

宁芜玢岩铁矿钠长石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年及意义*

余金杰 毛景文

中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037

摘要 梅山铁矿主矿体下部钠长石岩带和陶村铁矿的钠长石岩带中钠长石的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 测定结果表明, 2件样品的坪年龄分别为 (122.90 ± 0.16) 和 (124.89 ± 0.30) Ma, 相对应的等时线年龄分别为 (122.60 ± 0.16) 和 (124.90 ± 0.29) Ma. 通过对长江中下游中生代地球动力学演化分析, 认为玢岩铁矿成矿亚系列形成于岩石圈大规模拆沉作用和郑庐断裂带发生强烈左行走滑的环境下, 而夕卡岩型-斑岩型铜、钼、金成矿亚系列形成于应力转换期.

关键词 钠长石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄 玢岩铁矿 拆沉作用 宁芜

宁芜地区玢岩铁矿是一组与陆相火山岩-次火山岩有关的铁矿床组合^[1], 它包括梅山铁矿、凹山铁矿和姑山铁矿等. 研究区位于长江中下游工业走廊, 矿石比较富, 上世纪70~80年代, 在该区进行了大规模的地质找矿和勘查, 也进行了详细的科研工作, 对玢岩铁矿的矿床类型、蚀变分带和成因进行了深入细致的研究^[1~9], 提出了著名的玢岩铁矿成矿模式^[1]. 然而, 迄今为止, 这些重要的铁矿床仍缺乏准确的成矿年代测定, 前人根据成矿母岩辉长闪长(玢)岩的K-Ar和Rb-Sr年龄间接推断矿床形成于中生代. 本次研究从梅山铁矿和陶村铁矿石中选出钠长石进行 ^{40}Ar - ^{39}Ar 测定, 首次厘定了玢岩铁矿的成矿时代, 在此基础上探讨其形成的地球动力学环境.

1 地质概况

宁芜玢岩铁矿床沿长江断裂带东侧呈北北东向带状展布, 北起江苏省梅山铁矿, 南至安徽省钟姑山矿田, 全长约80km. 宁芜矿集区内矿床(点)有3个明显密集段: 北段以梅山铁矿为中心, 中段以凹山铁矿为中心, 南段为钟姑矿田. 宁芜盆地呈纺锤形, 略向长江方向倾伏, 四周出露火山岩基底(T_2 - J_2). 自梅山北到当涂一带, 火山岩带最宽约16km, 向南沿宁芜线呈狭窄的带状, 宽度不足3km, 明显受北北东向拉张断裂控制. 宁芜盆地火山岩由龙王山组、大王山组、姑山组和娘娘山组组成(图1). 盆

地中部为火山隆起带, 由大王山组火山杂岩的串珠状火山隆起和次火山岩穹隆(辉长闪长玢岩或辉长闪长岩)等正向火山构造构成, 其连线(断裂喷发侵入岩带)也显示受北北东向基底拉张断裂控制; 盆地西部为火山坳陷带, 以火山洼地、破火山口等负向火山构造为主, 其深部多被花岗岩侵占. 玢岩铁矿的围岩蚀变通常可分为3个带, 即下部的浅色蚀变带、中部深色蚀变带和上部浅色蚀变带^[1~4,8]. 下部浅色蚀变带以强烈的钠长石化为特点, 主要由不含水的硅酸盐矿物钠长石、钠柱石、辉石和石榴石组成, 中部深色蚀变带由含水硅酸盐矿物阳起石、绿泥石和绿帘石等组成, 上部浅色蚀变带以硅化、泥化、碳酸盐化为主, 伴有黄铁矿化、硬石膏化和明矾石化. 产于各蚀变带中铁或铁(磷)矿体显然属于气化-热液交代成因.

2 样品及实验方法

本次研究的样品M88-2, t-k-2分别采自梅山铁矿主矿体下部钠长石岩带和陶村铁矿的钠长石岩带. 钠长石岩带构成玢岩铁矿的特征性蚀变之一, 它的形成导致铁被析出^[1~4,8,10]. 钠长石岩手标本为浅肉红色, 镜下一般为它形, 局部结晶好的为不规则板状, 边缘为锯齿状. 钠长石岩为细-中粒花岗变晶结构, 块状构造. 钠长石岩中钠长石含量约90%, 少量磷灰石(0.03~0.1mm)和磁铁矿(0.01~0.05mm)不规则散布在岩石中.

2002-01-24 收稿, 2002-03-29 收修改稿

* 国家重点基础研究发展规划项目资助(编号: G1999043206)

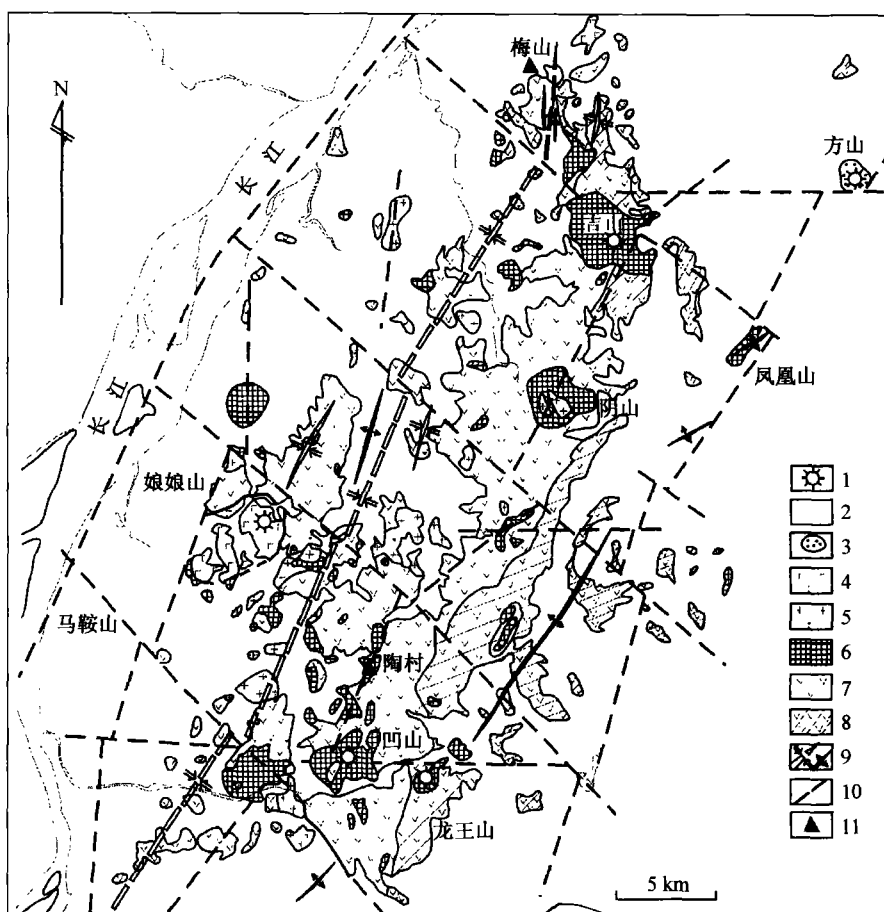


图1 太山-凹山一带地质简图^[1]

1. 喷发中心; 2. 第四系; 3. 古新世玄武岩; 4. 娘娘山组火山岩; 5. 花岗岩; 6. 辉长闪长(玢)岩;
7. 大王山组火山岩; 8. 龙王山组火山岩; 9. 向斜、背斜轴; 10. 断层; 11. 采样地点

上述2件样品经粉碎碾磨后,在双目镜下挑选出新鲜无蚀变的钠长石单矿物,纯度达99%以上.样品在中国原子能科学研究院49-2核反应堆进行快中子照射,照射时间为3620 min(2个样品照射参数见表1和2),积分中子注量为 $1.44 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2$. Ar同位素测量在英国VSS公司生产的RGA10质谱仪上进行.测量值进行了记忆效应、分馏效应、空白本底校正、大气Ar校正、K, Ca, Cl诱发同位素校正和 ^{37}Ar 放射性衰变校正.采用的校正因子为: $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_a = 294.2$, $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{Ca} = 2.64 \times 10^{-4}$, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_K = 3.05 \times 10^{-2}$, $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{Ca} = 6.87 \times 10^{-4}$, $(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_K = 0.01$, $(^{38}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{Ca} = 3.81 \times 10^{-5}$, $(^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_a = 0.1869$,其中 $(^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar})_{Cl}$ 为时间的函数,依样品出堆时间的长短而作校正.年龄计算采用的 ^{40}K 衰变常数为 $5.543 \times$

$10^{-10}/\text{a}$. 年龄值和 $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$ 比值误差按 1σ 计.

3 分析结果

2件样品的测试数据见表1和表2.样品M88-2进行了11个阶段的分步加热,加热温度区间为 $400 \sim 1450^\circ\text{C}$,其年龄谱图(图2(a))上的低温区($400 \sim 600^\circ\text{C}$)显示出一高二低的视年龄,与低量 $^{39}\text{Ar}_K$ (其析出百分数为8.04%)造成的测量误差及 $^{39}\text{Ar}_K$ 核反冲有关^[11,12].M88-2号样品年龄谱具非常好的坪年龄(图2(a)),位于第4到第9的6个连续阶段,温度变化于 $700 \sim 1200^\circ\text{C}$, ^{39}Ar 析出量占87.6%.6个阶段的 $(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar})_K$ 比值很一致,构成连续完好的年龄坪,坪年龄为 $(122.90 \pm 0.16) \text{ Ma}$.同时,与年龄坪对应点也构成相关系数为0.9999的等时线,获得等时线年龄为 $(122.60 \pm 0.16) \text{ Ma}$ (图2(b)),样品初始比值 $A = 300.0 \pm 7.9$,在误差

范围内与大气氩比值(295.5 ± 5)大致相当. t-k-2号样品进行了10个阶段的分步加热, 加热温度区间为420~1400℃, 其年龄谱图(图3(a))上的低温区(420~550℃)显示一高一低的视年龄, 同样与低量 $^{39}\text{Ar}_K$ (其析出百分数为4.09%)造成的测量误差及 $^{39}\text{Ar}_K$ 核反冲有关^[11,12]. 年龄谱具非常好的坪年龄(图3(a)), 位于第3到第9的7个连续阶段, 温度变化于650~1280℃, ^{39}Ar 析出量占93.94%. 7

个阶段的($^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$)_K比值也非常一致, 构成连续完好的年龄坪, 坪年龄为(124.89 ± 0.30)Ma. 同时, 与年龄坪对应点也构成相关系数为0.9999的等时线, 获得等时线年龄为(124.90 ± 0.29)Ma(图3(b)), 样品初始比值 $A = 295.0 \pm 16.4$, 在误差范围内与大气氩比值(295.5 ± 5)完全相同.

总之, 2件样品的数据排除了过剩Ar的影响, 因此测定结果准确和可靠.

表1 钠长石(M88-2) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法地质年龄数据表^{a)}

加热阶段	加热温度 /℃	($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	$^{39}\text{Ar}_K$ $\times 10^{-12}/\text{mol}$	($^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$) $\pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_K/\%$	视年龄($t \pm 1\sigma$)/Ma
1	400	20.247	0.0346	2.3388	0.1722	2.339	10.23 ± 0.01	1.73	173.54 ± 3.46
2	520	10.853	0.0219	1.6413	0.1115	3.800	4.505 ± 0.00	2.81	78.48 ± 1.12
3	600	10.588	0.0161	1.5888	0.0955	4.727	5.935 ± 0.00	3.50	102.68 ± 1.39
4	700	9.1943	0.0071	0.8461	0.0419	9.784	7.144 ± 0.00	7.24	122.91 ± 1.48
5	800	7.4157	0.0011	0.8332	0.0154	41.27	7.124 ± 0.00	30.5	122.57 ± 1.44
6	900	7.8412	0.0023	0.8676	0.0184	29.21	7.182 ± 0.00	21.6	123.54 ± 1.45
7	1000	8.1875	0.0036	0.8698	0.0213	22.25	7.157 ± 0.00	16.4	123.12 ± 1.45
8	1100	9.4791	0.0083	1.2131	0.0387	11.12	7.099 ± 0.00	8.24	122.16 ± 1.47
9	1200	11.886	0.0165	1.8657	0.0726	4.912	7.158 ± 0.00	3.63	123.13 ± 1.61
10	1300	14.768	0.0231	2.2556	0.0894	3.497	8.112 ± 0.00	2.59	138.93 ± 1.99
11	1450	22.500	0.0375	2.7467	0.1102	2.037	11.68 ± 0.01	1.50	196.80 ± 3.86

a) 样品重量 $w = 0.1483\text{g}$, 照射参数 $J = 0.009868$. 测试单位: 中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 定年实验室, m 代表样品中测定的同位素比值.

表2 钠长石(t-k-2) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法地质年龄数据表^{a)}

加热阶段	加热温度 /℃	($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	$^{39}\text{Ar}_K$ $\times 10^{-12}\text{mol}$	($^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$) $\pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_K$ /%	视年龄($t \pm 1\sigma$) /Ma
1	420	21.620	0.0446	2.2626	0.1396	2.073	8.640 ± 0.01	1.68	148.04 ± 2.26
2	550	12.890	0.0273	1.7958	0.1046	2.965	4.968 ± 0.00	2.41	86.61 ± 1.18
3	650	11.914	0.0159	1.4265	0.0829	4.357	7.313 ± 0.00	3.54	126.08 ± 1.61
4	750	9.0163	0.0061	0.6617	0.0381	11.31	7.234 ± 0.00	9.21	124.76 ± 1.47
5	850	7.8305	0.0016	0.2736	0.0182	27.37	7.324 ± 0.00	22.2	126.27 ± 1.47
6	950	7.5625	0.0012	0.5952	0.0240	37.10	7.214 ± 0.00	30.2	124.44 ± 1.45
7	1050	8.1447	0.0033	0.8296	0.0316	20.49	7.186 ± 0.00	16.6	123.96 ± 1.45
8	1150	9.3333	0.0072	0.8437	0.0479	11.12	7.230 ± 0.00	9.06	124.70 ± 1.49
9	1280	12.349	0.0180	2.1760	0.1054	3.845	7.189 ± 0.00	3.13	124.01 ± 1.67
10	1400	21.774	0.0430	2.8837	0.1666	2.153	9.344 ± 0.01	1.75	159.59 ± 2.62

a) 样品重量 $w = 0.1421\text{g}$, 照射参数 $J = 0.009898$. 测试单位: 中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 定年实验室

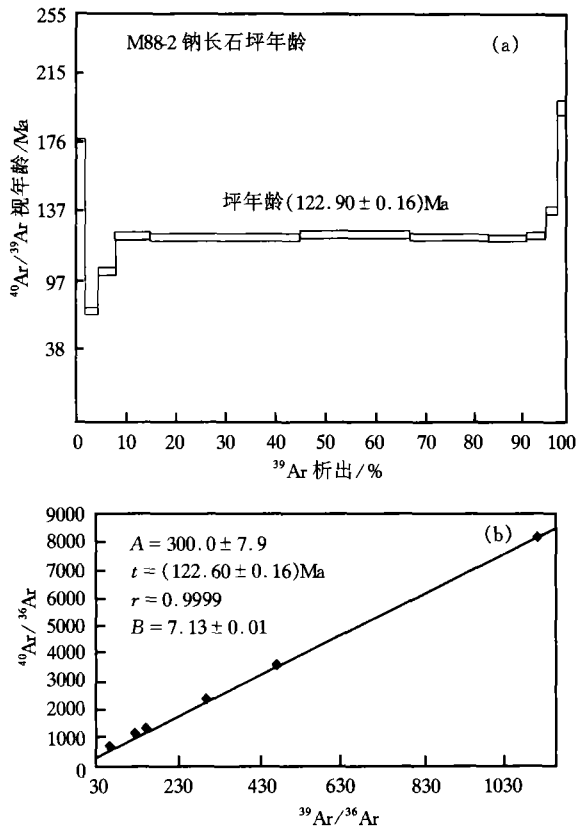


图2 梅山铁矿钠长石坪年龄和等时线年龄

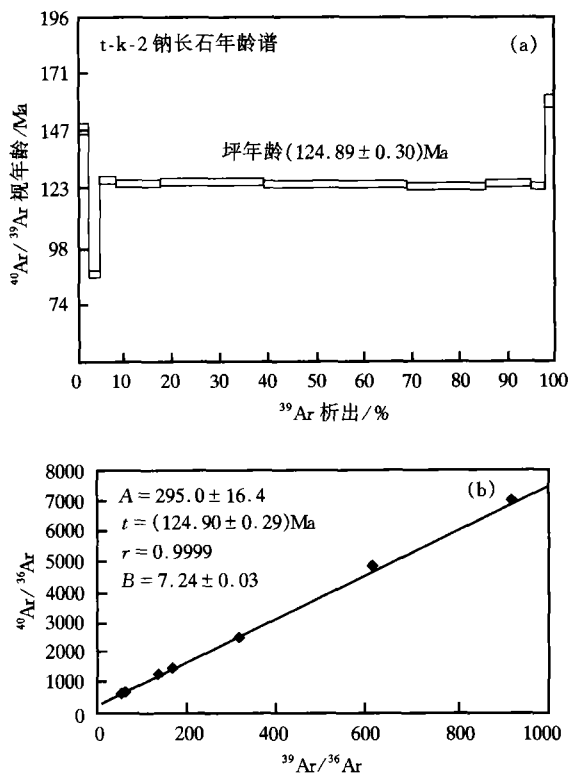


图3 陶村铁矿钠长石坪年龄和等时线年龄

4 地质意义

单矿物 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄记录的是被测矿物冷却年龄^[13],可能是矿物的结晶年龄,也可能是矿物被彻底改造后 $^{40}\text{Ar}^*$ 重新积累的后期热事件的时间.宁芜盆地钠长石形成之后未受到后期热事件的影响,钠长石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄应代表钠长石结晶年龄或矿化年龄.

宁芜盆地与成矿有关的侵入岩为辉长闪长玢岩或辉石闪长岩, K-Ar 同位素年龄为 120~125 Ma, 为大王山组火山旋回的产物^[1]. 钠长石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄为 123~125 Ma, 显示成岩成矿时差较小, 表明两种成因上的密切联系.

翟裕生等^[8]将长江中下游成矿带中铁铜矿床划分为 3 个成矿亚系列: (1) 夕卡岩型-斑岩型铜、钼、金成矿亚系列; (2) 玢岩铁矿成矿亚系列; (3) 夕卡岩型铁和铁铜成矿亚系列.

从时间上来看, 长江中下游成矿带中的岩浆活动主要有 2 期: 早期约在 140 Ma, 形成夕卡岩型-斑岩型铜、钼、金成矿亚系列. 例如铜陵矿集区高钾酸性岩浆(闪长岩质-石英闪长岩质)的形成时代为 137~140 Ma^[14], 九瑞地区城门山石英斑岩中辉钼矿 Re-Os 同位素年龄值为 $(140 \pm 2) \text{Ma}$ ^[15]; 晚期约在 120 Ma, 形成玢岩铁矿成矿亚系列.

自燕山期开始, 整个中国东部的区域构造体制发生转换, 主应力场由南北向转变为近东西向, 开始濒太平洋构造演化阶段^[16]. 这种构造体制转换波及到盖层、基底和整个岩石圈系统, 侏罗系末期髫髻山组火山岩标志构造体制转换时期, 其时限约 140 Ma^[1]. 如果这一认识正确, 长江中下游夕卡岩型-斑岩型铜、钼、金成矿亚系列形成于应力转换期.

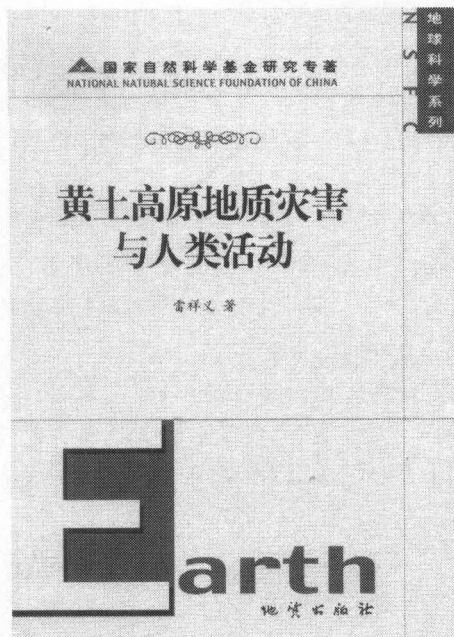
中国东部岩石圈在中生代快速减薄到不足 80 km^[17], 岩石圈拆沉或岩石圈去根是其主因^[17]. 这种大幅度减薄的时限限制在白垩纪中晚期, 尽管新生代仍然在持续^[1]. 郯庐断裂带发生大规模左行平移的时间为 120~132 Ma^[18], 这一时期正是中国东部岩石圈减薄较剧烈、古太平洋板块向欧亚大陆斜向快速俯冲、郯庐断裂带发生强烈的左行走滑的关键时段. 在岩石圈伸展-减薄和郯庐断裂带发生大规模左行平移构造环境下, 深部上地幔物质和热能大规模强烈上涌, 形成玢岩铁矿成矿亚系列.

1) 毛景文, 等. 华北中生代大规模成矿的地球动力学背景. 从金属矿床年龄精测得到启示(待发表)

致谢 本文野外工作期间得到徐志刚、王立华、盛继福、贺菊瑞研究员，叶水泉总工程师，阮光荣和娄永良高级工程师等同志热心帮助，笔者深表谢意。

参 考 文 献

- 1 宁芜研究项目编写小组. 宁芜玢岩铁矿. 北京: 地质出版社, 1978
- 2 张荣华. 长江中下游玢岩铁矿围岩蚀变的地球化学分带. 地质学报, 1979, 53(2): 137
- 3 常印佛, 等. 长江中下游铜铁成矿带. 北京: 地质出版社, 1991
- 4 陈毓川, 等. 梅山铁矿——一个矿浆热液矿床. 中国地质科学院院报 矿床地质研究所分刊, 1980, 2(1): 26
- 5 李秉伦, 等. 宁芜地区宁芜型铁矿的成因、分类和成矿模式. 中国科学, B辑, 1984, (1): 80
- 6 中国科学院地球化学研究所. 宁芜型铁矿床形成机理. 北京: 科学出版社, 1987
- 7 卢冰, 等. 宁芜型铁矿床成因和成矿模式的探讨. 矿床地质, 1990, 9(1): 13
- 8 翟裕生, 等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京: 地质出版社, 1992
- 9 林新多编著. 岩浆-热液过渡型矿床. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999. 33
- 10 王玉荣, 等. 碱交代与铁矿形成的地球化学机理探讨. 地球化学, 1981, (1): 95
- 11 王松山. 清原树基沟英云闪长岩⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄谱. 地质科学, 1986, 1: 97
- 12 王义天, 等. 嵩县祁雨沟金矿成矿时代的⁴⁰Ar-³⁹Ar年代学证据. 地质论评. 2001. 47(5): 551
- 13 Owen J W, et al. Metamorphic conditions and geochronologic contrasts across the Grenvill Front Zone, Coastal Labrador. Lithos, 1988, 21: 13
- 14 唐永成, 等. 安徽沿江地区铜多金属矿床地质. 北京: 地质出版社, 1998
- 15 吴良士, 等. 江西城门山铜矿铀-钍同位素研究. 矿床地质, 1997, 16(4): 376
- 16 任纪舜. 论中国大陆岩石圈构造的基本特征. 中国区域地质, 1991, 2: 289
- 17 邓晋福, 等. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙. 北京: 地质出版社, 1996
- 18 朱光, 等. 郟庐断裂带的走滑时代的⁴⁰Ar/³⁹Ar年代学研究及其意义. 中国科学, D辑, 2001, 31(3): 250



国家自然科学基金研究成果专著

《黄土高原地质灾害与人类活动》雷祥义, 等 编著

地质出版社 定价: 40.00 元

本书在论述黄土高原地质地貌环境的基础上, 对黄土高原主要的人为地质灾害诸如黄土湿陷、黄土滑坡与崩塌、水土流失、泥石流、土壤次生盐渍化、地面沉降及土地沙质荒漠化的形成过程与机制, 时空分布规律, 分类方案, 对人民生命财产的危害等进行了比较全面系统的论述, 提出了相应的治理与防御对策; 探讨了有关合理利用地质环境与可持续发展方面的问题. 书中内容充实, 资料丰富, 涵盖面广, 为减灾防灾, 改善环境, 协调人-地关系提供了有价值的科学依据.

本书可供地质灾害、环境地质、工程地质、环境保护、水土保持、交通、工矿、水利、农业、林业、牧业、城镇规划等专业的科技工作者, 有关高等院校的师生及政府部门的领导和干部参考.