

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2026.04.003

# 中国邻近海域 Stokes 漂流流速分布特性

王京富<sup>1,2</sup>, 陶爱峰<sup>1,2</sup>, 解淑亚<sup>1,2</sup>, 秦淑芳<sup>1,2</sup>, 殷妍<sup>1,2</sup>, 王岗<sup>1,2</sup>

(1. 河海大学海岸灾害及防护教育部重点实验室; 2. 河海大学港口海岸与近海工程学院)

**摘要:** 基于 ERA5 再分析数据, 计算并分析了 1980—2023 年中国邻近海域 Stokes 漂流流速的四季空间分布规律, 并分析了典型台风条件下 Stokes 漂流速度的变化特性。结果表明: 中国邻近海域 Stokes 漂流流速存在显著的纬向分异与季节变化特征; 除夏季外, Stokes 漂流流速大值区均位于中国台湾海峡附近海域, 平均流速可以达到 0.1 m/s, 方向总体为南向和西南向; 夏季 Stokes 漂流流速大值区向西南部偏移, 位于中南半岛的东南部, 大值区流速范围为 0.08~0.09 m/s, 方向总体为北向和东北向; 受地形和季风影响, 黄渤海区域 Stokes 漂流呈现沿着海岸线向北传播的特征, 这一特征与海表漂浮物向北输运密切相关; 在台风等极端天气影响下, 尤其是在台风生成处附近海域, 沿台风路径的 Stokes 漂流流速会增大 1.5~2.3 倍。

**关键词:** 中国邻近海域; Stokes 漂流流速; ERA5 再分析数据; 时空分布特征

## Distribution characteristics of Stokes drift velocity in adjacent seas of China

Wang Jingfu<sup>1,2</sup>, Tao Aifeng<sup>1,2</sup>, Xie Shuya<sup>1,2</sup>, Qin Shufang<sup>1,2</sup>, Yin Yan<sup>1,2</sup>, Wang Gang<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Coastal Disaster and Protection, Ministry of Education, Hohai University;

2. College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University)

**Abstract:** Based on ERA5 reanalysis data, the spatial distribution characteristics of Stokes drift velocity in four seasons in adjacent seas of China from 1980 to 2023 were calculated and analyzed, and the variation characteristics of Stokes drift velocity under typical typhoon conditions were analyzed. The results show that the Stokes drift velocity in adjacent seas of China exhibits significant latitudinal differentiation and seasonal variation characteristics. Except in summer, the high-value areas of Stokes drift velocity are all located in the adjacent seas of the Taiwan Strait, China, where the average velocity can reach 0.1 m/s, and the direction is generally southward and southwestward. In summer, the high-value areas of Stokes drift velocity shift to the southwest, located in the southeast of the Indo-China Peninsula, with velocities ranging from 0.08 m/s to 0.09 m/s, and the direction is generally northward and northeastward. Affected by topography and monsoons, the Stokes drift in the Yellow Sea and Bohai Sea regions presents the characteristic of northward propagation along the coastline, which is closely related to the northward transport of floating objects on the sea surface. Under the influence of extreme weather such as typhoons, especially in the seas near the typhoon generation area, the Stokes drift velocity along the typhoon path increases by 1.5-2.3 times.

**Key words:** adjacent sea of China; Stokes drift velocity; ERA5 reanalysis data; spatiotemporal distribution characteristic

Stokes 漂流是波浪非线性的体现, 与朗缪尔环流及海表物质输运等密切相关<sup>[1]</sup>。Stokes 漂流显著影响海洋上混合层的流场与温度场结构<sup>[2]</sup>, 在悬浮物短期输运及空间分布过程中起主导作用, 可为海洋物质输运相关研究提供重要参考<sup>[3]</sup>。Stokes<sup>[4]</sup>于 1847 年建立了 Stokes 漂流理论, 并给出了单频深水重力波的 Stokes 漂流表达式。近年来, 已有学者对全球表层 Stokes 漂流的季节和多年平均分布规律进行了研究。例如: 张晓爽等<sup>[5]</sup>研究发现, 海面 Stokes 漂流呈现高纬度偏大的特征, 并以南极绕极流海域最为突出; 梁小力<sup>[6]</sup>指出多年平均的表层 Stokes 漂流速度在赤道和南北纬 30°附近海域较小, 而在赤道外海和西风带附近海域较大, 全球大部分海域的表层 Stokes 漂流流速范围为 0.01~0.18 m/s; 肖林等<sup>[7]</sup>基于 WAVEWATCH III 海浪模式模拟的海浪要素计算得到 Stokes 漂流, 发现全球范围内 Stokes 漂流整体呈带状分布, 强度表现为高纬度区域高于中低纬度地区; Li 等<sup>[8]</sup>发现经向表面 Stokes 漂流与风浪高度相关, 且其在维持印度洋低纬度

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目(52271271); 江苏省自然科学基金杰出青年基金项目(BK20220082); 水利部重大科技项目(SKS-2022025)

**作者简介:** 王京富(1999—), 男, 硕士研究生, 主要从事水波动力学研究。E-mail: 211303020035@hhu.edu.cn

**通信作者:** 陶爱峰(1978—), 男, 教授, 博士, 主要从事水波动力学研究。E-mail: aftao@hhu.edu.cn

海域海表温度的稳定性方面发挥了积极作用;孙逊等<sup>[9]</sup>分析了印度洋表面 Stokes 漂流与 IOD(Indian Ocean Dipole)事件的关系,发现印度洋纬向 Stokes 漂流的空间分布与风浪相似,受风带影响较大,而经向 Stokes 漂流则表现出了东边界强化的现象。但是目前的研究仅局限于对全球范围 Stokes 漂流季节性分布的大致描述,并且使用的数据时间跨度较短。

本文基于欧洲中期天气预报中心提供的 1980—2023 年 ECMWF Reanalysis v5(ERA5)再分析数据中较高分辨率的波浪数据<sup>[10]</sup>,计算并分析中国邻近海域 Stokes 漂流流速分布特性(包括流速大小和方向),并分析了该海域 Stokes 漂流的传递特性,以期提高对波浪非线性作用的认识,也为浒苔等海表物质输运预测提供科学支撑。

## 1 研究区概况

中国邻近海域包括渤海、黄海、东海、南海以及中国台湾岛东侧的西太平洋海域,本文研究区范围为 0°N~41.5°N、105°E~135°E。渤海为中国内海,面积约为 8 万 km<sup>2</sup>,平均水深 18 m,东面通过渤海海峡与黄海连通,可分为北部辽东湾、南部莱州湾、西部渤海湾、东部渤海海峡和中央海盆 5 个部分。黄海为半封闭的大陆架浅海,面积为 38 万 km<sup>2</sup>,平均水深 44 m。黄海的东南部通过济州海峡和朝鲜海峡与日本海相通。东海是比较开阔的边缘海,面积 77 万 km<sup>2</sup>,平均水深 340 m,由中国大陆、中国台湾岛、朝鲜半岛、日本九州和琉球群岛所围绕。南海面积约 350 万 km<sup>2</sup>,相当于渤海、黄海和东海总面积的 2.8 倍,平均水深 1 212 m。南海四周几乎被大陆和岛屿包围,北临我国广东、广西、海南和台湾,西临越南、柬埔寨、泰国、马来西亚和新加坡,东临菲律宾,南临苏门答腊岛、邦加岛以及马来西亚和文莱。

## 2 研究数据和研究方法

### 2.1 研究数据

ERA5 是欧洲中期天气预报中心推出的第五代再分析数据集,使用了 ECMWF 集合预报系统(Integrated Forecast System,IFS)中 CY41R2 的模型预报结果以及四维变分数据同化技术。相比于 ERA-Interim,ERA5 的水平和垂直分辨率显著提高,ERA5 还提供了更多的产品参数以及每小时的高分辨率产品,得到了国内外学者的认可和广泛运用。例如:殷妍等<sup>[11]</sup>基于 ERA5 再分析数据,分析了 2017 年中国东部大陆架海域涌浪和混合浪波能流的时空分布特征,研究了该海域波能流的传递特性;刘威等<sup>[12]</sup>利用 ERA5 再分析数据,分析了西非几内亚湾及邻近海域 1979—2020 年的能流密度空间分布、季节特征和多年变化趋势。

ERA5 可以提供较高精度的全球范围的波浪场数据,除了常见的天气变量外,也包括由耦合海浪模式提供的波向、波高、波周期等变量。本文使用 1980—2023 年的波浪场数据,其时间分辨率为 1 h,空间分辨率为 0.5°×0.5°,空间范围为 0°N~41.5°N、105°E~135°E,数据参数包括混合浪有效波高、平均波向、平均波周期。风场数据的时间分辨率为 1 h,空间分辨率为 0.25°×0.25°,数据参数包括 10 m 风 u 向分量和 10 m 风 v 向分量。

本文按照世界气象学会的定义划分季节:春季为 3—5 月;夏季为 6—8 月;秋季为 9—11 月;冬季为 12 月至翌年 2 月。

### 2.2 研究方法

对于单频深水重力波,在水平平均且无旋的条件下,Stokes 漂流流速  $u_s$  表达式为<sup>[4]</sup>:

$$u_s = u_{s0} e^{2kz} \tag{1}$$

其中

$$u_{s0} = a^2 \sigma k K$$

式中: $u_{s0}$  为海洋表层 Stokes 漂流速度; $a$  为波振幅; $\sigma$  为波频率; $k$  为波数; $z$  为深度; $K$  为单位波速矢量。海洋表层 Stokes 漂流的计算主要分为两种方式:一是采用 Tamura 等<sup>[13]</sup>的波浪谱积分方法,二是依托波浪参数通过参数化方程求解。由于 ERA5 再分析数据包含计算 Stokes 漂流流速所需的各项参数,因此本文选用波浪参数开展 Stokes 漂流流速计算。通过推导,可以得到用有效波高  $H_s$ 、平均波周期  $T$  表示的 Stokes 漂流流速形式:

$$u_s = u_{s0} e^{8\pi^2 z / g T^2} \tag{2}$$

其中

$$u_{s0} = \frac{2\pi^3 H_s^2}{gT^3} K$$

式中: $g$  为重力加速度。

3 结果与分析

3.1 Stokes 漂流流速大小时空分布特征

波浪的 Stokes 漂流流速大小和风场密切相关。受亚澳季风系统调控,风场季节变化是影响 Stokes 漂流流速的主导尺度,故而风场季节内波动对其作用强于年际变化<sup>[14]</sup>。本文采用 1980—2023 年 ERA5 再分析数据的混合浪波高、波周期资料,分析得到中国邻近海域 Stokes 漂流平均流速的季节分布特征;结合同期风场数据,进一步揭示了该海域平均风速的季节分布规律。

a. 中国邻近海域 Stokes 漂流流速大小呈明显的纬向分布和季节性分布特征。高纬度地区 Stokes 漂流流速大于中低纬度地区,接近赤道区域 Stokes 漂流流速大小逐渐减小至 0。综合分析表明,中国邻近海域风场季节性变化对 Stokes 漂流流速分布特征的影响明显,春季、夏季 Stokes 漂流流速总体较小,秋季、冬季流速较大。中国台湾海峡附近海域 Stokes 漂流流速随季节变化明显,黄渤海及南海海域四季变化不大。

b. 春季 Stokes 漂流流速大值区域主要集中在台湾海峡附近,大值区的流速范围为 0.07~0.08 m/s,这是由于春季中国邻近海域风速的大值区位于南海的北部,尤其以中国台湾海峡最大<sup>[15]</sup>,造成通过中国台湾海峡和朝鲜海峡的 Stokes 漂流流速最大。西太平洋海域虽然平均风速较大,波浪有效波高较大,达到 1.5~1.7 m,但是平均波周期也较长,达到 7.5 s,因此 Stokes 漂流流速数值较小,为 0.04~0.05 m/s。

c. 夏季 Stokes 漂流流速大值区域向西南部偏移,位于中南半岛的东南部,大值区的流速范围为 0.08~0.09 m/s。其他区域 Stokes 漂流流速较小,呈现随纬度和离岸距离减小而减小的特征。中国海夏季风速的大值区恰好位于中南半岛的东南部,与 Stokes 漂流流速大值区位置吻合。

d. 秋季 Stokes 漂流流速相较春夏两季总体有所增大,大值区域重新回到中国台湾海峡附近海域,最大值可达到 0.1 m/s。同时,巴士海峡附近海域 Stokes 漂流流速也有明显增大,数值可达 0.08~0.09 m/s。中国海在秋季处于季风过渡期,位于风速大值区的中国台湾海峡和巴士海峡已经完成季风的转换,风速的大值区分布在中国台湾海峡和台湾周边,其他海域如黄渤海以北、东海以北和南海南部海域的风速较小。

e. 冬季 Stokes 漂流流速分布与秋季十分相似,但整体数值稍有增大,大值区域中国台湾海峡和朝鲜海峡附近数值可达 0.13 m/s,中南半岛的东南部数值可达 0.08 m/s,日本海海域数值可达 0.08~0.09 m/s。冬季,整个中国海风速的大值区为东北—西南走向,南海有两个风速的极值区,一个在中国台湾海峡、中国台湾岛、菲律宾岛中间区域,一个在传统的南海大风区即中南半岛的东南区域。日本海秋冬两季均盛行西北风,但冬季风场强度大于秋季<sup>[16]</sup>,因此冬季 Stokes 漂流流速也略大于秋季。

3.2 Stokes 漂流流速方向时空分布特征

Stokes 漂流对海洋中的物质输移扩散和海岸地形演变具有重要作用<sup>[17]</sup>,因此研究 Stokes 漂流在一定时间范围内的传播方向,有助于了解海表漂浮物的扩散途径。基于 ERA5 再分析数据中的波浪方向数据,分析得到 1980—2023 年 Stokes 漂流平均流速矢量的四季分布情况。

除夏季外,中国邻近海域 Stokes 漂流流速方向总体为南向和西南向,夏季 Stokes 漂流流速方向总体为北向和东北向。局部海域如黄渤海部分区域受到地形和季节影响,Stokes 漂流会呈现出向近岸传播的特征。结合不同季节的中国邻近海域风场平均风速分布情况可以发现:①春季,南海、西太平洋和东海南部海域的 Stokes 漂流方向总体为西南向。东海北部受地形影响,部分 Stokes 漂流流速方向发生偏转,向近岸传播。这是由于春季中国邻近海域以东北风和东风为主,中国台湾海峡盛行东北风,南海北部、北部湾以东风为主,南海中部和南部仍然以东北风为主。除去地形条件影响外,Stokes 漂流流速方向与风场对应关系良好。②夏季,中国邻近海域 Stokes 漂流流速方向发生偏转。南海 Stokes 漂流流速方向由春季的西南向转变为东北向,东海、黄海和渤海海域的 Stokes 漂流流速方向变为北向,向岸传播。山东、江苏邻近海域的 Stokes 漂流整体沿海岸线向北,显著影响海表流场的季节演变,同时表层漂浮物的北向输运过程也会对区域生态环境产生一定影响。中国邻近海域夏季整体被西南季风控制,绝大部分海域为西南风和南风<sup>[15]</sup>,因此 Stokes 漂流流速方向与风向比较吻合。③秋季,南海和东海的 Stokes 漂流流速方向分布与春季比较相似,总体为西南向。在

黄渤海海域,Stokes 漂流流速方向仍为南向,并没有发生偏转,产生向近岸传播的 Stokes 漂流。中国邻近海域在秋季处于季风过渡期,整个海域的风向分布杂乱。中国台湾海峡和巴士海峡已经完成季风的转换,以东北风为主。其他海域如黄渤海以北以西北风为主,东海以北以东北风为主,而南海南部的西南风尚未完全消退<sup>[18]</sup>。④冬季,中国邻近海域 Stokes 漂流流速方向分布与秋季十分相似,总体为西南向,仅在南海南部海域有细微差异,该海域 Stokes 漂流流速方向由秋季的东南向和西南向并存转变为西南向,这是由于该海域在冬季受到强大的东北信风控制,Stokes 漂流流速方向与风场对应关系良好。

3.3 典型台风条件下 Stokes 漂流流速分布特征

在台风这种极端气象条件影响下,Stokes 漂流流速的分布和传播特性会发生较大变化。本文以 2014 年第 10 号台风“麦德姆”为例,分析极端天气影响下的 Stokes 漂流流速分布特性。

台风“麦德姆”(强台风级)于 7 月 18 日 2 时在西北太平洋洋面生成,生成后稳定向西北方向移动,23 日 0 时 15 分在中国台湾省台县长滨乡沿海登陆,登陆时强度为强台风,中心附近最大风力 14 级(42 m/s);23 日 15 时 30 分在福建省福清市高山镇沿海再次登陆,登陆时强度减弱为强热带风暴,中心最大风力 11 级(30 m/s);登陆后西行,24 日 1 时在三明市尤溪转向偏北方向移动,24 日 8 时在武夷山境内减弱为热带风暴,之后进入江西继续北上;25 日 18 时在山东威海再次入海,强度为热带风暴级<sup>[19]</sup>。

基于台风“麦德姆”期间的 ERA5 再分析数据,分析得到中国邻近海域 Stokes 漂流流速数值分布。此次台风期间正值夏季,通过和 1980—2023 年平均 Stokes 漂流流速夏季分布对比,可以发现台风对 Stokes 漂流流速的大小和方向均会产生较大影响。

沿台风“麦德姆”路径,Stokes 漂流流速可达到 0.07~0.08m/s,较夏季正常天气条件下 0.04 m/s 的流速有明显增大,方向与台风行进路径方向一致。在台风生成附近海域,Stokes 漂流流速均值达到 0.1 m/s,时间持续 2~3 d,整体方向由西北向变为东向;正常天气条件下,该海域的 Stokes 漂流速度仅为 0.03~0.04 m/s,增大了 1.5~2.3 倍。受台风强度和行进路径影响,波浪的非线性作用显著增强,导致 Stokes 漂流流速有明显增大,对波浪引起的物质输运产生重要影响。

4 结 论

a. 中国邻近海域 Stokes 漂流流速大小呈明显的纬向分布和季节性分布特征,接近赤道区域 Stokes 漂流流速大小逐渐减小至 0。除夏季外,Stokes 漂流流速大值区均位于台湾海峡附近海域,平均流速可以达到 0.1 m/s。夏季 Stokes 漂流流速大值区域向西南部偏移,位于中南半岛的东南部,大值区的流速范围为 0.08~0.09 m/s。

b. 除夏季外,中国邻近海域 Stokes 漂流流速方向总体为南向和西南向,夏季总体为北向和东北向。局部海域如黄渤海部分区域受到地形和季节影响,Stokes 漂流会呈现出向近岸传播的特征。

c. 2014 年第 10 号台风“麦德姆”影响下,台风路径上的 Stokes 漂流流速增大至 0.07~0.08 m/s,与正常天气条件下的漂流流速增大了 1.5~2.3 倍。尤其是在台风生成处附近海域,Stokes 漂流流速的大小可达到 0.1 m/s,方向由西北向变为东向。

参考文献:

[ 1 ] Langmuir I. Surface motion of water induced by wind[J]. Science,1938,87(2250):119-123.  
[ 2 ] 仇颖. 不同 Stokes 漂流公式选取对模拟海洋上层 Langmuir 环流影响的大涡模拟研究[D]. 杭州:浙江大学,2019.  
[ 3 ] 罗锋,汪忆,杨洁,等. 相似路径台风风暴潮过程对比[J]. 河海大学学报(自然科学版),2023,51(6):130-140. (Luo Feng, Wang Yi, Yang Jie, et al. Comparative study on storm surge processes caused by typhoons with similar tracks[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2023, 51(6): 130-140. (in Chinese))  
[ 4 ] Stokes G G. On the theory of oscillatory waves. Appendix B: consideration relative to the greatest height of oscillatory irrotational waves which can be propagated without change of form[J]. Mathematical and Physical Papers, 1880, 1: 225-228.  
[ 5 ] 张晓爽,王智峰,王斌,等. 全球 Stokes 漂流的时空分布特征研究[J]. 海洋科学,2015,39(1):93-103. (Zhang Xiaoshuang, Wang Zhifeng, Wang Bin, et al. Research on spatio-temporal characteristics of global Stokes drift in the ocean[J]. Marine Sciences, 2015, 39(1): 93-103. (in Chinese))  
[ 6 ] 梁小力. UMWM 模式在全球海浪数值模拟及海气界面通量研究中的应用[D]. 北京:国家海洋环境预报中心,2016.

[ 7 ] 肖林,史剑,蒋国荣,等. Stokes 漂流对全球海表面温度模拟的影响[J]. 海洋通报,2018,37(1):55-62. (Xiao Lin, Shi Jian, Jiang Guorong, et al. The influence of Stokes-drift on the global sea surface temperature in the simulation[J]. Marine Science Bulletin, 2018, 37(1):55-62. (in Chinese))

[ 8 ] Li Rui, Wu Kejian, Li Jingkai, et al. Relating a large-scale variation of waves in the Indian Ocean to the IOD[J]. Journal of Geophysical Research:Oceans, 2022, 127(10):281-294.

[ 9 ] 孙逊,吴克俭,李瑞,等. 印度洋表面 Stokes 漂流对 IOD 事件的影响分析[J]. 海洋科学进展,2023,41(3):384-396. (Sun Xun, Wu Kejian, Li Rui, et al. Analysis of the effects of surface Stokes drift in the Indian Ocean on IOD events[J]. Advances in Marine Science, 2023, 41(3):384-396. (in Chinese))

[ 10 ] Shi Hongyuan, Cao Xuefeng, Li Qingjie, et al. Evaluating the accuracy of ERA5 wave reanalysis in the water around China[J]. Journal of Ocean University of China, 2021, 20(1):1-9.

[ 11 ] 殷妍,邓夕贵,王慧,等. 中国东部大陆架海域波能流特性研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2022,50(3):96-103. (Yin Yan, Deng Xigui, Wang Hui, et al. Characteristic study of wave energy flux in the continental shelf of eastern China[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2022, 50(3):96-103. (in Chinese))

[ 12 ] 刘威,王广生,时健. 基于 ERA5 的几内亚湾及邻近海域波浪能空间分布和变化趋势[J]. 海岸工程,2023,42(3):253-262. (Liu Wei, Wang Guangsheng, Shi Jian. Spatial distribution and changing trends of wave energy in the gulf of Guinea based on ERA5[J]. Coastal Engineering, 2023, 42(3):253-262. (in Chinese))

[ 13 ] Tamura H, Miyazawa Y, Oey L Y. The Stokes drift and wave induced-mass flux in the North Pacific[J]. Journal of Geophysical Research-Oceans, 2012, 117:C08021.

[ 14 ] 林刚. 南中国海风场和海浪场统计分析及其应用[D]. 大连:大连理工大学,2019.

[ 15 ] 林刚,郑崇伟,邵龙潭,等. 南中国海海表风速长期变化趋势[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版),2013,14(6):704-708. (Lin Gang, Zheng Chongwei, Shao Longtan, et al. Long term linear trend of sea surface wind speed in the South China Sea [J]. Journal of Army Engineering University of PLA, 2013, 14(6):704-708. (in Chinese))

[ 16 ] 王天顺,刘玉光,荣增瑞. 近 30 年日本海热容海平面年际变化及其对 ENSO 的响应[J]. 海洋与湖沼,2010,41(4):614-620. (Wang Tianshun, Liu Yuguang, Rong Zengrui. Interannual variability of the thermosteric sea level in the Japan/East Sea and its response to El Niño and Southern Oscillation over the last 30-year[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2010, 41(4):614-620. (in Chinese))

[ 17 ] 闫圣,邹志利. 波浪场中浓度输移扩散 Stokes 漂移效应的欧拉描述[J]. 海洋通报,2017,36(4):416-423. (Yan Sheng, Zou Zhili. Eulerian description of wave-induced Stokes drift effect on the advective diffusion of tracer concentration[J]. Marine Science Bulletin, 2017, 36(4):416-423. (in Chinese))

[ 18 ] 耿殿鹏,郑崇伟,贾本凯. 中国海海表风场特征及资料现状[J]. 科技创新导报,2012(32):256. (Geng Dianpeng, Zheng Chongwei, Jia Benkai. Characteristics and current status of surface wind field in the China Sea [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2012(32):256. (in Chinese))

[ 19 ] 王晓芙,尹烈,郑美秀,等. 1410 号台风“麦德姆”气象服务分析[C]//中国气象学会. 第 32 届中国气象学会年会论文集. 天津:中国气象学会,2015:97-102.

(收稿日期:2024-11-13 编辑:刘晓艳)