

# 异常地热对沉积有机质生烃过程的影响

## ——以辉绿岩侵入体为例

王有孝 范璞 程学惠

张谦 孟什祥 王春江\*

(中国科学院兰州地质研究所)

作者在一个辉绿岩体附近采集了灰岩、黑色泥岩两组样品,研究了岩样中的有机质。结果表明,异常地热对有机质的演化有明显影响。

**关键词** 辉绿岩 异常地热 有机质演化

我国西部盆地广泛分布古生界海相地层。寒武—奥陶系和上石炭统中,生油岩系发育。研究区奥陶系有辉绿岩侵入体,二叠系夹多层玄武岩。为了探讨异常地热对沉积有机质向烃类

陶统( $O_3$ )。灰色灰岩和黑色泥岩,分别采自中、上奥陶统。采样点中心至侵入体的距离分别为:10 cm、80 cm、140 cm、200 cm和50 cm、100 cm、170 cm、240 cm。

岩样采用常规有机地球化学分析方法进行有机组分的分离和鉴定。气相色谱仪为GC-RIA,玻璃毛细柱长32 m,固定液SE-54,柱理论塔板为每米4100。柱箱起始温度80℃,按6℃/min程序升温至300℃恒温。

生物标志化合物是用色谱-质谱仪鉴定的,仪器为美国HP3988A GC/MS/DS系统。石英毛

本文1989年3月23日收到。

\* 参加研究工作的还有季玉兰、吴贻华等同志。

细管柱, 固定液 SE-54, 柱长 50 m, 内径 0.32 mm。载气为氦气, 分流比为 1:15。起始温度 100℃, 以 10℃/min 程序升至 200℃, 然后以 3℃/min 程序升至 300℃ 恒温。质谱离子源 70eV, 离子源温度 250℃。

表 1 岩样氯仿抽提物和组分分析结果

| 样品类型 | 层位             | 样品号  | 至侵入体距离*<br>(cm) | 有机碳<br>(%) | 氯仿沥青 A<br>(ppm) | 总 烃<br>(ppm) | 组 分 (%) |       |         |
|------|----------------|------|-----------------|------------|-----------------|--------------|---------|-------|---------|
|      |                |      |                 |            |                 |              | 饱和烃     | 芳 烃   | 非 烃+沥青质 |
| 黑色泥岩 | O <sub>3</sub> | T45  | 50              | 1.19       | 717             | 592          | 74.47   | 8.18  | 17.35   |
|      |                | T161 | 100             | 0.39       | 36              | 22           | 33.60   | 27.53 | 38.87   |
|      |                | T35  | 170             | 0.44       | 35              | 21           | 21.88   | 36.72 | 41.40   |
|      |                | T33  | 240             | 0.43       | 72              | 45           | 23.84   | 38.25 | 37.91   |
| 灰色灰岩 | O <sub>2</sub> | T121 | 10              | 0.12       | 771             | 598          | 72.25   | 5.29  | 22.46   |
|      |                | K14  | 80              | 0.06       | 22              | 8            | 36.14   | 2.41  | 61.45   |
|      |                | T53  | 140             | 0.07       | 12              | 5            | 31.10   | 11.59 | 57.31   |
|      |                | T16  | 200             | 0.04       | 15              | 6            | 22.84   | 16.24 | 60.92   |

\* 均为岩样中心点距辉绿岩侵入体的距离。

## 二、结果讨论

### 1. 氯仿抽提物和族组成

岩样的常规有机地球化学分析资料列于表 1。辉绿岩侵入体的热作用对烃类丰度和组成的影响十分明显。离侵入体 200 cm 的灰岩和 240 cm 的黑色泥岩, 氯仿抽提物为 15 和 72 ppm, 而接近侵入体的样品高达 771 和 717 ppm。总烃含量由 6 和 45 ppm 增

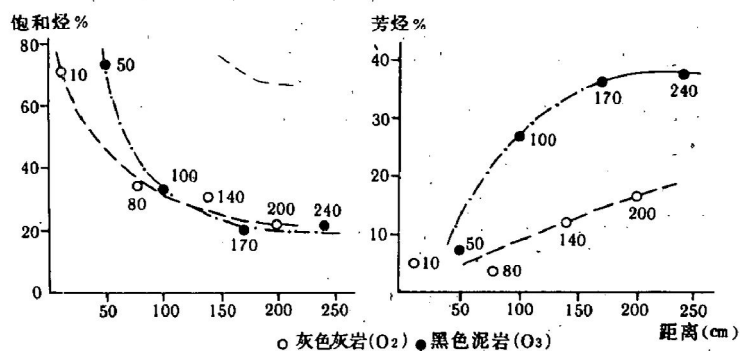


图 1-A 岩样氯仿抽提物族组成图

加到 598 和 592 ppm。饱和烃含量由 22.84% 和 23.84% 增加到 72.25% 和 74.47%。芳烃含量由 16.24% 和 38.25% 降低到 5.29% 和 8.18%。这种变化在距辉绿岩侵入体约 150 cm 范围内最为显著 (表 1, 图 1)。

### 2. 饱和烃

岩样饱和烃气相色谱分析资料列于表 2。正构烷烃分布范围为 C<sub>13</sub>-C<sub>36</sub>, 主峰碳数随着接近辉绿岩侵入体而降低, 由 C<sub>25</sub>-C<sub>29</sub> 降至 C<sub>15</sub>-C<sub>17</sub>。CPI 也略有减小, 灰岩由 1.20 减小至 1.04, 黑色泥岩由 1.15 减小至 1.04, 反映烃类更趋于成熟 (表 2, 图 2)。

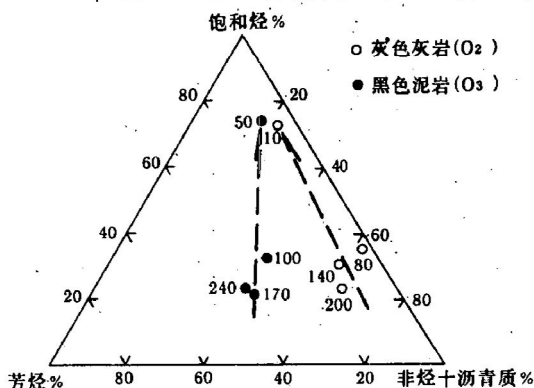


图 1-B 氯仿抽提物组分含量变化趋势图

表2 岩样饱和烃气相色谱分析结果

| 样品类型 | 层位             | 样品号  | 至侵入体距离<br>(cm) | 正烷烃碳数              | 主峰碳                | CPI  | Pr<br>Ph | Pr<br>nC <sub>17</sub> | Ph<br>nC <sub>18</sub> |
|------|----------------|------|----------------|--------------------|--------------------|------|----------|------------------------|------------------------|
| 黑色泥岩 | O <sub>3</sub> | T45  | 50             | C <sub>18-36</sub> | C <sub>15-17</sub> | 1.04 | 2.41     | 0.54                   | 0.24                   |
|      |                | T161 | 100            | C <sub>15-33</sub> | C <sub>23-27</sub> | 1.11 | 0.74     | 0.34                   | 0.49                   |
|      |                | T35  | 170            | C <sub>16-36</sub> | C <sub>25-29</sub> | 1.26 | 0.69     | 0.61                   | 1.08                   |
|      |                | T33  | 240            | C <sub>14-36</sub> | C <sub>25-27</sub> | 1.15 | 0.88     | 0.48                   | 0.67                   |
| 灰色灰岩 | O <sub>2</sub> | T121 | 10             | C <sub>13-36</sub> | C <sub>15-17</sub> | 1.04 | 2.63     | 0.49                   | 0.20                   |
|      |                | K14  | 80             | C <sub>14-36</sub> | C <sub>17-20</sub> | 1.09 | 1.00     | 0.51                   | 0.53                   |
|      |                | T53  | 140            | C <sub>15-36</sub> | C <sub>25-29</sub> | 1.26 | 0.48     | 0.73                   | 1.71                   |
|      |                | T16  | 200            | C <sub>15-36</sub> | C <sub>25-29</sub> | 1.20 | 0.47     | 0.63                   | 1.39                   |

类异戊二烯烷烃中姥鲛烷 (Pr) 与植烷 (Ph) 的比值及其与 nC<sub>17</sub> 和 nC<sub>18</sub> 正构烷烃的比值, 随着热作用的增强呈现出规律性的变化。Pr/Ph 比值逐渐增大, Ph/nC<sub>18</sub> 比值相对减小, 而 Pr/nC<sub>17</sub> 比值变化范围较小 (图 3-A)。其中, 姥植比在距侵入体 100 cm 范围内变化较为显著, 分别由 0.47 和 0.88 增大到 2.63 和 2.41 (图 3-B)。因此, 利用这些指标探讨油源和成烃环境时, 需考虑热变质作用的影响。

### 3. 芳烃

沉积岩中的芳烃, 其组成与有机母质类型、沉积环境以及成熟度密切相关。灰岩样品由于芳烃含量较低而未得到满意的分析结果。图 4 为黑色泥岩芳烃组分气相色谱图。(1) — (3) 号样品显示以菲系列化合物为主的特征。(4) 号样品则以缩合程度较高的芳烃占优势。图 5 表示不同距离岩样甲基菲 (MP) 与菲 (P) 比值的变化规律。3MP/P 和 2MP/P 的比值, 在靠近侵入体时均逐渐减小, 呈直线性变化。这反映多环芳烃随着成熟作用的增加, 去甲基化反应增强。

### 4. 生物标志化合物

在所分析的 3 个黑色泥岩样品中检出的生物标志化合物有: 甾烷、三环二萜和甾烷系列

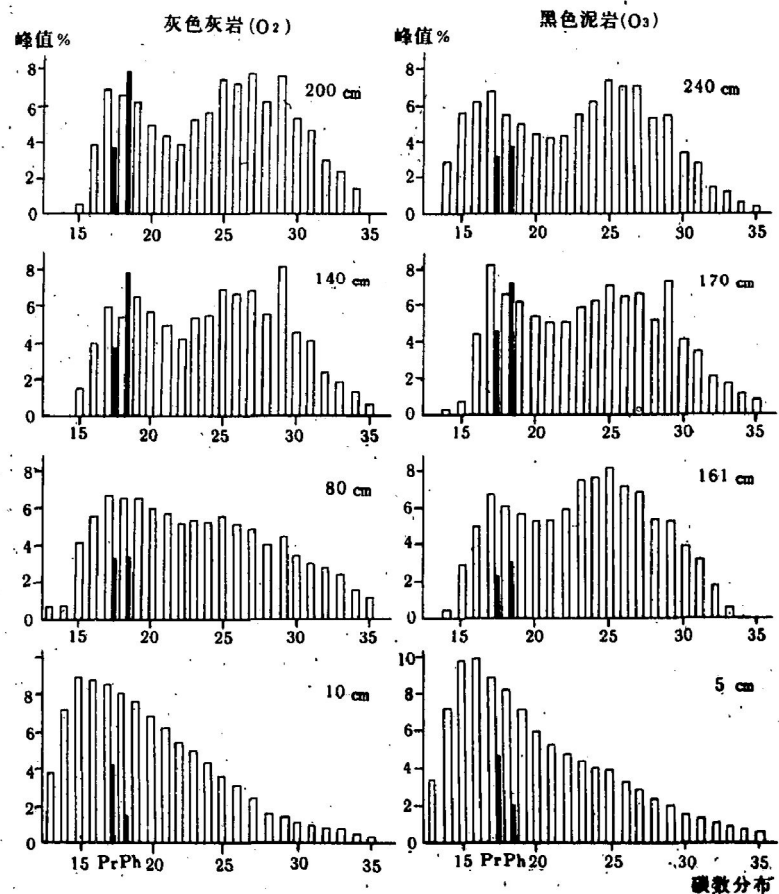


图2 不同距离岩样正构烷烃和类异戊二烯烷烃分布图

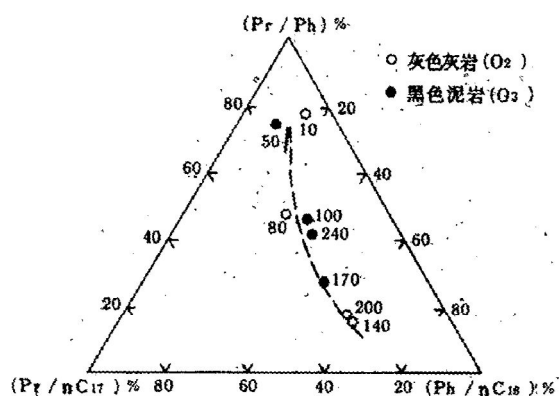
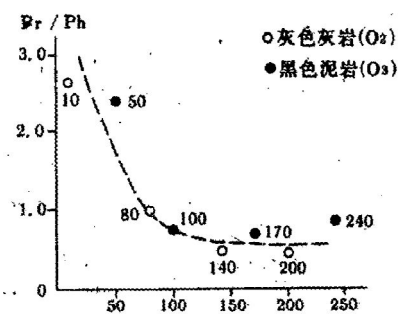
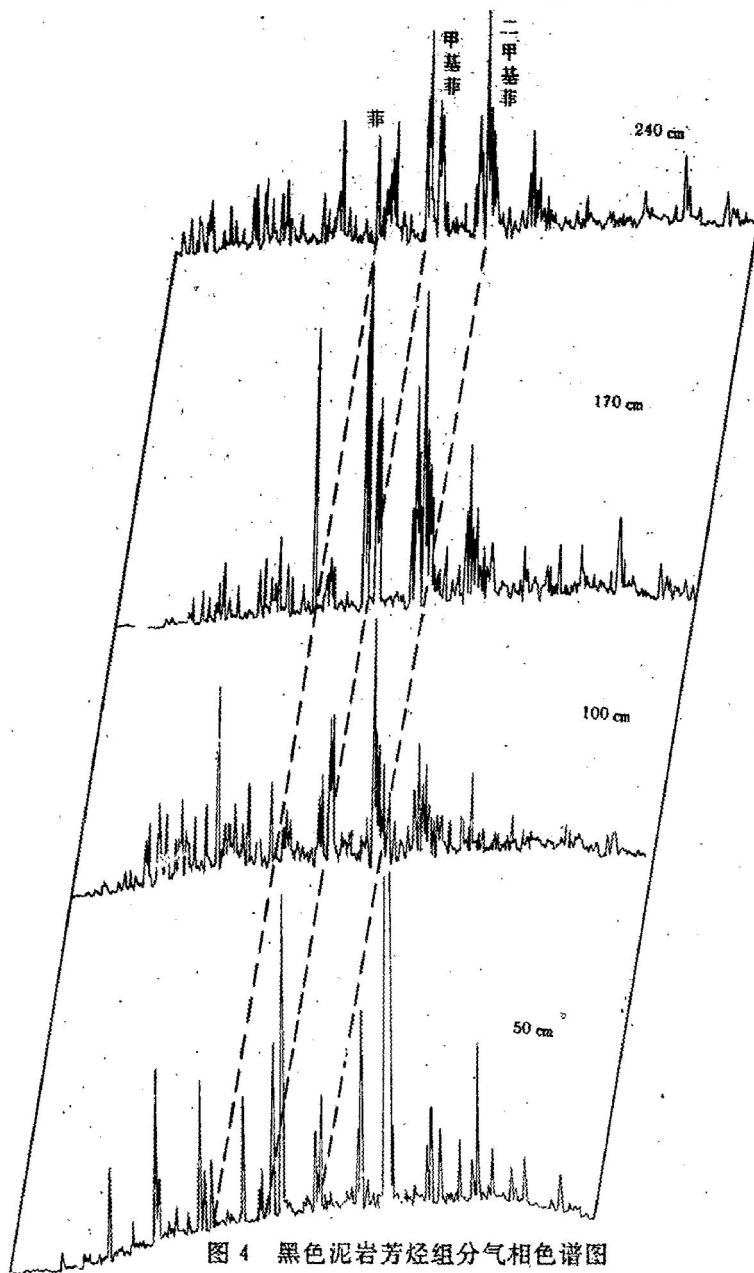
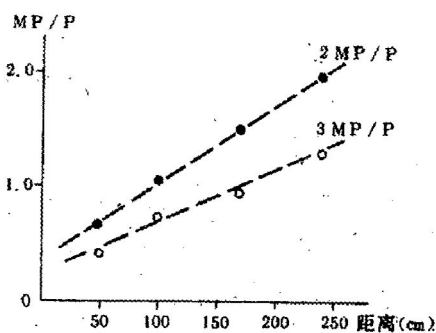
图 3-A Pr/Ph、Pr/nC<sub>17</sub>和 Ph/nC<sub>18</sub>比值百分组成图图 3-B 岩样 Pr/Ph 比值  
变化趋势图

图 4 黑色泥岩芳烃组分气相色谱图

图 5 黑色泥岩芳烃中  
MP/P 比值变化趋势图

化合物。各类参数列于表 3-I、II。从表 3-I、II 可知,对表列 3 块不同距离的样品来说,甾烷和藿烷的各项参数变化均不明显。这反映它们在热作用的影响下具有较大的稳定性。距侵入体 50 cm 的一块样品,经色-质谱分析,未检出生物标志化合物。由此看来,在距侵入体 100 cm 范围内,热作用的增加可使这类标志物损失殆尽。

在所分析的样品中,三环二萜烷受热作用的影响较为明显。随着热成熟作用的增高,该类化合物的丰度相对增加,三环二萜化合物系列中低分子化合物增加幅度亦较大(图 6)。

表 3- I 甾烷系列化合物参数表

| 样品类型 | 层位             | 样品号  | 至侵入体距离 (cm) | 甾烷内分布 $\alpha\alpha\alpha$ (R) (%) |          |          | $\Sigma$ 重排<br>$\Sigma$ 甾烷 | $\alpha\alpha\alpha$ (R)<br>$\frac{C_{27}}{C_{29}}$ | $\alpha\alpha\alpha C_{27}$<br>$\frac{S}{S+R}$ | $\alpha\alpha\alpha C_{28}$<br>$\frac{S}{S+R}$ | $\alpha\alpha\alpha C_{29}$<br>$\frac{S}{S+R}$ | $C_{29} (S+R)$<br>$\frac{\beta\beta}{\beta\beta+\alpha\alpha}$ |
|------|----------------|------|-------------|------------------------------------|----------|----------|----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|      |                |      |             | $C_{27}$                           | $C_{28}$ | $C_{29}$ |                            |                                                     |                                                |                                                |                                                |                                                                |
| 黑色泥岩 | O <sub>3</sub> | T161 | 100         | 30.9                               | 27.2     | 42.0     | 0.091                      | 0.74                                                | 0.23                                           | 0.30                                           | 0.48                                           | 0.47                                                           |
|      |                | T35  | 170         | 31.8                               | 28.8     | 39.4     | 0.101                      | 0.81                                                | 0.30                                           | 0.27                                           | 0.45                                           | 0.47                                                           |
|      |                | T33  | 240         | 34.2                               | 30.2     | 35.6     | 0.096                      | 0.96                                                | 0.38                                           | 0.29                                           | 0.48                                           | 0.54                                                           |

表 3- II 藿烷系列化合物参数表

| 样品类型 | 层位             | 样品号  | 至侵入体距离 (cm) | $\frac{T_s}{T_m}$ | $\frac{C_{27}+C_{29}}{\Sigma \text{藿烷}}$ | $\frac{C_{30}}{\Sigma \text{藿烷}}$ | $\frac{C_{31}+32+33}{\Sigma \text{藿烷}}$ | $\frac{C_{27}+C_{29}}{C_{30}}$ | $C_{29} \frac{\alpha\beta}{\beta\alpha}$ | $C_{31} \frac{S}{S+R}$ | $C_{32} \frac{S}{S+R}$ |
|------|----------------|------|-------------|-------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 黑色泥岩 | O <sub>3</sub> | T161 | 100         | 0.81              | 31.0                                     | 41.9                              | 19.6                                    | 0.74                           | 11.4                                     | 0.54                   | 0.65                   |
|      |                | T35  | 170         | 0.64              | 26.4                                     | 41.1                              | 23.3                                    | 0.67                           | 8.0                                      | 0.53                   | 0.56                   |
|      |                | T33  | 240         | 0.86              | 33.4                                     | 40.0                              | 18.9                                    | 0.83                           | 12.4                                     | 0.61                   | 0.53                   |

### 三、结 束 语

作者研究了各类有机化合物在辉绿岩侵入体热作用下的变化趋势,探讨了各类有机地球化学指标的变化规律。研究表明,异常地热对沉积有机质的生烃过程和烃类成熟作用有明显影响,但受影响的空间范围是不大的。

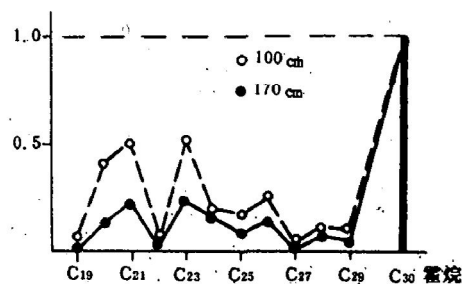


图 6 三环二萜烷相对分布图

### 参 考 文 献

- [1] B. R. T. Siman, 1986, 火成岩侵入体对大西洋 (DSDP368 钻孔) 白垩系黑色页岩沉积有机质的影响。中国科学院地球化学研究所有机地球化学开放实验室, 研究年报, 第 422—463 页。

## INFLUENCE OF DIABASE INTRUSION ON HYDROCARBON GENERATION OF DEPOSITIONAL ORGANIC MATTER

Wang Youxiao Fan Pu Chen Xuehui  
Zhang Qian Meng Qianxiang Wang Chunjiang  
(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica)

### Abstract

The authors collected 4 limestone samples and 4 mudstone samples near a diabase body in a basin in Northwest China and analysed the organic matter of the samples. The result indicates that additional geotherm resulted by intrusive mass had evident influence on organic matter evolution.