

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2013.12.015

## 霍尔元件的后置油门优化设计\*

刘荣先<sup>a</sup>, 崔守鸷<sup>a</sup>, 秦永法<sup>b</sup>

(扬州大学 a. 汽车工程实验总厂; b. 机械工程学院, 江苏 扬州 225009)

**摘要:**汽车后置油门装在汽车尾部, 工作环境恶劣, 其防水、防潮、防震、防灰尘、可靠性、寿命等性能难以满足使用要求。为了克服其缺点, 通过研究, 提出了一种基于可编程三轴霍尔元件的后置油门的设计方案。针对后置油门的性能要求, 选用了 MELEXIS 公司的 MLX96316 双路输出线性霍尔元件, 优化设计了后置油门的机械结构, 抗干扰电路, 计算出弹簧的数据。使后置油门的旋转部分和传感器相互独立, 传感器无转子和旋转部分相连。后置油门的各项性能指标满足使用要求。

**关键词:** 后置油门; 霍尔元件; 传感器; 电路

**中图分类号:** TD402

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-582X(2013)12-098-05

## Rear throttle Optimization based on the Hall element

LIU Rongxian<sup>a</sup>, CUI Shouzhi<sup>a</sup>, QIN Yongfa<sup>b</sup>

(a. Automotive Engineering Experimental Plant; b. School of Mechanical Engineering,  
Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu, 225009, China)

**Abstract:** A car rear throttle mounts on rear of the car, it works poor working conditions, Its waterproof, moisture-proof, shock-proof, dust-proof, reliable, longevous and other performance requirements can not meet the use requirements. Through research, a design scheme based on the Programming triaxial Hall element rear throttle is proposed. In view of the rear throttle performance requirements, chose the MELEXIS company's MLX90316 dual output linear hall element, optimized the mechanical structure and anti-interference circuit of the rear throttle, calculated the data of spring. Made the rotating parts and sensor of the rear pedal independent of each other, no rotor connected to the rotating part in the sensor. The rear pedal's various performance indicators meet the design requirements.

**Key words:** rear throttle; hall element; sensor; electric circuit

电子油门踏板的主要功能是把驾驶员踩下油门踏板的角度转换成与其成正比的电压信号, 传输给发动机 ECU, ECU 综合采集的速度, 温度等其他信号处理后, 输出信号精确控制发动机工作<sup>[1]</sup>。电子油门踏板是装在汽车驾驶室内, 而混凝土搅拌机等工程机械需要控制搅拌、翻斗等工作设备, 在汽车尾部要装一油门, 由工作人员手动控制, 这个油门称为

后置油门。由于装在汽车尾部, 工作环境恶劣, 除需要一般电子油门踏板所要求的性能外, 还特别要求具有防水, 防潮, 防震, 防灰尘等性能。

国内外各汽车公司和汽车零部件制造商对后置油门及其传感器都进行了大量的研究, 目前, 国外公司在后置油门中使用较多的是传统的电阻接触式角位移传感器, 国内公司在后置油门中使用较

**收稿日期:** 2013-10-12

**基金项目:** 国家火炬计划资助项目(2012GH530716);

**作者简介:** 刘荣先(1954-), 男, 扬州大学高级工程师, 从事汽车电子产品设计与开发研究, (Tel) 13805272333; (E-mail) 13805272333@163.com。

多的是霍尔式角位移传感器,但产品都不是十分理想:主要是传统的电阻接触式角位移传感器,由电刷在电阻基片上滑动引起电阻的阻值变化,从而引起输出电压的变化,感知角度的大小;由于电刷和电阻基片长期的滑动接触,这些机械部件易产生磨损,而这种磨损会产生接触不良或输出阻值的改变,此外汽车的震动会导致滑动触片瞬间脱开,电刷和电阻基片的氧化等也会导致接触不良或输出阻值的改变,从而导致信号失真,影响了后置油门的可靠使用,且工作寿命受到限制。另一种霍尔式角位移传感器虽则是非接触式<sup>[2-5]</sup>,但仍然有转子和壳体接触磨擦,防水、防潮等性能较难达到设计要求,即后置油门在汽车尾部日晒夜露,使用一段时间后,因水、潮气,灰尘的浸蚀,有可能造成传感器转子卡住,不能正常工作。针对以上存在的问题,经研究,选用 MLX90316 可编程三轴霍尔元件<sup>[6-8]</sup>,设计出新颖的后置油门装置,其旋转部分和传感器相互独立,传感器无转子和旋转部分相连。传感器为一独立部件,没有运动件,永远不会产生任何磨损和卡住现象,其防水、可靠性、工作寿命等各项性能指标得到保证。

## 1 霍尔元件

霍尔元件是一种基于霍尔效应的器件。线性霍尔传感器由霍尔元件、线性放大器和射极跟随器组成,输出模拟量。它能实现磁电转换,可用于检测磁场及其变化<sup>[9]</sup>。具有结构牢固、体积小、重量轻、功耗小、寿命长、安装方便,不怕灰尘、油污、水汽及烟雾污染和腐蚀等优点<sup>[10-12]</sup>。

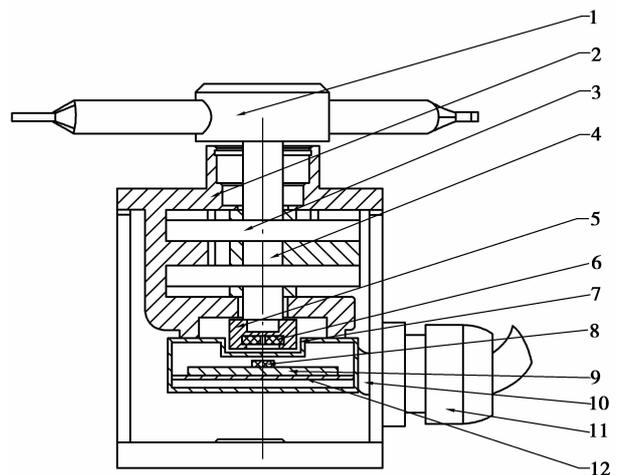
目前,国内外很多公司研发出可编程霍尔元件,例如 MELEXIS 公司的 MLX90316、INFINEON 公司的 TLE4997、MICRONAS 公司的 HAL815,都是一种可编程线性霍尔元件,它们的输出电压等参数可由程序进行修改,并可对温度、磁感应强度等进行补偿。同一只传感器只要修改程序就可得到不同的输出电压,极大地提高了输出曲线的线性度,同步度等参数。传感器及其工作件在制造过程中,都会存在机械、磁体、装配等方面的误差,这些误差可在传感器装上工作件后编程时得到修正。

为了提高后置油门的防水、防潮、防震、防尘性能,霍尔元件选用 MELEXIS 公司的 MLX90316 双路输出线性霍尔元件,不仅线性度好,而且由于 2 个霍尔敏感元件封装在一起,同步度得到很大提高。对后置油门而言,最大的优点为:磁路简单,磁体和霍尔元件可以设计在 2 个独立的腔中,不需要转子

直接相连,有利于防水等性能的保证。

## 2 结构设计

在后置油门的优化设计中,其外部壳体和内部传感器都必须满足防水、防潮、防震、防灰尘、可靠性高、寿命长等性能要求。



1-手柄;2-上盖;3-弹簧;4-轴;5-塑料件;  
6-磁体;7-传感器壳体;8-霍尔元件;9-电路板;  
10-线束;11-防水塞;12-隔板

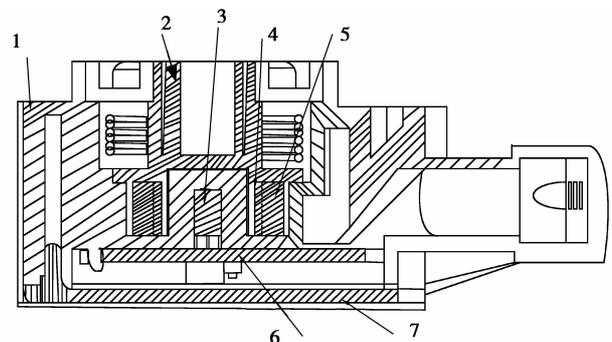
图 1. 后置油门结构图

### 2.1 机械结构(如图 1 所示)

工作原理:当后置油门手柄旋转时,,和手柄相连接的磁体旋转,使作用于霍尔元件上的磁感应强度发生改变,输出电压相应变化,以此反映出旋转角度的变化<sup>[13-15]</sup>。

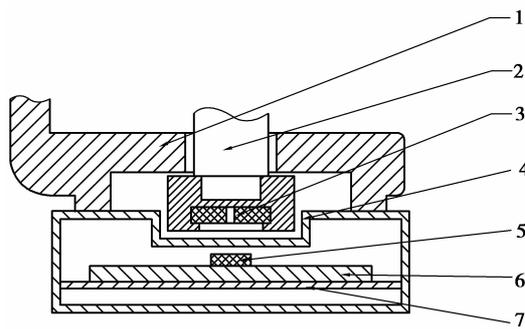
### 2.2 传感器结构

原霍尔式角位移传感器结构如图 2,和新霍尔式角位移传感器结构如图 4 对比



1-壳体;2-转子;3-霍尔元件;  
4-磁体;5-屏蔽铁;6-电路板;7-软铁板

图 2 原霍尔式角位移传感器结构



1-支架;2-轴;3-磁体;

4-传感器壳体;5-霍尔元件;6-电路板;7-隔板

图 3 新霍尔式角位移传感器结构

从图 2 可看出:原霍尔式角位移传感器使用的霍尔元件是直立式,单信号输出,必须设计一封闭式磁路与之配合,磁体装在转子中,转子和壳体有一旋转间隙,此间隙因受潮或灰尘进入等原因,转子容易发生卡住现象,导致后置油门不能正常工作。从图 3 可看出:新霍尔式角位移传感器使用的是可编程三轴霍尔元件,平面封装,双信号输出,磁力线通过空气传导作用于霍尔元件的表面,当手柄旋转时,和手柄相连接的磁体旋转,作用于霍尔元件表面的磁感应强度产生变化,输出电压相应变化,反映出旋转角度的变化。旋转体与传感器没有直接接触,就不会产生任何磨损和卡住现象,其防水和工作寿命等各项性能指标得到保证。

### 2.3 回位弹簧设计

在后置油门的工作寿命设计中,传感器由于是非接触式,工作寿命能满足  $1 \times 10^7$  次以上全行程往返的要求,最主要就是弹簧的设计也要满足该要求。

由后置油门结构及使用参数要求,弹簧扭矩  $T = 1\ 426\ \text{N} \cdot \text{mm}$ ,变形角  $\varphi = 50^\circ = 0.87\ \text{rad}$ ,

内半径  $R_1 = 9\ \text{mm}$ ,外半径  $R = 21.5\ \text{mm}$ 。设计计算如下

#### 1) 弹簧材料

按照 YB/T 5310-2010“弹簧用不锈钢冷轧钢带”标准,选用牌号 1Cr17Ni7,抗拉强度选为  $\sigma_b = 1\ 300\ \text{MPa}$  的不锈钢材料。

#### 2) 许用应力

当使用寿命大于  $10^5$  时,取  $[\sigma] = (0.5 \sim 0.6)\sigma_b = (0.5 \sim 0.6) \times 1\ 300\ \text{MPa} = 650 \sim 780\ \text{MPa}$ ,这里,取  $[\sigma] = 650\ \text{MPa}$ 。

#### 3) 弹簧材料的截面尺寸 $b, h$ ,

$b = 5\ \text{mm}$  为已知条件,

由公式  $h = \sqrt{\frac{6k_2 T}{b[\sigma]}}$  求截面厚度  $h$ ,

弹簧要求外端固定,因此  $k_2 = 1$ ,

所以  $h = \sqrt{\frac{6 \times 1 \times 713}{5 \times 650}}\ \text{mm} = 1.14\ \text{mm}$ ,查“弹簧

材料的厚度和宽度尺寸系列表”,取  $h = 1.2\ \text{mm}$ 。

#### 4) 弹簧工作长度 $l$

由“非接触型平面涡卷弹簧的设计计算公式表”中公式,并取  $k_1 = 1, E = 2.0 \times 10^5\ \text{N/mm}^2$ ,

$$l = \frac{Ebh^2\varphi}{12k_1 T} = \frac{2 \times 10^5 \times 5 \times 1.2^3 \times 0.87}{12 \times 1 \times 713}\ \text{mm} = 146\ \text{mm}.$$

#### 5) 节距 $t$

$$t = \frac{\pi \times (R^2 - R_1^2)}{l} =$$

$$\frac{3.14 \times (21.5^2 - 9^2)}{146}\ \text{mm} = 8.19\ \text{mm}$$

取  $t = 8.2\ \text{mm}$ 。

#### 6) 圈数 $n_0$

$$n = \frac{R - R_1}{t} = \frac{21.5 - 9}{8.2}\ \text{圈} = 1.5\ \text{圈}.$$

## 3 传感器电路设计

传感器的电路设计主要要做好电磁兼容设计,第一是传感器对外发射的电磁干扰不能超过一定的限值;第二是传感器要具有抵抗外界电磁干扰的能力。

霍尔元件可选用 MELEXIS 公司的 MLX90316 器件,它是一个可编程三轴霍尔传感器,  $0 \sim 360^\circ$  高精度连续测量,线性模拟双信号输出。传感器技术参数如表 1 所示

表 1 传感器技术参数

参量	值
额定电压	DC (5 ± 0.1) V
工作电流	≤ 20 mA
有效电气转角	0° ~ 50°
有效机械转角	0° ~ 360°
旋转方向	逆时针
旋转力矩	5 N · m ~ 25 N · m
线性度	± 1%
同步度偏差	≤ 0.05 V
工作寿命	≥ 1 × 10 <sup>7</sup> 次

从以上主要电气技术参数可看出,霍尔式角位移

传感器是直流小信号工作器件,对外发射的电磁干扰很小,其电路的设计主要放在抗外部干扰上,即保证

传感器能够抵抗来自外部的干扰能正常工作和承受外部电压的冲击而不被损坏。具体电路如图 4 所示。

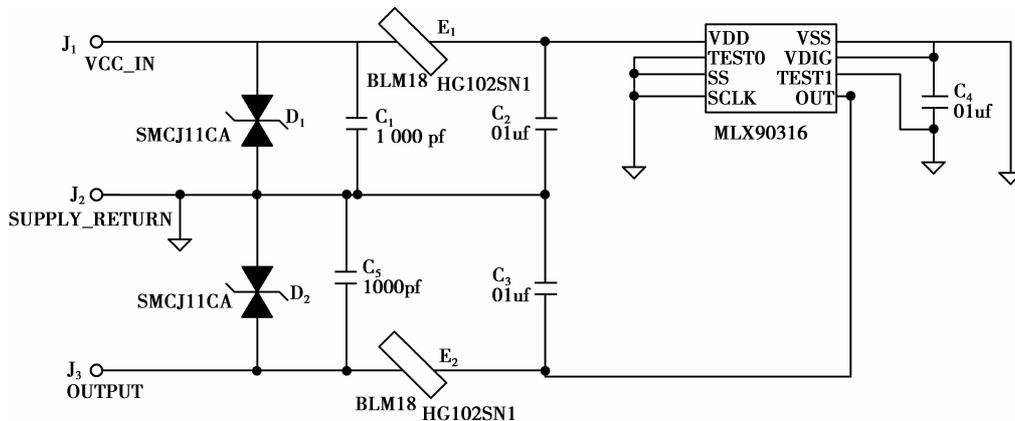


图 4 电路原理图

电路中  $E_1$ 、 $E_2$  为磁珠,可以吸收传导来的噪音; $C_1 \sim C_5$  为贴片电容,可以吸收和滤除噪音; $D_1$ 、 $D_2$  为双向 TVS 管(瞬态抑制二极管),当两端经受瞬间的高能量冲击时,它能以极高的速度(最高达  $1 \times 10^{-12}$  s)使其阻抗骤然降低,同时吸收一个大电流,将其两端间的电压箝位在一个预定的数值上,从而确保霍尔元件免受瞬态高能量的冲击而损坏。TVS 管的选取:TVS 管额定反向关断电压  $V_{wm}$  应大于或等于被保护电路的最大工作电压。考虑到霍尔元件的工作电压为 5 V,但编程电压为 7.5 V,以及 TVS 管的离散性,TVS 管可选用 SMCJ11CA。

为了满足传感器防水,防潮,防震,防灰尘等性能要求,电路板可用韧性好的弹性体环氧树脂封装在塑料密闭腔内,既防水,又具有吸震与缓冲效果。

由于 HALL 元件选用的是一个可编程双信号输出霍尔元件,所以,只要传感器和后置油门总成装配好后,再按照电气性能要求写入相应程序。输出特性曲线如图 5 所示

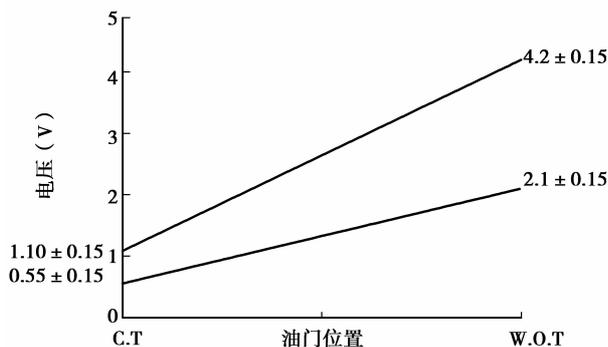


图 5 传感器输出特性曲线

## 4 结 语

基于霍尔元件设计的一种后置油门,采用不锈钢涡卷弹簧,旋转部分和传感器相互独立,传感器无转子和旋转部分相连,克服了原后置油门存在的一些不足,具有更好的防水,防潮,防震,防灰尘性能,可靠性高,工作寿命长。为了验证该后置油门的性能,经专业从事汽车电器检测的第三方检测机构——长沙汽车电器检测中心进行检验,以及用户使用,各项性能指标满足使用要求。该后置油门可广泛应用于各种工程机械中。

## 参考文献:

- [1] 冯能莲,董春波,宾洋,等. 电子节气门控制系统研究[J]. 汽车技术,2004,35(1):124.  
FENG Nenglian, DONG Chunbo, BIN Yang, et al. Study on electronic throttle control systems [J]. Automobile Technology, 2004, 35(1):124.
- [2] 邓涛,孙冬野,胡丰宾,等. 遗传算法优化的方向与速度综合控制驾驶员模型[J]. 重庆大学学报,2011,34(9):1-8.  
DENG Tao, SUN Dongye, Hu Feng-bin, et al. Direction and speed integrated control driver model optimized by genetic algorithms [J], Journal of Chongqing University, 2011,34(9):1-8.
- [3] 林游,张俊杰,易凡. 霍尔传感器信号采集与显示系统设计[J]. 现代电子技术,2009(4):191-194.  
LIN You, ZHANG Junjie, YI Fan. Design of hall sensor signal acquisition and display system [J]. Electronics Technique, 2009(4):191-194.
- [4] 丁芝琴. 基于霍尔传感器的电机测速装置设计[J]. 农

- 机化研究, 2010(5):81-83.
- Ding Zhiqin. Design of motor speed measurement device based on hall effect sensor [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010(5):81-83.
- [5] 杨鹏, 史旺旺, 沈楚焱. 基于线性霍尔传感器的角度测量的非线性校正方法研究[J]. 电子测试, 2012(4):6-8, 18.
- Yang Peng, Shi Wangwang, Shen Chuyan. Approaches to non-linearity compensation of angle measurement system based on linear hall sensors [J]. Electronic Test, 2012(4):6-8, 18.
- [6] 黄明, 尚群立, 余善恩. 线性霍尔传感器在直线位移中的应用[J]. 自动化仪表, 2006, 31(3):66-67, 71.
- Huang Ming, Shang Qunli Yu Shan'en. Application of linear hall sensor in linear displacement measurement[J]. Process Automation Instrumentation, 2006(3):66-67, 71.
- [7] WANG Feng, MI Dong, XU Zhangsui. A research about the temperature compensation of hall sensor[C]. Electronic Measurement and Instruments, ICEMI, 2007:131-134.
- [8] Roumenin C S, Lozanova, S V. Linear displacement sensor using a new CMOS double-hall device [J]. Sensors and actuators a-physical, 2007(138):37-43.
- [9] 陈世崑, 蹇开林, 李锐, 等. 车用发动机磁流变悬置的刚度优化[J]. 重庆大学学报, 2011, 34(12):29-34.
- CHEN Shiwei, JIAN Kailin, Li Rui, et al. LIAO Chang-rong. Stiffness optimization of vehicle engine magneto-rheological fluids mounts [J]. Journal of Chongqing University, 2011, 34(12):29-34.
- [10] 陈杰, 刘国营. 霍尔位移传感器静态特性研究[J]. 大学物理实验, 2012, 25(2):7-9.
- CHEN Jie, LIU Guo-ying. The study of static characteristic of hall displacement sensor[J]. Physical Experiment of College, 2012(4):7-9.
- [11] 虞日升, 肖云鹏. 分析霍尔传感器在电气仪表中的应用研究[J]. 价值工程, 2012, 34:54-55.
- YU Risheng, XIAO Yunpeng. Application of hall sensor in electrical instrument[J]. Value Engineering, 2012(34):54-55.
- [12] 张珂, 杨其华, 李冰, 等. 基于霍尔器件的非接触式角度传感器研制[J]. 传感技术学报, 2008, 21(6):981-984.
- ZHANG Ke, YANG Qihua, LI Bing, LI Hao. Based on hall component non-contacted angle sensor[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2008(6):981-984.
- [13] 吴民. 霍尔器件在汽车上的应用[J]. 新疆职业大学学报, 2007, 15(3):96-98.
- WU Min. Applications of hall element in the automotive technology [J]. Journal of Xinjiang Vocational University, 2007, 15(3):96-98.
- [14] Hao S H, J L, Hao M H, etc. Design of high precision magnetic grid displacement sensor [C]//Mechatronics and Automation; ICMA IEEE, 2008:185-188.
- [15] Lee Y Y, Wu R H, Xu S T. Applications of linear Hall-effect sensors on angular measurement [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Control Applications; CCA IEEE, 2011:479-48211-13.

(编辑 侯湘)