

学习情境1

电控发动机零部件故障检修

学习单元 1.1 电控发动机认知



【学习目标】

1. 能通过与客户交流、查阅相关维修技术资料等方式获取车辆信息。
2. 掌握电控发动机的组成及各部分功能。
3. 掌握电控发动机上传感器、执行器、ECU 的作用。
4. 能在电控发动机机体上找出相应的传感器、执行器。



情境描述

故障现象：一辆 3.0 升稳达 Windstar 轿车，里程 19 000km。客户反映，行车减速时发动机失速，发动机转速达 2 000r/min。

故障诊断：经试车验证，该车减速时节气门全闭，转速可达 2 000r/min。发动机警告灯不亮，也没有历史故障记录。检查怠速控制电磁阀 ISC、节气门位置传感器 TPS、发动机冷却液温度传感器 ECT、发动机负荷 LOAD。在减速时节气门全闭的情况下，怠速控制电磁阀 ISC 达到 50% 以上，节气门位置传感器 TPS 电压值为 1.5V，发动机转速 PRM 为 2 000r/min，其余正常。初步判断故障原因主要是经过 TPS 的空气略大，故障出现在 IAC。经检查此故障为 ISC 阀卡滞，在减速时不能关小怠速旁通道引起的。若更换 ISC 阀，可排除故障。

根据上述案例,请思考下列问题。

- (1) 电控发动机电子控制系统由哪些部分组成?
- (2) ISC、TPS、ECT 有什么功能?

1.1.1 电控发动机的组成及工作原理

1. 发动机电子控制系统组成

发动机电子控制系统的基本组成包括信号输入装置、电子控制单元(ECU)和执行元件三大部分,如图 1-1 所示。



图 1-1 电子控制系统的基本组成

电子控制系统中的信号输入装置是各种传感器。传感器安装在发动机的各个部位。检测发动机工况的传感器有水温传感器、进气温度传感器、曲轴位置传感器、节气门位置传感器、车速传感器、氧传感器、爆震传感器等。

电子控制器又称电控单元(ECU),是发动机控制系统的核心部件。ECU 的存储器中存放了发动机各种工况的最佳喷油持续时间,在接收了各种传感器和控制开关输入的信号后,经过计算确定满足发动机运转状态的燃油喷射量和喷油时间。ECU 还可对多种信息进行处理,实现 EFI(Electronic Fuel Injection)系统以外其他方面的控制,如点火控制、怠速控制、废气再循环控制、车轮防抱死控制等。

执行元件是控制系统的执行机构,在接收 ECU 输出的各种控制指令后完成具体的控制动作,从而使发动机处于最佳的工作状态,如喷油脉宽控制、点火提前角控制等。

2. 电子控制系统的主要功能

发动机电子控制系统的主要功能是控制燃油喷射式发动机的空燃比和点火时刻。除此之外,还有控制发动机启动、怠速转速、极限转速、排气再循环、闭缸工作、二次空气喷射、进气增压、爆震、发电机输出电压、电动燃油泵系统和自诊断等辅助功能。

(1) 传感器

传感器是一种信号转换装置,其功用是检测发动机运行状态的各种电量参数、物理量和化学量等,并将这些参量转换成计算机能够识别的电量信号输入电控单元(ECU)。发动机电子控制系统常用的传感器与开关信号有以下几种。

① 空气流量传感器 AFS(Air Flow Sensor)或进气歧管绝对压力传感器 MAPS(Manifold Absolute Pressure Sensor)。其功用是检测进入发动机的进气量信号,空气流量传感器可以直接检测进气量信号,歧管压力传感器只能间接检测进气量信号。

② 曲轴位置传感器 CPS(Crankshaft Position Sensor)和凸轮轴位置传感器 CIS(Cylinder Identification Sensor)。曲轴位置传感器的功用是检测发动机曲轴转角和转速信号,凸轮轴位置传感器的功用是检测活塞上止点位置信号,故又称为汽缸识别传感器。在相当多的汽车上,曲轴位置传感器与凸轮轴位置传感器是制作成一体的,统称为曲轴位置传感器。

③ 节气门位置传感器 TPS(Throttle Position Sensor)。其功用是检测节气门的开度和加、减速信号,如节气门全开、全闭和部分开启等。通过 ECU 对节气门开度信号进行处理,即可得到加、减速信号。

④ 爆震传感器 DS(Detonation Sensor)。其功用是检测发动机有无爆震信号。

⑤ 冷却液温度(水温)传感器 CTS(Coolant Temperature Sensor)。其功用是检测发动机冷却水温信号,简称水温传感器。

⑥ 进气温度传感器 IATS(Intake Air Temperature Sensor)。其功用是检测供给发动机的空气温度信号。

⑦ 氧传感器(Oxygen Sensor)。其功用是通过检测废气中氧离子的含量检测空燃比信号。

⑧ 车速传感器 VSS(Vehicle Speed Sensor)。其功用是检测汽车行驶速度信号。

⑨ 空挡安全开关信号 NSW(Neutral Start Switch)。其功用是检测自动变速器的挡位选择开关是否处于空挡位置。

⑩ 点火开关信号(Ignition Switch)。当点火开关接通“ON(点火)”或“ST(启动)”挡位时,向电控单元 ECU 输入相应的信号。

⑪ 空调 A/C(Air Conditioning)选择与请求信号。当空调接通时,向电控单元提供信号。

⑫ 蓄电池电压信号(U_{BAT})。向电控单元提供电压信号。

(2) 电控单元(ECU)

电子控制器又称电控单元(ECU),是发动机控制系统的核心部件,其功用是根据各种传感器和控制开关输入的信号,对喷油量、喷油时刻和点火时刻等进行实时控制。发动机工作时,节气门位置传感器(TPS)检测节气门开度,空气流量传感器(AFS)检测进入汽缸的空气量,曲轴位置传感器(CPS)检测发动机的转速,这 3 个信号作为确定汽油喷射量的主要信息输入电控单元,由 ECU 计算基本喷油量。与此同时,ECU 还根据水温传感器、进气温度传感器和氧传感器等输入信息计算辅助喷油量,对基本喷油量进行必要的修正,最终确定实际喷油量。当实际喷油量确定后,ECU 再根据曲轴位置传感器输入的曲轴转速与转角信号、凸轮轴位置传感器输入的第一缸活塞上止点位置信号,确定最佳喷油时刻和最佳点火时刻,并向各执行器发出指令信号,控制喷油器、点火线圈等动作。

(3) 执行器

执行器是控制系统的执行机构,其功用是接收电控单元(ECU)的控制指令,完成具体的控制动作。发动机电子控制系统常用的执行器有以下几种。

① 电动燃油泵。其功用是供给燃油喷射系统规定压力的燃油。

② 电磁喷油器。根据 ECU 的喷油脉冲信号,精确计量燃油喷射量。

③ 冷启动喷油器及热限时开关。根据 ECU 的喷油脉冲信号和发动机冷却液温度信号,控制发动机启动时的喷油量和喷油持续时间。

④ 怠速控制阀 ISC 或 ISCV(Idle Speed Control Valve)。其功用是控制发动机的怠速转速。控制内容包括两个方面,一方面是在发动机正常怠速运转时稳定怠速转速,防止发动机熄火和降低燃油消耗;另一方面是在发动机怠速运转状态下,当发动机负载增加(如接通空调、动力转向器或液力变矩器等)时,自动提高怠速转速(即快怠速),防止发动机熄火。

⑤ 活性炭罐及其电磁阀。根据电控单元的控制指令信号,回收发动机内部的燃油蒸汽。

* 1.1.2 发动机电子控制技术的基本内容

汽车发动机电子控制系统的英文名称是 Engine Electronic Control System, 简称为 EECS 或 EEC 系统。该控制系统主要由电子控制单元(ECU)、传感器和执行器等组成。它在发动机上的应用主要表现在电控燃油喷射系统、电控点火系统和其他辅助控制系统。

1. 电控燃油喷射系统

电子喷油装置可以自动地保证发动机始终工作在最佳状态,使其在输出一定功率的条件下最大限度地节油和净化空气。

在电控燃油喷射系统(EFI)中,喷油量控制是最基本的也是最重要的控制内容,电子控制单元(ECU)主要根据进气量确定基本的喷油量,再根据其他传感器(如冷却液温度传感器、节气门位置传感器等)信号对喷油量进行修正,使发动机在各种运行工况下均能获得最佳浓度的混合气,从而提高发动机的动力性、经济性和排放性。除喷油量控制外,电控燃油喷射系统还包括喷油正时控制、断油控制和燃油泵控制。

2. 电控点火系统

电控点火系统(ESA)可以根据传感器送来的发动机各种参数进行运算和判断,然后对点火时刻进行调节,从而节约燃料,减少空气污染。

电控点火系统最基本的功能是对点火提前角进行控制。该系统根据各相关传感器信号,判断发动机的运行工况和运行条件,选择最理想的点火提前角点燃混合气,从而改善发动机的燃烧过程,实现提高发动机动力性、经济性和降低排放污染的目的。此外,电控点火系统还具有通电时间控制和爆燃控制功能。

3. 其他辅助控制系统

(1) 怠速控制系统

怠速控制(ISC)系统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、变速器是否挂入挡位等信息,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。

(2) 排放控制系统

排放控制系统的功能主要是对发动机排放控制装置实行电子控制。排放控制项目主要包括废气再循环(EGR)控制、活性炭罐电磁阀控制、氧传感器和空燃比闭环控制、二次空气喷射控制等。

(3) 进气控制系统

进气控制系统的功能是根据发动机转速和负荷的变化,对发动机的进气进行控制,以提高发动机的充气效率,改善发动机的动力性能。

(4) 增压控制系统

增压控制系统的功能是对发动机进气增压装置的工作进行控制。在装有废气涡轮增压装置的汽车上,ECU 根据检测到的进气管压力,对增压装置进行控制,从而控制增压装置对进气增压的强度。

(5) 失效保护系统

失效保护系统的功能主要是当传感器或传感器线路发生故障时,控制系统自动按 ECU 中预先设定的参考信号值工作,以便发动机能继续运转。例如,进气温度传感器电路有故障时,失效保护系统将自动按设定的标准进气温度信号(20℃)控制发动机工作。

(6) 应急备用系统

应急备用系统的功能是当控制系统 ECU 发生故障时,自动启用备用系统(备用集成电路),按设定的信号控制发动机转入强制运转状态,以防车辆停驶在路途中。应急备用系统只能维持发动机运转的基本功能,不能保证发动机性能。

除上述控制系统外,应用于发动机的电控系统还有冷却风扇控制、配气正时控制、发电机控制等功能。

(7) 自诊断与报警系统

在发动机控制系统中,电子控制单元(ECU)都设有自诊断系统,对控制系统各部分的工作情况进行监测。当 ECU 检测来自传感器或输送给执行元件的故障信号时,立即点亮仪表盘上的“CHECK ENGINE”灯(称为故障指示灯),以提示驾驶员发动机有故障;同时,系统将故障信息以故障码形式存储在存储器中,以便帮助维修人员确定故障类型和范围。对车辆进行维修时,维修人员可以通过特定的操作程序(或借助专用设备)调取故障码。故障排除后,需要通过特定的操作程序清除故障码,以免与新的故障信息混杂。

【自我测试】

1. 填空题

- (1) 汽车发动机电子控制系统的英文名称是_____,简称为 EECS 或 EEC 系统。
- (2) 电子控制系统在发动机上的应用主要表现在_____、_____和其他辅助控制系统。
- (3) 在电控燃油喷射(EFI)系统中,_____控制是最基本的也是最重要的控制内容。
- (4) 电控点火系统(ESA)最基本的功能是_____。
- (5) 除喷油量控制外,电控燃油喷射系统还包括_____、_____和燃油泵控制。
- (6) 电控点火系统具有点火提前角控制、_____和_____功能。
- (7) 排放控制项目主要包括_____、活性炭罐电磁阀控制、氧传感器和空燃比闭环控制、_____等。
- (8) 进气控制系统的功能是根据发动机_____和_____的变化,对发动机的进气进行控制。
- (9) 在装有废气涡轮增压装置的汽车上,ECU 根据检测到的_____,对增压装置进行控制。
- (10) 发动机应急备用系统功能是当_____发生故障时,自动启用备用系统,按设定的信号控制发动机转入_____状态,以防车辆停驶在路途中。
- (11) 发动机电子控制系统的主要组成可分为信号输入装置、_____和_____三大部分。
- (12) 检测发动机工况的传感器有_____、进气温度传感器、_____、节气门位置传感器、车速传感器、_____、爆震传感器等。
- (13) 传感器的功用是检测发动机运行状态的各种_____,_____和化学量等,并将这些参量转换成计算机能够识别的电量信号输入电控单元(ECU)。

(14) 电控单元(ECU)的功用是根据各种传感器和控制开关输入的信号,_____、喷油时刻和_____等进行实时控制。

(15) 怠速控制阀的功用是控制发动机的_____,使发动机随时以最佳怠速转速运转。

2. 简答题

(1) 简述电控燃油喷射系统的功用。

(2) 简述电控点火系统的功用。

(3) 汽车发动机电子控制系统有哪些执行器? 各有什么作用?

(4) 发动机电控单元(ECU)的功用。

3. 论述题

(1) 汽车发动机电子控制系统的辅助控制系统有哪些? 各有什么作用?

(2) 汽车发动机电子控制系统由哪些传感器组成? 各有什么作用?

4. 思考题

(1) 发动机电子控制技术的应用对汽车的动力性、燃油经济性有哪些影响?

(2) 你还知道哪些先进的汽车发动机电子控制技术? 它们有什么作用?

学习单元 1.2 传感器的检修



【学习目标】

1. 能通过与客户交流、查阅相关维修技术资料等方式获取车辆信息。
2. 掌握电控发动机传感器的种类及各自的作用。
3. 掌握电控发动机传感器的工作原理。
4. 能根据故障现象制订正确的维修计划。
5. 能正确选择诊断仪器对电控发动机传感器的故障进行诊断。
6. 能正确记录、分析各种检测结果并作出故障判断。
7. 能根据环保要求,正确处理对环境对人体有害的废料和损坏的零部件。



情境描述

故障现象: 一辆奥迪 A6 轿车,冷车启动困难,热车时怠速、加速工况均正常。读取故障码,无故障码显示。

故障排除: 经检查发现,该车各缸高压火花较弱,但冷车供油压力正常(各缸都在 0.11MPa 以上)。更换了点火线圈、高压线、火花塞后,冷车依然难以启动。拆下并清洗喷油器,观察其喷雾,锥角正常,雾化情况良好。装车后试验,仍旧难以启动。继续检查冷启动系统: 冷却液温度传感器阻值随温度的变化值与标准数据

相同,点火开关有启动信号传送给 ECU。在无法测得喷油脉冲宽度的情况下,向汽缸内喷入少量汽油,冷车启动正常。因此故障原因应该是冷车启动时的喷油量少,导致冷车启动困难。

从右侧仪表板下拆下 ECU,检查各端子时发现,冷却液温度传感器插头与制动液液面报警开关插头位置对调了(这两个插头与插座的颜色相近),而此时制动液液面报警开关的阻值在 560Ω ,相当于冷却液温度传感器 80°C 值时的阻值。通过冷却液温度传感器线路传送给 ECU 的是 80°C 值时热车状态信号,因而 ECU 发出错误指令,输出 80°C 值时的喷油脉冲,导致喷油时间变短,冷车的喷油量减少,混合气过稀,造成冷车难启动。把两个插头对调插牢,故障排除。

根据上述案例,请思考下列问题。

- (1) 在电控发动机中,冷却液温度传感器有什么作用?
- (2) 在电控发动机中,还有哪些传感器? 它们又有什么功能呢?

1.2.1 传感器的工作原理

1. 空气流量传感器

根据检测进气量的不同方式,空气流量传感器分为“D”型(即压力型)和“L”型(即空气流量型)两种类型。“D”型利用压力传感器检测进气歧管内的绝对压力计算吸入汽缸的空气量。“L”型利用流量传感器直接测量吸入进气管的空气流量,又可分为体积流量型和质量流量型。

按照结构型式,空气流量传感器可以分为以下 4 种:翼片式空气流量传感器,为体积流量型,20 世纪 70 年代较为流行;卡门涡旋式空气流量传感器,为体积流量型,多用于三菱和丰田汽车;热丝式空气流量传感器,为质量流量型,20 世纪 80 年代初开发研制,现今广泛应用;热膜式空气流量传感器,为质量流量型,大多应用于美国通用和日本五十铃公司的汽车上。

热丝式与热膜式空气流量传感器是一种借鉴日常生活中使用的电吹风机的的工作原理而开发研制的检测吸入空气质量的传感器。热丝式和热膜式空气流量传感器的发热元件分别是铂金属丝和铂金属膜,铂金属发热元件的响应速度很快,能在几毫秒内反映出空气流量的变化,因此测量精度不受进气流脉动的影响;此外还具有进气阻力小、无磨损部件等优点。目前大多数中高档轿车都采用这种传感器。

(1) 热丝式与热膜式空气流量传感器的结构特点

热丝式空气流量传感器的结构如图 1-2 所示,传感器壳体两端设置有与进气道相连接的圆形连接接头,空气入口设有防止传感器受到机械损伤的防护网。

传感器内部安装有一个取样管,取样管中设有一根直径很小的铂金属丝作为发热元件,并制作成“U”形张紧在取样管内。传感器工作时,铂金属丝将被控制电路提供的电流加热到高于进气温度 120°C ,因此称之为热丝。在热丝附近的气流上游设有温度补偿电阻,该电阻相当于一只进气温度传感器,其电阻值随进气温度的变化而变化。这样温度补偿电阻的温度起到一个参照标准的作用,使进气温度的变化不至于影响发热元件测量的进气量。

热膜式空气流量传感器是对热丝式空气流量传感器的改进,其发热元件采用平圆形铂金膜电阻器,故称为热膜电阻。热膜式空气流量传感器的结构如图 1-3 所示。

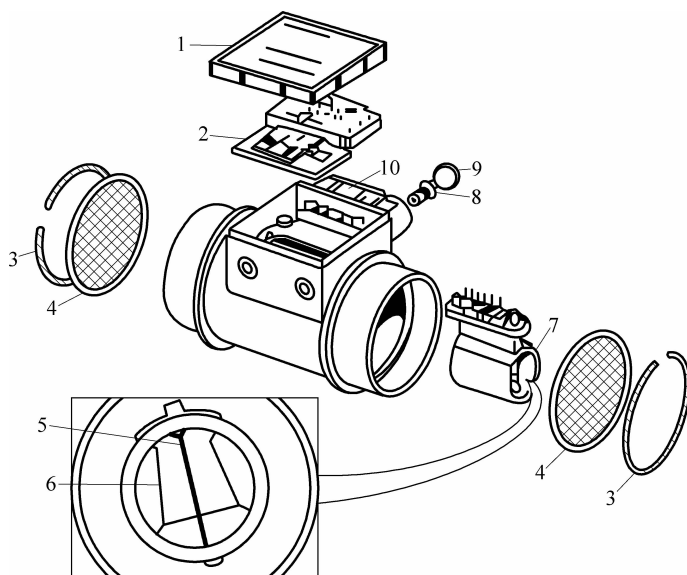


图 1-2 热丝式空气流量传感器的结构

1—密封盖；2—印刷电路板；3—卡环；4—防护网；5—温度补偿电阻(冷丝)；
6—铂金属丝(热丝)；7—取样管；8—CO 调整螺钉；9—防护塞；10—接线插座

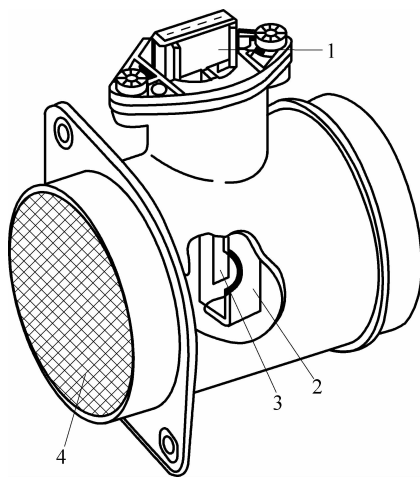


图 1-3 热膜式空气流量传感器的结构

1—接线插座；2—护套；3—铂金属膜；4—防护网

在传感器内部的进气通道上设有一个矩形护套(相当于取样管),热膜电阻保存在护套中。为了防止污物沉积到热膜电阻上影响测量精度,在护套的空气入口一侧设有空气过滤层,用以过滤空气中的污物。为了防止进气温度变化使测量精度受到影响,在热膜电阻附近的气流上游设有铂金属膜式温度补偿电阻。

与热丝式空气流量传感器相比,热膜电阻的阻值较大,消耗电流较小,使用寿命较长。但是,由于其发热元件表面制作有一层绝缘保护薄膜,存在辐射热传导作用,因此响应特性稍差。

(2) 热丝式与热膜式空气流量传感器测量原理

在热丝式与热膜式空气流量传感器中,采用恒温差电路实现流量的检测,如图 1-4 所示。发热元件电阻 R_H 和温度补偿电阻 R_T 分别连接在惠斯顿电桥电路的两个臂上。当发热元件的温度高于进气温度时,电桥电压才能达到平衡,并由具有电流放大作用的控制电路控制加热电流(50~120mA),使发热元件温度 T_H 与温度补偿电阻温度 T_T 之差保持恒定(120℃)。

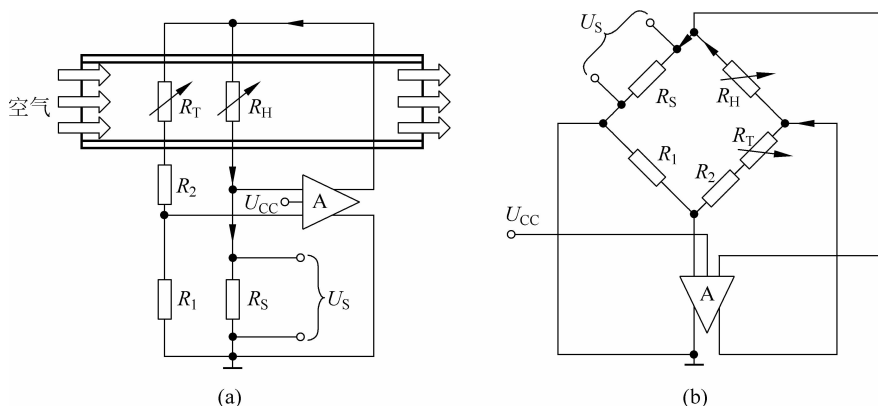


图 1-4 热丝式和热膜式空气流量传感器电路原理

(a) 电路连接; (b) 电桥电路

R_T —温度补偿电阻; R_H —发热元件电阻; R_S —信号取样电阻; R_1 、 R_2 —精密电阻;

U_{CC} —电源电压; U_S —信号电压; A—控制电路

当空气气流流经发热元件使其受到冷却时,发热元件温度降低,阻值减小,电桥电压失去平衡,控制电路将增大供给发热元件的电流,使其温度保持高于温度补偿电阻温度 120℃。电流增量的大小取决于发热元件受到冷却的程度,即取决于流过传感器的空气量。当电桥电流增大时,取样电阻上的电压就会升高,从而将空气流量的变化转换为电压信号的变化。信号电压输入 ECU 后,ECU 便可以根据信号电压的高低计算出空气流量的大小。

此外,由于热丝式流量计是基于热丝表面与空气的热传导原理,热丝表面上任何污染都会影响传感器的测量精度,因此控制电路中设计有自洁功能。每当发动机熄火后,ECU 将控制自洁电路的接通,将热丝加热到 1 000℃并持续 1s,将沾附在热丝上的尘埃烧掉。另一种防止热丝沾污的方法是提高热丝的保持温度,一般将保持温度设定在 200℃以上,以便烧掉沾附的污物。热膜式传感器铂金属膜的面积比热丝的表面积大得多,且覆盖有一层绝缘保护膜,因此不会因沾污物而影响测量精度。

2. 曲轴与凸轮轴位置传感器

曲轴位置传感器的功用是采集曲轴转动角度和发动机转速信号,确定点火时刻和喷油时刻。凸轮轴位置传感器的功用是采集配气凸轮轴的位置信号,并识别 1 缸压缩上止点信号,从而进行喷油时刻、点火提前角和喷油正时控制。此外,凸轮轴位置信号还用于发动机启动时识别第一次点火时刻。

曲轴与凸轮轴位置传感器分为磁感应式、霍尔式和光电式 3 种类型。其安装位置各有不同,有的安装于曲轴前端,有的安装于凸轮轴前端或分电器内及飞轮上。

(1) 磁感应式曲轴与凸轮轴位置传感器

磁感应式传感器主要由永久磁铁、叶轮(信号转子)、电磁线圈等组成。信号转子固定在分电器轴上,线圈固定在分电器外壳上。永久磁铁的磁力线通过叶轮、托架等构成磁路。

其工作原理如图 1-5 所示。当信号转子旋转时,磁路中的气隙将周期性地发生变化,磁路的磁阻和穿过信号线圈磁头的磁通量随之发生周期性的变化。根据电磁感应原理,传感线圈会感应产生交变电动势。

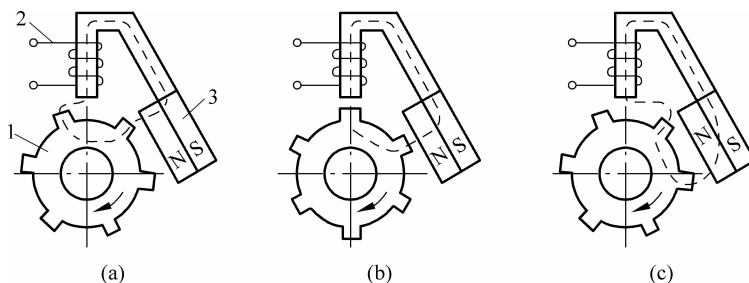


图 1-5 磁感应式传感器的工作原理

(a) 接近; (b) 对正; (c) 离开

1—信号转子; 2—电磁线圈; 3—永久磁铁

由此可见,信号转子每转过一个凸齿,传感线圈就会产生一个周期的交变电动势,即电动势出现一次最大值和一次最小值,传感线圈也相应地输出一个交变电压信号。

磁感应式传感器的突出优点是不需要外加电源,永久磁铁将机械能变换为电能,其磁能不会损失。当发动机转速变化时,转子凸齿转动的速度将发生变化,铁芯中的磁通变化率也将随之发生变化。转速越高,磁通变化率就越大,传感线圈中的感应电动势也就越高。转速不同时,磁通和感应电动势的变化情况如图 1-6 所示。

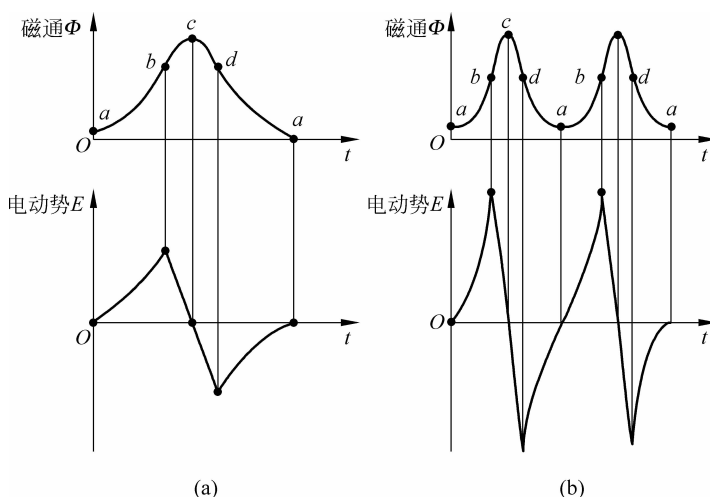


图 1-6 传感线圈中磁通和感应电动势

(a) 低速时; (b) 高速时