

无人值守无人机在水利水电工程边坡智能巡视检查中的运用分析

杨明山¹ 任明远² 吴杨²

1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司; 2. 西安因诺航空科技有限公司

摘要: 水利水电工程边坡所在位置一般自然环境比较恶劣、位置偏远、地势崎岖,人迹罕至,为了保障工程边坡稳定运行,同时确保地区供电持续性,必须加强无人值守无人机的运用。通过制定科学合理的巡检方案,及时发现水利水电工程边坡存在的失稳现象,针对缺陷问题第一时间进行分析,可大大提高巡视检查工作质量,结合实际情况选择合适的无人机型号及载荷,能够有效提升数据信息采集的精准性,极大地促进了各项工作落实速度,同时还大大节省了人力资源,降低了管理成本。在当前阶段应进一步加强对无人机自动巡检技术的研究和应用,为实现水利水电工程边坡稳定运行奠定良好基础。

关键词: 无人值守; 无人机; 水利水电工程; 边坡智能巡视检查

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.085

前言

无人值守无人机巡视检查在水利水电工程边坡中应用如今已经越来越智能化,相比于传统的巡检作业方法,展开各项检查工作效率更高,操作更加简单,也保障了工作人员作业安全。水利水电工程边坡是否处于稳定状态直接关系到工程功能的发挥,影响着水利水电工程安全,一定要结合实际情况制定精细化的巡视检查计划,及时发现失稳问题,并尽快展开修复,从而保障边坡安全稳定,为有关单位预警报警提供参考。

一、无人机智能巡视检查关键技术分析

(一) 续航能力

以水利水电工程边坡无人机智能巡检为例,采用的多为多旋翼无人机,续航搭载电池为锂电池,在常规的工作环境下工作时长最高可达30分钟。为提升无人机续航能力,目前对电池供能技术正在加强研究,希望通过提高电池能量密度,提高续航能力,减少供电中存在的安全隐患^[1]。

(二) 通信及数据传输能力

多旋翼无人机巡检过程中的通信及数据传输包括内部数据传输和外部数据传输两种,当前工作重点是提高数据传输稳定性、精确性和及时性。由于巡检区域的自然环境普遍比较复杂,信号基站和无线电覆盖不高,导致通信效果不佳,再加上电磁环境干扰,数据传输常常会发生中断,而且作业过程中还具有较大安全风险。

(三) 巡检的智能化能力

无人机在巡检作业过程中结合工作内容需要搭载不同的设备进行数据信息采集和存储,再通过影像识别对拍摄图示进行分析,确定是否存在异常状况,并基于此

制定巡检策略。当前无人机巡检的智能化水平还不够,在影像数据判断上对技术人员的专业性要求较高,随着通信基站和电网规模不断扩大,巡检作业效率更高,不过由于无人机性能限制,该领域亟需更多专业基础扎实的工作人员。

二、无人机在水利水电工程边坡智能巡视检查中应用优势分析

(一) 提升巡视检查的效率和及时性

目前,我国水利水电工程边坡巡视检查工作使用无人值守无人机监测代替人工巡检,主要是通过采用多旋翼无人机展开相关工作,将无人机作为很好的辅助手段,相比于传统的巡视检查工作办法工作量较小、危险系数较低,检查效率进一步提升,不仅有效缩减了作业时间,而且保障了工作人员的安全。

(二) 降低巡视检查的成本

水利水电工程修建过程中一定程度上会对原始的地质结构造成破坏,在长时间运行下,边坡会发生变形、破损,进而出现渗流现象,在不利的自然要素条件下,采用人工巡检的方式不仅消耗很高管理成本,而且具有较大的安全隐患。采用无人机对特殊环境展开巡检,由于其机动性好,环境适应能力强,可大大提高巡检效率,从而可降低检测检查成本。工作人员只需要输入检测地点,无人机基于GPS的控制下即可抵达并展开数据信息的采集,内置系统自动化运作会将信息以图像或者视频的形式反馈给工作人员,根据详细的分析能够确定工程是否存在缺陷,并采取科学的预警及修复办法,从而保障水利水电工程正常运行^[2]。

(三) 搭载丰富、具备多样化的巡视检查模式

无人机巡检系统结合作业内容要求会搭载不同设备才能更高效地展开各项工作,通过将可见光摄像机、红外热像仪等接入系统,可大大提高检测效率,在水利水电工程边坡巡检期间,可以准确分析出工程是否存在安全隐患,结合采集的数据能够判断出地质灾害发生概率。巡视检查操作模式分为单舱飞行和多舱飞行两种,在当前缺陷日常检测中可随意切换使用。

三、无人机在水利水电边坡智能巡视检查中的具体应用

(一) 巡视检查路线

水利水电工程边坡一般位于地势陡峭、植被覆盖率较高的无人地界,由于环境比较特殊,因此相关工作人员不易到场展开巡视检查工作,而且传统的巡检方式操作难度大、耗时长、效率较低、成本过大,而且在巡检作业展开期间存在较大安全风险。使用无人值守无人机在边坡展开巡检,工作人员只需要远程操控即可,大大

提高了巡视检查工作效率,而且降低了巡检过程的安全风险,整个巡检过程使用无人机操作简便,工作人员只需要加强研究无人机性能的研究即可,结合其传输的影像判断边坡是否存在失稳迹象。

巡视检查的具体内容结合工程实际情况需要制定不同的巡检方案,结合以往的工作经验,参考当前水利水电工程边坡运行情况进行科学的配置和选择,根据需要可采取定期和不定期两种信息数据采集方式,并利用无人机的自动存储功能,对有关信息进行整合分析,确定边坡运行是否存在异常,如果无人机反馈数据存在异常,必要的情况下需要工作人员到现场展开更加细致的检查工作。检查的主要路线是按照从上游到下游的秩序,从边坡坡顶到坡脚,沿着此路线逐步向下游方向延展,尤其要注意近坝岸坡位置和近坝库区库面位置检查,以确定水位条件,保障边坡功能发挥。

(二) 巡视检查内容

水利水电工程边坡巡视检查的内容从大体上进行划分,具体可分成两个部分,其一是枢纽区边坡,其二是近坝库岸。由于枢纽区边坡地质情况比较复杂,需要进行较为全面的检查,巡检的重点内容包括以下:对边坡所处位置地质构造进行二次勘察,确定工程建成投运后是否存在沉降现象,边坡有无裂缝,土石边坡石块是否存在缝隙、错距、是否有兽洞和蚁穴导致边坡发生严重侵蚀现象,按照边坡规模、长度和走向分阶段展开检查,并做好记录,供后续工程修复参考;确定边坡岩质和岩性,对于风化现象比较严重,有大量碎石堆积的位置需要做好定位标记,根据全面的巡检数据分析,确定边坡是否存在失稳现象,如果有失稳问题,应该具体分析影响稳定性的因素,并采取合适的措施进行修复,以降低工程运行安全隐患发生概率;边坡防护网、锚固位置、坡脚重力式支挡结构等均需要进行检查,确定是否存在开裂、沉降、错乱及断裂等问题。此外还包括喷射混凝土层、贴坡混凝土裂缝、预应力混凝土格结构、枢纽区冲沟混凝土、浆砌石引排、拦挡结构、边坡洞室及围岩、枢纽区冲沟引排等,需要检查确定是否有断裂、沉陷、变形、错动、破损、坍塌、掉块及堵塞等多种问题。近坝库岸检查的主要内容包括以下:库岸情况,如有松动、断裂、露筋等多种异常需要进行再造,调查近期是否有滑坡、泥石流灾害、巡检库岸植被覆盖情况,如果有大面积坍塌、隆起、滑移、崩塌现象,而且经过巡检确定有渗水等异常情况,需立即做好登记,并结合库岸实际情况安排修复工作。地面房屋、道路等建筑物是否被破坏,岸边的树木是否有倒塌等情况均需一一确认,同时还应检查库岸滑坡体、变形体、排水沟和排水孔,确定是否有结构破损问题,是否存在淤堵,根据巡检结果确定疏通方案和修复计划。

(三) 巡视检查缺陷预警

无人值守无人机巡检采用定性分析和定量分析两种办法判断检查结果,基于上述检查内容,结合水利水电工程边坡实际情况安排巡视检查工作,并控制好检查进度。定性分析判断的主要内容针对边坡滑坡、坍塌、

裂缝、落石等问题,通过图片识别技术确定问题并标记缺陷点位。定量分析是采用巡航检查的方法,对边坡和库岸进行大范围的检测,然后将存在异常情况的位置进行标记,并集中对缺陷点展开精细化的排查,判断边坡功能是否异常,结构是否稳定,如果不在安全状态,那么需要重点分析缺陷爆发原因,并根据此制定修复策略^[3]。

四、智能巡视检查中无人值守无人机发展趋势

(一) 无人机供能技术

1. 电池供能技术

根据系统设计要求,考虑到无人机需要在高动态、高机动、宽温度范围环境下稳定工作,一定要保持其供能性,以便在巡视检查作业时快速采集记录相关数据信息,从而为相关工作人员提供参考。无人机供能采用的两种电池主要是锂电池和燃料电池,两种电池各有优势也同样存在一定功能缺陷。就锂电池来说,由于外形尺寸较小,安装比较简便,因为其自身能量密度比较大,可循环充电,在作业期间如果电量不足会发出提醒,只需要将其召回并进行充电即可,目前已经成为无人机搭载供电的首选。不过随着科学技术的革新,锂电池当前能量转换效率较低,能量密度不够大等问题存在一定应用限制,且长时间高耗能的作业还导致其具有一定安全隐患,在现有技术支撑下应集中解决其存在的缺陷。燃料电池的能源多为压缩可燃气体,能源转换率相对较高,在供能期间没有噪音,不会排放有害物质,使用寿命相对较长,由于具有清洁性的发电效果因此被广泛推广并使用。不过该技术手段目前仍然不够成熟,在实际应用过程中,受到燃料电池反应过程速率控制限制,必须要与锂电池并联才能达到良好的动力输送效果。此外,在复杂多样的作业环境下,无人机如果在飞行中产生持续性的震动,那么可能会增加电池运行压力,造成燃料电池压缩气体泄露,从而产生爆炸,具有较大的安全隐患,正因为如此使用范围相对有限。

2. 机巢供能技术

机巢供能技术其本质是一种间接提升无人机续航能力的方法。具体来说是指赋能无人机自动起降平台,在无人机执行巡检任务的过程中,一旦发现续航不足,通过机巢供能这一中转站进行充电或者更换电池,然后继续按照目标指令回归原来的巡检作业路线继续展开相关工作。机巢分为移动式 and 固定式两种,目前固定式机巢的安装还停留在规划设计阶段,由于实际应用情况比较复杂,还尚未有成熟的可行性方案。固定式机巢的理念为安装在通信、输电杆塔顶端或合适的其他线路周边,结合无人机探测要求分区排布,控制好机巢密度,由于作业灵活度较低且建造成本较高,而且其本身重量压力可能会影响杆塔稳定性,因此尚未实行该方案。移动式机巢目前使用比较多,通常是在巡检车辆设置,一旦无人机缺电,可及时进行供能补给,同时还提供数据存储、设备运输等其他服务^[4]。

3. 无线充能技术

无线充能技术与智能手机的无线充电模式理念相

似,是指通过电磁场、激光和微波等能量介质进行输电。在无人机端设置接收装置,在其巡检作业范围内输电杆塔和地面站布置发射装置,采用无线传输技术,实现无人机电池充电。目前,该充电技术仅存在理论性论述,就电磁场来说,其有效传输距离为厘米级,以现有的技术根本无法实现远距离输电,不过与固定式机巢原理存在一定关联性,间接供能若是展开实践具有一定可行性。而激光和微波本身具有定性特征,要想实现远程输电,必须要控制好无人机飞行姿势,不过究其根本,无线输电效率相对较低,而且还存在一定供能损耗。

(二) 抗干扰技术和数据传输技术

1. 抗干扰技术

无人值守无人机在巡检作业过程中会遇到多种不同的干扰项,并且这些干扰无法彻底消除,经过总结几种干扰要素分别为干扰源、干扰途径和受扰体。为保障无人机正常执行巡检工作,需要从阻断干扰途径和保护受扰体两个方向着手。基于现有的整治经验采用的两种抗干扰技术为屏蔽技术、抗干扰抑制电路技术。屏蔽技术是指在无人机表面喷涂电漆,在机身缝隙处安装电磁密封,在信号线和电源线上包裹锡箔纸,从而可起到良好的干扰效果^[5]。抑制电路技术是指在无人机内部电路中进行抑制电磁干扰设计,采用接地技术、滤波技术和隔离技术,从而达到避免干扰的目的。目前在抗干扰技术使用中还有材料上的限制和电路上的限制,不过随着通讯网络不断发展,无人机运行效率更高、稳定性更强,一定程度上能够较大范围地屏蔽各种干扰问题。

2. 数据传输技术

无人机巡检工作任务一般有远距离、长时间飞行的特征,数据采集能力与传输能力受到其性能影响,通常情况下飞行时间越长、距离越远那么信号衰减的就越严重。无人机通信方式主要有卫星通信、移动通信和无人机中继三种,不同区位环境需要视具体情况选择合适的通信方式,其中卫星通信对环境要求比较苛刻,数据链路有限,受到信号波动影响,具有延时性,在数据采集和传输过程中常常会出现中断,且误码高。移动通信需要在基站资源集中的区域使用,如果无线信号覆盖率较低,那么则无法实现高效的信息数据采集和传播,因此其应用范围并不广泛,可用于城市规划建设中。无人机中继技术相比于以上两种具备较高的可行性,不过由于成本相对较高,因此使用并不广泛,而且一旦出现机器故障,管理和维护难度较大。

(三) 全智能化技术

1. 无人机全自主导航技术

现阶段,水利水电工程边坡巡视检查与供输电基站检查使用无人机展开工作导航路径主要是基于GPS的预定轨迹飞行,也就是说工作人员在无人机端输入检测地点,并操控无人机展开巡查,这种工作模式虽然操作简便,不过其弊端也非常明显,无人机显然智能性不够,不能根据检测目标和环境变化调整飞行轨迹,由于过于依赖GPS定位因此无法保障飞行全程安全。目前,民用GPS精度能够达到10m量级,在此基础上采用PTK技术可

以将定位精度提升至厘米级,不过该技术能够实现的前提需要在检测区位设置多个基站和输电线路,而采用无人机巡检的工作内容普遍位于人迹罕至的区域,基站数量远远达不到要求,其应用环境与信号基站覆盖环境相矛盾^[6]。

2. 影像数据处理技术

无人机执行巡检作业需要搭载高清的摄像头,通过对全域内巡检路线进行拍摄,从而可从大体上知晓被巡检区域整体状态,如水利水电工程边坡检查,可以了解水利水电工程是否存在坍塌、裂缝、破损等情况,还可掌握区域内供电情况,从而为相关工作人员展开其余工作提供参考。目前无人机影像数据处理智能化水平越来越高,处理数据的具体方式包括光学影像数据和激光雷达点云数据。第一种影像数据处理方式主要是通过可见光、红外和紫外进行图像划分,分辨率相对较低,由于无人机执行巡检工作区域自然环境大多比较恶劣,受到物体表面红外辐射现象影响,因此使用范围比较有限,并没有实现大规模推广。紫外影像处理效率较高,但是需要使用专门的检测设备,成本相对较高,而且光谱响应准则具有一定差异,在设备使用时存在一定限制。激光雷达数据处理技术对比以上两种手段,成熟度较高,能够满足多个检测对象识别,主要用于云数据的三维重建。在大数据技术、自主导航和云计算等新兴技术不断发展的背景下,深度学习技术在无人机图像处理领域受到广泛关注,相比于传统的图像处理方式,检测准确率较高,算法通用性较好。

结论

无人机在水利水电工程边坡无人值守巡检中发挥着重要作用,在各种新兴技术手段的支撑下不断展现其强大的优越性,不过目前现有部分技术还不够成熟,在实际应用过程中其缺陷也逐渐凸显。基于当前无人机巡检任务执行中存在的问题,还应继续提高其续航能力、信息采集能力、影像数据智能分析能力,以进一步提高其智能化操作水平,为多种巡检工作的展开提供更多便利。

参考文献

- [1] 刘闯,黄鹏嘉,马心驰等.大藤峡水利工程无人机自动巡检系统开发与应用[J].人民珠江,2023,44(S1):47-52.
- [2] 杨芳,王强,刘明鑫等.多旋翼无人机线路巡检关键技术分析及预测[J].成都航空职业技术学院学报,2023,39(02):24-27.
- [3] 付文豪.基于四旋翼无人机的无人区域值守系统设计与实现[D].重庆大学,2022.
- [4] 宋飞宇,张勇,郝小鹏等.无人值守多旋翼无人机旋翼定向装置应用研究[J].机电技术,2021(01):7-11.
- [5] 赵薛强,凌峻.无人机自动巡检智慧监控系统研究与应用[J].人民长江,2022,53(06):235-241.
- [6] 吴耀,王磊.无人机安全巡视系统在水电站的应用研究[J].技术与市场,2022,29(03):55-57.