

西沙群岛海域造礁石珊瑚物种多样性与分布特点

黄 晖^{1,2} 尤 丰^{1,2} 练健生^{1,2} 杨剑辉^{1,2} 李秀保^{1,2}
董志军³ 张成龙^{1,2} 袁 涛^{1,2}

1 (中国科学院海南热带海洋生物实验站, 海南三亚 572000)

2 (中国科学院海洋生物资源可持续利用重点实验室, 广东广州 510301)

3 (中国科学院烟台海岸带研究所, 山东烟台 264003)

摘要: 2006年3–5月, 采用国际通用的截线样带法对海南省西沙群岛主要珊瑚礁海域的18个岛礁造礁石珊瑚进行了实地调查, 共记录13科45属188种, 其中62个新记录种。整合文献资料, 该海域共记录造礁石珊瑚13科50属204种, 基本包括分布在我国(不含台湾省)的所有造礁石珊瑚科属和绝大多数种类。造礁石珊瑚以生长速度快的分枝状珊瑚为主。物种多样性最高的是华光礁海域、金银岛海域和永兴岛海域。聚类分析可以把18个调查岛礁分成3个类群: 有人类居住的大型环礁群、独立岛礁群和无人居住的大型环礁群(华光礁)。为了有效保护珍稀的造礁石珊瑚资源, 按照其种类多样性和分布特点重点保护关键海域是十分必要的。

关键词: 造礁石珊瑚, 多样性, 分布, 西沙群岛, 海南

Species diversity and distribution of scleractinian coral at Xisha Islands, China

Hui Huang^{1,2}, Feng You^{1,2}, Jiansheng Lian^{1,2}, Jianhui Yang^{1,2}, Xiubao Li^{1,2}, Zhijun Dong³, Chenglong Zhang^{1,2}, Tao Yuan^{1,2}

1 Tropical Marine Biological Research Station in Hainan, Sanya, Hainan 572000

2 Key Laboratory of Marine Bio-resources Sustainable Utilization, South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou, Guangdong 510301

3 Yantai Institute of Coastal Zone Research, CAS, Yantai, Shandong 264003

Abstract: Coral surveys at Xisha Islands in the South China Sea in 2006 recorded 188 species and subspecies in 45 genera and 13 families. Combined with literature records, a total of 204 species of scleractinian corals in 50 genera and 13 families are known from the Xisha Islands, a list which includes almost all known species in China as well as 62 new record species. The scleractinian fauna was dominated by branching species which are generally rapidly growing corals. Various diversity indices revealed that the reefs at Huaguang, Treasure Island and Yongxing Island exhibited the highest species diversity. With increasing attention paid to coral reef conservation, it is desirable to establish key protected areas based on the characteristics of scleractinian species diversity and distribution.

Key word: scleractinian, diversity, distribution, Xisha Islands, Hainan

在珊瑚礁构建的复杂三维结构中, 生物异常丰富, 各个门类的生物均有它的代表, 共同组成生物多样性极高的群落, 故有“海洋绿洲”或“海洋热带雨林”的称号。我国对造礁石珊瑚的研究始于20世

纪30年代马廷英教授的工作。新中国成立后, 也曾开展过珊瑚礁调查及群落结构的研究, 但大多局限于大陆沿岸的岸礁, 对于大洋类型的珊瑚岛礁的研究并不多。

收稿日期: 2011-08-02; 接受日期: 2011-11-01

基金项目: 中国科学院知识创新方向项目(kzcx2-yw-227)、国家科技支撑计划资助项目(2009BAB44B01)、国家科技基础性工作专项(2008FY-110100)、国家海洋局公益性资助项目(201005012-6)和国家自然科学基金国家(地区)合作与交流资助项目(40931160437)

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

西沙群岛位于南海中北部, 地理位置为 $15^{\circ}46' - 17^{\circ}08' N$, $111^{\circ}11' - 112^{\circ}54' E$ 。该海域以热带季风为主, 年平均气温较高, 但季节变化幅度小; 冬季风期间以东北风为主, 夏季风期间以西南风为主。西沙群岛远离大陆, 无径流影响, 且日照时间长, 因此盐度普遍较高, 在33.4‰以上(李颖虹等, 2004b)。由于其特有的地理、气候、地质和水文条件, 历年来人们对西沙群岛海域的造礁石珊瑚资源状况了解不多, 目前只有中国科学院南海海洋研究所在20世纪70年代进行过调查, 发现和采集了106种造礁石珊瑚(邹仁林, 1978a,b,c, 1980, 1982, 2001), 及Dai等(1996)对南沙太平岛造礁石珊瑚群落进行的研究。此后有研究者主要针对西沙群岛永兴岛造礁石珊瑚进行过零星研究(李颖虹等, 2004a,b; 黄晖等, 2006)。

在全球气候变化条件下, 珊瑚礁由于其高生产力和脆弱性而备受关注, 本研究于2006年3–5月对西沙群岛中18个岛礁的造礁石珊瑚进行了详细的

调查, 获得了丰富的样本及野外资料。本文主要对西沙群岛海域造礁石珊瑚的物种多样性和分布特点进行分析, 以期为该海域的造礁石珊瑚恢复和人工修复提供相关的背景资料和理论基础。另外, 由于长棘海星(*Acanthaster planci*)的爆发, 2007年以后西沙群岛的珊瑚礁遭到严重破坏, 2006年的调查给我们提供了西沙群岛珊瑚礁真正本底的认识。

1 材料与方法

1.1 调查地点及方法

在西沙群岛海域范围内选择18个岛礁进行野外调查(图1), 调查点水深3–20 m。其中宣德环礁海域7个岛礁, 分别为西沙洲、赵述岛、北岛、南岛、南沙洲、永兴岛和东岛; 永乐环礁海域7个, 分别为全富岛、晋卿岛、珊瑚岛、石屿、甘泉岛、羚羊礁和金银岛; 离散岛礁4个, 分别为北礁、中建岛、盘石屿和华光礁。

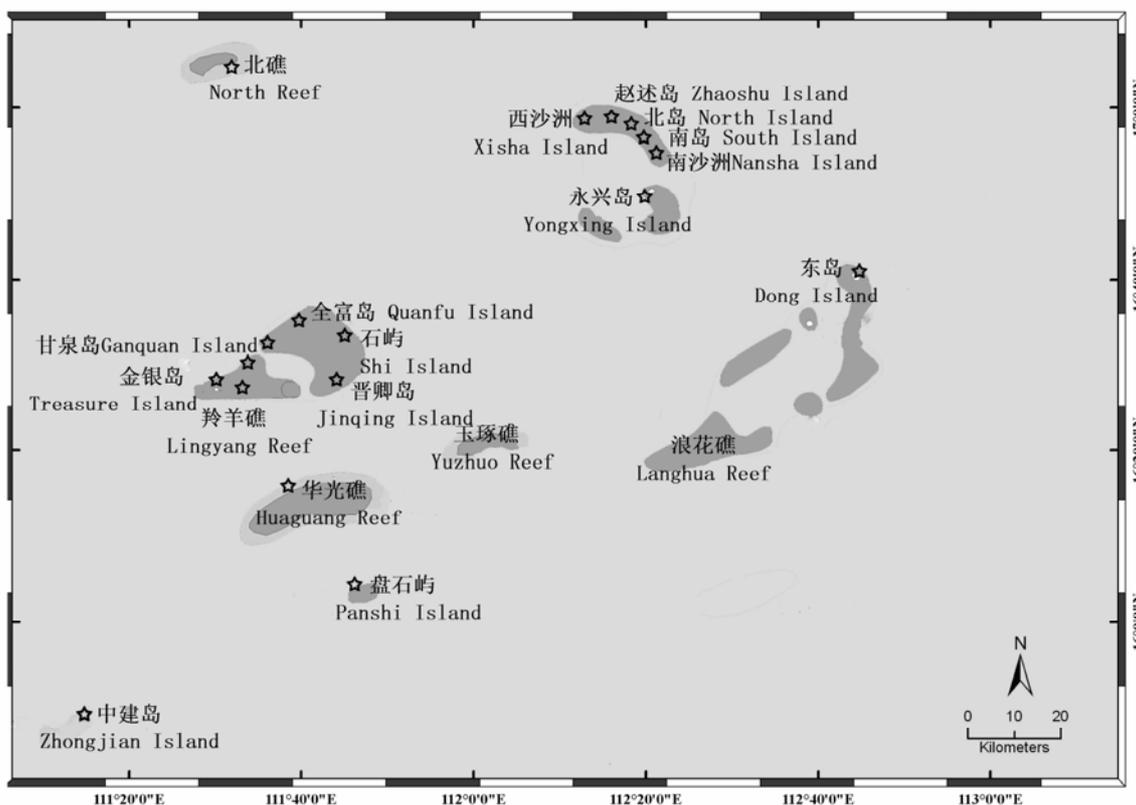


图1 2006年西沙群岛海域造礁石珊瑚的调查站位
Fig. 1 Map showing sampling sites in 2006 at Xisha Islands, China

采用国际上通用的截线样带法(line intercept transect)进行造礁石珊瑚的定量调查。由于西沙群岛海域的水质情况较好,造礁石珊瑚分布水深一般超过20 m,所以站位主要设置在造礁石珊瑚分布较好的海域。每个站位分4个水深(3 m, 6 m, 10 m和15 m),每个水深共布设3条10 m平行于岸线的样带。

作业人员使用水下数码摄像机从样带的一端开始,沿着样带摄像。在实验室的电脑上进行影像判读,将每条10 m长的样带分成100个点,分别统计每个点下底质为石珊瑚的点数和对应珊瑚的种类,然后统计各种造礁石珊瑚的覆盖率。本研究中造礁石珊瑚种类的鉴定参照《中国动物志:造礁石珊瑚》(邹仁林,2001)、《Staghorn Corals of the World》(Wallace,1999)和《Corals of the World》(Veron,2000)。对于调查过程中遇到的较难鉴定的种类,采取野外拍摄生态相片,并采集造礁石珊瑚骨骼,带回实验室进行更深入的分类鉴定。

1.2 数据分析

本文采用以下几个指数分析不同调查岛礁的多样性和分布特点:

Shannon-Wiener多样性指数:

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

Simpson's优势度指数:

$$D_s = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 \quad (2)$$

Margarlef丰富度指数:

$$D_{(I)} = (S-1)/\log_2 N \quad (3)$$

式中, S 代表物种数目, p_i 为属于种 i 的个体在全部个体中的比例(即种 i 的覆盖率与活珊瑚总覆盖率的比值), N 代表总个体数(即总活珊瑚覆盖率)。

优势种指调查样带中生物量最高的造礁石珊瑚种类,优势度的计算则是优势种生物量占调查样带中总造礁石珊瑚生物量的比例。在探讨18个调查岛礁间的相似性时,将各个岛礁的物种出现与否以0,1二元值统计,利用SPSS18软件对调查点进行聚类分析,建立树状图,以找到整个调查海域的造礁石珊瑚分布特点(Pielou,1975;马克平和刘玉明,1994)。

2 结果

2.1 西沙群岛海域造礁石珊瑚种类组成

18个调查岛礁共记录到造礁石珊瑚188种,隶

属于13科45属,其中新记录种62个(附录I)。鹿角珊瑚科最多,共76种,占调查海域造礁石珊瑚总种数的40.4%;蜂巢珊瑚科次之,为33种,占总种数的17.6%。鹿角珊瑚科中又以鹿角珊瑚属(*Acropora*)种类最多,共计52种,占调查海域造礁石珊瑚总种数的27.7%;其次是蔷薇珊瑚属(*Montipora*),共计23种,占总种数的12.2%。

2.2 多样性指数

对调查海域造礁石珊瑚物种多样性进行分析,结果表明(表1):Margalef丰富度指数最高的5个调查岛礁依次为华光礁、羚羊礁、金银岛、永兴岛和珊瑚岛。Shannon多样性指数最高的5个岛礁依次是华光礁、羚羊礁、金银岛、珊瑚岛和甘泉岛。Simpson多样性指数最高的5个调查岛礁依次是华光礁、珊瑚岛、金银岛、甘泉岛和羚羊礁。综合各指数分析结果,华光礁海域,羚羊礁和金银岛的物种多样性较高。

2.3 优势种及优势度

在记录到的造礁石珊瑚种类中以生长速度较快的分枝状造礁石珊瑚为优势种,调查中记录最多的为多孔鹿角珊瑚(*Acropora millepora*),在18个调查岛礁都有分布,占总调查造礁石珊瑚个体数的6.1%;其次为多棘鹿角珊瑚(*A. muricata*)(分布于11个调查岛礁,占总个体数的4%)和风信子鹿角珊瑚(*A. hyacinthus*)(分布于17个调查岛礁,占总个体数的3.6%)。

2.4 水平分布状况

18个调查岛礁记录到的造礁石珊瑚物种数见表1。华光礁海域记录造礁石珊瑚103种,种类最多;其次是羚羊礁和金银岛,分别有79种和73种;永兴岛有65种。

将18个调查岛礁的种类数据使用欧氏距离的邻近法(Neighbor-Joining)进行分析,当欧氏距离为20以上时,可以把18个调查岛礁分成3个类群:有人类居住的大型环礁群、独立岛礁群和无人居住的大型环礁群(华光礁)(图2),这和整个西沙群岛岛礁的造礁石珊瑚种类差异分布是相吻合的。

3 讨论

《中国动物志·造礁石珊瑚》记录中国大陆沿岸海域共有造礁石珊瑚14科54属174种,西沙群岛记录到41属106种,其种类数为总数的61%(邹仁林,

表1 西沙群岛海域各调查岛礁的造礁石珊瑚多样性指数分析
Table 1 Species diversity of 18 sampling sites at Xisha Islands, China

调查点 Sites	种类数 Species number	Margalef指数 Margalef index	Shannon指数 Shannon index	Simpson指数 Simpson's index
北礁 North Reef	46	6.00	4.50	0.93
中建岛 Zhongjian Island	41	5.33	4.14	0.90
华光礁 Huaguang Reef	103	13.60	5.44	0.96
盘石屿 Panshi Island	55	7.20	4.87	0.95
全富岛 Quanfu Island	50	6.53	4.32	0.90
晋卿岛 Jinqing Island	50	6.53	4.34	0.92
金银岛 Treasure Island	73	9.60	5.10	0.96
珊瑚岛 Coral Island	63	8.26	5.09	0.96
甘泉岛 Ganquan Island	58	7.60	5.03	0.96
羚羊礁 Lingyang Reef	79	10.40	5.24	0.96
石屿 Shi Island	55	7.20	4.51	0.92
西沙洲 Xisha Island	58	7.60	4.94	0.95
赵述岛 Zhaoshu Island	43	5.60	4.45	0.93
北岛 North Island	43	5.60	4.74	0.95
南岛 South Island	53	6.93	4.98	0.96
南沙洲 Nansha Island	40	5.20	4.35	0.92
永兴岛 Yongxing Island	65	8.53	5.02	0.96
东岛 Dong Island	40	5.20	4.39	0.92
平均 Mean		7.39±2.03	4.75±0.36	0.94±0.02

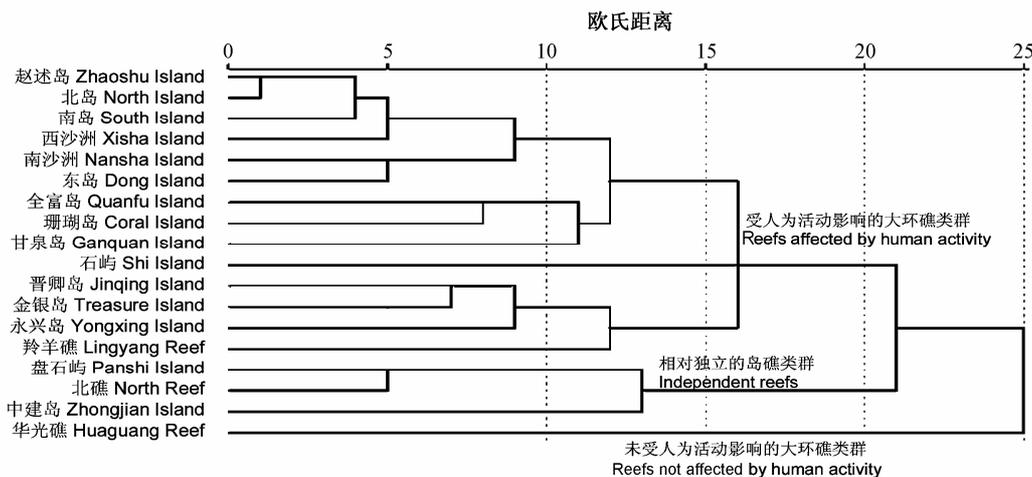


图2 西沙群岛海域18个调查站位的树状图
Fig. 2 Dendrogram of 18 sampling sites at Xisha Islands, China

2001)。本次共调查到造礁石珊瑚188种, 种类数较过去有明显增加, 其中有5个新记录属和62个新记录种。结合历史资料, 西沙群岛目前记录造礁石珊瑚13科50属204种, 中国沿岸海域造礁石珊瑚的绝大部分科属种在西沙群岛海域有分布, 从此点可以

推测我国沿岸海域造礁石珊瑚种源可能位于西沙群岛或更南的岛礁或海域。此前, 邹仁林(1995)认为我国沿岸珊瑚礁区域的造礁石珊瑚在亲缘关系上都来源于西沙群岛及南海诸岛的珊瑚礁, 本次研究进一步印证了其观点。

本次调查中优势种类以生长速度较快的分枝状鹿角珊瑚为主, 并且基本没有发现造礁石珊瑚病害现象, 而且西沙群岛海域造礁石珊瑚的物种多样性整体水平较高, 从另一个角度上说明了西沙群岛海域的珊瑚礁处于较为健康的水平。

从种类的水平分布可以发现, 西沙群岛海域造礁石珊瑚种类最丰富且物种多样性高的地方主要有三处: 华光礁、羚羊礁和永兴岛。华光礁和羚羊礁都是典型的环礁并且面积较大, 环礁包括外礁坡、礁坪和潟湖三种不同生境, 具有完整潟湖的珊瑚礁生态系统, 拥有潟湖特有的种类, 所以造礁石珊瑚物种多样性较高。永兴岛和金银岛属于相对较大的岛礁, 拥有大面积的浅水海域, 为造礁石珊瑚的生长与繁殖提供了更多的空间, 其造礁石珊瑚种类也较为丰富。

聚类分析结果表明, 受人为活动影响的大环礁类群完整的聚为一支(reefs affected by human activity), 未受人为活动影响的大环礁类群聚为了另一支(reefs not affected by human activity), 而相对独立的岛礁类群聚为一支(independent reefs)。受人为活动影响的大环礁造礁石珊瑚的种类差异与生物地理分布相吻合(李颖虹, 2004a, b)。受人为活动影响的大环礁比未受人为活动影响的大环礁的造礁石珊瑚物种丰富度和多样性都低, 而相对独立的岛礁海域造礁石珊瑚物种的丰富度在两者之间, 可以推测相对独立的岛礁由于地理位置等原因受到人类活动影响较小, 但是由于本身岛礁面积较小, 对于珊瑚礁的发育产生了一定的空间局限性, 造成造礁石珊瑚物种多样性不是最高。

本次调查结果还表明, 西沙群岛造礁石珊瑚种类多样性与分布具有明显的地域变化, 为了有效保护西沙群岛的造礁石珊瑚资源, 建议依照当地造礁石珊瑚的分布特征, 在较低人为干扰的岛礁划定种类丰富海域重点保护。其中以华光礁和羚羊礁海域最为重要, 必须在当地严禁破坏性捕捞和开发活动, 保护及发展该地区的造礁石珊瑚资源。

参考文献

- Dai CF, Fan TY (1996) Coral fauna of Taiping Island (ITU ABA Island) in the spratlys of the South China Sea. *Atoll Research Bulletin*, **436**, 1–24.
- Huang H, Lian JS, Huang XP, Zou RL, Huang LM, Wang DR (2006) Coral cover as a proxy of disturbance: a case study of the biodiversity of the hermatypic corals at Yongxing Island, Xisha Islands in the South China Sea. *Chinese Science Bulletin*, **51**(Suppl.), 129–135.
- Li YH (李颖虹), Huang XP (黄小平), Yue WZ (岳维忠), Lin YT (林燕棠), Zou RL (邹仁林), Huang H (黄晖) (2004a) Ecological study on coral reef and intertidal benthos around Yongxing Island, South China Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), **35**, 176–182. (in Chinese with English abstract)
- Li YH (李颖虹), Huang XP (黄小平), Yue WZ (岳维忠) (2004b) Environmental quality and management measures in Yongxing Island of Xisha, South China Sea. *Marine Environmental Science* (海洋环境科学), **23**, 50–53. (in Chinese with English abstract)
- Ma KP (马克平), Liu YM (刘玉明) (1994) Measurement of biotic community diversity. I. α diversity (Part 2). *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **2**, 231–239. (in Chinese)
- Ma TY (1937) On the growth rate of reef corals and its relation to sea water temperature. *Palaeontologica Sinica*, **16**, 1–426.
- Pielou EC (1975) *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons, New York.
- Veron JEN (2000) *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science Press, Townsville.
- Wallace C (1999) *Staghorn Corals of the World*. CSIRO Press, Collingwood, Victoria.
- Zhao HT (赵焕庭), Zhang QM (张乔民), Song CJ (宋朝景), Wen XS (温孝胜), Yu KF (余克服), Xu XZ (徐锡祯), Li SY (李少英), Qiu Z (邱章), Lin XG (林锡贵), Yuan JY (袁家义), Zhang XY (张祥玉) (1999) *Geomorphology and Environment of the South China Coasts and South China Sea Islands* (华南海岸与南海诸岛地貌与环境), pp. 370–453. Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Zou RL (邹仁林) (2001) *Fauna Sinica: Coelenterata Anthozoa, Scleractinian Hermatypic Coral* (中国动物志·造礁石珊瑚目). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Zou RL (邹仁林) (1978a) Studies on the corals of the Xisha Islands, Guangdong Province, China. II. The genus *Millepora*, with description of a new species. In: *Collected Works on Marine Biota of Xisha and Zhongsha Islands* (我国西沙、中沙群岛海域海洋生物调查研究报告集)(ed. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences (中国科学院南海海洋研究所), pp. 85–90. Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- Zou RL (邹仁林) (1978b) Studies on the corals of the Xisha Islands, Guangdong Province, China. 3. An illustrated catalogue of scleractinian, hydrocorallia, *Heliporina* and *Tubiporina*. In: *Collected Works on Marine Biota of Xisha and Zhongsha Islands* (我国西沙、中沙群岛海域海洋生物调查研究报告集)(ed. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences (中国科学院南

- 海海洋研究所), pp. 91–124. Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- Zou RL (邹仁林) (1978c) A preliminary analysis of the community structure of the hermatypic corals of the Xisha Islands, Guangdong Province, China. In: *Collected Works on Marine Biota of Xisha and Zhongsha Islands* (我国西沙、中沙群岛海域海洋生物调查研究报告集)(ed. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences (中国科学院南海海洋研究所), pp. 125–132. Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- Zou RL (邹仁林) (1980) Further analysis on the community structure of the hermatypic corals of the Xisha Islands, Guangdong Province, China. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), 2(3), 98–110. (in Chinese with English abstract)
- Zou RL (邹仁林) (1982) A mathematical model of the hermatypic coral community of the Xisha Islands, Guangdong Province, China. In: *Proceedings of the 4th International Coral Reef Symposium* (eds Gomez ED, Birkeland CE, Buddemeier RW), pp. 329–331. Marine Science Center, University of the Philippines, Manila, Philippines.
- Zou RL (邹仁林), Chen YZ (陈友璋) (1983) Preliminary study on the geographical distribution of shallow water scleractinian corals from China. In: *Nanhai Stadia Marina Sinica* (南海海洋科学集刊), pp. 89–96. Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- Zou RL (邹仁林) (1995) The research status and conservation strategy of coral reef in China. In: *Proceedings of the First National Symposium on Biodiversity Conservation and Sustainable Use* (生物多样性研究进展)(ed. Biodiversity Committee of the Chinese Academy of Sciences (中国科学院生物多样性委员会), pp. 281–290. China Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)

(责任编辑: 孙军 责任编辑: 闫文杰)

附录I 西沙群岛造礁石珊瑚的种类组成(本次调查与七十年代结果比较)

Appendix I Scleractinian coral species composition of Xisha Islands (1970s and this study)

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2011-132-1.pdf>