

《汽车发动机电控系统检修》电子教材

项目描述

一辆车由于空气供给系统工作不良导致发动机性能故障,需对空气供给系统各元件及控制电路进行检查,确定故障部位,并维修或更换。

任务 2.5 怠速控制系统的故障诊断与检修

学习目标

1. 能准确讲述怠速控制系统的作用。
2. 能准确讲述怠速控制系统的类型。
3. 结合原理图能准确叙述电子节气门怠速控制执行机构的工作原理。
4. 能准确规范地完成节气门执行器的诊断与检修。

任务描述

一辆 2010 款 1.6 自动挡卡罗拉轿车,发动机指示灯点亮,怠速不稳,无法加速,对故障车进行检测,发现节气门执行器故障,经维修处理后,车辆运行正常。

知识储备

一、怠速控制系统的作用

所谓怠速,是指发动机在无负荷(对外无功率输出)的情况下的稳定运转状态。在汽车使用中,发动机怠速运转的时间约占 30%,怠速转速的高低直接影响燃油消耗和排放污染。怠速转速过高,燃油消耗增加,但怠速转速过低,又会增加排放污染。

电控发动机怠速运转时,加速踏板完全松开,节气门接近关闭,进入气缸的混合气很少,发动机输出功率较小,仅能维持自身在无负载下低速空转。若发动机负载发生变化,如空调等投入工作等则会引起发动机怠速转速变化,导致发动机怠速不稳,甚至熄火。因此,在电控发动机上一般都装有怠速控制系统(ISC)。

怠速控制系统(ISC)是发动机辅助控制系统,其功能是在发动机怠速工况下,根据发动机冷却液温度、空调压缩机是否工作、变速器是否挂入档位等,通过怠速控制阀对发动机的进气量进行控制,使发动机随时以最佳怠速转速运转。

二、怠速控制系统的类型

怠速控制系统按进气量的调节方式分为旁通空气道式和节气门直动式两种。

1. 旁通空气道式

式的系统在怠速时节气门完全关闭。怠速空气通过一条跨接在节气门两端的怠速通道流入气缸。怠速通道中装有一个不同类型的怠速空气控制阀，如图 3-97 左图所示，这种控制方式动态响应好，结构简单且尺寸较小，但逐渐被节气门直动式取代。

2. 节气门直动式

方式的系统没有跨接在节气门两端的怠速通道。怠速时，加速踏板虽然完全松开，但节气门并不完全关闭，而是仍通过它提供怠速空气，如图 3-97 右图所示。

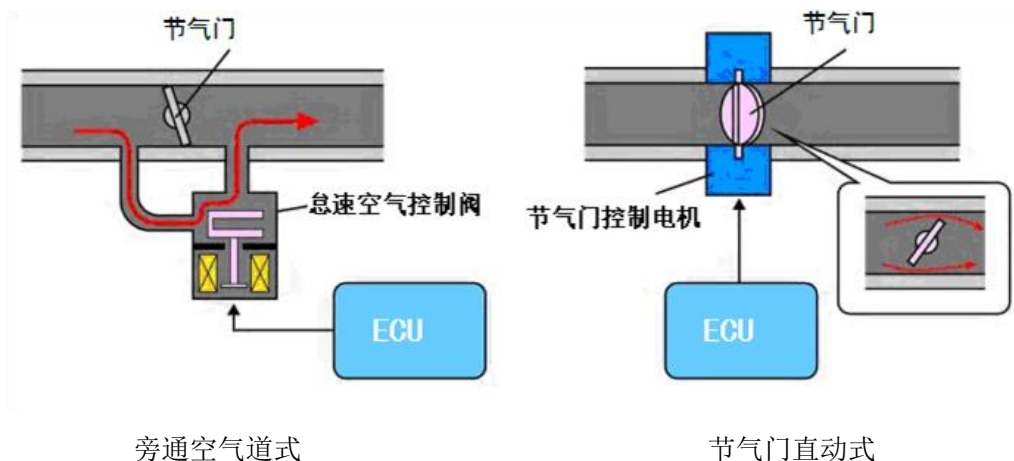


图 3-97 怠速控制系统的类型

三、怠速控制系统的组成

以旁通空气道式怠速控制系统为例，主要由各种传感器、电子控制单元（ECU）、执行器（怠速控制阀）组成，如图 3-98 所示。

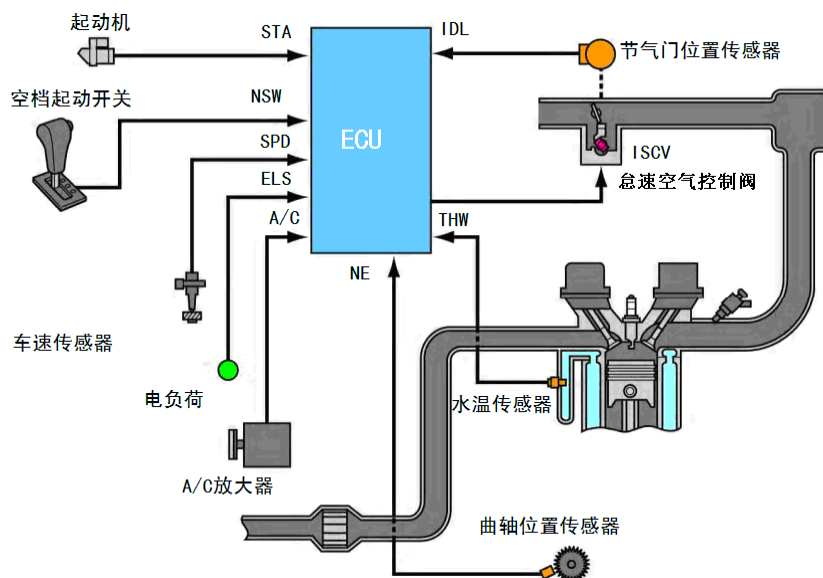


图 3-98 怠速控制系统的组成

传感器的功用是检测发动机的运行工况和负载设备的工作状况，ECU 则根据各种传感器的输入信号确定一个怠速运转的目标转速，并与实际转速进行比较。根据比较结果，控制执

行器工作，以调节进气量，使发动机的怠速转速达到所确定的目标转速。

目标怠速是根据诸多因素决定的，主要的影响因素有如下六项。

(1) 冷却液温度 当发动机冷却液温度较低时，系统给出较高的目标怠速 1200r/min 以加速暖车，而采用机械风扇的发动机，当发动机冷却液温度过高时，系统也会施以较高的怠速 1300r/min，目的是增加冷却水箱的进风量。

(2) 外加负载 空调发生变化时，系统将提高怠速 150r/min。

(3) 近光灯开启 为补偿其电力消耗，目标怠速将提升 50r/min。

(4) 系统电压补偿 当系统电压低于 12V 时，系统会自动提升目标怠速 50r/min。

(5) 车速补偿 车辆在行驶时，目标怠速较停车时会提高 50r/min。

(6) 减速调节 减速及停车时，逐步递减至停车状态目标怠速。

四、怠速工况的识别

在怠速控制系统中，就怠速控制而言，怠速状态识别非常重要，只有 ECU 确认到怠速工况时，ECU 才进行怠速控制。当前汽车有三种怠速状态的识别信号：一是怠速触电信号；二是节气门位置软开关信号；三是加速踏板位置信号。

1. 怠速触电信号

在丰田车系四线插头节气门位置传感器中，其中有一线为 IDL。怠速时，节气门全关，IDL 信号为 0V（触电闭合搭铁）；节气门打开，IDL 信号为 12V 或 5V（触电打开）。大众车系为怠速开关 F60 闭合为怠速，断开为非怠速。

2. 节气门位置软开关信号

三线插头的节气门位置传感器取消怠速触点，怠速工况信号直接由节气门开度信号代替，进口车一般小于 0.6V，国产车一般小于 0.8V。节气门开度信号只要小于上述值，发动机控制单元便认为是怠速工况，并控制怠速控制阀工作；大于规定范围，便认为加速工况，不做怠速控制。

3. 对于加速踏板信号

对于电子节气门车辆用加速踏板位置信号识别怠速。只要司机不踩加速踏板，ECU 就默认为怠速状态。

五、旁通空气道式怠速控制阀的分类

旁通空气道式怠速控制阀的种类很多，一般按结构分为石蜡式、双金属片式、开关电磁阀式、占空比控制式、旋转滑阀式和步进电机式。这些执行器的结构不同，功能和控制方式也不同。

1. 石蜡式怠速控制阀

石蜡式怠速控制根据发动机的冷却液温度，由阀门改变空气旁通气道流通截面积的大小，从而控制补充空气量的多少。驱动阀门所需的力来自感温器中的石蜡的热胀冷缩，而石蜡的热胀冷缩由感温器周围冷却液的温度决定。

石蜡式怠速控制阀主要由石蜡感温器、阀门、内外弹簧、冷却液通道、空气通道等组成。感温器浸于冷却液中，感温器内充满石蜡，石蜡体积随水温的升降而膨胀和收缩。为了简化结构，大多数感温器采用与节气门作成一体的形式共用同一冷却液路，实物图如图 3-99 所示。

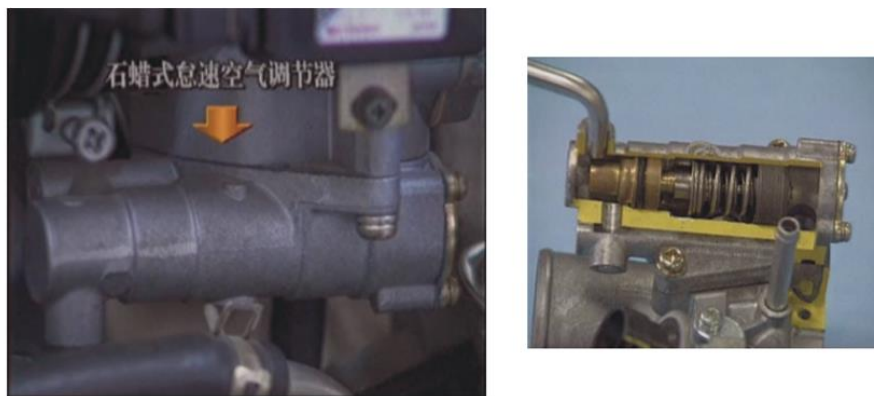


图 3-99 石蜡式怠速控制阀

当发动机冷却液温度较低的时候，感温器内的石蜡凝固、体积收缩，阀门打开，内弹簧被压缩，当内外弹簧的力相平衡时，阀门稳定在某一开度。当冷却液温度逐渐升高时，感温器内的石蜡熔化、体积膨胀，膨胀产生的推力外弹簧的弹力，阀门向右边逐渐关闭，空气量也逐渐减小，发动机由快怠速逐渐降低到正常怠速；当冷却液温度大于 80°C 时，怠速控制阀完全关闭。

2. 双金属片式怠速控制阀

双金属片式怠速控制阀是在发动机低温启动时及过后的暖机过程中，对进气量进行补充的另一种快怠速机构，如图 3-100 示，与石蜡式怠速控制阀功能相同。石蜡式怠速控制阀和双金属片式怠速控制阀在现代的车辆上已不经常使用。

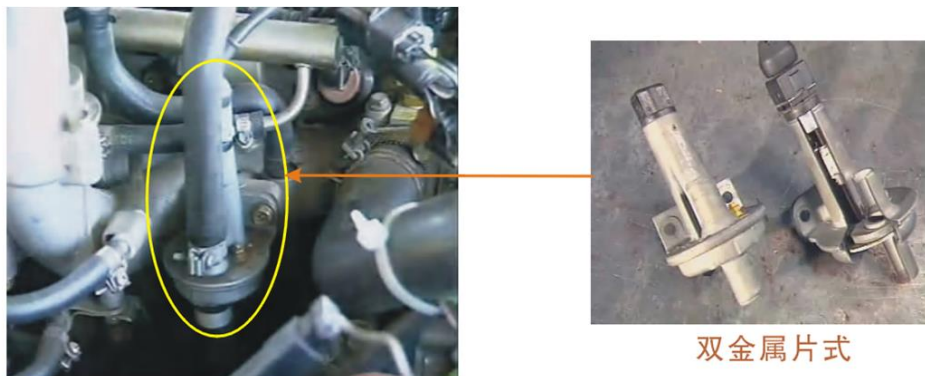


图 3-100 双金属片式怠速控制阀

3. 开关电磁阀式怠速控制阀

电磁线圈只有通电和断开两种状态，怠速控制阀也只有开、关两种状态，如图 3-101 所示，怠速控制阀打开时发动机的怠速只能提高 100r/min。

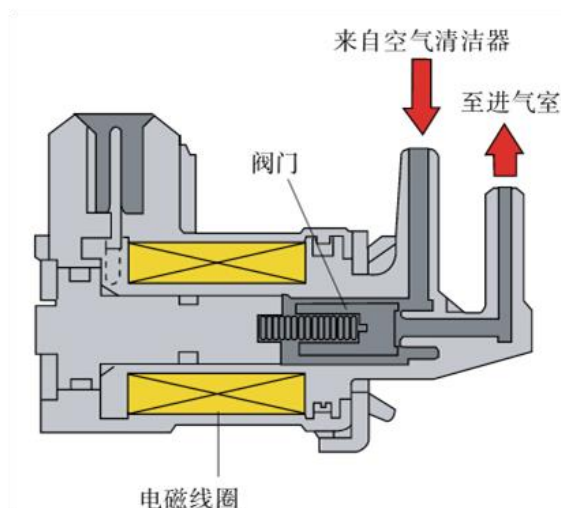


图 3-101 开关电磁式怠速控制阀

4. 占空比控制式怠速控制阀

占空比控制式怠速控制阀由电磁线圈、阀轴和阀等组成。当 ECU 加大 PWM 信号的脉宽(占空比)时，电磁力加大，阀轴上移而阀门开度加大，从而导致旁通空气量的加大与怠速的提高；当 PWM 信号脉宽减少时，旁通空气量减少而怠速下降。占空比控制式怠速控制阀结构如图 3-102 所示，图中波纹管的作用是消除阀门上下两侧压差对开启位置的影响，便于 ECU 计算决定 PWM 信号，同时也减小了阀上的作用力。

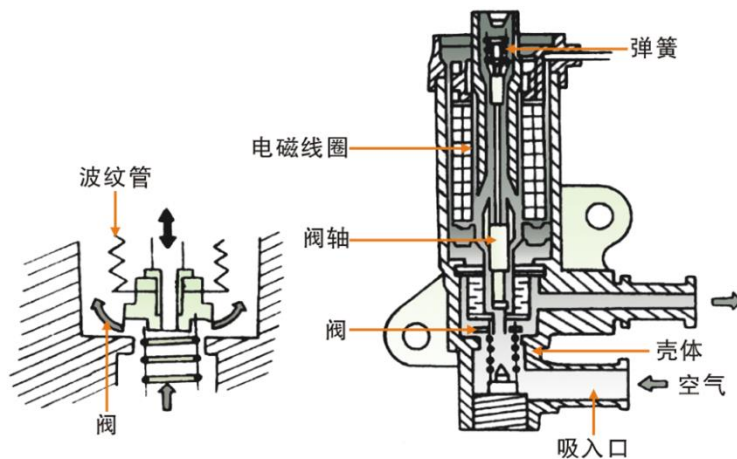


图 3-102 占空比控制式怠速控制阀

5. 旋转滑阀式怠速控制阀

旋转滑阀式怠速控制阀和占空比控制式怠速控制阀一样，均为目前电控发动机上应用较多、功能较全面的一种怠速控制执行器，但其结构与工作原理则与之有明显区别。

旋转滑阀式怠速控制阀实物图如图 3-103 所示，主要由产生永久磁铁、与电枢轴一起转动控制旁通进气量的旋转滑阀、用于发动机关闭后使滑阀完全打开的复位弹簧以及电枢等组成。旋转滑阀式怠速控制阀的电枢有单绕组式和双绕组式两种。其中，单绕组式为新型，双绕组式为旧型。



图 3-103 旋转滑阀式怠速控制阀实物图

(1) 单绕组式怠速控制阀 单绕组式怠速控制阀结构比较简单，事实上就是单向直流电动机（接头是两根线，容易和电磁阀弄混），电枢只能做单向驱动，电枢的前端安装有控制阀门，ECU 采用占空比的方式控制电枢线圈的平均电流来控制电磁力的大小，当电磁力与复位弹簧力平衡时，滑阀位置就确定了。单绕组式怠速控制阀断电后由复位弹簧把滑阀拉到全开位置。

丰田新型单绕组式怠速控制阀与本田一样采用 3 根线控制式，主要由电磁线圈、IC（集成电路）、永久磁铁和转阀等组成，如图 3-104 所示。其中转阀的一端通空气滤清器，另一端通节气门后方。阀门的开度由 IC（集成电路）通过控制电磁线圈电流的方向改变转阀的转角，即可以改变空气通道的大小。

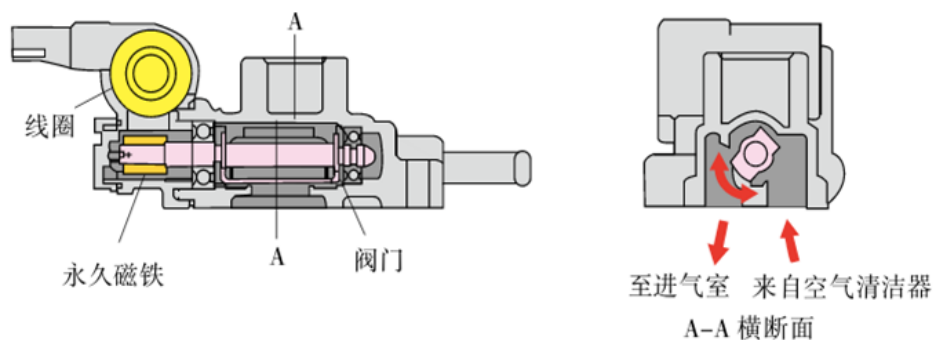


图 3-104 单绕组式怠速控制阀

单绕组式怠速控制阀结构原理图如图 3-105 所示。当发动机工作时，ECU 向 IC（集成电路）发送一定频率的方波信号，再由 IC 控制电磁线圈的工作电流方向，ECU 只要改变方波信号的占空比，即可改变转阀的开度。

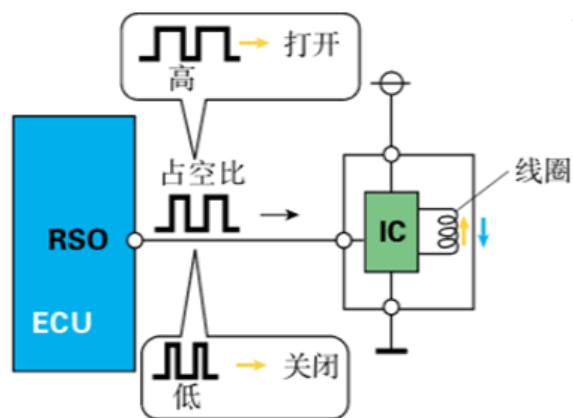


图 3-105 单绕组式怠速控制阀原理图

(2) 双绕组式怠速控制阀 双绕组式怠速控制阀主要由两个电磁线圈、永久磁铁、双金属片和转阀等组成，如图 3-106 所示。

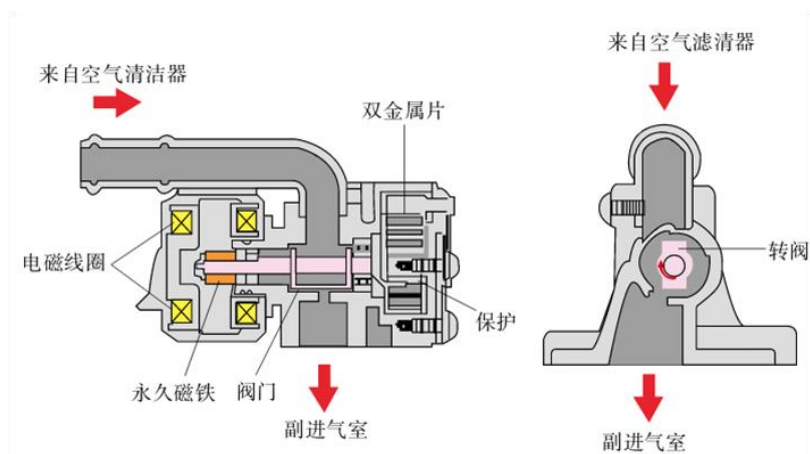


图 3-106 双绕组式怠速控制阀

双绕组式怠速控制阀工作原理图如图 3-107 所示，阀门安装在阀轴的中部，阀轴的一端安装有圆柱形永久磁铁，阀轴的另一端装有双金属片。永久磁铁对应的圆周位置上安装有两个绕向相反的电磁线圈（线圈 A、B），通电后两个线圈所产生的磁场同极相对，共同对转轴上的永久磁铁产生作用力，因此电枢可以做双向驱动。线圈 A 的磁场使转阀开度增大，线圈 B 的磁场使转阀开度减小。当两个磁场强度相同时，转阀处于中间位置。

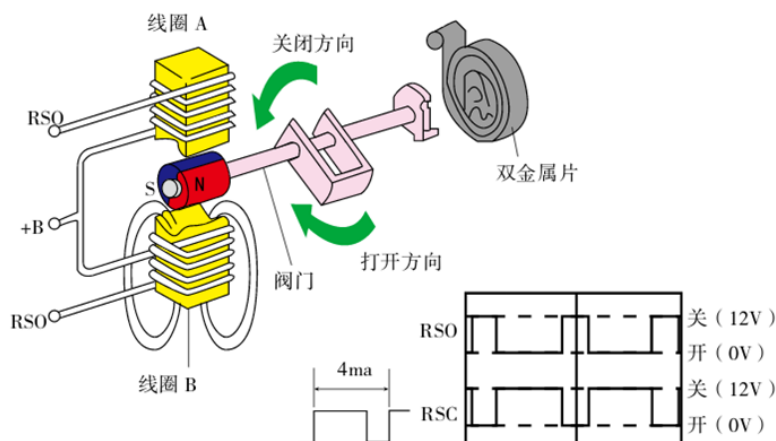


图 3-107 双绕组式怠速控制阀工作原理图

6. 步进电机式怠速控制阀

步进电机式怠速控制阀是目前应用最多的一种怠速控制装置，如图 3-108 所示，发动机怠速运转时，ECU 根据各种传感器信号控制步进电机顺时针或逆时针方向转动转子，使控制阀移进或移出，增加或减小控制阀与阀座之间的间隙，以调节允许通过的空气量。



图 3-108 步进电机式怠速控制阀

步进电机按插头线数不同分为四线式步进电机和六线式步进电机，四线式步进电机由两组线圈组成，六线式步进电机由四组线圈组成，通过控制各线圈的顺序，来完成步进电机的旋转。通用公司使用的步进电机一般为四线式，丰田公司使用的步进电机一般为六线式的。

(1) 六线式步进电机 步进电机式怠速控制阀主要由永久磁铁构成的转子、线圈构成的定子和将旋转运动变成直线运动的进给丝杠和阀等部分组成，如图 3-109 所示。发动机 ECU 对步进电机进行直接控制，使转子既可顺时针也可逆时针旋转，从而使阀芯轴向移动，改变阀与阀座之间的间隙以达到调节旁通空气道的空气量。

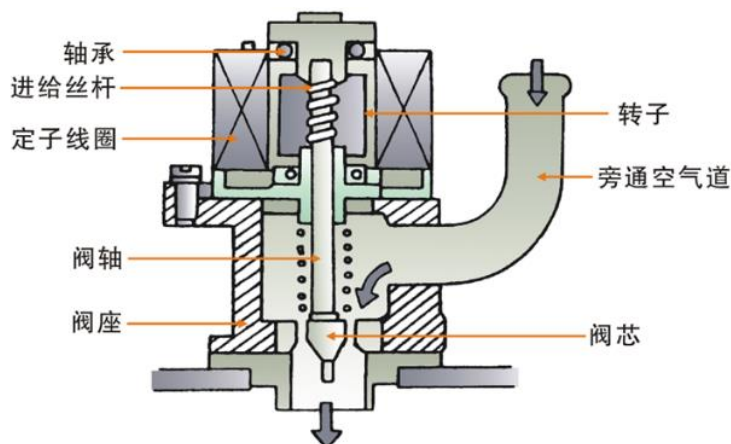


图 3-109 步进电机式怠速控制阀

步进电机控制电路如图 3-110 所示，EFI 主继电器触点闭合后，蓄电池电源经主继电器到达步进电机的 B1 和 B2 端子、ECU 的+B 和+B1 端子，B1 端子向步进电机的 C1-C3 相两个线圈供电，B2 端子向 C2-C4 相两个线圈供电。4 个线圈的分别通过端子 S1、S2、S3 和 S4 与 ECU 端子 ISC1、ISC2、ISC3 和 ISC4 相连，ECU 控制各线圈的搭铁回路，以控制怠速控制阀的工作。当 ECU 控制使步进电机的电磁线圈 C1、C2、C3、C4 按 1—2—3—4 顺序通过晶体管依次搭铁时，定子磁场顺时针转动，由于与转子磁场间的相互作用(同性相斥，异性相吸)，吸拉转子转动。同理，如果按 C4、C3、C2、C1 的顺序依次搭铁，步进电动机的线圈按相反

的顺序通电，转子则随定子磁场同步反转。一台实际的步进电机将利用四组电磁线圈，使转子永久磁铁旋转一圈具有 32 步，如图 3-111 所示。

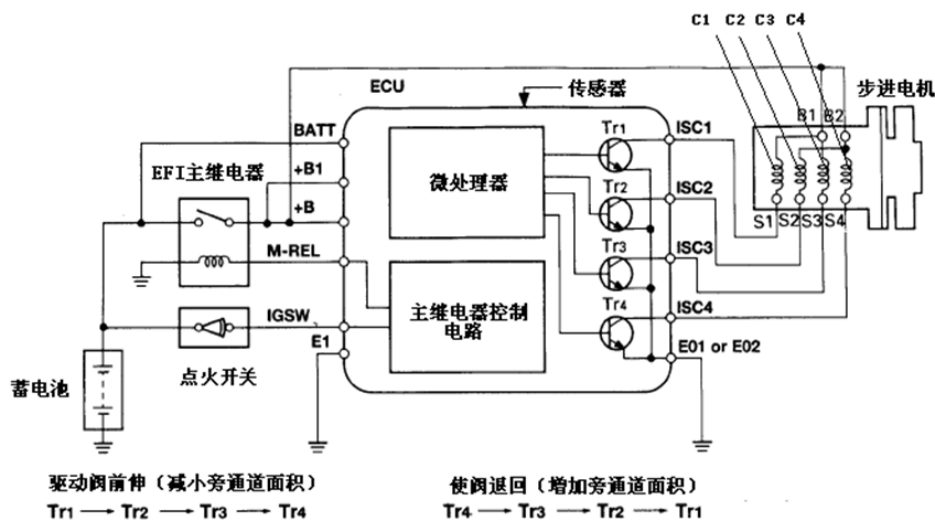


图 3-110 步进电动机控制电路图

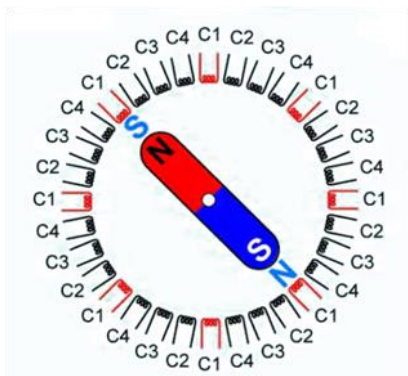


图 3-111 步进电机定子与转子相互作用原理

(2) 四线式步进电机 四线式步进电机的结构与六线式步进电机基本相同，主要有控制阀门、壳体、后轴承、密封圈、丝杠机构、线束连接器、钉子、转子和爪极等组成。

四线式步进电机工作原理如图 3-112 所示，当电流从 B1 流向 B 时（脉冲信号），使 N 极在右，S 极在左。由于同性相斥异性相吸的原理，使永久磁铁转子的 N 极在左，S 极在右；当从 B1 流向 B 的电流消失后，电流再从 A 流向 A1，使 N 极在上方，S 极在下方，永久磁铁转子将沿逆时针方向旋转 90°（使 S 极在上，N 极在下）。当以 A 流向 A1 的电流消失后，再从 B 流向 B1，N 极在左，S 极在右，使永磁转子沿逆时针方向再旋转 90°（S 极在左，N 极在右）；当从 B 流向 B1 的电流消失后，再从 A1 流向 A，N 极在下，S 极在上，使永磁转子继续沿逆时针旋转 90°（S 极在下，N 极在上）。由此可见，怠速步进电机是由 ECU 通过控制

两个单独线圈的电流方向和通电顺序来控制螺杆的旋转方向和旋转量（转动角度），最终确定了阀心和阀座所形成的旁通空气道的流通截面积，以达到精确控制怠速转速之目的。

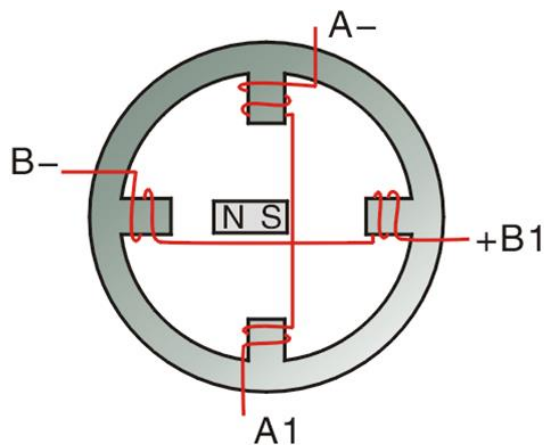


图 3-112 四线式步进电机原理图

六、节气门直动式怠速控制系统

节气门直动式怠速控制系统取消了旁通通道，而是通过控制节气门的开启角度，调节空气通路的截面来控制充气量，实现对怠速的控制，如图 3-113 所示。

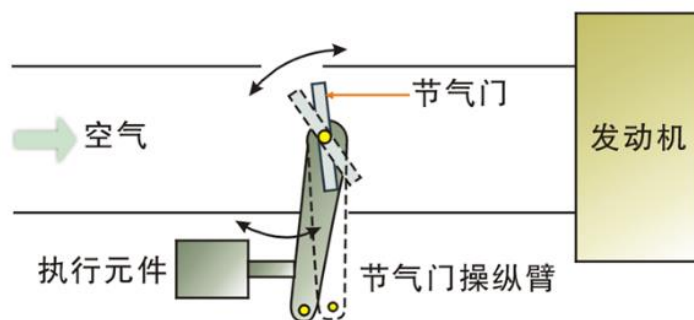


图 3-113 节气门直动式怠速控制系统

节气门直动式又分为两种类型：带节气门拉索的节气门直动式怠速控制机构，“怠速电机”仅控制怠速的空气流量，也称为半电子节气门；“节气门全程电机”控制所有工况的空气流量，也称为电子节气门。

1. 半电子节气门怠速控制执行机构

怠速控制装置是通过节气门体控制部件中的怠速稳定控制器，直接控制节气门的开启来实现怠速稳定控制的。它没有怠速空气旁通道。怠速稳定控制器是由一个直流电机通过齿轮传动控制节气门开启。

半电子节气门控制部件的节流阀体是一个电动机系统组件，如图 3-114 所示。它由怠速直流电机、怠速节气门电位计、节气门电位计、怠速开关、应急弹簧和卷簧等组成。其中应

怠速弹簧是阻止怠速直流感电机小节气门，卷簧是阻止拉索开大节气门。

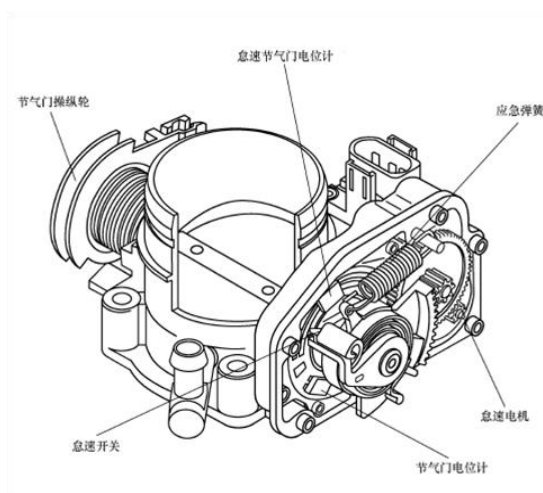


图 3-114 半电子节气门控制部件的节流阀体

2. 电子节气门怠速控制执行机构

如图 3-115 所示为电子节气门，电子节气门和半电子节气门的区别是识别怠速的方法不同、电机的控制范围也不同。电子节气门通过“加速踏板位置传感器”怠速软开关识别怠速，并不是“节气门位置传感器”上的物理怠速开关或节气门位置传感器信号用软开关识别怠速。

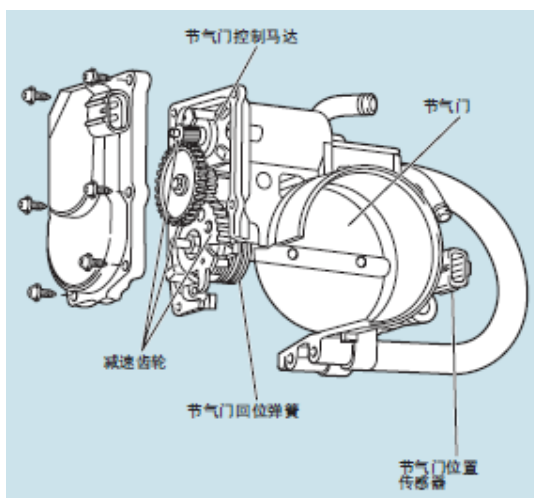


图 3-115 电子节气门

电子节气门的电机控制范围决定于加速踏板位置的怠速软开关，即司机不踩加速踏板时，电机控制节气门在应急开度（即电子节气门生效后，维持发动机运转的开度）以下控制怠速；当踩下加速踏板时，电机控制节气门在应急开度以上工作。如图 3-116 所示，怠速时，发动机控制单元通过加速踏板位置传感器的电压信号可以识别出加速踏板没有被踏下，此时应执行怠速控制过程。发动机控制单元激活节气门控制器，并通过伺服电机控制节气门的位置。节气门依据实际怠速转速与理论怠速转速偏差的大小适当打开或关闭某一角度。节气门驱动器的两个角度传感器将节气门的当前位置信号传送给发动机控制单元，对节气门位置进

行反馈控制。

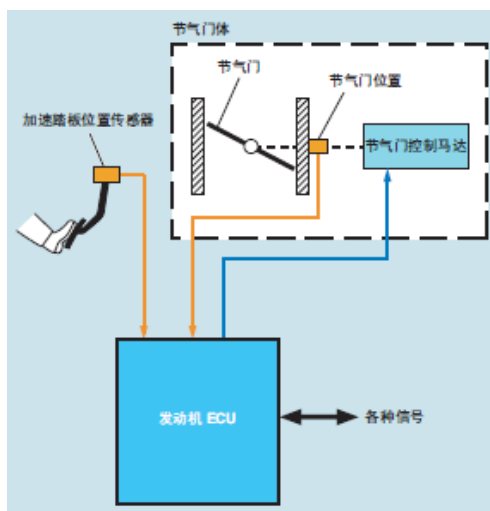


图 3-116 电子节气门控制

任务实施

解析 卡罗拉轿车节气门执行器电路图解读

以一汽丰田 2010 款卡罗拉发动机采用的节气门执行器的检测为例，加以说明，图 3-117 为节气门执行器系统电路图。

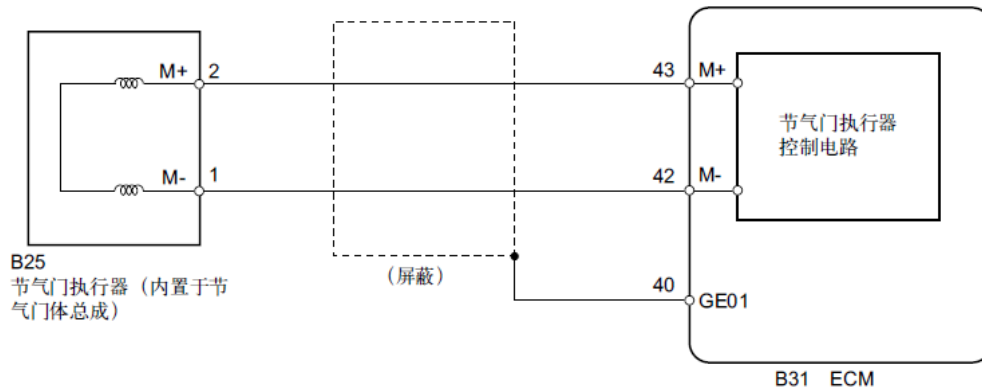


图 3-117 节气门执行器系统电路图

ECM 操作节气门执行器，节气门执行器通过电动机和齿轮来打开和关闭节气门。

安装在节气门体总成上的节气门位置传感器，用来检测节气门开度。节气门位置传感器将反馈信息传送到 ECM。通过这些反馈信息，ECM 可以在响应驾驶员输入时正确地控制节气门执行器和监视节气门开度。

1 号线：节气门电动机（+） 2 号线：节气门电动机（-）

卡罗拉轿车节气门执行器维修过程

- 1) 读取静态故障码、冻结帧和数据流。
- 2) 检查节气门执行器的安装状态。
- 3) 确认故障症状。起动发动机前，确认车辆周围环境是否安全。起动发动机时，观察起动状况，确认故障症状并记录症状现象。
- 4) 动态下再次读取故障码、冻结帧和数据流。
- 5) 检查节气门执行器电阻，关闭点火开关，断开节气门体总成连接器，根据下表 3-16 测量电阻，没有线束连接的节气门执行器如图 3-118 所示，测量结果异常，更换节气门体总成。

表 3-16 标准电阻

检测仪连接	条件	规定状态
2 (M+)—1 (M+)	20°C (68° F)	0.3 至 100 Ω

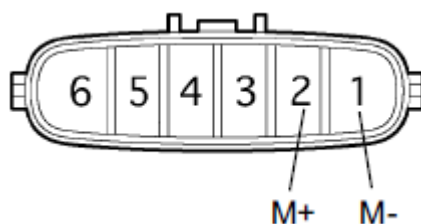


图 3-118 没有线束连接的节气门执行器

- 6) 检查线束和连接器（节气门执行器—ECM）。断开蓄电池负极接线柱，断开 ECM 连接器，根据下表 3-17、表 3-18 测量电阻。线束连接器前视图（至节气门体总成）如图 3-119 所示，线束连接器前视图（至 ECM）如图 3-120 所示。测量结果异常，维修或更换线束或连接器（节气门执行器—ECM）。

表 3-17 标准电阻（断路检查）

检测仪连接	条件	规定状态
B25-2 (M+)—B31-43 (M+)	始终	小于 1 Ω
B25-1 (M-)—B31-42 (M-)	始终	小于 1 Ω

表 3-18 标准电阻（短路检查）

检测仪连接	条件	规定状态
B25-2 (M+) 或 B31-43 (M+)—车身塔铁	始终	10K Ω 或更大
B25-1 (M-) 或 B31-42 (M-)—车身塔铁	始终	10K Ω 或更大

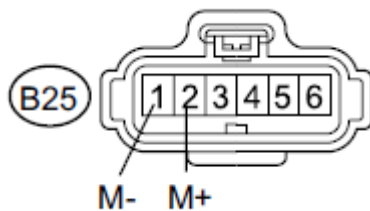


图 3-119 线束连接器前视图（至节气门体总成）

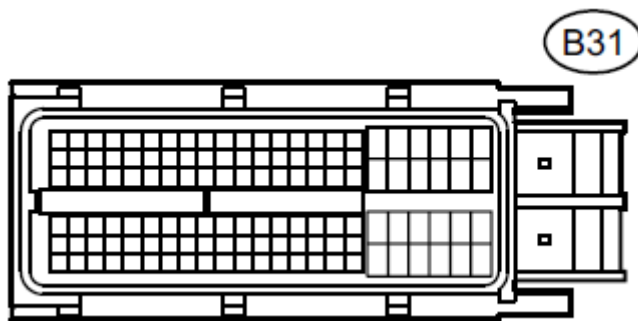


图 3-120 线束连接器前视图（至 ECM）

- 7) 以上测量都正常，更换 ECM。
- 8) 修复后再次检查故障码和数据流。

任务评价

表 3-19 任务评价表

任务名称	节气门执行器的故障诊断与检修	姓名		日期	
序号	评价内容	要求	分值	自评	互评
1	讲述怠速控制系统的作用	表达清楚准确	20		
2	讲述怠速控制系统的类型	表达清楚准确	20		
3	结合原理图叙述电子节气门怠速控制执行机构的工作原理	原理图解析要清楚，思路要清晰	20		
4	操作完成节气门执行器的诊断与检修	思路清晰，操作规范	20		
5	操作过程 5S	工具摆放，场地整理按 5S 要求	20		
6	总分				

教师评语	
------	--

课后测评

一、填空题

1. 怠速控制系统按进气量的调节方式分为_____和_____两种。
2. 以旁通气道式怠速控制系统为例, 主要由_____、_____、_____
_____组成。
3. 当前汽车有三种怠速状态的识别信号: 一是_____ ; 二是_____
__ ; 三是_____。
4. 旁通气道式怠速控制阀的种类很多, 一般按结构分为石蜡式、双金属片式、开关电
磁阀式、_____、_____和_____。
5. 旋转滑阀式怠速控制阀的电枢有_____式和_____式两种。其中, _____式
_____式。_____式为新型, _____式为旧型。
6. 步进电机按插头线数不同分为_____式步进电机和_____式步进电机, _____
式步进电机由两组线圈组成, _____式步进电机由四组线圈组成。
7. 节气门直动式又分为两种类型: _____和_____。

二、简答题

1. 怠速控制系统的作用?

2. 简述电子节气门怠速控制执行机构的工作原理?