

华南晚二叠世长兴期菊石古生态初探

杨 逢 清

(中国地质大学, 武汉 430074)

内 容 提 要

根据长兴期菊石的地理分布, 共生生物(牙形石、放射虫)的生存环境, 围岩的化学元素含量和元素间的比值, 以及古地磁资料, 认为该时期菊石生存的最宜环境为盐度正常、温暖、平静的浅海深处。又据长兴期菊石的本身特点——壳形、包卷程度、壳饰和壳体浮心和重心的位置, 推测了它们的生活方式, 并以游泳能力的强弱将其分为 3 类。又根据菊石的生活环境和生活方式, 恢复了长兴期菊石的古生态, 划分出底栖慢游和浅水游泳两种类型。

关键词 菊石 环境 生活方式 古生态类型 长兴期 华南

古生代末期, 全球性的海退引起海域的缩小, 致使特提斯海大部分地区缺失晚二叠世晚期(长兴期)的沉积和生物群。但此时中国南部却是一个小规模的海侵, 生物类型众多, 其中菊石尤为丰富, 迄今已发现 35 属, 分属于 11 科, 以 *Tapashanitidae*, *Pseudotirolitidae*, *Pleuronodoceratidae* 3 科的成员最为繁盛。因此我国华南地区是研究长兴期菊石生态最理想的地区。

菊石古生态的研究是阐明菊石动物的生活习性、生活方式、生活环境和生态类型。本文从“将今论古”、形态功能分析、生物共生组合及围岩特征等方面对长兴期菊石的古生态进行初步探讨。可能对再造华南晚二叠世晚期的古地理环境有一定意义。

长兴期菊石生活环境

长兴期菊石在全球范围内分布较窄, 除苏联外高加索卓勒法、伊朗北部库-依-阿里巴什和中部阿巴德地区有零星分布外, 均产于中国南部(插图 1), 并富集在华南的北部和南部(插图 2)。长兴期菊石分布窄的原因, 一是大规模海退, 缩小了生态领域; 二是受生活环境因素的制约。主要的控制因素有下述几个方面。

1. 温度

适宜的海洋温度是长兴期菊石生存的重要条件。它们需生活在温暖的海洋里可从下面 2 方面得到证实。

据古地磁资料, 张正坤(1982)认为富产菊石的华南陆块在二叠纪古地理位置为 2.4°S 。McElhinney 等(1981)的古地磁资料提出华南陆块的峨眉地区在晚二叠世位于赤道北侧的低纬度区 1.7°N 。上述资料说明晚二叠世华南位于赤道附近, 属热带、亚热带海洋。这一点从其余的菊石产地的古地理位置也可得到证明。从插图 1 看, 苏联外高加索和伊朗北部都位于南、北纬 30° 以内的特提斯海。另一可作为佐证的是常与菊石伴生的放射虫(插图 2)所需的温度。现代大多数放射虫分布在温暖的海洋中, 如太平洋放射虫主要分布于赤道、南北纬 20° 以内。通常暖流地带的放射虫壳小而薄, 放射刺细长。长兴期与菊石共生的放射虫 *Flustrella*, *Cene.*

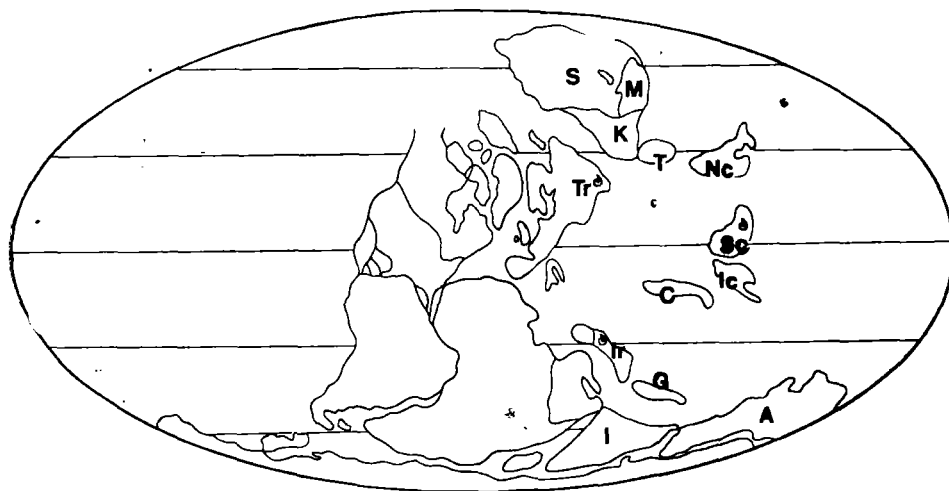


插图1 世界晚二叠世晚期菊石分布图

Sketch map showing distribution of late Late Permian ammonoids of the world

A. 澳大利亚; C. 羌塘, G. 冈底斯喜马拉雅, I. 印度, Ic. 印度支那半岛, Ir. 伊朗, K. 哈萨克斯坦, Nc. 华北, Sc. 华南, S. 西伯利亚, T. 塔里木, Tr. 外高加索。

Ilipsis, *Porodiscus* 等(泡沫虫类),壳小而薄,常生活在温暖洋区。由此推测与它们共生的菊石也是喜暖动物。综上所述,长兴期菊石对生存温度的要求是严格的,致使极区或温带区至今未找到它们的踪迹。

2. 深度

长兴期菊石生活时的水究竟有多深? 这是恢复古环境时一个有意义的问题。赵金科等(1978)曾指出,长兴期菊石常见于硅质岩及泥页岩,它们的壳饰发育,常具粗细不等的肋和瘤,表示它们在波浪很强的很浅的海域中生活。周祖仁(1985)在讨论二叠纪菊石生态时也同意上述观点,并认为长兴期菊石的分布大体平行和接近滨线,具体环境大多为含鲕碳酸盐分布区两侧较浅、滨线频繁进退的泥、砂质坪地或滞流海湾。对上述结论笔者持疑。在长兴期,华南是个障壁发育的陆表海。通常认为,陆表海的深度只有几十米,很少超过 200m (范嘉松,1979)。具体就华南来说,中部发育着东西向的碳酸盐台地,据台地岩性、生物类别和生态的研究,应属于陆表海潮下带上部,水深只有几十米。菊石生活在台地两侧海水较深地区,推测在水深 200m 左右处。也就是说,当时菊石生活在陆表海的较深水盆地内。此种盆地的形成可能有两种机制。一种可能是由于陆表海海底地形的不平坦,中间高,两侧相对较深,而在两侧底部的低洼区,水就更深一些。另一种可能是由于板块运动所造成;例如,金若谷(1987)认为,二叠纪末期,华南陆块西部的滇青藏洋板块由西南向东北推挤,东部由于太平洋扩张使华南陆块向西北推移,两者南北向合力,促使华南陆块向北漂移,逐渐向华北陆块靠近。因此,华南陆块北部的龙门山、大巴山等边缘地区,在长兴期出现了呈东西向延展的山前拗陷,形成了较深水沉积。另一些学者认为,二叠纪末,华南陆块(扬子板块)处于拉张阶段,出现裂陷槽,形成较深的海域。无论哪一种观点,对长兴期菊石生活的水域不是滨浅海中很浅的地区,而是较深的水域这一点是一致的。

长兴期菊石生活在陆表海较深水盆地还可以从共生生物的深度要求得到引证。华南区菊

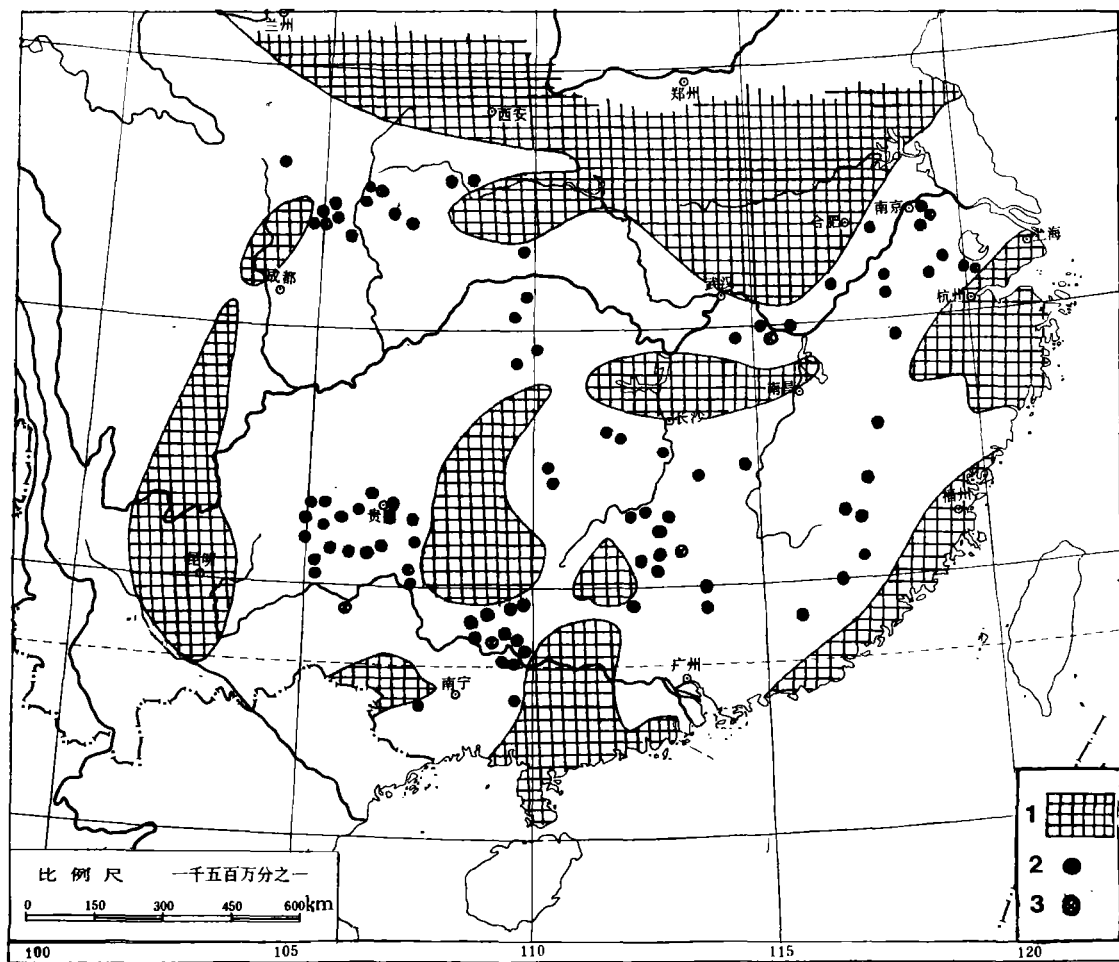


插图2 华南晚二叠世晚期菊石、放射虫分布示意图

The distribution of late Late Permian ammonoids and radiolarians in South China

1. 古陆 (Old lands); 2. 菊石 (Ammonoids); 3. 放射虫 (Radiolarians).

石与其它生物的共生关系,大致可分为3种类型:

1) 菊石与牙形石、放射虫和少量的腕足类、双壳类共生的类型。此类型以四川广元上寺长江沟剖面为典型代表,化石主要产于硅质岩和硅质灰岩中,菊石种属繁多,分异明显,尤以 *Tapashanitidae*、*Pseudotirolitidae* 和 *Pleuronodoceratidae* 的成员为主要代表,如 *Tapashanites*, *Pseudostephanites*, *Sinocelites*, *Pseudotirolites*, *Pleuronodoceras*, *Chaotianoceras*, *Rotodiscoceras* 等。牙形石数量亦很丰富,大部分为营游泳的窄盐性齿台型分子,代表分子为 *Gondolella subcarinata*, *G. changxingensis*, *G. deflecta*, *G. carinata*, 这些牙形石需生活在海水较深,含盐度正常、水动力较弱、阳光和有机物质都较为充足的地区。含菊石层的放射虫属种和数量均丰富,保存较好。据金若谷(1987)对晚二叠世大隆组放射虫岩的研究,认为川北龙门山北段大隆组的放射虫岩形成于水深150—300m或以下的环境内。腕足类在此类型中以体小壳薄、属种单调和数量少为特征,是典型的硅质岩相分子,包括 *Paryphella*, *Paracrurithyris*, *Crurithyris*, *Fusichonetes*, *Waagenites* 等。上述生物生存的深度显然说明了此类

型是生活在浅海中海水较深的环境内。

2) 菊石与硅质放射虫、硅质骨针、遗迹化石及少量的腕足类共生的类型。广西合山马滩剖面的生物是此类型的典型代表。菊石产于黑色硅质泥岩中, 仅发现 *Pseudotiroplitidae* 和 *Pleuronodoceratidae* 的分子。硅质放射虫和硅质骨针富集于黑色硅质岩中, 放射虫主要为 *Flustrella*, 个体小, 直径约 0.15mm, 具清楚的同心层状构造, 表明生活在较深水的环境下。遗迹化石是李菊英等(1986)发现, 包括大型的 *Planolites*, *Chondrites*, *Rind Burrow*, 产于硅质岩和硅质泥岩层中。Ekdale (1977) 曾报道上述 3 种遗迹化石均为深水沉积环境中的常见类型。另外还包含了大量硅质岩相腕足类和双壳类。此类型代表了浅海中海水较深或深的盆地组合类型。

3) 菊石与腕足类共生类型。福建龙岩雁石剖面的生物组合是此类型的典型代表。菊石的分异度和丰度远远不如前两种类型, 且一般保存不好, 常见分子为 *Pseudotiroplites*, *Pleuronodoceras*, 产于砂质泥岩中。腕足类和双壳类相对比前两种类型多一些, 代表分子有 *Crurithyris*, *Paryphella*, *Waagenites*, *Leptodus*, *Etheripecten*, *Pernopecten*, *Wilkingia* 等。还含有少量的牙形石。此类型明显代表了水较浅的滨浅海环境。

长兴期菊石的生物共生组合主要是前两种类型, 而第三种类型仅分布在华夏古陆的一侧, 即福建永定、永安及龙岩一带。这些地区水很浅, 不利于菊石生存, 很可能是菊石在较深水区死亡后飘至滨浅海, 下沉而形成化石, 因而化石数量少, 保存差。

表 1 四川广元上寺长江沟剖面长兴阶化学元素含量
Content of chemical elements of Changxingian in Changjianggou section Shangsi,
Guangyuan, Sichuan

元素 单位		Na	Fe	Ca	Mg	Mn	Sr	Ba	Cr	Ni	V
5 (15—17层)	均值 \bar{x}	1	1.5	>10	1	0.023 3	0.1	0.055	0.0025 5	0.001	0.005 5
	方差 S		0.5			0.061			0.045		0.08
4 (10—14层)	均值 \bar{x}	1	1.11	>10	1	0.043 3	0.12	0.167	0.0039 5	0.0034 5	0.016 3
	方差 S		0.11			0.07	0.0024	0.012	0.056	0.0386	0.021
3 (8—9层)	均值 \bar{x}	1	3	5	1	0.01 3	0.08	0.01	0.0135 4	0.03 3	0.28
	方差 S					0.08			0.0845	0.02	0.0968
2 (2—7层)	均值 \bar{x}	0.7	2	>10	1	0.11 3	0.1167	0.011	0.0057 4	0.0073 3	0.0237
	方差 S	0.216	1.2			0.004	0.0667	0.0035	0.025	0.0125	0.0014

据杨遵仪等 1987 年文献。

菊石围岩化学元素含量的变化, 也能帮助恢复菊石生活时的古深度。据徐桂荣(1987)对长兴阶主要元素的研究, Cr、Ni、V 等元素的含量及 Sr/Ba 比值可以指示海相与陆相; Fe/Mn 比值显示离海岸线的远近。通常认为 Cr、Ni、V 含量低于 40×10^{-6} , Sr/Ba 比值小于 1, Fe/Mn 比值大于 150, 这种层位大体上接近于陆相或滨海相。反之, Cr、Ni、V 含量较高, Sr/Ba 比值大, Fe/Mn 比值小, 一般属浅海相。下面以富含菊石的四川广元上寺长江沟和浙江长兴

表 II 四川广元上寺长江沟剖面长兴阶若干元素之间的比值
Specific value between some chemical elements of Changxingian in Changjianggou section Shangsi, Guangyuan, Sichuan

比值 单位		Ca/Mg	Ca/Ca + Fe	Na/Ca	Fe/Mn	Sr/Ba	Sr/Ca
5 4 3 2		>10	0.87	0.10	66.67	1.82	0.01
		>10	0.90	0.10	25.90	0.72	0.012
		5	0.63	0.20	300.00	8.00	0.016
		>10	0.83	0.07	18.18	10.61	0.01

据杨遵仪等 1987 年文献。

表 III 浙江长兴新槐剖面长兴阶化学元素含量
Content of chemical elements of Changxingian in Xinhuai section, Changxing, Zhejiang

元素 单位		Na	Fe	Ca	Mg	Mn	Sr	Ba	Cr	Ni	V
4 (21—25层)	均值 \bar{x}	0.5	3	9.99	3	0.13	0.1	0.015	0.002	0.0015	0.003
	方差 S					0.025			0.0008	0.0005	
3 (7—20层)	均值 \bar{x}	0.104 3	0.931	10	1	0.0062 4	1	0.01	0.0016 6	0.001	0.0035 5
	方差 S	0.0192	0.062			0.064			0.08	0.0003	0.038
2 (2—6层)	均值 \bar{x}	0.82	1	10	1	0.0086 3	0.82	0.012 5	0.0054 6	0.003	0.0062 4
	方差 S	0.162				0.0145	0.162	0.075	0.08	0.002	0.0252
1 (1层)	均值 \bar{x}	1	1	10	1	0.03	0.1	0.01	0.01	0.004	0.004
	方差 S										

据杨遵仪等 1987 年文献。

表 IV 浙江长兴新槐剖面长兴阶若干化学元素的比值
Specific value between some chemical elements of Changxingian in Xinhuai section, Changxing, Zhejiang

比值 单位		Ca/Mg	Ca/Ca + Fe	Na/Ca	Fe/Mn	Sr/Ba	Sr/Ca
4 3 2 1		3.33	0.76	0.05	23.08	6.67	0.01
		10.00	0.91	0.01	150.16	100.00	0.10
		10.00	0.91	0.08	116.28	41.00	0.082
		10.00	0.91	0.10	33.33	10.00	0.01

据杨遵仪等 1987 年文献。

新槐剖面为例,以元素含量和元素之间比值的变化来推测当时的古深度。
四川广元上寺长江沟剖面长兴阶化学元素,含量变化(表 I)和若干元素之间的比值(表

II) (插图 3)表明,含菊石层位(单位 3、4 菊石异常丰富,单位 5 有少量菊石分子)的单位 3 和

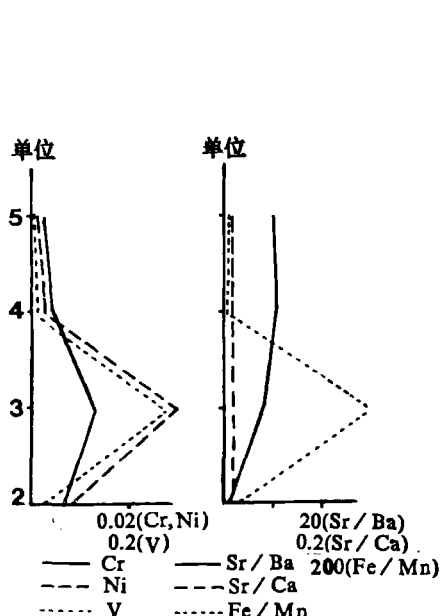


插图 3 四川广元上寺长江沟剖面长兴阶若干元素分布图
The distribution of some chemical elements of Changxingian in Changjianggou section Shangsi, Guangyuan, Sichuan

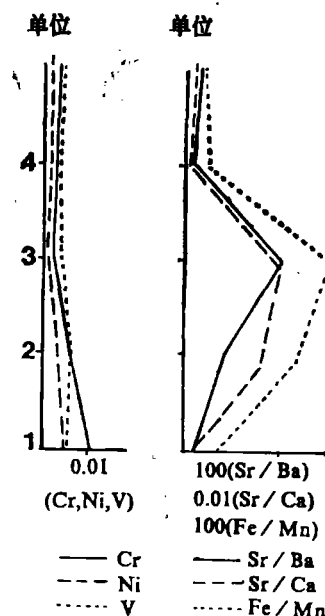


插图 4 浙江长兴新槐剖面长兴阶若干元素分布图
The distribution of some chemical elements of Changxingian in Xinhui section, Changxing, Zhejiang

单位 4Cr 元素含量高于 40×10^{-6} , Ni、V 含量高于 50×10^{-6} , 3 个元素在富含菊石的层位都很高。Sr/Ba 比值都大于 1, 而 Fe/Mn 比值除单位 3 以外都小于 70。单位 3 的 Fe/Mn 值高的原因可能由于 Mn 含量低引起, 当时的化学环境不利于 Mn 的沉淀。上述元素含量及有关元素的比值显示出四川广元上寺长江沟长兴期菊石生活在浅海环境中。

浙江长兴新槐剖面长兴阶化学元素含量变化(表 III) 和若干元素之间的比值(表 IV)(插图 4)。该剖面菊石富产在长兴阶的下部和上部, 相当于插图 4 的单位 2、3、4。单位 2、3 菊石丰富, 单位 4 较少。Cr、Ni、V 含量在含菊石层位略低于 40×10^{-6} , Sr/Ba 值远高于 1, Fe/Mn 比值较小。从 Sr/Ba 和 Fe/Mn 比值来看, 新槐剖面长兴期菊石仍生活在浅海, 但 Cr、Ni、V 含量较低, 水深不及四川广元上寺长江沟剖面。因而长兴地区晚二叠世晚期是碳酸盐台地上局部水深较深的地区。

四川广元明月峡、湖南宜章梅田、广西来宾等地含菊石层位的化学元素及元素比值大致情况与上述 2 条剖面相似, 都属浅海环境下的沉积。

3. 水动力及古盐度

有些学者认为晚二叠世晚期菊石生活在波浪作用很强的地区。恰恰相反, 笔者认为它们生活在水动力弱的低能环境。证据是含菊石的围岩发育着微细的水平层理。金若谷(1987)对四川广元上寺长江沟剖面含菊石的放射虫岩的研究, 指出沉积构造均为水平层理和纹层理, 层系一般为毫米至厘米级。晋慧娟、李菊英(1987)在研究广西合山马滩地区晚二叠世沉积环境时指出, 大隆组的黑色硅质岩具微细的水平层理。武汉地质学院在研究二叠-三叠纪界线地层中, 发现广西来宾泡水、蓬莱滩, 湖南宜章梅田、贵州清镇流长等剖面含菊石的层位皆具水平层

理或纹层理。由上可知，含菊石的硅质岩类具水平层理和纹层理代表了一种静水低能环境。

现生头足类都生活在正常盐度的海水内，共生生物都是狭盐度生物。推测长兴期菊石也需正常盐度的海水。这方面从围岩的化学元素比值上亦可得到佐证。徐桂荣指出(杨遵仪等, 1987), 沉积物中 Ca/Mg 比值、 $Ca/Ca + Fe$ 比值和 Na/Ca 比值可以指示当时海洋的古盐度。若 Ca/Mg 之值大于 2, $Ca/Ca + Fe$ 之值大于 0.5, Na/Ca 之值小于 0.2 可能代表盐度正常的浅海; 相反 Ca/Mg 值小于 2, $Ca/Ca + Fe$ 值小于 0.5, Na/Ca 值大于 0.2, 则表示 Mg 、 Na 的含量高, 代表咸化的海域。四川广元上寺长江沟、广元明月峡、广元新店子、浙江长兴新槐和湖南宜章梅田等剖面长兴期富含菊石的层位, 元素比值都属于盐度正常的浅海。但在局部地区, 如贵州清镇流长, 广西来宾泡水, 从它们的元素比值看, 海水盐度有些异常。

综上所述, 长兴期菊石的生活环境是海水盐度正常、浅海较深水盆地的温暖静水环境。值得提出的是已发现的长兴期菊石大部分保存在硅质岩、硅质碎屑岩和硅质碳酸盐岩中, 在不含硅质或硅质含量很少的岩层内, 菊石的丰度和分异度都很低, 且保存不佳。因而长兴期菊石与硅质沉积物有着密切的关系。而硅质沉积物的形成又与火山物质有关(吴顺宝、黄思骥, 1987)。饶有兴趣的是现生头足类也是大量繁盛于现代火山活动频繁的非律宾周围地区(董正之 1985 年面告)。两者是偶然的巧合还是有其相关的联系, 是一个值得探索的问题。

长兴期菊石生活方式及生态类型

长兴期菊石在岩层中均沿层面排列、大小混杂, 从未发现它们爬行的痕迹。因而推测它们

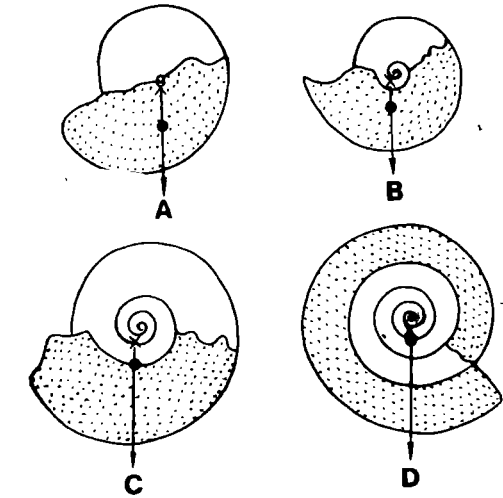


插图 5 某些旋卷型头足类在水中的平衡位置
The position of equilibrium for some ammonoids in water
(据 Trueman, 1940)
A. *Nautilus*; B. *Ludwigia*; C. *Sigaloceras*; D. *Dactyloceras*
×表示浮力中心 (Centre of buoyancy); ●表示重力中心 (Centre of gravity); 虚点表示住室。

不是底栖爬行类型而属游泳动物。这种生活方式从菊石壳体本身的外形和结构也能得到说明。所有长兴期菊石均为两侧对称的平旋壳, 此壳形有利于游泳, 而不利底栖爬行。另外, 它们的壳薄、肋瘤纹饰皆空心、具气室和大多数有较复杂的齿菊石型缝合线。这些壳体特点减轻了壳的比重, 增强壳的坚固程度, 表示它们营游泳生活。菊石壳体在水中的位置也能说明其生活方式, Trueman (1940) 测算了一些菊石属的浮心和重心位置来确定菊石在水体中的位置(插图 5), 他发现壳外卷、旋环多的菊石浮心和重心十分接近, 因此易改变自身的生活位置, 通常以壳口半朝上、半朝外的状态浮于水中。而那些内卷型的菊石, 重心和浮心相距一段距离, 口部完全朝上, 生活位置稳定。他推断旋卷型菊石是以旋壳呈垂直状态在水中遨游。由此可知旋卷型的长兴期菊石营游泳生活应是无疑的, 但它们在水中的稳定程度则取决于壳的包卷程度。

长兴期菊石的包卷程度、壳表纹饰的强度和缝合线的复杂程度有明显的差异, 从而各自的游泳能力也不尽相同。Kummel 和 Lloyd (1955) 做了螺旋形头足类壳体的相对流线型实

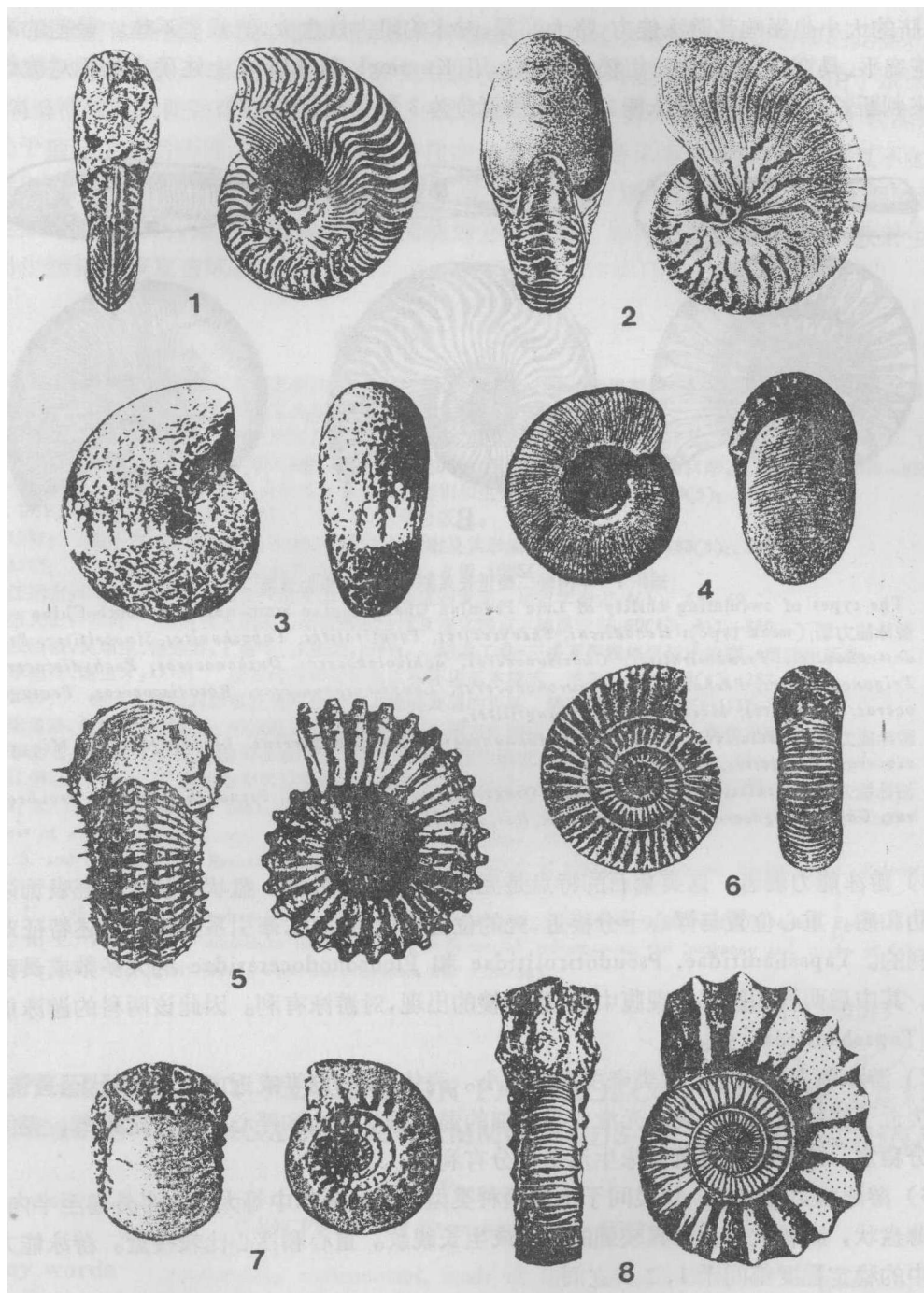


插图 6 几种菊石壳的牵引系数 (C_D')

The drag coefficient of some ammonoids (C_D') (据 Kummel and Lloyd, 1955)

1. *Harpoceras*, $C_D' = 14.4$; 2. *Nautilus*, $C_D' = 14.8$; 3. *Perrinites*, $C_D' = 15.4$; 4. *Cravenoceras*, $C_D' = 16.0$; 5. *Douvilleroceras*, $C_D' = 16.4$; 6. *Dactylioceras*, $C_D' = 16.6$; 7. *Gastrioceras*, $C_D' = 18.4$; 8. *Peltoceras*, $C_D' = 21.4$.

验,研究了 21 个旋卷型标本,计算出各种形态的牵引系数 (C_D'),系数愈高,对水的阻力就愈大,而流线型愈不佳(插图 6)。他们实验的结论是:一般说来,外卷型比内卷型的流线型要差

一些,脐的大小也影响其游泳能力,脐大而深,对水的阻力就愈大,流线型不佳。最差的流线型是那些扁平、具宽脐、表面装饰粗糙的类型。用 Kummel 和 Lloyd 上述确定的相对流线型的标准来判断长兴期菊石的游泳能力,则大致可分为 3 种类型(插图 7):

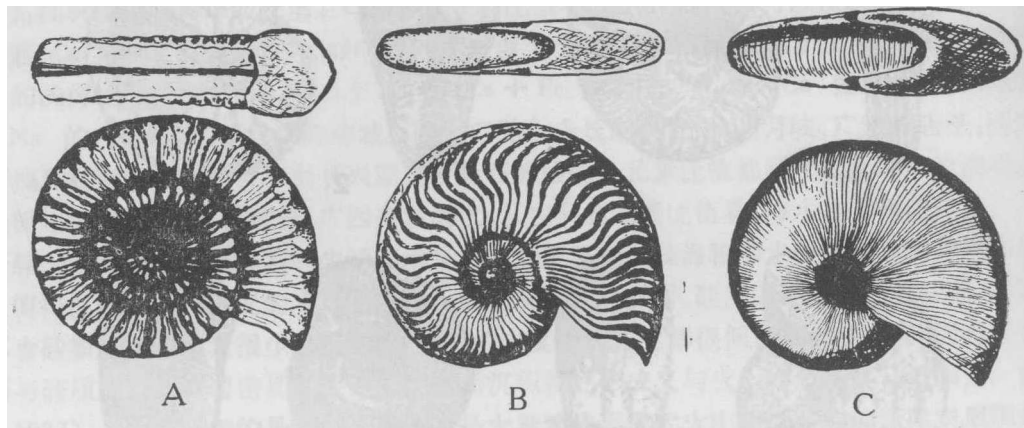


插图 7 华南晚二叠世长兴期菊石游泳能力分类

The types of swimming ability of Late Permian Changxingian ammonoids in South China

- A. 游泳能力弱 (weak type): *Henodiscus*, *Shevyrevites*, *Paratirolites*, *Tapashanites*, *Sinoceltites*, *Pseudostephanites*, *Pseudotirolites*, *Chaotianoceras*, *Schizoloboceras*, *Dushanoceras*, *Pachydiscoceras*, *Trigonogastrites*, *Pernodoceras*, *Pleuronodoceras*, *Longmenshanoceras*, *Rotodiscoceras*, *Pentagonoceras*, *Shangsites*, *Meitianoceras*, *Shangsilites*.
- B. 游泳能力较弱 (relatively weak type): *Huananoceras*, *Rongjiangoceras*, *Liuchengoceras*, *Mingyuexiaceras*, *Penglaites*, *Laibinoceras*.
- C. 游泳能力较强 (relatively strong type): *Qinglongites*, *Neoaganides*, *Pseudogastrioceras*, *Stacheoceras*, *Changhsingoceras*, *Qianjiangoceras*, *Retiogastrioceras*.

1) 游泳能力弱者。这类菊石的特点是壳体中等至大,外卷,盘状。脐大。壳表饰以粗壮的横肋和瘤。重心位置与浮心十分接近,壳的位置易发生变化,牵引系数大。上述特征对游泳是不利的。*Tapashanitidae*, *Pseudotirolitidae* 和 *Pleuronodoceratidae* 的大多数成员都属这一类。其中后两科的腹部出现腹中棱,腹中棱的出现,对游泳有利。因此该两科的游泳能力又稍比 *Tapashanitidae* 强。

2) 游泳能力较强。此类牵引系数较小。壳体较小,内卷或近内卷,扁饼状至透镜状,脐小。接近于流线型壳体。壳表光滑或具纤细的弱纹饰。重心和浮心相距一定距离,壳体在水中十分稳定。这些特征对营游泳生活是十分有利的。

3) 游泳能力较弱。该类间于上述两种类型之间。壳体中等大小,半外卷至半内卷,盘状或薄盘状,脐较大。壳表具较强的肋瘤或生长线纹。重心和浮心比较接近。游泳能力和壳在水中的稳定程度都间于 1, 2 类之间。

长兴期菊石按游泳能力进行分类,大多数属游泳能力弱类,其属数约占总属数的 60%,而第 2、第 3 类加起来的总数占总属数的 40%。上述比例数说明了华南晚二叠世晚期,菊石的生态领域是稳固的,敌害少,食物丰富,无需快速游泳来求得生存。

长兴期菊石按生活环境及游泳能力的强弱,可以分为两种生态类型:

1) 底栖慢游类型。主要由游泳能力弱者组成,常在浅海盆底缓慢游动。壳体特征为肋瘤发育、隔壁褶皱较强烈(齿菊石式缝合线),作用可能是加固壳体,使壳体能承受较大的水压。

2) 浅水游泳类型。壳薄,壳表光滑或具纤细纹,游泳能力较强和较弱者都归此类。其中一部分缝合线较复杂,一部分较简单。较简单者(棱菊石式)可能在水表处游泳,由于水压变化较小,隔壁褶皱无需像较深水类那样复杂。一部分缝合线呈齿菊石式者,可能生活于较深处。

关于菊石生态的研究,国内著文较少。往往认为菊石属游泳生物,对环境的恢复不如底栖生物有用。其实不然,只要对菊石的环境因素、生活方式作仔细的研究,并作一些必要的测试,进行定量的分析研究,是完全可以生态类型划分得更细,亦完全可以像牙形石、放射虫一样划分出生物相来恢复古环境。

参 考 文 献

- 江纳言、钱文龙, 1986: 华南二叠纪沉积环境与生物分布——兼论二叠纪特提斯海生物大规模绝灭的原因。中国古生物学会第十三、十四届学术年会论文选集, 167—185页。安徽科学技术出版社。
- 李菊英、晋慧娟、李育慈, 1986: 广西来宾合山地区二叠系地层中遗迹化石及其环境意义。地质科学, (2): 143—149。
- 芮琳、江纳言、陈楚震, 1983: 中国二叠纪末和三叠纪初的沉积分区及其相型。中国科学, B 辑, 1983(6): 560—565。
- , 1984: 苏、浙、皖地区二叠纪末三叠纪初的岩相和生物相。古生物学报, 23(3): 286—298。
- 阿格尔, D. V., 1981: 古生态学原理(中译本)。科学出版社。
- 金若谷, 1987: 四川龙门山北段晚二叠世大隆组放射虫岩及其形成环境。地质论评, 33(3): 238—248。
- 周祖仁, 1985: 二叠纪菊石的两种生态类型。中国科学, B 辑, 1985(7): 648—657。
- 杨万容、江纳言, 1980: 浙江长兴长兴组火山岩和放射虫的发现。地层学杂志, 4(1): 67—69。
- 杨逢清、张义杰, 1986: 华南长兴期菊石动物群的分区及演化特点。地质学报, 60(4): 311—320。
- 杨遵仪、殷鸿福、吴顺宝、杨逢清、丁梅华、徐桂荣, 1987: 华南二叠—三叠系界线地层及动物群。地质出版社。
- 范嘉松、李菊英、赵生才, 1979: 论古代海洋碳酸盐沉积环境基本模式。地质科学, 1979(4): 287—301。
- 罗志立, 1979: 扬子古板块的形成及其对中国南方地壳发展的影响。地质科学, 1979(2): 127—138。
- 赵金科、梁希洛、郑灼官, 1978: 华南晚二叠世头足类。中国古生物志, 新乙种, 第12号。科学出版社。
- 晋慧娟、李菊英, 1987: 广西合山马滩地区晚二叠世沉积环境的研究。地质科学, 1987(1): 61—67。
- 臧庆兰、江纳言, 1980: 广西合山长兴组中的火山岩和火山沉积岩。地层学杂志, 4(1): 64—67。
- House, M. R. and Senior, J. R., 1981: The ammonoidea. The evolution, classification, mode of life and geological usefulness of a major fossil group, pp. 289—335. Academic Press INC. (London).
- Kummel, B. and Lloyd, 1955: Experiments on Relative Streamlining of Coiled Cephalopod Shells. Jour. Paleont., 29: 159—170.
- Lehmann, U., 1981: The ammonites. Their life and their world, pp. 156—201. Cambridge University Press.
- Trueman, A. E., 1940: The ammonite body-chamber, with special reference to the buoyancy and mode of life of the living ammonite. Quart. Jour. Geol. Soc., London, 96: 339—383.

[1988年5月19日收到]

A PRELIMINARY REVIEW ON PALAEOECOLOGY OF LATE PERMIAN CHANGXINGIAN AMMONOIDS IN SOUTH CHINA

Yang Feng-qing

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Key words ammonoids, environment, mode of life, paleoautecology, Changxingian, South China

Summary

Late Permian Changxingian ammonoids have been discovered along the Tethys Sea in the Julfa Gorge, Transcaucasia of USSR, Kuh-e-Ali-Bashi and Abadeh of Iran and South China. In South China, they are mainly distributed in a southern and a northern belt.

1. Living environments of the Changxingian ammonoids

These environments are mainly controlled by temperature, depth, salinity and hydrodynamics which can be mostly reconstructed to certain extent based on sedimentary and biotic analyses as well as palaeogeographic and palaeomagnetic data..

Based on palaeomagnetic data, it has been proved that South China was situated near the Permian equator within the tropic-subtropic climatic zone.

Based on biotic analyses, there are three types of biocoenosis in the Changxingian of South China. The first type is the assemblage of ammonoids, conodonts, radiolarians and a few thin-shelled brachiopods and bivalves, which mainly occurred in siliceous rocks, esp. in siliceous mudstones. Such ammonoids are richly represented by *Tapashanites*, *Pseudostephanites*, *Pseudotirolites*, *Chaotianoceras*, *Pleuronodoceras* and *Rotodiscoceras*, associated with well-developed conodonts (*Gondolella*), which lived in an environment of a shallow sea with normal water-salinity, weak water-dynamics, sufficient sunshine and abundant organisms, and radiolarians (*Cenellipsis*, *Porodiscus*) which preferred warm sea-water at a depth of 150—300m or more. The second type is basically similar to the first one, but with the occurrences of deep-water trace fossils such as large *Planolites*, *Chondrites* and rind burrow while the conodonts disappeared. The majority of the biocoenosis belongs to the first and second types. The third type is characterized by the paragenesis of ammonoids and brachiopods, mostly in clastic rocks representing littoral and sublittoral environments.

Based on sedimentary analysis, the ammonoid-bearing country rocks usually show horizontal and rhythmic bedding representing a weak dynamic. In addition, according to content of chemical elements and their specific values, it may be postulated that during the Changxingian in South China the sea-water salinity was normal and the ammonoids lived in a shallow sea. All these indicate that the optimum environments of the Changxingian ammonoids are characterized by the normal salinity, warm and tranquil water, relatively deep basin of a shallow sea.

2. Mode of life of the Changxingian ammonoids

The Changxingian ammonoids were living a nektonic mode of life. Based on their shape, convolution and ornamentation, the ammonoids may be subdivided into three types in swimming ability.

The weak type is characterized by the moderate to large, evolute and discoidal shell, the wide umbilicus and the lateral sides sculptured with strong ribs and nodes, indicating the centre of buoyancy mass nearly coincident with the centre of gravity and with a great drag coefficient. Most of Tapashanitidae, Pseudotirolitidae and Pleuronodoceratidae belong to the weak type. Most genera of Changxingian ammonoids in South China also belong to this type.

The relatively strong type has a smaller drag coefficient than the first type, with shell rather small, involute or nearly involute, oxycone-shaped or thinly discoidal; surface smooth or marked by fine ornaments. The centre of buoyancy mass is rather far from the centre of gravity.

The relatively weak type is a transitional type between the preceding two types, with conch medium-sized, convolute, discoidal; umbilicus rather wide; lateral sides ornamented with rather strong ribs and nodes. The centre of gravity is moderately apart from the centre of buoyancy.

3. Paleoautecologic type of Changxingian ammonoids

Based on paleoenvironment and swimming ability, the paleoautecology of Changxingian ammonoids may be divided into two types.

The slowly swimming benthic type mainly consists of those with a weak swimming ability, which swim slowly near the bottom of a shallow sea basin.

The swimmers of shallow to rather deep water type consist of those with a rather strong or a slightly weaker swimming ability.