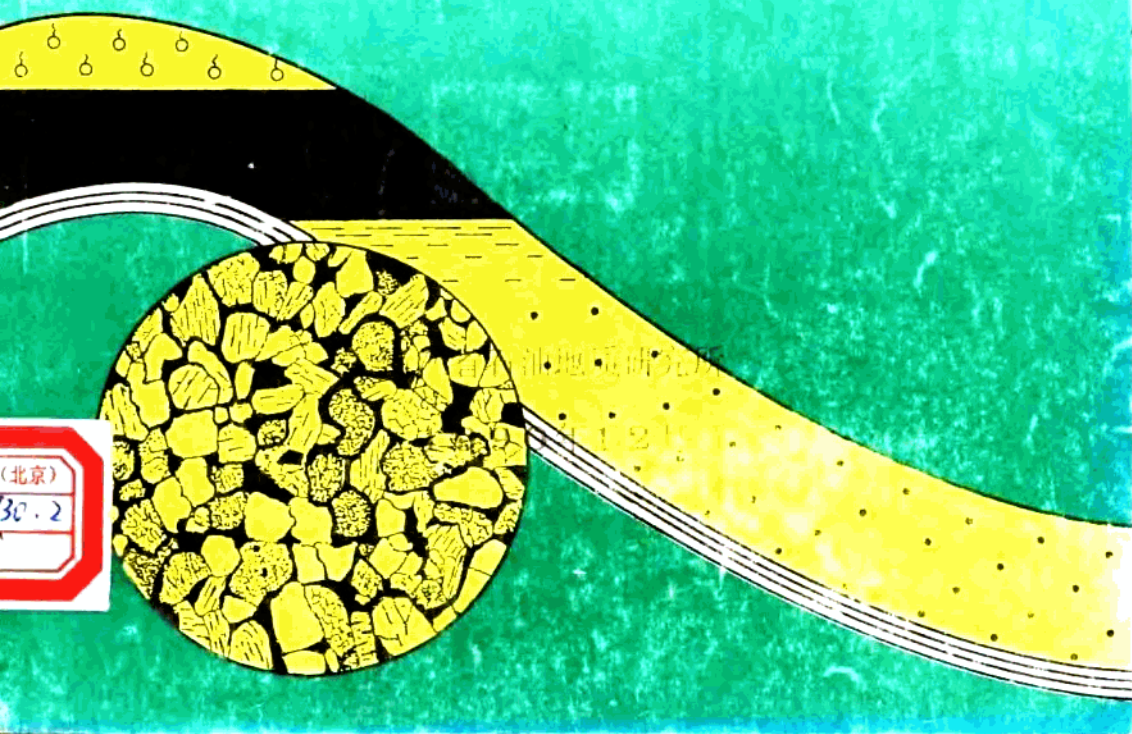


七五期间总公司

课题号:

重点科技攻关课题

浙皖长广地区龙潭组砂岩储层 成岩作用、孔隙演化与油气关系研究



登录号	085728
分类号	P618.130.2
种次号	089

七五期间总公司
重点科技攻关课题

课题号:

540559

浙皖长广地区龙潭组砂岩储层 成岩作用、孔隙演化与油气关系研究

(送审稿)



200782046



00776974

石油大学	
圖書館	
浙江省石油地质研究所	
贈	書
1990年12月	
贈書者: 地科系	
日期: 95.12.18	

浙皖长广地区龙潭组砂岩储层
成岩作用、孔隙演化与油气关系研究

课题负责单位：浙江省石油地质研究所

技术主管：刘友民 王根海

报告编写人：朱国华 章卫平

课题负责人：朱国华

工作时间：1988年1月至1990年12月

《浙皖长广地区龙潭组砂岩储层成岩作用、孔隙演化与油气关系》

研究报告评议书

该课题系总公司科技部下达的“七五”储层配套研究课题，是在该所1987年完成的《浙皖长广地区二叠系龙潭组油气富集和保存条件及龙潭组主要砂岩储层成岩作用研究》的基础上，以主要砂体成岩演化和孔隙演化为重点，研究龙潭组砂岩物性变差的原因，突出成岩演化特征的研究，搞清相对高渗透性砂岩储层的形成和保存条件，指出有利层段和地区。

本报告按合同要求，用两年时间出色地完成了上述任务，共提交文字报告一份、附图2张、图版18张。报告以动态与静态、理论与实践、宏观与微观、定性与定量相结合的方法，全面论证了龙潭组砂岩成岩作用与孔隙演化及其对油气的影响。研究的起点高，立意新，分析深，内容丰富，论证可信，说服力强，不仅具有较高的学术价值而且对指导勘探有重要现实意义。是一份具有国内领先水平的专题研究报告。其主要进展是：

1. 运用八十年代有机-无机反应的最新理论，首次建立了龙潭组煤系地层的成岩模式，对其它地区可资借鉴。

2. 采用先进计算式，恢复龙潭组砂岩储层的孔隙演化史及成油高峰期孔隙度，阐明了普适含油较少流油的机理，率先测算了龙潭组砂岩可保存的孔隙度。

3. 根据沉积环境、储层结构、成岩和孔隙演化的不同点，将龙潭组砂岩划分为四种类型，并揭示了形成机制，指出赋存在龙中₁砂岩段的中-粗粒以上河道砂是物性相对较好的有利储层，可作为突破油流的勘探目的层。

4. 首次对龙潭组砂岩进行动态模拟、相渗透率和水驱油实验，并同国内外相似储层做了对比，从而提出有利的储集类型和试油工艺的建议。

报告如能对影响龙潭组砂岩储层物性的最主要因素和储层评价进一步深入论述，则更趋完善。经评审后通过，并给予优秀等级。

评审组：吕东生（组长）（高五、浙江石油所）
姚雪根（高五、南方项目组）
吴素清（高五、浙江勘探处）
陈继贤（高五、浙江石油所）
黄正正（高五、浙江石油所）

一九九一年二月

目录

前 言	(1)
第一章 地质概况和龙潭组砂岩储层特征	(6)
第二章 龙潭组主要砂体的成岩变化、成岩序列和成岩模式	(13)
第三章 龙潭组低渗透砂岩储层类型及其形成机制	(29)
第四章 龙潭组砂岩孔隙演化、成油高峰期孔隙度和可保存孔隙度	(38)
第五章 龙潭组砂岩储层评价和相对高渗透储层分布的若干规律	(51)
第六章 成岩作用形成油藏圈闭的可能性探讨	(59)
结论和建议	(62)
参考文献	(64)
图版说明	(65)

附图1 浙皖长广地区龙潭组储层综合柱状图

附图2 浙皖长广地区龙潭组中段储层栅状图

前言

研究区位于浙江省北部长兴县与安徽省广德县交界处(图1),由煤山、金山及新杭三个向斜组成(图2),面积约285km²。

本区油气分布广泛,主要见于龙潭组(P_{1-2L})砂体中,尤以龙中段含油最佳。在东风卡、千井湾、新槐、四亩墩等地采煤坑道的龙中I段砂岩中已经并正在流出一定量的原油,日流量可达数拾千克。有机地化研究成果肯定了龙潭组砂体的油来自龙潭组本身的生油岩。

龙潭组虽有广泛油气显示,但无论钻孔试油、挖煤坑道中露头试油和自然油流所获油量都很少,至今未能获得有经济意义产量的最主要原因是砂岩的物性太差,孔隙度一般<7%,渗透率<(0.1-1.0)×10⁻⁸μm²;仅有少量砂岩的孔、渗较高,级别高的含油显示和少量油流也都出自此类砂岩,说明其含油性明显受储层性质控制。象龙潭组这样一些成岩变化强烈的砂岩,其储油物性不仅与沉积环境有关,尤其与埋藏成岩演化有关。龙潭组一些主要含油砂体的沉积环境完全具备形成良好储层的条件,现今物性极差的根本原因就是埋藏成岩变化十分强烈。因而在研究沉积相的基础上,研究砂体成岩演化和相对高孔、渗砂体的孔隙演化和保存条件,已成为本区寻找相对高孔、渗砂体的必由之路。

根据总公司科技发展部下达的“七五”储层研究课题的要求,研究五作以阐明砂岩物性极差的原因,突出煤系地层砂岩成岩演化特征研究,在搞清相对高渗透性砂岩储层的形成和保存条件的基础上,提出其有利层段和地区。研究区从煤山复向斜扩大到相邻的金山和新杭两个复向斜(图2)。

1987年本所海相室和沉积室分别对煤山复向斜上古生界油气富集条件和龙潭组主要砂岩储层成岩作用进行了较系统的研究;1988年海相室又在新杭和金山两个复向斜开展上古生界油气聚集和保存条件研究。这些都为本课题的研究提供了良好的基础。

本课题由浙江省石油地质研究所承担,参加本课题的人员组成如下:

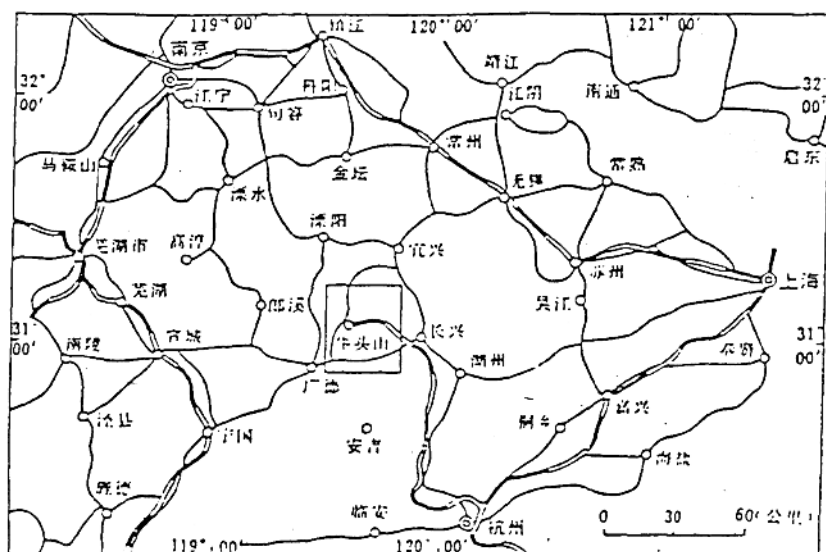


图1 浙皖苏沪地区交通位置图

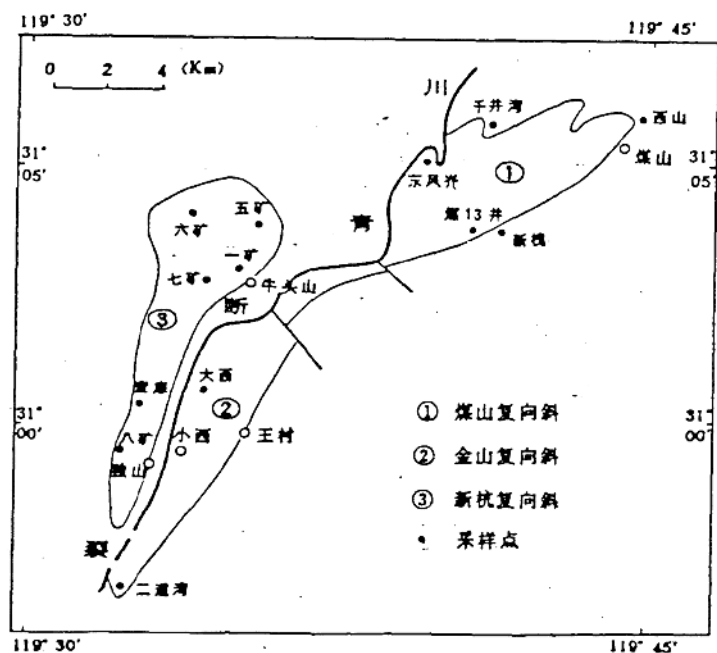


图2 研究区及采样点分布图

朱国华 男 高级工程师 总负责, 报告统编, 定稿、编写前言、第一、三、五、六章和结论建议

章卫平 男 助理工程师 编写第二、四章, 图件和表格编制, 野外观察取样, 阴极发光研究

此外, 葛宏斌同志短期参加了本区若干坑道露头的岩性和沉积构造观察, 初步对龙潭组中段砂体的沉积环境提出了一些新认识。

在消化前人储层研究成果, 收集储层物性和岩矿资料的基础上(表1), 重点观察并采集了研究区190块(包括87年采样和海相室88年

收集的样品分析资料统计表 表1

项 地 区 目	西山	新槐	千井湾	东风卡	广兴	其它
孔隙度	32	114	245	33	108	13
渗透率	32	114	245	33	108	13
薄片	32	97	227	25	103	12
碳酸盐	26	87	192	25	86	10

所采样) 储层样品, 系统地作了铸体薄片观察和物性分析, 部分样品作了阴极发光、扫描电镜、粘土分析、气液包裹体、C、O稳定同位素、压汞、粒度、荧光薄片、相渗透率和水驱油分析(表2)。收集资料和取样的分布见图2, 受取样条件的限制, 以龙中Ⅰ砂岩段的资料最多。

研究五作取得了下列主要进展:

1. 运用八十年代发展起来的砂岩-泥岩成岩体系中有机-无机反应的最新理论, 建立了龙潭组煤系地层的成岩模式。

2. 用Scherer(1987)提出的预测地下砂体孔隙度的计算式, 结合研究区二叠系构造-沉积-热演化模式, 恢复了龙潭组砂岩储层的孔隙演化史及成油高峰期孔隙度, 从而阐明了龙潭组砂岩含油普遍但流油砂岩极少的机理及龙潭组砂岩含油性东区优于西区的原因; 用Schmoker(1989)提出的算法测算了龙潭组砂岩可保存的现今孔隙度,

指出龙潭组砂岩低孔、低渗是其热成熟度较高的反映。

3. 根据沉积环境、储层结构、成岩和孔隙演化的不同特点，把龙潭组低渗透储层划分成四种不同的类型，并分别揭示其形成机制。

4. 成岩作用与沉积相研究成果结合，从机理上阐明了本区粒度较粗的三角洲平原河道砂岩储层优于三角洲前缘砂岩储层的原因；指出粗粒级（粗—中砂以上）河道砂岩是龙潭组中渗透率较高的储层；此类砂岩集中分布的龙中_I砂岩段是油气勘探的最有利层段；深山复向斜则是寻找此类储层的较有利地区。深山复向斜龙下₁、龙下₂和金山复向斜大西井龙中_{III}等三角洲前缘砂体，从沉积条件分析，无疑是十分有利的储集砂体，但由于埋藏成岩作用强烈改造，都已成为极低渗透储层，其突破具经济意义油流的前景远不如河道砂体；可作为有潜力的天然气储层。

5. 应用相渗透率和水驱油实验资料，并与国内外相似储层类比后指出：龙中_I段的粗—中砂岩以上台油储层有突破具经济价值油流的前景，并指出了由于此类储层分布的局限性所带来的勘探难度。

6. 指出裂隙对具一定孔隙性渗透能力的龙潭组砂岩储层能起扩大供油面积和导流能力的作用，而对那些油水分异极不彻底的低渗透储层的作用极小。不排除裂隙发育带形成裂缝性储层的可能性。

7. 以储层岩石学特征为依据，指出加砂压裂是改造龙潭组储层的最佳措施。酸化对龙潭组储层的作用极小。

8. 根据储层区域成岩演化特点，论述了成岩圈闭油藏可能是龙潭组的重要油藏类型之一。

第一章 地质概况和龙潭组砂岩储层特征

一、地质概况

研究区位于浙皖交界的长广地区(图1), 属于下扬子准地台下扬子台坳皖南陷褶断带的绩溪穹褶断束, 由北东-北北东向的三个复向斜组成, 自东而西, 分别为煤山复向斜、金山复向斜和新杭复向斜。

长兴-广德地区上古生界地层简表 表3

地层系统					厚度 (米)	岩性简述
界	系	统	群(组)	段		
中生界	三叠系	下统	青龙群 T _{1q}	下段		灰色块状灰岩, 底部为黄绿、灰绿色灰质泥岩。
上古生界	二叠系	上统	长兴组 P _{2c}		0~165	深灰色生物碎屑灰岩、含沥青质灰岩、灰质白云岩, 含碳质泥岩。
			龙潭组 P _{1-2L}		300~500	砂、页岩夹煤层。详见表4。
		下统	孤峰组 P _{1g}		20~90	灰黑色泥、页岩及燧石层、燧石团块、硅质页岩。
			栖霞组 P _{1q}		110~240	浅灰、灰黑色灰岩与燧石层、燧石团块灰岩互层, 底部为泥岩、铝土岩及煤线。
	石炭系	上统	船山组 C _{3c}		40~120	浅灰色块状灰岩、生物碎屑灰岩。
		中统	黄龙组 C _{2h}		40~150	灰白色块状灰岩、硅质灰岩、底部为角砾状灰岩、白云岩、薄层石英砂岩。
		下统	高骊山组 C _{1g}		35~37	杂色细砂岩、粉砂岩为主, 底部黑色页岩夹煤层或炭质页岩。
			金陵组 C _{1j}		5~7	黄-黑色砂岩和页岩。
界	泥盆系	上统	五通组 D _{1w}		160	灰色石英砂岩、粉砂质泥岩, 底部石英砂岩含砾石英砂岩。
下古生界	志留系	上统	茅山组 S _{1m}	上段		青灰、紫灰色中、细粒岩屑砂岩夹薄层石英砂岩、砂质泥岩。

(据冯世焕等, 1988)

以川青断裂为界,前二个复向斜位于其东,后者位于其西(图2) 两侧在构造特征、岩浆活动和沉积序列等方面均有显著差异。

区内主要分布有上古生界和中新生界,下古生界仅出露上志留统茅山组。除中、上三叠统、上侏罗统和第三系缺失外,其余地层均有沉积,出露地层主要为上古生界(表3)。较重要的生储盖组合是二叠系的栖霞组和龙潭组。本文所指龙潭组包括了下二叠统的堰桥组,因而其时代为早-晚二叠世,龙潭组分上、中、下三段,分别称为上部海相段、中部含煤段和下部海相段(附图1、表4)。

长广地区龙潭组地层对比表

表4

地区	东 区 (煤 山)		西 区 (新 杭)	
层段	岩 性 简 述	厚度(米)	岩 性 简 述	厚度(米)
上段	深灰色粉砂质泥岩夹浅灰色粗粉砂岩及砂质灰岩。(煤13井)	169.09	灰黑色泥岩、泥质粉砂岩夹薄层灰质砂岩及砂质灰岩。(ZK602孔)	129.43
中段	粗、中、细砂岩与铝土质泥岩,泥岩呈韵律,以泥岩为主,砂岩含油(煤1井)。顶为C ₂ 煤层(煤层厚0.86米,其上的炭质页岩厚2.75米),煤层组顶板为砂质灰岩,底板为铝土质泥岩。(CK304井)	66.51 (煤1井)	细-粉砂岩、中砂岩夹铝土质泥岩,中砂岩具油味。顶为C ₂ 煤层(2.19米),顶板为砂质灰岩,底板为铝土质泥岩。(CK607孔)	86.36
下段	上部油浸、油斑细-中砂岩夹泥岩;中部粉砂岩、泥岩互层,下部为灰黑色泥岩夹粉砂岩。(煤3井)	106.91	上部细-粉砂岩为主,中部粉砂岩夹砂质泥岩,下部泥岩、炭质泥岩及少量硅质泥岩。(CK607孔)	121.92

(据冯世煥等,1988)

二、龙潭组中、下段砂岩储层主要特征

(一) 砂体类型和沉积特征

前人和我所海相室冯世煥等(1989)研究后指出,龙潭组砂体沉积期处于海陆交互环境,主要由河流砂体和河口坝砂体组成。东区龙中Ⅰ-Ⅳ砂体和西区龙中Ⅰ、龙中Ⅱ砂体以三角洲平原河道砂体为主,具单层厚度小、横向变化快、呈透镜体等特征(图3、附图2、表5)。

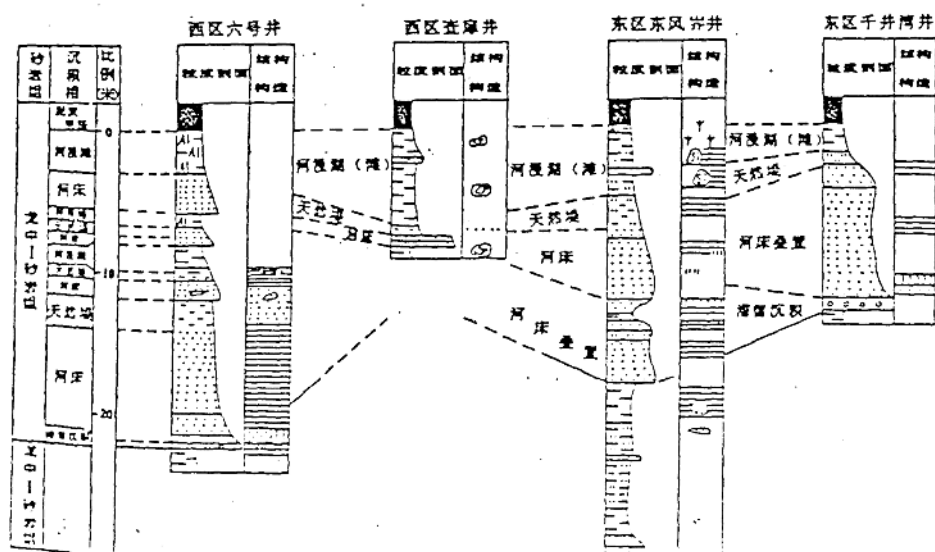


图3 长广地区龙中段上部岩相对比图 (据冯世煥等, 1989)

长广地区龙潭组储层厚度对比表

表5

地 区	龙中 _I	龙中 _{II}	龙中 _{III}	龙中 _{IV}	龙下 _I	龙下 ₂
东 区	4.05(86) 0-15.10	3.61(53) 0-10.65	5.05(25) 0-18.77	8.27(31) 0-22.51	10.50(34) 0-67.06	14.03(7) 0-36.72
西 区	8.13(21) 0.94-15.7	12.15(17) 3.03-24.91	13.72(12) 6.3-47.26		19.54(7) 11.37-31.67	0- 12.83(3)

括号内为井数, 横线以上为储层厚度平均值, 以下为储层厚度区间值, (据冯世煥等, 1988)

东区龙下段砂体和西区龙中_{III}及其以下砂体为三角洲前缘河口坝、远砂坝和沿岸砂坝砂体, 具单层厚度大、横向变化较小等特点 (附图2、图4、表5)。从龙中段砂岩到龙下段砂岩, 单层厚度逐渐增大, 由东向西砂岩单层厚和总厚有增大的趋势。

龙潭组各类砂岩成分、物性和孔隙类型数据

表 6

砂岩类型	岩性	样品数	碎屑含量 %				胶结物含量 %				杂质 %	常规物性		孔隙类型 %			毛管压力特征		
			石英	长石	岩屑		铁菱矿	其它碳酸盐	石英再生长	高岭石		孔隙度 %	渗透率 μm^2	溶孔	粒间孔	微孔	Pd $\times 10^{-4}$	P50 $\times 10^{-4}$	Rd μm
压裂型 I 类	东区	23	60.5	22.3	17.2		4.0	3.5	0.8	3.1	8.0	2.86	<0.05	0.03	0.01	2.82	1.98	16.7	0.01
	西区	4	68.3	13.9	17.8		0.6	0.5	3.0	5.8	8.8	5.71	0.19	少量	0	5.71	4.03	11.7	1.80
压裂加大型 II 类	东区	23	87.2	18.8	14.0		1.5	0.9	6.8	4.1	1.6	5.95	<0.05	0.45	0.29	5.22	4.00	12.5	0.24
	西区	14	85.9	14.8	19.3		0.7	2.3	12.0	1.1	1.2	6.36	9.12	1.49	0.15	4.70	5.87	44.3	0.18
碳酸盐胶结型 III 类	东区	6	69.3	19.3	11.4		2.2	9.3※	1.7	0.8	0.2	2.79	<0.05	0	0	2.79	10.3	108	0.11
	西区	3	75.6	10.8	13.7		0.3	8.3※	5.6	2.3	1.0	4.09	0.14	0.29	0.04	3.76	14.7	113	0.50
相对高孔渗型 IV 类	东区	6	78.1	15.2	8.7		1.0	1.2	6.0	2.8	0.8	10.2	0.95	0.78	3.12	6.30	0.19	6.66	9.24
	西区	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	31.99	—	—	—	0.80	11.6	38.7

Pd—排驱压力； P50—饱和中值压力； Rd—最大连通孔喉半径。 ※不包括交代砾粒部分 单位： 10^{-4}m^2 ★单位： 10^{-4}m

(二) 龙潭组中、下段砂岩主要岩石学和物性特征 (表6)

1. 矿物成熟度较高: 含石英达60-75%;

2. 结构成熟度较高: 分选中等至良好, 除少数粉-细砂岩外, 一般杂基含量很低, 为1-2%, 说明淘洗充分;

3. 成岩作用强烈, 储油物性差 (表6、7)。

经埋藏期强烈压实压溶(照片1)后, 又经历了强烈石英再生长(照片2、3), 部分砂岩还经历了碳酸盐充填和交代(照片4), 使砂岩变得十分致密。平均孔隙度小于7%, 绝大多数样品的渗透率小于 $0.05 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。只有少量样品的孔隙度大于8%, 渗透率 $>1 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。

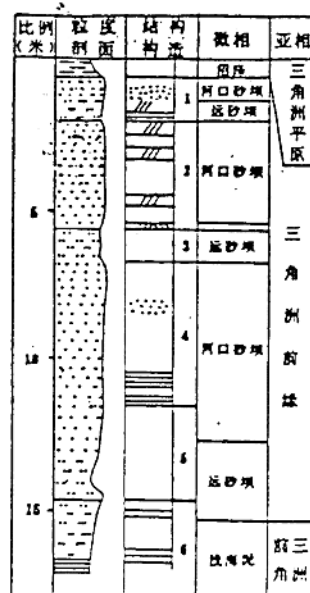


图4 金大西-200米石门
龙中段Ⅱ组砂岩岩相柱状图

(据冯世煊等, 1989)

龙潭组主要砂岩层物性数据表

表7

层位 物性 特征	东 区								西 区
	龙中 _I	龙中 _{II}	龙中 _{III}	龙中 _{IV}	龙下 _I	龙下 ₂	龙下 ₃	龙下 ₄	龙中 _I
粗中粒以上 样品(%)	33	3	0	5	0	1	0	0	7
平均渗透率 ($10^{-3} \mu m^2$)	0.05- 23.54 个别: 399.54	0.05- 10.74 个别: 15.35	0.05- 1.00	0.05- 1.43	0.05- 1.25	0.05- 1.26	<0.05	<0.05	0.05- 9.12 有裂缝: 91.48
平均孔隙度 (%)	7.06	6.34	6.29	6.01	6.44	5.97	2.46	4.20	6.62
孔隙度>8% 的样品(%)	37	10	0	10	3	4	0	0	19
渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu m^2$ 的样品(%)	26	7	0	5	2	1	0	0	7
样品总块数 (细粒以上)	182	59	6	40	50	99	3	2	27

注: 百分比均按样品块数统计, 粒度按薄片鉴定为准。

这些孔、渗相对较高的砂岩集中分布于粗中砂岩比例高的龙中_I砂岩段中(表7)。

(三) 龙潭组中、下段砂岩储层的含油性

本区二叠系油气显示以龙潭组中、下段最普遍，其中级别高的含油气显示集中在龙中段(附图1、表8)。

深山复向斜统计的140口井，其中有100口井有油气显示；牛头山井田43口井中有24口井有油气显示；新杭复向斜的油气显示也很普遍。东区与西区相比，东区油气显示更普遍，绝大多数有自然油流的挖煤坑道也都在东区。

长广地区龙潭组油气显示简表

表8

地区	油层	显示地点 (井号)		油 气 显 示 简 况	
东	龙中 I	四亩墩煤矿 4号井北大巷		-196米石门 自1933年四道石门打开后同时流油, 持续近两年, 最高日产达百余千克。	
		东风卡煤矿 东大巷		-197米石门 -400米石门 自1965年打开至今仍流油冒气, 打开后持续流油冒气, 每日可捞油数十千克。	
				-465米石门 打开后持续流油冒气, 钻眼可向外冒油。	
		千井湾煤矿	西大巷	-100、-200米运输巷	打开后流油、冒气、流水, 曾用矿车捞油。
			东大巷	-200米运输巷	
			西大巷	-200米试油坑道(千 II)	曾捞油 9 0 . 5 5 千克。
		油层	新槐嘉善煤矿		-100米平巷 1979.9.21-9.29捞油 2.5kg, 水583kg, 并冒气
	东风卡		CK 6 0 9 试油中曾捞油 2 8 千克。		
	龙中 II		千井湾煤矿		-200米试油坑道(千 I) 1971.10.7~1972.1.18试油期间共捞油61.6 千克, 水3612千克。
		东风卡煤矿		-333米运输巷 日产原油 5 0 余千克。	
				-400米石门 累产原油 2 0 余吨。	
	区	油层	新槐煤矿东大巷		-200米 1971.7.7~11.17累产油 1 2 . 1 5 千克。
		龙中 I ~ II	二道湾	ZK 5 1	岩芯冒油珠。
龙中 III		千井湾	CK 3	含油砂岩厚2.21米。砂岩有油渗出、冒气。	
龙下 1		煤一井	466.39 ~ 485.57 米	试油获日产油0.2 千克, 累产油 3 千克, 产水 1 ~ 1 3 9 千克(最多 8 4 7 千克)。	
龙下 2		新槐煤矿回风巷	-50米石门	1960年打开后流油冒气数月。	
龙下 4		葆育大井	-300米石门	打开后少量油气同喷。	
龙中 I ~ 下 I		CK 363(原华东石油局煤 1 井)	303~327 米 349~376 米	经混层试气, 两次测试分别获气量 1 4 . 8 立方米/日和 1 5 . 3 立方米/日。	
西		龙中油层	一号井田	CK 141	234.9-240.10米, 156.96-179.00米砂岩渗油
	七号井田		井筒检查孔	824.51~825.41米砂岩裂隙中含黄色原油。	
	查郎主井东三石门		-90米大巷	打开后流油(附近小煤窑中也有)。	
	查郎井		-180米巷道	打开后流油达半年之久。	
区	龙中 II	一号井田	ZK 311	124.48~131.98米岩芯有少量原油渗出。	
			ZK 320	156.96~179.02米岩芯有黄色原油渗出。	
	龙中 III	一号井田	ZK 340	119.15~121.68米岩芯有绿色原油渗出。	
龙中段、燕子卡煤井			打开后砂岩中流油。		

(据冯世焕等, 1988)