

基于机器视觉的电力设备铭牌信息 智能识别方法

海钰旋 杨 宸 张晓彤 张文杰
(国网平凉供电公司)

摘要：为优化电力设备铭牌信息识别效果，提高信息读取的效率和准确性，利用机器视觉，开展电力设备铭牌信息智能识别方法研究。首先，获取电力设备铭牌的原始图像，对数据进行深度清洗和图像增广预处理。其次，分割铭牌图像与字符，为文本信息识别提供有力支持。在此基础上，利用机器视觉技术，全方位、多维度识别铭牌文本信息。实验结果表明，提出方法应用后，能够准确识别出铭牌的信息，且平均每个铭牌的识别时间均不超过 0.55s，识别速度得到显著提升，能够实现对电力设备铭牌信息的快速识别。

关键词：机器视觉；电力设备；铭牌；信息；智能；识别

0 引言

智能电网的飞速发展对电力设备提出了更高的技术要求，这些设备不仅需要具备更高的信息化、智能化水平，还要能够实时、精准地传递设备状态和运行数据，以满足电网高效、稳定运行的需求。然而，与此同时，电力设备的种类和数量正呈现爆发式增长，这给铭牌信息的管理和维护带来前所未有的压力和挑战。电力设备铭牌是设备身份的象征，包含设备的基本信息、技术参数、生产厂家等重要数据，对于设备的日常维护、故障排查、资产管理等方面都具有不可替代的价值。目前，已有一些学者和机构对电力设备铭牌信息识别方法进行研究和探索，在图像处理、特征提取、字符识别等方面，取得了一定的成果。然而，由于电力设备铭牌图像的复杂性和多样性，传统的识别方法在实际应用中仍然存在缺陷。其中，文献 [1] 提出识别方法无法适应铭牌信息格式和

内容的动态变化，导致信息无法准确读取。文献 [2] 提出识别方法在大量设备需要管理的情况下，耗时且效率低下，铭牌信息的读取容易出现错误，影响数据的准确性。

在电力系统的运行与管理中，机器视觉技术正展现出其独特的价值。它不仅显著提升信息读取的效率和精准度，有效减少人为操作可能带来的误差，而且能够实现信息的自动化处理和存储，从而大幅提升电力系统的信息化、智能化管理水平^[3]。因此，本文利用机器视觉，提出一种高效的电力设备铭牌信息智能识别方法，旨在解决传统信息管理方式存在的问题，提高铭牌信息获取的效率和准确性，为电力设备的全生命周期管理提供有力支持。

1 电力设备铭牌信息智能识别方法设计

1.1 电力设备铭牌图像预处理

使用扫描仪，获取电力设备铭牌的原始图像，确保图像采集过程中，铭牌内容清晰可见，避免任何模糊、反光或遮挡等潜在干扰因素^[4]。为了智能识别电力设备铭牌上的信息，对获取的图像数据进行一系列预处理操作。这些预处理措施涵盖数据的深度清洗和图像增广，旨在优化图像质量，提升后续信息识别处理的效率和精准度，为后续的智能识别工作奠定坚实的基础。电力设备铭牌图像预处理流程如图 1 所示。

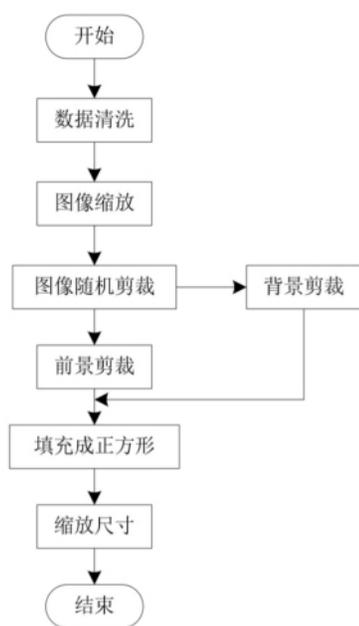


图 1 铭牌图像预处理流程

如图 1 所示，字符识别前的首要步骤是加载并整理标注信息文件。在此过程中，尤为注重文本标注框数据的清洗工作。首先，检查每一个标注框，特别关注那些可能存在的不规范之处，如矩形框的顶点顺序错误或标注框的尺寸过小等，并将这些不符合规范的标注框进行识别和移除^[5]。

完成数据清洗后，采用随机增广技术来扩展图像的训练数据集。首先，使用四种不同的缩放比例（0.5，1，2，3）对原始图像进行随机缩放，并在缩放后的图像上进行随机剪裁^[6]。这一操作旨在生成更多的

正样本（即包含文本的图像部分）和负样本（即不包含文本的图像背景），为后续铭牌信息识别提供更丰富的训练数据。

在生成正负样本时，特别设定了正负样本的随机生成概率比为 5：3，确保模型在训练过程中能够充分学习到文本与背景的区别，从而提高后续字符识别的准确性。

最后，为了确保输入数据的一致性，将剪裁后的图像通过黑色填充的方式调整为正方形，并进一步缩放至智能识别系统所需的固定输入尺寸，保证输入数据的规范性，提高后续信息智能识别的处理效率和准确性。

1.2 铭牌图像与字符分割

电力设备铭牌图像预处理完毕后，对预处理后的铭牌图像与字符进行分割。选择铭牌图像灰度直方图的峰值位置作为阈值。使用选定的阈值对图像进行二值化处理，将图像的每个像素点的灰度值与阈值进行比较。如果 $f(x,y) > T$ ，则 $g(x,y)=1$ ，将该像素点设置为白色（或目标颜色）；否则 $g(x,y)=0$ ，将该像素点设置为黑色（或背景颜色）。式中， $f(x,y)$ 为输入铭牌图像的像素值， T 为设定的阈值， $g(x,y)$ 为输出铭牌图像的像素值。输出二值化处理结果，即为铭牌图像分割结果。

针对电力设备的铭牌图像，进一步开展深入的文本信息提取工作。在这一步骤中，专注于对铭牌图像中的字符进行精确的分割，以便捕捉并提取出铭牌上的文本信息特征。采取特定的区域选择策略，即精确定位待分割铭牌文本区域的左上角与右下角坐标。按照这一选定区域，对铭牌图像执行精确的行分割与字符间分割。首先沿着 y 轴方向对铭牌图像进行投影分析，统计图像中每个像素行上的非零像素点数，识别出文本行与字符之间的边界。在投影结果中，检测连续非零像素点区域从零到非零的突变点位置，这些位

置对应铭牌上不同行的边界，将铭牌图像分割成不同的行图像^[7]。其次，对每个分割出来的行图像进行单独处理。在行图像内，对每个字符在x轴方向进行投影，统计每个像素列上的非零像素点数。在投影结果中，与行分割类似，通过检测投影结果中非零像素点区域从非零到零的突变点位置，确定字符的左右边界位置，将行图像分割成不同的字符图像。

1.3 基于机器视觉的铭牌文本信息识别

铭牌图像与字符分割完毕后，在此基础上，利用机器视觉技术，对电力设备铭牌文本信息进行全方位的识别。

首先，利用机器视觉技术，从每个分割出的字符图像中提取出有助于分类的特征。电力设备铭牌矩形度特征提取公式如下：

$$K = \frac{S_m}{S_w} \quad (1)$$

式中，K为矩形度特征； S_m 为铭牌面积； S_w 为铭牌最小外接矩形面积。通过提取该特征，描述铭牌与矩形的相似程度。其次，统计图像中不同颜色出现的频率，生成颜色特征；统计图像中相邻像素对在特定方向和距离上的灰度级组合频率，生成纹理特征^[8]。在此基础上，基于机器视觉注意力，在铭牌信息识别时间步上分别生成向量 z_i ，作为铭牌信息解码的输入特征，其表达式如下：

$$z_i = \sum_{j=1}^K \alpha_{i,j} x_j \quad (2)$$

式中， $\alpha_{i,j}$ 为输入特征对应的权值； x_j 为电力设备铭牌原始特征。 z_i 编码了电力设备铭牌图像选定区域内重要性较高的信息，反映选定区域对文字识别结果的贡献程度。在机器视觉技术的支持下，完成字符图像的特征提取后，将捕获的字符图像转化为计算机能够理解的文本形式。为实现这一转变，采用一种基于模板匹配的方法。将分割出的单个字符与预先建立的字

符模板库进行详尽的比对。通过精确匹配，找到与待识别字符最为吻合的模板，进而确定该字符的具体内容。在模板匹配的过程中，运用相似性度量公式，量化字符与模板之间的匹配程度，如下：

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S^u(m, n) - T(m, n)| \quad (3)$$

式中， $S^u(m, n)$ 为待识别电力设备铭牌字符的灰度值； $T(m, n)$ 为模板字符的灰度值。通过上式，求得一个匹配值，将最佳匹配结果作为该电力设备铭牌字符图片代表的文本信息。

在此基础上，对识别出的铭牌文本信息进行后处理，确保识别结果的准确性和完整性。对于一些因分割错误而被分割成多个部分的字符或单词，需要进行合并处理，以恢复其原始形态。将经过后处理的识别结果以可编辑的文字内容形式输出，存储在数据库中，以便于后续的查询和管理。

2 实验分析

2.1 实验准备

实验样本对象主要来源于不同电力公司实际使用的电力设备铭牌。为了全面评估基于机器视觉的电力设备铭牌信息智能识别方法的性能，共选取300个电力设备的铭牌作为实验样本，样本分布如表1所示。

表1 实验样本分布

标号	电力设备	样本数量/个	铭牌特点
01	变压器	50	字体多为宋体，部分样本存在磨损、污损现象。
02	断路器	50	字体大小和样式各异，部分样本背景复杂，有图案或底色干扰。
03	隔离开关	50	字体多为标准字体，部分样本尺寸较小，字符排列紧密。
04	电容器	50	部分样本采用特殊颜色背景，字体大小和排列方式各异。
05	互感器	50	字体多为标准字体，部分样本存在反光现象。
06	电机	50	部分样本存在油污、灰尘等污染。

如表 1 所示，每种类型的设备均包含 50 个以上的样本，旨在模拟实际环境中的多样性和复杂性，为基于机器视觉的电力设备铭牌信息智能识别方法的研究和开发提供丰富的实验数据。

其次，设计实验环境配置参数，如表 2 所示。

表 2 铭牌信息智能识别环境配置参数

序号	配置	参数
1	摄像头	高清工业摄像头，分辨率达到 1920 × 1080
2	计算机	配备 Intel Core i7 处理器和 NVIDIA GTX 1080 Ti 显卡
3	操作系统	Windows 10 专业版
4	图像处理库	OpenCV
5	深度学习框架	TensorFlow

上述准备完毕后，应用本文提出的智能识别方法，对电力设备铭牌信息进行全方位识别，对识别结果进行验证。

2.2 识别结果分析

随机选取一张电力设备铭牌图像样本，如图 2 所示。



图 2 电力设备铭牌图像样本示意图

按照上文方法完成电力设备铭牌信息智能识别，识别结果如表 3 所示。

表 3 电力设备铭牌信息智能识别结果

序号	项目	识别结果
1	交流输入额定电压	380V
2	直流输出额定电压	750V
3	直流输出额定功率	100kW
4	出厂编号	KO1501800201
5	出厂日期	2015年5月

通过表 3，可以准确识别出电力设备铭牌图像样

本中的各项信息。在此基础上，选择将铭牌信息识别速度作为性能评估指标。将上文提出的智能识别方法设置为实验组，将文献 [1]、[2] 提出的两种常规识别方法分别设置为对照组 1 与对照组 2，对比三种方法在六种不同电力设备铭牌样本上的识别速度。对比结果如表 4 所示。

表 4 电力设备铭牌信息识别速度对比结果 (s/个)

标号	实验组	对照组 1	对照组 2
01	0.50	2.01	3.08
02	0.45	2.05	2.67
03	0.40	1.89	2.55
04	0.55	2.17	2.43
05	0.48	2.36	3.14
06	0.52	2.58	2.87

从上述对比结果可以看出，本文提出的基于机器视觉的智能识别方法在识别速度上显著优于两种传统方法。对于六种不同的电力设备铭牌样本，智能识别方法平均每个铭牌的识别时间均不超过 0.55s，而常规方法 1 和常规方法 2 的平均识别时间则分别超过 2.10s 和 2.70s。这表明本文提出的智能识别方法能够快速识别。在实时性要求高或需要处理大量铭牌的应用场景中，该识别方法将具有更大的优势。

3 结束语

在电力行业中，设备铭牌信息的准确识别对于设备的维护、管理和监控至关重要。随着机器视觉技术的飞速发展，基于机器视觉的电力设备铭牌信息智能识别方法已成为研究的热点。通过深入地研究与实验，本文成功地设计一种高效、准确的电力设备铭牌信息智能识别方法，该方法大大提高了识别效率。展望未来，将进一步优化和完善该识别方法，使其在电力行业发挥更加重要的作用，为实现铭牌信息的自动化、智能化识别作出更大贡献。

参考文献

- [1] 卫薇, 龙娜, 田钺, 等. 基于改进 DBNet 的电力设备铭牌文本检测方法研究 [J]. 高电压技术, 2023, 49 (S1): 63-67.
- [2] 翟晓卉, 孙凯, 赵吉福, 等. 基于 ResSE-SegNet 的智能电表通信模块铭牌检测与识别 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2023, 28 (2): 136-144.
- [3] 杨丽, 张硕, 薛亚许, 等. 基于概率神经网络的电力设备铭牌文本识别 [J]. 平顶山学院学报, 2023, 38 (2): 17-21.
- [4] 王道累, 康博, 朱瑞. 基于深度学习的电力设备铭牌文本检测方法 [J]. 图学学报, 2023, 44 (4): 691-698.
- [5] 王逸凡, 王佳宇, 仲林林, 等. 基于深度学习的电力设备铭牌文本识别 [J]. 电力工程技术, 2022, 41 (5): 210-218.
- [6] 刘影, 张忠宝, 张威, 等. 基于视觉注意力模型的电表铭牌识别研究 [J]. 电子器件, 2022, 45 (3): 623-627.
- [7] 胡洋, 石煌雄, 蒋作, 等. 基于分类模板数据库的电气铭牌识别 [J]. 现代电子技术, 2021, 44 (2): 96-100.
- [8] 石煌雄, 胡洋, 蒋作, 等. 基于深度学习的电气铭牌可变区域识别方法的研究 [J]. 云南民族大学学报 (自然科学版), 2020, 29 (4): 350-355.

(收稿日期: 2024-06-19)