

下扬子区寒武纪斜坡-盆地相沉积的 成岩作用及储集类型

陈学时 周进高*

(杭州石油地质研究所, 310023)

下扬子地区寒武系的白云石化作用、埋藏溶蚀作用及差异压实作用,是形成有利储集空间的重要成岩作用,形成裂缝-孔隙型硅质岩、微晶灰(白云)岩、裂缝型泥岩、微裂缝-缝合线型泥质灰岩和碎屑流砾屑灰岩、浊积岩等多种储集空间,构成斜坡带油气聚集的有利条件。

关键词 寒武纪 斜坡-盆地相 成岩作用 储集类型

第一作者简介 陈学时 男 47岁 高级工程师 沉积学与石油地质

部含磷结核,有机碳含量高,一般0.4%—6.69%,最高可达12%以上,属腐泥型海相母质,为一套十分良好的生油岩。

中、晚寒武世为碳酸盐岩发育的鼎盛时期,属深水斜坡相沉积,受NE向古断裂严格控制。沉积物主要为一套含粘土的水平纹层状、条带状泥质灰岩、粉晶泥质白云岩和引人注目的碳酸盐重力流沉积。早、中奥陶世,本区大部抬升,石台、泾县一线已进入开阔海台地相,主要为台地边缘浅滩相沉积。

必须指出,寒武纪斜坡沉积中,主要以重力流沉积与原地细粒灰泥沉积为主并间互成层。重力流主要包括碎屑流(图版I-8, I-1),高密度至低密度浊流和滑塌沉积。在碳酸盐碎屑流沉积中,砾屑灰岩十分发育,规模大,层数多,在安徽东至、石台、泾县、青阳,浙江临

* 参加野外工作的还有罗璋、梁兴等同志

收稿日期: 1992-02-11 改回日期: 1992-12-07

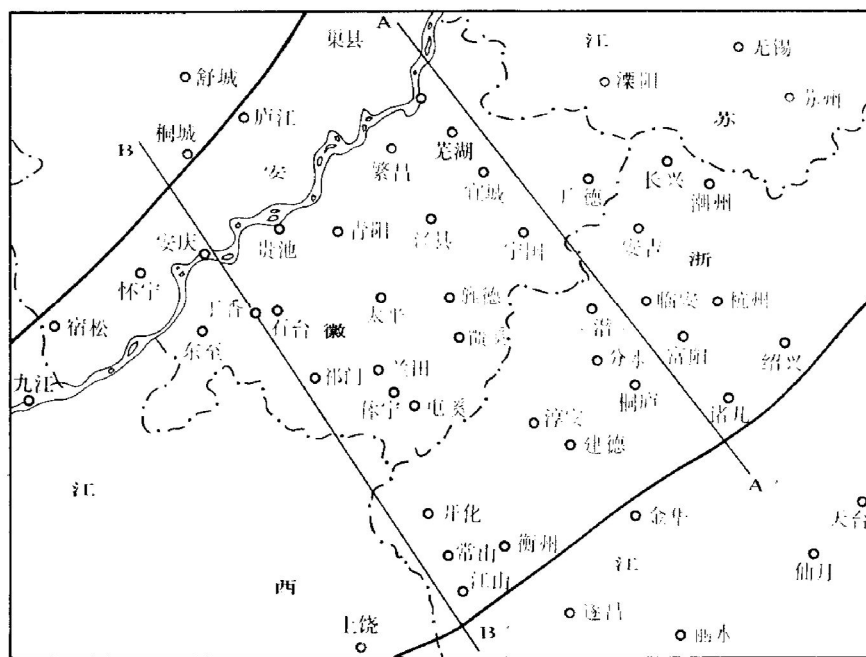


图1 研究区 AA' 和 BB' 剖面位置分布图

安、分水等地均有分布。沉积物来自两个方面，一类是来自台地边缘浅滩，以亮晶鲕粒灰岩、亮晶生物屑砂屑灰岩、藻礁灰岩为主；另一类来自斜坡本身，几乎全为深灰色条带状灰岩和泥晶灰岩。碎屑流沉积呈 NW-SE 向分布，以席状、透镜状、似层状产出，一般 4—8 层，最多可达 14 层，一般 2—15 m，厚的可达 40 m 以上。砾屑由细砾至巨砾，以中粗砾为主，大小混杂，分选磨圆均差，以板块状、板条状、竹叶状及不规则等轴状为主（图版 I-1），多平行层面排列，随机分布，局部具叠瓦状，砾屑间为细屑和灰泥基质充填（图版 I-1, 3）。中、上寒武统浊积岩很发育，尤以低密度浊流分布最为广泛（图版 I-8）。以砂级、粉砂级为主，颗粒组分兼有浅水碎屑和深水碎屑，主要以台地边缘浅滩鲕粒灰岩、砂屑灰岩和泥晶灰岩碎屑为主。颗粒含量 65%—80%，粒间为灰泥充填。单层厚度 1—3 cm，粒序层或鲍马序列发育，局部见有完整的 ABCDE 组合，但更为广泛存在的是 AE 组合和 ABC, ABD, ACD, CDE 组合。部分高密度浊流与水道碎屑流共生（图版 I-8），颗粒大小达 3—6 cm，单层厚常达几十厘米以上，分布较局限，以 ABC 序列常见。

二、主要成岩作用

本区寒武系斜坡和盆地边缘相带深水碳酸盐岩，在漫长的地质历史时期中经历了复杂的成岩后生变化，分述如下。

（一）白云石化作用

1. 盆地相泥（微）晶白云岩

早寒武世荷塘组盆地相黑色硅质泥页岩中夹有多层中—薄层状泥（微）晶白云岩，结晶极细，晶粒一般为 0.005—0.05 mm，大部分为半自形至他形晶（图版 I-5）。电子探针测试，Na 为 1113×10^{-6} ，Sr 为 6003×10^{-6} ，Fe 为 338×10^{-6} ，Mn 为 542×10^{-6} （表 1），阴极发光

较强，呈亮红色。 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -15.08‰ 至 -6.79‰ ， $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -9.35‰ 至 -6.1‰ （表 2），痕量元素 Sr、Na 含量很高，这除了表明该类白云岩形成于卤水（海水）溶液这一因素外，更主要的是与凹陷区沉积大量文石质藻菌类有机质沉积物，使盆地中的锶相应富集有关。锶主要集中在文石中，因此，这套富含锶的有机质沉积物，在发生硫酸盐还原带白云石化过程中，由于锶、钙离子半径相近，因而使锶容易被捕获并结合进白云石晶格之中。

表 1 各类白云石电子探针测试数据

样品号	分析点号	元 素 含 量				白云石特征
		Na	Fe	Mn	Sr	
		10 ⁻⁶				
X-马-5-P ₁	1	1113	388	542	6003	微晶白云石
X-马-12-5	1	370	3656	775	1606	粉晶白云石
X-马-21-P ₁	1	148	8944	77	2114	粉晶白云石
X-马-31-P ₁	1	1038	1089	1316	2198	中晶白云石
X-马-31-P ₁	2	1187	1867	309	2283	细晶白云石
X-马-31-P ₁	4	519	467	1007	1267	中晶白云石
X-北-h ₂ -P ₁	1	519	856	465	338	微-粉晶白云石
X-北-18-P ₂	1	445	16178	930	1015	鞍状白云石
X-北-26-P ₂	1	742	3733	852	761	粉晶白云石
X-北-27-P ₁	1	148	6922	697	4312	粉晶白云石
X-北-27-P ₁	3	148	1400	620	761	粉晶白云石

表 2 皖南寒武系各类白云岩中的 $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (PDB)、 $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ (PDB) 组成

产 地	层 位	岩石名称	环 境	白 云 石	
				$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ (PDB)
石台丁香	ϵ_{11}	泥晶白云岩	盆地相	-15.08	-6.1
		微晶泥质白云岩		-8.14	-7.74
		微晶白云岩		-6.79	-9.35
石台丁香 休宁兰田	ϵ_1 ϵ_2	粉晶泥质白云岩	深陆棚相 (斜坡带)	-1.05	-9.68
		粉晶泥质白云岩		-1.64	-7.75
		粉晶白云岩		-0.93	-8.30
		粉晶泥质白云岩		-0.24	-12.1
泾县北贡 石台丁香	ϵ_3	粉晶泥质白云岩	浅陆棚相 (斜坡带)	0.97	-12.84
		细晶白云岩		-2.22	-15.63
		粉晶泥质白云岩		-0.46	-10.8
		粉-细晶白云岩		0.41	-14.98
		细晶白云岩		0.67	-11.52

沉积历史分析表明，本区下古生界属华南古大陆边缘的一部分，以深水斜坡带和盆地相

沉积为特征,早寒武世早期的大规模海侵,以及由于盆地外围古岛弧和水下高地的发育而形成障壁,导致海底水体循环不畅,形成封闭滞流缺氧的深水环境,使海水具有较高的含盐度和丰富的有机质。据张爱云等的资料^[1],早寒武世黑色页岩沉积时的含盐度 35%—40%,沉积物中有机碳 0.4%—6.69%,局部高达 12%以上,并有大量细粒状、草莓状黄铁矿分布,表明这套泥(微)晶白云岩是在一个含盐度较高,有机质丰富的古大陆边缘沉积而形成,属深海底原地形成的准同生白云岩^[3]。其形成可能与盆地富含有机质沉积物埋藏初期所经历的硫酸盐还原带有关* 在这个带内厌氧细菌活跃并大量分解硫酸盐,碱性迅速增高并产生可溶重碳酸盐,随着部分 CaCO_3 的直接沉淀而消耗了孔隙水中的溶解钙,从而使 Mg/Ca 比值增高产生白云石化(图2)。

2. 斜坡带微-粉(细)晶白云岩

白云石化作用主要沿泥质条带灰岩富含粘土质部分或泥质灰岩薄层选择交代,有的出现在缝合线和裂缝中,呈层状或似层状分布,以微-粉(细、中)晶白云岩为主(图版 I-6)。电子探针测试,该白云岩 Sr 含量 338×10^{-6} — 4312×10^{-6} , Fe 467×10^{-6} — 8944×10^{-6} , Mn 77×10^{-6} — 1316×10^{-6} , 阴极发光亮度较低,一般发暗红色光,少数见有环带。 $\delta^{13}\text{C}$ 值大多数为 -1.64% — -0.97% (PDB), 除个别外,一般处于低正值至低负值之间;而 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 -7.75% 至 -15.63% , 表现为较高负值(表2)。说明该类白云岩是在埋藏环境下,有机质已大量分解,有机碳影响减小,为深埋压实白云石化的结果,富镁压实水是导致这类白云石化作用的主要因素。它的产生与泥质条带灰岩和泥质岩层间的空间共生关系是密切相关的。

3. 鞍状白云石

鞍状白云石亦称扭曲白云石,是一个比较特殊的白云石类型(图版 I-7),主要分布于上寒武统团山组碎屑流砾屑灰岩晶洞和裂缝中。鞍状白云石呈浅黄褐色,透明度低,半自形至不规则他形晶,晶面、解理弯曲,波状消光,晶粒粗,晶径 0.5—1 mm,最大达 2.5 mm,其中白云石晶间孔、晶间溶孔、溶缝发育,孔隙裂缝中为黑色沥青充填。在阴极发光下,该白云石为黑褐色或不发光,电子探针测试,白云石 Fe 含量高达 16178×10^{-6} (表1)为铁白云石,表明是在深埋压实和封闭条件下所形成。铁、镁来自周围泥质岩和地下深埋压实的富镁卤水。

(二) 溶蚀作用

1. 层状硅质岩的深埋溶蚀作用

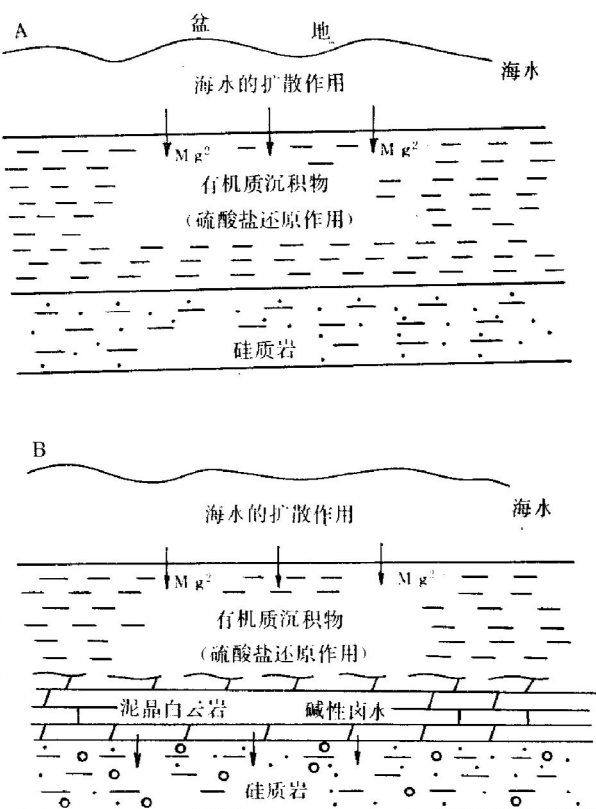


图2 盆地相准同生白云岩形成模式

* Baker P A, Burns S J. 大陆边缘富含有机质沉积物中白云石的分布和形成过程. 何成效译. 长庆油田研究院, 石油科技情报, 1988, (1)

荷塘组盆地相黑色层状硅质岩中溶蚀作用普遍发育,大量的硅质被溶解并产生溶孔溶缝,使岩石呈蜂窝状、海绵状,视孔隙度高达25%—40%。溶孔细小,一般在0.01—0.15 mm,顺层定向排列,密集分布。溶孔溶缝中为黑色沥青和有机质充填(图版I-1, 2, 3)。

硅质岩在深埋藏环境下,随着温度、压力的增高,硅质的溶解度亦随之增大*。同时,更主要的是,它的溶蚀与生油岩卤水密切相关。根据Bennett和Siegcl^[4]的研究认为:“有机酸可以和地下水中的溶解 SiO_2 络合,从而加速石英和铝硅酸盐矿物在近中性pH值条件下的溶解过程。”这表明硅质岩在深埋阶段,伴随生油岩有机质的成熟演化和石油生成,大量富含有机酸的生油卤水对 SiO_2 的络合、活化和搬运 SiO_2 ,是促使硅质岩和硅质泥页岩大量溶解的重要因素,尽管这种溶解作用是在近中性pH值或较低pH值条件下进行。

2. 碳酸盐岩的埋藏溶蚀作用

在深埋藏成岩环境中,生油岩中有机质演化和脱羧基作用所产生的酸性水溶液,是造成碳酸盐岩矿物强烈溶蚀和次生溶孔发育的主要因素。这种溶蚀作用往往沿晶间孔、缝和解理裂缝进行,从而形成大量晶间、晶内溶孔溶缝,粒间、粒内胶结物溶孔,微晶基质溶孔,裂缝溶孔和缝合线溶孔等(图版I-2, 5, 9)。由于有机质分解有机酸和 CO_2 高峰期正好是脱羧基阶段和生油阶段,因此,这类溶孔形成的时间与生油接近或基本同步为油前孔隙。本区盆地-斜坡相区碎屑流砾屑灰岩、浊积岩和微粉晶白云岩及灰岩中这类溶孔普遍发育,孔隙度达5%—15%,局部可达25%,孔隙中为沥青充填。

(三) 压实-压溶作用和差异压实作用

压实-压溶作用是一种最常见的成岩作用,地层中大量发育的微裂缝和缝合线是这一叠加作用的直接标志。特别是早寒武世盆地边缘相和深水斜坡带的巨厚细粒沉积,为该作用的发育提供了良好的条件

条带状泥质灰岩较颗粒灰岩容易压实,并以水平状或交织状泥质层纹和微裂缝为特征。石台丁香早寒武世泥岩中密集发育的水平状微裂缝,就是该作用的直接反映(图版I-6)。

压实和差异压实作用在斜坡带泥质条带灰岩中表现十分明显,这种由薄层状泥晶灰岩与泥页岩或富粘土质的泥灰岩互层组合的韵律性条带灰岩刚柔相间,为这类作用的发育提供了条件。由于这两种物质在压实作用过程中所表现出来的差异,促使薄层灰岩张裂、溶蚀、变形和位移,并形成大量网状微裂缝和缝合线。这类微裂缝和缝合线一般不成组系分布,无一定方向,大小不一,时而膨胀,时而收缩或很快尖灭,并且裂缝宽度变化很大。而柔性的泥质物在压实条件下,可以由高压部位向两侧低压部位流动并充填周围的裂缝和缝合线,即形成网纹状、透镜状、团块状、疙瘩状及“石香肠”状等多种变形构造形态并组成相应的各种变形条带灰岩(图版I-7, I-3)。

压溶作用为深埋环境下的主要成岩作用,缝合线是压溶作用在岩石中留下的直观效应之一,并随着埋深加大而不断增强,具体表现在缝合线类型、振幅和开放程度上。本区斜坡带缝合线以微小型为主,部分为大、中型。形态上有波状、缝合状、柱状、锯齿状等。产状上有水平、倾斜和网状连接之分。以上缝合线及其微裂缝的大量发育,在一定程度上改善了岩石的孔渗性能(图版I-4)。

根据本区寒武纪盆地-斜坡相碳酸盐岩成岩作用特征,可以明显地识别出四种成岩环

* Wood J R. 储层的成岩作用与流体的循环对流. 四川石油普查, 1987, (3)

境,即海底成岩环境、浅埋藏成岩环境、深埋藏成岩环境以及由于后期构造抬升而形成的表生成岩环境。与其相对应,成岩史则是从海底同生成岩阶段开始—浅埋藏的早、中期成岩—深埋藏的晚期成岩—表生成岩等阶段。在成岩环境上,盆地-斜坡相沉积物虽然都由海底直接进入埋藏环境,但却存在着明显的差异,尤其表现在成岩作用类型和强度上(图3,4)。

三、有利储层类型

(一)盆地边缘相和下部斜坡带储层类型

1. 硅质岩储层 为本区重要的储层类型,主要储集空间为硅质岩溶孔、溶缝,以及大量微裂缝和微裂缝,孔缝连通,有效孔隙度达25%以上,部分可达40%,使岩石呈蜂窝状、海绵状。溶孔通常细小,一般为0.03—0.15 mm,少数达0.5 mm,顺层排列,定向分布,

孔缝中为黑色碳沥青和有机质充填(图版I-1,2,3,4),为本区最有利的油气储集岩。属裂缝-孔隙型储层,分布于荷塘组中上部。

2. 泥-微晶白云岩和微-粉晶灰岩储层 分布于荷塘组和大陈岭组,主要储集空间为埋藏有机溶蚀作用形成的溶孔、溶缝,其中包括微晶白云岩针孔状晶间孔,晶间、晶内溶孔及粉晶灰岩中晶间、晶内溶孔、溶缝、缝合线。约为0.01—0.15 mm,同时并伴生有微裂缝、缝合线。孔隙度达10%—15%,局部高达25%以上,孔缝中为沥青充填,属裂缝-溶孔型储层(图版I-5; I-5)。

3. 泥岩裂缝储层 主要储集空间为泥岩裂缝,呈水平状顺层密集分布,微裂缝通常细小,缝宽一般0.01—0.15 mm,长0.05—0.1 mm,连通性好,缝隙率达30%—40%,裂缝中为黑色碳沥青和有机质充填。泥岩裂缝的发育不仅为油气运移提供了通道,而且是重要的储集空间,形成了下寒武统较特殊的泥岩裂缝型储层。主要分布于荷塘组上部的黑色泥(页)岩中(图版I-6)。

4. 微晶泥质灰(白云)岩微裂缝-缝合线储层 该储层主要分布于中、下寒武统大陈岭组和大陈岭组上部,主要储集空间为微晶泥质灰(白云)岩中发育的微裂缝-缝合线,缝宽一般0.01—0.15 mm,长0.05—0.1 mm,连通性好,缝隙率达30%—40%,缝中为黑色碳沥青和有机质充填。属裂缝-缝合线型储层,主要分布于大陈岭组中上部。

成 岩 史				
成岩作用	海底成岩环境	埋藏成岩环境		表生成岩环境
		浅埋藏	深埋藏	
硅化作用				
硫酸盐还原作用				
准同生白云化作用				
压实溶蚀作用				
差异压实作用				
粘土矿物转化作用				
埋藏有机溶蚀作用				
表生岩溶作用				
新生变形及重结晶作用				
有机质演化和生烃作用				
孔隙裂缝特征	泥岩微孔	泥岩微孔、微裂缝	硅质岩溶孔、溶缝、白云石化晶间孔、埋藏有机溶孔、晶内晶间溶孔、泥岩裂缝、微裂缝、压溶缝、构造缝	类次生溶孔、溶缝并被淡水方解石胶结充填
沥青产状			1. 溶孔溶缝沥青 2. 晶间孔、晶间溶孔沥青 3. 泥岩裂缝沥青 4. 微裂缝、层间缝压溶缝沥青 5. 微裂缝、构造缝沥青	
时 间	同生成岩	早—中期成岩	晚期成岩	表生成岩

图3 早寒武世盆地相碳酸盐岩成岩史及孔隙特征

成 岩 史				
成岩作用	成岩环境	埋藏成岩环境		表生 成岩环境
		浅埋藏	深埋藏	
胶结作用		---	---	
压实、压溶作用		---	---	
差异压实作用		---	---	
白云石化作用	埋藏压实流粉、 细晶白云石 鞍状白云石	---	---	
埋藏有机溶蚀作用		---	---	
表生岩溶作用				---
新生变形和重结晶作用		---	---	
有机质演化和成烃作用				
孔隙、裂缝特征	粒间孔、 体腔孔、 遮蔽孔、 微孔	微孔、残余粒 间、粒内孔、遮 蔽孔、微裂缝	残余粒间、粒内孔、遮 蔽孔、白云石化晶间 孔、晶内晶间溶孔、 埋藏有机溶孔、溶缝、 微裂缝、破裂缝、层 间缝、压溶缝	各类次生溶孔 溶缝并被淡水 方解石胶结充 填
沥青产状			1. 白云石化晶间孔、 晶内晶间溶孔沥青 2. 各类溶孔溶缝沥青 3. 残余粒间、粒内孔、 遮蔽孔沥青 4. 微裂缝、层间缝破 裂缝、压溶缝沥青	
时 间	同生成岩	早—中期成岩	晚期成岩	表生成岩

图4 寒武纪斜坡碳酸盐岩成岩史及孔隙特征

晶间孔、晶间晶内溶孔、粒间粒内溶孔、重结晶方解石晶间晶内溶孔、微晶基质溶孔、缝合线溶孔和溶缝普遍发育。其间并伴生有大量缝合线和微裂缝、粒间裂缝、破裂缝等，孔缝连通性好并为沥青充填，孔隙度达5%—15%，局部可达25%，属裂缝-孔隙型储层（图版I-8；I-1，2，7，9）。

2. 透镜状、疙瘩状和瘤状变形条带灰（白云）岩储层 该储层分布于上寒武统青坑组，为条带状灰岩经差异压实作用和压溶作用而形成。由于差异压实作用，使刚柔相间的韵律性薄层泥质条带灰岩产生破裂、溶蚀和断离，从而形成大量微裂缝和缝合线，使刚性的薄层灰岩形成具透镜状、疙瘩状和瘤状的变形条带灰岩。这类裂缝无一定方向，大小不一，时而膨胀，时而收缩或很快尖灭，并且裂缝宽度变化很大，呈网状密集交织分布。同时，由于地下埋藏有机溶蚀作用容易沿微裂缝、缝合线进行并形成次生溶孔溶缝，使孔缝得到进一步的发育，这些孔缝均为沥青所充填，孔缝率达5%—10%，局部可高达20%。形成了本区斜坡另一个颇具特色的溶孔-微裂缝-缝合线型储集层（图版I-3，4）。

四、有机质演化史

荷塘组黑色硅质泥页岩含有大量的菌藻类生物^[2,5]，电镜观察，有机质干酪根以无定形体

状，密集分布，交织共生。这些微裂缝和缝合线大都集中于泥质岩薄层结合面处，也集中于瘤状、团块状、结核状等变形条带灰岩的瘤体、团块、结核之间或边缘处，形成网状裂缝系统。裂缝中为沥青和有机质充填，缝隙率达5%—10%，这表明它们不仅是油气运移的良好通道，而且是一个十分有利的油气储集空间和层位。

（二）中、上部斜坡带储层类型

1. 碎屑流砾屑灰岩储层

本区中、上寒武统斜坡重力流活动普遍发育，由重力流沉积形成的竹叶状、板条状砾屑灰岩呈席状、透镜状及似层状分布，为斜坡带最重要的储层类型。碎屑流沉积物由于良好的颗粒支撑效应，虽经压实、胶结，但仍有一定数量的残余原生孔隙被保存下来，这些孔隙包括残余粒间孔、粒内孔、遮蔽孔、体腔孔等。同时还由于白云石化和埋藏有机溶蚀作用的发育，致使白云石化

留世时埋深达 5000—6000 m 以上，有机质处于热裂解阶段。晚志留世末，加里东运动使本区有较大幅度的抬升。至三叠纪埋深 7000 m 以上，石油热裂解和热催化作用加剧，演变为以甲烷为主的天然气和碳沥青，液态烃已大部消失。印支—燕山期，本区发生了强烈的构造运动和岩浆活动，褶皱、断裂、抬升相继进行。至此，终因大部地区抬升地表，古油藏遭到严重破坏。

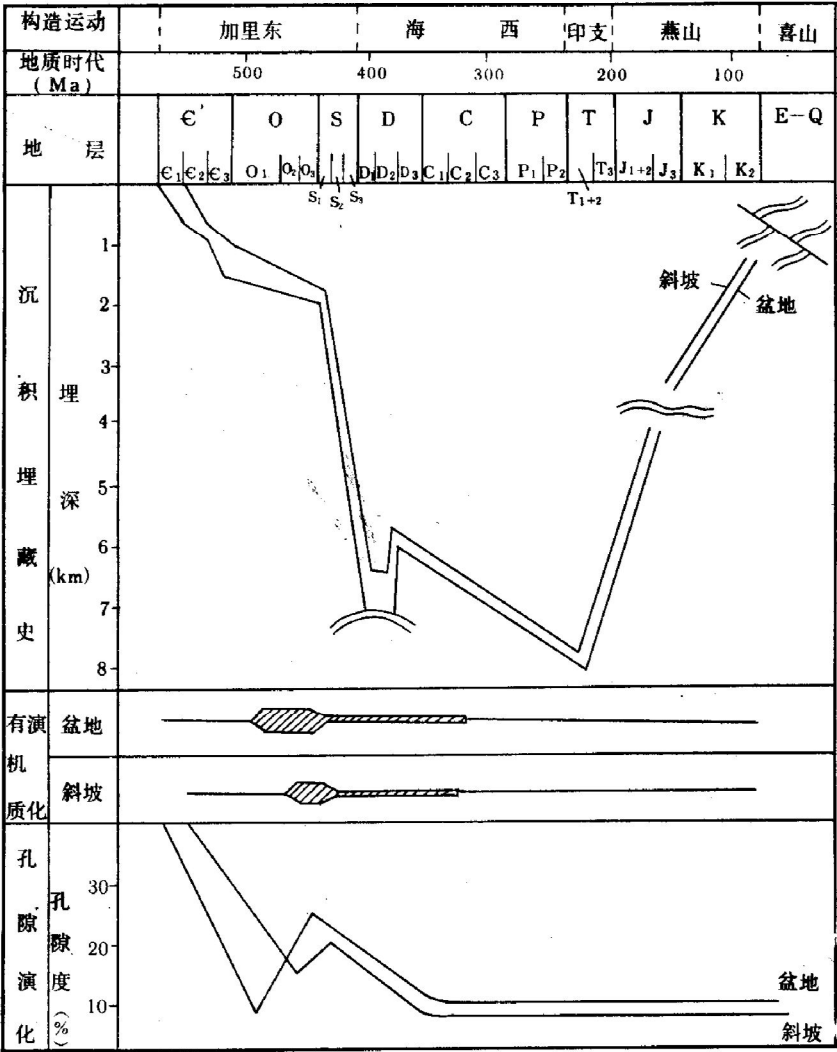


图 5 浙西-皖南地区寒武纪盆地-斜坡相三史组合图

斜坡相区生油岩以长兴-广德、石台-泾县为例，根据 TTI 计算，这套生油岩开始生油的时间大致在晚奥陶世中期—早志留世早期，门限深度为 1500—2400 m，温度为 85—121℃。晚奥陶世晚期—早志留世中期达到生油高峰，埋深达 2100—3100 m。至中—晚志留世，生油岩

埋深达 4000—6000 m, 温度高达 180—240℃, 生油岩逐渐进入过成熟阶段, 热裂解加剧, 印支—燕山运动期间, 由于褶皱、断裂、抬升和岩浆活动的相继进行, 油气藏被严重破坏。

综上所述, 本区下寒武统盆地边缘相和深水斜坡, 既是有利的生油层而同时又是有利的储集层, 是形成自生自储古油藏的有利层位。特别是硅质岩、硅质泥页岩既是主力油源岩, 又为有利的储集层, 同时致密的泥页岩、泥质白云岩等又能遮挡油气, 可作局部盖层, 荷塘组之上又有巨厚的中、上寒武统、中、上奥陶统泥质岩、条带泥质灰岩及志留系泥岩, 构成良好的区域性盖层, 可形成地层圈闭和岩性圈闭, 成为寻找油气的直接目的层。世界上许多地区都发现了这类硅质岩油气藏, 如苏联萨哈林俄日鲁日油田彼令格斯基层的硅质岩每昼夜可获 140 t 石油; 美国加利福尼亚中新世芒蒂里组硅质岩中, 亦获得了有意义的石油和天然气。

斜坡带的碎屑流砾屑灰岩、浊积岩沉积体是一套理想的油气储集层。同时, 由于原地沉积的黑色泥质岩、泥质灰岩为有利生油岩, 以及碎屑流砾屑灰岩本身富含大量的有机质而具备了生油条件。因此, 它也是一个生储油岩兼备的储集体, 有自生自储油气的条件。碎屑流砾屑灰岩、浊积岩储层体夹在不渗透的条带状泥质灰岩和泥页岩之中, 并以泥页岩、条带状泥质灰岩作局部性盖层, 上部又有巨厚的中、上奥陶统泥灰岩和下志留统泥岩作有效的区域性盖层, 即可构成多套生储盖组合, 并形成具独立压力系统的地层圈闭和岩性圈闭, 形成斜坡带油气藏和勘探的新领域。

结 语

(1) 本区荷塘组盆地相层状泥(微)晶白云岩的产生, 与古大陆边缘富有机质沉积物早期所经历的硫酸盐还原带有关, 硫酸盐还原带产生的强碱性水介质是准同生白云石化的主要成因, 属深海准同生白云岩。

(2) 荷塘组盆地相层状硅质岩溶孔发育, 其成因为深埋阶段随着温度压力的增高, 硅质溶解度迅速增大, 在有机质成熟演化排出的富含高浓度有机酸溶液, 对二氧化硅的络合、活化的影响下, 溶解产生的次生孔隙。

(3) 下寒武统盆地相和斜坡相构成有利的油气聚集区, 以裂缝-孔隙型硅质岩、微晶灰(白云)岩, 裂缝型泥岩及微裂缝-缝合线型泥质灰岩和席状、透镜状碎屑流砾屑灰岩、浊积岩为最有利的储集层。

本文承蒙范嘉松、朱国华、贺自爱等专家教授审阅指导, 贺自爱教授级高工并热情提出宝贵意见, 特致谢意。

参 考 文 献

- 1 张爱云等. 海相黑色页岩建造地球化学与成矿意义. 北京: 科学出版社, 1987: 34—62
- 2 邱蕴玉等. 扬子准地台南缘下古生界生油岩无定型干酪根中有机质超微化石的发现及其石油地质意义. 石油实验地质, 1986, 8 (4): 362—364
- 3 陈学时. 皖南寒武-奥陶系白云岩类型及成因探讨. 石油勘探与开发, 1992, 19 (1): 13—22
- 4 Bennett P. 等. 有机化合物的络合作用使石英在水中的溶解度增加. 见: 梅博文编. 储层地球化学. 西安: 西北大学出版社, 1987, 145—150
- 5 辛建荣. 缺氧环境类型及生物相特征. 地质科技情报, 1989, (1): 34—39

DIAGENESIS AND RESERVOIR TYPES OF SLOPE-BASIN SEDIMENTS IN CAMBRIAN OF LOWER YANGTSE REGION

Chen Xueshi Zhou Jingao

(Hangzhou Institute of Petroleum Geology)

Abstract

Dolomitization, burial dissolution and differential compaction in Cambrian of Lower Yangtse Region are important diagenesis in forming such favourable reservoir rocks as fracture-porous siliceous rocks, micrite (microcrystal dolomite), fissured mudstone, fissure-sutured argillaceous limestone, calcirudite and turbidite, which then constitute slope reservoir zones in the region.

图版 I 说明

1. 硅质岩溶孔, 呈蜂窝状、海绵状密集发育, 溶孔中为沥青和有机质充填。石台丁香, 荷塘组, 单偏光, $\times 100$
- 2—3. 硅质岩溶孔中充填的沥青和沥青脉。石台丁香, 荷塘组, 单偏光, $\times 63$
4. 硅质岩中的破裂缝, 裂缝中为沥青充填。石台丁香, 荷塘组, 单偏光, $\times 63$
5. 微晶白云岩, 其中针状晶间孔和晶间溶孔发育并为沥青充填。石台丁香, 荷塘组, 单偏光, $\times 100$
6. 泥岩裂缝, 呈水平状密集分布, 顺层排列, 为黑色沥青充填。石台丁香, 荷塘组, 单偏光, $\times 63$
7. 透镜状变形条带泥质灰岩。泾县北贡白洋湖-唐村剖面, 青坑组
8. 碎屑流砾屑灰岩, 呈似层状于条带状泥质灰岩中。竹叶状、板条状砾屑排列杂乱无序, 底部有明显的截切面, 接触不平整, 顶面平坦。临安樟村剖面, 西阳山组

图版 I 说明

1. 碎屑流砾屑灰岩, 块状构造, 砾屑呈板条状、竹叶状, 排列杂乱无序, 随机分布, 基质支撑。泾县北贡白洋湖-唐村剖面, 团山组
2. 碎屑流砾屑灰岩中的鲕状灰岩砾石、其中埋藏有机溶孔发育, 溶孔中为沥青充填。泾县北贡, ϵ_3t , 单偏光, $\times 25$
3. 瘤状、疙瘩状变形条带泥质灰岩, 由差异压实作用形成。泾县北贡白洋湖-唐村剖面, C_3t
4. 微裂缝-缝合线, 呈网状交织分布, 并伴生缝合线溶孔, 溶孔中为大量沥青充填。由差异压实作用而形成, 分布在疙瘩状、瘤状变形条带泥质灰岩中。泾县北贡, ϵ_3t , 单偏光, $\times 25$
5. 微晶灰岩中的埋藏有机溶孔, 孔隙为沥青充填。休宁兰田, ϵ_1h , 单偏光, $\times 63$
6. 粉晶泥质白云岩。石台丁香, ϵ_3t , 单偏光, $\times 25$
7. 鞍状白云石, 分布于砾屑灰岩晶洞中。白云石粗大, 晶形不规则, 晶面解理弯曲, 波状消光。白云石边缘见缝合线溶孔并为沥青充填。泾县北贡, ϵ_3t , 单偏光, $\times 25$
8. 浊积岩, 具正粒序结构。泾县北贡, ϵ_3t , 单偏光, $\times 25$
9. 细晶白云岩中的晶间溶孔溶缝, 孔缝为沥青充填, 由深埋有机溶蚀作用而形成。泾县北贡, ϵ_3t , 单偏光, $\times 25$