•编者按•

生物多样性科学的若干前沿问题

马克平*

(中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093)

Frontiers in biodiversity science: insular biogeography, community assembly and application of big data

Keping Ma*

State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

岛屿生物地理学是生物多样性科学的重要内容之一, 受到越来越多的关注。以“island biogeography”和“insular biogeography”为主题在 Web of Science 上检索, 可以看到近 30 年来的论文数量不断增加(附录 1)。而且, 论文受到广泛关注, 单篇文章被引用最高达到 1,479 次(附录 2)。

今年是岛屿生物地理学理论(MacArthur & Wilson, 1967)发表 50 周年, 相关领域的学者纷纷发表文章纪念该理论对生态学、进化生物学、保护生物学的发展所起到的促进作用。*Journal of Biogeography* 今年第 5 期更是以岛屿生物地理学为专题发表 13 篇文章。第一篇文章的题目是: “岛屿生物地理学的路线图: 岛屿生物地理学理论问世 50 年后仍需解决的 50 个基本科学问题”(Patino et al, 2017)。由西班牙岛屿生态与进化研究中心的 J. Patino、英国剑桥大学的 R. Whittaker、葡萄牙亚速尔大学的 P. Borges、西班牙拉古纳大学的 J. Fernandez-Palacios 和英国东安格利亚大学的 B. Emerson 5 位专家组成的“岛屿生物学 50 个基本科学问题”工作组牵头, 先后有上千人次参与, 完成了从 241 个基本科学问题到 50 个问题的筛选和凝练, 并对选定的 50 个问题(附录 3)分 4 个部分 12 个主题做了介绍, 简要评述了每个主题的研究进展和存在的知识空缺(Patino et al, 2017)。

主题1: 全球生物多样性格局。包括5个基本科学问题, 涉及空间、历史和生态过程如何影响岛屿系统的物种、谱系、功能多样性格局和种-面积关系, 以及如何与大陆相似区域进行比较; 岛屿作为

大陆已经灭绝的生物支系或生态系统的避难所或生物多样性起源地对大陆生物区系构建的影响。

主题2: 岛屿发育过程与过去气候变化。包括4个基本科学问题, 主要涉及岛屿发育过程中的物种定殖率、物种形成速率和灭绝率, 以及生物支系多样化速率是如何变化的; 地质历史事件和过去气候变化对岛屿物种定殖、物种形成和灭绝, 以及改变物种扩散路线方面的影响。

主题3: 岛屿基本法则与综合特征。包括3个基本科学问题, 主要涉及岛屿生物的性状进化、体型大小、扩散能力、体色和繁育系统等与大陆是否有显著不同? 与大陆类似的种群相比, 岛屿种群的基因多样性下降程度如何?

主题4: 岛屿生物地理学理论。包括4个基本科学问题, 主要涉及如何运用和改进岛屿生物地理学理论来预测大尺度的生物地理格局, 并形成普适性的生物多样性理论; 如何将源于海岛的岛屿生物地理学理论应用于其他形式的岛状系统。

主题5: 迁徙-物种形成-绝灭动态。包括5个基本科学问题, 主要涉及岛屿隔离程度、群岛的空间配置、人类活动和与多样性相关的生态过程如何影响物种的定殖、成种和灭绝; 岛屿特有种与非特有种的灭绝概率是否有差异?

主题6: 物种形成和多样性分化。包括4个基本科学问题, 主要涉及功能性状和基因流与物种在岛内和岛间的多样性分化速率的关系; 生态过程与地理隔离在岛屿物种形成过程中的相对重要性。

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: kpma@ibcas.ac.cn

主题7: 扩散和定殖。包括3个基本科学问题, 主要涉及奠基者效应和古生态学在岛屿生物支系进化中的重要性; 岛屿间物种扩散频率是否足以支撑群岛尺度的集合群落。

主题8: 群落构建。包括6个基本科学问题, 岛屿面积、海拔、隔离度和年龄如何影响岛屿系统的群落组成和动态及物种的自然灭绝速率; 岛屿群落的物种、谱系和功能多样性如何随着岛屿系统的变化而变化? 物种定殖的先后顺序、物种原地进化和稀有种如何影响岛屿生物区系和生态系统功能?

主题9: 生物相互作用。包括2个基本科学问题, 涉及气候和海平面变化怎样影响岛屿上的生物相互作用, 以及生物相互作用如何影响岛屿上的物种迁徙、灭绝和成种速率?

主题10: 全球变化。包括5个基本科学问题, 主要涉及岛屿生物区系在响应全球变化方面与大陆有何不同? 哪些类群和性状对全球变化最敏感? 人类活动怎样影响岛屿物种灭绝或成功应对气候变化?

主题11: 保护与管理政策。包括5个基本科学问题, 主要涉及应对生物多样性丧失、外来种入侵和人类活动干扰的最佳就地保护对策; 如何将自然保护与其他利益相关者的活动很好地结合?

主题12: 外来入侵种。包括4个基本科学问题, 主要涉及外来种入侵的不同时期如何影响岛屿本地种的分布区和生物相互作用, 继而对生态系统功能有何影响; 引进种与自然到达后定居的物种对岛屿的生态影响有何不同?

最后作者们特别强调两点: 第一, 跨区域的大量独立的生物谱系信息的整合对于解决大尺度的

宏生态学和宏观进化问题非常值得关注; 第二, 基于跨区域多岛屿系统的样地或样点的精细化大尺度比较研究, 是解决跨越4个部分的交叉科学问题的有效途径。

为了让读者及时了解生物多样性科学前沿, 本期特约两位年轻学者分别就物种共存理论和大数据应用撰文, 介绍进展和未来研究重点。

物种共存理论是群落生态学和生物多样性科学领域的核心问题之一, 近年来受到广泛关注, 2016年发表SCI论文数量是1997年的20倍(附录4)。经典物种共存理论的历史可以追溯到生态位概念的提出和发展。当代物种共存理论不再重视具体的共存机制, 而是关注影响物种共存的一般性规律。主要研究生物和非生物选择下群落组分种的生态位分化和适合度差异。对于稳定的物种共存而言, 生态位差异越大越好, 而平均适合度差异则越小越好(储诚进等, 2017)。作者从对理论框架本身的检验和与具体物种共存机制研究的结合两个方面展望了未来研究重点。

生物多样性相关的数据不仅规模庞大, 分布在不同的组织机构, 而且异构性和动态性高, 数据不完整性和不确定性强。对数据采集、处理、保存、共享等提出了巨大的挑战(Hampton et al, 2013)。张健(2017)通过全球、大陆和区域尺度上的研究案例展示了大数据在生物多样性研究中的应用的新进展, 内容涉及森林覆盖变化、保护生态学、生物多样性与生态系统功能、气候变化对生物多样性的影响等, 并对大数据的应用前景进行了展望。

附录 Supplementary Material

附录1 岛屿生物地理学论文数量的年际变化

Appendix 1 Trends of annual number of papers on island biogeography
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2017137-1.pdf>

附录2 被引频次排在前50名的岛屿生物地理学论文

Appendix 2 Top 50 high citation papers on island biogeography
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2017137-2.pdf>

附录3 岛屿生物地理学理论问世50年后仍需解决的50个基本科学问题 (Patino et al, 2017)

Appendix 3 The 50 fundamental questions after 50 years of the Theory of Island Biogeography (Patino et al, 2017)
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2017137-3.pdf>

附录4 物种共存理论论文数量的年际变化

Appendix 4 Trends of annual number of papers on species coexistence
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2017137-4.pdf>

附录5 参考文献 Appendix 5 References (<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2017137-5.pdf>)

附录1 岛屿生物地理学论文数量的年际变化
Appendix 1 Trends of annual number of papers on island biogeography

附录2 被引频次排在前50名的岛屿生物地理学论文(以 island biogeography or insular biogeography 为主题 2017年5月在 Web of Science 检索)

Appendix 2 Top 50 high citation papers on island biogeography searched in Web of Science core database by using the subject "island biogeography" or "insular biogeography" in May 2017

1. [Turnover rates in insular biogeography - effect of immigration on extinction](#) 作者: Brown, Jh; Kodricbrown, A Ecology 卷: 58 期: 2 页: 445-449 出版年: 1977 被引频次: [1,479](#)
2. [Equilibrium-theory of insular zoogeography](#) 作者: Macarthur, RH; Wilson, EO Evolution 卷: 17 期: 4 页: 373-& 出版年: 1963 被引频次: [1,201](#)
3. [Metapopulation dynamics - brief-history and conceptual domain](#) 作者: Hanski, I; Gilpin, M Biological Journal of the Linnean Society 卷: 42 期: 1-2 页: 3-16 出版年: Jan-Feb 1991 被引频次: [840](#)
4. [Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity](#) 作者: Whittaker, RJ; Willis, KJ; Field, R Journal of Biogeography 卷: 28 期: 4 页: 453-470 出版年: APR 2001 被引频次: [800](#)
5. [The matrix matters: Effective isolation in fragmented landscapes](#) 作者: Ricketts, TH American Naturalist 卷: 158 期: 1 页: 87-99 出版年: JUL 2001 被引频次: [787](#)
6. [Maximum likelihood inference of geographic range evolution by dispersal, local extinction, and cladogenesis](#) 作者: Ree, Richard H.; Smith, Stephen A. Systematic Biology 卷: 57 期: 1 页: 4-14 出版年: 2008 被引频次: [719](#)
7. [From balance of nature to hierarchical patch dynamics: A paradigm shift in ecology](#) 作者: Wu, JG; Loucks, OL Quarterly Review of Biology 卷: 70 期: 4 页: 439-466 出版年: DEC 1995 被引频次: [669](#)
8. [Conservation strategy - the effects of fragmentation on extinction](#) 作者: Wilcox, BA; Murphy, DD American Naturalist 卷: 125 期: 6 页: 879-887 出版年: 1985 被引频次: [521](#)
9. [The contribution of population and community biology to conservation science](#) 作者: Simberloff, D Annual Review of Ecology and Systematics 卷: 19 页: 473-511 出版年: 1988 被引频次: [515](#)
10. [Conservation Biogeography: assessment and prospect](#) 作者: Whittaker, RJ; Araujo, MB; Paul, J; 等. Diversity and Distributions 卷: 11 期: 1 页: 3-23 出版年: JAN 2005 被引频次: [485](#)
11. [The biological dynamics of tropical rain-forest fragments](#) 作者: Bierregaard, RO; Lovejoy, TE; Kapos, V; 等. BioScience 卷: 42 期: 11 页: 859-866 出版年: DEC 1992 被引频次: [470](#)
12. [Neutral theory and relative species abundance in ecology](#) 作者: Volkov, I; Banavar, JR; Hubbell, SP; 等. Nature 卷: 424 期: 6952 页: 1035-1037 出版年: AUG 28 2003 被引频次: [402](#)
13. [Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity](#) 作者: Oertli, B; Auderset Joye, D; Castella, E; 等. Biological Conservation 卷: 104 期: 1 页: 59-70 出版年: MAR 2002 被引频次: [333](#)
14. [Comparing classical community models: Theoretical consequences for patterns of diversity](#) 作者: Chave, J; Muller-Landau, HC; Levin, SA American Naturalist 卷: 159 期: 1 页: 1-23 出版年: JAN 2002 被引频次: [327](#)
15. [The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization](#) 作者: Gustafson, EJ; Gardner, RH Ecology 卷: 77 期: 1 页: 94-107 出版年: JAN 1996 被引频次: [322](#)
16. [Analysis of an evolutionary species-area relationship](#) 作者: Losos, JB; Schluter, D Nature 卷: 408 期: 6814 页: 847-850 出版年: DEC 14 2000 被引频次: [313](#)

17. [Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations](#) 作者: Prugh, Laura R.; Hodges, Karen E.; Sinclair, Anthony R. E.; 等. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 卷: 105 期: 52 页: 20770-20775 出版年: DEC 30 2008 被引频次: [296](#)
18. [A conceptual genealogy of fragmentation research: From island biogeography to landscape ecology](#) 作者: Haila, Y Ecological Applications 卷: 12 期: 2 页: 321-334 出版年: APR 2002 被引频次: [292](#)
19. [Ecology's most general, yet protean pattern: the species-area relationship](#) 作者: Lomolino, MV Journal of Biogeography 卷: 27 期: 1 页: 17-26 出版年: JAN 2000 被引频次: [292](#)
20. [Island biogeography theory and conservation practice](#) 作者: Simberloff, DS; Abele, LG Science 卷: 191 期: 4224 页: 285-286 出版年: 1976 被引频次: [292](#)
21. [The equilibrium-theory of island biogeography - fact or fiction](#) 作者: Gilbert, FS Journal of Biogeography 卷: 7 期: 3 页: 209-235 出版年: 1980 被引频次: [289](#)
22. [On random placement and species-area relations](#) 作者: Coleman, BD Mathematical Biosciences 卷: 54 期: 3-4 页: 191-215 出版年: 1981 被引频次: [275](#)
23. [Biogeography of mammals in se asia - estimates of rates of colonization, extinction and speciation](#) 作者: Heaney, LR Biological Journal of the Linnean Society 卷: 28 期: 1-2 页: 127-165 出版年: MAY-JUN 1986 被引频次: [273](#)
24. [A general dynamic theory of oceanic island biogeography](#) 作者: Whittaker, Robert J.; Triantis, Kostas A.; Ladle, Richard J. Journal of Biogeography 卷: 35 期: 6 页: 977-994 出版年: JUN 2008 被引频次: [266](#)
25. [The roles of island area per se and habitat diversity in the species-area relationships of four Lesser Antillean faunal groups](#) 作者: Ricklefs, RE; Lovette, IJ Journal of Animal Ecology 卷: 68 期: 6 页: 1142-1160 出版年: NOV 1999 被引频次: [263](#)
26. [Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule](#) 作者: Lomolino, MV Journal of Biogeography 卷: 32 期: 10 页: 1683-1699 出版年: OCT 2005 被引频次: [256](#)
27. [Habitat connectivity and matrix restoration: the wider implications of agri-environment schemes](#) 作者: Donald, PF; Evans, AD Journal of Applied Ecology 卷: 43 期: 2 页: 209-218 出版年: APR 2006 被引频次: [228](#)
28. [Individuals-area relationships: The relationship between animal population density and area](#) 作者: Connor, EF; Courtney, AC; Yoder, JM Ecology 卷: 81 期: 3 页: 734-748 出版年: MAR 2000 被引频次: [224](#)
29. [Speciation reversal and biodiversity dynamics with hybridization in changing environments](#) 作者: Seehausen, Ole; Takimoto, Gaku; Roy, Denis; 等. Molecular Ecology 卷: 17 期: 1 页: 30-44 出版年: JAN 2008 被引频次: [223](#)
30. [The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels](#) 作者: Clarke, KR; Warwick, RM Marine Ecology Progress Series 卷: 184 页: 21-29 出版年: 1999 被引频次: [218](#)
31. [A unified theory of biogeography and relative species abundance and its application to tropical rain forests and coral reefs](#) 作者: Hubbell, SP Coral Reefs 卷: 16 增刊: S 页: S9-S21 出版年: JUN 1997 被引频次: [216](#)
32. [Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory](#) 作者: Laurance, William F. Biological Conservation 卷: 141 期: 7 页: 1731-1744 出版年: JUL 2008 被引频次: [212](#)

33. [Three-Gorges Dam - Experiment in habitat fragmentation?](#) 作者: Wu, JG; Huang, JH; Han, XG; 等.
Science 卷: 300 期: 5623 页: 1239-1240 出版年: MAY 23 2003 被引频次: [209](#)
34. [Estimating species richness: Sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns](#) 作者: Brose,
U; Martinez, ND; Williams, RJ Ecology 卷: 84 期: 9 页: 2364-2377 出版年: SEP 2003 被引频次: [204](#)
35. [A useful role for theory in conservation](#) 作者: Doak, DF; Mills, LS Ecology 卷: 75 期: 3 页:
615-626 出版年: APR 1994 被引频次: [204](#)
36. [Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest
fragmentation effects](#) 作者: Kupfer, JA; Malanson, GP; Franklin, SB Global Ecology and Biogeography 卷:
15 期: 1 页: 8-20 出版年: JAN 2006 被引频次: [202](#)
37. [Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia
sepium*](#) 作者: Kruess, A; Tschardtke, T Oecologia 卷: 122 期: 1 页: 129-137 出版年: JAN 2000 被引
频次: [201](#)
38. [Habitat loss and fragmentation in dynamic landscapes: Avian perspectives from the boreal forest](#) 作者:
Schmiegelow, FKA; Monkkonen, M Ecological Applications 卷: 12 期: 2 页: 375-389 出版年: APR
2002 被引频次: [194](#)
39. [Testing the context and extent of host-parasite coevolution](#) 作者: Brooks, DR Systematic Zoology 卷:
28 期: 3 页: 299-307 出版年: 1979 被引频次: [187](#)
40. [Ecological biogeography of southern ocean islands: Species-area relationships, human impacts, and
conservation](#) 作者: Chown, SL; Gremmen, NJM; Gaston, KJ American Naturalist 卷: 152 期: 4 页:
562-575 出版年: OCT 1998 被引频次: [183](#)
41. [Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence](#) 作者: Davies, KF; Margules, CR
Journal of Animal Ecology 卷: 67 期: 3 页: 460-471 出版年: MAY 1998 被引频次: [179](#)
42. [Nested faunas and extinction in fragmented habitats](#) 作者: Cutler, A Conservation Biology 卷: 5 期:
4 页: 496-505 出版年: DEC 1991 被引频次: [178](#)
43. [How old is the Hawaiian biota? Geology and phylogeny suggest recent divergence](#) 作者: Price, JP; Clague,
DA Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences 卷: 269 期: 1508 页: 2429-2435 出版年:
DEC 7 2002 被引频次: [177](#)
44. [Invasion of pollination networks on oceanic islands: importance of invader complexes and endemic super
generalists](#) 作者: Olesen, JM; Eskildsen, LI; Venkatasamy, S Diversity and Distributions 卷: 8 期: 3 页:
181-192 出版年: MAY 2002 被引频次: [175](#)
45. [PLANT-SPECIES RICHNESS - THE EFFECT OF ISLAND SIZE AND HABITAT DIVERSITY](#) 作者:
Kohn, DD; Walsh, DM Journal of Ecology 卷: 82 期: 2 页: 367-377 出版年: JUN 1994 被引频次: [175](#)
46. [Species turnover and equilibrium island biogeography](#) 作者: SIMBERLOFF, D Science 卷: 194 期:
4265 页: 572-578 出版年: 1976 被引频次: [172](#)
47. [Towards a more general species-area relationship: diversity on all islands, great and small](#) 作者: Lomolino,
MV; Weiser, MD Journal of Biogeography 卷: 28 期: 4 页: 431-445 出版年: APR 2001 被引频次:
[171](#)
48. [Does ecosystem size determine aquatic bacterial richness?](#) 作者: Reche, I; Pulido-Villena, E;
Morales-Baquero, R; 等. Ecology 卷: 86 期: 7 页: 1715-1722 出版年: JUL 2005 被引频次: [165](#)
49. [Metapopulation models - the rescue effect, the propagule rain, and the core-satellite hypothesis](#) 作者: Gotelli,
NJ American Naturalist 卷: 138 期: 3 页: 768-776 出版年: SEP 1991 被引频次: [165](#)

马克平. 生物多样性科学的若干前沿问题. 生物多样性, 2017, 25 (4): 343–344.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2017137>

50. [A land-bridge island perspective on mammalian extinctions in western North-American parks](#) 作者:
Newmark, WD Nature 卷: 325 期: 6103 页: 430-432 出版年: JAN 29 1987 被引频次: [165](#)

附录 3 岛屿生物地理学理论问世 50 年后仍需解决的 50 个基本科学问题(Patino et al, 2017)

Appendix 3 The 50 fundamental questions after 50 years of the Theory of Island Biogeography (Patino et al, 2017)

一、岛屿宏生态学与生物地理学

1. 全球生物多样性格局(global diversity patterns)

Q1. 空间、历史和生态过程在驱动岛屿系统的物种、谱系和功能多样性格局的相对贡献是什么? [What are the relative roles of spatial, historical and ecological processes in driving taxonomic, phylogenetic and functional diversity patterns of insular systems?]

Q2. 岛屿的物种–面积关系是如何受不同时空尺度的基本生物地理过程影响的? [How do fundamental biogeographic processes interact through time and space to establish the island species–area relationship?]

Q3. 如何比较岛屿和大陆生态相似区域的物种、谱系和功能多样性? [How do taxonomic, phylogenetic and functional diversity compare between islands and ecological similar continental areas?]

Q4. 岛屿作为大陆已经灭绝的生物支系或生态系统的避难所的重要性如何? [How important are islands as refuges for now extinct mainland lineages and/or ecosystems?]

Q5. 海洋岛屿作为生物多样性发生地以及通过反向定殖对大陆生物区系构建的重要性如何? [How important are oceanic islands as generators of biodiversity and for the assembly of continental biota through reverse colonization and/or colonization de novo?]

2. 岛屿发育过程与过去气候变化(island ontogeny and past climate change)

Q6. 岛屿发育过程中物种定殖、形成和灭绝速率如何变化? [How do rates of colonization, speciation and extinction change during island ontogeny?]

Q7. 岛屿生物支系多样化速率如何随岛屿年龄变化? [How do diversification rates of island lineages change with island age?]

Q8. 地质历史事件和过去气候变化在促进岛屿物种定殖和改变物种扩散路线方面的重要性如何? [How important were past geological events and climate change in promoting island colonization and altering dispersal pathways?]

Q9. 气候变化是如何影响岛屿物种形成和灭绝的? [How has climate change influenced speciation and extinction within islands?]

3. 岛屿基本法则与综合特征(island rules and syndromes)

Q10. 岛屿生物的性状进化与大陆完全不同吗? [Is trait evolution fundamentally different on islands than on continents?]

Q11. 岛屿生物的体型大小、扩散能力、体色、繁育系统、木质化程度和窝卵数等与大陆有显著不同吗? [How robust are the various island rules and syndromes relating to body size, loss of dispersal, colouration, breeding system, woodiness and clutch size, among others?]

Q12. 与类似的大陆种群相比, 岛屿种群的基因多样性下降程度如何? [To what extent are island populations genetically impoverished, compared to comparable mainland populations?]

4. 岛屿生物地理学理论(island biogeography theory)

Q13. 岛屿群落动态如何扩展到基于岛屿生物地理学理论预测的生物地理格局? [How do the dynamics of island communities scale up to generate the biogeographical patterns predicted by island biogeographical theories?]

Q14. 如何将岛屿生物地理学理论与其他生态和进化理论整合, 以形成普适性的生物多样性理论? [How can we reconcile island biogeography theories with other ecological and evolutionary theories to contribute to a general biodiversity theory?]

Q15. 如何将源于海岛的岛屿生物地理学理论应用于其他形式的岛状系统, 例如陆地山顶和海底山脉? [How applicable are island biogeographical theories derived from real islands to other forms of insular system,]

such as sky islands and seamounts?]

Q16. 怎样更好地整合群体遗传和/或谱系数据来改进岛屿生物地理学模型? [How can we best incorporate population genetic and/or phylogenetic data to advance models of island biogeography?]

二、岛屿生物宏进化

5. 迁徙–物种形成–绝灭动态(immigration–speciation–extinction dynamic)

Q17. 随着时间的推移, 群岛的空间格局(例如群岛内岛屿间的连通性)如何影响物种的定殖、形成和灭绝? [How does the spatial configuration of an archipelago (e.g. intra-archipelagic connectivity) influence colonization, speciation and extinction over time?]

Q18. 如果物种灭绝速率与岛屿隔离有关, 这一关系的本质是什么? [What is the nature of the relationship between rates of extinction and island isolation, if any?]

Q19. 岛屿特有种与非特有种相比, 灭绝概率有何不同? [How do the extinction probabilities of island endemic species compare to those of non-endemic species?]

Q20. 与多样性相关的过程在岛屿生物定殖、物种形成和灭绝中的重要性如何? [How important are diversity-dependent processes for island colonization, speciation and extinction?]

Q21. 人类干扰导致的物种灭绝如何影响岛屿物种形成与自然灭绝速率的估计? [How do anthropogenic extinctions affect estimates of speciation and natural extinction on island systems?]

6. 物种形成和多样性分化 (speciation and diversification)

Q22. 哪些功能性状(如扩散能力、繁殖和营养级)与物种在岛内和岛间高的多样性分化速率相关? [What functional traits (e.g. relating to dispersal capacity, reproduction, trophic ecology) are associated with high diversification rates within and across island systems?]

Q23. 基于什么性状可以更好地预测哪些类群将要在岛屿上发生适应性辐射进化? [What traits best predict which groups will undergo adaptive radiation on islands?]

Q24. 岛屿上生态物种形成与地理隔离物种形成的相对重要性是什么? [What is the relative importance of ecological versus geographical speciation on islands?]

Q25. 不同岛屿间以及岛屿和大陆间的基因流对物种形成速率有什么影响? [What is the influence of gene flow among islands and/or between islands and mainland areas on speciation rates?]

7. 扩散和定殖(dispersal and colonization)

Q26. 奠基者效应在岛屿生物支系进化中的重要性如何? [What is the importance of founder effects for the evolution of island lineages?]

Q27. 岛屿间物种扩散的频率如何?这样的扩散频率是否足以形成群岛尺度的集合群落?或者说, 可以把岛屿理解为功能上独立的生物群落吗? [How frequent is inter-island dispersal and is it enough to form an archipelago-wide metacommunity, or are islands better understood as functionally independent communities?]

Q28. 古生态学怎样有助于理解岛屿物种的到达、建群和扩散? [How can palaeoecology contribute to the understanding of species arrival, establishment and spread on islands?]

三、岛屿群落生态学

8. 群落构建(community assembly)

Q29. 岛屿群落的物种、谱系和功能多样性在岛屿生态系统的形成和解构过程中如何变化? [How do taxonomic, phylogenetic and functional diversities of island communities change during assembly and disassembly of island systems?]

Q30. 岛屿面积、海拔和隔离度如何影响岛屿系统的群落组成和动态变化? [How do island area, elevation and isolation influence the community composition and dynamics of island systems?]

Q31. 岛屿年龄、谱系类群和功能生态学在决定海洋岛屿分类群自然灭绝速率中的相对作用是什么? [What are the relative roles of island age, phylogenetic group and functional ecology in determining natural (background)

extinction rates among oceanic island taxa?]

Q32. 物种定殖顺序如何影响岛屿生物区系构建中的新现象? [How does the order of colonization influence emergent outcomes in the assembly of island biotas?]

Q33. 稀有种在岛屿群落功能中的重要性如何? [How important are rare species for the functioning of island communities?]

Q34. 岛屿物种原地进化如何影响岛屿生态系统功能? [How does *in situ* evolution drive the functioning of island ecosystems?]

9. 生物相互作用(biotic interactions)

Q35. 气候和海平面变化怎样影响岛屿上的生物相互作用? [How do climate and sea-level changes influence biotic interactions on islands?]

Q36. 生物相互作用(营养级内部和之间)如何影响岛屿上的物种迁徙、灭绝和成种速率? [How do biotic interactions (within and between trophic levels) influence immigration, extinction and speciation rates on islands?]

四、岛屿保护与管理

10. 全球变化(global change)

Q37. 岛屿生物区系在响应全球变化方面与大陆生物区系有何不同? [How, if at all, do island biotas differ from continental biotas in their response to global change?]

Q38. 岛屿物种是否比亲缘关系最近的大陆物种更易灭绝? 若如此, 为什么? [Are island species more prone to extinction than their closest relatives on the mainland, and if so, why?]

Q39. 如何判定哪些岛屿生物类群在全球变化中更具风险, 与此风险相关联的性状是什么? [How can we identify which island taxa are most at risk from global change and what are their risk-associated traits?]

Q40. 什么决定了岛屿生物类群因人类干扰导致的物种灭绝速率? [What determines anthropogenic extinction rates among island taxa?]

Q41. 岛屿内人类活动变化怎样影响岛屿物种成功应对气候变化的能力? [How do anthropogenic changes within islands impact on the capacity of island species to respond successfully to climate change?]

11. 保护与管理政策(conservation and management policies)

Q42. 如何判定未来10年对生物多样性丧失更敏感的岛屿, 以及保护其生物多样性最有效和经济的方法(如政策、教育、研究和管理)是什么? [How can we identify islands that are more susceptible to biodiversity loss in the coming decade, and what are the most efficient and cost-effective methods (i.e. policy; education; research; management) for safeguarding their biodiversity?]

Q43. 对于受外来种影响的岛屿物种的最佳就地保护策略是什么? [What are the best strategies for *in situ* conservation of island species impacted by non-native species?]

Q44. 应对人类干扰引起的岛屿物种灭绝危机的最有效方法是什么? [What are the most effective methods for responding to the anthropogenic extinction crisis on islands?]

Q45. 如何实现对岛屿的长期监测方案来为岛屿生态系统的变化提供定量证据? [How can we best implement long-term monitoring schemes on islands to provide quantitative evidence of changes within island ecological systems?]

Q46. 在有居民的岛屿, 如何将自然保护与其他利益相关者的活动(尤其是旅游)很好地结合? [How can conservation interests best be integrated with other island stakeholder interests (particularly tourism) on populated islands?]

12. 外来入侵物种(invasive alien species)

Q47. 外来种与本地种间的相互作用对岛屿生物多样性和生态系统功能的影响是什么? [What are the impacts of novel biotic interactions between and among alien and native species on island biodiversity and

ecosystem functioning?]

Q48. 外来生物的不同入侵阶段(即: 种群定殖、建立和长期适应)如何影响岛屿本地种的分布范围和相互作用? [How does the invasion stage (i.e. colonization, establishment, and long-term adaptation) of alien taxa affect distribution ranges and biotic interactions of native insular biotas?]

Q49. 外来种在多大程度上可以替代岛屿灭绝本地种的功能? [To what extent can alien species act as functional substitutes for extinct native species on islands?]

Q50. 引入种与自然到达后定居的物种对岛屿的生态影响有何不同? [How do the ecological effects of introduced species differ from those of naturally arriving colonist species on islands?]

附录4 物种共存理论论文数量的年际变化
Appendix 4 Trends of annual number of papers on species coexistence

马克平. 生物多样性科学的若干前沿问题. 生物多样性, 2017, 25 (4): 343–344.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2017137>

附录5 参考文献

- Chu CJ, Wang YS, Liu Y, Jiang L, He FL (2017) Advances in species coexistence theory. *Biodiversity Science*, 25, 345–354. (in Chinese with English abstract) [储诚进, 王酉石, 刘宇, 蒋林, 何芳良 (2017) 物种共存理论研究进展. 生物多样性, 25, 345–354.]
- Hampton SE, Strasser CA, Tewksbury JJ, Gram WK, Budden AE, Batcheller AL, Duke CS, Porter JH (2013) Big data and the future of ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, 156–162.
- MacArthur RH, Wilson EO (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Patino J, Whittaker RJ, Borges PAV, Fernandez-Palacios JM, Ah-Peng C, Araujo MB, Avila SP, Cardoso P, Cornuault J, de Boer EJ, de Nascimento L, Gil A, Gonzalez-Castro A, Gruner DS, Heleno R, Hortal J, Illera JC, Kaiser-Bunbury CN, Matthews TJ, Papadopoulou A, Pettorelli N, Price JP, Santos AMC, Steinbauer MJ, Triantis KA, Valente L, Vargas P, Weigelt P, Emerson BC (2017) A roadmap for island biology: 50 fundamental questions after 50 years of *The Theory of Island Biogeography*. *Journal of Biogeography*, 44, 963–983.
- Zhang J (2017) Biodiversity science and macroecology in the era of big data. *Biodiversity Science*, 25, 355–363. (in Chinese with English abstract) [张健 (2017) 大数据时代的生物多样性科学与宏生态学. 生物多样性, 25, 355–363.]