



中国汽车工程学会

汽车工程图书出版专家委员会特别推荐



Springer

KONVENTIONELLER ANTRIEBSSTRANG
UND HYBRIDANTRIEBE

BOSCH

传统动力传动系统和 混合动力驱动系统

[德]康拉德·莱夫 (Konrad Reif) 主编

北京永利信息技术有限公司 译

陈瑶 审

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



中国汽车工程学会

汽车工程图书出版专家委员会特别推荐

KONVENTIONELLER ANTRIEBSSTRANG UND HYBRIDANTRIEBE

BOSCH

传统动力传动系统和 混合动力驱动系统

[德]康拉德·莱夫 (Konrad Reif) 主编

北京永利信息技术有限公司 译

陈瑶 审

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

BOSCH 传统动力传动系统和混合动力驱动系统 / (德) 莱夫主编; 北京永利信息技术有限公司译. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 5

书名原文: Konventioneller antriebsstrang und hybridantriebe

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9576 - 5

I. ①B… II. ①莱… ②北… III. ①汽车 - 动力系统 - 研究 ②混合动力汽车 - 动力系统 - 研究 IV. ①U463 ②U469. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 182212 号

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01 - 2013 - 7765 号

Translation from German language edition:

Konventioneller Antriebsstrang und Hybridantriebe by Konrad Reif

Copyright © 2010 Vieweg + Teubner Verlag

Vieweg + Teubner Verlag is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 221 千字

版 次 / 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 60.00 元

责任编辑 / 李炳泉 陈莉华

文案编辑 / 李炳泉 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

本书作者

“混合动力驱动系统,用于车辆驱动的燃料电池和替代燃料”

作者

Thorsten Allgeier,工学硕士

Richard Aumayer,自然科学博士

Frank Baumann,自然科学博士

Michael Bildstein,工学硕士

Jochen Faßnacht,工学博士(汽车电路)

Ian Faye,理学硕士

Ulrich Gottwick,自然科学博士

Hans-Peter Gröter,工学硕士(电驱动系统)

Werner Grünwald,自然科学博士

Karsten Mann,工学博士

Boyke Richter,工学博士(混合动力驱动系统)

Arthur Schäfert,工学硕士

Dirk Vollmer,工学博士

Achim Wach,工学硕士(燃料电池)

Jörg Ullmann,自然科学博士(替代燃料)

“电子变速器控制系统”

作者

D. Fornoff,工学硕士(自动换挡变速器促动器研发)

D. Grauman(自动换挡变速器促动器的销售)

E. Hendriks(CVT 组件产品管理)

T. Laux,工学硕士(变速器控制系统的产品管理)

T. Müller,工学硕士(变速器控制系统的产品管理)

A. Schreiber,工学硕士(控制单元的研发)

S. Schumacher,工学硕士(促动器和模块的研发)

W. Stroh,工学硕士(控制单元的研发)

上述人员皆为罗伯特·博世有限公司(德国斯图加特)的相关工作人员(除非另有说明)。

译 者 序

在过去的几十年中,汽车技术经历了快速发展。各汽车企业都需在研发上付出更多的努力以适应汽车行业快速发展的步伐。在汽车的研发过程中日益涌现了许多新技术,这些新技术在汽车研发中发挥着越来越重要的作用。混合动力驱动技术就是其中一项非常重要的技术。混合动力驱动系统是节省燃油、降低二氧化碳和有害物质排放的一种解决方案。虽然在不同的出版物中有很多关于传统动力传动和混合动力驱动技术方面的相关文献,但是对于一名专业研究人员或一名高校学者来说,这些文献数量庞大,而阅读大量的文献需要花费很多的时间。另一方面,由于汽车制造及其相关行业所涉及的范围相当广,每个人对某个课题的阅读深度也各不相同。参与汽车研发的人员必须对一些重要基础课题有更加深刻的认识,而目前这种需求要比以前更加迫切。因此,大学课程和工作单位所提供的培训远远无法满足研发的要求。

因此,在这里向大家推荐这本《BOSCH 传统动力传动系统和混合动力驱动系统》。它以紧凑的内容,便于理解和紧密结合实践的形式,为广大读者提供了传统动力传动与混合动力驱动技术方面的重要知识,并对比了两种技术的优缺点以及发展趋势。本书由德国 Konrad Reif 主编,并由德国罗伯特·博世有限公司的 24 位专家共同编写。本手册的内容也正是很多读者所关心的新课题,而紧凑的章节内容,即使对于一名非常忙碌的从业人员来说也能够有时间进行阅读。相信本书必然会成为国内汽车制造行业技术人员以及高校汽车相关专业学者了解和掌握传统动力传动和混合动力驱动系统以及审视未来相关技术发展所不可或缺的工具书。

《BOSCH 传统动力传动系统和混合动力驱动系统》由德国 Springer 出版社出版。本书对传统动力传动系统和混合动力驱动系统的结构和功能进行了详细的介绍,其中包括大量已经验证的甚至已经成为标准配置的系统,如轻度混合动力系统、全混合动力系统和插电式混合动力系统等。本书还对用于车辆驱动的燃料电池、替代燃料等进行了介绍。本手册还对机动车变速器、传感器、电子变速器控制单元、电动液压促动器等进行了介绍。

本手册由北京永利信息技术有限公司译员翻译,由该公司资深译审进行审校。在此感谢北京理工大学出版社在翻译本书过程中给予的帮助。译、校者虽在译文、专业内容、名词术语等方面进行了反复斟酌,并向有关专业人员请教,但限于译、校者的水平与对新知识的理解程度,谬误和不当之处恳请读者批评、指正。

北京永利信息技术有限公司翻译中心 陈瑶
2014年7月

前 言

在过去的几十年中,汽车技术得到了迅速的发展,与此行业相关的各个企业也需要做更多的工作以便跟上汽车行业发展的步伐。与此同时,许多新科技课题在机动车的研发中发挥着越来越重要的作用。这些新课题不仅仅涉及传统整车技术和发动机技术方面,而且还有很多是电子技术和信息技术方面的课题。事实上,虽然这些课题都已经发表在不同的出版物中或出现在互联网上,而且原则上谁都可以随意阅读,但是对于一名想对某个课题进行深度研究的初学者来说,这些文献不仅数量庞大,而且并非一目了然,况且阅读大量的文献又需要花费很多的时间。另外,由于汽车制造及其相关行业所涉及的范围相当广,每个人对某个课题的阅读深度也各不相同。

参与机动车研发的人员必须对一些重要基础课题有更加深刻的认识,目前这一点要比以前更加迫切。因此,大学课程和工作单位所提供的培训远远无法满足研发的要求。技术的快速变革迫使相关人员不得不随时扩展自己的知识范围,这主要是通过自学。

因此,在这里我们为大家推荐这套“博世(BOSCH)机动车专业知识”系列丛书。它以紧凑的内容、便于理解和紧密结合实践的形式,为广大读者提供了全面统一的汽车技术重要基础知识。书中的内容均是由博世(BOSCH)公司研发部门从事相关课题的专业人士精心编撰的。本系列丛书的内容也正是很多读者所关心的新课题,且紧凑的章节内容即使对于一名非常忙碌的从业人员来说也能够有时间进行阅读。

本丛书的基础部分(5本)是已经经过时间考验的相关专业书籍,它们对各个特定学科领域提供了一个全面的概括,且其中与实际工作紧密结合的内容及生动详细的插图使本丛书的内容简明易懂。7本系列丛书完美紧贴课题的内容,虽然对课题的范围进行了剪裁,但详细的讲解,使得特定选题的专业背景知识更加突出。所有92个章节都可以单独阅读,这样就可以对某个课题的相关知识快速提供有针对性的信息,而且每个章节都可以单独作为一个pdf文件下载和直接使用。每个人都可以根据自己的需要将这些文件汇编成册。

在重新设计本系列丛书的过程中,不可能同时对所有产品的新内容都进行编写。因此,我们会在随后对丛书的内容加以增补。

本书包括混合动力驱动系统、混合动力汽车的驱动系统、混合动力汽车的电力驱动系统和混合动力汽车的电池、燃料电池、替代燃料、传统动力传动系统及其控制,以及相关的传感器、控制器和执行器等方面的内容。它将以前的黄色手册“混合动力驱动系统,燃料电池和替代燃料”及“电子变速箱控制”以目前的形式编写在一起,并且进行了实质性修订。新编写的版本可以通过关键词索引快捷地打开相关内容。

康拉德·莱夫 (Konrad Reif)

2010年6月于德国腓德烈斯哈芬市

目 录

第一章 混合动力驱动系统	(1)	系统	(13)
1.1 原理	(1)	第二章 混合动力汽车的驱动系统	(14)
1.2 工作模式	(2)	2.1 混合动力驱动控制系统	(14)
1.2.1 混合动力行驶	(2)	2.2 混合动力汽车的工作策略	(15)
1.2.2 纯电动行驶模式	(3)	2.2.1 减少 NO _x 排放的工作策略	(15)
1.2.3 增压模式	(3)	2.2.2 减少 CO ₂ 排放的工作策略	(16)
1.2.4 发电机运行模式	(3)	2.3 运行点的优化	(17)
1.2.5 再生制动	(3)	2.3.1 驱动力矩的分配	(17)
1.3 启动/停止功能	(4)	2.3.2 等效值的确定	(18)
1.4 混合动力汽车的混合度	(5)	2.3.3 电能产生策略	(20)
1.4.1 轻度混合动力驱动系统	(5)	2.4 内燃机的设计	(20)
1.4.2 全混合动力驱动系统	(5)	2.4.1 使用合适的内燃机	(20)
1.4.3 插电式混合动力驱动系统	(6)	2.4.2 Atkinson 循环	(21)
1.5 驱动装置配置	(7)	2.4.3 小型化	(22)
1.5.1 串联式混合动力驱动系统	(7)	2.4.4 排放和油耗方面的优化	(22)
1.5.2 并联式混合动力驱动系统	(8)	2.4.5 对内燃机进行摩擦力优化	(22)
1.5.3 功率分流式混合动力驱动系统	(11)		
1.5.4 双模式混合动力驱动			

第三章 再生制动系统	(23)	4.4 12 V 电源的直流/直流 转换器	(36)
再生制动的策略	(23)	4.5 电力驱动装置的功能	(37)
第四章 混合动力汽车的电力驱动 系统	(27)	4.5.1 扭矩和功率的 定标	(37)
4.1 并联式混合动力汽车的 驱动系统	(28)	4.5.2 IMG 电力驱动装置的 冷却	(38)
4.2 IMG 驱动系统的 电动机	(28)	第五章 混合动力汽车的汽车 电路	(39)
4.2.1 要求	(28)	5.1 带有启动/停止系统车辆的 汽车电路	(39)
4.2.2 IMG 电动机的工作 方式	(29)	能源管理	(40)
4.2.3 定子	(29)	5.2 轻度混合动力汽车和全混合 动力汽车的汽车电路	(41)
4.2.4 转子	(29)	5.2.1 汽车高压电路	(41)
4.2.5 转子轴承	(30)	5.2.2 汽车低压电路	(44)
4.2.6 定子外壳	(31)	5.3 电池系统的结构	(44)
4.2.7 IMG 电动机的 冷却	(31)	5.4 电池管理系统(BMS)	(46)
4.2.8 转子位置传感器	(31)	5.4.1 电池管理系统的 任务	(46)
4.2.9 分离离合器	(32)	5.4.2 冷却	(46)
4.3 混合动力驱动系统的 控制单元	(33)	5.4.3 充电状态的平衡	(47)
4.3.1 动力电子设备	(33)	5.4.4 充电策略	(48)
4.3.2 绝缘栅双极晶体管 开关组件	(34)	5.5 电能存储系统	(49)
4.3.3 逆变器的机械 结构	(34)	5.5.1 镍氢电池	(49)
4.3.4 脉冲逆变器中的 控制电子设备	(34)	5.5.2 锂离子电池 系统	(50)
4.3.5 逆变器中的控制 软件	(35)	5.5.3 锂聚合物电池	(51)
		第六章 用于车辆驱动的燃料 电池	(52)
		6.1 工作原理	(52)

6.1.1 聚合物电解质膜燃料 电池的工作原理…… (53)	燃料 …………… (72)
6.1.2 用于汽车动力总成的 燃料电池组 …………… (54)	7.2.1 生物柴油 …………… (72)
6.2 燃料电池混合动力 汽车 …………… (55)	7.2.2 菜籽油 …………… (74)
6.3 燃料电池系统的运行…… (56)	7.2.3 合成燃料 …………… (75)
6.3.1 启动过程 …………… (56)	7.2.4 二甲基乙醚 …………… (76)
6.3.2 车辆驱动 …………… (57)	7.3 适用于汽油发动机的 替代燃料 …………… (77)
6.3.3 热管理系统 …………… (58)	7.3.1 天然气 …………… (77)
6.3.4 电驱动装置和汽车电网 管理系统 …………… (59)	7.3.2 液化石油气, 汽车用 液化石油气 …………… (79)
6.4 燃料电池系统的组件…… (60)	7.3.3 生物乙醇 …………… (79)
6.4.1 氢气-空气管理系统 的组件 …………… (60)	7.3.4 甲醇燃料 …………… (82)
6.4.2 热管理系统的 组件 …………… (62)	7.3.5 甲基叔丁基醚(MTBE), 乙基 叔丁基醚(ETBE) …… (82)
6.4.3 电能管理系统的 组件 …………… (65)	7.3.6 氢 …………… (83)
6.5 用于汽车应用的氢气 存储 …………… (66)	7.4 油井到车轮分析 …………… (84)
6.5.1 要求 …………… (66)	7.4.1 油井到油箱 …………… (84)
6.5.2 氢气存储器 …………… (67)	7.4.2 油箱到车轮 …………… (86)
第七章 替代燃料 …………… (69)	7.4.3 油井到车轮 …………… (86)
7.1 替代燃料在汽车中的 应用 …………… (69)	第八章 机动车变速器 …… (90)
7.1.1 动机 …………… (69)	8.1 动力总成中的变速器…… (90)
7.1.2 标准 …………… (69)	8.2 对变速器的要求 …… (92)
7.1.3 一级能源的来源和 生产途径 …………… (70)	8.2.1 舒适性 …………… (92)
7.2 用于柴油发动机的替代	8.2.2 油耗 …………… (92)
	8.2.3 可行驶性 …………… (92)
	8.2.4 安装空间 …………… (93)
	8.2.5 制造成本 …………… (93)
	8.3 手动变速器 …………… (93)
	8.3.1 应用 …………… (93)
	8.3.2 结构 …………… (93)
	8.3.3 特性 …………… (94)

- 8.4 自动换挡变速器 (94)
- 8.4.1 应用 (94)
- 8.4.2 结构和工作原理 (95)
- 8.4.3 特性 (95)
- 8.4.4 自动换挡变速器
组件 (96)
- 8.5 双离合变速器 (99)
- 8.5.1 应用 (99)
- 8.5.2 结构 (100)
- 8.5.3 工作原理 (100)
- 8.5.4 特性 (101)
- 8.6 自动变速器 (101)
- 8.6.1 应用 (101)
- 8.6.2 结构和工作原理 (101)
- 8.6.3 启动单元 (105)
- 8.6.4 变速器油 (105)
- 8.6.5 油泵 (106)
- 8.6.6 变扭器 (107)
- 8.6.7 多片式离合器 (108)
- 8.6.8 行星齿轮 (108)
- 8.6.9 驻车锁止装置 (110)
- 8.7 无级变速器 (110)
- 8.7.1 应用 (110)
- 8.7.2 结构 (114)
- 8.7.3 特性 (115)
- 8.7.4 无级变速器
组件 (115)
- 8.8 环形变速器 (117)
- 8.8.1 应用 (117)
- 8.8.2 结构 (117)
- 8.8.3 特性 (118)
- 第九章 电子变速器控制系统** (121)
- 9.1 动力传动管理系统 (121)
- 9.2 市场趋势 (122)
- 9.2.1 欧洲汽车制造商协会、日本汽车制造商协会和韩国汽车制造商协会 (122)
- 9.2.2 油耗要求(CAFE) (122)
- 9.3 自动换挡变速器
控制装置 (123)
- 9.3.1 要求 (123)
- 9.3.2 电动离合器管理 (123)
- 9.3.3 电动自动换挡变速器
应用与原理 (125)
- 9.4 自动变速器控制系统 (128)
- 9.4.1 要求 (128)
- 9.4.2 液压控制系统 (128)
- 9.4.3 电动液压控制系统 (128)
- 9.4.4 离合器控制系统 (128)
- 9.4.5 换挡过程控制 (129)
- 9.4.6 换挡点选择 (132)
- 9.4.7 发动机干预 (133)
- 9.4.8 变矩器锁止
离合器 (143)
- 9.5 无级变速器的控制 (144)
- 9.5.1 要求 (144)
- 9.5.2 控制和调节功能 (145)
- 第十章 传感器** (147)
- 10.1 在机动车中的应用 (147)

- 10.2 变速器转速传感器 (148)
- 10.2.1 应用 (148)
- 10.2.2 结构和工作
 原理 (148)
- 10.3 微机械压力传感器 (149)
- 10.3.1 应用 (149)
- 10.3.2 在结构侧使用带标准
 真空的压力传感器
 型号 (149)
- 10.3.3 在空腔中使用标准
 真空的压力传感器
 型号 (151)
- 10.4 温度传感器 (152)
- 10.4.1 应用 (152)
- 10.4.2 结构和工作
 原理 (153)
- 10.5 变速器控制装置的挡位
 传感器 (153)
- 10.5.1 应用 (153)
- 10.5.2 结构 (153)
- 10.5.3 工作原理 (154)
- 第十一章 传感器信号处理** ... (155)
- 信号处理(信号处理集成
 电路) (155)
- 第十二章 控制单元** (157)
- 12.1 使用条件 (157)
- 12.2 结构 (157)
- 12.3 数据处理 (158)
- 12.3.1 输入信号 (158)
- 12.3.2 信号分析 (158)
- 12.3.3 信号处理 (158)
- 12.3.4 输出信号 (160)
- 12.3.5 控制单元内的
 通信 (161)
- 12.3.6 行结束编程 (161)
- 12.4 电子变速器控制系统的
 控制单元 (162)
- 12.4.1 应用 (162)
- 12.4.2 结构和工作
 原理 (164)
- 12.4.3 特殊用途集成电路
 组件 (168)
- 12.5 热管理 (169)
- 12.6 控制单元开发过程中的
 流程和工具 (171)
- 12.6.1 仿真工具 (171)
- 12.6.2 应用 SABER 进行
 电路模拟 (172)
- 12.7 软件开发 (172)
- 12.7.1 开发流程 (172)
- 12.7.2 编程指南 (174)
- 12.7.3 软件开发工具 (174)
- 12.7.4 流程和成熟度
 模型 (176)
- 12.7.5 软件架构 (176)
- 12.7.6 操作系统 (177)
- 12.7.7 输入和输出变量的
 获取 (179)
- 12.7.8 挡位选择和自适应
 功能 (183)
- 12.7.9 面向对象的
 方法 (183)

12.7.10 诊断功能	(186)	13.5.3 液流模拟	(203)
12.7.11 监控功能	(187)	13.5.4 磁路计算	(204)
第十三章 电动液压促动器 ...	(190)	13.5.5 一维模拟基础	(205)
13.1 应用和任务	(190)	第十四章 变速器控制系统	
13.2 要求	(191)	模块	(206)
13.3 结构和工作原理	(192)	14.1 应用	(206)
13.4 促动器型号	(193)	14.1.1 机电一体化	
13.4.1 概况	(193)	模块	(206)
13.4.2 开/关电磁阀	(193)	14.1.2 改进可能性	(206)
13.4.3 脉宽调制阀	(195)	14.2 模块型号	(207)
13.4.4 调压器	(197)	14.2.1 液压模块	(207)
13.5 研发过程中的模拟	(203)	14.2.2 电动模块	(208)
13.5.1 要求	(203)	14.2.3 电动液压模块	(209)
13.5.2 功能模拟	(203)	参考文献	(210)

第一章 混合动力驱动系统

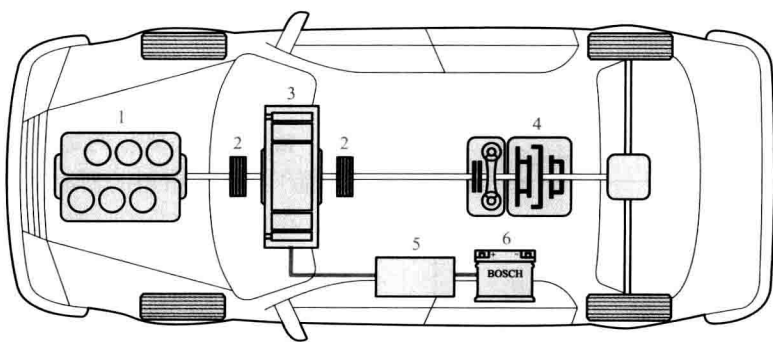
对于节省燃油、降低二氧化碳(CO₂)和有害物质排放并同时提高驾驶乐趣和行驶舒适性,混合动力汽车(HEV)是一种解决方案。混合动力汽车不仅使用一个内燃机,还使用至少一台电动机作为驱动装置。目前,有大量的遵循不同优化方案和不同程度使用电能驱动的混合动力汽车配置。

1.1 原理

电动混合动力汽车(图1-1)基本上遵循3个目标:节约燃油、降低排放、提高扭矩和功率(“驾驶乐趣”)。其中,根据不同的目标使用不同的混合动力方案。其一般情况下分为轻度混合动力汽车和全混合动力汽车,按照其功能也可进行纯电动行驶。

图1-1 以并联混合动力为例说明混合动力驱动的原理

1—内燃机;2—离合器;3—电动机;4—变速器;5—逆变器;6—蓄电池



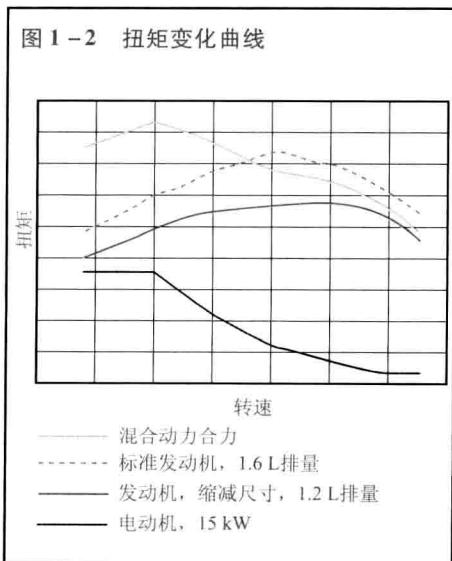
轻度混合动力汽车使用电动机对内燃机提供支持,其不同工作状态下提供附加的驱动功率和制动功率。全混合动力汽车将内燃机与一台(或两台)电动机组合在一起,其除依靠内燃机动力行驶及靠电动机提供支持之外也可以纯电动行驶。

两个混合动力方案都具有一个类似于传统启动/停止系统所拥有的启动/停止功能。例如,在红绿灯前停车时会将内燃机关闭,从而通过避免怠速运行来节约燃油。当然,传统驱动车辆也使用自动起/停止系统,这与混合动力方案无关。

轻度混合动力驱动系统和全混合动力驱动系统都需要一个给电动机供电的蓄电池。一般来说,使用电压相对高的牵引蓄电池作为蓄能器。

相对于传统的驱动系统,轻度混合动力与全混合动力的电动机和内燃机驱动源的组合有下列优势:

- 电动机在低转速下持续提供高扭矩。这样可对内燃机提供理想的支持,其扭矩从平均转速起才开始升高。电动机和内燃机一起可在所有行驶状况下提供高的行驶动力(图 1-2)。



- 通过电动机的支持可让内燃机在最佳效率范围内进行驱动或者处于较低污染物排放的范围内(工作点优化)。

- 与一台电动机组合在一起可在总功率不变的情况下使用一台较小的内燃机(功率不变的情况下缩减设备尺寸)。

- 与一台电动机组合在一起可

在总功率不变的情况下使用一台传动比较大的变速器(自动降速)。

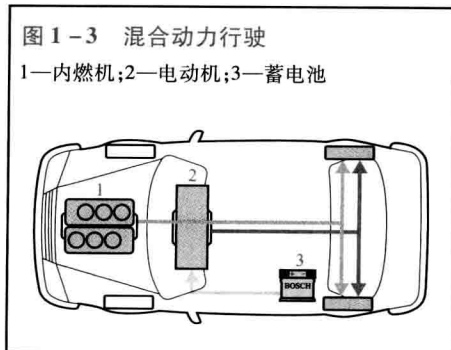
此外,混合动力驱动系统另一个节约燃油的办法是回收制动能量。电动机运行在发电机模式下(或者必要时通过另一台发电机)可在制动时将车辆的部分动能转换为电能。电能存储在蓄能器中,可用于驱动。

1.2 工作模式

根据工作状态和所需要的扭矩,内燃机和电动机各自负责不同程度的驱动功率。混合动力控制系统有两种驱动方式规定如何分配扭矩(参见“2.2 混合动力汽车的工作策略”)。内燃机、电动机和蓄电池协作的方式规定了不同的工作模式:混合动力行驶和电动行驶、增压、发电机模式和再生制动。

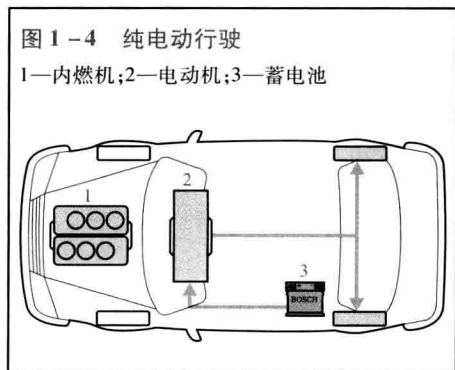
1.2.1 混合动力行驶

混合动力行驶指的是内燃机和电动机都产生驱动扭矩的所有状态(图 1-3)。在考虑如何分配驱动扭矩时,混合动力控制系统在优化目标(油耗、排放)之外尤其还要考虑蓄电池的充电状态。



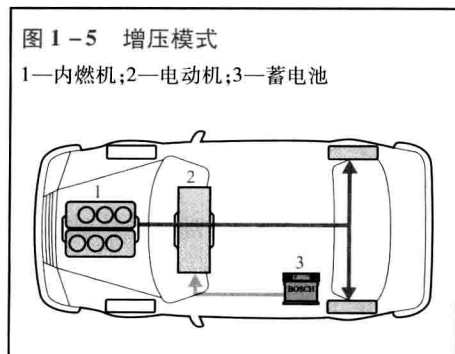
1.2.2 纯电动行驶模式

只有全混合动力装置才能在较长的行驶里程上单独通过电动机,驱动车辆进行纯电动行驶。在这种情况下内燃机从电动机上断开(图1-4),且车辆几乎无声并无排放地行驶。



1.2.3 增压模式

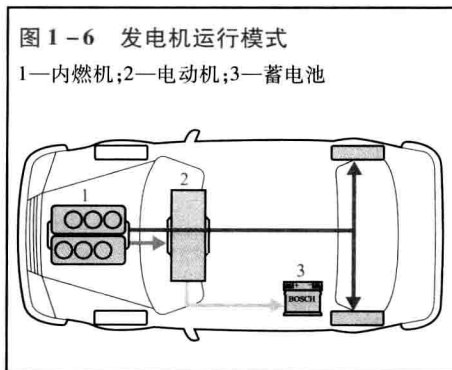
在增压模式下,内燃机和电动机输出正驱动力矩,它们输出的最大扭矩用于输出最大牵引扭矩(图1-5)。



1.2.4 发电机运行模式

因为在发电机运行模式下对蓄电

池进行充电,为此内燃机运行时将输出比车辆所需的牵引力更大的功率,其中多余的功率传输给发电机并转换为电能存储在蓄电池中(图1-6)。



在惯性滑行模式下,只要蓄电池充电状况允许,即可通过发电机给蓄能器充电。

1.2.5 再生制动

进行再生制动时,车辆不通过(或者不仅仅通过)脚制动器的摩擦力矩而通过电动机的再生制动力矩进行制动。此外,电动机也处于发电机模式下并将车辆的动能转换为电能存储在蓄能器中(图1-7)。

