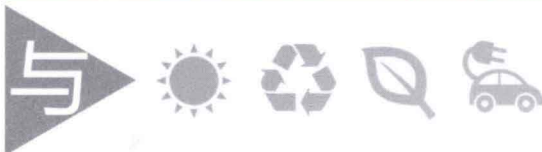


现代车辆

新能源



节能减排技术

主 编 余卫平 李明高
副主编 李 明 高 峰 张继业



- ▶ 混合动力汽车
- ▶ 纯电动汽车
- ▶ 燃料电池汽车
- ▶ 混合动力列车
- ▶ 动力电池技术
- ▶ 蓄能电池开发



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

现代车辆新能源与节能减排技术

主编 余卫平 李明高

副主编 李 明 高 峰 张继业



机械工业出版社

新能源与节能减排技术是目前交通行业大力发展的新兴技术。采用新能源技术达到节能减排的目的,已成为当今世界车辆技术的发展趋势。目前,电动汽车在国内外市场上已得到较为成熟的应用,混合动力汽车、纯电动汽车和混合动力轻轨列车在欧洲、日本、中国等国家和地区已迅速发展为新兴产业。

本书针对现代交通行业的新能源技术,分8章分别讲解了新能源技术发展现状、汽车行业节能减排技术,混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车和混合动力列车技术,以及锂电池和超级电容的基础知识及应用技术。本书从汽车行业、列车行业及动力电池、超级电容产品的基础知识和应用状况出发,结合节能减排等国家政策规划,由浅入深地讲解了新能源技术的研究及应用现状,为汽车、轨道交通、电动自行车、电动摩托车、电池、电容等行业的技术人员和维护人员提供参考。本书也可以作为相关科研院所研究人员、高校师生等学习新能源技术的入门教程或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代车辆新能源与节能减排技术/余卫平,李明高主编. —北京:机械工业出版社,2013.12

ISBN 978-7-111-44627-9

I. ①现… II. ①余…②李… III. ①车辆-新能源-技术-研究-中国
②车辆-节能-研究-中国 IV. ①TK01②U471.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第259913号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:连景岩 责任编辑:连景岩 孟 阳

版式设计:常天培 责任校对:申春香

封面设计:张 静 责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.5印张·459千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-44627-9

定价:49.80元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

现代交通运输工具，如汽车、城市轨道车辆等，为现代社会的发展和人类生活的流动性需求做出了重大贡献。目前，城市轨道车辆多采用电力驱动，对环境影响不大，但汽车的大量使用则对环境造成了巨大的影响，并正在继续引发严重的环境与人类生存问题。大气污染、全球变暖以及地球石油资源的迅速枯竭，成为当前人们关注的重点问题。

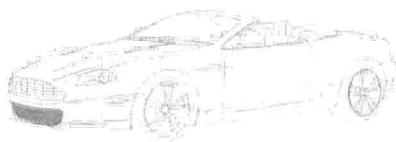
新能源与节能减排技术是目前国内外交通行业大力发展的新兴技术。随着超级电容、蓄电池等储能部件功率密度、能量密度及充放电效率等技术水平的提升，现代车辆已开始逐渐采用超级电容、蓄电池等新能源设备作为车辆起动、加速和长距离运行的主要能源。混合动力汽车、纯电动汽车和混合动力轻轨列车在欧洲、日本、中国等国家和地区已迅速发展为政府重点扶持的新兴产业。

本书针对现代交通行业的新能源技术，分别讲解了新能源技术的发展现状、汽车行业节能减排技术，混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车、混合动力列车技术，以及锂电池和超级电容的基础知识及应用技术。全书共8章，第1章主要介绍现代交通新能源技术发展现状及我国节能减排政策规划，第2章主要介绍新能源汽车种类与节能减排技术，第3章主要介绍混合动力汽车相关技术，第4章主要介绍纯电动汽车相关技术，第5章主要介绍燃料电池汽车相关技术，第6章主要介绍混合动力轻轨列车设计与验证的相关技术，第7章主要介绍动力电池的基础知识及应用情况，第8章主要介绍超级电容的基础知识及应用情况。本书可为汽车、轨道交通、电动自行车、电动摩托车、电池、电容等行业的技术人员和维护人员提供参考，也可以作为相关科研院所研究人员、高校师生等学习新能源技术的入门教程或参考书。

本书由余卫平、李明高任主编，由李明、高峰、张继业任副主编。参与编写的还有黄烈威、石俊杰、李国清、王广明、裴春兴、杨耀华、邵蓉、万翠英、李欣伟、侯红学、姚峰、唐晨、陈倩倩、邵其方、解雪林、周德来、刘斌、蒋洁、邵楠、韩璐、汪星华、彭涤曲等。由于编者水平有限，写作时间仓促，书中难免有不妥和疏漏之处，欢迎广大读者对本书提出批评和建议，以便做进一步修改和补充。

编 者

目 录



前言

第1章 现代交通新能源技术发展现状..... 1

1.1 现代交通运输对环境的影响 1

1.1.1 环境污染 1

1.1.2 全球变暖 2

1.1.3 石油资源 3

1.1.4 引发的思索 4

1.2 现代交通运输发展策略 6

1.2.1 新能源对交通运输的重要性 6

1.2.2 新能源技术加快发展的国际背景 8

1.3 我国交通行业新能源技术规划及发展趋势 13

1.3.1 汽车行业新能源技术十二五规划及解读 13

1.3.2 轨道交通行业发展现状及新能源技术简析 16

第2章 新能源汽车与节能减排技术 19

2.1 新能源汽车的概念和分类 19

2.1.1 新能源汽车的种类 19

2.1.2 纯电动汽车 20

2.1.3 混合动力汽车 20

2.1.4 超级电容汽车 21

2.1.5 燃料电池车 21

2.1.6 气体燃料汽车 22

2.1.7 生物燃料汽车 23

2.1.8 氢燃料汽车 25

2.1.9 太阳能汽车 26

2.1.10 空气动力汽车 27

2.2 国内新能源汽车发展现状与趋势 28

2.2.1 国内新能源汽车发展现状 28

2.2.2 国内新能源汽车发展趋势 30

2.3 汽车行业节能减排技术研究现状 34

2.3.1 国内新型交通运输方式及可替代能源 34

2.3.2 新能源汽车与再生制动设计 38

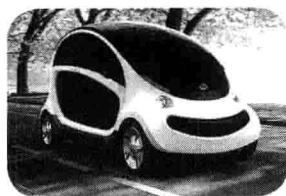
2.3.3 新能源汽车驱动电机的种类与技术特点 41

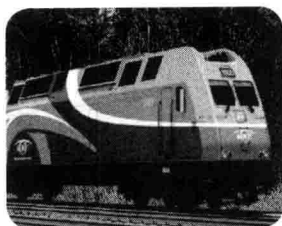
第3章 混合动力汽车技术 44

3.1 混合动力汽车发展现状 44

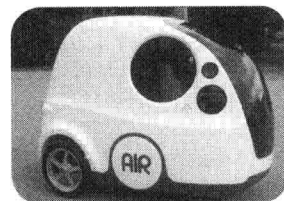
3.1.1 国外混合动力汽车技术的发展态势 44

3.1.2 国内混合动力汽车的发展态势 48





3.2 混合动力汽车的类型与特点	51
3.2.1 混合动力汽车的定义与分类	51
3.2.2 混合动力汽车的特点	53
3.2.3 插电式混合动力汽车	54
3.2.4 混合动力汽车的关键技术	55
3.3 混合动力汽车的结构原理	57
3.3.1 串联式混合动力汽车	57
3.3.2 并联式混合动力汽车	59
3.3.3 混联式混合动力汽车	61
3.4 混合动力汽车能量管理	63
3.4.1 混合动力汽车的能量传递路线	63
3.4.2 混合动力汽车的能量控制策略	63
3.4.3 混合动力汽车的制动能量回收系统	66
第4章 纯电动汽车技术	68
4.1 纯电动汽车发展现状	68
4.1.1 国外纯电动汽车的发展态势	68
4.1.2 纯电动汽车充电站的发展态势	74
4.1.3 国内锂电池电动汽车的发展优势	76
4.1.4 纯电动汽车技术发展产业化亟待解决的问题	77
4.2 纯电动汽车的类型、特点及国内主要的纯电动汽车	80
4.2.1 纯电动汽车的类型与特点	80
4.2.2 国内主要的纯电动汽车	81
4.3 纯电动汽车的结构原理与特点	83
4.3.1 纯电动汽车的结构原理	83
4.3.2 纯电动汽车驱动系统布置形式	85
4.3.3 纯电动汽车驱动系统设计	86
4.4 纯电动汽车的核心技术	88
4.4.1 动力电池技术	88
4.4.2 电机驱动技术	89
4.4.3 电力驱动控制及能源管理系统技术	89
4.4.4 能量管理技术	90
4.4.5 整车轻量化技术	91
4.5 纯电动汽车能量与回收	91
4.5.1 纯电动汽车的能量管理系统	91
4.5.2 纯电动汽车储能装置	92
4.5.3 电动汽车充电装置	92
4.5.4 纯电动汽车的再生制动能量回收	94
第5章 燃料电池汽车	97
5.1 国内外燃料电池汽车的发展现状与发展态势	97
5.1.1 国外燃料电池汽车的发展现状与发展态势	97
5.1.2 国内燃料电池汽车的发展现状与发展态势	101
5.2 燃料电池的构造和原理	103
5.2.1 燃料电池的组成	103



5.2.2	燃料电池的工作原理	103
5.2.3	燃料电池的优缺点	105
5.3	燃料电池的分类方式	106
5.3.1	燃料电池的种类	106
5.3.2	几种典型的燃料电池	108
5.3.3	质子交换膜燃料电池系统	111
5.4	燃料电池汽车的类型与结构原理	112
5.4.1	燃料电池汽车的类型	112
5.4.2	燃料电池汽车的结构原理	116
5.4.3	国内外燃料电池汽车车型	119
5.5	燃料电池汽车电驱动系统及控制策略	121
5.6	燃料电池系统的失效分析	123
5.6.1	燃料电池系统失效方式	123
5.6.2	燃料电池系统控制系统	124
第6章 轨道交通行业混合动力技术		125
6.1	轨道交通行业节能减排技术	125
6.1.1	发展新能源轨道交通车辆的背景及意义	125
6.1.2	国内外混合动力轨道车辆	125
6.1.3	混合动力轨道车辆技术分析	130
6.1.4	混合动力轨道车辆应用前景分析	132
6.2	混合动力系统组成及技术参数	133
6.2.1	DC/DC 变流器主要技术参数	134
6.2.2	混合动力电源箱主要技术参数	135
6.2.3	牵引逆变器	135
6.2.4	制动电阻	136
6.2.5	驱动电机	136
6.2.6	控制系统	136
6.3	混合动力系统性能参数估算	137
6.3.1	混合动力系统相关参数	137
6.3.2	车辆纵向动力学分析模型	139
6.3.3	系统参数匹配计算方法	142
6.3.4	储能设备能力计算	144
6.3.5	动力电池及超级电容数量的确定	147
6.3.6	混合动力列车的制动能量回收	149
6.4	双向 DC/DC 变流器工作原理	150
6.4.1	混合动力列车双向 DC/DC 变流器的工作要求	150
6.4.2	混合动力列车双向 DC/DC 变流器拓扑结构的选择	150
6.4.3	混合动力列车双向 DC/DC 变流器模型	152
6.5	复合电源系统工作原理及仿真研究	155
6.5.1	超级电容与蓄电池模型	156
6.5.2	复合电源系统控制方式	158
6.5.3	复合电源功率分配控制策略	160
6.5.4	功率流分配策略算法	162



6.5.5 复合电源供电能力仿真分析	164
6.6 混合动力列车运行仿真研究	169
6.6.1 混合动力仿真软件	169
6.6.2 国内某线路的混合动力方案设计	171
6.6.3 结论	188
第7章 动力电池基础知识及应用技术	189
7.1 电池的基本构成及性能指标	190
7.1.1 电池的类型	190
7.1.2 电池的基本构成	191
7.1.3 电池及电池组的相关概念	191
7.1.4 电池的性能指标	192
7.1.5 常用蓄电池	197
7.1.6 电动车辆对动力电池的要求	200
7.2 锂电池结构与工作原理	204
7.2.1 锂离子电池的种类与特点	204
7.2.2 锂离子电池的结构与工作原理	206
7.2.3 锂离子电池的充放电特性	208
7.2.4 锂离子电池的充放电方法	209
7.2.5 锂离子电池的模型	213
7.2.6 锂离子电池的热特性与冷却方法	215
7.2.7 锂离子电池的失效机理	219
7.2.8 锂离子电池使用安全性的影响因素	220
7.2.9 磷酸铁锂电池的外特性	221
7.2.10 动力电池使用寿命的影响因素	223
7.3 动力电池管理系统	224
7.3.1 动力电池管理系统的基本构成和功能	225
7.3.2 动力电池管理系统的设计	229
7.3.3 动力电池状态监测的相关问题	230
7.4 动力电池的特性测试	232
7.4.1 动力电池特性测试的内容	233
7.4.2 动力电池特性测试的相关标准及主要测试项目	237
7.4.3 动力电池特性测试的相关仪器设备	239
7.4.4 动力电池特性仿真分析工具	240
7.4.5 动力电池特性测试平台实例	242
7.5 动力电池 SOC 的评估	252
7.5.1 动力电池 SOC 评估的作用	252
7.5.2 动力电池 SOC 的评估方法	252
7.5.3 动力电池 SOC 评估的难点	255
7.5.4 提高动力电池一致性的措施	257
7.6 动力电池的均衡控制	257
7.6.1 动力电池均衡控制管理的意义	257
7.6.2 动力电池均衡控制管理的难点	258
7.6.3 动力电池均衡控制管理的方法	258





7.7 电池组的匹配设计	261
7.7.1 电动车辆能耗经济性评价参数	261
7.7.2 电池组的功能要求	264
7.8 动力电池的梯次利用与回收	264
7.8.1 动力电池梯次利用	264
7.8.2 动力电池回收	265
7.9 新型蓄能电池开发动向	265
7.9.1 镍电池市场前景分析	266
7.9.2 锂离子电池市场前景分析	266
7.9.3 新能源车对新型蓄能电池提出的要求	267
7.10 国内外动力锂电池产品的主要生产厂家	268
7.10.1 国外主要动力锂电池产品生产厂家	268
7.10.2 国内主要动力锂电池产品生产厂家	269
第8章 超级电容基础知识及应用技术	272
8.1 超级电容结构与工作原理	272
8.1.1 超级电容的种类	272
8.1.2 超级电容的结构原理	273
8.1.3 超级电容的基本特征与技术指标	276
8.1.4 超级电容的数学模型	278
8.1.5 超级电容的应用特性	279
8.2 超级电容器在新能源车辆上的应用	280
8.2.1 超级电容器在纯电动汽车上的应用	280
8.2.2 超级电容器在混合动力汽车上的应用	281
8.2.3 超级电容器使用的注意事项	281
8.3 超级电容国内外发展现状及产品	282
8.3.1 超级电容技术发展趋势	282
8.3.2 国外的超级电容产品	283
8.3.3 国内的超级电容产品	284
参考文献	288



现代交通新能源技术发展现状

1.1 现代交通运输对环境的影响

现代交通运输工具，如汽车、城市轨道车辆等，为现代社会的发展和人类生活的流动性需求做出了重大贡献。目前，城市轨道车辆多采用电力驱动，对环境影响不大，但汽车的大量使用则对环境造成了巨大的影响，并正在继续引发严重的环境与人类生存问题。大气污染、全球变暖以及地球石油资源的迅速递减，成为当前人们关注的重点问题。

近十年来，在与交通运输相关的研发领域中，人们愈发致力于发展高效、清洁和安全的运输工具。混合动力汽车、燃料电池车和纯电动汽车已逐渐成为替代传统车辆的运输工具。

1.1.1 环境污染

目前，大部分汽车依靠碳氢化合物类燃料的燃烧来获得其驱动力所必需的能量。碳氢化合物类燃料燃烧后产生的主要污染物对环境的影响情况如表 1-1 所示。

表 1-1 碳氢化合物类燃料燃烧后产生的主要污染物对环境的影响情况

污 染 物	对环境的影响情况
二氧化碳	随着汽车工业的发展，全球二氧化碳排放总量逐年增加，碳排放问题日益突出，2009 年，世界二氧化碳排放总量达到 300.6 亿 t。据国际能源署 2007 年的统计，<u>全球 23% 的二氧化碳排放量来自于交通运输</u>，可见汽车工业对碳排放量的影响之大。 2009 年，<u>我国二氧化碳排放总量达到 72.2 亿 t，占全球总量的 19.1%，已成为世界第一大二氧化碳排放国</u>，美国以占全球总量 18.4% 的二氧化碳排放量居于第二位。因此，推广使用新能源汽车，减少二氧化碳排放量，是国家节能减排的必然选择。
氮氧化合物	虽然氮是惰性气体，但发动机内的高温和高压环境易造成氮氧化合物（NO_x）的产生。其中最易生成的氮氧化合物是一氧化氮（NO），一旦一氧化氮排放到空气中，它与氧反应会生成二氧化氮（NO_2）。由于日光的紫外线辐射作用，随后二氧化氮被重新分解成一氧化氮，并生成能攻击活细胞薄膜的、有高度活性的氧原子。二氧化氮在一定程度上形成了刺激性的褐色烟雾，其对人体最突出的危害是刺激眼睛和上呼吸道薄膜。另外，二氧化氮与空气中的水反应，还会生成硝酸（HNO_3），<u>硝酸在雨中稀释，即形成“酸雨”</u>，对人类生活造成巨大的影响。 在工业化国家中，酸雨导致了森林的破坏，并且对由大理石建造的历史遗迹也会产生剥蚀作用。



(续)

污 染 物	对环境的影响情况
一氧化碳	一氧化碳是因缺氧而形成的碳氢化合物的不完全燃烧生成的。一氧化碳与血液中的血红蛋白结合的速度比氧气快 250 倍。对人和动物而言，一氧化碳一旦到达血细胞，便会替代氧附着于血红蛋白，这样就减少了到达器官的氧供给量，并降低了生命体的体力和智力，危害中枢神经系统，造成人的感觉、反应、理解、记忆力等机能障碍，重者会危害血液循环系统，导致生命危险，因此吸入一氧化碳即意味着中毒。 <u>眩晕是一氧化碳中毒的最初症状，它能迅速导致死亡。</u>
未完全燃烧的碳氢化合物	未完全燃烧的碳氢化合物是碳氢化合物不完全燃烧的结果，对生命体是有害的，其中有些是直接的毒物或致癌的化学制品，如颗粒状物、苯或其他的物质。同样，未完全燃烧的碳氢化合物是烟雾的成因：日光的紫外线辐射与未完全燃烧的碳氢化合物及大气中的一氧化氮互相作用，产生臭氧和其他生成物。<u>臭氧是无色的，但非常危险，当其侵入活细胞薄膜时，会引发生命体加速老化或产生致死的毒物。</u> 小孩、老人和哮喘病患者均会因高浓度臭氧的辐射而受到极大的伤害。
其他的污染物质	燃料的杂质在污染物质的排放中产生，主要杂质是硫，它存在于内燃机和喷气发动机燃料之中，在汽油和天然气中也存在。硫（或硫的化合物，如硫化氢）同氧一起燃烧将生成氧化硫化合物（SO_x）。二氧化硫（SO_2）是燃烧中的主要生成物，当其与空气接触时，将产生三氧化硫（SO_3），如果三氧化硫和水反应，则会生成硫酸，它是酸雨的主要成分。 为改善发动机的性能或寿命，石油公司在其燃料产品中添加了化学化合物。四乙基铅（常简称为“铅”）被用于改善汽油的抗爆性，从而获得更好的发动机性能。然而这一化合物的燃烧会析出金属铅，而<u>金属铅是导致神经疾病的罪魁祸首</u>。目前，大多数发达国家已禁用四乙基铅，并用其他化学化合物替代。

1.1.2 全球变暖

大量数据和现象表明，未来 50 ~ 100 年，人类将完全进入一个变暖的世界。由于人类活动的影响，导致大气中温室气体和硫化物气溶胶的浓度增加过快，有科学家预测，未来 100 年全球平均地表温度将上升 1.4 ~ 5.8℃，到 2050 年，我国平均气温将上升 2.2℃。

全球变暖是“温室效应”的结果，而“温室效应”是由二氧化碳和其他气体（如大气中的甲烷）所引发的。这些气体截获了由地面反射的日光，相当于在大气中截留了能量，并使之升温。温度升高对地球生态系统造成破坏，并引发影响人类的许多自然灾害，进而使气候变化风险加剧。

近几十年的观测表明，人类活动是造成气候变暖的主要原因。近年来，人类对能源的大量消耗带来了温室气体排放问题。二氧化碳是碳氢化合物和煤燃烧的生成物，是全球最重要的温室气体，是造成气候变化的主要因素，而它主要来自化石燃料的燃烧。虽然二氧化碳可被植物吸收，并由海洋以化合成碳酸盐的方式收集，但这些自然的同化过程是有限的，它不可能同化所有排放到大气中的二氧化碳，其结果是在大气中形成了二氧化碳的累积。

据国际能源机构（International Energy Agency，简称 IEA）估计，汽车二氧化碳总排放量将从 1990 年的 29 亿 t 增加到 2020 年的 60 亿 t。由此可见，汽车对地球环境造成了巨大影响。

控制消费和节约能源是减少二氧化碳排放量的重要途径。在工业发达国家，人均能源的



消费指数为1~3不等,这表明节约能源的余地是极大的。当然,还可以考虑保持适当的消费水平,同时用那些不会产生温室效应的替代能源来取代那些会造成污染的能源。

为了减少汽车对全球气候变暖的影响,削减二氧化碳等温室气体的排放,汽车应尽量采用小排量发动机和带有稀薄燃烧技术的发动机,最大限度地提高能源利用效率。为了减少汽车的二氧化碳排放量,各国开始制定并实施汽车二氧化碳排放法规。2008年,欧盟要求轿车二氧化碳排放量低于140g/km,对于汽油车,对应油耗要在6L/100km以下;2012年,低于120g/km;2020年,低于100g/km。我国也大力发展一系列先进技术,包括电动汽车、天然气汽车和以天然气为燃料的内燃机,到2030年,我国汽车的二氧化碳排放总量有可能降低45%。

1.1.3 石油资源

石油是从地下采掘的矿物燃料,是活性物质分解的产物,这些物质几百万年前被埋藏在稳定的地质层中。

世界能源主要包括石油、天然气、煤炭等,而目前全球交通运输业的燃料绝大部分来自于石油及其衍生品——汽油和柴油等。2010年的《BP世界能源统计》显示,截至2009年底,全球已探明的石油储量为13331亿桶,以2009年的开采速度,可开采45.7年。以同样的方式计算,现有天然气储量能满足62.8年的开采,而煤炭储量可开采119年。

2007年,在世界能源消耗总量中,石油占35%,煤炭占29%,天然气占24%,其他占12%。随着时间的推移,能源消耗结构会发生变化,新型能源消耗的比例将不断增加。

截至2010年1月1日,全球前十大探明石油储量国排名见表1-2,其石油储量总共为11279亿桶,占世界石油储量的84.6%。

表1-2 全球前十大探明石油储量国排名

排 名	国 家	储量/亿桶	所 占 比 例
1	沙特阿拉伯	2599	21.8%
2	加拿大	1752	14.69%
3	伊朗	1376	11.54%
4	伊拉克	1150	9.65%
5	科威特	1015	8.51%
6	委内瑞拉	994	8.34%
7	阿联酋	978	8.2%
8	俄罗斯	600	5.03%
9	利比亚	443	3.72%
10	尼日利亚	372	3.12%

已经证实的储藏量指经地质和工程信息预示的储藏量,即在现阶段经济和运行条件下,今后由已知的储油层可被开采的储藏量。因此,它并不能构成地球总储藏量的指标。

在温带、亚热带和热带等地区,地表面层附近的石油是便于开采的。地质学家认为,极地带地区(如西伯利亚、美国或加拿大等国家和地区),石油储量很多。在上述地区内,气候和生态保护是勘探石油或开采石油的主要障碍。因政治和技术原因,估算地球的石油总储



量是一项困难的任务。由美国地质勘探局（U. S. Geological Survey）在 2000 年估计的尚未勘探的石油资源量列于表 1-3 中，其中 R/P 比值是指若以当前水平连续生产，则已知储量可开采的年数。

表 1-3 美国地质勘探局对尚未勘探的石油资源的估计（2000 年）

区 域	已知储藏量/ 10^9t	R/P 比值	尚未勘探的石油资源/ 10^9t
北美地区	8.5	13.8	19.8
南美和中美地区	13.6	39	14.9
欧洲	2.5	7.7	3.0
撒哈拉沙漠以南的非洲 地区和南极洲	10	26.8	9.7
中东和北非地区	92.5	83.2	31.2
俄罗斯	9.0	22.7	15.7
亚太地区	6.0	15.9	4.0
全世界（潜在的增长量）	142.1	39.9	98.3 (91.5)

石油的消耗量（对应的生产量）与发达国家和发展中国家的经济增长同步，呈逐年增加的趋势。

全球范围内，增长最快的地区是亚太地区，全世界大多数人口居住在该地区。石油消耗量激增，将导致污染物迅速扩散，而二氧化碳排放量也会成正比例增加。

交通领域的石油消耗逐年增长。国际能源机构（IEA）的统计数据表明，2001 年，全球 57% 的石油消耗在交通领域（其中美国达到 67%）。预计到 2020 年，交通用石油将占全球石油总消耗量的 62% 以上。美国能源部预测，2020 年以后，全球石油需求与常规石油供给之间将出现净缺口，2050 年的供需缺口几乎相当于 2000 年世界石油总产量的两倍。

我国是一个能源短缺的国家，已探明石油储量约 160 亿桶，约占世界总探明储量的 1.1%。然而，我国的石油消耗量仅次于美国，位居世界第 2 位，石油消费年均增长率为 6% 以上。

目前，世界汽车保有量约 8 亿辆，预计到 2030 年，汽车保有量将突破 20 亿辆，主要增量来自发展中国家。我国汽车产量也在逐年增加，2009 年，我国共生产汽车 1379 万辆，居世界第 1 位，而且远远领先于排名第 2 位的日本（793.45 万辆）。2010 年达到 1826 万辆，连续成为世界第一汽车生产大国和第一新车销售市场。

同时，我国汽车保有量也增加迅速。截至 2012 年底，我国汽车保有量已超过 9000 万辆。预计到 2020 年，全国汽车保有量将达到 1.75 亿辆。在石油进口依存度持续上升的情况下，国际石油价格将直接影响到我国的能源安全、经济安全乃至国家安全。

1.1.4 引发的思索

污染引发的危害并非仅限于人类健康，它还包括对生态环境，甚至是人类历史遗迹的破坏。

同样，与全球变暖相关的危害也是难以估量的。它包括因龙卷风造成的破坏、由于干旱毁损的庄稼等。

大多数的石油生产国并非是石油消费大国。大多数的石油生产国位于中东地区，而大多数的石油消耗国则位于欧洲、北美和亚太地区。因此，石油消费国必须进口石油，并依赖石油生产国。中东地区频繁的政治动乱（如海湾战争、两伊战争等）严重影响了其对西方国



家的石油供应。西方经济依赖于波动的石油供应，其隐含的代价是昂贵的：石油供应的短缺导致经济的严重衰退，其结果是货物（如食品）滞销、商机丧失以及工商业停顿等。因此，国际原油市场居高不下的油价迫使很多国家，开始寻求开发石油的替代能源。

目前，全球各国已达成共识，交通能源转型势在必行。另外，减少排气污染、净化环境已成为车用燃料发展的大方向。以欧盟为例，欧盟15国制定的“汽车-油料发展规划”要求，1995~2020年，道路运输排放的7种主要污染物〔一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）、挥发性有机物质（VOC）、苯、柴油颗粒物（PM）、二氧化碳（CO₂）、二氧化硫（SO₂）〕要大大降低，除二氧化碳外，其他各种污染物要由1995年平均相对值为100降低到2010年平均相对值为25，2020年平均相对值为10。

我国成为全球第一大汽车消费国后，汽车工业带来的能源短缺、环境污染等问题日益严重。统计数据表明，目前我国汽车保有量主要集中在经济发达地区或中心城市，汽车废气排放已成为城市大气污染的主要因素；同时，我国的石油资源严重不足，石油消费与进口量逐年增加，进口占比超过50%。在未来30年内，我国的汽车保有量还将大量增加，大气环境污染、能源短缺问题将更为严重。

在我国，汽车行业必将成为节能减排的重中之重。目前，造成城市汽车排放污染和油耗增加的主要原因有：发动机长时间怠速工作，频繁加速、减速和制动，平均车速低等。

我国与城市交通相关的环境问题包括：

(1) 空间资源的低效配置 公共交通发展不充分，导致交通结构不合理，道路、停车场等土地和空间资源配置低效。道路与交通管理设施建设滞后于车辆和交通流量的发展，停车场等静态交通设施严重不足。

(2) 时间资源浪费 交通拥挤已使城市机动车行驶速度急剧下降，并直接导致公共服务水平下降，客流减少。不合理的交通结构将导致人们付出巨大的时间成本。

(3) 空气污染 一些大城市中，机动车排放的污染物对多项大气污染指标的贡献率已达到60%以上，危害人体健康。交通污染治理已成为城市大气环境治理的主要内容之一。

(4) 噪声污染 城市主要道路两侧的噪声污染不断加剧，全国80%以上大城市的交通干线噪声超标（大于70dB），严重影响了居民休息以及教育、文化活动的开展。

(5) 资源消耗 城市交通，特别是个人机动化交通，消耗了大量的能源和其他不可再生资源。

(6) 交通事故 部分交通参与者法制观念淡薄，交通违章现象十分严重。城市交通事故造成了大量的人员伤亡和高额的直接和间接经济损失。

上述主要问题造成了巨额国民经济损失，阻碍了社会、经济与环境的健康发展。

此外，即使每一辆机动车都达到了国家规定的排放法规要求，也不能保证城市的交通污染就一定可以达到环保标准要求。这是由于大量机动车在一定时间和空间内的相对集中，会造成城市的某一地区在排放污染物总量上超标。因此，从机动车管理的角度来考虑，减轻环境污染就要疏导交通，提高机动车运行速度，优化路网布局，合理分配车流，减少城市中心区的车流密度，改善汽车运行工况，降低机动车污染物排放。

欧盟各国联合制订了旨在限制汽车污染物排放的欧V和欧VI标准。根据新标准，未来欧盟国家对本地生产及进口汽车的污染物排放量，特别是氮氧化物和颗粒物排放量的控制将日益严格。

欧V标准于2009年9月1日开始实施。根据这一标准，柴油轿车的氮氧化物排放量不应超



过 180mg/100km，比欧Ⅳ标准规定的排放量减少了 28%；颗粒物排放量则比欧Ⅳ标准规定的减少了 80%，所有柴油轿车必须配备颗粒物滤网。柴油 SUV 执行欧Ⅴ标准的时间是 2012 年 9 月。

相对于欧Ⅴ标准，将于 2014 年 9 月实施的欧Ⅵ标准则更加严格。根据欧Ⅵ标准，柴油轿车的氮氧化物排放量不应超过 80mg/100km，与欧Ⅴ标准相比，欧Ⅵ标准对人体健康的益处将增加 60%~90%。

柴油厢式货车和 7 座以下载客车实施欧Ⅴ和欧Ⅵ标准的时间将分别比轿车晚 1 年。2010 年 9 月，厢式货车将实施欧Ⅴ标准，厢式货车的氮氧化物排放量不应超过 280mg/100km；2015 年 9 月实施欧Ⅵ标准后，新款厢式货车的氮氧化物排放量不应超过 125mg/100km。

面对温室气体排放大幅增加，环境污染不断加剧，能源问题日益严重的状况，选择开发以新能源汽车为代表的节能环保汽车变得尤为重要。在此背景下，中国发展新能源汽车，不仅有利于降低对石油的依赖，保证我国的能源安全，也有利于我国的环境保护和可持续发展，并为我国汽车产业实现跨越式发展提供重要的战略机遇。

北京于 2008 年在国内率先对新机动车实行国Ⅳ排放标准（见表 1-4），2010 年，国内新机动车销售全面实施了该标准，我国国产汽车的排放控制技术水平与国外先进水平的差距有望由 2000 年的 8 年缩短到 5 年。

表 1-4 我国各标准规定的排放限值

（单位：g/km）

	国Ⅱ	国Ⅲ	国Ⅳ
一氧化碳（CO）	2.20	2.20	1.00
总碳氢化合物（HC）	—	0.20	0.10
氮氧化物（NO _x ）	—	0.15	0.08
碳氢化合物和氮氧化物（HC + NO _x ）	0.50	—	—

1.2 现代交通运输发展策略

现代车辆多采用新能源技术以达到节能减排的目的。目前，电动汽车在国内市场上已成熟应用，混合动力汽车、混合动力轻轨列车在欧洲、日本、中国等国家和地区已迅速发展为新兴产业。

1.2.1 新能源对交通运输的重要性

全球石油资源可维持石油供应的年数完全取决于新储油地的发现量，及其石油储备量。历史数据表明，新储油地的发现进程缓慢，而另一方面，石油消耗量则呈现如图 1-1 所示的高增长趋势。假若新储油地的发现及石油消耗量遵循现在的趋势

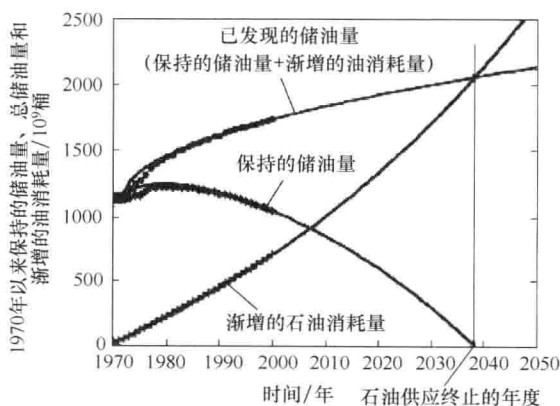


图 1-1 全球石油的新发现量、保持的储量以及渐增的消耗量



发展，则全世界石油资源约可应用至 2038 年。目前，新储油地的发现已日益困难，开采新油地的成本也越来越高。如果石油消耗率不能显著地降低，则可预见石油供应的情况将不会发生大的变化。

世界上大部分发达国家和发展中国家的石油消费结构虽然各不相同，但其交通运输部门基本上都是政府各部门中首要的石油使用者，如图 1-2 所示。1997 年，世界各国交通运输部门的石油消耗量占全球石油消耗量的 49%。而近年来，世界范围内石油应用方面的增量大多数出现在交通运输部门。

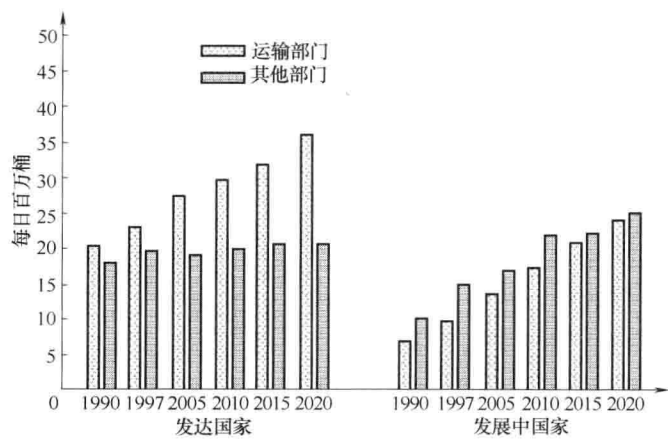


图 1-2 运输和其他部门的全球石油消耗量

就发展中国家而言，交通运输部门石油消耗量涨幅较大，预计至 2020 年，其增长量将接近非交通运输部门能量的消耗总和。但是，发展中国家不像发达国家，其石油消耗总增量的 42% 被规划用于除交通运输部门之外的应用领域。发展中国家的非交通运输部门所对应的石油消耗量的增长，部分归因于以石油产品替代非商品化燃料（如燃烧木材用于家庭制热和烹饪）。

改进车辆的燃油经济性对石油供应有决定性的影响。迄今为止，最有前途的技术应用是混合动力汽车、纯电动汽车和燃料电池车。混合动力汽车采用内燃机为其主要动力源，并以蓄电池和电机组成峰值电源，它比单独由内燃机提供动力的车辆具有高得多的运行效率。这一应用技术用于工业化生产的硬件和软件已基本成熟。随着电池技术的迅速发展，纯电动汽车技术得以完善，并逐步推广运用。此外，燃料电池车比混合动力汽车有更高的效率且更为清洁，已逐步应用于商业化运行。

图 1-3 描绘了有关文献中对应于不同发展策略的下一代车辆的综合年燃油消耗量。曲线 a-b-c 展现了目前车辆年燃油消耗量的发展趋势，其中，假设有 1.3% 的年增长率，该年增长率即设为总车辆数的年增长率。曲线 a-d-e 描绘了混合动力汽车的发展策略，其在第一个 20 年期间，

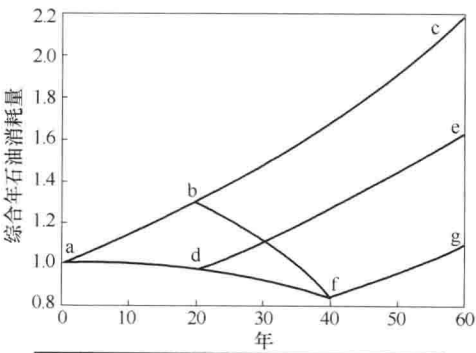


图 1-3 不同发展策略的下一代车辆之间年燃油消耗量的比较



传统车辆逐渐变为混合动力汽车；而再经 20 年，则全部车辆均成为混合动力汽车。在该发展策略中，假定混合动力汽车比目前传统车辆更为有效（前者燃油消耗量较后者少 25%）。曲线 a-b-f-g 给出了燃料电池车的发展策略，其在第一个 20 年期间处于发展阶段，而传统车辆仍主导市场；在第二个 20 年间，燃料电池车将逐渐进入市场，从点 b 出发到达全部为燃料电池车的点 f。在该发展策略中，假定燃料电池车比目前传统车辆在燃油消耗量上少 50%。曲线 a-d-f-g 给出了在第一个 20 年间传统车辆变成为混合动力汽车，而在第二个 20 年间则由燃料电池车取代传统车辆的发展策略。

逐渐增长的石油消耗量涉及石油的年消耗量及其时间效应，并直接与石油储量的减少相关联，如图 1-4 所示。图 1-4 描述了对应于上述各发展策略的综合石油消耗量逐渐增长的情况。虽然燃料电池车比混合动力汽车有更高的效率，但其按策略 a-b-f-g（第二个 20 年间采用燃料电池车）给出的渐增的燃油消耗量，因时间效应，将在 45 年内高于由策略 a-d-e（第一个 20 年间采用混合动力汽车）描绘的混合动力汽车渐增的燃油消耗量。由图 1-4 可见，策略 a-d-f-g（第一个 20 年间采用混合动力电动汽车和第二个 20 年间采用燃料电池车）是最佳的。

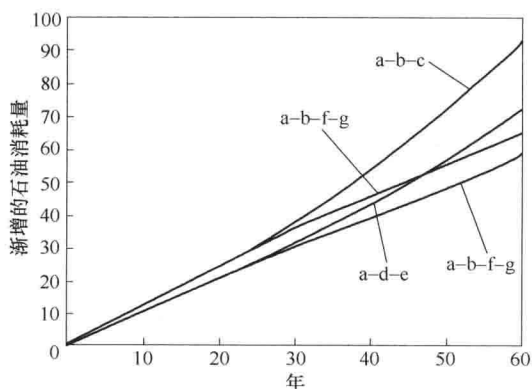


图 1-4 不同发展策略的下一代车辆之间渐增的燃油消耗量的比较

根据以上分析可以看出，由于约 45 年后石油供应会出现困境，因此，下一代运输工具的最佳发展策略应是加快商品化的混合动力汽车的开发和推广，同时尽最大努力，尽早研发出商品化的、不使用石油的纯电动汽车和燃料电池汽车。

1.2.2 新能源技术加快发展的国际背景

过去 100 多年间，世界各国的工业社会均建立在化石能源的基础之上。目前，世界能源消费的 40%、交通能源的 90% 仍然依赖石油，几乎所有的发达国家都是石油进口国。因此，能源安全是发达国家长期的重要战略目标，目前的国际政治和军事冲突，大多与石油有关。

快速增长的能源需求与石油资源日益枯竭的矛盾，将导致廉价石油时代的终结，使发展中国家工业化、城市化、现代化的成本大幅增加。特别是在全球石油资源分配格局已相对稳固的条件下，新兴经济体获取石油资源的形势将更加严峻。

与此同时，全球环境问题的日益突出，使世界汽车工业面临着严峻的挑战。汽车尾气成为城市环境污染和大气污染的主要因素。在此背景下，如果不改变全球汽车消费模式并推动汽车能源的技术革命，汽车消费的持续扩张将难以为继。目前，中国汽车千人保有量仅为 70 辆左右，如果达到发达国家 600 ~ 800 辆的水平，即使耗尽全世界的石油也不能满足需求。有关数据显示，如果不改变汽车消费结构和模式，到 2020 年，中国仅汽车就要消耗 2.56 亿 t 石油，占中国用油的 86%。因此，必须在资源约束下实现汽车消费的变革，在节能和新能源汽车领域取得技术和产业化的突破，这样才能从根本上解决全球汽车消费增长与石油资源供给之间的矛盾。