·2026中国汽车工程学会年会优秀论文(选登)·

混合动力汽车能源模式开发与应用*

赵江灵　朱永明　赵成飞　刘学武　李瑶瑶

（广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院，广州 511434）

【欢迎引用】赵江灵，朱永明，赵成飞，等．混合动力汽车能源模式开发与应用[J]．汽车文摘，2026(10)：31-37.

【Cite this paper】ZHAO J L, ZHU Y M, ZHAO C F, et al. Development and Application of Energy Modes for Hybrid Electric Vehicles[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(10): 31-37.

【摘要】针对混合动力汽车多动力源带来的整车能量管理难题，以及不同用户对动力源使用的差异化需求，开发强制纯电、纯电优先、智电混动、保电优先4种能源模式，制定了4种模式下的详细控制策略，并研究了各模式在整车纯电续航里程、亏电油耗与加速性能上的差异，同时基于已售车辆大数据统计分析了各能源模式的实际使用情况。结果表明：4种能源模式纯电续驶里程存在差异、电量保持阶段油耗一致，除强制纯电模式以外，不同能源模式的加速性能一致，其中纯电优先模式在实际使用中的占比最高。

关键词：能源模式；能量管理；混合动力汽车；控制策略

中图分类号：U469.7　　**文献标志码：**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20260154

Development and Application of Energy Modes for Hybrid Electric Vehicles

Zhao Jiangling, Zhu Yongming, Zhao Chengfei, Liu Xuewu, Li Yaoyao

（GAC Automotive Research & Development Center, Guangzhou 511434）

【Abstract】Aiming at the vehicle energy management problem caused by multiple power sources of hybrid electric vehicles, as well as the differentiated requirements of different users for power source utilization, 4 energy modes, namely forced pure electric, pure electric priority, intelligent hybrid and charge-sustaining priority, are developed. Detailed control strategies for the 4 modes are formulated. The differences among the modes in terms of vehicle pure electric driving range, charge-depleting fuel consumption and acceleration performance are investigated. Meanwhile, the actual application of each energy mode is statistically analyzed based on big data of sold vehicles. The results show that the 4 energy modes differ in pure electric driving range, while the fuel consumption in the charge-sustaining stage remains consistent. Except for the forced pure electric mode, the acceleration performance of different energy modes is identical, and the pure electric priority mode accounts for the highest proportion in actual application.

Key words: Energy mode, Energy management, Hybrid vehicles, Control strategy

0　引言

整车能量管理是整车控制的核心，通过整车能量管理和动力控制，可实现能量利用效率、污染物排放、动力性能与行驶稳定性等综合性能优化。已有学者针对混合动力电动汽车系统结构及控制策略[1-2]、增程式混合动力汽车控制策略[3-6]开展研究。还有研究利用动态规划算法及驾驶风格识别对能量管理策略进行了优化[7-8]，并进一步考虑用户出行特征，提出插电式混合动力汽车自适应能量管理策略[9]。此外，文献[10]深入探讨了双电机纯电动模式的应用。

根据驾驶者的需求，整车通常开发了多种风格的驾驶模式，一般分为3种：经济模式、标准模式和运动模式。部分车型结合配置差异提供更多的驾驶模式供使用，如越野模式、全地形模式等，以满足消费者在不同使用场景下对车辆通过性、动力性和燃油经济性

*基金项目：广东省科技计划项目(2024B1212020006)。

的差异化需求[11]。

混合动力汽车除了能够提供与传统汽车类似的经济、标准、运动驾驶模式外，还能提供多种能源模式[10]。与驾驶模式不同，不同的企业对能源模式的定义差异较大，如腾势D9车型的能源模式为EV（强制纯电）、HEV（强制保电、智能保电）；理想L9的能源模式为纯电优先（强制纯电）、油电混合和燃油优先（强制发电）；零跑C11的能源模式为极限纯电、纯电优先和燃油优先；星越L的能源模式为增程模式、纯电模式、混动模式、性能模式；魏牌蓝山的能源模式为强制纯电、纯电优先和智能混动模式。

本文基于串并联的混动系统，首先对充电场景进行成本分析，然后以使用成本最低为目标，制定了模式划分策略；在此基础上，系统阐述了某车型4种能源模式定义、不同能源模式的控制策略、实车性能表现差异，并基于售后大数据分析用户使用不同能源模式的占比。

1　多种能源模式使用需求

1.1　混合动力汽车动力系统原理

混合动力汽车按构型可分为串联、串并联、功率分流等类型[12]，本文基于串并联的构型进行阐述。动力系统构型原理如图1所示。

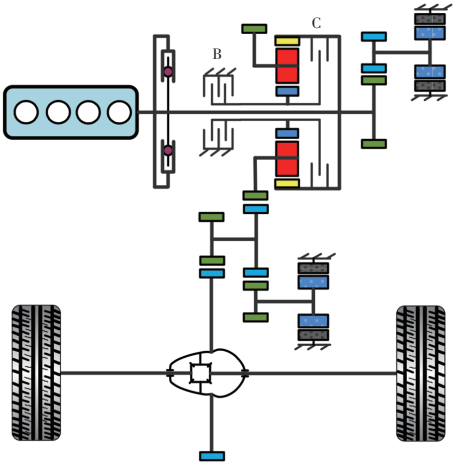


图1　混合动力汽车动力系统原理

通过控制制动器B与离合器C的结合与分离，混合动力汽车可实现纯电动模式、串联增程模式、并联混动模式、制动能量回收模式、驻车发电模式。车辆的驱动模式如表1所示。

1.2　不同能源模式的使用成本差异

混合动力汽车为用户提供了多种驱动模式，用户可以结合自身充电便利性、电价与油价水平以及特殊保电需求等，选择最适宜的模式。在混合动力汽车中，燃油化学能可通过动力系统转化为电能，不同的企业油电转换系数略有差异。随着混合动力专用发动机和发电机的匹配优化，两者高效区的重合区域不断扩大，油电转化率不断提升，目前量产混合动力系统的油电转化系数约为3.6 kW·h/L。根据《节能与新能源汽车技术路线图3.0》预测，到2030年，随着发动机热效率和电机效率的进一步提升，油电转化系数将超过3.8 kW·h/L[13]。

表1　混合动力汽车运行模式

驱动模式	执行元件	
	B	C
纯电驱动模式	分离	分离
串联增程	分离	分离
并联混动1挡	结合	分离
并联混动2挡	分离	结合
制动能量回收	分离	分离
驻车发电模式	分离	分离

对于不同驱动工况，可以根据成本对比规则判断最优使用成本：计算燃油单价（X）与电单价（Y）的比值（K_1），再和车辆油电转化系数做比较。若该比值大于油电转化系数（K_1），用电成本更低，优先用电；若比值与油电转化系数相等，用油、用电成本相当；若比值小于油电转化系数，用油成本更低，优先用油。

不同场景下的充电成本可能存在差异。若采用家用充电桩充电，充电成本为0.61 元/（kW·h）；若采用市区公共充电桩充电，充电成本为0.9~1.2 元/（kW·h）；若在高速公路的服务区充电，充电成本为2.1~2.5 元/（kW·h）。不同场景下，燃油成本基本一致（本文按照7.4 元/L计算）。车辆的油电转换系数是车辆的基本属性，不同车型存在些许差异，但不受充电场景影响（本文取3.6 kW·h/L）。不同场景下的对比结果如表2所示。

表2　不同充电场景下的使用成本对比

工况	家用充电桩	市区公共桩	高速服务区快充
油价X/元·L^{-1}	7.4		
电价Y/元·(kW·h)$^{-1}$	0.61	0.90~1.20	2.10~2.50
比值K_1/(kW·h)·L^{-1}	12.13	8.22~6.17	2.96~3.52
转化系数K_2/(kW·h)·L^{-1}	3.6		
比较	$K_1>K_2$	$K_1>K_2$	$K_1<K_2$
结论	用电更省	用电更省	用油更省

在家充和市区公共充电桩充电场景下，$K_1>K_2$，用电成本更低，应该优先用电。在高速服务区充

电场景下，$K_1<K_2$，用油成本更低，应该优先用油。若电价为2.06元/(kW·h)，油价为7.4元/L，则$K_1=K_2\approx3.6$ kW·h/L，用油或用电的使用成本基本一致，用油或者用电均可。

综上，在不同的充电场景下，采用不同的能源驱动，用户的使用成本存在差异。在整车开发过程中，若能提供不同的能源模式供用户选择，使用户结合自身充电场景选择合理的能源模式，即可实现使用成本最优。

2 基于使用成本最低的模式划分

基于用户使用成本最低为目标开展驱动模式选择研究，需要考虑车辆的运行阶段。插电式混合动力汽车在实际运行过程中，根据电池荷电状态(State Of Charge，SOC)的不同，可分为电量消耗(Charge Depleting，CD)与电量保持(Charge Sustaining，CS)2个运行阶段。在CD、CS运行阶段，车辆既可以使用纯电动模式，也可以使用串联增程、并联混合驱动等工作模式。

2.1 CD阶段使用成本最优

CD阶段车辆可以采用燃油驱动和电驱动2种形式。燃油系统的成本按照92#汽油的成本计算(本文按照7.4元/L计算)，动力电池电量主要来自电网，电价按照居民用电价格0.61元/(kW·h)计算。计算CD阶段的成本时，需要考虑燃油需求成本和电驱动成本。

行驶1 km的油耗成本R_{MBfuel}为：

$$R_{\mathrm{MBfuel}}=P_{\mathrm{ICE}}\times\frac{1}{V}\times b_{\mathrm{e}}\times\frac{1}{\rho_{\mathrm{fuel}}}\times Y_1 \tag{1}$$

式中：P_{ICE}为发动机输出功率，V为车速，b_{e}为发动机有效燃油消耗率，ρ_{fuel}为燃油密度，Y_1为汽油单价。

行驶1 km的电耗成本R_{MBPb}，分动力电池放电和动力电池充电2种情况。

当使用燃油为动力电池充电时，用电成本为负，耗电成本为：

$$R_{\mathrm{MBPb}}=-P_{\mathrm{b}}\times\frac{1}{V}\times Y_2 \tag{2}$$

式中：P_{b}为电池充电功率，Y_2为电价。

当动力电池放电时，用电成本为正，耗电成本为：

$$R_{\mathrm{MBPb}}=P_{\mathrm{b}}\times\eta_{\mathrm{discharge}}\times\frac{1}{V}\times Y_2 \tag{3}$$

式中：$\eta_{\mathrm{discharge}}$为放电效率。

行驶1 km的油耗和行驶1 km的电耗成本总和为：

$$R_{\mathrm{MBtotal}}=R_{\mathrm{MBfuel}}+R_{\mathrm{MBPb}} \tag{4}$$

CD阶段成本最优的计算结果如图2所示，其模式划分具有以下特点：(1)低车速、低轮端扭矩工况下，纯电驱动成本更低，该类工况点全部分配至纯电模式；当车速与轮端扭矩超出纯电模式高效经济覆盖区间后，纯电驱动经济性不再占优，工况点切换至并联混动模式。(2)部分中等负荷工况同时可由并联混动1挡、并联混动2挡两种模式实现，属于多模式可重叠工况域。针对该重叠区域，逐工况对比2种挡位下单位里程综合使用成本，选取成本最低的挡位作为该工况点的最优工作模式；从图中可见，并联混动2挡相比1挡适配更高车速区间，随车速提升，2挡经济性优势逐步凸显。(3)该分区结果表明：CD阶段最优能量管理并非固定单一模式，而是随车速、轮端扭矩动态切换纯电与并联混动不同挡位，通过工况自适应模式优选，实现全工况单位里程使用成本最小化。

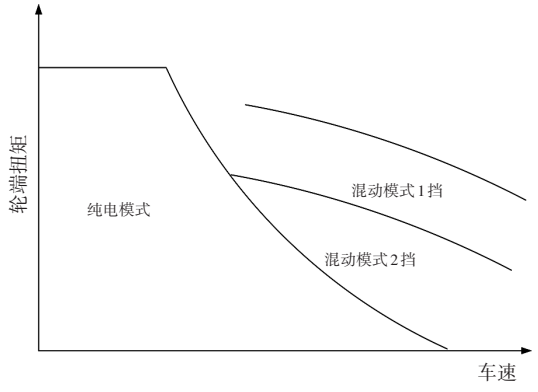


图2 CD阶段的模式划分结果

2.2 CS阶段使用成本最优

CS运行阶段与CD阶段一样，CS阶段可以通过燃油和电驱动。但是动力电池中的电能并非直接取自电网，而是通过发动机发电转化而来，因此该阶段电能的使用需综合考虑油电转化效率问题。

CS阶段行驶1 km的油耗成本R_{MBfuel}与CD阶段一致，如式(1)所示。

行驶1 km的电耗成本R_{MBPb}，分动力电池放电和动力电池充电2种情况。

当使用燃油为动力电池充电时，用电成本为负，耗电成本为：

$$R_{\mathrm{MBPb}}=-P_{\mathrm{b}}\times\frac{1}{V}\times\bar{b}_{\mathrm{e}}\times\frac{1}{\rho_{\mathrm{fuel}}}\times Y_1 \tag{5}$$

当动力电池放电时，用电成本为正，耗电成本为：

$$R_{\mathrm{MBPb}}=P_{\mathrm{b}}\times\eta_{\mathrm{discharge}}\times\frac{1}{V}\times b_{\mathrm{e}}\times\frac{1}{\rho_{\mathrm{fuel}}}\times Y_1 \tag{6}$$

式中：$\bar{b}_{\mathrm{e}}$为WLTC工况平均的燃油消耗率，在计算放电状态下电耗成本时，由于发动机实际工作点未知，

故以WLTC工况的平均燃油消耗率替代。

CS阶段行驶1 km的油耗和行驶1 km的电耗的成本总和为行驶1 km的系统总成本$R_{MBtotal}$，与CD阶段一致，如式(4)所示。

CS阶段系统使用成本最低的模式划分结果如图3所示，其模式划分特点如下：(1)与CD阶段相比，CS阶段纯电动模式覆盖的工况点大幅缩减。其原因在于CS阶段动力电池电能不再直接取自电网，而是由发动机燃油发电转化获得，电能附带燃油转化成本，造成纯电模式单位里程使用成本上升，经济可行的纯电工况域明显收窄。(2)在低车速区域仍保留纯电模式，该区域主要受发动机最低转速约束限制，发动机无法稳定高效工作，该工况域不适合启用并联混动模式。(3)其余工况下并联混动模式的单位里程综合使用成本低于纯电动与串联增程模式，因此优先选用并联混动1挡或并联混动2挡。由图3可见，随车速升高，并联混动2挡经济性优势逐步显现，高车速工况域优先匹配并联混动2挡。

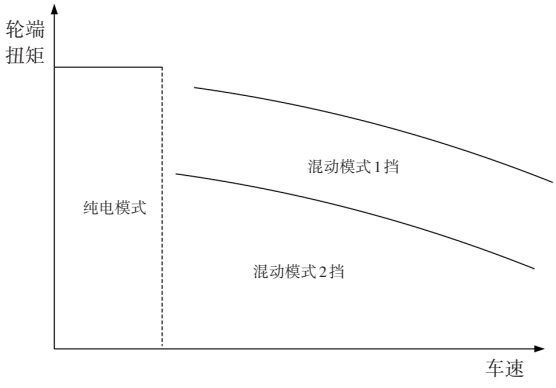


图3　CS阶段的模式划分结果

综上所述，插电式混合动力汽车拥有多种驱动模式，若追求使用成本最优，需区分CD、CS运行阶段制定差异化模式优选策略。CD阶段电能取自电网，纯电模式经济覆盖范围更广，以纯电驱动为主，超出纯电经济区间后切换并联混动；CS阶段电能由发动机燃油转化而来，纯电经济性下降，纯电工况域收窄，仅低速保留纯电模式，其余工况优先采用并联混动。因此，具备家用充电条件、短途通勤用户适合采用CD阶段策略，优先使用电网电能；长期无外充条件用户长期运行于CS阶段，应采用CS阶段策略，依靠发动机维持电量平衡，实现该工况下用车成本最优。

3　能源模式的控制策略

3.1　能源模式定义

汽车性能通常难以同时满足不同性别、年龄和驾驶风格的驾驶者的所有需求。混合动力汽车具有多种动力源，可实现多种驱动模式，如纯电动模式、混合驱动模式、发动机直接驱动模式等。已有学者针对模式切换进行了研究，涉及动力模式的设计与应用、动力协调控制、模式切换的冲击等[14-18]。与传统燃油汽车相比，混合动力汽车可为用户提供更多选择，并针对不同类型的驾驶者提供差异化的能源模式。某车型开发了4种能源模式，定义如下：

(1)强制纯电模式：车辆可实现更长的纯电行驶里程，发动机起动频率更低。

(2)纯电优先模式：车辆优先用电行驶，用户使用成本低，适合具备频繁充电条件的用户。当用户有大功率需求时，也可以起动发动机。

(3)智电混动模式：高速工况优先燃油行驶，低速工况优先用电行驶，兼顾动力性、经济性与NVH性能，适合不具备频繁充电条件的用户。

(4)保电优先模式：使动力电池SOC保持在用户设置目标电量附近，适合有户外用电、驻车娱乐等需求的用户。

3.2　能源模式控制策略

4种能源模式分别对应不同的控制策略，如图4所示。

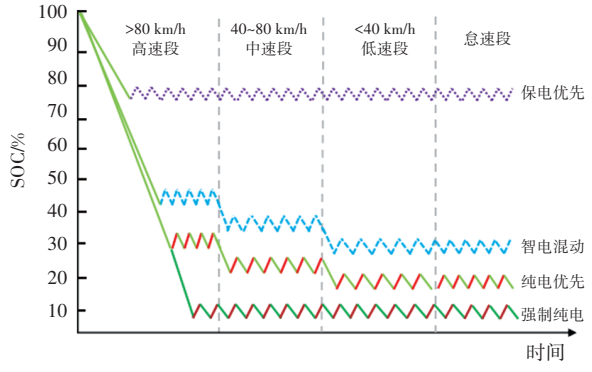


图4　不同能源模式动力电池SOC控制策略

3.2.1　强制纯电模式

在强制纯电模式下，车辆最大程度以纯电模式行驶，直至动力电池电量不足。如图4所示，在强制纯电模式下，整车采用纯电驱动，动力电池SOC从100%一直消耗至10%左右，然后起动发动机，进入混合驱动模式或串联增程模式，动力电池电量维持在10%左右。

强制纯电模式控制策略如图5所示，当电池电量较高时，即使是加速踏板全开、有大功率需求时，混动系统也不会起动发动机。只有当电池SOC低于电池下限(SOC_{tag})时，才允许起动发动机，进入混合驱动或

增程模式。

与其他能源模式相比，强制纯电模式允许动力电池SOC消耗至更低水平，以满足用户更长的纯电里程需求。动力电池SOC的使用下限为标定值，其取值与动力电池包总电量、电芯类型及整车环境温度等因素有关。

3.2.2 纯电优先模式

在纯电优先模式下，车辆优先采用纯电驱动模式。在不同车速下，动力电池SOC的平衡点略有差异，整车由纯电模式切换至混合驱动模式的工作点也有所不同。

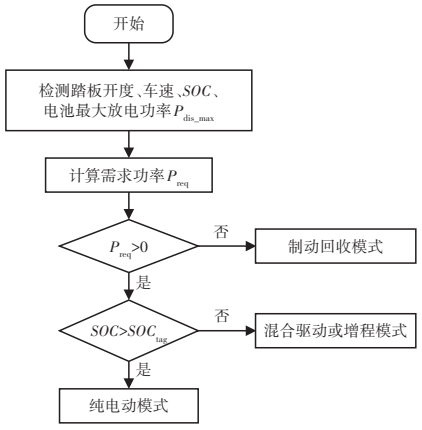


图5 强制纯电模式控制策略

如图4所示，在纯电优先模式下，整车采用纯电驱动，动力电池SOC从100%开始消耗。当车速高于80 km/h时，动力电池SOC在降至约20%后进入混合驱动模式，并维持在20%左右；当车速为40~80 km/h时，动力电池SOC降至约18%后进入混合驱动模式，并维持在18%左右；当车速低于40 km/h时，SOC降至约15%后进入混合驱动模式，并维持在15%左右。

纯电优先模式控制策略如图6所示。当轮端需求功率小于动力电池放电功率且动力电池电量SOC高于设定阈值时，整车以纯电模式行驶。当电池电量较高时，驾驶员加大加速踏板开度、整车需求功率P_{req}大于电池放电功率P_{dismax}时，起动发动机进入混合驱动或增程模式。当电池SOC低于电池下限（SOC_{tag}）时，同样允许起动发动机，进入混合驱动或增程模式。

3.2.3 智电混动模式

在智电混动模式下，根据动力电池SOC、车速、加速踏板开度等多个维度来控制车辆的运行模式，以兼顾车辆的各项性能，其控制策略如图7所示。在不同的车速下，动力电池SOC的平衡点不同，整车由纯电模式进入混合驱动模式的工作点也有所不同。智电混动模式与纯电优先模式的控制策略相似，在相同车速下，智电混动模式的平衡点比纯电优先模式的平衡点略高。

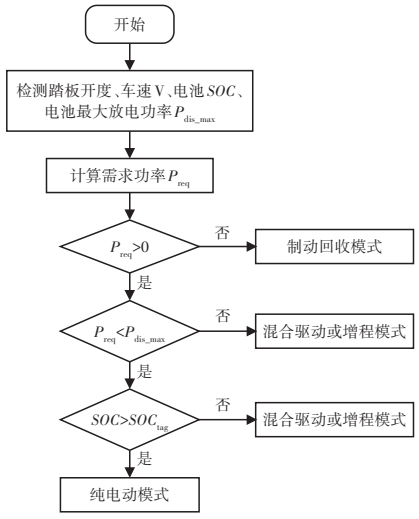


图6 纯电优先模式控制策略

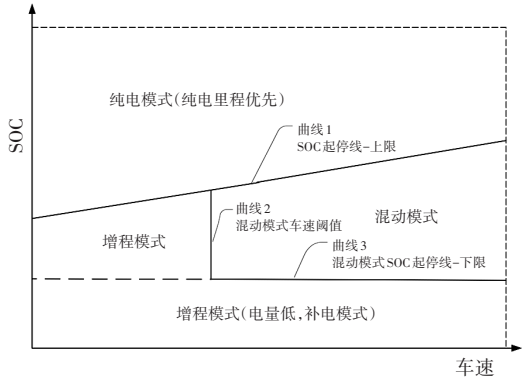


图7 某车型车辆模式管理示意

电量较高时，考虑到车辆需具备一定的纯电续驶里程，应尽量控制在纯电动模式。

电量适中时，高速区域，混动模式时发动机直接参与驱动，系统的经济性和动力性均较好，应尽量控制在混动模式；低速区域，有大功率需求时，应尽量控制在增程模式，发动机工作在效率最佳区间，发电机产生的电能可以用来直接驱动电动机；小功率需求时应优先控制在纯电模式，以获得较好的整车NVH性能。

电量较低时，应起动发动机进入增程模式，通过解耦发动机转速与车速的关系，提高发动机的转速，使发动机能够尽可能输出更多的功率用于发电，以补充电池电量。

3.2.4 保电优先模式

在保电优先模式下，用户可根据使用需要，在车辆主机上设置动力电池目标SOC，其设定范围为20%~80%。在用户完成目标SOC设定后，整车控制器将依据该目标SOC调整控制策略。

如图4所示，在保电优先模式下，整车采用纯电驱动，动力电池SOC由100%消耗至目标SOC，然后起动发动机进入混合驱动模式，使动力电池电量维持在目标SOC。

保电优先模式与纯电优先模式的控制策略相似，区别在于目标SOC不同。当动力电池SOC大于保电目标SOC时，整车以纯电行驶为主；当动力电池SOC小于保电目标SOC时，起动发动机，进入混合驱动或串联增程模式，车辆在行驶的同时，为动力电池充电，SOC平衡在用户设置的保电目标SOC附近。

针对不同车速设置不同的SOC平衡点，主要是考虑高车速时，车辆的功率需求较高，需防止因动力电池电量低时，电池放电功率不足，发动机在大负荷工作，导致整车NVH性能差。因此高车速时，动力电池需预留更多电量。

4 实车性能表现差异

4.1 不同能源模式的整车性能差异

不同能源模式对应不同的控制策略，导致整车的纯电续驶里程、油耗、动力性存在差异，如表3所示。

表3 纯电续驶里程与油耗差异

能源模式	SOC平衡点/%	纯电续驶里程/km	100 km CS油耗/L	动力性
强制纯电	10	100.0	6	略弱
纯电优先	15	94.4	6	节气门全开加速工况下，动力性能相同
智电混动	20	88.9	6	
保电优先	20~80	22.2~88.9	6	

在纯电续驶里程方面，由于不同的能源模式有不同的平衡点，所以纯电续驶里程存在差异。在CS油耗方面，由于WLTC工况油耗测试前后动力电池SOC是平衡的，所以不同能源模式的CS油耗是一致的。

在动力性方面，强制纯电模式只能使用纯电驱动，所以动力性略差。纯电优先、智电混动、保电优先模式在加速踏板全开工况下都可以起动发动机，所以可以按轮端外特性扭矩驱动，3个模式的动力性相同，均比强制纯电的动力性强；若在非加速踏板全开工况下，强制纯电和纯电优先均采用纯电模式驱动，2个模式动力性相同，智电混动与保电优先模式可以起动发动机，动力性优于强制纯电和纯电优先模式。

4.2 用户使用占比分析

针对不同的能源模式，对已售3种车型（约10万辆）的使用情况大数据进行分析，结果如表4所示。0.6%的用户使用强制纯电模式（车型1未开发强制纯电模式），58.2%的用户使用纯电优先模式，33%的用户使用智电混动模式，8.2%的用户使用保电优先模式。从4种能源模式的使用率排名中可以看出：纯电优先模式的使用率最高，其次是智电混动，然后是保电优先，最后是强制纯电。

表4 不同车型能源模式使用占比分析 %

能源模式	车型1	车型2	车型3	全部车型
纯电优先	47.0	68.4	66.8	58.2
智能混动	44.4	23.9	23.5	33.0
保电优先	8.6	6.4	8.8	8.2
强制纯电	0.0	1.2	0.9	0.6

利用大数据，对某车型2025年不同季度能源模式的使用情况进行了分析，分析结果如表5所示。不同的季节下，各能源模式的使用趋势无显著影响。在第1季度和第4季度，保电优先的使用占比略有提高。

表5 不同季度能源模式使用占比分析 %

能源模式	1季度	2季度	3季度	4季度	年度
纯电优先	61.1	63.8	65.8	63.7	62.7
智能混动	28.9	27.7	26.1	27.2	27.9
保电优先	8.6	7.1	6.8	7.8	8.1
强制纯电	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3

对2025年每日纯电行驶里程、发动行驶机里程和总行驶里程车辆数占比分布进行了统计分析，结果如表6所示。每日80%以上的车辆总行驶里程在100 km以内，每日有90%以上的车辆纯电行驶总里程在100 km以内。因为大部分用户每日总行驶里程在100 km以内，3款车型的纯电续驶里程均超过100 km，基本上可以通过纯电续驶里程覆盖总里程的需求，所以用户无需起动发动机，因此发动机行驶里程在0~10 km范围内短暂起动的占比超42.5%。

表6 不同行驶里程车辆占比分布

行驶里程/km	纯电里程/%	发动机里程/%	总里程/%
0~10	25.18	42.50	19.94
10~20	15.31	14.14	13.28
20~40	21.83	14.34	20.07
40~60	13.48	7.44	12.87
60~80	8.72	4.72	8.37
80~100	5.84	3.38	5.64
>100	9.65	13.49	19.83
总计	100.00	100.00	100.00

对2025年发动机起动时长和占比分布进行了统计，如表7所示。车辆有71.62%的时间未起动发动机，使用纯电模式驱动，纯电模式的使用时长远大于混动模式的时长。但是纯电模式和混动模式的里程占比相当。主要是因为发动机一般在高车速时才起动，所以虽然行驶时间短，但是车速高，所以发动机起动后的行驶里程与纯电行驶里程相同。

表7　发动机起动时长和里程占比分布　%

项目	发动机未起动	发动机起动
时长占比	71.62	28.38
里程占比	53.99	46.01

5　结论

混合动力汽车可以为用户提供多种驱动模式选择，根据不同类型驾驶者的驾驶需求，可以提供不同的能源模式。某车型开发了4种能源模式：强制纯电、纯电优先、智电混动、保电优先，并制定了不同的能源模式控制策略。

对于不同的能源模式，其整车性能也存在一定差异。因为不同能源模式的平衡点不同，所以纯电续驶里程存在差异；在CS油耗方面，由于油耗测试前后动力电池SOC是平衡的，所以不同的能源模式的CS油耗是一致；在动力性方面，除强制纯电模式以外，不同能源模式加速踏板全开工况下的加速性能一致。

基于已售车辆的大数据进行分析，发现不同的能源模式均有使用。纯电优先模式的使用率最高，其次是智电混动，然后是保电优先，最后是强制纯电。

随着车联网技术的发展，可将实时交通数据，如道路拥堵信息、红绿灯信息、道路坡度信息发送到车端，车端控制器根据实时路况，智能推荐用户切换更优能源模式，以实现进一步节能减排。

参　考　文　献

[1] 李茂兵. 混合动力电动汽车系统结构及控制策略研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2018

[2] 吴军座. 混合动力电动汽车动力驱动系统的方案设计和仿真研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.

[3] 王镭, 张妍, 庞有俊. 增程式混动车市场现状及发展趋势研究[J]. 时代汽车, 2020(7): 4-6.

[4] 曹东江. 增程式电动客车多动力源能量管理策略研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2015.

[5] 吴梦婷. 理想汽车公司新能源汽车发展战略研究[D]. 上海: 上海财经大学, 2023.

[6] 许海波. 增程式电动汽车全生命周期评价研究[D]. 西安: 长安大学, 2022.

[7] 秦斐燕. 基于随机动态规划的混合动力汽车能量管理策略研究[D]. 深圳: 中国科学院大学(中国科学院深圳先进技术研究院), 2018.

[8] 詹森. 基于工况与驾驶风格识别的混合动力汽车能量管理策略研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.

[9] 李诗琪. 考虑用户出行特征的插电式混合动力汽车自适应能量管理策略研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2025.

[10] 魏丹, 朱永明, 赵江灵, 等. 双电机纯电动模式在不同混合动力车型的应用分析[J]. 汽车零部件, 2023(1):1-7.

[11] 郑羿方, 卢萍. 基于驾驶员意图及行驶场景判断的智能驾驶模式识别策略[J]. 汽车实用技术, 2020(9): 53-57.

[12] 赵江灵, 徐向阳, 祁宏钟, 等. 串并联式机电耦合系统方案设计及寻优分析[J]. 汽车技术, 2020(10): 5-10.

[13] 中国汽车工程学会. 节能与新能源汽车技术路线图(3.0版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2025.

[14] 卢娜, 李雷, 张南. 一种混合动力汽车驾驶与动力模式的设计与应用[J]. 汽车制造业, 2025(6): 58-61.

[15] 陈信强, 田翔, 王新树. 面向模式切换过程的混合动力汽车动力协调控制[J]. 上海汽车, 2025(1): 26-32.

[16] 郭琼, 彭宇明, 谌帆. 混合动力汽车模式切换的冲击影响与控制[J]. 汽车工程师, 2026(6): 43-48.

[17] 邓吉琛, 王艳华, 王耀勋, 等. 基于规则的混合动力汽车能量管理策略研究[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2025, 46(3): 326-332.

[18] 曹虎, 沈舒睿. 插电式混合动力汽车多模式能量分配策略优化——基于行驶工况识别的动态调整方法[J]. 时代汽车, 2026(10): 7-9.

（责任编辑　**明慧**）