

基于水下机器人的渔联网生态监测与精准投喂系统设计

邱妙文

杭州靓猫科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 在渔业现代化转型的关键时期,基于水下机器人的渔联网生态监测与精准投喂系统设计成为提升养殖效益与生态保护水平的重要探索。本研究深入剖析水下机器人技术原理、渔联网架构以及生态监测与精准投喂理论。通过确定溶解氧、pH值等关键监测指标并合理选型传感器,规划水下机器人监测任务,实现高效生态监测;依据鱼群生长与水质因素构建投喂量计算模型,完成投喂系统硬件设计与控制策略软件实现,达成精准投喂。经实验室模拟测试与实地应用测试优化,系统集成度与稳定性良好。该系统能实时掌握养殖水域生态状况,精准调控投喂,降低成本,提高产量,有力推动渔业智能化、绿色化发展。

关键词: 水下机器人;渔联网;生态监测;精准投喂

1 引言

随着渔业规模化、集约化发展,传统养殖模式弊端日益凸显。一方面,过度依赖人工经验进行养殖管理,致使投喂量把控失准,饲料浪费严重,不仅增加养殖成本,多余饲料分解还会污染水体,破坏水域生态平衡。另一方面,缺乏对养殖水域生态环境的实时、精准监测,难以及时发现水质恶化、溶氧异常等问题,给渔业生产带来潜在风险。在此背景下,融合水下机器人与渔联网技术的生态监测与精准投喂系统研发迫在眉睫。水下机器人可深入复杂水域,实现灵活监测;渔联网则能整合数据,构建全面信息网络。本研究聚焦该系统设计,旨在攻克关键技术难题,提升渔业养殖智能化水平,促进渔业可持续、高效发展。

2 系统相关技术基础

2.1 水下机器人技术原理

水下机器人作为系统的关键执行单元,融合了多种复杂且先进的技术原理。在动力方面,多采用电力驱动,依靠高性能电池提供稳定电能,搭配高效的推进器,像螺旋桨或喷水推进装置,实现灵活的前进、后退、转向等动作。导航技术则借助惯性导航系统、水声定位系统以及卫星定位(水面通信时)协同工作。惯性导航基于加速度计和陀螺仪感知自身运动状态变化,短期定位精度高;水声定位通过接收水下信标发出的声波信号实现水下精确定位;卫星定位在机器人浮出水面时辅助获取位置信息。通信技术分为有线和无线,有线通信稳定性高,适合近距离数据传输;无线通信则利用水声通信技术,通过声波在水中传输数据,突破线缆束缚,实现水下长距离数据交互^[1]。

2.2 渔联网技术架构

渔联网以物联网技术为核心支撑,构建起一个庞大且智能的渔业信息网络架构。其底层由大量分布在养殖水域的各类传感器节点组成,这些节点负责采集水温、溶解氧、pH值、生物量等多维度数据。中层是数据传输网络,涵盖了有线的光纤网络和无线的4G/5G网络以及LoRa等低功耗广域网技术。有线光纤保障数据高速、稳定传输,适用于岸边固定设备与数据中心连接;无线通信则方便移动设备和偏远区域传感器的数据上传。顶层是数据处理与应用平台,运用云计算、大数据分析技术,对海量数据进行清洗、存储、分析,挖掘数据价值。基于分析结果,为养殖户提供水质预警、生长趋势预测、精准投喂决策等服务,实现渔业生产的智能化管理与控制。

2.3 生态监测与精准投喂理论基础

生态监测的理论基础建立在水生生态系统的物质循环和能量流动原理之上。通过监测关键水质指标,如溶解氧反映水体的氧化还原状态和水生生物的生存环境;pH值体现水体酸碱度,影响生物的生理代谢和生存繁衍;氨氮、亚硝酸盐等指标关乎水体污染程度。利用这些指标,依据生态学原理和数学模型,评估水域生态健康状况。精准投喂理论则综合考虑鱼群生长阶段、摄食习性、水质条件以及天气因素^[2]。运用生长模型计算鱼群的营养需求,结合环境因素动态调整投喂量。例如,在水温适宜、溶氧充足时,鱼群摄食旺盛,适当增加投喂;水质恶化或天气突变时,减少投喂,避免饲料浪费和水质污染,实现养殖效益与生态保护的平衡。如表一所示:

表1 生态监测指标对渔业的影响表

生态监测指标	正常范围	对渔业的影响
溶解氧	一般淡水水体中溶解氧含量应在5mg/L以上,海水略高,在6-8mg/L较为适宜	溶解氧过低,鱼类会因缺氧窒息死亡,还会导致水体中厌氧微生物大量繁殖,产生有害物质,影响水质和鱼类健康;溶解氧过高一般对鱼类无直接危害,但可能会引发气泡病
pH值	淡水养殖水体pH值通常在6.5-8.5之间,海水养殖水体pH值一般在7.5-8.6之间	pH值过低,水体呈酸性,会腐蚀鱼类鳃部等器官,影响鱼类呼吸和生长,还会增加水体中重金属的毒性;pH值过高,水体呈碱性,会使鱼类体表黏液变性,影响鱼的正常生理功能
水温	不同鱼类适应的水温范围不同,例如,温水性鱼类适宜水温一般在15-30℃,冷水性鱼类适宜水温一般在10-20℃	水温过高或过低都会影响鱼类的新陈代谢、摄食和生长速度。水温突变还可能导致鱼类应激反应,降低免疫力,易引发疾病
氨氮含量	养殖水体中氨氮(以N计)含量一般应低于0.2mg/L	
亚硝酸盐含量	养殖水体中亚硝酸盐(以N计)含量一般应低于0.1mg/L	
盐度	淡水养殖盐度一般接近0,海水养殖盐度因海域不同有所差异,一般在32‰-37‰之间	盐度不适宜会影响鱼类的渗透压调节功能,导致鱼类生理紊乱,影响生长和存活。不同鱼类对盐度的适应能力不同,盐度突变也会使鱼类产生应激反应
透明度	一般养殖水体透明度在20-40cm较为适宜	透明度反映了水体中浮游生物、悬浮物质等的含量。透明度太低,说明水体太肥,可能导致溶氧不足;透明度太高,说明水体太瘦,浮游生物少,不利于鱼类天然饲料的生长

3 生态监测功能设计与实现

3.1 监测指标确定与传感器选型

设计生态监测功能时,明确关键指标是首要任务。水温、溶解氧、pH值、氨氮含量等指标,对判断水质和水生生物生存环境意义重大。水温影响鱼类代谢,溶解

氧是生存必需,pH值关乎生物生理机能,氨氮含量反映水体污染程度。

基于这些指标特性,需科学选型传感器。如利用荧光猝灭原理的光学溶解氧传感器,响应快、精度高;玻璃电极式pH传感器,测量稳定,适应复杂水域;离子选

择性电极传感器则能快速检测氨氮浓度。所选传感器不仅精度要高,还需具备良好的抗腐蚀性与稳定性,以保障长期水下作业的顺利进行^[3]。

3.2 水下机器人监测任务规划

水下机器人的监测任务规划直接决定生态监测的效率与质量。首先要依据养殖水域的地形、面积和监测重点区域,规划合理的监测路径。对于规则形状的养殖池塘,可采用网格状路径,确保全面覆盖;对于大型不规则水域,结合水域特征与生物分布情况,采用分区重点监测路径,优先对易出现问题的区域进行细致检测。在时间安排上,根据鱼类活动规律和水质变化特点,设定不同时间段的监测任务。如清晨和傍晚,鱼类活动频繁,需重点监测溶解氧等指标;白天光照充足时,关注水体光合作用相关参数。同时,要考虑水下机器人的能源续航和设备维护需求,合理安排返航充电和维护时间,保障监测工作的连续性和稳定性,避免因设备故障或能源耗尽导致监测中断。

3.3 监测数据传输与处理

监测数据的传输与处理是生态监测的关键。水下机器人采集的数据,借助水声通信与无线通信相结合的方式,先通过水声通信传至浮标中继站,再由浮标经无线通信发至陆地接收端,以此突破水下通信难题。

数据传输后,首先清洗原始数据,剔除异常值,而后运用算法挖掘关键信息,分析水质、生物量等变化规律。最后,通过数学模型将数据转化为可视化图表,如水质变化曲线、生物量分布图,为养殖决策提供直观、准确的数据支持,帮助养殖者及时优化养殖策略^[4]。

4 精准投喂功能设计与实现

4.1 投喂量计算模型建立

投喂量的精准计算是实现精准投喂的基础,其计算需综合考量多方面因素。鱼群的生长阶段至关重要,不同生长时期鱼的食量和营养需求差异明显,例如幼鱼阶段消化系统尚未完善,食量较小且对蛋白质等营养成分需求高;成鱼阶段食量增大,对能量类营养需求有变化。水质状况也不容忽视,水温、溶氧、pH值等都会影响鱼的摄食欲望,如高温时溶氧降低,鱼的食欲下降,投喂量需相应减少。通过大量实验数据和养殖经验,建立数学模型,将鱼群数量、平均体重、生长阶段系数、水质影响因子等作为参数纳入模型,利用多元线性回归等算法,精准计算出不同情况下的合理投喂量,为精准投喂提供科学依据。

4.2 投喂系统硬件设计

投喂系统硬件主要由投喂装置、驱动部件和承载结

构构成。投喂装置关乎饲料投放的精准度与均匀度,采用螺旋式或振动式下料方式,能根据设定量精确送出饲料,通过调节螺旋叶片转速或振动频率控制投喂量。驱动部件提供动力,选用电机作为动力源,配合减速器实现精确调速,确保投喂装置按设定速度和时间运行。承载结构需稳固且适应水下环境,采用耐腐蚀的高强度材料制作,如不锈钢或特殊工程塑料,保证在潮湿、盐分高的养殖水域长期稳定工作。同时,考虑与水下机器人的连接和适配,设计合理的接口和安装方式,便于机器人搭载和操作,保障整个投喂系统在复杂水下环境高效运行。

4.3 投喂控制策略与软件实现

投喂控制策略关乎投喂时机与频率,采用定时定量和按需投喂相结合的方式。在鱼群生长稳定期定时定量投喂,水质突变或鱼群异常时按需投喂,依据监测数据和鱼群状态调整投喂量。

基于嵌入式系统开发控制软件,连接水下机器人通信模块,接收数据与指令。通过算法分析数据,依策略生成控制信号,精准控制投喂硬件。软件设有用户交互界面,方便养殖人员设置参数、查看投喂记录与系统状态,实现智能化、便捷化投喂管理。

5 系统集成与测试

5.1 系统集成方案设计

系统集成需将水下机器人、各类传感器、投喂设备以及数据处理终端等不同功能组件融合为有机整体。水下机器人作为核心移动平台,搭载水质监测、生物识别等多种传感器,通过定制的安装支架和密封接口,确保其在水下稳定运行且数据传输顺畅。投喂设备则与水下机器人或岸边控制基站建立通信连接,接收投喂指令。数据处理终端整合来自各部分的数据,采用标准化的数据接口和通信协议,保障各组件间信息交互准确无误。同时,考虑系统在不同养殖环境下的适应性,对硬件布局 and 软件配置进行优化,实现系统功能的最大化集成,为后续测试奠定基础^[5]。

5.2 实验室模拟测试

实验室模拟测试是验证系统基础功能和性能的关键环节。模拟不同养殖水域环境,设置多种水质参数,如不同的溶解氧浓度、酸碱度、温度等。通过操控水下机器人执行监测任务,检验传感器数据采集的准确性和稳定性,对比标准值评估测量误差。针对精准投喂功能,模拟不同生长阶段的鱼群,根据既定的投喂量计算模型进行投喂测试,观察投喂设备的响应速度和投喂精度,确保投喂量符合预期。测试数据传输稳定性时,人为设

置干扰源,检验系统在复杂电磁环境下能否正常通信。通过多轮模拟测试,详细记录各项性能指标,及时发现系统存在的漏洞和问题,为后续优化提供依据。

5.3 实地应用测试与优化

实地应用测试在真实养殖场景中开展,能全面检验系统在实际环境下的运行效果。在养殖场部署系统后,水下机器人按预设路径自主巡航监测,记录水质、生物量等实时数据,投喂设备依据监测结果和养殖经验进行精准投喂。收集实际养殖过程中的反馈数据,如鱼群生长状况、饲料利用率、水质变化趋势等,与实验室测试数据对比分析。针对实地测试中出现的问题,如水下机器人受水流影响导致监测路径偏差、投喂设备在恶劣天气下稳定性不足等,从硬件结构、软件算法等方面进行针对性优化。持续改进系统,使其更好地适应复杂多变的养殖环境,为渔业生产提供可靠、高效的技术支持。

6 结语

本研究成功设计出基于水下机器人的渔联网生态监测与精准投喂系统。通过整合水下机器人、渔联网技术,确定监测指标、搭建硬件与开发软件,实现了生态实时监测和精准投喂,有效弥补传统渔业养殖短板。但

研究仍存在不足,如系统对极端复杂水域环境适应性欠佳,部分算法在大规模数据处理时效率有待提升。未来可从优化硬件结构、升级算法入手,增强系统稳定性与数据处理能力。该系统应用前景广阔,能助力渔业降本增效、绿色发展,推动渔业养殖朝着智能化、现代化方向迈进,为渔业可持续发展注入新动力。

参考文献

- [1]王树新,魏崑,李智刚,等.基于环境能源的水下机器人多尺度性能驱动设计方法和动态自适应网络构建技术[J].中国科学基金,2018,32(5):5.
- [2]彭会,朱思洪,夏俊芳,等.水产养殖精准投喂关键技术研究进展[J].农业工程学报,2019,35(10):15.
- [3]周绪川,蔡树群,黄良民,等.南海海洋环境监测技术研究进展[J].热带海洋学报,2009,28(2):8.
- [4]吴凡,孙金生,李道亮.基于物联网的水产养殖监控系统研究与设计[J].农机化研究,2012,34(1):17.
- [5]孙传恒,唐飞,唐启义,等.基于无线传感器网络的水产养殖水质监测系统的设计[J].农业工程学报,2009,25(8):12.