

# 鲁西南莱芜地区 下古生界碳酸盐岩储集性能初步探讨

周超然 邵俊林

(地质矿产部华北石油地质局)

笔者对莱芜地区下古生界碳酸盐岩作了岩石薄片鉴定、铸体薄片观察、压汞法孔隙结构分析、煤油饱和法孔隙度测定及气体渗透率测定。根据这些分析资料,对下古生界碳酸盐岩的储集性能进行了探讨,现简述如下。

莱芜剖面下古生界碳酸盐岩储集空间类型及特征表 表1

空间类型		孔径 (mm)	岩性	层位	特征	
孔 隙 型	次 生 孔	溶孔	0.1-2	结晶泥质灰岩 细晶云岩	$\epsilon, O$	连通性较好
		晶间孔	0.02-0.2	白云岩、云灰岩	$\epsilon_1x, \epsilon_3f$ $O_1y, O_1l$	孔隙大小受晶体大小及排列方式控制
	晶间溶孔	0.03-0.4	粉-细晶白云岩	$\epsilon_3f$ $O_1y, O_1l$	晶间孔溶蚀扩大	
	晶内溶孔	0.06±	细晶白云岩	$O_1y$ $O_1l$	发育在白云石晶体中	
	粒间溶孔	0.1-1	生物灰岩 鲕粒灰岩	$\epsilon_2z$ $O_2s_2$	溶孔沿生物碎屑或鲕粒边缘分布	
	粒内溶孔	0.06-0.1	砂屑灰岩	$O_2f_2$	鲕粒、砂屑、生屑选择性溶解	
	白云石铸模孔	0.04-0.05	泥晶灰岩 次生粉晶灰岩	$O_2s_2$	由菱形白云石晶体全部溶解而成	
裂 隙 型	裂 隙	构造裂隙	0.01-0.03	细晶云岩、泥晶灰岩、鲕粒灰岩	$O$	沿晶体边缘延伸,呈X型或雁行排列
		层间裂隙	0.02	泥晶灰岩 纹层状灰云岩	$\epsilon_1m$ $O_2f$	受后期溶蚀被方解石泥质充填
	成岩裂隙	0.01	泥晶生屑灰岩 泥晶砂屑灰岩	$\epsilon_2z$	沿颗粒边缘延伸,无一定方向	
	溶解缝	0.02-0.06	叠层石灰云岩 微层状泥灰岩	$\epsilon_2z, \epsilon_1c$ $\epsilon_3f, O_2x$	缝壁不平形状弯曲	
	隙 型	晶间缝及解理缝		细-中晶白云岩	$\epsilon_3f$	相互连通或网格状
		缝合线		泥晶灰岩、泥晶砂屑灰岩、细晶云岩	$O_1y, O_2x_2$ $O_2s_2$	围绕晶体边缘呈锯齿状

## 一、储集空间类型及特征

通过铸体薄片的镜下观察，寒武系的储集空间类型以次生孔隙为主。奥陶系以构造裂隙为主，原生孔隙不发育。其主要空间类型见表1。

## 二、剖面储集性简述

**辛集组 ( $\epsilon_1x$ )**：中部第13层（剖面层号下同），为微晶球粒泥质云岩和粉—细晶白云岩，发育有溶蚀孔隙、晶间孔隙和构造裂隙。在微晶球粒泥质云岩中，溶蚀孔隙大部未充填，成层密集带状分布，连通较好，铸体面孔率为0.33%，孔隙度21.95%，渗透率3.27毫达西，主要孔喉半径0.04—0.4微米；粉—细晶白云岩中，晶间孔隙大部为硅质和方解石及泥质充填，未被充填部分，经铸体薄片鉴定（图版Ⅲ—1），铸体面孔率为0.19%，孔隙度5.27%，渗透率小于0.1毫达西。

**馒头组 ( $\epsilon_1m$ )**：中部第28层为次生粉晶含泥灰岩。由于去白云石化和溶蚀作用，溶蚀孔隙和白云石菱形铸模孔较为发育（图版Ⅲ—3）。溶蚀孔隙大部未充填，连通较好，铸体面孔率约2.14%，孔隙度28.14%，渗透率19.22毫达西，主要孔喉半径0.4—4微米，为较好储集层段。下部第22层纹层状灰云岩中，发育有层间裂隙和构造裂隙。裂隙密度188条/米，裂隙孔隙率0.09%，裂隙渗透率10.14毫达西。孔隙度1.68%，渗透率小于0.1毫达西（图版Ⅲ—2）。

**张夏组 ( $\epsilon_2z$ )**：本组为泥晶鲕粒灰岩和生物灰岩，粒间孔隙均为泥晶方解石和亮晶方解石充填，孔隙不发育。下部第56层鲕粒灰岩中见有少量粒间溶孔（图版Ⅲ—4），铸体面孔率0.35%，孔隙度0.81%，渗透率小于0.1毫达西，主要孔喉半径0.04~2.5微米。中部第64层生物灰岩和上部第71层藻灰岩中，发育有成岩裂隙和构造裂隙，大部为泥质充填，少数半充填。其物性参数：第64层孔隙度1.00%，渗透率0.17毫达西，裂隙密度62条/米，裂隙孔隙率0.05%，裂隙渗透率4.75毫达西；第71层孔隙度1.26%，渗透率小于0.1毫达西，裂隙密度32条/米，裂隙孔隙率0.02%，裂隙渗透率0.61毫达西。

**长山组 ( $\epsilon_3c$ )**：底部第94层生物灰岩中，晶间孔、晶间溶孔、生物介屑内溶孔及溶解缝发育（图版Ⅲ—5），为溶蚀孔隙型储集层，铸体面孔率0.21%，孔隙度3.96%，渗透率33.23毫达西，最大孔喉半径0.63~10微米。中部和上部孔隙不发育。

**凤山组 ( $\epsilon_3f$ )**：本组底部和下部孔隙不发育。中上部第127、128、129层细~中晶白云岩中，晶间孔、晶间溶孔、溶解缝发育（图版Ⅲ—6），连通性较好，其铸体面孔率0.03~0.43%，孔隙度1.63~6.1%，渗透率0.34~4.05毫达西，最大孔喉半径0.4~4微米。上部构造缝和缝合线发育，但均为方解石全充填或泥质、铁质半充填，孔隙不发育。

**冶里组 ( $O_1y$ )**：上部第2层细晶白云岩中，构造裂隙和缝合线发育（图版Ⅳ—1），大部分为方解石和泥、铁质充填，少部分未充填和半充填。白云石晶间见有少量晶间孔和晶间溶孔，分布不均匀，连通性不好，铸体面孔率0.14%，孔隙度2.28%，渗透率小

于0.1毫达西, 裂隙密度112条/米, 裂隙孔隙率0.12%, 裂隙渗透率81.57毫达西, 最大孔喉半径0.04~1微米。

亮甲山组( $O_1$ )：本组细晶白云岩微裂隙发育(主要是构造张性裂隙), 但均为方解石及泥质、铁质充填, 沿裂隙发育有溶孔, 大部也为硅质及方解石充填或半充填。铸体面孔率0.06%, 孔隙度8.95%, 渗透率小于0.1毫达西, 最大孔喉半径0.4~2.5微米。

下马家沟组一段( $O_2x^1$ )：底部第4层和顶部第11层粉晶灰岩和细晶灰岩, 由于淋滤溶蚀作用, 溶孔和溶解缝发育(图版Ⅳ—2、3)。溶解缝纵横交错成网格状, 方解石充填。溶孔顺层分布, 连通性较好, 大部未充填或半充填。其物性参数: 第4层铸体面孔率0.97%, 孔隙度10.88%, 渗透率小于0.1毫达西, 最大孔喉半径0.04~0.25微米; 第11层铸体面孔率0.62%, 孔隙度5.54%, 渗透率小于0.1毫达西。中部第7层泥晶灰岩, 构造裂隙发育, 但均为方解石充填, 孔隙不发育。

下马家沟组二段( $O_2x^2$ )：本段岩性以泥晶灰岩为主, 构造裂隙和缝合线发育, 均为方解石和泥、铁质充填。下部第12层和上部第38层泥晶灰岩方解石脉中见有少量溶孔。第12层铸体面孔率为0.01%, 孔隙度0.28%, 渗透率小于0.1毫达西; 第38层铸体面孔率0.03%, 孔隙度2.52%, 渗透率小于0.1毫达西, 本层泥晶灰岩中还见有未充填的溶解缝, 其裂隙密度125条/米, 裂隙孔隙率0.1%, 裂隙渗透率33.8毫达西。中部第36层泥晶灰岩中, 见有缝合线半充填, 裂隙密度65条/米, 裂隙孔隙率0.03%, 裂隙渗透率0.51毫达西, 孔隙度1.93%, 渗透率0.92毫达西。

上马家沟组一段( $O_2s^1$ )：本段构造裂隙发育、方解石全充填。其它孔隙不发育。

上马家沟组二段( $O_2s^2$ )：下部第66层, 中下部第77层和中部第89层泥晶灰岩和泥晶砂屑灰岩中, 缝合线、层间裂隙和成岩裂隙发育, 泥铁质充填或半充填, 沿裂隙见有白云石菱面体铸模孔(图版Ⅳ—4)。其各项物性参数: 第66层铸体面孔率0.06%, 孔隙度0.72%, 渗透率小于0.1毫达西; 第89层铸体面孔率0.02%, 孔隙度1.08%, 渗透率小于0.1毫达西, 裂隙密度25条/米, 裂隙孔隙率0.02%, 裂隙渗透率6.76毫达西; 上部第100层豹斑亮晶砂屑灰岩中溶孔发育(图版Ⅳ—5), 成层分布, 相互连通, 构造裂隙也较发育(方解石充填), 其铸体面孔率0.25%, 孔隙度2.8%, 渗透率小于0.1毫达西, 最大孔喉半径0.04~0.16微米。

峰峰组一段( $O_2f^1$ )：本段岩性以粉晶白云岩为主。白云石晶间孔隙和晶间溶孔均为方解石、泥质、铁质充填。构造裂隙和层间裂隙也较发育, 方解石、铁质全充填。未见有铸体能注入的敞开孔隙。

峰峰组二段( $O_2f^2$ )：本段底部和顶部以溶蚀型孔隙为主, 中部和上部以裂隙型为主。在底部(第136层)层纹石白云岩和顶部(第154层)泥晶砂屑含云灰岩中, 发育有白云石晶间孔、晶间溶孔和粒内溶孔(图版Ⅳ—6)。溶孔成层分布, 连通较好, 其物性参数: 第136层铸体面孔率0.06%, 孔隙度4.05%, 渗透率小于0.1毫达西; 第154层铸体面孔率0.65%, 孔隙度2.90%, 渗透率小于0.1毫达西, 最大孔喉半径0.04~0.16微米。中部第146层亮晶球粒灰岩和上部第149层泥晶灰岩中构造裂隙及层间裂隙发育, (大部为方解石充填, 少部分泥质半充填。物性参数: 第146层铸体面孔率0.02%, 孔隙度0.02%, 渗透率0.02毫达西, 裂隙密度1.0条/米, 裂隙孔隙率0.02%, 裂隙渗透率0.02毫达西, 最大孔喉半径0.04~0.16微米。

度1.38%, 渗透率小于0.1毫达西, 裂隙密度27条/米, 裂隙孔隙率0.02%, 裂隙渗透率7.93毫达西; 第149层孔隙度1.8%, 渗透率0.19毫达西, 裂隙密度240条/米, 裂隙孔隙率0.09%, 裂隙渗透率7.61毫达西。

### 三、有利储集层段的选定

根据铸体薄片镜下观察和统计结果, 结合部分压汞法孔隙结构资料和孔、渗资料, 将本剖面有利储集层段的资料列于表2(表中铸体薄片资料是在150kg/cm<sup>2</sup>压力下注入铸体后获得的)。其中, 铸体面孔率(M铸)是指注入未充填孔、缝、洞的铸体面积所占薄片面积(S)的百分比。裂隙密度( $T = A \times \frac{L}{S} \times 100$ 条/米)、裂隙孔隙率( $MT = B \times \frac{b \times L}{S} \times 100\%$ )和裂隙渗透率( $KT = C \times b^2 \times MT \times 10^3 MD$ )是根据铸体注入未充填裂隙的平均宽度(b)和长度(L)按公式计算出来的(校正系数A=1.57, B=0.637, C=8.45×10<sup>6</sup>)。根据国外资料和兄弟单位经验, 可将储集层分为三级。划分等级标准(未考虑地质资料)如下:

**I级(有效的储集层):** 压汞法主要孔喉半径为1.4—7.5微米, 孔隙度一般大于4.5%, 铸体面孔率为1.5—6%, 裂隙密度大于100条/米, 裂隙孔隙率大于0.5%, 裂隙渗透率大于50毫达西。

**II级(较有效的储集层):** 压汞法主要孔喉半径为1—1.4微米, 孔隙度一般为2.5—4.5%, 铸体面孔率0.5—1.5%, 裂隙密度为50—100条/米, 裂隙孔隙率0.1—0.5%, 裂隙渗透率25—50毫达西。

**III级(较差的储集层):** 压汞法主要孔喉半径一般小于1微米, 孔隙度一般也小于2.5%, 铸体面孔率小于0.5%, 裂隙密度小于50条/米, 裂隙孔隙率小于0.1%, 裂隙渗透率5—25毫达西。

从表2可知, I级有效的储集层有下寒武统馒头组第28层。II级较有效的储集层有下寒武统辛集组第13层, 中寒武统张夏组第56层, 上寒武统长山组第94层、凤山组第129层, 下奥陶统冶里组第2层、亮甲山组第3层, 中奥陶统下马家沟组一段第4、11层, 下马家沟组二段第38层。III级较差的储集层有下寒武统馒头组第22层, 中寒武统张夏组第64、71层, 上寒武统凤山组第107、127层, 中奥陶统下马家沟组二段第36层, 上马家沟组二段第66、89、100层, 峰峰组二段第136、146、149、154层。

### 四、几点认识

1. 铸体薄片镜下观察和其它物性资料表明, 莱芜剖面下古生界碳酸盐岩有利的储集层段约有20余层, 累计厚度150余米, 约占总厚10%左右。其中寒武系以溶蚀型储集层为主, 奥陶系以裂隙—溶蚀型储集层为主。

2. 莱芜剖面下古生界碳酸盐岩主要的储集空间类型有十二种, 即溶孔、晶间溶孔、

莱芜剖面下古生界碳酸盐岩有利储集层段资料表 表2

层位	储集类型	M <sub>煤油</sub> (%)	K (md)	M <sub>铸</sub> (%)	T (条/米)	MT (%)	KT (md)	r <sub>主</sub> (微米)	储集性能	
E <sub>1m</sub> (28层)	溶孔	28.14	19.22	2.14				0.4-4	I级有效储层	
E <sub>1x</sub> (13层)	溶孔	21.95	3.27	0.33				0.04-0.4		
E <sub>2z</sub> (56层)	粒间溶孔 溶解缝	0.81	<0.1	0.35	75	0.09	103.72	0.04-2.5		
E <sub>2c</sub> (94层)	晶间孔、溶 孔、溶解缝	3.96	33.23	0.21	216	0.18	60.84	0.63-10		
E <sub>3f</sub> (129层)	晶间孔 溶孔	6.10	4.05	0.43				0.4-4		
O <sub>1y</sub> (2层)	晶间孔 构造缝	2.28	<0.1	0.14	112	0.12	81.5	0.04-1		II级较差储层
O <sub>1l</sub> (3层)	晶间孔 溶孔	8.95	<0.1	0.06				0.4-2.5		
O <sub>2x1</sub> (4层)	溶孔	10.88	<0.1	0.97				0.04-0.25		
O <sub>2x1</sub> (11层)	溶孔	5.54	<0.1	0.62						
O <sub>2x2</sub> (38层)	溶解缝	2.52	<0.1		125	0.10	33.8			
E <sub>1m</sub> (22层)	层间裂隙	1.68	<0.1		188	0.09	10.14		III级较差储层	
E <sub>2z</sub> (64层)	成岩裂隙	1.0	0.17		62	0.05	4.75			
E <sub>2z</sub> (71层)	构造裂隙 溶孔	1.26	<0.1	0.02	32	0.02	0.61			
E <sub>3f</sub> (107层)	晶间孔	2.45	<0.1	0.05						
E <sub>3f</sub> (127层)	晶间孔 溶解缝	1.63	0.34	0.03	53	0.02	5.24			
O <sub>2x2</sub> (36层)	构造缝	1.93	0.92		65	0.03	0.51			
O <sub>2s2</sub> (66层)	白云石铸模孔	0.72	<0.1	0.06						
O <sub>2s2</sub> (89层)	构造裂隙	1.08	<0.1	0.02	25	0.02	6.76			
O <sub>2s2</sub> (100层)	溶孔	2.80	<0.1	0.25				0.04-0.16		
O <sub>2f2</sub> (136层)	晶间孔 晶间溶孔	4.05	<0.1	0.06						
O <sub>2f2</sub> (146层)	构造缝	1.38	<0.1	0.02	27	0.02	7.93			
O <sub>2f2</sub> (149层)	层间裂隙	1.80	0.19		240	0.09	7.61			
O <sub>2f2</sub> (154层)	溶孔	2.90	<0.1	0.65				0.04-0.16		

M<sub>煤油</sub>:表示煤油法孔隙度 K:表示气体渗透率 M<sub>铸</sub>:表示铸体面孔率 T:表示裂隙密度  
 MT:表示裂隙孔隙率 KT:表示裂隙渗透率 r<sub>主</sub>:表示主要孔喉半径

晶内溶孔、粒间溶孔、粒内溶孔、白云石铸模孔、晶间孔、构造裂隙、层间裂隙、成岩裂隙、溶解缝、缝合线等。其中以溶蚀孔隙、构造裂隙为主，前者多未充填，后者多被

充填。

3.溶蚀孔隙和裂隙的发育与古侵蚀面(或古风化带)有密切关系。在古侵蚀面附近,溶蚀孔隙和裂隙均较发育,常具有一个溶蚀孔、洞、缝发育的次生孔隙带。本剖面自下而上可划分出六个次生孔隙带。

第一次生孔隙带:由下寒武统辛集组中上部和馒头组中下部溶蚀型储层组成。岩性主要是白云岩、粉晶灰岩等。岩石中溶蚀孔隙发育,连通性较好。铸件面孔率分别为0.33%、2.14%,孔隙度21.95%、28.14%,渗透率为3.27毫达西、19.22毫达西,主要孔喉半径为0.04—0.4微米、0.4—4微米。

第二次生孔隙带:由中寒武统张夏组上部和上寒武统长山组下部溶蚀型储层组成。主要岩性是泥晶灌丛藻灰岩和亮晶含砂屑、生屑灰岩。岩石溶孔、溶解缝发育。铸体面孔率为0.02%、0.21%,孔隙度1.26%、3.96%,渗透率小于0.1毫达西、33.23毫达西,主要孔喉半径0.04—2.5微米、0.63—10微米。

第三次生孔隙带:由上寒武统凤山组上部孔隙—溶蚀型储层组成。岩性为细—中晶白云岩,岩石晶间孔、晶间溶孔发育,铸体面孔率为0.43%,孔隙度6.1%,渗透率4.05毫达西,主要孔喉半径0.4—4微米。

第四次生孔隙带:由下奥陶统亮甲山组顶部和中奥陶统下马家沟组一段底部裂隙—溶蚀型储层组成。主要岩性是细晶白云岩和粉晶含泥灰岩。晶间孔、溶孔、溶解缝发育,连通性较好。铸体面孔率分别为0.06%、0.97%,孔隙度为8.95%、10.88%,主要孔喉半径0.4—2.5微米、0.04—0.25微米。

第五次生孔隙带:由中奥陶统上马家沟组二段顶部裂隙—溶蚀型储层组成。岩性为亮晶砂屑灰岩,溶孔发育。铸体面孔率0.25%,孔隙度2.80%,主要孔喉半径0.04—0.16微米。

第六次生孔隙带:由中奥陶统峰峰组二段顶部裂隙—溶蚀型储层组成。岩性为亮晶砂屑含云灰岩。溶蚀孔隙以粒内溶孔为主。铸体面孔率为0.65%,孔隙度10.8%,主要孔喉半径为0.04—0.16微米。

以上六个次生孔隙带与古侵蚀面位置基本一致,其储集空间类型均以溶蚀孔隙和裂隙为主。溶蚀孔隙的发育受古侵蚀面的控制,其形成有以下几点规律:

1)溶蚀与岩石成分有关。溶蚀孔隙大多发育在灰岩之中。

2)溶蚀往往沿着裂隙、层理或缝合线进行,成带状或串珠状分布。说明溶蚀孔隙形成于构造裂隙之后。

3)溶蚀孔隙形状不规则,边缘较圆滑,孔径较大,在粒屑灰岩中既溶蚀胶结物(或基质),又溶蚀粒屑。说明溶蚀孔隙的形成期为后生或表生期。

在这六个次生孔隙中,只要具备能保存油气的圈闭以及有充足的油源,就可能形成较理想的次生油气藏。

4.本剖面各组段白云岩,除顶部由于风化淋滤形成部分溶蚀孔、缝、洞外,白云石化作用形成的晶间孔隙也具有一定的意义。据统计白云岩孔隙度一般有随白云石化强度而变化的规律。当白云石含量高于60%时,孔隙度随白云石含量增加而增加,在白云石含量达到70~80%时,平均孔隙度可达15%左右,当白云石含量再增加时,则孔隙度相

对变小(见图1)。

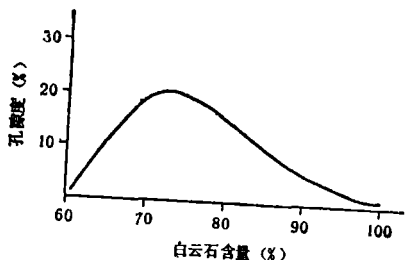


图1 白云石含量与孔隙度的关系图



图2 白云石结晶孔程度与面孔率的关系图

白云岩的孔隙发育与重结晶作用也有一定的关系。铸体面隙率随白云石晶粒的增大而增大(粉晶0.03%、细晶0.1%、中晶0.43%),见图2。

由于白云岩脆性比石灰岩大,因此,白云岩的裂缝相对较发育。所以白云石化作用往往引起储集性能的变化。

5.本剖面的储集层类型是以溶蚀孔、洞、缝为主要储集空间的裂隙-溶蚀型储集层。较有利的储集层段大多集中在六个次生孔隙带中。

(收稿日期:1984年2月30日)

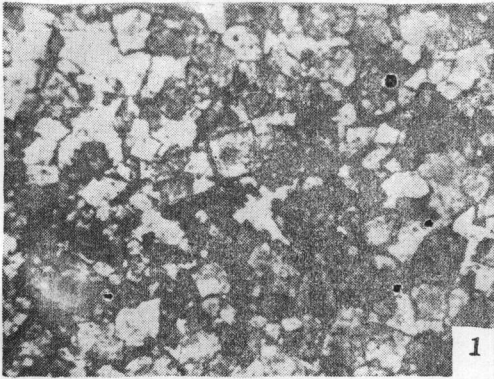
# THE BEHAVIOR OF LOWER PALEOZOIC CARBONATE RESERVOIR IN LAIWU AREA SOUTHWESTERN SHANDONG

Zhou Chaoran Shao Junlin

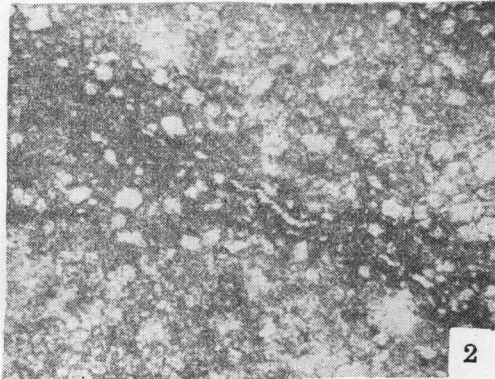
(North China Bureau of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

### Abstract

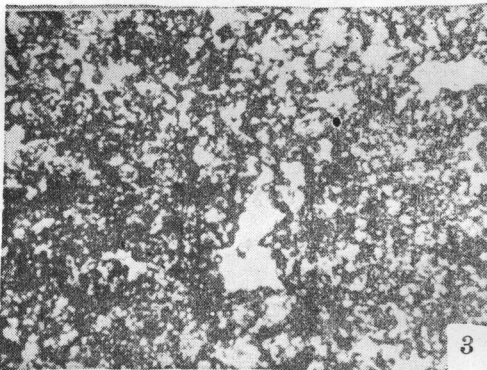
The behavior of Paleozoic carbonate reservoir in Laiwu area is roughly known by pore geometry analysis, thin section cast observation and conventional petro-physical properties determination. There are more than 20 layers with thickness of 150 m are favourable reservoir in this section. The types of the reservoir are; for Middle Cambrian, mainly dissolution vug type; for Ordovician, mainly fracture-dissolution vug type. There are 12 types of pore space; dissolution pore; intercrystalline pore; intercrystalline dissolution pore; intracrystalline dissolution pore; intergranular dissolution pore; intragranular dissolution pore; dolomite casting mould pore; structural fracture; interformational fracture; diagenetic fracture; dissolution trace, stylolite etc. Secondary pore zones with developed dissolution pore, cavern, and crack were often formed near paleoerosional surfaces. There are 6 secondary pore zones in this section.



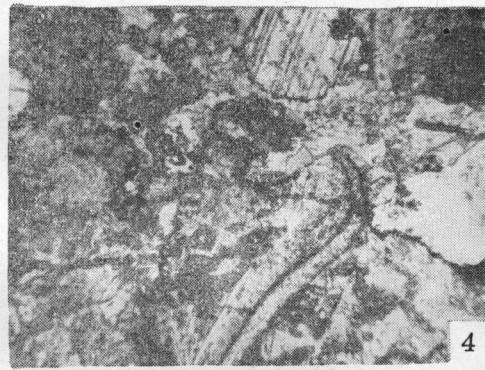
€<sub>1,x</sub>(13层): 粉—细晶白云岩中的晶间孔、晶间溶孔。×40, 单偏光, 54号铸体片



€<sub>1,m</sub>(22层): 纹层状灰云岩中的层间裂隙, 裂隙中白色部分为铸体。×40, 单偏光, 55号铸体片



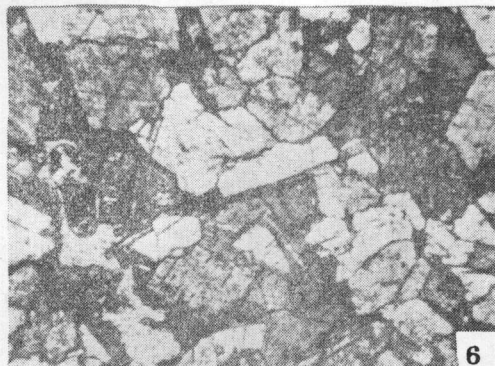
€<sub>1,m</sub>(28层): 粉晶含泥灰岩中的溶孔。×40, 单偏光, 57号铸体片



€<sub>2,z</sub>(56层): 亮晶生屑鲕粒灰岩中的粒间溶孔和溶解缝。×20, 单偏光, 61号铸体片

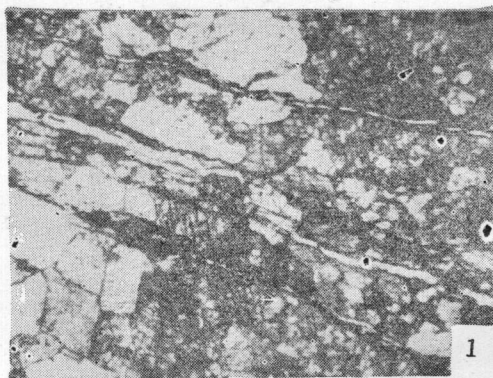


€<sub>3,c</sub>(94层): 亮晶含生屑、砂屑灰岩, 亮晶方解石胶结物中的晶间孔、晶间溶孔及生物介屑内溶孔。×40, 单偏光, 68号铸体片

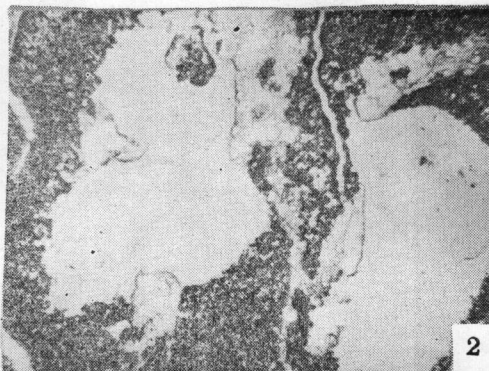


€<sub>3,f</sub>(129层): 细—中晶白云岩中的晶间孔、晶间溶孔。×40, 单偏光, 48号铸体片

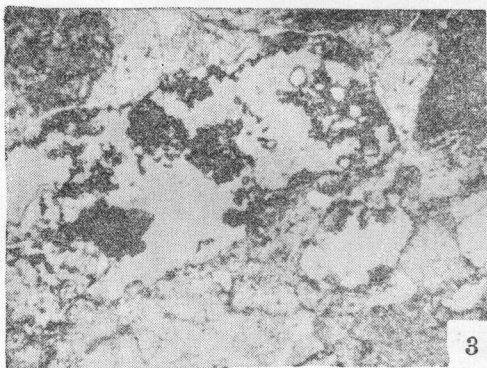




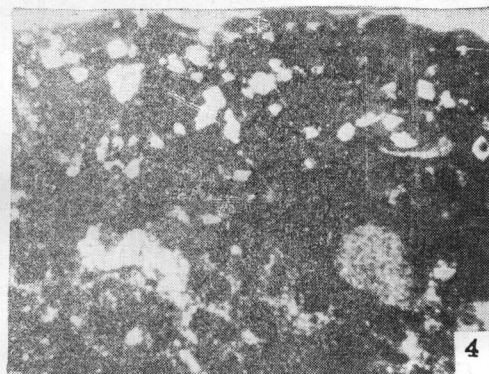
O<sub>1y</sub>(2层): 粉—细晶白云岩中的构造裂隙, 裂隙中白色部分为铸体。×40, 单偏光, 2号铸体片



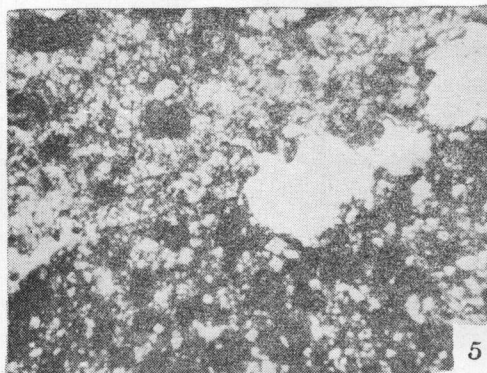
O<sub>2x1</sub>(4层): 粉晶含泥灰岩中的溶孔。×20, 单偏光, 5号铸体片



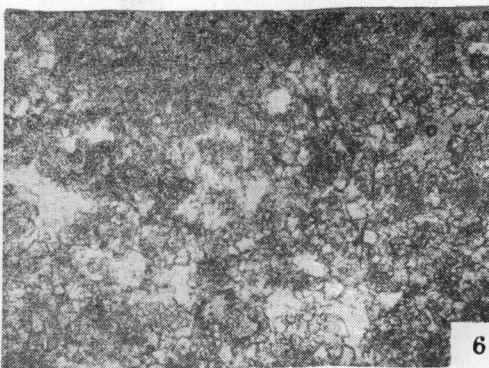
O<sub>2x1</sub>(11层): 细晶泥质灰岩中的溶孔。×20, 单偏光, 7号铸体片



O<sub>2s2</sub>(66层): 泥晶细砂屑灰岩中的白云石铸模孔。×40, 单偏光, 15号铸体片



O<sub>2s2</sub>(100层): 豹斑亮晶砂屑灰岩中的溶孔。×40, 单偏光, 20号铸体片



O<sub>2f2</sub>(154层): 亮晶砂屑含云灰岩中的粒内溶孔。×40, 单偏光