

周应祺 编著

应用鱼类行为学

YINGYONGYULEIXINGWEIXUE



科学出版社

应用鱼类行为学

周应祺 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

应用鱼类行为学是捕捞学的专业基础学科,介绍捕捞对象对渔具渔法的行为反应是进行渔具选择性捕捞和实现生态友好的捕捞技术的基础。该书同时是行为学和动物行为学的重要分支。

本书共九章,前六章介绍了鱼类感觉能力和相关行为能力的研究成果;第七章讲述了鱼类行为学研究成果应用到渔具设计和捕捞作业方面成功的案例;第八章和第九章介绍鱼群行为和空间分布,除了传统的生物学观察研究成果外,还重点介绍了以计算机技术为基础的数学建模。

本书可作为海洋生物、水产和渔业研究等专业的教材,并可供生态工程学、仿真技术、人工智能、计算机信息、技术等方面的科研人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

应用鱼类行为学 / 周应祺编著 — 北京: 科学出版社,
2011.11

ISBN 978-7-03-032525-9

I. ①应… II. ①周… III. ①鱼类-动物行为-行为
科学 IV. ①Q959.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 206006 号

责任编辑: 韩卫军 唐静仪 / 封面设计: 四川胜翔

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2011年11月第一次印刷 印张: 17.25

印数: 1—800 字数: 400 000

定价: 49.00 元

前言

鱼类行为研究涉及许多学科，如生物学、物理学、水产学等。从现有的文献资料看，对鱼类行为和鱼类行动的研究可以从生理学、物理学、流体力学、数学、海洋学、渔具渔法学等角度切入。这表明研究人员需要具有广博的知识和综合的研究能力，才能比较科学地认识鱼类行为的内在规律。

研究鱼类行为学的基础工作是观察，通过大量实地现场的水下观察、实验室控制条件下的观察测量，获得具有统计意义的数据资料或现象记录，由此总结出鱼类行为反应的规律。这是一种“唯像学”的认识世界的方法，即从现象到现象，通过大量的观察和经验积累，发现各种现象的联系。尽管对现象的内在联系并不十分清楚，就像“黑匣子”一样，只有输入和输出，但这种对观察的现象的归纳总结、千变万化的现象的关联和分析、鱼类行为的认识以及自然现象的认识都是非常有价值的。

当然，对“黑匣子”里面的机理的研究、多因素的复杂因果关系，属于“唯证学”的研究方法，也就是我们常说的科学研究。从鱼类行为学的研究看，许多生理学的研究、电生理的实验都是为了了解因果关系和量化的关系。常用的科学研究方法是先提出假设，而后通过实验或观察进行证明，如果相吻合，该假设成立。如果不吻合，则修改假设，再次通过实验来证明，这是科学研究的核心方法。

在现代计算机科学发展的支持下，许多科学研究都进入数字化，通过数学模型来表达、探索和认识自然现象的规律。如果模型的输出与观察的现象相符合，则表明模型的假设基本正确，模型中的各种因素的相互关系反映了客观的内在规律。在鱼类行为的研究上，也采取了数学建模的方法，例如鱼群对拖网的反应、鱼类群体行为、自组织群体的结构，都是在现有的知识基础上，建立“简化”的数学模型，推测各因素的权重。鱼群的自组织现象通过计算机模型，非常成功地揭示了群体空间分布结构的内在规律和趋势。然而，这种研究方法采用了“唯像学”的方法，从模拟的结果与现象的吻合程度来判断模型的质量，借以把握现象的主要因素和参数。

在本书中，将重点介绍实验设计和科学家对实验不断改进的过程。因为一个好的实验设计和适当的数据处理方法，才能正确地揭示客观的规律。本书中实验设计的介绍有助于提高我们的实验设计能力。同时，收集和整理归纳了鱼类行为学研究中的数学表达，目的是为采用计算机建模的研究手段提供基础。同时，建模时会涉及许多参数和系数，要了解它们之间的关系，由此对观察的重点和研究的方向给以启示。

本书分两篇，共九章，第一篇是鱼类个体行为学，其中前六章以鱼类的感觉器官和感觉能力——视觉、听觉、嗅觉以及相关的行为能力等为主线进行叙述，重点介绍如何通过实验和实地观察来了解鱼类的感觉能力和行为能力。同时，按照影响鱼类行为和生存需要的重要性，以及对捕捞学的实用性，将鱼类视觉和游泳能力放在最前面进行介绍。第七章介绍了鱼类行为学研究的成果在渔具渔法方面的应用，作为对应用鱼类行为

学的小结。第二篇共两章，介绍了鱼群群体行为。如果说前面六章的重点是鱼类个体行为能力，则第八章和第九章是研究个体组成的群体的行为，且这种群体行为能力具有个体所没有的功能。在研究方法上重点介绍了以计算机信息技术为基础的数学建模。这一章的内容已超出生物学、动物学、水产学研究的范畴，在生态工程学、计算机人工智能等学科中都有许多与“鱼群”有关的研究论文。该章也顺应现代学科的相互交融，传统学科与现代计算机技术的结合，展现了鱼类行为学研究的拓展和广阔前途。

本书是按教材的风格编写的，提供了丰富的文献资料，可作为大学教材及科学研究的参考书。由于作者的原因，难免挂一漏万，望读者提出批评和指证。

周应祺

2011年7月11日

目 录

第一篇 鱼类个体行为学

第一章 绪论	(3)
第一节 研究的目的和意义	(4)
第二节 动物行为学的发展概况	(6)
第三节 应用鱼类行为学研究沿革	(7)
第四节 鱼的感觉系统与行为能力	(10)
第五节 鱼类行为特性和分类	(11)
第六节 实验研究方法、设备和基本原则	(17)
第二章 鱼类视觉与渔具渔法	(23)
第一节 研究鱼类视觉的意义	(23)
第二节 鱼的视觉器官的构造和特点	(24)
第三节 视觉能力和反应实验	(26)
第四节 鱼对光的行为反应	(39)
第五节 趋光性假说	(42)
第六节 视觉与环境、鱼类对渔具的行为反应	(43)
第七节 光诱助渔法	(53)
第三章 声音与声响助渔	(56)
第一节 声波在水中的物理性质	(56)
第二节 鱼类发声	(57)
第三节 鱼类的感声器官	(59)
第四节 鱼类感声特点和听觉阈值	(61)
第五节 鱼类对声响的行为反应实验	(64)
第六节 声在渔业上的应用	(73)
第四章 鱼的游泳行为和能力	(83)
第一节 鱼体体形与游泳能力	(83)
第二节 鱼鳍与鱼类的游泳能力	(86)
第三节 游泳方式	(87)
第四节 游泳速度	(90)
第五节 耐久力	(100)
第六节 鱼的加速—滑翔游泳方式与节能	(104)
第七节 鱼类游泳速度的测量	(115)
第八节 鱼类游泳行为能力与捕捞技术	(116)

第九节	鱼体的浮沉力与垂直升降运动	(121)
第五章	鱼对电的反应及应用	(125)
第一节	鱼类与电、辅助渔法的研究	(125)
第二节	鱼在电场中的行为反应	(126)
第三节	关于电流作用下鱼的行为反应假说	(127)
第四节	对鱼类电刺激程度的度量	(128)
第五节	水中电场	(133)
第六节	电场的计算	(136)
第七节	鱼类与脉冲电	(139)
第八节	电拖网作业	(145)
第九节	电辅助渔法的管理	(149)
第十节	电觉与生物电	(149)
第六章	鱼类摄食行为与感觉能力	(152)
第一节	光照度与摄食行为	(152)
第二节	嗅觉、化学刺激与摄食行为	(152)
第三节	嗅觉敏感性	(154)
第四节	鱼类的回归行为与嗅觉	(155)
第五节	寻食	(157)
第六节	辨别同类	(158)
第七节	嗅觉与钓渔具渔法	(159)
第七章	渔具渔法与鱼类行为反应	(161)
第一节	拖网渔具作业系统的驱集效应与捕捞效率	(161)
第二节	围网渔具渔法与鱼类行为	(173)
第三节	FAD金枪鱼诱集装置	(174)
第四节	定置渔具与鱼类行为	(175)
第五节	刺网渔具与鱼类行为	(176)
第六节	钓渔具与鱼类行为	(176)

第二篇 鱼类群体行为学

第八章	鱼类群体行为	(179)
第一节	鱼群的定义和形态	(180)
第二节	鱼群的空间分布形态的观察方法	(182)
第三节	鱼群群体空间分布的特征参数	(192)
第四节	鱼类集群的机理	(213)
第五节	信息传递与记忆	(217)
第六节	群体的功能	(218)
第七节	鱼类的感觉器官对集群的作用	(221)
第九章	鱼类群体行为数学模型	(226)
第一节	鱼群群体结构研究方法的回顾	(226)

第二节	自组织群体	(227)
第三节	自组织模型的行为规则假设	(228)
第四节	对独立个体的行为反应——简单条件模型的假设	(229)
第五节	对多条邻居鱼的行为反应——群体基本模型	(230)
第六节	鱼类行为规则的数字模型	(231)
第七节	有敌害掠食者时鱼群的行为模型	(237)
第八节	掠食者攻击时鱼群模拟仿真与实际观察资料的比较	(242)
第九节	鱼群会聚成环状的模拟	(244)
第十节	对后面慢速逼近物体或大型捕食者的反应	(246)
第十一节	挪威鲱鱼产卵群体结构及群体动力学仿真研究	(248)
第十二节	人工智能鱼——涂晓媛鱼	(255)
参考文献		(258)
后记		(267)

第一篇

鱼类个体行为学

第一章 绪 论

捕捞生产提供了大量水产品,在过去很长的时间里,占全球水产品总量的 80%以上,在食品供应和满足民众对动物蛋白质的需求方面占有重要地位。为了有效地捕获目标对象,提高捕捞效率和准确率,在设计渔具和进行捕捞作业时,必须了解捕捞对象的行为反应和行为能力,例如鱼、虾、蟹等对渔具的逃避方式和游泳能力;必须了解在渔具和环境的物理或化学等因素的刺激作用下,鱼类及群体的行为能力,例如游泳速度、耐久力、下沉或上浮速度等;需要了解在不同透明度、光照度的水环境中,鱼类的视觉范围和能力、以及渔具构件的形状和颜色对鱼类行为以及渔获率的影响;了解鱼类在声场、电场、温度场以及磁场中的行为,对相关刺激的反应等。在了解这些知识的基础上,才可能设计高效的、具有良好选择性的、与环境和生态系统相协调的渔具和渔法。由于捕捞生产的对象主要是自然界的野生渔业资源,在没有征收或仅收取低额资源保护费或资源租金的情况下,生产的机会成本相对较低,所以经济效益吸引了过多的渔船和捕捞能力投入到捕捞业中,从而给渔业资源带来了沉重的压力。渔业管理部门采取许多措施来规范和限制捕捞作业,以达到在保护渔业资源的条件下合理开发持续利用。为了解决捕捞生产和资源养护的矛盾,需要进行选择性捕捞,仅捕获预定的目标对象,减少混捕和误捕的鱼类,达到保护渔业资源和保持生态系统稳定的目的。自 20 世纪 70 年代以来,鱼类行为研究开始受到重视,广泛地观察研究鱼类对渔具的行为反应,其成果为渔具设计、选择性渔法和渔业管理提供了依据,为实现渔业资源可持续利用做出贡献,同时还推动了动物行为学和仿真模拟等学科的发展。

行为 (behaviour) 是指动物的动作或动作的变化,是动物个体在生活中对一定刺激表现出的反应,对内在和外界条件间的关系予以调整,以对周围的生物或非生物环境做出动态适应。

鱼类行为 (fish behaviour) 是指鱼类等水生动物受外界或内在环境变化或刺激下的行为反应,它包括鱼类的运动、洄游、觅食、求偶、逃避和进攻以及改变体色等。

鱼类行为学 (fish behaviour science) 是研究鱼类行为规律和行为能力的学科,属于动物行为学的范围,与鱼类生理学、鱼类生态学和渔具渔法学关系密切。研究的分支主要有:①研究鱼类行为的模式,即执行某种功能时的特定方式,主要通过大量的观察、记录、分析和归纳获得该种鱼类的行为模式;②研究鱼类行为的进化史及生物学意义,对自然界的适应和自然界的选择;③从分子生物学和遗传学角度研究鱼类行为的由来,遗传和变异的规律;④行为发生学,研究个体成长过程中,行为的发展以及影响行为的条件;⑤行为的生理机制,研究鱼类行为的生理基础,包括神经系统、化学物质、兴奋点、信号传递、能量转换等;⑥行为模拟仿真,采用建立模型对鱼类行为进行数字模拟和预测,探索影响行为能力的主要因素。

从应用角度看,鱼类行为学的研究内容大致可分为四类:①与生理学和生态学相关

的,研究各种水生生物的相互关系,包括鱼类的生殖行为、摄食行为、躲避敌害等行为能力;②与鱼类资源学相关的,研究鱼类垂直洄游聚散、季节性洄游、时空分布,以及群体的结构和动态分布等;③与捕捞学相关的,重点研究鱼类或鱼群对渔具渔法的行为反应和行为能力,以及改进捕捞技术的途径;④与信息技术相关,重点研究群体行为、自组织结构与空间分布的社会意义等。

本书将以与捕捞过程相关的鱼类行为反应为主要研究内容,同时介绍鱼类对各种物理、化学刺激的反应、实验研究和观察方法,并通过对国内外鱼类行为研究的典型实验进行评注讨论,了解该学科发展的现状和趋势,以利于提高开展鱼类行为实验研究的能力,本书还介绍了与捕捞作业相关的鱼类行为研究的成果以及在生产实践中的应用。

第一节 研究的目的和意义

为了方便起见,本书中所指的“鱼类行为”泛指鱼、虾、蟹以及海洋动物等在水中生活的动物的行为。具体讨论某种动物的行为时,将专门说明。

研究应用鱼类行为学的意义有:①使生产中采用的渔具渔法更适应鱼类的行为反应,从而提高生产效率,降低消耗,有效地利用渔业资源;②为设计与生态友好的、具有选择性高的渔具渔法提供基础数据,为科学合理地开发渔业资源和渔业可持续发展提供技术支持;③是仿生学研究的重要部分;④为渔业工程,如人工鱼礁和网箱设计制造提供基础数据;⑤提供物种的生态关系的信息等;⑥为仿真学提供基础知识,探索发展新科技的途径。

结合鱼类行为学的研究成果,可以科学地、主动地改进渔具结构和作业方法,达到提高效率和减少对生态环境的负面影响的作用。对鱼类行为能力的了解是渔具设计和渔法操作的科学依据。对鱼类和各种水生动物的行为习性、相互关系等方面的了解,有助于认识局部范围里的生态系统,并可以据此建立各种模型,例如人工智能鱼模型、反映食物网上多个物种相互关系的生态模型、多物种的群体运动模型、渔具对鱼类的选择性和捕捞效率模型等。对鱼类游泳能力的研究,为改进船舶设计、机器鱼的制造以及动漫制作提供重要参考。对数量庞大、高度密集的鱼群运动模式和机理的研究,在生物学、管理学、运筹学,以及军事上都有重要参考价值。

在捕捞生产实践中,船长和渔捞人员经常会提出许多涉及鱼类行为能力的问题,而回答这些问题,都涉及对鱼类行为的机理和机能的研究。

鱼能看见什么?能看多远?即鱼类的视觉范围与视角如何,辨别颜色的能力。在不同的亮度或对比度下,鱼虾等的视觉能力和分辨能力如何?对运动物体的视觉残留和分辨能力如何?鱼对可见光或紫外线等有没有反应,是喜光、厌光,还是惧光?

鱼能听到什么?听觉的频率范围与强度范围如何?鱼类对各种声音的反应如何?会产生什么行为?鱼对振动、水流的感受方式及反应。

鱼对化学物质的辨别能力,如何确定和测量鱼类嗅觉的敏感程度?溯河性鱼类回归出生河流的行为机制是什么?

有关鱼类游泳的力学问题,如鱼是如何运动的?鱼能游多快?多久?潜多深?鱼的

体形与行为的关系,在对环境的适应和进化过程中,鱼体形状和结构的变化和适应性等。

鱼为什么要集群?集群的密度如何?鱼类群体中,各个体的动态空间分布、群体结构和特点、群体运动的规律和同步性以及群体中信息是如何传递的?

鱼类之间如何传递信息?鱼类的记忆力如何?学习能力怎样?

鱼对电刺激的反应如何,鱼虾等在电场中的行为。

鱼类对网具的行为反应是否具有规律性或统计性特点,是否可以预测等。

当然,还可以提出更多的问题。这些问题涉及鱼类的视觉、听觉、嗅觉、运动能力等,涉及复杂的行为反应、行动方式以及群体行为等,还涉及自然界和环境的选择,鱼类的适应和进化等。不同的鱼类,在不同的环境条件和不同季节时间下,其行为反应也会发生变化。因此,对于上述这些问题的答案,关键是如何进行观察分析,了解其原因和获得基本规律。本研究将重点放在实验设计和对实验观察结果的分析方面。

对鱼类行为能力、反应模式和产生的机理的认识和了解可以为渔具设计和生产作业提供参考和指导。下面是鱼类行为研究成果在捕捞作业方面的应用举例。

根据鱼类的游泳能力、速度和耐久力,可以确定拖网作业的最低拖曳速度,达到既提高生产效率,又节约能量的目的。

根据鱼类的视觉能力和逃逸行为,选取和设计拖网的网口尺度。与鱼类视觉能力密切相关的还有在选择刺网或钓鱼的钓线时,采用不易被发现的材料,以提高捕捞效率。

根据鱼类的视觉能力、游泳能力和下潜速度,可确定围网放网时,网圈的大小和围网的最低沉降速率,作为设计时确定网长、网高的依据。保证在作业时,围网网门及时封闭,防止鱼群逃逸。

为了保护幼鱼或减少混捕,根据鱼类对渔具的行为反应,设计安装了特殊装置,在捕捞作业过程中,可将鱼虾分离,把比虾大的幼鱼放回大海,释放进入拖网渔具的海龟;在捕捞金枪鱼时,避免捕获海豚;在拖网作业时,通过特殊安置的网衣或分离器,将不同鱼种分别导入不同的网囊等,达到保护资源和降低劳动强度的目的。这些特殊装置与鱼类的游泳能力和视觉、遇障碍物时的行为反应有关,还涉及鱼类逃逸行为、网内外流速差异和流态等。

根据鱼类对声音的反应或在电场中的行动,采用声音或电来诱集、驱赶、杀伤鱼类,提高捕捞效率或适应特殊场合的需要,例如水力发电站为减少对鱼类的伤害而设立的电拦网,用气泡幕引导、阻拦或驱赶鱼群等。

观察鱼类的嗅觉和喜好,设计制造了诱鱼物质和拟饵。

网目的形状和规格、网材料的性质都会影响对鱼、虾的选择性,这是渔具设计的重要依据。网目尺寸和受力状况与幼鱼释放率和存活率的关系又是渔具选择性成功的关键。

在鱼类对目标的跟随习性和保标性的研究成果上,成功地设计了大网目网衣及绳索网,大大降低了网具阻力,扩大了扫海面积和驱赶效果。

针对虾的伏底特性,采用电刺激、赶虾链等措施,迫使虾离开栖息场所而提高捕虾的效率。

观察鱼类对笼壶、建网等入口的形状和空间位置的行为反应,为提高捕捞效率和选

择性提供了依据。

此外,还有仿生学的研究、有限水域中多物种的空间模型、鱼类洄游与海洋环境综合模型研究等。

第二节 动物行为学的发展概况

生物科学主要由遗传学和生态学两部分组成,前者研究生物内在因素的相互关系和影响,后者研究生物与环境的关系。而动物的行为是个体与周围环境维持动态平衡的手段,所以动物行为学有时被称为个体生态学,归到生态学的范畴。

在自然界,任何生物必须适应环境的变化,适应能力是该生物得以生存、繁衍的关键。动物适应环境主要有三条途径:遗传变异、生理变化和行为反应。其中,行为反应是个体在日常生活中经常采用的、最迅速的应变办法。一个成年动物的行为是由先天遗传和后天获得两部分构成的,先天部分包括各种简单反应、复杂反应以及系列行为,后天获得的成分包括条件反射、通过学习而获得的反应和习惯,它们的组合可以构成复杂多样的行为现象。

人类对动物行为的关心由来已久。原始人通过对动物行为的观察和了解,以利于捕获猎物,避免自身受到野兽的伤害,并进一步将野生动物驯养成家畜或宠物,开创了动物生产。在我国流传下来的谚语中,有很多是总结动物行为规律的,例如“泥鳅跳,雨来到,泥鳅静,天气晴”,“燕子低飞要落雨”,“鱼儿出水跳,风雨就来到”等,生动地说明了我国的劳动人民早在几百年前就把有关动物行为的知识应用到生活和生产实践之中。但是,用科学的方法对动物的行为加以观察和研究,使之成为一门独立的学科是 20 世纪后半期的事。突出的标志是 1973 年度的诺贝尔生理学医学奖授予三位研究动物行为的学者,该事件标志着现代动物行为学的确立。这三位学者分别是奥地利的 Konrad Lorenz 和 Karl von Frisch,以及荷兰出生的英国牛津大学教授 Niko Tinbergen。

早在 17 世纪,欧洲曾将模拟动物叫声、从事口技的人称为动物行为学者(Ethologist),他们主要是对动物的行为进行了观察和模仿。18 世纪法国的 O. G. Leroy (1723~1789) 在其《从哲学观点看动物的能力与感情》(1870) 一书中阐述了动物行为的比较研究,触及现代行为学的课题。19 世纪, Saint-Hilaire 在其《普通博物学》(1864) 中,定义动物行为学(Ethology)为研究动物的本能、习性、以及行为与外界环境关系的科学,该定义包含了属于生态学部分的内容。

早期的行为学研究中,将动物的行为与心理活动混为一谈,以致后来在欧洲和北美分别形成了两个研究中心。前者主要以野外的鸟类和昆虫为对象,进行有关本能及行为进化问题的研究,又称为行为生物学派;后者主要在实验室以哺乳动物为研究对象,围绕动物的学习能力开展研究,被称为实验心理学派。两派的争论在 20 世纪 40 年代至 50 年代达到高潮,后来随着行为学的研究中心向生理方向转移,行为学与心理学才分化为两个学科。为此,学术界公认 Lorenz 和 Tinbergen 是现代动物行为学的创始人。

K. Lorenz 长期以来从事本能问题的研究,他在 1931~1941 年间发表过 8 篇重要论文,奠定了行为生物学的基础,其中最主要的 5 篇是:关于社会性鸡的行为学(1931)、

鸟类环境世界中的伙伴 (1935)、关于本能的概念 (1937)、比较行为学 (1939)、对雁鸭类行为的比较研究 (1941)。

N. Tinbergen 在自然状态下观察研究鸟、鱼、昆虫的行为, 并进行与行为有关的引发机制的实验, 在行为分析和行为生态方面做出了很大的贡献。

动物行为学在发展过程中, 与生物学的其他学科交叉延伸, 构成了许多分支。例如, 生态行为学 (Ecoethology) 是研究一个物种的行为与其他生物或非生物环境构成的关系; 行为生理学 (Ethophysiology) 是研究行为的生理基础, 又派生出神经行为学 (Neuroethology) 与行为内分泌学 (Ethoendocrinology); 行为遗传学 (Ethogenetics) 是采用遗传学方法研究遗传因素对行为的影响和作用方式。此外, 还有研究行为进化、个体发展以及胚胎行为的行为发生学 (Phylogeny or Ontogeny of Behaviour)。人类行为学 (Human Ethology) 是最年轻的领域之一, 目的是用行为学方法研究人类行为的恒常性和可变性的进化及遗传影响。因此, 行为学处于联结生物科学和社会科学的特殊地位。此外, 生物节律和生物声学也与行为学密切相关。

结合具体的产业和动物, 又发展出一些应用行为学, 如应用家畜行为学、鱼类行为学。为此, 我们将本书命名为“应用鱼类行为学”。

第三节 应用鱼类行为学研究沿革

在人类的历史上, 渔猎是最早出现的生产方式。在很长时间里, 人们认为采用滤水性的网具、竹篓等可以将水中的鱼虾捕获。滤过的水体越大, 渔获量就越高。在 20 世纪 50 年代, 自带呼吸装置的轻潜器 (SCUBA) 出现, 人们观察到鱼类对渔具的行为反应, 发现鱼群在网具前徘徊, 穿越网目或缺口而逃逸, 很大程度地改变和打破了将鱼虾看成是“无生命颗粒”被过滤捕获的观念, 对渔具的捕捞机理和渔业资源调查的误差提出重新认识。因此, 在重大的国际渔具渔法学术会议上, 都将鱼类对渔具渔法的行为反应列为议题。联合国粮农组织 (FAO) 等于 1957 年在德国汉堡、1963 年在英国伦敦、1970 年在冰岛雷克亚未克、1988 年在加拿大圣约翰召开的 4 次世界性渔具渔法渔船装备会议中, 都组织了鱼类行为与捕捞技术的专题讨论。每次会议都有将近 400 名代表出席, 此外, FAO 等还于 1967 年在挪威卑尔根召开了鱼类行为专题讨论会 (Fish Behaviour in Relation to Fishing Techniques and Tactics), 有 35 个国家的 128 名代表出席。会议强调鱼类行为学的知识将有助于研制更有效的鱼群侦察设备, 设计新的捕捞工具, 提高捕捞效率, 该会议的参与者来自多个学科, 有生物学家、渔具专家、理论和实践工作者等。

在鱼类行为学科学研究工作的组织协调方面, 国际海洋开发理事会 ICES 发挥了重要作用, 该组织于 1967 年正式组建了渔具和鱼类行为委员会, 协调大西洋沿海各国的科学研究。1973 年该委员会建立了鱼类对渔具作业的行为反应的专门研究工作组。1983 年, 该研究工作组与捕捞技术专业组合并组成捕捞技术与鱼类行为研究组 (WGFTFB), 活动至今, 在每年的工作组年会上, 都对鱼类行为与渔具渔法进行专题讨论, 协调研究的重点和分工, ICES 成为国际鱼类行为研究的重要核心组织。此外, ICES 于 1976 年

10月在丹麦哥本哈根召开“渔具与捕捞对象的行为”专题讨论会,会议论文共42篇,其中讨论综合性的问题10篇,渔具设计8篇,捕捞对象行为的观察技术4篇,捕捞效果的估计方法8篇,鱼类在电场中、钓具作业区、拖网四周的行为反应等4篇。于1977年4月在德国汉堡召开国际海洋开发理事会 ICES 的年会上,专题讨论了鱼类在渔具作用区内的行为方面研究的进展。1981年5月,在法国楞次举办的 ICES 工作年会,主题为“省能源捕捞方法”,讨论和交流了鱼类行为研究成果。1991年,在英国阿伯丁举办了“鱼类行动研讨会”。

于1992年在挪威卑尔根举办“鱼类对渔具捕捞作业的行为反应 (Fish Behaviour in Relation to Fishing Operations)”为主题的第一届鱼类行为学术讨论会,参加会议人数达150人,发表论文58篇,分别从水槽实验和数理模型角度分析了拖网、围网、定置网、延绳钓等渔具渔获过程中的鱼群行为,介绍了各国水下观察技术的研究现状和趋势,强调了在选择性捕捞、资源量评估和渔业管理方面应用鱼类行为知识的必要性。自该会议后,鱼类行为成为捕捞技术、水声技术等多个专题组的共同议题。水声技术组认识到若缺乏对鱼类行为的了解,将造成渔业资源的水声探测误差。捕捞技术组认识到对鱼类行为的了解,有助于渔具渔法的选择、降低兼捕混捕、有利于非目标物种的资源调查和生态系统中生物多样性保护,鱼类行为学与渔业管理和养护密切相关。

自1992年会议后,鱼类行为学研究活动开始蓬勃发展,而且得到许多新技术和装备的支持,包括水下电视摄像机、遥控装置、水声标志、水听器阵、遥控水下观察运载工具以及激光扫描系统等,还得到计算机图像处理技术、储存能力的扩大等支持,促使鱼类行为学加速发展。该会议针对1967年的会议,再次提出鱼类的学习能力问题,会不会学会逃避渔具?是否可以用数学模型来预测鱼类行为,调查船的噪声是否会影响鱼类逃避和捕获率,由此对中层拖网的资源调查在准确性上提出疑问。水下观察显示了鱼类穿越网目逃逸,启示了通过提高逃逸的机会意味着研究选择性渔具的可能性。随即又提出穿越网目逃逸的鱼类个体能否成活,能活多长时间?科学家设计了具有分选能力的渔具,研制了金属筛和气泡幕对鱼群进行分选和驱赶。鱼类行为学改善了鱼类资源评估的精度,改进了渔具设计,有利于渔业管理和资源保护。

2000年9月在比利时布鲁日召开 ICES 年会,讨论了“被开发的生态系统中的鱼类行为 (Fish Behaviour in Exploited Ecosystems)”,该内容成为2003年6月23日至26日在挪威卑尔根召开 ICES 第二届鱼类行为的学术大会的主题。2003年的学术大会集中讨论了海洋鱼类的行为。会议收到159篇文章,56篇口头报告,49篇书面展示,有来自31个国家的180名代表出席会议,4位专家应邀做大会主题发言。这届大会将鱼类行为与渔业资源评估和生态模型等结合,对鱼群群体行为表现出极大兴趣,并对挪威春季产卵的鲱鱼群体的游泳行为和洄游进行了详细的讨论,鱼类的感觉能力、视觉、听觉、嗅觉和学习能力等都成为科学家的议题。这次会议提出了拖网网口鱼类行为的模型,从个体鱼的行动汇集成群体的行为。1992年和2003年的两次会议,明确提出鱼类行为和渔具渔法的专家有可能对全球的渔业管理提出新的挑战 and 贡献。

这段时期的研究活动主要可以分为:①观察技术和实验设计;②鱼类感觉器官的生理机制;③鱼类的群体行为和相互影响;④鱼类行为与捕捞效率;⑤鱼类行为模型等。

2004年4月在波兰 Gdynia 召开 ICES 的渔具工作组会议,讨论了渔具渔法、鱼类行

为、鱼群的声波反射强度和资料等。

其他国际学术组织也组织了有关鱼类行为与渔业的专题讨论会。例如 1958 年, 印度洋/太平洋渔业委员会举办“鱼类行动讨论会”。国际水生生物资源管理中心 ICLARM 于 1977 年在意大利贝拉焦, 讨论了鱼类行为与捕鱼业、养殖业的关系。1988 年 10 月, 在加拿大圣约翰举行“方形网目及幼鱼释放研讨会”。1990 年, 在英国哈尔举办“电渔法研讨会”。1995 年, 在韩国汉城举办“鱼类行动与渔具选择性研讨会”。同年 10 月, 亚洲水产学会在中国北京举办的亚洲渔业论坛, 设有“渔具选择性专场”。2004 年 5 月, 加拿大圣约翰渔业学院举办了拖网渔业中资源保护和选择性讨论会, 讨论与渔具有关的鱼类行为、海洋哺乳类与渔具的相互影响、渔具选择性等。

前苏联在渔业科学研究方面开展了全面系统的研究, 有很重要的贡献和成就。在鱼类行为与渔具渔法方面开展多次国内的学术交流活动。例如, 1953 年前苏联召开“鱼类行动和鱼群侦察”学术讨论会, 讨论内容涉及鱼类的集群行为、对光的反应和在捕鱼中的应用、鱼类对逼近的渔具的行为反应、昼夜洄游等, 还讨论了鱼类的感觉器官和神经系统、结构与功能的基础研究。1956 年前苏联召开了第一次鱼类生理学会议, 论文集反映了对基础研究的重视。1974 年 3 月、1976 年 3 月和 1977 年 2 月多次举行“全苏鱼类行动研究会议”, 还于 1980 年召开了“捕鱼技术及海水养殖中鱼类行为全苏学术会议”及“为了发展海洋捕捞而应用的物理刺激的科技会议”。

日本在 1989 年 10 月召开了“对渔具的鱼群行为的研究方法的现状和问题”学术讨论会, 出版了《对渔具的鱼群行为的研究方法》一书, 系统介绍了鱼类行为的研究方法。

论述鱼类行为的文集主要有: Pitcher T J 等 (1993) 编著的“Behaviour of Teleost Fishes”, He Pingguo (2010) 编写的“Behaviour of Marine Fishes—Capture processes and conservation challenges”, 该文集邀请了许多科学家撰写了专题报告, 反映某专题领域里的研究进展。

我国渔民在长期的实践中, 积累了鱼类的习性和对渔具渔法的行为反应方面的经验性知识。但是作为一门科学, 我国科研人员在 20 世纪 50 年代后期才开始对鱼类的行为进行观察研究。上海水产学院于 1958 年开始研究鱼类在电场中的行为反应, 并研制了电渔法技术, 使其成功地应用于淡水捕捞作业以及在水库进行电栅栏鱼, 保护水力发电机。华东水利勘测设计院等科研单位, 从水工建筑鱼道设计的需要, 对我国主要淡水鱼类的克流能力进行了测量。基础研究方面, 70 年代厦门大学等开展了鲑鱼、蓝圆鲹对不同光色的视觉反应研究。杨雄里等 (1977) 用电生理学方法测量了蓝圆鲹、鲑鱼视网膜的光谱敏感性。徐永淦、何大仁 (1988) 测量了黄鳍鲷和鲱鱼的幼鱼视网膜反应与环境光强的关系。在应用技术方面, 1973 年上海渔业公司与上海水产学院开展了光电泵无网捕捞设备和技术研究, 成功地用光场和电场诱集蓝圆鲹, 并采用大功率鱼泵抽吸到渔船甲板上, 实现无网捕捞。厦门水产学院崔建章和周应祺在 1977 年对东方对虾、鹰爪虾和哈氏仿对虾等对各种电刺激的反应的实验观察基础上, 研制了电脉冲惊虾器和捕捞技术, 在我国北海湾、渤海湾、舟山和厦门水域成功地进行了生产性试验, 同时编著了教材《声光电捕鱼技术》, 开设本科课程。1982 年上海水产大学开设“鱼类行为学与渔具渔法”的课程。在这段时期, 国内学者开展资料性工作, 收集资料、整理出版, 介绍国