

文章编号 1004 924X(2003) 01- 0104-05

一种新型光学编码器

罗长洲¹, 陈良益¹, 孙 岩², 高立民¹, 胡晓东¹, 温 利¹

(1. 中国科学院西安光学精密机械研究所 动目标测控室, 陕西 西安 710068;

2. 青岛海西电子有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 光学编码器是长度和角度测量最常用的传感器, 两种传统光学编码器: 绝对式和增量式光学编码器的光学图案、位置编码原理和信号处理电路各具特色。随着科学技术的发展, 一种新型光学编码器方案: 准绝对式编码器, 继承了二者的优点, 根据其串行位置编码原理, 借助计算机辅助设计, 获得了全周100个位置的编码方案, 设计了相应的准绝对式编码器; 通过与两种传统编码器特点的比较, 突出了准绝对式光学编码器的显著特点, 指明了其未来良好的应用和发展前景。

关键词: 光学编码器; 增量式编码器; 绝对式编码器; 准绝对式编码器

中图分类号: TN366 文献标识码: A

1 引言

光学编码器是常用的测量长度、角度等几何量及相关力学量的传感器, 其测量精度高, 寿命长, 工作可靠性好, 是机电设备重要的基本部件, 因而在工业生产、国防科技、仪器仪表等方面有着广泛的应用。传统上人们将光学编码器分成两种: 增量式和绝对式, 它们的工作原理和使用方法不尽相同, 各具特色^[1,2]。随着工业技术的发展, 这两种形式的编码器技术已经相互融合, 形成了多种新型的光学编码器^[3,6]。

2 传统光学编码器

传统光学编码器主要分成两种类型: 增量式(直接计数式)和绝对式(直接编码式)。

增量式编码器的光学图案主要由循环码道和索引码道组成, 循环码道由一系列均匀交错的遮光和透光的光栅线条组成; 索引码道由几个位置彼此分立的零位光栅图案组成, 零位图案光栅与循环码道光栅的空间分辨率相同; 带绝对零位的增量式光学编码器的光学图案如图1所示。

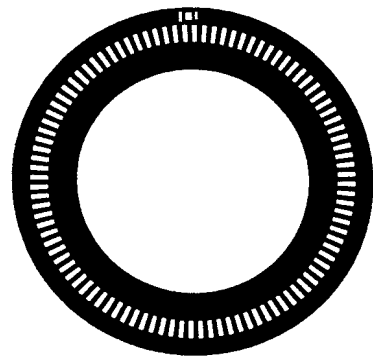


图1 增量式编码器光学图案

Fig. 1 Optical pattern of an incremental encoder

增量式编码器的工作原理是: 利用双光栅叠栅条纹技术, 对空间位置进行光学放大, 循环码道上的光电探测器输出相位相差 90° 的两路正弦信号, 电子电路根据这两路信号的相位关系, 经过方向解码可确定码盘的转动方向, 然后按光栅付之间的转动方向对正弦信号的每个周期进行增或减计数, 于是便可获得相对某一位置的计数值: N , 这一位置由系统工作的初始时刻或工作中的操作指令或硬件电子电路确定, 这样便获得待测位置的编码。若光栅节距角为: δ , 那么相对该指定位置的角度测量值 θ 就为: $\theta = N \cdot \delta$ 。

索引码道由于零位图案特殊的光栅结构, 每个零位每转输出只有一个尖峰的脉冲信号, 其主峰指示出光栅码盘上的绝对零位置, 由于绝对零位信号与循环码道输出的两路正弦信号有确定的相位关系, 经电子电路处理后作为启动可逆计数器的信号, 这样也就指定了一个起始计量位置, 使角度测量结果成为相对该位置的绝对测量值。

由于增量式编码器的光学图案是计量光栅, 利用光栅叠栅条纹技术进行角度测量, 因此, 增量式编码器的测量精度可以做得很高; 虽然其信号处理电路较为简单, 但使用过程中必须用一个专用的可逆计数器实时监视编码器的输出信号, 以免丢失数据, 如果可逆计数器因电子信号受到干扰而发生错误计数, 则由此产生的误差会累计起来, 并且电子系统很难发现这个错误; 另外, 如果想得到绝对位置的测量值, 则应用系统启动后, 必须经过自引导过程后方可进行测量, 而且自引导过程只能发生在绝对零位附近, 因此, 使用时不方便。

绝对式编码器的光学图案主要由一系列同心的编码码道和窗口码道组成, 位置编码的各有效编码位沿半径方向位于不同的编码码道上, 随着码道半径的增加, 每转码道信号的周期数成倍增加; 窗口码道由每一编码位置处的一个透光窗口组成, 用于准确确定编码位置, 从而提高译码的方便性和可靠性。绝对式编码器的位置编码方案有自然二进制码、格雷码等不同的编码方案。带窗口码道的、采用七位二进制位置编码方案的绝对式编码器的光学图案如图 2 所示。

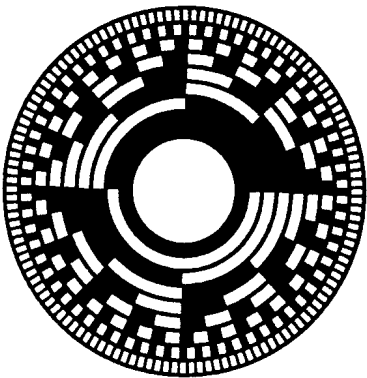


图 2 绝对式编码器光学图案

Fig. 2 Optical pattern of an absolute encoder

绝对式编码器的工作原理是: 由于编码图案

之间的位置关系, 这些二进制编码相对其中某一编码位置就有一个位置序号 N ; 各编码码道有其独立的光电探测器, 并且沿半径方向排列, 窗口码道光电探测器的输出信号经电子电路处理后作为同步信号, 驱动编码码道光电探测器并行读取当前位置的编码信号, 若最大周期数对应的节距角为: δ , 那么根据探测到的二进制编码的序号 N , 就可得到相对指定编码位置的角度测量值 θ 为: $\theta = N \cdot \delta$ 。

由于绝对式编码器的光学图案将位置表达成沿径向的一个编码, 同一位置编码的各有效位就在不同的编码码道上, 因此, 对位置编码图案的同心性有较严格的要求; 同时, 位置是用编码器盘体上的光学编码图案记录的, 因此, 应用系统不需要后续电路随时记录它的输出信号, 可以随时获得位置测量值, 而且位置测量值不会因系统断电而丢失, 重新工作测量时, 该位置数据是绝对一样的; 另外, 编码器输出的位置信息是并行的全量程位置编码, 因此, 编码器的探测电路较为复杂, 但与微控制器的接口或经电子电路译码显示却十分容易和方便。当然, 绝对式编码器的一个显著优点, 就是不需要自引导过程就可以在上电时立刻确定位置测量数据。由此可见, 绝对式编码器具有抗干扰能力强和可靠性高的特点。

利用传统光学编码器工作原理获得的待测位置测量值的精度有时不能满足实际工程需要, 这就需要采取一定的措施提高光学编码器的分辨率^[7,8]。两种传统编码器都可以采用电子技术或软件技术, 对光学最小分辨角信号进行细分, 这个细分值习惯上也称为精码值, 使光学编码器的测量精度得到大幅度的提高。若测得的光学最小分辨角的细分值为: δ_0 , 那么相对指定位置的角度测量值 θ 为: $\theta = N \cdot \delta + \delta_0$ 。

3 准绝对式光学编码器

虽然两种传统光学编码器各具特色, 在工业、国防和科学研究上也已经获得了广泛的应用, 但随着工业技术的发展, 对光学编码器的各项技术指标提出了更高的要求, 新技术的不断出现, 促成了新型光学编码器——准绝对式编码器的产生。

准绝对式编码器光学图案也是由循环码道和索引码道组成的, 循环码道仍然由一系列均匀交

错的遮光和透光光栅线条组成;索引码道则由与每一对透光/遮光栅线位置对应的透光或遮光的窗口组成,连续的几个窗口类似于条形码,它们共同构成对某一位置的编码,即位置编码的各有效位是沿圆周(切向)连续地分布于同一个索引码道内的。与两种传统光学编码器相比较,这种光学编码器在光学图案上与传统增量式编码器相似,但在对位置的编码方式上又与传统绝对式编码器相似,光学设计的这种特点决定了这种光学编码器与两种传统编码器工作原理不尽相同,因此,可称这种编码器为准绝对式编码器。

根据串行位置编码的原理,设计了一个生成这种位置编码的算法,并用 DELPHI 语言进行编程,实现了该算法。通过计算机辅助设计,获得的全周 100 个位置的位置编码窗口透光或遮光的序列如下:

0000001011111111 101000110100001

共 100 个位置编码窗口

其中:0:表示窗口遮光,1:表示窗口透光。按此编码,设计的准绝对式编码器的光学图案如图 3 所示。

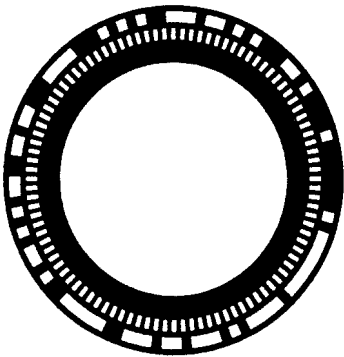


图 3 准绝对式编码器光学图案

Fig. 3 Optical pattern of a virtual absolute encoder

准绝对式编码器的工作原理是:位置用沿切向的编码图案来表示,因此,由于各编码图案位置之间的关系,相对于某一确定位置的编码,其它位置的编码都有其自身的序号 N ;电子系统必须利用循环码道的输出信号来同步位置编码的读取,编码的各有效位可以由沿圆周方向顺序排列在索引码道上的多个光电探测器并行一次读取,也可以由位于索引码道上的一个光电探测器经多次读取而串行获得;无论采用哪种方式读取位置编码,

系统启动后,必须经过自引导过程,信号处理系统才能获得第一个位置编码,若循环码道中计量光栅的节距角为: δ ,那么根据当前检测到的位置编码的序号 N ,就可得到相对该指定位置的角度测量值 θ 为: $\theta = N \cdot \delta$ 。

根据准绝对式编码器光学图案的特点,位置编码的各有效位沿圆周连续分布,减少了位置编码的码道数量,因此,码盘体积得以有效缩小;但位置编码有效位沿切向分布,又使得应用系统上电后,不能立刻获得位置的编码,而要经过一个自引导过程,即经过一个非常小的位移后就能获得位置编码数据,无论这个初始小位移方向如何,从何处开始发生,只要步长足够,应用系统都可以获知确切的绝对位置编码数据;由于关于位置的编码是用光学图案记录在盘体上的,因此,应用系统可在工作的任意时刻进行测量,而且测量到的数据都是绝对位置数据,系统掉电又重新上电后,同一位置的测量值是绝对相同的;如果某一位置的测量结果出现错误,这一错误不会影响其它位置的测量结果。

从准绝对式编码器的工作原理可知,利用位置编码获得测量值的精度有时也不能满足实际需要,也需要采用一定技术以提高准绝对式编码器的分辨率。根据光学图案的特点,技术上仍然可以采用电子技术或软件方法对循环码道输出的正弦信号进行处理,从而实现对光学最小分辨角的细分,若测得的光学最小分辨角的细分值为: δ_0 ,那么相对指定位置的测量值为: $\theta = N \cdot \delta + \delta_0$ 。这与传统光学编码器的基本测量原理是一致的。

4 分析与结论

准绝对式光学编码器与两种传统光学编码器相比,其光学图案具有一定的特点,复杂性介于二者之间,码道数量与增量式编码器相似,位置标识方法又与绝对式编码器相似,只是位置编码各有效位的排列方式不同,因此,准绝对式光学编码器继承了两种传统编码器的优点,不同程度地克服了它们的缺点,与两种传统光学编码器相比,其技术特点是:

(1) 准绝对式编码器光学图案比较简单,因此,准绝对式编码器的机械尺寸比较小,准绝对式编码器的译码系统也比较简单。

表 1 绝对式、增量式和准绝对式编码器基本特点的比较

Table 1 Comparison of absolute, incremental and virtual absolute encoders

	绝对式	增量式	准绝对式
机械尺寸(相同测量精度)	大	小	小
光栅图案(相同测量精度)	复杂	简单	适中
敏感元件数	多	少	较少
信号处理电路	复杂	简单	适中
可否细分	可	可	可
同一位置测量结果的重复性	绝对重复	准绝对或随机	绝对重复
自引导过程	不要	要(绝对零位)	要(任意位置)
抗干扰性能	好	较好(与设计有关)	好
价格	贵	便宜	适中

(2) 准绝对式编码器用光学图案对位置进行编码, 因此, 应用系统可在工作的任意时刻进行位置测量, 测量到的数据为绝对位置数据, 且测量结果不易丢失, 两次上电测量同一位置的测量结果绝对一样, 若某次测量结果出现误差, 那么这一误差不会影响其它位置的测量, 提高了系统的可靠性。

(3) 准绝对式编码器位置编码的各有效位沿圆周(切向)分布, 因此, 应用系统一上电不能立刻获得有效位置编码, 而要经过一自引导过程, 但无论自引导过程的方向和起始位置如何, 初始化位移都固定为几个计量光栅节距, 轻微的振动就可以确定初始位置, 方便了实际操作。

(4) 准绝对式编码器光学图案包含计量光栅,

因此, 可以通过电子技术或软件方法对光学最小分辨角进行细分, 从而有效提高系统的测量精度。

(5) 准绝对式编码器输出的位置信息是全程绝对编码, 因此, 它非常容易与计算机、过程控制器和伺服控制器等数字器件相连接。

传统的增量式编码器、绝对式编码器和准绝对式编码器的基本特点对照如表 1 所示。通过盘体机械尺寸大小、光学图案复杂度等光学机械和电子性能指标的定性比较, 看到准绝对式编码器与两种传统编码器相比具有一定的优越性, 尽管两种传统编码器的应用技术目前十分完善, 在工业、国防和科研中也有着广泛的应用, 但作为新技术结晶的准绝对式编码器, 凭其鲜明的技术特点, 必将获得深入的研究和广泛的应用。

参考文献:

- [1] 蒋作民, 武晋变, 庄志涛. 角度测量[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
JIANG Z M, WU J X, ZHUANG Zh T. *Angle measure* [M]. Beijing: China Machine Press, 1995. (in Chinese)
- [2] 朱伯申, 张炬. 数字式传感器[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.
ZHU B S, ZHANG J. *Digital sensor* [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 1996. (in Chinese)
- [3] 金轸裕. 日本编码器的动向[J]. 计量技术, 1997, 11: 2_6.
JIN Zh Y. Trend of Japanese encoders[J]. *Measure Tehniue*, 1997, 11: 2_6. (in Chinese)
- [4] 董莉莉, 熊经武, 万秋华. 光电轴角编码器的发展动态[J]. 光学 精密工程, 2000, 8(2): 198_202.
DONG L L, XIONG J W, WAN Q H. Development of photoelectric rotary encoders [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2000, 8(2): 198_202. (in Chinese)
- [5] 孔智勇, 赵红颖, 熊文卓, 等. 采用衍射、干涉技术提高光电轴角编码器的测角精度和分辨率[J]. 光学 精密工程, 2001, 9(3): 260_264.
KONG Z Y, ZHAO H Y, XIONG W Z, et al. Improving angle measuring precision and resolution of photoelectric rotary encoders using diffraction interference technology [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2001, 9(3): 260_264. (in Chinese)
- [6] 苏海冰, 刘恩海. 单圈绝对式编码器的研制[J]. 光学 精密工程, 2002, 10(1): 74_77

- SU H B, LIU E H. Research on single_ring absolute encoder and its application[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2002, 10(1): 74_77. (in Chinese)
- [7] 崔骥, 李怀琼, 陈钱. 光栅莫尔条纹信号的细分与辨向新技术[J]. 光学技术, 2000, 26(4): 294_296
- CUI J, LI H Q, CH Q. New technology on subdividing and direction_sensing for signal of Moire fringes[J]. *Optical Technique*, 2000, 26(4): 294_296. (in Chinese)
- [8] 苏绍景, 吕海宝, 李圣怡. 基于 DSP 的宽动态范围莫尔条纹计数与精密细分技术[J]. 光学 精密工程, 2001, 9(2): 146_150.
- SU SH J, LU H B, LI SH Y. DSP based counting and ultra_precision subdivision of Moire fringe with wide dynamic range [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2001, 9(2): 146_150. (in Chinese)

A new optical encoder

LUO Chang_zhou¹, CHEN Liang_yi¹, SUN Yan², GAO Li_ming¹, HU Xiao_dong¹, WEN Li¹

(1. *Laboratory of Measuring and Controlling Moving Target, Xi' an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi' an 710068, China;*

2. *Qingdao Haixi Electronic Limited Company, Qingdao 266000, China)*

Abstract: Optical encoder is an important sensor used for length and angle measurement, and two conventional optical encodes, incremental and absolute encoders, have outstanding advantages in optical pattern, principle of position code and signal processing circuit. With development of science and technology, a new optical encoder, virtual absolute encoder has inherited the advantages of these two conventional optical encoders. According to the principle of serial position code, a scheme of 100 positions around a circle has been obtained with CAD. Using this position code a virtual absolute encoder has been designed.

Key words: optical encoder; incremental encoder; absolute encoder; virtual absolute encoder

作者简介: 罗长洲(1967-), 男, 新疆喀什市人, 中国科学院西安光学精密机械研究所博士研究生, 主要从事光电探测、电子工程和光学工程方面的研究工作。E_mail: Luochary@sohu.com Tel: 029_8483821