

石油地质学译文集

(碳酸盐岩沉积环境)

第 四 集

科学出版社

石油地质学译文集

——碳酸盐岩沉积环境

第四集

〔美〕 M. M. 阿斯兰尼 等著

馮增昭 李祐佑 陈景山 左文岐 译

科学出版社

1980

内 容 简 介

碳酸盐岩石学研究随着石油地质普查勘探工作的深入而迅速发展，沉积环境的分析研究是重要方面之一。通过对某些现代的碳酸盐沉积环境的剖析，运用“将今论古”的现实主义手法来阐述地质历史中的碳酸盐岩相古地理，已有不少成果。这里选译了近年来国外发表的九篇文章，汇编成《石油地质学译文集》第四集。

第一篇和最后一篇是同一作者所写的关于环境模式概述和碳酸盐岩油气生成和聚集的论文；第二篇是陆表海清水沉积的理论概述；第三至五篇是近代白云石和白云化问题的讨论；另外三篇则为三个古生代碳酸盐岩相的研究实例。

本集可供石油地质、沉积岩工作者和有关科研、教学人员参考。

石油地质学译文集

——碳酸盐岩沉积环境

第四集

[美] M. M. 阿斯兰尼 等著

冯增昭 李祐佑 陈景山 左文歧 译

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1980年1月第一版 开本：787×1092 1/16

1980年1月第一次印刷 印张：9 3/4

印数：0001—3,070 字数：225,000

统一书号：13031·1089

本社书号：1544·13-14

定价：1.50 元

译者的话

近二十年来,沉积学理论研究发展迅速,随着石油、天然气的勘探开发,碳酸盐岩石工作日益深入。沉积环境分析是碳酸盐岩石学的一个重要方面,越来越引起重视。在地质勘探和科学研究工作中,除需要及时总结我们自己的经验和交流成果外,也需要借鉴外国的好经验,洋为中用。围绕碳酸盐岩沉积环境问题,我们从近年来国外刊物上选译了9篇有代表性的文章,汇编成这本译文集,供地质工作者,尤其是石油地质工作者及碳酸盐岩石学工作者参考。

《环境模式——碳酸盐岩油气区的一个有用工具》一文综合分析了几个现代碳酸盐沉积实例,根据岩石特征、成岩作用、沉积环境以及岩石的时空分布规律高度概括为“沉积环境模式”,应用于油气勘探和预测,有一定的启发意义。

《碳酸盐岩中石油的生聚》一文的论点是,碳酸盐岩石中油气的生成和聚集主要受沉积环境和同期构造的控制。

《陆表海清水沉积作用的一般原理》一文阐述了两个概念:陆表海是位于大陆内部的、低坡度的、范围广阔的、浅水大陆架海;清水沉积作用是指那些没有或很少陆源物质注入的海洋沉积作用,主要是碳酸盐沉积作用。作者认为,古代的陆表海清水沉积很常见,但现代沉积却缺乏实例,因此,地质学中“将今论古”这一现实主义原则在这里要格外审慎。通过陆表海能量带(实即沉积环境)和沉积作用带的特征、分布的分析(并与大洋沿岸海的对比),讨论了沉积层序的横向和垂向变化,从而指导了油气生储层段的预测。

关于白云石、白云岩的成因以及白云化问题,远比石灰岩复杂,这里选译了三篇文章。近年来的高镁卤水回流交代理论提供白云化作用的一个重要机理,这些古代的和现代的实例以及模拟实验论证了潮上带的盐坪——萨布哈环境下的白云化过程。现代沉积是了解古代沉积岩的钥匙,文中所涉及的两处现代准同生白云化作用实例,很能说明问题。

另外三篇是用现代碳酸盐沉积学观点讨论古生代碳酸盐岩石及其沉积环境的文章,作者根据岩性特征(和古生物内容)论述了几个古生代碳酸盐岩石的沉积环境,区分潮上带、潮间带及浅潮下带三个沉积相(其中包括若干微相),可供岩石地层单位划分的参考。

在译文选题、翻译过程中,承中国科学院地质研究所范嘉松、陈孟莪同志热情支持,并帮助校订了部分译稿;同时,我们也参阅了成都地质学院部分资料,特此一併致谢。由于译者水平所限,取材不一定都那么合适,译文中还可能存在疏漏和错误,希望读者批评指正。

译者

1977年3月于北京

目 录

译者的话

环境模式——碳酸盐岩油气区的一个有用的勘探工具

.....M. M. 阿斯兰尼 (1)

陆表海清水沉积作用的一般原理M. L. 欧文 (10)

加勒比海小安的列斯群岛博内尔岛上的近代和上新-更新世沉积物的

白云化..... K. S. 戴菲斯、F. J. 露西亚、P. K. 韦尔 (25)

波斯湾中的准同生白云石L. V. 伊林、A. J. 韦尔斯、J. C. M. 泰勒 (44)

巴哈马群岛安德罗斯岛的近代潮上白云石

..... E. A. 希恩、R. N. 金斯伯格、R. M. 劳埃德 (67)

北阿肯色奥陶系碳酸盐相.....L. M. 杨、L. C. 菲德勒、R. W. 琼斯 (80)

美国纽约州中奥陶统黑河群的潮上、潮间和浅潮下环境碳酸盐岩石学

.....D. A. 特克斯托里斯 (94)

纽约州下泥盆统曼留斯组接近平均海平面的碳酸盐沉积作用及其相穿插

..... L. F. 拉波特 (110)

碳酸盐岩中石油的生聚.....M. M. 阿斯兰尼 (138)

环境模式—碳酸盐岩油气区的一个有用的 勘探工具*

M. M. 阿 斯 兰 尼

一、绪 言

环境的复原是描绘和模拟碳酸盐岩中的储集相的有用工具,这已为许多石油地质工作者认识到了。这种重建工作基于岩心、露头样品以及钻井岩屑的岩石观察。要作出一个确切的古环境图,必须尽可能地综合许多钻井和露头的岩石学资料。在一个勘探程度较高的油区中,根据大量的钻井报告,是可以绘制出一个精确的古环境图的。

在许多尚未勘探的盆地中,特别是在海上或滨外区,地下的资料是很少和很难得到的。因此,在这种地区,环境的重建首先是根据露头和有限的地下资料。

自从五十年代初,在近代碳酸盐沉积区,许多调查者已作了大量的研究工作。佛罗里达、巴哈马、英属洪都拉斯、尤卡坦、波斯湾、澳大利亚西部的沙克湾,是集成的研究地点,这些研究为石油工业提供了大量的关于碳酸盐大陆架的沉积作用和成岩作用的知识。

与此同时,对世界许多地方以及各地质时代的古代碳酸盐岩的环境,也进行了重建工作。

根据这一丰富的知识基础,现在有可能在影响碳酸盐沉积作用的各种因素之间,得出一些概括性的因果关系。

环境模式是一个连续存在的环境图谱,从陆-海界面开始,经过大陆架,越过大陆架边缘,到大洋盆地或克拉通盆地结束。在这一模式中,每个环境与其相邻的环境都有一种属性关系。最重要的关系是气候、大地构造形态、风向、潮汐以及碳酸盐大陆架与大陆边缘的相对位置之间的相互关系。威尔逊(Wilson, 1970)描述了一个关于大陆架边缘、泻湖、和潮汐坪的环境模式。另外的反映各种外部因素的环境模式也可以考虑。

二、南佛罗里达大陆架

这一碳酸盐大陆架位于大洋盆地(佛罗里达海峡)的边缘,受东风及湾流的双重影响。此大陆架及其相邻的主陆均有相当大的降雨量,30 到 >70 英寸/年(Ginsburg, 1972)。在大地构造上,这一南佛罗里达及其邻近的大陆架都是比较稳定的。然而,其沉降速度却是向滨外方面递增的(Hultar and Hoffmeister, 1970)。

* 原題: Environmental Modeling: A Useful Exploration Tool in Carbonates, 原作者: M. Malek-Aslani.

尽管有较大的降雨量,但来自陆的径流却受岩溶石灰岩地形控制,因而大多是潜流。注入这一大陆架的陆源碎屑是很少的。石英砂被近岸水流向南搬运,并限于迈阿密以北地区。

相当大的降雨量和不太大的潮汐波动,导致海-陆界面处的淡水沼泽的形成。

图1是南佛罗里达碳酸盐大陆架的综合环境模式,该碳酸盐大陆架为一系列的更新世礁岛分割开,这些礁岛出露在局限的佛罗里达湾及外大陆架区中。

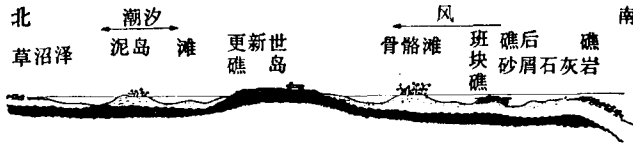


图1 南佛罗里达碳酸盐大陆架的综合环境模式

表1 影响南佛罗里达碳酸盐大陆架上的全新世相的各种参数

| | 佛罗里达湾的局限部分 | 西佛罗里达湾 | 外大陆架 |
|------|------------|--------|-----------|
| 潮差 | 0.2 英尺 | 1.9 英尺 | 0.3 英尺 |
| 降雨量 | | | 40—70 英寸 |
| 大地构造 | 缓慢下沉 | | 略较快下沉 |
| 陆源注入 | | | 极少 |
| 含盐度 | 变化大 | | 绝大多数为正常海的 |
| 主要风向 | 东风 | | |
| 主陆地形 | 低起伏 | | |

现在,让我们来分析这些参数的影响。潮汐影响在佛罗里达湾的西部和邻近墨西哥湾的地方较为显著,在那里形成了广阔的球粒泥滩。湾的北部和东部较为局限,在这里潮汐影响可以忽略不计,沉积作用很缓慢。潮汐坪不发育,且限于礁岛和泥岛上。外大陆架地区正面对横切礁岛的潮汐水道,并受退潮的影响,这种退潮带来了不利于造礁生物的海湾水。

来自东方的贸易风带来了佛罗里达海峡的新鲜的富含浮游生物的洋水,这种水为靠近大陆架边缘的大量的生物礁的生长提供了食物来源。在较小程度上,开阔大陆架上的斑块礁和骨骼滩也受这种风所形成的东方水流的影响。

外大陆架水的含盐度近于正常海水。珊瑚及其他产生骨骼的生物,对含盐度很敏感,在此大量繁殖。

相反,海湾内部的含盐度却有很大的变化(从稍碱性到高含盐性)却形成了一个苛刻的环境,这可从动、植物群的性质及沉积相(大都为含软体动物的球粒泥相)反映出来。

每个影响参数(气候、同期构造、潮汐效果、含盐度)均反映在各种相的性质及其必然的相互关系上。这种必然的相互关系就是鉴别适宜的环境模式的关键。

三、英属洪都拉斯

英属洪都拉斯边缘的大陆架,长120英里,宽10—30英里(Wantland and Pusey, 1971)。此大陆架东临加勒比海。英属洪都拉斯大陆架及其主陆在大地构造上是很活动

的。在北边的尤卡坦地台,北北东-南南西方向的块状断层很发育。

在南边,在英属洪都拉斯的中部和南部,马阳山脉高达 1100 米。断层控制的地势趋向反映在英属洪都拉斯大陆架的等深线上。一个狭长的泻湖从北向南逐渐加深(在伯利兹附近为 60 英尺,在斯内克礁附近为 150 英尺),把主陆与浅滨外台地区分开(Wantland and Pusey, 1971)。

这一地区的气候潮湿炎热。在伯利兹附近,降雨量达 70 英寸。来自主陆的径流和陆源碎屑相当多,并控制着泻湖及其西岸。伯利兹河形成三角洲。绝大部分的陆源泥都沉积在泻湖中;因此,滨外台地则为清水所覆盖,而且是碳酸盐沉积作用和礁发育的场所。

图 2 是英属洪都拉斯大陆架的环境模式。碳酸盐出现在整个浅滩上,而陆源泥和灰质泥则沉积在较深水中。在许多古代的类型中,特别是在中央大陆地区的宾夕法尼亚系和二叠纪盆地的东部大陆架中,也可以指出碳酸盐滩、礁以及页岩滩外相之间的类似关系。

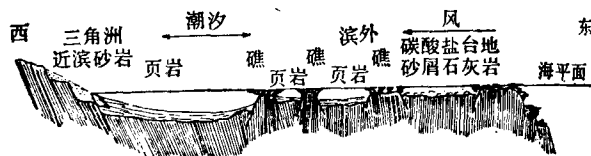


图 2 英属洪都拉斯大陆架的环境模式

表 2 影响英属洪都拉斯大陆架碳酸盐环境模式的重要参数

| | | | |
|---------|-----------|---------|--------------|
| 湖 差 | 1.5 英尺 | 含 盐 度 | 在碳酸盐大陆架上近于正常 |
| 降 雨 量 | 49—70 英寸 | 主 要 风 向 | 东 风 |
| 构 造 形 态 | 活动的块状断层作用 | 主 陆 地 形 | 高起伏 |
| 陆 源 注 入 | 相当大 | | |

把崎岖不平的主陆与滨外台地分割开的深水泻湖,把径流带入的陆源沉积物大都罗住了,并防止混浊的水进入滨外台地。滨外台地的海水具有正常的含盐度和氧含量,有助于珊瑚的繁殖(Wantland and Pusey, 1971)。

英属洪都拉斯大陆架的潮汐比佛罗里达大陆架的大(1.5 英尺比 0.3 英尺),但是,这对整个滨外台地的动、植物群似乎没有什么有害的影响。相反,来自浅巴哈马台地的退潮,则有碍于珊瑚的生长。

同期构造作用对英属洪都拉斯碳酸盐大陆架的影响,远较对南佛罗里达大陆架的明显。正断层是洪都拉斯大陆架上各种斑块礁沉积的主要控制因素(Purdy and Mathews, 1964)。

持续的和强烈的东风所引起的波浪作用,把富含浮游生物的海水从邻近的加勒比海带到英属洪都拉斯台地。充沛的食物供应支持大陆架台上的繁茂的和各种各样的珊瑚礁动物群的生长。

英属洪都拉斯和南佛罗里达大陆架的主要控制因素都是强劲的来自东方的贸易风,而潮汐所起的作用则较小。

四、巴哈马台地

这一巴哈马浅水台地被 20—30 英尺深的海水所覆盖,以 50 英里宽的佛罗里达海峡

与北美地台分开。巴哈马台地的面积超过 60,000 平方英里 (Newell and Rigby, 1957), 这是碳酸盐沉积的场所; 其中大约有 20 个低起伏的岛屿和珊瑚礁岛。这一巴哈马台地为一些深的海峡或水道分割为许多相互分离的滩。现在我们来看一下大巴哈马滩。这个大巴哈马滩, 三面都是深海盆地, 面积达 15,500 平方英里。

在这一巴哈马台地中, 可以鉴别出三个明显的环境模式:

1. 安德罗斯岛边缘的主要为风控制的东部大陆架;
2. 安德罗斯岛以北的受风和潮汐影响的朱尔特礁岛地区;
3. 安德罗斯岛以西的主要为潮汐控制的大巴哈马滩。

现在分别叙述如下。

1. 安德罗斯岛边缘的主要为风控制的东部大陆架

持续的来自东方的贸易风使富含浮游生物的海水从洋舌区向西穿过这一狭窄的安德罗斯岛东部边缘的大陆架。这一大岛使巴哈马台地的大多数的退潮改变了方向。因此, 沿着向风的台地的边缘, 发育着堡礁; 在礁后的向风泻湖, 是斑块礁发育的场所。安德罗斯岛的存在, 有助于此岛以东的浅水大陆架的含盐度近于正常。回潮对珊瑚生长的有害影响, 似乎局限于面对横切该岛的潮汐水道的地区。

表 3 影响大巴哈马滩碳酸盐相的各种参数

| | 边 缘 附 近 | 安德罗斯岛 西 |
|----------|---------------------------|------------|
| 潮 差 | 3 英尺 | 1.5 英尺 |
| 降 雨 量 | 40—60 英寸(主要在 5 月与 10 月之间) | |
| 大地构造形态 | 缓慢下降的地台 | |
| 陆源碎屑注入 | 无 | |
| 台地上的含盐度 | 大于正常含量 (38—46%) | |
| 向风泻湖的含盐度 | 近于正常 | |
| 主 要 风 向 | 东 风 | |
| 主 陆 地 形 | 低起伏岛屿 | |

2. 安德罗斯岛以北的受风和潮汐影响的朱尔特礁岛区

在安德罗斯岛以北, 在朱尔特礁岛地区, 其碳酸盐沉积模式是受风和潮汐双重控制的。在这里, 在礁覆盖的大陆架边缘的滨内地区, 一个连续的鲕粒浅滩带正在形成; 在此鲕粒浅滩带与礁之间, 有一个 3 英里宽的泻湖。

在这一地区 (见图 3), 鲕粒浅滩似乎足以使来自大陆架的退潮转变方向; 这就使此大陆架边缘的珊瑚礁得以生长。强劲的东风似乎也抵消了大陆架边缘上的退潮的影响。在朱尔特礁岛模式中, 从鲕粒坝, 可望发现一个礁滨外地区。

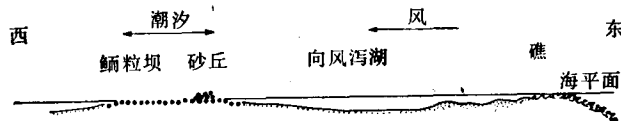


图 3 朱尔特礁岛区的环境模式

3. 安德罗斯岛以西的主要为潮汐控制的巴哈马台地

广阔的巴哈马台地，从安德罗斯岛西部边缘的潮汐坪开始，跨过浅水台地，一直延伸到佛罗里达海峡附近的大陆架边缘(见图4)。



图4 安德罗斯岛以西的大巴哈马滩示意图

在安德罗斯岛的西侧，有一个广阔的潮汐坪地区，宽约2—10英里。在这一地区的潮差约1.5英尺(Shinn et al., 1969)。这些潮汐坪的地貌有潮汐水道、天然堤、滩脊以及潮上沼泽等(Shinn et al., 1969)。这里的潮上沉积物正在白云化；但是，石膏和(或)硬石膏(在波斯湾的阿拉伯联合酋长国沿岸的干旱潮上环境中是很典型的)在此处的潮湿气候中却没有保存。从此潮汐坪往西，是一个广大的泻湖，其深度小于20英尺，延伸40—60英里，直到这一台地的边缘。这一泻湖水的含盐度，从西部的台地边缘向东逐渐增高；到安德罗斯岛西侧的潮汐坪，已高达40% (Cloud, 1955)。正在这一广阔泻湖内沉积的碳酸盐沉积物以球粒泥为主。在巴哈马台地的西缘，那里潮差约3英尺，潮汐是碳酸盐沉积作用的主导因素，鲕粒坝正在形成。生物礁不能沿巴哈马台地西缘形成，因为这里的来自广阔的浅泻湖的退潮，带来了高盐度的和低氧的水，这种水不适于造礁珊瑚的生长。相反，涨潮却把冷的饱和碳酸钙的大洋水运移到滩的边缘。越过大陆架边缘的潮汐可使水流速度达1—2海里。海水性质、水流速度、以及温度的上升等这些因素的综合，使水中的溶解的 CO_2 逸入大气；因此，海水对碳酸钙就变得过饱和了，碳酸钙就围绕潮汐通道中经常被扰动的质点，以其鲕粒外衣的形式沉淀下来了。

总之，安德罗斯岛以西的大巴哈马滩是一个潮汐为主导的模式，由风所引起的表面水流的作用很小。

威里斯顿盆地的东部大陆架，在密西西比纪的米辛峡谷时期，有一个沉积环境与全新世的大巴哈马滩的沉积环境很相似。但是，在潮上相中所保存的蒸发岩却反映米辛峡谷组沉积时的干燥气候。湾岸地区的侏罗纪司马科维尔组，是这一巴哈马滩模式的又一个干燥气候的翻版。

五、波斯湾

波斯湾模式代表一个陆表海。它位于东北方向的札格罗斯山脉构造活动带与西南方向的阿拉伯地盾边缘的稳定大陆架之间。

波斯湾呈北西-南东方向延伸，长约615英里，最大宽度210英里(Emery, 1956)。这可与古生代的阿巴拉契亚盆地相比拟。这个海湾是一个浅的不对称的海。在东南的霍尔木兹海峡附近深度最大，达300英尺深；向西北方向逐渐变浅。靠近中间地带，水深120英尺。海湾的轴在多山的伊朗海岸附近。在此处的海底坡度较陡；而在阿拉伯海岸

一侧，则是一个广阔而又平缓(坡度每英里 1—2 英尺)的大陆架。

波斯湾的气候极端干燥，年降雨量 2—3 英寸。因此，来自陆地的径流仅限于进入海湾北端的河流，如底格里斯河、幼发拉底斯河和卡隆河。上述河流以及夏台阿拉伯河，形成凸入海湾中的三角洲。在多雨的冬季，来自海湾东北边界高山区的间歇性河流，可注入有限含量的陆源碎屑。另一个搬运沉积物的营力是强劲的风，它把沙漠的尘埃刮至海湾(Emery, 1956)。在沉积作用缓慢的地区如轴部深水地区，风搬运的沉积物可能有局部的重要性。高温夏季的高度蒸发作用使海湾的含盐度(38—42%，Emery, 1956)超过了正常海水。波斯湾的水文主要受高潮汐(潮差 2 米)和强烈的西北风控制，此西北风可引起高达 1 米的波浪。简单说来，南波斯湾是一个近代碳酸盐的沉积模式，在这里，潮汐和风均起着重要的作用。

海湾的阿拉伯一侧是一个广阔的向北平缓倾斜的碳酸盐大陆架，延伸到 20 英寻。由于

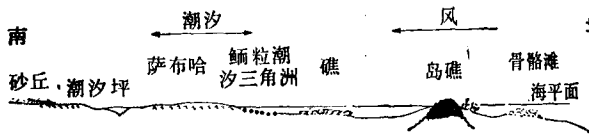


图 5 波斯湾环境模式

于滩和砂洲的存在，其等深线特征很复杂。阿拉伯一侧的沿岸地区及其附近的水下大陆架，是各种碳酸盐和蒸发岩的沉积环境。这些环境包括潮上盐沼(萨布哈)、潮间带、潮

下泻湖、滨外滩及珊瑚礁(位于迎风一侧)以及开阔大陆架；在开阔大陆架上，大量的软体动物骨骼正在沉积(见图 5)。

在这一模式中，风和潮汐都是主要的因素，礁和鲕粒坝均正在形成。礁位于岛屿的迎风一侧；而鲕粒则在潮汐水道口处形成潮汐三角洲。

由于阿拉伯沿岸及主陆的气候极端干燥，所以广阔的沿岸的及大陆的“萨布哈”都是潮上环境。在这些萨布哈的向陆方向，随着来自海洋的沉积物的减少，风成砂逐渐增加，直至砂丘覆盖的主陆。在萨布哈中，盐水的地下水非常接近于地表，并周期性地被风暴所带来的海水和来自陆地的径流所充溢。这些萨布哈是很好的成岩变化的场所，这里的成岩变化可引起蒸发矿物(如硬石膏和石膏)的沉淀作用以及尚未固结的沉积物的白云化作用。

在海湾的阿拉伯沿岸地区的海岸平原上，另一个有意义的现象是潮上环境和潮间环境的在开阔大陆架上的快速发展，即快速的岸进。在有的地方，自更新世以后，这种岸进已超过 15 公里(Shearman, 1966)。

在大地构造上，这一阿拉伯沿岸可能是稳定的，也可能是轻微上升的(Kinsman, 1970)。在这一大陆架上，有些构造和盐丘是正在上升的。如果现在的构造体制继续下去，萨布哈将会发展到阿拉伯沿岸的整个大陆架。在正在生长的构造上形成的滨外滩和礁，也将会戴上硬石膏的帽子。这样发展成的地层关系将会与侏罗纪阿拉伯带及其上覆的希斯硬石膏相似，其所形成的烃圈闭也将与波斯湾的侏罗纪或密执安的志留纪礁相似。而近滨的鲕粒坝也将与斯马科维尔-巴克纳硬石膏的相互关系相似。

六、西澳大利亚沙克湾

沙克湾位于澳大利亚西岸，在南纬 24°30'和 26°30'之间，西临印度洋，沿北北西方向

延伸,是一个很浅的海湾,是碳酸盐沉积作用的良好场所。这一浅海平均深度 30 英尺,由许多小的海湾和半岛组成,面积 5,000 平方英里。

在西北方向,这一海湾有两个通道与印度洋相连;这两个通道为一些狭长的浅滩和岛屿分隔开。在这些通道的出口处,沙克湾深 120 英尺。向南,沙克湾逐渐变浅(Logan and Others, 1970)。

由于这一盆地及其通道的方位与这里的主要风向(南风)不一致,所以富含浮游生物的洋水就被阻于沙克湾之外。但是,强烈的南风却导致海湾东侧的向北移动的水流。在沙克湾内,水的循环主要由潮汐引起。潮差为 5.5 英尺(最高潮)到大约 2 英尺(最低潮)(Logan and Others, 1970)。此地区的气候为干燥到半干燥(降雨量 7.9 英寸)。来自陆地的径流很少。由于狭长的通道位于下风头,同时海湾的气候又很干燥,所以海湾水的含盐度从北向南逐渐增加,从北部的近于正常海水的到南部的高盐度水。

沙克湾的几何形态是上新世的构造下挠作用和更新世的风成砂丘沉积作用的综合产物。在海平面处于低位置时所形成的砂丘,现在把沙克湾与印度洋分隔开。

造礁珊瑚需要正常的含盐度和最充分的富含浮游生物的海水供给,它们在沙克湾中是不能生活的。可以设想,假如这一海湾通向大洋的开口是迎风的而非下风头,则造礁珊瑚就有可能在这一海湾中生活。

在沙克湾中,主要产生骨骼颗粒的生物为有孔虫、珊瑚藻、软体动物、苔藓以及一些绿藻。这些骨骼颗粒包括球粒、鲕粒以及陆源碎屑。

在沙克湾的沉积作用中,海草起着重要的作用。这些海草的叶是表栖动物如红藻、有孔虫以及苔藓附着的地方,其根和根茎是海底生物如软体动物及其他动物居住的地方。这些表栖动物死后的堆积作用是碳酸盐颗粒的重要来源(Davis, 1970)。海草的根茎及根系还可以作为一个障碍物从而把水流搬运的碳酸盐颗粒固定下来。

这些因素的相互影响,已在沙克湾的东侧产生了滩、潮汐水道以及天然堤系统。3—7 英里宽的滩正在海湾中向西发展,即岸进。

水道几乎以直角横切滩的延伸方向(Davis, 1970)。

在风暴期间,骨骼和非骨骼颗粒堆积在潮间带中滩的向陆一侧;这些堆积物还将被退潮向海洋方向搬运,通过水道,沉积在天然堤或潮汐三角洲处。

在滩和潮间带的向陆一侧,形成有蒸发岩和白云岩的狭窄的藻席和潮上环境。假如现在的沉积作用体制继续下去,这种骨骼滩将继续岸进,并将沙克湾填满。

沙克湾的碳酸盐沉积模式(见图 6)有许多古代类似环境。例如帕拉多盆地的宾夕法尼亚纪碳酸盐的假叶藻滩以及阿纳达科盆地的北大陆架的奥斯威戈,其形成机理与形成沙克湾骨骼滩的形成机理是类似的。宾夕法尼亚纪的假叶藻所起的作用与现在的海草相同。因此,详细研究沙克湾的模式可能会给我们以启发,这对鉴别宾夕法尼亚系的有经济意义的藻滩的几何形态及地貌特征是很有用的。

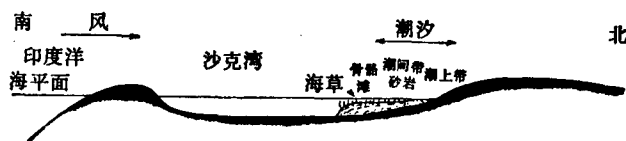


图 6 沙克湾碳酸盐沉积作用的综合模式

七、环境模式的应用

根据以上论述,知道在环境模式和控制因素(如气候、风向、大地构造作用、碳酸盐大陆架与大陆边缘的相对位置)之间,存在着一定的因果关系。

这些全新世的模式与古代碳酸盐沉积之间的相似性,可以根据一些有价值的文献资料得到证实。这些文献包括近若干年来的详细的地层学和岩石学的研究。

根据上述,可以认为,环境模式的鉴别是环境重建的第一步。

沃尔索相关定律这么说:在一定的沉积旋回中,横向上出现的相序列也可以在纵向上出现(Krumbein and Sloss, 1963)。沃尔索相关定律是鉴别井下记录和地表地层剖面的环境模式的关键。例如,在典型的海退碳酸盐旋回中,可以鉴别出反映逐渐浅滩化的向上的岩相序列。这一旋回常以潮汐坪或潮上相而告结束(Ginsburg, 1971)。

毕晓普(Bishop, 1968)证实了路易斯安那的斯马科维尔组的相的垂直序列。下斯马科维尔组是页状泥岩,具深水性质。覆盖于下斯马科维尔组之上的,是球粒泥相,骨骼、藻灰结核、鲕粒泥质颗粒岩相,以及鲕粒颗粒岩相(储集相)。这一序列又为巴克纳组的白云质和石膏质页岩覆盖。上述层序表示逐渐发展的浅滩化作用已到达鲕粒相;巴克纳组可能具陆地萨布哈的某些特征,但还需要更进一步证明。对一定数量的钻井资料进行详细研究,就可以得出环境模式;这种环境模式与构造模式结合使用,就可以重建某一地层组的初步的环境图。

相的垂直序列有时为海进旋回所复杂化。但是,详细的分析研究可以有助于环境模式的鉴别。

初步的环境重建可按以下的方式完成。假如已知某一口井与盆地的构造格架的相对位置,根据某一选定地层的环境模式,就可以绘出该井周围的环境。即较浅的浅滩相应位于该井的上倾方向,较深水相应位于该井的下倾方向。显然,应用于这一设计的构造形态必须基于所要求的层段的等厚图,从而能反映沉积时的条件。用这种方法,根据少数几口井和几个露头剖面的资料,就可以重建一个比较合适的环境图,就能够指导勘探工作。当更多的控制因素可以利用时,这一图件就可以制成了。

总之,对于碳酸盐岩的早期勘探工作,环境模式可能是一个很有用的向导。环境模式可以指出一些可能的趋势,然后再用常规的方法对这些趋势进行综合分析。古环境图的精度决定于:1) 选择一个合适的环境模式;2) 构造模式的有效性。利用大陆漂移的概念,复原古地理,对于预测主要的风向是一个很大的帮助。这种复原是以地质时期中的贸易风与相应的赤道也有类似的位置关系的假定而预测的。

参 考 文 献

- Bishop, W. F., 1968, petrology of Upper Smackover limestone in North Haynesville Field, Claiborne Parish, Louisiana: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 52, no. 1, p. 92-128.
Colud, P. E., 1962, Environment of calcium carbonate deposition west of Andros Island, Bahama: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 350, 138 p.
Davies, G. R., 1970, Carbonate bank sedimentation, eastern Shark Bay, Western Australia: Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem. 13, p. 85-168.
Emery, K. O., 1956, Sediments and water of the Persian Gulf: Am. Assoc. Petroleum Geologists

- Bull., v. 44, p. 2354—2383.
- Ginsburg, R. N., 1971, Landward movement of carbonate mud: new model for regressive cycles in carbonates: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 55, p. 340.
- Ginsburg, R. N., 1972, South Florida carbonate sediments: Sedimenta II, The University of Miami, Miami, Florida, p. 1—72.
- Kendall, C. G. St. C., and Skipwith, P. A. D' E., 1960, Geomorphology of a recent shallow-water carbonate province: Khor Al Bazam, Trucial Coast, southwest Persian Gulf: Geol. Soc. America Bull., v. 80, p. 865—872.
- Kinsman, D. J. J., et al, 1969/70, Early diagenesis of carbonate sediments in a supratidal evaporitic setting: Unpubl. A. P. I. report.
- Krumbein, W. C., and Sloss, L. L., 1963, Stratigraphy and sedimentation Second Edition, San Francisco, W. H. Freeman and Co., 660 p.
- LeBlanc, R. J., and Breeding, J. G., 1957, Regional aspects of carbonate deposition, A Symposium. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Pub. 5, 178 p.
- Logan, B. W., and Cebulski, D. E., 1970, Sedimentary environments of Shark Bay, Australia, in Carbonate sedimentation and environments, Shark Bay, Western Australia: Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. 13, p. 1—37.
- Logan, B. W., Read, J. F., and Davies, G. R., 1970, History of carbonate sedimentation Quaternary Epoch, Shark Bay, Western Australia: Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. 13, p. 38—84.
- Multer, H. G., 1971, Field guide to some carbonate rock environments: Fairleigh Dickenson University, Madison, New Jersey.
- Wilson, J. L., 1970, Depositional facies across carbonate shelf margins: Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans., v. 20, p. 229—233.

[李祐佑译自 «Transactions-Gulf Coast Association of Geological Societies (23rd Annual Convention)» v. 23, 1973, pp. 239—244. 冯增昭校]

陆表海清水沉积作用的一般原理*

M. L. 欧文

一、绪言

在本文中,所谓的“清水沉积作用”,是指在没有陆源碎屑流入的陆表海水中产生沉积物的一些作用;这是一种理想的沉积作用。

从沉积岩石学工作者的观点来看,确实很遗憾,即我们现在所生活的时代是地质历史上陆块面积从来没有这么大的时代。因此,我们要研究近代海洋沉积作用,就必须到海洋、海岸,或者像巴哈马滩那样的地方去;其实,巴哈马滩并不是陆表海,它可能是出露在深海中的并为深海所包围的地垒构造。

“现代是了解古代的钥匙”,这是一个大家熟悉的谚语;但是,当你考虑陆表海沉积作用时,这一谚语可能使你误入歧途。我们还没有一个现成的陆表海模式以指导我们的调查研究工作;过去与现在诚然有许多相似之处,但是也同样存在着许多差别。地质历史中的“变动”和“时间”这两个重要的因素,在现代的环境中都不会重复出现,而且也很容易被忽略。自然界从来不是静止不变的。在地质历史中,陆表海在大陆上的进退经历了许多历史阶段。这些广泛的运动是需要时间的。

古代的模式有很多是片断的,现代的条件至少部分地与古代的近似;我们现在的调查研究必须使二者结合起来。本文的目的有五:

1. 提出一个一般的原理,用以解释岩石类型、生油层和储集层在所有陆表海清水沉积中的空间关系;
2. 说明这个原理如何用作油气勘探的手段;
3. 论证其在古地理区的地质划分上的应用;
4. 阐明这个原理如何提供划分岩石时代的依据,岩石是不依赖古生物而独立存在的;
5. 讨论陆表海沉积作用与现在的大洋沿岸沉积作用之间的区别。

这个理论是有条件限制的。在这里,我们仅仅涉及浅海沉积作用。这种浅海沉积作用发生在非大洋的浅滩陆表海;在这个浅滩陆表海地区,大陆架非常宽阔,其坡度很小,一般小于每英里 1 英尺;在这个地区,水是很浅的,这种浅水足以限制或减弱它的循环作用。还有一个条件限制也很重要,即在解释这些沉积物时,还必须考虑时间的关系。

在一个特定的时间里,在一个陆表海中,由于有机质活动性、水动力能量、溶解的化学

* 原題: General Theory of Epeiric Clear Water Sedimentation. 原作者: M. L. Irwin.

陆表海,原文为 epeiric sea,它与 epicontinental sea inland sea, continental sea 是同义词,或可译作内陆海、陆内海、大陆海等,指位于大陆内部的、低坡度的、范围广阔的浅海,而与位于大陆边缘的即紧靠大洋的、坡度较大的、范围较狭窄的浅海——陆缘海(pericontinental sea)不同。

物质、水的温度、深度以及清洁度在横向上的变化,可以同时产生几种不同的沉积环境;在每个沉积环境中,都可以形成一些独立的岩石类型(岩相)。例如,在图 1 中,在同一个时间内,动物骨骼粉屑石灰岩在环境“ A ”中形成,动物骨骼砂屑石灰岩在环境“ B ”中形成,球粒在“ C ”中形成,白云岩在“ D ”中形成,蒸发岩在“ E ”中形成。每个环境都倾向于保持其已建立起来的化学的、物理的和生物学的平衡;当海进时,这些环境将向陆地方向移动,并保持其连续的沉积作用;当海退时,这些环境则向海洋方向移动。在这种情况下,相似岩石类型的连续的岩体可以沉积在相当大的范围内。但是,从它们的成因性质来说,它们是在时进*过程中形成的。

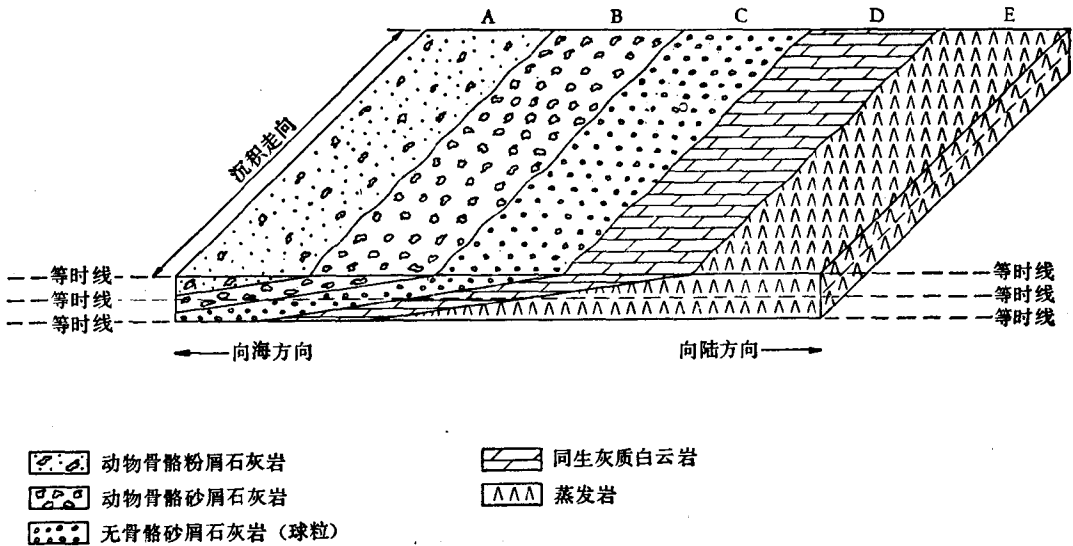


图 1 陆表海沉积物的时间关系(不按比例)

本文不打算讨论现在的巴哈马滩、墨西哥湾以及太平洋沿岸的沉积作用,它们都不合本文中的陆表海定义;在大洋沿岸的海底斜坡上,所接受的沉积物比其在地质历史中所接受的大许多倍;在地质历史上,这些大陆是接受陆表海沉积物的。

海底的坡度小于每英里 1 英尺,而且又延伸几百英里甚至几千英里,这是很难想象的;但是,必须考虑这个量级。例如,大平原泥盆系的沉积区,就曾北起北美的北极圈,跨越加拿大,向南至少到达南达科他的苏城隆起;在这么一个大的范围内,其沉积坡度可能属于每英里十分之一英尺的量级。在这个沉积区中,至少有三个主要的构造盆地形成,即麦肯齐、阿尔伯达和威利斯顿盆地。虽然每个盆地的沉积物只不过是整个模式的一部分,但是为了了解陆表海沉积作用的规模和意义,必须考虑这一个整个的复合体。

帕拉多克斯盆地是另一个沉积区的一部分;该沉积区在宾夕法尼亚纪时期位于亚利桑那、新墨西哥、犹他以及科罗拉多。图 2 中的剖面都是按真实比例绘制的。最下面的一条剖面,从昂康帕格里隆起起,经过帕拉多克斯盆地,到犹他东南部的圣胡安河礁群。假如这些礁群是在大约 50 英尺或更浅的水中沉积而成的(因为它们含有藻屑),这就使我们

* “时进”,原文为“diachronous”,它与“time-transgressive”是同义词,也可译作“时侵”或“穿时”。这就是说,在一定空间范围出现的相似岩石类型的岩体(或岩层),是在不同时间形成的,或者说是在某一时间的发展过程中形成的,例如在某一海进或海退的过程中形成的。这一观点是有道理的。切不可笼统地说,在一个相当大的地区内具有相似岩性或古生物特征的岩层是在同一个时间内形成的。——译者

得出结论，即这一地区的纯坡度为平均每英里 0.2 英尺。第二条剖面穿过得克萨斯湾的海岸，向海方向到达密西西比河三角洲正西的 100 英寻等深线处。第三条剖面从佛罗里达海岸起，经过佛罗里达海峡，经过巴哈马滩，到达洋舌的东缘。在图 2 的这三条剖面中，除了巴哈马滩剖面的海洋深度已标明以外，还没有一条剖面的坡度可以用肉眼看得出来。但是第二条剖面中的大陆架坡度却比最下一条剖面的坡度大 6—50 倍。

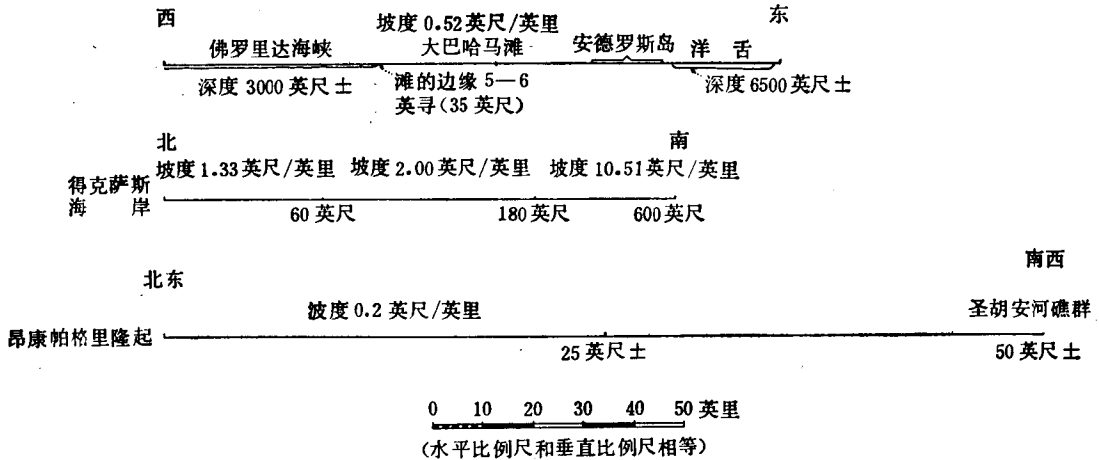


图 2 现代海底及陆表海海底的坡度

应当注意，“盆地”这个术语有好几种含义。有些人仅仅把它当作构造术语来使用，另一些人并不把构造盆地与受深度控制的沉积组合区别开，其根据是二者具有相似的大小，在同时同地形成，向它们的最深处沉积物逐渐变厚。一般说来，沉积物向盆地方向变厚的概念，只有在构造意义上或者在大陆中的地堑地区才是正确的。在陆表海中，最厚的原地沉积则趋向于在沉积大陆架上形成高地；在那里，有机的和化学的活动性最大，“快速”沉积作用以及水下的同时发生的下沉作用也可能是最明显的。从这个意义来考虑，盆地主要是独立的构造单位，而这些构造单位则又是更大的沉积格架的一部分。因此，在本文中，就用“沉积区”来代替“沉积盆地”，“盆地”这一术语只限于构造下翘。

二、清水概念

所谓“清水”，就是指没有陆源碎屑物质流入的海水；在这种海水中形成沉积物的作用，就是“清水沉积作用”。这个概念包括：

- 第一，当这些沉积物形成时，没有什么外来物质加入；
- 第二，雨水和河水对沉积作用的影响不大。

1. 碳酸盐

由于形成碳酸盐的作用主要是化学的和生物化学的，因此研究这一课题的人常常忽视海水的物理的力以及由此而产生的碳酸盐沉积物的物理特性。在研究陆源碎屑时，必须着重考虑其物理特征；对于碳酸盐沉积物的研究，当然会有所不同。但是，在研究碳酸