

文章编号: 1004-2490(2022)01-0103-09

远洋渔船电子监控技术应用研究进展及展望

孙永文^{1,2}, 张胜茂², 蒋科技², 樊伟², 隋江华¹, 朱文斌³

(1. 大连海洋大学航海与船舶工程学院, 辽宁大连 116023; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业农村部东海渔业资源开发利用重点实验室, 上海 200090; 3. 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 浙江省海洋水产研究所, 浙江舟山 316021)

摘要: 目前, 中国正加强远洋渔业的监督和规范管理, 长期以来, 观察员在远洋渔业管理中发挥重要作用, 但其低覆盖率一直是亟待解决的问题, 新出现的电子监控 (electronic monitoring, EM) 成为其有效替代和辅助手段。通过分析国内外远洋渔船 EM 技术发展, 阐明了远洋渔船运用 EM 的必要性。介绍了 EM 的组成、具体方法、目标种类及其在远洋渔船常用 3 种渔具的应用; 论述了现今 EM 系统在远洋渔船的适用性及功能和 EM 的优缺点: EM 技术在远洋渔船已有应用且具有一些观察员无法具备的优势, 但缺乏针对各类远洋渔船和目标鱼种监控的高质量应用示范, 且对渔业数据相关处理技术的研究精度与深度还不够。最后对 EM 研究现状进行了总结并对 EM 技术未来的研究方向和重点提出了具体建议, 可为远洋渔船应用电子监控相关研究提供参考。

关键词: 远洋渔船; 电子监控方法; 目标鱼种; 电子监控应用

中图分类号: S 972.9

文献标志码: A

远洋渔业资源的合理开发, 可保障优质蛋白持续供给, 改善渔业产业结构, 提高产业国际竞争力, 维持渔业可持续捕捞, 因此对远洋渔业资源实施监管具有重大意义^[1-2]。从 1990 年至 2018 年, 全球捕捞渔业总产量相对稳定, 海洋捕捞渔业产量占比达 87.5%, 其中远洋渔业产量逐年增加^[3-4]。随着内陆和近海渔业资源的匮乏, 现今远洋渔业资源正在被全世界迅速开发, 为了防止远洋渔业资源被开发过度, 对其有效监管和制定监管标准迫在眉睫。自 1982 年以来, 《联合国海洋法公约》等相关公约要求所有成员国履行海洋资源养护和管理义务^[5-7], 为了监控处于可持续水平鱼类种群的合理捕捞和不可持续水平鱼类种群的有效保护, 很多国家已经采用了无人机或者巡逻船、渔船船舶监视系统 (VMS)、自采

样、观察员等方法监管远洋渔船^[2]。这些方法对监管远洋渔业资源的开发起到了积极作用, 但因不能准确审计鱼种数据或人工审计费时等原因而尚未实现有效监管^[8-9]。随着卫星遥感、摄像机、互联网等技术的进步, 电子监控 (electronic monitoring, EM) 获取的数据和观察员相差无几^[2,10]。如今 EM 已经应用到许多国家的远洋渔船, 用于获取目标渔获物的数据和监控被误捕的珍稀海洋生物的放生过程。

EM 的应用最开始是为了监控不列颠哥伦比亚省捕蟹陷阱的数量, 以控制渔获量并防止渔具被盗^[1]。2002 年, 随着对海洋资源的监管, 阿拉斯加延绳钓渔业对 EM 进行测试, 以记录鳕形目 (Pleuronectiformes) 鱼类渔业的捕捞努力和渔获情况, 并测试渔船的捕捞行为是否符合相关渔

收稿日期: 2021-05-11

基金项目: 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室开放课题 (2020KF001); 国家自然科学基金重点项目 (61936014); 国家自然科学基金面上项目 (31772899); 国家重点研发计划 (2019YFD0901405)

作者简介: 孙永文 (1996—), 男, 硕士研究生, 研究方向为船舶工程、数据分析。E-mail: 2216972124@qq.com

通信作者: 张胜茂, 副研究员。E-mail: ryshengmao@126.com

业法规^[2]。2003 年,为了监测刺网和拖网以及海洋哺乳动物和海鸟的相互作用,新西兰启动一项 EM 计划^[1]。欧盟 EM 试验始于 2008 年,一些欧盟成员国采取激励措施来减少渔船丢弃的远东宽突鳕 (*Eleginus gracilis*) 数量,并资助 EM 试验来验证渔船的捕捞量^[11-12]。自 2012 年以来,EM 已在大西洋和印度洋的热带金枪鱼 (*Thunnus*) 渔业中进行了测试^[10,13]。同时,为了提高 EM 在渔船的抽样覆盖率,在西太平洋、南太平洋和中太平洋的捕捞试验中也加入了 EM^[1,14-15]。从 2015 年到 2016 年,法国热带金枪鱼围网渔船通过对比 EM 与观察员收集的非目标渔获物和抛弃物数据,测试了 EM 的效率^[16]。2018 年,西班牙两个金枪鱼围网协会开始对捕鱼活动实行 100% EM 覆盖^[1]。同年,中国在热带太平洋西部进行 EM 试验,对 EM 与观察员收集的 21 组同一航行期间的监控数据进行对比,结果表明,EM 可用于增强观察者计划^[17]。中国在中部和西太平洋一些金枪鱼延绳钓渔船配备了 EM 系统,该系统具有记录渔船活动和监测冷链数据等功能^[18]。在视频影像智能分析方面,已经可以使用神经网络技术提取文本信息判断渔船的状态^[19]。近几年,由于 EM 在远洋渔船的广泛应用,不同类型渔具的 EM 标准也在加快制定和不断完善。2017 年,大西洋金枪鱼资源保护委员会 (ICCAT) 采用了 EM 系统的围网最低标准^[20]。2020 年 5 月,国际海产品可持续发展基金会 (ISSF) 和印度洋金枪鱼委员会 (IOTC) 等编写了一份关于 EM 安装、收集、分析和存储数据的最低标准的论文。

本文通过综述 EM 在远洋渔船的应用,着重分析了国内外远洋渔船的 EM 基本组成和运用 EM 监管各种目标的具体方法,简述了 EM 在 3 种常见渔具的应用情况和目前可应用于远洋渔船的 EM 产品具备的功能,分析现阶段 EM 的优缺点,并在此基础上,对未来 EM 研究方向提出建议,以期 EM 在远洋渔船的应用和进一步研究提供参考。

1 远洋渔船 EM 方法

1.1 EM 系统组成

EM 系统通常由各种传感器、摄像头、GPS 接收器和计算机硬件组成 (图 1),主要记录捕捞作业及渔船实时位置等信息。目前各类传感器中

液压传感器、旋转编码器在 EM 系统应用较多,高清数码摄像机也已在远洋渔船中应用^[1-2]。监控主机将视频、渔船经纬度、时间等信息整合、管理,视频信息防篡改技术也逐渐应用到 EM 中^[21]。随着存储密度及存储容量的增加,硬盘可以存储更多内容。渔船在海上作业时,利用定位等技术获取渔船相关数据,比如航速、船位等信息,信息通过海事卫星等通讯方式传回。当渔船靠港时,可以通过网络通讯 (4G, WIFI) 传输视频数据,还可以拆卸硬盘带回渔业企业或渔业监管部门。

1.2 不同目标渔获的 EM 方法

目前各国 EM 应用于船端的方法基本类似,即使用摄像机获取完整有效的捕捞作业视频^[22],运用滚筒上的旋转编码器获取滚筒圈数,进而估算出网长度,最终汇总到计算机监控主机进行初步处理,实现集中管理、本地存储功能。远程终端可以通过海事卫星确定渔船位置和航速等辅助性信息,数据传输目前主要通过硬盘实现^[23-25]。处理获取的视频数据,目前可以运用计算机深度学习^[26-28]、图像识别^[29-30]、网格测量等技术识别目标渔获物,并测量目标渔获物的长度,再结合海事卫星传回的数据,确定渔获物出现的具体位置,为后期有针对性地智能监控该种渔获物提供数据。

如表 1 所示,针对高经济价值渔获物应用不同的 EM 方法开展试验,获取的试验数据一是可以验证 EM 方法的可靠性,二是可为研讨和制定 EM 应用标准作依据,对远洋渔业的可持续性发展具有重要意义。从 1980 年到 2018 年,有鳍鱼类约占海洋捕捞总量的 85%,其中占比较大的鱼类有秘鲁鳀 (*Engraulis ringens*)、阿拉斯加狭鳕 (*Gadus chalcogrammus*)、大西洋鲱 (*Clupea harengus*)、蓝鳕 (*Micromesistius poutassou*)、欧洲沙丁鱼 (*Sardina pilchardus*)、日本鲭 (*Scomber japonicus*)、黄鳍金枪鱼 (*T. albacores*) 等,累计占比约 30%,其中,鳕鱼类、金枪鱼类等在近几年渔获量统计中创新高^[3]。监管上述捕捞产量高的鱼种可快速规范捕捞产业^[31]。近十年来,澳大利亚有 6 个 EM 项目,以金枪鱼、比目鱼等为主要目标;美国有 5 个 EM 项目,对蓝鳍金枪鱼 (*T. thynnus*)、鲈形目和大马哈鱼 (*Oncorhynchus keta*) 等多种鱼类的捕捞进行监测^[1]。中国对金枪鱼的捕捞监测也应用了 EM。

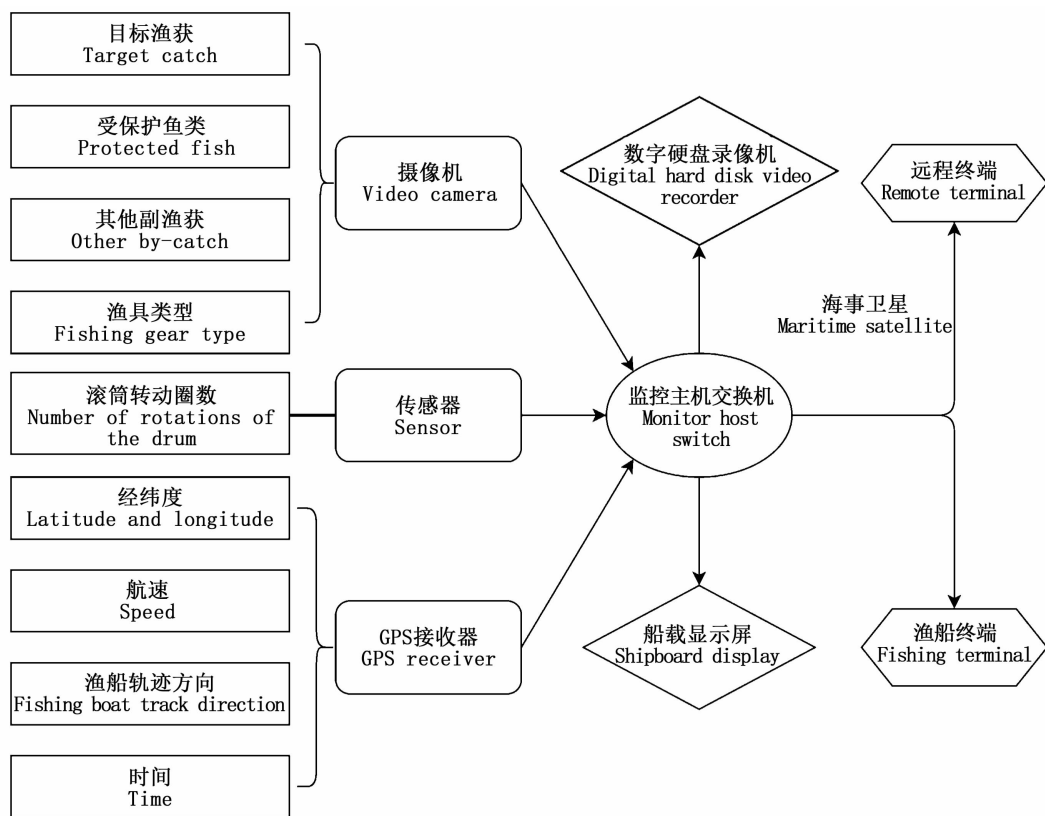


图1 EM系统结构示意图及获取的数据

Fig. 1 Schematic diagram of electronic monitoring system structure and acquired data

2 EM系统的技术发展现状

随着越来越多的国家开展EM项目试验,结果表明,EM可替代一部分观察员来记录渔船数据且效果良好^[17,32-33],使得EM在渔业监控领域的地位逐渐稳固。许多应用于渔业的EM技术正在蓬勃发展,可为不同类型远洋渔船提供适合的EM系统。根据表2可了解目前不同公司的EM系统具备的功能。其中Archipelago生产的EM系统适用于小型近海渔船、大型远洋船,目前已经装备了600多艘渔船;Saltwater研发的EM系统几乎适用于所有渔船;Anchor Labs、Satlink适用于商业船;Digital Observer Services专门用于金枪鱼围网渔船。EM系统均具备GPS接收、硬盘驱动器传输数据、高清摄像头拍摄等基本功能,且各公司的技术人员可根据渔船类型提供合理的安装方案。

3 3种捕捞渔具的EM应用进展

远洋渔船捕捞成本高,航次时间较长,为了

一次性获得较高的渔获量,往往选择捕捞产量高、捕捞效率高的渔具,如延绳钓、围网、拖网等。在装备了上述3种渔具的渔船中,金枪鱼围网渔船、超低温延绳钓渔船和大型拖网加工渔船等在远洋捕捞中使用较普遍。由于这3种渔具的捕捞特点,容易出现过度捕捞,破坏海洋生态,许多国家已在这类渔具的远洋渔船上安装了EM。

3.1 延绳钓

延绳钓渔具主要由干绳、支绳、浮球、浮绳、钓钩等组成,即在延伸的干绳上垂挂若干根带钩的支绳,使用钓钩捕鱼。其中金枪鱼延绳钓在延绳钓渔具中应用较成熟,分布面最广,数量和产量很高,本文以金枪鱼延绳钓为例介绍EM在延绳钓的应用。金枪鱼延绳钓捕捞属于一钩一鱼,EM可以清晰记录渔获物的数量和尺寸^[34]。该渔具因其捕捞方式独特且对海洋生态友好,EM应用到这种捕捞类型的项目试验效果较好。2015年,大西洋金枪鱼延绳钓高度洄游物种(HMS)渔业中,有112艘延绳钓渔船安装了EM,用于监测蓝鳍金枪鱼(*T. thynnus*)的捕捞^[1];2015

表 1 各种监测目标的电子监控项目试验^[1]及方法
Tab. 1 Experiments^[1] and methods of electronic monitoring items for various monitoring targets

监测目标 Monitoring target	方法 Method	项目/试验 Project/Experiment
螃蟹 Brachyura	摄像机 + 硬盘 + 视频审查员	不列颠哥伦比亚省“A 区”螃蟹渔业(1999 年)
大青鲨等生物 <i>Prionace glauca</i> , et al	EM observe 系统	瑞典对刺网副渔获物文件的审查(2008 年)
栉孔扇贝 <i>Chlamys farreri</i>	EM observe 系统(摄像机 + 硬盘 + USB 或 Wi-Fi 下载) + 视频审查员	苏格兰 CQM 试验(2008 年至今)。8 艘苏格兰扇贝挖泥船上安装电子眼系统
海豚科 Delphinidae	GPS、液压和旋转编码器、摄像机 + 硬盘 + 视频审查员	丹麦对刺网海豚副渔获物记录的试验(2010—2011 年)
金枪鱼、大青鲨、鲹形目、海龟 <i>Thunnus</i> , <i>Prionace glauca</i> , <i>Pleuronectiformes</i> , <i>Chelonia mydas</i>	CCTV、GPS 接收器、液压和旋转编码器、卫星调制解调器收发器 + 硬盘 + Archipelago EM Interpretat TM	热带金枪鱼围网渔场电子监控试验(2011—2012 年)
远东宽突鳕 <i>Eleginus gracilis</i>	EM observe 系统 + 视频审查员	荷兰北海鳕鱼 CQM(2011—2015 年)
金枪鱼 <i>Thunnus</i>	Satlink SeaTube 电子观测仪 + Satlink View Manager(SVM)分析软件	所罗门群岛水域金枪鱼延绳钓渔船视频电子监控项目(2014 年)
远东宽突鳕 <i>Eleginus gracilis</i>	GPS、液压和旋转编码器、摄像机 + 硬盘与 3G 或 4G 或卫星 + 网络覆盖系统,使用数据库识别	丹麦渔获量管理试验(CQM)(2014—2016 年)
蓝鳍金枪鱼 <i>Thunnus thynnus</i>	摄像机、传感器 + 硬盘 + 图像识别	大西洋金枪鱼延绳钓高度洄游物种(HMS)渔业(2015 年)
金枪鱼和鲹形目鱼类 <i>Thunnus</i> , <i>Pleuronectiformes</i>	摄像机、液压传感器 + 硬盘	澳大利亚在东部金枪鱼和比目鱼渔业(ETBF)(2015 年)
大青鲨和鳐目鱼类 <i>Prionace glauca</i> , <i>Rajiformes</i>	监控捕获摄像系统(Shellcatch 公司) + GoPro Studio + QuickTime Player	秘鲁小规模弹性刺网渔业试验(2015—2016 年)
蓝鳕、日本鲭、太平洋鲱 <i>Micromesistius poutassou</i> , <i>Scomber japonicus</i> , <i>Clupea pallasii</i>	深度视觉拖网相机系统 + 深度卷积神经网络	挪威(2017 年)
金枪鱼 <i>Thunnus</i>	Satlink 摄像系统 + 硬盘	热带太平洋西部中国远洋延绳钓船(2018 年)

表 2 各公司的电子监控系统具备的功能
Tab. 2 Functions of the electronic monitoring system of each company

公司 Company	无线传输数据 Wireless data transmission	集成电子日志 Integrated electronic log	数据加密 Data encryption	在线摄像头数量 Number of online cameras	审核员培训 Auditor training	数据分析 Data analysis	远程访问船只 Remote access to ships
Archipelago	能	能	能	8	能	能	能
Satlink	能	能	能	8	能	能	能
Digital Observer Services	不能	能	不能	4	能	能	能
Saltwater Inc	能	能	能	8	能	能	能
Anchor Labs	能	能	能	12	不能	能	不能
Integrated Monitoring	能	能	能	6	不能	能	能
SnapIT	能	能	不能	—	能	能	能
Flywire EMS	不能	能	—	—	—	—	—
Ecotrust	不能	能	不能	—	—	—	—

年,中国太平洋金枪鱼渔业安装 EM 的渔船有 33 艘^[1];截至 2018 年安装 EM 的斐济延绳钓渔船有 50 艘^[1]。

3.2 围网

围网是由网片、纲索、浮球等构成呈长带形或有网囊的网渔具。采用围捕或者结合围

张、围拖等方式,迫使鱼群集中在网囊,从而实现捕捞。2012 年,国际海鲜可持续发展基金会(ISSF)就开始对热带金枪鱼围网渔业公海 EM 系统进行了评估和测试。试验结果表明,EM 技术在金枪鱼围网渔业监测方面具有较大潜力^[35]。2017 年,印度洋金枪鱼委员会(IOTC)开始采用

围网最低 EM 标准,但由于围网渔获种类较多、捕捞强度大、捕捞量多,当时的 EM 系统难以实现有效监测,为解决该问题,各种针对不同渔获物的 EM 系统被提出,EM 技术得到快速发展^[36-37]。2018 年,印度洋、大西洋区域开展的 ANABAC OPAGAC 热带金枪鱼围网项目中有 49 艘围网渔船安装 EM,同年在西班牙 20 艘金枪鱼围网渔船和供应船上安装了电子眼(electronic eye,EE)系统^[1]。

3.3 拖网

拖网主要由拖曳缆绳、采样铁框架和网篮等组成,使用渔船拖曳囊袋形网具捕捞目标鱼群。拖网渔具的捕捞效率较高,捕捞强度大^[38-39],但其中底拖网捕捞会严重破坏海床,对海洋生态平衡造成破坏,所以对拖网的监控很有必要^[40-42]。早在 2006 年,不列颠哥伦比亚省鲑鱼渔业 35 艘拖网渔船就开展了 EM 试验^[1];从 2008 年到 2016 年,丹麦开展了 EM 试验,监控 36 艘拖网渔船的渔获物情况^[1];2018 年,美国西海岸底层鱼类拖网 EM 项目(包括针对鲑鱼的 EM 项目)有 36 艘拖网渔船安装 EM 用于监测目标渔获物^[1]。

4 EM 优缺点

EM 能在远洋渔船上试验并迅速投入使用,得益于它稳固的优势(表 3)。EM 在有温差、噪声、风雨等恶劣海洋环境下仍能正常工作,但是观察员则无法在这种环境下长时间工作。而且 EM 只需要远洋渔船提供很小的空间位置用于安装固定^[43],观察员则需要基本的生活空间,但在每艘远洋渔船上设置一间观察员专用房间是不

现实的。与观察员相比,EM 也有一些劣势(表 3):如检查误捕的哺乳动物死亡原因,观察员可以在船上解剖并记录,而 EM 无法实现这种功能;EM 无法收集一些特殊类型的数据,如:鱼类化石等^[2];另外,摄像头外部经常会沾上水滴,需要定期清理,否则会影响拍摄质量;硬盘容易出现折损,会导致数据丢失。

针对 EM 存在的这些问题,目前已经给出其中一部分解决办法(表 3)。EM 和观察员结合使用可准确获取特殊类型数据,但成本较高。可以将摄像头的清洁等基本维护技能加入到远洋渔船船员培训,则船员可在远洋渔船作业期间保证 EM 正常收集数据。采用高防护等级的硬盘,可提高硬盘防破损能力。

5 小结与展望

综上所述,EM 技术在远洋渔船的应用越来越广泛,应用标准逐渐规范。EM 不仅可以在恶劣环境下替代观察员的工作,解决了观察员在远洋渔船覆盖率低的问题,且在无形中对违法捕捞行为构成一种约束。此外,EM 记录的数据具有追溯性,可对历史数据反复审计核验。目前基于 EM 视频数据利用深度学习的方法可预先实现自动识别特定渔获物,从而获取远洋渔船捕捞数据记录。但是,目前对 EM 技术的研究还不够深入,仍然存在许多亟待解决的问题。首先,专业 EM 数据分析产品更多是针对目标渔获物,但其对渔获品种并不能达到自动识别,特别是相似渔获物识别难度较高;其次,在渔船靠港后第一时间使用无线将硬盘数据传输到有关部门,比起观察员

表 3 电子监控的优势与劣势以及解决劣势的方法

Tab.3 Advantages and disadvantages of electronic monitoring and methods to solve the disadvantages

优势 Advantage	劣势 Disadvantage	解决方法 Solution
违规行为减少	摄像头周围可能出现违规行为	定期给渔民开展素质教育及奖惩
数据较完整	无法收集特殊类型数据	目前依靠人类观察员
长期成本较低	长期维护成本高	选择防护等级高的摄像头
可部署性强	没有较好安置点时,需特别安装钢架	安装专用钢架
数据传输更及时	高质量视频数据无线传输费时	5G 普及到渔业
数据具有可查性	航海时间过长会导致数据丢失	安装网具拉力传感器触发拍摄
数据无私利	数据有可能被窃取	制定相关惩罚制度
数据分析较省时	程序有可能被篡改	增强反篡改程序
渔获量准确性高	不能识别相似鱼类	目前尚没有解决方法,未来机器视觉 ^[44] 可以实现

或硬盘传输数据更方便迅速,但远洋渔船航行时间长、数据传输不及时的问题仍未解决;最后,近几年,许多区域性最低 EM 标准被应用,但并没有一个包含不同地区、不同渔具的最低 EM 标准被所有国际渔业组织认可,许多草案和区域性 EM 标准仍需要更多试验数据作为支撑以不断验证和完善^[45-50]。因此,在 EM 技术未来的研究中,应该从以下几点出发:

1) 开发具有机器视觉的摄像头或分析软件,使其具备可自动识别渔获物并计数的能力,且遇到受保护渔获物上船时特别标记此段拍摄并及时发出警告;

2) 提升卫星传递信息的技术。目前中国北斗系统已具备传输短报文信息的能力,随着卫星传递信息技术的不断改进,未来可按照设定的时间间隔不断地将 EM 实时记录的捕捞数据通过卫星进行传输,进而实现实时监控。

3) 制定 EM 应用的国际标准。通过获取各地区、各类渔获物的 EM 试验数据,分析试验数据,共同研讨出一份适合不同吨位、不同渔具、不同渔获物的 EM 国际标准。

4) 制定相关法律以约束违法行为,防止偷捕者为了偷捕而故意影响 EM 获取数据。

虽然 EM 在远洋渔船中的研究和应用存在诸多困难,但其仍受到很多国家和国际渔业组织的认可。随着更多的国家、国际渔业组织和科研人员共同努力突破 EM 技术的瓶颈,EM 也必将得到更广泛的应用。

参考文献:

- [1] ALOYSIUS T H, LARS O M, KRISTIAN S P, *et al.* Electronic monitoring in fisheries: Lessons from global experiences and future opportunities[J]. *Fish and Fisheries*, 2020, 21(1): 162-189.
- [2] JAMES K M, CAMPBELL N, JONAS R V, *et al.* Tools and technologies for the monitoring, control and surveillance of unwanted catches [J]. *The European Landing Obligation*, 2019(1):363.
- [3] 中国常驻联合国粮农机构代表处. 全球渔业和水产养殖最新状况[J]. *世界农业*, 2020(7):110. Permanent Representative Office of China to the United Nations Food and Agriculture Organization. Global fisheries and aquaculture latest status [J]. *World Agriculture*, 2020(7):110.
- [4] 梁 铄, 王金枝. 我国远洋捕捞业发展研究综述

- [J]. *产业与科技论坛*, 2017, 16(6): 20-21.
- LIANG S, WANG J Z. A summary of the research on the development of my country's ocean fishing Industry [J]. *Industry and Technology Forum*, 2017, 16(6): 20-21.
- [5] 黄硕琳, 邵化斌. 全球海洋渔业治理的发展趋势与特点[J]. *太平洋学报*, 2018, 26(4): 65-78. HUANG S L, SHAO H B. Development trends and characteristics of global marine fisheries governance [J]. *Journal of Pacific*, 2018, 26(4): 65-78.
- [6] 陈慧青. 中国与《联合国海洋法公约》:经验教训与发展建议[J]. *唐山学院学报*, 2020(4). DOI: 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2020.04.007. CHEN H Q. China and the United Nations Convention on Law of the Sea: Experience, lessons and development suggestions [J]. *Journal of Tangshan College*, 2020(4). DOI: 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2020.04.007.
- [7] 中华人民共和国农业农村部. 中国远洋渔业履约白皮书(2020)[J]. 中华人民共和国农业农村部公报, 2020(12):86-91. The Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. White paper on the implementation of China's offshore Fisheries (2020) [J]. *Bulletin of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China*, 2020(12):86-91.
- [8] DARCY B, MATT M, KARLY M, *et al.* Opportunities to improve fisheries management through innovative technology and advanced data systems[J]. *Fish and Fisheries*, 2019, 20(3): 564-583.
- [9] GILMAN E, LEGORBURU G, FEDORUK A, *et al.* Increasing the functionalities and accuracy of fisheries electronic monitoring systems[J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2019, 29(6): 901-926.
- [10] EM E T, NORIEGA R, WILLIAMS A J, *et al.* Measuring congruence between electronic monitoring and logbook data in Australian Commonwealth longline and gillnet fisheries[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2019, 168:307-321.
- [11] KRISTIAN S, HEIDRIKUR B, CLARA U. *et al.* More data for the money: Improvements in design and cost efficiency of electronic monitoring in the Danish cod catch quota management trial [J]. *Fisheries Research*, 2019, 215:114-122.
- [12] ULRICH C, OLESEN H J, BERGSSON H, *et al.* Discarding of cod in the Danish fully documented

- fisheries trials[J]. ICES Journal of Marine Science, 2015, 72(6): 1848–1860.
- [13] CURTIS K A, CARRETTA J V. ObsCovgTools: Assessing observer coverage needed to document and estimate rare event bycatch[J]. Fisheries Research, 2020, 225: 105493.
- [14] 李明爽. 斐济电子系统有效监控金枪鱼延绳钓作业[J]. 中国水产, 2016(7): 71.
LI M S. Fiji electronic system to effectively monitor tuna longline fishing [J]. China Fisheries, 2016 (7): 71.
- [15] WHITLOCK M K, MCALLISTER B A. Corrigendum to “estimating fishing and natural mortality rates for Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) using electronic tagging data” [J]. Fisheries Research, 2016, 181: 248–253.
- [16] PETRE M, GEANA R, CIPPARRONE R, *et al.* Comparing electronic and manual tracking systems for monitoring resident duty hours[J]. The Ochsner Journal, 2016, 16(1): 16–21.
- [17] GILMAN E L, CASTEJÓN R, LOGANIMOCE E, *et al.* Capability of a pilot fisheries electronic monitoring system to meet scientific and compliance monitoring objectives [J]. Marine Policy, 2020 (113): 103792.
- [18] 罗茵, 方琼玖. 深圳联成: 打造全信息化远洋渔业3大系统监控捕捞全程, 自主研发金枪鱼溯源标签[J]. 海洋与渔业, 2017(12): 48–49.
LUO Y, FANG Q W. Shenzhen Liancheng: Create a fully-informed ocean fishery system to monitor the entire fishing process, and independently develop tuna traceability labels [J]. Marine and Fishery, 2017(12): 48–49.
- [19] 张胜茂, 樊伟, 张衡, 等. 远洋捕捞渔船电子监控视频文字信息提取[J]. 渔业信息与战略, 2020, 35(2): 141–146.
ZHANG S M, FAN W, ZHANG H, *et al.* Text extraction from electronic monitoring video of ocean fishing vessels[J]. Fishery Information and Strategy, 2020, 35(2): 141–146.
- [20] RUIZ J, KRUG I, JUSTEL-RUBIO A, *et al.* Minimum standard for the implementation of electronic monitoring systems for the tropical tuna purse seine fleet[J]. Collective Volume of Scientific Papers-ICCAT, 2017, 73(2): 818–828.
- [21] TU B, THEREAUX O, COOPER D, *et al.* Tamper-proofing video with hierarchical attention autoencoder hashing on blockchain[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2020, 22(11): 2858–2872.
- [22] MORTENSEN L O, ULRICH C, OLESEN H J, *et al.* Effectiveness of fully documented fisheries to estimate discards in a participatory research scheme [J]. Fisheries Research, 2017, 187: 150–157.
- [23] 孙芳. 渔业电子监测技术概述[J]. 世界环境, 2019(3): 35–37.
SUN F. Overview of fishery electronic monitoring technology [J]. World Environment, 2019(3): 35–37.
- [24] 王燕, 李长德, 徐梁, 等. 卫星通信与 Mesh 网络组网在海洋渔业中的融合应用[J]. 卫星应用, 2017(5): 54–57.
WANG Y, LI C D, XU L, *et al.* The application of satellite communication and mesh network in marine fishery[J]. Satellite Application, 2017(5): 54–57.
- [25] 程才乾. 渔船远程监控系统的设计与实现[D]. 大连: 大连海事大学, 2018.
CHENG C Q. Design and realization of the remote monitoring system for fishing vessels [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2018.
- [26] QIAO M, WANG D, TUCK G N, *et al.* Deep learning methods applied to electronic monitoring data: Automated catch event detection for longline fishing[J]. ICES Journal of Marine Science, 2021, 78(1): 25–35.
- [27] HTR A, MIUL A, SZ A, *et al.* Visual features based automated identification of fish species using deep convolutional neural networks[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2019, 167: 105075.
- [28] 王双琴. 基于深度学习的鱼类检测与识别技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2020.
WANG S Q. Research on fish detection and recognition technology based on deep learning [D]. Xi'an: Xi'an University of Electronic Science and Technology, 2020.
- [29] RUM S N M, NAWAWI F A Z. FishDeTec: A fish identification application using image recognition approach [J]. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2021, 12(3): 102–106.
- [30] JESSE E, DYLAN K, JANINE B, *et al.* Advancements towards selective barrier passage by automatic species identification: Applications of deep convolutional neural networks on images of dewatered fish[J]. ICES Journal of Marine Science, 2020(7–8): 7–8.

- [31] EMERY T J, NORIEGA R, WILLIAMS A J, *et al.* Changes in logbook reporting by commercial fishers following the implementation of electronic monitoring in Australian Commonwealth fisheries [J]. *Marine Policy*, 2019(104): 135 – 145.
- [32] SUURONEN P, GILMAN E. Monitoring and managing fisheries discards: New technologies and approaches [J]. *Marine Policy*, 2020(116): 103554.
- [33] KRITZER J P. Influences of at-sea fishery monitoring on science, management, and fleet dynamics [J]. *Aquaculture and Fisheries*, 2020, 5(3): 107 – 112.
- [34] 邢 侃,戴小杰,吴 峰. 热带大西洋金枪鱼延绳钓渔业中海龟的兼捕与保护[J]. *上海海洋大学学报*, 2021, 30(4): 726 – 734.
XING K, DAI X J, WU F. By-catch and conservation of sea turtles by pelagic tuna longline fishery in tropical atlantic ocean [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2021, 30(4): 726 – 734.
- [35] BÁEZ J C, ALONSO M, HERRERA M, *et al.* Monitoring of Spanish flagged purse seine fishery targeting tropical tuna in the Indian ocean: Timeline and history [J]. *Marine Policy*, 2020, 119 (104094): 1 – 14.
- [36] NATSIR M, WADA M. An attempt of digitalization Bali Strait purse seine capture fisheries data[C]// *International and National Symposium on Aquatic Environment and Fisheries (INSAEF)*. 2021.
- [37] MANNOCCI L, BAIDAI Y, FORGET F, *et al.* Machine learning to detect bycatch risk: Novel application to echosounder buoys data in tuna purse seine fisheries[J]. *Biological Conservation*, 2021, 255: 1 – 6. DOI:10.1016/j.biocon.2021.109004.
- [38] REED J, KERWATH S, ATTWOOD C. Analysis of bycatch in the South African midwater trawl fishery for horse mackerel *Trachurus capensis* based on observer data [J]. *African Journal of Marine Science*, 2017, 39(3): 279 – 291.
- [39] 汤先峰,张胜茂,樊 伟,等. 基于深度学习的刺网与拖网作业类型识别研究[J]. *海洋渔业*, 2020, 42(2): 233 – 244.
TANG X F, ZHANG S M, FAN W, *et al.* Fishing type identification of gill net and trawl net based on deep learning[J]. *Marine Fisheries*, 2020, 42(2): 233 – 244.
- [40] JANNOT J E, BJORKLAND R, SOMERS K A, *et al.* Elasmobranch bycatch in US West Coast groundfish fisheries [J]. *Endangered Species Research*, 2021(45): 109 – 126.
- [41] SILBURN J, JOHNSON D D, BOOTH D J, *et al.* The effect of subsampling when monitoring bycatch in a penaeid trawl fishery [J]. *Fisheries Research*, 2020, 224: 105459.
- [42] THOYA P, KAUNDA-ARARA B, OMUKOTO J, *et al.* Trawling effort distribution and influence of vessel monitoring system (VMS) in Malindi-Ungwana Bay: Implications for resource management and marine spatial planning in Kenya [J]. *Marine Policy*, 2019(109): 103677.
- [43] BARTHOLOMEW D C, MANGEL J C, ALFARO-SHIGUETO J, *et al.* Remote electronic monitoring as a potential alternative to on-board observers in small-scale sheries [J]. *Biological Conservation*, 2018(219): 35 – 45.
- [44] SHI C, QIAN J, HAN S, *et al.* Developing a machine vision system for simultaneous prediction of freshness indicators based on tilapia (*Oreochromis niloticus*) pupil and gill color during storage at 4°C [J]. *Food Chemistry*, 2018(243): 134 – 140.
- [45] RUIZ J, BATTY A, CHAVANCE P, *et al.* Electronic monitoring trials on in the tropical tuna purse-seine fishery [J]. *Ices Journal of Marine Science*, 2015 (4): 1201 – 1213.
- [46] TODOROVIC S, JUAN-JORDÁM J, ARRIZABALAGA H, *et al.* Pelagic ecoregions: Operationalizing an ecosystem approach to fisheries management in the Atlantic Ocean [J]. *Marine Policy*, 2019, 109: 103700.
- [47] MURUA H, FIORELLATO F, RUIZ J, *et al.* Minimum standards for designing and implementing Electronic Monitoring systems in Indian Ocean tuna fisheries [J]. URL: [https://www.iotc.org/documents/SC/23 E](https://www.iotc.org/documents/SC/23%20E), 2020, 12.
- [48] MAUFROY A A, BONNIEUX A, DENOIZE A, *et al.* Developing electronic monitoring system (EMS) standards to collect scientific data: Learning from experience with French and associated fleets of the Indian Ocean [C]// *WGEMS 2021-Working party on data collection and statistics*, 15 – 17/11/2021, online/virtual. 2020.
- [49] GRANDE M, RUIZ J, MURUA H, *et al.* Progress on the code of good practices on the tropical tuna purse seine fishery in the atlantic ocean [J]. *Collective Volume of Scientific Papers*, 2020, 76 (9): 193 – 234.

- [50] STOBBERUP K, ANGANUZZI A, ARTHUR-DADZIE M, *et al.* Electronic monitoring in tuna fisheries: Strengthening monitoring and compliance in the context of two developing states [M]. Food and Agriculture Organization, 2021.

Research progress of application status of electronic monitoring technology in ocean fishing vessels and prospects

SUN Yongwen^{1,2}, ZHANG Shengmao², JIANG Keji², FAN wei², SUI Jianghua¹, ZHU Wenbing³

(1. *School of Navigation and Naval Architecture, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;*
2. *Key Laboratory of East China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;* 3. *Key Laboratory of Sustainable Utilization of Technology Research for Fishery Resource of Zhejiang Province, Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang, Zhoushan 316021, China*)

Abstract: In order to alleviate the problem of low observer coverage in the management of ocean fisheries, and to accelerate the application of electronic monitoring technology in the supervision of fishing vessels, this article summarized the application of electronic monitoring technology in ocean fishing vessels at home and abroad, and analyzed its advantages and disadvantages. The electronic monitoring has become an effective alternative and auxiliary means. Through a specific analysis of the development status of electronic monitoring technology for ocean-going fishing vessels at home and abroad, it explained the necessity of the use of electronic surveillance for ocean-going fishing vessels. The article introduced the composition of electronic monitoring (EM), the specific methods of the electronic monitoring system, the target types of monitoring, and the application of three types of fishing gears commonly used by the electronic monitoring system in ocean fishing vessels. The successfully developed products were aimed at the applicability and functions of different ocean-going fishing vessels. It is understood that China is currently strengthening the supervision and standard management of offshore fisheries, and has applied electronic monitoring technology to ocean fishing vessels, but lacks high-quality application demonstrations for various ocean fishing vessels and target fish species, and relevant processing of fishery data. The research precision and depth of technology is not enough currently. At the end of this article, we summarized the advantages and disadvantages of electronic monitoring of ocean-going fishing vessels and put forward suggestions, which could provide references for the application of electronic monitoring systems for ocean-going fishing vessels. The following items should be taken into consideration in future research of EM technology: 1) To develop cameras with machine vision or analysis software so that it can automatically identify and count the catch, mark the video specifically if there are protected catches and give warning; 2) To improve the information transmission ability of satellite. The continuous development of the transmission technology of satellite makes it possible to realize real-time monitoring of fishing data; 3) To establish the international standard for the application of EM. Based on analysis of EM experimental data of various catches from different regions, an international EM standard for vessels of different tonnages, different fishing gears and different catches can be set up jointly. 4) To enact relevant laws and regulations to restrain illegal activities, and to protect the accuracy of EM data from the abuse of illegal fishers.

Keywords: ocean fishing vessel; electronic monitoring method; target fish species; electronic monitoring application