

混合动力介绍

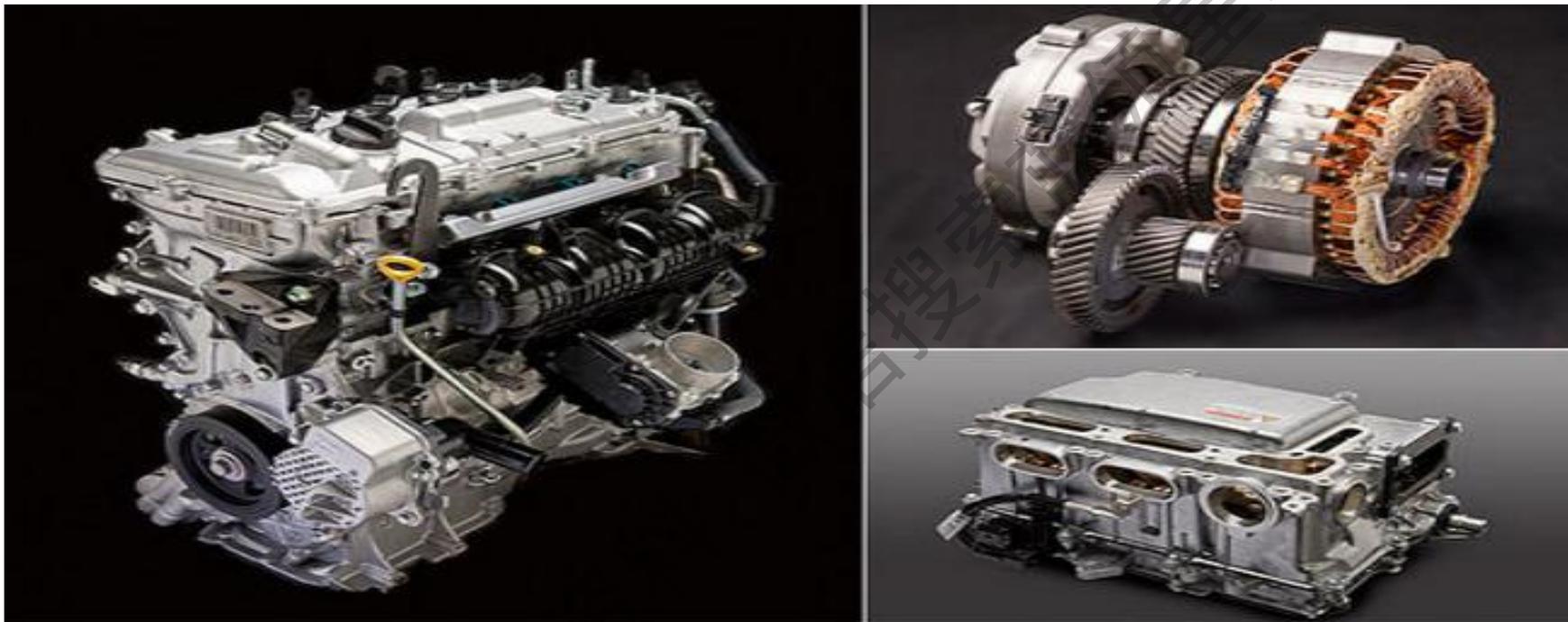
获取更多资料 微信搜索蓝领星球

目录

- 1, 丰田混合动力介绍
- 2, 混合动力参数设计思路介绍

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

1 丰田普锐斯混合动力





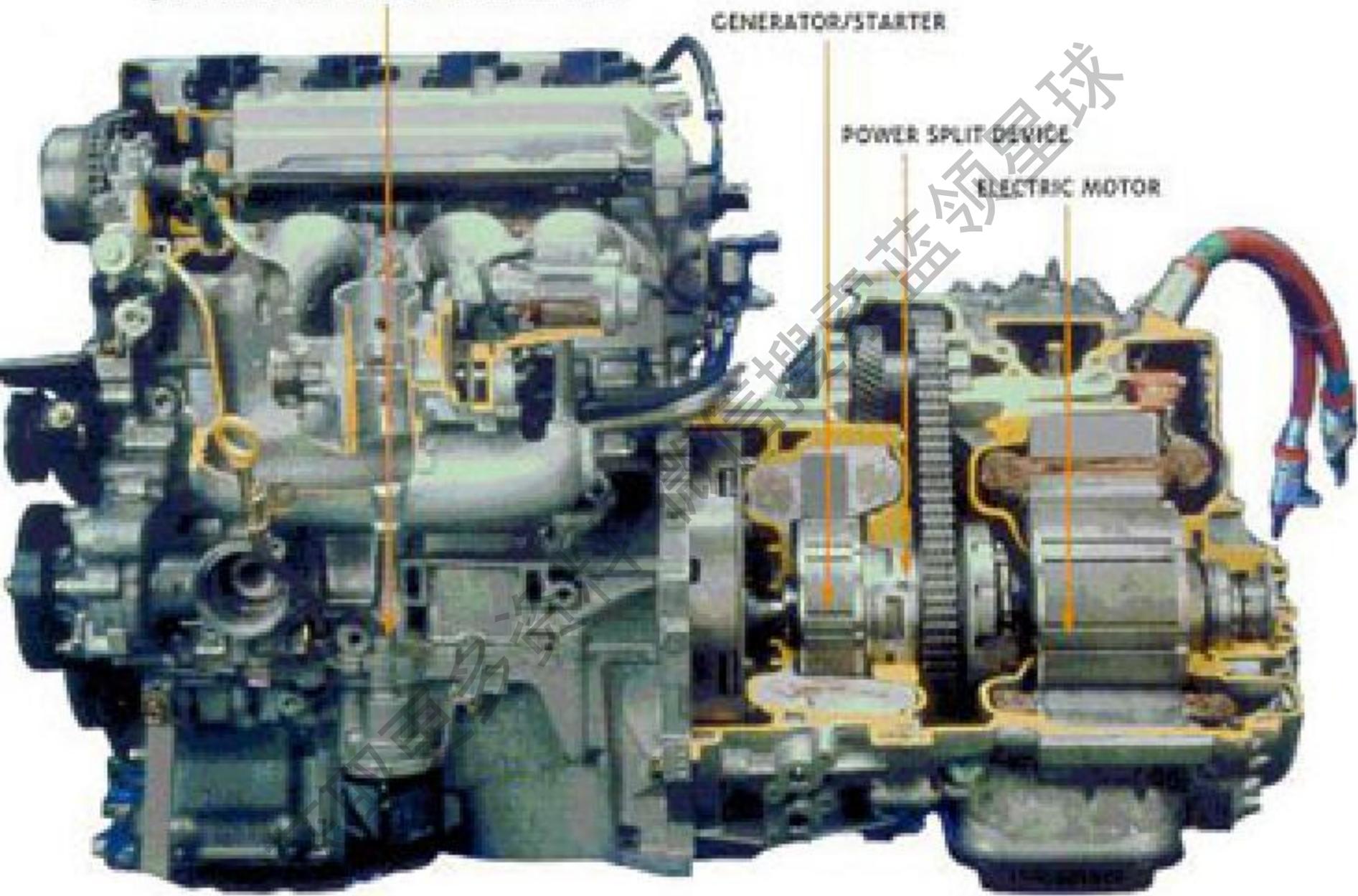
获取更

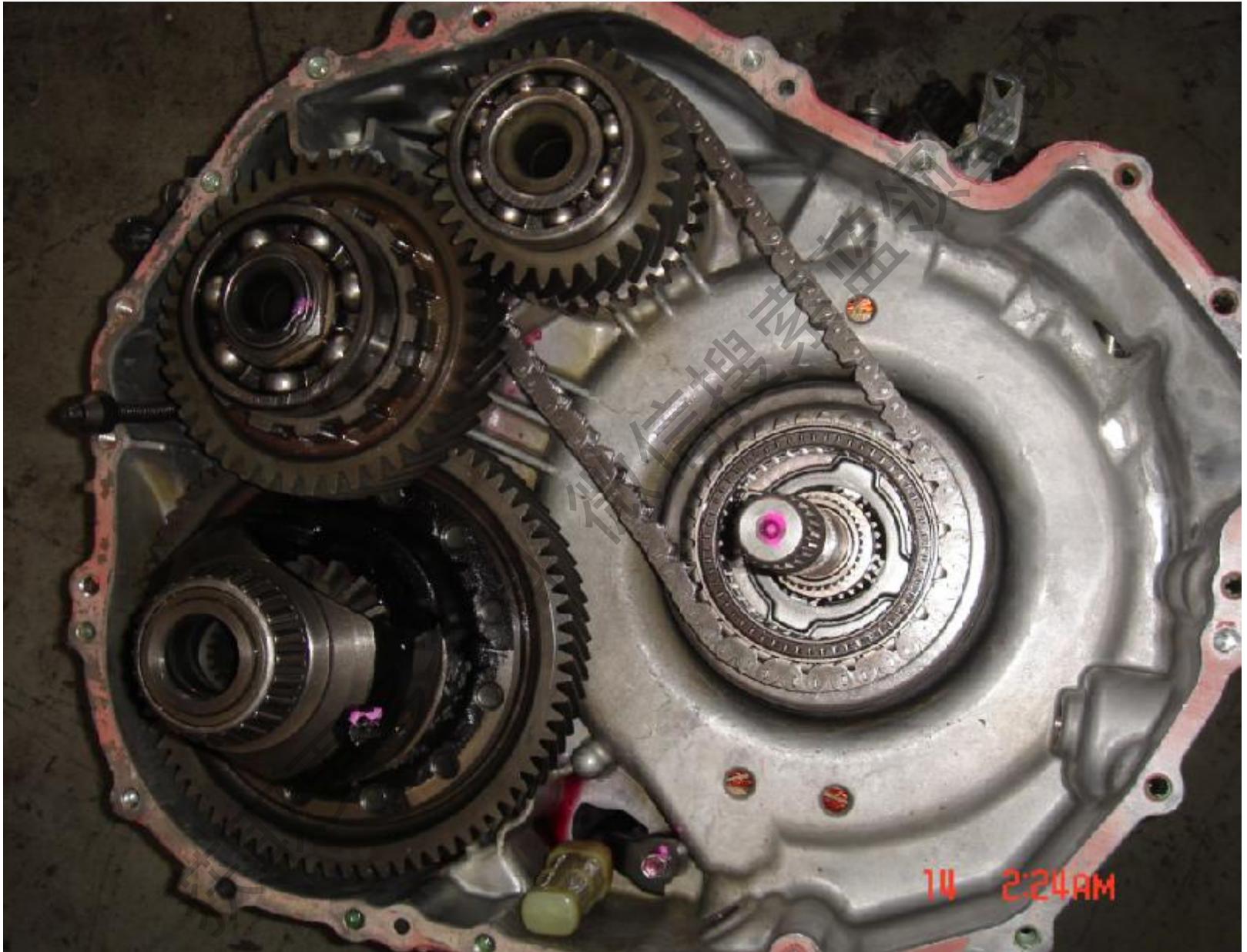
4-CYLINDER INTERNAL COMBUSTION ENGINE

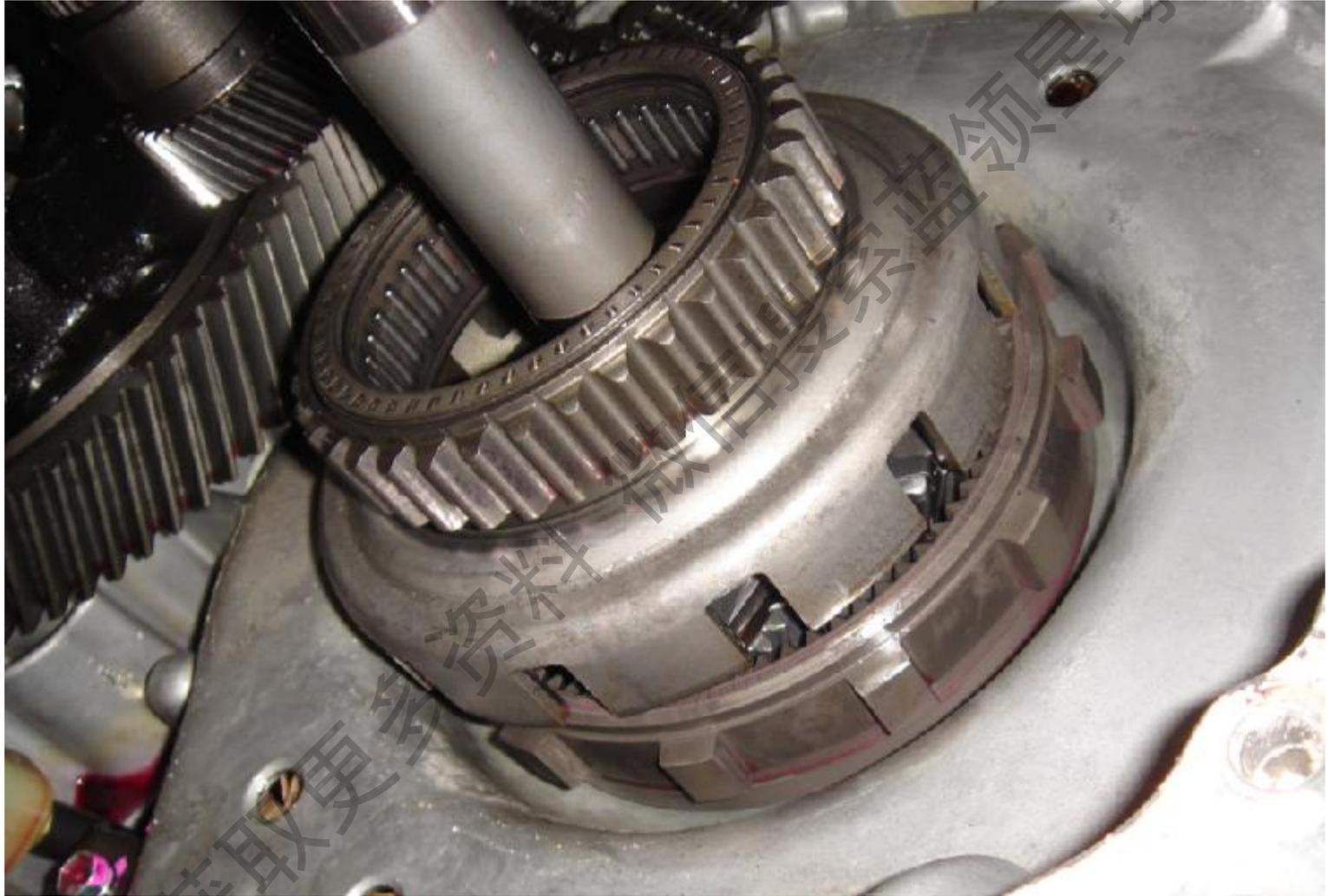
GENERATOR/STARTER

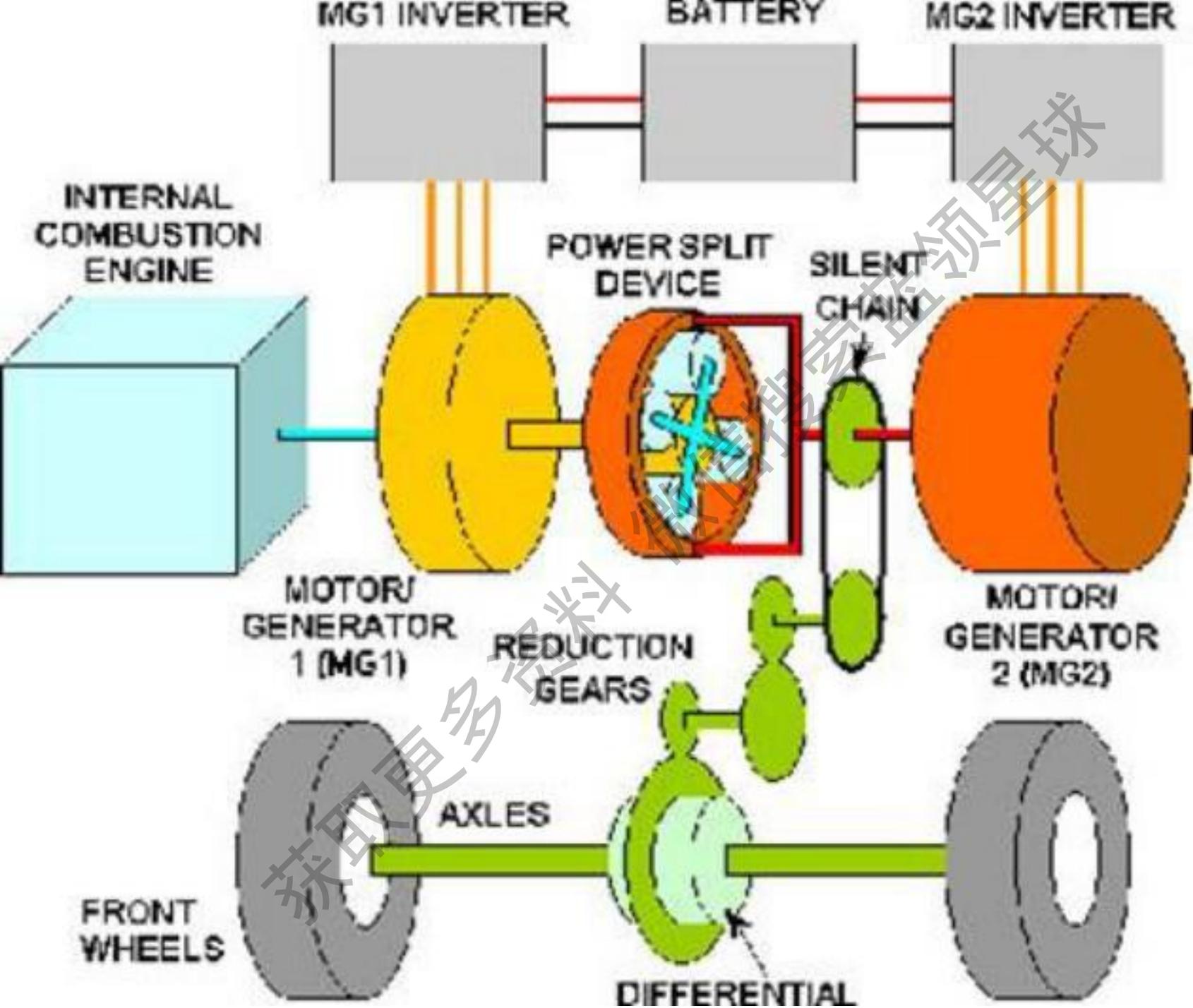
POWER SPLIT DEVICE

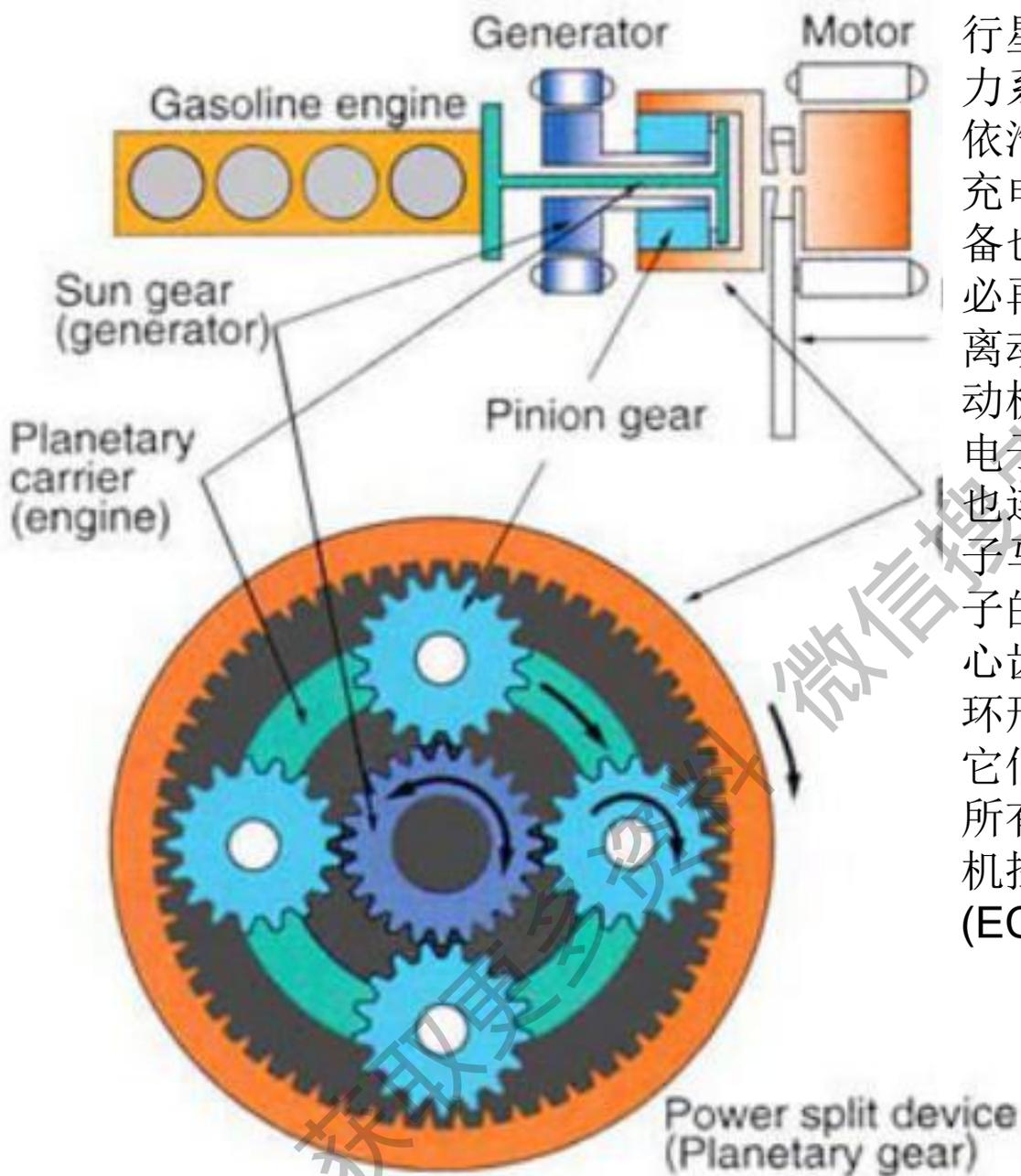
ELECTRIC MOTOR











行星齿轮结构使车辆采用串联混合动力系统运转。从而，汽油发动机可不依汽车速度独立运转，以给高压电池充电或必要时为车轮提供动力。该设备也承担了连续变速传动的功能，不必再用手动传动或自动传动。因为分离动力设备通过发生器发动了汽油发动机，汽车不需要起动机。

电子马达连接在齿轮组的环形齿轮上，也连接驱动车轮的差速器。因此，电子马达的自转速率和环形齿轮决定车子的速度。发电机被连在齿轮组的中心齿轮上，而引擎连接着行星齿轮架。环形齿轮的速度由三个部件共同决定，它们必须同时工作以控制输出速度。所有的32位微处理器单元被用于发动机控制模块(ECM)、高压电控制单元(ECU)、电池的ECU和刹车控制ECU。

Courtesy: Toyota Motor Corporation

表 7.1-3 常用行星机构传动比计算公式

行星齿轮传动			简 图	固定件	主动件	转化机构传动比	行星机构传动比
类	组	型					
2Z-X	负号机构	NGW		b	a, X	$i_{ab}^X = -\frac{z_b}{z_a}$	$i_{aX}^b = 1 - \frac{z_b}{z_a}, i_{Xa}^b = \frac{1}{1 + \frac{z_b}{z_a}}$
				a	b, X	$i_{ba}^X = -\frac{z_a}{z_b}$	$i_{bX}^a = 1 + \frac{z_a}{z_b}, i_{Xb}^a = \frac{1}{1 + \frac{z_a}{z_b}}$

表 7.1-1 行星齿轮传动类型和特点

传动类型			机构简图	传动特性				应用特点
类	组	型		传动比范围	传动比推荐值	传动效率	传递功率/kW	
2Z-X	负号	NGW		1.13 ~13.7	$i_{ax}^b = 2.7 \sim 9$	$\eta_{ax}^b = 0.97$ ~0.99	不限	广泛地用于动力及辅助传动中,工作制度不限,可作为减速、增速和差速装置 轴向尺寸小,便于串联成多级传动,工艺性好

太阳齿轮
发电机

齿环
电动机 - 输出轴

小齿轮

行星齿轮
汽油发动机

车组件位置



获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

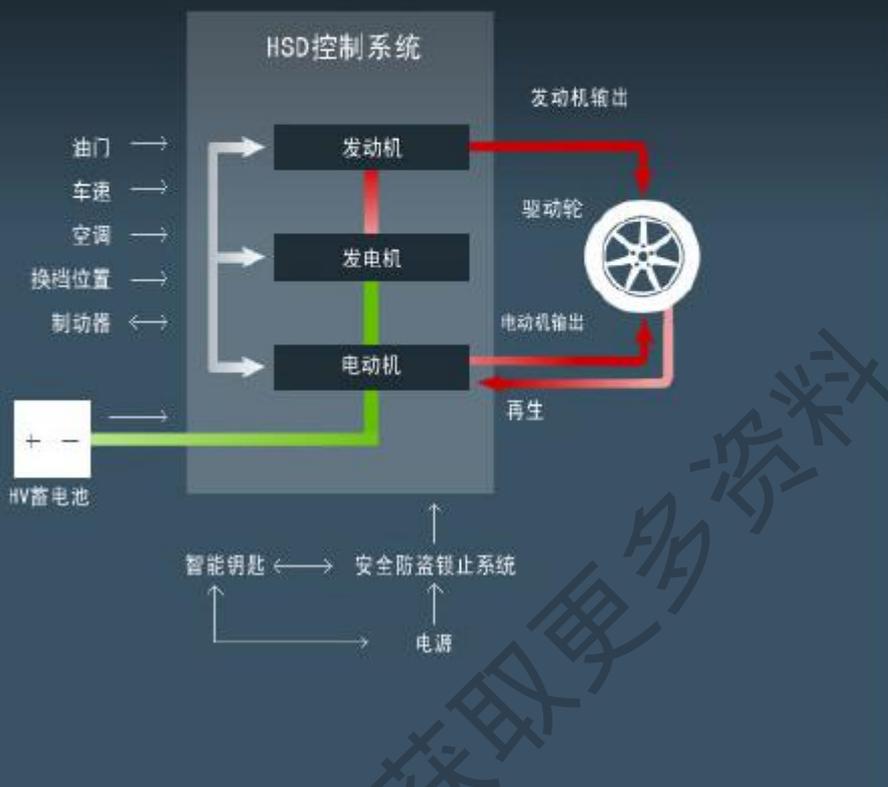
电子控制系统

汽车智囊帮助实现安全、舒适和最高效率行驶

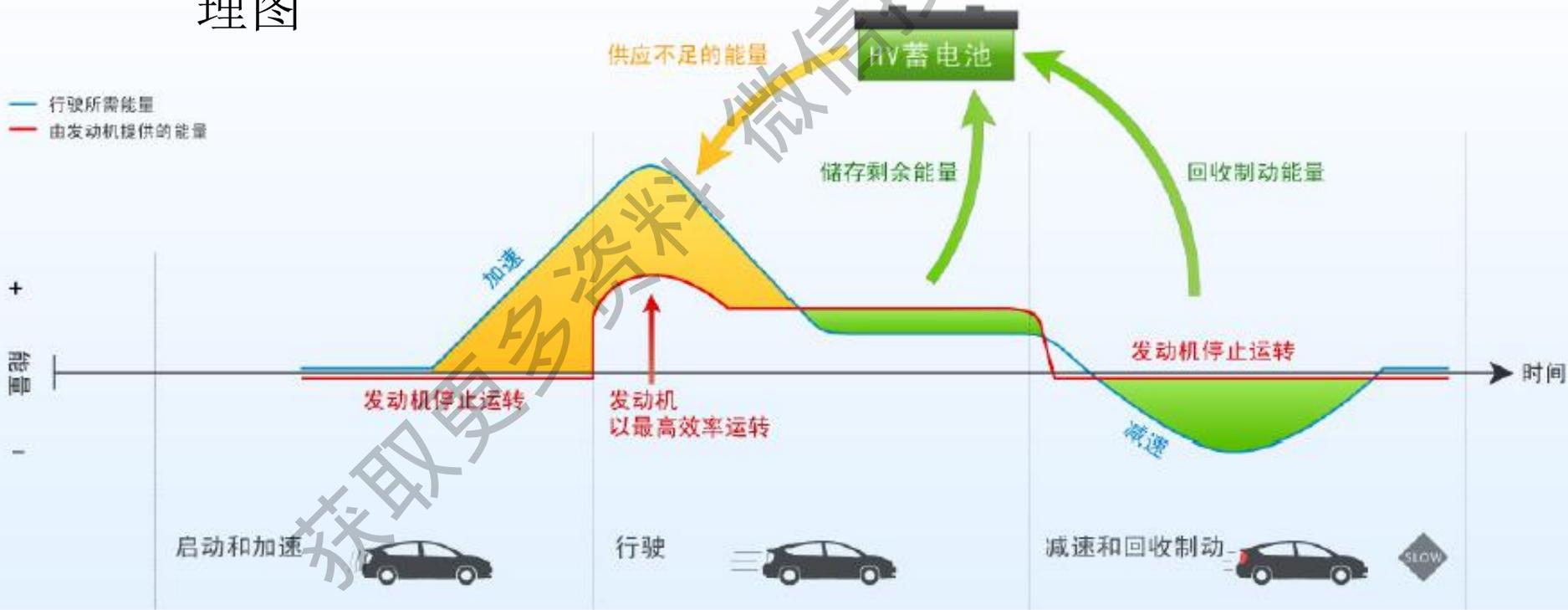
ECU*是集中控制车辆中各种系统的电子装置，可称为汽车的大脑。为了实现安全、舒适、高效率行驶，TOYOTA 油电混合动力系统采用EUC实时监控汽车各系统的运转情况和能量消耗情况，进行精密且高速的综合控制。

- 监控混合动力组成部分（混合动力系统的发动机、发电机、电动机、HV蓄电池）的运转状态。
- 监控通过汽车的控制网络传来的制动信息。
- 监控从驾驶者发出的指令（加速踏板开度、变档位置）。
- 监控辅助驾驶设备（如空调、加热器、前照灯、导向系统等）的能量消耗。
- 综合以上的监控结果，电子控制各系统，以实现安全、舒适和最高效率的行驶。

系统控制（概念图）



功率或能量管理原理图



系统动力流程



混联式混合动力

利用电动机和发动机来驱动车轮，并可用发电机来发电及自行充电

混联式混合动力利用电动机和发动机这两个动力来驱动车轮，同时电动机在行驶当中还可以发电。

根据行驶条件的不同，可以仅靠电动机驱动力来行驶，或者利用发动机和电动机驱动行驶。另外还安装有发电机，所以可以一边行驶，一边给HV蓄电池充电。基本结构由电动机、发动机、HV蓄电池、发电机、动力分离装置、电子控制单元（变压器、转换器）组成。利用动力分离装置将发动机的动力分成两份，一部分用来直接驱动车轮，另一部分用来发电，给电动机供应电力和HV蓄电池充电。

电动机擅长从低速带开始发挥威力，而发动机则在高速带大显身手。本系统通过理想地控制二者，可在所有条件下提供高效率的行驶。

TOYOTA 油电混合动力系统中还采用了其它许多最尖端的技术，将驱动系统、发电系统、控制系统进行开发和改良，获得了众多以往的传动系所无法比拟的优点。

混合动力结构

并联式混合动力系统

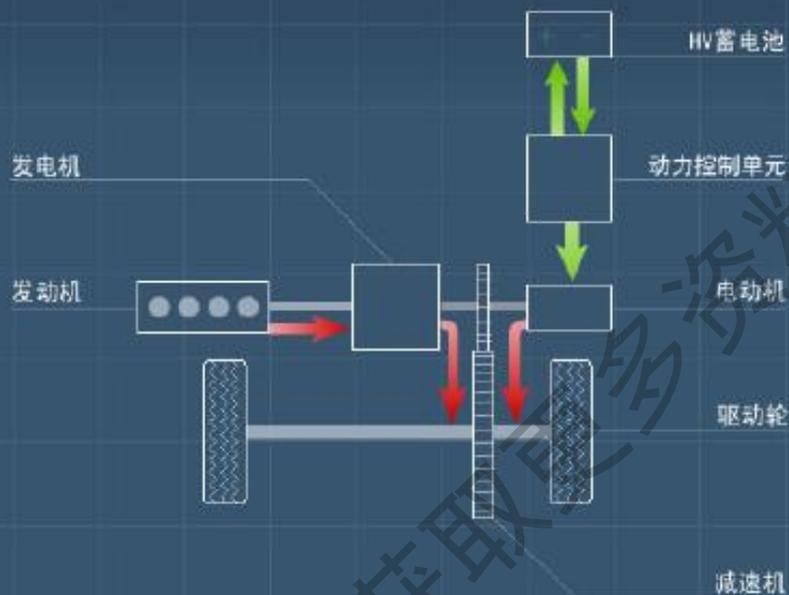
用电动机和内燃发动机来驱动车轮，用发动机来给HV蓄电池充电

并联式混合动力系统使用电动机和发动机两种电力来驱动车轮。其基本结构是由电动机、发动机、HV蓄电池、变压器和变速器组成。

并联式混合动力系统中利用HV蓄电池的电力来驱动电动机。因电动机兼用为发电机，所以不能一边发电一边用来行驶。动力的流向为并联，所以称为“并联式混合动力系统”。

系统动力流程

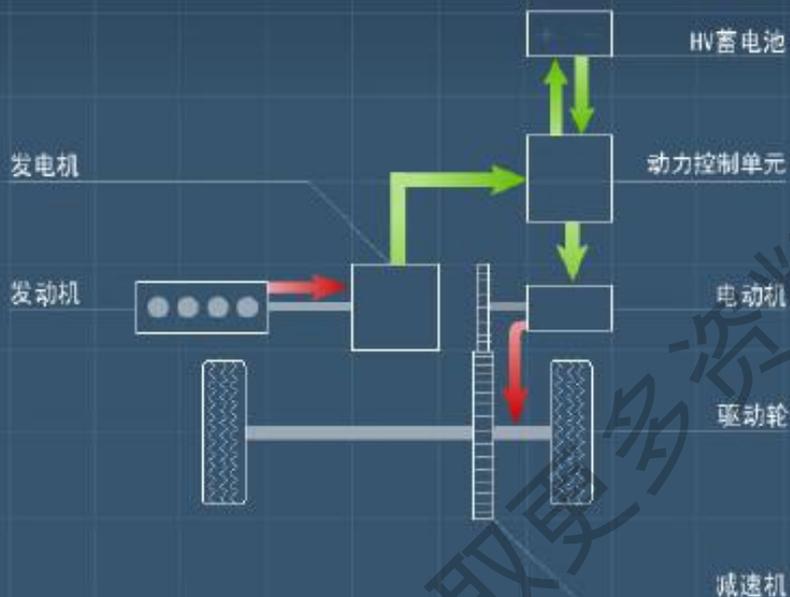
→ 驱动力 → 电力



系统动力流程

→ 驱动力

→ 电力



串联式混合动力系统

用电动机驱动车轮，电动机的电力来自发动机

串联式混合动力系统利用发动机动力发电，从而带动电动机驱动车轮。其基本结构是由电动机、发动机、发电机、HV蓄电池、变压器组成。由一个小输出功率的发动机进行准稳恒性运转来带动发电机，直接向电动机供应电力，或一边给HV蓄电池充电一边行驶。

由于内燃发动机的动力是以串联的方式供应到电动机，所以称为“串联式混合动力系统”。

1. 起步和倒车

0到20km/h以内Prius一般只使用电动机，只要电池有充足的能源。这时，内燃机不动，这样就避免了内燃机在低转速时的低功效。而发电机则无扭矩的反向旋转。（行星轮不动，太阳轮和外环动）

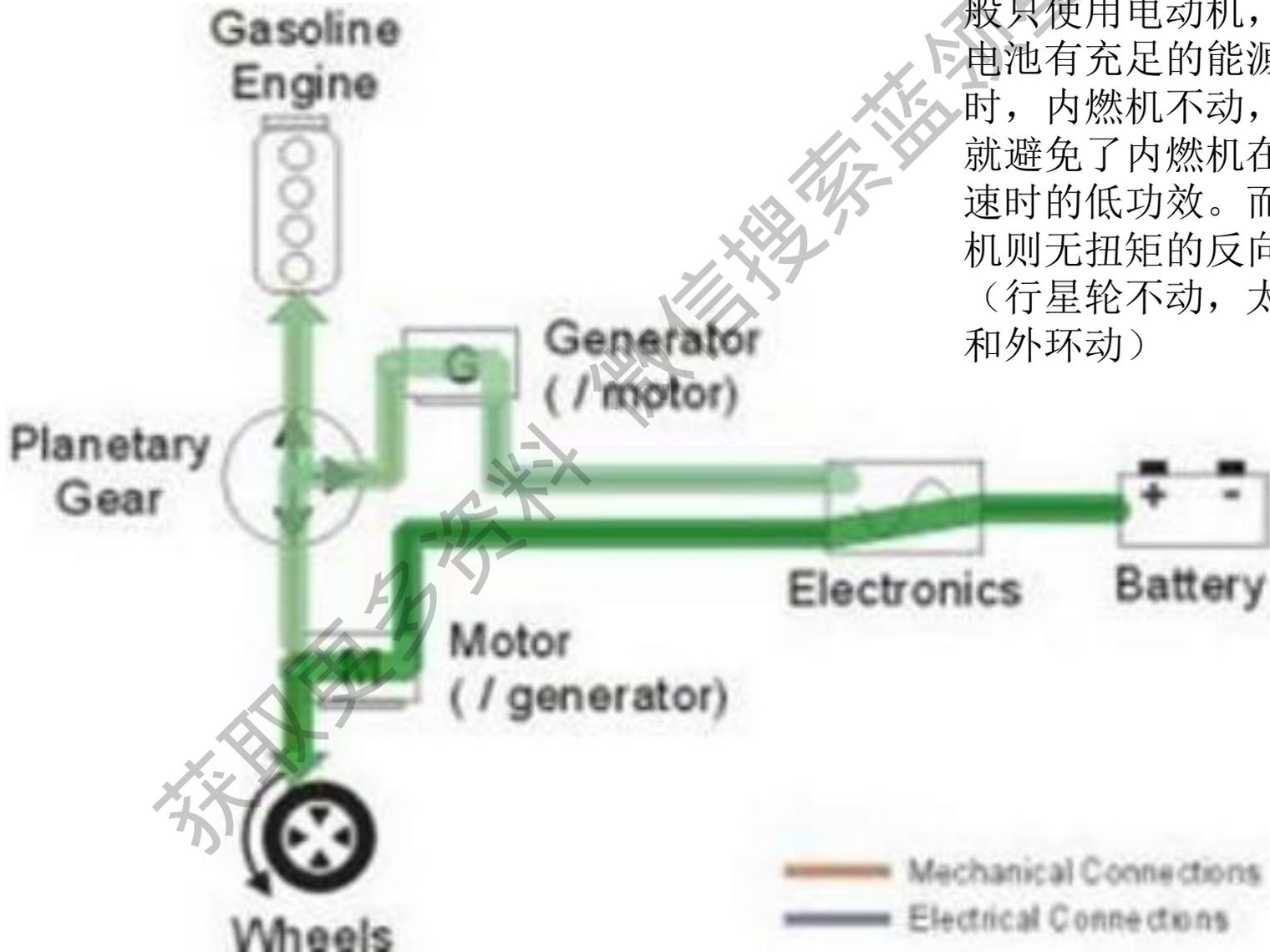
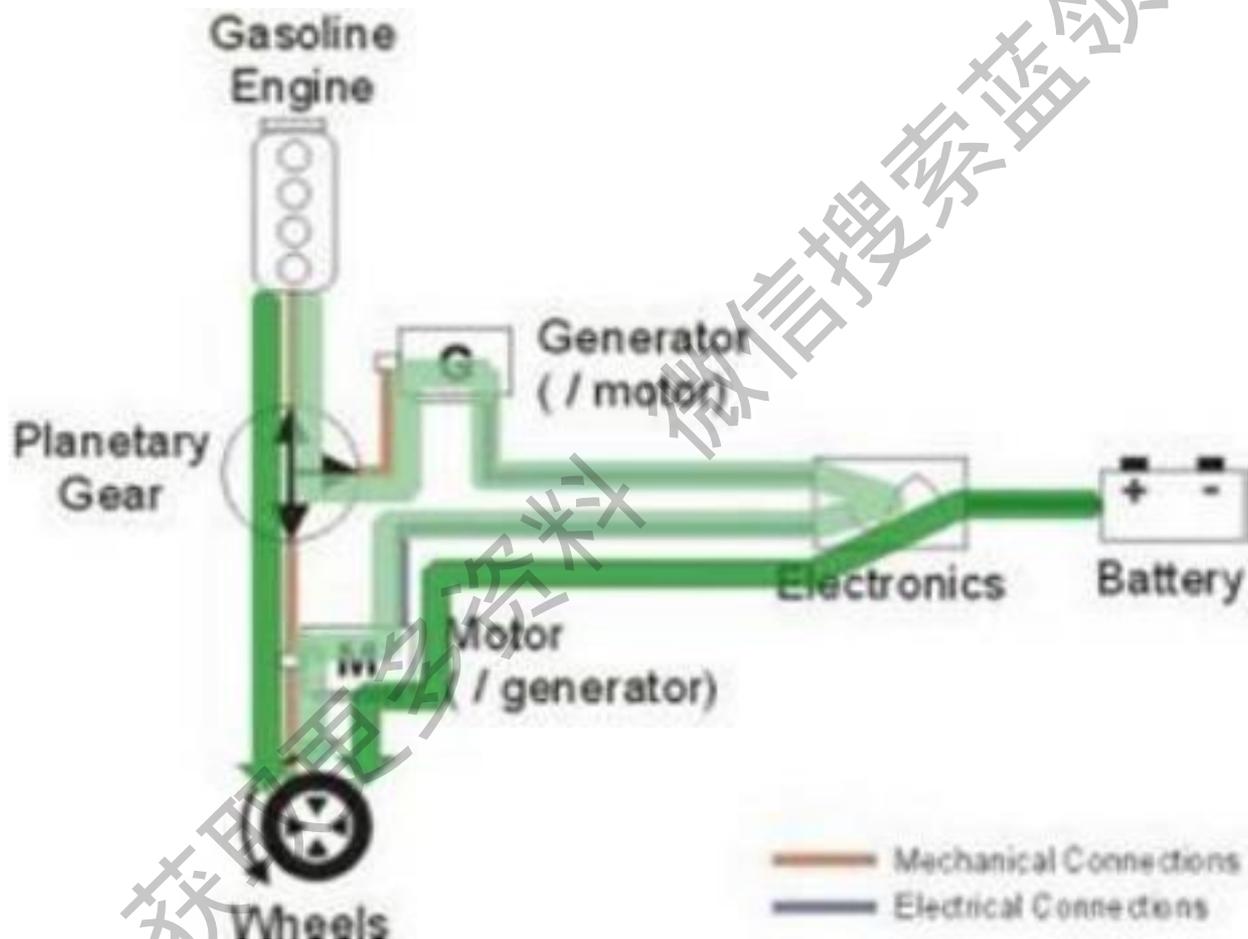
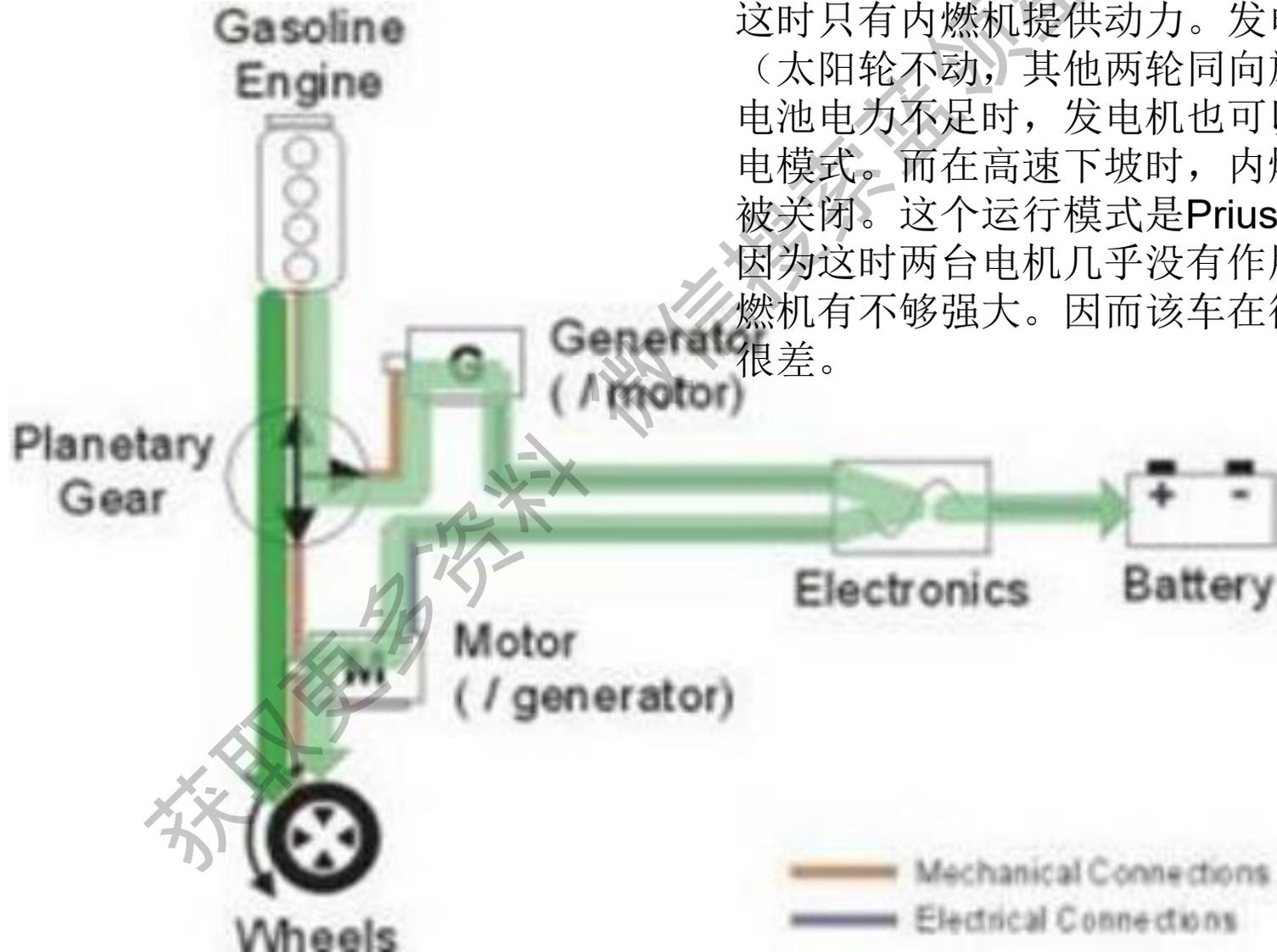


图5：加速和上坡



3. 高速行驶

这时只有内燃机提供动力。发电机不动。（太阳轮不动，其他两轮同向旋转）在电池电力不足时，发电机也可以进入发电模式。而在高速下坡时，内燃机可以被关闭。这个运行模式是Prius的弱项，因为这时两台电机几乎没有作用，而内燃机有不够强大。因而该车在德国销路很差。



4. 刹车

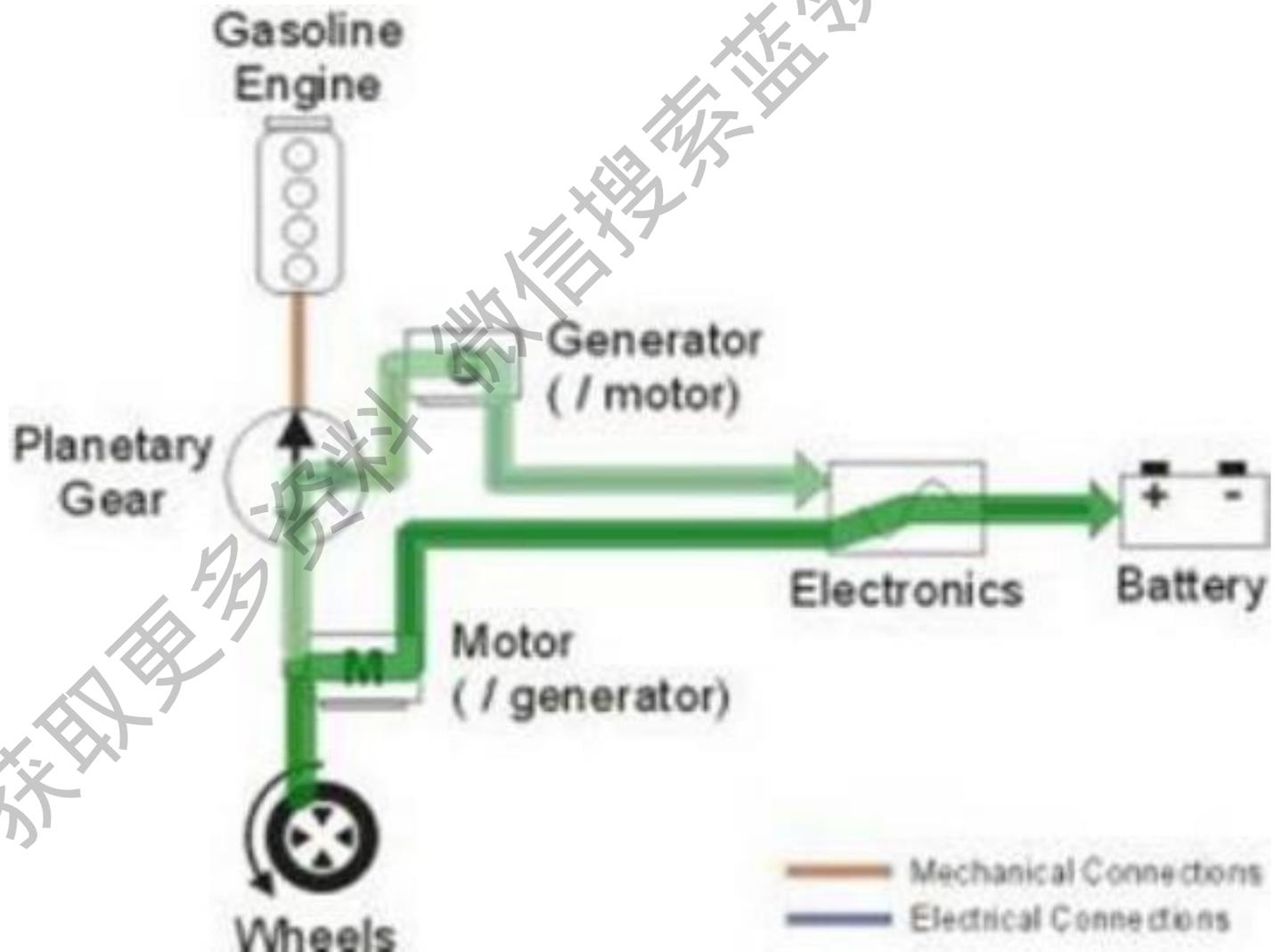


表1 THS与THS II的主要技术参数比较

	项目	丰田第二代混合动力系统(THS II)	丰田第一代混合动力系统(THS)
发动机	类型	1.5 L 汽油机(高压缩比)	1.5L 汽油机(高压缩比)
	最大输出功率(kW)r/min	(57)5000	(53)4500
	最大输出扭矩(N·m)r/min	(115)4200	(115)4200
电动机	类型	同步 AC 电机	同步 AC 电机
	最大输出(kW)r/min	(50)1200-1540	(33)1040-5600
	最大扭矩(N·m)r/min	(400)0-1200	(350)0-400
整车性能	最大输出(kW)(车速(km/h))	82(85或更高)	74(120或更高)
	最大扭矩(N·m)(车速(km/h))	478(22或更低)	421(11或更低)
电池		镍氢电池	镍氢电池

获取更多资料请前往www.zybooks.com 星球

优点：

- 1，省油；
- 2，降排；
- 3，智能，如坡道起动，防滑；
- 4，加速爬坡有力；
- 5，起动轻，易起动；
- 6，安静；

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

缺点

- 1，高速由于电机不工作，只有发动机工作，但由于增加摩擦件，以及电池电机等重量增加，发动机排量较小，导致高速性能差。
- 2，不能充电，所以有人改装了这套系统，据说油耗还能降低一倍。

获取更多资料

2, 混合动力参数匹配技术介绍

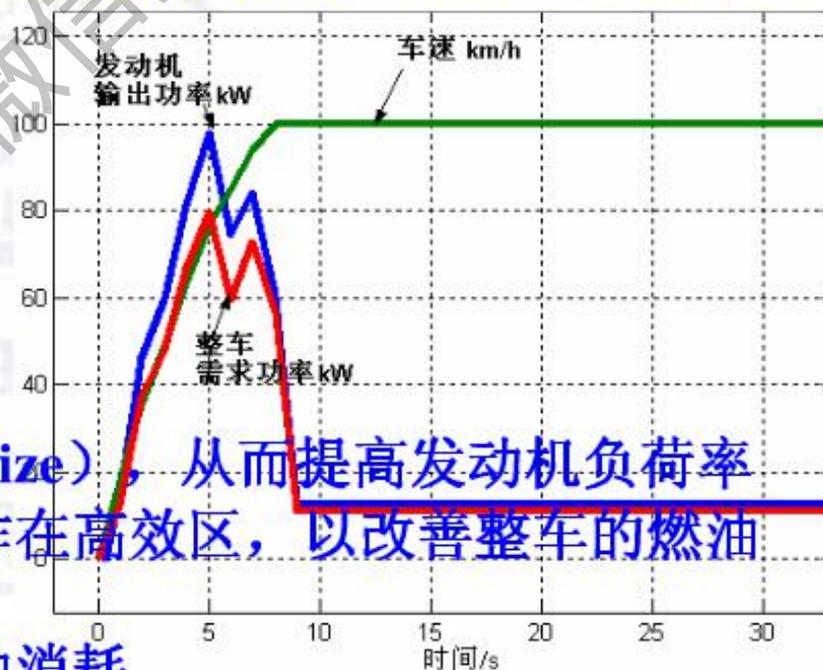
混合动力汽车节能机理

传统汽车为保证其加速和爬坡性能，发动机的最大功率选定约为车辆以100km/h在平路上行驶时需求功率的10倍，或者是在6%坡度上100km/h行驶时需求功率的3~4倍。

导致发动机大部分时间以轻载低负荷工作，出现“大马拉小车”的现象

混合动力汽车节能机理和途径：

- 选择较小的发动机（downsize），从而提高发动机负荷率
- 改善控制策略使发动机工作在高效区，以改善整车的燃油消耗
- 取消发动机怠速以节省燃油消耗
- 对制动能量进行回收



混合动力汽车设计的基本概念

混合度:

$$H = \frac{P_m}{P_m + P_e} \times 100\%$$

当前大多数HEV, 均以助力型轻度混合为主, 即 $P_m < P_e$ 或 $H < 0.5$ 。

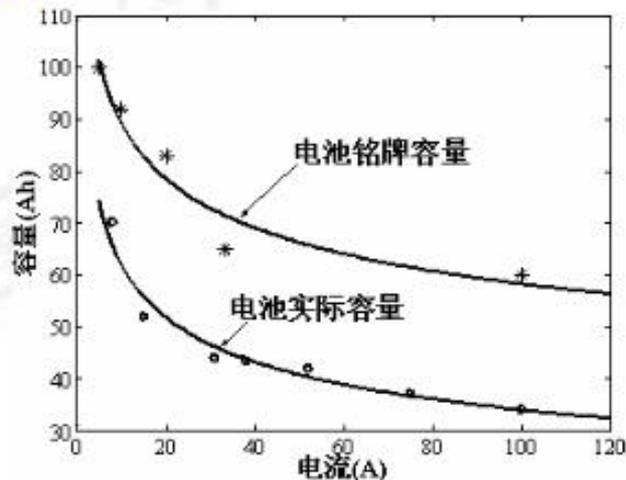


SOC: 电池电量状态.(State of charge)

主要与充放电电流密切相关:

$$SOC = 1 - \frac{C_G}{C_I} = 1 - \frac{I \cdot t}{3600 \cdot C_I}$$

$$C_I = C_s \left(\frac{I_s}{I} \right)^{-b}$$

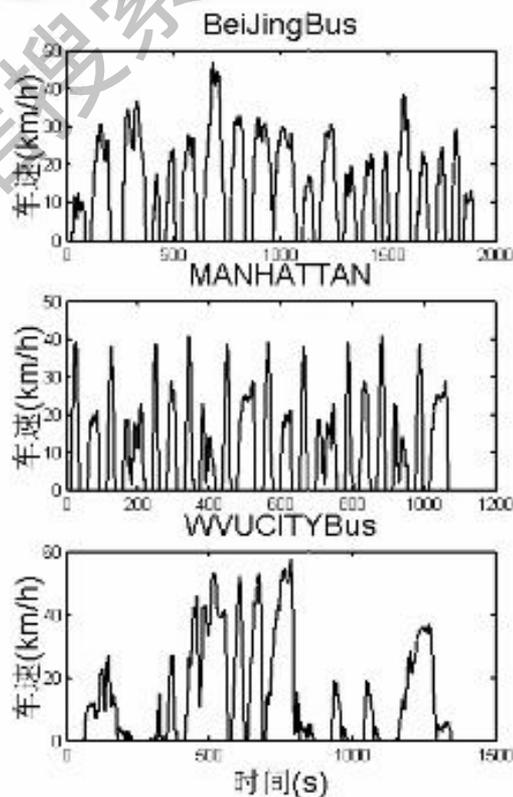
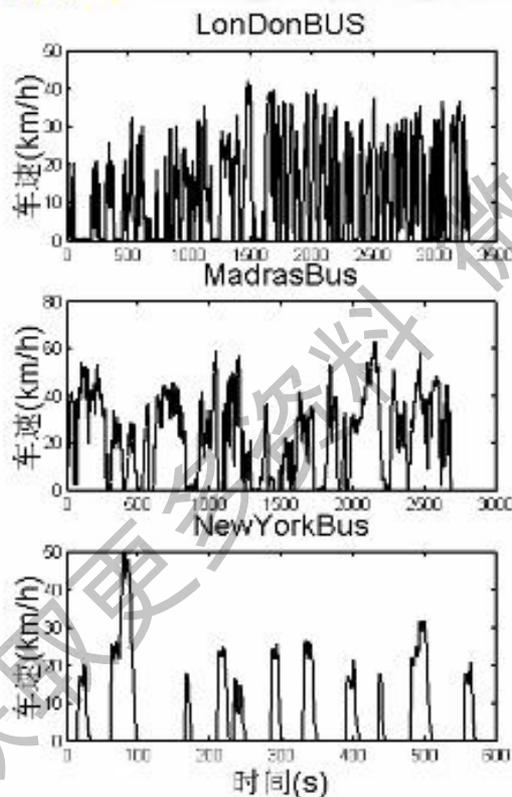


电池容量特性对比

混合动力汽车设计的基本概念

循环工况是一个国家或地区强制规定的一段车速（或坡度）—时间历程，使汽车实际车速跟随工况车速，用于考核整车性能（如经济性）

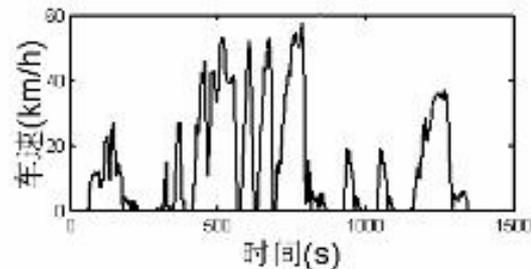
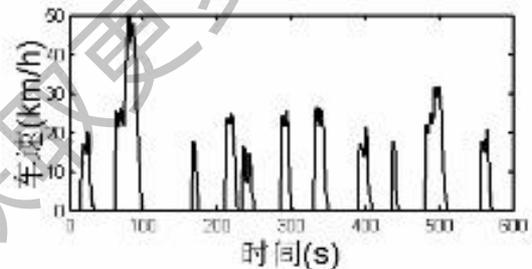
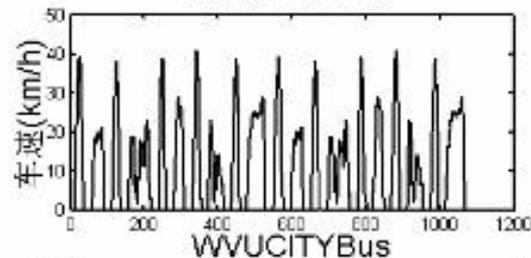
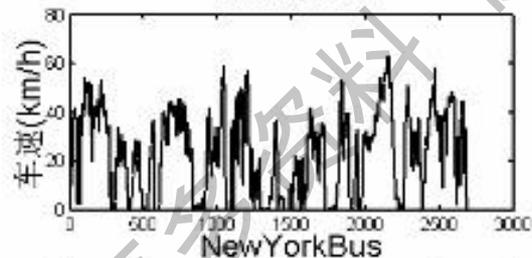
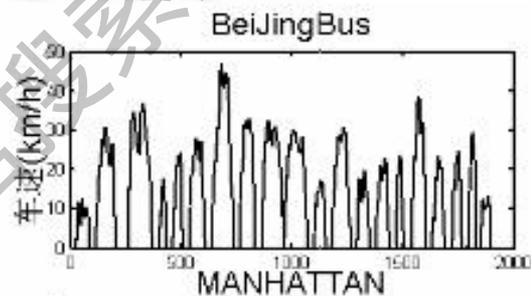
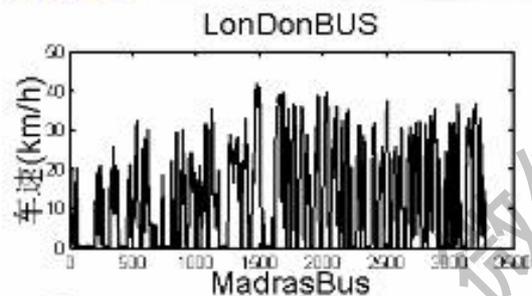
循环
工况



混合动力汽车设计的基本概念

循环工况是一个国家或地区强制规定的一段车速（或坡度）—时间历程，使汽车实际车速跟随工况车速，用于考核整车性能（如经济性）

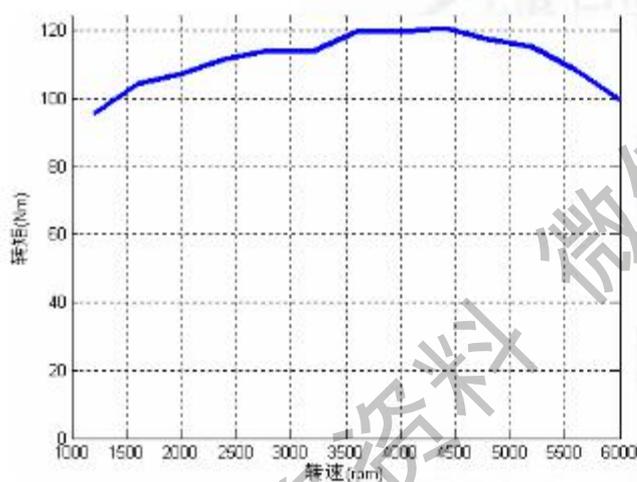
循环工况



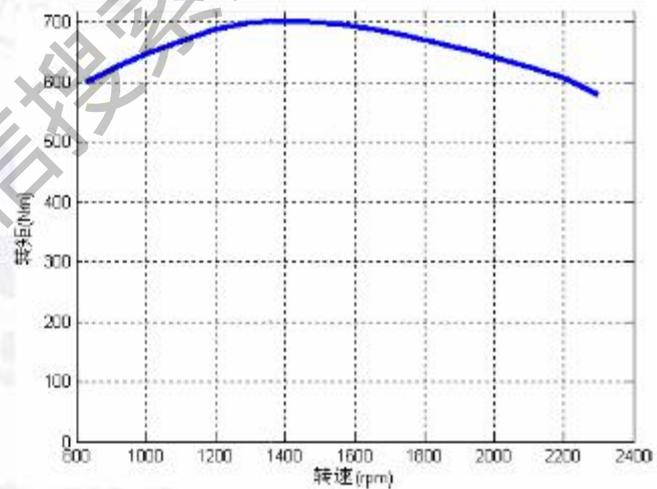
混合动力汽车设计的基本概念

外特性

发动机特性



某汽油机

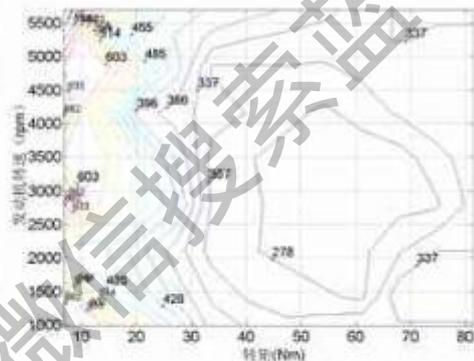
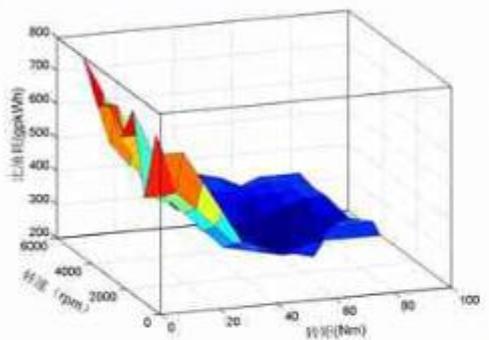


某柴油机

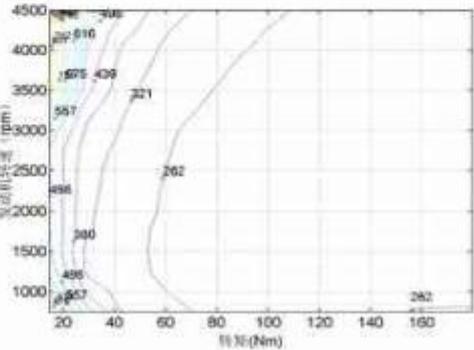
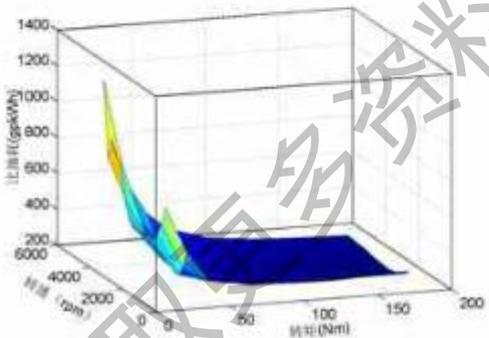
混合动力汽车设计的基本概念

万有特性

发动机特性



某汽油机



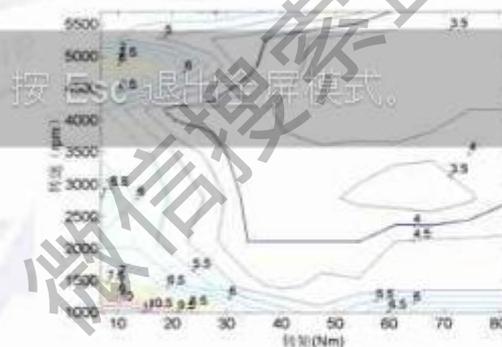
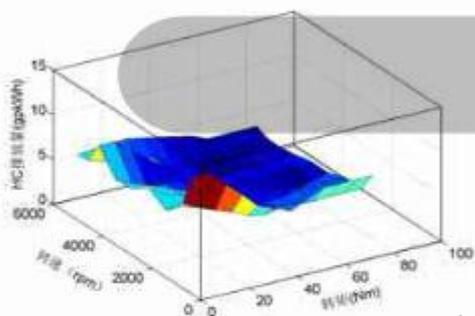
某柴油机

获取资料

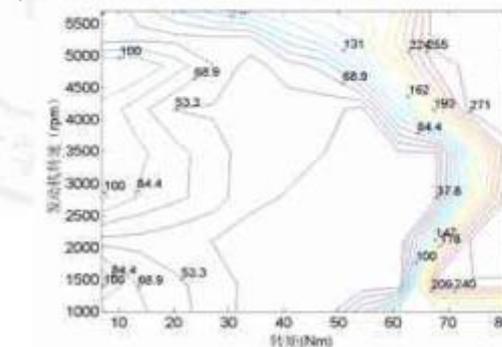
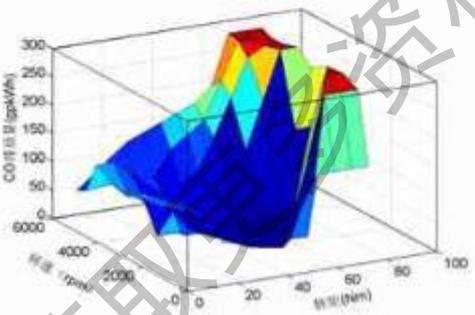
混合动力汽车设计的基本概念

排放特性

发动机特性



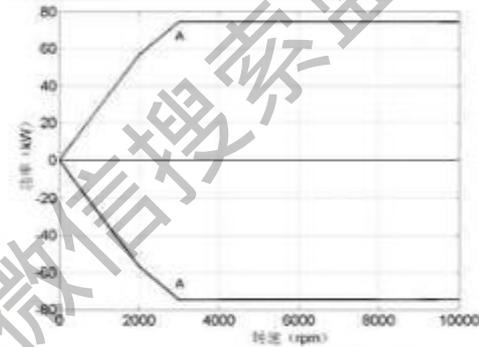
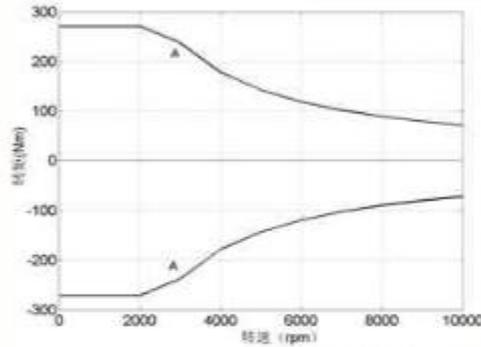
某汽油机
HC排放



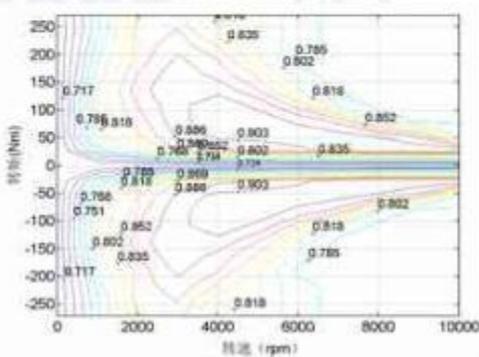
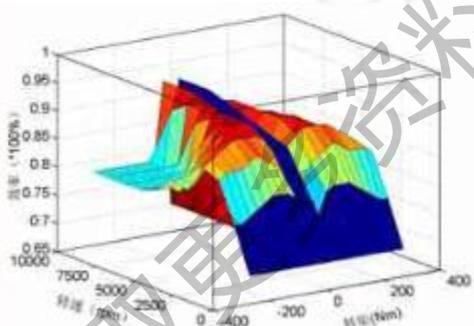
某汽油机
CO排放

混合动力汽车设计的基本概念

电机特性



外特性



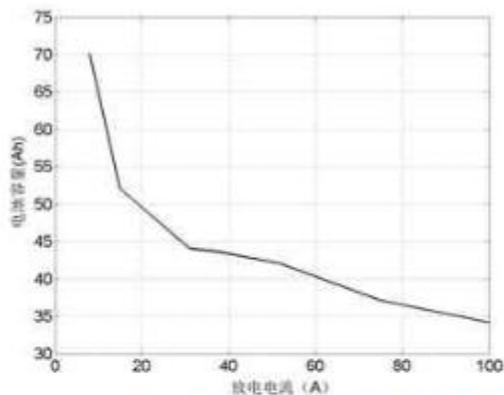
效率特性

获取资料

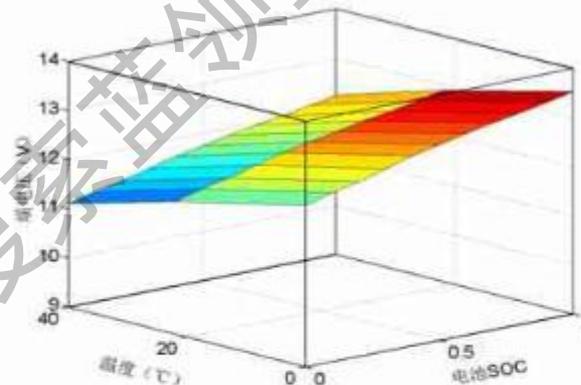
微信搜索 蓝领星球

混合动力汽车设计的基本概念

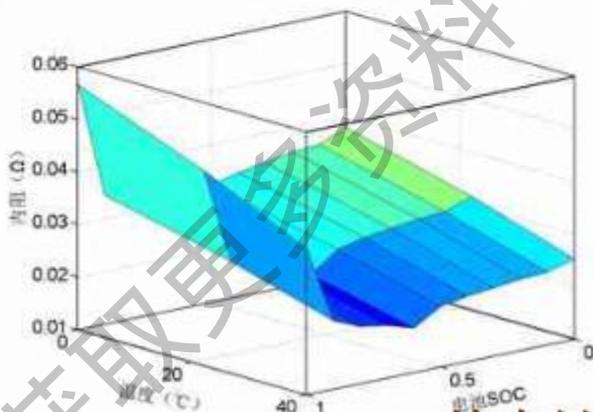
电池特性



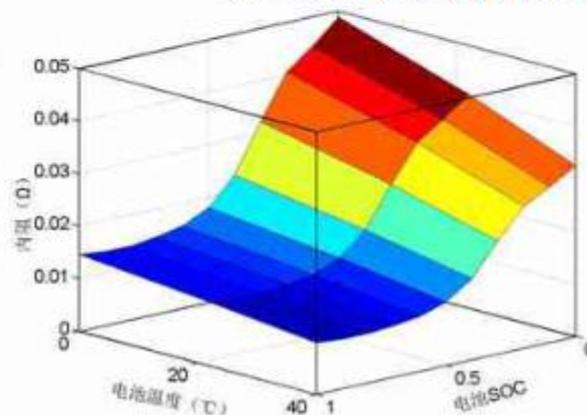
某电池容量特性



某电池电压特性



某电池效率特性



2 混合动力汽车混合度设计

混合动力汽车参数设计的核心问题是两动力源之间功率的合理匹配，即混合度的设计。

2.1 混合度设计问题描述

目标函数:	$\min L_{pl100km}$ (3-1)
设计变量:	发动机功率: P_e 电机功率: P_m 电池容量: C (或 $BatCap$) (3-2)
约束条件:	最高车速: v_{max} (3-3) 加速性: $v_0 \sim v_t < T$ (3-4) 爬坡能力 $\left(\begin{array}{l} \text{直接挡车速 } v_r, \text{ 爬坡度 } i_r \\ \text{或 最大爬坡度 } i_{max,1} \end{array} \right)$ (3-5) 工况加速性: $ \Delta v \leq \Delta u_e$ (3-6) 工况电能量平衡: $ \Delta soc \leq \Delta soc_c$ (3-7)

2 混合动力汽车混合度设计

混合动力汽车参数设计的核心问题是两动力源之间功率的合理匹配，即混合度的设计。

2.1 混合度设计问题描述

目标函数:	$\min L_{p100km} \quad (3-1)$
设计变量:	$\begin{aligned} & \text{发动机功率: } P_e \\ & \text{电机功率: } P_m \\ & \text{电池容量: } C \quad (\text{或 } BatCap) \end{aligned} \quad (3-2)$
约束条件:	$\text{最高车速: } v_{\max} \quad (3-3)$ $\text{加速性: } v_0 \sim v_1 < T \quad (3-4)$ $\text{爬坡能力} \begin{cases} \text{直接挡车速 } v_i, \text{ 爬坡度 } i_i \\ \text{或 最大爬坡度 } i_{\max,1} \end{cases} \quad (3-5)$ $\text{工况加速性: } \Delta v \leq \Delta u_c \quad (3-6)$ $\text{工况电能量平衡: } \Delta soc \leq \Delta soc_c \quad (3-7)$

2 混合动力汽车混合度设计

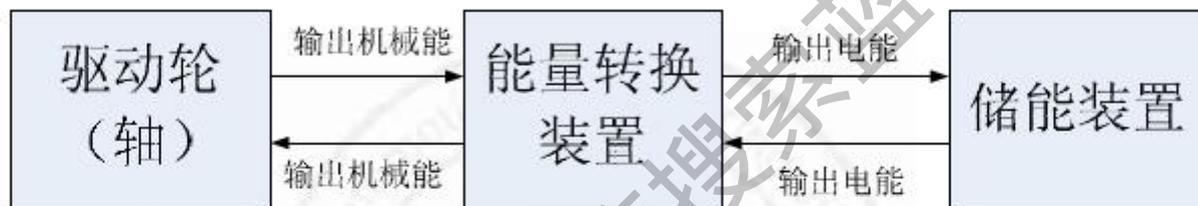
对于电池特性参数（其容量），由于它与电机功率具有一定的相关性，可先暂不考虑，因此，上述设计问题可进一步简化为仅有发动机与电机功率两设计变量的问题。

对于约束条件（3-3）～（3-6），可通过动力源总功率设计使其得到满足，因此，又可将两变量设计问题转化成单变量设计问题，并根据混合度定义可进一步转换为混合度为单变量的设计问题。

目标函数:	$\min L_{p100km}$	
设计变量:	混合度: H	(3-11)
约束条件:	$P_e + P_m \geq P_{max}$	(3-12)
	工况电能量平衡: $ \Delta soc \leq \Delta soc_c$	(3-13)
边值条件:	$H_{min} \leq H \leq H_{max}$	(3-14)

混合动力汽车再生制动控制

再生制动简介



所谓再生制动，是指车辆减速或制动时，将其一部分动能转化为其他形式的能量储存起来以备驱动时使用的过程。制动能量再生系统先将车辆制动或减速时的一部分机械能（动能）经再生系统转换（或转移）成其他形式的能量（旋转动能，液压能，化学能等），并储存于储能器中，同时产生一定的负阻力使车辆减速制动；当车辆再次启动或加速时，再生系统又将储存在储能器中的能量转化为车辆行驶时需要的动能（驱动力）。

混合动力汽车再生制动控制

驱动循环	有效牵引 总能量	制动消耗的 有效能量	比例
欧洲 ECE	193KJ	116KJ	60.1%
日本 10-15	1009KJ	530KJ	52.5%
美国 UDDS	3209KJ	1389KJ	44.3%
美国 LA02	6022KJ	3556KJ	59.4%
美国 NYCC	604KJ	367KJ	60.8%
澳大利亚公交循环	16317KJ	5099KJ	31.3%
伦敦公交循环	2605KJ	1736KJ	66.6 %

几个城市驱动循环的数据，从中分析可得结论：在城市工况下，制动消耗的能量占整车牵引的有效总能量的30%~60%。如果能有效地回收这部分由制动消耗的能量，将能大大降低整车的油耗。

混合动力汽车再生制动控制

再生制动存在的问题

- 1、由于采用并行制动控制策略，制动过程中主要以摩擦制动为主，再生制动仅仅起辅助作用，回收能量有限。
- 2、加入再生制动后，驱动轴制动力增大，增加了驱动轴先抱死的趋势，因此对汽车的稳定性会产生一定影响。
- 3、电动汽车制动时，电制动力矩作为辅助制动力矩将影响制动踏板与驾驶平顺性。

混合动力汽车再生制动控制

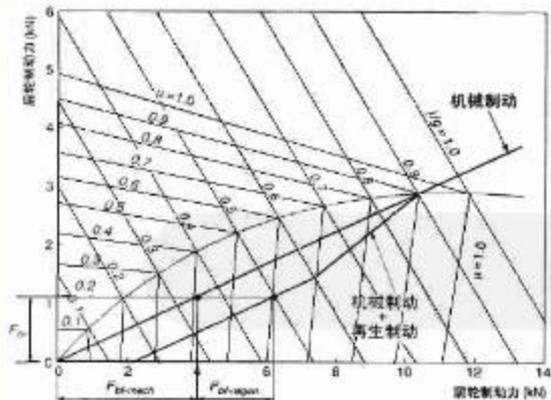
再生制动力控制策略

在理想制动力分配策略的基础上，制定了在一定范围内提高驱动轴制动力，并且满足ECE制动法规的制动力分配策略。此策略能充分利用电机的制动能力，尽量多的回收制动能量；能实现前后轴同时抱死，充分利用地面附着系数，提高汽车制动的稳定性和安全性；且能满足ECE制动法规的要求。

获取更多资料

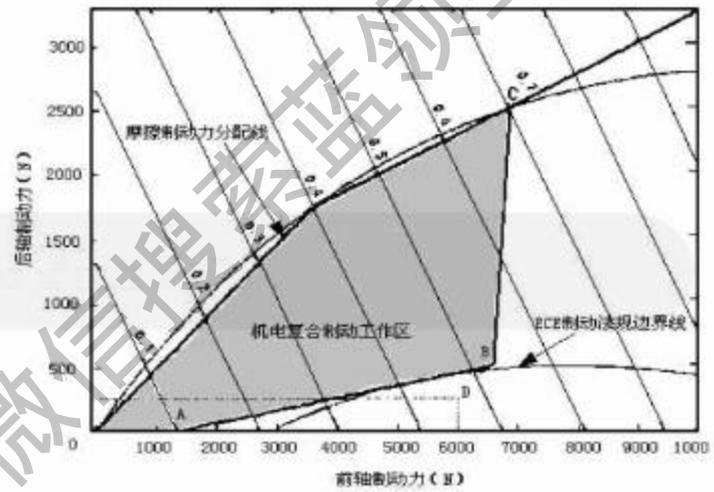
混合动力汽车再生制动控制

再生制动力控制策略



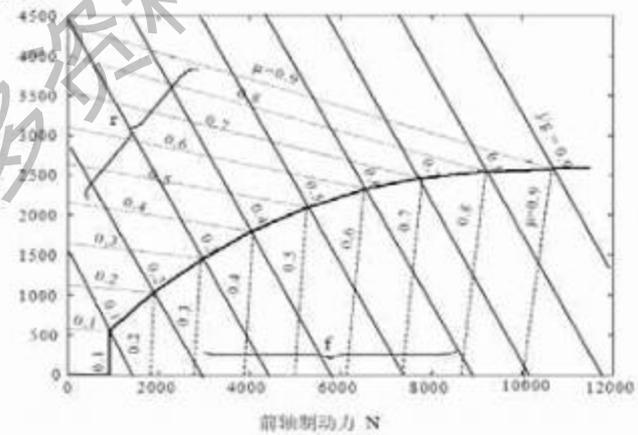
$F_{br-front}$ —— 前轴再生制动力
 $F_{br-mech}$ —— 前轴机械制动力
 $F_{br-rear}$ —— 后轮制动力 (机械)

并行制动系统控制策略



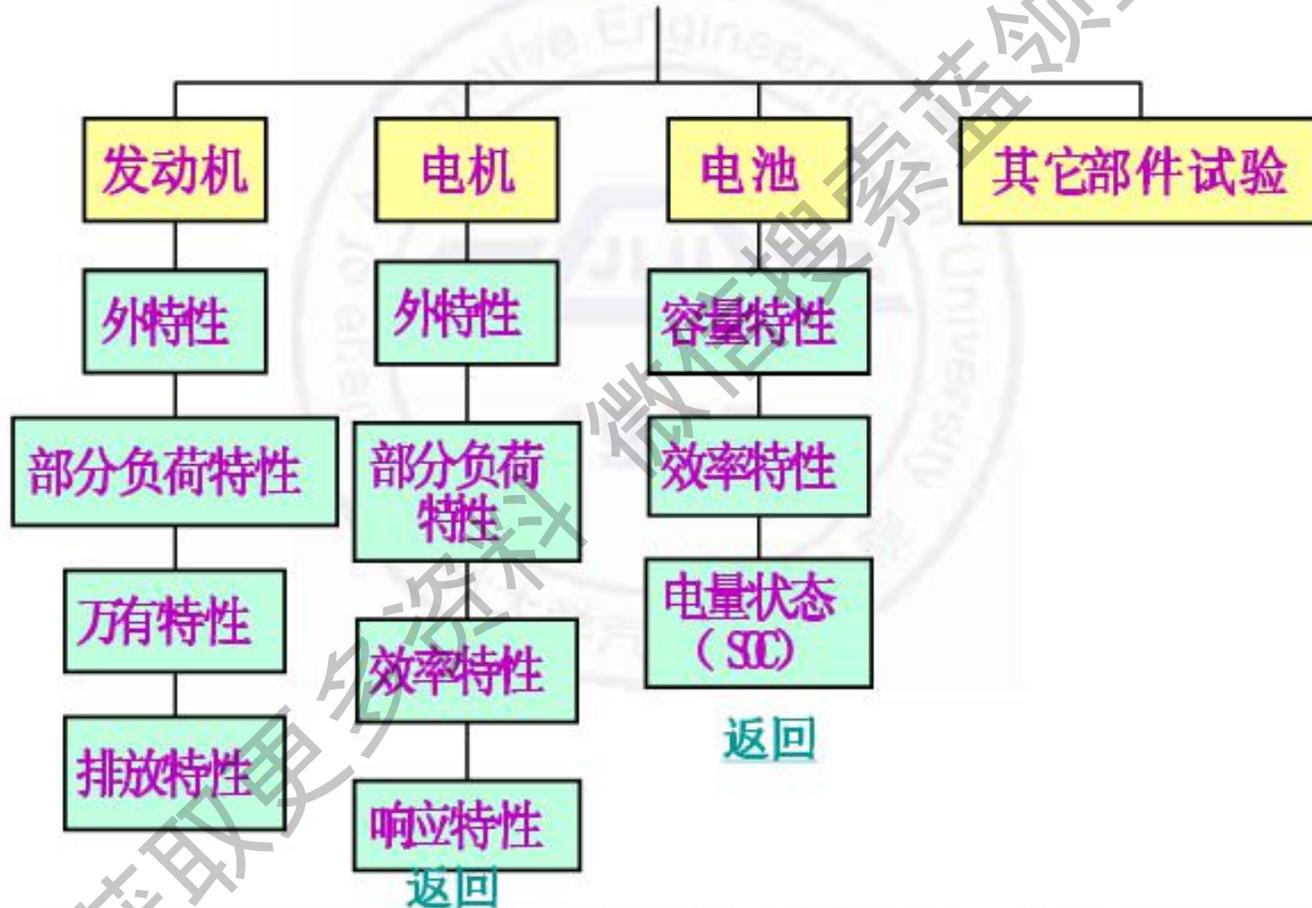
最大能量回收制动力分配控制策略

以某混合动力轿车为例



理想制动力分配控制策略

部件试验 标定及评价



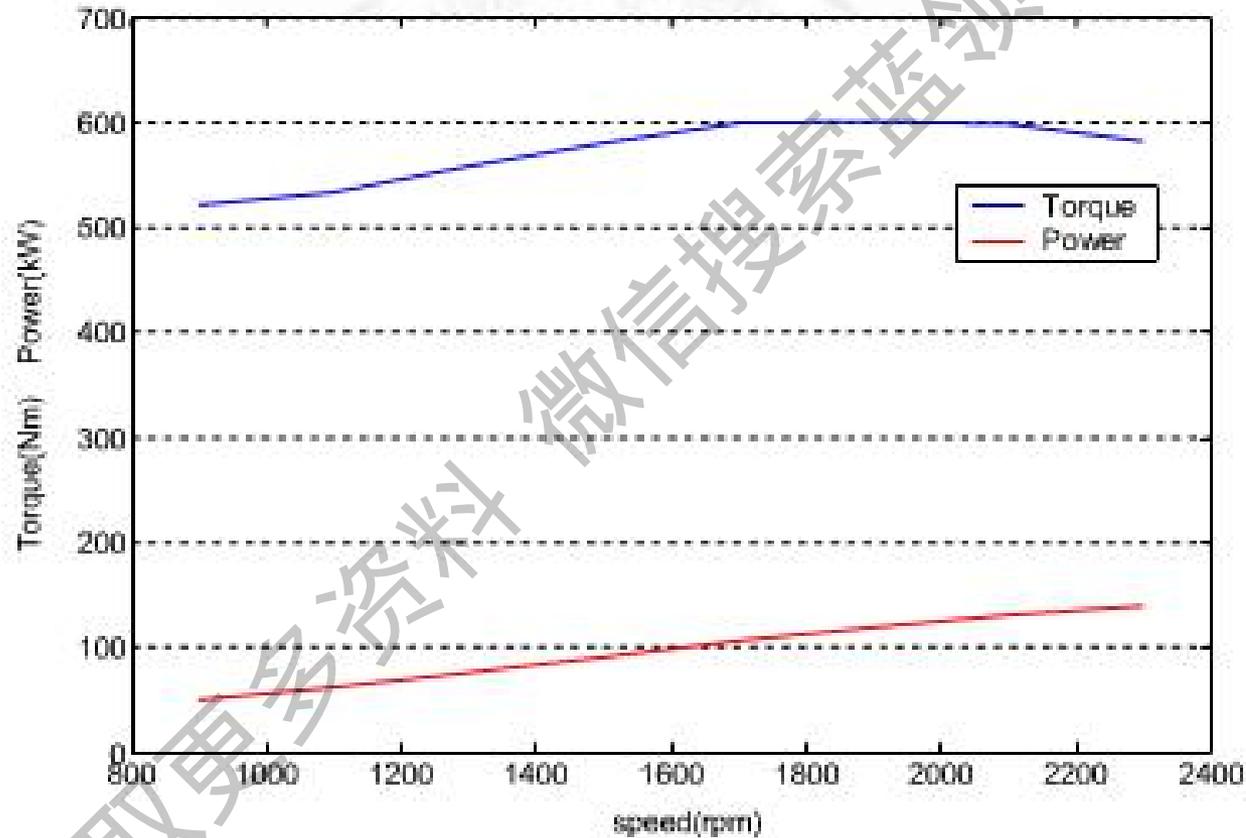
发动机试验

发动机试验台架



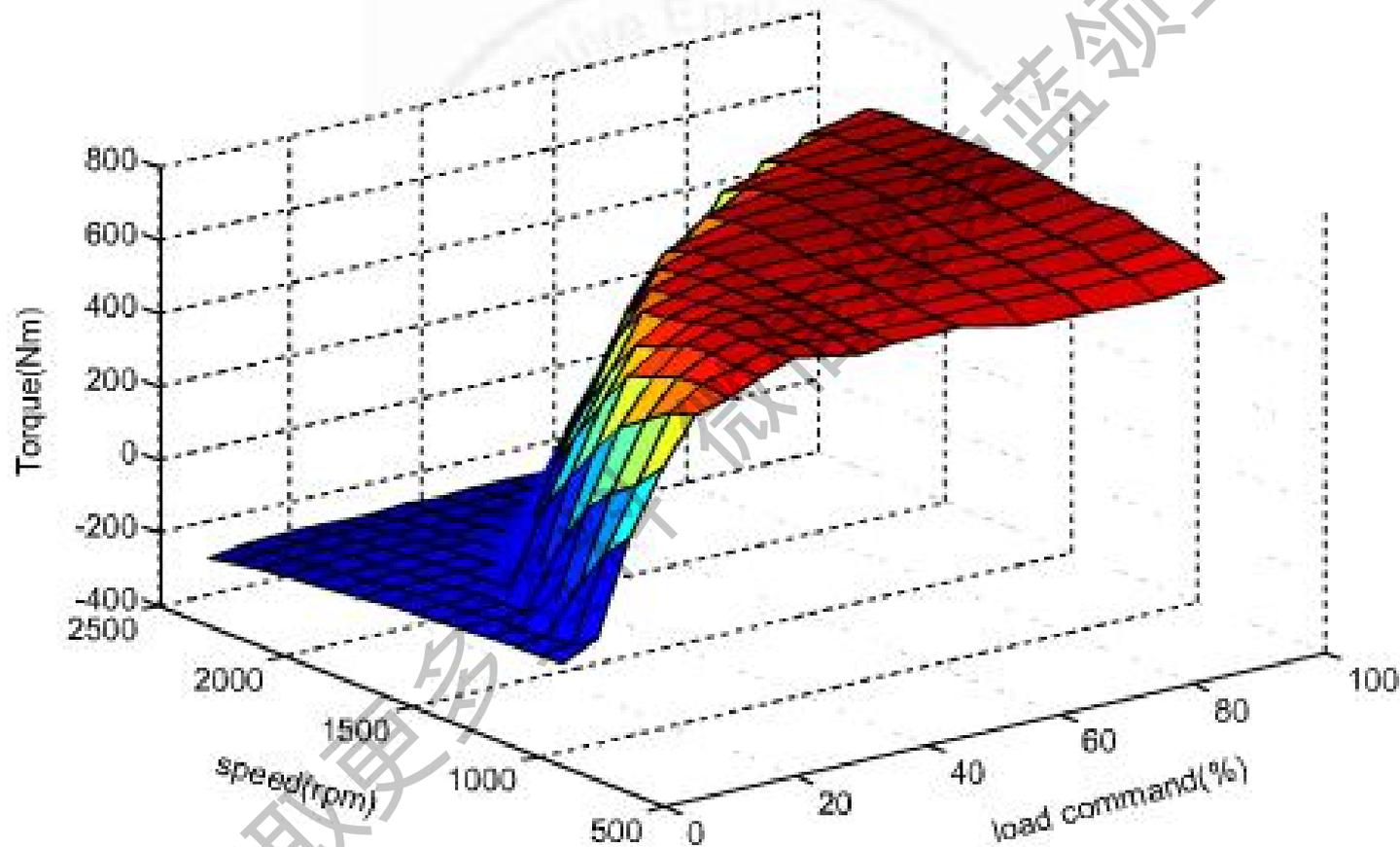
发动机试验

试验结果：外特性 (CA4110)



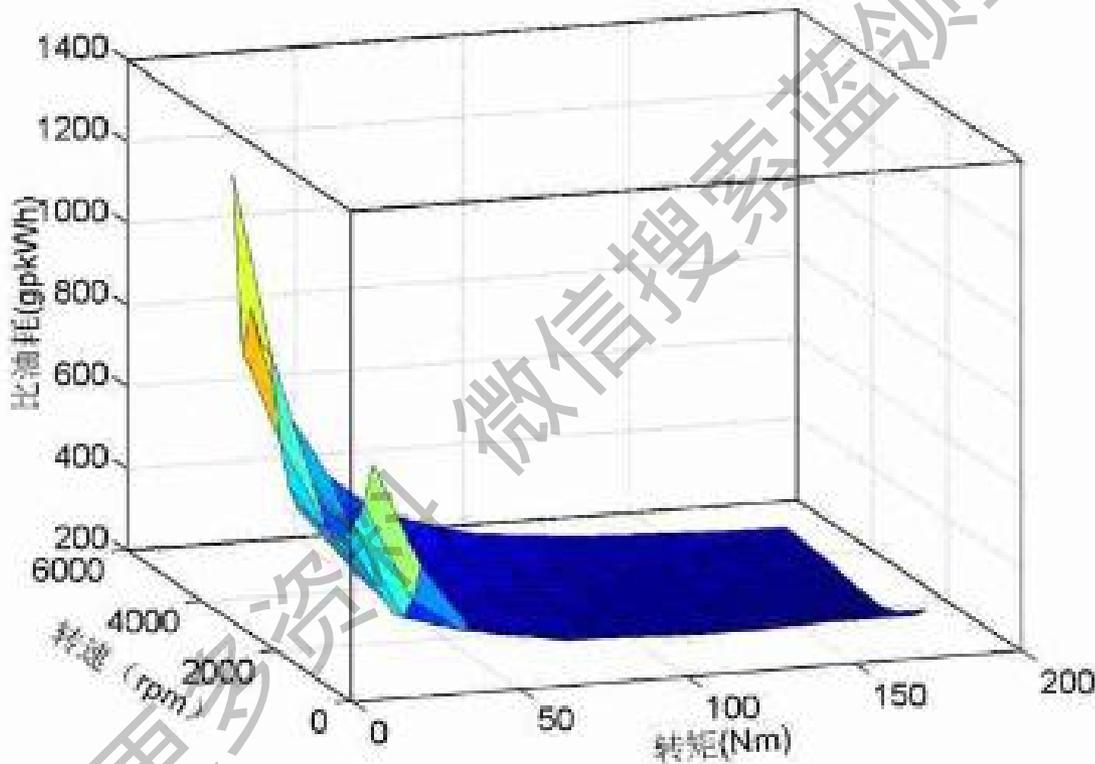
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

发动机试验 试验结果：部分负荷特性 (CA4110)



发动机试验

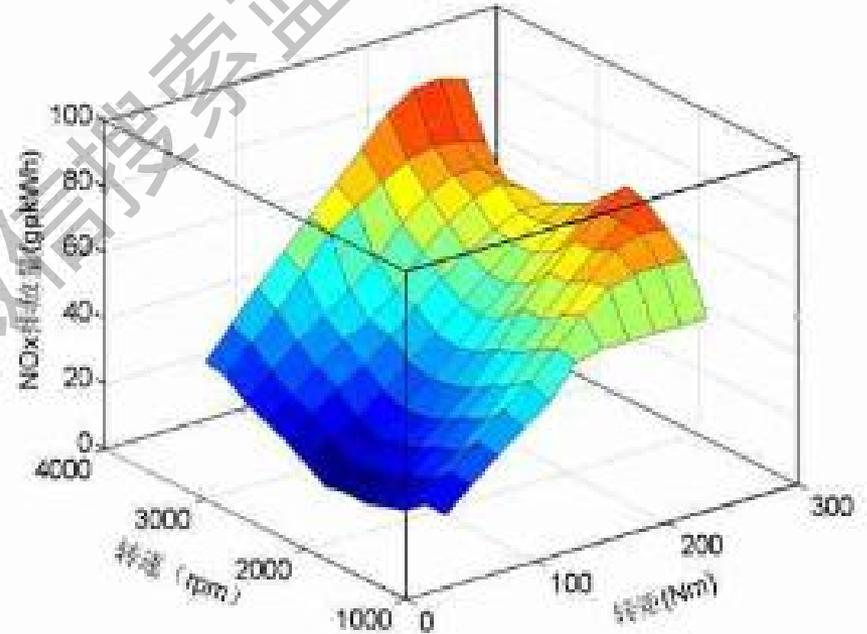
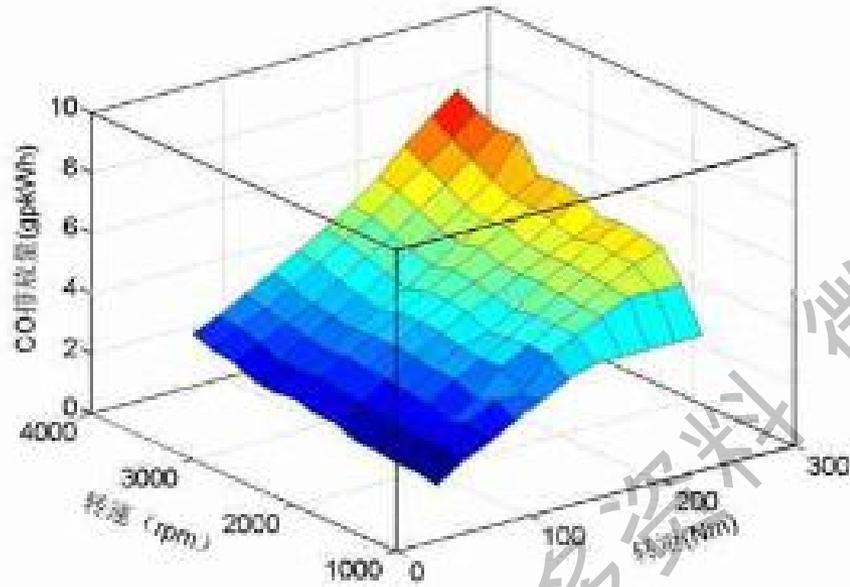
试验结果：万有特性（某柴油发动机）



返回

发动机试验

试验结果：排放特性 (CA498)



返回

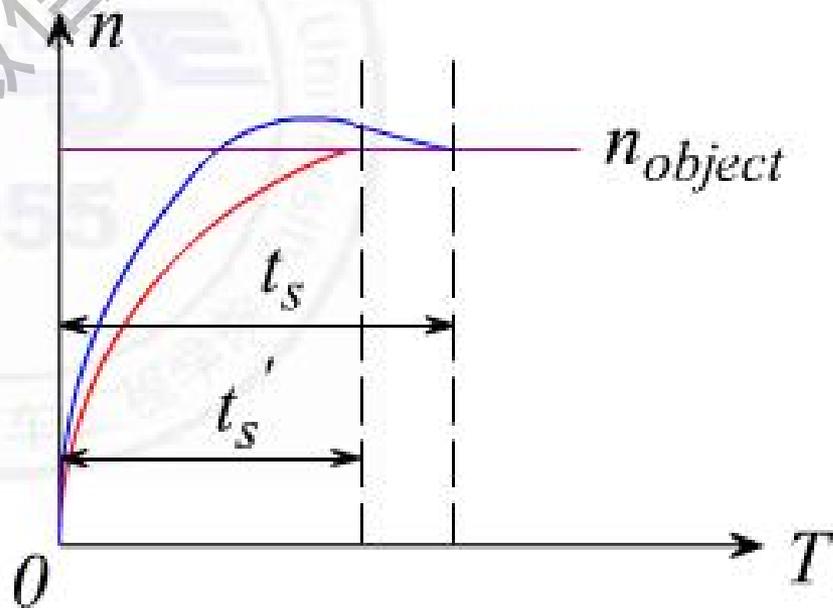
获取更多资料

微学领星

发动机试验

其它试验结果：启动特性

- 启动速度响应特性
- 启动油耗特性
- 启动排放特性
- 启动噪声



发动机评价

单机评价和整车评价

➤ 单机评价

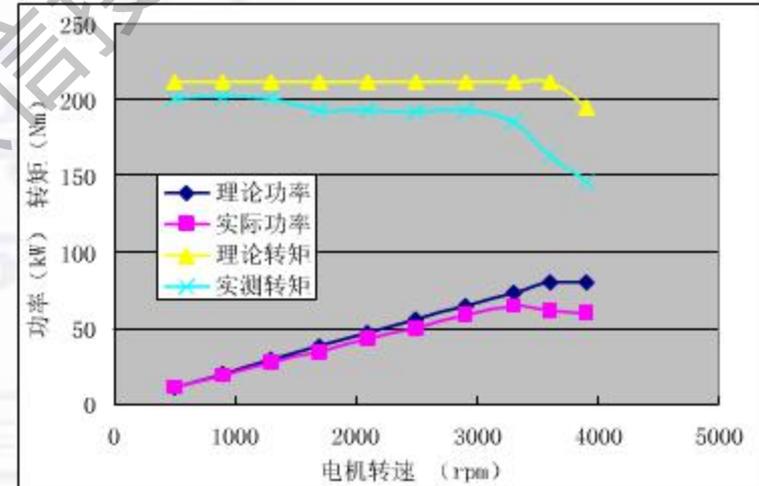
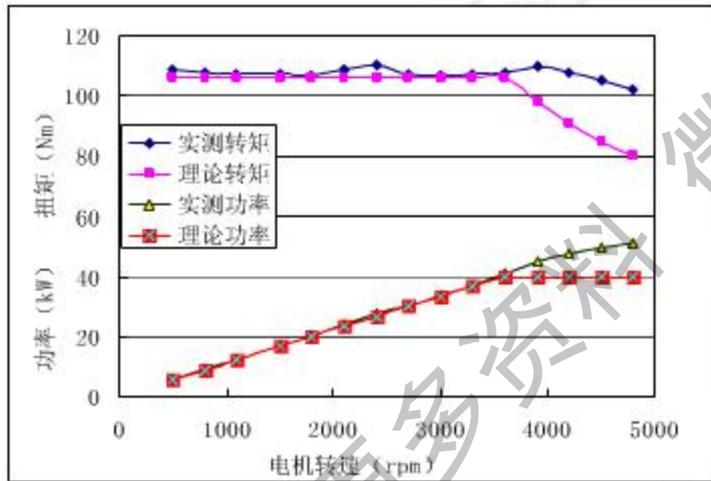
通过单机台架试验，横向比较发动机特性的优劣，估算发动机的节能和降低排放的潜力。（效率波动、经济区与低排放区）

➤ 整车评价

通过选定工况循环，在台架或转鼓上，考查发动机匹配和设计的优劣。

电机试验

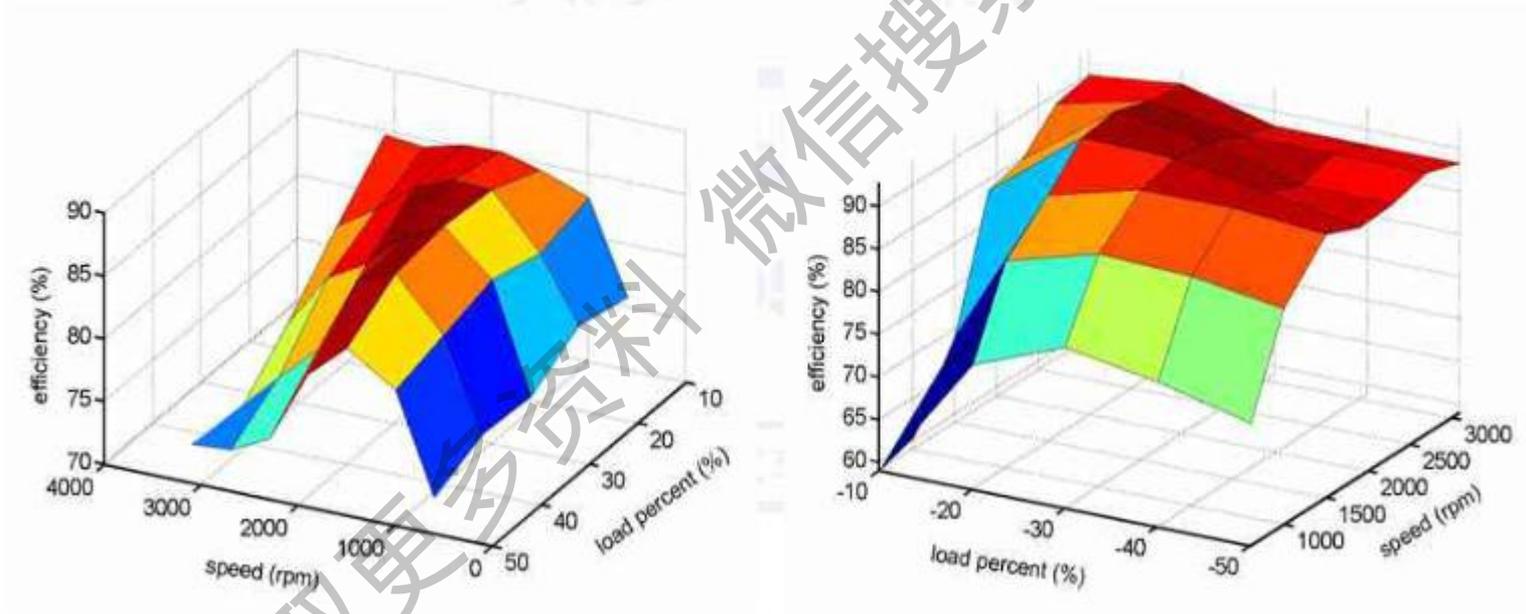
电机试验结果：驱动外特性



获取更多资料

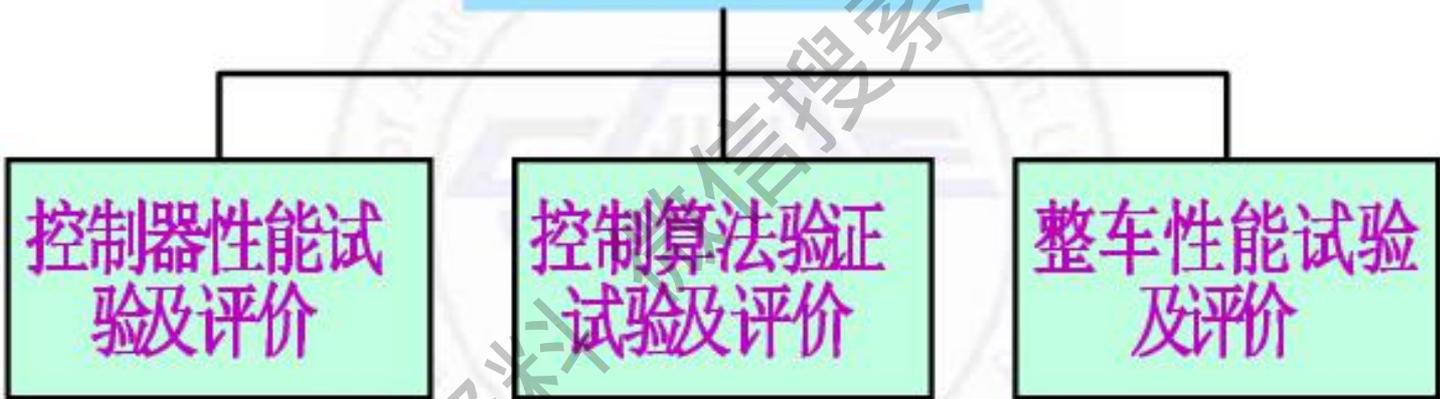
电机试验

电机试验结果：效率特性



返回

整车试验及评价



获取更多资料

➤ 台架试验

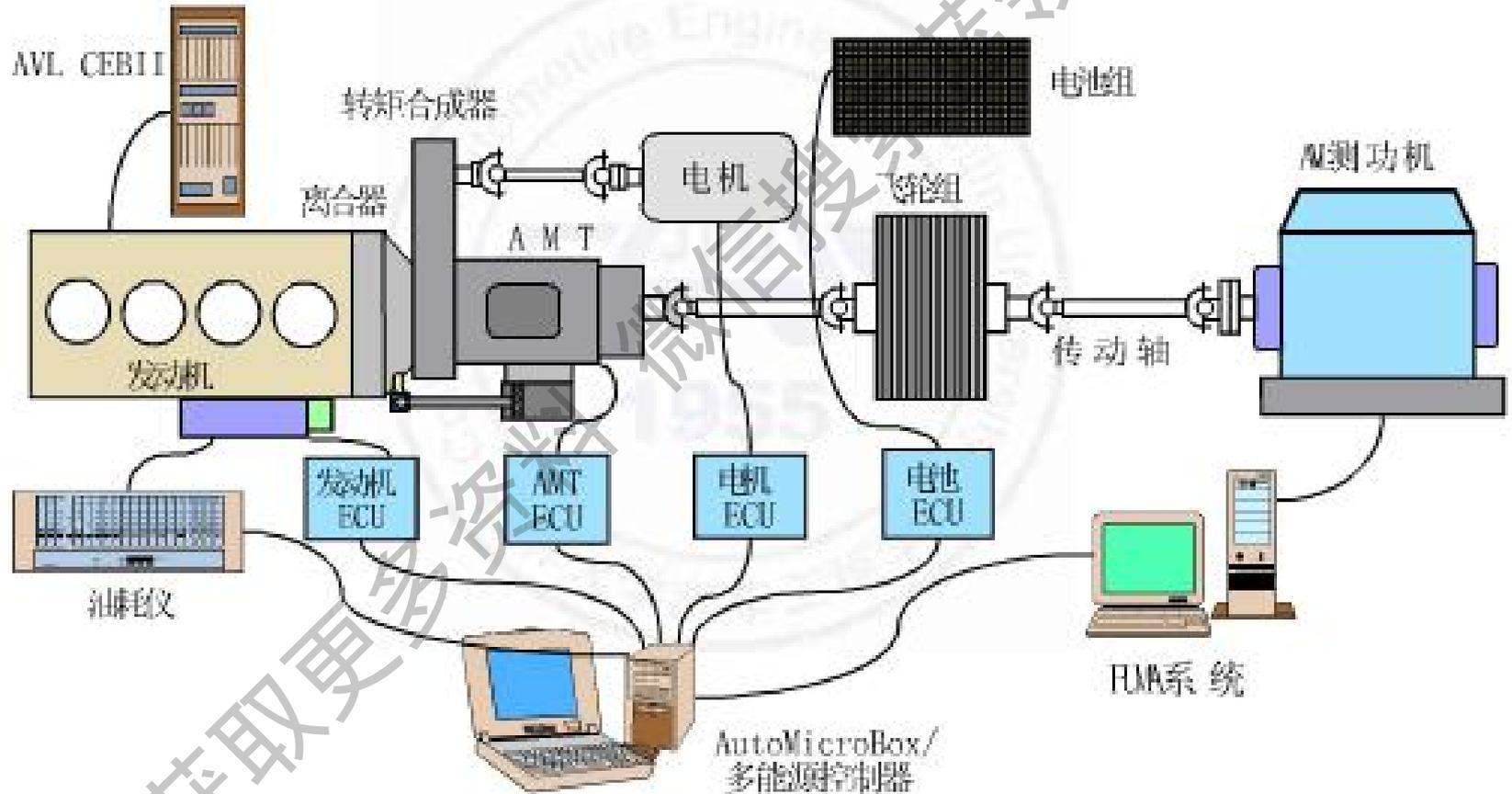
在台架上，通过测功机系统模拟整车道路行驶阻力，飞轮模拟整车惯量，对**混合动力总成**及控制器进行试验。

➤ 转鼓试验

在转鼓上，通过转鼓控制系统模拟整车行驶阻力，对混合动力**整车**及控制器进行试验。

整车台架试验

整车试验台架结构方案



传统评价指标和附加指标

- 传统评价指标

动力性 经济性 排放性能

- 附加评价指标

节能率： $l_q = \frac{Q_c - Q_h}{Q_c} \times 100$

制动能量回收率： $l_e = \frac{E_{generate}}{E_{brake}} \times 100$