

油气地质异常与非传统油气资源勘探研究

赵鹏大¹, 汤 军^{1,2}, 陈建平¹, 厉 青¹, 柳忠泉³

(1. 中国地质大学高新技术中心, 北京 100083; 2. 江汉石油学院, 荆州 434102;

3. 胜利油田有限公司地质科学研究院, 东营 257015)

[摘 要] 针对资源勘查难度增加的实际问题, 提出了油气地质异常的新概念, 阐述了各类油气地质异常及其成因, 认为油气地质异常主要包括 4 类: 沉积异常、构造异常、地球化学异常和地层压力异常; 油气地质异常的分布范围分 4 级: 区带油气地质异常、圈闭油气地质异常、小型油气地质异常和微型油气地质异常; 并阐述了非传统油气异常定量研究思路和方法。

[关键词] 致矿地质异常 油气地质异常 非传统油气勘查

[中图分类号] P612; P618.13 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2002)02-0001-05

进入 21 世纪, 油气及矿产资源的勘探和开发将会面临所谓的“三难”、“三新”和“三重”。“三难”即难识别、难发现和难开发; “三新”即新类型、新深度和新领域; “三重”即商品战略上的重要性、国际资源市场上的重要性和矿产紧缺程度上的重要性。面对如此局面, 解决问题的方法只有两种: 一是在找矿与勘探评价工作中, 应用新理论、新技术和新方法, 力求在新一轮找矿工作中有所突破; 二是在研究思路上的创新, 研究发现与开发新类型、新领域、新工艺和新用途的非传统矿产资源。

在油气勘探领域, 近几年发展起来的三维地震勘探、遥感技术、薄层高分辨率处理技术、合成地震记录和地震资料解释、计算机数据和图象处理, 以及先进的深水勘探技术等新技术和新方法, 在加速油气勘探开发、提高生产效率和增加油气储量等方面, 都起到了极为重要的作用。但随着油气勘探工作的深入, 找到大型油气田的难度越来越大。

实践证明, 国内外每次油气工作取得重大突破, 特别是一些大型油气田的发现, 都是一种新思路、新途径、新方法的使用而实现的, 并导致了油气勘探工作在新的基础上再次发现一批新的油气田。

近年来, 国内外在成矿理论和预测理论的研究方面, 都取得了长足的进展, 特别是以现代成矿理论和计算机技术为支撑的定量预测理论, 取得了显著成绩。作者提出的科学找矿和地质异常理论, 从求

异的角度来分析研究问题, 认为“与成矿有关的条件都表现为地质演化过程中的地质异常事件, 通过不同层次地质异常研究, 可以识别和圈定出不同研究程度下的矿产资源地段: 即成矿可能地段、找矿可行地段、找矿有利地段、潜在资源地段和远景矿体地段”, 并提出地质异常致矿、构造场组合控矿、物化探异常示矿、综合信息和组合方法找矿的一套研究思路, 已在多次科学实践中得到验证。

1 概 念

1.1 地质异常

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)作为阈值来表示背景场, 那么, 凡是超过或低于该阈值的场, 就构成地质异常。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等, 因此, 地质异常往往都是综合异常。

从地质异常定义或形成来讲, 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赋存的矿产资源种类和规模大小, 随着地质历史的演化, 地质异常性质也随着变化。

[收稿日期] 2001-12-28; [修订日期] 2002-01-12; [责任编辑] 曲丽莉。

[基金项目] 国家自然科学基金项目(No. 40072030)。

[第一作者简介] 赵鹏大(1931年-), 男, 1952年毕业于北京大学, 1957年于莫斯科地质勘探学院获副博士学位, 教授, 博士生导师, 中国科学院院士, 现任中国地质大学校长, 主要从事矿产普查与勘探和数学地质的教学和科研工作。

1.2 地质异常研究方法

由于地质异常是在正常地质背景场中的异常场,具有可度量的三维空间规模、形状和方向性。同时,在不同尺度规模上的表现不同,具有等级性和层次性。因此,在进行地质异常研究时,首先要进行等级划分,分别研究不同等级各种地质异常的强度、方向、分布、组合规律和成因联系等。在此基础上,进行不同等级或层次地质异常的相互关系研究,对于具体矿产的致矿地质异常研究,首先要进行致矿地质异常的筛选,选择与具体矿产成矿有直接联系的致矿地质异常进行上述分析。

地质异常的分析方法分定性、定量分析方法和二者相结合的分析方法。目前应用较多的地质异常定量识别与圈定方法主要有:地壳升降指数(G值)法,地质复杂系数(C值)法,熵(H值)法,地质相似系数(S值)法和地质关联度(R值)法等(赵鹏大,1991)。地质相似系数(S值)法和地质关联度(R值)法都是反映研究单元的相似程度,相似程度的变化反映地质异常的改变,以已知矿床的地质异常为参考,通过相似程度和关联度分析,可以对研究区内的未知矿床进行预测。

2 油气地质异常

根据地质异常理论寻找地下油气藏(隐伏矿体定位),主要是依靠来自地下油气(矿床体)的地质、物探、化探和测井等的异常显示信息进行预测找油。如此,可不局限于某一油气区(田)已经认识到的油气成藏模式或规律,而按油气地质异常预测油气藏的存在及位置。虽然在一定情况下,根据局部异常预测地下油气藏可以奏效,但在解释异常时,难免会出现多解性,因此,要提高预测的可靠性,只有在进行多种异常精细结构的对应耦合分析,和对深层次信息的有效提取下,才能充分地挖掘和利用深层次信息,作好地下油气的预测工作。

2.1 油气地质异常尺度水平

地质异常的分布范围是不同的,其表现形式也不一样,大到含油气盆地及其内部的大断裂,小到岩性变化,以及岩石内部的孔隙结构的异常变化。根据油气地质异常分布规律和与常规油气工作的可比性,将含油气盆地内致矿(油气)地质异常分为四级:

1) 区带油气地质异常:相当于含油气盆地内的二级构造带,其主要标志是地质体的结构、构造、区域性元素丰度的水平分带,及其所形成的各类物化探、遥感异常等。

2) 圈闭油气地质异常:相当于含油气盆地内的三级构造带,是在区域性地质作用的控制下,异常内部地质体的共性较显著。如各种类型的圈闭,包括构造圈闭、岩性圈闭和地层圈闭等。圈闭地质异常的轴向、形态、异常形态叠加、异常走向穿插和异常的正负等,对判断局部性地质异常的存在及含油气性很重要。

3) 小型油气地质异常:相当于圈闭内或某一层位的局部地区的各类地质异常的反映。

4) 微型油气地质异常:相当于矿物标型特征异常,岩石物理性质异常(孔隙度、渗透率等),或是矿物包裹体异常,矿物共生组合异常等,如不同粘土的含量和类型等。

2.2 油气地质异常类型

我们把沉积盆地内能决定(或产生)含油气性的各类地质异常,称为致矿(油气)地质异常或油气地质异常;反之,把由于油气的存在,而造成的地质异常,称为矿(油气)致异常,它说明了油气的存在。一般情况下,由于油气藏的复杂性和表现的特殊性,二者没有严格的界定。油气地质异常控制了盆地内的含油气性和油气运聚成藏的分布规律,但它又受到诸多地质因素的影响和制约,从地质分析的角度来说,这些制约因素就是控制油气田生成的油气源、运移、储集、圈闭、区域保存、配套史条件等六大因素。

从地质异常的显示形式分为两类,显式地质异常和隐式地质异常。显式地质异常,它是有形的,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,不同成因地质体的嵌入等;隐式地质异常,它是无形的,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,及其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,都可以形成地质异常,并可以通过地质异常的计算来表达。

2.2.1 沉积异常

沉积异常是用地壳升降指数(G值)法计算圈定的致矿地质异常区域,可以用来研究地壳升降运动,及其所形成的地质异常。按G值的计算方法,它代表的是各时代地层中心点位置,相对于全区(研究区)升降幅度的相对指标。G值越大,说明该区地层的沉降幅度越大,或者地层保留得厚度越大;G值为零时,说明该区处于升降平衡,该时代地层的中心点在地史发展过程中相对稳定;G值为负时,说明该区处于上升状态,负的绝对值越大,上升越激烈,或者

地层保留得相对厚度越小。

所以通过分析沉积异常,可以研究盆地沉积变化的过程,分析沉降中心位置及其变化过程,进而分析岩性变化,生油源岩的分布位置,以及生储盖组合条件等等。

2.2.2 构造异常

即用信息熵(H 值)法计算圈定的致矿地质异常区域。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。一般来说,复杂系统的不确定度要高。所以,沉积盆地中地质构造特征越复杂,其不确定度越大,熵值也越高。因此,熵可用来表示地质构造特征的复杂程度。

盆地的构造异常能确定盆地内部的断裂分布位置和走向,可确定盆地内部油气的运移途径;同时也可以确定盆地内部局部圈闭的分布区域。所以,借助构造异常,可以分析盆地内部油气从源岩运移出来的途径变化情况,以及运移出的油气在不同圈闭中的保存状况。

在含油气沉积盆地的沉积过程中,构造异常和沉积异常二者是相互联系的,大多数沉积盆地中都有基岩岩石裂隙的高度发育带和相伴生的一系列断裂,它们在盆地构造发育、油气运聚中都起到了非常

重要的作用,并且在重力场、磁力场上都有明显的异常表现,在熵图上也有显示。这些断裂的组合分布范围和形成规律具有一定的特征。

根据西多洛夫(1995)研究,将构造异常分为三类:

1) 第一类构造异常:区带相对沉降构造异常

这是最典型的垂直构造异常运动异常,异常的宽度变化范围约从 4~6 km 到 10~12 km,形成的深度范围在 5~6 km 到 10~12 km。这类构造异常是在近水平挤压与构造破坏呈正交方向时,在岩石机械性能降低的局部区带内,岩石刚性减弱,出现近水平断裂裂隙,导致断裂带介质局部疏松,结果造成地面拗陷沉降,出现此类构造异常。

2) 第二类构造异常:阶状垂直位移构造异常

这类异常由断层的水平剪切条件下形成,宽度变化范围稳定约 3~5 km,深度在 3~4 km 到 6~8 km。在近水平应力环境中,倾斜方向的构造破坏带,集中了聚集在断层周围的切线应力,当受断层控制的岩石机械性能降低时,局部的剪切强度、摩擦系数和其它值减小,会出现一些区块的剪切位移,从而导致地面的阶状位移。这种类型的构造异常在我国东部沉积盆地中普遍存在(如图 1)。

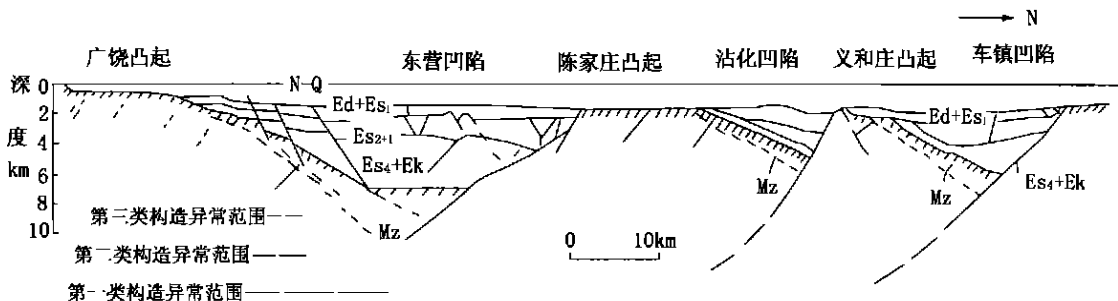


图 1 济阳拗陷构造横剖面图(断阶类构造异常)(据赵澄林,1999)

3) 第三类构造异常:局部强烈沉降构造异常

这是一种狭窄的负构造异常带,宽度约 1.0~1.5 km,形成的深度范围在 2~4 km,这类异常构造是在强烈水平拉伸条件下形成于断裂带的。由于在断裂带近垂直断裂裂隙的出现,岩石刚性减弱,导致了疏松带之上地层的沉降。这类异常主要以正断层型断裂为代表。

2.2.3 地球化学异常

即油气藏中烃组分构成的异常,用它可分析油气运移作用,与其它致矿(油气)地质异常联合研究,可分析油气运移通道和保存位置。

俄罗斯的 T. И 萨福洛诺娃等人,提出了新的石油化学分类法,认为利用石油的烃组成资料是可

以解决油气运移问题的。按照该分类,石油可分为两种基本类型(I型和 II型)及混合型石油。

第 I型石油的构成特点:①在高含异戊二烯烷的石蜡中,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,植烷和老鲛烷是否占优势,因地制宜;④在该型石油的低沸点分馏物中,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,一般是老鲛烷占优势,在高含气区,老鲛烷和植烷的比

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。

第 I 型石油油藏与相对早期的运移有关,II 型石油油藏与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。如果按照石油混合的异常百分数作为阈值进行划分,就可以确定油气的异常运移。这样凡是运移作用呈异常的地区,II 型石油占 75 %;在运移作用呈活动的地区,II 型石油占 50 %。

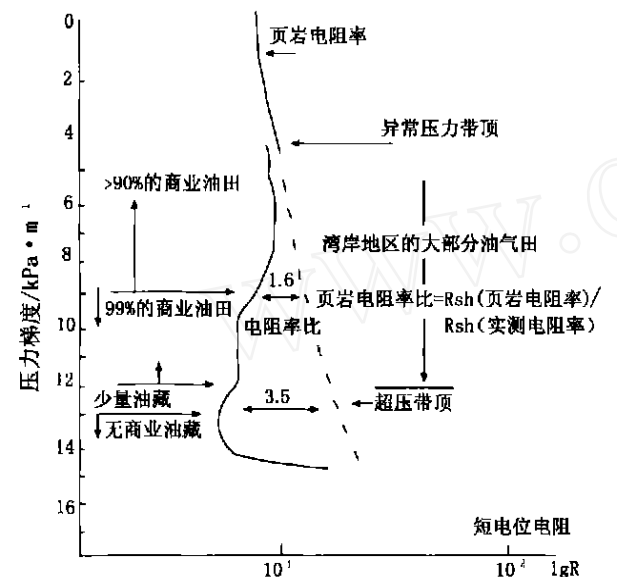


图2 湾岸地区工业油气藏分布与压力梯度关系图 (据 Leach,1993)

2.2.4 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)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,为高压异常。正常压力与异常压力之间的带,为压力过渡带。

过去主要在常压带找油,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。研究统计表明,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 2 说明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),明确划出压力过渡带,及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。

表 1 压力分类表(Exxon)

压力系数	压力梯度 psi ft ⁻¹	压力梯度 kPa m ⁻¹	泥浆相比密度 度/PPG ^①	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	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

对于烃类生成类的超压体的研究关键是确定超压体的三维顶界面,以确定温度场、压力场的低势区和低势层位,按照油气从高势区向低势区运移方向,找到超压体内部的油气藏。因此,作出区域压力异常图,结合其它异常进行综合分析,就有利于发现大油气田。

3 非传统油气资源研究方向

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,弥补了传统研究方法正向思维的误区和盲点,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的空间内。基于以上思路与考虑,地质异常的查明是指示油气生成与就位有利空间的重要手段与方法。利用获取的一维、二维和三维各类参数数据,包括各种地质观测数据、录井数据、物、化探数据等,对其进行定量分析,特别是多参数的组合定量分析,例如熵函数计算,复杂度、相似度计算,分维数计算等查明各种地质、物、化探参数的变异特征,包括变异性质、变异程度、变异结构,最终要查明并圈定出变异界线与变异空间。即在一维划出变异界线,在二维圈出变异范围,在三维定出变异空间,在以上三方面的研究中,结合进行地质异常的四定量研究(定位置、定阈值、定概率和定资源量),这一切就是地质异常研究的任务和目的,也是地质异常致矿与找矿理论在油气寻找与评价中应用的基点。

[参考文献]

[1] 赵鹏大,池顺都. 初论地质异常[J]. 地球科学—中国地质大学学报,1991,16(3):241~248.
[2] 陈建平. 矿产资源勘查与评价学科发展动态,地质科技情报,1999,18(3):47~50.

[3] 翟裕生.论成矿系统[J].地学前缘,1999(6):13~27.

[4] 赵澄林.胜利油区沉积储层与油气[M].北京:石油出版社,1999.

[5] 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.

[6] 李 霞.编译.俄罗斯地球物理勘探前沿技术文集[M].北京:石油工业出版社,2000.

[7] 李玉喜.地质异常理论在圈闭勘探评价中的应用[D].中国地质大学博士论文,北京:2000(6).

OIL GEOLOGIC ANOMALY AND NON- TRADITIONAL PETROLEUM
RESOURCE EXPLORATION RESEARCH

ZHAO Peng - da¹,TANG Jun^{1,2},CHEN Jian - ping¹,LI Qing¹,LIU Zhong - quan³

(1. The Institute of Land Resources and High Techniques, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. The Department of Earth Sciences, Jiangnan Petroleum University, Jingzhou, Jinzhou 434102;

3. The Research Institute of Geology Exploration and Development, The Shengli Oilfield, Dongying 257015)

Abstract :Dealing with the actual problems of hard to find more natural resources, a new concept of oil geologic anomaly is brought forward in this article. Oil geologic anomalies include four types which are sedimentary anomaly, tectonic anomaly, geochemistry anomaly, strata pressure anomaly. Their distributing ranges may be separated to four ranks that include region - oil geologic anomaly, enclose - oil geologic anomaly, minitype - oil geologic anomaly, microscope - oil geologic anomaly. The method of studying on nontraditional oil geologic anomaly is also summarized.

Key words incurred - mine geologic anomaly, oil geologic anomaly, nontraditional oil exploration and ascertaining

新世纪打造“中国冶勘”品牌

2002 年 3 月 1~3 日,中国冶金地质勘查工程总局在北京怀柔召开管理体制改革后的第一次工作会议,提出要在国内外打响“中国冶勘”的品牌。

国土资源部副部长叶冬松,中国钢铁工业协会党委书记吴建常、副书记孙国芝,中国地质调查局副局长王达等到会祝贺。

据了解,新中国成立以来,冶金地质战线累计向国家提交了铁矿储量 265 亿 t,锰矿储量 2.45 亿 t,金矿储量 1470t。提交了绝大部分冶金辅助原料矿种储量以及部分铜、铅、锌矿产储量。

据中国冶勘总局局长邢新田介绍,原冶金部地质勘查总局于 2001 年年初,经国务院批准,除 3 个局、1 个队实行属地化外,其余 12 个单位以中国冶勘总局为核心,交由中央管理,成为隶属中央管理的为数不多的地质勘查“国家队”之一。2001 年,中国冶勘总局承担的 59 项各类地质勘

查项目取得重要进展,找到一批矿产地,对外经营总收入达 8.855 亿元,实现净利润 1610 万元,超硬材料出口创汇 270 万美元。

今年中国冶勘总局确立“以地勘业为基础,以工勘业为主导,以超硬材料为骨干,大力发展商贸服务和房地产开发业”的发展思路,把地质队伍建设和地质工作放在重要位置,通过不同产业和项目的实施,打造“中国冶勘”品牌。一是以总局为核心,重组精干地质队伍,进入国家地质“野战军”系列。二是实施地质工作向西部转移策略,扩大国家地质项目的占有比例,开拓商业地质工作领域。三是加大转企改制的力度,把中冶勘建设工程集团做强、做大。四是构建“特色 + 精品”的核心技术。通过实施品牌战略,提高地勘经济运行质量,力求 2002 年找到一批有价值的矿产地,对外经营总收入突破 9.5 亿元,职工收入达 1.2 万元以上。