

藤壶亚目物种的系统发育学研究进展

刘瀚仁, 汤雁滨, 刘清河, 廖一波, 寿鹿, 曾江宁, 陈全震

(自然资源部第二海洋研究所自然资源部海洋生态系统动力学重点实验室 杭州 310012)

摘要:藤壶亚目是目前为止海洋生物群落中种类最丰富和最重要的类群之一,也是海洋污损生物的重要组成部分,主要分布于岩石潮间带栖息地、深海热液口,有的物种会附着在红树林植物、动物和人工构筑物上。文章综述了藤壶亚目的起源以及分类系统的建立和发展,认为藤壶亚目在白垩纪从有柄目分化而来,其中篱藤壶科(小藤壶总科)是最早分化出的一支,而后逐渐分化为星板藤壶总科、厚藤壶总科、鲸藤壶总科、笠藤壶总科、小藤壶总科和藤壶总科 6 支;总结了国内藤壶亚目的研究进展;比较了藤壶亚目系统发育学的研究方法;展望了未来的研究方向,即结合形态学方法与分子系统学方法研究藤壶亚目物种的系统发育关系,为今后研究藤壶亚目物种的分类及防治等工作提供借鉴和帮助。

关键词:系统发育学;无柄目;藤壶亚目;分子系统学;污损生物

中图分类号:Q959.22;Q958.8;Q951;P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2021)11-0097-07

The Phylogeography Study Progress of Balanomorph Species

LIU Hanren, TANG Yanbin, LIU Qinghe, LIAO Yibo, SHOU Lu,
ZENG Jiangning, CHEN Quanzhen

(Second Institute of Oceanography, MNR, Key Laboratory of Marine Ecosystem Dynamics, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Balanomorph, which is one of the most abundant and important group of marine communities, the species are mainly distributed in intertidal habitats, deep sea hydrothermal vents, some species are attached to mangrove plants, animals or artificial structures. This paper reviewed the origin of Balanomorph, and the establishment and development of its taxonomy. Balanomorph was differentiated from Pedunculata in Cretaceous, then gradually differentiated into Chionelasmatoidea, Pachylasmatoidea, Coronuloidea, Tetraclitoidea, Chthamaloidea, Balanoidea. And then, we summarized the domestic research progress of Balanomorph, compared the study methods for the phylogeny of Balanomorph, and looked forward to the future research direction, combining with morphology characteristics and molecular phylogenetic methods, to study the relationships of Balanomorph, which could provide reference and help for the future study of taxonomy and prevention of Balanomorph.

收稿日期:2020-12-01;修订日期:2021-10-12

作者简介:刘瀚仁,硕士,研究方向为海洋生物学

通信作者:廖一波,副研究员,博士,研究方向为海洋生态学

Keywords: Phylogeny, Sesilia, Balanomorph, Molecular phylogeny, Fouling organisms

0 前言

藤壶亚目(Balanomorpha)隶属于节肢动物门(Arthropoda),甲壳动物亚门(Crustacea),颚足纲(Maxillopoda),鞘甲亚纲(Thecostraca),蔓足下纲(Cirripedia),围胸总目(Thoracica),无柄目(Sesilia)^[1],是目前为止海洋生物群落中种类最丰富和最重要的类群,其化石记录自下白垩纪以来就一直存在^[2]。它们之所以得名,是因为缺少不同于有柄类的肉质柄,并且被包裹在锥形的壳板中,身体底部牢牢地黏在底层^[3]。该类群物种主要分布于岩石潮间带栖息地,有些物种栖息在深海和热液喷口,或附着在各种植物(红树林植物)、动物(脊椎动物,如鲸鱼、海龟、海蛇;无脊椎动物,如甲壳动物、软体动物、珊瑚、海绵)以及人工构筑物上。这类藤壶并不是真正的寄生生物,但对宿主可能存在各种有害影响,例如对红树林植物的生存和生长造成威胁^[4],对船舶、能源冷却系统和海水淡化装置造成严重的影响^[5],是海洋中常见的污损生物。

藤壶亚目物种的形态非常多样^[3,6,7]。大多数物种的结构呈火山状,环绕身体的壳板数量因种而不同,有些种的整个壁板甚至是一体的,没有分离成单个壳板的迹象。与壳板相关的其他结构也有广泛的变化,如基底是否为钙质的或膜质的,壁板之间是否嵌合及其是否与基板连接。胸部具6对双肢型附肢,也称蔓足,蔓足上生有很多刚毛,各类群附肢的节数和附肢上的毛序都有所差别。口器均为咀嚼型,包括一片上唇、一对大颚、两对小颚,上唇的肿胀程度、上唇顶缘平直或具缺刻等都是总科的鉴定特征。

藤壶亚目的物种表现出丰富的生物多样性和结构多样性,使其成为生态学和进化学研究的理想模式^[8]。它们在成体结构、生长和摄食方面一直是适应性进化研究的重点,包括 Charles Darwin 开展的开创性研究将介虫(生活史中个体成年前的最后一个幼虫阶段)作为研究影响海洋幼虫定居的因素的最佳模型^[3,6,9-12]。此外,在防治藤壶污染方面也有大量的研究,如通过研究藤壶的水泥体及其产生的水泥,模拟并生产出水下超级胶,通过研究藤壶

附着在硅基弹性体涂层的机理,以尝试在技术上模拟并寻找防治的方法^[13]。考虑到藤壶在生物学和海洋经济上的重要性,研究藤壶的系统发育框架至关重要。对藤壶进行全面的系统发育分析将有助于我们了解藤壶是从何时起源以及如何进化成目前的多样性。然而,藤壶亚目物种之间的关系至今仍然没有被很好地解析^[7]。由于藤壶形态结构的高度变异以及地理差异使得形态分类手段难以发挥作用,因此我们需要利用分子生物学技术研究其系统发育关系^[14-18]。

本研究将介绍藤壶亚目物种的起源假说、形态学分类学说、运用分子生物学手段研究系统发育的进展以及相关研究的实验方法,为今后研究藤壶亚目物种的分类和防治提供借鉴和帮助。

1 藤壶亚目的起源

有关藤壶亚目的起源假说主要分为两派:单系起源假说和多系起源假说。最早关于藤壶亚目原虫起源的研究支持单系起源假说,总结了现生有柄目铠苳荷类与无柄目藤壶类的形态学证据,认为篱藤壶科(Catophragmidae)^[19]为藤壶亚目进化的原虫^[7,20],是由铠苳荷类进化而来的。这个科有许多苳荷类与藤壶类的共同特征,如似藤壶的滋养体和壳内鳞形覆瓦状的螺纹,表明其为有柄类的后代,并且得到古生物学证据的支持。然而,随着藤壶化石的发现,为藤壶亚目以下分类单元的进化提供关键的新见解^[21-24]。

藤壶亚目在下白垩纪(139.6 mya)从有柄目中分化出来,所有的主要类群都已出现,而厚藤壶科(Pachylasmatidae)^[25]直到古新世(60.9 mya)才出现。

2 藤壶亚目分类系统的建立与发展

Darwin^[10]在1854年首次建立藤壶科(Balanoidae),包括小藤壶亚科和藤壶亚科,改变了当时藤壶类分类的混乱状态,初步阐述了种属间的关系,并为之后的分类工作创立了基础。Pilsbry^[11]在1916年将藤壶科提升至藤壶亚目,下设藤壶科和小藤壶科,然而总体上依然沿袭 Darwin 之前的体系。Newman 等^[7]在1976年将原本的藤壶科和小藤壶

科提升至总科水平(藤壶总科 Balanoidea,小藤壶总科),并设立拟藤壶总科(Balanomorphoidea),以包含深板藤壶科(Bathylasmatidae),笠藤壶科(Tetraclitidae)和鲸藤壶科(Coronulidae)。随后 Newman^[26]将小藤壶总科和拟藤壶总科拆分,形成 6 个总科,分别是星板藤壶总科(Chionelasmatoidea)、厚藤壶总科(Pachylasmatoidea)、鲸藤壶总科(Coronuloidea)、笠藤壶总科(Tetraclitoidea)、小藤壶总科和藤壶总科。Pérez 等^[25]在 2014 年对藤壶亚目进行了比较完整的分子系统发育分析,基于 18S、28S、12S、16S rRNA 和 COI 序列,包括多个厚藤壶总科、星板藤壶总科和深板藤壶科的样本,结果表明小藤壶总科是藤壶亚目中最早分化出来的一类,而星板藤壶总科和厚藤壶总科与篱藤壶科形成了一个不受支持的分支。Chan^[27]在 2017 年提出新的分类建议,将藤壶亚目分为 5 个主要类群,对应为篱藤壶科、星板藤壶科、小藤壶科、厚藤壶科和 Waikalasmatidae。然而,这 5 个类群之间的亲缘关系尚未得到解决。

为便于统一,目前科学界仍然采用 Newman 修订后的藤壶亚目系统发育关系^[7],如表 1 所示。

表 1 藤壶亚目的系统发育关系

序号	发育关系
1	星板藤壶总科 Superfamily Chionelasmatoidea Buckridge, 1983
2	厚藤壶总科 Superfamily Pachylasmatoidea Utinomi, 1968
3	小藤壶总科 Superfamily Chthamaloidea Darwin, 1854
	小藤壶科 Family Chthamalidae Darwin, 1854
	篱藤壶科 Family Catophragmidae Utinomi, 1968
4	鲸藤壶总科 Superfamily Coronuloidea Leach, 1817
	鲸藤壶科 Family Coronulidae Leach, 1817
	龟藤壶科 Family Chelonibiidae Polsbry, 1916
	埃默藤壶科 Family Emersoniidae Ross, 1967
5	扁藤壶科 Family Platylepadidae Newman & Ross, 1976
	笠藤壶总科 Superfamily Tetraclitoidea Gruvel, 1903
	笠藤壶科 Family Tetraclitidae Gruvel, 1903
6	深板藤壶科 Family Bathylasmatidae Newman & Ross, 1976
	藤壶总科 Superfamily Balanoidea Leach, 1817
	藤壶科 Family Balanidae Leach, 1817
	塔藤壶科 Family Pyrgomatidae Gray, 1825
	古藤壶科 Family Archaeobalanidae Newman & Ross, 1976

3 藤壶亚目国内研究概况

我国关于藤壶亚目物种的研究最早见于董聿茂等^[28]1956 年在我国东海海域的舟山群岛报道的 20 种有柄类物种,而关于中国近海蔓足类物种的区系特点的研究起始于 1980 年,任先秋等对我国近海蔓足类物种的分布展开了系统全面的研究,描述了分布于我国的藤壶亚目 91 种,包含 19 个新种,1 个新属,从而奠定了我国蔓足类物种的分类基础^[29-38]。1982 年朱振勤等开始研究我国东海北部海域蔓足类物种,对该地区蔓足类物种的生态分布、区系特点和动物地理区属等进行了较为详细的描述^[39-41]。至今我国已报道藤壶亚目物种共 6 科 25 属 110 种。

赵梅英^[42]在 2004 年通过形态性状演变和 18SrDNA 基因研究藤壶亚目物种的系统发育关系,支持藤壶亚目的单系性,其中鲸藤壶总科位于藤壶亚目的基部,是藤壶亚目最早分化出的一支。宋隽等^[43]在 2017 年利用蔓足类 19 个物种的线粒体基因组分析,发现藤壶科与古藤壶科(Archaeobalanidae)并非单系群。李咏琪等^[44]2018 年利用 3 种核基因进行系统发育研究,发现在藤壶亚目中位于系统发育树基部的为小藤壶科,且小藤壶科和笠藤壶科均为单系群,而藤壶科与古藤壶科呈多系性。但以上研究所涵盖的藤壶亚目物种并不充分,且系统发育树分支的支持率不高,在之后的研究中需要加入更多的样本和基因序列。

4 藤壶亚目系统学研究方法的发展及优缺点

系统发育学研究主要通过构建物种间的系统发育关系树而反映物种间的进化关系,从而为探索相关生物的进化问题提供依据^[45]。在早期的研究中,科学家主要依靠生物化石、生物的形态学特征以及解剖学特征来构建系统发育树。20 世纪中期以来,由于测序技术的广泛应用,产生的生物分子数据与化石数据、形态学数据和解剖学数据相比,有着优越的丰富性、便于识别和比较等优势^[46-47]。很快利用分子数据构建生物的系统发育树成为主流方法^[48],分子系统发育学也应运而生。关于藤壶亚目物种的系统发育学研究的方法主要分为形态学特征的支序系统学和分子系统学两种。

支序系统学方法是通过对物种间形态性状演变序列的比较分析,采用最大简约法或邻接法构建藤壶亚目的系统发育关系。藤壶亚目物种的性状特征区别主要包括:吻板与吻侧板是否愈合;壳板的薄厚;壳板是否愈合;楯板有无压肌窝;活动楯板形状为四边形或三角形;背板内面有无压肌脊;壳壁内有无纵肋;上唇膨鼓是否明显;有无吻板;上唇脊缘小齿数目;大颚大齿数目;第四蔓足中部各节前缘有刚毛或弯钩;有无尾附肢;有无交接器;交接器有无背突;背板距宽窄;膜质或钙质基底;峰侧板对数;背板与楯板以几丁质或关节连接;藤壶壳盖与外套孔大小比较;楯板有无压肌脊;楯板压肌脊是否成板状;第二蔓足末节有无双排锯齿刚毛;藤壶壳与基底交错程度;有无鞘;壁板有无翼部;壁板有无辐部;基底形状;辐部侧缘光滑或有齿;壳板基缘光滑或有齿;壳板中部有无纵沟;大颚大齿下有无栉齿;第四蔓足外肢前缘有无齿;基底有无管道;有无基小板轮;辐部有无管道;第二蔓足有无特化刚毛;第三蔓足有无特化刚毛^[42]。

分子系统学方法是利用 DNA 来构建系统发育树。目前研究藤壶亚目物种分子系统学常用到的基因核酸序列主要有 16S(16S ribosomal RNA), 18S(18S ribosomal RNA), 12S(12S ribosomal RNA), 28S(28S ribosomal RNA), COI 基因(cytochrome c oxidase subunit I gene), RP-Ⅱ 基因(RNA polymerase subunit Ⅱ), H3 基因(Histone 3), EF1 基因(elongation factor 1a subunit)。通过核酸序列的比对,采用最大似然法(maximum likelihood)或贝叶斯法(Bayesian Inference)来构建物种的系统发育树^[49]。通常认为,大于 90% 的后验概率表明分枝得到显著支持^[50]。

相较而言,基于形态学特征的支序系统学方法主要依赖前期的物种鉴定和性状区别工作,但误差较大;而分子系统学方法主要依赖物种基因的获取和序列的比对工作,但成本较高。之前的研究表明单独通过两种研究方法得到的系统发育结果以及合并两种方法数据得到的系统发育结果均相似^[42],因此建议采用分子系统学方法研究藤壶亚目的系统发育关系,以系统学分类特征为辅。

5 研究展望

关于藤壶的防治工作一直是海洋开发中的难题,目前处理藤壶污染的主要方法有化学方法和物理方法两大类,前者包括传统的农药和油漆以及新兴的大环内酯类和丁内酯类化合物^[51-52];后者包括表面的定期处理和电解防污、阴极电流法防污^[53]。这些方法或是对海洋水质和生物产生影响,或是成本高、对船体造成破坏。因此需要借鉴以往的昆虫防治方法,采用生物防治手段,从基因和蛋白信号通路层面研究藤壶的生长发育过程,寻找可以抑制其水泥体产生水泥的方法。考虑到藤壶的种类复杂多样,因此藤壶的分类研究也至关重要。目前藤壶亚目主要类群之间的亲缘关系仍然没有被很好地解析,并且其分类方法在近半个世纪没有改变^[7]。从研究历史上看,基于形态学的系统发育研究中分类群没有根据衍征来定义,性状进化是从一般的个体发生模式和化石序列推断出来的^[2,6,7,24,26],对于那些表型相似种或近缘种很难用形态特征为依据的传统分类方法区分,这导致了藤壶亚目内的并系和多系组合。经典研究中使用的性状(壳板为主)无疑是重要的,但要充分解决藤壶间的亲缘关系,特别是藤壶亚目基部的关系,必须重新评估甚至发表新种^[54-55]。此外,分子特征在许多研究中提供了一致的结果^[56-59]。但对于藤壶亚目,分子系统发育学到目前为止要么局限于其亚纲的分类范围^[56-59],要么局限于藤壶亚目的下属类群,如圆锥形藤壶^[60-62],鲸藤壶科^[63]或小藤壶科^[64-66]。因此,关于藤壶亚目进化关系的一个全面而稳健的假说和亚目内主要类群的扩散时间的估计仍然是缺失的。值得肯定的是,将形态学方法和分子系统学方法结合起来,基于形态学特征如壳板、壁板和基底的结构、数量、结合方式等的辅助,利用分子生物学手段研究藤壶亚目物种的系统发育会是非常准确有效的方式,一方面形态学分类手段会帮助分子系统发育研究确定大致的框架,检验分子系统学的结果;另一方面,分子系统发育研究的结果会印证或改善之前传统形态学分类的结果,从而更好地解析藤壶亚目物种这一古老而复杂的类群。

参考文献

- [1] PILSBRY H A. The sessile barnacles (Cirripedia) contained in

- the collection of the US National Museum; including a monograph of the American species[J]. Bulletin of the United States National Museum, 1916, 93: 1—366.
- [2] NEWMAN W A, ZULLO V A, WITHERS T H. Cirripedia. In: Moore, R.C. (Ed.), Treatise of invertebrate paleontology [M]. Geological Society of America & University of Kansas Press, 1969: 206—295.
- [3] ANDERSON D T. Barnacles: Structure, Function, Development and Evolution[M]. London, Emeritus Professor Biology, 1994: 357.
- [4] SATUMANATPAN S, KEOUGH M J. Effect of barnacles on the survival and growth of temperate mangrove seedlings[J]. Marine Ecology Progress, 1999, 181(3): 189—199.
- [5] SCHULTZ M P, BENDICK J A, HOLM E R, et al. Economic impact of biofouling on a naval surface ship[J]. Biofouling, 2011, 27: 87—98.
- [6] NEWMAN W A. Evolution of cirripedes and their major groups. In: Southward[M]. A.J. (Ed.), Barnacle Biology. The Netherlands, A.A. Balkema, Rotterdam, 1987: 3—42.
- [7] NEWMAN W A, ROSS A. Revision of the balanomorph barnacles; including a catalog of the species[J]. Mem. s. diego Soc. nat. Hist, 1976, 9: 1—108.
- [8] HØG J T, MØLER O S. When similar beginnings leads to different ends: constraints and diversity in cirripede larval development[J]. Invertebrate Reproduction & Development, 2006, 49(3): 125—142.
- [9] CRISP D J. Extending Darwin's investigations on the barnacle life-history[J]. Biological Journal of the Linnean Society, 2008 (1): 1.
- [10] DARWIN C. A Monograph of the sub-class Cirripedia, with figures of all the species. The Balanidae (or sessile cirripedes); the Verrucidae, etc[M]. London: Ray Society, 1854.
- [11] DARWIN C. A Monograph of the Fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain[M]. London: Paleontological Society, 1855.
- [12] SCHRAM F R, HØG J T. New frontiers in barnacle evolution [M]. The Netherlands, A.A. Balkema, Rotterdam, 1995: 297—312.
- [13] KAMINO K. Mini-review: barnacle adhesives and adhesion [J]. Biofouling, 2013, 29: 735—749.
- [14] 原帅, 安建梅, 沙忠利. 藤壶科 DNA 分类研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(9): 82—88.
- [15] WHYTE M A, GLENNER H, HØG J T, et al. New evidence on the basic phylogeny of the Cirripedia Thoracica [C]// Universiteit van Amsterdam, Stichting Crustacea, International Crustacean Congress, 1998: 122.
- [16] HEALY J M, ANDERSON D T. Sperm ultrastructure in the Cirripedia and its phylogenetic significance[J]. Records of the Australian Museum, 1990, 42(1): 1—26.
- [17] JENSEN P G, MOYSEJ, HØG J T, et al. Comparative SEM studies of lattice organs: putative sensory structures on the carapace of larvae from Ascothoracida and Cirripedia (Crustacea Maxillopoda Thecostraca)[J]. Acta Zoologica, 1994, 75 (2): 125—142.
- [18] GLENNER H, GRYGIER M J, HØG J T, et al. Cladistic analysis of the Cirripedia Thoracica[J]. Zoological Journal of the Linnean Society, 1995, 114 (4): 365—404.
- [19] UTINOMI H. A revision of the deep-sea barnacles Pachylasma and Hexelasma from Japan, with a proposal of new classification of the Chthamalidae (Cirripedia, Thoracica)[J]. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory, 1968, 16: 21—39.
- [20] ROSS A, NEWMAN W A. The Catophragmidae: members of the basal balanomorph radiation[J]. Sessile Organisms, 2001, 18: 77—91.
- [21] BUCKERIDGE J S. Fossil barnacles (Cirripedia: Thoracica) of New Zealand and Australia[J]. New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin, 1983, 50: 1—151.
- [22] BUCKERIDGE J S, NEWMAN W A. A reexamination of Waikalasma (Cirripedia, Thoracica) and its significance in balanomorph phylogeny[J]. Journal of Paleontology, 1992, 66(2): 341—345.
- [23] BUCKERIDGE J S. A living fossil Waikalasma boucheti n. sp. (Cirripedia, Balanomorphs) from Vanuatu (New Hebrides), Southwest Pacific[M]. Melbourne, Muséum National d'Histoire Naturelle, 1996, 18(3—4): 447—457.
- [24] BUCKERIDGE J S. Phylogeny and biogeography of the primitive Sessilia and a consideration of a Tethyan origin for the group[J]. Crustacean Issues, 1995: 255—268.
- [25] PÉREZ-LOSADA M, HØG J T, SIMON-BLECHER N, et al. Molecular phylogeny, systematics and morphological evolution of the acorn barnacles (Thoracica: Sessilia: Balanomorphs)[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2014, 81: 147—158.
- [26] NEWMAN W A. Sous-Classe des Cirripèdes (Cirripedia Burmeister, 1834). Super-ordres des Thoraciques et des Acrothoraciques (Thoracica Darwin, 1854-Acrothoracica Gruvel, 1905) [M]. Masson, Paris, 1996: 453—540.
- [27] CHAN B K, CORBARI L, MORENO P A, et al. Molecular phylogeny of the lower acorn barnacle families (Bathylasmataceae, Chionelasmataceae, Pachylasmataceae and Waikalasmataceae) (Cirripedia: Balanomorphs) with evidence for revisions in family classification[J]. Zoological Journal of the Linnean Society, 2017, 180(3): 542—555.
- [28] 董聿茂, 陈永寿, 蔡如星. 中国近海蔓足类区系特点的初步研

- 究(甲壳纲)[J].海洋学报,1980(2):124—131.
- [29] 任先秋.四板小藤壶属的一新种[J].海洋与湖沼,1980,11(2):150—153.
- [30] 任先秋.西沙群岛的海龟藤壶[J].海洋科学集刊,1980,17:187—197.
- [31] 任先秋.中国近海的蔓足类 I.小藤壶科[J].海洋科学集刊,1984,22:145—163.
- [32] 任先秋.中国近海的蔓足类 IV.花笼科[J].海洋科学集刊,1984,23:165—179.
- [33] 任先秋.中国近海的蔓足类 V.绵膜壶属[J].海洋科学集刊,1984,23:183—214.
- [34] 任先秋.中国近海的蔓足类 VI.塔藤壶科[J].海洋科学集刊,1986,26:129—158.
- [35] 任先秋.中国近海的蔓足类 VII.补充报告[J].海洋科学集刊,1987,28:175—193.
- [36] 任先秋,刘瑞玉.中国近海的蔓足类 1.藤壶属[J].海洋科学集刊,1978,13:119—196.
- [37] 任先秋,刘瑞玉.中国近海的蔓足类 II 1.笠藤壶科[J].海洋与湖沼,1979,10(4):338—353.
- [38] 刘瑞玉,任先秋.蔓足甲壳动物系统分类研究的一些新进展[C]//甲壳动物学论文集第四辑.北京:科学出版社,2003.
- [39] 朱振勤,堵南山,赖伟.我国有柄蔓足类两新记录[J].华东师范大学学报(自然科学版),1986,3:100—107.
- [40] 朱振勤,堵南山,赖伟.杭州湾北岸及嵎泗列岛一带岩岸固着蔓足类的生态分布[J].东海海洋,1987,5(4):47—53.
- [41] 朱振勤,堵南山.东海蔓足类一新种[J].华东师范大学学报(自然科学版),1984,1:85—89.
- [42] 赵梅英.藤壶亚目系统学研究(蔓足亚纲:无柄目)[D].上海:华东师范大学,2004.
- [43] 宋隽,申欣,蔡月凤,等.19种蔓足类线粒体基因组特征及系统发育研究[J].淮海工学院学报(自然科学版),2017,26(2):88—92.
- [44] 李咏琪,蔡月凤,沈思瑜,等.基于核基因的无柄目分子系统发育研究[J].淮海工学院学报(自然科学版),2018,27(1):88—92.
- [45] 黎一苇,于黎,张亚平.系统发育研究中“长枝吸引”假象概述[J].遗传,2007(6):659—667.
- [46] 于黎,张亚平.系统发育基因组学:重建生命之树的一条迷人途径[J].遗传,2006,11:1445—1450.
- [47] 邹新慧,葛颂.基因树冲突与系统发育基因组学研究[J].植物分类学报,2008(6):795—807.
- [48] HILLIS D M, HUELSENBECK J P, CUNNINGHAM C W. Application and accuracy of molecular phylogenies [J]. Science, 1994, 264: 671—677.
- [49] RONQUIST F R, HUELSENBECK J P. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models[J]. Bioinformatics, 2003,19: 1572—1574.
- [50] SHAFFER H B, MEYLAN P, MCKNIGHT M L. Tests of turtle phylogeny: molecular, morphological, and paleontological approaches[J]. Systematic Biology, 1997, 46(2): 235.
- [51] 王长云,邵长伦,刘庆艾,等.一种大环内酯类化合物的制备方法与作为海洋防污剂的应用 CN103882073B[Z]. 2018.
- [52] 邵长伦,王长云,牟晓凤,等.一种丁内酯化合物的制备方法与作为海洋防污剂的应用 CN104293846B[Z]. 2018.
- [53] 铁镭.阴极电流法防治温带海域藤壶污损的研究[D].大连:大连理工大学,2008.
- [54] PITOMBO F B. Comparative morphology of the Balanidae (Cirripedia): a primer to a phylogenetic analysis. In: Schram, F.R., von Vaupel Klein, J.C. (Eds.), Crustaceans and the biodiversity crisis. Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress[M]. Brill, Leiden, Amsterdam, The Netherlands, 1999: 152—171.
- [55] PITOMBO F B. Phylogenetic analysis of the Balanidae (Cirripedia, Balanomorphs)[J]. Zoologica Scripta, 2010, 33(3): 261—276.
- [56] LINSE K, JACKSON J A, FITZCHARLES E, et al. Phylogenetic position of Antarctic Scalpelliformes (Crustacea: Cirripedia: Thoracica)[J]. Deep Sea Research Part I Oceanographic Research Papers, 2013, 73(Mar.):99—116.
- [57] PÉREZ-LOSADA M, HARP M, HØEG J T, et al. The tempo and mode of barnacle evolution[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2008, 46(1): 328—346.
- [58] PÉREZ-LOSADA M, HØEG J T, CRANDALL K A. Unraveling the evolutionary radiation of the Thoracican barnacles using molecular and morphological evidence: a comparison of several divergence time estimation approaches[J]. Systematic Biology, 2004, 53(2): 244—264.
- [59] REES D J, NOEVER C, HØEG J T, et al. On the origin of a novel parasitic-feeding mode within suspension-feeding barnacles[J]. Current Biology, 2014, 24(12): 1429—1434.
- [60] MALAY M C D, MICHONNEAU F. Phylogenetics and morphological evolution of coral-dwelling barnacles (Balanomorpha: Pyrgomatidae)[J]. Biological Journal of the Linnean Society, 2014, 113: 162—179.
- [61] SIMON-BLECHER N, HUCHON D, ACHITUV Y. Phylogeny of coral-inhabiting barnacles (Cirripedia: Thoracica: Pyrgomatidae) based on 12S, 16S and 18S rDNA analysis [J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2007, 44(3): 1333—1341.
- [62] TSANG L M, CHU K H, NOZAWA Y, et al. Morphological and host specificity evolution in coral symbiont barnacles (Balanomorpha: Pyrgomatidae) inferred from a multi-locus phylogeny [J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2014, 77: 11—22.

[63] HAYASHI R, CHAN B K, SIMON-BLECHER N, et al. Phylogenetic position and evolutionary history of the turtle and whale barnacles (Cirripedia: Balanomorpha: Coronuloidea)[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2013, 67 (1): 9–14.

[64] FISHER T, KATCOFF D J, ACHITUV Y. A phylogenetic study of chthamaloids (Cirripedia; Thorcica; Chthamaloidae) based on 16S rDNA and COI sequence analysis[J]. Biological

Journal of the Linnean Society, 2004, 83(1): 39–45.

[65] PÉREZ L M, HØEG J T, CRANDALL K A, et al. Molecular phylogeny and character evolution of the chthamaloid barnacles (Cirripedia; Thoracica)[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2012, 65(1): 329–334.

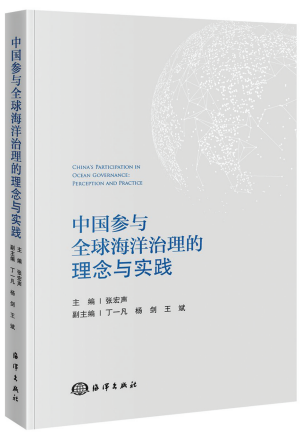
[66] WARES J P, PANKEY M S, PITOMBO F, et al. A “shallow phylogeny” of shallow barnacles (chthamalus)[J]. Plos One, 2009, 4(5): e5567.

《中国参与全球海洋治理的理念与实践》一书由海洋出版社正式出版发行

海洋是人类社会赖以生存和可持续发展的共同空间和宝贵财富,保护海洋生态环境、实现蓝色经济高质量发展、推动海洋可持续发展、稳定海洋安全关系等,是全人类共同的职责和使命。在构建海洋命运共同体的进程中,随着“21 世纪海上丝绸之路”倡议和海洋强国建设的稳步推进,中国在深度参与全球海洋治理方面已形成一定的知识积累,并开展了多方面的实践。在建党 100 周年之际,中国太平洋学会和海洋出版社联合策划出版《中国参与全球海洋治理的理念与实践》一书,展示现阶段中国学者在全球海洋治理研究方面取得的高质量成果。日前,该书已正式出版发行。

本书是首部系统阐释“海洋命运共同体”重要理念和中国参与全球海洋治理相关实践的专著,展示了我国学者在国际战略格局深度调整,国际秩序不断变革中,紧跟时代步伐,把握发展大势,在现代海洋治理方面的一些重要思考。主要包括海洋命运共同体构建、海洋生态环境治理和蓝色经济高质量发展 3 个主题,每个主题由 10 篇左右文章构成。这些文章主要围绕党的十八大以来我国相继提出的“海洋生态文明”“蓝色伙伴关系”“海洋命运共同体”等有关海洋治理的新理念、新思想,深入分析探讨我国在参与“一带一路”建设、极地治理、海洋环境治理、海洋能源合作、BBNJ 国际协定谈判等方面已取得的进展、面临的形势和未来发展建议,以期为海洋社会科学领域研究者提供文献支撑。文章半数以上为国家社科基金重点项目等国家级或省部级项目的阶段性成果,且均经过严格的同行评议,政治方向正确,能够代表本领域较高的专业性和前沿性。为了反映最新政策变化和研究进展,本书出版前,所有论文均由作者结合新形势、新问题、新思想重新修订。同时,我们还邀请了国务院发展研究中心世界发展研究所研究员、中国世界经济学会副会长丁一凡,中国太平洋学会副会长、上海国际问题研究院副院长、上海国际组织与全球治理研究院院长杨剑和海南省人民政府党组成员、副省长王斌 3 位专家做专家综述,就各自领域的前沿研究进展、需关注的主要问题以及各篇文章的内在逻辑向读者进行阐释说明,起到提纲挈领、总览全局的作用。

本书的出版是中国参与全球海洋治理研究方面的阶段性总结,也是未来研究的开始,中国要真正实现深度参与全球海洋治理,完善新时代国际海洋秩序,构建海洋命运共同体,任重道远。中国太平洋学会将持续关注这一方向,海洋出版社也将为专家学者提供优质海洋学术出版平台,为读者奉献更多理论前沿、内容丰富,兼具思想性和实践性的高质量精品力作,为全球海洋治理做出贡献。



《中国参与全球海洋治理的理念与实践》征订回执

邮寄地址及联系方式			
单位		联系人	
电话		手机	
发票抬头		邮编	
地址			
品 种	单 价	数 量	合 计 金 额
中国参与全球海洋治理的理念与实践	198 元		
总计			

联系方式

联系人:陈婷

地址:北京市海淀区大慧寺路 8 号

开户名称:海洋出版社有限公司

开户银行:工行首都体育馆支行

电话:010-62114471

邮政编码:100081

银行账号:0200053709024907030