

文章编号: 1001-7445(2007)增-0134-04

氡测试技术在秦岭造山带隐伏断裂 活动性研究中的应用

王 亮¹, 赵均海¹, 张 骏², 李 貅²

(1. 长安大学 建筑工程学院, 西安 710064; 2. 长安大学 地质工程与测绘工程学院, 西安 710054)

摘要: 采用氡测试技术, 对秦岭造山带的七条主要断裂进行了土氡测试。首先对研究区内典型氡气测试成果剖面进行了研究分析, 确定断裂的空间分布位置及其相对活动强度, 进而得出影响研究区地壳稳定性的主控断裂; 然后结合三条氡气测试路线, 对比研究后, 得出研究区断裂相对活动强度的空间分布特征。

关键词: 氡测试; 断裂; 相对活动强度; 秦岭造山带

中图分类号: P632.5

文献标识码: A

氡测试技术主要应用于铀矿资源的勘探中, 近些年来对氡气释放、运移、赋存介质等方面的研究取得了长足的进步, 受益于此, 氡测试技术得到了更广泛的应用。国内外学者 Porstendorfer, 贾文懿等^[1-4]都对氡及其子体运移规律与机理进行了深入的研究, 曹玲华^[5]对国内氡迁移机理研究进展做了全面的概述, 孙凯男^[6]通过在北京、贵阳等地对土壤氡气的实测研究, 进一步探讨了土壤性质对土壤氡浓度及地表氡析出率的影响。在应用方面, 周雄华^[7]通过分析氡测试的原理和氡气异常与不同地质现象的关系, 提出了氡异常的判据与特征, 贾文懿^[8]将其应用于寻找基岩地下水、地热和工程地质中。

秦岭造山带位于中国大陆中部, 呈东西向展布, 是南北交通线的必经之地, 我国最长的铁路隧道——西康铁路秦岭隧道(18 452 km)、国道 108 线上西安——汉中的 3 座特长公路隧道、亚洲最长的公路隧道——西安至安康高速公路的秦岭终南山特长公路隧道(18 020 km)等重大工程场地都位于此处, 秦岭造山带已成为国内工程界最关注的区域, 因此了解和正确评价秦岭造山带隐伏断裂活动性的规律和强度, 对已建、在建和拟建工程都有着重要的基础指导意义。

本文将氡测试技术应用于秦岭造山带隐伏断裂活动性研究中, 用于推断隐伏断裂的位置与活动性评价。研究区位于秦岭东西纬向构造带, 区内主要断裂共有 7 条, 依次为: F1: 兰桥—三要断裂, F2: 北秦岭山前断裂, F3: 涝峪—草坪断裂, F4: 广货街断裂, F5: 山阳—青山断裂, F6: 旬阳坝断裂, F7: 略阳—宁陕断裂。研究区东起西万公路, 西至 108 国道, 北接长安区, 南临安康, 汉中一线。本次野外测试区, 主要沿横贯秦岭南北的 3 条公路布设, 由东向西依次为: 西万公路(路线 1)、涝峪口战备路(路线 2)、108 国道(路线 3), 以达到控制断层剖面的效果。本文在野外测试的基础上, 首先作了典型测试成果剖面的解释分析, 然后进行了测试成果剖面的对比分析及评价, 得出研究区内断裂的空间分布位置、相对活动强度及活动水平等有关活动性问题, 最后经归纳与总结, 给出断裂活动强度在空间上的分布特征。

1 测试工作概述

本次在研究区跨活动断层布设氡气测试剖面 14 条, 长度共计 1 200 m, 测点 135 个。测试剖面线基本上跨断裂垂直布设。测试点距一般为 10 m, 极个别测点加密至 5 m, 放宽至 20 m。测试选用仪器为 HDS-1 快速数字闪烁测氡仪。测试时段选用脉冲 1 min 定量测试, 测试数据采集选用分显计量。测试取

收稿日期: 2007-02-21; 修订日期: 2007-04-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50539080)

作者简介: 王 亮(1978-), 男, 陕西咸阳人, 长安大学博士研究生

气深度为 50 cm 以下, 取气次数为 20 次

测试资料的处理依次为: 计算氦含量; 分析确定背景值; 分析确定异常值; 计算异常值与背景值之差; 确定最大异常值的位置; 绘制测试剖面曲线图; 判别对比同一路线断裂的相对活动强度; 归纳总结研究区内断裂相对活动强度的空间分布特征

2 典型测试成果剖面分析

选择该路线 1 上的两条氦测试剖面作为典型测试成果剖面进行分析

(1) 兰桥—三要断裂测氦成果剖面 该剖面(图 1)由北向南布设, 长 140 m, 测点 11 个。在测线 110 m 处显示出氦异常, 其呈现单峰曲线形态, 故应为 1 条断裂。峰值(R_nF)为 8.84, 背景值(R_nB)为 2.0, 峰值高出背景值 6.84, R_nE_{max} 与 R_nE_{min} 之差为 6.84, R_nF/R_nB 为 4.42

(2) 北秦岭山前断裂测氦成果剖面 该剖面(图 2)由北向南布设, 长 200 m, 测点 12 个。在测线 60 m~80 m, 120 m 处显示出氦异常, 其呈现 2 个不对称的单峰曲线形态, 故应为两条断裂组成的宽约 60 m 之断裂带。峰值(R_nF)为 12.16, 背景值(R_nB)为 1.5, 峰值高出背景值 10.66, R_nE_{max} 与 R_nE_{min} 之差为 10.66, R_nF/R_nB 为 8.1

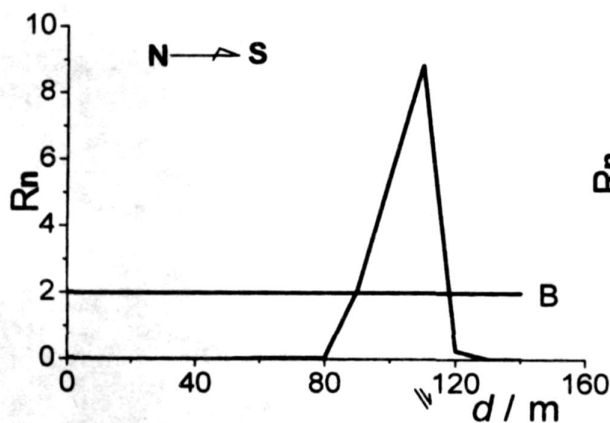


图 1 兰桥—三要断裂(F1)测氦成果剖面

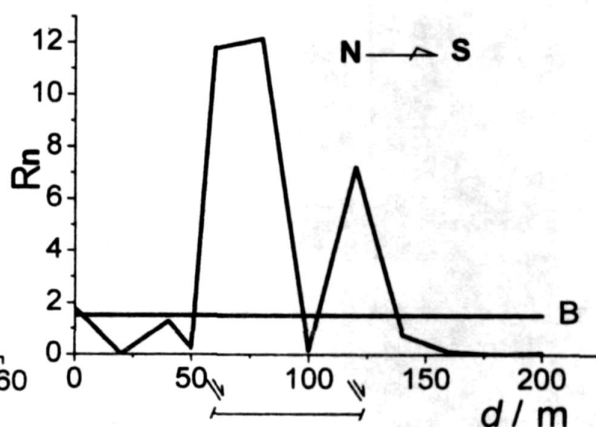


图 2 北秦岭山前断裂(F2)测氦成果剖面

3 研究区氦测试成果分析

将本次秦岭造山带隐伏断裂氦测试成果列于表 1, 并分别分析 3 条路线的测试结果

3.1 西万公路测试路线(路线 1)

该路线沿着西万公路, 由沔峪口向南至宁陕县, 我们对研究区 7 条主要断裂的活动性进行观察和测试。由于各测试点所处位置场地条件(覆盖层厚度、含水量、破碎带埋深等)的不同和秦岭地区岩性变化的复杂程度, 造成该区 7 条断裂背景值的较大变化, 故这里我们仅选用 R_nF/R_nB 作为研究区内各断裂相对活动强度的评判指标, 比较结果见图 3, 由图可见, F1 断裂相对活动强度明显比其它 5 条断裂低, 结合其它资料我们可以获得以下认识: 在地理位置上, 蓝田—三要断裂(F1)处于渭河盆地北缘, 而 F2~F7 这 6 条断裂地处秦岭山地; 在构造体系虽然同属秦岭东西向构造体系, 但 F1 更多地充当了渭河地堑与秦岭东西向构造体系的分界断裂, F1 发生较早, 在前震旦纪或震旦纪即已开始。已有资料显示 F1 主要控制了渭河盆地新地层的沉积, 并未提及 F1 对其它 6 条断裂的控制作用。F1 断裂在研究区倾向北, 据形变资料, 其南盘下降幅度大梯度大, 因此南盘下降, 北盘相对上升, 这些从侧面说明在上述 7 条断裂中, F1 并非是主控断裂。北秦岭山前断裂 F2 发生虽较 F1 略晚(始于加里东期), 但新生代以来继续活动达到高潮, 监测资料显示近期又进一步活动。我们认为: F2 断裂是秦岭东西向构造带中的主控断裂。

表 1 秦岭造山带主要断裂氦气测试成果表

序号	所处路线	所处断裂	最大异常值 R_nF	R_nF 高出 R_nB	R_nF/R_nB	$R_nEm_{ax}-R_nEm_{in}$
1	路线 1	兰桥—三要断裂	8.84	6.84	4.42	8.84
2	路线 3	兰桥—三要断裂	6.0	4.0	3.0	5.0
3	路线 1	北秦岭山前断裂	12.16	10.66	8.1	12.16
4	路线 2	北秦岭山前断裂	19	11.4	2.5	18
5	路线 1	涝峪—草坪断裂	43	37	7.17	43
6	路线 2	涝峪—草坪断裂	9.0	4.0	1.8	9.0
7	路线 1	广货街断裂	7.8	1.0	7.8	7.8
8	路线 2	广货街断裂	8.0	5.5	3.2	7.0
9	路线 3	广货街断裂	6.0	4.5	4.0	5.0
10	路线 1	山阳—青山断裂	10	5.5	2.2	10
11	路线 1	旬阳坝断裂	22	19	7.3	22
12	路线 3	旬阳坝断裂	7.0	4.75	3.1	6.0
13	路线 1	略阳—宁陕断裂	8.0	19	8.0	8.0
14	路线 3	略阳—宁陕断裂	8.0	5.0	2.67	7.0

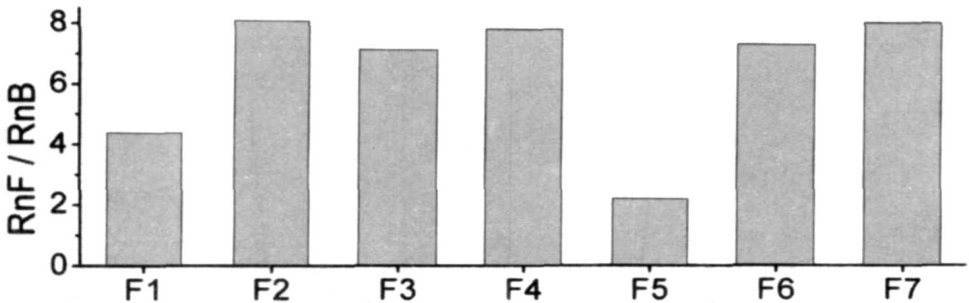


图 3 断裂相对活动强度比较图(路线 1)

3.2 涝峪口战备路测试路线(路线 2)

限于该路线交通状况较差,我们仅对 3 条断裂开展了氦气测试工作,同样只选用 R_nF/R_nB 作为研究区内各断裂相对活动强度的评判指标.比较结果见图 4.与图 3 路线 1 中的各断裂相对活动强度关系 $F_4 > F_2 > F_3$ 相比,在路线 2 中上述 3 条断裂的相对活动强度关系发生了变化, $F_4 > F_2 > F_3$,这说明广货街断裂 F_4 在该段比 F_2 相对活动强度加大.地震显示,此带 1957 年以来弱震不断,达 7 次之多,1957 年在九华山以南曾发生过 4 级地震.这与图 4 取得了很好的一致性.

3.3 108 国道测试路线(路线 3)

该路线沿着 108 国道,我们对 4 条断裂开展了氦气测试工作,同样只选用 R_nF/R_nB 作为研究区内各断裂相对活动强度的评判指标.比较结果见图 5.

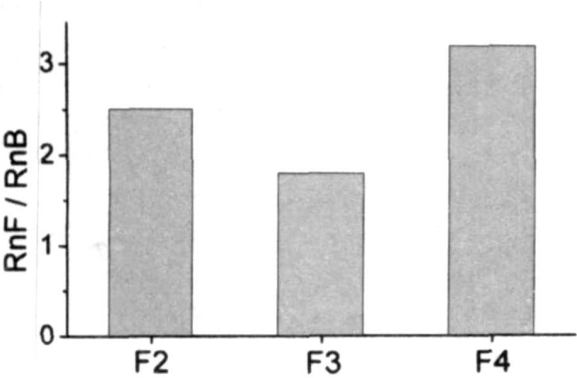


图 4 断裂相对活动强度比较图(路线 2)

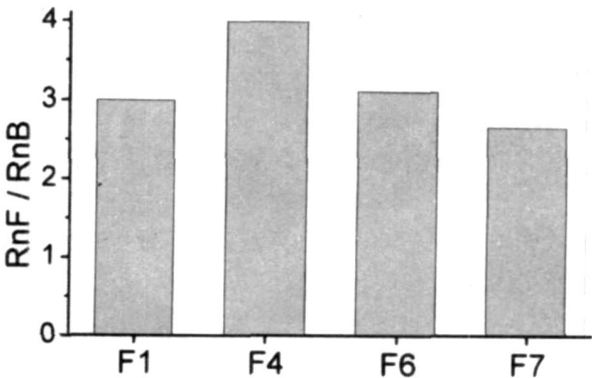


图 5 断裂相对活动强度比较图(路线 3)

4 研究区断裂活动性评价

在线路比较的基础之上, 我们可以把研究区内断裂相对活动强度的对比从线路扩展到平面上(见图6), 可以看到区内东西走向的断裂带相对活动强度在空间上呈现出东强西弱的整体特征, 由东向西3条路线呈现出“强—弱—中”的变化规律, 即路线1(研究区东部)断裂带相对活动强度最大, 路线3(研究区西部)次之, 路线2(研究区中部)最小。在建的西汉高速秦岭III号隧道工程场地基本处于研究区中部, 所以可以认为在研究区范围内, 秦岭III号隧道工程场地受区域断裂活动性影响较小, 该工程场地属于研究区内的“安全岛”, 并具有相对较好的地壳稳定性条件。

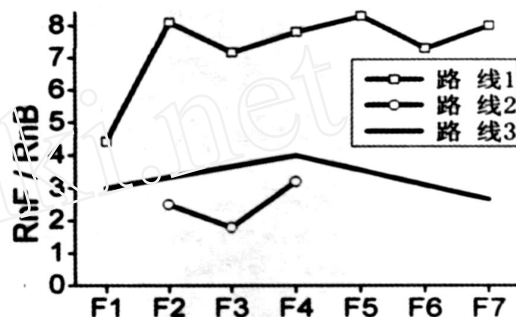


图6 不同路线断裂相对活动强度比较图

参考文献:

- [1] Porstendorfer J. Properties and behaviour of radon and thoron and their decay products in the air[J]. Aerosol Sci, 1994, 25(2): 229-246
- [2] Malmqvist L, Isaksson M. 氡通过基岩和土壤迁移[J]. 国外铀金地质, 1990, (3): 59-63
- [3] 贾文懿, 方方, 周蓉生, 等. 氡及其子体运移规律与机理研究[J]. 核技术, 2000, 23(3): 179-175
- [4] 乐仁昌, 贾文懿, 吴允平. 理想条件下氡及其子体运移新理论及其运移方程[J]. 物理学报, 2003, 52(10): 2457-2461
- [5] 曹玲玲, 王宗礼, 刘耀炜. 氡迁移机理研究进展概述[J]. 地震研究, 2005, 28(3): 302~306
- [6] 孙凯男, 郭秋菊, 程建平. 土壤物理性质对土壤氡浓度及地表氡析出率的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2005, 25(1): 78-80
- [7] 周雄华, 王小群, 刘华军, 等. 氡气测量在工程地质中的应用[J]. 铀矿地质, 2004, 20(1): 45-50
- [8] 贾文懿. 氡气测量及其在寻找基岩地下水、地热和工程地质中的应用[J]. 物探与化探, 1987, 11(5): 489-491

The application of radon test on researching blind fault activity in Qinling orogenic belt

WANG L iang, ZHAO Jun-hai, ZHANG Jun, L I X iu

(1. School of Civil Engineering, Chang 'an University, Xi 'an 710061, China;

2. School of Geology Engineering and Geomatics, Chang 'an University, Xi 'an 710054, China)

Abstract: The authors use the method of radon test to probe the main fault in Qinling orogenic belt. At first, they analyze typical test profiles, discriminate their spatial distribution position, and its relative active intensity, then obtain the main controlling fault which influence crustal stability of research area. Then unifies three radon tests route, after the contrast research, obtains the spatial distribution characteristic of fault relative activity intensity in research area.

Key words: radon test; fault; relative activity intensity; Qinling orogenic belt

(责任编辑 唐汉民)