

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2017.04.12

船用指针式仪表自动识别方法研究

张新勤¹, 周睿²

(1. 海军计量办公室, 北京 100161; 2. 中国人民解放军 91635 部队, 北京 102249)

摘 要: 指针式仪表的自动识别为船舶设备的实时监控和信息化管理提供了有效的技术手段。本文通过计算机视觉技术对指针式表盘自动判读方法进行了研究。实现了对多种指针式仪表的同时识别, 识别过程分为表盘分割、刻度识别、指针识别和仪表类型识别等几个部分, 运用中心投影法和图集分类比较法等确定了仪表刻度、指针位置和仪表类别, 实现了船用指针式仪表表示值的自动识别, 并通过试验和误差分析验证了识别方法的有效性。

关键词: 指针式仪表; 自动识别; 计算机视觉; 图像处理

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2017)04-0049-04

Research on Automatic Identification Method of Marine Pointer Meters

ZHANG Xinqin¹, ZHOU Rui²

(1. Office of the Navy Measurement of PLA, Beijing 100161, China; 2. 91635 Unit of PLA, Beijing 102249, China)

Abstract: The automatic identification of the pointer type meters provides an effective technical method for the real-time monitoring and information management of the shipboard equipment. In this paper, the method of automatic reading of pointer type dials is studied by using visual technology. In order to realize the recognition of many kinds of meters, the recognition process is divided into several parts, such as the dial partition, the scale identification, the pointer recognition and the type identification. The central projection and atlas classification comparison are used, to determine the dial pointer position and the meter category. And the automatic identification of pointer type meters is realized. Finally, the effectiveness of the method is verified by experiments and error analysis.

Key words: pointer meter; automatic recognition; computer vision; image processing

0 引言

船舶安装了大量指针式仪表, 涉及压力、温度、电力和转速等类型。其中指针式压力表和温度表在底层的动力舱室分布最为广泛。几十乃至上百块仪表分布在狭小的舱室内, 值班船员需要定期巡视并记录数据。这种人工进行仪表示值记录和状态监控的方式工作量大、实时性差, 工作效率较低, 全面实时的监测各仪表的显示状态较为困难。遇到仪表指示异常时, 响应时间受人为因素影响较大。个别仪表受安装位置影响, 不便于人工读取数据。更重要的是船用指针式仪表工作期间, 状态监测记录数据较少、缺乏相互联系, 且没有转化为电子格式, 为后期的数据分析带来困难。为此通过设计一个指针式仪表自动识别试验系统, 对船用指针式仪表的刻度识别、指针识别和仪表

类型识别等方法分别进行了研究, 实现了多种指针式仪表的识别功能, 为自动记录仪表数据, 建立全面综合的数据库系统, 准确操控船舶设备, 提供了技术手段。

1 识别系统设计

1.1 识别系统组成

指针式仪表自动识别试验系统组成如图 1 所示。系统硬件由被测仪表组、仪表支架、仪表驱动接口、照明设备、高清摄像头、摄像支架、计算机组成^[1-4]。该系统能识别的仪表包括交、直流电压表、电流表和压力表等船舶常用指针式仪表。所有被测指针式仪表安装在仪表支架上, 电压、电流和压力的标准值通过仪表驱动接口输入各类指针仪表用于识别试验。拍摄部分包括一只高清摄像头及其专用支架。计算机用于图像采集控制及图像处理。每类仪表第一次识别时, 经过初始化过程, 刻度位置、表盘中心位置、仪表类型将被记录在数据库中, 方便同类仪表后续识别时

收稿日期: 2017-03-08; 修回日期: 2017-06-23

作者简介: 张新勤(1965-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事计量管理工作。

使用。

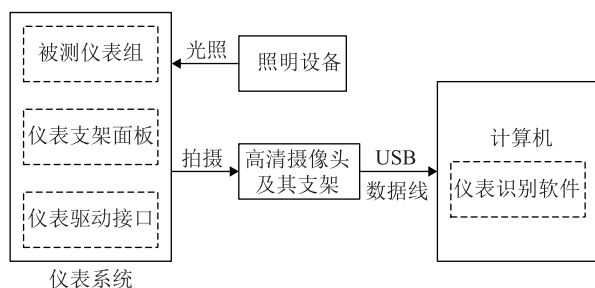


图1 指针式仪表识别试验系统组成示意图

1.2 刻度识别方法

将指针式仪表的刻度分为主刻度和辅助刻度两类进行识别。主刻度是在表盘中有数字标识的刻度(例如图2(a)中0, 100, 200对应的刻度), 没有数字标识的刻度为辅助刻度。刻度的识别主要采用选取识别区域和寻找最大连通域的方法来实现^[5]。对于主刻度线, 手动选取其所在区域^[6], 二值化后选取最大连通域, 将连通域的中心作为主刻度的位置并人工输入每个主刻度的示值。对于辅助刻度, 将根据主刻度确定的拟合圆, 以及相邻主刻度间辅助刻度的数量, 自动确定辅助刻度的关注区域, 经过对该区域进行二值化、找最大连通域、计算连通域中心的过程得到辅刻度位置。根据主刻度的示值标记, 对辅助刻度的示值进行线性插值。非线性的辅助刻度示值可以通过手动添加的方式完成。一旦所有的刻度位置确定, 以后只要时确定指针位置, 判断指针和刻度的相对位置即可读数。也就是说刻度识别每次只需要识别一次(初始化过程)。以交流电压表为例, 静态条件下主刻度的识别如图2(a)(c)(d)所示, 辅刻度的识别如图2(b)所示。

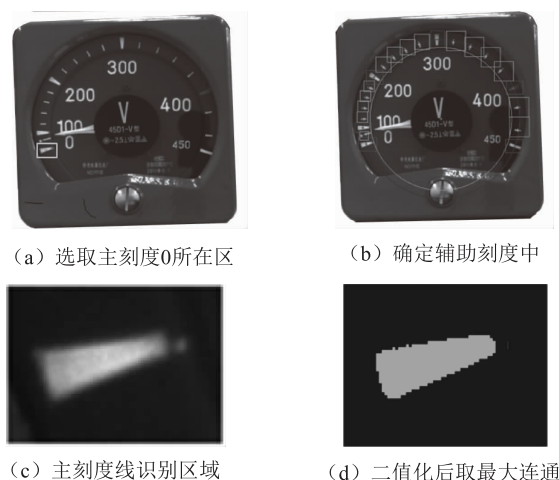


图2 选取大刻度线并识别大刻度

1.3 指针识别方法

指针的识别通过中心投影法实现^[7]。以主刻度确定的拟合圆圆心作为仪表指针的旋转中心^[3-4,8], 然后, 通过对二值化后的图像, 沿圆周边界做径向投影, 取峰值最大位置对应的角度为指针位置。整个最大值搜索过程分为: 首先, 以2度步长沿圆周做径向投影, 计算每个方向上的灰度值累加和, 最大值即为指针所在方向(搜索过程如图3中的(a), (b)所示。搜索到指针大致方向后如图3(c)所示); 然后, 进一步细化搜索过程, 在现有指针位置的上下2度范围内, 以图像最高分辨力达到的最小步长再做一遍径向投影如图3(d)所示, 根据灰度累加的最大峰值确定更为准确的指针位置; 最后, 根据指针所指角度, 利用相邻刻度线性插值得到仪表示值。

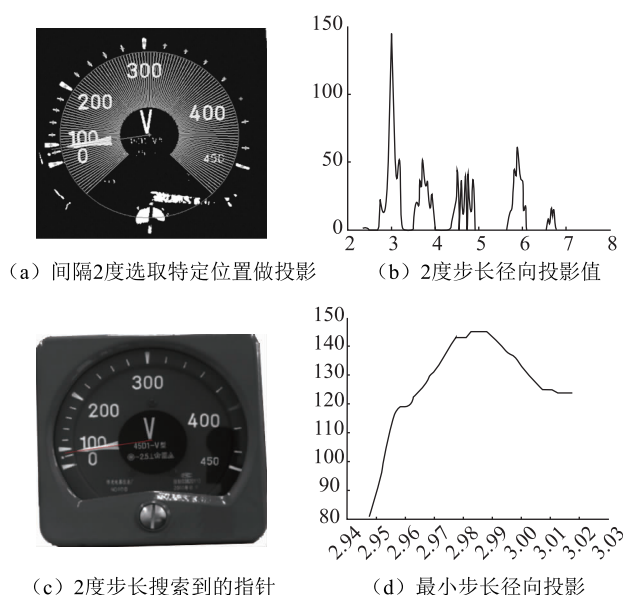


图3 二值图径向投影搜索指针所在位置

1.4 类型识别方法

在仪表类型的识别中, 根据刻度线确定的拟合圆, 取其1/3半径的圆内区域做分析, 该区域包含仪表类型标识。通过对该区域二值化取最大连通域, 得到包含单位V, A, W, MPa及部分示值指针的二值图, 通过采集不同条件下类型标识的二值图, 建立区分仪表类型的图集, 再通过分类算法, 将新采集到的二值图与现有的图集进行比较, 从而判定其仪表类型。部分类型标识分类图集如图4所示。

2 误差分析

采用自动识别系统后, 仪表的误差是仪表本身的

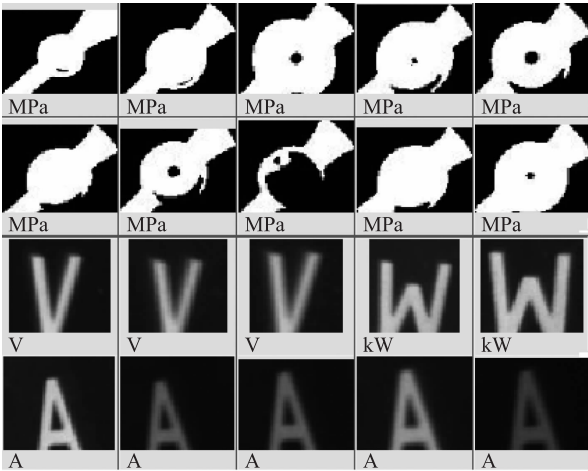


图 4 仪表类型标识分类图集

误差和识别系统的误差两部分的合成。为便于分析，选用检定合格的船用电压表、船用压力表进行，包括 1 块交流电压表、1 块直流电压表和 2 块压力表。它们的基本信息如表 1 所示。

表 1 待识别仪表信息

名称	型号规格	量程	准确度等级
交流电压表	45D1 - V	0 ~ 450 V	2.5
直流电压表	45C1 - V	0 ~ 150 V	1.5
压力表	1.5 级	0 ~ 2.5 MPa	1.5
压力表	2.5 级	0 ~ 10 MPa	2.5

自动识别系统的识别误差主要包括图像拍摄误差和识别时的量化误差。前者误差主要包括位置误差和拍摄倾角引起的误差等，可以通过拍摄系统标定等技术大大减小误差；而量化误差主要包括拍摄图像的分辨力误差，也是识别误差的主要来源。

量化误差分析：设指针式仪表刻度范围相对于指针旋转中心覆盖的角度为 α ，仪表量程为 S ， ± 1 个像素所对应的指针旋转角度变化量为 Δ_α ，则由于拍摄图像的分辨力误差 Δ_0 如式(1)所示。

$$\Delta_0 = \pm \frac{\Delta_\alpha S}{\alpha} \tag{1}$$

设仪表刻度格数量为 N ，一般假定将刻度格等分成 5 份，即人眼能粗略分辨(估读) $1/5$ 个刻度格。当刻度均匀时，人对刻度的估读误差 Δ_1 如式(2)所示。如果刻度不均匀则选取最大刻度格的估读误差。

$$\Delta_1 = \pm \frac{S}{5N} \tag{2}$$

设仪表准确度等级为 D ，则指针式仪表最大允许误差 $\Delta_{\max}$ 如式(3)所示。

$$\Delta_{\max} = \pm \frac{S \cdot D}{100} \tag{3}$$

只有当识别误差小于人工估读误差，且远小于仪表最大允许误差时，识别系统才能用于指针式仪表的示值监测或检定校准。一般情况下，要求 $\Delta_0 \leq 5\Delta_1$ ， $\Delta_0 \leq 10\Delta_{\max}$ 。经计算本系统的识别误差、人工估读误差及被测表最大允许误差如表 2 所示。

表 2 误差分析结果

仪表类型	拍摄图像分辨力误差(Δ_0)	人工读数时的估读误差(Δ_1)	仪表的最大允许误差($\Delta_{\max}$)
交流电压表	0.5 V	4 V	11.3 V
直流电压表	0.13 V	1.0 V	2.25 V
1.5 级压力表	0.002 MPa	0.01 MPa	0.04 MPa
2.5 级压力表	0.01 MPa	0.1 MPa	0.25 MPa

可见拍摄图像分辨力引入的量化误差远小于人工估读误差和被测表的最大允许误差，约为仪表最大允许误差的 $1/20$ ，根据微小误差法可忽略不计。

3 试验验证

试验仍选用表 1 的 4 块仪表进行。试验采用比较法进行，即被测表与标准表对相同输入量测量，比较测量结果。通过控制输入量，被测仪表所有示值调整到整数刻度，并使指针与刻度线完全对齐，将此时仪表示值作为系统识别值的参考值(真值)，识别误差为识别值减去此时整刻度仪表示值。标准表的测量值为被测输入量的标准值，则从识别系统得到的仪表误差为识别值减去标准值。

被测仪表通试验环境条件选定为温度 20℃、相对湿度 47%，与交直流电压表和压力表的检定环境条件基本一致。试验用电压由 XF30 多功能校准源标准装置通过仪表驱动接口输入系统，压力由数字压力计标准装置通过仪表驱动接口输入系统。4 块指针式仪表识别结果如表 3 至表 6 所示。

表 3 2.5 级 450 V 交流电压表试验结果

序号	标准值/V	仪表示值/V	识别值/V	识别误差/V	仪表误差/V	最大允许误差/V
1	98.3	100.0	100.524	0.524	2.22	
2	197.3	200.0	200.576	0.576	3.28	
3	295.8	300.0	299.283	-0.717	3.48	± 11.25
4	393.5	400.0	399.341	-0.659	5.84	
5	446.7	450.0	449.437	-0.563	2.74	

表 4 1.5 级 150 V 直流电压表试验结果						
序号	标准值 /V	仪表示值 /V	识别值 /V	识别误差 /V	仪表误差 /V	最大允许 误差/V
1	51.3	50.0	50.14	0.14	-1.16	±2.25
2	101.2	100.0	99.875	-0.125	-1.33	
3	151.1	150.0	149.864	-0.136	-1.24	

表 5 1.5 级 2.5 MPa 压力表试验结果						
序号	标准值 /MPa	仪表示值 /MPa	识别值 /MPa	识别误差 /MPa	仪表误差 /MPa	最大允许 误差/MPa
1	0	0.0	0.002	0.002	0.00	±0.04
2	0.48	0.5	0.497	-0.003	0.02	
3	1.01	1.0	0.999	-0.001	-0.01	
4	1.47	1.5	1.503	0.003	0.03	
5	2.01	2.0	1.998	-0.002	-0.01	
6	2.48	2.5	2.498	-0.002	0.02	

表 6 2.5 级 10 MPa 压力表试验结果						
序号	标准值 /MPa	仪表示值 /MPa	识别值 /MPa	识别误差 /MPa	仪表误差 /MPa	最大允许 误差/MPa
1	0	0.0	0.012	0.012	0.012	±0.25
2	2.12	2.0	1.99	-0.010	-0.13	
3	3.83	4.0	3.986	-0.014	0.16	
4	6.13	6.0	6.013	0.013	-0.12	
5	8.13	8.0	7.987	-0.013	-0.14	
6	9.88	10.0	9.989	-0.011	0.11	

由表 3 至表 6 可见,识别系统能够对 4 块指针式仪表正确识别,且被测仪表的识别误差远小于仪表最大允许误差。可见,本系统指针式仪表的识别技术是可行的。理想情况下,识别系统的识别误差可以比人工读数的误差小得多,且读数更加稳定,不受人工读

数和视觉疲劳的影响。因此,可用于船用指针式仪表的状态监测,自动记录数据,乃至指针式仪表检定校准过程中的示值自动读取。

4 结论

仪表自动识别技术是提高指针式仪表自动测试水平的有效方法。本文研究了指针式仪表识别的问题,将识别进程划分为刻度识别、指针识别和仪表类型识别等独立进程,并运用中心投影法和图集分类等方法确定了仪表的刻度、指针位置和仪表类别,计算出了指针式仪表的示值,最后通过试验和误差分析验证了识别算法的有效性,达到了预期结果。该方法不仅可用于船舶指针式仪表的实时监测,也可用于指针式仪表的原位检定和校准,特别对检定校准耗时较长的指针式仪表,可明显提高检定校准的效率。

参 考 文 献

[1] 邓雅,方涛,翟彦斌,等.以 GPU 为核心的机器视觉仪表检测系统[J].微计算机信息,2011,27(2):82-84.

[2] 乔杨,徐熙平,卢常丽,等.机器视觉远距离目标尺寸自动标定测量系统研究[J].兵工学报,2012,33(6):759-763.

[3] 吴静静,尤丽华.基于计算机视觉的计量仪表自动检测系统[J].煤矿机械,2006,27(12):136-138.

[4] 王红平,曹国华,苏成志,等.数字图像处理技术在计量仪表检定中的应用[J].长春理工大学学报(自然科学版),2004,27(3):13-15.

[5] 赵书涛,李宝树,贾秀芳,等.基于计算机视觉的电测仪表自动识别方法的研究[J].仪器仪表学报,2004,25(S1):606-607.

[6] 李宁,汪仁煌,刘孝峰,等.基于机器视觉的温度测量系统的设计及应用[J].计算机与现代化,2012(9):57-60.

[7] 黄颖怡,汪仁煌,岳利军.机器视觉仪表识别方法的研究进展[J].自动化仪表,2009,30(8):58-60.

[8] 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.

(上接第 23 页)

霞,等译.北京:国防工业出版社,2010.

[2] 何铁春,周世勤.惯性导航加速度计[M].北京:国防工业出版社,1983.

[3] 过润秋,郑晓东,王成.加速度计静态温度模型辨识及温度补偿方法研究[J].西安电子科技大学学报(自然科学版),2007,34(3):438-442.

[4] 郎琳,陈建国,吴美平.石英挠性加速度计温度误差建模与补偿技术研究[J].导航与控制,2009,8(2):46-51.

[5] 翁海娜,胡小毛,裴志,等.一种新的加速度计温度误差补偿方法[J].中国惯性技术学报,2009,17(4):479-482.