

# 浅析自动视觉温度计检定系统的应用

郑蕊

北京市计量检测科学研究院 北京 100000

**摘要:** 玻璃液体温度计是温度计计量领域中非常重要的计量器具,其传统的读数方法是使用读数望远镜来进行,数据的记录及计算也是通过人工操作来完成。在科技发展的今天,自动化操作已经慢慢替代人工操作,自动视觉温度计检定系统的研制,帮助我们解决了人工操作繁琐,工作效率低,以及因人工操作导致的人为误差的问题。自动视觉温度计检定系统大大提高了玻璃温度计检定工作的效率和质量。

**关键词:** 玻璃液体温度计; 自动视觉温度计检定系统

## Analysis of the application of automatic visual thermometer verification system

Rui Zheng

Beijing Institute of Metrology and Testing, Beijing 100000, China

**Abstract:** Glass liquid thermometer is a very important measuring instrument in the field of thermometer measurement, its traditional reading method is to use the reading telescope to carry out, data recording and calculation is also completed by manual operation. Today, with the development of science and technology, automatic operation has slowly replaced manual operation. The development of automatic visual thermometer verification system helps us solve the problem of cumbersome manual operation, low work efficiency, and human error caused by manual operation. The automatic visual thermometer verification system greatly improves the efficiency and quality of glass thermometer verification.

**Keywords:** Glass liquid thermometer; Automatic visual thermometer verification system

### 引言:

玻璃液体温度计在我国量值传递体系中占据重要的位置,玻璃液体温度计以其质优价廉、方便实用、测量准确度高特点被广泛应用,随着自动化技术的迅速发展,玻璃温度计检定自动化也得到了广泛应用,在此之前已经有一些机构开始研制或使用自动检定装置进行检测,但初期的自动化测量技术还不够成熟,零部件与现在新型部件相比不够先进,随着人们对自动化技术的不断研究,温度计的自动检测技术也在不断升级改进,其最终目的都是要符合当前实际工作的需要和市场需求,提高检定的准确度和检定的效率。

本文介绍的自动视觉温度计检定系统,是在操作和外观都较为先进的温度计自动检测装置。在严格遵照规程规范的要求的基础上,根据日常工作需求、工作环境、工作习惯等实际工作情况进行量身定制,对此前的产品进行了研究和部分部件改造<sup>[3-5]</sup>。自动视觉温度计检定系

统实现了11支温度计的同时自动化测量,它可以更为快速和准确的自动识别图像、转化数据、判定结果。

### 一、玻璃液体温度计简介及人工检测过程中存在的问题

玻璃液体温度计是一种常见的计量器具,它是利用在透明玻璃感温泡和毛细管内的感温液体随温度的变化而热胀冷缩的作用来测量温度的。玻璃液体温度计分为标准水银温度计和工作用玻璃液体温度计。工作用玻璃液体温度计又按照准确度等级可分为高精度温度计和普通温度计。高精密度温度计的分度值为0.01℃、0.02℃和0.05℃,普通温度计的分度值为0.1℃、0.2℃和0.5℃。按照浸没方式可以分为全浸、局浸两种,按照刻线位置可分为棒式温度计和内标式温度计两种。

标准水银温度计和工作用玻璃液体温度计的检定,参照的规程分别为《JJG161-2010标准水银温度计检定规程》和《JJG130-2011工作用玻璃液体温度计检定规

程》。无论被测对象是标准水银温度计还是工作用玻璃液体温度计，都需要将标准器和被测温度计按规定浸没方式垂直插入恒温槽中，稳定到规程规定的条件时再逐点进行检定。在之前的检定工作中，读数环节大多都是人工读数，也就是检定人员通过读数显微镜进行读数，读数要估计到分度值的1/10，随后进行人工记录和人工计算。这个过程就出现了一系列影响数据准确性的因素：比如检定人员肉眼观察读取数据时，温度计的刻度线之间比较密，最小分度内的温度值只能通过望远镜观察估读，容易存在视觉误差，同时大量的工作量也会对人的眼睛造成疲劳，因此对测量的准确度造成一定的影响。再比如，读数望远镜调整也比较繁琐，由于温度计的种类众多，有局浸和全浸之分，同时每支温度计的长短不一，这就造成用望远镜读数时经常需要重新调整读数望远镜的位置和焦距，如果操作稍有失误或读数时视线与温度计不垂直，也会造成一定的误差。此外，由于恒温槽中的介质是水或油，在高温时经常产生水蒸气或油烟，也会给读取数据造成一定的影响。除了读数环节，在记录和计算环节也存在着人为失误导致的错误。以上这些都是影响测量结果的因素，也是影响检定质量的关键因素。

## 二、自动视觉温度计检定系统的部件组成

自动视觉温度计检定系统由图像识别部分、机械传动部件（旋转电机）、软件部分、电测部分、恒温槽、计算机、LED光源等组成，如图1所示。自动视觉温度计检定系统图像识别部分，是利用深度学习法，实现对刻线和温度液位的识别，在研制前期收集不同种类的玻璃液体温度计，用摄像头、镜头和工作时相同的情景拍摄图片，并且使用软件对水银液位和刻线进行标注、训练、交叉验证等步骤完成数据模型，最后把未知的图片（被检图片）放入模型，模型识别到水银液面的高度和位置，便可转化成为我们所需的数据，利用这种方法进行检测，前期收集工作就是一个非常重要的环节，只有收集标注的越全面，后期的识别准确率就越高。图像识别部分主要由高清摄像机完成，采用视频放大原理，通过镜头对需要被检定的玻璃液体温度进行实时取景，图像通过镜头传送到感光元件CCD（也叫感光传感器），再从传感器通过HDMI线（也就是信号采集线）传输到监视器中。在软件的控制下，能够自动完成图像的焦距的调整，保证读数快速、直观，从而达到无畸变、无抖动、无失真、无色差、无倒像，影像高质量输出。

自动视觉温度计检定系统机械传动部分，也是提高

工作效率的重要一部分，为了更好的适应了检定量较大的检定机构，自动视觉温度计检定系统可一次性检定11支玻璃液体温度计，摄像头会自动通过升降导轨调整镜头位置，同时标准恒温槽的转盘根据设定好的检定顺序配合转动，以保证数据采集镜头能够对准需要读数的玻璃液体温度计。在软件的配合下，机械传动部分可以精确地移动到相应距离读取数据，保证读数的准确可靠。

自动视觉温度计检定系统的软件部分，也就是自动视觉温度计检定系统的大脑，在它的控制下，图像识别部分和机械传动部分才能够完美配合，保证了数据采集的准确性、及时性。同时软件中的数据处理单元部分还可以及时完成采集数据的计算处理，计算出被检温度计的检定结果，自动生成原始记录，节省了人力，提高了检定效率和准确性。

自动视觉温度计检定系统电测部分指的是，该套检定系统所用的测量标准是标准铂电阻温度计及超级电阻测试仪，电测部分的功能是完成对标准铂电阻温度计的数据采集，同时将采集到的电阻值转换成温度值。

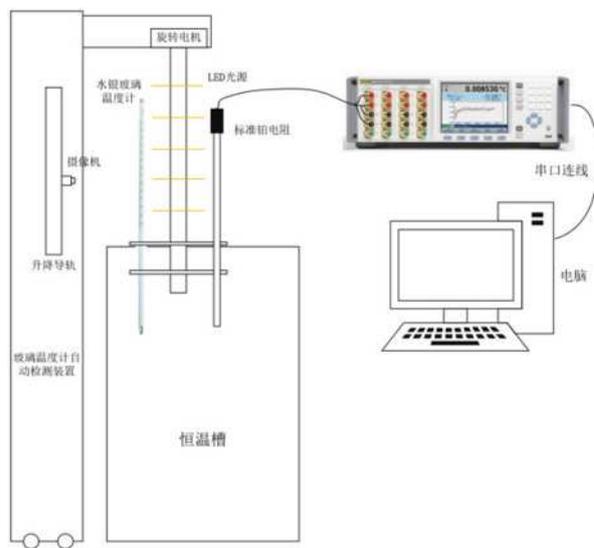


图1 自动视觉温度计检定系统示意图

## 三、自动视觉温度计检定系统操作流程

### 1. 建立被测玻璃温度计信息库

自动视觉温度计检定系统工作的第一步就是操作人员要将被测温度计基本信息录入到服务器，建立被测温度计信息库，需要录入的内容包含：送检单位、温度计种类（具体分类名称）、量程、型号、制造单位、仪器编号、委托单号、浸没方式、需要检测的温度点等内容。多支玻璃液体温度计同时检测时，需将一批温度计依次录入，全部温度计录入完毕后，系统将自动生成待检列表，待检列表可以看到所有本批次被测温度计的相关信

息,且每个检测点都有标注状态(已检、待检)。

### 2. 自动视觉检定系统的测量流程

被测温度计信息库建立完毕后,进入服务器的检测界面,进行孔位关联,孔位关联这个功能主要为了锁定检测顺序,避免在大批量测量时出现重复检或漏检的情况。孔位关联页面选择待检的温度计自编号,将其一一一对应到1-11号孔位(0号孔位为标准器具孔位无需关联),点击按钮“将数据导入孔位”完成温度计孔位关联,关联成功后,孔位列表就会显示被测温度计的信息。关联好所有的待检数据之后,点击确定退出。将被测温度计按照孔位顺序插入恒温槽,就可以开始检测了。

检测过程只需要操作视觉检定系统的应用程序,将摄像头复位,点击开始工作按钮,自动视觉温度计检定系统开始自动工作。操作界面开始显示摄像头采集到的图像,图像下的列表中显示具体读数及测量时间等信息(如图2),在检定过程中,自动视觉温度计检定系统会自动保存原始图像及数据信息,在我们后期需要调取检测信息时,可以随时查看。自动视觉检定系统按照检定规程要求的顺序和次数进行读数。每个孔位温度计数据读取完毕后,应用程序会自动计算出修正值,而后根据温度计的种类进行此检定是否合格的判定,并显示在检测界面的信息栏中。自动计算和判定功能,有效的避免了检定人员因计算错误或判定错误导致的粗大误差,也是最直接提高工作准确度的一个功能。

在检定过程中,若因温度计刻度线模糊缺损导致的无法识别刻度线或在自动识别出现错误时及跟踪错误的情况下,我们可以启用应用程序中的手动调节功能,通过调节长刻线、短刻线、水银刻度线来进行定位,然后在自动读取数据。

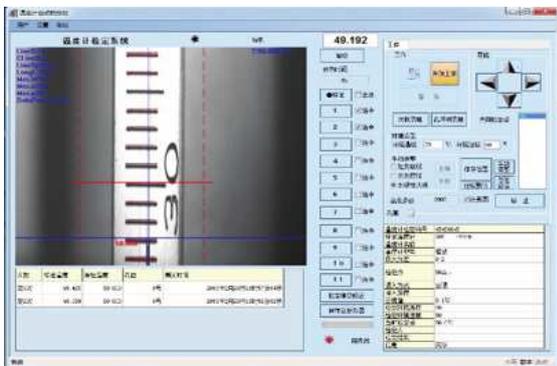


图2 温度计检定界面

### 3. 自动视觉温度计检定系统的数据处理及保存

完成温度计的检测环节后,应用程将数据上传至数据库列表如图3,在列表中,我们可以看到本批次温度计

的检定情况,检定结果合格与不合格都在列表中分别用符号标出,▲表示为合格,x表示为不合格。此外在列表中还可以清晰的看到检定进度,分别为检定完毕、检定中、待检定三种状态,以便我们再次核对,是否有漏检的情况。如果对某支温度计的检测结果需要复核,可以点击相应条目,选择查看图像信息,就可以显示被测温度计测量时的图片及数据信息,如果需要复测则选择复测选项,复测不覆盖之前的测量情况,而是新建副本进行测量,这样即保存原始数据,也方便了后期对比数据。

在核对被测量的温度计的信息及数据均无问题的后,我们便可以将测量结果进行导出,生成原始记录,原始记录的格式可以根据我们的需求进行设计和调整并提前导入软件系统。如果需要原始数据存档,可以导出原始数据,测量的所有信息将被储存到我们指定的文件夹中。以上提到的生成的原始记录和导出的数据均以Excel的形式进行保存。我们可以根据工作进行分类保存,以便今后查阅信息。

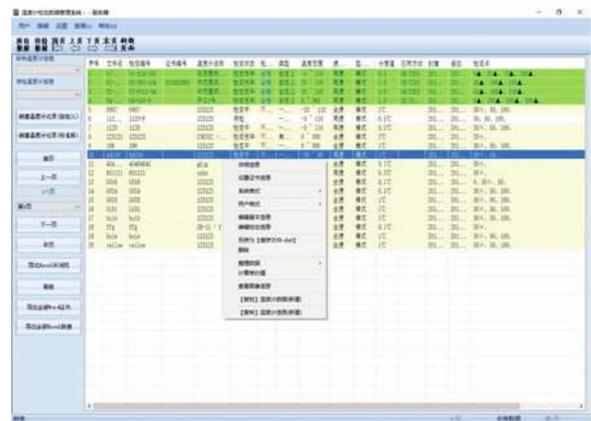


图3 数据库列表

## 四、自动视觉温度计检定系统操作需要注意的事项及改进建议

### 1. 自动视觉温度计检定系统操作需要注意事项

(1) 自动视觉温度计检定系统的恒温槽转盘一共有12个孔位,分别从0-11进行编号,在插入温度计时,需要将0空位插入标准器,1-11依照上文所述的孔位关联顺序插入被测温度计。软件系统默认的0孔位是标准器孔位,读取的数据自动记录在标准器读数栏,所以为了避免标准器和被测仪器不混淆,检测前先将孔位归位,然后依次插入标准器和被测温度计。

(2) 在检定大批量检测过程中,出现局浸和全浸温度计同时测量时,尽量可以将两者分开检定,如必须要在同一批检定,则需注意要在局浸和全浸交替读数时,实

时调整摄像头位置以及人工调整温度计的浸没高度, 确认摄像头能准确定位刻度线, 采集到被检定温度计的图像和数据信息。

(3) 自动视觉温度计检定系统的标准器信息需要人工定期维护, 在标准器周期检定之后, 要及时更新标准器的相关信息和数据, 以保证溯源性。

## 2. 自动视觉温度计检定系统的改进建议

(1) 图像识别软件后期可以进一步提高, 工作用的水银温度计使用时间长后, 刻线会容易磨损, 视觉上呈现不完整, 导致模型识别不到或者识别错误, 比如长短刻线错误, 可以在今后的改进中增加缺陷温度计的图像的识别度。

(2) 在使用标准铂电阻作为标准器进行检测时, 标准铂电阻插入0号孔位后, 读数时转盘会进行左右旋转, 对温度计进行图像读取, 因此可以加装一个固定铂电阻

外引线的装置, 以避免在转盘过程中标准铂电阻外引线缠绕影响测量。

(3) 可将自动视觉温度计检定系统与单位的证书系统及标准器维护系统联动, 在目前自动生成原始记录的基础上, 还可以自动生成检定证书和更新标准器具信息, 减少人工录入次数, 减少人为错误。

## 参考文献:

- [1] JJG161-2010 标准水银温度计检定规程[S]
- [2] JJG130-2011 工作用玻璃液体温度计检定规程[S]
- [3] 张哲、刘成林、胡靖、生莹. 玻璃液体温度计自动检定[J]. 计量技术 2016(5).
- [4] 沈玉明, 李洪彬, 张恒. 玻璃液体温度自动检定检定装置的研制[J]. 计量技术, 2013, (3).
- [5] 娄方, 冯新泸, 顾洁, 等. 玻璃液体温度计检定系统自动读数图像处理[J]. 训练与科技, 2020, 31(2): 4.