

准噶尔盆地南缘异常高压及其与油气成藏的关系*

赵桂萍

(中国科学院研究生院, 计算地球动力学重点实验室, 北京 100039)

摘要: 实测地层压力资料、测井资料及泥浆比重等资料均显示准噶尔盆地南缘具有显著的异常高压现象。在纵向上, 异常高压的分布与深度没有直接关系, 主要受地层层位的控制, 其中又以第三系安集海河组的控制作用最为明显; 平面上, 盆地南缘3排构造均存在异常高压, 但东、西存在差异: 东段仅在安集海河组中分布, 而西段不仅在安集海河组有分布, 上下的沙湾组、紫泥泉子组中也有分布。通过准噶尔盆地南缘部分钻井测试结果与异常高压关系的分析, 可以发现油气藏的分布与异常高压具有密切的联系。由于断裂的作用, 异常高压与油气藏保存机理的差异, 盆地南缘异常高压和油气藏的分布不能一一对应, 但从总体上看, 中等异常高压带或异常高压带之下的正常压力带油气易于成藏, 是油气勘探的有利层系, 而压力系数较高的异常高压带对油气成藏相对不利。

关键词: 准噶尔盆地南缘; 异常高压; 油气成藏

作者简介: 赵桂萍, 女, 30岁, 副教授, 构造地质学

中图分类号: TE112

文献标识码: A

异常高压是沉积盆地中普遍发育的一种现象, 因其与油气勘探关系密切而引起勘探家的重视。据不完全统计, 在目前已发现的180多个发育有异常高压的沉积盆地中, 有160多个为富含油气的盆地^[1]。据土库曼凹陷、南里海盆地的勘探成果分析, 在有异常高压发育的盆地中, 压力系数中等的高压带对于油气成藏最为有利^[2]。

准噶尔盆地南缘经过半个多世纪的勘探, 已发现了呼图壁、齐古和独山子等油气田(藏)。油气勘探过程中的钻井也揭示了准噶尔盆地南缘前陆存在显著的异常高压现象^[3~5], 油气田(藏)与

异常高压之间的伴生关系预示着二者之间在成因上具有一定的联系。因此, 本文将在分析准噶尔盆地南缘前陆盆地异常高压分布特征的基础上, 结合已有钻井的测试资料, 对异常高压及其与油气成藏的关系进行探讨。

1 异常高压特征及其成因

1.1 特征

从发育异常高压的局部构造的分布看, 纵向上, 异常高压主要受地层层位的控制(图1)。安集海河组(E_3a)是异常高压分布的主要层位, 在盆地

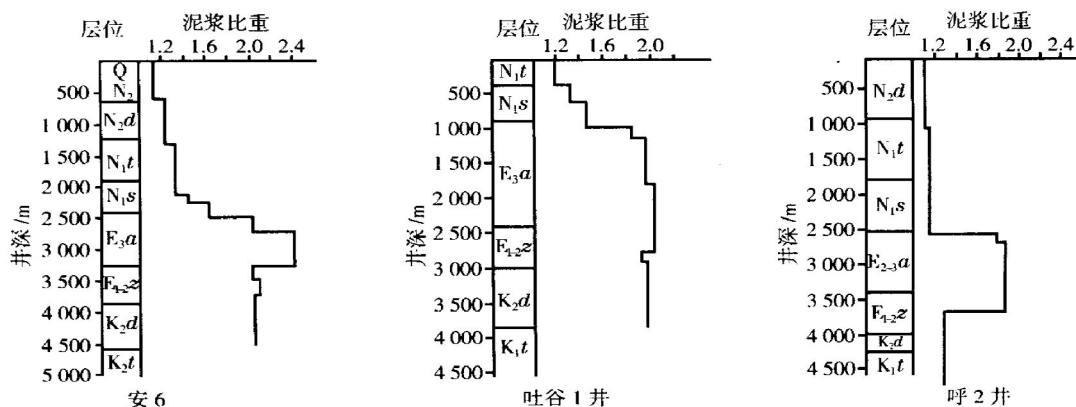


图1 准噶尔盆地南缘部分钻井泥浆比重随深度变化图

Fig. 1 Changes of mud weight with depth in some wells in the southern edge of Junggar basin

* 国家自然科学基金项目(40102020)资助

收稿日期: 2003-11-22

南缘钻遇构造中均存在异常高压,尤其是在安集海背斜的安4井压力系数甚至高达2.23。但从埋藏深度及所处构造背景上看,虽然安6井、吐谷1井及呼2井安集海河组(E_{2-3a})的顶面埋深存在显著差异,在构造上也分属第二、三排构造带,但均在该组内部出现显著的异常高压现象,显示出深度对异常高压影响不大的特征。与安集海河组相比,沙湾组(N_{1s})、紫泥泉子组(E_{1-2z})中异常高压的分布范围相对较小,主要在安集海背斜、吐谷鲁背斜等构造上发育,程度也相对较弱。

平面上,盆地南缘山前3排构造带均具有异

常高压现象,但在东、西段存在差异,在东段的呼图壁背斜,异常高压仅出现在安集海河组,而其上、下的沙湾组、紫泥泉子组均为正常压力;而在西段的吐谷鲁背斜和安集海背斜,异常高压不仅出现在安集海河组,其下的紫泥泉子组和东沟组也存在显著的异常高压。值得指出的是,位于第一排构造带的齐古背斜,虽然核部已出露中上侏罗统,但下侏罗统三工河组、八道湾组及中上三叠统小泉沟组仍具有一定的异常高压现象,压力系数为1.27~1.40(图2)。

总的来说,准噶尔盆地南缘发育有较普遍的

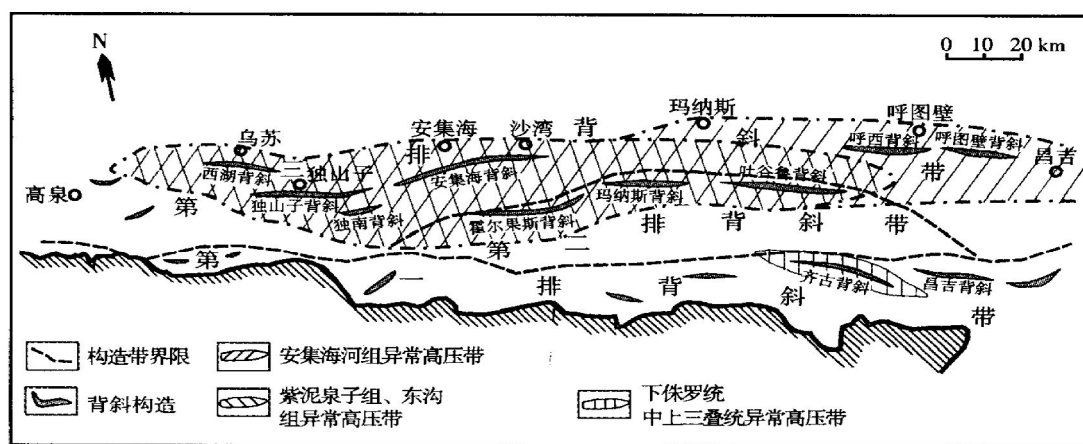


图2 准噶尔盆地南缘异常高压平面分布示意图

Fig. 2 Sketch map showing overpressured region in the southern edge of Junggar basin

异常高压,但异常高压在东、西两段的发育存在一定的差异,东段的呼图壁背斜主要集中于安集海河组;而在西段,除安集海河组外,紫泥泉子组、东沟组,甚至其上的沙湾组也发育有异常高压。

1.2 成因

虽然异常高压的成因机制较多,但具体到准噶尔盆地南缘,快速沉积、厚层泥岩的封闭作用及构造应力可能是其主要成因。

从沉积演化历史看,准噶尔盆地南缘二叠纪以来经历了两期快速沉积作用,晚二叠世及中新世以来是两次快速沉积的时期,沉积速率分别达到了150 mm/Ma和108 mm/Ma。对于晚二叠世的快速沉积,由于其时代久远,其对于异常高压的影响可能由于后期构造运动的影响而难以保存,但中新世以来的快速沉积造成的异常高压可能会对盆地南缘异常高压产生控制作用,呼2井、西3井等表现出的异常高压应该与此期的快速沉积有密切

关系。

厚层泥岩的封闭作用是盆地南缘异常高压得以保持的另外一个重要原因,根据Mudford^[6]等人的模拟结果,即使在沉积速率不大的情况下,厚度不大的泥质岩层内(不超过50 m)就能产生显著的异常流体压力。从盆地南缘呼2井、安4井、独深1井和西4井最大单层泥岩厚度统计结果看,各井安集海河组的单层泥岩厚度分别为110 m, 108 m, 223 m和180 m,分别占地层总厚度的85.2%, 92.4%, 99.7%和97.5%。这种单层厚度巨大、泥质岩含量较高的地层无疑对异常高压的保存非常有利,独深1井、呼2井等钻井内安集海河组内的异常高压肯定与其有直接关系。

构造应力被认为是异常高压产生的一种重要机制^[7~10]。从区域构造背景演化分析上看,准噶尔盆地曾在晚石炭世—早二叠世和新生代(尤其是中新世以来)两期处于挤压背景之下。对于新

生代期间的构造挤压应力, 据呼 001 井岩心声发射实验结果求得安集海河组的最大水平主应力为 115.52 MPa, 最小水平主应力为 55.41 MPa, 上覆地层压力为 77.39 MPa, 最大水平主应力大于垂向应力(上覆地层压力) 大于最小水平主应力, 地层所受构造应力大于垂向重力作用, 而安集海河组大套的塑性泥岩层是地应力集中的部位, 垂向压实作用与横向挤压应力造成砂泥岩孔隙体积减小、流体排出受阻而形成异常高压。尤其是新生代期间北天山向盆地内部逆冲推覆的影响, 新生代期间的构造应力对于盆地南缘呼 2 井、齐 009 井所发育的异常流体压力产生重要影响。

2 异常高压与油气藏的关系

2.1 异常高压与油气藏分布

表 1 为准噶尔盆地南缘前陆盆地部分钻井油

气测试结果与地层压力、压力系数的对比表。从表 1 中可以看出, 油气田(藏) 与地层压力之间具有密切的关系, 但不同油气田(藏) 内地层压力与油气产量之间的关系存在差异。从已发现的油气田看, 独山子油气田和齐古油气田的主要产层位于异常高压段内。异常高压系数中等的弱-中等压力带内钻井日产油气量较高, 如齐古油田的齐 8 井、齐 009 井等均获得了较高的油气产能, 而压力系数较高的独 1 井日产油量仅为 0.29 t; 呼图壁气田紫泥泉子组气藏并没有位于异常高压段内, 而是位于异常高压段之下, 但由于安集海河组与紫泥泉子组在纵向上的这种配置关系, 对紫泥泉子组气藏的保存具有重要意义, 因此也获得了较高的油气产能。另外, 从安 6、吐谷 1 等油气显示井的测试结果看(表 1), 虽然位于强高压段内的钻井具有一定的产能, 但均未达到工业油气流, 表明这

表 1 准噶尔盆地南缘部分钻井测试结果与地层压力对比表

Table 1 Correlation of well test data and formation pressures in the southern edge of Junggar basin

油气田名称	井号	层位	井段/m	测试情况		压力 /MPa	压力系数	所处超压系统位置
				日产油/t	日产气/m ³			
呼图壁	呼 2	E _{2-3a}	2 580.00	无测试资料		46.44	1.80	异常高压
		E _{1-2z}	3 594.0~ 3 597.0	14.784	782 853	33.65	0.94	高压层之下 正常压力带
		E _{1-2z}	3 608.0~ 3 614.0	11.2~ 23.8	656 046	33.65	0.93	
	呼 001	E _{1-2z}	3 561.0~ 3 575.0	14.6~ 28.8	494 987	33.18	0.93	异常高压
		E _{2-3a}	2 523.00	无测试资料		43.14	1.70	
		K ₂₋₁ E _{1-2z}	3 550.0~ 3 564.0	26.61	502 090	34.00	0.96	
独山子	独 1	N _{1s}	1 437.0~ 1 442.0	0.29	无	22.94	1.59	高压段内
	吐谷鲁	E _{2-3a}	1 840.0~ 1 855.0	3.27	595	37.65	2.03	高压段内
安集海	安 6	E _{2-3a}	3 251.0~ 3 270.6	无	311~ 917	76.19	2.34	高压段内
		K _{2d}	4 100.0~ 4 118.0	无	500	83.70	2.04	高压段内
齐古	齐 8	J _{1b}	2 010.0~ 2 030.0	无	55 315	25.62	1.27	过渡带内
		T _{2-3xq}	2 715.0~ 2 737.0	25.37	2 041	33.03	1.21	过渡带内
	齐 009	T _{2-3xq}	2 539.0~ 2 551.0	无	27 280	32.40	1.27	过渡带内
		T _{2-3xq}	2 557.0~ 2 587.0	无	30 975	32.26	1.25	过渡带内
	齐 220	J _{1s}	1 076.0~ 1 083.0	17.15	1 286	13.89	1.29	过渡带内
	齐 234	J _{1s}	1 166.0~ 1 174.0	5.06	无	16.33	1.40	高压段内

些构造并没有形成油气的商业聚集。

2.2 异常高压与油气藏形成

从上面的对比分析可以看出, 准噶尔盆地南缘前陆盆地油气田(藏) 的分布、钻井的产量与异常高压具有密切的关系, 但也存在一定的不一致现象。究其原因, 主要有以下几个方面。

一是准噶尔盆地南缘影响油气成藏的因素较为复杂, 除了异常高压对油气运移的促进作用外, 断裂的沟通作用、成藏要素之间的配置关系也是

影响油气成藏的重要因素, 尤其是断裂的沟通作用是深部二叠系和侏罗系烃源岩的油气向上运移的必要通道, 齐古油田、霍尔果斯背斜油气藏和呼图壁气田的成藏均与断裂的沟通作用密不可分^[5, 11~ 13], 而安集海背斜、吐谷鲁背斜则主要是缺乏断裂的沟通作用而难以在浅层形成油气的有效聚集, 背斜构造自沙湾组或安集海河组向下均存在异常高压则是缺乏断层沟通的有力证据。

二是在于油气藏与异常高压在保存机制上存

在差别。与油气藏的保存相比,异常高压的保存条件要苛刻得多,除了上部和侧面要存在封闭层外,底面也必须有封闭层,否则,异常高压将遵循流体运移的基本定律通过流体排出而消散;相比之下,油气藏尤其是背斜型油气藏的保存要相对较为简单,只要有背斜圈闭存在、盖层封闭性能良好,在油气供应充足的情况下就有可能形成油气藏。呼图壁气田即是异常高压与油气藏保存条件上存在差异的典型代表。呼图壁气田天然气主要来源于中下侏罗统煤系,储气空间为下第三系紫泥泉子组背斜,盖层为下第三系安集海河组厚层泥岩。实测压力表明(表1),呼图壁背斜安集海河组为异常高压段,但位于其下的紫泥泉子组为正常压力,其原因主要是由于断裂的沟通作用而导致孔渗性较好的紫泥泉子组内发生压力消散,而安集海河组厚层泥岩则由于孔渗性较差而使其内部的异常高压得以保存,异常高压与油气藏保存机制上的差异是形成呼图壁气田正常压力而其盖层为异常高压的原因(图3)。

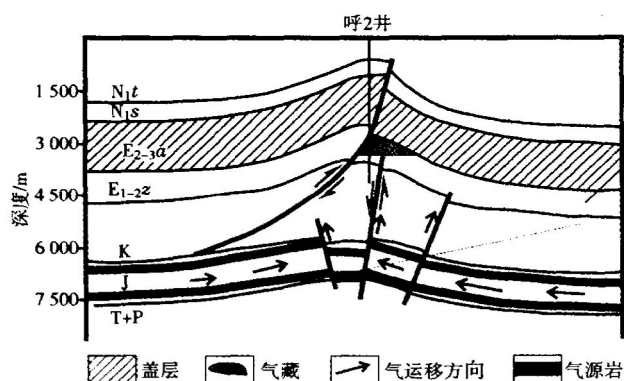


图3 准噶尔盆地南缘呼图壁气田成藏模式

Fig. 3 Reservoiring model of Hutubi gasfield in the foreland basin in the southern edge of Junggar basin

另外,异常高压,尤其是压力系数较高的异常高压对于油气藏的形成和保存还有一定的不利影响。从油气运移的角度看,在缺乏断裂沟通的情况下,异常高压将阻止油气的穿层运移。在准噶尔盆地南缘前陆盆地,主要油气源层为深部的二叠系和侏罗系,所生成的油气必须经由断裂带的沟通向上运移,进入白垩系、下第三系聚集成藏,但安集海背斜、吐谷鲁背斜等自上而下发育的异常高压恰恰说明了这种油源断裂的不存在,或者即使是存在、但却是封闭的。虽然在相关报道中

有异常高压引起的“气烟囱”现象^[14],但吐谷1井、安6井测试结果则显示在盆地南缘盖层破裂难以形成商业油气藏。

3 勘探意义

从异常高压与油气藏的分布、油气成藏的关系可以看出,压力系数中等的异常高压带、过渡带或安集海河组异常高压带之下的正常压力带是油气勘探的有利层系,位于这两个带的齐古油气田和呼图壁气田在相应层段均获得了高产油气流,而压力系数较高的构造如独山子、安集海及吐谷鲁构造虽然在异常高压带取得了一定的产能,但产量不高,难以达到商业标准,不能形成规模油气藏。

参 考 文 献

- Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartment[J]. AAPG Bull, 1990, 74: 1~ 12
- 马启富,陈斯忠,张启明,等. 超压盆地与油气分布[M]. 北京:地质出版社,2000. 1~ 292
- 查明,张卫海,曲江秀. 准噶尔盆地异常高压特征、成因及勘探意义[J]. 石油勘探与开发,2000,27(2): 31~ 35
- 徐国盛,匡建超,李建林,等. 准噶尔盆地南缘前陆盆地异常高压成因研究[J]. 成都理工学院学报,2000,27(3): 255~ 262
- 李忠权,张寿庭,王宏辉,等. 准噶尔盆地南缘构造成因机理及其与油气聚集关系探讨[J]. 成都理工学院学报,1997,24(2): 15~ 19
- Mudford B S, Best M E. Venture Gas Field, offshore nova scotia: case study of overpressuring in region of low sedimentation rate[J]. AAPG Bull, 1989, 73(11): 1383~ 1396
- Davis D M, Suppe J, Sahken F A. Mechanics of fold- and - thrust belts and accretionary wedges[J]. Journal of Geophysics Research, 1983, 88: 1153~ 1172
- Byerlee J. Fracture, overpressure and fault normal compression[J]. Geophysics Research Letters, 1990, 17: 2109~ 2112
- Byerlee J. Model for episodic flow of high- pressure water in fault zones before earthquakes[J]. Geology, 1993, 21: 303~ 306
- Neuzil C E. Abnormal pressures as hydrodynamic phenomena[J]. American Journal of Science, 1995, 295: 745~ 786
- 李耀华. 准噶尔盆地南缘天然气成藏模式及勘探方向[J]. 天然气工业,2001,21(4): 27~ 31
- 吴晓智,王立宏,宋志理. 准噶尔盆地南缘构造应力场与油气运聚的关系[J]. 新疆石油地质,2000,21(2): 97~ 101
- 王屿涛,谷斌,王立宏. 准噶尔盆地南缘油气成藏聚集史[J]. 石油与天然气地质,1998,19(4): 291~ 295
- 罗启后,王世谦. 川中川西上三叠统天然气富集条件与分布规律研究[A]. 见:戴金星,傅承德,关德范. 天然气地质研究新进展[C]. 北京:石油工业出版社,1997. 66~ 77

OVERPRESSURE AND ITS RELATION TO PETROLEUM ACCUMULATION IN SOUTHERN EDGE OF JUNGGAR BASIN

Zhao Guiping

(*Computational Geodynamics Laboratory, Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing*)

Abstract: Measured formation pressure, well-log and mud weight data show that there are overpressures in the southern edge of Junggar basin. Vertically, overpressure distribution is not directly related to the burial depth, it is mainly controlled by stratigraphic horizons, especially the lower Tertiary Anjihaihe Formation has the most evident control over the overpressures. Horizontally, overpressure occur in the 3 structural belts in southern edge of the basin, but there are differences in the east and in the west: in the eastern part overpressures occur in the Anjihaihe Formation only, while in the western part, they occur not only in the Anjihaihe Formation, but also in the Shawan and Ziniguanzi Formation. Analysing the relationship between the well test data and overpressures in the southern edge of Junggar basin, it can be found that the distribution of oil and gas reservoirs are closely related to the overpressures. Being affected by faulting, and due to the differences in mechanism of relationship between overpressures and preservation of oil and gas reservoirs, the distribution of overpressures and oil and gas reservoirs cannot be corresponding to one another. As a whole, however, oil and gas would be ready to be reservoirized in the normally pressured zone below the moderately abnormal pressured or overpressures zone, which would, therefore, be the favorable target of petroleum exploration; while the overpressured zone with relatively high formation pressure coefficient is unfavorable for oil/gas reservoirizing.

Key words: southern margin of Junggar basin; overpressure; oil/gas reservoirizing

(Continued from Page 326)

STATUS OF OIL & GAS RESOURCES AND PROSPECTING POTENTIAL IN WESTERN IN SICHUAN DEPRESSION

Yang Keming^{1,2}

(1. *College of Energy, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan;*

2. *Southwest Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan*)

Abstract: The western Sichuan depression has experienced very complicated evolution. As a result, it is characterized by vertically stacking of various basin types, multiple styles of trap structure, multiple source and reservoir rocks, and multiple superimpositions and reconstructions. Although abundant petroleum resources have been generated, the special distribution of oil and gas is under-concentrated. Systematic study of dynamics of hydrocarbon reservoirizing indicates that there might have been late reservoirizing condition in this area, and major migration and accumulation of oil & gas might have occurred before the reservoirs to be tightened. Forming phase of trap is crucial to trap validity, and the features of composite petroleum system control the distribution pattern of gas reservoirs to be three-dimensionally in groups. According to the characteristics of hydrocarbon resources in western Sichuan depression and aiming at the large prospecting targets, main objects of near and medium term exploration plans should be focused on deep gas reservoirs, expanding exploration of moderate deep gas reservoirs and extending the periphery shallow gas reservoirs.

Key words: western Sichuan depression; oil & gas resources; dynamic system of hydrocarbon accumulation; prospecting target