



混合动力汽车是新能源汽车当前重要发展的技术路线，随着国家双碳目标重要举措实施，其市场前景广阔。本文详细阐述了混合动力汽车的节能原理、主要技术路线、常见应用场景以及未来发展展望，为新能源汽车发展及混合动力汽车设计研发、路线选型提供了方向及借鉴。

□ 安徽江淮汽车集团股份有限公司 何斌 李凯

混合动力汽车主要技术路线及应用浅析

随着国家“双碳”目标的深度实施，新能源汽车是汽车行业实现“双碳”目标的重要举措。近年来，新能源汽车迎来爆发式增长且发展前景广阔。众所周知，当前传统燃油车仍然是主流，纯电动汽车是终极目标，能实现零排放。但纯电动汽车在推广中，仍然面临着续驶里程焦虑、成本高、充电不方便、低温性能衰减等问题。为了解决纯电动汽车当前面临的问题，混合动力汽车应运而生，且各大主机厂在大力布局研发，本文将深入分析当前混合动力汽车主要的技术路线、原理及应用场景，为混合动力汽车的设计研发提供借鉴和指导。

混合动力汽车的定义及节能原理

1. 混合动力汽车的定义

汽车是指由动力驱动，具有四个或四个以上车轮的非轨道承载的车辆，主要用于载运人员或货物。按照发改委公告定义，新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源(或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置)，综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成的技术原理先进，具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括混合动力电动汽车(HEV)、纯电动汽车(BEV，包括太阳能汽车)、燃料电池电动汽车(FCEV)、其他新能源(如超级电容器、飞轮等高效储能器)汽车等。非常规的车用燃料指除汽油、柴油、天然气(NG)、液化石油气(LPG)、乙醇汽油(EG)、甲醇、二甲醚之外的燃料，纯电动汽车是完全由可充电电池(如铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池或锂离子电池)提供动力源的汽车。混合动力电动汽车是指拥有两种不同动力源的汽车。这两种动力源在汽车不同

的行驶状态下分别工作，或者一起工作，通过这种组合达到最少的燃油消耗和尾气排放，从而实现省油 and 环保的目的。动力源：蓄电池、燃料电池、太阳能电池、内燃机车的发电机组，当前混合动力汽车一般是指内燃机车发电机，再加上蓄电池的汽车。

2. 混合动力汽车的节能原理

传统燃油车的发动机工作时在不同发动机转速和输出功率下，对应的燃油消耗量不同，从普通发动机万有特性可以看出：发动机在低转速和高转速下，燃油消耗率均比经济区间大。对此，为了降低汽车油耗，混合动力汽车通过在传统汽车基础上再增加一个动力源(通常是电动机)，两者根据汽车不同的行驶工况分工协作，使得燃油发动机工作在经济区间，从而实现节能、降低油耗的目的。

3. 混合动力汽车的分类

混合动力汽车常见三种分类方式：①根据是否能外接充电电源分为插电式混合动力和非插电式混合动力；②根据混动系统混合度的不同分为微混合动力系统、轻混合动力系统、中混合动力系统及重混合动力系统；③根据混动系统的结构特点分为：串联式混合动力、并联式混合动力及混联式混合动力。

混合动力汽车主要技术路线及应用场景

根据当前主流混动结构分类，本文将重点浅析其技术原理并结合其路线特点列举典型应用场景。

1. 串联式混动汽车及应用场景

串联式混合动力汽车，其动力来源于电动机，燃油发动机只能驱动发电机，为蓄电池充电，不能

直接驱动车辆行驶，相当于把发动机变成发电机，发动机保持在最佳燃油效率给电池组充电，电池再供电给电动机驱动车辆。其化学燃料的燃烧利用率提高了，且减少污染物排放，同时可以利用电机进行能量回收。

从图 1 可以看出，串联式混动系统动力传递路线：发动机—发电机—动力电池—驱动电机，其特点为发动机只用来发电，纯电驱动。

另外，当前随着技术发展，一种新型的串联式（Range-Extended Electric Vehicle, REEV）应运而生，它相当于在纯电动车（EV）的基础上，增加一台增程器，提高续驶里程。增程器是将发动机和发电耦合，并与车轮解耦，利用发动机运行在经济区实现节油，其工作原理与串联式模式相同，不同的是增程式混动在蓄电池电量充足时可当作纯电动车使用，而在蓄电池能力不足时发动机才介入工作。

串联式混动汽车节油率大概在 15%~20%，控制模式简单，最接近纯电动汽车，它全工况电驱动、发动机运行高效，且适合低速工况，起步快，因此特别适用于城市内用乘用车、城郊轻型载货商用车上。

2. 并联式混动汽车及应用

表 单电机并联混动路线对比

路线	P0	P1	P2	P3	P4
动力链	BSG 电机（启动、发电一体电机）- 发动机 - 变速器	发动机 - ISG（一体化起动机 / 发电机）- 离合器 - 变速器	发动机 - 离合器 1- 电机 - 离合器 2- 变速器 - 差速器 - 车轮	发动机 - 离合器 -- 变速器 - 电机 - 减速器 - 车轮	发动机 - 离合器 -- 变速器 - 集成式电驱桥
结构原理	发电机位于发动机前端附件驱动系统上，由传动带连接进行驱动发电供空调压缩机等车载电器使用	电机固连在发动机上，它取代了传统的飞轮，发动机曲轴则充当了 ISG 电机的转子，所以它同样支持发动机起停、制动能量回收发电，发动机在运转，转子就跟着旋转	电机放在离合器后变速器前，通过在发动机与变速器之间插入两个离合器和一套电动机来实现混动，是一种并联式的两个离合器的混合动力系统	将电动机挪到了变速器的末端，电机置于变速器的输出端，与发动机分享同一根轴，同源输出	把电动机放在了驱动桥，直接驱动车轮

场景

并联式混动汽车由发动机和电动机共同驱动或者各自单独驱动，其结构原理示意图如图 2 所示，常见 3 种工作模式：①车辆起步，低速和低负荷行驶时，发动机关闭，车辆由电机驱动，为纯电工况；②车辆行驶时，当蓄电池电量低于临界值，发动机驱动车辆行驶，同时给蓄电池充电；③车辆减速及制动时，电机以发电机模式工作，回收车辆制动能

量向蓄电池充电。

对于单电机并联式混动系统，根据电机相对于传统动力系统的位置，可细分为 5 大类，分别以 P0、P1、P2、P3 及 P4 命名，结构示意图如图 3 所示，其结构原理对比见表所示。

并联式混动汽车节油率大概在 10%~20%，可纯电驱动，发动机也可以作为动力源，但节能能力有限，模式切换易有顿挫，自重大，集成结构难度大，一般

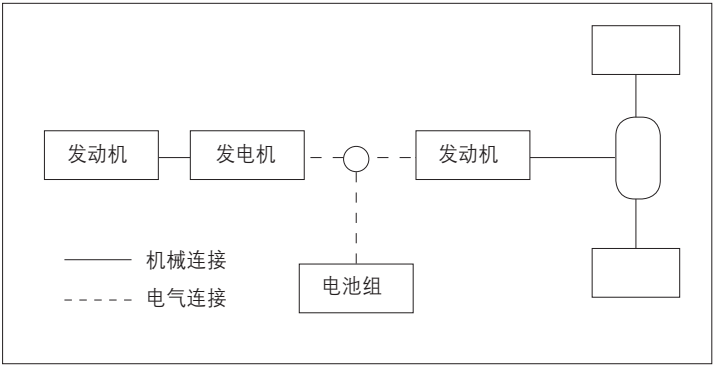


图 1 串联式混动汽车结构示意图

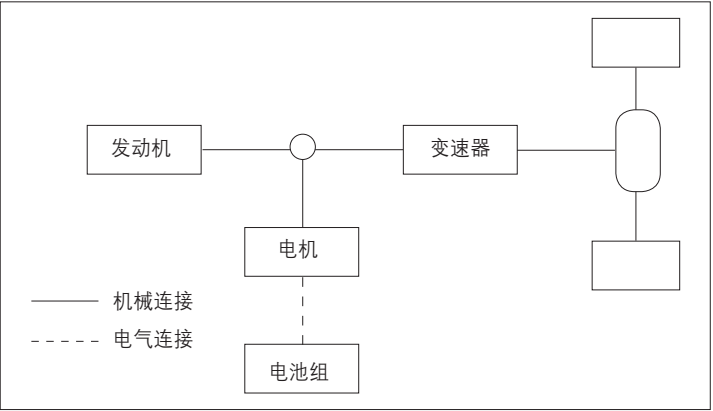


图 2 并联式混动系统结构示意图

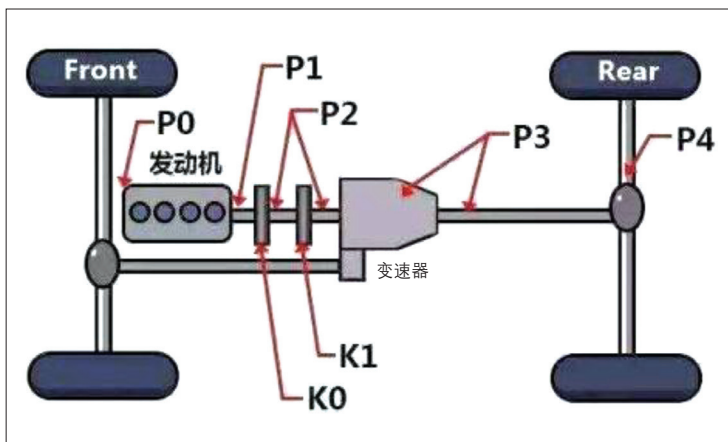


图3 单电机并联式混动系统结构示意图

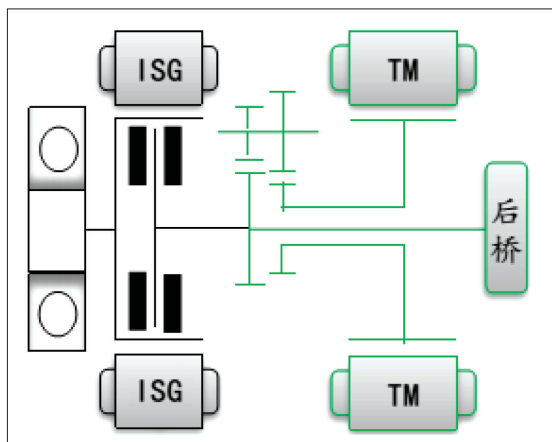


图4 串并联结构示意图

在重载商用车、皮卡、重卡上应用居多。

3. 混联式混动汽车及应用场景

混联式混合动力汽车，简称PSHEV，结合了串联和并联的特点，由发动机、电机和驱动电机三大动力总成组成。通常根据发动机与发电机的位置，分为串并联结构（图4）和功率分流（图5）两种结构，主要有四种主要工作模式：分别是纯电模式、串联模式、并联模式和发动机直驱模式。

（1）纯电动模式（图6）

电池电量和功率足够时，离合器断开，驱动电机直驱车辆，如车辆起步、加速、高速巡航及停车时均处于该模式。

该模式主要作用为：停车时停机避免发动机怠速费油；低速纯电驱动降低噪声；小功率纯电驱动避免发动机高油耗点运行；使用制动能量回收和发动机工况优化所存电量，维持电池SOC处于合理区间。

（2）串联模式（图7）

当电池电量偏低或加速动力电池放电功率不足时，离合器断开，发动机发电，电机驱动车辆。车辆停车、起步、加速、急加速

及中低速巡航时均处于该模式。

该模式主要作用为：电池电量不足时发电，并保证发动机处于高效区；急加速时且电池功率不足时发动机与车速解耦运行在高功率点发电提供额外功率满足动力性需求；中低速巡航时，发动机与车速解耦运行在高效区，

提升系统经济性。

（3）并联模式（图8）

在高速大扭矩需求时，离合器闭合，发动机和驱动电机共同驱动车辆，发动机工作在经济区直接驱动车辆，电机发电或辅助驱动。

该模式主要作用为：在合适

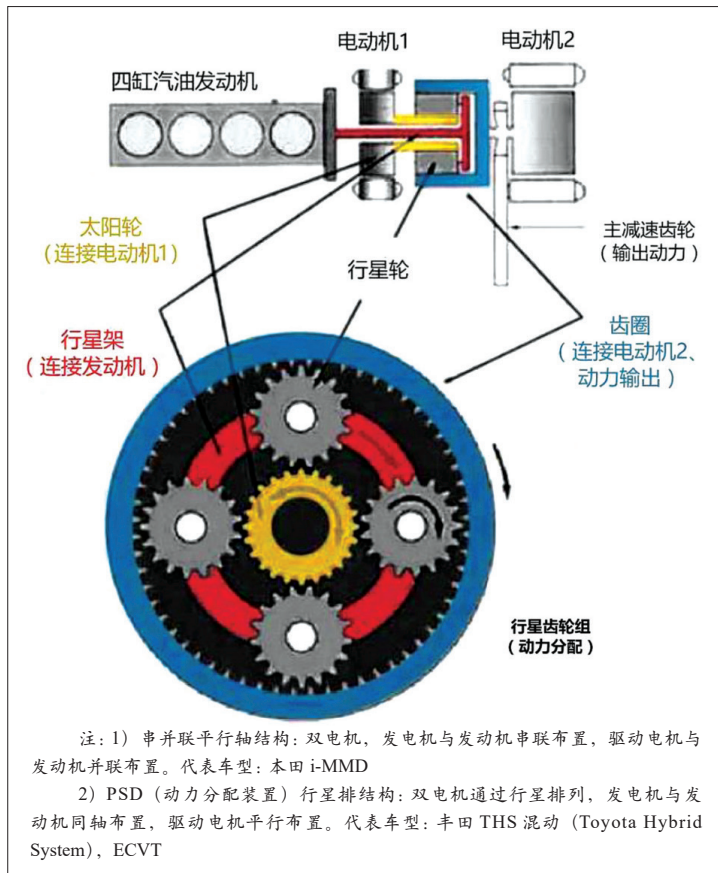


图5 功率分流系统结构示意图

Tightness Is Crucial



采用Mico-Flow (微流量) 技术优化泄漏检测过程

您能获得的附加价值

- 提高过程的可靠性和质量
- 可靠、可重复的泄漏测试方法
- 快速、有效地定位泄漏点
- 使用空气或特定的示踪气体如氦气或氢气
- 直接泄漏流量测量 - Micro-Flow 微流量泄漏测量系统可以真实测量泄漏
- 使用简单-坚固的工业设计

广告

PFEIFFER  **VACUUM**

Your Success. Our Passion.

Pfeiffer Vacuum
(Shanghai) Co., Ltd.
普发真空技术(上海)有限公司
T +86 21 3393 3940
www.pfeiffer-vacuum.cn



关注我们

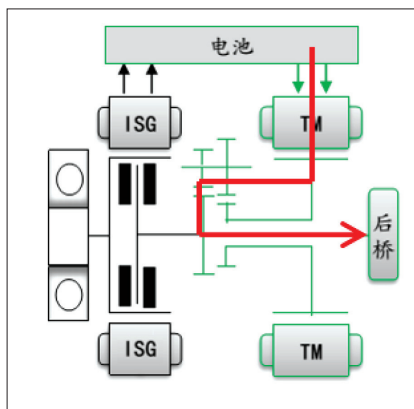


图 6 纯电动模式

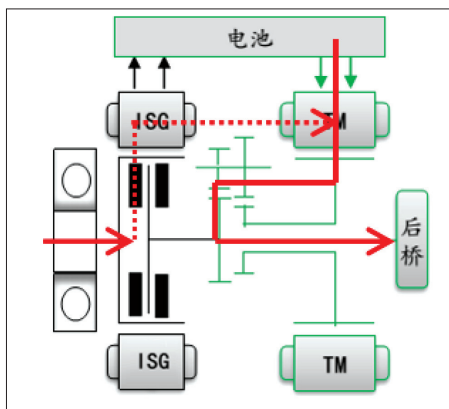


图 7 串联模式

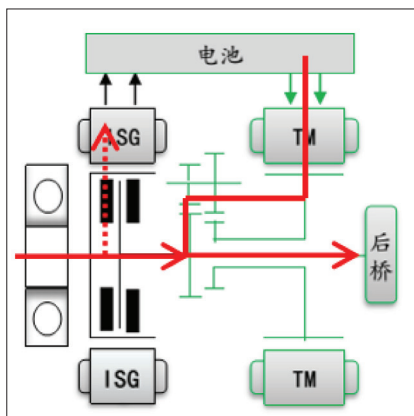


图 8 并联模式

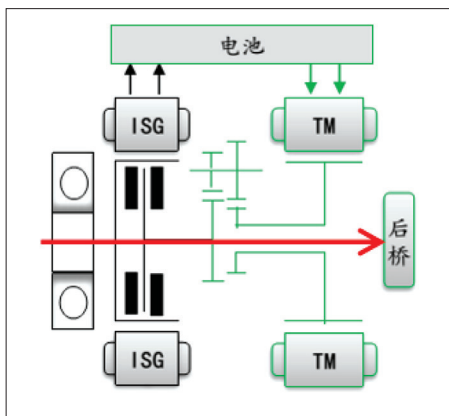


图 9 直驱模式

的工况下,发动机直驱,避免发电机和驱动电机效率损失,系统效率最高;当车辆驱动阻力较小或较大时,通过电机发电和辅助驱动可以优化发动机工况点。

(4) 直驱模式 (图 9)

在中高速巡航时,离合器接合,电机和驱动电机空转,由发动机单独驱动汽车。

另外,能量回收功能:收加速踏板或制动时,进入滑行或制动能量回收模式,电机发电回收车辆制动能量。

该模式主要作用为:适当工况进行能量回收提升系统综合效率;用电机制动代替制动器,减缓磨损;在不影响驾乘感受的前提下,分配尽可能多的回收制动能量。

混动式混合动力汽车节油率在 25%~35%,工作模式多,动力性好,节油率高,但技术难度大,控制较为复杂,成本较高,多应用于城市内高端轿车、

城市城郊高端商用车、皮卡及 SUV 等,是目前很多主机厂主流研究的路线和方向。

总结及展望

本文通过从混合动力汽车定义、节油原理、主要技术路线及工作原理分析,以及不同路线对应的应用场景研究,详细对比了各自路线的优缺点,为混合动力汽车的设计与路线选型提供了参考。众所周知,纯电动汽车是零排放最佳方案,但受制于当前用户里程焦虑、成本高、充电不方便以及高低温适应性问题,短期内混合动力汽车是“双碳”政策下最优过渡方案,各主机厂可结合目标市场法规政策、客户群体、用户使用场景和需求、成本目标及动力和节能减排目标来进行路线的选型和设计,不同产品,技术实现路径不同,但最终目标为用户提供最佳选择方案。A1