



现代汽车技术系列规划教材

新能源汽车及其智能化技术

New energy vehicle and its intelligent technology

◎ 文少波 赵振东 主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

现代汽车技术系列规划教材

新能源汽车及其智能化技术

主 编	文少波	赵振东
副主编	王书林	赵伟军
	张袁元	臧利国



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内 容 提 要

本书系统地阐述了新能源汽车的发展意义、分类和当前发展状况;介绍了纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车的工作原理、结构特点和设计理论;介绍了智能汽车的基本结构与发展现状、智能汽车环境感知技术基础、智能汽车环境感知;最后介绍了新能源汽车运动控制、智能新能源汽车一体化设计。

本书内容丰富,理论性和实用性强,可作为高等院校车辆工程及其相关专业的教材,也可作为新能源、智能化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书。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车及其智能化技术 / 文少波, 赵振东主
编. —南京: 东南大学出版社, 2017. 9
现代汽车技术系列规划教材
ISBN 978-7-5641-7383-8
I. ①新… II. ①文… ②赵… III. ①新能源—汽
车—智能技术—高等学校—教材 IV. ①U469.7
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 197033 号

新能源汽车及其智能化技术

出版发行 东南大学出版社

出版人 江建中

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 全国各地新华书店

印 刷 南京工大印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 13.5

字 数 346 千字

版 次 2017 年 9 月第 1 版

印 次 2017 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-7383-8

印 数 1—3 000 册

定 价 35.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830)

前言

在全球汽车产业朝着低碳化和智能化发展的趋势下,为了满足本科院校汽车专业学生的培养需求,特编写此书。本书将对新能源汽车及其智能化技术的推广起到一定的促进作用。

在结构上,本书分为上中下三篇。

上篇:新能源汽车。第1章主要阐述新能源汽车的发展意义、分类和当前发展状况;第2~5章分别介绍了纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车的工作原理、结构特点 and 设计理论等,对各种新能源汽车的储能装置、驱动系统、能源管理和回收系统技术做了全面系统的论述。

中篇:汽车智能化基础。第6章阐述了智能汽车的基本结构与发展现状;第7章阐述了智能汽车环境感知技术基础,包括车辆环境感知中的传感器种类、原理、组成和标定等;第8章阐述了智能汽车环境感知,包括结构化和非结构化道路检测、行驶环境中目标的检测、交通信号灯和交通标志的检测等。

下篇:新能源汽车的智能化。第9章阐述了新能源汽车运动控制,包括新能源汽车的纵向控制、横向控制、横纵向综合控制、路径规划与路径跟踪等;第10章阐述了智能新能源汽车一体化设计,包括智能汽车动力学、智能汽车一体化体系结构、智能新能源汽车底层一体化设计、智能新能源汽车仿真平台、智能新能源汽车实车测试等。

本书出版得到了江苏高校“青蓝工程”科技创新团队科研基金(苏教师[2016]15号)及南京工程学院汽车服务工程专业建设基金的资助。其中,赵振东编写了第1章,文少波编写了第2、第3、第4章,臧利国编写了第5、第9章,王书林编写了第6章,赵伟军编写了第7、第8章,张袁元编写了第10章。全书由文少波统稿。

书后列出了主要参考资料,限于篇幅,难免著录不全,在此,对本书涉及内容的参考文献作者表示感谢。

由于新能源汽车及相关智能化技术还处在研究中,加上作者水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者
2017年5月

目 录

上篇 新能源汽车

1	新能源汽车概述	(3)
1.1	新能源汽车的发展意义	(3)
1.1.1	能源问题	(3)
1.1.2	环境问题	(4)
1.2	新能源汽车的分类	(6)
1.2.1	纯电动汽车	(6)
1.2.2	混合动力汽车	(7)
1.2.3	燃料电池汽车	(8)
1.3	新能源汽车发展状况和前景	(10)
1.3.1	国外发展概况	(10)
1.3.2	国内发展的影响因素及产业政策	(10)
1.3.3	技术发展	(13)
2	纯电动汽车	(15)
2.1	概述	(15)
2.1.1	纯电动汽车的分类	(15)
2.1.2	纯电动汽车的组成与原理	(15)
2.1.3	纯电动汽车驱动系统布置形式	(17)
2.1.4	纯电动汽车的特点	(18)
2.2	纯电动汽车电源系统	(18)
2.2.1	动力电池	(18)
2.2.2	电池管理系统	(23)
2.3	纯电动汽车驱动电机系统	(30)
2.3.1	驱动电机	(30)

2.3.2	电机控制器	(33)
2.3.3	驱动电机系统实例	(34)
2.4	纯电动汽车整车控制器	(40)
2.4.1	纯电动汽车整车控制系统	(40)
2.4.2	整车控制器	(41)
2.4.3	纯电动汽车整车控制策略	(42)
2.5	纯电动汽车制动能量回收系统	(44)
2.5.1	电动汽车制动能量回收系统的结构	(44)
2.5.2	电动汽车制动能量回收系统的原理	(45)
2.5.3	电动汽车制动能量回收控制策略	(46)
2.5.4	电动汽车制动能量回收系统的仿真	(48)
2.6	纯电动汽车传动系统参数设计	(50)
2.6.1	电动机参数设计	(51)
2.6.2	传动系传动比设计	(52)
2.6.3	电池组参数设计	(53)
2.6.4	纯电动汽车续航里程	(54)
2.6.5	纯电动汽车能耗经济性	(56)
3	增程式电动汽车	(60)
3.1	概述	(60)
3.2	增程式电动汽车结构与原理	(61)
3.2.1	增程式电动汽车结构	(61)
3.2.2	增程式电动汽车原理	(63)
3.2.3	增程式电动汽车特点	(63)
3.3	增程式电动汽车动力传动系统参数匹配	(65)
3.3.1	驱动电动机的参数匹配	(65)
3.3.2	蓄电池参数的匹配	(67)
3.3.3	增程器参数的匹配	(67)
3.3.4	设计实例	(68)
3.4	增程式电动汽车控制策略	(69)
3.4.1	增程式电动汽车控制策略概述	(69)
3.4.2	增程式电动汽车控制策略设计	(71)

4	混合动力电动汽车	(76)
4.1	概述	(76)
4.2	混合动力电动汽车的分类	(76)
4.2.1	串联式混合动力	(76)
4.2.2	并联式混合动力	(78)
4.2.3	混联式混合动力	(81)
4.3	混合动力电动汽车的关键部件	(84)
4.3.1	发动机	(84)
4.3.2	动力耦合装置	(85)
4.3.3	辅助功率单元	(92)
4.3.4	整车综合控制器	(92)
4.4	混合动力汽车的能量管理	(94)
4.4.1	串联式混合动力汽车的能量管理	(94)
4.4.2	并联式混合动力汽车的能量管理	(94)
4.4.3	混联式混合动力汽车的能量管理	(96)
4.5	典型的混合动力汽车结构	(96)
4.5.1	串联式混合动力汽车的结构	(96)
4.5.2	并联式混合动力汽车的结构	(98)
4.5.3	混联式混合动力汽车的结构	(101)
5	燃料电池汽车	(108)
5.1	概述	(108)
5.1.1	燃料电池汽车发展概述	(108)
5.1.2	燃料电池汽车的发展前景	(118)
5.2	燃料电池	(120)
5.2.1	基本概念	(120)
5.2.2	电池的组成和特性	(123)
5.3	燃料电池汽车传动系统参数匹配	(125)
5.3.1	动力系统结构配置	(125)
5.3.2	动力部件选型和基本参数设计	(126)
5.3.3	参数优化匹配	(127)
5.3.4	燃料电池汽车传动系统结构型式的选择	(127)
5.4	燃料电池汽车能量控制策略	(129)
5.4.1	控制策略原理	(129)
5.4.2	扭矩均衡动力分配控制策略	(130)

中篇 汽车智能化基础

6	智能汽车概述	(135)
6.1	智能交通系统中的智能汽车	(135)
6.1.1	智能汽车概述	(135)
6.1.2	智能汽车的基本结构	(136)
6.1.3	智能汽车中的高新技术	(136)
6.1.4	智能汽车的重要标志	(136)
6.2	智能汽车研究与发展现状	(137)
6.2.1	智能汽车研究的技术路线	(137)
6.2.2	智能汽车的发展现状	(137)
6.2.3	智能汽车对交通运输的影响	(137)
7	智能环境感知技术基础	(138)
7.1	环境感知中的传感器	(138)
7.2	激光雷达测距传感器	(139)
7.2.1	激光雷达概念	(139)
7.2.2	激光雷达分类	(139)
7.2.3	激光雷达测距原理和组成	(140)
7.3	毫米波雷达的特点	(141)
7.4	车载视觉传感器	(144)
7.4.1	车载视觉	(144)
7.4.2	彩色空间模型	(145)
7.4.3	图像预处理	(147)
7.5	传感器的标定	(150)
7.5.1	传感器的静态标定	(151)
7.5.2	传感器的动态标定	(151)
7.5.3	激光雷达标定	(151)
8	智能汽车环境感知	(154)
8.1	结构化道路检测	(154)
8.1.1	结构化道路常用基本假设	(154)
8.1.2	直道检测	(155)
8.1.3	弯道检测	(158)
8.1.4	复杂环境下车道检测图像预处理	(160)
8.2	非结构化道路检测	(161)

8.3 行驶环境中目标检测	(163)
8.3.1 行人检测	(163)
8.3.2 车辆检测	(166)
8.4 交通信号灯和交通标志的检测	(170)
8.4.1 交通信号灯检测	(170)
8.4.2 交通标志检测	(174)

下篇 新能源汽车的智能化

9 新能源汽车运动控制	(179)
9.1 新能源汽车的纵向控制	(179)
9.1.1 基于直接式结构的纵向控制	(179)
9.1.2 基于分层式结构的纵向控制	(180)
9.2 新能源汽车的横向控制	(181)
9.2.1 横向控制系统模型	(181)
9.2.2 横向控制方法	(182)
9.3 新能源汽车横纵向综合控制	(185)
9.4 新能源汽车路径规划与路径跟踪	(186)
9.4.1 路径规划	(186)
9.4.2 路径跟踪	(188)
10 智能新能源汽车一体化设计	(189)
10.1 智能汽车一体化设计中的问题	(189)
10.2 智能新能源汽车一体化设计	(193)
10.2.1 智能汽车动力学	(194)
10.2.2 智能汽车一体化体系结构	(195)
10.2.3 智能新能源汽车底层一体化设计	(197)
10.3 智能新能源汽车仿真平台	(198)
10.4 智能新能源汽车实车测试	(201)
参考文献	(203)

上 篇

新能源汽车

在当前能源短缺和环保严峻的形势下,新能源汽车是我国未来汽车发展的方向和趋势。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,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。

新能源汽车没有统一的分类标准。我国的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)、氢发动机汽车以及燃气汽车、醇醚汽车等等。

《中国制造 2025》明确提出:纯电动汽车、插电式混合动力汽车、燃料电池电动汽车是国内未来重点发展的方向;继续支持电动汽车、燃料电池电动汽车发展,提升动力电池、驱动电机等核心技术,推动新能源汽车同国际先进水平接轨。

1.1 新能源汽车的发展意义

1.1.1 能源问题

1) 石油日益紧缺

石油是现代工业和交通的重要能源,世界各国的经济和社会发展均离不开石油。目前汽车的主体种类仍然是燃油汽车,其能量来源于石油,汽车消耗的石油量约占石油总生产量的一半。随着汽车保有量的逐年增加以及现代工业的不断发展,石油的需求量与日俱增。然而石油是一种不可再生的能源,在地球上的储量是有限的,有限的储量与巨大的需求量之间的矛盾形成了日益剧烈的供需失衡,现代社会面临严峻的能源挑战。

根据美国《油气杂志》2016 年的年终统计,2016 年全球石油(包括原油、凝析油和油砂)产量接近 39.2 亿 t,与 2015 年持平。欧佩克石油产量增幅达到 3.0%,以 16.6 亿 t 占全球的 42.3%,其中伊朗、伊拉克增势强劲,沙特阿拉伯也有 2.3% 的增长。

从全球来看,石油和天然气剩余的储量探明均略减 0.6%,石油储量为 2 254.6 亿 t,还可以开采 57 年;天然气储量为 188.3 万亿 m^3 ,还可以开采 55 年。欧佩克石油储量增长 0.04%,为 1 660.5 亿 t,占全球的 73.6%;天然气储量下降 0.5%,为 94 万亿 m^3 ,约占全球的一半。

近几年,我国对石油的需求量越来越大,国内石油产量和需求量之间的差距日益拉大,且趋势越来越严重。到 2015 年为止,22 年的时间,我国石油缺口就从零达到 2 亿 t,对外依存度从零达到超过 60%,我国成为世界第二大石油消费国。石油带来的能源消费、环境、国家安全等问题都在一定程度上制约着我国经济平稳快速的发展。中国海关最新数据显示,2015 年 4 月,中国石油进口达到每日 740 万桶(相当于全球每日石油消费量的 1/13),超过美国每日 720 万桶的进口量,创历史新高,成为最大石油进口国(见图 1.1)。专家预测,到

2020 年,我国石油对外依存度将超过 70%,2030 年则超过 80%。

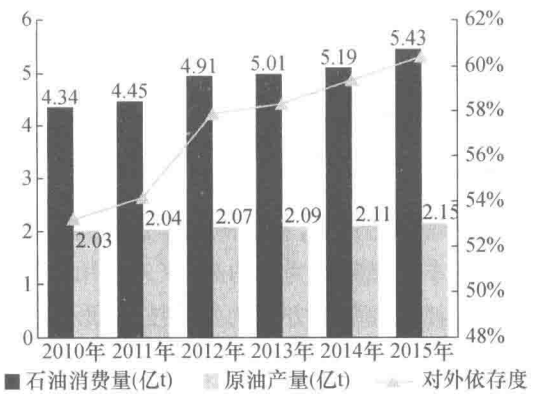


图 1.1 2010—2015 年我国石油产消情况

中国汽车工业正进入快速发展阶段,汽车年产量和保有量增长迅速,加剧了我国面临的石油短缺的严峻形势。中国汽车工业协会的统计显示,2016 年,我国汽车产销量分别为 2 811.9 万辆和 2 802 万辆,比上年同期分别增长了 14.5%和 13.7%。中国国家统计局发布数据显示,2016 年年末,中国汽车保有量达到 1.94 亿辆。比 2015 年末增长 16.80%,中国汽车保有量将保持持续增长的势头。考虑到中国的石油产能,汽车能源消费的增长需求主要还是靠进口。

2) 可燃冰——“高潜力”新能源

可燃冰作为新型燃料,它的燃烧值高,1 m³ 的可燃冰分解后可释放出约 0.8 m³ 的水和 164 m³ 的天然气,燃烧产生的能量明显高于煤炭、石油,而燃烧污染却比煤炭、石油要小,更加清洁环保;它资源储量丰富,广泛分布于全球大洋海域,以及陆地冻土层和极下面。估算其资源量相当于全球已探明传统化石燃料碳总量的两倍。试采现场指挥部总指挥、广州海洋地质调查局局长叶建良说“可燃冰被各国视为未来石油、天然气的战略性替代能源,是世界瞩目的战略资源,对我国能源安全及经济发展也有着重要意义。”

全球可燃冰储量巨大,世界资源量约为 2 100 万亿 m³,可供人类使用 1 000 年。南海海域是我国可燃冰最主要的分布区,我国可燃冰资源储量约相当于 1 000 亿 t 油当量,其中有近 800 亿 t 在南海。保守估计,我国可燃冰的总资源储量约是常规天然气、页岩气等资源量总和的两倍,按当前的消耗水平,可满足我国近 200 年的能源需求。

国际上早在 20 世纪 60 年代就开始勘探、研究可燃冰,我国的可燃冰研究起步是 1998 年,比国际上要晚,但中国科技工作者只用了不到 20 年就完成了从空白到赶超的全过程。我国在南海成功试采可燃冰,这一巨大进步势必推动能源的又一次革命。根据国土资源科技创新规划,“十三五”期间,通过研制深远海油气及可燃冰勘探开发技术装备,我国将推进大洋海底矿产勘探及海洋可燃冰试采工程,力争 2020 年实现商业化试采,研制成功全海深潜水器和深远海核动力浮动平台技术。

1.1.2 环境问题

随着汽车保有量的持续攀升,不仅给能源带来危机,传统汽车排放的尾气也给环境带来

了危害。近几年全国大面积长时间持续被雾霾笼罩,空气质量已经达到严重污染程度,如何控制和降低汽车尾气排放带来的污染是亟需解决的一大课题。

1) 大气污染

2017 年环境保护部发布了《中国机动车环境管理年报(2017)》,公布了 2016 年全国机动车环境管理情况。年报显示,我国已连续 8 年成为世界机动车产销第一大国,机动车保有量持续增长。2016 年,全国机动车保有量达到 2.95 亿辆,比 2015 年增长 8.1%,其中,新能源汽车保有量达到 101.4 万辆。机动车污染已成为我国空气污染的重要来源,是造成细颗粒物、光化学烟雾污染的重要原因,机动车污染防治的紧迫性日益凸显。

2016 年,全国机动车排放污染物初步核算为 4 472.5 万 t,比 2015 年削减 1.3%。其中,一氧化碳(CO)3 419.3 万 t,碳氢化合物(HC)422.0 万 t,氮氧化物(NO_x)577.8 万 t,颗粒物(PM)53.4 万 t。汽车是污染物排放总量的主要贡献者,其排放的 CO 和 HC 超过 80%, NO_x 和 PM 超过 90%。

2013 年 1 月北京及周边地区遭受长达 26 天的雾霾天气,同年 10 月,我国东北三省遭遇雾霾侵袭,哈尔滨出现史上最严重雾霾天气,最低能见度小于 10 m,在全国范围内,华北至西南地区形成了 2 200 km 的污染线。雾霾的频繁出现,加大了政府对大气环境治理的决心,2013 年 6 月,国务院出台《大气污染防治十条措施》,随后中央各部门及地方政府先后出台了《大气污染防治行动计划》、《地区落实大气污染防治行动计划实施细则》等文件,努力践行“同呼吸,共奋斗”的行为准则。

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等氮氧化物是光化学烟雾形成的主要因素。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,红褐色有刺激性,当含量达到百万分之五时,就会闻到很强烈的臭味,对人体的呼吸系统和免疫系统造成很大伤害。

二氧化碳,全球最重要的温室气体,是造成全球气候变暖的主要原因。当全球的二氧化碳含量升高时,会增强大气对太阳光中红外线辐射的吸收,阻止地球表面的热量向外散发,使地球表面的平均气温上升,这就是所谓的温室效应,使水蒸发加快,进而改变气流的循环,使气候变化加剧,引发热浪、飓风、洪涝及干旱。而二氧化碳主要来自化石燃料的燃烧,我国二氧化碳年产量已经达到 20 亿 t 级别(见图 1.2)。

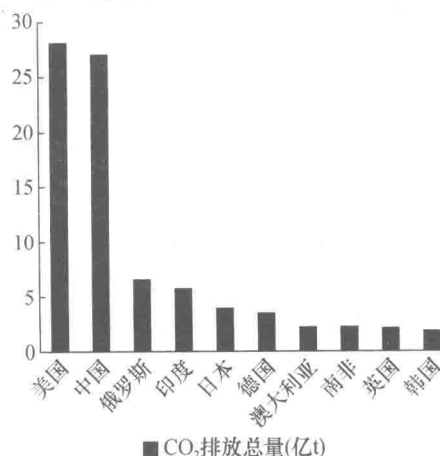


图 1.2 世界主要国家 CO₂ 排放量

此外,汽油燃烧释放出的二氧化硫等污染物在大气中转化成酸性物质,从而导致酸雨的形成。酸雨不仅增加土壤酸度、破坏生态系统的平衡,而且还腐蚀建筑材料、金属构件和油漆等等,使建筑物、公路以及名胜古迹遭受损害。所以汽车尾气所造成的大气污染问题已经造成了相当大的危害,使用清洁能源、降低尾气排放是我们需要共同解决的问题。

2) 噪声污染

据统计,在城市噪声中,交通运输噪声占 75%,而汽车在交通噪声中占了 85%。汽车噪声干扰人们的正常生活和休息,严重时甚至影响人们的身体健康,如引起心血管疾病、内分泌疾病等。汽车噪声可使学习及工作效率降低、产品质量下降,在特定条件下甚至成为社会不稳定的因素之一。长时间和大强度噪声作用于人的中枢神经系统,会使大脑皮层的兴奋和抑制平衡失调,使人产生头疼、脑胀、耳鸣及记忆力衰退等症状。同时噪声还会增加驾驶员疲劳,影响行车安全。

噪声在 20 世纪 50 年代已被世界上主要发达国家列为主要环境污染源之一,20 世纪 60 年代,各汽车主要生产国相继制订汽车噪声法规及其测量方法。国外规定新车型如达不到本国规定的噪声指标就不允许销售。在噪声法规的驱动下,各阶段汽车噪声控制技术已取得一些进步。随着法规的日益严格,汽车降噪技术的研究更加广泛、深入。虽然相对于国外发达国家,我国的汽车噪声法规起步相对较晚,发展较缓慢。但是,随着近几年国内汽车工业的快速发展,相应的汽车噪声法规变化较快,在某些方面已接近国际水平。2002 年,为了适应现代车型的噪声测量以及与国际惯例保持一致,国家环境保护总局和国家质量监督检验检疫总局联合发布了 GB 1495—2002《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》。GB 1495—2002 主要参考了联合国欧洲经济委员会法规 ECE Reg. No. 51 和 ISO 362 噪声测量标准,取代了原有的两项国标 GB 1495—79 和 GB 1496—79,自 2002 年 10 月 1 日起分两个阶段实施。

1.2 新能源汽车的分类

1.2.1 纯电动汽车

纯电动汽车是指以车载电源为动力,用电机驱动车轮行驶。它是完全由可充电电池(如铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池或锂离子电池)提供动力源的汽车。虽然它已有 134 年的悠久历史,但一直仅限于某些特定范围内应用,市场规模较小。主要原因是各种类别的蓄电池,普遍存在价格高、寿命短、重量大、充电时间长等严重缺点。

电动汽车不像内燃机汽车那样产生废气,无排气污染,几乎是“零污染”,对保护环境和保持空气的洁净十分有益。电动汽车产生的噪声较内燃机汽车小。

由于电厂大多远离人口密集的城市,对人类的危害较小,而且电厂污染物是固定集中排放,因此污染物也能集中处理。电力可以通过多种形式获得,比如水力、风力、核能、太阳能等,解除了人们对石油资源不断减少的担心。电动汽车能充分利用晚间电力的资源,大大提高其经济效益。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,目前最大的障碍是基础设施建设以及价格影响了产业化进程。与混

合动力汽车相比,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推广和普及。

2012年2月9日,美国 TeslaMotors 公司发布了全尺寸纯电动 SUV 车型 Model X(见图 1.3),其后门采用设计前卫的鹰翼门造型,依靠动力强劲的电动机驱动,其 0~96 km/h 加速时间在 5 s 内,最高时速可达 250 km/h,续航里程为 565 km,一次快充 4.5 h 即可充满。



图 1.3 特斯拉 Model X

增程式电动汽车中存在三种能量源:一是动力电池,为增程式电动汽车的主要能量源,负责以纯电动方式行驶中的能量供给;二是增程器,为增程式电动汽车的备用能量源,负责动力电池以及驱动电机的能量补给;三是驱动电机,为增程式电动汽车的回收能量源,是指在制动能量回馈过程中驱动电机回馈的能量。

增程式电动汽车与纯电动汽车相比,可以随时在加油站加油,使续航里程得到很大提升。

与常规混合动力电动汽车相比,由于常规混合动力电动汽车采用了复杂的机械动力混合结构,发动机与电机复合驱动,电池能量很小,只起到辅助驱动和制动能量回收的作用。增程式电动汽车采取电池扩容的方式解决了电池驱动的续航能力问题。增程式电动汽车能外接充电,可尽可能利用晚间低谷电充电,进一步提高了能源利用率。

增程式电动汽车与插电式混合动力电动汽车相比,增程式电动汽车在电能充足条件下行驶时,发动机不参与工作,因此,并不需要像插电式混合动力电动汽车那样对其工作模式进行特定的说明。

1.2.2 混合动力汽车

混合动力一般是指油电混合动力,即燃料(汽油、柴油等)和电能的混合。混合动力汽车是由电动马达作为发动机的辅助动力驱动汽车。混合动力汽车的关键是混合动力系统,它的性能直接关系到混合动力汽车整车性能。经过十多年的发展,混合动力系统总成已从原来发动机与电机离散结构向发动机电机和变速箱一体化结构发展,即集成化混合动力总成系统。

混合动力汽车的燃油经济性能高,而且行驶性能优越。混合动力汽车的发动机虽然也要使用燃油,但在起步、加速时,由于有电动马达的辅助,可以降低油耗,简单地说,就是与同样大小的内燃机汽车相比,燃油费用更低。而且,辅助发动机的电动马达可以在启动的瞬间产生强大的动力,因此,车主可以享受更强劲的起步、加速。

但是混合动力汽车也存在着一定的缺陷,比如,汽车生产成本较传统动力汽车高,长距离高速行驶基本不能省油等。目前混合动力汽车在我国得到较快发展,部分车型已经进入量产阶段。

比亚迪宋(见图 1.4)搭载一套由 1.5 T 发动机和两台电动机组成的混合动力系统,其中两台电动机分别位于前桥与后桥,从而实现四驱功能。比亚迪宋纯电续航为 70 km,最高车速 180 km/h,0~100 km/h 的加速时间为 4.9 s。



图 1.4 比亚迪宋

丰田普锐斯(PRIUS)是丰田汽车公司生产的一款混合动力车(见图 1.5),2006 年 1 月在中国上市。丰田普锐斯油耗低,适合城市使用,且环保性能好。普锐斯搭载 1.8 L 发动机,最大马力可达 99 马力(1 马力=0.735 kW,下同),最高车速 180 km/h,0~100 km/h 加速时间为 9.66 s。



图 1.5 丰田普锐斯

1.2.3 燃料电池汽车

燃料电池汽车是一种用车载燃料电池装置产生的电力作为动力的汽车。车载燃料电池装置所使用的燃料为高纯度氢气或含氢燃料经重整所得到的高含氢重整气。与通常的电动