

# 无人机巡检系统

## 应用于铁路工程混凝土桥梁检测的探讨

赵柏如

(华设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:**传统的铁路混凝土桥梁检测工作尚不完善,因此需要在铁路工程混凝土桥梁检测中应用无人机巡检系统。在铁路工程混凝土桥梁检测中应用无人机巡检系统,有利于提高检测效率,同时可以获得清晰的图像数据,落实数据处理工作可以满足工作需求。同时可以准确识别现场的裂缝,可将检测值和现场实测值的长度误差控制在50 mm范围内,宽度误差可以控制在0.1 mm范围内,因此可以推广应用无人机巡检系统。本文分析铁路工程混凝土桥梁检测中无人机巡检系统的应用,对实际工作可以起到参考作用,进一步保障铁路工程混凝土桥梁质量。

**关键词:**无人机巡检系统;铁路工程混凝土桥梁;检测方法  
**中图分类号:** U446 **文献标志码:** A



近年来,铁路技术不断发展,逐渐增加铁路运营里程。为保障铁路运行的安全性,铁路工作者需要加强排查铁路桥梁的安全隐患。利用传统的桥梁检测技术不利于保障工作效率,同时具有一定的危险性,存在较多的检测问题。近年来,我国不断发展无人机技术,并且广泛应用在工程中。无人机巡检系统可以代替传统的检测技术,可有效检测铁路工程混凝土桥梁的病害。

无人机检测系统利用远程控制系统操控飞行器,可以借助无人机上的相机和测距仪等设备检测相关物体的信息。本文主要分析铁路工程混凝土桥梁检测中无人机巡检系统的应用,根据现场试验确定无人机巡检系统应用的可行性。

### 1 铁路工程混凝土桥梁检测的现状

我国铁路桥梁数量较多,在不断延长运营时间后,桥梁中将产生裂缝和钢筋锈蚀等问题,增加桥梁运行中的安全隐患,甚至影响行车的安全性。因此需要定期检测铁路桥梁,及时处理发现的问题。当前在桥梁病害检测过程中主要利用检测平台和桥梁检测车等<sup>[1]</sup>。

检测平台主要包括梯子和脚手架等,方便检测人员靠近铁路工程混凝土桥梁,使用尺子或测宽仪等检测铁路工程混凝土桥梁病害。但这种检测方式不利于提高工作效率,同时因为梯子和脚手架体积较大,搬

运和搭建过程需要耗费较多的时间。需要多人配合完成工作,会耗费较多的人员成本,再加上使用场景比较复杂,因此只能在桥梁底部环境和净空较低的桥梁中使用检测平台。同时其不利于保障检测的安全性,尤其在登高作业中涉及较多的危险因素。

桥梁检测车主要包括机械平台和检测设备等,在实际工作中向桥梁附近延伸机械臂,这样方便检测人员检测桥梁。在张开机械臂过程中需要保持匀速。对比简易检测平台,桥梁检测车具有较高的安全性和工作效率,但是整体工作成本比较高,而且使用场景存在一定限制,只能应用于桥梁检测车可以接近的铁路工程混凝土桥梁中<sup>[2]</sup>。

此外在铁路工程混凝土桥梁检测中还可以利用桥梁检测通道,通常是在混凝土桥梁工程建设过程中建造桥底检修通道,主要是贴近桥梁底面和桥墩建设桥底检修通道,方便检测人员检测桥梁底部。但是这种检测方式固定检修通道的位置,因此只能检测通道附近部位。另外具备检修通道的桥梁比较少,因此不能广泛应用这种检修方式。

近年来,飞行控制技术和无线遥感技术逐渐发展,实现机载传感设备的轻量化和多样化,人们广泛利用无人机巡检系统。当前在桥梁检测过程中,只是在大尺寸病害检测中使用无人机,这不利于检测出宽度在1 mm以内的裂缝。因此在今后发展过程中需要注重采集

细小病害的数据, 自动化识别和提取特征信息<sup>[3]</sup>。

## 2 无人机巡检系统的结构

### 2.1 数据采集子系统

#### 2.1.1 无人机

无人机应具备全天候续航能力, 可以长时间检测铁路桥梁, 同时配置双惯性测量单元和气压计以及指南针等, 并搭配智能电机驱动器, 这有利于提高飞行过程的安全性和稳定性, 避免在铁路工程混凝土桥梁检测中侵入铁路限界, 保障行车的安全性。

#### 2.1.2 相机模块

相机模块集变焦相机和广角相机以及激光测距仪等, 可以满足铁路工程混凝土桥梁检测的需求。相机成像可以在图像像素坐标系中转换各种物体, 利用像素标识物体大小。因为广角镜头存在畸变情况, 将引发图像变形问题, 不利于自动化识别桥梁病害, 因此在铁路工程混凝土桥梁病害检测过程中需要利用变焦相机。根据相机成像原理, 在相机初始角度为0时, 才可以采集完好的图像, 保障病害信息采集的精确性, 因此在检测桥梁表面过程中需要保持相机云台角度为0。利用相机模板和M300无人机有利于提高定位的精确性, 同时可以发挥准确复拍功能, 方便多次检测桥梁, 还可以对比分析历史检测数据<sup>[4]</sup>。

#### 2.1.3 机载计算机控制软件

机载计算机控制软件主要利用图形采集原则, 自动化地采集相关数据, 减少工作人员的工作量。无人机巡检距离和镜头焦距直接关系成像的清晰度。在固定巡检距离, 扩大焦距后可以提高像素的精度, 获得清晰的成像。固定焦距, 拉近巡检距离, 将提高像素精度, 同时获得清晰的成像。固定单张图像分辨率、提高像素精度后, 说明视野比较小, 不利于保障采集效率, 因此在利用无人机巡检系统的过程中需要合理选择巡检距离和镜头焦距。

通常铁路桥梁裂缝宽度为0.2~1.00 mm, 因此只有保障图像像素的精度, 才可以清晰拍摄裂缝图片。改变无人机的巡检距离和镜头焦距可以获得不同的图像。如果巡检距离比较近, 可能发生无人机碰撞问题; 如果巡检距离比较远, 将影响图像的清晰度。经过试验确定, 控制无人机巡检距离在5 m以内, 并且保证镜头焦距在150 mm范围内, 这样才能保障图像清晰度, 同时获得最佳采集效率<sup>[5]</sup>。

为保障检测的完整性, 需要将多张原始图像拼接为完整的大图, 并且在大图中精确标注病害发生的位置。因此图像采集过程中会重合一部分相邻图像。经过计算可以确定, 相邻图像重合率达到25%, 这样才可以准确拼接图像。应在机载计算机控制软件中配置

相机, 负责收集图像数据, 同时确定无人机当前坐标和测距传感器的距离以及相机云台的角度等, 并且在图像属性信息中同步保存上述信息, 匹配融合各种数据, 为后续数据处理工作奠定坚实基础。

### 2.2 数据处理子系统

#### 2.2.1 数据处理服务器

数据处理服务器可以拼接无人机图像, 同时可以自动化识别病害, 还可以提取特征信息。

(1) 图像拼接: 可利用SIFT匹配算法拼接图像, 首先在两幅图像的重合区检测SIFT特征点, 针对同一特征, 相关特征向量具有相似性, 因此需要选择两幅图像中两个点组建匹配点对, 连接两条线的两端即可形成匹配点对, 计算多个匹配点对可以建立两幅图像的变换矩阵, 利用该矩阵可以在同一个坐标系统中统一两幅图像, 最终准确拼接两幅图像。在重复拼接过程中, 可以将整个桥梁的大图反映出来, 通过自动化识别大图, 确定桥梁病害, 并且可以精准定位桥梁病害位置<sup>[6]</sup>。

(2) 自动识别病害和提取特征信息: 可利用语义分割网络训练病害样本库。因为PSPNet网络中涉及较多的参数, 会降低整体训练速度, 因此可以利用ResNet18提取网络。因为不同病害的尺寸存在较大的差异, 可以利用PPM (PulsePosition Modulation, 脉位调制) 作为解码网络, 提取卷积神经网络的特征信息, 并且可以转化特征信息为分割结果。因此处理各种尺寸的图像, 提取不同区域的信息, 最终可形成准确的分割图。

在自动识别病害的过程中, 首先需要构建样本库, 利用标注工具分割标注上千张图像的像素语义, 建立桥梁病害样本数据集, 可以根据特定比例划分数据集为训练集和验证集。然后构建深度神经网络损伤分割模型, 在分割模型编码网络中置入训练集的图片, 利用提取特征信息生成对象分割结果, 并且持续开展模型训练工作。最后要利用验证集评估模型的识别能力, 在获取准确的模型参数后, 可以自动化检测裂缝和梁缝等病害, 同时可以评定病害发展趋势和状态<sup>[7]</sup>。

确定裂缝病害后, 可以利用中轴线裂缝宽度计算方法和三次CARDINA样条插值, 实现裂缝边缘拟合, 并且将裂缝宽度的亚像素宽度反映出来。

#### 2.2.2 数据存储单元

数据存储单元负责存放无人机检测的图像数据和数据结构, 要求数据存储单元具有较大的容量, 同时还要具备较高的安全性。如果选用工业级磁盘阵列, 需要保证容量在40 TB以上, 同时可以全面存储铁路桥梁无人机的数据资料。在存放数据过程中要注意分级

存放,这样有利于对比历史检测数据,可以重点关注病害发展情况。

### 3 无人机巡检系统的特征

#### 3.1 无人机巡检系统的优势

对比传统的桥梁检测方式,无人机巡检系统可以实现空中作业,同时具有良好的机动性能,可以检测传统设备的盲点部位,弥补常规检测的不足。在实际操作过程中,因为无人机整体构造比较简单,同时具有较小的体积,运输和维护过程非常简单,还可以快装和快拆无人机,有利于提高操作过程的便利性。在经济角度,对比传统专业检测设备,无人机巡检系统具有较低成本,同时在检测过程中无须封锁交通,可以保障行车的有序性。在安全层面,无人机巡检系统可以代替检测人员完成高空作业,有利于保障检测人员的生命安全<sup>[8]</sup>。

桥梁检查主要包括经常性检查和定期检查以及特殊检查三个部分,在不同检测作业中无人机都发挥重要作用。在经常性检查过程中,结合无人机和望远镜等工具,有利于提高日常巡检工作的效率和安全性。在定期检查和特殊检查过程中,可以利用无人机提高前期检测的水平,同时结合专业检测设备有利于提高检测结果的精确性,保障整体检测效果,同时可以减小整体检测成本。

#### 3.2 无人机巡检技术流程

无人机巡检技术流程的规范性关系到检测结果的精确性。在无人机巡检过程中,前期准备阶段应全面收集桥梁信息,并且制定针对性的检测方案。在检测过程中需要加强控制无人机飞行区域,全面采集相关图像,稳定控制无人机返回基站。在数据处理过程中,需要处理分析数据图像,以此评估桥梁实际损伤情况。

### 4 现场试验

为测试无人机巡检系统的可行性,对某铁路大桥开展试验。该桥属于预应力钢筋混凝土桥,全长为1455 m。在试验过程中主要检测第七跨和第八跨梁体的上下行线,分四次检测梁体。因为要求精度在0.2 mm范围内,因此在单侧梁体检测过程中需要采集不同的图片<sup>[9]</sup>。

在实际检测过程中应根据特定方向,利用机载计算机按照预设参数自动化采集图像数据,一跨单侧梁体检测用时为30 min,检测两跨桥梁一共用2 h。对比现场实测值和无人机巡检系统检测值,可以确定在现场实测过程中能精确识别裂缝,并且实测值和检测值的误差在50 mm范围内,同时宽度误差在0.1 mm范围内。这说明利用无人机巡检系统可以获得清晰有效

的图像数据,同时利用数据处理方式可以满足工作要求。

### 5 无人机巡检系统的发展趋势

为充分发挥无人机巡检系统的优势,需要积极更新无人机巡检系统。当前无人机检测方式主要是通过搭接光学摄录设备,检测方法相对简单,因此需要积极开发红外测量仪器和超声测量仪器等,进一步提高无人机巡检系统的检测精度,同时增加无人机巡检系统的适用范围。

此外需要充分利用VR(Virtual Reality,虚拟现实)和5G(5th-Generation Mobile Communication Technology,第五代移动通信技术)等技术,直观地展现无人机检测图像,向检测人员同步传输图像,进一步提高无人机巡检系统检测水平。

### 6 结束语

对比传统的铁路桥梁检测方式,利用无人机巡检系统可以高效检测铁路桥梁表面的病害,同时无人机巡检系统可以组合合适的参数,自动化识别和检测细小的病害,方便工作人员养护维修铁路桥梁。

#### 参考文献

- [1] 吴秋瑜,陈燕,孙志伟.基于无人机水环境自主监测系统的设计与实现[J].信息与电脑(理论版),2020,32(19):73-75.
- [2] 杨扬,王连发,张宇峰.无人机桥梁检测技术进展与瓶颈问题分析[J].现代交通技术,2020,17(4):27-32.
- [3] 刘哲成,郭丽娟.基于分层滤波算法的无人机控制系统故障检测技术[J].计算机测量与控制,2020,28(5):23-26,30.
- [4] 张祥甫,姜涛,石章松.一种视频防抖优化的无人机目标检测系统设计与实现[J].舰船电子工程,2020,40(3):43-47.
- [5] 潘健鸿.基于无人机的大型起重机械检测系统设计与应用[J].自动化技术与应用,2020,39(2):112-115.
- [6] 庄杰,经正彤.无人机监测系统在河流水文应急监测中的应用研究[J].水利科学与寒区工程,2020,3(1):99-101.
- [7] 高彬,孙林,于波,等.基于“互联网+”的双涵道大气监测无人机系统设计[J].现代计算机,2019(21):82-86.
- [8] 王金钊,毕陈帅.无人机机载检测技术在特种设备检验检测中应用探讨[J].科技风,2019(7):71-73.
- [9] 朱云飞.无人机影像在公路桥梁检测中的应用分析[J].建筑技术开发,2019,46(1):129-130.