

第三工作组

旋 回 地 层 学

陆元法 译编

(成都地质矿产研究所)

一、引 言

1895 年 G · K · Gilbert 提出,一定的韵律层理型式记录了敏感的相对地球轨道韵律的反应。这些信号可能提供地质年代学的基础——Gilbert 时代的一个颇为紧迫的课题,现在仍然是很有意义的事情。它们可能阐明古气候学及气候变化对海洋和沉积的反应。当我们逐渐认识到地球外部环境的脆弱时,所承担的课题日益重要。最后,它们也可能阐明地球轨道习性的演化。

尽管有 Gilbert 的巨大鞭策,本世纪并未产生切实可用的旋回地层学。许多地质学家认为这概念牵强附会,轨道循环对气候和沉积物的影响是模糊不清的。地层旋回出现在各种沉积相中并遍及各地质时代,但是这些地层旋回型式是复杂的,许多沉积学家有倾向于把那些都归因于随机时限的局部原因(自旋回的)。最后,所需的地层详细程度过去真令人生畏,因为要分析大量的资料组合。

这种情况现已改变。由于 Milankovitch(1941),Berger(1978)及其他人的工作,人们增长了洞察轨道变化及其气候效应的能力。气候和海洋对于外部力的灵敏性越来越清楚(Barron, Arthur & Kauffman, 1985)。更新世冰川作用的韵律轨道控制论点已势不可挡。因此,旋回地层学的理论基础已经形成。同时,测定沉积序列物理和化学特征变化的仪器扫描方法已投入使用,如像用计算机处理大量数据组合和分析时间系列一样。因此,旋回地层学可能在进入繁荣时期。

CRER 第三工作组计划考虑下列问题:

- (1) 一定的序列果真纪录了轨道变化吗?
- (2) 在相和时间上这类信号分布如何广泛?
- (3) 怎么最好地研究和鉴别它们?
- (4) 这些信号能说得出地质年代学、轨道变化、古气候、沉积学什么呢?

(5)把这些信号联系有条理的旋回地层学有希望吗?

(6)如果有希望,我们如何最好地朝那个目标着手做起?

虽然轨道施加力的影响可能被纪录进局部的沉积序列中,但只有在全球范围内人们才能真正地认识它们:旋回类型的图表必须在全球基础上着手进行。因此,旋回地层学特别适合于 GSGP 的体制。旋回工作连续在整个地层柱上进行时,从解析旋回性的孤立实例发展到有条理的严谨旋回地层学需要一个时间集中点。白垩纪在这里似乎特别有前途,地层旋回首先发现于白垩系白垩相中。白垩纪宽广的海域提供了大片海洋沉积物,生物地层的分带清楚,与海岸有关的构造和地貌争议相对较少。因此,CRER 为本专题组及其可能进一步发展提供了特别恰当的组织机构。

下面我们要简要回顾已知的轨道变化的总的基础,其可能的气候影响,以及气候在驱使各种相沉积作用中的作用。我们要评述地层韵律及其探索用方法的性质。最后我们提出一系列的实际问题:是否继续做全球研究计划,如要继续下去,又如何协调。

二、地球轨道的变化

几个世纪来详细的天文观察为计算地球轨道的特征提供了依据,包括有可能影响气候的轨道周期性变化。Berger(1978)图解说明新第三纪时可能影响气候的种种变化——即日射方式按纬度和季节的分布,这为研究久远的过去打下了基础。这些变化有两点:与地球的轴向斜度的循环有关的变化,和与岁差及偏心率有关的变化。

斜度。地球的斜度变化自始至终约 3.5 弧度,大约 41000 年一个周期。在 Berger 的投影图上(图 1)这个周期的振幅虽见到有些变化,但仍然相对稳定。地球循环的周期可能和地球自转速率一道变慢。

气候信号影响两极极相。斜度增加,日射的平均年纬度分布变得更均匀,而季节增长。在两极地区气候效应最明显,斜度增加扩大了极区范围,增长了极地冬夜的持续时间。

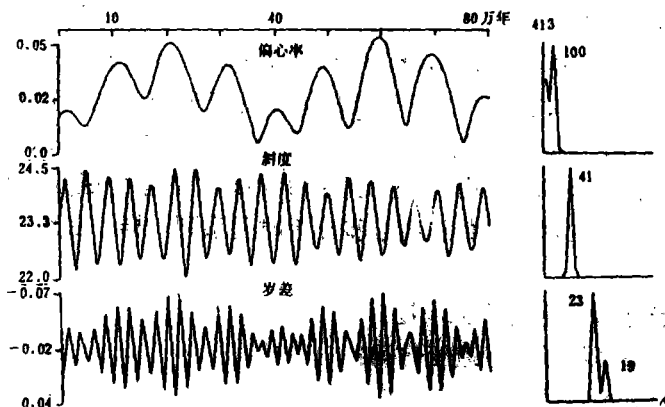


图 1 过去 80 多万个地球偏心率、斜度和岁差指数($\Delta e \sin \omega$)的变化。据 Berger(1978)的研究成果。斜度的刻度为度。右:从这些时间序列中对标的标明的显著峰值的主要周期(千年)所计算的离散谱图,据 Imbrie 等,1984。

岁差-偏心率复合影响。若非行星群的影响,地球轨道应当是圆的。这使轨道变成偏心率变动着的椭圆形,并始终拖曳地轴。Berger 的计算表明主要偏心率周期数在大约 100(其主要分量在 98 和 126)、400、1290、2030 和 3400 千年(见图 1 和图 2)。我们分别叫做 E1、E2、E3、E4、E5。单独看,偏心率对气候的影响是很轻微的。由于穿越太空的椭圆轨道之阻力可变,与椭圆轨道(近日点)有关的岁差周期不是 26 千年而是在 14 千年和 28 千年两个极值间变动。在一圆形轨道中,岁差循环对气候影响会很小。然而,椭圆轨道和岁差相结合就改变了太阳能量的分布:当某设定的半球处于轨道的夏天近日点部分,即最靠近太阳又面对太阳时,就经历一个短而热的夏天和又长又冷的远日点冬天,即比正常季节长。同时,相反的那个半球就有远日点的夏天和近日点的冬天,经历较短的季节。这种影响直接随偏心率变化。结果是产生岁差周期的气候循环,但其幅度随偏心率而变化,即随有较长周期循环的等级层次而变化。这种关系在 Berger 的著作中表示为“岁差指数”(图 1)。

因此,在由岁差-偏心率复合影响产生的旋进气候循环中,两半球将是 180° 的异相。什么结果可以认为是温度赤道中的移动,那就是在近日点夏季时侵入给定的半球到超常得多的程度,携带它的哈德利环流和其他气候带。这不仅移动了干、湿带之间的带界,而且干扰了纬向带风和季风环流之间的平衡。因此这种影响在中纬度的气候中特别明显。

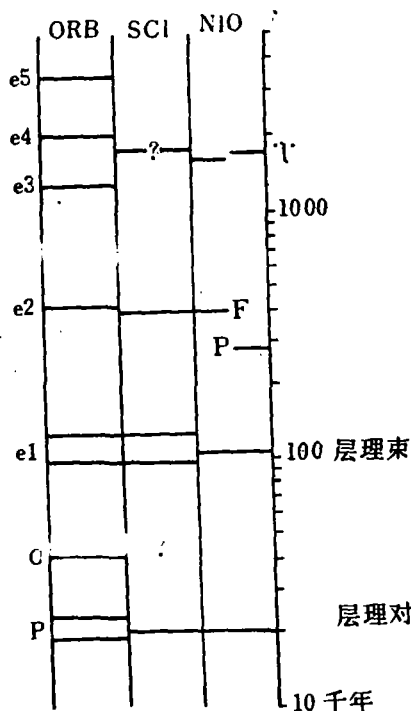


图 2 在 Milankovitch 频带中计算和观察到的频率。按对数比例尺作图。

ORB, Berger 计算的轨道周期数。P, 岁差, O, 斜度, e1……e5 为偏心率。

SCI, 在意大利 piobbico 岩心阿尔布阶(K1; Scisti a Fucoidi 组)观察到的周期数。主要根据 Herbert & Fischer, 1986。

NIO, 在科罗拉多州 Niobrara 组中观察到的周期数。主要根据 Pratt 等(正在出版中)。

三、预期的地质影响

轨道变化形成的日射型式的改变是小的,也许只能改变夏季或冬季平均温度 1° 或 2°C 。对于更明显的气候变化,我们必须注意非线性响应,反馈机理和临界效应对这类直接施加力

的放大增强。

现在已知轨道变化调定了更新世冰盖的扩张和收缩速度。已从深海岩心的有孔虫介壳的成分推断出海水的氧同位素组成,从氧同位素组成的变化推导出更新世冰川体积纪录。轨道的信号也出现在更新世沉积物中。尽管轨道循环籍以驱动气候和海洋并驱动冰川的途径不完全清楚,但有些方面是肯定的;雪盖的极区内增加了地球反射率的负反馈确实加强了冰川的生长。因 CO_2 两个主要储存库(大气和深处大洋)之间的相对分隔的变化。显然大气 CO_2 含量的变化也改变了气候。对前更新世时代,我们必须把这种和其他的反馈和临界值一道考虑,通过它们,日射型式的小变化就能使气候变化得足以改变海洋习性和沉积体系。这种可能的变化及其沉积学影响的实例包括以下几方面:

1. **底水形成和全球海洋环流。**现在的深水大部分是由高纬度地区产生的冷水形成的。这似乎越来越像大部分地质时期亚热带产生的温盐水大多卷进了深水的形成。这种循环的转换必对海洋环境的生态有巨大影响,包括从海底温度到氧的有效性(氧化还原作用循环),溶跃面和碳酸盐补偿深度(溶解循环),以及海洋中营养素再循环的程度(生产率循环)。在平衡脆弱时,轨道变化在使环流从一个方式翻转到另一方式中起决定性作用,引发旋回沉积作用的反应,这似乎不是不可能的。

2. **海面升降。**更新世时轨道控制海面升降型式已经作为实例。地质时期中极地冰川问题却一直争论。即使白垩纪也如此。甚至小冰盖的生长和衰退及海洋的冷却和变暖都可能是几米的海面升降波动造成的——足以造成冲刷旋回(RDCC 小组,1987)、碳酸盐台地上升出露、碎屑环境中小规模的前积旋回等等。

3. **潮湿带和干燥带边界的变化。**热带潮湿带和副热带无风带的岁差位移将离开一定纬度,对干湿交替特别敏感,这将反映在湖泊和陆棚海的盐度和层理中,以及在碎屑物质的供给和其他沉积学方面。

4. **带环流对季风环流占优势时的变化。**同样,这些温度赤道的轨迹变化很可能造成“季风性”(monsoonality)的循环变化。后者引起水流上涌、沉积物供应等的旋回变化。

因此,不乏使轨道变化产生的气候信号可能会起放大的作用,和促进沉积学标志发育的可能作用。生产率旋回,稀释旋回,筛选旋回,溶解旋回,上升旋回,进积旋回和氧化还原旋回都在根源于轨道变化的作用中找到可能的解释。确实,这些旋回的影响在整个地质时期一定会有变化,有大陆和海洋的自然布局的变化,大气圈的化学变化等等,这些变化因素的成因不在行星系统而在地球本身。

四、地层的旋回性:各种相

1. **湖泊。**作为封闭系统,湖泊对气候变化特别敏感,而且它们已提供了地层旋回性的一些最好实例。特别值得注意的是 Bradley (1929)对落矶山脉始新世绿河组的研究,和 Van Houten (1964)及 Olsen (1986)关于三叠—侏罗系 Newark 群的工作。Bradley 用计数季纹泥来鉴别油页岩和白云质“硬泥灰岩”互层中的岁差旋回。这种我们现在认为是在湖泊和干盐湖条件之间振荡的旋回,反映了潮湿和干燥气候间的交替。在 Newark 岩系中,不仅在岁差级而且也在 100 和 400 千年的级别上记录了气候变化。

2. **蒸发盆地。**蒸发盆地对沉淀-蒸发平衡中的变化同样很敏感。经典的研究是 Anderson

(1982, 1984)做的二叠系 Castile 组硬石膏的研究。其中 200 千年季纹泥厚度的记录表示岁差旋回, 叠覆在较长的很可能是 100 千年偏心率的旋回上。

3. 克拉通上的盆地。北美大陆中部地区宾夕法尼亚纪和二叠纪中经典的海相—非海相盖层, 测年似约 400 千年, 推测其记录了 E2 偏心率旋回, 与冰川—海面升降变化有关。在堪萨斯州, 那是克拉通上盆地最发育的地方, 显露出四次次级构造, 推测其反映了 100 千年的 E1 旋回。

House (1985) 已把不列颠侏罗系的页岩-灰岩振荡归因于斜度周期。

4. 海洋碳酸盐台地。海洋台地(上升)旋回性的研究大多出自阿尔卑斯和匈牙利的三叠系, Schwarzacher (1948, 1954), Fischer (1964), Schwarzacher & Haas (1986), Hardie 等 (1986) 和 Goldhammer 等 (1987) 发现那里的上升旋回性有 5:1 的旋回率, 说明了由 P(岁差)和 E1 推动的冰川控制, 白垩纪台地还没有以这种方法加以研究。

5. 深海系统。Gilbert 在北美内海道的白垩系中发现的旋回构造类似于大多数其他白垩系的白垩和泥灰岩系列, 但较 Gilbert 所述的更复杂。通过意大利中部 Umbrian 相中 Scisti a Fucoidi 组阿尔布阶(图 3)的详细工作已经获得了真知灼见。这里的泥灰-灰岩层理对似乎记录了岁差旋回, 而大约 5 个这样的层理对组成的层理来记录 100 千年偏心率旋回 E1, 而 4 个层理束组成的超束记录了 400 千年的旋回 E2。这些是生产率旋回, 与海底通气程度成正比。上覆和下伏的灰岩显示相似的旋回性。

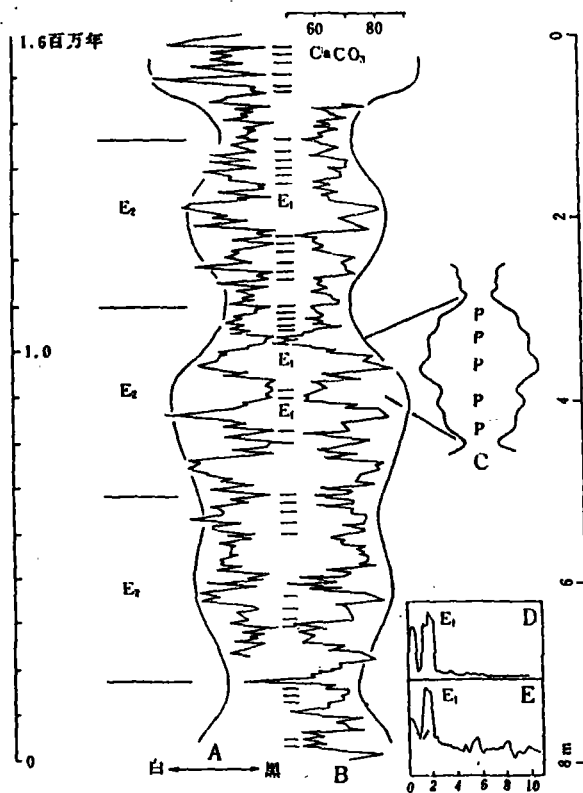


图 3 意大利中部 Scisti a Fucoidi 组一段 8m 厚的阿尔布阶(1.6 百万年)

- A. 用 desitometry 测量的暗度值
- B. 碳酸钙曲线(平均间隔 2cm)
- C. 放大的碳酸盐曲线
- D. 碳酸盐曲线相应的多道锥形频谱
- E. 暗度曲线相应的多道锥形频谱
- P—推断的岁差信号
- E1—推断的 100 千年偏心率旋回
- E2—推断的 400 千年偏心率旋回

据 Herbert & Fischer, 1986.

美国西部内地的 Niobrara 白垩中(图 4)呈现多少有点类似的层理型式。这里的层理对也反映了岁差,并且集中于 100 千年旋回里。这些层理对又集中于不很确定的可能为 400 千年和 1200 千年(E3)韵律的超束中,这些超束又处于似乎不适合任一个 Berger 轨道周期性的一个 1800 千年旋回性(L)中。不列颠的白垩显出岁差和斜度的两种周期的证据。

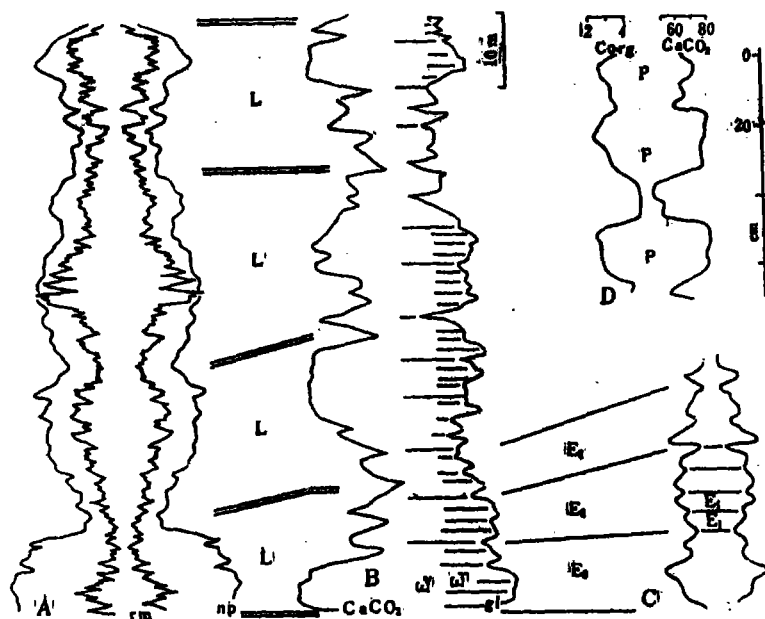


图 4 科罗拉多—怀俄明州 Niobrara 组(科尼亚克阶—坎佩尼阶底部)中的旋回性

A. 怀俄明州 Laramie 县 Champlin 岩心 Golden Buckeye 段的电阻率微电极测井(rm)和中子孔隙度测井(np)

B. 科罗拉多州 Fort Collins 附近 Berthoud 4 号位的碳酸钙曲线(左)和 γ 线测井(右),据 Pratt 等(正出版中)

C. 科罗拉多州另一井中 Niobrara 组底部电阻率测井。据 Laferrier 等,1987

D. 显示层理对的碳酸钙详细曲线, Corg, 有机碳总量, 据 Pratt 等(正出版中)

在 γ 测井和 C 中清楚地表明层理对(P)集中于层理束 E1, 这些 E1 又集中于 E2 超束中, 碳酸钙曲线和 γ 线测井组合于较长旋回 L 中(1700—1800 百万年)。在 Berger 系列中 L 没有对应的偏心率旋回。

在斜度循环得到更强烈表达的地方,和在溶解作用(旋回或非旋回的)叠覆在这些初始信号上的地方,甚至可望找到更复杂的旋回型式,因为它必定留在许多深海纪录中。

6. 半深海系统。诸如法国 Foss Vocontienne 和 Maritime Alps 的那些半深海系统的灰岩-页岩交互层中有特别清楚的旋回性,这很可能是碎屑波动供给的结果。那里可能是岁差或斜度时限的层理旋回聚集成较大的旋回,可达到 1—2 百万年的范围。

7. 碎屑系统。在碎屑系统的理论研究中,河流随意弯曲的和三角洲—舌形体转换的随机模式已是主导,但开始出现不同的观点。河流和三角洲两体系对气候和海面升降显然是敏感的,而 Catskills 的泥盆纪前三角洲相中和加利福尼亚的中新世(中)的砂岩页岩互层中的韵律性都被归因于轨道的影响。北大西洋新第三系—第四系海相泥岩呈现岁差、斜度和 E1 的旋回构造。

简而言之,各种相和不同时代的一些地层序列在构造上是旋回性的,而且以不同的可信

程度将其与地球轨道循环联系起来。这些是肉眼显而易见其旋回性的主要序列,因此得到了研究。但更多的这类序列尚未研究。不过也有许多序列其层理类型的规律性不明显。事实上在许多序列中韵律型式在一定级别上是引人注目的,其他则平淡无奇。这类变化可能是气候信号强度的波动、不同的沉积学体系的接受能力、旋回之间的干涉、不同成因(韵律的或不是韵律的)的局部信号叠加,以及成岩叠加的结果。最终,从这类序列中分离出轨道引起的旋回是可能的,但只能在我们逐渐从道地的剖面中了解更多的旋回性型式之后才有可能。

五、旋回性的表示和取样方法

在这些各种各样的序列中可以许多不同的形式表示旋回性,从同位素比率(更新世旋回地层学)到元素/矿物成分、颗粒大小、遗迹化石动物群的变化和生物扰动程度、实体化石量和层厚。成分差别一般在肉眼看来为颜色差别;它们和层厚通常控制形态的表示。

1. 野外研究方法。野外地层学家的历史悠久的方法是测量地层剖面,一个单元一个单元地描述。这类野外剖面的测量大多不够详细,例如很少提供每个层的量度。野外研究旋回性的另一种方法是把测量限于一些小的但可准确观察的特征组合,诸如层理厚度之类,它们还能作计算机处理。野外研究的最大优点是能研究许许多多的特征;缺点是:(1)风化和盖层造成了不同的叠加,(2)地质学家不得不作决定,如什么组成一层——它不求助于固定的基准线,而是用仪器用电脑判断,它的基准线是灵活的,并深受先前的观察所影响。

2. 岩心。一种方法是做仪器测量,用岩心之类的新鲜岩石更为可取,它产生一条有平稳基准线的简单曲线,Piobbico 岩心的工作就是例子,其中两条曲线颇为相似,一条是显微光密度计扫描产生的暗度曲线,另一条是平均间隔 2cm 的碳酸钙值曲线,然后可按各种方法分析,都很相像(图 3)。这类岩心的连续揭片也可作动物组成的基本连续的投影图,它产生的光谱周期性图型可与地球化学的周期性图型对比。岩心中动物类型的直接分析以 Niobrafa 氧化还原旋回中的遗迹化石研究为范例。钻进这类岩心,密切配合露头,不是过分昂贵,但现在很少实验室建有准确又迅速的扫描岩心新方法,以至这些分析程序目前很费时间。

3. 钻孔测井记录。地层序列物理性质的客观扫描惯常由产业部门进行,作多种形式的钻孔测井曲线(图 4)。这类录井取原位,避免了岩心采取率不高难恢复原状的问题。测井记录了诸如孔隙度或伽马射线数之类的值,是从气候变化直接产生的那些特征的代表。新的测井技术(目前还很少使用)提供了基本的分析。现存测井记录的主要问题是分辨能力有限,一般不能解析原生层理。高解析力的测井方法是可以达得到的,但迄今还未广泛使用。即使如此,现有的测井记录在追踪低频率旋回中将会很有用的。

六、周期性的识别和鉴定

1. 季纹泥。除了某些例外,带有明确的轨道旋回的地层韵律的鉴定以其周期的估算为基础。已用了两种方法:一是依靠季纹(即年)数推断层旋回,可用于部分季纹泥化的序列。这是 Braelley, Van Houten 和 Olsen 在确定绿河组和网状岩系中地层韵律时间所用的方法。

2. 从生物地层学推断沉积作用速率。大多数海洋沉积物缺乏季纹理,它们韵律的计时只能靠计算平均速率,借助于诸如 Harland 等(1982), Kennedy & Odin(1982), Hallam 等(1985)

或其他人用的放射性测量表,用计算分配到各阶或其他时间单元(例如极性带)的时限方法。这种计算千遍一律地包含一种不确定因素,各阶的持续时间通常是不很固定的,而且假定在一个阶期间沉积速率稳定不变也是错误的,特别是有显著的岩屑变化或不连续面的时候。因此,靠这种手段作出的鉴定,在未经其他方法证实前,一般作为一种暂时的初步方法。

作为一个旋回识别的例子,我们回到意大利 Umbrian 序列(图 3)。层理或层理对规模的韵律在露头上肉眼清楚可见,如同野外测量或仪器扫描的图解一样好。在野外,这种层理对联合于更高级旋回中的层理束一般也是简单平常的,并且为岩心的仪器扫描图示很好证实。这种层理束联合于更高级旋回(超束)在野外最初不易认识,但在图解图中变得清晰,现在在野外大露头中也是显而易见的了。用该序列中阿尔布阶的平均沉积速率,约 5mm/千年,则得出层理对的时限约 20 千年(岁差),算出层理束时限约 100 千年(E1)和约 400 千年(E2)。

理论上,这种周期性(也许还有眼睛见不到的其他周期性)应该在以下几种更精确的新方法之一的频谱图中出现——快速的傅里叶变换,能谱, Walsh 波谱等。这种方法必须(1)存在好的时间控制,(2)有足够长的时间跨度,以提供包含慢周期旋回的合理采样。

Herbert 作的阿尔布阶岩心扫描频谱图(图 3)有局限性。对于时间轴,一个地层学家一般受限于地层的范围并设相有固定的沉积速率——这个设想与我们沉积学的结论相矛盾,后者认为旋回是碳酸盐供应速率的大波动引起的。这些波动已歪曲了“时间轴”足以将层理对的信号处于干扰的状态。

在频谱中层理束形成突出的信号,也是一个从中能提取较多信息的信号。调整曲线至层理束峰,并分析组成该峰的多个谱线, Park 和 Herbert(1987)展示了存在的两个主要组份,它们与天文曲线的间隔为 98 和 126 千年的组份相一致。具 100 千年 E1 偏心率旋回的“层理束”的鉴定因而已得到了单独的确认,它又转而加强了其他旋回等级的鉴定。

在频谱上超束显示不良,表明有一个或一个以上更高级别旋回存在,但周期归属变化很大:频谱图就不够用了,因为分析年代用的时间系列太短,不能适当确定这些周期。

在利用其特征来确认旋回的另一种尝试中, Schwarzacher & Fischer(1982)计算了 Umbrian 序列中巴列姆阶和森诺曼阶灰岩和爱尔兰石炭系灰岩的 100 千年层理束中层理面的统计倾角。这些图表非常符合 Berger 的 100 千年天文周期中显示赤道凉爽的春分点的统计发生率图,因此赞成这些层理束归属于 100 千年偏心率旋回。

3. 用地磁分带性计时。按理,一定的海底地磁异常的相对宽度与引起地磁异常的极性年代持续时间成比例,并能用来决定那个年代的持续时间。磁性地质年代学的发展提供了研究一个可逆磁场年代中旋回持续时期的另一途径。

4. 急需生物地层学。正如我们上面表明的,具明确轨道循环的地层韵律性的鉴定主要依靠其周期,而在海洋沉积物中这一般从生物地层资料(从阶到带)来计算。在缺少生物地层资料的情况下,一个级别的旋回性看起来很像另一个级别的,而且很容易错误地把 A 地一个韵律等级与 B 地的另一级韵律对比起来。连贯的旋回地层学像磁性地层学一样,只有在生物地层学控制的密切帮助下才能发展。

七、小结

总之,在地球历史的各个部分和多种相中都认出了时限恰当的韵律性。在一个简单的序

列中已经鉴定出多至四个等级的旋回,从20千年的岁差旋回到1800千年的一个未查明的旋回,还预料有更多的旋回。这些旋回型式似乎主要与地球轨道变化的周期型式相匹配。因此支持了 Gilbert 原来的主张:地层柱中,一种轨道记录的事实表现得非常明显。显然,这是地层工作的一个主要前缘

旋回地层学将不断利用露头上测量的地层剖面资料,从层理级别的观察到可由计算机程序处理的资料。

仪器的曲线提供了测量的时间序列,这些测量是调整到固定基线的,也适用于资料处理的所有试验方法的。这类仪器测量的资料最好从新鲜岩石如岩心中获得。

仪器的资料在钻孔测井记录中也可得到的。虽然这些资料一般不能分辨诸如缓慢沉积的沉积物如白垩中层理的调制信号,但有些却有良好的低频韵律的记录。现存的钻孔测井记录成了地层韵律信息的一个未经勘察利用的主要财富。新的录井方法大有前途。

古生物学、化学、矿物学和沉积学的振荡变化也表达了旋回地层学的类型、旋回地层分析需要从测井解释到时间序列分析的一系列技术,并且强烈依靠地层年代学的控制,主要生根在生物地层学和磁性地层学。因此,旋回地层学需要联合各种人才,协同工作。

我们现在所知道的多数知识是近二十年内学会的。已经发展了新的方法,更新的方法也将接踵而来。钻孔编录就提供了一个潜在的巨大信息财富,我们似乎在新发现的边缘徘徊不前。迄今分析的韵律层序只是地质记录中的支离碎片。希望在下一个15年发展前更新世某些时代的严谨的旋回地层学是太过分吗?

八、CRER 的作用

旋回地层学。本学科的现状使一些地层学家(不是全部)确定旋回地层学能获得成功的。它需要聚集大量人才和微观地层学的技术,而且它将依靠国际的追踪研究,合作和尽可能的协调。把旋回地层学纳入 CRER 组织机构就十分恰当了。

与其他工作组的关系,受益于 CRER 的好处不至于此。旋回地层学必须与 CRER 协作机构所进行的其他研究密切联络,例如,氧化还原旋回直接与“黑色页岩组”的意义有关;上升旋回完全受海面变化问题制约,并影响碳酸盐台地的生存历史。所有这些研究都适合较宽广的白垩世纪古气候结构。旋回地层学依靠地质年代学并使其推陈出新。因此 CRER 不仅作为旋回工作者的协作机构,而且将为他们与其他致力于白垩系的人的相互合作提供保证。

CRER 如何很好地为提高我们的认识服务?CRER 已经在为白垩系地质学各方面协作调查的论坛方面起着重要的作用。大概我们都将提出一个较好的实践概念和开拓前景。

但是除此之外,也必须提出一系列问题。首先,我们是否应该继续从事全球旋回地层学的协作研究?

如果回答是肯定的,那么 CRER 将赞成任何一种或所有白垩纪的旋回地层学研究呢,还是集中研究白垩纪的某部分时代呢?白垩纪气候、地质年代学等的根本原因大概能通过支持一种或各种旋回地层学的工作而得到解决。另一方面,在下一个15年中任何发展全球性严谨旋回地层学的努力都将要求集中在某些更为有限的时间跨度上工作。原则上我们将推荐什么呢?如果这种选择要集中的话,我们该推荐什么阶呢?

估算 CRER 可能将以 IGCP 项目相似的模式开展工作,通过国家委员会,接收研究者或

工作队的建议,并把它们提交给 IUGS 总委会。CRER 将不是一个筹集资金的机构,但可通过提供一种认可形式直接帮助研究进程。CRER 可以进一步为白垩纪信息有关的事情起“清理场所”的作用,从保存专家名单到访问参观人的交换。

CRER 大概可借助业务通讯或年报来散布信息? 能否有一个“旋回地层学”的特别业务通讯,或整个 CRER 活动的一般通讯? 这种业务通讯是私人传观,或在某个期刊如 EPISODES 或 CRETACEOUS RESEARCH 中发表呢?

最后,能否有更多的会议,如二年一次的大会? 从“旋回地层学”目前出发,举行隶属于专业委员会的会议是合适的,例如生物地层学家的专门标定分会,或时间序列的计算机处理专业会议。从这类为与旋回地层学有明显差距的经典旋回地层序列所举行的会议上,“旋回地层学”也将大大得益。能为“旋回地层学”特别举行或与其他工作组联合举行会议吗?

我们在佩鲁贾(意)的专题讨论会将要深入讨论旋回沉积学的领域,从理论到技术,从已知的到未来的各方面。我们将有机会在野外参观,首先看意大利中部 Umbrian 阶韵律性的深海序列,然后看法国南部非常不同的主要是半深海的白垩系韵律层。除了这一教学任务之外,还要在迪涅(法)全体会议上系统阐述 CRER 的工作模式,和共同向前推进白垩系的严谨旋回地层学的意愿。

李文汉审译