
技术交底书模板

一、发明名称

【简单而明了地反映该发明的技术内容是产品、装置或方法（一般限定在 25 个字以内）】

深海五维波束鱼群立体分布实时探测与传输系统

二、所属技术领域

【简要说明发明所属技术领域】

本发明涉及海洋渔业监测与捕捞技术领域，具体涉及一种基于原位声学观测的水下生物监测技术，可用于实时监测水体中目标生物的行为、群体动态、分布位置及密度等信息，为渔业捕捞作业提供数据支持与决策依据。

三、现有技术（背景技术）

3.1 相关技术背景以及最接近的现有技术

背景技术：【用于方便读者理解本发明的技术背景，背景技术是对最接近的现有技术的说明，它是做出本申请技术方案的基础（背景技术是指对发明的理解、检索、审查有用的现有技术，可以引证反映这些背景技术的文件，引证文献、资料的，应写明其出处）】

在海洋渔业中，实时监测水体中目标生物的行为与群体动态，精准定位鱼群分布，明确生物集群密度是渔业捕捞作业的关键环节。原位声学观测技术凭借主动声波探测手段，实现了对水下生物自然状态的非侵入式实时监测，可连续记录生物在特定引导下的一系列动态变化。

该技术依据声波探测原理，通过接收生物个体或群体反射的特定声学信号来推断目标的声学特性。不同生物在物种、体型、姿态、密度等方面存在差异，其声学散射特征也会有所不同。

在实际应用中，原位声学观测不仅能用于目标物种的识别与分类，还可与生物的空间分布结构等信息相结合，深入分析生物聚集机制与运动规律，为渔业作业的多个环节提供量化依据。同时，结合水文环境数据，能够构建多维度监测模型，增强对渔业捕捞行为的分析与预测能力。该技术的运用赋予了传统渔业新的“感知”能力，推动渔业向智能化、生态化以及数据驱动决策的方向发展。

3.2 与本发明最相似的现有技术实现方案

【要对最接近本申请的同类已有技术状况加以分析说明，必要时借助附图加以说明，具体内容可包括：其构造，各部件间的位置和连接关系，信号传递关系等】

与本发明最相似的现有技术方案主要体现在水下声学探测设备的应用方面。目前，诸如挪威 Simrad 公司、日本 Furuno 公司和 Hondex 公司、美国 Teledyne Marine 公司和 BioSonic 公司等，其生产的单波束鱼探仪、双波束鱼探仪、多波束鱼探仪、分裂波束鱼探仪、水平扫描声呐等设备，被广泛应用于渔业资源调查、水下目标探测以及生态环境监测等领域。

从构造上看，这些设备通常在远洋渔船或海洋科考船的底部预留专用安装孔或采用升降鳍结构，在船舶下水前将换能器固定安装于船体特定位置。工作时，由设备发射声波，声波以一定波束角向水体传播，遇到水下目标（例如鱼群或浮游生物）时发生散射，换能器接收散射回波，并经同轴电缆或专用水密连接线缆传输至船上上位机终端，最终将水下声学信息以图像或数据形式显示在屏幕上，供操作人员进行观测与分析。

3.3 现有技术的缺点

【根据与本发明最接近的实现技术方案内容客观地指出背景技术中存在的问题和缺点，此问题和缺点是本申请发明内容部分 4.1 所要针对解决的缺点，两者对应，不涉及现有技术其它的缺点（例如：现有技术的缺点可以是成本高，效率低，耗时间等类似问题，同时阐述这些缺点的原因在哪里）】

一方面，现有设备大都为船载设备，换能器固定于船底，无法改变位置，因此只能固定地探测船体正下方一定波束角范围内的水体，无法进行全方向的实时探测与监测。尽管部分设备具有调节换能器方向的功能，但其实现方式是较为传统的机械扫描式，这种方式通常需要数秒至数十秒时间来遍历各方向，难以实现实时且全面的声场感知，尤其在需要对水下环境进行高频率、动态监测时，无法满足需求。并且，现有设备无论是船载设备、拖曳式设备还是集成在无人驾驶器上的设备，均不能根据实际需求人为操纵地灵活深入某一特定水深及位置处有针对性的展开探测。

另一方面，现有设备通过将垂直鱼探仪和水平鱼探仪结合使用虽然可以对水下鱼类集群进行一定的三维建模，分析集群的大小、水深、移动模式等特征，但这些设备通常缺乏对鱼群中个体鱼的实时追踪能力，无法获取集群中个体鱼的目标强度等信息。此类信息在渔业作业中尤为重要，尤其是在需要精确捕捞决策和实时动态监控的场合。

此外，现有声学探测系统普遍采用通过物理线缆传输数据的方式实现水下换能器与上位控制单元之间的通信。这种方式虽然在近距离、高带宽场景下具有一定的稳定性和成熟度，但也存在诸多局限性。首先，线缆系统的安装与布设较为复杂，通常需穿舱孔或配置专用水密连接结构，且在船体或平台运行过程中易受到缠绕、腐蚀或机械损伤等问题的影响，维护

和更换难度较大。其次，由于线缆长度的限制，其部署范围受限，难以满足多节点分布式布设需求，且系统整体集成度较低，可扩展性不足。再次，此类系统高度依赖船载主机平台，无法脱离船舶实现独立运行，不利于远程或长期观测任务。此外，在水下复杂环境或特殊海况条件下，线缆结构还可能对信号质量造成干扰，进一步影响探测精度与数据完整性。总重要的是，在光诱鱿鱼钓捕作业中采用有线传线缆进行数据传输的水下声学设备，在海流和风浪的综合作用下，线缆极有可能与鱿钓线缠绕打结，严重影响钓捕作业效率及数据采集质量，更可能导致线缆被钓钩划破的结果。

进一步而言，现有设备仅能通过线缆将数据传至采集终端进行显示与存储，不具备同步的噪声去除、回声积分与资源量计算等数据处理与分析功能，这使得在实时监测到水下资源的状况后，无法迅速做出响应或基于数据分析进行捕捞决策。

四、发明内容：

4.1 发明目的

发明目的应该是解决背景技术部分 3.3 指出的现有技术缺陷所存在的问题

【发明的目的不是依赖于发明人事先的主观愿望，且不应一概笼统地写成为了“克服背景技术的缺点】

本发明旨在满足海洋渔业中光诱智能捕捞作业中对目标鱼群空间分布实时掌握的需求，提出一种五维波束鱼群立体探测及目标强度原位测量装备。该装备可实现对水下目标种类和鱼群密度的智能识别与估算，并构建鱼群三维空间分布监测系统，以克服现有技术的局限性。

4.2 技术解决方案【根据发明类型选择下列其中一个类型填写技术方案】

4.2.1 装置、结构、机械、电路类

【对于结构类的技术方案阐述，需要提供整套产品的结构图，并在结构图中对每个部件用附图标记指出（例如第五部分的示例图 1），并根据附图中标出的附图标记阐述各个部件之间的连接关系和位置关系（如果一幅图不能完全表达本申请技术方案的话，请提供多附图以完整清楚地表达本发明的需要保护的产品的结构）】；涉及电路的产品，应描述电路中各个电子元器件之间的连接关系并给出电路连接图；机电结合的产品还应写明电路与机械部分是如何连接或者关联的。（注：技术方案不能仅描述原理、动作及各零部件的名称、功能或用途，应该按照上述要求进行详细的阐述。）

所述五维波束鱼群立体分布探测系统采用如下技术方案实现：

S1. 系统布放与定位

- **结构设计**：采用船载吊机通过吊钩相连的方式将所述探测装备吊放入水下特定水深处。该装备外部结构采用高强度、耐腐蚀的钛合金材质打造，确保在深海高压

环境下长期稳定运行。

- **定位系统**：内置高精度定位模块，融合 GPS、北斗及惯性导航系统，在入水瞬间自动激活并记录初始位置信息，在水下运行过程中，根据内置惯导系统持续更新位置数据，为后续探测数据提供精准的空间参考坐标。

S2. 多波束协同探测机制

- **波束架构**：集成五个单波束回声探测设备，分别负责探测水平方向上的正前、正后、正左、正右四个方位及垂直方向上的正下方位，形成五维波束的全方位立体探测布局。
- **声学参数同步**：所有单波束设备均采用相同声波频率、波束角及其他声学参数的换能器、收发器等核心部件。通过中央控制系统实现同步触发与数据采集，确保各波束间相位一致性，避免多波束交叉干扰，提升探测信号的纯净度与可辨识度。
- **波束动态分配**：借助智能算法，根据不同海域的鱼群分布特征，动态调整各波束的探测功率与采样频率，优化能量分配，延长设备续航时间，同时提高对目标密集区域的探测精度。

S3. 实时动态调整与稳定机制

- **姿态监测与反馈**：内置高精度陀螺仪和三轴加速度传感器，陀螺仪以毫秒级频率捕捉设备角速度变化，实时计算角度偏转量；三轴加速度传感器同步监测线性加速度，精准判断设备受流体冲击或自身运动引起的姿态扰动。
- **智能姿态修正**：基于深度学习的姿态识别算法，对采集的姿态数据进行实时分析，预测潜在姿态偏差趋势。在设备姿态超出预设阈值前，自动启动姿态调整模块，通过精确控制内置微调推进器或可调节配重块的位置，实现微米级姿态微调，确保探测波束始终精准指向目标区域，即使在复杂海况下，也能维持设备的探测稳定性，将姿态误差控制在极小范围内。

S4. 水声通信传输优化

- **通信模块设计**：系统内置高性能水声通信模块，采用先进的数字信号处理技术，结合自适应滤波算法，有效降低背景噪声干扰，提高信号传输的信噪比。
- **数据传输策略**：所采数据通过该模块在特定采样率下，借助高频率、窄带宽的无线通讯技术实时地传输到船上的接收器。数据传输采用分时复用与前向纠错编码相结合的方式，确保数据的完整性与准确性。各通道数据传输速率可根据实际探测环境动态调整，以适应不同水深和流速条件下的数据传输需求。
- **多通道协同管理**：所传递的数据分为五个通道，分别对应五个换能器。每个

通道配备独立的数据缓存和预处理单元，对采集到的数据进行初步压缩和格式转换，减少传输数据量，提高传输效率。同时，通过高效的同步机制，确保五个通道的数据在接收端能够精准对齐和融合处理。

S5. 数据格式与融合处理

- **数据格式设计**：各通道传输的数据采用统一的自定义格式，包含 ping 序号、日期、时分秒、经度、纬度、起始距离、结束距离、波束中每单元回声强度值等关键信息，确保数据的完整性和可追溯性。
- **数据融合算法**：船上接收器接收到数据后，首先利用内置的时间同步算法对多通道数据进行精准时间对齐，然后借助空间配准技术，将不同波束方向的数据映射到统一的三维空间坐标系中。通过深度学习的语义分割算法，自动识别并剔除背景噪声和非目标信号，提取有效的鱼群回声信号特征。
- **智能识别与估算**：结合实时探测得到的单目标 TS 结果和内置在系统中的各物种 TS 值，运用机器学习算法对目标进行精准识别分类。同时，利用先进的回声积分算法，自动计算探测到物种的声学资源密度，为渔业捕捞决策提供精确的量化数据支持。

S6. 高效信号处理与控制

- **处理器协同架构**：系统内置高性能处理器和 CPU，其中 CPU 采用多核架构，负责整体控制和数据管理，具备强大的多任务处理能力，能够高效执行指令处理、信号调度和系统协调任务；专用处理器则基于专用集成电路（ASIC）设计，针对实时的水声信号处理任务进行硬件级优化，具备超高的运算效率，可快速完成噪声去除和回声积分等复杂运算。
- **快速模式切换**：系统配备高速固态继电器，能够在微秒级时间内完成设备的声波发射与接收模式切换，确保不同工作模式下的高效信号转换。通过智能调度算法，合理分配各通道的发射接收时间序列，避免通道间相互干扰，同时提高设备的整体运行效率，使系统能够在高频率探测模式下稳定运行。

S7. 实时显示与决策支持

- **显示系统优化**：船上接收器接收到数据后，在高分辨率显示器上进行实时显示。显示界面采用直观的三维可视化技术，以不同颜色和形状的图标动态呈现鱼群的位置、大小、运动轨迹等信息，同时叠加显示设备姿态、水深、流速等辅助信息，为作业人员提供全面的现场监测画面。
- **决策支持模块**：系统内置智能决策支持算法，根据实时监测到的鱼群分布数

据和预设的捕捞策略，自动生成最优捕捞路径规划建议，并实时评估捕捞效益。在遇到突发情况或目标鱼群特性变化时，能够及时调整捕捞建议，为渔业作业提供精准、实时的决策支持，提高捕捞效率和资源利用率。

S8. 能源管理与续航保障

- **供电系统设计**：系统通过高性能电池组供电，电池组采用先进的锂电池技术，具备高能量密度和长循环寿命特性。电池组内置智能电池管理系统（BMS），实时监测电池的电压、电流、温度等参数，自动进行均衡管理和过充过放保护，确保电池的安全稳定运行。
- **低功耗优化策略**：整个系统在硬件设计和软件算法层面均采用低功耗优化措施。硬件上，选用低功耗的电子元器件，采用电源分时供电策略，非工作状态的模块自动进入休眠模式；软件上，通过优化算法复杂度和数据处理流程，减少不必要的运算和数据传输，降低系统整体功耗，延长设备的续航时间，确保在深海环境下能够长时间稳定运行。

综上所述，本发明通过多波束协同探测、实时动态姿态调整、优化的水声通信、高效的数据处理与智能识别等创新技术方案，构建了一套深海五维波束鱼群立体分布实时探测与传输系统。该系统具备全方位立体探测、高精度实时监测、智能数据处理与传输以及长续航稳定运行等优势，能够有效克服现有技术的局限性，为光诱智能捕捞作业提供关键技术支撑，推动渔业捕捞向智能化、高效化和精准化方向发展。

4.3、技术效果

【与背景技术部分 3.3 现有技术的缺陷、发明内容部分 4.2 的内容对应，将本发明所能达到的效果（包括社会的、经济的、技术的效果，最好有具体数据）具体地、实事求是地进行描述，科学分析和试验结果是最有说服力的证据。技术效果是由技术特征直接带来的、或者是由技术特征产生的必然的技术效果。】

与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

1. **灵活精准的监测能力**：本发明的探测系统通过船载吊机吊放至水下，可根据鱼群的实际位置快速、便捷地调整设备下放水深，实现对目标鱼群的精确追踪与监测。对比传统固定位置的船载探测设备，本系统能够在垂直方向上灵活覆盖 0 - 200 米水深范围内的任意位置，极大提高了对不同水深鱼群的适应性，使监测范围扩大，特别是增强深海鱼群的高精度探测能力，确保不错过任何目标鱼群的分布层次。

2. **全方位立体监测与精细信息获取**：集成五个方向上的单波束回声探测仪，形

成独特的五维波束全方位立体探测布局。在光诱渔业作业中，不仅能精准捕捉个体鱼的目标强度，还能全面获取鱼群集群的规模、深度分布以及集群资源密度等关键信息，提升信息获取完整度。为捕捞决策提供更丰富、精准的数据支持，相比现有技术，可提高捕捞决策的准确率，有效提升渔业作业的效率和资源利用率。

3. **高精度姿态监测与稳定保障：**采用高精度陀螺仪和三轴加速度传感器实时监测设备在水下的位置和朝向，并通过智能算法动态调整设备姿态。这一先进的姿态监测与调整机制，确保采集到的目标位置信息具有极高的准确度，有效保障监测数据的可靠性，尤其在复杂海况和水流条件下，仍能稳定输出高质量的探测数据。

4. **实时数据传输与高效反馈：**借助水声通信模块无线传输数据，结合自适应滤波算法和高效编码技术，将水下目标信息以低延迟、高保真的方式实时传输至船基操作台。数据传输的实时性得到显著提升。这让渔业操作人员能够及时掌握水下动态，辅助现场捕捞决策，提高决策响应速度，有效提升渔业生产的实时性和灵活性。

5. **强大的数据处理与智能分析：**设置特定数据文件格式，搭配高性能处理器、CPU 以及多个经过优化的数据分析算法，实现了对采集数据的迅速、精确处理。能够在接收数据后快速完成噪声去除、回声积分以及资源密度计算等复杂处理流程。实时为决策人员提供精准的资源密度等关键信息，使决策人员能够全面、深入地掌控水下资源状况，增强渔业作业的科学性和精准性。

6. **显著的社会、经济和生态效益：**本发明的推广应用有助于破解我国远洋渔业在智能化探测装备领域的“卡脖子”技术难题，打破国外技术垄断，降低对进口设备的依赖程度，预计可使光诱渔业渔船装备购置成本降低。同时，推动我国光诱渔业向智能化、现代化方向发展，提升我国渔业在国际市场上的竞争力，促进渔业产业升级和可持续发展，具有巨大的社会和生态效益，为我国海洋渔业经济的繁荣提供有力支撑。

综上所述，本发明的深海五维波束鱼群立体分布实时探测与传输系统在技术性能、监测精度、数据处理效率以及适用性等方面均展现出显著优势，有效解决了现有技术的诸多缺陷，为光诱渔业的智能化发展提供了关键技术支撑，具有广阔的应用前景和重要的推广价值。

五、附图及附图的简单说明

【要提供描述本发明的必要的附图，该附图能清楚地体现本申请的发明点，对元部件或结构统一编号并命名，必要时也要提供有关现有技术附图（即装置、结构类的，可以是结构示意图，一般是黑白线条的 CAD 制图，而不是工程图；生物化学类的，可以是检测数据、检测图谱，

比如电镜图、电泳图、质谱图等)】

图 1 所示为本系统结构示意图，系统的主体结构是安装在五个方向上的五个单波束换能器，在设备内部集成有电池组、处理器、CPU、陀螺仪、三轴加速器、继电器和水声通信模块。设备采集到的数据通过水声通信模块无线传输到船上接收器后，使用系统内置的去噪算法和回声积分算法精确计算目标鱼种的资源密度，从而辅助捕捞决策。

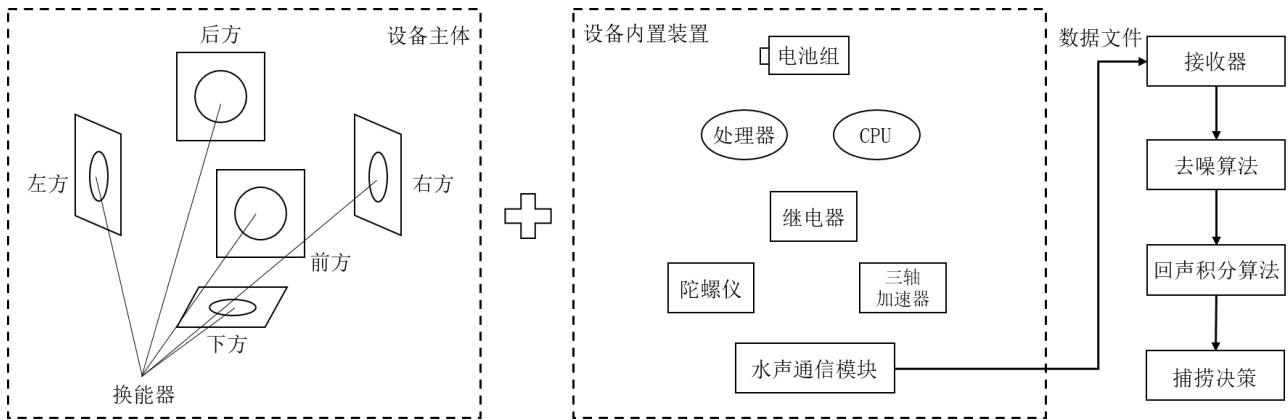


图 1 系统结构图

六、具体实施方式

【列举实现发明的实施例（发明构思的具体体现），实施例要具体，从而将本发明的发明内容部分体现出来，如果是装置结构类的包括各电气元件及其之间的电性连接关系，如果是方法请具体说明每一部分的具体方法，包括静态关系、动态关系及作用效果（1）结合本申请的技术方案，针对性的阐述该方法的可行性及有益效果；2）提供该技术方案的效果实验，包括实验过程，结果及其数据分析】

附：如果出现英文缩写或具有特殊意义的代号，请具体说明其含义及业界通用中文名称。

以下是本发明的具体实施方式：

在大洋光诱鱿鱼钓捕作业中，往往需要提前开启位于水上和水下的若干集鱼灯，利用灯光诱集鱿鱼。为了解集鱼灯诱鱼效果，掌握鱿鱼在水下的集群规模和分布位置，决定下钩时间和下钩深度，可借助本发明所述五维波束鱼群立体分布探测装备。具体步骤如下：

- (1) 使用船载吊机将所述装备吊放入水下 200 米水深处，并保持不动，期间通过内置电池组为装备供电，保证长期正常运转；
- (2) 根据船上接收器接收到的实时水下陀螺仪和三轴加速度传感器数据，判断设备在水下姿态是否水平，并进行姿态调整；
- (3) 五维波束探测到的水下声学数据通过水声通信模块实时无线传输至船上接收器，通过系统内置的数据读取算法读取数据文件并绘图，最终在显示终端上呈现出全方位的回声映像，从回声映像中找到单目标个体，获取其目标强度数据；

-
- (4) 根据前期文献查阅或实验室测定了解鱿鱼的常规目标强度值，并将其内置在系统中。将步骤(3)中实地观测到的目标强度数据与之对比，判断所观测到的物种是否为鱿鱼；
 - (5) 从回声映像中找到鱿鱼集群，借助系统内置的噪声去除算法去除背景噪声；
 - (6) 使用系统内置的回声积分算法计算集群的声学积分值即海里面积散射系数(Nautical area scattering coefficient, NASC, 单位 m^2/nmi^2)，NASC 的高低通常同资源量的多少成正比关系；
 - (7) 根据 NASC 值判断水下鱿鱼集群规模，并根据五个方向上鱿鱼的分布情况进行捕捞决策。

设备照片



说明：上面三个接口，一个接一拖五的 5 个换能器，一个接高精度压力传感器，一个接水声通讯换能器用于与母船进行水下无线通讯。