



“十二五”普通高等教育本科规划教材  
21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

# 新能源汽车概论

## (第2版)

崔胜民主编

- ✔ 紧跟新标准、新技术的发展
- ✔ 系统论述新能源汽车的基础知识
- ✔ 以实际车型展示新能源汽车发展趋势



教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

“十二五”普通高等教育本科规划教材

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

# 新能源汽车概论(第 2 版)

主 编 崔胜民



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书介绍了新能源汽车的类型、发展新能源汽车的必要性、新能源汽车发展现状及趋势,以及新能源汽车技术路线和关键技术;详细描述了纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车的基础知识,简单介绍了其他新能源汽车;对电动汽车用动力电池、电动汽车电动机驱动系统、电动汽车能源管理与回收系统、电动汽车充电技术,以及新材料和新技术在汽车上的应用作了全面系统的论述。

本书内容丰富、图文并茂、实用性强,可作为高等院校车辆工程及相关专业的本科生教材,也可作为从事新能源汽车相关领域的工程技术人员、管理人员和科研人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车概论/崔胜民主编. —2版. —北京: 北京大学出版社, 2015. 8  
(21世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)  
ISBN 978-7-301-25633-6

I. ①新… II. ①崔… III. ①新能源—汽车—高等学校—教材 IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 065535 号

- 书 名** 新能源汽车概论(第2版)  
**著作责任者** 崔胜民 主编  
**策划编辑** 童君鑫  
**责任编辑** 黄红珍  
**标准书号** ISBN 978-7-301-25633-6  
**出版发行** 北京大学出版社  
**地 址** 北京市海淀区成府路 205 号 100871  
**网 址** <http://www.pup.cn> 新浪微博: @北京大学出版社  
**电子信箱** [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)  
**电 话** 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667  
**印 刷 者** 北京飞达印刷有限责任公司  
**经 销 者** 新华书店  
787毫米×1092毫米 16开本 17.25印张 401千字  
2011年5月第1版  
2015年8月第2版 2015年8月第1次印刷  
**定 价** 37.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

**版权所有,侵权必究**

举报电话: 010-62752024 电子信箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话: 010-62756370

## 第 2 版前言

石油短缺、环境污染和气候变暖是全球汽车产业面对的共同挑战，各国政府及产业界积极应对，纷纷提出各自的发展战略。新能源汽车成为 21 世纪汽车工业的发展热点。

我国是一个能源短缺的国家，非常重视新能源汽车的研发和推广。新能源汽车被列为国家 7 个战略性新兴产业之一，新一轮新能源汽车推广示范工作已经展开，各种有利于新能源汽车研发和推广的政策不断推出，标准不断实施。希望本书的出版对普及新能源汽车知识，以及发展新能源汽车起到积极的促进作用。

本书全面系统地论述了新能源汽车的基础知识，共分 7 章：第 1 章阐述新能源汽车的类型、发展新能源汽车的必要性、新能源汽车发展现状及趋势，以及新能源汽车技术路线和关键技术；第 2 章介绍纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车及其他新能源汽车的基础知识；第 3 章和第 4 章介绍电动汽车关键部件——动力电池和驱动电动机的类型、特点、工作原理和基本特性等；第 5 章介绍电动汽车能量管理与制动能量回收系统；第 6 章介绍电动汽车充电技术；第 7 章对新材料和新技术在电动汽车上的应用进行了介绍。

编者在本书的编写过程中查阅了大量书籍、文献和资料，引用了一些网上资料和参考文献中的部分内容，在此特向各位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。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大专家和读者批评指正。

编者

2015 年 4 月

# 目 录

|                                |    |                                 |    |
|--------------------------------|----|---------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....          | 1  | 2.2.2 增程器的分类 .....              | 39 |
| 1.1 新能源汽车的定义和类型 .....          | 3  | 2.2.3 增程式电动汽车原理 .....           | 41 |
| 1.1.1 新能源汽车的定义 .....           | 3  | 2.2.4 增程式电动汽车的特点 .....          | 42 |
| 1.1.2 新能源汽车的类型 .....           | 3  | 2.2.5 增程式电动汽车的<br>主要技术指标 .....  | 43 |
| 1.2 发展新能源汽车的必要性 .....          | 5  | 2.2.6 增程式电动汽车车型<br>实例 .....     | 44 |
| 1.2.1 石油短缺 .....               | 5  | 2.3 混合动力电动汽车 .....              | 46 |
| 1.2.2 环境污染 .....               | 6  | 2.3.1 混合动力电动汽车的<br>定义与分类 .....  | 46 |
| 1.2.3 气候变暖 .....               | 10 | 2.3.2 混合动力电动汽车的<br>结构原理 .....   | 48 |
| 1.3 新能源汽车发展现状及趋势 .....         | 11 | 2.3.3 混合动力电动汽车的<br>特点 .....     | 52 |
| 1.3.1 国外新能源汽车<br>发展现状 .....    | 11 | 2.3.4 混合动力电动汽车的<br>关键技术 .....   | 53 |
| 1.3.2 国内新能源汽车<br>发展现状 .....    | 16 | 2.3.5 混合动力电动汽车的<br>主要技术指标 ..... | 55 |
| 1.3.3 新能源汽车发展战略和<br>发展趋势 ..... | 19 | 2.3.6 混合动力电动汽车车型<br>实例 .....    | 57 |
| 1.4 新能源汽车技术路线及关键<br>技术 .....   | 21 | 2.4 燃料电池电动汽车 .....              | 60 |
| 1.4.1 新能源汽车技术路线 .....          | 21 | 2.4.1 燃料电池电动汽车的<br>类型 .....     | 60 |
| 1.4.2 新能源汽车关键技术 .....          | 21 | 2.4.2 燃料电池电动汽车的<br>结构原理 .....   | 63 |
| 思考题 .....                      | 24 | 2.4.3 燃料电池电动汽车的<br>特点 .....     | 68 |
| <b>第 2 章 新能源汽车类型</b> .....     | 25 | 2.4.4 燃料电池电动汽车的<br>关键技术 .....   | 69 |
| 2.1 纯电动汽车 .....                | 26 | 2.4.5 燃料电池电动汽车的<br>主要技术指标 ..... | 71 |
| 2.1.1 纯电动汽车的类型 .....           | 26 | 2.4.6 燃料电池电动汽车车型<br>实例 .....    | 72 |
| 2.1.2 纯电动汽车的结构原理 .....         | 27 | 2.5 其他新能源汽车 .....               | 74 |
| 2.1.3 纯电动汽车驱动系统<br>布置形式 .....  | 29 | 2.5.1 气体燃料汽车 .....              | 74 |
| 2.1.4 纯电动汽车的特点 .....           | 31 | 2.5.2 生物燃料汽车 .....              | 76 |
| 2.1.5 纯电动汽车的关键技术 .....         | 31 |                                 |    |
| 2.1.6 纯电动汽车的主要<br>技术指标 .....   | 32 |                                 |    |
| 2.1.7 纯电动汽车车型实例 .....          | 34 |                                 |    |
| 2.2 增程式电动汽车 .....              | 38 |                                 |    |
| 2.2.1 增程式电动汽车结构 .....          | 38 |                                 |    |



|            |                    |            |       |                   |     |
|------------|--------------------|------------|-------|-------------------|-----|
| 2.5.3      | 氢燃料汽车              | 79         | 4.1.1 | 电动汽车电动机驱动系统的组成与类型 | 138 |
| 2.5.4      | 太阳能汽车              | 81         | 4.1.2 | 电动机的额定指标          | 140 |
|            | 思考题                | 82         | 4.1.3 | 电动汽车对电动机的要求       | 140 |
| <b>第3章</b> | <b>电动汽车用动力电池</b>   | <b>83</b>  | 4.1.4 | 电动汽车电动机驱动系统的发展趋势  | 141 |
| 3.1        | 概述                 | 85         | 4.2   | 直流电动机             | 142 |
| 3.1.1      | 电池的类型              | 85         | 4.2.1 | 直流电动机的分类          | 142 |
| 3.1.2      | 电池的性能指标            | 85         | 4.2.2 | 直流电动机的结构与特点       | 144 |
| 3.1.3      | 电动汽车对动力电池的要求       | 88         | 4.2.3 | 直流电动机的工作原理        | 145 |
| 3.2        | 蓄电池                | 89         | 4.2.4 | 直流电动机的转速控制        | 145 |
| 3.2.1      | 铅酸蓄电池              | 89         | 4.3   | 无刷直流电动机           | 147 |
| 3.2.2      | 镍氢电池               | 92         | 4.3.1 | 无刷直流电动机的分类        | 147 |
| 3.2.3      | 镍镉电池               | 94         | 4.3.2 | 无刷直流电动机结构与特点      | 147 |
| 3.2.4      | 锂离子电池              | 95         | 4.3.3 | 无刷直流电动机的工作原理      | 149 |
| 3.2.5      | 锌镍电池               | 99         | 4.3.4 | 无刷直流电动机的控制        | 149 |
| 3.2.6      | 空气电池               | 100        | 4.4   | 异步电动机             | 150 |
| 3.2.7      | 蓄电池的充电方法           | 103        | 4.4.1 | 异步电动机的结构与特点       | 151 |
| 3.2.8      | 蓄电池的性能测试           | 105        | 4.4.2 | 异步电动机的工作原理与运行特性   | 152 |
| 3.3        | 燃料电池               | 111        | 4.4.3 | 异步电动机的控制          | 153 |
| 3.3.1      | 燃料电池的分类            | 112        | 4.5   | 永磁同步电动机           | 157 |
| 3.3.2      | 燃料电池电动汽车对燃料电池的要求   | 112        | 4.5.1 | 永磁同步电动机的结构与特点     | 158 |
| 3.3.3      | 燃料电池的特点            | 113        | 4.5.2 | 永磁同步电动机的工作原理与运行特性 | 160 |
| 3.3.4      | 燃料电池系统             | 114        | 4.5.3 | 永磁同步电动机的控制        | 162 |
| 3.3.5      | 质子交换膜燃料电池          | 116        | 4.6   | 开关磁阻电动机           | 166 |
| 3.3.6      | 碱性燃料电池             | 119        | 4.6.1 | 开关磁阻电动机的结构与特点     | 166 |
| 3.3.7      | 磷酸燃料电池             | 120        |       |                   |     |
| 3.3.8      | 熔融碳酸盐燃料电池          | 122        |       |                   |     |
| 3.3.9      | 固体氧化物燃料电池          | 123        |       |                   |     |
| 3.3.10     | 直接甲醇燃料电池           | 125        |       |                   |     |
| 3.3.11     | 微生物燃料电池            | 126        |       |                   |     |
| 3.3.12     | 再生型燃料电池            | 126        |       |                   |     |
| 3.4        | 太阳电池               | 127        |       |                   |     |
| 3.5        | 超级电容器              | 130        |       |                   |     |
| 3.6        | 飞轮电池               | 134        |       |                   |     |
|            | 思考题                | 136        |       |                   |     |
| <b>第4章</b> | <b>电动汽车电动机驱动系统</b> | <b>137</b> |       |                   |     |
| 4.1        | 概述                 | 138        |       |                   |     |

|                                     |            |                                |            |
|-------------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| 4.6.2 开关磁阻电动机的工作<br>原理与运行特性 .....   | 167        | 发展趋势 .....                     | 210        |
| 4.6.3 开关磁阻电动机的<br>控制 .....          | 168        | 6.2 电动汽车车载充电机 .....            | 210        |
| 4.7 轮毂电动机 .....                     | 171        | 6.2.1 电动汽车车载充电机<br>组成 .....    | 211        |
| 4.7.1 轮毂电动机结构形式 .....               | 171        | 6.2.2 电动汽车车载充电机<br>技术参数 .....  | 212        |
| 4.7.2 轮毂电动机应用类型 .....               | 172        | 6.2.3 电动汽车车载充电机<br>充电接口 .....  | 213        |
| 4.7.3 轮毂电动机驱动方式 .....               | 173        | 6.2.4 电动汽车车载充电机<br>充电过程 .....  | 214        |
| 4.7.4 轮毂电动机驱动系统的<br>特点 .....        | 173        | 6.3 电动汽车非车载充电机 .....           | 215        |
| 4.7.5 轮毂电动机驱动系统的<br>关键技术 .....      | 174        | 6.3.1 电动汽车非车载充电机<br>组成 .....   | 215        |
| 思考题 .....                           | 175        | 6.3.2 电动汽车非车载充电机<br>技术参数 ..... | 216        |
| <b>第5章 电动汽车能量管理与回收<br/>系统 .....</b> | <b>176</b> | 6.3.3 电动汽车非车载充电机<br>充电接口 ..... | 216        |
| 5.1 电动汽车能量管理系统 .....                | 177        | 6.3.4 电动汽车非车载充电机<br>充电过程 ..... | 218        |
| 5.1.1 电池管理系统的功能 .....               | 178        | 6.4 电动汽车光伏充电站 .....            | 219        |
| 5.1.2 纯电动汽车能量管理<br>系统 .....         | 182        | 思考题 .....                      | 221        |
| 5.1.3 混合动力电动汽车能量<br>管理系统 .....      | 188        | <b>第7章 新材料和新技术应用 .....</b>     | <b>222</b> |
| 5.1.4 能量管理系统的发展<br>方向 .....         | 191        | 7.1 镁合金 .....                  | 223        |
| 5.2 电动汽车再生制动能量回收<br>系统 .....        | 191        | 7.1.1 镁合金的类型和特性 .....          | 223        |
| 5.2.1 再生制动能量回收的<br>方法和类型 .....      | 192        | 7.1.2 镁合金的主要成型<br>工艺 .....     | 224        |
| 5.2.2 电动汽车的再生制动<br>能量回收系统 .....     | 195        | 7.1.3 镁合金材料在汽车上的<br>应用 .....   | 225        |
| 思考题 .....                           | 200        | 7.2 碳纤维 .....                  | 227        |
| <b>第6章 电动汽车充电技术 .....</b>           | <b>201</b> | 7.2.1 碳纤维的定义和分类 .....          | 227        |
| 6.1 概述 .....                        | 202        | 7.2.2 碳纤维的特性 .....             | 227        |
| 6.1.1 电动汽车对充电设备的<br>要求 .....        | 202        | 7.2.3 碳纤维在汽车上的<br>应用 .....     | 228        |
| 6.1.2 电动汽车充电设备的<br>类型 .....         | 202        | 7.3 表面装饰技术 .....               | 231        |
| 6.1.3 电动汽车充电方法 .....                | 204        | 7.3.1 表面装饰技术的定义与<br>分类 .....   | 231        |
| 6.1.4 电动汽车充电方式 .....                | 205        | 7.3.2 表面装饰技术的工艺与<br>特点 .....   | 231        |
| 6.1.5 电动汽车充电技术的                     |            | 7.3.3 表面装饰技术在汽车上的<br>应用 .....  | 235        |



|       |                 |     |       |                    |     |
|-------|-----------------|-----|-------|--------------------|-----|
| 7.4   | 现代控制技术          | 237 | 7.7.1 | 汽车线控转向系统的结构        | 256 |
| 7.4.1 | 控制技术的分类         | 237 | 7.7.2 | 汽车线控转向系统的工作原理      | 257 |
| 7.4.2 | 汽车控制系统的分类       | 240 | 7.7.3 | 汽车线控转向系统的特点        | 257 |
| 7.5   | 仿真技术            | 241 | 7.7.4 | 汽车线控转向系统的硬件要求和所需模块 | 258 |
| 7.5.1 | 仿真技术的作用         | 241 | 7.8   | 汽车线控制动系统           | 259 |
| 7.5.2 | ADVISOR 高级车辆仿真器 | 242 | 7.8.1 | 汽车线控制动系统的结构        | 260 |
| 7.6   | 车载网络技术          | 247 | 7.8.2 | 汽车线控制动系统的特点        | 263 |
| 7.6.1 | CAN 总线          | 248 | 思考题   |                    | 265 |
| 7.6.2 | LIN 总线          | 251 | 参考文献  |                    | 266 |
| 7.6.3 | FlexRay 总线      | 252 |       |                    |     |
| 7.6.4 | MOST 总线         | 252 |       |                    |     |
| 7.6.5 | 电动汽车网络信号        | 254 |       |                    |     |
| 7.6.6 | 电动汽车网络结构        | 254 |       |                    |     |
| 7.7   | 汽车线控转向系统        | 255 |       |                    |     |



# 第 1 章

## 绪 论



### 教学目标

通过本章的学习，要求读者能够掌握新能源汽车的定义和类型，了解发展新能源汽车的必要性和国内外新能源汽车的发展现状，对新能源汽车的发展战略、发展趋势及我国新能源汽车技术路线和关键技术有明确的认识。



### 教学要求

| 知识要点           | 能力要求  | 相关知识   |
|----------------|---|--|
| 新能源汽车的定义和类型    | 掌握什么是新能源汽车，新能源汽车包括哪些类型                              | 通过对普通燃油汽车与新能源汽车的对比，掌握新能源汽车的概念；根据驱动汽车的能量不同，掌握新能源汽车的类型 |
| 发展新能源汽车的必要性    | 了解为什么要大力发展新能源汽车                                     | 石油短缺、环境污染、气候变暖是发展新能源汽车的根本原因                          |
| 新能源汽车发展现状      | 通过对国内外新能源汽车发展现状的分析，可以对新能源汽车有较全面的了解，以便更好地发展我国新能源汽车产业 | 美国、日本、德国、法国和中国的新能源汽车                                 |
| 新能源汽车发展战略和发展趋势 | 通过对新能源汽车发展战略和发展趋势的认识，可以指导发展新能源汽车的方向                 | 电池、电机、汽车产业政策   |
| 新能源汽车技术路线及关键技术 | 明确我国新能源汽车的技术路线和关键技术                                 | 电动汽车科技发展“十二五”专项规划                                    |



## 导入案例

汽车的发明极大地缩短了人与人之间的空间距离,方便了人类的生活,已经成为当今社会的重要交通工具。但随着汽车保有量的大幅度增加,也产生了资源消耗过度、空气污染和气候变暖等负面问题。

石油是一次能源,根据英国 BP 石油公司近日发布的报告,截至 2013 年底,全球已探明石油储量为 16880 亿桶,按现今的开采速度,仅够开采 53.3 年。2013 年,世界石油消耗占一次能源消耗的 32.9%,而且交通用油占全球石油总消耗的一半以上。我国是石油短缺的国家,但却是石油消耗大国。2013 年,我国石油产量为 2.087 亿吨,消耗量为 4.98 亿吨,对外依存度达到 58.1%,连续 5 年超过 50% 的国际安全警戒线。图 1.1 表明我国某石油城的石油基本枯竭。

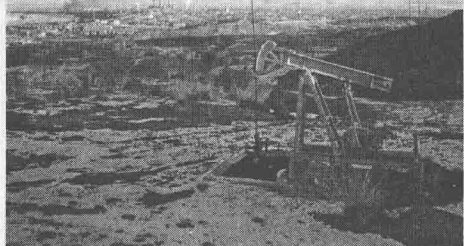


图 1.1 石油枯竭

2013 年发布的《中国环境分析》报告数据显示,世界上污染最严重的 10 城市有 7 个在中国,我国 500 个城市中,空气质量达到世界卫生组织推荐标准的不足 5 个。全球大气污染 40% 左右源于交通车辆的污染,在北京、上海和广州等一线城市中,机动车尾气对空气污染的分担率已超过 60%。图 1.2 是我国某城市空气污染的照片。

图 1.3 是一头北极熊在北极圈的挪威 Svalbard 群岛上被活活饿死的照片,出现这个情况的原因是气候变暖。北极地区的海冰面积 2012 年降至有记录以来最低,缺乏海冰令北极熊没有办法去猎食海豹,被迫去远处觅食,但最终仍是找不到食物,只得饿死。汽车排出的尾气中包含的  $\text{CO}_2$  产生全球性的温室效应,使得气候异常,从而引发飓风等自然灾害。如果大气中的  $\text{CO}_2$  浓度增加一倍,气温将上升  $1.5\sim 4.5^\circ\text{C}$ 。



图 1.2 我国某城市的空气污染

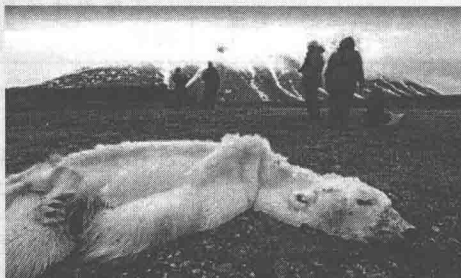


图 1.3 气候变暖

试想,50 年后,如果汽车还都是使用传统的燃油,生活将会变成什么样?什么样的汽车最有希望替代燃油汽车?通过本章的学习,读者可以得到答案。

面对石油短缺、环境污染、气候变暖等问题,新能源汽车是汽车工业发展的必然趋势。

## 1.1 新能源汽车的定义和类型

### 1.1.1 新能源汽车的定义

新能源汽车的英文为 New Energy Vehicles,我国2009年7月1日正式实施了《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》,此规则明确指出: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,形成的技术原理先进,具有新技术、新结构的汽车。

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)、甲醇等之外的燃料。

### 1.1.2 新能源汽车的类型

新能源汽车包括的范围较广,各国分类也不相同,没有统一标准。目前,我国的新能源汽车主要包括纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车、其他新能源汽车等。

#### 1. 纯电动汽车

纯电动汽车(Blade Electric Vehicles, BEV)是一种采用单一蓄电池作为储能动力源的汽车,它利用蓄电池作为储能动力源,通过电池向电动机提供电能,驱动电动机运转,从而推动汽车行驶。

#### 2. 增程式电动汽车

增程式电动汽车(Extended-Range Electric Vehicles, EREV)是一种配有地面充电和车载供电功能的纯电驱动的电动汽车,其运行模式可以根据需要处于纯电动模式、增程模式或混合动力模式,是介于纯电动汽车和混合动力电动汽车之间的一种过渡车型,具有纯电动汽车和混合动力电动汽车的特征,有人把它划分为纯电动汽车范畴,也有人把它划分为混合动力电动汽车范畴,认为它是一种插电式串联混合动力电动汽车。

#### 3. 混合动力电动汽车

混合动力电动汽车(Hybrid Electric Vehicle, HEV)是指驱动系统由两个或多个能同时运转的单个驱动系统联合组成的车辆,车辆的行驶功率依据实际的车辆行驶状态由单个驱动系统单独或多个驱动系统共同提供。因各个组成部件、布置方式和控制策略的不同,混合动力电动汽车有多种形式。

混合动力电动汽车一般又分为常规混合动力电动汽车和插电式混合动力电动汽车,后面不做特殊说明的混合动力电动汽车主要是指常规混合动力电动汽车。

#### 4. 燃料电池电动汽车

燃料电池电动汽车(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)是利用氢气和空气中的氧在



催化剂的作用下,在燃料电池中经电化学反应产生的电能作为主要动力源驱动的汽车。燃料电池电动汽车实质上是纯电动汽车的一种,主要区别在于动力电池的工作原理不同。一般来说,燃料电池是通过电化学反应将化学能转化为电能,电化学反应所需的还原剂一般采用氢气,氧化剂则采用氧气,因此最早开发的燃料电池电动汽车多是直接采用氢燃料,氢气的储存可采用液化氢、压缩氢气或金属氢化物储氢等形式。

### 5. 其他新能源汽车

其他新能源汽车类型很多,没有统一标准。生物燃料汽车、氢发动机汽车、太阳能汽车及使用超级电容器、飞轮等高效储能器的汽车都属于其他新能源汽车。有人把天然气汽车、液化石油气汽车、乙醇燃料汽车、甲醇燃料汽车等也划分为新能源汽车。

目前在我国大力支持和财政补贴的新能源汽车主要是指纯电动汽车、增程式电动汽车、插电式混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车。常规混合动力电动汽车被划分为节能汽车。

因此,目前新能源汽车都没有规模化量产,有的有销售但未规模化,如纯电动汽车和插电式混合动力电动汽车;有的还处于研发阶段,如燃料电池电动汽车。



### 阅读材料1-1

#### 能源的定义与分类

能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。凡是能被人类加以利用以获得有用能量的各种来源通常都可以称为能源。

能源种类繁多,而且经过人类不断的开发与研究,更多新能源已经开始能够满足人类需求。根据不同的划分方式,能源也可分为不同的类型。

按来源划分,能源可分为3种:来自地球外部天体的能源,如太阳能;地球本身蕴藏的能量,如原子核能、地热能等;地球和其他天体相互作用而产生的能量,如潮汐能。

按产生方式划分,能源可分为2种:一次能源,如煤炭、石油、天然气资源等;二次能源,如电力、煤气、汽油、柴油等。

按性质划分,能源可分为2种:有燃料型能源,如煤炭、石油、天然气、泥炭、木材等;非燃料型能源,如水能、风能、地热能、海洋能等。

按能源消耗后是否造成环境污染,能源可分为2种:污染型能源,如煤炭、石油等;清洁型能源,如水力、电力、太阳能、风能及核能等。

根据使用类型划分,能源可分为2种:常规能源,如煤炭、石油、天然气等;新型能源,如太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能及用于核能发电的核燃料等。

人们对一次能源又进一步加以分类。凡是不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为再生能源,反之称为非再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等是可再生能源;煤、石油和天然气等是非再生能源。

随着全球各国经济发展对能源需求的日益增加,现在许多发达国家都更加重视对可再生能源、环保能源及新型能源的开发与研究。随着人类科学技术的不断进步,会不断开发研究出更多新能源来替代现有能源,以满足全球经济发展与人类生存对能源的高度需求,而且能够预计地球上还有很多尚未被人类发现的新能源。

## 1.2 发展新能源汽车的必要性

石油短缺、环境污染、气候变暖是全球汽车产业面对的共同挑战,各国政府及产业界纷纷提出各自的发展战略,积极应对,以保持其汽车产业的可持续发展,并提高未来的国际竞争力。新能源汽车已成为21世纪汽车工业的发展热点。

### 1.2.1 石油短缺

据石油巨头英国石油公司(BP)发布的《世界能源统计年鉴2014》显示,截至2013年底,全球已探明可采剩余石油储量为16880亿桶,比2012年底略增6亿桶,2013年世界石油储采比(石油储量/石油产量)为53.3年,与2012年基本持平。中国石油探明储量为25亿吨(181亿桶),占世界石油探明储量的1.1%,储采比为11.9年。

2013年,世界一次能源消耗结构中,石油占32.9%,煤炭占30.1%,天然气占23.7%,核能占4.4%,水力发电占6.7%,再生能源占2.2%。随着时间的推移,能源消费结构会发生变化,新型能源消耗的比例将不断增加。我国一次能源消耗结构中,石油占17.79%,煤炭占67.5%,天然气占5.1%,核能占0.88%,水力发电占7.23%,再生能源占1.5%。我国一次能源消耗结构有待进一步优化。

2013年,国际能源机构(IEA)公布了世界石油储量的最新排名。世界上已探明石油储量排前10名的国家依次是:委内瑞拉,2976亿桶;沙特阿拉伯,2679.1亿桶;加拿大,1731.05亿桶;伊朗,1545.8亿桶;伊拉克,1413.5亿桶;科威特,1040亿桶;阿联酋,978亿桶;俄罗斯,800亿桶;利比亚,480.1亿桶;尼日利亚,372亿桶。

石油在交通领域的消费逐年增长。据预测,到2020年交通用油占全球石油总消耗的62%以上。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。而中国预测,到2020年、2030年,中国的机动车燃料消耗量需求将分别达到2.3亿吨和3.7亿吨,分别占当年全国石油总需求的57%和87%。

我国是一个石油短缺的国家,但却是一个石油消费大国。2013年,我国石油消费量达到507.4百万吨,比2012年增加3.8%,占全球石油消费的12.1%,成为世界第二大石油消费国。目前,我国人均石油消费量为世界平均水平的60%,石油占一次能源消费比例仅为18%左右,低于世界平均水平(33%),预计未来我国石油消费仍将持续稳定增长,处于上升通道。

2014年,世界汽车保有量达到12亿辆,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,其中中国增速全球第一。

我国汽车产销量逐年增加。2013年,汽车产销2211.68万辆和2198.41万辆,同比增长14.76%和13.87%,比2012年分别提高10.2%和9.6%,增速大幅提升。产销突破2000万辆创历史新高,再次刷新全球纪录,已连续五年蝉联全球第一。

我国汽车保有量增加迅速。2013年,我国汽车保有量已达1.4亿辆,居世界第2位。预计到2020年,全国汽车保有量将达到2.7亿辆,由此带来的能源安全问题将更



加突出。

汽车消费的快速增长导致石油消耗加速增长。中国机动车燃油消耗量占全国总油耗的1/3以上,这也使得中国石油对外依存度每年都在不断攀升。据统计,目前汽车用汽柴油消费占全国汽柴油消费的比例已经达到了55%左右,每年新增石油消费量的70%以上被新增汽车消耗。

我国经济持续快速发展,对石油资源的需求激增,能源供需矛盾日益突出,对进口石油的依赖度不断提高。2013年,我国石油对外依存度达到58.1%。国际能源机构预测,随着越来越多中国消费者购买汽车,到2030年,中国石油消耗量的80%需要依靠进口。

### 1.2.2 环境污染

世界卫生组织指出,全球大多数城市的空气质量指数未能达到该组织的建议标准,全世界90%的城市居民所呼吸空气的污染程度都明显高于其设定的极限值。城市空气的主要污染源是汽车尾气及煤、石油和天然气的燃烧。2013年发布的《中国环境分析》报告数据显示,世界上污染最严重的10城市有7个在中国,全国500个城市中,空气质量达到世卫组织推荐标准的不足5个。

燃油汽车在行驶过程中会产生大量的有害气体,不但污染环境,还大大地影响人类健康。汽车尾气排放的主要污染物为一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物( $\text{NO}_x$ )、铅(Pb)、细微颗粒物及硫化物等。这些一次污染物还会通过大气化学反应生成光化学烟雾、酸沉降等二次污染物。据统计,全球大气污染42%源于交通车辆产生的污染。随着城市机动车数量的快速增长,机动车排气污染已成为城市大气污染的主要贡献者。一些城市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70%以上。机动车排放污染已对城市大气污染构成了严重威胁,是雾霾形成的重要因素之一,因此,必须研究改善城市机动车排放污染的对策和措施。

降低和控制机动车排放污染物的主要措施如下。

(1) 不断完善和升级汽车油耗标准。通过制定和实施汽车油耗标准法规,逐步提高汽车油耗水平。近年来,我国汽车行业相关油耗标准不断升级,随着汽车油耗标准法规水平升级,到2015年,当年生产的乘用车平均燃料消耗量降至6.9L/100km,节能型乘用车燃料消耗量降至5.9L/100km以下。到2020年,当年生产的乘用车平均燃料消耗量降至5.0L/100km,节能型乘用车燃料消耗量降至4.5L/100km以下;商用车新车燃料消耗量将接近国际先进水平。

(2) 不断完善和升级汽车排放标准。通过制定和实施汽车排放标准法规,逐步提高汽车排放技术水平,降低汽车尾气排放。近年来,我国汽车行业排放标准不断升级。轻型汽油车单车碳氢化合物(HC)和氮氧化物( $\text{NO}_x$ )国IV排放限值较国I下降81%;重型柴油车单车碳氢化合物国IV排放限值较国I下降58%,氮氧化物下降56%,颗粒物(PM)下降94%。

北京市制定了严格的地方标准加强对机动车尾气排放的控制,排放水平要求明显高于全国大部分地区。2013年2月1日率先实施京V排放标准,以尽快降低机动车尾气排放。例如,轻型汽油车、重型柴油车单车氮氧化物排放均将下降43%左右,从而降低废气污染物和PM<sub>2.5</sub>。

(3) 提高燃油品质。燃油品质在很大程度上限制了机动车排放污染物的水平,推迟了汽车排放法规的实施,因此,应尽快提高我国的燃油品质。

(4) 积极开展先进节能减排技术的研发和创新。汽车行业应大力发展混合动力技术,柴油机高压共轨、汽油机缸内直喷、均质燃烧及涡轮增压等高效内燃机技术和先进电子控制技术,先进传动系统技术(包括六挡及以上机械变速器、双离合器式自动变速器、商用车自动控制机械变速器等)。开展高效控制氮氧化物等污染物排放技术研究等,积极推进有关先进技术应用。

(5) 大力发展节能与新能源汽车。国家出台了《节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020年)》,基本建立了节能与新能源汽车技术研发体系,积极推广示范运行,初步形成节能与新能源汽车产业化能力,并取得积极进展。

(6) 改善城市交通环境。在城市的环境保护中,即使是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达到环保标准要求。这是由于大量机动车在一定时间、空间内的相对集中,而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考虑,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。

欧洲制定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 $180\text{mg}/\text{km}$ ,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,于2014年9月实施的欧VI标准更加严格。根据欧VI标准,柴油轿车的氮氧化物排放量不应超过 $80\text{mg}/\text{km}$ ,与欧V标准相比,欧VI标准对人体健康的益处将增加60%~90%。

欧VI标准分两个阶段实施。首先,针对全部批准的新车型实施,生效日期是2013年1月1日。之后,从2014年1月1日起,所有从2014年1月1日开始注册的新货车和客车都必须装备欧VI认证发动机。欧VI标准规定的尾气排放中各成分的含量有显著降低,改变包括:所有的 $\text{NO}_x$ 排放降低至 $0.46\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ,同目前的欧V限值相比下降了75%;PM降低到 $0.01\text{mg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ,或是说同欧V相比下降66%;推出了更低的氨排放限值;对所有运行700000km或7年的车辆的欧VI发动机有一个加强排放耐久性要求;对发动机的车载诊断系统(OBD)性能要求进一步提升;采用新的全世界范围内的“瞬态”和“稳态”测试循环,包括冷起动和正常运行温度部件状态,测试状态的设计更接近车辆在真实环境中运行时部件的反应。

柴油面包车和7座以下载客车实施欧V和欧VI标准的时间分别比轿车晚1年。2010年9月,面包车等实施欧V标准,面包车的氮氧化物排放量不应超过 $280\text{mg}/\text{km}$ ;2015年9月实施欧VI标准后,新款面包车的氮氧化物排放量不应超过 $125\text{mg}/\text{km}$ 。



阅读材料1-2

轻型汽车排放标准

汽车排放是指从废气中排出的CO(一氧化碳)、HC+NO<sub>x</sub>(碳氢化合物和氮氧化物)、PM(微粒)及炭烟等有害物质。汽车排放标准是国家对汽车污染源排入环境的污染物的浓度或总量的限量规定。我国轻型汽车排放标准分为5个阶段。

第I阶段: GB 18352.1—2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(I)》,等效采用欧盟93/59/EC指令,参照采用98/77/EC指令部分技术内容,等同于欧I,于2001年4月16日发布并实施。

第II阶段: GB 18352.2—2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(II)》,等效采用欧盟96(10)69/EC指令,参照采用98(10)77(10)EC指令部分技术内容,等同于欧II,从2004年7月1日起实施。

第III阶段: GB 18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国III、IV阶段)》,部分等同于欧III,于2007年7月1日实施。

第IV阶段: GB 18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国III、IV阶段)》,部分等同于欧IV,于2010年7月1日实施。

第V阶段: GB 18352.5—2013《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第V阶段)》,部分等同于欧V和欧VI,将于2018年1月1日实施。

第I阶段和第II阶段的汽车排放限值见表1-1,第III阶段和第IV阶段的汽车排放限值见表1-2,第V阶段的汽车排放限值见表1-3。

表1-1 第I阶段和第II阶段的汽车排放限值 (单位: g/km)

| 阶段 | 车辆类型 | 基准质量<br>RM/kg | 限 值  |      |                    |       |      |       |      |
|----|------|---------------|------|------|--------------------|-------|------|-------|------|
|    |      |               | CO   |      | HC+NO <sub>x</sub> |       |      | PM    |      |
|    |      |               | PI   | CI   | PI                 | CI-FZ | CI-Z | CI-FZ | CI-Z |
| I  | 第一类车 | 全部            | 2.72 |      | 0.97               |       | 1.36 | 0.14  | 0.20 |
|    | 第二类车 | RM≤1250       | 2.72 |      | 0.97               |       | 1.36 | 0.14  | 0.20 |
|    |      | 1250<RM≤1700  | 5.17 |      | 1.40               |       | 1.96 | 0.19  | 0.27 |
|    |      | RM>1700       | 6.90 |      | 1.70               |       | 2.38 | 0.25  | 0.35 |
| II | 第一类车 | 全部            | 2.2  | 1.0  | 0.5                | 0.7   | 0.9  | 0.08  | 0.10 |
|    | 第二类车 | RM≤1250       | 2.2  | 1.0  | 0.5                | 0.7   | 0.9  | 0.08  | 0.10 |
|    |      | 1250<RM≤1700  | 4.0  | 1.25 | 0.6                | 1.0   | 1.3  | 0.12  | 0.14 |
|    |      | RM>1700       | 5.0  | 1.5  | 0.7                | 1.2   | 1.6  | 0.17  | 0.20 |



表 1-2 第Ⅲ阶段和第Ⅳ阶段的汽车排放限值 (单位: g/km)

| 阶段 | 车辆类型 | 基准质量<br>RM/kg    | 限 值  |      |      |                 |      |                        |       |
|----|------|------------------|------|------|------|-----------------|------|------------------------|-------|
|    |      |                  | CO   |      | HC   | NO <sub>x</sub> |      | HC+<br>NO <sub>x</sub> | PM    |
|    |      |                  | PI   | CI   | PI   | PI              | CI   | CI                     | CI    |
| Ⅲ  | 第一类车 | 全部               | 2.30 | 0.64 | 0.20 | 0.15            | 0.50 | 0.56                   | 0.050 |
|    | 第二类车 | RM ≤ 1305        | 2.30 | 0.64 | 0.20 | 0.15            | 0.50 | 0.56                   | 0.050 |
|    |      | 1305 < RM ≤ 1760 | 4.17 | 0.80 | 0.25 | 0.18            | 0.65 | 0.72                   | 0.070 |
|    |      | RM > 1760        | 5.22 | 0.95 | 0.29 | 0.21            | 0.78 | 0.86                   | 0.100 |
| Ⅳ  | 第一类车 | 全部               | 1.00 | 0.50 | 0.10 | 0.08            | 0.25 | 0.30                   | 0.025 |
|    | 第二类车 | RM ≤ 1250        | 1.00 | 0.50 | 0.10 | 0.08            | 0.25 | 0.30                   | 0.025 |
|    |      | 1250 < RM ≤ 1700 | 1.81 | 0.63 | 0.13 | 0.10            | 0.33 | 0.39                   | 0.040 |
|    |      | RM > 1700        | 2.27 | 0.74 | 0.16 | 0.11            | 0.39 | 0.46                   | 0.060 |

表 1-3 第Ⅴ阶段的汽车排放限值

| 车辆<br>类型 | 基准质量<br>RM/kg       | 限 值    |      |       |       |                 |       |                         |        |        |                      |        |
|----------|---------------------|--------|------|-------|-------|-----------------|-------|-------------------------|--------|--------|----------------------|--------|
|          |                     | CO     |      | THC   | NMHC  | NO <sub>x</sub> |       | THC+<br>NO <sub>x</sub> | PM     |        | PN                   |        |
|          |                     | (g/km) |      |       |       |                 |       |                         |        |        |                      | (个/km) |
|          |                     | PI     | CI   | PI    | PI    | PI              | CI    | CI                      | PI     | CI     | CI                   |        |
| 第一<br>类车 | 全部                  | 1.00   | 0.50 | 0.100 | 0.068 | 0.060           | 0.180 | 0.230                   | 0.0045 | 0.0045 | 6 × 10 <sup>11</sup> |        |
| 第二<br>类车 | RM ≤ 1305           | 1.00   | 0.50 | 0.100 | 0.068 | 0.060           | 0.180 | 0.230                   | 0.0045 | 0.0045 | 6 × 10 <sup>11</sup> |        |
|          | 1305 < RM<br>≤ 1760 | 1.81   | 0.63 | 0.130 | 0.090 | 0.075           | 0.235 | 0.295                   | 0.0045 | 0.0045 | 6 × 10 <sup>11</sup> |        |
|          | RM > 1760           | 2.27   | 0.74 | 0.160 | 0.108 | 0.082           | 0.280 | 0.350                   | 0.0045 | 0.0045 | 6 × 10 <sup>11</sup> |        |

注: 表 1-1~表 1-3 中, CO 代表一氧化碳, HC 代表碳氢化合物, THC 代表总碳氢化合物, NMHC 代表非甲烷碳氢化合物, NO<sub>x</sub> 代表氮氧化物, PM 代表颗粒物质量, PN 代表颗粒物个数; PI 代表点燃式发动机; CI 代表压燃式发动机; CI-FZ 代表非直喷压燃式发动机; CI-Z 代表直喷压燃式发动机。