

绝对式三级组合光电轴角编码器

Absolute type three grades combined photoelectric shaft encoder

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所; 2.中国科学院研究生院) 赵波^{1,2}
ZHAO Bo

摘要: 组合光电编码器又叫多圈编码器, 现在其已被广泛的应用于大型精密仪器的角度、长度位移测量以及数控数显系统中。本文将详细的介绍一种大传动比(256:1)三级组合编码器的结构特点及工作原理。相对于传统组合光电编码器该编码器设计上采用三级编码器联动结构, 可使二、三级编码器输出位数降低, 方便安装, 进行三次校正, 增大了校正范围, 提高了编码器的可靠性。其独具的大传动比, 填补了国内无大传动比编码器的空白, 开创了国内市场的先河。

关键词: 多圈编码器; 轴角编码器; 直线位移; 长度测量; 齿轮组

中图分类号: TN762

文献标识码: A

Abstract: The combined photoelectric shaft encoder also called the multi-loop encoder has been broadly applied to measure the angle and length displacement in the large scale fine apparatus. It is also used in the digital control system and the digital display system. Here the structure characters and working principle of a kind of large transmission ratio three grades combined photoelectric shaft encoder is introduced in detail. The encoder adopt three grades transmission structure relative to the conventional combined photoelectric encoder, which will make the output digits of the second and third grade encoder lower and installation easier. Three times adjustment enlarge the adjustment scope and at the same time enhance the encoder reliability. Its unique large transmission ratio let our country own our large transmission ratio encoder that is the first time in the domestic market.

Key Words: multi-turn encoder; rotary encoder; linear displacement; length measurement; Gear train

1 概述

光电轴角编码器是一种采用光电方法将轴的机械转角转换成数字电信号输出的传感器。利用它可以实现角度、直线位移、转速等其它模拟物理量的测量。光电轴角编码器相对于其它型式的传感器具有精度高、耗能小、无机械磨损、稳定可靠等优点。随着科学技术的进步发展, 它已被广泛的应用于遥控、自动测量等广大的领域中。例如: 各种雷达、地炮指挥仪、电影经纬仪、智能机器等行业都已经采用了光学轴角编码器, 并且已成为其必不可少核心元件。

在编码器中, 有绝对式编码器和增量式编码器两种。所谓增量式编码器就是以光栅盘作为角度分度基准, 编码器某一位置的角度显示值不固定, 掉电后重新启动时编码器原有角度值会丢失; 而绝对式编码器是以绝对码盘作为基础角度分度基准, 这种码盘任意位置都有固定的角度值, 也就是这种编码器的输出角度是输入角度的单值函数, 这种编码器具有抗干扰、掉电后重新启动编码器原有信息不丢失等特点。目前应用广泛的光电轴角编码器为单圈绝对式编码器, 其在转动中测量码盘上各码道刻线, 以获取唯一的编码, 当转动超过360度时, 编码又回到原点, 这样就不符合绝对编码唯一的原则, 这样的编码器只能用于旋转范围360度以内的测量, 故称为单圈绝对式编码器。如果要测量旋转超过360度范围, 就要用到组合绝对式编码器。组合光电轴角编码器是一种适用于大量程位移、角度精密测量的光电数字测角仪器, 其测量范围可超过整周(360°)的

几倍, 甚至上百倍, 具有分辨力高、精度高、体积小、量程大以及数字量输出等优点; 其另一个优点是测量范围大, 实际使用往往富裕较多, 这样在安装时不必要费劲找零点, 将某一中间位置作为起始点就可以了, 而大大简化了安装调试难度。目前国内现有组合编码器只可测量8、10、16圈等几种型号。本文介绍的是一种绝对式组合光电轴角编码器, 因其具有大传动比256:1, 开创了国内市场先河, 处于国内领先地位。

2 该编码器主要特点

编码器每圈13位8192线, 分辨力158.2, 输出主轴7位128线在0~256圈内的绝对位置信息并将显示和信号做成一体式, 其内部有单片机可智能化设置;

* 绝对型码盘, 机械齿轮计圈, 可连续多圈测量不重复;

* 数码显示, 显示信号转换一体式, 可智能化多项设定, 可设定方向、起始零点、比例系数, 多段非线性设置, 编码器正反转时具有正负显示功能, 使用方便;

* 绝对机械位置测量, 无需掉电记忆, 抗干扰性好;

* 模拟量、数字量、通讯多种输出形式, 可与计算机直接连接;

* 总测量行程: 20位, 1048576线;

* 分辨力: 1.24°;

* 精度: 2°;

* 工作电压: 5~30V。

3 编码器工作原理及构造

3.1 编码器机械结构原理

如图1所示, 一级编码器2的轴系选用轴承轴系, 主轴1通过固定其上的小齿轮和一级、二级间总传动比为16:1的齿轮

赵波: 助理研究员

基金项目: 国防军工技改项目(编号不公开)

系 3 带动二级编码器 4 工作, 二级编码器输出为 4 位码, 齿轮系 5 为过渡齿轮组, 传动比为 2:1; 通过总传动比为 8:1 的齿轮系 6 带动三级编码器 7 进行工作, 三级编码器的输出为 3 位码。基板 8 的作用是支撑二、三级编码器和齿轮系。该三级组合编码器设计结构具有以下几个创新点: 目前国内现有可测量 8、10、16 圈等几种型号的组合编码器, 其计录圈数是采用二个编码器组合实现的, 若采用传统方案输出 256 圈的设计结构, 二级编码器码盘在径向尺寸较小的情况下, 必然造成编码器整体轴向尺寸加大, 而且其线密度较大, 一、二级编码器间的校正范围变得较小, 为确保正常工作, 必须提高齿轮精度, 使齿轮加工难度大, 成本高。为解决这一问题, 设计上采用三级编码器联动结构, 可使二、三级编码器输出位数降低, 增大校正范围, 降低了齿轮加工精度的要求, 减少成本。采用三级编码器结构, 方便安装, 进行三次校正, 提高了编码器的可靠性。三个编码器码盘均选用绝对式矩阵码盘, 通过齿轮传动连接起来, 输出二进制码, 具有掉电后重新上电数据不丢失的功能。

3.2 编码器工作原理:

三级组合光电轴角编码器中的每一级编码器均是由数据采集装置和处理装置两部分组成, 工作原理如图 2 所示。

数据采集装置包括: 光源; 码盘; 读取狭缝; 光电接收器; 轴系及固定结构;

数据处理装置包括: 放大器; 比较鉴幅器 微控制器处理系统; 输出接口电路;

编码器光源采用红外发光二极管, 型号为 TSIP4401, 光电接收器采用光电三极管, 型号为 SDP8405

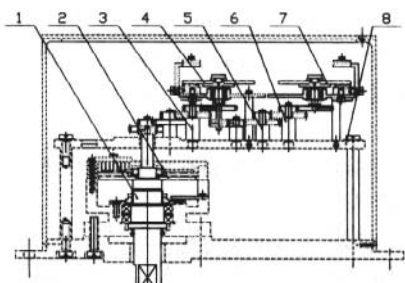


图 1 三级组合光电轴角编码器机械结构图

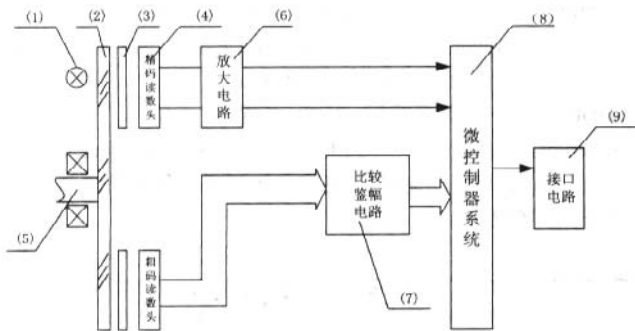


图 2 编码器工作原理图

3.3 码盘

编码器的核心分度元件是码盘, 码盘就是含有码的圆盘, 即预先将代码形式的数储存在圆盘中, 当需要时, 再把它“取”出来, 取数的系统就是编码器的读数系统。

本编码器中的一级传动码盘是一块直径为 50 毫米的玻璃圆盘, 码盘表面刻印有二进制周期码图案, 这种周期码由任何数变到相邻数时, 代码中只有一位数发生变化, 即使产生错码

也不会太大。这种二进制周期码图案是由许多圆环形码道组成的, 码道中有一定数量的透光与不透光区域组成。码道相互间的透光与不透光刻线按一定关系排列。在码盘的径向位置上形成透光与不透光的“组合”, 其中透光的为“1”, 不透光的为“0”, 这些“1”和“0”的组合就是码, 也就是数, 这些码代表着码盘的某一绝对位置。一般码盘刻划时, 对各码道的要求都以平面展开图的形式表示, 该编码器码道展开图如图 3 所示。

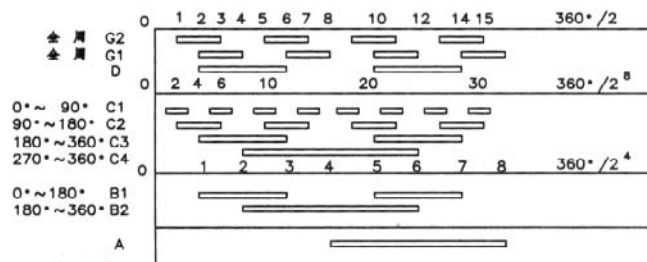


图 3 一级码盘码道展开图

码盘的精度直接影响编码器的精度, 本台编码器的码盘设计精度要求不大于 5, 设计一种矩阵码道, 可缩小编码器的结构尺寸。所谓矩阵码道, 就是将传统码道一位一圈, 设计成一位多圈, 这样可以缩小码盘的径向尺寸, 从而使编码器整机的结构尺寸缩小, 编码器的重量轻, 抗冲击、振动能力增强。由图 4 中可以看出, 第一圈刻一种 A 码, 通过狭缝获得 A1、A2 两条码道; 第二圈刻划 B1、B2 两种码, 通过狭缝获得 B1、B2 两条码道; 第三圈刻划 C1、C2、C3、C4 四种码, 通过狭缝获得 C1、C2、C3、C4 四条码道; 第四圈刻划一种 D 码, 通过狭缝获得 D 一条码道; 第五圈刻划一种 G1 码, 第六圈刻划一种 G2 码, 通过狭缝获得 G1、G2 两圈精码, 对径破相获得 G0、G90、G180、G270 四路相差 90° 的三角波信号, 输出的光电信号曲线均为正弦波, 确切的说 G0 为 \sin , G90 为 \cos , G180 为 $-\sin$, G270 为 $-\cos$, G0 与 G180 的微弱信号经差分放大输出一路新的信号 \sin , 同样 G90、G270 的微弱信号经差分放大输出一路新的信号 $-\cos$, 正弦信号 \sin 经倒相器变成 $-\sin$ 。

由于工艺上的原因, 不可避免地在各码位上出现偏差, 特别是码道内圈, 由于刻划半径小, 同样的切线误差, 反映到内圈上误差就大。所以在码盘设计中将粗码道设计在码盘内圈, 外圈刻划精码, 在精码与粗码之间, 设计一位校正码道。在图 4 中, A、B、C 为粗码道, G1、G2 为精码道, D 码为校正码道。

该 256:1 的组合编码器第一级码盘可输出 13 位, 第二级码盘输出 4 位码; 第三级码盘输出 3 位码, 考虑到后两级输出位数较低, 同时为了降加工成本, 方便装调, 二、三级编码器采用 5 圈矩阵式错位排列的周期码道, 码道关系如图 4 所示。

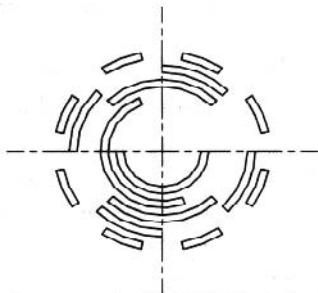


图 4 二、三级编码器码盘示意图

3.4 狭缝

矩阵码盘刻划中, 各路信号的获得是靠狭缝的错位排列取

得的。在“0°”处刻印有 A1、B1、C1 三条线宽为 70 微米的单狭缝,在狭缝外侧刻印两圈多狭缝,这两圈多狭缝用于获取精码信号;在“90°”处刻印有 A2、C2 二条线宽为 70 微米的单狭缝;在“180°”处刻印有 B2、C3 二条线宽为 70 微米的单狭缝,在狭缝外侧刻印两圈多狭缝,这两圈多狭缝用于获取精码信号;在“270°”处刻印有 C4、D 二条线宽为 70 微米的单狭缝。在 A1 处获得传统的 A1 码,在 A2 处获得传统的 A2 码,A1 与 A2 的相互关系由狭缝刻划保证;同样,在 B1 处获得传统的 B1 码,在 B2 处获得传统的 B2 码;在 C1、C2、C3、C4 处获得传统的 C1、C2、C3、C4 码;在 D 处获得传统的 D 码。通过电路译码,获得传统码道信息。

4 精度检测

误差产生来源有:码盘制造误差;光机装调误差;电路误差;分辨力盲区误差和检测误差等几项(这里就不进行详细说明)。用比较法进行检测。将 23 面体与编码器同轴转动,用 0.2 秒平方光管标定,检测编码器的角度误差,实测精度 2。

5 结论

单圈编码器的分辨率在绕输入轴的一个整圈内有效,而组合编码器的分辨率是在绕输入轴的多圈内有效,此三级组合编码器的研制成功填补了国内无大传动比编码器的空白,开创了先河,解决了工作中无法测量大型仪器转角、转速以及受空间位置等限制无法直接安装编码器进行测量等问题。通过齿轮比的变换还可相应的测量不同转速比的仪器。相信随着此大传动比组合编码器产品的设计、开发、生产它会越来越广泛的应用在自动化工程及各种加工机械的角度、速度测量,亦可通过机械连接机构转换对长度进行测量。

本文创新点:设计研制出目前国内传动比最大的组合光电轴角编码器(256:1),设计上采用三级编码器联动结构,可使二、三级编码器输出位数降低,方便安装,进行三次校正,增大了校正范围,提高了编码器的可靠性。

参考文献

- [1]束长宝等.基于分布式控制系统的闸门开度测控实现与研究[J].微计算机信息 2002 8:13-14
- [2]熊经武.二十三绝对式光电轴角编码器[J].光学机械,1990,2:52-65
- [3]程钧.高精度光电轴角编码器轴系精度设计与测量[J].电子机械工,2002,12-6:15-20
- [4]张世铁.新型光电轴角编码器的发展与应用[J].长春理工大学学报,2005 4:43-46
- [5]高育杰.光电编码器的选择与应用[J].仪表技术与传感器,1994,5:35-35

作者简介:赵波,男,汉族,1974,中国科学院长春光机所助理研究员,主要从事绝对式光电轴角编码器和光电跟踪系统研究。

Biography: ZHAO Bo, male, Han, 1974, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences. The profession is the optoelectronic axis-angle encoder and the optoelectronic tracking system.

(130033 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)赵波

(100039 北京 中国科学院研究生院)赵波

通讯地址:(130033 长春 长春市经济技术开发区东南湖大

路 16 号中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 光电传感室)赵波

(收稿日期:2008.1.5)(修稿日期:2008.3.5)

(上接第 71 页)

3.3 运行调试

系统设计的最后一步就是运行调试,这里采用两种方法:

(1)软件仿真调试

STEP7 软件本身自带仿真软件组件,WinCC 也自带带有变量模拟器,可模拟一些量的输入,及时观察程序执行情况或者监控画面的实时情况,这种调试方法简单易行,可随时进行。缺点是与硬件有关的问题不能发现。

(2)硬件调试

在实验室将各种传感器与系统接好,模拟实际现场情况,进行调试,基本能排除大部分问题,如要使其更加完善,最好能到现场进行实地调试。

4 结束语

本系统采用 PROFIBUS-DP 现场总线网络技术实现分布式控制,网络速度快、可靠性高、开放性好、抗干扰能力强,给安装、调试和设备维护带来方便,提高了生产效率和管理水平。这种网络体系具有较高的性能价格比,并能根据用户要求扩展至各种形式和规模,各水电厂逐步采用 PROFIBUS-DP 技术改造传统监控系统必将为我国的水电事业做出巨大贡献。

本文作者创新点:PROFIBUS-DP 现场总线网络技术在工业当中已经应用很广泛,但在水电厂中的应用还处于尝试阶段,本文针对这一现状,设计出了基于 Profibus-DP 现场总线的水电厂机组控制系统。

参考文献

- [1]刘磊,高俊.现场总线技术在装备监控系统中的应用[J].微计算机信息 2006,7-1:73-74.
 - [2]阳宪惠.现场总线技术及其应用[M].北京:清华大学出版社 2002.
- 作者简介:杨钢(1973-),男,河南许昌人,讲师,研究方向:现场总线集成技术研究及应用和理论物理.E-Mail:dxxywx@163.com
- Biography: Yang Gang, male, Born in 1973, Han, major in research and application of field bus integration technology and Theoretical Physics. E-mail: dxxywx@163.com
- (461000 河南许昌 许昌学院) 杨钢 葛瑜
- (Xuchang University, Xuchang 461000, China) Yang Gang Ge Yu
- 通讯地址: (461000 河南许昌 河南省许昌市许昌学院电气信息工程学院) 杨钢

(收稿日期:2008.2.20)(修稿日期:2008.4.5)

书 讯

《现场总线技术应用 200 例》
55 元 / 本(免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》
110 元 / 本(免邮资) 汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息杂志收 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616(T/F)