

中国海及西太平洋生物分类研究进展及展望*

徐奎栋^{1,4,5} 林 茂² 王少青^{1,3} 李 阳^{1,5} 吴旭文^{1,5} 王春光²

(1. 中国科学院海洋研究所 海洋生物分类与系统演化实验室 青岛 266071; 2. 自然资源部第三海洋研究所 海洋生物与生态实验室 厦门 361005; 3. 中国科学院海洋生物标本馆 青岛 266071; 4. 中国科学院大学 北京 100049; 5. 中国科学院海洋大科学研究中心 青岛 266071)

摘要 分类学是现代生物学的基础学科,对海洋生物的分类认知是海洋生物多样性保护及资源利用的前提。我国的海洋生物分类学研究以中国近海为主,经过一个世纪尤其是近 70 年的发展,已基本认识了中国海域的生物种类构成和分布状况。近十年来,开展了规模不等的深海生物探测与取样,海洋生物分类研究拓展至深海。然而,总体上,我国不少海洋生物类群的分类研究还不充分,一些类群尚欠缺研究,仍有大量未知的生物待发现。本文以研究较为集中和系统的中国近海和西太平洋深海为主,概述了中国学者在海洋生物分类研究领域的总体进展,尤其是近十年来的进展。同时,结合国内外发展现状和趋势分析,就我国未来海洋生物分类学研究的开展,包括分类学科发展方向、平台建设、支撑体系等方面,提出一些想法和建议。

关键词 中国近海; 西太平洋; 深海; 生物分类学; 研究进展

中图分类号 Q958 doi: 10.11693/hyhz20200400117

分类学是发现、描述和识别物种并对其分门别类的科学。经典分类学是现代生物学的基础学科,正确、有效地界定物种对于生物多样性的研究和保护及资源利用至关重要。当前,伴随分子生物学技术等新技术手段的融合和应用,现代分类学已发生质的变化。广义上分类学(taxonomy)不仅仅涉及物种鉴定(identification)与分类安排(classification, systematics)等经典分类学内容,还包括分子分类学(molecular taxonomy)。而基于物种进化的系统发育或系统发生学(phylogeny)在分类学中占有重要地位。分类学是生物多样性研究的基础,后者是分类学、生物地理学和遗传学等交叉融合的学科,有极为丰富的内涵。

中国海是西北太平洋中、低纬度的边缘海,广袤和多样化的生境孕育形成了丰富的海洋生物物种多样性。中国海域记录的物种丰富度高,位居全球第三位。北部海域在晚更新世末次冰期后,隶属北太平洋温带区系的物种扩布至黄东海,在黄海冷水团的庇护下留存至今。除黄海冷水团外,其他海域的生物成分

均隶属印度-西太平洋暖水区系(刘瑞玉等, 1963; Liu, 2013; 李阳等, 2020)。其中,南海地处珊瑚礁大三角的边缘,浅海分布着丰富的热带珊瑚礁等生物群落,中央海盆有陆坡、深海平原、海山和冷泉等多种深海生境。中国开展海洋生物分类研究的历史较短,且主要以浅海物种为主,深海物种所知不多。迄今,近海的大量物种尤其是无脊椎动物仍然不为人知,许多类群尚待系统的分类整理,部分类群甚至还未开展分类研究,总体上海洋生物分类学研究任重道远。

西太平洋及其邻近海域是国家需求迫切、科学问题突出的关键区域,也是中国实施由浅海向深海发展战略的必经之地(秦蕴珊等, 2011)。西太平洋的海流系统在运送热带生物区系向中国海域的扩布中起到了重要作用,对中国海域生物区系的形成和演化有显著影响。西太平洋有海山、热液、冷泉、深海平原、深渊等多样化的深海生境,孕育了丰富多样的深海物种,是研究深海生物多样性的热点区域。我国已开展了太平洋、印度洋、南北极等大洋深海的生物探测,但较

* 国家自然科学基金项目, 41930533 号, 41876171 号; 国家科技基础资源调查专项, 2017FY100800 号; “科学”号高端用户项目。徐奎栋, 博士生导师, 研究员, E-mail: kxu@qdio.ac.cn

收稿日期: 2020-04-09, 收修改稿日期: 2020-04-26

为系统的深海生物分类学研究主要集中在西太平洋。

我国多位学者从不同角度综述了中国海洋生物多样性的研究进展(刘瑞玉, 2011; 邵广昭, 2011; Liu, 2013; 孙军等, 2019), 不同时期亦有多位学者对专门生物类群进行了分类研究综述(郑重等, 1980; 曾呈奎等, 1992; 宋微波等, 2000; 徐奎栋, 2011)。海洋生物门类庞杂, 专业性强, 限于作者的能力, 无法针对各门类分别开展综述。因此, 本文主要对中国学者在海洋生物经典分类学研究领域的总体进展进行概述, 尤其是近十年来的主要研究进展, 所涉海域以研究较为集中和系统的中国近海和西太平洋深海为主。同时, 结合国内外发展概况和趋势分析, 就我国未来海洋生物分类学研究的发展方向, 提出一些想法和建议。

1 中国海域的生物分类学研究

中国海洋生物的科学记录始于 100 多年前, 主要是外国的科研调查船经中国时, 对中国海海洋生物做了记录。大规模系统性研究于 1950 年中国科学院青岛海洋生物研究室(中国科学院海洋研究所前身)成立后开始, 尤其是 1958—1960 年组织开展了首次中国海洋综合调查。此后, 我国陆续组织开展了中越北部湾海洋综合调查(1959—1960 年和 1962 年)、中国海岸带和海涂资源综合调查(1980—1986 年)、中国海岛资源综合调查(1989—1992 年)、专属经济区大陆架环境资源调查(1997—2000 年)、我国近海海洋综合调查与评价(2004—2012 年)等全国性科技专项及相关区域性综合调查, 取得了系统的资料和丰富的标本。基于此, 我国海洋生物分类学家经过数十年的工作, 基本摸清了中国近海海洋生物种类和分布的家底, 认识了近海物种多样性的基本构成、区系特点和资源状况, 为中国海洋科学研究和社会经济发展做出了重要贡献。

总体上, 我国从事海洋生物分类研究的学者遍布沿海各省份, 以青岛和厦门两地为主, 以中国科学院海洋研究所、厦门大学、中国海洋大学和自然资源部第三海洋研究所 4 家单位最具代表性。中国海洋生物分类研究总体上以大型生物为主, 且大型海藻比海洋动物的研究更充分, 已完成绝大部分海藻志的编写。截止 2019 年, 已出版中国海藻志 6 卷 15 册(含微藻 4 册), 其中中国科学院海洋研究所主编 5 卷 10 册, 参编 1 册。蓝藻门(1 册)和红藻门(7 册)已全部完成, 红藻门开始了英文版的工作; 褐藻门出版了第二册和第一册第一分册, 第二分册待出版; 绿藻门出版第一册, 第二册待出版。

中国海洋动物涉及的门类众多, 其中甲壳动物、软体动物和鱼类的物种丰度居前三位, 是分类研究相对较完善的类群(刘瑞玉, 2011)。而大部分的海洋无脊椎动物分类研究不够充分, 大量新物种有待发现和描述, 已知的许多类群还需开展系统的分类整理。相对于《海藻志》, 《中国海洋动物志》的编著明显滞后, 目前仅出版了海洋放射虫、有孔虫、刺胞动物、毛颚动物、环节动物(包括多毛类、星虫和缢虫)、软体动物、甲壳动物、棘皮动物、鱼类和海兽等部分类群的动物志。截止 2019 年, 《中国动物志》中全部为海洋动物或以海洋动物为主的动物志共 46 卷, 其中中国科学院海洋研究所主持编写 29 卷, 参编 3 卷。迄今, 棘皮类动物志中仅出版了海参纲和蛇尾纲, 苔藓动物仍在编研, 海洋纤毛虫、多孔动物、线虫动物等物种丰富的原生动物和后生动物还未纳入动物志编研范围, 刺胞动物中的软珊瑚和黑珊瑚还需开展研究。除了动植物志, 还陆续出版了一系列分类学研究专著(许振祖等, 2014; 连光山等, 2018), 限于篇幅兹不赘述。中国台湾学者也发表了《台湾鱼类志》(沈世杰, 1993)、《台湾石珊瑚志》(Dai *et al.*, 2009a, 2009b)等一系列台湾周边海域生物分类研究志书, 进一步丰富了对中国海洋生物的分类认知。

相对于大型生物, 海洋微小型生物的分类研究明显不足。海洋小型底栖生物中许多类群的分类学研究还不系统, 在物种多样性最高的两个类群中, 线虫的分类学研究还处在正在加速的初级阶段, 而底栖猛水蚤桡足类的分类学研究则亟待加强(张志南等, 2017)。在海洋微型生物的分类研究中, 原生动物纤毛虫、放射虫、有孔虫研究是个特例, 尤以海洋纤毛虫研究最突出, 取得了国家自然科学奖二等奖等在内的显著成果(宋微波等, 2003, 2009; Liu *et al.*, 2017; 胡晓钟等, 2019; 熊杰等, 2019; Hu *et al.*, 2019)。但对于在生命起源进化和海洋生态系统中具有举足轻重地位的异养鞭毛虫和裸变形虫的分类研究极其欠缺。海洋微藻中, 以硅藻的分类研究最为充分, 甲藻次之, 已出版的海藻志包含硅藻门三册、甲藻门一册。金藻、黄藻、定鞭藻、隐藻等门类尚未开展系统的研究。随着对海洋微生物资源开发利用的需求日益增大, 基于培养的海洋细菌和真菌的分类研究日渐活跃, 发表了大量新物种和相关研究论文, 在此不一一赘述(金静等, 2005; 李光玉等, 2019; 图 1)。

基于各类海洋生物分类研究的成果, 中国学者持续开展了海洋生物物种的编目工作。国家海洋局(现

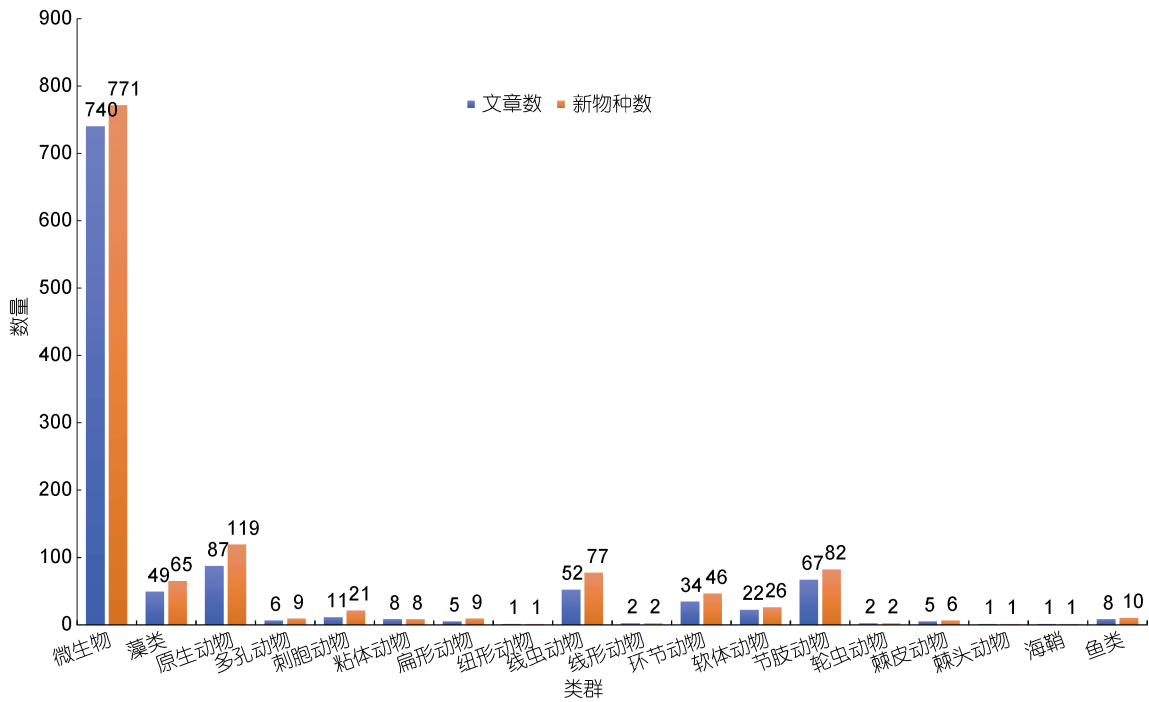


图 1 2009—2019 年中国学者发表的海新物种及相关论文数目(基于 Web of Science 检索)

Fig.1 Numbers of marine new species discovered and related literature published by Chinese scholars from 2009 to 2019 (Based on the Web of Science)

自然资源部)第三海洋研究所主持编写了《中国海洋生物种类与分布》(黄宗国, 1994), 记载了 20276 种海洋生物。在此基础上,《中国海洋生物种类与分布(增订版)》(黄宗国, 2008)补充了自 1992 年至 2007 年记录的物种, 包括一些化石种和分布于河口的淡水种及潮间带昆虫、潮上带维管束植物等, 共计 22561 个物种。同年, 中国科学院海洋研究所编辑出版了《中国海洋生物名录》(刘瑞玉, 2008), 记录了 22629 种现生生物及其地理分布信息, 成为国际海洋生物普查计划(Census of Marine Life, CoML)统计中国海域物种多样性的主要依据。这些物种的大部分已收录在世界海洋物种登录(World Register of Marine Species, WoRMS)中, 并建立了中国海洋物种登录的分中心 ChaRMS (The Chinese Register of Marine Species), 由中国的 37 位分类学家任专题编委(Xu *et al.*, 2020c)。

最新的编目进展是由两岸三地 112 位海洋生物和生态学家共同完成的《中国海洋物种和图集(上、下卷)》。其中,《中国海洋物种多样性》(上、下册)作为《中国海洋生物种类与分布》的延续, 收录了 28000 余个物种, 较之前的物种数有了显著提高, 涉及原核生物 9 门 572 种(含古菌、细菌和蓝藻), 原生生物(含原生动物和真核微藻) 15 门 4894 种, 真

菌 5 门 371 种, 植物(含大型海藻、蕨类植物、裸子植物和被子植物) 6 门 1496 种, 动物 24 门 21398 种, 同时还编研出版了涉及 1.8 万个物种的图集(黄宗国等, 2012a, 2012b; 王春光等, 2013)。海洋物种编目的结果显示, 中国海域拥有丰富的物种多样性, 已知物种数约占全球海洋物种总数的 12%, 确立了中国海域物种多样性的基线。

总体上, 中国海域已知的物种数仍然偏低, 主要原因是许多类群的动物尚未开展分类研究, 缺乏从事海洋无脊椎动物分类研究的人才(邵广昭, 2011)。近十年来, 我国的分类学研究从以物种发现、鉴定和描述为主的经典分类学, 发展到更多地与分子系统学相结合(Gao *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020a, 2020b), 取得了丰富的研究成果, 限于篇幅在此不一赘述。

2 西太平洋深海生物分类学研究

深海是地球上最大的生态系统和生物多样性之库。世界深海生物登录(World Register of Deep-Sea Species, WoRDSS)数据库收录了全球超过 500m 水深的 25796 种生物, 包括浮游和底栖生物, 以及许多微型生物(Glover *et al.*, 2020)。西太平洋是全球沟-弧-盆

体系最发育、海山分布最密集、热液冷泉众多的海域,也是我国由近海走向深海的关键区域。我国对西太平洋海洋生物的分类研究始于 20 世纪八十年代(国家海洋局第三海洋研究所, 1984)。自 1986 年开始了以矿物资源探查为目标的大洋深海探测, 深海生物分类研究也逐渐开展起来, 但主要以微生物为主(图 1), 大型生物的研究主要开展于最近十年(张均龙等, 2013; 孙松等, 2017)。自然资源部第三海洋研究所研究团队基于“中-印尼海洋生态站建设及热带典型海洋生态系统生物多样性研究”项目, 报道了印度尼西亚比通海峡刺胞动物 4 新种(林茂等, 2013a, 2013b)。自 2013 年以来, 通过深海探测装备尤其是水下机器人的应用, 获取了大量生物样品, 带动了西太平洋生物分类学研究的快速发展。自然资源部第二海洋研究所等研究团队基于在麦哲伦海山区的生物取样, 报道了 3 个海绵新种(Wang *et al.*, 2016)、1 个猬虾新种(Xu *et al.*, 2017)和 1 个蛇尾新记录种(Zhang *et al.*, 2018a)。依托中国科学院先导(A 类)专项和科技基础资源调查专项, 2014—2019 年中科院海洋研究所开展了 5 个航次的大规模深海海山生物调查, 在西太平洋雅浦海沟-马里亚纳海沟-卡罗琳洋脊交联区和麦哲伦海山区开展了 8 座海山的综合探测, 通过 65 个 ROV 潜次, 获取了 1900 号逾 600 种大型动物标本和 8000 余株 800 多种细菌培养株。此外, 还有参与 2013 年“蛟龙”号试验性应用航次第一航段获取的部分样品。初步研究发现了海山大型生物 3 个新属 40 余个新种、46 个潜在细菌新种。基于李新正等(2019; 及其内文献)的梳理, 中国学者发表的海山新阶元包括: 海绵 1 新属 5 新种、珊瑚虫纲 3 新种、软体动物 2 新种、甲壳动物 5 新种、棘皮动物海参 1 新种。至 2020 年初, 在西太平洋海山又发表了金柳珊瑚 7 新种(Xu *et al.*, 2019, 2020a, 2020b)、马蹄螺的 1 新亚科 1 新属 2 新种(Zhang *et al.*, 2020)。目前, 大部分物种还需要详细的分类学研究, 许多新物种仍在整理发表中(徐奎栋, 2020)。

深海热液和冷泉作为特殊的化能生态系统受到广泛关注。至 2009 年, 自全球热泉口描述了约 332 属 592 种大型动物(Bachraty *et al.*, 2009)。近 10 年来随着生物探测的不断增多, 新物种不断被发现和描述, 热液大型生物可能逾 700 种。自 2005 年始我国开展了对东太平洋、大西洋及印度洋洋中脊的热液调查(王春生等, 2006), 在三大洋组织了多个热液科考航次, 获取了大量生物样品, 在此基础上开展了生物分类学研究。中国(含台湾)学者对于冷泉的调查研究

主要集中于台湾西南部冷泉区。自 2013 年以来, 中科院海洋研究所在南海台西南冷泉区、冲绳海槽热液区和西南太平洋马努斯海盆热液区开展了多次综合探测和生物取样, 获得了 4000 余号样品, 鉴定出 100 余种大型生物, 发表了 1 新科 2 新属 12 新种(沙忠利, 2019)。最近, 自西南太平洋马努斯海盆热液中又报道了多毛类的 3 新种和 2 个罕见种(Wu *et al.*, 2018, 2019)。鲸落和沉木是与冷泉和热液类似的化能生境, 我国有关鲸落物种的分类报道仅有 1 个小笠贝新种, 该种附着于东海 300—400m 水深处的海豚头骨上(Zhang *et al.*, 2018c)。相较于海山, 中国学者报道的热液和冷泉大型生物新种和新纪录种不多(黄丁勇等, 2011; 李新正等, 2019)。一方面因为其总体物种丰富度低于海山, 另一方面国际上对化能自养型生境研究力度较大, 未知物种相对较少。

深渊生物样品采集极为不易, 因而分类研究不多, 基于“蛟龙”号在雅浦海沟和马里亚纳海沟采集的样品, 报道了 1 个海星新种、2 个糠虾已知种和 1 个鳞侧石鳖属未定种(Zhang *et al.*, 2017; Kou *et al.*, 2018, 2019; Wang *et al.*, 2018)。南海和西太平洋有广阔的深海平原, 而我国的生物分类报道主要来自微生物(因篇幅所限在此不予赘述), 对于底栖动物仅报道了自南海的深海腹足类 1 新纪录种(Zhang *et al.*, 2018b)和藤壶 2 新种(Sha *et al.*, 2014, 2015a), 以及自菲律宾海盆的十足目 1 新种(Sha *et al.*, 2015b)和线虫 4 新种(Shi *et al.*, 2017; Yu *et al.*, 2018)。总体上, 对深海平原的调查采样不多, 分类研究稀少。此外, 2006 年自然资源部第三海洋研究所得到科技部的“中国海及邻近西北太平洋海洋生物物种编目和分布图集编制”项目支持, 组织了我国相关单位和部门的专家学者, 完成了中国及邻近西北太平洋微型生物、浮游植物、浮游动物和小型底栖生物物种编目和分布图集的编制研究工作, 记录和编目西太平洋浮游动物 10 类群 206 科 675 属 2658 种(林茂等, 2011), 对繁育和促进大洋生物分类起到了重要作用。

总体上, 我国的深海生物分类研究基础薄弱, 不仅缺少研究所需要的样品资源, 更缺相关类群分类研究人才。随着国家管辖范围以外区域海洋生物多样性(Biodiversity Beyond National Jurisdiction, BBNJ)保护与可持续利用相关协定谈判的进程加速, 深海生物多样性保护和深海保护区划设已受到广泛关注。开展深海生物分类研究, 掌握关键海区的关键生物信息, 对于维护国家大洋权益至关重要。

3 近十年海洋新物种发现及对生物多样性认识的启示

迄今,中国海洋生物分类学者已发表了数千篇研究论文和数百部研究专著,发表了大量分类新阶元,获得了包括国家自然科学奖在内的显著成果。近十年来,分类研究的论文发表数量和新物种发表数量均在快速增加。通过键入关键词 marine (含 sea, seabed, deep-water, deep-sea, deep ocean 等多种海洋生境表述) + new species (含 sp. n., n. sp., sp. nov., nov. sp., spec. nov., nov. spec.) + China, 在 Web of Science 数据库检索了中国学者自 2009 年至 2020 年 3 月 30 日发表的新物种文献。共检索到中国学者发表的海洋新物种文章 1207 条记录,排除盐碱地、盐碱湖、淡水、土壤、化石生物等非海洋生境的文章,剩余 1100 条记录(个别文章尚未被收录)。这 1100 篇

文章涉及全球海域,共发表海洋新物种 1255 个,其中浅水种 1070 个,深水种 185 个。其中,海洋微生物发文数占总数的 2/3,发表的新物种数占总数的 61% (图 1)。另外,约 89% 的分类论文(974 篇)各描述了 1 新种,107 篇各描述了 2 新种,13 篇各描述了 3 新种,4 篇各描述了 4 新种,1 篇描述了 5 新种,1 篇描述了 8 新种。其中,中国科学院海洋研究所发文数为 271 篇(约占 25%),含深海论文 47 篇,发表深海新种 52 个(约占 28%)。

根据作者统计,截止 2020 年初,中国科学院海洋研究所的分类学者共发表的新分类阶元包含 1 新亚纲、6 新科、93 新属、1774 新种;其中,自 2009 年至今,发表了 2 新科、1 新亚科、14 新属、270 新种(表 1),占国内发表的海洋生物新物种总数的 22%,发表的海洋无脊椎动物和鱼类占国内同类新物种总数的 65%。

表 1 中国科学院海洋研究所分类学者发表的海洋生物新阶元
Tab.1 Marine new taxa published by taxonomists from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences

类别	新科	新属	新种
细菌界	变形菌门		12(12)
	厚壁菌门		1(1)
	拟杆菌门	1(1)	6(6)
	蓝细菌门(蓝藻门)		3
色素界	硅藻门		6(6)
	褐藻门		66(7)
原生动物界	有孔虫门	2	298(8)
	放射虫门		90
	纤毛门	1	33(22)
植物界	红藻门		75(3)
	绿藻门		26(9)
动物界	多孔动物门		10(9)
	刺胞动物门		18(12)
	扁形动物门 吸虫纲		191
	线虫动物门		25(25)
	环节动物 多毛纲		101(28)
	软体动物门		197(45)
	节肢动物门 甲壳动物亚门	2(1)	414(62)
	苔藓动物门	1	124(10)
	毛颚动物门		2
	棘皮动物门		60(3)
	半索动物门		2
	脊椎动物亚门 鱼类		14(2)
	总计	6(1)	93(14)

注:()表示 2009—2019 年间发表的新阶元

分类研究的深入包括新物种的发表,极大提高了对中国海及西太平洋海域物种多样性的认知。当前形成的一个普遍认识是,随着人类活动和全球变化的加剧,无论是陆地还是海洋的物种多样性都在降低。然而,对近海生物样品开展分类鉴定,并与数十年前的结果对比分析,经常会发现很多海域的物种数不减反增。造成近海物种多样性增加假象的主要原因包括:一是对近海生物调查采样的强度和频率增加,获得了一些以前不曾发现的生物;二是分类研究能力和强度明显提高,尤其是分子生物学

手段的介入,新物种不断获得发现,显著增强了对物种构成和分布的认识。对黄海多毛类分类研究结果的对比分析,可提供这样一个典型例证。1963年乌沙科夫和吴宝铃记录了245种黄海多毛类(乌沙科夫等,1963),随着样品采集的增加,尤其是对不同类群较为系统的分类研究,到2019年黄海多毛类物种数达340种(周进,2008;类彦立等,2008;吴旭文,2013;隋吉星,2013;王跃云,2017;孙悦,2018)(图2)。纤毛虫、线虫、刺胞动物、软体动物、甲壳动物等很多类群均有类似的情况。

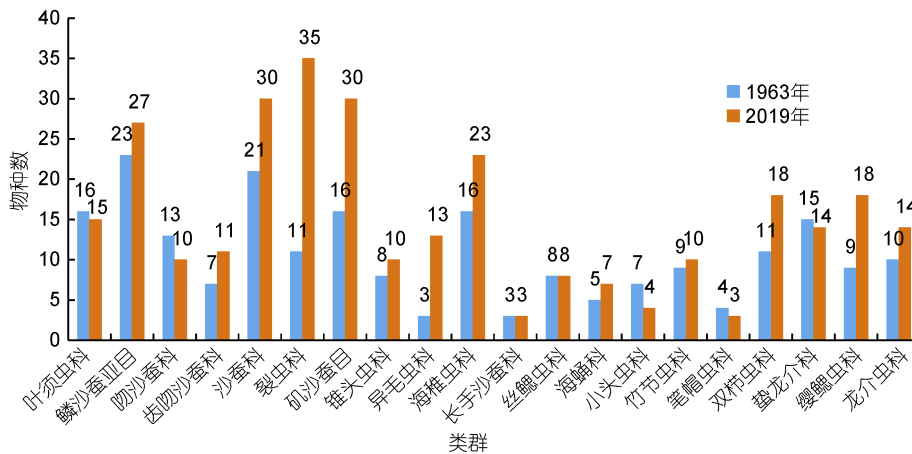


图2 截止1963年和2019年黄海已记录的多毛类常见类群的物种数比较

Fig.2 Comparison of the species number in the common groups of polychaetes recorded in the Yellow Sea until 1963 and 2019

随着对生物分类性状认识的加深,尤其是分子生物学手段的介入,清理了大量分类误识,揭示了许多新种和隐存种。以中国近海极为常见且常占优势的不倒翁虫科多毛类为例,20世纪50年代以来,中国采自四大海区的该类生物标本均被鉴定为不倒翁虫 *Sternaspis scutata* (Ranzani, 1817)。基于对馆藏标本的系统研究显示,该种并未分布在中国海域,而是仅分布在其模式产地地中海,研究发现了1新纪录属、6新种和1新纪录种;且不同物种具有分布限定性,例如,中华不倒翁虫广泛分布在黄渤海和东海的浅水区,棘刺不倒翁虫分布于东海、南海以及印尼海域,其余5种均有明显的区域性分布 (Wu *et al.*, 2015, 2017)。无疑,系统的分类工作不仅清理了分类误识,而且提高了对近海生物分布的认识,为更好地认识海洋生物多样性及其时空变化奠定了基础。

4 研究展望

海洋保存了地球上的绝大部分的类群多样性。根据 Brusca 等(2016)最新的32门动物界系统,海洋类

群涉及了31门,其中14门为海洋特有,仅有爪动物一个门为陆地独有。其中,海洋无脊椎动物占海洋动物多样性的60% (Ausubel *et al.*, 2010)。地球或海洋中有多少物种一直是生命科学中的基本问题。有估计认为,地球上仅真核生物就有1000万种 (May *et al.*, 2009)。Mora 等(2011)基于模型估计,全球有870万种真核生物,其中约220万种生活在海洋中,因此全球约86%的物种和海洋中91%的物种仍然没有被发现。自2006年起,地球上每年发表的新物种数目约18000个,即便按地球上500万种生物的保守估计,全部发现和描述这些未知物种需要约200年 (Costello *et al.*, 2013)。中国海洋生物分类学经过70年的研究历程,基本摸清了近海生物多样性的构成和分布状况,但仍有大量未知的生物有待揭示,从研究的深度和广度上也要不断拓展延伸。展望未来的海洋生物分类研究,本文从五个方面提出建议。

4.1 从经典分类学到现代整合分类学

现代分类学面临的一大挑战是,就分类学所围绕的基本范畴——物种的界定达成科学共识。在过去

250 多年的生物分类中,比较形态学占据主导地位。然而,传统形态分类学研究耗时费力,且严重依赖研究者的个人经验和主观认识以及标本的数量和质量。因此,在传统分类学基础上,建立快速、准确且相对客观的分子鉴定依据,已成为分类学与多样性研究的普遍共识。利用生物共有的、种间差异明显的一段 DNA 序列来鉴定物种的 DNA 条形码技术应运而生 (Hebert *et al.*, 2003)。该技术的发展和应用不仅使生物的分类鉴定更具客观性,还有助于印证形态分类学研究结果,发现隐存种 (林森杰等, 2014; 李尚琪等, 2018; Zhan *et al.*, 2019)。

随着分子技术的应用,分类学已发生质的变化,从完全依赖于分类学家对形态学性状的认知,到与相对客观的分子证据进行比较和印证。现代分类学家不应仅仅是一名形态分类学家,还应该是分子系统学家。分子生物学的发展和技术应用的简便性,使其在分类学中的权重日益增加。整合分类学 (Integrative Taxonomy, 又称综合分类学), 即探索应用多种技术及相应数据,主要包括形态和分子信息,以及生活史、行为、生态学、地理学等多种证据,整合为一体来进行物种的界定、鉴别和分类 (Padial *et al.*, 2010)。当前,分类学研究正趋向于多元化,系统发育和功能形态学等已成为其发展方向之一。开发应用新技术和方法,将加快物种的发现和描述,提高物种编目的准确性和全面性。对于物种的界定,当分子序列和形态特征得到一致性的结论,可有力支持物种的分类地位,尽管采用的单个或数个基因可能并不能完全反映物种性状的偏离。当二者不一致时,存在隐存种的可能性,但仅有分子差异并不能作为物种分异的依据。确立隐存种需有更多的证据支持,实际工作中常常会面临分子差异较大,而形态上难以区分的物种,如果无法获得更多的佐证,建议以形态分类为主,以保持分类学的稳定性。

目前已报道的海洋生物约 40 万种,但有效种仅约 23 万种,相当于 40% 的种名为同物异名,包括超过 70% 的鲸类、爬行类、管水母类、星虫、群体海藻、硅藻,以及超过 50% 的鱼类、软体动物、石珊瑚、海星、海鳃、毛颚动物、尾海鞘等的种名 (Appeltans *et al.*, 2012)。因此,对存疑较多的海洋生物类群开展系统分类整理,采用整合分类学的理论和方法,清除同物异名,厘清分类误鉴定,是海洋生物分类学的一项长期重要任务,将有力推动分类学研究的长足进步。

中国海洋生物分类研究的历史较短,许多原生动

物和无脊椎动物类群 (例如:大量海洋异养鞭毛虫类、裸变形虫类、深海等足类等) 的分类研究尚未开展,部分类群 (例如:涟虫、缓步类、底栖猛水蚤、深海柳珊瑚等) 的研究还不充分。此外,已报道的许多类群还可能存在误鉴定和系统归属问题,需要开展系统的分类清理 (Wu *et al.*, 2015, 2017; 吴旭文等, 2020; 郭筋等, 2020)。经典分类学实践对于保存、延续和发展我国海洋生物分类学至关重要。未来分类学需要与其他学科交叉融合,通过新技术的应用,开展从物种分类描述到系统分类整理和分子系统学研究,不断提高分类研究的广度和深度。此外,还应充分发挥分类学基础学科的作用,关注海洋生物多样性热点区域,在物种系统演化问题上寻求科学解释。

4.2 从近海到深海

近十年来,我国进入从以近海研究为主到近海和深海研究并举的时代。深海蕴藏着地球上远未认知和开发的宝藏,是关乎国家利益、未来发展的战略新疆域。海山、深海平原、热液、冷泉、海沟等典型深海系统孕育了丰富的生物多样性资源。由于深海生物生长缓慢、繁殖力低,大多具有分布局限性或区域特异性,所以一旦破坏,则极难恢复,有些物种甚至灭绝。深海脆弱生态系统保护、资源可持续利用和深海保护区划设等问题已成为全球关注热点。联合国正在主导国家管辖范围以外区域海洋生物多样性 (BBNJ) 保护谈判。开展深海生物分类研究,掌握深海生物多样性本底资料和科学认知,将为有效应对 BBNJ 国际协定谈判提供数据支撑。

已有的研究显示,深海生物除了少数类群起源于深海外,大多数起源于浅海并演化扩布至深海 (Lindner *et al.*, 2008)。西太平洋具有全球最高的浅海生物多样性,尤以珊瑚礁大三角区最为显著。全球蛇尾种类分布的大数据分析表明,西太平洋陆架区到 2000m 深海具有全球最高的蛇尾物种丰富度 (Woolley *et al.*, 2016)。由此,可以预期西太平洋可能同样具有全球最高的深海生物多样性,成为深海生物多样性保护的热点区域,这将是一个有待验证的科学问题。

深海与近海生物种类组成差异极大,种类特异性高,对相关类群的分类认识和经验需要长期的工作积累。早期的许多深海生物的分类报道缺乏细节,对相近种的辨识和区分造成很大的困难。而且,大部分已报道的深海生物缺乏对应的分子序列信息,而后期提供的一些分子信息存在误匹配问题,给物种的分类鉴定带来了极大困难。鉴于此,未来的深海生物分类研

究需结合 DNA 条形码技术, 将每一物种尤其是新物种的形态学描述与 DNA 条形码序列一一对应, 使物种的分类报道更具客观性和可比性。

未来的深海生物分类研究, 需结合国际前沿和国家需求, 充分利用宝贵的样品资源, 将目前以深海生物发现和描述为主的分类研究, 拓展到深海典型生物类群的系统发育和进化研究。同时, 构建深海的生物地理信息系统, 开展深海生物多样性、地理分布格局和连通机制研究。另外, 分子生态学技术的发展, 为从更大尺度上认识深海生物多样性及分布格局提供了新手段 (Zhao *et al.*, 2017, 2019)。因此, 充分利用深海生物分类学数据资源, 开展生物的扩布与溯源研究, 将极大地拓展深海生物分类研究的广度与深度。

4.3 从海洋物种数据库到信息系统

分类学资源在全球的开源分享, 分类文献和数据的可得性, 大大降低了从事生物分类研究的门槛, 显著减少了分类中的同物异名和异物同名现象。世界海洋物种登录(World Register of Marine Species, WoRMS)收集了全球 23.3 万种海洋生物的物种编目及分类系统, 由来自 47 个国家和地区的 289 位编委负责维护和确认, 成为一个使用价值大且开放共享的数据平台。此外还有一些专门的数据库, 例如: 鱼库 (FishBase)、藻库 (AlgaeBase)、世界海绵库 (World Porifera Database)、世界六放珊瑚库 (Hexacorallians of the World) 等。国际“海洋生物地理信息系统” (Ocean Biogeographic Information System, OBIS) 经过近 20 年的努力, 建立了全球海洋生物多样性和分布最全面的共享数据库, 包含了约 5900 万条海洋生物分布记录。相关共享数据库显著促进了分类学、生物多样性和生物地理学研究的开展, 为气候变化研究、科学政策评估及政府管理和决策提供了重要支撑。分类学和生物信息学的结合也将促进分类学的持续发展 (Godfray, 2002)。

中国已建立了多种海洋生物标本和物种数据库, 并开展了 OBIS 中国节点的建设。中国科学院海洋生物标本馆收藏逾 80 万号标本, 收藏量居亚洲之首, 自 2004 年起已对 504440 号馆藏标本进行了数字化整合, 占馆藏标本总量的 63%; 建立了中国沿海海洋生物信息数据库、模式标本数据库、海藻标本数据库、全国海洋普查标本库、无脊椎动物标本数据库、海洋鱼类标本数据库、极地标本数据库、海洋生物 DNA 条形码数据库等专业数据库。然而, 中国目前大多仍处于管理数据库阶段, 信息共享和支撑能力还明显不足。因此, 集成并整合现有的各类相关数据库, 建设

一个符合国际和国家标准、有严格质量控制与管理、具有完整性和权威性的中国海洋生物物种信息数据库, 仍是未来的一项长期的工作任务。应对新的挑战 and 机遇, 还要求具备提供海洋数据和信息服务的能力。因此, 探索建立共享机制, 建设不同类型的分布式数据库和共享平台, 建立海洋生物多样性信息系统, 将有助于开展数据挖掘和集成分析, 获取新的科学认知, 助力科研产出和决策支撑。

4.4 从单纯科学到科学与技术双轮驱动发展

海洋生物标本的获得是开展分类学研究的前提。因深海生物分布的密度很低, 加之水深造成的采样困难, 深海尤其是寡营养深海的生物样品采集极为不易, 大大制约了分类学研究的开展。因此, 深海的生物分类研究不单纯是科学问题, 也是一个技术问题, 获取完整的且有代表性的生物样品是首先需要解决的问题。以海山大型底栖生物的获取为例, 通过箱式采泥器获得样品的几率极低, 而底栖拖网因海山复杂的地形, 不仅采样效率极低, 还易造成设备丢失, 且环境不友好。在此情形下, 水下机器人 (如无人缆控深潜器、载人深潜器) 等技术装备对采样具有决定性作用, 不仅可解决“下得去、看得见、取上来”的技术问题, 还可避免重复采样, 消除底栖拖网对生态系统的不利影响。正是得益于采样效率的极大提高, 我国在过去数年获取了大量海山生物样品, 发现了大量新物种, 在深海生物分类研究领域走向国际前列。

深海科学与技术融合, 将有力推动深海生命科学研究, 而分类研究将提供对深海生命的最基础认知。当前, 海洋物理和化学传感器被越来越多地应用于海洋调查, 但生物传感器的研发则明显滞后。深海生物的分类和多样性研究同样需要相关识别传感器的研发。在全球范围内, 因深海大型生物采样受限, 用于分类研究的生物标本明显不足, 但获取了大量深海生物物的影像资料。如何利用深海的生物影像及少数生物标本, 开展准确、高效的分类识别, 进而认识深海生物的种类构成和分布状况, 是显著提升深海生物分类和多样性研究能力的重大技术问题。要解决这一问题, 亟需借助现今发展迅猛的人工智能与大数据技术, 研发基于深度学习的深海生物视频影像的检测与分类识别系统, 提高深海生命科学调查和观测的效率和水平, 推动深海生物分类研究的开展, 为国家需求和深海科研提供关键技术支撑。

4.5 从项目驱动到学科均衡发展

全球范围内海洋生物分类研究人才呈短缺状态,

其根源在于对分类研究的轻视及项目支持力度不足。美国国家科学基金会尽管设有分类和生物多样性领域的专项基金,但每年仅极少数分类项目申请获得支持,而且相关支持大多给了高阶元分类和宏观进化等研究方向。作为分类学起源地的欧洲也比较艰难,除博物馆中还保存一些分类学者,在大学中相关的分类人才越来越少。

在过去的 20 年中,我国在国家自然科学基金委员会及相关部委的支持下,培养了一批从事海洋生物分类的青年人才。在国家自然科学基金委员会的项目申请中,设有“微生物多样性、分类与系统发育”、“植物分类学”和“动物系统与分类”等分类学科方向,“生物海洋学与海洋生物资源”方向也接收海洋生物分类与多样性方面的申请。国家自然科学基金成为了分类学科的生命线,保存、扶持并促进了分类学科的延续和发展。此外,还有相当部分的海洋生物分类研究是由调查项目驱动开展起来的,目的性强,但一些从事分类研究工作的青年学者往往因缺乏后续的经费支持而放弃了分类研究。

评价机制不合理是影响分类学发展的另一因素。通常经典分类研究论文的影响因子普遍较低,而且所涉类群研究越少则越不易被引用(丁兰平等, 2011)。目前以 SCI 论文数量和影响因子为主导的评价体系,导致了分类研究论文的碎片化,以往十年铸一剑的大部头系统性著作已鲜少再现。因此,需针对分类学科特点,探寻新的科技评价体系。新近施行的代表作评价机制具有很好的导向作用。未来,应继续完善海洋生物分类学科布局,充分发挥分类学基础学科作用,提升海洋生物的起源和系统演化研究水平,推动海洋生物学的均衡发展。

5 结语

中国的海洋生物分类学研究经过 70 年的发展,在近海领域取得了显著进展,基本认识了近海的生物多样性构成和分布状况,近十年来在西太平洋深海生物探测和分类研究领域亦取得明显进展。我国有着广袤和多样化的海域及生境,仍有大量未知的生物待发现,已知的许多生物类群还需要系统的分类清理,而方兴未艾的深海分类研究还与科学前沿和国家重大需求有着密切关联。总体上,中国海洋生物分类学有着广阔的发展前景,分类研究工作任重道远。完善海洋生物分类学科布局,充分发挥海洋生物分类学基础,发现新物种和新生命现象,有助于发现和发掘更

多有潜力的海洋生物资源。未来需结合现代生物技术和手段,开展海洋生物的系统学和进化研究,加强国际合作,深入开展区域性和全球性的海洋生物多样性研究。海洋生物分类学研究的持续开展,不仅有助于我们更好地认识和探索自然,认知生命的起源,还将提升对海洋生态系统及全球变化下海洋生物多样性的认知,加强对海洋生物资源的可持续利用,而这一切的根本还需要更多海洋生物分类学家的参与。

致谢 中国科学院海洋研究所文献信息中心冯志纲协助检索了近十年中国学者发表的新物种论文,中国科学院海洋生物标本馆王永强协助梳理了海洋动物志和海藻志的文献信息,中国科学院海洋研究所分类室冀晓青协助统计了发表的新物种数量,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 丁兰平, 黄冰心, 谢艳齐, 2011. 中国大型海藻的研究现状及其存在的问题. 生物多样性, 19(6): 798—804
- 王春生, 杨俊毅, 张东声等, 2006. 深海热液生物群落研究综述. 厦门大学学报(自然科学版), 45(S2): 141—149
- 王春光, 项 鹏, 王彦国等, 2013. 《中国海洋物种和图集》的编研和成果. 中国科技成果, (7): 88—90
- 王跃云, 2017. 中国海多毛纲磷虫科和竹节虫科的分类学研究. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所)博士学位论文
- 乌沙科夫 П В, 吴宝铃, 1963. 黄海多毛类动物地理学的初步研究. 海洋与湖沼, 5(2): 154—164
- 刘瑞玉, 2008. 中国海洋生物名录. 北京: 科学出版社, 1—1267
- 刘瑞玉, 2011. 中国海物种多样性研究进展. 生物多样性, 19(6): 614—626
- 刘瑞玉, 徐凤山, 1963. 黄、东海底栖动物区系的特点. 海洋与湖沼, 5(4): 306—321
- 许振祖, 黄加祺, 林 茂等, 2014. 中国刺胞动物门水螅虫总纲. 北京: 海洋出版社, 945pp
- 孙 军, 蔡立哲, 陈建芳等, 2019. 中国海洋生物研究 70 年. 海洋学报, 41(10): 81—98
- 孙 松, 孙晓霞, 2017. 全面提升海洋综合探测与研究能力——中国科学院海洋先导专项进展. 海洋与湖沼, 48(6): 1132—1144
- 孙 悦, 2018. 中国海多毛纲仙虫科和锥头虫科的分类学研究. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所)博士学位论文
- 李 阳, 徐奎栋, 2020. 中国海海葵目(刺胞动物门: 珊瑚虫纲)物种多样性与区系特点. 海洋与湖沼, 51(3): 434—443
- 李光玉, 孙风芹, 杨永鹏等, 2019. 我国海洋微生物菌种资源保藏与共享服务现状. 生物资源, 41(2): 130—137
- 李尚琪, 李炯棠, 张 研等, 2018. 中国渔业生物 DNA 条形码信息平台构建及应用. 中国水产科学, 25(4): 705—713
- 李新正, 董 栋, 寇 琦等, 2019. 深海大型底栖生物多样性研究进展及中国现状. 海洋学报, 41(10): 169—181
- 连光山, 王彦国, 孙柔鑫等, 2018. 中国海洋浮游桡足类多样性. 北京: 海洋出版社, 836
- 吴旭文, 2013. 中国海矾沙蚕科和欧努菲虫科的分类学和地理

- 分布研究. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所)博士学位论文
- 吴旭文, 徐奎栋, 2020. 中国海欧努菲虫复合种(Polychaeta, Onuphidae)的分类修订. 海洋与湖沼, 51(3): 630—638
- 沙忠利, 2019. 西太平洋深海化能生态系统大型生物图谱. 北京: 科学出版社, 205
- 沈世杰, 1993. 台湾鱼类志. 台北, 中国: 台湾国立大学动物学系, 960
- 宋微波, 马洪钢, 2000. 我国海洋纤毛虫原生动物的研究进展. 生物学通报, 35(5): 10—11
- 宋微波, 沃伦 A, 胡晓钟, 2009. 中国黄渤海的自由生纤毛虫. 北京: 科学出版社, 518
- 宋微波, 赵元若, 徐奎栋等, 2003. 海水养殖中的危害性原生动物. 北京: 科学出版社, 483
- 张均龙, 徐奎栋, 2013. 海山生物多样性研究进展与展望. 地球科学进展, 28(11): 1209—1216
- 张志南, 周红, 华尔等, 2017. 中国小型底栖生物研究的40年——进展与展望. 海洋与湖沼, 48(4): 657—671
- 邵广昭, 2011. 十年有成的“海洋生物普查计划”. 生物多样性, 19(6): 627—634
- 林茂, 王春光, 王彦国等, 2011. 西太平洋浮游动物种类多样性. 生物多样性, 19(6): 646—654
- 林茂, 许振祖, 黄加祺等, 2013a. 印度尼西亚比通海峡花水母亚纲二新种记述(刺胞动物门). 动物分类学报, 38(2): 246—250
- 林茂, 许振祖, 黄加祺等, 2013b. 印度尼西亚比通海峡软水母亚纲二新种记述(刺胞动物门). 动物分类学报, 38(4): 756—761
- 林森杰, 王路, 郑连明等, 2014. 海洋生物DNA条形码研究现状与展望. 海洋学报, 36(12): 1—17
- 国家海洋局第三海洋研究所, 1984. 西太平洋热带水域浮游生物论文集. 北京: 海洋出版社, 258
- 金静, 李宝笃, 2005. 海洋真菌的研究概况. 菌物学报, 24(4): 620—626
- 周进, 2008. 中国海异毛虫科和海稚虫科分类学和地理分布研究. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所)博士学位论文
- 郑重, 陈柏云, 1980. 我国海洋浮游动物分类研究的现状和展望. 海洋科学, (3): 1—4
- 胡晓钟, 赵研, 黄洁等, 2019. 进展中的纤毛虫学研究: 新格局、新窗口与新拓展. 中国海洋大学学报, 49(10): 28—42
- 类彦立, 孙瑞平, 2008. 黄海多毛环节动物多样性及区系的初步研究. 海洋科学, 32(4): 40—51
- 秦蕴珊, 尹宏, 2011. 西太平洋——我国深海科学研究的优先战略选区. 地球科学进展, 26(3): 245—248
- 徐奎栋, 2011. 海洋微型底栖生物的多样性与地理分布. 生物多样性, 19(6): 661—675
- 徐奎栋, 2020. 西太平洋海沟洋脊交界区海山动物原色图谱. 北京: 科学出版社, 239
- 郭筋, 李翠, 谢慧盈等, 2020. 中国常见贻贝基于28S rDNA序列的系统发育分析. 海洋与湖沼, 51(3): 613—621
- 黄丁勇, 林荣澄, 牛文涛等, 2011. 西南印度洋深海热液区铠甲虾初探. 海洋通报, 30(1): 88—93
- 黄宗国, 1994. 中国海洋生物种类与分布. 北京: 海洋出版社, 1—764
- 黄宗国, 2008. 中国海洋生物种类与分布. 北京: 海洋出版社, 1—1191
- 黄宗国, 林茂, 2012a. 中国海洋物种多样性上册. 北京: 海洋出版社, 1—632
- 黄宗国, 林茂, 2012b. 中国海洋物种多样性下册. 北京: 海洋出版社, 633—1380
- 隋吉星, 2013. 中国海双栉虫科和蛭龙介科分类学研究. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所)博士学位论文
- 曾呈奎, 夏邦美, 1992. 中国海藻分类研究现状及发展趋势. 海洋科学, (3): 10—11
- 熊杰, 陈建平, 陈晓光等, 2019. 进展中的原生动物学研究: 热点领域与新格局. 中国科学: 生命科学, 49(10): 1301—1322
- Appeltans W, Ah Yong S T, Anderson G *et al*, 2012. The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology*, 22(23): 2189—2202
- Ausubel J, Crist D T, Waggoner P E, 2010. *First Census of Marine Life 2010: Highlights of a Decade of Discovery*. Washington DC: Census of Marine Life
- Bachraty C, Legendre P, Desbruyères D, 2009. Biogeographic relationships among deep-sea hydrothermal vent faunas at global scale. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56(8): 1371—1378
- Brusca R C, Moore W, Shuster S M, 2016. *Invertebrates*. 3rd ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1104
- Chen X M, Li J, Xu K D, 2020. Multigene-based phylogeny analyses of the controversial family Condylomatidae (Ciliophora, Heterotrichea). *Zoologica Scripta*, 49(2): 250—264
- Costello M J, May R M, Stork N E, 2013. Response to comments on “Can we name Earth’s species before they go extinct?” *Science*, 341(6143): 237
- Dai C F, Horng S, 2009a. Scleractinia Fauna of Taiwan I. The Complex Group. Taipei: National Taiwan University
- Dai C F, Horng S, 2009b. Scleractinia Fauna of Taiwan II. The Robust Group. Taipei: National Taiwan University
- Gao F, Huang J, Zhao Y *et al*, 2017. Systematic studies on ciliates (Alveolata, Ciliophora) in China: progress and achievements based on molecular information. *European Journal of Protistology*, 61: 409—423
- Glover A G, Higgs N, Horton T, 2020. World Register of Deep-Sea Species (WoRDSS). <http://www.marinespecies.org/deepsea>
- Godfray H C J, 2002. Challenges for taxonomy. *Nature*, 417(6884): 17—19
- Hebert P D N, Ratnasingham S, de Waard J R, 2003. Barcoding animal life: cytochrome *c* oxidase subunit I divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(S1): S96—S99
- Hu X Z, Lin X F, Song W B, 2019. *Ciliate Atlas: Species Found in the South China Sea*. Beijing: Science Press, 631
- Kou Q, Li X Z, He L S *et al*, 2018. Rediscovery of the hadal species *Amblyops magnus* Birstein & Tchindonova, 1958 (Crustacea: Mysida: Mysidae): first record from the Mariana

- Trench. *Zootaxa*, 4402(1): 42—52
- Kou Q, Meland K, Li X Z *et al*, 2019. Deepest record of *Eucopia sculpticauda* (Crustacea: Lophogastrida: Eucopiidae) and the order, with new insights into the distribution and genetic diversity of the species. *Bulletin of Marine Science*, 95(2): 327—335
- Lindner A, Cairns S D, Cunningham C W, 2008. From offshore to onshore: Multiple origins of shallow-water corals from deep-sea ancestors. *PLoS One*, 3(6): e2429
- Liu J Y, 2013. Status of marine biodiversity of the China seas. *PLoS One*, 8(1): e50719
- Liu W W, Jiang J M, Xu Y *et al*, 2017. Diversity of free-living marine ciliates (Alveolata, Ciliophora): Faunal studies in coastal waters of China during the years 2011-2016. *European Journal of Protistology*, 61: 424—438
- May R R, Harvey P H, 2009. Species uncertainties. *Science*, 323(5915): 687
- Mora C, Tittensor D P, Adl S *et al*, 2011. How many species are there on earth and in the ocean? *PLoS Biology*, 9(8): e1001127
- Padial J M, Miralles A, De la Riva I *et al*, 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology*, 7: 16
- Sha Z L, Ren X Q, 2014. A new species of the genus *Glyptelasma* Pilsbry (Cirripedia, Thoracica, Poecilasmatidae) from deep waters in the South China Sea. *Crustaceana*, 87(10): 1185—1191
- Sha Z L, Ren X Q, 2015a. A new species of the genus *Arcoscalpellum* (Cirripedia, Thoracica, Scalpellidae) from deep waters in the South China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33(3): 732—734
- Sha Z L, Wang Y R, 2015b. A new deep-sea species of the genus *Systellaspis* (Decapoda, Caridea, Oplophoridae) in the western Pacific. *Crustaceana*, 88(10—11): 1181—1192
- Shi B Z, Yu T T, Xu K D, 2017. Two new species of *Paramphimonhystrella* (Nematoda, Monhysterida, Xyalidae) from the deep-sea sediments in the Western Pacific Ocean and adjacent shelf seafloor. *Zootaxa*, 4344(2): 308—320
- Wang D X, Wang C S, Zhang Y *et al*, 2016. Three new species of glass sponges Phoronematidae (Porifera: Hexactinellida) from the deep-sea of the northwestern Pacific Ocean. *Zootaxa*, 4171(3): 562—574
- Wang C S, Zhou Y D, Jiang D *et al*, 2018. Report of a chiton in the genus *Leptochiton* (Lepidopleurida: Lepidopleurina: Leptochitonidae) from the Yap Trench in the West Pacific Ocean. *Acta Oceanologica Sinica*, 37(10): 205—208
- Woolley S N C, Tittensor D P, Dunstan P K *et al*, 2016. Deep-sea diversity patterns are shaped by energy availability. *Nature*, 533(7603): 393—396
- Wu X W, Salazar-Vallejo S I, Xu K D, 2015. Two new species of *Sternaspis* Otto, 1821 (Polychaeta: Sternaspidae) from China seas. *Zootaxa*, 4052(3): 373—382
- Wu X W, Xu K D, 2017. Diversity of Sternaspidae (Annelida: Terebellida) in the South China Sea, with descriptions of four new species. *Zootaxa*, 4244(3): 403—415
- Wu X W, Xu K D, 2018. *Levensteiniella manusensis* sp. nov., a new polychaete species (Annelida: Polynoidae) from deep-sea hydrothermal vents in the Manus Back-Arc Basin, Western Pacific. *Zootaxa*, 4388(1): 102—110
- Wu X W, Zhan Z F, Xu K D, 2019. Two new and two rarely known species of *Branchinotogluma* (Annelida: Polynoidae) from deep-sea hydrothermal vents of the Manus Back-Arc Basin, with remarks on the diversity and biogeography of vent polynoids. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 149: 103051
- Xu K, An J, Ding L *et al*, 2020c. The Chinese Register of Marine Species (ChaRMS). <http://www.marinespecies.org/charms>
- Xu Y, Li Y, Zhan Z F *et al*, 2019. Morphology and phylogenetic analysis of two new deep-sea species of *Chrysogorgia* (Cnidaria, Octocorallia, Chrysogorgiidae) from Kocebu Guyot (Magellan seamounts) in the Pacific Ocean. *ZooKeys*, 881(2): 91—107
- Xu Y, Zhan Z F, Li Y *et al*, 2020b. Morphology and phylogenetic analysis of two new species of deep-sea golden gorgonians (Cnidaria: Octocorallia: Chrysogorgiidae) from seamounts in the Western Pacific Ocean. *Zootaxa*, 4731(2): 249—262
- Xu Y, Zhan Z F, Xu K D, 2020a. Morphology and molecular phylogeny of three new deep-sea species of *Chrysogorgia* (Cnidaria, Octocorallia) from seamounts in the tropical Western Pacific Ocean. *PeeJ*, 8: e8832
- Xu P, Zhou Y D, Wang C S *et al*, 2017. A new species of deep-sea sponge-associated shrimp from the North-West Pacific (Decapoda, Stenopodidea, Spongicolidae). *ZooKeys*, 685: 1—14
- Yu T T, Xu K D, 2018. Two new species of oxystominid nematodes (Nematoda: Enoplida) from an abyssal plain in the southern Philippine Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(4): 801—810
- Zhan Z F, Li J, Xu K D, 2019. Ciliate environmental diversity can be underestimated by the V4 region of SSU rDNA: insights from species delimitation and multilocus phylogeny of *Pseudokeronopsis* (Protist, Ciliophora). *Microorganisms*, 7(11): 493
- Zhao F, Filker S, Xu K D *et al*, 2017. Patterns and drivers of vertical distribution of the ciliate community from the surface to the abyssopelagic zone in the Western Pacific Ocean. *Frontiers in Microbiology*, 8: 2559
- Zhao F, Filker S, Xu K D *et al*, 2019. Effects of intragenomic polymorphism in the SSU rRNA gene on estimating marine microeukaryotic diversity: A test for ciliates using single-cell high-throughput DNA sequencing. *Limnology and Oceanography: Methods*, 17(10): 533—543
- Zhang D S, Lu B, Wang C S *et al*, 2018a. The first record of *Ophiroleila elegans* (Echinodermata: Ophiuroidea) from a deep-sea seamount in the Northwest Pacific Ocean. *Acta Oceanologica Sinica*, 37(10): 180—184
- Zhang R Y, Zhou Y D, Lu B *et al*, 2017. A new species in the genus *Styracaster* (Echinodermata: Asteroidea: Porcellanasteridae) from hadal depth of the Yap Trench in the western Pacific. *Zootaxa*, 4338(1): 153—162

- Zhang S Q, Zhang S P, 2018b. Two deep-sea *Calliotropis* species (Gastropoda: Calliotropidae) from the western Pacific, with the description of a new species. *Nautilus*, 132(1): 13—18
- Zhang S Q, Zhang S P, 2018c. *Cocculina delphinicola* sp. nov., a new cocculinid species from whale bone in the East China Sea (Gastropoda: Cocculiniformia). *Zootaxa*, 4455(1): 189—195
- Zhang S Q, Zhang J L, Zhang S P, 2020. Integrative taxonomy reveals new taxa of Trochidae (Gastropoda: Vetigastropoda) from seamounts in the tropical western Pacific. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 159: 103234

MARINE TAXONOMY IN THE CHINA SEAS AND WESTERN PACIFIC OCEAN: PROGRESS AND PROSPECTS

XU Kui-Dong^{1,4,5}, LIN Mao², WANG Shao-Qing^{1,3}, LI Yang^{1,5}, WU Xu-Wen^{1,5}, WANG Chun-Guang²
(1. *Laboratory of Marine Organism Taxonomy and Phylogeny, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China*; 2. *Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Xiamen 361005, China*; 3. *Marine Biological Museum, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China*; 4. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 5. *Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China*)

Abstract Taxonomy is the fundamental discipline of modern biology, and correctly identifying and naming species is the prerequisite for the conservation and resource utilization of marine biodiversity. In the early days, the taxonomic study of marine organisms in China mainly focused on the shallow sea areas of China. After 70 years of development, the composition and distribution of marine species in the sea areas of China have been recognized. In the past decade, Chinese scientists have conducted deep-sea biological explorations and samplings more than ever before, expanding the marine taxonomic research from shallow sea to deep sea. In general, the taxonomic study of many marine groups in China is not sufficient, and the study of some groups has not been carried out yet. There are still a lot of unknown marine taxa to be discovered and identified. In this paper, we reviewed the status quo and analyzed the trend of the progress in taxonomic studies conducted by Chinese scientists in the China seas and the Western Pacific Ocean in the past particularly over the past decade. Moreover, we proposed some ideas and suggestions on the future development of marine taxonomic research in China, including the development direction, platform construction, supporting system, and so on.

Key words China seas; Western Pacific Ocean; deep sea; taxonomy; research progress