

山西铝土矿 Rb-Sr 同位素定年

王银喜^{1,2)} 李惠民^{1,2)} 顾连兴²⁾ 吴昌志²⁾ 柴东浩³⁾
陈 平⁴⁾ 王随生³⁾ 张京俊³⁾

PS A

(1)南京大学现代分析中心,江苏 南京,210093;2)南京大学内生金属矿床成矿作用国家重点实验室,
江苏 南京,210093;3)山西省地质科学研究所,山西 太原,030006;
4)山西省国土资源局,山西 太原,030006)

摘 要 采用 Rb-Sr 全岩与粘土矿物等时线年龄方法测得山西五台剖面(RS01),临县剖面(RS02)和孝义剖面(RS03)的 3 个含矿粘土岩的 Rb-Sr 同位素年龄分别为:316.9 ± 1.2 Ma, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.71054 ± 14; 315.5 ± 1.3 Ma, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.71086 ± 18; 317.3 ± 1.1 Ma, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.71050 ± 14。它们代表了铝土矿和含矿系列成矿的同位素年龄,相当于晚石炭世早期。

关键词 山西铝土矿 Rb-Sr 铝土粘土岩同位素年龄 晚石炭世早期

Rb-Sr Isotope Dating of Bauxite Deposits in Shanxi Province

WANG Yinxi^{1,2)} LI Huimin^{1,2)} GU Lianxing²⁾ WU Changzhi²⁾ CHAI Donghao³⁾
CHEN Ping⁴⁾ WANG Suisheng³⁾ ZHANG Jingjun³⁾

(1)Center of Modern Analysis, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093; 2)State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093; 3)Shanxi Institute of Geological Sciences, Taiyuan, Shanxi, 030006;
4)Shanxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Taiyuan, Shanxi, 030006)

Abstract The authors determined Rb-Sr isotope ages and initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of three bauxite whole rock and clay mineral samples from Wutai(RS01), Linxian(RS02) and Xiaoyi (RS03) in Shanxi Province. They are 316.9 ± 1.2 Ma and 0.71054 ± 14, 315.5 ± 1.3 Ma and 0.71086 ± 18, and 317.3 ± 1.1 Ma and 0.71050 ± 14, respectively. These ages indicate that the bauxite and the ore-hosting sedimentary sequence in Shanxi Province were deposited in the time interval between 315 Ma and 317 Ma, corresponding to the Late Carboniferous Epoch.

Key words bauxite deposit Rb-Sr isotope dating Late Carboniferous Shanxi

山西铝土矿,即中奥陶统碳酸盐岩与二分之石炭系(王鸿祯等,1990;汪曾荫等,1996)上石炭统含煤岩系之间,泛指(G层铝土矿+山西式铁矿)的一套岩石组合。这套岩石组合虽然厚度不大,但层位稳定,岩性特殊,其展布并不因基底和盖层地质时代的改变而改变,属于独立的岩石地层组。众所周知,包括铝土矿在内的含矿岩系是刘鸿允先生等(1957)命名的,称铁铝岩组。关于铁铝岩组的地质时代,其年龄界定应等同于一般沉积岩,以其所含化石(主要是孢粉)的时代为铁铝岩组的地质时代。采用同位素

年龄测定应反映其地质时代。二者的结合有可能最终解决铝土矿的地质时代问题。前人已做了大量基础地质工作(陈平等,1997,1998),但系统的同位素年代学研究尚属空白。笔者多处取样对铁铝岩组的地质时代进行 Rb-Sr 同位素年代学研究,并将所获结果与生物地层学和 K-Ar 同位素年代学结果作了对比,以便进一步确定山西铝土矿的成因和演化。

1 地质概况与矿体特征

山西地貌属中国黄土高原的一部分,泛指“山西

本文由国土资源部“山西铝土矿矿床成因与矿床模式研究”(原地质矿产部治科定:94-05)项目、地质矿产部“九五”科技攻关项目(9501102-04-01)、国家自然科学基金(46973197)、南京大学成矿作用国家重点实验室基金和南京大学分析测试基金资助。

责任编辑:宫月萱。

第一作者:王银喜,男,1955年生,副教授,同位素地球化学专业;E-mail:wyxnu@sohu.com。

高原”,介于 $E110^{\circ}14' \sim 114^{\circ}32'$, $N34^{\circ}34' \sim 40^{\circ}43'$ 。区内地层除志留系、泥盆系缺失外,自中太古界阜平群至新生界第四系均有出露,其中以寒武系、奥陶系、上石炭统、二叠系、三叠系最为发育,且分布广泛。与山西铝土矿有直接联系的地层是中奥陶统及上石炭统(图1;陈平等,1997,1998)。

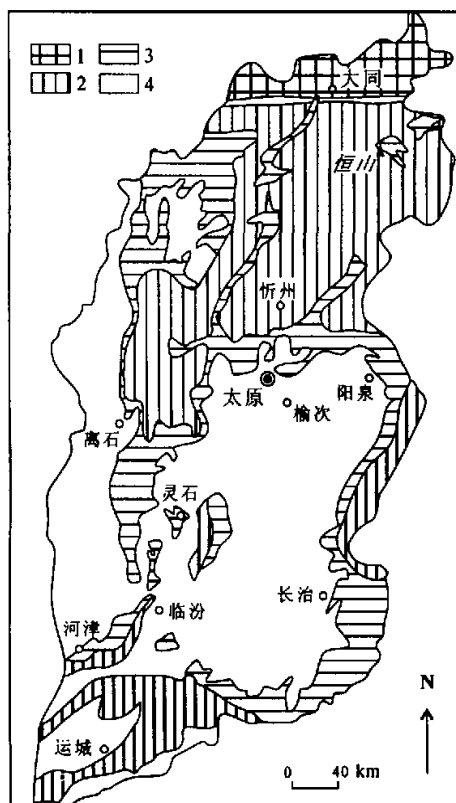


图1 山西铁铝岩组地区地质略图

Fig. 1 Geology of the ferrallite formation region, Shangxi province

- 1-奥陶系出露区;2-前石炭纪剥蚀区;3-剥蚀区;4-奥陶系覆盖区
1-emergence area of Ordovician system;2-denudation's area of Pre-Carboniferous;3-anchi-denudation's area;4-draping area of Ordovician system

山西地块(地理上包括山西及豫西)构造上属塔里木-华北板块(程裕淇等,1994)的 III 级构造单元。中奥陶世-早石炭世时期的山西地块处于兴蒙洋与秦祁洋之间,为一以碳酸盐岩为主的古陆块,而山西铝土矿就产生、积聚于该陆块的内部,因此在讨论山西铝土矿的矿床成因及矿床模式之前,概述包括 G 层铝土矿和山西式铁矿与 G 层粘土矿和阳泉式硫铁矿在内的“铁铝岩组”堆积沉积之前及之后的构

造古地理是必要的。因为构造古地理环境决定了山西铝土矿的由来及发展。铁铝岩组泛指华北中奥陶纪灰岩占侵蚀面之上的铁铝岩组合,即 G 层铝土矿和山西式铁矿和 G 层粘土矿和阳泉式硫铁矿)。G 层粘土(或铝土矿)由张文堂(1952)提出,指山西下石炭统粘土(或铝土矿)层。根据普查勘探和调查研究,在原本溪组铁铝岩段或原铁铝岩组(刘鸿允等,1957)及晋豫铁铝岩的涵盖范围内共有 3 种剖面类型,即孝义型(A 型)、阳泉型(S 型)及盘道梁型(C 型)。

孝义型即以 G 层铝土矿和山西式铁矿为主的传统剖面结构类型,广布于山西各地,层位稳定,连续性好,展布面积约占铁铝岩组(晋豫铁铝岩)总面积的 80% 以上。山西铝土矿的矿体形态主体为层状(层板状)或似层状。层状矿体的顶面相当平坦,是由当时的沉积环境所决定的,但矿体的底面则随基底古岩溶形态而凹凸不平,使铁铝层呈现出波状起伏的形态特征。矿体规模,单矿体长度和宽度大都在数十米及数千米之间,矿床级矿体一般在 1.0~3.0 km。其主要组成矿物,一般都在 6~8 种之间(表 4,表 5),其中硬水铝石+高岭石+绿泥石+伊利石占 95% 以上。勃姆石主要出现在晋北铝土矿中,伊利石、埃洛石及针铁矿、赤铁矿在各种不同矿石中都有出现,但含量低微。一水硬铝石(α - $Al(OH)_3$)(即硬水铝石或水铝石)是山西铝土矿最主要的矿石矿物。粘土矿物包括高岭石、埃洛石、叶蜡石、伊利石和绿泥石,其中高岭石和绿泥石是山西铝土矿的主要粘土矿物,伊利石是常见矿物。

2 分析方法与分析结果

Rb-Sr 同位素测定均在南京大学现代分析中心的英制 VG354 固体源质谱仪上完成。测得美国 NBS9⁸⁷Sr 同位素标准的数值为 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 $0.710223 \pm 8(2\sigma, n=9)$ 。化学制备与质谱分析方法、标准样测定结果及流程本底等见有关文献(王银喜等,1988)。

表 1 至表 3 分别列出了 Rb-Sr 同位素分析结果。等时线年龄计算采用美国地质调查所 K. Ludwig 博士编制的 ISOPLOT(2000 版)计算程序。计算 $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ 时所使用的参数为 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{CHUR}}$ 为 0.7045, $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_{\text{CHUR}}$ 为 0.0827 (Jacobsen 等,1984)。

3 讨论和结论

前已述及,晋豫铁铝岩主要由 3 种岩石(铝土

表 1 山西五台铝土粘土岩 Rb-Sr 同位素组成和等时线年龄

Table 1 Rb-Sr isotope compositions and isochron dating of the bauxite clayrock from Wu Tai in Shanxi

样品号码	样品名称	Rb/ $\times 10^{-6}$	Sr/ $\times 10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\epsilon\text{Sr}(t)$
RSO1	粘土矿物($<2\mu$)	198.2	42.36	13.38	0.770846 ± 27	90.2
RSO1	粘土矿物($<5\mu$)	259.4	7.18	9.578	0.753790 ± 24	91.6
RSO1	粘土岩	109.3	402.9	0.2711	0.711756 ± 28	90.9
RSO1	稀酸溶物	3.513	48.97	0.1979	0.71143 ± 26	91.0

表 2 山西临县铝土粘土岩 Rb-Sr 同位素组成和等时线年龄

Table 2 Rb-Sr isotope compositions and isochron dating of the bauxite clayrock from Linxian in Shanxi

样品号码	样品名称	Rb/ $\times 10^{-6}$	Sr/ $\times 10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\epsilon\text{Sr}(t)$
RSO2	粘土矿物($<2\mu$)	201.5	42.95	12.79	0.768343 ± 28	97.6
RSO2	粘土矿物($<3\mu$)	281.3	66.34	11.27	0.761441 ± 25	96.4
RSO2	粘土矿物($<5\mu$)	252.6	75.81	9.003	0.751267 ± 18	96.2
RSO2	粘土岩	69.36	790.2	0.2533	0.712009 ± 2	95.7

表 3 山西孝义铝土粘土岩 Rb-Sr 同位素组成和等时线年龄

Table 3 Rb-Sr isotope compositions and isochron dating of the bauxite clayrock from Xiaoyi in Shanxi

样品号码	样品名称	Rb/ $\times 10^{-6}$	Sr/ $\times 10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\epsilon\text{Sr}(t)$
RSO3	粘土矿物($<2\mu$)	246.9	49.12	13.75	0.772602 ± 24	91.4
RSO3	粘土矿物($<5\mu$)	281.6	67.05	11.61	0.762941 ± 22	96.0
RSO3	粘土岩	10.91	148.2	0.1728	0.711238 ± 25	89.9
RSO3	稀酸溶物	1.298	32.36	0.1258	0.711119 ± 28	91.2

矿、铝土岩及粘土岩)组成。岩层稳定,遍布全区。以往大量岩石学和矿物学研究,包括 DTA、XRD、IR、SEM、EDAX 等新一代测试仪器的鉴定,其组成矿物主要有 4 种:一水硬铝石和高岭石是主要矿物,其次是绿泥石和伊利石,两者总和在 95% 以上。除个别地区外,所有含铝土矿的粘土岩及铝土岩中几乎无云母碎屑存在,这就有可能对以(高岭石+绿泥石+伊利石)为主所构成的铝土粘土岩或铝土岩进行 Rb-Sr 全岩和粘土矿物等时线年龄测定(杨杰东等,1986),从而获得铝土矿的成矿时代。

考虑到铁铝岩厚度普遍较小(一般 10 m 左右),而粘土岩厚度更小,故沿同一岩性层加长了南北向的取样间距,总计 3 条主干采样剖面,分别是山西中部五台剖面(RSO1),临县剖面(RSO2),孝义剖面(RSO3),样品采自各大中型铝土矿床中的含矿粘土岩,其不同粒级的粘土矿物的提取方法见文献(杨杰东等,1986)。测试数据如表 1、表 2 和表 3。所获 Rb-Sr 全岩与粘土矿物等时线年龄如下:RSO1 为 316.9 ± 1.2 Ma, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.71054 ± 14 , MSWD 为 3.3(图 2);RSO2 为 315.5 ± 1.3 Ma, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.71086 ± 18 ; MSWD 为 2.77(图 3);RSO3 为 317.3 ± 1.1 Ma, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.71050 ± 14 , MSWD 为 3.17(图 4)。分析测定采用含矿粘土岩和提纯样品(提纯粘土矿物粒度分别小于 $2\mu\text{m}$, $3\mu\text{m}$ 和 $5\mu\text{m}$),另加 2 个稀酸溶物样品。RSO1、RSO2 和 RSO3 年龄值基本上是一致的,即在 315~317 Ma 范围内,代表了晋豫铁铝岩(铁铝岩组)成岩作用和铝土矿成矿的同位素年龄,相当于晚石炭世早期。

对比含碳质铝土岩的孢粉时代,除在矿层顶部煤线之下见有根座化石外,其余层位迄今均未见到大植物化石。20 世纪 80 年代虽采过一些铝土矿岩样送孢粉鉴定,但结果均收获。值得注意的是,采自孝义铝土矿克俄南采场的 Bf9601 样品(详见孝义克俄南采场实测剖面),不仅样品层位较低,且孢粉属种较多。据鉴定 *Torispor securis* 出现于石炭系 Westphalian 期(陈平等,1998),更老的地层中还未出现过该化石。并与山西关于孢粉的总结一致,属原中石炭统本溪组 SG 孢粉组合带,为华夏型植物孢粉初始阶段(汪曾荫等,1996),时代属晚石炭世早期。

综上所述,从 3 组 Rb-Sr 全岩和粘土矿物等时线年龄分别为 315.5 ± 1.3 Ma, 316.9 ± 1.2 Ma 和 317.3 ± 1.1 Ma 来看,各等时线年龄与 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 高温坪年龄 318.9 ± 3.0 Ma 值(陈平等,1998)近似,应该说作为 G 层铝土矿堆积沉积后的成岩年龄基本上是可信的,与区内的宁武宽草坪铝土矿区同一勘剖面相应层位所采到的古植物化石 *Neuropteris gigantean*, *N. kaipingiana*, 以及笔者在交口井沟

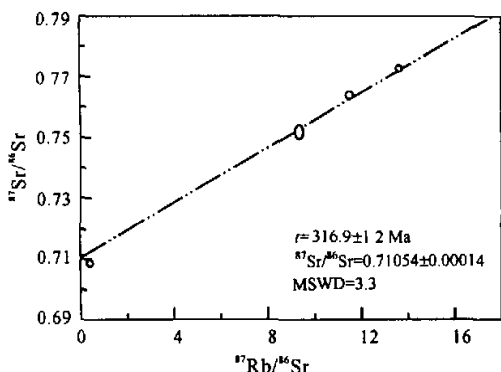


图2 山西五台铝土粘土岩-矿物 Rb-Sr 等时线年龄图

Fig. 2 Whole rock-mineral internal Rb-Sr isochron for bauxite clayrock from Wu Tai In Shanxi

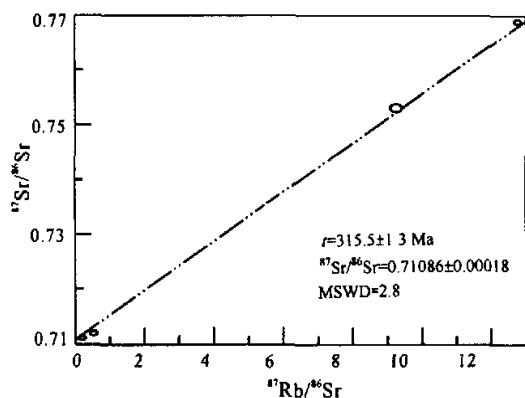


图3 山西临县铝土粘土岩-矿物 Rb-Sr 等时线年龄图

Fig. 3 Whole rock-mineral internal Rb-Sr isochron for bauxite clayrock from Linxian in Shanxi

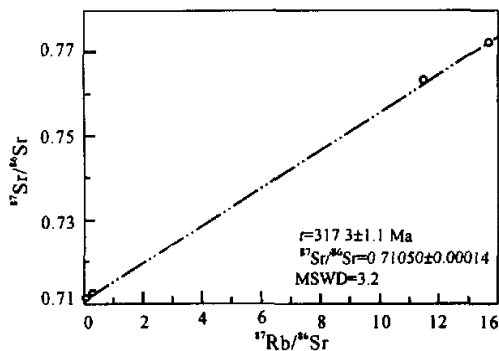


图4 山西孝义铝土粘土岩-矿物 Rb-Sr 等时线年龄图

Fig. 4 Whole rock-mineral internal Rb-Sr isochron for bauxite clayrock from Xiaoyi in Shanxi

相当层位所采到的孢粉化石 *Densosporites crassigranifer*, 和在孝义铝矿克俄南采场铝土矿下部含碳质铝土岩中所采到的孢粉 *Torispor securis* 所代表的年代地层是一致的, 时代为晚石炭世早期, 相当于

IUGS Global Stratigraphic Chart 的石炭系 Namurian 至 Westphalian, 约于中国地层时代代表 (王鸿祯等, 1990) 的石炭系达拉阶相当。即 315 ~ 317 Ma 的 Rb-Sr 同位素等时线年龄代表了晋豫铁铝岩 (铁铝岩组) 成岩作用和铝土矿成矿的同位素年龄, 相当于晚石炭世早期。

参考文献

- 陈平, 柴东浩. 1998. 山西铝土矿地质学研究. 太原: 山西科学出版社, 1~58.
- 陈平, 柴东浩. 1997. 山西地块石炭纪铝土矿沉积地球化学研究. 太原: 山西科学出版社, 1~30.
- 程裕祺主编. 1994. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社, 1~39.
- 孔宪桢, 许惠龙, 李润兰等. 1996. 山西晚古生代含煤地层和古生物群. 太原: 山西科学出版社, 1~45.
- 刘鸿允, 董育培, 应思维. 1957. 太原西山上古生代含煤地层研究. 科学通报, 18(4): 1~3.
- 王银喜, 杨杰东, 陶仙聪等. 1988. 化学矿物和岩石样品的 Sm-Nd 同位素实验方法, 研究及其应用. 南京大学学报 (自然科学版), (2): 297~308.
- 王鸿祯, 李光岑. 1990. 国际地层时代对比表. 北京: 地质出版社, 1~15.
- 汪曾荫, 刘汗南, 唐锦秀等. 1996. 华北地台晚古生代含煤地层多重划分. 华北地质矿产杂志, 11(3): 9~23.
- 杨杰东, 王银喜, 陶仙聪等. 1986. 中国大阳盆寒武系/奥陶系界线. 北京: 中国展望出版社, 61~76.
- 张文堂. 1955. 我国北方 G 层铝土矿及其时代问题. 地质知识, (6): 1~4.

Reference

- Cheng Ping, Chai Donghao. 1997. Sedimentary geochemistry of Carboniferous bauxite deposits in Shanxi massif. Shanxi Science and Technology Press, 1~58 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Ping, Chai Donghao. 1998. Bauxite geology of Shanxi China. Shanxi Science and Technology Press, 1~30 (in Chinese with English abstract).
- Cheng Yuqi. 1994. Review of regional geology, China. Beijing: Geological Press, 1~39 (in Chinese).
- Jacobsen S B, Wasserbury G J. 1984. Sm-Nd isotopic evolution of chondrites and achondrites II. Earth Planet Sci. Letter, 67: 137~150.
- Kong Xianzhen, Xu Huilong, Li Yunlan et al. 1996. Bearing-coal strata and paleobiological group for late Paleozoic, Shanxi. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 1~45 (in Chinese with English abstract).
- Liu Hongyun, Dong Yukai, Ying Siwei. 1967. Research on bearing-coal strata for upper Paleozoic from Xishan, Shanxi. Chinese Science Bulletin, 18(4): 1~3 (in Chinese).
- Wang Hongzhen, Li Guangcen. 1990. Contrast table for international stratum time. Beijing: Geological Press, 1~15 (in Chinese).
- Wang Yinxin, Yang Jiedong, Tao Xiangchong et al. 1988. A study of the Sm-Nd method for fossil mineral rock and its application. J. of Nanjing University (Natural Sciences Edition), (2): 297~308 (in Chinese).
- Wang Zengyin, Liu Hanman, Tang Jinxiu et al. 1996. The multiple classification of late Paleozoic stratigraphy of North China platform. Jour. Geol. & Min. Res. North China, 11(1): 9~23 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jiedong, Wang Yinxin, Tao Xiangchong et al. 1986. Aspects of Cambrian-Ordovician boundary in Dayangcha China. Beijing: China Prospect Publishing House, 61~76 (in Chinese).
- Zhang Wentang. 1955. Bauxite in G stratum and time from North China. Geological Knowledge, (6): 1~4 (in Chinese).