

汽车新技术系列教材
QICHE XINJISHU XILIE JIAOCAI

HUNHE DONGLI QICHE JIEGOU YUANLI YU WEIXIU

混合动力汽车

结构原理与维修

HUNHE DONGLI QICHE JIEGOU YUANLI YU WEIXIU



中国劳动社会保障出版社

汽车新技术系列教材

混合动力汽车结构原理与维修

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

混合动力汽车结构原理与维修/杨庆彪主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2010
汽车新技术系列教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 8238 - 6

I. 混… II. 杨… III. ①混合动力汽车-理论②混合动力汽车-车辆修理 IV. U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 045805 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人 : 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 471 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

定价: 38.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前言

随着汽车工业的发展，汽车电子技术、新能源技术以及检测与维修技术逐渐成为汽车技术发展的热点。自 20 世纪 50 年代汽车技术与电子技术开始结合以来，电子技术在汽车工业中的应用范围越来越广，尤其是近十年，电子技术在汽车工业中迅速发展，汽车电子控制系统提高了汽车的动力性、经济性、安全性、舒适性。在汽车新能源方面，随着世界能源危机和环保问题日益突出，世界各大汽车公司纷纷致力于开发新能源与新燃料汽车，近几年柴油电控发动机和混合动力车辆已经大批量面世，新能源汽车获得了长足发展。随着汽车技术的发展，特别是电子技术、计算机技术在汽车上的应用，汽车故障诊断从传统的听、看、闻等经验诊断方式，向以集成化、智能化的诊断设备为手段，以信息技术为依托的现代汽车故障诊断技术发展。

面对汽车新电器、新能源及诊断维修技术三方面的迅猛发展，传统教材已经无法满足培养技术、维修人员的实际需求。在汽车新电器培训教材之后我们组织开发了汽车新能源培训教材，包括《电控柴油发动机结构原理与维修》《混合动力汽车结构原理与维修》《汽油直喷发动机结构与检修》三本，以后还要陆续开发汽车诊断维修培训教材等。

随着新能源车辆的不断增多，国内的很多从业人员意识到要抓紧时间学习新能源的相关内容，而国内关于新能源发动机的维修参考资料还很少，能够直接利用到修车的资料就更加少。编写此套书的目的主要是为了把新能源发动机的维修知识做透彻讲解，为从业人员提供良好的学习机会，为维修人员提供及时的资料信息，以便能解决实际维修故障。

本系列培训教材适合汽车维修从业人员培训使用，尤其适合作为汽车技术培训高级班学生用教材，也可作为职业院校教师参考用书。

人力资源和社会保障部教材办公室

简介

随着石油供应的日趋紧缺和环境污染的日益加剧，混合动力汽车这种交通工具凭借其节能、环保的优点日渐成为业界关注的焦点。混合动力汽车是指同时装备两种动力来源——热动力源（由传统的汽油机或者柴油机产生）与电动力源（电池与电动机）的汽车。通过在混合动力汽车上使用电动机，使得动力系统可以按照整车的实际运行工况要求灵活调控，而发动机保持在综合性能最佳的区域内工作，从而降低油耗与排放，达到环保的功效。

本书主要包括两部分，第一部分主要讲解混合动力汽车维修的基础知识和必备知识。另一部分就是把国内常见的几款混合动力汽车进行详细的讲解与检测，如本田思域、丰田普锐斯、别克君越以及大众桑塔纳等车型。

本书注重图文结合对内容进行充分生动的讲解，采用大量各车型的位置图、结构图、原理图、电路图，配合必要的文字进行讲解，对各系统进行充分描述。

本书采用先讲系统组成、元件位置、元件结构与工作原理，再讲系统的工作过程、电路控制与电路分析，要求懂结构原理的基础上再进一步升华，引导读者对各系统进行充分必要的认识。

本书由杨庆彪主编，付亚军、杨兆春、郭庆林、蒋万岭、高仲兰、史学芝、张素梅、杨光、段志东、刘秀丽、郭涛、祖影春、杨庆魁、杨露、杨颖华、刘志国、郭婕、宁建涛、顾金兰、张贺平、张涛参与编写。郭涛主审。

目录

CONTENTS

■第一章 混合动力系统基础

- 1 // 第一节 混合动力的发展概况
- 4 // 第二节 混合动力汽车的设计
- 9 // 第三节 混合动力的工作过程
- 18 // 第四节 电能的储存、传输与转换
- 26 // 第五节 混合动力控制
- 31 // 第六节 混合动力的安全性
- 37 // 第七节 混合动力无级变速器

■第二章 丰田车系混合动力汽车原理与维修

- 44 // 第一节 概述
- 56 // 第二节 丰田混合动力汽车混合动力系统
- 107 // 第三节 混合动力发动机
- 120 // 第四节 混合动力变速驱动桥
- 128 // 第五节 混合动力起动系统
- 139 // 第六节 混合动力的制动系统

■第三章 本田思域 (CIVIC) 轿车混合动力原理与维修

- 150 // 第一节 本田混合动力电动部分
- 168 // 第二节 混合动力发动机部分
- 175 // 第三节 混合动力制动系统

■第四章 别克君越轿车混合动力原理与维修

- 179 // 第一节 整体概述
- 185 // 第二节 混合动力控制系统
- 217 // 第三节 混合动力能量存储系统
- 248 // 第四节 混合动力冷却系统
- 254 // 第五节 混合动力发动机控制系统

■第五章 大众汽车 LPG 混合动力原理与维修

- 297 // 第一节 概述
- 313 // 第二节 大众 LPG 电控系统
- 317 // 第三节 LPG 系统的保养与维修

第一章

混合动力系统基础

第一节

混合动力的发展概况

提到“混合动力汽车”，往往被认为是汽车领域的革新，是汽车技术的重大突破，为汽车的发展注入了新的活力的“新事物”。但事实上，虽然混合动力汽车是“现代工程的奇迹”，但其基本概念可追溯到 100 多年前汽车发明之初。19 世纪末期，道路上的大部分汽车为全电动的，通过电池供电，由电动机驱动车辆行驶。当时的电动汽车的模型如图 1—1—1 所示。但人们希望能够驾驶汽车行驶更远的距离。

在全电动汽车成为道路之王的同时，一种新的汽车，即由内燃机（ICE）驱动的汽车逐渐崭露头角，其实物如图 1—1—2 所示。这些新的内燃机驱动的汽车虽然能比电动汽车行驶更远的距离，但在当时却不如电动汽车应用广泛，因为 1900 年时汽油比电更难以获取。

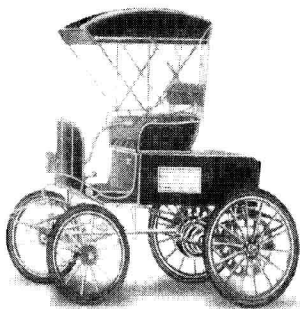


图 1—1—1 早期的美国电动汽车模型

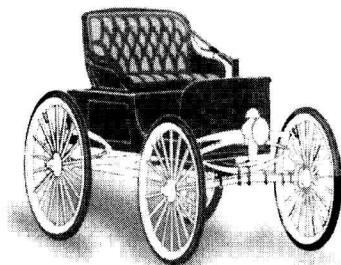


图 1—1—2 带汽油内燃机（ICE）的杜耶汽车

1905 年一位美国工程师（H. Piper）第一个在美国提交了混合动力电动汽车设计专利申请。他的设想是通过将强大的电动机和小型的汽油机驱动相结合，同时获得汽油机驱动可提供的驾驶距离以及电动机的优越性能。但是几年后他的专利获批时，内燃机的性能已经大幅提升，且汽油供应量加大，导致他的混合动力设计再无用武之地。这之后全电动汽车和混合动力电动汽车同步继续使用，直到 20 世纪 20 年代中期，日益强大和实用的内燃机汽车数量已超过全电动和混合动力电动汽车数百倍。

1920 年至今，内燃机驱动汽车一直主导着整个运输业，但内燃机驱动的车辆污染与高油价一直困扰着车辆的进一步发展（见图 1—1—3）。在 20 世纪 80 年代，出现了高动力/高速发动机控制器。这些高效的开关晶体管（称为 IGBT）使得混合动力与电动汽车的现代化发展成为可能。

通用汽车（GM）是首个研发全电动汽车的公司之一，1996 年 GM 将全电动 GM EV1 以及电动 S-10 皮卡推向了市场。虽然被众多人士认为是迄今为止发明的最先进的全电动汽车，GM EV1 和 S-10 仍未能克服所有全电动汽车具有的局限，包括受限于车载电池容量，行驶距离有限，每行驶几个小时必须再次充电（见图 1—1—4），仅能作为城市内行驶的小型车。

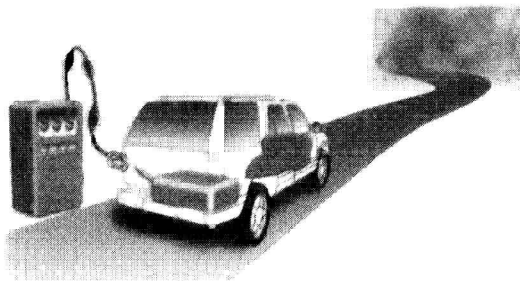


图 1—1—3 污染问题和高油价的困扰

GM 在推出全电动 EV1 和雪佛兰电动 S-10 皮卡的同时,还在研发混合动力电动系统。虽然这些现代混合动力电动设计与 Piper 当初的设想不尽相同,但其基本概念是很相似的,即在获得全电动汽车优势的同时保留现代内燃机汽车的行驶距离和性能。

GM EV1 电池组如图 1—1—5 所示,包括 26 块高科技电池;电池组质量 1 200 lbs (约 544 kg);最大行驶距离约 70 mile;充电间隔时间约为 5~6 h。

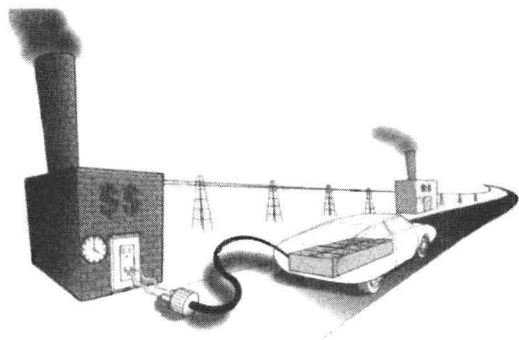


图 1—1—4 电动汽车花费时间充电

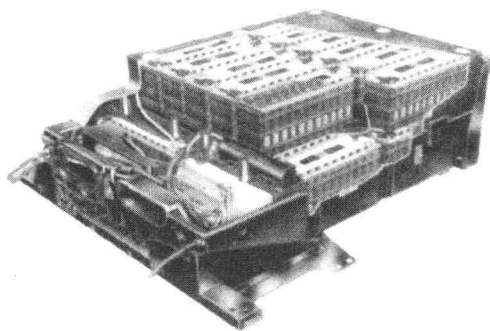


图 1—1—5 混合动力电池组

第一章

混合动力系统基础

第二节

混合动力汽车的设计

可以用并联和串联这两个简单的术语来描述混合动力电动汽车（HEV）。这两个术语通常用来描述从车辆能源一直到最终驱动的能量传递方式，在串联混合动力中，内燃机仅与发电机相连，即只有电动机通过变速箱或直接作用于驱动轮的方式来驱动汽车。由于只有电动机在驱动汽车，因此串联混合动力中的电动机功率强大且沉重；由于串联混合系统的重量要求，因此该系统的应用通常局限于大型汽车，例如机场摆渡客车、非核动力潜水艇以及柴油电动机车等，串联混合动力设计如图 1—2—1 所示。

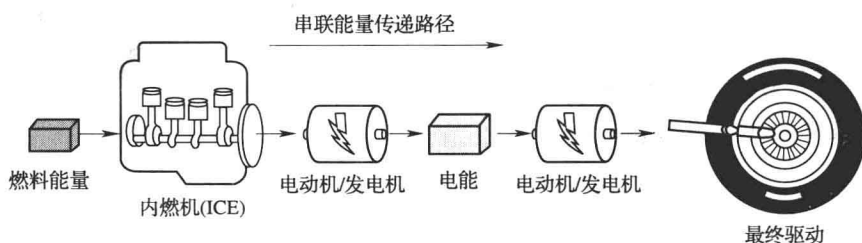


图 1—2—1 串联混合动力设计

并联混合动力设计将电动机、发电机的能量输出与内燃机的能量输出混合在一起。与串联混合动力不同，并联混合动力结构在最终驱动部分与内燃机相连。通过改变电动机的动力和所储存电能的多少，并联 HEV 也可以设计为仅由电能驱动。并联混合动力技术在电动机/发电机与车辆动力传动部分相连处各有不同。并联混合动力设计如图 1—2—2 所示。

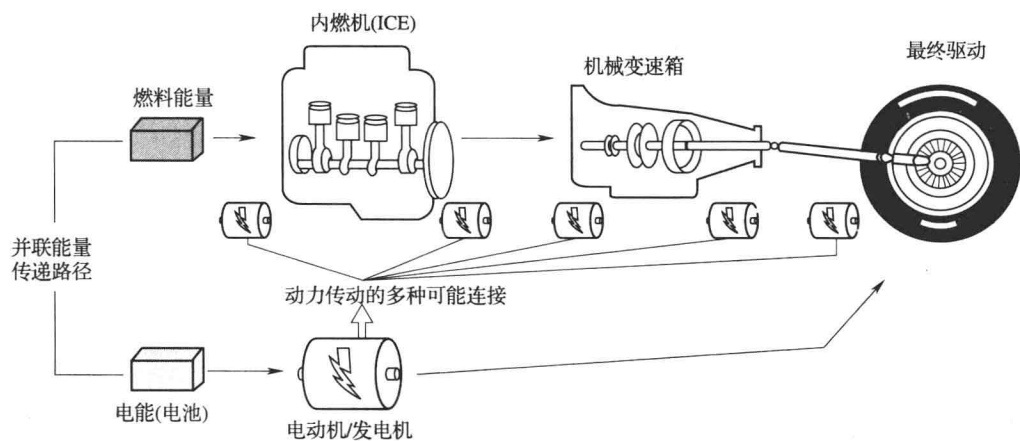


图 1—2—2 并联混合动力设计

随着混合动力电动汽车设计的复杂化，为进一步区别各种设计方式需要使用新的术语。术语“POWERSPLIT”用来描述电动机和内燃机的能量输出融合在一起的设计方式，通常这两种能量在变速箱中融合，如图 1—2—3 所示。

在典型的 POWERSPLIT 设计中，电动机速度通常决定了输出比。这种类型的变速箱通常称为电动无级变速箱（EVT）。POWERSPLIT 还可进一步细分为 INPUT - SPLIT、OUTPUT - SPLIT 以及 COMPOUND - SPLIT，如图 1—2—4 所示。

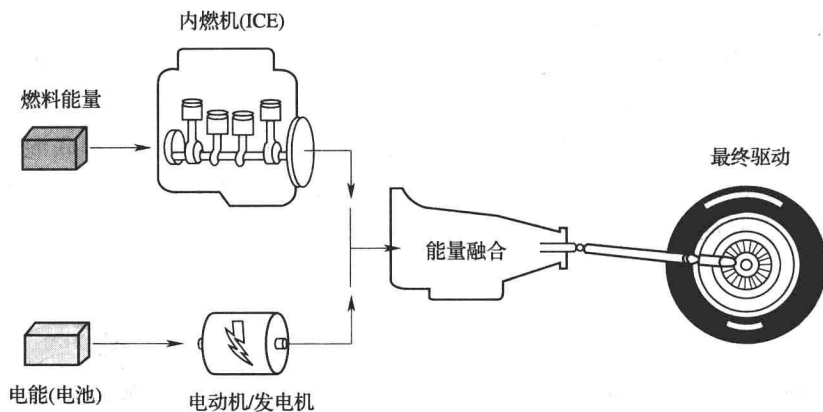
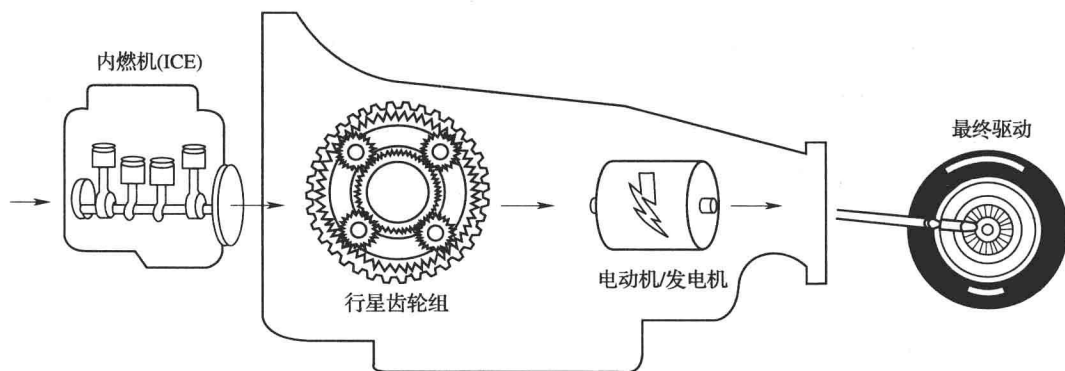
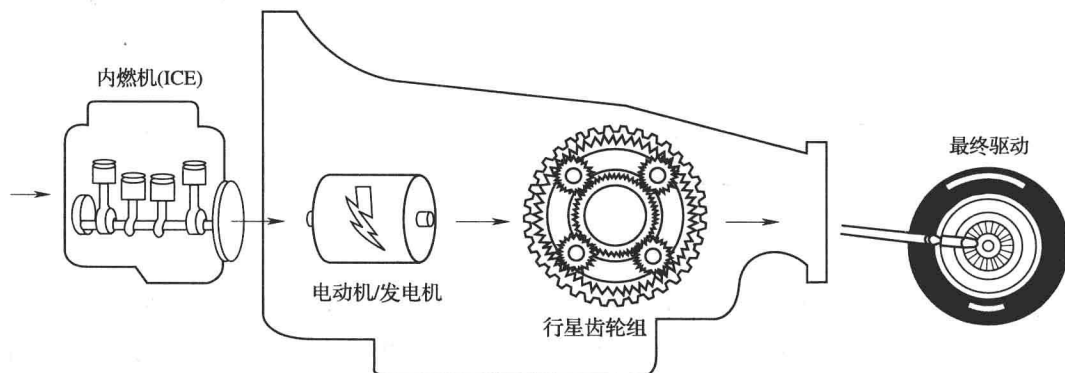


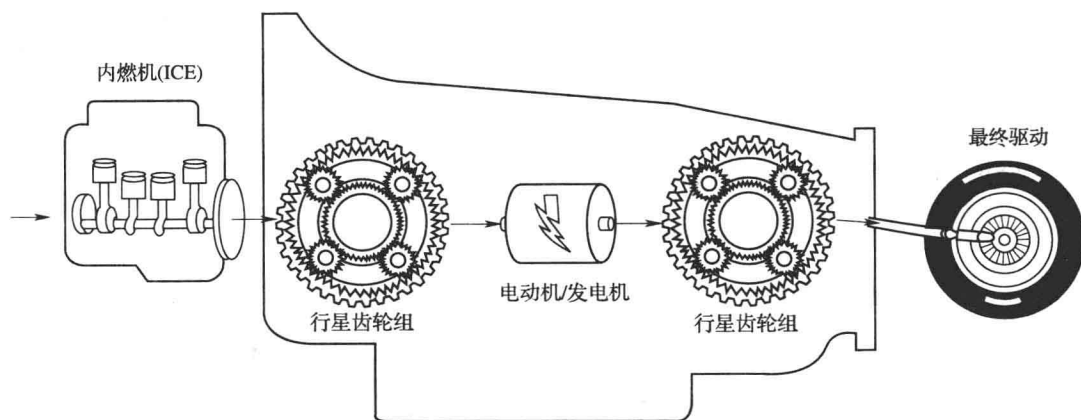
图 1—2—3 POWERSPLIT 混合动力系统设计



a) INPUT-SPLIT 设计使得能量在变速箱输入处单点融合



b) OUTPUT-SPLIT 设计使得能量在变速箱输出处单点融合



c) COMPOUND-SPLIT 设计使得能量在变速箱输入和输出处融合

图 1—2—4 POWERSPLIT 的三种类型

在对 HEV 进行定义时, POWERSPLIT 类型混合动力设计还使用到术语“单模式”(ONE - MODE)和“双模式”(TWO - MODE)。单模式混合动力是指 EVT 中具有单个连续可变速比宽度,双模式是指具有两个连续可变速比宽度。

POWERSPLIT 混合动力变速器将串联和并联动力传输路径结合在一起。将内燃机和电动机的能量通过齿轮组分流使用,如图 1—2—5 所示,POWERSPLIT 系统具有单个连续无级变速传动比范围。目前通用汽车不提供单模式 POWERSPLIT HEV。

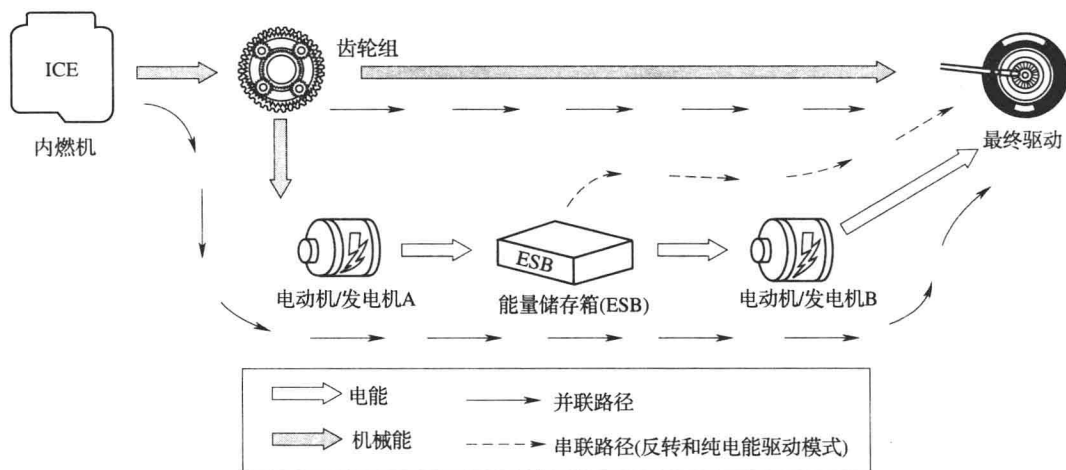


图 1—2—5 POWERSPLIT 变速器(含齿轮组)

通过使用离合器和多个行星齿轮组,GM 双模式混合动力变速器可工作在输入分离(INPUT - SPLIT)或者组合分流(COMPOUND - SPLIT)模式,这使得双模式混合变速器可在两个连续无级变速传动比范围内工作。

两种齿轮传动比使得 GM 双模式 HEV 系统比单模式动力融合 HEV 系统拥有更高的系统效率。GM 双模式混合动力变速器的电动机尺寸可设计得更小,且电能要求更低。

通用汽车已经研发出两款双模式混合动力变速器,大型客车的应用情况如图 1—2—6 所

示。此模式允许使用小排量的柴油发动机，而较小的内燃机能提高燃料燃烧效率并减少排气量，且可帮助抵消混合动力部件的重量。双电动机/发电机位于混合动力变速器内。使用交流电（AC）感应发电机使得双模式客车 HEV 比装备了较大柴油引擎的传统客运车辆速度更快，通过电动机从停止状态起动使得汽车更为安静且排气量更低。包括混合蓄电池的能量储存箱（ESB）置于汽车车身下或汽车顶上。

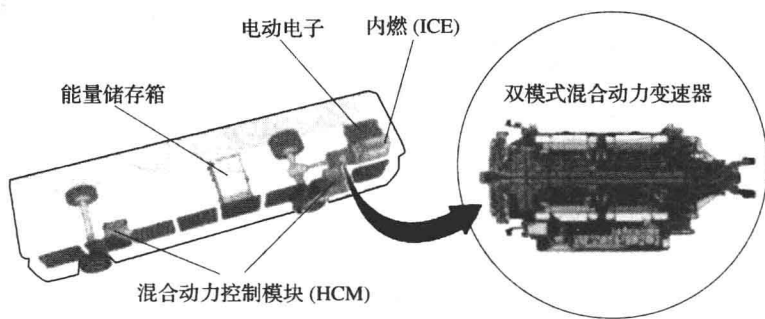


图 1—2—6 双模式混合动力变速器在大型客车的应用

小型汽车双模式系统应用如图 1—2—7 所示，该系统允许使用扩展周期更高效的内燃机设计，提高了燃料燃烧效率且排气更少。双电动机/发电机置于混合动力变速器内，其中发电机使用永磁体交流（AC）发电机，通过电动机从停止状态起动使得汽车更为安静且排气更低。混合蓄电池的能量储存箱（ESB）安装在乘客厢内。

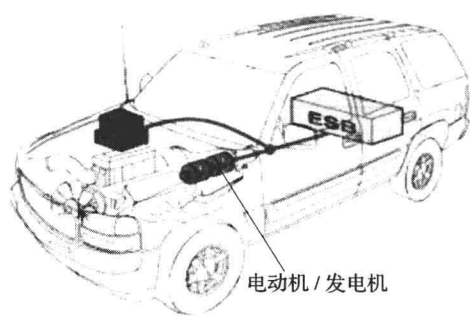


图 1—2—7 双模式混合动力变速器在客车上的应用

第一章 混合动力系统基础

第三节

混合动力的工作过程

一、关于能量

1905 年 Piper 提出混合动力专利申请时,混合动力部件增加了车的整体质量,会加重燃油的消耗。现代汽车使用多种技术来提高燃油经济性并减少排气量。这些技术使得混合动力电动汽车可同时使用燃油和电能。

假设从地点 A 行驶到地点 B 需要消耗一定的总能量,对于非混合动力汽车,这些能量仅能够通过燃油来提供,如图 1—3—1 所示。但是对于混合动力电动系统,还可以通过电能提供能量,如图 1—3—2 所示。如果电能储存能力够大,HEV 甚至可以仅通过电能驱动。为了提供更多的电能,某些驱动技术会影响内燃机操作,例如当汽车停止即关闭发动机。其他技术会改进内燃机设计以使得体积或动力更小的发动机也可保持优良的汽车性能。

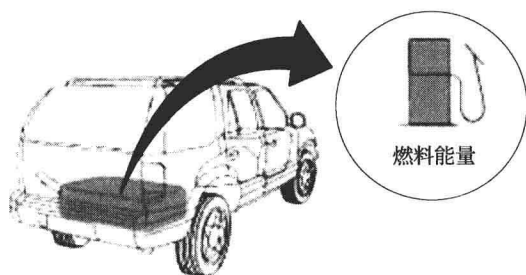


图 1—3—1 非混合动力能量仅来自燃油

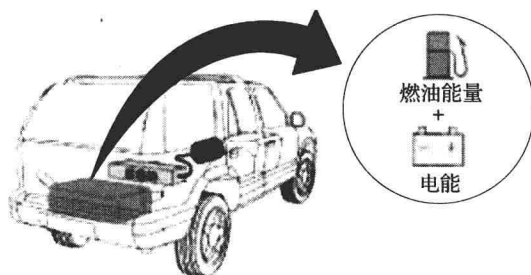


图 1—3—2 混合动力电动汽车能量来源

除了与内燃机一起向汽车提供能量,混合动力电动系统还能减小传统热能产生时的能量损失。非混合动力汽车通过两种途径发热损失能量,第一种是汽车运行时内燃机的空转,如图 1—3—3 所示,第二种是制动系统的摩擦使得动能转换为热能。混合动力电动系统的发动机关闭以及再生制动可减小这两种由于产生热能导致的能量损失。

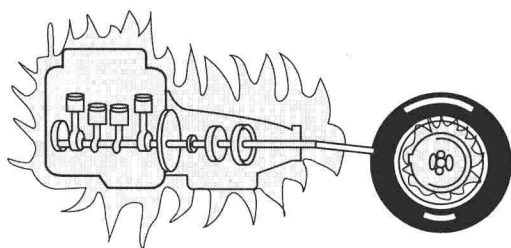


图 1—3—3 由于制动和发动机空转导致的热量损失

值得注意的是,一些单模式混合动力电动汽车在城市内行驶比在高速公路上行驶时燃油经济性更高,这是因为单模式混合动力汽车的设计具有单一的高效速度点,而这一点的速度通常低于高速公路的行驶速度。当汽车行驶速度大于高效速度点时,混合动力汽车要比非混合动力汽车更浪费能量。双模式混合动力系统具有多个高效速度点以及纯机械动力路径,因此城市和高速公路行驶时都比同类非混合动力汽车燃油经济性更好。

二、混合动力系统工作模式

混合动力工作模式如图 1—3—4 所示,有些混合动力车辆(HEV)可仅通过电能以有限的速度(最高 20 ~ 30 mph)行驶或行驶有限的距离。

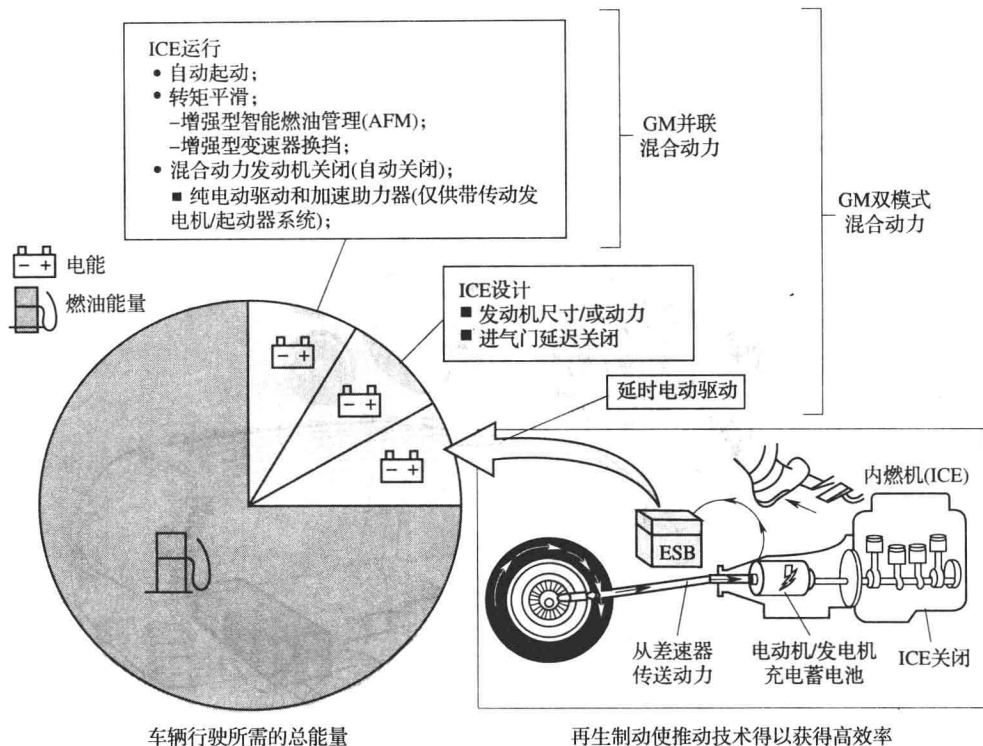


图 1—3—4 混合动力工作模式

三、混合动力模式的工作过程

双模式混合动力推动技术如图 1—3—5 所示，它说明了在标准行驶过程中各种推动技术的使用情况。

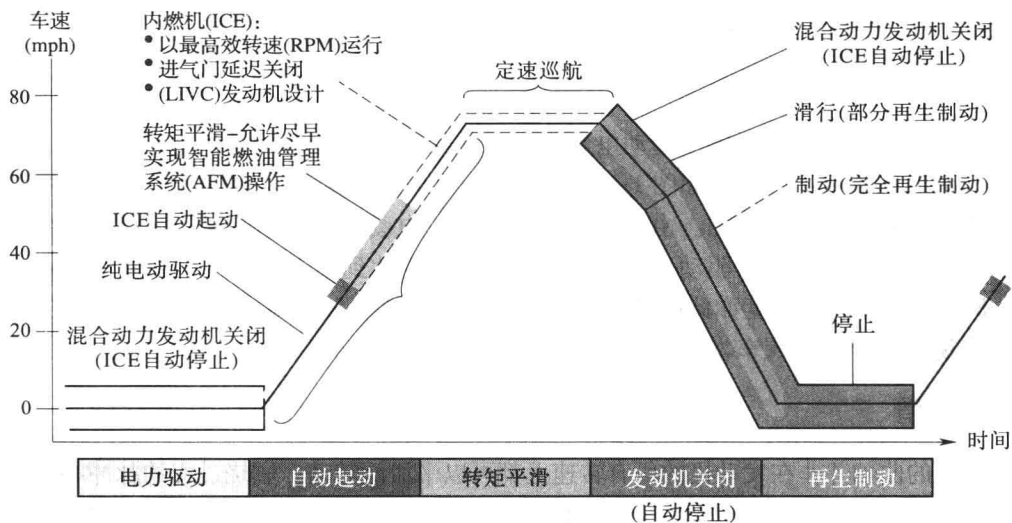


图 1—3—5 混合动力推动技术的使用