

文章编号:1000-1441(2007)04-0411-06

赤水及邻区燕山期古构造特征与油气聚集关系

张银德¹,周文¹,叶斌¹,王良军²

(1. 成都理工大学油气藏地质与开发工程国家重点实验室,四川成都 610059;2. 中国石油化工股份有限公司南方勘探开发分公司研究院,云南昆明 650200)

摘要:为了弄清赤水及邻区燕山期古构造特征与油气聚集的关系,首先应用钻井资料、地震资料、部分野外露头实测资料,以陆相碎屑岩地层的5个界面为研究对象,采用“标志层”拉平技术——标志层-厚度法恢复了主要目的层在燕山期的古构造面貌,查清了古隆起的分布范围,编制了古构造图,并分析了古构造的发育情况和演化特征。须家河底面的古构造总体上表现为“三隆两凹”的构造格局;须家河顶面的古构造主要表现为被“X”形的古凹陷分割的4个古隆起平台;东岳庙顶面和凉高山顶面的古构造相似,具有继承性发育的特点。大致以现今的官渡构造带为界,工区东部古构造形态相对较简单,凸起和凹陷的幅度均不大,中西部古构造相对较发育,表现为多凸多凹,凸凹相间的古构造格局。结合前人对区内生烃史和烃源岩演化史的研究结果,分析了古构造与油气聚集的关系,认为燕山期古隆起与下伏海相烃源岩和上三叠统烃源岩的生烃高峰期相匹配,是油气运聚的有利指向区。

关键词:赤水及邻区;古构造;古隆起;标志层-厚度法;油气聚集

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

油气藏的形成受多种因素制约,是各种因素协调配合、共同作用的结果。古构造的形成与演化,对古、今油气的运移、聚集和分布有重要影响。研究区经历了多期构造运动的改造——晋宁运动使前震旦系地层褶皱回返,形成基底;加里东运动至燕山期构造运动主要表现为地壳的升降,造成部分地层剥蚀缺失;喜山期构造运动则主要表现为强烈褶皱和断裂作用,使构造定型,形成现今的格局^[1]。该区在现构造形成之前的历次构造运动中都可能在地层中形成或继承性发展古隆起、古凹陷、古断块等古构造,而这些古构造,特别是与生烃高峰期适时配合形成的古构造,为古油气的运移和聚集提供了必要的条件和场所。因此,弄清不同时期地层的古构造发育特征及其与油气聚集成藏的关系,对探索该区陆相地层油气成藏机理和模式,指导油气勘探具有重要的现实意义。

1 地质概况

赤水及邻区是指赤水气田及邻近的西门、龙爪及天堂坝地区(图1),在区域构造上位于四川盆地川东南拗陷带南部,系川东高陡褶皱带向南的帚状延伸与川南长恒坝东西向构造带复合叠加的地区^[2]。该区沉积、构造特征与川南相似,震旦纪至中三叠世为海相沉积,厚约6 000 m;晚三叠世(T_3)至白垩纪(K)为陆相沉积,厚约4 000 m。巨

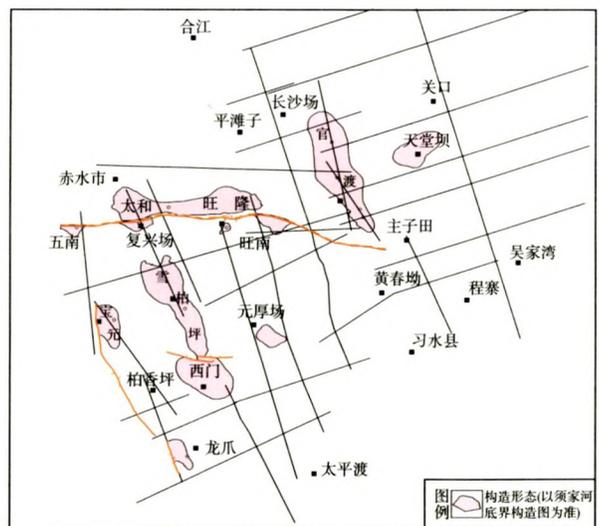


图1 赤水及邻区构造位置及主要地震测网部署情况

厚的海相和陆相地层,构成了两个油气勘探领域和多套油气勘探层系。长期以来,一直将赤水及邻区的中、浅层 T_3 —K 的大套碎屑岩作为区域性盖层对待,未重视该领域的油气勘探潜力,没有进行过有针对性的研究和勘探工作,各类资料缺乏,地质认识程度和勘探程度低。2000年,宝元构造宝8井钻达侏罗系(J_1)时发生了天然气井喷。2001年,通过对老井的复查认识到陆相碎屑岩具有油气勘探潜力。2002年,官渡构造带的官8井获得了高产工业气流。

收稿日期:2006-10-13;改回日期:2006-12-12。

作者简介:张银德(1979—),男,博士在读,现从事油气田地质方面的研究工作。

2 古构造特征

2.1 古构造研究的方法原理

分析研究古构造的方法较多,如岩性-岩相分析法、沉积间断分析法、构造形态分析法、厚度分析法等,有的定性,有的定量,有的定时,各有其优缺点^[3]。本研究采用标志层-厚度分析法,即寻找沉积厚度不大、区域分布广泛、岩性稳定的泥页岩或泥灰岩标志层,采用“标志层”层拉平-厚度法来编制目的层的古构造图,进行古构造分析,基本原理是沉积-沉降补偿一致^[3]。这种情况在地壳活动不太频繁、沉积比较稳定的海盆或湖盆地区是存在的。赤水地区从陆相碎屑岩地层沉积到喜山运动到来之前的这段时期,地壳以升降运动为主,沉积比较稳定,基本满足用标志层-厚度法研究古构造的条件。用传统的地层厚度法来恢复古构造,往往未能考虑沉积沉降中心并非完全一致、非补偿性沉积以及古剥蚀作用后的古侵蚀面是否近于水平等因素,它有可能把一个侵蚀洼地或沉积减薄区恢复

为一个古构造高点。用标志层拉平-厚度法来编制古构造图,可以弥补传统方法的不足。

2.2 古构造图的编制

赤水及邻区以往的油气勘探主要针对中、深层海相地层,地震资料的采集和处理亦如此。在地震剖面上,300 ms 以上的地层基本无反射,部分剖面在处理时已被切除。蓬莱镇组顶界和沙溪庙组顶界(图2中的 T_0 以上),在大多数地震剖面上都无法标定和解释,故未成图。

2.2.1 地震层位标定及地震资料解释

研究区目前只有少量的井有 VSP 测井资料,有部分钻井无完整的浅层测井曲线,且有些测井曲线质量很差。在进行地震层位标定时,以前人的研究成果为参考资料,利用合成地震记录(主要利用官3井和官8井的合成地震记录)及 VSP 资料在三维高分辨率地震剖面上进行综合标定(图2),确定目的层和能代表不同时期古地貌标志层的地震波属性。依据地震层位标定结果,进行全区的横向对比解释。本区的三维地震资料及高分辨率地震剖面质量好,标准层反射特征清楚,层位标定结果可靠。

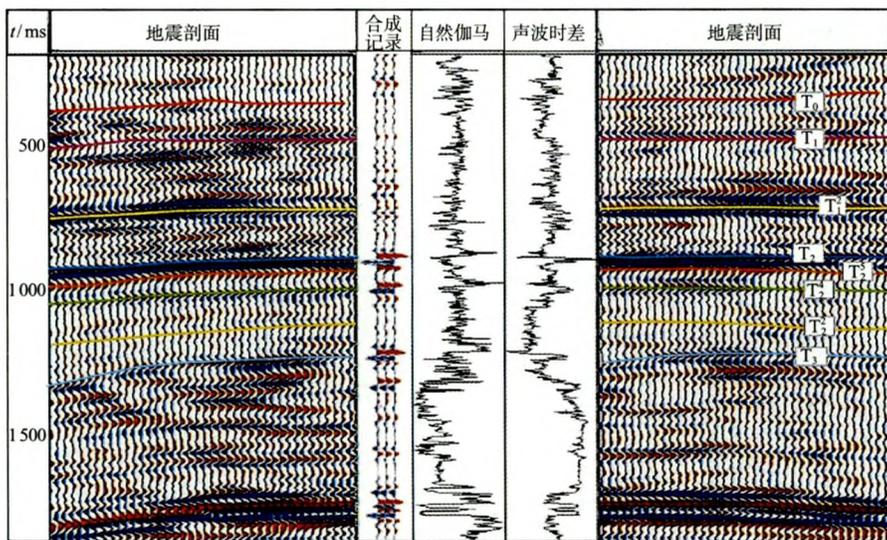


图2 官3井合成记录和层位标定

从过井剖面入手,由钻井资料出发,综合同相轴特征对比、波组特征对比、厚度对比、剖面闭合对比等方法对地震资料进行了解释。在解释过程中,同时考虑了地震波组特征、主测线和联络测线交点的闭合、地层厚度的横向变化、不整合面的反射特征等情况,使解释结果的精度得到了保证^[4]。

2.2.2 古构造的成图

用标志层-厚度法编制目的层的古构造图,关键在于确定和追踪能代表不同时期古地貌的标志层,确定目的层与标志层之间的古埋深值。

在考虑地层产状和断层造成的地层重复等影响因素的前提下,从地震资料上按一定间距读取代表不同时期古地貌标志层与目的层之间的时差值;然后根据从 VSP 测井资料获取的速度以及通过钻井资料求得的平均层速度,求取不同时期目的层的古构造埋深值^[5];最后利用井点处经井斜校正和断层校正的钻井古埋深值(厚度)和露头区野外实测厚度进行古构造图的编制。

根据区内地震及钻井资料的实际情况,本次主要编制了燕山期的须家河底(T_3)、须家河顶(T_2)、东

岳庙顶(T₁²)、凉高山顶(T₁)4个界面的古构造图。

2.3 燕山期古构造特征

2.3.1 燕山期(早幕)须家河组底界古构造特征

图3是早燕山运动之后沙溪庙组(J₂c)叶支介页岩沉积时须家河底的古构造图。早燕山运动后J₂c叶支介页岩沉积时,须家河底古构造面貌总体上表现为“三隆两凹”的构造格局。

“三隆”:①西北部隆起分布于长沙场—平滩子—旺隆—大金沙—官2井一带,范围较印支期有所缩小,但隆起幅度增高,高点向平滩子一带偏移,形态不规则,其上发育了多个次级高点;②西南部的隆起分布在雪柏坪—桂花场北—龙爪—土城镇一带,形态极不规则,与印支期相比,该隆起区变化的最大特点是雪柏坪、龙爪古构造迅速发育,范围进一步扩大,凸起幅度最高;③东南部隆起分布在程寨—大安一带。

“两凹”:①天堂坝—关口凹陷走向近南北向,该凹陷与印支期相比范围进一步扩大,向西南方向延伸,经黄春坳至铜鼓溪,内有多个低点,为复式向斜,凹陷中心位于关口附近;②太和—元厚场、复兴场凹陷走向为北西向,范围较印支期有所缩小,凹陷中心位于复兴场附近。

总体上看,该层古构造仍可见北东东向(近东西向)和北北西向两组构造形迹,但北北西向的构造形迹更加明显。

若以工区内闭合的等值线计算,该层共发育6个古构造,位于平滩子—旺隆场—大金沙一带的古凸起规模较大,面积达480 km²;宝元场、雪柏坪、龙爪、关口东、程寨一带发育的古隆起整体规模较小,面积在16.68~155.6 km²之间。表1给出了各古构造圈闭要素,除大安一带外本层古构造整体上落实程度较高。

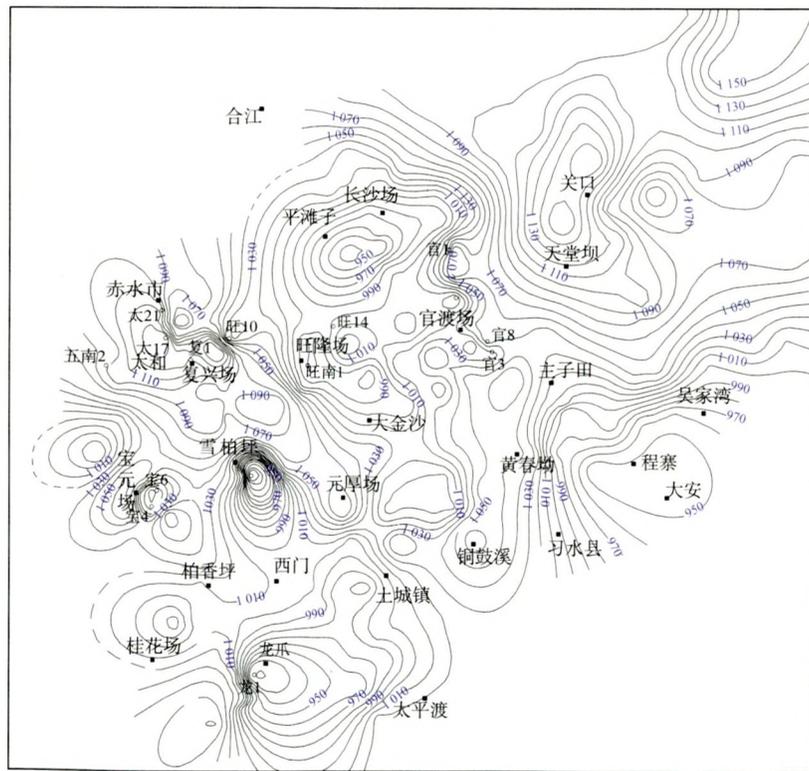


图3 燕山期(早幕)须家河底界古构造形态

表1 燕山期(早幕)须家河底面古构造圈闭要素

序号	古构造名称	构造形态	闭合面积/km ²	闭合度/m	长轴/km	短轴/km	构造走向	可靠程度
1	平滩子构造	背斜	480.78	80	26.67	16.67	南北	可靠
2	宝元场构造	背斜	16.68	80	5.56	3.33	北东	较可靠
3	雪柏坪构造	背斜	51.06	250	11.11	6.67	北北西	可靠
4	龙爪构造	背斜	155.60	70	14.44	10.56	东西	可靠
5	程寨构造	背斜	101.79	10	13.33	8.33	东西	较可靠
6	关口东构造	背斜	43.28	30	7.22	5.56	北西	较可靠

2.3.2 燕山期(早幕)须家河组顶界古构造特征

图4是早燕山运动之后沙溪庙组(J₂c)叶支介页岩沉积时须家河顶的古构造图。

须家河顶古构造面貌与须家河底有一定的相似性,主要表现为被“X”形的古凹陷分割的4个古隆起平台:西北部的古隆起平台分布于长沙场—太和一旺隆一带,近等轴状,面积较大,发育有3个次级高点;西部的古隆起分布于宝元场—雪柏坪一带,近东西向延伸,发育有宝元、雪柏坪2个幅度较高的次级高点;西南部古隆起分布于龙爪—土城一带,北北东向延伸,发育有两个以鞍部相连的次级高点;东南部的古隆起分布于黄春坳—程寨—吴家湾一带,近东西向延伸,发育有两个幅度较低的次级高点。

须家河顶界古构造面貌的另一个特点是东北部的天堂坝—关口古凹陷埋深变浅,形态变缓,范

围扩大,并向西南延伸,与太和一元厚场凹陷、桂花场—柏香坪古凹陷连成一片;东南部的铜鼓溪凹陷也进一步发育,向西北延伸,它们在平面上组成了一个“X”形的古凹陷体,将古隆起分割包围。该层古构造古埋深在雪柏坪—龙爪最浅,仅有500~600 m;天堂坝古凹陷埋深最大,达720 m。

以区内可靠的闭合等值线计算,该层共发育7个古构造,分别位于平滩子、宝元、雪柏坪、龙爪、土城镇西、程寨、关口东一带。表2给出了各古构造圈闭要素,该时期发育的古构造闭合度较高,闭合面积较大。在长沙场—太和一旺隆一带发育的古隆起平台面积达800 km²;东北部的天堂坝—关口一带,古圈闭发育程度较低;除平滩子西北和大安东南范围的古构造落实程度较差外,绝大多数地区有资料控制,总体上古构造落实程度较高。

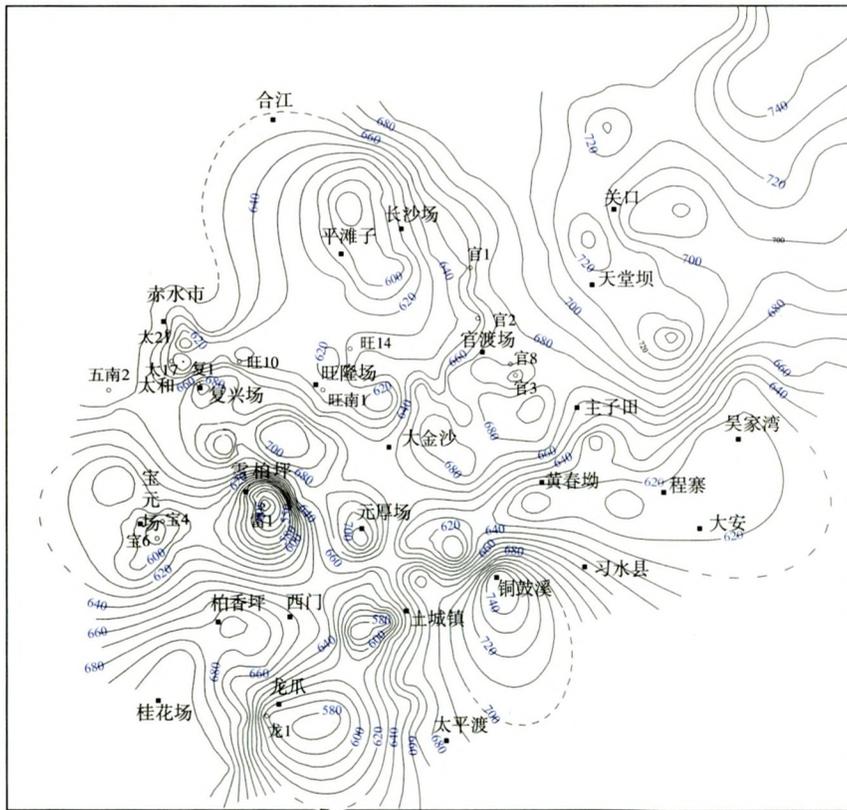


图4 燕山期(早幕)须家河顶古构造形态

表2 燕山期(早幕)须家河顶面古构造圈闭要素

序号	古构造名称	构造形态	闭合面积/km ²	闭合度/m	长轴/km	短轴/km	构造走向	可靠程度
1	平滩子构造	背斜	186.49	50	19.74	11.84	北北西	可靠
2	宝元场构造	背斜	38.92	45	10.53	6.58	北北东	较可靠
3	雪柏坪构造	背斜	77.08	270	10.53	9.87	南北	可靠
4	龙爪构造	背斜	76.39	35	13.16	11.84	东西	较可靠
5	土城西构造	背斜	44.12	60	6.91	6.58	东西	可靠
6	程寨构造	背斜	251.31	20	33.55	7.89	北东东	较可靠
7	关口东构造	背斜	44.08	14	9.21	5.92	北东东	较可靠

2.3.3 燕山期(早幕)东岳庙组顶界古构造特征

东岳庙组(J_1t_2)顶界古构造大致以现今的官渡构造带为界。

东部古构造形态相对较简单,主要为天堂坝古凹陷发育区,总体呈北东向延伸,是一个由多个次级洼陷组成的复式古向斜,在向斜内关口以东发育一个北东向的低凸起。黄春坳—程寨—吴家湾一带发育了一个顶部较为平缓的近北东东向延伸的古隆起,其上发育了3个规模较小的次级高点,闭合度小于10 m。

中西部古构造比较复杂,表现为多凸多凹相间的格局,古构造线走向可见北东向、东西向、北北西向3组,其中位于长沙场—太和—大金沙一带的古隆起平台面积达700 km²,发育有多个次级高点,各高点闭合度在10~30 m之间,官渡构造带位于该古隆起平台的东南斜坡部位,位于雪柏坪附近的古凸起幅度最高(200 m以上);龙爪—土城一带发育了一个北东向延伸的古构造带,其上串珠状分布着3个次级高点;铜鼓溪、柏香坪为古凹陷发育区,凹陷最深处位于铜鼓溪附近,当时地层古埋深大于580 m。

该层发育的古构造分别位于平滩子、大金沙北、宝元场、雪柏坪、龙爪、土城镇西南、元厚东、程寨及关口东一带,除平滩子西北及程寨东南一带局部落实程度较低外,总体上有资料控制,落实程度较高。

2.3.4 燕山期(早幕)凉高山组顶界古构造特征

凉高山组(J_1t_5)顶界古构造与东岳庙顶界相似,具有继承性发育的特点,大致以官渡构造带为界。

东部为相对低洼区,古构造特征仍较为简单,凸起和凹陷的幅度均不大,局部发育了4个古构造高点,分别位于关口东、主子田、程寨和吴家湾北,闭合度在10~15 m之间。

西部古构造相对较发育,表现为凹凸相间的格局,除雪柏坪古构造凸起幅度较高外(闭合幅度最大,在100 m以上),其余凸起幅度均不大,在长沙场周围及大金沙—旺隆一带发育有多个闭合度在10 m左右的古构造高点;雪柏坪—西门—龙爪一带发育了一个规模较大、北北西向延伸的古隆起平台,古隆起平台上发育了2个古构造高点。东部和西部的古构造线总体走向为北北西向。

西南部相对较低洼的部位位于铜鼓溪、柏香坪、元厚场和大金沙以东地区,最深处位于铜鼓溪及大金沙以东,当时地层古埋深大于290 m。

该层发育的古构造大小不等,分布于长沙场、大金沙、雪柏坪、宝元、龙爪、元厚场东、程寨、吴家湾北

和关口东等地区,总体上因凸起幅度小,闭合等值线少,落实程度较差。但在雪柏坪、龙爪、元厚场以东地区,凸起幅度较高,面积较大,可靠程度较高。

3 古构造与油气聚集的关系

研究古构造的目的在于了解古构造的发育和分布特征,明确油气运移、聚集的指向区。如果说坳陷控制了生油岩的分布和品质,那么隆起带对油气的运移和聚集起了决定性的作用,隆起形成的低势区,可以使生油凹陷中高势区生成的油气向低势区——古隆起部位运移。如泸州印支早期的古隆起对二叠系和三叠系油气藏的区域性控制^[6,7],川东海西期古隆起对石炭系气藏的区域性控制^[8,9]等。没有一定幅度的古隆起出现,就不会有游离气藏的形成。在区域性大型古隆起的背景上常发育一些次一级的古构造,这些古构造往往为早期油气聚集提供场所,即使在古坳陷区内或古坳陷与古隆起的斜坡上,也会有与古隆起有成因联系的次一级背斜带发育,它们有时因更接近于生烃区而更有利于油气的聚集。那些与生烃高峰期同时或接近同时形成的古隆起,以及古隆起上的次级背斜带是最有利的油气聚集区。

前人对区内烃源岩演化史的分析 and 生烃史的研究结果^[2,10](表3)表明,赤水地区二叠系(P_1-P_2)烃源岩的生烃高峰期是早侏罗世(J_1)和中侏罗世(J_2);中、下三叠统(T_1-T_2)烃源岩的生烃高峰期是晚侏罗世(J_3)初期;上三叠统(T_3)烃源岩的生烃高峰期是晚侏罗世(J_3)末—晚白垩世(K_2)时期。燕山期古隆起与下伏海相烃源岩和上三叠统烃源岩的生烃高峰期相匹配,因此燕山期古隆起区为生烃高峰期有利的油气运移指向区,古隆起上发育的圈闭构造为油气聚集的有利场所,对须家河砂岩的油气成藏具有区域性控制作用。钻探表明,赤水及邻区的燕山期隆起带——由太和、旺隆、长沙(官北)构成的北凸起和宝元、雪柏坪构成的西凸起有良好的天然气显示,是目前须家河组取得油气显示最丰富的地带^[2]。

表3 主要烃源岩演化时期^[10]

烃源岩时代	演化时期													
	O	S	D	C	P	T ₁₋₂	T ₃	J ₁	J ₂	J ₃	K ₁	K ₂	E	Q
T ₃										●	●		○	
T ₁									●	●			○	
P ₁ -P ₂								●	●				○	
O-S	●							○						

注:●为成油开始,●为成油高峰,○为干气阶段。

在赤水地区陆相碎屑岩地层的钻探过程中,天然气显示丰富。在旺隆构造的 J_2c_1 地层、宝元构造的 J_1t 地层以及雪白坪、宝元和官渡构造的 T_3x (须家河组)地层中天然气的显示最好,并已获得了一定的天然气产量和储量。

4 结束语

针对赤水及邻区的陆相碎屑岩地层,采用标志层-厚度法对主要目的层在燕山期(早幕)的古构造面貌进行了恢复,并根据区内烃源岩演化史和生烃史的研究结果,预测了油气聚集的有利场所。研究结果表明,标志层-厚度法可以很好地恢复古地貌,结合研究区的烃源岩演化史和生烃史,可以确定油气运移方向,预测油气勘探有利区域。

参 考 文 献

- 1 胡东风. 赤水地区阳新灰岩储层勘探分析[J]. 云南地质, 1999, 18(3): 326~333
- 2 王良军, 胡东风. 赤水及邻区须家河组成藏主控因素及有利区带分析[J]. 南方油气, 2005, 18(1): 9~12
- 3 陈立官. 油气田地下地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1984. 133~137
- 4 王香文, 于常青, 董宁等. 储层综合预测技术在鄂尔多斯盆地定北区块的应用[J]. 石油物探, 2006, 45(3): 267~271
- 5 田晶莹, 高寿和. 应用 VSP 资料进行地震特征波组的地质层位标定[J]. 石油物探, 2000, 39(4): 100~106
- 6 安作相. 泸州古隆起与川南油气[J]. 石油实验地质, 1996, 18(3): 267~273
- 7 安作相. 泸州古隆起及嘉陵江灰岩含油气性的三个问题[J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(2): 16~20
- 8 胡光灿, 谢姚祥. 中国四川东部高陡构造石炭系气田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 119~134
- 9 李晓清, 汪泽成, 张兴为等. 四川盆地古隆起特征及对天然气的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 347~351
- 10 刘特民. 贵州赤水及邻区裂缝性气藏模式探讨[J]. 海相油气地质, 1996, 1(4): 40~44

(编辑: 张仪宁)

《石油物探》《勘探地球物理进展》2008 年联合征订启事

《石油物探》创刊于 1962 年, 面向国内外公开发行(国际标准连续出版物号: ISSN1000-1441, 中国标准连续出版物号 CN32-1284/TE)。其办刊宗旨为: 介绍科研成果, 推广先进技术, 开展学术讨论, 交流工作经验, 直接为发展我国油气地球物理勘探事业服务。开设的栏目有: 基础理论, 方法技术, 经验交流, 学术论坛, 问题讨论等。《石油物探》站在物探技术的前沿, 全方位地了解和掌握物探技术发展的动态和方向, 以石油勘探的需要为本, 以解决生产实际中的问题为重, 及时地推广和介绍物探新方法和新技术, 以及成功的经验, 是广大石油物探科技工作者不可或缺的参考书。

《勘探地球物理进展》为国内外公开发行刊物(国际标准连续出版物号: ISSN1671-8585, 中国标准连续出版物号 CN32-1664/TE), 创刊于 1978 年, 原刊名为《石油物探译丛》, 2002 年起改为现刊名。本刊着重介绍国内外勘探地球物理方面的新技术和新方法, 以开展学术评论, 探讨技术发展趋势、实用方法技术和勘探思路为主。《勘探地球物理进展》以介绍国外勘探技术发展趋势为特色, 面向国内地球物理勘探实践, 不断加大报道的深度, 推出了大量对当今热门技术的评述文章, 得到了读者的肯定。目前设有专家论坛、综合评述、理论研究、方法技术、计算机理论与应用和国外油气勘探等主要栏目, 并适时推出各类技术专辑, 以充分反映国内外地球物理技术发展的新动态和新趋势。

鉴于印刷、邮寄等各项成本费用的不断上升, 自 2007 年起, 《石油物探》每册定价为 40 元, 全年定价为 240 元。《勘探地球物理进展》每册定价为 30 元, 全年定价为 180 元。

热忱欢迎广大读者订阅。

发行地址: 南京市卫岗 21 号石油物探研究所信息中心发行组

邮 编: 210014

帐 户: 中国石油化工股份有限公司南京石油物探研究所

银行帐号: 4301010609100157066

开 户 行: 南京市工商行孝陵卫支行

电 话: (025)84287600