文章编号：1002-6673（2015）05-028-02

绝对式光栅尺的机械结构设计

杨 帆
（中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所，吉林 长春 130000）

摘 要：随着我国加工制造业的进一步发展，绝对式光栅尺的需求量会越来越大，论文针对绝对式光栅尺的应用现状做了简单的概述，研究了绝对式光栅尺的工作原理，最后设计了绝对式光栅尺的原理样机。

关键词：绝对式光栅尺；工作原理；原理样机
中图分类号：TB47 文献标识码：A doi:10.3969/j.issn.1002-6673.2015.05.011

The Mechanical Design of Absolute Linear Encoder

YANG Fan
(Changchun Institute of Optics, Fine mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun Jilin 130000, China)

Abstract: With the further development of manufacturing industry in our country, the requirement of absolute linear encoder is more and more. In this paper, the application of absolute linear encoder is briefly summarized, the working principle of absolute linear encoder is studied. Finally, the prototype of absolute linear encoder is designed.

Key words: absolute linear encoder; working principle; prototype

0 引言

随着我国加工制造业的发展，数控机床的应用越来越广，对数控机床定位精度与重复定位精度的要求也越来越高，传统的半闭环控制系统也越来越难满足用户的使用需求。基于半闭环控制系统的数控机床具有明显的缺点：无法控制机床传动机构所产生的传动误差、高速运转时传动机构所产生热变形误差，以及加工过程中因传动系统磨损而产生的误差，而这些误差已经严重影响到数控机床的加工精度及其稳定性。直线光栅尺对数控机床各线性坐标轴进行全闭环控制，消除上述误差，提高机床的定位精度、重复定位精度以及精度可靠性，作为提高数控机床位置精度的关键部件正日益受到用户的青睐[1]。

直线光栅尺分为增量式光栅尺与绝对式光栅尺，安装绝对式光栅尺的数控机床在机床重新开机后无需执行参考点回零操作，就立刻重新获得各个轴的当前绝对位置值，可以马上从中断处开始继续原来的加工程序，大大地提高数控机床的有效加工时间。在全闭环的高档数控系统中已经普遍使用绝对式光栅尺和绝对式光栅编码器，在西方发达国家采用绝对式光栅位移传感器的占数控机床的 80%，目前国内的全闭环高档数控机床中采用绝对式光栅传感器的也接近 30%[2]。

国际上生产绝对式光栅尺的厂家有德国的 HEIDENHAIN（海德汉）、西班牙的 FAGOR（发格）、日本的 MITUTOYO（三丰）、英国的 RENISHAW（雷尼绍）。相比之下，国内目前没有绝对式光栅尺的产品，但是已经有部分研究所、高校以及企业先后开展了绝对式光栅尺的研制工作，其中中国科学院长春光学精密机械与物理研究所的研究工作最为突出，其研制出的 JC09 型绝对式光栅尺样机实现了与华中数控 HNC-818B 世纪星加工中心数控装置对接，并应用在长二机床厂的 XH714 立式加工中心上[3]。本文将对绝对式光栅尺的工作原理以及绝对式光栅尺的机械结构做相关的研究。

1 绝对式光栅尺的工作原理

绝对式光栅尺的工作原理如图 1 所示，LED 光源发出的光经过透镜后形成平行光，经主光栅与指示光栅后照射到 ASIC 光电器件上，将光信号转换成电信号并通过信号处理器计算出位置值，最后通过通讯接口将位置值输出到后续设备上。其中主光栅由两条码道组成，一条码道为绝对码道，即下方不规则的码道，通过该码道

修稿日期：2015-08-11
基金项目：国家科技重大专项(2012ZX04001011-001-004)；国家科技重大专项(2013ZX04007-021)
作者简介：杨帆(1984-)，男，吉林长春人，硕士生，助理研究员。从事机械设计与数值模拟研究，已发表论文七篇。

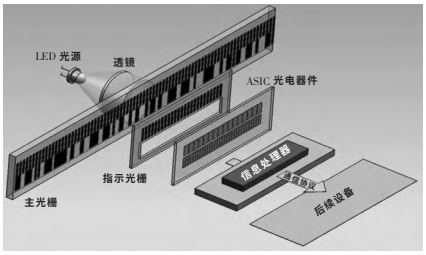


图 1 绝对式光栅尺原理图

Fig.1 The schematic diagram of absolute linear encoder

可以实时读取绝对式光栅尺的绝对位置；另外一条码道为增量码道，即上方周期为 20μm 的规则码道，通过该码道可以实现信号的高细分，提高光栅尺的分辨力。图 2 为主光栅的实物图，上方为增量码道，下方为绝对码道。指示光栅由两部分组成，一部分为增量窗口，由增量码道组成；一部分为透明窗口。ASIC 器件也分为两部分，上面接收增量信号，下方接收绝对信号。



图 2 主光栅实物图

Fig.2 The picture of the main grating

2 结构设计方案

图 3 为绝对式光栅尺原理样机整体结构图，图 4 为绝对式光栅尺原理样机内部结构侧视图，从图中我们可以看到，光栅尺主要由尺壳、主光栅、密封条和读数头这几部分组成，其中读数头包括照明机构、指示光栅滑架、指示光栅、滑架体与滑架体盖，读数头实物图如图5 所示。

绝对式光栅尺整体采用封闭式结构，铝制尺壳保护主光栅、读数头免受灰尘、切屑和切削液的影响，密封条保持尺壳的密封，同时在滑架体与滑架体盖间也要加入密封橡胶，防止切削液的渗入。尺壳在制作时采用的是拉制型材的方法，除了满足读数头和主光栅的安装空间外，尽量做到外形足够小，型材拉制出来后变形较小，可以满足使用需求。主光栅粘接在尺壳上，指示光栅粘接在指示光栅滑架上，ASIC 光电器件粘接在指示光栅上，后续处理电路固定在滑架体与滑架体盖中。指示光栅滑架与主光栅间采用五轴承滚动机构，通过五个轴承在主光栅上的滚动，保持其长期可靠的运行，为了保证读数头在运行过程中指示光栅滑架与主光栅不发生离位，在这里采用六弹簧的定位机构，分别为两个拉伸弹簧、两个压缩弹簧、两个扭转弹簧，压缩弹簧的作用是通过施加压力将指示光栅滑架下方的三个轴承压紧在主光栅上，扭转弹簧的作用是将侧方的两个轴承压紧在主光栅上，拉伸弹簧保证指示光栅滑架在纵向上的受力，六个弹簧使得光栅尺的读数头具有较强的自适应性。

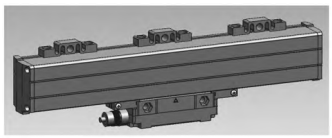


图 3 绝对式光栅尺原理样机整体结构图

Fig.3 The overall structure diagram of the prototype of absolute linear encoder

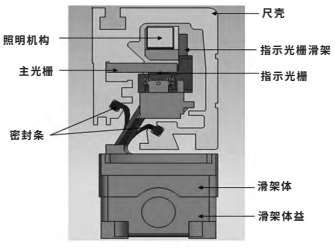


图 4 绝对式光栅尺原理样机内部结构侧视图

Fig.4 The side view of the internal structure of the absolute linear encoder´s prototype

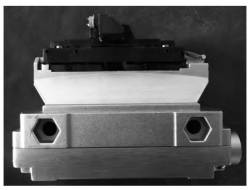


图 5 绝对式光栅尺读数头实物图

Fig.5 The picture of the reading head of absolute linear encoder

在机床上使用光栅尺时，光栅尺的安装分为两种，一种是将尺壳固定在机床的静止部件上，将读数头固定在机床的运动部件上；另外一种是将尺壳固定在机床的运动部件上，将读数头固定在机床的静止部件上，一般选择第二种安装方式，因为读数头上连接有电缆线，当读数头运动时，电缆线也要随之运动，对排线会有一定的要求，实际使用时可根据机床实际使用环境选择适当的安装方式。当尺壳与读数头发生相对运动时，尺壳中的主光栅与读数头上的指示光栅也发生相对运动，从而进行位置测量。

3 结束语

随着我国加工制造业的进一步发展，绝对式光栅尺的需求量会越来越大，每个高档数控机床都需配备三个轴的绝对式光栅尺，不容小觑。摆脱国外产品垄断，加快自主研发是当前的首要任务，目前中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研发的绝对式光栅尺已小批量应用到国内的一些数控机床厂家，正逐步向产业化迈进，同时，我们也自主研发了绝对式光栅尺母尺刻划曝光系统[4]及绝对式光栅尺母光栅刻划装置[5]。希望在不久的将来，我们国家生产的高档数控机床上都能配备有我们自己的绝对式光栅尺。

参考文献：

[1] 吴宏圣.应用于数控机床的绝对式光栅尺[J].世界制造技术与装备市场,2012,5.

[2] 卢国纲. 绝对式光栅尺和编码器是当代位移传感器发展主流–CIMT2011 精密位移传感器评述 [J]. 世界制造技术与装备市场,2011,8.

[3] 孙强.高精度绝对式光栅尺研究进展及技术难点[J].世界制造技术与装备市场,2012,5.

[4] 刘华,卢振武,等.绝对式光栅尺母尺刻划曝光系统[J].光学精密工程,2014,7.

[5] 郑黎明,谭向全.绝对式光栅尺母光栅刻划装置的设计[J].机电产品开发与创新,2014,5.