

摘要：随着数控机床的不断发展，绝对式测量已经成为当前测量的主要趋势。国外的位移传感器已逐步实现了从增量式测量到跨入绝对式测量的进程，国内也需要加快进步，早日缩短与国外的差距。本文对各种数显位移传感产品如光栅传感器、容栅传感器、磁栅传感器、球栅传感器等的工作原理进行了简要的介绍，并对产品的发展趋势进行了概述。

关键词：数显；绝对测量；传感器

中图分类号：TP212

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2015)09-0007-04

收稿日期：2015-08-17

数显位移传感产品发展趋势概述

王玉花 薛领 王孝

北京航天试验技术研究所，北京 100074

一、引言

数显技术从 20 世纪 80 年代以数显技术改造传统的机床行业为起点，发展到 21 世纪以“数显产品”装备了中国的机床产业，使机床的数显化率达到 30% 左右。数显产品的发展是跟随位移传感器的发展而发展的，主要由光栅、容栅、磁栅、球栅等几种位移传感器组成。随着科学技术的发展，机床设备的不断更新进步，对基础部件的性能要求也越来越高。数显行业的“十二五”规划中也明确提出了在全球生产产量中占有较大优势的光栅和容栅产品必须由大向强转化，在高端产品中必须占有一席之地。

为了提高数控机床的可靠性和加工效率，21 世纪初数控机床开始使用绝对式坐标测量系统。国外的位移传感器已逐步实现了从增量式测量到跨入绝对式测量的进程，国内也需要加快进步，早日缩短与国外的差距。下面将分别介绍各种产品发展概况。

二、光栅^[1,2]

光栅测量具有精度高、分辨率高（测直线位移时可达 $0.1\mu\text{m}$ ），动态测量范围广（ $0 \sim 1000\text{mm}$ ），可进行非接触式测量，且容易实现系统的自动化和数字化等特点，在量具和数控机床的闭环反馈控制、工作

主机坐标测量方面都起着重要作用。随着数控机床向高速度、高效率、高可靠性和高精度的方向发展，高档数控机床各个轴的位移传感器需要在机床加工时，实时提供轮廓加工性能信息，以确定机床状态和控制的参数设置，绝对式光栅测量系统得到迅速发展。

所谓绝对式光栅是相对于增量式光栅而言的，增量式光栅通过对光栅探头扫描过的栅线进行计数来获得相对运动的距离数据。绝对式光栅尺如图 1 所示，刻有两个码道，一个是绝对码道，采用伪随机码，另一个是增量码道来确保获得高精度的位置。安装了绝对式光栅传感器的机床或生产线在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以及刀具的空间指向，因此可以马上从中断处

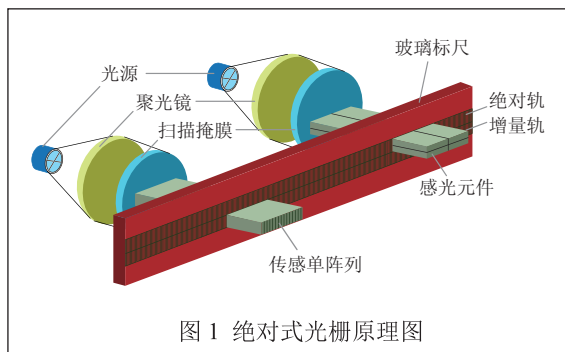


图 1 绝对式光栅原理图

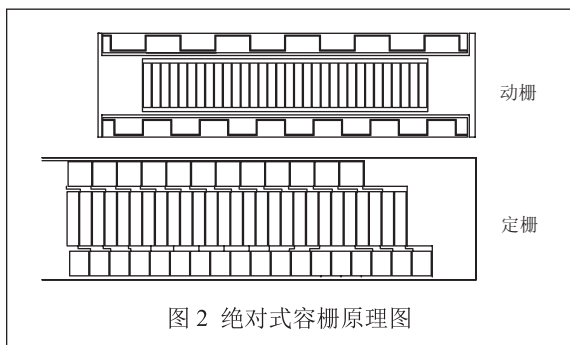


图2 绝对式容栅原理图

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；并对重要部件的状态进行监控，提高机床的可靠性；另外，还可以在任何时间确定机床运动部件所处的位置，通过在数控系统中作相应的设置可以省去行程开关，提高机床使用时的安全性。

目前国际上的光栅传感器制造厂商如德国的 HEIDENHAIN、西班牙的 FAGOR、日本的 MITUTOYO、英国的 RNISHAW 等的传感器已经实现了从增量式跨入绝对式，而国内的正在兴起的中国光栅传感器制造商如广州诺信、长春禹衡、怡信、东莞万濠、贵阳新天、廊坊莱格等众多的企业正从数显尺发展到数控尺，在绝对光栅尺的方面发展缓慢。

目前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传感器的占数控机床的 80%，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%。但是应用于高档的闭环控制数控机床的绝对式光栅尺需求完全依赖进口，成为制约我国机床业发展的瓶颈。

2011 年，中科院长春光学精密机械与物理研究所在国内率先实现满足数控机床闭环控制的单码道绝对式光栅尺关键技术突破后，所研制的“JC09 型绝对式光栅尺”和“JC12 型绝对式光栅尺”公开亮相 CIMIT2013，并在展会现场进行了绝对功能与高速度的相关演示，引起业内人员的广泛关注。大连科德数控机床有限公司生产的国家高档数控机床配备了其研制的绝对式光栅尺，实现了国产绝对式光栅尺在高档数控机床上的首配。

三、容栅

容栅传感器结构简单、体积小、造价低、耗能低、易于屏蔽、环境适应性强、测量精度较高，配以专用信号处理集成电路可制成高性价比的便携式数显位移测量系统，在测量领域中占据了十分重要的位置。

随着日本 Mitutoyo 公司有关绝对式容栅位移传感器及测量装置的专利保护期限到期，国内的一些数显量具厂家也开始了绝对式容栅数显量具产品的开发。绝对式容栅位移传感器（原理图如图 2 所示）是基于位置编码的方式，即按照位移直接进行编码，每一被测点都有一个唯一的编码，对输出信号进行解码得到测量值。

由于绝对式数显卡尺具有绝对零位，所以每次测量不必设置零位，而且滑尺移动的速度无极限，彻底解决了移动速度的限制，克服了超速造成的测量出错的缺陷，另外测量系统没有必要一直检测滑尺的位置，而只要在需要检测时才开始测量，所以测量系统可以间歇地工作，功耗大大降低，这对用扣式电池供电的便携式量具十分有利。在正常使用的情况下，一颗电池（SR44）的使用寿命由一年延长到三年，效果十分明显。

目前国际上如日本 MITUTOYO 已经实现了绝对式容栅产品的全部替代，其他国际上的公司如瑞士 TESA、瑞士 SYLVAC、德国 Mahr 等均有相关的绝对原点容栅产品，但是绝对式容栅原理可能略有不同。而国内部分公司如桂林广陆、东莞特马、北京峰光等等均陆续研制出了绝对式容栅数显量具产品，正在逐步推进相对式产品的更新换代，桂林晶瑞也研制出绝对式容栅角位移传感器，使角度测量具有绝对零位。

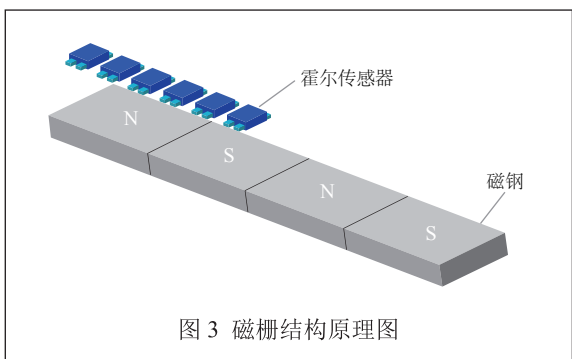


图3 磁栅结构原理图

四、磁栅

磁栅传感器测量范围大、灵敏度高、抗干扰能力强、不受油污和水等介质的影响，在原理上（如图3所示）具有真正的防水功能，可以在潮湿、有润滑油或灰尘等环境下使用。

绝对式磁栅尺的起步较晚，原理是使用两个码道，一个是增量码道，通过信号细分提供位置值，确定磁栅的精度和分辨力；另一个是绝对位置码道，用来确定绝对位置。很多数控厂家如 FANUC、MATSUSHITA、YASKAWA、TOSHIBA 都在使用 SONY 的绝对式磁栅尺。SONY 绝对式磁栅尺 SR87 测量最高分辨力 0.01 μm ，准确度在 $\pm 3\mu\text{m}$ 、 $\pm 5\mu\text{m}$ ，测量长度可以达到 3040mm，最大速度 200m/min。

目前国际上日本 SONY 是德国 HEIDENHAIN、日本 MITUTOYO 之后开发了绝对式磁栅尺，而国内磁栅生产厂家如上海平信、广州信和、东莞万濠、贵阳新豪等主要还是以普通磁栅传感器为主，绝对式磁栅此项尚属空白，需要跟进。

五、球栅^[3]

球栅线位移传感器原理图如图4所示，球栅尺和读数头全密封，防水、防油、防尘、防铁屑、耐振动、高可靠性、能适应恶劣工作环境的优点在多年的实际应用中得到证实，因此各机床厂乐于在各种机床，尤其是镗床、铣床、车床上采用球栅。

从前球栅传感器主要用于数显系统和点位数控系统，而今要作为长度传感器用于机床及其他自动化控制设备的全闭环数控系统，这就对其技术性能提出了新的要求，需要有适配数控系统的数字通讯接口，需要发展绝对式球栅线位移传感器。绝对式球栅尺的读数头能在尺身的任意位置检测到该点的位置绝对值，并由 DSP 进行数据处理。英国 NEWALL 公司推出的绝对式球栅尺就是着眼于数控系统应用，几年前已通过 FANUC 和 Siemens 数控系统的应用认证，并在数控机床等设备中得到实际应用^[4]。

目前球栅公司主要有 NEWALL、威勤、雷尼威尔等生产球栅，目前看到有 NEWALL 有绝对式球栅尺亮相。国内方面尚没有相关产品。实现球栅线位移传感

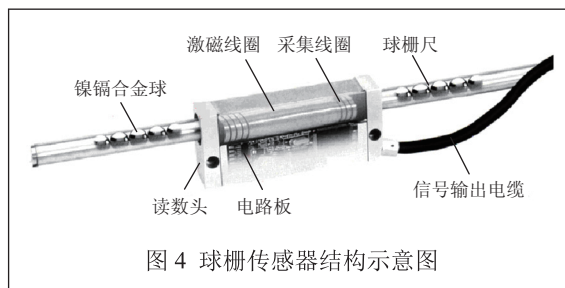


图4 球栅传感器结构示意图

器与机床数控系统配套使用，这是今后的技术发展方向，进口产品已能做到这一点，国产产品正在跟进。

六、总结

对于“十二五”期间，国家明确指明了机床工具行业的发展方向，明确了目标和任务。在五年内，加大力度提升中高档机床工具产品的竞争力和产业化水平，推进数控系统和功能部件的产业化进程，促进机床工具业发展方式的转变。制造业的发展离不开检测仪器及技术的发展，高品质的产品不仅需要高质量的加工设备，而且更依赖于所用测量仪器设备的性能的优劣。作为产品质量的把关者之一，数显量具产品是保证制造业变强的重要一环。我们应借鉴欧美发达国家先进数显量具仪器的有益经验，充分发展各类数显产品，加强行业引导，积极推进我国数显行业的技术进步和产业发展。

参考文献

- [1] 卢国纲. 直线位移传感器发展的回顾和当今产品 [J]. 世界制造技术与装备市场, 2005, (1): 78.
- [2] 苏红. 光栅尺位移测量仪表的研究 [D]. 西北农林科技大学, 2008
- [3] 马克·呼特曼. 英国 Newall 球栅测量系统及其应用 [J]. 世界制造技术与装备市场, 2004, (4): 54-55.
- [4] 徐宗正. CIMT2011 展会上球栅数显产品技术的技术动向 [J]. 数显展品评述. 2011.8

Development trend of digital-display displacement sensing products

WANG Yu-hua, XUE Ling, WANG Xiao

(Beijing Institute of Aerospace Testing Technology, Beijing 100074, China)

Abstracts: With the continuous developments of numerical control machine tools, absolute measurement has become the main trend of the current displacement measurements. The principles of displacement sensors have been changed gradually from the incremental to the absolute. The domestic products need to speed up the progresses to shorten the gaps with the foreign as soon as possible. In this paper, the working principles of several kinds of displacement sensors, such as grating sensor, capacitive sensor, magnetic grid sensor, ball grid sensor, etc., are introduced briefly, and the development trends of the products are summarized.

Keywords: digital display; absolute measurement; sensor

作者简介

王玉花: 北京航天试验技术研究所, 工程师, 研究方向为容栅传感器

通信地址: 北京市丰台区云岗 101 所

邮编: 100074

邮箱: wangyuhua432@163.com

薛领: 北京航天试验技术研究所, 工程师, 研究方向为结构与外观设计

王孝: 北京航天试验技术研究所, 工程师, 研究方向为容栅传感器