

典型混合动力汽车技术解析

目录

1

丰田混合动力汽车技术

2

本田混合动力汽车技术

3

通用混合动力汽车技术

4

上汽混合动力汽车技术

1

比亚迪混合动力汽车技术

1.丰田混合动力汽车技术

以丰田为首的日系油电混合动力汽车在全球占据绝对的垄断地位，特点是不用充电，油耗低，动力平顺。特别是丰田的THS混合动力系统，经过十几年的迭代优化愈发成熟，创造了上百项垄断的专利技术，已经成了整个混合动力汽车市场的典范。

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

从1997年到现在，丰田普锐斯（Prius）混合动力汽车走过了20多年历程，是目前最典型也是成功的混合动力汽车。丰田普锐斯混合动力汽车已经经历了4代，如图4-2所示。



图4-2 丰田普锐斯混合动力汽车的发展历程

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

1. 第一代普锐斯混合动力汽车

第一代普锐斯混合动力汽车经历的时间是从1997年到2003年。1997年，第一代普锐斯正式上市，这是全世界第一款量产的混合动力汽车，其透视图如图4-3所示。



图4-3 第一代普锐斯混合动力汽车透视图

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

第一代普锐斯混合动力汽车车身长为4275mm，宽为1695mm，高为1490mm，轴距为2550mm，整车质量为1254kg，是一款三箱车型。第一代普锐斯混合动力汽车使用1NZ-FXE型1.5L四缸汽油发动机和一台288V永磁同步电机，如图4-4所示。汽油发动机峰值功率为43kW，峰值扭矩为102N·m；电机峰值功率为29kW，峰值扭矩为305N·m，电压为288V。配备电控无级变速器（Electronic Continuously Variable Transmission, E-CVT），以金属氢化物镍蓄电池组作为电源，丰田将这套油电混合动力系统称之为“Toyota Hybrid System”，简称THS。第一代普锐斯混合动力汽车实测油耗为31km/L，约合3.22L/100km。

为了满足欧美消费者对高速和长途驾驶的需求，普锐斯出口车型性能有所提升，1NZ-FXE型1.5L四缸汽油发动机加入了可变正时气门技术，峰值功率提升至59kW，峰值扭矩提升至110N·m；电机的峰值功率增加到32kW，峰值扭矩提升到350N·m。



图4-4 第一代普锐斯混合动力汽车搭载的发动机和电机

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

2. 第二代普锐斯混合动力汽车

第二代普锐斯混合动力汽车经历的时间是从2003年到2009年。2003年9月，第二代普锐斯混合动力汽车正式发布。第二代普锐斯混合动力汽车摒弃了三厢车体，而采用了更为实用的两厢掀背形式，如图4-5所示。



图4-5 第二代普锐斯混合动力汽车透视图

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

第二代普锐斯混合动力汽车车身长为4445mm，宽为1725mm，高为1490mm，轴距为2700mm，整车质量为1317kg。综合数据较第一代车型提升明显。第二代普锐斯混合动力汽车沿用了1NZ-FXE型1.5L四缸汽油发动机，具有可变气门正时技术，综合性能有所提升，峰值功率为57kW，峰值扭矩为115N·m。配套的500V电机峰值功率为50kW，峰值扭矩为400N·m，混合动力系统净功率为83.5kW，配备ECVT，如图4-6所示。第二代普锐斯混合动力汽车配备的镍氢蓄电池组，尺寸更小且重量更轻。图4-6 第二代普锐斯混合动力汽车搭载的发动机和电机

当汽油发动机和电机同时运转时，混合动力汽车0~100km/h加速时间为9.7s，纯电动模式下0~100km/h加速时间为11s左右。油耗降低至2.8L/100km。另外，第二代普锐斯混合动力汽车还配备了半自动泊车入位系统、车辆动态稳定控制系统以及自动空调等。

2005年12月，一汽丰田长春工厂开始投产第二代普锐斯混合动力汽车，开启了中国的混合动力汽车市场。



图4-6
第二代普锐斯混合动力汽车搭载的发动机和电机

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

3. 第三代普锐斯混合动力汽车

第三代普锐斯混合动力汽车经历的时间是从2009年到2015年。第三代普锐斯混合动力汽车车身长为4460mm，宽为1745mm，高为1490mm，轴距为2700mm，和第二代车型相似。但造型更时尚，风阻系数降低至0.25。第三代普锐斯混合动力汽车的动力系统有了较大改进，采用2ZR-FXE1.8L四缸汽油发动机，峰值功率为74kW，峰值扭矩为142N·m；配套的650V电机峰值功率为60kW，峰值扭矩为207N·m，混合动力最高输出功率为100kW，如图4-7所示。传动系统与第二代相同。



图4-7 第三代普锐斯混合动力汽车搭载的发动机和电机

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

丰田在研发第三代普锐斯混合动力汽车的过程中，创造了100多项专利技术。第三代普锐斯混合动力汽车采用电子水泵，这也让它成为第一款全车无需皮带传动的量产车型。新设计的逆变器、电机和其他混动零部件的尺寸也更小巧，重量也更轻。正因为这些变化，使第三代普锐斯混合动力汽车的燃油经济性大幅提升，为2.63L/100km。

2012年，第三代普锐斯混合动力汽车在中国上市。

第三代普锐斯混合动力汽车上市不久，丰田基于第三代普锐斯混合动力汽车打造了插电式混合动力（Plug-In Hybrid）概念车在法兰克福车展上展出，如图4-8所示。2011年，丰田将插电式混合动力汽车推向市场，该车百公里油耗进一步降至2.2L，CO₂的排放降至49g/km。



图4-8 普锐斯插电式混合动力汽车

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

4.第四代普锐斯混合动力汽车

第四代普锐斯混合动力汽车经历的时间是从2015年到至今。2015年9月，第四代普锐斯混合动力汽车在美国内华达州的拉斯维加斯世界车展公开亮相，2016年正式登陆北美市场和欧洲市场销售。

第四代普锐斯混合动力汽车车身长为4540mm，宽为1760mm，高为1470mm，轴距为2700mm，根据不同车型，其车重为1310kg至1460kg。第四代普锐斯混合动力汽车结构如图4-9所示。



图4-9 第四代普锐斯混合动力汽车结构

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

第四代普锐斯混合动力汽车仍沿用2ZR-FXE1.8L四缸汽油发动机，发动机功率相比第三代普锐斯下降0.735kW，峰值转矩为142N·m，综合峰值功率为110kW，比第三代车型提升了10kW，如图4-10所示，仍配备ECVT电控无级变速器。第四代普锐斯混合动力汽车配有电子百叶窗式进气格栅，热车效率明显提升，发动机热效率达到40%。



图4-10 第四代普锐斯混合动力汽车搭载的发动机和电机

1.1 丰田混合动力汽车的发展历程

图4-10 第四代普锐斯混合动力汽车搭载的发动机和电机

第四代普锐斯混合动力汽车与前三代的主要区别在于混合动力系统，它采用了全新的平行双电机结构，如图4-11所示。前三代THS均采用了发动机和MG1电机在动力分配行星齿轮组同一侧，MG2电机在另一侧，三者同轴的模式。第四代THS的变速系统、MG1电机和发动机依然同轴，但分别布置在行星齿轮的两侧。MG2电机通过一个从动齿轮减速后，再与行星齿轮组的齿圈啮合传动。这既能减小传动系统的重量和机械损失，也提高了燃油效率及整车NVH性能。丰田宣称第四代普锐斯混合动力汽车的汽油机热效率达到了40%，这对降低整车油耗有很大帮助。此外，得益于容量更大的动力蓄电池组，第四代普锐斯混合动力汽车在纯电动模式下的续驶里程可达56km。

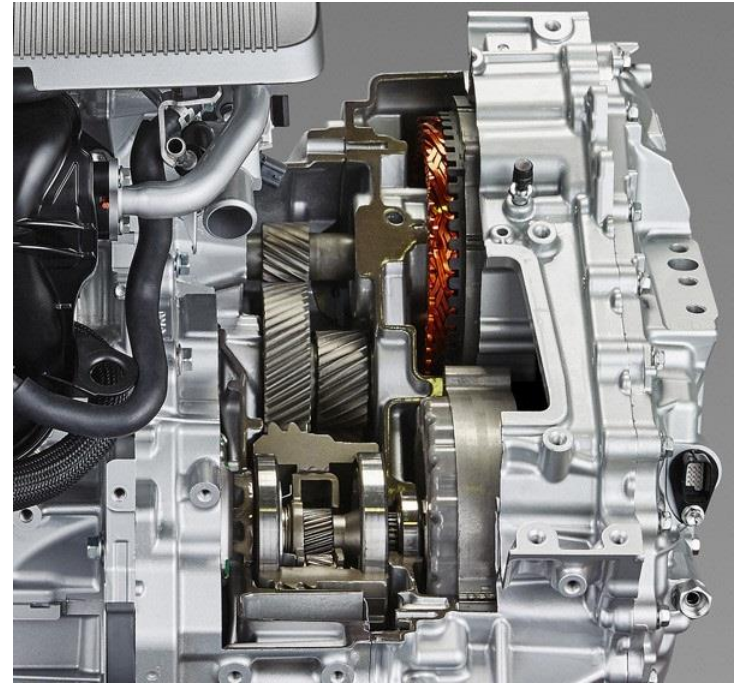


图4-11 平行双电机结构

1.2 丰田混合动力系统简介

丰田混合动力系统已经发展了四代，即THS- I、THS-II、THS-III、THS-IV，分别用在不同时期的车型当中。作为最早投入使用的普锐斯车系，一共四代都分别使用了四代混合动力系统。

第一代丰田混合动力系统THS- I，左侧为1NZ-FXE型1.5L的汽油发动机，右侧为整套E-CVT的结构，MG1电机和MG2电机之间有一套行星齿轮组；最终输出是通过链条传动到最终输出端。以后的三代混合动力系统也是运用这个基本设计原理。

第二代丰田混合动力系统THS- II，发动机仍然采用1NZ-FXE型1.5L的汽油发动机；E-CVT部分除了提高效率以外都是小调节为主，并没有太大的改动，依然是使用链条传动。但整个运算系统和逻辑进行了重新计算，发动机效率获得提高。

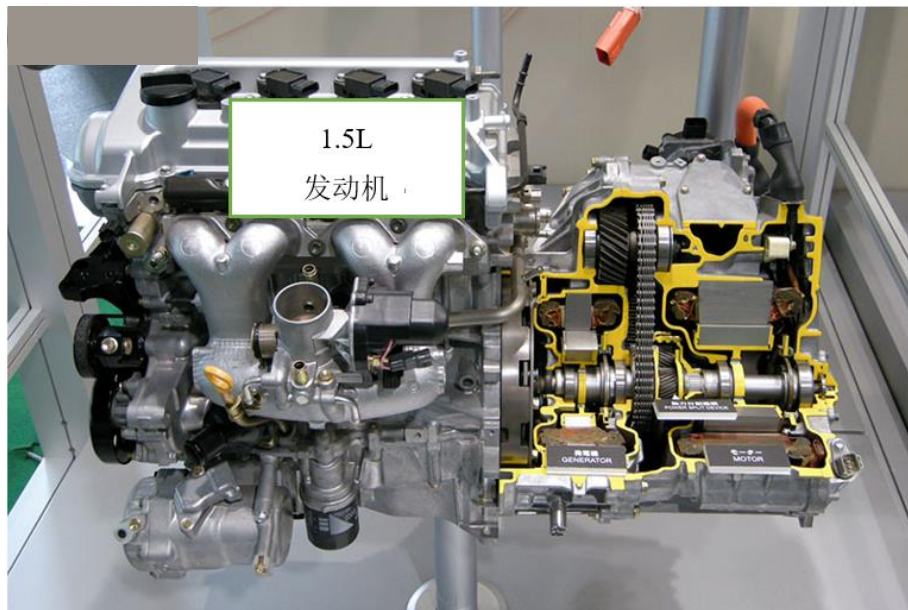


图4-12 第二代丰田混合动力系统THS-II

1.2 丰田混合动力系统简介

第三代丰田混合动力系统THS-III如图4-13所示，与第二代丰田混合动力系统THS-II相比，第三代丰田混合动力系统THS-III发生了较大变化。发动机从1NZ-FXE型1.5L改成了2ZR-FXE型1.8L，发动机功率和转矩的增加，提高了车辆的动力性能。另外，增加了一个行星齿轮组；MG1电机和MG2电机体积也缩小，从而缩小整个E-CVT的体积；链传动改为齿轮传动，传动损耗更小，因此节能效果更明显。THS-III也是国内最容易接触到的丰田混合动力系统，除了第三代普锐斯和雷克萨斯CT200H以外，国内的雷凌双擎、卡罗拉双擎也是使用THS-III混合动力系统。

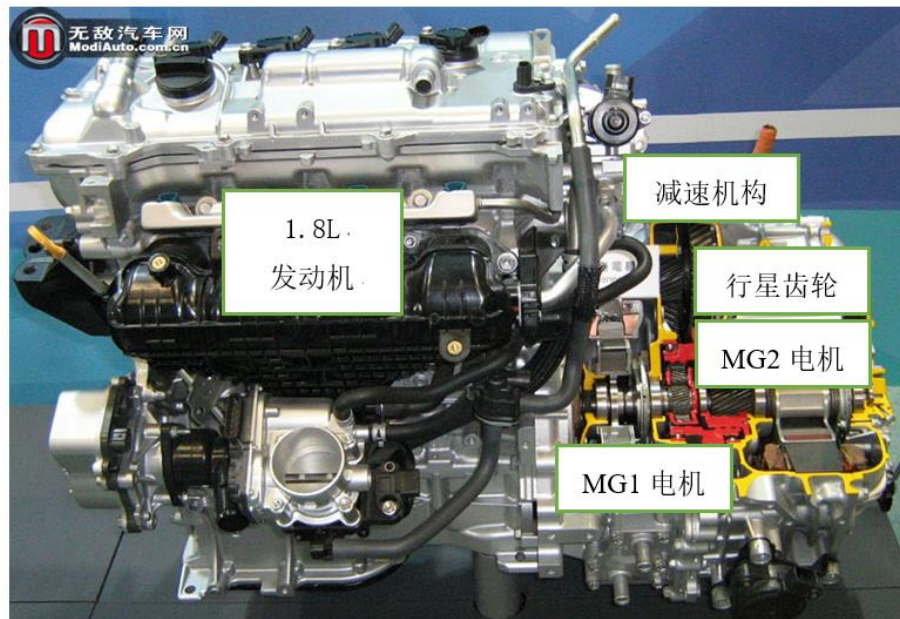


图4-13 第三代丰田混合动力系统THS-III

1.2 丰田混合动力系统简介

第四代丰田混合动力系统THS-IV如图4-14所示，与前三代相比，最大的区别就是原来的电机属于串联结构，现在则变成了平衡轴结构。而转换成此结构的目的除了让整个E-CVT更短以外，也是用这种传统减速齿轮的方式代替THS-III中MG2电机的行星齿轮减速结构。这样E-CVT整体尺寸更短，部件更少，摩擦更低，整体能效上升，且依然能保证对MG1的减速效果。一系列的改进，让第四代普锐斯的纯电行驶最高车速由70km/h提升到110km/h。



图4-14 第四代丰田混合动力系统THS-IV

1.3 丰田第二代混合动力系统

1. 丰田第二代混合动力系统的组成

丰田第二代混合动力系统THS-II主要部件有汽油发动机、MG1电机、MG2电机、行星齿轮、减速机构等，如图4-15所示。第二代普锐斯混合动力汽车和凯美瑞混合动力汽车都采用了THS-II混合动力系统。混合动力系统THS-II中带有两台电机——MG1电机和MG2电机。MG1电机主要作为发电机使用，用于发电，必要时可驱动汽车；MG2电机主要用于驱动汽车。而MG1电机、MG2电机以及发动机输出轴被连接到一套行星齿轮机构的太阳轮、齿圈和行星架上。动力分配就是通过功率控制单元控制MG1电机和MG2电机，通过行星齿轮机械机构进行分配的。由于使用了这种创新的动力分配方式，THS-II系统甚至连变速器也不需要了，发动机输出经过固定减速机构减速后直接驱动车轮。

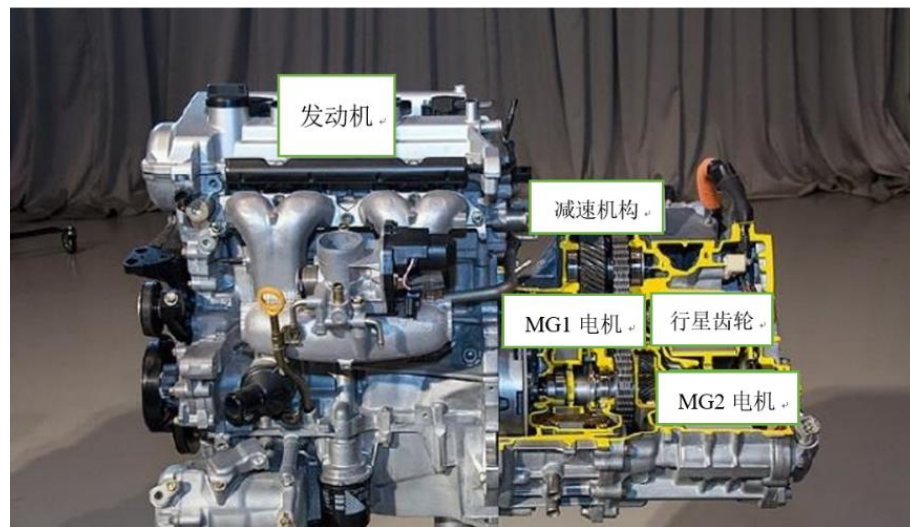


图4-15 丰田第二代混合动力系统THS-II的组成

1.3 丰田第二代混合动力系统

2. 丰田第二代混合动力系统的工作原理

发动机启动时，电流流进MG2通过电磁力固定行星齿轮的齿圈，MG1作为起动机转动太阳轮，太阳轮带动行星架转动，与行星架连接的发动机曲轴转动，发动机启动，如图4-16所示。

发动机怠速时，电流流进MG2固定行星齿轮的齿圈，发动机带动行星架转动，行星架带动太阳轮转动，与太阳轮连接的MG1发电给电池充电，如图4-17所示。

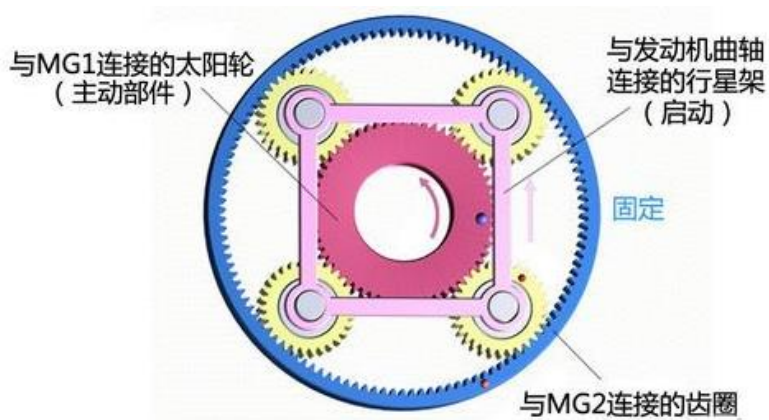


图4-16 发动机启动工况

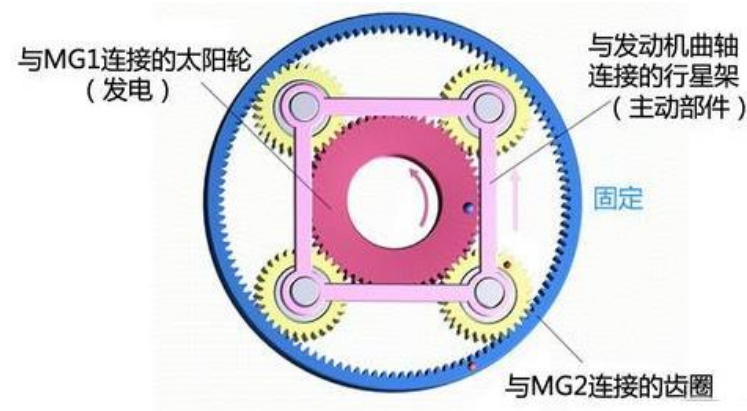


图4-17 发动机怠速工况

1.3 丰田第二代混合动力系统

车辆起步时，发动机停转，行星架被固定；MG2驱动行星齿轮齿圈，推动车辆前进；此时，MG1处于空转状态，如图4-18所示。

车辆起步需要更大动力时，如驾驶员深踩油门或检测到负载过大，MG1转动启动发动机，如图4-19所示。

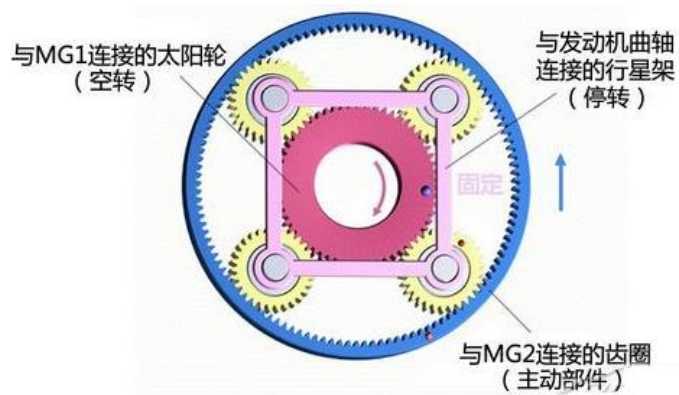


图4-18 车辆起步工况

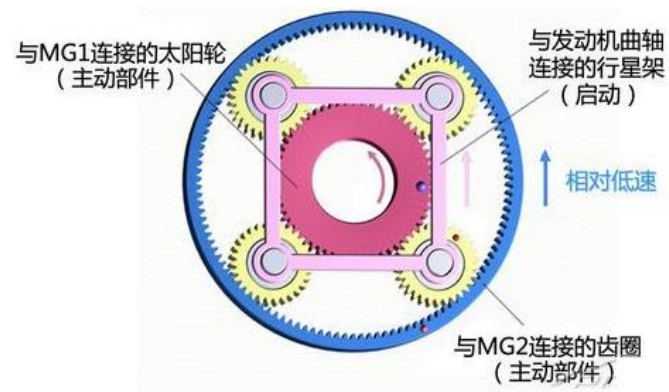


图4-19 车辆起步需要更大动力工况

1.3 丰田第二代混合动力系统

车辆起步MG1发电给MG2时，发动机驱动MG1发电并供给推动MG2运转的电能，如图4-20所示。在轻负荷下加速时，发动机驱动MG1发电并供给推动MG2运转的电能，MG2提供附加的驱动力用以补充发动机动力；在重负载下加速时，发动机驱动MG1发电并供给推动MG2运转的电能；MG2提供附加的驱动力用以补充发动机动力；电池会根据加速程度给MG2提供电流。车辆加速工况如图4-21所示。

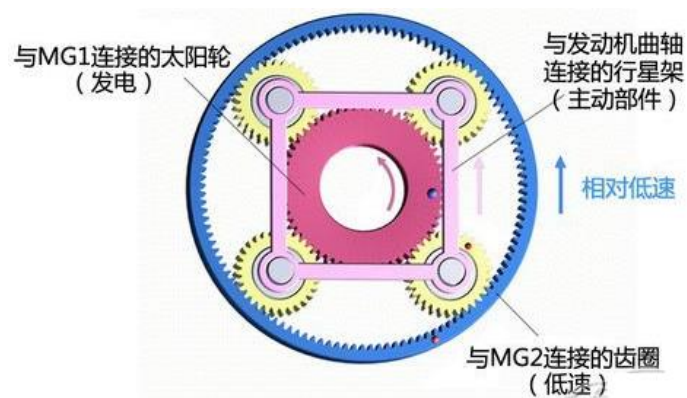


图4-20 车辆起步MG1发电给MG2工况

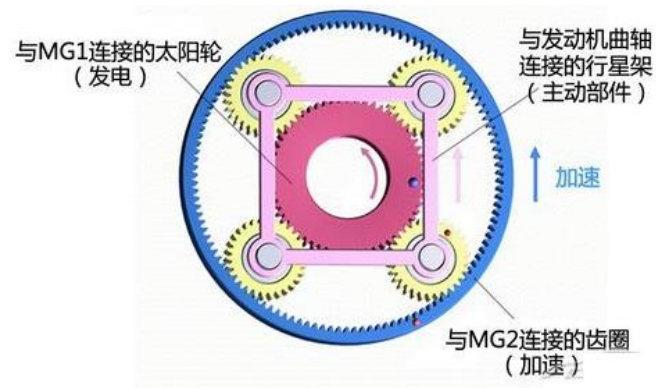


图4-21 车辆加速工况

1.3 丰田第二代混合动力系统

车辆降挡（D挡）时，发动机停转，MG1空转，MG2被车轮驱动发电给电池充电，如图4-22所示。

车辆减速（B挡）时，MG2产生的电能供给MG1，MG1驱动发动机；此时发动机断油空转；MG1输出的动力成为发动机制动力，如图4-23所示。

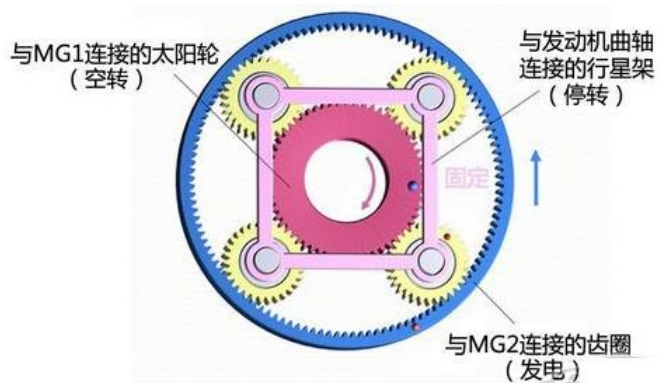


图4-22 车辆降挡（D挡）工况

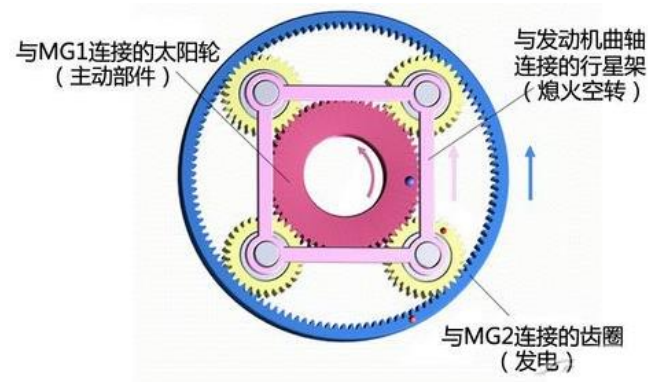


图4-23 车辆减速（B挡）工况

1.3 丰田第二代混合动力系统

车辆倒车时，只使用MG2作为倒车动力，如图4-24所示。

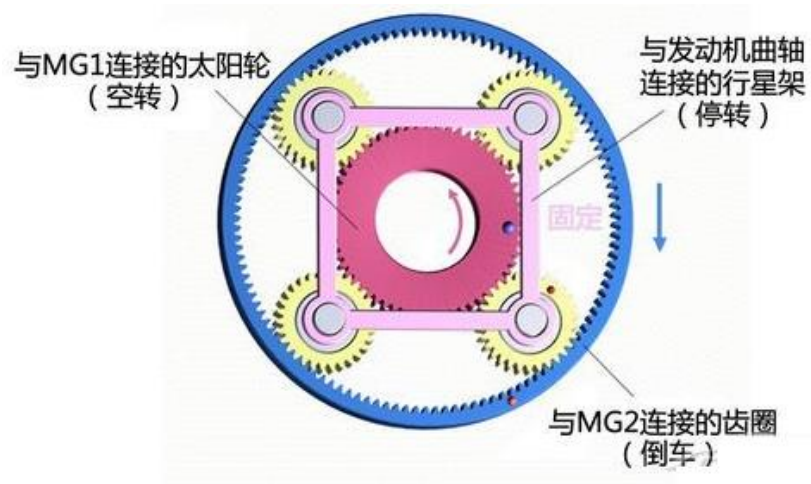


图4-24 车辆倒车工况

1.3 丰田第二代混合动力系统

车辆倒车时，只使用MG2作为倒车动力，如图4-24所示。

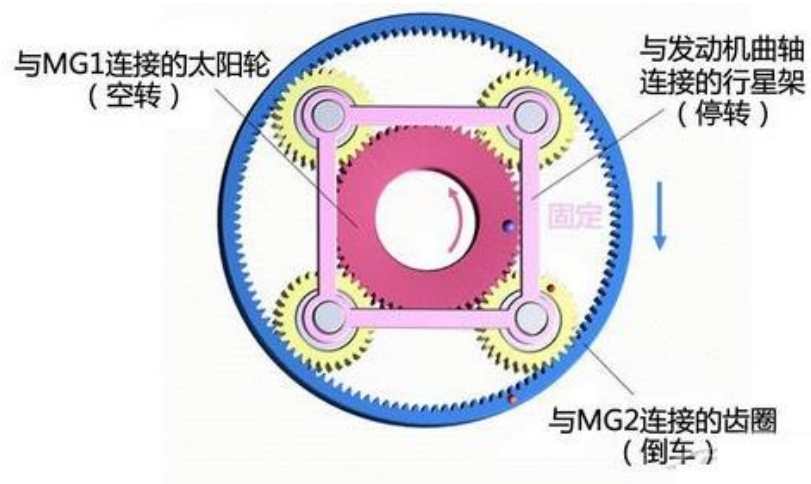


图4-24 车辆倒车工况

1.4 丰田第四代混合动力系统

1.丰田第四代混合动力系统的组成

丰田第四代混合动力系统THS-IV主要由MG1电机、MG2电机、行星齿轮机构、单向离合器、减振器、差速器等组成，如图4-25所示。其中，行星齿轮机构作为功率分流装置，确定发动机动力是供应给MG1电机还是用作车辆驱动力。MG2电机及其减速装置采用平行轴布局。发动机的输出轴通过一个单向离合器和一个扭转减振器与行星齿轮机构的行星齿轮架相结合；MG1电机与行星齿轮机构的太阳齿轮相连；MG2电机通过减速齿轮及从动齿轮与外齿圈相连。

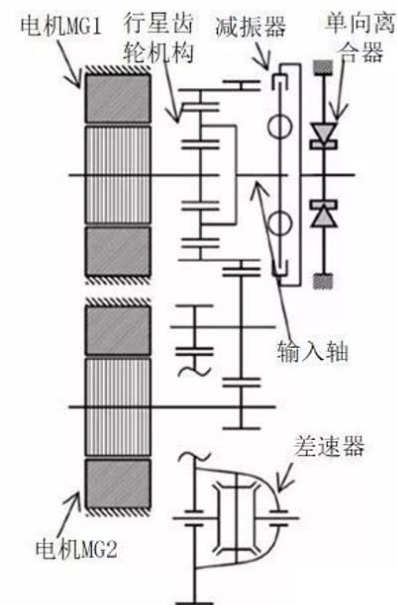


图4-25 第四代混合动力系统THS-IV的结构示意图

1.4 丰田第四代混合动力系统

2. 丰田第四代混合动力系统的特点

丰田第四代混合动力系统THS-IV具有如下特点。

(1) 与前几代构型不同，该构型中MG1电机和MG2电机不再处于同一轴上，而是采用了平行轴的布置，这种平行轴布置减小了轴向尺寸和重量，与双行星排的构型相比，MG2电机的减速装置为一组直齿轮，减少了齿轮啮合点，进而降低了接合损失，提升了综合效率。

(2) 平行轴布置中，MG2电机的减速装置具有更大的减速比，可以使用转速更高最大扭矩较小的电机。MG2电机的体积可以更小，使得平行轴结构的驱动桥相比上一代宽度并没有增加。

(3) 发动机和行星齿轮架之间通过单向离合器进行连接，单向离合器反向旋转时可以锁止行星架，实现整车的双电机驱动，提高了整车在纯电动模式的动力性。

(4) 采用了电动油泵，改进了冷却、润滑结构，提升了冷却和润滑效果。

1.4 丰田第四代混合动力系统

3. 丰田第四代混合动力系统的工作模式

配置丰田第四代混合动力系统的车辆拥有四种实际工作模式，分别为纯电驱动模式、混合动力驱动模式、驻车充电模式和制动能量回收模式。

(1) 纯电驱动模式。纯电驱动模式分为单电机驱动和双电机驱动。单电机驱动时，MG2电机作为整车动力源，转矩为正，带动车辆前进，转速为正；发动机不工作，由于本身阻力较大，转速几乎为0；MG1电机不输出转矩，转速满足行星排传动关系，以负方向随转，如图4-26所示。图中S代表太阳齿轮；C代表行星齿轮架；R代表外齿圈；K代表外齿圈齿数与太阳齿轮齿数之比，大于1。

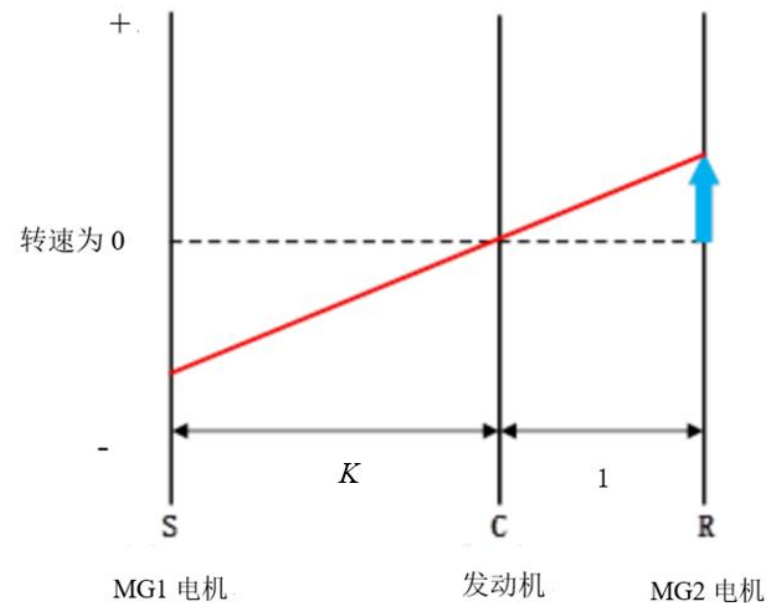


图4-26 单电机驱动工况

1.4 丰田第四代混合动力系统

双电机驱动工况下，MG2电机输出正向转矩，驱动车辆前进，转速为正；MG1电机转速方向为负，同时转矩方向也为负，根据行星齿轮传动关系，传递至齿圈端的转矩方向为正，与MG2电机共同驱动车辆；发动机不工作，受MG1电机负转矩影响有负向转动趋势，触发单向离合器锁止，发动机转速保持为0，如图4-27所示。相比单电机驱动，双电机驱动的总转矩更大，动力性更强，多出现在急加速和爬坡工况。

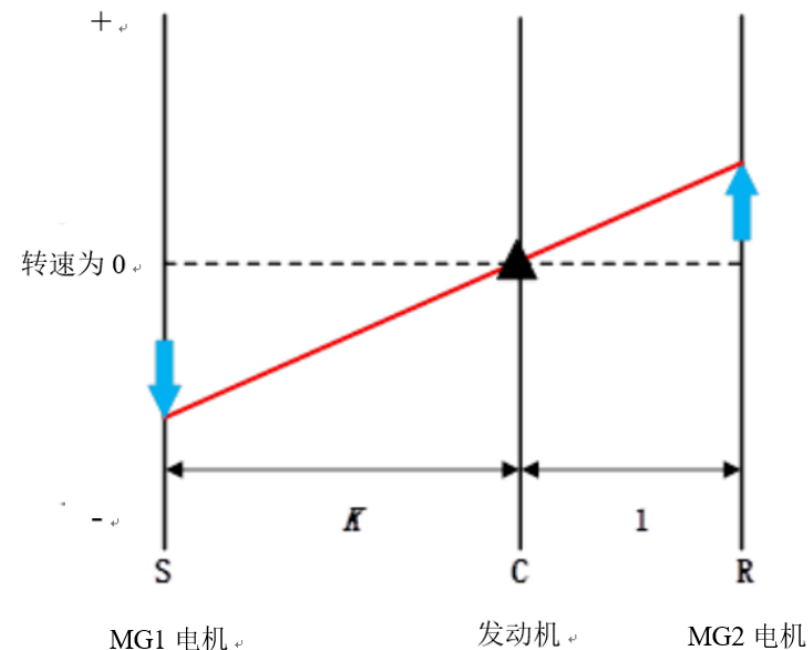


图4-27 双电机驱动工况

1.4 丰田第四代混合动力系统

(2) 混合驱动模式。混合驱动模式分为低速混合驱动工况和高速混合驱动工况。低速混合驱动行驶，在设定模式为EVAuto或HV时，车速较低，车辆实际工作模式为混合驱动模式，发动机、MG1电机和MG2均参与驱动。发动机启动并输出正向转矩，并传递至太阳轮和齿圈；MG1电机输出负转矩平衡发动机传递到太阳轮处的转矩，同时由于车速较低，转速为正，为发电状态；MG2电机输出正转矩，与发动机传递至齿圈端的转矩耦合，共同驱动车辆，为电动状态，如图4-28所示。

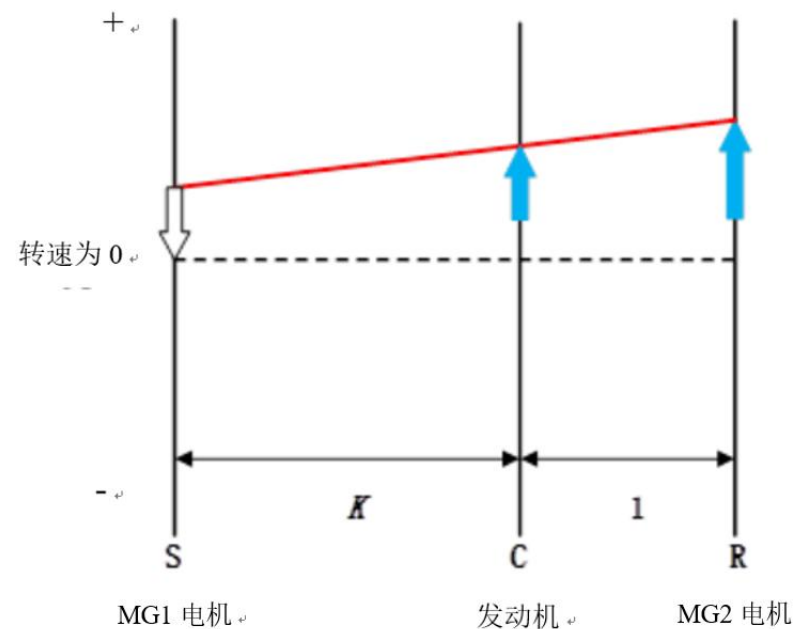


图4-28 低速混合驱动工况

1.4 丰田第四代混合动力系统

高速混合驱动行驶，在设定模式为EV、EVAuto或HV时，车速较高，车辆实际工作模式为混合驱动模式，发动机、MG1电机和MG2均参与驱动。发动机启动并输出正向转矩，并传递至太阳轮和齿圈；MG1电机输出负转矩平衡发动机传递到太阳轮处的转矩，同时由于车速较高，行星排运行超过机械点，MG1电机转速变为负向，功率为正，处于电动状态；为维持电池电量，MG2电机输出负转矩，为发电状态，与发动机传递至齿圈端的转矩耦合，如图4-29所示。

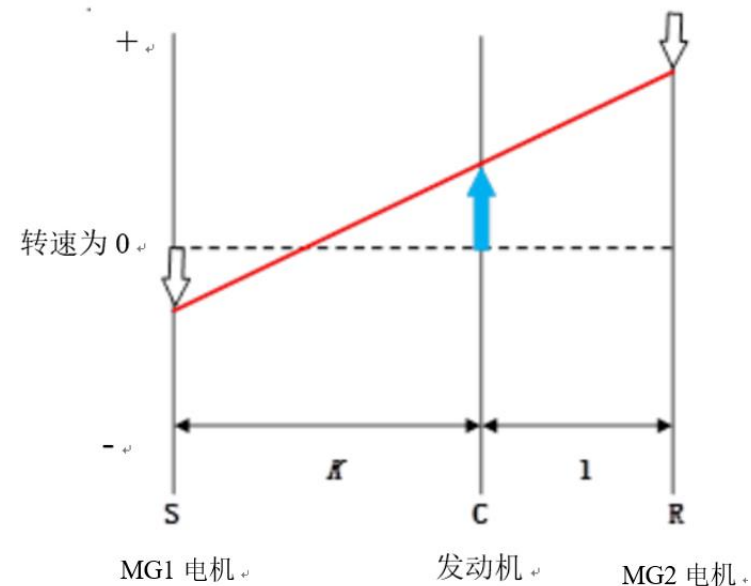


图4-29 高速混合驱动工况

1.4 丰田第四代混合动力系统

(3) 驻车充电模式。在设定工作模式为CHG，保持挡位为P挡，车辆进入驻车充电模式，如图4-30所示。

(4) 制动能量回收模式。发动机停止工作，转速、转矩均为0；MG2电机输出负转矩，对车辆产生制动作用，同时转速为正，处于发电状态，对动力电池充电；MG1转速为负转速，不输出转矩，如图4-31所示。

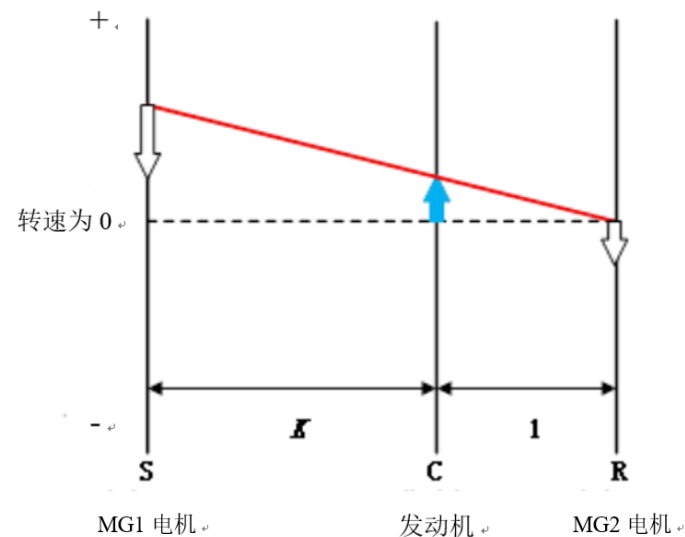


图4-30 驻车充电模式

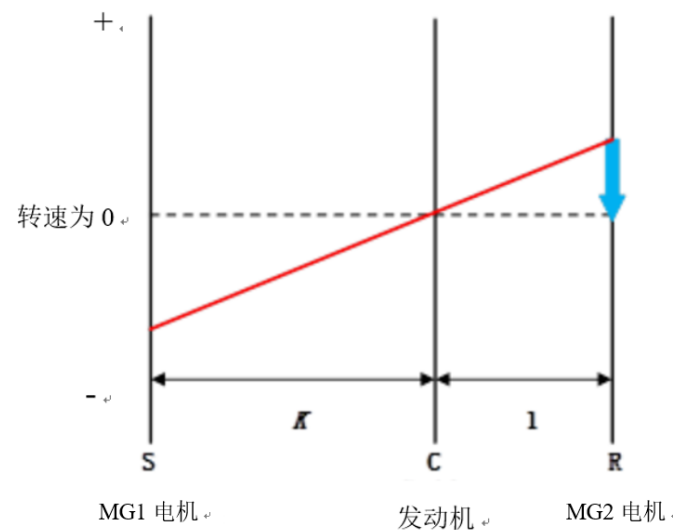


图4-31 制动能量回收模式

1.4 丰田第四代混合动力系统

混合动力系统除了前置前驱使用外，丰田还研制出针对后轮驱动车型的混合动力变速器。它是用于直置发动机后轮驱动的混合动力变速器，被称为“multi stage hybrid”，译成中文为“多级混合”。除了一样拥有MG1电机和MG2电机还有中间的行星齿轮机构这种典型的丰田E-CVT结构以外，输出也增加了一个4前速变速器，能模拟10个挡位，获得更低的传动比来获得更灵活的加速性能和最高车速。

图4-32所示为丰田后驱混合动力变速器，前面就是传统的MG1电机、PSD（行星齿轮组）和MG2电机的串联机构，之后输出端再接一个4速自动变速器，可以模拟10个挡位。

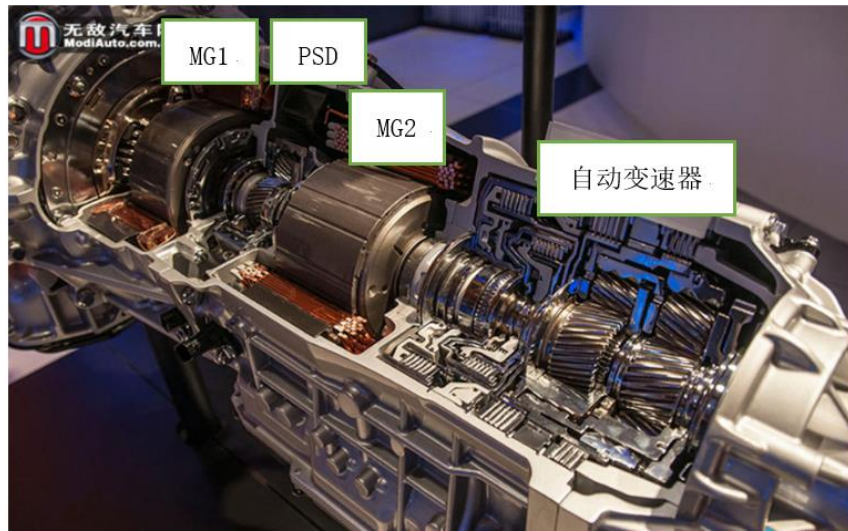


图4-32 丰田后驱混合动力变速器

2.本田混合动力汽车技术

本田混合动力汽车技术主要有本田IMA混合动力系统、i-DCD混合动力系统、i-MDD双电机混合动力系统和SH-AWD混合动力系统。

2.1 本田IMA混合动力系统

1997年，本田开发出第一代IMA（Integrated Motor Assist，整体式电机辅助）混合动力系统。1999年，搭载第一代IMA系统的本田Insight上市，至今已发展到第六代IMA。IMA是典型的并联式混合动力系统。

1.本田IMA混合动力系统的组成

本田IMA混合动力系统主要由发动机、电机、CVT变速器以及智能动力单元（IPU）组成，如图4-33所示。电机取代了传统的飞轮用于保持曲轴的运转惯性。整套系统的结构非常紧凑，和传统汽车相比仅是IPU模块占用了额外的空间。

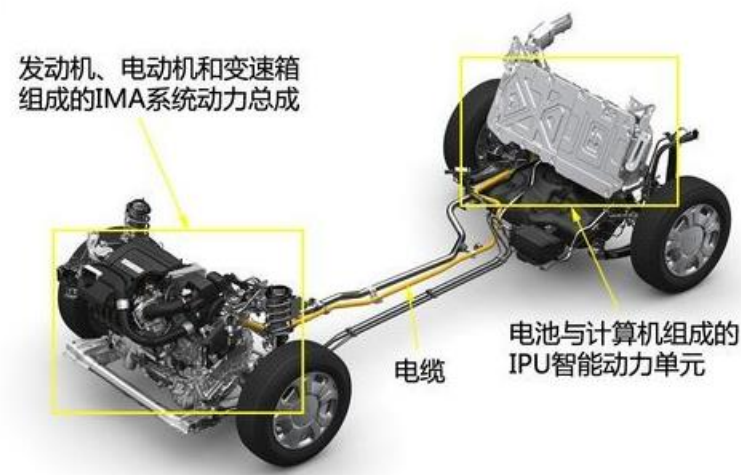


图4-33 本田IMA混合动力系统

2.1 本田IMA混合动力系统

IMA混合动力系统的发动机通过搭载本田的i-VTEC（气门正时及可变技术）、i-DSI（双火花塞顺序点火技术）以及VCM（可变气缸技术）来实现降低油耗的目的。本田CR-Z采用的是顶置单凸轮轴1.5L的i-VTEC发动机，峰值功率为83kW，峰值扭矩为145N·m，实测百公里油耗约5.4L。

IMA混合动力系统的电机安装在发动机与变速器之间，由于电机较薄且结构紧凑，行业内俗称“薄片电机”。CR-Z上采用的薄片电机峰值功率为10kW，峰值扭矩为78N·m。显然，这样的电机只能起到辅助的作用。由于IMA系统能够在特定情况下（如低速巡航）单独驱动汽车，而被划分到中型混合动力汽车行列。

IMA系统的变速器采用的是普通7速CVT变速器。

IMA混合动力系统的动力总成如图4-34所示。

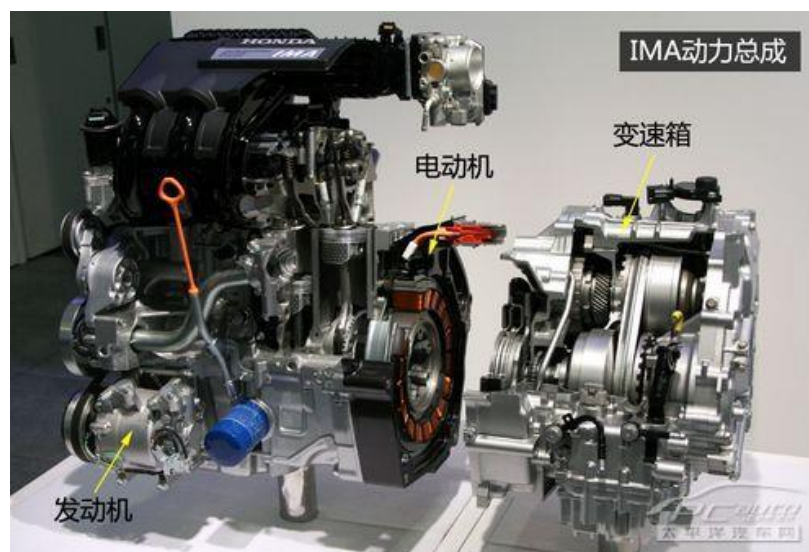


图4-34 IMA混合动力系统的动力总成

2.1 本田IMA混合动力系统

IMA混合动力系统的智能动力单元（IPU）是由动力控制单元（PCU）和电池组成，如图4-35所示。其中PCU又包括电池监控模块（BCM）、电机控制模块（MCM）以及电机驱动模块（MDM）组成；电池为镍氢电池组。



图4-35 智能动力单元

2.1 本田IMA混合动力系统

2.本田IMA混合动力系统工作模式

本田IMA混合动力系统工作模式主要有起步加速、急加速、低速巡航、轻加速和高速巡航、减速或制动以及停车模式。

(1) 起步加速模式。起步加速时，发动机以低速配气正时状态运转，同时电机提供辅助动力，以实现更好加速性能和更低的油耗，如图4-36所示。

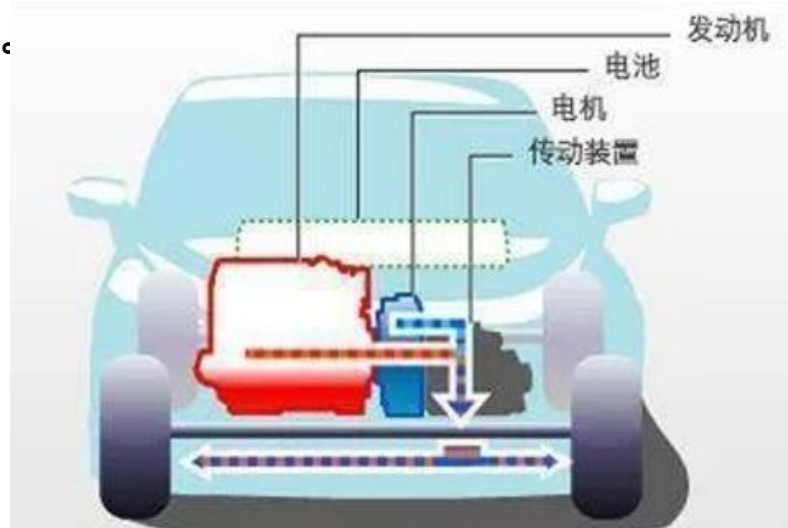


图4-36 起步加速模式

2.1 本田IMA混合动力系统

(2) 急加速模式。急加速时，发动机以高速配气正时状态运转，此时电池给电机供电，电机与发动机共同驱动车辆，提高整车的加速性能，如图4-37所示。

(3) 低速巡航模式。低速巡航时，发动机的四个气缸的进排气阀全部关闭，发动机停止工作，车辆以纯电动方式驱动车辆，实现真正的零排放，如图4-38所示。

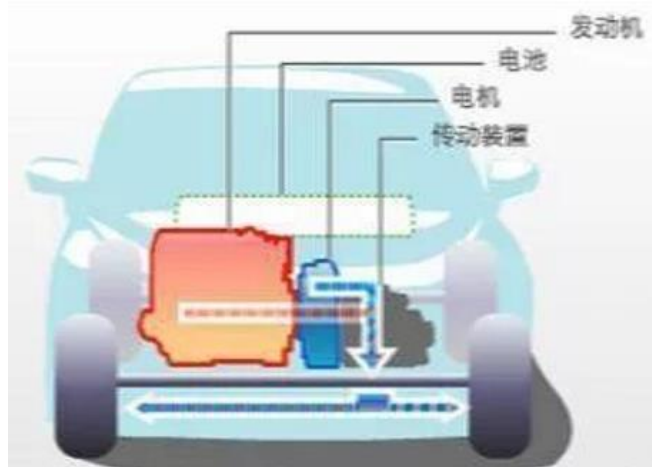


图4-36 起步加速模式

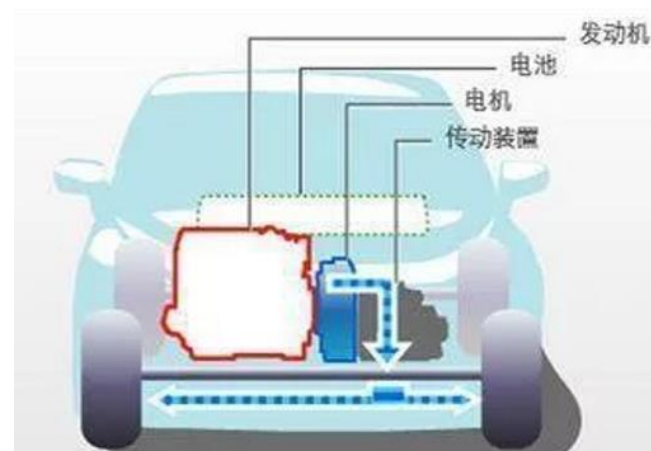


图4-38 低速巡航模式

2.1 本田IMA混合动力系统

(4) 轻加速和高速巡航模式。轻加速和高速巡航时，发动机以低速配气正时状态运转，此时发动机工作效率较高，单独驱动车辆，电机不工作，如图4-39所示。

(5) 减速或制动模式。减速或制动时，发动机关闭，电机此时以发电机方式工作，将机械能最大限度地转化为电能，储存到电池中，如图4-40所示。车辆制动时，制动踏板传感器给IPU一个信号，计算机控制制动系统，使机械制动和电机能量回馈之间制动力协调，以得到最大程度的能量回馈。

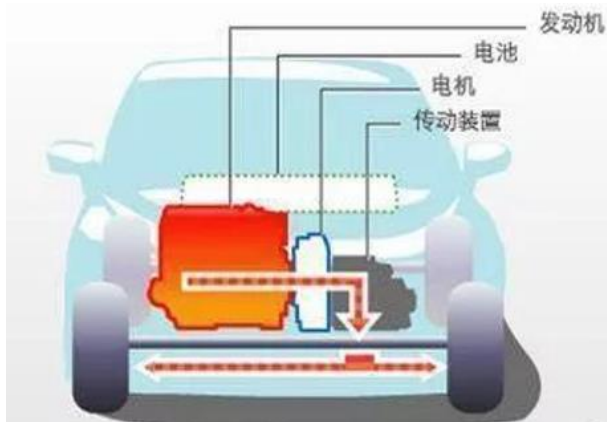


图4-39 轻加速和高速巡航模式

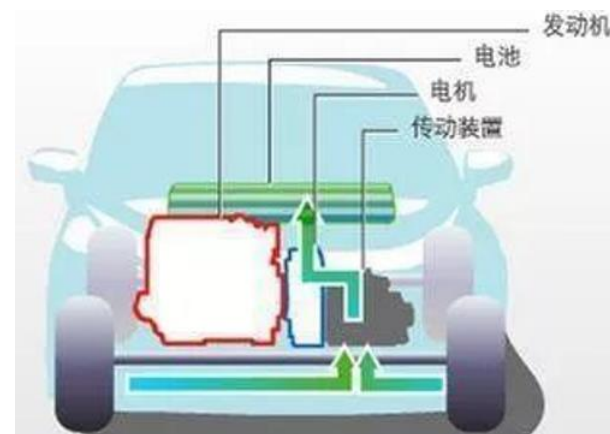


图4-40 减速或制动模式

2.1 本田IMA混合动力系统

(6) 停车模式。停车时，发动机自动关闭，减少燃料损失和排放；电机关闭，如图4-41所示。当制动踏板松开时，发动机自动启动。

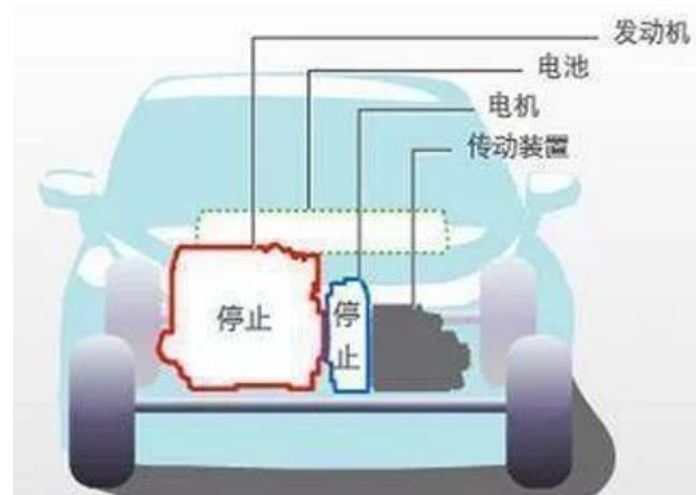


图4-41 停车模式

2.2 本田i-DCD混合动力系统

本田在IMA之后同时发布三种混合动力技术路线，分别为i-DCD、i-MMD以及SH-AWD，分别适配小型车、中型车和大型车。

本田i-DCD（Intelligent Dual Clutch Drive，智能双离合驱动）混合动力系统定位于小型车和紧凑型车，当前实际应用在本田FIT、CITY和JAZZ的混合动力车型上。

1. 本田i-DCD混合动力系统的组成

本田i-DCD混合动力系统主要包括发动机、内置单电机的7速双离合变速器、IPU、电动空调压缩机、电动伺服制动系统等，如图4-42所示。其中1.5L发动机峰值功率为81kW，峰值扭矩为134N·m；电机为交流永磁同步电机，最大输出功率为22kW，峰值扭矩为160N·m；混合动力系统综合最大输出功率为101kW，峰值扭矩为170N·m。电池采用锂离子电池，容量为0.86kW·h。



图4-42 本田i-DCD混合动力系统

2.2 本田i-DCD混合动力系统

i-DCD混合动力系统匹配的不再是IMA系统中的CVT变速器，而是7速双离合变速器，以此可同时实现出色的驾驶动力性与燃油经济性。系统的核心也正是这款内置单电机的7速双离合变速器。双离合变速器通过交替使用两个离合器来执行换档，可实现动力不流失及无迟滞的快速换档。简单的齿轮结构可最大限度地减少动力损失，提高燃油效率。电机的体积非常小，直接连接在双离合变速器主轴的后端。

i-DCD混合动力系统的变速器结构如图4-43所示，变速器原理如图4-44所示。

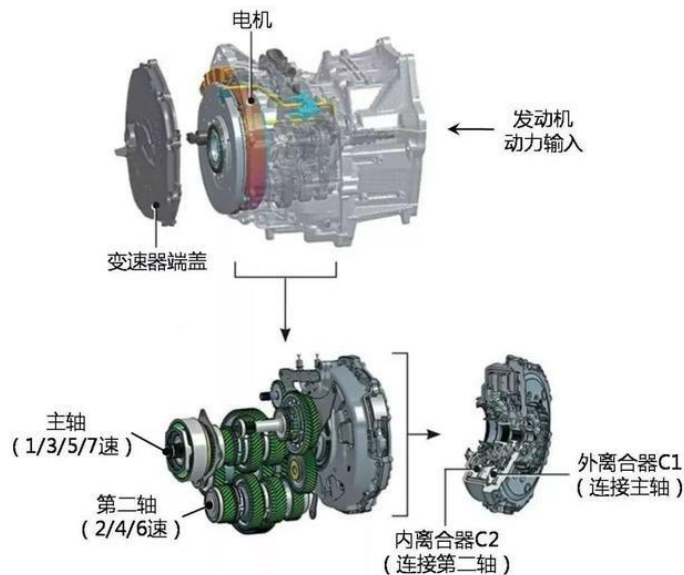


图4-43 i-DCD混合动力系统的变速器结构

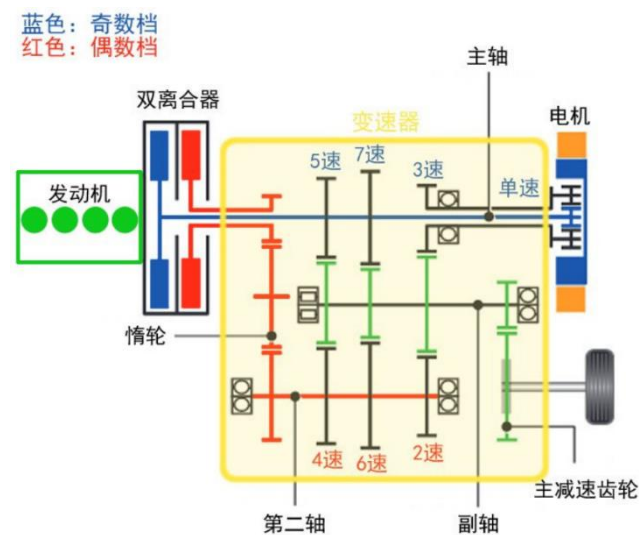


图4-44 i-DCD混合动力系统的变速器原理

2.2 本田i-DCD混合动力系统

因此，i-DCD混合动力系统实际上就是一个单电机外加双离合变速器的P3混合动力系统。

2.i-DCD混合动力系统的工作模式

i-DCD混合动力系统可实现三种不同的驾驶模式，即纯电驱动模式、混合驱动模式和发动机驱动模式。

(1) 纯电驱动模式。起步加速或低速行驶 ($\leq 60\text{km/h}$) 时，发动机不工作，仅使用电机工作，如图4-45所示。

(2) 混合驱动模式。加速行驶时，在电机工作的基础上，发动机也开始工作，进入混合动力驱动模式，如图4-46所示。

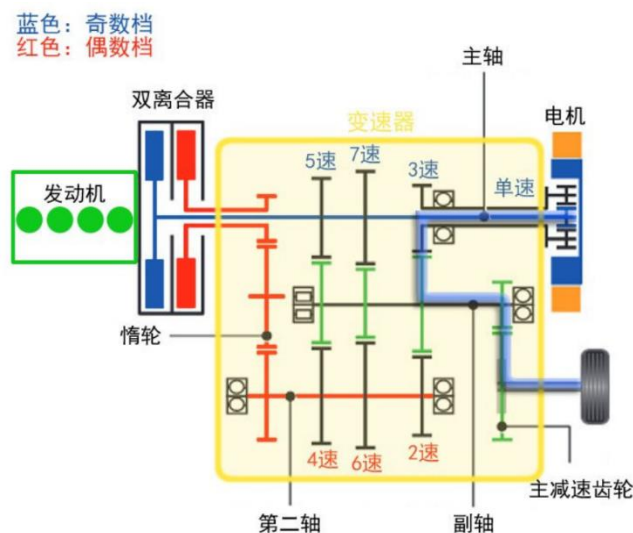


图4-45 纯电驱动模式

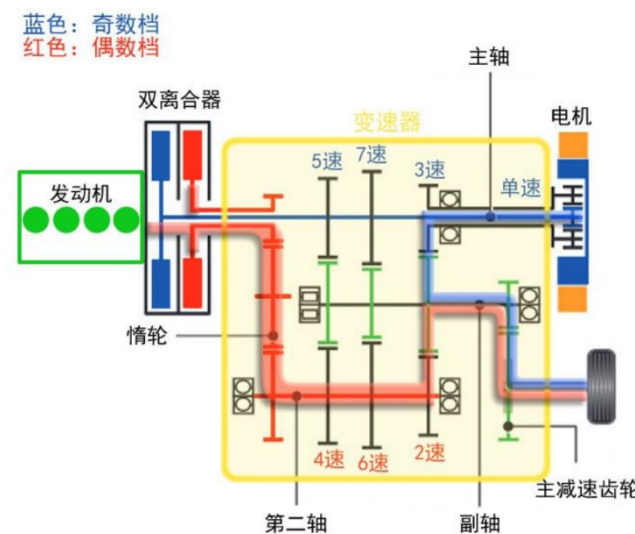


图4-46 混合驱动模式

2.2 本田i-DCD混合动力系统

(3) 发动机驱动模式。高速行驶时，处于发动机的高效运作区间，此时电机不工作，仅使用发动机工作，如图4-47所示。

减速或制动时，发动机停止工作，车辆进行能量回收，为电池组充电。

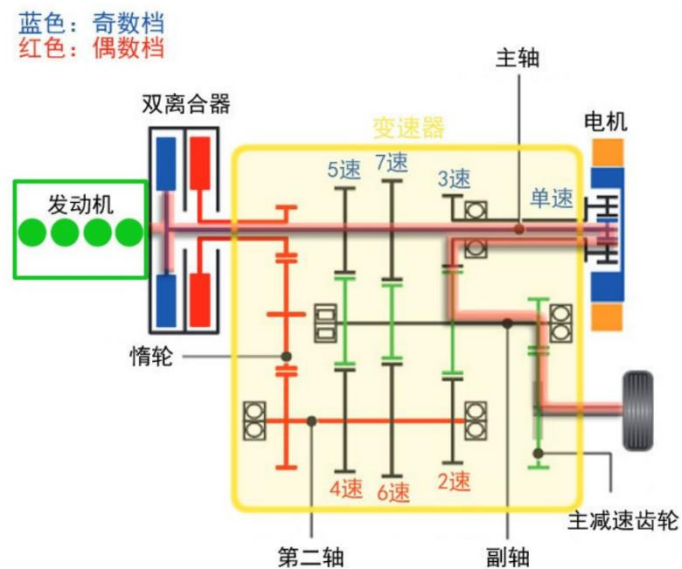


图4-47 发动机驱动模式

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

1. 本田i-MMD双电机混合动力系统的组成

本田i-MMD (Intelligent Multi Mode Drive, 智能化多模式驱动) 双电机混合动力系统主要由2.0L阿特金森循环双顶置凸轮轴可变气门 (DOHC i-VTEC) 汽油发动机、高功率双电机 (电CVT)、控制双电机工作的动力控制单元 (PCU)、以及由高功率锂离子电池和DC/DC转换器等构成的智能动力单元 (IPU) 组成, 如图4-48所示, 可以在电动、混合动力、发动机三种驱动模式之间平顺切换, 节能优势突出, 实现了同级别全球最高水平的燃油经济性, 并且加速迅敏, 具备卓越的运动性能。



图4-48 本田i-MMD双电机混合动力系统

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

图4-49所示为第三代本田i-MMD双电机混合动力系统，它和第二代i-MMD混合动力系统在结构以及工作原理上是没有变化的，同样都是使用2.0L阿特金森循环发动机+双电机+锂离子电池组。只是在第三代的i-MMD混合动力系统上优化了2.0L阿特金森循环发动机，使得发动机的热效率达到了40.6%；并且智能动力单元（IPU）比第二代体积减少了32%，同时还使用了本田开发的不含重稀土磁铁电机。发动机峰值功率为107kW，峰值扭矩为175N·m。



图4-49 第三代本田i-MMD双电机混合动力系统

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

双电机是本田i-MMD双电机混合动力系统的主要动力部分，与传统类型相比，输出和转矩得到了改善，并且进一步实现了小型化。驱动用电机是高功率、高转矩输出，启动后立即进行强劲、平顺和响应灵敏的驱动，减速时也会进行高效的能量再生；发电用电机是利用发动机动力进行高效发电，向驱动用发电机提供电力，同时也给电池充电。双电机如图4-50所示。发电机始终与发动机相连，主要用于发电，驱动电机与驱动车轮相连，主要用于驱动车辆行驶，在制动的时候，电机可以回收能量对电池进行充电。



图4-50 双电机

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

动力控制单元（PCU）能自由控制电流和电压的智能设备，内置紧凑型转换器，可将电池产生的电压最高提升至700V，如图4-51所示。

锂离子电池是通过再生减速的电能和发动机的动力，储备发电电力并提供给驱动电机，它具有密度高、质量轻、体积小、输出功率高等特点，如图4-52所示。



图4-51 动力控制单元



图4-52 锂离子电池

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

本田i-MMD双电机混合动力系统组成示意图如图4-53所示。

在高速巡航期间，发动机输出轴直联式离合器直接连接车轮，并进入发动机驱动模式，通过设定与手动变速器中最高档位相匹配的高速行驶档位和简单的动力传递路径，将阿特金森循环中的高效驱动最大化利用。发动机直联式离合器如图4-54所示。

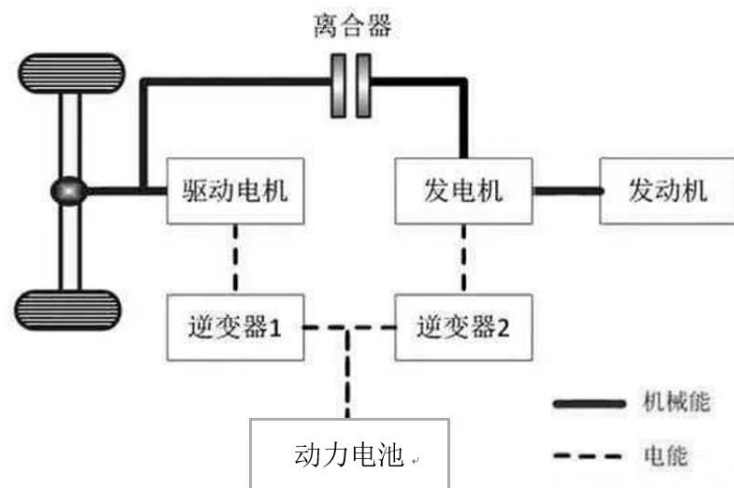


图4-53 本田i-MMD双电机混合动力系统组成示意图



图4-54 发动机直联式离合器

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

2.本田i-MMD双电机混合动力系统工作模式

本田i-MMD双电机混合动力系统的工作模式主要由纯电驱动模式、混合动力驱动模式和发动机驱动模式。

(1) 纯电驱动模式。车辆在起步和中低速巡航工况，由电池为驱动电机供电，仅以驱动电机驱动车辆前行。在纯电驱动模式下，动力系统能量传递如图4-55所示的箭头方向。在纯电驱动模式下，发动机不工作，动力分离装置离合器断开，驱动车辆行驶的能量直接来源于动力电池，动力电池储存的电能经由逆变器提供给驱动电机，驱动电机驱动车辆前进或者后退。在车辆制动时，所产生的能量将被回收充入动力电池内进行储存。

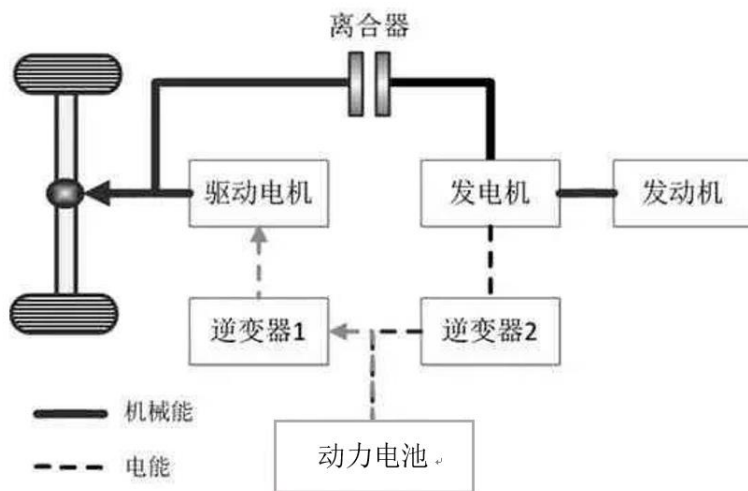


图4-55 纯电驱动模式

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

(2) 混合动力驱动模式。如遇加速请求，由发动机驱动发电机，将产生的电力供应给驱动电机，驱动车辆前行。在混合动力模式下，混合动力系统能量传递如图4-56所示的箭头方向。在混合驱动模式下，仍由驱动电机驱动车轮，虽然发动机工作但动力分离装置离合器断开，发动机只负责发电，不直接参与驱动，发动机运行在能发挥最高效率的转速区间内，通过发电机向驱动电机输送电能，产生足够多的电能可以为动力电池充电。车辆需要急加速时，动力电池可以输出额外的电能给驱动电机，使驱动电机瞬时产生大转矩输出。在车辆减速制动时，可为动力电池提供额外的能量回收。

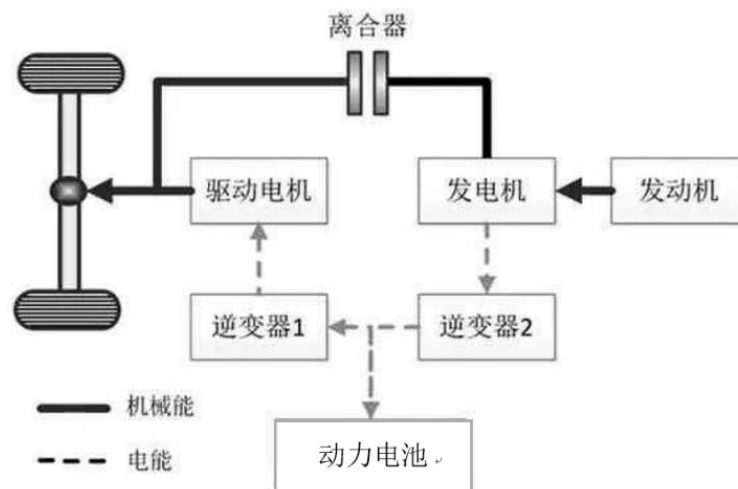


图4-56 混合驱动模式

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

(3) 发动机驱动模式。高速巡航工况，发动机直接连接离合器将动力传输到车轮，驱动车辆前行。在发动机驱动模式下，动力系统能量传递如图4-57所示的箭头方向。在发动机驱动模式下，发动机工作时动力分离装置离合器处于闭合状态，驾驶员直接控制油门，发动机输出转矩，并通过传动机构将动力直接传递给车轮。动力电池一般情况下是处于待机状态，为了在加速时候提供更大的动力，在需要大转矩输出的时候可提供电能给驱动电机，让驱动电机和发动机共同驱动车辆。

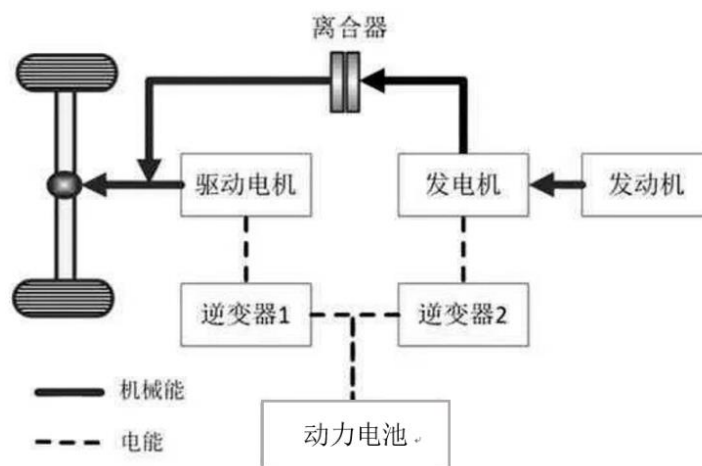


图4-57 发动机驱动模式

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

从整车燃油经济性考虑，在不同的工况下，采用合适的驱动模式，使得发动机运行在最小有效燃油消耗率曲线上，通过三种模式之间的合理切换，可提高从发动机到驱动轴之间的能量传输效率，如图4-58所示。在起步和低速行驶时，采用纯电驱动模式，以避免发动机在低负载工况下运行增加油耗。在中速行驶时，采用纯电动和混合动力驱动模式为主适时切换，使发动机效率和动力电池充放电之间达成平衡。在高速行驶时，采用纯电驱动模式和发动机驱动模式为主适时切换，能量的传输更加直接及效率更高。

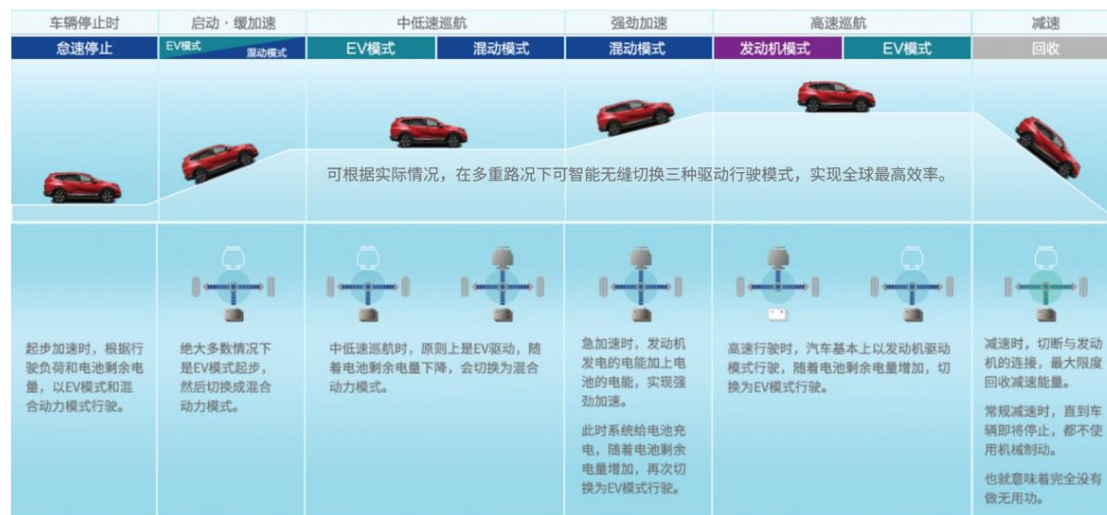


图4-58 工作模式的切换

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

本田i-MMD双电机混合动力系统在本田系列车型中应用广泛，如凌派锐混合动力汽车、雅阁锐混合动力汽车、CR-V锐混合动力汽车、皓影锐混合动力汽车、艾力绅锐混合动力汽车、奥德赛锐混合动力汽车等。

凌派锐混合动力汽车如图4-59所示，其底盘如图4-60所示。



图4-59 凌派锐混合动力汽车



图4-60 凌派锐混合动力汽车底盘

2.3 本田i-MMD双电机混合动力系统

凌派锐混合动力汽车搭载的第三代i-MMD混动系统很多方面得到了进一步提升。峰值功率80kW的1.5L阿特金森自然吸气发动机，进气道形状、燃烧室表面积/容积比经过了缩小化，同时喷射、冷却系统和活塞等多方面的改善，最大热效率达到40.5%。综合油耗仅4.0L/100km。凌派锐混合动力汽车拥有纯电动模式、混合动力驱动模式和发动机驱动模式。系统会针对不同的行驶路况条件，自动进行切换。

本田CR-V混合动力汽车采用i-MMD混合动力系统，由一台2.0L阿特金森发动机和双电机组成，如图4-61所示。发动机峰值功率为107kW，峰值扭矩为175N·m；驱动电机峰值功率为135kW，峰值扭矩315N·m；E-CVT变速器；油箱容积为57L，油耗为4.8L/100km，理论续驶里程为1187km。该混合动力系统共有三种驱动模式：纯电驱动模式，起步、低速时使用；混合动力驱动模式，电池电量充足时由电机驱动，电量不足时启动发动机发电驱动；发动机驱动模式，高速巡航时使用。



图4-61 本田CR-V混合动力汽车

2.4 本田SH-AWD混合动力系统

1.本田SH-AWD混合动力系统的组成

本田SH-AWD (Sports Hybrid-SuperHandling-All Wheel Drive, 运动化混合动力超凡操控全轮驱动) 混合动力系统主要包括发动机、内置单电机的7速双离合变速器、电动空调压缩机、电动伺服制动系统、双电机单元 (TMU)、智能能量单元 (IPU)、电机驱动逆变单元PDU等。

讴歌混合动力汽车属于四轮驱动，其结构示意图如图4-62所示。发动机为本田3.5LV6VCM发动机；前部34.5kW的电机集成在7速双离合变速器中，位于后桥的双电机可以为后轮分配驱动力以及制动力（再生制动）；在双电机上方布置了1.3kW·h/260V的锂离子电池组。



图4-62 讴歌混合动力汽车结构示意图

2.4 本田SH-AWD混合动力系统

双电机单元可以通过两个电机为左右后轮分配驱动力与制动力，如图4-63所示。

2.本田SH-AWD混合动力系统的工作模式

本田SH-AWD混合动力系统拥有纯电驱动、发动机驱动、发动机+电机驱动、电子四驱、能量回收等多种工作模式。

(1) 纯电驱动模式。在纯电驱动模式下，发动机不工作，由集成在变速器中的电机与后桥双电机直接驱动车辆。

(2) 发动机驱动模式。在发动机驱动模式下，发动机驱动前轮，并且通过集成在变速器中的电机为电池充电。

(3) 发动机+电机驱动模式。在发动机+电机驱动模式下，发动机驱动前轮，双电机单元依赖电池的电量驱动后轮，爆发出峰值扭矩。

(4) 电子四驱模式。在电子四驱模式下，发动机驱动前轮的同时，带动变速器内的电机发电；后桥双电机单元依赖前电机发电能量，持续驱动后轮实现全时四驱模式。

(5) 能量回收模式。制动或减速时，发动机不工作，集成在变速器中的电机和后桥双电机均进行能量回收。



图4-63 双电机单元

3. 通用混合动力汽车技术

通用混合动力汽车技术主要有通用沃蓝达混合动力系统和别克君威30H混合动力系统。

3.1 通用沃蓝达混合动力系统

1. 通用沃蓝达混合动力系统的组成

通用沃蓝达混合动力系统属于串联式混合动力系统，也称为增程式动力系统，如图4-64所示，它是由一台68kW、126N·m的1.4L阿特金森直列四缸汽油发动机和111kW、370N·m的电机组成。车辆的全部动力由电机输出，当电池电量不足时，再启动汽油发动机给电池充电。另外Volt沃蓝达使用了可插电式充电技术，可以使用一般的220V家用电源充电，充电完成后，可最大续航为80km，最高速度为160km/h。

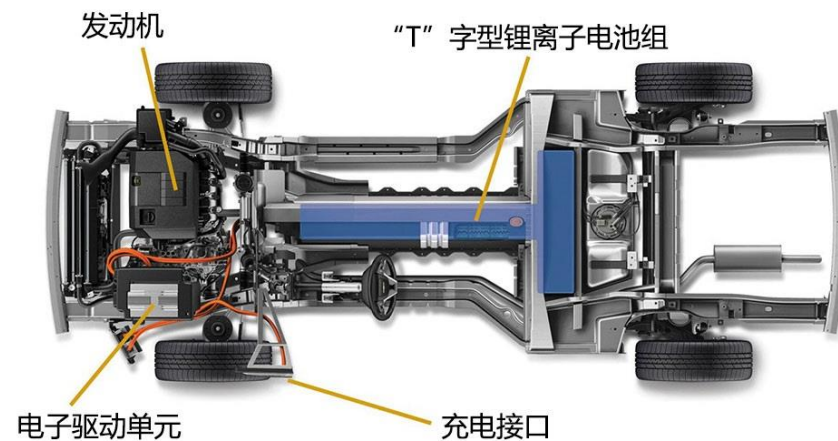


图4-64 通用沃蓝达混合动力系统元

3.1 通用沃蓝达混合动力系统

沃蓝达动力系统由一台1.4L的阿特金森发动机、一台发电机（可转换成电动机）、一台电机三个单元组成，如图4-65所示。它们通过一组行星齿轮组与三个电控离合器连接，其中发动机通过离合器C3连接发电机，发电机通过离合器C2连接行星齿轮外齿圈，而电机则是刚性连接在行星齿轮的太阳轮，其中离合器C1并不连接任何单元，用途是锁止行星齿轮的外齿圈，而行星齿轮组中的行星架则刚性连接着输出轴，传动比例为7:1。

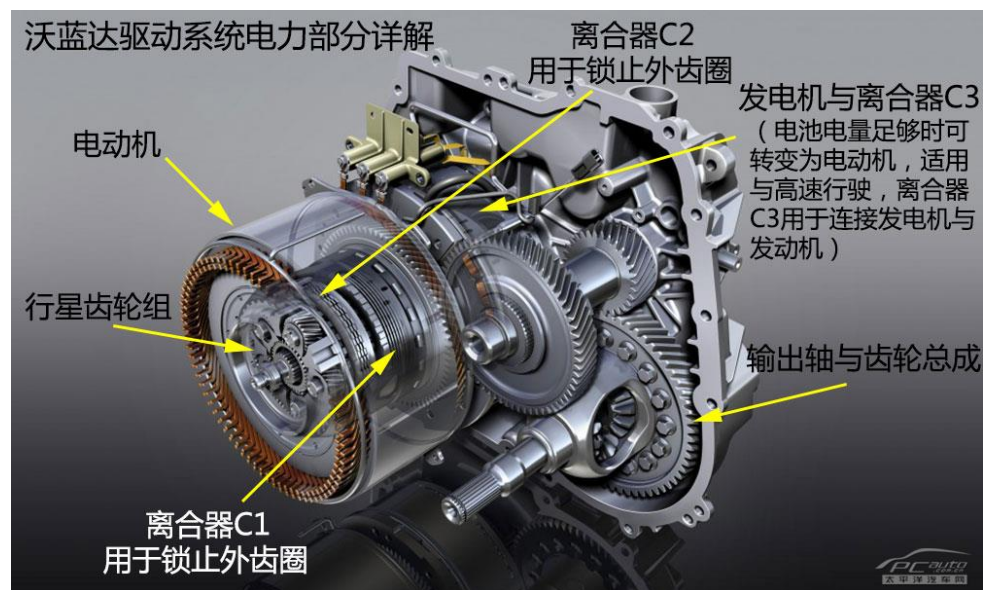


图4-65 沃蓝达动力系统

3.1 通用沃蓝达混合动力系统

2.通用沃蓝达混合动力系统的工作模式

通过离合器的控制可以完成四种驱动模式的转换，这四种工作模式在纯电动与纯燃油模式各有两种，它们分别为纯电动低速单一电机工作模式、纯电动高速双电机工作模式、纯燃油低速单一电机工作模式、纯燃油高速双电机工作模式。

(1) 纯电动低速单一电机工作模式。在该工作模式下，发动机处于关闭状态，离合器C1锁止行星齿轮外齿圈，离合器C2、与C3都处于松开状态，此时电池输出电量至电机驱动行星齿轮的太阳轮，由于行星齿轮的外齿圈锁止，所以全部动力均输出至行星架，通过行星架再输出至输出轴再到车轮，如图4-66所示。

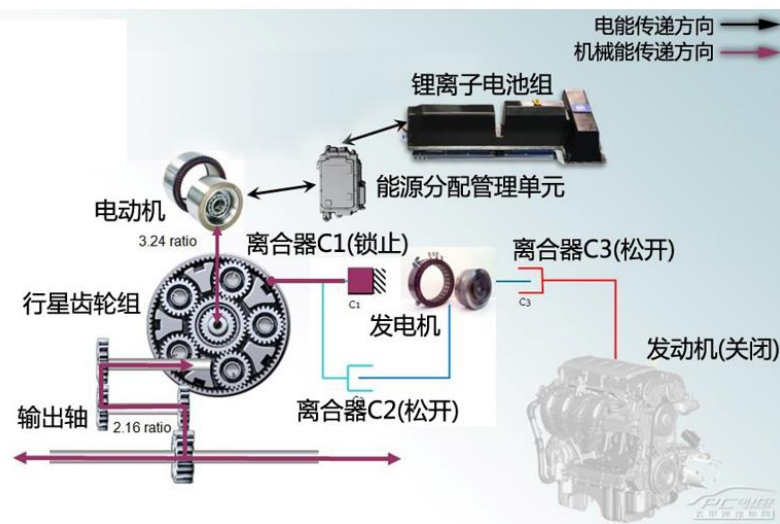


图4-66 纯电动低速单一电机工作模式

3.1 通用沃蓝达混合动力系统

这种传动方式非常简单，由于没有任何变速机构，所以车速与电机的转速有直接关系，当车辆达到较高时速时，电机也只能被迫进入高转速的低能效工况，针对阵这种情况设计了高速双电机工作模式。

(2) 纯电动高速双电机工作模式。在该工作模式下，发动机依然处于关闭状态，系统会锁止离合器C2，从而把发电机（可转换成电动机）与行星齿轮的外齿圈连接，然后再松开离合器C1，此时电子系统会把发电机转换成小电动机，然后电池组供电给电机与小电动机（发电机转换而成）分别驱动太阳轮以及外齿圈，以达到共同驱动行星架的目的，如图4-67所示。

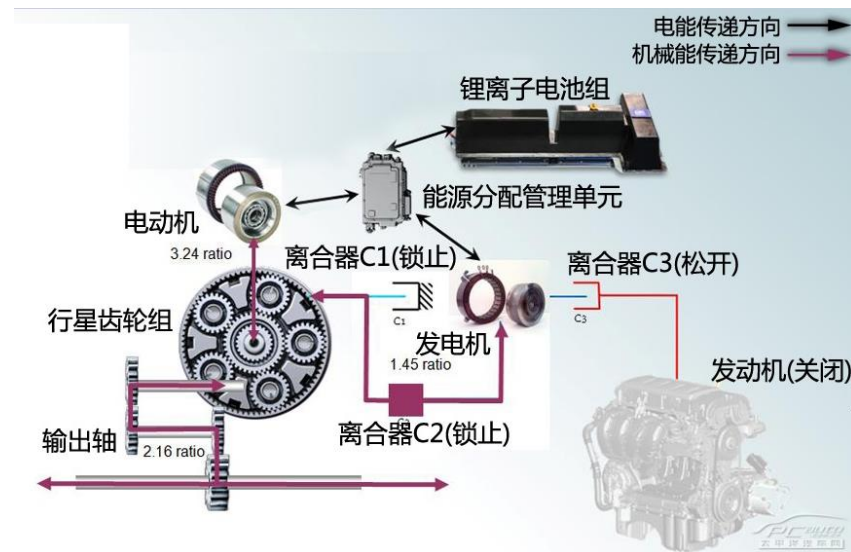


图4-67 纯电动高速双电机工作模式

3.1 通用沃蓝达混合动力系统

此时由于传动比例的变化，电机可以大幅度降低转速，协同了小发电机一同工作又不用担心改变齿比后转矩与功率的不足，在高速工作模式下，该种工况的可以比单一的电机驱动工况让沃蓝达多跑1.6~3.2km的里程。

(3) 纯燃油低速单一电机工作模式。此时发动机处于启动状态，离合器C1、C3锁止，离合器C2松开，这种工况就大致如同电动模式下的单一电机工作模式，唯一的区别是锁止的离合器C3连接了发动机与发电机，从而进行发电，产生的电量供给能源管理模块后会再次供给电机驱动整部车辆，如图4-68所示。

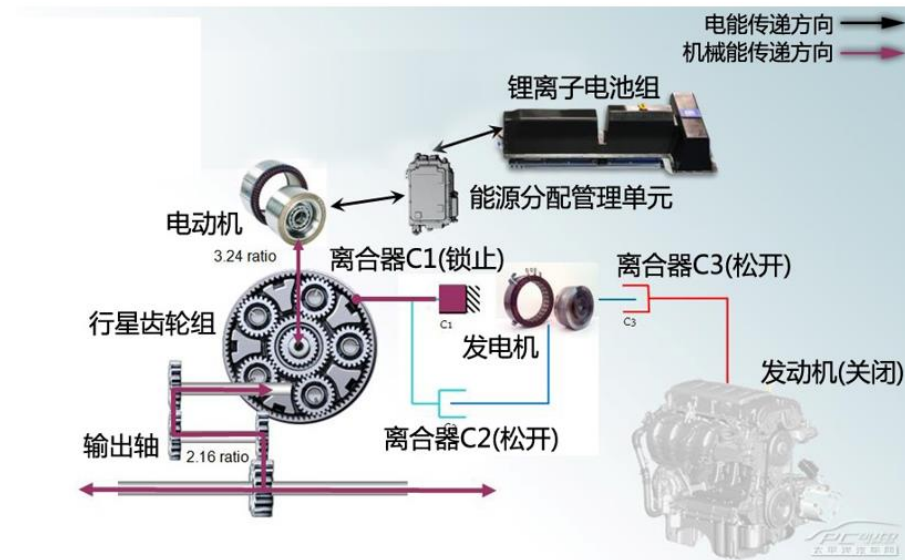


图4-68 纯燃油低速单一电机工作模式

3.1 通用沃蓝达混合动力系统

由于电池能源用完，此时发动机会启动从而带动发电机工作，进而产生的电量再供给电机使用，此工作模式也是沃蓝达的增程式模式。当然这种单一电机的启动模式一样会存在高转速低能效的问题，所以针对增程模式同样设计了双电机模式。

(4) 纯燃油高速双电机工作模式。在纯燃油下的双电机模式，离合器C1松开，从而让行星齿轮的外齿圈可以被驱动，待电机转速降低、发电机转速上升之后，也可以说整个系统的转速在行星齿轮组得到匹配之后，离合器C2、C3锁止，进而把发动机、电机都锁止在外齿圈上，此时三个动力系统的单元都被刚性连接，均可以输出动力到车轮，但此时电机依然是主要做功机构，发动机主要带动发电机产生电能，以及输出少量的动能到齿轮组驱动车轮，但由于整个行星齿轮组系统拥有配速功能，所以发动机的转速与车轮转速可以没有直接关系，如图4-69所示。

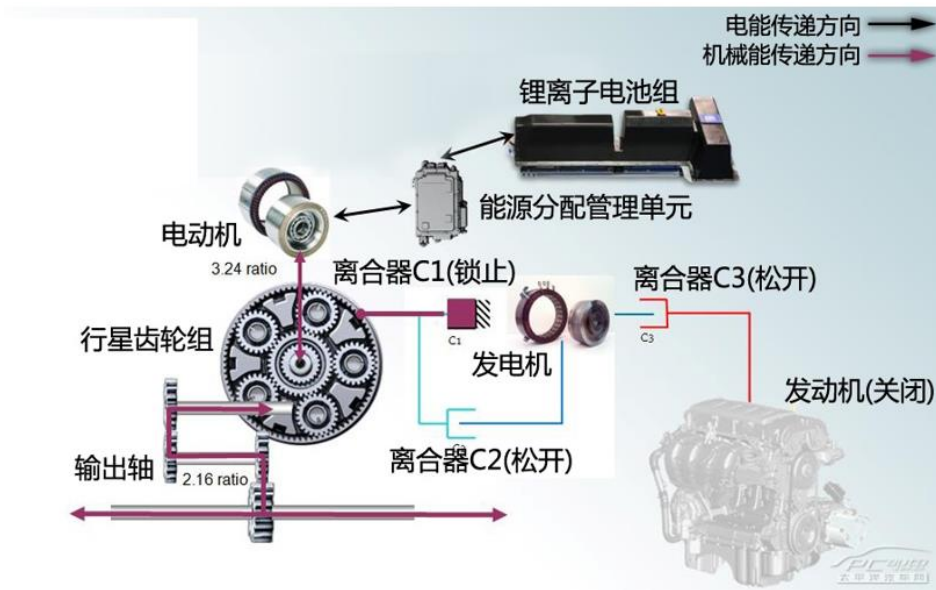


图4-69 纯燃油高速双电机工作模式

3.2 别克君越30H混合动力系统

1.别克君越30H混合动力系统的组成

别克君越30H混合动力系统主要由1.8L缸内直喷汽油发动机（型号为LNK）、电控智能无级变速器（EVT）、高压锂电池组总成等组成，如图4-70所示。

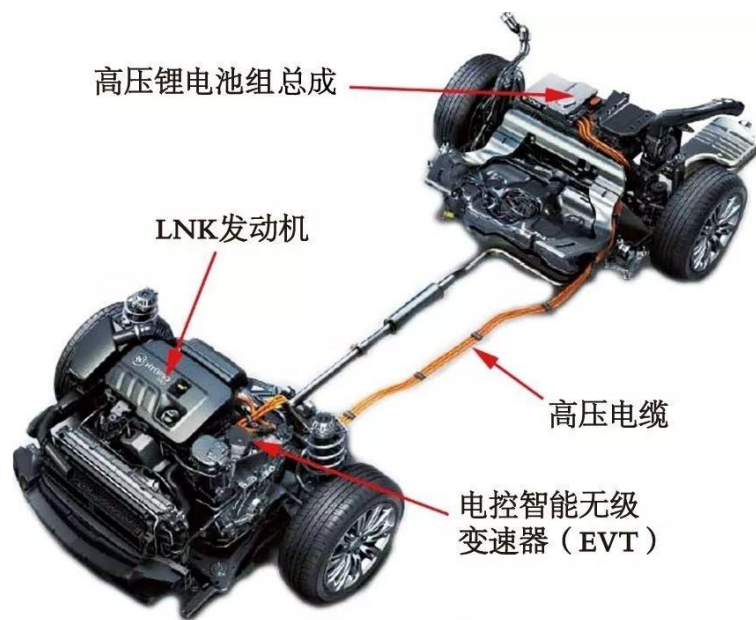


图4-70 别克君越30H车混合动力系统

3.2 别克君越30H混合动力系统

(1) LNK发动机。LNK发动机采用阿特金森循环，排量为1.8L，气缸直径和冲程分别为80.5mm、88.2mm，缸体材料为铸铁，缸盖材料为铸铝，压缩比为11.5 : 1，配气机构为双顶置凸轮轴，每个气缸有4个气门，点火系统为单缸独立点火，燃油供给方式为缸内直喷，峰值功率为94kW，峰值扭矩为175N·m。LNK发动机采用了缸内直喷、双可变气门正时（VVT）、双级可变排量机油泵、水冷式废气再循环（EGR）系统及排气热交换器等技术，其目的是为了进一步提高发动机的燃油经济性。

(2) 电控智能无级变速器。电控智能无级变速器如图4-71所示，它是混合动力系统的核心部件，其内部集成了2个驱动电机/发电机、2组行星齿轮机构、2组离合器、扭转减振器、电源转换模块等部件，其中2个驱动电机/发电机和2组行星齿轮机构同轴布置。该变速器可以实现4种不同的驱动模式。

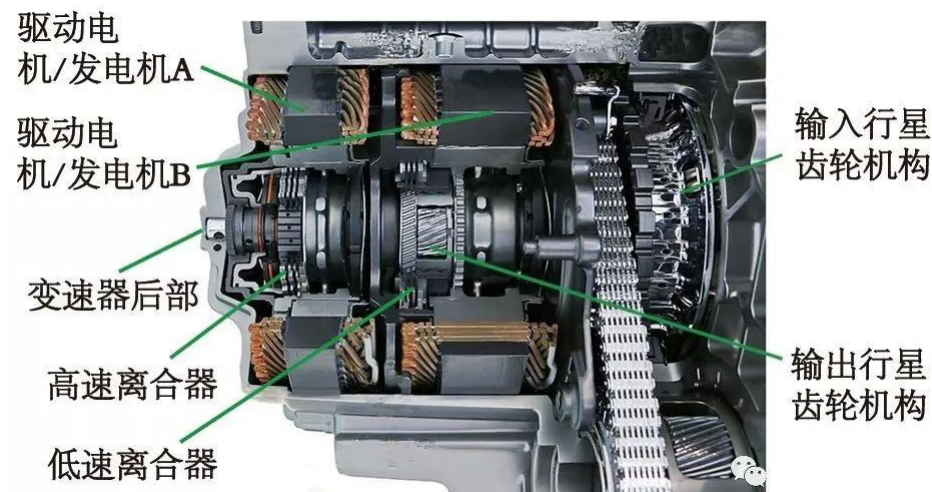


图4-71 电控智能无级变速器

3.2 别克君越30H混合动力系统

①2个驱动电机/发电机。2个驱动电机/发电机均为三相永磁同步电机，电机采用条形绕组结构，如图4-72所示，相比圆形绕组，其直流阻抗更低，同时具有更好的散热特性。

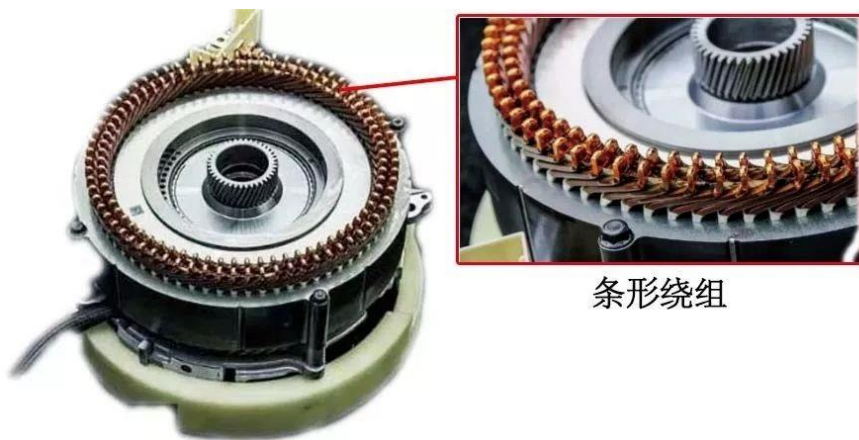


图4-72 驱动电机/发电机

3.2 别克君越30H混合动力系统

驱动电机/发电机A安装在变速器的后部，主要作为发电机使用，高速驱动模式下也可以参与驱动，另外，在车辆静止或行驶中，它也可以作为起动机使用，倒拖启动发动机。驱动电机/发电机A峰值功率为54kW，峰值扭矩为140N·m。

驱动电机/发电机B安装在变速器的前部，主要作用是驱动车辆，在车辆滑行或制动时，作为发电机使用，回收制动能量。驱动电机/发电机B的峰值功率为60kW，峰值扭矩为275 N·m。驱动电机/发电机B外壳上安装了输出转速传感器，用于检测输出齿轮的转速和旋转方向。

为了实现对电机进行矢量控制，需精确测量电机转子的转速、转向及位置，为此，每个驱动电机/发电机上均安装了电机转速/位置传感器。电机转速/位置传感器采用了旋转变压器的结构形式，由3个定子线圈（励磁线圈、正弦绕组、余弦绕组）和转子（随电机转子同步旋转）组成。

②2组行星齿轮机构。2组行星齿轮机构分别为输入行星齿轮机构和输出行星齿轮机构。输入行星齿轮机构安装在变速器前端，其主要部件有输入太阳轮、输入内齿圈和输入行星架，如图4-73所示。输入太阳轮通过其驱动轴的花键直接连接在驱动电机/发电机A的转子上，输入内齿圈外部连接在扭转减振器上；输入行星架通过链条连接至主减速器输入齿轮且输出动力，并与输出行星架花键连接；驻车锁止结构的棘轮集成在输入行星齿轮架上。



图4-73 输入行星齿轮机构

3.2 别克君越30H混合动力系统

输出行星齿轮机构安装在变速器的后端，其主要部件有输出太阳轮、输出内齿圈和输出行星架，如图4-74所示。输出太阳轮直接连接在驱动电机/发电机B的转子上，输出内齿圈通过低速离合器可以被固定在壳体上，输出行星架通过花键与输入行星架连接在一起并输出动力。



(a) 输出太阳轮

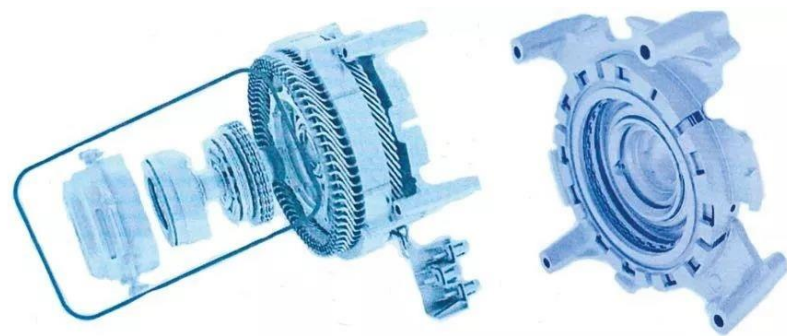
(b) 输出内齿圈

(c) 输出行星架

图4-74 输入行星齿轮机构

3.2 别克君越30H混合动力系统

③2组离合器。2组离合器分别为高速离合器和低速离合器，如图4-75所示，两者均为液压驱动多片式离合器。高速离合器安装在驱动电机/发电机A的转子上，高速离合器接合后，可以将驱动电机/发电机A与输出内齿圈连接在一起；低速离合器安装在变速器中部，低速离合器接合后，可以将输出内齿圈与变速器的壳体连接，从而将输出内齿圈固定。



(a) 高速离合器

(b) 低速离合器

图4-75 离合器

3.2 别克君越30H混合动力系统

④扭转减振器。扭转减振器如图4-76所示，扭转减振器内含1个扭转减振器旁通离合器，它安装在在变速器的前端，通过一个离合器接盘直接安装在发动机飞轮上，其主要功能是在发动机和变速器之间传递动力。当发动机向变速器传递动力时，离合器分离，扭转减振器工作，使动力传递更加平顺；在启动工况时，离合器接合，将扭转减振器旁通，变速器内的驱动电机/发电机A驱动发动机，以快速启动发动机。



图4-76 扭转减振器

3.2 别克君越30H混合动力系统

⑤电源转换模块。电源转换模块如图4-77所示，集成在变速器内部，电源转换器模块内部集成了混合动力控制模块（HPCM）和3个电机控制模块。HPCM的主要作用是控制电机的运行模式，与位于高压锂电池组总成内的混合动力控制模块2（HPCM2）通信，并确定内部高压启用与停用。3个电机控制模块分别用于控制驱动电机/发电机A、驱动电机/发电机B和电动液压油泵。电机控制模块内部有大功率的绝缘栅双极型晶体管（IGBT），负责接收HPCM的指令，并对电机的转动方向、速度、转矩等进行控制，同时，电机控制模块需实时采集电机的电压、电流及温度信息，并传输给HPCM和组合仪表，由组合仪表显示当前车辆的运行参数。



图4-77 电源转换模块

3.2 别克君越30H混合动力系统

(3) 高压锂电池组总成。高压锂电池组总成如图4-78所示，主要由高压锂电池组、接口模块、混合动力控制模块2、接触器盒总成、手动分离器开关等组成。高压锂电池组总成位于乘客舱内后排座椅下方，其主要作用为：存储电能；管理高压锂电池组充放电电量与技术状态；控制高压锂电池组对外电能输出的接通与关闭；与车辆其他模块通信。

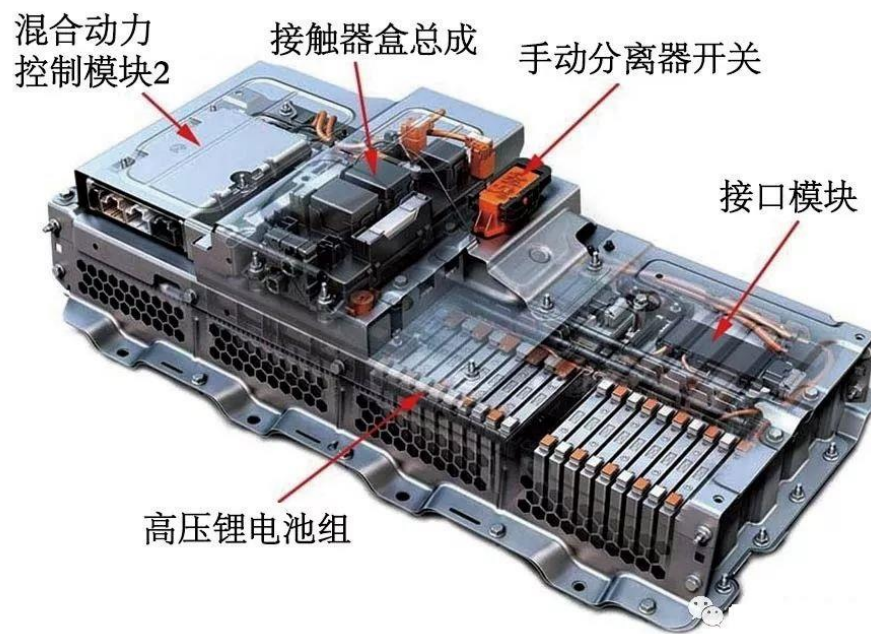


图4-78 高压锂电池组总成

3.2 别克君越30H混合动力系统

- ①高压锂电池组。高压锂电池组采用三元锂离子电池，电芯的标称电压为3.6V，标称容量为5.2A·h，每10个电芯组成一个电池单元，8个电池单元依次串联组成高压锂电池组。高压锂电池组的总电压为 $3.6V \times 10 \times 8 = 288V$ ，储存的总电能为 $288V \times 5.2A \cdot h = 1497.6W \cdot h \approx 1.5kW \cdot h$ 。接口模块位于高压锂电池组的上方，每个电池单元上方设置一个接口模块，共8个。
- ②接口模块。接口模块的作用是采集每个电芯的电压信号及每个电池单元的温度信号，并将这些信号传递给混合动力控制模块2。接口模块与混合动力控制模块2采用串行数据进行通信。
- ③混合动力控制模块2。混合动力控制模块2也可称为电池管理系统（BMS）模块，位于高压锂电池组总成的左上方，其主要作用为：与接口模块通信，获取高压锂电池的温度及电压等信号；采集电流传感器信号，估算高压锂电池的充电状态及剩余电量（SOC）；管理高压锂电池的充放电电压，平衡每个电芯的技术状态，从而提高电池的使用寿命；通过接口模块实现高压锂电池的电量平衡控制。
- ④接触器盒总成。接触器盒总成位于高压锂电池组总成的上方，邻近混合动力控制模块2，其内部集成了正极接触器、负极接触器、预充电继电器、预充电电阻、手动分离器开关（内含熔丝）、电流传感器等。混合动力控制模块2通过控制上述接触器和继电器，实现高压锂电池组的高电压输出接通和关闭。
- ⑤手动分离器开关。手动分离器开关也称手动维修开关，它串联接入8个电池单元的回路中，内含125A熔丝，并具有高压互锁功能。在维修车辆高压相关系统时，需先拔下手动分离器开关，断开高压锂电池组的内部回路。

3.2 别克君越30H混合动力系统

2. 别克君越30H车混合动力系统的工作模式

别克君越30H车混合动力系统的传动原理如图4-79所示，其工作模式分为启动模式、驱动模式及能量回收模式，其中驱动模式又分为纯电机驱动、低速驱动、固定传动比驱动及高速驱动等4种模式。

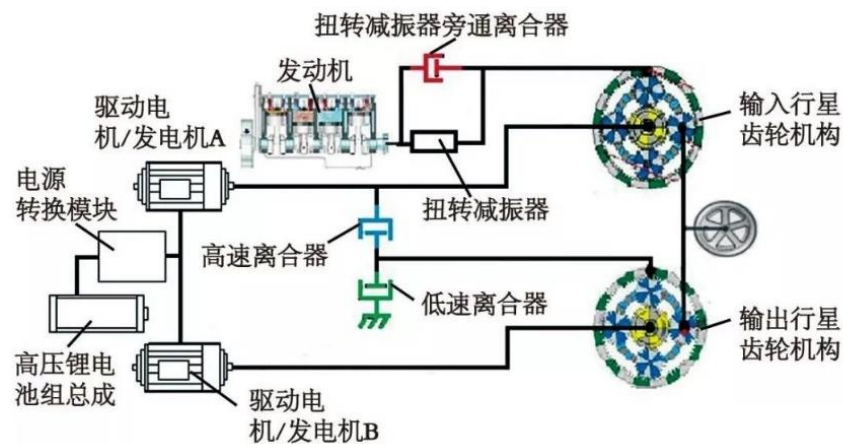


图4-79 别克君越30H车混合动力系统的传动原理

3.2 别克君越30H混合动力系统

(1) 启动模式。启动发动机时，扭转减振器旁通离合器接合，低速离合器和高速离合器均分离，驱动电机/发电机A起到起动机作用。

启动模式时的动力传递路线为：驱动电机/发电机A→输入行星齿轮组的太阳轮→输入行星齿轮组的内齿圈→扭转减振器旁通离合器→发动机。

(2) 纯电机驱动模式。在纯电机驱动模式下，发动机停止工作，低速离合器接合，高速离合器和扭转减振器旁通离合器均分离。由于低速离合器接合，输出行星齿轮组的齿圈被固定，驱动电机/发电机B驱动车辆行驶。

纯电机驱动模式时的动力传递路线为：驱动电机/发电机B→输出行星齿轮组的太阳轮→输出行星齿轮组的行星架→链条传动→主减速器、差速器、半轴→车轮。

在纯电机驱动模式下，由于输出行星齿轮组的行星架转动，输入行星齿轮组的行星架也同步转动，而发动机停止转动，输入行星齿轮组的齿圈也停止转动，因此，输入行星齿轮组的太阳轮（连接驱动电机/发电机A）必须转动，此时，驱动电机/发电机A虽然转动，但是不驱动也不发电，处于空转的状态。

纯电机驱动模式时，倒挡与前进挡的动力传递路线相同，可以通过改变驱动电机/发电机B的转动方向来实现倒挡行驶。

3.2 别克君越30H混合动力系统

(3) 低速驱动模式。车辆以纯电机驱动模式行驶，当高压锂电池组的电压降低到标定值时，车辆进入低速驱动模式，此时发动机自动启动，发动机带动驱动电机/发电机A发电，驱动电机/发电机B驱动车辆行驶。低速驱动模式时，低速离合器接合，高速离合器和扭转减振器旁通离合器均分离。

低速驱动模式时的动力传递路线为：驱动电机/发电机B→输出行星齿轮组的太阳轮→输出行星齿轮组的行星架→链条传动→主减速器、差速器、半轴→车轮。发动机带动驱动电机/发电机A发电时的动力传递路线为：发动机→扭转减振器→输入行星齿轮组的内齿圈→输入行星齿轮组的太阳轮→驱动电机/发电机A→发电。

(4) 固定传动比驱动模式。随着车速的提高（中速），车辆进入固定传动比驱动模式，此时，低速离合器和高速离合器均接合，扭转减振器旁通离合器分离。由于低速离合器、高速离合器均接合，因此输出行星齿轮组的齿圈、输入行星齿轮组的太阳轮均被固定在变速器的壳体上，即驱动电机/发电机A停止，而发动机、驱动电机/发电机B均参与驱动车辆。

发动机驱动车辆的动力传递路线为：发动机→扭转减振器→输入行星齿轮组的内齿圈→输入行星齿轮的行星架→链条传动→主减速器、差速器、半轴→车轮。

驱动电机/发电机B驱动车辆的动力路线为：驱动电机/发电机B→输出行星齿轮组的太阳轮→输出行星齿轮组的行星架→链条传动→主减速器、差速器、半轴→车轮。

3.2 别克君越30H混合动力系统

(5) 高速驱动模式。高速驱动模式时，高速离合器接合，低速离合器和扭转减振器旁通离合器均分离，此时，驱动电机/发电机A、驱动电机/发电机B及发动机共同驱动车轮。

在输入行星齿轮组中，发动机和驱动电机/发电机A分别向输入行星齿轮组的齿圈和输入行星齿轮组的太阳轮输入动力，再通过输入行星齿轮组的行星架向车轮输出动力。在输出行星齿轮组中，驱动电机/发电机B和驱动电机/发电机A分别向输出行星组的太阳轮和输出行星组的内齿圈输入动力，再通过输出行星齿轮组的行星架向车轮输出动力。(6) 能量回收模式。当车辆处于滑行或制动时，发动机停止工作，低速离合器接合，高速离合器和扭转减振器旁通离合器均分离。由于低速离合器接合，输出行星齿轮组的齿圈被固定，此时，驱动电机/发电机B被车辆反拖驱动而发电，实现再生制动能量回收。

能量回收模式时的动力传递路线为：车轮→半轴、差速器、主减速器→链条传动→输出行星齿轮组的行星架→输出行星齿轮组的太阳轮→驱动电机/发电机B→发电。

3.2 别克君越30H混合动力系统

(5) 高速驱动模式。高速驱动模式时，高速离合器接合，低速离合器和扭转减振器旁通离合器均分离，此时，驱动电机/发电机A、驱动电机/发电机B及发动机共同驱动车轮。

在输入行星齿轮组中，发动机和驱动电机/发电机A分别向输入行星齿轮组的齿圈和输入行星齿轮组的太阳轮输入动力，再通过输入行星齿轮组的行星架向车轮输出动力。在输出行星齿轮组中，驱动电机/发电机B和驱动电机/发电机A分别向输出行星组的太阳轮和输出行星组的内齿圈输入动力，再通过输出行星齿轮组的行星架向车轮输出动力。(6) 能量回收模式。当车辆处于滑行或制动时，发动机停止工作，低速离合器接合，高速离合器和扭转减振器旁通离合器均分离。由于低速离合器接合，输出行星齿轮组的齿圈被固定，此时，驱动电机/发电机B被车辆反拖驱动而发电，实现再生制动能量回收。

能量回收模式时的动力传递路线为：车轮→半轴、差速器、主减速器→链条传动→输出行星齿轮组的行星架→输出行星齿轮组的太阳轮→驱动电机/发电机B→发电。

3.2 别克君越30H混合动力系统

各工作模式下的发动机、驱动电机/发电机及离合器的状态见表4-1。

工作模式	发动机	驱动电机/ 发电机 A	驱动电机/ 发电机 B	高速 离合器	低速 离合器	旁通 离合器	工况
启动	被驱动	驱动	停止	分离	分离	接合	启动
纯电机驱动	停机	空转	驱动	分离	接合	分离	低速或倒挡
低速驱动	带动电机 A	发电	驱动	分离	接合	分离	低速
固定传动比 驱动	驱动	停止	驱动	接合	接合	分离	中速
高速驱动	驱动	驱动	驱动	接合	分离	分离	高速或加速
能量回收	停机	空转	发电	分离	接合	分离	滑行或制动