



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

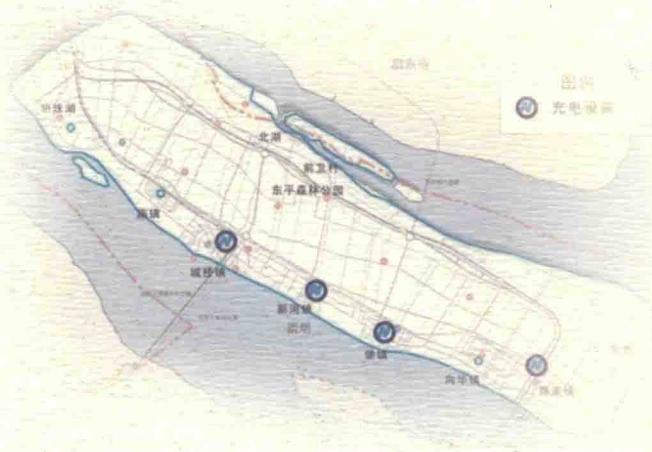
“十三五”国家重点图书出版规划项目

面向未来的交通出版工程·政策与规划系列

新能源汽车 推广策略与应用

叶建红 陈小鸿 著

同济大学出版社



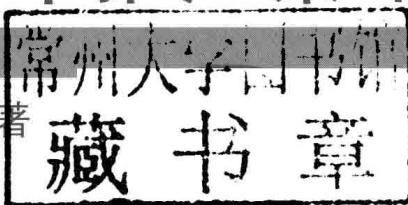


“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目

面向未来的交通出版工程·政策与规划系列

新能源汽车推广策略与应用

叶建红 陈小鸿 著



 同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车推广策略与应用/叶建红,陈小鸿著.——上海:
同济大学出版社,2017.9

(面向未来的交通出版工程·政策与规划系列/汪光焘
主编)

“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5608-7451-7

I. ①新… II. ①叶… ②陈… III. ①新能源—汽车—
推广应用—研究—中国 IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 256548 号

面向未来的交通出版工程·政策与规划系列

新能源汽车推广策略与应用

叶建红 陈小鸿 著

出品人: 华春荣

策划: 高晓辉 陆克丽霞

责任编辑: 高晓辉

助理编辑: 宋立

责任校对: 徐春莲

装帧设计: 陈益平

出版发行	同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn (上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)
经 销	全国各地新华书店、建筑书店、网络书店
排版制作	南京新翰博图文制作有限公司
印 刷	上海安兴汇东纸业有限公司
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	12.25
字 数	306 000
版 次	2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5608-7451-7
定 价	62.00 元

版权所有 侵权必究 印装问题 负责调换

内 容 提 要

本书总结了新能源车辆技术发展与应用模式,从交通系统节能减排视角,评估推广应用新能源汽车为交通能源结构优化和污染物减排带来的效益,提出适合中国城市场景的能源供给模式和充电设施建设策略。针对新能源车辆的两类典型应用场景——新能源公交车和新能源小客车,分别阐述新能源公交车电池使用性能、新能源小客车分时租赁对用户拥车与出行行为影响等热点问题。以上海崇明国际生态岛为例,建立基于新能源汽车的低(零)排放交通体系规划设计框架和方案。

本书可用作交通运输工程有关专业学生、研究人员、工程技术人员及行业管理者的专业参考书和相关课程的教学参考书。

第一作者简介

叶建红,同济大学交通运输工程学院副教授,博士生导师。主要研究方向为交通环境、新型交通服务。围绕共享出行(包括自行车共享、小汽车共享、大巴共享)领域,重点开展互联网与信息环境下交通出行行为理论与需求预测方法研究。结合大数据分析 with 行为意愿调查,探索基于多智能体的出行行为分析范式,评估交通经济与政策效果。主持国家自然科学基金项目 2 项,上海市浦江人才计划项目 1 项,中央高校基本科研业务费专项资金 3 项。入选同济大学青年英才计划、上海市浦江人才计划。获中国公路学会科学技术三等奖(排名第三) 1 项。

《面向未来的交通出版工程·政策与规划系列》编委会

学术顾问

邹德慈 中国工程院院士
郭重庆 中国工程院院士
郑时龄 中国科学院院士

主任

汪光焘

副主任

杨东援

编委(以姓氏笔画为序)

马 林	方守恩	叶建红	朱 洪	关志超	杨 飞
杨 轸	杨 涛	杨 超	李 健	李 锋	吴 兵
宋小冬	张晓春	陈小鸿	邵 丹	林 群	赵鸿铎
段征宇	倪桂明	徐瑞华	海德俊	惠 英	潘晓东
潘海啸	薛美根				

■ 总 序 ■

PREFACE

伴随城镇化和机动化进程,交通的发展目标、关注问题和对策方法等也在发生着巨大的变化。未来的交通运输工程将是工程科学、人文科学等交叉学科融合发展又具有独立特色的领域,目前在这一领域中相关理论与技术正处于挑战、探索和机遇并存的重要发展阶段。

中国快速城镇化、机动化带来的前所未有的压力,由于受到资源和环境的制约,已经不可能单纯依靠交通基础设施建设来加以化解,需要构建适合中国国情的战略—政策—规划—建设有机融合的城市交通一体化对策理论体系;城市交通进入建设与管理并重的转型发展阶段,如何将社会管理与交通技术系统建设有机融合,通过理性供给和动态调控,引导城市交通模式进入可持续发展的轨道,是理论研究者、管理者和工程技术人员苦苦思考与探索的命题。

近年来相关技术领域的快速发展,促使交通领域中的许多技术概念正在发生巨大的变化。信息技术与控制技术的融合,促成了车联网的孕育与发展;对交通安全的社会关注,促进了车辆与交通技术设施两方面主动与被动安全技术的应用;“互联网+服务”“互联网+交通”催生了共享单车、分时租赁、网约车等新型交通服务模式;新型有轨电车、个人城市交通(PRT)等交通方式正在逐渐走进我们的生活;交通信息系统建设以及大数据理论的发展,为针对具有复杂适应特征的城市交通系统监测和战略调控创造了条件。

在此背景下,无论是交通工程研究者、工程技术人员还是行业管理者,都深感原有知识和经验面临挑战,需要重新认识我们所面对的问题,适应需求和技术环境变化,进行理论创新与技术变革。

《面向未来的交通出版工程》这套丛书正是为了适应这种需求而编纂。面对一个快速变化和发展的领域,本丛书采用滚动组织编写的方式,力求更快地反映出相关理论研究成果和实践经验。

在本丛书的出版选题中,强调如下三个基本原则。

(1) 适应发展阶段需求的理论针对性

我国交通进入转型发展的新阶段,对生态环境和城市人居环境的关注,要求在可持续发展理念指导下,研究绿色交通和新能源车辆推广的对策问题;在城市规划进入用地总量控制内涵式发展的背景下,需要正确处理土地再开发引发建成区交通需求增长与交通基础设施难以大规模扩展的矛盾;城镇化进入城市群发展阶段,要求从城市群视野整合综合交通体系,调整中心城交通模式,以适应功能布局的演化。

(2) 符合国际交通理论发展趋势的科学技术原创性

在交通网络流分析和交通行为分析等传统领域的研究日益深化;大数据和复杂性理论的交融对交通理论变革产生了重要的推动作用;城市规划理论关注点从“位空间”转向“流空间”,地理学的关系转型和对空间中行为研究等方面提供了丰硕的成果借鉴。整个学科体系正在出现变革的趋势。

(3) 适合中国国情特点的实践探索性

城市交通战略、政策和规划并非单纯的技术问题,而是一种科学发展观和公共政策的体现。正因为如此,在特定管理制度架构下的实践探索,具有理论和技术研究所不可替代的作用。

中国交通的快速发展迫切需要与之适应的理论与技术支持,中国交通的实践又为相关理论与技术的变革提供了成长的“土壤”。面对发展与变革,不必苛求体系的完美。研究和实践中的百花齐放,必然带来中国交通科学与技术领域的万紫千红。



2016 年 4 月

■ 前 言 ■

FOREWORD

《中国制造 2025》明确指出,低碳化、信息化、智能化是未来汽车产业的发展目标。节能汽车、新能源汽车、智能网联汽车的技术研发与推广应用不仅将为中国制造业整体转型升级注入强大动力,也为日益严峻的能源短缺与环境污染状况提供解决途径,成为世界各国汽车产业发展和交通行业发展的重要战略。在一系列国家与地方政策扶持下,我国新能源汽车产业已逐步由市场导入期进入快速成长期,形成重点应用领域并发展出一系列新的应用模式,汽车产销量大幅增长,跃居全球第一。可以预见,新能源汽车在汽车保有量中所占的份额将继续增加。

载运工具的技术变革一直是推动城市与交通发展的重要驱动力量。新能源汽车一般指不完全依赖化石能源的纯电动汽车、插电式混合动力汽车、燃料电池汽车等。汽车能源结构及供能模式的变化,不仅会影响汽车和能源等相关产业,也将深刻影响城市与交通系统的规划、设计和管理。相比传统能源汽车的应用环境,新能源汽车在优势应用领域及使用场景方面都具有自身特点,其广泛应用需要通过一段时间的实践经验积累,科学评估其对于交通节能和减排等经济社会效益方面的贡献,以制定相应的交通策略和管理政策,并重点解决新能源汽车充电设施布局规划、建设与营运模式,甚至改造既有交通设施。尤其是新能源乘用车相比传统小汽车,既有节能减排的正向效益,又有对道路等公共资源的非集约化使用的一面,成为城市交通研究和政策制定的新课题。国内外交通政策、规划、管理既有的理论与方法,都不足以分析、应对车辆能源结构变化导致的交通系统变革需求,亟需建立一套涵盖新能源车辆用户需求与行为分析,车辆技术及应用模式创新前景研判,基础设施(充电设施、维修保养设施等)规划设计,能源、环境与成本效益评估,政策制定与预期效果研判等,旨在有效推动新能源汽车应用的研究体系。

新能源汽车的推广,不仅仅将对客货运输车辆的能源消耗、环境影响带来显著改变,还会引发车辆使用与服务组织的变革。除广泛应用的新能源公交车,当前国内许多城市在新能源汽车鼓励政策支持下快速发展的汽车分时租赁,借助移动互联网技术和智能手机应用,用户自助服务、按使用时间或里程计价、便利用车、站点充能的商业模式,成为城市机动性提供和交通服务多样化的重要体现。作为新技术综合运用的新兴交通服务业态,电动汽车分时租赁的用户特征与用车行为、取还车与

充电站点布局、车辆调度,以及电动汽车分时租赁对既有城市交通体系的影响、对用户购车意愿和家庭小汽车保有量的影响、对交通能耗与环境污染的影响等,成为制定城市综合交通系统规划和交通发展战略不可忽视的内容。

本书作者及研究团队主导完成的上海 2010 世博会园区交通规划,是新能源汽车大规模示范应用的成功案例,实现了园区交通零排放。延续世博清洁交通系统范式,从 2009 年开始,我们围绕新能源汽车的供能策略与充电设施布局、新能源公交车运营特性分析与充电站规划设计、电动汽车分时租赁运行特征、新能源汽车推广的节能减排效益评价、基于新能源汽车的低(零)排放交通体系设计与政策选择等,持续开展了近 10 年研究,构成了本书的主要内容。

本书共有 9 章。第 1 章分析了能源与环境约束下交通转型发展的趋势和要求,说明新能源汽车发展的内在动力和必然性。第 2 章根据近年新能源汽车技术的发展方向和市场应用,归纳介绍新能源汽车技术类型与典型新能源汽车的技术特性。第 3 章针对应用较为广泛的典型新能源车辆,评估新能源汽车推广能够为交通能源结构优化和污染物减排带来的效益,以及节能、减排不同目标选择的车辆能源替代策略。第 4 章梳理了新能源汽车推广面临的问题和争议,从研究层面提出发展新能源车辆必须达成的共识及研究要点。第 5 章针对电动汽车应用所依赖的能源供给设施布局,提出适合中国城市场景的能源供给模式和充电设施建设策略。第 6 章介绍了 7 个国内外城市新能源车辆推广应用案例,归纳不同条件下的典型商业模式,提出电动汽车推广应用策略。第 7 章和第 8 章分别针对新能源车辆的典型应用场景——新能源公交车和新能源小客车,分析系统运行特征和效益,以及公交车电池使用性能、分时租赁对用户行为影响等热点问题。第 9 章提出了面向新能源汽车应用的低(零)排放交通体系规划设计方法,以上海崇明国际生态岛为例,给出低(零)排放交通体系规划设计方案。

新能源汽车对于使用者是新的体验和选择,对于城市管理者是新的挑战,对于研究者则是一个崭新的问题和领域,涉及交通、汽车、能源、环境、经济等诸多学科。本书内容尚不能囊括所有相关问题,通过观察、探索、实践、总结、分析,试图剖析典型案例,研判重点问题,探索分析方法,建立理论架构,为新能源车辆推广应用的政策研究、系统规划、运行关系“抛砖引玉”,也为相关领域的科研人员及在校学生提供尽可能综合的基础知识、较为系统的分析视野、结合实际案例的研究参考。

本书是作者及研究团队的共同成果,包括朱超博士关于电动公交车基础设施规划与行车优化研究,吕颖硕士关于纯电动公交车充电性能及充电站规划研究,施莉娟博士开展的新能源汽车商业模式调研,成嘉琪博士开展的电动汽车分时租赁运行特征研究等,他们的研究成果是本书相关章节内容的重要基础。同时,感谢韩舒博士、单肖年博士在本书成稿过程为资料收集、整理、补充等所付出的努力与辛勤工作。

陈小鸿 叶建红
2017 年 9 月于同济大学

目 录

CONTENTS

总序 前言

1	绪论	1
1.1	交通运输能耗与环境污染	2
1.1.1	交通运输能耗特征	2
1.1.2	交通运输污染物排放特征	3
1.2	节能减排对交通运输转型发展要求	6
1.2.1	国家节能与减排政策概况	6
1.2.2	节能减排政策对交通转型发展的要求	7
1.3	交通运输节能减排体系框架与发展动向	8
1.3.1	交通系统节能减排政策框架	8
1.3.2	交通运输节能减排发展动向	10
	参考文献	12
2	新能源汽车技术类型与特性	13
2.1	新能源汽车技术类型与发展规划	14
2.1.1	新能源汽车界定	14
2.1.2	新能源汽车发展规划	15
2.2	典型新能源汽车技术特性	18
2.2.1	混合动力汽车	18
2.2.2	纯电动汽车	19
2.2.3	燃料电池汽车	21
2.3	新能源汽车发展趋势	22
2.3.1	发展方向	22
2.3.2	技术创新与整合	22
	参考文献	24

3	汽车能源结构优化与新能源车推广效益	25
3.1	全国汽车保有量与构成	26
3.1.1	车辆分类	26
3.1.2	汽车保有量增长及特征	27
3.2	汽车能耗与排放现状	28
3.2.1	汽车能耗与排放测算方法	28
3.2.2	全国汽车排放物的结构特征	31
3.3	新能源汽车推广效益分析	36
3.3.1	上海汽车能源消耗现状	36
3.3.2	汽车能源结构优化的可行路径	44
3.3.3	推广新能源汽车的效益分析	45
	参考文献	57
4	新能源汽车推广进展与面临的关键问题	59
4.1	新能源汽车推广进展	60
4.1.1	新能源汽车市场推广规模	60
4.1.2	中国新能源汽车应用现状	60
4.1.3	美、日、欧新能源汽车应用现状	68
4.1.4	新能源汽车应用展望	70
4.2	新能源汽车推广应用的若干争议	70
4.2.1	争议一：电动汽车在中国是否为低碳绿色交通	71
4.2.2	争议二：充电设施建设是否符合能源供给策略	72
4.2.3	争议三：新能源汽车推广应用是否会恶化城市交通运行	73
4.3	应对新能源汽车推广争议的研究重点	74
4.3.1	制定全面分析电动汽车节能减排效益的规程	74
4.3.2	制定适合国情的电动汽车能源供给策略	76
4.3.3	依托新能源汽车培育适度、有节制的用车行为	76
4.4	本章小结	77
	参考文献	78
5	电动汽车能源供给策略与充电设施建设	81
5.1	能源供给策略的规划要素	82
5.1.1	电网运行特征	82
5.1.2	电池性能与充电技术	83

5.1.3	电动汽车交通功能定位	84
5.1.4	土地资源约束	85
5.2	中国电动汽车能源供给策略	86
5.2.1	总体供能模式	86
5.2.2	供能设施服务定位与布局	87
5.3	本章小结	87
	参考文献	88

6	电动汽车应用策略与商业模式	89
6.1	国外典型城市新能源汽车应用策略与实施路径	90
6.1.1	伦敦:由易到难的推广策略	90
6.1.2	纽约:多车型组合推广策略	96
6.2	国内主要城市新能源汽车应用模式	100
6.2.1	新能源车产业化发展的“深圳模式”	100
6.2.2	纯电动公交换电的“青岛模式”	105
6.2.3	纯电动出租车的“太原模式”	107
6.2.4	乘用车定向购买的“合肥模式”	111
6.2.5	电动汽车分时租赁的“上海模式”	112
	参考文献	115

7	新能源公交车运行特性	117
7.1	电动公交车发展关键技术	118
7.1.1	电动公交车技术发展	118
7.1.2	电动汽车充电站设施容量	122
7.1.3	电动公交行车计划优化	125
7.2	电动公交整车运行特征分析	126
7.2.1	世博新能源车应用示范	126
7.2.2	车辆续驶里程分析	129
7.2.3	车辆可靠性分析	131
7.2.4	运营成本分析	132
7.3	电池组充放电特征分析	134
7.3.1	电池组充电过程分析	134
7.3.2	电池组放电过程分析	136
7.3.3	电池组使用寿命分析	138
	参考文献	141

8	电动汽车分时租赁运行特征与效益评价	143
8.1	电动汽车分时租赁发展特征	144
8.1.1	汽车分时租赁发展特征	144
8.1.2	汽车分时租赁用户特征	145
8.2	电动汽车分时租赁运行特征	147
8.2.1	EVCARD 基本概况与运行模式	147
8.2.2	用户基本特征	148
8.2.3	分时租赁的出行时空分布	150
8.3	电动汽车分时租赁对汽车保有量的影响	156
8.3.1	研究方法	156
8.3.2	卖车用户分析	157
8.3.3	放弃买车用户分析	160
8.3.4	延迟买车用户分析	160
8.3.5	对家庭小汽车保有量的综合影响	161
8.4	电动汽车分时租赁对出行方式选择的影响	162
8.4.1	研究方法	162
8.4.2	对不同交通方式的影响	163
	参考文献	165
9	零排放交通系统概念设计与案例	167
9.1	零排放交通系统概念设计框架	168
9.2	零排放交通系统规划设计要素分析	169
9.2.1	用户需求与车辆出行特征	169
9.2.2	运行与运营管理	170
9.2.3	政策扶持与组织保障	170
9.3	崇明岛零排放交通系统规划方案研究	172
9.3.1	崇明岛交通概况	172
9.3.2	崇明岛零排放交通系统概念设计	176
9.3.3	崇明岛零排放交通系统实施方案	178
9.3.4	崇明岛电动汽车分时租赁	181
9.4	本章小结	182
	参考文献	182
	附录 A 关于机动车的排放因子	183

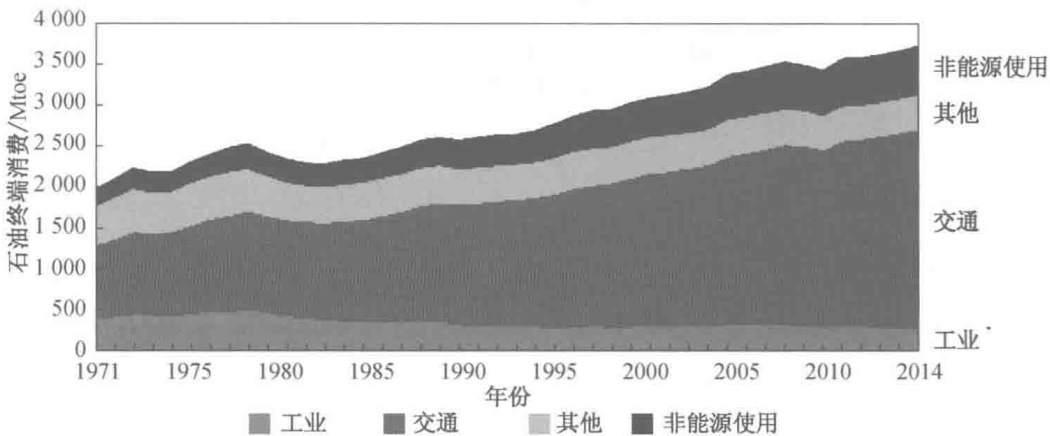
1 | 绪 论

- 1.1 交通运输能耗与环境污染
 - 1.2 节能减排对交通运输转型发展要求
 - 1.3 交通运输节能减排体系框架与发展动向
- 参考文献

1.1 交通运输能耗与环境污染

1.1.1 交通运输能耗特征

交通运输(包括道路运输、铁路运输、航空运输、水路运输以及管道运输)是全社会能源消耗的重要领域,2014 年全球交通运输共消耗 24.26 亿 t 标准油,较 1973 年增加了 2 倍多,成为世界石油消费增长的主要驱动力,如图 1-1 所示^[1]。尽管不同国家所处发展阶段及经济结构特征不同,交通运输能耗占全社会能源消耗的比例也有所差异,如 2013 年美国交通运输能耗约占全社会终端能耗的 40%,其他部分发达国家(日本、德国、英国、澳大利亚等)在 25%~35%之间,如图 1-2 所示^[2],但交通运输无疑已成为各国能源消耗的主要领域。2014 年全球交通运输能耗占全社会终端能耗的比重超过了 30%,如图 1-3 所示^[1, 3],我国 2014 年交通运输能耗约占全社会终端能耗的 13.7%^[4],但随着城镇化 and 居民消费水平提升,这一比例仍将保持一定的增长趋势。



注: Mtoe: Million tons of oil equivalent, 百万吨油当量。

图 1-1 1971—2014 年各部门石油终端消费构成

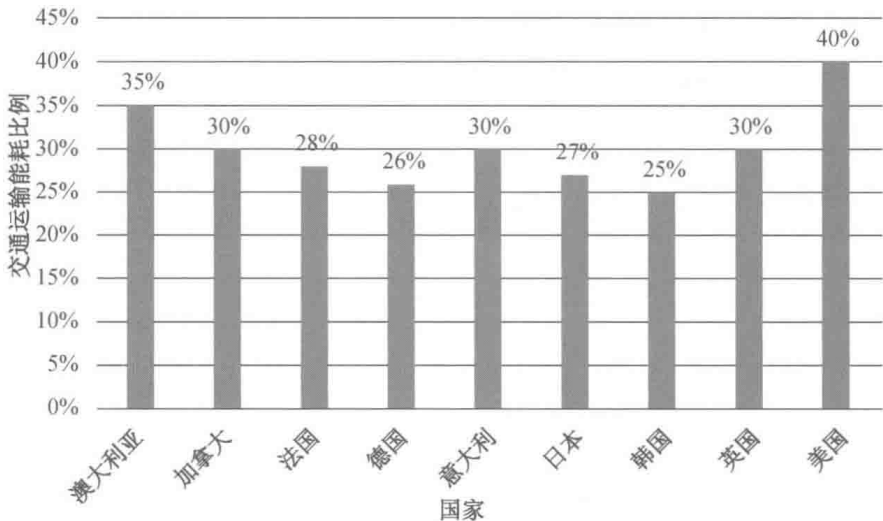


图 1-2 部分发达国家 2013 年交通运输终端能耗比例

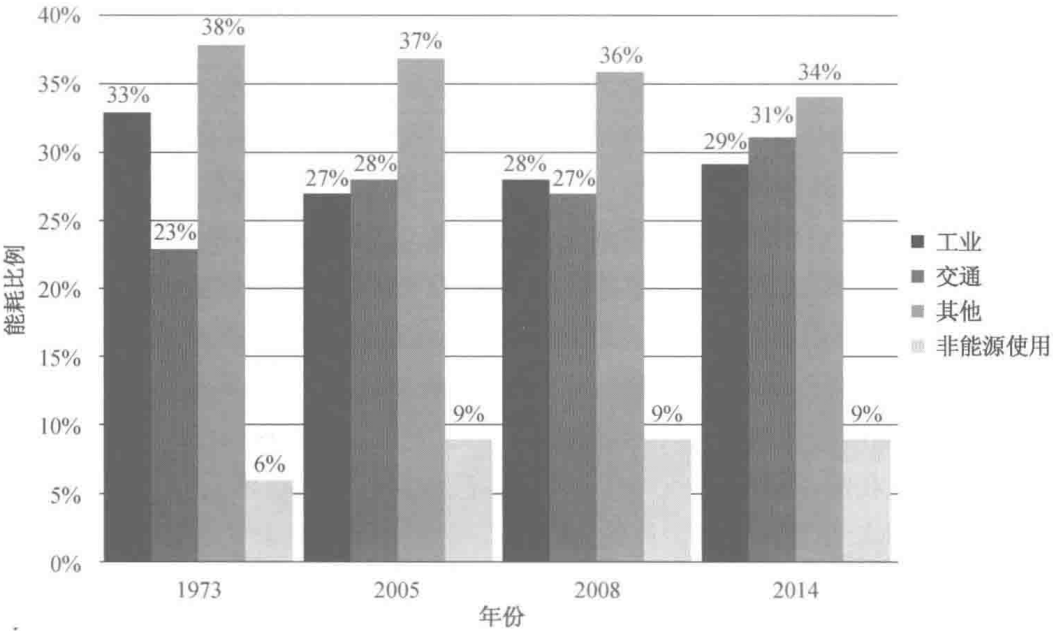


图 1-3 全球范围内交通运输能耗占全社会终端能耗比例

在交通运输总能耗中,道路交通运输能耗是主体。中国 2008 年道路交通能耗就已占交通运输总能耗的 73%^[3],2015 年中国大陆机动车保有量较 2008 年增长了 64%^[5]。澳大利亚、加拿大、日本等国家 2013 年道路交通能耗占交通运输总能耗的 80%~90%,美国、德国、法国等国家 2013 年道路交通能耗占交通运输总能耗高达 90%以上,如图 1-4 所示^[6]。因此,交通运输领域节能的重点在于促进以汽车为主体交通工具的道路交通能耗下降。

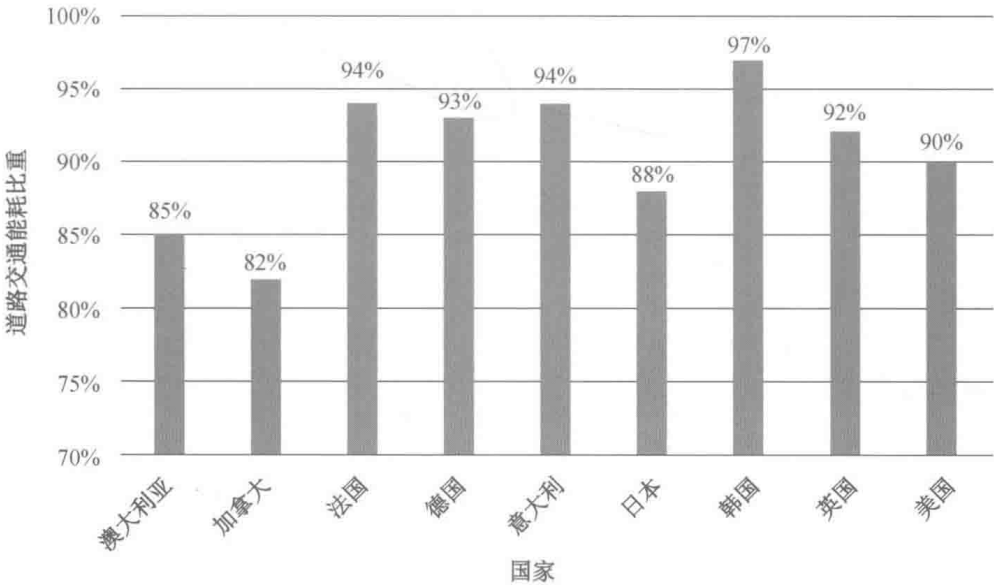


图 1-4 部分国家 2013 年道路交通能耗占交通运输总能耗比重

1.1.2 交通运输污染物排放特征

作为人类经济活动的重要组成和支撑,交通运输在提供人类交流、交往便利的同

时,也对环境质量产生了大量副作用。汽车、火车、轮船、飞机等交通运输工具在燃料消耗过程中,排放了大量包括氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、二氧化硫(SO_2)、颗粒物(PM)等在内的大气污染物。这些污染物大部分是有害有毒物质,有些还带有强烈刺激性,甚至有致癌作用。同时,交通运输也是温室气体排放的重要来源。2012 年全世界温室气体排放中,交通运输占据了 14.5%,如图 1-5 所示^[7]。

与能耗特征类似,道路交通运输排放的温室气体也是交通运输领域温室气体排放的绝对主体,占 70%以上^[7]。除此以外,道路上的汽车还贡献了绝大多数的 CO 、 HC 、 NO_x 、 SO_2 、 PM (碳烟、铅化合物、油物)及恶臭物质排放。据美国、日本两国所做的研究与推测,汽车排放的污染物在空气污染物总量中的分担率为: CO 达 80%~90%, HC 达 50%以上^[8]。在我国,随着道路交通不断发展,汽车保有量迅速增长,汽车向空气中排放的 CO 、 HC 、 NO_x 也逐年增加。目前全国约五分之一的城市大气污染严重,113 个重点城市中三分之一以上空气质量达不到国家二级标准^[9]。表 1-1 列出了我国部分城市汽车污染物分担率分析结果^[10],图 1-6 给出了全球机动车保有量在 200 万辆以上城市的 PM_{10} (空气动力学当量直径在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下的颗粒物)与 $\text{PM}_{2.5}$ (空气动力学当量直径在 $2.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下的颗粒物)浓度分布。可以看到,汽车排放已成为我国大城市空气污染的主要来源。城市空气污染已呈现出煤烟型和汽车尾气复合型污染的特点。一些城市臭氧(O_3)浓度在逐步增高(臭氧浓度增高和机动车排放的 NO_x 和 HC 有密切关系),部分城市发生光化学污染的可能性在不断增加。有效控制汽车尾气排放污染,已成为改善我国城市环境空气质量的关键举措。

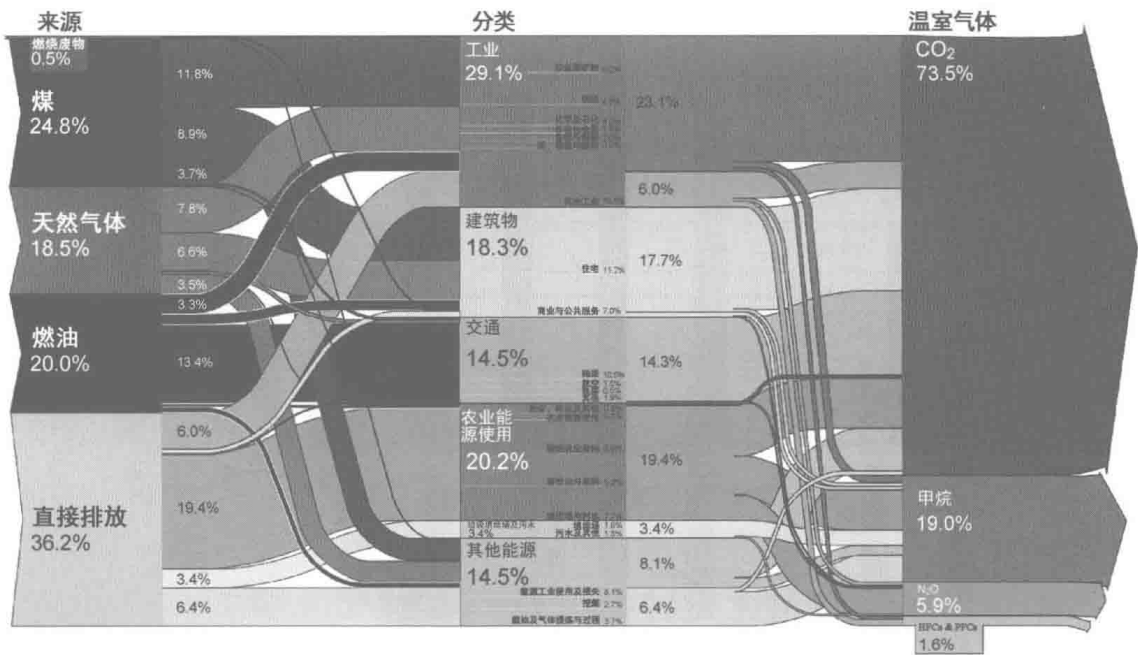


图 1-5 2012 年世界温室气体排放组成