

古地理学、古气候学、沉积物通量

李文汉 译编

(成都地质矿产研究所)

一、绪 言

古地理、气候和沉积记录之间的相互关系具有日益增长的重要性。首先,该重要性是与认识这些关系的新的和更大的可能性的标志是一致的。关键因素是增加对气候和沉积特征间联系的认识、将沉积岩石置入一时、空格架中的较大能力和利用气候系统的物理学模式去研究和认识这些相互关系的广泛能力。其次,在气候—沉积相互关系中的重要性来自许多伴生组合(石油、煤、铝土矿、高岭石等)的经济意义。第五工作组的关键单元是如实表现气候变量和沉积记录之间所预测的伴生组合。

GSGP1984 年国际学术讨论会的报告为此新项目选定了三个主要题目:

1. 全球韵律和事件
2. 全球演化的沉积记录
3. 沉积岩相的全球分析

第五工作组的工作直接朝向这些题目,此外,将努力促进在培训年青科学家和提高知识与技术方面的国际合作。

以下四个基本构思是第五工作组的指导思想:

1. 沉积地质学的空间(地理学)和时间(地层学)情况是 GSGP 的基本格架和进行有意义解释的关键。
2. 对全球的关键沉积物特征和类型进行制图,颇能提高我们对沉积关系的认识。现在和过去对沉积物—气候相互关系的研究,和沉积地质学中大量有趣而长期存在的问题(黑色页岩、块状白垩沉积等)引导这一前景。
3. 多种来源资料的综合观点的一致很可能大大有助于记录在地球历史中的全球变化的讨论。
4. 综合平衡观察和以物理学为基础的模式的存在能力为发展成熟的假说和指导进一步

研究提供了重要的机会。

二、古地理学

最简单的古地理是分析以前的海、陆分布。Barron(1987)在 IGCP191 项目中出版了白垩纪海陆情况的全球图件,他将白垩纪分为 5 个时间间隔,以下将讨论这些图件的适用性和所需的附加图件。下一步是提出整个白垩纪的、反映不同环境变化类型的、更为详细的相图。

图件可以显示不同的古海深(陆棚、斜坡、洋底、深局限盆地)和古地形(高地、低地)。这些可由沉积记录和地质构造分析而得以解释,例如,沿断裂边缘的抬升。将作沉积相或古环境图,诸如河流、河口湾、湖泊、三角洲、浅海、风成和冰川之类的环境或相。结合古生物学和古气候学资料,可以描述大陆地区的古水文、覆盖的土壤和植被类型,以及繁殖的动物群落。古生物地理学的区域研究将有助于这些工作。

这里,主要任务是决定沉积作用和地质构造活动性间的相互关系。

应将具有气候意义的特征包括在所作的图中,如煤、红层、蒸发岩和礁等特征。无论是侵入的还是喷发的火成岩记录,也将记录在古地理图上。

以下介绍编制岩相古地理图的方法和和建议:

1. 目的:提出全球白垩纪古地理图。

2. 原由:为第五工作组其它部分和其它工作组提供资料。对总结将要编辑的所有信息和强调本题目的全球特征来说,图是一种理想的方式。

3. 基础:IGCP191 项目提供了全球大部分地区白垩纪古地理图,但出版的比例尺不同,划分的时间间隔不一和依据不同的环境划分。从此及其它资料,Barron 已编辑了白垩纪五个时间段的全球海、陆分布图。

为了建立工作基础,第五工作组将提出白垩纪其它时期的图,和提出较大比例尺的表示更为复杂环境划分的详细图件。其重点将放在强调重要气候标志的相和(或)对资源分布有重要意义方面。

4. 方法:决定以下事项是必需的:

1)编辑和最终图件的比例尺。环太平洋图已成功地使用了 1:10000000,不过它将全球分成了几块。要表述区域的问题将需要较小的比例尺。

2)投影。柱状等距投影似乎是好方案,但对高纬度地区(如澳大利亚)颇有歪曲。对这些图件的定量分析来说,等面投影应是有用的。

3)底图或许应是复原图。将要审议这些复原图的价值。BMR 将要完成一种图内计算机图解系统,这是 Chris Scotese 组建的,它可印成不同的比例尺和整个白垩纪的各种投影。借助于计算机的帮助是工作中的一个目标。

4)建立图例和环境定义。BMR—APIRA 古地理图的图例和定义将作为一种可能性而予以讨论。

5)建立时间层或“快照”。在理论上,古地理图应记录时间的一瞬时,如海侵的顶峰等。但是在实际工作中,由于确定起始时间和资料质量方面的困难,所以最普遍的方法是编制一个时间间隔内平均古地理图。全球白垩纪的标准时间间隔最好是分为 12 个期。

6)是否提供实际材料图以支持古地理图?实际材料图是在现代图上投影每一时间层或

期的露头 and 钻井资料(厚度、岩性、环境),从此图可编出各种解释性古地理图。这个阶段将大大增加要做的工作量,但它将得出独立于解释的资料组合。但是,本项目可能将编制个人提供的解释性古地理图,而不探究其基础资料。

7)是否提供白垩系的全球相关图,或者这是地质年代协调委员会工作的一部分?相关图应有这样的优点,能选出比欧洲标准阶(期)更好地捕获白垩纪历史的时间层。但是这是一巨大任务,而且将延迟编制古地理图。

8)白垩纪古构造图。编制这类图件对环境解释很有用,而且能概述有关移置地体等的观点。

9)控制范围。据 IGCP191 的成果,澳大利亚、欧洲、苏联、中国、非洲、巴西、南美南部和南极编有图件。本项目将寻求支持这些出版图件的更为详细的编辑物和来自中美洲和亚洲的稿件。BMR—APIRA 已提出了澳大利亚白垩纪 11 个时间层的 1:5000000 古环境图。

古地理组的工作是 CRER 项目其他部分的基础,它将提供一框架。本文末尾将叙述它与其它工作组的相互关系。

三、古气候学

CRER 项目的目标全都围绕地球及其气候系统的相互作用。因此,古气候对韵律和事件有关系,一般说来对沉积记录、地质构造和资源也有影响。这些相互作用并不总是清楚可见的,也不总是气候系统本身的作用,对白垩纪更是如此。经 CRER 研究后,希望能对地球古气候系统的作用有更好地认识。

没有空间和时间内容,就不可能解释和认识古气候。几乎每一个气候变量都有大的空间变化,因为不同纬度进入的太阳能不同、大陆和海洋的热性质不同、各种种样的海拔高度,以及由于基本循环的不同构造。沉积物和岩石也记录了极端事件(泛滥、质量流、冲刷事件等)、整个时标范围内的韵律、平均气候条件、阶梯状变化和趋势。因此,准确的地层关系和古地理恢复是进行有意义解释的基础。

1. 制图

古气候学的核心课题是以个人或小组的一系列将要进行的主要问题的研究为基础。其中的一个问题是所谓的气候标志的不确切性,如生物的差异和煤、蒸发岩、礁的纬度分布等。我们怎能“测量”白垩纪的温度、湿度和其它气候变量?遥远的白垩纪使得我们难以依靠古老生物的生态耐性。本工作组将讨论是否将特殊气候标志的研究作为本题目阶段的中心任务。

几种沉积物类型和沉积物特征很有希望提高我们对气候和气候变化的认识。这个希望可由全球的时、空制图而最好完成。

1) 风暴沉积作用。猛烈的风暴被认为是沉积搬运和生成沉积结构、构造的重要营力。但是,沉积结构、构造和提出的生成营力(冬季风暴、飓风)之间的成因连系仍有许多问题。气候上的差异对古气候学将有很大意义。例如热带海面温度影响飓风生成比率和基本循环(如亚热带高压区),控制飓风路线及决定其登陆位置。陆—海热量差别和地形控制冬季风暴轨道和风暴强度。因此,全球制图提供大量气候信息,很可能有助于沉积特征和生成营力的讨论。

2)白垩纪白垩沉积。论证和讨论包括造成广泛而稳定的白垩纪白垩沉积原因。我们还缺乏说明稳定的地理或环境类型,或与以物理学为基础的模式对比的时间和空间的恢复。我们需要解决这个长期不解之谜的“第一流”方法。

3)大陆风化作用产物和湿成岩石成因。不断涌现出的依据说明,水文循环中地理学和全球暖湿的影响有很大的变化。水文循环的主要标志之一可能是湿成岩石记录。的确,这些风化作用产物受气候条件的紧密制约,而且它们也是地球化学循环的重要记录。白垩纪的记录以丰富的铝土矿和高岭石为特征,这里我们也还缺乏可以大大提高我们认识的空间和时间的恢复。

4)第五工作组的兴趣在以下几方面与旋回地层学工作组的兴趣一致:(1)如果韵律沉积作用与米兰科维奇力(Milankovitch forcing)有关,我们就能编制众所周知的气候力的全球灵敏度图。(2)韵律沉积作用可以从包括简单环境旋回的几个模式中得出,或从“翻转”环境信号(线性相关和非线性相关)的某些极端临值得出。与作为纬度函数的特殊轨道要素的相关性很重要。同时,韵律也可产生于几种机制,包括控制降水和地表径流的地理变化和边缘海中深水产生的气候调节。拟议中的对时、空格架的观测,是解释模式、机制和气候灵敏度的性质的基础。

5)关于黑色页岩和“上升涌流”沉积物,我们已进行了许多争论和提出了全球图件,但迄今尚无答案。下一步是将这些资料与见到的其它关键标志结合起来,一个更为综合的气候变化观点将回答我们的问题。

2. 演化

第五工作组的第二个趋势是涉及整个白垩纪的气候演化。为了得到景观情况,需要对晚侏罗世和早第三纪进行比较研究,它们似乎与白垩纪有相似的气候,如果要了解白垩纪的事件和韵律,那么气候变化年代学是基础。年代学将考虑从赤道至极区的气候纬度分布,还将包括近代发现的白垩纪冰川特征的研究。

3. 有关变化

第三组问题将涉及气候变化是否与其它事件同时发生,这些其它事件有构造活动、火山作用、生物灭绝事件和相对的与全球的海平面变化等。其中许多事件可能实际上并不同时发生,这里,地质年代协调委员会的资料将是基础。例如,气候变化的相对时限与古地理的构造变化,将告诉我们许多有关气候变化的原因,尽管现实的机制仍然模糊不清。

4. 模拟

此研究领域的第四个,也是最后一个方面是用数字模拟(气侵泥浆)测定气候变化原因。模拟亦可用作预测工作,所以用少量的边界条件就能估算一序列全球温度。气侵泥浆模拟的重要性对白垩纪已得到证实,但现在用的是较新的海洋—大气圈配对模式。由此,模拟海洋构造的演化是可能的。本研究中模式的利用可使气候的恢复有更大的可信性。

通过灵敏度试验,也可以测定单变化参数对整个系统的影响。发展模拟模式中最主要的任务是简化其所代表的复杂的自然系统,不过仍然需要综合该系统所反映出的重要作用和反馈机制。其目的是发展提供观点和指导科学调查过程的定量工具。模式的模拟应作为一种科学实验的形式,它有助于检验我们的观点和发展与更好地表述假说。

首先,发展模式需要表述为方程式的概念、逻辑运算、指令序列。如果我们密切注意自然系统的组份(包括能容易说明的,以及尚未充分认识和需修正定义的那些组分),单只此任务

就可提供更多的见解。

其次,所提出的代表某些复杂自然系统的一组方程式极可能是非线性的。因此,该系统模式的习性靠“总结”其组份就不一定能清楚地反映出来,也不可能从单纯因果关系的概念推演出来。定量模式可说明其它地方不清楚的那些部分的相关性,使用它们可以得到非直观的结果。

这两个模拟模式的重要方面和模式的发展说明,在检验我们的思想和发展假说时,定量方法的主要作用。人们能较早地认识这些优越性,在发展假说的各个阶段都能提供卓越见解。模式和模式的发展是科学方法的自然要素。自然系统的极端复杂性说明,这些模式在形式上总是暂时的,因为任何特殊的模式都不可能代表对自然系统的完全认识。因此,如果模拟模式是表述我们思想和锐利我们观点的工具,则便达到使用它们的目的。这一目标需要不断地探索改进,包括规则系统的设计和检验、所得结果与实际观察的比较,以及用公式表示、修正和描述模式,或在发展可指导进一步研究的成熟假设的模式的组份。

所有模拟都需要边界条件的知识,它必须作尽可能准确地详细说明。对白垩纪大量古气候模式而言,提出其准确的边界条件,以下几方面是非常重要的。

1)热带海洋表面温度。热带洋面温度是调节和控制大气循环强度和人文循环的关键要素。在温暖气候期间(如白垩纪),如果热带温度增加几度,极地温度甚至增加 20°C ,都能保持纵向上的综合子午圈温度梯度(和增加纬向风的强度)。这一事实的出现是由于饱和蒸气压力和控制热带大气变热的温度之间的强非线性关系。白垩纪热带温度是否与今天的相同或更暖和的问题有很大的意义。况且,这一变化在解释原始珊瑚的分布、热带植被和其它气候标志时有很大意义。

2)极地冰。记录于极地带的温度需进行广泛地研究,对研究全球的气候来说则更为突出。白垩纪时地球的冰川覆盖范围怎样?冰川建造的性质是什么,是季度性的和冰缘条件的?非常需要详细说明极地和紧靠它的副极地的温度,以便解释风暴、上升涌流和降雨的可能分布和纬度梯度。

3)大陆的内部气候。许多古气候解释是根据保存得很好的海岸序列。要想知道大陆边缘和大陆内地之间的气候差别,我们只需身处新西兰的沿海植物(亚热带的,至少是无霜冬季)丛中和注意福克斯冰川就行了。最重要的是,高纬度地区的暖和气候和大陆内部没有季节性的假设和解释,对气候变化有极为重要的意义。我们是否对纪录的特性有偏见?我们需要找出大陆内部的纪录。

业已计划将定量的古气候资料放在本项目提供的古地理图上。要完成此计划,资料库的排列程序是有效的。因此,古气候图将有助于测定数字模拟的边界条件。模拟的结果将为定量资料很少或没有的地区提供气候条件的预测。

四、沉积物通量

进入大洋和其它沉积储集区的各种沉积物的通量对地球系统中重要历程有重大影响。第五工作组的这个部分涉及沉积物总体的分布和计时、所包含的沉积物类型、与其它变化(例如地质构造、火山、气候)的相互关系、沉积物的化学性和化学地层学、风化作用历史和质量平衡,沉积矿床和流域盆地的古水文学。

古地理组关于沉积物分布的资料可转换为主要岩古类型的体积,能计算质量平衡和估算风化作用速率。后者和火山岩的体积一起,在计算大气圈 CO₂ 丰度时可用来估算有关的火山活动性,这在白垩纪的气候历史中是一颇有价值的因素。硅质碎屑的体积可用来计算侵蚀作用速率和推测某些古水文参数。碳酸盐岩体积也与大气圈的 CO₂ 组份和化学风化作用速率有关。

以上的许多问题都需进行主要元素和痕量元素的广泛化学分析。这些数据在化学地层学技术和与白垩纪韵律和事件有关的沉积矿床中很有价值。碳、氧同位素记录可用于地层学中,和可用来建立现实的方案。

沉积物通量也揭示了许多地质构造的时、空方面的情况和小型韵律。淡水盆地的估算也能提供地质构造和气候研究的有价值信息。

五、研究计划

与第五工作组有关的研究细则将于迪涅(法国)会议期间讨论,但可预料,上述内容大多是合适的,2—3年的短期项目主要取决于 CRER 中工作者的挑选。以下一系列题目主要来自各方面的通信。

1. 古地理

- 1) 陆地—海洋和相的总结
- 2) 植被类型和与土壤的关系
- 3) 湖泊类型和分布
- 4) 海洋地区与海平面升降曲线的比较
- 5) 河口湾、水道和谷道的水文学
- 6) 印度洋和太平洋的位移地体
- 7) 白垩纪陆地植物和动物的生物地理学
- 8) 北极的古地理
- 9) 与古地理有关的区域地质构造

2. 古气候

- 1) 由植物群和木化石的年轮研究高纬度区的气候
- 2) 北极的海洋古气候
- 3) 北美的植被和土壤类型
- 4) 欧洲白垩的同位素研究

5) 白垩纪海中的磷灰岩

- 6) 深海浮游有孔虫的生物地理学
- 7) 北美的煤和土壤
- 8) 中国东北的湖泊沉积
- 9) 南大西洋的古气候
- 10) 赤道洋流的数字模拟
- 11) 白垩纪冰的性质和分布
- 12) 白垩纪铝土矿的气候意义

3. 沉积物通量

- 1) 印度洋沉积物通量
- 2) 白垩纪海洋中的质量平衡
- 3) 白垩纪沉积矿床
- 4) 风化作用速率
- 5) 稀少地球元素和缺氧
- 6) 湖泊系统中的沉积物通量
- 7) 古地中海南、北沉积作用的相互关系
- 8) 海相碳酸盐岩的纬度分布

本项目的长期目标是可完成的,因为其中的一些研究包含在其它国际项目中。其中有海洋钻探计划、IGCP 的各种项目和岩石圈国际委员会的课题,以及拟议中的北极钻探计划。

另一个重要的方面是与 CRER 其它工作组的相互配合程度。实际上迄今所述的每一个题目对其它工作组都有参考价值。同样,其它工作组也能发现与本组合作的理由。这些特别重要的相互关系是:地质构造—古地理—古气候;其它还有:旋回性—海平面—古气候和地质构造—沉积物通量—沉积矿。为此,必须继续密切与其它工作组的关系。本刊审译