

利用化探精查技术检测二氧化碳气藏

郭栋^{1,2}, 李红梅², 程军³, 刘伟³

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国石油化工集团 胜利油田有限公司, 山东 东营 257022; 3. 北京地质大学 惠信有限公司, 北京 100083)

摘 要: 化探精查技术检测二氧化碳气藏异常方法是基于油气渗透理论, 通过对 CO_2 (土壤或水中) 和土壤全烃、碳酸钙、汞、同位素、荧光等地表地球化学指标组合异常的分析, 结合地质—地球物理资料, 预测 CO_2 气藏分布。笔者通过对济阳拗陷花沟地区化探方法、化探资料和气藏分布的综合分析, 在区域地球化学背景分析研究基础上, 指出区带异常, 并结合油气地质、地球物理资料, 对圈定的化探异常区进行分级评价, 预测 CO_2 气藏聚集的有利区带, 探索化探精查预测技术检测 CO_2 气藏的方法。

关键词: 化探技术; 二氧化碳; 气藏预测; 指标组合

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2005)03-0205-04

地下油气沿断裂、火山活动通道或地层孔隙渗漏至地表, 并在地表土壤或水中形成局部的地球化学异常, 通过各种地球化学指标的组合异常可以检测到地下气藏的分布^[1]。为了探索利用化探精查技术检测 CO_2 气藏方法, 胜利油田有限公司在济阳花沟地区实施了 420 km^2 的针对 CO_2 气藏的地表化探, 通过对 CO_2 (土壤或水中) 和土壤全烃、碳酸钙、汞、 CO_2 碳同位素^[2]、荧光等指标的综合分析, 建立起区内各指标异常与火成岩、浅部断裂及气藏分布的关系, 预测出 CO_2 气藏分布的有利区带, 初步形成了利用化探精查技术检测 CO_2 气藏的方法。

1 化探指标组合的选择

以水、土介质 CO_2 指标为主, 辅以土壤全烃、碳酸钙及热释汞等指标, 分析研究 CO_2 气藏的异常分布, 同时结合三维荧光、同步荧光及 CO_2 碳同位素特征研究 CO_2 气藏成因, 通过热释汞的异常分布特征判断气源通道^[3]。化探指标组合为: ① CO_2 指标组合——土壤 CO_2 、水中 CO_2 ; ② CO_2 蚀变指标组合——碳酸钙; ③ 烃类指标组合——土壤全烃; ④ 判别成因指标组合——汞、同位素 (CO_2 碳同位素)、荧光 (三维荧光、同步荧光)。

2 数据处理分析

不同地区化探指标在确定和评价异常中所起的作用不同。为了筛选有效指标, 最大限度地提取综

合信息, 约束干扰, 必须建立一个科学的实用的数据处理系统。该系统包括数据预处理、单变量及多元统计分析、图件绘制以及评价预测等技术方法。

2.1 概率分布

由于运用平均值加标准偏差作为异常下限的理论基础是数据整体必须服从正态分布, 因此先要对各指标的分析数据分别进行概率统计, 通过峰度、偏度的检验确认数据是否服从正态分布, 了解分析数据的分布特征和可利用程度, 求出各指标在统一母体下的平均值、标准偏差, 确定异常下限, 为研究指标的区域地球化学特征和圈定异常提供依据。

花沟地区化探各指标原始数据多为非正态分布, 应用迭代法和逐步剔除法统计其地球化学参数, 经多次剔除后逼近或接近于正态分布, 所得到的特征参数比较接近于客观实际, 有较强的代表性。

2.2 相关分析

花沟地区甲烷及其同系物间的相关系数最低为 0.082 8, 最高达 0.898 0, 这表明各指标间显著相关。 CO_2 与重烃 C_4 、 C_5 间表现出一定相关性, 与其他指标相关性较差。碳酸钙与烃类指标相关性较显著, 汞则与重烃指标间存在一定的相关性。

2.3 因子分析

R 型因子分析结果表明, 当选取 5 个公因子时累计方差贡献已达 81.23%, 从正交旋转因子载荷可将全部指标基本分为 5 组, 即: SC_1 、 SC_2 、 SC_3 、 SiC_4 、 SnC_4 、 SC_{2+} 、 SiC_5 、 SnC_5 、 CO_2 、碳酸钙、汞。因子

分析结果说明降维后选取 5 个公因子基本包含了所有指标的信息,除 SiC_4 、 SnC_4 外,各指标公因子方差均较大,这与相关分析的结果基本一致。

2.4 图件编制

从优选的化探指标中求出相应异常下限,按含量(浓度)等值间隔绘制等值线图或异常图,包括单指标含量等值线图、异常图(如 CO_2 、碳酸盐、汞、烃类含量等值线图及异常图)和单指标衬度等值线图、异常图(如 CO_2 衬度等值线图、异常图)。

综合异常图客观地反映油气化探指标,最大限度地抑制干扰因素的影响,直观地表现出异常的模式、级别、范围及其与地质构造、油气的关系。根据主要化探指标特征及其组合关系,研究组成综合异常的指标配置关系,突出综合化探异常的浓集中心。

综合异常含油气圈闭评价图是在油气地质理论指导下,对化探数据中蕴藏的油气信息进行取舍、加工、升华,形成化探异常规律性总结,根据化探成果指出油气聚集的有利圈闭。

3 地球化学异常确定

油气化探的背景与异常不是某个具体数值,而是某一特定的分布,如正态分布、对数正态分布、二项分布、泊松分布等多种分布形式,在油气化探中习惯使用正态或对数正态分布理论来研究背景与异常^[4],最重要的参数就是平均值与标准差,油气化探中的异常与背景往往十分接近,需要认真确定异常才能取得良好的地质效果。

3.1 背景值确定

花沟地区化探精查面积不大,属同一地球化学景观区,从化探数据上分析各指标除受岩性等因素影响外,区内差异不大,背景母体与异常母体分离较好。因此,背景值可用逐步剔除后的平均值代替。

3.2 异常下限的确定

首先采用平均值(或背景值)加 2 倍标准偏差作为异常下限的参考值,然后根据数据结构、异常几率等因素做适当调整,使圈出的异常尽可能地反映客观实际。

3.3 衬度异常确定

将各指标含量除以不同岩性或不同分区的异常下限值得到衬度值,以衬度大于 1.0 或大于 1.2 为衬度异常下限。

4 地球化学异常特征

4.1 水样 CO_2 异常

油气的生、运、聚、散、保都是在水的参与下进行

的,深部气体在垂向微运移过程中易被水所捕获,使浅层地下水中 CO_2 异常较为稳定。同时, CO_2 属典型的化学活性物质,极易以溶解状态随水运移,因此水溶 CO_2 法成为了寻找 CO_2 气藏的直接地球化学指标。区内水中 CO_2 含量为 $(0.22 \sim 11.66) \times 10^{-9}$,背景值为 3.27×10^{-9} ,标准偏差 1.77×10^{-9} ,见有十多处局部异常,形成 7 处主要异常带,异常形态规整,具有一定的强度与规模,通常由数个块状异常组成 1 个环状异常带,这是气藏分布的地表显示。

4.2 土样 CO_2 异常

该指标主要研究土壤中赋存的 CO_2 (主要是游离 CO_2 和吸附 CO_2)。 CO_2 的特殊物理化学性质决定其具有较强的驱赶和置换甲烷的能力,在相同条件下(如温度等), CO_2 能优先占据沉积物中最大的孔隙。因此,土壤中 CO_2 是指示隐伏 CO_2 气藏的直接指标。本区土样 CO_2 指标含量范围 $(0.012 \sim 90.252) \times 10^{-9}$,分布较广,背景值 6.37×10^{-9} ,标准偏差 3.98×10^{-9} ,区内有明显的异常显示,异常分布规律性明显,大致为北高南低的趋势,通常与水样 CO_2 异常在空间上存在一定位移,其中规模较大的异常有花沟、孟家集以及光明异常等,花沟异常表现为块状特征,而孟家集和光明异常则由数处块状异常组成一个环状异常带。

4.3 碳酸钙异常

CO_2 与地下水和沉积物的钙、镁离子首先结合形成碳酸钙、镁盐,分析测试该盐类可为旁证 CO_2 浓度和认识 CO_2 来源提供依据。区内碳酸钙含量起伏不大,背景与异常不易分离,含量范围 1.96% ~ 12.43%,背景值 9.44%,标准偏差 1.66,异常几率较高,但多呈零星分散异常,规模较大的异常形态以不规则团块状、带状为主,展布方向性不明显。

4.4 热释汞异常

汞(尤其是汞蒸气)是地幔脱气的产物,其沿深大断裂带迁移至地表^[5]。地球化学家视汞为查明、追索隐伏断裂和鉴别断裂活动的指标。分析测试结果表明,本区热释汞含量高低相差悬殊,含量范围较宽,背景值 1.59×10^{-9} ,标准偏差 0.53×10^{-9} ,多呈零星团块状异常,局部呈条带分布,整体异常分布与水样 CO_2 异常、土样 CO_2 异常有一定的吻合性。

4.5 全烃异常

全区烃类含量较高,分布范围较广,全烃局部异常多达数十处,形成以花沟和孟家集为中心的异常密集区,2 个气田上均有明显异常,区域分布呈东高西低,体现了气田的浅层地球化学效应较明显的特点。2 个气田上全烃与 CO_2 的相关性有一定差异。

17 井附近 CO₂ 异常较弱,这说明良好的盖层限制了 CO₂ 气体向上扩散。

在烃类气田上方花 6—高参 1 井区同时出现 CO₂ 和烃类异常,以高参 1 井区最为明显,虽然探明的烃类气区没有钻遇 CO₂,但不排除部分区域存在 CO₂。另外,高参 1 井经复查在 330.6 ~ 597 m 井段测井解释了 39.2m/7 层的气层(尚没测试),不排除该区浅部有 CO₂ 聚集,其气源与花 17 来自同一通道,在该井区形成 CO₂ 和烃类混合气藏。花 10—花 26 化探异常区可能是烃类聚集区,花 26 井已在明化镇组底部发现了烃类气藏,花 2 井解释了气层,地质和地震综合分析表明该区有形成气藏的圈闭条件。

6.3 化探异常与地质构造关系

花沟地区化探综合异常分布总体呈北高南低,西北高东南低,这与该区各种气藏形成的地质背景基本吻合。东为博兴生油洼陷,是烃类主要气源,因此东侧烃类异常更为明显;东侧花 6—花 12 井区与西侧高 531 井区三维荧光存在明显差异,进一步说明东西两侧气藏来源不同。向南为花沟向斜及鲁西隆起区,虽有火山活动,但多为中生代时期的,不会形成 CO₂ 气聚集,因而南部基本没有明显异常^[7]。

6.4 气藏地震反射特征与化探信息的关系

储层含烃类气体和含 CO₂ 气后,速度差异不大,单纯从地震反射来看,难以区分储层含烃类气体还是含 CO₂ 气。如何区分储层是含 CO₂ 还是含烃

类气,需在 CO₂ 聚集规律、地质分析研究基础上结合化探异常进行综合分析,可取得最佳成果。

7 结论

综合异常集中反映了油气聚集的信息,是油气勘探的有利圈闭和目标。根据各指标的地球化学性质及提供油气信息的水平,筛选出适于化探精查的指标组合:主要指标组合是水样 CO₂ 和土样 CO₂,次要及辅助指标组合是碳酸盐和汞,土壤全烃与 CO₂ 指标结合可区分气藏类型。块、环结合的形态类型是花沟地区油气圈闭主要的化探异常模式。

参考文献:

[1] 蒋涛,陈浙春. 烃类垂向微渗漏及其地表异常显示[J]. 物探与化探,2003,27(2):92-96.
[2] 廖永胜. 罐装岩屑轻烃和碳同位素在油气勘探中的应用[A]. 天然气地质研究论文集[C]. 北京:石油地质出版社,1989.
[3] 刘崇禧,程军. 油气化探技术本土化过程与意义[J]. 物探与化探,2002,26(2):106-109.
[4] 张晓常. 模糊综合评判在地球化学异常评价中的应用[J]. 物探与化探,2003,27(2):106-109.
[5] 卫敬生. 地球化学测汞方法应用讨论[J]. 物探与化探,1999,23(1):21-27.
[6] 冯济舟. 化探异常“动态”筛选法[J]. 物探与化探,1998,22(2):153-155,157.
[7] 朱岳年. 二氧化碳地质研究[M]. 兰州:兰州大学出版社,1994.

THE APPLICATION OF GEOCHEMICAL PRECISE SURVEY TECHNIQUE TO DETECTING CARBON DIOXIDE ACCUMULATIONS

GUO Dong^{1,2}, LI Hong-mei², CHENG Jun³, LIU Wei³

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Shengli Oilfield Corporation Ltd., SINOPEC, Dongying 257022, China; 3. Huixin Company Ltd., China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract The application of geochemical precise survey technique to detecting carbon dioxide anomalies is based on the theory of oil and gas infiltration. Using such geochemical comprehensive indices as CO₂ in soil, CO₂ in water, CO₂ alteration, soil total hydrocarbon, mercury, isotopes and fluorescence in combination with geological-geochemical data, we can predict the distribution of CO₂ gas accumulation. Based on an integrated analysis of geochemical data and distribution of gas accumulation in Haugou area of Jiyang depression and a study of regional geochemical background, the authors indicate the regional and zonal anomalies. Taking into account the oil and gas geological and geophysical data, this paper has also made grading evaluation of delineated geochemical anomaly areas, predicted zones favorable for CO₂ accumulation, and probed into the effective application of integrated geochemical precise survey technique to detecting carbon dioxide accumulations.

Key words geochemical technique; carbon dioxide; gas accumulation prediction; index combination

作者简介 郭栋(1967-),男,高级工程师,1991年毕业于成都地质学院石油地质专业,胜利油田有限公司物探研究院从事地震资料解释与综合研究工作,现为中国科学院广州地球化学研究所在读博士,发表论文十余篇。