

酒西盆地含油气系统与油气勘探方向

赵应成

(石油大学, 北京 102200)

本文解剖了酒西盆地烃源岩发育的地质背景及主要烃源岩的性质、分布规律, 分析了油气生成期与圈闭发育期的配置关系、油气运移方向与通道、储集岩特征及分布、区域盖层分布与成藏规律, 总结了该盆地油气生、储、盖、运、圈、保的基本规律。在此基础上, 研究了制约酒西盆地的主要油气成藏条件, 并指出了有利的勘探领域及目标。

关键词 含油气系统 油气勘探 酒西盆地

作者简介 赵应成 男 42 岁 高级工程师 石油地质

酒西盆地是我国最早的天然石油基地, 为我国石油工业作出了重要贡献。用“含油气系统”理论解剖酒西盆地油气生成、运移、聚集、保存与成藏诸要素及其相互匹配关系, 对深化酒西盆地油气富集规律的认识, 明确进一步勘探方向尤为重要。

酒西盆地为祁连山北缘的前陆盆地, 南以祁连山麓为界, 北至赤金峡山- 宽台山- 榆树沟山, 西起

小红柳峡, 东抵嘉峪关- 文殊山, 面积约 2700km² (图 1)。该盆地 1938 年开始进行石油地质勘探工作, 到目前为止, 共发现了老君庙、石油沟、鸭儿峡、白杨河、单北和柳沟庄 6 个油田, 3 套含油层系及 5 种类型的油藏, 其烃源岩为下白垩统的湖相暗色泥岩。

通常, 含油气系统包括储集岩、含油气圈闭、成

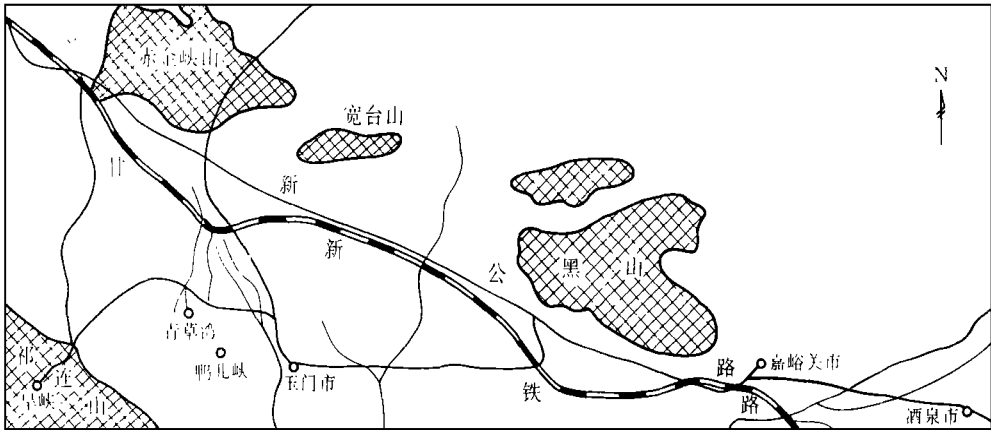


图 1 酒西盆地位置图

熟烃源岩和圈闭之间的油气可能通过它运移的所有岩石及圈闭体系连续的区域性盖层。用含油气系统理论解剖酒西盆地油气形成过程, 不难发现其油气的生成、排出、运移、聚集、圈闭和保存的物理及化学变化都是在含油气系统中发生的。

1 酒西盆地地质结构及其演化

志留纪末, 祁连微板块与阿拉善微板块拼贴, 使下古生界强烈褶皱和断裂, 地层区域性轻微变质, 构

成酒西盆地的褶皱基底。

晚古生代, 北祁连北缘断裂仍很活跃, 海进海退频繁, 沉积了海陆交互至陆相碎屑岩。此时, 酒西盆地南部沉积了 2000m 以上的石炭- 二叠系, 北部隆起遭受剥蚀。

三叠纪至早、中侏罗世, 印支运动和早燕山运动仍使地壳沿北西向断裂活动而使局部沉降, 但沉降区带变窄。盆地中部和北部大面积缺失三叠系和下、中侏罗统。晚侏罗世盆地整体抬升。

早白垩世开始, 酒西盆地进入了向含油气盆地

发展的新历程。盆地受近东西方向的拉张作用,产生了一系列北东-北北东向基底正断层,将盆地切割成若干断块,基底断层东升西降,断块被掀斜,形成箕状凹陷。盆地形成隆坳相间的构造格局,自西而东

有青西坳陷、鸭北隆起、石大坳陷、嘉北隆起(图 2)。坳陷内沉积了巨厚的下白垩统,最厚可达 5000m 以上。到晚白垩世,盆地再度上升缺失上白垩统。

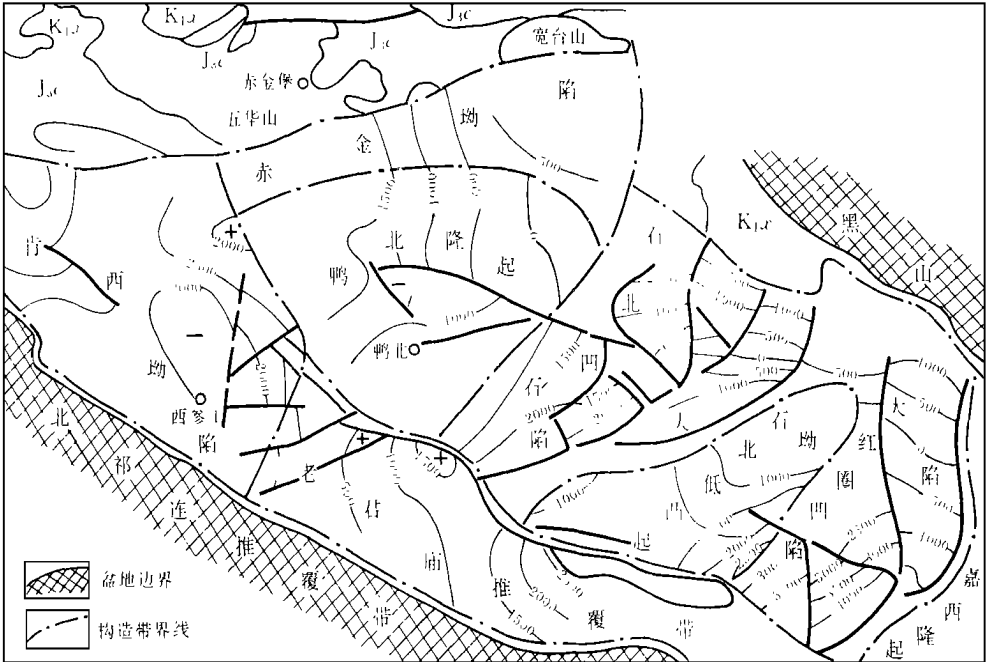


图 2 酒西盆地构造区划示意图

盆地经过晚白垩世至第三纪古新世的长期上升隆起之后,从始新世开始,由于印度板块与欧亚板块碰撞,致使酒西盆地经受近南北向的强烈挤压,从而使盆地整体沉降,在中生代断陷盆地之上形成了沿北西向伸展的统一坳陷盆地,沉积了 3000m 以上的新生代地层。盆地南部形成南部隆起带。

2 酒西盆地含油气系统

2.1 烃源岩及其演化

酒西盆地的烃源岩为下白垩统湖相暗色泥岩,这套暗色泥岩在盆地的断陷内广泛分布,厚度大,有机质丰度较高,干酪根类型较好,烃源岩之上有巨厚的第三系沉积,油气生成转化条件和保存条件较好。

2.1.1 有机质丰度及类型

酒西盆地下白垩统烃源岩丰度高,含大量生物化石,母质类型好(表 1)。

表 1 酒西盆地有机质丰度与类型

凹 陷	有 机 质 丰 度			有机质类型
	有机碳(%)	氯仿 A (%)	总烃(×10 ⁻⁶)	
青 西	0.62	0.0239	169	、
石 北	1.61	0.1092	762	、
大红圈	1.73	0.0847	318	、
赤 金	2.11	0.0588	564	、
全盆地	1.40	0.0911	603	、 、

从表 1 可看出, 酒西盆地各凹陷烃源岩属于好- 较好的烃源岩, 烃源岩有机质类型以Ⅱ型干酪根为主, 其次为Ⅲ型与Ⅳ型。

2. 1. 2 有机质热演化阶段

根据酒西盆地烃源岩有机质的演化特征, 酒西盆地下白垩统烃源岩主要经历了油气形成和油气成熟两个时期, 具有未成熟阶段、低成熟原油阶段与高成熟原油阶段 3 个演化阶段(表 2)。

表 2 酒西盆地各凹陷有机质的演化阶段

		油 气 形 成 期		油 气 成 熟 期	
凹 陷		未成熟阶段 ($R^o < 0.5\%$)	低成熟原油阶段 ($R^o = 0.5\% \sim 1.0\%$)	高成熟原油阶段	
				成熟原油 ($R^o = 1.0\% \sim 1.3\%$)	凝析油、湿气 ($R^o = 1.3\% \sim 2.0\%$)
青西凹陷	中部	$< 3800\text{m}$ $R^o < 0.66\%$	$3800 \sim 4550\text{m}$ $R^o = 0.66\% \sim 1.0\%$	$< 4550\text{m}$ $R^o > 0.1\%$ (未完)	
	边部	$< 2650\text{m}$ $R^o < 0.55\%$	$2650 \sim 3320\text{m}$ $R^o = 0.55\% \sim 1.0\%$	$> 3320\text{m}$ $R^o > 1.0\%$ (未完)	
石北凹陷	中部	$< 2200\text{m}$ $R^o < 0.66\%$	$2200 \sim 3550\text{m}$ $R^o = 0.6\% \sim 1.0\%$	$3550 \sim 3800\text{m}$ $R^o > 1.1\% \sim 1.3\%$	
	边部	$< 1600\text{m}$ $R^o < 0.50\%$	$1600 \sim 2400\text{m}$ $R^o = 0.5\% \sim 1.0\%$	$> 2400\text{m}$ $R^o > 1.0\%$ (未完)	$> 3800\text{m}$ $R^o > 1.3\%$
大红圈凹陷	中部	$< 2740\text{m}$ $R^o < 0.6\%$	2740m $R^o > 0.6\%$ (未完)		
	边部	$< 1600\text{m}$ $R^o < 0.5\%$	$1600 \sim 2100\text{m}$ $R^o = 0.1\% \sim 1.0\%$	$> 2100\text{m}$ $R^o > 1.0\%$	

表中 R^o 为实测值; 石北凹陷中部 3800m 处 R^o 为 1.3%, 是根据白南 3 井资料推测的

(1) 油气形成期的未成熟阶段。这一阶段, 干酪根还没有大量裂解, 只有少部分干酪根裂解脱去 O、S 等元素的杂原子官能团, 形成可溶性非烃, 使可溶有机质中非烃部分增高, 在白南 3 井非烃可高达 39.64%。由于没有大量可溶性烃类生成, 氯仿沥青“A”有机碳、总烃/有机碳的比值都没有明显的增高, 一般在 2% 左右。在形成的烃类中: 饱和烃含量低, 只在 25% 左右; 烷烃中异构化程度高, 姥鲛烷、植烷含量高, 且植烷一般都高于姥鲛烷; 姥鲛烷与正十七烷、植烷与正十八烷的比值高, 白南 3 井可高达 17.7% 和 9.5%; 正构烷烃奇偶优势明显。

(2) 油气形成期的低成熟原油阶段。这一阶段, 首先是干酪根大量裂解, H/C、O/C 原子双下降, 形成大量烃类。在这一阶段岩石中烃类含量出现最高值。在石北凹陷达到 $1300 \times 10^{-6} \sim 3600 \times 10^{-6}$, 氯仿沥青“A”有机碳、总烃/有机碳的比值都急速增大, 白南 3 井可达 15% 和 13%。有机质组成也发生了深刻变化。随埋深增加, 非烃部分急速下降, 由 35% 左右降到 15% 左右; 而饱和烃从 25% 左右增加到

50% 左右。烃类的演变特点是: 正构烷烃分布曲线由锯齿形变为相对圆滑对称的曲线, 奇偶优势降低到 1.0~1.2, 主峰碳数减少; 与此同时, 异构烷烃分布也由高分子向低分子转变, 姥鲛烷、植烷明显降低, 异构烷烃向正构烷烃演化; 姥鲛烷/正十七烷、植烷/正十八烷比值从大于 1 下降到 0.5 左右。

(3) 油气成熟期的高成熟原油阶段。前一阶段继续演化, 氯仿沥青“A”有机碳、总烃/有机碳比值很快下降, 总烃含量下降, 显示了烃类的裂解聚合, 使饱和烃含量增高到 60% 左右; 异构烷烃继续向正构烷烃演化并逐渐消失; 姥鲛烷/正十七烷、植烷/正十八烷比值降到 0.1 左右。由于干酪根的进一步裂解, 非烃下降到 2%~3%。

上述特征反映了已形成的原油在较高温度的熟化, 酒西盆地的原油正是经历了这一演化阶段。

由于酒西盆地地温较低, 从已发现的各油藏油气性质分析, 酒西盆地生油岩中的有机质只经历了油气形成期与油气成熟期的成熟原油阶段, 生成成熟原油。但石北凹陷部分烃源岩演化程度较高, 可能

进入湿气与凝析油阶段。全盆地没有经历油气成熟期中的最终甲烷气阶段。

2.2 油气运移聚集

油气运移聚集, 主要发生在主要生油期之后的第一次构造运动时期。据研究, 酒西盆地油气运移聚集期有两期, 即早白垩世(K_1)末和上新世(N_{2s})末。

早白垩世末期, 凹陷内烃源岩进入低成熟阶段, 烃源岩进入生油门限生成石油, 经过短距离运移, 聚集于志留系古潜山和下白垩统储层中形成油藏。在鸭儿峡白垩系和志留系变质岩的不整合面上发现的沥青充填, 反映了保存条件不太好的第一期运移。

区域性的运移聚集期是在 N_{2s} 沉积之后, 巨厚的第三系沉积使白垩系烃源岩进入成熟阶段, 大量生成石油。上新世末期的喜山运动对盆地有强烈的

影响, 盆地南部断裂再次活动, 使第三系地层发生褶皱, 形成老君庙背斜带。这次构造运动破坏了原有的压力平衡, 为油气运移聚集创造了条件, 造成青西坳陷生成的石油由西向东在老君庙背斜带大规模运移(图 3), 石北凹陷生成的石油向北部斜坡带运移(图 4)。

2.3 储集层类型及特征

酒西盆地储集层类型有第三系孔隙碎屑岩储集层、白垩系低孔渗碎屑岩储集层与碳酸盐岩储集层、前白垩系裂隙型储集层。

第三系储集层岩性主要为粗、中细砂岩和粉砂岩, 次为砾状砂岩、含砾粉砂岩。储集空间以孔隙为主。第三系含油层自下而上分为: 火烧沟组中、上段, 白杨河组间泉子段的 M 层及干油泉段的 K 层。

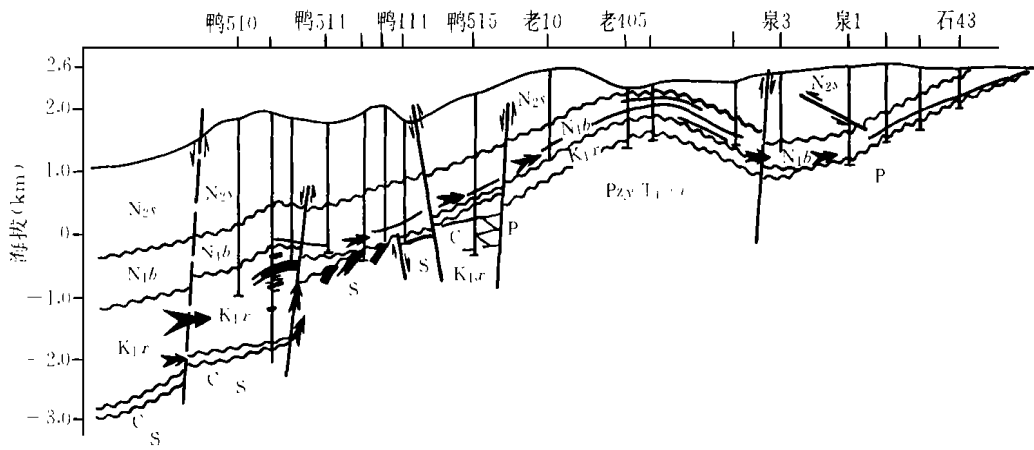


图 3 老君庙背斜带油气运移与油藏剖面图

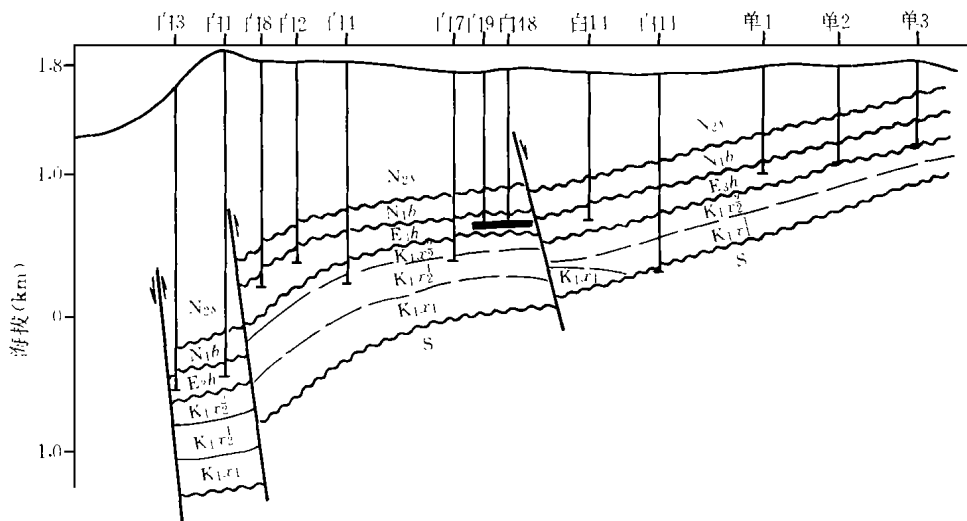


图 4 石北单斜带油气运移与油藏剖面图

白垩系储集层为湖相碎屑岩沉积, 岩石分选差, 成熟度低, 钙质、铁质、硅质和泥质为主要胶结物, 因此物性普遍较差, 属低孔低渗储集层。近年在青西坳陷柳沟庄油藏中发现的泥晶白云岩储层, 亦属低孔低渗储层。

盆地内三叠系、二叠系和石炭系砂砾岩发育, 但物性差, 孔隙度一般小于 10%, 渗透率亦很低, 储集条件很差。盆地内志留系分布广泛, 主要由变质的细粉砂岩和干枚岩组成, 次为白云岩, 孔隙度 2.5% 左右, 渗透率几乎为零, 但裂隙极为发育, 具备裂隙储集条件。

2.4 含油气系统的划分

含油气系统划分原则是: 含油气系统为统一油气运移聚集过程与相对独立条件。从图 2 不难看出, 酒西盆地在早白垩纪时, 发育青西、石大与赤金 3 个坳陷, 赤金坳陷由于烃源岩埋藏较浅, 厚度较薄, 含油气可能性较差。石大坳陷存在两个独立的生油凹陷, 即石北凹陷与大红圈凹陷。几十年的勘探历程证实, 青西坳陷与石北、大红圈凹陷均已获油流, 且油气性质各具特性。按其含油气系统划分原则, 根据酒西盆地含油气事件分析(图 5), 酒西盆地可划分青西、石北与大红圈 3 个含油气系统。每个含油气系统

有 3 套生储盖组合。酒西盆地含油气系统的生储盖组合类型为:

(1) 下白垩统生油, 前白垩系(主要是下古生界变质岩系裂缝)储油, 白垩系与第三系作为盖层的新生古储组合。该组合在鸭儿峡已找到潜山油藏。

(2) 下白垩统生油, 下白垩统自身湖相砂体或湖相碳酸盐岩储油, 上覆白垩系泥岩与第三系作为盖层的自生自储组合。该组合类型分别在青西坳陷与石北凹陷获得油气, 大红圈凹陷见油气显示。

(3) 下白垩统生油, 第三系大型块状砂岩体储油, 上覆第三系泥岩作为盖层的下生上储组合。酒西盆地目前探明储量的 90% 左右处于该组合中, 油源主要来自青西坳陷。

2.5 酒西盆地含油气系统特征

酒西盆地含油气系统具以下特征: a. 下白垩统烃源岩生成的油气具有两期生烃、两次聚集, 每个生烃凹陷均具形成 1 个含油气系统的地质条件; b. 上新统末是酒西盆地油气大规模生成、运移、成藏的关键时刻, 晚于 N_{2s} 末形成的圈闭, 捕获油气可靠性小; c. 下生上储含油气系统以背斜构造圈闭储油为主, 油层为大型块状砂体, 具有储层厚度大、储集物性好的特点, 目前勘探程度最高, 获得储量最多。

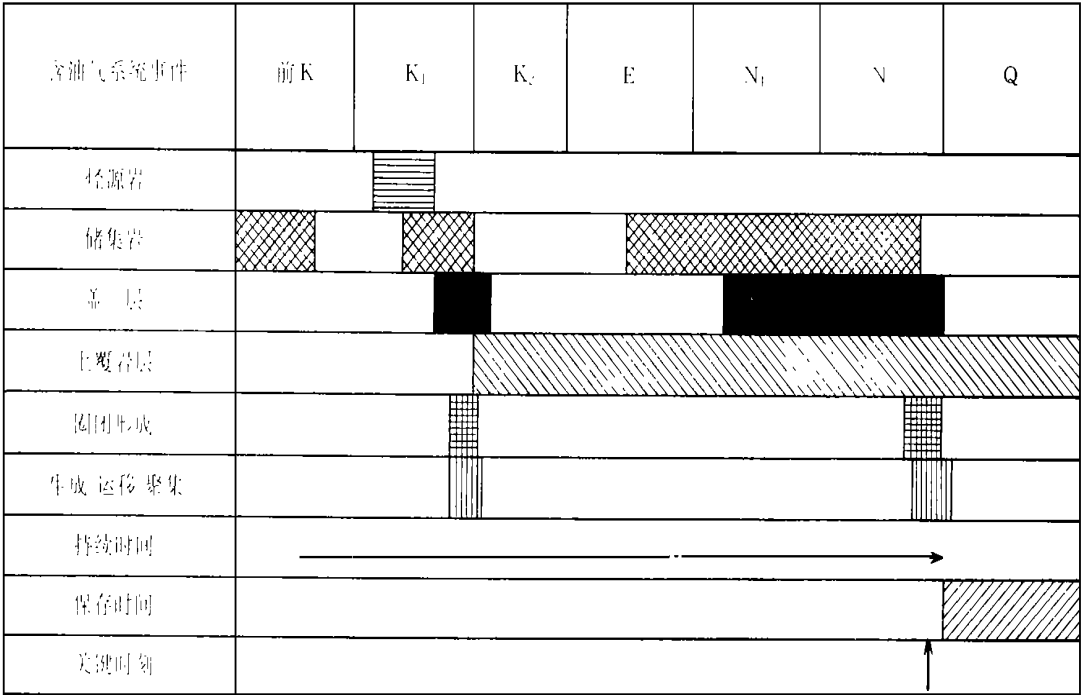


图 5 酒西盆地含油气系统事件图

3 酒西盆地油气勘探方向

从上述酒西盆地含油气系统地质特征分析不难看出：酒西盆地目前所找到的储量主要集中在青西凹陷的含油气系统，勘探程度最高的是下生上储生储盖组合。从 3 大坳陷含油气地质条件分析，石大坳陷的石北、大戏圈凹陷均具较好的成油条件。因此，加大石北、大红圈凹陷油气勘探力度，有望取得新的发现。其次，自生自储生储盖组合仅在青西坳陷获得工业油流，石北凹陷获低产油流，目前对其控油条

件及成藏机理认识尚不清楚，有待深入研究，可以坚信，一旦取得认识上的飞跃，必将带来油气勘探新的发现。

参 考 文 献

1 王昌桂, 阎德齐, 赵应成. 酒西盆地油气分布规律. 北京: 石油工业出版社, 1991

2 霍永录等. 中国石油地质志 13 卷. 北京: 石油工业出版社, 1989

3 胡朝元, 廖曦. 成油气系统的概念在中国的提出及其应用. 石油学报, 19: 17(1)

(收稿日期: 1997 年 3 月 26 日)

PETROLEUM SYSTEM AND PETROLEUM EXPLORATION
TARGETS OF THE JIUXI BASIN

Zhao Yingcheng

(*Petroleum University, Beijing 102200*)

Abstract

In this paper, the geologic background of source rock development and the properties and distributive rules of source rocks in the Jiuxi Basin are dissected, the disposition relation of petroleum-generating period to trap-developing period, the direction and pathway of petroleum migration, the characteristics and distribution of reservoir rocks, regional cover rock distribution and pool-forming rules are analyzed, and the basic regularity for the generation, storage, capping, migration, trapping and preservation of petroleum in the basin are summarized. On this base, the main petroleum pool-forming condtions which restrict the Jiuxi Basin are studied, and the favorable exploration domains and targets are pointed out.

本刊重要启事

本刊自 1998 年第 3 期入编《中国学术期刊(光盘版)》。《中国学术期刊(光盘版)》免收作者版面费,并免费提供作者引文率统计资料。作者可通过作者所在单位设立的中国学术期刊文献检索咨询站免费查询检索本人在《光盘版》中发表文献的被引用情况,本单位未设中国学术期刊文献检索咨询站的作者,可直接向清华大学总站查询。凡本人文章不愿在《中国学术期刊(光盘版)》上刊载的作者,请在来稿上声明,该文经本刊刊载后,不再编入《中国学术期刊(光盘版)》。