

# 一种新型结构光栅测微传感器

倪学 韩雪冰

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 介绍一种新型结构光栅测微传感器, 测量范围  $0\sim 20\text{mm}$ , 采用双轴直线运动轴承导轨, 结构新颖紧凑, 测量精度为  $\pm 1\mu\text{m}$ 。

**关键词** 计量光栅技术; 测微传感器; 直线运动轴承导轨

## 1 概 述

随着数显数控技术的快速发展, 精密位移测量工具必须相应的得到满足。目前所应用的精密测量工具如千分表、扭簧比较仪、电感测微仪等常用的精密测量工具, 其测量范围小, 一般均在  $1\text{mm}$  范围内, 测量精度也不高, 更大的缺点是, 由于不是数字显示读数, 读数反应慢, 不能用于在线测量, 为解决常规测量工具中这些不足之处, 我们研制成功了一种光栅式的测微传感器。

目前, 计量光栅技术应用比较成熟, 我们采用高精度光栅作为测量元件, 以四裂相指示光栅与主光栅相匹配, 获得二路正交性比较好的正余弦信号, 作为测量信号。为保证指示光栅与主光栅在小间隙情况下工作稳定可靠, 测轴运动灵活的目的, 采用了直线运动轴承作导轨, 获得满意的效果。该测微传感器的技术参数为: ①测量范围  $0\sim 20\text{mm}$ , ②测量精度  $\pm 1\mu\text{m}$ , ③重复定位精度  $1\mu\text{m}$ , ④测量最小分辨率  $0.5\mu\text{m}$ 。

本文主要描述该传感器的工作原理, 结构说明及精度。

## 2 工作原理

光栅测微传感器的工作原理是将主光栅和指示光栅平行放置, 在保证相应工作间隙和无相位夹角的情况下, 可获得条纹间距为无穷大的光栅式莫尔条纹。当主光栅和指示光栅相对运动时, 莫尔条纹明暗变化的位置如图 1 示。a. 为光栅式全亮莫尔条纹位置图。b. 为主光栅移过  $1/4W$  栅距时莫尔条纹位置。c. 为主光栅移过  $1/2W$  栅距时全暗莫尔纹位置图。d. 为主光栅移过  $3/4W$  时莫尔条纹位置图。e. 为主光栅移过  $W$  栅距时莫尔条纹位置图, 这时莫尔条纹明暗变化一个周期。

在无间隙理想情况下, 莫尔条纹明暗变化曲线呈三角波形, 具有很大的反差。但是, 由于间

隙的存在,光栅衍射作用,光栅黑白比不等,线纹质量及照明宽度等诸因素的影响,莫尔条纹明暗变化曲线近似正弦分布,输出信号近似正弦波形。

莫尔条纹用于位移量测量时,须将莫尔条纹明暗变化的信号,经光电转换器变成近似正弦波形的交变电信号(电压或电流)。对莫尔条纹明暗变化周期数的记录,就代表光栅移过的距离。其位移公式:

$$L = NW$$

$L$ ——光栅有效长度

$N$ ——光栅线对数

$W$ ——光栅栅距。

以光栅作标准,对被测物位移量进行比较测量,实际上就是在光栅尺上读取反映被测物位移长度。从上述光栅位移公式不难看出,只能计量光栅栅距的整数倍,尽管光栅线纹可以做的很密,例如 250lp/mm,栅距为  $4\mu\text{m}$ ,也不能反映出其小数部份。为此,在计量光栅技术中采用细分方法来解决这个问题。由于采用细分方法,不必要把光栅刻得很密,只要把莫尔条纹信号调整得很好,便可获得高的细分精度。这样,利用细分方法就可以对较粗的光栅栅距进行细分,获得高分辨率的效果,便可以读取反映被测物位移长度的小数部分。若将光栅栅距细分  $m$  等份,这样,表示位移量的最小脉冲当量  $\Delta L = W/m$ ,于是,位移量公式变成:

$$L = NW = Nm\Delta L = n\Delta L \quad n \text{——脉冲数} \quad \Delta L \text{——一个脉冲当量值。}$$

### 3 结构说明

此传感器光机结构如图 2 示。基座 1 上固定直线运动轴承 2 和限位轴 6。测轴 3 与直线运动轴承 2 组成精密直线运动导轨,主光栅 5 固定在测轴 3 的一端,光栅栅面设在测轴 3 的中心线上,指示光栅 7,光源 8 和组合光电接收元件 9 组成读数头系统,固定在限位轴 6 上,读数头可以在限位轴上转动,用以调整主光栅与指示光栅的工作间隙及平行度。限位块 4 只能在限位轴上滑动,与测轴牢固的固定在一起,以防止测轴运动过程中主光栅偏转,用螺钉可以调整限位块与限位轴的配合间隙,以保证测轴运动时主光栅与指示光栅工作间隙不变化,确保光栅信号稳定无变化。

此结构突出优点:

1. 由于测轴采用直线运动轴承,精度高,运动灵活,经久耐用,稳定可靠。
2. 光栅直接固定在测轴中心线上,消除了阿贝误差的影响,提高了测量精度。
3. 读数头系统设计了微调机构,可以精确的调整主光栅和指示光栅的相位,以满足高分辨的精度要求。
4. 由于采用测轴与限位轴双轴结构,读数头系统固定在限位轴上,整体结构紧凑,体积小,装调方便。

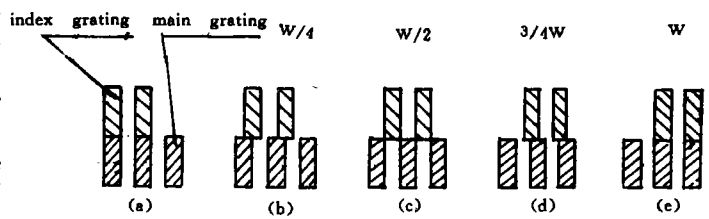


图 1 光栅工作原理

Fig 1. Working principle of grohing

## 4 传感器的精度

此传感器采用高精度光栅尺作为测量元件。由于结构设计合理,消除了阿贝误差的影响;使用微调机构,保证了二路正余弦输出信号的正交性,提高了细分精度。因此该传感器的精度较高。根据我们的经验,本传感器的精度主要取决于光栅尺的精度,所以,严格控制光栅尺的精度在 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 以内,就可以确保传感器的精度在 $\pm 1\mu\text{m}$ 之内。图3为该传感器的精度检测曲线。

本传感器经中国计量科学研究院

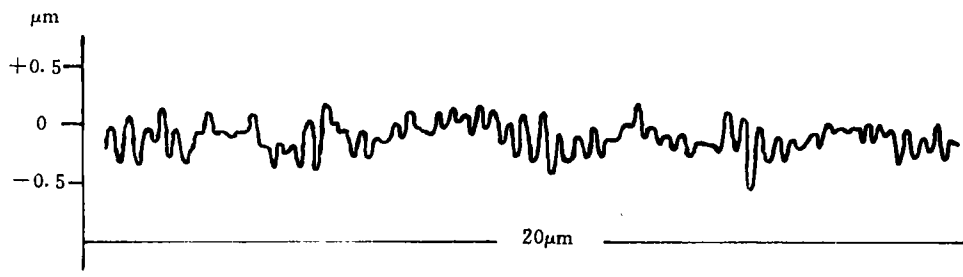


图3 检测曲线

Fig 3. Cahbration chart

测试,其测试结果如下:

重复定位精度:  $1\mu\text{m}$ ;

示值误差:  $\pm 1\mu\text{m}(20^\circ\text{C})$ ;

测 力:  $< 4\text{N}$ ; (最大值)

## 参 考 文 献

- [1]曹向群,黄维实,金彤编著,光栅计量技术.杭州:浙江省浙江大学出版社,1982
- [2]李谋主编,位置检测与数显技术.北京:机械工业出版社,1993
- [3]<苏>Л·Н·普勒斯鲁希,В·Ф·尼根,С·А·莫依洛夫,Н·В·明希科著,范又功,张玮,张微元,姚家渭泽,光电信息转换器.北京:机械工业出版社
- [4]史习敏,黎永明主编,精密机械设计.上海:上海科学技术出版社,1987
- [5]DR. JOHANNES. Digital Length Gauges with  $\pm 0.5\mu\text{m}$  accuracy. HEIDENHAIN GmbH, 1986

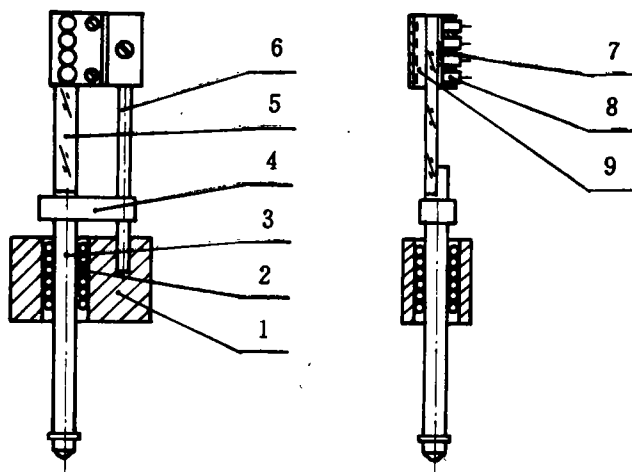


图2 光栅结构

Fig 2. Stracture of optics and mechanics

## A New Structure of Grating Micro-Measuring linear Encoder

Ni Xue, Han Xuebing

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

### Abstract

A new structure of grating micro-measuring linear encoder is described in this paper. Its measuring length is 0.0~20.0mm. By means of two linear mobile bearing orbits, the apparatus is fashionable as well as compact in structure the measuring accuracy is up to  $\pm 1.0\mu\text{m}$ .

**Key words:** Metrology grating technique, Micro-measuring linear encoder, Linear mobile bearing orbit

**倪学男**, 1938年生。长春光学精密机械研究所副研究员。作为技术骨干和课题负责人承担并完成国防工程任务,“六五”、“七五”国家重大攻关课题大规模集成电路制版设备(图形发生器)一型和二型的光学头部的研制任务。曾获得电子工业部特等奖,中国科学院科技进步一等奖。现从事科研产品的开发研究,获得一项国家适用新型专利。为我国数显数控技术的推广普及作出一定贡献。