

科技研究

倾斜摄影测量与背包扫描技术相结合的不动产测绘研究

吴佳俊

江西省地质调查勘查院基础地质调查所（江西有色地质矿产勘查开发院）

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7524

[摘要] 不动产测绘作为一项重要的基础性测绘工作，其技术的发展与改进能够最大限度提升土地利用效率以及不动产登记效率，传统的不动产测绘技术手段包括全站仪测站法、GNSS-RTK方法，存在作业效率低、耗时耗力等缺陷。基于此，本文以某不动产测绘项目为依托，设计与实现了一整套融合无人机倾斜摄影测量技术与移动背包三维激光扫描系统的不动产测绘混合作业方法。通过分析试验结果精度得知，基于新型测绘技术的不动产测绘能够有效提升作业效率，两种技术采集的不动产数据的平面中误差均满足一级界址点精度要求；同时，相较于单一的作业技术手段，融合两种测绘技术的不动产测绘新方法采集不动产数据更加完整，较单一作业技术手段的不动产测绘成果精度更高。

[关键词] 不动产测绘；倾斜摄影测量；背包三维激光扫描；融合；精度评价

Real estate mapping research of tilt photogrammetry combined with backpack scanning technology

Wu Jiajun

Basic Geological Survey Institute of Jiangxi Geological Survey and exploration Institute

(Jiangxi Non-ferrous Geology and Mineral Exploration and Development Institute)

[Abstract] As an important basic surveying and mapping work, the development and improvement of its technology can maximize the land utilization rate and the efficiency of real estate registration. The traditional real estate surveying and mapping technology includes the whole station measurement method and GNSS-RTK method, which has defects such as low operation efficiency, time consumption and force consumption. Based on this, based on a real estate surveying and mapping project, this paper designs and realizes a complete set of real estate surveying and mapping hybrid operation method integrating UAV tilt photogrammetry technology and mobile backpack 3-dimensional laser scanning system. By analyzing the accuracy of the test results, the real estate mapping based on the new mapping technology can effectively improve the operation efficiency, and the accuracy of the real estate data and the accuracy is higher than the single operation method.

[Key words] real estate mapping; tilt photogrammetry, backpack 3 D laser scanning; fusion; accuracy evaluation

1 引言

不动产籍调查是通过多种技术手段获取不动产资源与权利信息的工作，不动产测绘是获取不动产信息的重要基础之一^[1-2]。常用的不动产测绘方法主要有两种传统测绘技术，分别为全站仪测站法以及全球定位系统（Global Positioning System, GPS）-网络实时动态载波相位差分技术（Real Time Kinematic, RTK）。传统测绘技术手段主要存在外业强度大、作业速度慢、内外协同效率低下等问题，严重影响不动产统一登记的进度与质量。近年来，以无人机倾斜摄影测量技术、三维激光扫描技术为代表的新型测绘技术逐渐应用于地籍测量以及不动产测绘中，测绘新技术凭借作业效率高、覆盖面广、

采集数据全等优势，有效弥补传统测绘手段的一些不足之处^[3-5]。通过对比分析不同作业测绘技术作业的成果精度，检验两种技术混合作业的优势。

2 基于测绘新技术的不动产测绘

2.1 倾斜摄影测量技术

无人机倾斜摄影测量工作原理如图1所示，该技术是在摄影测量技术的基础上发展与改进而来，具备更加宽广的视场角、更多的分辨力以及更加丰富的纹理影像数据^[6]。如图1所示为无人机倾斜摄影测量数据处理以及应用于不动产测绘的技术流程，包括外业数据采集、内业数据处理以及基于实景模型的不动产数据采集。

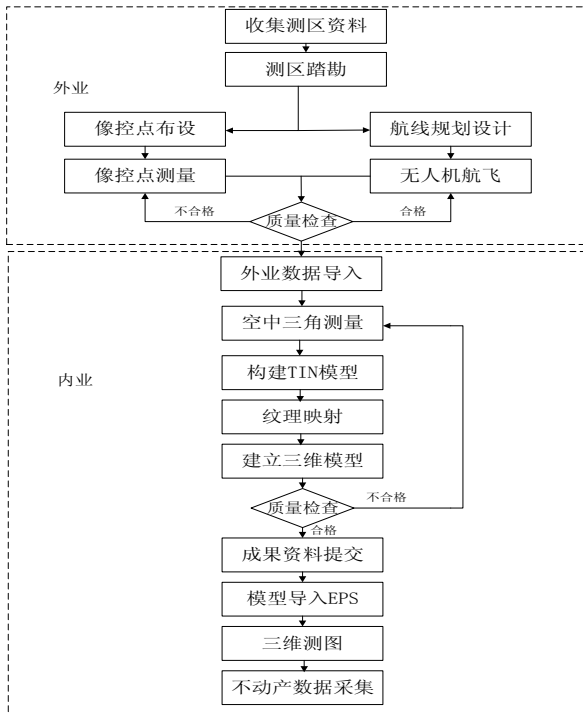


图1 无人机倾斜摄影测量数据处理流程

2.1.1 外业数据采集

在进行无人机航摄作业前,首先检查仪器设备以及装置的检查,确保设备安装与各种参数设置的正确性。收集测区的地形、地貌信息,根据收集信息确定航摄路线以及像控点布置位置,其中像控点布置基本原则为:在测区内均匀布置,且尽量布置在旁向重叠线中线附近^[7-8]。完成像控点布置后,使用高精度测绘技术手段获取像控点平高坐标,为保证航摄影像质量,选择有利的气象条件开展航摄。

2.1.2 内业数据处理

首先对外业采集数据进行预处理,过程包括影像纠正、格式转换以及匀色处理等,无人机倾斜摄影测量中至关重要的一步就是空中三角测量,该步骤是串联航测外业与内业的一个关键^[9]。对于生产的三维实景模型,将LOD分层设置为20层以上,实现数据快速加载与浏览。

将满足生产条件的三维实景模型加载至清华山维EPS三维测图软件中,根据测图软件中二三维联动模式完成不动产数据的采集与编辑工作。对于部分地物属性信息无法获取的地物,需要通过外业补测补充完成。

2.2 移动扫描背包数据采集与处理

移动扫描背包技术具备大数据、速度快、易操作以及精度高等优势,能够在短时间内获取海量点云数据,是新时代测绘领域的高新技术^[10]。虽然目前移动扫描背包技术已经在不动产相关项目中得以应用,但是至今没有形成统计的技术标准,本文以实际项目为依托,设计并实现了基于移动背包扫描技术的不动产测绘方法。

2.2.1 HERON 移动背包激光扫描系统工作原理

HERON 移动背包激光扫描系统的主要组成部分包括高精度全球导航卫星定位系统、IMU 惯导系统、2个激光扫描仪以及5个高清相机,系统根据多系统集成以及支持SLAM能够在短时间内采集彩色点云数据与照片。该系统基于IMU结合点云配准算法的定位方式,扫描点云精度能够达到5cm。

2.2.2 HERON 移动背包激光扫描系统测量方法

Pegasus Backpack 移动扫描背包的外业数据采集包括5个部分,分别为基站架设、背包初始化、移动测量、控制点测量以及数据处理与分析,具体步骤为:

(1) 在测区一定范围内已知控制点上架设GNSS接收机,设置为静态模式,静态GNSS接收机作业时需覆盖背包扫描测量时间,将静态GNSS观测数据作为基站数据;

(2) 在测区内开始移动扫描背包仪并进行初始化,当满足惯导系统正常启动、天线接收机信号稳定时开始扫描作业,作业按照规划路线前进并尽可能包含被测量目标四周;

(3) 使用传统高精度测绘手段采集测区内特征点坐标,用于背包扫描行驶轨迹的纠正;

(4) 将GPS数据、惯导数据等观测数据导入计算机中,使用Inertial Explorer软件进行数据解算与照片拼接;

(5) 使用控制点对背包行驶轨迹进行纠正,最后根据纠正轨迹解算原始点云数据并输出符合要求的测区点云数据。

2.2.3 HERON 移动背包激光扫描系统不动产测绘

根据HERON移动背包激光扫描系统的数据采集与处理特征以及不动产测绘的技术要求,将HERON移动背包激光扫描系统应用于不动产测绘中。向EPS三维测图软件中加载扫描点云,通过对点云进行切割后,能够获取所有建筑物的高精度轮廓。HERON移动背包激光扫描系统应用不动产测绘中的流程如图2所示。

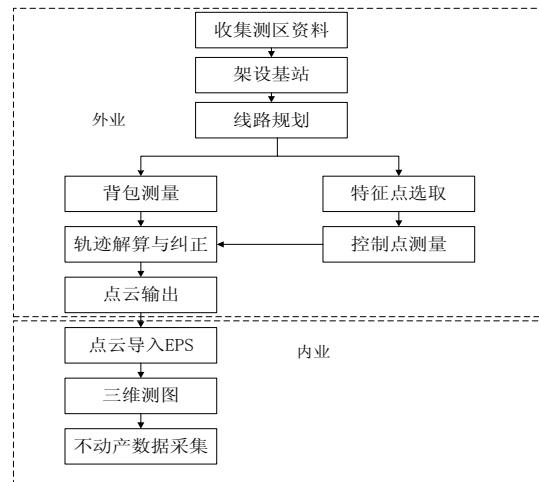


图2 移动背包扫描的不动产测绘方法

3 试验与结果分析

3.1 试验区范围

本文以某不动产测绘项目为例进行试验,试验区范围约为0.32km²,预估宗地数为130宗,使用无人机倾斜摄影测量技术与移动扫描背包技术对试验区进行测绘试验,并使用高精度全站仪与RTK测量检查不动产测绘成果精度。

3.2 试验步骤与结果

根据试验区地形、地貌特征进行无人机航线规划,航摄规划时避免高压电力线等危险源,本次项目使用大疆M300 RTK无人机搭载赛思PS-DK102S五镜头倾斜摄影相机进行试验区影像数据采集;使用HERON移动背包激光扫描系统进行试验区点云数据与照片采集。具体试验步骤为:

(1) 选定目标区域,分别使用赛思PS-DK102S倾斜摄影测量系统与HERON移动背包激光扫描系统进行试验区数据采集,倾斜摄影测量作业过程中的参数设置包括:无人机飞行高度约为60m,旁向重叠度与航向重叠度均为75%。

(2) 在Context Capture软件中导入航摄POS数据、照

片数据以及像控点，通过空三解算、TIN 网构建以及纹理映射等操作生成 OSGB 数据格式的三维实景模型数据，如图 3 (a) 所示，可以看到模型整体效果较好，模型中地物没有明显变形。

差分解算，并使用控制点纠正扫描轨迹，将数据导入 Pegasus Manager 软件中生成全景照片与点云数据，部分点云数据如图 3 (b) 所示。

(3) 对 HERON 移动背包激光扫描系统的扫描轨迹进行后

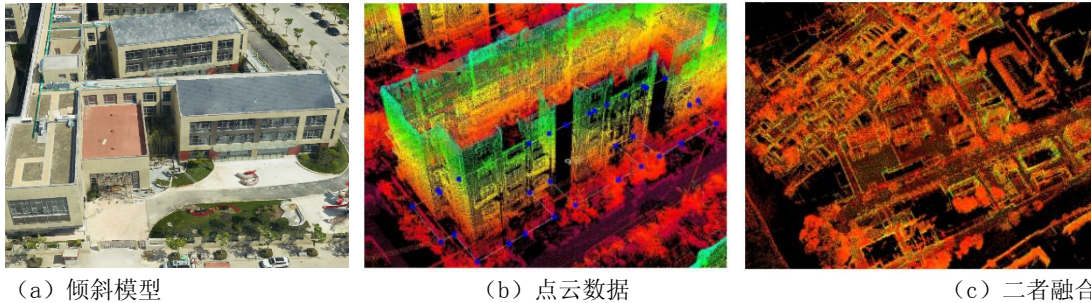


图 3 倾斜模型与点云数据

(4) 将三维实景模型数据以及点云数据导入清华山维 EPS 三维测图软件中，采集三维地物界址点，采集过程中，通过旋转不同视角提取矢量数据，不同房屋类型选用的不同的数据提取方法，部分不动产测绘成果如图 4 所示。



图 4 基于倾斜模型与点云的不动产测绘成果

3.3 精度评价

在实验区内随机均匀、特征明显的检核点，使用高精度全站仪+RTK 工作模式，作为对比数据，精通检核统计结果见表格 1 所示。

在试验区均匀选取了具有代表性的平面检核点 37 个，精度统计计算平面点位中误差为 3.7 cm，最大较差为 9.3 cm，最小较差为 1.6 cm。平面点位较差分布如图 5 所示。

间距检核共计选取 41 条，经过计算间距中误差 3.9cm，最大间距较差 4.3cm，最小间距误差 1.5cm，间距较差分布如图 6 所示。

高程点选择 46 处。经计算较差中误差 4.8cm，最大较差 10.3cm，最小较差 2.1 cm。高程较差具体分布如图 7 所示。

表格 1 精度检核汇总

系统	点位最大较差	点位最小较差	点位中误差	间距最大较差	间距最小较差	间距中误差	高程最大较差	高程最小较差	高程中误差
背包扫描系统	9.3	1.6	3.7	4.3	1.5	3.9	10.3	2.1	4.8

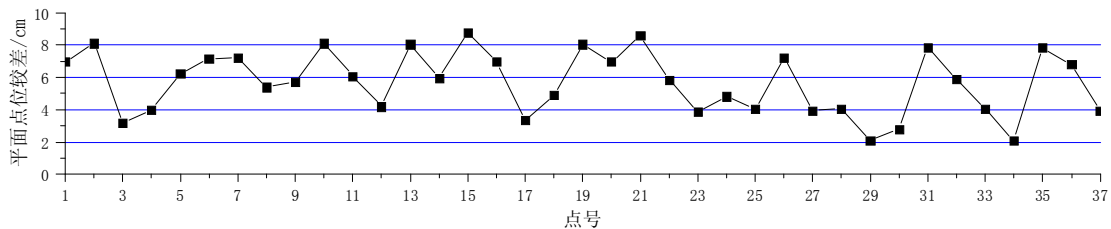


图 5 平面点位精度统计

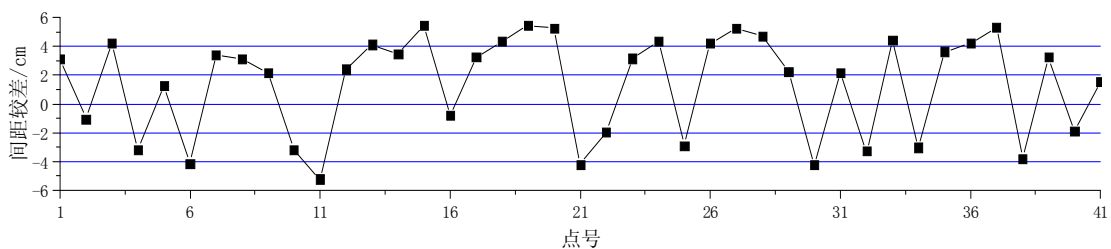


图 6 间距精度统计

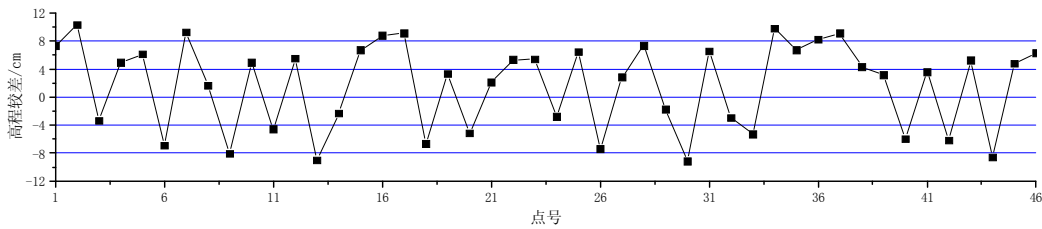


图7 高程精度统计

由表格 1、图 5、6、7 可知，使用全站仪测量对不动产测绘成果的几何精度进行检测，自然资源部发布《地籍调查规程》(GB/T 42547-2023) 中规定一级界址点中误差不大于 5cm。证明了倾斜摄影测量技术与移动背包技术融合能满足不动产测绘常规任务。

在测区内均匀选择 30 个检查点分别对基于单一无人机倾斜摄影测量技术的不动产测绘成果、基于移动扫描背包测量的不动产测绘成果以及基于二者融合的不动产测绘成果进行精度检验，统计三种测量方法的残差与中误差，分别如表 2 所示。

表格 2 三种测量方法不动产测绘成果精度统计

测量方法	中误差
无人机倾斜摄影	4.23
移动背包扫描	4.89
无人机倾斜摄影+移动背包扫描	4.03

通过表 2 可知，三种测量方法所得不动产测绘成果均满足规范要求，无人机倾斜摄影较移动背包扫描获取成果精度更高，但是移动背包扫描技术具有更高的数据处理效率。无人机倾斜摄影与移动背包扫描融合的测绘方式得到的不动产测绘精度最高，通过实践经验得出主要原因在于融合方法集合了空地一体数据采集方式，移动背包扫描可以弥补测区植被茂盛或者建筑物遮挡时，无人机倾斜摄影无法获取房屋不动产底部数据的缺陷；同时无人机倾斜摄影可以弥补移动背包扫描无法获取房屋不动产顶部数据的缺陷，形成优势互补，能够最大限度地完整采集到测区内不动产的空间立体信息，因此基于二者的不动产测绘成果信息更加全面，精度也有所提升。

3.4 效率分析

为比较两种工作模式的效率，由两位经验丰富的工程师对试验区采用全站仪并辅助以 RTK 等传统设备进行实测，将其作为对照组，统计结果见表 3。由表格 3 汇总的工作时间可知，倾斜摄影技术配合背包扫描技术，比传统方法测量效率提高将近 0.5 倍。无人机结合移动背包与传统手段相比，内业采集时间相近，外业工作时间大幅缩减，使得工作受外界干扰因素的可能性降低，且所有工作皆可能单兵完成。

表格 3 效率统计 (单位: h)

工作内容	倾斜摄影测量+ Heron 移动背包技术	全站仪+RTK 传统测量技术
踏勘前准备	0.5	0.5
外业采集	8.5	36.5
点云解算+倾斜模型生成	7	-
内业采集	16	16
调绘补测	8	8
数据编辑	8	8
巡视检查	2	2
修改成图	2	2
合计	52	73

4 结论

本文以某不动产权籍调查项目为依托，设计一套基于无人机倾斜摄影测量技术与移动背包扫描技术的不动产测绘混合作业新方法，对两种作业技术手段以及混合作业手段进行几何精度验证，得出的结论主要有：

(1) 不动产测绘中引入无人机倾斜摄影测量与三维激光扫描，不仅更加直观准确地反映出真实三维场景，使产权表达更加清晰，同时解决落宗关联速度慢、信息定位不准确等问题，对于场景中其他地物现状的反映也更加直观与真实。

(2) 两种测绘新技术在不动产测绘中的应用均具有可行性，两种技术采集的不动产数据的平面中误差均满足一级界址点精度要求，在精度满足要求的前提下提升了作业效率，与此同时对于作业设备以及作业人员的素质也提出了更高的要求。

(3) 相较于单一的作业技术手段，融合无人机倾斜摄影测量技术与移动背包扫描技术的不动产测绘新方法采集不动产数据更加完整，有效解决单一作业技术手段中因遮挡等因素导致的采集信息不完整情况，较单一作业技术手段的不动产测绘成果精度更高。

【参考文献】

- [1]冷辉辉.基于测绘新技术的农村不动产测绘应用对比[J].测绘技术装备, 2022, 24(04): 60-64.
- [2]李通, 刘广彬, 密兴刚等.移动三维激光扫描仪在建筑工程不动产测绘中的应用[J].北京测绘, 2022, 36(07): 892-896.
- [3]王小维, 王建超.基于倾斜摄影三维建模的不动产单元表达模型[J].经纬天地, 2022(01): 42-45+75.
- [4]余龙, 代龙昌, 施志玲.手持三维激光扫描仪和移动背包扫描系统在房地一体测量中的应用[J].地矿测绘, 2021, 37(04): 42-46.
- [5]周珉羽, 周小伟, 周鹏等.3D SLAM 在农房不动产测绘中的应用研究[J].资源信息与工程, 2021, 36(05): 74-77..
- [6]刘辉.基于倾斜实景模型的空间三维不动产测量方法研究[J].经纬天地, 2021(04): 69-73.
- [7]于俊红, 张宁, 吕悦.三维 LiDAR 激光扫描技术在不动产权籍调查中的应用[J].北京测绘, 2021, 35(05): 645-647.
- [8]丁智奇, 赵文军, 李俊锋.基于倾斜摄影和 LiDAR 融合的不动产测量应用研究[J].地理空间信息, 2021, 19(04): 24-27+36+6.
- [9]赵文军, 丁智奇, 王泓森.倾斜实景模型和 LiDAR 点云数据相融合的不动产测量新方法[J].测绘通报, 2021(02): 87-92.
- [10]阿布都艾尼·阿布都克热木.测绘新技术在农村不动产权籍调查中的应用研究[D].长安大学, 2019.

化工设备中离心泵的运行稳定性与故障诊断技术研究

马亮 何京佩

江西心连心化学工业有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7525

[摘要] 离心泵是化工设备中的关键组成部分，其运行稳定性直接影响生产效率和安全性。本文探讨了离心泵的运行机制及其常见故障类型，分析了导致运行不稳定的主要因素，包括机械磨损、液体特性变化及系统参数波动等。为有效诊断故障，研究了多种故障诊断技术，包括振动分析、温度监测和流量检测等。这些技术能够实时监控离心泵的运行状态，及时识别潜在故障，从而减少停机时间和维护成本。通过案例分析，验证了故障诊断技术在提高离心泵运行稳定性方面的有效性，强调了其在化工行业中的应用前景。最终，提出了优化离心泵运行和故障管理的建议，以促进化工设备的高效、安全运行。

[关键词] 离心泵；运行稳定性；故障诊断；化工设备；监测技术

Research on the operational stability and fault diagnosis techniques of centrifugal pumps in chemical equipment

Ma Liang He Jingpei

Jiangxi Heart Link Chemical Industry Co., Ltd.

[Abstract] Centrifugal pumps are a key component in chemical equipment, and their operational stability directly affects production efficiency and safety. This paper explores the operation mechanism of centrifugal pumps and the common types of failures. It analyzes the main factors that lead to unstable operation, including mechanical wear, fluid characteristics changes and system parameter fluctuations. In order to effectively diagnose faults, a variety of fault diagnostic techniques have been studied, including vibration analysis, temperature monitoring and flow detection. These technologies can monitor the operation state in service and identify potential failures in time, thus reducing downtime and maintenance costs. Through case analysis, the effectiveness of fault diagnosis technology in improving the operational stability of centrifugal pumps was validated, highlighting its application prospects in the chemical industry. Finally, recommendations were made to optimize centrifugal pump operation and fault management to promote the efficient and safe operation of chemical equipment.

[Key words] centrifugal pumps; operational stability; fault diagnosis; chemical equipment; monitoring technology

引言：

在现代化工生产中，离心泵作为重要的流体输送设备，承担着至关重要的角色。其运行稳定性不仅影响生产效率，更关乎整个工艺流程的安全与可靠。随着化工行业的快速发展，对离心泵的性能要求日益提高，尤其是在高负荷和复杂工况下，泵的故障将带来严重的经济损失和安全隐患。因此，针对离心泵的故障诊断技术的研究显得尤为重要。有效的故障诊断能够提前识别潜在问题，降低停机时间，提高设备的运行效率和可靠性。近年来，随着智能监测技术的不断进步，各种诊断方法逐渐应用于离心泵的运行管理中。这些技术的结合，不仅提升了故障识别的准确性，也为实现设备的智能化运维提供了新的思路 and 方向。本文旨在通过系统分析离心泵的运行稳定性及其

故障诊断技术，为优化化工设备的整体性能提供参考。

一、离心泵的工作原理与应用特点

离心泵是一种广泛应用于化工、石油、制药和食品等领域的流体输送设备，其主要依靠离心力将液体从低压区输送至高压区。离心泵的工作原理基于转子高速旋转所产生的离心力，液体被吸入泵体内的叶轮，经过离心作用后，流体的动能和压力能逐渐增加，最终通过泵的出口排出。在这个过程中，泵的设计、材料选择和流体特性都对其性能产生重要影响。

离心泵通常具备高效、结构简单、维护方便等特点，使其在许多工业应用中成为理想选择。不同类型的离心泵，如单级泵和多级泵，能够满足不同流量和扬程的需求。单级泵适用于流量较大而扬程要求较低の場合，而多级泵则适合在需要高扬

程的应用中发挥优势。此外，离心泵的应用范围广泛，包括化工过程中的原料输送、循环水系统的增压以及冷却水的输送等。随着工业自动化程度的提高，离心泵的智能监控和调节系统逐渐被引入，这不仅提高了运行效率，也增强了对流体输送过程的实时监测能力。

二、离心泵常见故障及其影响因素

离心泵在运行过程中，可能会遇到多种故障，这些故障不仅影响设备的正常运转，还可能导致生产效率下降和安全隐患的增加。常见的故障类型包括气蚀、振动、过热、泄漏和噪音等。气蚀通常发生在液体流速过高或液体压力过低的情况下，导致气泡的形成和破裂，从而损害叶轮和泵体，降低泵的效率。振动问题则多源于不平衡的转子、轴承磨损或泵体的安装不当，这种振动不仅增加了磨损，还可能导致机械故障。

过热现象主要与泵的冷却不足和流体的高粘度有关，高温可能导致密封件失效和材料老化，从而缩短泵的使用寿命。泄漏是另一个常见问题，通常出现在密封不良或轴承损坏的情况下，液体泄漏会影响系统压力，导致流量降低。

影响离心泵故障的因素众多，包括液体特性、系统设计、材料选择以及外部环境等。液体的粘度、密度和温度都会直接影响泵的工作效率和寿命。系统设计方面，管路布局、阀门设置和泵的选型都会对泵的运行产生重要影响。不适当的泵选型可能导致流量不足或过载，进而引发一系列故障。

三、运行稳定性问题的识别与分析

离心泵的运行稳定性是其在化工设备中发挥重要作用的关键因素。然而，在实际应用中，离心泵常常面临多种导致运行不稳定的问题。这些问题的识别与分析至关重要，以确保设备的高效运转和延长使用寿命。运行稳定性问题通常表现为流量波动、压力不稳、振动加剧等现象，这些都可能是潜在故障的预兆。在流量波动的情况下，可能是由于进出口压力变化、液体特性变化或管道阻力增大等因素引起的。流体在通过泵体时，若遇到管道内气泡、杂质或高粘度液体，都会导致流量的不稳定。

另一个关键的影响因素是流体输送的温度变化。温度的变化不仅会影响流体的粘度和密度，还可能导致材料的热膨胀或收缩，影响泵的密封性。温度监测与控制系统的引入，能够实时掌握泵体及流体的温度状况，从而及时调整运行参数，确保泵的稳定工作。在识别和分析离心泵运行稳定性问题时，数据采集和分析工具的运用不可或缺。现代监测技术，如在线监测系统和分析软件，可以实时获取泵的运行参数，并通过大数据分析手段，发现潜在的问题。这些技术的应用，有助于制定有效的维护策略，降低故障风险，提高泵的运行效率和可靠性。通过对这些问题的全面分析和及时处理，可以确保离心泵在化工生产中的稳定运行，为整个生产流程的安全性提供有力保障。

四、故障诊断技术的实施与效果

故障诊断技术在离心泵的运行管理中发挥着至关重要的作用，能够有效识别和定位潜在故障，从而减少停机时间和维护成本。各种现代化的诊断手段和技术应用于离心泵的故障监测与分析，形成了系统化的诊断体系。这些技术包括振动分析、温度监测、流量检测和油液分析等，结合数据采集和智能算法，实现了对设备运行状态的实时监控。振动分析是故障诊断中广泛使用的方法，通过对泵体和电机的振动信号进行分析，可以识别出不平衡、对中失效、松动等问题。具体而言，振动传感器安装在关键部位，收集振动数据后，通过频谱分析可以提取出故障特征频率。这种方法不仅能够及时发现潜在问题，还可以为维护决策提供依据。借助于在线监测系统，振动数据可以实时传输至中央控制系统，管理人员能够迅速响应异常情况，防止设备损坏。

温度监测则主要用于识别过热现象，这对于离心泵的运行至关重要。高温可能是由于润滑不足、冷却系统失效或流体粘度过高造成的。通过在泵体和流体进出口设置温度传感器，能够实时监测泵的工作温度，并与设定的阈值进行比较。一旦温度超出正常范围，系统将自动发出警报，提示操作人员进行检查和维护，降低设备故障的风险。流量检测技术也是确保离心泵稳定运行的重要手段。通过流量计实时监测泵的输出流量，能够有效识别出流量波动、堵塞或泄漏等问题。当流量出现异常时，系统会自动记录并分析流量数据，以便后续的故障诊断。这种实时监测不仅提高了故障识别的准确性，还为设备的优化运行提供了依据。

油液分析是另一项关键的故障诊断技术。通过定期分析泵内部润滑油的成分，可以有效识别出磨损颗粒、水分、氧化物等。这些数据能够反映出泵的运行状况和磨损程度，有助于预测故障的发生。现代的油液监测系统可以实现在线检测，将数据实时传输至监控系统，确保及时响应。

五、优化离心泵运行管理的建议与实践

优化离心泵的运行管理是一项综合性的任务，涉及设备的选型、安装、监测和维护等多个环节。合理的管理策略不仅能够提高设备的运行效率，还能降低故障率，延长设备使用寿命。针对离心泵的特点和应用环境，制定系统的管理方案显得尤为重要。

在设备选型阶段，应充分考虑流体的物理化学性质、输送要求以及工艺条件。根据液体的粘度、温度和腐蚀性选择合适的泵型和材料，避免因选型不当导致的后期问题。对比不同型号和品牌的离心泵性能数据，结合实际工况，确保所选泵在运行过程中能够保持高效率 and 稳定性。安装过程中，确保泵的水平度和对中精度至关重要。不当的安装会导致运行中的振动、噪音和密封失效等问题，增加设备的磨损。在安装前，应进行全面的基础准备，确保地基稳固，减少因环境因素引发的影响。此外，管道的布局 and 连接方式也应合理设计，尽量减少流体流

动过程中的压力损失。

实施高效的监测系统是优化离心泵运行管理的重要环节。采用现代化的在线监测技术，可以实时采集泵的运行数据，包括流量、压力、温度和振动等。数据通过智能分析平台进行处理，利用大数据分析和机器学习技术，识别运行中的异常情况和潜在故障。这种系统不仅能及时发现问题，还能通过历史数据趋势分析，预测设备的维护需求，形成科学的维护计划。定期维护和检修是保持离心泵高效稳定运行的关键。根据设备的运行工况制定合理的维护周期，包括清洁、润滑、紧固和更换易损件等。在维护过程中，重点检查泵的密封、轴承和叶轮，及时更换磨损部件，防止因小故障引发重大损失。使用专业的检测仪器进行性能测试，确保泵在各项指标上符合标准。

培训操作人员和维护人员也是优化运行管理的重要方面。提高操作人员的专业素养，增强其对离心泵运行原理和故障诊断的理解，能够有效降低人为因素引起的故障风险。定期组织技术培训和安全教育，确保每位工作人员都能熟练掌握设备的操作规程和紧急处理措施。在此基础上，建立健全的档案管理制度，记录每次维护、检修和故障处理的详细信息。

上接第 196 页

能够与黏土、粉煤灰等材料良好地混合，并在高温烧制过程中完成有机物的分解。制备出的砖块、瓦片等建筑材料不仅具备优异的力学性能和耐久性，还具有良好的隔热和保温效果，适用于多种建筑需求。将油泥资源化为建筑材料，不仅有效减少了油泥的废弃量，也缓解了传统建筑材料对环境的影响，实现了废弃物的高效再利用。

3.4 重金属回收

微生物降解过程中，微生物能够有效吸附并富集油泥中的重金属，如镉、铅、镍等，通过进一步的化学或物理处理，可以从降解产物中分离并回收这些重金属。回收的重金属可用于冶金、电子等工业领域，减少资源浪费的同时，也避免了重金属对土壤和水体的二次污染。这一过程不仅为重金属资源的再生利用提供了新的途径，还降低了重金属对环境和生态系统的潜在危害。

3.5 制备生物肥料

将处理后的油泥与其他有机废弃物结合，通过堆肥处理制备生物有机肥，能够显著提高肥料的肥效稳定性和作物的吸收利用率。生物肥料具有营养成分丰富、生态环保的特点，施用于农田后可有效促进作物的健康生长，提升作物的产量和品质。此外，生物有机肥的长期使用能够逐步改善土壤微生物群落结构，增加土壤肥力，为农业生产提供了绿色的养分来源，推动了现代农业的绿色转型与发展。

4 结语

基于微生物群落调控的油泥降解与资源化利用方法，为油

结语：

优化离心泵的运行管理对化工生产的安全性和效率至关重要。通过系统的故障诊断技术、有效的监测手段以及科学的维护策略，可以显著提高离心泵的运行稳定性，减少故障发生率。这些措施不仅能够延长设备的使用寿命，还能为企业的经济效益提供保障。在实际应用中，结合先进技术与经验总结，形成一套完整的管理体系，将为离心泵的高效、安全运行奠定基础。

[参考文献]

- [1]李强. 离心泵故障诊断与监测技术[J]. 化工设备, 2021, 37(4): 45-50.
- [2]王丽华. 离心泵的选型与应用分析[J]. 化工机械, 2020, 39(6): 12-16.
- [3]张伟. 基于数据分析的离心泵性能优化研究[J]. 机械工程, 2022, 44(2): 25-30.
- [4]陈晓东. 离心泵运行稳定性影响因素分析[J]. 化工技术, 2019, 36(3): 78-82.
- [5]刘晨. 故障诊断技术在离心泵中的应用[J]. 现代机械, 2023, 47(1): 33-37.

泥污染治理提供了高效且环保的解决方案，其核心在于通过优化微生物群落的结构和功能，使其能够快速分解油泥中的有机污染物，在降低处理成本的同时，实现资源的循环利用。这一技术的推广应用不仅有助于减少传统油泥处理方式带来的环境负担，还可将处理后的油泥转化为具有经济和生态效益的资源。然而，实际应用过程中仍面临一系列挑战，诸如微生物群落在复杂环境条件下的稳定性、降解效率的提升及环境适应性问题，限制了其应用的广度与深度。未来的研究应进一步聚焦于微生物群落生态机制的深入探究，以揭示微生物间的复杂相互作用规律，为群落优化调控提供扎实的理论基础。

[参考文献]

- [1]陈红硕. 高黏罐底油泥分质提油工艺研究[J]. 油气田环境保护, 2024, 34(05): 13-18.
- [2]林宇东. 电镀废水生物膜工艺调控及微生物群落组成研究[J]. 清洗世界, 2024, 40(02): 98-100.
- [3]喻其林, 赵梓润, 刘琳. 根际微生物群落功能与调控的研究进展[J]. 微生物学杂志, 2023, 43(05): 1-8.
- [4]李松亚, 王林裴, 吴俊峰, 刘彪, 王乐, 赵琪彭, 李国琪, 黄善强, 费学宁. 城市污水处理厂微生物群落特征与群体感应调控[J]. 环境工程学报, 2022, 16(11): 3705-3715.
- [5]罗婉仪, 雷泽湘, 李义勇. 生物絮团中微生物群落的功能、结构及其调控研究进展[J]. 中国农学通报, 2021, 37(24): 91-96.