

# 广西、贵州和川东二叠纪生物礁的钙藻化石及其古生态环境

范嘉松 吴亚生

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

**提要** 广西、贵州和川东二叠纪礁相岩石和礁后相岩层内获得了红藻 *Solenoporella*, *Gymnocodium*, *Pemocalculus*; 绿藻 *Anthracooporella*, *Mizzia* 以及显微疑难藻类化石 *Pseudovemiporella*, *Tubiphytes* 等。除了广西隆林有中二叠世茅口期藻类化石外, 其它均属于晚二叠世乐平世的分子。这些藻类植物一般生活于热带和亚热带、正常盐度的浅海水内, 其水深不大于 30m。川东、鄂西晚二叠世礁属于浅水海绵礁, 而非深水礁。

**关键词** 钙藻 二叠纪 生物礁 古生态 广西 贵州 川东

广西、贵州和川东二叠纪生物礁的钙藻化石十分丰富, 其中包括红藻、绿藻以及疑难藻类。这些藻类分别来自广西隆林祥播、贵州紫云生物礁岩石以及川东许多地下生物礁钻井岩芯。它们的地理位置见图 1。广西祥播礁位于隆林县城西北约 35km, 该礁的地层剖面见图 2。贵州紫云礁位于紫云县城以东约 2km, 该礁的分布状况见图 3。川东地下礁

和石柱茨竹垭剖面的分布位置见图 4。

## 1 化石描述

### 1.1 红藻

裸松藻科 *Gymnocodaceae* Elliott, 1955

裸松藻属 *Gymnocodium* Pia, 1920, emend Elliott, 1955

神螺裸松藻 *Gymnocodium bellerophonis* (Rothpletz) Pia, 1920

(图版 II, 图 1, 3)

**描述** 叶状体呈圆柱形、椭圆形或卵形, 有时呈弯曲的长圆柱形, 其外缘时而膨大, 时而收缩。外径为 0.47—0.76mm, 内径为 0.32—0.58mm。钙化层仅限于外面的皮层, 其厚为 0.08—0.20mm。中央髓部为空腔, 未见任何髓部丝体。皮层丝体由内往上, 斜向伸展, 分叉, 末端均呈漏斗形扩大。

**讨论** Elliott (1955) 对 Pia (1920) 所建立的 *Gymnocodium* 各个种进行重新研究, 他认为贯穿皮层的丝体孔径变化较大, 如皮层丝体孔径较粗者, 其孔径在 0.03—0.05mm 之间, 均归入 *Gymnocodium*。对皮层丝体孔径小于 0.03mm, Elliott 创立了一个新属——*Pemocalculus*, 这是区分这两个属的最基本的标志。从个体大小来看, *Pemocalculus* 的个体较大, 而 *Gymnocodium* 的个体则较小。

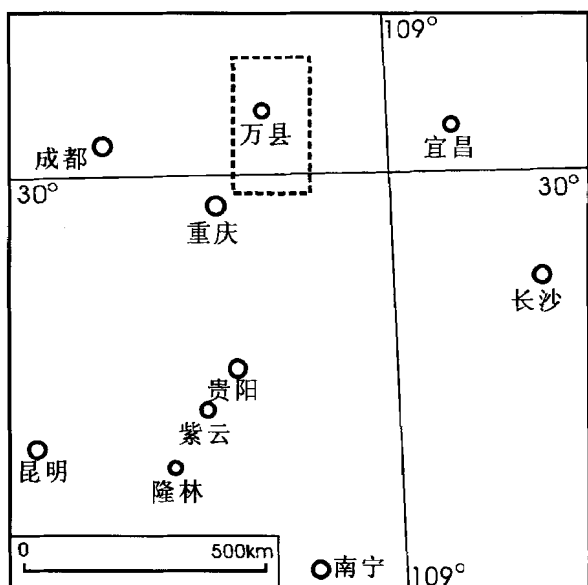


图 1 钙藻化石产地图

Fig 1 Location map showing the occurrence of *Pemocalculus* calcareous algae

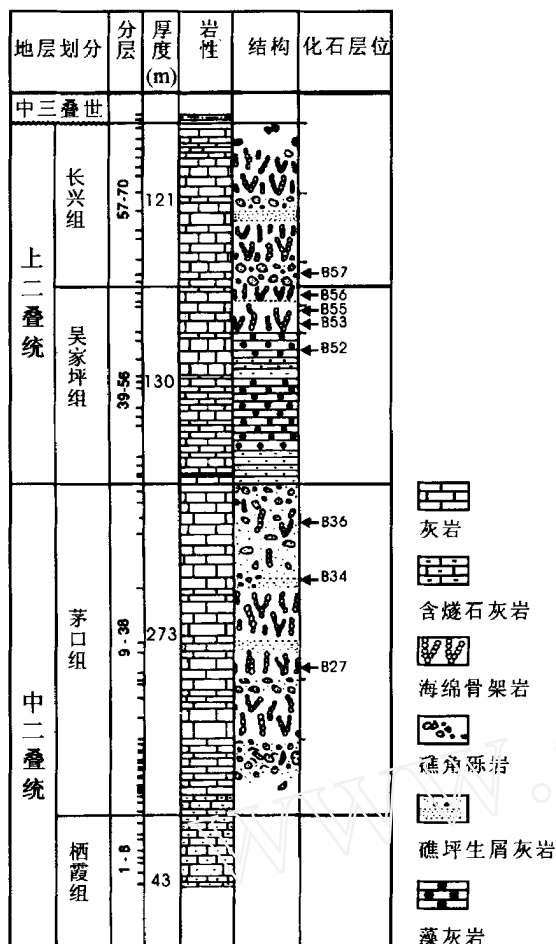


图2 广西隆林祥播二叠纪生物礁地层剖面图

Fig 2 Stratigraphic section of Permian reefs at Xiangbo, Longlin County, Guangxi

根据皮层丝体在叶状体边缘的孔径大小, 当前标本的孔径一般较大, 因此将其归入 *Gymnocodium bellerophonis* 似无问题。

**产地及层位** 川东开江以东的天东10井和石柱茨竹垭; 上二叠统长兴组。

### 二叠钙藻(未定种) *Pemocalculus* sp

(图版 I, 图2, 4—6)

**描述** 叶状体显示腰鼓形。叶状体的高度为2.64—4.50mm, 最膨大处的外径为2.12—3.05mm, 内径为0.87—1.80mm。钙质外壁的厚度为0.56—0.72mm。髓部未见钙化。皮层丝体从髓部以锐角方式分叉, 并斜向往上、往外伸展, 分裂数次, 直至叶状体的外缘和顶端。皮层的末端丝体呈细长的圆柱形, 它们在皮层内分裂2—3次, 其长约0.19mm, 宽约0.02mm, 直径十分稳定, 并未增大。孢子囊呈椭圆形, 分布于皮层的内缘, 其长径为0.27—0.46mm, 而短径则为0.19—0.23mm。

**讨论** 当前化石就其皮层的丝体特征非常相似

于 *Pemocalculus fragilis*, 但当前的化石具有较厚的钙质外壁, 因此可区别于后者。

就其较厚的钙质外壁来说, 当前标本极似 *Pemocalculus anshunensis* (穆西南, 1981, 41页, 图版3, 图4, 5), 因为后者的外壁也十分厚(0.62—1.08mm)。但是 *Pemocalculus anshunensis* 的皮层丝体向外逐渐扩大, 近末端迅速扩大, 呈喇叭形。这些特征在当前的化石内并未见到。

当前化石与 *Pemocalculus tenellus* 的区别也在于后者的皮层较薄, 只有0.20—0.23mm。同样的, *Pemocalculus plumosus* 的皮层也较薄, 仅有0.10mm。

**产地及层位** 广西隆林祥播; 上二叠统吴家坪组和长兴组。

### 柔弱二叠钙藻 *Pemocalculus tenellus* (Pia), 1937

(图版 I, 图1, 8)

**描述** 叶状体呈纵长的矩形或圆柱形。在图1内, 叶状体的高度为3.6—4.1mm, 最大膨大处的外径为1.2mm。在图8内, 叶状体的高度为1.5—2.2mm, 最大膨大处的外径为0.73—1.0mm。皮层厚度为0.32—0.36mm。髓部可见十分清晰的丝体, 它们从髓部往上, 并往外延伸, 多次分裂, 直至叶状体的边缘。其直径为0.064mm。皮层丝体十分清晰, 直径较稳定, 并未向边缘增大。

**讨论** 当前标本以其矩形或长圆柱形的叶状体、较厚的皮层和清晰的髓部丝体构成了本种的特征。

**产地及层位** 广西隆林祥播; 上二叠统吴家坪组。

### 脆弱二叠钙藻 *Pemocalculus fragilis* (Pia), 1937

(图版 I, 图3)

**描述** 叶状体呈圆桶形或椭圆形、圆形, 其下端开口。在图3内有两个个体, 位于上面的个体较大, 呈圆形或长椭圆形, 其高度不能度量, 最大直径约2.04mm。钙化壁(皮层)的厚度不均匀, 有的部位较厚, 而有的部位则较薄, 平均约0.12mm。位于下面的个体较小, 可能已倒置, 呈圆桶形, 其高度约1.8mm, 而其最大直径为1.5mm。钙化壁的厚度平均约0.15mm。髓部均已重结晶成镶嵌粒状方解石, 但仍可见局部残留的丝体。皮层的内缘波状起伏, 可见残留的丝体。这些丝体分叉两次, 直达叶状体的边缘。

**讨论** 当前的标本从其叶状体的形状与 *Pemocalculus fragilis* (Elliott, 1955, p. 86, pl 1, figs 1, 2) 十分相似, 因为后者呈球形的节片。从当前标本的叶状体的直径和钙化壁的厚度来看, 也基

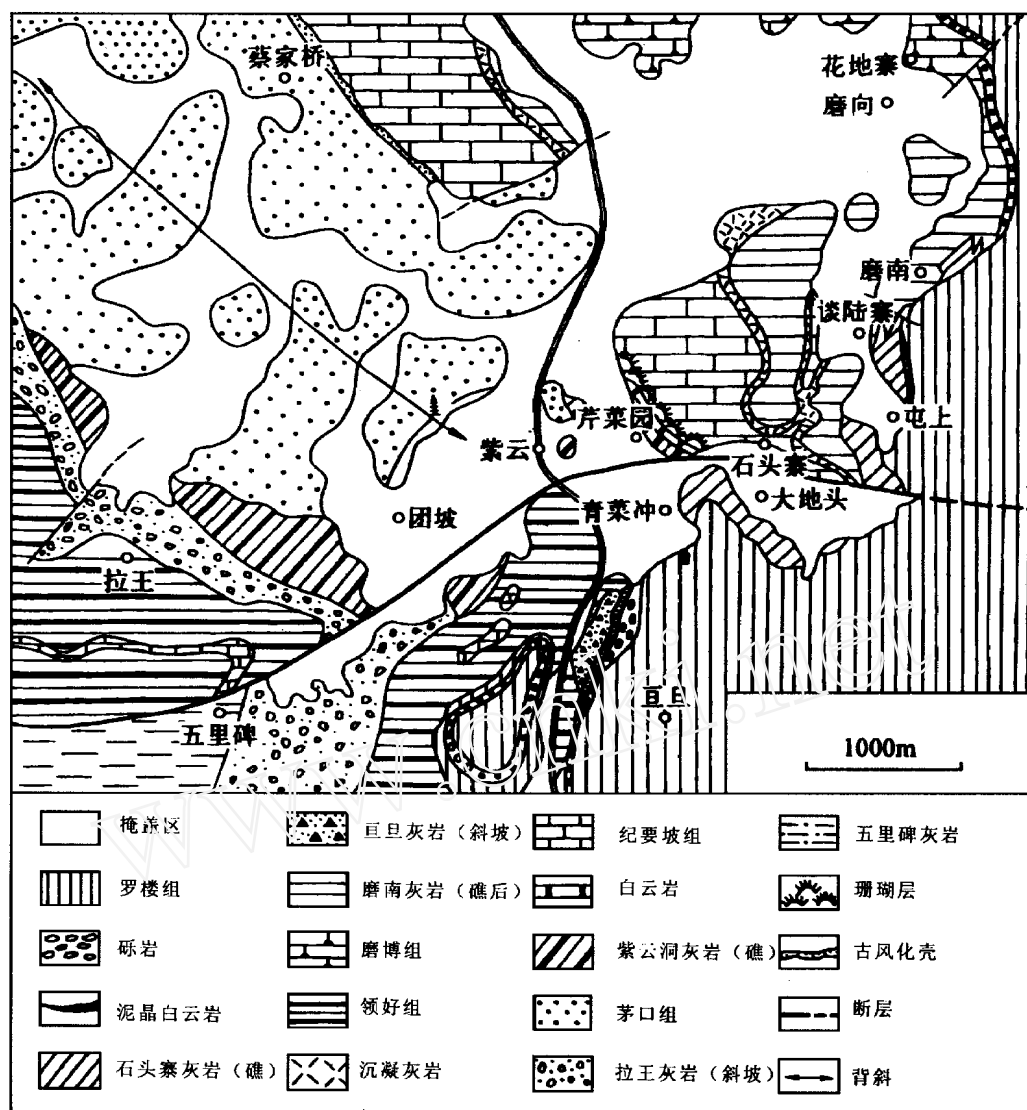


图 3 紫云县城附近地质略图

Fig. 3 Sketch map of Permian outcrops in the vicinity of Ziyun, Guizhou

本上符合该种的度量范围。

**产地及层位** 川东开江以东的天东 10 井; 上二叠统长兴组。

**管孔藻科** *Solenopora* P. a., 1927

**管孔藻属** *Solenopora* Dybowski, 1877

**管孔藻 (未定种)** *Solenoporella* sp

(图版 II, 图 4, 5)

**描述** 叶状体的形状不规则, 通常为瘤状, 其高度约为 8.1—13.5mm。它们由纵长, 但十分纤细的细胞丝体组成。细胞丝体的直径为 18—27 $\mu$ m。细胞丝体壁由泥晶方解石组成, 厚约 2—3 $\mu$ m。细胞丝体往往重结晶成粒状方解石。细胞丝体内可见横隔壁。

**讨论与比较** 当前的标本与来自贵州西部上二叠统的 *Solenopora pudingensis* (穆西南, 1981, 39 页, 图版 4, 图 12) 比较, 后者的细胞丝体更加纤细,

其直径为 7.5—12.5 $\mu$ m, 且该种微弱地发育横隔壁, 有时这些横隔壁分布于同一水平。

当前标本与 *Solenopora centurionis* Pia (1937, p. 835, pl 10, figs 1—3) 不同之处在于其纤细的细胞丝体。后者通常具有较粗的细胞丝体 (30—40 $\mu$ m), 且其细胞丝体的外壁也较厚, 约 10 $\mu$ m。

**产地及层位** 广西隆林祥播; 中二叠统茅口组 and 上二叠统长兴组。

## 1.2 绿藻

**粗枝藻目** *Dasycladales* Pascher, 1931

**粗枝藻科** *Dasycladaceae* Kützing orth mut Hauck, 1884

**碳孔藻属** *Anthracoporella* Pia, 1920

**醒目碳孔藻** *Anthracoporella spectabilis* Pia, 1920

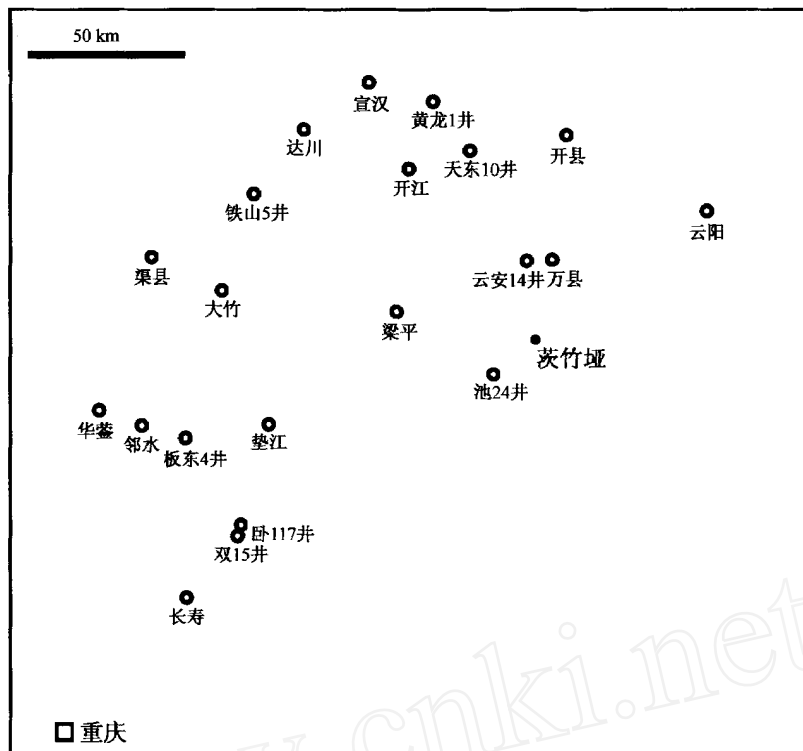


图4 川东二叠纪长兴组钻井和石柱茨竹垭位置图

Fig. 4 Location of outcrops at Cizhuya and wells of Upper Permian Changxing Formation, East Sichuan

(图版II, 图2)

**描述** 叶状体为不分节的分叉小管。小管具有宽大的中央茎, 钙化壁较薄。侧枝较细, 呈圆柱形, 并垂直于钙化壁。侧枝未见分叉现象。

此标本的长度不明; 外径 2.8—3.84mm; 内径 2.24—3.24mm; 外壁厚度 0.24—0.43mm; 侧枝直径 0.034—0.068mm; 侧枝之间的间距为 0.12—0.28mm。

**讨论** *Anthracoporella spectabilis* 的主要特征是其个体较大, 且中央茎的直径和钙化壁的厚度变化较大。在当前的标本内, 仅见其横切面, 其它的斜切面或纵切面均未见到。其外径、内径以及外壁的厚度与斯洛文尼亚、克罗地亚石炭二叠纪的该种 (Kochansky & Herak, 1960, p. 66—68, pl. 1, fig. 6; pl. 2, figs. 1—6) 十分接近, 基本上位于该种的度量范围之内。Vachard 和 Montecat (1981) 列出了许多作者, 包括 Pia, 1920; Flügel, 1966; Chuvashov, 1974 等的度量数据, 当前的度量位于这些数据间之内。

**产地及层位** 广西隆林祥播, 中二叠统茅口组。

**米齐藻属** *Mizzia* Schubert, 1907, emend Rezak, 1959

**维勒比特米齐藻** *Mizzia velebitana* (Schubert) Pia, 1920

(图版II, 图6, 8)

**描述** 叶状体由数个球形或长圆形节片组成, 它们共同生长于一个中央茎上, 很像一串串珠。这些节片通常碎裂成单个节片。中央茎的最大直径往往位于球状体的赤道区, 然后逐渐地向两极变窄。在每一个球状节片的中央区, 其侧枝几乎垂直于叶状体伸展, 其直径较为稳定, 只是抵达外缘处才略为增宽一些。也可见向外缘明显增大。

**讨论与比较** 此属到目前为止已经建立了下列各种: *Mizzia velebitana* Pia, 1920; *M. yabei* Pia, 1920; *M. minuta* Johnson et Dorr, 1942; *M. bramkampi* Rezak, 1959; *M. cornuta* Kochansky et Herak, 1960; *M. sakaishiensis* Ishijima, 1971; *M. tauridiana* Güven, 1965; *M. longiporosa* Endo, 1961 等。Vachard 和 Montecat (1981, p. 41) 将 *Mizzia cornuta*, *M. yabei* 均作为 *Mizzia velebitana* 的同义名。

度量(mm)

标本号	外径	内径	钙质外壁的厚度	侧枝(小孔)直径	侧枝之间的间距	底端开口直径
H3-2	1.36	0.76	0.24—0.27	0.08—0.12	0.04—0.08	0.38
	1.20	0.64				
	1.46	0.96				
	1.12	0.72				
H7-2	1.20	0.80	0.16			
Z-2	0.96	0.64	0.12			
Z-2	0.96	0.72	0.12			

本种与 *Mizzia longiporosa* (Endo, 1961, p. 125, pl 1, fig 5; pl 2, figs 5, 6; pl 3, fig 1) 不同之处在于其钙质外壁较薄, 且有较宽大的侧枝孔。后一种的侧枝在始端(即靠近中央茎处)十分纤细, 然后逐渐增大, 至叶状体的外缘迅速加宽。而 *Mizzia velebitana* 的侧枝宽度均匀, 只是在外缘处略为增宽。

*Mizzia minuta* (Johnson and Dorr, 1942) 的特征是其叶状体较小, 沿着球状节片的赤道区的侧枝孔也较少, 仅有 13—16 个。而在 *Mizzia velebitana* 一种内, 沿着节片赤道区的侧枝孔, 约有 20—25 个。以此特征, 上述两种易于区分。

**产地及层位** 贵州紫云县城附近的花地寨、石头寨; 上二叠统吴家坪组和长兴组。

### 1.3 显微疑难藻类(Microproblematica)

#### 假蠕孔藻属 *Pseudovemiporella* Elliott, 1958

**模式种** *Pseudovemiporella sodalica* Elliott

**特征** 该属具有弯曲的钙质管, 管壁有许多微孔。这些微孔垂直于管的长轴伸展, 因此在弦切面上呈网孔。管壁的内层往往镶嵌着层纹状方解石。组成钙质管的方解石呈黑色, 而层纹状方解石也呈黑色, 因此两者在许多情况下常常融合在一起, 难以区分。在钙质管的中央部位还有薄壁的圆形小管。圆形小管的外缘通常被粒状方解石所充填。

**讨论** Elliott (1958) 在创立该属时, 并未置于粗枝藻科, 而归置于显微疑难化石 (Microproblematica)。他在讨论 Endo 和 Kanuma (1954) 所建立的 *Vemiporella nipponica* 时, 认为该种应归属于 *Pseudovemiporella*, 因为日本的标本与 Elliott 研究的来自阿曼的标本十分相似, 其区别之处在于日本的化石个体较小, 且微孔也较少, 但两者微孔孔径则较相似, 因而形成相似的网孔。嗣后, Endo

(1969) 在描述来自泰国的 *Vemiporella nipponica* 时, 不同意 Elliott (1958) 的分类方案。他认为 *Pseudovemiporella sodalica* 应视为 *Vemiporella nipponica* 的同义名, 并将此化石归属于粗枝藻科。Korde (1965, 1966) 在讨论外高加索二叠纪钙藻化石时, 曾叙述到 *Pseudovemiporella* 两个种: *Pseudovemiporella sodalica*, *Ps. paranipponica*。虽然他没有讨论到 *Pseudovemiporella* 与 *Vemiporella* 的关系, 但他实际上采用了 Elliott 的分类方案。Kochansky 和 Herak (1960) 在研究南斯拉夫石炭二叠纪的这类化石时, 曾鉴定了两个种: *Vemiporella nipponica*, *V. serbica*。他们认为 Elliott 所发现的位于钙质管中央部位的内管, 不能作为确定一个新属的重要标志, 它只能丰富 *Vemiporella* 内部结构的内容。因此他们未采用 *Pseudovemiporella*。

#### 索达利克假蠕孔藻 *Pseudovemiporella sodalica* Elliott, 1958

(图版 I, 图 7, 9; 图版 II 图 9)

**描述** 叶状体为弯曲的纵长的钙质管, 其外径 0.45—0.69mm, 内径 0.21—0.44mm, 外壁厚度 0.10—0.12mm。管壁上贯穿了许多微孔, 这些微孔一般垂直于钙质管的长轴延伸, 微孔直径约 0.02mm。在钙质管的内壁可见一层由亮晶方解石组成的内衬层, 其厚度约 0.025mm。在所有的个体内均可见此内衬层。

**讨论与比较** 当前标本以其钙质管由暗色方解石组成这一明显特征无疑可归于 *Pseudovemiporella* 一属, 这是 Elliott 指出的重要特征, 并有别于其它各属。当前标本与西藏二叠纪的 *Pseudovemiporella sodalica* (穆西南, 1983, 232 页, 图版 8, 图 1, 2) 十分相似, 后者为弯曲的钙质管, 并均由暗色泥晶方解石组成管壁。从个体的大小(外径和内径的度量数据)也基本接近。但当前描述的标本内, 普遍

在钙质管的内缘镶有一层由亮晶方解石组成的内衬层,这一特征在该种以往的描述中均未涉及。作者认为这一特征能否作为确定一个新种的标志,尚有待更多的材料。

**产地及层位** 川东石柱茨竹垭;上二叠统长兴组。

**管壳藻属** *Tubiphytes* Maslov, 1956

**模糊管壳藻** *Tubiphytes obscurus* Maslov, 1956

**网脊管壳藻** *Tubiphytes carinthiacus* (Flügel), 1966

(图版 II, 图 7)

**特征** 根据图象的情况,这是一个腹足类的壳体,此壳体的上部(现为左方)已被亮晶方解石所充填,而下部体腔则被 *Tubiphytes carinthiacus* 和 *Tubiphytes obscurus* 所充填。可以看出 *Tubiphytes obscurus* 包覆于 *Tubiphytes carinthiacus* 之外。

关于这两个种的区别, Senowbari-Daryan 和 Flügel (1993, p. 372) 认为 *T. carinthiacus* 比 *T. obscurus* 具有更加开放的显微结构,个体较大,但其内部的空腔则较小。

**产地及层位** 川东双龙场构造双 15 井;上二叠统长兴组。

## 2 从藻类化石组合探讨广西、贵州二叠纪生物礁和川东碳酸盐台地及其生物礁的古环境

### 2.1 各类钙藻的古生态因素分析

广西、贵州二叠纪钙藻化石,包括红藻和绿藻,它们来自礁相和礁后相地层,而川东地区的钙藻化石基本上来自分布于川东碳酸盐台地的礁相地层。通过这些钙藻化石的古生态分析,我们可以清楚地识别这些礁的性质和形成环境。

当前所获得的钙藻化石,包括: (1) 红藻 *Solenoporella*, *Gymnocodium*, *Pemocalculus*; (2) 绿藻内的海松藻科,如叶状藻 (Riding, 1977; Wray, 1979); (3) 绿藻内的粗枝藻科: *Mizzia*, *Anthraxoporella*; (4) 疑难藻类: *Pseudovermiporella*, *Tubiphytes* 等。上述这些藻类化石,虽然种属不多,但是从其组合来看,仍可推测含这些钙藻化石的礁相岩层和碳酸盐台地相沉积的形成环境。

**红藻:** 现代红藻分布于潮间带和潮下带。根据现代包覆状珊瑚藻和古生代管孔藻科 (Solenoporaaceae) 有关化石来判断,管孔藻科仅仅生活于正常盐度、温暖的海水,其水流通畅,无陆源碎

屑搬入。水深一般约在 20m 或不到 20m (Johnson, 1961)。Belka (1979) 认为管孔藻科大多生活于浅水、高能(水动力能量较高)的礁后环境。Wray (1977) 认为晚古生代的红藻大部分生活于开放的碳酸盐陆棚环境。这类藻类既能适应于静水,以灰泥为主的沉积,也可分布于灰泥含量很少的颗粒岩,甚至在那些水流十分动荡的环境内形成的颗粒岩内,其内生物屑已被磨蚀。

**绿藻内的粗枝藻科:** 晚古生代的粗枝藻将近 500 种,其生活方式非常不同,因此很难得出一致的结论 (Homann, 1972)。根据 Senes (1967) 的研究,在地中海发现的现代粗枝藻,其最大深度不会超过 30m。Johnson (1961), Elliott (1968), Flügel (1985) 认为现代粗枝藻以及粗枝藻化石最合适的生长深度只有 5—6m。由 10—30m 的深度范围内,粗枝藻明显减少。Kirkland 等 (1990) 在研究 Guadalupe 山脉礁后相的 *Mizzia* 群落时,推测其海水深度小于 30m。

**叶状藻:** 现在人们普遍认为叶状藻代表海松藻科的下列这些属: *Anchicodium*, *Neoanchicodium*, *Ivanovia*, *Eugonophyllum* 的形态名称 (Riding, 1977; Wray, 1979)。由于它的微细结构已消失不见,因此难以确定它的真实的属名。Oltmann (1923) 认为现代海松藻 (Codiacean) 大多分布于亚热带的海蚀带 (surf zone)。Hecht (1960) 叙述到现代的 *Codium* 的一个种,它在地中海生活于 2—20m 的深度。现代的某些属,如 *Udotea*, *Halimeda* 的分布深度也是在 2—20m,当然它们也可深达 120m。根据 Konishi 和 Wray (1961) 的研究,海松藻分布于亚滨岸带。Imbrie 等 (1959) 认为 *Anchicodium* 可能形成于更浅的水深,即小于 10m。Elias (1937), Pray 和 Wray (1963) 认为海松藻的另一个组成属 *Ivanovia* 的分布深度小于 17m。总的来说,叶状藻的生长深度以小于 20m 的水域为主。

### 2.2 从筴类化石推测古生态因素

筴类是热带洁净海水内生活的一类底栖生物,它已绝灭,无现生代表。筴类往往与藻类共生,这表明该地海水较浅,而且十分温暖、洁净,从而使大量的光源透入,促使藻类大量繁殖。在上扬子区晚二叠世吴家坪组和长兴组内,筴类中的 *Palaeofusulina*, *Codonofusiella* 是广泛分布的属种。Elias (1937), Hattin (1957) 以及 Mckrone (1963) 都认为筴类大量出现的时刻是在每一次海侵的最高点,因

此它在海水内的分布深度位于 21—55m 之间, 但 Imbrie 等 (1959) 则将筳类化石沉积作为扰动的滨岸相沉积看待, 其深度小于 15m。根据 Mckrone (1963) 和 Laporte (1962) 的研究, 筳类动物生活的典型水深接近于 17m, 而 Stevens (1966) 则认为筳类动物生活区间不会大于 15m。从上述的讨论, 我们不难看出筳类动物的生存深度也在水深 20m 之内。

### 3 川东、鄂西二叠纪长兴期生物礁是深水礁, 还是浅水礁?

自从鄂西利川海绵礁发现以后, 近年来对其形成深度提出了新的看法(王一刚等, 2000)。王一刚等认为利川见天坝海绵礁代表碳酸盐缓坡(ramp)上的深水礁, 其深度在波基面之下。此外, 川东地区位于地下的礁体, 如天东 10 井都被认为分布于缓坡上或深沟边坡的礁体。当前作者通过对川东广大地区许多礁体钻井岩芯的研究, 发现它们含有许多钙藻, 包括红藻、绿藻以及疑难藻类。根据上述关于藻类化石生态的讨论, 我们认为川东碳酸盐台地及其上发育的生物礁代表浅水礁, 其发育深度均小于 30m。

#### 参考文献

- 王一刚, 张静, 杨雨, 刘划一, 余晓锋, 2000 四川盆地东部上二叠统长兴组生物礁气藏形成机理 海相油气地质, 5(1—2): 145—152
- 穆西南, 1981 贵州西部上二叠统的钙藻化石 古生物学报, 20(1): 33—49
- 穆西南, 1983 西藏的一些钙藻化石 西藏古生物(第五分册). 科学出版社 205—240
- Belka Z, 1979 Shallow water Solenoporaceae and their environmental adaptation, Upper Permian of the Holy Cross Mts Bull Cent Rech Explor Prod Elf Aquitaine, 3(2): 443—452
- Chuvashov B I, 1974 Permian calcareous algae from Ural Akad Nauk SSSR, Ural Nau Centr Tp. Inst Geol Geoch, 109: 3—76
- Dybow ski W N, 1877 Die chaetetiden der ostbaltischen Silur-Formation 134p. Dorpat
- Elias M K, 1937 Depth of deposition of the Big Blue (Late Paleozoic) sediments in Kansas Geol Soc Amer Bull, 48: 403—432
- Elliott G F, 1955 The Permian calcareous algae *Gymnocodium*. Micropaleontology, 1(1): 83—90
- Elliott G F, 1958 Fossil micropaleontologica from the Middle East Micropaleontology, 4(4): 419—428
- Elliott G F, 1968 Permian to Palaeocene calcareous algae (Dasycladaceae) of the Middle East Bull Brit Mus Nat Hist Geol Suppl, 4: 1—111
- Endo R, 1961 Stratigraphical and paleontological studies of the later Paleozoic calcareous algae in Japan, XVI, Fossil algae from the Ominagahama district Sc Rep. Saitama Univ., ser. B, Endo commen. Volume: 77—118
- Endo R, 1961 Stratigraphical and paleontological studies of the later Paleozoic calcareous algae in Japan, XVII, Fossil algae from the Akiyoshi limestone group. Sc Rep. Saitama Univ., ser. B, Endo commen. Volume: 119—142
- Endo R, 1969 Fossil algae from the Khao Phlong Phrab district in Thailand Geol Paleont Southeast Asia, 7: 33—85
- Endo R, Kanuma M, 1954 Stratigraphical and paleontological studies of the later Paleozoic calcareous algae in Japan, VII, Geology of the Mino mountains land and southern part of Hida plateau with description of the algal remains found in those districts Sci Rep. Saitama Univ., ser. B, 1(3): 190—208
- Flügel E, 1966 Algen aus dem Perm der Karnischen Alpen Carinthia II, Sonderh. 25, 76p.
- Flügel E, 1985 Diversity and environments of Permian and Triassic dasycladacean algae In: Toomey, D. F. and Nitecki, M. H. (Eds.), Paleogeology, Contemporary Research and Applications, 345—351
- Güven T, 1965 Etude stratigraphique et micropaléontologique du Carbonifère et du Permien des Taurus occidentaux dans l'arrière-pays d'Anatolie (Turquie). Thèse Univ. Paris 273p.
- Hattin D E, 1957 Depositional environment of the Wreford megacyclothem (Lower Permian) of Kansas State Geol Survey Kansas Bull, no. 124, 150p.
- Hecht G, 1960 Über kalkalgen aus dem Zechstein Thüringens Freiburger Forschungsh., (C) 89: 125—176
- Homann W, 1972 Unter- und tiefmittelpemische kalkalgen aus den Rattendorfer Schichten, dem Trogkofelkalk und dem Tressdorferkalk der Karnischen Alpen (Österreich). Senckenb. lethaea, 53: 135—313
- Imbrie J, Laporte L F, Merriam D F, 1959 Beattie limestone facies and their bearing on cyclical sedimentation theory. Kansas Geol Soc, 24th Ann. Field Conf. Guidebook: 69—78
- Ishijima W, Ozaki H, Nakamura M, 1971 Upper Paleozoic calcareous algae from the limestone at Sakaishinachibun. Saitama Ken Bull Nat Sci Mus Tokyo, 14(1): 97—136
- Johnson J H, 1961 Limestone-building algae and algal limestones Colorado School Mines, spec. Publ., 297p.
- Johnson J H, Dorr M E, 1942 The Permian algal genus *Mizzia* Jour. Paleont., 16: 63—77
- Kirkland B L, Chapman R L, 1990 The fossil green alga *Mizzia* (Dasycladaceae): a tool for interpretation of paleoenvironment in the Upper Permian Capitan reef complex, southeastern New Mexico Jour. Phycol., 26: 569—576
- Kochansky D V, Herak M, 1960 On the Carboniferous and Permian Dasycladaceae of Yugoslavia Geol Vjesnik, Zagreb, 13: 65—94

- Konishi K, Wray J, 1961. *Eugonophyllum*, a new Pennsylvanian and Permian algal genus. *Jour. Paleont.*, **35**: 659—665
- Korde K B, 1965. Algae. In: Ruzhentsev, V. E. and Sarycheva, T. G., Evolution and change of marine organisms on the boundary between the Palaeozoic and Mesozoic. *Akad. Nauk SSSR, Ins. Paleont. Nauk*, **108**: 268—284
- Korde K B, 1966. Morphologie und systematische Stellung der paläozoische Alge *Pseudovem iporella*. *Paleont. Z.*, (4): 86—91
- Laporte L F, 1962. Paleocology of the Cottonwood limestone (Permian), northern Midcontinent. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **73**: 521—544
- Maslou V P, 1956. Fossil calcareous algae of USSR. *Trudy Geol. Inst., Akad. Nauk SSSR*, **160**, 301p.
- Mckrone A W, 1963. Paleocology and biostratigraphy of the red Eagle cyclothem (Lower Permian) in Kansas. *State Geol. Surv. Kansas Bull.*, **164**: 1—114
- Oltmann F, 1923. Morphologie und biologie der Algen.
- Pia J V, 1920. Die Siphonaeae Verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. *Zool. Bot. Gesell. Wien, Abhandl.*, **11**, 263p.
- Pia J V, 1927. Die Erhaltung der fossilen Pflanzen, I. Abteilung Thalophyta. In: Himmer, M., *Handbuch der Paläobotanik*, vol. 1: 1—136. München und Berlin.
- Pia J V, 1937. Die wichtigsten Kalkalgen des Jungpaläozoikum und ihre geologische Bedeutung. *C. R. 2d Congr. Carboniferous, Heerlen 1935*, 765—856
- Pray L C, Wray J L, 1963. Porous algal facies (Pennsylvanian) Honaker Trail, San Juan Canyon, Utah. *Four Corners Geol. Soc. Symp.*, 203—234
- Rezak R, 1959. Permian algae from Saudi Arabia. *Jour. Paleont.*, **33**: 531—538
- Riding R, 1977. Problems of affinity in Palaeozoic calcareous algae. In: Flügel, E. (ed.), *Fossil algae, recent results and development*, 202—211
- Schubert R J, 1907. Vorläufige Mitteilungen über Foraminiferen und Kalkalgen aus dem Dalmatinischen Karbon. *Verh. Geol. Reichsanstalt Wien*, vol. 8: 211—214
- Senes J, 1967. Repartition bathymétrique des algues fossilisables ou Méditerranée. *Geol. Sbornik*, **18**: 141—150
- Senowbari Daryan B, Flügel E, 1993. *Tubiphytes* Maslov, an enigmatic fossils: classification, fossil record and significance through time, part 1, Discussion of Late Paleozoic materials. *Boll. Soc. Paleont. Ital., Spec. 1*: 353—382
- Stevens C H, 1966. Paleocologic implications of Early Permian fossil communities in eastern Nevada and western Utah. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **77**: 1121—1130
- Vachard D, Montenat C, 1981. Biostratigraphie micropaléontologie and paléogéographie du Permian de la région de Tezak d' (Montagnes Centrales Afghanistan). *Palaeontographica, Abt. B*, **178**: 1—88
- Wray J L, 1977. Late Paleozoic calcareous red algae. In: Flügel, E. (ed.), *Fossil algae, recent results and development*, 167—176
- Wray J L, 1979. Paleoenvironmental reconstructions using benthic calcareous algae. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine*, **3**(2): 873—879

## ON SOME PERMIAN CALCAREOUS ALGAE FROM GUANGXI, GUIZHOU PROVINCES AND EAST SICHUAN, AND THEIR PALEOECOLOGICAL ENVIRONMENTS

FAN Jia-song and WU Ya-sheng

(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

**Key words** calcareous algae, Permian, reefs, paleoecology, Guangxi, Guizhou, East Sichuan

Some Permian calcareous algae from the reefs and reef-related rocks in northwestern Guangxi, Central Guizhou as well as East Sichuan are described in present paper. These algae include: (1) red algae: *Solenoporella*, *Gymnocodium*, *Pemocalculus*; (2) green algae: *Anthracooporella*, *Mizzia* and (3) Microproblematica: *Pseudovem iporella*, *Tubiphytes*. They all belong to the elements of Late Permian, except that some occur in Middle

Permian reefs, northwestern Guangxi. The algae found in East Sichuan are collected totally from the cores obtained during exploration of oil and gas in that region. These algal plants lived in shallow marine waters of normal salinity, in tropical and subtropical areas, with a depth of less than 30m. The present authors believe that the reefs in East Sichuan and West Hubei are still regarded as shallow water sponge reefs rather than deep water

reefs mentioned by the others

## 图 版 II

## 图 版 说 明

标本保存在中国科学院地质与地球物理研究所。

## 图 版 I

- 1, 8 *Pemocalculus tenellus* (Pia)  
× 25, 产地及层位: 广西隆林祥播; 上二叠统吴家坪组。  
标本编号: B 52, B-53。
- 2, 4—6 *Pemocalculus* sp.  
2, 4 × 25; 5, 6 × 40, 图 5 为图 4 的右上部的放大。  
产地及层位: 广西隆林祥播; 上二叠统吴家坪组、长兴组。  
标本编号: B 55, B 57。
- 3 *Pemocalculus fragilis* (Pia)  
× 25, 产地及层位: 川东开江以东的天东 10 井; 上二叠统长兴组。  
标本编号: 天东-1655。
- 7, 9 *Pseudovem iporella sodalica* Elliott  
× 40, 产地及层位: 川东石柱茨竹埡; 上二叠统长兴组。  
标本编号: 茨-68, 茨-4。

- 1, 3 *Gymnocodium bellerophonis* (Rothpletz) Pia  
× 40, 产地及层位: 川东开江以东的天东 10 井和石柱茨竹埡;  
上二叠统长兴组。  
标本编号: 天东-1675, 茨-68。
- 2 *Anthracoorella spectabilis* Pia  
× 25, 产地及层位: 广西隆林祥播; 中二叠统茅口组。  
标本编号: B 34。
- 4, 5 *Solenoporella* sp.  
× 40, 产地及层位: 广西隆林祥播; 中二叠统茅口组、上二叠统  
吴家坪组。  
标本编号: B 36, B 55。
- 6, 8 *Mizzia velebitana* (Schubert) Pia  
× 25, 产地及层位: 贵州紫云县城附近花地寨、石头寨; 上二叠  
统吴家坪组和长兴组。  
标本编号: H 3-2; H 7-2; Z-2。
- 7a *Tubiphytes obscurus* Maslov
- 7b *Tubiphytes carinthiacus* (Flügel)  
× 25, 产地及层位: 川东双龙场双 15 井; 上二叠统长兴组。  
标本编号: 双 15-137。
- 9 *Pseudovem iporella sodalica* Elliott  
× 40, 产地及层位: 川东石柱茨竹埡; 上二叠统长兴组。  
标本编号: 茨-21。

