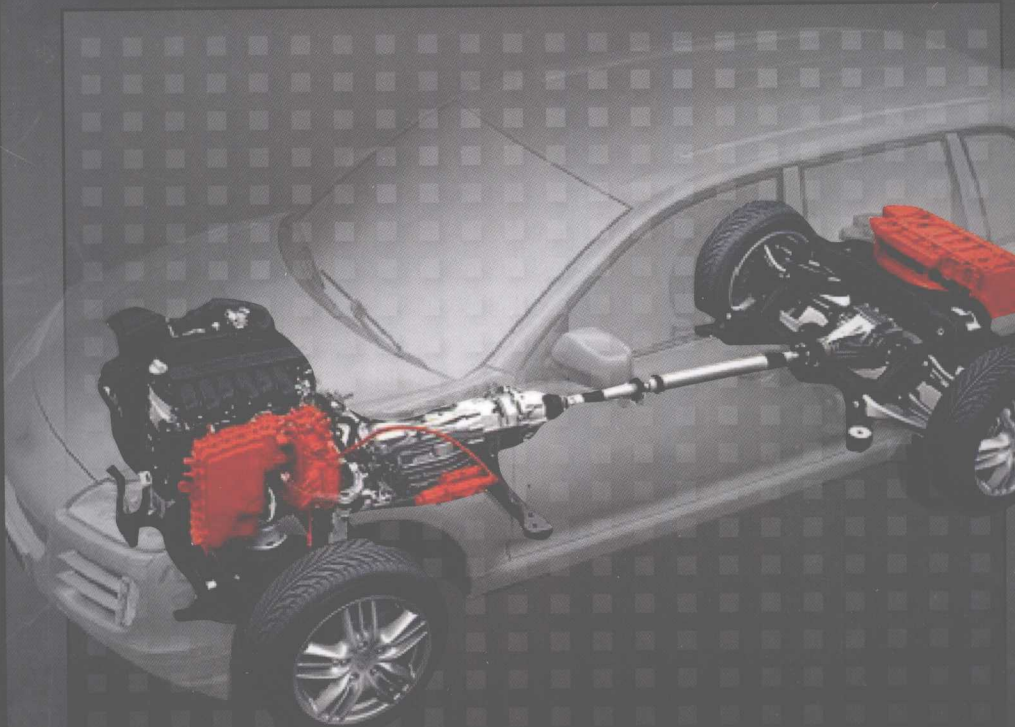


混合动力汽车 结构、原理与维修

HUNHE DONGLI QICHE
JIEGOU YUANLI YU WEIXIU

张金柱 编



化学工业出版社



混合动力汽车 结构、原理与维修

HUNHE DONGLI QICHE
JIEGOU YUANLI YU WEIXIU

本书以混合动力汽车为对象，详细介绍其结构、工作原理及控制方法，并在此基础上，着重讲述混合动力汽车的维修及常见故障的检测、诊断和排除方法。

本书内容新颖、实用，图文并茂，深入浅出。既可作为汽车维修工、汽车销售人员、汽车专业技术人员的学习资料，也可作为院校汽车专业及汽车维修培训班的教材。

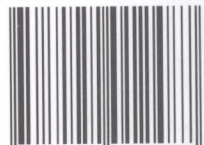


www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

销售分类建议：汽车 / 汽车维修



ISBN 978-7-122-01248-7



9 787122 012487 >

定价：30.00元

混合动力汽车 结构、原理与维修

HUNHE DONGLI QICHE
JIEGOU YUANLI YU WEIXIU

张金柱 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

混合动力汽车结构、原理与维修/张金柱编. —北京:
化学工业出版社, 2008. 1
ISBN 978-7-122-01248-7

I. 混… II. 张… III. 混合-动力装置-汽车-基本
知识 IV. U469

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 153128 号

责任编辑: 周 红
责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
850mm×1168mm 1/32 印张 11 字数 297 千字
2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究



前言

混合动力汽车将内燃机、电动机与蓄电池通过控制系统相组合，电动机可补充提供车辆起步、加速时所需转矩，又可以吸收并存储内燃机富余的功率和车辆制动能量，从而可大幅度降低油耗，减少污染物排放。混合动力汽车虽然没有实现零排放，但其动力性、经济性和排放等综合指标均能够满足当前各国苛刻的法规要求，可缓解汽车需求与环境污染及石油短缺的矛盾。

混合动力汽车与传统的汽油机或柴油机汽车有很大不同，如丰田普锐斯（Prius）的动力系统采用 500V 的高压电路，无常规的变速器或自动变速器，没有怠速运转工况，采用电驱动空调压缩机、电动水泵等。这些新技术、新结构给用户带来全新的感觉，也给维修和销售等相关从业人员带来新的挑战。另外，混合动力汽车进入我国市场仅有一两年，保有量很少，许多人对混合动力汽车不甚了解。图书市场上介绍混合动力汽车方面的书籍很少，几乎没有混合动力汽车使用维修方面的书籍。

让更多的人，特别是使用和维修混合动力汽车的人员，对混合动力汽车有所了解，我们编写了本书。本书以目前最流行的丰田普锐斯混合动力汽车为例，以通俗的语言和详细的图表说明混合动力汽车的结构、原理与维修。

本书主要内容由四章组成，第 1 章主要介绍混合动力汽车的特点与类型；第 2 章主要介绍混合动力汽车的结构、工作原理；第 3 章详细介绍丰田普锐斯混合动力汽车的结构、工作原理；第 4 章以普锐斯混合动力汽车为例，介绍混合动力汽车的维修。

本书可作为学习和掌握混合动力汽车结构、工作原理和维修的入门书。适合从事汽车维修、销售和技术管理等工作的工人和技术人员阅读。

由于本书所涉及的技术内容较新，范围较广，且作者水平有限，因此书中难免有不妥之处，恳请读者不吝指正。

编者

2007年10月

欢迎订阅我社汽车专业图书

汽车专业维修培训丛书

柴油发动机	24
制动系统	28
防抱死制动和牵引力控制系统	21
增压器	18
排放控制系统	21
传动轴、差速器、驱动桥及车桥	28
充电系统	19
启动系统	25
悬架系统	16
离合器及机械变速器	19
电子燃油喷射系统	23
自动变速器	23
空调系统	26
点火系统	16
车轮定位及轮胎	18
车身电气	22
转向系统	23
汽油发动机	26

技术工人岗位培训用书（高级）

汽车维修电工	36
汽车维修工	36
摩托车维修工	36
汽车维修材料工	30

其他汽车图书

乘用车疑难杂症诊断宝典	39
汽车液压、液力与气压传动技术	28
现代汽车使用与维护技巧	60
汽车技术的发展与未来	50
汽车涂料	35
国产轿车维修数据手册	81

新书

国产汽车常耗易损配件目录与通用互换手册	128
汽车常耗零部件的识别与检测	46
中外汽车维修数据电控系统故障码速查手册 (底盘)	98
中外汽车维修数据电控系统故障码速查手册 (发动机)	78
进口日本汽车轴承互换技术手册	98
现代汽车设计概论	58
汽车检测 700 问——安全环保检测	35
汽车检测 700 问——综合性能检测	38
叉车维修与养护实例	38

以上图书由化学工业出版社 机械·电气分社出版。如要出版新著, 请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录, 或者更多的专业图书信息, 请登录 www.cip.com.cn。

地址: 北京市东城区青年湖南街 13 号 (100011)

购书咨询: 010-64518888

编辑: 010-64519273 E_mail: kinglily@163.com

85		新中普的平汽代合盛	1.4.3
15		科能通封的斯事普	1.4.3
85		斯事普的平	1.4.3
18		斯事 (60-14) 的	1.4.3
68		斯事 (HM-14) 的	1.4.3
←		目 录	←

第 1 章	概述	1
1.1	国内外混合动力汽车	3
1.2	混合动力汽车的主要组成	6
1.3	混合动力汽车的分类	7
1.4	混合动力汽车的控制系统	10
第 2 章	混合动力汽车的结构与工作原理	13
2.1	典型混合动力汽车结构	13
2.1.1	串联式混合动力汽车	13
2.1.2	并联式混合动力汽车	16
2.1.3	混联式混合动力汽车	26
2.2	混合动力汽车的发动机	33
2.2.1	汽油发动机	33
2.2.2	柴油发动机	37
2.2.3	混合动力汽车发动机的控制目标和策略	40
2.3	混合动力汽车的电动机	42
2.3.1	混合动力汽车电动机概述	42
2.3.2	直流电动机	46
2.3.3	交流电动机	47
2.3.4	永磁电动机	48
2.3.5	开关磁阻电动机	58
2.3.6	电动机的控制	63

2.4	混合动力汽车的蓄电池	73
2.4.1	蓄电池的性能指标	74
2.4.2	铅酸蓄电池	78
2.4.3	镍-镉 (Ni-Cd) 电池	81
2.4.4	镍-氢 (Ni-MH) 电池	83
2.4.5	蓄电池的管理系统	89
第3章	普锐斯混合动力汽车的结构与工作原理	95
3.1	普锐斯汽车的技术特点	95
3.2	丰田混合动力系统	102
3.2.1	丰田混合动力系统 (THS) 组成	102
3.2.2	汽车工作模式	106
3.2.3	丰田混合动力系统的主要部件	107
3.2.4	丰田混合动力系统的工作原理	116
3.2.5	混合动力汽车控制系统	129
3.3	普锐斯汽车的发动机	147
3.3.1	发动机特点	147
3.3.2	发动机控制系统	150
3.3.3	发动机冷却系统	157
3.3.4	发动机软油箱	160
3.4	普锐斯汽车的蓄电池	161
3.5	普锐斯汽车的底盘	167
3.5.1	普锐斯汽车的变速驱动桥	167
3.5.2	普锐斯汽车的制动控制系统	183
3.5.3	普锐斯汽车的电子动力转向系统	197
3.6	普锐斯汽车的空调系统	202
第4章	普锐斯混合动力汽车的维修	218
4.1	混合动力控制系统的维修	218
4.1.1	混合动力控制系统维修注意事项	218

4.1.2	混合动力控制系统简介	220
4.1.3	混合动力系统的检查	226
4.1.4	混合动力控制系统的故障诊断	230
4.1.5	故障诊断实例	239
4.1.6	混合动力系统的拆装	255
4.2	发动机控制系统维修	267
4.2.1	发动机维修注意事项	267
4.2.2	发动机控制系统简介	268
4.2.3	发动机控制系统的检查	269
4.2.4	发动机控制系统故障诊断	277
4.2.5	DATA LIST/ACTIVE TEST (数据表/动态 测试)	284
4.2.6	发动机控制系统故障诊断实例	288
4.3	混合动力变速驱动桥维修	299
4.3.1	变速驱动桥的检查	299
4.3.2	冷却液更换	303
4.3.3	换挡控制执行器总成更换	305
4.3.4	混合动力汽车变速驱动桥总成更换	307
4.4	混合动力电池系统维修	319
4.4.1	混合动力电池系统简述	319
4.4.2	混合动力电池系统检查	320
4.4.3	蓄电池系统自我诊断系统	327
4.4.4	蓄电池系统故障诊断实例	335
参考文献		339

第1章

概述

汽车已与人们的日常生活和生产密不可分。然而，众多燃油汽车排放所造成空气质量的日益恶化和石油资源的渐趋匮乏，使开发低排放、低油耗的新型汽车成为当今汽车工业界的紧迫任务。人们越来越关注其他燃料的汽车和电动汽车的开发，电动汽车成为最主要的选择之一。电动汽车（Electric Vehicle, EV）包括纯电动汽车（EV）、混合动力汽车（Hybrid Electric Vehicle, HEV 或 HV）和燃料电池汽车三种形式。使用电动汽车可实现无污染，并可利用煤炭、水力等其他非石油资源，它是理想的零排放或低排放车辆，因此，使用电动汽车无疑是解决问题的最有效途径。但是，由于作为纯电动汽车的关键部件之一的电池在能量密度、寿命、价格等方面的问题，使得纯电动汽车的性价比无法与传统的内燃机汽车相抗衡。尽管目前具有世界先进水平的纯电动汽车的性能与内燃机汽车已不相上下，但过高的成本使其难以商品化。燃料电池汽车具有极高的效率、低排放、低噪声，其甲醇燃料有广泛的来源，并可再生等重大优势，已成为世界各大汽车集团新世纪激烈竞争的焦点，被喻为 21 世纪改变人类生活的十大高科技项目之首，但产业化仍需较长时间。在这种环境下，融合内燃机汽车和电动汽车优点的混合动力汽车异军突起，在世界范围内成为新型汽车开发的热点。可以相信，在电动汽车的储能部件——电池没有根本性突破以前，使用混合动力汽车是解决排污和能源问题最具现实意义的途径之一。

所谓混合动力汽车（HEV 或 HV），是在一辆汽车上同时配备电力驱动系统（Traction Motor）和辅助动力单元（Auxiliary

Power Unit, APU), 其中 APU 是燃烧某种燃料的原动机或由原动机驱动的发电机组, 目前 HEV 所采用的原动机一般为柴油机、汽油机或燃气轮机。将产生动力的部件与电能储存元件以不同的方式结合起来, 可以形成不同类型的混合动力汽车。简而言之, 混合动力汽车就是将传统的内燃机、电力驱动装置和储能装置结合在一起, 它们之间的良好匹配和优化控制, 可充分发挥内燃机汽车和电动汽车的优点, 避免各自的不足, 是当今最具实际开发意义的低排放和低油耗汽车。

较之纯电动汽车, 混合动力汽车 (HEV) 具有如下优点:

- ① 可以最大限度发挥内燃机汽车和纯电动汽车的双重优点;
- ② 由于有原动机作为辅助动力, 电池的数量和重量^①可减少, 因此汽车自身重量可以减小;
- ③ 辅助动力单元的选用使汽车的续驶里程和动力性能可以达到内燃机汽车的水平;
- ④ 借助原动机的动力, 可带动空调、真空助力、转向助力及其他辅助电器, 不需要消耗电池组有限的电能, 从而保证了驾车和乘坐的舒适性。

较之内燃机汽车, 混合动力汽车 (HEV) 则具有如下优点:

- ① 虽然内燃机会有排放产生, 但由于其排量小, 主要工作在最佳工况点附近, 而大大减少了汽车变工况 (特别是低速、怠速) 时的排放, 再由于可回收制动能量, 可使混合动力汽车成为较低排放的节能汽车;
- ② 在人口密集的商业区、居民区和游览区等地混合动力汽车可以关闭辅助动力单元 (APU), 由纯电力驱动, 成为零排放的电动汽车;
- ③ 可通过电动机提供动力, 因此可配备功率较小的发动机, 并可通过电动机回收汽车减速和制动时的能量, 进一步降低了汽车的能量消耗和排污。

① 本书所提“重量”均指“质量”。

混合动力汽车基本上不改变现有的汽车产业结构,不改变现有能源(石油燃料)的体系,不改变用户对汽车的使用习惯,这也是它能够迅速实现产业化的重要因素。专家预测,在未来10年内将可能有40%的燃油汽车实现混合动力驱动。

从上面我们可以看出,混合动力汽车的研究和发展对于解决环境污染和能源危机这两个人类目前面临的两大难题能起到相当大的作用。

1.1 国内外混合动力汽车

作为一项崭新的技术,20世纪90年代初以来,混合动力汽车的开发得到了美、日及西欧等许多发达国家的高度重视,并已取得了一些重大的成果和进展。下面介绍当前世界各国混合动力汽车的技术发展状况。

(1) 美国

20世纪90年代,美国斥巨资组织各大汽车公司和有关部门积极开展混合动力汽车的研究工作。1993年提出了旨在开发新一代高效节能汽车的PNGV(The Partnership for a New Generation of Vehicles)计划。美国先进项目局(ARPA)于1993年订立电动汽车和混合动力汽车项目,出资2500万美元研究EV和HEV技术。1994年ARPA项目投资已增加到4600万美元。1993年和1996年,美国能源部分别与通用汽车公司、福特汽车公司和克莱斯勒汽车公司签订了总额达3.61亿美元的混合动力汽车系统开发子合同。随着PNGV计划的实施,美国三大汽车公司进行了一系列的整车技术开发和研制工作。

1990年,美国通用汽车公司在洛杉矶展出“冲击”(Impact)牌电动轿车,即人们常说的EV1电动轿车。其时速达到128km/h(采用了电子限速,曾创下了292.8km/h的电动汽车车速纪录),0~96km/h加速时间小于9s,高速公路行驶一次充电续驶里程达到144km,电池剩余容量即荷电状态(SOC)为15%,采用车载

充电机充电时间为 15h, 而采用固定充电机充电时间仅为 3h。EV1 成为现代电动汽车的典范。通用汽车公司在推出电动汽车 EV1 的同时, 也在致力于串联式混合动力汽车和并联式混合动力汽车的研制, 他们以原来的产品 EV1 为基础, 于 1998 年开发出了 EV1 型 4 座混合动力汽车, 并于 2000 年 11 月开发出混合动力皮卡车, 并在美国多个城市进行了商业试运行。

福特汽车公司已开发出福特 P2000 型 5 座并联式混合动力汽车, 福特新开发出的“优异 2010”概念车试验平台的性能已达到了 PNGV 计划的部分目标, 同时福特又于 2003 年推出了汽油机与电动机共同驱动的混合动力小型运动车 Escape, 截至 2005 年 7 月已经售出了 40 多万辆。1998 年 1 月, 克莱斯勒汽车公司宣布开发出道奇“无畏”ESX2 串联式混合动力汽车。1997 年由美国国家航空航天局 (NASA) Lewis 中心、俄亥俄州政府和工业界、大学等 9 个单位合作, 开发出串联式电动-喷气涡轮混合动力大客车。

(2) 日本

丰田是全世界第一台正式批量生产的混合动力车的制造者, 自从 1997 年开始, 普锐斯 (Prius) 就开始在日本销售, 2000 年起便在北美、欧洲及世界各地公开发售。目前, 普锐斯已经在中国上市。到了 2001 年, 丰田又在日本推出了 Estima 混合动力小货车、使用弱混合动力的皇冠豪华小轿车和 Dyna 混合动力轻型货车。丰田商业化的车型已经达到 5 款。2004 年 9 月 15 日, 中国一汽集团与日本丰田汽车公司在北京举行了混合动力汽车合作项目签字仪式, 共同生产丰田普锐斯混合动力轿车。2005 年 11 月 30 日, 丰田汽车正式宣布, 丰田混合动力汽车累计已经销售超过了 50 万台, 从 2006 年年初到 10 月末, 全球已经接近销售了 51.3 万台。

在实现低排放的前提下, 为了提高车辆的动力性, 在 2003 年, 丰田汽车把新一代的混合动力系统 Hybrid Synergy Drive 引入到了第二代的普锐斯上面。在 2005 年丰田把这套系统的使用范围扩展到了对动力性能要求更高的 SUV 车型上——雷克萨斯的 RX400h (日本名为 Harrier Hybrid) 和 Highlander Hybrid (日本名为

Kluger Hybrid)。

继普锐斯混合动力轿车之后，丰田汽车公司还推出了 ESTIMA 混合动力汽车和搭载软混合动力系统的 CROWN 轿车。丰田汽车公司在普及混合动力系统的低能耗、低排放和改进行驶性能方面已经走在了世界的前列。此外，本田汽车公司开发的 Insight 混合动力汽车也已投放市场，供不应求。

在混合动力车方面，目前本田汽车公司主要销售两个品牌，一个是 1999 年推出的 Insight，一个是 2001 年推出的 Civic。本田还在混合动力车的开发上，通过研究新型发动机、镍-氢蓄电池等追求动力高效化；通过开发新型轻质铝车身、树脂油箱等谋求车辆的轻型化，使汽车达到每公升汽油可行驶 35km 的世界最高水平，并且使汽车尾气排放达到世界最严格要求的标准。

1995 年 5 月日产公司开发出了可以使续驶里程增加 1 倍的串联式混合动力型微型轿车。同年 9 月日产公司又开发出使燃料费降低一半，并且可以批量生产的并联方式混合动力型汽车系统。日野汽车制造公司也于 1997 年 12 月开发出了柴油机/电动并联式混合型系统的客车。日本富士重工则将研制微型（660CC）混合动力型汽车作为自己的主攻目标。三菱电机公司也开发出轻型串联式混合动力卡车。

(3) 欧洲

欧洲也正在积极进行混合动力汽车的开发、研制及推广方面的工作。法国雷诺公司研制的 VERT 和 HYMME 两款混合动力汽车已在法国接受了 10000km 的运行试验。并于 1998 年研制出电动汽油两用车。这种电动汽油两用车前部装有一台汽油发动机：2 台 7kW 电动机装在两个后轮上。瑞典沃尔沃公司也开发出基于沃尔沃 FL6 卡车改装的混合动力汽车，最高时速可达 90km。德国已有几十辆混合动力大客车在斯图加特和威塞尔市运行。德国开发的并联式混合动力车 DUO 已小批量生产。

(4) 中国在混合动力汽车领域的开发动态

我国在“八五”和“九五”期间都有计划地开展了电动汽车的

关键技术攻关和整车研制,在此基础上也进行了混合动力汽车的若干技术领域的开发。清华大学 1995 年就开始研究混合动力汽车关键技术和系统及理论。到目前为止国内已有几个单位试制出了混合动力汽车的样车,如广州市电车公司开发了混合动力公共汽车;华南理工大学与广东云山汽车厂也合作开发了一种中巴混合动力汽车;2002 年奇瑞汽车公司试装成功中国首辆 CAN 网络系统混合动力轿车,并进行了初步试运行;东风汽车公司新一代环保节能混合动力轿车和公交车于 2005 年在武汉投入批量生产;长安汽车公司的混合动力汽车“羚羊”也于 2005 年投入批量生产。但是从技术水平上看,国内目前还处于探索的初级阶段,以上所开发的混合动力汽车大多是串联式的,只是在原有的电动汽车上简单地加载发动机和发电机机组,技术的集成度较低,缺乏高度自动化的控制系统和能源管理系统,两种动力源只是简单结合,缺乏统一协调,这与真正意义上的混合动力汽车,与国外的先进技术水平相比还有很大距离。

1.2 混合动力汽车的主要组成

(1) 发动机

混合动力汽车可以广泛地采用四冲程内燃机(包括汽油机和柴油机)、二冲程内燃机(包括汽油机和柴油机)、转子发动机、燃气轮机和斯特林发动机等。一般转子发动机和燃气轮机的燃烧效率比较高,排放也比较洁净,采用不同的发动机就可以组成不同的混合动力汽车。

(2) 电动机

混合动力汽车可以采用直流电动机、交流感应电动机、永磁电动机和开关磁阻电动机等。随着混合动力汽车的发展,直流电动机已经很少采用,多数采用了感应电动机和永磁电动机,开关磁阻电动机应用也得到重视,还可以采用特种电动机为混合动力汽车的驱动电动机,采用不同的电动机就可以组成不同的混合动力汽车。