

文章编号: 1001-6112(2009)01-0079-08

# 鄂尔多斯盆地地球化学特征与受控因素

赵克斌<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油大学, 北京 102249)

**摘要:**通过对鄂尔多斯盆地地球化学背景特征的系统研究,并与我国主要含油气盆地的地球化学特征进行比较,认为该盆地整体上具中高背景、较均匀地化场特征。综合研究表明:鄂尔多斯盆地地球化学背景和异常的形成是各种地质作用和近地表沉积物性质、地形地貌景观条件综合作用的结果,其中油气源是地表化探指标浓度变化和异常形成的物质基础,是地表油气化探异常形成的主控因素,但不同的来源具有不同的组分特征和异常组合特征;构造运动是烃类离开油气源区,向储集层运移和纵向运移的主要动力,不同的圈闭类型对地表化探异常的组形式或异常模式起着控制作用;而近地表沉积物性质和地形地貌景观条件是影响油气化探异常分布规律和油气化探应用效果的重要因素。

**关键词:**地球化学特征;受控因素;油气化探;油气勘探;油气田;鄂尔多斯盆地

**中图分类号:** TE132.4

**文献标识码:** A

## THE CHARACTERISTICS AND CONTROLLING FACTORS OF THE SURFACE OIL AND GAS GEOCHEMICAL ANOMALY IN THE ORDOS BASIN

Zhao Kebin<sup>1,2</sup>

(1. *Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China;*

*2. China University of Petroleum, Beijing 102249, China*)

**Abstract:** Based on the abundant actual data and the joint mapping of these data, the authors systematically studied the characteristics of the geochemical background of the Ordos Basin, and compared the geochemical background values of this basin with those of the main petroliferous basins in China. The results show that the Ordos Basin is characterized by middle to high geochemical background values, and relatively even geochemical field among the main petroliferous basins in China. Comprehensive research result shows that the formation of the background and the anomaly within the basin is the results of the combined reactions of various underground geological conditions, various near-surface sedimentary features and various landscapes. Of witch, oil and gas source is the material basis for the formation of the changes in the near-surface concentration of the geochemical indicators, and acts as the main controlling factor for the formation of the near-surface oil and gas geochemical anomaly. Oil and gas from different sources have different compositional characteristics and can cause different near-surface anomaly combinations. The study also shows that the tectonic movement is the main drive force for oil and gas to migrate vertically and laterally from the source rocks to the reservoirs, the difference in trap types plays a controlling role in the near-surface anomaly combination form or anomaly pattern, while the near-surface sedimentary characteristics and the landscape conditions play an important role in affecting the anomaly distribution regularity and the application effects in near-surface oil and gas geochemical exploration.

**Key words:** geochemical characteristics; controlling factor; oil and gas geochemical exploration; petroleum exploration; oil and gas field; the Ordos Basin

鄂尔多斯盆地含有丰富的油气资源,为中国第二大沉积盆地,总面积约  $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。它东起吕梁山脉,西抵贺兰山、六盘山一线,南到秦岭北坡,北达

阴山南麓,行政区划跨陕、甘、宁、蒙、晋五省区<sup>[1~4]</sup>。目前,鄂尔多斯盆地内已探明天然气储量  $12\,337.44 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,是中国第一个探明地质储量上万亿的大气

收稿日期: 2008-10-10; 修订日期: 2009-02-01。

作者简介: 赵克斌(1964—),男,博士,教授级高级工程师,主要从事油气地球化学勘探研究。E-mail: zkb@mail.wuxisuo.com。

基金项目: “八五”国家重点科技攻关项目“化探方法在预测天然气中的应用及地质解释”(85-102-01-06-03)。

区。由于该区特殊的自然地理条件,物探应用效果受到影响,而油气化探由于拥有快速、经济和适用性广等特点,正好可以广泛使用<sup>[5~7]</sup>。

鄂尔多斯盆地被誉为油气化探的“试验田”,自 20 世纪 80 年代后期开始,该区进行了大面积的油气地球化学勘查工作,不同勘查阶段所用的测试分析方法有酸解烃、蚀变碳酸盐( $\Delta C$ )、热释汞(Hg)、热释烃、碳酸盐、顶空气、荧光、紫外、微磁。本文基于大量现有的化探资料,对其进行二次开发利用和重新评价,旨在充分挖掘蕴藏在资料中的地球化学信息,优选油气勘探靶区,指导该盆地的油气勘探工作;同时,对于促进油气化探基础理论的研究、改进油气化探方法和指标的应用、提高油气化探在油气勘探中的地位也具有重要的作用。

### 1 研究方法与技术思路

以现有化探资料为基础,围绕研究区化探资料连片成图解释为中心,选择反映油气藏较为敏感的指标,即酸解烃甲烷( $C_1$ )、酸解烃重烃( $C_2+$ )、 $\Delta C$ 、Hg(重点区增加热释烃、荧光等)。采用现代数据处理方法进行连片成图和区域地球化学背景变化的研究,在抑制近地表条件影响和分析化探异常与油气关系的基础上,阐述区域地球化学背景变化的规律并结合地质等资料开展综合分析,研究油气化探异常的受控因素,提出油气聚集的有利区带及可供勘探的目标<sup>[8]</sup>。具体研究思路如图 1 所示。

### 2 鄂尔多斯盆地地球化学特征

#### 2.1 鄂尔多斯盆地化探指标浓度特征

从鄂尔多斯盆地所有化探工区统计结果(表 1)来看,该盆地在我国主要含油气盆地中属中高背景、较均匀的地化场(图 2)<sup>[9]</sup>。但在盆地内部化探指标含量差异极大,大致以北纬 37°30' 为界,可分为高低 2 个大的背景区,即北部的低化探指标含量、高标准偏差的背景特征和南部的高化探指标含量、低标准偏差的背景特征;中间有一过渡带,属中、高化探指标含量、低标准偏差的背景特征。鄂尔多斯盆地这种特定的地球化学场特征除与本身的含油气条件有关外(北部以气为主,南部以油为主),还与地形地貌、岩性等因素(北部为沙漠区,岩性为沙性土,吸附性能差;南部为黄土区,岩性为粘土,吸附性能强)有密切的联系。

根据上述浓度特征,结合本区石油地质、地形地貌等条件,可以明显地将全区划分出 2 个 I 级区域地球化学背景区,中间有一条近东西向的狭窄过

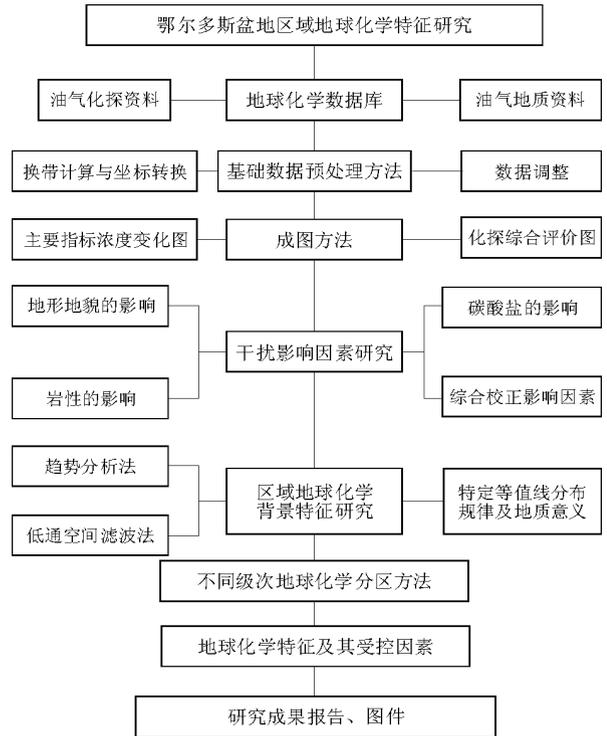


图 1 研究方法与技术思路框图

Fig. 1 Block diagram of research method and technical ideas

表 1 鄂尔多斯盆地地化场参数

Table 1 Geochemical background parameter of the Ordos Basin

化探指标	区域场丰度	区域场稳定度
$C_1/(\mu L \cdot kg^{-1})$	319.78	0.58
$C_2+ /(\mu L \cdot kg^{-1})$	25.88	0.98
$\Delta C, \%$	1.34	0.51
$Hg, 10^{-9}$	5.67	3.62

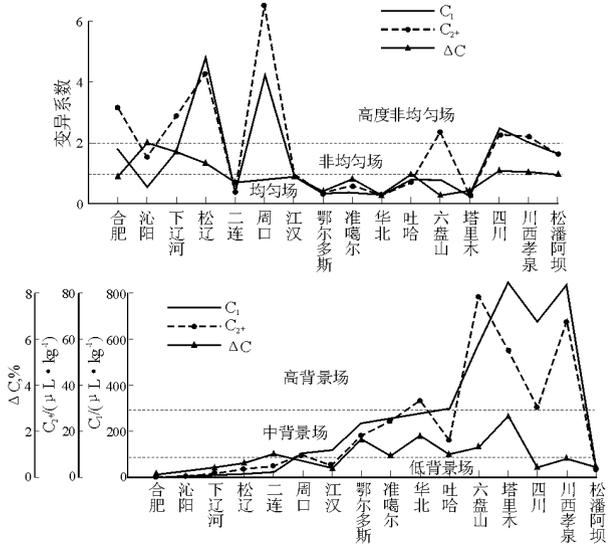


图 2 中国主要含油气盆地地化场特征对比

Fig. 2 Characteristic contrast of geochemical background values of the main petroliferous basins in China



在一个过渡带,化探指标浓度介于南北区之间;从西到东呈现低—高一低的特点。鄂尔多斯盆地这种化探指标浓度的变化除与地表覆盖条件有关外,还主要与该区的石油地质条件密切相关。

首先,从烃源岩分布的特征来看,鄂尔多斯盆地的古生界烃源岩主要发育在乌审旗南的盆地中部和天环向斜的中北部,而中生界的烃源岩则分布在伊陕斜坡的中南部,油气运移的有利指向区应是盆地中部的伊陕斜坡和西边的晋西挠褶带和北部的伊盟隆起。由于盆地中部是多种烃源复合油气的最有利指向区,油气聚集最为有利,化探指标的浓度最高,因此中部化探指标的高浓度分布是油气聚集带的集中反映。

其次,从本区的储层特征分析可以看出,化探指标的高浓度均分布在最有利的储集相带内(包括古岩溶台地、阶地、溶丘、三角洲等),储层孔隙度较高,是油气的有利储集空间,因此,鄂尔多斯盆地化探指标浓度的变化,尤其是高浓度的分布是下伏油气的反映。

第三,与已知油气藏的对应关系来看,化探指标的高浓度均分布在已知油气藏的周围或顶部,形成以环状为主、环块结合的异常形态类型,而在凹陷(西缘冲断构造带和天环向斜中南部)和其它非油气藏分布区,化探指标的浓度较低,反映地下油气状况是引起化探指标浓度变化的主要因素。

### 3 化探异常分布规律与受控因素

#### 3.1 鄂尔多斯盆地化探异常分布规律

根据上述异常的圈定方法,结合研究区的油气化探资料,编制了鄂尔多斯盆地油气化探综合异常图(图 4)。从图 4 可以看出:1)化探异常主要分布于伊陕斜坡和伊盟隆起,部分异常分布在晋西挠褶带、渭北隆起和天环拗陷的南部,上述地区是油气运移的指向区。2)大致以北纬 37°30'为界,南北两侧化探异常的指标组合存在较大差异,北部主要以甲烷、蚀变碳酸盐、热释汞高值异常为主,反映天然气特征;南部指标组合为甲烷、重烃、蚀变碳酸盐、热释汞,且重烃组分占有较大比例,反映以油为主的湿气特征。这一认识与目前鄂尔多斯盆地油气勘探揭示的油气组成相吻合。3)在盆地的北部(北纬 37°30'以北)虽然都以天然气特征为主,但以鄂托克旗为界,南北两侧化探异常的指标组合也存在一定的差异,表现在伊陕斜坡北部的化探异常指标组合主要以甲烷为主,反映纯干天然气的特征;而在伊盟隆起的化探异常除甲烷外,还出现重烃异常

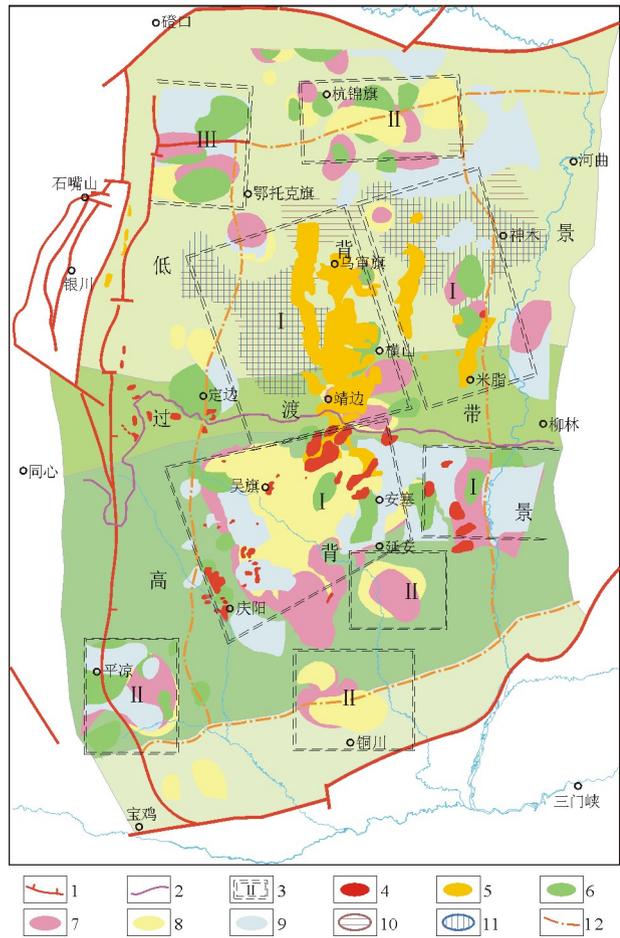


图 4 鄂尔多斯盆地油气化探综合异常

- 1. 断裂; 2. 甲烷=250μl/kg; 3. 异常区带及级别; 4. 油田;
- 5. 气田; 6. ΔC 异常区; 7. 重烃高值区; 8. 甲烷高值区; 9. 汞异常区;
- 10. 重烃低值区; 11. 甲烷低值区; 12 构造分区线

Fig. 4 Oil and gas composite geochemical anomalies in the Ordos Basin

和汞的高值异常,一方面反映与纯干天然气特征的差异外,另一方面还可能与本区的煤成气分布具有直接的关系。4)在鄂尔多斯盆地中部存在明显的、东西方向的地球化学异常区带<sup>[10]</sup>,异常区带有异常范围大、强度高和分布有序等特征,是地下油气信息的反映。从化探烃类指标浓度变化、比值特征和三维荧光图谱特征等方面对异常进行了研究,并结合本区的构造特征和石油地质条件对异常的形成进行了分析,证实了化探异常的形成与盆地中部的大型东西向构造带和东西向气聚集区具有密切的关系。5)从化探异常的形态来看,高值主要分布在已知油气田(藏)的周围,形成环状异常,部分成块状异常形态。6)甲烷和汞的高值异常存在沿大的断裂或构造带分布的现象,反映断裂系统是油气运移的主要通道。7)鄂尔多斯盆地油气化探异常的分布除与油气有关外,还与地表覆盖条件和地貌

单元具有一定的关系。

### 3.2 化探异常分布规律的受控因素

地表油气化探异常是一个非常复杂的研究对象,它的形成除与油气有关外,还受到多种条件的制约。因此在利用油气化探进行油气远景评价和有利区带预测时,必须综合考虑各种因素<sup>[11,12]</sup>。下面根据鄂尔多斯盆地石油地质条件和近地表因素,就地表油气化探异常受控因素分别进行讨论。

#### 3.2.1 油气源

油气源是形成地表油气化探异常的物质基础,是控制油气化探异常形成的主控因素。但不同的油气来源具有不同的组分特征,所形成的地表油气化探异常亦存在一定的差异。就鄂尔多斯盆地而言,该区存在4个典型的含油气系统,即下古生界含油气系统、上古生界含油气系统、三叠系含油气系统和侏罗系含油气系统,它们对化探异常(酸解烃)的响应有不同的表现。

下古生界含气区对酸解烃含量的贡献:靖边—横山一带的古生界含气区系已得到钻井证实。根据阮天健等1990—1991年在该区作的大面积化探工作结果统计,在无黄土覆盖的靖边地区,酸解烃 $C_1+$ 的平均背景值为 $123 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_2+$ 为 $8.1 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,它代表了单一古生界气源层贡献的 $C_1$ 约为 $115 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。靖边气田上方酸解烃高于背景值, $C_1+$ 为 $193.44 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_2+$ 为 $10.91 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_1$ 为 $182.5 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,反映气田上方 $C_1$ 富集的增量约为 $67 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,推测主要为寒武—奥陶系气田的反映。

上古生界含气区对酸解烃含量的贡献:安塞的酸解烃 $C_1$ 为 $318.5 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,除去三叠系含油岩系中酸解烃含量的贡献外( $141 \mu\text{L}/\text{kg}$ ),余下的 $C_1$ 为 $177 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,反映了黄土覆盖层厚 $50\sim 100 \text{ m}$ 的酸解烃含量。子洲—米脂地区为黄土覆盖区,与安塞地区的黄土层厚度相近,该区酸解烃的平均含量 $C_1+$ 达 $415 \mu\text{L}/\text{kg}$ 以上, $C_2+$ 为 $15 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_1$ 为 $400 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,除去黄土覆盖层的影响,剩下 $C_1$ 为 $223 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,代表了古生界含气区的贡献;若再减去 $115 \mu\text{L}/\text{kg}$ 的古生界气源层的贡献, $C_1$ 含量还高出 $108 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,推测该增量为下伏石炭—二叠系气田的贡献<sup>[13]</sup>。

上三叠统延长组含油岩系分布区对酸解烃含量的贡献:根据鄂尔多斯盆地石油地质综合研究成果认为,延长组含油岩系主要分布在定边—靖边以南的地区,在酸解烃 $C_1$ 等值线图中有一明显的陡梯度带,沿甜水堡—子长以北地区呈东西向延伸。梯度带以北地区酸解烃含量低,该含油岩系不发育。北部横山以东黄土酸解烃的均值含量 $C_1+$ 为 $336 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,

$C_2+$ 为 $22.4 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。选择黄土覆盖层厚度相近的志丹安塞地区,根据3800多个样品的统计,酸解烃均值含量为 $452 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_1+$ 为 $484.2 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_2+$ 为 $31.7 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。可以认为,这两区酸解烃含量的差异,反映了下伏三叠系含油组合的贡献,即酸解烃 $C_1+$ 含量增高 $148 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_2+$ 增加 $7.3 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_1$ 则增加 $140 \mu\text{L}/\text{kg}$ 左右。根据区域大剖面安塞北的黄土中 $C_1$ 含量为 $318.58 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,除去粒度带的 $53 \mu\text{L}/\text{kg}$ 差值,与宜川剖面 $C_1$ 为 $267.43 \mu\text{L}/\text{kg}$ 相当,再除去 $50\sim 100 \text{ m}$ 厚的黄土酸解烃本底( $C_1$ 为 $177 \mu\text{L}/\text{kg}$ 系油田的富集部位),得 $C_1$ 增加 $50 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。

侏罗系浅油田和三叠系油田对酸解烃含量的贡献:根据阮天健1991年定边—横山至吴旗—延安地区的化探报告得知,延安、延长一带三叠系浅油田(埋深小于 $300 \text{ m}$ )上方黄土酸解烃 $C_1+$ 含量 $418 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_2+$ 为 $29.3 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,扣除厚约 $120 \text{ m}$ 的黄土本底,得浅部油层中 $C_1+$ 的贡献为 $205 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_2+$ 为 $13 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_1$ 为 $192 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。王窑、志丹一带油田埋深大于 $1500 \text{ m}$ ,酸解烃背景含量 $C_1+$ 为 $484.2 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_2+$ 为 $31.7 \mu\text{L}/\text{kg}$ , $C_1$ 约为 $452 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,若扣除黄土本底( $C_1$ 为 $177 \mu\text{L}/\text{kg}$ )和三叠生油岩 $C_1$ 的 $140 \mu\text{L}/\text{kg}$ 贡献,还剩余 $135 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,大致与古生界含气区的背景含量相当( $C_1$ 为 $115 \mu\text{L}/\text{kg}$ )。推测该区下部除了中生界含油层系外还有古生界含气层。

#### 3.2.2 地下地质条件

地下地质条件一般包括油气圈闭类型及上覆盖层两个层次。不同的圈闭类型(背斜、断块、岩性等)对地表油气化探异常的形态起着控制作用。虽然圈闭类型可以多样化,但有效圈闭的上方都必须具有良好的封闭条件,否则油气将早已在地质时期中散失。因此,在油气圈闭的顶部多数化探指标浓度呈现低值,地表化探异常表现为以环状为主的形态类型,如靖边大气田、塔巴庙大气田等。

上覆盖层条件对地表化探异常的特征起着决定性的控制作用,其中最主要的是输导层、断裂系统和阻挡层的各种配置关系。油气运移需要良好的输导层,如断层、裂隙和不整合面等都是好的输导层,在鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳就是例证。断裂系统的性质与深度不同,对引起地表化探异常的能力造成差异,如深大断裂,且属开启性质,在断裂带上会形成较强的地表化探异常,并沿断裂带呈串珠状分布,若断层的倾角较缓时,在地表形成的化探异常会发生侧向偏移等。有效的阻挡层是油气得以保存的重要条件,若无阻挡层,油气会沿着一

定的方向散失。

### 3.2.3 区域水文地质条件

区域水文地质条件也是影响地表油气化探异常的原因之一,主要表现为水的冲刷作用造成化探指标浓度的降低。鄂尔多斯盆地除了北部沙漠区极为干燥外,定边—靖边以南大部黄土高原中水系较发育,主干河道的走向以北北西—南北向为主,从东北往西南依次有如下几条水系:第一条水系为米脂—绥德地区的无定河,向南汇入走向近南北的黄河主河道;第二条水系为吴旗—甘泉的北西向洛河,从甘泉至洛川转为近南北走向,向南流经黄陵于华池—直罗一带与北西向的葫芦河汇合,继续流向东南方向,经大荔至华阴与近东西向的渭河汇合,并入南北向黄河后,转向东,流至三门峡等地;第三条水系北起环县—庆阳北西的环江,往南在庆阳—合水一带转为南北向的马莲河,经宁县彬县一带,与西部的蒲河、茹水河汇合流入北西向的泾河,继续向南汇入渭河。一般来说在主干水系发育的地区,黄土中酸解烃的含量有区域性降低的趋势,如环县西峰、庆阳、黄陵等地区  $C_1$  含量均比周围黄土中  $C_1$  含量降低 20~40  $\mu\text{L}/\text{kg}$ 。

### 3.2.4 地表覆盖条件

地表覆盖条件是影响地表化探异常的形成和应用效果的重要因素<sup>[11,12]</sup>,经大量的油气化探勘探实践证实,地表覆盖条件影响研究的程度决定着地表油气化探应用的成败。就鄂尔多斯盆地而言,地表覆盖条件主要包括地形地貌、黄土覆盖厚度、粒度和碳酸盐含量等,它们对化探指标和异常的影响各自具有一定的特殊性。

地形地貌条件的影响:鄂尔多斯盆地包括了北部沙漠区,中部沙漠—黄土过渡区和南部黄土高原区。大致以北纬  $37^{\circ}30'$  为界,南北两侧地形地貌上差异明显,北部沙漠区地形高差小,以波状沙丘为特征,沙丘高差不到 15 m,沙丘移动较快,并以每年 5 m 的速度向东南方向移动,在沙丘洼地间常有植被分布;南部黄土区,地形起伏变化较大,河流切割严重,高差大于 300 m;中部沙漠—黄土过渡区,发育有残存地貌,即黄土外围的准平原区,海拔在 1 600 m 左右,其上有薄沙层覆盖,沟谷切割深度不大,梁、塬相对完整。鄂尔多斯盆地这种复杂的地形地貌条件决定了其化探指标浓度区域分布的差异性。南部黄土区、中部过渡区及北部沙漠区的化探指标特征值对比显示,中部过渡区居中,北部沙漠区最低,南部黄土区最高。同时各区又有着独特的自然地理景观:1)南部黄土覆盖区,岩性较

为单一,但地形起伏较大(有关黄土覆盖厚度对指标的影响将在后面讨论),具体可分为 3 个不同的微地貌单元,即塬上、坡上和坡底,在这 3 种地貌单元内化探指标浓度存在一定差异(表 3)。从表 3 中可以看出,烃类在坡底显示最高,向地势高处渐次降低,至塬上浓度最低,呈现有规律的变化特征, $\Delta C$  和 Hg 两指标的含量变化规律与酸解烃正好相反,但总体变化幅度不大;2)盆地北部地貌景观复杂多变,具体可划分为 6 种微地貌景观区,即黄土丘陵区、流动沙丘区、固定—半固定沙丘区、侵蚀丘陵区、干旱性半荒漠草原区和沙漠—黄土过渡区,不同地貌显示了不同的地球化学指标特征。酸解烃浓度在 6 种地貌景观中表现为黄土丘陵区 > 侵蚀丘陵区 > 半荒漠草原区 > 固定半固定沙丘区 > 流动沙丘区; $\Delta C$  在各种微地貌景观区差异不大,均值在 0.68%~1.91% 之间,但总体趋势与酸解烃浓度变化相似;Hg 值在各种地貌区中差异明显,表现与酸解烃浓度相反,其在流动沙丘、固定—半固定沙丘区的含量大于黄土丘陵区、侵蚀丘陵区、半荒漠草原区和过渡区。以上情况表明本区不同的地形地貌条件对化探指标浓度有较大的控制和制约作用。

近地表黄土覆盖条件的影响:鄂尔多斯盆地南部近地表具有厚度不一的黄土覆盖层,这种特定的近地表覆盖条件,影响着化探指标的浓度变化。据阮天健等人对洛阳、彬县、西峰等黄土剖面的研究表明,随着黄土覆盖层的增厚,酸解烃的含量增高。经计算,厚度每增加 10 m,甲烷含量增加约 10  $\mu\text{L}/\text{kg}$ ,如洛阳地区黄土厚度小于 50 m,  $C_1$  为 136.33  $\mu\text{L}/\text{kg}$ ,洛川地区黄土厚度大于 100 m,  $C_1$  为 232.53  $\mu\text{L}/\text{kg}$ ,彬县地区黄土厚 150 m 左右,  $C_1$  为 287  $\mu\text{L}/\text{kg}$ 。图5是多条剖面的黄土厚度与烃类含量的相关关系

表 3 鄂尔多斯盆地南部不同地貌单元特征值对比  
Table 3 Geochemical characteristic values contrast of the different geomorphology units in the southern Ordos Basin

项目	塬上	坡上	坡底
统计样本数/个	480	912	226
$C_1/(\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1})$	3.33~786.97 226.70	1.45~1177.90 268.20	33.83~704.40 312.80
$C_2+ /(\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1})$	0.77~159.50 18.18	1.21~181.20 22.35	3.03~75.50 26.41
$\Delta C, \%$	0.03~3.14 1.82	0.05~3.92 1.78	0.33~2.71 1.72
Hg, $10^{-9}$	0.09~19.8 4.68	0.13~39.10 4.24	0.17~16.60 3.80

注:表中分式意义为:  $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值}}$ 。

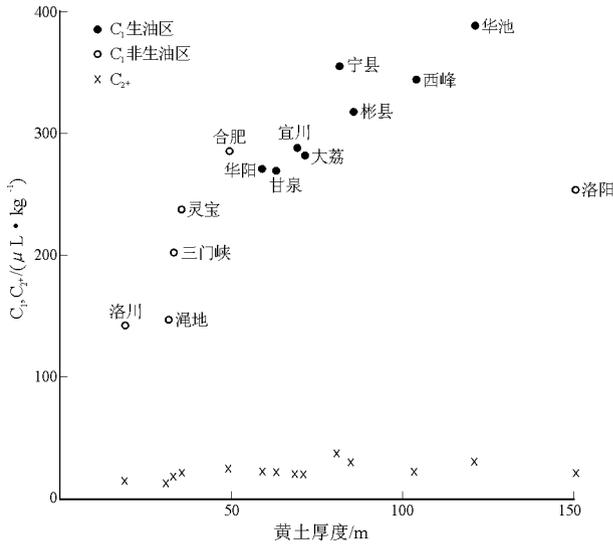


图 5 黄土厚度与烃类含量的相关关系  
据阮天健。

Fig. 5 Correlation between loess thicknesses  
and hydrocarbon content

图,可以看出:1)  $C_1$  含量的变化与黄土层厚度呈线性正相关关系,而  $C_2+$  含量变化与厚度关系不明显;2) 在生油区与非生油区,黄土中烃类浓度及其组成存在较大差异。上述资料表明,本区黄土层的覆盖厚度对化探指标浓度,尤其是酸解烃的浓度具有一定的影响,但它不是决定烃类浓度变化的唯一因素。

根据各黄土剖面中酸解烃的均值,分析盆地及周边黄土酸解烃含量变化趋势,总趋势为由北向南、由东向西酸解烃浓度逐渐降低。其中以西北段剖面元成一华池一带酸解烃含量最高, $C_1$  均值分别为  $376.41 \mu\text{L}/\text{kg}$  及  $359.62 \mu\text{L}/\text{kg}$ ;石湾—安塞段  $C_1$  为  $321.68 \mu\text{L}/\text{kg}$  及  $318.58 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。剖面南端乾县—西安一带  $C_1$  明显降至  $170.6 \mu\text{L}/\text{kg}$  及  $128.02 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,由北往南, $C_1$  均值下降约  $200 \mu\text{L}/\text{kg}$  左右。2 条东西向剖面相比,南部的  $C_1$  含量略低于北部。石湾至太原  $C_1$  均值含量由  $321.68 \mu\text{L}/\text{kg}$  降至  $136.11 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,南部剖面中渭南至洛阳  $C_1$  由  $250.47 \mu\text{L}/\text{kg}$  降为  $136.44 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。南北向剖面  $C_1$  含量的平均递减梯度为每千米由北往南减小  $0.53 \mu\text{L}/\text{kg}$ ;东西向剖面中北部一条由西向东每千米平均递减  $0.65 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,南部剖面递减  $0.44 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。上述这种区域性剖面上的变化规律与前述的黄土酸解烃平面分布特征相符。本区黄土酸解烃含量普遍较一般地区高出十多倍,黄土区中  $C_1$  最低含量一般大于  $250 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,而在南方非黄土覆盖区  $C_1$  有的平均含量一般只有  $15\sim 25 \mu\text{L}/\text{kg}$ (如湖北地区)。黄土区酸解烃含量的变化除了受深部局部的油气富

集控制外,还受一些具有共性的表生影响因素干扰。尤其是在西安、华阴、灵宝等地,下伏前寒武系或花岗岩类的无油气源的基岩出露区,表层黄土中的酸解烃  $C_1$  含量分别为  $128.02, 294.14, 216.00 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。由此说明黄土酸解烃含量中有一部分可能是表生的。

鄂尔多斯盆地油气化探的采样层主要是  $Q_3$  马兰黄土。马兰黄土的岩性特征,从区域上由北往南粒度逐渐变细,大致可分为 3 个带:第一带以砂质黄土为主,北界以定边—榆林一线呈向东南突出的弧形与北部沙漠分开,南界在环县—志丹—子长—绥德一带;第二带为黄土,位于第一带南西,其南界位于彬县—铜川—韩城一带;第三带为粘黄土,位于第二带南西。前两带中酸解烃甲烷含量一般大于  $300 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,而在第三带粘黄土中,酸解烃甲烷含量一般偏低,小于  $300 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。选择元城、华池、西峰、彬县以及大荔地区的样品分别作为砂黄土、黄土及粘黄土 3 个粒度带的代表,由第一带至第二带,总烃减少  $64 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,重烃变化不明显,甲烷减小  $63 \mu\text{L}/\text{kg}$ ;由第二带至第三带,总烃减少  $66 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,甲烷减少  $53 \mu\text{L}/\text{kg}$ 。所以从北部的砂黄土区至南部第三带的粘黄土区,酸解烃总烃含量降低  $130 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,甲烷含量减少  $116 \mu\text{L}/\text{kg}$ ,反映出不同土壤性质或黄土不同粒度对酸解烃浓度的制约作用。

### 3.2.5 碳酸盐含量的影响

土壤层中碳酸盐含量也影响着化探指标的含量和化探异常的确定。如碳酸盐在加酸破坏矿物结构、从沉积物中脱出气体的分析流程中,将分解生成部分烃类气体,并与原生烃或从深部运移上来的烃类叠加在一起,从而使在地表检测的烃类浓度增加。从鄂尔多斯盆地实测数据来看:碳酸盐含量介于  $0.5\%\sim 25\%$  之间,与化探主要指标(甲烷、重烃)的相关性一般,只是在碳酸盐和主要化探指标低含量时呈现一定的相关性。因此,选择合适的异常值就可排除碳酸盐含量的影响。

## 4 结论

1) 鄂尔多斯盆地整体上在我国主要含油气盆地中属中高背景、较均匀地化场特征,但在盆地内部化探指标含量差异极大,可分为高低 2 个大的背景区,即北部的低化探指标含量、高标准偏差的背景特征,南部的高化探指标含量、低标准偏差的背景特征。

2) 地下油气状况是引起化探指标浓度变化的

主要因素,化探指标的高浓度均分布在已知油气藏的周围或顶部,形成以环状为主、环块结合的异常形态类型。

3)油气化探指标浓度变化和异常的分布规律明显地受控于盆地的石油地质条件和地表覆盖状况的影响。其中,油气源是形成地表油气化探异常的物质基础,是控制油气化探异常形成与分布的主控因素;地下地质和水文地质条件是下伏油气运移的主要动力,对化探异常的形态和异常的偏移起着决定性的控制作用;地表覆盖条件影响着化探指标浓度的变化(增高或降低),对化探异常的含油气远景预测和应用效果具有重要的影响,但只要结合石油地质条件和地表覆盖条件的综合分析,地表覆盖条件对化探指标的浓度影响是可以排除或抑制的。

参考文献:

- 1 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003
- 2 陈全红,李文厚. 鄂尔多斯盆地西南部上古生界油气成藏条件

- 分析[J]. 石油实验地质,2007,29(6):554~559
- 3 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,2002
- 4 罗月明,刘伟新,谭学群等. 鄂尔多斯大牛地气田上古生界储层成岩作用评价[J]. 石油实验地质,2007,29(4):384~390
- 5 程同锦. 烃类运移的近地表显示与地球化学勘探[M]. 北京:石油工业出版社,1999
- 6 程同锦,李广之,陈银节. 吸附烃提取新技术及其在地表油气化探中的应用[J]. 石油实验地质,2007,29(2):116~119
- 7 刘崇禧. 中国油气化探 40 年[M]. 北京:地质出版社,2001
- 8 费 琪. 油气勘探中的创造性思维[M]. 北京:地震出版社,2005
- 9 赵克斌,孙长青. 中国主要含油气盆地地球化学场特征[J]. 石油与天然气地质,2005,26(4):427~432
- 10 赵克斌,孙长青. 鄂尔多斯盆地中部油气聚集带地球化学特征[J]. 地质与勘探,2003,39(6):46~48
- 11 陈浙春,汤玉平. 戈壁区油气化探方法有效指标参数研究[J]. 石油实验地质,2008,30(5):532~536
- 12 阮天健,费 琪. 石油天然气地球化学勘探[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1992
- 13 李 良,袁志强. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气聚集规律[J]. 石油与天然气地质,2000,21(3):268~271,282

(编辑 徐文明)

(上接第 78 页)

- 4 曹 烈,徐殿桂,黄 川. 川西坳陷上三叠统一侏罗系烃源岩生烃史研究[J]. 天然气工业,2005,25(12):22~24
- 5 何 鲤,刘莉萍,罗 潇等. 川西龙门山推覆构造特征及有利油气勘探区块预测[J]. 石油实验地质,2007,29(3):247~252
- 6 李建林,徐国盛,朱 平等. 川西洛带气田沙溪庙组储层成岩作用与孔隙演化[J]. 石油实验地质,2007,29(6):565~571
- 7 刘树根,徐国盛,李巨初等. 龙门山造山带—川西前陆盆地系统的成山成盆成藏动力学[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2003,30(6):559~566

- 8 吴世祥. 川西侏罗系成藏主控因素及分类[J]. 天然气工业,2001,21(4):20~23
- 9 徐国盛,刘树根. 四川盆地天然气成藏动力学[M]. 北京:地质出版社,2005
- 10 王世谦,罗启后. 四川盆地西部侏罗系天然气成藏特征[J]. 天然气工业,2001,21(2):1~8
- 11 叶 军. 再议四川盆地西部坳陷深盆地[J]. 石油实验地质,2008,30(2):109~120

(编辑 徐文明)