

# 基于人工智能识别电系操作指令票系统的应用研究

陆增洁, 汪诗怡, 柴俊, 崔若涵, 姜文斌

(国网上海市电力公司市北供电公司, 上海 200070)

**摘要:** 操作票为操作人员停复役提供依据, 如果有大量的操作任务时, 工作人员需要反复填写并且核对操作票是否正确, 导致工作人员极其容易产生疲劳, 提高失误率, 并且由于识别的场景不固定, 文字布局多样, 因此增加了工作人员的工作难度。基于目标相似性算法、OCR 图像识别软件、Java 技术和 VUE 技术开发的一种电系操作指令票自动识别系统, 可以用来将用户指定的电系操作指令票识别为对应的操作票, 并且可以将操作票中固定位置的内容进行替换填写, 简化了工作人员的负担, 大大提高了工作效率。该系统使用的目标相似性算法的关键在于对图像中的文字提取和文字检测, 由于电系操作指令票是有固定格式的文件, 所以可以通过 Java 技术和目标相似性算法对识别到的文字信息进行关键字的提取, 然后将操作票中指定位置的内容替换为提取出的关键字, 减少工作人员的校验成本, 提升任务单转化为操作票的工作效率。通过 VUE 技术实现了该项目的可视化系统页面的构建, 增加了用户的可操作性和交互性。

**关键词:** 人工智能; 电系操作指令票; 目标相似性算法

## Application research of electric system operation instruction ticket recognition system based on artificial intelligence

LU Zengjie, WANG Shiyi, CHAI Jun, CUI Ruohan, JIANG Wenbin

(China Shanghai Municipal Electric Power Company North Power Supply Company, Shanghai 200072, China)

**Abstract:** The command sheet is the basis for the operator to stop and resume service. If there are a large number of operation tasks, the staff needs to fill in and check whether the command sheet is correct repeatedly, which leads to staff fatigue extremely easily and raises the error rate, and increases the work difficulty of the staff because the recognition scenes are not fixed and the text layout is various. Electric system operation instruction ticket recognition system based on the target similarity algorithm, OCR image recognition software, Java technology, VUE technology, can be used to identify the user electric system operation instruction ticket list into the corresponding command sheet, and can replace the contents of the fixed position in the command sheet to fill, simplify the burden of the staff, greatly improve the work efficiency. The key of the target similarity algorithm used in this system lies in the text extraction and text detection in the image. Since the electric system operation instruction ticket is a file with a fixed format, the keywords can be extracted from the recognized text information by Java technology and the target similarity algorithm, and then the contents of the specified position in the command sheet can be replaced with the extracted keywords, which reduces the cost of staff verification and improves the work efficiency of converting task orders into command sheet is improved. The visualization system page of the project is constructed by VUE technology, which increases the user actionable and interactivity.

**Key words:** artificial intelligence; electrical system operation instruction ticket; target similarity algorithm

0 引言

电网操作票是保证电力系统安全运行及管理的有效措施<sup>[1]</sup>。在电力系统运行中，通过倒闸操作可以对电力系统运行方式进行有效调整。倒闸操作是指实现电气设备在不同的运行状态间进行转换的一系列操作<sup>[2]</sup>。由于目前大多数情况下，将任务单转化为操作票的工作任务都是由人工进行操作，这种工作模式增加了工作人员的工作负担，同时由于该操作是重复进行的，所以极容易使工作人员产生疲劳感，造成一些不必要的失误。

操作票是电力系统中用来进行电气操作的书面依据，操作票的作用是确保正确迅速地完成任务，防止由于工作人员的误操作造成人身伤害、设备故障和停电事故。工作人员需要严格按照操作票进行倒闸操作，必须遵照倒闸操作的基本原则和规律，可以提高操作的效率，有效地防止误操作事故的发生。

目前市场上已有的文字识别系统无法对Excel表格进行有效的文字识别，识别率低下，而且所使用的文字识别算法过于复杂，导致文字识别效率低。随着人工智能的普及，以及电网操作的复杂程度增加，应用操作票自动识别系统迫在眉睫。为了满足实际需要，可以在已有的OCR图像识别技术中加入目标相似性算法技术，该算法通过构建电系操作指令票数字流定位算法获取电系操作指令票上关键字坐标，从而获得电系操作指令票上关键字字符串，通过目标相似度算法匹配模型和优化，提升电系操作指令票关键字与库中标准关键字的识别匹配准确率。因此，为了保证操作票识别的可靠性以及减少人工负担，需要开发并引入基于人工智能识别电系操作指令票系统。

1 系统整体方案

1.1 系统的总体结构

本系统使用目标相似性算法对用户指定的任务单图片进行扫描，后台技术人员使用JAVA技

术对识别到的信息进行关键字的提取，将操作票中对应位置的内容进行替换。前台技术人员需要编写对应的可视化系统，包括用户选择指定的图片内容，向用户展示生成的操作票页面等功能。同时该系统还需要有对应的登录页面，对登录该系统的用户进行身份验证，只有输入合法的用户名和密码才可以进入系统，保证了系统的安全性。系统层次架构如图1所示。



图 1 系统层次架构  
Fig. 1 System hierarchy diagram

- 整个系统的分层：
- 1) 展现层。采用Web网页的方式，为工作人员提供更加直观的交互页面。
  - 2) 业务层。实现数据处理、加工等业务层面操作。
  - 3) 服务层。提供接口，实现数据采集到服务器和其他服务。
  - 4) 数据层。使用MySQL数据库作为底层库，对配置文件进行配置。
  - 5) 基础层。支撑整个项目的信息基础硬件、操作系统等影响信息传输及网络服务。

1.2 操作票识别系统的工作流程

操作票识别系统的工作流程如图2所示。由图2可知，该系统主要是通过目标相似性算法，将用户指定的纸质任务单通过硬件设备——高拍仪，识别为电子版的Excel文档，主要是使用关键字比较、替换，生成对应的操作票。

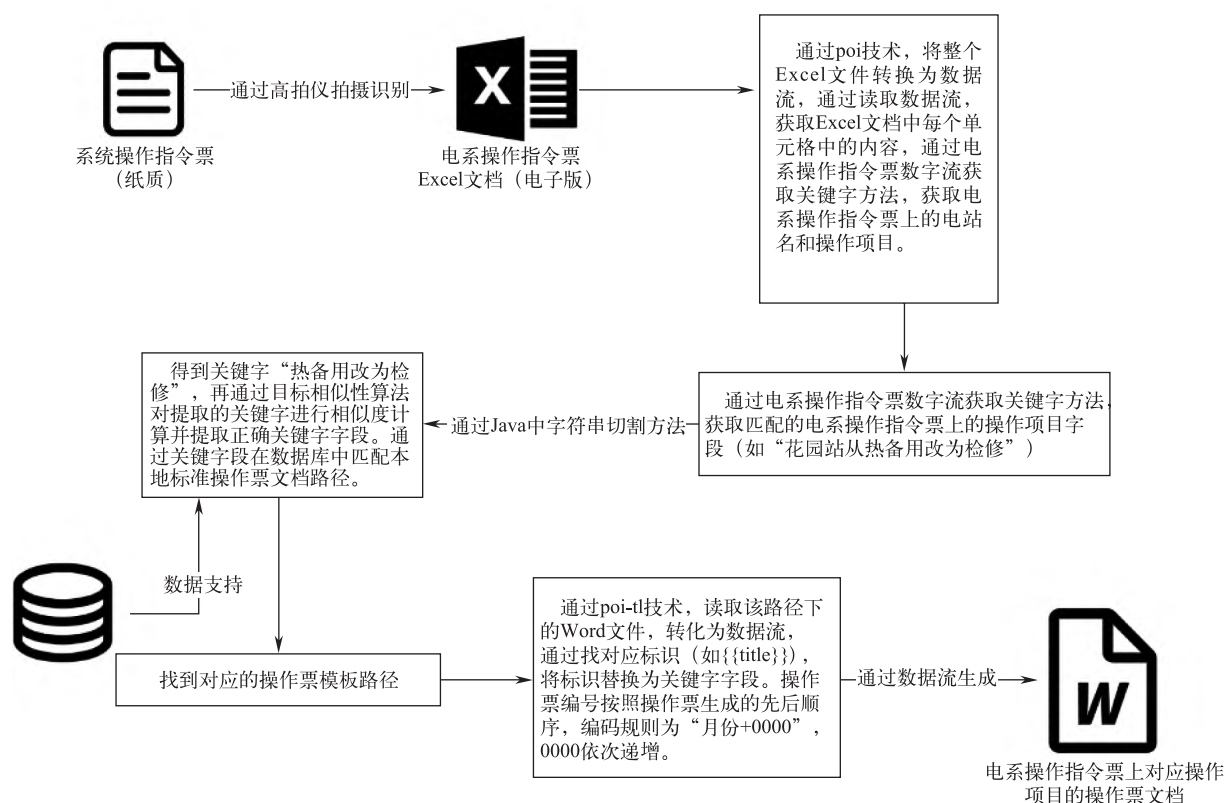


图2 操作票系统的流程图

Fig. 2 Flow chart of operation ticket system

首先用户将需要识别的任务单放置到高拍仪的指定位置, 通过高拍仪将其拍成图片信息保存至本地。用户进入该系统时, 需要输入合法的用户名和密码才可以成功登录。登录成功之后, 用户可以通过单击上传文件按钮, 将本地文件上传至后台。后台拿到图片信息之后, 将图片信息转为对应的数据流, 使用poi技术分析流数据, 拿到总行数、总列数、每个单元格内容和sheet的总数量, 若识别准确, 则sheet的数量始终为1, 再使用关键字对比, 找到“地点”关键字的位置, 并记录该位置坐标为【row,cell】, 电站名坐标为【row+1,cell】, 操作项目名称坐标为【row+1,cell+2】。

获取到操作项目数据后, 便可以进行关键字匹配, 首先匹配“从”字, 若存在, 则截取“从”字到末尾字符为一分类, 第一个字符到“从”字为要提取的关键字(例花园站从冷备用改为热备用; 分类为从冷备用改为热备用; 关键

字为花园站)。

拿到关键字和分类之后去数据库匹配该分类对应的文件夹路径以及文件名, 使用poi-tl技术来替换对应路径下文件名匹配的文件, 其中电站在模板中使用{{title}}进行标识, 编号使用{{number}}进行标识, 编号一共六位数字, 前两位以月份命名, 后四位从0001依次递增。

若遇到有多页任务单情况, 第二页开始没有电站名, 于是项目中导入了redis, 使用了RedisTemplate来存储数据。当第二页开始后找不到“地点”关键字就调取redis中存储的数据。redis中电站名是以覆盖的方式存储的, 所以redis中存储的一定是上一张表中最后的电站, 故第二张任务单中开始没有电站名出现的操作项目就是存储的最新电站下的操作项目。

软件测试成果展示: 使用程序导入任务单图片进行OCR识别软件, 可以生产对应的Excel表格, 再使用poi和poi-tl技术实现Excel表格数据

的处理,生成新的Word表格,该文档就是任务单上对应操作项目的操作票Word文档。

### 1.3 目标相似性算法实现

本项目中在获取关键字后要对关键字和库中数据进行目标相似性算法计算,首先对电系操作指令票上提取数据流经过数字流定位算法获得的关键字数据和库中标准数据进行向量化处理,作为文本相似性分析算法模型的输入。针对电力操作票的特点,将关键字字符串向量化处理,需要以下步骤:文本分词,即基于字的 $n$ -grams对单词进行切分( $n$ 一般为3),例如,“10 kV”为“数字-英文”词组,可以被切分为“#-1-0、1-0-k、0-k-V、k-V-#”这几种。电力操作票文本中,数字、字母和单位符号的组合有限,并且其前后缀往往具有通用语义和统计规律(如kV、MW等)。通过应用预处理方式能够降低句向量的空间维度,便于挖掘出字符共现的规律,继而增强分词处理的泛化能力。还需经过DNN神经网络将字符串转化为有效的语义向量后,再利用相似性分析算法模型进行相似度计算,便可以得到与库中标准数据匹配的文本,所形成的操作票文本低维语义向量中能够涵盖操作设备、操作票类型情况以及操作票信息的伴随共现特征等重要语义信息,也为接下来生成电系操作指令票上所对应的操作票文档提供充分条件。由于中文文本词与词之间没有空格自然分界,因而还需专门的算法对中文文本进行分词处理。电力设备操作票文本中包含大量电力专用名词与数字字母,例如“主变压器”“从热备用改为冷备用”“打开”“110 kV”“合上”“开关”等。在进行算法处理时,上述专有名词需要准确地切分出来以构造句向量。目前,常用的中文文本分词算法包括隐马尔科夫模型(Hidden Markov Model, HMM)、条件随机场(Conditional Random Field, CRF)模型及长短记忆力反馈神经网络(Long Short Term Model based RNN, LSTM-RNN)模型等。不过,对于未有充足标注语料的电力操作票文本而言,仅是基于公开互联网语料

训练的LSTM-RNN效果并不理想,而CRF由于对词典并不敏感,因而效果也同样不佳。因此在本文实施案例中,首先对专业电力词汇进行了总结编撰,在此基础上基于改进的分词分类算法对中文进行分词处理,以获得显著简化的句向量。

具体的改进分类算法为

$$J = \frac{\partial}{\partial N_r} \sum_{k=1}^c \sum_{r \in N, r \neq i} (1 - SA_{ir}) |x_r - v_k|^2 \quad (1)$$

式中, $J$ 为分词分类算法的目标字段函数向量值; $N$ 为分词总个数; $i$ 为词性; $k$ 为向量参数; $c$ 为迭代次数; $S$ 为聚类中心; $x_r$ 为模糊指数; $v_k$ 为聚类自适应参数, $A_{ir}$ 为分类因子, $r$ 、 $N_i$ 均为常数系数; $N_r$ 为聚类系数。

针对本项目,将电系操作指令票中操作项目分为三类区分:①包含“从”关键字;②操作相同但是操作内容不同;③特殊操作项目,没有分类。对于新输入的电系操作指令票数据流数据,利用加权计算字段权重,根据操作票分类,便能够得到字段相似性算法的值,所述对于目标相似度算法模型为

$$\text{level}_i = \frac{\left( \sum_{j=1}^k A_i B_i \right) \times \sqrt{2}}{\left( \sum_{j=1}^k A_i^2 \right) \left( \sum_{j=1}^k B_i^2 \right)} \times \cos(45^\circ) \quad (2)$$

当 $A$ (电系操作指令票上关键字向量值)、 $B$ (库中标准值向量值)的 $\text{level}$ 值居中(即为0.5)时,说明两个字段相似度为1:1,即为相同。

### 1.4 操作票识别系统的优势

传统的操作票填写方式是由人工查看电系操作指令票内容,再去找到对应的电系操作指令票中操作项目所对应的操作票文档,将电站名和操作项目中关键字段填写进操作票文档并保存。本项目是一套基于人工智能的电系操作票自动生成系统,只需要将电系操作指令票放在高拍仪设备下,进入操作票自动生成系统,获取高拍仪图像。将电系操作指令票放在正确位置,单击“开始识别”按钮,通过高拍仪设备获取电系操作指

令票图片数据,经过图像识别将电系操作指令票图片转换为Excel数据流。通过程序处理,获取电系操作指令票中操作项目关键字字段,通过目标相似性算法将关键字和库中数据进行相似性计算,若相似性系数 $\approx 0.5$ ,则说明数据匹配,将目标文档进行关键字替换,从而生成电系操作指令票上指定的操作票文档。

通过实际试验,对电系操作指令票识别率在90%以上;使用获取到的不同电系操作指令票数据流来获取“地点”关键字位置准确率在95%以上;使用目标相似性算法对获取到的电系操作指令票中的操作项目和标准操作项目进行数据匹配,其相似性系数普遍处于0.5左右。再通过多种不同的电系操作指令票进行试验,通过目标相似性算法进行匹配,操作项目匹配正确率在95%左右。操作项目匹配率同样也关系到生成操作票的正确性,使用基于人工智能的电系操作指令票自动生成系统来自动生成操作票的准确率在90%左右。

通过将传统人工校对编写操作票的操作进行智能化、数字化的处理,大大减轻了工作人员的工作强度,提高了工作效率。而且相比于人工核对校验编写来说,通过本文设计的智能化、数字化方法流程,以及对数据流处理和算法的运算,精确地获取到所需数据,并自动完成后续工作。将文档数字化处理通过机器算法进行字符串比对,减少了因人工劳累或疏忽造成的错误几率,提升了工作的准确度。

## 2 硬件控制系统设计

### 2.1 硬件的选型

硬件使用高拍仪进行任务单的操作,包括拍照、OCR识别成Excel文件、批量识别和文字识别等一系列功能。高拍仪选用处理器为32位 MIPS CPU,具有3束激光辅助,TFT屏尺寸为2.4 in (1 in=0.0254 m),比例4:3,分辨率 $320 \times 240$ ,电源类型使用电源适配器,输入100~240 V,50/60 Hz,输出9 V/2 A。

硬件为带有高清摄像头的高拍仪,如图3所示。硬件需要将任务单上指定范围拍摄一张高清图片,将图片存储在本地指定文件夹中,程序中调用OCR表格识别技术,将图片进行识别,生成对应的Excel表格数据流(也可生成Excel表格)。



图3 高拍仪

Fig. 3 High beat instrument

### 2.2 硬件的工作原理

高拍仪由USB线与计算机连接。在随机配件中有USB数据线,将计算机打开,USB数据线的一端连接到拍摄仪产品的USB接口上,另一端连接到计算机的USB接口,连接完成,系统自动识别新的硬件设备。用户可以随高拍仪附带的安装光盘或从高拍仪官方网站下载软件。在设备正常连接计算机后打开软件,软件自动开启设备,获取实时图像,并在图像预览区域显示出来。如设备连接后,图像预览区域一直无图像显示,请检查设备是否正常或者设备是否正常连接。单击拍照按钮,可获得拍照图片,拍照成功后,图像列表上显示拍照图片,该图片同时已保存至预先设置的文件夹目录中。

用户可以将要扫描的文档放在高拍仪上扫描,光线反射后由CMOS感光元件接收。由于图像色彩的深浅不一,反射角度不同,感光元件可接收各种光,并转化为数字符号,然后由扫描软件将图像数据还原在纸上。要想扫描得清晰,必须保证光线平稳照射在扫描物或文件上。

### 2.3 OCR技术

光学字符识别 (Optical Character

Recognition, OCR) 是对文本资料的图像文件进行分析识别处理, 获取文字及版面信息的过程。OCR的关键在于文字提取和文字检测, 对于电系操作指令票、操作票等有固定格式的文件, 可以采取摄取图像后通过设定好的分词器提取关键字, 然后根据文字内容作出对应的行动。支持数据录入和自动核对, 减少人工校验成本, 提升处理效率。

本项目中针对电系操作指令票、操作票的识别就是专用OCR的典型实例。项目使用OCR图像识别软件, 将用户指定的任务单通过高拍仪拍摄生成的图片, 识别成Excel表格, 后端通过目标相似性算法提取对应的关键字, 进而生成最终的操作票。

### 3 软件控制系统设计

#### 3.1 概述整体软件系统

基于人工智能识别电系操作指令票的软件系统主要包含用户操作软件和OCR图像识别软件, 其中用户操作软件是自行开发研制的, 包含了登录功能和实时监控功能。OCR图像识别软件是对用户操作软件中拍摄的任务单图片进行文字匹配和提取。

#### 3.2 用户操作软件设计

基于人工智能的电系操作指令票自动识别及其深化应用研究的内容, 将研究的内容转化为软件代码, 从而实现软件的初步功能。开发软件使用的是IDEA2018版本, 开发语言选用的Java, 软件的环境配置使用的jdk1.8版本, MySQL5.6版本。

在软件研发阶段, 使用测试工具Insomnia或postman进行接口测试, 项目中单元测试使用springboot中的Junit, 需要导入依赖spring-boot-starter-test, 对主要数据流向、常规报错处理和逻辑错误处理进行调试, 保证用户使用的体验感。硬件方面采用高拍仪对任务单进行拍照, 将拍摄好的照片保存在本地文件夹中。后台使用springboot的优点就在于高效、扩展性好, 使用

后台去读取文件夹中的图片, 在后台进行OCR软件识别图片生成任务单Excel表, 再使用poi技术操作任务单Excel表, 提取关键字并通过poi-tl技术将关键字和文件库中的关键字进行替换, 从而实现任务单转化为操作票的智能化操作。统一的restful风格接口, 前端拿到数据只要对其进行展示和渲染, 不对数据进行任何处理, 后端对数据进行处理后以JSON格式传输出去。这样实现了前后端的分离, 使得结构清晰, 方便维护和更新。数据库方面使用MySQL数据库, 是一个关系型数据库, 由于MySQL数据库速度快、体积小以及源码开放, 并且单个MySQL服务还能够支持10 000+的数据并发量, 可以很好地支撑整个项目的稳定运行。

该项目后台使用Java技术, 前台使用VUE技术。其中Java技术是面向对象的, 支持类和接口之间的集成; Java技术具有可移植性, 使其编写的项目更加灵活地适用不同类型的平台; Java是解释型语言, 即使用Java语言编写的程序可以翻译一句、执行一句, 不会产生整个的机器代码程序。如果翻译过程不出现错误, 则会一直进行到完毕, 否则会在错误处停止执行。

VUE技术支持数据的双向绑定; VUE中的单页面应用可以在不刷新整个页面的前提下进行局部内容的更新, 增强了用户体验效果; VUE还简化了DOM操作, 使程序员无须进行烦琐的获取DOM节点的操作, 更多关心项目的逻辑结构, 不再过多关心项目的数据结构。

#### 3.3 用户操作软件工作流程

该操作票系统需要通过用户名密码方式登录, 只有输入合法的用户名和密码才可以登录成功, 该手段保证了该系统的可靠性和安全性。用户进入首页可以选择本地文件夹中的图片, 单击页面中的上传按钮将其上传至后端, 后端通过目标相似性算法技术和OCR图像识别软件对图片进行识别, 提取出任务单中的关键字, 将操作票中固定位置的内容进行替换, 并返回给前端对应的HTML结构的Excel表, 前端

进行相应的技术处理展示对应的操作票内容。

3.4 用户软件操作

(1) 登录页面

进入网页后首先到登录页面，在此页面进行用户的登录，若输入的用户名或密码有误，则弹出提示，提示用户输入错误。

(2) 项目首页

首页展示摄像头实时拍照，用户可以通过该页面查看纸质任务单摆放位置是否正确。用户可以单击开始识别按钮，出现消息提示，以及该按钮变为loading状态。

(3) 数据列表展示页面

后端数据还未返回时，该页面会出现一个loading，展示生成相应的操作票文件列表，文件列表为生成操作票文件列表，按照序号排列。

3.5 用户操作软件数据库设计

数据库表中做好操作项目和Word模板之间的匹配，使用poi技术获取到的操作项目名去数据库中匹配，若匹配成功的话，使用poi-tl技术对Word模板中的关键字使用{{title}}、{{number}}分别替换文档中的关键字，替换成功后将文档数据用流的方式写入文件夹汇总。用户也可以在操作票生成页面直接单击生成的文档名称在线查看生成后的文档。

对于操作票项目中的操作票文件管理，根据不同的绑定关系，设计如下表所示的数据结构的数据库。

表 操作项目  
Tab. Operation items

| 字段名            | 数据类型    | 注释   | 数据库约束 |
|----------------|---------|------|-------|
| Item ID        | Int     |      | 主键    |
| Operation Item | Varchar | 操作项目 |       |
| Station Name   | Varchar | 站名   |       |
| Use Type       | Int     | 使用状态 |       |

4 结束语

本项目提出一种目标相似性算法技术，以及建立操作项目类别数据库，研发基于人工智能技术的智能识别及应用软件。项目利用的目标相似

性算法技术和OCR图像识别软件可以为人们提供便利的将图片转为文字的方法。因此，必将在今后的档案数字化工作中受到越来越多的青睐，而这一技术的运用以目标相似性算法技术为支撑<sup>[3]</sup>。此外，系统还可以对目标相似性算法后的档案全文进行词频统计、内容分析，从而自动提取关键词、主题词等标识符，一定程度上实现了档案内容的自动标引<sup>[4]</sup>。项目将任务单通过目标相似性算法技术和OCR图像识别软件转化为操作票，并且通过图形化界面的系统增加了用户的可交互性和参与性。

本项目旨在解决目前操作票为操作人员停复役提供依据，当需要完成大量的操作任务时，工作人员需要反复填写与核对，容易产生疲劳，提高失误率；所以获取到电系操作指令票内容后，需要设计一种人工智能逻辑，以此逻辑将任务内容拆解为各项工作步骤，然后分类提取出其中关键的步骤，并给出完成方案。最后通过人为设定好的数据自动完成工作，如自动生成相应的操作票。本项目可以大大减少人为的重复性机械化劳动，避免因人员重复劳动造成失误的情况，节省劳动力，提高工作效率，有着很好的发展前景。

参考文献

[1] 邓其军, 周洪, 吴昌博. 一种新型配电网倒闸操作票生成及防误系统[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(6): 123-126.

[2] 高三山, 孟文. 一种基于Q-学习的智能操作票推理方法[J]. 中国科技论文在线, 2018, 13(2): 126-130.

[3] 蒋耀亮. 自动光学识别 OCR 在票据自动识别系统中的应用研究[J]. 通讯世界, 2019, 26(5): 288-289.

作者简介

陆增洁 (1991—), 男, 工学硕士, 工程师, 主要研究方向为电力系统分析。

(收稿日期: 2021-08-30)