

四轮驱动系统的结构特点及故障检修

◆文/上海 李明诚



李明诚

(本刊专家委员会委员)

1964年大学本科毕业,长期从事汽车拖拉机教学、研究和新技术推广工作,1996年获得行业“全国优秀科普工作者”称号。

众所周知,汽车驱动轮产生的牵引力受到地面附着性能的影响,并且与车重的大小成正比。为了改善汽车的操纵性能,特别是为了提高车辆在低摩擦系数路面行驶时的动力性和稳定性,许多汽车采用了四轮驱动(4WD)系统。四轮驱动系统能够把发动机的动力有效地分配在4个车轮上,配合托森(Torsen)机械式等中央差速器,确保4个轮胎都能有效抓地,使车辆具有良好的越野性能,并且在高速行驶时也可以保持良好的稳定性和安静性。

一、结构特点

1. 四轮驱动系统的组成

四轮驱动汽车的传动系统由离合器、变速器、传动轴、分动器、前万向传动装置、前驱动桥(前差速器)、后万向传动装置以及后驱动桥(后差速器)等部件组成(图1)。

美规四轮驱动汽车的差速器分为3种结构形式,一种是黏滞耦合器式中央差速器,一般配6挡手动变速器;一种是扭矩分流传递耦合器装置,一般配CVT无级变速器;还有一种是通过电子控制的液压离合器传递扭矩调节的行星齿轮中央差速器,一般配3.6L发动机和5挡自动变速器。

黏性联轴差速器的优点在于,如果适当地变更内外板的形状、两板之间的间隔,适当地选择硅油的特性,可以使其扭矩分配特性非常柔和且连续,很适合前差速器的差动限制,多用于四轮驱动轿车和轻型SUV越野车。

2. 四轮驱动装置的分类

四轮驱动装置大致分为临时(分时)四轮驱动和全时四轮驱动2种形式(图2)。

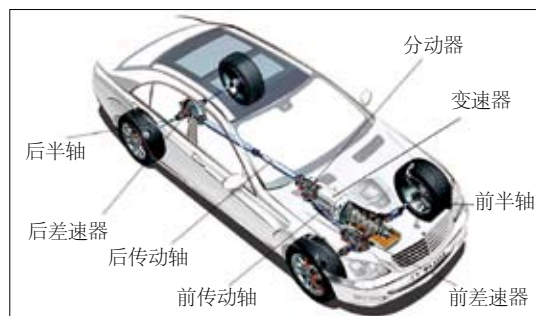


图1 四轮驱动系统结构示意图

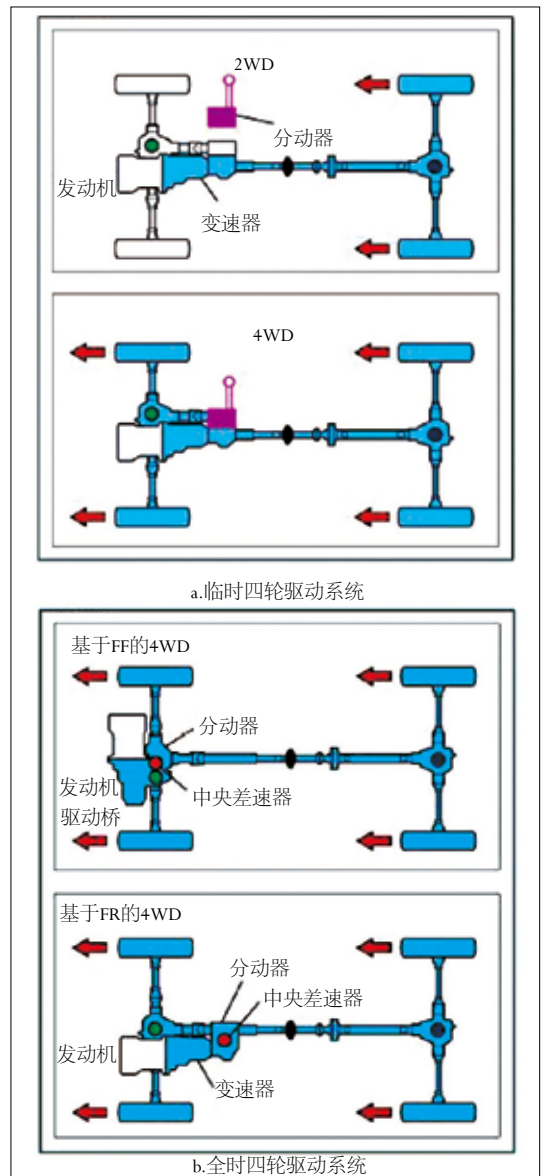


图2 临时四轮驱动系统与全时四轮驱动系统

分时四轮驱动汽车有一个缺点,就是在四轮驱动的状态下进出车库时,汽车会突然停顿,甚至发动机熄火,这是由分时四轮驱动系统前轮和后轮直接连接的结构引起的。在汽车转弯时,前轮和后轮的转动情况存在差异,这种差异成为汽车运动的阻力,所以产生了汽车突然停顿的现象,因此转弯时需要切换到两轮驱动状态。

为了解决这个问题,设计了全时四轮驱动系统,它采用了中央差动齿轮,虽然前轮和后轮有转动差异,但

仍能发出动力,所以进库时也可以保持四轮驱动状态。

3. 四轮驱动系统的优缺点

优点: 在汽车转弯稳定性、直行稳定性、启动和加速性能、爬坡性能以及雪地等恶劣路面行驶时性能优越。例如,奥迪四驱轿车采用可锁式冠形齿轮差速器,它属于具有非对称动态力矩分配功能的可锁式中间差速器,其优点是牵引力更大、集成度更高、体积小巧、不需要保养也不需要驾驶人的任何操作。

缺点: 四驱汽车不可避免地存在传动系统结构复杂、传动效率偏低、整车装备质量更大等问题。从外表上看,四轮驱动汽车比较高,而且轮胎的花纹比较粗短,成本、振动及噪音也比较大。另外,在以临时四轮驱动方式行驶时,会出现小转弯制动现象。

4. 典型四轮驱动系统简介

以雷克萨斯RX350轿车全时四轮驱动系统为例,它属于四驱双泵系统,在后差速器总成上装备了液压离合器和后差速机构,两轮驱动(2WD)和四轮驱动的转换机构内置于后差速器总成内。在正常条件下,汽车由前轮驱动。根据前轮驱动力和路面条件的不同,系统可以在瞬间将适当的驱动力传递给后轮,实现2WD与4WD的自动转换,无需驾驶人在2WD和4WD之间操作。另外,在前进挡制动时,双泵系统会自动撤销后轮的驱动力,这样可以使配备ABS的汽车制动系统正常工作。

雷克萨斯LS600h(5.0L V8发动机,混合动力)轿车也采用四轮驱动系统,在传动系统及其内置的中央差速器中装备了可根据行驶条件自动向前后轮分配最佳驱动力的“扭矩感应式LSD”。在一般道路行驶时,为偏重后轮的驱动力,分配比为40:60,可以根据具体情况切换为50:50或30:70,实现了堪比6.0L发动机的动力性能和基于四轮再生制动的低油耗性。

二、控制策略

以北京现代途胜越野车为例,该车的四轮驱动系统设置了单独的电子控制模块4WD ECM,节气门位置传感器(TPS)的信

号从发动机ECM通过CAN数据总线传输给4WD ECM,4WD ECM综合TPS信号、转向角传感器信号、轮速传感器信号、横向加速度传感器信号等,确定车轮扭矩分配的主控信号。如果TPS无信号输出或输出的信号超出范围,四轮驱动故障指示灯会闪烁。

在4WD系统中,前、后车轮之间的动力分配会直接影响汽车的行驶性能,理想的分配比在30:70到50:50之间。

在两轮驱动汽车上,ABS控制模块根据制动压力传感器、轮速传感器和发动机管理系统传输的数据,对驱动和非驱动车轮的转速进行计算和比较,从而得出纵向加速度。而在四轮驱动汽车上,为ABS控制系统设置了加速度传感器。

在四轮驱动状态下,汽车实施制动会影响所有车轮的转速。在特定条件下(如摩擦系数小、Haldex离合器闭合),仅仅依靠单个轮速传感器的信号计算车速是不准确的,需要采用纵向加速度传感器的数据对理论车速进行修正。ECU对加速度传感器的信号和轮速传感器的信号进行比较,可以获得准确的车速信息,而准确的汽车速度信息对于计算汽车车轮的滑移率、确定对车轮制动力的调节具有重要意义。

三、四轮驱动汽车的使用与维护

1. 车轮驱动模式的选择

在行驶过程中,驾驶人可以根据路面情况通过操纵分动器的换挡杆选择两轮驱动或者四轮驱动。

以三菱CFA2031E型越野车为例,该车采用SS4-II四轮驱动系统,分动器换挡杆具有2H、4H、4HLC和4LLC等4个位置,在仪表盘上设置了相应的指示灯,通过这些指示灯可以知道汽车驱动系统当前的工作状态(表1)。

近期出厂的四轮驱动轿车大多数采用按需全轮驱动系统,无须驾驶人操纵分动器上的换挡杆选择两轮驱动与四轮驱动。例如雪佛兰科帕奇轿车采用按需全轮驱动系统,在干燥的路面上通常采用前轮驱动,一旦系统检测到路面有滑转的趋势,如路面有水、

表1 三菱CFA2031E型越野车驱动形式的选择

分动器换挡杆的位置	驱动系统的状态	适宜的行驶条件
2H	后轮驱动	干燥的公路
4H	全时四轮驱动	易滑的道路、干燥的公路
4HLC	中央差速器锁定的四轮驱动	高低不平、沙土路面以及有雪覆盖的路面
4LLC	低挡位中央差速器锁定的四轮驱动	上、下陡坡和高低不平的泥泞路面,需要增大驱动力时

雪或泥浆等,车辆的动力自动传递给后轮,实现全轮驱动。该车能够根据不同的路况(如沥青、沙砾、积雪或积水),将后桥的输出扭矩控制在0~2530N·m之间。同时,能够实时调整前桥所占扭矩分配比率在100%和50%之间变化。上述功能的转换不需要驾驶人参与,因此能够提供良好的牵引力和越野机动性。

2. 四轮驱动汽车轮胎的使用

四轮驱动汽车应当装用全天候轮胎,即无论哪个季节、在什么路面上都可以使用的轮胎。全天候轮胎是一种经过改良的轮胎,具有钢束带斜线帘布层以及区间式密刀槽胎面花纹,用以提高轮胎的附着性,增大侧滑阻力,因而同时具有普通轮胎和雪地轮胎的特点。但是,全天候轮胎若在平顺路面上使用,高速时的操纵稳定性比普通轮胎稍差一些,噪声也略大一些,在检测时需要掌握和适应这种轮胎的操纵特性。

在外观上,全天候轮胎与普通轮胎相差不多,鉴别的方法是在轮胎侧面有一排英文字母“ALLSEASON”,表示该轮胎适用于各个季节。有的轮胎在轮胎侧面标有英文字母“M+S”,表示该轮胎适用于泥泞路面和雪地。

四轮驱动汽车应当适当缩短轮胎换位的里程。在一般情况下,前轮驱动汽车每行驶8000km时进行轮胎换位,但是四轮驱动汽车应当每行驶6000km就进行轮胎换位。

保持四个轮胎的厂牌、花纹以及外径尺寸完全相同,对于四轮驱动汽车显得尤其重要。一辆大众途锐4.2L四轮驱动轿车,当车速在5km/h以下直线行驶时,右后轮发出有节奏的“咯噔”异常响声,并且伴有车

身振动,但是转向时没有这种响声。检查所有传动件(包括球头)和橡胶垫都没有问题,控制单元也没有故障码存储。拨下分动器电动机导线侧插接器,故障现象消失。最后发现是前后轮胎的外径尺寸不一致,引起汽车的前后桥产生不同的轮速。在全时四轮驱动装置中,驱动力矩在车桥间无滑差的情况下均匀地分配到前后桥上,如果分动器控制单元的车桥差速锁传感器检测到车桥间存在转速差,将由分动器控制单元计算该转矩差,并通过步进电动机调节膜片式离合器施加所需的制动压力,力图使前后桥车轴无滑差产生。但是,由于前后轮胎的外径尺寸不同,前后桥始终存在着转速差,因而在后轮处发出有节奏的“咯噔”异常响声。如果这种状况长时间存在,有可能造成分动器步进电动机因工作温度过高而损坏。

3. 维修注意事项

为了预防在维修或检测四轮驱动汽车时发生机件损坏和人身伤害,需要注意以下几个问题:①汽车应当与地面接触;②最好拆下传动轴;③变速杆和分动器手柄都置于N位;④在进行每项测试之前,应采取措施停止中央差速器的工作;⑤检测全时四轮驱动轿车的底盘,必须放到四驱式转鼓测功机/四轮辊式试验台上进行,或者汽车制造厂提供的专用测试装置上,普通的检测台无法对四轮驱动汽车进行测功;⑥进行制动器试验,可以在一台转速较慢的(不高于6km/h)制动器试验台上进行,此时的动力来自试验台,在测试过程中,不要突然加

速车辆,测试时间应控制在60s以内。

4. 牵引注意事项

牵引自动挡全时四轮驱动汽车时,一般不能让两个车轮旋转、另外两个车轮固定,因为这样做汽车无法驱动。例如奥迪A7等四轮驱动汽车,采用了托森中央差速器,它完全不同于传统差速器,不允许在抬起前桥或后桥的情况下由拖车牵引,而应当四轮着地牵引,或者整车装在运输车上牵引。

牵引丰田四轮驱动汽车应当遵循表2所示的规定。

四、常见故障及检修

1. 汽车不能进入四轮驱动状态,或者无法返回两轮驱动状态

可以将分动器换挡杆置于2H位,如果2H指示灯常亮,4H指示灯闪烁,说明后轮驱动系统正常,而前轮驱动系统有问题。产生这种故障现象的原因可能是相关传感器失常。

(1) 加速度传感器信号失常

例如丰田陆地巡洋舰(LAND CRUISER)吉普车,该车装备了惯性压阻式负加速度传感器,可以采用下面的方法检验加速度传感器的性能:塞住汽车的4个车轮,先将汽车的前部升高76cm,观察ABS指示灯的信号;再放下汽车前部,升高汽车后部86cm,观察ABS指示灯的信号,若不正常,应更换加速度传感器。

(2) 传感器未归零

两种传感器的归零步骤如下(以丰田陆地巡洋舰吉普车为例)。

偏转率传感器的归零:①接通点火开关;②VSC(车辆稳定控制系统)灯点亮15s,然后熄灭;③在VSC灯熄灭2s后,断开点火开关。

加速度传感器的归零:①将汽车水平停放,变速杆置于P位,然后短接诊断座上的TS和CG端子,再接通点火开关;②VSC灯点亮4s后会快速闪烁,当VSC灯闪烁2s后,断开点火开关;③拔去短接线,加速度传感器的归零完成,此时TRC-VSC灯应当熄灭。

2. 车辆转弯时,后轮发生制动现象

产生这种现象的原因可能是负荷电磁阀失效。一辆斯巴鲁力狮2.0轿车,手自一体电控4速变速器,行驶里程98000km。该车在转弯时,后轮部位发出沉闷的振动声音,并且出现严重的转弯制动现象。斯巴鲁轿车采用全时四轮驱动系统,在车辆直线行驶时,前轴、后轴的动力分配比为50:50。在转弯时,由分动器的负荷电磁阀根据前轮与后轮的转速差,调整通往分动器离合器的油压,从而实现正常的转向性能。经过反复检查,发现故障原因是分动器的负荷电磁阀失效。由于负荷电磁阀集成在控制阀体的上面,所以只能更换变速器的控制阀体。经试车,故障被排除。

3. 在市区道路上4WD LOCK灯点亮

一辆索兰托2.4汽车,在市区道路行驶时“4WD LOCK”灯点亮。该灯点亮时,最高车速只能达到40km/h,同时热车熄火后不好启动。经过检查,发现该车在高速和水温89℃时正常,而在市区低速行驶以及水温达到95℃时故障出现,怀疑电子元件的热稳定性蜕变。检查发现是曲轴位置传感器存在“热失磁”现象。这种故障会造成以下后果:一是热车难起动,二是4WD系统智能计算比例出错,三是进气量信号及计量失准。更换曲轴位置传感器后,故障被排除。

4. 后桥内的齿轮或轴承产生噪声

产生原因是后桥内的润滑油不足,或者后桥内未使用规定标准的润滑油。例如本田CR-V轿车,必须使用本田CR-V专用的自动变速器油,不得使用润滑准双曲线齿轮的普通润滑油,否则容易产生运转噪声。M

表2 丰田四轮驱动汽车的牵引操作要点

牵引方法	条件	驻车制动	T/M换挡杆位置 (仅HF 2A)	分动器换挡杆位置	中央差速器 锁定 (控制开关)	中央差速器
A. 平板车	施加	M/T: 任何位置 A/T: “P”范围	“H”位置	“H”位置	“OFF”或 “AUTO”	正常行驶条件
B. 车轮提升型卡车 来自前端 来自后端						
C. 用缆绳牵引	释放	M/T: 空挡 A/T: “N”范围	“N”位置	“N”位置	“关”	
D. 钩锁,带台车	施加	M/T: 任何位置 A/T: “P”范围	“H”位置	“H”位置	“OFF”或 “AUTO”	
E. 钩锁	释放	M/T: 空挡 A/T: “N”范围	“N”位置	“N”位置	“关”	
F						