

# 磁敏 Z 元件应用

孙 健

(南京师范大学 电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] Z 元件磁敏传感器具有体积小、电路简单、易于集成、抗噪力强等特性, 其输出信号可以是模拟信号也可能是数字信号。位移传感器利用固定在磁铁上的 Z 元件与平板齿轮的相对运动将位移量的变化转变为磁场的周期变化, 变化的周期磁场信号转变为电压的脉冲信号, 脉冲的数量与位移量成正比。触觉传感器通过弹性活塞装置把力转化为 Z 元件与磁铁之间的距离, 此距离与磁场强度成反比, 而磁场与 Z 元件输出的电压成正比, 使触觉处受力的改变转变为电压的改变。马蹄型磁极与转盘固定, 转盘转动时, 磁极围绕 Z 元件转动, 使 Z 元件的电压输出为脉冲信号。

[关键词] 磁敏传感器, 位移传感器, 触觉传感器, Z 元件

[中图分类号] TM 201.4<sup>+</sup> 5; TM 503<sup>+</sup>. 1 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2007)02-0014-04

## Examples Application of Magneto-Sensitive Z-Elements

Sun Jian

(School of Electric and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

**Abstract** The magnetosensor with Z-element whose output signal is either simulated signal or digital signal can be easily integrated in small size and a simple structure with a performance of anti-chip. The displacement sensor can transform the change in quantity of motion into the periodic change of magnetic field by using the relative motion between the Z-element fixed on the magnet and the plate gear. The changeable cyclical magnetic field signal can be transformed into the voltage pulse signal and the quantity of pulses and the quantity of displacements are proportional. The touch sensor can transform the force into the distance between the Z-element and the magnet through the elastic piston installation, with the distance and the strength of magnetic field being in reverse proportion while the magnetic field and the output voltage of Z-element being proportional, so the changes of the force on the touch sensor can be transformed into the changes of voltage. The horse's hoof magnetic pole and the turntable are fixed. When the turntable is rotating, the magnetic pole can rotate around the Z-element, making the voltage output of Z-element a pulse signal.

**Key words** magnetism sensor; displacement sensor; touch sensor; Z-element

## 0 引言

Z 元件有温敏、力敏、光敏和磁敏等类型。磁敏 Z 元件使用电阻率较高的掺磷 N 型半导体材料, 通过扩散工艺进行 A 扩散形成 PN 结, 然后再进行重金属(金)穿透扩散, 其基本电路和伏安特性曲线如图 1 和图 2 所示<sup>[1, 2]</sup>。

当 PN 结正向偏置时, 即给 Z 元件施加正向电压, 首先电流随电压的增加而增大, Z 元件的工作状态进入 a 区, 表现为高阻值特性; 当电压继续增大时, 电流开始缓慢的增大, 这时 PN 结上的电压开始下降, Z 元件的工作状态进入 b 区; 当电压继续增大时, Z 元件内的电流快速增加, Z 元件的工作状态进入 c 区, 即稳定区。在该稳定区内 Z 元件对磁场敏感, 所以磁敏 Z 元件的工作区便选在此区域。

收稿日期: 2006-06-28

基金项目: 江苏省高校自然科学基金(02KJD510011)资助项目。

作者简介: 孙 健 (1959-), 副教授, 主要从事传感器的教学与研究。E-mail: sj@nsgk.net

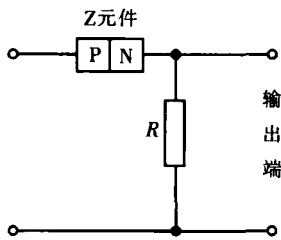


图 1 Z 元件应用电路  
Fig.1 Circuit of Z-element

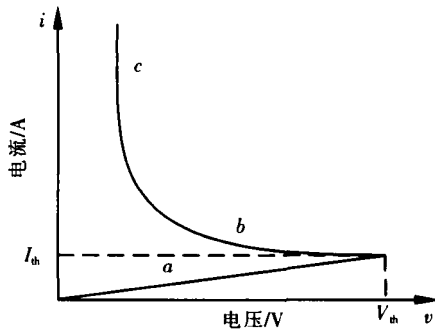


图 2 Z 元件伏安特性曲线  
Fig.2 V-I curve of Z-element

1 位移传感器

磁敏 Z 元件输出的电压模拟信号能够随着磁场强度的变化而相应的改变, 且其灵敏度很高, 因此只要给 Z 元件提供一个变化的磁场, Z 元件就可以输出一个变化的信号, 如图 3 所示。

位移传感器就是应用这一原理, 将位移量的变化首先转变为磁场强度的变化, 然后利用 Z 元件将变化的磁场信号转变为变化的电压信号, 这样就实现了将位移信号转变为电信号的过程, 然后经集成运算放大电路对信号的处理, 在输出端口便可得到理想的脉冲信号, 于是位移的变化就能够在显示系统中直观的读出。Z 元件位移传感器的工作示意图如图 4 所示。永磁铁与 Z 元件固定在一起, 使磁场方向与 PN 结的结平面平行; 在移动中能改变 Z 元件磁场强度的是一个具有凸齿的软铁齿条。

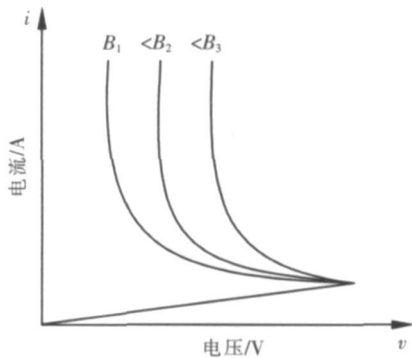


图 3 伏安特性曲线随磁场变化  
Fig.3 V-I curve of Z-element in magnetic field

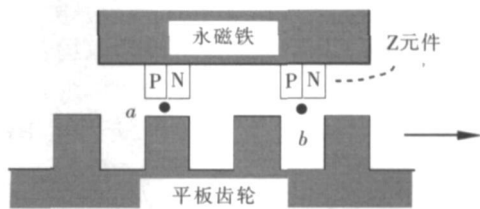


图 4 Z 元件位移传感器工作示意图  
Fig.4 Schematic diagram of Z-element displacement sensor

在图 4 中, 采用两个 Z 元件组成的探头, 它们的相对位置是其中的一个 Z 元件位于齿凸的正上方时, 另一个 Z 元件位于齿沟的正上方。当齿凸移动到 Z 元件正下方时 (图中的 a 点), Z 元件处的磁力线较为密集, 磁场最强, 由图 3 的特性曲线可知, 磁敏 Z 元件两端的电压较大, 此刻输出端的电压信号值最小; 当齿沟移动到 Z 元件正下方时 (图中的 b 点), Z 元件处的磁场最弱, 所以 Z 元件两端的电压值较小, 而输出端的电压值最大, 其输出端的电压信号如图 5 所示。磁敏 Z 元件位移传感器的外电路主要由差分放大电路、

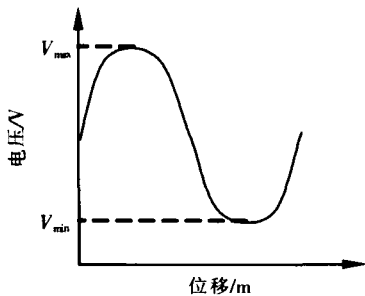


图 5 Z 元件的输出波形  
Fig.5 Output waveform of Z-element

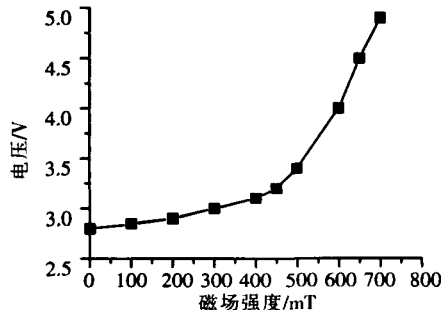


图 6 磁敏 Z 元件的磁特性曲线  
Fig.6 B-curve of Z-element

双限比较电路和数码显示电路构成<sup>[5]</sup>. 在试验过程中, 采用的 Z 元件尺寸为  $2.5\text{ mm} \times 1.5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ , 该 Z 元件的阈值电压为  $10\sim 20\text{ V}$ , 磁场强度  $B > 550\text{ mT}$ , 探头距齿条的高度  $0.2\text{ mm}$ , 齿条间距  $2\text{ mm}$ . 为了拓宽 Z 元件位移传感器的测量范围, 在齿条与测量物体之间加齿轮变速器. 变速器的不同范围将决定测量范围的不同. 在试验中的齿轮变速比  $0.01\sim 30$ , 测量范围  $0.02\sim 600\text{ mm}$ , 其误差小于  $0.5\%$ . 传感器的灵敏度主要取决于 Z 元件 PN 界面是否垂直磁铁表面.

## 2 触觉传感器

触觉传感器在可靠抓取目标物体时, 起着十分重要的作用, 磁敏 Z 元件在稳定区的磁特性曲线如图 6 所示. 磁敏 Z 元件能输出随磁场强度成比例变化的模拟电压信号, 且其灵敏度很高, 从变化的电压就可得知变化的磁场, 即可得到 Z 元件的位置. 触觉传感器的目的是要感知触觉处的位置及其压力大小. 接触处的位置由多个 Z 元件组成的阵列来确定, 而接触面上力的大小, 则用磁敏 Z 元件的电压大小来测量. 图 7 左为单个触觉传感器工作示意图. 采用平板磁铁在空气中的磁场强度变化作为磁敏 Z 元件的敏感源, 通过弹性装置把力转化为 Z 元件与磁铁之间的距离, 而 Z 元件与磁铁之间的距离与磁场强度的变化是对应的. 当某处有触觉存在时, 该处的活塞受力, 受力活塞带动 Z 元件移动, 从而引起 Z 元件与磁铁间距离的改变, 使磁铁在 Z 元件上的磁场强度发生变化, 从而 Z 元件输出的电压改变, 此信号大小反应了触觉处受力的大小. 通过标定该系统即可测量其力值.

阵列式触觉传感器的阵列数可根据抓取物的大小来决定. 图 7 右是  $3 \times 3$  个阵列数. 每一阵列点即是一个弹性检测机构, 该传感器由 3 部分组成: 磁铁、9 个弹性检测机构和屏蔽外壳. 磁铁提供磁场. 弹性检测机构由活塞、弹簧、Z 元件和引线电路板组成. 活塞所受抓取力通过弹簧变形转换为位移, 由于 Z 元件用绝缘胶粘在活塞头开槽里面, 因此活塞将带动 Z 元件移动, 从而实现测量. Z 元件的引线由粘在屏蔽外壳里侧的引线板完成. 屏蔽外壳用来屏蔽磁铁产生的磁场, 同时用来作为弹性检测机构的支撑体.

触觉数据采集及控制电路主要有 Z 元件电压输出电路、放大与 A/D 转换电路、接口控制与通讯电路. 磁敏 Z 元件作为半导体元件, 温漂较大, 因此在电路中采用开机预热后先采样该温度下的 Z 元件电压输出值, 以此为 Z 元件的基础电压值, 通过 D/A 转换芯片转换成模拟电压信号送入差动放大器, 这样就可消除温度对 Z 元件的影响.

## 3 转速传感器

该转速传感器电路如图 8 所示, 这是一个电阻  $R$  与磁敏 Z 元件串联的电路. Z 元件工作在图 2 的 c 区, 电源电压  $E$  应大于  $(V_{th} + I_{th}R)$ , 但应在允许的工作温度范围内, 能可靠地工作在 c 区. 由 N、S 磁极构成的平行磁场固定在转盘上, 当齿轮带动转盘转动时, 只在磁极罩在磁敏 Z 元件上的一瞬间, 输出端输出一

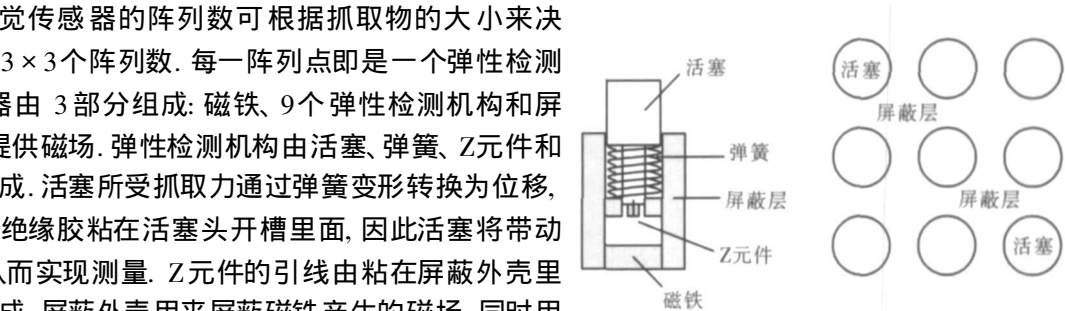


图 7 Z 元件触觉传感器工作示意图  
Fig.7 Schematic diagram of Z-element haptometer

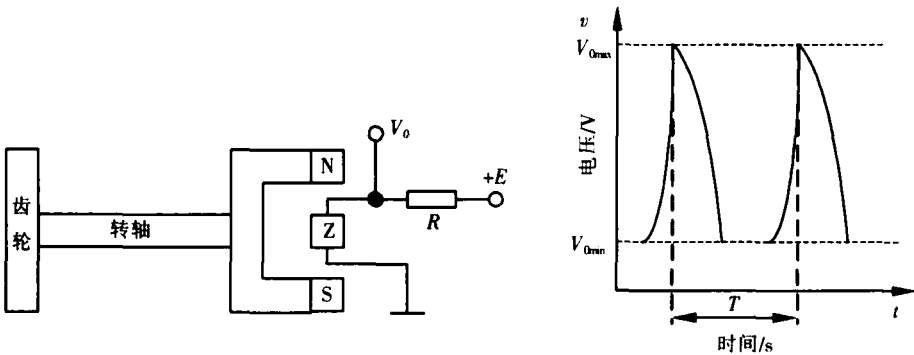


图 8 转速传感器  
Fig.8 Sensor of Z-element rev

个高电平  $V_{On\ max}$  磁极离去时, 输出为低电平  $V_{On\ in}$ . 转盘上的磁极对数根据实际需要选择, 两个高电平的间隔时间  $T$  是转速的函数, 经过标定以后, 可编成查表程序用低功耗单片机进行显示, 并输出相应信号. 图 8 电路还可以用来制做接触式电子转速表. 转速表的接触式转轴与磁极固定在一起, 当磁极被转轴带动一起旋转时, 磁敏 Z 元件在磁极作用下, 输出与图 8 相同的信号, 进行计数、显示. 当  $N = 1$ 、 $S = 1$  时, 磁极对数为  $P = 1$  计数器的间隔时间为  $T$ , 直接计数, 显示的即是转速.

#### 4 小结

目前很多磁敏传感器其电路系统复杂, 体积较大, 成本较高. 而利用 Z 元件研制的磁敏传感器具有体积小、电路简单、易于集成、功耗低、抗噪力强且输出信号可以是模拟信号也可是数字信号等特点, 所以在未来的应用中有一定的市场. 磁敏 Z 元件在应用过程中磁场的磁力线与 Z 元件管芯平面的法线垂直时灵敏度最高, 但当磁场由弱到强得变化时输出电压不够稳定, 在用于连续测量时测量范围受到了限制.

#### [参考文献] (References)

- [1] 王建林, 姜毓锋. 光敏、磁敏 Z-元件及其应用 [J]. 传感器世界, 2001, 7(8): 1-10  
Wang Jianlin, Jiang Yufeng The review of Z-elements-the photosensitive Z-element the magnetosensitive Z-element and their application [J]. Sensor World, 2001, 7(8): 1-10 (in Chinese)
- [2] 涂有瑞. 半导体磁场传感器过去和未来 [J]. 传感器世界, 2003, 9(7): 1-10  
Tu Yourui The past and future of semiconductor magnetic field sensors [J]. Sensor World, 2003, 9(7): 1-10 (in Chinese)
- [3] 曹一江, 宋巍. 磁敏 Z 元件位移传感器的研究 [J]. 传感器技术, 2003, 22(8): 8-17.  
Cao Yijiang Song Wei Research on displacement sensor using magnetic-sensitive Z-element [J]. Journal of Transducer Technology, 2003, 22(8): 8-17. (in Chinese)
- [4] 王福君, 刘莉. 基于磁敏 Z 元件触觉传感器的研制 [J]. 电测仪表, 2000, 37(3): 37-39.  
Wang Fujun, Liu Li Research on tactile sensor using magnetic-sensitive Z-element [J]. Electrical Measurement and Instrumentation, 2000, 37(3): 37-39. (in Chinese)
- [5] 于浩洋, 景方. 传感器数字化的一种实现方法 [J]. 黑龙江工程学院学报, 2003, 17(1): 57-59.  
Yu Haoyang Jing Fang An implement method of sensor digitalization [J]. Journal of Heilongjiang Institute of Technology, 2003, 17(1): 57-59. (in Chinese)
- [6] 傅云鹏, 张靖环. 国产温敏 Z 元件的特性与分析 [J]. 仪表技术与传感器, 1998(7): 42-47.  
Fu Yundeng Zhang Jinghuan The characteristics and analysis of Z-thermistors made in China [J]. Instrument Technique and Sensor, 1998(7): 42-47 (in Chinese)
- [7] 魏俊奇. 传感器发展的新趋势 [J]. 半导体技术, 2001, 26(5): 12-13.  
Wei Junqi Sensor development tendency [J]. Semiconductor Technology, 2001, 26(5): 12-13 (in Chinese)
- [8] 刘莉, 赵杰, 蔡鹤皋. 力敏 Z 元件的研究及在触觉传感器上的应用 [J]. 传感器技术, 1999, 18(5): 54-55.  
Liu Li Zhao Jie, Cai Hegao Research of force-sensitive Z-element and its application in tactile sensor [J]. Journal of Transducer Technology, 1999, 18(5): 54-55 (in Chinese)
- [9] 孙英达, 傅云鹏. 数字时代呼唤数字传感器 [J]. 传感器技术, 1999, 18(5): 1.  
Sun Yingda Fu Yundeng Z-digital age summons numeral sensor [J]. Journal of Transducer Technology, 1999, 18(5): 1. (in Chinese)
- [10] 王建林, 董长余. Z-敏元件与应用 [J]. 传感器世界, 2001(6): 1-11  
Wang Jianlin Dong Changyu The review of Z-elements and application [J]. Sensor World, 2001, 7(6): 1-11. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]