

# 基于图像处理的道岔转辙机动静接点状态检测技术研究

施 聪

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司,200235,上海//高级工程师)

**摘 要** 在地铁线路道岔转辙机工作过程中,需要定期检测其动静接点的接触状态,及时发现和排除工作状态的异常。对道岔转辙机动静接点接触状态的现有检测方法是依靠人工肉眼识别。该方法存在测量偏差大、容易漏警、实时性不强等不足。提出一种基于图像处理和深度学习的道岔转辙机动静接点状态检测技术,在采集大量道岔转辙机动静接点图像的基础上,利用神经网络深度学习方法,对机器进行大量的训练,找出检测点的特征参数;再结合图像处理方法,得到所需的测量参数;同时结合智能手机应用程序,实现对道岔转辙机动静接点的实时检测。该方法可以实现对道岔转辙机动静接点状态的便捷、快速、准确检测,提升对动静接点状态判断的准确性,从而提高道岔转辙机的维护效率和维护质量,确保列车的安全运行。

**关键词** 地铁;道岔转辙机;动静接点;神经网络;图像处理  
**中图分类号** U213.6\*8

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2020.S2.036

**Movable/Static Contact State Detection Technology of Metro Turnout Switch Machine Based on Image Processing**  
SHI Cong

**Abstract** In the working process of switch machine, regular detection of the movable/static contact state is required, so as to timely find and eliminate problems. The current method to detect the movable/static contact state is based on artificial visual recognition, which has many disadvantages like inaccurate measurement, alarm failure and poor real-time performance. In this paper, a movable/static contact state detection technology based on image processing and deep learning is presented. Based on a large number collection of movable/static contact images, the neural network deep learning method is used for a lot of machine training to find out the characteristic parameters of the detection points. Then, combined with the image processing, the required measurement parameters are obtained. At the same time, by combining with mobile app, the real-time detection of switch machine movable/static contact is realized. This technology can realize

convenient, rapid and accurate detection of movable/static contact state, improve the judgement accuracy of the movable/static contact state, the efficiency and quality of switch machine, and ensure the safe operation of trains.

**Key words** metro; turnout switch machine; movable/static contacts; neural network; image processing

**Author's address** Telecom and Signal Branch, Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., 200235, Shanghai, China

## 0 引言

道岔转辙机是地铁线路转换道岔位置,从而改变列车运行路线的重要转辙设备。道岔转辙机故障将直接影响列车运行,造成列车停运甚至是更重大的事故。对道岔转辙机的工作状态定期检测是维护转辙机正常工作的重要手段。本文主要研究道岔转辙机的动静接点状态检测。

传统的道岔转辙机动静接点接触状态的检测方法是依靠人工肉眼识别。具体地说,城市轨道交通维护检修人员逐一打开道岔转辙机的机盒,通过用直尺比对动静接点的位置,用肉眼估算其距离,进而判断是否在合理范围之内。然而,该方法存在诸多不足:①直尺无法深入动静接点内部,只能在上方悬空比对动静接点位置,很容易产生测量偏差。②检测作业往往在夜间,需要等到列车停运以后才可进行,此时检修人员身心俱疲,面对千篇一律的道岔转辙机,很难保持长期的注意力;同时由于检修人员技能水平参差不齐,标准化作业程度不一,以及个人经验和理解有所不同等,导致有可能出现疏忽而漏警。③一旦发现转辙机故障,检修人员难以将现场的准确状态数据实时地报告给后台人员。因此,现有道岔转辙机动静接点检测的作业方法需要改进。

通过对学术文献的研究发现,研究人员针对道岔转辙机的工作状态检测提出过一些改进方案。文

献[1]提出采用动态监测系统对道岔状态进行远程监测,实现集中检测、故障报警、系统联网功能,但该研究仅实现数据的联网传输功能,而无法针对道岔转辙机状态本身进行检测。文献[2]提出一种利用图像处理对道岔转辙机内表示杆缺口间隙大小的检测方案,成功地将图像处理技术引入到转辙机状态检测中,然而该研究仅仅针对缺口进行检测,尚未讨论动静接点接触状态的检测。文献[3]提出一种基于灰色神经网络的道岔转辙机故障诊断方法,根据待检功率曲线与常见故障下的功率曲线灰色关联度值,运用故障诊断特征集实现道岔转辙机运行状态的判断,成功地将神经网络基础引入到道岔转辙机状态检测中;但该研究仅仅针对功率曲线进行检测,仍然无法检测动静接点的接触状态。因此,运用图像处理技术检测道岔转辙机动静接点状态,并将其应用到道岔转辙机维护作业中是一次全新的研究和探索。

本文提出一种用基于深度学习的图像处理技术来检测道岔转辙机动静接点状态的方法。维护人员用智能手机对道岔转辙机的动静接点排进行拍照,并将照片通过无线网络回传给后台服务器;然后由后台服务器执行图像处理程序,完成像素尺度校准、识别,并抠出动静接点局部图、识别动静接点、计算接触参数;最后由后台服务器判断动静接点接触是否存在异常,并将检测参数及状态反馈到维护人员的手机应用程序上,为维护人员的维护工作提供数据支撑。

## 1 道岔转辙机动静接点结构

城市轨道交通常用的道岔转辙机型号有 ZD6 型、ZD(J)9 型及 S700K 型。以上海城市轨道交通为例,ZD(J)9 型道岔转辙机用得最多,老的线路中以 ZD6 型为主。三种不同型号的道岔转辙机,其自动开闭器动静接点的布置都是一致的(如图 1 所示),包含 2 排动接点和 4 排静接点。为确保转辙机可靠工作,《铁路信号维护规则》规定,道岔转辙机动接点在静接点片内的接触深度不小于 4 mm。

## 2 基于图像处理的道岔转辙机动静接点状态检测技术

### 2.1 动静接点状态检测流程

基于图像处理的道岔转辙机动静接点状态检测的流程如图 2 所示。

采用图像处理和机器学习技术,在图像中自动

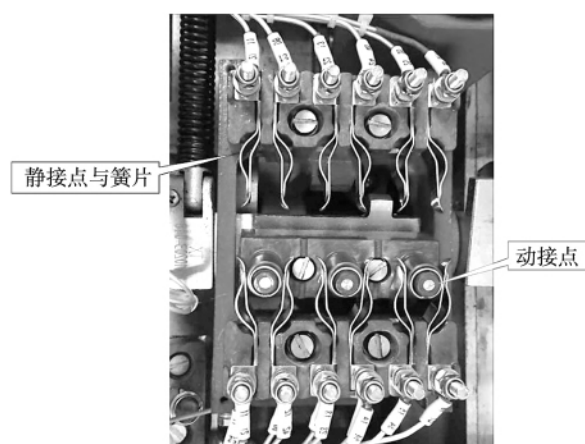


图 1 动静接点图

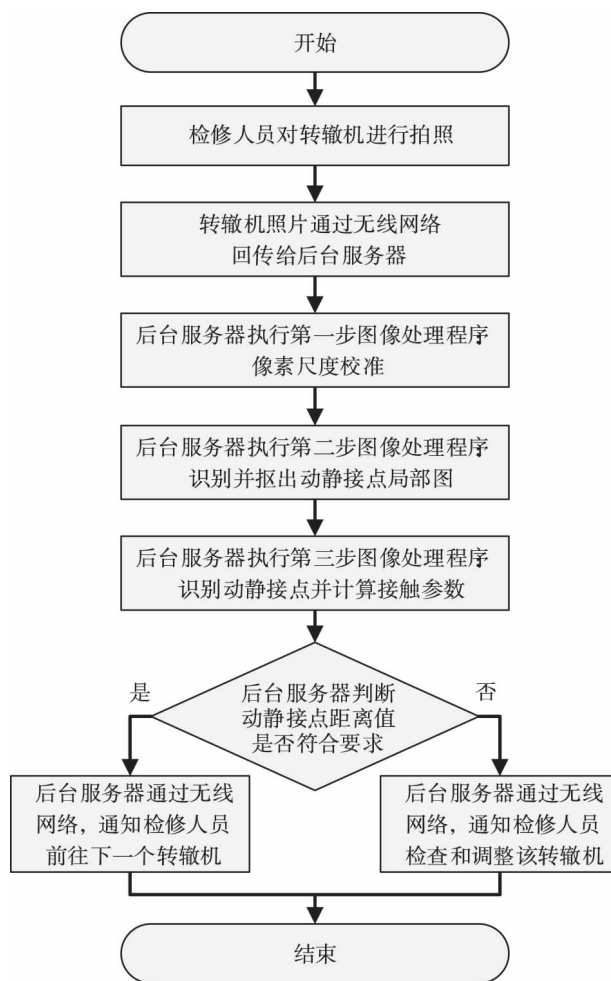


图 2 基于图像处理的道岔转辙机动静接点状态检测流程图

识别和提取测量点。由于本方法中涉及到大量的圆形特征,圆形中心点的提取直接会影响测量精度,故在图像采集时,要求采用不超过 15°的拍摄角度获取图像,然后采用高斯曲线拟合法精确提取圆形特征的中心点。该算法精度可以达到 0.02 个像素。一

个完整的圆心识别流程包括图像预处理、边缘检测、特征识别、圆心定位。圆心定位是采用亚像素级别的圆心定位法。考虑到图像拍摄角度的问题,通常 $15^\circ$ 以内的小角度对圆心定位影响较小。大角度拍摄时,可以采用参考模板进行图像校准,以实现精确的圆心定位。

## 2.2 图像拍摄要求

图像拍摄质量直接关系到道岔转辙机的状态转化为图像信息的精准度,故对图像拍摄有以下要求:

1) 相机的像素:目前现有市场上通行手机的摄像头均可达到像素要求。

2) 拍照的角度:要求在道岔转辙机表盘上方自上而下拍摄相片,尽可能与表盘中心相垂直。

3) 拍照的光照:由于现场是在夜间拍照,所以必须要开闪光灯,要求闪光灯的效果能够将表盘的动静接点与它们的背景形成明暗的鲜明对比。

4) 拍照的稳定性:要求拍摄者持稳手机,尽可能减小因手机抖动而带来的图像不清。

5) 视野的范围:要求视野足够大,以至于能将道岔转辙机自动开闭器的边框完整包含进来,该边框将作为图像处理的像素尺度校准的依据;但视野范围不能过大,应尽量保证像素尺度尽可能小,那么图像处理计算出来的距离参数的分辨率就会较高。

## 2.3 服务器部署模式

由于动静接点状态检测所处的环境特点为:需多车站同时进行道岔转辙设备的检修作业,存在跨网域的数据处理,实时性要求高,需要实时返回测量结果。综合此特点,选取采用X86服务器模式,可以支持多车站同时进行检测,通过多服务器能做到负载均衡和互备的小计算集群,针对多车站算法能做到冗余计算。

手机端安装专用应用程序,应用程序开始测试后,将拍摄的照片传给服务器上的图像处理程序;图像处理程序将照片处理后计算出动静接点的接触深度,并通过ICE协议<sup>[4]</sup>,将接触深度参数回传给手机应用程序。

## 2.4 图像处理程序

1) 像素尺度校准:将照片中的像素尺度进行校准。校准的依据是照片中拍进来的道岔转辙机自动开闭器的边框。自动开闭器边框的长度是道岔转辙机生产时决定的,因此可以认为是一个常数。首先利用神经网络<sup>[5]</sup>对道岔转辙机自动开闭器边框进行识别,然后计算边框首尾对应的像素点之间的像素

距离,最后根据边框真实长度与像素距离的比例,换算出单位像素的尺度值,以此完成像素校准。

2) 深度学习框架选择:选用现成的深度学习框架能够直接进行高层配置,避免进行底层编码,可大大提高开发效率。目前,市面上已有大量深度学习框架,例如:Caffe、Tensorflow、Keras、PyTorch等。PyTorch框架是一个基于Python语言的深度学习框架,能够在强大的GPU(图像处理单元)加速的基础上实现张量和动态神经网络。相对于Tensorflow,PyTorch是一个人工智能深度学习框架,而Tensorflow等都是静态图,不利于扩展;同时,PyTorch框架非常简洁,方便使用。本文选取PyTorch框架作为深度学习框架。

3) 动静接点的目标检测定位:SSD(单发多盒探测器)目标算法模型是基于卷积神经网络设计搭建的。该模型具有快速预测,且能相对准确地获取目标位置的特点。数据准备阶段,拍摄大量道岔转辙机动静接点照片做标记。标记信息包括检测目标分类、图像坐标、真实外边框等。数据训练阶段,可在每个特征层上都预置不同尺寸的预测边框,使用目标偏移、分类别预测去匹配真实边框,通过反复训练来优化权值,以提高最终目标检测的稳定性。本文在现有算法的基础上,根据动静接点的安装位置及运动特点,预估了在图片中可能出现的位置,缩小检测范围,提升了训练效果。在进行了5万次训练后,成功提取到图3动接点圆柱顶端的圆形轮廓。采用同样的方法,对6组静接点簧片进行了检测定位。

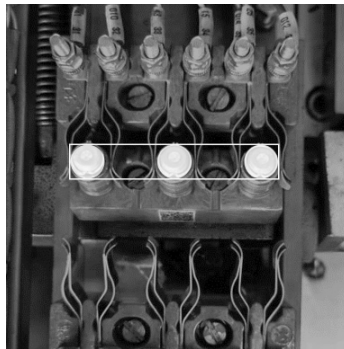


图3 动接点目标检测效果

4) 接触深度计算:如图4所示,首先提取检测到的动接点组顶端圆面的圆心像素坐标<sup>[6]</sup>,提取静接点柱簧片的末端像素坐标,计算出两坐标的像素距离 $S$ 。检修标准中的要求是测量动接点和簧片的有效接触深度,实际像素接触深度略小于 $S$ ,根据试验测量,计算出比例系数 $k$ ,得到实际像素接触深度



$S_{\text{实}} = kS$ 。再依据像素尺度校准后计算出真实值,要求接触深度不小于 4 mm。

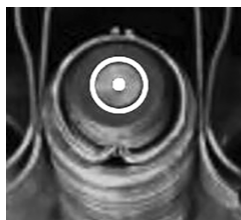


图4 圆心定位

### 3 结语

本文提出的基于图像处理的道岔转辙机动静接点状态检测方法,以图像处理为依据,并借助无线通信、神经网络等技术,实现了道岔转辙机动静接点状态的实时检测,减轻了维护人员进行人工巡检的工作量,增加了检测的可靠性,提高了作业的标准化,也提升了道岔转辙机的运行安全。此外,该检测方法不需要额外的高成本设备,只需要利用常见的手机或智能平板电脑、通信网、服务器,就能实现所有功能。本检测方法可应用于地铁智能化运维系统中,通过对动静接点数据的智能化采集、分析、趋势预测,起到对动静接点状态的有效管控。

(上接第 148 页)

由于城市轨道交通网络存在一定的封闭性,搭建相对独立的智能化维保平台网络,可通过网络安全隔离技术打通生产网域、管理网域、互联网域,实现跨市域线网的维保数据共享。在网络安全和数据保护机制下,将相关数据接入大数据中心以供智能化维保平台内部使用及信息对外发布与交互。

未来可以将城市轨道交通维保平台与其他综合监控子系统进行整合。比如,ATS(列车自动监控)系统、闭路电视视频监控系统、环境监测系统、乘客信息管理系统等,通过对其他监控子系统的整合可以进一步提升城市轨道交通综合维保的集约化管理程度,提高城市轨道交通信息化管理水平。

### 4 结语

随着智慧轨道交通理念在国家层面的提出,上海城市轨道交通率先开展了专业化、智能化、集约化

在未来的工作中,可以通过图像处理技术检测更多的工况,例如道岔转辙机螺丝是否松动、道岔转辙机表盘是否生锈或蒙灰等。此外,随着对道岔转辙机箱盒内部安装空间和摄像头安装方式的研究,未来亦可考虑在每个道岔转辙机内部安装固定摄像头,自动拍摄照片回传到服务器,以实现道岔转辙机工作状态的实时在线监测,进一步提升检测的实时性。

### 参考文献

- [1] 李伟,阳彬.实现道岔转换动态监测功能探讨[J].科学技术创新,2019(13):130.
- [2] 夏志梁.应用图像数据分析技术实现道岔转辙机运行状态远程监测[J].城市轨道交通研究,2018(11):150.
- [3] 肖蒙,翟琛,潘翠亮.基于快速贝叶斯网络的 S700K 转辙机故障诊断研究[J].铁道科学与工程学报,2015(2):200.
- [4] Leader-us. ZeroC Ice 权威指南[M].北京:电子工业出版社,2015.
- [5] IAN G F, YOSHUA B, AARON C.深度学习[M].赵申剑,译.北京:人民邮电出版社,2017.
- [6] RAFAEL G, RICHARD W. 数字图像处理[M].阮秋琦,阮宇智,译.北京:电子工业出版社,2017.

(收稿日期:2020-03-28)

的维保工作,有效提升了维护保障水平<sup>[3]</sup>。本文结合当前行业内轨道交通设备维修维护管理的信息化建设工作,提出了新型城市轨道交通智能化维保平台的构建方案,并在上海轨道交通 5 号线逐步实施。科学、高效、合理的信息化平台具有强大的组态功能,可以有效满足城市轨道交通维保工作复杂变化的需求,对城市轨道交通维保信息的互通、资源共享以及提升自动化维保水平的作用显著。

### 参考文献

- [1] 侯旭阳,田元,陈逸.城轨信号系统大数据平台部署方案研究[J].铁路通信信号工程技术,2019(8):61.
- [2] 李俊宏.B/S 架构智能巡检系统关键技术的研究[D].北京:北京邮电大学,2011.
- [3] 刘纯洁.上海智慧地铁的研究与实践[J].城市轨道交通研究,2019(6):1.

(收稿日期:2020-03-28)