

热解色谱分析技术在伊犁盆地
铀矿床干酪根地球化学研究中的应用

施 小 平

(合肥工业大学 资源与环境工程学院,安徽 合肥 230009)

摘 要: 利用伊犁盆地砂岩型铀矿床干酪根热解色谱数据,计算获得氢指数、氧指数等重要指标,在此基础上,应用氢指数、氧指数划分了伊犁盆地铀矿床干酪根类型,再依据烃指数和产率指数对伊犁盆地铀矿床干酪根的成熟度进行了初步评价。
关键词: 热解色谱;干酪根地球化学;成熟度;氢指数;氧指数;烃指数
中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2008)03-0295-03

干酪根是沉积岩有机质中分布最普遍、数量最多的一类有机物,约占地质体总有机质的 95%,故对其类型、结构成分及成熟度的研究在分析矿床形成的有机地球化学作用中具有重要意义。

近年来热解色谱分析技术已广泛应用于干酪根、生油岩的评价,它可以概括为两大类:一类是注重于反应物在反应过程中的质量变化(即热分析),另一类注重于反应物在反应过程中的热量变化(即差示扫描热分析)。它们都在干酪根的类型评定、成熟度及干酪根结构的研究中得到广泛应用^[1]。

伊犁盆地铀矿床为典型的可地浸砂岩型铀矿床,笔者在该矿区选取一系列矿石样品,并且经过抽提、分离得到干酪根,继而对这些干酪根样品进行热解色谱实验分析。笔者在分析热解试验资料的基础上,利用氢指数(I_H)、氧指数(I_O)划分伊犁盆地盆

地铀矿床干酪根类型,同时对干酪根的成熟度进行了评定。

1 岩石热解检测及其成果

本研究中使用的仪器是法国 2 + Plu 岩石评价仪(Rock-Eval),测试条件为:温度为 10 ~ 30 ℃;湿度 ≤ 80%;在 300 ~ 600 ℃ 温度范围 50 ℃/min 钟程序升温分析 $w(S_2)$,二氧化碳入阱温度为 390 ℃;热解氮气为 100 mL/min;氢气为 28 ~ 30 mL/min;空气为 400 mL/min。

一个样品经过热解色谱分析,可以得到 S_1 、 S_2 、 S_3 峰值及其 T_{max} 温度。根据进样质量和 3 个峰的峰面积与标准样的对比,可以分别计算出三者的含量。由这些基本参数还可以组合成 I_H 、 I_O 等项参数。现将本次试验岩石样热解检测的全部参数列于表 1

表 1 岩石热解检测成果

样品编号	YL-4	YL-5	YL-6	YL-7	YL-8	YL-9
岩性	灰色砂岩	灰色中粗砂岩	灰色中粒砂岩	灰白色细砂岩	灰色细砂岩	灰色中粒砂岩
$w_{TOC}/\%$	0.13	0.22	0.22	0.65	0.32	0.16
$T_{max}/\text{℃}$	300	413	425	432	435	377
$w_{S_1}/10^{-3}$	0.02	0.04	0.03	0.06	0.05	0.05
$w_{S_2}/10^{-3}$	0.01	0.01	0.01	0.04	0.08	0.03
$w_{S_3}/10^{-3}$	0.10	0.14	0.12	0.52	0.19	0.12
$(w_{S_1} + w_{S_2})/10^{-3}$	0.03	0.05	0.04	0.29	0.13	0.08
I_P	0.67	0.80	0.75	0.21	0.38	0.63
w_{S_2}/w_{S_3}	0.10	0.07	0.08	0.44	0.42	0.25
I_H	8	5	5	6	25	19
I_O	333	64	55	80	59	75
$w C_p/\%$	0.002	0.004	0.003	0.024	0.011	0.007
w_{CP}/w_{TOC}	8.30	1.89	1.51	3.70	3.37	4.15
w_{S_1}/w_{TOC}	66.67	18.18	13.64	9.23	9.20	31.25

收稿日期:2006-6-20

中。

在表 1 中, w_{s_1} 表示岩石中已生成的游离烃, w_{s_2} 代表干酪根可降解的烃, w_{s_3} 代表热解中生成的 CO_2 , w_{TOC} 为有机碳, T_{max} 为最高热解温度。以下指标都是由以上基本参数组合而成。

(1) 氢指数: $I_H = w_{s_2}/w_{TOC}$ 。

(2) 氧指数: $I_O = w_{s_3}/w_{TOC}$ 。氧指数与氢指数相当于干酪根的 m_H/m_C 和 m_O/m_C , 因为它们只反映干酪根的 H 和 O, 基本上不包括沥青“A”中的 H 和 O。

(3) 烃指数: $I_{HC} = w_{s_1}/w_{TOC}$ 。

(4) 生烃潜力: $w_{s_1} + w_{s_2}$ 代表每克岩石中已生成的游离烃和可降解烃的总量。

(5) 类型指数: w_{s_2}/w_{s_3} 相当于 I_H/I_O 。

(6) 产率指数: $I_P = w_{s_1}/(w_{s_1} + w_{s_2})$ 。

(7) 有效碳 $\{C\}_{P\%} = (w_{s_1} + w_{s_2}) \times 0.083$, 表示每 100 g 有机碳中, 有多少能转化成烃类。因为烃类中并不全是 C, 还有 H、O、N、S, 其中 C 大约只占 83%, 而 S_1 和 S_2 的单位都是 mg/g, 要换算成百分含量, 所以要乘以 0.083。

2 利用氢指数、氧指数划分伊犁盆地干酪根的类型

把组成干酪根的 3 种元素 (碳、氢、氧) 以 m_C/m_H 及 m_O/m_C 的形式标在 Van-Krevlen 所建立的类型图 (范氏图) 上, 这是划分干酪根类型的最常用的方法。对于生油岩中分离的干酪根来说, 由于矿物质的存在, 难以取得可靠的 m_O/m_C 数据。但是, 鄯立言等使用岩石评价仪 (Rock-Eval) 分析了我国柴达木盆地、大庆、茂名等十多个地区的大量样品, 得到生油岩的氢指数 (I_H) 与氧指数 (I_O) 与其所含干酪根元素分析得到的 m_H/m_C 及 m_O/m_C 有着良好的正相关性, 因此可以用矿石中氢指数、氧指数的关系图对岩石中的干酪根等有机质进行分类。

参考蒂索 (Tissot) 和傅家谟等对于干酪根的分类, 将干酪根分为 3 种类型, 即: I 型 (腐泥型), 它们 m_H/m_C 比值高 (等于或大于 1.5), 而 m_O/m_C 比值低 (通常小于 1.0), 富含脂肪结构; III 型 (腐植型), m_H/m_C 比值低 (一般小于 1.0), 原始的 m_O/m_C 值比高 (达 0.2 ~ 0.3), 富含芳香烃核和杂原子; II 型 (过渡型干酪根), 介于二者之间^[2-3]。

在“范氏图”中 (图 1), 根据 I_O 和 I_H 值将样品点标在图中, 由此可以看出伊犁盆地铀矿床干酪根主要类型属 II 型, 即中间过渡型。它们的元素组成中 m_H/m_C 在 1.0 ~ 1.5 之间, m_O/m_C 在 0.1 ~ 0.3 之间, 它们既含脂肪结构也含芳香烃核和杂原子。

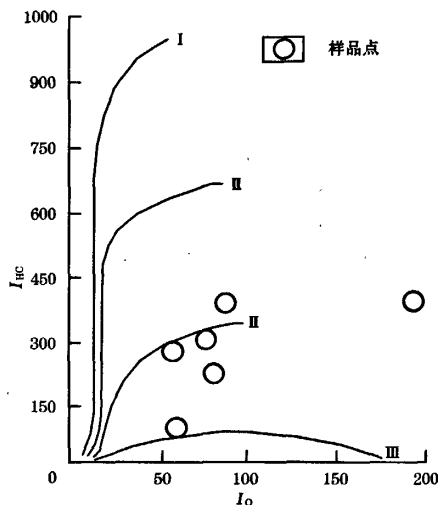


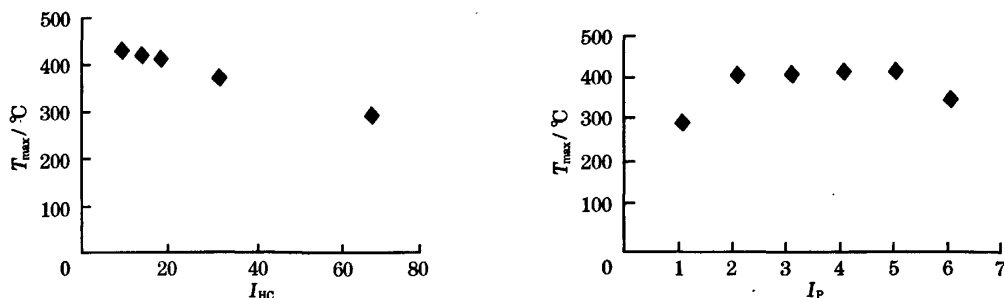
图 1 伊犁盆地铀矿床干酪根分类

3 伊犁盆地铀矿床干酪根成熟度的评价

成熟度的评定是干酪根评价的一项重要内容。用岩石评价仪评价干酪根的成熟度是基于随着成熟度的增高干酪根生成的油气越来越多而导致生油岩本身所含的可溶烃 (S_1) 逐渐增大, 其产油气潜量却逐渐变小。这样就可以用烃指数 (I_{HC}) 和产率指数 (I_P) 随成熟度的变化来评定干酪根的成熟度。另外, 热解烃峰 (S_2) 的顶峰温度 T_{max} 有随成熟度增高而增大的现象。为此可作出岩石中有机质的烃指数 $I_{HC}-T_{max}$ 关系图和有机质的产率指数 I_P-T_{max} 关系图来研究干酪根的成熟度变化 (图 2)^[2,5]。

根据热解数据作出 $I_{HC}-T_{max}$ 和 I_P-T_{max} 的关系图, 从中可以看出干酪根成熟度的一些变化规律, 即成熟度随烃指数增大而减小、随产率指数增大而增大。表 1 和图 2 显示烃指数普遍较高, 平均为 25.77, 最高达 66.67; 而产率指数平均值为只有 0.45, 最大值为 0.80。由此可见, 伊犁盆地砂岩中干酪根具有较高的成熟度, 也表明该地区沉积物中有机质具有较高的演化程度。

● Parkhurst D L. User's guide to PHREEQC-A computer program for speciation, reaction-path, advective-transport, and inverse geochemical calculation. USGS Water-resources Investigation Report, 1995:95-4227.

图2 I_{HC} 、 I_P 随 T_{max} 变化规律

4 结论

热解色谱技术将逐渐发展成为研究岩石中干酪根类型、成熟度及结构的重要手段;通过使用热解技术对伊犁盆地可地浸砂岩型铀矿床干酪根的研究,表明了该矿床中干酪根类型属Ⅱ型,即中间过渡型;并且显示伊犁盆地铀矿床砂岩中干酪根具有较高的有机成熟度。

参考文献:

- [1] 傅家谟,秦匡宗. 干酪根地球化学[M]. 广州:广东科技出版社,1995.
- [2] 卢家灿,庄汉平. 有机质在金银低温成矿作用中的实验研究[J]. 地球化学,1996,25(2):172.
- [3] 林清. 有机质在金属矿中的作用[J]. 地质地球化学,1990,(4):9.
- [4] 庄汉平,卢家灿. 金属矿床中的有机物质特征、分类方案与研究方法[J]. 地球科学进展,1996,11(4):372.
- [5] 中科院地球化学研究所. 有机地球化学[M]. 北京:科学出版社,1982.

THE APPLICATION OF PYROGENATION-CHROMATOGRAM ANALYSIS TECHNOLOGY TO THE STUDY OF GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF KEROGEN IN THE URANIUM DEPOSIT OF YILI BASIN

SHI Xiao-ping

(Hefei University of Industry, Hefei 230009, China)

Abstract: Using the pyrogenation chromatogram data of the sandstone-type uranium deposit in Yili Basin, the author calculated eight important indices such as hydrogen exponent and oxygen exponent. On such a basis, hydrogen exponent and oxygen exponent were used to divide the types of the kerogen in Yili Basin and evaluate tentatively the mature degree of kerogen in the uranium deposit of this basin.

Key words: pyrogenation chromatogram; kerogen geochemistry; mature degree; hydrogen exponent; oxygen-exponent; hydrocarbon exponent; uranium deposit in Yili Basin

作者简介: 施小平(1971-), 安徽安庆人, 现为合肥工业大学资源与环境工程学院讲师, 在职博士生, 从事工程地质、地球化学教学和科研工作。