

中扬子上石炭统碳酸盐岩 沉积、成岩作用和储层特征

艾华国 汪华敏 刘兰兰

(地质矿产部石油地质综合大队 湖北江陵)

[内容提要]:区内上石炭统主要的相、亚相有滨岸相;碳酸盐潮坪亚相;碳酸盐台地相;台地浅滩亚相、开阔台地亚相、局限台地亚相。有利的储集相带为滨岸相中的碳酸盐潮坪亚相和碳酸盐台地相中的台地浅滩亚相,次为开阔台地亚相。影响区内上石炭统碳酸盐岩储层储集性能的成岩作用有:胶结作用,溶蚀作用,压实、压溶作用,白云化作用,其中白云化作用、埋藏溶蚀作用和压溶作用是形成进油期孔隙最为重要的作用。沥青产状和萤光显示研究表明,区内上石炭统碳酸盐岩的储集空间为:晶间孔、晶间溶孔、基质溶孔、粒间溶孔、缝合状缝隙。储集岩类为:粉—细晶白云岩类、微—亮晶颗粒云(灰)岩类、泥晶灰岩类、蓝藻、有孔虫云岩类。区内上石炭统最佳储集层段为黄龙组下段,次为黄龙组上段。

关键词 碳酸盐岩 成岩作用 储集层

研究区位置:西起宜昌—长阳一带,东至九江,北至武当—大别山,南到湖南北界,属于扬子准台地的中部。

1 沉积特征

中扬子上石炭统为一套海相碳酸盐岩沉积,属潮坪相、碳酸盐台地相。按沉积发展自下而上可分成黄龙组和船山组,共三段:下段(黄龙组下部 C_3^1),以白云岩为主;中段(黄龙组上部 C_3^2),以灰岩为主;上段(船山组 C_3^3),以灰岩为主。由于云南运动的影响,区内上石炭统均遭受不同程度的剥蚀,某些地区上段被剥蚀殆尽,残厚 0—30m;一些地区中、下段也残存不全,中段残厚 50—120m,下段残厚 0—80m,分别平行不整合于 $S-C_1$ 之上,与上覆的下二叠统呈假整合接触。

1.1 沉积相基本特征

1.1.1 滨岸相(I)

1.1.1.1 碳酸盐潮坪亚相(II)

●本文是在地矿部“七五”重点攻关科研项目《中国南方岩相古地理及其成矿作用》的一个三级课题——《鄂湘地区石炭纪沉积相与油气储集条件研究》和“七五”国家重点科技攻关专题——《鄂中坳陷石炭系成岩作用及储集条件研究》基础上编写的。

沿江南古陆和南漳-大洪山古陆边缘呈裙带状展布(图1,2),为碳酸盐台地向古陆的过渡带。沉积物以碳酸岩为主,底部有少量碎屑岩及泥质岩,或含陆源砂、砾。碳酸盐岩类型主要为泥-微晶灰(云)岩、结晶灰(云)岩,次为各类粒屑灰(云)岩。生物以盪、珊瑚、腕足、蓝藻为主,但保存较差,典型剖面见宜都毛湖淌(图3-1)。

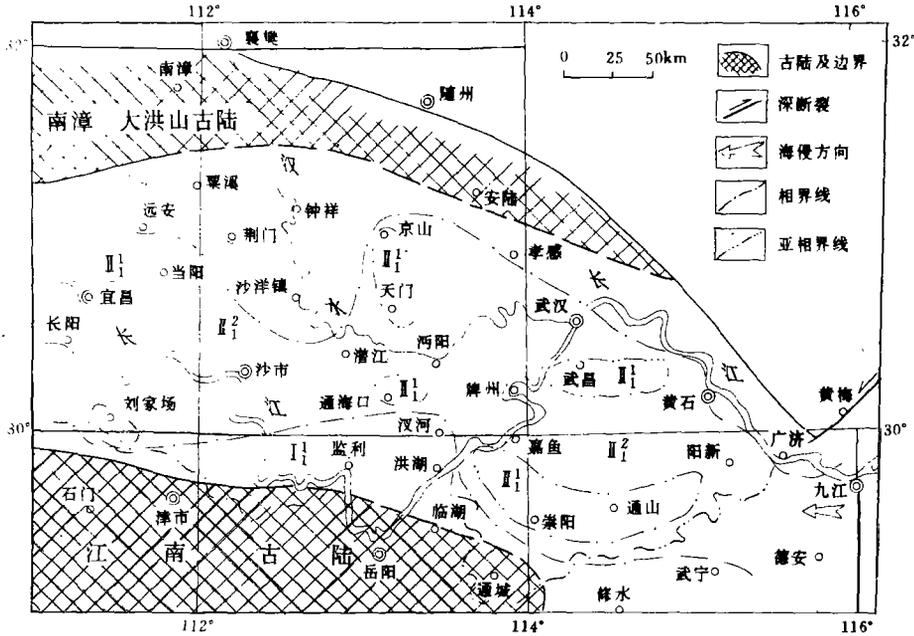


图1 中扬子区晚石炭世黄龙期岩相古地理图

Fig. 1 Huanglongian (Late Carboniferous) sedimentary facies and palaeogeographic map of the Middle Yangtze area

1. 1. 2 碳酸盐台地相(I)

据能量的相对高低及台内古地貌特点,碳酸盐台地可进一步划分出三个亚相。

1. 1. 2. 1 台地浅滩亚相(I₁)

为宽缓台地上的隆起地带,因受波浪和潮汐的搅动,是碳酸盐台地上能量相对较高的环境(图2)。海水循环良好,光照充足,温度、盐度正常。生物繁茂,盪、棘皮、腕足、珊瑚、有孔虫特别发育,并有大量蓝藻。颗粒岩的充填物多以泥-微晶为主,亮晶胶结物所占比例较小。颗粒以生屑、核形石为主,少量鲕粒、砂屑等。岩石厚层一块状,波状层理、微细层理、斜层理、韵律层理发育。主要岩石类型有颗粒泥-微晶灰(云)岩、微-粉晶颗粒灰(云)岩、亮晶颗粒灰(云)岩。典型剖面见嘉鱼龙泉山黄龙组(3-I)。

1. 1. 2. 2 开阔台地亚相(I₂)

位于碳酸盐台地靠外海一侧,与台地浅滩的差别是海底地形平坦,属潮下低-中能环境(图1,2)。海水循环良好、盐度正常、阳光充足。生物发育,主要有腕足、珊瑚,有孔虫、棘皮、蓝藻类。主要岩石类型是泥-微晶灰(云)岩,含生屑泥-粉晶灰(云)岩。见有少量菱铁矿、黄铁矿结核。岩石多为厚层一块状,以水平及波状层理为主。典型剖面为梓参1井(图3-III)。

1. 1. 2. 3 局限台地亚相(I₃)

是碳酸盐台地上相对闭塞的区域,位于台地中相对局限的部位,属潮下低能环境(图2)。

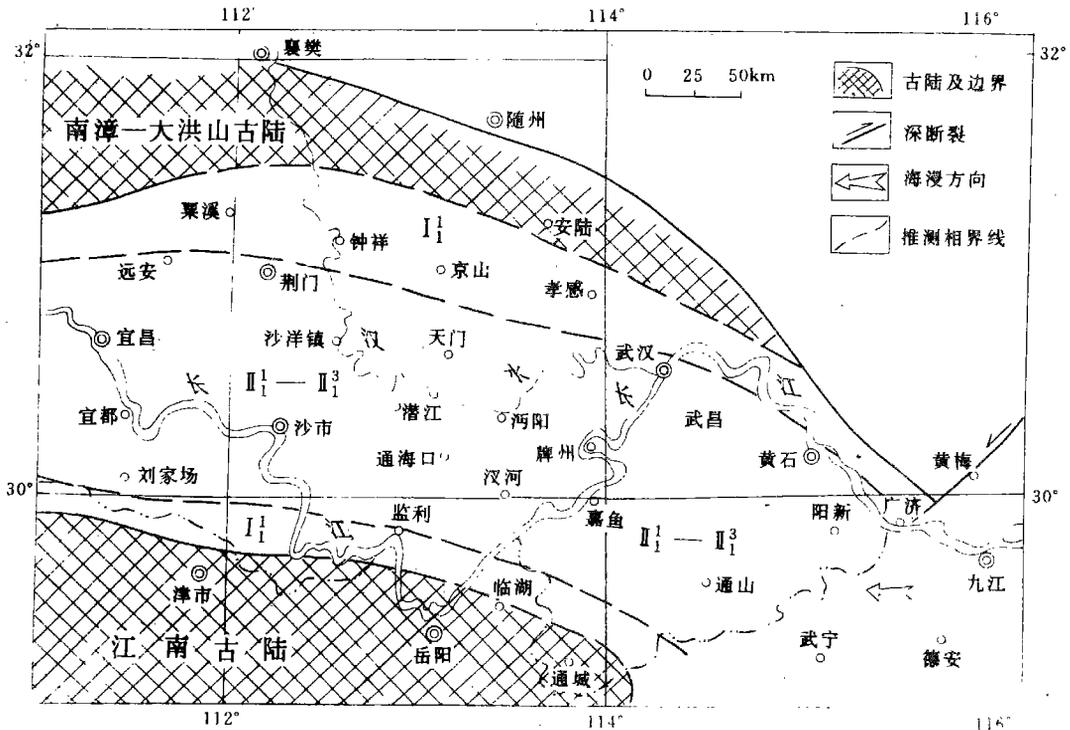


图2 中扬子区晚石炭世船山期岩相古地理图

Fig. 2 Chuanshanian (Late Carboniferous) sedimentary facies and palaeogeographic map of the Middle Yangtze area

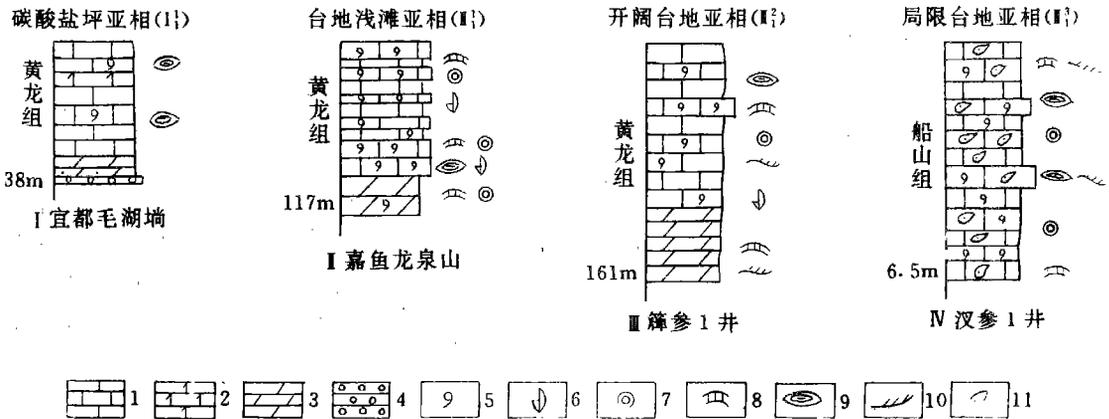


图3 中扬子区上石炭统沉积相典型柱状剖面图

1. 灰岩; 2. 白云质灰岩; 3. 白云岩; 4. 砾岩; 5. 生物屑; 6. 腕足;
7. 棘皮; 8. 有孔虫; 9. 拟, 10. 蓝藻; 11. 核形石

Fig. 3 Typical sedimentary facies columns of the Upper Carboniferous strata in the Middle Yangtze area
1=limestone; 2=dolomitic limestone; 3=dolostone; 4=conglomerate; 5=bioclastic fragments; 6=brachiopods;
7=echinoderms; 8=foraminifera; 9=fusulinids; 10=blue algae; 11=oncolite

因受水下隆起、浅滩的障壁,海水循环受阻,盐度偏高。生物种属单调,以蓝藻为主,少量有孔虫、棘皮等。岩石类型为核形石灰岩、生屑核形石。水平层理为主,并见波状层理。典型剖面见汉1井(图3-N)。

2 成岩作用和成岩环境

2.1 主要成岩作用

2.1.1 泥晶化作用

常见于颗粒灰(云)岩中,生屑或其它颗粒周缘发育一厚约1—几 μm 、宽窄不等的富有机质暗圈(图版 I-1)。泥晶化作用发生于海底成岩环境,是一种最早的成岩作用。尽管它不能直接产生次生孔隙,但因其产物具有较强的抗蚀力,在后期溶孔的形成中,有构架之功能。

2.1.2 胶结作用

胶结作用是颗粒灰(云)岩最为重要的一种成岩作用,区内常见的胶结作用有:

(1)海底胶结作用

纤状、刃状方解石及其粗短变种,垂直于颗粒表面或粒内缘呈等厚环边带壳状生长,构成第一世代胶结物(图版 I-2)。海底胶结多发育于台滩和潮坪浅滩上的粒屑灰(云)岩中,是沉积物处于高孔隙率时,沉淀物充分供应的结果。成份上,这种胶结物为无铁方解石,阴极发光为桔黄色。海底胶结物不仅破坏了原生孔隙,使孔隙率降低5—15%,而且也堵塞了孔喉。但由它构成的环边胶结,却加固了岩石的支撑格架,在一定程度上,保护了因压实破坏的粒间孔。

(2)淡水胶结作用

为粉—细晶级的等轴粒状亮晶方解石(白云石)绕第一世代胶结物或直接绕颗粒表面或粒内缘生长,构成第二世代胶结物(图版 I-2);有时充填于溶孔、溶缝内,其特征为晶粒向孔隙中心变粗,成份为无铁方解石,阴极发光为桔黄色。淡水胶结常出现在沉积间断面之下的地层中和潮坪沉积物里。其产物既破坏了残余原生孔,也堵塞了淡水溶蚀产生的溶孔、溶缝,使孔隙度下降10—20%。

(3)埋藏胶结作用

埋藏胶结的规模较小,等轴粒状,晶粒粗大的方解石、白云石、石膏充填残余溶孔和粒间孔内。这种胶结物表面粗糙,双晶纹发育,并含少量包体。其成份为(含)铁方解石、白云石,阴极射线下不发光。

(4)共轴生长和重力-悬垂式胶结

共轴生长胶结发育于棘屑周缘,生长部分干净透明(图版 I-3),常为无铁方解石和(含)铁方解石,阴极射线下为桔黄色和不发光两类。共轴生长既可发生于大陆成岩环境,也可出现于埋藏成岩环境。还可发生于海底成岩环境。此外,在船山组核形石灰岩里,常见重力-悬垂式胶结,即在核形石一方发育等轴粒状亮晶方解石,而在它的其它方位没有这种胶结物(图版 I-4)。这类胶结物常为无铁方解石,阴极射线下为桔黄色。上述特征表明,悬垂式胶结物是大陆成岩环境下的产物。

2.1.4 溶蚀作用

区内碳酸盐岩的溶蚀作用大致可分成如下几期:

(1)海底溶蚀作用

海底溶蚀规模较小,偶见于台滩粒屑灰(云)岩中。钙质颗粒周缘见有幅度不大的港湾溶蚀边,且直接与碳酸盐灰泥接触。因压实作用,海底溶蚀形成的空间很快被松散的灰泥占据,所以,海底溶蚀一般不能产生次生孔隙。

(2)淡水溶蚀作用

晚石炭世,云南运动使黄龙组和船山组抬置于(近)地表的大陆成岩环境,遭受大气淡水的作用,形成粒间溶孔(图版 I-5)、粒内溶孔、粒缘溶孔、铸模孔(图版 I-6)、基质溶孔(图版 I-1)、溶缝、溶洞。这类溶孔一般为0.1—1.5mm,孔隙度可增加到5—20%,最高达30%。尔后被表面干净透明、等轴粒状单晶或多晶方解石充填(胶结)。有时,在纤状、刃状胶结物外缘,见有一极不规则的港湾溶蚀边,其上有铁质浸染物和分散状黄铁矿,所成溶孔被亮晶方解石充填(胶结)。在胶结物和充填物间构成结构不整合面(图版 I-2)。黄龙早期,整个鄂中处于海侵初期,黄龙下段的沉积物时而暴露,同样遭受淡水的作用,形成各类溶孔,后被表面干净透明、自形的无铁白云石充填或半充填。此期溶蚀虽大大地改善了岩石的储集性能,但经后期的充填(胶结),仅在局部有少量残存。

(3)埋藏溶蚀作用

埋藏溶蚀大致可分成两期:早期发生于早二叠晚期或晚二叠晚期。受东吴运动或苏皖运动的影响,使中扬子区几次暴露,淡水沿断层渗进黄龙组和船山组,又因温、压升高,黄龙组和船山组的颗粒、基质、胶结物和前期溶孔、溶缝充填物均遭溶蚀,形成溶孔,孔缝率一般2—5%,后被铁白云石、铁方解石、(硬)石膏充填,局部有少量残存,分布于晚古生代断裂发育区;晚期溶蚀始于早三叠世嘉陵江期,与油气的生成、运移相关,即脱羧基释放 CO_2 溶于地层水,使之成为酸性,溶解前期的溶孔、缝充填物。新形成的溶孔,呈圆形或近圆形,面孔率为1—5%,局部高达10%,被沥青和黄铁矿充填。

2.1.5 白云化作用

据白云岩(石)的产状、结构特征大致可分成准同生白云化和埋藏白云化。

(1)准同生白云化

白云石晶粒细小,常以泥—微晶为主,半自形,表面混浊,晶间孔发育,孔隙度一般为2—4%,未被充填(图版 I-3)。这类白云石氧、碳稳定同位素组成为 $\delta^{13}\text{C}$ 为2.23—3.57(PDB); $\delta^{18}\text{O}$ 为-1.90—-5.27(PDB),阴极射线为橙红色,层状产于黄龙组下段。

(2)埋藏白云化

白云石晶粒较粗,以细晶为主,半自形,雾心亮边,晶间孔、晶间溶孔发育,孔隙度一般8—10%,最高达13%,被沥青和黄铁矿充填(图版 I-4)。这类白云石常为(含)铁白云石,阴极射线不发光和暗红色环带,斑状、透镜状产于黄龙组上段下部。

2.1.6 压实作用

其产物特征:(1)椭圆形、蝌蚪状颗粒呈长轴平行、定向排列,局部弯曲、破裂处形成鸟咀状尖钩(图版 I-5);(2)长条状生屑(腕足等碎片)受压、弯曲,局部折断、错位(图版 I-6)。

2.1.7 压溶作用

出现于各种结构灰(云)岩中,其产物特征为:缝合线的频率、幅度以及所成的缝隙度变化均大,且多被沥青、黄铁矿充填,有时被溶缝、裂缝切割。

2.1.8 裂缝及其充填作用

据裂缝相互切割及切割其它成岩产物的先后顺序,可分成早、晚两期。推测它们形成于

燕山和喜山构造期,即形成油气生成、运移之后。其依据:(1)裂缝内无沥青充填物,并见裂缝切割充有沥青的孔、缝;(2)裂缝充填物中有含有机包体。早期裂缝较窄,壁缘平直,切割溶孔及其充填物,被(含)铁方解石充填,阴极射线不发光;晚期裂缝较宽,壁缘弯曲,具溶蚀特征,切割溶孔、早期裂缝及其充填物,并被亮晶方解石充填(图版 I-1)。

综上所述,影响区内上石炭统碳酸盐岩储层储集性能的成岩作用是胶结作用、溶蚀作用、白云化作用、压实、压溶作用,其中,使储集性能变好的成岩作用为白云化作用、溶蚀作用(特别是埋藏作用)和压溶作用。

3 储层特征

3.1 沉积相与有利储集相带关系

表1的统计资料表明,沉积相的展布控制了储集相带的分布,滨岸相中的碳酸盐潮坪亚相,平均孔隙度最高,为最好的储集相带,白云岩是最好的储集岩。碳酸盐台地相中,台地浅滩孔隙度较高,次为开阔台地亚相,均为较好的储集带。

3.2 进油期孔隙类型及分布特点

岩石薄片和萤光薄片研究表明:区内上石炭统碳酸盐岩中的沥青产状和萤光显示具以下特点:

(1)在比较均质的岩石中,如泥晶灰岩或含生

屑泥晶灰岩及泥—微晶云岩,沥青多分布于缝合线中,少量分布于基质中或浸染溶孔壁,基质和生屑普遍发弱—中等强度浅黄—黄色萤光。

(2)在非均质的颗粒白云岩中,如亮晶颗粒云岩,亮晶粒屑云岩、泥晶角砾云岩等,沥青主要分布于粒间溶孔及溶缝壁或溶孔充填物白云石、硬石膏晶间孔、晶间溶孔、溶孔、溶缝中,发中等强度黄色萤光。

(3)粉—细晶白云岩中,沥青主要分布于晶间孔及晶间溶孔中(图版 I-4),也见缝合线中。氯仿溶解沥青后,发中等强度浅黄绿—黄绿色萤光。

上述沥青产状和萤光显示特点表明,区内上石炭统碳酸盐岩进油期孔隙类型主要有晶间孔、晶间溶孔、基质溶孔,粒间溶孔、缝合状缝隙(缝合线)。

3.3 储集岩类型及有利储集组段

进油期孔隙分布特征表明,区内上石炭统碳酸盐岩主要的储集岩有以下几类:

(1)粉—细晶白云岩类。白云石呈半自形—自形,雾心亮边,孔隙类型为晶间孔及晶间溶孔,孔隙度8—10%,最高达13%,均被沥青和黄铁矿充填(图版 I-4)。据上分析,进油期孔隙度应 $>5-10\%$ 。

(2)微—亮晶颗粒云(灰)岩类。颗粒为生屑、鲕粒、团块、藻屑等。此类岩石原生孔隙率一般较高,为20—35%左右,早期成岩阶段在大气潜流带几乎全部被胶结,云南运动后,又遭溶蚀,溶孔、溶缝可达12—30%。以粒间溶孔为主,少量粒内溶孔,这些溶孔在后期成岩变化中,又经充填—溶蚀,现仅残存 $<1-5\%$ 左右。灰岩中充填物以方解石、含铁方解石为主。白云岩

表1 沉积相与孔隙度关系

Table 1 Relationship between sedimentary facies and porosity

时代	沉积相		平均孔隙度(%) (样品数)	地区	备注
	相	亚相			
中石炭世	滨岸	碳酸盐潮坪	2.27 (21)	洪 湖	C_{2h}^1 为2.5(17)
	碳酸盐台地	台地浅滩	1.82 (50)	江汉地区	C_{2h}^1 为3.4—5.7(21)
		局限台地	07 (9)	江汉地区	为 C_{2ch}
		开阔台地	1.3 (13)	黄石—沔阳	C_{2h}^1 为1.4(13)

中, 充填物主要是白云石、铁白云石及硬石膏, 并有1—2%的沥青分布于白云石、铁白云石或硬石膏晶间溶孔。溶孔、缝中大部分发弱—中等强度黄色萤光。此类岩石进油期孔隙应大于1—2%, 有的地区可能为1—5%。

(3) 蓝藻、有孔虫云岩类。基质为泥—微晶白云石, 体腔溶孔及基质溶孔发育, 且以前者为主, 是区内上石炭统现孔隙率最高的岩类, 一般3—5%, 最高可达12—15%。虽仅见少量孔隙内有沥青浸染, 但萤光镜下常见孔壁发弱—中等强度淡黄—黄色萤光, 说明曾有过烃类进入。因此, 可认为进油期孔隙至少应为3—5%左右, 有些地区达10%以上。

(4) 泥晶灰岩类。属黄龙组上段灰岩, 含少量生屑, 以基质溶孔、溶缝为主, 为云南运动后浸蚀淋滤形成, 面孔率3—18%, 后被亮晶方解石充填, 部份充填物中有沥青浸染, 并见沥青分布于压溶缝中, 或呈星散状不均匀地分布于基质中, 含量0.5—1%。由此可见, 进油期孔隙多被充填, 所存很少。

综上所述, 区内上石炭统最好的储集岩为粉—细晶白云岩、微—亮晶颗粒云(灰)岩、泥晶灰岩, 次为蓝藻、有孔虫云岩。最好的储集层段为黄龙组下段, 不仅进油期孔隙类型多、孔隙率高、油气显示好, 而且厚度大、横向变化小, 是本区石炭系油气勘探的主要目的层。黄龙组上段, 颗粒岩发育, 粒间溶孔、粒内溶孔、溶缝较为发育, 为次要的目的层。区域上, 潮坪白云岩发育区最佳, 如粉—细晶白云岩、蓝藻、有孔虫云岩类分布区, 是本区寻找石炭系油气藏的最佳地区, 同时, 也应对台地浅滩发育区加以重视。

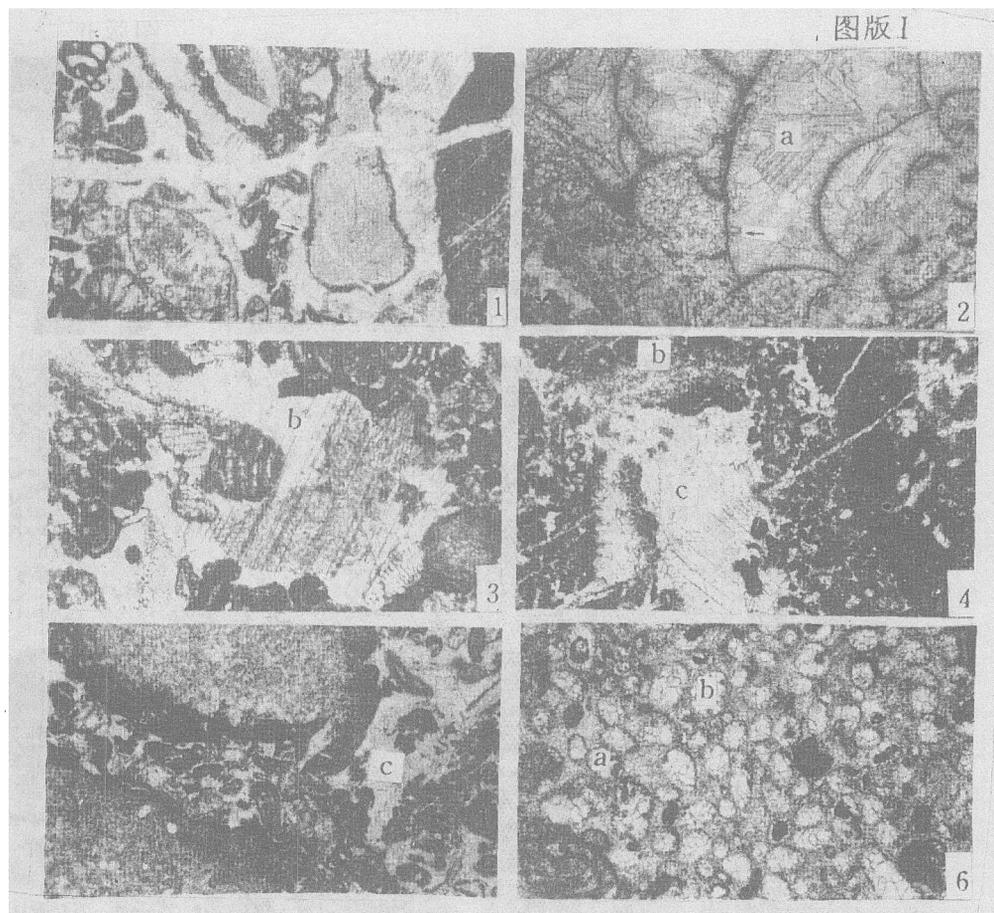
4 结 论

(1) 沉积相研究表明, 区内上石炭统有利储集相带为滨岸相中的碳酸盐潮坪亚相和碳酸盐台地相中的台地浅滩亚相, 次为开阔台地亚相。

(2) 成岩作用是影响区内上石炭统碳酸盐岩储层储集性能的重要因素, 主要有泥晶化作用、胶结作用、溶蚀作用、压实、压溶作用、白云化作用, 其中白云化作用、埋藏溶蚀作用和压溶作用是形成进油期孔隙最为重要的因素。

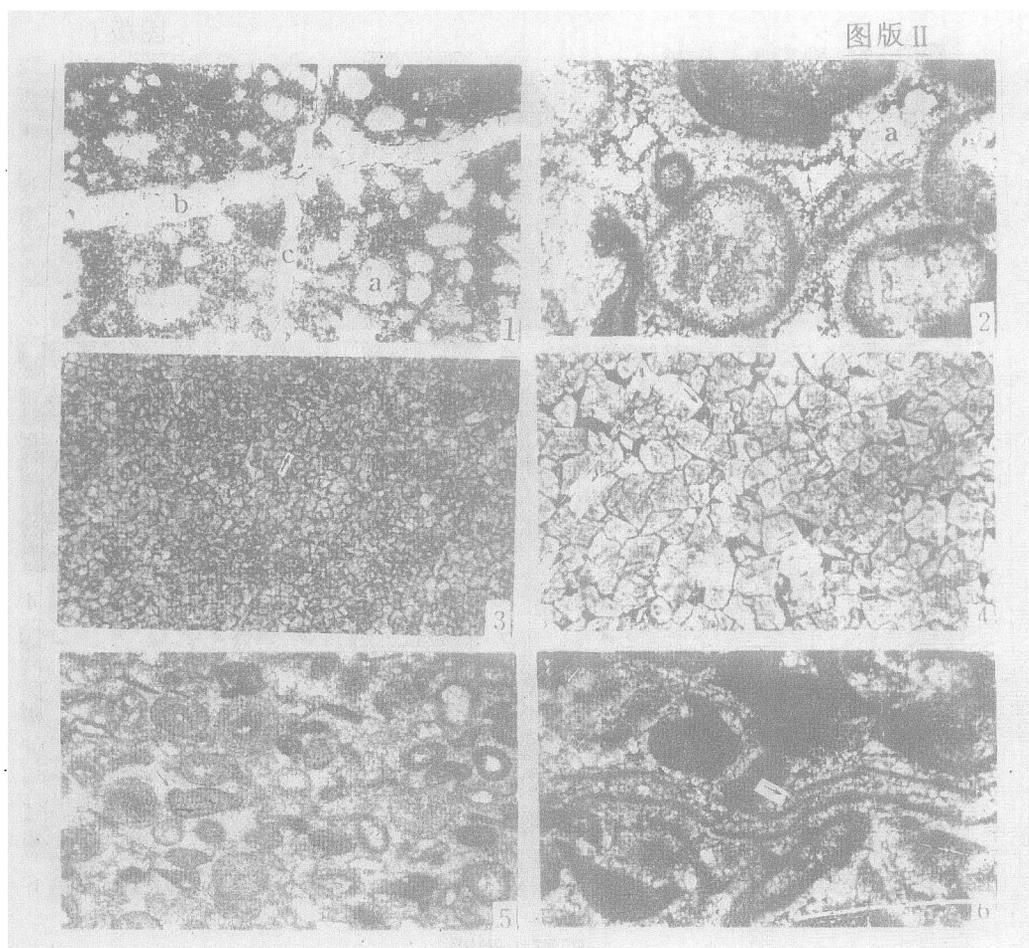
(3) 成岩、沥青产状和萤光显示研究表明, 区内上石炭统碳酸盐岩的储集空间(进油期孔隙类型)为晶间孔、晶间溶孔、基质溶孔、粒间溶孔、缝合状缝隙。储集岩类型为粉—细晶白云岩类、微—亮晶颗粒云(灰)岩类、泥晶灰岩类、蓝藻-有孔虫云岩类。

(4) 区内上石炭统碳酸盐岩最佳储集层段为黄龙组下段, 最好的储集岩为白云岩, 进油期孔隙类型多, 孔隙率高, 大多被沥青充填, 萤光显示普遍; 黄龙组上段为次要储集层段, 亮晶粒屑灰岩、泥—微晶灰岩中, 粒间溶孔、粒内溶孔、基质溶孔较为发育, 局部见沥青充填, 半充填。



图版 I 说明

1. 生屑灰岩。海百合周缘泥晶化, 形成宽窄不等、厚约1—几 μm 、内圈极不规则的富有机质暗圈(箭头所指), 后被裂缝切割。黄石螺丝壳山, C_2ch , (—) $\times 16$ 。
2. 纤状、刃状方解石垂直于珊瑚隔板呈厚环边生长, 构成第一代胶结物(箭头所指); 粉—细晶级的等轴粒状方解石绕第一代胶结物生长, 构成第二代胶结物(a)。松滋刘家场, C_2h , (—) $\times 16$ 。
3. 生屑灰岩。海百合共轴生长, 生长部分表面干净透明(b)。松滋刘家场, C_2h , (—) $\times 16$ 。
4. 核形石灰岩。核形石(c)一方发育等轴粒状壳晶方解石(b), 而在它的其它方位没有这种胶结物, 形成重力悬垂式胶结, 嘉鱼龙泉山, C_2ch , (—) $\times 16$ 。
5. 核形石灰岩。核形石包壳及其粒间基质受溶蚀, 形成粒间溶孔(c), 尔后被等轴粒状亮晶方解石充填。嘉鱼龙泉山, C_2ch , (—) $\times 16$ 。
6. 生屑灰岩。生物体腔孔遭溶蚀, 形成粒内溶孔(a)、铸模孔(b), 尔后被等轴粒状亮晶方解石充填。嘉鱼龙泉山, C_2h^2 , (—) $\times 16$ 。



图版 II

图版 I 说明

1. 泥晶灰岩。基质溶孔(a)发育,被等轴粒状亮晶方解石充填。早期裂缝(c)较窄,壁缘平直,切割溶孔及其充填物,被粗晶方解石充填。晚期裂缝(b)较宽,壁缘弯曲,具溶蚀特征,切割溶孔、早期裂缝及其充填物,被亮晶方解石充填。京山扬家冲, C_2h^2 , (一) $\times 16$ 。
2. 生屑灰岩。刃状方解石胶结物外缘受溶蚀,形成粒间溶孔,溶壁上见铁质浸染物(箭头所指),溶孔被粗晶方解石充填(a),在胶结物与充填物间构成结构不整合。黄石螺丝壳山, C_2ch , (一) $\times 16$ 。
3. 泥—微晶白云岩。半自形泥—微晶白云石,发育2—4%晶间孔,至今仍未充填(箭头指的黑色部分为铸体物)。松滋刘家场, C_2h^1 , (一) $\times 60$ 。
4. 粉—细晶白云岩,半自形—自形白云石,发育10—13%土晶间溶孔,被沥青和黄铁矿充填(箭头)。黄石螺丝壳山, C_2h^2 , (一) $\times 60$ 。
5. 粒屑灰岩。圆形粒屑塑性变形成椭圆形、蝌蚪状粒屑,且长轴近于平行,定向排列,并在个别粒屑的局部弯曲处破裂形成鸟咀状夹钩(箭头所指)。洪湖汉河口, C_2h^2 , (一) $\times 16$ 。
6. 生屑云岩。长条状生屑,在上、下几个粒屑的垫枕下,受压后弯曲,局部折断(箭头)。天门茅湖口, C_2h^1 , (一) $\times 60$ 。

SEDIMENTATION, DIAGENESIS AND RESERVOIR CHARACTERISTICS OF THE UPPER CARBONIFEROUS CARBONATE ROCKS IN THE MIDDLE YANGTZE AREA

Ai Huaguo Wang Huamin Liu Lanlan

(Research Party of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

ABSTRACT

The petrographic and sedimentological data show that the Carboniferous strata in the Middle Yangtze area are assigned to the littoral facies, carbonate tidal-flat subfacies, carbonate platform facies, platform-shoal subfacies, open platform subfacies and restricted platform subfacies, among which the carbonate tidal-flat subfacies and platform-shoal subfacies together with the open platform subfacies are believed to be the favourable reservoir facies zones.

The diagenesis influencing the reservoir characteristics of the carbonate reservoirs comprises cementation, erosion, compaction, pressure solution and dolomitization, among which dolomitization, burial erosion and pressure solution are interpreted as the most important processes which are responsible for the formation of the pore spaces created in the oil penetration stage.

The modes of occurrence of bitumen and fluorescence analysis have revealed that the reservoir pore spaces of the Upper Carboniferous carbonate rocks in the study area include intercrystalline pores, intercrystalline solution pores, matrix solution pores, intergranular solution pores and stylolitic fissures. The reservoir rocks are composed of silty-fine crystalline dolostones, micritic-sparry grainstones and dolostones, micritic limestones, blue algae-foraminiferal dolostones, and the best reservoir members consist of the lower and upper members of the Huanglong Formation.

Key words: carbonate rock, diagenesis, reservoir

关于本刊收取版面费的说明

根据地质矿产部科学技术司“关于我部科技期刊收取版面费问题的意见”，对科技论文，特别是有项目支撑的科技成果，要收取版面费，额度可为每版(16开)40—80元。本刊根据实际情况现定为每版(16开)20—40元。

本刊编辑部

1993, 8.