

中国东部地区鱼类的纬向分布规律和海陆差异

柴家颖^{1,2}, 黄傲翔^{1,2}, 董亦陈^{1,2}, 田力^{1*}

¹中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北 武汉

²中国地质大学(武汉)环境学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年6月4日; 录用日期: 2025年7月4日; 发布日期: 2025年7月14日

摘要

研究基于FishBase数据, 分析了中国东部沿海地区鱼类多样性和体型随纬度变化的分布规律。研究将鱼类分为淡水鱼和海水鱼两类, 统计了不同省份及纬度单元内的属种数和最大体长, 并利用Origin和ArcGIS进行可视化和水域面积分析。结果显示: 1) 鱼类多样性与生存空间相关性较差; 2) 鱼类多样性随纬度增加而减少, 最大体长随纬度增加而增长, 符合兰伯特法则和伯格曼法则; 3) 同纬度下海洋鱼类体型大于淡水鱼类, 且随着纬度降低, 海水鱼类多样性增加速度显著高于淡水鱼类。研究预测未来气候变暖背景下, 中国东部沿海鱼类体型将缩小, 30°~50°N地区鱼类多样性可能显著增加, 海洋鱼类增幅高于淡水鱼类。

关键词

兰伯特法则, 伯格曼法则, 生态地理法则, 海陆差异, 气候变化

The Latitudinal Distribution Pattern and Land-Sea Difference of Fishes in Eastern China

Jiaying Chai^{1,2}, Aoxiang Huang^{1,2}, Yichen Dong^{1,2}, Li Tian^{1*}

¹State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan Hubei

²School of Environment, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan Hubei

Received: Jun. 4th, 2025; accepted: Jul. 4th, 2025; published: Jul. 14th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 柴家颖, 黄傲翔, 董亦陈, 田力. 中国东部地区鱼类的纬向分布规律和海陆差异[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(4): 681-689. DOI: 10.12677/ccrl.2025.144068

Abstract

The study analyzed the distribution patterns of fish diversity and body size across latitudes in China's eastern coastal regions using data from FishBase. Fish were categorized into freshwater and marine groups. The study counted the number of genera and species, as well as maximum body length, across provinces and latitudinal units. Data visualization and water area analysis were performed using Origin and ArcGIS. Results showed: 1) Weak correlation between fish diversity and habitat area; 2) Fish diversity decreases with increasing latitude, while maximum body length increases with latitude, consistent with Rapport's rule and Bergmann's rule; 3) Marine fish are larger than freshwater fish at the same latitude, and marine fish diversity increases more rapidly than freshwater fish as latitude decreases. Under future climate warming, it is predicted that fish body size in China's eastern coastal region will decrease, but fish diversity in the 30°~50°N area may increase significantly, with marine fish diversity increasing more than freshwater fish.

Keywords

Rapport's Rule, Bergmann's Rule, Ecogeographical Rules, Sea-Land Differences, Climate Change

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

气候变化被认为是影响未来人类生存和宜居地球演化的主要自然挑战之一，精准预测未来气候持续变暖引发的生态效应，是制定和调整应对措施的关键[1]。物种的空间地理分布直接影响到物种与环境之间的相互作用和依赖性，因此明晰不同生物的空间地理分布规律对于预测生物对气候变化的响应至关重要[2]。有研究认为利用已知的经典生物地理法则可以预测部分生物对气候变暖的生态响应[3]：根据兰伯特法则(Rapport's rule)和伯格曼法则(Bergmann's rule)，可以推测出气候变暖将导致多样性热点北移和生物体型变小。兰伯特法则指出，高纬度地区(接近两极)的物种通常比低纬度(接近赤道)地区具有更广泛的地理分布范围[4]，这一分布模式指示热带低纬度地区将会比高纬度地区拥有更多的物种[5]。然而，兰伯特法则所引申的低纬度生物多样性高峰，受到海陆面积等其他因素的影响，往往呈现出巨大的海陆差异[6]。伯格曼法则是指温度影响体型，寒冷环境(高海拔和高纬度)体型较大，温暖地区(低纬度)体型较小[7]。超过 72% 的鸟类和 65% 的哺乳动物遵循这一规律，证明伯格曼法则是适用于恒温动物的有效的生态学概括[8]。但伯格曼法则主要适用于恒温动物，在变温动物中是否适用需要进一步验证[9][10]。特别是鱼类，作为主要的变温脊椎动物，是否遵守伯格曼法则还存在争议[11]。

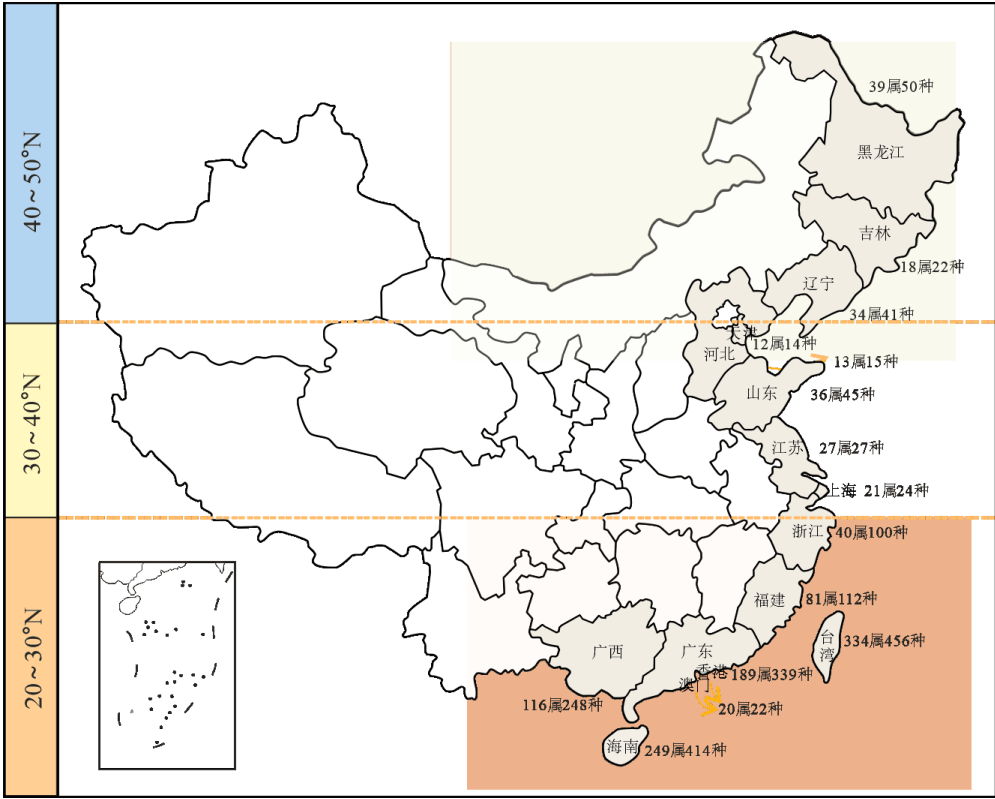
在全球气候变暖的背景下，鱼类的多样性和体型可能会受到严重影响，鱼类资源与经济价值面临重大威胁[12]。气候变化可能导致渔业冲突风险增强，给渔业管理和规划带来新的挑战[13]。鱼类的生物多样性与人类福祉密切相关，是评估生态系统对环境变化的响应能力的关键指标，也是渔业和生态系统管理的主要内容[14]。体长是判断鱼类成熟度的重要指标，同时体长也是决定鱼类商业价值的关键因素，因此常常被用作水生资源管理的重要控制参数[15]。

我国拥有丰富的鱼类资源，具备巨大的渔业生产价值[16]。东部近海被誉为我国的优良渔场之一，贡献了 80%~90% 的海洋捕捞产量，在保证水产品供应、提高渔民收入以及促进沿海地区海洋经济发展等方

面发挥着至关重要的角色[17]。同时，我国已发现的淡水鱼类超过 1651 种，约占世界淡水鱼种类总数的十分之一[18]，其中一半以上分布在东部地区，特色淡水鱼的种类达到了 11 大类之多[19]。因此，本研究对中国东部沿海地区鱼类空间分布进行分析，通过探究多样性和体型纬向分布规律以及海陆差异，为预测未来气候变暖对中国东部鱼类资源的潜在影响提供基础数据和研究参考。

2. 材料与方法

本研究数据来源于世界鱼类数据库 FishBase (<https://fishbase.mnhn.fr/search.php>)。检索方法为数据库首页“Information by Country/Island”一栏中选择“China”及目标省份(直辖市和港澳台地区)，之后选中下方“Freshwater”或“Marine”选项，得到该地区的所有淡水鱼/海洋鱼的信息表格，依次搜集每一种鱼的属名、种名、地理分布状态(本地/入侵/引入)以及最大长度。按照此方法依次搜集中国东部沿海省份(直辖市和香港澳门地区)的鱼类信息，最终建立包含黑龙江省(黑龙江)、吉林省(吉林)、辽宁省(辽宁)、河北省(河北)、天津市(天津)、山东省(山东)、江苏省(江苏)、上海市(上海)、浙江省(浙江)、福建省(福建)、广东省(广东)、香港特别行政区(香港)、澳门特别行政区(澳门)、广西壮族自治区(广西)以及海南省(海南)所有鱼类的数据集(数据搜集截止于 2023 年 12 月)。海洋鱼类和淡水鱼类的划分延承了 FishBase 中的分类，以主要栖息地为判别依据进行归类。香港及澳门的面积较小，且地理位置毗邻，因此两地区合并在一起进行讨论。此外，我们以 30°N 和 40°N 纬度线为基准，将研究区划分为三个纬度单元，为了进一步探究纬度和气候分带对鱼类多样性和大小的影响，分别为：40°~50°N 黑龙江、吉林和辽宁；30°~40°N 河北、天津、山东、江苏以及上海；20°~30°N 浙江、福建、广东、香港、广西和海南(图 1)。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2016)1600 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 1. Sampled fish diversity data in eastern China
图 1. 中国东部地区的鱼类多样性数据

本研究以鱼类属和种的数量作为多样性指标, 统计分析不同省份(直辖市和港澳台地区)及不同纬度单元鱼类的属种数, 利用 Origin 软件绘制柱状图。并且评估了水域面积对鱼类多样性的潜在影响。我们提取了 hydroSHEDS (<https://www.hydrosheds.org/>)中的全球水域分布 shp 数据, 和中国开放数据 CnOpenData (<https://www.cnopendata.com/data/m/recent/chinese-administrative-divisions-shp.html>)中国行政区划 shp 数据, 在 ArcGIS 软件中相交计算出了所有研究区域的陆地水域面积。从研究区各省份(直辖市和港澳台地区)官网搜集了行政区海域面积数据, 分别与淡水鱼类和海洋鱼类的种数进行投图, 通过计算水体面积与多样性的相关性来评估两者之间的潜在关联。

前人研究指出, 物种中个体的最大体型通常被视为其潜在生长和发展能力的指标, 这在一定程度上反映了生态环境中资源的丰富度和可利用性[20]。因此, 我们提取了 FishBase 数据库中鱼类的最大长度, 以省份(直辖市和港澳台地区)和纬度单元为单位, 统计鱼类最大体长, 利用 Origin 软件进行计算分析并作箱状图。此外, 本研究将在相似纬度条件下, 对同一地区内陆水域和海域的生物多样性和体型进行比较, 以探讨海陆环境差异对生物特征的影响。

3. 结果

本次研究鱼类 710 属 1129 种, 其中淡水鱼类 202 属 461 种, 海水鱼类 541 属 750 种。随着纬度的降低: 淡水鱼类多样性先减少后急剧增加(图 2、图 5(A)), 40°~50°N 地区淡水鱼类 96 属 133 种, 30°~40°N 地区 46 属 59 种, 20°~30°N 地区 181 属 405 种; 淡水鱼类体型逐渐减小(图 3、图 5(B)), 40°~50°N 地区淡水鱼类平均最大体长为 50.895 cm, 其中辽宁最大, 达到 55.320 cm, 30°~40°N 地区淡水鱼平均最大体长为 39.177 cm, 20°~30°N 地区淡水鱼平均最大体长为 22.775 cm, 其中广西最小, 为 16.654 cm。

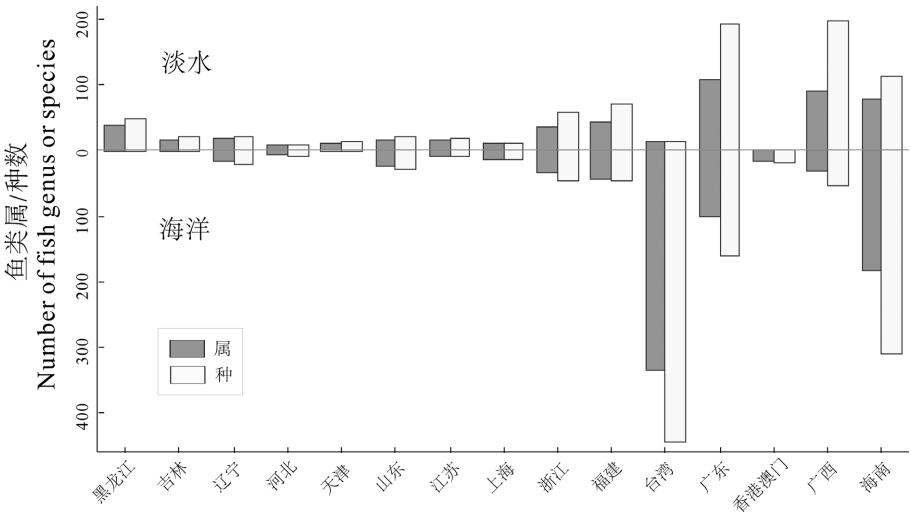


Figure 2. Bar chart of sampled fish diversity data in eastern China
图 2. 中国东部地区的鱼类多样性条形图

海南的海洋鱼类多样性最高, 分别为 334 属 444 种和 183 属 331 种, 吉林与黑龙江最低, 均只有 2 属 2 种。纬度从高到低, 海水鱼类的多样性持续增加(图 2、图 5(A)): 40°~50°N 地区海洋鱼多样性为 18 属 23 种, 30°~40°N 地区有 45 属 51 种, 20°~30°N 地区多达 521 属 724 种。纬度从高到低, 海水鱼类的体型呈现出逐渐减小的趋势(图 3、图 5(B)): 40°~50°N 地区海洋鱼类的平均最大体长为 101.121 cm; 30°~40°N 地区海洋鱼类的平均最大体长为 45.255 cm; 20°~30°N 地区海洋鱼类的平均最大体长为 41.594 cm, 其中广西的值最小, 为 19.525 cm。

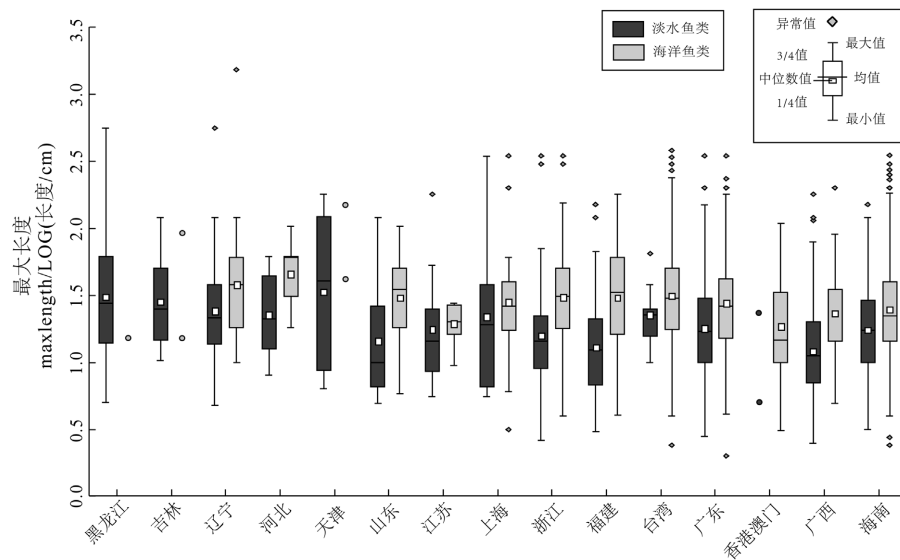


Figure 3. Box-plot of mined maximum lengths in eastern China

图 3. 中国东部地区鱼类长度箱线图

计算结果显示水域面积与淡水鱼种类数之间的相关性不显著：广东水域面积 14.3185 km²，拥有 193 种淡水鱼、广西水域面积 10.2212 km²，拥有 197 种淡水鱼，而黑龙江水域面积 77.3480 km²，只拥有 49 种淡水鱼(图 4(A))。海域和海水鱼类多样性之间的相关性同样不明显(图 4(B))：山东海域面积 47,300 km²，拥有 28 种海洋鱼、辽宁海域面积 41300.75 km²，拥有 21 种海洋鱼，而广西海域面积 54 km²，却拥有 54 种淡水鱼。

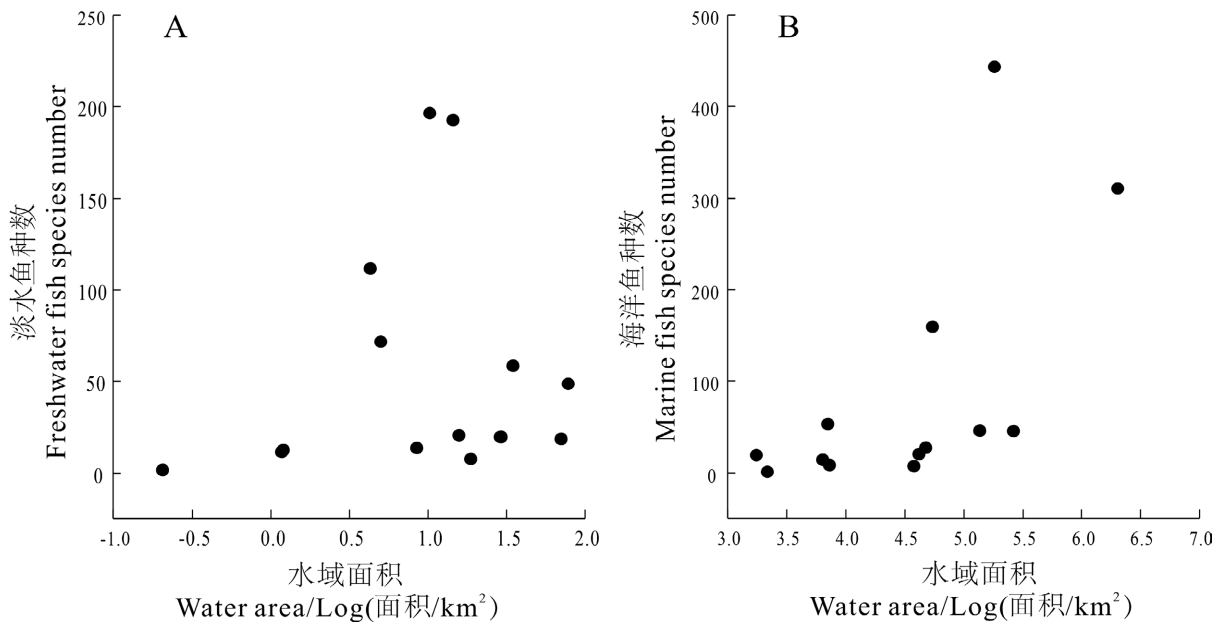


Figure 4. Scatter plots of freshwater and marine fish species numbers in relation to habitats in eastern China

图 4. 中国东部地区淡水及海洋鱼类种数与栖息地面积散点图

同一地区，淡水鱼类的最大体长要比海洋鱼类小(图 3、图 5)：例如辽宁淡水鱼类与海洋鱼平均最大体长分别为 55.320 cm 和 109.805 cm；福建淡水鱼类与海洋鱼类平均最大体长分别为 21.033 cm 和 44.590 cm。

cm; 广西淡水鱼类与海洋鱼类平均最大体长分别为 16.654 和 19.525 cm。此外, 鱼类的多样性也显示出明显的海陆差异: 30°~40°N 地区的淡水鱼类和海水鱼类的多样性相当, 分别为 46 属 59 种和 45 属 51 种; 40°~50°N 地区淡水鱼类的多样性远高于海水鱼类, 分别为 96 属 133 种和 18 属 23 种; 而 20°~30°N 地区, 海洋鱼类多样性高达 521 属 724 种, 远远超出淡水鱼类的 181 属 405 种。

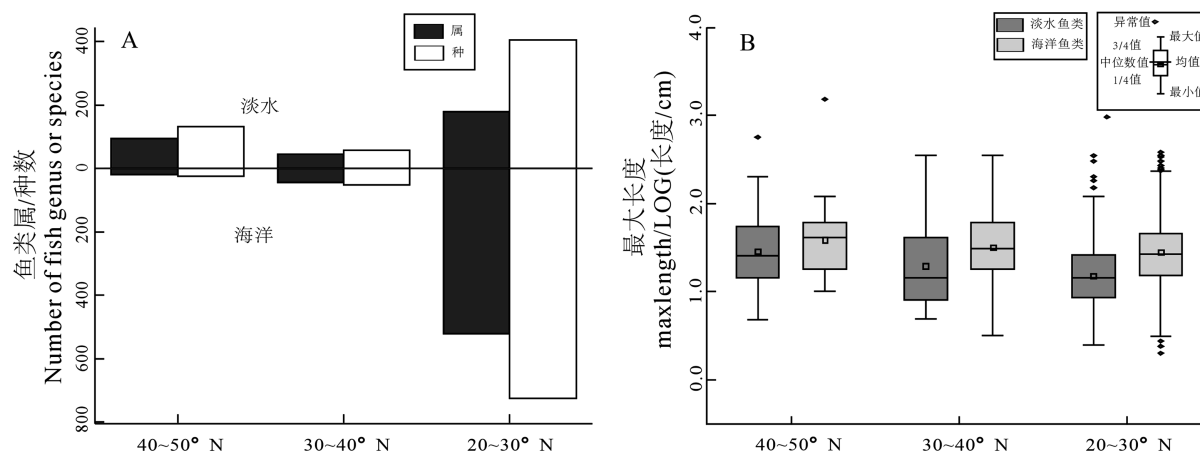


Figure 5. Latitudinal variation patterns of fish diversity and maximum length in the eastern China

图 5. 中国东部地区鱼类多样性与长度纬度梯度变化

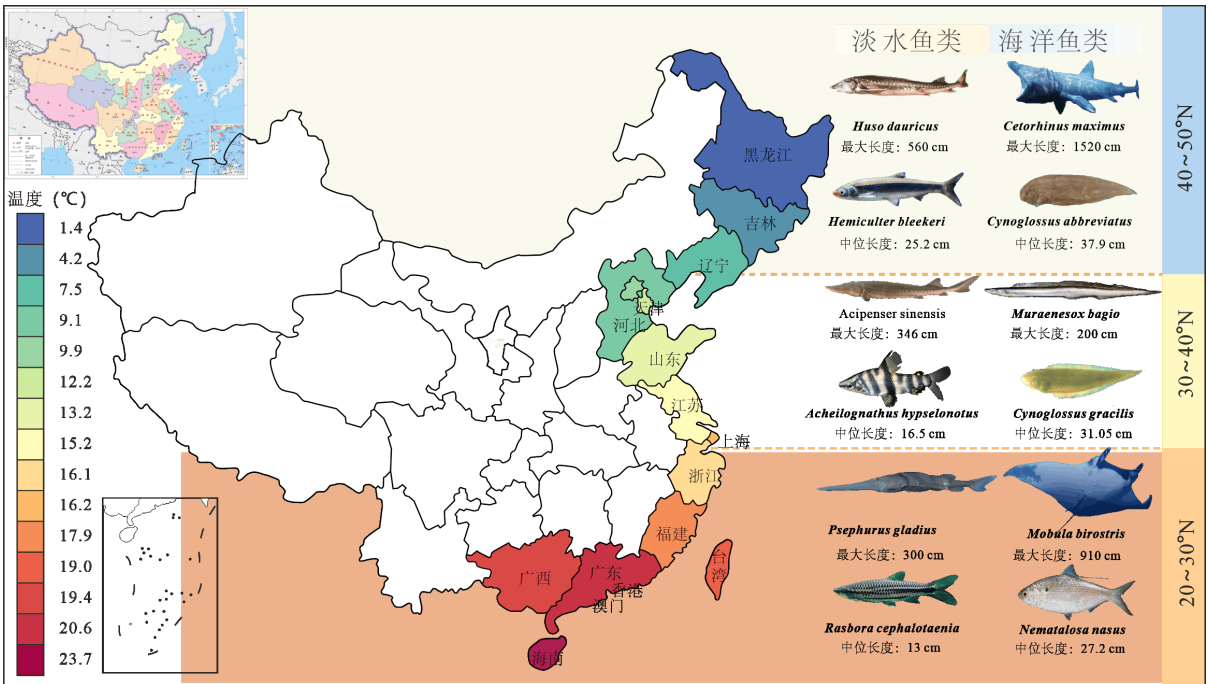
4. 讨论

西澳大利亚海岸线的深水底生鱼类研究发现: 南部生物区具有最高平均生物量, 多样性随着纬度的增加而降低[21]。本研究的多样性分布结果与之类似, 也呈现出随着纬度增加多样性减小的规律(图 2, 图 5(A))。值得注意的是, 河北、天津和港澳地区的鱼类多样性较低, 并不符合随纬度降低多样性增加的趋势(图 2), 这可能和这些地区作为直辖市和特别行政区水域面积积极小有关(图 3(A))。此外, 有研究发现全球范围内的陆地和海洋的生物多样性峰值呈现明显差异, 陆地处于赤道偏北的中高纬度地区, 而海洋则在低纬度赤道附近[6] [22] [23]。本研究结果显示, 在中国东部沿海地区, 海水鱼类和淡水鱼类都呈现出随着纬度降低而多样性增加的趋势(图 2、图 5(A))。全球统计分析可能受大陆和海洋面积等因素影响[6] [22], 本研究中的样本区域面积相对均衡, 因此结果与基于兰伯特法则的理论推测十分契合。

在经典生物地理法则中, 伯格曼法则和岛屿法则是解释生物体型大小空间分布规律的主要理论依据。中国东部沿海地区鱼类体长纬度较高地区到赤道附近总体呈现一个下降的趋势, 整体符合伯格曼法则(图 3、图 5(B))。在一项统计了 5662 种海洋鱼类体型与纬度信息的研究中, 辐鳍鱼类表现出明显的伯格曼模式[24]。南大洋斯科舍-威德尔区的鱼类体型 11 个优势种中的 8 个符合伯格曼法则[25]。但北美淡水鱼被认为不符合伯格曼法, 如[26]研究了 29 种北美淡水鱼的最大体型与纬度、温度和海拔之间的关系, 发现其中 38% 的物种符合伯格曼法则, 34% 的物种与伯格曼法则的内容相反, 其他物种则没有显示出任何明显规律。中国东部沿海地区的最大体长统计结果并没有显示出海陆差异, 淡水鱼类和海洋鱼类的最大体长都符合伯格曼法则(图 3、图 5(B))。岛屿法则指出生物在岛屿上的体型与其在大陆上的体型相比会发生变大或变小: 小型物种在岛屿环境中往往会变得更大, 这是由于捕食压力减少和生态位扩展; 而大型物种可能会变小, 这是由于资源和空间有限[27]。食肉动物、异型啮齿动物以及偶蹄目动物通常在岛屿上进化出较小的体型, 而啮齿动物通常会长得更大[28]。广东和福建的淡水鱼类的平均最大体长分别为 26.431 cm 和 21.033 cm, 没有呈现出明显的岛屿变大或变小的现象(图 3)。

全球变暖正在通过长期的气温升高和极端高温事件频率及强度的增加, 对全球生物产生广泛影响,

预计到本世纪末, 全球气温将再上升 1℃~4℃ [1][29]。鱼类作为最重要的低等脊椎动物和重要的渔业资源, 其多样性和形态也会受到全球变暖的严重影响[30]。有研究统计分析发现在继续升温 2℃的情境下, 将会有至少 9%的淡水鱼类将会丧失栖息地[31]。全球变暖对海洋生态系统的影响也在持续增加, 海洋变温动物(如鱼类)的分布范围受温度变化的影响显著, 温度直接制约了种群分布范围[32]。最近有研究认为, 在中国近海地区生活的 21 种鱼类中, 有 20 种鱼类主要栖息地将会在未来三十年内向北偏移[33]。由于本研究中我国东部地区鱼类的多样性和体长的纬向规律整体符合兰伯特法则和伯格曼法则的结果(图 6), 因此我们可以推测: 随着未来温度升高, 中国东部沿海地区鱼类体型可能会有所减小, 多样性可能会显著增加, 特别是中高纬度地区的鱼类多样性将大幅上升。但是需要注意的是, 除了温度之外, 氧含量等其他环境条件也是影响海洋和淡水鱼类地理分布和生物性状的重要因素[21]。持续增加的大气二氧化碳浓度, 不仅会产生温室效应, 同时也会引发干旱、缺氧、酸化等一系列环境恶化(IPCC, 2022), 同时还有一些人类活动(渔业捕捞和水体污染等), 都会威胁鱼类多样性和个体发育[34], 最终影响基于现代生物纬向地理分布规律预测的准确性。



注: 该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2016)1600 号的标准地图制作, 底图无修改。

Figure 6. Representative fishes and their maximum lengths with regional mean annual temperatures in eastern China (A Map of China (GS(2019)1834) is positioned in the upper-left corner; Provincial temperature data were derived from mean annual temperatures (1950~2022) within the map area)

图 6. 中国东部地区的年均温度与部分代表性鱼类及其长度记录(左上角为 GS(2019)1834 号中国地图; 各省份温度数据取自该地区 1950~2022 年均温)

5. 结语

中国东部地区鱼类的多样性和体型总体上符合兰伯特法则和伯格曼法则, 海洋鱼类和淡水鱼类都呈现出随着纬度降低多样性增加及最大体长减小的规律。基于以上发现, 我们可以推测持续的气候变暖背景下, 持续升温会导致我国东部地区的鱼类体长变小, 但多样性应该会增加, 特别是 30°~50°N 地区的海洋鱼类多样性会显著增加, 海洋鱼类多样性将超过淡水鱼类。

基金项目

本文为 2024 度湖北省大学生创新创业训练计划项目“探究气候变化及人类活动对鱼类生态的影响：大数据分析实验培养研究”(项目编号: X202410491046)研究成果。

参考文献

- [1] IPCC (2022) Climate Change 2022: Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [2] Borregaard, M.K. and Rahbek, C. (2010) Causality of the Relationship between Geographic Distribution and Species Abundance. *The Quarterly Review of Biology*, **85**, 3-25. <https://doi.org/10.1086/650265>
- [3] Tian, L. and Benton, M.J. (2020) Predicting Biotic Responses to Future Climate Warming with Classic Ecogeographic Rules. *Current Biology*, **30**, R744-R749. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.06.003>
- [4] Pintor, A.F.V., Schwarzkopf, L. and Krockenberger, A.K. (2015) Rapoport's Rule: Do Climatic Variability Gradients Shape Range Extent? *Ecological Monographs*, **85**, 643-659. <https://doi.org/10.1890/14-1510.1>
- [5] Mittelbach, G.G., Schemske, D.W., Cornell, H.V., Allen, A.P., Brown, J.M., Bush, M.B., et al. (2007) Evolution and the Latitudinal Diversity Gradient: Speciation, Extinction and Biogeography. *Ecology Letters*, **10**, 315-331. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01020.x>
- [6] Chaudhary, C., Saeedi, H. and Costello, M.J. (2016) Bimodality of Latitudinal Gradients in Marine Species Richness. *Trends in Ecology & Evolution*, **31**, 670-676. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.06.001>
- [7] Blackburn, T.M., Gaston, K.J. and Loder, N. (1999) Geographic Gradients in Body Size: A Clarification of Bergmann's Rule. *Diversity and Distributions*, **5**, 165-174. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.1999.00046.x>
- [8] He, J., Tu, J., Yu, J. and Jiang, H. (2023) A Global Assessment of Bergmann's Rule in Mammals and Birds. *Global Change Biology*, **29**, 5199-5210. <https://doi.org/10.1111/gcb.16860>
- [9] Belk, M.C. and Houston, D.D. (2002) Bergmann's Rule in Ectotherms: A Test Using Freshwater Fishes. *The American Naturalist*, **160**, 803-808. <https://doi.org/10.1086/343880>
- [10] Solokas, M.A., Feiner, Z.S., Al-Chokachy, R., Budy, P., DeWeber, J.T., Sarvala, J., et al. (2023) Shrinking Body Size and Climate Warming: Many Freshwater Salmonids Do Not Follow the Rule. *Global Change Biology*, **29**, 2478-2492. <https://doi.org/10.1111/gcb.16626>
- [11] Salewski, V. and Watt, C. (2016) Bergmann's Rule: A Biophysiological Rule Examined in Birds. *Oikos*, **126**, 161-172. <https://doi.org/10.1111/oik.03698>
- [12] Shan, X., Jin, X., Zhou, Z. and Dai, F. (2011) Fish Community Diversity in the Middle Continental Shelf of the East China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, **29**, 1199-1208. <https://doi.org/10.1007/s00343-011-0321-2>
- [13] Mendenhall, E., Hendrix, C., Nyman, E., Roberts, P.M., Hoopes, J.R., Watson, J.R., et al. (2020) Climate Change Increases the Risk of Fisheries Conflict. *Marine Policy*, **117**, Article ID: 103954. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103954>
- [14] Hiddink, J.G. and Ter Hofstede, R. (2007) Climate Induced Increases in Species Richness of Marine Fishes. *Global Change Biology*, **14**, 453-460. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01518.x>
- [15] Tseng, C., Hsieh, C. and Kuo, Y. (2020) Automatic Measurement of the Body Length of Harvested Fish Using Convolutional Neural Networks. *Biosystems Engineering*, **189**, 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.11.002>
- [16] 代云云, 袁永明, 袁媛, 张红燕. 探研淡水鱼养殖业产业的绿色发展路径[J]. 吉林农业, 2019(17): 75-90.
- [17] 金显仕, 田洪林, 单秀娟. 我国近海渔业资源研究历程及展望[J]. 水产学报, 2023, 47(11): 122-131.
- [18] He, D., Sui, X., Sun, H., Tao, J., Ding, C., Chen, Y., et al. (2020) Diversity, Pattern and Ecological Drivers of Freshwater Fish in China and Adjacent Areas. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **30**, 387-404. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09600-4>
- [19] 朱紫薇, 伍大清, 姜启军. 中国特色淡水鱼产业国际竞争力分析[J]. 中国渔业经济, 2023, 41(2): 50-62.
- [20] Acevedo, A.A., Palma, R.E. and Olalla-Tárraga, M.Á. (2022) Ecological and Evolutionary Trends of Body Size in Pristimantis Frogs, the World's Most Diverse Vertebrate Genus. *Scientific Reports*, **12**, Article No. 18106. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22181-5>
- [21] Wellington, C.M., Harvey, E.S., Wakefield, C.B., Abdo, D. and Newman, S.J. (2021) Latitude, Depth and Environmental Variables Influence Deepwater Fish Assemblages off Western Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **539**, Article ID: 151539. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2021.151539>

-
- [22] Mannion, P.D., Upchurch, P., Benson, R.B.J. and Goswami, A. (2014) The Latitudinal Biodiversity Gradient through Deep Time. *Trends in Ecology & Evolution*, **29**, 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.09.012>
- [23] Fenton, I.S., Aze, T., Farnsworth, A., Valdes, P. and Saupe, E.E. (2023) Origination of the Modern-Style Diversity Gradient 15 Million Years Ago. *Nature*, **614**, 708-712. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05712-6>
- [24] Fernández-Torres, F., Martínez, P.A. and Olalla-Tárraga, M.Á. (2018) Shallow Water Ray-Finned Marine Fishes Follow Bergmann's Rule. *Basic and Applied Ecology*, **33**, 99-110. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.09.002>
- [25] Saunders, R.A. and Tarling, G.A. (2018) Southern Ocean Mesopelagic Fish Comply with Bergmann's Rule. *The American Naturalist*, **191**, 343-351. <https://doi.org/10.1086/695767>
- [26] Rypel, A.L. (2014) The Cold-Water Connection: Bergmann's Rule in North American Freshwater Fishes. *The American Naturalist*, **183**, 147-156. <https://doi.org/10.1086/674094>
- [27] Foster, J.B. (1964) Evolution of Mammals on Islands. *Nature*, **202**, 234-235. <https://doi.org/10.1038/202234a0>
- [28] Meiri, S., Cooper, N. and Purvis, A. (2007) The Island Rule: Made to Be Broken? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **275**, 141-148. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1056>
- [29] Raftery, A.E., Zimmer, A., Frierson, D.M.W., Startz, R. and Liu, P. (2017) Less than 2°C Warming by 2100 Unlikely. *Nature Climate Change*, **7**, 637-641. <https://doi.org/10.1038/nclimate3352>
- [30] Alfonso, S., Gesto, M. and Sadoul, B. (2020) Temperature Increase and Its Effects on Fish Stress Physiology in the Context of Global Warming. *Journal of Fish Biology*, **98**, 1496-1508. <https://doi.org/10.1111/jfb.14599>
- [31] Barbarossa, V., Bosmans, J., Wanders, N., King, H., Bierkens, M.F.P., Huijbregts, M.A.J., *et al.* (2021) Threats of Global Warming to the World's Freshwater Fishes. *Nature Communications*, **12**, Article No. 1701. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21655-w>
- [32] Dahms, C. and Killen, S.S. (2023) Temperature Change Effects on Marine Fish Range Shifts: A Meta-Analysis of Ecological and Methodological Predictors. *Global Change Biology*, **29**, 4459-4479. <https://doi.org/10.1111/gcb.16770>
- [33] Hu, W., Du, J., Su, S., Tan, H., Yang, W., Ding, L., *et al.* (2022) Effects of Climate Change in the Seas of China: Predicted Changes in the Distribution of Fish Species and Diversity. *Ecological Indicators*, **134**, Article ID: 108489. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108489>
- [34] Su, G., Logez, M., Xu, J., Tao, S., Villéger, S. and Brosse, S. (2021) Human Impacts on Global Freshwater Fish Biodiversity. *Science*, **371**, 835-838. <https://doi.org/10.1126/science.abd3369>