

文章编号:0253-9985(2006)01-0017-06

南鄱阳坳陷龙潭组树皮煤生烃潜力及油气成藏

周松源^{1,2}, 徐克定², 杨斌², 蒋维三², 彭军¹, 刘家铎³

(1. 西南石油学院, 四川 成都 610500;

2. 中国石油浙江油田分公司, 浙江 杭州 310013;

3. 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要:南鄱阳坳陷的上二叠统龙潭组煤层因富含树皮体而称之为树皮煤。树皮煤的树皮体含量大于40%,同时富含基质镜质体、小孢子体等富氢组分。用生烃模拟实验方法得知树皮煤产油率很高,达到413.80 kg/t,是迄今已知的最好的煤成油烃源岩之一。通过单组分生烃模拟实验证实树皮体最有利于生成液态烃,是树皮煤生油的主要贡献者。南鄱阳坳陷的龙潭组是中国南方演化程度较低的,白垩纪盆地的叠合造就了烃源岩二次生烃、晚期成藏的地质条件。乐探1井油藏的原油经油源对比为典型的树皮煤生成的煤成油,表明在中国南方保存条件较好的地区龙潭组煤成油的勘探前景良好。

关键词:晚期成藏;油源对比;煤成油;树皮煤;龙潭组;南鄱阳坳陷

中图分类号:TE112.1

文献标识码:A

Hydrocarbon generating potential of bark coal in Longtan Fm and oil and gas reservoiring in southern Poyang depression

Zhou Songyuan^{1,2}, Xu Keding², Yang Bin², Jiang Weisan², Peng Jun¹, Liu Jiaduo³

(1. Southwest Petroleum Institute, Chengdu, Sichuan 610500, China;

2. Zhejiang Oilfield Company, PetroChina, Hangzhou, Zhejiang 310013, China;

3. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: Coal in the Upper Permian Longtan Fm in southern Poyang depression is called bark coal, because it is rich in periblinite. The bark coal generally contains over 40% of periblinite, as well as abundant hydrogen-rich components, such as degradinite or vitrinite B and microsporinites, etc. Simulated experiment of hydrocarbon generation shows that the oil-generating rate of bark coal is as high as 413.80 kg/t, so it is one of the best source rocks for coal-derived oil. Simulated experiment of single component hydrocarbon generation verifies that the periblinite is the most favorable component for generation of liquid hydrocarbons, and is the major contributor to oil derived from bark coal. The level of thermal evolution of the Longtan Fm in southern Poyang depression is relatively low compared with the other source rocks in southern China. The superimposition of the Cretaceous basin would have created the geological conditions for secondary hydrocarbon generation of the source rocks and late reservoiring. Oil-source correlation shows that the oil in the reservoirs in Letan 1 well is typical coal-derived oil generated from the bark coal, indicating that the prospects for exploring coal-derived oil in Longtan Fm is good in areas with favorable preservation conditions in South China.

Key words: late reservoiring; oil-source correlation; coal-derived oil; bark coal; Longtan Fm; southern Poyang depression

鄱阳盆地于江西省北部,面积约11 230 km²。在萍乐坳陷中-东部之上,形成白垩纪陆相盆地与南鄱阳坳陷则位于盆地南部,面积6 790 km²,叠置晚古生代陆表海盆地的叠合盆地,是龙潭组树皮

收稿日期:2005-08-18

第一作者简介:周松源(1961—),男,高级工程师,石油地质勘探评价

基金项目:四川省重点学科建设项目(SZD0414)

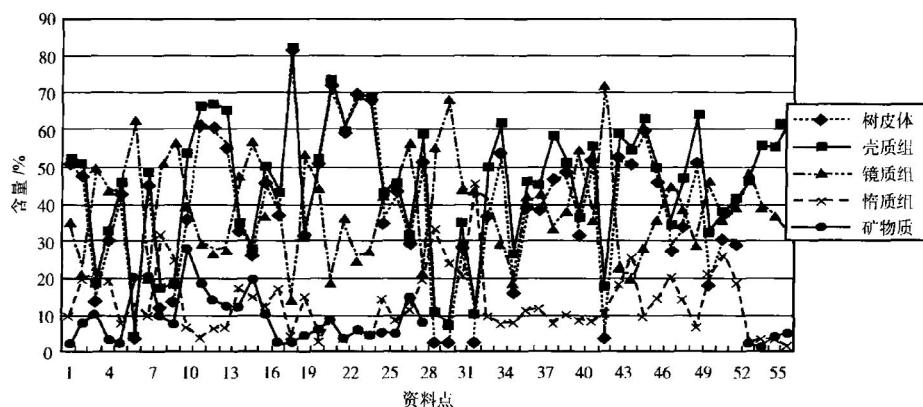


图1 龙潭组B煤组显微组分含量

Fig. 1 Contents of macerals in B-coal measures in Longtan Formation

煤生烃进而成藏的有利地区。该区龙潭组自下而上分A、B、C 3个煤组,其中老山段(P_2l^2)B煤组是主要的可采煤层,也是最典型的滨海泥炭坪环境下形成的树皮煤。本文以B煤组为代表讨论树皮煤生烃及成藏问题。

1 组分特征及成因分析

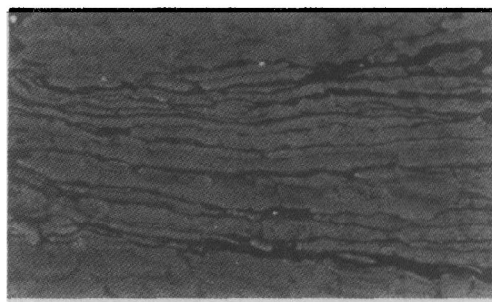
1.1 全岩有机显微组分

图1汇总了南鄱阳拗陷及周围地区56块龙潭组B煤组煤样的有机岩石学分析成果:壳质组含量为4.2%~82.0%,多数在30.0%~70.0%,平均值44.8%;镜质组占12.5%~73.7%,多数在20.0%~60.0%,平均39.5%;惰质组含量低,在1.5%~45.8%,绝大多数小于15.0%,平均13.5%;而腐泥组仅在乐平鸣山含微量。总的来说,乐平煤系B煤组壳质组含量很高,是树皮煤最发育的地层。

1.2 有机亚显微组分

在进行有机显微组分研究的基础上,对上述样品的有机亚显微组分进行细分(部分样品进行了半定量分析),以便确定对生烃最有贡献的组分。壳质组中以树皮体为主,占绝对优势。如乐平鸣山IX-1孔B₃煤层壳质组含量为82.0%,其中81.2%为树皮体;另外,可见到小孢子体、树脂体和碎屑壳质体,一般占壳质组含量的10.0%以下。

树皮体的特征是细胞壁呈叠瓦状、长条状顺层

图2 乐平桥头坵煤矿龙潭组B煤组之树皮体
(透射光×125倍)Fig. 2 Periblanite in B-coal measures of Longtan Formation in Qiaotouqi coal mine, Leping
(under transmitted light × 125)

排列(图2),具较强黄色—褐黄色荧光,是由高等植物的树皮、根、茎及果实表皮等木栓细胞组织形成的。在变质程度较高的煤中,树皮体遭降解,结构不明显。据张爱云的分类^①,树皮体含量大于40.0%称树皮煤、15.0%~40.0%称富树皮煤,则南鄱阳拗陷及周围地区龙潭组B煤组基本上都是树皮煤。

2 生烃潜力

2.1 热解分析

煤样的生烃潜量最高达340.21 mg/g,一般为200.00~300.00 mg/g(表1);热解氢指数高达475 mg/g,一般为300~400 mg/g;沥青“A”含量最高达8.22%,一般为2.50%~5.00%。这表明树

① 张爱云. 南通—萍乡地区晚二叠世龙潭煤系有机质沉积聚集与烃源岩潜力. 中国地质大学(北京),1994

表1 南鄱阳坳陷龙潭组煤样地化分析数据

Table 1 Geochemical analytical data of coal samples from Longtan Fm in southern Poyang depression

序号	有机碳含量/%	生烃潜量/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	沥青“A”含量/%	氢指数/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	最高热解 峰温/ $^{\circ}\text{C}$	全岩镜质体反 射率/%	备注
1	66.30~78.40	172.20~324.78	1.57~3.21	224~381	430~438	0.76	
2	76.08	321.02	缺	418	431	0.77	
3	67.25	87.19	1.28	121	468	1.39	
4	76.95	162.79	3.81	210	449	0.98	
5	75.90	73.20	1.44	90	470	缺	2
6	70.52	142.06	3.14	199	442	1.05	0
7	66.68	53.33	1.39	75	473	缺	0
8	64.99	179.13	缺	272	434	缺	0
9	64.36~72.30	208.07~236.65	2.59~3.12	280~359	435	缺	年
10	68.12	296.24	5.61	410	434	缺	分
11	72.42	340.21	4.11	456	434	缺	析
12	63.61	307.14	5.09	475	431	缺	资
13	69.95	315.89	2.65	440	430	缺	料
14	71.68	224.99	2.29	305	430	缺	
15	78.55	439.68	4.88	545	435	0.64	
16	58.50~65.00	190.40~198.15	缺	289~332	429	0.58~0.74	陈其
17	56.50~64.00	180.36~229.74	缺	271~388	428~434	0.60~0.70	爽 ^①

皮煤较为富氢,类型好,不仅具有很高的生烃潜力,而且还具有很高的生液态烃的能力。

2.2 单组分热解分析

运用物理方法,分别将树皮体、镜质体从煤样品中分离成单一组分,然后再进行有机碳和热解分析。树皮体的生烃能力很强,高达 346.55~391.10 mg/g,氢指数也高达 460~521 mg/g;镜质体(乐平地区以基质镜质体为主)的生烃能力略逊于树皮体,生烃能力也很强,达到 198.35~232.30 mg/g,氢指数也达到了 253~283 mg/g。这表明本地区树皮体和镜质体都是富氢组分,具有很强的生烃能力。浙江长兴地区龙潭组的煤也属于树皮

为 78.55%;生烃潜量为 439.68 mg/g;氢指数为 545 mg/g;氯仿沥青“A”含量为 4.88%。2) 泥岩样品:最高热解峰温为 435 $^{\circ}\text{C}$;全岩镜质体反射率为 0.62%;有机质类型分析全岩显微组分及干酪根元素组成图鉴定为 II_2 类,干酪根鉴定为 III 类;有机碳含量为 6.35%;生烃潜量为 18.71 mg/g;氢指数为 271 mg/g;氯仿沥青“A”含量为 0.32%。热压模拟实验结果,龙潭组煤样的产油率高达 363.59 kg/t(表 3),总产烃率为 406.75 kg/t(如加上由 H_2 换算的 CH_4 产率,则总产烃率可达 413.80 kg/t),远远高于其他地区煤的产烃率,也高于本地区龙潭组泥岩 100.42 kg/t 的产油率、111.92 kg/t 的总产烃率,为国内外所罕

表 2 龙潭组树皮煤单组分地化分析成果

Table 2 Single-component geochemical analytical data of the bark coal in Longtan Fm

产地	煤层	组分	有机碳含量/ %	生烃潜量/ (mg·g ⁻¹)	二氧化碳含量/ (mg·g ⁻¹)	氢指数/ (mg·g ⁻¹)	有效碳 含量/%	降解潜力/ %	最高热解 峰温/℃
乐平 赵家山	B ₄	树皮体	73.20	391.10	4.20	521	32.46	44.34	442
		镜质体	74.80	232.30	5.70	283	19.28	25.78	434
乐平 鸣山矿	B ₃	树皮体	93.18	346.55	4.83	460	28.76	39.30	438
		镜质体	74.84	198.39	6.07	253	16.47	22.01	443
浙江 长兴	C ₂	树皮体	73.18	292.79	6.16	366	24.30	33.21	440
		镜质体	74.69	210.45	3.54	241	17.47	23.39	443
乐平 鸣山矿	B ₂	富树皮体煤	63.72	164.30	7.10	260	13.64	21.41	442
		富镜质体煤	61.33	159.00	5.90	251	13.20	21.54	443

注:浙江长兴的 C 煤组相当于江西乐平的 B 煤组。

表 3 乐平地区龙潭组 B 煤组煤样热模拟产烃率数据

Table 3 Hydrocarbon-generating rate from thermal simulation of coal samples of B-coal measures in Longtan Fm

温度/℃	凝析油/ (kg·t ⁻¹)	轻油/ (kg·t ⁻¹)	残留油/ (kg·t ⁻¹)	总油/ (kg·t ⁻¹)
原样	0	0	62.08	62.08
250	1.62	13.06	80.92	95.60
275	13.63	25.59	271.06	310.28
300	23.30	31.44	245.73	300.47
325	53.37	51.72	258.50	363.59
350	61.80	84.67	33.67	180.14
400	49.20	81.16	2.54	132.90
450	20.52	63.89	1.97	86.37
500	8.89	37.94	0.63	47.46

3 二次生烃与晚期成藏

南鄱阳坳陷为叠合盆地,以二叠系龙潭组为主力烃源岩。盆地经受了印支运动、燕山运动的强烈改造,后期叠覆了白垩纪盆地。对此类南方海相改造残留盆地的油气成藏问题,众多学者进行了探索和分析,认为多旋回构造演化、多期生烃和多期成藏是特色,二次生烃、晚期成藏是重要类型^[4~7]。

南鄱阳坳陷龙潭组经历了两期重要的成烃期。由于印支-燕山运动造成本区抬升,使得龙潭组烃源岩一次生烃演化程度不高。白垩纪盆地盖层形成后再次深埋进入二次生烃阶段。乐平鸣山矿区鸣检 1 井的上白垩统周家店组底部 R₀ 与下伏的龙潭组 R₀ 分析数据基本呈连续渐变分布(图 3),中燕山期(本地区主要造山期)不整合面附近未见“上低下高”的跳跃式变化^[7],鸣山 6-4 井周家店组底砾岩中产原油、鸣检 1 井龙潭组官山段(P₂l¹)砂岩含油、乐探 1 井周家店

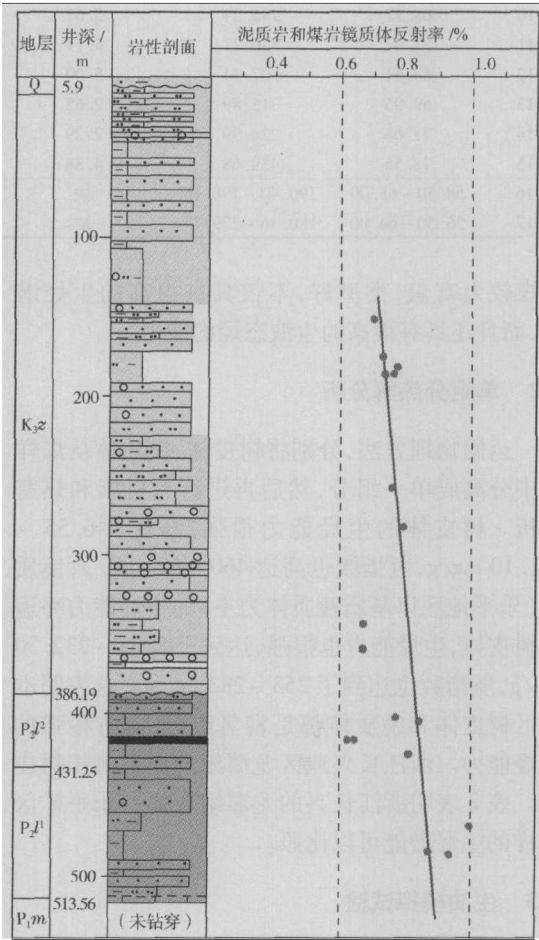


图 3 乐平地区鸣检 1 井 R₀ 剖面

Fig. 3 R₀ profile of Mingjian 1 well in Leping area

组见裂缝性油藏等直接证据,说明龙潭组目前的热成熟度是由上覆的白垩系沉积层叠加深埋所致,海相烃源岩在白垩纪叠合盆地形成后具有晚期生烃潜力。盆地模拟的结果表明,坳陷的古生界海相烃源岩在白垩系沉积前的早期初始生烃演化程度普

遍较低(R_o 多在0.50%~0.65%),现今则多处在高成熟阶段(R_o 为1.00%~1.45%),说明其在白垩纪叠合盆地形成后的深埋藏阶段的晚期生烃潜力(包括二次生烃)是较强的。

2004年在乐平地区实施的乐探1井于白垩系周家店组下部钻遇裂缝性油藏,其原油是典型的煤成油,来源于龙潭组的树皮煤。提出油-源对比分析的依据如下:

1) 原油密度低,为0.7975 g/ml(20℃)。乐探1井原油还有低硫(0.16%)、低凝固点(22℃)、偏高蜡(13.34%)等特点,符合煤成油的一般规律^[8,9]。

2) 原油族组分含量饱和烃为78.01%,芳烃为13.02%,非烃为1.07%,沥青质为7.89%,其饱和烃+芳烃高达91.03%, (饱和烃+芳烃)/(非烃+沥青质)比值高达8.96,饱芳比为5.99^[8-12]。

3) 高的姥鲛烷/植烷比值。乐探1井原油的姥鲛烷/植烷比值为4.38,比一般原油高得多。

4) 正构烷烃成三角旗状分布,碳数分布自 nC_{11} — nC_{35} ,主峰碳为 nC_{15} ,其 nC_{21}/nC_{22} 比值为1.95, ($nC_{21}+nC_{22}$)/($nC_{28}+nC_{29}$)比值为2.70,说明该原油轻质成分较富集。

5) 乐探1井原油的甲基环己烷指标为44.04%,属Ⅱ型干酪根的产物,与本区龙潭组煤的干酪根类型一致。

6) 乐探1井原油 $5\alpha-C_{27}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})$ 为28.62%, $5\alpha-C_{28}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})$ 为32.78%,而主要反映源于陆源高等植物的 C_{29} 甾烷相对含量则仅为38.60%,远低于源于Ⅲ型干酪根的原油;另外,乐探1井原油有明显的藿烷优势,藿烷/甾烷比值为2.44,明显反映出海相泥炭坪成煤物质的特征。表4、图4与塔里木盆地依奇

表4 乐探1井原油与新疆煤成油原油饱和烃甾烷特征对比
Table 4 Correlation of sterane characteristics of saturated hydrocarbon in crude oils from Letan 1 well with that in coal-derived oil from some oilfields in Xinjiang

井号	$[5\alpha-C_{27}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})]/\%$	$[5\alpha-C_{28}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})]/\%$	$[5\alpha-C_{29}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})]/\%$	藿烷/甾烷
乐探1井	28.62	32.78	38.60	2.44
乐6-4井	29.97	24.17	45.87	2.81
依奇克里克油田	13.81	29.39	56.81	2.58
齐古油田	8.62	26.33	63.06	无数据
吐哈鄯11-8井	9.71	18.81	71.45	5.56

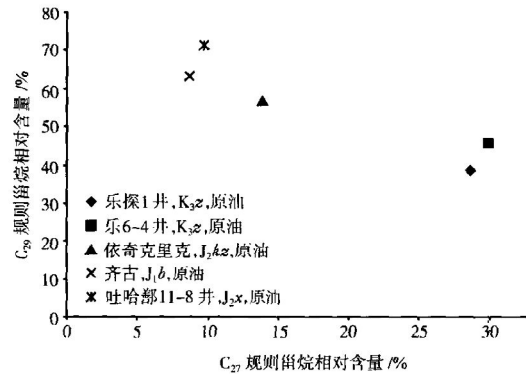


图4 乐探1井区源于树皮煤与源于腐殖煤的煤成油 C_{27} 与 C_{29} 规则甾烷相关关系^[18]

Fig. 4 Correlation diagram of C_{27} and C_{29} steranes in oils derived from bark coal and humic coal

克里克油田、准噶尔盆地齐古油田以及吐哈盆地陆相沼泽煤成油的甾烷组成差异明显。它们的 $5\alpha-C_{27}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})$ 明显偏低,仅为8.62%~13.81%; $5\alpha-C_{28}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})$ 略低于乐探1井,为18.81%~29.39%;而 $5\alpha-C_{29}/5\alpha-(C_{27}+C_{28}+C_{29})$ 则大大高于乐探1井原油,达56.81%~71.45%。新疆这3个油田煤成油的煤岩组分则是以镜质组、半镜质组和半惰质组为主的Ⅲ类干酪根^[13-18]。

7) 较重的碳同位素值。乐探1井原油的 $\delta^{13}C$ 值较重,为-25.50‰,其饱和烃、芳烃、非烃、沥青质的 $\delta^{13}C$ 值分别为-25.95‰、-26.15‰、-26.38‰和-26.55‰。

尽管很多含煤盆地的煤层并不是主要的烃源岩^[19-21],但在泥质烃源岩发育不好的条件下,煤层可能成为主要烃源岩,特别是类型有利的煤(富氢贫氧煤)能够形成商业性油气藏^[22]。例如,鄂尔多斯盆地的太原组泥炭坪煤层是太原组的主力烃源岩^[23]。乐探1井煤成油藏的发现无疑揭示了南鄱阳坳陷煤成油勘探的良好前景。

4 结束语

南鄱阳坳陷龙潭组的树皮煤是滨海泥炭坪(海相)成煤的代表,最典型的是B煤组,次为C煤组。树皮煤具有强的生烃能力,特别是以其具有强的生成液态烃的能力而区别于其他煤种烃源岩,其树皮体的产油率是镜质体的3倍多,是树皮

煤生油的主要贡献者。南鄱阳坳陷龙潭组树皮煤初始热演化程度较低,白垩纪盆地的叠合造就了晚期生烃(二次生烃)、晚期成藏的地质条件,可以形成龙潭组自生自储油气藏(鸣检1井类型)以及以龙潭组为油源、以白垩系为储集层的古生新储油气藏(乐探1井类型),在油气地质条件十分复杂的中国南方来说,其油气勘探前景是非常有吸引力的。

鸣谢:本文得到华北油田研究院前总地质师谭铁同志的指导,以及唐协华、金萍等同志的帮助,谨以致谢。

参 考 文 献

- 关德师,戚厚发,甘利灯. 煤和煤系泥岩产气率实验结果讨论[A]. 见:煤层气地质研究编委会,编. 煤层气地质研究[C]. 北京:石油工业出版社,1987. 182~193
Guan Deshi, Qi Houfa, Gan Lideng. Discussion on pyrolytic-simulation results of gas productivity from coal & mudstone of coal measures[A]. In: 《Symposium on Geological Research of Coal-formed Gas》Editing Committee, ed. Symposium on geological research of coal-formed gas[C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987. 106~117
- 王英民. 海相改造残留盆地的地质特征和勘探前景[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 28~32
Wang Yingmin. Geological characteristics and exploration prospects of reformed-residual basins[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(1): 28~32
- 郭彤楼, 田海芹. 南方中-古生界油气勘探的若干地质问题及对策[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 244~247
Guo Tonglou, Tian Haiqin. Several geology issues about Mesozoic-Palaeozoic oil and gas exploration in southern China and the way of how to deal with[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3): 244~247
- 梁兴, 马力, 吴少华, 等. 南海相油气勘探思路与选区评价建议[J]. 海相油气地质, 2001, 6(3): 1~16
Liang Xing, Ma Li, Wu Shaohua, et al. Ponderation and play estimation to marine petroleum exploration in Southern China[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2001, 6(3): 1~16
- 梁兴, 叶舟, 郑华平, 等. 南鄱阳坳陷海相烃源岩晚期生烃论证[J]. 海相油气地质, 2005, 10(3): 8~17
Liang Xing, Ye Zhou, Zheng Huaping, et al. Demonstration of late hydrocarbon generation from marine source rocks in Nanpoyang Depression, Poyang basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2005, 10(3): 8~17
- 杨斌, 李建新, 诸长鼎. 依奇克里克油田煤成油气的地球化学特征和库车坳陷含油气远景[J]. 石油勘探与开发, 1989, 16(3): 1~8
Yang Bin, Li Jianxin, Zhu Changding. Geochemical characteristics of coaliferous oil and gas of Yiqikelike oil and gas field and the prospect of Kuqa depression[J]. Petroleum Exploration & Development, 1989, 16(3): 1~8
- 黄第藩, 秦匡宗, 王铁冠, 等. 煤成油的形成和成烃机理[M]. 北京:石油工业出版社, 1995. 236~240
Huang Difan, Qin Kuangzong, Wang Tieguan, et al. Oil from coal: formation and mechanism[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995. 236~240
- 程克明, 熊英, 曾晓明, 等. 吐哈盆地煤成烃研究[J]. 石油学报, 2002, 23(4): 13~19
Cheng Keming, Xiong Ying, Zeng Xiaoming, et al. Research on coal-derived hydrocarbon in Turpan-Hami basin[J]. Acta Petroli Sinica, 2002, 23(4): 13~19
- 苏艾国, 程克明, 何忠华, 等. 吐哈盆地台北凹陷煤成烃特征及形成[J]. 地球化学, 1995, 24(2): 128~137
Su Aiguo, Cheng Keming, He Zhonghua, et al. Characteristics and formation of coal-generated hydrocarbon in Taibei depression, Turpan-Hami basin[J]. Geochimica, 1995, 24(2): 128~137

(下转第69页)

- (3):288-293
- 9 马国福,魏军,汪满福. 酒西盆地青西地区油气藏裂缝研究[J]. 新疆石油地质,2002,23(1):44-45
Ma Guofu, Wei Jun, Wang Manfu. The study on petroleum reservoir fractures in Qingxi area of Jiuxi basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology. 2002, 23(1): 44-45
 - 10 安作相. 老君庙油田形成的新观点[J]. 新疆石油地质,1998,19(4):265-269
An Zuoxiang. New viewpoint of forming Laojunmiao oilfield [J]. Xinjiang Petroleum Geology. 1998, 19(4): 265-269
 - 11 李伟,刘宝珺,吕涛,等. 酒西盆地老君庙构造带油气来源的探讨[J]. 石油勘探与开发,1998,30(2):30-32
Li Wei, Liu Baojun, Lu Tao, et al. Oil and gas sources of Laojunmiao structural belt in Jiuxi basin, northwest China [J]. Petroleum Exploration and Development. 1998, 30(2): 30-32
 - 12 陈建平,陈建军,张立平. 酒西盆地油气形成与勘探方向新认识(一)——基本石油地质条件及生油潜力[J]. 石油勘探与开发,2001,28(1):19-22
Chen Jianping, Chen Jianjun, Zhang Liping. New opinions on oil and gas generation and exploration in Jiuxi basin (I)—basic petroleum and geological condition and oil-generating potential [J]. Petroleum Exploration and Development. 2001, 28(1): 19-22
 - 13 Meng Qingren, Hu Jianmin, Jin Jiuqiang, et al. Tectonics of the late Mesozoic wide extensional basin system in the China-Mongolia border region [J]. Basin Research, 2003, 15: 397-415
 - 14 李明杰,郑孟林,曹春潮,等. 北山-阿拉善地区侏罗纪—白垩纪盆地的叠合演化[J]. 石油与天然气地质,2004,25(1):54-57
Li Mingjie, Zheng Menglin, Cao Chunchao, et al. Superposed evolution of Jurassic and Cretaceous basins in Beishan-Alaxa area [J]. Oil & Gas Geology. 2004, 25(1): 54-57
 - 15 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J]. 石油与天然气地质,2005,26(1):126-132
Wang Tingbin. Gas pools in China have mainly been formed and finalized during tectonic movements since Neogene [J]. Oil & Gas Geology. 2005, 25(1): 54-57
 - 16 郑和荣,李铁军,蔡立国,等. 中国中西部前陆冲断褶皱带油气地质条件及勘探建议[J]. 石油与天然气地质,2005,26(1):156-161
Zheng Herong, Li Tiejun, Cai Liguang, et al. Petroleum geologic conditions in foreland thrust-fold belts in west-central China and proposals for exploration [J]. Oil & Gas Geology. 2005, 25(1): 156-161
- (编辑 李树森)
-
- Liu Dehan, Zhang Huizhi, Dai Jinxing, et al. Pyrolytic-simulation and evaluation of organic macerals of coal [J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(4): 346-352
- 18 杨斌,马孝祥,周松源,等. 南鄱阳坳陷乐探1井原油树皮煤成油的地球化学特征[J]. 海相油气地质,2005,10(3):31-35
Yang Bin, Ma Xiaoxiang, Zhou Songyuan, et al. Geochemistry of bark coal-originating oil from well Letan-1 in Nanpoyang depression, Poyang basin [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2005, 10(3): 31-35
 - 19 胡社荣,郎东升,潘景刚,等. 煤和含煤岩系成油理论研究和演变历史[J]. 煤田地质与勘探,2003,31(4):19-22
Hu Sherong, Lang Dongsheng, Pan Jingguo, et al. Review on theory study and evolution history of the oil from coal and coal-bearing formations [J]. Coal Geology & Exploration, 2003, 31(4): 19-22
 - 22 赵孟军,肖中尧,彭燕,等. 煤系泥岩和煤岩生成原油的地球化学特征[J]. 石油勘探与开发,1998,25(5):8-10
Zhao Mengjun, Xiao Zhongyao, Peng Yan, et al. Geochemistry of oil from coal & from the shale in coal measures [J]. Petroleum Exploration & Development, 1998, 25(5): 8-10
 - 23 翟爱军,邓宏文,邓祖佑. 鄂尔多斯盆地上古生界煤层在层序中的位置及对比特征[J]. 中国海上油气(地质),2000,14(3):178-181
Zhai Aijun, Deng Hongwen, Deng Zuyou. Sequence stratigraphy and correlation of Upper Paleozoic coal-bearing formations in Ordos basin [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2000, 14(3): 178-181
- (编辑 李 军)