

文章编号:1001-5078(2007)04-0377-04

## 指针式仪表识别系统的设计

罗大成<sup>1</sup>, 王仕成<sup>1</sup>, 曾洪贵<sup>2</sup>, 李昭早<sup>3</sup>, 刘兴森<sup>1</sup>

(1. 第二炮兵工程学院, 陕西 西安 710025; 2. 96325 部队通信网络技术管理中心, 湖南 怀化 418008;

3. 西安电子科技大学通信工程学院 ISN 国家重点实验室, 陕西 西安 710071)

**摘 要:**介绍了基于图像处理技术的表盘识别系统的组成及其识别过程, 针对表盘面与镜头面不平行问题, 设计了一种景深校正函数, 并利用第二最近法则解决了指针误判问题。只要对系统参数稍作修改即可适用于其他类型的仪表。实验表明, 该系统具有良好的实用性。

**关键词:**指针式仪表; 识别系统; 景深校正函数; 第二最近法则

**中图分类号:**TP273

**文献标识码:**B

## Design of Recognition System of Analog Measuring Instruments

LUO Da-cheng<sup>1</sup>, WANG Shi-cheng<sup>1</sup>, ZENG Hong-gui<sup>2</sup>, LI Zhao-zao<sup>3</sup>, LIU Xing-miao<sup>1</sup>

(1. Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China;

2. The Communication and Network Technology Management Center of The No. 96325 Unit of the PLA, Huaihua 418008, China;

3. State Key Laboratory of ISN, School of Communications Engineering, XIDIAN University, Xi'an 710071, China)

**Abstract:** The composing and recognizing process of an analog measuring instrument recognition system is proposed in this paper. The Rectify Function of Depth is designed to solve the question that the meter and the lens are non-parallel. And The Second Closest Principle is thought up to decrease the error. The system can be used in other meters only by changing a little parameter. The practice suggests that it is of good practicability.

**Key words:** analog measuring instruments; recognition system; the rectify function of depth; the second closest principle

### 1 引言

在大多数测试与控制系统中, 都不可避免地会用到各种各样的仪表, 而当中有很大部分仍为指针式仪表。因此实现对指针式仪表的自动识别对实现测试与控制系统的自动化有较为重要的意义。

仪表的识别分为人工识别和自动识别。人工识别耗时耗力、精确度不能保证且检测效率低下; 采用图像识别的方法, 可以准确、实时、自动地监控仪表读数, 在实现低成本远程动态实时监控仪表读数中有着得天独厚的优势。另外, 采用图像识别表盘的监控方法不要求改造现有系统, 造价较低, 因此设计一种指针式仪表自动识别系统显得尤为重要。

### 2 扇形表识别步骤及实现方法

#### 2.1 扇形表识别步骤

表盘识别包括4部分, 识别框图如图1所示。

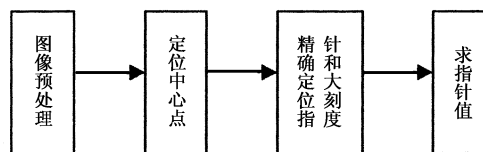


图1 识别框图

(1) 图像预处理: 利用 Hough 变换寻找表盘的外轮廓四边形, 若表盘面与镜头面不平行或倾斜, 则利用景深校正函数把表盘校正平行或利用旋转函数把表盘校正。

(2) 在表盘上粗略定位指针, 并在此指针基础上定位出刻度最大值线和刻度最小值线。由三线定位出指针转动的中心点。

**作者简介:** 罗大成(1981-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为检测技术与自动化装置。

**收稿日期:**2006-08-28; **修订日期:**2006-10-24

(3)在中心点基础上,再精确定位出指针和刻度线比较明显的刻度(大刻度)。

(4)在大刻度线的基础上根据指针与大刻度之间的夹角来计算指针具体所指的刻度值。其间,若指针与大刻度靠得太近甚至重叠时,电脑会把指针误判为刻度线。为了解决此问题,计算的夹角为离指针第二最近的大刻度线。

下面对景深较平函数、指针和刻度的精确定位、第二最近法则的应用作详细的讨论。

## 2.2 景深较平函数的设计

实际中经常碰到表盘面与镜头成像平面不平行的情况,影响指针识别精度。寻找到表盘的外轮廓四边形之后,为把四边形区域内的不平行图像恢复到平行时的图像,文章从透镜成像原理出发,设计一个从已有图像映射到校平图像的函数——景深较平函数。

图像校平立体图如图2所示。图中,点 $O$ 为透镜光心, $OU$ 为光轴线。假设光轴线通过像平面上的四边形 $EFGH$ 的中点 $U$ ,所以 $OU$ 垂直四边形 $EFGH$ 。过点 $U$ 做与被成像矩形平行的平面,它与直线 $OE,OF,OG,OH$ 的交点分别为 $I,J,K,L$ ,则四边形 $IJKL$ 为矩形,也即为所要求的校正矩形。设此矩形与原四边形的交线为 $MN$ ,在矩形 $IJKL$ 上任取一点 $D$ ,直线 $DU$ 与矩形 $IJKL$ 另一条边相交于点 $C$ ,平面 $OCD$ 与四边形 $EFGH$ 的交线为 $AB$ , $\triangle OCD$ 在空间中绕轴 $OU$ 旋转,点 $U$ 总是 $CD$ 的中点,有 $OU \perp AB$ 。在立体图中取 $OCD$ 截面图如图3所示,取 $ONUB$ 空间立体图如图4所示。

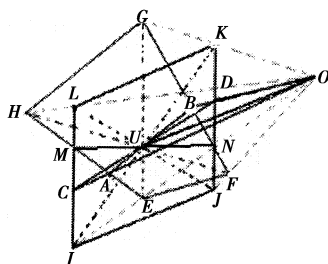


图2 图像校平立体图

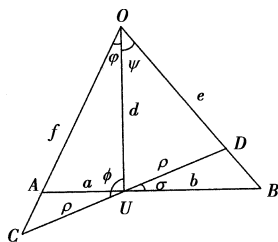


图3 求 $\rho$ 值截面图

在图3中,由三角几何关系可推得:

$$\rho = \sqrt{\frac{2(2a^2b^2 + a^2d^2 + b^2d^2)}{(a+b)^2} - d^2} \quad (1)$$

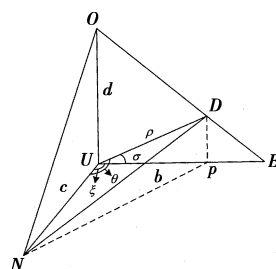


图4 求 $\theta$ 值立体图

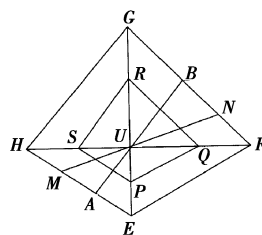


图5 被校正四边形区域图

在图4中,设 $\angle NUD$ 为 $\theta$ , $\angle NUB$ 为 $\xi$ ,由几何关系可推得:

$$\theta = \arccos\left(\frac{2ab \cos \xi}{4a^2b^2 + d^2(a-b)^2}\right) \quad (2)$$

在矩形平面中,以点 $U$ 为极坐标原点,射线 $UN$ 为极轴建立极坐标系,由于点 $D$ 在矩形上位置是任意的,则式(1)、(2)所组成的联合方程组即为从四边形到矩形的景深较平函数。

如图5所示,在外轮廓四边形 $EFGH$ 区域之内,对角线交点 $U$ 不变,边长从大到小逐步缩小四边形 $EFGH$ 。其中的一个缩小四边形如图5所示的四边形 $PQRS$ ,它与原四边形 $EFGH$ 相似,循环利用此景深较平函数可把此缩小后的四边形恢复到缩小的校正矩形。当四边形 $PQRS$ 从四边形 $EFGH$ 逐步缩小到交点 $U$ 时,原表盘的整个区域也就校正到整个矩形区域。

## 2.3 中心点的定位

在表盘外轮廓矩形中利用 Hough 变换粗略定位指针,再定位出刻度最大值线(在仪表上代表的值为 $I_{\max}$ )和刻度最小值线(代表的值为 $I_{\min}$ )。实际中,这三线交点有可能不在同一点,因此应尽量以 $I_{\max}$ 刻度线和 $I_{\min}$ 刻度线定位中心点,如图6中左图所示。

但若指针靠近刻度线时,系统有可能把指针线误判为是刻度线,即使没误判,在指针线与刻度线夹角过小的情况下由它们的交点作为中心点,误差会比较大。在定位中心点时为了解决这些问题,本文采用如下方法:

设指针与  $I_{\min}$  刻度线的夹角为  $\alpha$ 。

(1) 如果  $80^\circ > \alpha > 10^\circ$ , 即指针远离  $I_{\max}$  刻度和  $I_{\min}$  刻度时, 中心点为此两刻度线的交点;

(2) 如果  $\alpha > 80^\circ$ , 即指针离  $I_{\max}$  刻度近, 中心点为指针和  $I_{\min}$  刻度线的交点;

(3) 如果  $\alpha < 10^\circ$ , 即指针靠近  $I_{\min}$  刻度, 中心点则为指针和  $I_{\max}$  刻度线的交点。

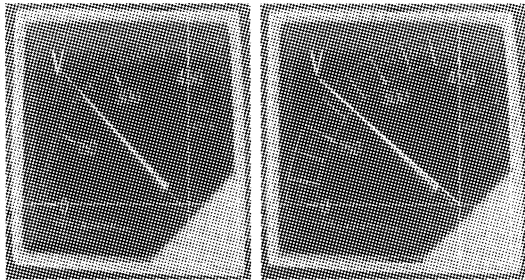


图6 指针和刻度的定位

#### 2.4 指针和刻度的精确定位

由于表盘刻度线不一定是均匀的, 直接利用指针与  $I_{\min}$  刻度线夹角求仪表值误差会比较大, 在实际应用中由于分辨率或者光线等原因, 定位出每一个具体的小刻度值有一定难度, 故只需定位出刻度比较明显的几个大刻度。定位步骤如下:

以中心点为圆心, 大体定位出有刻度值的扇形环区域, 如图6中右图所示。在此扇形环中按大刻度的个数把此扇形环平均分成  $N$  个区域 ( $N$  由用户根据要求自行设定)。在各区域分隔线的周围区域内开始扫描, 根据半径上灰度之和最大, 定位出刻度线比较明显的几个大刻度, 比如图6中的 0, 50, 100, 150 等刻度。

以中心点为圆心, 从  $I_{\min}$  刻度线开始到  $I_{\max}$  刻度线搜索整个扇形区域, 搜索时转动角度为  $0.5^\circ$ , 记录转动半径上所有灰度之和大于  $0.8$  倍最大灰度值  $h_{\max}$  时的角度, 如图7所示。设此角度的最小值为  $\alpha_1$ , 此角度的最大值为  $\alpha_3$ 。令  $\alpha_2 = (\alpha_1 + \alpha_3)/2$ , 则角  $\alpha_2$  决定的射线即是所要定位的指针的具体位置。

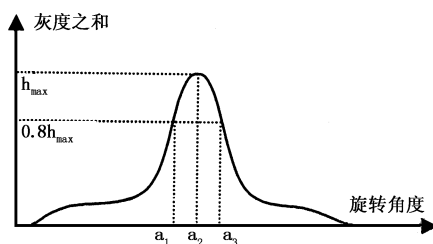


图7 旋转角上灰度之和

#### 2.5 第二最近法则在求指针值中的应用

具体由大刻度求指针值时, 若指针与大刻度靠

得太近甚至重叠时, 电脑会把指针误判为刻度。因此文章在大刻度线求指针值的基础上, 根据指针与离它第二最近大刻度线之间的夹角来计算指针具体所指的刻度值。

设  $m, n = 0, 1, 2, \dots$  分代表图6中仪表大刻度 0, 50, 100,  $\dots$ 。设  $\beta$  为指针与  $I_{\min}$  刻度线的夹角, 又设  $\Delta$  为  $I_{\max}$  刻度线与  $I_{\min}$  刻度线的夹角。

$$m = \left\lfloor \frac{N\beta}{\Delta} + 0.5 \right\rfloor \quad n = \left\lfloor \frac{N\beta}{\Delta} \right\rfloor \quad (3)$$

其中,  $\lfloor \cdot \rfloor$  表示去小数部分取整。

(1) 如果  $m = n$ , 说明指针离比它值小一点的那个刻度近, 精确定位出它右边那个大刻度, 然后按式(4)求指针在仪表上所指的值  $I_0$ 。

$$I_0 = \left( \frac{n+1}{N} - \frac{\frac{n+1}{N}\Delta - \beta}{\Delta} \right) (I_{\max} - I_{\min}) \quad (4)$$

(2) 如果  $m \neq n$ , 说明指针  $I_0$  离它右边的那个刻度近, 精确定位出它左边的那个刻度, 然后按式(5)求  $I_0$ 。

$$I_0 = \left( \frac{n}{N} + \frac{\beta - \frac{n}{N}\Delta}{\Delta} \right) (I_{\max} - I_{\min}) \quad (5)$$

### 3 系统的硬件设计

该识别系统硬件主要由图像采集模块、表盘识别模块组成。其中图像采集模块主要由被测仪表和摄像机组成, 表盘识别模块主要由图像采集卡、PC机、报警装置等组成。系统的框架组成如图8所示。

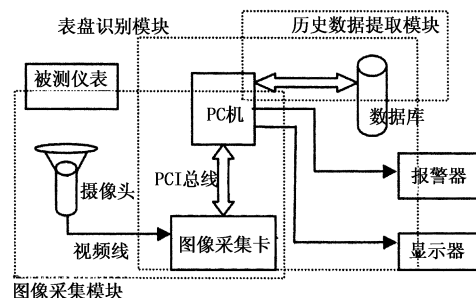


图8 系统组成

图像采集模块由被测仪表、摄像机、远程视频线、图像采集卡等组成。为采集到清晰的表盘图像, 应尽量使用高清晰度的摄像机且使表盘面充满图像窗口。在试验中采用的是 JVC 公司的 TK-C1381 型号摄像, 图像采集卡采用天敏公司的 SDK2000, 利用图像采集卡的二次开发包直接采集到图像的序列帧。为满足多路监控的要求, 也可使用多路采集卡, 实现一台 PC 机同时远程监控多个仪表的功能。

#### 4 系统的软件设计

在表盘识别模块中进行数字图像的分析处理和表盘的识别,并在软件界面上给出一个指针数值显示框、动态模拟表盘和动态跟踪曲线图。在软件系统中可根据预先设置的门限值对识别出的读数进行分析,并记录仪表读数和时时间信息。若读数超出门限值,则报警并记录报警起止时间,从而实现仪表的自动读数记录和自动监控功能,图9所示为仪表识别模块的界面图。

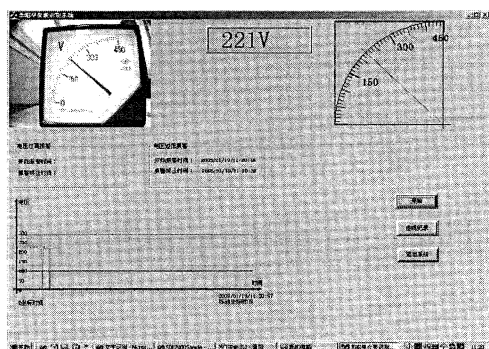


图9 仪表识别模块界面图

历史数据提取模块用来调用历史数据中的识别结果和当时发生事件的时间,绘制不同时间要求的日曲线、月曲线和年曲线并提供此段时间内的具体报警时间表。历史数据提取界面图如图10所示。

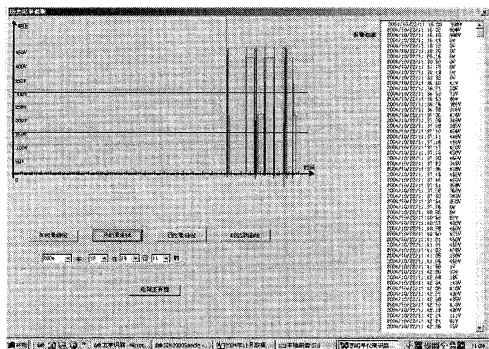


图10 历史数据提取界面图

#### 5 实验与结论

对于本文重点描述的电压伏特计,识别参数取  $I_{\min}=0, I_{\max}=450, \Delta=90^\circ, N=9$ 。在现场环境下对该系统在伏特表的输出为150V,170V,190V,210V,230V,250V,270V,290V,310V,330V,350V,370V,390V,410V这14组值进行了判别。判别的数据如表1所示。

由于所选用的伏特表的最小刻度为10V,可知系统绝对误差低于半个最小刻度线(5V),相对误差小于3.0%,精确性良好。

表1 该系统对伏特表输出的14组值的判别数据

| 伏特表的实际<br>读数/V | 系统的判别<br>值/V | 绝对误差<br>/V | 相对误差/% |
|----------------|--------------|------------|--------|
| 150            | 152          | 2          | 1.3    |
| 170            | 174          | 4          | 2.4    |
| 190            | 188          | 2          | 1.1    |
| 210            | 213          | 3          | 1.4    |
| 230            | 235          | 5          | 2.2    |
| 250            | 250          | 0          | 0.0    |
| 270            | 268          | 2          | 0.7    |
| 290            | 293          | 3          | 1.0    |
| 310            | 307          | 3          | 1.0    |
| 330            | 332          | 2          | 0.6    |
| 350            | 355          | 5          | 1.4    |
| 370            | 374          | 4          | 1.1    |
| 390            | 386          | 4          | 1.0    |
| 410            | 415          | 5          | 1.2    |

本文所设计的表盘自动识别系统主要针对扇形伏特计设计算法。对于其他不同的扇形或其他形式的仪表也有重要的参考价值。比如万用表的识别,也是首先找到中心点,再根据相应部分调整扇形环,重新调整其他的输入参数,即可得识别的结果。对横向移动的指针式频率计的识别,相对来说更容易一些,只需直接在矩形区域内横向搜索识别即可。由于篇幅所限,本文就不详细介绍了。

综上所述,本文所设计的指针式仪表识别系统有较高的精度,并且对一些非扇形的仪表也有较好的参考性。

#### 参考文献:

- [1] 戴亚文,王三武,李金龙. 基于图像处理技术复杂仪表的自动识别[J]. 计量技术,2003,12:33-35.
- [2] 杨耀权,越艳琴,何晓燕,等. 基于计算机视觉技术的指针式仪表自动检定方法[J]. 仪器仪表学报,2001,1:234-235.
- [3] F Correa Alegria, A Cruz Serra. Automatic calibration of analog and digital measuring instruments using computer vision[J]. IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, 2002, 49(1): 94-99.
- [4] D G Jarret. Automated guarded bridge for calibration of mul-time gohmstandard resistors from 1M to 1T[J]. IEEE Tran. Instrum. Meas., 1997, 46:325-328.
- [5] Czny J. A computational approach to edge detection[J]. IEEE-PAMI, 1986, 8:679-698.