

基于自适应末端滑膜控制的无人机 倾斜摄影测量技术

王忠丰

(中国人民解放军 92493 部队 52 分队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 传统的无人机倾斜摄影测量数据效率低, 得到的摄影图片清晰度差; 为了解决上述问题, 基于自适应末端滑膜控制研究了一种新的无人机倾斜摄影测量技术, 利用垂直影像摄影, 将数据进行初步收集追踪, 并对倾斜摄影图像进行记录, 结合空中三角测量方法, 加强数据自身主导性, 同时为无人机监测系统提供较好的数据来源, 强化系统内部数据联合功能, 在多视影像联合的过程中注意充分考虑影像间的遮挡关系及遮蔽条件, 在经过对影像数据的联合收集后, 对无人机倾斜摄影数据进行数据匹配操作, 提升数据的整合性, 并通过数据整理加强摄影影像的可操作性, 利用无人机作为影像传输主要载体, 进一步加强对倾斜影像的监测, 确定影像空间位置, 在数据集中的过程中加大滑膜控制, 并经过控制点坐标及连接线方位确定辅助数据的具体位置; 实验结果表明, 基于自适应末端滑膜控制的无人机倾斜摄影测量技术能够得到更加清晰的摄影图片, 测量数据的有效率提高了 25.21%。

关键词: 自适应末端; 滑膜控制; 无人机倾斜; 摄影测量

UAV Tilt Photogrammetry Based on Adaptive Terminal Synovial Film Control

Wang Zhongfeng

(52 Detachment of 92493 Troops, Chinese People's Liberation Army, Huludao 125000, China)

Abstract: Traditional UAV tilt photogrammetry measurement data has low efficiency, and the obtained photographic pictures have poor sharpness. In order to solve the above problem, a new UAV tilt photogrammetry technology was researched based on adaptive end-sliding film control. Using vertical image photography, data was initially collected and tracked, and the tilt photo images were recorded, combined with aerial triangulation. Method, to strengthen the dominance of the data itself, at the same time provide a better data source for the drone monitoring system, strengthen the system's internal data joint function, and pay attention to fully considering the occlusion relationship and occlusion conditions between the images in the process of multi-view image joint. After the joint collection of image data, data matching operations are performed on the tilted photographic data of the drone to improve the integration of the data, and the operability of the photographic image is enhanced through data collation. The drone is used as the main carrier of image transmission to further strengthen the monitoring of oblique images, determine the image spatial position, increase the synovial control during the data concentration process, and determine the specific position of the auxiliary data through the coordinates of the control points and the orientation of the connecting lines. The experimental results show that the UAV tilt photogrammetry technology based on adaptive end-sliding film control can obtain clearer photographs, and the efficiency of the measurement data is increased by 25.21%.

Keywords: adaptive tip; synovial control; UAV tilt; photogrammetry

0 引言

无人机倾斜摄影测量技术主要由无人机进行航空拍摄, 在拍摄的过程中通过调节自身角度进行信息数据的获取, 并为后续工作提供较为强大的技术支撑, 可以同时获得多个方位及角度的地面物体信息, 其飞行角度较低, 能够较

为全面的掌控不同的地面物体数据, 且影像所表达的数据内容较为丰富, 航向重叠度较高, 经过计算机自动计算航行角度, 能够提高数据测量自动化, 较为清晰地采集实体顶部信息, 快捷便利地进行数据分析, 客观全面地反映影像状况^[1]。无人机倾斜摄影测量技术常用于城市三维建设、电力观测、各行各业的测量中, 因此, 人们对于其的测量要求也不断提高^[2]。

当前已有学者对无人机倾斜摄影测量技术做出了研究, 并取得了一定的研究成果。文献 [3] 提出一种无人机倾斜

收稿日期: 2019-12-30; 修回日期: 2020-01-15。

作者简介: 王忠丰(1982-), 男, 黑龙江龙江人, 大学本科, 工程师, 主要从事摄影测量与遥感方向的研究。

摄影技术。进行选型设计,在此基础上选择系统的传感器配置,得出适用于不同场景的无人机设备选择方案及倾斜摄影相机配置方案。文献[4]提出基于Smart3D的倾斜摄影测量技术。采用模拟沙盘技术,根据Smart3D软件对待测量物体建模,根据倾斜相机对其进行测量。

以上测量技术虽在一定程度上能够将数据进行分解与利用,并通过较为先进的监测技术强化数据自身的过滤性能,但在数据信息匹配方面的操作较弱,无法达到强制性操作的效果,且投入的成本较高,无法保障系统自身的测量安全,对于影像的测量效果较差。

针对上述问题,提出一种基于自适应末端滑膜控制的无人机倾斜摄影测量技术。经过对无人机倾斜摄影获取的影像数据进行系统收集,联合其有效部分,并不断地将数据进行分割强化,在提升数据自身过滤性能的同时增强系统数据收集能力,排除干扰因素的影响,自主进行数据系统处理,进一步进行影像数据的匹配操作,对分割的数据平面进行扫描,将影响因子进行权值设定,固定其运动范围,并通过设置数据区间优化数据系统,最终进行无人机倾斜摄影测量,精准分析各类影像特点,并分类操作,以便完成对无人机倾斜摄影的整体测量操作。该技术在一定程度上增强了系统的集中化处理性能,提升了测量效率及准确率,能够更加完整地反映测量信息,具有更为广阔的发展前景。

1 无人机倾斜摄影影像数据联合收集

为更好地对地面影像进行监测与测量,需对无人机倾斜摄影获取的影像数据进行联合收集。

本文利用垂直影像摄影收集追踪数据,确定数据来源。同时注重对影像几何位置的设定,选择合适的区间以及截取点进行数据的收集,并固定影像可控范围,利用无人机功能系统为摄影数据提供多方位影响测控,将可控数据进行系统加工,采用技术手段获取初始公式条件,并加大数据主动联合控制力度,提升测量系统对数据的实时检测功能,以便为数据的采集提供较为强大的技术支持,根据不同方位的因素因子确定矢量数据存在的具体状况,利用由粗联合到精细联合的数据联合方式进一步收集影像数据,并连接影像数据线,完善数据联接系统,按照金字塔结构排列收集数据,将数据进行分类操作,采用完整结合手段添加联合因素,促使数据关联更加紧密,进而提升整体摄影获取图像完整度,在联合的同时,注重对数据的安全性操控,保证数据在摄影传输过程中能够较为完整的储存至中心系统中[5]。

在不同等级的影像上安装实时监控装置,确保无人机在进行倾斜摄影时能够完善初始处理系统,通过进行同名匹配测量摄影影像可靠性,利用自由网光束平差进行数据采控,强化无人机系统执行的科学性,采用自适应末端滑膜对数据进行控制,选取适宜的影像进行连接线及坐标

设定,将设定好的主坐标组合,增加主体无人机追踪目标,实现对影像数据整体性掌控[6]。其主坐标如图1所示。

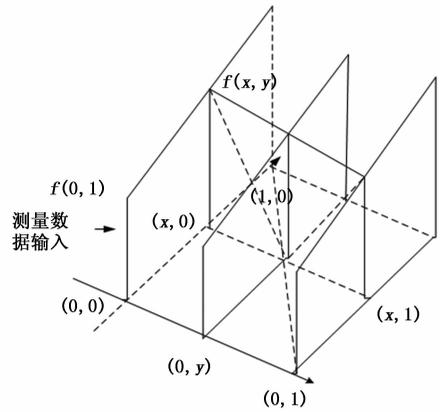


图1 测量数据主坐标图

利用无人机作为影像传输主要载体,进一步加强对倾斜影像的监测,确定影像空间位置,在数据集中的过程中加大滑膜控制,并经过控制点坐标及连接线方位确定辅助数据的具体位置[7]。通过自动校验网络对影像数据进行校验,查找相关数据问题,采取相应的过滤操作完成影像的初步过滤步骤,分析三维实景模型构造,如图2所示。

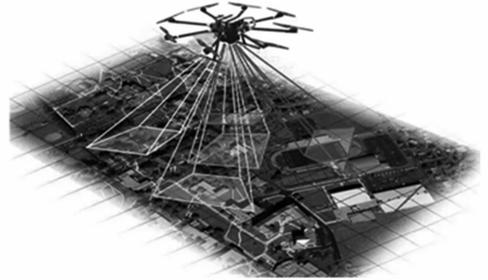


图2 无人机三维实景模型测量图

进行项目建立,对数据解析模型进行操控,同时计算摄影误差,查询倾斜角度并加强联合结算力度,确保平差计算结果的精确度,最终完成对摄影影像数据的联合收集[8]。

2 无人机倾斜摄影数据匹配

在经过对影像数据的联合收集后,对无人机倾斜摄影数据进行数据匹配操作,提升数据的整合性,并通过数据整理加强摄影影像的可操作性[9]。

本文利用多视影像覆盖范围大的特点在匹配过程中对冗余信息进行充分考虑,对影像进行同名地点坐标获取,并建立地面数据信息,对摄影影像进行集中匹配,将匹配关键点分散到所需位置,将匹配单元进行独立放置操作,使用不同的匹配手段强化数据模型,以视觉建模为基础发展多基元影像匹配,并加强焦点研究,强化测量物面识别

别及数据提取技术，对摄影影像进行特征搜寻，规划目标建设，确定摄影影像二维数据集，将不同的测量视角转化为三维特征数据匹配集，在固定多视影像数据的同时，设置各类影响因素对数据进行平衡，分类追踪影像数据，进行同种类别的数据平面扫描及数据切割，综合性能研究，在多视影像数据匹配的同时，将数据进行数字化转换，选用高分辨率、精度较高的匹配器系统，对影像数据进行完整表达，其影像数据匹配图如图 3 所示。

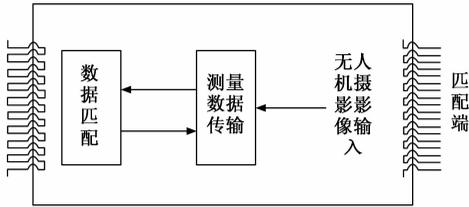


图 3 影像数据匹配图

接着精准掌握测量对象的特征，简化摄像流程，选择不易被遮挡的基础零件对影像数据进行全面覆盖，获取覆盖结果，将覆盖结果整合，转移到无人机控制系统中，经过滑膜控制处理，对结果数据进行审核，通过初步审核的数据可进行下一步骤的操作，未通过初步审核的数据则需对其进行预处理，处理结果达标后再重新进行审核，直至通过初步审核。选用自动算法对各类影像方位进行算法计算，选择合适的影像数据单元将对应数据进行匹配，分解出匹配单元逐项升级影像数据，添加并行算法处理数据匹配问题，注意对数据安全性的考察^[10]。不断提升摄影影像图像获取精确度，获得高密度匹配影像，并采取适当的滤波处理，滤除无关因素，增加摄影图像建设性能，融合不同的匹配类型数据，形成统一的数据模型，进行多分布粒度因素追踪，其追踪图见图 4。

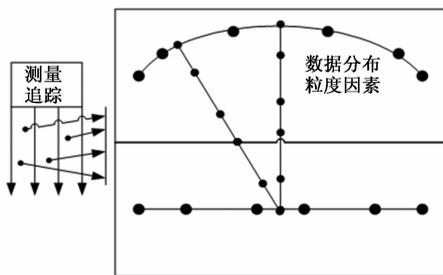


图 4 数据追踪图

经过海量方位角拍摄，选取固定位置进行数字匹配，将匹配数据进行情景还原，把握信息内容，提供理论基础数据研究，通过轮廓碎片提取，拟合碎片数据，加大提取物语义信息处理，集合情景影响数据，完善理论信息，实现对无人机倾斜摄影数据的匹配操作^[11]。

3 无人机倾斜摄影测量

为进一步增强无人机倾斜摄影的测量准确性，本文对

无人机倾斜测量技术进行精准分析，综合其优化特点，强化系统测量理论部分性能，完善测量物理性操作技巧^[12]。

将经过匹配的数据进行整合，提取所需数据信息，对摄影影像的匹配理论进行系统化研究，对比中心摄影影像特征，选择与理论原则相匹配的中心图像，生产正像摄影三维实景模型，对测量零件的比例进行测量，统一其比例，并将获取的比例数据进行记录操作，结合气象预测系统降低气象因素对测量实验的影响，以此提高测量的准确性，并设置图 5 所示的强化测量处理。

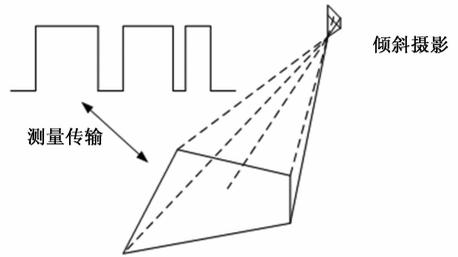


图 5 无人机倾斜摄影图

增加无人机留空时间，延长摄影时长，加大摄影影像数据数量获取，提升无人机飞行高度，扩大其测量范围，并对视野范围数据进行理论化解析，根据系统产生的三维数据模型对地面对象实施离散操作，分散较集中的影像，以便更加清晰地进行测量，设计符合航行标准的航行增控器，辅助滑膜控制，掌控无人机飞行路线，进行有选择性的测量行动，加大模型处理逼真程度^[13]。缩小单次摄影规模，进而增强无人机相机分辨率，加强目标设置，明确后期数据处理内容，准确获取线路信息，简化航行线路，降低无关因素干扰率，及时更新无人机摄影部件，避免产生因部件损坏造成的测量数据失误状况^[14]。

确定测量数据的平面位置，在集中数据的同时，将数据进行可视化处理，便于测量操作，改进倾斜摄影角度与数据储存能力，加大对数据的加密，保证数据信息安全，利用无人机平台开展摄影姿态稳定测试活动^[15]。其测试图见图 6。

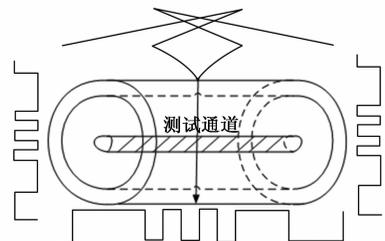


图 6 无人机摄影姿态稳定测试图

去除不稳定的无人机倾斜摄影姿态，减少干扰因素的存在。对测量软件不断进行改造处理，改善测量计算方法，选择优化性较强的算法对数据进行计算，及时更新理论算

法的数据处理功能，规范监管制度，集中总结分析测量技术，研究无人机滑跑距离，并固定相关距离，选取工程测量点作为测量切入点，掌握关键信息，在测量的基础上确保数据运行轨迹符合轨道轨迹，扩大航摄范围与测量空间，提高测量结果准确性，达到对无人机倾斜摄影测量的目的。无人机摄影姿态稳定测试过程如图 7 所示。

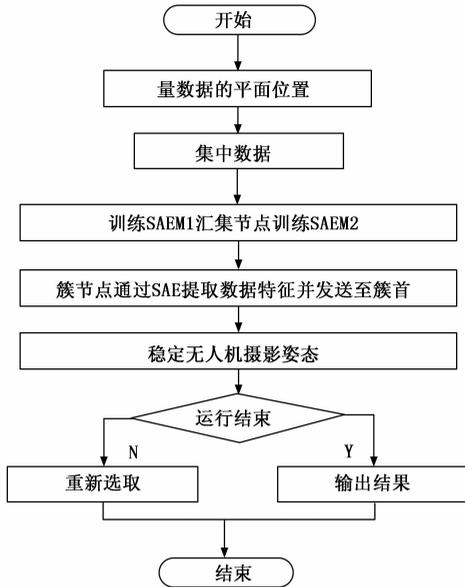


图 7 无人机摄影姿态稳定测试过程

4 实验与研究

4.1 实验目的

为了检测基于自适应末端滑膜控制的无人机倾斜摄影测量技术的测量效果，与文献 [3]、文献 [4] 方法的测量效果进行对比，并分析实验结果。

4.2 实验参数设计

针对自适应末端滑膜研究的技术复杂性以及无人机倾斜摄影测量的技术高要求性，需进行测量技术实验参数的设定，如表 1 所示。

表 1 实验参数表

项目	参数
测量数据	实地测量
数据因素	三维数据
坐标信息	三维坐标
影像数据	对比影像图像
倾斜角度数量	5
模型特性	可测量性
多视影像	联合平差
影像匹配	密集匹配
信息来源	三位地理信息数据
影像处理	夹角斜片处理

4.3 实验结果与分析

根据上述无人机倾斜摄影测量技术的实验参数进行实

验对比，将所提基于自适应末端滑膜控制的无人机倾斜摄影测量技术的测量效果与文献 [3] 方法、文献 [4] 方法的测量效果进行比较，得到的测量影像清晰度对比图及测量数据有效率对比如图 8 所示。

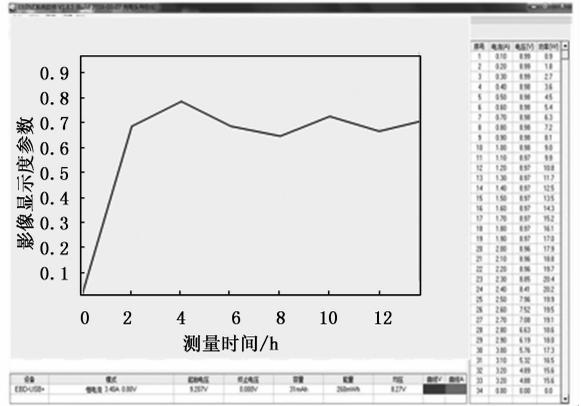


图 8 所提测量影像清晰度图

在图 9 中，摄影显示度参数越高，表示图像清晰度越好。对比图 9 可知，在相同的参数条件下，本文测量技术的测量影像清晰度较高，而传统测量技术的测量影像清晰度较低，造成此种差异的主要原因在于本文对测量影像数据进行联合收集操作，在最大程度上获取了主要的影像数据，提升了数据的集中度，并强化了测量系统的数据采集力度，提高数据的完整性，便于后续对影像数据信息的研究，并增强了系统的自主保护功能，保障系统在测量过程中不会因自身原因而对测量数据产生影响，保护收集的数据图像的完整度，经过联合的影像数据的自身强化性能更强，利于影像数据的数据保持，而传统测量技术不具备此步骤，对于测量影像数据的初步处理效果较差，其测量影像清晰度较低。

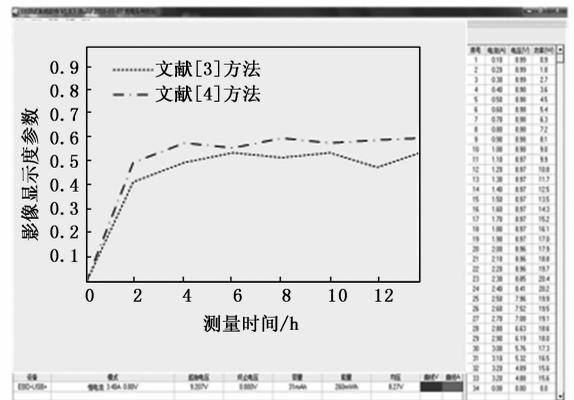


图 9 对比测量影像清晰度图

对比图 10 可知，在测量时间为 5 d 时，所提影像测量技术的测量影像清晰度为 28%，文献 [3] 方法的测量影像清晰度为 24%，文献 [4] 方法的测量影像清晰度为 20%，在测量时间为 10 d 时，所提影像测量技术的测量影

像清晰度为 32%，文献 [3] 方法的测量影像清晰度为 22%，文献 [4] 方法的测量影像清晰度为 25%。由于本文对无人机倾斜影像数据进行匹配，利用多视影像覆盖范围较大的特点集中处理收集的影像数据，并不断将其进行系统集中操作，进而挑选出较为合适的测量数据，提升整体测量技术的测量性能，加大数据处理力度，在处理的过程中完善影像监测系统，根据信息特点进行信息数据特性查找，并将数据分类，将隶属于相同类别的数据进行组合，获取所需测量影像数据，使用多基元匹配方法，增强数据主动匹配性，并完成最终的数据匹配操作，进而提升测量数据的有效性。

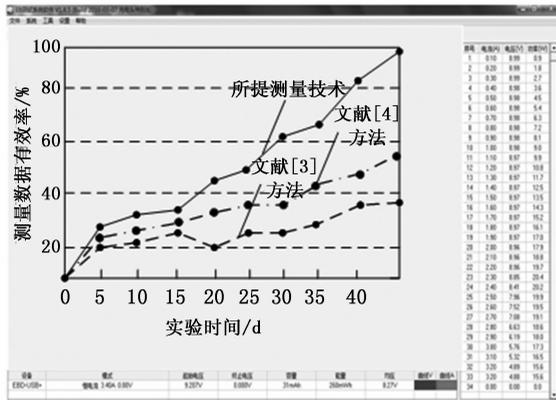


图 10 测量数据有效率对比图

在此后的实验中，随着实验时间的不断增加，本文测量技术的测量数据有效率不断提高，且一直位于传统测量技术之上。除以上原因外，本文将无人机倾斜影像进行初步的系统处理，过滤影像干扰数据，增强影像数据自身的纯净度，并提升主系统的自主操作能力，在数据匹配的基础上进行摄影测量，增强系统关键部件的抵抗能力，强化系统运行安全性，缩减测量所需时间，提高测量的效率，保证图像来源的科学性，排除干扰数据的影响，提升测量数据的有效性。

经过以上对比分析可知，本文基于自适应末端滑膜控制的无人机倾斜摄影测量技术的测量影像清晰度及测量数据有效率均高于传统无人机倾斜摄影测量技术，在较高程度上提升系统的测量性能，同时降低无关因素的干扰率，强化了无人机在摄影过程中的自身防护功能，拥有较为良好的发展市场。

5 结束语

在传统测量技术的基础上研究了一种新式基于自适应末端滑膜控制的无人机倾斜摄影测量技术，该技术的测量结果明显优于传统测量技术。

首先对无人机倾斜摄影影像数据进行联合收集，提升初始数据的集中性，并不断增强系统的主导收集性能，在收集的基础上实施数据匹配操作，利用多视影像高分辨率

的特点，辅助数据信息集中技术，将收集的数据根据地面物体三维信息特征进行分类，加强综合掌控，提高系统匹配能力，在不同的角度将二维特征转化为三维特征，进一步对匹配后的数据进行测量，以不同方位视角对数据进行测量，在充分了解影响特征后加强特征强化操作，最终实现对无人机倾斜摄影影像的测量。

相较于传统测量技术，所提测量技术能够在较高的程度上实现对数据的完整储存，并能更好地提升测量系统的自主保护能力，确保测量数据安全性，同时具备较为充分的发展空间。

参考文献:

- [1] 陈宙翔, 叶 威, 张文波, 等. 基于无人机倾斜摄影的强震区公路高位危岩崩塌形成机制及稳定性评价 [J]. 地震工程学报, 2019, 41 (1): 257-267.
- [2] 高春辉, 曾朔城, 王 振. 倾斜摄影测量技术在拆迁测绘中的应用 [J]. 测绘通报, 2019, 12 (8): 82-87.
- [3] 孙 杰, 谢文寒, 白瑞杰. 无人机倾斜摄影技术研究与应用 [J]. 测绘科学, 2019, 44 (6): 145-150.
- [4] 熊 强, 王双亭, 王晓宇, 等. 基于 Smart3D 的倾斜摄影测量模拟系统三维建模 [J]. 测绘工程, 2018, 27 (7): 55-59.
- [5] 张春森, 张奇源, 南 轲. 多视几何无人机影像堆体体积量算 [J]. 西安科技大学学报, 2019, 39 (1): 124-129.
- [6] 齐浩然, 齐晓慧. 基于 LADRC 的四旋翼无人机自适应姿态跟踪控制 [J]. 飞行力学, 2018, 36 (3): 42-46.
- [7] 孙春辉, 成锡平. 基于无人机的实景三维建模在消防中的应用 [J]. 消防科学与技术, 2018, 37 (4): 501-504.
- [8] 荆帅军, 帅向华, 甄 盟. 基于无人机倾斜影像的三维建筑物震害精细信息提取 [J]. 地震学报, 2019, 41 (3): 366-376.
- [9] 王海兵, 邓 剑, 朱磊森, 等. 倾斜摄影建模在聂耳公园海绵化改造中的应用 [J]. 中国给水排水, 2019 (12): 112-116.
- [10] 孙保燕, 杨正阳, 陈 款, 等. 融合航摄影像与地面照片三维重建技术在考古中的应用 [J]. 科学技术与工程, 2019, 19 (17): 1-7.
- [11] 马思迁, 董朝阳, 马鸣宇, 等. 基于自适应通信拓扑四旋翼无人机编队重构控制 [J]. 北京航空航天大学学报, 2018, 44 (4): 841-850.
- [12] 刘 芳, 王洪娟, 黄光伟, 等. 基于自适应深度网络的无人机目标跟踪算法 [J]. 航空学报, 2019, 40 (3): 174-183.
- [13] 甄子洋, 陶 钢, 江 驹, 等. 无人机自动撞网着舰轨迹自适应跟踪控制 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2017, 38 (12): 1922-1927.
- [14] 张 杨, 吴文海, 汪 杰. 舰载无人机横侧向着舰控制律设计 [J]. 航空学报, 2017, 38 (s1): 128-134.
- [15] 穆朝絮, 张 勇, 余 瑶, 等. 基于自适应动态规划的航空航天飞行器鲁棒控制研究综述 [J]. 空间控制技术与应用, 2019, 45 (4): 71-79.