

自然因素约束下潜在海洋潜水旅游目的地识别方法与案例

盛雨婷^{1,2}, 姜文达^{1,2*}, 焦会莹^{1,3}, 王彩依^{1,2}

(1.宁波大学 宁波陆海国土空间利用与治理协同创新中心, 浙江 宁波 315211; 2.宁波大学 东海战略研究院, 浙江 宁波 315211; 3.舟山市沈家门中学, 浙江 舟山 316199)

摘要: 潜水品质取决于海洋自然环境, 须在自然环境适宜地建设潜水旅游目的地, 才能培育潜水旅游业. 借助 ArcGIS 10.5 软件, 运用多因子、层次分析方法构建海洋潜水旅游目的地适宜性评价指标及集成判别技术路线, 识别全球海洋潜水旅游目的地的潜在分布, 并结合我国潜水分布适宜区为海域空间规划编制内容提供现实依据. 研究发现: (1)影响建设海洋潜水旅游目的地的因素是海水深度、海洋表层水温、海流、潮汐、珊瑚密度等, 热量条件对适宜潜水全球分异起到了关键制约, 随着海水水温、珊瑚礁分布等自然条件优势减弱, 适宜性也逐渐降低, 形成由低纬向高纬递减规律; (2)全球最适宜发展潜水旅游的地点集中在东南亚、太平洋西部与东部、印度洋西部与北部、中美洲等地区; (3)由于南海和东海部分海域更具丰富的生物多样性、良好的光热条件, 是中国潜水旅游目的地的最适宜区和较适宜区, 海南三亚、西沙群岛以及广西涠洲岛等目的地已成为中国海洋潜水旅游的重点开发区域.

关键词: 潜水旅游; 目的地识别; 适宜性评价; 层次分析法; 发展对策

中图分类号: K918

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2022) 06-0114-07

21 世纪以来, 海洋在国家发展格局与对外开放中的作用日益重要, 海洋休闲产业是海洋空间开发利用的重要组成部分, 从海洋休闲产业视角完善海域空间编制内容对完善海洋空间规划体系有着重要的现实意义^[1]. 自 1980 年起, 世界各地出现了多种形式的旅游^[2-3], 海洋休闲旅游从高端逐渐走向大众化, 潜水旅游作为海洋休闲产业不可或缺的一部分, 其目的地也由发达滨海国家逐渐向发展中滨海国家扩散^[4]. 新兴潜水旅游在加勒比海、太平洋岛屿、加拉帕戈斯群岛、红海、大堡礁、泰国等地蓬勃发展. 热带环境下清澈温暖的海水、复杂的海洋环境和多样的生物吸引了众多潜水旅游者, 使热带地区潜水旅游大幅度增长^[5]. 但在游客满意度和经济效益双丰收情境下, 潜水旅游目的地社区与海域生态环境遭到破坏, 海洋潜水地可持续发展问题受到政府、社会和学术界普遍关注.

潜水旅游目的地受自然因素影响巨大, 其需要适宜的海域自然状况, 如气候、空气质量、地形、洋流、海水温度、潮汐、水深等, 以及具备吸引力的海洋野生生物, 如各类珊瑚、鲨鱼等^[6-8]. 除了舒适的自然环境外, 潜水旅游还需要满足旅游者的猎奇心理, 海洋野生生物丰富度和特殊性在潜水目的地选择中占据主导地位. 当然, 海水水温、潮汐、洋流等影响游客生命安全的因素也必须考虑在内. 我国学界研究没有特别关注目的地与自然因素的关系, 更多关注的是潜水目的地的业态和管理机制, 个别学者研究了潜水旅游与珊瑚脆弱性的关系等^[9]. 国外研究潜水旅游业风险、潜水体验质量以及海洋保护区等方面时已考虑自然因素对潜水目的地的影响, 以及不当潜水活动给目的地带来的生物多样性损失、土地利用变化、水源污染等负面问题^[10]. 潜水旅游在全球旅游活动中地位

收稿日期: 2022-04-20.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省基础公益研究项目 (LGF22D010002).

第一作者: 盛雨婷 (1997-), 女, 江苏南京人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 旅游地理与旅游规划. E-mail: 1062308531@qq.com

*通信作者: 姜文达 (1963-), 男, 上海人, 高级工程师, 主要研究方向: 资源环境与可持续发展. E-mail: jiangwendan@nbu.edu.cn

越来越重要,截至2020年,PADI Travel 官网显示全球有超过128 000名PADI专业成员,6 600个PADI潜水中心和度假村,世界旅游组织强调目的地的质量与其潜水质量密切相关,潜水质量优劣则取决于自然环境禀赋。因此,选取关键自然因素识别潜水旅游目的地对提升潜水旅游质量、开发潜在旅游资源、保护海洋生态环境具有重要意义。

由于WOS数据库中有潜水旅游空间的分析较少,以下主要从与之相关的涉海旅游空间研究文献入手。国外学者对涉海旅游空间布局的研究侧重于分析影响旅游空间布局的因素。Muller^[11]论述了多种空间结构分析的地理与数学描述方法,如平均中心点、标准距离、洛伦兹曲线、标准差椭圆等。Spalding等^[12]利用社交媒体和群众调查等多种来源的全球数据,分析珊瑚礁对旅游业的全部价值以及这些价值的空间分布,描述了珊瑚礁所产生的一系列间接利益,又称“临近珊瑚礁”价值,研究结果显示世界上约30%的珊瑚礁具有旅游价值。同样,依据相关研究对我国涉海旅游地空间分布进行归纳和分析,研究尺度可以分为整体区域、省域和市域。从区域空间尺度来看,张广海等^[13]采用马尔科夫链与ESDA法分析了我国沿海城市旅游产业发展水平的时空演变格局,发现沿海11省市区存在两极分化加强和严重的“俱乐部趋同”现象。从省域空间尺度来看,申涛等^[14]对海南岛旅游吸引物的空间结构及演化进行探究,结果显示海南岛高等级景区整体分布均匀,但在市县中呈现集中性,景观相似度较高,由此提出了突出口岸地位等措施来构建布局合理、特色鲜明的世界一流旅游度假目的地。从市域空间尺度来看,杨效忠等^[15]发现舟山群岛大尺度景区的分布呈现集聚态势,但相较于陆面,舟山主要景区实际的集聚效应仍然较弱,由此提出构建发挥区域整体和联动效应的并联整合战略思想。

本文基于海域自然环境,借助ArcGIS 10.5软件,采用多因子、层次分析方法构建海洋潜水旅游目的地适宜性评价指标体系及系统判别技术路线,识别全球适宜发展海洋潜水旅游目的地的潜在分布,进而聚焦分析我国适宜开展潜水旅游的海域,提出促进我国海洋潜水旅游目的地可持续利用对策,并为海域空间规划编制提出可行性建议。

1 自然环境因素约束下海洋潜水旅游目的地的识别方法构建

1.1 构建逻辑

海洋潜水旅游目的地的适宜性评价需要统筹考虑影响因子的选取、标准化、权重确定以及如何将世界地图GIS信息纳入分析过程^[16],进而构建适宜性评价技术路线(图1)。

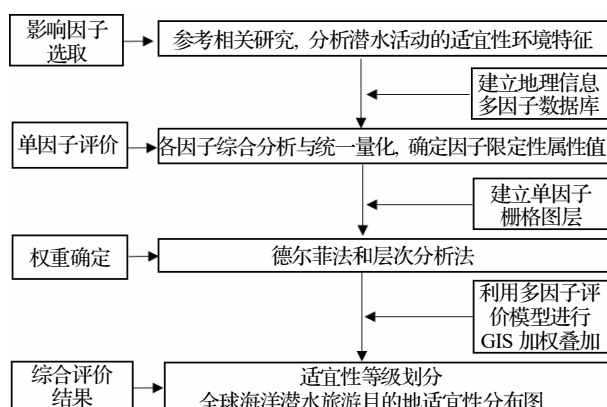


图1 全球海洋潜水旅游目的地适宜性评价及其分级技术路线

构建过程主要包括4个步骤:(1)选取影响因子。梳理、总结国内外文献分析海洋潜水旅游活动的适宜性环境规律,分析影响海洋潜水旅游目的地的关键自然环境因素,进而依据因子影响显著性和数据获取可得性原则,筛选影响海洋潜水旅游目的地的主要自然环境因子。(2)单因子评价。分别评价各因子,首先要统一量化相关因子层指标数据,随后综合分析,进而确定该因子限定性属性值。统一量化过程采用WGS-1984-UTM-zone-50N投影坐标系在ArcGIS 10.5软件中对所使用空间数据统一化,并将数据统一处理为栅格数据,获得各自然因子栅格分布图。(3)适宜性影响因子权重确定。依据德尔菲法(Delphi Method)邀请专家对影响因子进行赋值,随后采用层次分析法确定各因子权重。(4)综合评价与级别划定。根据标准化后单因子栅格数据权重,采用基于ArcGIS 10.5的多因子加权叠加分析,将各因子栅格分布图进行加权叠加,得到海洋潜水旅游目的地适宜性的综合评价结果,进而采用ArcGIS 10.5中基于Jenks的“自然间断点分级法”将结果分为最适宜、较适宜、较不适宜、不适宜和最不适宜5级,以确定海洋潜水旅游目的

地的适宜性空间差异,识别出全球潜在的海洋潜水旅游目的地的层级分布差异.多因子加权评价模型公式为

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \times P_i,$$

式中: S 为某评价单元发展海洋潜水旅游的适宜程度综合值; W_i 为因子 i 的权重值; P_i 为评价单元的第 i 个单因子分值; n 为因子总数.

1.2 指标遴选及其作用解析

国内外研究者基于不同尺度对影响海洋潜水旅游地的地理环境因素进行分析(表 1),可归纳为地形地貌要素、水文要素、生物要素.其中,能够反映海洋潜水旅游目的地与潜水活动适宜性的关键自然环境因素是海域环境.因此,从海洋地理视角建立海洋潜水旅游目的地适宜性的指标框架,选取海水深度、海洋表层水温、海流、潮汐、珊瑚密度等因子作为海洋潜水旅游目的地适宜性的评价指标.

表 1 国内外研究者基于海洋潜水旅游地的地理环境要素分析

研究者	区域 尺度	主要地理环境要素
Dimopoulos 等 ^[17]	海洋生态区	珊瑚礁和鱼类多样性、能见度、洋流
Marconi 等 ^[18]	国家	珊瑚礁、水温、海洋野生动植物、潮汐
Uyarra 等 ^[19]	海岛	鱼类物种丰富度(鱼群总数、鱼类种类多样性);珊瑚条件(活珊瑚覆盖率、珊瑚物种丰富度、礁石结构)
Flores-de la Hoya 等 ^[20]	沿海和海洋区	水深、地形与岩石结构、洋流、能见度、海水温度、潮汐、海洋生物、飓风、海浪
王曦 ^[21]	省	海水深度、海岸线特征、气候、海洋生物特征
常腾龙 ^[22]	市	气候、空气质量、海洋生物特征
黄学彬等 ^[23]	海岛	海洋生物特征、能见度、珊瑚礁

各因子适宜性等级划分时,部分因子分级较为复杂,结合现行规定或已有研究阐明各因子的分级逻辑及其评价方法.总体将各因子分为高、中、低、较低、极低 5 个适宜等级,形成各因子栅格图层,并以 0~9 按等级赋值各因子栅格图层.

(1)海洋水深分级,通过分析全球海洋 DEM 栅格图提取,主要评估海洋潜水旅游目的地的海域深度适宜性.从海洋垂直深度看,依照海洋深度分层原理可分为光合作用带(0~200 m)、中层带(-200~-1 000 m)、深层带(-1 000~-4 000 m)、深渊带(-4 000~-6 000 m)、深海带(-6 000 m 以下).其中光合作用带为海洋表层水域至-200 m 海深处,阳光中大部分可见光都可以照射进此层,主要海洋生产者可通过光合作用在此层生产物质,具有较强的生产力;同时此层也是大部分商业渔业及诸多受保护的大型海洋哺乳动物、海龟和鹿角珊瑚的栖息之地.考虑到潜水活动特性,受水压影响,一般休闲潜水深度在 0~18 m,职业潜水员和观光潜水艇可下潜至-30 m 深度.生理学研究显示人类无装备情况下潜水极限在-100 m 左右,尽管已有佩戴装备的-332.35 m 的最深世界潜水记录,但仍然无法适用于商业潜水.从海底地形横向分布看,大陆架水深一般为 0~200 m,临近海岸,大陆坡一般在-200~-4 000 m,其余地形深度均在-2 000 m 以下,且远离海岸.基于海洋潜水旅游目的地临近原则,根据垂直深度与横向深度判断大陆架地形海区,即可观赏到丰富的海洋生物且又完全适宜潜水活动的深度.因此,根据不同区域海底地形一般深度标准划分 0~200 m、-200~-2 000 m、-2 000~-4 000 m、-4 000~-6 000 m、-6 000 m 以下等级,深度越大则适宜性越小、赋值越低.

(2)海水表层温度分级,由分析全球表层海水温度栅格图得到.海洋表层水温是影响潜水活动的重要特征指标,可衡量目的地能否提供适宜开展潜水活动的海温.参照美国海水浴场适宜性评估标准^[24],并结合潜水活动适宜特征,划分为 22.2℃以上、19.4~22.2℃、14~19.4℃、10~14℃、10℃以下 5 级,随后采用潜水行业专家赋值各海温等级适宜程度值.

(3)海流流速适宜度分级,采用 1 月份全球海流流速 NETCDF (NC)网络数据,通过坐标投影、数据格式转换将其转换为栅格图层.海流又称洋流,是潜水旅游活动适宜性的一个重要限制性因素,它影响着潜水者运动平衡的调整,关系到旅游者的舒适性与安全性.依据 Wijaya 与 Putra 等学者研究适宜潜水旅游的水流流速分类标准,划分为

0~0.15 m·s⁻¹、0.15~0.3 m·s⁻¹、0.3~0.5 m·s⁻¹、0.5~1 m·s⁻¹、1 m·s⁻¹ 以上共 5 个等级, 海流流速相对较慢(弱)的水域是潜水旅游的理想场所, 因此流速越小适宜潜水程度越高, 赋值越大。

(4)潮汐潮位适宜性分级, 采用全球 1 月平均潮汐潮位观测 NETCDF 网络数据, 进行坐标投影、数据格式转换, 将其转换为栅格图层。潮汐是沿海地区的一种自然现象, 是衡量潜水旅游地海域是否具备安全性的要素之一。潮汐过强会加快海水流速, 给潜水旅游活动带来安全隐患。参照 NOAA 全球潮汐平均观测高度标准, 划分为 0.01~18.1 cm、18.1~39.8 cm、39.8~72.3 cm、72.3~159 cm、159~460.7 cm 共 5 个等级, 潮位越低适宜性越高, 赋值越大。

(5)珊瑚密度丰富性分级, 以 NOAA 统计全球 14 种珊瑚礁点数据为基础, 进行投影坐标与百度地图 API 坐标数据矢量化, 采用密度制图得到全球珊瑚礁点密度栅格图层。珊瑚礁集聚分布可为海洋潜水旅游目的地提供良好的自然资源条件, 带来更大的游客流量, 资源依附强且交通通达性差的潜水地对此尤为敏感。珊瑚礁是海洋潜水旅游目的地重要吸引物, 全球珊瑚礁总面积约为 259 647 km² [25]。因此, 珊瑚密度越大表示该地区的珊瑚资源条件越好, 越适宜开展潜水旅游, 所以按密度值划分为极高密度区、高密度区、中密度区、低密度区、极低或无密度区, 密度越大表明吸引度越高, 其赋值也越大。

1.3 集成过程权重分级

采用层次分析法将指标体系划分为领域层与指标层, 随后邀请行业专家打分, 对评价因子相对重要性进行赋权, 进而利用层次分析计算权重。2020 年 7 月 7 日至 10 月 15 日, 先后两次共向 31 位专家发放了评价打分表, 得到有效问卷 27 份, 问卷回收率为 87%。有效问卷填写专家包括地理学专家 13 人、旅游学专家 5 人、海洋学专家 7 人、潜水行业人员与国际潜水协会人员 2 人。层次分析判断矩阵一致性检验表明, 判断矩阵的 $CR < 0.1$, 说明判断矩阵所计算出的指标权重比较可靠, 具有满意一致性。为了避免主观性, 结合信息熵对指标权重进行修正, 最终得到全球海洋潜水旅游目的地的适宜性评价指标及其权重, 结果见表 2。

表 2 全球海洋潜水旅游目的地适宜性评价指标

领域层	指标层(权重)	评价要素	因子分级标准	赋值
海洋自然环境指标 A	海水深度 B ₁ (0.128)	海洋高程/ m	0~ -200	9
			-200~ -2000	2
			-2000~ -4000	0
			-4000~ -6000	0
			< -6000	0
	海水温度 B ₂ (0.452)	海表年温 度/℃	< 10	1
			10~14	2
			14~19.4	3
			19.4~22.2	5
			> 22.2	9
	海流因素 B ₃ (0.103)	海流流速/ (m·s ⁻¹)	0~0.15	9
			0.15~0.3	7
			0.3~0.5	5
			0.5~1	2
			> 1	1
	潮汐因素 B ₄ (0.142)	潮汐潮位/ cm	0.01~18.1	9
			18.1~39.8	7
			39.8~72.3	3
			72.3~159	2
			159~460.7	1
海洋珊瑚资源 B ₅ (0.175)	珊瑚密度	珊瑚密度	极低或无密度区	1
			低密度区	3
			中密度区	5
			高密度区	7
			极高密度区	9

2 案例: 全球及中国海洋潜水旅游目的地适宜性评价

2.1 全球海洋潜水旅游目的地分布适宜性综合评价结果

将各因子适宜性的栅格图层进行标准化处理, 结合表 2 采用多因子加权评价模型与空间叠加分析法, 将标准化后单因子栅格数据层加权叠加 [26], 最终获得全球海洋潜水旅游目的地的分布适宜性指数, 指数值范围为 0.75~5。利用 ArcGIS 10.5 软件中自然断点法(Natural Breaks)将其划分为最适宜区、较适宜区、较不适宜区、不适宜区、最不适宜区共 5 级(图 2、表 3)。最适宜区是指适宜性的各因子指数都较高, 其综合指数范围在 4.79~6.8 之间, 大致分布在东南亚、太平洋西部与东部、印度洋西

部与北部、中美洲等. 从海洋自然环境基础看, 这些区域海域水温较高, 海表温度终年保持在 22.2°C 以上, 洋流平缓, 且大部分有暖流流经, 珊瑚礁资源丰富, 岸礁、堡礁、大洋环礁广布^[27], 形成了海洋潜水旅游地最佳潜在区, 非常适宜海洋潜水旅游目的地的形成. 较适宜区是指整体海洋自然条件较好, 但其中有一两项指标的适宜性指数略低, 综合指数范围为 $3.46\sim 4.79$. 较适宜区分布于 30°N 至 30°S 之间, 海水表层温度分布为其赋予了较大的空间范围, 位于最适宜区的外围. 因此, 海水温度及在适宜温度下促成珊瑚生长使得该区域基本自然条件较好, 但由于潮汐等单项评价指标较低, 无法成为最适宜区. 较不适宜区指评价指标中有两个或多个指标指数偏低, 致使总体适宜性评价指数较低, 指数范围为 $2.62\sim 3.46$, 主要分布在较适宜区外围, 整体范围与纬线大致平行. 这是因为无论是海水温度, 还是珊瑚礁数量都随纬度的增高而递减, 相较于最适宜区和较适宜区的自然条件优势快速减弱. 不适宜区和最不适宜区的多数评价因子指数较低, 导致这些区域总体适宜性指数过低, 指数范围分别为 $1.84\sim 2.62$ 和 $0.62\sim 1.84$. 其范围相对较大, 主要位于南北纬 50° 以上, 由于受水温过低、海洋生物资源稀少等影响, 尽管可以进行极限潜水, 但并不适宜大规模开展潜水旅游活动.

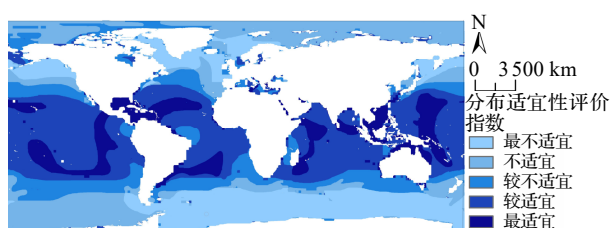


图2 全球海洋潜水旅游目的地分布适宜性综合评价等级

表3 海洋潜水旅游目的地适宜性综合评价分级阈值

等级	阈值区间	主要分布区域
最适宜区	4.79~6.80	东南亚、太平洋西部与东部、印度洋西部与北部、中美洲
较适宜区	3.46~4.79	太平洋中部与北部、印度洋中部与南部
较不适宜区	2.62~3.46	南北纬 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$
不适宜区	1.84~2.62	南北纬 50° 至极地
最不适宜区	0.62~1.84	南北纬 50° 至极地

2.2 中国海洋潜水旅游适宜区分布

在海洋自然环境约束下识别中国潜在海洋潜水旅游目的地适宜性分区, 最适宜区和较适宜区分别位于南海和东海部分海域, 主要分布在海南、广西、广东、福建、浙江、台湾、香港和澳门(图3).

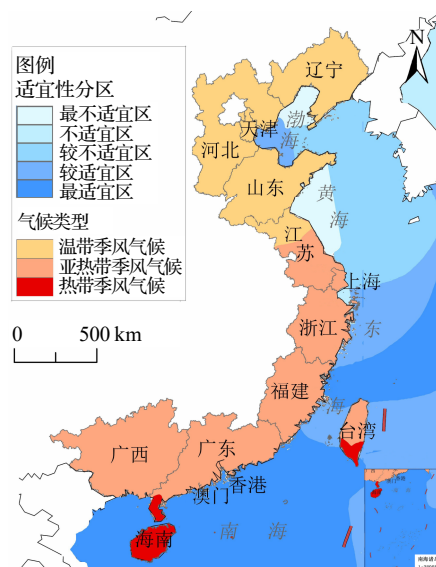


图3 中国沿海地区开展海洋潜水旅游的适宜区

从自然特征来看, 适宜开展海洋潜水旅游的省份及其海域均为热带季风气候, 终年平均气温在 22°C 以上; 季风性降雨显著, 集中于 6~9 月份, 年降雨量为 $1500\sim 2500\text{ mm}$; 日照充足, 光合潜力高, 适宜热带景观植物的生长, 海水温度基本在 25°C 以上, 为最适宜区. 以海南(含管辖岛屿)为例, 海南气候宜人、生态环境优美, 由于纬度低, 南海海域为热带海区, 以沙质、珊瑚海岸和红树林海岸为主; 海水表层年平均温度在 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ 之间, 年变化小, 潮差小, 海水清澈, 透明度可达 $20\sim 25\text{ m}$; 海南拥有丰富的海域生物资源, 生物总量达 3000 多种, 其中鱼类超过 1500 种, 还有大量珊瑚、海龟、玳瑁、贝类、虾蟹、海藻, 极具观赏价值. 此外, 我国北回归线以南海域, 如台湾岛东南海岸及其附近的火烧岛、兰屿等地都有暗礁和堡礁的发育, 又是火山岛, 为潜水旅游提供了优质的海洋地貌与生物景观资源. 其余适宜区均属于亚热带季风气候, 特点是夏热冬温, 四季分明, 年平均气温为 $15\sim 22^{\circ}\text{C}$; 海域水文环境差异较大, 其中广西、广东大部分、福建南部以及香港、澳门海域水温相对适宜, 拥有珊瑚资源, 潮差相对平稳, 为最适宜区.

福建、台湾中部和浙江因濒临东海,深水区终年受黑潮影响,潮差相对较高,特别是浙江近岸海域以及舟山群岛由于水质较差,海水暗流涌动,危险性大,其海温相对较低且年变化大,又缺少珊瑚礁等生物景观,因此,仅为潜水旅游目的地较适宜区。

3 结论

尽管国内已有研究意识到了海洋潜水旅游目的地与其自然影响因素的关系,但大部分的概括性因素研究仍没有揭示其整体分布的内在规律。本文选取海水深度、海水温度等5个指标作为全球海洋潜水旅游目的地分布适宜性的评价因子,利用GIS技术对多来源、多形式的数据采用栅格化法等方式对因子进行分级和处理,利用层次分析法确定指标权重,综合评价得出全球海洋潜水旅游目的地适宜性的分布结果。研究表明,适宜性指数具有明显的空间差异,最适宜的潜在分布区集中在东南亚、太平洋西部与东部、印度洋西部与北部、中美洲等地区,这些地区在自然环境条件良好的绝对优势下,极适合开展潜水旅游。较适宜区分布于30°N至30°S之间。随着海水水温降低、珊瑚礁分布减少等自然条件优势的减弱,海域开展潜水活动的适宜性也逐渐减弱,形成由低纬向高纬适宜性逐渐递减的规律。可以发现,热量条件对分异现象起到了绝对制约作用。当然,适宜性的分布结果是在综合考量整体自然环境基础上得出的,各因子之间同样存在着相互影响、相互制约的关系。

海洋潜水旅游在维护海洋资源禀赋与多样性,实现海洋生态系统可持续,充实海域空间规划编制内容中发挥着重要作用。但我国潜水旅游业由于缺乏资金投入、战略规划与经营经验等,因而上述作用尚未获得有效实施。海洋功能区是海洋空间规划体系中用来指导海洋开发活动的指导总纲之一,其要求海洋旅游休闲娱乐区应注重近海海域空间发展诉求。发展海洋潜水旅游的空间需具备高品质的资源,考虑到海洋生态系统的复杂性、流动性等特性,政府和旅游公司应合理利用潜水资源优势,充分规划近岸与离岸潜水点,积极衔接PADI在较不适宜区、不适宜区和最不适宜区的核心城市授权潜水中心。如果不顾一切开发和破坏潜水旅游资源,将使得它的发展生命快速结束。

参考文献:

- [1] 马嵩,马立群,郭枫.从休闲渔业发展看海洋空间规划的完善[J].中国土地,2022(2):31-32.
- [2] Tsartas P A, Lagos D G. Critical Evaluation of the Greek Tourism Policy[M]//Carayannis E G, Korres G M. European Socio-Economic Integration: Challenges, Opportunities and Lessons Learned, New York: Springer, 2013:203-221.
- [3] Wang L, Zhang H. The impact of marine tourism resources development on sustainable development of marine economy[J]. Journal of Coastal Research, 2019, 94:589-592.
- [4] Lucrezi S, Milanese M, Markantonatou V, et al. Scuba diving tourism systems and sustainability: Perceptions by the scuba diving industry in two Marine Protected Areas [J]. Tourism Management, 2017, 59:385-403.
- [5] Inglis G J, Johnson VI V I, Ponte F. Crowding norms in marine settings: A case study of snorkeling on the Great Barrier Reef[J]. Environmental Management, 1999, 24(3): 369-381.
- [6] Cheablam O, Shrestha R P. Climate change trends and its impact on tourism resources in Mu Ko Surin Marine National Park, Thailand[J]. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 2015, 20(4):435-454.
- [7] Trujillo J C, Carrillo B, Charris C A, et al. Coral reefs under threat in a Caribbean Marine Protected Area: Assessing divers' willingness to pay toward conservation [J]. Marine Policy, 2016, 68:146-154.
- [8] Weir B. Climate change and tourism – Are we forgetting lessons from the past?[J]. Journal of Hospitality and Tourism Management, 2017, 32:108-114.
- [9] 肖建红,赵玉宗,王飞.珊瑚礁旅游资源保护非使用价值评估嵌入效应研究——以三亚4个典型潜水旅游景区为例[J].旅游科学,2020,34(5):80-95.
- [10] 马仁锋,盛雨婷.海洋潜水旅游地研究历程、关键领域与展望[J].中国海洋大学学报(社会科学版),2022(2): 48-62.
- [11] Muller P O. Industrial location: An economic geographical analysis[J]. Regional and Urban Economics, 1972, 1(4): 422-425.
- [12] Spalding M, Burke L, Wood S A, et al. Mapping the global value and distribution of coral reef tourism[J]. Marine Policy, 2017, 82:104-113.
- [13] 张广海,刘真真,李盈昌.中国沿海省份旅游产业发展水平综合评价及时空格局演变[J].地域研究与开发, 2013, 32(4):22-27.
- [14] 申涛,田良.海南岛旅游吸引物空间结构及其演化——

- 基于 41 家高等级旅游景区(点)的分析[J]. 热带地理, 2010, 30(1):96-100.
- [15] 杨效忠, 陆林, 张光生, 等. 舟山群岛旅游资源空间结构研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(5):87-90.
- [16] 袁开国, 刘莲, 向云波, 等. 基于 GIS 的异地互动旅游养老目的地适宜性评价[J]. 经济地理, 2013, 33(11): 163-168.
- [17] Dimopoulos D, Queiros D, van Zyl C. Sinking deeper: The most significant risks impacting the dive tourism industry in the East African Marine Ecoregion[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2019, 181:104897.
- [18] Marconi M, Giglio V J, Pereira Filho G H, et al. Does quality of scuba diving experience vary according to the context and management regime of Marine Protected Areas?[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2020, 194:105246.
- [19] Uyarra M C, Watkinson A R, Côté I M. Managing dive tourism for the sustainable use of coral reefs: Validating diver perceptions of attractive site features[J]. *Environmental Management*, 2009, 43(1):1-16.
- [20] Flores-de la Hoya A, Godínez-Domínguez E, González-Sansón G. Rapid assessment of coastal underwater spots for their use as recreational scuba diving sites[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2018, 152:1-13.
- [21] 王曦. 国际旅游岛契机下休闲潜水发展趋势的研究[D]. 海口: 海南师范大学, 2012.
- [22] 常腾龙. DB 潜水旅游项目经营策略研究[D]. 海口: 海南大学, 2017.
- [23] 黄学彬, 毕一飞. 国际海岛潜水专项旅游产品实证研究[C]//第九届海洋强国战略论坛论文集, 2018:147-150.
- [24] Carlsen J C, Hughes M. Tourism market recovery in the Maldives after the 2004 Indian Ocean tsunami[J]. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 2008, 23(2/3/4):139-149.
- [25] GCRMN. Status of coral reefs of the world: 2020[EB/OL]. [2022-3-14]. <https://gcrmn.net/2020-report/>.
- [26] 耿树丰, 国安东, 杨俊, 等. 中国绿色旅游基地适宜性综合评价[J]. 地理科学, 2019, 39(9):1507-1515.
- [27] 焦会莹, 姜文达, 马仁锋. 全球海洋潜水旅游目的地分布特征及其自然影响因素研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2021, 34(2):87-95.

Identification methods and case-study of potential marine diving tourism destinations constrained by natural factors

SHENG Yuting^{1,2}, JIANG Wenda^{1,2*}, JIAO Huiying^{1,3}, WANG Caiyi^{1,2}

(1.Ningbo Collaborative Innovation Research Center for Land and Marine Spatial Utilization and Governance, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2.Donghai Academy, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 3.Zhoushan Shenjiamen High School, Zhoushan 316199, China)

Abstract: The quality of diving depends on the natural amenity. Only by properly building diving tourism destinations in the natural environment can we develop an efficient diving tourism industry. With the help of ArcGIS10.5 software, multi-factor and analytic hierarchy process are used to construct the suitability evaluation index and systematic discrimination technical route of marine diving tourism destinations, and to preliminarily identify the potential distribution of global marine diving tourism destinations. The findings are as follows: (1) The factors that affect the construction of marine diving tourism destinations are the depth of sea water, the surface water temperature of the ocean, the current, the tide, the coral density, etc. Heat condition plays a key role in the global differentiation of suitable diving. With the weakening of natural conditions such as seawater temperature and coral reef distribution, the suitability also gradually decreases, forming a law of decreasing from low latitude to high latitude. (2) The most suitable places to develop diving tourism in the world are concentrated in Southeast Asia, western and eastern Pacific Ocean, western and northern Indian Ocean, Central America and other regions. (3) Due to the abundant biodiversity and good lighting and heating conditions, the most suitable areas for diving tourism in China are located in parts of the South China Sea and the East China Sea, respectively. Besides, Sanya and Xisha Islands in Hainan, Weizhou Island in Guangxi, as well as some other destinations have become the key development areas of marine diving tourism in China.

Key words: diving tourism; tourist destinations; suitability evaluation; analytic hierarchy process; enlightenment
(责任编辑 韩 超)