

一种绝对式三轴联动多圈编码器的研制

赵志巍

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

摘要:光电轴角编码器是一种测角传感器,因其测量精度高而被广泛应用于多种领域。为了实现直线位移的精确测量,通常采用光电轴角编码器把直线位移转换成角位移进行测量。在对现有光电轴角编码器测角原理研究的基础上,设计了三轴联动多圈编码器。实验结果证明该种编码器较以往多圈编码器具有测量精度高、尺寸小、结构简单、装调方便等特点,同时消除了齿轮传动误差,放宽齿轮系加工要求,降低了加工成本,提高了市场竞争力,为设计更多圈数的组合编码器提供了理论依据和技术支持。

关键词:光电轴角编码器;多圈编码器;绝对式;直线位移

中图分类号:TN762

文献标识码:A

文章编号:1672-9870(2009)01-0008-03

Development of an Absolute Three Axes Linkage Multiloop Encoder

ZHAO Zhiwei

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033)

Abstract: Photoelectric encoder is a sort of measuring angle sensor, which is widely used in many fields for its high measuring precision. In order to realize precision measurement of line displacement, photoelectric encoder is usually adopted. An three axes linkage multiloop encoder is designed based on the principle of traditional photoelectric encoder. The experimental results prove the encoder having many advantages such as high precision, small size, simple configuration, convenient installment and adjustment. In addition, the transmission errors of gear are eliminated, machining requirement of gear system is broadened, machining cost is reduced and market competition is improved, which provide theory and technique supports of designing more loops encoder.

Key words: photoelectric encoder; multiloop encoder; absolute; line displacement

光电轴角编码器是一种进行角位移、角速度测量的光电传感器,具有分辨率高、测量精度高、寿命长、工作可靠性好、重量轻和易于维护等优点被广泛应用于自动控制、航空航天等领域^[1-3]。在通常情况下,光电轴角编码器主要用于角位移的测量,但在某些特定的场合下如现代科学试验或工业应用中,需要把角位移转变为直线位移,而工作环境的限制,比如很深的井下或屏蔽环境,无法直接获得直线位移,常常把直线平移运动转变为圆周运动即角位移来计量平移的距离^[4]。例如一个丝杠转

动一周,丝杠的直线平移距离就是它的一个螺距 P ,丝杠转动 n 周,它的直线位移距离就 n 个螺距的长度,即 $n \times P$ 。因此,在无法直接获得直线位移的情况下,用测量转动的角度加上转动的圈数来计量它的直线位移状况,绝对式三轴联动多圈编码器的研制主要是为了满足该种特殊要求展开的,下面就其工作原理、各级编码器及传动齿轮系的设计进行详细的介绍。

1 系统工作原理及构成

收稿日期:2008-10-12

基金项目:中国科学院“优秀博士学位论文、院长奖获得者科研启动专项资金”资助项目

作者简介:赵志巍(1964-),男,副研究员,主要从事光电编码器的设计与研究,E-mail:tutorye@163.com。

测量单周角度的编码器工作原理是：码盘与狭缝盘同轴安装在编码器的主轴与基座上，码盘固定在编码器主轴上，并随主轴一起转动；狭缝盘与码盘相对平行安装，两者之间保持一定的间隙，码盘与狭缝盘之间相对转动，输出代码记录者编码器主轴转动的角位移位置^[5,6]。绝对式三轴联动多圈编码器就是基于单周角度编码器的原理进行设计的。

该绝对式三轴联动多圈编码器由三个只能记录单周角度的编码器（一级编码器、二级编码器、三级编码器）和两组齿轮系（一级齿轮系、二级齿轮系）组成，每一个单周测角编码器都由轴系、码盘、狭缝盘、读数系统组成。系统工作原理图如图1所示，一级编码器的主轴带动其上的码盘转动，发光管发出的连续光线经过狭缝盘后被调制成为有规律变化的断续光线，这些有规律的断续光线被接收管接收转变成光电信号，光点信号经放大、整形、译码等电处理后以度、分、秒形式输出。这些代码是一级主轴在 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 范围内的单值函数。二级编码器与三级编码器以同样的方式输出二、三级主轴单值函数值，同时，一级主轴与二级主轴之间通过一级齿轮系连接，使一级编码器的主轴转过一周时，二级编码器输出一位码，二级编码器的主轴转过一周时三级编码器输出一位码，这样二级编码器输出的光电信号就记录了一级编码器主轴转过的圈数，三级编码器输出的光电信号记录了二级编码器转过的圈数。一、二、三级编码器均选用绝对式编码盘，三级联动多圈编码器输出的光电信号就是一级主轴转过的圈数及单圈角度值的单值函数，根据该函数关系便可以计算出转动的位移量。

2 系统设计

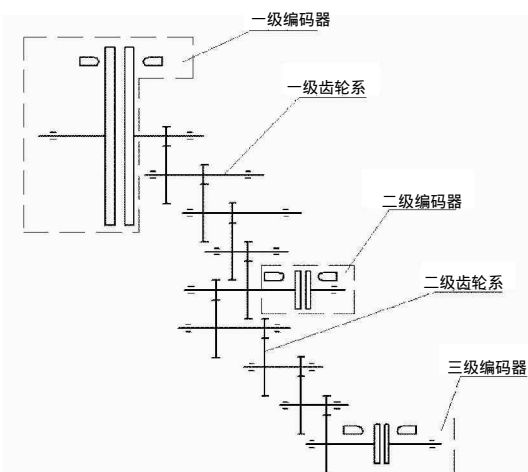


图1 多圈编码器工作原理图

Fig.1 Schematic diagram of multiloop encoder

根据测量系统的精度及分辨率（ $80''$ ）的要求，第一级编码器选择十四位绝对式编码盘，第二级编码器与第一级编码器、第三级编码器与第二级编码器是通过校正码道连接起来。编码器的测量圈数由两个编码器组合而成，主要考虑到齿轮啮合时的齿间的间隙及校正范围。若校正码道的线周期较小，就无法起到校正的作用，从而出现错码，测量不准确，若校正码道的线周期较长，二、三级编码器的位数就较少，无法满足测量系统的要求；另外，为了提高编码器的工作可靠性，测量圈数的编码器位数不能太高，因此，二、三级编码器的位数需要根据测量系统的要求及结构尺寸进行合理的选择。本设计中二、三级编码器采用五位绝对式码盘进行圈数测量，目的就是在较小的码盘直径下增大校正码道的线周期，使齿轮加工难度降低，降低制造成本，提高可靠性。

2.1 一级编码器设计

码盘与主轴同轴固联，码盘随主轴转动，其它部分固定不动。当主轴转动时发光管发出的连续光线经过码盘和狭缝盘被切割调制成为有规律变化的断续光线，接收管接收到这些光电信号，再经电路放大、整形、细分等处理后以 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 范围内的度、分、秒形式输出，这就是一级主轴的角度值，分辨率可达到 $80''$ 。

2.2 二、三级编码器设计

同上一级编码器设计，码盘最小码的编码器的分辨率为 $360^{\circ}/2^5=11.25^{\circ}$ ，周期最小的码作为一、二级编码器的校正码。

2.3 传动齿轮系设计

为了加工简便，两组齿轮系采用相同设计，模数选用0.5，设计大小两种齿轮，小齿轮18个齿，大齿轮36齿，四级传动，传动比1:16。两组齿轮系总传动比1:256。第二、三级编码器均为五位码，有一位作为校正码，剩下四位码，四位码的分辨率为 $2^4=16$ ，这与齿轮系传动比是相同的，校正环节的加入，使绝对式三轴联动测角测圈编码器的精度不被齿轮副带来的传动误差影响，输出精度高。

3 精度检测结果

将12面体与一级编码器主轴同轴相联，用比较法对该编码器精度进行检测，检测值如表1所示，

由表可知该编码器的精度为 75" (峰-峰值), 达到了设计要求。

表 1 绝对式三轴联动多圈编码器精度测量值

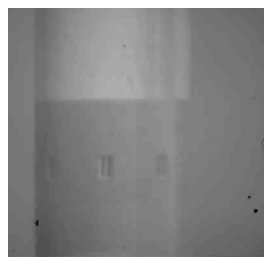
Tab.1 Measuring value of absolute three axes linkage multiloop encoder

转动角度	测量值 1	测量值 2	测量值 3
0°	0"	0"	0"
30°	50"	60"	50
60°	70"	75"	70"
90°	0"	0"	0"
120°	50"	55"	50"
150°	75"	70"	75"
180°	0"	0"	0"
210°	55"	55"	55"
240°	65"	70"	65"
270°	0"	0"	0"
300°	55"	60"	55"
330°	65"	70"	65"
360°	0"	0"	0"

4 结论

本设计基于后一级码盘与前一级码盘之间通过

(上接第 30 页)



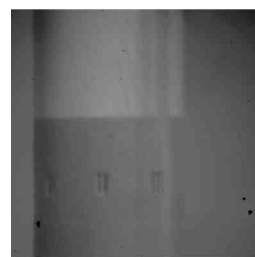
(a) $t = 15\mu\text{s}$



(b) $t = 3\mu\text{s}$



(c) $t = 7\mu\text{s}$



(d) $t = 10\mu\text{s}$

8 曝光时间

Fig.8 The exposure time

由熵的定义及实验数据可知, 图像熵反映了图像的总体概貌, 图像熵之间的差别对应着图像之间的视觉差别, 因此可以将图像熵作为表征特征的属性, 图像熵可以反应图像的明暗特性。

4 结论

自动曝光控制技术是获得高质量视频图像的关键技术之一。一个快速、准确、可靠的自动曝光是数字成像系统拍摄出清晰图像的前提。基于图像熵的自动曝光技术和高速 CCD 相机相结合, 在丢失 1-3 帧的情况下, 可以很快的获得清晰的图像。自动曝光控制技术可以广泛的应用到数码照相机、摄像机和各种图像采集系统中, 可以很好的得到最好的曝光量。

齿轮系连接起来, 同时后一级编码器与前一级编码器通过校正码道衔接在一起, 消除了齿轮系带来的传动误差, 提高测量精度, 采用两级码盘记录圈数可以放宽齿轮系加工要求, 缩小编码器尺寸, 降低制造成本。通过增加齿轮系和编码器的数量可以测量更多的圈数, 因此该绝对式多轴联动测角测圈编码器有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 曹振夫. 小型绝对式矩阵编码器[J]. 光学机械, 1985, 5: 65-70.
- [2] 汤天瑾, 曹向群, 林斌. 光电轴角编码器发展现状分析及展望[J]. 光学仪器, 2005, 27(1): 90-95.
- [3] 陈赞, 张学忱. 码盘、圆光栅真空镀铬工艺的研究[J]. 长春理工大学学报: 自然科学版, 2005, 28(1): 103-105.
- [4] 赵波, 何今其. 组合编码器的结构和原理[J]. 长春理工大学学报: 自然科学版, 2004, 27(4): 58-60.
- [5] 叶盛祥. 光电位移精密测量技术[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003.
- [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): 74-78.

参考文献

- [1] Mori T. Automatic exposure control apparatus[P]. US Patent: 5703644, 1997-12-30.
- [2] Takagi T. Automatic exposure device and photometry device in a camera[P]. US Patent: 4984006, 1997-09-02.
- [3] 王欣, 安志勇, 杨瑞宁. 基于图像清晰度评价函数的 CCD 摄像机自动调焦技术研究[J]. 长春理工大学学报, 2008, 31(1): 11-14.
- [4] 黄成斋. 跟踪测量电视全自动调光系统[J]. 光电工程, 1999, 25(3): 17-20.
- [5] 胡炳梁, 马彩文. CCD 自动调光设计[J]. 光子学报, 2002, 31(4): 504-506.
- [6] 徐培凤. 基于图像的自动曝光算法研究[J]. 光学仪器, 2005(4): 59-61.
- [7] 王岚, 于惠珠. 跟踪测量电视的自动调光系统[J]. 光学精密工程, 1994, 10(5): 86-91.