

解析奥迪CVT离合器阀门的设计原理

◆北京/薛庆文

奥迪01J型无级变速器(CVT)自从2002年在国内使用以来,至今已有10年,无论从链传动的结构控制原理还是到机电液一体化控制模式,从安全到环保再到舒适性控制程度无不让人赞美,但是消费者在使用过程中还是会有一些问题出现。不过在汽车后市场的维修中,维修人员通过多年努力学习已经摸清一些故障特性,因此大部分故障还是能够容易解决的。在多年的培训及维修中,我们发现对这款变速器的设计原理知识掌握得还不够。因此,如果了解这款变速器更多技术上的设计机理,我们就不能停留在对该变速器表面上的认知,还必须更深入地去研究学习,这样面对故障问题时才能够分析出故障产生的根源。

在奥迪01J型变速器中离合器的控制、链传动变速控制及链条夹紧力控制等三大控制功能尤为重要,特别是离合器控制,从原地的入挡接合到起步扭矩控制,再到换挡区域的调节控制,最终到制动停车控制,无不体现出对离合器控制的更高要求。因为在整个控制过程当中,所涉及的内容有电子液压控制、安全切断、舒适控制、扭矩传递变化控制、微量打滑控制、温度控制、匹配自适应控制等。在整个闭环控制过程中,汽车生产商主要从设计角度考虑“安全、环保、舒适”性操控管理。因此,我们从离合器阀门开始进一步学习其结构设计原理方面的知识(其实我们最关心的是该阀门在没有弹簧的情况下如何进行精密控制好每一处位置)。

该阀门在阀体中所处的位置如图1所示,阀体的实际结构如图2所示。离合器压力调节阀又叫KSV阀,位于主阀体最外侧,紧挨着离合器压力调节电磁阀N215(由电脑按照正向控制策略以电流形式

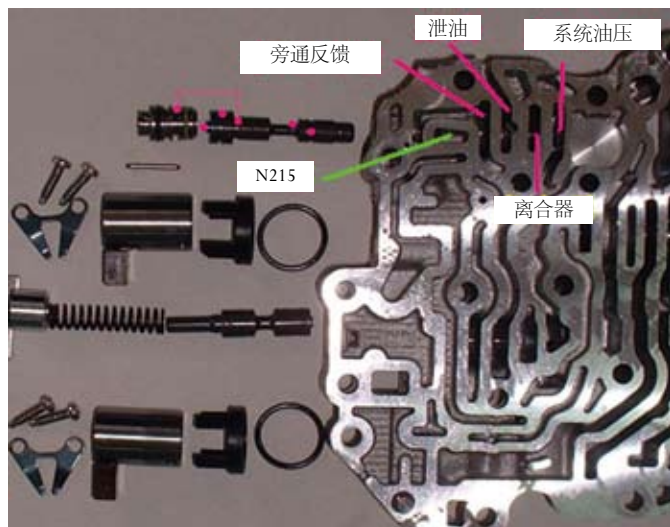


图1 离合器压力调节阀位置

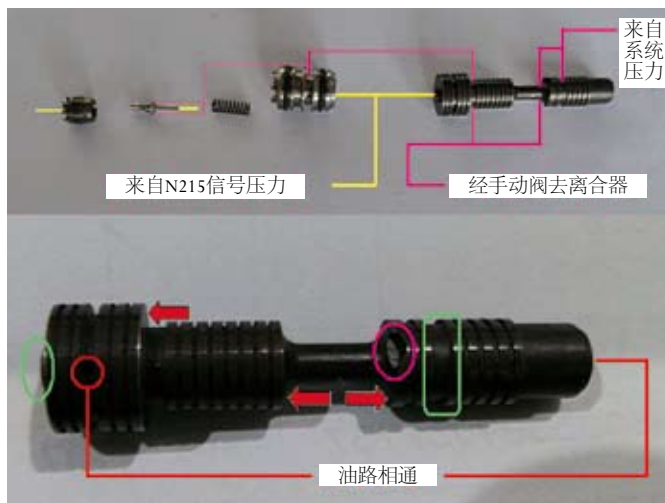


图2 离合器压力调节阀结构

来驱动),也是整个阀体中除手动阀之外唯一一个没有弹簧的阀门。从该阀门结构上看,它属于一个三通两路调节阀,有系统的供油油路、离合器的工作油路即阀门的输出油路(其中在输出油路中还有旁通反馈油路)及离合器的释放油路即泄油油路。在该阀门上加工了多个润滑油槽以减少磨损保证其使用寿命,同时在阀门的外侧还有一个阀,暂时称它为平衡油压稳定协调阀,由阀、针阀、回位弹簧及调整螺丝组成。我们通过这两个阀门的实物图来认识几处关键部位的作用。

KSV阀一共可分四段,左侧是直径尺寸最大的一端,该端面受电脑通过驱动N215电磁阀后产生的信号油压控制,最右侧是直径尺寸最小的一端,这一端本应该使用一个弹簧,中间两段尺寸是一样的。但是在最中间输出油路的右侧端面上设计有两个凹槽(图2中粉色圆圈处),这样的设计是当压强相等而两端端面的面积不等时,作用到两端端面上的力不相等(相当于使用了一个弹簧),因此左侧端面因无凹槽而受到向左侧的力就相对大一些;当N215未驱动该阀门时输出油路与泄油油路相通,离合器不能工作,此时输入油路直接作用在该阀门右侧中段的宽槽处(图2绿色方框标注处),一旦阀门在N215的驱动下向右侧移动,输入油路与输出油路接通而泄油油路被关闭,而在输出油路中又设计了一条旁通油路,该油路又经该阀门左侧(图2红色箭头标注处)去了平衡油压稳定协调阀,在旁通油路中又给该阀门一个向左侧的力,该力与N215电磁阀输出的信号压力相抗衡并使阀门在动作中得到一个精准的位置。该阀门左侧直径最大的一段中间处有一个油孔,它与阀门最右端中心形成一个串通油

路,当阀门达到最右侧时离合器工作油路(阀门的输出油路)借助旁通油路通过该阀孔缓慢泄掉,具体的工作原理我们会通过每一个油路图详细分析。

在离合器控制原理中,奥迪01J无级变速器中的离合器相当于取代了自动变速器的液力变扭器,因此离合器就担负着发动机的动力传递与动力切断两大功能,同时为了体现变速器工作中的安全性、控制舒适性等,在原地挂挡、车辆的起步、制动停车、故障保护模式下等离合器必须实现最精准的控制。为了达到这一目标离合器必须实现闭环控制功能,同时也要实现自身的自适应功能以及安全阀的协助功能等。如图3所示,我们不难看出:电脑通过对参与离合器压力调节的所有信息(来自发动机ECU的发动机转速信息、发动机扭矩信息及加速踏板位置信息,变速器TCM中的油温信息和主动链轮轴的转速信息,同时还有来自ABS控制模块的制动力信息。)计算出离合器的控制压力后再对N215电磁阀发出相应的指令电流,即电脑根据各信息确定出离合器需要规定压力的N215的控制电流,对应的电磁阀控制电流会产生对应的离合器控制压力,这是电磁阀信号油压驱动阀门移动后的结果。而离合器阀门输出的真实压力又被离合器压力传感器G193实时监控,并把所得到真实压力信息如实地反馈给电脑,电脑在不断地对电磁阀的控制电流进行修正,最终使离合器压力调节得到更精准的控制。

电脑根据N215电流与G193真实压力信息的反馈,同时通过离合器自身的滑移量(离合器状态)不断地进行比较和评估,最终实现离合器的闭环控制功能。由于离合器阀门的结构原因和电磁阀供油压力的恒定性,阀门本身就无需使用弹簧来控制其最佳位置了。但是在实际维修中难免会出现阀门的磨损、电磁阀性能的变化、系统油压的变化以及阀门卡滞等现象,电脑在各方面的控制功能中又是如何来应对这些变化?接下来我们从离合器未工作到完全工作,从故障状态到备用程序的激活等进行详细地学习和认识。

当离合器未工作时,电脑理论上并未给N215电磁阀提供控制电流(但实际输出一个很小的控制电流,得到一个最基本的离合器预备油压),由于N215是一个正比例控制的高频率电磁阀,无电流状

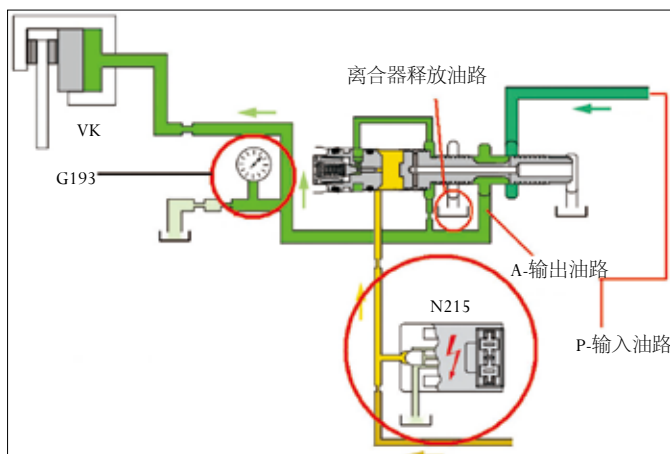


图3 离合器压力的控制原理

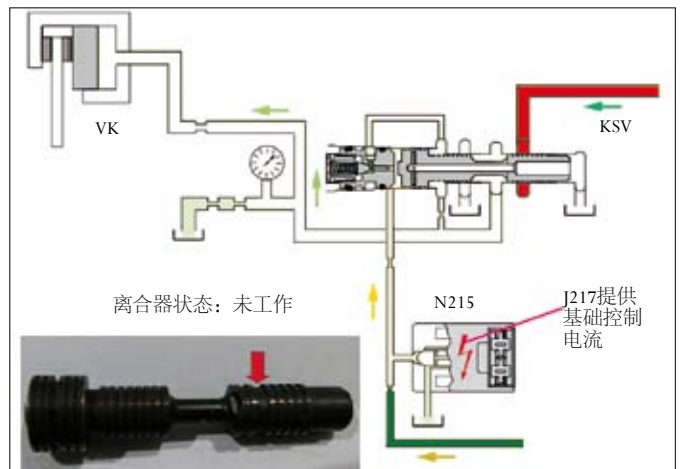


图4 离合器阀门未工作状态

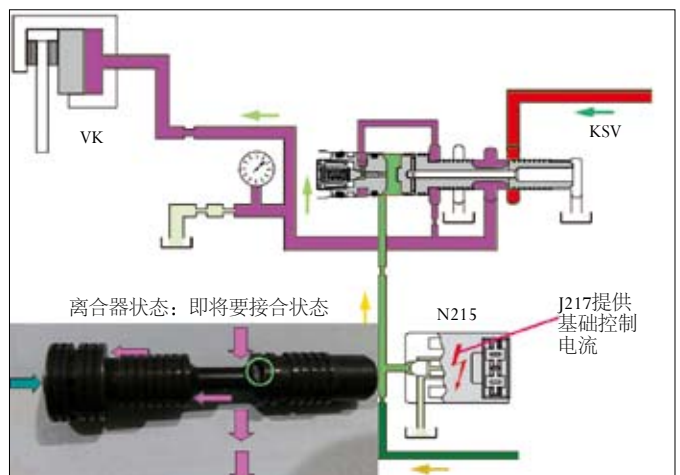


图5 离合器阀门初期工作状态

态下无信号油压输出,因此离合器阀门即保持在上一次离合器工作循环后的原始位置(图4),此时系统油压的输入油路被该阀门关闭,而输出油路与泄油油路接通,G193无压力信息反馈此时离合器处于分离状态发动机动力流被切断(必要时安全阀会协助)。

启动发动机,踩住制动踏板挂入动力挡位(D挡或R挡)后,电脑驱动N215电磁阀实现出一个信号油压,为了使挂挡瞬间自动离合器功能的实现,不让离合器直接形成刚性连接而使发动机熄火,此时电脑在根据制动力信息及其他信息设定出当前的N215电磁阀电流(该电流是变化的),电磁阀输出信号油压后使离合器阀门开始右移(图5),这样离合器阀门的输入油路便与其输出油路接通,此时离合器轻微地接合后立即又断开,并把原来的基础预备油压保持在离合器油路及离合器活塞室内(通过挂挡,感觉明显),这个基础油压正是离合器活塞即将动作的临界点,它会随着制动力的减小而逐渐增大最终形成离合器的起步扭矩。因此在这一阶段离合器阀门移动位置并不大,离合器形成的压力也不高。通过阀门左侧的N215的信号油压与离合器阀门输出的油压相平衡,来决定离合器阀门的确切位置。

起步扭矩控制：随着驻车制动力的逐渐减小及加速踏板位置的变化，电脑对N215电磁阀的控制电流逐步上升，其输出的信号油压也逐步上升，离合器阀门在原有基础位置上又向右移动了一定的位置(图6)，离合器油压随之迅速上升继而接合形成离合器起步扭矩，车辆缓慢移动。此时的起步过程离合器并没有百分之百完全接合，而是通过滑动起步出现的，即离合器存在微量打滑过程，只不过这个过程极其短暂，加速起步后滑转就会消失，从而完成车辆的起步控制。

行驶过程中的离合器控制：一旦车辆行驶起来，离合器很快完成微量打滑过程并实现完全刚性连接，因此离合器阀门在原基础上又进一步移动离合器压力，随之升高离合器便无滑转接合(图7)。但是在变速器换挡区域中离合器需要一个短暂的调节过程(相当于换挡点的离合器调节，这里不再叙述)。此时这个过程是一个加速过程，N215电磁阀电流会随着发动机输出扭矩的变化而变化，而且是一个正比例控制关系。另外，无论是原地挂挡、还是起步过程或加速行驶过程，离合器N215电磁阀的控制电流以及离合器自身的状态反馈，我们均可以通过02-08-006组和007组数据块来看这些信息的变化。

离合器完全接合后的控制：车辆完成起步控制及加速过程后，车辆行驶在中高速时离合器虽无滑转接合(图8)，但是离合器压力也

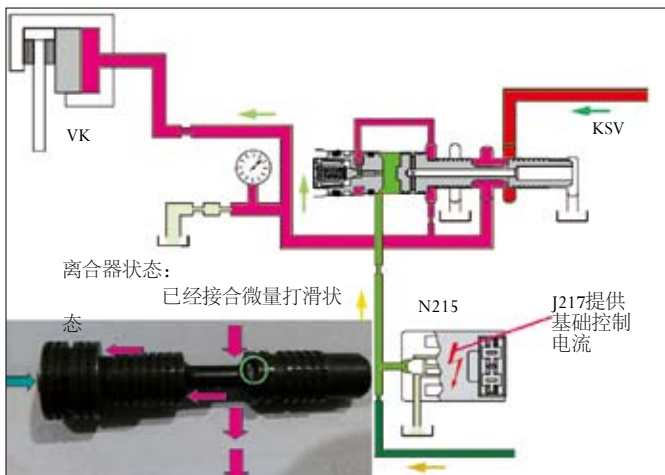


图6 车辆起步时离合器阀门的工作状态

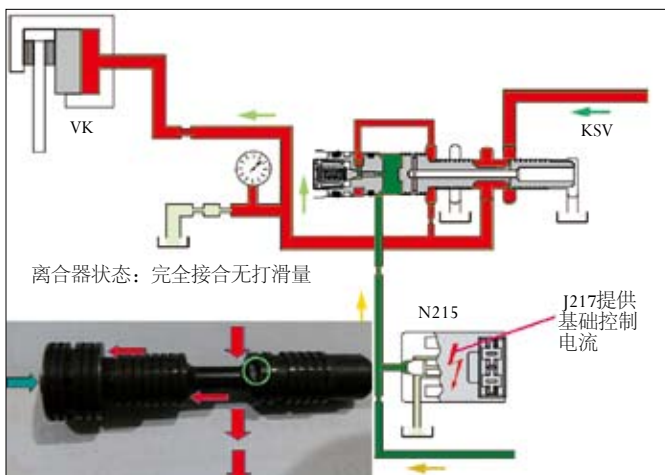


图7 离合器阀门在离合器完全接合时的状态

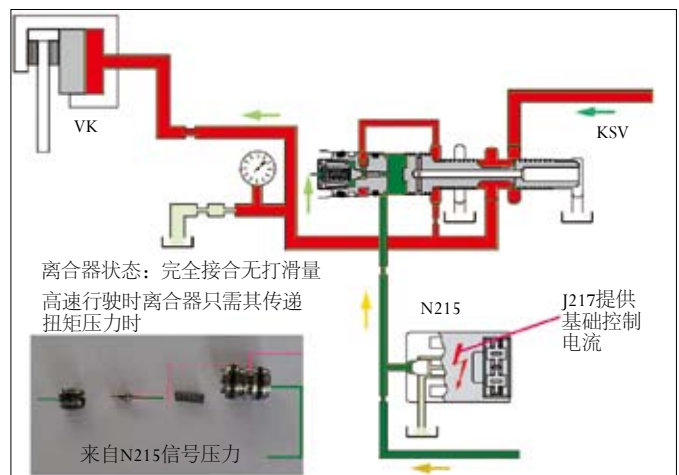


图8 中高速时离合器阀门的工作状态

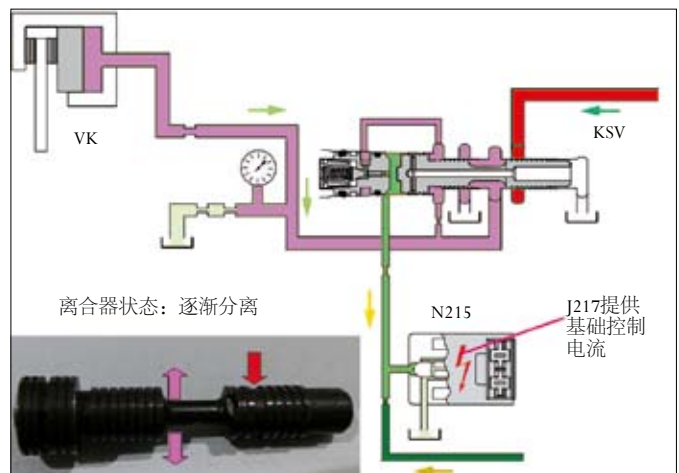


图9 制动停车时离合器阀门的工作状态

会随着加速踏板的动作而产生变化。在这里我们考虑的并不是离合器会不会打滑，而是完全接合后的多余压力的控制，即当离合器不需要过高油压时的控制状态是如何实现的。此时平衡油压稳定协调阀起到了这方面的作用，离合器压力升高后其旁通油路的油压也随之升高，而旁通油路恰恰作用到平衡油压稳定协调阀内的针阀上，同时针阀右侧也有N215电磁阀的控制压力，当旁通油路的压力及电磁阀输出压力达到一定程度时(大于针阀左侧弹簧力)针阀向左移动，此时会把N215电磁阀的一部分控制压力通过针阀泄掉，相当于电脑降低了N215电磁阀的控制电流，从而使离合器阀门保持一定范围内的位置，也相当于使离合器阀门不必产生过高的离合器油压。

制动停车及选挡杆移出动力挡位置控制：当制动停车时离合器又恢复到原地挂挡时的状态，随着制动力的出现车速越来越低，此时N215电磁阀的控制电流也随之降低。离合器阀门在其自身结构控制原理基础上开始往左侧移动，离合器油压随之降低，并最终达到虽不接合但也即将接合状态(图9)，同时N88电磁阀被激活并使安全阀会协助配合(将离合器KSV阀门至HS手动阀间的油路切断)。选挡杆移出动力挡后，电脑并没有彻底切断N215电磁阀的控制电流，而是仍然保持一个基础电流，此时该电流很小，因此电磁阀输出的信

号油压也低, 离合器阀门移动的位置量也不大, 因此离合器并没有接合而是处于完全打滑状态。

故障状态时的监控: 当变速器CVTF润滑油品质较差时, 加上离合器阀门本身没有弹簧的约束, 因此难免在正常工作当中也会出现卡滞现象。如果阀门出现卡滞现象, 大多情况下容易卡滞两个极端位置, 即最左侧或最右侧。我们通过图10和图11来说明这两个位置的监控。

当离合器阀门卡滞在最左侧时, 离合器阀门的输入油路(系统油压)是处于关闭状态的, 同时阀门的输出油路与泄油油路接通。当电脑驱动N215电磁阀时, 却不能通过离合器压力传感器G193得到实际的离合器反馈油压, 电脑通过其闭环控制功能再次加大N215电磁阀的控制电流, 仍不能从G193获得该控制电流下的油压, 同时离合器本身又是一个较大滑转量(严重打滑), 此时电脑便设置出18149-离合器压力匹配达到极限。故障码的设置条件是由电流与油压(N215和G193、G194)来决定上限点和下限点(高电流和低电流)的范围(电脑内部程序)。由于离合器无法接合, 因此无法传递动力, 最终车辆将不能行驶。

当离合器阀门卡滞在最右侧时, 阀门的输入油路直接与其输出油路接通, 而泄油油路则是关闭状态, 此时由于油压高可能会导致挂挡杆移动到动力挡, 离合器瞬间完全接合而使发动机熄火, 有时即便不会立即熄火, 发动机转速也会随之波动较大, 车辆则会连续

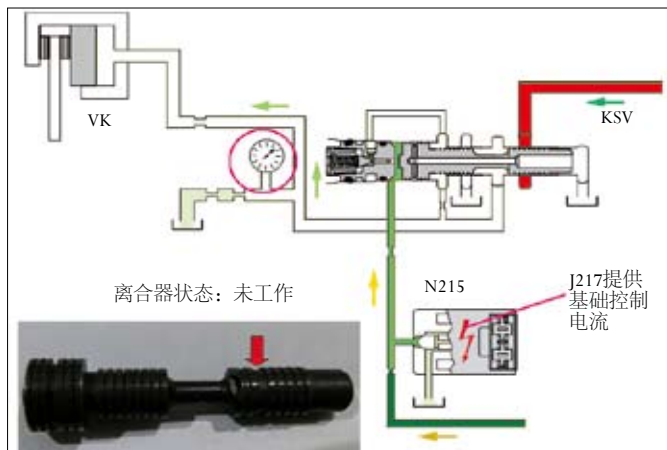


图10 离合器阀门卡滞(最左侧)故障时的状态

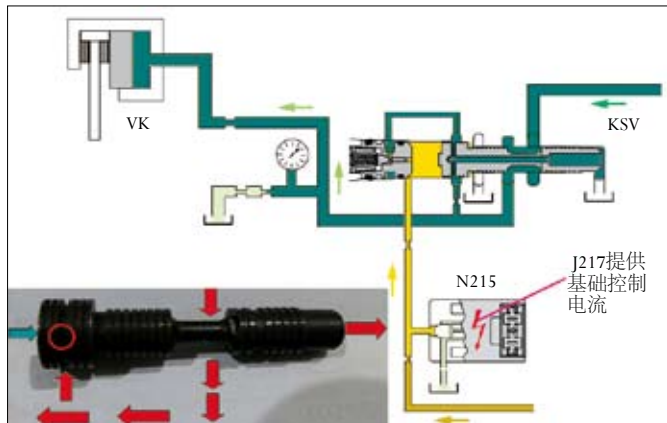


图11 离合器阀门卡滞(最右侧)故障时的状态

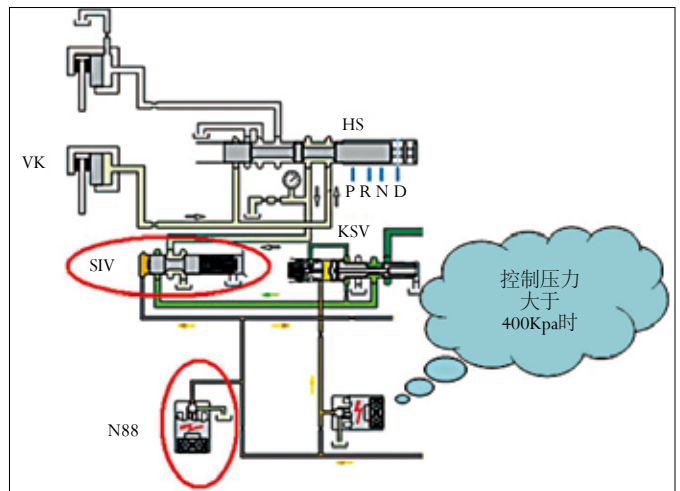


图12 离合器的安全切断功能

出现冲击的现象, 为什么有时候不会导致发动机熄火? 原因是当阀门达到最右侧时, 旁通油路与阀门中心的泄油油路(空心阀)接通, 这种设计是为了安全而尽可能不让发动机熄火。此时电脑为N215提供的控制电流不大, 而G193压力传感器却给电脑提供了一个高压反馈信息, N215电流与G193压力信息明显不匹配, 因此电脑初期也有一个修正过程, 即通过降低N215电磁阀的控制电流, 如果G193的反馈仍是高压, 那么电脑也会设置18149故障码, 有时还有可能设置出G193信号油压过高的故障码, 因此有时挂挡车辆也不能行驶(安全保护功能的作用)。离合器阀门无论是卡滞在最左侧还是最右侧, 其实问题均出现在G193压力传感器的前端, 电脑是通过N215电流与G193真实压力进行比较及离合器实际滑移量的计算, 最终实施离合器阀门位置的监控功能。

安全切断功能控制: 当离合器阀门出现故障后的安全保护, 卡滞也好磨损也罢, 变速器控制模块总是适时对离合器阀门位置进行精确监控的, 先有离合器控制有关的信息, 再有N215电磁阀的控制电流, 然后才有离合器的真实压力(G193), 由于N215电磁阀的输入压力是恒定的(大概约400~500Kpa), 那么电脑就很容易确定N215电磁阀电流与其输出信号油压的比例关系了, 因此电脑通过这种计算, 当计算到N215电磁阀的信号输出压力超过400Kpa时, 离合器就会得到一个更高的系统油压。此时处于安全考虑, 电脑便启动安全切断功能(图12)。电脑在执行这一功能时是通过另外一个电磁阀N88来实现的, 当电脑为N88提供一个控制电流后该电磁阀输出的信号油压迫使安全阀(SIV)动作, 动作后便切断了来自离合器阀门到手动阀间的离合器油压, 此时挂挡杆挂任何动力挡车辆均不能行驶。

小结

一个小小的阀门在结构与控制方面存在这样高深的技术, 如果在实际维修中大家能够了解每一个小部件的设计原理, 那么故障诊断与维修似乎就变得简单了。因此, 学无止境, 要学习的东西还有很多。M