4.3.5 加大节能减排资金投入，推广使用节能减排新技术、新产品

1. 加大节能减排资金的投入

建立健全制度，加大节能减排资金投入，保障能源统计、节能减排标准、节能减排规划等基础性工作的展开，保障节能减排考核激励措施所需要资金的及时到位，促进节能减排技术的研究应用、节能减排示范工程推广等项目的及时开展并顺利实施，引导全行业节能减排工作的全面进行。

2. 推广使用节能减排新技术、新产品

使用节能减排新技术、新产品，有效降低车辆的能耗。在道路运输企业应积极推广并使用确有效果的节能减排新技术、新产品，达到节能减排目的。

第 5 章 节能减排指标体系设计与评价方法

道路运输业是一个复杂的系统，是一个由多个因素相互作用、相互制约的复杂混合体。综合考虑道路运输企业层面的各个因素，科学建立道路运输业节能减排评价指标体系，对道路运输业节能减排效果进行评价，找出节能减排工作中的薄弱环节，分析原因，进而采取相应的政策措施，促进道路运输企业节能减排工作的开展。

5.1 道路运输业节能减排评价指标体系的设计

从系统分析的观点看，节能减排评价是一个大的系统工程。指标体系是指根据研究的需要和目的，由一系列相互联系和制约、有代表性的指标所组成的科学、完整的指标群^{[3][6]}。

5.1.1 节能减排评价指标体系的基本原则

1. 科学性原则

指标体系一定要建立在对系统充分认识、充分研究的科学基础上，较客观和真实地反映道路运输业节能减排状况，量度节能减排水平，确定一种对各种指标的取舍性原则。

2. 完整性原则

要做到系统性，否则将影响评价结果的公平性，不能真实、全面的评价节能减排；要按照其层次的高低和作用的大小不断细分。

3. 目的性原则

就节能减排而言，它是由一系列相互独立、相互关联的指标所构成的有机整体，其指标选取应以节能减排主要目标作为指导，科学全面地反映节能减排的主要内涵。

4. 动态性原则

指标体系作为一个有机整体，不但要从各个不同的角度反映出被评价系统的主要特征状况，而且要反映体系的动态变化并体现出系统的发展趋势。

节能减排会随着社会、经济的发展不断变化,因此指标的选择要充分考虑动态变化特点,较好地描述与度量未来的发展趋势。

5. 操作性原则

即指标的数据必须易于搜集和计算,以减少主观臆断的误差。构建节能减排指标体系和评价标准必须在满足监测与评价目的的前提下,尽可能采用相对成熟和公认的指标,以便于评价结果的比较与应用。

5.1.2 道路运输业节能减排评价指标体系的结构

根据道路运输业节能减排评价的系统分析理论,运用评价指标体系的构建原则,结合本文 3.3 节我国道路运输业节能减排的现状和 4.2 节道路运输业节能减排的影响因素以及 4.3 节道路运输节能减排对策措施进行分析,建立道路运输业节能减排评价指标体系,如图 5-1 所示。

道路运输业节能减排评价指标体系由运输管理、运输生产安全、节能减排、车辆、驾驶员、公路设施和运输组织 7 个一级指标构成;由政府管理、企业管理、行车事故次数、行车事故死亡次数和直接经济损失、周转量油耗量、产值油耗量、排放合格率、车辆完好率、节能减排型车辆使用率、高等级(大吨位、集装箱)车辆拥有率、千公里车辆维修费用、驾驶员节能减排驾驶技术水平、驾驶员培训成本、道路站场枢纽和配套服务设施、车辆吨(座)位利用率、行程利用率和运输组织手段 20 个二级指标构成;三级指标包括政府和企业节能减排组织机构、节能减排制度。

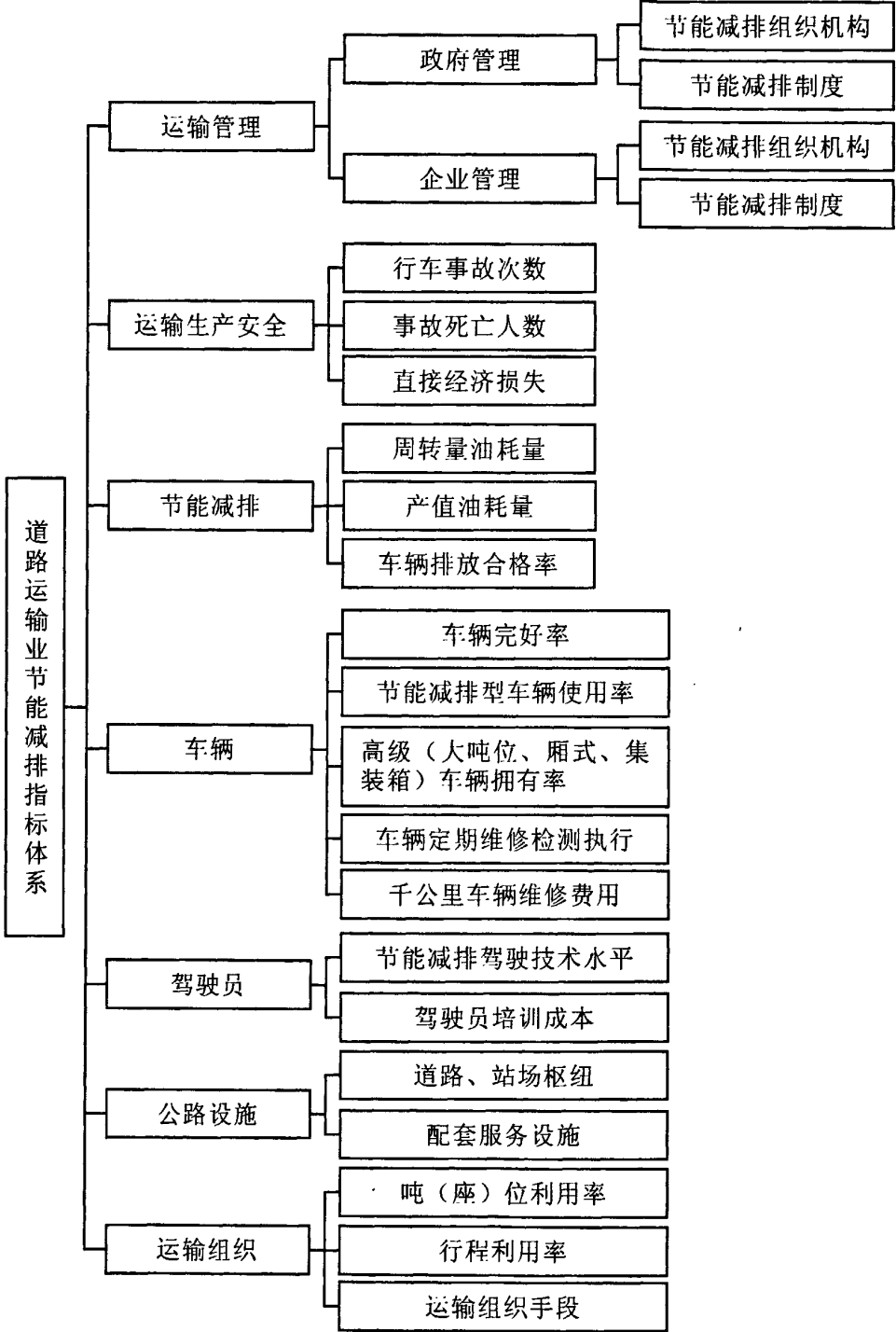


图 5-1 道路运输业节能减排评价指标体系结构图

5.1.3 道路运输业节能减排评价指标

该评价指标体系中,从道路运输节能减排涉及的管理、安全、人员、车辆、设施、组织层面上共同确定运输管理、运输生产安全、节能减排、车辆、驾驶员、公路设施和运输组织 7 个一级指标。从节能减排的意识、组织机构、制度上对道路运输节能减排进行管理,在节能减排思想、组织、制度完善提高道路运输节能减排水平;安全生产作为道路运输的最基本的要求,只有在保证安全运输生产的基础上才能提及道路运输业节能减排效果,安全事故少、经济损失小,就能尽快实现节能减排,促进道路运输业可持续发展;道路运输业离不开人员的劳动,他们的节能减排素质直接影响到节能减排效果,驾驶员的驾驶技能和驾驶员培训成本的高低对节能减排影响巨大;车辆作为道路运输的基本运输工具,在节能减排评价体系中作用更明显,性能、结构先进的车辆、新能源车辆等的使用,以及车辆良好的技术状况都能大大提高节能减排水平;道路运输是通过道路、场站枢纽完成的,设施的节能减排对道路运输整个行业的节能减排影响很大;运输生产离不开运输组织,科学、合理的组织安排对车辆运行、运输生产和道路运输节能减排作用大。

以下就一、二和三级指标进行具体论述。

1. 运输管理指标

道路运输业节能减排工作离不开政府和企业领导和管理以及各种制度的约束,在有效的约束领导下才能保证道路运输业节能减排工作的开展。包括政府和企业节能减排组织机构和节能减排制度指标,定性评价节能减排组织机构设置的科学合理性、节能减排制度的健全程度和实施效果。

组织机构的建立和健全的节能减排制度对道路运输业节能减排起到引导、监管和促进作用。

(1) 节能减排组织机构体现在:领导重视,政府、运输管理部门和运输企业成立节能减排领导小组,有工作计划,定期检查节能减排工作,有会议记录和检查记录;有组织机构保障,成立节能减排职能部门,配备工作人员;在行业内、企业内有节能减排宣传、报道工作。

(2) 节能减排制度体现在:制定并完善节能减排的相应制度,节能减排效果评比和奖惩制度、营运车辆定额管理制度、车辆能耗的统计标准等;实际中执行并取得很好节能减排效果的道路运输企业内部制度。

2. 运输生产安全指标

道路运输业作为服务性的行业,车辆运行的安全和运输对象货物、旅客的安全都是至关重要的。一旦出现生产不安全情况,发生事故,会给国家、社会带来巨大损失,危害公众的生命和财产安全^[9]。道路运输生产安全直接影响节能减排的效果,不安全的道路运输生产,其节能减排工作肯定受到影响。安全生产主要表现在到行车事故次数、行车事故死亡次数和直接经济损失,这三个数值越少甚至不发生,运输生产才能顺利完成,对道路运输业节能减排工作起到有利的促进作用,从定量评价道路运输生产的安全性和可靠性。

3. 节能减排指标

从节约能源、减少排放的数量上能够直接、明显的得出道路运输业节能减排的效果。能源和排放就与油耗量、排放量有关,结合运输生产的实际节能减排指标就与周转量油耗量、产值油耗量、排放合格率三个指标紧密连接。

(1) 周转量油耗量是统计和评价同一时期各企业或者同一企业不同时期完成单位周转量油耗,从定量评价道路运输业能耗实际水平,该值大小反映企业节能减排水平高低。在道路运输中,周转量分为旅客周转量和货物周转量。旅客周转量是运输车辆实际运送的旅客人次与其相应运送距离(旅客上、下车点间的距离)的乘积之和,单位为万人公里;货物周转量是运输车辆时间运送的每批货物质量与其相应运送距离(货物受理点与交付点间的距离)的乘积之和,单位为吨公里。

$$Q_{\text{周转}} = \frac{Q_{\text{总}}}{A_{\text{旅客(货物)}}} \quad (5-1)$$

式中 $Q_{\text{周转}}$ -周转量油耗量,升/万人(吨)公里;

$Q_{\text{总}}$ -计算期内总油耗量,升;

$A_{\text{旅客(货物)}}$ -旅客(货物)周转量,万人(吨)公里。

(2) 产值油耗量是统计和评价同一时期各企业或者同一企业不同时期完成单位产值油耗,从定量评价道路运输业能耗实际水平,该值大小反映企业节能减排水平高低,单位升/万元。产值在这里只考虑为道路运输企业的营业收入,单位万元。

$$Q_{\text{产值}} = \frac{Q_{\text{总}}}{M} \quad (5-2)$$

式中 $Q_{\text{产值}}$ -产值油耗量, 升/万元;

$Q_{\text{总}}$ -计算期内总油耗量, 升;

M -计算期内产值, 万元。

(3) 排放合格率: 运输企业在日常管理工作中, 应按照国家营运车辆排放要求对企业的营运车辆进行定期排放检测, 做好合格率统计工作。该指标从定量评价道路运输业排放实际水平, 直接反映车辆节能减排水平高低。

4. 车辆管理指标

车辆作为道路运输工具, 车辆等级、技术状况、检测维修情况等对其节能减排有很大影响, 车辆完好率、节能减排型车辆使用率和高等级(大吨位、集装箱)车辆拥有率越高以及千公里车辆维修费用越低, 会使得道路运输节能减排效果越明显。

(1) 车辆完好率是完好车日占总车日的比率, 从定量评价全部运营车辆的技术状况水平。该指标越高, 反映车辆的技术状况越好。完好车日是车辆处于技术完好状况的车日; 总车日也称营运车日, 按一定时期(年、季、月)内在用营运车辆累计。

$$\alpha = \frac{D_{\text{完好}}}{D_{\text{总}}} \times 100\% \quad (5-3)$$

式中 α -车辆完好率, %;

$D_{\text{完好}}$ -完好车日, 天;

$D_{\text{总}}$ -总车日, 天。

(2) 节能减排型车辆使用率是道路运输企业内节能减排型车辆占营运车辆总数的比率, 从定量评价节能减排技术、产品在企业中推广、应用程度。节能减排型车辆包括新能源汽车和装有节能减排作用装置或产品的常规燃料车辆。新能源汽车包括五大类型混合动力电动汽车(HEV)、纯电动汽车(BEV, 包括太阳能汽车)、燃料电池电动汽车(FCEV)、其他新能源(如超级电容器、飞轮等高效储能器)汽车等, 非常规的车用燃料指除汽油、柴油、天然气(NG)、液化石油气(LPG)、乙醇汽油(EG)、甲醇、二甲醚之外的燃料。

$$\beta_1 = \frac{\sum C_1}{C_{\text{总}}} \times 100\% \quad (5-4)$$

式中 β_1 -节能减排型车辆使用率, %;

$\sum C_1$ -节能减排型车辆总数, 辆;

$C_{\text{总}}$ -营运车辆总数, 辆。

(3) 车辆定期维修检测执行

按照《汽车维护、检测、诊断技术规范》，严格对车辆进行定期维护、检测，定性评价车辆维修检测执行情况，进而保证车辆的技术状况完好，减少能耗，提高生产效率，促进节能减排。

(4) 高等级（大吨位、厢式、集装箱）车辆拥有率是高等级（大吨位、厢式、集装箱）车辆占营运车辆总数的比例，定量评价高等级车辆、大吨位、厢式、集装箱车辆在企业运营中的应用程度越高，拥有率越高则运输效率越高，反映企业节能减排水平。在客运企业中，按照《JT/T325-2006 营运客车类型划分及等级评定》高级客车的评定标准统计本企业的高级客车数量；货车按照载重质量分为微型（总质量 ≤ 1.8 吨）、轻型（ 1.8 吨 $<$ 总质量 ≤ 6 吨）、中型（ 6 吨 $<$ 总质量 ≤ 14 吨）和重型（总质量 ≥ 14 吨），在货运企业中，中、重型车辆单程运输量大，运输成本低，集装箱作为一种运输设备，可长期反复使用，不用中途换装，便于快速装卸和搬运，厢式货车是货厢与驾驶室分别独立封闭，三种货运车型运输效率高，道路运输企业通过统计得到其车辆数量。

$$\beta_2 = \frac{\sum C_2}{C_{\text{总}}} \times 100\% \quad (5-5)$$

式中 β_2 -高等级（大吨位、厢式、集装箱）车辆拥有率, %;

$\sum C_2$ -高等级（大吨位、厢式、集装箱）车辆总数, 辆;

$C_{\text{总}}$ -营运车辆总数, 辆。

(4) 千公里车辆维修费用是营运车辆行驶千公里的车辆维修费用，定量评价车辆维修成本的高低，该费用越低，其车辆技术性能越好，节能减排水平越高，其单位，万元/千公里。

$$F = \frac{F_{\text{总}}}{L} \times 100\% \quad (5-6)$$

式中 F -千公里车辆维修费用, 万元/千公里;

$F_{\text{总}}$ -计算期内车辆维修费用, 万元;

L -营运行车里程, 千公里。

5. 驾驶员管理指标

运输企业对驾驶员在节能减排方面进行有目标、有计划和有具体内容的考核和培训工作, 掌握并提高驾驶员的驾驶水平, 增强驾驶员的节能减排意识, 同时降低驾驶员培训、考核的成本, 提高企业的节能减排水平。

(1) 驾驶员节能减排驾驶技术水平

定性评价驾驶员的技能高低。企业要有计划地对驾驶员进行节能减排知识及技术的考核和培训, 计划中应明确节能减排知识和节能减排驾驶技术培训的内容, 通过宣传、教育和培训等, 提高节能减排工作的认识, 实现节能减排。

(2) 驾驶员培训成本

定性评价驾驶员培训成本的高低。在现有的驾驶员节能减排培训制度要求和培训计划的指导下, 道路运输企业应认真落实培训计划, 做到有计划、有措施、有记录有考核, 做到培训成本最低。并结合培训, 开展节能减排宣传, 组织节能减排技能比赛, 同时开展群众性节能减排活动, 不断提高驾驶员的节能减排意识和节能减排驾驶操作技能。

6. 公路设施

道路、站场枢纽和配套服务设施作为道路运输基础设施, 其完备程度对道路运输业节能减排影响很大。

(1) 道路、站场枢纽的选择、规划, 定性评价道路和站场枢纽的节能减排水平, 进而在现有的条件下提高车辆的运输效率, 科学、合理的运营。

(2) 配套服务设施包括加油站、维修站、节能减排设备等, 定性评价道路运输配套服务设施的运用情况, 做到科学、合理使用, 促进道路运输节能减排。

7. 运输组织指标

运输是由车辆、人员、道路组成的生产过程, 运输组织在其中起着关键作用。没有科学合理的组织, 就不能保证运输的顺利进行, 更影响道路运输节能减排工作的开展。

(1) 吨(座)位利用率是按全部营运车辆一定时期内的全部运次, 定量评价车辆载重能力利用程度。计算公式:

$$\gamma_1 = \frac{B}{W} \times 100\% \quad (5-7)$$

式中 γ_1 -吨（座）位利用率，%；

B -计算期内换算周转量，吨（座）位公里；

W -同期载重行程载重量，吨（座）位公里。

其中，换算周转量是将载客或载货周转量按“10 人公里=1 吨公里”的比例，换算成统一的计量单位；载重行程载重量是“重车吨公里”和“重车座位公里”，是一定时期内全部营运车辆的载重行程载重量，按每一辆营运车辆的“载重行程”（重车公里）与其“额定吨（座）位”的乘积累计的合计数，单位为吨（座）位公里。其计算公式见式 5-8。

$$W = \sum [L_{\text{载重}} \times E] \quad (5-8)$$

式中 W - 载重行程载重量，吨（座）位公里；

$L_{\text{载重}}$ -计算期内载重行程，公里；

E -额定吨（座）位数，吨（座）位。

(2) 行程利用率是总行程的利用的指标，定量评价车辆的行程利用程度，直接影响车辆的生产率和道路运输企业的经济效益，计算公式：

$$\gamma_2 = \frac{L_{\text{载重}}}{L_{\text{总}}} \times 100\% \quad (5-9)$$

式中 γ_2 - 行程利用率，%；

$L_{\text{载重}}$ -计算期内载重行程，公里；

$L_{\text{总}}$ -计算期内总行程，公里。

其中，总行程是营运车辆在一定时期内出车行驶的公里数。载重行程是车辆载有旅客或货物行驶的公里数。

(3) 运输组织手段指标

该指标定性评价道路运输组织手段的合理性。道路运输企业对运输市场需求分析，配备合理车型，避免盲目开行线路。对已开线路，要进行科学的调度组织，充分运用各种技术手段和信息平台，同时运输资源合理配置，培育组建大的运输集团，提高运输的组织化程度，降低车辆的空驶率，提高车辆的实载率，优化运输线路，从而提高道路运输业节能减排。

5.2 道路运输业节能减排评价指标赋权

5.2.1 传统的层次分析法

层次分析法是 20 世纪 70 年代由著名运筹学家 T. L. Satty 等人提出的一种定性和定量相结合的多准则决策方法。它的基本原理是用两两比较的方法确定判断矩阵，然后根据判断矩阵的最大特征根相应的特征向量的分量作为相应的系数，最后综合出各方案各自的权重^{[3][9]}。

1. 层次分析法赋权的基本过程

(1)建立递阶层次结构。首先把问题条理化，层次化，构造出一个层次分析的结构模型。

(2)构建每位专家的判断矩阵 A。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = A(a_{ij})$$

(5-10)

其中 a_{ij} 表示 k 位专家认为的 x_i 与 x_j 关于上一准则的相对重要程度。采用 1-9 标度法，如表 5-1：

表 5-1 分级比例标度参考表

赋值 x_i/x_j	说明
1	表示 x_i 与 x_j 相比，具有同样重要性
3	表示 x_i 与 x_j 相比，指标 x_i 比指标 x_j 稍微重要
5	表示 x_i 与 x_j 相比，指标 x_i 比指标 x_j 明显重要
7	表示 x_i 与 x_j 相比，指标 x_i 比指标 x_j 强烈重要
9	表示 x_i 与 x_j 相比，指标 x_i 比指标 x_j 极端重要
2、4、6、8	对应以上相邻判断的中间情况
倒数	指标 x_i 与指标 x_j 比较得判断 a_{ji} ， 则指标 x_j 与指标 x_i 比较得 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

(3) 计算权重及一致性检验

权重计算有和法和根法两种。

① 和法

对 A 按列规范化

$$\overline{a_{ij}} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5-11)$$

按行相加，得和数 $\overline{w_{ij}}$

$$\overline{w_{ij}} = \sum_{j=1}^n \overline{a_{ij}} \quad (5-12)$$

再规范化，即得权重系数 w_i

$$w_i = \frac{\overline{w_i}}{\sum_{i=1}^n \overline{w_i}} \quad (5-13)$$

② 根法

对 A 按行元素求积，在求 $1/n$ 次幂，得

$$\overline{w_i} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad i=1,2,\dots,n \quad (5-14)$$

再规范化，即得权重系数 w_i ，公式同 5-13。

一致性检验时，可以用 $\lambda_{\max} - n$ 来度量 A 中各元素的估计的一致性，引入一致性指标 (Consistence Index) CI。公式见 5-15。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5-15)$$

CI^k 与表 5.2 所给出的同阶矩阵的随机指标 RI (Random Index) 之比称为一致性比率 CR (Consistence Rate)。公式见 5-16。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5-16)$$

表 5-2 n 阶矩阵的随机指标 RI 和相应得临界本征值 $\lambda_{\max}$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

比率 CR 可以用来确定判断矩阵 A 能否被接受。若 $CR > 0.1$, 说明 A 中各元素 a_{ij} 的估计一致性太差; 若 $CR < 0.1$, 则可认为 A 中各元素 a_{ij} 的估计基本一致。

2. 传统层次分析法的不足

传统层次分析法由于让评价者对照相对重要性函数表给出因素集中两两比较的重要性等级, 分级比例标度为 1-9。这种广泛采用的标度方法与人的思维标度存在较大的差异。按照表 5-1 中分级比例标度表, 两个因素中当 x_1 比 x_2 稍微重要时, 二者权重比值为 3:1, 即前者的重要程度是后者的 3 倍, 这就和人的观念中 “稍微重要” 的差距很大; 三个因素中当 x_1 比 x_2 稍微重要, x_2 比 x_3 稍微重要, 可知 x_1 比 x_3 更重要, 权重比值为 9:1, 用该方法标度与实际差距大, 进而造成评价结果很不合理。当遇到因素众多、规模较大的问题时, 该方法就容易出现问題, 它的应用限于诸因素子集中的因素不超过 9 个的对象系统^[46]。

另外, 一致性检验是传统层次分析法必需的步骤, 当随机一致性比率 $CR > 0.1$ 时, 就必须调整判断矩阵。矩阵的调整一般凭大致的估计, 虽然往往行之有效, 但毕竟带有盲目性。当系统评价指标繁多、影响因素复杂时, 可能需经过多次调整才能通过一致性的可能性, 过程繁琐, 费时又费力。

5.2.2 改进的层次分析法

针对传统层次分析法中标度系统的不足, 国内外进行了相关研究。其中骆玉清等对层次分析法的标度进行了系统研究^[48], 提出了用保序性、一致性、标度均匀性、标度可记忆性、标度可感知性、标度权重拟合性等标准, 综合评价层次分析法中的不同标度, 用这些标准对现有的四种标度 1-9 标度、

9/9-9/1 标度、10/10-18/2 标度和 $9^{9/9}-9^{9/9}$ 标度进行了比较，并对单一准则下的排序，各种标度法都具有保序性，使用 1-9 标度最佳，对一精度要求较高的多准则下的排序问题使用指数标度 $e^{9/5}-e^{8/5}$ 或 $e^{9/4}-e^{8/4}$ ，其分级比例标度参考表见表 5-3。

该方法提出的评价标准较为客观、全面，克服了目前较为普遍存在的仅以“一致性”作为标度优劣唯一评价标准时可能产生的弊病。

结合道路运输业节能减排评价指标体系，以及各个指标间的关系，本文运用指数标度 $e^{9/5}-e^{8/5}$ 改进的层次分析法，对评价指标进行赋权。该方法与传统的层次分析法赋权过程基本上是一样的。由于 $e^{9/5}-e^{8/5}$ 标度法有较好的一致性，构造出来的判断矩阵一般都是符合一致性要求的，无需进行调整。

表 5-3 分级比例标度参考表

区别	同样重要	微小重要	稍微重要	更为重要	明显重要	十分重要	强烈重要	更强烈重要	极端重要
1-9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9/9-9/1	9/9	9/8	9/7	9/6	9/5	9/4	9/3	9/2	9/1
10/10-18/2	10/10	11/9	12/8	13/7	14/6	15/5	16/4	17/3	18/2
$9^{9/9}-9^{9/9}$	$9^{9/9}$	$9^{1/9}$	$9^{2/9}$	$9^{3/9}$	$9^{4/9}$	$9^{5/9}$	$9^{6/9}$	$9^{7/9}$	$9^{8/9}$
$e^{9/5}-e^{8/5}$	$e^{9/5}$ 1	$e^{1/5}$ 1. 22	$e^{2/5}$ 1. 49	$e^{3/5}$ 1. 82	$e^{4/5}$ 2. 23	$e^{5/5}$ 2. 72	$e^{6/5}$ 3. 32	$e^{7/5}$ 4. 06	$e^{8/5}$ 4. 95
$e^{9/4}-e^{8/4}$	$e^{9/4}$ 1	$e^{1/4}$ 1. 28	$e^{2/4}$ 1. 65	$e^{3/4}$ 2. 12	$e^{4/4}$ 2. 72	$e^{5/4}$ 3. 49	$e^{6/4}$ 4. 48	$e^{7/4}$ 5. 76	$e^{8/4}$ 7. 39

5. 2. 3 道路运输业节能减排评价指标权重的确定

1. 建立道路运输业节能减排评价递阶层次结构

道路运输业节能减排评价从运输管理、道路运输安全生产指标、节能减排指标、车辆指标、驾驶员指标、公路设施和运输组织七个层次进行衡量。因此，建立道路运输节能减排指标层次模型，见图 5-2 所示。

2. 改进的层次分析法计算权重

从指标层 D 开始，两两比较各指标相对于上一层准则层的重要性，标度按照表 5-3，采用 $e^{9/5}-e^{8/5}$ 标度构建判断矩阵，并按照 5. 2. 1 节中“和法”求

其权重。

D1-D2 对于 C1 政府管理指标, D3-D4 对于企业管理指标, C1-C2 对于运输管理指标 B1, C3-C5 对于运输生产安全指标 B2, C6-C8 对于节能减排指标 B3, C9-C13 对于车辆指标 B4, C14-C15 对于驾驶员指标 B5, C16-C17 对于公路设施指标 B6, C18-C20 对于运输组织指标 B7 的判断矩阵及其权重分别见表 5-4 至 5-12。再构建准则层 B1-B5 各指标相对于上一层 A 的判断矩阵及计算其权重, 如表 5-13 所示。

表 5-4 D1-D2 判断矩阵及权重

C1	D1	D2	权重
D1	1	1	0.5
D2	1	1	0.5

表 5-5 D3-D4 判断矩阵及权重

C2	D3	D4	权重
D3	1	1	0.5
D4	1	1	0.5

表 5-6 C1-C2 判断矩阵及权重

B1	C1	C2	权重
C1	1	0.82	0.45
C2	1.22	1	0.55

表 5-7 C3-C5 判断矩阵及权重

B2	C3	C4	C5	权重
C3	1.00	0.37	1	0.24
C4	2.72	1.00	0.82	0.42
C5	1	1.22	1.00	0.35

表 5-8 C6-C8 判断矩阵及权重

B3	C6	C7	C8	权重
C6	1	1.49	1.22	0.40
C7	0.67	1	1.49	0.33
C8	0.82	0.67	1	0.27

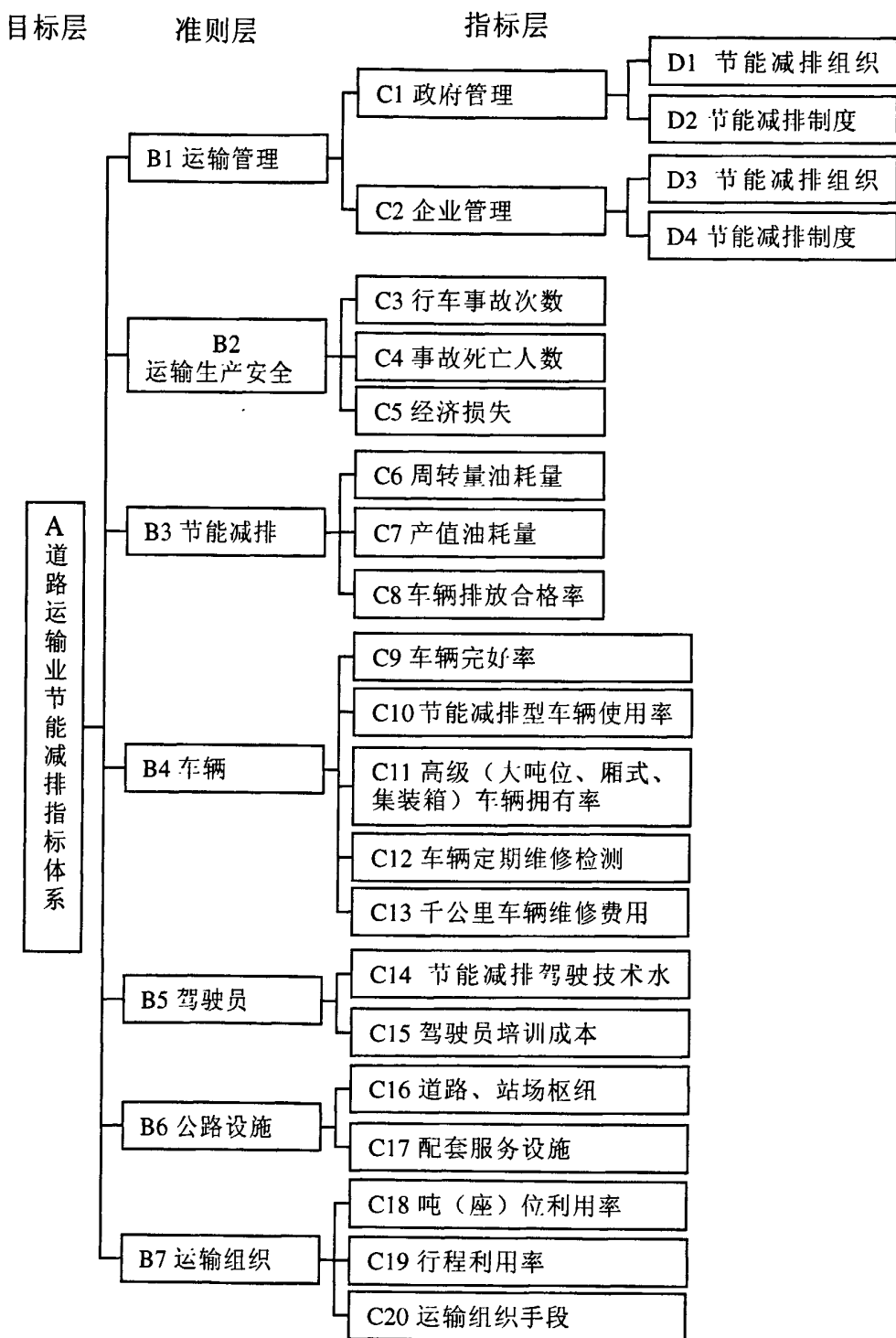


图 5-2 道路运输业节能减排评价指标层次图

表 5-9 C9-C13 判断矩阵及权重

B4	C9	C10	C11	C12	C13	权重
C9	1	1.49	1.49	1.22	1.82	0.27
C10	0.67	1	1	1.82	1.22	0.21
C11	0.67	1	1	1.49	1.22	0.20
C12	0.82	0.55	0.67	1	1.49	0.17
C13	0.55	0.82	0.82	0.67	1	0.15

表 5-10 C14-C15 判断矩阵及权重

B5	C14	C15	权重
C14	1	2.23	0.69
C15	0.45	1	0.31

表 5-11 C16-C17 判断矩阵及权重

B6	C164	C17	权重
C16	1	1.49	0.6
C17	0.67	1	0.4

表 5-12 C18-C20 判断矩阵及权重

B7	C18	C19	C20	权重
C18	1	1	1.49	0.38
C19	1	1	1.22	0.35
C20	0.67	0.82	1	0.27

表 5-13 B1-B7 判断矩阵及权重

A	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	权重
B1	1	1.22	0.55	0.45	0.37	1.22	1	0.11
B2	0.82	1	1	0.82	1.22	1	1.22	0.14
B3	1.82	1	1	1.49	0.45	0.82	0.82	0.14
B4	2.23	1.22	0.67	1	0.67	1.82	1.22	0.16
B5	2.72	0.82	2.23	1.49	1	1.22	1.49	0.20
B6	0.82	1	1.22	0.55	0.82	1	1.22	0.13
B7	1	0.82	1.22	0.82	0.67	0.82	1	0.12

按照 5.2.1 节中一致性检验的步骤, 计算各判断矩阵的随机一致性比率 CR, 该值均小于 0.1, 说明判断矩阵的一致性较好, 不需要重新构造判断矩阵。

5.3 道路运输业节能减排模糊综合评价模型

5.3.1 模糊综合评价及其基本步骤

1. 模糊综合评价法(Fuzzy Comprehensive Evaluation)

它是我国学者汪培庄提出的一种用于涉及模糊因素的对象系统的综合评价方法^[54]。它将评价对象和评价指标运用模糊数学方法转变为隶属度和隶属函数, 通过模糊复合运算来得到模糊结果集。该方法的优点是数学模型简单, 容易掌握, 可对涉及模糊因素的对象系统进行综合评价, 而且更加适宜于评价因素多、结构层次多的对象系统。不足之处在于过程本身并不能解决评价指标间相关造成的评价信息重复问题, 隶属函数的确定还没有系统的方法。

2. 模糊综合评价的基本步骤

(1) 确定评价对象集、因素集和评语集

对象集 $O = \{O_1, O_2, \dots, O_m\}$; 因素集 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$; 评语集 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$ 。

(2) 建立评价因素的权分配矩阵

采用 5.3 节中改进的层次分析法确定指标权重。

(3) 建立模糊评价矩阵

① 确定每个指标的隶属度函数;

② 确定每个指标的隶属度值;

③ 确定评价矩阵 R_i 。

(4) 模糊综合评价数学模型

采用主因素决定型模型进行最终计算。

其中一级综合评判的结论组成矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{pmatrix} = \omega_{IR} \circ R_i \quad (5-17)$$

二级综合评判模型为:

$$B = \omega_{RO} \circ R \quad (5-18)$$

最后采用最大隶属度确定道路运输业节能减排效果最佳。

5.3.2 评价指标隶属度的确定

1. 道路运输节能减排评价指标量化方法

(1) 通过一定时期内(月、季度或者年)道路运输业统计工作得到的定量指标,如油耗、旅客周转量、货物周转量等。

(2) 通过计算得到部分指标,如行程利用率、吨(座)位利用率等。

(3) 一些管理指标可以通过专家打分(德尔菲法)的方法得到。如节能减排组织机构指标、驾驶员节能减排培训情况指标等。

2. 隶属函数

对各评价指标的第二步量化,是通过隶属函数计算各指标的隶属度^{[3][54]}。

常用的隶属函数有以下几种:

模型一:正态形隶属函数,如图 5-3 所示:

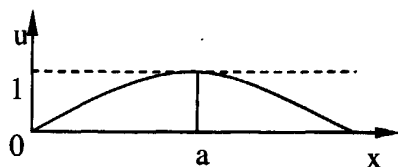


图 5-3 正态隶属函数

隶属函数表示为:

$$u(x) = e^{-k(x-a)^2} \quad (5-19)$$

式中, $k > 0$, x 为评价指标第一步的量化值。正态形隶属函数以 $x = a$ 为

界，分为升半正态形和降半正态形。

模型二：直线形隶属函数。

如图 5-4 所示，可分为升型（A 型）和降型（B 型）两种：

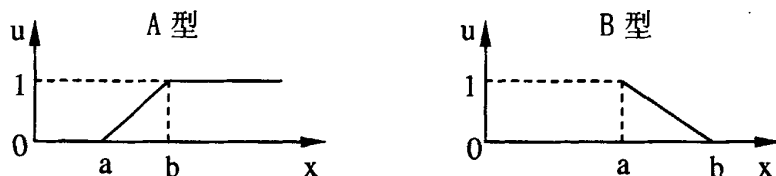


图 5-4 直线形隶属函数

其隶属函数表示为：

升型（A 型）：

$$u(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases} \quad (5-20)$$

降型（B 型）：

$$u(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases} \quad (5-21)$$

模型一和模型二是对具有定量指标的量化方法，对于定性指标的量化可采用模型三表示的隶属函数。

模型三：

$$u(x) = \frac{x}{10} \quad (5-22)$$

式中：x 为第一步量化后的某一模糊值，其值在 1-9 之间。

第 6 章 实例分析

本文在前面建立了较为完整的道路运输业节能减排评价指标体系，结合 2007 年一季度四家交通部重点联系道路运输企业江西九江长途运输总公司、上海交运集团、贵州省遵义汽车运输集团和青岛交运集团的统计资料，介绍评价指标体系的运用过程，并验证评价指标体系的应用可行性。

6.1 实例介绍

江西九江长途运输总公司、上海交运集团、贵州省遵义汽车运输集团和青岛交运集团 2007 年一季度的统计资料，见表 6-1 营运客车情况、表 6-2 营运货车情况、表 6-3 运输生产情况、表 6-4 企业资产及油耗情况和表 6-5 企业运输安全生产情况和表 6-6 企业产值和利税情况。

表 6-1 各企业 2007 年一季度营运客车情况

企 业 名 称	客 车												
	营运车 辆总数 (辆)	客车总 数 (辆)	客车总 座位 (座)	全资(控 股)客 车 数 (辆)	总座位 (座)	高级客 车数 (辆)	总座位 (座)	中级客 车数 (辆)	总座位 (座)	卧铺客 车数 (辆)	总座位 (座)	出租客 车数 (辆)	总座位 (座)
江西九江	1108	898	18518	676	16988	130	4759	354	8381	95	3671	222	1170
上海交运	5525	347	14999	264	11451	228	9900	97	4309	46	1682	0	0
贵州遵义	1161	1062	27679	1062	27679	322	12728	147	4030	35	1565		
青岛交运	6247	2802	50595	446	14299	450	15717	997	23447	93	3348	1262	6385

表 6-2 各企业 2007 年一季度营运货车情况

企业名称	货车									
	货车 总数 (辆)	货车总吨位 (吨)	全资(控股) 货车数 (辆)	总吨位 (吨)	箱式货 车数 (辆)	总吨位 (吨)	集装箱车数 (辆)	总吨位 (吨)	专用载货 车辆数 (辆)	总吨位 (吨)
江西九江	210	3024.2	210	3024.2	81	978	63	1260.2	66	786
上海交运	5178	51296	3867	30871	2271	9958.1 1	379	7558	551	4880.55
贵州遵义	99	630							99	630
青岛交运	3445	38102	163	1806	650	2500	1297	21199	1498	14403

表 6-3 各企业 2007 年一季度运输生产情况

企业名称	产量				运输效率					
	客运量 (万人次)	旅客周转量 (万人公里)	货运量 (万吨)	货物周转量 (万吨公里)	客车平均 日行程 (公里)	客车实 载率 (%)	客车平均 运距 (公里)	货车平均 日行程 (公里)	货车实 载率 (%)	货车平均 运距 (公里)
江西九江	224.58	27975.87	19.27	7939.32	336.00	51.00	124.57	412.00	70.80	412.00
上海交运	72.95	22287.07	934.31	27978.69	530.11	42.42	305.51	181.80	55.86	29.95
贵州遵义	404.00	59370.00	2.00	1176.00	334.00	71.00	146.96	227.00	90.00	588.00
青岛交运	2567.5	97862.00	649.90	29280.00	414.00	67.20	38.12	167.00	58.60	45.05

表 6-4 各企业 2007 年一季度资产及油耗情况

企业名称	总资产			油耗			
	资产总额 (万元)	固定资产 总额 (万元)	流动资产 总额 (万元)	资产负债 率 (%)	柴油客车 单耗 (升/百吨公 里)	汽油客车 单耗 (升/百吨公 里)	汽油货车单耗 (升/百吨公里)
江西九江	56208	46312	4801	34	9.28	9.67	
上海交运	303302.89	132218.61	115165.34	45.84	13.82		8.23
贵州遵义	29335	9207	9092	61	10.7		
青岛交运	125458.12	30567.62	53962.85	60.26	8.62	9.95	5.54

表 6-5 各企业 2007 年一季度运输安全生产情况

企业名称	安全			质量	
	重特大安全责任事故次数 (次)	死亡人数 (人)	直接经济损失 (万元)	重大服务质量事故次数 (次)	
江西九江	1	3	90	0	
上海交运	3.25	3.25	125.8	0	
贵州遵义	7	0	2.88		
青岛交运	0	0	0		

表 6-6 各企业 2007 年一季度产值及利税情况 (单位万元)

企业名称	产值					利税			
	营业收入	其中：应收债 款额	运输收入	其中：应收债 款额	集约化经营车 收入	净利润总 额	人均利 税	税金总 额	净资产收 益率 (%)
江西 九江	8569.9	692.58	7755.76	692.58	2200	42.75	0.14	255.28	0.12
上海 交运	72886.84	35026.22	24246.83	13255.83	22862.3	1832.93	0.1783	1652.21	0.0159
贵州 遵义	4432		4220			-259		150	
青岛 交运	18241.93	600	14865.84	600		278.36	0.18	915.5	0.56

6.2 评价过程

6.2.1 评价指标权重的确定

直接引用5.2.3一节中用改进的层次分析法确定的权重。

6.2.2 评价指标的隶属度确定

根据5.3.2一节中对定性、定量指标的隶属函数确定方法来建立其隶属函数，求得评价指标的隶属度。

1. 定性指标隶属度

通过5.2.3节道路运输业节能减排评价指标的分析知道，评价指标体系中有以下定性指标，采用专家打分法对其进行量化，定性指标量化表见表6-7。

表 6-7 定性指标量化表						
	很好	较好	好	一般	不好	
节能减排组织机构	9	7	5	3	1	2、4、6、8分别为界于二者之间的情况
节能减排制度						
车辆定期维修检测执行						
节能减排驾驶水平						
道路、站场枢纽节能减排						
配套服务设施节能减排						
运输组织手段						

该部分的隶属函数为

$$u(x)=\frac{x}{10}$$

(6-1)

式中：x—各因素量化值。

四家道路运输企业根据政府和本企业实际情况，通过企业自评，对定性指标进行打分，见表 6-8 所示。

表6-8 定性指标量化表

	节能减排组织机构		节能减排制度制定		驾驶员节能减排驾驶水平	道路、场站枢纽节能减排	配套服务设施	运输组织手段
	政府	企业	政府	企业				
江西九江	7	5	6	7	4	4	5	6
上海交运	8	4	7	6	5	6	6	7
贵州遵义	6	3	5	4	4	5	5	5
青岛交运	8	5	6	6	5	6	6	6

按照公式6-1，定性指标隶属度见表6-9。

表6-9 定性指标隶属度表

	节能减排组织机构		节能减排制度制定		驾驶员节能减排驾驶水平	道路、场站枢纽节能减排	配套服务设施	运输组织手段
	政府	企业	政府	企业				
江西九江	0.7	0.5	0.6	0.7	0.4	0.4	0.5	0.6
上海交运	0.8	0.4	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7
贵州遵义	0.6	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
青岛交运	0.8	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6

2. 定量指标隶属度

根据6.1节中四家道路运输企业的统计资料以及5.2.3中道路运输业评价指标的计算公式，得到定量指标的值，见表6-10所示。

定量指标中，行车事故次数、事故死亡人数、直接经济损失、周转量油耗量、产值油耗、千公里维修费用、驾驶员培训成本为极小型指标，其隶属函数考虑公式5-21降型直线隶属函数；车辆排放合格率、车辆完好率、高级（大吨位、厢式、集装箱）车辆拥有率、吨（座）位利用率、行程利用率为极大型指标，其隶属函数考虑公式5-20升型直线隶属函数。定量指标隶属度见表6-11。

表6-10 定量指标量化表

	江西九江	上海交运	贵州遵义	青岛交运
行车事故次数（次）	1	3.25	7	0
事故死亡人数（人）	3	3.25	0	0
直接经济损失（万元）	90	125.8	2.88	0
周转量油耗量 ¹ （升/吨公里）	9.28	13.82	10.7	8.62
产值油耗 ² （升/万元）	302.94	42.26	1433.35	462.43
高级（大吨位、厢式、集装箱）车辆拥有率 ³	0.12	0.04	0.28	0.07
吨（座）位利用率	0.6	0.95	0.5	0.9
行程利用率	0.8	0.9	0.6	0.9

为方便计算，选用的数据中：1为四家企业柴油客车的周转量油耗；2为柴油客车的产值油耗；3为高级客车拥有率

表6-11 定量指标隶属度表

	江西九江	上海交运	贵州遵义	青岛交运
行车事故次数（次）	0.86	0.54	0	1
事故死亡人数（人）	0.08	0	1	1
直接经济损失（万元）	0.28	0	0.98	1
周转量油耗量（升/吨公里）	0.87	0	0.6	1
产值油耗（升/万元）	0.81	1	0	0.7
高级（大吨位、厢式、集装箱）车辆拥有率	0.33	0	1	0.125
吨（座）位利用率	0.22	1	0	0.89
行程利用率	0.67	1	0	1

通过文5.3.1模糊综合评价方法，得到四家道路运输企业综合隶属度：江西九江，上海交运，贵州遵义，青岛交运分别为0.33，0.36，0.35和0.51。可以看出青岛交运集团的节能减排效果最好，最差的为江西九江运输总公司，这与运输企业的实际情况相符，说明本文设计的道路运输节能减排评价指标体系及其模糊综合评价方法合理。

结 论

道路运输业的发展是关系民生的大事,道路运输业要想做到可持续发展,就要实施节能减排。本文针对我国道路运输业节能减排现状,重点研究了道路运输业节能减排影响因素,设计了道路运输业节能减排评价体系,采用模糊综合评价方法对其进行了评价。主要结论如下:

1. 我国能源和环境形势总体严峻,道路运输业发展的同时也面临着同样的能源环境问题。

2. 道路运输业应对能源环境问题就要做到可持续发展,而节能减排是解决我国能源问题的根本途径,是减轻环境污染的治本之策,是可持续发展的本质表现,道路运输业要实施节能减排策略。

3. 从道路运输系统角度分析道路运输业节能减排的影响因素和对策措施,设计了较为完整、科学的道路运输业节能减排评价指标体系。

4. 分析传统层次分析方法在标度上设置不合理,采用 $e^{0/5} - e^{8/5}$ 标度改进层次分析法对节能减排评价指标进行赋权。

5. 引用模糊综合评价方法对道路运输业节能减排进行评价,结合四家交通部重点联系道路运输企业的统计资料对评价指标体系进行实例分析,评价结果和企业实际节能减排情况相符合,本理论能够合理的用于道路运输业节能减排实际工作中,对道路运输业节能减排工作起到促进作用。

由于作者水平有限,论文还存在很多不足,今后进一步在本研究方向进行如下研究:

1. 道路运输业节能减排本身是一个复杂的系统,节能减排的影响因素繁多,本文只是从运输管理、车辆、驾驶员、交通条件、运输组织进行影响因素分析,还需要考虑到财政、税收等因素的影响。

2. 针对不同性质的道路运输企业客运、货运、维修企业和驾驶员培训企业,以及不同车型的评价指标体系需要进一步细化。

3. 评价指标多,量化的难度比较大,本文只是从便于计算出发进行的指标量化,量化方法需要更合理。

4. 本文提出的道路运输业节能减排的对策措施,还需要更深入、全面的分析,增强其操作性。

致 谢

本文是在导师刘澜教授的悉心指导下完成的，从论文的选题、构思、资料的收集到论文的撰写、修改与定稿都凝聚了导师的心血与汗水。就读硕士期间，在刘老师的关怀和指导下，强化了自己的专业知识，并且得到很多实践锻炼的机会，从老师那里学到了很多做人和做事的道理，这些都会影响我的一生。

三年来，西南交通大学交通运输学院的各位领导和老师们辛苦的付出，为我营造了良好的学习、生活环境，从他们身上我学到了很多知识。

在论文撰写过程中，中国道路运输协会运输研究所、上海交运集团、青岛交运集团、遵义汽车运输总公司、江西九江运输总公司等给予了我大力的支持和帮助。

感谢周青峰、戢晓峰两位博士师兄对论文提出的很多建议；也感谢实验室的各位同门，一起度过了美好的研究生生活。

还要感谢我的父母和妹妹，在我近二十年的求学路上，他们无怨无悔，默默的辛苦付出，用汗水和泪水支持我完成学业。

在今后的人生道路上我会更加努力，去回报关心过我的所有人！

参考文献

- 1 刘伟. 中国能源消耗趋势与节能减排对策. 环境保护. 2008, 9
- 2 中国统计年鉴 2008, 中国统计出版社, 2009
- 3 赵建有. 道路交通运输系统工程. 人民交通出版社, 2004
- 4 张生瑞. 公路交通可持续发展问题研究: 理论、模型及应用. 人民交通出版社, 2005
- 5 汪应洛. 系统工程学. 3 版. 高等教育出版社, 2007
- 6 黄素逸. 能源与节能技术. 中国电力出版社, 2004
- 7 隗志才. 公路运输技术经济学. 2 版. 人民交通出版社, 1998
- 8 刘义辉. 环境经济与可持续发展概论. 中国大地出版社, 2007
- 9 冯崇毅. 汽车运输企业管理. 人民交通出版社, 2004
- 10 王利芳. 道路运输对国民经济发展的适应性评价方法与模型研究. 吉林大学博士学位论文. 2005
- 11 李家本. 道路运输节能四大因素. 运输经理世界. 2007, 1
- 12 习江鹏, 王丹. 道路运输行业实施节能减排策略研究. 交通企业管理. 2008, 9
- 13 孟祥舟. 对当前做好我国节能减排工作的初步思考. 今日国土. 2008, 10
- 14 蔡凤田. 公路交通运输领域节能减排对策. 交通节能与环保. 2008, 2
- 15 尚晔平. 关于汽车节能管理. 中国科技信息. 2005, 12
- 16 胡正梁. 国外、省外节能减排新动向. 山东经济战略研究. 2007, 7
- 17 韩立波, 刘莉. 国外道路运输行业节能管理经验. 汽车节能. 2008, 2
- 18 邵迈. 节能环保是道路运输可持续发展的必然选择. 2007 年中国科协年会专题论坛暨第四届湖北科技论坛优秀论文集. 湖北科学技术出版社, 2007
- 19 常山. 可持续发展研究. 铁道部科学研究院硕士学位论文. 2000
- 20 倪国锋. 基于节能减排的税制优化研究. 中国科技信息. 2008, 21
- 21 王淑玲. 基于可持续发展的吉林省节能减排初探. 东北师范大学硕士学位论文. 2008
- 22 于志刚, 邵一明. 基于系统角度的道路运输节能途径研究. 交通企业管理. 2007, 3

-
- 23 史喜军. 交通运输可持续发展理论与应用研究. 河海大学硕士学位论文. 2004
 - 24 吴文化. 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, 6
 - 25 樊一江, 马天山. 交通运输企业节能减排管理方法实证研究. 交通企业管理. 2008, 1
 - 26 崔凤安. 交通运输业的节能减排. 科技资讯. 2007, 33
 - 27 胡晓斌, 朱启贵. 节能减排的国际经验及启示. 上海管理科学. 2008, 5
 - 28 欧阳培. 节能减排的现状分析及其路径选择. 再生资源与循环环境. 2008, 1 (8)
 - 29 王克群. 节能减排的意义及对策. 延边党校学报. 2007, 6
 - 30 吴龙生. 论节能减排理念教育. 高等建筑教育. 2008, 4
 - 31 隋新华. 论企业的节能管理. 合肥工业大学硕士学位论文. 2004
 - 32 边际文. 汽车节能减排的方向与举措. 交通与运输. 2007, 1
 - 33 张振国, 姜源. 汽车节能减排的实现途径研究. 北方交通. 2008, 7
 - 34 林广宇, 魏朗. 汽车节能与环保分析. 交通节能与环保. 2006, 9
 - 35 蔡凤田, 谢元芒. 汽车运行油耗的影响因素与汽车节能技术. 交通节能与环保. 2006, 1
 - 36 陈冠霖. 强化交通运输行业节能的主要对策. 广东交通. 2005, 2
 - 37 郭廷杰. 认真贯彻节能法大力抓好交通运输节能. 节能. 2008, 5
 - 38 王祥. 上海交通节能形势及前景. 上海节能. 2006, 3
 - 39 郝存. 上海市能源利用研究及节能策略分析. 上海交通大学硕士学位论文. 2008
 - 40 王晓世. 四川道路运输业节能对策研究. 交通企业管理. 2007, 9
 - 41 杨洪年. 我国交通运输业能源节约的战略选择. 综合运输. 2008, 8-9
 - 42 马才伏. 我国汽车运输节能的现状分析. 汽车与配件. 2007, 52
 - 43 王军生. 西安市交通运输业节能降耗的对策研究. 交通企业管理. 2008, 8
 - 44 高有景. 影响公路运输能耗的因素和节能途径. 平原大学学报. 2007, 8
 - 45 Margo Oge(美国). 政府在节能减排方面具有不可替代的作用. 商用汽车. 2007, 11
 - 46 陈涛. 多指标综合评价方法的分析与研究. 科技信息. 2006
 - 47 叶义成, 柯丽华, 黄德育. 系统综合评价技术及其应用. 冶金工业出版社,
-

2006

- 48 骆玉清等. 层次分析法中几种标度的比较. 系统工程理论与实践. 2004, 9
 - 49 胡金东. 中国能源安全与交通节能战略. 技术经济与管理研究. 2007, 6
 - 50 边浩毅. 道路运输业节能减排的研究与实践. 浙江大学出版社, 2009
 - 51 凌春雨. 节约型交通运输体系相关问题的研究. 中南大学硕士学位论文. 2007
 - 52 王华. 可持续发展观念下的道路及其系统功能研究. 长安大学硕士学位论文. 2005
 - 53 李剑锋. 我国道路运输业的可持续发展之路. 西安公路交通大学硕士学位论文. 2000
 - 54 杨新秀. 湖北省道路运输行业节能减排评价方法研究. 武汉理工大学硕士学位论文. 2008
 - 55 Karen Hofman. Canada' s energy perspectives and policies for sustainable development. Applied Energy. 86 (2009) 407-415
 - 56 Jacques Leonardi. CO₂ efficiency in road freight transportation: Status quo, measures and potential. Transportation Research Part D. 9 (2004) 451-464
 - 57 Heather L. MacLeana. Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. Progress in Energy and Combustion Science. 29 (2003) 1-69
 - 58 Claus Doll. Externalities of the transport sector and the role of hydrogen in a sustainable transport vision. Energy Policy. 36 (2008) 4069-4078
 - 59 Syeda Adila Batool. The impact of municipal solid waste treatment methods on greenhouse gas emissions in Lahore, Pakistan. Waste Management. 29 (2009) 63-69
 - 60 Adjo A. Amekudzi. Using the sustainability footprint model to assess development impacts of transportation systems. Transportation Research Part A. 2008
-

攻读硕士学位期间发表的论文及科研成果

1. 攻读硕士期间发表的论文

(1) 张在龙, 吴其刚. 浅谈城际铁路对城市发展的影响, 轨道交通纵横, 2009. 10

(2) 戢晓峰, 吴其刚, 张在龙. 人因可靠性分析在铁路安全管理中的运用, 铁道劳动安全卫生与环保, 2007. 2

2. 科研成果 (参与项目)

(1) 多因素条件下的立交方案优选及计算机决策分析实现;

(2) 大容量客车节能研究;

(3) 基于液力缓速节能器的城市客车节能减排运行试验研究。