

指针式压力表自动读数系统设计

刘复玉 吕新荣

(中国石油大学(华东)信息与控制工程学院 青岛 266580)

摘要: 为了降低人工读数带来的误差,设计了一个用于指针式压力表自动检定的自动读数系统,该系统主要由 CMOS 彩色摄像机、DOME 光源和计算机三部分构成。DOME 光源主要用来降低外界对摄像机拍摄的指针式压力表图像的影响。摄像机获得压力表图像后经 USB 数据线传输到计算机,计算机首先对图像进行二值化处理,其次,利用 Hough 变换提取表盘的中心点,再次,利用连通区域标记提取指针和刻度线,最后根据指针和相邻的两条刻度线位置关系并根据刻度线所对应的示值计算出表盘指针对应的刻度值,从而完成自动读数。经实际压力表测试,该系统能够在较短时间内准确读出压力表的示值,极大地解放了劳动力,同时提高了压力表的检定效率。

关键词: 指针式压力表;光源;Hough;连通区域标记

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Design of automatic reading system for pointer pressure gauge

Liu Fuyu Lü Xinrong

(College of Information and Control Engineering, China University of Petroleum(East China), Qingdao 266580, China)

Abstract: In order to reduce the error brought by human reading, an automatic reading system for pointer pressure gauge was designed, which was used for automatic verification of gauge. The system consisted of CMOS color camera, DOME light source and a computer. This system used DOME light source to reduce the interference of environment for the images of the gauge. Gauge images were transferred via USB data cable to a computer. Firstly, binarization was used to the images. Secondly, hough transformation was used to extract the centroid of the gauge. Thirdly, the pointer and tick marks were extracted by connected region labeling method. Finally, according to the position relationship between the pointer and the two neighbor tick marks and their values, the value of pointer indicated was computed. Through the evaluation of actual gauges, the system can figure out the value of gauges in a short time, and it greatly liberates the labor force, while it has improved the efficiency of gauge verification.

Keywords: pointer pressure gauge; light source; hough; connected region labeling

1 引言

目前,在油田系统中存在着大量的指针式压力表,这些压力表经过一段时间的使用后,内部机械结构会发生变形,从而导致压力表示值存在误差,甚至导致故障。为了保证压力表示值的准确度,需要定时对压力表进行检定。传统的压力表检定方法是人工手动检定,即人工手动打压,目测读数,记录示值,最后人工誊写检定报告。该方法的劳动强度大,检定效率低,且检定结果存在大量视觉误差。因而,设计一种指针式压力表自动检定系统成为一个迫切需要解决的问题,而在这个系统中最关键的部分是指针式压力表的自动读数问题。

目前,在指针式压力表的自动检定方面,国内外学者提

出了诸多方法。丁婵^[1]利用减影技术,并采用 Hough 变换^[2-3]检测电流表表盘的指针。刘彦琴^[4]在所设计的指针式温控仪上才用了图像识别的方法识别温控仪的读数。杨志娟^[5]提出了基于圆周区域的累积直方图法对表盘指针进行定位,由指针偏转角度计算读数的方法。宋伟^[6]设计了高斯型同态滤波器来增强仪表图像对光照变换的适应性,并通过指针在纵轴和横轴的投影计算指针夹角,通过夹角与表盘刻度对应关系计算读数。马小菊^[7]利用图像处理和模式识别等技术,设计了一个指针式仪表自动判读平台。蒋薇^[8]设计了一套基于 STM32 的指针式仪表自动判读装置。徐洋^[9]在 OpenCV 环境中研究了一种基于图像处理技术的汽车指针仪表自动检测系统。吕姝慧^[10]设计了一种采用 LabVIEW 软件平台进行图像采集和处理的指针式仪

表自动检定系统。李栋^[11]也设计了一种基于 STM32 平台的指针式仪表读数系统。上述的方法都无法实现对任何光照条件下的压力表进行识别读数,因此,本文设计了一种带光源的指针式压力表自动读数系统。本系统的主要结构如图 1 所示。

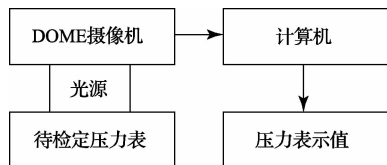


图 1 指针式压力表自动读数系统

2 光源选择

在对压力表表盘进行图像采集时,光照环境的影响巨大,光源的质量直接决定了所采集的表盘图像质量,从而影响最终的读数结果。因此,选择好的光源与照明方案是压力表自动读数系统成败的关键。

经查阅资料, DOME 光源(俗称碗灯)的光源特性较好,其主要表现在均匀性极高,具有积分效果的半球面内壁,均匀反射从底部 360°发射出的光线,使整个图像的照度十分均匀。通过大量的实验发现, DOME 光源的照明效果使摄像机所采集到的压力表图片清晰,非常适合压力表的自动读数系统。

3 压力表自动读数系统设计

对于压力表自动读数系统来说,其主要原理是根据表盘中指针与中心点连线所处的角度,与表盘刻度起始点与中心点连线所处角度以及刻度终止点与中心点连线所处角度三者之间的线性关系进行读数,因此表盘刻度的起始点和终止点的位置及其对应的刻度值,表盘中心点的位置是系统的关键部分。因此,表盘刻度条,中心点和指针三者的准确提取显得尤为重要。本文中对于摄像机所拍摄的压力表图像进行处理主要包含的流程如图 2 所示:

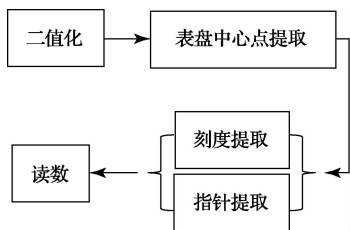


图 2 压力表图像处理流程

3.1 压力表图像二值化

摄像机所拍摄的压力表图像为彩色图像,在对其进行读数前需要首先转换为灰度图像,然后采用合适的阈值将

灰度图像转换为二值图像,本文所采用的二值化方法为大津阈值法^[12-13]。二值化的结果如图 3 所示。

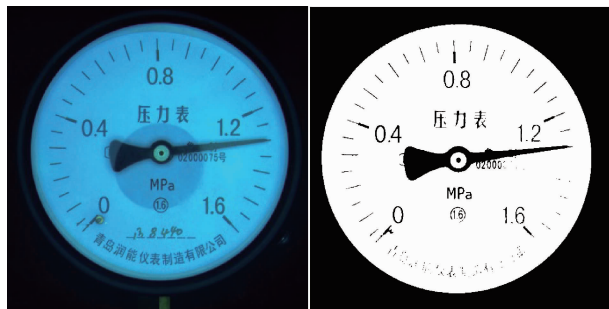


图 3 压力表图像二值化结果

3.2 表盘中心点提取

表盘中心点的提取准确与否直接决定了读数的精度。为了得到准确的表盘中心点,本文设计了如下两步进行中心点的提取:

1) 由于表盘中心点基本位于白色表盘的中心位置(压力表安装倾斜的话,所拍摄的压力表图像可能使表盘中心点脱离白色表盘的中心位置,但两者的位置不会相差很远),因此首先利用 Hough 变换^[14-15]求得压力表二值图像中白色圆盘的边缘圆形 (x_i, y_i) , 然后利用 $(\bar{x}_0, \bar{y}_0) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i, y_i)$ 求得白色表盘圆形的圆心 (\bar{x}_0, \bar{y}_0) ;

2) 以白色表盘区域的圆心 (\bar{x}_0, \bar{y}_0) 为基础进行搜索,搜索的目标是指针旋转轴的中心(该中心点即为表盘的实际中心点),搜索的方法是利用 Hough 变换求得指针旋转轴的圆形,然后利用步骤 1 中的方法求其圆心 (\bar{x}_1, \bar{y}_1) 即可。然后将 (\bar{x}_0, \bar{y}_0) 与 (\bar{x}_1, \bar{y}_1) 进行比较,如果两者的距离在一定的阈值之内,则以求得的圆心 (\bar{x}_1, \bar{y}_1) 作为表盘中心点,否则以白色表盘区域中心点作为表盘中心点。具体的原因有如下两点: 1) 很多种情况下由于图像二值化阈值选取不合适的缘故,会出现利用 Hough 变换无法求得指针旋转轴圆形的情况,因此此时并不存在 (\bar{x}_1, \bar{y}_1) ; 2) Hough 变换所求得的圆形可能并不是真正的指针旋转轴。

表盘中心点提取结果如图 4 中绿色星号所示。



图 4 表盘中心点提取示例

3.3 表盘刻度提取和指针提取

在二值化图像中可以看出白色表盘占据了最大一块面积,而在表盘上,黑色指针属于最大的一块连通区域,以此为基础可将指针和表盘中带刻度的部分分离,结果如图 5 所示。

对分离后的表盘刻度图像,将其中的数字及汉字,字母等用连通度的方法剔除后剩下只包含刻度的图像,并将其细化处理。对指针图像,同样将其细化处理,得到细化后的指针图像,如图 6 所示。

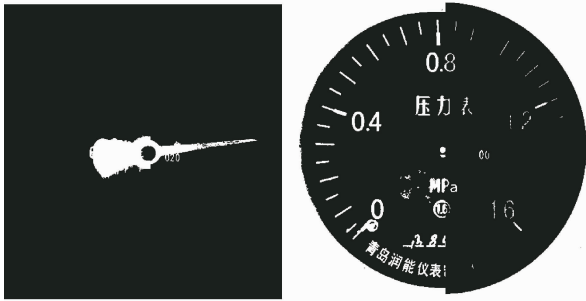


图 5 指针和表盘刻度分离

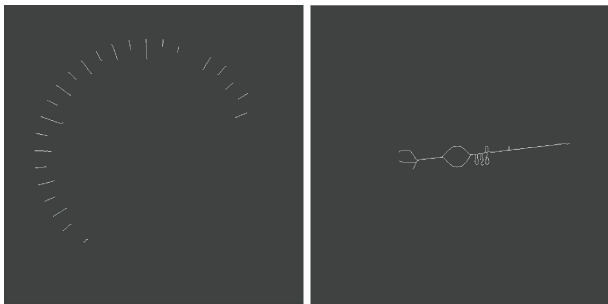


图 6 细化刻度图像和细化指针图像

3.4 自动读数

从图 6 中可以看出,表盘中并不是所有的刻度条都能被提取出来,但这并不影响最终的读数效果,因为除 0 刻度和第一条刻度之间的间隔不符合平均分布规律外,其他刻度条之间都是均匀分布的,所以理论上只要能找到除 0 刻度外的另外两条刻度条和表盘中心点,则不论指针处于量程内的何种位置,都可以将指针对应的示值计算出来。因此,本系统的自动读数步骤如下:

1) 建立一个存储矩阵用来存储每条刻度条与表盘中心之间连线所处的角度和每条刻度条所对应的实际刻度值;

2) 利用 Hough 变换拟合指针所对应的直线,并计算该直线与表盘中心连线对应的角度 θ ;

3) 在 1) 的存储矩阵中寻找与 θ 最近的两个角度 θ_+ 和 θ_- , 则指针对应的示值 $v = v_- + (\theta - \theta_-) \times \frac{v_+ - v_-}{\theta_+ - \theta_-}$ (其中, v_+ 和 v_- 分别是 θ_+ 和 θ_- 对应的实际刻度值)。




4 实验结果

为了验证本文所设计的指针式压力表自动读数系统的有效性,分别采用了 2 种不同量程的压力表进行测试。

4.1 实验数据 1

在该实验中所用的压力表量程为 1.6 MPa, 实验结果如表 1 所示。




表 1 实验结果 1

压力表图像	压力表读数/MPa
	1.297 4
	1.425 7
	0.391 81

4.2 实验数据 2

在该实验中所用的压力表量程为 2.5 MPa, 实验结果如表 2 所示。

表2 实验结果2

压力表图像	压力表读数/MPa
	0.902 13
	1.583
	0.990 54

在两组实验中,一幅压力表图像(分辨率为 1280×1024)进行自动读数的平均用时为4.5 s,同时由表1和表2的实验结果可以看出,本文设计的系统所得到的压力表示值远超人眼识别的分辨力和准确性,能够满足压力表自动检定的需求。目前该系统已应用到指针式压力表自动检定装置中。

5 结 论

本文设计了一个应用于指针式压力表自动检定的自动读数系统。该系统首先采用了外部光源降低了环境光对所采集的压力表图像的影响,其次该系统利用诸如二值化、Hough变换、连通区域分析等图像处理算法对压力表图像进行处理并在短时间内准确地读出压力表的示值,最后经实验证明该系统能够提高当前指针式压力表检定的效率。

参考文献

- [1] 丁婵,温宗周,刘丹. 指针式仪表自动识别装置的设计[J]. 西安工程大学学报, 2011, 25(1):78-81.
- [2] 郭斯羽,周乐前,温和,等. 基于二值图像邻域加权的直线 Hough 变换[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(5):478-485.
- [3] 孙雪琪,宋小春. 一种新的改进的 Hough 变换直线提取算法[J]. 计算机与数字工程, 2015, 43(8):1501-1503,1527.
- [4] 刘彦琴,刘翔宇,胡祥胜,等. 基于图像识别的指针式温控仪智能检定系统[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(8): 82-88.
- [5] 杨志娟,袁纵横,乔宇,等. 基于图像处理的指针式仪表智能识别方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(5):1717-1720.
- [6] 宋伟,张文杰,张家齐,等. 基于指针区域特征的仪表读数识别算法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(12): 50-58.
- [7] 马小菊. 指针式仪表自动判读研究[D]. 昆明理工大学, 2013.
- [8] 蒋薇. 基于图像识别的指针式仪表数据处理终端研究[D]. 青岛:青岛大学, 2014.
- [9] 徐洋,张清蓉. 基于图像处理的汽车指针仪表检测研究[J]. 计算机应用与软件, 2014, 31(8):219-221,252.
- [10] 吕姝慧. 基于机器视觉的高精度指针式仪表自动检定系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2013.
- [11] 李栋,杨志家. 基于机器视觉的指针仪表识读方法[J]. 仪表技术与传感器, 2012(10):31-33,54.
- [12] 付云凤. 基于阈值的图像分割研究[D]. 重庆大学, 2013.
- [13] 刘金,金炜东. 噪声图像的快速二维 Otsu 阈值分割[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(10): 3169-3171, 3200.
- [14] 周封,杨超,王晨光,等. 基于随机 Hough 变换的复杂条件下圆检测与数目辨识[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(3):622-628.
- [15] 张佳,程宇龙. 基于随机 Hough 变换的圆形目标检测实验[J]. 实验室研究与探索, 2014 33(7):130-133.

作者简介

刘复玉,1963年出生,中国石油大学(华东)副教授,主要研究方向为信号检测与处理。

E-mail: liufy@upc.edu.cn

吕新荣(通讯作者),1982年出生,中国石油大学(华东)副教授,主要研究方向为图像处理、模式识别等。

E-mail: lvxr@upc.edu.cn