



•生物编目•

# 中国造礁石珊瑚分类厘定

黄林韬<sup>1,3,4,5</sup> 黄 晖<sup>1,2,3,4\*</sup> 江 雷<sup>1,2</sup>

1 (中国科学院南海海洋研究所热带海洋生物资源与生态重点实验室, 广州 510301)

2 (中国科学院南海生态环境工程创新研究院, 广州 510301)

3 (中国科学院海南热带海洋生物实验站, 海南三亚 572000)

4 (海南省热带海洋生物技术重点实验室, 海南三亚 572000)

5 (中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 造礁石珊瑚是珊瑚礁框架建造者, 具有维持珊瑚礁生态系统功能和稳定性的重要作用, 其分类对于造礁石珊瑚和珊瑚礁的研究与保护至关重要。目前, 随着分子系统学的不断发展, 造礁石珊瑚的分类体系发生改变, 伴随着出现大量同物异名。近年来也出现许多无中文学名的中国造礁石珊瑚新记录种, 这些都给物种认定和命名带来困难, 阻碍了中国造礁石珊瑚的研究与保护工作。为此, 本文收集了中国造礁石珊瑚物种记录文献资料, 采用最新的造礁石珊瑚分类体系, 确认同物异名, 形成中国造礁石珊瑚物种名录, 并对中国造礁石珊瑚物种的中文名进行统一的规范和命名。结果表明, 中国共有造礁石珊瑚2个类群16科77属445种。与《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》相比, 科级分类阶元新增7个科, 变更5个科; 属级分类阶元新增26属, 变更1属, 合并3属; 种级分类阶元新增291种, 变更13种, 合并20种, 新命名305个物种的中文名。并且筛选出187个同物异名。此外, 由于造礁石珊瑚分类体系现仍有部分争议, 文章也进行了讨论说明。

**关键词:** 造礁石珊瑚; 名录; 中国; 生物多样性

## A revised taxonomy for Chinese hermatypic corals

Lintao Huang<sup>1,3,4,5</sup>, Hui Huang<sup>1,2,3,4\*</sup>, Lei Jiang<sup>1,2</sup>

1 Key Laboratory of Tropical Marine Bio-resources and Ecology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

2 Innovation Academy of South China Sea Ecology and Environmental Engineering, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

3 Tropical Marine Biological Research Station in Hainan, Chinese Academy of Sciences, Sanya, Hainan 572000

4 Hainan Key Laboratory of Tropical Marine Biotechnology, Sanya, Hainan 572000

5 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

**Abstract:** As the major reef framework builder, hermatypic corals play a key role in maintaining the stability and function of coral reef ecosystems. Understanding the taxonomy of hermatypic corals is critical to furthering research and conservation of reef corals and the ecosystem they construct. The application of molecular and small-scale morphological analyses has identified synonymous species and have challenged the traditional taxonomy of hermatypic corals, which was based merely on skeletal morphology. Moreover, many newly recorded species appeared without Chinese scientific names. These aforementioned issues hinder the progress of research and conservation of hermatypic corals in China. Here, we present a comprehensive species list of all hermatypic corals reported in China by collecting historical records, incorporating revised systematics, confirming synonymous species, and updating Chinese scientific names. Our results show that there are 445 known species of hermatypic corals in China, belonging to 16 families and 77 genera. Compared to *Fauna Sinica · Coelenterata · Anthozoa · Scleractinia · Hermatypic Coral*, we added 291 species, revised 13 species, synonymized 20 species, and designated Chinese name to 305 species. We added 26, revised 1 and synonymized 3 genera, and we added 7 and revised 5 families. Though we

收稿日期: 2019-12-04; 接受日期: 2020-01-19

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC0506301)、国家自然科学基金(41676150; 41876192)、广东省基础与应用基础研究基金(2019A1515011532)和中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA13020201; XDA13020402)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: huanghui@scsio.ac.cn

identified 187 synonymous species from historical records, there are still several discrepancies in the current taxonomy. We discuss these discrepancies and explain our classification rationale herein.

**Key words:** hermatypic coral; checklist; China; biodiversity

造礁石珊瑚(hermatypic/reef-building coral)属于刺胞动物门珊瑚虫纲六放珊瑚亚纲石珊瑚目,其典型特征是具有文石(aragonite)晶型的碳酸钙外骨骼。造礁石珊瑚并不是分类学划分的类群,而是根据其具有珊瑚礁造礁的生态特征划分出来的。造礁石珊瑚通过钙化作用产生的碳酸钙外骨骼会对珊瑚礁的形成以及生境的构建产生巨大贡献。

中国造礁石珊瑚分布广泛,从福建、广东和广西沿岸到海南岛与台湾岛再到南海的诸多岛礁都有其分布。对于中国造礁石珊瑚分类的系统研究,最早是邹仁林等(1975)对海南浅水石珊瑚分类特征进行的描述,并报道了海南岛造礁石珊瑚13科34属和2个亚属的110种和5个亚种。而后邹仁林(2001)根据团队多年调查积累,编著了《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》一书,其中收录了我国造礁石珊瑚14科54属174种。再者,戴昌凤等对台湾造礁石珊瑚的分类进行系统研究(Dai, 1988; Hoeksema & Dai, 1991; Dai & Lin, 1992; Wallace & Dai, 1997),在2009年编著《台湾石珊瑚志》,共记录台湾岛及其邻近岛屿、东沙群岛和南沙太平岛等的12科65属281种石珊瑚(Dai & Horng, 2009a, b)。

造礁石珊瑚的分类系统几经变化,国际上最开始采用的是Wells (1956)的基于骨骼隔片小梁和隔片形状的分类体系,该体系将石珊瑚分成5个亚目,再基于体壁形态和无性生殖出芽方式等特征划分出33个科(Wells, 1956)。随着标本采集的增加证实了造礁石珊瑚具有环境差异引起的表型可塑性(Veron & Pichon, 1976)。于是,Veron (1995)在Wells (1956)分类系统的基础上,根据古代和现生骨骼结构及活体形态对造礁石珊瑚的分类体系进行了修正,该分类体系得到了同行的广泛认可。Chen等(1995)利用核糖体DNA研究造礁石珊瑚演化过程的结果支持了Veron (1995)提出的新分类体系,《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》也采用该分类体系。然而,造礁石珊瑚基因型不同引起的种内形态差异(Carlon & Budd, 2002),以及普遍存

在的造礁石珊瑚种间形态界限模糊现象,使得其分类体系依旧存在问题。近年来,分子生物学和微观形态学在造礁石珊瑚物种分类中的运用对Veron (1995)的分类体系提出了挑战(Fukami et al, 2008; Kitahara et al, 2016)。《台湾石珊瑚志》就根据新的研究结果结合Veron (1995)的体系提出了新的分类体系(Dai & Horng, 2009a, b)。根据最新的微形态学和分子生物学综合证据,Kitahara等(2016)提出了全新的分类体系,该体系得到了广泛认可,并被WoRMS (World Register of Marine Species, <http://www.marinespecies.org>)采用(Hoeksema & Cairns, 2020)。

国内学者对造礁石珊瑚分类体系的使用存在较大差异,目前多采用《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》的体系,也有研究人员选择《台湾石珊瑚志》中的分类体系,还有少部分研究人员采用WoRMS分类体系进行物种报道。由于参照的分类体系不同,使得中国造礁石珊瑚种类学名的确定出现混乱。再者,造礁石珊瑚中文学名的命名也异常杂乱,虽大部分参照《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》来命名(邹仁林, 2001),但也有部分研究采用《中国海洋生物名录》(刘瑞玉, 2008)、《中国海洋生物种类与分布》(黄宗国, 2008)和《台湾石珊瑚志》(Dai & Horng, 2009a, b)等的中文学名,甚至出现以水族俗称来命名中文学名的现象。近年来随着中国造礁石珊瑚调查广度和深度的不断增加,亦发现了许多新记录种,但尚未有中文学名。上述现象都不利于中国造礁石珊瑚的研究和交流。因此,本文拟对造礁石珊瑚的分类体系进行厘定,确认同物异名,形成中国造礁石珊瑚物种名录,并对中国造礁石珊瑚物种的中文学名进行统一规范和命名。

## 1 方法

### 1.1 中国造礁石珊瑚物种初步编目的获取

通过收集1960年以来中国造礁石珊瑚物种调查研究的文献资料及记录,形成中国造礁石珊瑚的

初步编目。

## 1.2 分类体系的确认

以初步编目为范围对中国造礁石珊瑚分类体系进行确认。科、属阶元主要采用Kitahara等(2016)利用微形态学特征和分子生物学信息获得的全新体系,但由于该研究中未涉及部分属的分类地位,且还存在少部分争议,因此补充参照其他相关文献中提及到的分类阶元归属情况。对于造礁石珊瑚种阶元的分类而言,鹿角珊瑚属(*Acropora*)和同孔珊瑚属(*Isopora*)下物种的分类参照国际上广泛认可的*Staghorn Corals of the World* (Wallace, 1999)及其随后研究(Wallace et al, 2012)进行,石芝珊瑚科(Fungiidae)的物种则参照国际上广泛认可的Hoeksema的研究成果进行(Hoeksema, 1989; Hoeksema & Dai, 1991; Gittenberger et al, 2011),其他造礁石珊瑚种阶元的分类则主要参照*Corals of the World* (Veron, 2000)。

## 1.3 同物异名的筛查

在中国造礁石珊瑚初步编目的基础上,根据新的分类体系进行同物异名筛查,发现的不存在或有疑问的物种,根据*Scleractinia of Eastern Australia* (Veron & Pichon, 1976, 1980; Veron et al, 1977; Veron, 1982; Veron & Wallace, 1984)、《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》、《台湾石珊瑚志》和其他相关文献材料进行查证(邹仁林, 2001; Dai & Horng, 2009a, b; Hoeksema & Cairns, 2020),并回溯物种名称变化的历史过程,最终确认同物异名。

## 1.4 各分类阶元的中文名命名

《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》存在的各分类阶元中文名称依旧沿用(邹仁林, 2001)。若各分类阶元中文名称不存在,则参考《台湾石珊瑚志》(Dai & Horng, 2009a, b)、《中国海洋生物种类与分布》(黄宗国, 2008)和《中国海洋生物名录》(刘瑞玉, 2008)中存在的中文名称结合拉丁文含义重新进行中文命名。

# 2 结果与讨论

## 2.1 中国造礁石珊瑚科属阶元调整

基于已有研究和评估,对中国造礁石珊瑚的科属阶元进行调整,详细科属阶元变化情况见附录1。

### 2.1.1 科级及以上分类阶元调整

Romano 和 Palumbi (1996)通过线粒体16S rDNA将造礁石珊瑚分为坚实(robust)和复杂(complex)两个类群。其中坚实类群相对坚硬,拥有高度钙化的骨骼,群体通常是板状或团块状;复杂类群的骨骼钙化程度和密度较低,通常形成的是网状疏松结构,且珊瑚群体通常具有较为复杂的结构。随后Fukami等(2008)基于造礁石珊瑚的2个线粒体基因和1个核基因序列再次支持了该分类方式。

《台湾石珊瑚志》中也认可这种分类方式(Dai & Horng, 2009a, b)。因此,中国的造礁石珊瑚物种也按照该体系进行划分。而后基于已有研究,本名录对科级分类阶元做了调整。与《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》相比,科级分类阶元新增7个科,变更5个科。

(1)新增沙珊瑚科(Psammocoridae)和筛珊瑚科(Coscinaeidae)。沙珊瑚属(*Psammocora*)和筛珊瑚属(*Coscinaeae*)在《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中属于铁星珊瑚科(Siderastreaeidae),而后的系统发育分析认为这两属和铁星珊瑚科间存在遗传分化,因此将沙珊瑚属和筛珊瑚属提升成为沙珊瑚科和筛珊瑚科(Benzoni et al, 2007, 2012b),本名录采纳。

(2)新增双星珊瑚科(Diploastraeidae)和同星珊瑚科(Plesiastreaeidae),变更蜂巢珊瑚科(Faviidae)。研究发现蜂巢珊瑚科存在多重起源现象(Fukami et al, 2008),因此Huang等(2014b)对其进行调整,取消蜂巢珊瑚科,将该科除了双星珊瑚属(*Diploastrea*)、同星珊瑚属(*Plesiastrea*)和小星珊瑚属(*Leptastrea*)以外的其他物种归入裸肋珊瑚科(Merulinidae);双星珊瑚属则划分到双星珊瑚科;同星珊瑚属在后来被归入同星珊瑚科;而小星珊瑚属因分类地位尚无定论而暂归在未定类群(incertae sedis)(Kitahara et al, 2016),本名录认可上述调整。

(3)新增叶状珊瑚科(Lobophylliidae),变更褶叶珊瑚科(Mussidae)和梳状珊瑚科(Pectiniidae)。根据Fukami等(2008)分出的类别XVIII–XX,《台湾石珊瑚志》首次命名叶状珊瑚科(Dai & Horng, 2009b),其中包括了《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中褶叶珊瑚科的所有属以及梳状珊瑚科的刺叶珊瑚属(*Echinophyllia*)和尖孔珊瑚属(*Oxypora*),而梳状珊瑚科的梳状珊瑚属(*Pectinia*)、



斜花珊瑚属(*Mycedium*)和囊叶珊瑚属(*Physophyllia*)则被归入裸肋珊瑚科(Arrigoni et al, 2014a; Kitahara et al, 2016), 并取消了褶叶珊瑚科和梳状珊瑚科, 本名录认可该调整。

(4)新增真叶珊瑚科(Euphylliidae), 变更丁香珊瑚科(Caryophylliidae)和枇杷珊瑚科(Oculinidae)。《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》不认可真叶珊瑚科, 而是将该科的部分物种归入丁香珊瑚科。*Corals of the World*虽认可真叶珊瑚科(Euphylliidae), 但拉丁名中少了一个字母“i”(Veron, 2000)。Budd等(2012)结合形态学和分子生物学证据, 根据Fukami等(2008)分出的类别V重新确定真叶珊瑚科, 将《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中的枇杷珊瑚科的物种也归入其中, 并取消了丁香珊瑚科和枇杷珊瑚科, 本名录认可该调整。

(5)新增黑星珊瑚科(Oulastreidae)。黑星珊瑚属(*Oulastrea*)虽然在Kitahara等(2016)的分类体系中划入未定, 但Veron (2013)将黑星珊瑚属归入新建的黑星珊瑚科, 认为其在形态上已经被很好地划分, WoRMS也认可该科, 因此在这里也暂时认可后者。

### 2.1.2 属级分类阶元调整

基于已有研究, 本名录与《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》相比, 造礁石珊瑚的属级分类阶元新增26属, 合并3属, 变更1属。

(1)新增同孔珊瑚属。《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中尚不认可同孔珊瑚属, 但《台湾石珊瑚志》则将同孔珊瑚属从鹿角珊瑚属中分离出来。目前认为, 同孔珊瑚属多具有不止一个轴珊瑚杯, 且其繁殖方式是排幼型(brooders)而并非鹿角珊瑚属的排卵型(broadcast spawners)。线粒体和核基因的系统发育分析也证明了同孔珊瑚属与鹿角珊瑚属其他物种的分别。故在此认可同孔珊瑚属从鹿角珊瑚属中分出, 单独建立新属(Wallace et al, 2007, 2012)。

(2)新增伯孔珊瑚属(*Bernardpora*)。对于《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》的滨珊瑚科(Poritidae)物种, 根据分子生物学和形态学的分析, Kitano等(2014)将穴孔珊瑚属(*Alveopora*)归到鹿角珊瑚科(Acroporidae)中, 最近的系统转录组学信息更加证实了穴孔珊瑚属属于鹿角珊瑚科这一观点(Richards et al, 2019), 这里亦

认可该调整。同时Kitano等(2014)在分析中发现, 斯氏角孔珊瑚(*Goniopora stutchburyi*)与该属其他种区别较大, 故将其归入伯孔珊瑚属。

(3)新增圆星珊瑚属(*Astrea*)、拟菊花珊瑚属(*Paragoniastrea*)和拟圆菊珊瑚属(*Paramontastraea*), 变更蜂巢珊瑚属(*Favia*)为盘星珊瑚属(*Dipsastraea*)。基于物种骨骼微细结构特征和基因序列信息, Huang等(2014b)将原裸肋珊瑚科、蜂巢珊瑚科、梳状珊瑚科和粗叶珊瑚科(Trachyphylliidae)下属的属级分类阶元进行了较大调整。在分析中发现原蜂巢珊瑚属(*Favia*)可划分为两个类群, 即大西洋类群和印度-太平洋类群。而原蜂巢珊瑚属的模式物种*Madrepora fragum* Esper, 1795为大西洋类群, 故在大西洋类群中保留*Favia*这个属名, 而将印度-太平洋类群归入盘星珊瑚属, 本名录基于此将《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中的蜂巢珊瑚属变更为盘星珊瑚属。此外, Huang等(2014b)的分子系统学证据也支持将原来的芭萝珊瑚属(*Barabattoia*)物种合并入盘星珊瑚属, 将菊花珊瑚属(*Goniastrea*)中的部分物种归到腔星珊瑚属(*Coelastrea*)和盘星珊瑚属。原圆菊珊瑚属(*Montastraea*)印度-太平洋的物种则被拆分到角蜂巢珊瑚属(*Favites*)、圆星珊瑚属、拟圆菊珊瑚属, 而圆菊珊瑚属(*Montastrea*)的属名则被还原为*Montastraea*并认定为大西洋类群。随后, 利用形态学和分子生物学结合的证据从菊花珊瑚属中拆分出拟菊花珊瑚属, 并同时拟棍棒珊瑚属(*Paraclavaria*)合并入裸肋珊瑚属(*Merulina*)(Huang et al, 2014a), 本名录采纳上述结论, 并将种的中文名随属名作相应调整。

(4)新增刺石芝珊瑚属(*Danafungia*)、叶芝珊瑚属(*Lobactis*)和侧石芝珊瑚属(*Pleuractis*), 合并双列珊瑚属(*Diaseris*)到圆饼珊瑚属(*Cycloseris*)。Hoeksema (1989)利用珊瑚骨骼结构对石芝珊瑚科物种进行分类学调整, 但《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》没有认可其结论, 仍采纳Veron和Pichon (1980)认可的原Wells (1956)中石芝珊瑚属(*Fungia*)的6个亚属拆分为辐石芝珊瑚属(*Heliofungia*)和其他5个亚属的观点(邹仁林, 2001)。而后, Gittenberger等(2011)利用线粒体辅酶I (COI)和转录间隔区(ITS)序列对石芝珊瑚科物种进行了分类学上的再调整, 主要是将石芝珊瑚属中的部分

亚属提升为属, 包括刺石芝珊瑚属、叶芝珊瑚属和侧石芝珊瑚属。并将部分石芝珊瑚属的物种合并到石叶珊瑚属(*Lithophyllia*), 此外还将石芝珊瑚科中的双列珊瑚属合并入圆饼珊瑚属。本名录采纳该研究结果, 种的中文名随属名作相应变化。

(5)新增同叶珊瑚属(*Homophyllia*)和小褶叶珊瑚属(*Micromussa*), 归并合叶珊瑚属(*Symphyllia*)到叶状珊瑚属(*Lobophyllia*)。Veron和Pichon (1980)认为石叶珊瑚属(*Lithophyllia*)、同叶珊瑚属和拟蓟珊瑚属(*Parascolymia*)都是蓟珊瑚属(*Scolymia*)的同物异名, 但后来的Budd等(2012)又将蓟珊瑚属中印度-太平洋的物种拆分到同叶珊瑚属和拟蓟珊瑚属; 将蓟珊瑚属的大西洋种类保留在该属中, 并将该属合并入Mussinae科。后来又将Mussinae科降级为亚科并入蜂巢珊瑚科(Hoeksema & Cairns, 2020)。随后, Arrigoni等(2014b)将澳鼠珊瑚属(*Australomussa*)合并入拟蓟珊瑚属, 并因为其和Fukami等(2008)分出的类别XVIII-XX相近而将拟蓟珊瑚属归入叶状珊瑚科。而后, Huang等(2016)根据新的形态学和分子生物学证据对新叶状珊瑚科的物种进行再调整, 主要是将合叶珊瑚属和拟蓟珊瑚属的物种合并到叶状珊瑚属中, 并将棘星珊瑚属(*Acanthastrea*)的部分物种归入小褶叶珊瑚属, 本名录采纳该研究结果, 种的中文名随属名作相应变化。随后的研究认为丘形棘星珊瑚(*Acanthastrea hillae*)是包氏棘星珊瑚(*A. bowerbanki*)的同物异名, 由于其与棘星珊瑚属的其他物种有差异, 故将其归入同叶珊瑚属(Arrigoni et al, 2016), 本名录亦认可该调整。

(6)新增纹叶珊瑚属(*Fimbriaphyllia*), 合并顶枝珊瑚属(*Acrhelia*)到盔形珊瑚属(*Galaxea*)。对真叶珊瑚属(*Euphyllia*)的物种进行分子测序后分析其系统发育, 发现原本属于真叶珊瑚属*Fimbriaphyllia*亚属的物种表现出与该属其他物种的差异, 并在水螅体特征、繁殖类型上找到支持其提升分类地位的证据, 因此认可将其提升为纹叶珊瑚属(Luzon et al, 2017)。另外, 顶枝珊瑚属在《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中是认可的单种属(邹仁林, 2001), 但随后的研究都认可顶枝珊瑚属合并入盔形珊瑚属(Veron, 2013; Hoeksema & Cairns, 2020)。本名录采纳上述调整, 种的中文名随属名作相应变化。

(7)调整刺叶珊瑚属(*Echinophyllia*)和尖孔珊瑚

属(*Oxypora*)部分物种。Huang等(2016)的分子证据表明, 刺叶珊瑚属和尖孔珊瑚属部分物种的归属可能存在问题, 因为根据物种的形态学特征不能将二者进行区分, 不过由于数据不充分, 并没有将这两个属中的物种进行调整。随后Arrigoni等(2019)的研究表明, 多棘刺叶珊瑚(*Echinophyllia echinata*)与尖孔珊瑚属更接近, 故将其划入尖孔珊瑚属; 平滑尖孔珊瑚(*Oxypora glabra*)也因与刺叶珊瑚属更接近而划入刺叶珊瑚属, 据此调整将两属进行清晰划分。本名录采纳该研究结果, 种的中文名随属名作相应变化。

此外, 中国造礁石珊瑚物种初步编目中出现了《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》未记录的15个属, 本名录进行调整与添加, 详细见附录1。

## 2.2 同物异名筛查

通过对中国造礁石珊瑚物种初步编目物种进行筛查, 一共确认187个同物异名, 其中83个是由于属级分类阶元调整出现的。详细的中国造礁石珊瑚同物异名物种对照表见附录2。

## 2.3 中国造礁石珊瑚物种表的形成及中文名命名

通过分类体系调整与同物异名剔除, 截至2019年我国共记录造礁石珊瑚2个类群16科77属445种。相对于《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》而言, 种级分类阶元新增291种, 变更13种, 合并20种。随后进行中文名命名, 相对于《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》, 新命名305个物种的中文名, 详细的中国造礁石珊瑚物种名录见附录3

## 2.4 争议

### 2.4.1 分类体系的争议

因为无法确定分类地位, Budd等(2012)将石珊瑚目中的8属暂时放置在未定类群中, 等待未来的研究解决其归属, 其中就包括胚褶叶珊瑚属(*Blastomussa*)、小星珊瑚属、黑星珊瑚属和同星珊瑚属。随后Benzoni等(2014)认为鳞泡珊瑚属(*Physogyra*)和泡囊珊瑚属(*Plerogyra*)在分类上和胚褶叶珊瑚属相近, 也将它们放入未定类群中。在此之前, 《台湾石珊瑚志》基于Fukami等(2008)的分析结果, 首次命名了同星珊瑚科并将胚褶叶珊瑚属、同星珊瑚属、鳞泡珊瑚属和泡囊珊瑚属归入其中(Dai & Horng, 2009b), 但由于发现同星珊瑚属与其他三属

之间存在较大的分子距离(Benzoni et al, 2014), 故单独把同星珊瑚属留在同星珊瑚科而将胚褶叶珊瑚属、鳞泡珊瑚属和泡囊珊瑚属分出到未定(Kitahara et al, 2016), 不过以上未定三属在分类上相近且区别于造礁石珊瑚的其他类群, 因此未来或成立新科。此外, 小星珊瑚属目前虽然暂时归为未定, 但是由于和其他科属都有较大差异(Benzoni et al, 2012a), 故未来可能成立新科。

对于厚丝珊瑚属(*Pachyseris*), Kitahara等(2012)利用标准厚丝珊瑚(*Pachyseris speciosa*)作为厚丝珊瑚属的代表进行COI基因系统发育分析时发现, 该属可能更加接近真叶珊瑚科的一些物种, WoRMS基于此研究将厚丝珊瑚属归入未定(Hoeksema & Cairns, 2020)。不过, 随后在Kitahara等(2016)提供的分类体系中依旧将该属归在菌珊瑚科(Agariciidae)中, 因此在这里认可后者的结论, 将其暂归入菌珊瑚科。

西沙珊瑚属(*Coeloseris*)虽属于菌珊瑚科, 但是该属和菌珊瑚科的其他物种存在较大的形态学差异。由于该物种的基因序列数据暂时缺失, 因此尽管放入菌珊瑚科, 但却存有疑惑(Kitahara et al, 2012)。随后Kitahara等(2016)也并没有对该属的归属进行说明。由于WoRMS依旧认可西沙珊瑚属归属于菌珊瑚科(Hoeksema & Cairns, 2020), 故本文亦认可。

Bernard (1896)首次专题报道了陀螺珊瑚属(*Turbinaria*)的58个物种, 但部分研究者认为其中存在许多由于环境不同而造成形态学差异的同一物种, 近年来的研究者甚至认为该属只有13–15个有效种(Veron & Pichon, 1980; Veron, 1995; Cairns et al, 1999; Cairns, 2001)。由于没有详细研究过其生长型的变化, 也尚未有修正的报道对该属的分类进行梳理, 因此陀螺珊瑚属的物种分类依旧存在问题(邹仁林, 2001)。《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中报道了该属的12种, 但其中有4种被认为是同属其他种的同物异名(附录2), 另有5种陀螺珊瑚属物种在分类上存疑(Cairns, 2001)。由于《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》对分类存疑的物种进行了报道描述, 故暂时保留这些物种。

#### 2.4.2 物种的争议

虽然国际上对于造礁石珊瑚的分类体系基本形成共识, 但仍有部分物种存在分类上的争议。

(1)截顶蔷薇珊瑚(*Montipora truncata*)具有表面升起的扁平分支等形态特征, 认为其与越南蔷薇珊瑚(*Montipora vietnamensis*)为同一物种; 截顶蔷薇珊瑚为1975年邹仁林在《海南浅水造礁石珊瑚》命名(邹仁林等, 1975), 而越南蔷薇珊瑚则为Veron于2000年在*Corals of the World*中命名(Veron, 2000), 根据国际动物命名法, 前者具有优先权, 故应认可截顶蔷薇珊瑚。

(2)小角孔珊瑚(*Goniopora minor*)在WoRMS上被认为是*Goniopora pedunculata*的同物异名(Hoeksema & Cairns, 2020)。但是Veron (1982)认为, *Goniopora pedunculata*的模式标本已经丢失, 尽管Edwards和Haime于1848年利用另一个标本描述了该种, 但也并无模式标本支撑(Veron, 1982)。相反, 小角孔珊瑚则拥有模式标本。故Veron (1982)认可小角孔珊瑚而弃用*Goniopora pedunculata*这一命名时间较早的名称(Veron, 1982)。《台湾石珊瑚志》亦认可该命名(Dai & Horng, 2009a), 所以本文未参照WoRMS的修订。

(3)埃氏杯形珊瑚(*Pocillopora eydouxi*)在WoRMS上被认为是*Pocillopora grandi*的同物异名(Hoeksema & Cairns, 2020)。但由于前者使用更为广泛, 因此前者被研究人员广泛认可(Veron & Pichon, 1976; Schmidt-Roach et al, 2014)。《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中同意Veron和Pichon (1976)的观点认可埃氏杯形珊瑚, 所以本文并未参照WoRMS的修订。

(4)海氏沙珊瑚(*Psammocora haimiana*)在《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》中被认为是血红沙珊瑚(*Psammocora haimeana*)的错误拼写(邹仁林, 2001)。但Benzoni等(2010)通过对模式标本的检查发现, 广泛描述的指形沙珊瑚(*Psammocora digitata*)(Veron & Pichon, 1976; Veron, 2000; Dai & Horng, 2009b)其实是海氏沙珊瑚, 而广泛描述的血红沙珊瑚(Veron & Pichon, 1976; Veron, 2000; Dai & Horng, 2009b)和浅薄沙珊瑚(*Psammocora superficialis*)一样同为深室沙珊瑚(*P. profundacella*)的同物异名, 并非先前所认可的拼写错误。对指形沙珊瑚的模式标本进行检查却发现, 其骨骼形态学与海氏沙珊瑚存在差异, 基于rDNA和COI的基因序列分析亦发现与两者存在差异。因此认可指形沙珊瑚为新的独立物种, 并对其进行重



新描述(Benzoni et al, 2010)。对于中国的沙珊瑚而言, 由于分类上基本上参考《中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚》、《台湾石珊瑚志》和*Corals of the World*, 所以将历史记录的所有血红沙珊瑚都认可为深室沙珊瑚的同物异名, 所有的指形沙珊瑚确认为海氏石珊瑚。新的指形沙珊瑚则在中国暂无可靠记录(Benzoni et al, 2010)。

除了分类的问题, 由于造礁石珊瑚存在水族贸易现象, 因此个别物种虽有中国记录但其分布却难以验证。例如HKRMS数据库(Hong Kong Register of Marine Species, <http://www.marinespecies.org/hkrms/>)中提到的尼罗河珊瑚(*Catalaphyllia jardinei*)就为水族常用种类, 且并无其他文献报道其在国内的分布。因此这里并没有将这类物种列入造礁石珊瑚物种名录中。

### 3 结语

近年来, 通过一系列分子生物学与形态学特征分析, 造礁石珊瑚物种的分类体系得到较好的统一。本研究通过对国内外的文献资料进行整理, 缩小了我国造礁石珊瑚分类体系与国际最新公认分类体系之间的差距, 去除了同物异名现象, 规范了中文学名, 并形成中国造礁石珊瑚物种名录, 从而为造礁石珊瑚的科学研究与保护提供基础。

造礁石珊瑚是珊瑚礁框架建造者, 在维持生态系统稳定性和保障生态服务功能输出上具有重要作用。然而, 随着人类活动和气候变化的双重影响, 造礁石珊瑚正面临威胁。因此, 需要加强对造礁石珊瑚现状与未来的研究, 同时加强监管造礁石珊瑚贸易, 唤醒公众保护意识, 最终改善造礁石珊瑚物种面对的困境。

**致谢:** 感谢中国科学院南海海洋研究所珊瑚生物学与珊瑚礁生态学课题组各位老师对珊瑚物种记录数据的支持和文章写作的帮助; 感谢孙有方、罗勇对本论文内容与格式修改提供的指导; 感谢杨剑辉在造礁石珊瑚分类上提供的帮助; 感谢审稿专家的宝贵意见; 感谢编委和编辑辛苦的付出。

### 参考文献

Arrigoni R, Benzoni F, Huang DW, Fukami H, Chen CA, Berumen ML, Hoogenboom M, Thomson DP, Hoeksema

- BW, Budd AF, Zayasu Y, Terraneo TI, Kitano YF, Baird AH (2016) When forms meet genes: Revision of the scleractinian genera *Micromussa* and *Homophyllia* (Lobophylliidae) with a description of two new species and one new genus. *Contributions to Zoology*, 85, 387–422.
- Arrigoni R, Berumen ML, Stolarski J, Terraneo TI, Benzoni F (2019) Uncovering hidden coral diversity: A new cryptic lobophylliid scleractinian from the Indian Ocean. *Cladistics*, 35, 301–328.
- Arrigoni R, Richards ZT, Chen CA, Baird AH, Benzoni F (2014a) Taxonomy and phylogenetic relationships of the coral genera *Australomussa* and *Parascalomyia* (Scleractinia, Lobophylliidae). *Contributions to Zoology*, 83, 195–215.
- Arrigoni R, Terraneo TI, Galli P, Benzoni F (2014b) Lobophylliidae (Cnidaria, Scleractinia) reshuffled: Pervasive non-monophyly at genus level. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 73, 60–64.
- Benzoni F, Arrigoni R, Stefani F, Reijnen BT, Montano S, Hoeksema BW (2012a) Phylogenetic position and taxonomy of *Cycloseris explanulata* and *C. wellsi* (Scleractinia: Fungiidae): Lost mushroom corals find their way home. *Contributions to Zoology*, 81, 125–146.
- Benzoni F, Arrigoni R, Stefani F, Stolarski J (2012b) Systematics of the coral genus *Craterastrea* (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) and description of a new family through combined morphological and molecular analyses. *Systematics and Biodiversity*, 10, 417–433.
- Benzoni F, Arrigoni R, Waheed Z, Stefani F, Hoeksema BW (2014) Phylogenetic relationships and revision of the genus *Blastomussa* (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) with description of a new species. *Raffles Bulletin of Zoology*, 62, 358–378.
- Benzoni F, Stefani F, Pichon M, Galli P (2010) The name game: Morpho-molecular species boundaries in the genus *Psammocora* (Cnidaria, Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 160, 421–456.
- Benzoni F, Stefani F, Stolarski J, Pichon M, Mitta G, Galli P (2007) Debating phylogenetic relationships of the scleractinian *Psammocora*: Molecular and morphological evidences. *Contributions to Zoology*, 76, 35–54.
- Bernard HM (1896) Catalogue of the Madreporarian Corals in the British Museum (Natural History), Volume 2: The Genus *Turbinaria*, the Genus *Astraeopora*. The Trustees of the British Museum, London.
- Budd AF, Fukami H, Smith ND, Knowlton N (2012) Taxonomic classification of the reef coral family Mussidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 166, 465–529.
- Cairns SD (2001) A Generic Revision and Phylogenetic Analysis of the Dendrophylliidae (Cnidaria: Scleractinia). Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Cairns SD, Hoeksema BW, van der Land J (1999) List of extant stony corals. *Atoll Research Bulletin*, 459, 13–46.

- Carlson DB, Budd AF (2002) Incipient speciation across a depth gradient in a scleractinian coral. *Evolution*, 56, 2227–2242.
- Chen CA, Odorico DM, Tenlohuis M, Veron JEN, Miller DJ (1995) Systematic relationships within the Anthozoa (Cnidaria: Anthozoa) using the 5'-end of the 28S rDNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 4, 175–183.
- Dai CF (1988) Scleractinia of Taiwan. I. Families Astrocoeniidae and Pocilloporidae. *Acta Oceanographica Taiwanica*, 22, 83–101.
- Dai CF, Horng S (2009a) Scleractinia fauna of Taiwan. I. The Complex Group. Taiwan University, Taipei.
- Dai CF, Horng S (2009b) Scleractinia fauna of Taiwan. II. The Robust Group. Taiwan University, Taipei.
- Dai CF, Lin CH (1992) Scleractinia of Taiwan. III. Family Agariciidae. *Acta Oceanographica Taiwanica*, 28, 80–101.
- Fukami H, Chen CA, Budd AF, Collins A, Wallace CC, Chuang YY, Chen C, Dai CF, Iwao K, Sheppard C, Knowlton N (2008) Mitochondrial and nuclear genes suggest that stony corals are monophyletic but most families of stony corals are not (Order Scleractinia, Class Anthozoa, Phylum Cnidaria). *PLoS ONE*, 3, e3222.
- Gittenberger A, Reijnen BT, Hoeksema BW (2011) A molecularly based phylogeny reconstruction of mushroom corals (Scleractinia: Fungiidae) with taxonomic consequences and evolutionary implications for life history traits. *Contributions to Zoology*, 80, 107–132.
- Hoeksema BW (1989) Taxonomy, phylogeny and biogeography of mushroom corals (Scleractinia: Fungiidae). *Zoologische Verhandelingen*, 254, 1–295.
- Hoeksema BW, Cairns S (2020) World List of Scleractinia. Scleractinia. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1363> (accessed on 2020-01-16)
- Hoeksema BW, Dai CF (1991) Scleractinia of Taiwan. II. Family Fungiidae (including a new species). *Bulletin of the Institute of Zoology, "Academia Sinica"*, 30, 203–228.
- Huang DW, Arrigoni R, Benzoni F, Fukami H, Knowlton N, Smith ND, Stolarski J, Chou LM, Budd AF (2016) Taxonomic classification of the reef coral family Lobophylliidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 178, 436–481.
- Huang DW, Benzoni F, Arrigoni R, Baird AH, Berumen ML, Bouwmeester J, Chou LM, Fukami H, Licuanan WY, Lovell ER, Meier R, Todd PA, Budd AF (2014a) Towards a phylogenetic classification of reef corals: The Indo-Pacific genera *Merulina*, *Goniastrea* and *Scapophyllia* (Scleractinia, Merulinidae). *Zoologica Scripta*, 43, 531–548.
- Huang DW, Benzoni F, Fukami H, Knowlton N, Smith ND, Budd AF (2014b) Taxonomic classification of the reef coral families Merulinidae, Montastraeidae, and Diploastraeidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 171, 277–355.
- Huang ZG (2008) Marine Species and Their Distribution in China. China Ocean Press, Beijing. (in Chinese) [黄宗国 (2008) 中国海洋生物种类与分布. 海洋出版社, 北京.]
- Kitahara MV, Fukami H, Benzoni F, Huang DW (2016) The new systematics of Scleractinia: Integrating molecular and morphological evidence. In: *The Cnidaria, Past, Present and Future* (eds Goffredo S, Dubinsky Z), pp. 41–59. Springer, Berlin.
- Kitahara MV, Stolarski J, Cairns SD, Benzoni F, Stake JL, Miller DJ (2012) The first modern solitary Agariciidae (Anthozoa, Scleractinia) revealed by molecular and microstructural analysis. *Invertebrate Systematics*, 26, 303–315.
- Kitano YF, Benzoni F, Arrigoni R, Shirayama Y, Wallace CC, Fukami H (2014) A phylogeny of the family Poritidae (Cnidaria, Scleractinia) based on molecular and morphological analyses. *PLoS ONE*, 9, e98406.
- Liu RY (2008) Checklist of Marine Biota of China Seas. Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract) [刘瑞玉 (2008) 中国海洋生物名录. 科学出版社, 北京.]
- Luzon KS, Lin MF, Ablan L, Ma CA, Licuanan WY, Chen CA (2017) Resurrecting a subgenus to genus: Molecular phylogeny of *Euphyllia* and *Fimbriaphyllia* (order Scleractinia; family Euphylliidae; clade V). *PeerJ*, 5, e4074.
- Richards ZT, Carvajal JI, Wallace CC, Wilson NG (2019) Phylotranscriptomics confirms *Alveopora* is sister to *Montipora* within the family Acroporidae. *Marine Genomics*, 50, 100703.
- Romano SL, Palumbi SR (1996) Evolution of scleractinian corals inferred from molecular systematics. *Science*, 271, 640–642.
- Schmidt-Roach S, Miller KJ, Lundgren P, Andreakis N (2014) With eyes wide open: A revision of species within and closely related to the *Pocillopora damicornis* species complex (Scleractinia; Pocilloporidae) using morphology and genetics. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 170, 1–33.
- Veron JEN (1982) Scleractinia of Eastern Australia. IV. Australian Institute of Marine Science Monograph Series, Townsville.
- Veron JEN (1995) Corals in Space and Time: The Biogeography and Evolution of the Scleractinia. Cornell University Press, New York.
- Veron JEN (2000) Corals of the World. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Veron JEN (2013) Overview of the taxonomy of zooxanthellate Scleractinia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 169, 485–508.
- Veron JEN, Odorico DM, Chen CA, Miller DJ (1996) Reassessing evolutionary relationships of scleractinian corals. *Coral Reefs*, 15, 1–9.
- Veron JEN, Pichon M (1976) Scleractinia of Eastern Australia. Part I. Australian Institute of Marine Science Monograph Series, Townsville.
- Veron JEN, Pichon M (1980) Scleractinia of Eastern Australia. Part III. Australian Institute of Marine Science Monograph



- Series, Townsville.
- Veron JEN, Pichon M, Wijsman-Best M (1977) Scleractinia of Eastern Australia. Part II. Australian Institute of Marine Science Monograph Series, Townsville.
- Veron JEN, Wallace CC (1984) Scleractinia of Eastern Australia. Part V. Australian Institute of Marine Science Monograph Series, Townsville.
- Wallace CC (1999) Staghorn Corals of the World: A Revision of the Genus *Acropora*. CSIRO Publishing, Melbourne.
- Wallace CC, Chen CA, Fukami H, Muir PR (2007) Recognition of separate genera within *Acropora* based on new morphological, reproductive and genetic evidence from *Acropora tobianensis*, and elevation of the subgenus *Isopora* Studer, 1878 to genus (Scleractinia: Astrocoeniidae; Acroporidae). Coral Reefs, 26, 231–239.
- Wallace CC, Dai CF (1997) Scleractinia of Taiwan (IV): Review of the coral genus *Acropora* from Taiwan. Zoological studies, 36, 288–324.
- Wallace CC, Done BJ, Muir PR (2012) Revision and Catalogue of Worldwide Staghorn Corals *Acropora* and *Isopora* (Scleractinia: Acroporidae) in the Museum of Tropical Queensland. Queensland Museum, Queensland, Australia.
- Wells JW (1956) Scleractinia. In: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F: Coelenterata (ed. Moore RC), pp. F328–F444. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
- Zou RL, Song SW, Ma JH (1975) Hermatypic Scleractinia in Shallow Waters of Hainan Island. Science Press, Beijing. (in Chinese) [邹仁林, 宋善文, 马江虎 (1975) 海南浅水造礁石珊瑚. 科学出版社, 北京.]
- Zou RL (2001) Fauna Sinica · Coelenterata · Anthozoa · Scleractinia · Hermatypic Coral. Science Press, Beijing. (in Chinese) [邹仁林 (2001) 中国动物志·腔肠动物门·珊瑚虫纲·石珊瑚目·造礁石珊瑚. 科学出版社, 北京.]
- (责任编辑: 徐奎栋 责任编辑: 闫文杰)

## 附录 Supplementary Material

### 附录1 造礁石珊瑚分类体系科属变化对照表

Appendix 1 Hermatypic corals taxonomic adjustment for families and genera  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019384-1.pdf>

### 附录2 中国造礁石珊瑚同物异名对照表

Appendix 2 Comparison of synonyms of Chinese hermatypic corals  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019384-2.pdf>

### 附录3 中国造礁石珊瑚物种名录

Appendix 3 Checklist of Chinese hermatypic corals  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019384-3.pdf>