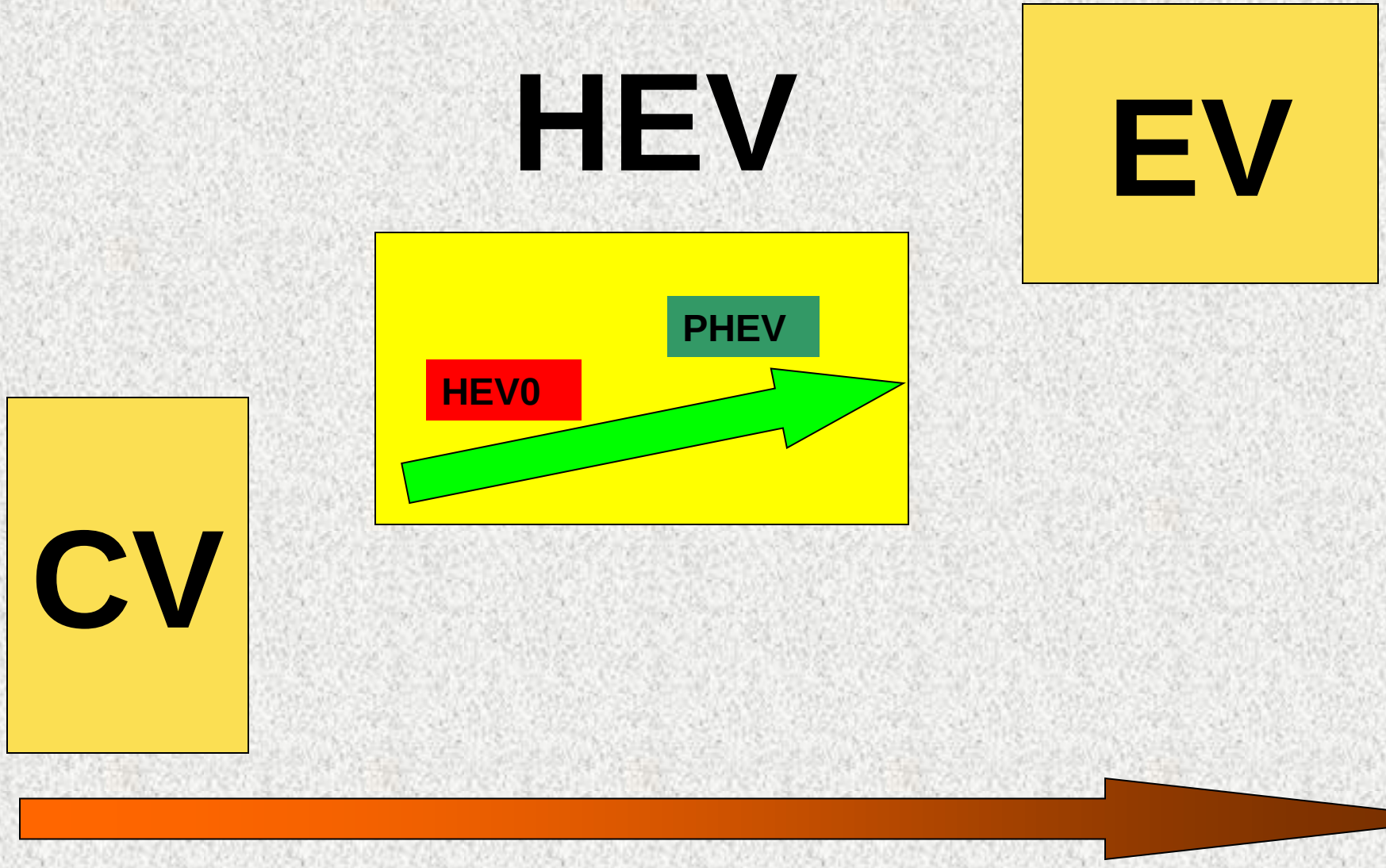
资料整理
火龙果软件
荐

混合动力HEV到PHEV
——汽车动力系统发展趋势

主讲人：张彤
上海华普汽车新能源汽车研究院院长
863”节能与新能源”汽车项目课题负责人

资料整理
火龙果软件
荐

一、汽车动力系统发展趋势



资料整理
火龙果软件
荐

一、汽车动力系统发展趋势

CV缺点

1. 怠速耗能
2. 传统发动机在低功率、低负载工况下效率很差
3. 传统发动机辅件由皮带轮驱动效率低造成资源浪费
4. 无法回收刹车制动能
5. 冷起动排放差
6. 传统发动机在起动过程中需要液力变扭器和离合器，影响发动机的效率
7. 自动变速箱和传统发动机变速箱使引擎经常工作在低效区
8. 瞬态反应慢、性能差、排放差、效率低

资料整理
火龙果软件
荐

一、汽车动力系统发展趋势

利用HEV可以实现：

1、发动机快速起停，取消怠速；
2、发挥电机灵活响应能力，提高整车平顺性及舒适性；
3、行车发电；
4、回收制动能；
5、电机单独驱动，实现ZEV ；
6、实现发动机工况优化。

以达到提高燃油经济性、降低排放的目的

资料整理
火龙果软件
荐

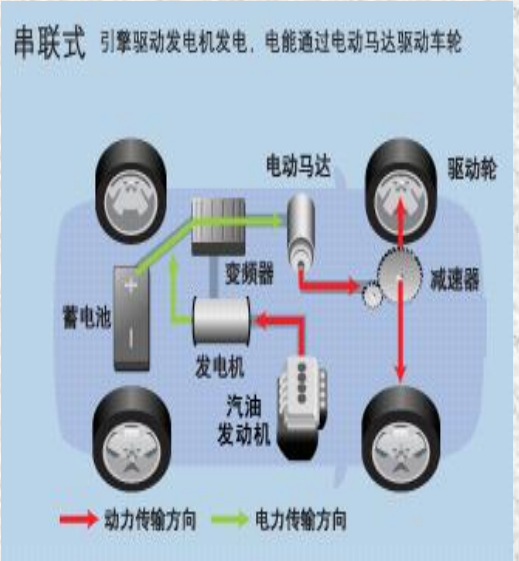
二、HEV方案

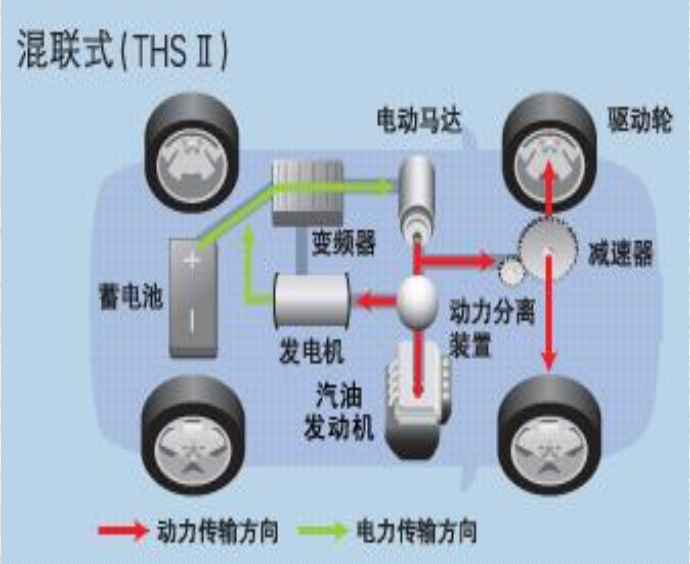
HEV

串联方案

混联方案

并联方案

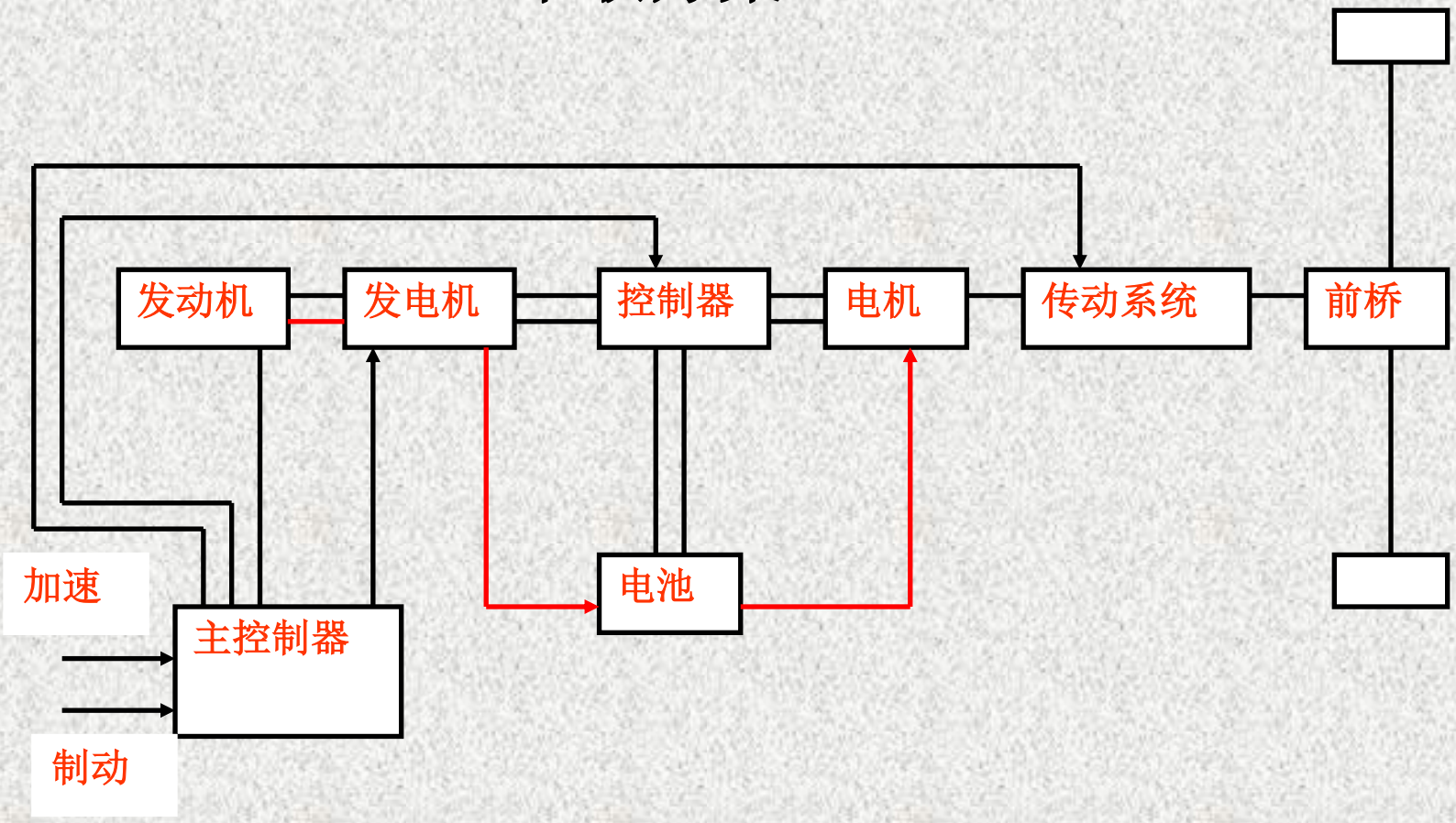




资料整理
火龙果软件
荐

二、HEV方案

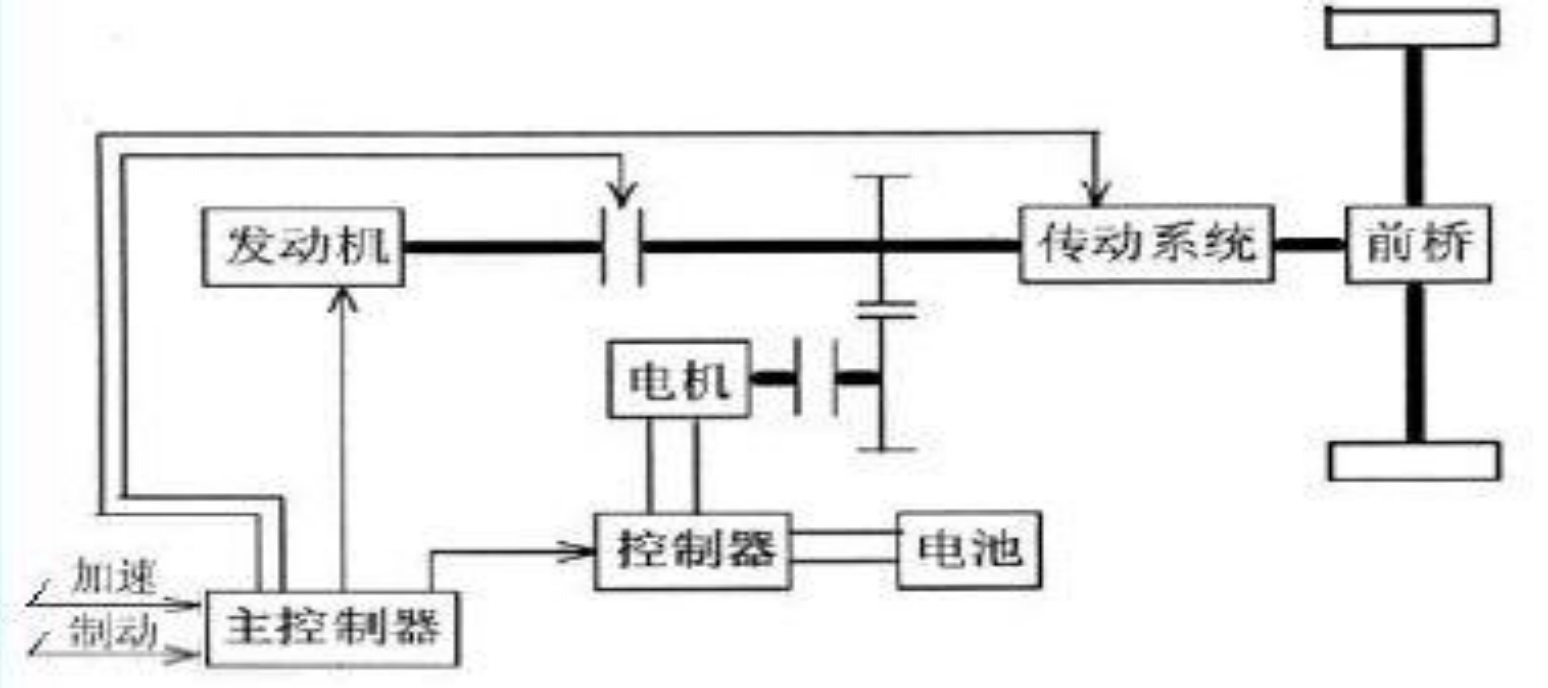
串联方案



资料整理
火龙果软件
荐

二、HEV方案

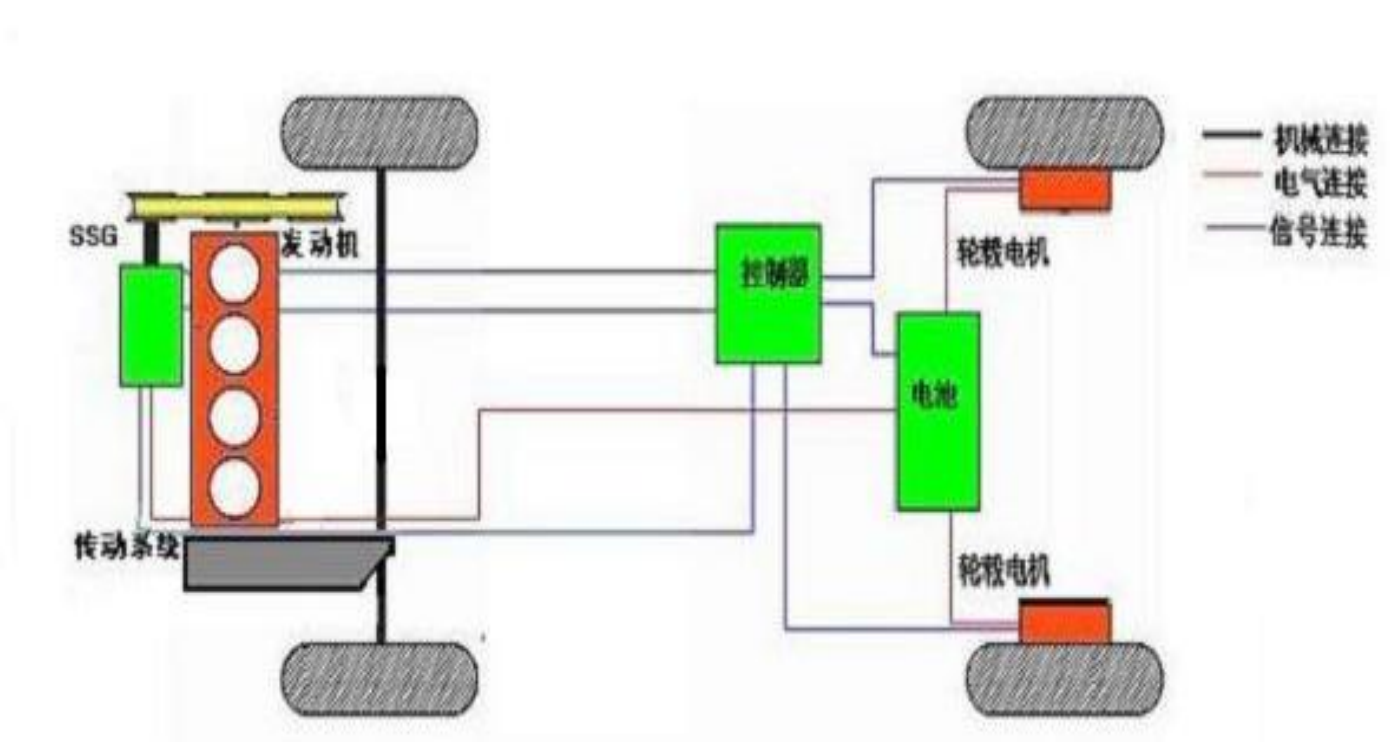
并联方案



资料整理
火龙果软件
荐

二、HEV方案

并联方案—轮毂电机四轮驱动

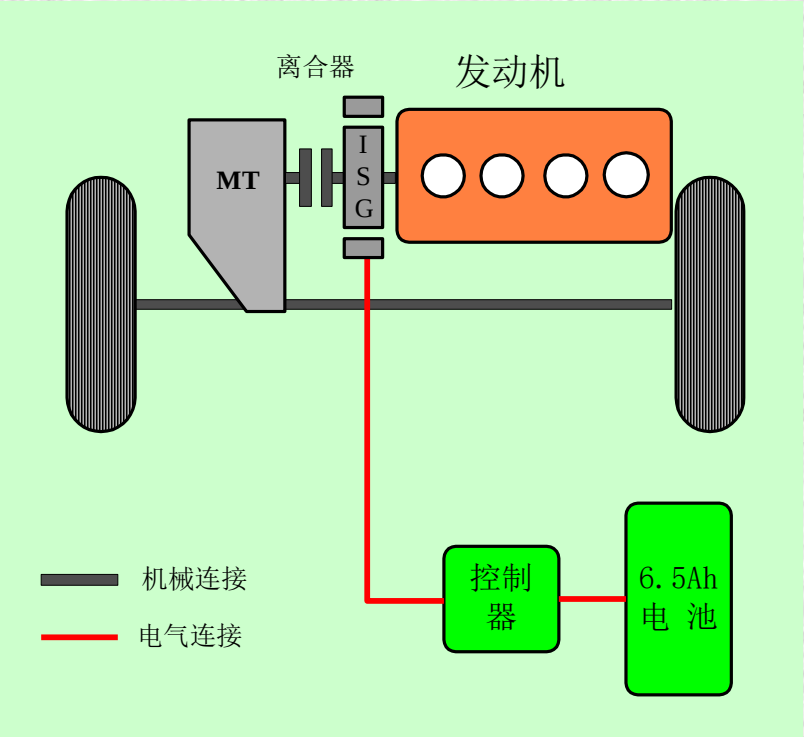


资料整理
火龙果软件
荐

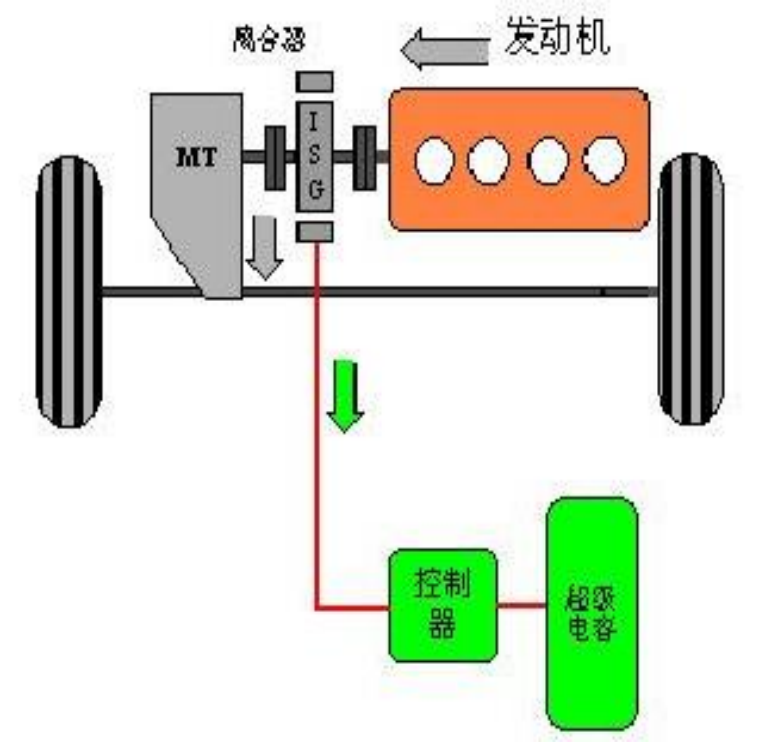
二、HEV方案

并联方案—ISG电机

单离合器ISG电机



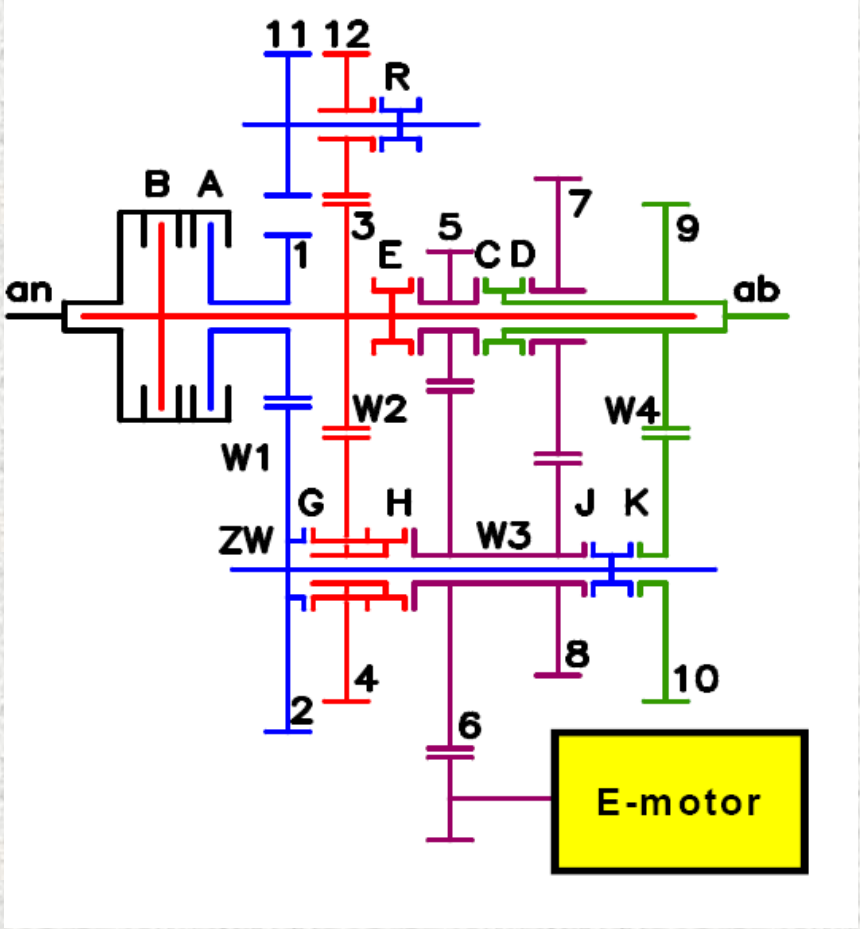
双离合器ISG电机



资料整理
火龙果软件
荐

二、HEV方案

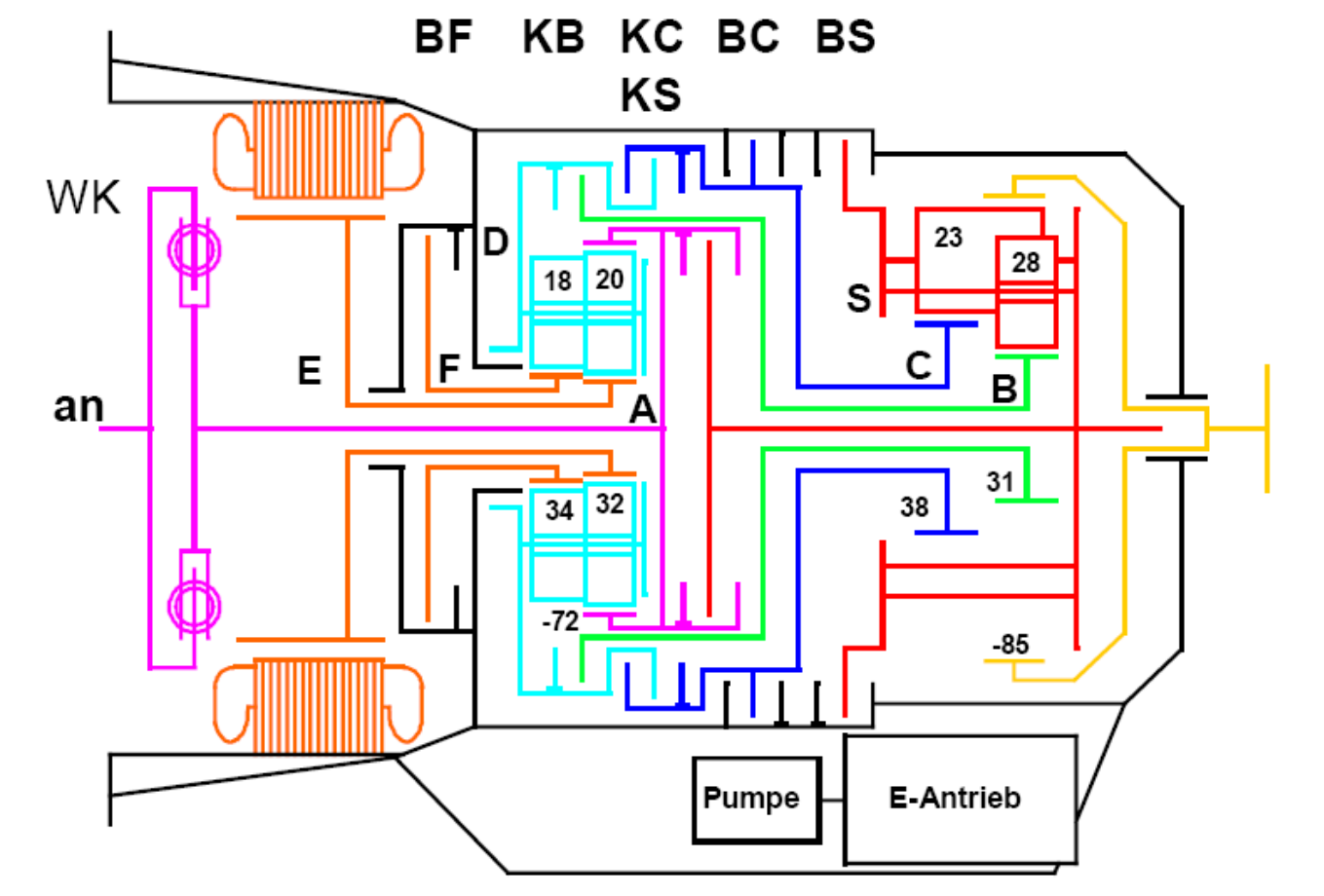
并联方案—基于DCT的混合动力方案



资料整理
火龙果软件
荐

二、HEV方案

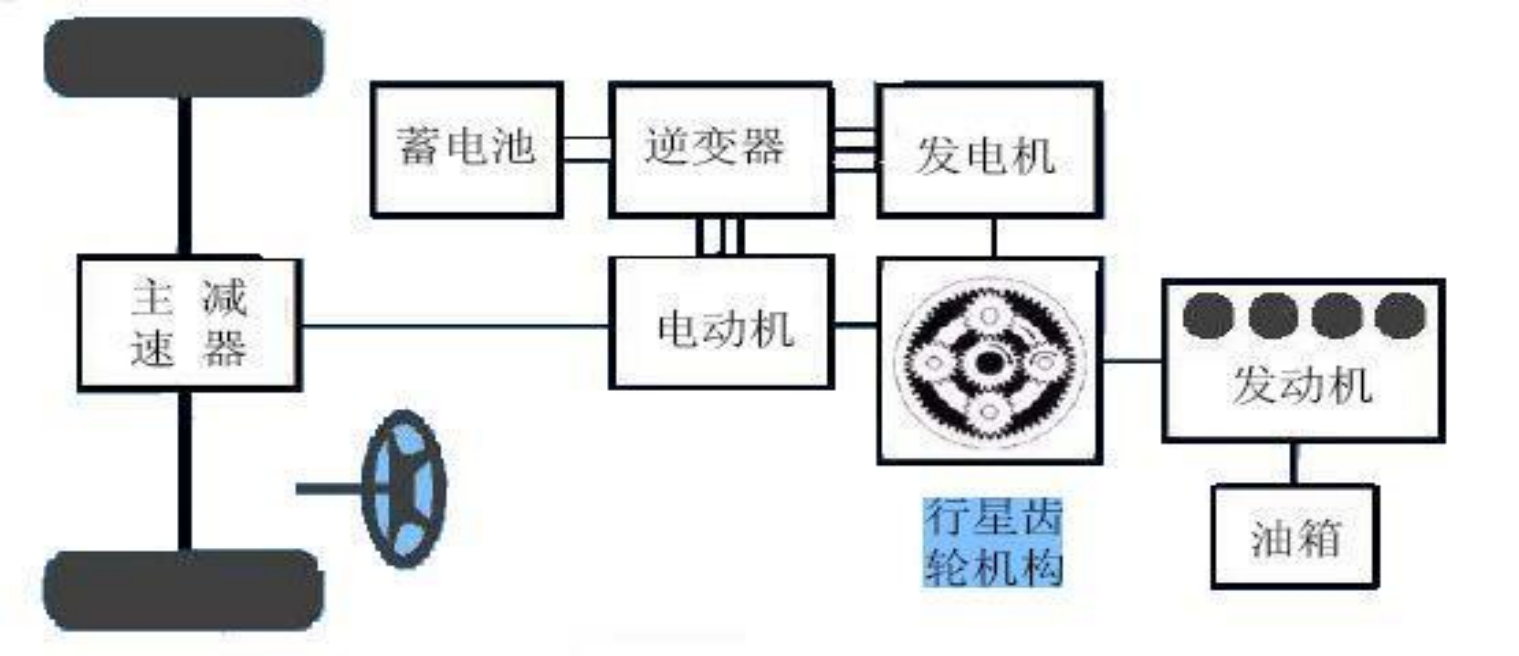
并联方案—自动变速箱ISG结构



资料整理
火龙果软件
荐

二、HEV方案

混联方案



资料整理
火龙果软件
荐

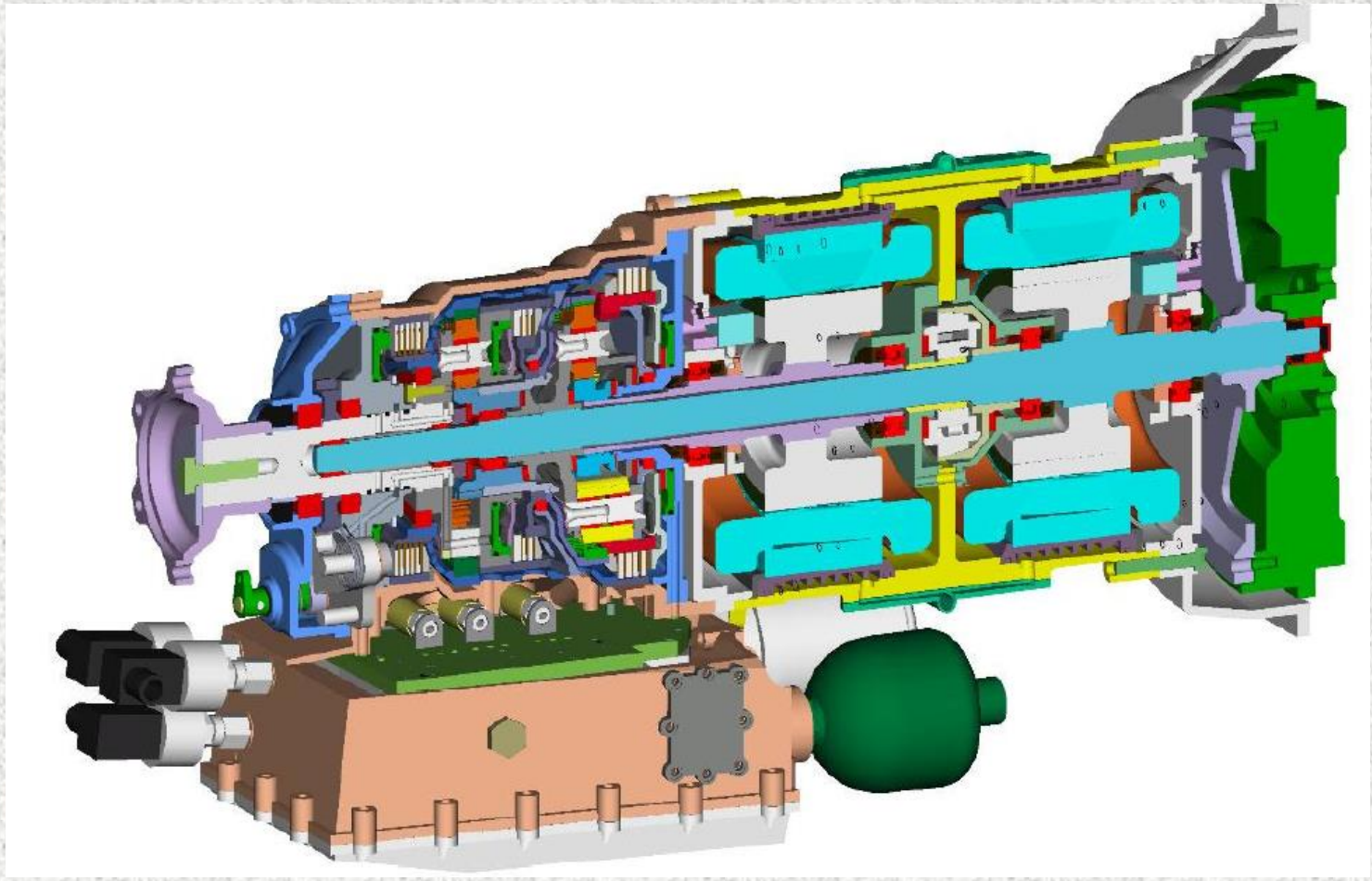
二、HEV方案

混联方案

资料整理
火龙果软件
荐

二、HEV方案

混联方案



资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

HEV0与PHEV比较

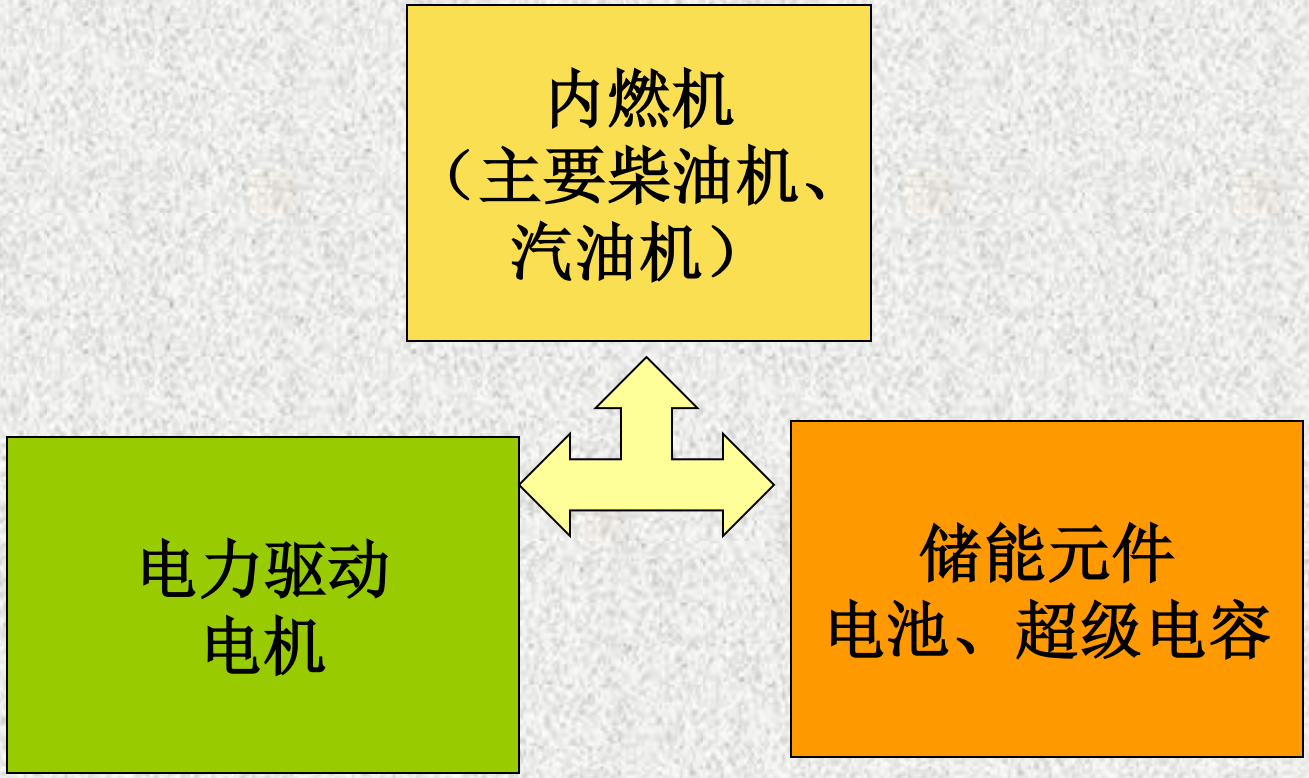
1、传统HEV0 电机主要的动力来源还是依赖于发动机，而PHEV还具有接受外部公用电网对车载电池组充电的能力；

2、传统的HEV0纯电动模式工作时间有限，而PHEV的纯电动驱动可以行使足够的里程（如30公里或者80公里）。

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

动力系统



资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

HEV 研究的目标

- 提高燃油经济性，减少排放；
- 提高车辆动力性能；

1. 怠速停机策略；
2. 制动能回收；
3. 纯电动模式；
4. 发动机优化；
5. 电动附件的使用。

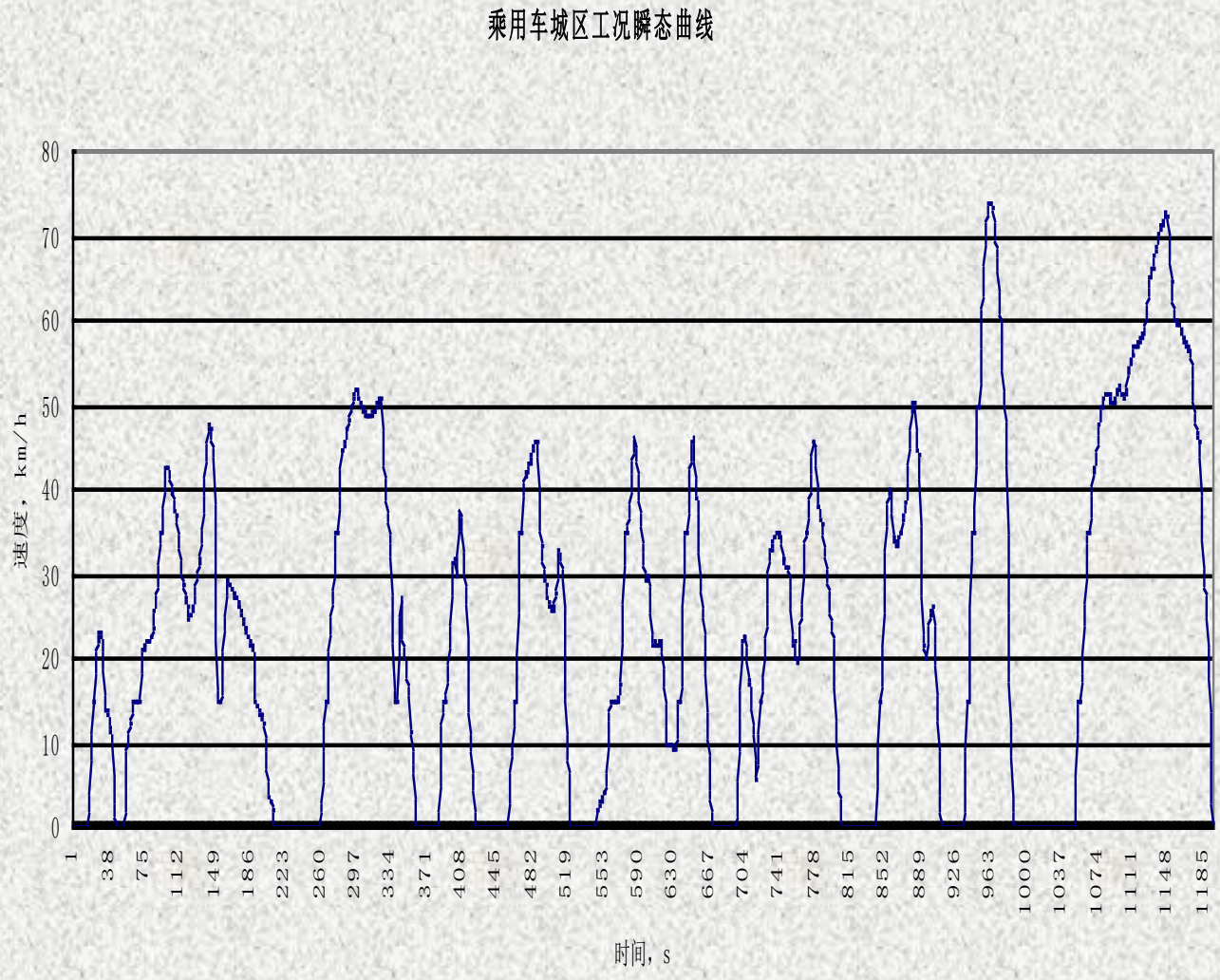
●在混合动力汽车上实现燃油经济性并不能以牺牲动力性为代价；

●采用电动助力的方法以弥补因为燃油经济性优化带来的动力不足；

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

start-stop设计分析



速度曲线参数：
时间T=1195s
行程S=7.681km
平均速度Vm=23.138km/h
最高速Vmax=74km/h
最大加速度amax=2.2942m/s2
最大减速度amin=-2.5936m/s2
平均正加速度 a+m=0.4392m/s2
平均负加速度a-m=-0.4188m/s2
怠速比例Ti=25.188%
T (百公里)=100公里/Vm=4.322h
T（怠速时间）=T*怠速比例Ti=1.089h
怠速油耗=0.8-0.9l/h
百公里油耗=T（怠速时间）*怠速油耗=0.8712-0.9801 L/h

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

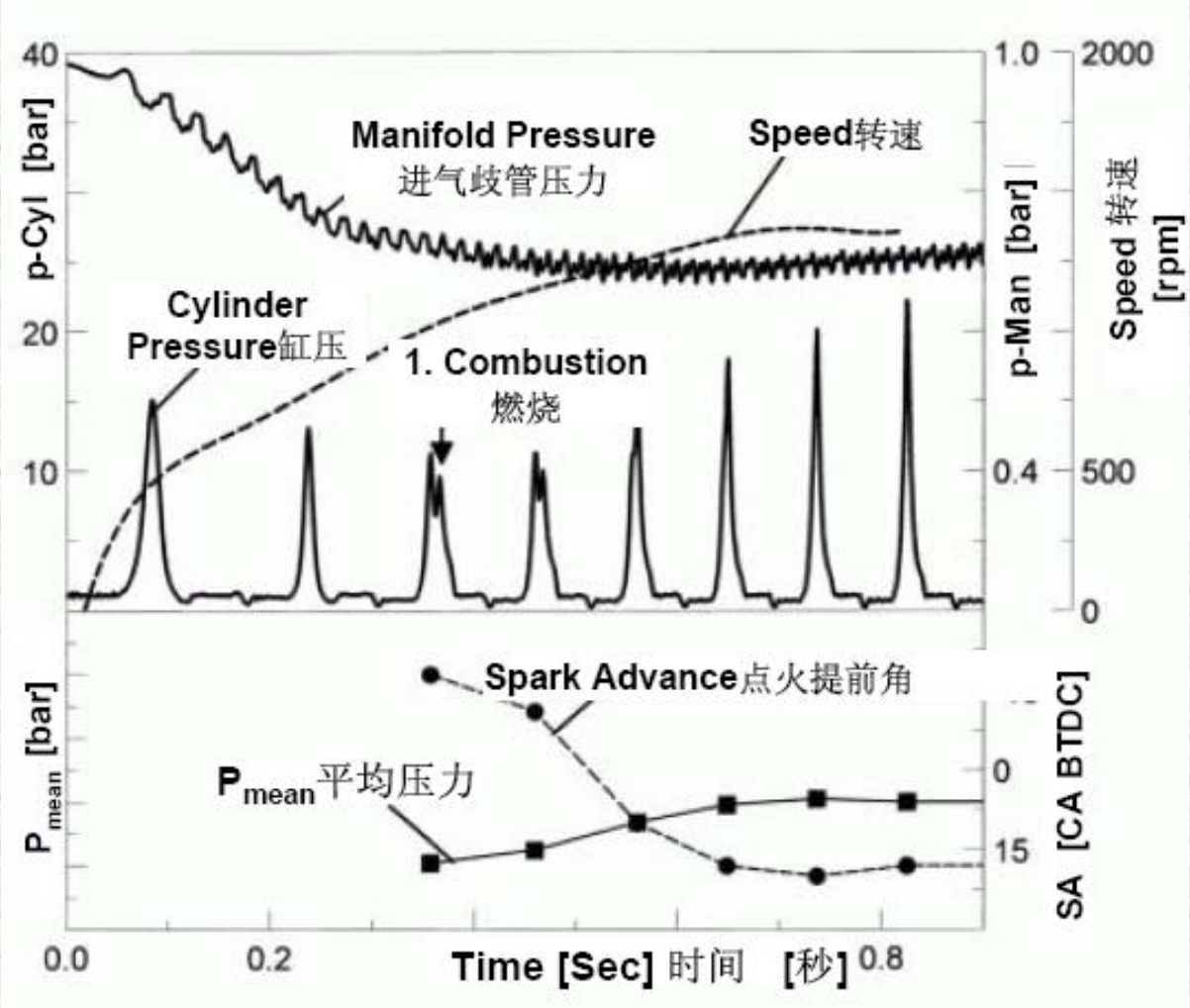
发动机优化：

1、启动过程优化；
2、瞬态过程优化；
3、稳态过程优化。

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

启动过程优化



资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

瞬态过程优化

- 目标：提高燃油经济性，减少排放；
- 设计原则：维持与原型车一致的驾驶动力性能；
- 扭矩控制：发动机不同工况变化过程中，发动机和电动机的扭矩合成的最优控制。

●最大可能避免因为发动机工况改变而带来的加浓喷油

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

瞬态过程优化

当油门踏板和节气门有突变时，发动机处于一个瞬态过程，ECU会过浓喷油，以满足动力性要求，但在此过程中造成排放和油耗都上升。

节气门的开度不能快速达到，需要用电机弥补。
用电机驱动目的是使发动机尽量达到稳态而不是瞬态的不稳定。

伪（准）稳态过程

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

稳态过程优化

1、发动机特性曲线的复杂程度决定了发动机油耗曲线的不规则。

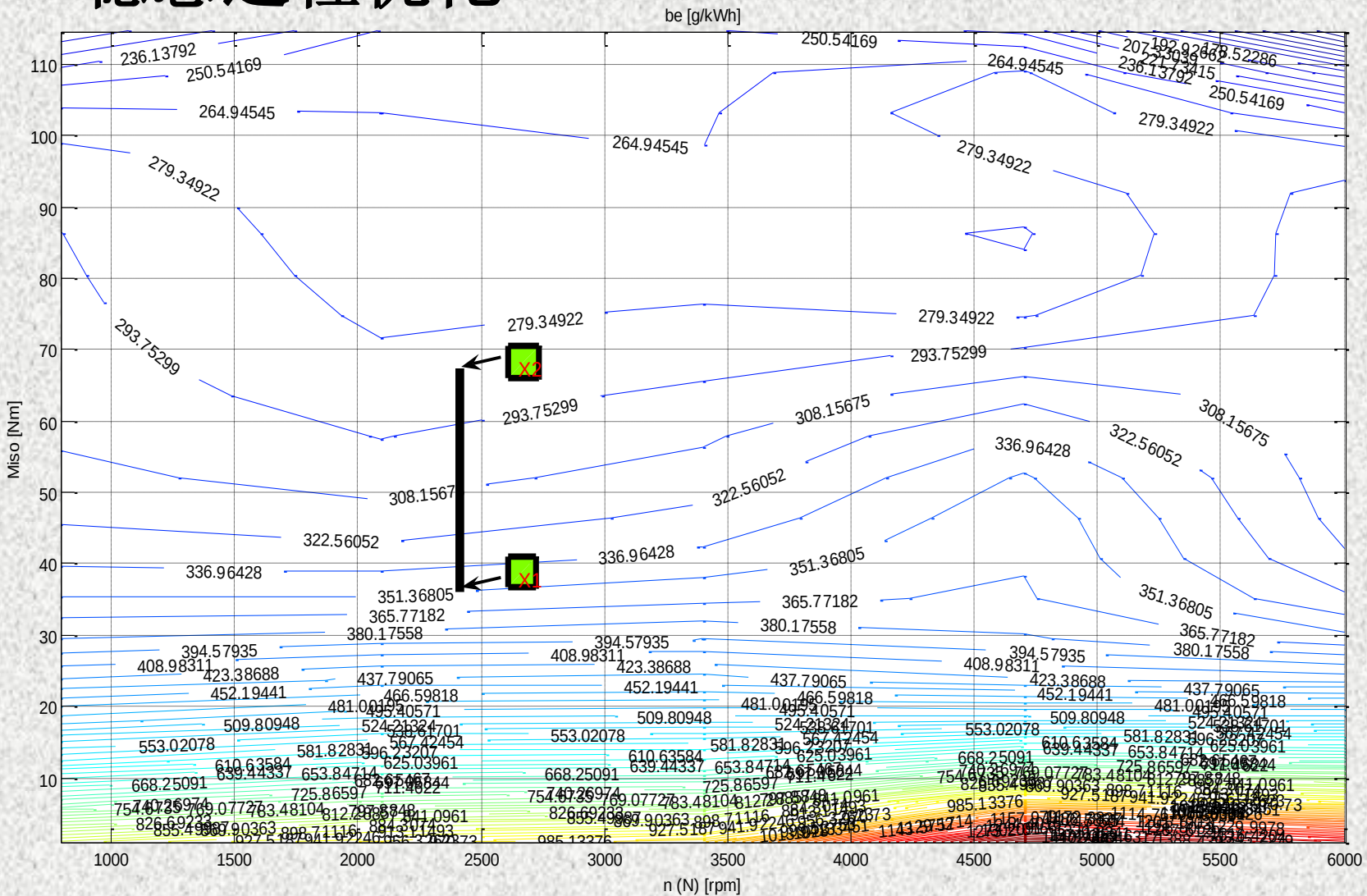
2、在低负载区，发动机的工作效率比较低，油耗和排放比较差。

3、采用混合动力有可能对发动机的工作区进行调整。

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

稳态过程优化



资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

稳态过程优化

设发动机工作点(n, M_1)，功率为$P_1=n\times M_1$，油耗为x1(g/kwh)
优化工作点为（n, M_2),功率为$P_2=n\times M_2$，油耗为x_2(g/kwh）。

发电机工作发电功率为$P_E=P_2-P_1$

产生的电量由 发电机发电的效率η_1，电容充电的效率η_2，在使用该电量时的电容放电的效率η_3，及电机驱动时的效率η_4，才能为整车所用。所以发电的效率应为

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$$

可以由此时的电机及电容的MAP得到

由系统工作时的概率分布确定平均值

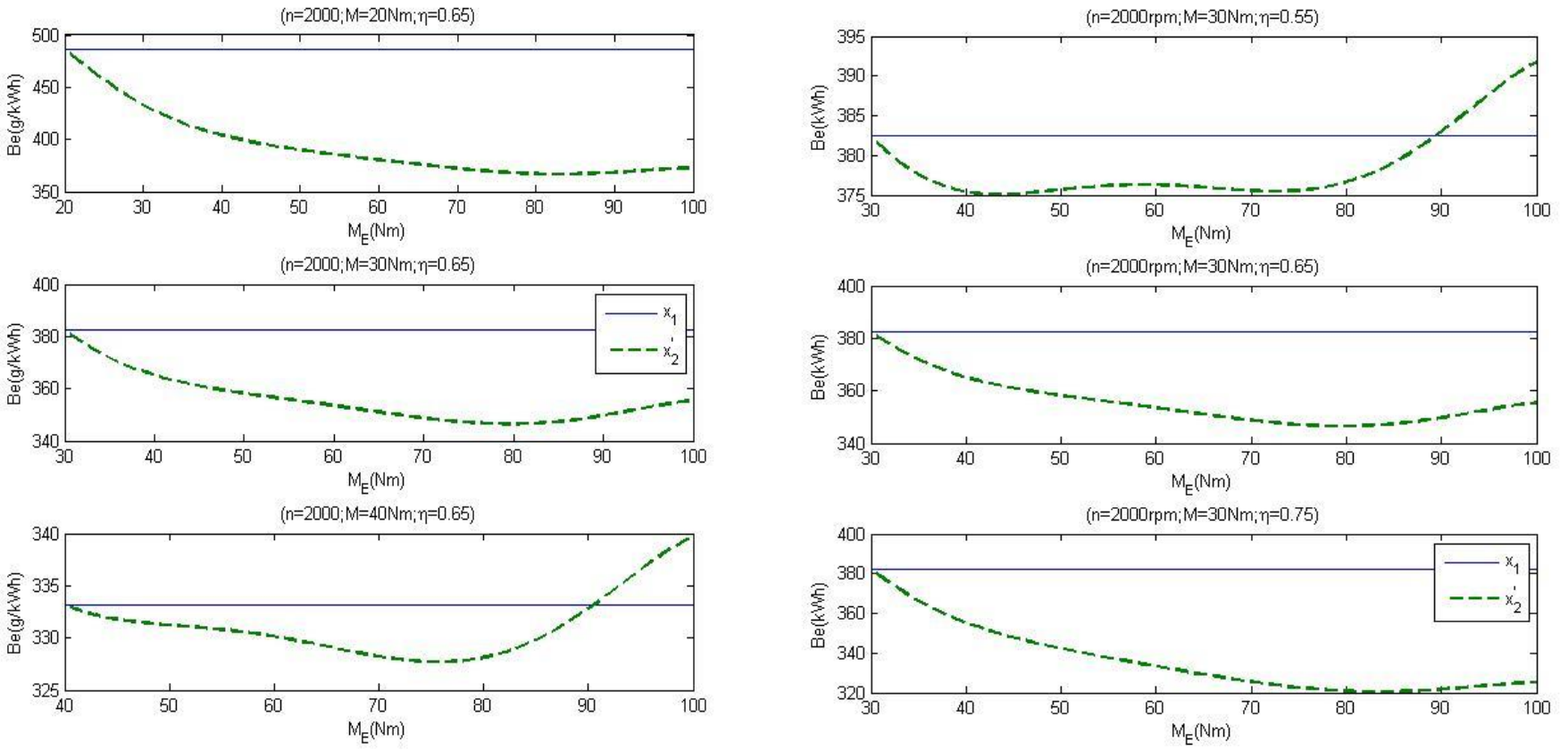
实际可用的发电功率$P_E' = (P2-P1) \times \eta$，实际的油耗不是$x_2$(g/kwh)，而是

$$x_2' = (x_2 \times P_E) / P_E' > x_2$$

资料整理
火龙果软件
荐

三、HEV0与PHEV共性关键技术

稳态过程优化



资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

当前PHEV发展需要解决的2个关键技术

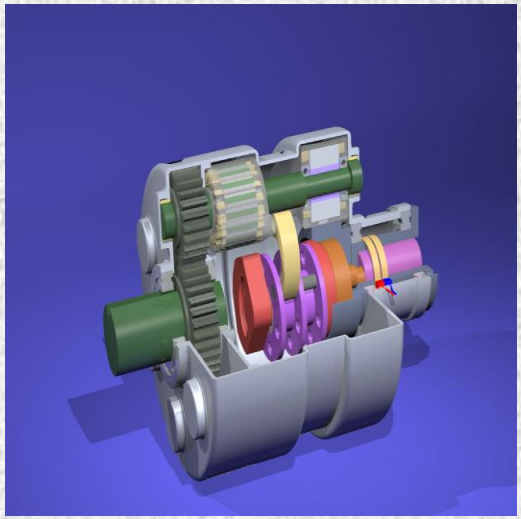
满足PHEV工作
要求的动力总成

满足PHEV工作
要求的储能元件

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

满足PHEV工作动力总成



发动机	ISG电机	CVT

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

电机系统

高电压等级的电机使Plug-in混合动力的要求。

1、高电压电机可以减小电机的驱动电流，降低损耗，提高电机效率。
2、电机采用高电压系统，可以使电机尺寸降低，提高前机舱的利用率。

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

变速箱

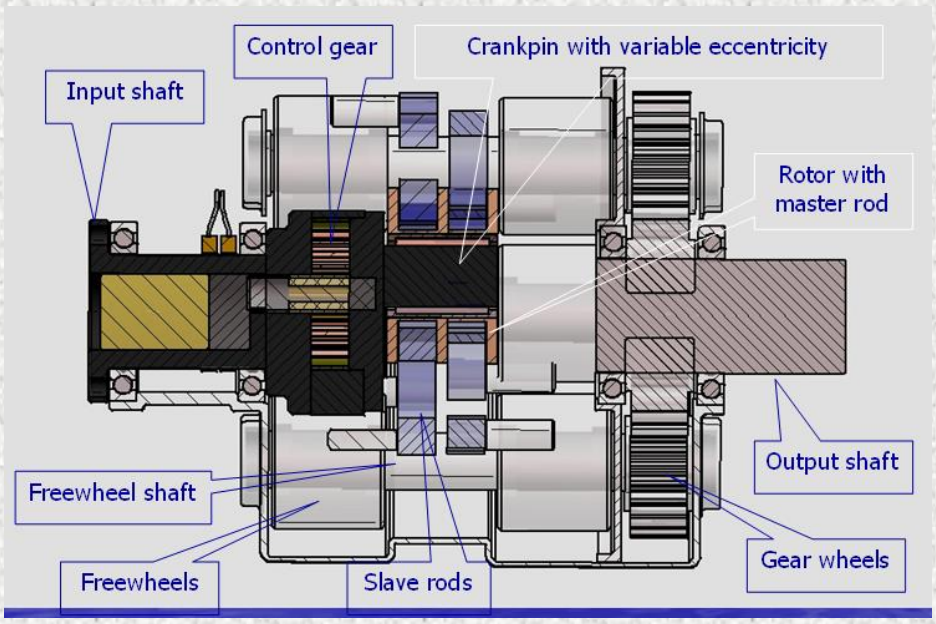
为了更好地利用电机的高效率区，一个高效的机械变速箱是必需的。

综合考虑到各种变速箱的性能，合适的无级变速的变速箱可能是PHEV系统的最好的选择。

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

SSG—一种新型的CVT



性能描述：

1、无级变速；
2、从∞—2.5的连续可调变速范围；
3、中档时，无需依赖离合器和液力变矩器；
4、功率密度高；
5、效率高于传统的CVT。

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

满足PHEV工作要求的储能元件

为了更好地利用电机的高效率区，一个高效的机械变速箱是必需的。

综合考虑到各种变速箱的性能，合适的无级变速的变速箱可能是PHEV系统的最好的选择。

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

满足PHEV工作要求的储能元件

方案1

采用高能量密度的电池做储能元件

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术

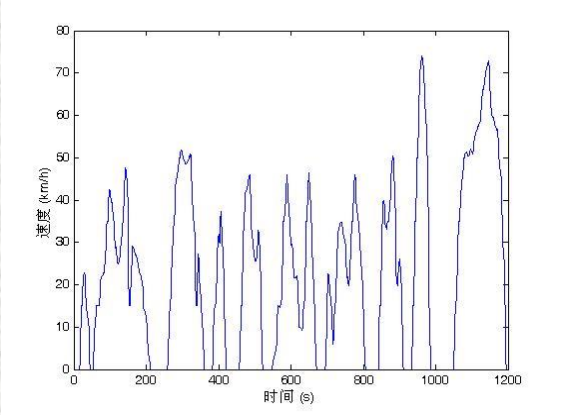
满足PHEV工作要求的储能元件

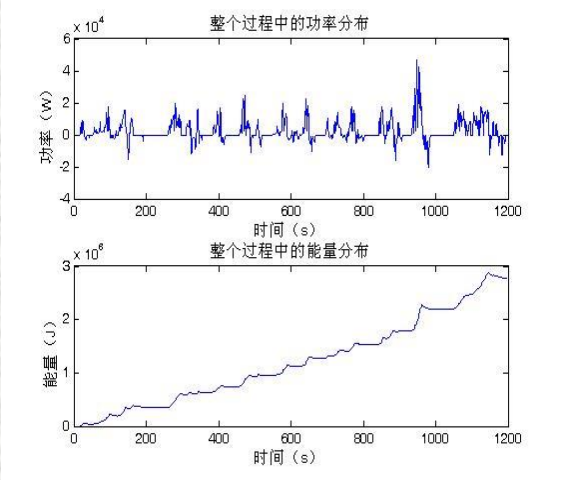
方案2

采用超级电容+电池的复合储能元件

资料整理
火龙果软件
荐

四、影响PHEV发展的关键技术





平均功率：
P=2.5kW;

行驶**60km**所需时间：
T=2.6h;

所需能量：
6.5kWh;

如电池端电压**300V**，则电池为：**21Ah;**

考虑到电池的利用空间为**50%**，则电池最好选用**40Ah**。

工况统计分析	
时间T	1195s
行程S	7.681km
怠速比例T_i	25.18%
平均速度V_m	23.138km/h
最高速V_{max}	74km/h
最大加速度a_{max}	2.29m/s^2
平均加速度	0.4463 m/s^2
最大减速度a_{min}	-2.59m/s^2
平均减速度	-0.42285 m/s^2
T (百公里时间)	100公里/V_m=4.322h
T（怠速时间）	T (百公里)*怠速比例T_i= 1.089h
	1L/h
百公里怠速油耗	T（怠速时间）*怠速油耗 =1.089 L
取消怠速后可节油比例（%）	1.089L/9L=12.1%

资料整理
火龙果软件
荐

非常有幸为大家做这个报告！！

谢 谢