

文章编号: 1001-6112(2008)04-0340-05

烃源岩层中异常高压研究

——以渤海湾盆地东营凹陷古近系为例

赵国欣^{1,2}

(1. 浙江大学 地球科学系, 杭州 310027; 2. 中国石油化工股份有限公司 胜利油田分公司
地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要:异常高压对油气成藏具有重要作用。渤海湾盆地东营凹陷古近系沙三、沙四段烃源岩普遍存在异常高压, 泥岩的欠压实作用和生烃作用是异常高压产生的主要因素, 异常高压的高值区与暗色泥岩厚度大的地区有较好的对应关系。现今异常高压主要分布在2 700~3 500 m的深度范围, 随着深度的增加, 异常高压范围增大。应用异常高压研究成藏作用时, 要考虑异常高压的时代性。烃源岩中现今异常高压对油藏的保存具有积极的作用, 是未来油源灶; 古异常高压对排烃是有效的, 油气的主要富集区位于大规模生烃后的古异常低压区。

关键词:烃源岩; 异常高压; 油气藏; 东营凹陷; 济阳拗陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

STUDY OF THE ABNORMAL HIGH-PRESSURE IN HYDROCARBON SOURCE ROCKS

—TAKING PALEOGENE IN THE DONGYING SAG, THE BOHAI
BAY BASIN AS AN EXAMPLE

Zhao Guoxin^{1,2}

(1. Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China;

2. Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oil Field Branch Company,
SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China)

Abstract: The abnormal high-pressure is very important to oil and gas accumulation. There is abnormal high-pressure in the 3rd and 4th member of Shahejie Formation of Paleogene all over the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin. The main factors that lead to the pressure are under-compaction and hydrocarbon generation in the source rocks. The overpressure area is well corresponding with the thickness of source rocks. The present abnormal high-pressure is mainly distributed at a depth range 2 700 m to 3 500 m, and the range becomes bigger with increasing of the buried depth. Times of abnormal high-pressure should be considered when applying abnormal high-pressure to hydrocarbon accumulation. The present abnormal high-pressure in the source rocks has an active effect on the saving of oil and gas and it is oil source kitchen in future. The ancient abnormal high-pressure took an active part in the hydrocarbon migration in the source rocks and there is the main accumulation area of oil and gas. The main oil-gas enriched zones are located in the abnormal high-pressure after hydrocarbon generation in large scale.

Key words: hydrocarbon source rocks; abnormal high-pressure; oil and gas reservoir; the Dongying Sag; the Jiyang Depression; the Bohai Bay Basin

随着油气勘探的不断深入, 越来越多的超压含
油气盆地被人们发现和认识, 研究异常高压的形

成、分布和油气藏形成的关系为越来越多的学者所
重视^[1~3]。Hunt^[4]在研究了全球180多个存在异

收稿日期: 2007-11-23; 修订日期: 2008-06-13。

作者简介: 赵国欣(1963—), 男, 高级工程师, 主要从事油田开发研究。E-mail: zhaogx@slof.com。

常压力的沉积盆地后认为,其中 160 多个盆地的异常压力对油气成藏具有重要的作用。以往多侧重于对储集层异常压力的规律研究^[5~11],而对烃源岩层中异常高压的研究相对较少,而且也多是针对烃源岩层中异常压力的现今分布特征进行分析^[12~15],而缺少对烃源岩层中异常高压作用的认识。本文从渤海湾盆地东营凹陷烃源岩层中异常高压的特征分析入手,着眼成藏过程,分析烃源岩中异常高压的作用。

1 异常高压及其特征

济阳拗陷是在中生界基础上发育起来的第三系大型复式箕状断陷盆地,受印支、燕山和喜山期的多次断块活动,呈现了凹凸相间、向西南端收敛、向北东撒开的构造格局。东营凹陷是济阳拗陷的次级构造单元,也是济阳拗陷重要的富油气凹陷。济阳拗陷古近系沙四下亚段、沙三下亚段和沙三中亚段等是该地区重要的有效烃源岩之一,其发育对东营凹陷油藏的形成具有重要的意义。应用声波测井和密度测井资料的研究结果表明,东营凹陷古近系沙三段、沙四段普遍存在异常高压^[13]。

1.1 异常高压的形成

异常地层压力就是背离正常静水压力的地层压力,分为异常高压和异常低压。国内一般根据压力系数将压力分为超低压(小于 0.75)、低压(0.75~0.90)、常压(0.90~1.10)、高压(1.10~1.50)和超高压(大于 1.50)。地层中的异常压力的形成与地层欠压实、粘土矿物转化脱水、生烃作用、水热增压和构造变动等因素有关。大量的研究表明,烃源岩层中的高压主要是泥岩的欠压实作用和生烃增压作用而产生的^[16~18],水热增压、粘土矿物转化脱水作用尽管对增压有一定贡献,但是不足以形成规模超压^[19~21]。

由于声波资料较密度测井、电阻率测井等受井眼、地层条件等影响相对较小,比地震纵向具有更高的分辨率,因此,往往应用声波测井资料研究地层的压力特征。从东营凹陷声波资料的统计结果看,欠压实作用发育的层段各井开始出现的深度不尽相同,一般始于沙三上亚段,主要层段为沙三段和沙四上亚段,而且异常高压的高幅度值普遍对应于泥岩集中发育段(钻遇断层的钻井除外),利 98 井泥岩欠压实带与岩性关系就很好地说明了这一点(图 1)。

压力系数与烃源岩生烃门限深度及液态石油窗下限深度有一定的内在联系。有研究表明辽河断陷东部凹陷北部牛青地区古近系泥质烃源岩普遍存在异常高压,其发育时期与烃源岩的成烃高峰

时期相一致。热演化史和油源岩对比结果表明,东营凹陷沙三下亚段暗色泥岩已经进入成熟演化阶段,但尚未进入过成熟热演化阶段。从压力系数(大于 1.10)与暗色泥岩厚度等值线图的关系看,两者也有很好的一致性。一方面说明东营凹陷沙三下亚段暗色泥岩仍处在生烃热演化阶段;另一方面,也说明异常压力的存在与暗色泥岩的生烃作用有密切的联系(图 2)。

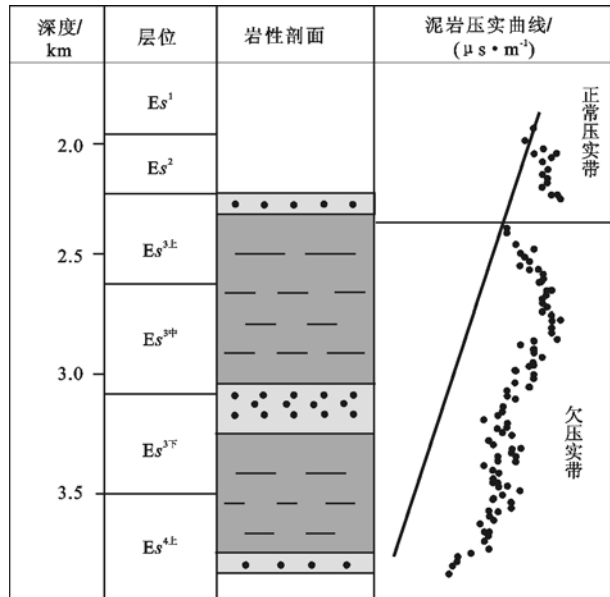


图 1 渤海湾盆地东营凹陷利 98 井泥岩欠压实带与岩性关系

Fig. 1 Relationship between lithology and uncompact belt of mudstone in Well Li 98 in the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin

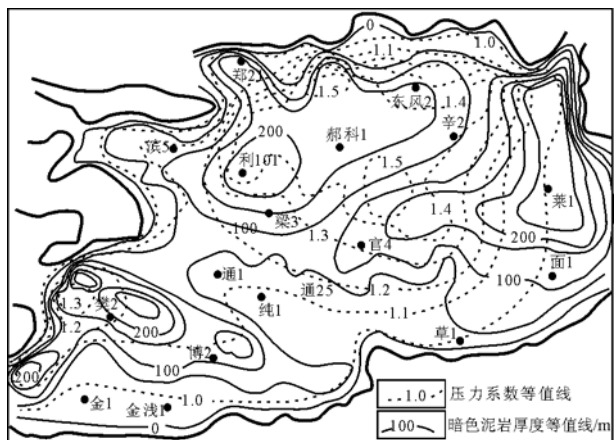


图 2 渤海湾盆地东营凹陷沙三下亚段烃源岩压力系数与暗色泥岩厚度关系

Fig. 2 Relationship between the thickness of dark mudstone and the pressure coefficient of hydrocarbon source rock in the lower sub-member of Es³ in the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin

尽管引起烃源岩异常高压原因多种多样,但是,归根结底,排液不畅是产生异常高压的根本之所在。就东营凹陷而言,沙三段和沙四段暗色泥岩的厚度能够较好地表征凹陷内现今异常高压的分布特征,异常高压的高值区与暗色泥岩厚度大的地区相对应。

1.2 异常高压的特征

这里讨论的异常高压的特征只能是现今的压力特征,而对具有继承性发育演化特征的东营凹陷而言,现今压力的特征也是古压力特征的“影子”。

综合钻井时测压力、测井曲线及地震速度,对东营凹陷烃源岩压力特征的研究结果表明,从层位上看,异常压力发育的层段有较好的一致性,主要发育在古近系沙三段和沙四段;从深度上看,不同井开始出现异常压力的深度存在一定差异,有少量井在 2 200 m 左右就开始出现异常压力,但主要分布在 2 700~3 500 m 的深度范围(图 3);从平面看,古近系烃源岩目前基本处于超压状态,超压的范围自上而下逐渐增大,主要在利津、牛庄、民丰及博兴洼陷,以利津洼陷和牛庄洼陷相对更为发育,压力系数 1.2~1.5(图 4),利津洼陷压力系数最高达到 1.7。

2 异常高压与油藏关系

2.1 异常高压与油气运移

烃源岩的供烃能力是油气成藏的最基本条件。

Snarsky(1962)最早提出,深埋的致密页岩,如果其中局部流体压力达到周围静水压力的 1.42~2.40 倍时,就超过了岩石力学强度而产生裂隙^[22]。Tissot和 Welte(1971)也报道了他们的实验情况,一块保持静岩压力为 44 MPa 条件的页岩,当其内部气体压力达到 54 MPa 时产生裂隙,并在内部压力释放后裂隙闭合^[23]。

当烃源岩中的孔隙流体异常高压超过封隔层的破裂压力时,导致源岩内微裂缝的发育,这些发育的微裂缝成为超压流体释放的通道,即排烃通道,待流体释放,压力减小到一定程度,微裂隙封闭,开始下一循环。王新洲等^[23]通过室内模拟实验

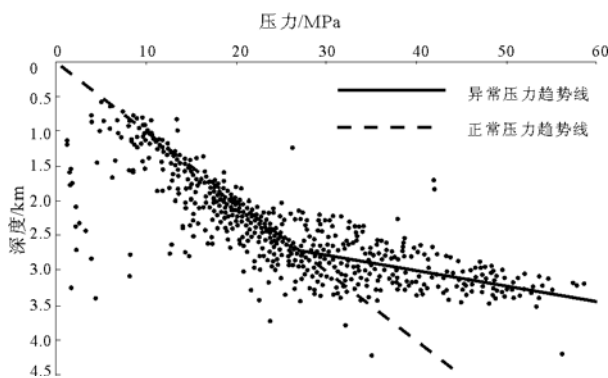


图 3 渤海湾盆地东营凹陷烃源岩压力与深度关系
Fig. 3 Relationship between depth and pressure of hydrocarbon source rock in the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin

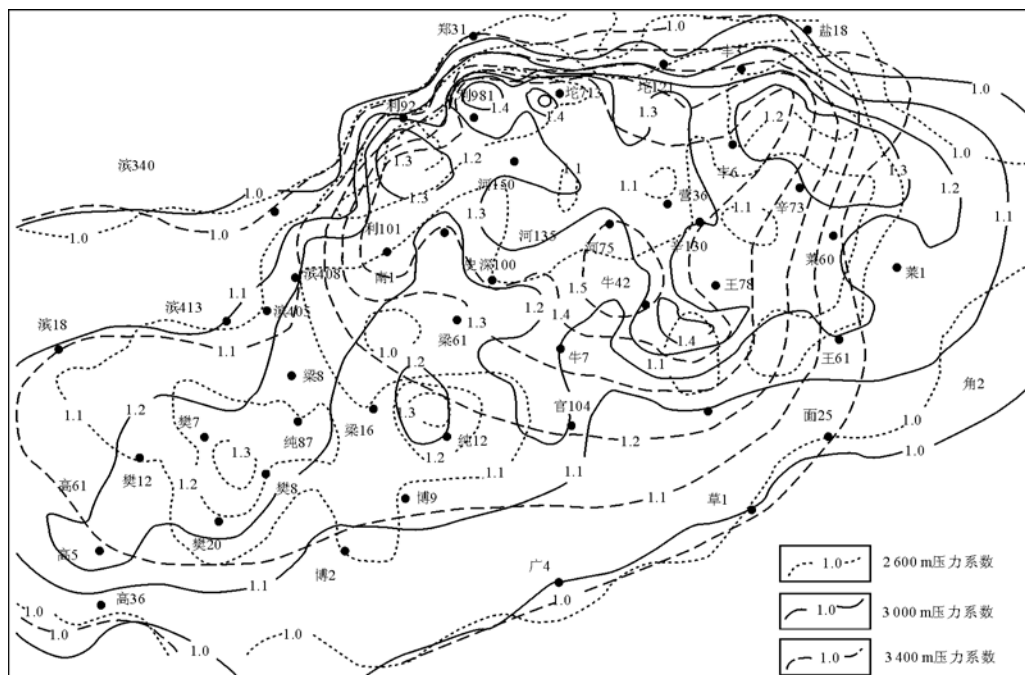


图 4 渤海湾盆地东营凹陷不同深度烃源岩压力系数等值线

Fig. 4 Isoline of pressure coefficient of hydrocarbon source rock at different depth in the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin

和济阳坳陷地质沉积剖面的解剖,进一步揭示了陆相断陷盆地烃源岩中烃类“流体间歇压裂运移”的规律。这种规律不仅为生排烃模拟实验所证实,而且也与一定深度范围内烃源岩的荧光裂缝随深度的加大而增加的现象相一致。对继承性凹陷而言,只要后期的压力系统未被破坏,就可能继续成为新的异常压力区,而许多研究者的研究成果也说明了这些层段异常压力的存在。

如前所述,东营凹陷古近系沙三段和沙四段烃源岩的厚度与异常高压存在较好的对应关系。根据烃源岩对比结果,确定了东营凹陷与沙四上亚段关系较为密切的油田,这些油田多围绕在沙四上亚段暗色泥岩厚度大的区域呈近环状分布(图 5),反映了古异常高压对排烃和油藏分布的控制作用。

2.2 异常高压与油气保存

油气的保存,实质上就是对油气的一种有效封堵作用,而异常高压的存在,也反映了异常高压带内封堵作用的相对统一性。

东营凹陷沙三段烃源岩盆地模拟结果表明,滑塌浊积岩岩性油藏的分布与烃源岩的排烃强度有较好的对应关系,烃源岩异常高压的封隔层与排烃强度的低值带(2 800~2 950 m)相一致,浊积岩扇体石油充满度高(大于 50%)或完全被油气充满的,其埋深主要分布在 2 950~3 500 m 深度范围^[24]。这种现象,一方面反映了烃源岩内异常高压的继承性和其对排烃的贡献,另一方面,也反映了烃源岩内部的异常高压对油藏的保存起到了一定的作用。

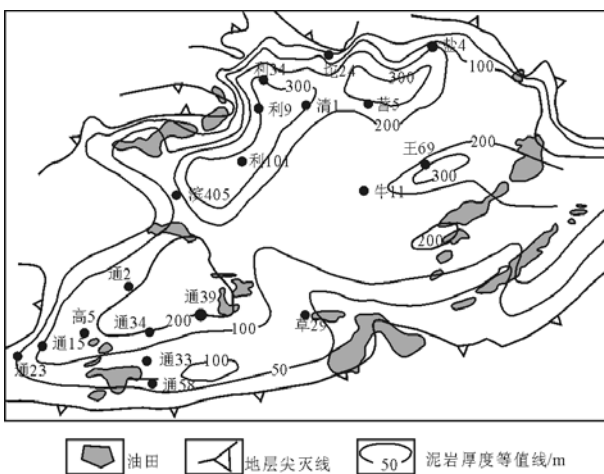


图 5 渤海湾盆地东营凹陷沙四上亚段暗色泥岩厚度与以其为源岩油藏分布关系

Fig. 5 Relationship between thickness of dark mudstone and distribution of the pools from the upper sub-member of E_s^4 , the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin

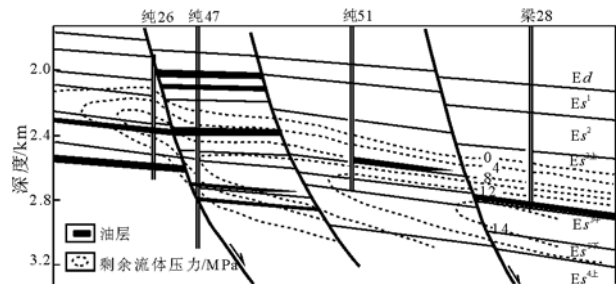


图 6 渤海湾盆地东营凹陷梁家楼地区油藏分布与现今剩余流体压力关系

Fig. 6 Relationship between the oil reservoir distribution and the residual fluid pressure nowadays in Liangjialou area of the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin

现今异常高压的分布特征与目前东营凹陷主要油藏分布规律的一致性(图 6),又从另一方面反映了烃源岩现今异常高压对油藏保存作用的普遍性。

3 结论

烃源岩内异常高压的存在具有一定的普遍性,泥岩的欠压实作用和生烃作用是异常高压产生的主要原因。古异常高压是油气运聚的动力来源,对烃源岩内烃类的初次运移起到积极的作用,油气的主要富集区位于大规模生烃后的低压区,现今的异常高压区是油气没有排出或者排烃不畅的区域,有利于油气的保存。对继承性发育的凹陷(洼陷)而言,烃源岩内的异常高压具有一定的继承性,现今高压一定程度上可以表征古高压区的特征。应用异常高压研究成藏作用时,要考虑异常高压的时代性。研究油气的聚集成藏要考虑烃源岩层中古异常高压区与古异常低压区以及区内储集层与生烃高峰的配置关系,而不是着眼于现今烃源岩中的高压区,现今烃源岩中的高压区是未来油源灶。

参考文献:

- 周兴熙. 封存箱辨义及主要类型[J]. 石油实验地质, 2006, 28(5): 424~429
- 徐国盛, 李建林, 彭大钧等. 川东石炭系气藏的岩性封堵与高压流体封堵[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(5): 644~651
- 王占国. 异常高压对储层物性的影响[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(6): 31~33
- Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74: 1~12
- 李洪香, 任继红, 马建英等. 异常高孔隙流体压力与碎屑岩深部油气藏[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 5~8
- Law B E, Dickinson W W. Conceptual model for origin of ab-

normally pressured gas accumulation in low-permeability reservoirs[J]. AAPG Bulletin, 1985, 69: 1295~1304

7 许晓明, 刘震, 谢启超等. 渤海湾盆地济阳坳陷异常高压特征分析[J]. 石油实验地质, 2006, 28(4): 345~349

8 赵桂萍. 准噶尔盆地南缘异常高压及其与油气成藏的关系[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 327~331

9 卓勤功, 隋风贵. 东营凹陷砂岩透镜体油藏油源新认识及其石油地质意义[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(5): 12~15

10 苗建宇, 祝总祺, 刘文荣等. 济阳坳陷下第三系温度、压力与深部储层次生孔隙的关系[J]. 石油学报, 2000, 21(3): 36~40

11 隋风贵. 东营断陷盆地地层流体超压系统与油气运聚成藏[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2004, 28(3): 17~21

12 陈中红, 查明. 东营凹陷烃源岩超压体系特征及勘探意义[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(3): 11~13

13 邱桂强, 凌云, 樊洪海. 东营凹陷古近系烃源岩超压特征及分布规律[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 71~75

14 卓勤功. 异常高压对烃源岩成烃机理和油气运聚成藏的影响[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 169~172

15 达江, 宋岩, 胡咏等. 异常高压与油气藏的关系探讨[J]. 中国西部油气地质, 2006, 2(1): 72~75

16 查明, 曲江秀, 张卫海. 异常高压与油气成藏机理[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 19~22

17 李志, 竇立荣, 艾小兰. 异常高压与油气的生成[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(5): 28~30

18 Spencer C W. Hydrocarbon generation as a mechanism for overpressuring in Rocky Mountain Region[J]. AAPG Bulletin, 1987, 71: 368~388

19 Luo X R, Vasseur G. Contributions of compaction and aquathermal pressuring to geopressure and the influence of environmental conditions[J]. AAPG Bulletin, 1992, 76: 1550~1559

20 Osborne M J, Swarbrick R E. Mechanisms for generation overpressure in sedimentary basins: a reevaluation[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81: 1023~1041

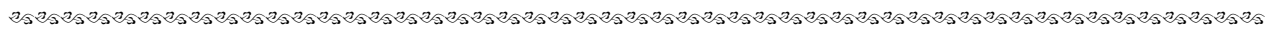
21 Shi Y L, Wang C Y. Pore pressure generation in sedimentary basins: overloading versus aquathermal[J]. Journal of Geophysical Research, 1986, 91: 2153~2162

22 Magara K. Compaction and fluid migration, practical petroleum geology[M]. Amsterdam: Elsevier, 1978

23 王新洲, 周迪贤, 王学军. 流体间歇压裂运移: 石油初次运移的重要方式之一[J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(1): 20~26

24 隋风贵, 罗佳强, 曹建军. 应用排烃强度预测深陷期砂砾岩扇体的含油性[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 47~52

(编辑 李凤丽)



欢迎订阅 2009 年《油气地质与采收率》

《油气地质与采收率》是经国家新闻出版总署批准,由中国石油化工集团公司主管,胜利油田分公司主办,面向国内外公开发行的国家级石油类技术期刊。中国标准连续出版物号:CN37-1359/TE,国际标准连续出版物号:ISSN1009-9603。该刊为山东省优秀期刊、华东地区优秀期刊、中国石油和化工行业优秀期刊、中国石油化工集团公司核心科技期刊、全国中文核心期刊和中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。

《油气地质与采收率》以讨论“油气勘探开发新理论、新方法”和“提高油气采收率技术”为主题,报道内容涵盖了油田勘探开发主业的各个专业。设有“油气地质”、“勘探技术”、“油气藏工程”、“油气采收率”、“油气钻采工程”、“油气藏经营管理”和“专家论坛”等栏目。

《油气地质与采收率》为双月刊,大 16 开本,110 页,逢单月 25 日出版,每期定价 10 元,全年 60 元。欢迎广大读者直接从本期刊社订阅。在校学生半价优惠。

订刊汇款方式

1. 邮局汇款:(257015)山东省东营市聊城路 3 号期刊社

联系人:左萍

订刊电话:(0546)8715240 传真:(0546)8715261

电子邮件:pgre@slof.com 或 pgre@163.com

2. 银行汇款:中国石化股份胜利油田分公司地质科学研究院

开户行:工商银行东营区支行

帐号:1615002109022100494