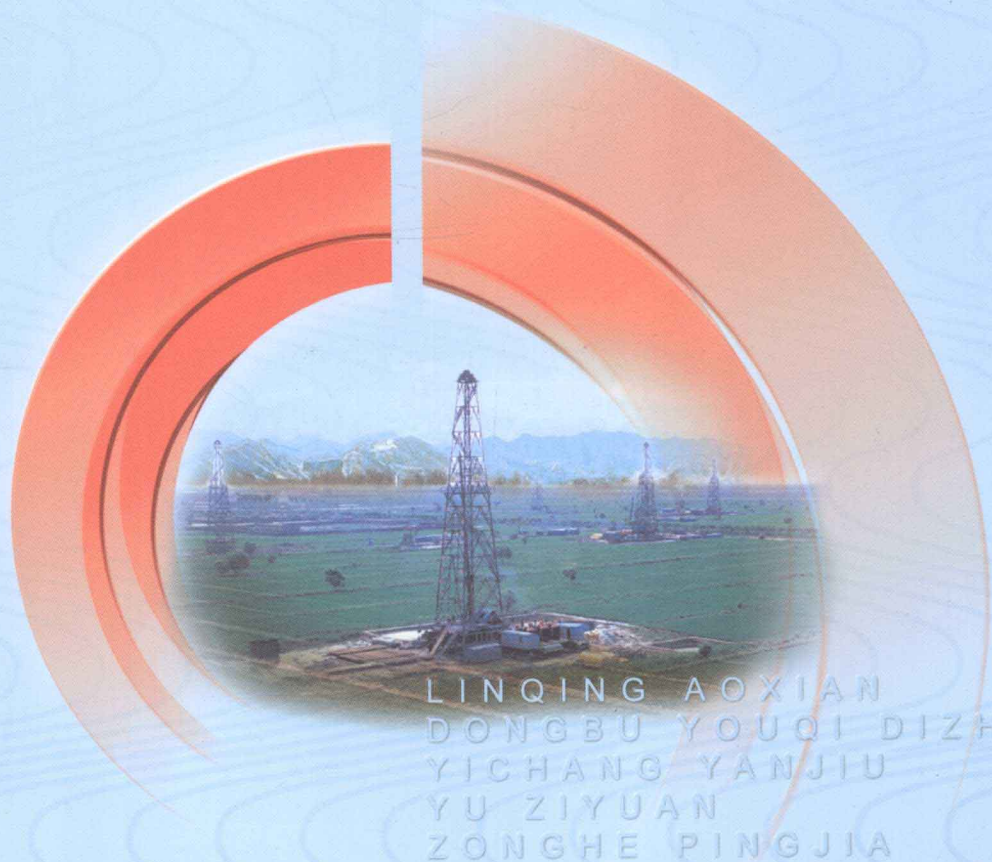


2009年湖北省社会公益出版专项资金资助项目
中国地质大学学术著作出版基金 资助
中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司科研基金

临清拗陷东部油气地质 异常研究与资源综合评价

赵鹏大 宋国奇 吴冲龙 陈建平 汤达祯 曹忠祥 等著



LINQING AOXIAN
DONGBU YOUQI DIZHI
YICHANG YANJIU
YU ZIYUAN
ZONGHE PINGJIA



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

2009 年湖北省社会公益出版专项资金资助项目

中国地质大学学术著作出版基金

资助

中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司科研项目基金

临清拗陷东部油气地质异常 研究与资源综合评价

LINQING AOXIAN DONGBU YOUQI DIZHI YICHANG YANJIU
YU ZIYUAN ZONGHE PINGJIA

赵鹏大 宋国奇 吴冲龙 等著
陈建平 汤达祯 曹忠祥



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

临清坳陷东部油气地质异常研究与资源综合评价/赵鹏大,宋国奇,吴冲龙,陈建平,汤达祯,曹忠祥等著. —武汉:中国地质大学出版社,2010.3

ISBN 978-7-5625-2348-2

I. 临…

II. ①赵…②宋…③吴…④陈…⑤汤…⑥曹…

III. 坳陷-石油天然气地质-综合评价-临清市

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 112969 号

临清坳陷东部油气地质异常
研究与资源综合评价

赵鹏大 宋国奇 吴冲龙 等著
陈建平 汤达祯 曹忠祥

责任编辑:段连秀

策划编辑:段连秀

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787mm×1092mm 1/16

字数:670 千字 印张:21.75 插页:3 彩插:58

版次:2010 年 3 月第 1 版

印次:2010 年 3 月第 1 次印刷

印刷:湖北恒泰印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-2348-2

定价:98.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

临清坳陷东部油气地质异常 研究与资源综合评价

参加研究和撰写人员

项希勇	吕希学	毛小平	焦养泉	田世澄
吕新彪	张树林	刘 华	郭绍斌	柳忠泉
逢建东	李绍虎	樊庆真	汤 军	赵宏波
田宜平	刘洪营	何珍文	伍大茂	韩 颖
刘军旗	刘大锰	张明华	李文涛	张夏林
王连进	雷新荣	杨生科	何会强	郑求根
翁正平	孙义梅	卢宗盛	王根发	孙自明
张志庭	李新川	邹胜利	等	

前 言

临清拗陷东部已经有 40 多年的油气勘探历史,二维地震测网密度已达 $0.6\text{km} \times 1.2\text{km}$,重点地区达到 $0.6\text{km} \times 0.6\text{km}$;已经完成 350km^2 重点区的三维地震。区内共完钻探井 50 余口,其中 2 口井在古近系见到低熟油流,16 口井见到不同级别的油气显示;14 口井钻遇前古近系,并且在中生界见到油源层,在石炭-二叠系和奥陶系见到煤成气显示;梁古 1 在奥陶系风化面上见到高纯度的 CO_2 气藏。近十几年来,胜利油田还针对该区的油气地质条件和资源潜力开展了一系列研究,提交了《临清拗陷东部天然(煤成)气藏形成条件及勘探目标研究》、《临清拗陷东部油气地质条件及勘探方向研究》、《外围深层勘探综合研究及目标评价》和《禹城、德南洼陷油气成藏史分析及勘探目标评价》等几个重要成果。

然而,由于临清拗陷不仅存在多套油气源层、多个沉积旋回,形成了多种圈闭类型,而且经历过多期构造破坏和低地温梯度的特征,使得其油气成藏条件和保存条件变得十分复杂,已有的各项研究亟待进一步深化,已有的认识也亟待进一步总结和提高。为此,中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司设立本项目,由胜利油田地质研究院与中国地质大学共同开展新一轮研究。其主要任务是:基本查明临清拗陷东部自晚古生代末以来的构造-沉积史、地热史及油气生成、排放、运移、聚集史;进一步弄清临清拗陷东部油气源岩、运移通道和储集圈闭特征,重点在于分析和确认临清拗陷东部晚古生界和沙河街组的油气成藏条件;总结出临清拗陷油气成藏的特异规律、地质异常模型以及可供推广应用的油气地质异常提取技术与分析方法;着重对临清拗陷东部前沙河街组和沙河街组的油气资源潜力作出评价,分别计算其烃源岩的生烃量、排烃量和运聚量;优选出若干个有利的油气勘探目标,对其油气资源作出定量预测。

本项研究采用了油气地质异常分析与常规油气地质分析相结合的技术路线,经过 3 年多时间的努力,取得了以下进展和成果:

(1)探讨了地质异常致藏理论和求异找油理论,建立了含油气盆地地质异常动力学模型,并且提出石油地质异常的分级概念,制定了划分标准;首次开展油气地质异常的多维多元时空信息的“多 S”综合研究,建立了有利区带的油气地质异常评价预测理论与方法,并研发出计算软件。

(2)厘定了临清拗陷东部的构造-地层格架,查明了拗陷的区域构造背景,同时发现了一种新的地质异常——壳幔变形异常,在此基础上进一步剖析了区域与深部构造背景对基本石油地质条件的控制作用。

(3)根据物探、钻探和测井资料综合研究,进一步明确了 S_3 和 S_4 、 S_1 和 S_2 之间的不整合;通过深部构造分析和区域对比,指出莫霍面埋深大于周围拗陷区以及缺少高压保温层,可能是导致临清拗陷地温梯度低的主要原因。

(4)重新厘定了 S_3 和 S_4 的沉积界限,建立了临清拗陷东部的中新生界层序地层格架,并且详细地研究了德南三维区的层序地层特征。

(5)建立了临清拗陷源岩成分分类体系和有机显微组分分类体系,以及HI-OI有机质类型划分图版;揭示了临清拗陷古近系低熟-未熟油成因机制——硫细菌降解还原主导下的油气早熟作用。

(6)制作了流体包裹体拉曼盐度计,对不同盐度孔隙水的来源、成因和演化过程做出了合理推测;建立了流体包裹体成因分类方案,并成功地应用于含烃流体充注期次示踪;提出了利用固态微量有机质的“拉曼特征峰频率位移差”预测镜质体反射率的方法,结合其他方法揭示了高地热异常点。

(7)确定本区发育有六大古水文地质旋回,对C-P煤成气成藏具有不同的影响作用;提出了油气运移分配单元的概念,并制定了划分、评价方法,通过实际应用证明对分割强烈的断块型油气成藏作用分析具有推广价值。

(8)采用广义油气系统的概念,建立了烃源岩级、烃源岩+储层级、烃源岩+储层+构造单元级等三个层次的油气系统;探讨了多原型迭合盆地的油气成藏模拟评价的系统工程模型,以及研究区三维构造-地层格架模拟、地热演化模拟、油气运聚人工神经网络动态模拟及其三维可视化。

(9)采用油气地质异常评价预测理论与方法,以及油气成藏动力学模拟方法,分别从单因素和多因素综合评价角度,指出了四个古近系未熟-低熟油和四个石炭-二叠系煤成气的有利成藏区带。

课题在完成过程中得到原胜利油田总地质师潘元琳、李应龙教授级高工和中国地质大学各级领导和各职能部门的大力支持和帮助,在此一并致谢。

作 者

2007年7月28日

目 录

第一章 地质异常基本理论及其在油气勘探中的应用	(1)
第一节 油气地质异常的概念	(1)
一、油气地质异常的概念	(1)
二、油气地质异常的尺度水平	(2)
三、油气地质异常的类型划分	(3)
第二节 油气地质异常的研究方法	(7)
一、油气地质异常研究的技术路线	(7)
二、油气地质异常定量研究方法	(9)
三、油气藏的地质异常预测法概述	(12)
第二章 临清坳陷东部的盆地原型与构造格架	(14)
第一节 盆地原型演化的区域背景	(14)
一、华北盆地的演化历史	(14)
二、华北地区地球物理场与深部构造	(23)
第二节 地层格架及发育特征	(25)
一、古生界及其分布特征	(26)
二、中生界及其分布特征	(29)
三、新生界及其分布特征	(31)
第三节 临清坳陷东部构造与地热演化特征	(36)
一、构造单元与构造格架特征	(36)
二、临清坳陷东部构造演化	(56)
三、临清坳陷东部的地热演化史	(63)
第四节 构造异常与有利勘探区带	(70)
一、构造异常现象与成藏条件	(70)
二、基于构造条件的有利区带评价预测	(70)
第三章 临清坳陷东部充填演化与生储盖组合	(78)
第一节 层序地层格架与坳陷充填演化	(78)
一、一级层序 I (Є-O) 发育特征及充填史	(78)
二、一级层序 II (C-P) 发育特征及充填史	(78)
三、一级层序 III (Mz) 发育特征及充填史	(88)
四、一级层序 IV (Kz) 发育特征及展布	(90)
五、沉积地质异常的定性识别与提取	(113)
第二节 生、储、盖组合特征	(114)

一、临清坳陷东部储层特征	(114)
二、临清坳陷东部盖层特征	(121)
三、临清坳陷东部储盖组合	(122)
第四章 临清坳陷东部烃源岩特征及评价	(123)
第一节 有机岩石学特征	(123)
一、烃源岩的岩石学特征	(123)
二、有机显微组分特征	(128)
三、烃源岩有机质类型	(131)
第二节 有机地球化学特征	(137)
一、氯仿沥青“A”族组成	(137)
二、饱和烃馏分	(140)
三、芳烃馏分	(150)
四、油源对比	(153)
第三节 生烃作用异常与油气资源潜力评价	(157)
一、有机质成熟度	(157)
二、异常热源叠加影响的烃源岩成熟度	(158)
三、有利区块生烃强度	(159)
第五章 临清坳陷东部生排烃动力学分析	(163)
第一节 油气生成动力学分析	(163)
一、动力学参数测定及数据分析	(163)
二、烃源岩生烃动力学分析	(170)
三、烃源岩程序热解生排烃作用实验	(172)
四、未熟-低熟油生成动力学分析	(180)
第二节 烃源岩的排烃动力学分析	(184)
一、德南洼陷古近系泥岩压实特征	(184)
二、德南洼陷古近系生油岩的排烃作用	(190)
第六章 油气运聚的流体包裹体示踪	(197)
第一节 临清坳陷东部流体包裹体的基本特征	(197)
一、流体包裹体的类型及热力学特征	(197)
二、地层流体包裹体岩相学特征	(200)
第二节 流体包裹体的时空分布特征及其油气地质意义	(204)
一、各套地层的自生矿物生成序次及其流体包裹体形成期次	(204)
二、流体包裹体类型、丰度的空间分布及其油气示踪意义	(209)
三、油气运聚的流体包裹体和微量有机物激光拉曼光谱示踪	(221)
第七章 临清坳陷东部油气运聚动力学分析	(229)
第一节 典型洼陷古近系油气运聚动力学分析	(229)
一、德南洼陷古近系油气运移的通道体系	(229)
二、德南古近系油气运聚机制分析	(235)
第二节 石炭-二叠系油气运聚动力学分析	(244)

一、石炭-二叠系油气运聚的通道体系·····	(244)
二、油气运移的相态、动力和方式·····	(257)
三、油气的聚集成藏作用·····	(260)
第八章 油气成藏动态模拟与资源评价·····	(265)
第一节 油气成藏动力学模拟的方法与流程·····	(265)
一、油气成藏动力学模拟的方法·····	(265)
二、油气成藏动力学模拟的流程·····	(266)
三、模拟评价系统的结构与功能·····	(268)
第二节 油气成藏模拟的地质模型·····	(269)
一、构造-地热演化模型·····	(269)
二、地层格架演化模型·····	(275)
三、烃源岩及生烃作用模型·····	(277)
四、油气运聚作用模型·····	(280)
五、油气系统的划分·····	(284)
第三节 研究区模拟参数的选取及模拟模型的建立·····	(287)
一、构造-地层格架数据·····	(287)
二、地质年代数据·····	(292)
三、理化参数数据·····	(292)
第四节 油气成藏动力学实际模拟结果·····	(298)
一、三维数字构造-地层格架模拟·····	(298)
二、构造应力场模拟·····	(301)
三、生烃作用模拟·····	(306)
四、排烃作用模拟·····	(306)
五、油气运聚作用模拟·····	(313)
第九章 中、高级别油气地质异常特征分析·····	(317)
第一节 找油(气)有利(3P)地段的地质异常特征·····	(317)
一、临清东部致藏(油气)地质异常概述·····	(317)
二、油气地质异常的熵值法和复杂度法分析与 3P 地段综合预测·····	(319)
三、油气地质异常的证据权法分析与 3P 地段综合预测·····	(323)
四、临清东部油气勘探有利地段(3P)的证据权法预测·····	(332)
第二节 潜在资源(4P)地段油气地质异常特征·····	(332)
一、地震勘探剖面的选取与数据准备·····	(332)
二、测井油气地质异常分析·····	(335)
三、地震剖面的油气地质异常分析·····	(335)
第三节 油气地质异常的定位与优度排序·····	(343)
一、油气地质异常定位预测·····	(343)
二、油气地质异常优度排序·····	(352)
第十章 临清坳陷东部有利区带评价、预测·····	(358)
第一节 基于单一地质异常的评价预测·····	(358)

一、基于构造-地热异常的评价预测	(358)
二、基于沉积地质异常的评价预测	(359)
三、基于生排烃地质异常的评价预测	(360)
四、基于运聚地质异常的评价、预测	(363)
五、基于流体包裹体和拉曼光谱标志的评价预测	(370)
第二节 基于多因素的综合评价预测	(376)
一、基于单一控制因素的评价预测汇总	(376)
二、基于多因素复合控制的定量评价预测	(377)
三、基于油气地质异常的评价预测	(378)
参考文献	(382)

第一章 地质异常基本理论及其在油气勘探中的应用

自然界的油气藏都形成于相似的地质条件下,这是对油气藏预测通常基于相似类比准则而进行的依据。然而,自然界的油气藏又都是在特异条件下形成的,换言之,油气藏的形成是一种地质异常现象。地质异常是指在成分、结构、构造或成因序次上,与周围环境有着明显差异的地质体或地质体组合(赵鹏大,1991)。如果用一个数值(或数值区间)作为阈值来区分异常和背景场,那么凡是超过或低于该阈值的场,就视为地质异常。它具有一定的空间范围和时间界限,其表现形式不仅在物质成分、结构构造和成因序次上与周围的环境不同,而且还经常表现在地球物理场、地球化学场及遥感影像的异常上,等等。因此,地质异常往往是综合异常。地质异常也是不同地质历史时期演化发展的产物,其形成的地质时代、构造背景、地质环境和岩石类型,决定了地质异常的性质及其可能赋存的矿产资源的种类及其规模,随着地质历史的演化,地质异常性质也随着变化。

第一节 油气地质异常的概念

一、油气地质异常的概念

油气地质异常是指在成分、结构上与周围环境明显差异的含油气地质体或地质组合体。从油气地质异常的角度看,油气生成于各种控烃要素有效匹配的区域,油气被圈闭于具有显著变化的地质界面处,油气充填于显著不连续空间内(赵鹏大,2002)。我们把油气地质异常当作是一个场,或是一个系统来看待,在研究中需要将其当作一个复杂系统,从整体上、动态上、各种结构的相互关系上来分析、描述,才有可能揭示出其中(系统)的有关本质属性和内在规律性。由此来预测油气地质异常的变化趋势,分析出油气地质异常的形成规律,为油气资源潜力评价和勘探目标优选服务。

根据地质异常理论寻找地下油气藏,指的是依靠来自地下的地质、物探、化探、钻井和测井等数据体中的异常信息进行油气藏定位预测。一般地说,地下油气藏的物理、化学性质,不会因为油气藏的成因不同而有较大差异。因此,我们可以不局限于某一油气区(田)已经认识到的成藏模式或规律,而按所提取的油气地质异常数据来直接预测油气藏的存在及其位置。为了提高预测的可靠性,避免出现多解性,需要把物、化探异常与地质异常结合起来综合考虑,再进行定位预测。钻井取芯包含有油气直接信息,而物、化探数据包含着地下油气藏的间接信息,只有对这两种信息进行有效提取,并加以充分挖掘和利用,才能作好地下油气藏的定位预

测工作。

显然,油气地质异常分析可以作为查明油气藏赋存位置的一种手段。地质异常研究的具体任务是为一维参数划出变异界线,为二维参数圈出变异范围,为三维参数定出变异空间。这也是地质异常理论应用于油气寻找与评价的基点。

二、油气地质异常的尺度水平

地质异常的分布范围和表现形式依研究目的和对象不同而有差异。其尺度可大到控制含油气盆地形成分布及其内部构造的区域性乃至全球性大型地质异常,也可小到反映岩性变化以及岩石内部的孔隙结构变化的微型地质异常。广义的油气地质异常还包括与地质背景有关的各种物理、化学、生物等参数的异常。在大规模的地质异常之内,往往包含着小规模或者是微型的地质异常。

含油气盆地内致矿(藏)地质异常可分为四级:①二级油气地质异常:其规模相当于含油气盆地内的二级构造带,是凹陷、凸起和过渡带地质特征的反映。②三级油气地质异常:其规模相当于含油气盆地内的三级构造带,是洼陷、突起和过渡带地质特征的反映。③四级油气地质异常:其规模相当于各种类型的圈闭,是各种构造圈闭、岩性圈闭、地层圈闭和复合圈闭等地质特征的反映。④小型油气地质异常:其规模相当于圈闭内或某一局部位置,是储集体或储集空间的岩相特征、岩石物理性质(孔隙度、渗透率等)、地层压力、温度、有机质成熟度、盖层的封盖性和断层封堵性,以及孔隙中的油气饱和度等的反映。地质异常的轴向、形态及其叠加、异常走向穿插和异常的正负性等,对判断局部性地质异常的存在及含油气性都很重要。

油气地质异常研究的尺度水平,与不同油田地质勘探阶段及其工作任务相适应(表 1-1)。油气地质异常研究的尺度和规模,通常是根据研究对象的规模,采用降低一级准则来确定的。例如,当研究对象为圈闭油气地质异常时,则采用小型油气异常尺度,研究中主要分析小型构造异常、小型沉积异常、小型压力异常和小型地化异常。这样做可以提高分析的精度,有助于抓住问题的关键。此外,还需要研究由区域构造控制的地质背景,进行地质背景场的划分,以便突出局部地质因素。

表 1-1 地质异常尺度与油气田地质勘探主要阶段和任务表

地质勘探阶段	地质异常尺度	目 标	致矿地质异常	任 务
找 油	二级油气地质异常	凹陷、凸起及其过渡带	构造异常 沉积异常 压力异常 地化异常	油气资源 潜力预测
普 查	三级油气地质异常	洼陷、突起及其过渡带	构造异常 沉积异常 压力异常 地化异常	油气藏预测 物探、参数井
勘 探	四级油气地质异常 小型油气地质异常	各种构造圈闭、 岩性圈闭和地层 圈闭	构造异常 沉积异常 压力异常 地化异常	钻 探 发现油气藏
开 发	微型油气地质异常	已探明油气田	构造异常 沉积异常 压力异常 地化异常	开采监测

三、油气地质异常的类型划分

我们把沉积盆地内能决定(或产生)油气成藏的各类地质异常,称为致矿(藏)地质异常;反之,把由于油气藏的存在而造成的地质异常,称为矿(藏)致异常或油气地质异常。在一般情况下,二者难以明确地区别。致矿(藏)地质异常控制了盆地内的含油气性和油气藏分布,但它又受到诸多地质因素的影响和制约。致矿(藏)地质异常可根据控制因素分为:沉积异常、构造异常、地层压力异常、地球化学异常。油气地质异常则可根据检测技术分为:物、化探异常;重、磁、电异常;地震、钻井信息异常;等等。也可根据其信息类型分为:振幅异常、速度异常、压力异常等。还可以根据其显示形式分为:显式地质异常和隐式地质异常。显式地质异常是有形的,也称为实体异常,如地质体的不连续界面或不同地质体的分界面、地质体内部及外部特征的突变,以及不同成因地质体的嵌入等。隐式地质异常是无形的,也称为数值异常,例如单位面积或体积内的各种地质体或同一地质体不同属性组合熵的异常,具有不同演化历史的地质体、地质构造的复杂程度,以及地质体之间的相似或关联程度,等等。

(一)沉降异常

沉降异常是反映区域地壳升降特征的一种致矿地质异常,它用地壳升降指数(G 值)法来进行量化描述。 G 值越大,说明基底沉降幅度越大,或者说地层保留的厚度越大;当 G 值为零时,说明其处于升降平衡状态,基底在地史发展过程中相对稳定;当 G 值为负值时,说明基底处于隆升状态,其绝对值越大,隆升越激烈,剥蚀量越大,或者说地层残留厚度越小。最大沉降正异常所在处代表各时代沉降中心的位置,而最大沉降负异常所在处代表各时代隆升剥蚀中心的位置。当沉降中心与沉积中心一致时(往往在湖泊最大扩张期),分析沉降异常可以间接地揭示沉降中心位置及其变化过程,进而可分析岩性变化、烃源岩分布位置、生储盖组合条件等等。

(二)构造异常

构造异常是反映盆地构造类型差异的一组致矿地质异常,它用组合信息熵(H 值)法来计算和描述。熵是信息论中度量信息量的一种方法,反映了事物发生的不确定度。一般地说,熵值大,复杂系统的不确定度就高;反之,盆地构造类型越复杂,其成藏和保存条件的不确定度越大,熵值也越大。沉积盆地构造格架的样式及其空间特征通常取决于基底和盖层断裂,在重力场、磁力场上都有明显的异常表现,在熵图上也会有清楚的显示。只要参数选择得当,构造异常能描述盆地构造格架的样式及其空间分布特征,以及对油气运移和聚集条件及方式的控制,同时也可以反映构造圈闭的类型和分布。针对临清拗陷东部等陆内裂陷盆地的实际情况,沉积盆地的构造异常可按照基底沉降的规模及其对成藏-保存条件的控制,划分为以下三个类型。

1. 第一类构造异常:拗陷构造异常

拗陷是陆内裂陷盆地内的二级负向构造单元,是在地幔柱或板块作用所诱发的近水平拉张应力作用下,盆地基底发生区域性差异沉降的产物。其宽度约为 $50\sim 120\text{km}$,长度为 $160\sim 300\text{km}$,面积为 $1\times 10^4\sim 4\times 10^4\text{km}^2$ 之间,而沉降幅度变化于 $3\sim 10\text{km}$ 之间。

2. 第二类构造异常:凹陷构造异常

凹陷是陆内裂陷盆地内的三级负向构造单元,是在盆地基底发生小区域性差异沉降的产

物。其宽度约为 $10\sim 50\text{km}$, 长度为 $80\sim 150\text{km}$, 面积为 $600\sim 5\,000\text{km}^2$ 之间, 而沉降幅度变化于 $3\sim 6\text{km}$ 之间, 最大也可达 10km 。在我国东部沉积盆地中, 凹陷在剖面上通常呈现箕状断陷样式(图 1-1), 与同级正向构造单元相间排列。部分凹陷在剖面上呈现对称断陷(地堑)或不对称断陷(地堑)构造样式。

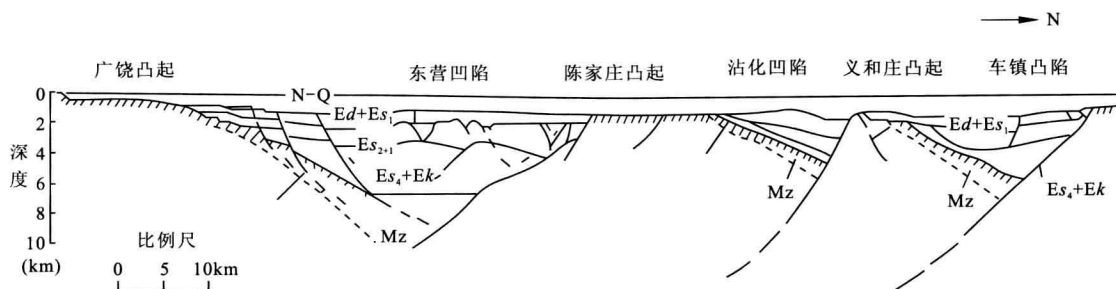


图 1-1 济阳坳陷构造横剖面图(箕状裂陷构造异常)

(据赵澄林, 1999)

3. 第三类构造异常: 洼陷构造异常

洼陷是陆内裂陷盆地内的四级负向构造单元, 是在盆地基底发生局部差异沉降的产物。其宽度约为 $3\sim 10\text{km}$, 长度为 $5\sim 20\text{km}$, 面积为 $20\sim 500\text{km}^2$ 之间, 沉降幅度变化于 $3\sim 6\text{km}$ 之间, 最大也可达 10km 。由于断裂带陡直深切, 基底断块差异沉降十分强烈。这类构造异常与油气聚集带具有较高的相关性, 可以用来作为有利油气聚集带存在的标志。

(三) 地球化学异常

地球化学异常即油气藏中烃组分构成的异常, 用于分析油气运移作用, 与其他致矿(油气)地质异常联合研究, 可以描述油气运移通道和保存位置。

俄罗斯的 T. JI. 萨福洛诺娃等根据有机地化特征, 将石油分为两种基本类型(I 型和 II 型)及混合型, 认为利用石油的烃组成资料可以了解油气运移的问题。

第 I 型石油的构成特点: ①在高含异戊二烯烷石蜡中, 分支结构占优势; ②环烷烃含量极高, 且其中高含甾族和藿族多环结构; ③在主要的异戊二烯烷烃中, 植烷和姥鲛烷是否占优势则因地而异; ④在该型石油低沸点分馏物中, 异构烷烃含有较多的分支结构, 而环烷烃则以环戊烷为主。

第 II 型石油的构成特点: ①在石蜡烃中, 正构烷烃占绝对优势; ②类异戊二烯烷含量低, 几乎没有甾族和藿族多环物; ③在主要的类异戊二烯烷烃中, 一般是姥鲛烷占优势, 在高含气区, 姥鲛烷和植烷的比值 K 升高; ④在该型石油的汽油馏物的石蜡烃中, 正构体占优势, 并有少量异构体, 而在环烷烃中环己酮烃占优势。

混合型石油的构成特点: 由不同比例的 I 型和 II 型石油混合而成, 各型石油的特征指标均为中间值。对于一个含油气盆地, 同一型石油的烃在色谱图上的集中分布性特别相似, 同一型石油的多样性主要是由其分馏组分和族组分的差异造成。

显然, 第 I 型油藏与其相对早期的运移有关, II 型油藏与其相对晚期的运移有关, 且这一阶段的运移可能会延续到现在。各运移阶段的关系可以通过 I 型石油和 II 型石油含量的百分比来说明。如果在已知的属于 I 型石油的油藏里含有相当数量的 II 型石油, 就可以推断含有

I 型石油的 II 型油藏在所研究剖面之下的可能位置。

如果按照石油混合的异常百分数——进行分段,就可以确定油气的异常运移。这样,凡是运移作用异常活跃的地区,II 型石油占 75%;在运移作用活跃的地区,II 型石油占 50%;在运移作用微弱的地区,II 型石油不到 20%。根据这些分析数据,就可以作出对下伏地层进行补充勘探的建议。

(四)地层压力异常

低于或高于静水压力(或压力系数 <1 或压力系数 >1.27)的地层压力,即为地层压力异常,简称压力异常。当地层孔隙间的流体(油、气、水)压力等于地表到某一地层深度的静水压力时,为正常的地层压力,压力系数(实测压力/静水压力)为 1,若压力系数 <1 ,为低压异常;若压力系数 >1.27 ,为高压异常。正常压力与异常压力之间的压力递变带,为压力过渡带。过去,人们主要是在常压带找油,20 世纪 80 年代以后,在超压带发现大量油气,人们开始认识到超压带也是油气的储集场所。

统计结果表明,压力过渡带是天然气的富集带,超压下不仅有气田,而且有大气田。最为典型的是美国墨西哥湾盆地的超压油气田,图 1-2 说明了墨西哥湾地区工业油气藏分布数量与压力梯度的关系。美国埃克森(Exxon)公司根据墨西哥湾地质情况,提出了一个分类方案(表 1-2)。在该分类系统中,明确把压力过渡带划分出,并划分出超压异常和强超压异常两个带,而超压体的过渡带是找油气的有利地带。

超压是多种因素相互作用的结果,归纳起来主要有两种观点:一种观点认为超压是以快速沉积所形成的不平衡压实作用造成的,另一种观点认为超压是由于烃生成作用形成的。表 1-3 列出了二者对油气分布的影响。

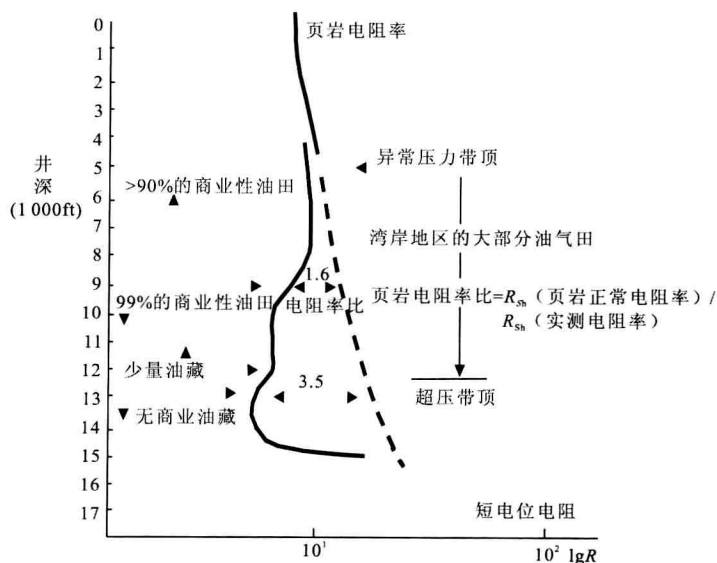


图 1-2 湾岸地区工业油气藏分布与压力梯度关系图

(据 Leach, 1993)

表 1-2 压力分类带(Exxon)

压力系数	压力梯度 (psi · ft ⁻¹)	压力梯度 (kPa · m ⁻¹)	泥浆相对密度 (PPG [*])	分 类
<1	<0.433	<10	<8.34	低 压
1.0~1.27	0.433~0.55	10~12.7	8.34~10.5	常 压
1.27~1.5	0.55~0.65	12.7~15.0	10.5~12.5	超压过渡带
1.5~1.73	0.65~0.75	15.0~17.3	12.5~14.5	超 压
1.73~1.96	0.75~0.85	17.3~19.6	14.5~16.5	强超压

* 1PPG=1bf/gal≈0.12g/cm³

表 1-3 快速沉降和热生烃对油气分布影响对比表(据马启富等,2000)

快速沉降	烃类生成
1. 新地层(第三系)	1. 老地层
2. 快速沉降	2. 可快可慢
3. 常见于三角洲环境,特别是海退三角洲	3. 很多环境均可生成
4. 成岩作用与充气同时进行,物性很好	4. 多发生在成岩作用后期,物性差
5. 常规油气聚集,油气可远离烃源岩	5. 常规或非常规油气聚集并分布在烃源岩附近
6. 水尚未被排出,地层均有边、底水	6. 水被排出,超压面以下充满气,水在气层上

1. 不均衡压实作用产生的压力异常

油气分布除位于生烃岩附近外,往往还远离生烃岩,特别是由于差异压实伴生的泥拱、盐丘和断层发育的地区或在大型三角洲插入的地区,油气往往沿着断层、泥拱、盐丘和三角洲砂岩体做大规模的纵向和横向的运移。如墨西哥湾地区大量第三系油气,人们认为主要是来自几千米以下的侏罗纪—白垩纪地层,油气是由深层超压体向浅部压力过渡带和正常压力区运聚。

2. 烃生成形成的超压异常

近年发展起来的异常高压封存箱概念,就是对油气分布于生烃岩附近这类异常的很好描述。Surdam 等根据洛基山拉勒拉米盆地第三系和中生代地层含油气特征,建立了异常高压模式。在岩性较细的区域,超压系统顶部镜质体反射率、生烃指数、盖层能力明显增高,伊利石转化率由 20%增加到 50%,且从无序变为有序。水的矿化度在常压区为 1.0%,而在超压区为 3.5%。这些特点也可作为划分超压面的依据,用以说明超压与常压的不连通性。但是,常压体内的砂岩,可能会由于抬升或断裂活动造成泄压。所以,常压体内的砂岩可能是高压也可能是低压(图 1-3)。在上述中生代下部富含有机质的页岩常压体下,又出现常压的单相流动压力系统。

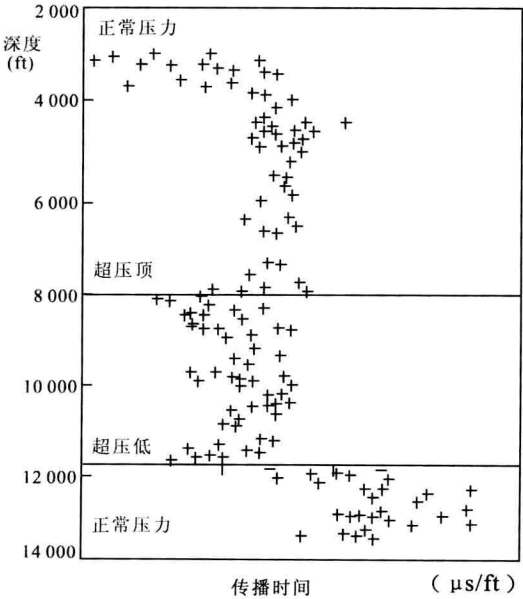


图 1-3 传播时间剖面图
(据马启富等,2000)

例如,在北海油田北维京地堑西部的构造阶地(即东德兰台地)四排半地堑的主断层上升盘,发现大批油田(以中侏罗统砂岩为主要储层),油层压力系数一般为 1.5 左右(1.25~1.70),超压值一般在 1 000~2 000psi。北维京地堑轴部启莫里组源岩埋深大于 4 000m 的地区($R_o>1\%$),已进入生气阶段,引起地层超压值剧烈上升(图 1-4),并向邻区的储层排放,形成异常超压油气田。

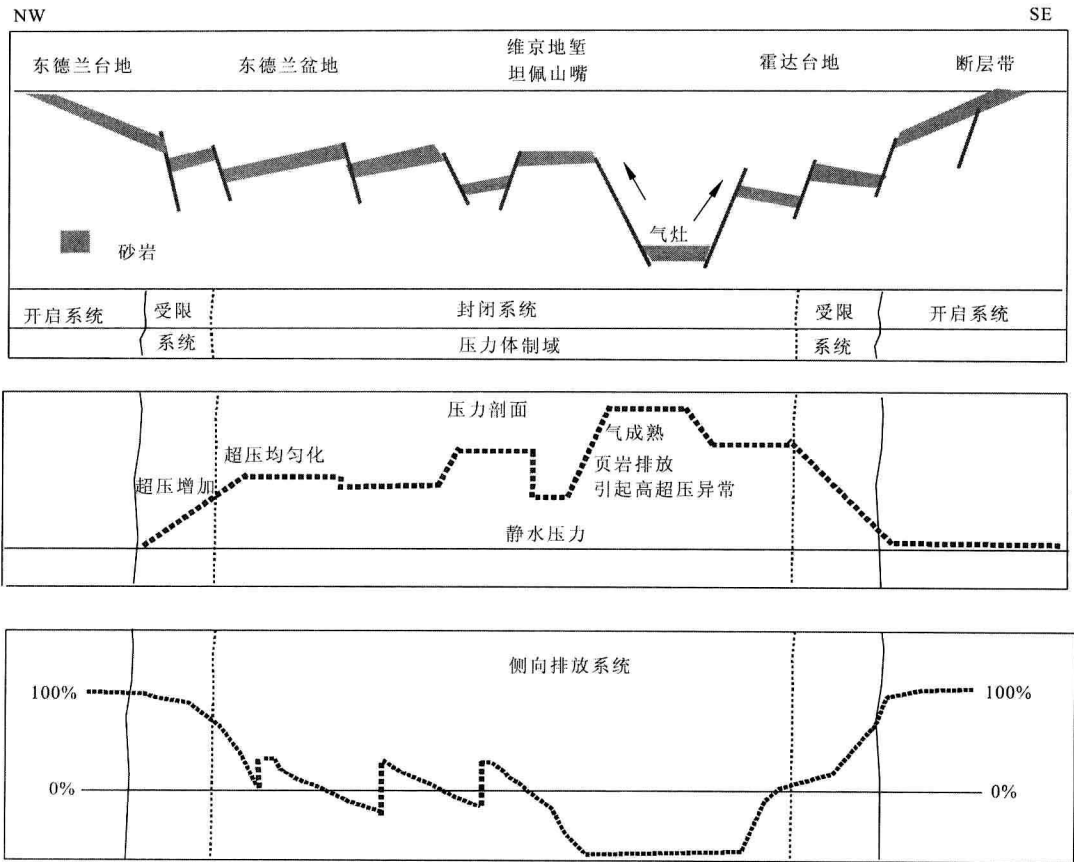


图 1-4 北维京地堑超压模型原理剖面图
(据 Buhrig, 1989)

第二节 油气地质异常的研究方法

一、油气地质异常研究的技术路线

油气地质异常的研究是油气勘探开发工作中一项新的研究内容,由于其用求异思维的方法处理分析问题,弥补了传统相似类比研究方法正向思维的不足,由此决定了它与其他研究方法的差异性及其存在的必要性和合理性。

按照地质异常和油气圈闭的成因及其产状,可以认为,油气生成于各种控烃要素有效匹配