

秦岭北缘大断裂断层气与地震危险性*

石雅镠 张必敖

(国家地震局兰州地震研究所)

王先彬

(中国科学院兰州地质研究所)

摘 要

本文用对应分析方法对秦岭北缘大断裂各段的断层气(水溶气)进行了分析,由此确定的该断裂地震危险段顺序为,贵德—循化段大于临潼—咸阳段,清水区在两者之间,天水—和政段大于眉县—兰田段。并进一步得出,贵德—循化段和清水区为强震危险区,而眉县—兰田段不会发生7级以上大震。

一、引 言

秦岭北缘大断裂(F)东起陕西潼关,西至青海贵德,绵延800多公里,走向为近东西向,倾角为 40° — 85° ¹⁾。在空间上它由三条断裂组成,即潼关—宝鸡断裂(F_1)、潼关—兰田—宝鸡断裂(F_2)和宝鸡—贵德断裂(F_3)。据历史记载,该断裂带上曾发生过多次强震,而且西安、咸阳、宝鸡和天水等城市以及龙羊峡水电站也均位于该断裂带上或其附近,所以分析和评价其地震危险性具有重要的意义。

二、计算结果及讨论

断层气有两种含义,一种是指直接从断层面上收集的气体,另一种是指与断裂活动有关的气体。本文研究的是断裂附近温泉中的水溶气。分析表明,这些温泉中的微量气体(H_2 、 He 、 Ar 等)含量比空气高几倍到两个数量级。根据这些微量气体浓度的分布可以研究断裂各段的地震危险性。

沿秦岭北缘大断裂走向,有许多温泉呈线性分布²⁾。我们选取了贵德温泉、循化无名泉、武山洛门温泉、天水街子温泉、咸阳马跑泉、临潼温泉、眉县汤峪和兰田汤峪温泉。根据对这些温泉中水溶气的分析研究,将秦岭北缘大断裂分为四个区段,即贵德—循化段(F_3')、和政—天水段(F_2')、眉县—兰田段(F_1')和咸阳—临潼段(F')进行对应分析研究。此外,清水温泉靠近天水市,所以也把清水区(F')包括在内。

对应分析方法是一种把样品(点)和变量一并分类的多元统计方法。经过一系列计算,

*国家自然科学基金资助课题

1) 兰州地震研究所等,中国南北地震带现今活动断裂图,1986.

2) 石雅镠,秦岭北缘大断裂的地震化学研究(硕士论文),1988.

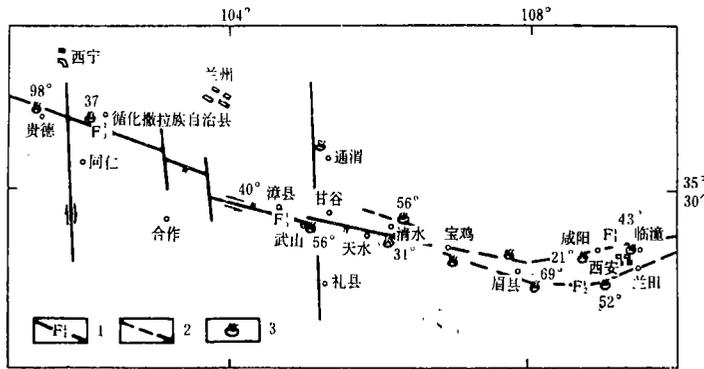


图 1 秦岭北缘大断裂空间展布及温泉分布图

1. 断裂及编号 2. 隐伏断裂 3. 温泉及水温

Fig.1 Distribution of large faults and springs in the northern fringe of Qinling Mountain

最后可以把样品(点)和变量同时投影到F—G图上。这样不但可以对样品和变量分类,而且可以用变量解释样品,反之亦然。

根据温泉水的化学成分,可将它们分为两种类型,即 F_1^2 和 F_1^1 上的温泉,主要与结晶岩有关,其余的温泉则主要与沉积岩有关。因此,我们把温泉分为两组作气体分析,第一组为 F_1^2 和 F_1^1 上的温泉,第二组为 F_2^2 、 F_2^1 和 F_2' 上的温泉。分析时,对前者选取的微量气体成分为: H_2 、 He 、 Ar 、 Hg 、 CO_2 及 H_2/N_2 、 H_2/O_2 、 He/N_2 、 He/Ar 和 CO_2/O_2 ;后者选取 H_2 、 He 、 Ar 和 Hg 及 H_2/N_2 、 H_2/O_2 、 He/N_2 和 He/Ar 。计算结果如下〔1〕、8):

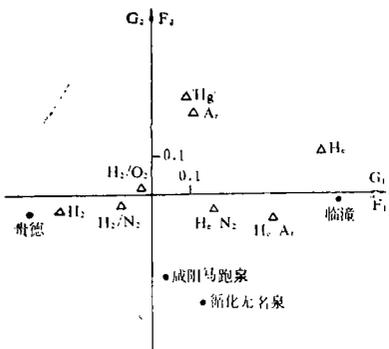


图 2 $_1F$ 和 $_1G$ 对应的因子平面图
Fig. 2 Corresponding factor plane figure of F_1 and G_1

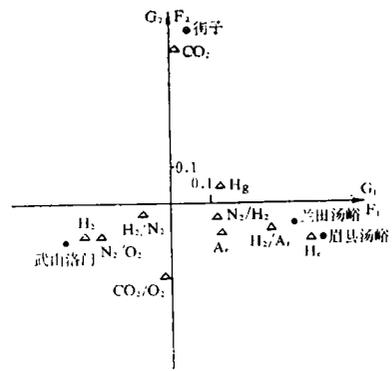


图 3 $_2F$ 和 $_2G$ 对应的因子平面图
Fig. 3 Corresponding factor plane figure of F_2 and G_2

第一组温泉的Q和R型因子载荷矩阵分别为 ($\lambda_1 = 0.355$, $\lambda_2 = 0.248$):

$${}_1G = \begin{pmatrix} {}_1G_1 & {}_1G_2 \\ \frac{U_{11}\sqrt{\lambda_1}}{U_{21}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{U_{12}\sqrt{\lambda_2}}{U_{22}\sqrt{\lambda_2}} \\ \frac{U_{31}\sqrt{\lambda_1}}{U_{41}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{U_{32}\sqrt{\lambda_2}}{U_{42}\sqrt{\lambda_2}} \end{pmatrix}$$

表 1

| 样 点 | ${}_1G_1$ | ${}_1G_2$ |
|--------|-----------|-----------|
| 武山洛门温泉 | -0.28 | -0.11 |
| 街子温泉 | 0.05 | 0.47 |
| 眉县汤峪温泉 | 0.41 | -0.092 |
| 兰田汤峪温泉 | 0.33 | -0.051 |
| 方差贡献 | 0.3552 | 0.2480 |
| 累积方差贡献 | 58.7% | 99.7% |

$${}_1F = \begin{pmatrix} {}_1F_1 & {}_1F_2 \\ \frac{u_{11}\sqrt{\lambda_1}}{u_{21}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{u_{12}\sqrt{\lambda_2}}{u_{22}\sqrt{\lambda_2}} \\ \frac{u_{31}\sqrt{\lambda_1}}{u_{41}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{u_{32}\sqrt{\lambda_2}}{u_{42}\sqrt{\lambda_2}} \\ \frac{u_{51}\sqrt{\lambda_1}}{u_{61}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{u_{52}\sqrt{\lambda_2}}{u_{62}\sqrt{\lambda_2}} \\ \frac{u_{71}\sqrt{\lambda_1}}{u_{81}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{u_{72}\sqrt{\lambda_2}}{u_{82}\sqrt{\lambda_2}} \\ \frac{u_{91}\sqrt{\lambda_1}}{u_{101}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{u_{92}\sqrt{\lambda_2}}{u_{102}\sqrt{\lambda_2}} \end{pmatrix}$$

表 2

| 变 量 | ${}_1F_1$ | ${}_1F_2$ |
|---|-----------|-----------|
| Hg $\times 10^0$ | 0.13 | 0.05 |
| He $\times 10^2$ | 0.37 | -0.085 |
| Ar | 0.13 | 0.07 |
| CO ₂ $\times 10$ | 0.01 | 0.42 |
| H ₂ $\times 10^4$ | -0.23 | -0.075 |
| H ₂ $\times 10^4$ /N ₂ $\times 10^{-1}$ | -0.07 | -0.02 |
| CO ₂ $\times 10$ /O ₂ | -0.01 | 0.19 |
| H ₂ $\times 10^4$ /O ₂ | -0.19 | -0.08 |
| He $\times 10^2$ /N ₂ $\times 10^{-1}$ | 0.12 | -0.03 |
| He $\times 10^2$ /Ar | 0.27 | -0.06 |
| 方差贡献 | 0.3652 | 0.2480 |
| 累积方差贡献 | 58.7% | 99.7% |

第二组温泉对应的Q和R型因子载荷矩阵 ($\lambda_1 = 0.4162$, $\lambda_2 = 0.1356$) 分别为:

$${}_2G = \begin{pmatrix} {}_2G_1 & {}_2G_2 \\ \frac{U_{11}\sqrt{\lambda_1}}{U_{21}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{U_{12}\sqrt{\lambda_2}}{U_{22}\sqrt{\lambda_2}} \\ \frac{U_{31}\sqrt{\lambda_1}}{U_{41}\sqrt{\lambda_1}} & \frac{U_{32}\sqrt{\lambda_2}}{U_{42}\sqrt{\lambda_2}} \\ \frac{U_{51}\sqrt{\lambda_1}}{U_{52}\sqrt{\lambda_2}} \end{pmatrix}$$

表 3

| 样 点 | ${}_2G_1$ | ${}_2G_2$ |
|--------|-----------|-----------|
| 贵德温泉 | -0.33 | -0.035 |
| 循化无名泉 | 0.13 | 0.28 |
| 临潼温泉 | 0.50 | -0.10 |
| 咸阳跑马泉 | 0.04 | 0.21 |
| 清水温泉 | 0.34 | -0.03 |
| 方差贡献 | 0.4162 | 0.1356 |
| 累积方差贡献 | 75.1% | 99.7% |

$${}_2F = \begin{pmatrix} {}_2F_1 & {}_2F_2 \\ u_{11}\sqrt{\lambda_1} & u_{12}\sqrt{\lambda_2} \\ u_{21}\sqrt{\lambda_1} & u_{22}\sqrt{\lambda_2} \\ u_{31}\sqrt{\lambda_1} & u_{32}\sqrt{\lambda_2} \\ u_{41}\sqrt{\lambda_1} & u_{42}\sqrt{\lambda_2} \\ u_{51}\sqrt{\lambda_1} & u_{52}\sqrt{\lambda_2} \\ u_{61}\sqrt{\lambda_1} & u_{62}\sqrt{\lambda_2} \\ u_{71}\sqrt{\lambda_1} & u_{72}\sqrt{\lambda_2} \\ u_{81}\sqrt{\lambda_1} & u_{82}\sqrt{\lambda_2} \end{pmatrix}$$

表 4

| 变 量 | ${}_2F_1$ | ${}_2F_2$ |
|---|-----------|-----------|
| Hg × 10 ⁶ | 0.095 | 0.27 |
| He × 10 ² | 0.45 | -0.083 |
| Ar | 0.11 | 0.22 |
| H ₂ × 10 ⁴ | -0.25 | -0.044 |
| H ₂ × 10 ² /N ₂ × 10 ⁻¹ | -0.086 | -0.016 |
| H ₂ × 10 ⁴ /O ₂ | -0.033 | 0.018 |
| He × 10 ² /N ₂ × 10 ⁻¹ | 0.16 | -0.027 |
| He × 10 ² /Ar | 0.31 | -0.063 |
| 方差贡献 | 0.4162 | 0.1356 |
| 累积方差贡献 | 75.1% | 99.7% |

图 2、图 3 分别为 ${}_1F$ 、 ${}_1G$ 和 ${}_2F$ 、 ${}_2G$ 对应的因子平面图。从图 2 和图 3 可以看出：

(1) 与主因子轴靠近的是高温泉，而中温泉（街子温泉、咸阳马跑泉和循化无名泉）则主要与次因子有关。影响主因子的变量是 H₂ 和 He，以及比值 H₂/O₂、H₂/N₂、He/N₂ 和 He/Ar。

(2) 天水一和政段是秦岭北缘大断裂上地震活动性最强的区段，它的特征元素（武山洛门温泉）为 H₂，而 He 则远离主因子轴，所以 H₂ 为其活动性的标志元素。

(3) 根据各温泉与 H₂（点）的距离，从图 2 和图 3 中可确定出它们所在断裂区段的地震危险性顺序为：

$$PF_3^2 > PF_2^2 ; \quad (1)$$

$$PF_3^2 > PF_1' > PF_1^1 . \quad (2)$$

三、结 论

根据目前已有的资料和对分析结果，确定出秦岭北缘大断裂的和政—天水段为未来强震危险区¹⁾，咸阳—临潼段为中强以上地震危险区⁴⁾，贵德—循化段和清水区也为中强以上地震危险区，眉县—兰田区段目前将不会发生强震。

利用对应分析方法分析断层气与地震活动性的关系，不但直观，而且比元素对比法包含更多的信息。作者认为，用对应分析方法分析研究活动断裂带各区段的水溶气的化学成分，是判断其地震危险性的一种有效方法。

本研究得到了中国科学院兰州地质研究所文启彬同志的大力协助，特此致谢。

（本文1988年7月9日收到）

参 考 文 献

[1] 王学仁，地质数据的多变量统计分析，科学出版社，1982.

3) 安徽省计算中心，Foktran程序库，1981.

4) 杨斌，宝鸡及邻区活动构造特征及潜在震源的判定，1985.

THE FAULT GASES OF LARGE FAULTS ON THE NORTHERN FRINGE OF
QINLING MOUNTAIN AND ITS EARTHQUAKE RISK

Shi Yaliu, Zhang Bi'ao

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Gansu, China*)

Wang Xianbin

(*Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica*)

Abstract

This paper analyses the fault gases of each segment of large faults in the northern fringe of Qinling Mountain, determines the segment order of strong earthquake risk; the earthquake risk is stronger in the Guide-Xunhua segment than that in the Lintong-Xianyang segment; the earthquake risk in the Qingshui segment is between above-mentioned two segments; and the earthquake risk is stronger in the Tianshui-Hezheng segment than that in the Meixian-Lantian segment. The authors further determine that the Guide-Xunhua segment and Qingshui area are strong earthquake risk areas, and in the Meixian-Lantian segment there will not occur any earthquake ($M \geq 7$).