

文章编号: 0253-9985(2011)01-0029-09

海退型陆棚相: 烃源岩形成的重要部位 ——以中、上扬子地区北缘上二叠统大隆组为例

蔡雄飞^{1,2}, 冯庆来^{1,2}, 顾松竹^{1,2}, 罗中杰³(1. 中国地质大学 生物地质与环境地质教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074 2. 中国地质大学
地球科学学院, 湖北 武汉 430074 3. 中国地质大学 数学与物理学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 通过对中、上扬子地区北缘上二叠统大隆组沉积特征、生物群面貌组合、有机碳特征的深入研究, 探讨了海退型序列与优质烃源岩的关系。中、上扬子地区北缘晚二叠世大隆组沉积环境具有从早期外陆棚到中、晚期内陆棚变化的特征, 属于海退型陆棚相。沉积相带的转变为该区带来了较浅水的生物, 尤其是大量菌藻类出现, 为中、上扬子地区大隆组优质烃源岩的形成提供了源源不断的有机质生产率, 造成大隆组上部有机碳含量比下部高。此外, 该区多次上升洋流作用同时将下层营养盐类携带到表层水, 使得生物群更加繁盛, 促进了有机质生产力的激增, 有利于大隆组大范围内优质烃源岩的发育。研究表明, 海退型陆棚也是地史中烃源岩形成的重要部位。

关键词: 优质烃源岩 大隆组 上二叠统 海退型陆棚 中、上扬子地区

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

Regressive continental shelf as an important location for the development of source rocks—an example from the Upper Permian Dalong Formation in the northern margin of the Upper-Middle Yangtze region

Cai Xiongfei^{1,2}, Fen Qinglai^{1,2}, Gu Songzhu^{1,2} and Luo Zhongjie³

(1 Key Laboratory of Biology and Environmental Geology of the Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China; 2 Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China; 3 Faculty of Mathematics and Physics, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract This paper examines carefully the sedimentary features, biological associations and characteristics of organic carbon of the Upper Permian Dalong Formation in the northern margin of the Middle-Upper Yangtze region. We also discuss the relationship between regressive sequences and high-quality source rocks. According to the study, we believe that the depositional setting of the Upper Permian Dalong Formation belongs to regressive continental shelf facies which changes from the outer shelf in the early period to the inner shelf in the middle-to-late period. The change of facies belt brought about shallow-water organism, especially plenty of bacillus-alga which continuously provided organic materials for the development of high-quality source rocks in the Dalong Formation in the Middle-Upper Yangtze region. The organic carbon content in the upper part is higher than that in the lower part of the Dalong Formation. In addition, ascending current repeatedly brought nutritious salt from deep water to shallow water, which made the biological groups thrive and promoted the productivity of organic matter. Therefore, high-quality source rocks developed in large scale in the Dalong Formation. From this study, we come to the conclusion that the regressive continental shelf is also an important location for the development of source rocks.

收稿日期: 2010-12-09

第一作者简介: 蔡雄飞 (1952—), 男, 副研究员, 地层和沉积学。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40839903)。

Key words high-quality source rock, Dabng Formation, Upper Permian, regressive continental shelf, Middle-Upper Yangtze region

中、上扬子地区北缘发育上二叠统大隆组优质烃源岩(图 1)。前人对该区做了大量的研究^[1-5],尤其是上扬子地区,自 1978 年以来,由杨遵仪领导的中国工作组参加了 GCP 106 项目(二叠—三叠纪事件及其洲际对比)和 1983 年成立 GCP 203 项目(东特提斯区二叠—三叠纪事件及洲际对比),对四川广元大隆组的研究得到很好的深化。以李子舜等为代表,对生物地层和事件地层研究贡献颇多,对二叠—三叠系界限附近的地层进行了多门类精细研究。同时对稳定同位素、地球化学和古地磁进行了深入分析。可以说,这段时间把四川广元大隆组研究水平推向了国内外研究前沿^[1]。

尽管四川广元二叠—三叠系界限剖面,曾作为国际二叠—三叠系界限候选剖面之一,但长期以来对沉积学部分研究始终相对较弱,在岩性上人们一直将以硅质岩为主的地层解释为“深水环境”,对与油气的关系也未涉及。

沉积环境与油气的关系密不可分,烃源岩是特殊环境的产物,早已被越来越多的找油工作者和专家认可^[6-11]。作为高丰度烃源岩形成的重要物质来源——生物群,以前人们一直认为处于海平

面最大海泛面时期由于海侵带来生物群多样性和繁盛,导致有机质含量较高。而扬子古陆北缘晚二叠世大隆组海退期却也造成烃源岩含量高。本文以中、上扬子地区北缘大隆组为例,阐述地史时期海退型陆棚也能够带来生物群的繁盛、造成高有机质生产力源源不断供给。

1 上扬子地区北缘大隆组海退型序列和演化特征

1.1 沉积特征

上扬子地区大隆组剖面出露甚佳,内部连续,顶、底清楚,以广元上寺长江沟剖面和广元朝天明月峡剖面为代表。

广元上寺长江沟大隆组剖面岩性旋回显著,沉积构造比较单一。以往多数学者认为该剖面的沉积类型以硅质岩为主,其实不然,而是以非硅质岩为主(图 2)^[1-2]。经过大量薄片工作,研究认为该剖面沉积序列纵向上可分为 3 部分。下部为灰色薄—中层含生物碎屑微晶灰岩与黑灰色薄—中层含褐铁矿炭泥质岩互层。灰色薄—中层含生物碎

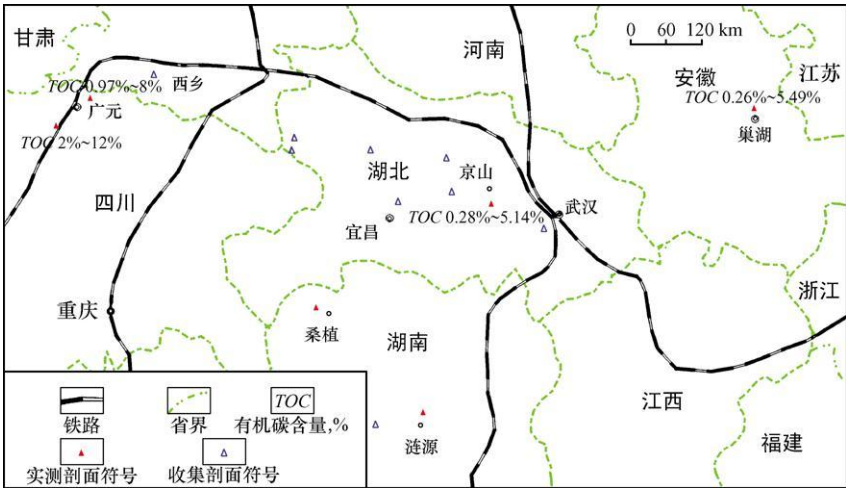


图 1 中、下扬子地台北缘大隆组剖面位置和有机碳含量分布

Fig 1 Profile location and organic carbon distribution of the Dabng Formation in the northern margin of the Middle-Upper Yangtze region

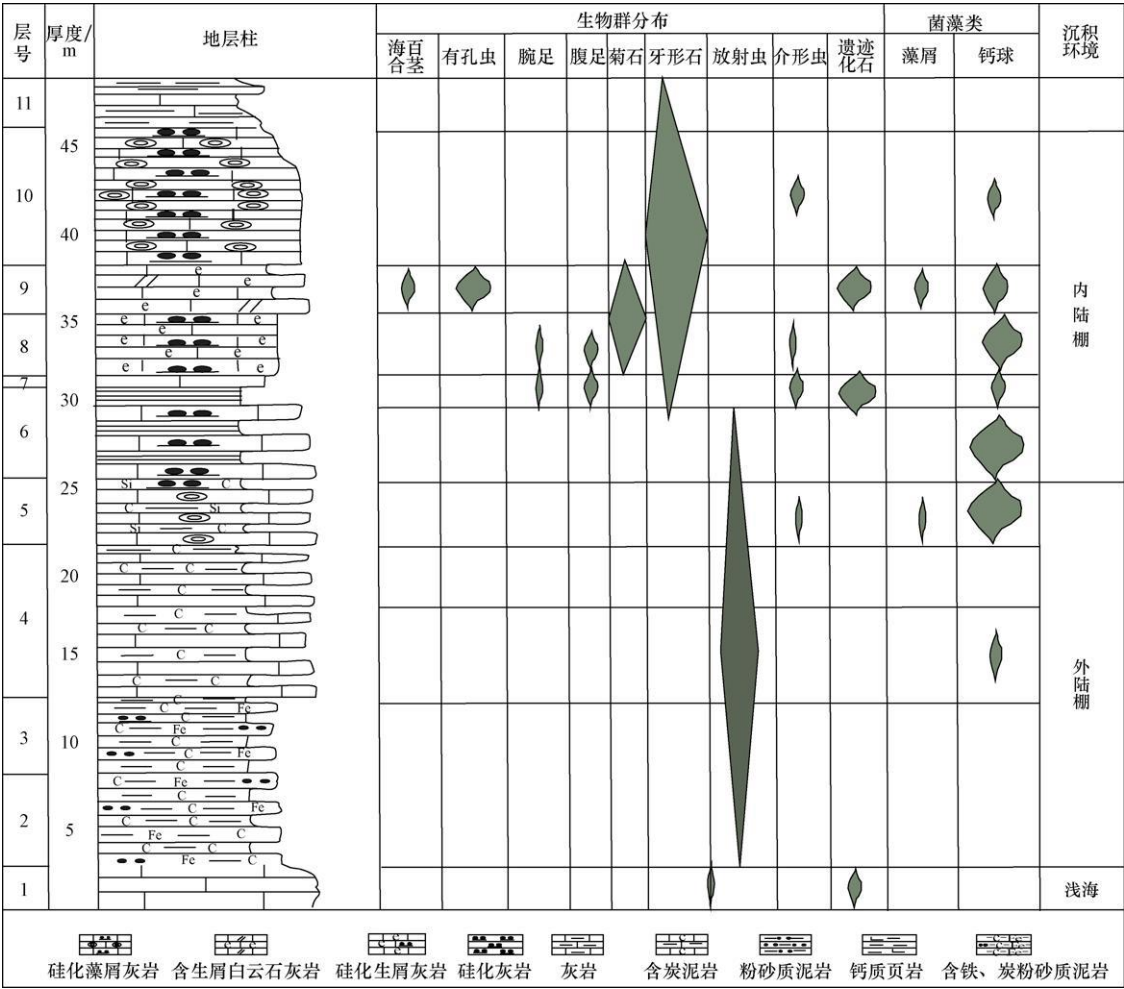


图 2 四川广元长江沟剖面大隆组生物群特征

Fig. 2 Characteristics of biological groups in the Dalong Formation on the Changjiangou profile, Guangyuan, Sichuan Province

屑微晶灰岩, 内部可见水平、断续分布的炭泥质纹层, 产有介形虫、钙球等。往上为黑灰色薄-中层含褐铁矿炭泥质岩, 内部可见不太明显的近水平纹层状构造 (图 2), 厚约 19 m。

中部以灰黑色中-薄层炭泥质钙球微、粉晶灰岩与灰色薄-中层弱硅化钙球炭泥质岩互层为主。其下部为灰黑色中-薄层炭泥质钙球微、粉晶灰岩, 内部可见水平、断续分布的炭泥质纹层, 产有大量钙球。其上为灰色薄-中层弱硅化钙球炭泥质岩, 产有大量生物化石, 主要有介形虫、钙球、海百合茎、藻屑等, 内部发育纹带状层理和微波状层理, 可见少量的黄铁矿, 厚约 9.5 m。

上部主要为中厚层微、泥晶灰岩, 但特征有些不相同。其底部为灰黑色含粒屑微-泥晶灰岩, 产有藻屑、腹足类、介形虫碎片、钙球、遗迹化石等, 富含褐铁矿泥质扁豆状内碎屑, 呈带状、水平状排

列, 粒径为 6~8 mm 排列。往上为灰色、灰白色中厚层微、泥晶灰岩, 出现菊石和遗迹化石。除底部化石门类有所减少, 层内碎屑仍然可见, 以形态不规则的团块状钙质内碎屑为主, 粒度为 0.2~0.5 mm (图 2), 厚约 17.4 m。

纵向上岩性组合和沉积环境演化特征表明, 本区大隆组存在一个明显的海退, 下部为外陆棚沉积, 以生物种类单一和炭、泥质较多为特征。中、上部为内陆棚沉积, 以碳酸盐岩沉积为主, 海退之后中、上部生物群出现了多样性 (图 2)。

1.2 生物群组合特征

广元长江沟大隆组以多门类生物群为特征。生物群具有一个鲜明的标志, 下部单一、含量少, 主要以放射虫和介形虫为主, 中、上部多, 而且具多门类特色 (图 2)。其中中、上部产有大隆组特

色的菊石和牙形石等带,并富藻类、介形虫、钙球、有孔虫、遗迹化石、腹足类、海百合、腕足、菊石、放射虫、牙形刺等。既有漂浮、浮游又有较多底栖生物群分子。

微体化石以牙形刺和放射虫为代表,二者相互消长(图 2)。牙形刺以 *Negondolella changxingensis* 为代表,集中在大隆组中、上部层位。放射虫比较破碎,难于鉴定,产在大隆组下部层位。藻类主要以藻屑和藻孢子形式产出。藻屑大小为 0.1~3 mm,呈碎屑和叶状,具有定向性,集中在剖面中、上部。

该剖面生物群中、上部远比下部生物多,且具多样性(图 2)。与下伏吴家坪组相比,有极大差异。吴家坪组生物群主要以瓣和非瓣有孔虫为主,此外还有腕足类、珊瑚和牙形刺。而大隆组除缺乏瓣类化石外,其门类更加多样化,不但出现漂浮生物,而且也出现相当多的如底栖生物群介形虫、腹足类、海百合茎、腕足类、藻屑、钙球等。这些底栖生物具有自己鲜明的浅水生活的特征。

作为底栖生物的介形虫以厚壳为主,腹足类以完整的个体螺为主,海百合茎一直在地史时期作为指相化石特征的浅水相。藻屑、钙球也一直被认为生活在浅水中。底栖生物群与漂浮、浮游生物群的菊石混生,一直是本剖面的特色,也是扬子区大隆组普遍具有的特色^[5]。因此从生物群组合面貌也可佐证,大隆组上部产有藻屑、螺、介形虫碎片、钙球、遗迹化石、菊石等,这些生物群绝大多数都不具深水陆棚的特点。藻屑通常作为浅水的标志,螺个体十分完整,介形虫碎片以厚壳为主,遗迹化石 *Palaeophycus* (古藻迹) 通常作为 *Seilacher* 的 *Cruziana* 相中的遗迹群落中重要成员。*Cruziana* 相与 *Skolithos* 相横向上经常过渡, *Skolithos* 相常为高能带的标志,而 *Cruziana* 相中的遗迹群落中 *Palaeophycus* (古藻迹) 则是潮下低能带的代表。尽管国内外对钙球研究不多,但从形态、内部亮晶颗粒,可以肯定与水深、沉积环境具有密切关系。从剖面看这些钙球具藻孢子,应该说与亚浅海关系十分密切。至于漂浮、游游生物的菊石存在,不能一概而论,有相当多的菊石既可以生活在深水也可以生活在浅水甚至海湾。本剖面的 *Pseudotiroilites* 以壳体中等至大,粗壮的横肋和瘤为特征,属于游泳能力弱者,并与较多腕足类、双壳类和腹足类等共生。这些腕足类、双壳类和

腹足类等主要是底栖的,一般生活在贫氧环境里。

大隆组下部生物单一,尤其是以放射虫为主,这是因为硅质生物由于缺少竞争对手而得以生长,尤其在粘土供应充分的水域,更有利于硅质生物的发育。上部不但出现生物多样性,而且微体化石以牙形石为主。反映了大隆组下部的微晶灰岩水深显然要比上部微晶灰岩要深。因此,从生物群的组合和演化也反映出长江沟剖面具有两种不同的沉积环境。

1.3 岩相横向变化

从广元南部的长江沟剖面到北部的明月峡剖面,无论在生物群组合面貌上、还是沉积环境上都发生了较大变化。从生物群组合面貌上看,南部丰富多样,北部生物群组合面貌远不如广元西南长江沟剖面丰富。其中以有孔虫、藻屑、钙球为特色。有孔虫比较丰富,主要产在下部,保存较好。产有晚二叠世有孔虫带化石。藻屑以藻迹、藻斑点、藻线纹 3 种形态出现。藻线纹长短不一,曲直不定,色较暗,含有机质,由泥晶碳酸盐组成。

沉积环境上,南部从外陆棚到内陆棚的环境演化,北部明月峡剖面岩性虽然变化不大,自下而上始终为中-薄层粉-细晶灰岩,沉积构造始终以水平层理为主。但生物群和岩性上、下部具有明显的差异(图 3)。

此外,二者的白云石化也出现较大不同。南部白云石化仅在顶部出现,到北部自下而上频繁出现白云石化、甚至出现白云岩。白云石化、白云岩其形成均与古气候、盐水关系紧密相关。而南部到晚期出现弱的半封闭环境,北部则一直为比较封闭、干旱的环境,表明到晚期沉积环境的水体不流畅,具有封闭环境的一些特点。这也是上扬子地区北缘优质烃源岩发育要比中、下扬子区好的重要原因之一。

2 中扬子地区北缘大隆组海退型序列和演化特征

中扬子地区北缘剖面以京山等地区为主,这些剖面出露甚佳,不但顶、底清楚,有些还是采石场,露头新鲜、连续,无疑为深入研究生烃能力提供了基础。

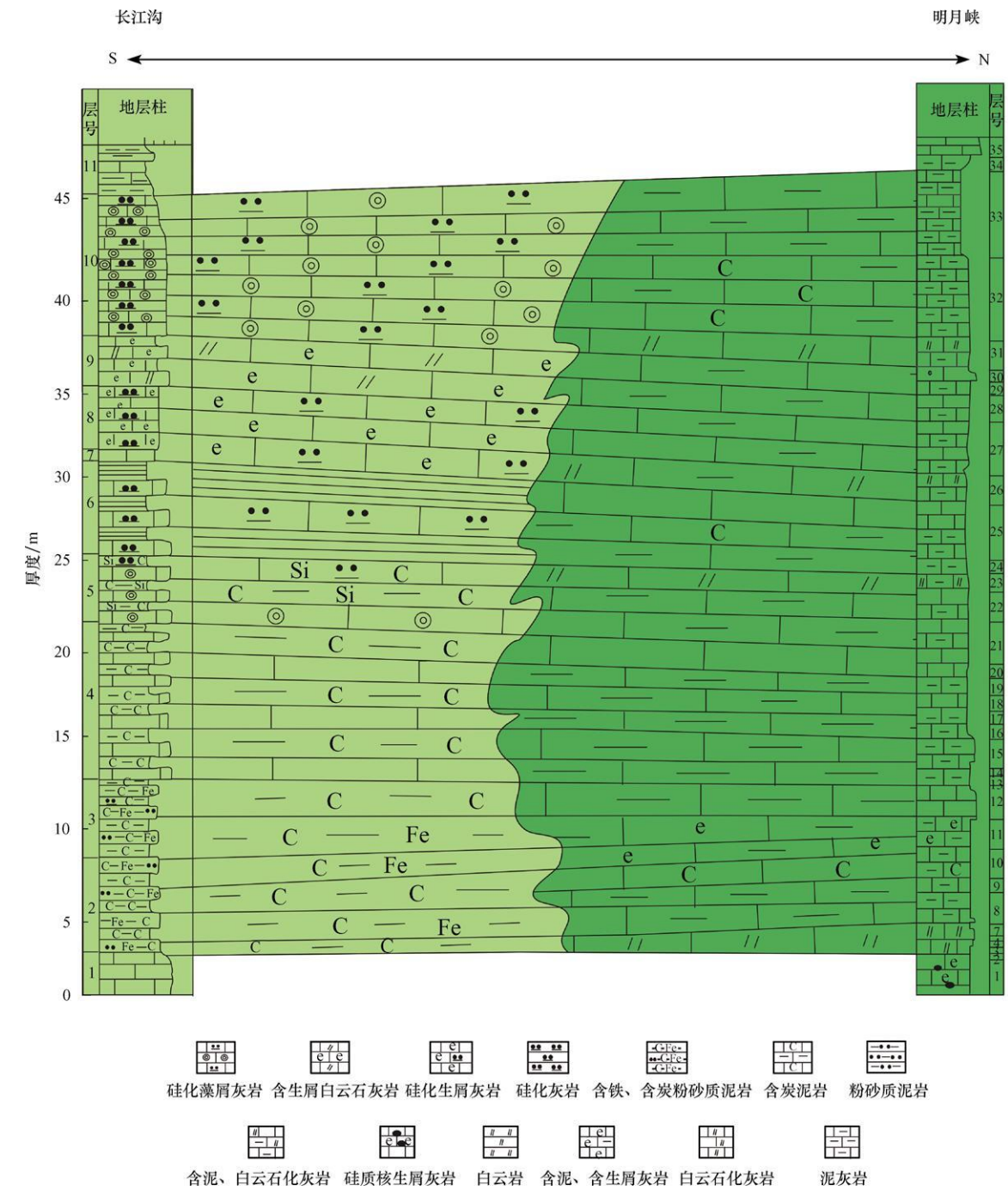


Fig 3 Changes of lithologies in the Dabang Formation of the Upper Yangtze region

2.1 沉积特征

京山大隆组剖面生物群演化与沉积演化清楚, 可以划分为下部硅、泥质组合类型, 上部硅、灰岩组合类型 (图 4)。下部岩性为黑色薄层硅质岩与硅化炭质泥页岩或薄层细砂岩互层, 内部发育水平层理、韵律层理, 含放射虫和少量的海绵骨

针、有孔虫。往上薄层硅质岩与厚层-薄层含炭泥质粉晶灰岩互层, 内部发育水平层理, 产藻孢子为主。灰岩以中、薄层为主, 其中夹有厚层以及顶部变薄, 为薄层硅质岩与薄层灰岩互层。

该剖面上部除水平层理发育外, 生物群以藻孢子为主, 硅质岩层明显比下部薄。灰岩厚度不等, 可达 50~70 cm, 表明硅质岩沉积作用明显变

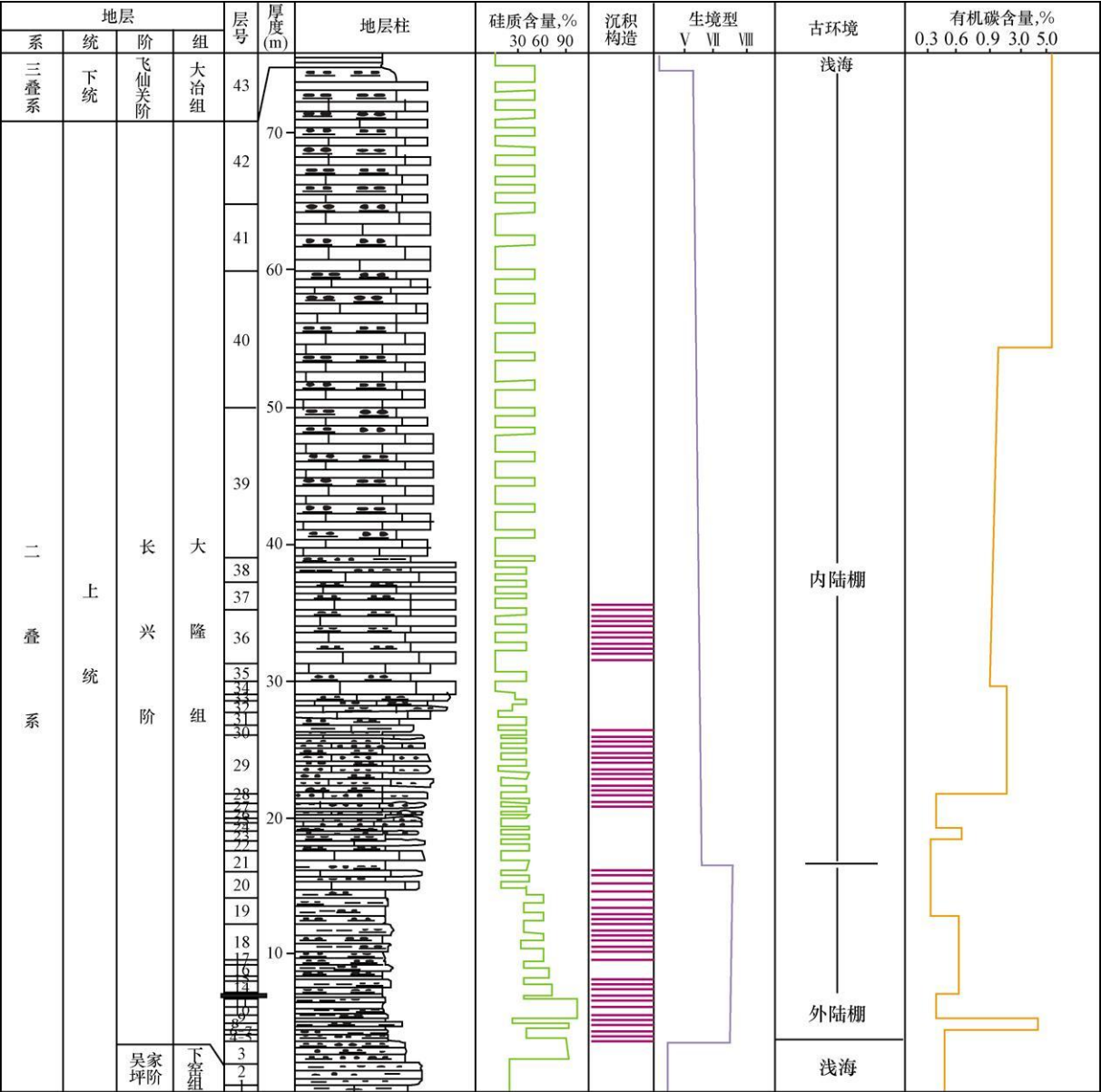


图 4 湖北京山上二叠统大隆组沉积特征柱状图
Fig. 4 Stratigraphic column of the Upper Permian Dabang Formation at Jingshan County, Hubei Province

弱,而灰岩沉积作用加强,甚至出现较高沉积速率的灰岩。水体明显变浅,其沉积环境应为内陆棚沉积,海底的洋流和海流作用大为降低,硅质岩层变薄,仅为 1~6 cm。

剖面纵向上沉积特征明显变化,从生物群的演化也可进一步佐证。下部硅、泥质沉积类型以放射虫为主,而到上部硅、灰质类型,放射虫大为降低,仅少量出现,以瘤状放射虫出现为特征。这是因为大隆组下部硅质生物由于缺少竞争对手而得以生长,尤其在粘土供应充分的水域,更有利于硅质生物的发育,因为粘土可使海水变浑,这就抑

制了钙质生物的生长,出现本区硅质生物常常与硅质岩、泥页岩共生。大隆组上部由于沉积环境有较大变化,碳酸盐岩增多,利于钙质生物生长,抑制了硅质生物的生长,使得放射虫不但大大减少而且出现形态特殊的瘤状放射虫。

其次从上部碳酸盐岩组分看,几乎 100%为方解石,仅有极少量陆源细碎屑组分的绢云母,而绢云母往往可以顺流之下搬运较远。表明本区碳酸盐岩远离海岸,无出现近岸环境的陆源细碎屑岩标志的混入。

因此,本剖面下部沉积类型属于海进型,上部

则为海退型, 出现由下部外陆棚到上部内陆棚的沉积环境缓慢的变化, 生物群组合和岩性组合也出现较大差异。

2.2 生物群组合特征

本剖面生物群组成基本上以微体生物群组成为特色。微体生物群演化十分明显, 下部以放射虫、海绵骨针、有孔虫共生组合, 以放射虫为主, 含量可达 5% ~ 10%。中部以海绵骨针、有孔虫、少量介形虫、牙形石、藻孢子共生, 其中以海绵骨针、藻孢子为主。上部以藻孢子、有孔虫、海绵骨针和瘤状放射虫共生, 以藻孢子为主。

3 海退型序列与烃源岩的关系

从烃源岩与沉积学相互关系来看, 烃源岩实际上是一种特殊的沉积岩系, 在沉积过程中, 需要高有机质的生产力来源, 造成有机质不断生成, 这是形成优质烃源岩的基础。

中、上扬子古陆北缘大隆组优质烃源岩形成除特殊的沉积环境外, 其中一个不可忽略的条件是它们都属于海退型的沉积类型。

传统地质学往往认为海侵型往往带来生物群多样性和繁盛, 使有机质含量较高。这一传统认识, 只能适应正常层序、序列、环境^[12]。而对非正常序列的扬子古陆北缘大隆组内部往往失灵。因为在上扬子地区北缘的吴家坪组、中扬子地区北缘的下窑组与大隆组下部完全是两种不同类型的沉积, 吴家坪组、下窑组以浅海的底栖动物群的碳酸盐岩为代表, 而大隆组下部是单一的以放射虫生物群的黑色岩系为代表, 是一种区域上大的事件沉积作用的反映。反映水体突然的加深, 造成大量浅水生物的灭绝, 带来大隆组下部生物的单一, 上扬子地区仅仅是少量生物群, 中扬子地区以放射虫为代表。而大隆组上部由于缓慢海退, 带来了较浅水的生物, 尤其是大量菌藻类出现, 这在中、上扬子地区特别显著, 往往造成大隆组上部有机碳含量的指标要比下部高(表 1, 表 2)。

本区大隆组有机碳多少与海退型生物多样性密切相关。长江沟剖面上部有机碳比下部高, 这是因为上部生物群不但丰富, 而且具多样性, 这就给有机质的聚集提供了源源不断的物质来源(图 2)。下部生物群组合虽然十分单调, 仅为放射

虫、介形虫和少量钙球, 有机碳也具有相当高的含量, 表明低等生物放射虫在有机碳形成过程中作用不可低估。据现代研究表明, 放射虫硅质壳沉入海底, 往往不易溶解, 造成大量富集, 其堆积密度十分惊人, 在一立方英寸沉积物中可达 10⁶个个体。因此, 下部的高有机质含量与放射虫紧密相关。

上部的有机碳不但与生物多样性相关, 而且与低等生物的藻类、钙球具有正相关性。藻类含量高, 有机碳含量呈现递增, 它们分别可以达到 3%, 4%, 5%, 12%, 表明有机碳与低等植物的藻类关系较密切(表 1)。

高含量有机碳除与生物多样性, 尤其是藻类、放射虫紧密相关外, 而且与还原性密切相关, 因为在还原性条件下形成的碳酸盐岩, 其有机质可免遭氧化作用。中部还原性最强, 除含炭较高外, 还有一定含量黄铁矿, 因而有机碳含量达到最高。

表 1 四川广元长江沟剖面上二叠统大隆组有机碳丰度
Table 1 TOC of the Upper Permian Dalong Formation on the Changjianggou profile, Guangyuan, Sichuan Province

样品号	层位	岩性	TOC, %
CP10-1	10	钙球藻屑泥微晶灰岩	3.178
CP7-1	7	微、泥晶灰岩	5.157
CP6-2	6	泥粉晶灰岩	2.509
CP6-1	6	泥质粉晶灰岩	4.811
CP5-2	5	钙球生物碎屑炭泥岩	6.573
CP5-1	5	钙球炭泥质微-粉晶灰岩	12.450
CP4-1	4	含泥微晶灰岩	3.624
CP3-1	3	炭泥质微晶灰岩	3.856
CP2-2	2	炭质泥岩	4.088
CP2-1	2	炭质泥岩	2.911

表 2 四川朝天明月峡上二叠统大隆组有机碳丰度
Table 2 TOC of the Upper Permian Dalong Formation at the Mingyue Gorge, Chaotian, Sichuan Province

样品号	层位	岩性	TOC, %
GMP32-1	32	含泥粉细晶灰岩	2.683
GMP27-1	27	含泥粉细晶灰岩	4.723
GMP19-1	19	含泥粉细晶灰岩	6.192
GMP12-1	12	粉细晶灰岩	4.811
GMP11-1	11	钙泥质生物碎屑灰岩	8.15
GMP9-1	9	细晶泥灰岩	1.915
GMP6-1	6	含藻屑泥炭质微晶灰岩	7.086
GMP4-1	4	炭质白云石化粉-微晶灰岩	0.973

从南面长江沟剖面到广元北面的明月峡剖面, 尽管生物群、沉积特征存在较大差异, 但有机碳含量也比较可观, 为 0.90% ~ 8.15% (表 2), 几乎各层都是优质烃源岩 (表 3)。广元北面的明月峡剖面有机碳含量也是上部比下部高 (表 2), 而且与藻类具有紧密的正相关性。

中扬子北缘京山大隆组剖面有机碳含量为 0.28% ~ 5.14%, 平均为 1.4%, 也是较好的、优良质烃源岩 (表 3)。本区烃源岩形成类型与上扬子地区不同的是更多硅质岩中的放射虫参与了有机质的形成。

从有机碳自下而上演化特点看, 上部比下部好 (表 3)。这是因为上部有机质生产、聚集、保存的 3 个环节显然要比下部好而且上部处于海退时期, 带来了生物群的更新, 由早期的放射虫变为大量藻孢子, 无疑为高有机质、高生产力来源打下了良好的基础。

从有机碳的来源看, 本剖面几乎都是微体生物群, 主要以下部放射虫, 上部的藻孢子为特色。放射虫和藻孢子都是海洋的原始微生物, 凸显海洋微生物在形成油气中的作用, 是本区高有机质生产的主要来源, 其中藻孢子的含量与有机碳呈正相关性。藻孢子含量高, 有机碳含量也相应高, 京山大隆组下部的放射虫和上部的藻孢子, 都是当地优良质烃源岩形成的源源不断的物质来源。这些微生物除生命力顽强、生长快、分布广以外, 它们可能还具有粘结有机质的功能。如藻类在生物礁形成作用中, 功劳往往要占首位, 它们不但可以与其他造礁生物一起抗浪, 而且可以粘结

碳酸盐, 因而在形成优质烃源岩中, 它们不但可以分泌大量有机质, 而且往往与灰黑色钙质沉积物相间, 成为斑状、细纹带状。表明这些藻类在生长过程中, 总是先分泌有机质, 然后粘结钙质沉积物, 一层有机质, 一层钙质, 形成纹层相间粘结生长迹象, 因而在形成优质烃源岩中的作用也是显而易见的。

由上可见, 本区大隆组内部的海退, 造成生物群的多样性, 提供了生烃母质生物生命活动、繁衍、繁盛环境, 从而可以提供形成优质烃源岩源源不断的物质来源。

4 结语

作为优质烃源岩主要来源之一的生烃母质生物, 不完全出现在海侵序列。在缺氧、还原的沉积环境由深变为相对浅的时期, 也可以造成大区域生物群的多样性和繁盛。这是因为作为内陆棚的环境在地貌单元上与前后地貌单元有密不可分的关系。靠岸方向受亚浅海作用的影响, 靠大陆坡不时受海底的洋流与底流的改造。靠岸方向极易受亚浅海生物群多样性影响, 出现浅水生物和较深水生物混生的现象。

不断的洋流作用, 往往也给陆棚海洋生物和微生物带来了营养^[13]。这在现代海洋中已得到证实, 沿世界各洋盆东部亚热带海岸由于高营养水体的上升洋流和充足的阳光导致水体中海洋生物大量繁殖, 这样就具有高生物生产率, 从而形成富有机碳的海相沉积^[14]。如秘鲁式海岸上升流、东太平洋赤道上升流都可以形成高生产率带, 生物群特别丰富, 从而带来有机质也特别富集。硅质生物发育也是上升洋流标志之一, 据对现代台湾浅滩南部上升洋流区研究发现, 发育大量硅藻, 其死亡后以硅藻土、硅质薄层等形式沉积下来, 经脱水、成岩后, 形成硅质薄层和硅质结核等^[15]。

中、上扬子古陆北缘大隆组沉积时期洋流作用的标志也比较频繁。主要表现为上扬子地区大隆组多层小砾屑和高炭质组分的出现, 深水和浅水动物的混生生物的多样性, 中扬子地区也有多层小砾屑和高炭质组分, 也出现微体生物群深水和浅水动物混生现象。这种多次上升洋流作用, 不但给沉积物打下烙印, 而且源源不断从下层将

表 3 湖北京山上二叠统大隆组有机碳丰度

Table 3 TOC of the Upper Permian Dabng Fom at Jingshan County Hubei Province

样品号	层位	岩性	TOC, %
Q41-1	41	厚-中厚层微晶灰岩	5.14
Q36-1	36	灰色中厚层硅质灰岩	0.89
Q32-1	32	中-薄层微晶灰岩	0.53
Q28-1	28	微晶灰岩	0.37
Q24-1	24	微晶灰岩	0.64
Q18-1	18	薄层碳泥质硅质岩	0.28
Q14-1	14	薄层碳泥质硅质岩	0.50
Q11-1	11	黑色薄层硅质岩	0.39
Q9-1	9	黑色薄层含碳质硅质岩	5.00
Q4-1	4	黑色薄层硅质岩	0.45

营养盐类携带到表层水, 使得海退期的生物群更加繁盛, 大大促进了有机质生产力的激增, 极有利于本区大隆组广阔范围内优质、优良质烃源岩的发育。

因而从外陆棚- 内陆棚转换的沉积环境, 往往也是地史上烃源岩发育极好的场所, 是一个不容忽视的找油部位。

参 考 文 献

[1] 李子舜, 詹立培, 戴进业, 等. 川北陕南二叠—三叠纪生物地层及事件地层学研究 [M] // 中华人民共和国地质矿产部地质报 (二, 地层古生物第 9 号). 北京: 地质出版社, 1989 10—15.
Li Zishun Zhan Lipai Dai Jinye et al Study on the Permian-Triassic biostratigraphy and event stratigraphy of northern Sichuan and Southern Shaanxi [M] // Geological paper of the Ministry of Geology & Mineral Resources of China Beijing Geological Publishing House 1989: 10—15

[2] 四川地质矿产局. 四川省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997 147—148
Administration Bureau of Geology & Mineral Resources of Sichuan Province Lithostratigraphy of Sichuan Province [M]. Wuhan China University of Geosciences Press 1997 147—148

[3] 湖北省地质矿产局. 湖北省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996 177—179
Administration Bureau of Geology & Mineral Resources of Hubei Province Lithostratigraphy of Hubei Province [M]. Wuhan China University of Geosciences Press 1996 177—179

[4] 吴胜和, 冯增昭, 何幼斌. 中下扬子地区二叠纪缺氧环境研究 [J]. 沉积学报, 1994 (2): 29—36
Wu Shenghe Feng Zengzhao He Youbin On anoxic environment of Permian in the Middle and Lower Yangtze Region [J]. Acta Sedimentologica Sinica 1994 (2): 29—36

[5] 殷鸿福, 丁梅华, 张克信, 等. 扬子地区及其周缘东吴—印支期生态地层学 [M]. 北京: 科学出版社, 1995 28—68.
Yin Hongfu Ding Meihua Zhang Kexin et al Dongwu-Indosinian ecostratigraphy of the Yangtze region and its margins [M]. Beijing Science Press 1995 28—68

[6] 杨遵仪, 殷鸿福, 吴顺宝, 等. 华南二叠—三叠系界线地层及动物群 [M]. 北京: 地质出版社, 1987 61—65.
Yang Zunyi Yin Hongfu Wu Shunbao et al Permian-Triassic boundary stratigraphy and fauna of southern part of China [M]. Beijing Geological Publishing House 1987: 61—65

[7] 金之钧, 蔡立国. 中国海相油气勘探前景、主要问题与对策 [J]. 石油与天然气地质, 2006 27(6): 722—730.
Jin Zhijun, Cai Liguo Exploration prospects problems and strategies of marine oil and gas in China [J]. Oil & Gas Geology,

2006 27(6): 722—730.

[8] 张水昌, 张宝民, 边立曾, 等. 中国海相烃源岩发育控制因素 [J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 39—48
Zhang Shuchang Zhang Baomin Bian Lizeng et al Development constraints of marine source rocks in China [J]. Earth Science Frontiers 2005 12(3): 39—48.

[9] 陈践发, 张水昌, 鲍志东, 等. 海相优质烃源岩发育的主要影响因素及沉积环境 [J]. 海相油气地质, 2006 11(3): 49—54
Chen Jianfa Zhang Shuchang Bao Zhidong et al Main sedimentary environments and influencing factors for development of marine organic-rich source rocks [J]. Marine Petroleum Geology 2006 11(3): 49—54.

[10] 秦建中, 刘宝泉, 郑伦举, 等. 海相碳酸盐岩烃源岩生排烃能力研究 [J]. 石油与天然气地质, 2006 27(3): 348—355.
Qin Jianzhong Liu Baoquan Zheng Lunju et al Study on capability of hydrocarbon generation and expulsion from marine carbonate source rocks [J]. Oil & Gas Geology 2006 27(3): 348—355

[11] 腾格尔, 刘文汇, 徐永昌, 等. 海相地层无机参数与烃源岩发育环境的相关研究——以鄂尔多斯盆地为例 [J]. 石油与天然气地质, 2005 26(4): 411—421
Tenger Li Wenhui Xu Yongchang et al Study on relation between inorganic parameters in marine deposits and developmental environment of hydrocarbon source rocks taking Ordos Basin as an example [J]. Oil & Gas Geology 2005 26(4): 411—421

[12] Mann U, Stein R. Organic facies variations source rock potential and sea level change in Cretaceous black shales of the Quebrada local upper magdalen valley [J]. AAPG Bulletin 1997 81: 556—576

[13] David Z P, Paul K L. An upwelling model for the phosphoria sea a Permian ocean margin sea in the northwest [J]. AAPG Bulletin 2002 86: 1217—1235.

[14] Clavert S E. Oceanographic controls on the accumulation of organic matter in marine sediments [M] // Brook J Fleet A J Marine petroleum source rock London Blackwell Scientific 1987 137—151

[15] 冯季芳. 闽南—台湾浅滩渔场浮游植物种类组成和数量分布 [M] // 闽南—台湾浅滩渔场上升流生态系统研究. 北京: 科学出版社, 1991 388—406
Feng Jifang Study on upwelling ecosystem in shallow fishing ground Southern Fujian-Taiwan [M] // The distribution and composition of phytoplankton species in shallow fishing ground Southern Fujian-Taiwan. Beijing Science Press 1991: 388—406.

(编辑 张亚雄)