



目录 Contents

第 1 章	新能源汽车底盘概述	1
1.1	新能源汽车底盘的技术发展状况与结构组成	2
1.2	汽车产品分类及车辆识别代号	3
1.3	新能源汽车性能及评价	5
第 2 章	新能源汽车动力传动系统	9
2.1	动力传动系统构造与原理	10
2.2	混合动力电动汽车动力传动系统	13
2.3	纯电动汽车动力传动系统	16
2.4	燃料电池电动汽车动力传动系统	18
2.5	驱动桥	19
2.6	动力传动系统故障检修	20
第 3 章	新能源汽车行驶系统	43
3.1	行驶系统概述	44
3.2	车架和车桥	46
3.3	车轮与轮胎	53
3.4	悬架	61
3.5	行驶系统故障检修	80





第4章 新能源汽车转向系统

95

4.1 转向系统概述	96
4.2 机械转向系统	99
4.3 动力转向系统	103
4.4 电子控制动力转向系统	104
4.5 四轮转向系统	112
4.6 转向系统故障检修	115

第5章 新能源汽车制动系统

129

5.1 制动系统概述	130
5.2 车轮制动器	133
5.3 行车制动系统	141
5.4 驻车制动系统和应急制动系统	147
5.5 制动力分配与调节	149
5.6 防抱死制动系统	153
5.7 驱动防滑系统	160
5.8 汽车电子稳定程序	164
5.9 制动系统故障检修	174

第6章 新能源汽车底盘线控系统认知

223

6.1 底盘线控系统概述	224
6.2 底盘线控系统的技术架构	227
6.3 底盘线控系统在自动驾驶中的作用	230

参考文献

232





第1章

新能源汽车底盘概述



新能源汽车底盘技术承载着产业升级与安全使命，其教学内容蕴含着丰富的思政元素。教学中可紧扣技术创新主线，结合我国底盘从“跟跑”到“领跑”的发展历程，厚植民族自信。以底盘安全设计、全线控技术突破等知识点为依托，传递精益求精的工匠精神；立足绿色出行战略，凸显技术研发守护生命安全、助力实现“双碳”目标的社会责任。引导学生将个人专业成长与制造强国、绿色发展使命紧密结合，实现知识传授与价值引领的统一。



1.1 新能源汽车底盘的技术发展状况与结构组成

1.1.1 新能源汽车底盘技术发展状况

汽车从 1886 年诞生至今，经历了 100 多年的发展历史。图 1-1 所示为卡尔·奔驰发明的世界上第一辆汽车。图 1-2 所示为现代常见汽车。



图 1-1 卡尔·奔驰发明的世界上第一辆汽车

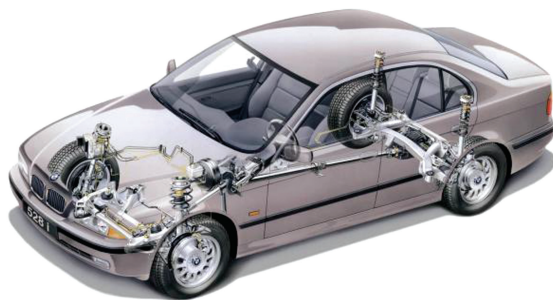


图 1-2 现代常见汽车

20 世纪 90 年代以前，汽车底盘和车身各系统、各总成主要由机械零件构成，且主要采用机械控制，部分总成采用了液力传动与控制。

20 世纪 90 年代以后，在不断改进和应用液力传动的同时，汽车上越来越广泛地应用了电子控制技术。随着电子控制技术和计算机技术的发展及其在汽车上的应用，新能源汽车集“机、电、液”于一体。新能源汽车底盘及车身电子控制系统在提高汽车的动力性、操纵稳定性、制动性、平顺性及延长续驶里程等方面起着重要作用。

新能源汽车底盘电子控制系统主要有电子控制自动变速器（Electronic Controlled Automatic Transmission, ECAT）、电子控制防滑差速器（Electronic Controlled Limited-Slip Differential, ELSD）、驱动防滑系统（Acceleration Slip Regulation, ASR; Traction Control System, TCS）、电子控制悬架系统（Electronic Control Suspension System, ECS）、防抱死制动系统（Anti-lock Braking System, ABS）、电子制动力分配系统（Electric Brakeforce Distribution System, EBD）、自适应巡航控制系统（Adaptive Cruise Control System, ACC）、电子稳定程序（Electronic Stability Program, ESP; Vehicle Stability Control, VSC）、电动助力转向系统（Electric Power Steering System, EPS）等。

随着汽车技术的进步和人工智能控制技术的发展，对汽车整车进行智能化控制得到了迅速发展，现在新出厂的汽车装备 L2 级别的辅助驾驶控制技术已经比较普遍，在不远的将来，汽车自动驾驶控制技术将会得到普遍应用。运用液力机械传动、电子控制技术对汽车整车进行一体化、智能化控制是现



新能源汽车
底盘概述





代汽车底盘的发展方向。

1.1.2 新能源汽车底盘结构组成

新能源汽车底盘结构组成和传统燃油汽车一样，由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统四大系统组成，如图 1-3 所示。

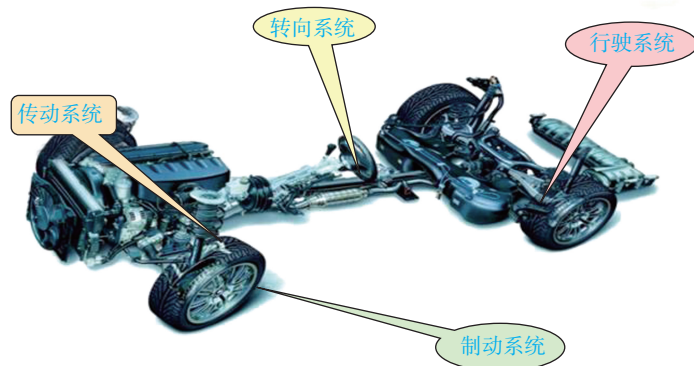


图 1-3 新能源汽车底盘结构组成

①传动系统。新能源汽车传动系统的功用是将驱动电机的动力传递到驱动轮。

②行驶系统。行驶系统的功用是安装部件、支承汽车、缓和冲击、吸收振动、传递和承受驱动电机与地面传来的各种力和力矩，并保证汽车正常行驶。行驶系统由车架、车桥、车轮、悬架等组成。

③转向系统。转向系统的功用是控制汽车的行驶方向，由转向操纵机构、转向器、转向传动机构等组成。新能源汽车普遍采用了动力转向装置或电控转向系统。

④制动系统。制动系统的功用是使汽车减速、停车或驻车。一般汽车制动系统应至少设置行车制动和驻车制动两套相互独立的制动装置，每一套制动装置由制动器、制动传动装置组成。现代汽车行车制动装置还装设了防抱死制动系统（ABS）、电子制动力分配（EBD）系统、驱动防滑系统（ASR）、电子稳定程序（ESP）等。



1.2 汽车产品分类及车辆识别代号

1.2.1 我国汽车产品分类

《汽车和挂车类型的术语和定义 第1部分：类型》（GB/T 3730.1—2022）中，对汽车产品进行了分类，如图 1-4 所示。

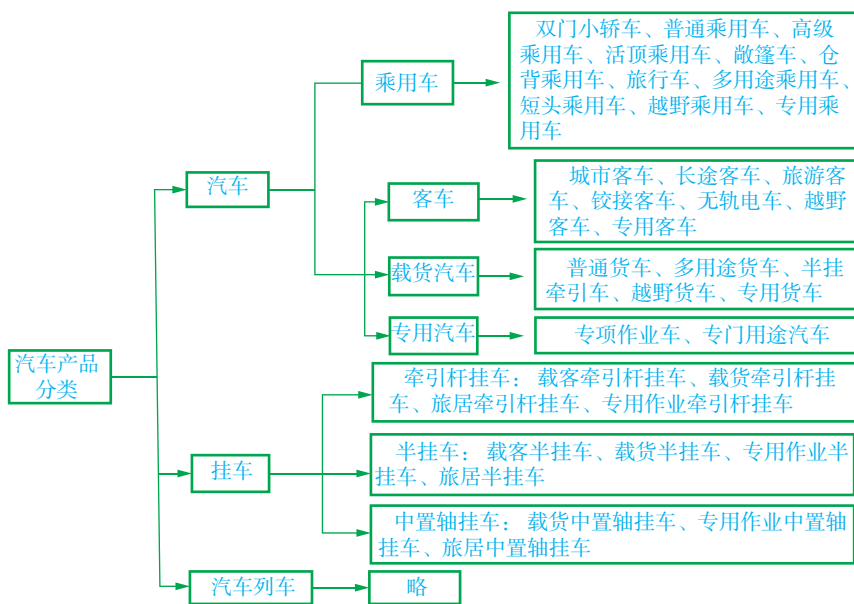


图 1-4 汽车产品分类

1.2.2 车辆识别代号和管理规则

现在世界各国汽车公司生产的汽车大部分使用了车辆识别代号（Vehicle Identification Number，VIN）。VIN 是 17 位包含字母、阿拉伯数字的编码，又称 17 位识别代号、车架号或 17 位号。VIN 的每一位代号都代表着汽车某一方面的信息参数。车辆识别代号经过排列组合，在 30 年内生产的任何车辆的车辆识别代号不得相同，具有唯一识别性，因此它被称为“汽车身份证”。

VIN 仅能采用下列阿拉伯数字、英文字母。

数字：1、2、3、4、5、6、7、8、9、0；字母：A、B、C、D、E、F、G、H、J、K、L、M、N、P、R、S、T、U、V、W、X、Y、Z（字母 I、O 及 Q 不能使用）。

VIN 基本上都在车的前挡风玻璃下面。通过这 17 位字符不仅能清楚地了解这一车辆的生产厂家、品牌、车辆特征、年代，还能明确底盘、发动机（电动机）功率范围及燃料类型代码（第 7 位）、驱动形式等信息。

VIN 由世界制造厂识别代号（WMI）（3 位）、车辆说明部分（VDS）（6 位）、车辆指示部分（VIS）（8 位）组成，如图 1-5 所示。

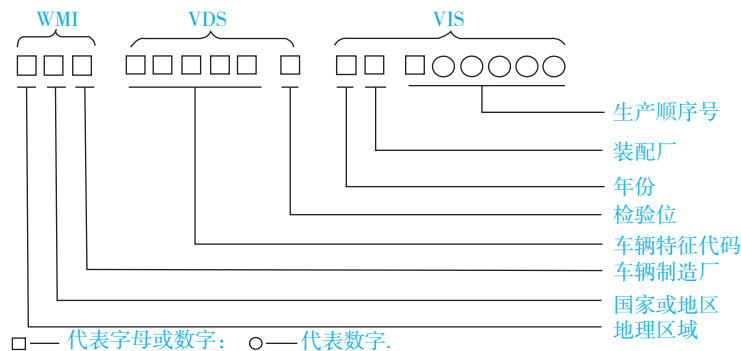


图 1-5 车辆识别代号及含义





①世界制造厂识别代号（WMI）。WMI 是车辆识别代号的第一部分，由车辆制造厂所在国家或地区的授权机构预先分配。国内常见汽车制造厂家的 WMI 如表 1-1 所示。

表 1-1 国内常见汽车制造厂家的 WMI

WMI	制造厂商简称	WMI	制造厂商简称	WMI	制造厂商简称
LSV	上海大众	LVV	上汽奇瑞	LBV	华晨宝马
LFV	一汽大众	LSG	上海通用	LFM	一汽丰田
LDC	东风标致	LKD	哈飞汽车	LVS	长安福特
LS6	长安汽车	LBE	北京现代	LVA LVB LVC LVD	北汽福田
LEN	北京吉普	LFP	一汽轿车		
LHG	广州本田	LZZ LZK LZV	中国重汽		

②车辆说明部分（VDS）。VDS 表示车辆种类，是对车辆的一般特征进行描述，其组成代码和排列次序由车辆制造厂决定。

③车辆指示部分（VIS）。VIS 是车辆识别代号的第三部分，由 8 位字母、数字组成（VIN 的第 10～17 位）。



1.3 新能源汽车性能及评价

随着我国汽车工业的发展和轿车进入家庭的普及，了解汽车的人也越来越多，但是我们如何来评价一辆新能源汽车的优劣呢？除了用体现新能源汽车价值的价格来进行综合评价，专业上常用动力性、续航里程、制动性、操纵稳定性、平顺性、通过性、可靠性与耐久性、安全性等特性来评价新能源汽车。

1.3.1 动力性

动力性是表示汽车动力性能的指标，单位车重的功率越大，动力性能越好。常用 3 个具体的指标来标示汽车的动力性，即汽车的最高车速 v_a (km/h)；汽车的最大爬坡度 i (%)；汽车从静止到 100km/h 所需时间 t (s)。上述任意一个指标均能够标示汽车的动力性。





1.3.2 续驶里程

新能源汽车的续驶里程是指新能源汽车（主要是纯电动汽车）上动力蓄电池以全充满状态开始到标准规定的试验结束时所走过的里程，它是新能源汽车重要的经济性指标。

1.3.3 制动性

制动性是评价汽车安全性能的重要指标。常用 3 个指标来评价汽车的制动性能，与汽车动力性不同的是，这 3 个指标联合起来才能完全标示制动性。

①制动效能，即制动距离 S (m)、制动减速度 a (m/s^2) 或制动时间 t (s)。

②制动效能的恒定性（即抗热衰退性能和抗水衰退性能）。

③制动时的方向稳定性，即制动时汽车不发生跑偏、侧滑以及失去转向能力的性能。

所以汽车制动的距离越短或制动减速度越大、制动效能越稳定、制动时的方向稳定性越好，其制动性能也越好。

1.3.4 操纵稳定性

操纵稳定性指汽车按照驾驶人给定的方向行驶，并当遭受外界干扰时，汽车抵抗干扰而保持稳定行驶的能力。在汽车操纵稳定性研究中，常把汽车作为一个控制系统，在给定转向输入时，用汽车曲线行驶的时域响应和频域响应来表征汽车的操纵稳定性。这种响应越迅速、跟随性越好，汽车的操纵稳定性也越好。

1.3.5 平顺性

平顺性指由路面不平所引发的汽车振动和冲击对乘员舒适性的影响在一定界限之内。由路面引起的振动和冲击对人体的影响越小，人感觉越舒适。常用主观评价方法和客观评价方法来评价。

主观评价方法：依据乘员乘坐后的主观感受来评价舒适程度。

客观评价方法：依据振动加速度的均方根值进行评价。

1.3.6 通过性

汽车的通过性也称为越野性，主要指汽车以一定的车速通过各种坏路面、无路地带以及各种障碍的能力。坏路面和无路地带是指松软路面、凹凸不平路面等。障碍是指陡坡、侧坡、壕沟、台阶、灌木丛、水障等。与汽车通过性有关的汽车结构参数有最小离地间隙、接近角、离去角、最小转弯直径、纵向通过角等。

1.3.7 可靠性与耐久性

可靠性和耐久性是汽车的重要使用性能，可靠性和耐久性试验在汽车试验工作中占据十分重要的地位。

1. 可靠性

汽车的可靠性是指汽车在一定的使用或试验条件下，不发生故障和损坏而能连续正常运行的能力。





它直接影响着汽车的其他性能能否正常发挥,汽车是否安全无事故地工作,汽车能否按时准确地完成运输任务(对军用车尤其重要),以及备件损耗、运输成本及维修工作量等。

影响汽车可靠性的因素大致有:

- ①因零部件的强度不足而损坏,早期不正常磨损而不能正常运行。
- ②汽车的某些性能太差,对某种自然条件的适应性差而不能正常工作或引起事故,如操纵失灵、制动失效、气阻及散热器“开锅”等。

2. 耐久性

汽车的耐久性是汽车在一定的使用或试验条件下,不进行重要总成更换或重大修理而能长期连续正常运行的能力。它直接影响着汽车的大修里程和使用寿命,从而影响汽车的使用成本和完好率,这对于常年使用汽车具有十分重要的意义。

耐久性是对产品寿命的一种度量,即在合理的维修、维护情况下产品使用寿命的度量,考量的是寿命长短;可靠性常用来评估故障间隔时间,即产品寿命长度与故障总次数之比,考量的是出现故障频次高低。

1.3.8 安全性

汽车安全性是指汽车在行驶中避免事故,保障行人和乘员安全的性能,一般分为主动安全性、被动安全性、事故后安全性和生态安全性。在道路交通事故中,汽车本身的安全性能也是不可忽视的因素。汽车安全性能好,往往可以避免事故的发生或减轻事故伤亡的程度。

为了保障汽车的安全性,我国制定了《机动车运行安全技术条件》(GB 7258—2017)。

1. 汽车主动安全性

汽车主动安全性又称积极安全性,主要是指汽车防止或减少道路交通事故发生的性能。其主要包括:视认性、操纵稳定性和制动性。此外,还包括减轻驾驶人的疲劳程度、行人的安全性等。

- ①视认性是指可以看见和看清道路、其他车辆、交通信号及仪表的程度。
- ②操纵稳定性是指操控汽车方便、灵活的程度。
- ③制动性是指汽车在高速行驶中进行制动的能力,不仅要能减速和停车,而且不能出现跑偏、侧滑、甩尾等现象。

2. 汽车被动安全性

汽车被动安全性又称消极安全性,它是指事故发生时减小乘员伤亡的能力。其主要包括:结构吸能、内饰软化、被动安全防护装置及安全玻璃等。

①结构吸能是指汽车在发生碰撞时,汽车结构吸收大部分冲击能量,从而保证座舱变形最小,不挤伤乘员。要求为:汽车以48 km/h的速度与固定障碍物正面碰撞时,不会危及乘员生命。为了满足这一要求,汽车应当有可变形以吸收能量的车头A舱和车尾C舱结构,并有一个刚性足够大且形状稳定的座舱B舱。通常将汽车头部A舱和尾部C舱的刚度设计得小于座舱B舱的刚度,使头部和尾部尽量吸收碰撞时产生的冲击能量。为此,在汽车设计中,应采用计算机辅助工程,用有限元分析的方法设计车身的结构,并且对新开发的车型进行上百次碰撞试验,以确保汽车达到上述要求。通常在汽车侧面车门设有加强刚性的横梁,以防止车门在碰撞后变形。

②内饰软化是指汽车座舱内部的各种器件表面无凸起,材质柔软有弹性,尽可能减少尖角、凸棱和凸出的零件,在发生碰撞时能减少乘员所受的伤害。内饰软化的范围包括转盘、仪表板、侧围、顶





篷、座椅、地板以及遮阳板等凸出的附件。有的汽车的转向盘在发生碰撞时可以收缩，有的座椅加有头枕，以防后部被撞时头部受伤。

③被动安全防护装置包括安全带、安全气囊、转向安全防护装置等。

④安全玻璃受碰撞后只裂不碎或碎块不呈尖角，可以减少对乘员或行人的伤害。同时，在碰撞后安全玻璃仍能保持一定的能见度，避免妨碍驾驶人的视线而造成第二次事故。当汽车撞上行人时，安全玻璃也可以减少对行人造成的伤害。

3. 事故后安全性

事故后安全性是指汽车能减轻事故后果的性能。它主要包括能否迅速消除事故后果，同时能否避免新的事故发生。

4. 生态安全性

生态安全性是指汽车行驶噪声和电磁波等对环境的影响。

习题1

一、选择题

1. 动力性是表示汽车动力性能的指标，单位车重的功率越大，动力性能（ ）。
A. 越好 B. 越差 C. 不变 D. 无法判断
2. 新能源汽车的续驶里程是（ ）指标。
A. 动力性 B. 经济性 C. 制动性 D. 操纵稳定性
3. 评价汽车制动性能的指标中，（ ）联合起来才能完全标示制动性能。
A. 1个 B. 2个 C. 3个 D. 4个
4. （ ）考量的是产品寿命长短。
A. 可靠性 B. 耐久性 C. 动力性 D. 制动性
5. 汽车主动安全性不包括（ ）。
A. 视认性 B. 操纵稳定性 C. 制动性 D. 事故后安全性

二、判断题

1. 单位车重的功率越大，汽车动力性能越差。（ ）
2. 新能源汽车的续驶里程是重要的经济性指标。（ ）
3. 汽车制动的距离越长，制动性能越好。（ ）
4. 可靠性考量的是产品寿命长短，耐久性考量的是出现故障频次高低。（ ）
5. 汽车主动安全性又称消极安全性。（ ）

三、简答题

1. 汽车的动力性常用哪3个具体指标来标示？
2. 新能源汽车的续驶里程是如何定义的？
3. 汽车制动性的评价指标有哪些？
4. 汽车的可靠性是如何定义的？
5. 汽车主动安全性主要包括哪些方面？





第2章

新能源汽车动力传动系统



新能源汽车动力传动系统是实现“双碳”目标、推动汽车产业绿色转型的核心载体。我国在新能源汽车领域实现从“跟跑”到“并跑”再到“领跑”的技术跨越，彰显了国家的科技创新实力。作为汽车专业学习者，需深刻认识动力传动系统对整车性能、能耗与环保的决定性作用，树立“绿色发展”理念，掌握核心技术原理与检修技能，为我国新能源汽车产业高质量发展奠定专业基础，肩负起“制造强国”的时代使命。



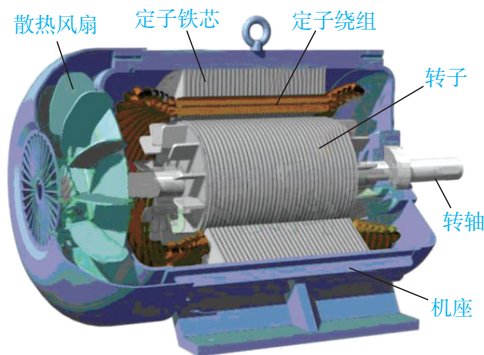
2.1 动力传动系统构造与原理

新能源汽车动力传动系统的核心功能是将驱动能源（电能、氢能等）转化为机械能，驱动车轮行驶，同时实现变速、差速及能量回收。与传统燃油汽车相比，其省略了发动机、离合器、多挡位变速器等部件，结构更紧凑、传动效率更高，主要由驱动电机系统、变速传动机构、控制系统、能量管理系统四大部分组成。

2.1.1 动力传动系统核心组成

1. 驱动电机系统

驱动电机是新能源汽车的“动力心脏”，承担“电动机”与“发电机”双重功能，不仅能在行驶时输出动力，也能在制动时回收能量，包含定子绕组、永磁转子、轴承、风扇以及端盖。其构造可参考典型永磁同步电机结构图，如图 2-1 所示。



动力传动系统
构造与原理

图 2-1 永磁同步电机结构图

新能源汽车常用的 3 种电机类型及其构造特点、工作原理、应用场景如表 2-1 所示。

表 2-1 新能源汽车常用的电机

电机类型	构造特点	工作原理	应用场景
永磁同步电机 (PMSM)	定子绕组、永磁转子（钕铁硼磁钢）、位置传感器	采用永磁体产生磁场，定子绕组通入三相交流电产生旋转磁场，带动转子转动	中低端纯电动车（吉利 EV450、比亚迪汉）
交流异步电机 (ASM)	定子绕组、鼠笼式转子、无永磁体	定子磁场感应转子产生电流，电流在磁场中受力带动转子转动	高端纯电动车（特斯拉 Model 3）





(续表)

电机类型	构造特点	工作原理	应用场景
开关磁阻电机 (SRM)	凸极定子、凸极转子 (无绕组/永磁体)	利用“磁阻最小原理”，定子绕组按顺序通电产生磁场，吸引转子转动	商用车 (新能源客车)

2. 变速传动机构

变速传动机构在车辆动力系统中扮演着至关重要的角色，其核心功能是“降速增扭”，即匹配电机高转速、低转矩特性与车轮低转速、高转矩的需求。这一机构主要由减速器、差速器和半轴三大部分组成，部分高端车型还配备双速变速器以实现更优的性能表现。

(1) 减速器

减速器是变速传动机构中实现“降速增扭”功能的核心组件，根据结构不同主要分为两类：单级主减速器和双级主减速器。

①单级主减速器。结构简单，传动效率高达95%以上，典型代表如吉利 EV450 等经济型电动车。这种减速器通过一对齿轮的啮合实现固定传动比调节，虽然结构简单，但能有效满足大多数日常驾驶需求，如图 2-2 所示。

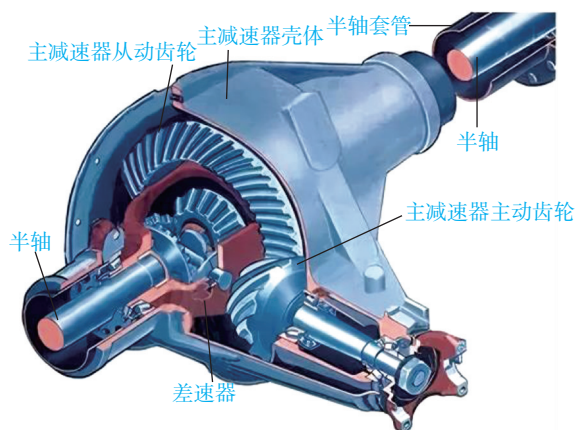


图 2-2 单级主减速器

②双级主减速器。当汽车要求主减速器具有较大的传动比时，由一对锥齿轮构成的单级主减速器已不能保证足够的离地间隙。这时需要采用两对齿轮组成的双级主减速器，以使其既能保证足够的动力，又能减小其外廓尺寸，提高汽车的通过性，如图 2-3 所示。

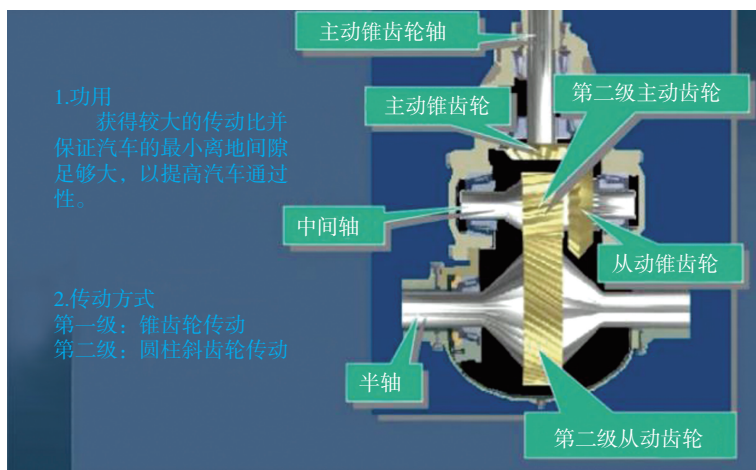


图 2-3 双级主减速器

(2) 差速器

差速器是确保车辆平稳转向的关键，其主要功能是实现车辆转弯时左右车轮的“差速行驶”，避免轮胎





因转速相同而产生滑磨现象。对称式锥齿轮差速器如图 2-4 所示，它是新能源汽车常用的差速器类型。

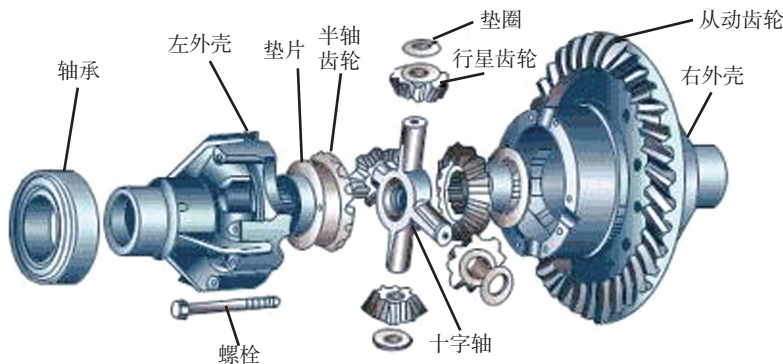


图 2-4 对称式锥齿轮差速器

(3) 半轴

半轴是将差速器输出的动力最终传递至驱动轮的关键部件。半轴结构示意图如图 2-5 所示。根据结构不同，半轴主要分为两类：全浮式半轴和半浮式半轴。

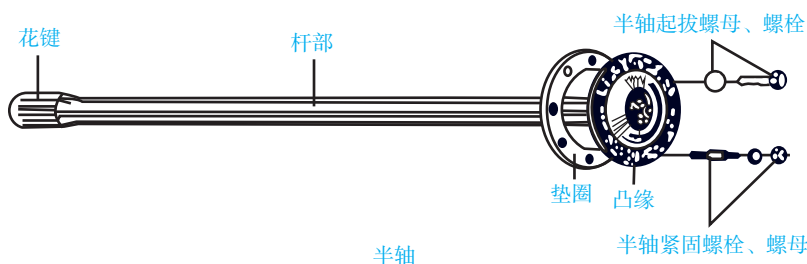


图 2-5 半轴结构示意图

2.1.2 动力传动系统工作原理

新能源汽车动力传动系统的核心在于实现“能量转化—传递—回收”的闭环管理，其运作流程直接影响车辆的动力性能、续航能力及能源利用效率。以纯电动汽车为例，典型工作流程如下。

动力输出流程：动力电池（提供高压直流电能）→DC-DC 变换器（高压直流电转换为低压直流电，为整车低压系统供电）→MCU（电机控制器，接收整车控制器指令，将直流电逆变为三相交流电，并调控驱动电机的转速与转矩）→驱动电机（核心执行部件，将电能转化为机械能）→减速器（通过固定传动比降低转速、增大输出转矩，匹配车辆行驶需求）→差速器（分配左右驱动轮的动力，适应转向时轮速差，保证行驶平顺性）→半轴（传递差速器输出的动力至驱动轮）→驱动轮（将机械能转化为车辆行驶动能）。

能量回收流程：能量回收流程是车辆制动或滑行时，将驱动轮的机械能回收为电能并储存至动力电池的过程，实现能源二次利用。具体路径如下：驱动轮（制动时车辆惯性带动驱动轮转动，产生机械能）→半轴（传递驱动轮的机械能至差速器）→差速器（将机械能传递至减速器，方向与动力输出时相反）→减速器（反向传动，提升转速、降低转矩，适配驱动电机的发电需求）→驱动电机（切换为“发电模式”，将输入的机械能转化为电能）→MCU（将电机产生的交流电整流为直流电，调节电压后输送至动力电池）→动力电池（接收回收的电能并储存，补充电量，延长续航里程）。

控制逻辑：整车控制器（VCU）实时采集车速、电机转速、电池 SOC（剩余电量）。当 $SOC < 20\%$ 时，限制电机最大功率；当制动时，触发能量回收，回收强度随制动踏板深度调节（强、中、弱 3 挡）。





2.2 混合动力电动汽车动力传动系统

混合动力电动汽车（HEV）搭载“发动机+驱动电机”双动力源，通过动力耦合机构实现两种动力的协同工作。按动力耦合方式分为串联式、并联式、混联式3类，核心目标是“降低油耗、减少排放”。

2.2.1 串联式 HEV 动力传动系统



混合动力电动汽车
动力传动系统

1. 串联式 HEV 动力传动系统组成

串联式 HEV 动力传动系统由发动机、发电机和电动机三部分动力总成组成。发动机驱动发电机发电，该发电机在车辆行驶时为电动机供电或者给动力电池充电，因发动机并不直接驱动车轮，所以也不需要变速箱，如图 2-6 所示。

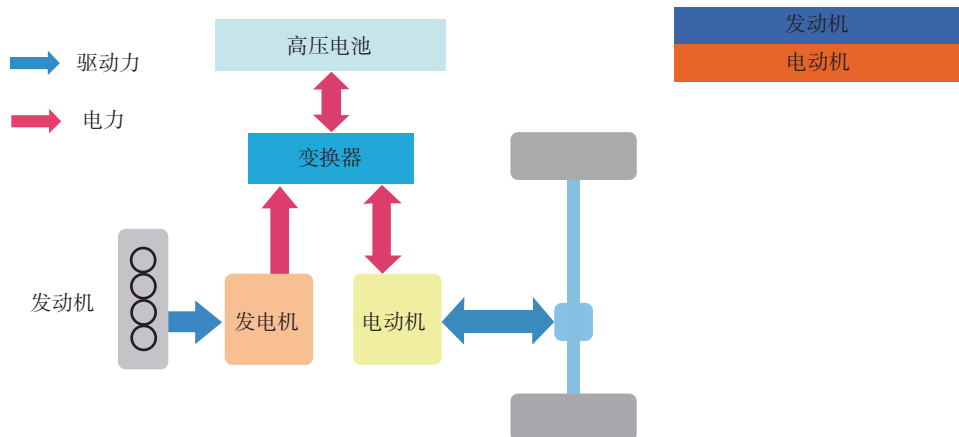


图 2-6 串联式 HEV 动力传动系统

2. 工作原理

串联式 HEV 动力传动系统的核心特点是发动机不直接驱动车轮，仅作为发电装置为动力系统供电，车辆行驶全程依赖驱动电机输出动力。该系统会根据车辆行驶速度与负荷需求，自动切换工作模式，具体原理如下。

①在低速/低负荷工况下，车辆对动力需求较低，系统控制发动机停机以减少能耗与排放，由动力电池直接向驱动电机输送电能。驱动电机将电能转化为机械能后，通过减速器传递至车轮，实现纯电驱动，全程无污染物排放。

②在中速/中负荷工况下，随着车速与负荷提升，动力电池单独供电已无法满足持续运行需求，系





统会启动发动机。发动机运转后带动发电机发电，产生的电能一部分直接供给驱动电机以维持车辆行驶，另一部分则输送至动力电池进行充电，确保发动机始终工作在燃油经济性最佳的高效区间。

③当车辆处于加速、爬坡等大转矩、高负荷工况时，单靠发动机发电难以满足动力需求，系统会进入联合供能模式：发动机带动发电机持续发电，同时动力电池也同步放电，两者产生的电能共同输送至驱动电机，使驱动电机输出更大转矩，保障车辆在高负荷下的动力性能。

④车辆制动或滑行时，驱动轮通过减速器反向带动驱动电机运转，此时驱动电机自动切换为发电机模式，将车辆的动能（或惯性动能）转化为电能，并将电能回充至动力电池中，实现能量回收，进一步提升系统能量利用率。

综上，串联式 HEV 动力传动系统通过对发动机、驱动电机与动力电池的协同控制，既确保发动机始终工作在高效区间，又结合纯电驱动与能量回收技术，有效平衡了动力性能、燃油经济性与环保性。

2.2.2 并联式 HEV 动力传动系统

1. 并联式 HEV 动力传动系统组成

并联式 HEV 动力传动系统包括发动机（带离合器）、驱动电机、动力电池、变速器（手动或自动）、减速器、差速器，发动机与驱动电机可单独或共同驱动车轮。并联式 HEV 动力传动系统有两套驱动系统，即传统的内燃机系统和电动机驱动系统。车内只有一台电机，驱动车轮的时候充当电动机，不驱动车轮、给电池充电的时候充当发电机。并联式 HEV 动力传动系统以发动机为主、电动机为辅，发动机与电动机共同驱动同一动力输出轴，系统输出动力等于两者动力之和，系统结构如图 2-7 所示。

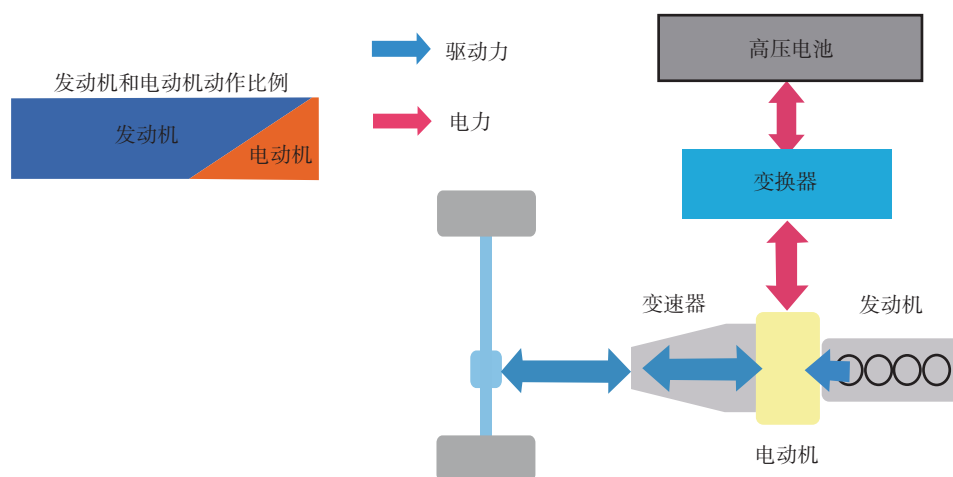


图 2-7 并联式 HEV 动力传动系统

2. 工作原理

并联式 HEV 动力传动系统的核心是发动机与驱动电机以并联方式接入驱动系统，二者可独立驱动车轮，也可协同输出动力。系统通过离合器的“断开/接合”控制发动机是否参与驱动，结合动力电池对驱动电机的供电与能量回收功能，在不同行驶工况下动态切换工作模式（表 2-2）：低速时用纯电驱动，规避发动机低效区，中速时用发动机直驱，发挥其高效优势，高负荷时双源协同强化动力，制动或滑行时回收能量补充电能，最终实现“按需分配动力、最大化能源利用效率”的目标。





表 2-2 并联式 HEV 动力传动系统工作原理

工况类型	离合器状态	动力源	能量传递/回收核心路径	核心目的
起步/低速	断开	动力电池 + 驱动电机（纯电模式）	动力电池（释放电能）→驱动电机（电→机械能）→变速器→车轮	避开发动机低效区，实现静音、平顺起步，降低低速油耗
中速/巡航	接合	发动机（纯油模式，驱动电机停机）	发动机（燃油→机械能）→变速器→车轮	利用发动机高效区间（热效率 35%~40%），降低单位里程燃油消耗，保障巡航经济性
加速/爬坡	接合	发动机 + 驱动电机（复合动力模式）	①发动机→变速器；②动力电池→驱动电机→变速器；双动力汇合后→车轮	突破单一动力源输出极限，满足快速加速、爬坡等高负荷需求，避免发动机超负荷运转
制动/滑行	断开	驱动电机（发电模式）	车轮（惯性带动转动，产生机械能）→变速器→驱动电机（机械→电能）→动力电池（储存电能）	回收惯性机械能，补充动力电池电量，同时通过电机制动辅助减速，减少制动片磨损

2.2.3 混联式 HEV 动力传动系统

1. 混联式 HEV 动力传动系统组成

混联式 HEV 动力传动系统的核心组成包含五大关键模块，其中动力源由发动机与双电机（MG1、MG2）构成，发动机负责在高效区间工作以发电或直驱、避免低效工况，MG1 主要承担发电与调节发动机转速的任务，MG2 则专注于驱动车轮及制动时回收能量；储能系统以高压锂离子动力电池为核心，用于存储 MG1 产生的电能和 MG2 回收的动能，同时为 MG2 提供驱动电能以支撑纯电行驶；动力耦合机构作为系统核心，由行星齿轮组与离合器/制动器组成，连接发动机、MG1 和 MG2 并实现动力的分配与耦合，典型结构为太阳轮连 MG1、齿圈连 MG2 与驱动轮、行星架连发动机；控制系统涵盖 VCU、MCU（电机控制器）和 ECU（发动机控制器），VCU 根据车速、节气门、电池 SOC 决定工作模式，MCU 控制 MG1/MG2 的转速、转矩及驱动/发电切换，ECU 则控制发动机启停、喷油点火以保障高效运行；传动系统主要由减速器和差速器组成，减速器负责匹配电机高转速与车轮低转速以提升转矩，差速器确保转向时左右车轮转速不同、避免打滑。系统结构如图 2-8 所示。

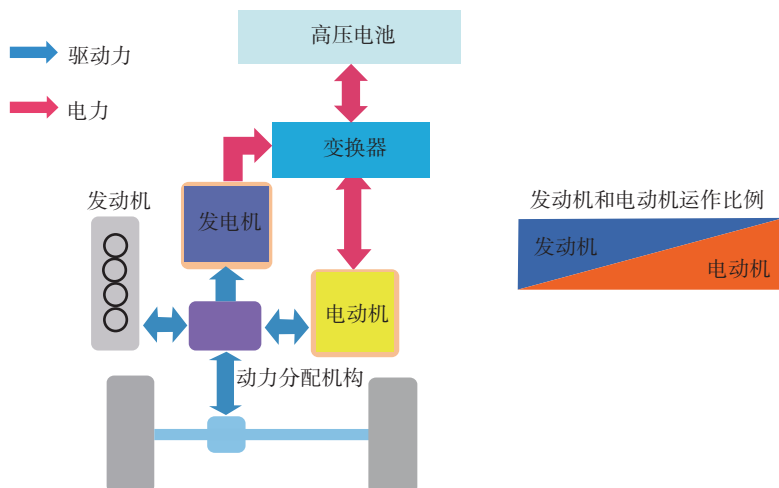


图 2-8 混联式 HEV 动力传动系统





2. 工作原理

混联式 HEV 动力传动系统的内燃机系统和电动机驱动系统各有一套机械变速机构，两套机构通过齿轮或行星轮式机构结合在一起，从而综合调节内燃机与电动机之间的转速关系。混联式有两台电动机，具体工作原理如表 2-3 所示。

表 2-3 混联式 HEV 动力传动系统工作原理

工况类型	工况特点	动力源状态	能量流向	控制目标
启动/低速行驶（车速 $<20\text{ km/h}$ ）	车速低，发动机低效	发动机不启动，MG2 单独驱动	高压动力电池 $\rightarrow$ MG2 $\rightarrow$ 驱动轮	静音、省油（拥堵/小区路）
中速巡航（车速为 $20\sim80\text{ km/h}$ ）	发动机可进入高效区	发动机启动，带动 MG1 发电，MG2 驱动	发动机 $\rightarrow$ MG1 发电 $\rightarrow$ （部分给 MG2 驱动，部分充电池）+电池辅助（需动力时）	发动机高效发电，低油耗
高速巡航（车速 $>80\text{ km/h}$ ）	发动机直驱效率更高	发动机直驱车轮，MG2 按需辅助	发动机 $\rightarrow$ 驱动轮+电池 $\rightarrow$ MG2 辅助（需加速时）	减少能量转换损失
急加速/大负荷（超车/爬坡）	需大转矩输出	发动机满负荷工作，MG2 全力驱动	发动机 $\rightarrow$ 驱动轮+电池 $\rightarrow$ MG2 $\rightarrow$ 驱动轮（转矩叠加）	强动力输出
能量回收（刹车/滑行）	车辆减速，动能可回收	发动机熄火，MG2 切换为发电机	驱动轮（惯性） $\rightarrow$ MG2 发电 $\rightarrow$ 电池	回收动能，提升续航
电池补电（SOC $<15\%$ ）	电池电量低	发动机启动，带动 MG1 发电，MG2 不工作	发动机 $\rightarrow$ MG1 发电 $\rightarrow$ 电池	快速补电，避免动力下降



2.3 纯电动汽车动力传动系统

纯电动汽车（EV）仅以动力电池为能源，通过驱动电机驱动车辆，动力传动系统结构最简化，核心是“驱动电机+减速器”，按驱动电机布置形式分为传统驱动、组合驱动、集成驱动、轮边驱动、轮毂驱动 5 类。

2.3.1 动力传动系统组成

纯电动汽车与燃油汽车相比，减去了发动机，主要增加了电力驱动控制系统（简称驱动系统）。驱动系统是纯电动汽车的核心，主要由中央控制单元、驱动控制器、驱动电机和机械传动装置等组成。



纯电动汽车
动力传动系统





中央控制单元根据加速踏板、制动踏板和挡位的输入信号，向驱动控制器发出相应的控制指令，对驱动电机进行启动、加速、减速和制动控制等，从而实现纯电动汽车的变速和转向。驱动控制器按照中央控制单元的指令和驱动电机的速度、电流反馈信号，对驱动电机的速度、驱动转矩和旋转方向进行控制。驱动控制器和驱动电机必须配套使用，目前对驱动电机的调速主要采用调压和调频等方式。驱动电机在纯电动汽车中承担着电动机和发电机的双重功能。一般选用永磁同步电机，功率覆盖 30~150 kW，正常行驶时，将动力电池的电能转化为机械能，通过传动装置或由其直接驱动车轮；减速和下坡滑行时，将车轮的惯性动能转化为电能，为动力电池充电。图 2-9 所示为吉利 EV450 驱动电机，功率 120 kW。



图 2-9 吉利 EV450 驱动电机外观图

2.3.2 动力传动系统布置形式、工作原理

目前，纯电动汽车动力传动系统分为传统驱动布置形式、驱动电机与驱动桥组合驱动布置形式、驱动电机与驱动桥集成驱动布置形式、轮边电机驱动布置形式和轮毂电机驱动布置形式，如表 2-4 所示。

表 2-4 纯电动汽车动力传动系统布置形式、构造特点、工作原理及示意图

布置形式	构造特点	工作原理	示意图
传统驱动	驱动电机布置于原发动机位置，动力经传动轴传递至驱动桥，再通过半轴驱动车轮	电机→离合器（部分车型省略）→减速器→传动轴→差速器→车轮	
驱动电机—驱动桥组合	电机、减速器、差速器平行布置，集成为一体	电机→减速器（固定传动比）→差速器→半轴→车轮	
驱动电机—驱动桥集成	电机、减速器、差速器同轴布置，体积更小	电机输出轴直接连接减速器输入轴→差速器→半轴	



(续表)

布置形式	构造特点	工作原理	示意图
轮边电机驱动	左右车轮各配一台电机，通过轮边减速器驱动车轮	左/右电机独立控制→轮边减速器→车轮(电子差速)	
轮毂电机驱动	电机集成在轮毂内，省略半轴、差速器	电机直接驱动轮毂→车轮	



2.4 燃料电池电动汽车动力传动系统

燃料电池电动汽车（FCEV）以“氢燃料”为能源，通过燃料电池堆将化学能转化为电能，驱动电机工作，核心特点是“零排放（仅排放水）、长续航”。

2.4.1 系统组成

燃料电池电动汽车的动力传动系统由燃料电池堆、辅助动力源、电力电子控制器、电驱动电机和 DC-DC 变换器等核心组件构成。燃料电池堆通过氢氧电化学反应发电，是系统的主动动力源；辅助动力源（如高压电池或超级电容）用于回收制动能量和提供峰值功率；电力电子控制器管理电能分配并控制电机运行；电驱动电机将电能转化为机械能以驱动车轮；DC-DC 变换器则稳定燃料电池输出电压，确保与电机驱动电压匹配。



燃料电池电动汽车
动力传动系统

2.4.2 工作原理

燃料电池电动汽车的动力传动系统根据驱动模式分为纯燃料电池驱动和混合驱动两种。纯燃料电池驱动模式下，燃料电池堆直接供电驱动电机，结构简单，但动态响应较慢；混合驱动模式下，燃料





电池与辅助动力源协同工作，通过 DC-DC 变换器调节电压，实现能量高效利用和制动能量回收，提升系统整体性能。两种模式均以氢氧反应为核心，仅排放水蒸气，兼具环保与高效特性。

燃料电池堆由数百片单电池串联。单电池包括质子交换膜、阴极、阳极、双极板，其结构及工作原理如图 2-10 所示。“阳极（ H_2 输入）→催化剂分解 H^+ 和 e^- →质子交换膜→阴极（ O_2 输入）→生成 H_2O ”的反应路径。辅助系统包括空气压缩机（提供阴极氧气）、氢气循环泵（回收未反应氢气）、加湿器（维持质子交换膜湿度）、冷却液循环系统（控制堆温）。

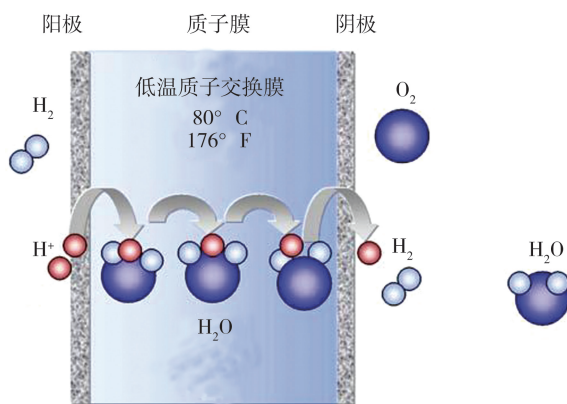


图 2-10 燃料电池单电池工作原理示意图



2.5 驱 动 桥

驱动桥是汽车动力传动系统的关键组成部分，位于传动系的末端，其核心功能是将传动轴或电机输出的动力传递至驱动车轮，同时实现减速增扭、改变动力传递方向，并承受车辆的垂直载荷、纵向力和横向力。在新能源汽车中，驱动桥还承担着电机动力输出、能量回收以及车辆动力学控制等新增功能。

驱动桥主要由主减速器、差速器、半轴、桥壳等核心部件组成，如图 2-11 所示。其根据动力来源和结构形式可分为传统燃油车驱动桥和新能源汽车电驱动桥两大类。传统燃油车驱动桥的典型结构包括：主减速器实现减速增扭和改变动力方向；差速器允许左右车轮以不同转速转动，保证转弯时车轮纯滚动；半轴是将动力从差速器传递至车轮桥壳；车轮桥壳承载车身重量并保护内部传动部件。

新能源汽车电驱动桥则根据电机布置形式分为集成式电驱动桥和分布式电驱动桥。

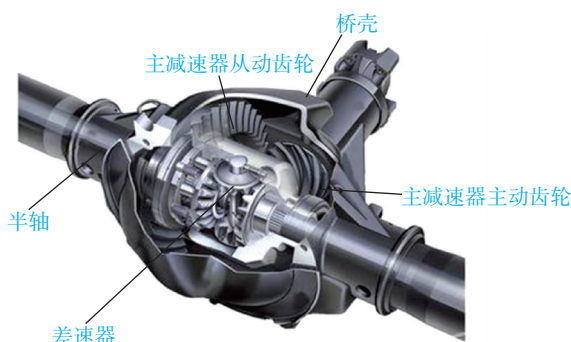


图 2-11 驱动桥组成

2.5.1 集成式电驱动桥结构

集成式电驱动桥 (eAxle) 通过高度集成电机、减速器、差速器及电控单元实现动力系统重构。驱动电机多采用永磁同步电机，功率密度达 4.2 kW/kg ；减速器实现减速增扭，传动效率超 97%；控制器负责电机运行控制和能量回收管理；冷却系统保障



驱动桥





电机和电子元件在适宜温度下工作。

比亚迪 8×4 纯电自卸车采用自主研发的双联中央电机驱动桥，最大爬坡度大于 50%，传动效率高达 95% 以上，特别适合云贵川地区的复杂路况。图 2-12 所示为集成式电驱动桥结构。特斯拉通过一体压铸技术将电驱动桥零部件减少 76%，大幅减小质量、降低成本。

2.5.2 分布式电驱动桥结构

如图 2-13 所示，两个驱动电机布置在车桥两侧，通过侧减速器和轮边减速器实现减速增扭驱动车轮。轮边电机桥是指取消了桥壳和半轴的电机桥：驱动电机安装在车轮旁边，这种结构仍然是整体桥，是刚性的，是可以使用钢板弹簧悬挂的，当然也可以使用气囊减震、螺旋弹簧和减震筒的结构。但是由于取消了桥壳以及半轴，机构空间和质量得以大幅减小。

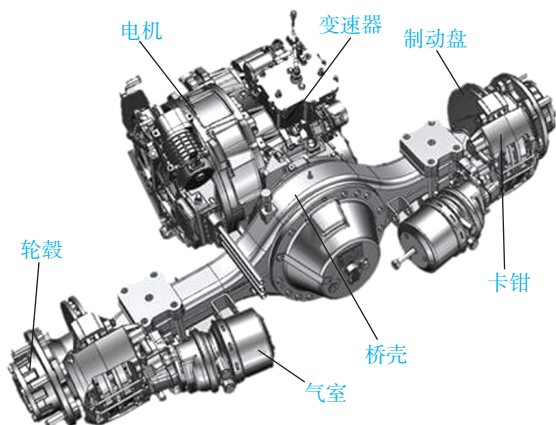


图 2-12 集成式电驱动桥

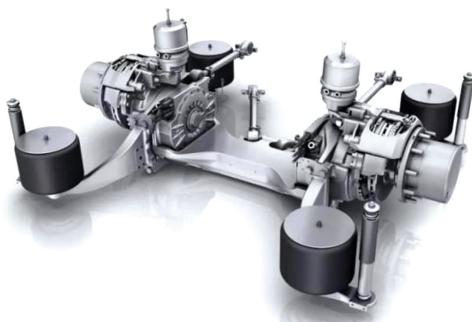


图 2-13 分布式电驱动桥



2.6 动力传动系统故障检修

纯电动汽车动力传动系统故障检修需聚焦减速器总成更换、控制器诊断及电子变速杆排查三大核心环节，严格遵循安全规范与技术流程。

2.6.1 纯电动汽车动力传动系统故障检修

吉利 EV450 以 120 kW 永磁同步电机为核心，前置单电机布局，峰值扭矩 250 N·m，0~100 km/h 加速时间 9.3 s。搭载 HEDS 高效电驱系统，效率达 95%~96%，配合三模式动能回收，集成智能电控与 ITCS 2.0 温控系统，-30~55℃ 稳定工作，52 kW·h 电池支持综合续航 400 km，构建高效可靠的驱动闭环。



动力传动系统
故障检修





1. 驱动系统检查

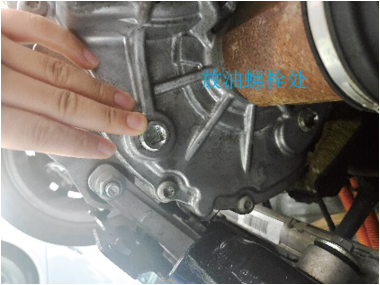
(1) 举升车辆

确认车辆下电，妥善保管智能钥匙，规范举升车辆。

(2) 检查流程

检查吉利 EV450 驱动系统，如表 2-5 所示。

表 2-5 吉利 EV450 驱动系统检查流程

序 号	操作示意图	操作方法	标 准
1		检查驱动系统减速器外观	外观应无破损
2		检查驱动系统减速器放油螺栓	驱动系统减速器放油螺栓无松动、无损坏
3		检查驱动电机外观	外观应无破损
4		检查驱动电机冷却液排放管口	排放管口应无冷却液渗漏



(续表)

序 号	操作示意图	操作方法	标 准
5		检查各轴承、油封	各轴承、油封应无油液渗漏

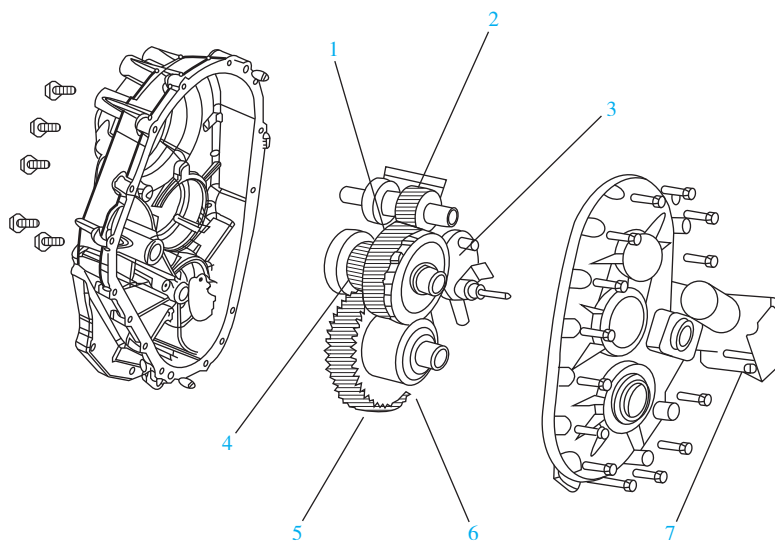
(3) 竣工检验

- ①启动车辆，确认车辆是否正常上电。
- ②整理、恢复作业场地。

2. 纯电动汽车减速器的认识与检修

新能源汽车电动机的转速—转矩特性非常适合汽车驱动的需求，纯电动模式下，汽车的驱动系统不再需要多挡位的变速器，驱动系统结构得以大幅简化。减速器介于驱动电机和驱动半轴之间，驱动电机的动力输出轴通过花键直接与减速器输入轴齿轮连接。一方面减速器将驱动电机的动力传给驱动半轴，起到降低转速、增大转矩作用，另一方面满足汽车转弯及在不平路面上行驶时，左右驱动轮以不同的转速旋转，保证车辆的平稳运行。

以吉利 EV450 车型为例，该车型采用固定传动比单级减速器，其结构组成如图 2-14 所示，性能参数如表 2-6 所示。



1—中间轴输入齿轮；2—输入轴齿轮；3—驻车棘爪；
4—中间轴输出齿轮；5—输出轴齿轮；6—差速器；7—驻车电机。

图 2-14 吉利 EV450 减速器结构分解图

