



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



扫描二维码
共享立体资源

汽车计算机基础

汽车计算机基础

中国汽车工程学会汽车应用与服务分会组织编写

总主编 朱 军 弋国鹏
主 编 刘平元

总主编 朱 军 弋国鹏
主 编 刘平元

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

汽车计算机基础 / 刘平元主编. — 北京 : 北京出版社, 2014. 12 (2023 重印)

高职十二五规划教材 : 2014 版

ISBN 978-7-200-11190-3

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车—计算机控制系统
—高等教育—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 015228 号

汽车计算机基础

QICHE JISUANJI JICHU

主 编：刘平元
出 版：北京出版集团公司
北 京 出 版 社
地 址：北京北三环中路 6 号
邮 编：100120
网 址：www.bph.com.cn
总 发 行：北京出版集团公司
经 销：新华书店
印 刷：定州市新华印刷有限公司
版 次：2014 年 12 月第 1 版 2022 年 12 月修订 2023 年 1 月第 2 次印刷
开 本：787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张：12.5
字 数：231 千字
书 号：ISBN 978-7-200-11190-3
定 价：37.50 元

质量监督电话：010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

学习单元一 汽车传感器的检测	/ 1
学习任务一 温度传感器的检测	/ 1
• 学习工作页	/ 1
• 学习参考	/ 5
学习任务二 空气流量传感器的检测	/ 12
• 学习工作页	/ 12
• 学习参考	/ 16
学习任务三 压力传感器的检测	/ 27
• 学习工作页	/ 27
• 学习参考	/ 30
学习任务四 磁电式转速传感器的检测	/ 36
• 学习工作页	/ 36
• 学习参考	/ 41
学习任务五 霍尔式转速传感器的检测	/ 44
• 学习工作页	/ 44
• 学习参考	/ 48
学习单元二 汽车执行器的检测	/ 52
学习任务一 燃油泵继电器的检测	/ 52
• 学习工作页	/ 52
• 学习参考	/ 57

学习任务二 喷油器的检测	/ 73
• 学习工作页	/ 73
• 学习参考	/ 77
学习任务三 EGR 电磁阀的检测	/ 82
• 学习工作页	/ 82
• 学习参考	/ 86
学习任务四 怠速控制系统的检测	/ 98
• 学习工作页	/ 98
• 学习参考	/ 105
学习单元三 单片机控制	/ 112
学习任务一 单片机端口控制	/ 112
• 学习工作页	/ 112
• 学习参考	/ 116
学习任务二 单片机信号检测	/ 129
• 学习工作页	/ 129
• 学习参考	/ 134
学习任务三 单片机中断控制	/ 139
• 学习工作页	/ 139
• 学习参考	/ 143
学习任务四 单片机执行器控制	/ 151
• 学习工作页	/ 151
• 学习参考	/ 154
学习单元四 汽车网络	/ 159
学习任务一 LIN 总线的检测	/ 160
• 学习工作页	/ 160
• 学习参考	/ 163
学习任务二 CAN 总线的检测	/ 173
• 学习工作页	/ 173
• 学习参考	/ 176

随着社会的发展，对汽车在节能、安全、舒适、环保等方面的要求越来越高。为了满足这些要求，汽车发动机电控系统也就越来越多，各种传感器、控制器有上百个。而传感器是汽车计算机系统的输入装置，它把汽车运行中各种工况的信息，如发动机转速、车速、各种介质的温度等，转化成电压信号传输给计算机，以便发动机处于最佳工作状态。

通过本单元的学习，学生能够叙述传感器的工作原理，找到各种传感器在汽车上的安装位置，会使用车辆诊断仪、万用表、示波器等仪器仪表检测传感器。

本单元的学习任务可以分为：

学习任务一 温度传感器的检测

学习任务二 空气流量传感器的检测

学习任务三 压力传感器的检测

学习任务四 磁电式转速传感器的检测

学习任务五 霍尔式转速传感器的检测

学习任务一 温度传感器的检测

学习工作页

【任务描述】

一辆 2008 年卡罗拉轿车，启动困难，将加速踏板踩到底，多次接通启动机方可启动发动机。来到修理厂进行维修，技术主管怀疑水温传感器故障。要求学员使用诊断仪读取是否存在相应故障码，并使用万用表、示波器等仪器仪表进一步检查并判断水温传感器是否已经失效。

【学习目标】

1. 能够准确讲述各种温度传感器的结构和工作原理。
2. 能按照厂家技术要求对温度传感器进行检查和维护，并对出现的简单故障进行处理。
3. 会对测量数据进行分析。

【学习准备】

一、知识内容

1. 温度传感器的结构和工作原理。

2. 温度传感器的检查和维护。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

烧杯、酒精灯、温度计、SKS－3068 汽车诊断与 ECU 检修万用线组、冷却液温度传感器实验台、教学用解剖冷却液温度传感器及测量用冷却液传感器等。

[计划与实施]

第一步：再现任务描述中的故障现象，要求学生收集故障信息，并观摩教师排除故障的过程。

第二步：收集车辆维修过程中的关键词（温度传感器、负温度系数、冷却液温度），整理出执行该任务所需要的知识和技能。

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.

第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并回答下列问题。

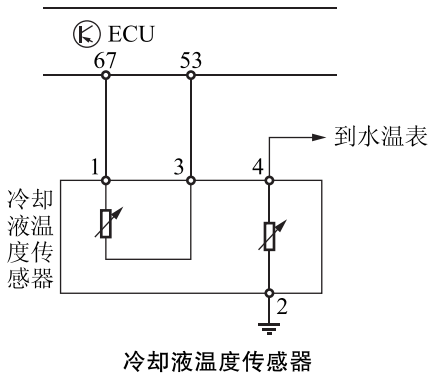
1. 冷却液温度传感器（俗称_____）的功用是检测发动机_____, 向 ECU 输入温度信号，作为_____和_____信号，同时也向其他控制系统提供冷却液温度信号。

2. 进气温度传感器的作用是检测_____, 向 ECU 输入进气温度信号，作为_____和_____信号。

3. 负温度系数热敏电阻温度传感器的特点是测量点的温度越高，传感器的电阻值_____, 输出电压信号_____. 在_____测量中精度比正负温度系数热敏电阻温度传感器要高。

第四步：在教师的引导下，学习相关技能，并完成下列任务。

1. 端子认知

端子号	导线颜色	端子功能	
1			
2			
3			
4			

2. 读取不同状态下的数据流

序号	状态	冷却液温度（℃）	结果分析
1	室温下		
2	拔掉插头		
3	短接 1 号和 3 号端子		

3. 启动发动机后，读取数据流

序号	启动时间（s）	冷却液温度（℃）
1		
2		
3		
4		
5		

4. 冷却液温度传感器单体检查

序号	检测项目	检测方法	测量值	标准值
1				
2				
3				

5. 示波器检测法

请将测量波形对照标准波形（图 1-1-1）进行分析。

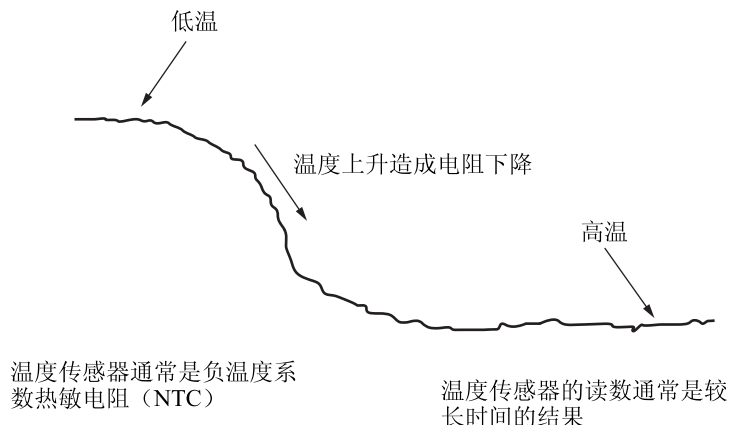


图 1-1-1 冷却液温度传感器的标准波形

〔评价与反馈〕

一、知识测试

选择题

1. 启动期间，基本燃油喷射时间是由（ ）信号决定的。
A. 发动机转速 B. 水温 C. 进气量 D. 进气压力
2. 造成电控发动机混合气偏浓的可能原因是（ ）。
A. 燃油泵压力低 B. 水温传感器输出电压偏高
C. 喷油器节流 D. 进气管真空泄漏
3. 怠速转速偏高的可能原因是（ ）。
A. 怠速阀卡在小开度 B. 水温传感器故障
C. 冷却剂液面偏低 D. BTDC 偏小
4. ECT 是（ ）的简称。
A. 发动机冷却液温度传感器 B. 进气温度传感器
C. 节气门位置传感器 D. 爆震传感器
5. IAT 是（ ）的简称。
A. 发动机冷却液温度传感器 B. 进气温度传感器
C. 节气门位置传感器 D. 爆震传感器
6. 怠速时，当水温过高，应（ ）点火提前角。
A. 不变 B. 减少 C. 增大 D. 不能确定
7. 水温传感器有故障时，会造成（ ）。
A. 排放失常 B. 爆震 C. BTDC 小 D. BTDC 大
8. 进气温度传感器有故障时，会造成（ ）。
A. 排放失常 B. 爆震 C. BTDC 小 D. 启动困难

二、实践考核

更换一辆在用的轿车，学生按照技术要求对冷却液温度传感器进行检查，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级			车型及年款		
姓名			车辆识别码		
学号			里 程 数		
实践项目		实践设备		启动机型号	
实践流程					
结果分析					
防范措施					
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐				
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日				

学习参考

温度是表示物体冷热程度的物理量，温度的单位也是国际单位制中的七个基本单位之一。在汽车的运行过程中，温度的精确测量和控制是必不可少的。

汽车上有种类繁多的温度传感器，但几乎都是采用接触式的正温度系数热敏电阻（PTC）温度传感器或负温度系数热敏电阻（NTC）温度传感器。其中负温度系数热敏电阻温度传感器在汽车中的运用更为广泛。如发动机的进气温度传感器、冷却液温度传感器、机油温度传感器、空调的室内温度传感器、环境温度传感器等等都为负温度系数热敏电阻温度传感器。负温度系数热敏电阻温度传感器其特点是测量点的温度越高，传感器的电阻值越低，输出电压信号越低。在低温测量中精度比正负温度系数热敏电阻温度传感器要高。

一、发动机上主要的温度传感器

为了准确知道发动机的工作状态，目前电喷发动机上多采用以下温度传感器：

- (1) 冷却液温度传感器。
- (2) 进气温度传感器。
- (3) 排气温度传感器（催化剂温度传感器）。
- (4) EGR 废气循环监测温度传感器。
- (5) 热敏铁氧体温度传感器。
- (6) 冷却液温度表传感器。
- (7) 热敏开关。

二、冷却液温度传感器

冷却液温度传感器(俗称水温传感器)的功用是检测发动机冷却液温度，向 ECU 输入温度信号，作为燃油喷射和点火正时的修正信号，同时也向其他控制系统提供冷却液温度信号。冷却液温度传感器一般安装在缸体水道上、缸盖水道上、上出水管等处，与冷却液接触，方便检测发动机的检测温度。

冷却液温度传感器的结构如图 1-1-2 所示。冷却液温度传感器的负温度系数的热敏电阻装在一个铜质导热套筒里面。冷却液温度传感器的两根导线都和电控单元相连接，其中一根为地线，另一根的对地电压随热敏电阻阻值的变化而变化。

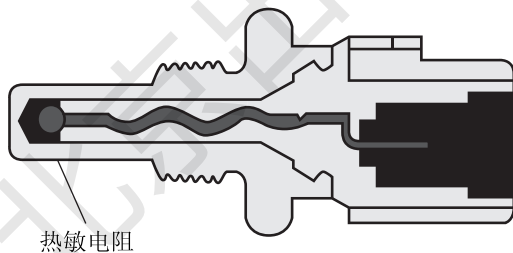


图 1-1-2 冷却液温度传感器

负温度系数热敏电阻随着冷却液温度的变化而变化，ECU 通过 THW 端子测得的分压值随之发生变化，ECU 根据分压值来判断冷却液温度。冷却液温度传感器与 ECU 的连接电路如图 1-1-3 所示。

三、进气温度传感器

进气温度传感器的作用是检测进入进气管中的空气温度，向 ECU 输入进气温度信号，作为燃油喷射和点火正时的修正信号。

进气温度传感器也是双线的传感器，其结构如图 1-1-4 (a) 所示。内部是一个具有负温度电阻系数的热敏电阻，外部为环氧树脂密封。进气温度传感器电阻值随空气温度的升高而降低，呈指数关系，如图 1-1-4 (b) 所示。进气温度传感器一根是由发动机 ECU 供应的 5V 电压 THA，另一根为 E2 与发动机内部搭铁。

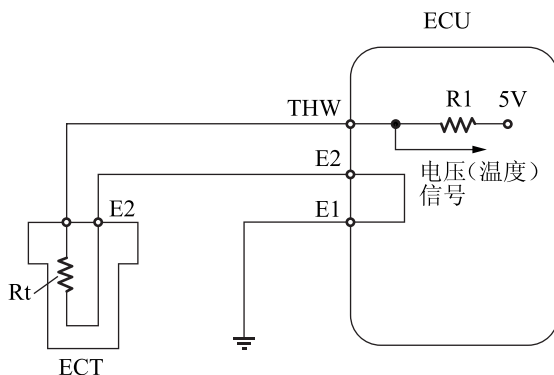


图 1-1-3 冷却液温度传感器与 ECU 的连接电路图

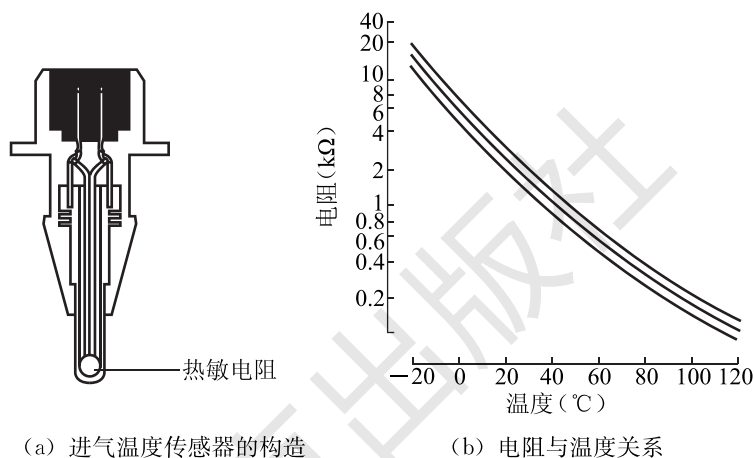


图 1-1-4 进气温度传感器

四、任务实施

（一）技术要求及注意事项

（1）本次实验所涉及的高温部件，在实验过程中切勿在元件处于高温的状态时拆装温度传感器。一定要让高温部件冷却到环境温度后再进行拆装。如果在处于高温时拆装可能会造成人身伤害。

（2）在进行加热实验时，操作应特别小心，以免发生烧伤、烫伤。

（3）本次实验部分元件需要加热，在加热过程中，应特别注意设备的安放。以免其倾倒造成人员、设备的损伤，甚至引起火灾。

（4）在做冷却液温度传感器实验时，当发动机热车时冷却系统压力很高，如果打开散热器压力盖，冷却液就会立即沸腾，可能会产生爆发力，喷到发动机、翼子板和打开散热器盖的人身上。因此，实验时应特别注意检查冷却液传感器的安装是否紧固，散热器压力盖是否盖紧。

(二) 实验操作步骤

AJR 发动机冷却液温度传感器的检测

1. 端子说明

本次实验案例采用 AJR 发动机的水温传感器。

- 1—ECU 搭铁
- 2—搭铁
- 3—电源 5V（信号线）
- 4—至水温表

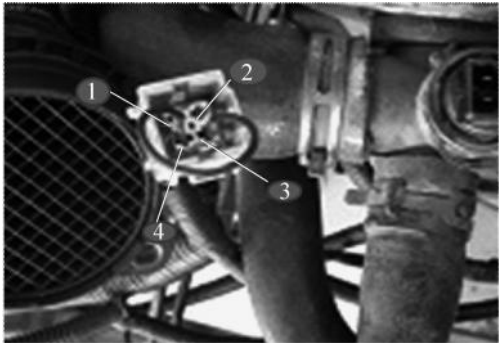


图 1-1-5 AJR 发动机冷却液温度传感器

2. 不同状态下，数据流的读取

在冷车状态下，连接诊断仪，选择数据块显示组 03，读取冷却液温度传感器数据。

标准：
应与环境温度一致

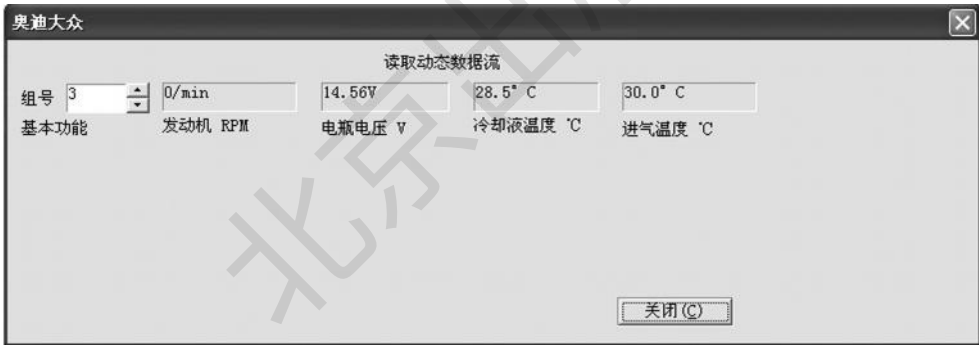


图 1-1-6 数据流 1

3. 拔下冷却液温度传感器插头，读取冷却液温度传感器数据与故障码。

标准：
温度应显示-50℃左右

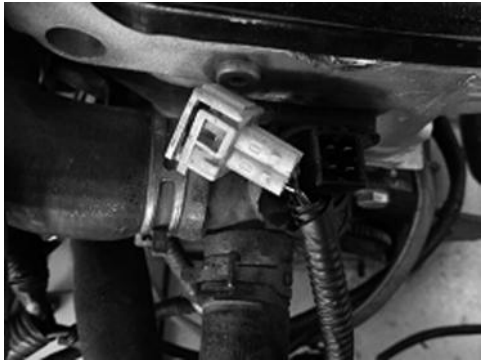


图 1-1-7 拔下冷却液温度传感器插头



图 1-1-8 数据流 2

4. 用跳线跨接冷却液温度传感器的 1 号和 3 号端子，读取冷却液温度传感器数据与数据流。
标准：
显示温度应该 140℃左右

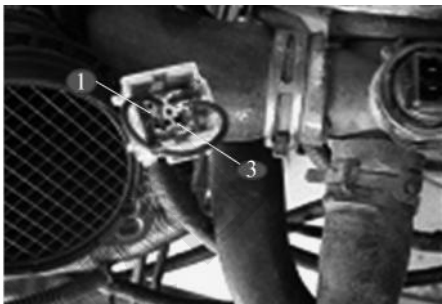


图 1-1-9 跨接冷却液温度传感器的 1 号和 3 号端子

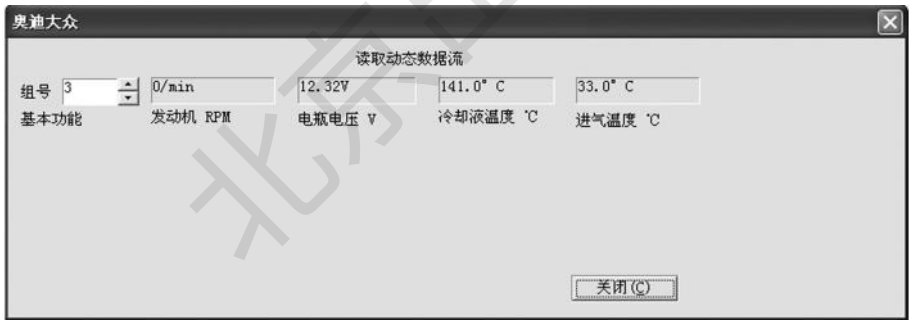


图 1-1-10 数据流 3

5. 启动发动机后，读取数据流
启动发动机，使其在怠速下运行，读取数据块显示组 03。
标准：
数据显示温度应随着发动机运行时间的增加而上升。
说明：
在冷车状态下启动，观察数据变化最佳



图 1-1-11 怠速时冷却液温度传感器



图 1-1-12 数据流 4

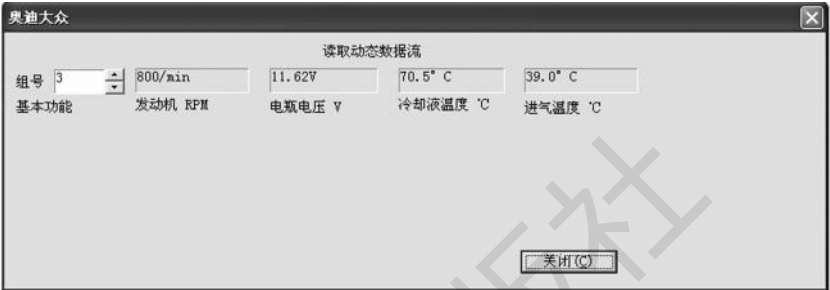


图 1-1-13 数据流 5

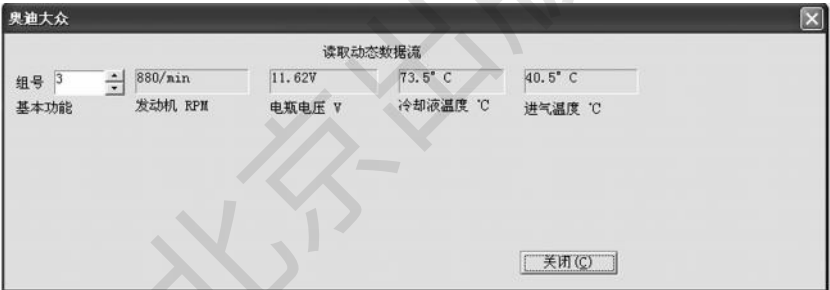


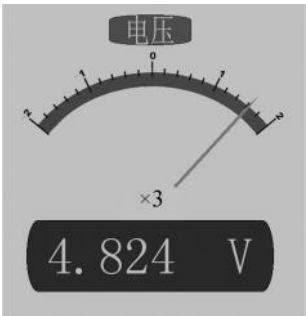
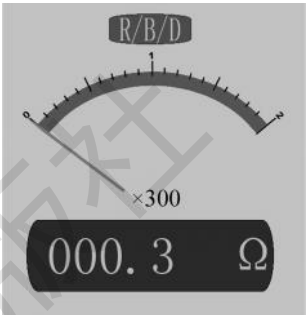
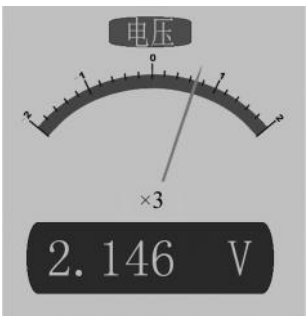
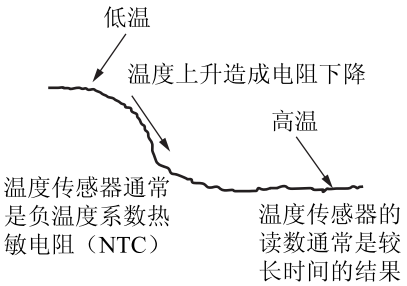
图 1-1-14 数据流 6

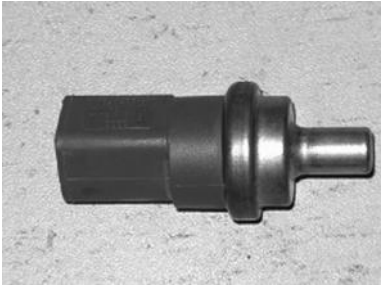
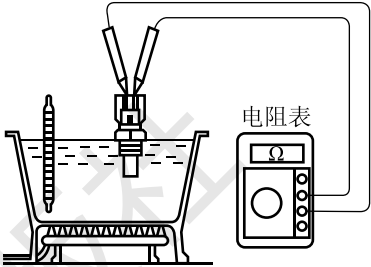
6. 冷却液温度传感器单体检测

在断开（OFF）点火开关情况下，拔下水温传感器线束插头，连接测试线组，但不连接水温传感器



图 1-1-15 冷却液温度传感器单体检测接线

7. 检测电源电压 打开点火开关，检测 3 号端子（电源）与 1 号端子（搭铁）之间的电压。 标准： 电压为 5V	 图 1-1-16 电源电压
8. 检测搭铁线 关闭点火开关，将界面切换到电阻测试，测试搭铁线。 标准： 电阻小于 1Ω	 图 1-1-17 搭铁线电阻
9. 测量信号电压 将传感器插好，用连接测试线组的另一端连接水温传感器插座，打开点火开关，不启动发动机。检测 3 号端子（信号线）与 1 号端子（搭铁）之间电压。 标准： 电压为 1~5V。（与环境温度有关）	 图 1-1-18 信号电压
10. 观察信号波形 将界面切换到示波器，并连接好测试线，启动发动机，观察波形。 冷车，2~5V；水温升高，信号电压减小；热机，1V 左右	 图 1-1-19 信号波形

11. 读取室温下的电阻值 拆下水温传感器，在室温时，测量传感器两端子间的电阻值并记录	 图 1-1-20 AJR 发动机水温传感器
12. 读取不同水温下的电阻值 加热水，用温度计测量烧杯中的水温。读取水温到达 40℃、80℃ 时，测量传感器两端子间的电阻值并记录。 注意： 水温传感器铜质导热套需完全浸没于水中 3min 以上，否则会导致测量数据不准	 图 1-1-21 水温传感器在不同温度下的电阻值测量

12

学习任务二 空气流量传感器的检测

学习工作页

【任务描述】

一辆桑塔纳 2000 轿车，装备了 AFE 4 缸电喷发动机。该车一直使用很好，但在不久前出现了发动机怠速轻微抖动的现象，发动机故障灯点亮。来到修理厂进行维修，技术主管怀疑空气流量传感器故障。要求学员使用诊断仪读取是否存在相应故障码，并使用万用表、示波器等仪器仪表进一步检查并判断空气流量传感器是否能够正常工作。

【学习目标】

1. 能够准确讲述各种空气流量传感器的结构和工作原理。
2. 能按照厂家技术要求对空气流量传感器进行检查和维护，并对出现的简单故障进行处理。
3. 会对测量数据进行分析。

[学习准备]

一、知识内容

- 1. 空气流量传感器的结构和工作原理。
- 2. 空气流量传感器的检查和维护。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

电吹风、万用表、空气流量传感器解剖教具一只、空气流量传感器实验测试台架及相关连接线维修工具等。

[计划与实施]

第一步：再现任务描述中的故障现象，要求学生收集故障信息，并观摩教师排除故障的过程。

第二步：收集车辆维修过程中的关键词（空气流量传感器、热线式、热膜式、翼片式、卡曼涡旋式、进气量），整理出执行该任务所需要的知识和技能。

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并回答下列问题。

- 1. 空气供给系统常见的故障主要是空气滤清器_____导致动力不足，进气管接头及衬垫处_____导致混合气过稀，另外，节气门的_____导致节气门开启不灵活影响怠速和正常工作。而相应传感器执行器的故障也将影响发动机的性能。
- 2. 目前汽车上常见的空气流量传感器按其结构类型可分为_____、_____、_____等几种。
- 3. 翼片式空气流量传感器的工作原理是_____。
- 4. 热线式空气流量传感器的工作原理是_____。

第四步：在教师的引导下，学习相关技能，并完成下列任务。

- 1. 端子认知

端子号	导线颜色	端子功能	
1			
2			
3			
4			
5			AJR 发动机空气流量传感器端子

2. 读取不同转速下的数据流

启动发动机，使其在怠速 1500r/min 和 2500r/min 工况下运行。使用_____，读取数据块显示组_____。

序号	发动机转速 (r/min)	进气质量 (g/s)	结果分析
1			
2			
3			

3. 空气流量传感器自身检测

序号	检测项目	检测方法	测量值	标准值
1				
2				
3				
4				
5				

4. 示波器检测法

请对图 1-2-1 中的波形进行分析。

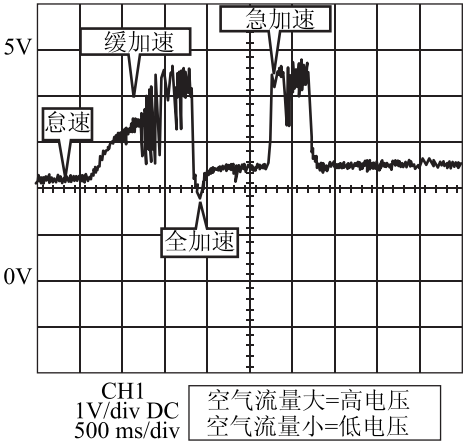


图 1-2-1 空气流量传感器波形

一、知识测试

选择题

1. L 型电控燃油喷射系统是以 () 方式测量进气量。
A. 节流速度
B. 速度密度
C. 质量流量
D. 直接测量
2. L 型 EFI 系统的主控信号来自于 ()。
A. 进气压力和转速传感器
B. 空气流量传感器和水温传感器
C. 进气压力和进气温度传感器
D. 空气流量传感器和转速传感器
3. 关于热线式空气流量传感器, 不正确的是 ()。
A. 进气阻力小
B. 测量的是空气体积流量
C. 用于 L 型 EFI 系统
D. 测量精确
4. D 型电控燃油喷射系统中, 使用 () 传感器, 测量进气流量。
A. 热线式空气流量
B. 进气歧管压力
C. 翼片式空气流量
D. 涡旋式空气流量
5. 下列测量空气质量流量的装置是 ()。
A. 翼片式空气流量传感器
B. 进气歧管压力传感器
C. 热线式空气流量传感器
D. 涡旋式空气流量传感器
6. 翼片式空气流量传感器上的旁通气道调整螺钉是用来调整 ()。
A. 怠速时 COHC 排放
B. 怠速转速
C. 缓冲空气压
D. 进气温度
7. 翼片式空气流量传感器中的电位计作用是 ()。
A. 计量空气量
B. 感知进气量多少
C. 要不要都可以
D. 感知流量板动作, 将流量板机械信号转换成电压信号
8. 目前汽车上常见的空气流量传感器有 ()。
A. 热膜式
B. 热线式
C. 卡曼涡旋式
D. 以上全是
9. 空气流量传感器在电控燃油喷射系统中的作用是 ()。
A. 计算喷油量
B. 计算发动机进气量
C. 计算空燃比
D. 检测发动机进气量, 输出进气量信号
10. MAP 是 () 的简称。
A. 曲轴位置传感器
B. 进气歧管绝对压力传感器
C. 空气流量传感器
D. 凸轮轴位置传感器

二、实践考核

更换一辆在用的轿车，学生按照技术要求对空气流量计进行检查，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级			车型及年款		
姓名			车辆识别码		
学号			里 程 数		
实践项目		实践设备		启动机型号	
实践流程					
结果分析					
防范措施					
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐				
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日				

学习参考

汽车需要准确检测出发动机的进气量，并根据进气量计算出基本喷油量和基本点火提前角。根据进气量检测方式的不同，空气流量传感器分为压力型（D 型）和流量型（L 型）两种类型。D 型来源于德文“Druck（压力）”的第一个字母，是利用压力传感器检测进气歧管内的绝对压力，测量方法属于间接测量法。装备 D 型传感器的系统称为 D 型燃油喷射系统，控制系统利用绝对压力和发动机转速来计算进入发动机气缸内的空气量。L 型来源于德文“Luftmengen（空气流量）”的第一个字母，是利用流量传感器测量吸入进气管的空气流量得出进气量。汽车采用的 L 型传感器可

分为体积流量型传感器和质量流量型传感器两种。本任务主要讲述 L 型空气流量传感器。

一、空气流量传感器概述

1. 空气流量传感器的作用

空气流量传感器 (AFS) 又称为空气流量计 (AFM), 是进气歧管质量型空气流量传感器 (MAFS) 的简称。测量发动机吸入空气量, 并将信号输入发动机电子控制单元 (ECU), 作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。空气流量传感器一般安装在进气管上。

2. 空气流量传感器的类型

用于电喷发动机的空气流量传感器多种多样, 但目前汽车使用比较广泛的是以下两种:

体积流量型——翼片式、量芯式、卡曼涡旋式;

质量流量型——热线式、热膜式。

二、翼片式空气流量传感器

1. 翼片式空气流量传感器的作用

翼片式空气流量传感器又称为叶片式、动片式、风门式、量板式空气流量传感器, 是一种体积式空气流量传感器, 装在空气滤清器和节气门之间, 用于检测发动机的进气量, 并把检测结果转换成电信号, 再输入到 ECU 中。

翼片式空气流量传感器具有结构简单、工作可靠、价格便宜的特点, 但也具有体积大、进气阻力大、急加速反应迟缓的缺点。

2. 翼片式空气流量传感器的构造

翼片式空气流量在主进气道内安装一个可绕轴旋转的测量翼片。在发动机工作时, 空气经空气过滤器过滤后进入空气流量传感器并推动测量翼片旋转使其开启。测量翼片开启角度由进气量产生的推力大小和翼片轴上复位弹簧弹力的平衡情况而决定。

在翼片式空气流量传感器的翼片上安装一个电位计, 它与翼片同轴旋转, 空气流过传感器主进气道时, 翼片受到的推力力矩与空气流量成正比。翼片偏转角度 α 与进气量成正比。电位计上滑片的电阻的变化转变成电压信号输入 ECU, 如图 1-2-2 所示。

3. 翼片式空气流量传感器的工作原理

如图 1-2-3 所示, 蓄电池通过 V_B 端子向传感器提供电源电压; V_C 端子是两电阻之间的一个电压输出端, 在两电阻值不变时, 其电压值仅与 V_B 端子的蓄电池电压有关; U_s 是滑臂在电阻膜片滑动时得到的电压, 该电压随节气门开度的增大而增大, 同时当蓄电池电压变化时, 该电压值也变化。翼片式空气流量传感器将 $(V_C - V_s) / V_B$ 作为传感器的输出信号, 该信号与空气流量成反比而且线性下降。而采用 $(V_C - V_s) / V_B$ 作为传感器的输出信号, 消除了蓄电池电压 U_B 的波动对测量结果的影响。

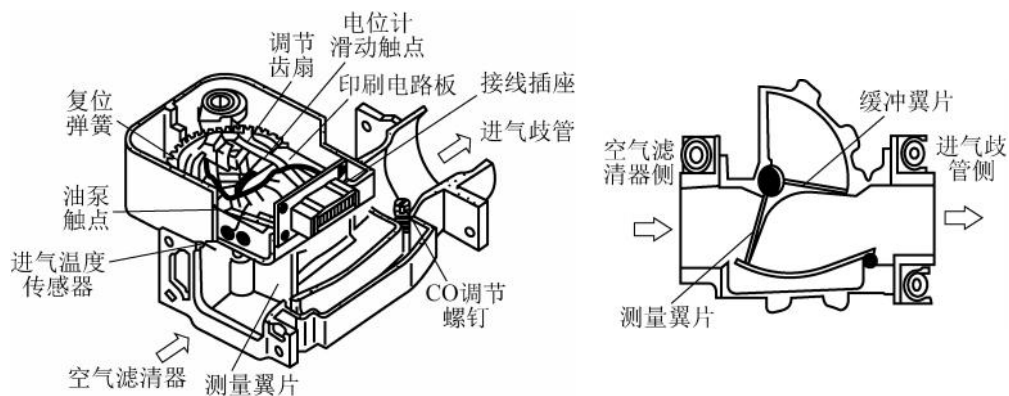


图 1-2-2 翼片式空气流量传感器的构造

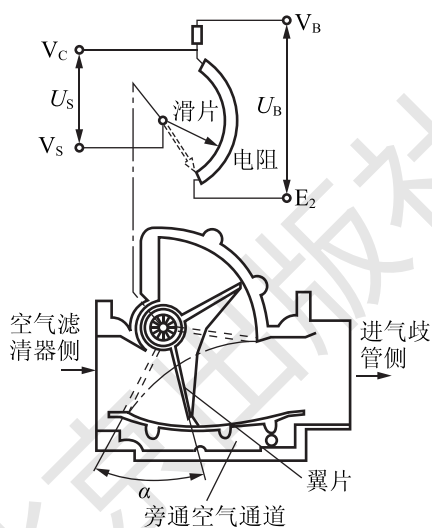


图 1-2-3 翼片式空气流量传感器的工作原理

三、卡曼涡旋式空气流量传感器

1. 卡曼涡旋式空气流量传感器的测量原理

当有风吹过野外的架空电线时，会发生“呜、呜”的声响，而且风速越高，声音频率也越高，这种现象就是因为气流流过电线后，形成卡曼涡旋所致。其实在液体、气体等流体中均会发生卡曼涡旋现象，利用这种现象制成的流量传感器就是卡曼涡旋式传感器。

在管道里设置柱状物之后会形成两列涡旋，只要测量涡旋出现的频率，就可以计算出该流体流量，如图 1-2-4 所示。这是因为涡旋形成了“涡街”现象，两列涡旋成平行状，并且左右交替出现，与街道两旁的路灯相似。由于这种现象是卡曼首先发现的，所以叫作卡曼涡旋。

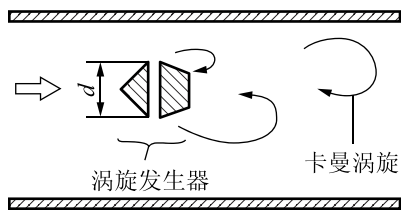


图 1-2-4 卡曼涡旋

2. 卡曼涡旋式空气流量传感器的类型

根据涡旋频率的检测方法不同，汽车用涡旋式空气流量传感器分为光电式和超声波式两种类型。

(1) 光电式卡曼涡旋式空气流量传感器

①光电式卡曼涡旋式空气流量传感器的结构

光电式卡曼涡旋式空气流量传感器主要由蜂窝状整流网栅、涡旋发生器、反光镜、板簧片、发光二极管 (LED)、光敏晶体管、集成信号处理电等组成，如图 1-2-5 所示。

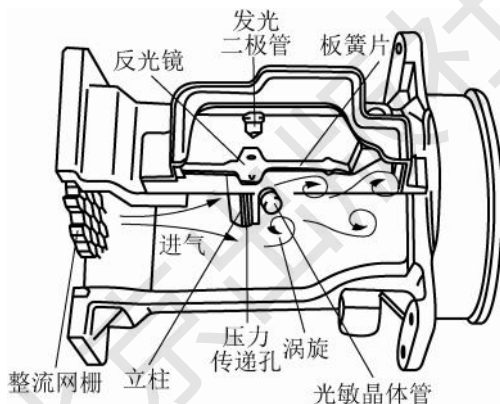


图 1-2-5 光电式卡曼涡旋式空气流量传感器的结构

②光电式卡曼涡旋式空气流量传感器的工作原理

光电式卡曼涡旋式空气流量传感器是利用卡曼涡旋流量理论来测量空气流量的。在卡曼涡旋式空气流量传感器进气道的正中间有一个涡旋发生器。当气流流过涡旋发生器时，其后部就会产生一系列不对称但十分规则的卡曼涡旋。涡流引起发生器后部压力变化。在单位时间内通过涡旋发生器的涡旋数量与空气流速成正比，即进气量越大，涡旋频率越高，压力变化频率就越高。因此可以通过测量单位时间内涡旋的数量就可计算出空气流速和流量。

不断变化的压力经导压孔引向金属膜反光镜使其产生振动，其振动频率与涡旋频率相等。反光镜将发光二极管的光束反射到光敏晶体管上，通过光敏晶体管检测涡旋频率，该频率信号输入到 ECU，如图 1-2-6 所示。

(2) 超声波式卡曼涡旋式空气流量传感器

①超声波式卡曼涡旋式空气流量传感器的结构

超声波式卡曼涡旋式空气流量传感器的结构如图 1-2-7 所示，主要由涡旋发生器、超声波发生器、超声波接收器、集成电路、进气温度传感器、大气压力传感器等组成。

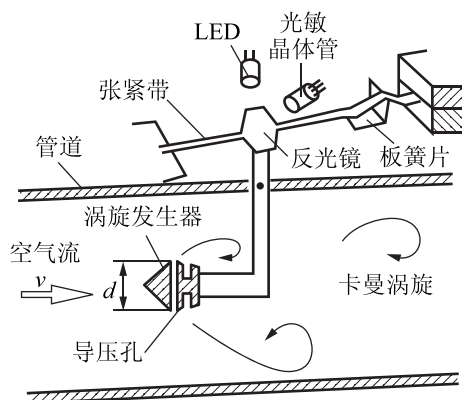


图 1-2-6 光电式卡曼涡旋式空气流量传感器的工作原理

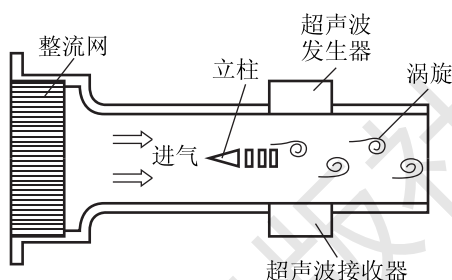


图 1-2-7 超声波式卡曼涡旋式空气流量传感器的结构

②超声波式卡曼涡旋式空气流量传感器的工作原理

当发动机工作时，超声波发生器就不断地向超声波接收器发出频率为 40Hz 的超声波。同时，进气气流通过涡旋发生器产生卡曼涡旋，涡旋使进气流的移动速度和压力发生变化，从而导致进气流的密度发生变化。当发生器发出的超声波通过进气流到达超声波接收器时，由于进气流的密度发生变化，使接收器接收到超声波信号的时间和时间之差发生变化，同时由于时间和时间之差的变化与涡旋频率成正比，如图 1-2-8 所示，因而 ECU 可据此变化计算出涡旋的频率。

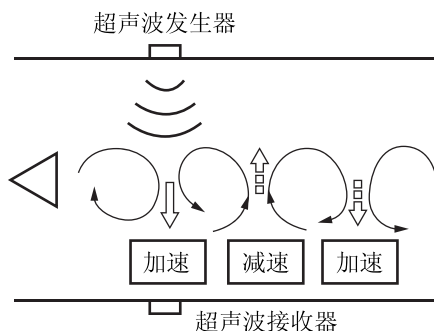


图 1-2-8 超声波式卡曼涡旋式空气流量传感器的工作原理

卡曼涡旋式传感器输出的信号是与涡旋频率同步的脉冲数字信号，其响应速度是空气流量传感器中最快的，几乎能同步反映空气流速的变化，因此特别适用于数字式计算机处理。

四、热线式空气流量传感器

1. 热线式空气流量传感器的结构

热线式空气流量传感器主要由热线铂丝电阻 R_H 、温度补偿电阻 R_K （又叫冷线）、控制电路板（包括 R_A 、 R_B 两个固定电阻）、防护网及空气流量传感器外壳等组成，如图 1-2-9 所示。传感器工作时控制电路将热线铂丝加热到高于进气温度 $100\sim 120^\circ\text{C}$ ，这也是将铂丝称为热线的原因。 R_A 为一精密电阻，产生热线式空气流量传感器输出电压信号； R_B 为电桥调整电阻，用于调整空气流量传感器的输出特性。

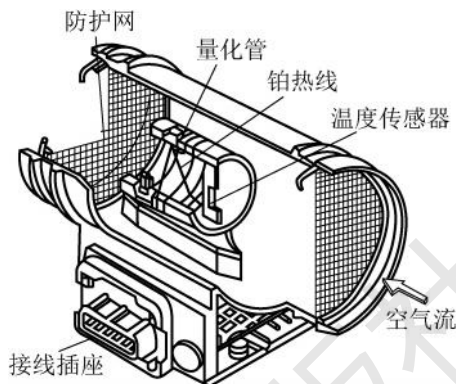


图 1-2-9 热线式空气流量传感器的结构

2. 热线式空气流量传感器的工作原理

铂丝热线和其他几个电阻组成惠斯通桥形电路。铂丝热线的电阻值与其本身的温度成正比。在环境温度一定时，给惠斯通桥形电路供电，电桥会达到平衡。当有空气流过取样管中的铂丝热线时，进气会带走热线的热量，使其温度降低，热线的电阻值也随即降低，桥形电路的平衡被破坏。为重新达到平衡，使热线电阻恢复到原来的数值，就必须增大电流，使热线温度提高。当空气流量越大时，带走的热量就越多，热线电阻的变化就越大，为重新达到平衡所需增加的电流值也就越大。这样，就把空气流量的变化转换为电流的变化。电流的变化又使固定电阻 R_A 两端的电压 U 发生变化，此变化的电压就是热线式空气流量传感器的传感信号。这就是热线式空气流量传感器的基本工作原理，如图 1-2-10 所示。

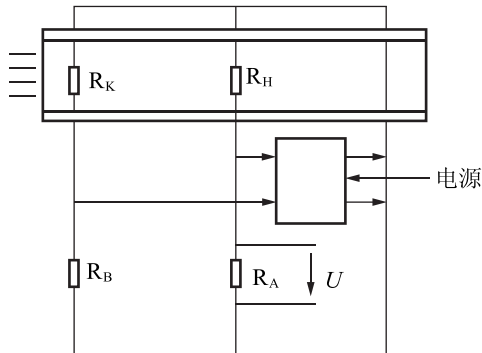


图 1-2-10 热线式空气流量传感器的工作原理

R_K —温度补偿电阻； R_H —热线电阻； R_A —精密电阻； R_B —电桥电阻

为消除环境温度的影响，设置了一根温度补偿电阻 R_K （也叫冷线），安装在取样管内，其电阻值也随进气温度的变化而变化，从而抵消了环境温度对桥形电路平衡的影响。

五、热膜式空气流量传感器

热膜式空气流量传感器的结构与工作原理和热线式空气流量传感器基本相同，如图 1-2-11 和图 1-2-12 所示。在传感器内部的进气通道上设有一个矩形护套，热膜电阻设在护套中。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。温度补偿电阻和热膜电阻与传感器内部控制电路连接，控制电路与线束连接器插座连接，线束插座设在传感器壳体中部。

与热线式空气流量传感器相比，热膜式空气流量传感器能够较好地避免铂丝热线因脏污物造成的测量结构“漂移”现象，因此测量精度更高，可达 $\pm 4\%$ 。同时，由于热膜式电阻的阻值要比热线式大，所以消耗电流较小，使用寿命较长。

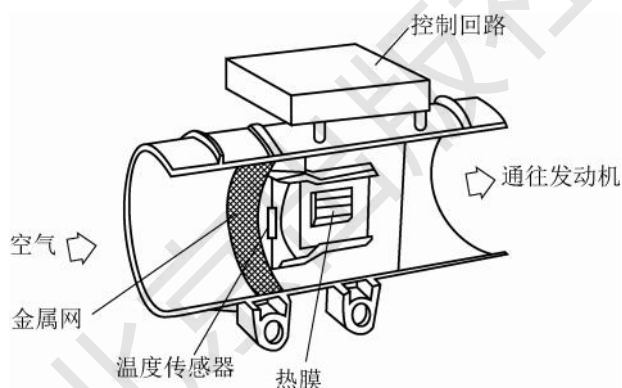


图 1-2-11 热膜式空气流量传感器的结构

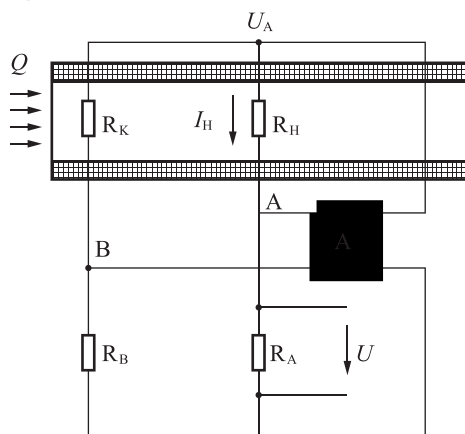


图 1-2-12 热膜式空气流量传感器的工作原理

六、任务实施

（一）技术要求及注意事项

1. 测试要求

（1）在做实验时原则上只测试与本次实验相关的端口，尽量不要测试无关的端口，以免引起理解错误或损坏端口。

（2）在实验过程中，切不可将手指或工具伸进流量计进气通道内，以免损坏流量计内极细的热线丝。

（3）在实验过程中，切不可将电源极性搞错。如果接错就有可能损坏空气流量传感器。

2. 接线注意事项

（1）在连接导线时要关闭电源，避免损坏设备。

（2）在实际操作过程中，测试端口与控制单元直接相连，不要将任何电压加在测试端口上，以免损坏电控制单元；虽然端口与端口之间采取了保护隔离措施，但从安全的原则出发还是不要将任何电压加在这些接口上。

（二）实验操作步骤

AJR 发动机空气流量传感器的检测	
1. 桑塔纳空气流量传感器认知 桑塔纳 2000 轿车空气流量传感器为热膜式空气流传感器量（G70），它安装在空气滤清器和软管之间。 结构：主要由热膜、控制电路、上流温度传感器、金属护网等组成	 图 1-2-13 AJR 发动机空气流量传感器
2. 端子认识 1—未用 2—12V 电源 3—ECU 内搭铁 4—5V 参考电压 5—传感器信号	 图 1-2-14 空气流量传感器端子

3. 数据流测试

启动发动机，使其在怠速下运行。使用平台，读取数据块显示组 02。

标准：

数据显示在怠速下应 2.0~4.0g/s。如果小于 2.0g/s 说明进气系统有泄漏，如果大于 4.0g/s 说明发动机负荷过大

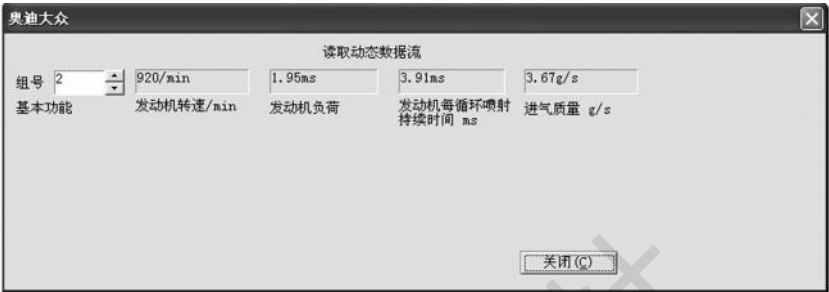


图 1-2-15 怠速时的数据流

4. 不同工况的数据

读取发动机转速在 1500r/min 和 2500r/min 时进气质量数据。

说明：

要求能从上述数据分析随着发动机转速的增加，进气质量变化情况及原因

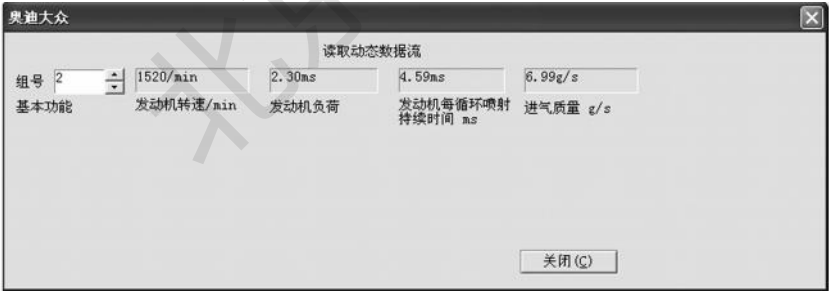


图 1-2-16 发动机转速 1500r/min 时的数据流



图 1-2-17 发动机转速 2500r/min 时的数据流

5. 空气流量传感器自身检测 断开点火开关，拔下空气流量传感器的插头，连接测试线组	 图 1-2-18 空气流量传感器自身检测接线
6. 检测参考电压 将点火开关置于 ON 位置，用平台万用表功能测量空气流量传感器插座的 4 号端子与搭铁 3 号端子之间的电压。 标准： 电压为 5V	 图 1-2-19 检测参考电压
7. 检测电源电压 启动发动机，检测 2 号端子（电源）与 3 号端子（搭铁）之间电压。 标准： 电压为 12V	 图 1-2-20 检测电源电压
8. 检测搭铁线 关闭点火开关，将界面切换到电阻测试，测试搭铁线。 标准： 电阻小于 1Ω	 图 1-2-21 检测搭铁线

9. 测量静态信号电压

打开点火开关，在静态不吹风的情况下，测量传感器插头信号 5 号端子与 3 号端子之间电压。

标准：

电压值为 1.2V 左右



图 1-2-22 测量静态信号电压

10. 测量怠速时信号电压

启动发动机，测量车辆在怠速时空气流量传感器的电压值。

标准：

电压值为 1.5V 左右

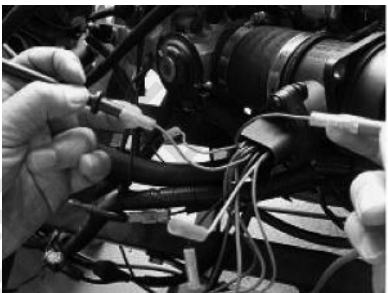


图 1-2-23 测量怠速时信号电压

11. 读取空气流量传感器波形

将界面切换到示波器，并连接好测试线，观察空气流量传感器在怠速、缓加速、全加速、急加速时的波形。

说明：

(1) 对照标准波形，分析所测波形。

(2) 输出信号电压随进气流量的增大而增大。

(3) 传感器输出信号电压范围是从怠速时超过 0.2V 变至节气门全开时超过 4V，当急减速时输出信号电压应比怠速时的电压稍低

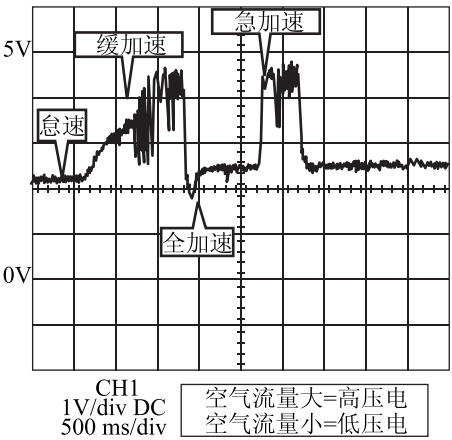


图 1-2-24 空气流量传感器标准波形

学习任务三 压力传感器的检测

学习工作页

【任务描述】

一辆宝马 X6 出现提速没力，严重时还有发抖的现象。来到修理厂进行维修，维修技术人员怀疑是由于油压不够，供油不畅造成的，但经检查发现，燃油泵、油管都没有故障。此时技术总监怀疑油压传感器故障，要求学员使用万用表、示波器等仪器仪表进一步检查并判断油压传感器是否已经失效。

【学习目标】

- 1. 能够准确讲述各种压力传感器的结构和工作原理。
- 2. 能按照厂家技术要求对压力传感器进行检查和维护，并对出现的简单故障进行处理。
- 3. 会对测量数据进行分析。

【学习准备】

一、知识内容

- 1. 压力传感器的结构和工作原理。
- 2. 压力传感器的检查和维护。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

手动真空泵、万用表、SKS-3068 汽车诊断与 ECU 检修万用线组、进气歧管压力传感器实验测试台架及相关连接线等。

【计划与实施】

第一步：再现任务描述中的故障现象，要求学生收集故障信息，并观摩教师排除故障的过程。

第二步：收集车辆维修过程中的关键词（压力、绝对压力、真空度、压敏电阻、机油压力、进气歧管压力），整理出执行该任务所需要的知识和技能。

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.

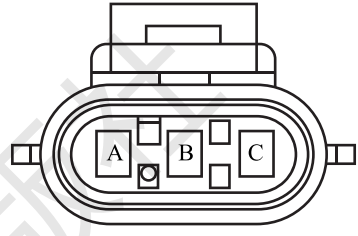
第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并回答下列问题。

1. 压力传感器按照信号产生的应用可分为：_____、_____、
_____、制动主缸压力传感器、蓄压器压力传感器、空气滤清器真空开关、
_____、变速器油压力传感器、_____等。
2. 发动机上常见的压力传感器有_____、_____、
_____、_____等几种。
3. 半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器由_____、_____、
_____、_____和壳体构成。
4. 压力传感器根据发动机的_____测出进气歧管内绝对压力（真空度）
的变化，并转换成_____信号。

第四步：在教师的引导下，学习相关技能，并完成下列任务。

1. 端子认知

端子号	导线颜色	端子功能
A		
B		
C		



压力传感器的端子

2. 读取不同转速下数据流

启动发动机，使其在怠速 1500r/min 和 2500r/min 工况下运行。使用_____，读取数据。

序号	发动机转速（r/min）	绝对压力（kPa）	信号电压（V）
1			
2			
3			

3. 压力传感器自身检测

序号	检测项目	检测方法	测量值	标准值
1				
2				
3				
4				

4. 利用真空泵检测

序号	真空度	测量值	标准值
1			
2			

序号	真空度	测量值	标准值
3			
4			

[评价与反馈]

一、知识测试

不定项选择题

1. 由燃油压力调节器调节的管道燃油压力随歧管真空度的变化而变化，因而怠速时的管道燃油压力（ ）。

- A. 不变 B. 较高 C. 很高 D. 较低

2. 对于电控燃油喷射系统中的燃油压力调节器，下面说法正确的是（ ）。

- A. 油压调节器的作用是保持输油总管中的油压不变
B. 油压调节器的作用是保持喷油器内、外的压力差恒定不变
C. 油压调节器的作用是保持喷油器的喷油压力不变
D. 油压调节器装在汽油泵和汽油滤清器之间

3. 当电控发动机进气压力传感器出现故障时，ECU 采用数值为（ ）。

- A. 不定值 B. 当前值 C. 标准值 D. 任意值

4. 两技师在讨论燃油压力调节器，技师甲：在电子燃油喷射系统中，不管节气门开度如何，燃油压力调节器都保持相同的油压；技师乙：在电子燃油喷射系统中，与压力调节器相连的进气管真空度在节气门大开度时，导致较高的燃油压力。下列选项中正确的是（ ）。

- A. 甲对 B. 乙对 C. 两人都对 D. 两人都不对

5. 在讨论燃油系统维修时，技师甲：在拆卸燃油系统附件之前，须释放燃油系统的压力；技师乙：释放燃油系统的压力，可以在燃油压力测试口上接一个压力表，打开压力表上的释压阀，通过软管连接释压阀到一个完好的容器释压。下列选项中正确的是（ ）。

- A. 甲对 B. 乙对 C. 两人都对 D. 两人都不对

6. 在讨论燃油泵压力故障诊断时，技师甲：燃油箱内有水可能会阻碍燃油泵泵油；技师乙：燃油压力高于规定值可能由压力调节器堵塞引起。下列正确的是（ ）。

- A. 甲对 B. 乙对 C. 两人都对 D. 两人都不对

7. 甲说：燃油压力低表明燃油泵必须更换；乙说：燃油压力高表明燃油滤清器或燃油管堵塞。下列选项中正确的是（ ）。

- A. 甲对 B. 乙对 C. 两人都对 D. 两人都不对

8. 可能导致发动机在减速时熄火的原因有（ ）。

- A. 燃油滤清器受阻 B. 到燃油泵的电压过低
C. 燃油压力调节器有故障 D. 燃油回油管扭结

二、实践考核

更换一辆在用的轿车，学生按照技术要求对机油压力传感器进行检查，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级			车型及年款		
姓名			车辆识别码		
学号			里 程 数		
实践项目		实践设备		启动机型号	
实践流程					
结果分析					
防范措施					
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐				
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日				

学习参考

各种压力是汽车保障正常运行的重要参数，正确地测量和控制压力是保障车辆良好运行，达到高效、低耗、安全的重要环节。因此，在汽车上各种压力传感器应用较广，它们主要的作用是检测液体或气体的压力变化，并将其检测结果转换成电压电信号输入给 ECU。

汽车上的压力传感器种类繁多，按照信号产生的应用可分为：进气歧管压力传感器、大气压力传感器、制动主缸压力传感器、蓄压器压力传感器、空气滤清器真空开关、机油压力开关、变速器油压力传感器、轮胎气压传感器等。

一、进气歧管压力传感器的作用

在压力型电子燃油喷射系统中不设空气流量传感器，由进气歧管压力传感器测量

进气歧管压力，并将信号输入 ECU，作为燃油喷射和点火控制的主控制信号。进气压力越大，进气量越多，喷油越多，点火提前角越小。

进气压力传感器的种类繁多，根据其信号转换原理可分半导体压敏电阻式、电容式、真空膜盒式等类型。但半导体压敏电阻式、电容式进气歧管压力传感器因具有尺寸小、响应性好、抗振性好、精度高、成本低等优点，已成为目前市场上应用最广泛的进气歧管压力传感器。

二、半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器

半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器由真空室、半导体压力转换组件（硅片）、过滤器、集成放大电路和壳体构成，如图 1-3-1 所示。

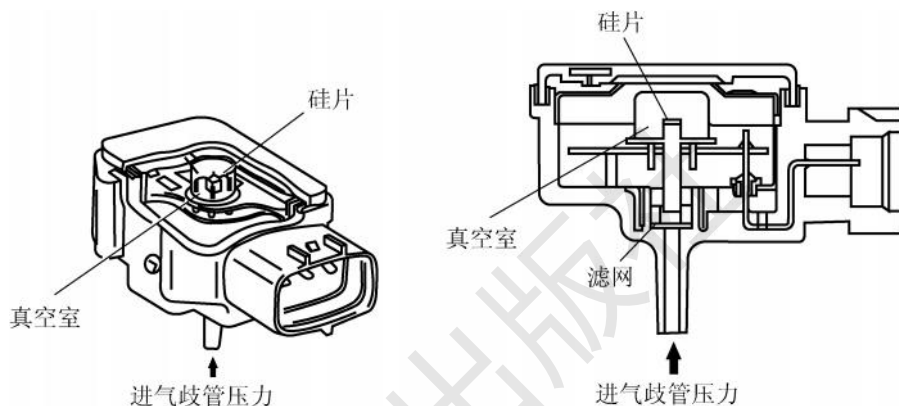


图 1-3-1 半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器的结构

硅片是将敏感元件安装在保持真空的真空室内，它的一侧是绝对压力为零的真空室，另一侧承受的是进气歧管的压力。如果进气歧管上的绝对压力发生变化，会造成真空室与进气歧管之间压力差发生变化，会导致硅片发生形状变化，从而引起电阻值发生变化。真空室内的集成电路将这个电阻信号变换为电压信号，加以放大并作为进气歧管的压力信号输入到发动机电子控制单元中。

三、电容式进气歧管压力传感器

电容式进气歧管压力传感器用氧化铝膜片和底板彼此靠近排列形成电容，利用电容膜片的压力差而改变性质，获得与压力成正比的电容值信号，如图 1-3-2 所示。

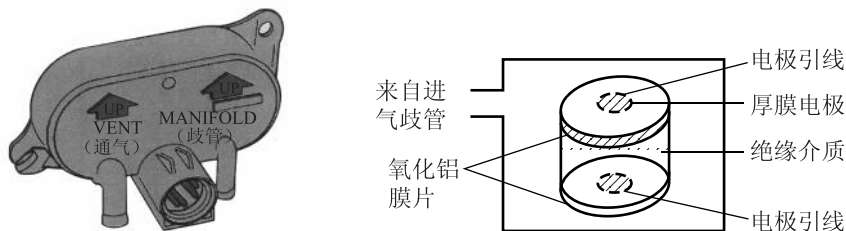


图 1-3-2 电容式进气歧管压力传感器

发动机工作时，进气歧管内的空气压力会作用到弹性膜片上，使弹性膜片发生形

变,产生位移,造成膜片与涂层之间的距离发生形变,导致电容器的电容量发生变化。而电容量的变化量与膜片的位移量成正比。由于位移量取决于两个腔的压力变化,弹性膜片上腔是绝对真空,因此只要连接下腔进气歧管上的绝对压力发生变化就会导致弹性膜片发生相应的位移变化。电容式进气歧管压力传感器就是通过检测这个电容的变化来检测进气歧管的压力。

四、真空膜盒式进气歧管压力传感器

真空膜盒式进气歧管压力传感器主要由膜盒、铁芯、感应线圈和电子电路等组成。

膜盒由薄金属片焊接,其外部与进气歧管相通,内部被抽成真空,只要进气歧管的压力变化就会使膜盒产生膨胀和收缩的变化。置于膜盒中感应线圈内部的铁芯会与膜盒一起动作。感应线圈有两个绕组,一个与振荡电路相连,会产生交变电压;另一个绕组为感应绕组,会产生信号电压。

发动机工作时,进气歧管中的压力会发生变化,导致膜盒的膨胀或收缩,从而带动铁芯在磁场中移动,使感应线圈产生相应的交变电压,然后集成电路将这个表示进气歧管压力变化的交变电压信号进行检波、整形、放大后输送到发动机 ECU。

五、机油压力传感器

机油压力传感器用于检测发动机机油油压的大小,传感器通常通过螺纹拧入缸体的油道内,其内有一个可变电阻,一端输出信号,另一端和搭铁的滑动臂连接,如图 1-3-3 所示。当油压增高时,压力通过润滑油道接口推动膜片弯曲,膜片推动滑动臂移动到低电阻位置,从而使输出电流增大;油压降低时,情况正好相反。

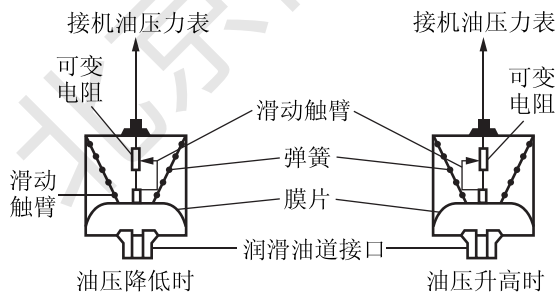


图 1-3-3 机油压力传感器

六、任务实施

(一) 技术要求及注意事项

1. 测试要求

(1) 在做实验时原则上只测试与本次实验相关的端口,尽量不要测试无关的端口,以免引起理解错误或损坏端口。

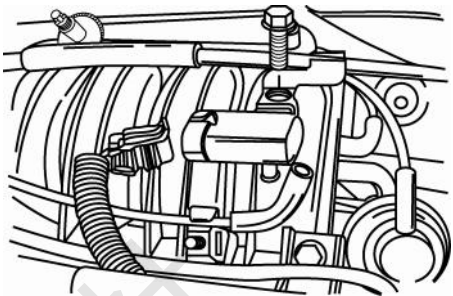
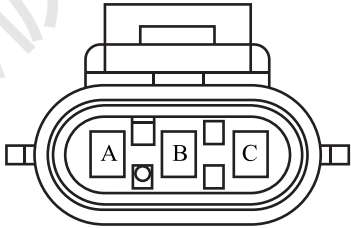
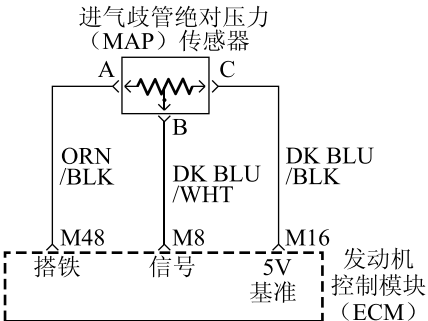
(2) 在实验过程中,切不可将电源极性搞错,如果接错就有可能损坏仪器。

2. 接线注意事项

(1) 在连接导线时要关闭电源,避免损坏设备。

(2) 在实际操作过程中，测试端口与控制单元直接相连，不要将任何电压加在测试端口上，以免损坏电控制单元；虽然端口与端口之间采取了保护隔离措施，但从安全原则考虑还是不要将任何电压加在这些接口上。

(二) 实验操作步骤

进气歧管压力传感器的检测																			
1. 进气歧管压力传感器认知 进气歧管绝对压力（MAP）传感器测量因发动机负荷（进气歧管真空）和转速变化导致的进气歧管压力波动。进气歧管绝对压力传感器将这些变化转换为电压输出。 说明： 本实验所采用传感器为别克凯越进气歧管压力传感器，其安装位置见图1-3-4																			
2. 端子认知 3一路 F 公制组件 150 系列灰色连接器 <table><tr><th>端子号</th><th>导线颜色</th><th>电路编号</th><th>端子功能</th></tr><tr><td>A</td><td>橙/黑</td><td>M48</td><td>搭铁</td></tr><tr><td>B</td><td>浅蓝/白</td><td>M8</td><td>信号</td></tr><tr><td>C</td><td>浅蓝/黑</td><td>M16</td><td>5V 基准</td></tr></table>		端子号	导线颜色	电路编号	端子功能	A	橙/黑	M48	搭铁	B	浅蓝/白	M8	信号	C	浅蓝/黑	M16	5V 基准		
端子号	导线颜色	电路编号	端子功能																
A	橙/黑	M48	搭铁																
B	浅蓝/白	M8	信号																
C	浅蓝/黑	M16	5V 基准																
3. 进气歧管压力传感器电路图 发动机控制模块向进气歧管绝对压力传感器发送 5V 基准电压。随着进气歧管压力变化，进气歧管绝对压力传感器输出电压随之变化。怠速时电压低（高真空），输出电压为 1~2V。节气门全开时电压高（低真空），输出电压为 4.0~4.8V																			

4. 检测电源线

在断开 (OFF) 点火开关情况下, 拔出半导体压敏电阻式进气歧管压力传感器线束插头, 连接测试线组。检测 C 端子与 A 端子的电压。

标准:

电压值应为 4~6V

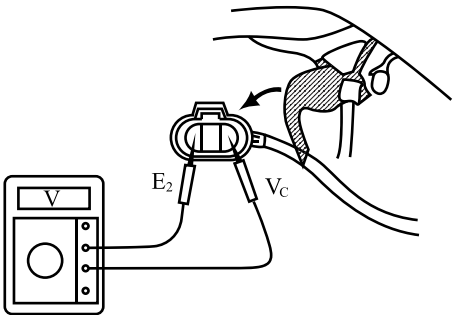


图 1-3-7 检测电源线

5. 检测搭铁线

检测 A 端子与搭铁之间电阻。

标准:

电阻值小于 1Ω

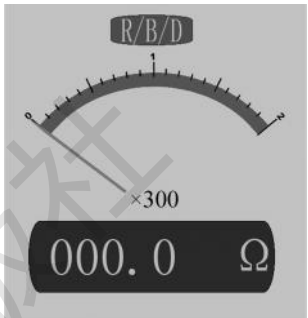


图 1-3-8 检测搭铁线

6. 测怠速时信号电压

打开点火开关, 启动发动机, 保持怠速。检测信号 B 端子与搭铁 C 端子之间的信号电压。

标准:

怠速时输出电压为 1~2V

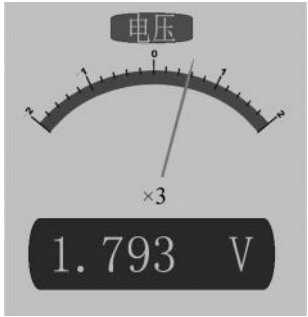


图 1-3-9 测怠速时信号电压

7. 测节气门全开时信号电压

标准:

节气门全开时电压高 (低真空), 输出电压为 4.0~4.8V

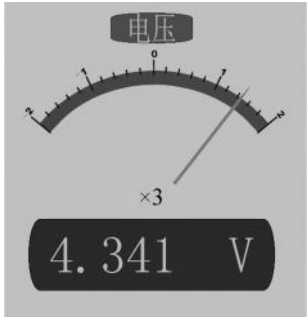
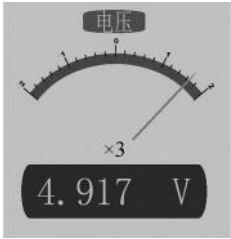
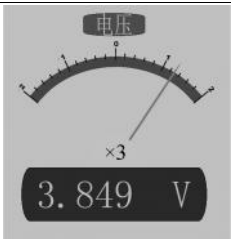
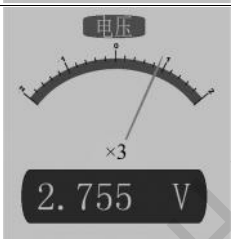


图 1-3-10 测节气门全开时信号电压

8. 拔下传感器的真空软管	图 1-3-11 拔下传感器的真空软管														
9. 接上手动真空泵 接上手动真空泵进行抽真空测试，观察真空表读数与输出电压信号读数	图 1-3-12 接上手动真空泵														
10. 分析测量数据并判断传感器好坏 随着真空度的增加，其信号电压亦增加。将不同真空度下的输出电压下降量与标准值相比较，如不符，则应更换进气歧管压力传感器。 说明： 表 1-3-1 给出了凯越车标准值。车辆的不同可能数据有所区别，具体数据可查询维修手册或 ESI	表 1-3-1 <table border="1" data-bbox="785 1238 1173 1577"><thead><tr><th>真空度 (kPa)</th><th>电压值 (V)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>4.9</td></tr><tr><td>5.9</td><td>3.8</td></tr><tr><td>11.8</td><td>2.7</td></tr><tr><td>17.7</td><td>1.7</td></tr><tr><td>23.7</td><td>0.6</td></tr><tr><td>29.6</td><td>0.3</td></tr></tbody></table>	真空度 (kPa)	电压值 (V)	0	4.9	5.9	3.8	11.8	2.7	17.7	1.7	23.7	0.6	29.6	0.3
真空度 (kPa)	电压值 (V)														
0	4.9														
5.9	3.8														
11.8	2.7														
17.7	1.7														
23.7	0.6														
29.6	0.3														

表 1-3-2

真空度 (kPa)	电压值 (V)	真空度 (kPa)	电压值 (V)
			
			
			
11. 装上真空管和进气歧管压力传感器，拆除连接测试线，清理场地		 图 1-3-13 装上真空管和进气歧管压力传感器	

学习任务四 磁电式转速传感器的检测

学习工作页

[任务描述]

一辆奇瑞轿车，将变速器拆下检修，装复后，出现了发动机不能着车，且无着火

征兆的现象。根据汽车维修经验，可能是某些原因导致没有点火高压电或不喷油。于是检查各个插接件，经检查没有发现异常，线路连接正确。此时，车间主管要求学员使用万用表、示波器等仪器仪表进一步检查并判断该车磁电式曲轴位置传感器是否出现故障。

[学习目标]

- 1. 能够叙述磁电式转速传感器在汽车上的应用。
- 2. 能够讲述磁电式转速传感器的结构和工作原理。
- 3. 能够叙述磁电式转速传感器的技术参数和信号特点。
- 4. 能够使用有关仪器设备正确检测磁电式转速传感器。

[学习准备]

一、知识内容

- 1. 磁电式转速传感器的工作原理。
- 2. 磁电式转速传感器在汽车上的应用。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

曲轴位置传感器、解剖教具、可调速微型电机、万用表各一只，曲轴位置传感器实验测试台架，相关连接线及维修工具等。

[计划与实施]

- 第一步：现场感受任务描述中的故障现象，观摩故障检修的过程。
- 第二步：收集车辆维修过程中的关键词（磁电式、转速传感器、曲轴位置传感器、电磁感应），整理出执行该任务所需要的知识和技能。

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

第三步：掌握相关知识，并完成下面任务工单的填写。

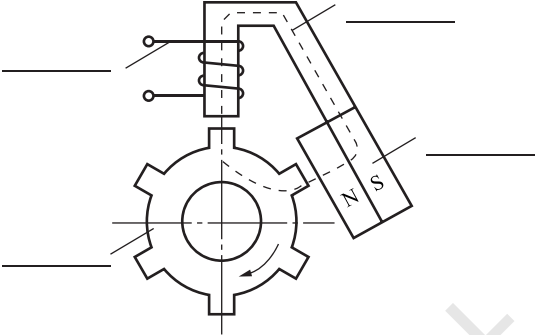
磁电式转速传感器检测的任务工单							
1. 检测的传感器名称：_____							
2. 图 1-4-1 是磁电式转速传感器的结构图，标示各部分名称。  图 1-4-1 磁电式转速传感器							
3. 用图形表示线圈中磁通量的变化规律。							
4. 空气间隙检查 使用的工具：_____							
表 1-4-1 间隙测量值 <table border="1"><tbody><tr><td>最大值</td><td></td></tr><tr><td>最小值</td><td></td></tr><tr><td>平均值</td><td></td></tr></tbody></table>	最大值		最小值		平均值		测量分析：
最大值							
最小值							
平均值							
5. 电阻测量 使用的工具：_____							
使用_____挡位，测量值_____	测量分析：						
6. 波形测量 使用的工具：_____							

表 1-4-2 波形特征值				波形绘制：
测量转速	信号波形	最高电压 (幅值)	频率	

故障波形 1 绘制：	故障波形 2 绘制：

[评价与反馈]

一、知识测试

选择题

1. 磁电式传感器的核心部件是 ()。
- A. 转子 B. 定子 C. 空气间隙 D. 线圈
2. 下面因素中对磁电式传感器性能有影响的是 ()。
- A. 空气间隙 B. 转速 C. 温度 D. 转子装配间隙
3. 下面说法不正确的是 ()。
- A. 转子转速越高，信号越强
- B. 线圈中磁通量最大的时候，也是磁通量变化最大的时候
- C. 温度越高，产生的信号电压越小
- D. 空气间隙越小，产生的信号可能越强

4. 我们用示波器观察波形，下面选项中主要记录的是（ ）。

- A. 读取波形的幅值
- B. 读取波形的频率
- C. 观察波形形状是否有规律
- D. 与标准波形进行对照

5. 汽车上下面的传感器中没有使用磁电式传感器的是（ ）。

- A. 曲轴位置传感器
- B. 车辆速度传感器
- C. 空气流量传感器
- D. 位置传感器

二、实践考核

就车按照任务描述中的过程，完成相关技能作业，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目	实践设备		
实践流程			
结果分析			
防范措施			
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日		

一、磁电式转速传感器的工作原理

1. 电磁感应

在如图 1-4-2 (a) 所示的均匀磁场中放置一根导体 AB。导体两端连接一个电流计，当导体垂直切割磁感线时，可以明显地观察到电流计指针有偏转。这说明导体回路中有电流存在。另外，当使导体平行于磁感线方向运动时，电流计指针不偏转，说明导体回路中不产生电流。在如图 1-4-2 (b) 所示实验中，空心线圈两端连接电流计。当用一块条形磁铁快速插入线圈时，我们会观察到电流计指针向一个方向偏转；如果条形磁铁在线圈内静止不动，电流计指针不偏转；如果条形磁铁由线圈中迅速拔出时，又会观察到电流计指针向另一方向偏转。

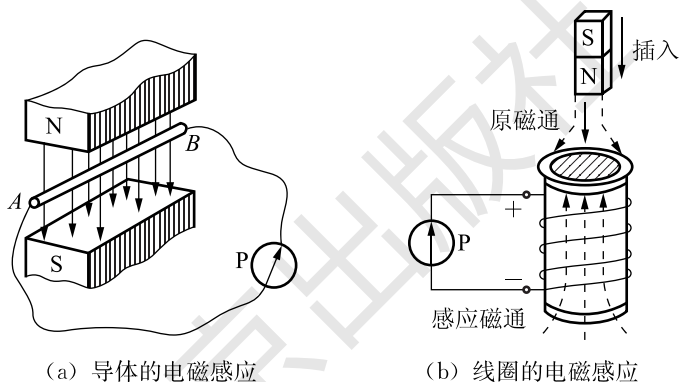


图 1-4-2 电磁感应实验

上述两个实验现象说明：当导体相对于磁场运动且切割磁感线或者线圈中的磁通发生变化时，在导体或线圈中都会产生感应电动势。若导体或线圈构成闭合回路，则导体或线圈中将有电流流过。

法拉第通过大量实验总结出：线圈中感应电动势的大小与线圈中磁通的变化快慢（即变化率）和线圈的匝数的乘积成正比。

$$E = N \frac{d\Phi}{dt}$$

式中 E ——感应电动势；

N ——感应线圈的匝数；

Φ ——磁通；

$\frac{d\Phi}{dt}$ ——磁通变化率。

2. 测速方法

磁电式转速传感器的工作原理如图 1-4-3 所示，磁力线穿过的路径为：永久磁铁 N 极—定子与转子间的气隙—转子凸齿—转子凸齿与定子磁头间的气隙—磁头—扼铁—永久磁铁 S 极。当信号转子旋转时，磁路中的气隙就会周期性地发生变化，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，传感线圈中就会感应产生交变电动势。

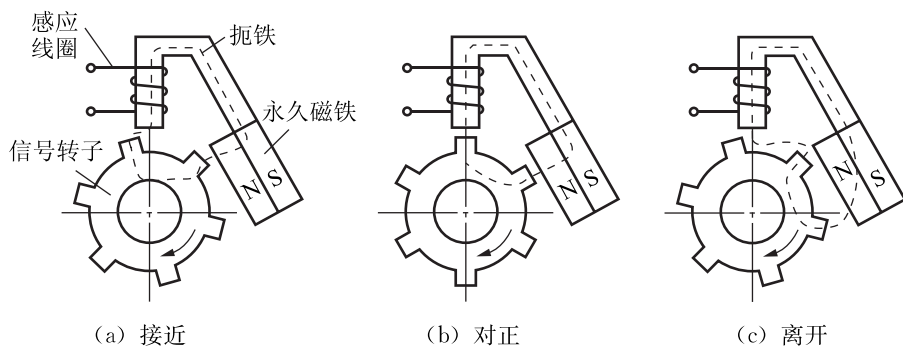


图 1-4-3 磁电式转速传感器的工作原理

当信号转子按顺时针方向旋转时，转子凸齿与磁头间的气隙减小，磁路磁阻减小，磁通量 Φ 增多。磁通量变化率增大，感应电动势 E 为正。如图 1-4-4 中曲线 abc 所示。当转子凸齿接近磁头边缘时，磁通量 Φ 急剧增多，磁通量变化率最大，感应电动势最高，如图 1-4-4 中曲线上的 b 点所示。转子转过 b 点后，虽然磁通量 Φ 仍在增多，但磁通量变化率减小，因此感应电动势 E 降低。

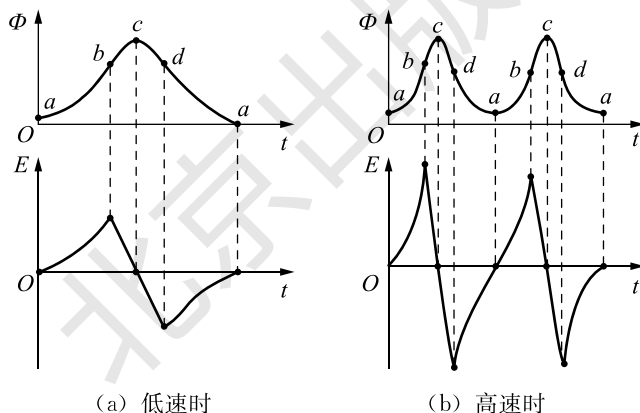


图 1-4-4 传感器线圈中的磁通量和电动势的波形

当转子转到凸齿的中心线与磁头的中心线对齐时 [图 1-4-3 (b)]，虽然转子凸齿与磁头间的气隙最小，磁路的磁阻最小，磁通量 Φ 最大，但是，由于磁通量不可能继续增加，磁通量变化率为零，因此感应电动势 E 为零，如图 1-4-4 中曲线 c 点所示。

当转子沿顺时针方向继续旋转，凸齿离开磁头时 [图 1-4-3 (c)]，凸齿与磁头间的气隙增大，磁路磁阻增大，磁通量由此减少，所以感应电动势 E 为负值，如图 1-4-4 中曲线 cda 所示。当凸齿转到将要离开磁头边缘时，磁通量 Φ 急剧减少，磁通量变化率达到负向最大值，感应电动势 E 也达到负向最大值，如图 1-4-4 中曲线上 d 点所示。

由此可见信号转子每转过一个凸齿，传感线圈中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最小值，传感线圈也就相应地输出一个交变电压

信号。

转速、感应线圈中感应出近似于正弦波的电动势的频率与感应线圈匝数的关系为

$$n = \frac{60f}{Z}$$

式中 n ——转子转速, r/min;

f ——正弦波频率, Hz;

Z ——转子齿数。

磁电式转速传感器一般用于动态转速测量,不适用于慢的转速测量,因为这时的输出电压信号接近于零。磁电式转速传感器的优点是成本低,具有良好的电磁兼容和防无线电干扰能力,而且其为无源元器件,在测点处不需要信号处理的保护电路,工作温度范围宽;其缺点是输出信号与转速有关,对于静态无效,而且对空气间隙的波动敏感。

二、磁电式转速传感器在汽车上的应用

磁电式转速传感器在汽车上的应用较多,主要应用在:发动机转速传感器、判缸传感器、变速器输入传感器、变速器输出传感器(车速传感器)、轮速传感器等,如图1-4-5所示。

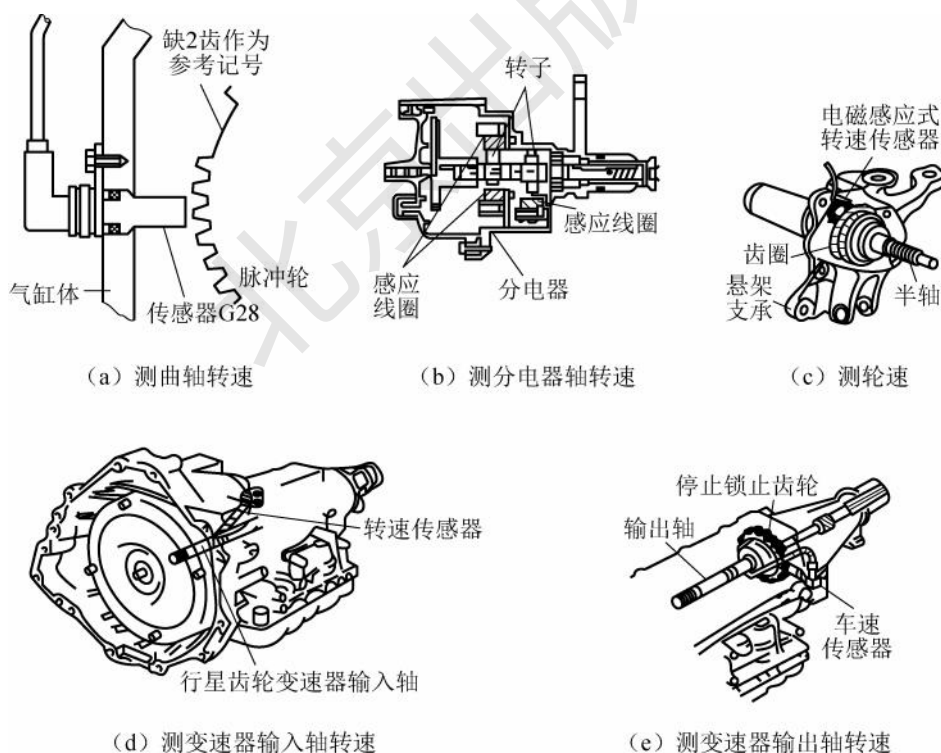


图 1-4-5 磁电式转速传感器在汽车上的应用场合

学习任务五 霍尔式转速传感器的检测

学习工作页

[任务描述]

一辆大众桑塔纳 2000GSi 轿车，车装配 1.8L2VQS AJR 型发动机，行驶里程约 120000km，现在出现动力不足，发动机功率下降。接到车后，根据车主的反映以及现场测试情况，分析认为应该是发动机内部出现了问题，于是对发动机进行拆解检查，发现气缸套与活塞环已经严重磨损，于是决定对发动机进行一次大修。然而，在发动机大修竣工后，进行试车时，发现车速达到 110km/h 以后提速困难，并且发动机有抖动的感觉。此时车间主管怀疑霍尔式转速传感器故障，要求学员使用万用表、示波器等仪器仪表进一步检查并判断该霍尔式转速传感器是否出现故障。

[学习目标]

- 1. 能够简述霍尔式转速传感器在汽车上的应用。
- 2. 能够叙述霍尔式转速传感器的结构和工作原理。
- 3. 能够阐述霍尔式转速传感器的技术参数和信号特点。
- 4. 能够使用有关仪器设备正确检测霍尔式转速传感器。

[学习准备]

一、知识内容

- 1. 霍尔式转速传感器的结构和工作原理。
- 2. 霍尔式转速传感器在汽车上的应用。

二、学习场境

一体化教室。

三、学习设备

万用表、可调速微型电机、霍尔式位置传感器解剖教具各 1 个，霍尔式转速传感器实验台架及相关连线等。

[计划与实施]

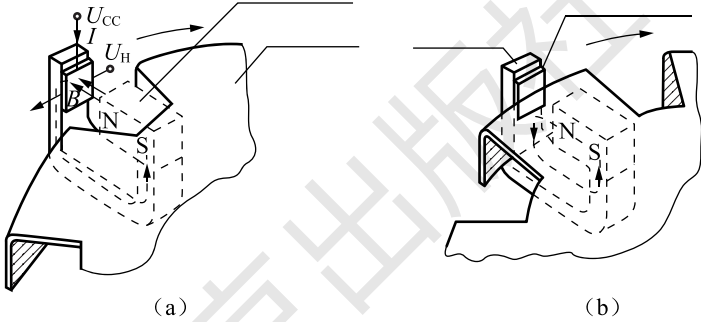
第一步：现场感受任务描述中的故障现象，观摩故障检修的过程。

第二步：收集车辆维修过程中的关键词（霍尔效应、霍尔电压、霍尔元件、转速传感器），整理出执行该任务所需要的知识和技能。

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

技能点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

第三步：掌握相关知识，并完成下面任务工单的填写。

霍尔式转速传感器检测的任务工单	
1. 检测的传感器名称：	
2. 图 1-5-1 为霍尔式转速传感器的结构，标示各部分名称。	
 (a) (b) 图 1-5-1 霍尔式转速传感器的结构	
3. 用文字正确表述霍尔效应。	
4. 霍尔式转速传感器信号检测使用的工具仪器：	
5. 画出检测试验线路连接示意图。	

6. 波形测量																																			
表 1-5-1 波形特征值 <table border="1"><thead><tr><th>测量转速</th><th>信号波形</th><th>最高电压 (幅值)</th><th>频率</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>			测量转速	信号波形	最高电压 (幅值)	频率																													波形绘制：
测量转速	信号波形	最高电压 (幅值)	频率																																
7. 计算占空比。																																			
8. 故障模拟。																																			
故障波形 1 绘制：		故障波形 2 绘制：																																	

【评价与反馈】

一、知识测试

选择题

1. 霍尔式转速传感器的核心部件是（ ）。
A. 转子 B. 定子 C. 空气间隙 D. 霍尔元件
2. 霍尔式转速传感器的输出信号受到下面哪些因素影响（ ）。
A. 转子形状 B. 输入电压大小 C. 转子速度
3. 关于霍尔式转速传感器，下面说法正确的是（ ）。
A. 输出信号电压值不变
B. 信号形状对控制影响不大，只要具有一致性
C. 电源正负极反接导致没有信号输出
D. 转子和定子之间的间隙会影响输出信号，间隙越大信号越小
4. 关于霍尔式转速传感器转子叶片窗口的描述正确的是（ ）。
A. 转子叶片窗口的作用是开关磁场
B. 窗口越大，产生的信号电压越高
C. 窗口的大小决定了信号占空比的大小
D. 窗口数目的多少，窗口位置和窗口大小的确定与传感器用途密切相关
5. 汽车上下面的传感器中没有使用霍尔式转速传感器的是（ ）。
A. 曲轴位置传感器 B. 车辆速度传感器
C. 车身高度传感器 D. 转向角度传感器

二、实践考核

就车按照任务描述中的过程，完成相关技能作业，并填写下列表格。

学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目		实践设备	
实践流程			
结果分析			
防范措施			

自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名: 年 月 日

学习参考

一、霍尔效应

当在半导体薄片两端通以控制电流 I ，并在薄片的垂直方向施加强度为 B 的磁场时，在垂直于电流和磁场的方向上将产生电动势 U_H （称为霍尔电动势或霍尔电压），这种现象称为霍尔效应，如图 1-5-2 所示。

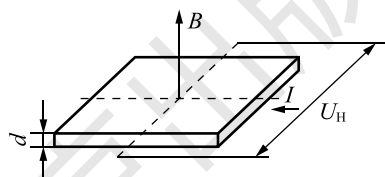


图 1-5-2 霍尔效应原理图

二、霍尔电压

霍尔效应是由于运动电荷受磁场中洛伦兹力作用的结果。霍尔电动势 U_H 可用下式表示：

$$U_H = \frac{R_H IB}{d} (\text{V})$$

式中 R_H ——霍尔常数， m^3/C ；

I ——控制电流， C/s ；

B ——磁感应强度， Wb/m^2 ；

d ——霍尔元件的厚度， m 。

令 $K_H = R_H/d$ ，则

$$U_H = K_H IB$$

由此可知，霍尔电动势的大小正比于控制电流 I 和磁感应强度 B 。 K_H 称为霍尔元件的灵敏度，它只与材料的性质有关，而与几何尺寸无关。

三、霍尔元件

霍尔元件的结构很简单,它由霍尔片引线 and 壳体组成,如图 1-5-3 (a) 所示。霍尔片是一块矩形半导体单晶薄片,引出 4 根引线。1 和 1' 两根引线加激励电压或电流,称为激励电极。2 和 2' 引线为霍尔输出引线,称为霍尔电极。霍尔元件壳体由非导磁金属、陶瓷或环氧树脂封装而成,如图 1-5-3 (b) 所示。在电路中霍尔元件可用两种符号表示,如图 1-5-3 (c) 所示。

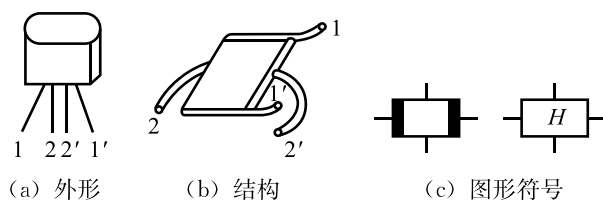


图 1-5-3 霍尔元件

四、霍尔式转速传感器的工作原理

根据霍尔电压的计算公式可知,若改变磁感应强度 B 的有无或强弱,则霍尔电压相应变化,即有无或强弱变化。利用轴上的转盘或齿轮就可改变磁感应强度的变化频率,根据频率的变化即可检测到转速的快慢。

如图 1-5-4 所示是几种不同结构的霍尔式转速传感器。磁性转盘的输入轴与被测转轴相连,当被测转轴转动时,磁性转盘随之转动,固定在磁性转盘附近的霍尔传感器便可在每一个小磁铁通过时产生一个相应的脉冲,检测出单位时间的脉冲数,便可知被测转速。磁性转盘上小磁铁数目的多少决定了传感器测量转速的分辨率。

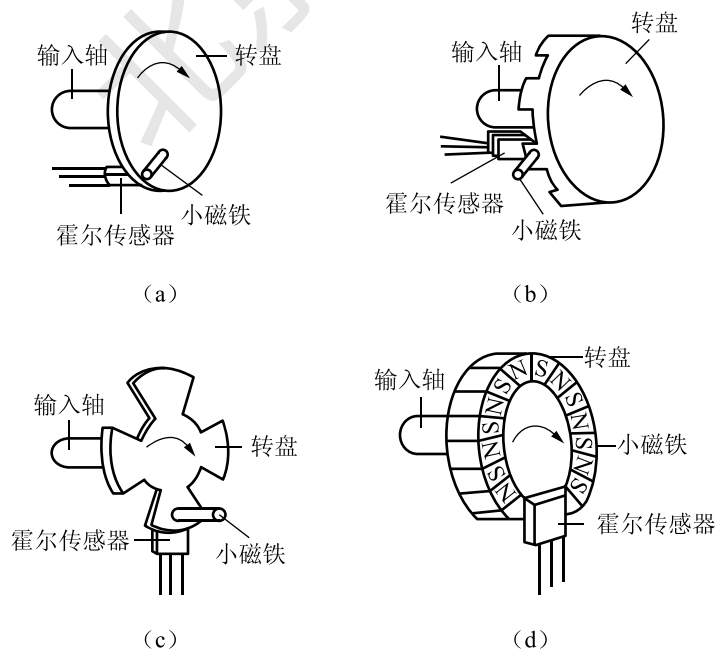


图 1-5-4 几种不同结构的霍尔式转速传感器

五、霍尔式转速传感器在汽车上的应用

霍尔式转速传感器在汽车上的应用主要有:发动机转速传感器、判缸传感器(或上止点传感器)、变速器输入轴传感器、变速器输出轴传感器(车速传感器)、轮速传感器等。

汽车上采用霍尔式转速传感器可分为两大类:一类采用触发叶片式,另一类采用触发轮齿式。

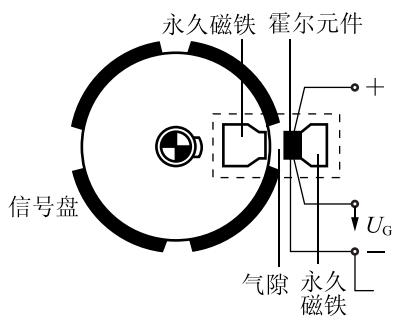


图 1-5-5 霍尔式转速传感器（触发叶片式）

1. 采用触发叶片式

采用触发叶片式是改变磁感应强度的有无,从而使霍尔电压有无波动变化,其传感器构造如图 1-5-5 所示。

当信号发生器上的叶片进入永久磁铁与霍尔元件之间的气隙时,霍尔触发器的磁场被叶片旁路,此时不产生霍尔电压,传感器无输出信号;当信号发生器的触发叶片的缺口部分进

入永久磁铁和霍尔元件之间的气隙时,霍尔电压升高,传感器输出电压信号。

2. 采用触发轮齿式

采用触发轮齿式是改变磁感应强度的强弱,从而使霍尔电压强弱波动。触发轮齿式转速传感器的构造如图 1-5-6 所示。其工作原理是永久磁铁的磁力线穿过霍尔器件通向齿轮,齿轮提供了磁路。当齿轮位于图 1-5-7 (a) 所示位置时,穿过霍尔器件的磁力线分散,磁场相对较弱;当齿轮位于图 1-5-7 (b) 所示位置时,穿过霍尔器件的磁力线集中,磁场相对较强。齿轮转动时,使得穿过霍尔器件的磁力线密度发生变化,因此引起霍尔电压的变化,霍尔器件将输出一个毫伏级的交变电压。该交流信号需经由电子电路转换成标准的脉冲电压。如图 1-5-8 所示为霍尔式转速传感器的电子线路框图。

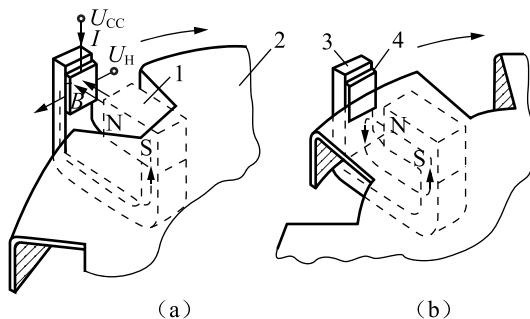


图 1-5-6 霍尔式转速传感器（触发轮齿式）

1、3—永久磁铁；2—信号盘；4—霍尔元件

由霍尔器件输出的毫伏级交变电压,经放大器放大成伏特级电压信号,输入施密特触发器,由触发器将正弦波信号转换成标准的脉冲信号再送至放大器放大后输出。

各级波形如图 1-5-9 所示。其工作电压为 8~15V，负载电流为 100mA，工作频率为 20kHz，输出电压幅 7~14V。

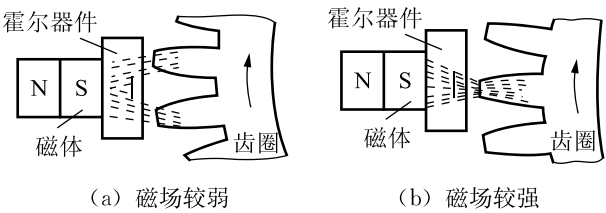


图 1-5-7 霍尔式转速传感器的磁路

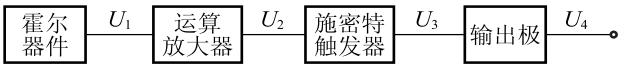


图 1-5-8 霍尔式转速传感器的电子线路框图

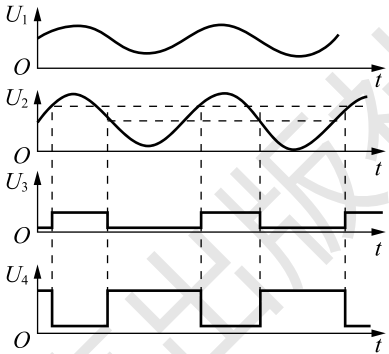


图 1-5-9 霍尔式转速传感器的电子线路波形

霍尔式转速传感器需输入 12V 电源电压，其输出信号电压在 11.5~12V，即使转速下降至 0 也不改变。