

# 角度基准中莫尔条纹细分的研究

张建华

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 在圆光栅用于角度基准研究中采用莫尔条纹的载波调制电细分, 把一对正交的莫尔条纹信号分成20000等分, 并可实现仪器的动态和静态测量, 还能动态检测光学度盘和圆光栅。

**关键词:** 计量光栅; 莫尔条纹细分; 角度测量

## 1 引言

在角度基准中主要工作大致分为三部分, 基准分度信号系统, 莫尔条纹细分及编码计数系统。基准分度信号是仪器核心, 采用多头平均获得高精度、高质量的莫尔条纹光电信号<sup>[1]</sup>, 这种信号由于多次平均其信号的空间周期十分准确, 在角度基准研究中达到0.015。莫尔条纹细分电路是在一个莫尔条纹周期内插若干信息, 并且变成需要的数字量。编码计数电路是为了角度计量而设置的专门电路。

由于分度基准信号的空间周期为20, 为了达到高精度的测量必须将一个信号周期(20)细分数千等分。根据我们的工作基础, 采用载波调制细分法, 圆满地完成了细分任务。本文达到的细分数为20000等分。

## 2 采样保持——载波调制细分方法

### 2.1 载波频率的确定

高精度动态测量的发展, 对细分器动态测量的细分数要求愈来愈高。目前国内细分器已达到细分数为1000等分, 要再提高细分数必须采用新的细分方案, 即调制细分法。

在载波调制电细分方案中, 动态测量时对实现高细分倍数, 其载波频率的确定十分重要。在一般的载波调制细分方案中, 光栅信号最高工作频率  $\omega = P/N$  ( $P$  为载波调制频率,  $N$  为细

分数) 脉冲填充频率  $n = PN = \omega N^2$ , 所以看出  $n$  与  $p$  成比例, 并为光栅信号工作频率和细分数平方乘积。当要求  $N$  很高时,  $n$  值亦特别高, 这种加大工作频率的方法在电路上难于实现。

我们从降低电路最高工作频率入手。为了保证较好的动态测量精度, 满足原方案载波调制频率  $p$  应是光栅信号最高工作频率  $\omega$  的  $N$  倍<sup>[2-3]</sup>。我们选用采样保持替代完成上述作用, 这样可使调制频率降低。因为仪器是采用比较法测量, 所以用被测件作为采样信号与基准光栅盘信号比较。从信号测量动态跟踪方面考虑为使有用信号不失真, 调制频率应大于 2 倍光栅信号最高频率  $\omega$  即  $p = 2\omega$  从全面权衡我们定  $p = 8\omega$ , 则脉冲填充频率  $n = p \cdot N = 8\omega N$  与原载波调制方案比较,  $p$  和  $N$  工作频率可大大降低, 这样电路也易于实现。

### 2.2 调制细分工作原理

采样保持方法的细分方案是先通过被测件信号控制采样保持, 把需要的信息模拟量选取和保持下来。再通过载波调制细分电路把此模拟量信息变成相应数字量信息。其方框图表示在图1中。通过一对正交标准盘光栅信号  $E \sin \theta$  和  $E \cos \theta$  ( $E$ —莫尔条纹信号幅值  $\theta$ —信号角位移) 分别输入到二个采

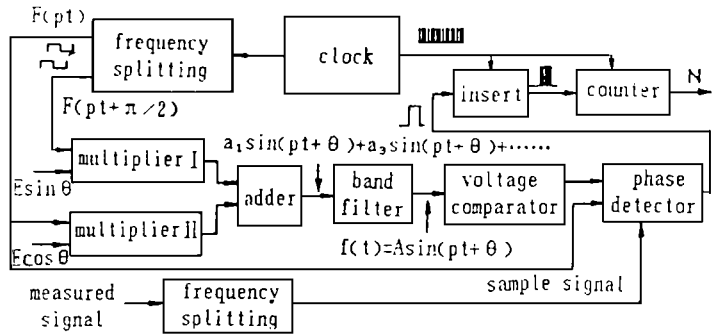


Fig 1 Block diagram of sampling and interpolation

样保持器。当来采样信号时, 就把对应需要的模拟量信息选取并保持下来。接着与频率为  $p$  的载波信号  $F(p)$  和  $F(p + \frac{\pi}{2})$  相乘再分别相加便得调相信号  $F(t, \theta)$  即:

$$\begin{aligned}
 F(t, \theta) &= E \sin \theta \cdot F(p + \frac{\pi}{2}) + E(\cos \theta \cdot F(p)) = \\
 &E \sin \theta [a_1 \cos pt + a_3 \cos 3pt + a_5 \cos 5pt + \dots] + \\
 &E \cos \theta [b_1 \sin pt + b_3 \sin 3pt + b_5 \sin 5pt + \dots] = \\
 &A_1 \sin(pt + \theta) + A_3 \sin(3pt + \theta) + \dots
 \end{aligned}$$

通过带通滤波器去掉  $p$  的高次谐波和其它低频成份。使莫尔条纹的空间位移线性地转换成时间移相信号  $A_1 \sin(pt + \theta)$ , 再将  $A_1 \sin(pt + \theta)$  整形后与  $F(p)$  比相, 从比相器中输出脉冲宽度为  $H$  的比相矩形波。  $H$  的宽度与  $\theta$  角成线性关系, 比相波的前后沿作用脉冲填充门, 由晶振输出频率为  $h$  的高频脉冲填充比相矩形波, 即用高频的时间脉冲作为尺度来度量  $H$  的宽度。当  $\theta$  从 0 变化至  $2\pi$  时, 所填的脉冲数从 0 变化至 20000。  $\theta$  角越大,  $H$  的宽度越宽, 所填的脉冲数就越多。一个莫尔条纹的周期为 20 填入的脉冲 20000 个, 这样细分了 20000 等分, 一个脉冲代表 0.001。被填入的脉冲经编码计数, 以数字形式输出。

### 2.3 细分精度的检测

为标定细分器精度, 我们设计制作了检测电路。详见图2。

模拟光栅测量系统实际工作状态, 由检测电路产生一对理想的正弦、余弦信号和一同步的具有准确时间间隔的采样信号一起输入到细分器。通过微机计算和控制, 可迅速自动得到细分精度, 这可定量算出细分器实际输出与理论值符合程度, 然后根据此误差, 调整细分器的有关



## Study of Moire Fringe Electrical Interpolation in Angle Standard

Zhang Jianhua

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

### Abstract

Carrier modulated interpolation of Moire fringes is applied to the study of angle standard with radial gratings, which has divided the orthogonal Moire fringes signal into 20000 parts. The interpolation has achieved dynamic and static measurement. It can also dynamically measure the optical circular divided scales and radial gratings.

**Key words:** Metrology grating, Moire fringe interpolation, Angle measurement

**张建华** 男, 生于1958年9月。工程师。1983年毕业于长春光机学院光电工程专业, 毕业后一直从事线纹计量方面工作。参加了“圆光栅用于角度基准的研究”课题工作。