

碳酸盐沉积的坡地相模式及其油气勘探意义

朱 起 煌

(地矿部第三石油普查勘探大队)

引 言

目前普遍认为,不同时代地层中广为分布的碳酸盐岩基本上都是在浅海中形成的。研究浅海碳酸盐的沉积环境,无论在学术上还是在油气勘探中都具有十分重要的意义。综合近二十年的研究成果,可以认为浅海碳酸盐有三类基本沉积环境,即台地(Platform)、陆架(shelf)和坡地(ramp)^①。

据 Tucker(1985)定义,所谓碳酸盐台地,实际上是一种为浅海(陆表海)所淹没的相当平坦的克拉通区,水深在 5—10m 之间,宽度很大(10^2 — 10^4 km),其向洋侧可以有或缓或陡的斜坡。现代地球上不存在这种地区,但在地质时代中,曾多次出现陆表海淹没克拉通的事件,如北美的寒武、奥陶纪,西欧的早石炭世狄南期和侏罗纪以及中东的第三纪某些时期。我国华北的早、中奥陶世大体也属于这种情形(关士聪等,1984)。碳酸盐陆架与台地相比,除了宽度较小(10 — 10^3 km)外,最主要的区别是它在向洋一侧具有明显的陆架坡折。在陆架坡折处,平坦的陆架突然出现坡度的剧增,并很快进入相邻的海盆中。有不少陆架具有所谓的镶边现象,即在陆架坡折一线,分布着由礁体组成的障壁坝或碳酸盐沙洲,其内侧常形成陆架泻湖。地质时代中的许多碳酸盐陆架,都是镶边陆架。

在研究碳酸盐岩的沉积相时,发现许多灰岩层序不能仅用台地和陆架这两种环境模式来解释,而第三种环境——碳酸盐坡地,不但有现代的实例,而且在不同时代的地层中也占有相当重要的位置。本文将在综合分析国外最新资料的基础上,就碳酸盐坡地环境模式及其对鄂尔多斯地区下古生界碳酸盐岩可能提供的参考性思路,作一粗浅探讨。

碳酸盐坡地的概念与成因

据 Ahr(1973)和 Tucker(1985)的研究,碳酸盐坡地是一个由近滨带缓倾至海盆深度的沉积面,一般坡度不足 1° (每延伸 1km 仅下降几米),这与由陆架坡折处向下陡倾的陆坡形成了鲜明的对照。坡地与台地的区别除了缓倾的地形外,还在于规模较小,不象典型台地那样绵延数千公里。尽管有些碳酸盐陆架也有小坡度倾斜,但由于它有明显的坡折,容易与坡地区分开。

碳酸盐坡地与碳酸盐台地、陆架一样,它们的形成受着多种因素的控制,如大地构造作

① 西方地质界在碳酸盐沉积环境分类及术语使用方面认识不完全一致。如 J. J. Read(1985)主张把陆架和坡地统称为台地,即把台地(platform)作为一个总的名称来使用。他的碳酸盐台地共有四类,除陆架和坡地外,另两类是孤立台地(isolated platform)和淹没台地(drowned platform)。本文所采用的是 Tucker(1985)的分类。

用、古地形、气候、海平面变化及海洋环流等。其中最根本的控制因素是大地构造作用。此外,随着碳酸盐的不断堆积和其他因素的变化,一类环境还可以转化为另一类环境。如果不考虑海平面及环流等因素,通常有三种转化关系:(1)坡地可以发育成陆架,主要通过礁体增生实现;(2)由于同生断层的活动,台地可以演化为陆架;(3)沿构造运动的枢纽线发生差异沉降可使台地或陆架发展为坡地。

但实际情况要比这些转化关系复杂得多。通过对墨西哥湾东部西佛罗里达陆缘的一个现代碳酸盐坡地演化过程的分析,不但可以具体认识这种转化,而且在诸多因素的综合作用下,碳酸盐坡地环境是比较容易形成的。

西佛罗里达的碳酸盐坡地是一个平缓的斜坡(坡度 $1-2^\circ$),它由近岸区一直延伸到 2000m 水深,再向外,就是佛罗里达海崖。这里的海底以 $20-30^\circ$ 的陆坡迅速下落为墨西哥湾深海盆。最近 Mullins 等(1988)对这一地区作了详细的地震地层学研究,揭示了碳酸盐坡地的发育机制。图 1 所示是这一现代坡地的形成过程。

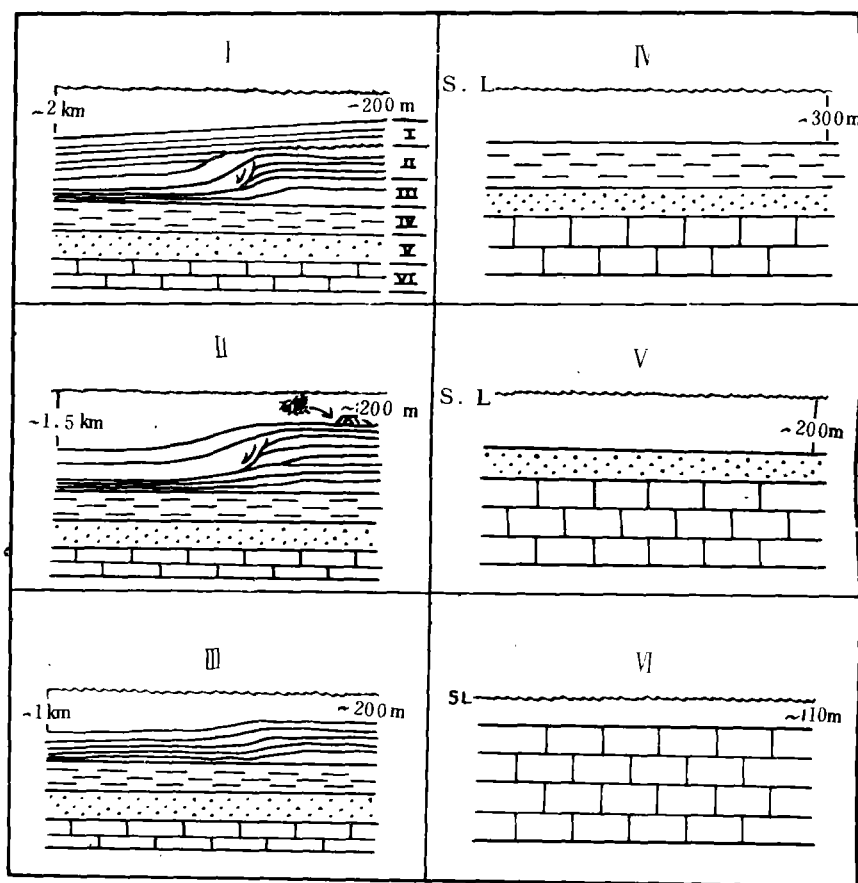


图 1 西佛罗里达碳酸盐坡地的形成过程(据 Mullins 等,1988)

I - 中新世—近代,斜坡前缘充填体系; II - 早—中新世,进积的斜坡沉积; III - 晚渐新世—早中新世,推进的坡地边缘;
IV - 晚白垩世—古新世,开阔洋海台; V - 中白垩世浅海泥灰岩—台地沉积; VI - 早白垩世,碳酸盐—蒸发盐台地
注:水深是估算数字

碳酸盐坡地的不同类型及相关的沉积相

根据沉积面形态的差别,碳酸盐坡地有单斜坡地和远源变陡坡地之分,后者又有高能和低能两种。但是不论是哪一种坡地,基本的沉积作用却都是潮坪进积、潮下碳酸盐的垂向增生、碳酸盐砂体(沙洲和浅滩)的海、陆向迁移以及滨面碳酸盐的离岸风暴搬运与再沉积这四种。碳酸盐坡地的沉积相由浅到深可以分为以下四个带,即近滨的潮坪与泻湖带、浅水复合体带、深坡地带以及斜坡与盆地带。它们的沉积特征如表 1 所列。

表 1、碳酸盐坡地各相带的沉积特征

相 带	沉 积 特 征
潮坪相	一般成向上变浅旋回,厚度 1—10m。在湿润气候区,主要是潮下一潮间的生物钻孔灰岩,含有潮上隐藻纹层岩,还可能含有内陆藻沼沉积、煤或硅屑成分。在干燥气候区,下部为有生物钻孔或无生物钻孔的泻湖灰岩及隐藻残积物,上覆有大量的席状潮间纹层岩、潮上蒸发岩或风成—河成碎屑岩。
泻湖相	主要是层状球粒灰岩或灰质泥岩,或燧石质生物钻孔骨骼泥粒灰岩—泥岩,局部有生物层,含有少量窗格状或隐藻碳酸盐薄层(反映泻湖变浅到潮位的阶段)。
浅水复合体相	常为骨骼沙洲或鲕粒—球粒浅滩。在坡地上它们既可以呈环边状分布,也可以成为障壁坝。也可以有斑礁或塔礁发育。高能远源变陡坡地上可以有宽阔的海滩—沙丘复合体以及广布的毯状砂层。
深坡地带	单斜坡地:为泥灰质粒泥灰岩—泥岩,含有丰富的开阔海生物群化石,化石较完整。具结核状层理,向上变细的风暴层序及生物钻孔。可以有礁或岩隆分布。 远源变陡坡地:为骨骼粒状灰岩—泥岩,含有泥质,呈结核状,有生物钻孔和开阔海生物群化石,邻近盆地的外侧还可以有滑塌物、角砾和浊积物。
斜坡与盆地相	即坡地向盆地的过渡相。 单斜坡地:灰泥及互层页岩,角砾与浊积物少见。 远源变陡坡地:平整层状的灰—黑色灰质泥岩,少量粒泥灰岩。有纹层,无生物钻孔,层内截切面丰富。滑塌物和角砾中含有斜坡相碎屑,单层厚度可达 10m。浅水相碎屑很少。角砾常呈水道形态或席状。还有一些互层状的外来灰—砂层(浊积岩或等深积岩)。

由于环境条件的差别,碳酸盐坡地的这四个基本相带并不是一成不变的。在不同的坡地上,常常具有不同的变化多端的相组合。根据 Read(1985)的研究,以下六类碳酸盐坡地及其相关的沉积相分布比较有代表性。

1. 具有环边沙洲的坡地(图 2)

典型的环边沙洲是骨骼沙洲,向陆地方向过渡为潮汐—潮上复合体,中间没有泻湖相。这类坡地的相带为:

(1)潮汐—潮上复合体。

(2)潮下砂席:由石英质砂或骨骼—球粒砂组成,含有丰富的微晶化颗粒。骨骼颗粒来自砂坪生物群和受侵蚀的沙洲沉积物。

(3)骨骼碳酸盐环边沙洲:为平行滨线的环带状堆积,横剖面呈楔形,向海加厚。沙洲的向海一侧有几米到几十米的地形起伏。沙洲顶部的坡度极缓,向海边缘的坡度由几度到二、三十度不等。坡度的稳定性是由生物障积或海水胶结等作用提供的。环边沙洲的岩石成分

主要有两种情形:①骨骼泥粒灰岩—粒状灰岩,局部有粒泥灰岩—泥岩生物丘;②粒泥灰岩—泥岩,向上递变为骨骼粒状灰岩盖层。环边沙洲可以受到水道切割,深度可达10m。也有一些环边沙洲可能没有水道,特别是潮差很小的地区更是如此。水道中可以有具交错层理的灰—砂充填物,含有沙洲沉积物的撕裂构造和不同数量的石英砂(来自潮间—潮下砂席、进积的陆源砂席或河流体系)。

(4)深坡地—斜坡相。

澳大利亚西缘沙克湾由海草组成的环边沙洲就是这类坡地的全新世实例。

2. 具有障壁沙洲复合体的坡地(图3)

障壁沙洲主要由骨骼碳酸盐组成,它与潮坪及三角洲相之间隔有泻湖碳酸盐或前三角洲页岩。这类坡地的相带可分为:

(1)潮汐—潮上复合体。

(2)泻湖碳酸盐。

(3)障壁沙洲复合体。一般是宽2—20km、水深不足2m的平顶沙洲,由加厚的生物层组成。生物层与沙洲走向平行,并向下倾部位延伸。沙洲之间可以有很宽(100m—几公里,深度超过10m)的潮道,终端有扇发育。沙洲边缘的坡度可达1—15°或更大,但所造成的地形起伏可能不大(10m左右)。沙洲的岩石成分是骨骼泥粒灰岩或粒泥灰岩,顶部有骨骼粒状灰岩薄层。这些岩石可以有生物钻孔而无构造的水平层,也可具有大型的缓倾加积层理。潮道充填物为具交错层理的骨骼砂(含沙洲相的再沉积碎屑)以及呈楔状—透镜状加积层和交错层的灰质砂单元,向两端分别递变为泻湖泥和深坡地泥。沙洲分布的部位很可能是局部的或区域性的高地。

(4)深坡地—斜坡碳酸盐。

这类坡地在古老地层中保留得比较多,如美国弗吉尼亚州中奥陶统沃德尔—瓦瑟姆层、纽约州泥盆系海尔达伯格群以及堪萨斯州宾夕法尼亚系的片状藻藻丘(潮道很多,充填着砂屑灰岩和砂岩)。

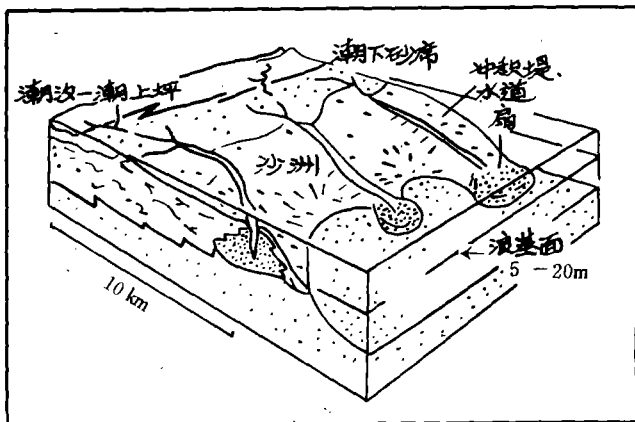


图2 具有环边沙洲的碳酸盐坡地(据 Read 1985)

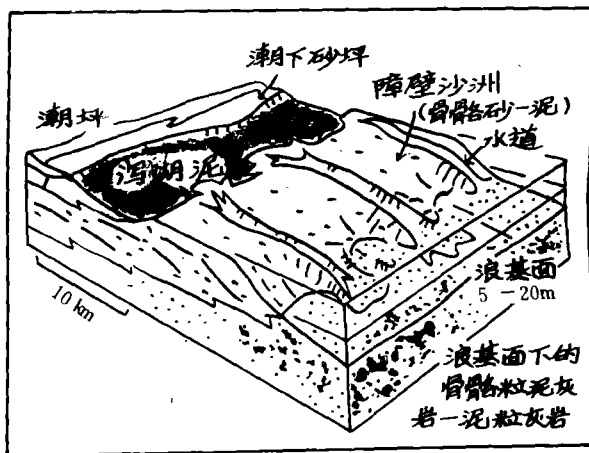


图3 具有障壁沙洲复合体的碳酸盐坡地(据 Read 1985)

3. 上、下坡地均有分散岩隆发育的坡地(图4)

这类坡地的特点是:礁或岩隆不但在较浅的上坡地有发育,在较深的下坡地同样可以出现。这里的礁体一般为斑礁或塔礁,呈零星分布,很少能连结成链状障壁坝。这类坡地的相带为:

(1)潮汐—潮上复合体。

(2)泻湖相。

(3)浅水上坡地沙洲和局部的斑礁:平行坡地走向分布,横向上为沙洲间或礁间的细粒碳酸盐所分隔。生物层宽1km至数十公里,但所形成的地形起伏不大(10m左右)。沙洲主要由骨骼成分组成,由灰质粒泥灰岩—泥岩构成块状核部或小透镜体,由骨骼砂组成底部、侧翼和盖层相。由于气候的变化,沙洲在迎风一侧可以出现礁环边。如能继续发展下去,浅坡地沙洲有可能发生横向联合而变为障壁沙洲复合体。

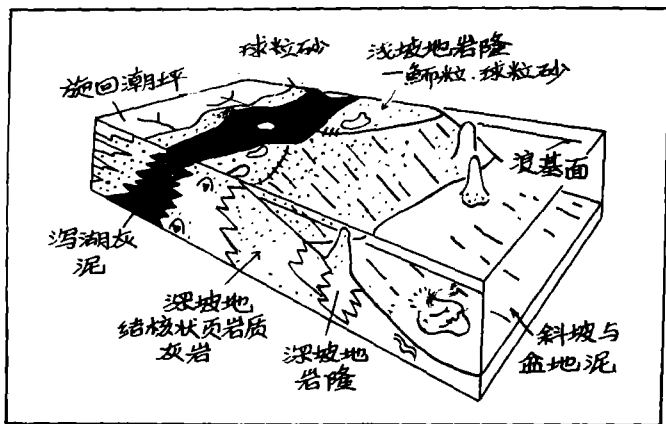


图4 上、下坡地均有分散岩隆发育的坡地(据 Read 1985)

(4)具有分散礁丘的下坡地与盆地斜坡:礁丘大小不等(1km以下—10km以上),多呈圆形,风浪作用无方向性,所造成的地形起伏很大(50m以上),边坡可缓可陡(可达数十度)。礁丘可以是粒泥灰岩—泥岩的生物丘,有些在边缘有骨骼砂分布。另有一些礁丘是骨骼砂岩隆,在脊部有礁,也可以有分散的粒泥灰岩—泥岩透镜体。较深一侧常常是页岩质的泥粒灰岩—粒泥灰岩,与盆地相发生舌状交错。盆地相含有由礁丘倾泻下去的碎屑碳酸盐。下坡地礁丘通常含有丰富的胶结物,充填着层状晶洞与粒间孔隙,这使岩隆侧翼的高沉积坡度稳定化。

这类坡地的实例很多,如全新世的波斯湾、美国伊利诺斯盆地的志留系以及弗吉尼亚州中奥陶统的罗克德尔灰岩与埃光纳灰岩。

4. 具有环边鲕粒滩复合体的坡地(图5)

其特点是沿着坡地的某些海岸线分布着鲕粒—球粒滩,沉积相带有:

(1)潮汐—潮上复合体。

(2)环边的浅潮下砂坪(水深2—3m,宽0.5—5km以上):具有波浪的大波痕的鲕粒砂可以完全覆盖浅滩,也可以局限在浅滩的陆侧或海侧。在稍深的浅滩上,骨骼、鲕粒或石英沙之上还可以有来自基底的再沉积内碎屑砂。在浅滩的向海边缘,可以出现生物群比较局限的礁。在内碎屑砂和鲕粒砂的向陆及背风一面,可以出现石英沙及种类有限的砂坪生物群的骨骼砂。浅滩的向海边缘很陡,砂子一般无法停留。

(3)骨骼泥粒灰岩和粒泥灰岩,形成于水深数米到十米左右低能浅坡地,在邻近(2)带鲕粒滩的位置,局部有核形石(藻灰结核)。

在澳大利亚沙克湾的哈梅林浦以及波斯湾,均有这类坡地的全新世实例。

5. 具有鲕粒—球粒障壁滩复合体的坡地(图 6)

这类坡地的相带有:

(1)潮汐—潮上复合体。

(2)泻湖相碳酸盐。

(3)鲕粒—球粒障壁滩复合体,是由海滩脊—沙丘障壁坝以及潮下浅滩构成的复合体。浅滩中有宽阔的潮道(宽 1km 或更大,深约 10m)切割,前端有鲕粒潮汐三角洲发育。浅滩由具大波痕和波痕的交错层鲕粒—球粒砂组成,可以有大型的前积层理。这类复合体可能出现于古地形高区。在潮道中以及浅滩前缘的潮道三角洲之间,可能有小型斑礁发育。在浅滩外侧的盐丘、古地形或构造高上,可能发育较大的礁。

(4)深坡地相。由骨骼泥粒灰岩—粒泥灰岩组成,邻近浅滩局部有核形石分布。

6. 沿岸有海滩—沙丘复合体的高能坡地(图 7)

发育于无礁缘的成熟大陆架上的碳酸盐坡地,由于受大洋涌浪和飓风的影响,可能具有高能条件。这类坡地一般都是大陆架沉没后发育起来的,多为远源变陡坡地。

其沉积相有:

(1)沙丘、海滩脊及海滩沉积构成的沿岸复合体(厚几米—250m),沉积物是灰质砂和成熟的石英砂。沙丘中有大型风成交错层理。海滩沉积中有冲洗纹层砂,向海递变为花彩弧状交错层理(槽形交错层理的一种)的贝壳砂、骨骼砾及小型生物丘。层序具旋回性,顶部为不整合及钙结层。

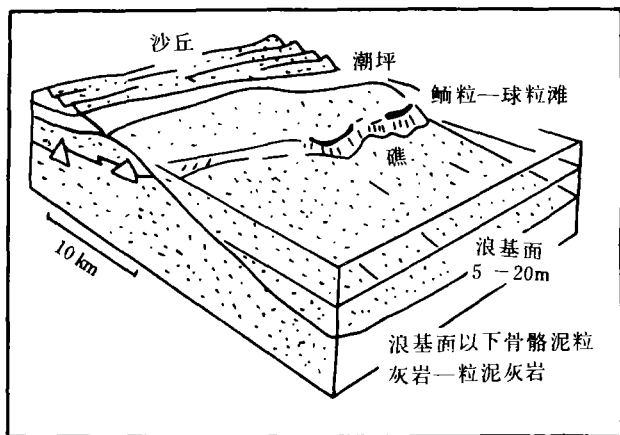


图 5 具有环边鲕粒滩复合体的碳酸盐坡地(据 Read 1985)

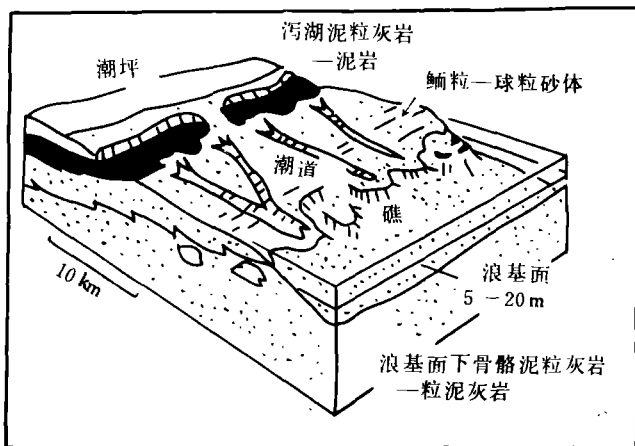


图 6 具有鲕粒—球粒障壁滩复合体的碳酸盐坡地(据 Read 1985)

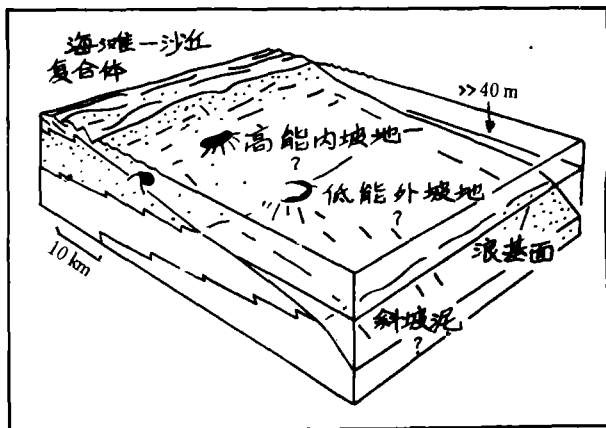


图 7 沿岸有海滩—沙丘复合体的高能碳酸盐坡地
(据 Read 1985)

在海平面(还有水位)起伏很大的地区,钙结层可以分布很广。

(2)内坡地的毯状骨骼砂或岩屑砂(粒状灰岩),这些砂子很纯,可以展布几十公里,含有浅水生物群的磨蚀碎片,在邻近大河入海口位置,可以是石英砂。常具有交错层理、平面纹层、向上变细的风暴沉积及波痕,局部礁发育。向海过渡为细粒泥粒灰岩。

(3)外坡地的泥质灰质砂(骨骼泥粒灰岩),含有完整的或破碎的棱角状骨骼砾、骨骼砂以及骨骼粉砂,可以有风暴成因层序。

(4)生物扰动强烈的斜坡相,由细粒骨骼粒泥灰岩构成。

这类坡地的实例有:全新世的澳大利亚西南部陆架和尤卡坦海峡东北部,沙克湾的更新世塔姆拉风成岩以及澳大利亚纳拉伯平原的第三系。

坡地相模式的油气勘探意义 ——美国伊利诺斯盆地志留系的实例

碳酸盐岩的坡地相模式对油气勘探具有重要的指导意义,伊利诺斯盆地志留系塔礁的勘探史就是一个富有说服力的例子。图 8 是该盆地地下古生界的区域地层表。

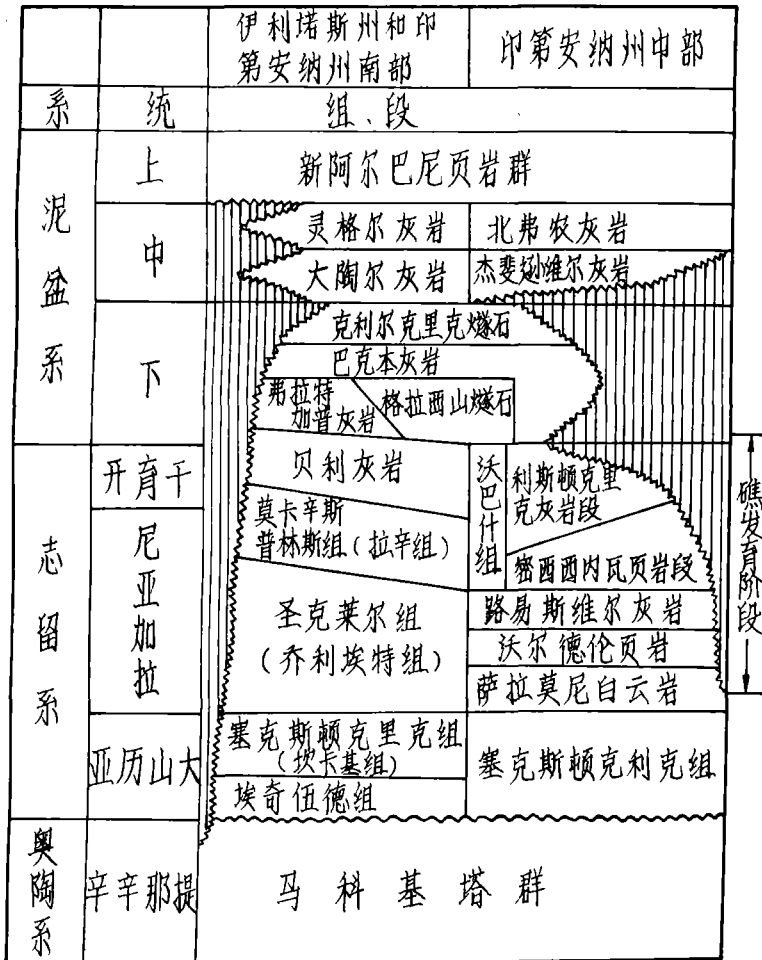


图 8 伊利诺斯盆地地下古生界区域地层表

伊利诺斯盆地志留系礁体的第一口产油井钻于 1939 年,但直到 1949 年,由于 Lowenstam(1946)对马迪森县马里恩油田的研究,才认识到志留系礁油气藏的存在。此后,在伊州(即伊利诺斯州,下同)南部,相继找到了三十一个志留纪礁或与礁有关的披盖构造油田,累计产油已达 1 亿桶,其中 4500 万桶产自礁体本身。但由于对沉积环境的认识存在偏差,影响到勘探选区和勘探方法的改进,故而很长时间以来并未取得更大的突破。

对于伊利诺斯盆地志留系塔礁的分布,曾出现过两种可能有误的模式,长期以来影响着勘探部门的决策。

第一种模式是 Lowenstam(1946, 1948, 1949)在四十年代后期提出来的。他认为伊利诺斯盆地的志留纪沉积可以分为三个带,即有礁无碎屑带(位于伊州西北部)、有礁低碎屑带(位于伊州中部)以及无礁高碎屑带(伊州南部)。这反映了当时流行的礁发育受控于碎屑沉积作用的观点。七十年代后期以来的研究否定了这种观点。

第二种模式与原始伊利诺斯盆地的演化理论有关。这一理论认为利伊诺斯盆地南端(伊州南部——田纳西州)在志留纪是一个中等水深的海盆,由此向东是广阔的大陆架(伊州中、南部——印第安纳州)。海盆的下拗产生了一条围绕沉积中心的弧形陆架坡折,礁体可能沿此坡折带呈链状分布。随着勘探和研究的深入,此模式暴露出好些问题:首先,始终没有发现明确的陆架坡折,礁体的分布也不成链状;第二,在此模式所预测的尼亚加拉世为深水海盆的盆地南端,调查表明当时的水深不超过 125m;第三,那些分布在此模式陆坡位置的最大礁体,并不是通常所预期的塔礁,而是“草堆状”的礁(Whitaker, 1988)。

这些情况充分说明,陆架模式可能不符合这套碳酸盐地层的实际。近年来通过对现有资料的重新分析与研究,有人提出伊利诺斯盆地的志留系是一个碳酸盐坡地(Coburn, 1986; Whitaker, 1988),其理由是:

(1)从志留系基底马

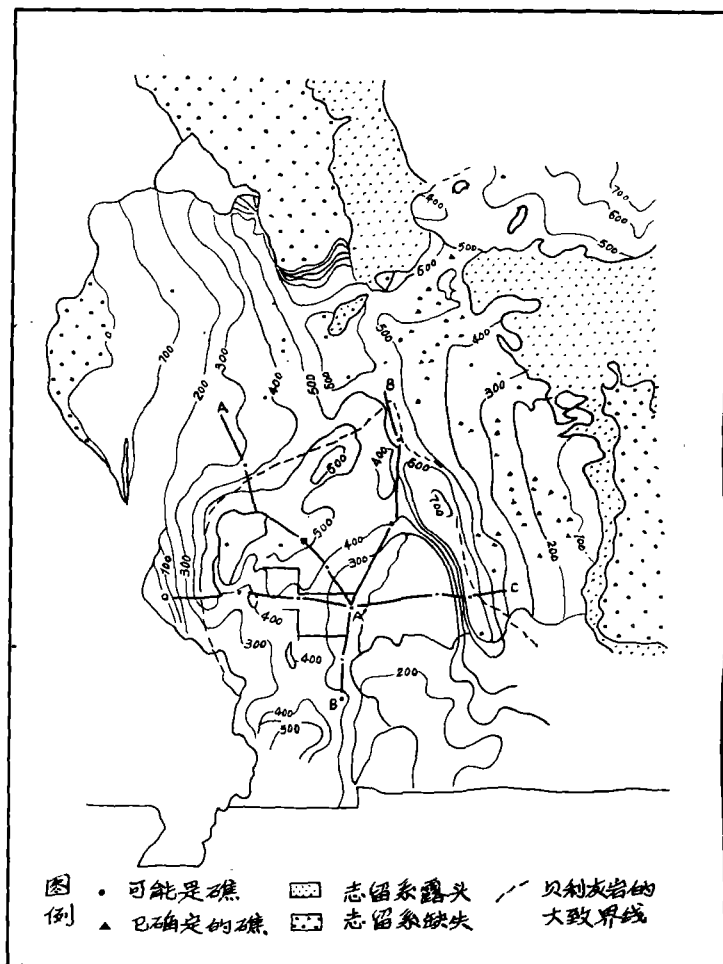


图 9 伊利诺斯盆地志留系等厚图(据 Whitaker, 1988)

科基塔群页岩(上奥陶统)等厚图反映出,在伊州大部分地区的厚度比较均匀,带有平稳地向东加厚的趋势,这说明在晚奥陶世,伊州范围不存在局部的沉降,可能是一个位于大型洋盆西缘并向东缓倾的斜坡,到奥陶纪末还可能带有一些南倾的成分。

(2)从志留系(亚历山大统十尼亚加拉统)等厚图(图 9)可以看到,在以前解释为构造高部的伊州西南部与构造低部的伊州东南部,志留系均变薄,这符合由马科基塔群等厚图所推断的古水深分布。如果与侵蚀范围加以对比,就可以发现礁的分布及厚层志留系的走向都显示伊州当时可能是坡地环境。

(3)从图 9 上可以看到,志留系在伊州中部偏南位置出现一个北东—南西走向的大厚度分布带,以往认为这是“陆架坡折”的证据,塔礁应集中发育于此带。这种认识显然是错误的,这主要是由于没有考虑侵蚀作用的影响。由图 10a 的剖面所示,在贝利灰岩(开育干统)分布界线以北及西北,志留系受到了广泛侵蚀。如果消除侵蚀的影响,志留系的等厚图应该显示

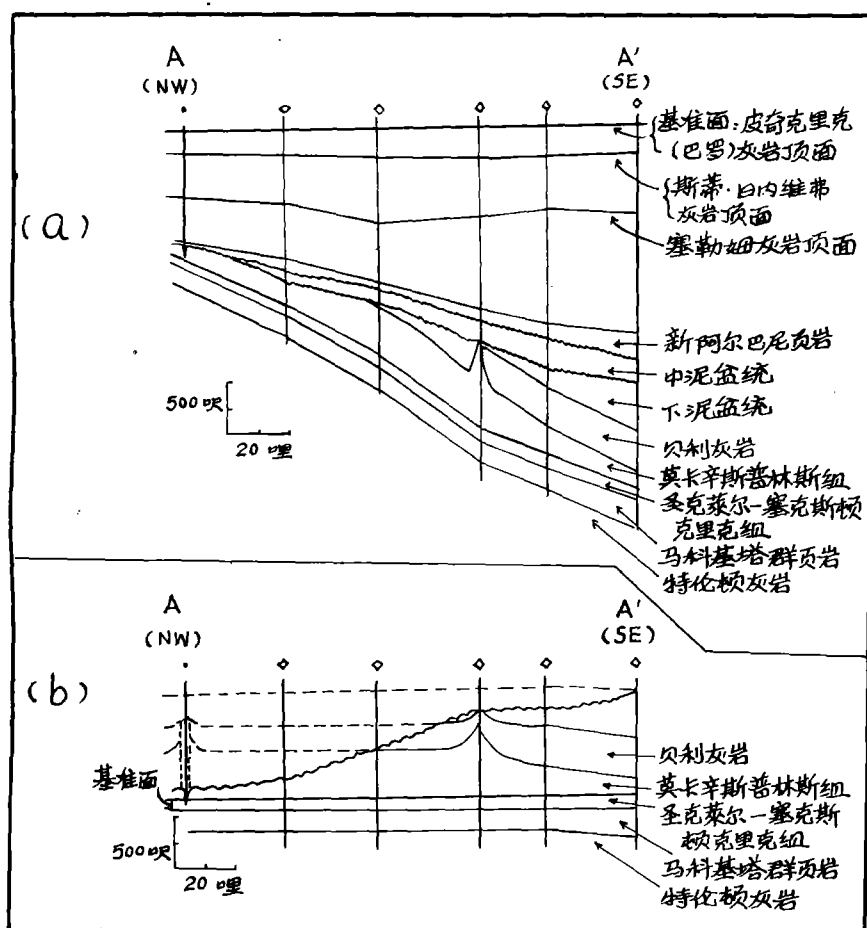


图 10 A—A 剖面复原图(剖面位置见图 9)(据 Whitaker, 1988)

(a)以皮奇克里克灰岩顶面为基准面的复原剖面,显示了中泥盆世以前侵蚀作用对志留系地层的影响。

(b)以马科基塔群顶面为基准面的复原剖面,它显示马科基塔群在整个伊利诺斯州都比较平坦,表明晚奥陶世和早泥盆世不存在沉降的海盆。

出厚层碳酸盐沙洲有更大的分布范围,其间还散布着礁(图 10b)。实际上已在此“坡折带”以北发现了不少受到侵蚀的礁体(图 10 剖面左端第一口井就是一例),其中有三个产油。因此图 9 的大厚度分布带可能是开育干统侵蚀界线下倾一侧的残留地层。

总之,地层等厚图、礁的分布以及岩性研究均表明志留纪的伊州南部不存在海底的下拗,因此所谓的“坡折”带纯属于虚乌有。志留纪的礁是在一个稳定的坡地上分散发育的,发育的时间从圣克莱尔期到贝利期。此坡地大体可以归类于“上、下坡地均有分散岩隆的坡地”(图 4),在上坡地位置一般发育低矮的塔礁和宽阔的复合礁,在下坡地位置,多形成高大塔礁。

综合上述的坡地—台坪模式以及早—中泥盆世的侵蚀特点,可以得出图 11 所示的志留纪礁分布范围图。此图根据志留纪礁的发育与保存条件,划分了几个带。其中最具有礁油气藏远景的要算伊州中南部志留系未受侵蚀的广大地区(图 11 中的最有利带)。这里不但有完整的礁构造,还可以有因礁上层位差异压实而形成的披盖构造。而在伊州中部(图 11 中的有利带),可在侵蚀后残留的礁及沙洲中找到一些油气。

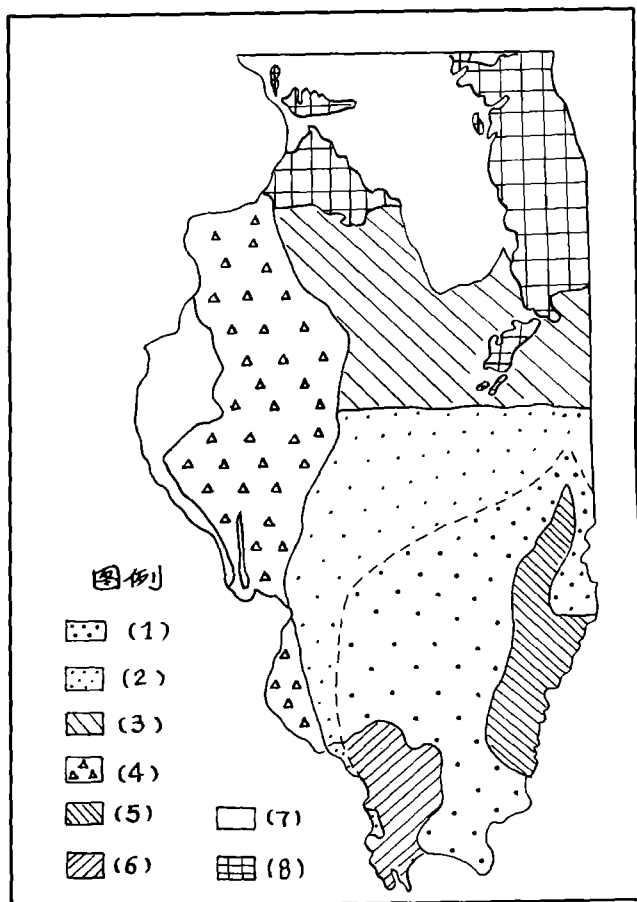


图 11 伊利诺斯盆地志留纪礁分布图

(据 Whitaker, 1988)

1-最有利带——开育干统贝利组以下层位均未受中泥盆世侵蚀,礁保存完好。孔隙性礁岩及塔礁的披盖构造中均可能圈集油气;2-有利带——上尼亚加拉统受到侵蚀,并发生白云石化。礁构造已不明显。油气仅在残留的孔隙性礁岩中圈集;3-不利带——相对较浅的礁和碳酸盐沙洲因侵蚀和广泛的白云石化而成为连片的蓝灰色多孔白云岩,但由于缺乏横向的封闭层而没有圈集油气;4-不利带——志留系受到广泛侵蚀,塔礁相已不存在;5-不利带——水体过浅,无礁发育;6-不利带——水体过深,无礁发育;7-志留系缺失;8-志留系露头

通过以上实例分析,不难看出不同的碳酸盐沉积模式,不但关系到有关沉积体的发育特征,而且也直接影响它们的保存规律。因此,在碳酸盐地层中进行油气勘探,沉积环境与沉积相模式的研究是不容忽视的。

结语——鄂尔多斯地区在早、中奥陶世具有发育碳酸盐坡地的条件

华北地台在早、中奥陶世时为一典型的碳酸盐台地,它在不同地区、不同时期发育了不同的沉积相(叶连俊等,1983)。鄂尔多斯地区位于此台地的西部,西临西缘海槽,西南缘为秦祁海盆,区内存在平缓的拗隆构造地形(图12),具有发育碳酸盐坡地的构造条件。

从图12可以看出,本区北端是乌兰格尔古陆,南部有富县—吴旗—庆阳隆起,中间隔着

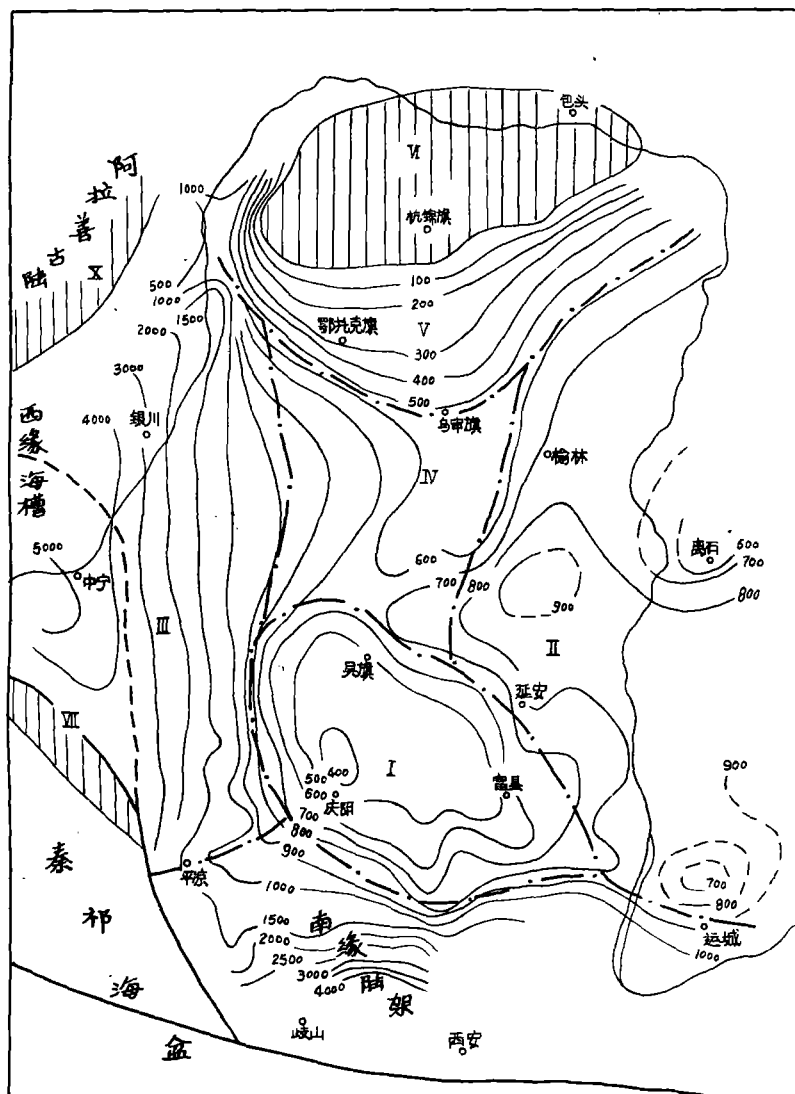


图12 鄂尔多斯地区早古生代构造地理分区图

(据陈家弦,1985)

- I 富县—吴旗—庆阳隆起; II 东部浅陷台坪; III 西部拗陷; IV 乌审旗鞍状台坪;
V 鄂托克旗斜坡; VI 乌兰格尔古隆起; VII 西华山—香山岛状隆起

宽阔的乌审旗鞍状台坪,西缘和南缘均为较深的拗陷。这一构造格局决定了本区的碳酸盐沉积存在多种多样的环境和复杂的相模式。目前限于资料和认识程度,还不能对此加以全面细致的分析。但就碳酸盐坡地而言,富—吴—庆隆起的西南侧、乌审旗鞍状台坪的西缘以及鄂托克旗斜坡的西部都是比较有利的发育位置。在这里有可能找到坡地相的碳酸盐沙洲、浅滩以及各种岩隆。

近年来,随着本区下古生界油气勘探的加强,发现了一些与碳酸盐岩层位有关的异常地震反射。如在乌兰格尔隆起以南的本区北部,发现了碳酸盐岩隆的线索(内部资料)。在天环向斜北段及其他地区,出现了一些丘状反射带。^①同时,桌子山和渭北地区的野外观察也陆续发现了藻礁、岩隆及碳酸盐浅滩等方面的线索。^②但从世界范围看,中奥陶世以前的碳酸盐岩隆主要由钙藻或叠层石纹层构成(Wilson, 1975),常以泥丘(mud mound)形式出现,岩石成分主要是微晶灰岩,一般呈凝块状和球粒状。早古生代的泥丘尤为多见,多数分布在离岸较远的深坡地上或陆架坡折部位。鄂尔多斯地区奥陶纪的碳酸盐岩隆,是否与这种泥丘有关,值得进一步探讨。

目前对本区早、中奥陶世碳酸盐层位的探索,仍处于起步阶段,资料不足,认识比较笼统,因此有必要全面、深入地了解国外有关碳酸盐沉积环境和沉积相研究的新观点、新认识。国外这个领域的报导,逐年都在更新,内容十分丰富。碳酸盐沉积的坡地相模式就是其中的一种。本文如能在这方面起到一些抛砖引玉的作用,也就基本达到调研的目的了。

主要参考文献

- Tucker, M. E., 1985, Shallow-marine Carbonate facies and facies models. In: Brenchlev, P. J. and Williams, B. P. J (eds.) *Sedimentology, Recent developments and applied aspects*, 147—171, Blackwell scientific Publications, Oxford.
- Read, J. F., 1985, Carbonate platform facies models, *A. A. P. G. Bulletin*, V. 69, No. 1, 1—21
- Mullins, H. T. et al, 1988, Three—dimensional sedimentary framework of the carbonate ramp slope of central west Florida, A sequential seismic stratigraphic perspective, *Geological society of America Bulletin*, V. 100, No. 4, 514—533.
- Coburn, G. w., 1986, Silurian of the Illinois basin, a carbonate ramp, *Oil and Gas Journal*, V. 84, No. 40, 96—100
- Whitaker, S. T., 1988, Ramp—platform model for Silurian pinnacle reef distribution in the Illinois basin, *Oil and Gas Journal*, V. 86, No. 18, 103—108
- 叶连俊等, 1983, 华北地台沉积建造, 科学出版社。
- 关士聪等, 1984, 中国海陆变迁、海域沉积相与油气, 科学出版社。
- 陈家弦, 1985, 鄂尔多斯地区中元古代—早古生代地质构造特征, 内蒙古石油地质论文集, 内蒙古石油学会编, 陕西科技出版社。

① 关德师等, 1988, 鄂尔多斯盆地下古生界气源对比、成气地质条件新认识及有利勘探方向, 国家科技攻关项目, 天然气课题研究成果交流会论文摘要。

② 据内部资料及叶俊等, 1988, 渭北奥陶纪生物礁简介, 生物礁及礁型油气藏学术讨论会材料, 广东石油学会。