

# 新能源汽车 技术

● 主 编 马文胜 贾丽娜 郝金魁

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 新能源汽车技术

主编 马文胜 贾丽娜 郝金魁



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书共分7章,以图文结合的方式,详细介绍了第1章绪论;第2章电动汽车基础;第3章纯电动汽车;第4章混合动力汽车;第5章燃料电池电动汽车;第6章其他清洁能源汽车;第7章电动汽车高压安全与使用。

本书为高等院校汽车专业相关教材,也可作为汽车新技术培训参考教材和汽车维修企业技术人员自学参考用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车技术/马文胜,贾丽娜,郝金魁主编. —北京:北京理工大学出版社, 2018.7

ISBN 978 - 7 - 5682 - 5923 - 1

I. ①新… II. ①马… ②贾… ③郝… III. ①新能源 - 汽车 IV. ①U469.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第163022号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 涿州市新华印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 11.25

字 数 / 265 千字

版 次 / 2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 44.00 元

责任编辑 / 张鑫星

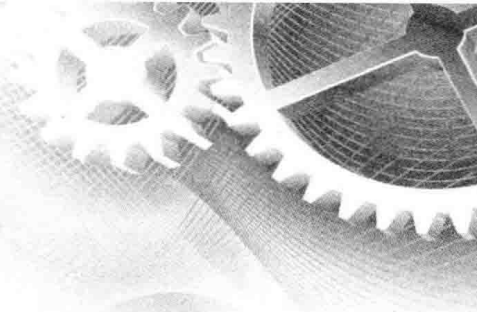
文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李 洋

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



# 前言

Qianyan

汽车在给人们提供便捷、舒适的同时,也带来了 many 负面影响,如能源危机、环境污染等。为缓解资源与环境的双重压力,各国相继出台了一系列政策来支持新能源汽车的发展。新能源汽车使用以不造成或者减轻环境污染为目标的绿色新能源作为石化能源的替代品,可同时解决环境污染和能源困局双重问题。新能源汽车是一种利用新兴能源来支持汽车运行、给汽车提供动力的新兴汽车。新能源汽车有别于传统能源汽车,主要是针对支持汽车动力燃料的不同而言,传统燃料汽车一般使用汽油和柴油,而新能源汽车已经超越于传统能源,包括纯电动汽车、燃料电池汽车、混合动力汽车和氢能源动力汽车等。

本书全面而系统地论述了新能源汽车的基础知识,共分为7章内容,分别介绍了新能源汽车的定义与分类,汽车电动化技术的基础知识,纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、其他清洁能源汽车和电动汽车高压安全与使用等。本书力求做到文字准确、精练,插图清晰、正确,内容系统、先进,以便读者能够通过自学,掌握新能源汽车相关的关键技术。

本书为高等院校汽车专业相关教材,也可作为汽车新技术培训参考教材和汽车维修企业技术人员自学参考用书。

本书由马文胜、贾丽娜、郝金魁担任主编,信云飞、代长安担任副主编,参与编写的人员还有杜丹阳。第1章、第4章、第7章由马文胜编写,第2章、第3章由贾丽娜编写,第5章由杜丹阳和信云飞共同编写,第6章由郝金魁编写,代长安参与了部分章节的编写。全书由郝金魁教授主审,他仔细审阅了全部文稿和图稿,提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

编者在本书的编写过程中查阅了大量的书籍、文献和网上资料,引用了一些网上资料和参考文献中的部分内容,在此特向其作者表示深切的谢意。同时,对书中所用图片的拍摄者也表示感谢。

由于新能源汽车技术飞速发展,导致各车厂生产的新能源汽车技术设计差异很大,技能含量不尽相同,加之作者水平有限,书中不妥和疏漏之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第1章 绪论           | 001 |
| 1.1 新能源汽车        | 001 |
| 1.1.1 混合动力汽车     | 001 |
| 1.1.2 纯电动汽车      | 002 |
| 1.1.3 燃料电池汽车     | 002 |
| 1.1.4 氢动力汽车      | 003 |
| 1.1.5 燃气汽车       | 003 |
| 1.1.6 其他新能源汽车    | 003 |
| 1.2 发展新能源汽车的必要性  | 004 |
| 1.2.1 能源短缺问题     | 004 |
| 1.2.2 环境污染问题     | 006 |
| 1.2.3 汽车新能源      | 007 |
| 1.2.4 新能源汽车发展现状  | 010 |
| 第2章 电动汽车基础       | 016 |
| 2.1 概述           | 016 |
| 2.1.1 蓄电池的基础知识   | 016 |
| 2.1.2 电驱动系统的基础知识 | 019 |
| 2.2 电化学蓄电池组      | 022 |
| 2.2.1 铅酸蓄电池      | 022 |
| 2.2.2 镍氢蓄电池      | 024 |
| 2.2.3 锂离子蓄电池     | 026 |
| 2.2.4 空气蓄电池      | 030 |
| 2.3 超级电容器        | 031 |
| 2.3.1 超级电容的工作原理  | 031 |
| 2.3.2 超级电容的特点    | 032 |
| 2.4 超高速飞轮电池      | 033 |

# 目 录

## Contents

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 2.4.1 超高速飞轮电池的工作原理 .....           | 033 |
| 2.4.2 超高速飞轮电池的特点 .....             | 034 |
| 2.5 复合能量存储系统 .....                 | 034 |
| 2.5.1 动力电池 + 超级电容构成的复合能量存储系统 ..... | 034 |
| 2.5.2 动力电池 + 燃料电池构成的复合能量存储系统 ..... | 035 |
| 2.6 直流电动机 .....                    | 035 |
| 2.6.1 直流电动机的分类 .....               | 036 |
| 2.6.2 直流电动机的结构 .....               | 037 |
| 2.6.3 直流电动机的工作原理 .....             | 040 |
| 2.6.4 电动汽车用直流电动机 .....             | 040 |
| 2.6.5 直流电动机的调速方法 .....             | 042 |
| 2.7 永磁同步电动机 .....                  | 044 |
| 2.7.1 永磁同步电动机的结构 .....             | 044 |
| 2.7.2 永磁同步电动机的特点 .....             | 047 |
| 2.7.3 永磁同步电动机的工作原理 .....           | 047 |
| 2.7.4 永磁同步电动机的控制 .....             | 048 |
| 2.8 感应电动机 .....                    | 048 |
| 2.8.1 感应电动机的结构 .....               | 049 |
| 2.8.2 感应电动机的工作原理 .....             | 050 |
| 2.8.3 感应电动机的性能特点 .....             | 052 |
| 2.8.4 感应电动机的控制方法 .....             | 053 |
| 2.9 开关磁阻电动机 .....                  | 054 |
| 2.9.1 开关磁阻电动机的结构 .....             | 054 |
| 2.9.2 开关磁阻电动机的特点 .....             | 056 |
| 2.9.3 开关磁阻电动机的工作原理 .....           | 056 |
| 2.9.4 开关磁阻电动机的控制 .....             | 057 |
| 2.10 轮毂电动机 .....                   | 060 |
| 2.10.1 轮毂电动机的驱动方式 .....            | 060 |
| 2.10.2 轮毂电动机的特点 .....              | 061 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第3章 纯电动汽车             | 063 |
| 3.1 概述                | 063 |
| 3.1.1 纯电动汽车的特点        | 063 |
| 3.1.2 纯电动汽车的分类        | 064 |
| 3.2 纯电动汽车的关键技术        | 065 |
| 3.2.1 电动机及控制技术        | 065 |
| 3.2.2 电池管理系统及策略       | 068 |
| 3.2.3 整车控制技术          | 071 |
| 3.3 纯电动汽车结构           | 073 |
| 3.3.1 纯电动汽车的基本结构      | 073 |
| 3.3.2 纯电动汽车驱动系统的布置形式  | 074 |
| 3.3.3 电力驱动系统          | 075 |
| 3.3.4 能源系统            | 076 |
| 3.3.5 辅助系统            | 076 |
| 3.4 典型纯电动汽车           | 080 |
| 3.4.1 日产 Leaf 纯电动汽车   | 080 |
| 3.4.2 比亚迪 e6 纯电动汽车    | 082 |
| 3.4.3 中通纯电动客车         | 082 |
| 第4章 混合动力汽车            | 084 |
| 4.1 概述                | 084 |
| 4.1.1 串联混合动力汽车        | 086 |
| 4.1.2 并联混合动力汽车        | 086 |
| 4.1.3 混联混合动力汽车        | 088 |
| 4.2 混合动力汽车的结构与原理      | 090 |
| 4.2.1 串联混合动力汽车的结构与原理  | 090 |
| 4.2.2 并联混合动力汽车的结构与原理  | 091 |
| 4.2.3 混联混合动力汽车的结构与原理  | 092 |
| 4.2.4 插电式混合动力汽车的结构与原理 | 095 |

# 目 录

## Contents

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 4.2.5 增程式电动汽车的结构与原理 .....        | 096        |
| 4.3 混合动力汽车的关键部件 .....            | 096        |
| 4.3.1 发动机 .....                  | 096        |
| 4.3.2 动力耦合装置 .....               | 098        |
| 4.3.3 整车综合控制器 .....              | 104        |
| <b>第5章 燃料电池电动汽车</b> .....        | <b>107</b> |
| 5.1 燃料电池电动汽车概述 .....             | 107        |
| 5.1.1 燃料电池电动汽车的发展概况 .....        | 107        |
| 5.1.2 燃料电池电动汽车的类型 .....          | 108        |
| 5.1.3 燃料电池电动汽车的构成 .....          | 111        |
| 5.1.4 燃料电池电动汽车的性能与关键技术 .....     | 114        |
| 5.1.5 燃料电池电动汽车存在的主要问题 .....      | 116        |
| 5.2 质子交换膜燃料电池 .....              | 117        |
| 5.2.1 质子交换膜燃料电池的基本性能 .....       | 117        |
| 5.2.2 单体质子交换膜燃料电池 .....          | 118        |
| 5.2.3 燃料电池组(堆) .....             | 119        |
| 5.3 国内外燃料电池电动汽车简介 .....          | 119        |
| 5.3.1 我国燃料电池电动汽车 .....           | 119        |
| 5.3.2 美国通用汽车公司部分燃料电池汽车 .....     | 121        |
| 5.3.3 美国福特汽车公司部分燃料电池汽车 .....     | 122        |
| 5.3.4 丰田汽车公司的FCHV系列燃料电池汽车 .....  | 123        |
| 5.3.5 本田汽车公司的FCX系列燃料电池汽车 .....   | 125        |
| <b>第6章 其他清洁能源汽车</b> .....        | <b>127</b> |
| 6.1 气体燃料汽车 .....                 | 127        |
| 6.1.1 气体燃料汽车的组成及工作原理 .....       | 128        |
| 6.1.2 气体燃料供给系统的组成及工作原理 .....     | 128        |
| 6.1.3 天然气发动机进气控制系统的组成及工作原理 ..... | 136        |
| 6.1.4 天然气发动机电子控制系统 .....         | 139        |



|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 6.1.5 天然气汽车使用与维护 .....       | 141        |
| 6.2 生物质燃料汽车 .....            | 142        |
| 6.2.1 乙醇在汽车上的应用 .....        | 142        |
| 6.2.2 生物柴油在汽车上的应用 .....      | 143        |
| 6.3 太阳能汽车 .....              | 144        |
| 6.3.1 太阳能汽车的优势 .....         | 144        |
| 6.3.2 太阳能汽车的基本改造 .....       | 144        |
| 6.3.3 发展太阳能汽车面临的问题 .....     | 146        |
| 6.4 压缩空气汽车 .....             | 146        |
| <b>第7章 电动汽车高压安全与使用 .....</b> | <b>148</b> |
| 7.1 电动汽车充电技术 .....           | 148        |
| 7.1.1 电动汽车充电方式 .....         | 148        |
| 7.1.2 充电机功能 .....            | 152        |
| 7.1.3 电动汽车传导式充电接口 .....      | 155        |
| 7.2 电动汽车高压安全 .....           | 159        |
| 7.2.1 TN 网络原理 .....          | 159        |
| 7.2.2 现代电动汽车的安全措施 .....      | 160        |
| 7.3 混合动力及纯电动车型维修安全规范 .....   | 163        |
| 7.3.1 安全防护要求 .....           | 163        |
| 7.3.2 安全维修操作规范 .....         | 164        |
| 7.3.3 安全维修注意事项 .....         | 165        |
| <b>参考文献 .....</b>            | <b>167</b> |

# 第1章 绪论

## 1.1 新能源汽车

新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料，但采用新型车载动力装置），综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成技术原理先进，具有新技术、新结构的汽车。

新能源汽车包括：混合动力汽车（HEV）、纯电动汽车（BEV）、燃料电池汽车（FCEV）、氢动力汽车、燃气汽车以及其他新能源汽车等。

### 1.1.1 混合动力汽车

混合动力汽车是指那些采用传统燃料，同时配以电动机和发动机来改善低速动力输出和燃油消耗的车辆。

按照动力系统的结构不同，混合动力汽车可以分为：串联式混合动力汽车（SHEV）、并联式混合动力汽车（PHEV）和混联式混合动力汽车（PSHEV）。按照燃料种类的不同，又可以分为汽油混合动力汽车和柴油混合动力汽车两种。按混合度（电动机功率与内燃机功率之比）的不同，又可分为微混合汽车、轻度混合汽车和全混合汽车三种。目前国内市场上，混合动力汽车的主流是汽油混合动力，而国际市场上柴油混合动力车型发展也很快。

混合动力汽车的优势在于：采用混合动力后可按平均需用的功率来确定内燃机的最大功率，使内燃机在油耗低、污染少的最优工况下工作。当需要大功率时，由蓄电池来补充内燃机功率的不足；汽车工作在低负荷时，内燃机富余的功率可发电给蓄电池充电。由于内燃机可持续工作，蓄电池又可以不断得到充电，故其续驶里程和普通汽车一样。另外，汽车制动、下坡、怠速时的能量可以通过蓄电池方便地回收。在繁华市区，可以关停内燃机，由蓄电池单独驱动，实现“零排放”。内燃机可以方便地为耗能大的制冷、取暖、除霜等功能提供足够的动力，且可以利用现有的加油站加油，并让蓄电池保持在良好的工作状态，不会发生蓄电池的过充、过放问题，延长了蓄电池的使用寿命，降低了使用成本。

但是混合动力汽车也存在一定的缺陷，如汽车生产成本较传统动力汽车高，长距离高速行驶不省油等。目前混合动力汽车在我国得到较快的发展，部分车型已经进入量产阶段。

### 1.1.2 纯电动汽车

纯电动汽车就是主要采用电力驱动的汽车，大部分汽车直接采用电动机驱动，也有一部分汽车直接以车轮作为四台电动机的转子。

纯电动汽车完全采用可充电式蓄电池驱动，且基本结构并不复杂，电动机、发电机、车辆蓄电池是其关键部件，其中又以蓄电池最为关键，其难点在于电力储存技术。

纯电动汽车本身不排放污染大气的有害气体，即使按所耗电量换算为发电厂的排放，除硫和微粒外，其他污染物也显著减少，同时，由于电厂大多远离人口密集的城市，对人类伤害较小，而且电厂是固定、集中地排放，因此清除各种有害排放物相对较容易，也已有相关技术。

由于电力可以从多种一次能源获得，如煤、核能、水力、风力、光、热等，解除了人们对石油资源日渐枯竭的担心。电动汽车还可以充分利用晚间用电低谷时富余的电力充电，使发电设备日夜都能被充分利用，大大提高其经济效益。有关研究表明，同样的原油经过粗炼，送至电厂发电，经充入蓄电池，再由电池驱动汽车，其能量利用效率比经过精炼变为汽油，再经汽油机驱动的汽车高，因此电动汽车有利于节约能源和减少二氧化碳的排量。正是这些优点，使电动汽车的研究和应用成为汽车工业的一个“热点”。

对于纯电动汽车，目前最大的障碍就是基础设施建设以及价格影响了产业化的进程。与混合动力相比，纯电动汽车更需要基础设施的配套，需要各企业联合起来与当地政府部门一起建设，才有可能实现大规模的普及推广。

纯电动汽车的优势在于：技术相对简单成熟，只要有电力供应的地方都能够充电。但由于目前蓄电池单位质量储存的能量较少，蓄电池价格较高，造成整车生产成本较高。整车的使用成本也由于蓄电池的寿命问题而增大。

### 1.1.3 燃料电池汽车

燃料电池汽车是利用燃料电池，将燃料中的化学能直接转化为电能来进行动力驱动的汽车。

燃料电池汽车使用的燃料主要包括氢、甲醇、汽油、柴油等，国际上普遍采用的是高能量密度的液态氢。其电池能量不是经过燃料的燃烧产生的，而是通过氢气和氧气的化学作用直接生成电能的。燃料电池的化学反应过程不会产生有害物质，所以燃料电池汽车是无污染汽车，而且燃料电池的能量转换效率比内燃机要高 2~3 倍，因此从能源的利用和环境保护方面，燃料电池汽车是一种理想的车辆。

与传统汽车相比，燃料电池汽车的优势在于：能量转换效率高，零排放或近似零排放，减少了传统发动机机油泄漏带来的水污染，降低了温室气体的排放，提高了燃油经济性，运行平稳、低噪声。

主要缺陷在于：燃料电池汽车的制造成本和使用成本较高，储存燃料的装置复杂、笨重，汽车的起动时间较长，如以氢气为燃料的燃料电池汽车起动时间一般需要 3 min。系统的抗振能力还有待进一步加强。



### 1.1.4 氢动力汽车

氢动力汽车是以氢为主要能量驱动的汽车。一般的内燃机通常注入柴油或汽油，氢动力汽车则改为使用气体氢。

氢内燃机在汽车上的应用方式有3种：纯氢内燃机、氢/汽油双燃料内燃机、氢/汽油混合燃料内燃机。氢动力汽车是一种低排放的交通工具，且氢燃料储量丰富。但与传统动力汽车相比，氢动力汽车成本至少高出20%。按照目前的技术条件来说，氢燃料的存储和运输非常困难，因为氢分子非常小，极易透过储藏装置的外壳逃逸。另外，氢气的提取需要通过电解水或者利用天然气，如此一来同样需要消耗大量能源，除非使用核电来提取，否则无法从根本上降低二氧化碳排放。

### 1.1.5 燃气汽车

燃气汽车是指用压缩天然气（CNG）、液化石油气（LPG）和液化天然气（LNG）作为燃料的汽车。燃气汽车由于其排放性能好，可调整汽车燃料结构，运行成本低，技术成熟，安全可靠，所以被世界各国公认为当前最理想的替代燃料汽车。

燃气汽车一般可以分为三类，即专用气体燃料汽车、两用燃料汽车和双燃料汽车。专用气体燃料汽车是以液化石油气、天然气或煤气等气体作为内燃机燃料的汽车，这种汽车需要使用气体燃料专用内燃机，由于气体燃料的特点，此类内燃机的排放相对较低，燃料使用成本也较低。两用燃料汽车是指具有两套相对独立的燃料供给系统，一套供给天然气或液化石油气，另一套供给常规燃料如汽油。两套系统各自独立工作，驾驶员可以在两套系统之间切换，即气体燃料使用完后，可以切换回汽油燃料。目前国内在出租车上改装成燃气汽车就是采用此类系统。双燃料汽车是指具有两套燃料供给系统共同工作的车辆，一套供给天然气或液化石油气，另一套供给常规燃料如汽油、柴油。两套燃料供给系统按照预定的配比向内部气缸供给燃料，在气缸内混合燃烧，如汽油-天然气双燃料汽车、柴油-天然气双燃料汽车。

### 1.1.6 其他新能源汽车

除以上介绍的新能源汽车以外，还有燃用生物燃料或掺有生物燃料的燃油汽车，如乙醇、二甲醚、生物柴油等。与传统汽车相比，采用此类燃料的汽车结构上不需要做太大的改动，排放性能较好。在石油资源日益紧张的今天，车用内燃机使用燃料的多元化是发展趋势。

目前国内使用比较成熟的替代燃料主要是乙醇，在汽车上使用乙醇，可以提高燃料的辛烷值，增加氧含量，使汽车缸内燃烧更完全，可以降低尾气有害物的排放。乙醇汽车的燃料应用方式主要是掺烧，即乙醇和汽油掺和应用。在混合燃料中，乙醇占容积比例以“E”表示，如乙醇占10%、15%，则用E10、E15来表示，目前，掺烧乙醇汽车占主

要地位。还有一种应用方式是纯烧，即单烧乙醇，可用 E100 表示，目前应用并不多，属于试行阶段。

## 1.2 发展新能源汽车的必要性

### 1.2.1 能源短缺问题

能源是人类生存与经济发 展的物质基础，然而，随着世界经济持续、高速地发展，能源短缺、环境污染、生态恶化等问题逐渐加深，能源供需矛盾日益突出。当前世界能源消费以化石资源为主，其中中国等少数国家以煤炭为主，大部分国家则是以石油与天然气为主。根据专家预测，按目前的消耗量，石油、天然气只能维持不到五十年，煤炭也只能维持一二百年。所以不管是哪一种常规能源结构，人类面临的能源危机都日趋严重。

根据英国石油公司（BP）发布的《BP 世界能源统计 2013》报告，截至 2012 年年底，全球石油探明储量达到 16 689 亿桶（2 358 亿吨），比 2011 年年底的 16 541 亿桶增长了约 0.89%，储采比为 52.9 年。2012 年的全球石油贸易量增长 70 万桶/日，增幅为 1.3%。石油贸易量达到了 5 530 万桶/日，占全球石油消费量的 62%，而该比例在 10 年前为 57%。相对较小的全球石油贸易量增幅掩盖了区域石油贸易的巨大变化。美国石油净进口量下降 93 万桶/日，比 2005 年的峰值减少 36%。与之相反，中国石油净进口量增长 61 万桶/日，占全球石油贸易增量的 86%。全球石油消费的最大增量来自中国，增长 5%。

在全球范围，天然气占一次能源消费的 23.9%。2012 年全球天然气消费增长 2.2%，低于 2.7% 的历史平均水平。中南美洲、非洲和北美洲的天然气消费增长均超过历史平均水平，其中，美国的天然气消费增量居全球首位。中国和日本的天然气消费增量紧随其后。

2012 年，煤炭仍然是增长最快的化石燃料，煤炭消费增长 2.5%，远低于过去十年 4.4% 的平均水平，但仍是消费增速最快的化石燃料。非经合组织国家的煤炭消费增长 5.4%，低于历史平均水平。尽管中国煤炭消费增长 6.1%，低于历史平均水平，但全球煤炭消费净增长仍全部来自中国，中国的煤炭消费量也首次超过全球消费总量的一半。

全球核能发电量下降 6.9%，连续第二年出现最高降幅纪录；日本核能发电量下降 89%，占全球降幅的 82%。核能发电占全球能源消费的 4.5%，是 1984 年以来的最低比重。全球水力发电量增长 4.3%，高于历史平均水平，其中净增长全部来自中国。水力发电量占全球能源消费的 6.7%，为有史以来的最高份额。

2012 年，可再生能源的发展势头喜忧参半，受美国生物燃料产量下降（-4.3%，即 120 万吨油当量）的影响，全球生物燃料生产出现了 2000 年以来的首次下滑（-0.4%，即 10 万吨油当量）。与之对照，用于发电的可再生能源增长 15.2%，虽然自 2008 年以来首次出现同比增速放缓，但仍略高于历史平均水平。风力发电（+18.1%）占全球可再生能源发电量增长的一半以上，其中，中国（+34.6%）贡献了风力发电的最大增量。太阳能发电增长更为迅速（+58%），但其基数较小。可再生能源在全球能源消费中所占

比例从2002年的0.8%升至2.4%。可再生能源发电量占全球发电总量的4.7%，为历史最高水平。

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。2011年8月16日，世界著名的美国汽车行业杂志Wardsauto公布，截至当日，全球处于使用状态的各种汽车，包括轿车、卡车以及公共汽车等的总保有量已突破10亿辆。预计到2030年全球汽车保有量将突破20亿辆，主要增量来自发展中国家。石油在交通领域的消费逐年增长。国际能源机构(IEA)的统计数据表明，2001年全球57%的石油消费在交通领域(其中美国达到67%)，预计到2020年交通用油将占全球石油总消耗的62%以上。如果这个领域对石油依赖有所减轻，那么石油依赖的“病情”将会得到控制。

我国能源资源一个重要特点是“多煤缺油少气”，是世界上唯一以煤为主的能源消费大国。随着经济的发展，我国汽车销量持续快速增长，尤其是2009年以来，中国汽车市场进入黄金10年，汽车市场由小变大，2010年成为全球第一大汽车市场，比原先普遍预测的2015年提早了5年，持续成为全球最大汽车产销国，如图1.1所示。截至2013年，我国汽车销量已突破2000万辆，达2198万辆，如图1.2所示，在该年年底，全国机动车数量突破2.5亿辆，其中，汽车达1.37亿辆。

汽车保有量的不断攀升，导致我国石油消耗量日益升高，石油对外依存度也不断升高。数据显示，从1993年开始，我国已成为石油净进口国，2009年，我国原油对外依存度就已突破50%的警戒线；至2012年，我国进口原油2.85亿吨，对外依存度升至56.4%，2013年更是高达58.1%。

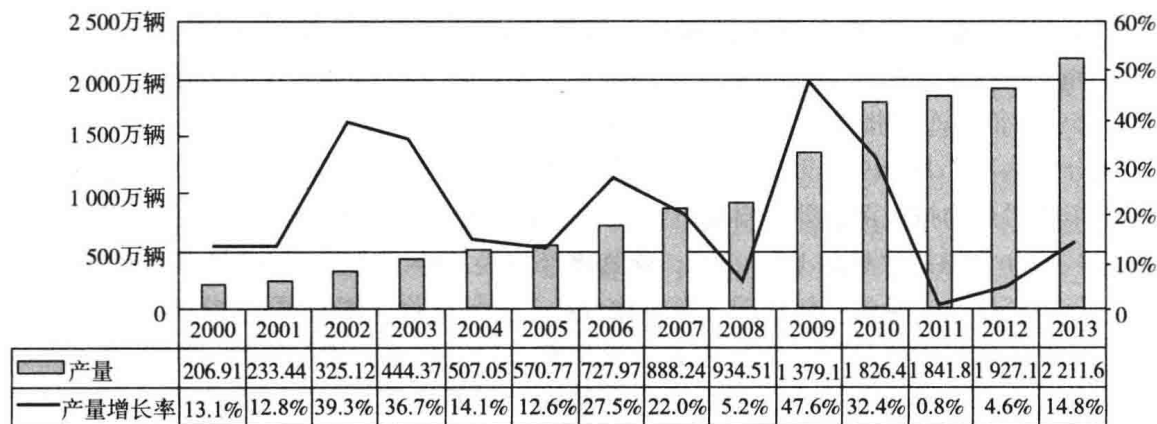


图 1.1 2000—2013 年中国汽车产量及增长率

在我国，交通运输业是仅次于制造业的第二大石油消费行业，全行业的能耗占全国总能耗的8%左右，但是石油制品消耗占全国的34%左右。我国汽车汽油、柴油消费量占石油制品总消费量的一半左右，而我国交通运输行业的能源利用效率与世界先进水平相比明显偏低，其中载货汽车、内河船舶每百吨公里油耗分别比发达国家高出30%、20%以上。按照目前的汽车增长速度和油耗水平，2020年我国汽车保有量将突破1.5亿辆，年耗油将超过2.5亿吨。



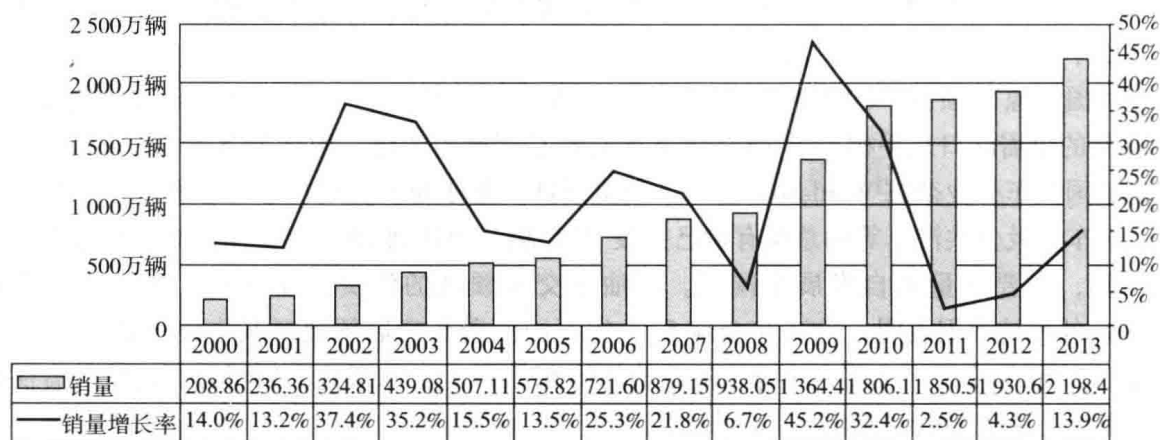


图 1.2 2000—2013 年中国汽车销量及增长率

## 1.2.2 环境污染问题

汽车保有量的持续攀升，不仅给能源带来危机，同时传统汽车排放的尾气也给环境带来了巨大的危害。2012 年和 2013 年，全国大面积持续长时间被雾霾笼罩，空气质量已经达到了严重污染程度，如何控制和降低汽车尾气排放带来的污染也是亟须解决的一大课题。环保部发布的《2012 年中国机动车污染防治年报》显示，我国已连续三年成为世界机动车产销第一大国，机动车污染已成为我国空气污染的重要来源，是造成灰霾、光化学烟雾污染的重要原因。

机动车排放的污染物主要包含四项：氮氧化物（NO）、颗粒物（PM）、碳氢化合物（HC）和一氧化碳（CO）。2011 年，全国机动车四项污染物排放 4 607.9 万吨，比 2010 年增加 3.5%，而汽车的排放量占到了机动车排放总量的 84.7%。其中，汽车对 CO、HC 的贡献比例分别达到了 80.6%、76.9%，而对 NO、PM 的贡献比例则高达 90.4% 和 94.9%。

汽车的污染物排放源主要来自尾气排放、燃油蒸发排放和油箱通风。其中后两部分的排放中 CO、NO 为总排放量的 1%~2%，碳氢化合物为 20% 左右，因此尾气排放为主要排放源。汽车尾气排出大量的一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物、细微颗粒物及硫化物等，这些一次污染物还通过大气化学反应生成光化学烟雾、酸沉降等二次污染物，对人们（尤其是人口密集区人们）的身体健康、城市大气环境和生态系统造成了一系列危害，主要表现在以下方面：

（1）汽车排放的污染物给人们的身体健康带来了严重危害。汽车排放的一氧化碳与血红素的亲和力比氧气与血红素的亲和力要大 210 倍，一旦侵入人体便很快与血液中的血红素相结合而成为一氧化碳血红素，当其占到人体内总血红素的 10% 时，就会对人的学习、工作带来不良影响；当占到 20% 时，人就会感到头痛、头晕，出现中毒现象；当占到 60%~65% 时，人就会死亡。大气中过高的一氧化碳含量对人体的危害很大，达到百万分之十时，人长期接触就会慢性中毒，当含量达到 1% 时，人只能活 2 min。

汽车排放的碳氢化合物，含 200 多种有机物成分，部分有机物被证明是致癌物质，如苯等多环芳香烃类物质，在人体内具有长期积累效应。此外，汽车排放的碳氢化合物与氮氧化

物在强烈日光作用下会进一步发生光化学反应,形成毒性很大的光化学烟雾。光化学污染是汽车排放废气造成的极为严重的大气污染现象,对人体健康和生态环境带来了严重危害。

汽车排放尾气中含量较多的一氧化氮和含量较少的二氧化氮,总称氮氧化物,是光化学烟雾的主要因素。医学研究表明,高浓度的一氧化氮会引起人体中枢神经的瘫痪和痉挛;二氧化氮则是一种毒性很强的气体,是红褐色有刺激性气体,当含量达到百万分之五时,就会闻到很强烈的臭味,对人的呼吸系统和免疫功能造成很大危害。

(2) 汽车排放的污染物对全球气候变暖造成了严重影响。二氧化碳是全球最重要的温室气体,是造成气候变化的主要原因,它主要来自化石燃料的燃烧。中国的二氧化碳年排放量在8.3亿吨以上,仅次于美国,列世界第二位。此外,甲烷、一氧化二氮、氟氯烃也是重要的温室气体。

石油是重要的化石燃料来源,中国的石油几乎完全用作运输燃料或石油化工原料,是仅次于煤的最大能源,占全国能源需求的20%以上。当前,汽车所使用的碳氢燃料主要是汽油、柴油和天然气。以石油产品为燃料的汽车,除了产生有害的污染物一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物和颗粒物排放外,还产生大量的温室气体二氧化碳。在控制汽车氮氧化物的排放时,广泛采用汽车尾气催化转化技术,部分催化剂在对氮氧化物进行转换过程中产生一氧化二氮的排放,另外,汽车使用过程中不可避免地产生空调制冷剂(氟氯烃)的泄漏等,也是产生温室气体的重要原因。随着汽车保有量的增加,由汽车排放产生的温室气体所占的比重还会增加,所以,汽车对全球气候变暖有着重大的影响。

汽车污染物排放对交通干线等人口密集区人们的健康造成严重危害,给人类生存的大气环境带来了严重污染,必须采取有效措施减少或者消除。对于使用汽油、柴油类的汽车,排放污染物的控制主要可以分为燃料处理技术、机内净化技术和机外净化技术三类方式。

燃料处理技术主要是通过提高燃料品质,减少或消除铅、硫、苯、芳香烃及杂质等含量。机内净化技术是从有害排放物的生成机理出发,对内燃机的燃烧方式本身进行改造。如对内燃机的供油、点火及进排气系统进行改进和最优化匹配等,控制有害物的产生。例如,多气门进气机构、可变气门正时技术、高压电控燃油喷射和电控点火、分层燃烧、均质压燃、增压与增压中冷、燃油蒸发污染物控制、闭式曲轴箱强制通风技术、废气再循环技术等。机外净化技术是通过附设在内燃机外部的装置对内燃机排出的废气在进入大气之前进行处理,使废气中有害成分的含量进一步降低,主要技术是在排气系统中安装二元催化净化器、微粒过滤器等。

总体而言,新能源汽车代表了世界汽车产业的发展方向,是未来世界汽车产业的制高点,是世界各主要国家和汽车制造厂商的共同战略选择。从国家战略的高度来审视,大力发展新能源汽车是新一轮经济增长点的突破口和实现交通能源转型的根本途径。我国汽车工业正积极参与这场全球性的新能源汽车的竞争当中,实现我国汽车工业的健康快速发展。

### 1.2.3 汽车新能源

英国石油公司(BP)预测,到2030年之前,全球石油需求量的年增长率仅为0.8%,比其他任何类型能源都低,仅占同期总体能源需求增长率的一半。与此同时,BP称,全球能源需求增长中的1/3将来自天然气、生物燃料和其他可替代燃料。





### 1. 天然气

天然气是一种气态化的石化燃料，主要存在于油田和天然气田中。天然气和石油伴生气的主要成分是甲烷。甲烷在大多数天然气中占 90% 以上，有的甚至占 95% ~ 98%。甲烷在石油伴生气中一般占 80% ~ 85%，比在天然气中占的量低一些。

天然气的体积低热值和质量低热值略高于汽油和柴油，但理论混合气热值比汽油和柴油低，应用于汽车时，在排放方面具有明显的优势。与汽油车相比，天然气汽车颗粒排放几乎为零，NO、CO 和 HC 的排放也显著降低，所以天然气汽车在改善空气质量方面有着重要意义。因此，天然气汽车技术也得到了快速发展，从过去的常压天然气汽车发展到压缩天然气 (CNG) 汽车和液化天然气 (LNG) 汽车。

天然气只能点燃而不能压燃，应用于汽车发动机时，主要采用两种燃烧方式：一是火花点火式；二是利用柴油引燃天然气 - 柴油混合燃料。按燃料供给方式可以分为：单燃料天然气汽车，发动机为预混、点燃式；天然气 - 汽油两用燃料汽车，发动机的基本结构与汽油机供给系统变化不大，具有天然气和汽油两套燃料系统，可以对现行汽油车直接加装天然气系统，成为天然气 - 汽油两用汽车；天然气 - 柴油双燃料汽车，是利用柴油引燃天然气 - 柴油混合燃料。

### 2. 液化石油气

液化石油气 (LPG) 是原油炼制汽油、柴油过程中的副产品，其来源广泛，可以从石油伴生气或天然气中通过炼油厂催化裂化装置获得。液化石油气的主要成分是丙烷  $C_3H_8$ ，此外还含有少量的丁烷  $C_4H_{10}$ 、丙烯  $C_3H_6$  和丁烯  $C_4H_8$ 。

液化石油气的特点与天然气相似，天然气的体积低热值和质量低热值略高于汽油，但理论混合热值比汽油低，液化石油气介于天然气和汽油之间。在应用于汽车时，具有燃烧完全、积炭少、排放污染物少、怠速和过渡工况运行稳定性好的优点。

液化石油气同样只能点燃而不能压燃，应用于汽车发动机时，主要采用两种点燃方式：一是火花点火式；二是利用柴油引燃 LPG - 柴油混合燃料。按燃料供给方式可以分为：单燃料 LPG 汽车，发动机为预混点燃式；LPG - 汽油两用燃料汽车，可以视情况交替使用 LPG 或汽油，具有 LPG 和汽油两套燃料系统，可以对现行汽油车直接加装 LPG 系统，成为 LPG - 汽油两用汽车；LPG - 柴油双燃料汽车，利用柴油引燃 LPG - 柴油混合燃料。

### 3. 醇类燃料

目前最广泛的醇类代用燃料主要是甲醇和乙醇。甲醇（木醇或木酒精）主要由天然气、重油、石油脑、液化石油气、煤炭、油页岩、木材和垃圾等物质提炼而成；乙醇俗称酒精，主要通过含糖类作物（甘蔗、甜菜、甜高粱和糖蜜等），淀粉质作物（玉米、高粱、小麦、红薯、马铃薯等）和纤维素原料（木材、木屑和谷物秸秆等）发酵而成。

醇类属于含氧燃料，辛烷值高，有利于提高燃烧效率。这一特点使其很适合作为汽油机的部分替代燃料。醇类燃料与柴油相比，其十六烷值、黏度、热值和密度均比较低，与柴油之间不易溶解，但是醇类燃料通过增加添加剂实现与柴油的互溶，在柴油机中掺烧时，热效率远高于在汽油机的热效率。

醇类在汽车上的应用主要有三种类型：掺烧、纯烧和改质。掺烧是醇类燃料的主要应用方式，可以分为：混合燃料法、熏蒸法和双燃料系统法，其中混合燃料法应用较为广泛，目前在山西、陕西、河南、黑龙江、四川、重庆、湖南等地均采用汽油掺混甲醇或乙醇，醇类