



“十二五”普通高等教育规划教材

新能源汽车原理技术与未来

XINNENGYUAN QICHE YUANLIJISHU YU WEILAI

陈丁跃 陈李昊 陈俊宇 (Dilan CHEN) 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

“十二五”普通高等教育规划教材

Xinnengyuan Qiche Yuanli Jishu yu Weilai
新能源汽车原理技术与未来

陈丁跃 陈李昊 陈俊宇(Dilan CHEN) 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 简 介

本书以新能源汽车原理技术与未来为主,全面、系统地介绍了新能源汽车的各种性能原理、结构、技术与未来发展。全书共分9章,内容包括:概述,燃气汽车与醇类燃料汽车,纯电动汽车,混合动力汽车,插电式混合动力汽车,氢能源汽车,太阳能汽车与微波汽车,新能源汽车电源、电气系统要求及设计,未来新能源汽车前瞻性发展趋势。

本书可作为高等院校相关专业本科生、研究生的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车原理技术与未来 / 陈丁跃, 陈李昊, 陈俊宇著. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016.5

ISBN 978-7-114-12863-9

I. ①新… II. ①陈… ②陈… ③陈… III. ①新能源—汽车—教材 IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 045491 号

“十二五”普通高等教育规划教材

书 名: 新能源汽车原理技术与未来

著 者: 陈丁跃 陈李昊 陈俊宇(Dilan CHEN)

责任编辑: 夏 韡

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15.25

字 数: 390千

版 次: 2016年5月 第1版

印 次: 2016年5月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12863-9

定 价: 36.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

新能源汽车是世界汽车业实现跨越式发展的难得机遇,是现代绿色经济发展的必然选择,是汽车产业的前进方向,它代表了交通能源动力系统变革时代的来临。新能源汽车是解决能源环境问题、应对能源危机、促进经济发展的重要结合点。节能、环保、低碳、绿色,这是人们努力奋斗的目标,汽车业的改革势在必行,新能源汽车带来的新的汽车文明将成为生态文明不可或缺的部分。

新能源汽车是节能环保汽车,它集机械、电机、电化学、汽车、微电子、传感技术、智能控制、计算机、新材料等多学科领域和工程技术中最新成果于一体,是多种高新技术凝聚的结果。在汽车工业从业人员看来,新能源汽车的未来一片光明,越来越受到人们的关注和追捧。新能源汽车已成为新能源战略的重要组成部分,其发展日新月异,性能不断提高,新品辈出,并不断推向市场。

本书技术资料及图片新颖翔实,有丰富的实例,信息量大,增加了许多新能源汽车特有的新知识。本书全面介绍了新能源汽车各相关基础知识,并结合其特点阐述了新能源汽车基础理论,重点介绍了新能源汽车的各种性能原理、结构、技术与未来发展。全书共分9章,第1章概述、第2章燃气汽车与醇类燃料汽车、第3章纯电动汽车、第4章混合动力汽车、第5章插电式混合动力汽车、第6章氢能源汽车、第7章太阳能汽车与微波汽车、第8章新能源汽车电源、电气系统要求及设计、第9章未来新能源汽车前瞻性发展趋势。

新能源汽车涉及面广,内容繁多。作者凭借多年从事汽车技术领域教学及新能源汽车科研成果和现代汽车智能控制方面的研究,在书中提出了许多新技术见解。为与国际接轨,紧跟国际高精尖技术发展前沿,本书检索收入了大量国内外最新相关资料、论著、文献与照片,在此向原著作者谨致真诚的谢意。同时还要感谢人民交通出版社股份有限公司对本书的资助出版和发行。

本书既可作为高等院校汽车、交通类本科生和研究生的教材,又可作为汽车设计、汽车制造企业科研和技术人员的参考用书。

书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者们批评指正。

著 者
2016年1月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 汽车新能源	1
1.2 新能源汽车种类、优势及关键技术	6
第 2 章 燃气汽车与醇类燃料汽车	14
2.1 燃气汽车的特性及其分类	14
2.2 燃气汽车发动机供气技术	19
2.3 燃气汽车发动机的开发	23
2.4 醇类燃料汽车	27
第 3 章 纯电动汽车	39
3.1 纯电动汽车的组成及结构	39
3.2 纯电动汽车基础理论	50
3.3 纯电动汽车无线与有线充电技术	65
第 4 章 混合动力汽车	73
4.1 混合动力汽车的优势和关键技术	73
4.2 混合动力汽车的分类	78
4.3 混合动力汽车的行驶性能	85
4.4 重度混合动力汽车参数匹配设计	87
第 5 章 插电式混合动力汽车	95
5.1 PHEV 特点及结构原理	95
5.2 插电式混合动力客车设计	99
5.3 插电式混合动力公交车匹配计算	102
5.4 插电式混合动力轿车总体设计	106
5.5 插电式汽车能量管理策略与仿真	111
第 6 章 氢能源汽车	120
6.1 氢能源汽车类型及原理技术	120
6.2 汽车用氢能源系统	131
6.3 氢能源汽车氢燃料的车载方法	137
第 7 章 太阳能汽车与微波汽车	141
7.1 太阳能汽车的组成结构特点	141
7.2 太阳能汽车的设计制造	147
7.3 使用超级电容器的太阳能汽车	152
7.4 微波输电式汽车	159
第 8 章 新能源汽车电源、电气系统要求及设计	165
8.1 动力电源系统的特性参数	165

8.2	42V 电源系统要求	169
8.3	纯电动车电源系统的要求	172
8.4	HEV、PHEV 及其他新能源汽车电源系统的要求	174
8.5	动力电源系统的设计	182
8.6	新能源汽车的电气系统	196
8.7	新能源汽车电气系统实例	203
第 9 章	未来新能源汽车前瞻性发展趋势	206
9.1	未来新能源智能汽车及技术发展	206
9.2	网络新能源汽车与车联网时代	216
9.3	陆空两用与水路两栖汽车	219
9.4	空气动力汽车	221
9.5	核动力汽车	223
9.6	各种类型的太阳能汽车	225
9.7	组合式、超音速式、公路/铁路式及其他新能源汽车	227
附录 A	缩略语	230
附录 B	新能源汽车相关参数表	233
	参考文献	236

第1章 概述

新能源汽车是现代绿色经济发展的必然选择,是汽车产业的前进方向。新能源汽车是指采用新型动力系统,完全或主要依靠新型能源驱动的汽车。新能源汽车主要包括燃气汽车、醇类燃料汽车、纯电动汽车、混合动力汽车、插电式混合动力电动汽车、氢能源汽车、燃料电池电动汽车、太阳能汽车、微波输电式汽车以及其他新能源汽车。新能源汽车新技术发展状况如图 1-1 所示。

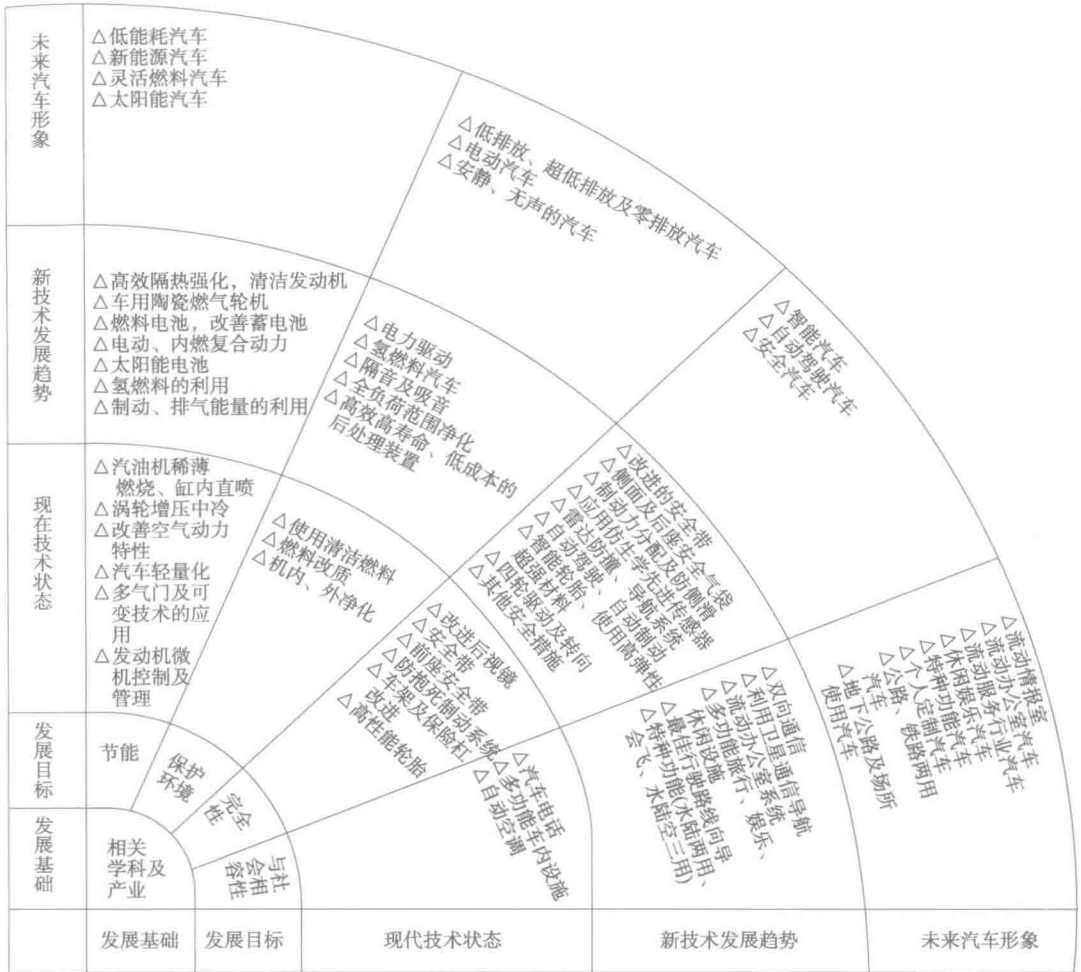


图 1-1 新能源汽车新技术发展状况

1.1 汽车新能源

1.1.1 能源

能源——可理解为能提供能量的资源,是能量的来源或载体,能量存在于这些来源或载体

之中。这些来源或载体,要么来自物质,要么来自物质的运动,前者如天然气、煤炭等矿物燃料(又称化石燃料),后者如风流、水流、海浪、潮汐等。

广义上讲,在自然界里有一些自然资源本身就拥有某种形式的能量,它们在一定条件下能够转换成人们所需要的能量形式,这种自然资源就是能源,如煤、石油、天然气、太阳能、风能、水能、地热能和核能等。但生产和生活过程中由于需要或为便于运输和使用,常将上述能源经过一定的加工、转换,使之成为更符合使用要求的能量来源,如煤气、电力、焦炭、蒸汽、沼气和氢能等,它们也称为能源。

能源有三种分类方法。

第一种是根据能否再生,将能源分为可再生能源和非再生能源。可再生能源指那些可以连续再生,不会因使用而日益减少的能源。这类能源大都直接或间接来自太阳,如太阳能、水能、风能、潮汐能、地热能和生物质能等。非再生能源指那些不能循环再生的能源,如石油、煤炭、天然气等化石燃料。

第二种是按有无加工转换,将能源分为一次能源、二次能源和终端能源。一次能源指自然界自然存在的、未经加工或转换的能源,如原煤、原油、天然气、天然铀矿、太阳能、水能、风能、海洋能、地热能和薪柴等。二次能源即由一次能源直接或间接加工、转换而来的能源,如电、蒸汽、焦炭、煤气和氢能等,它们使用方便、易于利用,是高品质的能源。终端能源指通过用能设备供消费者使用的能源,如经电线输送的电能、经煤气管道输送的煤气。二次能源或一次能源一般经输送、储存和分配都成为终端使用的能源。

第三种是按被利用的程度分为常规能源和新能源。常规能源是开发利用时间长、技术成熟、能大量生产并广泛使用的能源,如石油、煤炭、天然气、水能和薪柴燃料等。常规能源有时又被称为传统能源。新能源指目前尚未得到广泛使用、有待科学技术的发展以期更经济有效开发的能源,如太阳能、地热能、海洋能、风能、核能和生物质能等。

除了上述三种常见的分类方法外,按能源的性质分类,能源分为固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、核能、电能、太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能和核聚变。

1.1.2 汽车新能源

新能源是以新技术和新材料为基础,在新技术基础上,系统地开发利用的可再生能源,如核能、太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能、氢能等。汽车新能源主要包括电能、氢能、天然气、液化石油气、醇类(甲醇、乙醇)燃料、二甲醚、太阳能、生物质能等。其优缺点及应用前景见表 1-1。

汽车主要新能源的比较

表 1-1

新能源	主要优点	主要缺点或问题	现状与前景
电能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电能来源非常丰富,且来源方式多; 2. 直接污染及噪声很小; 3. 结构简单,维修方便 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蓄电池能量密度小,汽车续航里程短,动力性较差; 2. 电池质量大,寿命短,成本较高; 3. 蓄电池充电时间长 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 从总体看仍处于试验研究阶段,要完全解决技术上的难题并降低成本,还需要一定的时间; 2. 公认的未来汽车的主流
氢气	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氢气的来源非常丰富; 2. 污染很小; 3. 氢的辛烷值高,热值高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氢气生产成本高; 2. 气态氢能量密度小且储运不便,液态氢技术难度大,成本高; 3. 需要开发专用发动机 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 仍处于基础研究阶段,制氢及储带技术有待突破; 2. 有希望成为未来汽车的重要组成部分,但前景尚难估量

新能源	主要优点	主要缺点或问题	现状与前景
天然气	1. 天然气资源丰富; 2. 污染小; 3. 天然气辛烷值高; 4. 价格低廉	1. 建加气站网络要求投资强度大; 2. 气态天然气的能量密度小,影响续航里程等性能; 3. 与汽油车相比,动力性低; 4. 储带有所不便	1. 在许多国家获得广泛使用并被大力推广; 2. 是 21 世纪汽车的重要类型
液化石油气	1. 液化石油气来源较为丰富; 2. 污染小; 3. 化石油气辛烷值较高	面临天然气汽车类似问题,但程度较轻	1. 目前世界上液化石油气汽车的保有量达 400 多万辆; 2. 是 21 世纪汽车的重要品种
甲醇(乙醇)	1. 来源较为丰富; 2. 辛烷值高; 3. 污染较小	1. 甲醇的毒性较大; 2. 需解决分层问题; 3. 对金属及橡胶件有腐蚀性; 4. 冷起动性能较差	1. 已获得一定程度应用; 2. 可以作为能源的一种补充,在某些国家或地区可能保持较大的比例
二甲醚	1. 来源较为丰富; 2. 污染小; 3. 十六烷值高	面临与液化石油气类似的储运方面的问题	1. 正在研究开发; 2. 采用一步法生产二甲醚成本大幅度下降后,可望有较好的发展前景
太阳能	1. 来源非常丰富,可再生; 2. 污染很小	1. 效率低; 2. 成本高; 3. 受时令影响	1. 正在研究; 2. 达到实用需相当长时间
生物质能	1. 来源丰富,可再生; 2. 污染小	1. 供油系统易堵塞; 2. 冷起动性能差	可作为能源的一种补充,应用于某些国家或地区

1.1.2.1 电能

电能的来源方式很多,可由水能、风能、核能、太阳能、化学能、生物能、热能、地热能、煤炭等任何一种形式的能源转变而来,因此电能很丰富,这就可以大力发展电动汽车,图 1-2 说明纯电动汽车电能多样性的特点。电动汽车以其无污染、易起动、低噪声、易操纵等优点,一直深受人们的赞许。因此,发展电动汽车势在必行。电动汽车是全部或部分由电能驱动电动机作为动力系统,符合道路交通、安全法规各项要求的汽车。电动汽车包括纯电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池汽车三种类型,最具代表性,最有前途的新能源汽车。

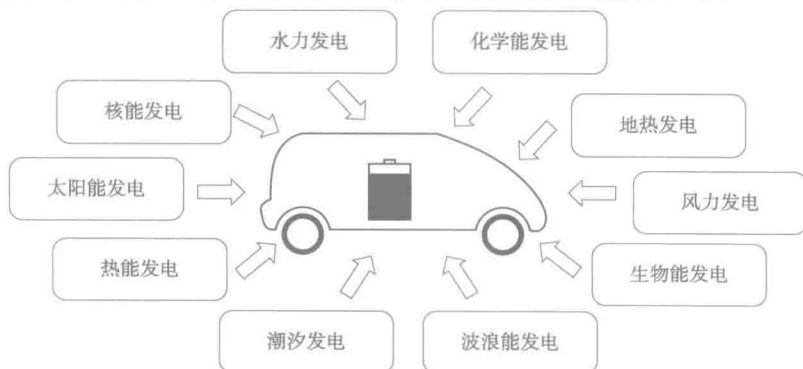


图 1-2 纯电动汽车电能多样性

1.1.2.2 氢能源

氢气与天然气(NG)、汽油、液化石油气(LPG)相比,单位质量低,热值高,约是汽油低热值

的 2.7 倍。可燃极限宽,易于实现稀薄燃烧,提高经济性,同时可以降低最高燃烧温度,大幅度降低 NO_x 排放。同时氢的自燃温度(585°C),比天然气、汽油都高,有利于提高压缩比,提高氢能源发动机的热效率。虽然氢能源的自燃温度比天然气、汽油等燃料高,但其点火能量很低,最小低到 0.02MJ,这样氢能源内燃机工作时几乎不失火,具有良好的起动机。氢能源有害物排放少,燃烧主要产物是水,不产生 CO 及 CH,由于氢气火焰的猝冷距离比汽油短,因此靠近缸壁激冷层可燃混合气燃烧更安全, NO_x 排放大大降低。

由于氢能源燃料电池系统在能量密度、体积、反应速度以及成本等方面的问题,以燃料电池为动力的汽车距产业化还有一段距离。内燃机既可以实现氢能源清洁、可再生的特点,又可以利用目前已经充分建立起来的内燃机工业基础,且氢气发动机热效率较高,综合效率与燃料电池效率相当,生产及使用成本低,在使用性能、成本等方面较容易得到发展和应用。目前制约氢能源内燃机的因素主要有:氢气沸点低(-253°C),储存和运输性能差,制取困难。

1.1.2.3 天然气

天然气在汽车应用时污染小、价格较便宜、发动机使用寿命长,但使用有一定困难,储罐造价成本较高,所以,可研究开发新的储装技术,努力发展天然气汽车。液化石油气是由石油产品加工而成,其资源储量是有限的,但以其污染小、经济性好、储存运输方便等优点可作为汽车燃料的一种重要补充。

天然气发动机主要分为两类:一是火花塞点火式发动机,此类发动机普遍存在低负荷时热效率低、稀燃能力差等问题;另一类是利用柴油引燃的柴油/天然气双燃料发动机,此类发动机需要两套燃料供给系统,存在低负荷时碳氢排放高的问题。国内学者研究发现柴油/天然气双燃料发动机燃烧模式主要以预混燃烧为主,因此,颗粒物和炭烟排放较低。

由于天然气汽车在排放方面有明显的优越性,与在用汽油车相比,天然气汽车颗粒物排放几乎为零, 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。与此同时,天然气汽车技术也得到了前所未有的发展,从过去的常压天然气发展到压缩天然气汽车(CNGVs)、液化石油气汽车(LPGVs)和液化天然气汽车(LNGVs)。

尽管如此,天然气汽车在使用中仍然存在一些问题,其中最为突出的是发动机功率下降与早期磨损的问题。据资料报道,汽车在使用天然气作燃料时,功率一般要下降 15% 左右,个别时候下降更多。功率下降的结果,一方面导致汽车重载、爬坡或加速时动力不足,另一方面导致燃料消耗相对增加,并增加污染物排放量。此外,汽车以天然气作燃料时,发现燃烧室部件明显腐蚀。甚至曲轴也出现腐蚀,气门、火花塞环和汽缸磨损严重,与使用汽油相比,汽车大修期通常要缩短 1/3 ~ 1/2。

1.1.2.4 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,其来源比较广泛,可以从油田伴生气或天然气中通过炼油厂催化裂化装置获得。液化石油气主要成分为丙烷、丁烷和少量烯炔等多种碳氢化合物。在常温下呈气态,加压至约 1.6MPa 或冷却后呈液态,液化后体积缩小为气态时的 1/250 左右,因此便于以液态储存和运输,是理想的新能源。其辛烷值在 100 ~ 200 范围,相对于汽油机而言,抗爆性好,可以适当增加压缩比,热值与汽油值相近,可以提高动力性和经济性。液态石油气是一种清洁燃料,由于火焰温度低于汽油和柴油,故 NO_x 量相应减少。常温下为气体,易与空气混合均匀,反应完全,CO 和颗粒物排放低,几乎无烟,废气中未燃烧成分稳定,在大气中不会形成有害的光化学烟雾。另外,LPG 和空气混合后进入发动机汽缸内,燃烧充分完全,积炭少,可以延长发动机的寿命。

目前,LPG 在发动机上的应用研究主要是 LPG/柴油双燃料发动机,该发动机利用喷入的柴油将燃烧室内预混均匀的 LPG 与空气的混合气引燃,在 LPG 缺乏时,也可以作为柴油机使用,这种发动机也需要在原机的基础上配一套供气系统和燃料储存系统。使用双燃料时,在不同的运行工况下,LPG 和柴油以不同的掺烧比在燃烧室中燃烧做功,保留柴油机功率大、转速高的特点的同时降低了排放,提高了燃油经济性。该能源目前存在的主要问题为:LPG 密度大于空气,容易沉积,一旦泄漏容易在小范围内形成可燃混合气;在燃烧室中 LPG 黏度高,当烯烃含量过高易发生胶结、积炭,对发动机气门、火花塞和活塞环造成破坏。

1.1.2.5 醇类燃料

在代用燃料中,醇类燃料是最有希望、最容易实现再生的液体新能源燃料。目前最广泛的醇类代用燃料为甲醇和乙醇。从表 1-2 中可以看到甲醇和乙醇热值较低,但由于其为含氧燃料,其理论空燃比比石油系燃料低,而且含氧百分率越大,理论空燃比越小,这样醇类燃料理论混合气热值与石油系燃料的理论混合气热值大致相当。在内燃机使用醇类代用燃料时,这一特性可以保证与原机同等的动力性。

醇类代用燃料的主要性质

表 1-2

燃烧性能	二甲醚	丁烷	氢气	甲醇	乙醇	汽油
分子式	C ₂ H ₆ O	C ₄ H ₁₀	H ₂	CH ₃ O	C ₂ H ₅ O	—
分子量	46.07	58.13	2.02	52.04	46.7	91.4
熔点(℃)	-24.9	-0.5	—	—	—	—
液态密度(g/cm ³)	668	610	71	769	—	750
低热值(kJ/kg)	28430	45740	120100	20100	26900	43932
爆炸极限(%)(体积百分比)	3.4~17	1.9~8.4	4.1~74.2	6.0~37	3.5~19	1.3~7.6
着火温度(℃)	235	365	574	470	392	257

表 1-3 是四种燃料理论空燃比和理论混合热值的比较。由表 1-3 可见,甲醇和乙醇的辛烷值很高,这一特点很适合将其作为汽油机的部分代用燃料使用。醇类燃料与柴油相比,其十六烷值、黏度、热值和密度等都比较低,与柴油之间不易溶解,但是,由于醇类燃料在柴油机上燃用时的热效率远高于其在汽油机上燃用时的热效率,加上其排污低,在增压柴油机上使用时,通过进气管能降低进气温度、提高工质密度等,国内外对此进行了较系统的研究,结果表明:采用柴油机高压油泵供给方式,炭烟颗粒(PM)均明显改善,NO_x有所降低,HC 增加,CO 的变化与负荷有关。采用通过柴油机进气道供给的方式,炭烟颗粒均明显改善,NO_x有所降低,HC 和 CO 均增加。醇类燃料在汽油机和柴油机上的应用技术是以掺烧方式应用,即指醇类燃料和燃油按比例掺合应用。

四种燃料理论空燃比和理论混合热值的比较

表 1-3

特性	甲醇	乙醇	汽油	柴油
低热值(MJ/kg)	19.916	26.778	43.932	42.677
理论空燃比	6.0	9.0	14.8	14.5
理论混合气热(MJ/kg)	2.674	2.678	2.778	2.753
辛烷值	106~112	110	—	—
十六烷值	5	8	—	40~55

1.1.2.6 二甲醚

二甲醚(DME)是一种最简单的醚类化合物,在常温常压下为气体,在中等压力下为液体。液体二甲醚表面看似水,无色,几乎无臭,无毒,不致癌,腐蚀性小,对环境无污染。DME 的十

六烷值较高(55 以上),适合在压燃式发动机上应用。对柴油机来说,燃料的自然温度和低温流动性最为重要,DME 的自然温度比柴油低 15°C ,在缸内迅速与空气混合,滞燃期短,有利于发动机的冷起动,而且可以减少预混合燃烧量;DME 的汽化潜热大,约是柴油的 2 倍,DME 的蒸发能降低混合气温度,进一步降低 NO_x 排放。因此 DME 适用于高速柴油机使用。虽然十六烷值过高的燃料在燃烧过程中容易裂化,造成排气冒黑烟,燃料消耗量增大。但是 DME 分子间以 C-O 和 C-H 键结合。有利于减少生成的炭烟和颗粒。

目前存在的主要问题有:二甲醚黏度低,易引起高压供油系统泄漏和偶件的早期损坏,给实用化带来难度;二甲醚燃烧与污染物排放研究方面存在薄弱环节,低温燃烧中,甲酸甲酯是否为主要燃烧产物,高温、高压条件下自燃着火的详细历程,其异构化和过氧化机理以及微量排放物生成机理有待于研究。

1.1.2.7 太阳能

太阳能是指太阳的热辐射能,主要表现就是常说的太阳光线。太阳能既是一次能源,又是可再生能源。它资源丰富,既可免费使用,又无需运输,对环境无任何污染。为人类创造了一种新的生活形态,使社会及人类进入一个节约能源减少污染的时代。太阳能一般用作发电或者为热水器提供能源。自地球上生命诞生以来,就主要以太阳提供的热辐射能生存。在化石燃料日趋减少的情况下,太阳能已成为人类使用能源的重要组成部分,并不断得到发展。太阳能的利用有光电转换和光热转换两种方式,太阳能发电是一种新兴的可再生能源。广义上的太阳能也包括地球上的风能、化学能、水能等。汽车上利用太阳能主要是光伏发电供给电动汽车电能。目前主要以单晶硅电池为主,预计 2020 年可实现晶体硅电池和薄膜电池共同应用格局,再进一步发展多层复合砷化镓太阳能电池。

1.1.2.8 生物柴油

生物柴油是指油料作物、野生油料植物、工程微藻等水生植物油脂以及动物油脂、餐饮废油等为原料,通过酯交换工艺制成的有机脂肪酸酯类燃料,简称 FAME,是生物质能的一种,是可代替石化柴油的再生性柴油燃料。

生物柴油汽车就是指使用全部或部分的生物柴油作为燃料的汽车。生物柴油可以以 100% 浓度用于柴油发动机,目前世界上主要的生物柴油还是将生物油与矿物油调和使用,生物油一般占生物柴油总体积的 2% ~ 20%。目前行业上生物柴油的规模用普遍在 B5 (5% 的生物柴油 + 95% 的标准柴油) ~ B20 (20% 的生物柴油 + 80% 标准柴油)之间。

生物柴油的最大优点是环保特性优良。生物柴可降低 90% 的空气毒性,二氧化碳排放要比柴油减少 60%,能满足欧洲 II、III 排放标准;车辆成本低。使用生物柴油的汽车与普通柴油车相同,车辆无须任何修改;安全性好;具有较好的低温起动性和润滑性能。生物柴油的闪火点较高,毒性较低,是一种环境友好的可再生燃料。作为清洁、优质的可再生性能源,在世界石油储量持续减少的今天,开发生物柴油具有极其重大的意义。

生物柴油的缺点是燃烧效果差。生物柴油的黏度高于柴油,导致喷射效果不佳。由于生物柴油的低挥发性,造成燃烧不完全,影响汽车燃烧效率;制取生物柴油的成本较高;消耗大量耕地资源。生物柴油作为柴油替代燃料有着独特的优势,但由于原料和加工制取等原因,与石化柴油相比,生物柴油的氧化安定性差,对生物柴油的实际使用和储存都造成很大的困难。

1.2 新能源汽车种类、优势及关键技术

新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源,或虽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。

1.2.1 新能源汽车的种类

汽油和柴油是传统内燃机汽车的能源,利用除此以外的能源提供动力的汽车均可称为新能源汽车。新能源汽车的种类有燃气汽车、醇类燃料汽车、纯电动汽车(BEV)、混合动力汽车(HEV,油电混合、油气混合)、插电式混合动力电动汽车(PHEV)、氢能源汽车(氢发动机汽车)、燃料电池电动汽车(FCEV)、太阳能汽车、微波输电式汽车以及其他新能源(超级电容器、飞轮等高效储能器)汽车等。

1.2.1.1 燃气汽车

燃气汽车是以可燃性气体作为燃料的汽车。燃气成分单一、纯度较高、能与空气均匀混合并燃烧完全,CO和微粒的排放量较低,发动机在低温时的起动和运转性能较好。按照燃气的化学成分和形态,分为压缩天然气汽车(CNGVs)、液化石油气汽车(LPGVs)和液化天然气汽车(LNGVs)三种。燃气汽车由于采用天然气为燃料,所以具有低污染、低成本、安全性能高的特点,其缺点是其运输性能比液体燃料差、发动机的容积效率低、着火延迟较长及动力性有所降低,一旦大规模投入使用,必须建立相应的加气站。这类汽车多采用双燃料系统,即一个压缩天然气或液化石油气系统和一个汽油或柴油燃烧系统,能容易地从一个系统过渡到另一个系统,此种汽车主要用于城市公交汽车。

1.2.1.2 醇类燃料汽车

醇类燃料汽车使用比较广泛的是甲醇和乙醇。甲醇和乙醇来源广泛,制取技术成熟。最新的一种利用纤维素原料生产醇类的技术,其可利用的原料几乎包括了所有的农林废弃物、城市生活有机垃圾和工业有机废弃物。目前醇类汽车多使用甲醇和乙醇与汽油或柴油掺和的燃料驱动,既不需修改发动机,又起到良好的节能和降污效果,但这种掺和燃料要获得与汽油或柴油相当的功率,必须加大燃油喷射量。当掺醇率达20%时,应改变发动机的压缩比和点火提前角。醇类燃料理论空燃比低,对发动机进气系统要求不高,自燃性能差,辛烷值高,有较高的抗爆性、挥发性好,混合气分布均匀及热效率较高,汽车尾气污染可减少30%以上。

1.2.1.3 纯电动汽车

纯电动汽车是指以车载电源为动力,用电动机驱动车轮行驶。作为一种新能源汽车,它具有零污染、低噪声等优点。纯电动汽车大致分为蓄电池电动汽车和燃料电池电动汽车。它们的共同点是完全由电力通过电动机驱动,能够实现真正的零排放。纯电动汽车的技术关键是高能量和大容量的蓄电池。目前由于高性能锂离子电池和一体化电力驱动系统等技术的发展,纯电动汽车受到各国政府和企业的重视。纯电动汽车在续驶里程、动力性、快充等方面均趋于成熟,已进入实用阶段,但使用成本高于燃油汽车,需经常充电,依赖于快速充电站的建设。由于电池占用一定体积和质量,使有效比载重较小。其主要应用在市政用车、公交车、公务用车和私人用车等领域。

1.2.1.4 混合动力汽车

混合动力汽车,又称复合动力汽车,是指包含两种或两种以上动力源并能协调工作的混合型电动汽车。在汽车起动、停止等工况,采用电动机驱动方式,可实现低排放、低噪声;在近于额定工况和高速路工况时,则主要由燃油发动机驱动,可使发动机保持在最佳工况状态,实现动力性、经济性和排放性能好的工作状态,同时还可对蓄电池进行充电;在大负荷和加速工况,

可同时由发动机和电动机驱动,以达到良好的动力性和加速性能。电动系统中包括高效强化的电动机、发电机和蓄电池。混合动力汽车按照能量的合成主要分为串联式、并联式和混联式3种。混合动力汽车与纯电动汽车相比,降低了对电池能量密度和容量的要求,减轻了电池部分的质量,有利于提高汽车的质量利用系数;动力性、续航里程以及乘员的舒适性都得到了保证;无需增加充电设施,易于推广应用。与传统的汽车相比,电动机经常处于最佳工况,降低了排放;能量自动回收,提高了能量利用率;采用纯电动行驶模式,可以在特定的区域实现零排放。

1.2.1.5 插电式混合动力电动汽车

插电式混合动力电动汽车是一种在常规情况下可从非车载装置中获取电能的、优先在纯电动模式下行驶的混合动力的电动汽车。其主要特点为:它配备有大容量的动力电池包可以直接从外接电源充电,如同一辆纯电动汽车,通常优先在纯电动模式下独立行驶,有一定的纯电动续航里程,一般由外接公共电网电源充电补充电能;它的驱动电动机功率和转矩比较大,与纯电动汽车的电动机相同或略小,在纯电动模式下足以完成汽车起动、加速、爬坡等各种工况行驶,续航里程长,可达400~500km;其驱动电动机在汽车制动、下坡甚至滑行减速时处于再生制动状态,对动力电池包回馈充电效率高,且不消耗动力电池电能;它在短途行驶时,是优先在纯电动模式下行驶。

1.2.1.6 氢能源汽车

氢气作为汽车燃料,具有:辛烷值高、发动机热效率高;发动机可在空气过量系数较大的范围内稳定燃烧;点火能量低,不到汽油最低点火能量的1/10,且氢燃料的火焰传播速度快;低温下易起动,其燃烧生成物主要是 H_2O 和 NO_x ,不产生HC、CO和炭烟排放。氢能源汽车的发动机是在现有的发动机基础上加以改造,从氢气(或其他辅助燃料)和空气的混合燃烧产生能量从而获得汽车动力。氢能源汽车发动机具备无污染、低排放等优点外,还具有一些特殊的优势,如对氢的要求较低、燃烧性能高、内燃机技术成熟等。氢的储运性能很差,其沸点为 $-253^{\circ}C$,以液态方式储存时成本高,不适宜长期储存。氢的制取原料有天然气、煤和水。至今这些制氢方法的成本及能耗都较高,因此氢气必须在解决降低生产成本和储存运输等难题后,才能决定氢能源汽车的发展前景。

1.2.1.7 燃料电池电动汽车

燃料电池电动汽车是利用氢气和空气中的氧气在催化剂的作用下在燃料电池中经电化学反应而产生电能(不经过燃烧),以此作为主要动力源驱动的汽车。由于燃料电池同时具有无污染、高效率、适用广、噪声低、可快速补充能量等优点,被认为是今后替代传统内燃机汽车最理想的动力装置。与混合动力汽车相比,燃料电池电动汽车不进行燃料的燃烧过程,而是通过电池直接将化学能转化为电能,依靠电动机驱动。与纯电动汽车相比,燃料电池汽车动力源主要是燃料电池,而不是蓄电池。燃料电池的能量转化效率比内燃机要高2~3倍,燃料电池化学反应过程不会产生有害产物。因此从能源的利用和环境保护方面来看,燃料电池电动汽车是一种理想车辆,代表着清洁汽车的发展方向。燃料电池电动汽车使用的燃料主要包括氢气、甲醇、汽油、柴油等,国际上普遍采用的是高能源密度的液态氢。

1.2.1.8 太阳能汽车

太阳能汽车是利用太阳能电池将太阳能直接转化为电能,再利用电动机驱动汽车的一种汽车。相比传统热机驱动的汽车,太阳能汽车是真正的零排放,被称为未来汽车。在光照强度比较大的情况下,太阳能电池吸收的太阳能通过光电转化而来的电流可以直接驱动电动机;也

可以与蓄电池同时供电,或将多余的能量储存在电池中可以在不利的天气(多云、深夜、雨天)使用。其特点是无污染、无噪声、无内燃机,在行驶时听不到燃油汽车内燃机的轰鸣声。

1.2.1.9 微波输电式汽车

微波输电式汽车是通过车载无线电能接收天线,把来自微波发射阵列天线发射的微波束电能动,传输给车载增程并网远程无线电能接收系统和车用无线微波脉冲快速充电式锂动力蓄电池组,并经过中央控制系统向轮毂牵引电动机提供电能带动车轮驱动行驶。它具有高效、节能、无噪声、零排放等特点。微波输电式汽车的发展重点是小型乘用车,一般采用增程型方式,在纯电动汽车上增设微波输电接收系统为车辆提供增程电力,被视为前瞻性的未来汽车。

1.2.1.10 其他新能源汽车

除了以上介绍的新能源汽车以外,还有空气动力汽车、核动力汽车、水燃料发动机汽车、磁能发动机汽车、陶瓷发动机汽车等。

1.2.2 新能源汽车的优势

新能源汽车是相关学科、产业众多、技术密集的产品,与新能源汽车有关的学科如图 1-3 所示,相关的产业如图 1-4 所示。新能源汽车包含了多方面新技术优势,新能源汽车在使用过程中是节能、环保和低成本。例如,就能量利用率来说,混合动力汽车为 90% 左右,而传统汽车为 50% ~ 60%,而且油耗节省 20% ~ 40%,尾气污染也减少近 50%。电动汽车在使用时没有污染,有极好的环保性能。能量转化效率方面,传统汽车约为 17%,而电动汽车的能量转化效率与发电时的效率损失综合后,仍高达 30%,约为传统汽车的两倍,节能效果显而易见。而且因为电的成本仅是油的 1/5,故新能源汽车的使用成本很低。

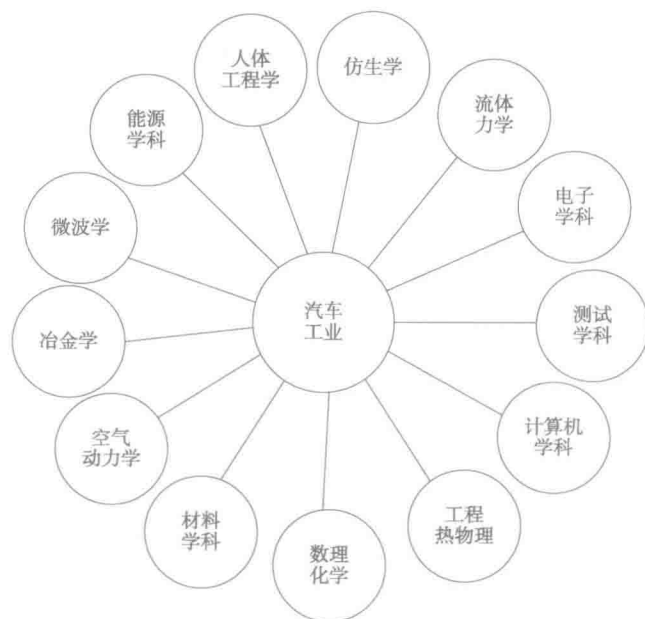


图 1-3 与新能源汽车有关的学科

再拿燃料电池汽车来说,燃料电池汽车在汽车减排技术方面被认为是最可行的,能够有效地解决全球气候变暖问题。据估算,使用一辆氢燃料电池汽车代替传统汽车,每年可以减少排放 5 ~ 7t 温室气体;而对于公交车来说,使用燃料电池每年每辆公交车可减少排放 94 ~ 95t 温

室气体。NAS 预计,如果氢燃料电池车在被市场接受过程的中能够很顺利的话,那么在 40 多年后,小型车基本能够不排放污染气体。

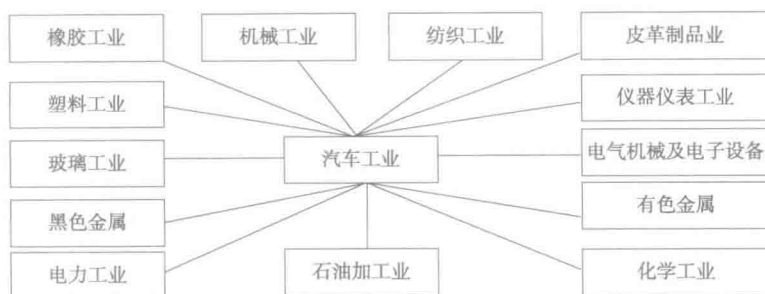


图 1-4 与汽车工业有关的产业

1.2.3 新能源汽车关键技术

1.2.3.1 新能源汽车电池技术

电池是电动汽车的能量来源。要实现商业化应用,电动汽车必须具有与传统车辆相当的良好性价比,这就对电动汽车的电池性能提出了要求,例如续航里程、加速性能、爬坡能力等。到目前为止,车用电池经历了 5 代的发展。

(1) 铅酸电池是第一代,可靠性高、价格低廉、原材料丰富和高倍率放电是其优点,但是其比能量低、质量和体积相对较大,而且一次充电的续航里程较短,严重制约着铅酸电池的发展。

(2) 碱性电池是第二代,其各方面性能都优于铅酸电池,然而其价格比铅酸电池高很多,市场的推广受到影响。

(3) 燃料电池是第三代电池,它能高效地将化学能转化为电能,在比能量、比功率方面优势较明显;但是由于其价格、原料获取以及氢气存储等方面还存在较大问题,因而仍然没有被广泛使用。但其优于其他电池的优势,可以预见,将来燃料电池一定会成为新能源汽车的主体动力电池之一。

(4) 锂离子电池是第四代电池,锂离子动力电池是目前新能源汽车电池的主流电池,与传统的铅酸蓄电池相比,锂离子电池能量比高,比功率也高,体积比铅酸电池小 50% 以上,质量也比铅酸电池轻 50% 以上,循环寿命比铅酸电池长很多倍。这也就让电动汽车跑得更远(续航里程长)、开起来更有劲(放电倍率高)。锂离子电池与铅酸蓄电池的性能对比见表 1-4。各种类型的锂离子单体电池普遍可以达到 1500 次以上的循环寿命,磷酸亚铁锂电池单体电池的循环寿命甚至可高达 3000 次以上,比铅酸电池的循环寿命要高出很多倍。表 1-5 为三种锂离子电池性能比较。

锂离子电池与铅酸蓄电池的性能对比

表 1-4

名称	铅酸电池	锰锂动力电池
容量	36V/10A · h	36V/10A · h
能量比(W · h/kg)	30	130
体积(L)	≥6.5	<2.14
质量(kg)	≥13	≤3.5
自放电率(%)	>20	<5

三种锂离子电池性能比较

表 1-5

性能	正极材料		
	钴酸锂	锰酸锂	磷酸铁锂
原料成本	很高	低	低
高温性能	差, 0~45℃	较好, 0~45℃	非常好, >70℃
比容量(mA·h/g)	140~160	110~120	160~170
比能量(W·h/kg)	105~140	90~120	100~105
额定电压(V)	3.6~3.7	3.6~3.7	3.2~3.3
循环寿命(次)	>500	>300	>2000
倍率放电	较好, 10C >5min; 瞬间 >25C	较差	10C >5min; 瞬间 >20C
安全性能	较差	较好	优异

(5) 飞轮电池将是第五代电池, 飞轮电池又称电动机机械电池。它利用高速旋转的飞轮将能量以动能的形式储存起来。与蓄电池相比较, 飞轮电池具有更高的比能量和比功率, 能量密度为普通铅酸电池的 3~6 倍, 充电时间短, 且无污染, 使用寿命长, 无过渡充放电现象, 与其他电池相比, 飞轮电池具有很明显的优势。因此将飞轮电池用于新能源汽车中, 使飞轮电池和蓄电池共同提供或吸收汽车运行中的峰值功率。飞轮电池及储能系统包括三个核心部分: 飞轮、电动机/发电机和电力电子变换装置, 其工作原理如图 1-5 所示。

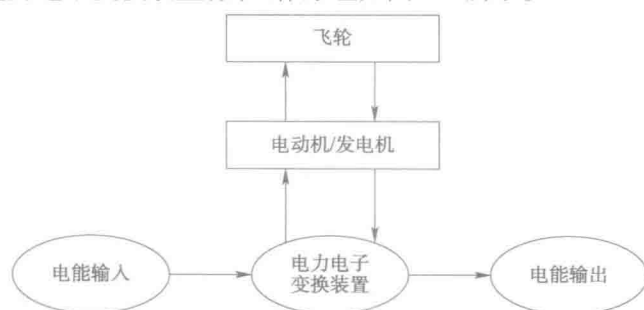


图 1-5 飞轮电池及储能系统工作原理

飞轮电池原主要用于卫星等航天器的能源储备装置。美国飞轮系统公司(AFS)设计的飞轮电池, 含有高强度碳素纤维制成的锥盘形轮, 它在真空中由磁悬浮轴承支撑, 所以摩擦损失可以忽略不计。通过电动机, 使飞轮处于高速旋转状态, 将电能转化为飞轮的旋转动能, 当汽车不运动时, 由于飞轮处于真空环境中, 其转动能量损失微乎其微; 当汽车需要运动时, 飞轮通过电动机将储存在其中的能量释放出来提供电流驱动汽车。AFS 曾运用飞轮电池对一款劳斯莱斯轿车进行改装, 改装后的电动汽车一次充电行驶距离可达 600km, 而日本也曾开发过相应的飞轮电池电动汽车, 其飞轮转速最高可达 3.6×10^4 r/min, 一次充电行驶距离为 480~640km。随着技术的发展, 飞轮电池将在新能源汽车中得到广泛的应用。

1.2.3.2 新能源汽车驱动及其控制技术

虽然现在混合动力电动汽车占据了新能源汽车的大部分市场, 但是新能源汽车的最终发展方向仍然是纯电动汽车, 混合动力电动汽车只是由传统汽车向纯电动汽车发展的一个过渡产品。纯电动汽车的驱动主要靠车载电动机, 其驱动特性决定了汽车行驶的主要性能指标。为了达到传统汽车的相关行驶性能, 驱动电动机应具有调速范围宽、起动转矩大、效率高、运行可靠稳定和能量回馈等特性; 应具有较高的瞬时功率、功率密度和转矩密度, 以提高车速, 增大