

DOI: 10.5846/stxb201902280372

宋静静, 陈璐, 张智鹏, 王栋, 刘洪军, 盖珊珊, 王其翔, 周健, 于道德. 基于支付意愿法的黄海海域物种多样性维持服务价值评估 (2002—2012). 生态学报, 2020, 40(12): 3901-3908.

Song J J, Chen L, Zhang Z P, Wang D, Liu H J, Ge S S, Wang Q X, Zhou J, Yu D D. Valuation on the species diversity maintenance services of the Yellow Sea ecosystem by the willingness to pay method (2002—2012). Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(12): 3901-3908.

基于支付意愿法的黄海海域物种多样性维持服务价值评估 (2002—2012)

宋静静¹, 陈璐², 张智鹏³, 王栋⁴, 刘洪军¹, 盖珊珊¹, 王其翔², 周健², 于道德^{1,*}

1 山东省海洋生物研究院, 青岛 266104

2 山东省海洋预报减灾中心, 青岛 266104

3 交通运输部天津水运工程科学研究所, 天津 300456

4 青岛市科学技术信息研究院, 青岛 266104

摘要: 物种多样性维持是支撑生态系统正常运转的基础性支持服务功能, 为生态系统向人类提供服务和生态福利发挥着关键作用。正确认识与评估物种多样性维持服务价值, 是开展生态保护决策的基础性工作。基于支付意愿法 (也称为条件价值法), 开展了 2002—2012 年黄海物种多样性维持服务价值评估。结果显示, 黄海海域沿岸城市居民对于 17 种黄海珍稀濒危物种生物多样性维持的支付意愿, 呈现逐年上升的趋势。截至 2012 年, 总支付意愿高达 97.06 亿元, 其中山东省比例最高 (45.75%), 相对 2002 年增长了 247%。沿岸 9 座城市居民对于黄海珍稀濒危物种生物多样性维持的人均支付意愿在 121 至 259 元之间, 青岛市最高, 其次为烟台市和南通市。17 种珍稀濒危物种中, 以黄岛长吻虫、白枕鹤、丹顶鹤的多样性维持服务价值最高, 均超过了 8 亿元。为黄海生物多样性价值发现、价值展示、价值实现提供科学基础和理论支持。

关键词: 黄海; 生态系统; 物种多样性; 服务价值; 支付意愿

Valuation on the species diversity maintenance services of the Yellow Sea ecosystem by the willingness to pay method (2002—2012)

SONG Jingjing¹, CHEN Lu², ZHANG Zhipeng³, WANG Dong⁴, LIU Hongjun¹, GE Shanshan¹, WANG Qixiang², ZHOU Jian², YU Daode^{1,*}

1 Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266104, China

2 Shandong Marine Forecast and Hazard Mitigation Service, Qingdao 266104, China

3 Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Ministry of Transport, Tianjin 300456, China

4 Institute of Scientific and Technical Information of Qingdao, Qingdao 266104, China

Abstract: As a dominant function in ecosystem, biodiversity has key roles at the ecosystem service hierarchy. Quantification and valuation of the biodiversity service is a critical basis of the ecological protection decision-making. Based on the average willingness to pay of residents for maintenance of rare and the endangered species, the biodiversity maintenance value of the Yellow Sea were estimated from 2002 to 2012. The results showed that the willingness to pay of citizens for maintenance of 17 rare and the endangered species of the Yellow Sea presented a rising trend year by year. By 2012, the total willingness to

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1406406); 烟台科技计划 (2018SFBF084, 2019ZDCX018); 山东省自然科学基金 (ZR2017PC014)

收稿日期: 2019-02-28; **网络出版日期:** 2020-04-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wensente@163.com

pay for the 17 species was 9706 billion yuan, with the highest percentage from Shandong province (45.75%), which has increased by 247% compared to that in 2002. The per capita willingness to pay for maintenance of the 17 rare and endangered species of the nine cities along the Yellow Sea was between 121 and 259 yuan. Qingdao topped the list of the per capita willingness to pay, followed by Yantai and Nantong. The biodiversity maintenance value of *Saccoglossus hwangtauensis*, *Grus vipio* and *Grus japonensis* were the highest of the 17 species, more than 0.8 billion yuan each. The results provide scientific basis and theoretical support for protecting and developing of the Yellow Sea biological resources.

Key Words: the Yellow Sea; ecosystem; biodiversity; service value; willingness to pay

人为干扰下全球生物多样性的快速降低,预示着第六次生物大灭绝已悄然来临^[1]。生物多样性是生态系统的主导功能,是食品生产、气候调节、废弃物处理、水土保持等功能得以实现的基础^[2-3]。海洋作为地球上综合生产力最大的生态系统,蕴含着极其丰富的生物资源。“海洋生物普查计划(Census of marine life, COML)”调查发现海洋中拥有已知 25 万种生物和至少约 210 万种的未知生物。然而,近年来由于过度捕捞、栖息地破坏、外来入侵种、水体污染及气候变迁等众多因素的影响,海洋生物多样性正遭受严重破坏,已成为世界性的环境问题之一,受到国际社会的普遍关注^[4-5]。

正确认识与评估海洋生物多样性给人类带来的裨益,即生物多样性维持服务价值,是开展海洋生物多样性保护至关重要的环节。生物多样性维持服务,隶属于四类全球生态系统服务中的支持服务,是其他服务产生的基础^[6-7]。其服务价值指的是人们为满足自身对海洋生物多样性维持的全部动机与需求,有能力以货币形式支付或实现的价值^[8]。据统计,全球生物多样性每年为人类创造的生态服务功能价值约为 33 亿美元,其中海洋占据 63%,且很可能被低估^[9]。生物多样性维持服务价值评估,能够为人们充分认识海洋生物多样性的重要性提供更为直观的经济数据^[10-11]。此外,不同区域的生物多样性维持服务价值评估,亦能为海洋生物多样性保护优先区域的划定,提供一定的科学基础^[12]。

目前,生物多样性维持服务价值评估常采用生态经济学家和环境经济学家普遍接受的条件价值法,是一种基于人们对假象市场中资源环境质量变化的选择行为的评价方法,该类选择行为通常通过支付意愿或受偿意愿来表示,因此又称之为意愿调查法^[13-14]。Mallawaarachchi 等^[15]应用该方法调查了城市居民对郊区珍稀植被保护的支付意愿。Loomis 和 White^[16]对美国条纹光泽鱼、斑点猫头鹰等 18 种不同濒危物种的多样性维持服务价值进行了年度支付意愿问卷调查,发现每户家庭的支付意愿分别从 6—95 美元不等。Tonin^[17]调查发现,大多数意大利人愿意支付 5—21 欧元用于建立海洋保护区,开展海洋生物多样性保护以维持其服务功能。随着评价方法和问卷调查的不断改进,国内学者逐渐将该方法应用到海洋生物多样性维持服务的经济价值研究。王丽等^[18]基于条件价值法评估了罗源湾海洋生物多样性维持服务价值,王栋^[8]以我国珍稀濒危的海洋物种和国家级的海洋自然保护区为代表进行了多样性维持经济价值分析,郝林华等^[14]通过该方法评估了三亚海域生态系统多样性及物种多样性的维持服务价值。以上研究为增强人们对海洋生物的认知及保护意识提供了有利的科学基础。

黄海作为我国四大海域之一,其生物多样性研究一直是众多学者关注的热点^[19]。以往相关研究主要集中在浮游植物、浮游动物以及大型底栖生物的群落结构与多样性调查^[20-22],而多样性维持服务价值评估的研究相对较少,主要围绕山东和江苏近海生态系统的多样性维持服务价值开展评估工作^[18,23-24]。本文选择黄海作为研究区域,通过统计该海域珍稀濒危物种,分析其出现频次,调查了黄海海域沿岸三省 9 个城市居民对 17 种典型珍稀濒危物种生物多样性维持的支付意愿。旨在了解黄海生态系统的生物多样性维持服务价值,为更加合理保护、开发黄海海域生物资源提供科学技术支持,并为国家相关管理和规划决策提供信息。

1 研究方法

1.1 研究区域

黄海,位于中国大陆和朝鲜半岛之间,是太平洋西部的一个边缘海,面积约为 38 万平方公里。由于受到

冷水团和黄海暖流的特殊影响,黄海生物系组成、地理分布都保持了独特特征,浮游生物、底栖生物、游泳生物等种类繁多,且拥有多种黄海特有生物。黄海沿岸自北向南分别为辽宁省、山东省和江苏省,包括丹东、大连、烟台、威海、青岛、日照、连云港、盐城和南通共 9 个地级市。该区域人口密集度较高,经济发达,人均 GDP 7.8 万元,对沿岸海洋资源的开发利用度也较大。

1.2 数据来源

黄海区域海洋珍稀濒危生物种类、濒危等级和分布海域来自《中国物种红色名录》(表 1)。辽宁省、山东省和江苏省的沿海 9 个城市家庭户口数、总人口数等数据统计自《中国人口统计年鉴》以及各市人口普查数据。9 个城市人均收入数据源自各市国民经济、社会发展统计公报和各市统计年鉴。

1.3 评价方法

参照国家标准《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011)^[25]关于物种多样性维持服务价值的方法,评价黄海 17 种珍稀濒危生物的物种多样性维持服务。评估的物种名单见表 2。

1.4 问卷设计

问卷设计主要由三部分组成,第一部分包括调查意图、基本背景介绍、黄海珍稀濒危生物目录;第二部分统计受访者的性别、年龄、受教育程度、职业、家庭成员和家庭平均收入等信息;第三部分为问卷的主体内容,询问受访者对于黄海珍稀濒危生物的熟悉程度、保护意识和支付意愿,其中支付意愿分为六个梯队选项,0 元为一选项,5—50 元每 5 元为一选项,50—100 元每 10 元为一选项,100—500 元每 50 元为一选项,500—1000 元每 100 元为一选项,1000 元以上为一选项。

1.5 问卷调查实施过程

问卷调查选取山东省青岛市为代表城市,分别在其公园、广场、市场等不同区域对市民进行随机抽样调查,发出问卷 1010 份,回收 1010 份,剔除异常值(支付意愿占人均年收入比例>5%)后,得到有效问卷 888 份。

1.6 数据处理

根据调查问卷结果作回归分析,发现对于黄海海域物种多样性维持家庭可支付意愿与家庭平均收入之间存在良好的相关性,得到线性回归方程为:

$$Q_{WTP} = \beta \times Q_{IN} - 278.70 \quad (1)$$

式中, Q_{WTP} :某城市居民对黄海海域珍稀濒危物种多样性维持的家庭可支付意愿(单位:元); β :家庭可支付意愿与家庭平均收入之间的相关系数 0.011194; Q_{IN} :家庭平均收入(单位:元/家庭)。

参照国家标准《海洋生态资本评估技术导则》(GB/T 28058-2011),结合公式(1)的回归系数,推算得到黄海沿岸 9 座城市居民对黄海海域珍稀濒危物种多样性维持的总支付意愿,计算公式如下:

$$V_{SSD} = \{(\beta \times Q'_{IN} \times Q_{FN}) - 278.70\} \div Q_{FN} \times Q_{PN} \quad (2)$$

式中, V_{SSD} :城市居民对黄海海域珍稀濒危物种多样性维持的总支付意愿(单位:元); β :家庭可支付意愿与家庭平均收入之间的相关系数; Q'_{IN} :人均收入(单位:元/人); Q_{FN} :家庭户口数(单位:人/户); Q_{PN} :某市总人数(单位:人)。

黄海海域 17 个珍稀濒危物种的多样性维持服务价值量由 17 个物种在黄海海域出现的频次乘以城市居民的总支付意愿得到。

2 结果与分析

2.1 黄海海域珍稀濒危物种

根据《中国物种红色名录》,统计得到分布在黄海海域的珍稀濒危生物主要包括以下 92 种,包括 8 种极危生物,41 种濒危生物,40 种易危生物和 3 种近危生物(表 1)。濒危生物以鱼类为主,占总珍稀濒危物种的 46.7%,其次为哺乳类和节肢动物。根据数据资料,筛选出 17 种具有代表性的珍稀濒危物种,根据其在黄海海域出现频次高低,依次排序为黄岛长吻虫、白枕鹤、丹顶鹤、海狗、多鳃孔舌形虫、斑海豹、小黄鱼、松江鲈、抹

香鲸、中华鲟、黑嘴鸥、棱皮龟、青岛文昌鱼、丽龟、大黄鱼、海龟、玳瑁(表2)。其中丽龟、海龟和玳瑁野生种群的成熟个体少于50,面临即将绝灭的机率非常高,被划分为极危等级,在黄海海域出现的频次也最低。黄岛长吻虫、丹顶鹤、多鳃孔舌形虫、斑海豹、松江鲈、抹香鲸、中华鲟的野生种群在不久的将来面临绝灭的机率很高,被划分为濒危等级,目前在黄海海域出现频次较高,有些甚至属于黄海特有种(黄岛长吻虫、多鳃孔舌形虫等)。白枕鹤、海狗、小黄鱼、黑嘴鸥、棱皮龟、青岛文昌鱼、大黄鱼未达到极危或濒危标准,但仍存在绝灭机率较高的风险。

表1 黄海海域珍稀濒危生物

Table 1 Rare and endangered species of the Yellow Sea

种类 Species	物种名 Name	等级 Level
鱼类 Fish(43种)	曾氏兔银鲛、宽纹虎鲨、鲸鲨、白斑角鲨、日本扁鲨、中华鲟、松江鲈、山东侧带小公鱼、海州拟黄鲫、太平洋鲱、鲟鱼、冠海马、黑鳃梅童鱼、棕刺虾虎鱼、菊黄东方鲀、网纹东方鲀、红鳍东方鲀	濒危
	青岛文昌鱼、蒲氏粘盲鳗、日本七鳃鳗、雷氏七鳃鳗、阴影线毛鲨、虎纹猫鲨、日本角鲨、短吻角鲨、长吻角鲨、光魮、远东拟沙丁鱼、香鱼、光滑隐棘杜父鱼、南方副狮子鱼、网纹狮子鱼、赵氏狮子鱼、大黄鱼、小黄鱼、鸡冠鲷、网鲷、六线鲷、縹鲷、方氏云鲷、长体刺虾虎鱼、日本鲭、朝鲜马鲛	易危
哺乳动物 Mammal(31种)	露脊鲸、蓝鲸、座头鲸、海龟、玳瑁、丽龟、白鹤、黑嘴端凤头燕鸥	极危
	抹香鲸、鲸鲸、长须鲸、灰海豚、斑海豹、环海豹、丹顶鹤、黑脸琵鹭、短尾信天翁、东方白鹳	濒危
	小鳃鲸、银齿喙鲸抹香鲸、糙齿海豚、海狗、棱皮龟、白枕鹤、白头鹤、黑嘴鸥、卷羽鹈鹕、斑嘴鹈鹕	易危
	宽吻海豚、黄嘴白鹭、白头鹮鹳	近危
节肢动物 Arthropoda(11种)	中国明对虾、周氏新对虾、哈氏和美虾、日本和美虾、大螯蛄虾、中华拟薄板蟹、毛额滨蟹	濒危
	细指长臂虾、伍氏螯蛄虾、解放眉足蟹、日本冠鞭蟹	易危
棘皮动物 Echinodermata(3种)	海刺猬、光棘球海胆、马粪海胆	濒危
肠鳃动物 Enteropneusta(3种)	黄岛长吻虫、多鳃孔舌形虫、三崎柱头虫	濒危
软体动物 Mollusca(1种)	西施舌	濒危

表2 黄海海域珍稀濒危物种在中国沿海分布情况以及在黄海区域出现频次

Table 2 The distribution and frequency of rare and endangered species of the Yellow Sea

物种 Species	分布海域 Distribution	红色名录等级 Red List Categories	黄海出现频次 Frequency
黄岛长吻虫 <i>Saccoglossus hwangtauensis</i>	青岛胶州湾	濒危 EN	1.00
白枕鹤 <i>Grus vipio</i>	东北、华北、华东、华中	易危 VU	0.83
丹顶鹤 <i>Grus japonensis</i>	东北、华东、云南	濒危 EN	0.78
海狗 <i>Callorhinus ursinus</i>	黄海、台湾海域、南海	易危 VU	0.75
多鳃孔舌形虫 <i>Glossobalanus polybranchiopus</i>	河北、山东、江苏	濒危 EN	0.75
斑海豹 <i>Phoca largha</i>	渤海、东海	濒危 EN	0.74
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	渤海、黄海、东海	易危 VU	0.71
松江鲈 <i>Trachidermus fasciatus</i>	我国沿海均有分布	濒危 EN	0.71
抹香鲸 <i>Physeter catodon</i>	黄海、东海、南海和台湾海域	濒危 EN	0.57
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>	我国特有近海及大江河	濒危 EN	0.50
黑嘴鸥 <i>Larus saundersi</i>	东北、东南、云南	易危 VU	0.50
棱皮龟 <i>Dermochelys coriacea</i>	中国沿海	易危 VU	0.38
青岛文昌鱼 <i>Branchiostoma tsingtauensis</i>	山东、河北、辽宁	易危 VU	0.30
丽龟 <i>Lepidochelys olivacea</i>	东南部和山东沿海	极危 CR	0.27
大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	黄海、东海、南海	易危 VU	0.22
海龟 <i>Chelonia mydas</i>	东南部和山东沿海	极危 CR	0.22
玳瑁 <i>Eretmochelys imbricata</i>	东南部和山东沿海	极危 CR	0.20

EN:濒危 Endangered; VU:易危 Vulnerable; CR:极危 Critically endangered

2.2 黄海海域生态系统物种多样性维持价值量

2002—2012 年,黄海海域沿岸城市居民对于黄海珍稀濒危物种多样性维持的支付意愿,即物种多样性维持服务价值,呈现逐年上升的趋势(图 1)。其中山东省城镇居民对维持黄海物种多样性的总支付意愿相对较高,截止到 2012 年,为 44.40 亿元,相对 2002 年增长了 247%。其次为江苏省,2012 年其支付意愿占黄海沿岸三省总支付意愿的 39%。辽宁省的总支付意愿相对较低,增长也相对缓慢。

以 2012 年为例,通过统计,当年黄海沿岸城市人均收入在 19625—32145 元之间,家庭收入在 55931—89042 元之间(表 3)。根据家庭收入与可支付意愿之间的相关性研究计算得,黄海沿岸各城市人均可支付意愿在 121—259 元之间,各城市对黄海海域物种多样性维持的支付意愿最高可达 19.95 亿元。其中,青岛市的总支付意愿最高,其次为烟台市、南通市和威海市,均超过了 15 亿元。

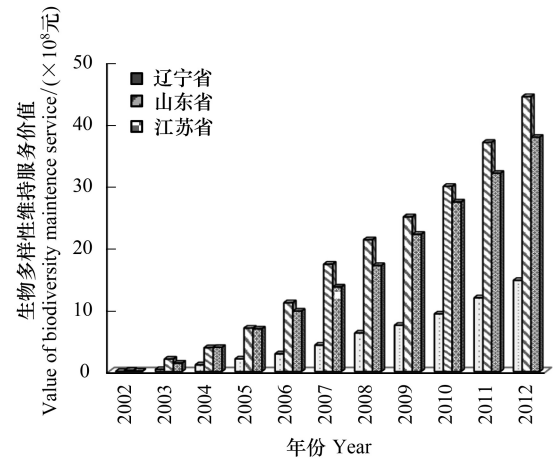


图 1 2002—2012 年黄海生态系统物种多样性维持服务价值

Fig.1 Species diversity maintenance service values of the Yellow Sea ecosystem (2002—2012)

表 3 黄海海域沿海城市对于维持黄海珍稀濒危物种多样性的总支付意愿(2012 年)

Table 3 The average willingness to pay (WTP) of nine cities residents for maintenance of rare and endangered species of the Yellow Sea (2012)

黄海沿岸城市 City around Yellow Sea	人均收入/元 Per capita income	家庭平均人数 Person of family	城市总人口/万人 Total population	家庭收入/元 Household income	珍稀濒危物种多样性 人均可支付意愿/元 WTP Per Person	珍稀濒危物种多样性 总支付意愿/亿元 Total WTP
丹东	19625	2.85	241	55931	121.89	2.93
大连	27539	2.6	590	71601	201.08	11.87
烟台	30045	2.58	650	77516	228.30	14.85
威海	28630	2.47	254	70716	207.65	5.27
青岛	32145	2.77	770	89042	259.22	19.95
日照	22817	2.66	288	60693	150.64	4.34
连云港	21941	3.23	511	70869	159.32	8.14
盐城	24342	2.86	822	69618	175.04	14.39
南通	28292	2.61	730	73842	209.92	15.32

2012 年,黄海海域沿岸城市居民对 17 种珍稀濒危物种多样性维持的总支付意愿,即物种多样性维持服务总价值为 97.06 亿元。其中山东省对于 17 种珍稀濒危物种多样性维持的总支付意愿最高,约为 44.40 亿元,江苏省为 37.85 亿元,辽宁省约为 14.80 亿元。基于该支付意愿,统计得到黄岛长吻虫、白枕鹤、丹顶鹤的维持服务价值最高,均超过了 8 亿元。其次为海狗、多鳃孔舌形虫、斑海豹、小黄鱼、松江鲈、抹香鲸、中华鲟和黑嘴鸥,三省对其多样性维持的支付意愿也超过了 5 亿元。相对而言,楞皮龟、青岛文昌鱼、丽龟、大黄鱼、海龟和玳瑁等物种维持服务价值相对较低,但也达到了 2 亿元以上(图 2)。黄海海域沿岸 9 座城市中,青岛市、南通市、烟台市、盐城市居民对于珍稀濒危物种的多样性维持可支付意愿相对较高,均超过了 14 亿元(表 4)。

3 讨论

3.1 生物多样性在生态系统服务中的重要性

生物多样性在生态系统服务的各层次结构中均扮演着关键角色,本身为支撑生态系统过程的调控者的同

时又作为一种生态系统服务功能可用于经济评估^[26-27],其科学评价可用于海洋生态系统服务管理政策的制定^[28-29]。这也正是当前国际上生物多样性研究的主要热点,即生物多样性与生态系统服务的价值评估^[30-31]。维持海洋生态系统服务,加强生物多样性保护显而易见是十分必要的^[32]。但是由于生物多样性和生态系统服务之间的关系十分复杂,目前大多数评估研究或保护政策制定极少考虑二者之间的联系。

表 4 黄海海域沿海各城市对于维持 17 种黄海珍稀濒危物种多样性的支付意愿(2012 年)

Table 4 The willingness to pay (WTP) of urban residents along the Yellow Sea for maintaining of the important species

物种 Species	城市 City									
	丹东	大连	烟台	威海	青岛	日照	连云港	盐城	南通	汇总 Total
黄岛长吻虫 <i>Saccoglossus hwangtauensis</i>	0.31	1.26	1.57	0.56	2.12	0.46	0.86	1.53	1.62	10.29
白枕鹤 <i>Grus vipio</i>	0.26	1.04	1.31	0.46	1.76	0.38	0.72	1.27	1.35	8.54
丹顶鹤 <i>Grus japonensis</i>	0.24	0.98	1.23	0.44	1.65	0.36	0.67	1.19	1.27	8.03
海狗 <i>Callorhinus ursinus</i>	0.23	0.94	1.18	0.42	1.59	0.35	0.65	1.14	1.22	7.72
多鳃孔舌形虫 <i>Glossobalanus polybranchioporus</i>	0.23	0.94	1.18	0.42	1.59	0.35	0.65	1.14	1.22	7.72
斑海豹 <i>Phoca largha</i>	0.23	0.93	1.17	0.41	1.57	0.34	0.64	1.13	1.20	7.62
小黄鱼 <i>Larimicthys polyactis</i>	0.22	0.89	1.12	0.40	1.50	0.33	0.61	1.08	1.15	7.31
松江鲈 <i>Trachidermus fasciatus</i>	0.22	0.89	1.12	0.40	1.50	0.33	0.61	1.08	1.15	7.31
抹香鲸 <i>Physeter catodon</i>	0.18	0.72	0.90	0.32	1.21	0.26	0.49	0.87	0.93	5.87
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>	0.16	0.63	0.79	0.28	1.06	0.23	0.43	0.76	0.81	5.15
黑嘴鸥 <i>Larus saundersi</i>	0.16	0.63	0.79	0.28	1.06	0.23	0.43	0.76	0.81	5.15
棱皮龟 <i>Dermochelys coriacea</i>	0.12	0.48	0.60	0.21	0.80	0.17	0.33	0.58	0.62	3.91
青岛文昌鱼 <i>Branchiostoma tsingtauensis</i>	0.09	0.38	0.47	0.17	0.63	0.14	0.26	0.46	0.49	3.09
丽龟 <i>Lepidochelys olivacea</i>	0.08	0.34	0.43	0.15	0.57	0.12	0.23	0.41	0.44	2.78
大黄鱼 <i>Larimicthys crocea</i>	0.07	0.28	0.35	0.12	0.47	0.10	0.19	0.34	0.36	2.26
海龟 <i>Chelonia mydas</i>	0.07	0.28	0.35	0.12	0.47	0.10	0.19	0.34	0.36	2.26
玳瑁 <i>Eretmochelys imbricata</i>	0.06	0.25	0.31	0.11	0.42	0.09	0.17	0.31	0.32	2.06
汇总/亿元 Total	2.93	11.87	14.85	5.27	19.95	4.34	8.14	14.39	15.32	97.06

目前,地球正处于第六次生物大灭绝的早中期,不同于以往的生物大灭绝,这次主要由智人这一单一物种主导,以顶端消费者等大型生物的快速灭绝为主要特征^[33]。据《中国物种红色名录》统计,分布在黄海海域的珍稀濒危生物主要有 92 种,其中哺乳动物和鱼类等较高营养级生物 74 种,占 80%,且近年来该数据仍在不断增加。本地适宜种的消除,不仅满足不了不断增加的人口,而且会加剧破坏海洋系统的稳定性和在快速变化的海洋环境中的恢复能力^[34],结果是进入生物多样性持续降低的恶性循环。

3.2 黄海物种多样性维持服务价值评估

本研究统计调查发现,黄海海域多种海洋生物处于濒危等级,出现频次较高的珍稀濒危物种主要为黄岛

长吻虫、丹顶鹤、多鳃孔舌形虫、斑海豹、松江鲈等(表1,2)。2002年起,沿岸三省对于这些珍稀濒危生物的多样性维持的支付意愿逐年上升。截至2012年,黄海沿岸城市居民对这些珍稀濒危物种的多样性维持总支付意愿高达97.06亿元,其中山东省和江苏省所占比例较高(图1和表4)。王敏^[23]研究发现,2008年山东近海物种多样性维持服务价值在16.13亿元左右,而本研究结果(21.35亿元)略高,可能是由于统计数据包含了烟台市渤海沿岸的城市居民数量。夏涛^[24]通过调查江苏省海洋保护区情况,统计得到其2008年近海海洋保护物种多样性维持服务价值约为0.33亿元。该数据显著低于王敏和本研究的同时期统计结果,由于地区人口总数、平均家庭人口数、人均年收入等数据资料来自当地的统计年鉴,故造成此类偏差的原因很可能是由于调查问卷支付意愿范围的设定不同,从而导致居民总支付意愿结果偏差较大。与此同时,相关学者对于海洋保护区的生态系统多样性维持服务价值也开展了诸多研究,肖怡等^[35]统计2014年山东省30个海洋特别保护区生态系统维持服务总价值高达14.47亿元。郝林华等^[14]

研究发现2014年仅仅三亚市一座城市的居民对于海洋保护区的总支付意愿就可高达0.42亿元。

近十年来,随着国家海洋生态文明建设的逐步推进,我国海洋特别保护区的建设和管理日益规范化,国家级海洋公园的设立也更加科学化。生物多样性与服务功能的相关研究为此打下了坚实的基础。例如,本研究通过调查问卷,发现城市居民对于黄岛长吻虫、白枕鹤、丹顶鹤和海狗等黄海珍稀濒危物种具有较高的支付意愿,政府应当予以较高关注,选定其适宜的关键栖息地,制定合理的生态保护政策,开展严格的管理措施,确保其维持较高的物种多样性维持服务价值。此类结果亦可为国家海洋公园的建立提供一定的科学依据。

3.3 物种多样性维持服务价值评估影响因素

本研究对于黄海海域珍稀濒危物种的多样性维持服务价值评估主要依托于受访者的可支付意愿,通过对调查问卷进行统计分析,发现受访者的性别、年龄和家庭规模对支付意愿没有显著的影响作用,而受教育程度、家庭平均收入和海洋物种多样性知识指数对支付意愿都有比较显著的正向影响,这与郝林华等^[14]、王丽等^[18]的研究结果一致。Garcia-Llorente等^[36]研究亦表明,人们的社会经济收入、环保态度及利益相关关系会显著影响其对物种多样性维持服务的支付意愿。相对受教育程度、环保态度等要素而言,家庭平均收入数据更易量化与可获取,本研究保留家庭平均收入这一自变量,统计居民对黄海海域珍稀濒危物种多样性维持的可支付意愿,进而得到2002—2012年期间黄海生态系统物种多样性维持服务价值(图1)。

尽管支付意愿调查法能够直观的体现某个生态系统服务评价结果,但仍存在许多有待改进之处。调查问卷的设计、分配、调查与数据统计等均可能会对物种多样性维持服务价值造成一定的影响^[14,35,37]。与收益资本化法、直接市场价值法、机会成本法等方法的评价结果有时也差异巨大,融合性不足。故在今后相关评估研究中,应当更加系统完善调查问卷,规范调查准则。

参考文献(References):

- [1] Estes J A, Terborgh J, Brashares J S, Power M E, Berger J, Bond W J, Carpenter S R, Essington T E, Holt R D, Jackson J B C, Marquis R J, Oksanen L, Oksanen T, Paine R T, Pikitch E K, Ripple W J, Sandin S A, Scheffer M, Schoener T W, Shurin J B, Sinclair A R E, Soulé M E, Virtanen R, Wardle D A. Trophic downgrading of planet earth. *Science*, 2011, 333(6040): 301-306.

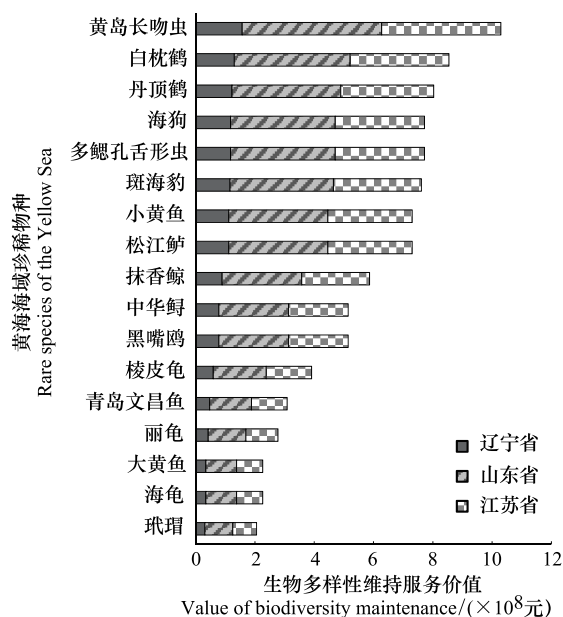


图2 黄海海域物种多样性维持的服务价值(2012年)

Fig.2 Value of the diversity maintenance service of the Yellow Sea (2012)

- [2] 蔺琛, 龚明昊, 刘洋, 潘旭, 朴正吉. 基于优势种的生物多样性保护价值空间异质性研究——以长白山生态功能区为例. 生态学报, 2018, 38(13): 4677-4683.
- [3] Brandt P, Abson D J, DellaSala D A, Feller R, von Wehrden H. Multifunctionality and biodiversity: ecosystem services in temperate rainforests of the Pacific Northwest, USA. *Biological Conservation*, 2014, 169: 362-371.
- [4] Halpern B S, Walbridge S, Selkoe K A, Kappel C V, Micheli F, D'Agrosa C, Bruno J F, Casey K S, Ebert C, Fox H E, Fujita R, Heinemann D, Lenihan H S, Madin E M P, Perry M T, Selig E R, Spalding M, Steneck R, Watson R. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 2008, 319(5865): 948-952.
- [5] Secretariat of the convention on biological diversity. *Biodiversity*, 2007, 8(4): 2.
- [6] MA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and Human Well-Being: the Assessment Series (Four Volumes and Summary)*. Washington DC: Island Press, 2005.
- [7] 陈尚, 张朝晖, 马艳, 石洪华, 马安青, 郑伟, 王其翔, 彭亚林, 刘健. 我国海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划. 地球科学进展, 2006, 21(11): 1127-1133.
- [8] 王栋. 海洋生物多样性维持的经济价值研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [9] Daily G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [10] Dobson A, Lodge D, Alder J, Cumming G S, Keymer J, McGlade J, Mooney H, Rusak J A, Sala O, Wolters V, Wall D, Winfree R, Xenopoulos M A. Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services. *Ecology*, 2006, 87(8): 1915-1924.
- [11] Chan K M, Ruckelshaus M. Characterizing changes in marine ecosystem services. *F1000 Biology Reports*, 2010, 2: 54.
- [12] Naidoo R, Balmford A, Costanza R, Fisher B, Green R E, Lehner B, Malcolm T R, Ricketts T H. Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(28): 9495-9500.
- [13] Mitchell R C, Carson R T. *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Washington DC: Resources for the Future, 1989: 82.
- [14] 郝林华, 陈尚, 王二涛, 夏飞, 夏涛. 基于条件价值法评估三亚海域生态系统多样性及物种多样性的维持服务价值. 生态学报, 2018, 38(18): 6432-6441.
- [15] Mallawaarachchi T, Morrison M D, Blamey R K. Choice modelling to determine the significance of environmental amenity and production alternatives in the community value of peri-urban land: sunshine coast, Australia. *Land Use Policy*, 2006, 23(3): 323-332.
- [16] Loomis J B, White D S. Economic benefits of rare and endangered species: summary and meta-analysis. *Ecological Economics*, 1996, 18(3): 197-206.
- [17] Tonin S. Citizens' perspectives on marine protected areas as a governance strategy to effectively preserve marine ecosystem services and biodiversity. *Ecosystem Services*, 2018, 34: 189-200.
- [18] 王丽, 陈尚, 任大川, 柯淑云, 李京梅, 王栋. 基于条件价值法评估罗源湾海洋生物多样性维持服务价值. 地球科学进展, 2010, 25(8): 886-892.
- [19] 李新正. 我国海洋大型底栖生物多样性研究及展望——以黄海为例. 生物多样性, 2011, 19(6): 676-684.
- [20] 邹艺伟, 杨青, 李全宝, 柳圭泽, 郭皓, 王真良. 北黄海浮游动物群落结构及年间比较. 海洋环境科学, 2013, 32(5): 683-687.
- [21] 刘述锡, 樊景凤, 王真良. 北黄海浮游植物群落季节变化. 生态环境学报, 2013, 22(7): 1173-1181.
- [22] 张均龙. 黄海大型底栖生物多样性与群落结构的研究[D]. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2012.
- [23] 王敏. 山东近海生态系统服务价值评估研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [24] 夏涛, 陈尚, 张涛, 王敏. 江苏近海生态系统服务价值评估. 生态学报, 2014, 34(17): 5069-5076.
- [25] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 28058—2011 海洋生态资本评估技术导则. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [26] Mace G M, Norris K, Fitter A H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, 2012, 27(1): 19-26.
- [27] Wang Q X, Song J J, Zhou J, Zhao W X, Liu H J, Tang X X. Temporal evolution of the Yellow Sea ecosystem services (1980-2010). *Heliyon*, 2016, 2(3): e00084.
- [28] Palumbi S R, Sandifer P A, Allan J D, Beck M W, Fautin D G, Fogarty M J, Halpern B S, Incze L S, Leong J A, Norse E, Stachowicz J J, Wall D H. Managing for ocean biodiversity to sustain marine ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(4): 204-211.
- [29] Rees S E, Rodwell L D, Attrill M J, Austen M C, Mangi S C. The value of marine biodiversity to the leisure and recreation industry and its application to marine spatial planning. *Marine Policy*, 2010, 34(5): 868-875.
- [30] 李延梅, 牛栋, 张志强, 曲建升. 国际生物多样性研究科学计划与热点述评. 生态学报, 2009, 29(4): 2115-2123.
- [31] Haines-Young R, Potschin M. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being//Raffaelli D G, Frid C L J, eds. *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [32] Potts T, Burdon D, Jackson E, Atkins J, Saunders J, Hastings E, Langmead O. Do marine protected areas deliver flows of ecosystem services to support human welfare? *Marine Policy*, 2014, 44: 139-148.
- [33] Barnosky A D, Matzke N, Tomiya S, Wogan G O U, Swartz B, Quental T B, Marshall C, McGuire J L, Lindsey E L, Maguire K C, Mersey B, Ferrer E A. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 2011, 471(7336): 51-57.
- [34] Worm B, Barbier E B, Beaumont N, Duffy J E, Folke C, Halpern B S, Jackson J B C, Lotze H K, Micheli F, Palumbi S R, Sala E, Selkoe K A, Stachowicz J J, Watson R. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 2006, 314(5800): 787-790.
- [35] 肖怡, 陈尚, 曹志泉, 夏涛, 郝林华. 基于 CVM 的山东海洋保护区生态系统多样性维持服务价值评估. 生态学报, 2016, 36(11): 3321-3328.
- [36] García-Llorente M, Martín-López B, Montes C. Exploring the motivations of protesters in contingent valuation: Insights for conservation policies. *Environmental Science & Policy*, 2011, 14(1): 76-88.
- [37] Carson R T, Mitchell R C. Sequencing and nesting in contingent valuation surveys. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1995, 28(2): 155-173.