

## 西沙群岛金银岛和东岛礁平台生态调查\*

庄启谦 唐质灿 李春生 陆保仁 曾呈奎

(中国科学院海洋研究所)

中国科学院海洋研究所自1956年以来对我国广东省的西沙群岛进行了多次考察,着重于藻类、无脊椎动物和鱼类的种类和区系研究,先后发表了数十篇研究报告。1975年5—6月派出的考察队<sup>1)</sup>在西沙群岛的10个岛礁进行动植物区系调查,同时对永乐群岛西南面的金银岛和宣德群岛最东面的东岛进行了珊瑚礁平台的生态调查;1976年1—4月另一支海藻考察队<sup>2)</sup>又调查了西沙群岛18个岛礁。这两次生态调查的目的是了解热带珊瑚礁平台藻类和无脊椎动物在各个垂直分布带上的组成,了解底栖海藻的季节变化,以及珊瑚礁平台鱼类的生态类型,为研究热带珊瑚礁动植物的生态特点,开发利用珊瑚礁生物资源提供资料。

### 一、西沙群岛地理简介

西沙群岛位于广东省海南岛东南约330公里处。整个群岛分为东西两群,东群是宣德群岛,由赵述岛、北岛、中岛、南岛、永兴岛、石岛和东岛等岛屿和一些沙洲、礁滩组成;西群是永乐群岛,由甘泉岛、珊瑚岛、金银岛、琛航岛、广金岛、晋卿岛、中建岛等岛屿和礁滩组成(图1)。群岛岛架部分水深约1000米,群岛外围北部和东部水深大于2000米。

西沙群岛的钻芯资料表明<sup>3)</sup>,岛下1000多米处有一层相当于老第三纪的红色风化壳,厚度约28米,下面是变晶质花岗片麻岩。这说明在第三纪以前西沙群岛一带的海区可能是陆地,在地壳沉降运动时期缓慢下沉,珊瑚随之生长,两者速度相近,经过漫长时期,便形成了1000多米厚的珊瑚石灰岩岛架。西沙群岛的水下环境由于沉降速度不均匀而形成明显的三种结构,也即是三级阶地:第一级阶地是水深3—5米的礁平台,向第二级阶地过渡的礁缘地带呈锯齿状;第二级阶地深15—25米;第三级阶地深度是40—50米,这一阶地分布面积最广。这种水下环境给珊瑚礁鱼类提供了良好的栖息场所。

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第594号。本文海藻部分由陆保仁、曾呈奎执笔,无脊椎动物部分由庄启谦唐质灿执笔,鱼类部分由李春生执笔;插图由李春生、陆保仁所作。

本调查得到西沙驻军的大力支持和协助,海南岛琼海县海藻养殖场郭斯兴、傅国柏两位同志协助海上工作,深表感谢。

文稿承刘瑞玉教授审查并提出宝贵意见;在调查过程和资料分析中承谭智源同志多方协助;宋华中同志拍摄彩色照片。生态调查的底栖海藻的部分标本由张德瑞、周锦华、华茂森鉴定;无脊椎动物标本由刘瑞玉、王永良、陈惠莲、任先秋、马绣同、吴宝铃、孙瑞平、廖玉麟、李锦和、裴祖南等同志协助鉴定,特此志谢。

1) 1975年参加考察的有李茂堂、马绣同、庄启谦、谭智源、唐质灿、任先秋、夏恩湛、陆保仁、华茂森、周显铜、李春生、周敬辅和宋华中等同志。

2) 1976年参加考察的有曾呈奎、陆保仁、夏邦美、董美龄、华茂森、郑树栋和周显铜等同志。

本刊编辑部收稿日期:1980年9月9日。

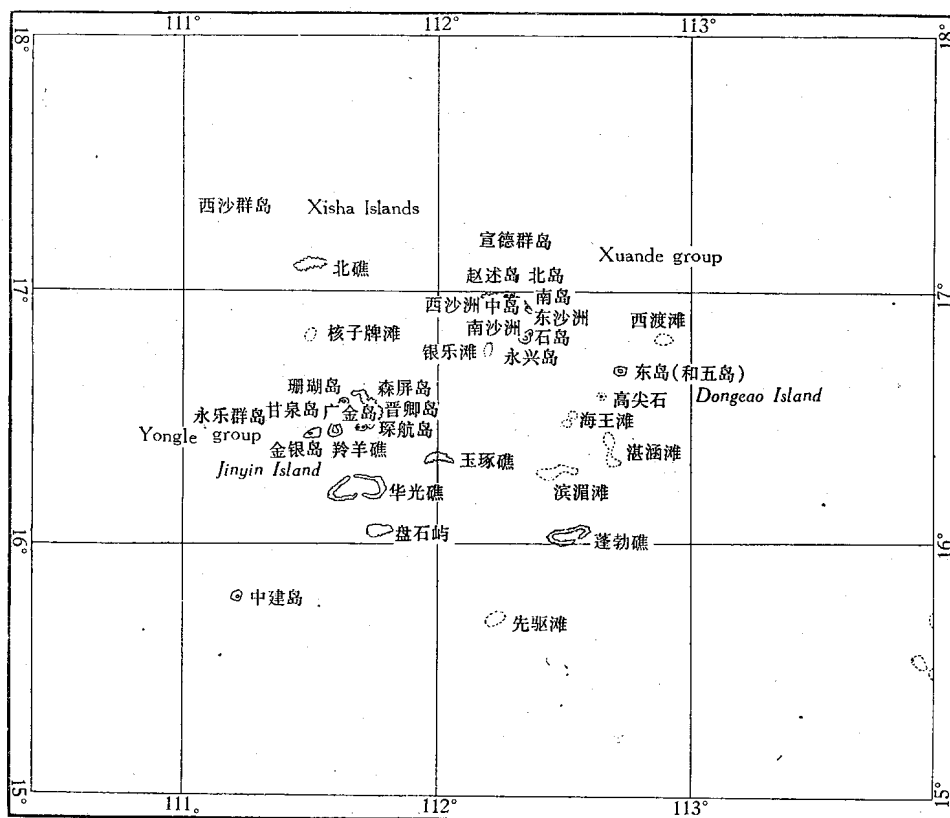


图1 西沙群岛

西沙群岛具有热带海洋性气候, 全年平均气温为  $26.5^{\circ}\text{C}$  (1958—1974 年平均值); 一月份气温最低, 月平均  $22.9^{\circ}\text{C}$ ; 六月份最高, 月平均  $28.9^{\circ}\text{C}$ ; 年平均温差仅  $6^{\circ}\text{C}$ <sup>[4]</sup>。根据西沙水文气象站提供的资料, 西沙群岛全年平均表层水温为  $26.8^{\circ}\text{C}$ ; 二月份水温最低, 月平均  $22.1^{\circ}\text{C}$ ; 六月份最高, 月平均  $29.8^{\circ}\text{C}$ 。全年平均表层盐度为  $33.69\text{‰}$ , 变化幅度很小, 在  $33.14\text{‰}$ — $34.23\text{‰}$  之间, 具高温、高盐特点。潮汐是不规则日潮。西沙群岛的海流以从西南流向东北的海流为主。在夏季, 流入南海的大洋高温水流速快、流量大, 加上 5—8 月份盛行西南贸易季风的助势, 猛烈地冲击西沙各岛礁的西南岸, 以致岛礁西南方向的海水混浊, 礁平台狭窄, 并经常形成沙洲和死珊瑚块的堆积, 栖息的生物种类组成相对贫乏。到了冬季, 从 10 月份到翌年 3 月份, 转为东北贸易季风, 形成一支流向西南的风海流, 在这一季节还有来自苏禄海的一支补充流在西沙海区与上述风海流交汇。因此, 虽然东北季风期较长, 但岛礁东北面受到的冲击力量明显减弱, 海水透明度较高, 礁平台范围也较广、生物种类组成相对丰富。西沙海域海流畅通, 浮游生物繁盛, 为岛礁上的造礁珊瑚提供了良好的发育条件, 也为生活在珊瑚礁上的无脊椎动物、鱼类和海藻提供了优越的栖息环境。

西沙群岛各岛屿的面积都很小, 海拔也低, 其中最大的永兴岛, 面积仅 1.85 平方公里, 最小的广金岛, 面积只有 0.07 平方公里。就第一级水下阶地礁平台的发育和面积而言,

各个岛也很不一致,晋卿岛的礁平台达 12 公里以上,金银岛的礁平台只有 5 公里。

西沙群岛的生物十分丰富,据统计,岛上的植被类型多,植物种类约有 200 多种,海洋底栖藻类约有 400 余种。动物方面,各种鸟类已发现有 60 多种,特别是在东岛,成群的鲣鸟栖居在茂密的麻枫桐林中。根据已发表的资料,西沙群岛有无脊椎动物 1800 余种,鱼类 500 余种。这些种类都表现出较强的热带性,其中大部分是典型的珊瑚礁栖种类。

## 二、金银岛和东岛礁平台生态特点

我们选择了金银岛和东岛作为生态的调查点。方法是以岛屿为中心,从东北到西南取一条直线,在这两个方向的礁平台各选一个断面,以出现率高的珊瑚优势种作为分带的标志;亚带的划分在底栖海藻,无脊椎动物和鱼类略有不同,是以该门类的优势种或栖息环境的特点作为标志。图 2, 3 标出了金银岛和东岛的地形、礁平台的范围、东北向和西南向断面的位置以及这两个岛四个断面的分带情况。

根据西沙群岛礁平台的分带特点<sup>[5]</sup>,金银岛和东岛的礁平台划分为下列各带。

金银岛东北向断面:(图 4, 5)

(1) 蔷薇-滨珊瑚带 *Montipora-porites* Zone; (2) 苍珊瑚带 *Heliopora coerulea* Zone; (3) 美丽鹿角珊瑚带 *Acropora formosa* Zone; (4) 碎珊瑚带 *Dead Coral Fragments* Zone; (5) 珊瑚藻带 *Coral Algal* Zone。

金银岛西南向断面:

(1) 珊瑚沙带 *Coral Sand* Zone; (2) 苍珊瑚带 *Heliopora coerulea* Zone; (3) 鹿角珊瑚带 *Acropora* Zone; (4) 珊瑚藻带 *Coral Algal* Zone。

东岛东北向断面:(图 6, 7)

(1) 橙黄滨珊瑚带 *Porites lutea* Zone; (2) 苍珊瑚带 *Heliopora coerulea* Zone; (3) 碎珊瑚带 *Dead Coral Fragments* Zone; (4) 珊瑚藻带 *Coral Algal* Zone。

东岛西南向断面:

(1) 珊瑚砾带 *Dead Coral Rubbles* Zone; (2) 菊花-蜂巢珊瑚带 *Goniastrea-Favia* Zone。

礁平台调查断面的带确定之后,由上而下在各个带上按顺序布站取样,同时测量带的上下范围,并在各个站取定性和定量样品。定量样品是先量出较大的面积(如  $5 \times 5$  米或  $2.5 \times 2.5$  米),用肉眼估量主要或大型底上动植物在该范围内的覆盖面积,然后取小样(通常是  $25 \times 25$  厘米),把整个活的或死的珊瑚块挖取下来(高度在 30 厘米左右),带回实验室仔细敲开,逐一拣出隐匿其中的动物。

鱼类的生态调查主要选择在退潮时进行,观察各种珊瑚礁鱼类在退潮环境下的带状分布;在涨潮时再进行潜水观察,以便比较礁平台和礁缘鱼类的活动情况,并结合渔民的渔获物分析礁缘和阶地上鱼类的分布情况。

本文叙述的各个种在不同带中的分布和数量情况是以 1975 年和 1976 年两次调查为根据的。由于调查次数和断面有限,此次生态调查有一定的局限性,不可能全面地反映出礁平台各个种的生态情况。

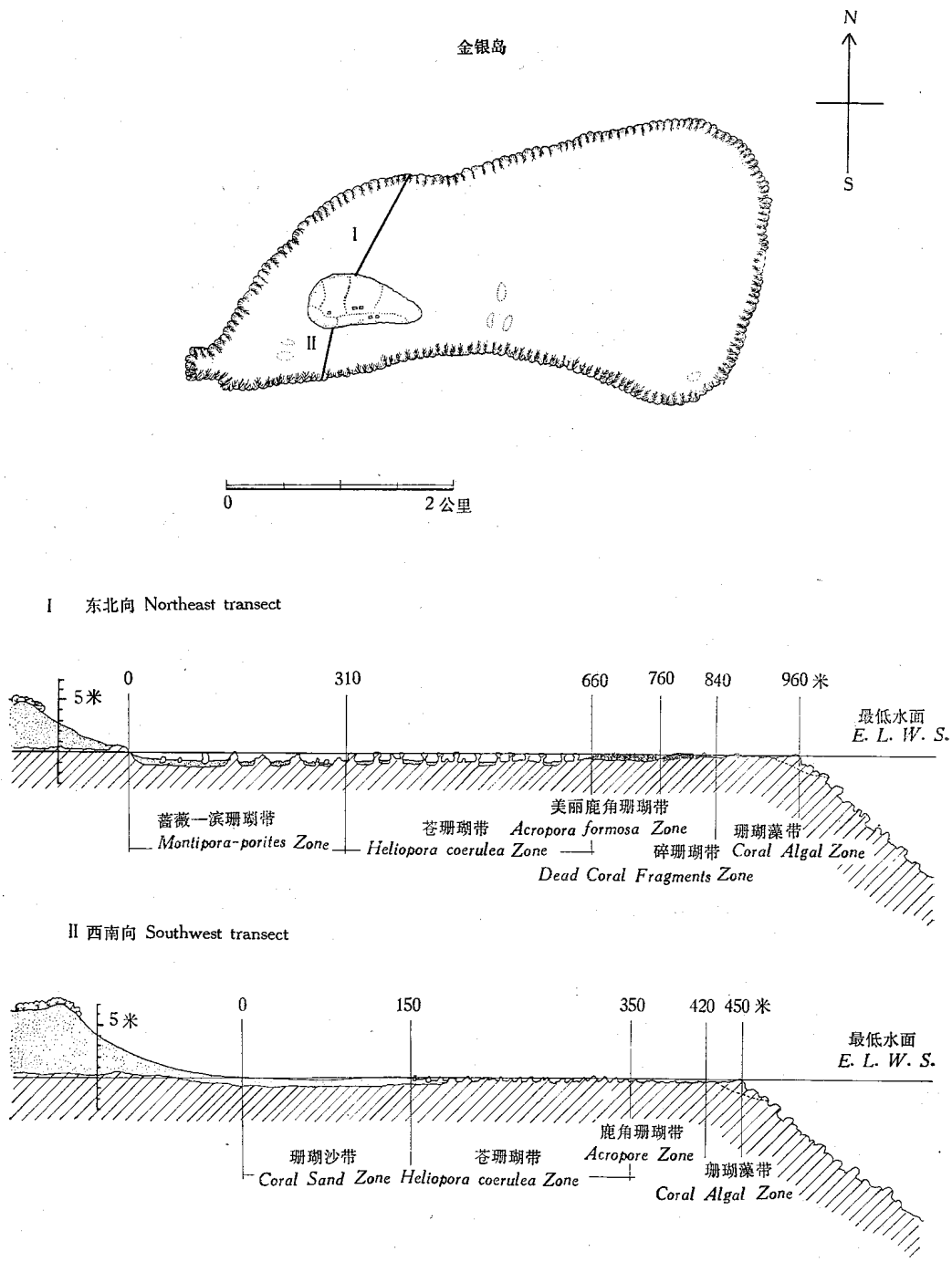


图2 金银岛礁平台断面图

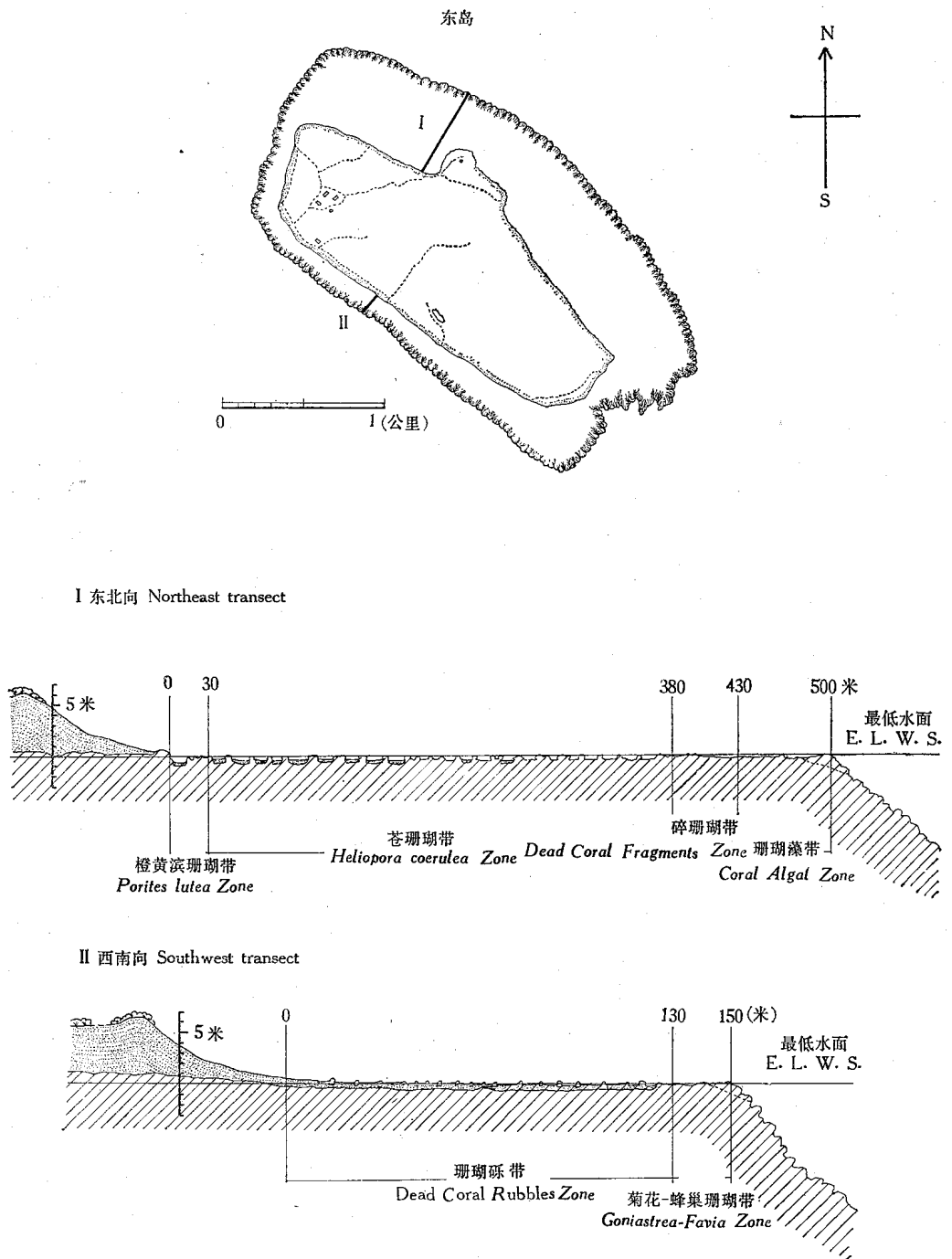


图3 东岛礁平台断面图

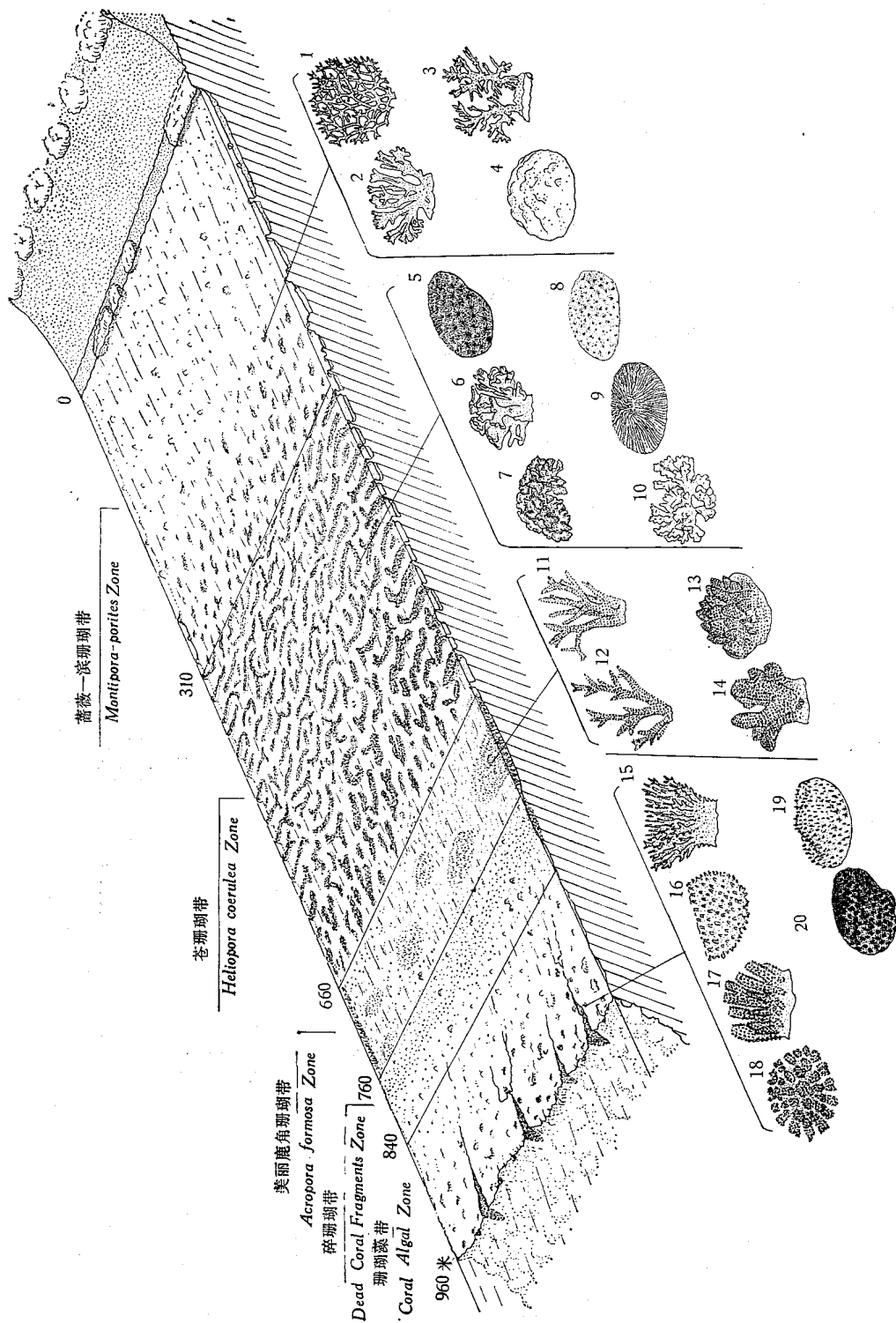


图4 金银岛东北向礁平台断面分带模式图

1. 角孔珊瑚 *Seriatopora angulata* Klunginger 2. 多枝蔷薇珊瑚 *Montipora ramosa* Bernard 3. 鹿角杯形珊瑚 *Pocillopora damicornis* (Linnaeus) 4. 橙黄  
 滨珊瑚 *Porites lutea* Milne-Edwards et Haime 5. 粗糙菊花珊瑚 *Goniastrea aspera* Verrill 6. 苍珊瑚 *Heliopora coerulea* (Pallas) 7. 光滑牡丹珊瑚 *Pavona  
 praeloorta* Dana 8. 腔列珊瑚 *Coeloseris* sp. 9. 右支珊瑚 *Fungia furgites* (Linnaeus) 10. 毗邻沙珊瑚 *Psammocora contigua* (Esper) 11. 美丽鹿角珊瑚  
*Acropora formosa* (Dana) 12. 佳丽鹿角珊瑚 *Acropora pulchra* (Brook) 13. 粗野鹿角珊瑚 *Acropora humilis* (Dana) 14. 围栅鹿角珊瑚 *Acropora palifera*  
 (Brook) 15. 匍匐鹿角珊瑚 *Acropora prostrata* (Dana) 16. 伞房鹿角珊瑚 *Acropora corymbosa* (Lamarck) 17. 疣状杯形珊瑚 *Pocillopora verrucosa* (Ellis et  
 Solander) 18. 短角杯形珊瑚 *Pocillopora brevicornis* Lamarck 19. 小角刺柄珊瑚 *Hydnophora microcnosa* (Lamarck) 20. 沙珊瑚 *Psammocora exesa* Dana

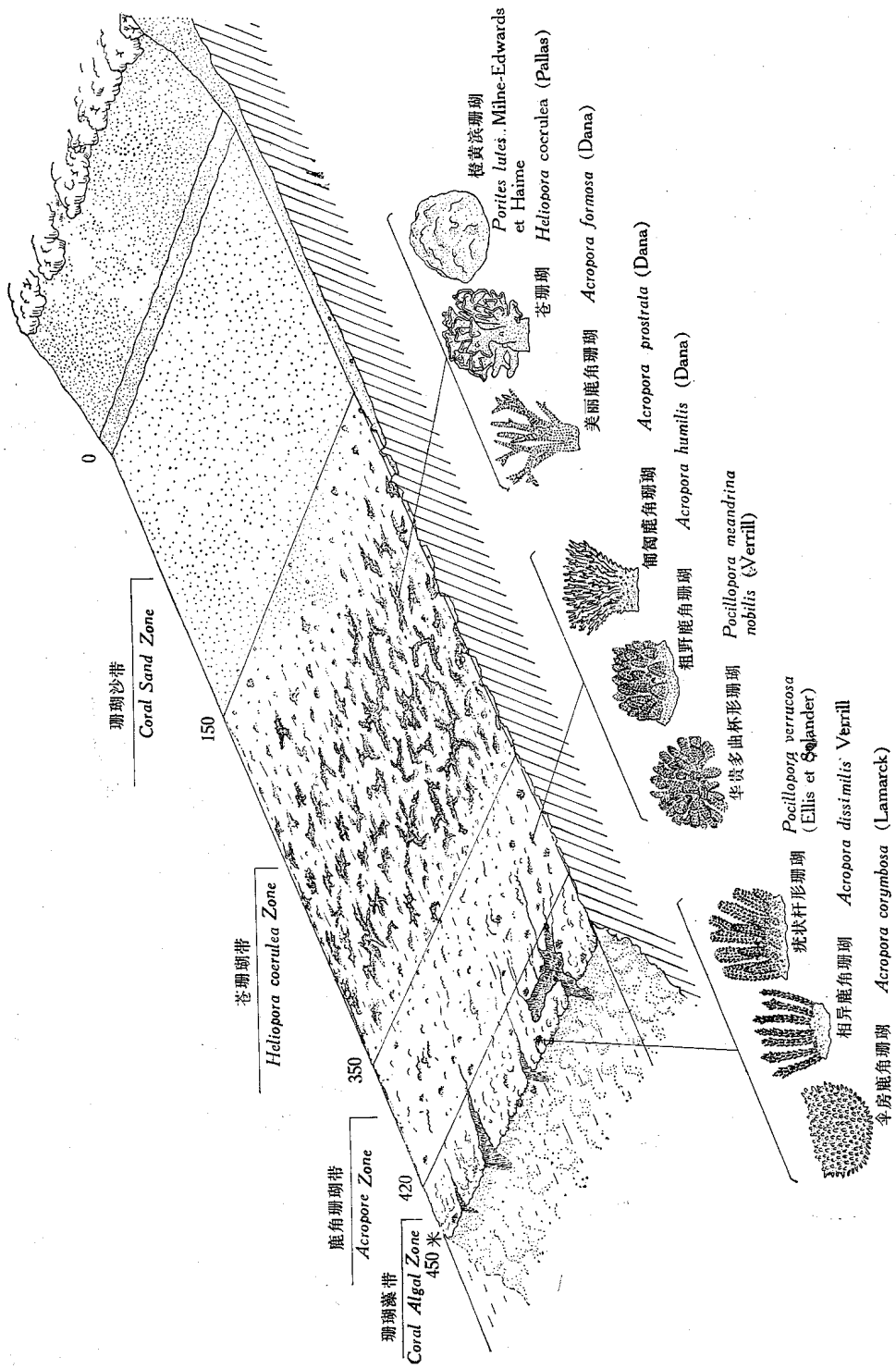


图 5 金银岛西南向礁平台断面分带模式图

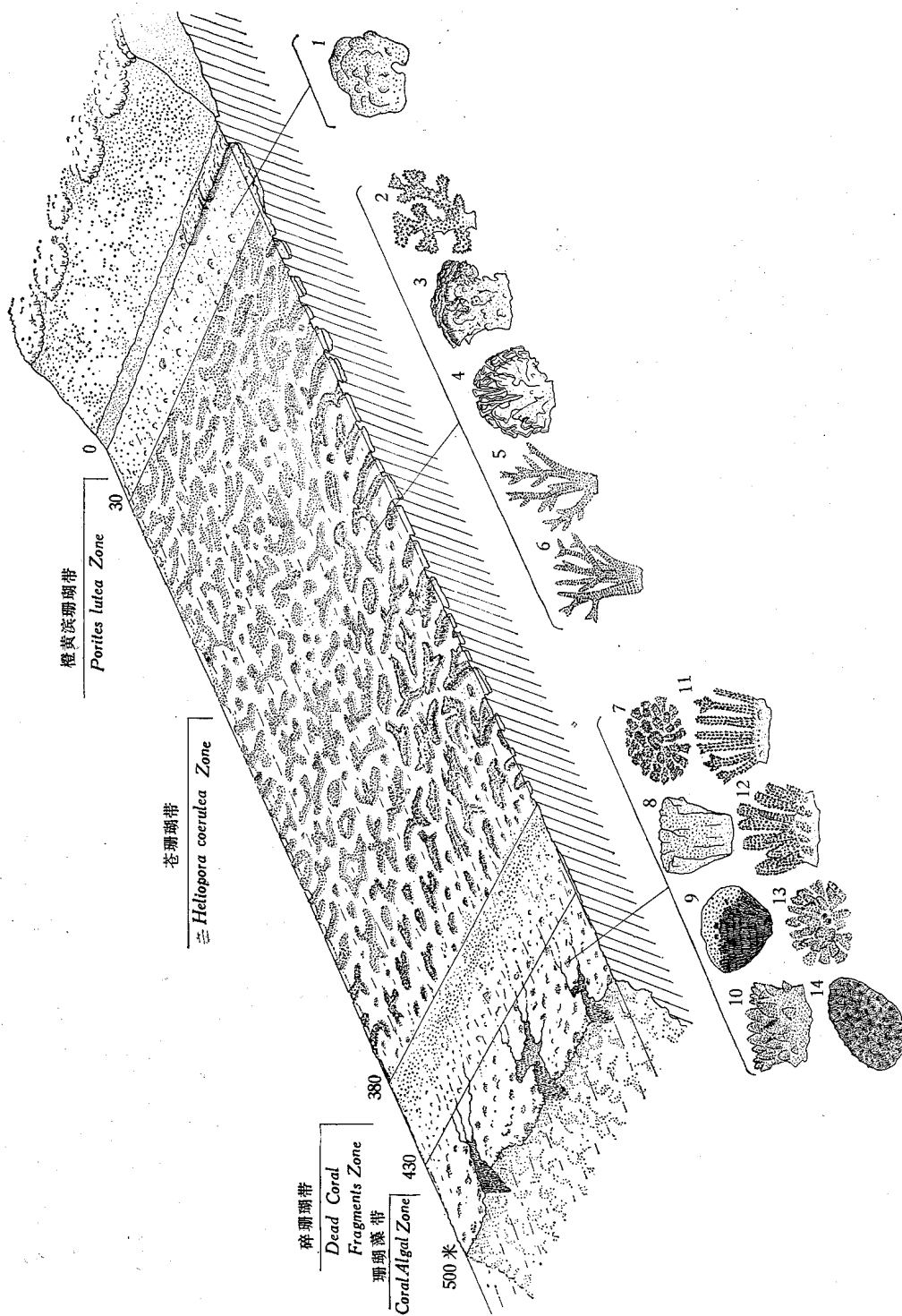


图6 东岛东北向礁平台断面分带模式图

1. 橙黄滨珊瑚 *Porites lutea* Milne-Edwards et Haime 2. 舌状杯形珊瑚 *Pocillopora ligulata* Dana 3. 岩山滨珊瑚 *Porites (Synaraea) iwayamaensis* Eguchi 4. 老珊瑚 *Helopora coerulea* (Pallas) 5. 佳丽鹿角珊瑚 *Acropora pulchra* (Brook) 6. 美丽鹿角珊瑚 *Acropora formosa* (Dana) 7. 短角杯形珊瑚 *Pocillopora brevicornis* Lamarck 8. 叶状蔷薇珊瑚 *Montipora foliosa* (Pallas) 9. 笙珊瑚 *Tubipora musica* (Linnaeus) 10. 粗野鹿角珊瑚 *Acropora humilis* (Dana) 11. 相异鹿角珊瑚 *Acropora dissimilis* Verrill 12. 疣状杯形珊瑚 *Pocillopora verrucosa* (Ellis et Solander) 13. 华贵多曲杯形珊瑚 *Pocillopora meandrina nobilis* (Verrill) 14. 粗糙菊花珊瑚 *Goniastrea aspera* Verrill

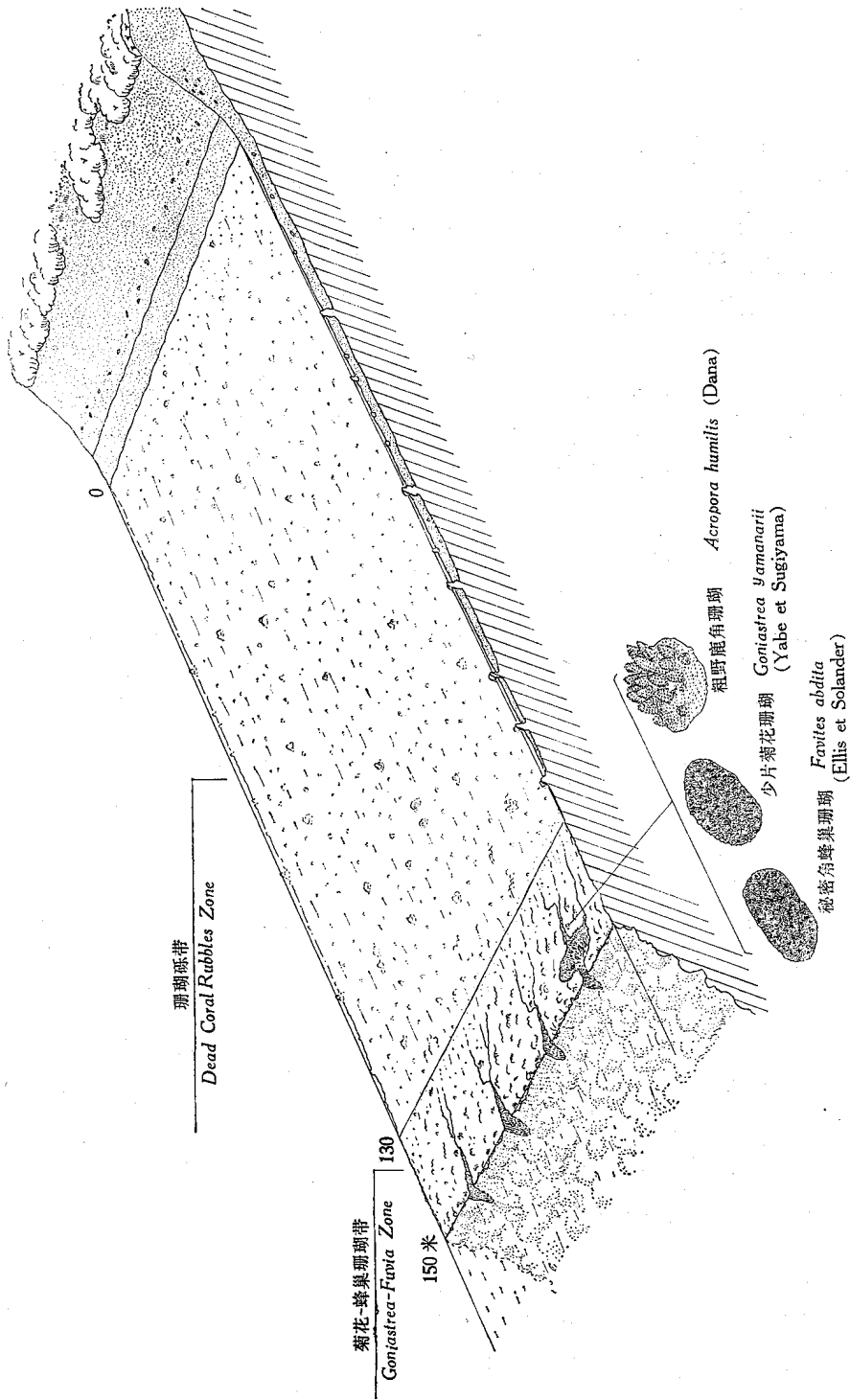


图 7 东岛西南向礁平台断面分带模式图

## (一) 藻 类

珊瑚礁藻类的生长和珊瑚礁发育状况密切相关。一般说来,珊瑚礁发育好、礁平台宽广、生境复杂的地带,海藻种类比较多,生长也茂盛。根据我们的调查资料,西沙群岛各岛礁北面和东北面的礁平台比南面和西南面发育好,前者宽广,后者较狭窄。海藻主要集生在北面和东北面的礁平台上,种类多,生长繁茂;而在西南面礁平台上,除了一些特殊的种类外,海藻十分贫乏。这说明各岛礁海藻的组成种类及数量分布都与礁平台的环境密切相关。现将金银岛和东岛礁平台海藻的生态初步剖析如下:

### 1. 金银岛东北向礁平台断面(图 8)

这一地区海藻生长最茂盛,绝大多数种类在此集生,因为这里的自然条件比较优越,风浪小,海水清澈,珊瑚礁生长、发育得很好,构成了各种复杂的环境。在不同的珊瑚礁环境中生长着不同种类的海藻,分带现象明显,反映着生物和环境的同一性。

#### (1) 蔷薇-滨珊瑚带

这一带礁平台底质比较复杂,根据海藻优势种的分布,可分成 4 个亚带:

##### A. 束藻亚带

此带紧靠岸边,范围约 10 米,底质主要是珊瑚礁石,上有薄泥沙覆盖,涨潮时被海水淹没,低潮时露出水面。珊瑚礁石表面生长着一片灰蓝色的蓝藻,有海生束藻 *Symploca hydroides*、颤藻 *Oscillatoria* spp.、鞘颤藻 *Lyngbya* spp.、眉藻 *Calothrix* spp. 等。其中海生束藻是主要优势种,其藻体基部附着,呈直立的簇状,由很多藻丝相互粘连而成束状体,整个植物体是由几个到几十个束状体粘连而成。胶质鞘薄而透明,在一个胶质鞘内只有一条藻丝。

##### B. 仙人掌-蕨藻亚带

在束藻亚带外侧,范围约 80 米,底质为珊瑚沙,比较平坦,低潮时一般水深约 40 厘米。主要优势种为一类钙化的绿藻:大叶仙人掌藻 *Halimeda macroloba*、厚仙人掌藻 *H. incrassata*,它们的外形象某些仙人掌,灌木林似地直立在白色珊瑚沙地上。还有蕨藻,其中以总状蕨藻 *Caulerpa racemosa* (图版 II:6)、齿状蕨藻 *C. serrulata* 和柏叶蕨藻 *C. cupressoides* 为主,是一类黄绿色、多分枝的管状多核细胞的绿藻,借助于蔓延较长的匍匐茎向下长出鬚状假根,固着在沙地上。它们和仙人掌藻都是典型的热带珊瑚礁的绿色植物。此外,在这一亚带还出现少量绿色半球形的布多藻 *Boodlea composita*、网叶布多藻 *B. struveoides* 等,它们象棉花一样松软,还掺杂着黄褐色扇形的南方团扇藻 *Padina australis* (图版 II:5)、显得分外美丽。

##### C. 网胰藻亚带

这一亚带范围约 100 米。白色的珊瑚沙地上常出现成堆的珊瑚枯枝,有时也出现少量珊瑚礁石,低潮时水较深,通常达 60—70 厘米。由于环境条件的变异,海藻组成种类亦有很大不同,大叶仙人掌藻、厚仙人掌藻、蕨藻等种类在数量上大大减少,而布多藻和南方团扇藻明显增多。尤其在珊瑚枯枝和碎块上,出现大量黄褐色网胰藻 *Hydroclathrus clathratus*,象大网袋似地张在海中,其藻体大小一般为 30 厘米,十分粘滑,上有大小不一的网孔,一

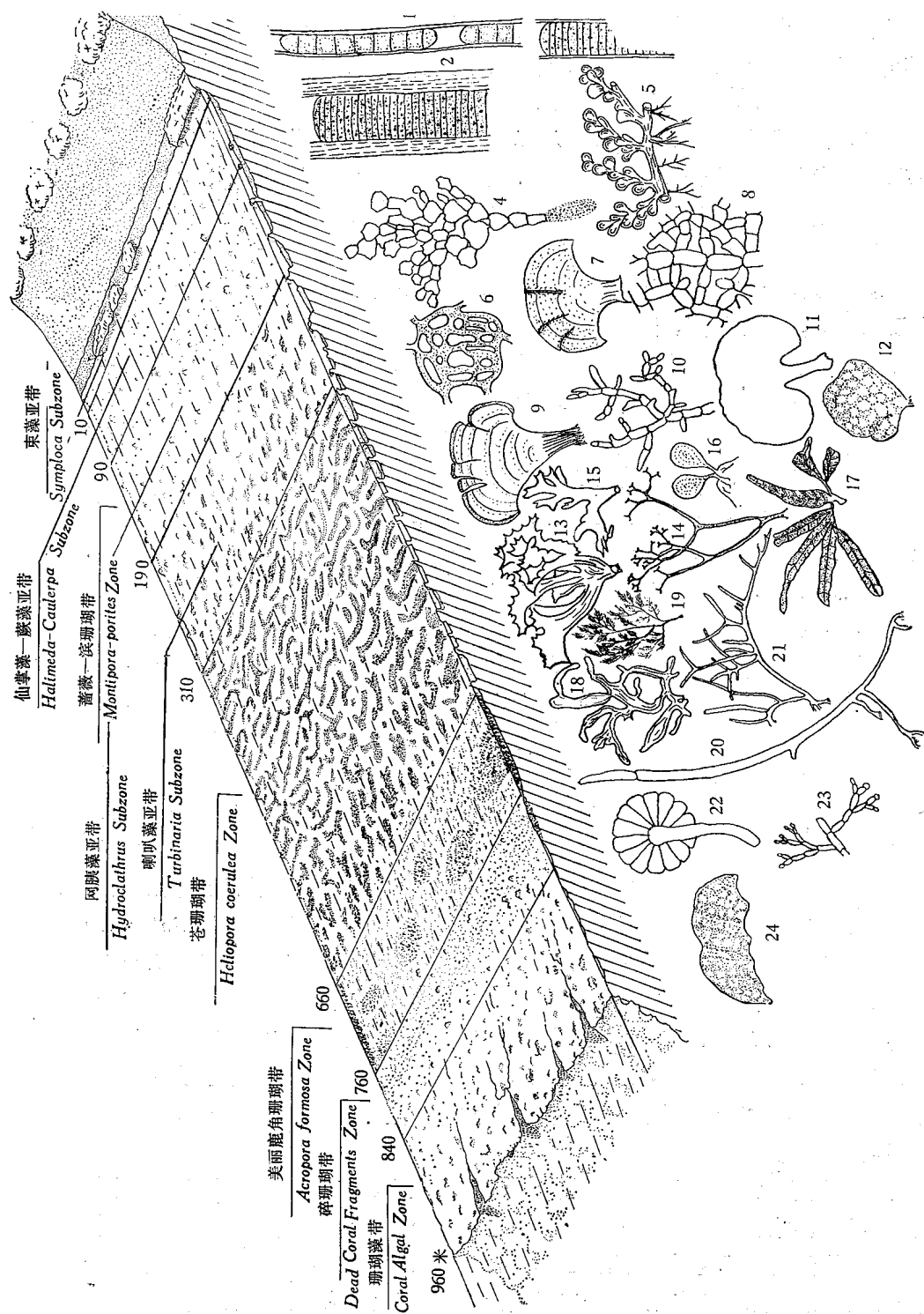


图 8 金银岛东北向礁平台分带及海藻主要种类分布图

1. 海生束藻 *Symplocia hydroides* 2. 藤藻 *Oscillatoria* spp. 3. 鞘藻 *Lyngbya* sp. 4. 仙掌藻 *Halimeda* (代表 *H. incrassata*, *H. macroloba*) 5. 藤藻 *Caulerpa* (代表 *C. racemosa*, *C. serrulata*) 6. 网眼藻 *Hydroclathrus clathratus* 7. 匍匐藻 *Lobophora variegata* 8. 小网藻 *Microdictyon* (代表 *M. okamurai*, *M. japonicum*) 9. 南方团扇藻 *Padina australis* 10. 布多藻 *Boodlea composita* 11. 钙扇藻 *Udotea* (代表 *U. reniformis*, *U. xishaense*) 12. 网球藻 *Dictyosphaeria cavernosa* 13. 喇叭藻 *Turbinaria ornata* 14. 毛泡藻 *Chnoospora implex* 15. 江蓠藻 *Gracilaria* (代表 *G. arcuata*, *G. eucheumoides*) 16. 珊瑚藻 *Bosriocladia skotzbergii* 17. 梭藻 *Dictyurus purpurascens* 18. 红肠藻 *Erythrocolon padagricum* 19. 刚毛藻 *Cladophora* sp. 20. 扩展拟刚毛藻 *Cladophoropsis herpaticia* 21. 腔腺藻 *Coelothrix irregularis* 22. 小伞藻 *Acetabularia mobii* 23. 粉枝藻 *Liagora* spp. 24. 孔石藻 *Porolithon onkodes*

般直径为 5—20 毫米,常易破碎,是这一带的主要优势种。此外,还有棕褐色扇形的匍扇藻 *Lobophora variegata*, 一层层地生长在珊瑚枝的基部,呈塔状排列,很引人注目。绿色的小网藻 *Microdictyon japonicum*、粗糙小网藻 *M. okamurai* 亦较常见。而网球藻 *Dictyosphaeria cavernosa*、实刺网球藻 *D. verstuyssii*、肋叶藻 *Anadyomene wrightii*、西沙管枝藻 *Siphonaccladus xishaensis*、鹿角网地藻 *Dictyota cerviconis*、叉开网地藻 *D. divaricata*、脆叶网地藻 *D. friabilis*、黄色丝状的水云 *Ectocarpus* spp.、黑顶藻 *Sphacelaria* spp.、红色的沙菜 *Hypnea cerviconis* 及多管藻 *Polysiphonia* spp. 等都有少量出现。

#### D. 喇叭藻亚带

这一带范围约 120 米,礁平台上出现很多大小、形状不一的礁石,低潮时有的露出水面。礁平台很不平坦,凹凸相间,形成很多深浅不同的大小礁池,水深一般 70—100 厘米。这些形形色色的礁石和礁池构成了特殊的小生境,是海藻生长最繁茂和密集的地方。低潮时露出水面的礁石表面生长着刚毛藻 *Cladophora* spp.、小网藻、粗糙小网藻、扩展拟刚毛藻 *Cladophoropsis herpestica* 和指枝藻 *Valoniopsis pachynema*, 还有球形或半球形的网球藻 *Dictyosphaeria* spp. 掺杂分散在各处。在浅水处,表面常有薄薄一层珊瑚沙覆盖的礁石上和一些小礁池中,常有一些绿色扇形的钙扇藻 *Udotea*, 象绿色的扇子插在白色的沙地上,其中有薄叶钙扇藻 *U. tenuifolia*、茸毛钙扇藻 *U. velutina*、西沙钙扇藻 *U. xishaensis*、肾形钙扇藻 *U. reniformis* 等。虽然它们的个体不大,但数量较多,密度较大,常常成片生长,在白色珊瑚沙的衬托下,格外引人注目。在较深处的礁石上,棕褐色的毛孢藻 *Chnoospora implex*、喇叭藻 *Turbinaria ornata* 等褐藻数量较多。此外,在这类深水的礁石上,琼胶类海藻如弓江蓼 *Gracilaria arcuata*、凤尾藻 *G. eucheumoides* 和麒麟菜 *Eucheuma* spp. 都有较好的生长。鱼栖苔 *Acanthophora spicifera* 生长在礁石周围的珊瑚枝基部。有节珊瑚藻亚科的辐形叉珊藻 *Jania radiata* 通常长在大型海藻的叶子上;无节珊瑚藻亚科的新角石藻 *Neogoniolithon frutescens*、水石藻 *Hydrolithon reinboldii* 等都有较好的生长和发育。在礁石背面和缝隙间,生长着一些背光性的种类,其中以红藻为主,有紫红色葡萄状的厚壁葡萄藻 *Bostryocladia skottsbergii*、片状粉红色的海绵藻 *Haloplegma duperreyi*、稜形的网枝藻 *Dictyurus purpurascens*、绒毛乳节藻 *Galaxaura filamentosa*、异管藻 *Heterosiphonia* sp.、爬管藻 *Herposiphonia parca*、红肠藻 *Erythrocolon padagricum* 和几种凹顶藻 *Laurencia* spp. 等;亦有一些小的绿藻:小叶钙扇藻 *Udotea javensis*、密岛仙掌藻 *Halimeda micronesica* (图版 III:2)、单球法囊藻 *Valonia ventricosa*、盾叶蕨藻 *Caulerpa peltata* 和裂叶绒扇藻 *Avrainvillea lacerata*。这些形形色色的红藻、绿藻相互掺杂,在珊瑚礁鱼类和无脊椎动物的衬托下,构成了美丽的海底世界。

#### (2) 苍珊瑚带

这一带环境比较单一,所以海藻的种类和数量都比较少,尤其在礁石的表面更为贫乏,仅有一些刚毛藻、扩展拟刚毛藻、网球藻和几种钙扇藻;在礁池和礁沟边缘,海藻生长较好些,有喇叭藻等;礁石背面生长着几种凹顶藻、红肠藻,数量还比较多。这是由于这一带礁石比较平坦,低潮时完全露出水面,干出时间比较长,直接接受太阳的照射,礁石表面温度较高,不适宜海藻的生长,尤其是一些避光性的种类更无法生存;即使那些在礁石表面生存的种类,也生长得很不好,密度很小;4 月以后,随着气温的升高,更为明显。在礁池

表 1 金银岛东北向礁平台断面的分带和主要种类的组成

| 带 和 亚 带                                  | 范围(米)                                     | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 蔷薇-滨珊瑚带<br><i>Montipora-porites Zone</i> | 束藻亚带<br><i>Symploca Subzone</i>           | 10<br>海生束藻 <i>Symploca hydroides</i><br>颤藻 <i>Oscillatoria</i> spp.<br>鞘颤藻 <i>Lyngbya</i> spp.<br>眉藻 <i>Calothrix</i> spp.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                          | 仙掌藻亚带<br><i>Halimeda-Caulerpa Subzone</i> | 80<br>大叶仙掌藻 <i>Halimeda macroloba</i> ,<br>厚仙掌藻 <i>H. incrassata</i><br>总状蕨藻 <i>Caulerpa racemosa</i> ,<br>柏叶蕨藻 <i>C. cupressoides</i><br>齿状蕨藻 <i>C. serrulata</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                          | 网膜藻亚带<br><i>Hydroclathus Subzone</i>      | 100<br>网膜藻 <i>Hydroclathus clathratus</i><br>匍扇藻 <i>Lobophora variegata</i><br>南方团扇藻 <i>Padina australis</i><br>布多藻 <i>Boodlea composita</i><br>鹿角网地藻 <i>Dictyota cerviconis</i><br>脆叶网地藻 <i>D. friabilis</i><br>沙藻 <i>Hypnea cerviconis</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                          | 喇叭藻亚带<br><i>Turbinaria Subzone</i>        | 120<br>礁石表面:<br>小网藻 <i>Microdictyon japonicum</i><br>粗糙小网藻 <i>M. Okamurai</i><br>指枝藻 <i>Valoniopsis pachynema</i><br>表面有薄沙覆盖的礁石上和浅水(10—20厘米深)礁池中:<br>网球藻 <i>Dictyosphaeria cavernosa</i><br>实刺网球藻 <i>D. versluisii</i><br>薄叶钙扇藻 <i>Udotea tenuifolia</i><br>西沙钙扇藻 <i>U. xishaensis</i><br>茸毛钙扇藻 <i>U. velutina</i><br>肾形钙扇藻 <i>U. reniformis</i><br>法囊藻 <i>Valonia aegagrapila</i><br>水较深的礁石表面:<br>中华绿毛藻 <i>Chlorodesmis sinensis</i><br>毛孢藻 <i>Chnoospora implexa</i><br>喇叭藻 <i>Turbinaria ornata</i><br>弓江蓐 <i>Gracilaria aruata</i><br>锥形喇叭藻 <i>Turbinaria conoides</i><br>凤尾菜 <i>Gracilaria eucheumoides</i><br>麒麟菜 <i>Eucheuma</i> sp.<br>鱼栖苔 <i>Acanthophora spicifera</i><br>新角石藻 <i>Neogoniolithon frutescens</i><br>水石藻 <i>Hydrolithon reinboldii</i><br>礁石背面和缝隙间:<br>厚壁葡萄藻 <i>Botryocladia skottsbergii</i><br>网枝藻 <i>Dictyurus purpurascens</i><br>绒毛乳节藻 <i>Galaxaura filamentosa</i><br>红肠藻 <i>Erythrocolon padagricum</i><br>绒扇藻 <i>Avrainvillea</i> sp<br>海绵藻 <i>Haloplegma duperreyi</i> |

续表 1

| 带 和 亚 带                                  | 范围(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 苍珊瑚带<br><i>Heliopora coerulea</i> Zone   | 350   | 扩展拟刚毛藻 <i>Cladophoropsis herpestica</i><br>刚毛藻 <i>Cladophora</i> sp<br>网球藻 <i>Dictyosphaeria cavernosa</i><br>法囊藻 <i>Valonia aegagrapila</i><br>红肠藻 <i>Erythrocolon padagricum</i> |
| 美丽鹿角珊瑚带<br><i>Acropora formosa</i> Zone  | 100   | 匍扇藻 <i>Lobophora variegata</i><br>绵枝藻 <i>Spongocladia vancheriaeformis</i><br>腔腺藻 <i>Coelothrix irregularis</i>                                                                    |
| 碎珊瑚带<br><i>Dead Coral Fragments</i> Zone | 80    | 仅在外侧,紧靠珊瑚藻带:<br>中国粉枝藻 <i>Liagora sinensis</i><br>羽状粉枝藻 <i>L. pinnata</i><br>果丝藻 <i>Trichogloeopsis hawaiiiana</i><br>伞藻 <i>Acetabularia mobii</i>                                  |
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal</i> Zone          | 120   | 孔石藻 <i>Porolithon onkodes</i><br>乳节藻 <i>Galaxaura oblongata</i>                                                                                                                    |

和礁沟边缘生长的海藻,低潮时仍浸没在水中,受气温和太阳的辐射相对地较小,所以比礁石表面生长得茂盛些。

### (3) 美丽鹿角珊瑚带

这一带有指状分枝的美丽鹿角珊瑚 *Acropora formosa*, 还有佳丽鹿角珊瑚 *A. pulchra*、围鹿角珊瑚 *A. palifera* 和粗野鹿角珊瑚 *A. humilis*。低潮时浸没在水中,仅部分露出水面。海藻主要生长在它们基部的礁石和枯枝上,除主要种匍扇藻分层附着在珊瑚枯枝的中下部外,还有腔腺藻 *Coelothrix irregularis*、水云、柱状褐茸藻 *Giffordia mitchellae*、多管藻、仙菜 *Ceramium* spp. 等等。一些皮壳状的珊瑚藻常常附着在珊瑚枝的中下部,导致珊瑚虫的死亡。

### (4) 碎珊瑚带

这一带长期受风浪的作用,形成了由碎珊瑚和死贝壳砂堆积而成的特别环境,满潮时被海水浸没,退潮时全部露出水面。这里基本上没有海藻,仅在珊瑚砾滩两侧接近水面的地方生长着粉红色的柔软光滑的几种粉枝藻 *Liagora*, 高 5—10 厘米,轻度钙化,它们在西沙群岛的生长盛期是 3—4 月,5 月就明显地衰退。1975 年 5 月初调查时只见到少量,而在 1976 年 3 月再次调查时则有大量粉枝藻出现,其中以中国粉枝藻 *L. sinensis*、羽状粉枝藻 *L. pinnata* 最为普遍。珊瑚石块的一面,生长着微小的伞藻 *Acetabularia* spp.。它们都是典型的热带海藻。

### (5) 珊瑚藻带

这一带风浪特别大,一些喜浪的珊瑚礁动植物如黄集沙群海葵 *palythoa stephensoni* 杯形珊瑚和粉红色的孔石藻 *Porolithon onkodes* 等大量繁生。尤其是孔石藻,覆盖面积达 50%—70%,形成了略微隆起的脊,称为“藻脊”(algal ridge)。这种海藻繁茂地生长在风浪很大的礁缘上,引起几乎所有的印度-西太平洋珊瑚礁研究者的重视,都指出了它们在

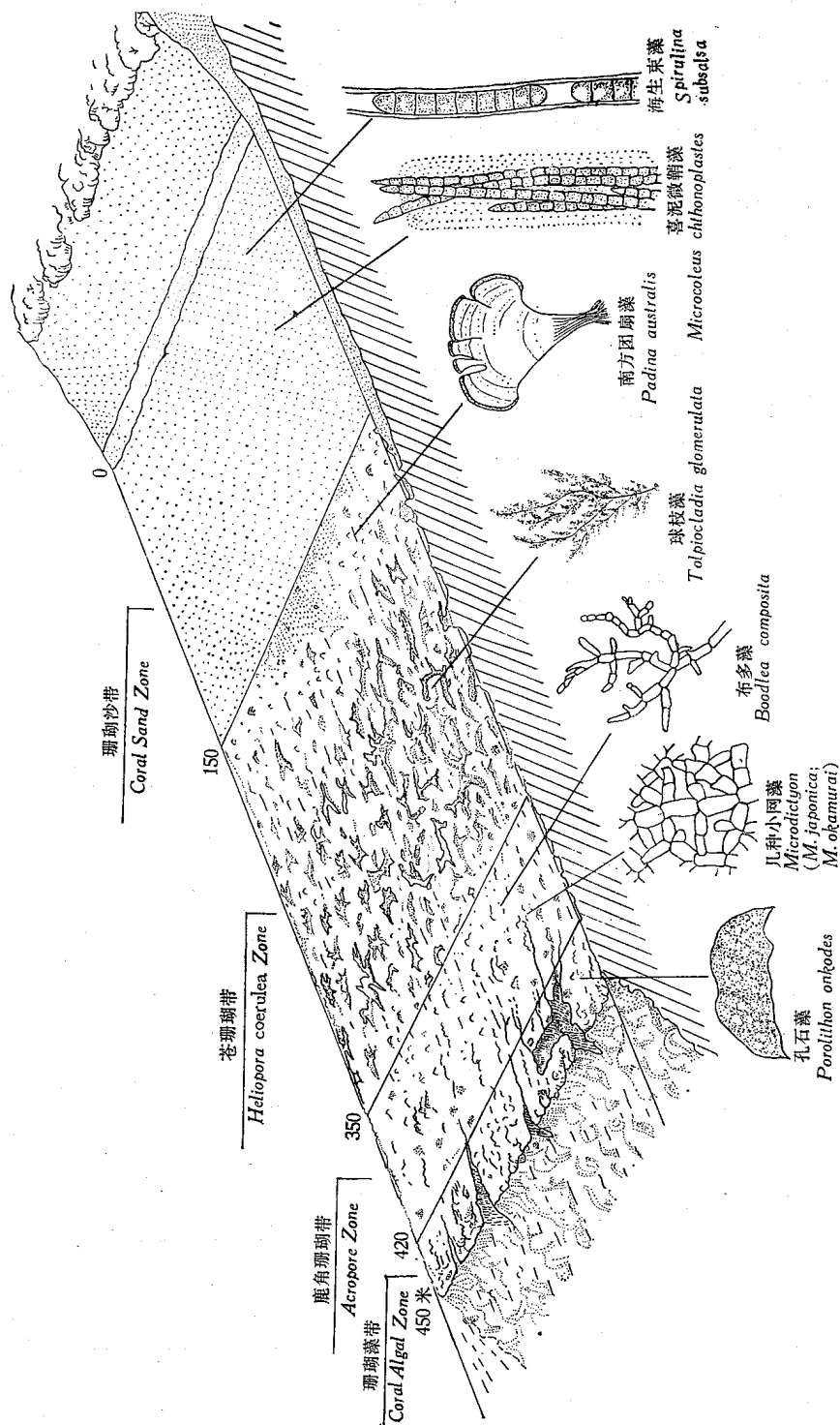


图 9 金银岛西南向礁平台分带及海藻主要种类分布图

生态上的重要意义<sup>[60,72]</sup>。Ladd (1950) 从珊瑚礁的横切面观察,发现孔石藻和珊瑚互相重叠,这说明它直接参与了造礁作用,起着加固礁缘使之免受海浪破坏的作用。它本身的形态亦是生物与环境长期适应的例证。孔石藻脊是热带太平洋大洋礁的一个典型特点。在太平洋的马绍尔群岛、所罗门群岛、关岛都有同样的报道。此外,在这一带上缘的个别小礁池中,生长着几种绿色钙扇藻和拟花菜 *Gellidiella acerosa*, 在礁前斜坡上有红色的乳节藻 *Galaxaura oblongata* 和绿色丝状的中华绿毛藻 *Chlorodesmis sinensis*。

## 2. 金银岛西南向礁平台断面(图 9)

西南向礁平台比较狭窄,又有大风浪的冲击,死珊瑚枝块堆积,海藻种类十分贫乏。

### (1) 珊瑚沙带

这一带底质为珊瑚沙,退潮时都露出水面,仅部分凹陷处尚存些浅水,在珊瑚沙泥上生长着一些蓝藻:海生束藻、喜泥微鞘藻、颤藻、大鞘颤藻 *Lyngbya majuscula* 和双须藻 *Dixhothrix* sp. 等。其他大型种类很少,仅在浅水处珊瑚碎块上零星地生长着绿色的浒苔 *Enteromorpha* sp.、布多藻等。

### (2) 苍珊瑚带

随着珊瑚碎块的增多,海藻种类略有增多。褐色的南方团扇藻丛生在珊瑚碎块上,还有几种钙扇藻生长在有薄薄的珊瑚细沙覆盖的礁石上;礁石的背面及缝隙间,生长着红色的凹顶藻、丝状的球枝藻 *Tolypocladia glomerulata* 和少量的网球藻;还有零星的总状蕨藻匍匐在礁石之间的成片沙地上面。

### (3) 鹿角珊瑚带

露出水面的石块增多,在鹿角珊瑚的基部及一些水深约 20—30 厘米的小礁池中,仅见少量布多藻、网叶布多藻、小网藻、粗糙小网藻、网球藻、实刺网球藻和匍扇藻等。

### (4) 珊瑚藻带

这里风浪特别大,低潮时都能露出水面。在一些礁石不规则地凹陷的沟槽中,生长着少量红色的紫杉状海门冬 *Asparagopsis taxiformis*、(图版 III:4) 乳节藻等。粉红色的孔石藻匍匐生长在礁石上,它是这一带的优势种,覆盖面积达 30% 左右,但并不象东北面那

表 2 金银岛西南向礁平台断面的分带和主要种类的组成

| 带 和 亚 带<br>Zone and Subzone               | 范 围 (米)<br>Range (m) | 主 要 种 类<br>Composition of marine species                                                                |
|-------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 珊 瑚 沙 带<br>Coral sand Zone                | 150                  | 海生束藻 <i>Symploca hydroides</i><br>喜泥微鞘藻 <i>Microcoleus chthonoplastes</i><br>浒苔 <i>Enteromorpha</i> sp. |
| 苍 珊 瑚 带<br><i>Heliopora coerulea</i> Zone | 200                  | 南方团扇藻 <i>Padina australis</i><br>凹顶藻 <i>Laurencia</i> sp.<br>球枝藻 <i>Tolypocladia glomerulata</i>        |
| 鹿 角 珊 瑚 带<br><i>Acropora</i> Zone         | 70                   | 布多藻 <i>Boodlea composita</i><br>小网藻 <i>Microdictyon japonicum</i><br>粗糙小网藻 <i>M. okamurai</i>           |
| 珊 瑚 藻 带<br>Coral algal Zone               | 30                   | 孔石藻 <i>Porolithon onkodes</i><br>海门冬 <i>Asparagopsis taxiformis</i>                                     |

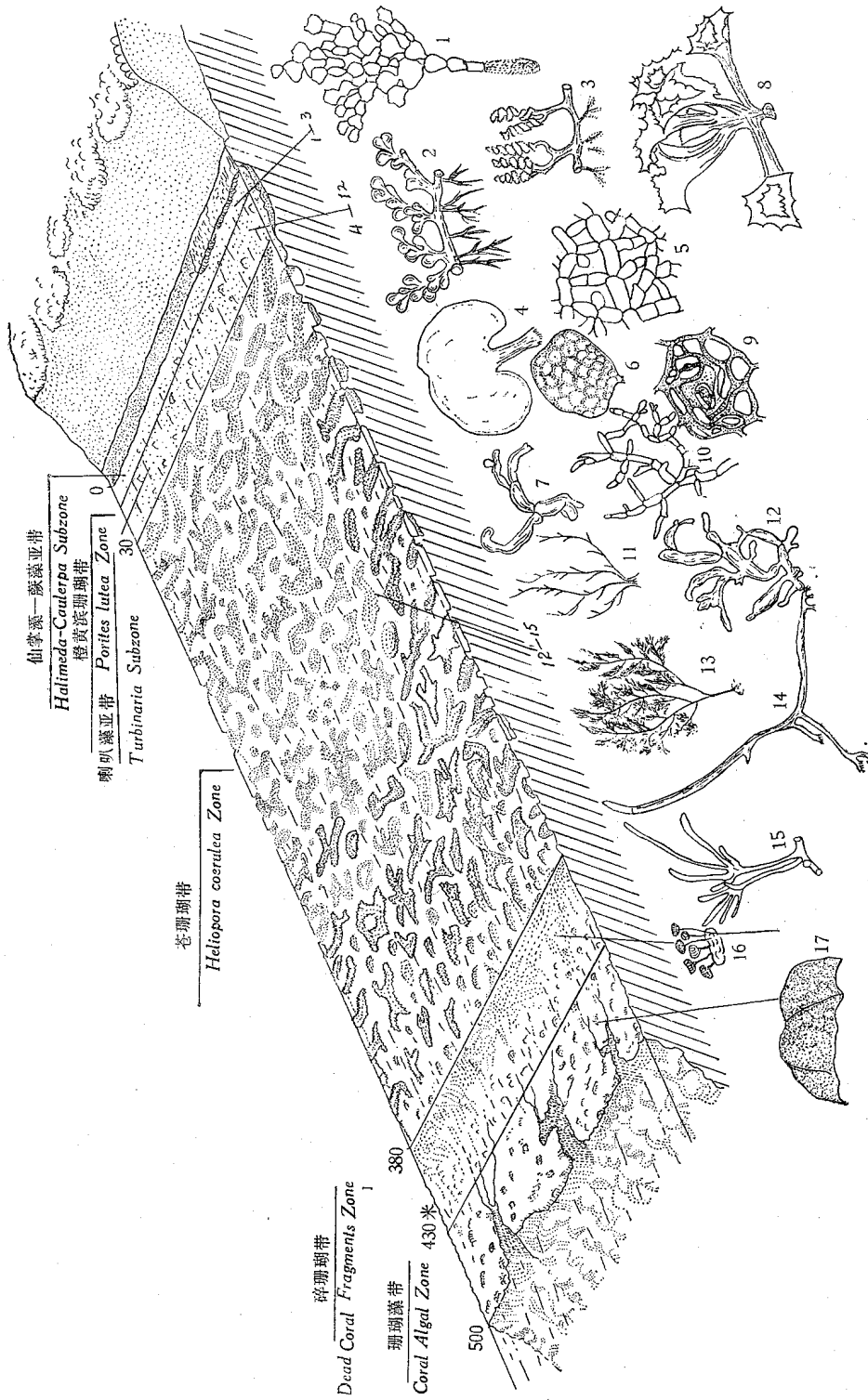


图 10 东岛东北向礁平台分带及海藻主要种类分布图

1. 仙掌藻 *Halimeda* (*H. incrassata*, *H. macroloba*) 2. 总状藤藻 *Caulerpa racemosa* 3. 齿状藤藻 *C. serrulata* 4. 钙扇藻 *Udotea* (*U. reniformis*, *U. xishaensis*) 5. 小网藻 *Microdictyon* (代表 *M. japonica*, *M. okamura*) 6. 网球藻 *Dictyosphaeria cavernosa* 7. 法藻藻 *Valonia aegagrophila* 8. 喇叭藻 *Turbinaria ornata* 9. 网藻藻 *Hydroclathrus clathratus* 10. 布多藻 *Boodlea composita* 11. 沙菜 *Hypnea* sp. 12. 红肠菜 *Erythrocolon padagricum* 13. 刚毛藻 *Cladophora* sp. 14. 扩展拟刚毛藻 *Cladophoropsis herpestica* 15. 指枝藻 *Valoniopsis pachynema* 16. 伞藻 *Acetabularia mobii* 17. 孔石藻 *Porolithon onkodes*

样连接成片。

### 3. 东岛东北向礁平台断面(图 10)

#### (1) 橙黄滨珊瑚带

这里环境相对地比较复杂,大部分海藻都集生在这一带。根据底质和海藻的组成,可以分成两个亚带:

##### A. 仙掌藻-蕨藻亚带

在珊瑚砾岩的下面有一片珊瑚沙洼地,范围约 10 米,低潮时水深仍达 30—40 厘米,草绿色的总状蕨藻、齿状蕨藻都十分茂密地覆盖在珊瑚沙地上,宛如绿色地毯。另外还有一些大叶仙掌藻和厚仙掌藻直立在白色的珊瑚沙地上。它们都是这一带的主要优势种。在近岸珊瑚砾岩的背面,还有罕见的绿色丝状的枝丝藻和羽藻。

##### B. 喇叭藻亚带

范围约 20 米,礁平台上出现很多大小不等、形状不一的珊瑚石,礁石与礁石之间是珊瑚沟和礁池,低潮时部分礁石露出水面,这些礁石具有很多缝隙,是珊瑚礁动植物栖居的良好场所。形形色色的礁石和礁池构成了各种各样复杂的小生境,适合各种海藻的生长繁殖。这一带藻类组成和金银岛东北面礁平台喇叭藻亚带基本相同。具有薄薄一层珊瑚沙的礁石表面和较浅的礁池中生长着一些扇形绿色的钙扇藻:西沙钙扇藻、肾形钙扇藻、胞叶钙扇藻 *Udotea fragilifolis*、薄叶钙扇藻 *U. tenuifolia*,还有绿色网状的小网藻和粗糙小网藻。礁石各处的珊瑚块上生长着球形的网球藻、实刺网球藻、法囊藻 *Valonia aegagropila*、布多藻以及和红色海绵状的角网藻 *Ceratodictyon spongiosum*。礁石边缘生长着大量喇叭藻和锥形喇叭藻 *Turbinaria conoides*,它们是这一带的优势种类。6 月份调查时这种海藻已经全部成熟,并已开始衰退。1976 年 4 月份再次调查时,这种海藻生长发育得最茂盛,叶子上还生长着红色的叉珊藻 *Jania adhaerens*。此外,还有一些黄褐色网状的网胰藻,片状分枝的鹿角网地藻,红色丝状的沙菜 *Hypnea* sp.、爬管藻,红色分枝的凹顶藻等都生长在礁石边缘的珊瑚枯枝上。在较深的礁石的珊瑚枝间,生长着肥厚肉质分枝的珍珠麒麟菜 *Eucheuma okamura*;珊瑚礁和缝隙间的背面红藻类较多,有红肠藻、海绵藻 *Haloplegma duperreyi*、网枝藻,亦有少量的绿藻:小叶钙扇藻、盾形蕨藻 *Caulerpa peltata*、裂叶绒扇藻 *Avrainillea lacerata*;一些丝状的微观藻类:水云、仙菜、多管藻 *Polysiphonia* sp. 等在珊瑚枝上亦常发现。

#### (2) 苍珊瑚带

这一带拟刚毛藻和喇叭藻两类海藻生长得特别茂盛。

**A. 拟刚毛藻滩** 绿色丝状分枝的拟刚毛藻 *Cladophoropsis herpestica* 比较密集地覆盖在连接成片的苍珊瑚礁石的表面,其中还夹杂一些指枝藻 *Valoniopsis pachynema* 和刚毛藻 *Cladophora* spp.,形成墨绿色的一片。礁石表面比较平坦,常有薄薄一层泥沙覆盖,环境单一,所以海藻群落的组成也很单纯,拟刚毛藻类密度很大,基本上没有其它藻类生长,这是该带的主要特征,故取名为拟刚毛藻滩。在一些凹下的礁池边缘和珊瑚枝的背面出现少量红肠藻、西沙管枝藻及红色分枝的沙菜 *Hypnea cerviconis*、鱼栖苔 *Acanthophora spicifera* 等。

**B. 喇叭藻滩** 苍珊瑚礁之间的礁池中,以喇叭藻属 *Turbinaria* 中的喇叭藻、锥形

喇叭藻等为主。它们在这里生长得较好,六月初调查时虽然很多藻体上部已开始衰败,但留下的部分还可反映出它们的密度很大,1976年4月调查时,它们生长很旺盛,这表明它是这里的优势种之一。

这一带海藻种类比较单纯,与自然环境有关。这里地势较高,苍珊瑚接连成片,比较平坦,积水的坑洼很少,退潮后基本上都露出水面,在阳光的曝晒下,礁石表面温度急骤升高,夏季尤为突出,大多数藻类均不适应这种高温和干旱。1975年6月初调查时,除了拟刚毛藻以外其它藻类很少,喇叭藻也已开始衰败,而在1976年4月初再次调查时,海藻生长较好,除了拟刚毛藻外,喇叭藻生长得特别好,而凹顶藻、齿形蕨藻、叉开网地藻 *Dictyota divaricata*、沙菜、鱼栖苔等生长也较好。这显然是由于西沙群岛5月以后气温急骤升高

表3 东岛东北面礁平台断面的分带和主要种类组成

| 带                                        | 亚带                                            | 距离(米) | 主要种类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 橙黄滨珊瑚带<br><i>Porites lutea</i> Zone      | 仙人掌藻-蕨藻亚带<br><i>Halimeda-Caulerpa</i> Subzone | 10    | 总状蕨藻 <i>Caulerpa racemosa</i><br>齿状蕨藻 <i>C. serrulata</i><br>大叶仙人掌藻 <i>Halimeda macroloba</i><br>厚仙人掌藻 <i>H. incrassata</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                          | 喇叭藻亚带<br><i>Turbinaria</i> Subzone            | 20    | 礁石表面:<br>西沙钙扇藻 <i>Udotea xishaensis</i><br>肾形钙扇藻 <i>U. reniformis</i><br>小网藻 <i>Microdictyon japonicum</i><br>粗糙小网藻 <i>M. okamurai</i><br>网球藻 <i>Dictyosphaeria cavernosa</i><br>法囊藻 <i>Valonia aegagropila</i><br>布多藻 <i>Boodlea composita</i><br>礁石侧面:<br>喇叭藻 <i>Turbinaria ornata</i><br>锥形喇叭藻 <i>T. conoides</i><br>鹿角网地藻 <i>Dictyota cerviconis</i><br>网胰藻 <i>Hydroclathrus clathrata</i><br>沙菜 <i>Hypnea</i> sp.<br>礁石背面及缝隙间:<br>红肠藻 <i>Erythrocolon padagricum</i><br>网枝藻 <i>Dictyurus purpurascens</i><br>凹顶藻 <i>Laurencia</i> sp. |
| 苍珊瑚带<br><i>Heliopora coerulea</i> Zone   |                                               | 350   | 扩展拟刚毛藻 <i>Cladophoropsis herpestica</i><br>刚毛藻 <i>Cladophora</i> sp.<br>红肠藻 <i>Erythrocolon padagricum</i><br>指枝藻 <i>Valoniopsis pachynema</i><br>喇叭藻 <i>Turbinaria ornata</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 碎珊瑚带<br><i>Dead Coral Fragments</i> Zone |                                               | 50    | 纤细粉枝藻 <i>Liagora filiformis</i><br>伞藻 <i>Acetabularia mobii</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal</i> Zone          |                                               | 70    | 孔石藻 <i>Porolithon onkodes</i><br>海绵藻 <i>Haloplegma dupperreyi</i><br>中华绿毛藻 <i>Chlorodesmis sinensis</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

之故。

### (3) 碎珊瑚带

这一带海藻特别贫乏,基本上无海藻生长。仅仅在砾滩之侧、接近礁缘珊瑚藻带处,有小浪冲击的一些礁石上,生长着一些喜浪种类,见到的有纤细粉枝藻 *L. filiformis*、单轴殖丝藻 *Genonema pinnatiramosa* 等;在礁石背面发现一些微小绿色伞藻 *Acetabularia mobii*、环蠕藻 *Neomeris annulata* 等。这一带底质是由珊瑚碎块堆积而成,十分平坦,而且高出周围的珊瑚礁石,退潮时全部干出,不适合海藻生长。加之我们的调查是在五月,气温水温都较高,所以种类和数量更少。但是春天会多些,如 1976 年 4 月初再次在该带调查时,以上海藻生长茂盛,在迎浪面呈一片红色。这一带和金银岛碎珊瑚带的情况基本类似。

### (4) 珊瑚藻带

粉红色皮壳状的孔石藻是这一地带最主要的优势种类,它们生长在经常受到大浪冲击的礁石和沟槽表面,由于不断地生长和覆盖,形成了略微隆起的藻脊,沿着礁缘一片粉红色,覆盖面积达 50% 左右,基本上和金银岛珊瑚藻带的情况相似。在一些水沟中,生长着较喜浪的粉红色的粉枝藻,在杯形珊瑚的背面生长着比较罕见的海绵藻和菱形的网枝藻。在礁前斜坡上生长着绿色的中华绿毛藻和乳节藻。

#### 4. 东岛西南向礁平台断面(图 11)

这里自然条件较差,礁平台发育不好,海藻种类和数量都十分贫乏;但某些海藻群落如球枝藻、南方团扇藻等得到了较好的发育。

##### (1) 珊瑚砾带

###### A. 球枝藻亚带

范围约 80 米,礁平台上有很多珊瑚碎块,形状不一,表面高低不平,形成坑洼池槽,常有泥沙,低潮时全部露出水面。在这些珊瑚枝块的表面往往生长着暗红色丝状的球枝藻,密度比较大,形成一片,成为这一带的主要优势种类。此外,还有少量的网球藻、凹顶藻、柏状蕨藻和南方团扇藻。

###### B. 团扇藻亚带

范围约 50 米,出现一些较大的珊瑚礁块,白棘三列海胆较多。南方团扇藻生长在珊瑚枝块和白棘三列海胆上,覆盖面积达 40%,其形状如扇,顶端内卷,藻体上有很多同心毛线带,轻度钙化(图版 II: 5),是这一带的优势种。亦有少量球枝藻出现。

##### (2) 菊花-蜂巢珊瑚带

经常受到风浪冲击的礁石表面及许多宽沟中有皮壳状孔石藻生长,常在菊花珊瑚、蜂巢珊瑚和杯形珊瑚附近出现,但不如东北面茂密,比较稀疏。此外还采到少量中华绿毛藻和钙扇藻。1976 年 4 月初调查时,在这一带内侧发现较多的马尾藻,其中有厚叶马尾藻 *Sargassum crassifolium*、重缘叶马尾藻 *S. duplicatum*、海门冬 *Asparagopsis taxiformis* 等喜浪海藻,而在 1975 年 6 月初调查时则没有见到。这是因为 6 月水温较高,不适合马尾藻等大型海藻的生长,5 月初就衰败了;其次,西沙群岛冬春季潮差较小(4 月初),这一地带一般都不露出水面,而 5 月以后潮水较大,6 月初调查时全部露出水面。

西沙群岛底栖海藻约有 200 多种,大多数是典型的热带种,它们广泛地分布于印度-

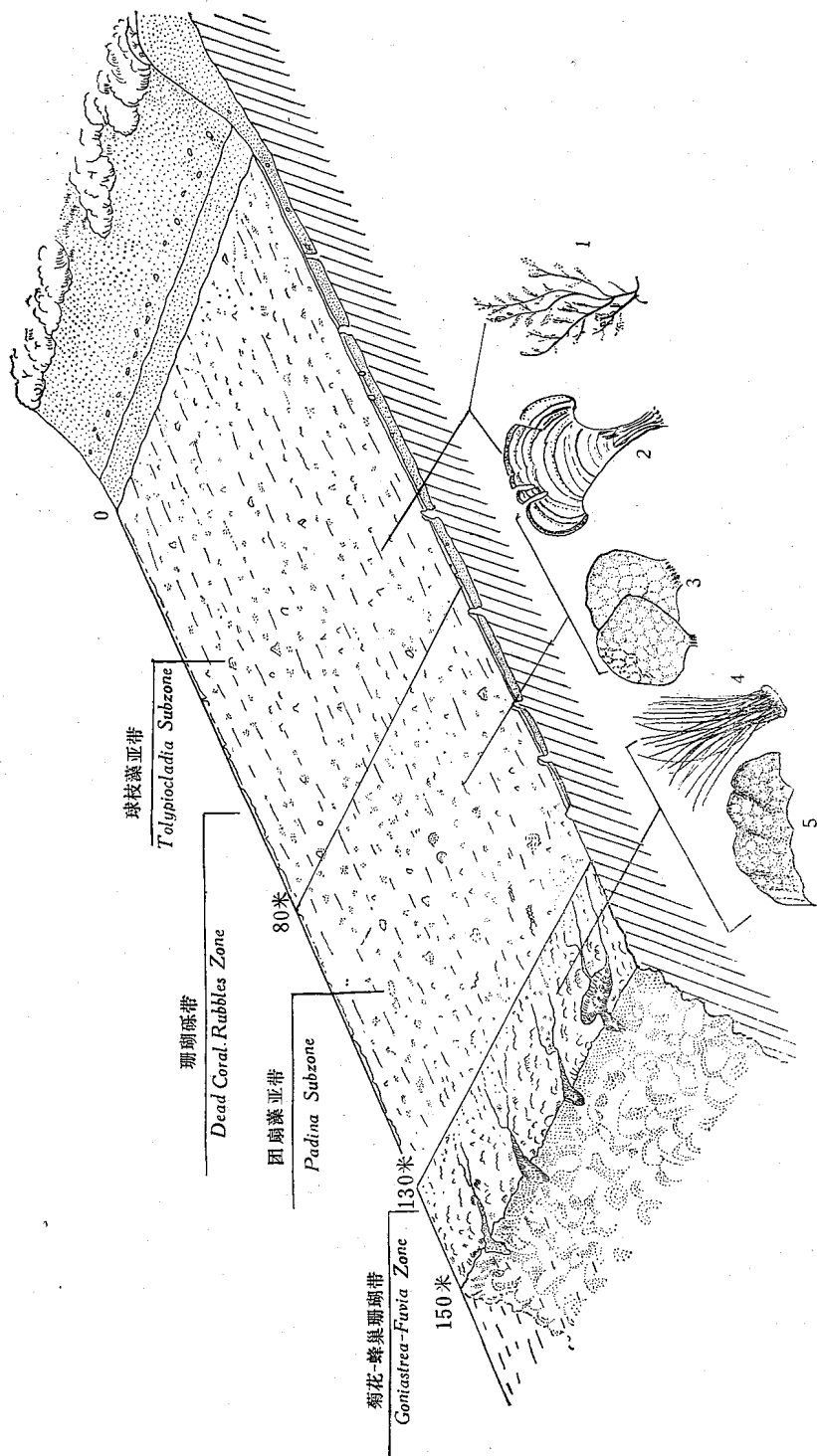


图 11 东岛西南向礁平台分带及海藻主要种类分布图

1. 球枝藻 *Tolypocladia glomerulata* 2. 南方团扇藻 *Padina australis* 3. 网球藻 *Dictyosphaeria cavernosa* 4. 中华绿毛藻 *Chlorodesmis sinensis*  
5. 孔石藻 *Porolithon onkodes*

表 4 东岛西南向礁平台断面的分带和主要种类组成

| 带 和 亚 带                                  |                                      | 范围(米) | 主 要 种 类                                                                                                     |
|------------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 珊瑚砾带<br><i>Dead Coral Rubbles Zone</i>   | 球枝藻亚带<br><i>Tolypocladia Subzone</i> | 80    | 球枝藻 <i>Tolypocladia glomerulata</i><br>南方团扇藻 <i>Padina australis</i><br>柏状蕨藻 <i>Caulerpa cupressoides</i>   |
|                                          | 团扇藻亚带<br><i>Padina Subzone</i>       | 50    | 南方团扇藻 <i>Padina australis</i><br>球枝藻 <i>Tolypocladia glomerulata</i><br>网球藻 <i>Dictyosphaeria cavernosa</i> |
| 菊花-蜂巢珊瑚带<br><i>Goniastrea-Favia Zone</i> |                                      | 20    | 孔石藻 <i>Porolithon onkodes</i><br>中华绿毛藻 <i>Chlorodesmis sinensis</i>                                         |

西太平洋热带海域。海藻的种类组成和太平洋的关岛、加罗林群岛、马绍尔群岛、所罗门群岛等具有明显的相似性。西沙群岛发现的马尾藻属种类比较多,约14种,但大多数是漂来的标本,仅有重缘叶马尾藻、匍枝马尾藻 *S. polycystum* (图版 III: 3)、西沙马尾藻 *S. xishaense*、冬青叶马尾藻 *S. ilicifolium*、厚叶马尾藻、陀螺叶马尾藻 *S. turbinatifolium* 和少囊马尾藻 *S. oligocystum* 等七种分别采自永兴岛、东岛和广金岛的礁平台。其中重缘叶马尾藻、厚叶马尾藻和匍枝马尾藻为常见种类,前二者生长在礁缘风浪比较大的礁石上,而后者生长在风浪比较小的珊瑚石上。马尾藻属在关岛有三种:(1) *S. cristaeifolium* (包括 *S. duplicatum*; *S. crassifolium*); (2) *S. polycystum*; (3) *S. tenerrimum* (Tsuda, 1972)<sup>[67]</sup>。在所罗门群岛有6种:(1) *S. coriifolium*; (2) *S. cristaeifolium* (包括 *S. ilicifolia*; *S. duplicatum*; *S. crassifolium*); (3) *S. grevillei*; (4) *S. oligocystum*; (5) *S. echinocarpum*; (6) *S. polycystum* (Womersley and Bailey, 1970)<sup>[73]</sup>。上述两地的种类大多数在西沙群岛都有分布。Doty (1954a)<sup>[48]</sup> 根据珊瑚礁型的岛礁没有发现马尾藻而推测马尾藻的生长主要局限在火山型的岛屿上,并指出从印度尼西亚向东种类逐渐减少,因为印度尼西亚以东的中太平洋的岛礁主要是珊瑚礁型。但这些年来不断深入调查所获得的资料表明,在太平洋的一些珊瑚礁型的岛礁已经发现有马尾藻的生长。最早是 Reinbold (1889), Lemmerman (1905) 和 Howe (1934) (参阅 Tsuda, 1976, p. 279), 报道了采自夏威夷群岛的莱桑岛、珍珠礁和赫尔密斯礁 (Hermes reef) 的三种马尾藻; 1970 年 Womersley 和 Bailey<sup>[73]</sup> 报道了采自所罗门群岛的新乔治亚群岛和路易西亚德群岛的几种马尾藻; 1976 年 Tsuda<sup>[68]</sup> 报道了伍里雪 (Ulithi) 环礁 (9°56'N, 139°40'E)、卡扬其 (Kayangel) 礁 (8°03'N, 134°43'E) 的一种马尾藻。西沙群岛除了高尖石以外和上述岛礁一样都是珊瑚礁型的岛礁<sup>[24]</sup>, 其中一些(不是每一个)岛礁都同样有马尾藻生长,这就证明马尾藻并不是仅仅局限在火山型的岛屿上,珊瑚礁型的岛礁也有。太平洋中部的马绍尔群岛等一些岛礁至今尚未发现有马尾藻,这与这些岛礁的成因关系不大,主要是因为这些岛礁没有适合它们生长的条件。

## (二) 无脊椎动物

### 1. 金银岛东北向礁平台断面

无脊椎动物的种类和数量也是和珊瑚礁环境密切相关的。金银岛东北面礁平台比较宽广,无脊椎动物的种数较多;西南面礁平台比较狭窄,无脊椎动物的种数就较少。

潮上带为粗沙碎壳滩,在 5 平方米的范围内有 17 个角眼沙蟹 *Ocypode ceratophthalmus* 的洞穴。这种沙蟹在大部分时间里是离开海水生活的,它适应于潮上带的环境,有时只需在潮线附近湿润一下鳃,甚至离开海水 48 小时尚能存活。白天,在灼热的阳光下角眼沙蟹躲在洞穴里,阴天或晚上就出洞觅食;它行动非常敏捷,是生活力很强的杂食性蟹类。由粗沙碎壳滩往下是一个倾斜  $25^\circ$  的斜坡,紧接着出现一段范围很窄的珊瑚砾岩(也叫海滩岩)。在珊瑚砾岩的凹陷或缝隙里有为数不多的褶纹螺 *Nerita plicata* 和咬齿牡蛎 *Ostrea mordax*。在最热月份的中午,珊瑚砾岩的表面温度可达  $45^\circ\text{C}$  以上,这时褶纹螺的壳紧闭,咬齿牡蛎也紧闭双壳,以保持体内水分抵抗烈日曝晒。

本断面主要种类组成见表 5。

### (1) 蔷薇-滨珊瑚带

这一带按其环境和优势种类,可分为两个亚带:

#### A. 白棘三列海胆-货贝亚带

本亚带范围约 90 米左右,平坦沙质底,死珊瑚碎块较少。生活在这一环境的有斑凤螺 *Strombus lentiginosus* 它有发达的足部,能在沙质海底作活泼的跳跃运动。货贝 *Monetaria moneta* 和环纹货贝 *M. annulus* 生活在死珊瑚块的缝隙中,常密集成群,数量相当大。还有紫珊瑚螺 *Coralliobia violacea*, 贝壳表面灰白色,只有壳口呈紫色,这种小贝大多生活在死珊瑚块上面,贝壳颜色和周围环境十分相似,以致难于发现。生活在礁缝中的还有许多小蟹类,如行动敏捷、稍一惊动即迅速逃遁的绒毛绿蟹 *Chlorodiella barbata*, 步足具许多鲜艳红色斑点的红点梯形蟹 *Trapezia guttata* 等。附着在礁块上生活的有海绵动物的相似厚指海绵 *Pachychalina similis* 和结海绵 *Gellius* sp.。棘皮动物有白棘三列海胆 *Tripneustes gratilla* (海胆虎),这种海胆虎的大棘通常呈白、橙、黑或黑紫色,生活在靠近海藻生长的地方,常用小碎石或海藻掩盖自己,数量较多,每平方米有 3 个;另一种是壶海胆科的心形海壶 *Metalia spatagus*, 这是一种典型的热带珊瑚沙栖动物,身体椭圆形,壳扁、薄而脆,每平方米 2 个,生物量达 90.81 克(文中的栖息密度和生物量均以一平方米为计算单位,为方便起见,此后不再注明)。

#### B. 砗磲-栉蛇尾亚带

本亚带范围约 220 米,露出水面凹凸不平的死珊瑚块增多,珊瑚种类也增多。出现直径 10 厘米左右的杯叶海绵 *Phyllospongia foliascens* 以及典型的热带珊瑚礁栖动物砗磲 *Hippopus hippopus*。砗磲分布在印度-西太平洋的热带珊瑚礁水域,我国只见于南海诸岛,海南岛尚未发现。个体小的砗磲,壳表有梅花状的色彩斑点,用足丝固着在珊瑚碎石边缘;个体大的砗磲没有足丝,贝壳厚重,行自由生活,身体通常完全裸露在珊瑚沙上。另一个代表是长砗磲, *Tridacna maxima*, 和砗磲不同的是它把整个贝壳嵌在珊瑚礁中,由于有虫黄藻共生,涨潮时外套膜展开,颜色十分鲜艳,有蓝绿色和淡蓝色的斑点。虎斑宝贝 *Cypraea tigris* 贝壳具瓷质光泽,行动缓慢,白天隐伏,黄昏后外出活动,是肉食性贝类。沙氏辐蛇尾 *Ophiactis savignyi* 栖息密度较大, 16 个;小栉蛇尾 *Ophiomella sexradia* 个体虽小,但密度很高,达 48 个,生物量只有 1.12 克;黑栉蛇尾 *Ophiocoma erinaceus* 16 个、

表 5 金银岛东北向礁平台断面的主要种类组成

| 带                                 | 和 | 亚 | 带                                            | 主         | 要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 种 | 类 | 组 | 成 |
|-----------------------------------|---|---|----------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|
|                                   |   |   |                                              | 范围<br>(米) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |
| 蔷薇-滨珊瑚带<br>Montipora-porites Zone |   |   | 白棘三列海胆-货贝亚带<br>Tripneustes-Monetaria Subzone | 90        | 多枝蔷薇珊瑚 <i>Montipora ramosa</i> , 角列孔珊瑚 <i>Seriatopora angulata</i> , 橙黄滨珊瑚 <i>Poritea lutea</i> , 扁枝滨珊瑚 <i>P. andrewsi</i> , 斑凤螺 <i>Strombus lentiginosus</i> , 疣缘芋螺 <i>Conus lividus</i> , 环纹货贝 <i>Monetaria annulus</i> , 货贝 <i>M. moneta</i> , 绒毛绿蟹 <i>Chlorodiella barbata</i> , 红点梯形蟹 <i>Trapezia guttata</i> , 白棘三列海胆 <i>Tripneustes gratilla</i> , 心形海蜇 <i>Metalia spatagus</i> , 方格吻沙蚕 <i>Glycera tessellata</i> .                                                                                                                                                                                         |   |   |   |   |
|                                   |   |   | 碎礁-栉蛇尾亚带<br>Hippopus-Ophiomella Subzone      | 220       | 佳丽鹿角珊瑚 <i>Acropora pulchra</i> , 鹿角杯形珊瑚 <i>Pocillopora damicornis</i> , 朴素扁脑珊瑚 <i>Platygyra rustica</i> , 杯叶海綿 <i>Phyllospongia foliascens</i> , 碎礁 <i>Hippopus hippopus</i> , 长阵礁 <i>Tridacna maxima</i> , 虎斑宝贝 <i>Cyprea tigris</i> , 沙氏扁蛇尾 <i>Ophiactis savignyi</i> , 小栉蛇尾 <i>Ophiomella sexradia</i> , 黑栉蛇尾 <i>Ophiocoma erinaceus</i> , 画栉蛇尾 <i>O. pica</i> , 亲近刺蛇尾 <i>Ophiothrix propingua</i> , 蓝指海星 <i>Linckia laevigata</i> .                                                                                                                                                                            |   |   |   |   |
|                                   |   |   | 绿蟹-真头帕亚带<br>Chlorodiella-Eucidarias Subzone  | 110       | 苍珊瑚 <i>Heliopora coerulea</i> , 黑指波纹蟹 <i>Cymo melanodactylus</i> , 黑指绿蟹 <i>Chlorodiella nigra</i> , 网纹梯形蟹 <i>Trapezia areolata</i> , 毛掌梯形蟹 <i>T. cymodoce</i> , 凸雕扁足蟹 <i>Platypodia anaglypta</i> , 单齿瘤蟹 <i>Phymodius unguilatus</i> , 冠棘真头帕 <i>Eucidaris metularia</i> , 美仙虫 <i>Amphinome pulchra</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |
| 苍珊瑚带<br>Heliopora coerulea Zone   |   |   | 碎礁-宝贝亚带<br>Tridacna-Cyprea Subzone           | 240       | 苍珊瑚 <i>Heliopora coerulea</i> , 腔列珊瑚 <i>Coeloseris</i> sp., 光滑牡丹珊瑚 <i>Pavona praetorta</i> , 粗糙菊花珊瑚 <i>Goniastrea aspera</i> , 石芝珊瑚 <i>Fungia fungites</i> , 金星绿蟹 <i>Chlorodiella cytherea</i> , 隆背瓢蟹 <i>Carpilius convexus</i> , 广阔疣扇蟹 <i>Daira perlata</i> , 猩红肌沙蚕 <i>Eunice coecinea</i> , 鳞碎礁 <i>Tridacna squamosa</i> , 褶蚶 <i>Barbatia plicata</i> , 异纹心蛤 <i>Cardita variegata</i> , 刺冠海胆 <i>Diadema setosum</i> , 马六甲石蛭 <i>Lithophaga malaccana</i> , 大指虾蛄 <i>Gonodactylus chiragra</i> , 虎斑宝贝 <i>Cypreaa tigris</i> .                                                                                       |   |   |   |   |
|                                   |   |   | 美丽鹿角珊瑚带<br>Acropora formosa Zone             | 100       | 美丽鹿角珊瑚 <i>Acropora formosa</i> , 佳丽鹿角珊瑚 <i>A. pulchra</i> , 围栅鹿角珊瑚 <i>A. palifera</i> , 粗野鹿角珊瑚 <i>A. humilis</i> , 刺核果螺 <i>Drupa grossularia</i> , 小厚纹蟹 <i>Pachygrapus minutus</i> , 粒突毛壳蟹 <i>Pilodius areolatus</i> , 大额蟹 <i>Metopograpsus</i> sp., 和 黄褐石海綿 <i>Petrosia rava</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |
|                                   |   |   | 碎珊瑚带<br>Dead Coral Fragments Zone            | 80        | 大马蹄螺 <i>Trochus niloticus maximus</i> , 塔形马蹄螺 <i>T. pyram</i> , 金口蝶螺 <i>Turbo chrysostoma</i> , 灯哇螺 <i>Burra lampus</i> , 黑唇参 <i>Halodetma atra</i> 环刺棘海胆 <i>Echinothrix calamensis</i> , 白棘三列海胆 <i>Tripneustes gratilla</i> , 单刺盾牌蟹 <i>Percnon guinotiae</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |
|                                   |   |   | 珊瑚藻带<br>Coral Algal Zone                     | 120       | 黄集沙群海藻 <i>Palythoa stephensoni</i> , 孔石藻 <i>Porolithon onkodes</i> , 匍匐鹿角珊瑚 <i>Acropora prostrata</i> , 伞房鹿角珊瑚 <i>A. corymbosa</i> , 短角杯形珊瑚 <i>Pocillopora brevicornis</i> , 疣状杯形珊瑚 <i>P. verrucosa</i> , 群棒花虫 <i>Clavularia viridis</i> , 笙珊瑚 <i>Tubipora musica</i> , 石笔海胆 <i>Heterocentrotus mammillatus</i> , 细大刺蛇尾 <i>Macrophiothrix loriola</i> , 亲近刺蛇尾 <i>Ophiothrix propingua</i> , 海菊蛤 <i>Spondylus</i> sp., 黄芋螺 <i>Conus flavidus</i> , 凸雕扁足蟹 <i>Platypodia anaglypta</i> , 铜铸燕若蟹 <i>Zosymus aeneus</i> , 阿纹货贝 <i>Mauritia arabica</i> , 塔形扭柱螺 <i>Tectus pyramis</i> , 和 酥脆砂海綿 <i>Spongia fragilis</i> . |   |   |   |   |

28.96 克。还有热带珊瑚礁的另一代表蓝指海星 *Linckia laevigata* (图版 I:1), 这种海星常裸露在珊瑚沙上, 有 5 条细长的指状腕, 呈蓝色且带光泽。

## (2) 苍珊瑚带

本带按环境和优势种类, 可分为两个亚带:

### A. 绿蟹-真头帕亚带

本亚带范围约 110 米, 最显著的特点是隐匿在礁石缝间的小蟹类增多, 常见到的有黑指波纹蟹 *Cymo melanodactylus*、黑指绿蟹 *Chlorodiella nigra*、网纹梯形蟹 *Trapezia areolata*、毛掌梯形蟹 *T. cymodoce*、凸雕扁足蟹 *Platypodia anaglypta* (个体大, 生物量达 21.76 克)、单齿瘤蟹 *Phymodius unguatus* (32 个, 14.24 克) 以及各种杏蟹 *Actaea* sp. 等。这些蟹类丰富了珊瑚礁中的动物种类组成。棘皮动物常见的有海胆纲的冠棘真头帕 *Eucidaris metularis*, 生活在珊瑚礁下面的缝隙中, 昼伏夜出, 数量很大 (32 个, 15.84 克)。多毛类有美仙虫 *Amphinome pulchra*, 海绵动物有空丘海绵 *Spongosorites porites* 和高其结海绵 *Gellius couchii*。

### B. 砗磲-宝贝亚带

本亚带范围约 240 米, 微型环礁状的苍珊瑚集成片, 还有粗糙菊花珊瑚 *Goniastrea aspera* sp., 光滑牡丹珊瑚 *Pavona praetorta*、腔列珊瑚 *Coeloseris* sp. 和石芝珊瑚 *Fungia furgites*。本亚带的优势种是鳞砗磲 *Tridacna squamosa*, 嵌在珊瑚礁石中, 壳顶朝下, 壳腹缘露出在珊瑚缝隙中, 生活时外套膜翻出, 呈美丽的红褐色带。附着在珊瑚枝上生活的有花栉孔扇贝 *Chlamys schemeltzii*, 也有凿穴而居的羽膜石蛭 *Lithophaga malacara*, 体圆筒形, 形如雪茄, 也是热带珊瑚礁极为习见的种。甲壳动物除上一亚带出现的种类外, 尚有若干体型较大的蟹类, 如行动迟缓而粗笨的隆背瓢蟹 *Carpilius convexus* (图版 I:3), 生物量达 22.2 克。在珊瑚礁底部缝隙中有许多有毒、具细长棘的刺冠海胆 *Diadema setosum*, 也叫海针, 体长可达 26 厘米, 这种海胆有时也会在珊瑚沙上集群; 斑锚参 *Synapta maculata* 长度 1 米以上, 体形似蛇, 体壁薄, 不透明, 是海参纲中身体最长的种类。

## (3) 美丽鹿角珊瑚带

本带范围 100 米。指状分枝的美丽鹿角珊瑚 *Acropora formosa* 以及佳丽鹿角珊瑚 *A. pulchra*、围栅鹿角珊瑚 *A. palifera* 和粗野鹿角珊瑚 *A. humilis* 等为主要优势种。本带退潮后水深尚有 30—50 厘米, 这些鹿角珊瑚大部分仍浸在水中, 仅部分露出水面。除石珊瑚外仅采到很少的其它无脊椎动物, 如刺核果螺 *Drupa grossularia*、火红土产螺、小厚纹蟹 *Pachygrapsus minutus*、粒突毛壳蟹 *Pilodius areolatus*、大额蟹 *Metopograpsus* sp. 和黄褐石海绵 *Petrosia rava*。

## (4) 碎珊瑚带

生境单一, 栖息在这里的动物较少。如大马蹄螺 *Trochus niloticus maximus*, 是马蹄螺科最大的种类, 壳高 14 厘米、宽 13 厘米, 贝壳红色、坚厚、珍珠层很厚, 是重要的工业原料。棘皮动物有黑怪参 *Halodeima atra*, 体表常有许多珊瑚沙粒, 常成群出现。环刺棘海胆 *Echinothrix calamensis*, 其步带大棘针状, 顶端有倒钩, 有毒, 触之即被刺; 它白天隐匿、夜间外出觅食。

## (5) 珊瑚藻带

本带范围 120 米。除了粉红色、皮壳状的珊瑚藻——孔石藻 *Porolithon onkodes* 和黄集沙群海葵 *Palythoa stephensoni*, 大片地层状覆盖在有大浪冲击的礁缘地带外, 造礁石珊瑚的有粉红色的短角杯形珊瑚 *Pocillopora brevicornis* 等少数种, 还有数量很少的笙珊瑚 *Tubipora musica*。

本带外缘出水沟的侧壁洞穴中可见到一定数量的石笔海胆 *Heterocentrotus mammillatus* (图版 I:2), 也是典型的珊瑚礁栖动物。还有细大刺蛇尾 *Macrophiothrix loriola*、亲近刺蛇尾和黑栉蛇尾。软体动物发现有: 金口蝶螺 *Turbo chrysostoma* 表面灰黄色, 壳口金黄色; 海菊蛤 *Spondylus* sp. 以右壳固着在礁上, 左壳壳面常附生珊瑚或海藻。甲壳动物有广阔疣扇蟹、凸雕扁足蟹和全身带桔黄和白色花纹的铜铸熟若蟹 *Zosymus aeneus*。多毛动物有球索沙蚕 *Lumbrineris sphaerecephala*, 生物量达 13.28 克。

## 2. 金银岛西南向礁平台断面

金银岛西南面礁平台很窄, 比东北面要狭小得多, 分带也不明显, 按其环境大致可划分为四个带, 各带的动物组成见表 6。高潮带是一片粗沙碎壳滩, 在  $5 \times 5$  米<sup>2</sup> 的范围内有角眼沙蟹洞 50 个。

### (1) 珊瑚沙带

本带范围 150 米, 动物的组成很贫乏, 优势种是热带的沙栖种类心形海壶, 在一般情况下栖息密度 4 个, 生物量 18.34 克, 但在个别地点惊人地密集, 可达 100 个。生活在这一环境的还有贝壳乳白色、壳口内面红黄色的肩榧螺 *Oliva emicator* 以及各种笋螺, 如罟纹笋螺 *Terebra maculata* 壳高可达 18 厘米, 是笋螺科最大的种类。此外还有黄斑笋螺 *T. chlorata* 和锯齿笋螺 *T. crenulata*。榧螺和笋螺都生活在沙里, 傍晚落潮后成群外出爬行, 在沙滩上留下一条条行迹, 日出后潜入沙中, 但埋栖很浅, 顺着行迹到终端就很容易找到它们。甲壳动物有野生短桨蟹 *Thalamita admete*、皱纹克劳蟹 *Kraussia rugulosa*、滑面蟹 *Etisus* sp. 和硬壳寄居蟹 *Calcinus lateus*, 这一带除珊瑚沙外还可见到零星的死珊瑚块, 在它上面有用足丝附着的小型珠母贝和布纹蚶 *Barbatia decussata*。多毛类有单叶吻沙蚕 *Glycera lancadivae*。

### (2) 苍珊瑚带

范围 200 米。本带碎珊瑚块增多, 并有露出水面较大的死珊瑚块。无脊椎动物种类明显增多。在 1/16 平方米的小取样面积内共采到各类动物 65 种。其中棘皮动物有齿栉蛇尾 *Ophiocoma dentata* 栖息密度很高, 达 48 个, 生物量 97.60 克; 环刺棘海胆的生物量更高, 达 106.24 克; 白棘三列海胆 73.68 克。软体动物有 13 种, 主要有贝壳盘卷蛇状的蛇螺, 生物量 33.28 克; 牡蛎由于壳厚, 生物量达 175.20 克。甲壳动物有 36 种, 生物量亦大, 是本带的主要组成者, 如野生短桨蟹 128 个, 304 克, 粒突壳蟹 48 个, 63.20 克; 金星缘蟹 640 个, 23.68 克; 广阔疣扇蟹 32 个, 13.44 克; 硬壳寄居蟹 240 个, 31.04 克。多毛动物有高丝纓虫 *Hysicomus phaeotaenia*、繁毛鳞虫 *Thormora jukesii*、羽毛锯帚虫 *Identhyrsus pennatus*、杂色模裂虫 *Typosyllis variegata*、扁蛰虫 *Loimia medusa* 等。

### (3) 鹿角珊瑚带

范围 70 米。除了出现活的鹿角珊瑚、杯形珊瑚外, 本带共采到 30 种动物。主要有环刺棘海胆, 16 个, 147.68 克; 亲近刺蛇尾, 32 个, 17.28 克。星虫 *Sipunculus*, sp. 192 个,

表 6 金银岛西南向礁平台断面的主要种类组成

| 带                                      | 范围<br>(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 珊瑚沙带<br><i>Coral Sand Zone</i>         | 150       | 心形海壶 <i>Metalia spatagus</i> , 肩樵螺 <i>Oliva emicator</i> , 翼纹笋螺 <i>Terebra maculata</i> , 黄斑笋螺 <i>T. chlorata</i> , 锯齿笋螺 <i>T. crenulata</i> , 野生短桨蟹 <i>Thalamita admete</i> , 皱纹克劳蟹 <i>Kraussia rugulosa</i> , 布纹蚶 <i>Barbatia decussata</i> , 单叶吻沙蚕 <i>Glycera lancadiuae</i> .                                                                                                                                                                                                                                             |
| 苍珊瑚带<br><i>Heliopora coerulea Zone</i> | 200       | 苍珊瑚 <i>Heliopora coerulea</i> , 齿栉蛇尾 <i>Ophiocoma dentata</i> , 环刺棘海胆 <i>Echinothrix calamaris</i> , 白棘三列海胆 <i>Tripneustes gratilla</i> , 沙氏辐蛇尾 <i>Ophiactis savignyi</i> , 蛇螺 <i>Vermetus</i> sp., 牡蛎 <i>Ostrea</i> sp., 布纹蚶 <i>Barbatia decussata</i> , 阿拉伯蚶 <i>Arca arabica</i> , 隔胎贝 <i>Septifer bilocularia</i> , 花栉孔扇贝 <i>Chlamys schmelyii</i> , 野生短桨蟹 <i>Thalamita admete</i> , 粒突毛壳蟹 <i>Pilodius arcolatus</i> , 金星绿蟹 <i>Chlorodiella cytherca</i> , 广阔疣扇蟹 <i>Daira perlata</i> , 羽毛锯帚虫 <i>Identhysus pennatus</i> . |
| 鹿角珊瑚带<br><i>Acropora Zone</i>          | 70        | 匍匐鹿角珊瑚 <i>Acropora prostrata</i> , 粗野鹿角珊瑚 <i>A. humilis</i> , 华贵多曲杯形珊瑚 <i>Pocillopora meandrina nobilis</i> , 亲近刺蛇尾 <i>Ophiethrix propingua</i> , 星虫 <i>Sipunculus</i> sp., 瓷蟹 <i>Petrolisthes</i> sp., 克劳蟹 <i>Kraussia rugulosa</i> , 铠甲虾 <i>Galathea</i> sp., 漂蚕 <i>Palola siciliensis</i> , 热带金扇虫 <i>Chrysopetalum ehlersi</i> .                                                                                                                                                                                           |
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal Zone</i>        | 30        | 黄集沙群海葵 <i>Palythoa stephensoni</i> , 孔石藻 <i>Porolithon onkodes</i> , 短角杯形珊瑚 <i>Pocillopora brevicornis</i> , 糙大刺蛇尾 <i>Macrophiethrix rugosa</i> , 蝶螺 <i>Turbo</i> sp., 猩红矾沙蚕 <i>Eunice coccinea</i> , 蛇首眼球贝 <i>Erosaria caputserpentis</i> , 隆背瓢蟹 <i>Carpilius convexus</i> , 铜铸熟若蟹 <i>Zosymus aeneus</i> .                                                                                                                                                                                                                   |

15.20 克。瓷蟹 *Petrolisthes* sp., 272 个, 6.88 克; 铠甲虾 64 个, 1.76 克。本带还发现有许多种的多毛类, 如漂蚕 *Palora siciliensis*、热带金扇虫 *Chrysopetalum ehlersi*、单带沙蚕 *Nereis unifasciata*、杜氏阔沙蚕 *Platynereis dumerilii* 等。

#### (4) 珊瑚藻带

范围 30 米。本带除粉红色的孔石藻外、主要的无脊椎动物有糙大刺蛇尾 *Macrophiethrix rugosa*, 32 个, 15.52 克; 广阔疣扇蟹, 16 个, 118.24 克; 蝶螺, 48 个, 63.84 克; 银杏蟹, 15.68 克; 猩红矾沙蚕, 82.88 克; 羽帚毛虫, 41.12 克。在礁缘浪击带礁缝中生活的有蛇首眼球贝 *Erosaria caputserpentis*。生活在礁池沙质底的种类有软体动物的蜘蛛螺 *Lambis ambis* 和水字贝 *L. chiragra*, 这两种是热带珊瑚礁习见的种。这两种贝壳壳口的外唇向外延伸成爪状的长棘, 生活时贝壳部分隐入沙中, 壳背面往往丛生许多藻类或其它动物, 以至很难识别它们。这一带尚有隐栖生活的多毛类如小鳞脆鳞虫 *Lepidasthenia microlepis*、粗糙双指鳞虫 *Iphione muricata* 等。

### 3. 东岛东北向礁平台断面

礁平台不及金银岛发达。高潮带沙滩有角眼沙蟹洞 9 个 ( $5 \times 5$  米<sup>2</sup>), 往下有一段珊瑚砾岩。按环境和生物优势种可分为四个带, 动物组成见表 7。

#### (1) 橙黄滨珊瑚带

范围 30 米。这里藻类特别茂盛。在同一水平带没有繁生藻类的地方, 出现橙黄滨珊瑚, 生活在离岸仅 10 多米的水洼中, 群体很小, 在一平方米范围内有 8 堆, 最大直径 30 厘

表 7 东岛东北向礁平台断面的主要种类组成

| 带                                        | 范围<br>(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 橙黄滨珊瑚带<br><i>Porites lutea</i> Zone      | 30        | 橙黄滨珊瑚 <i>Porites lutea</i> , 珠母核果螺 <i>Drupa margaritica</i> , 黄口核果螺 <i>D. ochostoma</i> , 栉齿核果螺 <i>D. spathulifera</i> , 截尾海兔 <i>Dolabella scapula</i> , 篱凤螺 <i>Strombus luhuanus</i> , 蝙蝠毛刺蟹 <i>Pilumnus vespertilio</i> , 黑指绿蟹 <i>Chlorodiella niger</i> , 绒毛绿蟹 <i>C. barbata</i> , 小厚纹蟹 <i>Pachygrapsus minutus</i> , 刺毛虫 <i>Eurythoe complanata</i> , 厚鳃蚕 <i>Dasybranchus caducus</i> , 方格吻沙蚕 <i>Glycera tesellata</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 苍珊瑚带<br><i>Heliopora coerulea</i> Zone   | 350       | 苍珊瑚 <i>Heliopora coerulea</i> , 佳丽鹿角珊瑚 <i>Acropora pulchra</i> , 舌状杯形珊瑚 <i>Pocillopora ligulata</i> , 岩山滨珊瑚 <i>Porites iwayamaensis</i> , 梅氏长海胆 <i>Echinometra mathaei</i> , 棘辐肛参 <i>Actinogyra echinites</i> , 货贝 <i>Monetaria moneta</i> , 环纹货贝 <i>M. annulus</i> , 山猫眼宝贝 <i>Cypraea lynx</i> , 碎磙 <i>Hippopus hippopus</i> , 疣缢芋螺 <i>Conus lividus</i> , 斑马蹄螺 <i>Trochus maculatus</i> , 裸掌盾牌蟹 <i>Percnon planissimum</i> , 皱纹克劳蟹 <i>Kraussia rugulosa</i> , 绒毛银杏蟹 <i>Actaea tomentosa</i> , 漂蚕 <i>Palola siciliensis</i> , 美仙虫 <i>Amphinome pulchra</i> , 半月旋星海绵 <i>Spirasterella semilunaris</i> , 半紫猿头蛤 <i>Chama semipurpurata</i> , 糙核果螺 <i>Drupa aspera</i> , 金口嵌线螺 <i>Cymatium nicobaricum</i> , 白底辐肛参 <i>Actinopyga mauritiana</i> , 蜈蚣栉蛇尾 <i>Ophiocoma scolopendrina</i> . |
| 碎珊瑚带<br><i>Dead Coral Fragments</i> Zone | 50        | 美丽鹿角珊瑚 <i>Acropora formosa</i> , 网纹梯形蟹 <i>Trapezia areolata</i> , 红点梯形蟹 <i>T. guttata</i> , 铁锈梯形蟹 <i>T. ferruginea</i> , 金星绿蟹 <i>Chlorodiella cytherea</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal Zone</i>          | 70        | 笙珊瑚 <i>Tubipora musica</i> , 短角杯形珊瑚 <i>Pocillopora brevicornis</i> , 叶状蔷薇珊瑚 <i>Montipora foliosa</i> , 粗野鹿角珊瑚 <i>Acropora humilis</i> , 相异鹿角珊瑚 <i>A. dissimilis</i> , 疣状杯形珊瑚 <i>Pocillopora verrucosa</i> , 华贵多曲杯形珊瑚 <i>P. meandrina nobilis</i> , 粗糙菊花珊瑚 <i>Goniastrea aspera</i> , 黄集沙群海藻 <i>Palythoa stephensoni</i> , 孔石藻 <i>Porolithon onkodes</i> , 群棒花虫 <i>Clavularia viridis</i> , 黑栉蛇尾 <i>Ophiocoma crinaceus</i> , 糙大刺蛇尾 <i>Macrophiiothrix rugosa</i> , 沙氏辐蛇尾 <i>Ophioactis savignyi</i> , 短栉蛇尾 <i>Ophiocoma pusilla</i> , 阿拉伯蚶 <i>Arca arabica</i> , 石蛭 <i>Lithophaga lithura</i> , 广阔疣扇蟹 <i>Daira perlata</i> , 密毛瘤蟹 <i>Phymodius laysani</i> , 非洲矶沙蚕 <i>Eunice afra</i> .                                                                                               |

米。本带的死珊瑚块大多露出水面, 主要种类有珠母核果螺, 84 个, 46.08 克; 还有黄口核果螺 *Drupa ochostoma* 和栉齿核果螺 *D. spathulifera*。核果螺属的种类贝壳表面多具瘤状突起或短的棘刺, 壳口有齿, 通常为淡紫色或杏黄色, 生活在珊瑚礁的上面或缝隙中。截尾海兔 *Dolabella scapula*, 个体较大, 灰褐色, 匍匐在珊瑚块上, 5 月份可见到雌雄交尾状态。篱凤螺 *Strombus luhuanus*, 壳口红色, 生活在有海藻丛生的珊瑚沙中, 埋栖很浅, 数量很多。甲壳动物有蝙蝠毛刺蟹, 16 个, 10.72 克; 黑指绿蟹, 48 个, 11.84 克; 绒毛绿蟹, 96 个, 8.48 克。多毛类有刺毛虫 *Eurythoe complanata*、漂蚕、厚鳃蚕 *Dasybranchus caducus*、毛丝须鳃虫 *Cirriformia filifera* 和单毛索沙蚕 *Lumbri-nercis simplax*; 海绵动物有软海绵 *Halichondria* sp., 生物量 11.20 克。

## (2) 苍珊瑚带

东岛东北向断面的苍珊瑚带范围特别大, 有 350 米, 出现由苍珊瑚构成的集成礁, 还有佳丽鹿角珊瑚、舌状杯形珊瑚 *Pocillopora ligulata* 和岩山滨珊瑚 *Porites iwayamaensis* 等。

这一带的种类有棘皮动物的梅氏长海胆 *Echinometra mathaei*, 椭圆形, 穴居在礁洞里, 洞深约 30—40 厘米, 身体栗褐色。软体动物有山猫眼宝贝 *Cypraea lynx*, 几乎遍及整个苍珊瑚带, 特别在和上带毗邻的地带数量尤多, 这种贝类是东岛东北面动物区系组成的一个特点, 西沙群岛的其它岛屿山猫眼宝贝的数量远比东岛要少得多。此外, 在金银岛蔷薇-滨珊瑚带出现的砗磲、货贝、环纹货贝、疣缢芋螺、斑马蹄螺、黑指绿蟹等都在本带出现, 这可能是东岛东北面礁平台较狭窄的缘故。甲壳动物主要组成是各种蟹类和鼓虾, 如蝙蝠毛刺蟹、裸掌盾牌蟹 *Percnon planissimum*、皱纹克劳蟹 *Kraussia rugulosa*、绒毛银杏蟹 *Actaea tomentosa*、细足鼓虾 *Alpheus gracilipes*、尖额鼓虾 *A. parvirostris*、扫帚虾 *Saron marmoratus* 和岩虾 *Periclimenes* spp.。

在苍珊瑚带靠下部有一片拟刚毛藻滩, 有许多动物隐匿在藻丛中, 有的附着在岩石或缝隙中, 这个特殊的小生境退潮后暴露在气界的时间长, 发现的贝类大多有坚硬的贝壳, 如半紫猿头蛤 *Chama semipurpurata*、糙核果螺 *Drupa aspera*、金口嵌线螺 *Cymatium nicobaricum*。棘皮动物有白底辐肛参 *Actinopyga mauritiana*, 体长 35 厘米, 形似足底, 匍匐在死苍珊瑚的礁块上; 卵石嵌海星 *Bunaster lithodes* 和蜈蚣栉蛇尾 *Ophiocoma scolopendrina*, 这种蛇尾身体较大, 体色变幻, 生活在礁缝间, 干潮时仅露出腕的末梢, 涨潮时则把三个腕伸在水中摆动。甲壳动物大都是过隐居生活的小蟹类, 如网纹梯形蟹、红点梯形蟹、铁锈梯形蟹、绒毛银杏蟹和金星绿蟹等。多毛动物有方格吻沙蚕和裂虫。

### (3) 碎珊瑚带

由 380 米往下, 活的苍珊瑚骤然减少, 在这一片 50 米的范围内是死苍珊瑚碎块滩, 退潮后露出水面, 个别凹下的水塘退潮后呈静止状态, 里面丛生数量不多的美丽鹿角珊瑚。

从分带结构看, 东岛东北面的碎珊瑚带和金银岛东北面的鹿角珊瑚带和碎珊瑚带可以看作是同一个带, 但这里的鹿角珊瑚不茂盛, 是以混合带的形式出现的。

### (4) 珊瑚藻带

这一带范围 70 米, 优势种是笙珊瑚 *Tubipora musica*, 这种珊瑚呈红色, 和疣状杯形珊瑚、短角杯形珊瑚、华贵多曲杯形珊瑚、粗野鹿角珊瑚和粗糙菊花珊瑚等共同构成美丽的海生景观。本带的上半部出现零星的黄集沙群海葵和数量相当多的群棒花虫 *Clavularia viridis*, 笙珊瑚在这里数量较少。在礁缘的中心地带, 5 平方米的范围内笙珊瑚的覆盖面积约占 30%, 直径在 5—10 厘米的红色短角杯形珊瑚有 33 块, 黄集沙群海葵在数量上占优势。在礁缘地带的周围有许多水沟, 那里有很多皮壳状、粉红色的孔石藻, 藻脊十分明显。这一带的种类组成中无论在种类或数量上棘皮动物均占优势, 如黑栉蛇尾每平方米有 320 个, 700.96 克, 糙大刺蛇尾 16 个, 27.04 克, 此外还有沙氏辐蛇尾、短栉蛇尾、小栉蛇尾、丑海参 *Holothuria impatiens*、玉足海参 *H. leucospilota* 和辐肛参 *Actinopyga lacanora*。软体动物有阿拉伯蚶, 石蛭有 96 个, 41.28 克。甲壳动物如广阔疣扇蟹有 46 个, 161.76 克, 拟近扇蟹 *Paraxanthias* sp. 48 个, 44.00 克, 金星绿蟹 64 个, 4.64 克。多毛动物如非洲矶沙蚕 *Eunice afra* 19.84 克, 漂蚕 12.96 克, 毛丝须鳃虫 2.40 克, 此外还有海绵动物平板海绵 *Placospongia* sp. 36.80 克, 星虫 80 个, 6.72 克。

## 4. 东岛西南向礁平台断面

本断面主要种类组成见表 8。

### (1) 珊瑚砾带

这一带范围有 130 米,共发现 59 种动物。棘皮动物有紫轮参,个体小,蠕虫状,常成群生活,栖息密度为每平方米 20 个;环棘鞭蛇尾 *Ophiomastix annulosa*,个体较大,常把腕伸在水中摆动如鞭;此外还有梅氏长海胆、卵石嵌海星和两种海参——豹斑海参 *Holothuria pardalis* 和虎斑海参 *H. pervicax*。豹斑海参身体圆筒形,两端较细,体色浅黄带白色并混杂着由棕色斑点组成的纵条纹;虎斑海参身体淡褐色,有暗褐色虎皮斑纹。这两种海参都生活在珊瑚沙里。软体动物发现有 25 种,如核果螺、货贝、疣缢芋螺、花冠芋螺 *Conus coronatus*、波纹甲虫螺、杂色牙螺、海菊蛤、钳蛤和牡蛎等。甲壳动物发现有 17 种,如纹毛壳蟹、小厚纹蟹、隐绵蟹 *Cryptodromia* sp.、肝叶馒头蟹 *Calappa hepatica* 和凹足拟熟若蟹 *Zosimodes cavipes* 等。多毛动物有羽毛锯帚虫、自生模裂虫 *Tryposyllis prolifera* 和背蚓 *Notomastus* sp.。这一带还发现有黄殖翼柱头虫 *Ptychodera flava* 和美丽海绵 *Callyspongia* sp.。

### (2) 菊花-蜂巢珊瑚带

本带范围 20 米,共采到 71 种动物。棘皮动物有黑栉蛇尾、齿栉蛇尾、环棘鞭蛇尾和卵石嵌海星。软体动物是本带的主要组成者,有 37 种,占 50%: 在珊瑚块上营附着或固着生活的有草莓猿头蛤 *Chama frugum*、花栉孔扇贝等;在珊瑚沙里营潜埋生活的有网皱纹蛤 *Periglypta reticulata*,这是中、大型的双壳类,壳高和壳长均为 8 厘米,体形极凸,埋在沙中深约 15 厘米。甲壳动物除了隐匿生活的小蟹类如金星绿蟹、毛掌梯形蟹等外,还见到一些个体稍大的种类,如身体很扁、行动十分敏捷的单刺盾牌蟹 *Percnon guinotae* 和裸掌盾牌蟹 *P. planissimum*,还有铜铸熟若蟹和野生短桨蟹等。多毛动物有多眼虫 *Polyphthalmus pictus*、羽毛锯帚虫和杂色模裂虫 *Tryposyllis variegata*,海绵动物有德那地茄海绵 *Tetilla ternatensis*。

礁缘地带风浪很大,皮壳状的孔石藻数量比东北面少得多,也未见到黄集沙群海葵和群棒花虫。

表 8 东岛西南向礁平台断面的主要种类组成

| 带                                        | 范围<br>(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 珊瑚砾带<br><i>Dead Coral Rubbles Zone</i>   | 130       | 大海葵 <i>Stoichactis kenti</i> , 紫轮参 <i>Polycheira rufescens</i> , 蜈蚣栉蛇尾 <i>Ophiocoma scolopendrina</i> , 齿栉蛇尾 <i>O. dentata</i> , 环棘鞭蛇尾 <i>Ophiomastix annulosa</i> , 梅氏长海胆 <i>Echinometra mathaei</i> , 货贝 <i>Monetaria moneta</i> , 核果螺 <i>Drupa morum</i> , 疣缢芋螺 <i>Conus lividus</i> , 花冠芋螺 <i>C. coronatus</i> , 斑凤螺 <i>Strombus lentiginosus</i> , 粒突毛壳蟹 <i>Pilodius areolatus</i> , 小厚纹蟹 <i>Pachygrapsus minutus</i> , 肝叶馒头蟹 <i>Calappa hepatica</i> , 自生模裂虫 <i>Tryposyllis prolifera</i> , 黄殖翼柱头虫 <i>Ptychodera flava</i> . |
| 菊花-蜂巢珊瑚带<br><i>Goniastrea-Favia Zone</i> | 20        | 少片菊花珊瑚 <i>Goniastrea yamanaris</i> , 秘密角蜂巢珊瑚 <i>Favites abdita</i> , 粗野鹿角珊瑚 <i>Acropora humilis</i> , 白棘三列海胆 <i>Tripneustes gratilla</i> , 草莓猿头蛤 <i>Chama frugum</i> , 羽偏顶蛤 <i>Modiolus plumescens</i> , 网皱纹蛤 <i>Periglypta reticulata</i> , 犬齿螺 <i>Vasum ceramicum</i> , 蟹守螺 <i>Cerithium</i> spp., 带蝶螺 <i>Turbo petholatus</i> , 单刺盾牌蟹 <i>Percnon guinotae</i> , 铜铸熟若蟹 <i>Zosymus aeneus</i> .                                                                                                                                   |

### (三) 鱼 类

在西沙群岛岛屿周围的礁平台、阶地、暗礁、暗滩以及上部礁斜坡等较浅水域,珊瑚礁发达,水下地形复杂,生态环境多样,底栖海藻和无脊椎动物丰富,鱼类的种类和数量也多。以西沙群岛近岸水域调查材料为主的《南海诸岛海域鱼类志》<sup>[19]</sup>,共编入鱼类 521 种,分隶于 235 属、89 科、18 目,其中,生活于礁平台的种类约有 260 种,约占整个种类的一半;生活在礁缘和阶地的约有 200 种,约占 40%;生活在沿岸其他较浅水域的约有 50 种,约占 10%;而生活于较深水域的鱼类则为数甚微。这些鱼类中,与珊瑚礁环境关系密切的约 390 种,约占整个种数的 75%。西沙群岛鱼类中,种类最多的科有隆头鱼科 Labridae (54 种)、雀鲷科 Pomacentridae (42 种)、蝴蝶鱼科 Chaetodontidae (40 种)、鲳科 Serranidae (28 种)、鹦嘴鱼科 Scaridae (24 种)、笛鲷科 Lutjanidae (23 种)、刺尾鱼科 Acanthuridae (19 种)、海鳗科 Muraenidae (18 种)、鰕科 Holocentridae (18 种)、鳞鲀科 Balistidae (14 种)、鰕虎鱼科 Gobiidae (14 种)等。这 11 科只占总科数的 12%,其种数却占 56%。由此可以认为,西沙群岛水域的鱼类区系是珊瑚礁鱼类占优势的印度-西太平洋热带海洋鱼类区系的组成部分。

#### 1. 金银岛东北向礁平台断面

本断面主要种类组成见表 9。

##### (1) 蔷薇-滨珊瑚带

###### A. 碎珊瑚块亚带

低潮线起约 10 米范围内,为水深 70 厘米、底面平坦、布满死珊瑚碎块的浅水区。底质为珊瑚碎块、珊瑚砂或珊瑚贝壳砾岩的附近水中,可见到许多细纹动齿鲷 *Salarias fasciatus*、暗纹动齿鲷 *Salarias edentulus* 和横带动齿鲷 *Salarias dussumieri*。这些鱼受惊扰时,迅速躲进珊瑚碎块或死贝壳下的小孔穴内隐蔽。

###### B. 蔷薇-滨珊瑚散堆亚带

离岸约 10 米处,开始出现零星散布的橙黄滨珊瑚块小堆。宅泥鱼 *Dascyllus aruanus*、双斑豆娘鱼 *Abudefduf biocellatus*、素豆娘鱼 *Abudefduf glaucus*、白腹豆娘鱼 *Abudefduf leucogaster* 等小型雀鲷,在长满多枝蔷薇珊瑚和扁枝滨珊瑚等的橙黄滨珊瑚块周围,分别成群缓慢游动,一遇危险即逃入各自固有的珊瑚枝丛内。橙黄滨珊瑚块下面阴暗的洞穴里,可以看到蜂巢石斑鱼 *Epinephelus merra*、九线天竺鲷 *Apogon novemfasciatus*。蜂巢石斑鱼常在各自的活动范围——“领地”(Territory)内单独分散生活,是蔷薇-滨珊瑚带和苍珊瑚带上很常见、且易上钩的小型鲷科鱼类。敲开珊瑚块,可以看到棕拟雀鲷 *Pseudochromis fuscus*、黑鲗 *Plesiops melas* 以及深鰕虎鱼 *Bathygobius fuscus* 等小型隐栖性鱼类。云纹海鳗 *Echidna nebulosa*、细斑裸胸鳝 *Gymnothorax fimbriatus* 的幼鱼也在珊瑚岩块石缝中隐蔽。斑竹花蛇鳗 *Myrichthys colubrinus* 潜隐在珊瑚砂底下。冠海龙 *Corythoichthys fasciatus* 常分散地生活在珊瑚枝丛周围。角箱鲀 *Lactoria cornutus* 也在这一亚带出现,被追赶时迅速躲入邻近珊瑚枝丛中隐蔽。此外,水纹扁背鲀 *Canthigaster rivulatus* 和条纹刺尾鱼 *Acanthurus triostegus* 的幼鱼也在这一亚带见到。

表9 金银岛东北向礁平台断面的鱼类主要种类组成

| 带 和 亚 带                                     |                                                                 | 范围<br>(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 蔷薇-滨珊瑚带<br><i>Montipora-porites</i><br>Zone | 碎珊瑚块亚带<br><i>Coral Fragments and Sand Subzone</i>               | 10        | 细纹动齿鲷 <i>Salarias fasciatus</i> , 暗纹动齿鲷 <i>S. edentulus</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                             | 蔷薇-滨珊瑚散堆亚带<br><i>Montipora-porites Patched Blocks Subzone</i>   | 80        | 宅泥鱼 <i>Dascyllus aruanus</i> , 双斑豆娘鱼 <i>Abudefduf biocellatus</i> , 蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i> , 九带天竺鲷 <i>Apogon novemfasciatus</i> , 棕拟雀鲷 <i>Pseudochromis fuscus</i> , 黑鲷 <i>Plesiops melas</i> , 深鰕虎鱼 <i>Bathygobius fuscus</i> , 细斑裸胸鲷 <i>Gymnothorax fimbriatus</i> , 斑竹花蛇鰕 <i>Myrichthys colubrinus</i> , 冠海龙 <i>Corythoichthys fasciatus</i> , 角箱鲀 <i>Lactoria cornutus</i> , 水纹扁背鲀 <i>Canthigaster rivulatus</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                             | 蔷薇-滨珊瑚成堆亚带<br><i>Montipora-Porites Connected Blocks Subzone</i> | 220       | 新月锦鱼 <i>Thalassoma lunare</i> , 三斑海猪鱼 <i>Halichoeres trimaculatus</i> , 豆娘鱼 <i>Abudefduf sordidus</i> , 黑雀鲷 <i>Pomacentrus nigricans</i> , 黑斑雀鲷 <i>P. perspicillatus</i> , 栅纹眶棘鲈 <i>Scolopsis cancellatus</i> , 圆拟鲈 <i>Parapericis cylindrica</i> , 马夫鱼 <i>Heniochus acuminatus</i> , 鞭蝴蝶鱼 <i>Chaetodon ephippium</i> , 丝蝴蝶鱼 <i>C. auriga</i> , 密斑刺鲀 <i>Diodon hystrix</i> , 辐蓑鲀 <i>Pterois radiata</i> , 三叶唇鱼 <i>Cheilinus trilobatus</i> , 细鳞盔鱼 <i>Hologymnosus semidiscus</i> , 灰鹦嘴鱼 <i>Scarus sordidus</i> , 三带副绯鲤 <i>Parupeneus trifasciatus</i> .                                                                                                                                                                            |
| 苍珊瑚带<br><i>Heliopora coerulea</i> Zone      |                                                                 | 350       | 宅泥鱼 <i>Dascyllus aruanus</i> , 素豆娘鱼 <i>Abudefduf glaucus</i> , 线纹鱼 <i>Grammistes sexlineatus</i> , 金带齿颌鲷 <i>Gnathodentax aurolineatus</i> , 条鰕 <i>Holocentrus (Flammeo) sammara</i> , 斑点九棘鲈 <i>Cephalopholis argus</i> , 栅纹眶棘鲈 <i>Scolopsis cancellatus</i> , 丝蝴蝶鱼 <i>Caetodon auriga</i> , 玫瑰毒鲀 <i>Synanceia verrucosa</i> , 红鳍裸颊鲷 <i>Lethrinus haematopterus</i> , 云纹海鲷 <i>Echidna zebra</i> , 波纹裸胸鲷 <i>Gymnothorax unduratus</i> , 方斑海猪 <i>Halichoeres centiquadrus</i> , 暗纹锦鱼 <i>Thalassoma umbrostigma</i> , 条纹刺尾鱼 <i>Acanthurus triostegus</i> , 叉斑钩鳞鲀 <i>Balistapus aculeatus</i> , 三斑宅泥鱼 <i>Dascyllus trimaculatus</i> , 二带双锯鱼 <i>Amphiprion bicinctus</i> , 大牙潜鱼 <i>Carapus homei</i> , 裂唇鱼 <i>Labroides dimidiatus</i> . |
| 美丽鹿角珊瑚带 <i>Acropora formosa</i> Zone        |                                                                 | 100       | 红点叶鰕虎鱼 <i>Gobiodin erythrospilus</i> , 长鳍美塘鳢 <i>Eleotriodes longipinnis</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 珊瑚碎块带 <i>Dead Coral Fragments</i> Zone      |                                                                 | 80        | 丝条美塘鳢 <i>Eleotriodes strigatus</i> , 细纹动齿鲷 <i>Salarias fasciatus</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal</i> Zone             |                                                                 | 120       | 灰颊刺尾鱼 <i>Acanthurus glaucopareius</i> , 长吻盾尾鱼 <i>Naso unicornis</i> , 斑带拟羊鱼 <i>Mulloidichthys samoensis</i> , 三带副绯鲤 <i>Parupeneus trifasciatus</i> , 叉斑钩鳞鲀 <i>Balistapus aculeatus</i> , 黄斑篮子鱼 <i>Siganus oramin</i> , 黄尾光鳃鱼 <i>Chromis xanthurus</i> , 鞍斑锦鱼 <i>Thalassoma</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

续表 9

| 带 和 亚 带                         | 范围<br>(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal Zone</i> | 120       | <i>hardwicki</i> , 三斑海猪鱼 <i>Halichoeres trimaculatus</i> , 黑雀鲷 <i>Pomacentrus nigricans</i> , 波纹裸胸鳝 <i>Gymnothorax undulatus</i> , 云纹海鳝 <i>Echidna nebulosa</i> , 方柱鲷 <i>Hemirhamphus dussumieri</i> , 短鳍鲷 <i>Kyphosus lembus</i> , 青点鹦嘴鱼 <i>Scarus ghobban</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 阶 地 带<br><i>Terrace Zone</i>    |           | 褐梅鲷 <i>Caesio coeruleureus</i> , 白斑笛鲷 <i>Lutjanus bohar</i> , 黑羽鳃笛鲷 <i>Macolor niger</i> , 叉尾鲷 <i>Aphareus furcatus</i> , 红鳍裸颊鲷 <i>Lethrinus haematopterus</i> , 斑胡椒鲷 <i>Plectorhynchus chaetodonoides</i> , 单列齿鲷 <i>Monotaxis grandoculis</i> , 侧牙鲈 <i>Variola louti</i> , 白星石斑鱼 <i>Epinephelus summana</i> , 六带鲷 <i>Caranx (Caranx) sexfasciatus</i> , 大眼鲷 <i>Sphyræna forsteri</i> , 褐鳞鲷 <i>Balistes fuscus</i> , 白点叉鼻鲷 <i>Arothron meleagris</i> , 驼背大鹦嘴鱼 <i>Chlorurus gibbus</i> , 杂斑狗母鱼 <i>Synodus variegatus</i> , 棘鲷 <i>Holocentrus (Holocentrus) spinifer</i> 头带绯鲤 <i>Parupeneus chryserdros</i> , 青点鹦嘴鱼 <i>Scarus ghobban</i> . |

### C. 蔷薇-滨珊瑚成堆亚带

离岸约 90—310 米范围内, 低潮时水深约 1 米, 常年积水, 橙黄滨珊瑚块连成大堆。从此开始可看到个体较大、游动能力较强的雀鲷科鱼类, 如豆娘鱼 *Abudefduf sordidus*、六带豆娘鱼 *Abudefduf sexfasciatus*、五带豆娘鱼 *Abudefduf vaigiensis*、黑斑雀鲷 *Pomacentrus perspicillatus* 等。这些种类在珊瑚块之间水体中, 形成小群体快速游动。黑斑雀鲷常追逐潜水者, 把鱼体垂直面对水镜凝视潜水者的行动。新月锦鱼 *Thalassoma lunare*、鞍斑锦鱼 *Thalassoma hardwicki*、三斑海猪鱼 *Halichoeres trimaculatus*、方斑海猪鱼 *Halichoeres centiquadrus* 以及细鳞盔鱼 *Hologymnosus semidiscus* 等游动能力较强的隆头鱼科鱼类也开始出现, 它们单独或小群自由窜游。把敲开的砗磲投掷水中, 这些隆头鱼类就从四面八方迅速聚集, 凶猛啄食, 随后雀鲷科和其他小型鱼类聚集摄食, 拳头大小的砗磲肉一会即被吃尽。涨潮时在橙黄滨珊瑚块上垂钓, 隆头鱼类首先聚集, 尔后附近的雀鲷鱼类赶来。有些雀鲷如黑雀鲷 *Pomacentrus nigricans* 从孔穴中游出, 以尖锐的栉状齿咬食钓鱼者腿脚受伤部位的皮肤。在布满珊瑚碎块的底面上, 可以看到圆拟鲈 *Parapercis cylindrica*、斑尾拟鲈 *Parapercis hexophthalma* 静静地匍匐着。马夫鱼 *Heniochus acuminatus* 的幼鱼啄食珊瑚碎块上生长的藻类, 缓缓活动, 被追赶时即快速逃走。在珊瑚岩块间的洞穴内, 常可看到丝蝴蝶鱼 *Chaetodon auriga*、鞭蝴蝶鱼 *Chaetodon ephippium*、新月蝴蝶鱼 *Chaetodon lunula*。它们被追赶时, 迅速躲进狭窄的石缝间隙, 如被迫赶出则迅速逃入邻近的岩块里隐蔽。花斑短蓑鲉 *Brachirus zebra* (图版 I:5)、辐蓑鲉 *Pterois radiata* 也在同一小生境中缓慢活动。九斑刺鲀 *Diodon novemaculatus*、密斑刺鲀 *Diodon hystrix* 也常单独隐栖在珊瑚岩块的洞穴中, 遇敌时吸入大量的水或空气, 使鱼体膨胀成球形, 竖立强刺进行自卫 (图版 II:1, 2)。三叶唇鱼 *Cheilinus trilobatus* 也在类似的环境中见到。灰鹦嘴鱼 *Scarus sordidus*、红牙鹦嘴鱼 *Scarus erythron* 等小型鹦嘴鱼在碎珊瑚块的底面上单独或小群寻

觅食物。三带绯鲤 *Parupeneus trifasciatus* 则不时摆动颌下的长须在碎珊瑚块上缓慢觅食,受扰时立刻收起长须飞快游走。

## (2) 苍珊瑚带

范围约 350 米的苍珊瑚带由一条条长短不等,基本上与礁缘平行排列的苍珊瑚岩块和沟槽构成。这些苍珊瑚岩块形成不规则的“屏风”,在退潮时出现三种不同的栖息场所:“屏风”顶部和两侧生长的活苍珊瑚枝丛;“屏风”中下侧部形成大小不同、形状复杂的阴暗小洞穴;排列于“屏风”之间的宽狭不同、水深约 1 米、相互沟通的沟槽。这些不同栖息场所内的鱼类种类也不相同。在活苍珊瑚枝丛周围能看到宅泥鱼、素豆娘鱼、黑雀鲷等小型雀鲷科鱼类。在阴暗的小洞穴里常可看到金带齿颌鲷 *Gnathodentex aurolineatus*、条鳃 *Holocentrus* (*Flammeo*) *sammara*、红鳃 *Holocentrus* (*Holocentrus*) *ruber*、斑点九棘鲈 *Cephalopholis argus*、栅纹眶棘鲈 *Scolopsis cancellatus* 等隐蔽。在较大的小洞穴里还能看到丝蝴蝶鱼、鞭蝴蝶鱼和线纹鱼 *Grammistes sexlineatus*。有时还能看到红鳍裸颊鲷 *Lethrinus haematopterus* 和杂色裸颊鲷 *Lethrinus variegatus* 的幼小个体,从渔获的分析来看,它们是随着涨潮进入礁平台暂时逗留在这一小生境的。在这些狭窄的小洞穴里同时栖息着各种不同的鱼类,种类数往往大于每一种类的个体数。每一类的个体大小大致相同。尽管它们多数是肉食性种类,却巧妙地保持着稳定的种间关系。在小洞穴脚下,玫瑰毒鲈 *Synanceia verrucosa* (图版 II:3) 常借保护色隐蔽,伺机捕食小型鱼和无脊椎动物。在“屏风”之间的沟槽里,三斑海猪鱼、方斑海猪鱼、暗斑锦鱼 *Halichoeres trimaculatus* 等成小群游动。人们走进沟槽时,灰颊刺尾鱼 *Acanthurus glaucopareus*、条纹刺尾鱼、叉斑钩鳞鲀 *Balistapus aculeatus* (图版 I:6)、波纹钩鳞鲀 *Balistapus undulatus* 等成群地迅速逃入相联另外的沟槽。这种情景与那些隐栖性鱼类形成明显的对照。在“屏风”基部或沟槽底面生长着大型海葵 *Stoichactis kentii*,在其周围二带双锯鱼 *Amphiprion bicinctus* 缓缓游动,遇敌时立即躲进海葵触手丛或口盘内隐蔽。在这些双锯鱼和海葵之间,能够看到动物之间的互利共生关系。在这里与海葵共生的种类,还有白条双锯鱼 *Amphiprion frenatus*、背纹双锯鱼 *Amphiprion akallopisus* 和三斑宅泥鱼 *Dascyllus trimaculatus*。在同一环境中可以看到共生于海参泄殖腔的大牙潜鱼 *Carapus homei*。它们常与绿刺参、花刺参和蛇目参等共生,白天躲藏在海参泄殖腔内,夜间出外觅食。苍珊瑚带边缘的浅水沟里,常看到单独地顶水游动而并不进退的裂唇鱼 *Labroides dimidiatus*。

## (3) 美丽鹿角珊瑚带

退潮时在鹿角珊瑚枝密集丛生的浅水洼里,只见到素豆娘鱼、白腹豆娘鱼、宅泥鱼等小型雀鲷科鱼类。在珊瑚枝隙缝间,可见到红点叶鰕虎鱼 *Gobiodon erythropsilus*、副叶鰕虎鱼 *Paragobiodon echinocephalus*、长鳍美塘鳢 *Eleotriodes longipinnis*、深鰕虎鱼等小型鰕虎鱼类。它们的游动能力弱,活动范围小,把鹿角珊瑚丛作为自己安全的栖息场所。

西沙渔民常在浅而平坦的鹿角珊瑚带上放置高约 1 米、长约 50 至 100 米的挂网,捕捉涨退潮时经过这一带的鱼类。作者看到的种类有:侧牙鲈 *Variola louti*、斑点九棘鲈 *Cephalopholis argus*、尾纹九棘鲈 *Cephalopholis urodelus*、蜂巢石斑鱼、栅纹眶棘鲈、金带齿颌鲷、三带副绯鲤、斑带拟羊鱼 *Mulloidichthys samoensis*、褐篮子鱼 *Siganus fuscescens*、五带鹦嘴鱼 *Scarus venosus*、蓝颊鹦嘴鱼 *Scarus janthochir* 等。据渔获物分析,在涨退潮

时有不少种类来回游动于礁缘和礁平台之间。

#### (4) 珊瑚碎块带

这一带在退潮时常露出水面,在死珊瑚碎块堤的两侧常形成浅水洼,这里可看到细纹动齿鲷、丝条美塘鳢 *Eleotriodes strigatus*、深鰕虎鱼等在浅水环境生活的种类。

#### (5) 珊瑚藻带

礁缘边缘形成发达的棱沟系 (Spur-groove system), 在锯齿状的礁缘棱脊之间形成礁缘沟, 并有由礁缘沟进一步溶化而成的礁缘池。在礁缘沟中看到成群的条尾刺尾鱼、灰颊刺尾鱼、纵带刺尾鱼 *Acanthurus lineatus* 等。还可看到长吻盾尾鱼 *Naso unicornis*、短吻盾尾鱼 *Naso brevirostris*、斑带拟羊鱼、金带拟羊鱼 *Mulloidichthys auriflamma*、波纹沟鳞鲀等。这些种类个体较大, 游动能力较强, 在形状复杂、水流湍急的礁缘沟中灵活地活动。礁缘池内水体平静, 可以看到黄尾光鳃鱼 *Chromis xanthurus*、黑雀鲷等雀鲷科鱼类以及鞍斑锦鱼、新月锦鱼、三斑海猪鱼等隆头鱼科中较喜静水的种类。在礁缘的洞穴中, 常可看到波纹裸胸鳚 *Gymnothorax undulatus*、云纹海鳚等长约 1 米多的大型海鳚科鱼类, 穴栖时仅露出头部。涨潮时从船上观察到成群的大型青点鹦嘴鱼 *Scarus ghobban* 和绿唇鹦嘴鱼 *Scarus forsteri* 乘潮水进入礁平台。它们成群地聚栖在礁前 (reef front), 一遇敌害即躲入洞穴。鹦嘴鱼被认为是活珊瑚的破坏者之一<sup>[16]</sup>, 但从整个珊瑚礁生态系的生产来看, 仍可认为它们是积极利用珊瑚的次级生产者。在礁缘的挂网渔获中可以看到方柱鲷 *Hemirhamphus dussumieri*、短鳍鲷 *Kyphosus lembus*、长鳍鲷 *Kyphosus cinerascens*。西沙渔民在礁缘上设置的海龟 *Chelonia mydes* 定置网里, 作者看到体长约 4 米的侧条真鲨 *Carcharhinus pleurotaenia*、体盘长 1 米多的黑斑条尾魮 *Taeniura melanospilos* 和蝠鲼 *Mobula* sp. 等, 可见鲨鱼也进入这一带。在真鲨的鳃孔内可找到营内生生活 (entökie) 的短魮 *Remora remora*。

#### (6) 阶地带

礁缘外面有宽阔发达、水深分别为 15—20 米和 40—60 米的第二级和第三级阶地, 第三级阶地宽达十几公里。这一阶地环境栖息着不少大型经济鱼类, 是西沙渔民开展流网、围网、钓钩等作业的良好渔场。从渔民的渔获中见到的种类有: 褐梅鲷 *Caesio coerulaureus*、黄背梅鲷 *Caesio xanthonotus*、二带梅鲷 *Caesio diagramma*、白斑笛鲷 *Lutjanus bohar*、黑羽鳃笛鲷 *Macolor niger*、叉尾鲷 *Aphareus furcatus*、红鳍裸颊鲷、长吻裸颊鲷 *Lethrinus miniatus*、斑胡椒鲷 *Plectorhynchus chaetodonoides*、单列齿鲷 *Monotaxis grandoculis*、侧牙鲈、青星九棘鲈 *Cephalopholis moniatus*、红九棘鲈 *Cephalopholis sonnerati*、白星石斑鱼 *Epinephelus summana*、六带鲈 *Caranx (Caranx) sexfasciatus*、纺锤鲷 *Elagatis bipinnulatus*、脂眼凹肩鲷 *Selar crumenophthalmus*、大眼鲷 *Sphyræna forsteri*、褐鳞鲀 *Balistes fuscus*、绿鳞鲀 *Balistes viridescens*、白点叉鼻鲀 *Arothron meleagris*、赤鰕 *Holocentrus (Holocentrus) erythraeus*、棘鰕 *Holocentrus (Holocentrus) spinifer*、驼背大鹦嘴鱼 *Chlorurus gibbus*、青点鹦嘴鱼、杂斑狗母鱼 *Synodus variegatus*、头带副绯鲤 *Parupeneus chryserdros* 等。

褐梅鲷是西沙群岛海域单产量最高的经济鱼类之一。每年二、三月份, 大量褐梅鲷成群聚集在西沙群岛的较浅水域进行生殖洄游, 四月中下旬渔期结束, 鱼群则分布到广阔的

海域。西沙渔民常利用褐梅鲷的集群和性腺发育状况来判断渔期。

夜间在阶地海面停泊的船只打开照明灯,很快就会出现许多尖头燕鲷鱼 *Cypselurus oxycephalus* 等飞鱼科鱼类在明亮的海面飞跃,随后六带鲂、刺鲛 *Acanthocybium solandri* 等靠拢过来追逐燕鲷鱼,海面呈现十分活跃的景象。

## 2. 金银岛西南向礁平台断面

本断面主要种类组成见表 10。

### (1) 珊瑚沙带

退潮时露出一片平坦洁白的珊瑚细沙滩。只在涨潮时观察到黄鲷 *Mugil vaigiensis*、栅纹眶棘鲈、长棘银鲈 *Gerres acinaces*、细鳞鲷 *Therapon jarbua* 等小群游入此带。

### (2) 苍珊瑚带

西南面苍珊瑚带远不如东北面的发育好,几乎没有形成复杂的小生境。退潮时在死珊瑚岩块下面的小水洼中见到蜂巢石斑鱼、九线天竺鲷、冠棘鲷 *Scorpaena hatizyoensis*、短鳍小鲷 *Scorpaenodes guamensis*、玳瑁 *Eviota abax*、深鰕虎鱼等小型隐栖性鱼类。它们隐蔽在珊瑚岩块下面,能够适应礁平台在退潮时的水温上升,以及暴雨冲淡海水引起的盐度下降,或台风季节潮水猛烈冲击等变化多端的恶劣环境。可以认为它们是属于广温广盐性小型隐栖性鱼类。

表 10 金银岛西南向礁平台断面的鱼类主要种类组成

| 带                                      | 范围<br>(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 珊瑚沙带<br><i>Coral Sand Zone</i>         | 150       |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 苍珊瑚带<br><i>Heliopora coerulea Zone</i> | 200       | 蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i> , 九线天竺鲷 <i>Apogon novemfasciatus</i> , 冠棘鲷 <i>Scorpaena hatizyoensis</i> , 玳瑁 <i>Eviota abax</i> , 深鰕虎鱼 <i>Bathygobius fuscus</i> .                                                                                                                          |
| 鹿角珊瑚带<br><i>Acropora Zone</i>          | 70        | 蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i> , 花斑短蓑鲷 <i>Brachirus zebra</i> , 斑鳍蓑鲷 <i>Pterois volitans</i> , 云斑海鲳 <i>Echidna nebulosa</i> , 叉斑钩鳞鲀 <i>Balistapus aculeatus</i> , 细斑裸胸鲳 <i>Gymnothorax fimbriatus</i> .                                                                                     |
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal Zone</i>        | 30        | 三斑海猪鱼 <i>Halichoeres trimaculatus</i> , 新月锦鱼 <i>Thalassoma lunare</i> , 黑雀鲷 <i>Pomacentrus nigricans</i> , 灰颊刺尾鱼 <i>Acanthurus glaucopareius</i> , 短吻盾尾鱼 <i>Naso brevirostris</i> , 斑带拟羊鱼 <i>Mulloidichthys samoensis</i> , 褐鳞鲀 <i>Balistes fuscus</i> , 鞍斑裸胸鲳 <i>Gymnothorax petelli</i> . |

### (3) 鹿角珊瑚带

此带活珊瑚的发育也较差,死珊瑚块不规则地分布在珊瑚沙滩之间。退潮时只有在珊瑚岩块下面水洼中才能看到花斑叉指蓑鲷、斑鳍蓑鲷 *Pterois volians*、蜂巢石斑鱼等小型鱼类。敲开珊瑚石块,则可看到细斑裸胸鲳、云纹海鲳等幼鱼。在连接礁缘的死珊瑚块滩浅水处,叉斑钩鳞鲀和斜带钩鳞鲀的幼鱼成群索饵,受惊扰时就纷纷收起背鳍棘直向深水处游走。

### (4) 珊瑚藻带

在礁缘沟中看到灰颊刺尾鱼、纵带刺尾鱼、斑带拟羊鱼以及叉斑钩鳞鲀等。在礁缘

看到短吻盾尾鱼、褐鳞鲀和鞍斑裸胸鲿 *Gymnothorax petelli* 等。在礁缘池中看到三斑海猪鱼、方斑海猪鱼、新月锦鱼、暗斑锦鱼等隆头鱼类，也看到黑雀鲷、三斑雀鲷 *Pomacentrus tripunctatus* 等雀鲷鱼类。

### 3. 东岛东北向礁平台断面

本断面种类主要组成见表 11。

#### (1) 橙黄滨珊瑚带

沙滩下缘珊瑚砾岩露头处，退潮时在岩块下方形成一条宽约 5 米、深约 1 米、常年积水的小水沟。这里可看到栅纹眶棘鲈、金带齿颌鲷等游动能力较强的鱼类。人们一到岩块上面，它们就立刻躲进岩块下方的洞穴内。在水沟边的珊瑚块中，可挖出细斑裸胸鲿的幼鱼。越过小水沟，在发育较差的橙黄滨珊瑚块下面的浅水洼里，可以看到细纹动齿鲷、蜂巢石斑鱼、九线天竺鲷、黑鲗等隐栖性小型鱼类。还有双斑豆娘鱼和素豆娘鱼躲藏在石块下。

#### (2) 苍珊瑚带

此带苍珊瑚长得粗矮而平扁，珊瑚块之间的水沟浅而狭窄，形成狭小的积水环境。退潮时水沟里看不到游动的鱼类，只有在苍珊瑚岩块四周底部孔穴中，可以看到隐栖着的蜂巢石斑鱼、九线天竺鲷、双带天竺鲷 *Apogon taeniatus* 等小型鱼类。双斑豆娘鱼、素豆娘鱼也在孔穴中隐蔽。夜间只有双带天竺鲷在水沟中游动。

表 11 东岛东北向礁平台断面的鱼类主要种类组成

| 带                                           | 范围<br>(米) | 主 要 种 类 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 橙黄滨珊瑚带<br><i>Porites lutea</i> Zone         | 30        | 栅纹眶棘鲈 <i>Scolopsis cancellatus</i> , 金带齿颌鲷 <i>Gnathodentax aurolineatus</i> , 细斑裸胸鲿 <i>Gymnothorax fimbriatus</i> , 细纹动齿鲷 <i>Salarias fasciatus</i> , 蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i> , 九线天竺鲷 <i>Apogon novemfasciatus</i> , 双斑豆娘鱼 <i>Abudefduf biocellatus</i> .                                                                                                           |
| 苍珊瑚带<br><i>Heliopora coerulea</i> Zone      | 350       | 蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i> , 九线天竺鲷 <i>Apogon novemfasciatus</i> , 双带天竺鲷 <i>A. taeniatus</i> , 素豆娘鱼 <i>Abudefduf glaucus</i> , 黑雀鲷 <i>Pomacentrus nigricans</i> , 三斑海猪鱼 <i>Halichoeres trimaculatus</i> , 新月锦鱼 <i>Thalassoma lunare</i> , 斑尾拟鲈 <i>Parapericis hexophthalma</i> .                                                                                        |
| 碎珊瑚带<br><i>Dead Coral Fragments</i><br>Zone | 50        | 细纹动齿鲷 <i>Salarias fasciatus</i> , 素豆娘鱼 <i>Abudefduf glaucus</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 珊瑚藻带<br><i>Coral Algal</i> Zone             | 70        | 暗斑锦鱼 <i>Thalassoma umbrostigma</i> , 灰颊刺尾鱼 <i>Acanthurus glaucopareius</i> , 乳斑鲷 <i>Holocentrus (Holocentrus) lacteoguttatus</i> , 大眼银汉鱼 <i>Atherina forskali</i> , 斑带拟羊鱼 <i>Mulloidichthys samoensis</i> , 鲷 <i>Cirrhitus pinulatus</i> , 短鳍鲷 <i>Kyphosus lembus</i> , 黄斑篮子鱼 <i>Siganus oramin</i> , 黑尻鲷 <i>Caranx (Caranx) melampygus</i> , 密斑刺鲀 <i>Diodon hystrix</i> . |

涨潮时这一带水下的情景截然不同。在齐肩深的开阔水体中，三斑雀鲷、黑雀鲷、蓝光鲷鱼、黑豆娘鱼等从隐蔽的孔穴中出来活跃地游动。三斑海猪鱼、纵带海猪鱼、新月锦鱼、亦单独或小群地自由游动。在珊瑚碎块的底面上见到静静地匍匐着的圆拟鲈、斑尾拟鲈等。还有褐篮子鱼、细鳞鲷、条纹刺尾鱼等在成群快速游动。

### (3) 碎珊瑚带

退潮时在坎坷不平的浅水滩上只见到横纹动齿鲷、素豆娘鱼等。

### (4) 珊瑚藻带

在礁缘沟里可以看到斑带拟羊鱼、灰颊刺尾鱼,礁缘池中有新月锦鱼、暗斑锦鱼在游动。乳斑鰾 *Holocentrus (Holocentrus) lacteoguttatus*、密斑刺鲀等隐栖在礁缘洞穴阴暗处。夜间,鲷 *Cirrhitus pinnulatus* 游到礁缘沟顶端。在礁缘池表层,大眼银汉鱼 *Atherina forskali* 的幼鱼成群游动。礁缘挂网渔获中看到短鳍鲷、黄斑篮子鱼 *Siganus oramin*、方柱鲷以及黑尻鲷 *Caranx (Caranx) melampygus* 幼鱼等种类。

## 4. 东岛西南向礁平台断面

本断面主要种类组成见表 12。

### (1) 珊瑚砾带

这里的造礁珊瑚发育较差,退潮时即是布满死珊瑚块和贝壳的浅水滩。珊瑚岩块下面仅看到蜂巢石斑鱼、九线天竺鲷、短鳍小鲷等小型鱼类以及云斑海鲳和花斑裸胸鲳的幼鱼。

### (2) 菊花-蜂巢珊瑚带

礁缘池中可看到黑豆娘鱼、卵雀鲷、鞍斑锦鱼等。在洞穴中还看到乳斑鰾和褐篮子鱼。个体大的细斑裸胸鲳穴栖在礁缘的孔穴中;礁缘下面的洞穴中有个体大的纹腹叉鼻鲀 *Arothron hispidus* 隐栖。

表 12 东岛西南向礁平台断面的鱼类主要种类组成

| 带<br>Zone                         | 范围(米)<br>Range (m) | 主 要 种 类 组 成 Composition of main species                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 珊瑚砾带<br>Dead Coral Rubbles Zone   | 130                | 蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i> , 九线天竺鲷 <i>Apogon novemfasciatus</i> , 短鳍小鲷 <i>Scorpaenodes guamensis</i> , 云纹海鲳 <i>Echidna nebulosa</i> , 花斑裸胸鲳 <i>Gymnothorax pictus</i> .                                                    |
| 菊花-蜂巢珊瑚带<br>Goniastera-Favia Zone | 20                 | 黑豆娘鱼 <i>Abudefduf melas</i> , 鞍斑锦鱼 <i>Thalassoma hardwicki</i> , 乳斑鰾 <i>Holocentrus (Holocentrus) lacteoguttatus</i> , 细斑裸胸鲳 <i>Gymnothorax fimbriatus</i> , 纹腹叉鼻鲀 <i>Arothron hispidus</i> , 褐篮子鱼 <i>Siganus fuscescens</i> . |

## 5. 小结

(1) 夏季退潮时能看到西沙群岛礁平台鱼类较明显的分带分布结构。可以认为,这种分带分布结构与礁平台造礁珊瑚构成的水体小生境有关。两个岛屿的东北面造礁珊瑚发育良好,礁平台宽广,周年积水,底栖藻类和无脊椎动物丰富,小生境范围较广,鱼类的种类和数量均多;其西南面则造礁珊瑚发育较差,没有构成稳定的积水环境,鱼类的种类和数量均较少。

(2) 在宽广的东北面礁平台的近岸处栖息着游动能力差、定居性强、个体小的种类,如横纹动齿鲷、双斑豆娘鱼、蜂巢石斑鱼等;其中部出现游动能力和移游性较强、个体中等大小的种类,如新月锦鱼、栅纹眶棘鲈、叉斑钩鳞鲷等;在礁缘分布着游动能力和移游性均强的种类,如灰颊刺尾鱼、斑带拟羊鱼、短鳍鲷等。不少种类,如条纹刺尾鱼、云纹海鲳,其幼

鱼生活在岸边,而成鱼则生活在礁缘,随着个体成长而移居。这种分布与风浪的冲击自礁缘向礁平台近岸逐渐减弱有直接关系。

(3) 除相对稳定的分带分布外,栖息于礁缘的种类,如灰颊刺尾鱼、青点鹦嘴鱼、黄斑篮子鱼等,随着潮水的涨落而进出于礁平台;栖息于礁平台浅水环境的不少种类,如黑雀鲷、三斑海猪鱼、栅纹眶棘鲈等,退潮时隐蔽在珊瑚岩块洞穴等处,涨潮时则游动于礁平台水体之中。这种情况在积水浅的东岛东北面尤为明显。

## 四、讨 论

1. 比较金银岛与东岛东北面礁平台的分带结构和动植物的组成,可以看出两岛虽基本相似,但有显著不同。金银岛礁平台显著发达,近岸的蔷薇-滨珊瑚带很宽,周年积水的环境形成几种不同的小生境,根据藻类、无脊椎动物和鱼类的分布特点和优势种,还可分为若干亚带。东岛的橙黄滨珊瑚带范围很狭窄而且生境单一,但苍珊瑚生长却十分茂盛,苍珊瑚带范围占整个断面的70%,这是金银岛所不及的。金银岛的美丽鹿角珊瑚带范围达100米,鹿角珊瑚十分茂盛;而东岛却未形成此带,只在小面积的水塘中有为数不多的鹿角珊瑚,但在其珊瑚藻带却可见到比金银岛数量更占优势的笙珊瑚。两个岛屿的礁缘都生长着覆盖率达50—70%的粉红色的孔石藻脊。

金银岛和东岛的西南面礁平台均不发达,特别是东岛受到猛烈的西南风和波浪的影响,活珊瑚发育差,分带结构与东北面相差甚多。金银岛位于群岛内侧,西南面的礁平台受风浪的冲击相对较弱,分带结构比东岛明显得多。金银岛西南面的礁缘有许多礁缘池,保持了相对稳定的小生境,在礁缘池内,珊瑚和各类动植物生长都比较好。

2. 西沙群岛礁平台的分带结构和各个带的主要种类组成,与典型的热带太平洋珊瑚礁如马绍尔群岛、加罗林群岛等十分相似。但其东北面礁缘内侧通常生长着大量粉红色皮壳状石灰藻和黄色皮壳状黄集沙群海葵,尤其是孔石藻的发育良好,大片覆盖,形成略微隆起的边缘型藻脊(Rim-type algal ridge)<sup>[45]</sup>,从这点来看,则与Davies, Stoddart 和 Sigeo (1971)<sup>[58]</sup>,等报告的东印度洋马尔代夫群岛 Addu 环礁藻脊的情况又很相似。这种藻脊通常是作为大洋礁(Oceanic reef)的一个重要标志而为所有研究印度-西太平洋珊瑚礁的学者所重视。由于西沙群岛地处热带太平洋珊瑚礁分布中心的北部地区,虽然孔石藻覆盖面积较大,藻脊发育良好,但隆起较低,见不到马绍尔群岛那种高的单斜型藻脊(Cuesta-type algal ridge)。因此我们认为西沙群岛珊瑚礁是介于热带印度洋与西太平洋珊瑚礁之间的一个过渡类型。

最近,邹仁林等<sup>[47]</sup>认为西沙群岛礁平台没有藻脊。对此问题,我们将另文探讨。

3. 造礁珊瑚在世界上有两个分布中心。一个是从红海到马绍尔群岛的印度-西太平洋区;另一个是从中美洲到西印度群岛的西大西洋区。在印度洋和太平洋,已知的造礁石珊瑚有700多种,分隶于80个属和亚属。我国科学工作者在西沙珊瑚的研究中已鉴定各种石珊瑚11科、33属、113种<sup>[41]</sup>。随着今后工作的继续深入开展,属数和种数一定还能增加。造礁珊瑚的属数是从分布中心向外围逐渐递减的。决定珊瑚地理分布的最首要条件是水温,特别是维持生殖活动的最低水温。从西沙群岛的地理位置和环境条件来看,我们

初步认为它是处在印度-西太平洋分布中心的近北缘。

4. 西沙群岛礁平台的底栖海藻中,绿藻如总状蕨藻、大叶仙人掌藻、西沙钙扇藻等,多数生长在浅水沙地或礁石表面;褐藻如毛孢藻、喇叭藻等,常生长在较深的地方;而红藻如绒毛乳节藻、红肠藻、网枝藻等,多数生长在礁石背面及缝隙等背光的地方。礁平台的海藻在冬季(12月—4月)生长良好,5月以后明显衰败,这主要是由于夏季礁平台表面温度急骤升高,不适合海藻生长。

西沙群岛礁平台的无脊椎动物有几种生态类型:散栖型,如蓝指海星、砗磲、白棘三列海胆等,裸露地生活在基面上;附(固)着型,如各种牡蛎、珍珠贝、海菊蛤等;穴居型,如石蛭、砗磲、海胆等;埋栖型,如多种螺类、蛤类、心形海壶、多毛类等;移动型,如多毛类的矾沙蚕,各种寄居蟹、扇蟹等;游动型,如虾蛄及铰蛤等。

5. 有些学者探讨了珊瑚礁鱼类的生态类型,Okuno(奥野)<sup>[62]</sup>根据它们的活动特性,将其分为四类:(1)群游型(schooling type);(2)聚栖型(assemblage type);(3)散游型(solitary hovering type);(4)散栖型(solitary residing type)。

结合珊瑚礁礁栖鱼类的栖所、食物以及生殖活动等所表现出来的生态特性和与之相关的形态变化来分析,西沙群岛的礁栖鱼类,也可以看出有如下四种生态类型:(图12)

(1) 礁缘礁平台散栖型(The reef-margin and flat solitary-residing type):以单独个体遍布于整个礁缘和礁平台水下环境,常分散隐栖在固定的珊瑚丛或孔穴中,形成各自的“领地”。它们适应各种珊瑚礁小生境,形态分化明显,体形和体色变化多样。属于这类型的有云斑海鲳、鞭蝴蝶鱼、双斑豆娘鱼、细纹动齿鲷等。

(2) 礁缘礁平台聚栖型(The reef-margin and flat aggregating type):以多数个体聚栖在礁缘、礁平台珊瑚丛或洞穴周围,遇敌时隐蔽于其中。口器常特化,食珊瑚、食藻或杂食。体色常鲜艳多彩。属于这类型的有青点鹦嘴鱼、宅泥鱼、二带双锯鱼等。

(3) 礁缘礁平台散游型(The reef-margin and flat solitary-hovering type):以单独个体或小群体游动于礁缘或礁平台开阔水域,常无固定隐蔽场所。具有发达的牙齿,常为食肉性。体形常侧扁长椭圆形,体色常鲜艳多彩。属于这类型的有新月锦鱼、三斑海猪鱼,细鳞盔鱼等。

(4) 礁缘阶地群游型(The off-reef-margin schooling type):以众多个体在礁缘和阶地的宽阔水域稳定集群,有秩序地行动,常以集群和持续快速的游动来寻觅食物和逃避敌害。体形常为纺锤形,体色单一。属于这类型的有褐梅鲷、短鳍鲷等。

6. 在西沙群岛,有不少有毒鱼类广泛分布于礁缘和礁平台水域。其中,属于射毒鱼类(venomous fishes)的有蓑鲉、棘鲉、毒鲉、小鲉、篮子鱼、条尾魮等。属于含毒鱼类(poisonous fishes)的有扁背鲀、叉鼻鲀等。有些鱼类是从皮肤上释放毒素,如线纹鱼、角箱鲀、叶鰕虎鱼等。对这些有毒鱼类,应注意防备;它们所持有的有毒活性物质可积极加以利用。

在世界各地的珊瑚礁海域,不少经济鱼类被认为是可能含有雪卡毒素(ciguatera toxin)的肉毒鱼类(ciguatera-producing fishes)<sup>[42]</sup>。西沙群岛海域亦可以捕到这些种类,如白斑笛鲷、大眼鲷、棕点石斑鱼 *Epinephelus fuscoguttatus* (图版 II:4) 等。这次调查,通过对永兴岛以及其它十个岛屿食鱼情况的了解,尚没有看到和听到有关雪卡毒素中毒的病例。雪卡毒素的产生和循环与鱼类的食物有关,当然与整个珊瑚礁动植物的生态系也密切相关。

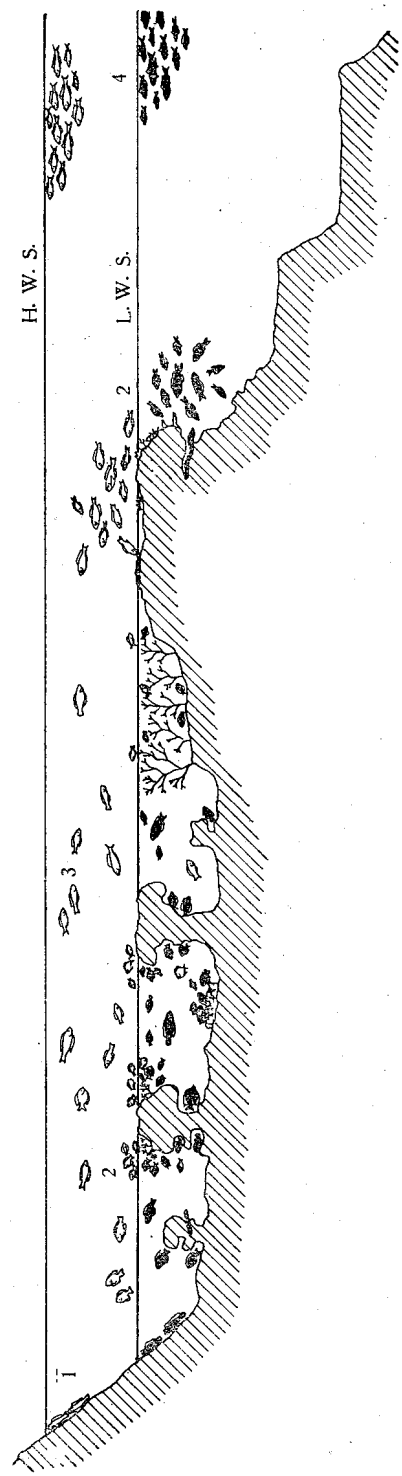
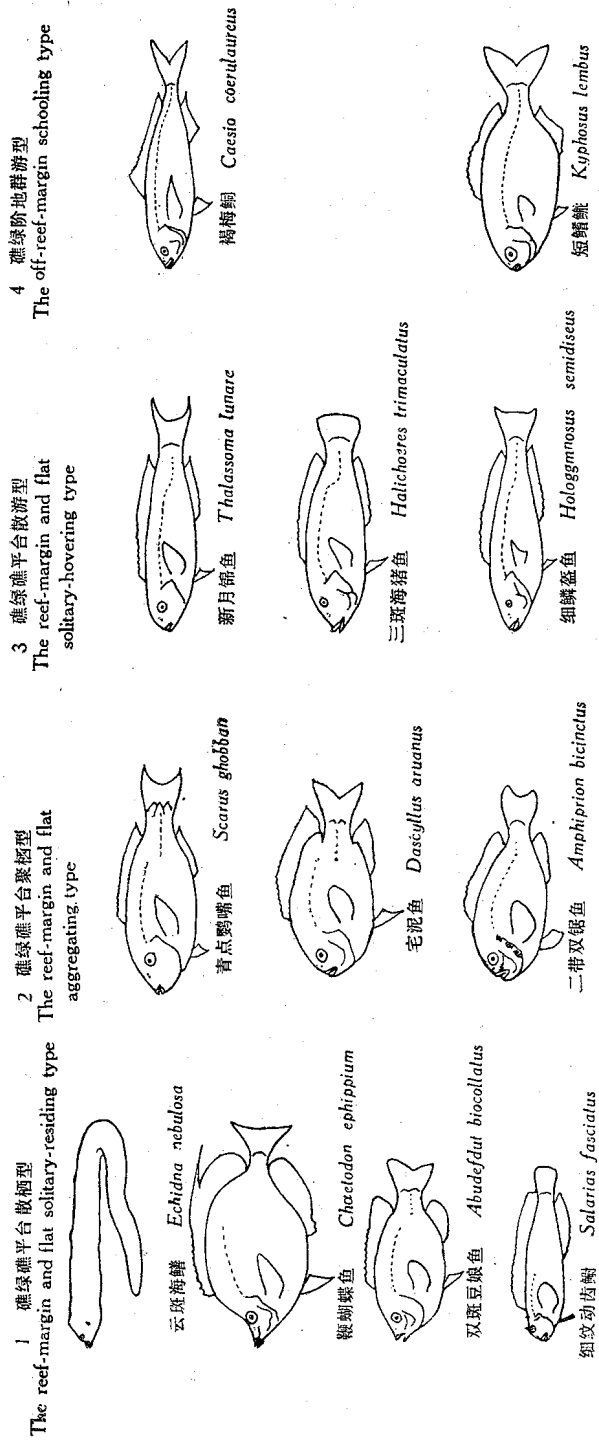


图 12 西沙群岛礁平台-阶地的四种珊瑚礁鱼类生态型

注：图中黑色者表示低潮时，白色者表示高潮时的生活状况。

所以关于肉毒鱼类的毒化问题,以及与此有关的生态系的变化,仍应予以足够的重视。

7. 近几年来,在某些地区如澳大利亚的大堡礁和太平洋的一些著名珊瑚礁,长棘海星 *Acanthaster planci* 的大量繁殖引起了活珊瑚的灾难性死亡,成了珊瑚礁的一大敌害。长棘海星对珊瑚礁的危害已经引起各国学者的严重关注。我们在西沙群岛进行调查时特别注意了这个问题,就西沙群岛各个岛屿的礁平台而言,我们仅在金银岛东北面礁平台的苍珊瑚带零星地发现几个长棘海星,还没有观察到它危害珊瑚的情况。

8. 在金银岛的喇叭藻亚带,我们虽然没有发现与喇叭藻相近、具有经济价值的马尾藻 *Sargassum*,但是在永兴岛、广金岛等礁平台都发现了这类海藻,尤其是2,3月间,它们生长得特别茂盛。我们在西沙各岛礁采到的马尾藻标本比较多,有十余种,其中数量较多的有匍枝马尾藻 *Sargassum polycystum*、西沙马尾藻 *S. xishaensis*、重缘叶马尾藻 *S. duplicatum*。

琼胶类海藻麒麟菜是典型的热带珊瑚礁海藻,在我国只见于海南岛东南沿岸、台湾东南部和南海诸岛。根据谭树德等<sup>[30]</sup> 1958年调查的资料,西沙群岛的麒麟菜自然资源十分丰富,过去海南岛渔民每年到西沙群岛采菜,仅在觅出礁、玉琢礁、浪花礁一带,年产即达350吨(干品)。西沙群岛具有广阔的礁平台,有计划地开展人工养殖麒麟菜事业具有良好的前途,必将大大增加琼胶原料的生产,促进琼胶工业的发展,是当前开发利用西沙海藻资源的一个重要途径。

## 参 考 文 献

- [1] 上海市水产研究所鱼类学研究室, 1974. 西沙群岛鱼类的调查. 水产科技情报 10: 7—9.
- [2] 中国科学院动物研究所、中国科学院海洋研究所、上海水产学院, 1962. 南海鱼类志. 科学出版社, 共1184页.
- [3] 中国科学院北京动物研究所、中国科学院南海海洋研究所、北京自然博物馆, 1974. 我国南海诸岛的动物调查报告. 动物学报 20(2): 113—130.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所西沙群岛考察组, 1977. 我国西沙群岛的土壤和鸟粪磷矿. 科学出版社.
- [5] 庄启谦、李春生、陆保仁、曾呈奎, 1981. 西沙群岛礁平台的分带特点. 海洋与湖沼 12(4): 341—348, 图版 I, II.
- [6] 伍汉霖、金鑫波、倪勇, 1977. 中国有毒鱼类和药用鱼类. 上海科学技术出版社, 共 301 页.
- [7] 庄启谦, 1978. 西沙群岛的砗磲科软体动物. 海洋科学集刊 12: 133—139.
- [8] 成庆泰、王存信, 1966. 中国西沙群岛鱼类区系的初步研究. 海洋与湖沼 8(1): 29—36.
- [9] 华茂森, 1978. 西沙群岛海产蓝藻研究 I. 海洋科学集刊 12: 59—66, 图版 I, II.
- [10] 刘瑞玉, 1975. 西沙群岛口足类(甲壳纲)初步报告. 同上 10: 183—197, 图版 I.
- [11] 吴宝铃、沈寿彭、陈木, 1975. 西沙群岛多毛类的初步研究, 同上, 65—104 页, 图 1—10.
- [12] 陈惠莲, 1975. 西沙群岛蟹类研究 I. 同上 157—179 页, 图 1—12, 图版 I—III.
- [13] ———, 蓝金运, 1978. 西沙群岛扇蟹科的初步研究. 我国西沙、中沙群岛海域海洋生物调查研究报告集. 中国科学院南海海洋研究所编, 科学出版社, 261—286 页, 图 1—12, 图版 I—VIII.
- [14] 邹仁林, 1978. 西沙群岛珊瑚类的研究 III. 造礁石珊瑚、水螅珊瑚、笙珊瑚和苍珊瑚名录. 同上 91—112 页. 图版 I—XII.
- [15] 邹仁林等, 1979. 西沙群岛珊瑚礁组成成分的分析 and “海藻脊”的讨论. 海洋学报 1(2): 292—298.
- [16] 杨家驹, 1978. 西沙群岛珊瑚礁鱼类区系和生态的初步调查. 我国西沙、中沙群岛海洋生物调查研究报告集. 中国科学院南海海洋研究所编, 科学出版社, 321—328 页.
- [17] 林光宇, 1975. 西沙群岛潮间带的后鳃类软体动物. 海洋科学集刊 10: 141—154, 图版 I, II.
- [18] ———, 1978. 西沙群岛筒柱螺属(后鳃类)一新种. 海洋与湖沼 9(1): 95—98.
- [19] 南海水产研究所、中国科学院动物研究所、中国科学院海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所、东海水产研究所、厦门水产学院, 1979. 南海诸岛海域鱼类志. 共 613 页, 图版 XXXVIII.
- [20] 张玺、齐钟彦、马绣同、楼子康, 1975. 西沙群岛软体动物前鳃类名录. 海洋科学集刊 10: 105—132, 图版 I—VIII.
- [21] 张德瑞、周锦华, 1978. 西沙群岛珊瑚藻科研究 I. 同上 12: 17—23, 图版 I—III.
- [22] 张峻甫、夏恩湛、夏邦美, 1975. 西沙群岛管枝藻目的分类研究. 同上 10: 20—60, 图 1—19, 图版 I.
- [23] ———, 夏邦美, 1978. 西沙群岛红藻研究 I. 同上 12: 27—39, 图 1—8, 图版 I.

- [24] 黄金森, 1974. 我国南海诸岛. 科学普及 10: 25—26.
- [25] 曾呈奎、张峻甫, 1962. 中国网球藻属的分类研究. 植物学报 10(2): 120—132 页, 图版 I. 图 1—9.
- [26] —, 董美龄, 1975. 西沙群岛钙扇藻属的几个新种. 海洋科学集刊 10: 1—19 页, 图 1—8, 图版 I, II.
- [27] —, —, 1978. 西沙群岛海产绿藻研究 I. 同上 12: 41—50 页, 图 1—4, 图版 I, II.
- [28] —, 陆保仁, 1978. 西沙群岛马尾藻科研究 I. 同上 12: 1—11 页, 图版 I—V.
- [29] —, —, 1979. 西沙群岛马尾藻科研究 II. 同上 15: 1—20.
- [30] 谭树德、杨楷昌, 1958. 西沙群岛的麒麟菜业. 中国水产 10: 25—26 页.
- [31] 廖玉麟, 1975. 西沙群岛的棘皮动物 I. 海参纲. 海洋科学集刊 10: 199—230 页, 图 1—27.
- [32] —, 1978. 西沙群岛的棘皮动物 II. 蛇尾纲. 同上 12: 69—102 页, 图 1—18, 图版 I—IV.
- [33] —, 1978. 西沙群岛的棘皮动物 III. 海胆纲. 同上 12: 107—127 页, 图 1—13, 图版 I—V.
- [34] 樊恭矩, 1963. 中国管枝藻目植物地理分布的研究. 海洋与湖沼, 5(2): 165—171 页.
- [35] —, 王永川, 1974. 我国西沙群岛海藻的研究 I. 殖丝藻属. 植物分类学报 12(4): 489—495 页, 图版 94—95.
- [36] —, —, 李伟新、潘国英, 1975. 我国西沙群岛海藻研究 II. 海索面科(红藻门)的一些新种和新记录. 同上 13(2): 71—78 页. 图版 10, 11.
- [37] —, —, 潘国英、蒋福康、范允平, 1978. 西沙群岛海藻研究 III. 金银岛及其附近几个岛礁的海藻名录. 我国西沙、中沙群岛海域海洋生物调查研究报告集. 中国科学院南海海洋研究所编, 科学出版社, 55—62 页.
- [38] 山里清, 1973. 珊瑚礁生态系统. 海洋学讲座 9, 海洋生态学(山本護太郎编). 东京大学出版会, 37—49 页.
- [39] 安田富士郎, 1971. 日本沿岸鱼类的生态. 讲谈社, 共 337 页.
- [40] 具志坚宗弘, 1972. 冲绳的鱼. 共 247 页.
- [41] 原田英司, 1973. 鱼类的生态. 海洋学讲座 9, 海洋生态学(山本護太郎编), 东京大学出版会. 104—115 页.
- [42] 橋本芳郎, 1976. 鱼貝类的毒. 东京大学出版 センタ, 共 337 页.
- [43] Bardach, J. E., 1958. On the movement of certain Bermuda reef fishes. *Ecology* 39(1): 139—146.
- [44] Chave, E. H. et D. B. Eckert, 1974. Ecological aspects of the distribution of fishes at Fanning Islands. *Pacific Science* 28(3): 297—317.
- [45] Davies, P. S., D. R. Stoddart and D. C. Sigeo, 1971. Reef forms of Addu Atoll, Maldive Islands. *Symp. Zool. Soc. Lond.* No. 28: 217—259.
- [46] Dawson, E. Y., 1956. Some marine algae of the Southern Marshall Islands. *Ibid.* 10(1): 25—66.
- [47] —, 1957. An annotated list of marine algae from Eniwetok Atoll. *Ibid.* 11(1): 92—132, text-figs. 1—31.
- [48] Doty, M. S., 1954a. Distribution of the algal genera *Rhipilia* and *Sargassum* in the Central Pacific. *ibid.* 8(3): 367—368.
- [49] —, 1954b. Floristic and Ecological notes on Raroia. part I. *Atoll Res. Bull.* 33: 1—41.
- [50] —, 1974. Coral reef roles played by free-living algae. *Proc. 2nd Intern. Coral Reef Symp.* I: 27—33.
- [51] — and J. P. E. Morrison, 1954. Interrelationship of the organisms on Raroia aside from man. *Atoll Res. Bull.* 35: 1—61.
- [52] Gordon, G. D., T. Masaki and H. Akioka, 1976. Floristic and distributional account of the common crustose Coralline algae on Guam. *Micronesia* 12(2): 247—277.
- [53] Goreau, T. F., 1959. The Ecology of Jamaican coral reefs I. Species composition and zonation. *Ecology* 40: 67—90.
- [54] Guilcher, A. 1971. Mayotte Barrier Reef and Lagoon, Comoro Islands, as compared with other Barrier Reefs, Atoll and Lagoon in the World. *Sym. Zool. Soc. Lond.*, no. 28: 65—86.
- [55] Hesse, R., Alee, W. C. & K. P. Schmidt, 1951. *Ecological Animal Geography*. 2nd ed., John Wiley & Chapman & Hall Ltd.
- [56] Kohn, A. J., 1971. Diversity, utilization of resources, and adaptive radiation in shallow-water marine invertebrates of tropical oceanic island. *Limno. Oceano.* 16(2): 332—348.
- [57] Ladd, H. S., 1950. Recent reefs. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 34: 203—214.
- [58] Ladd, H. S., J. I. Tracey, Jr., J. W. Wells and K. O. Emery, 1950. Organic growth and sedimentation on an atoll. *J. Geol.* 58: 410—425.
- [59] Lee, R. K. S., 1967. Taxonomy and distribution of the melobesioid algae on Rongelap Atoll, Marshall Islands. *Can. J. Bot.* 45: 985—1001.
- [60] Littler, M. and M. S. Doty., 1975. Ecological components structuring the seaward edges of

- Tropical Pacific Reefs: the distribution communities and productivity of *Porolithon*. *J. Ecol.* 63: 117—129.
- [61] Mac Neil, F. Stearns, 1972. Physical Biological aspects of atolls in the northern Marshells. Symposium on Coral and Coral reefs, *Mar. Biol. Ass. India Cochín*. pp. 507—567.
- [62] Okuno, R., 1963. Observation and discussions on the social behaviour of marine fishes. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* 11: 281—336.
- [63] Rosen, B. R., 1971. Principal features of reef coral ecology in shallow water environments of Mahé, Seychells, *Symp. Zool. Soc. Lond.* no. 28: 163—183.
- [64] Schumacher, H., 1976. Korallenriffe ihre Verbreitung, Tierwelt und Ökologie. BLB Verlagsgesellschaft München Bern Wien.
- [65] Taylor, W. R., 1950. Plants of Bikini and other Northern Marshall Islands. *Univ. Mich. Stud. Scient. Ser.* 18: 1—227.
- [66] Trono, G. C., 1969. The Marine benthic algae of the Caroline Islands, II. Phaeophyta and Rhodophyta. *Micronesica* 5(1): 25—119. pl. 1—11.
- [67] Tsuda, R. T., 1972. Marine Benthic algae of Guam. *Micronesica* 8(1, 2): 87—115, pls. 1—8.
- [68] ———, 1976. Occurrence of the Genus *Sargassum* (Phaeophyta) on two Pacific Atolls. *Micronesia* 12(2): 279—282.
- [69] Watts, J. C. D., 1971. A general review of the oceanography of the northern sector of the South China Sea. *Hong Kong Fish. Bull.* 2:41—50.
- [70] Wells, J. W., 1954. Recent corals of the Marshall Island. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 260 I: 385—486.
- [71] ———, 1957. Coral reefs. *Mem. Geol. Soc. Amer.* (Treatise on Marine Ecology and Paleontology. ed. by Hedgpeth, J. W.): 609—631.
- [72] Womersley, H. B. S. and A. Bailey, 1969. The marine algae of the Solomon Islands and their place in biotic reefs. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 255, pp. 433—442.
- [73] ———, 1970. Marine algae of the Solomon Islands. *ibid.* 259: 257—352.
- [74] Yonge, C. M., 1963. The biology of Coral reefs. *Adv. Mar. Biol.* 1: 209—260.

## ECOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE JINYIN ISLAND AND DONGDAO ISLAND, XISHA ISLANDS, GUANGDONG PROVINCE, CHINA\*.

Zhuang Qiqian, Tang Zhican, Li Chunsheng, Lu Baoren and Zeng Chengkui  
(C. K. Tseng)

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

### ABSTRACT

Since 1956, the Institute of Oceanology, Academia Sinica, has conducted several scientific surveys of the Xisha Islands, emphasis being placed on faunal and floral studies, the results of which have been published in scores of papers. The present paper gives the preliminary results of an ecological survey of the reef flats of the Jinyin Island and the Dongdao Island conducted during May—June in 1975 and of an algal survey conducted during January—April in 1976.

The purpose of these two surveys was to have an understanding of the zonation

\* Contribution No. 594 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

In present paper, the part on benthic algae was written by Lu Baoren and Zeng Chengkui (C. K. Tseng); benthic invertebrates by Zhuang Qiqian and Tang Zhican, and fishes by Li Chunsheng.

structure of the vertical distribution, as well as species composition and abundance of the benthic algae and invertebrates of tropical coral reef flats, of the distribution pattern of fishes during ebb tide, and of the life types of coral reef fishes, as a basis for their rational exploitation and utilization.

The Xisha Islands, located about 180 miles southeast of the Hainan Island, comprise a total of 31 coralline islands, sand cays and reef banks. According to their location, they may be divided into two groups: the Xuande Group in the northeast and the Yongle Group in the southwest. (Fig. 1) These two groups built on the surface of a platform termed the Xisha Plateau, 3—3.5 km depth, 250 km long in northeast and 150 km wide in southwest.

The Xisha Islands have typically tropical marine climate. The mean annual air temperature is 26.5°C (based on the mean from 1958 to 1974). The lowest is recorded in January, with a monthly mean of 22.9°C; the highest is recorded in June, with a monthly mean of 28.9°C, the difference being 6°C. The mean annual surface temperature ranges from 22.1°C to 29.8°C, the mean is 26.8°C. The mean annual surface salinity is in the range of 33.14—34.23‰, the mean is 33.69‰. During the period of investigation in May of 1975, the temperature recorded 29°C, the salinity, 33.40‰. The monsoon regime controls the surface current throughout the year. During the summer, from May to September, the direction of the flow of the main monsoonal currents is from southwest to northeast. During the winter season, the northeast monsoon prevails from October to March of the next year, wind currents flow from the Taiwan Strait and Bashi Channel to the South China Sea.

In order to understand the ecological influence of the natural environments and geographical features on the marine life of the islands, a special study was made on the Jinyin Island and the Dongdao Island. The Jinyin Island located southwest of the Yongle Group, together with other adjacent isles forms a semi-atoll. It has an area of 0.64 km<sup>2</sup>, 6—7 meters high, and is formed by drifted coral debris and shells deposited on the coral limestone base. The Dongdao Island is isolated south of the Xuande Group. It has an area of 1.66 km<sup>2</sup>, second only to the Yongxing Island in size. Its height is about 5—6 meters, its periphery is raised, the central portion is depressed. The northeast portion of the reef flat is rather extensive, the southwest portion rather narrow.

Investigation was carried out on two transects from each island, the northeast transect cuts across the wide and well-developed portion of the reef flat, the southwest transect across the narrow and poorly developed portion (Fig. 2, 3).

The zonation of the reef flat of the transect is discriminated on the basis of the amount of coverage of the dominant living coral species, the nature of the substrata and other salient features. Several 5 × 5 m or 2.5 × 2.5 m large quadrats are set in each zone in successive orders. From each quadrat are collected specimens of living corals, algae, macro-invertebrates and fishes for qualitative and quantitative analysis. Notes and photographs were made on the coverage of dominant species.

### Conclusion

1. The results of observations made on the four transects of the two islands are

summarized as follows:

### (1) Northeast transect, Jinyin Island

The range from upper to lower limit of the reef flat is approximately 960 m. Five fairly distinct zones may be recognized: the *Montipora-porites* Zone, the *Heliopora coerulea* Zone, the *Acropora formosa* Zone, the *Dead Coral Fragments* Zone and the *Coral Algal* Zone. The diagrammatic coral zonation is shown in fig. 4. The species composition of algae, invertebrates and fishes is summarized respectively in Tables 1, 5 and 9.

**A. *Montipora-porites* Zone:** Range of this zone is about 310 m, 0.4—1 m deep at low tide, the substrate is composed of coral fragments and sand, with a dominance of have *Montipora ramosa*, *Porites lutea* *Pocillopora damicornis* and *Seriatopora angulata*. This zone may be subdivided into four subzones according to its algal species composition, namely:

- a) *Symploca* Subzone (range 10 m) is dominated by *symploca hydroides*.
- b) *Halimeda-Caulerpa* Subzone (range 80 m) with *Halimeda macroloba* and *Caulerpa racemosa* as frequent species.
- c) *Hydroclathrus* Subzone (range 100 m) is characterized by an abundance of *Hydroclathrus clathratus* and *Boodlea composita*.
- d) *Turbinaria* Subzone (range 120 m) with *Microdictyon japonicum* found on the surface of the reef blocks and *Turbinaria ornata*.

Two subzones may also be recognized on the basis of the predominance of invertebrates:

- a) *Tripneustes-Monetaria* Subzone (range 90 m), corresponds to the algal subzone a) and b) as characterized by a dominance of *Tripneustes gratilla* and *Monetaria moneta*.
- b) *Hippopus-Ophiomella* Subzone (range 220 m), corresponds to the algal subzones c) and d) as characterized by an abundance of *Hippopus hippopus* and *Ophiomella sexradia*.

According to the type of habitat it offers for various fishes, three subzones may be recognized:

- a) *Dead Coral Fragments and Sand* Subzone (range 10 m), characterized by the presence of *Salarias fasciatus*.
- b) *Montipora-porites Patched Blocks* Subzone (range 80 m), where *Abudefduf biocellatus* and *Epinephelus merra* are abundant.
- c) *Montipora-porites Connected Blocks* Subzone (range 220 m), where *Thalassoma lunare*, *Halichoeres trimaculatus* and *Chaetodon auriga* are abundantly found. This region accumulates water throughout the year, is subject to very little influence of waves, and has complex and varied topography. Epifaunal diversity is high. The boundaries of subzones are very distinct and there is an abundance of species favoring still waters.

**B. *Heliopora coerulea* Zone:** Range of this zone is about 350 m, has numerous paddock-like blocks of *Heliopora coerulea* reef with continuous ditches approximately 1 m depth in between. The bottom is comprised of corals fragments and sand, A few species of living corals such as *Pavona praelortata*, *Coeloseris* sp. *Fungia fungites*, *Psom-*

*macora contigua* and *Acropora humilis* are found. The algae *Cladophoropsis herpestica*, *Erythrocolon padagricum* are frequent in this zone. Based on the invertebrate species inhabiting it two subzones may be recognized:

a) *Chlorodiella-Eucidaris* Subzone (range 110 m), where *Eucidaris metularia* and many species of coral crabs are most dominant.

b) *Tridacna-Cypraea* Subzone (range 240 m), where *Tridacna squamosa* and *Cypraea tigris* are dominant.

The fishes, *Gnathodentex aurolineatus*, *Holocentrus* (*Flammeo*) *sammara* lie concealed in the small niches of paddocklike reef block and *Acanthurus triostegus*, *Balistapus aculeatus* are found in the ditches. There is little variability in the environment, and a marked increase in number of cryptobion.

**C. *Acropora formosa* Zone:** Range of this zone is approximately 100 m. covered with a luxuriance of *Acropora formosa*, and the greater parts are submersed, 0.3—0.5 m deep at low tide, and elsewhere a few other species such as *Acropora pulchra*, *A. palifera*, *A. humilis* are found. A few species of algae such as *Lobophora variegata*, *Coelothrix irregularis* are found. The small coral crabs such as *Pachygrapsus minutus* and *Pilodius areolatus* as well as the small gobio fishes as *Gobiodon erythrospilus* and *Bathygobius fuscus* are found settling down on the *Acropora* forest. This zone is marked by lesser environmental variability and low species diversity.

**D. Dead Coral Fragments Zone:** Range of this zone is 80 m, dead coral fragments and shells drifted by surfs and tides form a coral talus emerging at approximately 0.3 m at low tide. It is characterized by the absence of any living corals. On each side of the coral talus, *Liagora sinensis*, *L. pinnata* are found. *Trochus niloticus* and *Turbo chrysostoma* are present. *Salarias fasciatus* and *Eleotriodes strigatus* appear in shallow paddles.

**E. Coral Algal Zone:** Range of this zone is 120 m. The reef edge emerged at low tide is covered with a luxuriance of the rose-coloured encrusting calcareous algae *Porolithon onkodes* in about 50—70 percent and the yellow encrusting zoantharian *Palythoa stephensoni* growing luxuriantly together. The reef edge is notched by the well developed spur-groove system, where wave-resistant corals such as *Acropora prostrata*, *A. corymbosa*, *Pocillopora brevicornis*, *Psammocora exesa* and soft corals *Clavularia viridis* can be found. *Gymnothorax undulatus* hides in the holes at the reef margin, and fishes such as *Acanthurus glaucopariens* and *Parupeneus trifasciatus* are found with high mobility in the grooves of the reef edge while schools of *Scarus ghobban* are present at the reef margin. An underwater Terrace Zone is recognized as a habitat for fishes. There are many economic fishes such as Serranidae, Lutjanidae including *Caesio coeruleaureus*, one of the most productive, in this region.

## (2) Southwest transect, Jinyin Island

This area ranges 450 m, comprising four distinct zones: *Coral Sand Zone*, *Helio-pora-coerulea Zone*, *Acropora Zone* and *Coral Algal Zone*. The diagrammatic zonation is shown in Fig. 5. The species composition of algae, invertebrates and fishes are summarized respectively in Tables 2, 6 and 10.

**A. Coral Sand Zone:** Range of this zone is 150 m, fully exposed at low tide

and covered with white coral sand rushed in by surfs. A few species of blue-green algae such as *Symploca hydroides*, *Microcoleus chthonoplastes* are present. Faunal species such as *Metalia spatagus* and *Terebra chlorata* are luxuriant in this zone.

**B. *Helipora coerulea* Zone:** Range of this zone is 200 m, abounds in *Helipora coerulea*, but it is far from well-developed as compared to the same zone in the northeast transect. There are also a few species of hermatypic corals such as *Porites lutea*, *Acropora formosa* inhabiting. *Padina australis* and *Tolypiocladia glomerulata* are present in small number while *Tripneustes gratilla* and *Ophiocoma dentata* are frequent in occurrence. Small fishes such as *Epinephelus merra*, *Scorpaena hatizyoensis* are found at the paddles under the coral blocks.

**C. *Acropora* Zone:** Range of this zone is 70 m, does not abound in living corals. *Acropora prostrata*, *A. humilis* and *Pocillopora meandrina nobilis* are present in markedly increasing numbers at the edge of this zone. The algae *Microdictyon japonicum*, *Boodlea composita cavernosa* are present. *Ophiothrix propingua* and coral crabs of many kinds such as *Petrolisthes*, *Kraussia* are found hiding the coral blocks. *Pterois volitans* appear in quiet tidal pools and *Balistapus aculeatus* come into the ditches.

**D. Coral Algal Zone:** Range of this zone is 30 m, characterized by the encrusting calcareous algae *Porolithon* and encrusting zoantharian *Palythoa stephensoni*, occupying 30% respectively of the surface of the reef edge, but both of them are obviously not as well developed as that of the same zone of the northeast transect. The coral fishes such as *Naso brevirostris* and *Mulloidichthys samoensis* are found in the grooves of the margin with high mobility and *Helichoeres trimaculatus*, *Pomacentrus nigricans* are found in the marginal pools formed as a result of erosion.

### (3) Northeast transect, Dongdao Island

The range of reef flat is approximately 500 m, and the structure of zonation is basically similar to that of the same transect in the Jinyin Island.

The diagrammatic zonation and the species composition are shown in Fig. 6 and Tables 3, 7 and 11.

***Porites lutea* Zone:** Narrower and nearly emerged but do not accumulate water at low tide.

The most striking feature of this transect is that there is a luxuriance of *Helipora coerulea* which occupies about 70 percent of the surface area and an absence of an *Acropora* Zone. The *Dead Coral Fragments Zone* is narrow and not easily recognizable. The reef edge is characterized by the abundance of *Tubipora musica* and also by the calcareous algae *Porolithon* which occupy about 50 percent of the entire zone. There are also colonies of the yellow encrusting zoanthrian *Clavularia viridis* and other alcyonarians which are components of algal ridges.

### (4) Southwest transect, Dongdao Island

The range of this transect is approximately 150 m. It is a barren reef with very poorly developed living corals and with a scarcity of other animals and plants. It may be divided into two zones: the *Dead Coral Rubbles Zone* and the *Goniastrea-Favia Zone*. The diagrammatic zonation and the species composition are shown in Fig. 7 and Tables 4, 8 and 12. *Goniastrea yamanarii*, *Favia speciosa* and *Acropora humilis* are present at

the reef edge. The calcareous algae *Porolithon* are inferior to that of the zone of the northeast. This reef edge differs from that of the above three transects in that the former has no cover encrusting *Porolithon* which occurs only in small patches.

No colonies of *Palythoa stephensoni* are present.

2. The vertical zonation structure of the reef flats and the species composition of the various zones in the Xisha Islands are quite similar to that of the typical Pacific coral reefs, but the reef edge at the northeastern portion where it is usually covered with a luxuriance of the rose-coloured encrusting algae *Porolithon onkodes* and the yellow encrusting zoantharian *Palythoa stephensoni*, especially *P. onkodes* which is being well-developed and forming gently rim-type algal ridge<sup>[45]</sup>, is very similar to that of the Addu Atoll, Maldives Islands, East Indian Ocean reported by Davies, Stoddart and Sigee<sup>[58]</sup>. This algal ridge is usually regarded as an important indicator of oceanic reefs by nearly all investigators studying Indo-Pacific coral reefs. Because the Xisha Islands are situated in the northern marginal region of the distribution center of the tropical coral reefs, the convex rim of the algal ridge is rather low, no sign of the cuesta-type algal ridge of the Marshall Islands was seen, although the reef edge is covered with a larger coverage of *P. onkodes* which is well-developed. Therefore, we consider that the coral reefs of the Xisha Islands represent a transitional type between tropical Indian Ocean and West Pacific Ocean coral reefs.

Recently, Zou et al<sup>[15]</sup> reported that "The algal-ridge is absent as a topographic feature in the Xisha Islands reefs." We have, however, shown the presence of algal ridge on the reef edges of northeast transect of the two islands. We will discuss this problem in another paper.

3. Up to date, a total of 117 hermatypic coral species and subspecies belonging to 34 genera have been reported from the Xisha Islands. Based on the fact that the number of coral species and genera decreases with increased distance from the center of the Indo-Pacific Ocean, the source area of corals (80 genera and subgenera with 700 species (Wells<sup>[71]</sup>)), we may say that the Xisha Islands is situated near the northern border of the Indo-Pacific Ocean source area of coral fauna.

4. The green algae present in shallow tidal pools and inhabiting the surface of coral sands and coral blocks include such species as *Caulerpa racemosa*, *Halimeda macroloba*, *Udotea xishaensis* etc. Brown algae such as *Chnospora implexa*, *Turbinaria ornata* grow on the bottom of slightly deeper water, and majority of the red algae such as *Galaxaura filamentosa*, *Erythrocolon padagricum*, *Dictyurus purpurascens* inhabit the shady sides of concaves and crevices of reef blocks. The benthic marine algae present on the reef grow luxuriantly during winter and spring, from December to April the next year, but decline remarkably after May, because of unfavorable temperature which rises rapidly in the summer season.

Some ecological types of invertebrates are found: the dispersal type such as *Linckia laevigata*, *Hippopus hippopus*, and *Tripneustes gratilla* scattering widely on the bottom; the sessile type such as various oysters, pearl oysters, and *Spondylus* spp. adhering to coral blocks; the burrowing type such as *Lithophaga lima*, *Tridacna maxima* and *Diadema setosum*, boring into coral limestones; the endopsammic type including a wide variety of snails, clams, polychaeta and *Metalia spatagus*; the migratory type such as

*Eunice* and many species of *Pagurus* and *Xantho*, prowling on the bottom and the mobile type such as *Gonodactylus* and *Lima* wandering from place to place.

5. Some authors (Okuno<sup>[62]</sup>) have distinguished some ecological types of rock reef and coral fishes based on their mode of movement and schooling behaviour. Based on these two criteria and also taking into consideration their food requirements, habitat, as well as morphological differentiation concerned with behaviour, four types of coral fishes found on the reef flats and terraces of the Xisha Islands are distinguished as follows: (Fig. 12)

1) The reef-margin and flatsolitary-residing type — living solitarily in the reef margins and reef flats, usually settling down separately.

2) The reef-margin and flat aggregating type — living underwater in reef margins and reef flats, aggregating around living coral bushes and concaves.

3) The reef-margin and flatsolitary-hovering type — living in the reef margin and reef flats in small groups or as separate individuals.

4) The off-reef-margin schooling type — living underwater off reef margins with stable schooling habit and orderly movement.

A great many species of poisonous fishes inhabit the waters on the reef flats and margins. Many of the commercial fishes like *Lutjanus*, *Sphyræna*, *Epinephelus* are known to be ciguatera poisonous fishes. But the present investigation has not found any cases of ciguatera in these islands. Nevertheless, this matter warrants due attention.

6. Recently, the damage made by the echinoderm *Acanthaster planci* on living corals, has drawn the attention of many scientists. It has been reported that the Great Barrier reefs in Australia and many famous atolls in the Pacific Ocean, are suffering serious damage made by large scale breeding of *Acanthaster*, which is regarded as a notorious pest. Having this in mind, observations were made on this echinoderm and only small numbers were found in the *Heliopora coerulea* Zone of the northeast transect in Jinyin Island, but up to date no damage was observed.



1



2



3



4



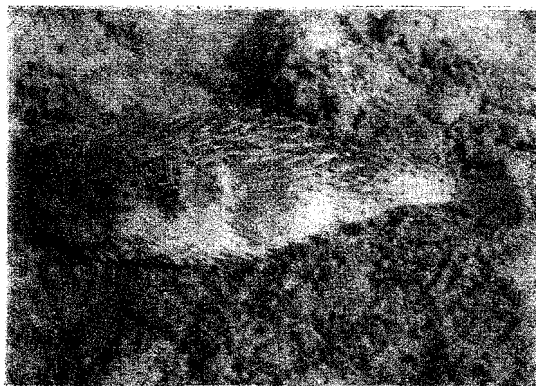
5



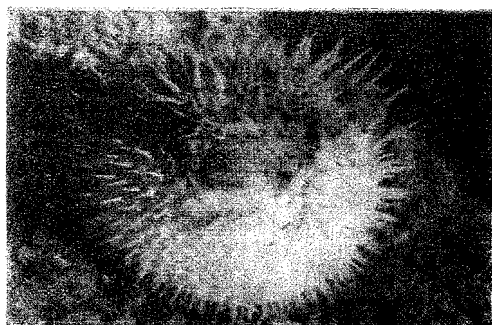
6

图版 (Plate) I.

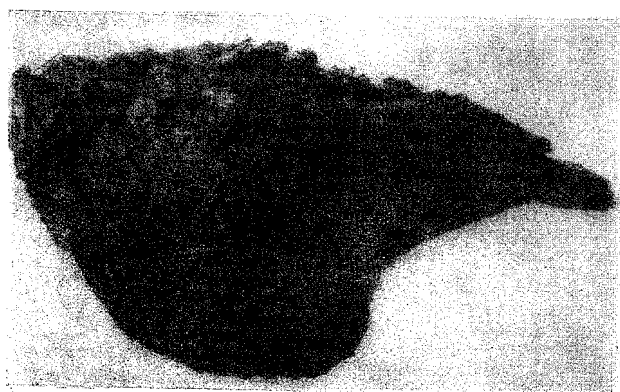
1. 蓝指海星 *Linckia laevigata* (Linnaeus) 2. 石笔海胆 *Heterocentrotus mammillatus* (Linnaeus) 3. 隆背瓢蟹 *Carpilus convexus* (Forskål) 4. 耳鲍 *Haliotis asinina* Linnaeus 5. 花斑短蓑鲉 *Brachirus zebra* (Quoy et Gaimard) 6. 叉斑钩鳞鲀 *Balistapus aculeatus* (Linnaeus)



1



2



3



4



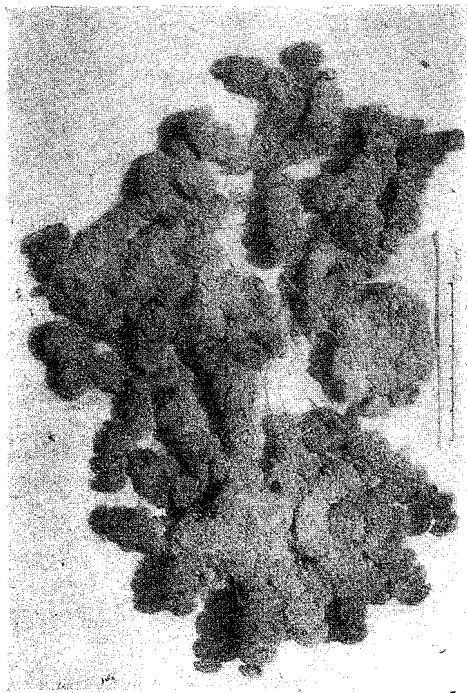
5



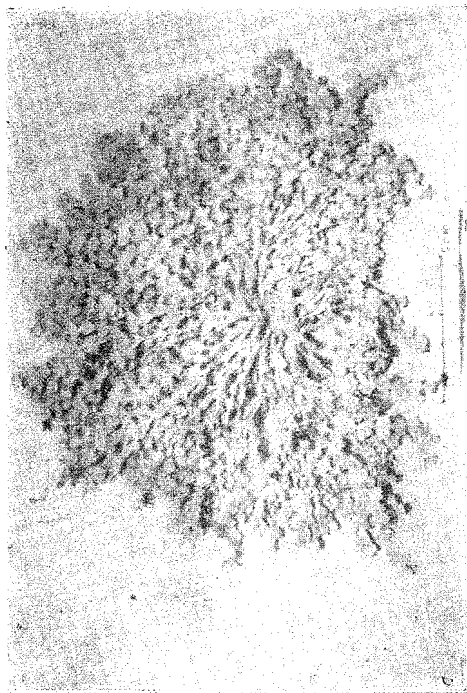
6

# 图版 (Plate) II.

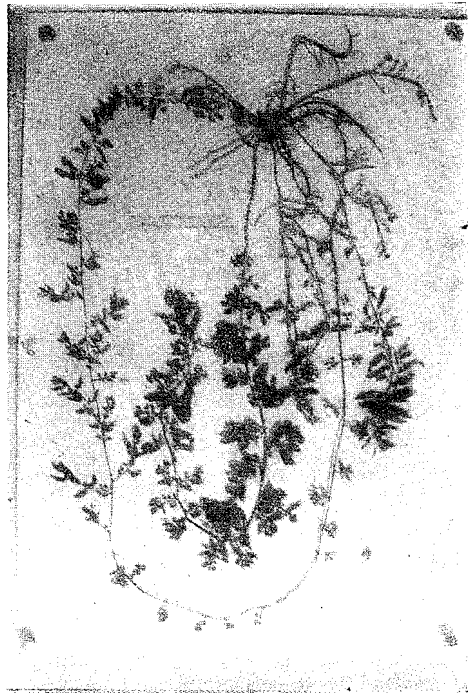
1. 密斑刺鲀 *Diodon hystrix* Linnaeus 2. 鱼体膨胀后的密斑刺鲀 The porcupine fish *Diodon hystrix* swelling in response to external stimulation 3. 玫瑰毒鲉 *Synanceia verrucosa* Bloch et Schneider 4. 棕点石斑鱼 *Epinephelus fuscoguttatus* (Forskål) 5. 南方团扇藻 *Padina australis* found on the *Montipora-porites* Zone of the northeast reef flat of the Jinyin Island. 6. 总状蕨藻 *Caulerpa racemosa* growing luxuriant on the *Montipora-porites* Zone of the northeast reef flat of the Jinyin Island.



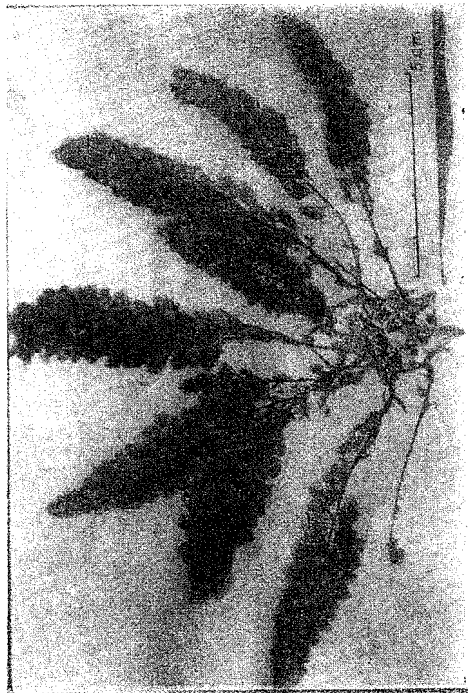
1



2



3



4

图版 (Plate) III.

1. 瘤枝藻 *Tydemania expeditionis* Web. V. Bos. 2. 密岛仙人掌 *Halimeda micronesia* Yamada 3. 匍枝马尾藻 *Sargassum polycystum* C. Ag.  
4. 海门冬 *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Collins et Hervey