

DOI: 10.11964/jfc.20220113271

水生遗传资源的价值构成

唐 议^{1,2}, 范晶玲^{1,2}, 张燕雪丹^{1,2*}

1. 上海海洋大学海洋生物资源与管理学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学, 渔业政策法规法规研究与咨询中心, 上海 201306

摘要:

【目的】水生遗传资源的可持续利用及惠益分享是《生物多样性公约》的核心议题,也是联合国关于国家管辖范围外区域海洋生物多样性养护与可持续利用协定的关键内容。然而,伴随水生遗传资源利用方式的发展,学者对其价值内涵的认知出现了分歧。这种分歧导致这一关键概念边界不清,给国际公约的适用与解释,以及国内相关法律制度的构建带来了诸多困难。因此,进一步明确水生遗传资源的价值内涵及价值构成非常必要。

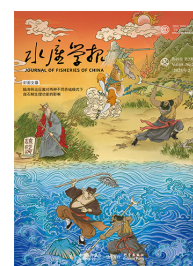
【方法】本研究从水生遗传资源的价值实现方式出发,基于自然资源价值构成的总经济价值(TEV)框架,通过公开信息渠道收集、整理人类对水生遗传资源及其衍生物和数字序列信息的利用方式,分析了水生遗传资源的价值内涵及价值构成。

【结果】从价值实现方式出发,水生遗传资源的价值主要体现为商业开发价值、育种价值、生态价值、管理价值和文化价值。经典的TEV框架主要针对物种以上层面的自然资源价值实现方式进行分析,水生遗传资源的价值实现方式难以完全套用这一经典框架,特别是衍生物和数字序列信息的价值,难以纳入当前框架。

【结论】鉴于此,本研究适当修改TEV框架以更好地反映水生遗传资源的利用情况。具体而言,重新定义水生遗传资源的价值构成,分为消耗性使用价值、非消耗性使用价值和选择价值,以及存在价值和遗传价值。修改后的TEV价值构成框架能够更好地契合水生遗传资源的利用状况,有效弥合当前谈判和制度构建中关于水生遗传资源概念的分歧,从而更好地支撑水生遗传资源的价值评估,推动建立公平合理的水生遗传资源惠益分享机制。

关键词:水生遗传资源; 价值类型; 价值构成; TEV 框架

生物遗传资源,指具有实际或潜在价值,且来自植物、动物、微生物或其他来源的任何含有遗传功能单位的物质^[1]。水生遗传资源(aquatic genetic resources, AGRs)是生物遗传资源的重要组成部分,指水生生物中含有遗传功能单位的物质。《生物多样性公约》中《关于遗传资源获取与公平平等惠益分享的名古屋议定书》(以下简称《名古屋议定书》)为生物遗传资源的获取与惠益分享构建了法律框架^[2]。



第一作者: 唐议, 从事海洋和渔业法律、政策、管理的教学研究, E-mail: ytang@shou.edu.cn



通信作者: 张燕雪丹, 从事渔业法、环境法研究, 联合国粮农组织渔业与水产养殖司顾问, 农业农村部渔业法律法规及渔政执法专家库专家, 全程参与了《渔业法》的修订, 并协助中国相关部门参与多项国际渔业谈判。E-mail: yxzhang@shou.edu.cn



资助项目: 国家社科基金“新时代海洋强国建设”重大研究专项(19VHQ015)

收稿日期: 2022-01-04

修回日期: 2022-03-30

文章编号:

1000-0615(2025)02-029317-11

中图分类号: S 937.0

文献标志码: A

作者声明本文无利益冲突

©《水产学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)
Copyright © Editorial Office of Journal of Fisheries of China (CC BY-NC-ND 4.0)



我国设定的生物多样性保护总目标要求到 2035 年全面建立生物遗传资源的获取与惠益分享及可持续利用机制^[3]。同时, 国家管辖范围以外海洋生物多样性 (biodiversity beyond national jurisdiction, BBNJ) 谈判已步入“深水区”, 水生遗传资源的获取与惠益分享问题是谈判的关键议题之一^[4]。联合国粮食和农业组织关注到水生遗传资源在粮食和农业领域的重要作用, 于 2019 年发布世界粮食和农业水生遗传资源评估报告, 逐步组织制订全球行动计划以促进水生遗传资源的养护和可持续利用^[5]。由上可见, 水生遗传资源这一议题在国际上受到了高度重视, 然而, 从国际公约文本、谈判进度以及政策文件来看, 在如何构建水生遗传资源的惠益分享制度方面, 国际和国内理论界和实务界仍存在重大分歧。这种分歧部分源于对水生遗传资源价值认定的不一致。《生物多样性公约》关注生物遗传资源的自然属性, 《名古屋议定书》将“自然生成”的衍生物也纳入生物遗传资源范畴^[1-2]。然而, 在 BBNJ 第三次政府间会议中, 会议出席者起草的案文对于海洋遗传资源的定义并未明确是否涵盖自然生成和人工合成的衍生物^[6]。BBNJ 谈判中对于生物遗传资源是否包括数字序列信息 (digital sequence information, DSI) 亦存在分歧。巴西、墨西哥等国家认为海洋遗传资源不仅仅指遗传物质, 还应当包括数字序列信息; 而美国、澳大利亚等国家认为《生物多样性公约》和《名古屋议定书》中所指的遗传资源是指有形的遗传物质, 遗传资源数字序列信息是人工合成且无形的, 不应纳入生物遗传资源范畴^[7-8]。

由于水生遗传资源的概念存在分歧, 使准确识别水生遗传资源并在此基础上进行公约谈判、目标设定和制度构建面临诸多困难, 这既不利于国际法律制度的形成和实施, 也不利于我国生物多样性保护总体目标的实现。鉴于此, 本研究拟从水生遗传资源的价值利用方式为切入点, 基于自然资源价值构成分析主流 TEV 框架, 通过公开信息渠道收集并整理人类对水生遗传资源及其衍生物和数字序列信息的价值实现方式, 探索水生遗传资源的价值构成。

1 资料与方法

本研究旨在从自然资源价值构成理论出发

探究水生遗传资源的价值构成问题。传统的劳动价值理论认为, 自然资源只有与人类劳动相结合才具有价值, 未充分认识到自然资源的稀缺性及其自身价值^[9]。边际效用价值论主张价值代表商品满足人类欲望的能力, 即效用^[10-11]。这两种理论都关注自然资源与人类之间的关系, 但二者均未反映出自然资源本身的内在价值。19 世纪 70 年代, 自然资源的急剧衰退使人们意识到人类活动忽视了自然资源的真实价值。Krutilla^[12] 开创性地将非使用价值 (主要指存在价值) 引入自然资源价值构成, 认为资源具有独立于当前人类对其利用的价值。在此基础上, Westman^[13] 采用五分式方法对自然资源的价值进行分类, 将与人类预期相关的选择价值、脱离人类福祉而独立存在的存在价值, 以及涉及代际问题的遗传价值作为价值类型纳入分析框架。Pearce 等^[14] 系统地整合并运用了 Krutilla^[12] 和 Westman^[13] 的价值构成观点, 在评估环境损害赔偿补偿时提出了总经济价值 (total economic value, TEV) 的概念。其后, Pearce 等^[15] 在世界自然保护联盟有关生物多样性价值的研究报告中, 将遗传价值纳入非使用价值范畴, 将环境资产的总经济价值分为使用价值和非使用价值, 其中使用价值包括直接使用价值、间接使用价值和选择价值, 非使用价值包括遗传价值和存在价值, 即:

$$TEV = UV + NUV = (DUV + IUV + OV) + (BV + XV) \quad (1)$$

式中, TEV 为总经济价值; UV 为使用价值, NUV 为非使用价值; DUV 为直接使用价值, IUV 为间接使用价值, OV 为选择价值; BV 为遗传价值, XV 为存在价值。

TEV 框架被广泛地应用于自然资源的价值构成分析 (图 1)。联合国环境规划署在《生物多样性国情研究指南》中采用了 TEV 框架, 将生物多样性的价值分为直接使用价值、间接使用价值、选择价值和存在价值。其中, 直接使用价值进一步细分为消耗性直接使用价值和非消耗性直接使用价值^[16]。英国环境、食品和农村事务部也采用了 TEV 框架评估生物多样性和生态系统服务的总经济价值, 以及为生态系统和生物多样性经济项目所制订的综合评价体系^[17]。然而, 相较于 Pearce 等^[14] 提出的框架, 其基于

对选择价值与遗产价值的认识修正了 TEV 框架, 认为两种价值都来源于人类当下选择不使用某种资源而留待以后使用的情形, 因此在本质上是同一类型的价值^[18]。唐议等^[19]基于 TEV 框架, 将渔业资源服务价值划分为功效价值和非功效价值。其中, 功效价值指渔业资源在水产品供应和文化服务方面的使用价值、对其他生命和生态系统支持服务方面的生态价值及选择价值; 非功效价值则主要指基于伦理、文化、宗教、哲学的存在价值或内在价值。Gollin 等^[20]为动物遗传资源所设定的价值框架基本与 TEV 框架基本一致。Smale 等^[21]在对农作物种质资源总价值进行研究时也采用了 TEV 框架, 不同之处在于将选择价值归入了非使用价值。

鉴于 TEV 框架的广泛适用性, 本研究以该框架为基础, 分析当前水生遗传资源的价值实现方式, 提出针对水生遗传资源的价值构成框架。本研究材料主要来源于从公开渠道收集的水生遗传资源及其衍生物和数字序列信息利用方式的相关资料, 涵盖 1975—2021 年的国内外研究论文和会议论文、国际组织发表的文章及报告、专利信息、新闻报道等材料。从时间跨度和材料范围来看, 这些材料能够较为全面地覆盖水生遗传资源及其衍生物和数字序列信息的主要利用方式, 并显示了相关研究的最新进展。

2 结果

2.1 水生遗传资源的价值类型

通过梳理当前人类对水生遗传资源及其衍生物和数字序列信息的实际利用情况, 可以基于利用方式将价值分为五类(表 1)。

表 1 水生遗传资源及其衍生物和数字序列信息的价值类型
Tab. 1 Categorization of the value of AGRs, derivatives and DSI

价值来源 sources	价值类型 value types
水生遗传资源及其衍生物 AGR and the derivatives	商业开发价值: 水生遗传资源及其衍生物可以作为原材料应用于医疗保健品、高档化妆品、新型海洋生物农药等领域的商业开发
水生遗传资源及数字序列信息 AGR and DSI	育种价值: 水生遗传资源的变异性是改进遗传育种技术的基础
水生遗传资源 AGRs	生态价值: 遗传多样性是生物多样性的基础层级, 水生遗传资源的多样性对于维护生物多样性具有重要作用
数字序列信息 DSI	管理价值: 借助生物技术手段提取并保存的水生遗传资源数字序列信息, 可以用于渔业管理和水生生物种群养护管理工作, 以及为相关政策制订提供科学基础
水生遗传资源 AGRs	文化价值: 以水生遗传资源为对象, 形成的非物质利益, 可以影响人们的信仰、偏好和世界观及其所在社区的仪式和习俗

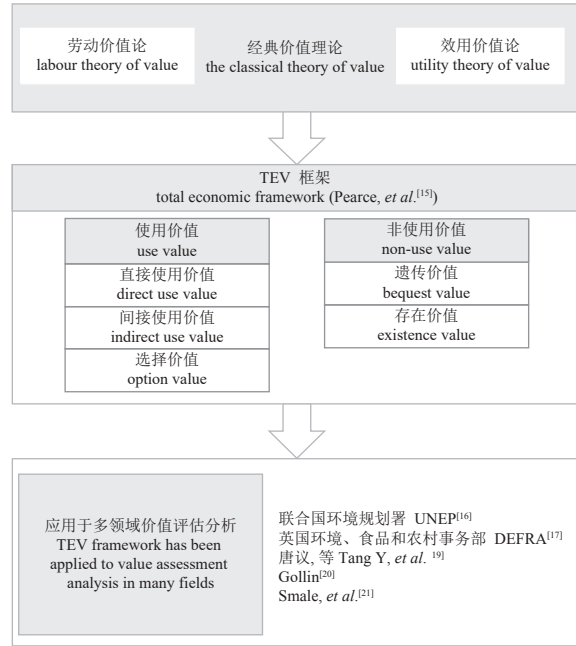


图 1 环境资产的总经济价值框架图示

Fig. 1 Total economic value framework for environmental asset

商业开发价值 商业开发价值是指通过生物技术手段, 提取水生遗传资源及其衍生物如蛋白质、多糖、不饱和脂肪酸、牛磺酸等其中的有效活性成分, 运用于医疗保健、高档化妆品、新型生物农药等领域的商业开发^[22](图 2)。在医疗保健领域, 现有文献表明其主要价值实现方式为利用生物的遗传特性来满足特定功能需求, 包括: ①抗癌功能。20 世纪 60 年代中期, 科学家已证明从加勒比海绵隐囊藻 (*Colpomenia sinuosa*) 中分离出来的海绵核苷和海绵胸腺嘧啶核苷具有抗癌和抗病毒活性。随着生物制药技术的持续发展, 越来越多源自水生生物

中的抗癌物质得以确认, 例如萜烯、聚酮化合物、含氮化合物和多糖等。②抗炎功能。博利奈醌和岩藻糖苷 M 是两种具有强效抗炎作用的水生遗传资源的衍生物。③抗过敏功能。海洋生物聚合物, 如基于角叉菜胶的药物组合物, 能够预防和治疗过敏性病症。④艾滋病治疗。水生遗传资源中分离出了用于治疗艾滋病的活性物质, 如氰基病毒蛋白。此外, 从海藻中分离出的化合物, 如硫代糖脂、角叉菜胶、岩藻

多糖、倍半萜氢醌等也具有抗艾滋病毒活性。⑤预防保健作用。深海鱼油和其他生物油富含二十二碳六烯酸 (DHA) 和二十碳五烯酸 (EPA), 这些水生遗传资源对于新生儿脑部发育和视网膜发育至关重要^[23-26]。此外, 红毛藻中的多糖组被证实抑制胰脂肪酶活性和游离脂肪酸的吸收方面有效, 能够降低胆固醇和甘油三酯的合成, 具有潜在的降血脂活性, 可用于预防心血管疾病^[27]。

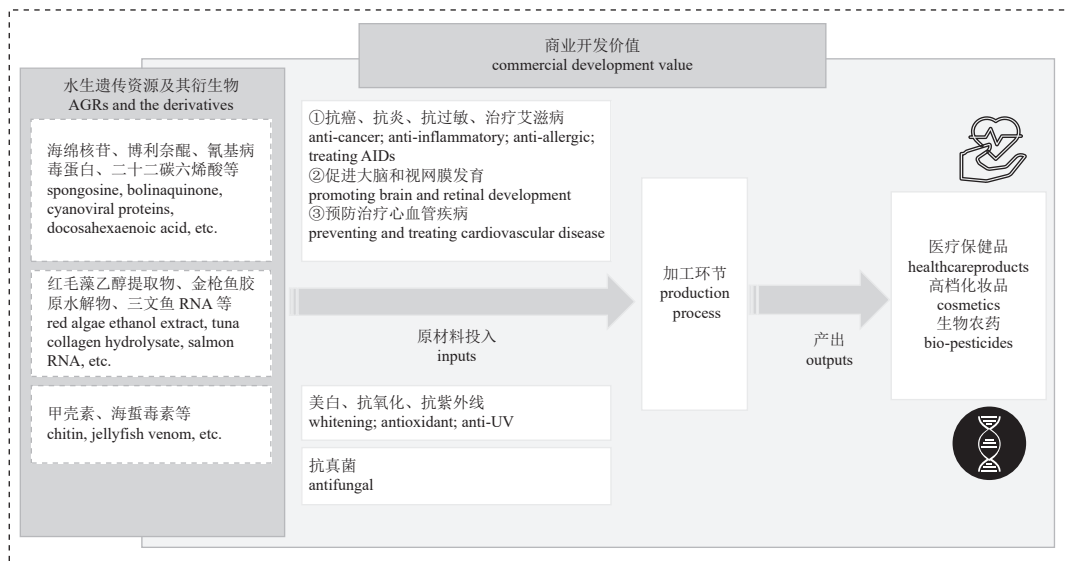


图 2 水生遗传资源的商业开发价值图示

Fig. 2 Value of AGRs for its commercial use

在日用化学品领域, 水生遗传资源及其衍生物是许多化妆品的关键原材料来源。诸多抗衰老面霜中的关键成分源自水生遗传资源或其衍生物, 如三文鱼的 RNA、深海鱼子精华以及深海热液喷口微生物^[27], 又如金枪鱼胶原水解物等活性物质被认为具有抗氧化作用和对人体安全无害的天然抗紫外线作用, 能够减少自由基对人体细胞的破坏, 降低防晒剂的使用量, 由其可以制备出功能更强的防晒霜^[28]。

在生物医药领域, 水生遗传资源被发现制作新型生物农药方面具有重要价值。研究人员发现海洋微生物芽孢杆菌及其分泌的活性物质脂肽具有抗菌作用, 能够防治某些农作物真菌及细菌性病害^[29-30]。

育种价值 遗传多样性作为食物安全的生物基础, 在保障粮食安全中起着至关重要的作用。水生遗传资源是水产养殖的物质基础, 对遗传物质的利用效率在很大程度上决定着水

产养殖的产量和效益, 强化水生遗传资源的收集和利用是保障粮食安全的有效途径^[31-32]。据联合国粮食与农业组织统计, 预计到 2030 年, 世界人口增长将使鱼类消费量每年增长约 1.2%, 为满足需求, 鱼类及其制品的产量需达到 2.01 亿 t。然而, 目前世界主要渔业的年产量稳定在 9 000~9 500 万 t, 基于当前技术和资源状况, 捕捞产量几乎没有增加的空间。因此, 水产养殖产量的增长将成为弥补巨大需求缺口的关键^[5]。水生遗传资源的遗传变异性是水产养殖品种遗传改良的基础。通过有效利用基因组和表型数据, 改进育种和遗传改良技术, 培育抗病性强、单位产量高的品种, 能够提高水产养殖产量和质量, 同时满足生产者和消费者的需求。尽管目前水产养殖对其野生亲缘种仍有较强依赖性, 但水生生物遗传技术的发展正逐渐改变这种现状。例如, 基于水生遗传资源开发的牡蛎精子冷冻技术可无限期保存牡蛎品系的

遗传物质, 这些被保存的遗传物质可被用于遗传育种程序, 减少了对于其野生亲缘种的需求^[33]。这类技术将使水产养殖行业更具独立性, 减少水生环境恶化影响野生亲缘种进而危及水产养殖的风险。另外, 水生遗传资源和数字序列信息可应用于观赏鱼类的遗传育种程序, 改造其颜色和外形, 优化品种^[34]。

生态价值 生态价值主要体现为水生遗传资源的遗传多样性能够维护生物多样性。遗传多样性是生物多样性保护三个层级中的基础层级。一个物种的稳定性和进化潜力依赖于其遗传多样性, 生物多样性保护最终须落脚于保护遗传多样性^[35]。具有高多样性的水生遗传资源能够提高水生生物对变化环境的适应性、恢复力和自然生存力, 使其能够在自然选择中顺利进化^[36]。水生遗传资源的生态价值通过“水生遗传资源多样性-水生生物多样性-水生生态系统多样性-生物多样性”这一过程得以传递。在水生生态系统中, 水生动物、植物和微生物之间相互联系、相互制约, 共同维系着一个平衡、稳定的水生生态系统^[5]。

管理价值 借助生物技术手段提取并保存的水生遗传资源数字序列信息, 可用于渔业管理和水生生物种群养护管理工作, 为相关政策制订提供科学证明。目前已有一些成功实践, 如 Shaklee 等^[37]通过 4 项案例研究证明了基于遗传的方式在获取太平洋鲑(*Oncorhynchus* spp.) 种群组成信息方面的效用, 肯定了数字序列信息对于渔业管理的重要作用, 可以解决鱼类混养问题、保护脆弱种群、在用户群体之间分配渔获量、了解特定种群的迁徙行为等。如 Vasemägi 等^[38]采取基因标记方式, 基于若干个简单重复序列, 评估了波罗的海大西洋鲑(*Salmo salar*) 5 个野生群体和 4 个孵化群体的遗传多样性和分化模式, 揭示出孵化场种群的遗传变异比来自芬兰湾的小型野生鲑种群更多, 证明了对芬兰湾最后剩余的本地鲑群体采取特殊保护措施的合理性。又如李大命等^[39]利用线粒体 DNA CO I 基因序列评价了 3 种鲇类(*Culter* spp.) 的遗传多样性及种群历史动态, 对鲇类种群的管理提出了建议。此外, 鉴于全球范围内已经建立了 1 700 多个生物遗传资源数据库^[40], 目前通过将水生生物的遗传信息与数据库中的遗传信息进行比对, 能够确定水生生物来源地(同一遗

传信息可能在多个国家的物种中发现, 因此通过遗传信息来确定来源地, 结果可能并不唯一), 应用于追踪非法捕捞和非法水产品贸易^[20]。

此外, 数字序列信息在保护濒危水生生物种方面也具有现实或潜在价值。利用基因测序等手段, 可以了解水生生物中的遗传变异性和水生生物种群之间的关系, 这有助于合理规划措施, 减少濒危物种的遗传损失^[41]。外来入侵物种是生物多样性和农业领域的主要威胁, 研究人员可以借助数字序列信息分析某物种在生态系统中入侵的可能性, 通过查找源种群, 估计它们的入侵途径, 了解入侵基因型的进化史, 从而有助于建立水生生物入侵预防机制, 提高原地保护效果^[42]。

文化价值 文化价值是指给人类带来的非物质利益, 如在美学、艺术、精神等方面为人类社会所作的贡献^[43-44]。水生遗传资源可通过影响人们的信仰、偏好和世界观及其所在社区的仪式和习俗, 形成重要的文化价值^[45-46]。这方面最重要的例证来自 20 世纪初在新西兰掀起的一场关于遗传物质与转基因生物的辩论。当地毛利人认为遗传物质不仅仅只是一种“物质”, 更是“系谱”“生命力”和“禁忌”的象征, 他们从文化价值的角度出发反对引进转基因生物。毛利人认为“遗传物质”决定着世界的平衡和秩序^[47]。“系谱”是指事物在其家族和部落中所处的位置, 基于此可以确定权力、责任和义务; “生命力”是指万物本身拥有的一种力量, 这种力量决定了事物特殊的性质, 使事物在其领域生存下去。生殖力与遗传物质的“生命力”紧密相关, “生命力”能够赋予男女生殖和养育的力量; “禁忌”是指遗传物质来自人类和自然万物的祖先, 其理应受到尊重, 破坏会引起秩序的失衡^[43, 48]。从毛利人的实践来看, 尽管人们可能不能准确识别遗传物质, 但这并不影响其通过感性认知积累形成特定的文化信仰^[12]。

从我国古代延续下来的传统文化中也有不少例证。例如, 鲤(*Cyprinus carpio*)、鲫(*Carassius auratus*) 因其基因所体现的强大生殖力和生命力, 常被用于婚礼、祭祀仪式及其各种装饰中, 表达人们对家族人丁兴旺、多子多孙的美好愿望, 而后又延伸为对丰收富裕的祈盼^[49-50]。类似的习俗也存在于日本, 只是他们更加喜欢鲷类(*Sparidae*)^[51]。随着人们对遗传物质认识的增进,

还出现了基于文化寓意对水生生物特定遗传性状的偏好。例如, 人们改造观赏鱼的性状、颜色和其他特征, 使观赏鱼更加符合人们的审美追求, 还通过改变其遗传性状, 追求某种特定的文化意象, 如锦鲤。总而言之, 尽管文化价值很难衡量, 但它依然是水生遗传资源的重要价值类型^[52]。

2.2 基于 TEV 框架的水生遗传资源价值构成

传统 TEV 框架包括使用价值和非使用价值两个部分, 本节分别根据 TEV 框架对水生遗传资源的使用价值与非使用价值进行分析。

基于 TEV 框架的水生遗传资源直接使用价值与间接使用价值 TEV 框架将使用价值定义为某类自然资源在实际使用中产生的价值^[12]。从这一定义来看, 水生遗传资源的商业开发价值、育种价值、管理价值和生态价值均属于使用价值的范畴, 但相较于物种层面的使用价值, 水生遗传资源的价值实现方式具有特殊性。首先, TEV 框架下的直接使用价值一般是指资源的实际用途, 如可供人类直接消耗的食物, 但水生遗传资源的商业开发价值则主要指通过生物技术提取具有某种生物学特性的水生遗传资源用于商业开发。在这一价值实现过程中, 被消耗的是具有遗传功能的材料和衍生物, 而非具体的水产品。其次, TEV 框架的间接使用价值是指人类从某类自然资源的生态系统功能中获得的利益, 如森林在防止水土流失方面的功能以及某类资源在营养循环中的价值^[15]。在这一方面, 水生遗传资源作为生态系统的基础结构, 在不同层面支撑着生态系统功能。再次, TEV 框架无法解释水生遗传资源的另外两种价值实现方式, 即育种价值和管理价值。水生遗传资源的育种价值是指通过对水生遗传资源的特性研究来改进遗传育种技术, 进而提高水产养殖的产量和质量, 其价值体现为水产品的产量和质量增值。在这一过程中, 水生遗传资源本身并未被消耗。同样, 管理价值的实现也不需要实际消耗水生遗传资源, 而是通过利用水生遗传资源数字序列信息改进渔业管理和水生物种养护决策。因此, 这两种价值类型难以直接归纳进入 TEV 框架中的直接使用价值或者间接使用价值。

基于 TEV 框架的水生遗传资源选择价值

TEV 框架中还有一类特殊的使用价值, 即选

择价值。选择价值是个人对保障自然资源在未来的可用性(既可能是直接使用也可能是间接使用)的支付意愿^[12]。选择价值来源于不确定性, 包括个体对自身未来需求的不确定性和资源未来可得性的不确定性^[53]。由于水生遗传资源使用过程中存在着不确定性, 因此水生遗传资源也具有类似于其他自然资源的选择价值。正是由于存在不确定性, 人们选择不使用某种水生遗传资源, 而将其保存下来以供未来选择, 是水生遗传资源选择价值产生的前提。

基于 TEV 框架的水生遗传资源非使用价值

TEV 框架下的非使用价值主要指遗传价值和存在价值。遗传价值是指当代人从他人未来可能受益于某项资源的知识中获得的收益, 例如保护某种生物的生境, 防止其不可逆的变化, 使后代人从中获益; 存在价值是自然资源的内在价值, 例如某类资源的知识、遗传、物种、栖息地和生态系统继续存在下去的价值^[15]。当代人保护某种水生遗传资源使其成为一种“遗产”, 后代人能够从该遗产的使用或非使用中获益, 可以理解为当代人通过保存行为从而获得收益。根据 TEV 框架对存在价值的定义, 水生遗传资源的文化价值属于其存在价值的范畴, 水生遗传资源的文化价值在漫长生产、生活中逐渐积累起来, 因此理应得到尊重并继续存在下去^[5, 38]。此外, 即使不具有特殊的文化意义, 水生遗传资源多样性本身也具有存在价值, 这是由水生遗传资源的自然属性决定的, 不管人们是否使用水生遗传资源^[12]。

2.3 基于 TEV 框架修正的水生遗传资源价值构成框架

由上述分析可以看出, TEV 框架并不能完全涵盖水生遗传资源价值构成。水生遗传资源价值构成具有一定的特殊性, 特别是在使用价值部分, 因此, 应当结合水生遗传资源的价值特征对 TEV 框架进行适当修正, 如表 2 所示。

在物种水平以上的自然资源利用层面, 通常仅存在利用生态系统服务功能来提供非消耗性价值实现的情形。然而, 水生遗传资源除了其具有的生态系统服务功能, 在育种及渔业管理中也可以通过非消耗的方式对遗传物质和数字序列信息加以利用。因此, 需要对 TEV 框架中关于直接使用价值和间接使用价值的定义予

表 2 水生遗传资源的价值构成
Tab. 2 Value composition of AGRs

价值构成 value composition	价值构成内容 contents
使用价值 use value	消耗性使用价值: 在实际用途中通过对水生遗传资源的消耗性利用而产生的价值, 如商业开发价值 非消耗性使用价值: 在实际用途中通过对水生遗传资源的非消耗性利用而产生的价值, 如育种价值、生态价值和管理价值 选择价值: 人类为保障水生遗传资源在未来可用性的支付意愿
非使用价值 non-use value	存在价值: 水生遗传资源具有的内在价值, 不管人们是否使用它, 其本身就有继续存在下去的价值, 包括文化价值 遗传价值: 当代人从保护水生遗传资源使后代人能够获益这一行为中所获得的收益

以修正, 更好地涵盖水生遗传资源的育种价值和管理价值等非消耗性价值类型。结合水生遗传资源使用的特殊性, 可将水生遗传资源的使用价值划分为消耗性使用价值、非消耗性使用价值及选择价值。其中: ①消耗性使用价值是指在实际应用中通过对水生遗传资源的消耗性利用而产生的价值, 主要体现为商业开发价值, 即将水生遗传资源作为原材料应用于医疗保健品、高档化妆品、生物农药等领域的商业开发。②非消耗性使用价值是指在实际应用中通过对水生遗传资源的非消耗性利用而产生的价值, 涵盖育种价值、管理价值和生态价值等。其中, 育种价值是指利用水生遗传资源改进遗传育种技术, 进而提高养殖产量和质量; 管理价值是指将水生遗传资源数字序列信息应用于渔业管理和水生生物养护工作中, 为相关决策提供科学信息支持; 生态价值是指水生遗传资源作为生物多样性的基础层级, 维护水生生物多样性和水生生态系统稳定。③选择价值是指人类为保障水生遗传资源在未来的可用性所表现出的支付意愿。人们的这一行为可能是出于两点动机: 第一, 人们预期某种水生遗传资源将来能产生更大的价值, 因此将其保存以继续进行研究开发。水生遗传资源具有潜在的恢复濒危水生物种乃至灭绝水生物种及其栖息地的作用。在当前的生物技术水平下, 某种水生物种灭绝后, 人们不可能将其再次创造出来, 但合成生物学未来或许能够通过修改基因组来恢复生物种群, 甚至重新创造出已经灭绝的物种^[36]。第二, 某种水生遗传资源目前虽未被人类使用, 但随着生物技术的持续发展, 研究人员将来可能挖掘出这种水生遗传资源中具有经济价值的成分。例如, 未来可能在水生遗传资源中发现能够治愈癌症的物质。选择价值通常与面临不可逆转损害的资源相关, 例如濒危物种的水生

遗传资源^[53]。

水生遗传资源非使用价值包括遗传价值和存在价值。遗传价值是指当代人从“保护水生遗传资源使后代人能够获益”这一行为中所获得的收益。存在价值是指水生遗传资源所具有的内在价值, 不管人们是否使用它, 其本身就有继续存在下去的价值, 其中包括文化价值。由于存在价值难以直接与人类福利联系起来, 因此很难对其进行衡量, 一般是通过测试个体或社会对水生遗传资源继续存在的满意度来建立水生遗传资源与人类之间的联系^[53]。

依据上述分析, 水生遗传资源的价值构成可通过修正公式 1, 求得公式 2:

$$\begin{aligned}
 TEV_{AGRs} &= UV + NUV \\
 &= (CUV + UCUV + OV) + (HV + EXIV) \\
 &= [(CDV + (BV + MV + ECOV) + OV) + \\
 &\quad (HV + EXIV)] \quad (2)
 \end{aligned}$$

式中, TEV_{AGRs} 为水生遗传资源的总经济价值, CUV 为消耗性使用价值, $UCUV$ 为非消耗性使用价值, HV 为遗传价值, $EXIV$ 为存在价值, CDV 为商业开发价值, BV 为育种价值, MV 为管理价值, $ECOV$ 为生态价值。

3 讨论

水生遗传资源价值构成的研究对于弥合理论界和实务界在其概念上的意见分歧具有重要意义, 能够为价值评估提供合适的基础分析框架, 并为水生遗传资源相关法律和政策制度的构建提供支持。从本研究梳理的水生遗传资源价值类型看, 水生遗传资源的许多关键价值来自衍生物和数字序列信息, 例如商业开发价值中功能活性物质很多都源于遗传物质的衍生物, 管理价值则很大程度上依赖于水生遗传资源数字序列信息, 育种价值主要利用了水生遗传资

源数字序列信息。随着数字信息技术的不断发展, 水生遗传资源数字序列信息将扮演更加重要的角色。因此, 若将衍生物和数字序列信息排除在水生遗传资源的概念范畴之外, 将导致水生遗传资源的重要价值被排除在外。实际上, 虽然水生遗传资源在经历多次人为改造后, 可能无法确认衍生物或数字序列信息与遗传物质之间的对应关系, 但追根溯源它们仍然来自遗传物质, 不能人为割裂它们之间的联系。

在价值构成研究的基础上, 本研究认为应当进一步探讨以下几个问题: 首先, 随着生物技术的进步, 水生遗传资源的消耗性使用价值和非消耗性使用价值的内涵可能会更加丰富。随着水生遗传资源使用范围的不断扩大和使用方式的不断增多, 水生遗传资源价值内涵和价值构成需要进一步调整和完善。其次, 本研究提出了水生遗传资源总经济价值的基本计算公式(式 2), 但这一公式在实际操作中如何指导基于水生遗传资源总经济价值利用的规则制订仍需进一步探讨, 水生遗传资源的各类价值不能进行简单叠加, 例如水生遗传资源在用于消耗性用途(如商业开发)时, 其在实现其他价值方面可能受到一定程度的限制。再次, 在不同的法律制度中, 水生遗传资源的价值构成可能会存在范围不同。例如在 BBNJ 协定谈判的惠益分享机制中, 衍生物或数字序列信息是否作为海洋遗传资源的一部分纳入惠益分享的范畴, 还有待于谈判最终确定。最后, 水生遗传资源的价值构成框架能够确定其价值评估的范围, 但后续还需要对每一种价值的实现机制, 以及衍生物和数字序列信息脱离遗传物质的时点进行研究, 并选择有效的价值评估方法进行量化研究。

参考文献 (References):

- [1] United Nations. Convention on biological diversity[EB/OL]. (1992-06-05) [2021-09-15]. <https://www.cbd.int/convention/text/>.
- [2] CBD. Nagoya protocol on access to genetic resources and the fair and equitable sharing of benefits arising from their utilization to the convention on biological diversity[EB/OL]. (2010-10-29) [2021-09-15]. <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-en.pdf>.
- [3] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于进一步加强生物多样性保护的意見 [EB/OL]. (2021-10-19) [2021-12-20]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/19/content_5643674.htm.
- [4] 胡斌. 国家管辖范围以外区域海洋遗传资源开发的国际争议与消解——兼谈“南北对峙”中的中国角色 [J]. 太平洋学报, 2020, 28(6): 59-71.
- [5] Hu B. Controversies in ABNJ marine genetic resources exploitation and their resolution: on the role of China in the “South-North Divides”[J]. Pacific Journal, 2021, 28(6): 59-71 (in Chinese).
- [6] FAO. The state of the world’s aquatic genetic resources for food and agriculture[R]. Rome: FAO, 2019: 290.
- [7] The Third Session of BBNJ. Draft text of an agreement under the United Nations Convention on the Law of the Sea on the conservation and sustainable use of marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction[EB/OL]. (2019-05-17) [2021-10-01]. <https://digitallibrary.un.org/record/3811328?v=pdf>.
- [8] Nawaz S, Satterfield T, Hagerman S. From seed to sequence: dematerialization and the battle to (re)define genetic resources[J]. Global Environmental Change, 2021, 68: 102260.
- [9] Hiemstra S J, Brink M, Van Hintum T. Digital sequence information (DSI): options and impact of regulating access and benefit sharing-stakeholder perspectives[R]. Wageningen: Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Wageningen University & Research, 2019: 22.
- [10] 于连生. 自然资源价值论及其应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 113-115.
- [11] Yu L S. Theory of natural resource value and its application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 113-115 (in Chinese).
- [12] Jevons, William. The theory of political economy. Macmillan[M], London: Macmillan, 1888.
- [13] 卡尔·门格尔. 国民经济学原理 [M]. 刘絮敖, 译. 上海: 上海人民出版社, 2001.
- [14] Carl M. Principles of economics[M]. Liu J A, trans. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2001 (in Chinese).
- [15] Krutilla J V. Conservation reconsidered[J]. The American Economic Review, 1967, 57(4): 777-786.
- [16] Westman W E. How much are nature's services worth?[J]. Science, 1977, 197(4307): 960-964.

- [14] Pearce D W, Warford J W. World without end: economics, environment, and sustainable development[M]. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- [15] Pearce D, Moran D. The economic value of biodiversity[M]. London: Routledge, 1994.
- [16] UNEP. Guidelines for country studies on biological diversity[R]. Nairobi: UNEP, 1993: 18.
- [17] DEFRA. An introductory guide to valuing ecosystem services[EB/OL]. (2007-01-01) [2021-06-01]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69192/pb12852-eco-valuing-071205.pdf.
- [18] Kumar P. The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations[M]. London: Routledge, 2011.
- [19] 唐议, 黄硕琳. 论渔业资源服务价值的构成 [J]. 资源科学, 2011, 33(7): 1298-1303.
Tang Y, Huang S L. Composition of service value of fisheries resources[J]. Resources Science, 2011, 33(7): 1298-1303 (in Chinese).
- [20] Gollin D, Evenson R. Valuing animal genetic resources: lessons from plant genetic resources[J]. *Ecological Economics*, 2003, 45(3): 353-363.
- [21] Smale M, Koo B. Introduction: a taxonomy of gene-bank value[R]. Washington, D.C.: IFPRI, 2003.
- [22] 李鹏程. 海洋生物资源高值利用研究进展 [J]. 海洋与湖沼, 2020, 51(4): 750-758.
Li P C. Research progress in high-value utilization of marine biological resources[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2020, 51(4): 750-758 (in Chinese).
- [23] Nagle D G, Zhou Y D, Mora F D, *et al.* Mechanism targeted discovery of antitumor marine natural products[J]. *Current Medical Chemistry*, 2004, 11(13): 1725-1756.
- [24] Donia M, Hamann M T. Marine natural products and their potential applications as anti-infective agents[J]. *The Lancet Infectious Diseases*, 2003, 3(6): 338-348.
- [25] Blasiak R, Wynberg R, Grorud-Colvert K, *et al.* The ocean genome and future prospects for conservation and equity[J]. *Nature Sustainability*, 2020, 3(8): 588-596.
- [26] Leary D, Vierros M, Hamon G, *et al.* Marine genetic resources: a review of scientific and commercial interest[J]. *Marine Policy*, 2009, 33(2): 183-194.
- [27] 詹慧, 宋田源, 余刚, 等. 基于酶活力模型和细胞模型分析红毛藻多糖降血脂活性 [J]. *食品科学*, 2021, 42(7): 142-148.
Zhan H, Song T Y, Yu G, *et al.* Hypolipidemic activity of polysaccharides purified from *Bangia fusco-purpurea*[J]. *Food Science*, 2021, 42(7): 142-148 (in Chinese).
- [28] 佛山科学技术学院. 一种新型海洋生物防晒霜及其应用: 109464293A[P]. 2019-03-15.
Foshan University. A new type of marine biological sunscreen and application: 109464293A[P]. 2019-03-15 (in Chinese).
- [29] 张致军, 罗远婵, 章真, 等. 防治白菜根肿病的新型海洋微生物农药——解淀粉芽孢杆菌 Txc2-1 可湿性粉剂配方优化及药效研究 [J]. *农药学报*, 2020, 22(1): 145-153.
Zhang Z J, Luo Y C, Zhang Z, *et al.* Formulation optimization of the wettable powder of *Bacillus amyloliquefaciens*: a novel marine microbial pesticide for the control of cabbage clubroot[J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2020, 22(1): 145-153 (in Chinese).
- [30] 胡江春, 王楠, 潘华奇, 等. 海洋微生物抗菌脂肽及新生物农药研发 [J]. *微生物学杂志*, 2013, 33(6): 5.
Hu J C, Wang N, Pan H Q, *et al.* Antimicrobial lipopeptides produced by marine microorganisms and new biopesticides research & development [J]. *Journal of Microbiology*, 2013, 33(6): 5.
- [31] 李梦龙, 郑先虎, 吴彪, 等. 我国水产种质资源收集、保存和共享的发展现状与展望 [J]. *水产学杂志*, 2019, 32(4): 78-82.
Li M L, Zheng X H, Wu B, *et al.* Advances and prospects in research on collection, preservation and sharing of aquaculture germplasm resources in China[J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2019, 32(4): 78-82 (in Chinese).
- [32] 丁君, 韩冷姝, 常亚青. 水产动物种质创制新技术及在海参、海胆遗传育种中的应用 [J]. *渔业科学进展*, 2021, 42(3): 1-16.
Ding J, Han L S, Chang Y Q. Application of germplasm innovation technology in sea cucumber and sea urchin genetic breeding[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2021, 42(3): 1-16 (in Chinese).
- [33] Paniagua-Chavez C G, Tiersch T R. Laboratory studies of cryopreservation of sperm and trochophore larvae of the eastern oyster[J]. *Cryobiology*, 2001, 43(3): 211-223.
- [34] 陶宝山, 陈蓝荪. 观赏鱼的文化价值和经济价值 [J]. *河南水产*, 2000(4): 5-7.
Tao B S, Chen L S. Cultural value and economic value of ornamental fish[J]. *Henan Fisheries*, 2000(4): 5-7 (in Chinese).
- [35] 王洪新, 胡志昂. 植物的繁育系统、遗传结构和遗传多样性保护 [J]. *生物多样性*, 1996, 4(2): 92-96.
Wang H X, Hu Z A. Plant breeding system, genetic structure

- and conservation of genetic diversity[J]. *Biodiversity Science*, 1996, 4(2): 92-96 (in Chinese).
- [36] Reed D H, Frankham R. Correlation between fitness and genetic diversity[J]. *Conservation Biology*, 2003, 17(1): 230-237.
- [37] Shaklee J B, Beacham T D, Seeb L, *et al.* Managing fisheries using genetic data: case studies from four species of Pacific salmon[J]. *Fisheries Research*, 1999, 43(1-3): 45-78.
- [38] Vasemägi A, Gross R, Paaver T, *et al.* Analysis of gene associated tandem repeat markers in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) populations: Implications for restoration and conservation in the Baltic Sea[J]. *Conservation Genetics*, 2005, 6(3): 385-397.
- [39] 李大命, 刘洋, 唐晟凯, 等. 基于 CO I 基因的漏湖鲌类国家级水产种质资源保护区 3 种鲌类的遗传多样性分析 [J]. *江苏农业科学*, 2021, 49(20): 177-181.
- Li D M, Liu Y, Tang S K, *et al.* Genetic diversity of three Culter spp. in aquatic germplasm resources protection district of Ge Lake based on CO I gene sequence[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2021, 49(20): 177-181 (in Chinese).
- [40] 吴林寰, 石蕾, 高孟绪, 等. 浅析遗传资源数字序列信息的发展现状与建议 [J]. *中国科技资源导刊*, 2021, 53(2): 36-43.
- Wu L H, Shi L, Gao M X, *et al.* Analysis on the status and suggestions for the development of digital sequence information of genetic resources[J]. *China Science & Technology Resources Review*, 2021, 53(2): 36-43 (in Chinese).
- [41] Laird S A, Wynberg R P. A fact-finding and scoping study on digital sequence information on genetic resources in the context of the convention on biological diversity and the Nagoya protocol[R]. Montreal: UNEP, 2018: 77.
- [42] 李保平, 薛达元. 遗传资源数字序列信息在生物多样性保护中的应用及对惠益分享制度的影响 [J]. *生物多样性*, 2019, 27(12): 1379-1385.
- Li B P, Xue D Y. Application of digital sequence information in biodiversity research and its potential impact on benefit sharing[J]. *Biodiversity Science*, 2019, 27(12): 1379-1385 (in Chinese).
- [43] Chan K M A, Satterfield T, Goldstein J. Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values[J]. *Ecological Economics*, 2012, 74: 8-18.
- [44] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [45] Satterfield T, Roberts M, Henare M, *et al.* Culture, risk, and the prospect of genetically modified organisms as viewed by Tāngata Whenua[R]. Whakatane: Te Whare Wananga o Awanuiārangi, 2005: 125.
- [46] Kahan D M, Braman D. Cultural cognition and public policy[J]. *Yale Law & Policy Review*, 2006, 24: 147.
- [47] Satterfield T, Roberts M. Incommensurate risks and the regulator's dilemma: considering culture in the governance of genetically modified organisms[J]. *New Genetics and Society*, 2008, 27(3): 201-216.
- [48] Michael King (ed.). Te Ao Hurihuri: aspects of Māoritanga [M]//Marsden Maori. God, man and universe : a Maori view. Auckland: Reed, 1992:117-137.
- [49] 熊飘逸. 先秦鱼文化研究 [D]. 湘潭: 湖南科技大学, 2013.
- Xiong P Y. Fish culture studies of Pre-Qin period[D]. Xiangtan: Hunan University of Science and Technology, 2013 (in Chinese).
- [50] 冯晓娟, 陈新华. 中国传统设计中的鱼文化 [J]. *江南大学学报 (人文社会科学版)*, 2004, 3(2): 120-123.
- Feng X J, Chen X H. Fish culture reflected in traditional Chinese design[J]. *Journal of Southern Yangtze University (Humanities & Social Edition)*, 2004, 3(2): 120-123 (in Chinese).
- [51] 刘红岩. 日本人的食鱼文化 [J]. *赤峰学院学报 (汉文哲学社会科学版)*, 2015, 36(6): 81-83.
- Liu H Y. Japanese fish-eating culture[J]. *Journal of Chifeng University (Philosophy and Social Science Chinese Edition)*, 2015, 36(6): 81-83 (in Chinese).
- [52] Rossiter J S, Levine A. What makes a "successful" marine protected area? The unique context of Hawaii's fish replenishment areas[J]. *Marine Policy*, 2014, 44: 196-203.
- [53] Weisbrod B A. Collective-consumption services of individual-consumption goods[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1964, 78(3): 471-477.

Value composition of aquatic genetic resources

TANG Yi^{1,2}, FAN Jingling^{1,2}, ZHANG Yanxuedan^{1,2*}

1. College of Marine Living Resource Sciences and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Fisheries Law Research and Consulting Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: The sustainable utilization and benefit-sharing of aquatic genetic resources (AGRs) is a key theme of the Convention on Biological Diversity, as well as an important topic in the negotiation on an international legally binding instrument under the Convention on the Law of the Sea on the conservation and sustainable use of marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction. While there is consensus on its significance, the value composition of AGRs becomes challenging to define since its connotation continuously evolves with technological progress and new applications. Different opinions on its value composition have resulted in divergence in the conceptualization and difficulties in international negotiation as well as the framing of key mechanisms in domestic law. In this context, this study aimed to analyze the value composition of AGRs from the perspective of value realization. Specifically, it developed an approach to define and evaluate the value of AGRs based on Total Economic Value (TEV) framework. To assess the value realization of AGRs, information was collected and analyzed through publicly accessible information. By categorizing and evaluating the means to utilize aquatic genetic resources, as well as its derivative and digital sequence information through the collected information, it could identify the value of AGRs. The result showed that the value of AGRs could be realized through five significant ways: commercial development, breeding, ecological use, management, and cultural value. For commercial development, the current use of AGRs was found in the fields of medicine, cosmetics and health. Combining the results with the TEV framework found that the means to realize the value of AGRs were not completely consistent with those of natural resources at the above-species level. The classic TEV framework could not be used to fully cover the value of AGRs, especially the value coming from the use of derivatives and digital sequence information. To better frame the TEV model and allow this classic model to fully contain the value of AGRs, this article proposed the modification of the TEV framework to meet the utilization of AGRs. The value of AGRs could be then composed of consumptive use value, non-consumable use value, selection value, existence value, and genetic value under TEV framework. The non-consumptive value would entail more connotation than analysis on the above-species level, such as the use of AGRs for breeding and management purposes. In comparison to resources above-species level, the value of AGRs might be reflected more on the non-consumptive level. Given the particularity of the value realization of AGRs, the modified TEV framework matched the current usage of AGRs more than the classic model and could effectively address the conceptual divergence in AGRs in the negotiation and mechanism design. With better-framed value composition of AGRs, it can lay a solid foundation for the value assessment of AGRs and promotes the establishment of a fair and reasonable benefit-sharing mechanism in an international forum.

Key words: aquatic genetic resources; value types; value composition; TEV framework

Corresponding author: ZHANG Yanxuedan. E-mail: yxdzhang@shou.edu.cn

Funding projects: Major Special Programs of the National Social Science Fund of China (19VHQ006)