

古生物迁移及其有关问题的研究

徐 炳 川

(中国地质科学院五六二综合大队, 河北三河燕郊)

摘 要

本文以中国及邻区石炭系材料为主体, 在进行地层和生物时代对比的基础上, 概括和发现生物高低纬度间最低层位变化、演化和环境变迁相联系的一些现象; 结合中生代以后生物迁移与环境变迁相联系的一些例证, 推测石炭纪生物迁移的趋势; 并相应地生物迁移与环境、生物迁移与演化的关系、生物迁移的研究途径、生物空间分布的不同时性、石炭纪一些生物的起源地以及划分广相生物与狭相生物的意义等有关问题作了简要的讨论。

一、问题的提出

在地层学的实际工作中经常看到, 有一类生物, 虽然地区不同, 但时代基本上是一致的。正因为如此, 才能依赖这类生物进行地层的时代对比; 可是也有一类生物, 在不同地区其时代是不同的, 这种差异与保存条件有关, 也与研究程度和发现有关。有些生物, 这种差异往往呈现出一定的规律性, 这就可能不是保存条件和研究程度的问题了。例如, 中国南方早石炭世煤系地层(湖南的测水组、江苏的高骊山组等)中经常出现的脉羊齿 *Neuropteris* (*N. gigantea*), 在沿大别山和秦岭南侧北移时, 层位有逐渐升高之势(华南出现于韦宪¹⁾ 早期, 甘肃靖远产于臭牛沟组顶部——韦宪晚期, 武威产于靖远组下部——中石炭世早期, 华北、东北产于本溪组——中石炭世后半期, 欧美则广布于晚石炭世); 中国南方经常作为韦宪期标准化石的袁氏珊瑚 *Yuanophyllum*, 在北中乌拉尔地区与原小纺锤瓣 *Profusulinella* 共生, 时代已到中石炭世¹⁾……。韦宪期生物层位由南向北逐渐升高的现象给人留下很深的印象。这种现象是怎样形成的呢?

很久以来, 人们已经看到, 在现今地球表面上, 有一类生物分布非常广泛(广相生物), 另外也有一类生物分布有一定的局限性(狭相生物)。这后一类生物往往是按照气候带或区域环境的差异而划分为不同群落的。热带海洋有特有的六射珊瑚、陆地棕榈、桃金娘科植物; 温带特有的混交林; 寒带有针叶林等等。这些分区明显的生物, 是否自古以来一直生活在现今它生活的那个区域呢? 显然不是这样。白垩纪末, 棕榈曾生长于格陵兰、阿拉斯加育空河、西伯利亚北岸, 只是随着第四纪冰期的到来, 才逐渐南迁, 直到被压缩到现今的赤道热带; 北极动物

本文 1982 年 12 月 10 日收到, 1983 年 8 月 17 日收到修改稿。

1) 广义包括华南大塘阶旧司组、上司组、摆佐组所代表的时代, 下同。

表 1 中国与国外石炭纪生物地层对比表

中 国			苏联		西 欧		北美	苏 联 化 石 带				
层 位		贵州		统	阶	统	阶	带	亚系	有 孔 虫	菊 石	
编号	代表化石	统	组									
14	<i>Staffella</i>	上	马	P ₁	Сакмар-ский	P ₁		Autun 上	P ₁	<i>Schwagerina sphaerica</i>		
13 ¹	<i>Pseudoschwagerina</i>				Асеринский							
12	<i>Triticites</i>	统	组	上	Гжелский	统	Касимовский	Stephanian	Pennsylvanian	<i>Daixina</i>	<i>Schumardites</i> <i>Uddenites</i>	
										AutunF D	<i>Triticites stukenbergi</i>	<i>Dunbarites</i>
										C	<i>Tri. montiparus</i>	<i>Parashumardites</i>
										B	<i>Protriticites</i>	
11	<i>Fusulina cylindrica</i>	中	达	中	Башкирский	统	Серпуховский	Westfalian		D	<i>Fusulina cylindrica</i>	<i>Wellerites</i>
										C	<i>Fusulinella colaniae</i>	
10	<i>F. schellwieni</i>	统	滑石板组	统	Сerpуховский	统	Namurian	Dibunophyllum 带		C	<i>Fusulina schellwieni</i>	<i>Paralegoceras</i>
9	<i>Profusulinella</i>									B	<i>Aljutovella aljutovica</i>	
										A	<i>Eofusulina triangula</i>	<i>Diaboloceras</i>
8	<i>Pseudostaffella antiqua</i>									C	<i>Ozawainella paradoxa</i>	<i>Branneroceras</i> <i>Gastrioceras</i>
		B	<i>Profusulinella primitiva</i>	<i>Cancelloceras</i> (G)								
			<i>Pseudostaffella praegorsky</i>	<i>Reticuloceras</i> (R)								
7	<i>Eostaffella Millerella</i>	下	摆佐组	下	Наморский	统	Dinantian	Dibunophyllum 带	Mississippian	<i>Ps. antiqua</i>	<i>Homoceras</i> (H)	
6	<i>Eostaffella</i>									<i>Asteroarchaediscus gregori</i>		
										<i>Eostaffella Millerella</i> <i>Asteroarchaediscus</i> <i>Eosigmalina</i> <i>Monotaxinoides</i>	<i>Eumorphoceras</i> <i>Cravenoceras</i> (E)	
5	<i>Kueichouphyllum heishihkuanense</i>	上	司组	统	Вязейский	统	Uiscan	D ₃		<i>Eolasiodiscus Howchinia</i>		
										D ₂	<i>Eostaffella</i> <i>Tubispirodiscus</i>	
4	<i>Thysanophyllum</i>	旧	司组	统	Турнейский	统	Tournaisian	D ₁		<i>Dainella echremovi</i> <i>Loeblichia ukrainica</i>	<i>Hypergoniatites</i> <i>Ferganoceras</i>	
										C ₂ + S	<i>Bradya rotula</i> <i>Archaediscus gigas</i>	
3	<i>Pseudouralinia</i>	统	汤耙沟组	统						<i>Litotubella magna</i> <i>Permodiscus</i>	<i>Beyrichoceras</i> <i>Goniatites</i>	
2	<i>Cystophrentis</i>									<i>Eoparastaffella Dainella chomatica</i>	<i>Merocanites</i> <i>Ammonellipsites</i>	
1	<i>Caninia dorlodotici</i>								<i>Spinoendothyra</i> <i>Chernychinella</i> <i>Eochernychinella</i>	<i>Protocanites</i> <i>Pericyclus</i>		
		革老河组						K	<i>Bisphaera</i> <i>Quasiendothyra</i> <i>Kobeitusana</i> <i>Qu. communis</i>	<i>Gattendorfia</i> <i>Wocklumeria</i>		

群的许多代表,如猛犸象,第四纪冰期曾逼近赤道;冰后期气候变暖,生物又有向两极蔓延之势……。很显然,生物这种南北方向的迁移是与气候的冷暖变化相适应的。而在更早的地质时代,生物是否曾有过类似的迁移呢?回答是肯定的。问题在于如何识别。

二、研究的途径

今天的许多事实指出,一个生物种(sp.)在大致同一环境中的迁移是极迅速的,迁移过程所花费的时间对地质时代来说是微不足道的,因而是地层层位无法反映的;即使那些具有广泛分布的生物(广相生物)也是如此,它们的迁移时间也是地层无法反映的。而古气候带、古环境,以及仅能在这种环境中生活的生物(狭相生物)的迁移,则可能完全是另外一回事。正如上述,当我们考查棕榈科植物的迁移时,首先看到的是它所伴随的区域环境的迁移,后者则完全能被地层层位表现出来。这样,仅能生存于这一特定环境中的生物,当伴随这一环境的迁移而迁移时,它的迁移时间自然也能被地层层位表现出来。正因为如此,层位变化才成为追索生物及环境迁移的重要标志。

在更古的地质时代,是不是也有类似于棕榈(狭相生物)的层位变化呢?回答也是肯定的。问题在于用什么作尺度去衡量这种变化,这就关系到生物所在的那个地层层位和时代的精确对比问题。随着地层学,主要是生物地层学和同位素地层学的发展,当前对于石炭系及二叠系的研究可能已提供了这样的条件。尤其是,往往作为石炭二叠纪标准化石的笔石的广泛分布,使人们有可能在较大范围内,进行地层时代的精确对比。

三、一个例证

现以中国及邻区的石炭系为例作一讨论。

综合前人的研究成果(表 1, 图 1), 可以看到,在图表中所列的这些地层中,许多分布广泛的生物,属(gen.)或种(sp.)是直接可以对比的;分布局限的生物,它们的组合、或通过过渡类型生物追索也是可以对比的;但当考查生物在各地区的最低层位时,情况就不同了:许多生物(可能属狭相生物),在韦宪期(C_1^1),有与脉羊齿类似的层位变化(自南而北层位逐渐升高)趋势(图 1, 大致相当于层位 4—8^[3,4]);杜内期(C_1^2)和中晚世(图 1, C_{2+3} , 大致相当于层位 8—14)^[1,4], 则与韦宪期恰恰相反——生物的层位有自北而南逐渐升高的趋势。具有这种变化趋势的生物是很多的,这种趋势大致可概括为图 2 的形式。

这种现象是否是一种孤立的现象呢?它又是怎样形成的呢?

四、与最低层位变化有联系的一些现象

1. 生物的演化现象

现将同一类生物在各区最低层位上出现的那种模式加以比较:

杜内期(C_1^2),许多腕足动物,如 *Spirifer*, *Echinoconchus*, *Fusella*, *Rugosochonetes* 等,在高纬区(西伯利亚、东北北部)开始出现时,类别很单调,而在华南,一开始出现类别就很丰富。*Syringothyris* 在北、中乌拉尔(层位 1)可能由泥盆纪晚期的某些弓石燕刚刚脱胎而出,仅有 *S.*

· 1) 贵州地质局,贵州的石炭系, 1976。

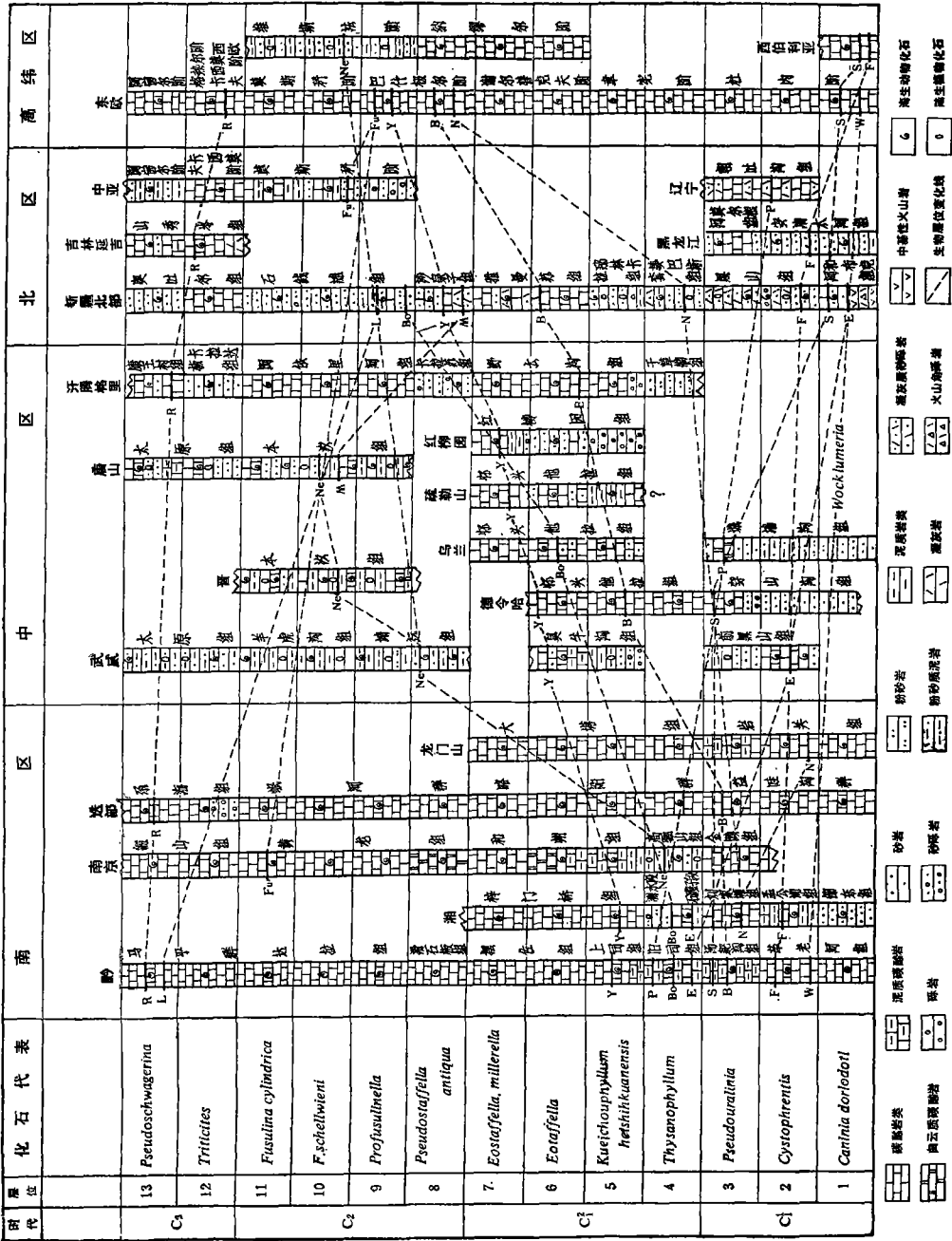
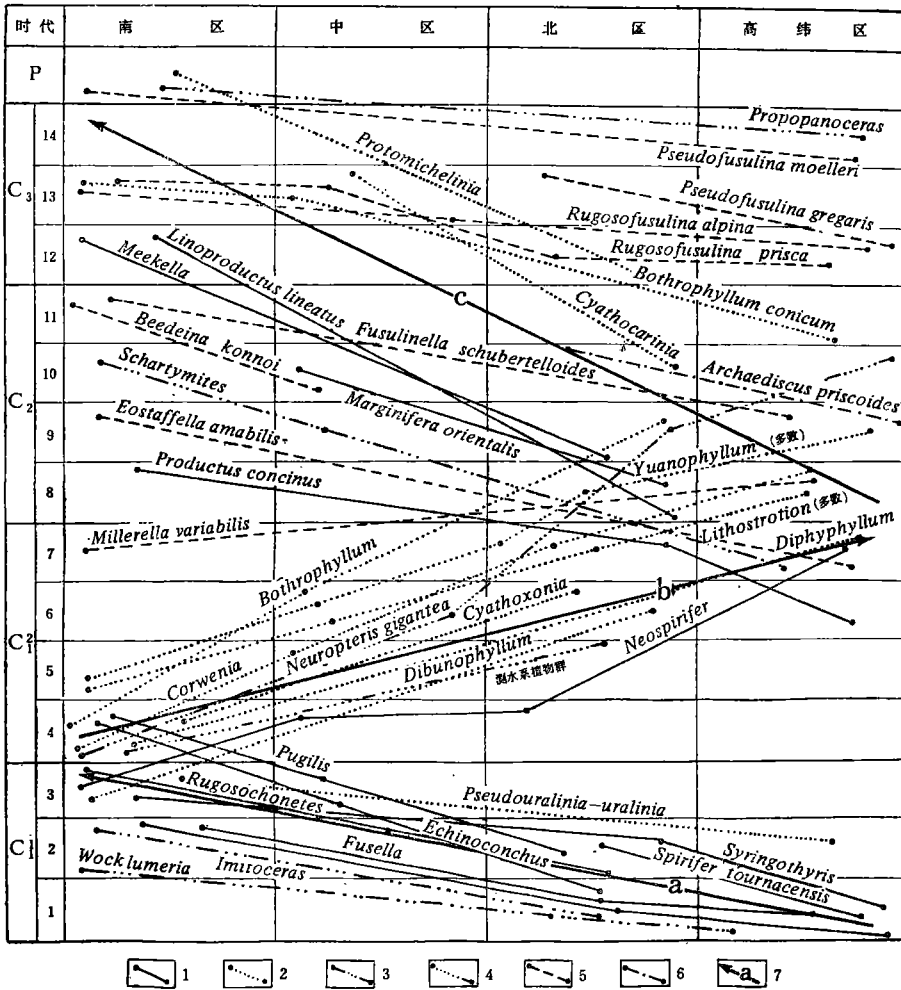


图 1 地层对比与生物最低层位变化图

F—*Fusella*; E—*Echi noconchus*; P—*Pugilis*; S—*Syringothyris*; Y—*Yuanophyllum* (多数); B—*Brachythyris*; Bo—*Bothrophylum*; N—*Neospirifer*; Ne—*Neuropteris gigantea*; R—*Rugosofusulina prisca*; L—*Linoproductus lineatus*; M—*Marginifera orientalis*; Fu—*Fusulinella schubertelloides*.



uralensis 等少数种；北、中区不仅层位升高(层位 2)，而且在这一层位上一开始出现就已分化为不同的类型，如 *S. texta*, *S. hannibalensis*, *S. typa* 等；南区层位更高(层位 3)，类别更丰富，除有北、中区的种群外，还出现了许多新种，如 *S. dushanensis*, *S. rhomboidalis* 等……。

韦宪期 (C_1^2)，许多珊瑚如 *Dibunophyllum*, *Diphyphyllum*, *Gagamophyllum*, *Arachnolasma*, *Lonsdaleia*, *Lithostrotionella* 等及某些植物如 *Neuropteris*，在中国南方的最低层位中，类别是很单调的，而且往往是较原始的类型；但高纬度地区(如我国新疆和东北北部；苏联)，它们在这一地区的最低层位中一开始出现类别就很丰富，这与华南最低层位中单调的类别(尽管后来也达到丰富的程度)形成显明的对照。如 *Neuropteris* 在南区开始出现时(层位 4)一般仅有 *N. gigantea* 一种；中区层位升高(C_2)并有多种类群(*Neuropteris gigantea*、*N. ovata*、*N. plicata* 等)；向北成为北半球中晚石炭世最主要的植物群……。

中晚石炭世 (C_{2+3}) 及早二叠世 (P_1) 也有类似现象。如早二叠世的某些筳类，例如个体

很长、具蜂巢层、隔壁褶皱强烈而规则并常有串孔的一族 *Parafusulina-Monodioxodina*, 在南区较原始的类群 (P_1) 于 *Misellina claudiae* 带之下(栖霞组底部)即已出现, 而北区(东北北部、内蒙、远东地区)较进化的类型 (M_1) 则出现于 *Cancellina-Neoschwagerina* 带, 时代属茅口期(P_1^2).....

上述种种事实说明, 在生物最低层位逐渐升高的方向上, 生物似有逐渐演化、分异之势。

2. 生物的数量变化

现以珊瑚为例(图3)。从图中可以看到: ①数量曲线的高峰区往往对应着生物最低层位向北升高的时期——韦宪期(C_1^2)。珊瑚如果可以作为暖气候的代表生物来考查, 说明这一时期气候有变暖之势; 而曲线的低峰区恰恰对应着生物层位向南升高的时期——杜内期(C_1^1)和中晚世(C_{2+3}), 说明这个时期气候有变冷之势。其实在野外几乎到处都能看到: C_1^2 (包括 P_1) 地层生物礁的大量

出现和生物繁荣的情况; C_1^1 , C_{2+3} (可能包括 P_2) 地层生物稀少和衰落的景象, 这与前者属于气候变暖时期、后者属变冷时期不无关系; ②南北各区曲线高峰点的位置似乎也并不在同一个垂直方向上, C_1^2 期, 有向北逐渐推移(自左向右)之势; C_{2+3} 期, 有向南推移之势。推移方向正是生物最低层位升高的方向。

3. 暖气候生物(如珊瑚、鲕、腕足动物等)和沉积矿产(如铁、碳酸岩、煤、铝土矿等)的分布范围, 韦宪期和早二叠世有向极区扩展之势; 而中晚石炭世和晚二叠世则有向赤道收缩之势。

4. 石炭二叠纪地球上首先出现的植物地理分区现象, 往往到中晚石炭世才开始。似说明此时(C-P)气候变冷的趋势只是到中晚石炭世才开始。

其实, 安格拉植物群、华夏植物群、和维斯发植物群的分布位置决不是一成不变的, 晚石炭世安格拉植物系的许多分子可能到达天山、阴山南侧的华夏植物区; 欧州煤盆地此时也有逐渐南迁之势, 据 Дераев, 最初为莫斯科盆地、苏格兰、后达顿涅茨、西里西亚、维斯特发, 最后到达德国萨尔。而早二叠世, 华夏植物系的分子可以大量流入安格拉植物区, 甚至整个植物区的界线也在移动。

5. 石炭二叠纪南半球和印度古陆块上出现的冰川, 往往主要发生在晚石炭世。

上述与生物最低层位变化方向相依存的, 生物的盛衰、暖气候生物和沉积矿产的分布范围的变化、植物地理区及冰川的出没等现象反映出: 生物最低层位向北升高的时期(C_1^2 , 可能包括 P_1), 气候有变暖之势, 结合这一方向所伴随的生物的演化现象, 似乎较好地说明了这一时期生物有自南而北迁移之势; 反之, 当气候变冷的时期(C_{2+3} , 可能包括 P_2), 生物则有向赤道迁移之势, 收缩其分布范围。

气候变暖时生物北迁、变冷时南迁的现象, 在较近的地质时代表现得更为清楚。

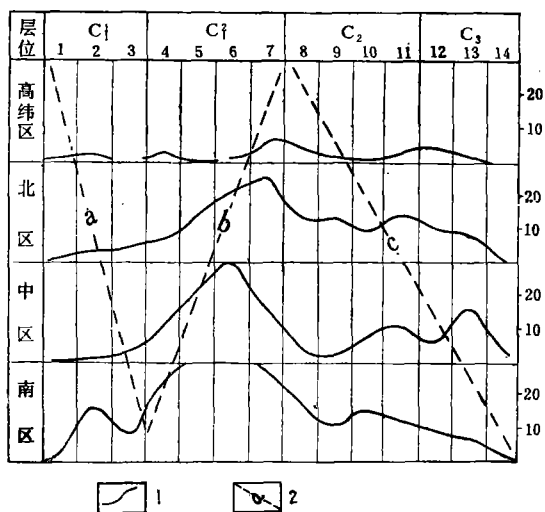


图3 珊瑚概率曲线图

1——概率曲线; 2——曲线峰点推移线
(右侧数字为概率数值)

五、生物迁移的一个类比

中生代之后,随着第四纪冰期的到来生物甚至整个气候带南迁、冰期过后生物及气候带北迁的现象,是十分明显的。

中生代至第三纪,气候的总趋势是变暖的。表现在,冰川及植物地理分区现象消失,六射珊瑚、厚壳蛤、第三纪货币虫礁体扩展到很高的纬度位置(北亚、北欧等 50° 以北,南界可达南纬 40° 以南,如新西兰、塔斯马尼亚等)。

第四纪气候变冷,冰川大规模出现,动植物分区现象又复明显;生物及气候带随之向赤道迁移,表现在:①热带植物的迁移:以棕榈为例,白垩纪末可达极区(格陵兰),古新世达北纬 60° 以北(北美育空河、北亚北岸),渐新世达 52° (英),中新世达 44° (中欧以南),上新世达 40° (南欧),而冰期及以后仅存于赤道地区;第三纪早期繁荣于西欧的棕榈、月桂、桃金娘等,到晚期为落叶柔荑花树、松柏取代;西伯利亚原有的阔叶树胡桃、枫、白桦、赤杨等,到第三纪末为松林所排挤,被排挤的树种随之南迁;格陵兰在第三纪植物区系中,有多种针叶树,包括落叶松、红杉、冷杉、阔叶树月桂等,到第三纪结束时几乎没有了……^[2]。南半球植物可能有与之相应的迁移过程;②动物群的迁移:北半球各大陆第三纪广泛分布的三趾马动物群(如洞熊、獾、河马、象、犀等),随第四纪冰期到来而大规模南迁;不能迁移的(如三趾马、剑齿虎、乳齿象等)随之灭亡;三趾马动物群曾盛极一时于这些地区,此时为典型的寒带动物(猛犸象、披毛犀、北极狐等)所占据;三趾马动物群仍然活着的代表(如其后代现代象、河马、鹿等),现代仅存于赤道热带。著名的山东山旺中新世硅藻土中保存完好的鲛及槭、山毛榉、栎等,现代仅生存于长江以南……;③沉积矿产的迁移:侏罗纪南极和北极皆可成煤,白垩纪迁至北纬 80° (格陵兰、法兰士约瑟夫地等),南极已无煤,第三纪迁至北纬 75° (西伯利亚北岸、阿拉斯加等),现代泥炭仅存于 60° 范围内;白垩纪海绿石分布于中亚、东欧、乌拉尔以东、西伯利亚低地、库页岛、北海道、北美中部,南半球出现在相应的纬度(如南极半岛),第三纪分布于北美南部、西欧中部、我国台湾等地,南半球出现于相应位置(如阿根廷),现代仅集中于赤道两侧 30° 范围内;红层、铁锰矿、铝土矿等也有向赤道迁移收缩之势……。这些现象表明,随着第四纪冰期到来,热带缩小、寒带扩大,生物及气候带有向赤道迁移之势。既使在第四纪冰期(更新世),随着间冰期来临,气候曾几度变暖,生物和气候带也曾几度北迁。

有迹象表明,第四纪冰期过后,随着气温升高,生物又有向两极迁移之势。如冰期那些曾大大逼近赤道的寒带动物,冰后期有的已经灭绝,有的则回到北极地区去了;随着气温升高,这些迁回极地的寒带动物可能正濒于灭亡的境地;据报道,原来甚至在格陵兰南部也不能生存的鲱鱼,最近向北迁移数百公里……。

上述事实说明,地质历史中,古气候带的展布方向虽没有多大不同,但它的纬度位置却经常在变化。其变化的主要趋势是:气候变暖时,热带扩大、寒带缩小、气候带有向两极迁移之势,生物也随之向两极迁移、漫延并有繁荣的景象;反之,则向赤道迁移,并有衰落的景象。石炭二叠纪,由生物的最低层位变化及演化所表现的生物高低纬度间的迁移现象,可能最终是由当时气候的冷暖变化所造成的古气候带迁移的结果。

六、一些推测

1. 中国及其邻区, 与中生代之后一样, 石炭二叠纪古生物曾发生过几次高低纬度间的迁移; 这种迁移是与气候的冷暖变化和古气候带的迁移相适应的; 海生生物的迁移渠道主要有两条——中亚、华南北西向海湾和太平洋陆缘海(图 4); 在这些迁移的生物(图 2 所列者)中, 几乎全部为珊瑚、大部分鲕、部分腕足动物和某些植物, 是起源于亚洲南部低纬度地区的. 部分菊石、腕足动物和某些鲕, 是起源于高纬度地区的; 一种生物的繁荣地不一定是它的起源地, 起源地必须通过生物迁移的追索过程才能发现. 如繁荣于古地中海域的 *Dibunophyllum*, *Lithostrotion* 实则是起源于亚洲南部地区的, 它在此区于 *Pseudouralinia* 带(杜内晚期, 层位 3) 即已出现. 它在向地中海域迁移时, 才逐渐演化、分异并达到繁荣(韦宪期, 层位 5—6), 并且在这些地区可能比在它的起源地——亚洲南部要繁荣得多.

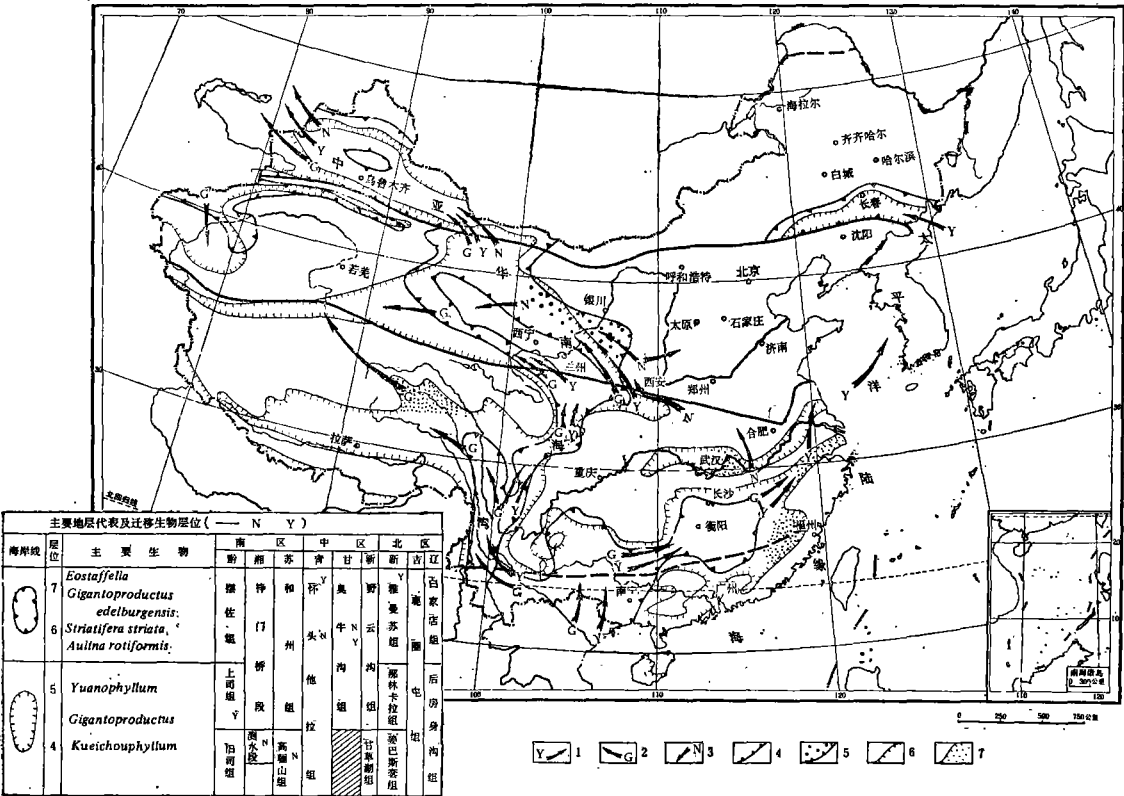


图 4 韦宪期(C₂)生物迁移与海岸线变迁趋势图

1——*Yuanophyllum* 迁移路线; 2——*Gigantoproductus* 迁移路线; 3——*Neuropteris gigantea* 迁移路线, 4——韦宪晚期海岸线, 5——韦宪晚期海陆交互沉积区, 6——韦宪早期海岸线, 7——韦宪早期海陆交互沉积区.

2. 生物除了高低纬度间的迁移外, 还有其他方向的迁移, 情况是复杂的. 这除了受气候的影响外, 还受地形、海岸、洋流、生化等多种因素的制约和影响, 加之生物在大致相同的环境中的迁移又是异常迅速的, 每一种生物实际的迁移方向是极其错综复杂的, 这种迁移过程几乎是

难以考查清楚的;但是生物迁移的有规律性的趋势,尤其是狭相生物及其伴随的古气候带或区域环境的迁移,是可以考查的,也是应首先予以重视的。

3. 在地质历史中,可能与现今地球表面生物界的构成一样,大致同样存在着两类生物——能适应多种环境、分布广泛的广相生物 (Euryfacies Organisms) 和仅能在某一特定环境生存、分布有一定局限性的狭相生物 (Stenofacies Org.)。前者,在不同地区的地质时代大体是一致的,这类生物对于进行地层时代的对比意义重大;后者,在不同地区的地质时代是不同的,它们是随局部环境的迁移而迁移的,这类生物对于研究古环境变迁意义重大,并且可依这类生物的时代变化追索其迁移过程。因而,不能不加区别地将任何一种生物、在任何地区的分布都看作是同时的。两类生物的区别有重要意义。

4. 古生物迁移的研究途径

(1) 通过生物的最低层位的变化追溯它的迁移 这里所说的层位变化,仅仅是指:①只能生存于某一特定环境的狭相生物,在随环境迁移而迁移时,所造成的时代差异和层位变化。只有这种层位变化才能在地层中反映出来,因而也只有这种层位变化才可能作为生物迁移的标志;②生物的最低层位变化,而不是指其他层位(如繁荣、孑遗或消亡层位)变化。只有最低层位,才能反映生物迁移。对于追索古环境及划分地层来说,最低层位和先驱分子出现的时代,可能比它的繁荣、消亡层位更重要;

(2) 通过生物的演化追溯它的迁移 其实,任何一种生物都不是在一个地区直线发展起来的,它是在迁移过程中逐渐演化和分异的,因而有可能依据不同地区演化程度的差异来追溯它的迁移。但是,若将演化程度作为考查迁移的标志,必须满足下述条件:①不同地区生物分异和演化程度的比较,必须限制在各个地区最低层位上的那一生物模式,而不是任意层位上的生物模式。因为一种生物在一个地区生存的时限可以很长,在这段时间内,它也在不断地演化,任意层位上生物模式的比较将无律可寻;②起源地最低层位上生物的进化程度,不会比迁移地最低层位上这一生物的进化程度更高级、更进化;③生物不仅存在迁移地的演化,而且也存在起源地的演化问题。要分辨演化是在起源地完成的,拟或在迁移地完成的,就要区分: A. 如果迁移地的类型和演化程度,是起源地此时(或更早)已经具备的(如前述杜内期南区所有的 *Syringothyris texta*, *S. type* 等是中区或北区已经具备的类型),那么,这种演化就是在起源地完成的; B. 如果迁移地的类型和演化程度,是起源地此时(或更早)还不具备的(如南区所有的 *Syringothyris dushanensis*, *S. rhomboidalis* 等是中或北区还不具备的),那么,这种演化就是在迁移地,或者是在迁移过程中完成的,不管这种演化和类型后来在更高的层位上有没有再迁移到起源地去,后一种演化 B, 才可以作为迁移的标志。

(3) 通过环境变迁追索生物迁移 种种事实说明,生物迁移决不会是一种孤立的现象,它最终是环境变迁的结果。因此,有可能,而且也必须通过环境的变迁规律来考查和研究生物的迁移。

本文是在孙殿卿教授的启发和指导之下写成的,在撰写过程中,得到了杨遵仪教授、陈庆宣教授、孙叶、邵云惠、高庆华等同志的指导和帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Wagner, R. H. et al., *The Carboniferous of the U. S. S. E.*, Yorkshire Geological Society, Occasional Publication 1979, 4: 19—158, 图版, 7—28.
- [2] 南京大学地理系, 第四纪地质学, 人民教育出版社, 1961, 46—48, 85, 104—144.
- [3] Малахова, Н. П., *Труды Горно-Геол.*, ин. вып. 1960, 52: 7—101.
- [4] Семяхамова, С. В. и др., *Стратиграфические схемы палеозойских отложений-каменно-угольная система*, Всесоюзный научно-исследовательский геологоразведочный нефтяной институт, Гостоптехиздат, нефть и горно-топли., литературы 1962, 124—292.