



21世纪交通版

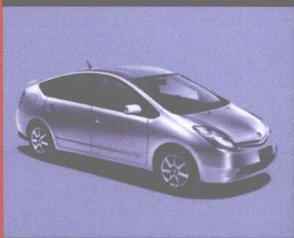
高等学校车辆工程专业教材



混合动力汽车结构与原理

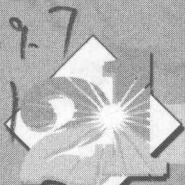
Hunhe Dongli Qiche Jiegou Yu Yuanli

◎ 李兴虎 编



人民交通出版社
China Communications Press

U469.7

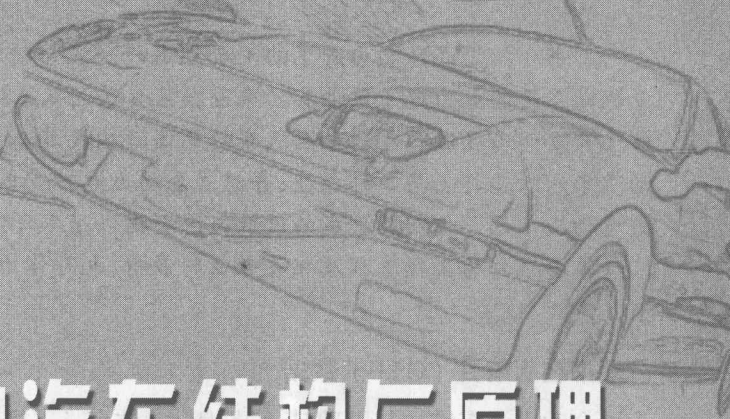


21世纪交通版

高等学校车辆工程专业教材

U469.7

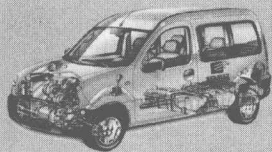
1



混合动力汽车结构与原理

Hunhe Dongli Qiche Jiegou Yu Yuanli

◎ 李兴虎 编



人民交通出版社

内 容 提 要

本书介绍了混合动力汽车的主要组成——混合动力系统、电能储存装置、驱动电机、电驱动系统的电力电子元件和功率变换装置等的基本概念、结构特点与原理。结合国内、外已开发的多款混合动力电动汽车的总体结构及其总成的特点,详细叙述了混合动力电动汽车的结构特点与工作原理;并对混合动力电动汽车进行了分类和比较分析,为混合动力电动汽车的总体及其总成的设计与选型提供了参考依据。

本书可作为车辆工程及相关专业的教材,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混合动力汽车结构与原理/李兴虎编. —北京:人民交通出版社, 2008.7
ISBN 978-7-114-07308-3

I.混... II.李... III.混合动力汽车-基本知识
IV.U469.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第115910号

高等学校车辆工程专业教材

书 名: 混合动力汽车结构与原理

著 作 者: 李兴虎

责任编辑: 石 刚

出版发行: 人民交通出版社

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) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×980 1/16

印 张: 15.75

字 数: 318千字

版 次: 2009年1月 第1版

印 次: 2009年1月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07308-3

印 数: 0001-3000册

定 价: 28.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



高等学校车辆工程专业教材

21 世纪交通版高等学校车辆工程专业教材 编委会名单

编委会主任

陈礼璠(同济大学)

编委会副主任(按姓名拼音排序)

陈南(东南大学)

杜子学(重庆交通学院)

方锡邦(合肥工业大学)

谷正气(湖南大学)

编委会委员(按姓名拼音排序)

陈明(同济大学)

陈全世(清华大学)

陈鑫(吉林大学)

戴汝泉(山东交通学院)

邓亚东(武汉理工大学)

杜爱民(同济大学)

冯崇毅(东南大学)

冯晋祥(山东交通学院)

龚金科(湖南大学)

关家午(长安大学)

过学迅(武汉理工大学)

韩英淳(吉林大学)

何丹娅(东南大学)

何仁(江苏大学)

何耀华(武汉理工大学)

黄韶炯(中国农业大学)

金达锋(清华大学)

李晓霞(长安大学)

李兴虎(北京航空航天大学)

刘晶郁(长安大学)

鲁植雄(南京农业大学)

栾志强(中国农业大学)

罗虹(重庆大学)

任恒山(湖南大学)

谭继锦(合肥工业大学)

王国林(江苏大学)

温吾凡(吉林大学)

吴光强(同济大学)

席军强(北京理工大学)

张红(中国农业大学)

张启明(长安大学)

赵福堂(北京理工大学)

钟诗清(武汉理工大学)

教材策划组成员名单

刘敏嘉 白峻 钟伟 翁志新 黄景宇



前 言



能源供给和环境保护是人类社会可持续发展面临的两大难题。进入 21 世纪以来,汽车依赖的主要燃料——化石燃料的供需矛盾进一步加剧,保障能源供给已成为很多国家的重大国策。我国也面临同样的问题,以 2006 年为例,石油消费量达 3.4655 亿吨,同比增长 9.3%,其中净进口石油 1.6287 亿吨,同比增长 37.9%。石油对外依存度达到 47.0%,较 2005 年提高 4.1 个百分点,并呈现出逐年增大的趋势。另一方面,原油的价格也出现了快速增长的现象,石油价格不断出现历史新高。石油需求量和价格的快速增长,使人类面临的能源问题更为严峻。

随着我国经济的高速发展,汽车产量和销售量出现了持续高速增长的现象。汽车保有量和产量的迅猛增加,既带来了机动车污染物排放总量的快速增加,又导致了能源、资源枯竭的加速。因此汽车工业的快速发展使人类面临的能源和环境两大难题的解决更为困难。

汽车排放的污染物问题已成为影响城市空气质量的重要因素,与人们对生存环境质量的要求越来越高的矛盾更加突出。因此,如何降低汽车的能源消耗和环境污染自然而然地就成了汽车工业发展的主旋律。解决这两个问题的对策主要有两个:一是提高传统汽车的能量转换效率和降低其有害排放物;二是开发各种新型代用燃料汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车和混合动力汽车等。混合动力汽车被认为是汽车工业近期应对能源和环境问题的最主要对策和最现实的选择之一。

混合动力汽车既具有传统汽车的内燃机动力系统(发动机、燃油箱等),又有一套电驱动系统。既可用单独依靠内燃机或电力工作,又可采用内燃机和电力联合工作。混合动力汽车的最大优势是节能、环保和易于推广。混合动力汽车的发动机大部分时间工作在经济工况区,几乎不在高油耗的全负荷和加速工况区域工作,并且一般都采用制动能量回收系统,因而与传统汽车相比,燃油消耗大大减少,节能优势极为明显。另外,由于混合动力汽车一般都具有单独依靠电力、内燃机和电力的联合等多种工作模式,因而具有噪声小、排放少的特点,并可采用无污染物排放模式工作。与其他新能源汽车相比,混合动力汽车具有易于推广使用的优势,它不需新型的燃料供给设施,可直接利用已有设施。混合动力汽车的使用虽然无法解决化石燃料枯竭后的能源替代问题,但作为未来电动汽车或

可再生能源汽车时代到来之前的一种过渡产品,其在节能和环境保护方面具有明显优势。因此,混合动力汽车被认为是目前汽车面临的各种挑战的最佳对策之一,混合动力汽车的开发已成为很多国家汽车工业的研发热点之一,特别是在美国和日本,混合动力汽车得到了迅猛发展,其推广普及速度很快。混合动力汽车动力系统复杂、成本高,动力系统的质量大、占用空间大的缺陷也得到了很大改善。

随着我国对汽车节能和减排要求的日益严格,混合动力汽车在我国的推广将会加速。为了满足混合动力汽车研发和推广使用的需求,作者以在北京航空航天大学讲授的有关课程的讲义为基础,对混合动力汽车的最新研究成果进行了归纳与总结,结合国内外已开发的多款混合动力汽车的特点,对混合动力汽车的结构和原理进行了详细介绍,并对混合动力汽车进行了分类和比较,旨在为混合动力汽车总体与总成的设计与选型提供参考依据。

本书在编写的过程中引用了大量的网上资料和有关文献,借此机会谨致谢意。

作者对书稿进行了多次修改与校对,但由于水平所限,疏漏与错误在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

目 录



第1章 混合动力汽车的基本概念及发展现状	1
1.1 混合动力系统的基本概念	1
1.2 混合动力汽车的基本概念	8
1.3 混合动力汽车的种类.....	18
1.4 串联式混合动力汽车动力系统的主要组成及特点.....	19
1.5 并联式混合动力汽车的主要组成及特点.....	21
1.6 混联式混合动力汽车的主要组成及特点.....	23
1.7 混合动力汽车的主要性能参数.....	25
1.8 混合动力汽车节能的主要途径和降低污染方法.....	28
第2章 混合动力汽车的电能储存装置	40
2.1 混合动力汽车电能储存装置的种类及主要性能指标	40
2.2 二次电池的基本概念.....	42
2.3 铅酸蓄电池	48
2.4 镍氢电池.....	57
2.5 锂离子电池.....	62
2.6 飞轮储能器.....	70
2.7 超级电容器.....	76
2.8 蓄电池充电原理与充电器.....	80
2.9 HEV 蓄电池的监测系统	88
第3章 混合动力电动汽车的驱动电机	92
3.1 概述.....	92
3.2 直流电动机	101
3.3 三相异步感应电动机	107
3.4 永磁同步电动机	118



3.5	开关磁阻电动机	128
3.6	永磁磁阻电动机	134
第4章	HEV 的电力电子元件和功率变换装置	137
4.1	概述	137
4.2	DC/DC 电源变换装置	140
4.3	DC/AC 电源变换装置	152
4.4	AC/DC 电源变换装置	162
4.5	HEV 的电力电子装置	165
第5章	混合动力汽车的构造与原理	169
5.1	单桥驱动式全面混合型混合动力乘用车	169
5.2	双桥驱动全面混合型混合动力乘用车	182
5.3	轻度混合动力乘用车	192
5.4	混合动力巴士	199
5.5	混合动力载重车	207
5.6	超级电容混合动力汽车	213
5.7	清洁燃料混合动力汽车	217
5.8	可外电源充电式混合动力汽车	222
5.9	飞轮电池混合动力汽车	224
5.10	燃气轮机/电动机混合动力汽车	226
5.11	电动汽车制动能量的回馈系统	228
参考文献	237



第1章 混合动力汽车的基本概念及发展现状

1.1 混合动力系统的基本概念

1.1.1 混合动力系统 HPS(Hybrid Power System) 的概念

动力指使机械做功的各种作用力。常见的动力有人力、风力、水力、热力和电力等。产生动力的装置称为动力机械,它广泛地应用于交通运输、工程机械、农业机械、发电、采矿、航空航天和国防等部门。动力机械的动力可以由自然界中的各种能量(如风能、太阳能、燃料的化学能、热能、物体的势能和动能、核能等)转换而来。一般而言,常见的动力机械只将自然界中的某一种能量转换为机械能,这样的动力机械虽然具有结构简单、制造成本低、可靠性高等优点,但从能量利用效率和使用性能而言,并不具备优势。而采用两种或两种以上能量转换方式,则可以发挥各种能量转换方式的优势,弥补各自的不足,提高能量转换效率,达到节约能源的目的。混合动力系统(HPS)即指这种采用两种或两种以上能量转换方式的能量转化装置,其突出的优点是能量转换效率高。

通过采用两种或两种以上能量转换方式来提高能量转换效率的能量转化装置在发电装置的动力中早有应用,大约在20世纪60年代初便有了较成熟的、利用排气余热的联合循环动力装置。现在发电系统中使用的燃气/蒸气联合循环装置,其实质也是一种混合动力系统。这种装置把燃气轮机和蒸气动力装置两者的优点结合起来。由于燃气轮机的高温、高压燃气膨胀做功后的热能被蒸气动力装置进一步利用,因而系统具有较高的热效率。近年来开发的熔融碳酸盐型或固体氧化物型燃料电池与燃气轮机(亦称气体透平)组成的联合发电系统,其实质也是一种混合动力系统。传统的交通工具的动力仅为一种,为了提高交通工具的性能(环保)和节约动力(能源)等,HPS也被应用于交通运输工具上,并且扩大推广应用趋势明显。





1.1.2 混合动力系统的应用状况

1. 燃气/蒸气混合动力系统

图 1-1 是最简单而且已成熟的燃气/蒸气混合动力系统的组成示意图。燃气推动燃气轮机做功后从排气管排出,大约 500°C 的排气被引向余热锅炉产生蒸气,产生的蒸气被引入汽轮机做功发电。其输出功率大约比燃气轮机单独发电时的功率高 $30\% \sim 50\%$ 。在 20 世纪 70 年代末,系统的热效率已达 $42\% \sim 46\%$ 。若采用提高燃气初温等技术后,其热效率可望达到 50% 以上。此外,它还具有运行机动性好、耗水少、投资低和占地面积小等优势。

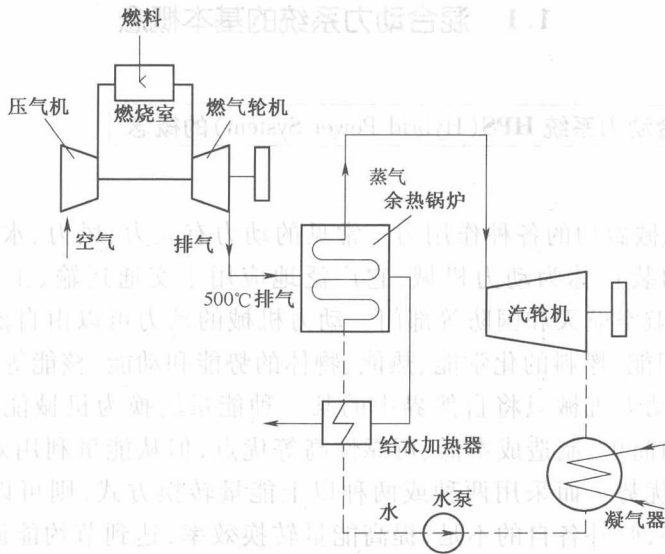


图 1-1 燃气/蒸气混合动力系统组成示意图

2. 燃料电池/燃气轮机混合动力系统

燃料电池 FC (Fuel Cell) 与燃气轮机 GT (Gas Turbine) 组成的混合动力系统主要有顶层模式和底层模式两种基本形式。顶层模式指燃料和空气先进入燃料电池参加化学反应的工作模式,对于 GT 来说,燃料电池就相当于燃烧室。由于从 FC 阳极出来的气体仍然含有一定量的、没有氧化的 H_2 和其他少量可燃气体,如 CO 等。因此,在顶层模式中,先使阳极出来的气体与阴极出来的气体在燃烧室中混合燃烧,再使燃烧后的高温混合气体进入 GT 做功,GT 排出的废气经过回热器再利用后排出。在底层模式中,燃料先在燃烧室中燃烧,经 GT 膨胀做功后,由于 GT 排出的废气中仍然含大量没有燃烧的 O_2 ,并具有较高的温度,因此让 GT 出来的尾气进入燃料电池作为氧化气体。

固体氧化物燃料电池 SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) 工作温度一般在 $600 \sim 1000^{\circ}\text{C}$,更





适用于顶层模式;而熔融碳酸盐燃料电池 MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) 工作温度在 650°C 左右,比较适用于底层模式。由于 FC/GT 系统的发电功率、工作压力、燃料、尾气回热方式等的不同,顶层模式和底层模式的循环结构有多种形式。

1) SOFC/GT 混合动力系统

SOFC 可直接把化石燃料(天然气、煤气、汽油或柴油以及其他碳氢化合物)中的化学能转化为电能,其特点是能量转换是通过电极上的电化学反应来进行,没有燃烧和机械过程,从而极大地提高了能量转化效率,避免了 NO_x 、 SO_x 、 CO 、 CO_2 以及粉尘等污染物的产生。SOFC 的工作温度 $600 \sim 1000^{\circ}\text{C}$,燃料能迅速氧化并达到热力学平衡,可以不使用贵金属催化剂,并可在电池内进行燃料重整,因此,天然气、柴油、煤气等多种燃料都可以作为 SOFC 的燃料使用。由于 SOFC 的工作温度高,因而其排气温度也高,故应在提供电力的同时,进一步利用排气中的能量。用燃气轮机利用 SOFC 高温排气中的余热和提高燃料利用率是理想的选择之一。

SOFC/GT 混合动力系统也称为 SOFC/GT 联合循环系统。世界上第一座 SOFC/GT 混合系统产品由 Siemens Westinghouse 电力公司在 2000 年开发。该系统总功率为 220kW ,其中 200kW 来自 SOFC, 20kW 来自该微型燃气轮机/发电系统。至 2002 年 1 月,该系统已运行了 900 多小时,且取得了 53% 的发电效率。SOFC/GT 混合动力系统与燃料电池、内燃机、燃气轮机等能量转换装置的热效率比较如图 1-2 所示,可见,SOFC/GT 混合动力系统是目前能量转换效率最高的发电装置,其最高效率(低热值)可以达到 70%,远高于内燃机的热效率。因此,SOFC/GT 也被考虑用于高度高、航时长的航天器上。

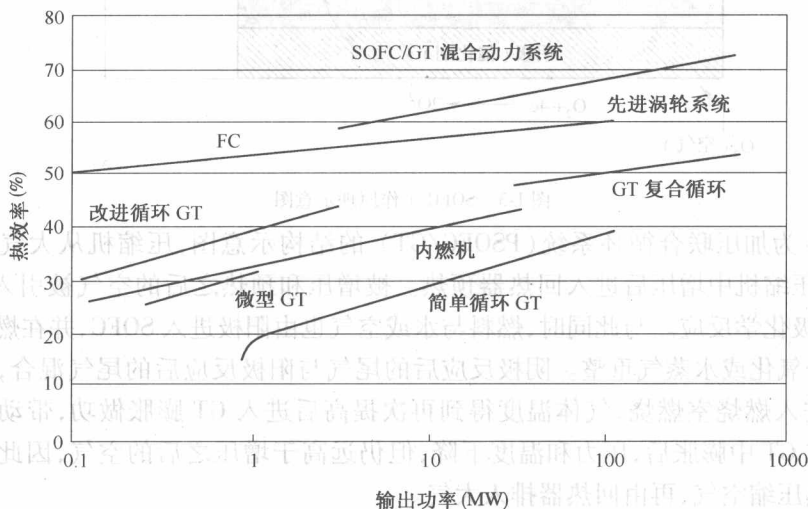
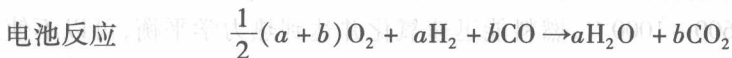
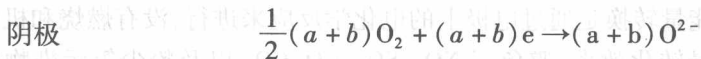
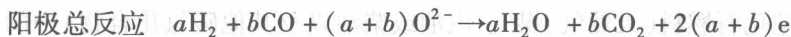
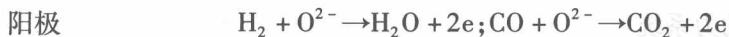


图 1-2 各种能量转换装置的热效率比较



SOFC 是一种高效、节能、清洁、安静和可靠的发电装置。图 1-3 为以甲烷重整气为燃料的 SOFC 工作原理示意图。SOFC 工作时重整气在阳极、空气中的氧在阴极以及 SOFC 的总化学反应如下:



式中 a 、 b 为甲烷重整气中的 H_2 和 CO 的计量系数。工作时,电子由阳极经外电路流向阴极,氧离子经电解质由阴极流向阳极。在 SOFC 阳极产生化学反应的是重整气中的 H_2 和 CO 等,未氧化的甲烷和其他碳氢化合物将从阳极直接排出。在约 1000°C 左右的工作温度下,常见的碳氢燃料几乎都可以经水蒸气或部分氧化重整得到 H_2 和 CO ,这就是 SOFC 燃料种类多的原因。

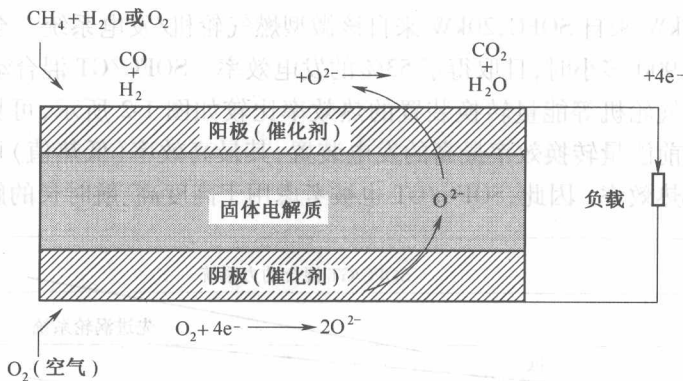


图 1-3 SOFC 工作原理示意图

图 1-4 为加压联合循环系统 (PSOFC/GT) 的结构示意图,压缩机从大气中吸入空气,空气在压缩机中增压后进入回热器预热。被增压和预热之后的空气被引入 SOFC 阴极,参加阴极化学反应。与此同时,燃料与水或空气也由阳极进入 SOFC,并在燃料电池内部进行部分氧化或水蒸气重整。阴极反应后的尾气与阳极反应后的尾气混合,经喷嘴或引射装置进入燃烧室燃烧,气体温度得到再次提高后进入 GT 膨胀做功,带动发电机发电。气体在 GT 中膨胀后,压力和温度下降,但仍远高于增压之后的空气,因此被引入回热器中加热压缩空气,再由回热器排入大气。

PSOFC/GT 动力系统的产品组成较图 1-4 所示的加压联合循环系统要复杂得多。Siemens Westinghouse 电力公司制造的 320kW 的 PSOFC/GT 发电装置的外形如图 1-5 所示,



系统主要由 SOFC、燃料供给系统、涡轮机发电系统、水加热器、燃料除硫装置和辅助空气储存装置等组成。

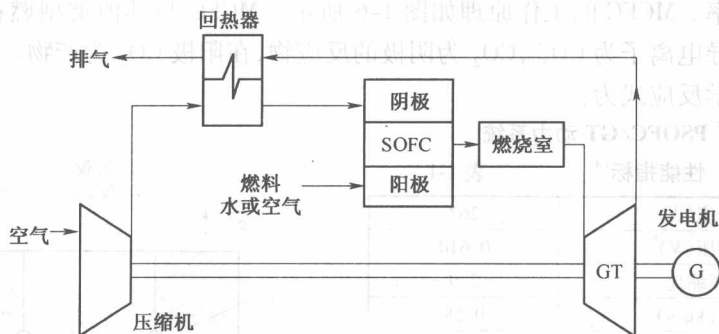


图 1-4 加压联合循环系统(PSOFC/GT)的结构示意图

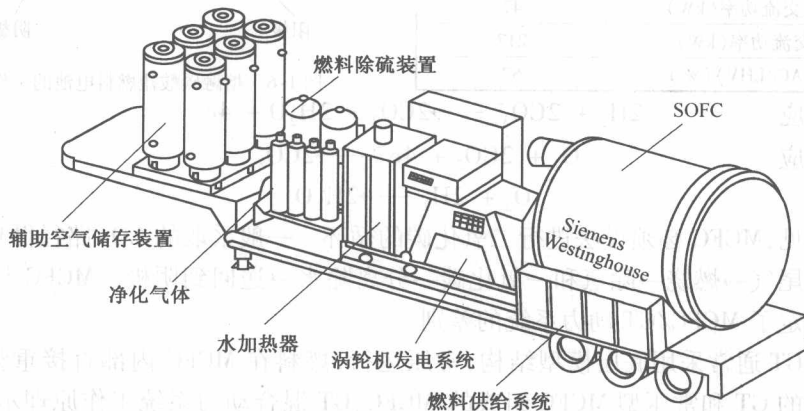


图 1-5 PSOFC/GT 发电装置的组成示意图

实际的 PSOFC/GT 动力系统,除了精心设计和选择各种系统的工作参数外,还要在工作过程中对各种操作参数进行严格控制。由燃气轮机驱动的压缩机将空气压缩到工艺所需的压力,经过一系列换热器,使进入 SOFC 电池堆的空气温度达到 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。SOFC 的排气温度一般为 850°C ,操作压力一般为 $6 \sim 10$ 个大气压。SOFC 的排气在燃气轮机入口的燃烧室内进一步燃烧,以提高燃气轮机入口温度,燃气进入燃气轮做功,带动发电机和压气机工作。燃气轮排出的燃气被用来加热空气之后排出。为了了解实际的 PSOFC/GT 动力系统的部分工作参数,表 1-1 出了 Siemens Westinghouse 电力公司制造的 220kW 的 PSOFC/GT 发电装置的主要性能指标。



2) MCFC/GT 混合动力系统

熔融碳酸盐燃料电池的工作温度为 650 ~ 700℃,使用的燃料 H₂ 也可以天然气为燃料通过内部重整得到。因此 MCFC 也可与燃气轮机组成 MCFC/GT 混合动力系统,以提高能量转换效率。MCFC 的工作原理如图 1-6 所示。MCFC 与其他类型燃料电池的最大区别是电池的导电离子为 CO₃²⁻,CO₂ 为阴极的反应物,在阳极 CO₂ 为产物。MCFC 在的电极反应和总化学反应式为:

220 kW SOFC/GT 动力系统

性能指标^[4]

表 1-1

单电池电流(A)	267
单电池电压(V)	0.610
压缩机压缩比	2.9
进气流量(kg/s)	0.58
透平入口温度(℃)	780
SOFC 直流功率(kW)	187
SOFC 净交流功率(kW)	176
燃气轮机交流功率(kW)	47
系统净交流功率(kW)	217
效率(净 AC/LHV)(%)	57

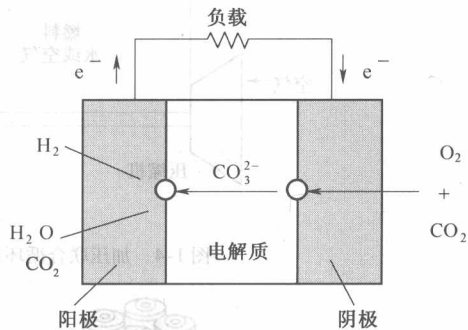
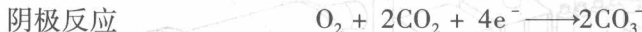


图 1-6 熔融碳酸盐燃料电池的工作原理



由此可见,MCFC 必须设法进行二氧化碳的循环。一般采取的 CO₂ 路径循环为:阳极室所排出的尾气→燃烧→除氢和一氧化碳→分离除水→送回到阴极。MCFC 与 SOFC 原理的差别决定了 MCFC/GT 动力系统的差别。

MCFC/GT 通常采用底层模型结构,常压运行,燃料在 MCFC 内部直接重整。图 1-7 为带回热器的 GT 和常压型 MCFC 组成的 MCFC/GT 混合动力系统工作原理示意图。工作时,经过 MCFC 阴极排气加热的燃料和水(在回热器中被加热汽化)混合后进入 MCFC 的阳极内部,发生水蒸气重整反应,产生阳极反应所需要的氢气,氢气在 MCFC 阳极与 CO₃²⁻ 发生化学反应。阳极排出的气体中的多余燃料在氧化器(燃烧室)中氧化燃烧,燃烧后的混合气体经过过热器对来自回热器预热的压缩空气进行再加热。燃烧后的混合气体流出过热器后进入燃料电池阴极,向阴极提供反应所需 CO₂。阴极排出的尾气经回热器再利用后排出。压缩空气经回热器预热、过热器加热后进入 GT 膨胀做功,尾气又作为氧化器氧化燃烧的空气使用。

图 1-8 为丰田汽车公司开发的 MCFC/MGT 发电系统的工作原理示意图。系统由加压型 MCFC 和微型燃气轮机 MGT 组成,MCFC 的工作压力为 0.4MPa,MCFC 排出的气体由 MGT 和蒸气锅炉和热水锅炉进一步利用。系统的特点是采用了新型 MGT 控制方法,



在高负荷运行时使 MGT 的燃烧器熄火,从而减少 NO_x 排放。系统的最大负荷为 303kW,最大热效率为 52% (图 1-9),已经运行 5200 多小时。

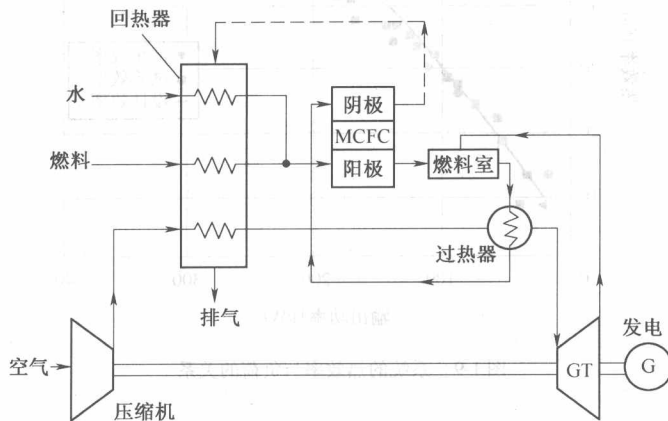


图 1-7 MCFC/GT 系统工作原理示意图

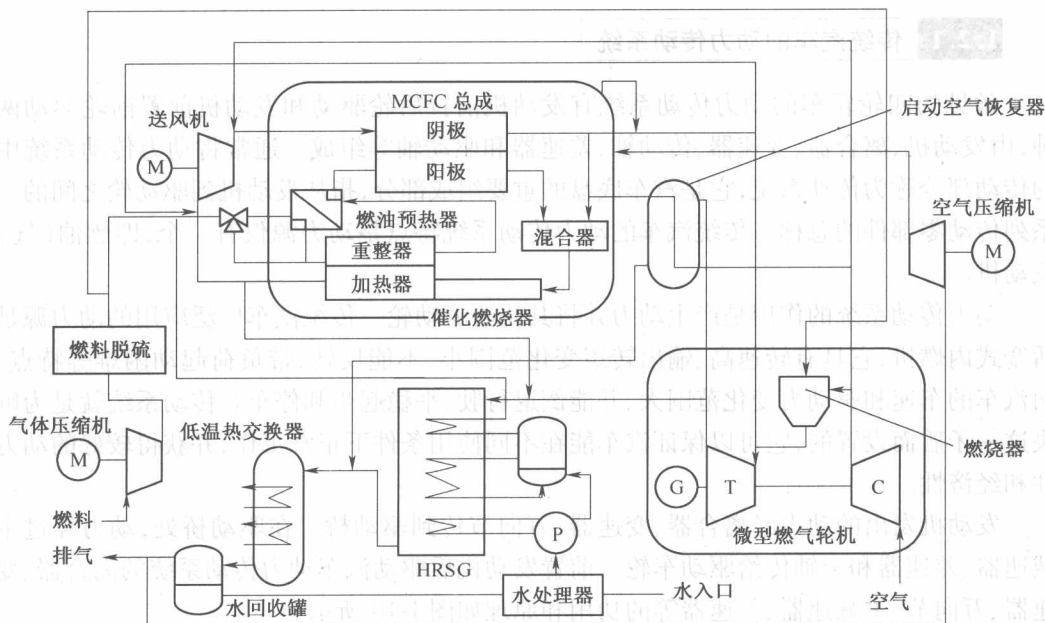


图 1-8 MCFC/MGT 混合系统的工作原理示意图

C-压缩机;M-电动机;G-发电机;T-燃气轮机;P-泵;HRSG-热回收蒸汽发生器

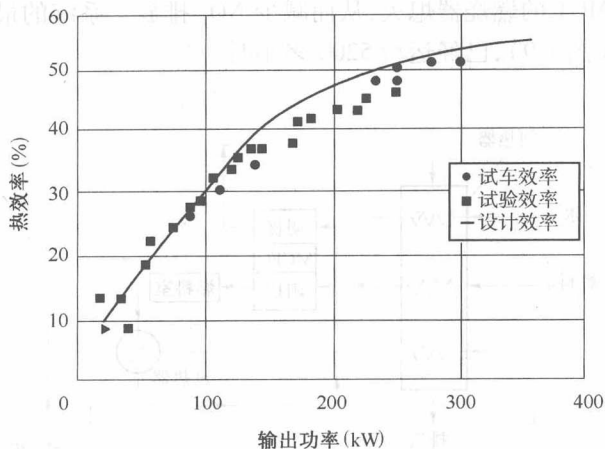


图 1-9 系统的热效率与负荷的关系

1.2 混合动力汽车的基本概念

1.2.1 传统汽车的动力传动系统

常见的四轮轿车的动力传动系统有发动机前置后轮驱动和发动机前置前轮驱动两种,由发动机、离合器、变速器、传动轴、差速器和驱动轴等组成。通常将动力传动系统中的传动部分称为传动系统,它是汽车底盘的重要组成部分,指从发动机到驱动轮之间的一系列传动零部件的总称。传统汽车的动力传动系统特点是动力源仅有一个,即燃油(气)发动机。

动力传动系统的作用是产生动力并将其传给驱动轮。传统汽车广泛应用的动力源是活塞式内燃机,它具有转速高、输出转矩变化范围小、不能反转、带负荷起动困难等特点。而汽车的车速和驱动力变化范围大、并能倒退行驶、平稳起步和停车。传动系统就是为解决这一矛盾而设置的,它可以保证汽车能在不同使用条件下正常工作,并获得较好的动力性和经济性。

发动机发出的动力经离合器、变速器、万向节传到驱动桥。在驱动桥处,动力经过主减速器、差速器和半轴传给驱动车轮。前置发动机后驱动汽车动力传动系统的离合器、变速器、万向节、主减速器、差速器等的功用和原理如图 1-10 所示。

离合器的功用主要有保证汽车平稳起步、便于换挡和防止传动系过载三大功能。起步前,汽车处于静止状态,假设发动机与变速器之间没有离合器,为刚性连接,则一旦挂上挡,由于驱动轮突然接入动力汽车将前冲,必将造成机件的损伤;而当驱动力不足以克服

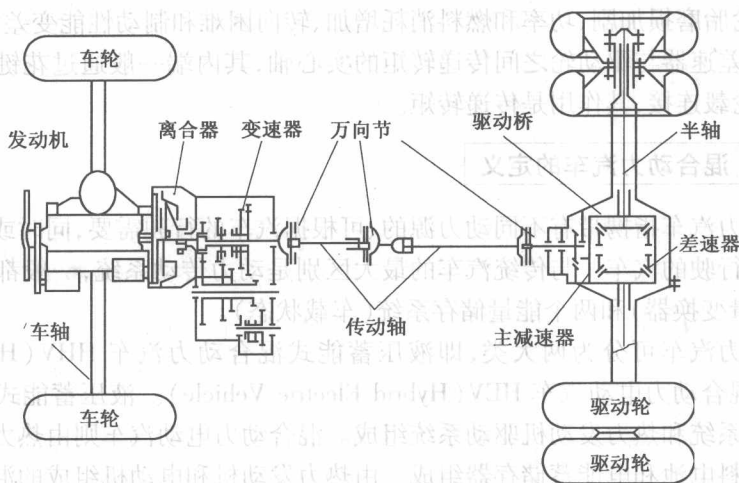


图 1-10 前置发动机后轮驱动汽车动力传动系统示意图

汽车前冲产生的巨大惯性力时,发动机转速将急剧下降并熄火,导致汽车无法起步。因此,汽车在起步时利用离合器暂时将发动机和变速器分离,再使离合器逐渐接合,由于离合器的主动部分与从动部分之间存在着滑磨现象,故可以使离合器传出的转矩由零逐渐增大,而汽车的驱动力也逐渐增大,从而让汽车平稳地起步。另外,在汽车行驶过程中,需要经常换挡,以适应不断变化的行驶条件。若没有离合器将发动机与变速器暂时分离,则变速器中啮合的传力齿轮会因载荷没有卸除,其啮合齿面间的压力很大而难于分开,另一对待啮合齿轮会因二者圆周速度不等而难于啮合,即使强行进入啮合也会产生很大的齿端冲击,容易损坏机件。由于离合器可以将发动机和变速器暂时分离,故换挡时原来啮合的一对齿轮的载荷可卸除,啮合面间的压力减小,变得容易分开;对于待啮合的另一对齿轮而言,与发动机分开后的主动齿轮转动惯量小,容易使待啮合的齿轮圆周速度相等或接近相等,从而避免或减轻齿轮间的冲击。在汽车紧急制动时,传动系内载荷超过离合器摩擦力所能传递的转矩时,离合器的主、从动部分就会自动打滑,起到了防止传动系过载、保护机件的作用。

变速器有改变汽车行驶速度的大小和汽车驱动轮上转矩的大小、倒车行驶和怠速三大作用。根据汽车行驶条件不同,通过不同的变速器挡位即可实现汽车行驶速度和驱动转矩的要求;汽车倒车行驶和驻车(怠速)是利用变速器中设置的倒挡和空挡来实现的。万向节的功用是保证在轴线相交且相对位置经常变化的两转轴之间可靠地传递动力。主减速器是汽车传动系中减小转速、增大转矩的主要部件,同时还兼有利用锥齿轮传动以改变动力方向的作用。