

摘要：传统的手工测试架检测容栅传感器存在检测效率较低、兼容性较差、人为干扰较大等问题。针对上述问题，通过对高精度自动测试仪的测头托盘、容栅传感器托盘、定栅尺进行改进，从而实现容栅传感器的自动检测。改进后的测试仪可通过更换上述相应的配套结构件，从而实现不同容栅传感器的生产检测，简化生产流程，具有较强的兼容性和可靠性。

关键词：容栅传感器；高精度；自动；检测

中图分类号：TP212.1

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2020)12-0019-04

收稿日期：2020-09-11

# 基于高精度自动测试仪的容栅传感器检测应用

贺小军 王玉珍 张磊

北京航天试验技术研究所，北京 100074

## 0 引言

数显容栅组件在出厂前要求对其容栅传感器信号、按键、精度等功能和性能进行检测。根据生产中数显容栅传感器检测需要，已设计出一款传统的容栅传感器测试架，该测试架使用手工操作，设计简易。

随着数显组件年生产量的增长，检测数量也随之增加。若仅仅通过传统手工测试架进行容栅传感器检测，工作效率偏低。加之该测试架目前存在结构设计不合理，人为干扰较大，兼容性低等问题，直接影响传感器检测结果和检测效率，而高精度自动测试仪配备步进电机及高精度光栅传感器，能够对被测件实现高精度自动检测。

基于上述原因，本文提出对高精度自动测试仪进行改进，使其应用于多款数显量具容栅传感器的生产检测。该测试仪的使用简化了操作流程，提升了生产效率，从根本上提高了检测设备的兼容性、稳定性和灵活性，同时提升了整个测试结果的准确性。

## 1 数显容栅传感器简介

数显容栅传感器配有测量模块、液晶显示、按键

及数据接口等。基于容栅测量原理，其测量模块产生具有固定相位差的传感器驱动信号，并将容栅传感器信号转换成数字信号，经数据接口输出，同时驱动液晶屏显示；容栅传感器通过接收外围按键信号，可实现公/英制转换、清零、开关等按键功能<sup>[1-2]</sup>。

数显容栅传感器具有结构简单、测量速度快、成本低、耗能低等特点，因此被广泛应用于数显卡尺、数显百分表、水平仪等数显量具<sup>[3]</sup>。

## 2 高精度自动测试仪简介

本文所选高精度自动测试仪由步进电机、光栅传感器、液晶显示屏及按键等部分组成。步进电机、光栅传感器和定栅尺相对固定，通过控制步进电机的移动，从而带动光栅传感器和定栅尺移动；光栅传感器用于检测步进电机的相对位移量；液晶屏主要显示内容为步进电机的相对位移量、被测件的相对位移量、误差值及误差曲线图；按键主要用于控制高精度测试仪的启停、前进、后退等。

### 2.1 测试仪功能

自动测试仪采用 220 V 交流供电，能够实现精度

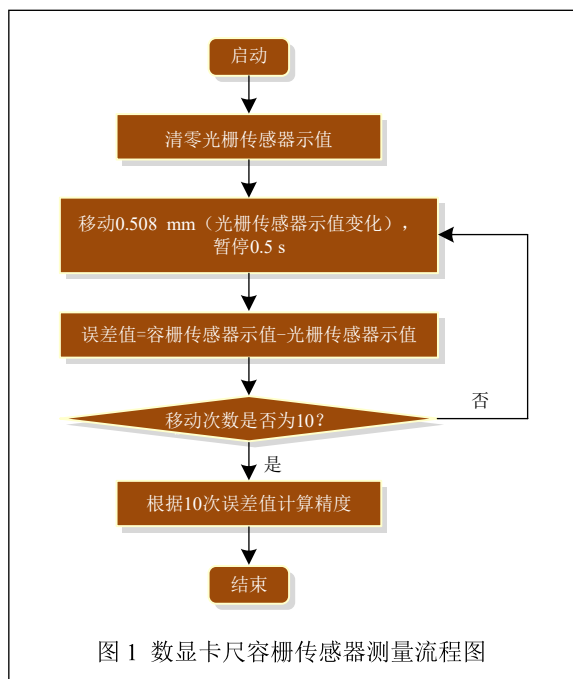
测试及异常报警功能。本测试仪具有手动和自动两种工作模式。其中，手动模式可通过“前进”和“后退”键控制测试仪前进及后退；自动模式可通过“启动”和“停止”按键控制测试仪开始及停止测量，自动模式可设置单次移动距离  $L$  和总体移动次数  $N$ 。假设整体测量距离为  $S$ ，其与单次移动距离  $L$ 、总体移动次数  $N$  具有如下关系：

$$L = \frac{S}{N} \quad (1)$$

该测试仪具有标准的串行输入接口，通过该接口可将被测件的数据输入测试仪。测试仪精度为  $0.001 \text{ mm}$ ，可测试精度大于  $0.01 \text{ mm}$  的被测件。本文所选的被测件精度均为  $0.03 \text{ mm}$ ，可很好地满足被测件的精度测试要求。

### 2.2 测试仪测量原理

基于容栅测量原理，采用该测试仪对数显卡尺容栅传感器检测时，需满足其至少一个定栅栅距内的测量，即  $5.08 \text{ mm}$ 。为准确描述传感器精度，平均选取 10 个点进行对比测量。根据上述公式 (1) 可计算出单次移动距离  $L=0.508 \text{ mm}$ 。综上，设置测试仪参数  $N=10$ 、 $L=0.508$ ，按“启动”按键即可进行测量。上述应用的具体测量流程如图 1 所示。

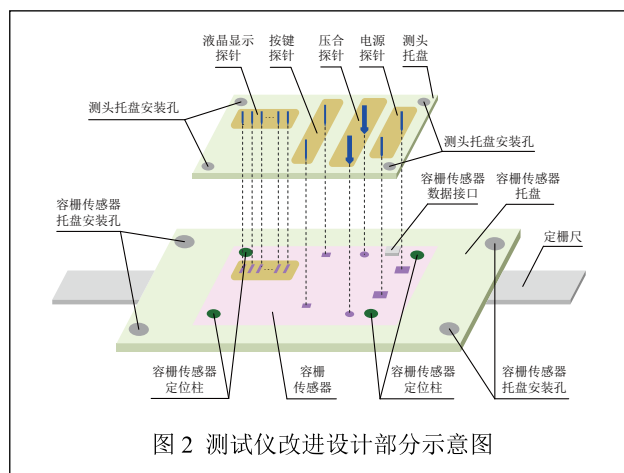


### 3 高精度测试仪的改进

为了提高数显容栅传感器检测效率、减少检测工序，对高精度自动测试仪进行改进设计，主要包括以下 3 个部分：测头托盘、容栅传感器托盘、定栅尺。改进后的测试仪可实现自动测量数显容栅传感器的精度。

如图 2 所示，测头托盘安装有液晶屏显示探针、按键探针、压合探针、电源探针，采用该测试仪进行测量前，通过将测头托盘下移，使其各探针压合容栅传感器线路板上的相应测试点实现电气导通；容栅传感器置于容栅传感器托盘中，定栅尺固定于步进电机上，测试仪左右移动带动定栅尺左右移动，从而与容栅传感器产生相对位移；测试仪可通过容栅传感器数据接口采集容栅传感器数据。

根据高精度自动测试仪不同的测量应用，上述 3 部分均可进行相应更换。



### 4 高精度自动测试仪的应用

通过对高精度自动测试仪进行改进设计，可将其应用于直线型结构的容栅位移传感器生产检测。常见的容栅式数显量具如数显卡尺、数显深度尺、数显高度尺等，均可采用本文测试仪对其容栅传感器进行功能及性能检测。由于上述数显量具各容栅传感器的差异，该测试仪改进部分的设计和使用会有所不同。因此，下文将简单介绍该高精度自动测试仪在上述常用数显量具容栅传感器生产检测中应用。

#### 4.1 测试仪在数显卡尺容栅传感器的检测应用

容栅式数显卡尺可用于长度、内径、外径、深度的测量，能够进行相对测量与绝对测量，有  $0 \sim 150 \text{ mm}$ 、 $0 \sim 200 \text{ mm}$

等多种测量量程可供选择。该量具具有数据接口，可进行组网，方便测量数据集中记录及分析，市场需求较大，被广泛应用于测量领域。

为了使本文自动测试仪应用于大部分数显卡尺容栅传感器检测，根据其容栅传感器的特点，该测试仪设计的卡尺容栅传感器测头托盘、容栅传感器托盘均具有高兼容性。因此，在检测不同的卡尺容栅传感器时，使用通用测头托盘、通用传感器托盘，只需将该通用测头托盘处探针调整更换至被测传感器相应的测试点处。如图3所示，图3(b)中检测B款卡尺容栅传感器时，根据需要调整通用测头托盘按键探针及电源探针位置，如需要特殊测量，也可更换相应定栅尺。

本文设计如下所述2组实验检测卡尺容栅传感器。

实验1：随机选取100件如图3(a)所示的A款卡尺容栅传感器作为被测件，采用传统的手工测试架和图3(a)改进设计后的测试仪分别对其进行5次重复测试，经分析，5次实验测试情况得出如表1所示测试结果。

实验2：选取实验1中测试不合格的卡尺容栅传感器作为被测件，采用传统的手工测试架和图3(a)改进设计后的测试仪分别对其再进行5次重复测试，得出传统手工测试架重复性较差。

综合上述实验测试结果得出：图3(a)改进设计后的测试仪与传统测试架相比，测试更稳定可靠，并且测试效率提高了不止3倍，能够满足卡尺容栅传感器的精度测量要求。

#### 4.2 测试仪在数显深度尺容栅传感器的检测应用

容栅式数显深度尺可选择测深测头、针式测头、内沟槽、测槽测头等多种测头，对槽宽、槽内小孔、内沟槽、台阶等进行测量。通过配合加长测板，可实现大跨度测量。该量具可选择多个不同量程，具有数据输出功能，广泛应用于机械加工零件的测量<sup>[4]</sup>。

通过对比多款深度尺容栅传感器与卡尺容栅传感器，两者主要存在测试点位置无法兼容等问题，需要设计深度尺专用测头托盘及专用传感器托盘，设计如图4所示。

本文随机选取100件如图4所示的深度尺容栅传感器作为被测件，分别采用传统的手工测试架和图4改进设计后的测试仪对其进行5次重复测试，该测试结束后挑出测试不合格的深度尺容栅传感器作为被测件，再进行5次重复测试。

通过分析上述测试结果得出：图4改进设计后的测试仪测试稳定可靠，与传统测试架相比，测试时间缩短了近3倍，

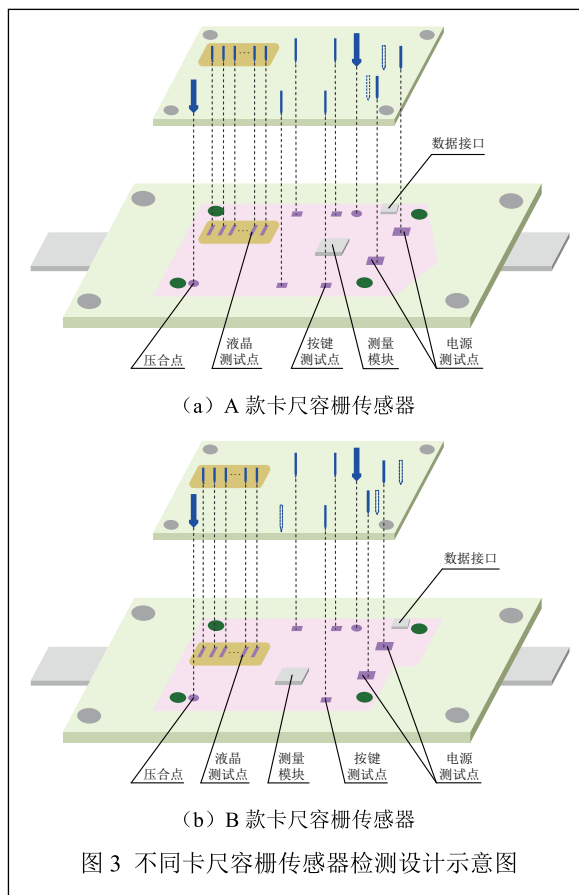


图3 不同卡尺容栅传感器检测设计示意图

表1 传统手工测试架和改进后的自动测试仪  
测试A款卡尺容栅传感器的测试结果

检测装置	传统手工测试架	改进设计后的测试仪
指标		
平均合格率	97%	98%
完成测试所需平均时间	100 min	33 min

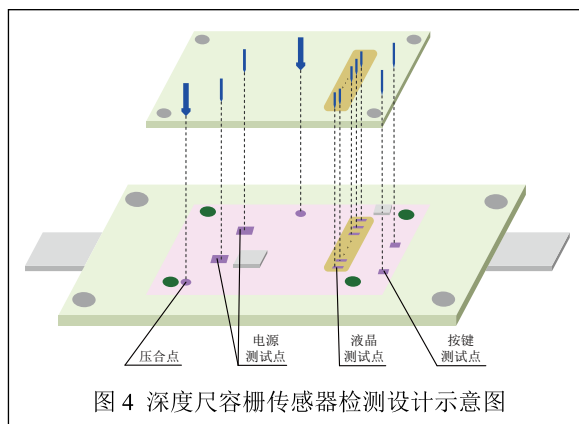


图4 深度尺容栅传感器检测设计示意图

能够满足深度尺容栅传感器的精度测量要求。

### 4.3 测试仪在数显高度尺容栅传感器的检测应用

容栅式数显高度尺主要应用于工件高度的测量，也可用于形状及位置公差尺寸的测量、工作划线等<sup>[5]</sup>。该量具常用测试量程为 0 ~ 200 mm、0 ~ 300 mm、0 ~ 500 mm 等，使用专用数据线输出测量数据。

由于高度尺容栅传感器与其他容栅传感器线路板尺寸、测试点、数据接口、定栅尺等存在较大差异，因此对其进行专用测头托盘、专用传感器托盘、定栅尺部分设计，设计如图 5 所示。

本文随机选取 100 件如图 5 所示的高度尺容栅传感器作为被测件，分别采用传统的手工测试架和图 5 改进设计后的测试仪对其进行 5 次重复测试，该测试结束后挑出测试不合格的高度尺容栅传感器作为被测件，再进行 5 次重复测试。

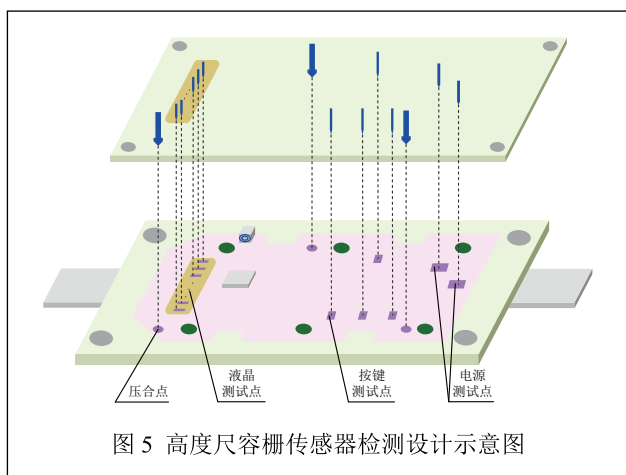


图 5 高度尺容栅传感器检测设计示意图

通过分析上述测试结果得出：图 5 改进设计后的测试仪测试稳定可靠，与传统测试架相比，测试时间缩短了 3 倍多，能够满足高度尺容栅传感器的精度测量要求。

## 5 结束语

本文通过对已有的高精度测试仪进行改进设计，改进设计后的测试仪可进行数显卡尺、数显深度尺、数显高度尺等数显量具容栅传感器的检测。改进后的测试仪使用稳定可靠、检测速度快、兼容性高，可以替代传统手工容栅传感器测试架。该测试仪的应用简化了生产流程，提高了生产效率，同时为以后相关产品批量化生产中同类型检测仪器设备的设计提供了良好的思路。

## 参考文献

- [1] 王孝, 王玉花, 周善波, 等. 基于半导体硅片的容栅百分传感器的设计[J]. 传感器与微系统, 2011, 30(8): 95-96, 103.
- [2] 吴怀明, 尚凯伦, 薛领, 等. 基于容栅技术数显力矩扳手无线通信系统的设计[J]. 宇航计测技术, 2014, 34(1): 71-74.
- [3] 王玉花, 王孝, 杨红娟, 等. 容栅技术的几种扩展应用[J]. 工具技术, 2011, 45(6): 110-112.
- [4] 王英. 电子数显深度卡尺的改进[J]. 机械工程师, 2011(5): 95-96.
- [5] 顾鑫, 朱晓锦, 陈凯. 基于单片机的容栅数显高度尺优化设计[J]. 仪表技术, 2017(7): 23-26.

## Application of Capacitive Grating Sensor Detection Based on High-precision Automatic Tester

HE Xiaojun, WANG Yuzhen, ZHANG Lei

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

**Abstract:** The traditional manual test stand has some problems such as low detection efficiency, poor compatibility and human interference. In view of the above problems, this paper improves the probe tray, capacitive grating sensor tray and fixed grid scale of the high-precision automatic tester, so as to realize the automatic detection of capacitive grating sensor. The improved tester can replace the corresponding supporting structural parts to realize the production detection of different capacitive grating sensors, simplify the production process, and have strong compatibility and reliability. After verification, the high-precision automatic tester greatly improves the production efficiency, and can replace the traditional manual test stand for capacitive grating sensor detection.

**Key words:** capacitive grating sensor; high-precision; automatic; detection

## 作者简介

贺小军：北京航天试验技术研究所，高级工程师，主要从事测控方面研究。

王玉珍：北京航天试验技术研究所，工程师，主要从事硬件电路设计。

通信地址：北京市丰台区云岗田城中里 1 号院

邮编：100074 邮箱：1092483718@qq.com

张磊：北京航天试验技术研究所，助理工程师，主要从事硬件电路设计。