

文章编号:0253-9985(2006)05-0682-07

松辽盆地南部十屋断陷地表烃类 异常特征及油气指示意义

夏响华^{1,2}, 胡凯¹, 秦建中²(1. 南京大学地球科学系, 江苏南京 210093; 2. 中国石油化工股份有限公司
石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏无锡 214151)

摘要:地表油气化探技术根据油气微渗漏在地表的异常显示特征预测深部油气藏, 已经有70余年历史。大多数人都认可油气藏能发生油气微渗漏这一自然现象, 但对深部油气藏与地表化探异常之间的复杂关系尚存疑虑。十屋断陷已知油气藏油气微渗漏检测结果显示, 该区各项化探指标均为低背景非均匀地球化学场特征, 异常点浓度较高; 与油气藏有关的异常呈环状或复杂环状形态, 受断层和盖层条件影响而产生的异常为条带状或块状形态。油藏和油气藏微渗漏异常特征不同, 气田上方异常强度低, 为简单环状; 而油气田上为复杂环状(环内也有部分指标异常)。

关键词: 油气; 微渗漏; 异常形态; 异常特征; 十屋断陷; 松辽盆地南部

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

Characteristics of surface hydrocarbon anomalies in Shiwu faulted depression in southern Songliao basin and their significance as an oil/gas indicator

Xia Xianghua^{1,2}, Hu Kai¹, Qin Jianzhong²(1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093; 2. Wuxi Research Unit of Petroleum
Geology, Petroleum Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151)

Abstract: For more than 70 years, surface geochemical exploration technology has been applied in the prediction of deep oil and gas reservoirs through observing anomalous surface expression of hydrocarbon microseepage. It is generally accepted that hydrocarbon may leak from reservoirs through microseepage, but the complex relationship between surface geochemical anomaly and deep hydrocarbon accumulation has not yet been proven. Hydrocarbon microseepage detection in the known oil and gas accumulation in Shiwu faulted depression shows that all of the geochemical indicators in this area are characterized by heterogeneous geochemical field with low background value, and the concentration of hydrocarbons in the anomalous area is relatively high. The anomalies related to oil and gas accumulation are annular or complex annular while the anomalies caused by a fault or cap rock are banded or block-shaped. The microseepage anomaly in a gas field has different features with that in an oil and gas field. The former is low in intensity and simply annular in shape, while the latter is complicated annular in shape, with some anomalous indicators occurring within the ring.

Key words: hydrocarbon; microseepage; anomaly shape; anomaly characteristics; Shiwu faulted depression; southern songliao basin

油气勘探早期, 人们根据地表油苗寻找油气藏, 随着分析测试技术的发展和计算机技术的广

泛应用, 油气地球化学勘探技术可以根据地表的微量烃类异常寻找下伏油气聚集体^[1~7]。由于影

收稿日期: 2006-08-17

第一作者简介: 夏响华(1962—), 男, 教授级高级工程师, 地球化学

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”重点科技攻关项目(970211)

响油气运移的因素很多,地表烃类异常的成因非常复杂,地表烃类异常的多解性是制约油气化探技术应用的的关键技术问题^[8],国内外研究人员从排除干扰因素的角度开展了大量的研究工作^[9~13],也开发了一系列烃类指纹判别技术,从总结异常模型入手开展了以油气藏为目标的模式识别技术研究^[14~17],在此基础上油气化探技术的应用效果得以改善,但是在油气详查和精查阶段地表化探异常的解释评价精度还有待提高^[18,19]。在不同地区,油气化探方法的适应性和应用效果有较大差异,松辽盆地大量油气化探成果表明,地表化探异常与深部油气藏有密切关系^[20],本文根据十屋断陷已知油气藏上方轻烃检测结果,探讨了油气微渗漏导致的地表化探异常模式,总结了地表烃类异常分布规律。

1 油气微渗漏检测结果

分别于1999年5月和2001年10月在松辽盆地东南隆起区十屋断陷开展了剖面化探工作,第一次在剖面AB上以500 m点距采集土壤样品和土壤顶空气样品各135个,第二次沿同一剖面以250 m点距采集土壤样品和土壤顶空气样品各267个,重复采样点135个,剖面位置及采样点分布见图1。分析测试了热释烃、酸解烃、 ΔC 和顶空

气。两次测量所采样品,由原中国石化石油勘探开发研究院合肥石油化探研究所进行热释烃、酸解烃、顶空气和 ΔC 等方法测试。

1.1 区域化探异常特征

图2是两次化探样品各种化探方法测试结果对比。从图中可以看出:以孤家子—后五家户—八屋构造带(90—215号点之间)为主体,蚀变碳酸盐、酸解烃、顶空气指标在边界处分布高值异常,热释烃高值异常分布在构造带上方。

各项化探指标均为低背景非均匀地球化学场特征,异常点浓度较高。不同年度测量结果显示,酸解烃、热释烃、蚀变碳酸盐具有较好的重现性和稳定性,在油气田上方有异常分布。而土壤顶空气两次测量重现性较差,但在五家户气田和四五家子油气田上方也有异常显示,在土壤未解冻季节(1999年5月)采样,顶空气指标在油气田上方显示中等强度异常,异常形态为双峰特征,桑树台断裂区域具低浓度特征,双龙构造(盖层条件较差)上方为高浓度分布区域;在土壤解冻后(2001年10月)采样,顶空气指标在油气田上方仍显示中等强度异常,异常形态为双峰特征,但断裂区域和盖层条件较差的地方为高浓度分布区。在背景区245—267采样点区间,顶空气各项指标均为极低值。

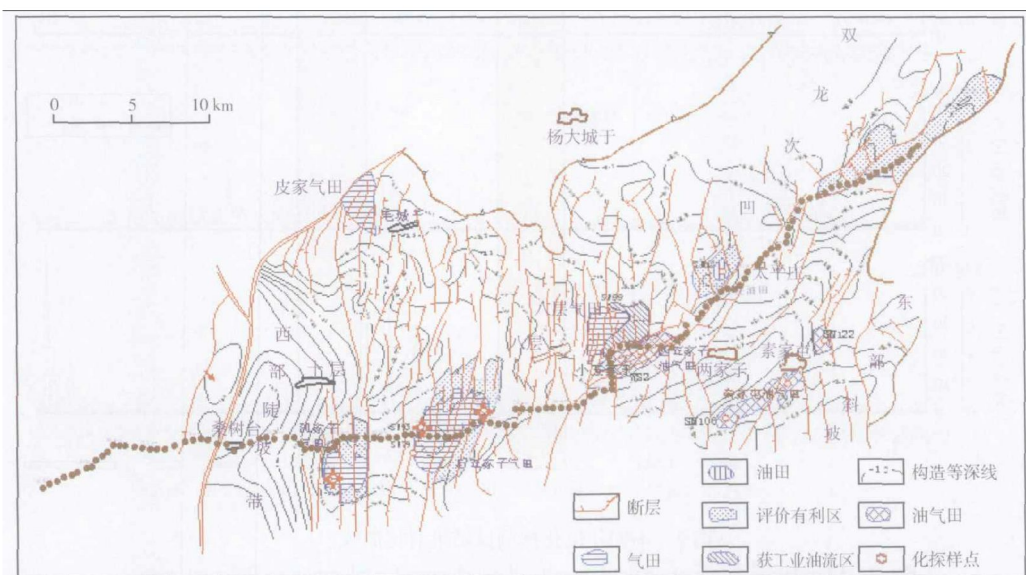


图1 油气化探采样剖面位置

Fig. 1 Sampling profile of the surface hydrocarbon geochemical exploration

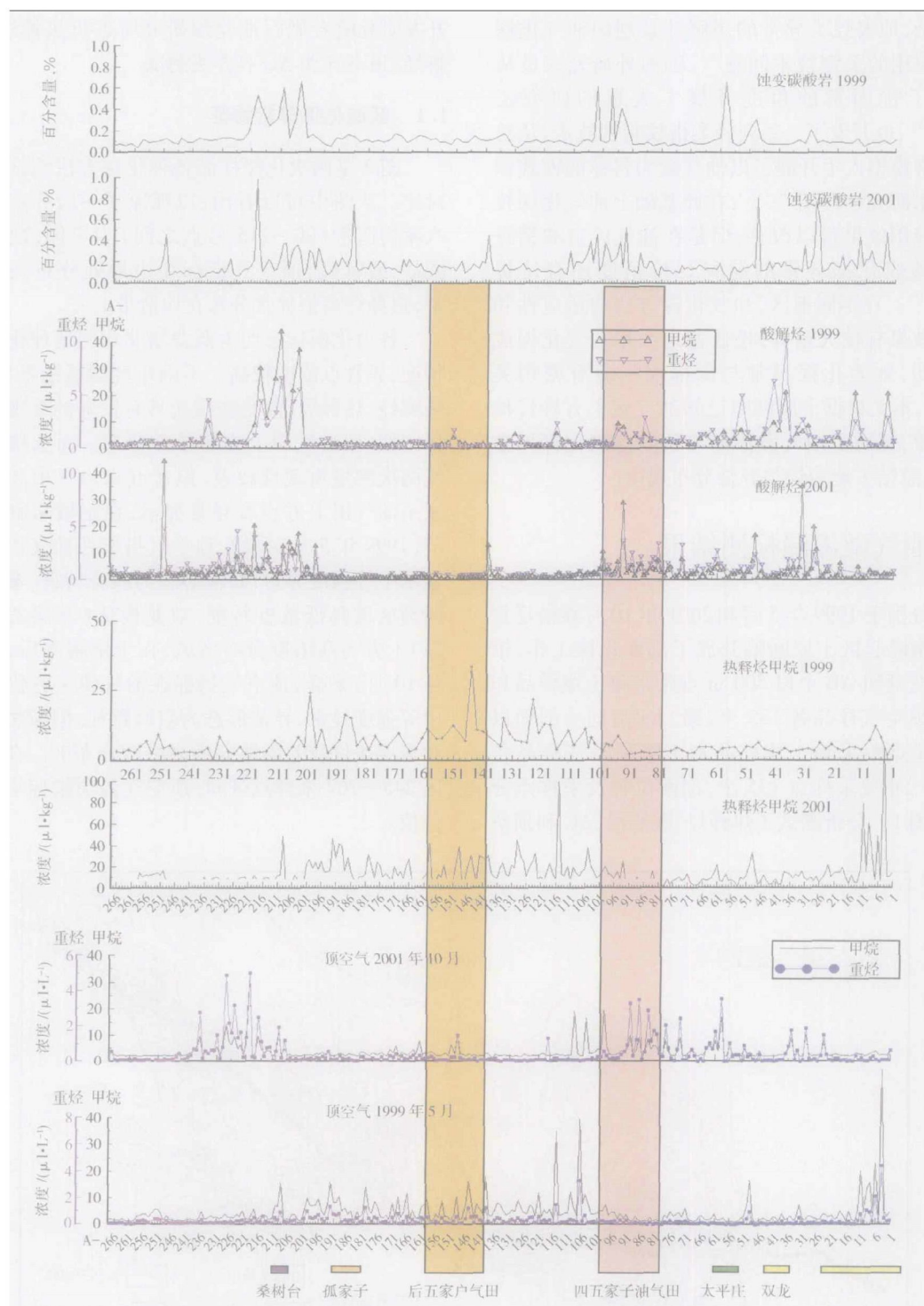


图2 不同年度化探测试结果对比曲线

Fig. 2 Correlation curve of analytic results of geochemical exploration in different years

1.2 局部化探异常特征

1.2.1 后五家户气田地表化探异常(145—165点区间)

总结后五家户和孤家子气田地表化探异常特征,气藏上方显示化探异常的主要指标是酸解烃和顶空气,其指标的异常强度均为中等。以断层为气藏边界时,边界化探指标异常强度高于岩性边界化探指标异常强度。蚀变碳酸盐指标(ΔC)在气藏上无异常显示。气藏地表地球化学剖面上为驼峰状,与平面上环状异常对应。该异常模式对十屋断陷内寻找断背斜、断块型气藏有重要的指导意义。

1.2.2 四五家子油气藏地表地球化学异常(85—105点区间)

在四五家子油气藏上方,酸解烃、顶空气、蚀变碳酸盐(ΔC)等主要化探指标在油气藏上方均有良好的异常显示。酸解烃和顶空气指标为中等或较高强度异常,剖面异常特征为各主要指标组成的混合顶端异常,它们的形态呈不规则环状或斑状。蚀变碳酸盐指标异常强度大,构成环状异常主体。由酸解烃、顶空气和蚀变碳酸盐指标共同构成的复杂环状异常是油气藏平面地表化探异常形态。其中蚀变碳酸盐指标高强度异常是核心,其与酸解烃和顶空气指标中等强度异常空间上的组合特征可以很好地区分气藏引起的地表化探异常和油气藏导致的地表化探异常。

1.2.3 桑树台断裂(或断裂带)地表地球化学异常

十屋断陷中,由于嫩末构造运动等的影响,发育很多张性断层,是深部油气运移渗漏的通道。对于断至地表断层来说,一般是发生油气宏渗漏(地表显示油气苗);而对于断至地表浅层的断层来说,沿断层运移上来的烃类物质会继续发生微渗漏而在地表形成化探异常。桑树台断裂带地表化探异常主要为酸解烃和蚀变碳酸盐,异常强度高,剖面异常形态为单点或连续多点构成的顶端块状,平面异常形态为线状或带状。当断层被封堵时,此处无顶空气异常,这类化探异常的意义不直接指示油气藏,但在其附近若存在好

的圈闭条件,是值得重视的勘探目标。

1.2.4 双龙构造地表化探异常

该区地表地球化学异常特征与桑树台断层上方地表地球化学异常特征相似,区别是该区顶空气指标显示中等或高强度异常。异常形态在剖面上表现为顶端块状特征,揭示出该含油气圈闭中油气组分正在破坏性散失,异常区内油气不易被保存。

2 讨论

2.1 断裂和微裂隙系统是油气运移和垂向微渗漏的通道

十屋断陷到目前为止的大量勘探实践证明,该区大多数油气田(藏)存在与断裂相伴生的特点,并且多数为断层圈闭的油气藏。因此,断层在构造运动期间的活动、发展对油气藏的调整与破坏有着极为重要的影响。嫩末构造运动(83~65 Ma)以褶皱和断裂的形式使十屋断陷区隆起,缺失上白垩统四方台组和明水组沉积,重要的是在此期间大部分深层早期断层再活动,并上延到浅部拗陷层,导通深部烃源岩和浅部储层,促使深断陷所生气体大量垂向运移,在泉头组中下部富集成藏。在十屋断陷深源浅储型油气藏成藏过程中,沟通深浅层断层通道是必备条件之一。

图3和图4中深、浅部样品具有相似的组分特征,是断层沟通深浅层的有力证据。虽然断层在油气运聚过程中作用非常显著,但断层作为油气散失的途径及对油气的破坏作用也是不容忽视的。多次地表测量结果也表明在桑树台断裂上,曾发生了强烈的油气微渗漏现象。

为了证明地表化探异常是深部烃类物质运移至地表所产生,以松南33井浅层天然气富集层段样本与该区地表土壤样品烃指纹配对分子对比,结果见图5。

从图5中可见,两个样本烃类组分的变化趋势基本一致,表明地表化探异常与深部烃类间具有同源性。另据SN33井气层三维荧光图谱与地表化探异常点三维荧光图谱比对,两者也极为相似,均为O型,反映地表三维荧光光谱信息源于深部天然气层。

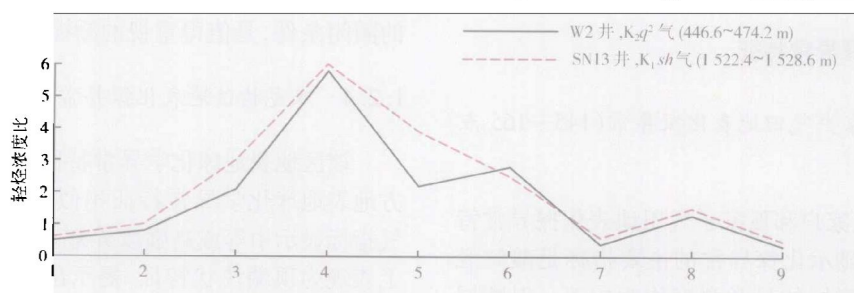


图3 小五家子构造深、浅部天然气轻烃指纹参数对比(据陈力等,1995)

1. iC_4/nC_4 ; 2. iC_5/nC_5 ; 3. 2-甲基戊烷/3-甲基戊烷; 4. nC_6 /甲基环戊烷; 5. 2-甲基己烷/2,3-二甲基戊烷; 6. 3-甲基己烷/1,1-二甲基环戊烷+顺-1,3-二甲基环戊烷; 7. 反-1,3-二甲基环戊烷/反-1,2-二甲基环戊烷; 8. nC_7 /甲基环己烷; 9. 4-甲基庚烷/3-甲基庚烷

Fig. 3 Correlation of the fingerprint parameters of light hydrocarbon in gas from the deep and shallow of Xiaowuji structure

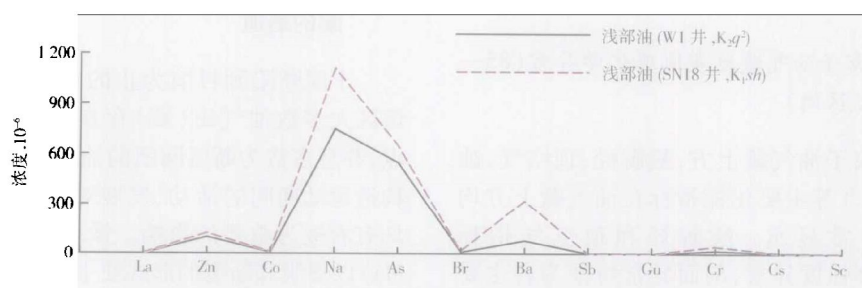


图4 小五家子构造深、浅层油微量元素组成对比(据陈力等,1995)

Fig. 4 Trace element composition in oil from the deep and shallow of Xiaowuji Structure

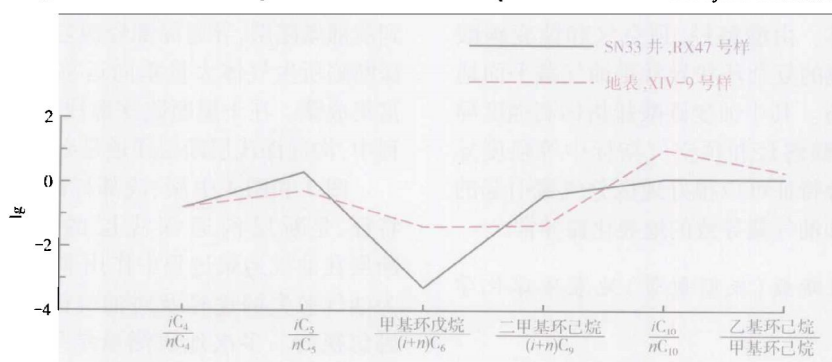


图5 天然气层与地表样品烃类组分含量对比(据陈力等,1995)

Fig. 5 Correlation of the hydrocarbon contents in the in-situ and surface gas samples

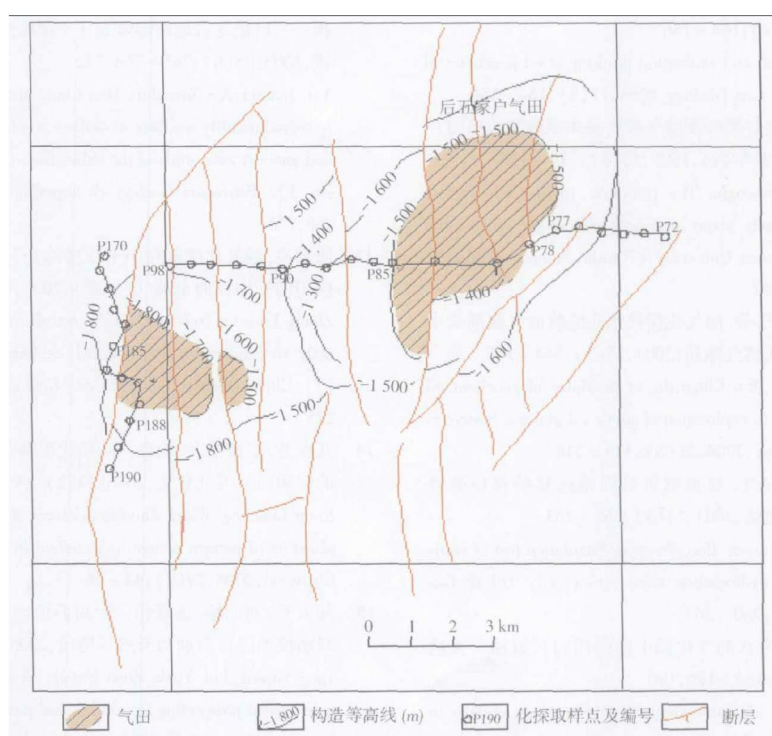
通过地表地球化学勘查发现,采自油气田边界断裂上方的地表化探样品(P78, P182等)顶空气(WC_1, WC_2^+)含量明显高于油气田边缘非断裂上方的样品(P85, P188)烃气含量(图6;表1)。

上述资料表明,地下油气藏在构造运动影响下,断层和裂隙系统促使深部油气向浅部运移成藏,同时也使得部分油气藏被破坏散失,继承性的断裂和裂隙系统在新生代地层中成为油气宏渗漏

(东辽河至今冒气泡)和微渗漏的通道,使得油气藏上方出现地表地球化学异常响应。

2.2 气藏与油气藏在地表产生不同类型的地表化探异常

本项目通过化探采样、分析研究发现,后五家户气藏和孤家子气藏上方,地表化探异常特征(指标组合、异常强度、异常形态)具有极好的相似性。



- 然气地质,1996,17(2):164~166
- Chen Li. Interpretation and evaluation thinking of oil geochemical exploration[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(2): 164~166
- 3 姜洪训,刘生福. 地表烃类探测油气藏的基本原理与效果[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1996, 26(4): 335~339
- Jiang Hongxun, Liu Shengfu. The principle, interference factors and eliminating methods about surface hydrocarbon prospecting[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 1996, 26(4): 335~339
- 4 朱怀平,李武,吴传芝,等. 油气化探技术在隐蔽油气藏勘探中的作用[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 344~348
- Zhu Huaiping, Li Wu, Wu Chuazhi, et al. Roles of geochemical prospecting technique in exploration of subtle oil and gas reservoirs[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 344~348
- 5 夏响华,杨瑞琰,鲍征宇. 烃类组分垂向微运移的模拟研究[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 260~263
- Xia Xianghua, Yang Ruiyan, Bao Zhengyu. Simulation test of vertical micro-seepage of hydrocarbon composition[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 260~263
- 6 刘运黎. 似源组构异常在油气化探中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 184~186, 190
- Liu Yunli. Application of source-similar fabric anomaly analysis in petroleum geochemical exploration[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(2): 184~186, 190
- 7 夏响华. 油气地表地球化学勘探技术的地位与作用前瞻[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 529~533
- Xia Xianghua. Looking forward to the position and role of surface geochemical exploration for oil and gas[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(5): 529~533
- 8 姚俊梅. 现阶段地表油气化探技术难题与发展对策[J]. 物探与化探, 2005, 29(6): 477~480, 486
- Yao Junmei. Some difficult problems in the development of surface oil and gas geochemical exploration technique and the countermeasures[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2005, 29(6): 477~480, 486
- 9 贾国相. 地表油气化探的影响因素及消除方法[J]. 物探与化探, 2004, 28(3): 218~221
- Jia Guoxiang. Factors affecting surface geochemical oil-gas exploration and methods for their elimination[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2004, 28(3): 218~221
- 10 李兰杰. 影响酸解烃浓度的因素及排除干扰的方法[J]. 物探与化探, 2004, 28(2): 126~129
- Li Lanjie. Factors affecting the concentration of acid hydrolytic hydrocarbon and methods for eliminating interference[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2004, 28(2): 126~129
- 11 宋继梅,黄建军. 油气化探样品芳烃分析中干扰因素的识别[J]. 化学通报, 2004, 67(9): 695~699, 694
- Song Jimei, Huang Jianjun. Distinguishing for interference factors of aromatic hydrocarbon analysis in oil and gas geochemical exploration[J]. Chemistry, 2004, 67(9): 695~699, 694
- 12 姚俊梅,夏响华,任春. 油气化探方法稳定性和异常重现性分析——以松辽盆地南部隆起区十屋断陷为例[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 765~768, 772
- Yao Junmei, Xia Xianghua, Ren Chun. Method stability and anomaly reproducibility analysis in surface geochemical exploration for oil and gas—A case study of the shiwu fault depression in Songliao basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(6): 765~768, 772
- 13 张刘平. 油气化探研究中干扰排除与异常识别的新方法及其应用[J]. 中国海上油气(地质), 2003, 17(4): 269~275
- Zhang Liuping. New methods of interference elimination and anomaly recognition in geochemical exploration and its application[J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2003, 17(4): 269~275
- 14 孔令芳,王振平,张相春,等. 模式识别方法在地球化学领域中的应用[J]. 河北化工, 2006, 29(2): 44~46
- Kong Lingfang, Wang Zhenping, Zhang Xiangchun, et al. The application of pattern recognition method in geochemistry[J]. Hebei Chemical, 2006, 29(2): 44~46
- 15 汤玉平,刘运黎,赵跃伟,等. 川西地区浅、中层天然气藏化探判别模型[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 530~536
- Tang Yuping, Liu Yunli, Zhao Yaowei, et al. Discriminant model of geochemical prospecting for shallow and medium depth gas reservoirs in western Sichuan[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(4): 530~536
- 16 赵克斌,孙长青. 油气化探精查中的矿置异常特征与模式识别[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 539~543
- Zhao Kebin, Sun Changqing. Features of anomalies related to reservoir and anomaly pattern recognition in intensive oil and gas geochemical exploration[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(5): 539~543
- 17 汤玉平,赵跃伟,刘运黎. 油气化探数据处理系统[J]. 物探化探计算技术, 2004, 26(1): 43~46
- Tang Yuping, Zhao Yuewei, Liu Yunli. Data processing system of oil and gas geochemical exploration[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2004, 26(1): 43~46
- 18 夏响华,程同锦,任春,等. 论油气化探精查技术及其应用[J]. 物探与化探, 2003, 27(5): 366~368
- Xia Xianghua, Cheng Tongjin, Ren Chun, et al. The intensive petroleum oil and gas geochemical exploration and its application[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2003, 27(5): 366~368
- 19 祁士华,董勇,柳建华,等. 地表油气化探异常的解译与评价[J]. 地质科技情报, 1996, 15(3): 49~52
- Qi Shihua, Dong Yong, Liu Jianhua, et al. Explanation and evaluation on anomalies of surface geochemical prospecting for oil and gas[J]. Geological Science and Technology Information, 1996, 15(3): 49~52
- 20 姚俊梅,夏响华. 松辽盆地南部油气化探方法技术研究[J]. 物探与化探, 2000, 24(6): 418~425
- Yao Junmei, Xia Xianghua. Geochemical oil-gas exploration technique in southern Songliao basin[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2000, 24(6): 418~425

(编辑 陈喜禄)