

变电站绝缘子智能巡检机

王一航 王登燧 赫少轲

华北理工大学 以升创新教育基地 河北 唐山 063210

摘要：目前变电站绝缘子的检测仍然存在着准确率、智能化水平低，依赖人工靠近绝缘子进行检测等问题。该项目通过智能巡检机在变电站进行自动循迹，工业摄像头对绝缘子进行图像采集，采集的图像通过数字图传传送到PC端，配合TensorFlow算法进行图像处理，精准识别绝缘子存在的问题，达到变电站绝缘子自动检测的目标。减少工人的机械化繁琐劳动，节省劳动力，消除变电站潜在的危机隐患，减少电力损失。

关键词：自动化；绝缘子；深度学习；图像处理

1 技术路线

1.1 智能巡检机部分

以STM32单片机为控制核心的智能巡检机，由车体运动部分，自主循迹部分，摄像头识别传输部分和电源

动力部分组成。

车体运动部分包括4个12V电机，4个麦克纳姆轮，4个编码器，用于测量电机的实时速度，一块32单片机主控板，一个OLED屏，用于显示当前的任务以及位置，一块BTN电机驱动模块，一个12V9AH蓄电池组成。



图 1-1 巡检机示意图

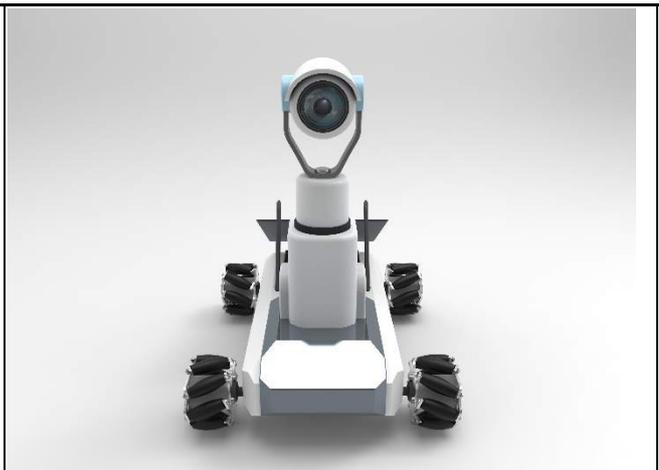


图 1-2 巡检机示意图

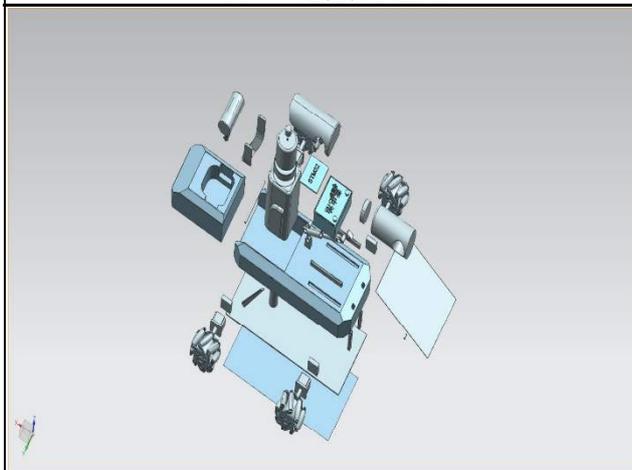


图 1-3 巡检机爆炸图

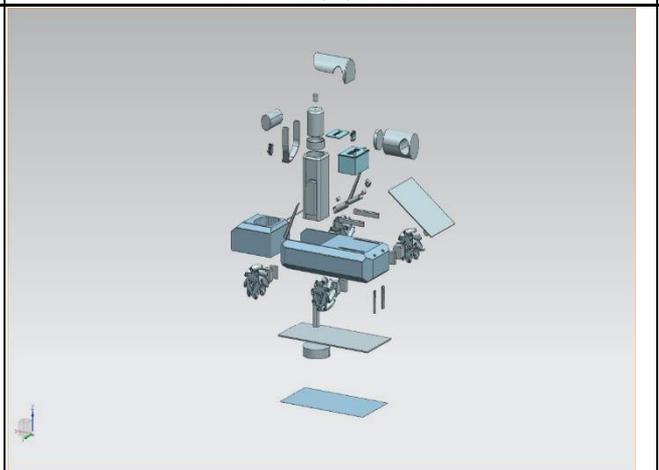


图 1-4 巡检机爆炸图

1.2 自主循迹部分

巡检机搭载了RFID加上磁条识别，可实现机器人在固定的路线上自动巡航，此外，使用UWB无载波通信技术将巡检机的位置反馈到用户终端上，使用UWB可以提

高定位的精度，利于在机器人发现电路中绝缘子损坏时准确的定位，方便后期的维修工作。

1.3 摄像头识别传输部分

摄像头识别传输部分包括一块 KS2A42 工业摄像头识别模块、DJI-FPV 图传模块和两个 MG996 舵机。摄像头安装在由两个 MG996 舵机搭载的云台上面，两个舵机可以通过 MPU6050 采集并反馈的信息，进一步调整出拍摄的最佳角度进行采集图像。两个舵机分别可以调节摄像

头的左右以及上下方向的转动，摄像头与 DJI-FPV 图传模块相连，巡检机在到达指定区域后可以自动拍照，采集到绝缘子图像后向 DJI-FPV 发送指令，DJI-FPV 接收到指令后传输到 PC 端。



图 2-1 DJI-FPV 模块

图 2-2 MG996 舵机

1.4 智能算法部分

首先利用 Python 爬虫爬取网络变电站绝缘子图像，接着对其进行图像裁剪、图像变换、位深调整等预处理，完毕后，作为训练数据。

接着，搭建 U-net 语义分割神经网络，综合考虑全局特征和局部细节，设定迭代周期 epoch=20，周期步长 steps_per_epoch=2000，监视 loss、二分类交叉熵函数对变电站绝缘子进行语义分割。得到初步语义分割识别结果。利用 Seed Filling 连通域原理对识别结果进行去噪，得到语义分割结果。

然后，搭建 Faster-RCNN 全卷积神经网络，对绝缘子缺陷区域进行目标检测。采用极大值抑制、IoU 交并比作为网络反馈值，进行滑动窗口检测，确定绝缘子缺陷区域。

2 系统整体运行

系统整体运行时，摄像头安装在由两个 MG996 舵机搭载的云台上面，两个舵机可以通过 MPU6050 采集并反馈的信息，进一步调整出拍摄的最佳角度进行采集图像。两个舵机分别可以调节摄像头的左右以及上下方向的转动，摄像头与图传模块相连，巡检机由 STM32 单片机作为主控芯片控制运行，在到达指定区域后可以自动拍照，采集到绝缘子图像后发送指令，DJI-FPV 接收到指令后传输到 PC 端。

PC 端接收到巡检机传输的图像后，将图像进行分类增强处理，并使用已经搭建好的算法模型进行智能识别，检测出缺陷后进行报警，反馈给用户破损位置。

3 创新优势

(1) 利用 TensorFlow 框架下的深度学习库 keras，提取 vgg16 中间结果进行迁移学习，接着将 loss 重新定义模型中神经网络的参数和交叉熵的损失值，在训练过程中对网络参数的数量进行了优化，解决了由于 vgg16 参数庞大带来的显存占用率高、检测速度慢等问题。

(2) 使用 UWB+RFID 的自动循迹系统，智能机器人通过 UWB 基站进行定位，通过 RFID 与磁轨迹射频识别进行导航，适应变电站强电磁干扰复杂环境，具有定位精

度高、抗干扰能力强等优点。

(3) 智能巡检机可使用太阳能进行供电，节能环保，减少人力资源的消耗，节省劳动力、保障工人的生命安全。

4 结束语

由于资源紧缺，利用可再生资源 and 减少资源浪费成为了时代发展的主要任务之一。国家电网公司计划在“十三五”期间新建约 5100 座智能变电站，对约 1000 座变电站进行智能化改造。由此可见变电站的智能化领域仍是可再生资源利用率，自动化、智能化程度较低的领域，存在着广泛的应用市场。我团队设计的基于太阳能发电的变电站绝缘子智能化自动巡检系统，巡检机的机器视觉与 PC 端的 TensorFlow 深度学习算法相结合，提高了变电站绝缘子检测的智能化，使检测结果更加的科学、准确，减少了电力损失。同时节约大量人工成本，保障工人的生命安全。一举多得，具备可观的经济价值，拥有良好的市场前景和应用前景。

参考文献：

- [1] 刘士波. 劣化绝缘子紫外脉冲检测法研究 [D]. 电子科技大学, 2016.
- [2] 刘钢, 付琳娜. 利用超声波探伤技术对瓷绝缘子进行检测——浅谈超声波探伤技术在变电站瓷制绝缘子检测工作中的应用 [J]. 科技资讯, 2012(24): 247-248.
- [3] 全卫国. 基于航拍图像的输电线路识别与状态检测方法研究 [D]. 华北电力大学, 2011.
- [4] 郝晓军, 牛晓光, 刘长福, 张广兴, 陈红宾, 郑相锋. 基于振动声学原理的瓷支柱绝缘子检测技术 [C]. 中国计量协会冶金分会、《冶金自动化》杂志社. 中国计量协会冶金分会 2012 年会暨能源计量与节能降耗经验交流会论文集. 中国计量协会冶金分会、《冶金自动化》杂志社: 《冶金自动化》杂志社, 2012: 390-392.
- [5] 林锐涛, 林哲昊, 周勤兴, 彭显刚, 许方园. 电力用户停电影响指标体系及综合评估方法 [J/OL]. 电网技术: 1-11