

## 车牌自动识别系统设计

王美琴<sup>1,2</sup>, 易 敏<sup>1</sup>, 关财忠<sup>1</sup>, 王茗祎<sup>1</sup>

(1. 佛山科学技术学院 物理与光电工程学院, 广东 佛山 528000;

2. 深圳大学 物理与光电工程学院, 广东 深圳 518060)

**摘 要:** 针对地下停车场找车难的问题, 设计了一种适用于地下停车场的车牌自动识别系统, 为自动寻车功能提供数据支持。首先, 采用 HSV 颜色分割与 SVM-Sobel 边缘检测相结合的方法获取车牌区域, 提高了车牌定位的可靠性; 而后采用一种基于 Radon 变换与中心投影相结合的方法, 实现倾斜和畸变车牌的校正; 最后, 采用机器学习训练字符模板来识别字符。对设计车牌识别系统进行了不同拍摄角度、拍摄距离、光线强度等条件的测试以及效率测试, 车牌定位、校正、字符识别成功率分别可达 98.5%, 99.0%, 98.1%, 系统识别车牌平均耗时 4s, 可较好实现地下停车场的车牌识别功能。

**关键词:** 车牌识别; 车牌定位; 畸变校正; 机器学习

DOI: 10.3969/j.issn.1671-1041.2020.10.002

中图分类号: TP391.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-1041(2020)10-0005-05

## Design of Automatic License Plate Recognition System

Wang Meiqin<sup>1,2</sup>, Yi Min<sup>1</sup>, Guan Caizhong<sup>1</sup>, Wang Mingyi<sup>1</sup>

(1. Foshan University, School of Physics and Optoelectronic Engineering, Guangdong, Foshan, 528000, China; 2. Shenzhen University, School of Physics and Optoelectronic Engineering, Guangdong, Shenzhen, 518060, China)

**Abstract:** To solve the problem of finding the owner's car difficultly in an underground parking lot, designed an automatic license plate recognition system suitable for underground parking lots, which could provide data support for the function of finding the owner's car automatically. Firstly, used the method of combining HSV color space and SVM-Sobel edge detection to obtain the license plate area, which improved the reliability of locating license plate; Secondly, a method, combining the Radon Transform and center projection, was used to regulate the oblique and distorted license plate; Finally, the machine learning was used to train character templates for recognizing characters of license plate. Not only being done the efficiency tests, this license plate recognition system was also tested under the circumstances of different shooting angles, different shooting distances, insufficient light and sufficient light. These experiments show that the accuracy of locating, correcting license plate and recognizing its characters can reach 98.5%, 99.0% and 98.1% respectively and the average time to recognize a license plate is 4 seconds, which can recognize license plates better on underground parking lots.

**Key words:** license plate recognition; license plate positioning; distortion correction; machine learning

### 0 引言

车牌识别技术是指可自动检测车牌和获取车牌信息

的技术, 是图像处理和智能运输系统领域中非常活跃的研究主题<sup>[1]</sup>。该技术可应用在交通道路疏通、违章车辆

收稿日期: 2020-06-15

基金项目: 广东省自然科学基金(2017A030313386); 佛山科学技术学院学术基金(xsjj202005kjb02、xsjj202005kjb08)。

作者简介: 王美琴(1997-), 女, 广东湛江人, 本科, 学生, 研究方向: 超分辨率成像。

通讯作者: 王茗祎(1987-), 女, 哈尔滨人, 博士研究生, 副教授, 教师, 研究方向: 成像与检测。

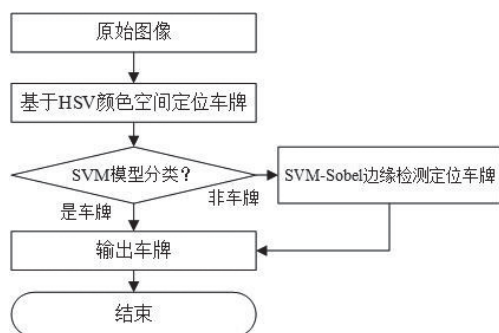


图1 车牌定位流程图

Fig.1 Flow chart of locating license plate



(a) 原始车辆图像

(b) 颜色分割定位的车牌

图2 基于HSV颜色分割车牌定位图

Fig.2 Diagram of locating license plate based on HSV color segmentation arithmetic

拍照<sup>[2]</sup>、停车场收费管理<sup>[3]</sup>等领域,以降低人工成本和提高交通管理的效率。该技术包括三部分,分别为车牌定位、车牌校正和字符识别。车牌定位法有边缘检测<sup>[4]</sup>、颜色分割<sup>[5]</sup>等算法。基于边缘检测的车牌定位法实时性和降噪效果好,但易受矩形背景图像和车牌倾斜的干扰;基于颜色车牌定位法,根据车牌的底色可以快速准确地定位车牌,但不适用车牌与车辆颜色相似的情况。车牌校正法有 Radon 和 Hough 变换校正<sup>[6]</sup>,Hough 变换速度较快,但 Radon 比 Hough 变换更准确、依赖性小。车牌字符识别法有基于神经网络<sup>[7]</sup>、机器学习的字符识别法。基于神经网络的字符识别算法抗干扰能力强,但需建立大量的训练样本集才有理想的识别效果;基于机器学习字符识别算法不需建立大量的训练样本集也可以快速、准确地识别字符。

论文主要在车牌定位、校正和识别 3 个方面做了改进,分别采用 HSV 颜色分割结合 SVM-Sobel 边缘检测法定位车牌、Radon 变换结合中心投影法校正车牌和机器学习模型识别车牌字符。对设计车牌识别系统进行了不同拍摄角度、拍摄距离、光线强度等条件的测试以及效率测试,车牌定位、校正、字符识别成功率分别可达 98.5%, 99.0%, 98.1%, 系统识别车牌平均耗时 4s。实践表明,该系统可为地下停车场的停车查询终端提供数据支持,解决了在无明显特征的大型地下停车场中,当车主忘记泊车位置时,如何快速准确地找到自己的车的难题。

## 1 车牌识别系统的设计

车牌识别系统包括三部分,分别为车牌定位、车牌校正和字符识别。车牌定位即确定车牌在车辆图像中的方位并将其截取出来;车牌校正即校正倾斜和畸变的车牌;字符识别即自动识别车牌字符,获得车牌号。

### 1.1 车牌定位算法的研究

本文采用 HSV 颜色分割与 SVM-Sobel 边缘检测相结合

的方法定位车牌。车牌定位算法第一步是采用 HSV 颜色分割定位车牌,当光线分布程度失衡或车辆与车牌颜色相似导致车牌定位失败时,第二步则采用 SVM-Sobel 边缘检测法定位车牌<sup>[8]</sup>,即根据 SVM 分类模型的判断结果调整 Sobel 边缘检测阈值,实现对车牌的精确定位。车牌定位流程如图 1 所示。

在 RGB 颜色空间中,人眼难以判断相似颜色的差异,而在 HSV 颜色空间中,两种颜色非相似的程度可通过计算两点颜色的距离而获得<sup>[8]</sup>,所以在 HSV 空间中更有利于车牌区域的提取。基于 HSV 颜色空间定位车牌的流程包括 3 个步骤,分别为将 RGB 转 HSV 空间,基于水平和垂直投影分割车牌和归一化,最终获取车牌区域。效果如图 2 所示。

在被样本空间映射的高维空间中,支持向量机(SVM)将结构风险降至最低而构建最合适的分类超平面。SVM 不仅有较高的准确率,且相比神经网络模型,SVM 数据处理的速度更快<sup>[9]</sup>。SVM 车牌分类模型的训练分三部分:首先,将手动截取和 HSV 颜色空间获取的车牌和伪车牌归一化大小,获得 250 张车牌、675 张伪车牌,并将它们存放在两个不同的文件夹;其次,编写程序读取所有图像并对其滤波及二值化,而后将其转为行矩阵,以文件夹的命名为标签置于对应行矩阵最后;最后,将数据导入 SVM 模型,训练样本数据。训练得到的模型识别正确率为 97.6%。

SVM-Sobel 边缘检测车牌定位算法由图像预处理和 SVM-Sobel 边缘检测两部分组成。图像预处理包括加权平均值法灰度化、中值滤波和灰度拉伸,使车牌区域更突出。不同环境下能将车牌与背景分离的 Sobel 边缘检测阈值不同。因此,本文将 Sobel 边缘检测与 SVM 模型结合,根据 SVM 模型对 Sobel 边缘检测获取的车牌候选区域的判断结果设定最佳边缘检测阈值。据测试,设置边缘检测阈值的范围为 0.02 ~ 0.35,能取得较高的车牌定位正确率。图 3 为该算法流程。

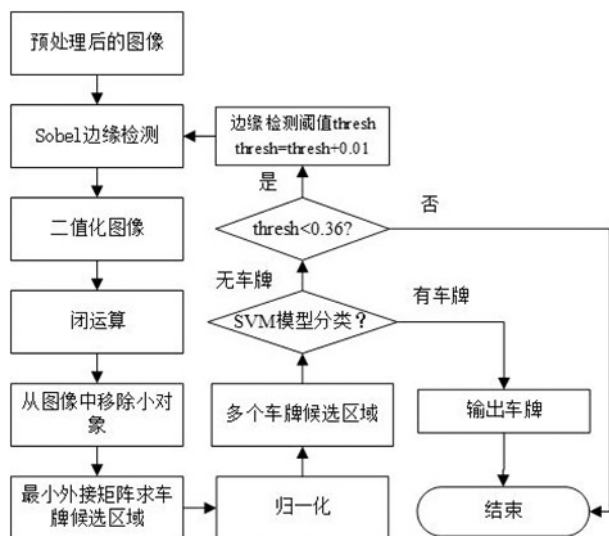


图3 SVM-Sobel边缘检测车牌定位流程

Fig.3 Flow chart of locating license plate based on SVM-Sobel edge detection arithmetic

SVM-Sobel 边缘检测算法包括 Sobel 边缘检测、二值化、闭运算、去干扰、最小外接矩形求取车牌候选区域、SVM 模型分类真伪车牌。

#### 1) Sobel 边缘检测

调用“BW=edge(J,'sobel',thresh)”函数实现 Sobel 边缘检测。其中，J 是预处理后灰度图像，BW 是边缘检测后的图像。thresh 是边缘检测的阈值，范围从 0 ~ 1，阈值越小，可获得更多图像轮廓细节。

2) 图像二值化、闭运算、去干扰和最小外接矩形求车牌候选区域

将边缘检测后的车辆图像二值化，可简化计算。闭运算可填补轮廓边缘细小的断痕，可选择  $3 \times 20$  的矩形模板作为结构元素进行闭运算。为减少干扰，调用“BW2=bwareaopen(BW,P)”函数，移除像素点 P 少于 800 的小面积对象。因车牌区域是矩形，调用 regionprops 函数筛选符合车牌的宽高比的矩形区域。中国车牌的宽高尺寸一般为  $440\text{mm} \times 140\text{mm}$ ，所以设定宽高比区间为  $[3.15 \times 0.7, 3.15 \times 1.3]^{[10]}$ ，截取和保存符合该特征的矩形区域。

#### 3) SVM 模型分类真伪车牌

设 Sobel 边缘检测阈值初始值为 0.02，使用 SVM 模型对获得的多个车牌候选区域进行判断，若其中有车牌，则输出车牌，否则增加 Sobel 边缘检测阈值，进行新一轮边缘提取及车牌真假的判断。通过 SVM 判断模型，从多个车牌候选区域中获取车牌效果如图 4 所示。

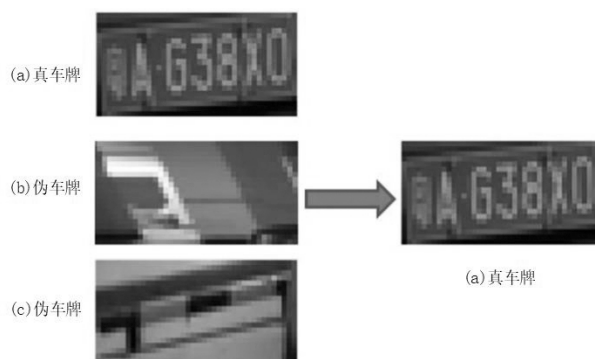


图4 从车牌候选区选出车牌

Fig.4 Diagram of selecting license plate from candidate areas

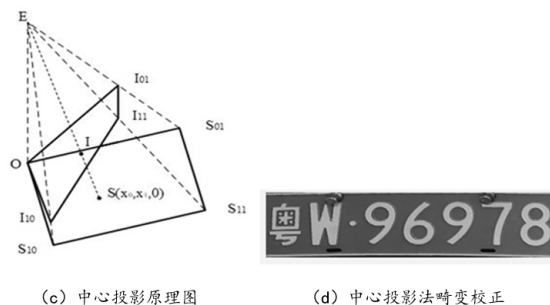
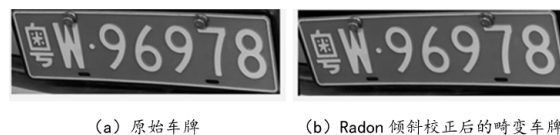


图5 车牌校正

Fig.5 License plate correction

## 1.2 车牌校正算法研究

Radon 变换可校正倾斜车牌，当 Radon 校正后字符依然倾斜，说明车牌畸变，则采用中心投影法进行畸变校正。

以原始图像的中心为原点，Radon 变换将在原平面内的点映射到特定径向坐标 P 与角度  $\theta$  组成平面上。Radon 变换校正车牌可分为 3 个步骤。首先，为提高后续车牌边缘提取的速度及精准度，需对车牌进行灰度化和滤波处理后再检测车牌边缘；其次，调用 Radon 函数，获得车牌上边界的倾斜角度；最后，采用双线性插值法校正倾斜车牌。校正效果如图 5 (b) 所示。

中心投影法 (Perspective Mapping) 可将任意四边形的车牌区域映射到矩形区域从而进行畸变校正。如图 5 (c)

所示,由点  $O, I_{10}, I_{11}, I_{01}$  组成的任意四边形的畸变车牌经过中心投影法可以映射到由  $O, S_{10}, S_{11}, S_{01}$  所组成的矩形区域。图 5 (b) 畸变校正后得到图 5 (d)。

畸变车牌中的任意一点  $I$  映射到矩形区域任意一点  $S$ ,  $S$  可表示为:

$$S = x_0 \cdot S_{10} + x_1 \cdot S_{01} \quad (1)$$

同理,畸变车牌中的任意一点  $I$  可表示为 ( $y_0$  和  $y_1$  为未知系数,  $a_0$  和  $a_1$  为畸变车牌所确定的常数):

$$I = y_0 \cdot I_{10} + y_1 \cdot I_{01} \quad (2)$$

$$I_{11} = a_0 \cdot I_{10} + a_1 \cdot I_{01} \quad (3)$$

根据各向量之间的关系,最终可得畸变车牌与矩形区域的映射关系:

$$(y_0, y_1) = \frac{(a_0 x_0 + a_1 x_1)}{(a_0 + a_1 - 1) + (1 - a_1) x_0 + (1 - a_0) x_1} \quad (4)$$

设定输出矩形区域大小后,可由 (1) 式可确定  $x_0$  和  $x_1$ 。获取畸变车牌的 4 个顶点坐标后,可通过 (3) 式计算得到  $a_0$  和  $a_1$ 。将已知的  $a_0, a_1, x_0, x_1$  代入 (4) 式,即可得到  $y_0, y_1$  的值。将  $y_0, y_1$  代入 (2) 式,可获得  $I$  点的坐标。将畸变的车牌图像  $I$  点的灰度值赋值到矩形区域  $S$  点,即可校正畸变车牌。

求取车牌 4 个顶点的坐标包括两步骤:首先,在 HSV 颜色空间中确定车牌的上下边框的位置(防止倾斜车牌背景的干扰);其次,将车牌分割成 4 份等宽的区域,在最左和最右的区域中利用四边形对角线最长的特点,分别可获车牌的左上、左下和右上、右下的坐标。

### 1.3 车牌字符识别算法研究

车牌字符识别流程如图 6 所示。为降低外界的干扰,首先需要在校正后的车牌区域进行图像预处理,即灰度化处理、中值滤波和二值化;其次,为正确分割车牌字符,需去除车牌边框、铆钉和间隔符(车牌图像的第 2 和第 3 个字符之间的圆点图形);最后,本文采用机器学习模型识别车牌字符。

根据对像素点的逐行和逐列扫描,可确定字符的位置从而去除车牌的外边框与铆钉<sup>[11]</sup>。从车牌高度的一半处,分别向上和向下行扫描,记录首个白色像素点数少于 32 的行数,即字符上、下界线的位置。一般民用车辆的车牌宽 440mm,字符宽 45mm,字符间距宽 12mm,则车牌宽度的 16/440、406/440 处分别为第一个字符和最后字符的位置。在这两个位置分别向左和向右列扫描,记录首个白色像素点数少于 3 时的列数,即车牌字符左右侧的界线。截取上、下、左右的字符边界范围内的图像,可去除车牌外边框和铆钉。效果如图 7 (b) 所示。

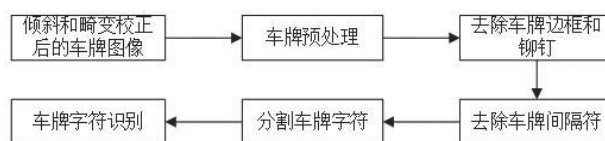


图6 车牌字符识别流程图

Fig.6 Flow chart of recognizing the characters of license plate

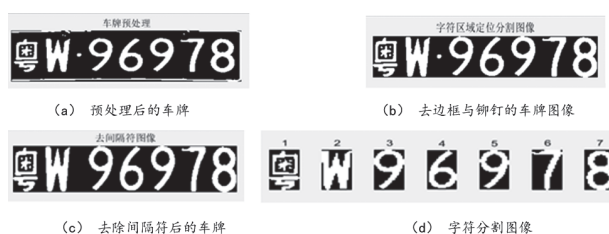


图7 车牌字符处理过程

Fig.7 License plate characters processing

间隔符的存在会使程序误判其为车牌字符,使得字符切割错误。去除边框后,车牌宽 409mm,间隔符(10mm)在 2 个宽 45mm 字符和宽 12mm 字符间距之后,即字符区域 119/409 处<sup>[11]</sup>,即字符区域的 0.29 处。经测试,因拍摄距离和角度不同,间隔符也可能在整个字符区域长度的 0.3 或 0.28 处。依次判断这 3 个位置的白色像素点数是否非零,记非零的位置为间隔符所处位置。从间隔符的位置向左右两侧列扫描,记录左右两侧第一个白色像素点数小于 1 的列数,将两列之间的图像矩阵置 0,即可去除间隔符。效果如图 7 (c) 所示。

采用列扫描与字符宽度的约束可实现车牌字符的分割。车牌第一个字符是汉字,由于个别汉字笔画不连续,需进行字符是否断裂和字符是否粘连两种判断。剩余 6 个字符由字母和数字组成,笔画连贯,只需进行字符是否粘连的判断。字符分割如图 7 (d) 所示。

有监督的机器学习训练模型可以验证和分为二类问题或多类问题。通过同时训练多个机器学习模型,训练完成后比较它们的验证误差,可选择出最佳模型,进而实现高准确率的车牌字符识别功能。车牌字符识别步骤包括制作训练样本集、训练模型与最优模型选取、预测字符。

#### 1) 制作训练样本集

因车牌首个字符是汉字,后续 6 个字符是字母与数字的随机组合,则将汉字与字母数字分开训练。每个字符的训练需要 50 张字符模板并且以该字符名作为文件夹命名。



表1 车牌定位法的测试结果  
Table 1 Test results of license plate positioning methods

车辆情况（每种情况 65 张）	HSV 成功率/（%）	SVM-Sobel 成功率/（%）	HSV+SVM-Sobel 成功率/（%）
暗、车牌与车身不同颜色、倾斜	96.9	33.3	97.0
暗、车牌与车身不同颜色、正面	98.5	94.0	98.5
亮、车牌与车身不同颜色、倾斜	98.5	35.0	98.5
亮、车牌与车身不同颜色、正面	100	96.9	100
暗、车牌与车身同颜色、倾斜	0.3	31.6	31.6
暗、车牌与车身同颜色、正面	1.0	95.3	95.3
亮、车牌与车身同颜色、倾斜	0	33.3	33.3
亮、车牌与车身同颜色、正面	0	97.0	97.0

表2 200张车牌校正测试结果  
Table 2 Test results of correcting license plate

车牌校正的方法	Radon 变换法	中心投影法	Radon+中心投影法
成功校正的张数/ （张）	171	186	198
校正成功率/（%）	85.5	93.0	99.0

表3 字符识别结果  
Table 3 Test results of recognizing license plate characters

原始车牌	识别车牌	错误字符	汉字正确率 /（%）	数字正确率 /（%）	字母正确率 /（%）	车牌正确率 /（%）
粤 W96978	粤 W96978	无	99	98.3	98.1	98.1
浙 C88888	浙 C88888	8				
.....						
苏 GD0001	苏 GD0001	无				
陕 A667BS	陕 A667BS	无				

编写程序读取所有图像并对其滤波、二值化，而后将其转为行矩阵，以文件夹的命名为标签置于对应行矩阵最后。

2) 模型训练与最优模型选取

将数据导入 Classification learner APP 中，运行全部训练模型，待模型训练完毕，将识别率最高的模型导出。

3) 字符预测

归一化切割出来的字符，并将其图像矩阵转为行矩阵，用训练好的机器学习模型对该字符进行预测。

2 车牌识别系统的测试与分析

以不同角度、距离、光线强度拍摄的 700 张地下停车场车辆图像为测试样本，从车牌定位、车牌校正和字符识别 3 个方面对论文设计的系统进行效果测试。

2.1 车牌定位结果分析

测试 520 张不同情况的车辆，HSV 颜色空间车牌定位法、SVM-Sobel 边缘检测车牌定位法和两种方法的结合的定位结果见表 1。

由表 1 可知，以上 3 种定位法在亮暗环境都适用。在 SVM 颜色空间无法定位车身与车牌颜色相似的车牌，SVM-Sobel 边缘检测法易受车牌倾斜程度的影响。针对非车身与车牌颜色一致且倾斜的车辆，两种方法的结合的定位成功率基本可达 97.0% ~ 98.5%。

2.2 车牌校正结果分析

对 200 张倾斜或畸变的车牌进行校正。校正结果见表 2。Radon 变换只能对车牌进行旋转校正，适用性低。中心投影法的校正效果比 Radon 变换效果好，但有少部分车牌

因过于倾斜而无法正确获取车牌 4 个顶点坐标进而导致校正失败。Radon 变换结合中心投影法校正车牌，可以在一定程度上弥补这两种方法单独使用时的缺陷，校正成功率达 99.0%。

2.3 基于机器学习的车牌字符识别结果分析

从表 3 可看出，测试 200 张车牌分割出的字符，k 近邻（k-nearest neighbor）模型的汉字识别正确率可达 99%。SVM 模型的数字和字母识别率可达 98.1%。在 KNN 模型中，只要汉字不过于残缺或扭曲，基本可被识别。在 SVM 模型中，个别数字或字母容易混淆，比如 8 和 B，0 和 D，G 和 Q。综合两种模型的判断结果，车牌字符识别正确率为 98.1%。

3 总结与展望

本文设计车牌识别系统能够较好地实现地下停车场的车牌识别功能，但依然存在需改进之处。在车牌定位方面，本文所采取的方法针对车牌与车身颜色相同的倾斜车牌的定位成功率较低，需继续完善算法。在车牌校正方面，可采用更合适的算法直接提取车牌 4 个顶点坐标。在车牌字符识别方面，为提高字符识别正确率，训练样本可以加入一定数量的倾斜或笔画稍微残缺的字符。改善后，该系统有望应用在高速公路收费，违章车辆拍照和违法车辆跟踪等领域。

（下转第40页）

表2 处理后的喘振点数据  
Table 2 Surging point data after processing

工况	差压	容积流量	压比	转速
105%转速	3.31	292.5	2.139	7765
80%转速	1.891	222.85	1.582	5916
100%转速	3.003	278.57	2.005	7395

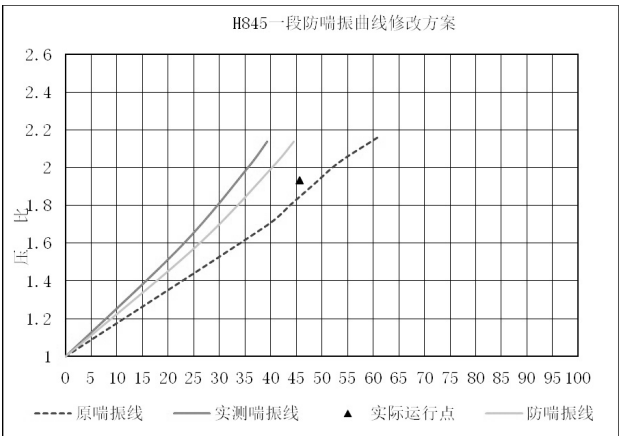


图2 修改后的防喘振线  
Fig.2 Modified anti-surge line

3.4 防喘振改造后效果

经过防喘振线重新测定，在机组喘振时可以保证防喘振阀打开，消除了隐患，保证了该压缩机的安全平稳运行。

解析气压缩机防喘振系统改造后，压缩机在同等工况下，防喘振阀门关小至 35%，防喘振流量下降了 3000Nm<sup>3</sup>/h，降低了电机功率消耗，同时保证了机组的安全运行。在同等工况下，6000V 电机电流由原来的 300A 降低至 270A，按装置年运行 8000h 计算，年消耗电量减少 1995264KWH。以价格约 0.6 元 / 度，每年可节约费用 199.5 万元。同时可以推广至全厂各离心式压缩机，根据实际生产数据，在线修订防喘振线及工作点，减小防喘振阀开度，降低装置能耗。

4 结束语

喘振是离心压缩机的固有特性，具有较大的危害<sup>[2]</sup>。

此次经过防喘振线重新测定，在机组喘振时可以保证防喘振阀打开，消除了隐患，保证了该压缩机的安全平稳运行。此外通过改造，该机组的防喘振阀门大幅度关小，大幅度减少了机组能耗。通过此次改造可以证明在线修订离心式压缩机防喘振线的方法是有效的。

参考文献:

[1] 刘奇,杨富来.柴油加氢循环氢压缩机防喘振线的修正[J].风机技术,2013(3).  
[2] 魏龙,常新忠,滕文锐.离心压缩机喘振分析及实例[J].通用机械,2003(7).

(上接第9页)

参考文献:

[1] Naito T, Tsukada T, Yamada K, et al. Moving-vehicle license plate recognition method robust to changes in lighting conditions[J]. Systems & Computers in Japan,2000,31(11):82-91.  
[2] 韩广广.智能交通收费技术探索与思考[C].2019年中国城市交通规划年会,2019.  
[3] 邹俊.如何加强ETCP系统收费模式下停车场收费管控[J].内江科技,2020,41(02):15-16.  
[4] 吴伟,杨晓敏,何小海,等.一种边缘检测与扫描线相结合的车牌定位算法[J].电子技术应用,2005, 31(02):43-46.  
[5] 郭大波,陈礼民,卢朝阳,等.基于车牌底色识别的车牌定位方法[J].计算机工程与设计,2003, 24(005):81-84.  
[6] 芮挺,沈春林,张金林.车牌识别中倾斜牌照的快速矫正算法[J].计算机工程,2004,30(13):122-124.  
[7] 赵志宏,杨绍普,马增强.基于卷积神经网络LeNet-5的车牌字符识别研究[J].系统仿真学报,2010, 22(03):638-641.  
[8] 侯向宁,刘华春.基于颜色分割与Sobel算子相结合的车牌定位[J].计算机技术与发展,2018, 28(08):156-159.  
[9] 张昊杰.基于SVM的字符识别研究[J].电子制作,2018(22):83-86.  
[10] 黄辰阳,傅惠南,何金彬,等.结合跳变法和SVM的车牌精确定位方法[J].工业控制计算机,2018, 31(07):115-117.  
[11] 李亨.车牌识别系统的开发研究[D].西安:长安大学,2013.