

责任编辑：孟海江
封面设计：



新能源汽车专业系列教材



中航出版传媒有限责任公司
CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO., LTD.
www.aviationnow.com.cn



定价：56.00元

新能源汽车专业系列教材

新能源汽车专业系列教材
“互联网+”新形态一体化系列教材

混合动力汽车构造原理与检修



混合动力汽车 构造原理与检修

李春明◎主审 赵振宁◎编著

李春明◎主审

赵振宁◎编著

航空工业出版社



航空工业出版社

新能源汽车专业系列教材
“互联网+”新形态一体化系列教材

混合动力汽车 构造原理与检修

李春明◎主审

赵振宁◎编著



航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书以第三代混合动力汽车构造原理与检修进行编写，共分为10章。包括第一章混合动力汽车简介；第二章混合动力汽车的使用和维护；第三章米勒发动机系统；第四章电池管理系统；第五章高压配电箱诊断与检修；第六章电机系统诊断与检修；第七章混合动力控制系统；第八章DC/DC转换器诊断与检修；第九章线控换挡模块；第十章奥迪Q5混合动力汽车技术应用。本书可作为“新能源汽车技术”“汽车检测与维修技术”等汽车专业的学生用书，也可供从事本专业工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混合动力汽车构造原理与检修 / 赵振宁编著. — 北京: 航空工业出版社, 2020.7 (2025.7 重印)
ISBN 978-7-5165-2271-4

I. ①混… II. ①赵… III. ①混合动力汽车—构造 ②混合动力汽车—车辆检修 IV. ①U469.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第120364号

混合动力汽车构造原理与检修 Hunhe Dongli Qiche Gouzao Yuanli Yu Jianxiu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区京顺路5号曙光大厦C座四层 100028)

发行部电话: 010-85672666 010-85672683 读者服务热线: 010-85672635

中煤(北京)印务有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2020年7月第1版

2025年7月第5次印刷

开本: 889×1194 1/16

字数: 336千字

印张: 14

定价: 56.00元



本书在编写过程中遵循教育部“以就业为导向，以服务为宗旨，以能力为本位”的职业教育方针。本书落实立德树人的根本任务，深入贯彻党的二十大精神。

在本书的编写过程中，围绕不同的工作任务对传统的学科型汽车专业教学内容进行重新整合，力图把专业知识与具体工作任务和职业能力培养结合起来，使学生的学习过程中能够有效地把理论和实践相结合。

目前阶段新能源汽车主要是电动汽车，电动汽车包括油电混合动力汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车三种。

汽车的发展过程是从传统单一汽/柴油内燃机向混合动力汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车方向发展。

在纯电动汽车成本未降低、基础设施未完备时，要大力发展混合动力汽车。当纯电动汽车成本降低了、基础设施完备了，就要大力发展纯电动汽车。从我国大力发展单一纯电动汽车向插电式油电混合动力汽车和纯电动汽车共同发展的结果可知：未来将是混合动力汽车和纯电动汽车共存的时代，一直会延续很久。

目前，各学校的教具主要是针对第二代混合动力汽车的开发，而在实际工作中，装配有第三代混合动力汽车技术的汽车已在我国销售近十余年，因此，亟需编写第三代混合动力汽车原理与检修教材以适应现在汽车技术发展的需要。

本书主要由长春汽车工业高等专科学校教师赵振宁编写。未经作者同意，严禁对本书内容进行部分复制和传播，否则将追究法律责任。

由于作者的水平有限及本书的篇幅有限，难免会有错漏之处，希望读者不吝指正，作者也会尽量把最新最准的电动汽车技术展现在读者面前。本书还配有讲解视频和后台制作的资源，有需要者可致电 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

赵振宁



第一章 混合动力汽车简介 / 1

- 第一节 混合动力汽车发展历史 / 2
- 第二节 混合动力汽车定义和分类 / 5
- 第三节 两个省油、节油四原则 / 10
- 第四节 油电混动机械特性 / 12
- 第五节 微混型混合动力汽车 / 14
- 第六节 轻混型混合动力汽车 / 15
- 第七节 串联式混合动力结构 / 17
- 第八节 丰田普锐斯混联式混合动力汽车结构 / 19



第二章 混合动力汽车的使用和维护 / 29

- 第一节 混合动力汽车的使用 / 30
- 第二节 维修基本信息查询 / 31
- 第三节 维修注意事项 / 32
- 第四节 高压维修注意事项 / 34
- 第五节 车辆撞击损坏后应采取的措施 / 36
- 第六节 如何移走损坏车辆 / 37
- 第七节 仪表信息 / 38
- 第八节 处理两种蓄电池的馈电 / 39
- 第九节 两种检查模式操作程序 / 40
- 第十节 典型工作任务五例 / 42



第三章 米勒发动机系统 / 51

- 第一节 操作前注意事项 / 52
- 第二节 系统原理图和症状表 / 53
- 第三节 米勒发动机系统诊断与维修 / 61
- 第四节 米勒发动机系统端子测量 / 93
- 第五节 米勒发动机系统示波诊断 / 97
- 第六节 米勒发动机数据分析 / 101



第四章 电池管理系统 / 107

- 第一节 主要零部件位置 / 108
- 第二节 电池管理系统检修 / 112
- 第三节 电池管理系统诊断数据 / 121



第五章 高压配电箱诊断与检修 / 127

- 第一节 高压绝缘检测 / 128
- 第二节 高压继电器触点电路 / 129
- 第三节 高压数据读取 / 132



第六章 电机系统诊断与检修 / 135

- 第一节 丰田普锐斯逆变器描述 / 136
- 第二节 电机传感器诊断与检修 / 139
- 第三节 电机 / 逆变器冷却系统诊断与维修 / 142
- 第四节 变频器数据读取分析 / 143



第七章 混合动力控制系统 / 145

- 第一节 检查的注意事项 / 146
- 第二节 混合动力汽车主要部件 / 148
- 第三节 系统原理图 / 151
- 第四节 丰田普锐斯系统描述 / 156
- 第五节 数据列表分析 / 161



第八章 DC/DC 转换器诊断与检修 / 165

- 第一节 升压 DC/DC 转换器诊断与检修 / 166
- 第二节 降压 DC/DC 转换器诊断与检修 / 167
- 第三节 降压 DC/DC 转换器诊断实训 / 169
- 第四节 DC/DC 转换器数据读取分析 / 170



第九章 线控换挡模块 / 173

- 第一节 选挡和换挡控制 / 174
- 第二节 驻车制动控制 / 177
- 第三节 换挡数据分析 / 178



第十章 奥迪 Q5 混合动力汽车技术应用 / 179

- 第一节 奥迪 Q5 混合动力汽车简介 / 180
- 第二节 奥迪 Q5 混合动力汽车发动机 / 181
- 第三节 奥迪 Q5 混合动力汽车转向和制动系统 / 186
- 第四节 奥迪 Q5 混合动力汽车电气系统 / 188
- 第五节 奥迪 Q5 混合动力汽车电机 / 196
- 第六节 奥迪 Q5 混合动力汽车空调 / 198
- 第七节 奥迪 Q5 混合动力汽车高压系统 / 201
- 第八节 奥迪 Q5 混合动力汽车显示和操纵单元 / 208
- 第九节 售后服务和车间设备 / 213



参考文献 / 217

第一章

混合动力汽车简介

情境引入

20 岁的汽车专业学生小林毕业后不想长期从事劳动密集型工作，他认为劳动密集型工人的工作很容易被他人或机械替代，为自己未来的发展打算，他想从事技术密集型工作。他自知技术，特别是现在学的新能源汽车技术是未来一门小则保他谋生，大则让他过上较富足生活的学科，他下定决心，努力学好本学科。

他想，怎么能看出一辆混合动力汽车与另一辆混合动力汽车的区别是什么？各自优点和缺点又是什么呢？

学习目标

- (1) 了解纯电动汽车和油电混合动力汽车的名字是根据什么工况进行确定的。
- (2) 了解油电混合动力汽车按串并联分类分为几类，并能画出每类的构型图。
- (3) 了解油电混合动力汽车按混合度分为几类，并知道每类的特点是什么。
- (4) 了解油电混合动力汽车按是否充电分为几类，并知道每类的特点是什么。
- (5) 能够画出微混型混合动力汽车的构型图。
- (6) 能够画出轻混并联型混合动力汽车的构型图。
- (7) 能够画出中混并联型混合动力汽车的构型图。
- (8) 能够画出重混混联型混合动力汽车的构型图。
- (9) 能够说出重混混联型丰田普锐斯混合动力汽车的工作过程。

第一节 混合动力汽车发展历史

一、1900 年至 1920 年

今天的混合动力汽车，被视作是由传统内燃机汽车发展到未来纯电动汽车的中间形态，但在汽车发展史上，第一辆混合动力汽车却是出现在纯电动汽车诞生的近 20 年后。令人惊讶的是，它所采用的工作原理，直到今天仍被用于最新型的混合动力汽车甚至是概念车上。

混合动力汽车的历史要追溯到 1900 年，世界第一辆混合动力汽车“罗尼尔—保时捷”在当年诞生。他的设计来自 25 岁的费迪南德·保时捷，这个年轻人后来作为第一代大众甲壳虫的设计师、保时捷品

牌的开创者而扬名天下，但 1900 年时，他只是位于维也纳的雅各布·罗尼尔公司的一位重要雇员，这是他的第一份工作。这家公司原本是一家豪华马车制造商，从 19 世纪末开始生产电动汽车。

在“罗尼尔—保时捷”上，费迪南德采用了串联式混合动力，由汽油内燃机为发电机提供能量，由安装在前轮内的两个轮毂电动机提供驱动力（见图 1-1），最大功率 10~14 马力。今天的雪佛兰 Volt 就采用了这种汽油机驱动发电机的形式，而轮毂式电机驱动则被近年来很多纯电动概念车所使用。“罗尼尔—保时捷”有双座和四座两种车身形式，也有以蓄电池为能量源的纯电动型号，在此基础上费迪南德还开发出装备 4 个轮毂电机的四驱车型。

这辆充满灵感的汽车在 1900 年的巴黎世界博览会上大出风头，受到媒体广泛关注，但并未对它的市场推广有什么帮助。“罗尼尔—保时捷”售价高达 15 000 奥匈帝国克朗，而同期最贵的 8 马力奔驰 Velo 售价才 5 200 德国马克，前者是后者的 2.6 倍。虽然在 20 世纪初也有汽油价格上涨现象，但受益者更多的是早期电动车。作为市内交通工具，纯电动车曾在 19 世纪末到 20 世纪初风行一时，直到 1920 年欧美城际公路网逐渐形成，电动车“腿短”的缺点越来越明显（这也是同期蒸汽汽车被淘汰的原因之一）后才渐渐淡出人们的视野。

在混合动力技术的奠基者中，还应该记住的一个名字是亨利·皮珀，他是一位德国工程师和发明家。他在 1902 年左右发明了并联式混合动力系统，甚至开发出了配套的早期动力管理系统。亨利·皮珀将这一成果授权给一家比利时汽车公司 Auto-Mixed，并在 1906 年到 1912 年推出一系列车型，如 3.5 马力的 Voiturette。但在亨利·皮珀去世后，Auto-Mixed 被另一家公司收购。

1915 年，在大西洋另一边的北美大陆上也出现了一家颇具超前性的汽车制造商：欧文·麦哥尼茨（Owen Magnetic）。这家公司专门生产混合动力汽车，其采用串联式混动系统。在 1915 年纽约车展上 Owen Magnetic 的 6 缸混合动力汽车首次与公众见面（见图 1-2），由于主顾中包括一些世界闻名的男高音歌唱家，如爱尔兰的约翰·麦考马克和意大利的恩里科·卡鲁索，这个品牌很快就变得广为人知，可以说是早期“明星营销”的成功典范之一。Owen Magnetic 一直生产到 1921 年，他们的最后一款产品是 Model Magnetic 60 Touring（见图 1-3）。

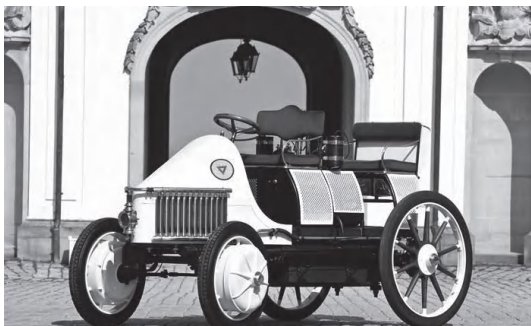


图 1-1 保时捷博物馆复原的“罗尼尔—保时捷” Semper Vivus



图 1-2 1915 年 Owen Magnetic 混合动力汽车



图 1-3 1921 年 Owen Magnetic Model 60 Touring

在同一时期，另一家电动汽车制造商，芝加哥的伍兹汽车公司也生产混合动力汽车。1916 年伍兹公司宣称他们的混合动力汽车最高时速可以达到 56 km，百公里油耗 4.9 升。但与烧汽油的内燃车型相比，混合动力汽车始终存在价格昂贵和动力偏弱的问题，很快被淹没在汽油机汽车的汪洋大海中。以 1913 年美国市场为例，电动汽车加混合动力汽车共计销售了 6 000 辆，而采用汽油内燃机的福特 T 销售了 182 809 辆。从 1920 年开始，混合动力汽车进入了一个近 40 年的静默期。

二、1966 年至 1980 年

1966 年，美国国会通过的一项议案，拂去了电动和混合动力汽车身上的尘埃。为了减轻日益严重的空气污染，这项议案提倡使用电动汽车。1969 年，通用汽车推出了他们的应对之策——512 系列混合动力实验车。GM512 甚至比微型车还小（见图 1-4），更像个玩具，只能乘坐 2 人，后置后驱布局。它采用了一套并联式混合动力系统，速度在 16 km/h 以内时由电动机驱动，在 16~21 km/h 时为电动机和两缸汽油内燃机共同工作，在 21 km/h 以上时为汽油机单独提供动力，其最高时速为 64 km。这种玩具般的小车在当时的交通环境里基本没有实际意义，因此有批评者认为通用并不愿意亲手终结盈利颇丰的传统汽车产业，只是用 512 系列来缓解对降低空气污染的舆论压力。



图 1-4 1969 年通用的微型混合动力实验车 512 系列



图 1-5 1977 年丰田混合动力概念车 Sport 800 GT Hybrid

但 1973 年，影响全球范围的第一次石油危机再次将电动和混合动力汽车推到聚光灯下，比起作用缓慢的空气污染，“钱包变薄”问题更迫在眉睫。到 1979 年，通用汽车在电动汽车项目上花费了 2 000 万美元，并乐观地估计到 20 世纪 80 年代中期就可以投入量产，直接跳过混合动力的过渡阶段。丰田在 1977 年也推出了一款混合动力概念车 Sport 800 GT Hybrid（见图 1-5），采用“燃气轮机+电动机”的并联形式。

三、1980 年至 1997 年

进入 1980 年后, 各大汽车制造商都在进行新能源领域的尝试, 奥迪在 1989 年展出了在奥迪 100 Avant Quattro 基础上研发的 Duo 实验车 (见图 1-6), 由 12.6 马力的电动机驱动后轮, 能量来自可充电的镍镉电池, 由 136 马力的 2.3 升 5 缸汽油机驱动前轮。奥迪 Duo 的尝试一直持续到 1997 年, 基于 A4 Avant 的第三代 Duo 正式量产 (见图 1-7), 这使奥迪成为第一家生产现代混合动力汽车的欧洲厂商, 但这款车型并未得到市场认可并最终停产。BMW 则在 1991 年推出了电动概念车 E1 (见图 1-8), 同年日产也发布了他们的电动概念车 FEV (Future Electric Vehicle, 见图 1-9), 并在 1995 年发布了第二代 FEV (见图 1-10)。

1990 年代中期, 苦心钻研的通用终于修成正果, 世界上第一辆现代意义上的量产电动汽车 EV1 在 1996 年上市 (见图 1-11), 但它短暂的生命似乎证明了电动汽车的生不逢时。而 EV1 的兄弟, 纯电动的雪佛兰紧凑型皮卡 S-10EV 甚至比它还短命, 生产仅 1 年便停产。



图 1-6 1989 年奥迪第一代混合动力实验车 Duo



图 1-7 1997 年基于 A4 Avant 的第三代 Duo



图 1-8 1991 年 BMW 电动概念车 E1



图 1-9 1991 年日产推出第一代 FEV 概念车



图 1-10 1995 年日产第二代 FEV



图 1-11 1996 年通用诞生的 EV1

1996 年诞生的 EV1，在 4 年的生命周期里只生产了 1 117 辆。福特在 1998 年也生产出了纯电动皮卡 Ranger EV（见图 1-12），到 2002 年停产共生产了 1 500 辆。在 EV1 奋力求生的同时，1997 年第一代丰田普锐斯（Prius）上市（见图 1-13），只在日本市场发售，少量被出口到英国、澳大利亚和新西兰。迄今为止全球最畅销的混合动力车就此诞生，在第一年就卖出 1.8 万辆，而到 2011 年 3 月累计销量达到了 300 万辆。



图 1-12 1998 年福特纯电动皮卡 Ranger EV



图 1-13 1997 年上市的第一代丰田普锐斯

在混合动力汽车的历史中，日本丰田普锐斯是一个重要标志。在经历了近百年风雨之后，混合动力车终于迎来了自己的春天。

目前世界上已经有 70 余种车型的燃料电池汽车问世，在国外最热门、销量最大的新能源汽车就是混合动力汽车。

四、1997 年至现在

1997 年，第一款量产混合动力品牌普锐斯由丰田推向日本市场，当年售出 1.8 万辆。1999 年，本田混合动力双门小车 Insight 在美国推出，受到好评。2007 年年底，美国权威机构 AutoData 的统计数据显示，2007 年 10 月份美国混合动力汽车的销售量与上一年相比，同期增长了 30 个百分点，销售量为 24 443 辆。混合动力车型甚至成了平淡的美国汽车市场的一大亮点。2007 年，美国市场销售混合动力车型超过 30 万辆。2007 年 5 月 17 日，丰田混合动力汽车全球累计销售突破 100 万辆。

第二节 混合动力汽车定义和分类

一、混合动力汽车定义

“Hybrid”译为混合，车尾部标有 Hybrid 字样的汽车称为混合动力汽车。混合动力汽车是个大的概念，范围较广，由于实用的混合动力汽车是由内燃机和电动机两种动力混合作为输出，所以称为油电混合动力汽车，本书的“混合动力汽车”仅特指油电混合动力汽车。

从能量源来看，“油”可以代表汽油、柴油，甚至是天然气；“电”是以蓄电池、电容、储能飞轮三种形式储能，但三者储存的能量都来源于内燃机带动的发电机，即此时“电也是油”。

二、混合动力汽车按串并联分类

传统的混合动力汽车分为串联式和并联式。近年来出现了一种同时具有串并联特征的混合动力汽车，称为混联式。

1. 串联式

串联式混合动力汽车也称为“增程式”电动汽车，如图 1-14 所示为串联式混合动力汽车简化结构示意图。串联就是与车轮直接机械连接的仅是电机。串联式混合动力汽车的工作模式就是用传统内燃机直接通过发电机为电池充电，然后完全由电动机提供动力的动力驱动汽车。其目的在于使内燃机长时间保持在最佳工作状态，以达到减排的效果。具体地说，内燃机输出的机械能首先通过发电机转化为电能，转化后的电能一部分用来给蓄电池充电，另一部分经由电动机和传动装置驱动车轮。和燃油车相比，它是一种内燃机辅助型的电动车，主要是为了增加车辆的行驶里程。由于在内燃机和发电机之间的机械连接装置中没有离合器，因而它有一定的灵活性。尽管其传动结构简单，但它也需要三个驱动装置：内燃机、发电机和电动机。如果串联式混合型电动汽车设计时考虑爬长坡，为提供最大功率的三个驱动装置的尺寸就会较大，短途运行如当通勤车或只是用于购物，相应的内燃机发电机装置应采用低功率的。这种形式的好处是内燃机可以不受行驶状态的影响，一直处于最佳工作状态，对于改善排放大有好处，但转换效率偏低。丰田曾经将这种串联形式应用在考斯特上，并进行了批量生产。

串联式混合动力汽车工作过程如下。

(1) 纯电动工况：蓄电池→变频器 2→电机 2→变速箱→车轮。

(2) 内燃机起动：蓄电池→变频器 1→电机 1→内燃机。

(3) 车辆原地发电：内燃机→电机 1→变频器 1→蓄电池。

(4) 行驶中串联：内燃机→电机 1→变频器 1→蓄电池→变频器 2→电机 2→变速箱→车轮。

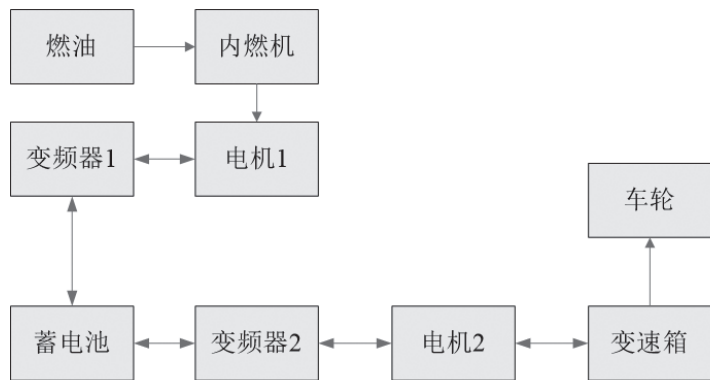


图 1-14 串联式混合动力汽车简化结构示意图

2. 并联式

如图 1-15 所示为并联式混合动力汽车简化结构示意图。所谓并联式混合动力，就是电动机和内燃机并行排布，动力可以由两者单独提供或是共同提供。在并联混合动力系统中，电动机同时也是发电机，其作用是让内燃机尽量接近最佳效率状态，以达到节油的效果。并联式混合动力汽车受电动机和电池能力的限制，仍然要以内燃机为主要动力。但由于保留了常规汽车的动力传递

形式，在效率上更高。

具体地说，与串联式混合动力汽车不同的是，并联式混合动力汽车采用内燃机和电动机两套独立的驱动系统驱动车轮。内燃机和电动机通常通过不同的离合器来驱动车轮，可以采用内燃机单独驱动、电力单独驱动或者内燃机和发电机混合驱动三种工作模式驱动。从概念上讲，它是电力辅助型的燃油车，目的是降低排放和燃油消耗。当内燃机提供的功率大于驱动电动车所需的功率或者再生制动时，电动机工作在发电机状态，将多余的能量充入电池。与串联式混合动力汽车比较，它只需两个驱动装置内燃机和电动机，而且在蓄电池放完电之前，如果要得到相同的性能，并联式混合动力汽车比串联式混合动力汽车的内燃机和电动机的体积要小。即使在长途行驶时，内燃机的功率可以达到最大，而电动机的功率只需发出一半即可。

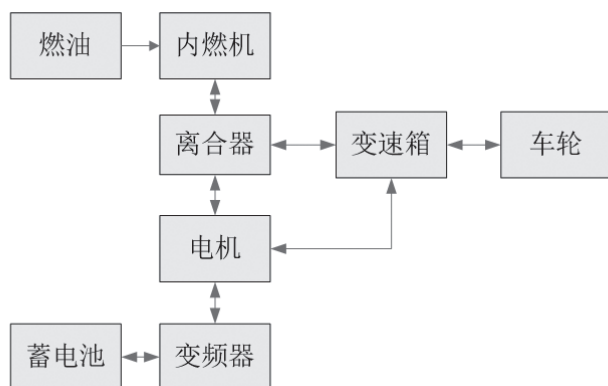


图 1-15 并联式混合动力汽车简化结构示意图

并联式混合动力汽车工作过程如下。

- (1) 纯电动工况：蓄电池→变频器→电机（离合器断开）→变速箱→车轮。
- (2) 内燃机起动：蓄电池→变频器→电机→离合器闭合→内燃机。
- (3) 车辆原地发电：内燃机→离合器闭合→电机→变频器→蓄电池。
- (4) 行驶中并联：第一路为内燃机→离合器闭合→变速箱→车轮，第二路为蓄电池→变频器→电机→变速箱→车轮。
- (5) 能量回收：车轮→变速箱→电机→变频器→蓄电池。

3. 混联式

如图 1-16 所示为混联式混合动力汽车简化结构示意图。混联形式顾名思义就是结合了并联和串联两种形式的优点。其在并联的基础上，将发电机和电动机分离开，这样电动机在运转过程中也能进行充电，使车辆能以串联和并联两种形式工作。目前的混合动力汽车基本属于这种模式。具体地说，混联式混合动力汽车在结构上综合了串联式和并联式的特点：与串联式相比，它增加了机械动力的传递路线；与并联式相比，它增加了电能的传输路线。尽管混联式混合动力汽车同时具有串联式和并联式的优点，但其结构复杂，成本高。不过，随着控制技术和制造技术的发展，现代混合动力汽车更倾向于选择这种结构。

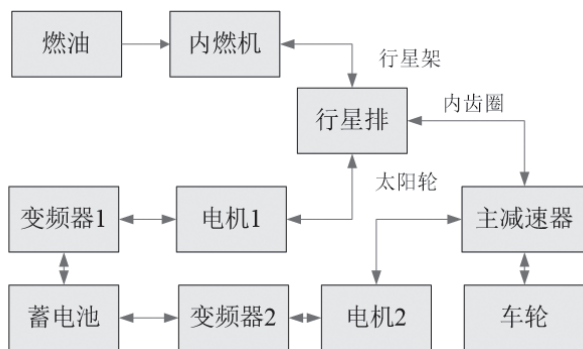


图 1-16 混联式混合动力汽车简化结构示意图

混联式混合动力汽车工作过程如下。

(1) 纯电动工况：蓄电池→变频器2→电机2→主减速器→车轮。

(2) 内燃机起动：蓄电池→变频器1→电机1→行星排的太阳轮（内齿轮固定或转动）→行星架→内燃机。

(3) 车辆原地发电：内燃机→行星排的内齿圈（内齿轮固定）→太阳轮→电机1→变频器1→蓄电池。

(4) 行驶中串联：内燃机→行星排的内齿圈（内齿轮转动）→太阳轮→电机1→变频器1→蓄电池→变频器2→电机2→主减速器→车轮。

(5) 行驶中并联：内燃机→行星排的行星架→行星排的内齿圈→主减速器→车轮，同时加上串联过程中电机2的输出。

三、混合动力汽车按照混合度分类

混合度指电机功率占动力系统总功率的百分比（动力系统总功率为蓄电池给电机的功率与发动机的功率和），分为微混、轻度混、中度混合、重度混合四种。

1. 微混

混合度小于等于5%的称为微混合动力，“微混”也称“停起”（Stop-Start）式。在交通拥堵的城市，可以实现节油率5%~10%。微混合动力车型的电机基本不具备驱动车辆的功能，一般是用作迅速起动发动机，实现停起功能。

例如，Smart fortwo MHD（双人迷你型混合动力汽车）就属于这种类型。优点是汽车结构改变很小，成本增加很少，易于实现，有可能成为乘用车的标准设置；缺点是当停车需要空调时不起作用；推广“停起式”结构需要提高公众的节能意识，且学术界有人认为“停起式”算不上混合动力系统，并不是因为混合度的问题，而是没有电机和发动机共同驱动的过程。

2. 轻度混

混合度在5%~15%的为轻度混合动力。在这种类型中，发动机依然是主要动力，电机不能单独驱动汽车，只是在爬坡或加速时辅助驱动，平时主要使用发动机动力，电机在汽车加速爬坡时提供辅助动力，同时具有制动能量回收和停起功能。

别克君越 ECO-Hybrid 就属于这种轻度混合动力类型。发动机排量可减少10%~20%，节油率可达到10%~15%；技术难度相对较小，成本增加不是很多。

轻度混合动力汽车的特性：车辆停止时，关闭发动机。起步和加速时电机起辅助发动机作用。

减速/制动时，发动机因传统电控发动机系统控制而执行断油模式，并将获得的制动再生能量充入蓄电池。有技术结构较简单、成本低、应用广泛的优点。

3. 中度混合

混合度在 15%~40% 的为中度混合动力，电机可以单独驱动汽车，其他与轻度混相同。

4. 重度混合

混合度在 40% 以上的为重度混合动力。汽车起步、倒车和低速行驶时为纯电动行驶；在小负荷串联时，发动机驱动汽车；中负荷时以发动机驱动为主；在大负荷或急加速时电机和发动机同时驱动汽车；具有制动能量回收和停起功能。电机的功率约为发动机功率 50%，节油率可达到 30%~50%，技术难度较大，成本增加多。典型的例子是丰田普锐斯。

四、混合动力汽车按能否外接电源进行充电分类

混合动力汽车按能否外接电源进行充电，分为混合动力 HEV（Hybrid Electric Vehicle）和插电式混合动力 PHEV（Plug-in Hybrid Electric Vehicle，见图 1-17）两种。

1. 混合动力系统

混合动力系统（HEV）不能外接充电，蓄电池的电能在下降一定数值，例如 60% 时，由发动机工作带动高压发电机给蓄电池充电，这种充电大多数是在发动机处于高效率工况时。

2. 插电式混合动力系统

插电式混合动力系统（PHEV）根据欧美驾车习惯而来，能外接充电更有利于节能减排。国外研究机构根据资料统计得出结论，法国城镇居民 80% 以上日均驾车里程少于 50 km，美国汽车驾驶者也有 60% 以上日均行驶里程少于 50 km，80% 以上日均行驶里程少于 90 km。因此，在车辆上安装一套巨大的蓄电池组，使其电量足以撑过这一里程，就可以在大部分日常行驶中达到零排放。

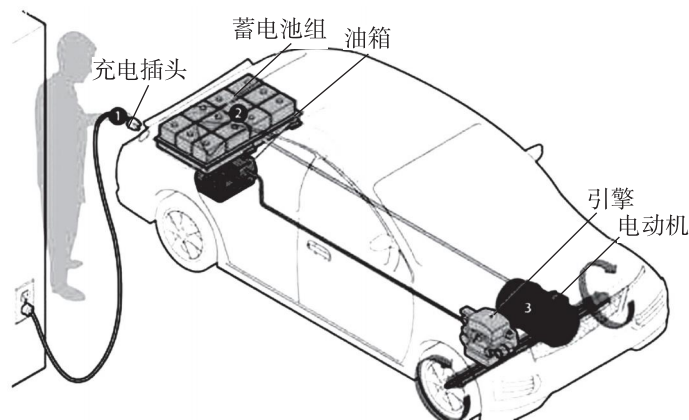


图 1-17 插电式混合动力示意图

插电式混合动力系统的特征是由电能单独驱动，并配备一个大容量的可外部充电的蓄电池组，显著的特性是可通过停车场的 380 V 或家庭的 220 V 交流电源进行充电，也可通过充电站的直流充电桩进行快速充电。插电式混合动力汽车电机的功率接近发动机的，可实现较长距离的纯电动行驶，电池容量依纯电动行驶里程来选定，节油率在不计电能时最大可达到 100%。

第三节 两个省油、节油四原则

一、汽车省油四原则

1. 轻量化技术

汽车的轻量化,就是在保证汽车的强度和安全性能的前提下,尽可能地降低汽车的整备质量,从而提高汽车的动力性,减少燃料消耗,降低排气污染。主要指导思想是在确保稳定提升性能的基础上,节能化设计各总成零部件,持续优化车型。

实验证明:汽车整备质量降低 10%,燃油效率可提高 6%~8%;汽车整备质量每减少 100kg,百公里油耗可降低 0.3~0.6 L;汽车整备质量降低 1%,油耗可降低 0.7%。当前,由于环保和节能的需要,汽车的轻量化已经成为世界汽车发展的潮流。

实现汽车的轻量化主要途径有如下几种。

①汽车主流规格车型持续优化(见图 1-18)。在规格主参数尺寸保留的前提下,提升整车结构强度,减少耗材用量。

②采用轻质材料,如铝、镁、陶瓷、塑料、玻璃纤维或碳纤维复合材料等。

③采用计算机进行结构设计,如采用有限元分析、局部加强设计等。

④采用承载式车身,减薄车身板料厚度等。

其中,当前汽车的轻量化措施主要是采用轻质材料。

2. 减风阻技术

空气阻力是汽车行驶时所遇到最大的也是最重要的外力。空气阻力系数,又称风阻系数,是计算汽车空气阻力的一个重要系数。它是通过风洞实验(见图 1-19)和下滑实验所确定的一个数学参数,用它可以计算出汽车在行驶时的空气阻力。风阻系数的大小取决于汽车的外形。风阻系数越大,则空气阻力越大。现代汽车的风阻系数一般在 0.3~0.5 之间。风阻系数不仅适用于空气,也适用于其他流体内部。



图 1-18 轻量化设计后的车身



图 1-19 车身风洞实验的流线

风阻是车辆行驶时来自空气的阻力,一般空气阻力有三种形式:第一是气流撞击车辆正面所产生的阻力,就像拿一块木板顶风而行,所受到的阻力几乎都是气流撞击所产生的阻力;第二是摩擦阻力,空气划过车身会产生摩擦力,然而以一般车辆能行驶的最快速度来说,摩擦阻力小到几乎可以忽略;第三是外形阻力,车辆高速行驶时,外形阻力是最主要的空气阻力来源。外形所造成的阻力来自车后方的真空区,真空区越大,阻力就越大。一般来说,三厢式的房车的外形阻

力会比掀背式休旅车小。

3. 高效率动力机械

动力机械的高效率包括燃烧高效率和机械高效率。

(1) 发动机燃烧高效率。汽油机或柴油机的转矩输出特性不适合驱动汽车，加之驱动轮转速和发动机转速之间相互影响，使发动机不能高效地工作。为提高发动机燃烧效率可采用重混的油电混合动力机械（见图 1-20），这种发动机的转速受驱动轮转速影响比较小。

(2) 机械高效率。机械高效率包括安装松的活塞气环和油环，用电动水泵替换机械水泵，机油泵采用变量泵，采用更低黏度的机油，换飞溅润滑为压力润滑等。

4. 高效率传动系统

高效率传动系统包括离合器、变速箱、分动箱、万向节、驱动桥，作用是保证动力在传动过程中是高效的，不仅是变速箱本身（见图 1-21）。

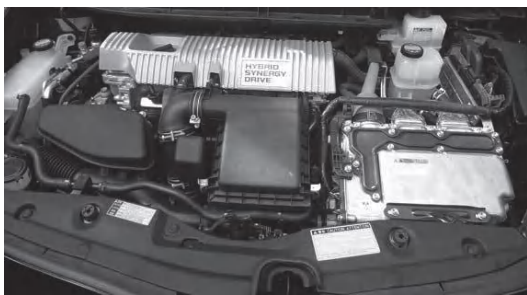


图 1-20 高效重混的油电混合动力机械

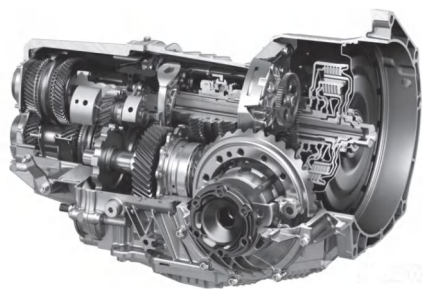


图 1-21 高效率传动系统（变速箱传动高效率）

二、发动机节油四原则

1. 小排量发动机

为保证汽车的加速和爬坡性能，内燃机的最大功率选定为车辆以 100km/h 在平路上行驶时所需功率的 10 倍，或者是在 6° 坡上以 100km/h 行驶时所需功率的 3~4 倍。传统汽车为了保证动力性，匹配了功率过大的内燃机，导致内燃机大部分时间低负荷工作，出现“大马拉小车”的现象，这是内燃机低效率的主要原因之一。

为了节油，混合动力汽车内燃机采用了 Downsize 技术，也就是采用内燃机小排量的技术。

2. 怠速停起技术

混合动力汽车没有怠速工况。传统内燃机需要产生扭矩以维持自身怠速运转，基本不向外输出扭矩。另外，内燃机扭矩以怠速扭矩为基础，在一定范围内，其输出扭矩随转速上升而上升。这种特性不利于汽车行驶。而混合动力汽车中的电机则在一开始起动就能达到峰值扭矩，根本不需要怠速。当电机转速上升时，输出扭矩也随之降低，这种特性恰好适用于汽车低速大扭矩、高速小扭矩的动力需求。

3. 工作在经济区

内燃机和车轮间的直接机械连接关系使内燃机效率降低。为适应驱动的需要，内燃机工作是变工况工作，所以效率从低到高变化很大，但平均效率仍然很低。

电机和内燃机混合驱动可以提高内燃机效率。原因是内燃机的效率虽然很低，但永磁电机的

发电和电动效率都在 95% 左右。混动过程中有多阶段的能量损失，但由于此时内燃机是在高效率下产生的能量，即使经过这些阶段的能量损失，最后留下的能量也比传统内燃机一个动力机械实现同样的功能要多。混合动力汽车利用内燃机在高效率区工作，驱动汽车的同时也发出电能并储存在蓄电池内，储存的能量会在内燃机进入低效率区时发挥作用。例如低速时采用纯电动工况，中高速则采用内燃机工作发电的混合动力工况，急加速和高速则采用电机电动的混合动力工况。

内燃机在中等转速时，一般汽车在 60~90 km/h 的范围内行驶，此时内燃机效率最高，电机参与度下降，这样就达到省油的效果。

4. 制动能量回馈

传统汽车在制动过程中没有能量回收功能，而混合动力汽车有能量回收功能。

从技术上讲，混合动力汽车的纯电动工况就是纯电动汽车，混合动力汽车在概念上就包括了纯电动汽车。区别就是混合动力汽车原则上不是一定要充电，纯电动汽车则必须要充电。从汽车的发展来看，纯电动汽车（这里指高速电动汽车）是未来发展的主要方向（但并不是要全部代替燃油车，至少在燃油完全枯竭前）。目前，电动汽车成本高、充电时间长和续驶里程偏短等因素仍阻碍着电动汽车产业的快速发展，而从节能和环保两大主题出发的混合动力汽车发展较好。

第四节 油电混动机械特性

一、电动汽车电机机械特性

电动汽车的电机由于有变频器控制，变频电机的机械特性与工频电机的机械特性不同。如图 1-22 所示为电动机在变频器控制下的机械特性曲线，是一条受控曲线，这条曲线不仅与负载有关，还与变频器的控制输出有关。曲线图中，低速时扭矩先大后小，同时电机最高转速时的扭矩也不是很低，机械特性的电机比内燃机更适合驱动汽车。

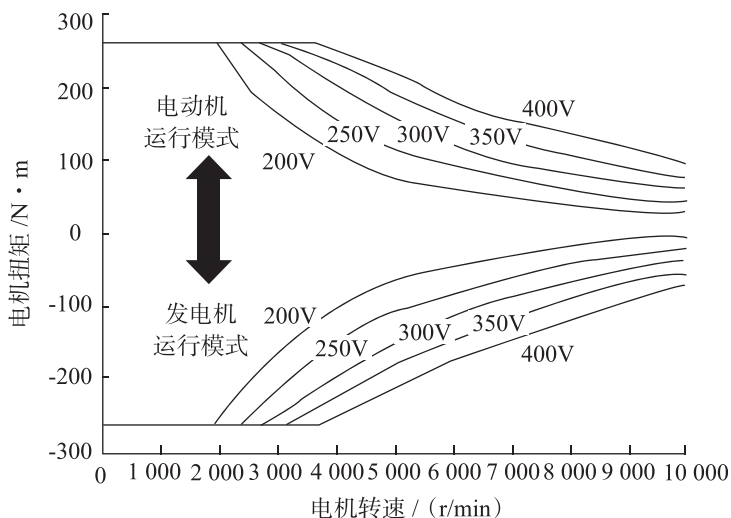


图 1-22 电动机在变频器控制下的机械特性曲线

二、内燃机机械特性

如图 1-23 所示为奥迪某电控直喷内燃机系统控制下的机械外特性曲线，除了升功率（接近 75 kW/L）大大提升外，内燃机在 1 800 r/min 至 5 000 r/min 时都能输出最大扭矩 280 N·m，这说明汽车在不同车速都有极好的加速超车能力，这是涡轮增压和可变配气相位技术的功劳。

但是，图中 800~1 800 r/min 转速时的扭矩特性不适合汽车大扭矩起步的需要，因此更多依赖变速箱。

三、油电混动机械特性

图 1-24 所示为奥迪 Q5 混合动力 2.0L TFSI 发动机，发动机代码为 CHJA 的扭矩—功率特性曲线，从虚线可以看出扭矩和功率都得到了提升，低速小功率时产生大扭矩是汽车行驶需要的扭力输出。

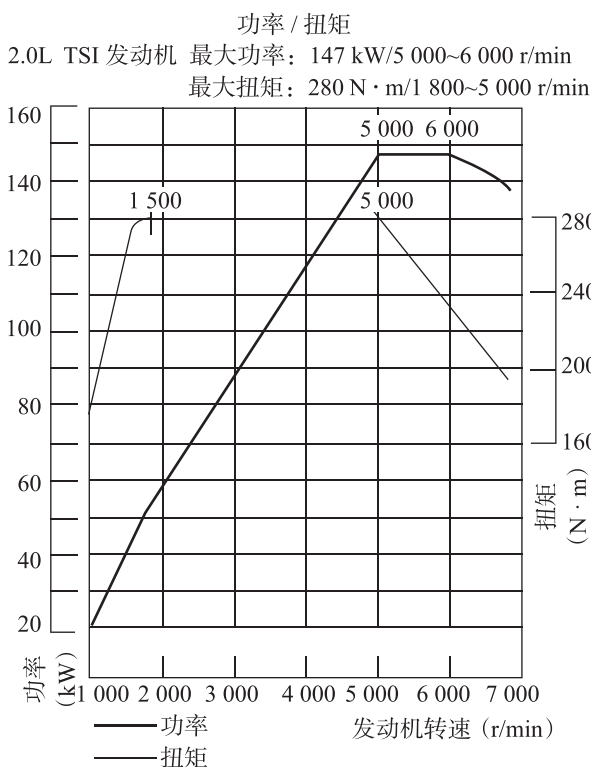


图 1-23 内燃机系统控制下的机械外特性曲线

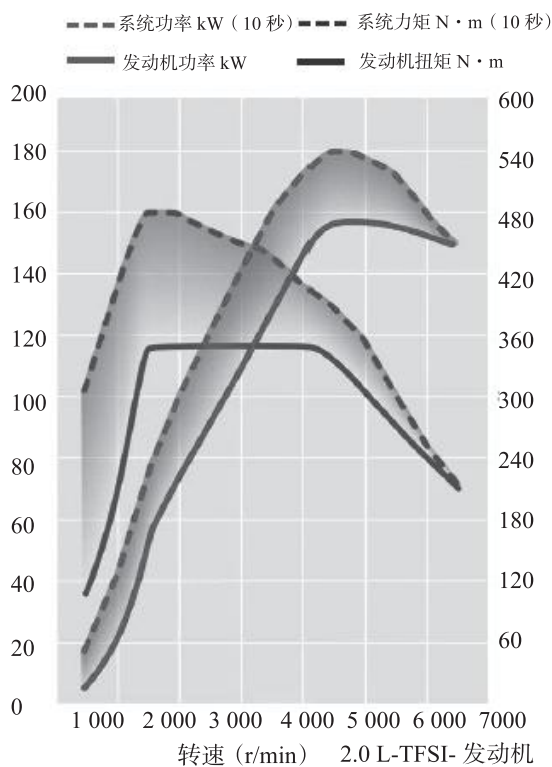


图 1-24 轻混型油电混合动力机械的扭矩—功率特性曲线

第五节 微混型混合动力汽车

传统燃油汽车的怠速停起功能有强化起动机起动和集成电动 / 发电机 (Integrated Starter & Generator, ISG) 起动两种方式, 但只有集成电动 / 发电机起动才是微混型。

一、ISG 电机

ISG 电机采用 36V (也称 42V 系统) 或更高电压。图 1-25 所示的皮带式怠速停启系统, 也称 BSG (Belt Starter & Generator, 皮带传动起动 / 发电) 电机, 是一种采用皮带传动方式进行油电混合, 具备怠速停机和起动的弱 (微) 混合动力技术的电机, 若此电机有辅助加速功能就称为混合动力, 若仅有起动和能量回收功能则不称为微混。

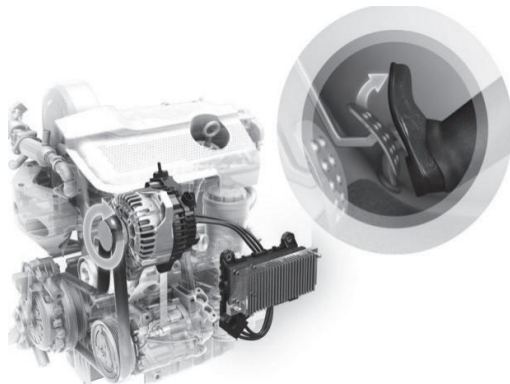


图 1-25 皮带式怠速停启系统

二、皮带式起动 / 发电机

将 ISG 电机放在传统汽车发电机的位置, 通过 ISG 电机驱动皮带来驱动发动机曲轴帮助发动机实现停起或加速助力, 也可利用 ISG 电机在发动机小负荷时发电, 但无法实现纯电驱动。

上述的这种结构通常也称为 Belt Alternator Starter 或 Belt Starter Generator 系统, 即 BAS 或 BSG 混合动力系统, 须注意电机的功率较大时才能成为轻混。

君越 BAS 混合动力系统结构如图 1-26 所示。其由起动机 / 发电机总成 MGU (Motor Generator Unit)、起动机 / 发电机功率控制模块 SGCM (Starter Generator Control Module, 也称变频器)、36V 镍氢电池组 (Ni-MH) 和 12V 铅酸蓄电池组成。

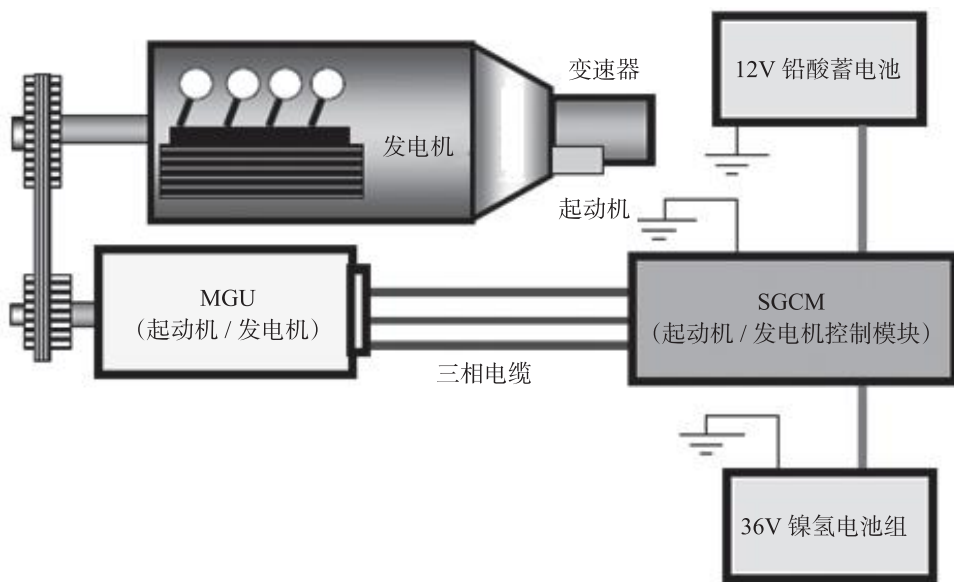


图 1-26 君越 BAS 混合动力系统结构

三、工作过程

1. 燃油供给阶段

发动机正常工作，消耗燃油。

2. 加速电机助力

驾驶员踩下油门比较深时，电机对车辆进行电动助力。

3. 智能充电阶段

电机由发动机带动旋转，电池组尽可能地从发动机小负荷工作过程中通过发电增加发动机负荷而发电。

4. 减速断油阶段

车辆进入滑行阶段或停下来后，发动机被切断燃油供应，在某些滑行期间，为了保证扭矩的平顺性，电机也将转动。

5. 再生制动阶段

车辆减速时，发动机停止供油，变矩器锁止，车辆带动发动机转动，电机此时作为发电机进行发电，发电机相当于车辆的负载，对车辆有制动作用（类似于发动机制动），系统进入再生制动阶段。

第六节 轻混型混合动力汽车

一、轻混功能

轻混型混合动力系统的车辆主要功能有怠速停起、再生制动、辅助驱动和发电四种功能。

HCU（Hybrid Control Unit，混合动力控制单元）会根据驾驶员请求（油门踏下深度）、电池箱能量存储单元的状态（能允许放出的电量）、电驱动系统状态（停车、行车）以及整车车辆状态等控制 ISG 电机的工作模式，自动实现以上四种功能。

二、轻混奔驰组成

奔驰 400 代表了轻混型混合动力的高端水平，其主要零部件如图 1-27 所示，包括高压电池模块、电机功率模块和电动机组成的电动助力系统；DC/DC 转换器为直流电压转换系统；转换系统采用了 EHPS（Electro-Hydraulic Power Steering）电动液压转向系统；功率控制器，如电机控制器和 DC/DC 转换器采用了双电动冷却循环泵的设计；制动系统采用了电动真空泵、真空助力器和 ABS 控制单元配合电动机实现再生制动；空调采用电控电动压缩机。

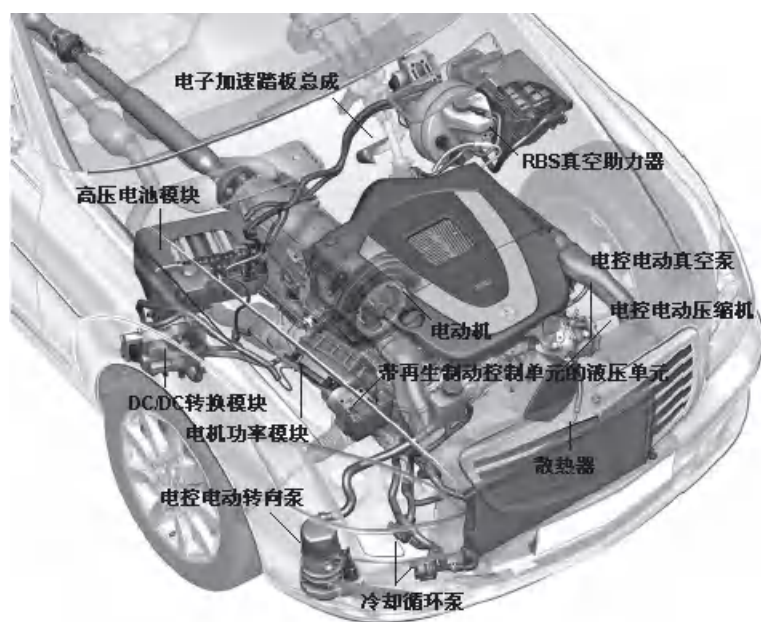


图 1-27 奔驰 400 混合动力系统主要零部件

奔驰 400 的混合动力系统结构如图 1-28 所示，由六缸发动机、电动机、七挡自动变速箱、高压蓄电池、功率控制模块、12V 交流发电机和 DC/DC 转换器等组成。

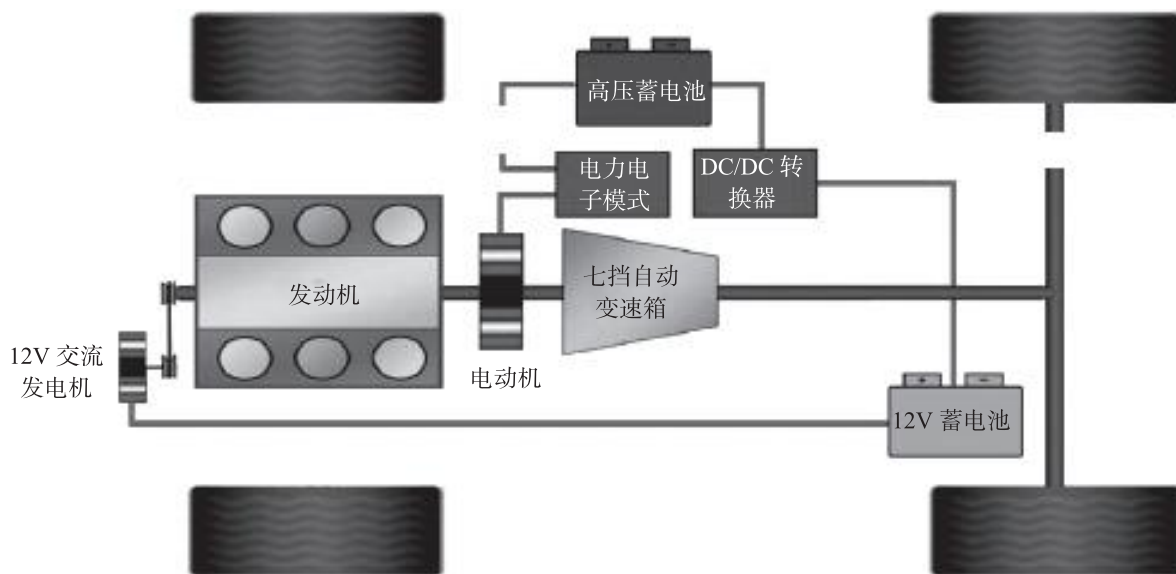


图 1-28 奔驰 400 的混合动力系统结构

三、工作过程

1. 起动过程：高压蓄电池→变频器→电机→发动机。
2. 原地充电过程：发动机→电机→变频器→锂离子电池；同时双向 DC/DC 转换器将高压蓄电池电降压为 14V 给 12V 蓄电池充电。
3. 行驶中：发动机→变速箱输出→车轮；这个过程中可以有原地充电过程。
4. 高压应急起动：12V 蓄电池→双向 DC/DC 转换器→锂离子蓄电池→变频器→电

机 → 发动机。

12V 蓄电池仍保留传统汽车的发电机，目的是增加电气系统的可靠度。

第七节 串联式混合动力结构

一、基本结构

串联式混合动力汽车的化学能、电能、机械能传递如图 1-29 所示。

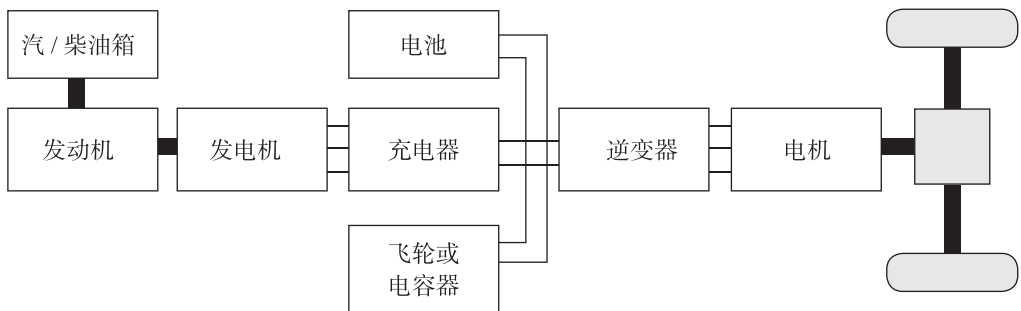


图 1-29 串联式混合动力化学能、电能、机械能传递示意图

二、Volt 动力系统结构

美国通用公司的 Volt 增程式电动汽车于 2010 年 7 月在北美上市，是世界首款量产增程式汽车，其结构如图 1-30 所示。增程器由 1.4 升汽油发动机和永磁直流发电机组成。在 Volt 中，主驱动电机和发电机与行星齿轮机构集成设计，称之为“Voltec 系统”。

两台电机之间通过行星齿轮机构驱动车辆。与前述基本结构不同的是，Volt 还包括两个离合器 C_1 、 C_2 和一个制动器 B。根据车辆不同的行驶模式，通过控制这些离合器和制动器使发电机处于不同的工作状态。

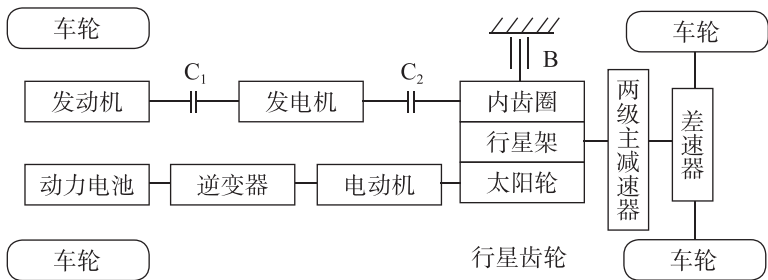


图 1-30 Volt 增程式电动汽车的化学能、电能、机械能传递示意图

三、工作模式

1. 模式 1（低速纯电力驱动）

在该模式（见图 1-31）下，内齿圈被制动器 B 锁止，而离合器 C_1 与离合器 C_2 均处于脱开状

态。故而发电机与发动机以及行星齿轮均无接触，两者都不工作。太阳轮通过行星齿轮减速后将动力传输给行星齿轮架和输出轴驱动车轮，因而车辆仅由主驱动电机驱动。

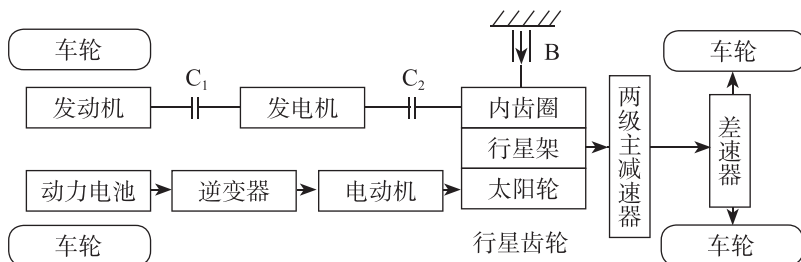


图 1-31 模式 1 (低速纯电力驱动)

2. 模式 2 (高速纯电力驱动)

在模式 2 (见图 1-32) 下，随着车速提升，主驱动电机的转速也随之加快。考虑到保护主驱动电机 MG2 为降低转速，就不再适合仅仅由单电机驱动。因此，这一模式被设计成离合器 C_1 分离，离合器 C_2 结合，发电机与内齿圈连接，发电机 MG1 和电机 MG2 合力驱动车辆。此时发电机 MG1 从动力电池中获取能量以输出动力。而双电机驱动，使得电机转速从 6 500 r/min 降低至 3 250 r/min。但是，请注意，内燃机没有参与到提供动力的进程中来。

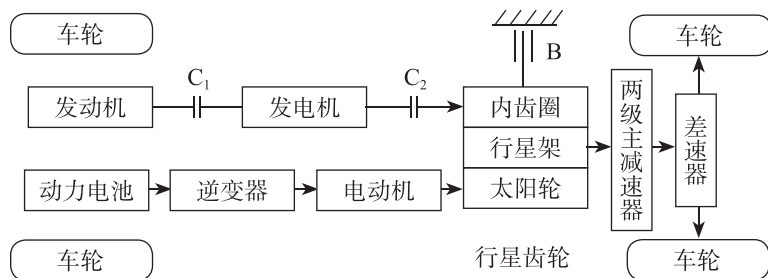


图 1-32 模式 2 (高速纯电力驱动)

3. 模式 3 (低速增程)

在模式 3 (见图 1-33) 下，当 Volt 的电池组达到其设定的电量剩余临界点时，第三种模式将启动。离合器 C_1 和制动器 B 工作，此时内燃机就会直接去驱动发电机 MG1 进行发电，而由于内齿圈被制动器 B 锁止，车辆仍然是由主驱动电机 MG2 驱动。主驱动电机从电池以及由发动机带动发电机产生的电力组合中获取电能，从而驱动车辆。

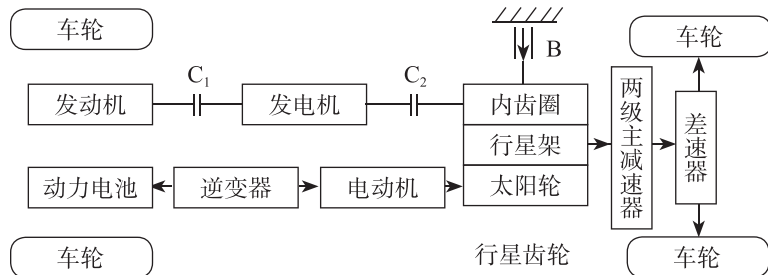


图 1-33 模式 3 (低速增程)

4. 模式 4 (高速增程)

模式 4 (见图 1-34) 与模式 2 一样, 双电机驱动模式将再次启用。制动器 B 脱开, 离合器 C_1 、 C_2 同时接合。车辆的驱动力来自电动机和发动机的动力耦合。

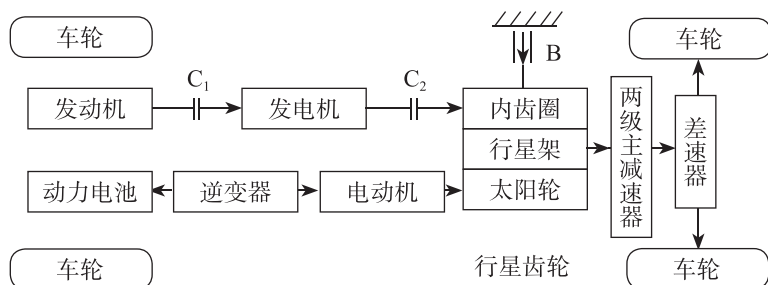


图 1-34 模式 4 (高速增程)

第八节 丰田普锐斯混联式混合动力汽车结构

一、丰田普锐斯品牌简介

丰田普锐斯是史上第一款量产的混合动力汽车, 1997 年量产上市, 不过中国区普锐斯在 2001 年上市第一代, 到 2004 年推出第二代, 2009 年 4 月丰田普锐斯第三代上市。丰田普锐斯是史上第一款销售量突破 100 万辆的混合动力汽车, 自 1997 年量产上市以来, 10 年光景在全球 40 多个国家的销售数量接近 120 万辆, 其中美国、日本分别超过 70 万辆、30 万辆, 美国市场的月销量接近于 1.5 万, 占美国同期混合动力汽车市场半壁江山, 也是丰田混合动力车的主力车型, 为丰田集团贡献 70% 的混合动力汽车销量, 而丰田系的凯美瑞、汉兰达、雷克萨斯 RX400h、LS600hL 和 GS450h 五个混合动力车型的总销量也不及普锐斯的一半。

二、丰田普锐斯结构组成

1. HV 蓄电池

第二代普锐斯的 HV 蓄电池有 168 个蓄电池 ($1.2\text{V} \times 6 \text{ 单体} \times 28 \text{ 组}$), 额定电压为 DC 201.6V。通过这些内部改进, 蓄电池具有紧凑、重量轻的特点。蓄电池和蓄电池间为双点连接, 这样的改进使蓄电池的内部电阻得以降低。变频器总成中配有增压转换器, 它可以将 HV 蓄电池输出的额定电压 DC 201.6 V, 增压到最大值 DC 500V。MG1、MG2 桥电路和信号处理器 / 保护功能处理器集成在 IPM (集成动力模块) 中以提高车辆性能。集成在变频器总成中的空调变频器为空调系统中的电动变频压缩机提供电能, 将变频器散热器和发动机散热器整合为一, 更加合理地利用了空间资源。

2. 电机

通过提高 MG1 转子的强度, 使其最大可输出转速为 10 000 r/min, 从而提高了充电能力。MG2 转子内的永磁铁变为 V 形结构, 使扭矩和输出功率增大。

对于 MG2 控制, 在 MG2 的中速范围内引入了新研制的过调控制系统。

3. 控制系统

HV ECU (Electronic Control Unit) 中的 CPU。均由 16 位变为 32 位, 提高了处理信号的速度。发动机 ECU 中的 CPU 由 16 位变为 32 位, 提高了处理信号的速度。蓄电池 ECU 优化结构后更加紧凑。蓄电池 ECU 中的 CPU 由 16 位变为 32 位, 提高了处理信号的速度。制动防滑控制 ECU 中的 CPU 由 16 位变为 32 位, 提高了处理信号的速度。通信上与 THSII 控制系统相连的主要的 ECU (HV ECU、蓄电池 ECU、发动机 ECU 和制动防滑控制 ECU) 间采用了 CAN (控制器局域网) 通信网络来建立通信。

4. 发动机

第二代丰田普锐斯采用 1.5L 小型发动机, 集合了各式混合动力系统的优势发动机和发电机, 可根据行驶状况共同驱动或分开单独使用。停驶时自动停止发动机, 减少能量浪费, 更有效地控制发动机和电动机, 加速反应更快。

5. 电力无级变速驱动桥

混合动力变速驱动桥由发电机 MG1、驱动电机 MG2 和行星齿轮组组成。混联式是串并联相结合的系统, 这种混合动力系统是由点燃式发动机和两台采用永磁铁的三相交流异步电机组成。三相交流异步电机也可以作为发电机运行 (电动机 MG1 和发电机 MG2)。内燃机与两台电动机通过行星齿轮机构相互连接。MG2 和驱动轮的差速器通过传动链条和齿轮连接在一起。通过行星齿轮组传输的发动机输出功率分为两部分, 太阳齿轮→MG1、环齿轮→MG2、行星齿轮架→发动机输出轴。

丰田普锐斯混联式混合动力系统变速驱动桥结构如图 1-35 所示, 变速驱动桥主要包括变速驱动桥阻尼器 (带扭转减振的飞轮、MG1、MG2 和减速装置)、链、中间轴主动齿轮、中间轴从动齿轮、主减速器小齿轮和主减速器环齿轮, 行星齿轮组、MG1、MG2。变速驱动桥阻尼器和主动链轮都安装在同心轴上, 动力从主动链轮传输到减速装置。

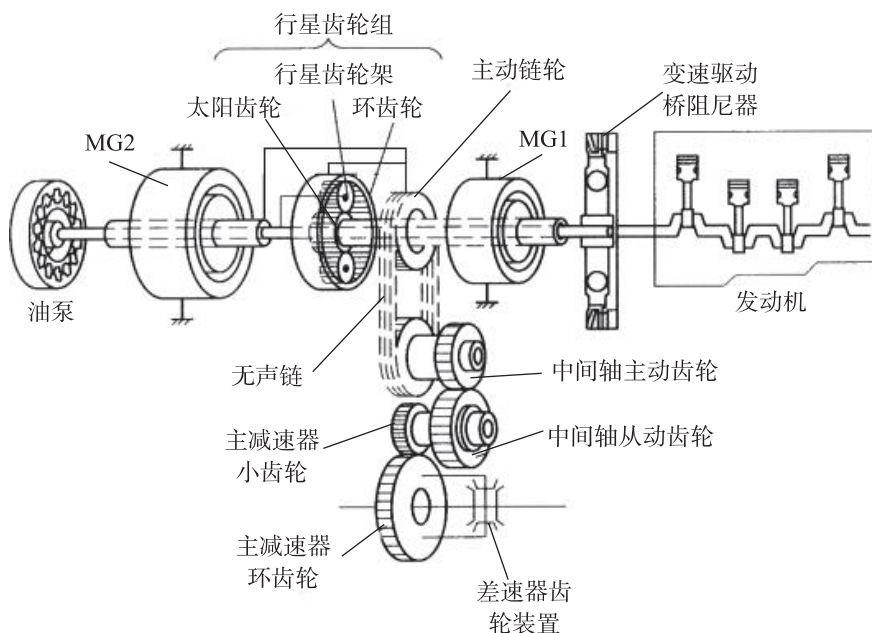


图 1-35 变速驱动桥组成

三、工作过程

以丰田普锐斯混动系统为例，动力系统工作切换过程如下。

1.MG1 作电动机时的发动机起动和 MG1 的发电工况

HV ECU 起动 MG1 从而起动发动机。运行期间，为了防止环齿轮转动并驱动车轮，MG2 处于电动状态以施加制动，这个功能称为“反作用控制”或“起动控制”。图 1-36 所示为起动控制行星齿轮速度。

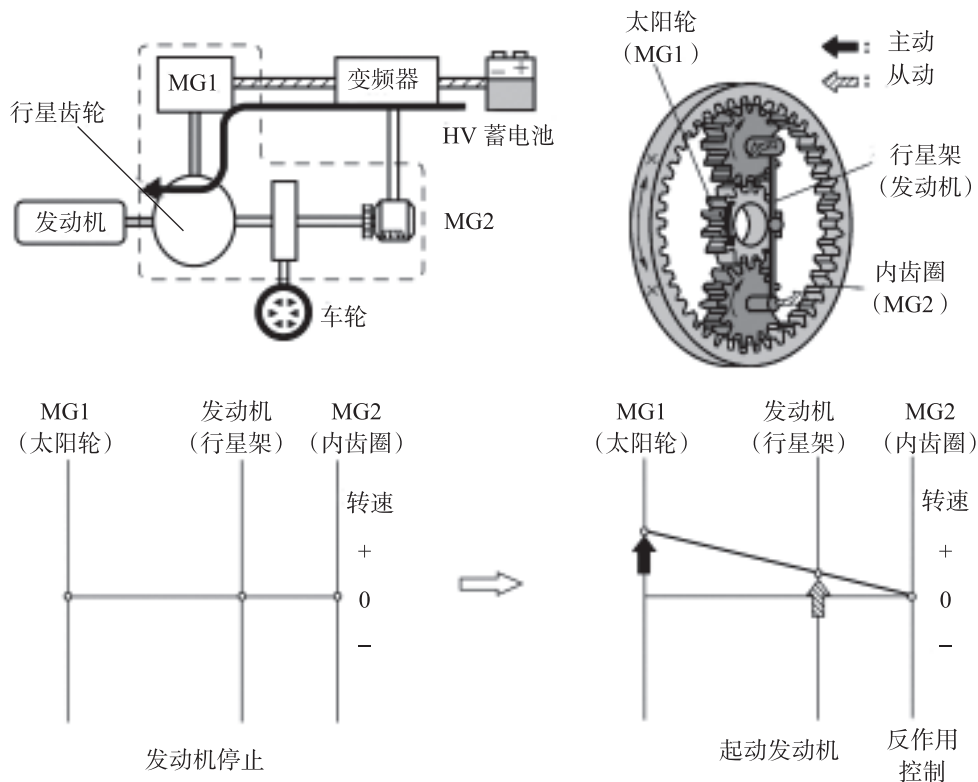


图 1-36 起动控制行星齿轮速度图

注：图中行星齿轮的运动状态是从 MG2 向 MG1 方向看的。

图 1-37 所示为发动机拖动 MG1 发电时的行星齿轮速度。在行驶中发动机转动带动太阳轮转动，此时 MG1 作发电机为 HV 蓄电池充电。

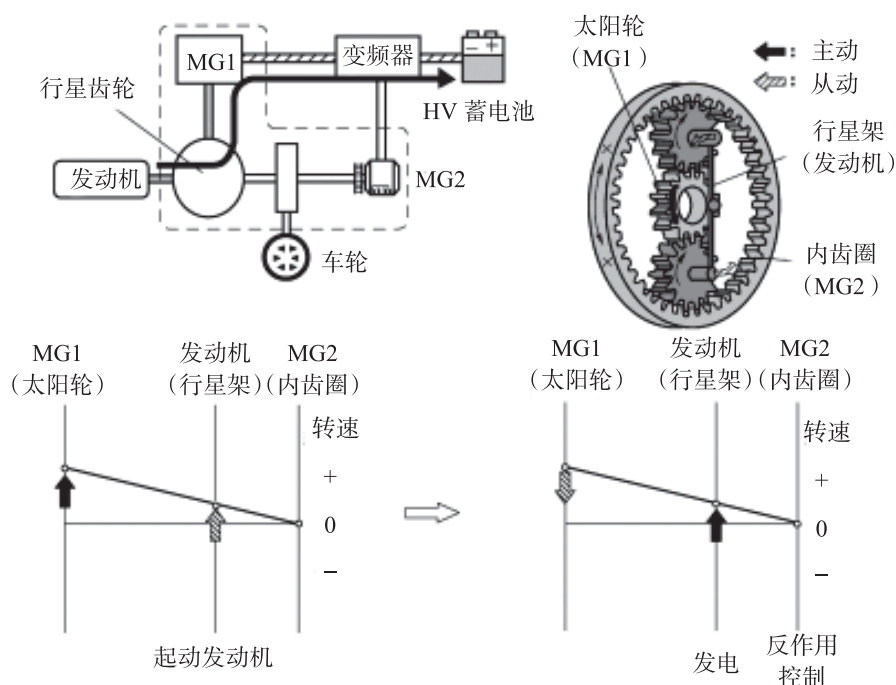


图 1-37 发动机拖动 MG1 发电时的行星齿轮速度图

2. MG2 驱动时的纯电动工况起动

图 1-38 所示为纯电动工况起动时的行星齿轮速度。MG2 驱动车辆起步后，车辆仅由 MG2 驱动。这时发动机保持停止状态，MG1 以反方向旋转而不发电。

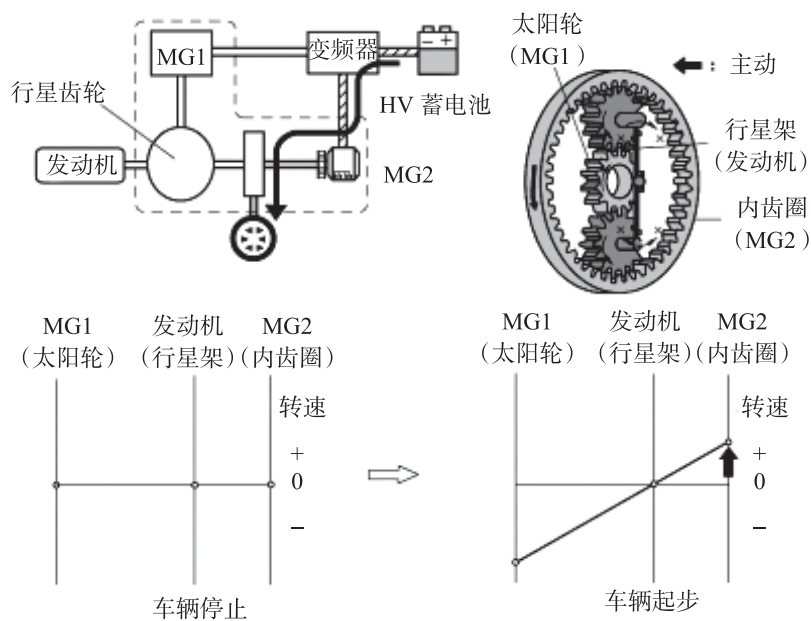


图 1-38 纯电动工况起动时的行星齿轮速度图

3. 纯电动转混合动力时的发动机起动控制

图 1-39 所示为纯电动转混合动力时的发动机起动控制行星齿轮速度。纯电动工况只有 MG2 工作时，如果增加所需驱动扭矩，MG1 将被起动，此时 MG1 和 MG2 共同拖动发动机起动。在

纯电动工况不需增加扭矩时,若 HV ECU 监视的项目如 SOC (State of Charge) 状态、蓄电池温度、水温 and 电载荷状态与规定值有偏差,则 MG1 也将被起动,进而起动发动机。

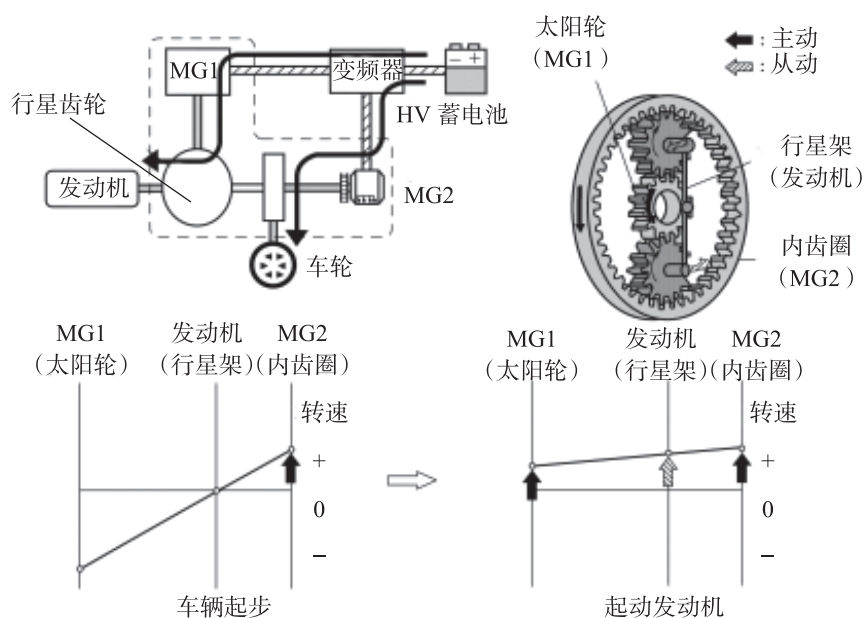


图 1-39 纯电动转混合动力时的发动机起动控制行星齿轮速度图

4.MG1 发电和微加速模式

图 1-40 所示为 MG1 在小负荷作发电机用时的行星齿轮速度。小负荷时已经起动的发动机将使 MG1 作为发电机为 HV 蓄电池充电,并向 MG2 供电。但需要增加驱动扭矩时,发动机将起动作为发电机的 MG1 并转变为电动机,这种工况也称为“发动机微加速”模式。

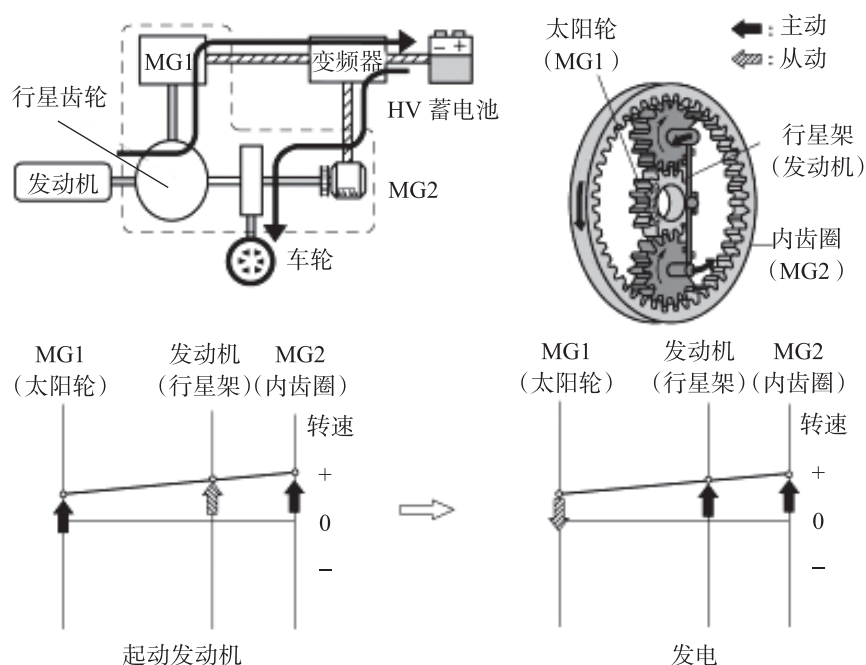


图 1-40 MG1 在小负荷作发电机用时的行星齿轮速度图

图 1-41 所示为 MG1 在微加速模式作电动机时的行星齿轮速度。发动机微加速时，发动机的动力由行星齿轮分配，其中一部分动力直接输出，剩余动力用于 MG1 发电。通过变频器的电动传输，电力输送到 MG2 用作 MG2 的输出动力。

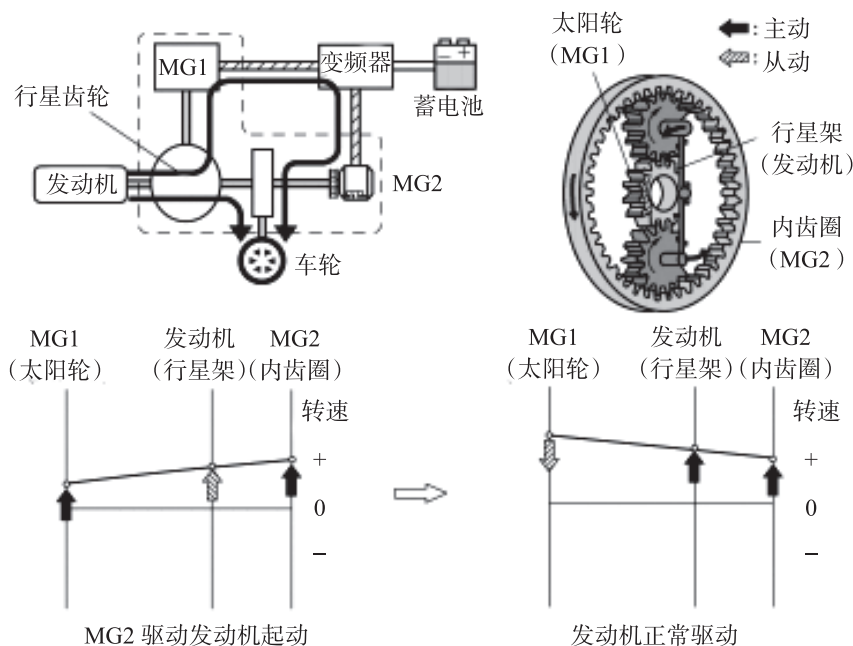


图 1-41 MG1 在微加速模式作电动机时的行星齿轮速度图

5. 低载荷巡航时

图 1-42 所示为 MG1 在低载荷巡航时的行星齿轮速度。车辆以低载荷巡航时，发动机的动力由行星齿轮分配。其中一部分动力直接输出，剩余动力用于 MG1 发电。通过变频器的电动传输，电力输送到 MG2 用作 MG2 的输出动力。

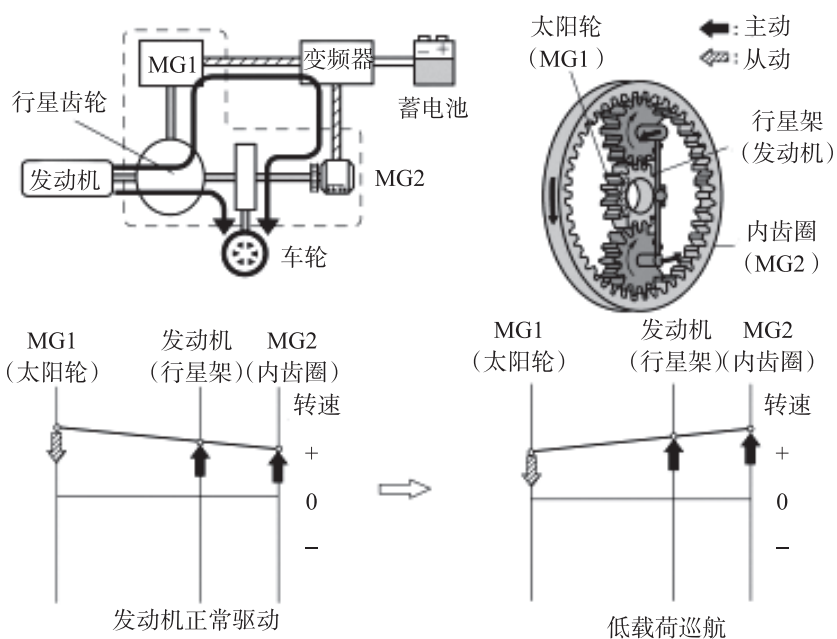


图 1-42 MG1 在低载荷巡航时的行星齿轮速度图

6. 节气门全开加速时

图 1-43 所示为加速工况时的行星齿轮速度。车辆从低载荷巡航转换为节气门全开加速模式时，系统将在保持 MG2 动力的基础上，增加 HV 蓄电池的电动力，此时发动机、MG1 和 MG2 全部给汽车加力以产生加速扭矩。

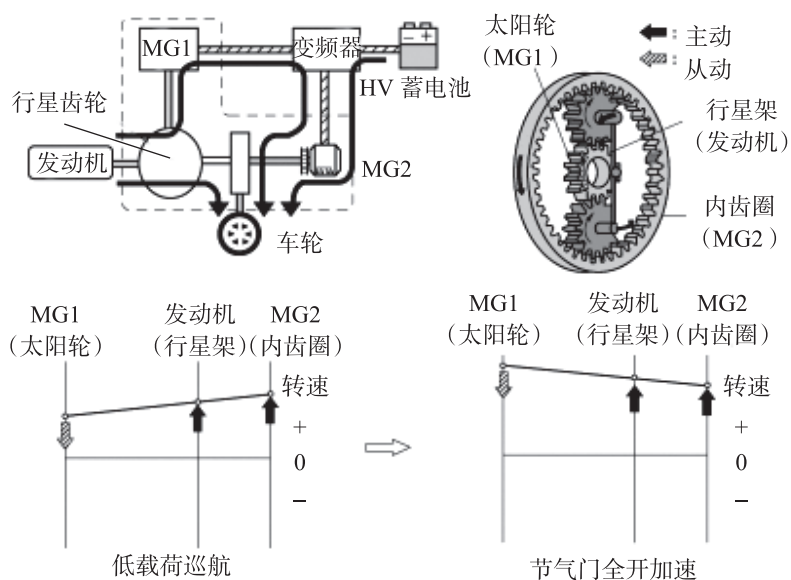


图 1-43 加速工况时的行星齿轮速度图

7. 减速行驶时

图 1-44 所示为 D 挡减速时的行星齿轮速度。分为 D 挡减速行驶和 B 挡减速行驶两种情况。车辆以 D 挡较低车速减速行驶时，发动机停止工作，动力为零。这时，车轮驱动 MG2，使 MG2 作为发电机运行并为 HV 蓄电池充电，太阳轮反转，MG1 不进行发电控制，从而不发电。另外当车辆从较高速度开始减速时，发动机以预定速度继续工作保护行星齿轮组，防止因行星齿轮转速过高而烧毁行星齿轮轴承。

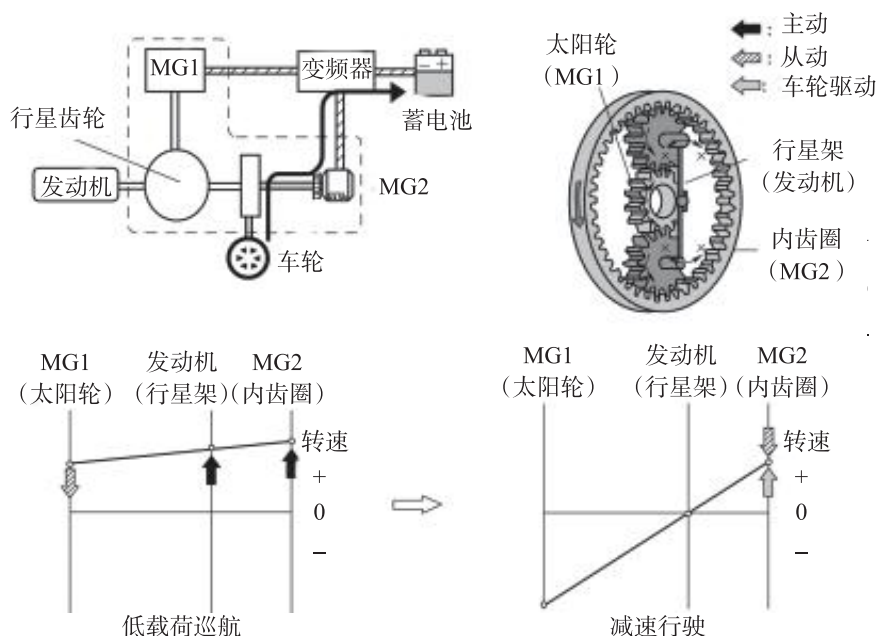


图 1-44 D 挡减速时的行星齿轮速度图

图 1-45 所示为 B 挡减速时的行星齿轮速度。车辆以 B 挡减速行驶时, 车轮能量一部分驱动 MG2, 使 MG2 作为发电机工作并为 HV 蓄电池充电, 为 MG1 供电, 这样 MG1 处于电动机状态带动太阳轮正转, 内齿圈转动能量的另一部分经发动机转速并施加给发动机制动。这时, 发动机燃油供给被切断。

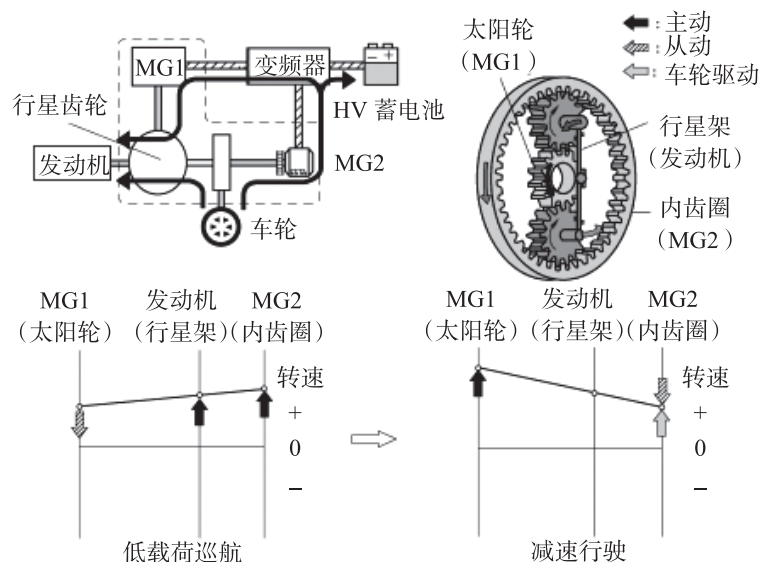


图 1-45 B 挡减速时的行星齿轮速度图

如果驾驶员踩下制动踏板, 制动防滑控制 ECU 计算所需的再生制动力并发送信号到 HV 蓄电池 ECU, HV 蓄电池 ECU 接收到信号后在符合所需再生制动力的范围内增加再生制动力。这样就可以控制 MG2 产生充足的电量。

8. 倒车工况

图 1-46 所示为车辆倒车时的行星齿轮速度。MG2 驱动车辆倒车时, 仅以 MG2 为车辆提供动力。这时 MG2 反向旋转, 发动机不工作, MG1 正向旋转但并不发电。

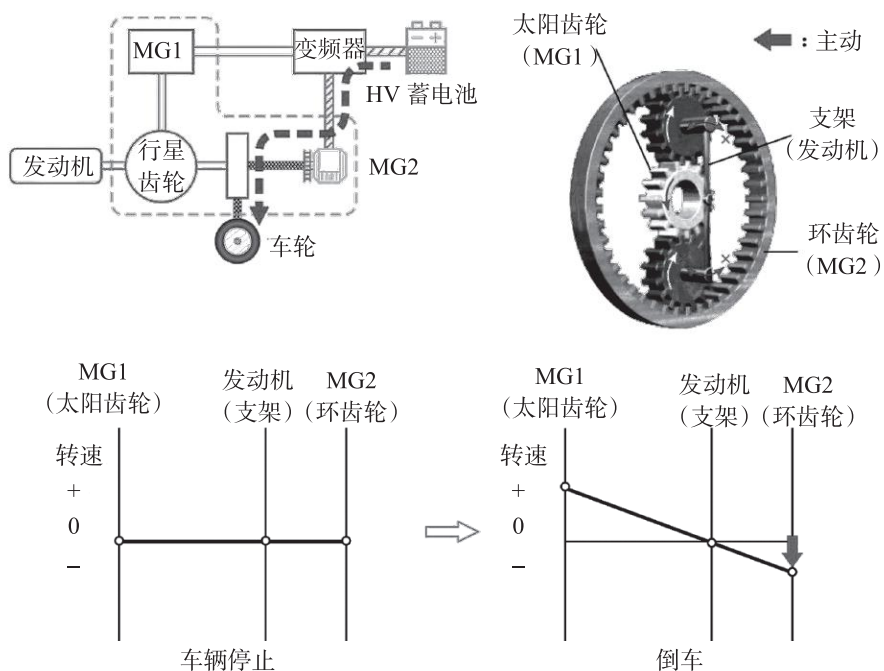


图 1-46 车辆倒车时的行星齿轮速度图

图 1-47 所示为起动发动机时的行星齿轮速度。MG2 驱动车辆倒车需要起动发动机时，如果 HV ECU 监视到 SOC 状态、蓄电池温度、水温和电载荷状态与规定值有偏差，那么 MG1 将被带动进而起动发动机。

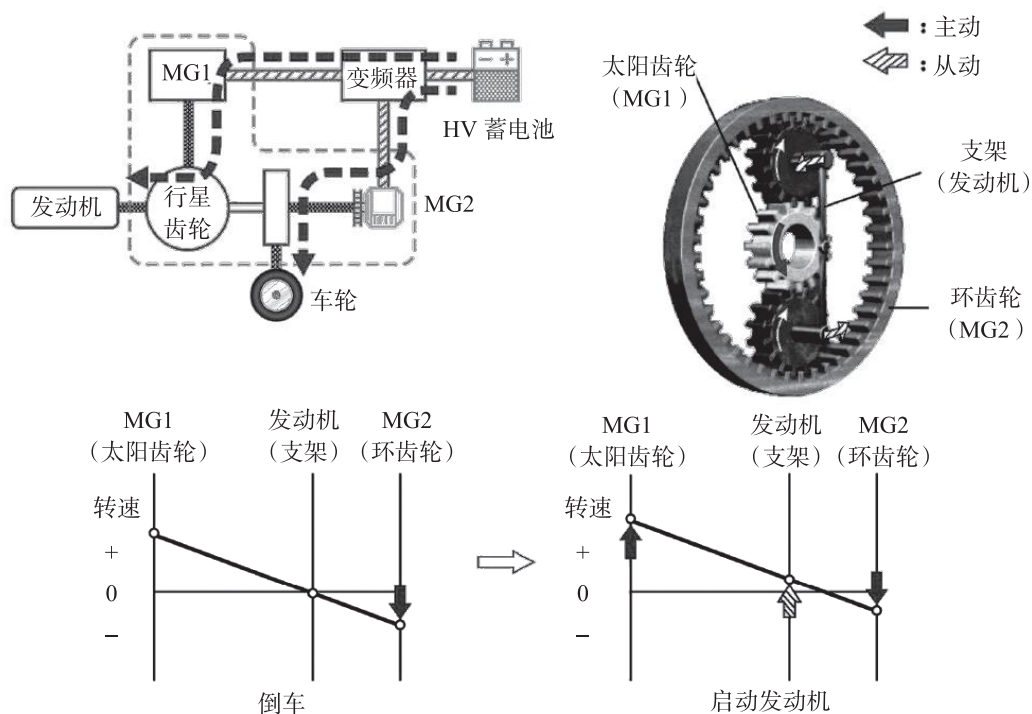


图 1-47 起动发动机时的行星齿轮速度图

图 1-48 所示为发动机驱动发电机时的行星齿轮速度。倒车时，发动机带动 MG1 作为发电机工作并为 HV 蓄电池充电。

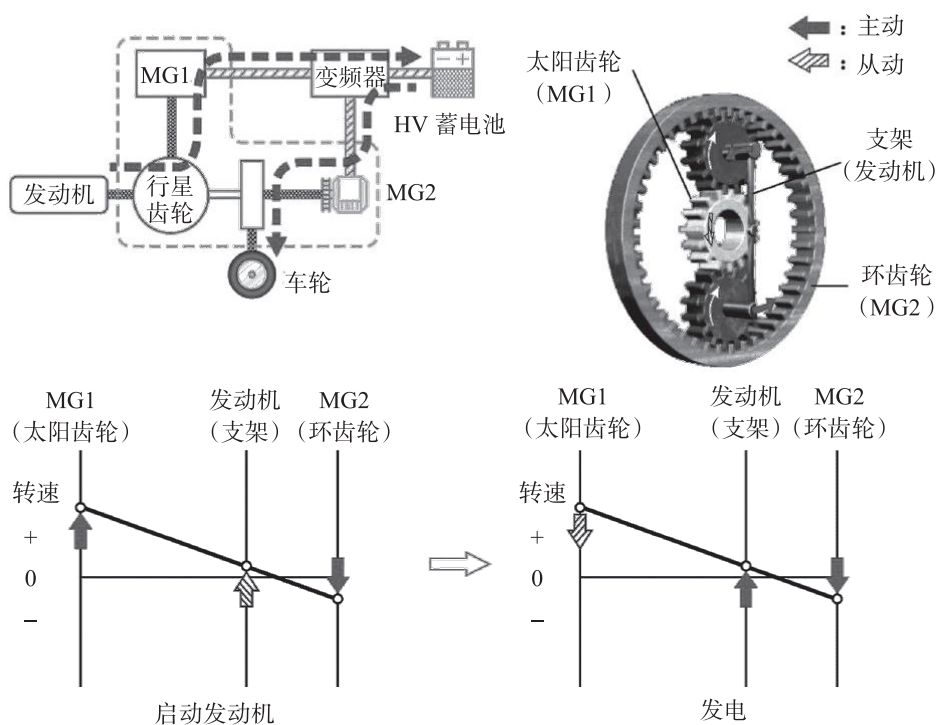


图 1-48 发动机驱动发电机时的行星齿轮速度图

第二章

混合动力汽车的使用和维护

情境引入

21 岁的汽车专业学生小林毕业后打算先从汽车技术干起，为将来的发展打下坚实的技术基础。因此毕业后他应聘进入了丰田服务站，他想在这里学到全球顶尖的混合动力汽车技术。小林刚进入汽车维修车间的前两周，你知道他要用到哪些知识吗？

学习目标

- (1) 了解混合动力汽车如何使用。
- (2) 了解混合动力汽车一般工作流程。
- (3) 了解混合动力汽车识别信息。
- (4) 了解混合动力汽车维修注意事项。
- (5) 了解混合动力汽车高压维修注意事项。
- (6) 了解检查或维修发动机室时应遵守的注意事项。
- (7) 了解混合动力车辆蓄电池放电时的处理措施。
- (8) 了解车辆撞击损坏后应采取的措施。

第一节 混合动力汽车的使用

一、电动汽车驾驶

1. 加速踏板控制

驾驶员通过控制加速踏板踏下的深度可以向混合动力汽车的管理系统提出扭矩申请，混合动力汽车管理系统通过控制电机和发动机来协调完成动力输出。

2. 制动踏板控制

为了驾驶员在不同车型转换使用时不会产生制动力的区别，也为了符合法规的要求，混合动力汽车要有和传统汽车相同的制动减速度和操纵轻便度。

3. 换挡控制

混合动力汽车变速器必须是自动变速器。

轻混型汽车通常以液力自动变速器（AT）、机械式自动变速器（AMT/DSG）或无级变速器（CVT）其中之一作为变速器，在发动机和变速器之间增加离合器，这时换挡杆通常仍为 P 位、R 位、N 位、D 位，与传统汽车相同。

采用行星排的电力无级变速器车型换挡杆多为 R 位、N 位、D 位、B 位，其中 B 挡是为了实现发动机制动功能而设计的。将原来 P 挡操纵控制棘轮和棘爪的直接操纵机构换为线控驻车挡，即由 P 挡来进行线控驻车申请，变速器控制单元控制减速电机来完成驻车功能。

二、行驶模式

1. EV 行驶模式控制

EV 行驶模式可降低车辆噪音，进入或离开车库时，还能同时减少车库内产生的废气量。驾驶员操作 EV 行驶模式开关时，如果满足工作条件，动力管理控制 ECU（HV ECU）仅使用 MG2 驱动车辆。

满足所有工作条件时，按下“EV 行驶模式”开关进入 EV 行驶模式，并且 EV 行驶模式指示灯点亮。如果未满足任一工作条件而按下 EV 行驶模式开关，多信息显示屏上将显示信息以告知驾驶员 EV 行驶模式开关操作被拒绝，无法进入 EV 行驶模式。

车辆在 EV 行驶模式下行驶时，如果未满足任一工作条件，EV 行驶模式指示灯将闪烁 3 次且蜂鸣器鸣响以告知驾驶员 EV 行驶模式即将取消。EV 行驶模式自动取消后，将再显示一条信息，提示 EV 行驶模式已取消。

满足下列所有工作条件时，可使用 EV 行驶模式。

（1）混合动力系统温度不高（车外气温高时、车辆爬坡行驶或高速行驶后，混合动力系统温度会升高）。

（2）混合动力系统温度不低（车外气温低且车辆长时间未使用时，混合动力系统温度会降低）。

（3）发动机冷却液温度为 0℃或更高。

（4）SOC 为 50% 或更高。

（5）发动机冷机状态车速为 30 km/h 或更低。

- (6) 发动机暖机状态车速为 45 km/h 或更低。
- (7) 加速踏板踩下量为特定值或更低。
- (8) 除霜器关闭。
- (9) 巡航控制系统未工作。

【提示】EV 行驶模式期间的可连续行驶里程根据 HV 蓄电池的 SOC 和行驶条件（如平坦路面和山坡）的不同而不同。但是，通常在数百米和两千米之间。

2.PWR 模式

PWR（动力控制驾驶）模式下（见图 2-1），动力管理控制 ECU（HV ECU）通过增大比正常控制模式下的加速踏板开度中间范围的原动力来优化加速性能。

3.ECO 模式控制

ECO（经济）模式下（见图 2-1），动力管理控制 ECU（HV ECU）通过缓慢产生原动力（与加速踏板操作相比）来优化燃油经济性和行驶性能。同时，通过优化空调性能来支持环保驾驶。

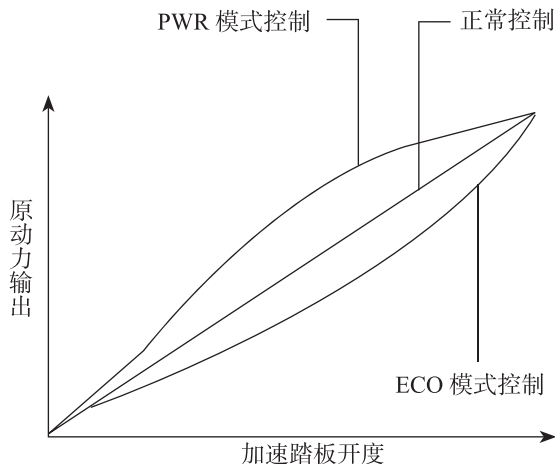


图 2-1 电动汽车 PWR 模式和 ECO 模式控制

第二节 维修基本信息查询

一、一般工作流程

维修操作分为以下三个主要过程。

- (1) 诊断。
- (2) 拆卸、安装、更换、拆解 / 重新装配、检查和调节。
- (3) 最终检查。

二、识别信息

1. 车辆识别号

车辆识别号压印在车身和认证标签上。A 为车辆识别（见图 2-2），B 为认证标签（见图 2-3）。

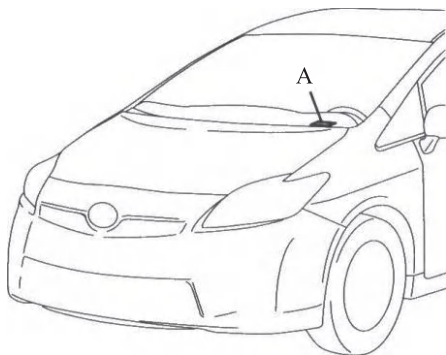


图 2-2 车辆识别

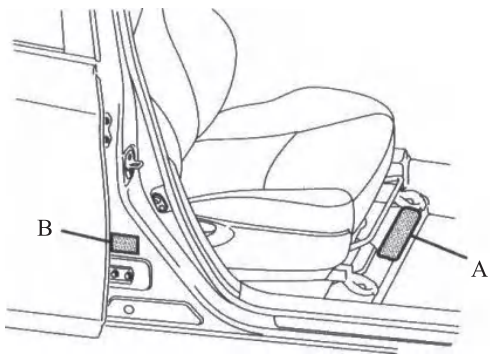


图 2-3 认证标签

2. 发动机系列号和传动桥系列号

发动机系列号压印在发动机气缸体上，A 为 5ZR-FXE 发动机系列号（见图 2-4）。传动桥代码压印在壳体上，A 为 P410 传动桥代码（见图 2-5）。

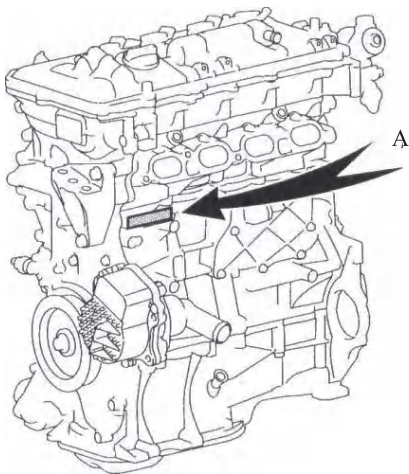


图 2-4 5ZR-FXE 发动机系列号

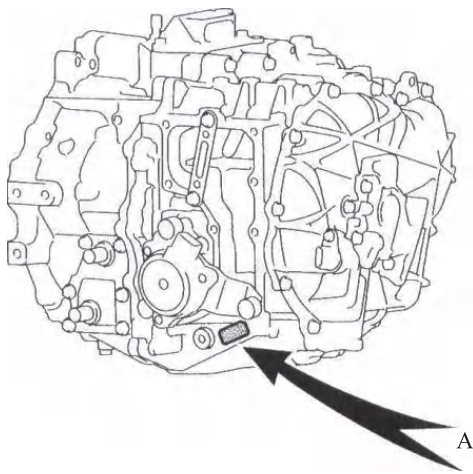


图 2-5 P410 传动桥代码

第三节 维修注意事项

维修注意事项如图 2-6 所示。

1. 着装

身着清洁的工作服，戴好帽子，穿好安全鞋，戴好手套。从事高压电的操作前一定要进行下电操作，待变频器中电容放电后再从事电池箱以外的高压线路或高压产品操作。

2. 车辆保护

开始工作前,准备好散热器格栅罩、翼子板保护罩、座椅护面及地板垫。

3. 安全操作

与两个或两个以上人员一起工作时,务必要相互检查安全情况,特别是在从事高压操作前。在发动机运转的情况下进行工作时,要确保修理车间中具备通风装置,以排出废气,防止 CO 或 NO_x 中毒。维修高温、高压、旋转、移动或振动的零件时,一定要佩戴适当的安全设备,并且要格外小心,不要使自己或他人受到伤害。顶起车辆时,务必顶在车辆底部的安全支撑规定部位。举升车辆时,使用适当的安全设备。

4. 准备工具和测量设备

开始工作前,准备好所需工具台、专用工具、测量设备(万用表、示波器和诊断仪)、油液和全部的更换零件。

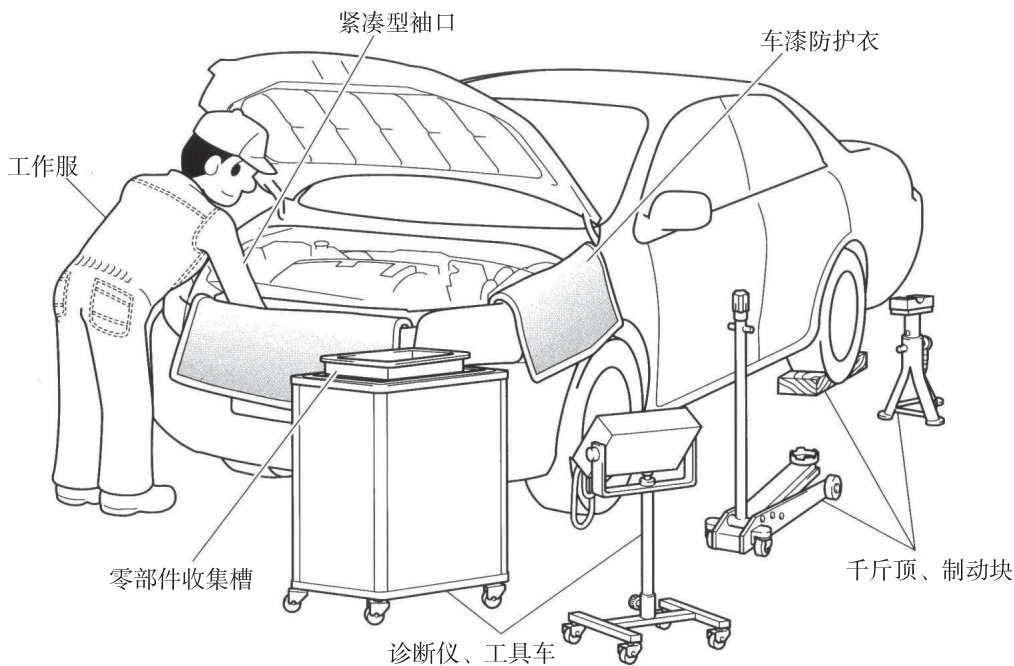


图 2-6 维修注意事项

5. 拆卸和安装、拆解和装配操作

在充分了解正确的维修程序和报修故障之后,对故障进行诊断。拆卸任何零件前,都要检查总成的总体状况以确认是否变形和损坏。如果程序复杂,要做记录。例如,记录拆下的电气连接器、螺栓或软管的总数。加上装配标记,以确保将各零部件重新装配到其原来位置。如有必要,可暂时对软管及其管接头做标记。标记方法有记号笔记号、贴纸记号或手机照相记号等。如有必要,清洗拆下的零件,彻底检查后,再装配这些零件。

6. 拆下零件的检查

将拆下的零件放在一个单独干净的铁盘内,避免与新零件混淆或弄脏新零件。对于不可重复使用的零件,如衬垫、O 形圈和自锁螺母等,要按照厂家提供手册中的说明用新件进行更换。如客户要求保留拆下的零件,应保留拆下的零件,以备客户检查,不可欺骗客户或藏匿部件,或以

其他车辆的旧部件给客户检查，避免对企业形象造成不良的影响。

7. 工作完成后检查

确保要更换的部件全部都正确安装、力矩准确，例如，在更换发动机机油过程中，要拧紧拆下和安装的零件（机油加注口盖、机油尺和地板垫等）；确保使用的抹布或工具没有遗留在发动机室或车内；检查并确认没有机油泄漏等。

第四节 高压维修注意事项

一、下电操作

（1）在检查或维修高压系统之前，务必遵守所有安全措施，例如：在戴好绝缘手套后，才能拆下检修塞（见图 2-7），防止电击。

（2）将拆下的检修塞装在自己的口袋里，防止其他技师在您维修车辆时将其意外重新连接。

（3）拆下检修塞把手后，除非修理手册规定，否则请勿将电源开关置于“ON”（READY）位置，这样可能会导致混合动力管理控制单元故障。拆下检修塞把手后，在接触任何高压连接器和端子前，等待 10 分钟以便带转换器的逆变器总成内的高压电容器充分放电。

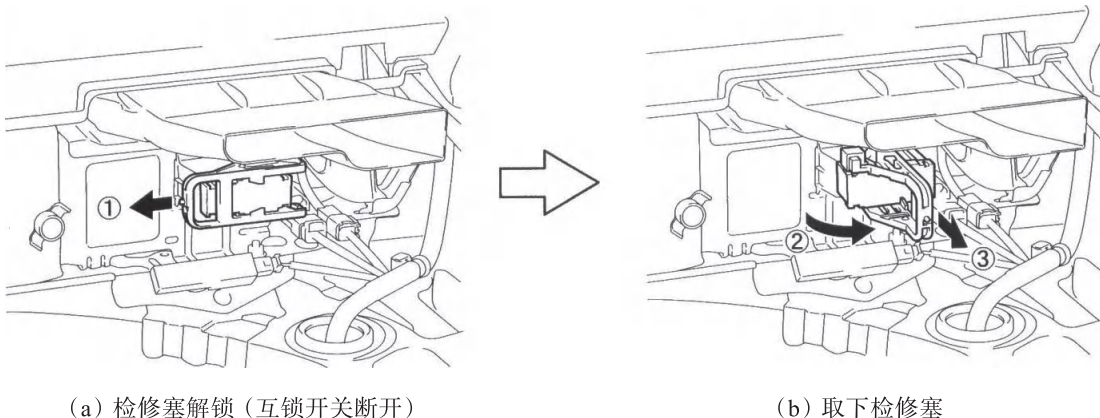


图 2-7 拆下检修塞

二、带电操作时

1. 安全佩戴

带电操作时务必佩戴绝缘手套、护目镜，穿好安全鞋。对电池箱内元件进行带电操作时，必须使用绝缘手套。

为了检查手套是否有裂口，请按如图 2-8 所示进行四步检查。

- （1）将手套侧放。
- （2）向上卷开口 2 或 3 次。
- （3）对折开口以将其封死。
- （4）放在耳侧用手捏听是否有气体溢出，确保没有空气泄漏。

通过这四步来检查它们是否有破裂、磨损或其它类型的损坏。

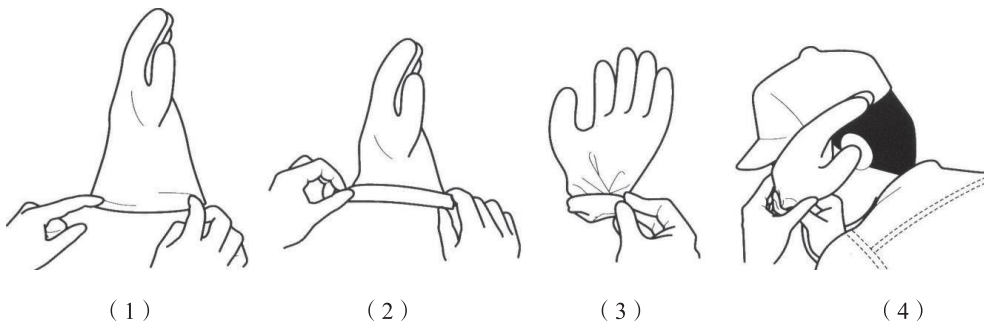


图 2-8 手套裂口的检查

2. 维修车辆

维修车辆时，特别是在高压配电箱中带电操作时，不要携带自动铅笔或刻度尺之类的金属物品，以免这些物品意外掉落导致短路。在接触配电箱中裸露的高压端子之前，要戴好绝缘手套并用检测仪确定该端子的电压为 0 V。

需要长期暴露高压连接器或端子时，要立即使用保鲜膜包住，再用绝缘胶带将其包住绝缘（见图 2-9），防止人为导致检修塞处意外接通的触电。使用保鲜膜的目的是防止绝缘胶带的黏性物质粘在端子上不易清除，也防止因手上的盐渍或其他污染物造成腐蚀产生电阻。

应将高压端子的螺栓和螺母紧固至规定扭矩。扭矩过大（损坏母孔导致松动）和不足（出现虚接电阻）均可能导致电阻故障，电阻在过大时会产生失火故障，是十分危险的。

如果短时间拆下端子，只要检修塞下电操作完成，在完成验电无电的操作后，可不必用绝缘胶带将其包住，但不要用手接触金属部分，防止因手上的盐渍或其他污染物造成腐蚀产生电阻。

使用“警告：高压请勿触碰”的标牌告知其他技师正在检查 / 维修高压系统。

在维修高压系统之后和重新安装检修塞之前，再次检查并确认以下内容：①有无任何零件或工具遗留在高压系统内；②所有拆过的高压端子紧固是否良好，电缆的正、负极性连接器连接是否正确；③进行包括高压线束的作业时，使用缠有乙烯绝缘胶带的工具或绝缘工具。在安装混合动力系统零部件时，如 HV 蓄电池，确保连接的所有极性正确。

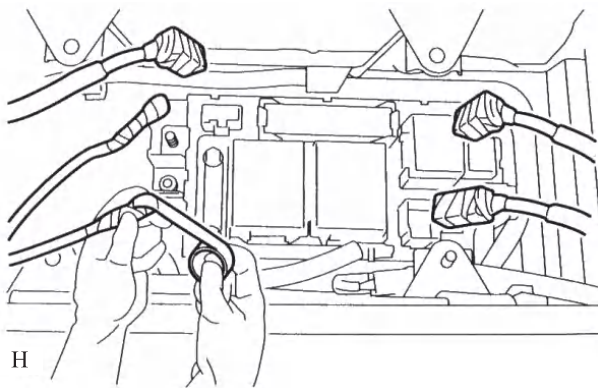


图 2-9 高压电缆的端子防腐蚀保护和绝缘隔离

三、喷漆操作

从车辆安全方面考虑，新能源汽车车身外观受损，需要对其进行重新喷漆时，在喷涂完毕后将新能源汽车送入烤漆房之前一定要将电动汽车电池包拆下来。因为烤漆房在对车身漆面进行高温烘干处理的时候，烤漆房内温度将达到 50 ℃ 以上，有些甚至达到 100 ℃ 以上，这已经大大超过了电动汽车电池包的高温承受范围，容易引起火灾。

第五节 车辆撞击损坏后应采取的措施

一、撞车时的处理

(1) 务必按照厂家手册中的说明操作。否则可能会导致严重伤害或电击。

(2) 事故现场应准备的用品：防护服（绝缘手套、橡胶手套、护目镜和安全鞋）；20L 饱和硼酸溶液（将 800g 硼酸粉末放在容器中用水溶解）；红色石蕊试纸；“ABC”灭火器（可有效扑灭油火及电火）；抹布或布条（用于擦除电解液）；绝缘胶带（用于电缆绝缘）。

混合动力汽车使用镍氢蓄电池时，镍氢蓄电池电解液为含有氢氧化钾的强碱溶液。

在镍氢蓄电池被撞，车挤压变形后，应目测检查 HV 蓄电池及其周围区域是否有电解液泄漏。请勿接触任何泄漏的液体。因其可能是强碱性电解液，需戴好橡胶手套和护目镜，用饱和硼酸溶液中和泄漏的液体，然后用红色石蕊试纸测试该液体。检查并确认试纸未变成蓝色后，用抹布或布条擦净中和的液体。如果皮肤接触到电解液，可用饱和硼酸溶液或大量清水进行冲洗；如果衣物接触到电解液，立即将该衣物脱掉；如果电解液进入眼睛，不要揉擦眼睛，要大声呼救，并立即用大量清水冲洗眼睛，然后去医院就医。

【注意】

① 硼酸为白色粉末状结晶或三斜轴面鳞片状光泽结晶，有滑腻手感，无臭味。硼酸在水中的溶解度很小，20℃下 100 g 水中仅能溶解 5 g 硼酸。用热水溶解足量硼酸，充分搅拌一定时间，自然冷却后，取上层清澈溶液即可。

② 石蕊试纸有红色石蕊试纸和蓝色石蕊试纸两种。红色用来检验碱性物质，蓝色用来检验酸性物质。碱性溶液使红色试纸变蓝，酸性溶液使蓝色试纸变红。

③ “ABC”灭火剂表示的是磷酸铵盐干粉，这种灭火剂适用于扑救 A 类（固体）、B 类（液体）、C 类（气体）火灾。其他型号灭火器的编号含义：P—泡沫灭火剂，酸碱灭火剂；F—干粉灭火剂；T—二氧化碳灭火剂；Y—1211 灭火剂；SQ—清水灭火剂。

(3) 在事故现场应采取的措施：不要接触可能为高压电缆的裸露电缆。如果必须接触电缆或不可避免意外接触该电缆，应戴好绝缘手套并用绝缘胶带将电缆绝缘。

二、撞车后失火处理

如果车辆起火，则用“ABC”灭火器将火扑灭，或大量的水灭火，或等待消防队员灭火。

三、有水且撞车蓄电池损坏的处理

拆下 HV 蓄电池后，使其远离水源。暴露在水中可能会使 HV 蓄电池产生热量，从而导致起火。只有将车辆从水中拖出之后，才可以处理车辆。

四、高压零部件和电缆损坏的处理

如果怀疑任一高压零部件或电缆损坏，则按照以下程序切断高压电路（过程中务必佩戴绝缘手套、护目镜，穿好安全鞋）：先将电源开关置于“OFF”位置；如果不能将电源开关置于“OFF”

位置，则从发动机室继电器盒和接线盒总成上拆下动力管理系统的供电保险丝，如 IGCT 保险丝和 AM2 保险丝，并确认“READY”灯熄灭；然后从辅助蓄电池负极（-）端子上断开电缆；再佩戴绝缘手套拆下检修塞。

拆下检修塞把手后，除非修理手册规定，否则请勿将电源开关置于“ON（READY）”位置。因为此时电控单元会检测到检修塞上的互锁开关断开的故障，这个故障一旦存储，在检修塞插回时，系统也是无法上电就绪的，要等诊断仪清除故障码后才可以上电就绪。

第六节 如何移走损坏车辆

一、拖车条件

出现以下四个条件之一时用拖车拖走车辆。

- （1）一个或多个高压零部件及电缆损坏。
- （2）与驱动系统、传动桥或燃油系统有关的零部件损坏。
- （3）主警告灯点亮。
- （4）尝试将电源开关置于“ON（READY）”位置时“READY”灯不亮。

【注意】在用拖车拖走车辆之前，要从辅助蓄电池的负极（-）端子上断开电缆，并拆下检修塞把手，以对高压系统做下电处理。

二、车辆牵引准备

如果“READY”灯熄灭或者在驾驶时出现异常噪声、异味或强烈振动，则执行以下程序。

- （1）先将车辆停放在安全位置，防止发生追尾，或影响交通。
- （2）施加驻车制动，然后按下“P”位置开关。
- （3）将电源开关置于“OFF”位置，断开后备箱内右侧铅酸蓄电池负极（-）端子上的电缆。
- （4）在佩戴绝缘手套的情况下拆下检修塞把手。

三、牵引车辆时的注意事项

1. 两轮着地的牵引方式

牵引损坏的车辆时，应使其前轮和后轮离开地面。如果在牵引损坏的车辆时使其前轮接触地面，可能会导致永磁同步电机发电。根据车辆损坏的性质，这种电流可能会泄漏并导致起火。

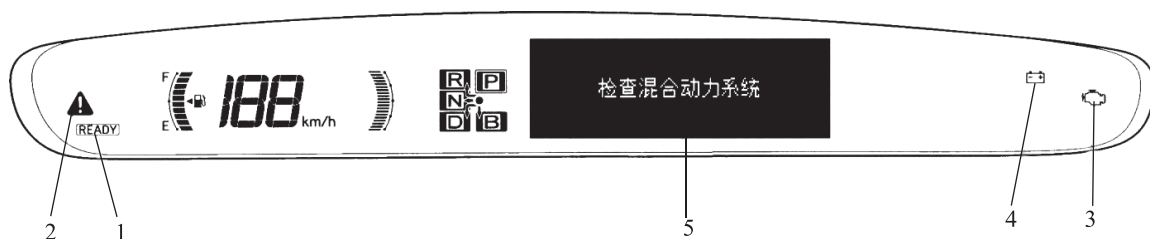
2. 四轮着地牵引方式

在四个车轮全部着地的情况下，如果需要使用绳索牵引车辆，则牵引速度不能超过 30 km/h，且只能牵引较短距离，然后用卡车将车辆拖走。将电源开关置于“ON（IG）”位置，将换挡杆移至“N”位，并确认已选择空挡“N”；如果辅助蓄电池断开，则无法选择空挡“N”。与变速器控制 ECU 有关的零件有故障时，可能无法选择空挡“N”。确保牵引车辆时不要将电源开关置于“OFF”位置，否则可能选择驻车挡“P”，从而导致损坏或发生事故。如果损坏的车辆在牵引期间出现异常情况，要立即停止牵引。

第七节 仪表信息

一、仪表主要指示灯

仪表板上的“READY”高压上电就绪灯点亮时(见图 2-10),车辆的发动机会进入自动启动和自动停止控制,这个自动过程依据用电负荷的大小。为避免受伤,在发动机舱内作业时要确保电源开关内的指示灯和仪表上的“READY”灯都是熄灭的状态。



1-READY 灯; 2-主警告灯; 3-发动机 MIL; 4-充电警告灯; 5-多信息显示屏

图 2-10 仪表主要指示灯

二、警告灯点亮时应采取的措施

1. READY 灯

仪表绿色的“READY”灯在将电源开关置于“ON (READY)”位置时点亮,表示车辆已为驾驶准备就绪,高压电已经过高压配电箱的正、负极继电器加电到变频器。

2. 主警告灯

主警告灯特征是三角内有个感叹号,主警告灯点亮或闪烁,表示多信息显示屏正显示当前警告。根据警告,蜂鸣器也可能鸣响。混合动力系统或混合动力蓄电池系统发生任何故障时,主警告灯点亮或闪烁,蜂鸣器鸣响,多信息显示屏上显示警告“检查混合动力系统”。

3. 发动机 MIL

发动机 MIL (Malfunction Indication Lamp, 故障灯)为黄色的故障灯,当发动机控制系统中出现故障时点亮(将电源开关置于“ON (IG)”位置和“ON (READY)”位置时也会点亮)。

如果主警告灯、MI 和充电警告灯三个灯(见图 2-10)中有一个点亮,则将智能检测仪连接到 DLC3 (通信链路连接器 3)检查 DTC (诊断故障码)。然后,参考维修手册中适用的故障排除步骤来检查和维修受影响的部位。如果尝试将电源开关置于“ON (READY)”位置时,READY 灯未点亮,也需要执行上述操作。

当电源开关置于“READY”位置时,蓄电池形状的 12 V 电系充电警告灯亮代表 DC/DC 转换系统出现故障,相当于传统汽车的发电机未给蓄电池充电。如果此灯连同主警告灯一同点亮,则务必检查诊断 DTC 故障码。

第八节 处理两种蓄电池的馈电

丰田普锐斯混合动力汽车，车辆使用标称为 12 V 铅酸蓄电池和标称为 201.6 V 镍氢蓄电池。铅酸蓄电池为汽车的电系供电，而镍氢蓄电池为高压电系供电。当两种蓄电池馈电时，要使用两种不同方法重新充电。

一、12V 蓄电池放电时应采取的措施

标称为 12V 的铅酸蓄电池的电量完全耗尽时执行该程序。使用车下充足电的蓄电池并联车内馈电的蓄电池，由于蓄电池一般不在发动机机舱内，所以要通过发动机舱内的保险丝盒内辅助正极端子和车身的接地来并联为车上蓄电池充电（见图 2-11）。

方法是使车辆处于驻车制动状态，将电源开关置于“OFF”位置，并将钥匙移出车内检测区域。拆下发动机舱内的继电器盒盖，通常在一个标有红色正号的盖子下面会找到熄火车辆的起动辅助正极端子，另一头接救援车辆的辅助蓄电池正极端子。然后，找到救援车辆的辅助蓄电池负极端子接上起动电缆，并在熄火车辆上找到良好的搭铁点，一般用发动机上的吊钩作搭铁。这时救援车辆的 12 V 蓄电池与熄火车辆的辅助蓄电池相连接，汽车的电控单元在 12 V 供电状态下处于可工作状态，可以起动救援车辆的发动机，使发动机在略高于通常的转速下运行。将电源开关置于“ON (READY)”位置。

在混合动力系统起动后，按照与连接时相反的顺序立即断开起动辅助电缆。不要使起动辅助电缆一直保持连接状态，因为这时的外接蓄电池会成为用电设备，延长原车电池恢复电能的时间。

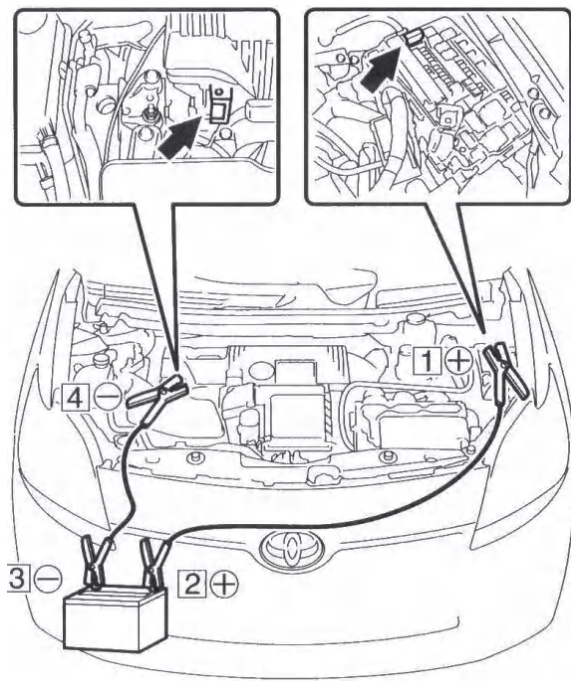


图 2-11 用车下铅酸蓄电池为车上铅酸蓄电池并联充电

【注意事项】切勿使用交流晶闸管阶跃电压调节式快速充电器给蓄电池长期充电，因为这种充电器很难调节一个合适的充电电压，一旦误操作输出的电压过高，一是会导致车上的许多控制单元可能无法正常工作或损坏电子元件，二是长时间用这种高电压给蓄电池充电也会造成蓄电池损坏。

【技师指导】继电器盒的正极端子与后备厢的蓄电池正极是物理连通的，在这个端子上接上起动电缆的正夹钳时，正夹钳要求外部套有绝缘套，防止夹钳手柄与车身的金属相碰产生大的火花。每次操作时只操作正极电缆或负极电缆，不可两条电缆同时带电操作，因为这样可能发生两个正、负夹钳短路烧伤操作人员的手，火花也可能进入眼睛，造成伤害。

二、混合动力车辆蓄电池放电时

在 12 V 蓄电池有电的情况下，如果未能起动混合动力系统，并且显示 HV 蓄电池警告，蓄电池符号内部或侧面标有感叹号时，则 HV 蓄电池可能放电。混合动力车辆蓄电池放电或电量低，或显示低牵引能力的电池“Low Traction Battery”时，应更换混合动力车辆蓄电池总成或用服务站专业人员专用的充电器为其动力电池充电。

第九节 两种检查模式操作程序

一、什么是检查模式

检查模式包括保养模式和认证模式。

1. 保养模式

保养模式（Maintenance Mode）是让发动机单独运转的模式，以方便汽车诊断与维修或进行车检中的尾气检查。它是进行发动机保养时点火正时检查、怠速废气排放测试（CO，HC）检查、以及使用速度表检测台和两轮底盘测功机等的测试准备的模式。方法是选择驻车挡“P”时保持发动机怠速运转。

2. 认证模式

认证模式（Certification Mode）用于切断牵引力控制系统 TRC。方法是使用速度表检测台检查车速表准确性或在两轮底盘测功机测试转矩，此模式要在行驶挡位取消牵引控制。

二、激活检查模式注意事项

激活检查模式中的保养模式让发动机单独工作之前，要先关闭空调，在选择驻车挡“P”的情况下起动混合动力系统，检查并确认发动机在起动数秒后停止（发动机暖机检查完成，动力正常）。

激活相应的检查模式并检查车辆，各测试的挡位如表 2-1 所示。

表 2-1 检查项目使用的挡位

测试项目	模式	挡位
车辆直线行驶测试（侧滑检查）	保养模式或正常模式	D
制动力测试	保养模式	N
速度表测试	保养模式	D
废气测试（怠速）	保养模式	P
前照灯测试	保养模式或正常模式	P

【车速表测试注意事项】确保在保养模式下（D 挡）进行测试。请勿在速度表检测台上进行快速起动或快速加速，否则可能损坏传动桥。正确的操作方法是缓慢踩下加速踏板，使车辆逐渐加速，进行测量。测量后，用制动器使车辆逐渐减速。

【使用底盘测功机的特殊注意事项】开始 D 挡测试之前，务必设置相应的负载。在最小负载下，对底盘测功机上的车辆执行突然加速或减速可能会损坏传动桥。

三、如何激活保养模式

1. 不使用智能检测仪激活保养模式

在 60 秒内，执行以下步骤。

- 步骤 1：将电源开关置于“ON（IG）”位置。
- 步骤 2：选择驻车挡“P”时，完全踩下加速踏板两次，对于四驱车踩下加速踏板四次。
- 步骤 3：选择空挡“N”时，完全踩下加速踏板两次，对于四驱车踩下加速踏板四次。
- 步骤 4：选择驻车挡“P”时，完全踩下加速踏板两次，对于四驱车踩下加速踏板四次。
- 步骤 5：检查并确认多信息显示屏上显示“保养模式”。
- 步骤 6：踩下制动踏板时，通过将电源开关置于“ON（READY）”位置起动发动机。

【提示】例如，丰田普锐斯混合动力汽车，在选择驻车挡“P”的情况下，保养模式下的怠速转速大约为 1 000 r/min。在选择驻车挡“P”的情况下，踩下加速踏板时，发动机转速升高至 1 500 r/min。将加速踏板踩下超过一半或完全踩下加速踏板时，发动机转速升高至大约 2 500r/min。

2. 使用智能检测仪激活保养模式

- 步骤 1：将智能检测仪连接到 DLC3。
- 步骤 2：将电源开关置于“ON（IG）”位置。
- 步骤 3：打开智能检测仪。
- 步骤 4：进入以下菜单：动力传动（Power Train）/ 混合动力控制（Hybrid Control）/ 工具（Utility）/ 测量尾气的检查模式（Inspection Mode-2WD for measuring Exhaust Gas）。
- 步骤 5：检查并确认多信息显示屏上显示“保养模式”。
- 步骤 6：踩下制动踏板时，通过将电源开关置于“ON（READY）”位置起动发动机。

【提示】在选择驻车挡“P”的情况下，保养模式下的怠速转速大约为 1 000 r/min。在选择驻车挡“P”的情况下，踩下加速踏板时，发动机转速升高至 1 500 r/min。将加速踏板踩下超过一半或完全踩下加速踏板时，发动机转速升高至大约 2 500 r/min。

四、如何激活认证模式

1. 不使用智能检测仪激活认证模式

在 60 秒内，执行以下步骤。

步骤 1：将电源开关置于“ON (IG)”位置。

步骤 2：选择驻车挡“P”时，完全踩下加速踏板三次。

步骤 3：选择空挡“N”时，完全踩下加速踏板三次。

步骤 4：选择驻车挡“P”时，完全踩下加速踏板三次。

步骤 5：检查并确认多信息显示屏上显示“认证模式”。

步骤 6：踩下制动踏板时，通过将电源开关置于“ON (READY)”位置起动发动机。

2. 使用智能检测仪激活认证模式

步骤 1：将智能检测仪连接到 DLC3。

步骤 2：将电源开关置于“ON (IG)”位置。

步骤 3：打开智能检测仪。

步骤 4：进入以下菜单：动力传动 (Power Train) / 混合动力控制 (Hybrid Control) / 工具 (Utility) / 两轮驱动汽车切断牵引力控制检查 (Inspection Mode-2WD for cutting TRC)。

步骤 5：检查并确认多信息显示屏上显示“认证模式”。

步骤 6：踩下制动踏板时，通过将电源开关置于“ON (READY)”位置起动发动机。

【提示】如果检查模式期间控制单元检查出故障，并存有 DTC 时，则仪表上的主警告灯点亮，并且出现警告信息。检查模式期间主警告灯（黄色三角内含感叹号）和警告信息点亮时会自动取消检查模式，这时应排除故障，并消除 DTC，重新进入检查模式。

检查模式完成后，解除检查模式的操作方法是將电源开关置于“OFF”位置，解除检查模式。若未取消检查模式直接行驶车辆可能会损坏传动桥。

第十节 典型工作任务五例

一、模式开关的使用

在车辆驾驶过程中为了实现驾驶员想要的动力输出模式设计了模式开关。经济模式省油，但车辆动力不强；动力模式费油，车辆动力强。两种模式都不选时默认为标准模式，兼顾动力和经济模式。

模式开关的操作按图 2-12 至图 2-19 所示的步骤执行。



图 2-12 按下经济 (ECO) 模式开关

步骤 1：按图 2-12 所示按下经济 “ECO” 模式开关。



图 2-13 仪表 ECO MODE 指示灯点亮

步骤 2：按图 2-13 所示，仪表中 ECO MODE 指示灯点亮确认模式选择成功。



图 2-14 按下动力 (POWER) 模式开关

步骤 3：按图 2-14 所示按下动力 (POWER) 模式开关。



图 2-15 仪表 PWR MODE 指示灯点亮

步骤 4：如图 2-15 所示，仪表中 PWR MODE 指示灯点亮确认模式选择成功。



图 2-16 按下纯电动 (EV) 模式开关 (1)

步骤 5：按图 2-16 所示，在动力电池馈电时，按下纯电动 “EV” 模式开关。



图 2-17 仪表信息显示 “不能切换到 EV 模式”

步骤 6：如图 2-17 所示，仪表信息显示屏确认模式选择不成功。



图 2-18 按下纯电动 (EV) 模式开关 (2)

步骤 7：按图 2-18 所示，在动力电池足电时，按下纯电动“EV”模式开关。



图 2-19 仪表 EV MODE 指示灯点亮

步骤 8：如图 2-19 所示，从仪表信息显示屏中确认 EV 模式选择成功。

二、车辆信息录入

车辆识别码 (VIN) 是汽车车身的身份证明，车身出厂时，车辆识别码是唯一的。车辆识别码在汽车车身上通常会有几处，例如可以在前风挡玻璃左下部 (最常见)、车内座椅下部的车身上、发动机舱发动机后部的防火墙位置。

发动机代码是同型号发动机型号的区分方法，通常是同型号发动机的生产序号，也称缸体号，是打在发动机缸体上的发动机身份证明，发动机代码也是唯一的。

同种变速器型号的用不同变速器代号区分，是一种打在变速器壳体上的变速器身份证明，变速器代码也是唯一的。

车辆信息录入按图 2-20 至图 2-25 的步骤操作。



图 2-20 前风挡玻璃左下角 17 位 VIN 码

步骤 1：按图 2-20 所示，读取前风挡玻璃左下角 17 位 VIN 码。

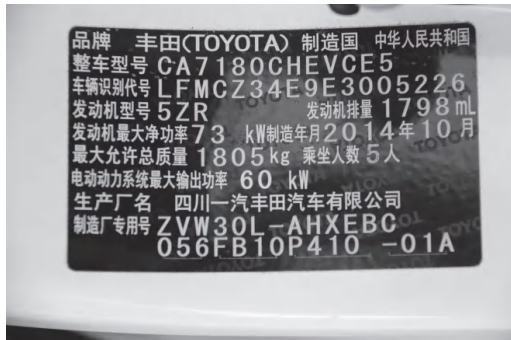


图 2-21 B 柱车辆认证标识

步骤 2：按图 2-21 所示，读取 B 柱车辆认证标识。



图 2-22 副驾驶座椅前部下侧 17 位 VIN 码

步骤 3：按图 2-22 所示，读取副驾驶座椅前部下侧 17 位 VIN 码。

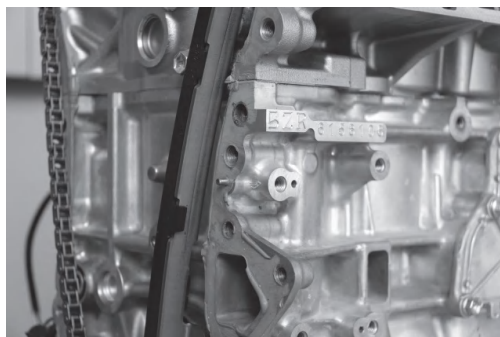


图 2-23 发动机型号 + 代码 5ZR6158306

步骤 4：按图 2-23 所示，读取发动机型号 + 代码 5ZR6158306。

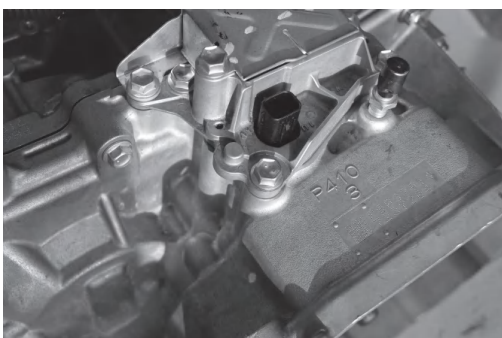


图 2-24 电力无级变速箱型号 P410

步骤 5：按图 2-24 所示，读取电力无级变速箱型号 P410。

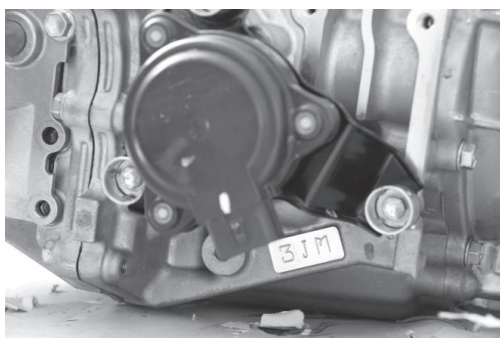


图 2-25 电力无级变速箱代码 3JM

步骤 6：按图 2-25 所示，读取电力无级变速箱代码 3JM。

三、铅酸蓄电池馈电处理方法

当 12V 铅酸蓄电池馈电时，可以通过外接蓄电池的方法实现车辆起动。第一种方法是将外部蓄电池直接与车上蓄电池并联；第二种方法是利用发动机舱内的保险丝盒处设计的起动端子实现与车内的蓄电池并联（见图 2-26 至图 2-31）。

【重要提示】当车内蓄电池严重馈电时，还需要将车内蓄电池的负极取下，防止车内蓄电池从外接蓄电池夺电，外部蓄电池的电能大量流入馈电蓄电池时会导致车辆的供电能力变弱，造成车辆起动困难。

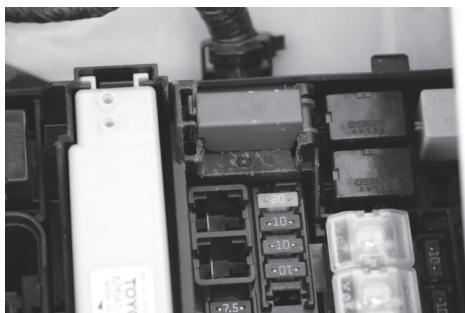


图 2-26 在保险丝盒内找到红色的正极标记

步骤 1：按图 2-26 所示在保险丝盒内找到红色的正极标记。



图 2-27 取下正极标保护盖

步骤 2：按图 2-27 所示取下正极标记保护盖。



图 2-28 在发动机上找到负极电缆夹持点

步骤 3：按图 2-28 所示在发动机上找到负极电缆夹持点。



图 2-29 将正极电缆钳夹在正极夹持点上

步骤 4：按图 2-29 所示将正极电缆钳夹在正极夹持点上（正极钳子不要碰到车身）。

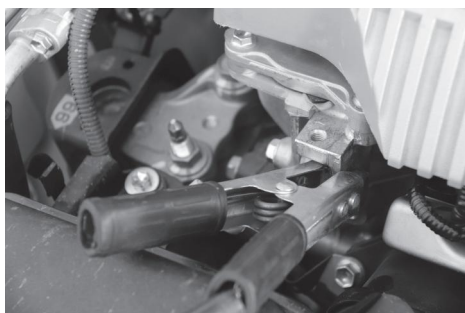


图 2-30 将黑色电缆接在发动机负极夹持点上

步骤 5：按图 2-30 所示将黑色电缆接在发动机负极夹持点上。

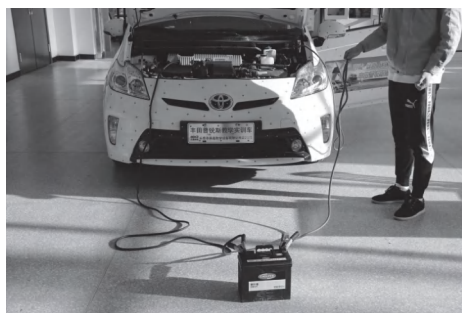


图 2-31 将正、负电缆连接在蓄电池正、负极桩上

步骤 6：按图 2-31 所示将电缆连接蓄电池，并起动汽车到 READY 挡。

四、手动进入保养模式方法

手动进入保养模式是汽车诊断修理检查发动机各个系统（如点火系统、燃油系统等）的一个操作，操作步骤按图 2-32 至图 2-41 执行。



图 2-32 按一键按钮开关，打到点火挡

步骤 1：按图 2-32 所示，按一键按钮开关，打到点火挡。



图 2-33 反复踩加速踏板到底两次

步骤 2：按图 2-33 所示，反复踩加速踏板到底两次。



图 2-34 踩制动踏板，换挡到 N 挡

步骤 3：按图 2-34 所示，踩制动踏板，换挡到 N 挡。



图 2-35 等待仪表显示执行 N 挡

步骤 4：按图 2-35 所示，等待仪表显示执行 N 挡。



图 2-36 反复踩加速踏板到底两次

步骤 5：按图 2-36 所示，反复踩加速踏板到底两次。

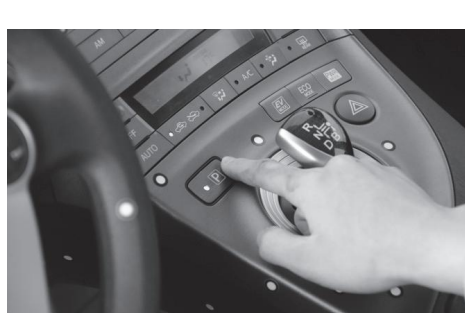


图 2-37 按下 P 挡按钮

步骤 6：按图 2-37 所示，按下“P”挡按钮。



图 2-38 反复踩加速踏板到底两次

步骤 7：按图 2-38 所示，反复踩加速踏板到底两次。



图 2-39 仪表显示保养模式

步骤 8：按图 2-39 所示，确认仪表显示保养模式。



图 2-40 打到 READY 挡

步骤 9：按图 2-40 所示，踩制动踏板，按一键启动开关，打到“READY”挡。



图 2-41 将诊断仪连接至 OBD 诊断接口

步骤 10：按图 2-41 所示，将诊断仪连接至 OBD 诊断接口，准备读取诊断仪数据。

五、手动进入认证模式方法

认证模式是汽车进行年检时需要进入的模式，其进入步骤按图 2-42 至图 2-49 所示。



图 2-42 操作一键开关到点火挡

步骤 1：按图 2-42 所示，操作一键开关到点火挡（仪表点亮）。



图 2-43 踩加速踏板到底三次

步骤 2：按图 2-43 所示，踩加速踏板到底三次。



图 2-44 踩制动踏板，换挡到 N 挡

步骤 3：按图 2-44 所示，踩制动踏板，换挡到 N 挡。



图 2-45 等待仪表显示执行 N 挡

步骤 4：按图 2-45 所示，等待仪表显示执行 N 挡。



图 2-46 踩加速踏板到底三次

步骤 5：按图 2-46 所示，踩加速踏板到底三次。



图 2-47 按下 P 挡按钮

步骤 6：按图 2-47 所示，按下“P”挡按钮。



图 2-48 踩加速踏板到底三次

步骤 7：按图 2-48 所示，踩加速踏板到底三次。



图 2-49 仪表显示进入认证模式

步骤 8：按图 2-49 所示，确认仪表显示认证模式。