

电动公交车充电插座识别方法研究*

江殿程, 蒋雪松, 王皖君, 张孝红, 业巧林

(南京林业大学 机械电子工程学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 随着电动公交车在城市交通的广泛应用, 充电工作量随之加大。由于充电功率较大, 充电电缆比较粗重, 且插拔充电枪需要较大的操作力, 人工作业劳动强度较大。采用通用机械臂代替人工实现自动插接充电枪具有广泛的需求, 识别充电插座是实现自动插接的前提。以充电插座为识别目标, 提出一种基于 Canny 算子的亚像素精度轮廓几何匹配检测方法, 通过 Halcon 软件应用图像处理和机器视觉技术对目标区域进行特征提取与模板匹配, 实现充电插座的自动识别。实验证明, 该方法对于有外部光照环境影响具有良好的鲁棒性。

关键词: 充电插座; Halcon; 图像处理; 机器视觉; 模板匹配

中图分类号: TN29; TP391.4

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200643

中文引用格式: 江殿程, 蒋雪松, 王皖君, 等. 电动公交车充电插座识别方法研究[J]. 电子技术应用, 2021, 47(7): 83-87.

英文引用格式: Jiang Diancheng, Jiang Xuesong, Wang Wanjun, et al. Research on identification method of electric bus charging socket[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(7): 83-87.

Research on identification method of electric bus charging socket

Jiang Diancheng, Jiang Xuesong, Wang Wanjun, Zhang Xiaohong, Ye Qiaolin

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: With the wide application of electric bus in urban traffic, the charging work is increasing gradually. As the charging power is large, the charging cable is relatively heavy, and requires a large plug-in force, the labor intensity of manual work is great. It has a wide range of requirements to use general mechanical arm instead of manual to realize automatic plug-in of charging gun. Identifying the charging socket is the premise to realize automatic plug-in. Taking charging socket as identification object, a method of sub-pixel precision contour geometric matching detection based on Canny operator is proposed. Through the application of image processing and machine vision technology in Halcon software, the feature extraction and template matching of the target area are carried out to realize the automatic recognition of charging socket. The experimental results show that the method has good robustness in the case of external light environment.

Key words: charging socket; Halcon; image processing; machine vision; template matching

0 引言

我国电动汽车行业在国家相关政策的鼓励下蓬勃发展, 且电动公交车因其具有零排放、使用成本低、绿色环保等特点受到各地政府的青睐^[1]。随着电动公交车的普及, 所产生的充电作业也成了各地公交公司运营时面临的一大难题。目前, 公交公司都建有专门的充电站, 需要大量的人力每天对电动公交车进行充电与维护, 加上其电池容量大, 要求充电时间短, 采用大电流充电要求充电电缆截面积较大, 充电电缆的重量随之增大, 操作人员插拔充电枪的劳动强度较大。

针对该问题, 已有多家公司开展对自动充电机器人的研究。如特斯拉公司研发了一款蛇形机器人, 能够自动寻找充电口对接充电^[2]; 大众汽车集团研发的一款移

动式充电机器人可自行移动至电动汽车附近完成充电任务^[3]。准确识别充电插座是实现电动公交车自动充电的必要条件, 本文将应用图像处理与机器视觉技术研究充电插座识别问题, 为通用机械臂提供位置信息^[4]。

目前机器视觉领域常用的识别方法主要有基于组件的模板匹配、基于相关性的模板匹配、基于灰度的模板匹配等^[5]。由于电动公交车的充电作业通常在室外实施, 每次停车位置离充电桩远近不一, 且受地面平整度和轮胎气压的影响, 充电插座会产生微小的角度偏差, 而组件匹配不支持大小缩放的匹配, 因此不适用于充电插座的识别。相关性匹配对光照的影响较小, 且匹配速度快, 但其精度较低, 对于充电而言存在一定的安全隐患。灰度匹配受光照影响大, 抗干扰能力不强, 室外充电的电动公交车无法满足良好的光照条件, 因此也不适用。综合外界光照和充电插座可能存在微小倾斜角度的

* 基金项目: 2018 年国家自然科学基金面上项目(61773210)

影响,本文提出一种基于 Canny 算子的亚像素精度轮廓几何匹配方法,实现充电插座的目标识别。

1 识别原理

电动公交车充电插座识别过程主要包括图像预处理和模板匹配两个部分。首先通过相机采集充电插座的图像,由于采集的图像易受到相机硬件条件和光照不均匀的影响,会产生噪声干扰,还需要对图像进行预处理提高图像质量,突出重要特征的显现^[6]。首先对采集图像进行颜色空间转换,获取有利于图像预处理的灰度分量图,再通过 blob 分析,分割得到所需特征区域,然后对特征区域使用 Canny 边缘检测算子获取边缘轮廓创建模板,最后通过模板匹配在被测图像中识别目标,具体流程如图 1 所示。

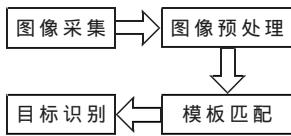


图 1 目标识别流程图

2 图像处理方法

通过相机直接采集的图像由于光照及其硬件的影响,包含干扰噪声,识别研究中,图像质量的好坏直接影响识别算法的设计与效果的精度,因此在图像识别前,需要进行预处理操作。

2.1 颜色空间转换

采集图像中 R、G、B 3 个分量都是高度相关的,对光照较为敏感。HSV 颜色空间通过色调(Hue)、饱和度(Saturation)、明度(Value)来描述颜色,与 RGB 颜色空间相比,HSV 颜色空间能够非常直观地表达色彩的明暗、色调以及鲜艳程度,方便进行颜色之间的对比,在图像处理中应用广泛^[7]。

2.2 图像滤波

为降低噪声对图像分析的影响,需要选择适当方法对图像进一步滤波处理。常用的图像滤波方法有均值滤波、中值滤波、高斯滤波等^[8]。均值滤波使用模板中全体像素的平均值来代替原来像素值,易受噪声干扰,不能

完全消除噪声,只能相对减弱噪声。中值滤波是将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内的所有像素点灰度值的中值,虽然能够较好地消除椒盐噪声,但容易导致图像的不连续性。高斯滤波就是对整幅图像进行加权平均的过程,每一个像素点的值都由其本身和邻域内的其他像素值经过加权平均后得到,在对图像进行平滑的同时能够更多地保留图像的总灰度分布特征。高斯模板参数的计算公式如式(1)所示。

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \tag{1}$$

式中, $G(x,y)$ 是标准差为 σ 的二维高斯核; x^2 和 y^2 分别表示的是邻域内其他像素与邻域内中心像素的距离。标准差 σ 越高,滤波结果就越平滑。

2.3 边缘检测算法

边缘检测的目的是提取图像中的边缘特征,边缘检测的算子中又分为一阶检测算子和二阶检测算子,其中,一阶检测算子包括 Roberts 交叉算子^[9]、Prewitt 算子^[10]、Sobel 算子^[11]和 Canny 算子^[12]等,二阶检测算子包括 Laplacian 算子^[13]、Marr-Hidreth 算子^[14]和 LoG 算子^[15]等。其中 Canny 算子因其具有信噪比高、定位性能好和对边缘仅有唯一响应等优点,在边缘检测中具有广泛的应用。

Canny 边缘检测算法步骤如下:

- (1)运用高斯滤波进行降噪处理;
- (2)计算梯度幅度和方向;
- (3)对梯度值进行非极大值抑制;
- (4)双阈值算法检测及连接边缘。

3 充电插座识别

针对在不同光照下对充电插座的识别情况,本文首先在特定光照条件情况下采集的充电插座图像中创建搜索模板,然后分别采集不同时间光照下且具有一定倾角的图像测试本文提出的识别方法,并验证算法的有效性。通过对 RGB 图像进行颜色空间转换、blob 分析^[16]、滤波处理、边缘检测等,得到较好的边缘轮廓,为创建模板提供高质量的图像,根据已创建的模板通过模板匹配进一步识别出采集图像中的充电插座。充电插座在不同光照条件下的 RGB 图像如图 2 所示,从图像中可以看



(a)增加光照

(b)日常光照

(c)光线较暗

图 2 不同光照下充电插座的 RGB 图像

出充电插座内部结构较为复杂,颜色以黑色为主,且相隔一定距离拍摄,插座内部有一定的模糊性,在光线越弱的情况下,其内部的模糊性越大,提高了识别难度,现有识别方式难以准确识别出目标。

3.1 颜色空间转换

对采集的充电插座图像进行颜色空间转换,应用 Halcon 中的 decompose3 算子得到 H、S、V 3 个灰度分量,3 个分量的灰度图如图 3 所示。其中,V 分量灰度直方图像素分布比较均匀,而 H 分量与 S 分量存在部分噪声。

3.2 创建匹配模板

识别电动公交车充电插座,首先需要根据充电插座的内部区域创建模板,先对图 4 中 HSV 图的 H 分量进行 blob 分析,通过灰度直方图使用 Threshold 算子设置阈值区间进行阈值处理,使整个图像分成若干区域;再应用 connection 算子使图像中的若干区域断开,形成独立的个体;然后通过 select_shape 算子和 reduce_domain 算子通过面积特征分割出充电插座的内部区域,分割结果如图 4 所示。针对图 4 中仍具有一些噪声,使用 gauss_image(Image, ImageGauss, 7)算子实现高斯平滑处理,处理效果如图 5 所示。

高斯滤波处理后的充电插座内部区域中噪声明显减少,有利于提取边缘轮廓。观察充电插座的内部区域可以看出,内部较为明显的边缘区域为两个较大的直流接口和一个 PE 接地端口的的外端轮廓,将其作为特征提取

区域应用 gen_rectangle1 算子绘制生成一个 ROI 区域,然后使用 reduce_domain 算子进行 ROI 区域分割,将两个直流接口和一个接地端口分割出来,再通过 edges_sub_pix 算子运用 Canny 算法实现对 3 个接口外端轮廓的亚像素精度边缘提取,提取结果如图 6 所示。

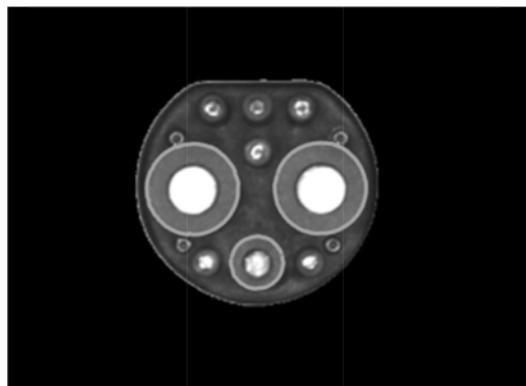
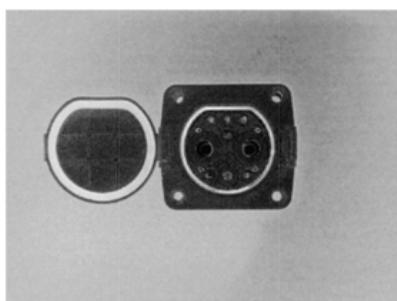


图 6 Canny 算子边缘提取

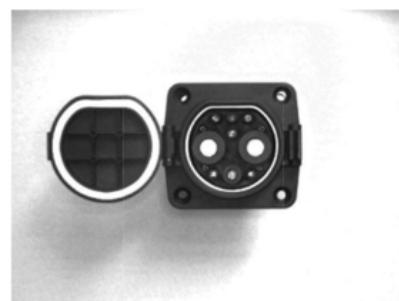
将创建好的边缘通过 create_scaled_shape_model_xld (NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleMin, ScaleMax, ScaleStep, Optimization, Metric, MinContrast: ModelID)算子创建一个可以进行亚像素精度轮廓匹配且各向同性缩放的形状模型,金字塔的层数由参数 NumLevels 确定,如果金字塔层数太大,则模板不容易被识别出来;金字塔层数太少,则找到模板的使用时间就会增加,



(a)H 分量



(b)S 分量



(c)V 分量

图 3 充电插座 HSV 颜色空间

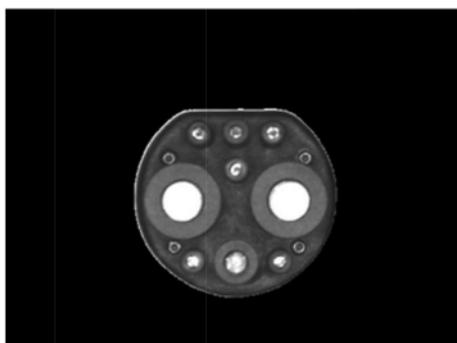


图 4 充电插座内部区域

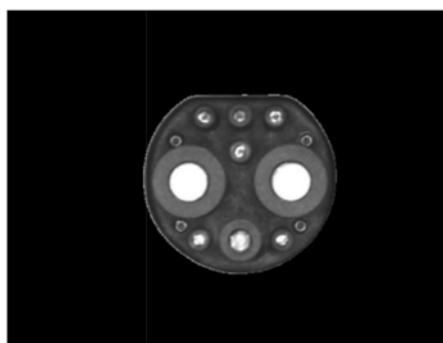


图 5 高斯滤波处理

若设为“auto”，算法会自动计算金字塔层数。因为充电插座在实际的环境下会有微小的旋转角度，所以参数 AngleStart、AngleExtent 定义了模板可能发生旋转的范围。ScaleMin 和 ScaleMax 分别代表了模型的最小缩放比例和最大缩放比例，这些参数需要根据实际情况进行设置，创建好的匹配模板如图 7 所示。

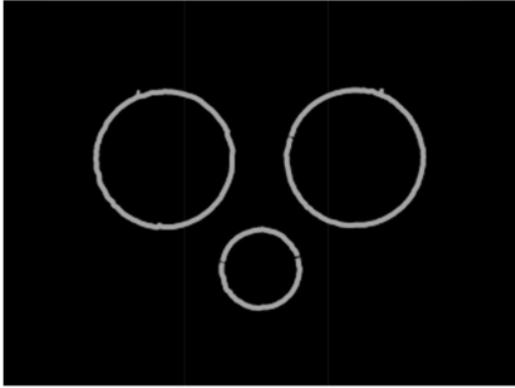


图 7 匹配模板

4 实验结果及分析

实验装置主要包括工业相机、工业镜头、固定支架、计算机。考虑到电动公交车充电过程在室外完成，因此整个识别过程在自然光照下完成。

在 Halcon 中，运用 find_scaled_shape_model (Image, ModelID, AngleStart, AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, SubPixel, NumLevels, Greediness, Row, Column, Angle, Scale, Score) 算子进行模板匹配，匹配的精度受其内部参数的影响，参数中的 AngleStart 和 AngleExtent 确定了模板搜索的旋转角度，ScaleMin 和 ScaleMax 是最小和最大缩放比例，这些参数的设置需要与 create_scaled_shape_model_xld 算子中给定的值一致；将要查找模型实例的最低分数参数 MinScore 设置为 0.8；参数 SubPixel 用来确定找到的目标是否使用亚像素精度提取，因为对充电插座的识别精度要求较高，所以模板的位置应通过最小二乘调整解决，这需要额外的计算时间，所以选用 least_squares 模式确保运行时间和精度的权衡；参数 Greediness 表示贪婪度，用于控制定位加速，该值越大，速度越快，丢失模板的几率也越大，对贪婪度值的选取，可通过实验得到贪婪度与匹配时间的关系选取最佳值，结果如图 8 所示。根据实验分析，贪婪度取值 0.8 可保证在较准确识别的情况下匹配时间较短，平均时间为 14 ms。

根据上述的配置进行模板匹配的实验分析，因考虑到电动公交车充电过程在室外完成，故选取天气状况为晴天，时间为下午两点至六点，这段时间可以明显地反映出光照由强到弱的变化，且每隔一小时进行一次目标检测，每次检测时将充电插座的倾斜角度分别设置为 0°、5°、10°，每个度数进行 30 次检测(部分实验结果如

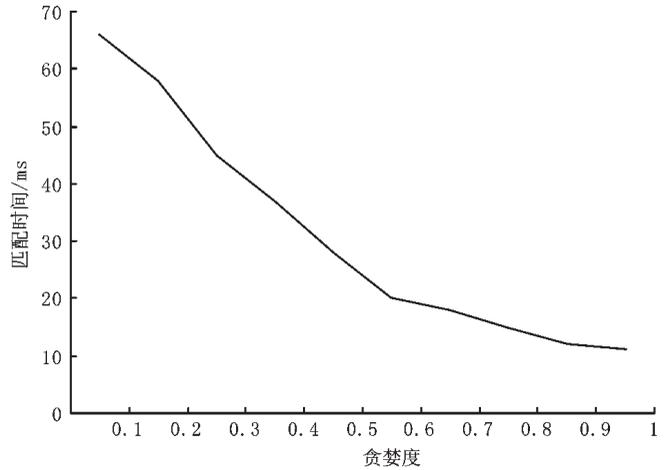


图 8 贪婪度与匹配时间关系

图 9 所示)，观察检测的时间及准确率，实验结果如表 1 所示。

分析表 1 可知，在不同的时间段对不同倾斜角度的充电插座进行识别检测，综合平均识别的时间为 12.36 ms，平均准确率达到 97.8%，且实例平均分数高达 0.952 以上。实验结果说明本文基于 Canny 算子的亚像素精度轮廓几何匹配方法能够降低光照对充电插座的影响，在光照较弱的情况下仍具有高的识别精度和较高准确率。

5 结论

本文将机器视觉运用到充电插座的识别检测中，通过 Halcon 软件对图像中的插座进行识别，实验表明基于 Canny 算子的亚像素边缘提取与几何匹配相结合的方法对不同光照环境的抗干扰能力较强。该方法对实现电动公交车自动化充电具有重要意义，既克服了外界光照的影响，又保证了识别的准确率。随着对电动公交车自动化充电技术的发展，对充电插座的识别检测在后续的发展中必然得到更加广泛的研究和应用。

参考文献

- [1] 李忱. 浅谈我国电动公交车发展的必要性[J]. 南方农机, 2017, 48(11): 141-146.
- [2] 施莹. 基于机器人的电动汽车充电系统及其自动插接的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [3] 地下停车场革命: 大众汽车充电机器人[J]. 世界汽车, 2020(3): 106.
- [4] DWORKIN S B, NYE T J. Image processing for machine vision measurement of hot formed parts[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2004, 174(1-3): 1-6.
- [5] NG C K, WU C H, IP W H, et al. A real time quality monitoring system for the lighting industry: a practical and rapid approach using computer vision and image processing (CVIP) tools[J]. International Journal of Engineering Business Management, 2011, 3(4): 522-528.

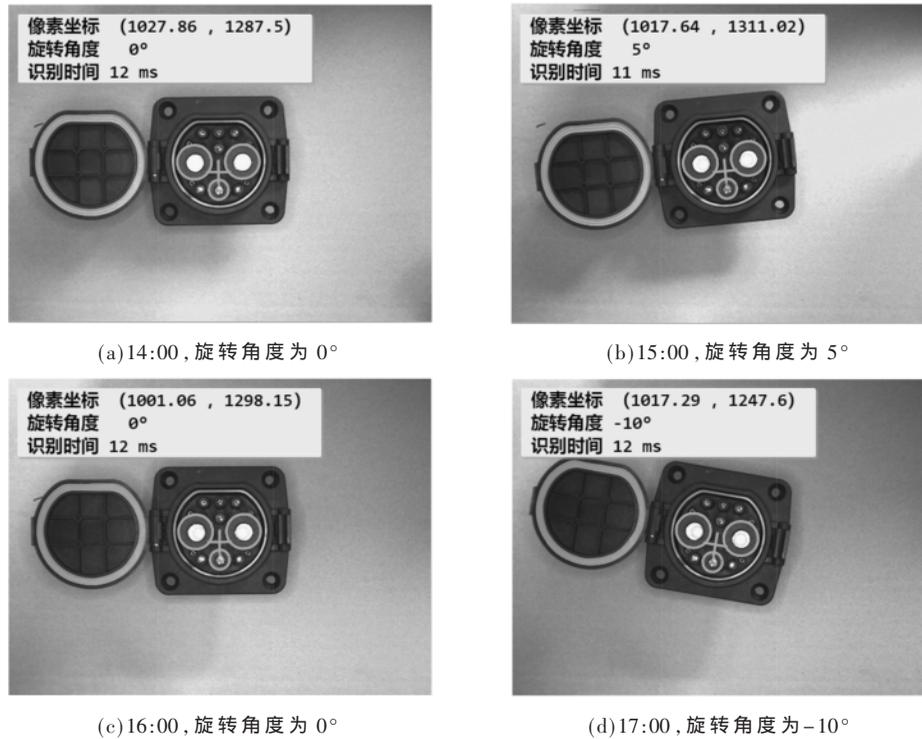


图9 不同偏转角度在各个时间段的部分的实验结果图

表1 充电插座目标识别实验结果

时间	倾斜角度			平均识别 时间/ms	综合 准确率/%	模型实例 平均分数
	0°	5°	-10°			
14:00	30	30	29	12.2	98.9	0.938
15:00	30	30	30	12.8	100	0.947
16:00	30	30	30	11.8	100	0.964
17:00	29	28	30	12.9	96.7	0.961
18:00	30	28	26	12.1	93.3	0.952

- [6] 李赵春, 顾权, 王玉成. 基于肌电信号稀疏特征的手势识别方法研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(4): 82-88.
- [7] 程玉柱, 李赵春. 成品家具中的表面死节缺陷图像检测方法[J]. 家具, 2018, 39(5): 106-110.
- [8] 韩龙强, 严琼, 曹振生, 等. 基于高斯滤波技术的岩质边坡滑面搜索法研究[J]. 中国矿业大学学报, 2020, 49(3): 471-478.
- [9] PARAMANANDHAM N, RAJENDIRAN K. Multi sensor image fusion for surveillance applications using hybrid image fusion algorithm[J]. Springer US, 2018, 77(10): 12405-12436.
- [10] 任小强, 王佩, 胡波, 等. Prewitt 图像边缘检测算法的优化设计与实现[J]. 中国集成电路, 2016, 25(7): 34-38.
- [11] 王云艳, 周志刚, 罗冷坤. 基于 Sobel 算子滤波的图像增强算法[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(12): 184-188.
- [12] ORLANDIĆ M, SVARSTAD K. An adaptive high-throughput edge detection filtering system using dynamic partial reconfiguration[J]. Springer Berlin Heidelberg, 2019, 16(6): 2409-2424.

- [13] 赵爱明. 基于二次曲线拟合的图像亚像素边缘定位算法[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2006(3): 68-70.
- [14] 酉霞, 陈菲, 贾小林, 等. 基于改进 K-SVD 字典学习的医学图像压缩算法[J]. 西南科技大学学报, 2016, 31(3): 74-78.
- [15] HAN Y, QI D, GUAN S. Edge detection of frothy wood-polymer composites CT Image based on log operator[J]. Journal of Convergence Information Technology, 2013, 8(2): 1-10.
- [16] 俞洋, 陈佐政, 陈祝洋, 等. 机器视觉在电容器外观缺陷检测中的应用[J]. 电子技术应用, 2019, 45(9): 97-100.
- (收稿日期: 2020-07-05)

作者简介:

江殿程(1995-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 光机电一体化。

蒋雪松(1979-), 通信作者, 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 装备智能化, E-mail: xsjiang@126.com。

王皖君(1984-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向: 检测技术与自动化装置。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所