

基于 GT-Drive 的并联式 HEV 综合油耗仿真

Simulation of Parallel HEV Fuel Consumption in NEDC Cycle Based on GT-Drive

向巍 杨正军

(长安汽车工程研究院 CAE 工程所 重庆 401120)

摘要: 本文介绍了在公司某款并联式混合动力电动汽车(HEV)开发中利用 GT-Drive 进行综合油耗仿真的过程。首先给出了该车的基本参数,然后在原型车简单油耗模型的基础上进行 HEV 建模,最后处理计算结果得到该 HEV 的综合油耗值。

关键词: DT-Drive 混合动力电动汽车(HEV) 综合油耗

Abstract : The simulation of NEDC FC using GT-drive , in the process of Changan HEV project , is introduced in this paper. Firstly, the base parameter of this car is given, then establish HEV FC model on the foundation of a simple model, lastly, got the value of NEDC FC processing the computer result.

Key words: DT-Drive HEV Fuel Consumption

1 概述

随着石油资源的日益枯竭和环境的持续恶化,在可预见的未来传统内燃机汽车势必会被新能源汽车所替代。目前各大汽车公司及科研机构主要致力于包括纯电动汽车(EV)、混合动力电动汽车(HEV)、燃料电池电动汽车(FCV)的各种电动汽车的研发,其中 HEV 的各种性能参数基本能达到传统内燃机汽车的水平,正越来越多的出现在道路上。

本文介绍了在长安汽车某款并联式 HEV 开发中利用 DT-Drive 进行 HEV 综合油耗仿真的过程。

2 模型建立

2.1 并联式 HEV 理论模型

混合动力电动汽车(HEV)按构造的差异可分为串联式、并联式、混联式和复合式等四种型式,本文讨论对象为并联式 HEV,其结构框图如图 1 所示。

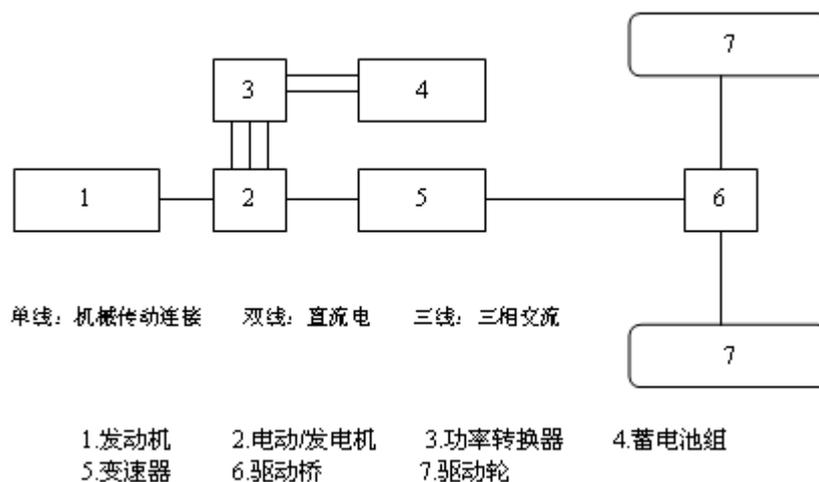


图1 并联式 HEV 结构框图

2.2 仿真输入数据

该车是在原型车的基础上配备 1.5L 汽油机、电动/发电机、功率转换器和蓄电池组以及相应的传感器、控制器等组成。影响整车油耗的基本参数主要有整车质量、轮胎滚动半径、变速器速比、整车阻力特性等，基本参数见表 1、变速器参数见表 2。

表 1 基本参数

整车参数		轮胎参数	
整备质量	1450 kg	滚阻系数	$0.008+7.17e-5*v$
基准质量	1550 kg	滚动半径	308 mm
风阻系数	0.354	蓄电池组参数	
迎风面积	2.36 m^2	额定容量	6.0 A*h
发动机参数		额定电压	144 V
发动机排量	1.5 L	电动/发电机参数	
怠速转速	750 rpm	基速	1500 rpm
最大扭矩	140 N*m	额定转速	6000 rpm
最大功率	67 kw	功率	15 kw

表 2 变速器参数

	一档	二档	三档	四档	五档	主减
速比	3.56	2.01	1.32	0.94	0.78	3.89
效率	0.9	0.93	0.95	0.96	0.96	0.95

2.3 建立分析模型

DT-Drive 中 Kinematic 计算模式根据用户输入的速度曲线和变速器档位反向求解发动机的转矩、转速等参数来满足该曲线，这种模式的主要特点是计算速度快，本次计算 HEV 的综合油耗就是采用的 Kinematic 计算模式。

该 HEV 具有怠速启停、制动能量回收、电机助力的功能，其仿真模型是在原型车油耗模型的基础上增加控制模块以实现这些功能。图 2 中左边绿色方框里为原型车油耗模型，右边红色方框里为 HEV 油耗模型。在实现电池充放电、SOC 计算、电机助力、制动能量回收等功能时模块较多，将实现某种功能的各个模块封装成集合，可以使主模型相对简洁。为了方便在计算过程中实时观察重要参数的瞬态值，在功能模块搭建完后，需增加若干监视器模块。也可同时增加 SampledOutput 模块采集重要参数的瞬态值。

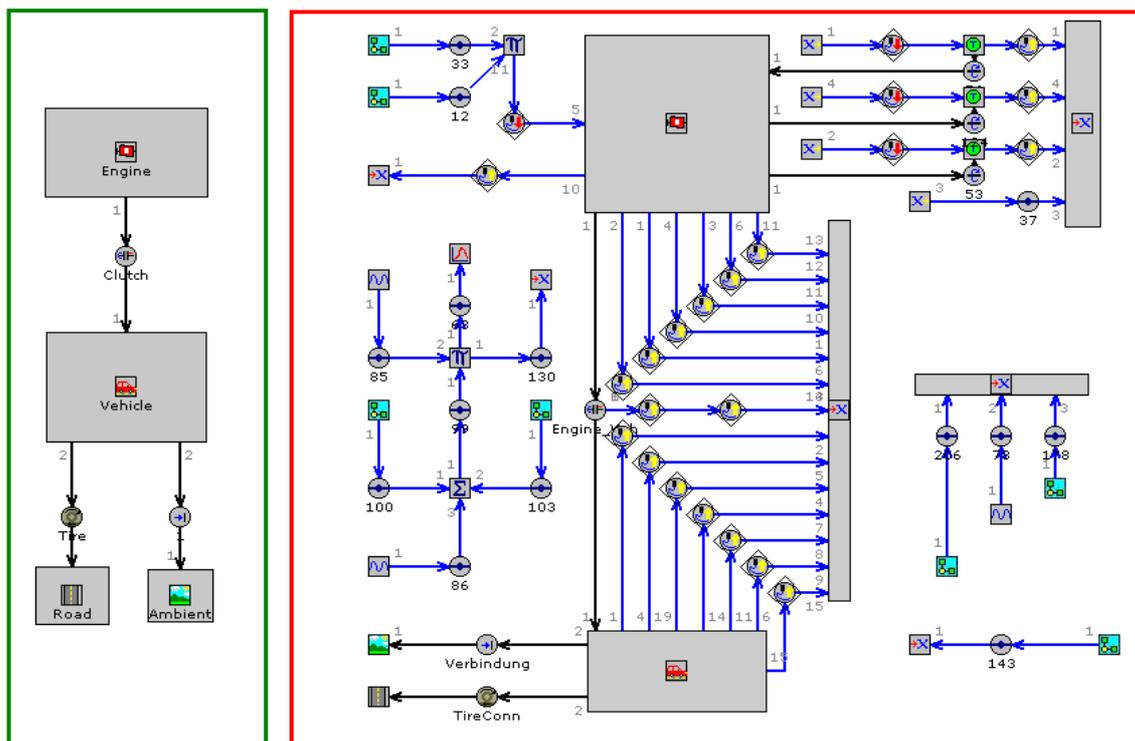


图 2 仿真模型

当满足一定条件时该车会回收制动过程中的部分动能，并将回收的能量存储在蓄电池组中。这些条件包括制动力矩必须大于某个值，蓄电池 SOC 小于 1，车速大于某个值，离合器处于结合状态等等。同样的电池充放电、电机助力、怠速启停等也需要满足一定条件才能实现。各控制模型如图 3、4、5、6 所示

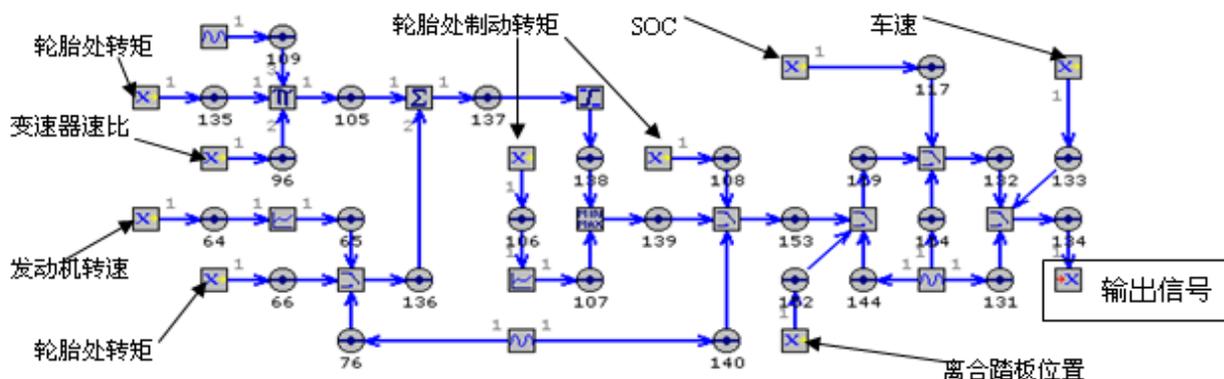


图 3 制动能量回收控制模型

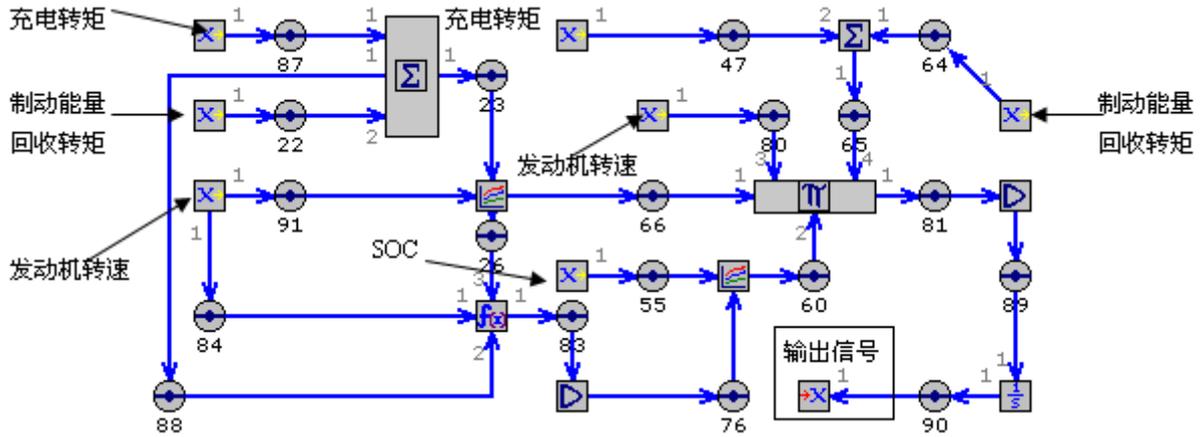


图 4 充电控制模型

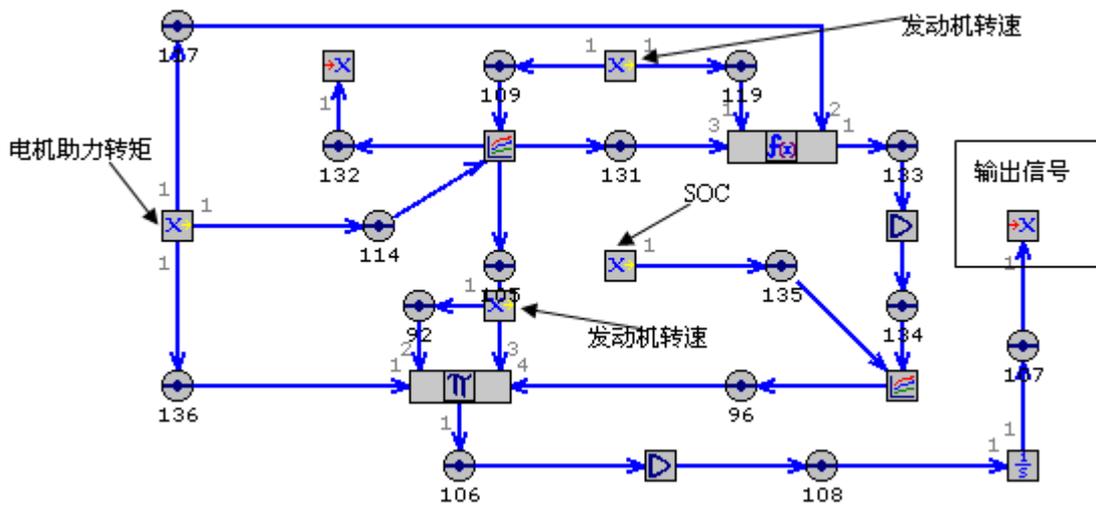


图 5 放电控制模型

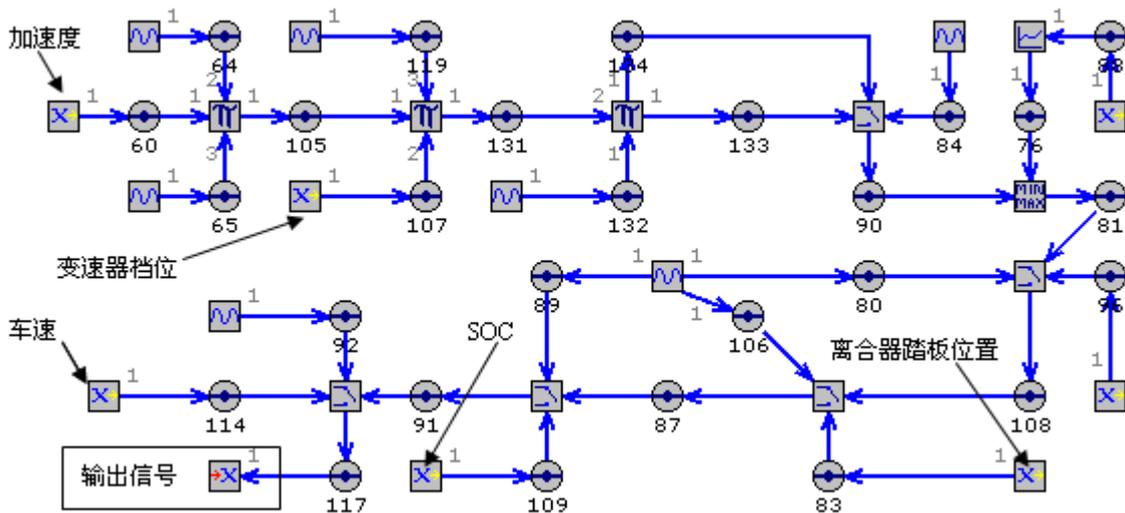


图 6 电机助力控制模型

3 仿真分析

运行仿真模型，将 SampledOutput 模块采集的数据提取出来，绘制各参数随时间变化的曲线，

图 7 为 NEDC 循环中车速、变速器档位、蓄电池 SOC、ISG 转矩、发动机转矩、发动机转速随时间变化的曲线，图 8 为 NEDC 循环中叠加到发动机万有特性图中的发动机各个时刻的运行点。

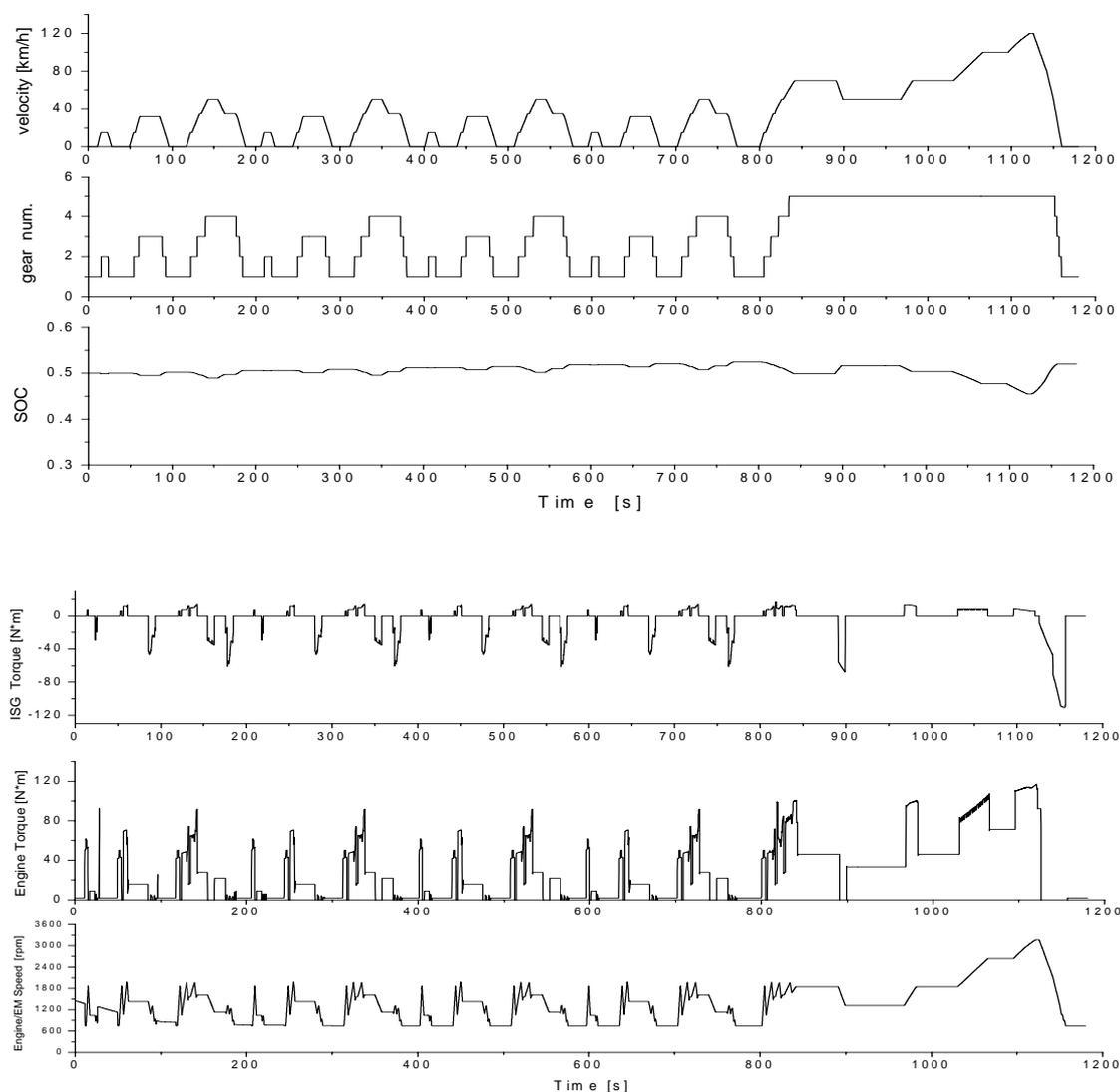


图 7 NEDC 循环中 V 、 g 、SOC、 T_{ISG} 、 T 、 n 随时间变化曲线

从图 7 中可见 ISG 转矩为正值时 SOC 减小，此时 ISG 为电动机模式，电机助力；ISG 转矩为负值时 SOC 增大，此时 ISG 为发电机模式，制动能量回收。除制动能量回收之外 SOC 增大还有可能是由于发动机对电池组充电。

假定发动机给电池充电使 SOC 增大 10%，此后电机助力使 SOC 减小 10%，此过程前后 SOC 平衡，但充电消耗的燃料比助力节省的燃料要多。因为燃料的化学能转化为电能存储在电池中再由电能转化为机械能驱动汽车的中间环节比化学能直接转化为机械能驱动汽车的中间环节要多，每个环节的效率均小于 1，前者的总效率小于后者。图 9 为 HEV 的五档等速油耗曲线。3 为无电机助力也不对电池充电时的油耗曲线，4 为电机助力时的油耗曲线，1 为发动机为电池充电时的油耗曲线，曲线 2 为曲线 1、4 的均值。曲线 4 和曲线 1 中电池电量增量的绝对值相同，相当于电池助力耗掉的电量又由发动机充电补偿回来，由图中可见在任意车速下曲线 2 上的值总大于该车速曲线 1 上的值。

说明发动机为电池充电会增加油耗，所以应在循环过程中尽量避免发动机对电池组充电。

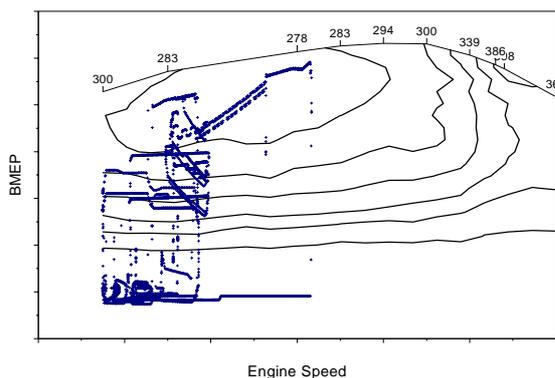


图 8 NEDC 循环发动机工况点

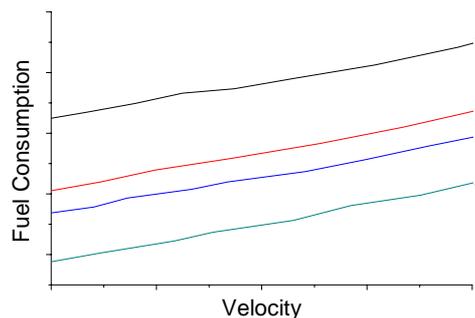


图 9 等速油耗

HEV 的综合油耗评价除了考虑实测值外,还要根据能量守恒考虑循环前后保持 SOC 值平衡的折合油耗值,两者求和得到综合油耗值。在循环结束相对于初始时 SOC 增大,表示从 GT-post 里读取的油耗除了维持循环要求车速还对电池充电;在循环结束相对于初始时 SOC 减小则表示读取值不足以支持汽车跑完全程,在此过程中存在电机的助力。图 10 为 SOC—油耗折算曲线。

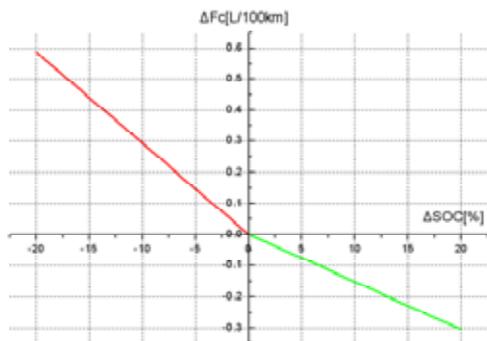


图 10 SOC—油耗折算曲线

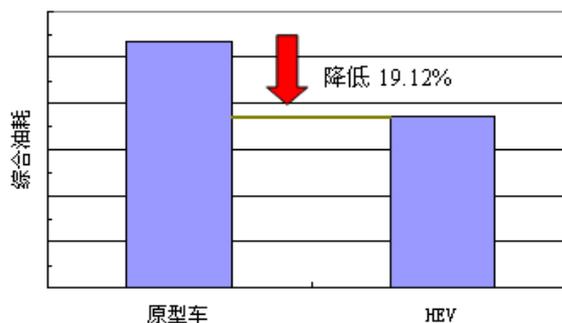


图 11 油耗结果对比

计算结果表明 HEV 相对于原型车油耗有明显降低,图 11 为原型车、HEV 油耗结果对比。

4 总结

本文介绍了利用 GT-Drive 进行并联式 HEV 综合油耗仿真的方法。HEV 采用制动能量回收、电机助力、怠速启停等新技术降低油耗,如何对这些功能进行仿真是 HEV 油耗分析的最大难点。

GT-Drive 提供的控制模块丰富,可以方便的模拟传感器、执行器及两者间的中间环节。GT-Drive 根据时序对传感器采集的信号进行选通、数值运算、逻辑运算等处理得到输出信号,这些输出信号控制各执行器的工作,从而很好的模拟了控制过程,实现了对制动能量回收、电机助力、怠速启停等功能的仿真。

5 参考文献

[1] GT-ISE User's Manual
 [2] 余志生.汽车理论(第三版).北京:机械工业出版社,2000.10.
 [3] (美)Mehrdad Ehsani 等著;倪光正等译.现代电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池车:基本原理、理论和设计.北京:机械工业出版社,2008.06.