

霍尔元件在经纬仪调焦系统的应用

卓仁善

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 在大型光电经纬仪电视测量系统中,调焦精度直接影响成像质量及作用距离。但常常由于结构上联结环节多,累积误差大而达不到高精度要求。本文介绍了采用霍尔元件测量直线位移的原理、结构及特点,通过试验探讨了霍尔线位移传感器诸参数间的相互关系,为高精度电视调焦系统及其他应用的设计提供参考依据。

关键词: 霍尔元件;经纬仪;传感器

1 引言

在大型光电经纬仪中,捕获与测量电视的调焦系统是精度要求比较高的自动调节环节。它的特点是总调焦量小、精度要求高,当采用闭环控制系统后,精度的提高主要取决于检测元件的精度和运动传递链的误差。以往调焦系统上采用精密电位器作检测元件,造成运动转换与传递机构的空回,使得精度提高到 $10\ \mu\text{m}$ 级非常困难。而且由于磨损,寿命很有限。本文将霍尔元件应用于位移检测系统,直接测量被测运动件的线位移,有效地提高了调焦精度,消除了磨损带来的困扰,并使结构简单、紧凑。

三十多年来,随着半导体技术的迅速发展,霍尔元件在电流、功率、机械量的测量等方面得到了广泛的应用,但在精密线位移测量方面应用极少^[1]。本文通过试验对适用于线位移传感器的磁路结构及其参数之间的关系作了初步探讨,为高精度电视调焦系统的设计提供了参考依据。

2 霍尔元件及其测量原理

当将通上电流的半导体材料置于磁场中时,在与电流和磁场垂直的方向上产生电压,这种现象称为“霍尔效应”。霍尔元件就是根据“霍尔效应”制成的磁电转换元件。设通于元件的电流为 I ,垂直于该电流的磁感应强度 B ,则产生霍尔电压为:

$$U_H = K_H BI \quad (1)$$

式中: K_H ——灵敏度系数,与霍尔元件材料的形状、厚度及制作技术等有关。

由(1)式可以看出,在元件通上恒流的情况下,若将其置于随线位置 x 变化的磁场 $B(x)$ 中,那么 $U_H(x) = K_H IB(x)$,即可以表征对线位移的直接测量。

3 传感器结构及磁路设计

图 1 为霍尔线位移传感器的结构简图。它是分别固定在机构运动与固定部件的分装式结构。1、1'为面对面(即 N 极对 N 极或 S 极对 S 极)安装的一对磁钢, 2 为磁路架, 3 为霍尔片。为得到足够的灵敏度, 磁场变化梯度应足够大。

图 1 所示磁路就是利用了漏磁可使不同 x 位置磁通量发生变化的特点。显然, 漏磁越多、灵敏度 $\Delta B/\Delta X$ 越高, 两磁钢磁极相对放置的结果, 在中性面 0—0 附近区域 B 呈线性变化, 这就是有效工作区—线性区 L 。为合理地确定结构参数, 我们分别对不同磁钢间距 L_g 、磁钢截面积对输出曲线的影响, 重复性等进行了试验。图 2 为不同磁钢间距条件下, 用高斯计测得的工作气隙磁场变化曲线。其中磁钢材料采用钕铁硼。可以看出: 在其他条件不变前题下, 增加 L_g 、线性区 L 也增加, 但灵敏度下降。图 3 为不同磁钢间距 L_g 对应的霍尔元件(由南京半导

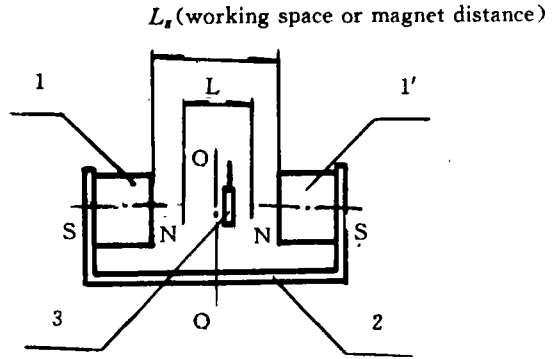


图 1 霍尔线位移传感器结构简图

Fig. 1 Sketch fig. of Hall line displacement sensor

1. 1'—magnets 2—frame 3—Hall-element

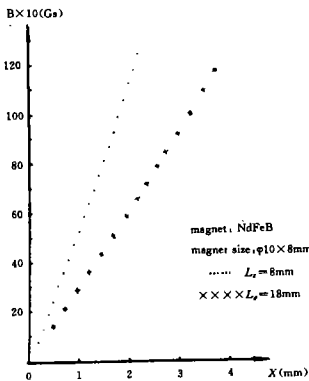


图 2 不同磁钢间距 L_g 的 $X-B$ 试验曲线

Fig. 2 $X-B$ testing curve of different L_g

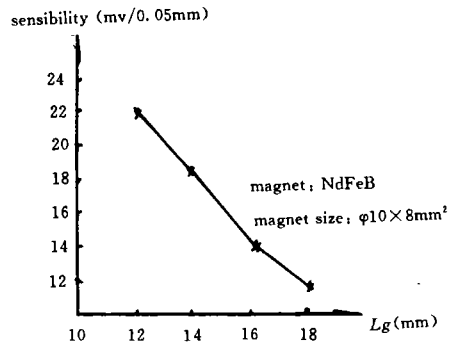


图 3 磁钢间距 L_g —输出灵敏度曲线

Fig. 3 Magnet distance L_g —sensitivity curve

器件总厂提供的 CS3503 霍尔片) 输出灵敏度曲线。图 4 为改变磁钢截面积, 用高斯计测得的磁场变化曲线。图中磁钢直径由 $\Phi 8$ 增至 $\Phi 12$ 时灵敏度并没有明显变化, 因此磁钢截面积略大于霍尔元件即可。图 5 为已装到经纬仪上的传感器位移—输出曲线, 磁钢材料为 SmCo_5 、尺寸 $\Phi 10 \times 8$, 间距 16mm, 测得灵敏度 3mv/mm , 重复性为 1mv 。

下面对磁路设计中的几个要点介绍一下:

(1) 磁体材料的选择

良好的传感器除线性度、灵敏度、量程外、对时间、温度的稳定性、抗干扰能力等也是极为重要的指标。近些年来发展起来的稀土永磁材料, 以它很高的磁特性及稳定性, 为霍尔直线传感器的应用提供了必要条件。它具有如下优点: 退磁曲线基本上是一直线, 并与恢复曲线近似

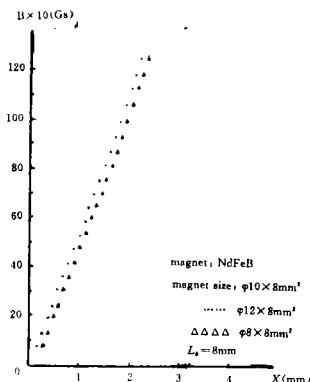
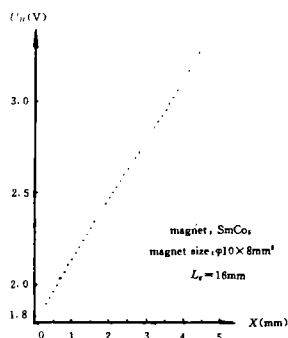


图4 不同磁钢截面积的B-X试验曲线

Fig. 5 B-X testing curve of different magnetic section

图5 位移X—输出 V_H 关系曲线Fig. 5 Displacement X—output U_H curve

重合,因此抗干扰能力很强;温度稳定性好,SmCo₅材料磁感强度的温度系数为-0.04%/℃^[2];磁特性参数(剩磁、矫顽力、磁能积)高,有利于提高传感器的灵敏度,减少体积。因此它是传感器的首选材料。

(2)磁钢间距确定

在精度要求高的场合,单凭经验设计或计算设计很难得出令人满意结果,可用设计与实测相结合的办法最终确定。

(3)磁路架

磁路架为联结两磁钢的框架,兼具聚磁作用,材料用普通低碳钢即可。

4 误差分析

影响霍尔线位移传感器线性的主要因素有:霍尔元件本身的稳定性;磁路工作区近似线性误差;移动导轨间隙带来的误差。

(1)霍尔元件的稳定性

式(1)可以改写成

$$U_H = K_H B I = (R_H / d) \cdot B I$$

式中 d 为材料厚度, R_H 为表征温度特性的参数,除铟化铟(InSb)材料外, R_H 的温度变化都很小。

(2)磁路工作区近似线性误差

这项误差的大小取决于磁路参数设计情况,一旦加工、装配完毕,磁感应强度与位移关系曲线是固定的,属于系统误差。

(3)导轨间隙误差

设导轨间隙 Δ ,支撑跨距 W ,移动件中心至磁路架(或霍尔片)距离 r ,则误差 $\delta = \pm r \cdot \Delta / W$,通过设计安排及精密加工,这项误差容易控制在微米级。

5 结 论

霍尔线位移传感器与电位器比较有如下突出优点:

(1)前者可直接测量线位移,消除了难以消除的传动件空回,因此测量精度高,而且结构简单、紧凑。

(2)由于是无触点传感器,不存在磨损,寿命长。

(3)便于与计算机技术结合,采用曲线拟合、分段插值等手段,可以进一步扩大线性范围及提高测量精度。

综上所述,霍尔线位移传感器可以在经纬仪等光电工程中的自动调焦机构及其他类似用途中广泛应用。

本文工作得到了孙民平、刘成文及南京半导体器件总厂孙增智各位的大力帮助,在此表示衷心感谢!

参 考 文 献

- [1]刘德宾等,微米级位移传感器及其在热膨胀仪上的应用. 电测与仪表,1987,24(253):46-47
- [2]林其壬,赵佑民编著,磁路设计原理. 北京:机械工业出版社,1987
- [3]王昌贵,霍尔元件及其应用. 电测与仪表,1986,23(248):35-40
- [4]毛振龙主编,磁场测量. 北京:原子能出版社,1985

Application of Hall-Element in Focus Adjusting System of OE-Tracking

Zhuo Renshan

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130022)

Abstract

In a large OE-tracking equipment, focus adjusting system requires high adjusting accuracy. Because of a chain of links, it is difficult to meet a demand for design often. Hall-element was applied directly for measuring line displacement, this makes it easy to increase adjusting accuracy and simplify the structure. This paper presents measuring principle, structure and characteristics, researches the relation between the parameters of Hall line displacement sensor.

Key words: Hall-element, OE-tracking, Sensor

卓仁善 女,1960年9月生,1986年毕业于东北工学院机械学专业,工学硕士,助理研究员,现从事工程技术研究工作。