

电力机房表计的识别模型与效果验证

Identification Mode and Effect Verification of Electric Cabinet Room Meters

袁成川 屈天龙 张煜梁 孙超

Chengchuan Yuan Tianlong Qu Yuliang Zhang Chao Sun

大亚湾核电运营管理有限公司 中国·广东 深圳 518124

Daya Bay Nuclear Power Operations and Management Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518124, China

摘要: 巡检机器人在电力机房中已经获得广泛运用,其主要依托于人工智能进行机柜面板图像的识别,具有一定的通用性和普遍性。考虑到电力机房的相关设备比较稳定,因此整理并分析了电力机房常见的表计识别模型,以及在实际案例中获得的识别效果,以利于后期的产品选型以及迭代。

Abstract: Patrol robot has been widely used in the electric cabinet room. It mainly relies on artificial intelligence to recognize the cabinet panel image, and has certain universality. Considering that the relevant equipment in the cabinet room is relatively stable, the common meter identification mode in the cabinet room and the identification results obtained in the actual cases are sorted out and analyzed to facilitate the later product selection and iteration.

关键词: 机柜; 巡检机器人; 人工智能; 图像采集; 识别模型

Keywords: cabinet; patrol robot; artificial intelligence; image acquisition; identification mode

DOI: 10.12346/peti.v4i4.6959

1 概述

电力机房引入巡检机器人,对于电力巡检自动化有积极意义。相比于人工机器人的主要优势在于巡检时间的稳定性和识别能力稳定性。一般情况下,巡检机器人它基于人工智能的机器视觉算法、多传感器融合算法、SLAM算法等高新技术,能够在数据中心机房、配电室机房等环境下进行自主导航避障、自动化设备故障检查、机房环境监测、资产盘点和远程监控等智慧化巡检。而这些功能依靠人工执行,无法保证巡检的质量和频度。相比于传统人工巡检,机房巡检机器人能够大幅提高巡检效率、减少巡检中的错误率、提高机房的安全性。

虽然巡检机器人有多种不同的类型,如挂轨式、自行动式,它们的根本目标是一致的,就是需要拍摄机柜面板的状态。其基本遵循的业务逻辑如图1所示。

从上述流程中可知,机器人拍摄到照片是巡检能力的第一环节。第二环节是AI模型的运用以及识别出结果^[1,2]。AI识别算法会与选择的模型有关。

当部署人员第一次部署时,必须依靠人工来首先选择特定的模型,并且必须现场完成一次识别成功,才可以确定该模型可用,随后该模型与该点位的匹配关系将被保存。后期的日常巡检中,机器人将自动在该位置调用该模型进行识别。

2 仪表模型分析

针对电力机房常用的表计和面板进行梳理,可确定其AI模型的相关属性及识别的复杂度。电力机房除了数显仪表、指针仪表外,还有指示灯、压板、空气开关等指示信息,都需要机器人拍摄后识别出来。一般情况下,针对一类仪表使用一个模型是可以的,但在某些情况下,还需要根据实际情况进行模型分类^[3]。通过对实际案例中检验模型的适用程度,我们发现形状和尺寸可能会有一定的识别误差,为此可能需要针对某个形状和类型进行单独建模。

2.1 运行灯、报警灯、开关合位灯

如图2所示,其主要特征的是灯较大,灭、亮、多色是其主要的特性。

【作者简介】袁成川(1988-),男,中国重庆人,本科,工程师,从事电力机房表计的识别模型与效果验证研究。

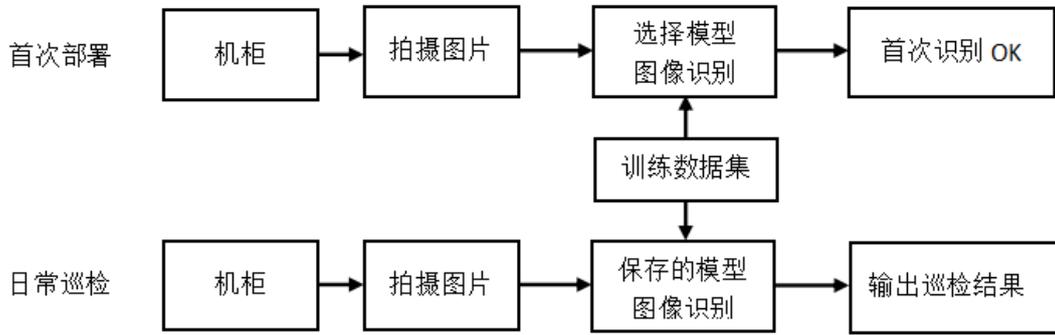


图 1 巡检机器人业务流程图



图 2 大型报警、运行灯常见巡检状态

这种模型属于最简单的，其主要特性为判断灯的状态和颜色，识别出颜色即可进行相关故障或者状态分析。唯一需要特别注意是指示灯颜色和指示灯老化，可能带来的颜色变化、闪烁不稳定。

2.2 电源、输入输出信号指示灯

这类指示灯主要特点是通过不同的档位来标志不同的状态。并且通常都比较密集。此时，密集指示灯对模型的要求较高，需要将画面划分为多个分区，按分区来分别识别其状态。

不仅仅判断亮灭、颜色，部分情况下，还需要根据其闪烁来确定工况（比如网络传输灯），另外，对于不同位置的状态灯，还需要知道其所在的相对位置代表的含义。

2.3 测控柜压板

测控柜压板。如远方/就地切换开关，正常时在远方位置，当在测控柜对开关进行操作时，将切换开关切至就地位置，操作方有效。

类似这样的测控柜压板装置，其模型涉及对颜色的识别，对投放状态的判断。

2.4 空气开关

如图 3 所示，也叫做空气断路器，是断路器的一种，只要电路中电流超过额定电流就会自动断开。空气开关是低压配电网和电力拖动系统中非常重要的一种电器，它集控制

和多种保护功能于一身。

空气开关的识别模型相对简单，主要是上下位置，但部分空气开关存在多联的情况，此时对识别模型有一定影响^[4]。单个空气开关，训练得到的模型，不一定能适用于多联开关。

2.5 数显仪表

这类仪表常用于电压、电流、功率、温度等数字量的实时监控。

单纯的识别数字对于 AI 模型来说不难。这类仪表比较难的地方在于：

第一，可能存在不自发光的表计，比如采用黑白数显的。此时如果环境光线不足，则机器人可能需要额外进行补光。

第二，小数点位置不容易确定，而且某些时候其量程是根据其他档位旋钮开关而确定的。因此会与其他的相关表计状态一起合并，才能分析以及读取相应的值。

第三，不同的数显仪表可能存在数字上的差异，比如 6 和 9，可能不同的数显仪表会有所不同。这意味着针对不同的仪表都要进行训练。

第四，数显仪表可能存在缺损一些档位的情况，或者存在特殊字符的情况，比如 E 代表 Error，H 代表 HIGH 等情况。有时候数显仪表可能会用连续的数字排列代表错误，或者用“-1”表示超量程，这种情况都需要特殊处理。



图 3 空气开关常见巡检状态

第五,有些数显仪表不是单独的,而是采用上下并列布局,这一般情况下,也需要部署人员将其分区之后再单独识别^[5]。

2.6 指针仪表

电力机房还有常见的指针仪表,主要是一些电压和电流计、压力计。虽然现在大量采用数显仪表,但是实际上还是存在很多模拟指针仪表。

一方面这种仪表的精度比较高,在传统机房中还大量使用着,另一方面,这种仪表存在测量数据无极平滑的特性,因此人工读取这样的仪表时候需要带有估算值。

AI 模型对于这类仪表,其模型是最复杂的。模型主要要素有指针类型(有些仪表的指针是一根、有些是两根)、量程(也就是怎么划分其刻度面,这个是需要提前在模型中明确的)、读数方法(机械类指针仪表,通常会有一些自定义的读数方法,部分时候需要根据一些组合公式进行读取,还有一些甚至有多刻度印刷的情况,不同的指针对应不同的刻度盘),这些无形中都对指针仪表的模型带来了挑战。

指针仪表识别模型另外一个挑战是塑料壳的反光或者重影,通常机械仪表读取要求视线垂直于表盘,但实际巡检时候往往不能满足这种条件(此时挂轨机器人相对容易),因此存在偏差情况下,还需要设置其偏离系数。这种偏离根据角度的不同,必然会有所区别。

2.7 旋钮开关

旋钮开关通常用于不同状态的切换,其中前面说的压板也类似于此。但是旋钮开关本身由于用途的不同,其档位是有差别的。

有些旋钮开关不仅有旋转的角度,还需要检查其旋钮手柄所代表的指针的实际指向。可能手柄都是 45° 倾斜,但是手柄指示箭头指向 45° 还是 225° 是需要识别的。

这类 AI 模型通常需要针对不同类型的开关而定。其手柄类型不同,对模型也是有一定的影响的。

2.8 液晶屏

液晶面板在实际电力机房运用较少,当然现代电子趋势下,液晶屏作为综合显示屏,有比较大的优势,信息量巨大。

这种识别,一般情况下不考虑使用 AI 视觉模型,而比较建议采用 OCR 方式直接进行照片转换文字的识别^[6]。通过对所拍摄照片的抗扭曲、纠偏等处理,先确保得到一张比较正规平坦的照片,然后再使用 OCR 技术进行识别。OCR 技术已经较为成熟。

3 模型效果检验

实际测试用的仪表是电力机房的常见的仪表。严格来说其中七种需要建立 AI 算法模型。我们在实战中可以检查这些模型。

使用效果。以 AIMBOT 机器人为例,它支持上述七类表计的识别。我们选择大亚湾机房进行相关的验证。共设置了数十个机柜,近百个巡检点,上千个识别项,最终根据其输出的报表来看其巡检效果。

因该案例中的项目较多,经过缩减,提炼了其中有代表性的模型以及相关的识别结果。

如图 4~ 图 6 所示,可以看到,电力机房巡检机器人在识别电力机房常见面板方面获得了令人较为满意的成果。

45	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	252JA坪核线线路电压	空气开关	合	正常
46	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	251JA母线电压	空气开关	合	正常
47	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	202JA通信电源	空气开关	合	正常
48	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	211JA坪核线线路测控装置电压	空气开关	合	正常
49	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	152JA北核线线路电压	空气开关	合	正常
50	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	151JA母线电压	空气开关	合	正常
51	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	102JA通信电源	空气开关	合	正常
52	OLGR 009AR	北核、坪核线测控柜	空气开关	211JA北核线线路测控装置电压	空气开关	合	正常



图 4 空气开关巡检结果

1181	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排A	北核、坪核线侧空柜电源	指示灯(大)	亮	正常
1182	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排A	北核、坪核线侧空柜电源	空气开关	合	正常
1183	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排15JA	#2主变测控屏电源	指示灯(大)	亮	正常
1184	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排15JA	#2主变测控屏电源	空气开关	合	正常
1185	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排	北岭线线路保护B柜保护电	指示灯(大)	亮	正常
1186	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排	北岭线线路保护B柜保护电	空气开关	合	正常
1187	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排	北岭线线路保护A柜保护电	指示灯(大)	亮	正常
1188	OLBWB001TB	1	直流配电柜4-空开第二排	北岭线线路保护A柜保护电	空气开关	合	正常



图 5 指示灯巡检结果

1367	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 501ID UPS1 交流输入电压	数字仪表	228.2	未定义
1368	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 503ID UPS1 旁路输入电压	数字仪表	228.2	未定义
1369	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 505ID UPS1 直流输入电压	数字仪表	121.9	未定义
1370	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 507ID UPS1 输出电压	数字仪表	223.7	未定义
1371	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 502ID UPS1 交流输入电压	数字仪表	96.0	未定义
1372	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 504ID UPS1 旁路输入电压	数字仪表	0.0	未定义
1373	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 506ID UPS1 直流输入电压	数字仪表	2.0	未定义
1374	OLNWA001TB	UPS电源柜1	数显仪表	W 508ID UPS1 输出电流	数字仪表	5.8	未定义



图 6 数字仪表巡检结果

在样例机房的巡检报表中显示,巡检柜数:45,巡检点总数:182,巡检项总数:1422,机器人整体完成任务用时45 min。假设同样的工作依靠人工,人工按一个巡检项耗时2 s,则1442个巡检项,需要耗费2884 s。相当于48 min。巡检机器人效率已经超越了人工。

另外,机器人巡检完成后,直接可生成图文报表,给管理人员带来了比较方便的体验。针对异常也很容易提供现场照片供管理人员对照。

4 结语

经过电力机房常见仪表的模型分析,大致可以确定一般巡检机器人需要的仪表AI识别模型,这些模型可作为后期产品规划的目标。电力系统可统一建立行业的图像识别集,供入场的机器人进行适配,从而缩短现场部署和训练的时间。

通过模型分析也可以看出,巡检机器人如果能够适应模

型做到自主识别,则可以大大提高机房巡检的效率,在很大程度上可以代替人工,解放人力,真正实现全天自动化巡检。

参考文献

- [1] [英]西蒙 J.D. 普林斯.计算机视觉:模型、学习和推理[M].北京:机械工业出版社,2017.
- [2] 王章阳,傅云,黄煦涛.深度学习:基于稀疏和低秩模型[M].北京:机械工业出版社,2021.
- [3] Milan Sonka,等.图像处理、分析与机器视觉[M].北京:清华大学出版社,2016.
- [4] 邓建华.深度学习原理、模型与实践[M].北京:人民邮电出版社,2021.
- [5] 张学工,汪小我.模式识别 模式识别与机器学习第4版[M].北京:电子工业出版社,2021.
- [6] 谷建阳.AI人工智能:发展简史+技术案例+商业应用[M].北京:清华大学出版社,2018.