

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.03.13

利用计算机视觉系统，实现指针表和无接口数字表的自动化检定

章晓明

(无锡市计量检定测试中心, 江苏 无锡 214101)

摘要: 介绍了一类没有计算机输入输出接口计量仪表的自动化检定方法, 它们的代表者是指针表和无接口数字表。介绍了利用计算机视觉系统来实现指针表指示图像自动识别的关键问题, 并进而通过与 GPIB 接口相连的检定系统实现标准器输出值的自动采集、结果判断、数据存储等工作, 提高了检定工作的准确度, 减少了检定员的工作强度。

关键词: 计算机视觉系统; 指针表; 无接口数字表; 自动化检定

中图分类号: TB97; TB391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795 (2016) 03-0051-04

Automatic Verification of the Pointer Meter and no Interface Digital Meter Using Computer Vision System

ZHANG Xiaoming

(Wuxi Measurement and Test Center, Wuxi 214101, China)

Abstract: This paper introduces a kind of automatic verification method of measuring instrument with no computer input and output I/O interface. Their representative is the pointer meter and a simple digital meter. Introduced the key problem to realize the automatic recognition of meter indicator based on computer vision system, And then through GPIB interface connected to the verification system implementation standard output value of automatic acquisition、result judgment、data storage other work, improving the accuracy of the verification work, reduce work intensity of the verification.

Key words: computer vision system; pointer meter; no interface digital meter; automatic calibration

0 引言

长期以来, 指针表和无接口数字表由于没有计算机输入输出接口 (简称 I/O 接口), 无法实现自动化检定, 只能靠人工手动检定。手动检定工作单调和繁琐, 既费眼又费神, 工体效率不高, 因此, 研究没有 I/O 接口的计量仪表的自动化检定方法十分必要。实现自动化检定的核心难题是表头数据的自动化采集, 本文借助于计算机视觉系统强大的图像识别功能, 方便地实现了指针表和无接口数字表数据的自动化采集。

1 手动检定方法

根据 JJG 124-2005 《电流表、电压表、功率表及电阻表检定规程》、JJG52-2013 《弹性元件式一般压力

表、压力真空表和真空表检定规程》、JJG 315-1983 《直流数字电压表 (试行) 检定规程》等指针表和无接口数字表类计量器具检定规程, 指针类仪表要求检定具有数字刻度点的相对误差和升降变差, 通常是引用误差; 数字类表通常在全量程上均匀选取 10 个点, 测量这 10 个点的基本误差, 通常是绝对误差。

指针类仪表相对误差检定过程:

输入量为零, 调节零位, 使指针对准零刻度线。调节输入量, 缓慢地增加输入, 使被检表指针顺序地指示在每个数字刻度线上, 并记录这些点的实际值 (即标准器此时的输出值)^[1]。

增加输入到量程的上限以上, 立刻缓慢地减少输入, 使被检表指针顺序地指示在每个数字分度线上, 并记录这些点的实际值^[1]。仪表的相对误差由 (1) 式表示为

$$\gamma = \frac{X - X_0}{X_n} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X 为仪表的指示值; X_0 为被测量的实际值; X_n

收稿日期: 2015-12-28; 修回日期: 2026-01-19

作者简介: 章晓明 (1962-), 男, 江苏无锡人, 高级工程师, 硕士, 研究方向为计量检定测试。

为仪表的引用值。

无接口数字表头类绝对误差检定过程：将标准源输出量设定在选定的检定点上，依照从小到大的顺序检定。读取被检表的读数和对应标准器的读数。仪表的绝对误差由(2)式表示为

$$\Delta = U_x - U_n \quad (2)$$

式中： U_x 为无接口数字表的显示值； U_n 为标准器的输出值。

2 计算机视觉概述

计算机视觉是一门研究如何使机器“看”的科学，更进一步地说，就是指用摄像头加电脑来代替人眼和人脑对被看物体进行识别、测量等工作的机器视觉，并进一步利用计算机强大的数据处理功能，使计算机对被看物体的图像处理成为更适合人眼观察或仪器更容易检测的图像。

计算机机器视觉的关键技术是图像识别。

人类图像识别的生理过程是指反映图形的光线刺激作用于人眼视网膜，并在大脑的视觉中枢形成物体形象。人们辨认出它是某种已知物体的过程即图像再认的过程，在此过程中，既要有从物体上反射出来的光线，也要有在人脑记忆中以前存在的某一物体的大脑形象，只有通过大脑已存在的形象与当前人眼看到的反映在视觉中枢的实时图像在人脑某个视觉处理区域中进行比较的无意识过程，才能实现对图像的再认。

目前，在图像识别领域主要有三种识别方法^[2]：统计模式识别法、结构模式识别法、模糊模式识别法。

3 自动化检定系统组成和工作原理

3.1 自动化检定系统组成

图1是由计算机、摄像头、工控机、被检表和程控校准源组成的自动化检定系统仪器连接和硬件结构图^[3-4]。

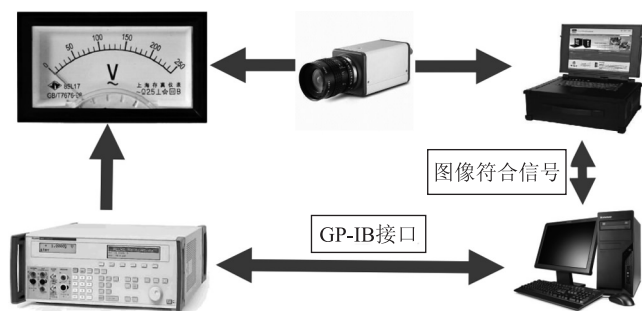


图1 自动化检定系统原理方框图

图1中，5080A标准器具有GP-IB标准IEEE488接口，能实现计算机的自动控制；其交流/直流电压的最大负荷电流为800 mA，交流/直流电流的最大负荷电压为50 V，能够校准各种模拟仪表和常用数字仪表。

工控机可存储500幅图像数据，增加存储器容量可以存储更多的图像，图像符合性验证速度小于1 s（最快小于0.07 s），摄像头实时对物体拍摄图像和数据库中图像进行符合性识别处理，并输出符合性音频和符合性继电器信号。

通过GP-IB控制卡可以实现计算机和一台或多台仪器的听、讲、控功能，并组成仪器系统，使测试和测量工作变得快捷、简便、精确和高效。

3.2 程控检定测量过程

将确定型号的被检表表头指针指示在数字刻度线处的图像存入工控机，例如量程为250 V、精度等级为2.5级的交流电压表，存入表头指针指示在50，100，150，200，250 V时的图像，作为识别的依据档案存入存储器。

依据检定规程和人工检定操作过程，在被检表装入检定夹具前，先调节机械零位，然后连接标准源电压输出端至被检表输入端，将摄像头对准被检表表头，调节焦点使图像清晰，全部准备好后启动自动检定程序。

根据检定规程，将被检表指针对准有数字的刻度线，读取此时标准源的输出值。所以标准源的输出势必要在被检表刻度线附近缓慢扫描，并实时将摄取的被检定表表头图像输入计算机，计算机对图像做分析计算，一旦被检表指针指示在要检定的数字刻度线处，计算机就会发出读取标准源输出值的指令，并将标准源此刻的输出值作为被检表在这个刻度的实际值 X_0 ，参考式(1)。不难发现计算机对图像分析计算的过程要花时间，从摄像头摄取表头指针指示在刻度线的时刻到计算机发出读取标准源输出值指令的时刻，标准源的输出已经扫描出能使指针和数字刻度线相重合时的数值，所以降低标准源输出电压扫描速度是解决这个问题。扫描速度太慢会降低检定效率，兼顾检定精度和检定速度的办法可采用“跳跃定位、误差限内缓扫式标准源输出法”。

所谓“跳跃定位误差限内缓扫式标准源输出法”就是在具有数字的刻度线附近，标准源直接输出到该数值附近，如图1中的50 V附近，很显然，标准源直接输出50 V，表头指针不一定和刻度线重合，那么究竟直接跳跃到哪个值好，经过分析，跳跃到50 V处的

绝对误差下限处,就图 1 中量程为 250 V、精度等级为 2.5 级交流电压表的引用误差,它每点的绝对误差是 6.25 V,所以标准源直接输出 43.75 V,并在此点开始缓慢上升到 56.25 V,若是在此区间没有发现指针和刻度线重合,那么表头超差,检定结束。这样就省去了两个有数字的刻度线之间中间地带值的输出扫描时间,加快了检定速度。输出扫描缓慢程度的依据是指针和刻度线重合时刻到计算机图像识别后读出标准源输出值的时间,此时的标准源输出仍在缓慢上升,上升值引起的误差不能大于被检表误差的五分之一,也就是 1.25 V。由于图像符合性验证速度小于 1 s (快的小于 0.07 s),也就是说标准源输出扫描速度为不大于 1.25 V/s,所以一个数字刻度线最大检定时间不大于 10 s,一个有 5 个数字的刻度线表头上升、下降全部检定时间最大是 100 s,2 min 不到就能检定一个表头,并且实现自动记录、自动计算误差和不确定度、自动判断是否合格等工作,又避免了人工的粗大误差,大大提高了工作效率。其它刻度线的检定情况与 50 V 线类似。

从上文分析可以看出:本检定方法是符合 JJG 124-2005《电流表、电压表、功率表及电阻表检定规程》中 6.1.2.1 条对检定装置的控制要求:检定装置引起的误差不能大于被检表精度的三分之一到五分之一。本装置的标准器 5080A 的直流电压电流精度优于 0.05%,交流电压电流精度优于 0.2%,大大小于检定 1.0 级至 2.5 级指针表的标准器控制要求。本方法引起误差的最可能之处是图像符合确认时间不能即刻读取标准源输出所引起的误差,但本文已考虑到最不利的情况,因为大多数情况下图像符合性验证速度一般小于 0.5 s,它可能引起的误差只有被检表误差的十分之一。

3.3 人机界面和程序执行过程

校准过程是计算机的自动执行过程,有一个人机对话界面,通过在界面上输入被检仪表的检定要点,如型号规格、精度等级、所有刻度值等参数,计算机根据这些参数设定输出电压、电流检定点个数及检定点数值,执行相应的检定程序,读取被检表指针和表头数字刻度线重合时的标准器输出值,得到相应检定点的检定结果。图 2 是自动检定过程示意框图。

自动检定系统人机界面如图 3 所示。当按下“开始检定”的命令键后和,计算机自动运行相应表头的检定程序,自动设置标准源的输出参数,进行检定结果数据采集,最后进行数据处理。当某点数据超差或

可疑时,可以对该点进行重测,以进一步确定测量数据的正确性。一个表头检定结束,语音提示保存数据或更换下一个被检表等工作。所有检定数据将存入数据库。

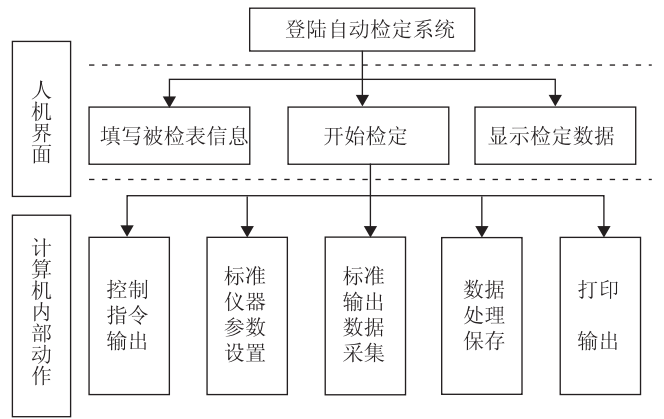


图 2 自动检定示意框图



图 3 自动检定系统人机界面

图 3 中基本信息和测量数据都和数据库的数据表相连,基本信息和指针表刻度值由人工手动在人机对话界面上输入,测量数据由计算机自动读取。在程序中建立一个求变差、最大相对误差和判定结果的通用过程,调用此通用过程计算每个刻度点的变差、最大相对误差和结果值。一个指针电压表的所有检定信息在数据库中作为一条记录,它以唯一性编号为索引。图 3 左上边的基本信息放置在数据库某个指针表的一条记录中的不同字段内,右上边的测量数据以数据类型存入数据库中某个指针表记录的不同字段内,比如刻度值,它是一条记录的一个字段,存放一个字符串,该字符串是由刻度值数组的所有元素通过 VB 语句串联而成。图 3 中测量数据显示表格是 VB 中的数据界面控件,它能以二维表的方式来显示、编辑数据表,是 VB

检定工作中。

参考文献

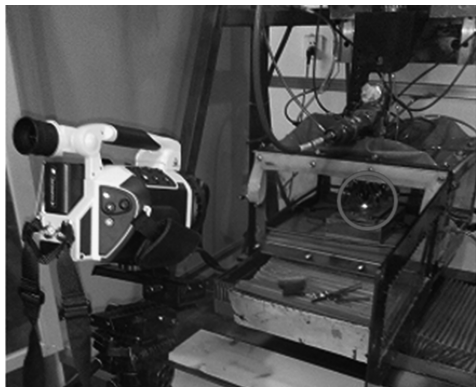
- [1] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 124-2005 电流表、电压表、功率表及电阻表检定规程 [S]. 北京: 中国计量出版社, 2005.
- [2] 张国云, 郭龙源, 吴健辉, 等. 计算机视觉和图像识别 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [3] 蔡晓方, 王建华. 用 VB 实现基于 VISA 标准的 GPIB 自动测试系统 [J]. 中国测试技术, 2005, 31 (2): 33-35.
- [4] 陈星燎, 陈金树, 陈锋. GPIB 接口实现及应用 [J]. 计算机应用研究, 2003 (2): 133-136.
- [5] 王道义. Visual Basic 6.0 使用详解 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [6] 洪锦魁. 精通 Visual Basic 6.0 [M]. 北京: 世界图书出版公司北京分公司, 2000.

福祿克红外热像仪告诉您如何控制 3D 打印工艺

3D 打印过程中，由于速度、距离、材料等特性的不同，在粉末逐层堆叠累积的过程中，温度会出现异常，如跳变、过高、过低、不均匀等，造成打印后的结构件性能下降，韧度差、弹性不够、变脆、隐纹等。使用大师之选系列热像仪在可以为金属打印过程中，提供有效的检测方案。

1 应用案例

某大学机械制造系统工程国家重点实验室, 负责利用 3D 打印技术可快速而精确地制造出任意复杂形状的零件, 从而实现“自由制造”项目研究。3D 金属打印过程中, 以金属粉末为原料, 打印任意形状的零件, 而结构件的温度高低、温度变化趋势对金属结构件的



TiX1000+微距镜头 3 在离目标 90 厘米进行检测

特性造成关键的影响，温度控制是打印过程中重要的因素。

2 技术难点

- 1) 部分材料目标小。开始打印时, 目标尺寸可能较小, 如案例中, 只有 2~3 mm 而且需要看清楚材料表面的温度分布, 及温度变化过程。需要微距镜头才可以清晰看到材料表面的温度分布。同时由于加工设备的需要及加工安全需要, 拍摄距离可能需要需要较远, 则需要微距 3 的镜头。
- 2) 材料打印速度快。1~2 s 的时间段内, 需要走完 3 mm 的长度行程, 所以选择 60 Hz 帧频及以上帧频最佳。
- 3) 温度高: 材料的温度可能在 1800 °C, 需要选择高温选项 (60 Hz 或更高的帧频时, 需要配合在线分析软件)。
- 4) 需要在打印过程中实时温度监测。部分现场需要在实时打印监测表面的温度变化状态, 及温度数据, 绘制温度曲线, 确认新材料的工艺温度。

3 行业应用

珠宝、工业设计、建筑、汽车、航空航天、牙科和医疗产业等领域的高校研究院所以及研发生产单位。

(刘倩倩 供稿)