

文章编号: 1000-4734(2004)02-0112-05

会泽超大型铅锌矿床成矿时代研究

李文博^{1,2}, 黄智龙¹, 陈 进³, 韩润生⁴, 张振亮^{1,2}, 许 成¹(1. 中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039;
3. 云南会泽铅锌矿, 云南 会泽 654211; 4. 昆明理工大学 地球科学系, 云南 昆明 650093)

摘要: 云南会泽超大型铅锌矿床由麒麟厂和矿山厂两个独立的铅锌矿床组成。利用两组同源矿物组合 Rb-Sr 等时线方法测定了麒麟厂 6 号矿体的成矿时代, 测定结果分别为 $(225.1 \pm 2.9) \text{Ma}$ 和 $(225.9 \pm 3.1) \text{Ma}$, 根据已知的分布于该矿床北部和西南部分布的峨眉山玄武岩成岩时代为 250 Ma 左右, 有多个火山喷发旋回, 显示多期的喷发活动, 认为川—滇—黔成矿区内铅锌成矿作用与峨眉山玄武岩岩浆活动存在成因联系。

关键词: 同源矿物组合 Rb-Sr 等时线; 成矿时代; 云南会泽超大型铅锌矿床

中图分类号: P597 **文献标识码:** A

作者简介: 李文博, 男, 1976 年生, 博士研究生, 主要从事矿床地球化学研究。

云南会泽超大型铅锌矿床位于川—滇—黔铅锌成矿区中南部。许多研究者从成矿地质背景、矿床地质、成矿物质和成矿流体来源等方面对该矿床进行过研究^[1-8], 先后提出过多种成因模式, 如岩浆-热液成因^[9]、沉积成因^[10]、沉积-原地改造成因^[11]、沉积-改造成因^[12,13]、沉积-成岩期后热液改造-叠加成因^[1]、沉积-改造-后成成因^[3]、MVT 矿床^[5]和贯入-萃取-控制成因^[8]等。由于铅锌矿床之间存在很大的差异^[14-16], 正确理解铅锌矿床成因信息的最大障碍就是缺乏成矿年代学方面的资料。如果能够精确厘定这些矿床的成矿时代, 对探讨其成矿物质、成矿流体来源和建立合理的矿床成因模式将具有十分重要意义。

实际上, 铅锌矿床定年一直是国内外地学界研究的难题, 即使是世界上研究程度很高的 MVT 矿床都是如此^[17-19], 其主要原因是铅锌矿床中一般缺少可以直接用于同位素定年的矿物。刘建明等^[20]指出用热液矿物组合 Rb-Sr 等时线测定热液矿床的成矿时代是比较理想的, 由于不同矿物相具有不同的化学势, 从而使化学性质不同的 Rb 和 Sr 发生化学分异, 结果使从同一成矿母溶液中沉淀出的一组共生矿物具有不同的 Rb/Sr 比值。

用一组共生热液矿物来开展 Rb-Sr 等时线定年, 不仅符合 Rb-Sr 等时线定年的所有基本前提, 而且还将极大地提高 Rb-Sr 等时线的精确度。本文利用会泽超大型铅锌矿床麒麟厂 6 号矿体两组同源矿物组合 Rb-Sr 等时线测定了会泽超大型铅锌矿的成矿时代。

1 地质特征

会泽超大型铅锌矿床受构造控制明显, 位于 NE 向的小江深大断裂带、NS 向的昭通—曲靖隐伏断裂带和 NW 向的紫云—娅都断裂带的构造复合部位, 主要的控矿构造是北东向的矿山厂断裂、麒麟厂断裂、银厂坡断裂及牛栏江断裂(图 1)。矿区岩浆岩主要为二叠纪峨眉山玄武岩, 出露于矿床北部和西南部 1 km。

矿床由相距约 3 km 的矿山厂矿床和麒麟厂矿床组成(图 1), Li 等^[21]总结其主要特征为: ① 矿区出露从震旦系灯影组至二叠系栖霞茅口组多个时代的碳酸盐地层, 但是矿体都毫无例外的产于石炭系摆佐组肉红色粗晶白云岩中; ② 矿体形态不规则, 多为似筒状、扁柱状、透镜状、囊状和脉状, 剖面上总体呈“阶梯状”分布; ③ 矿体与围岩接触界线清晰; ④ 矿床的上部为氧化矿, 下部为原生矿, 中间为混合矿, 氧化矿组成相当复杂, 而原生矿组成相当简单, 矿石矿物为方铅矿、闪锌矿和黄铁矿, 脉石矿物主要为方解石, 其它矿物少

收稿日期: 2004-01-15

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 40372048); 云南省省院省校科技合作项目(2000YK-04)

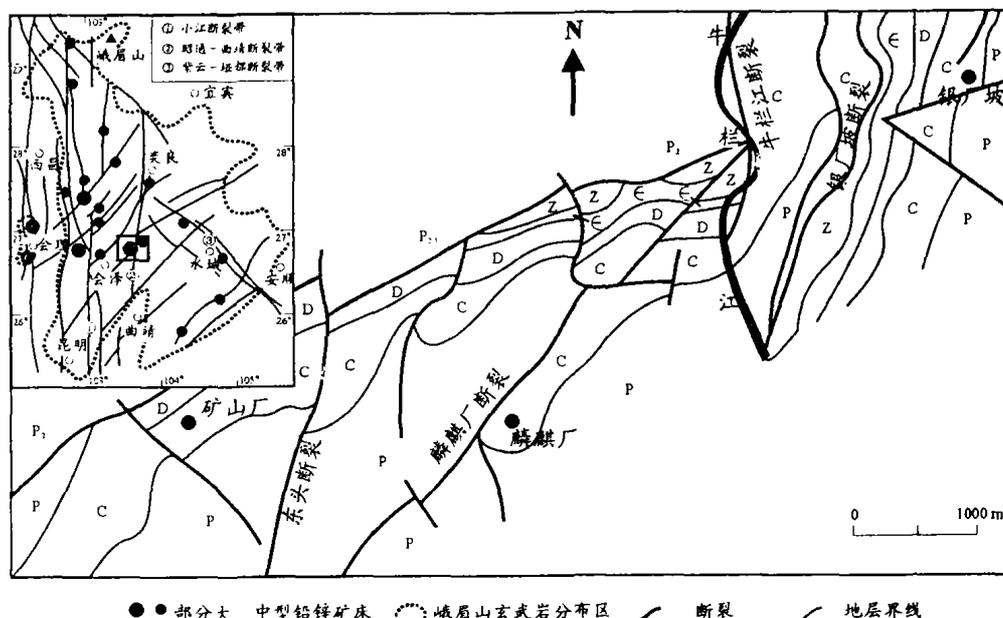


图 1 会泽超大型铅锌矿床地质图

Fig. 1. Geological map of the Huize giant Pb-Zn deposit.

见;⑤ 矿石铅锌品位极高(开采的矿石 Pb + Zn 平均品位大于 30%,部分矿石 Pb + Zn 含量大于 60%),伴生有用分散元素多(Ag、Ge、Ga、Cd、In 等);⑥ 矿体从底部到顶部矿物组合出现分异现象,大致为铁闪锌矿-粗晶黄铁矿-少量方解石→闪锌矿-方铅矿-黄铁矿-方解石→细晶黄铁矿-方解石;⑦ 从浅部到深部,矿体有变厚、变富的趋势。

2 样品及其分析方法

本文测定了两条同源矿物组合 Rb-Sr 等时线,两块手标本均采自麒麟厂 6 号矿体地下坑道,取样位置相隔 15 m 左右。将手标本粉碎到 40~80 目,在双目镜下挑选出单矿物,由于会泽超大型铅锌矿床的原生矿石矿物组合极为简单,为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和方解石,样品数量有限,所以我们还挑选了不同颜色的闪锌矿。样品挑纯达 99% 以上,用蒸馏水清洗,低温蒸干,然后将纯净的单矿物样品在玛瑙研钵内研磨至 200 目左右待测。

样品的 Rb、Sr 同位素组成测定在南京大学现代分析中心同位素分析室完成,采用高压密闭熔样和阳离子交换技术分离和提纯,然后用英国产的 VG354 质谱仪测定。测定方法同方维萱等^[22]。测定的美国 NBS987 同位素标样为: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.710223 \pm 8$, Sr 的全流程空白为 $(5 \sim 7) \times 10^{-9}$

g , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位素比值用 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ 进行标准化。 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 的分析误差为 1%, $\lambda_{\text{Rb}} = 1.42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ 。等时线年龄用 ISOPLOT (Version 2.90, 1994) 程序计算。

3 结果及讨论

两组样品的 Rb、Sr 同位素组成测定结果见表 1,得到的 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 图均表现出很好的线性关系(图 2)。由于镜下鉴定黄铁矿、闪锌矿和方解石不存在明显穿插关系, $1/\text{Sr}$ 与 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 之间也不存在线性关系,可以认为图 2 所表现出的两条直线具有等时线意义。利用 ISOPLOT 软件包计算出样品 L-C-5 的等时线年龄为 $t = (225.1 \pm 2.9) \text{ Ma}$, 初始铷同位素组成为 $I_{\text{Sr}} = 0.717541$, $\text{MSWD} = 0.0225$; 样品 L-C-7 的等时线年龄为 $t = (225.9 \pm 3.1) \text{ Ma}$, $I_{\text{Sr}} = 0.716443$, $\text{MSWD} = 0.0796$ 。两组年龄值在误差范围内一致,初始铷同位素组成与 Zhou 等^[5] 的研究结果相近。

笔者对云南会泽超大型铅锌矿床的成矿时代早先也做过研究,测得 1 号矿体和 6 号矿体方解石 Sm-Nd 等时线定年结果分别为 $(228 \pm 16) \text{ Ma}$ 和 $(225 \pm 9.9) \text{ Ma}$, 闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄测定结果 6 号矿体为 $(223.5 \pm 3.9) \text{ Ma}$ 和 10 号矿体为 $(226 \pm 6.4) \text{ Ma}$ ^[21,23], 与本文研究结果一致。

表1 会泽超大型铅锌矿床同源矿物组合 Rb-Sr 同位素组成

Table 1. Rb-Sr isotopic analyses for minerals from the Huize giant Zn-Pb ore deposits

样品号	矿物名称	Rb/ 10^{-6}	Sr/ 10^{-6}	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
L-C-5	方解石	1.086	313.2	0.0106	0.717046 ± 17
L-C-5	浅色闪锌矿	0.6915	3.184	0.6471	0.719091 ± 23
L-C-5	黄铁矿	23.46	0.9735	69.71	0.940112 ± 25
L-C-5	深色闪锌矿	19.85	0.9532	61.28	0.913104 ± 29
L-C-5	方铅矿	1119	nd	nd	nd
L-C-7	深色闪锌矿	14.01	0.9813	42.14	0.851804 ± 26
L-C-7	黄铁矿	16.09	0.9542	47.59	0.869129 ± 28
L-C-7	方解石	0.7908	267.3	0.0088	0.716382 ± 21
L-C-7	方铅矿	1128	nd	nd	nd

注: nd 为未检出。

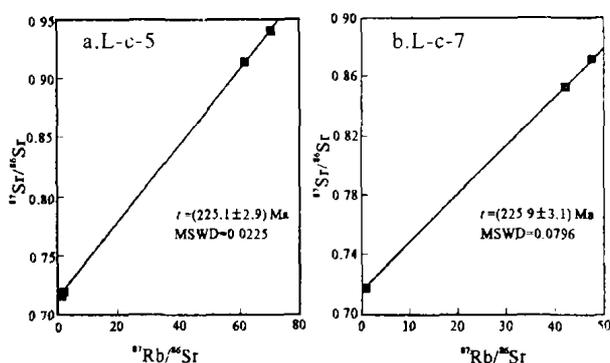


图2 会泽超大型铅锌矿床同源矿物组合 Rb-Sr 等时线图解

Fig. 2. Rb-Sr isochron for the (a) L-C-5 (b) L-C-7 from the Huize giant Pb-Zn deposit.

我国许多学者试图根据地质和区域铅锌矿床铅同位素模式年龄等间接方法确定的川—滇—黔铅锌成矿区各矿床的成矿时代也与本文研究结果相近。张云湘等^[24]根据铅同位素模式年龄的分组,认为康滇地轴东缘的铅锌矿床为多期成矿产物,主成矿期为海西晚期和燕山期。杨应选等^[25]根据构造矿化及铅同位素模式年龄,将这些铅锌矿床的成矿时代划分为海西成矿期和印支燕山成矿期。柳贺昌等^[3]也认为康滇地轴东缘铅锌矿床的成矿时代为海西成矿期和印支—燕山成矿期。张立生^[26]根据构造、矿石、围岩之间的关系等地质资料推断,整个川滇经向构造带东侧的铅锌矿床成矿作用发生于晚二叠纪峨眉山玄武岩喷发时期。管士平等^[27]在对本区 15 个矿床铅同位素资料总结的基础上,利用铅同位素组成计算出该区铅锌矿床成矿时代为 245 Ma。韩润生^[28]根据不

同时代岩石的实测古应力值反映的构造期次,推测会泽超大型铅锌矿床的成矿时代与峨眉山玄武岩岩浆喷发时代接近。

岩浆活动与成矿作用一般存在 3 ~ 25 Ma 以上的时差^[29-32], Leach 等^[33]对北美 6 个主要的 MVT 铅锌矿区的古地磁定年统计结果也显示,矿化过程可以持续 25 Ma。峨眉山玄武岩成岩时代为 250 Ma 左右^[34-36],有多个火山喷发旋回,显示多期次的喷发活动^[37-40]。川—滇—黔铅锌多金属成矿区中的绝大部分矿床(点),包括会泽超大型铅锌矿田在内,其外围均有大面积峨眉山玄武岩分布(图 1)。因此,许多学者认为峨眉山玄武岩在铅锌矿床成矿过程中可能起到提供部分成矿物质^[1,3,7,8,12]、成矿流体^[6,7,41]和成矿热力^[7,24,28,42]的作用,但缺乏铅锌矿床的准确年代学资料。本文的测定结果无疑为“峨眉山玄武岩岩浆活动与铅锌成矿存在成因联系”提供了重要的证据。

本次研究的两组样品的初始锶同位素组成分别为 0.717541 和 0.716443,还有此前计算的 1 号矿体方解石 $\epsilon_{\text{Nd}} = -10.6$, 6 号矿体方解石 $\epsilon_{\text{Nd}} = -10.8$, 以及 6 号矿体闪锌矿 $I_{\text{Sr}} = 0.717017$, 10 号矿体闪锌矿 $I_{\text{Sr}} = 0.716729$, 它们与本区峨眉山玄武岩、矿区各时代地层以及基底都有较大差别,其原因尚待进一步研究。

致谢: 在野外工作期间得到会泽铅锌矿地质科和资源接替指挥部的大力支持,同位素分析测试由南京大学现代分析中心同位素分析室王银喜工程师完成,在此一并致以诚挚的谢意。

参 考 文 献:

- [1] 陈进. 麒麟厂铅锌硫化物矿床成因及成矿模式探讨[J]. 有色金属矿床与勘查, 1993, 2(2): 85~89.
- [2] 陈进, 韩润生, 高德荣, 赵德顺. 云南会泽铅锌矿床地质特征及找矿方法模式[J]. 地质地球化学, 2001, 29(3): 124~129.
- [3] 柳贺昌, 林文达. 滇东北铅锌银矿床规律研究[M]. 昆明: 云南大学出版社, 1999.
- [4] 高德荣. 会泽铅锌矿床成矿地质条件及找矿方向[J]. 昆明理工大学学报, 2000, 25(4): 19~24.
- [5] Zhou Chaoxian, Wei Chunsheng, Guo Jiyun, Li Chaoyang. The source of metals in the Qilinchang Zn-Pb deposit, Northeastern Yunnan, China: Pb-Sr isotope constraints[J]. *Econ Geol*, 2001(96): 583~598.
- [6] 黄智龙, 陈进, 韩润生, 李文博, 高德荣, 赵德顺, 刘从强. 云南会泽超大型铅锌矿脉石矿物方解石 REE 地球化学[J]. 矿物学报, 2001, 21(4): 659~666.
- [7] 黄智龙, 陈进, 刘从强, 韩润生, 李文博, 赵德顺, 高德荣, 冯志宏. 峨眉山玄武岩与铅锌矿床成矿关系初探—以云南会泽铅锌矿床为例[J]. 矿物学报, 2001, 21(4): 681~688.
- [8] 韩润生, 刘从强, 黄智龙, 陈进, 马德云, 李元. 论云南会泽铅锌矿床成矿模式[J]. 矿物学报, 2001, 21(4): 674~680.
- [9] 谢家荣. 中国矿床学总论[M]. 北京: 学术书刊出版社, 1963.
- [10] 张位及. 试论滇东北 Pb-Zn 矿床的沉积成因和成矿规律[J]. 地质与勘探, 1984, (7): 11~16.
- [11] 陈士杰. 黔西滇东北铅锌矿成因探讨[J]. 贵州地质, 1986, 3(3): 211~222.
- [12] 廖文. 滇东、滇西 Pb-Zn 金属区 S、Pb 同位素组成特征与成矿模式探讨[J]. 地质与勘探, 1984, 1: 1~6.
- [13] 赵准. 滇东、滇东北地区铅锌矿床的成矿模式[J]. 云南地质, 1995, 14(4): 364~376.
- [14] Sangster D F. Mississippi Valley-type deposits: a geological mélange[A]. Kisvarsanyi G, Grant S K, Pratt WP, Koenig J W. *International Conference on Mississippi Valley-Type Lead-Zinc Deposits* [C]. Rolla, Missouri: University of Missouri Press, 1983. 7~19.
- [15] Sangster D F. Age of mineralization in Mississippi Valley-type (MVT) deposits: a critical requirement for genetic modeling[A]. Andrew J C. *Geology and Genesis of Mineral Deposits in Ireland* [C]. Dublin: Irish Association of Economic Geologists, 1986. 625~633.
- [16] Leach D L, Sangster D F. Mississippi Valley-type lead-zinc deposits[J]. *Geol Assoc Can Spec Pap*, 1993. (40): 289~314.
- [17] Nakai S, Halliday A N, Kealer S E, Jones H D. Rb-Sr dating of sphalerites from Tennessee and the genesis of Mississippi Valley-Type (MVT) ore deposits[J]. *Nature*, 1990, 346: 354~357.
- [18] Nakai S, Halliday A N, Kealer S E, Jones H D, Kyle J R, Lane T E. Rb-Sr dating of sphalerites from MVT ore deposits[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1993, 57: 417~427.
- [19] Sangster D F. Mississippi Valley-type lead-zinc[J]. *Geological Survey of Canada*, 1996, (8): 253~261.
- [20] 刘建明, 赵善仁, 沈洁, 等. 成矿流体活动的同位素定年方法评述[J]. 地球物理学进展, 1998, 13(3): 46~55.
- [21] Li Wenbo, Huang Zhulong, Petersen E U, et al. Dating of the Huize giant zinc-lead deposits of Yunnan province, southwest China: constrains from samarium-Neodymium system in hydrothermal calcite[J]. *Chemical Geology* (submitted).
- [22] 方维萱, 胡瑞忠, 苏文超, 等. 贵州镇远地区钾镁煌斑岩类的侵位时代[J]. 科学通报, 2002, 47(4): 307~312.
- [23] Li Wenbo, Huang Zhulong, Xu Cheng, et al. Rb-Sr dating of sphalerites from the Huize Giant Zinc-lead deposits of Southwest China: implications for mantle fluid involved Pb-Zn mineralization[J]. *Ore Geology Review* (submitted).
- [24] 张云湘, 骆耀南, 杨崇喜, 等. 攀西裂谷[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [25] 杨应选, 管士平. 康滇地轴东缘铅锌矿床成因及成矿规律[M]. 成都: 四川科技大学出版社, 1994.
- [26] 张立生. 康滇地轴东缘以碳酸盐为主岩的 Pb-Zn 矿床的几个地质问题[J]. 矿床地质, 1998, 17: 182~190.
- [27] 管士平, 李忠雄. 康滇地轴东缘岩石与铅锌矿石稀土元素地球化学研究[J]. 地质地球化学, 1999, 27(3): 5~16.
- [28] 韩润生. 会泽超大型银铅锌矿床地质地球化学及隐伏矿定位预测[R]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所(博士后研究报告), 2002.
- [29] Halliday A N. The timing of early and main stage ore mineralization in Southwest Cornwall[J]. *Economic Geology*, 1980, 75: 752~759.
- [30] Snee L W, Sutter J F, Kelly W C. Thermochronology of economic mineral deposits: Dating the stages of mineralization at Panasqueira, Portugal, by high-precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectrum techniques on muscovite[J]. *Economic Geology*, 1988, 83: 335~354.
- [31] Chesley J T, Halliday A N, Scrivener R C. Samarium-Neodymium direct dating of fluorite mineralization[J]. *Science*, 1991, 352: 949~951.
- [32] 柳少波, 王连魁. 金矿床成岩成矿时差述评[J]. 地质论评, 1996, 42(2): 154~165.
- [33] Leach D L, Bradley D, Lewchuk M T, et al. Mississippi valley-type lead-zinc deposits through geological time; implications from recent age-dating research[J]. *Mineralium Deposita*, 2001, 36: 711~740.
- [34] Boven A, Pasteels P, Punzalan L E, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological constraints on the age and evolution of the Permo-Triassic Emeishan Volcanic Province, Southwest China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2002, 20: 157~175.
- [35] Lo C H, Chung S L, Lee T Y, Wu G Y. Age of the Emeishan flood magmatism and relations to Permian-Triassic boundary events[J]. *Earth Planet Sci Lett*, 2002, 198(3-4): 449~458.
- [36] Zhou M F, Malpas J, Song X Y, Robinson P T, Sun M, Kennedy A K, Leshner A M, Keays R R. A temporal link between the Emeishan large

- igneous province (SW China) and the end-Guadalupian mass extinction[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 196: 113 ~ 122.
- [37] Chung S L, John B M. Plume-lithosphere interaction in generation of the Emeishan flood basalts at the Permian-Triassic boundary[J]. *Geology*, 1995, 23: 889 ~ 892.
- [38] 王登红. 地幔柱与热点的成矿作用[J]. *地球学报*, 1998, 17(4): 393 ~ 400.
- [39] Song X Y, Zhou M F, Hou Z Q, *et al.* Geochemical constraints on the mantle source of the Upper Permian Emeishan continental flood basalts, Southwestern China[J]. *Inter Geol Rev*, 2001, 43: 213 ~ 225.
- [40] Xu Y G, Chung S L, John B M, *et al.* Petrologic and geochemical constraints on the petrogenesis of Permian-Triassic Emeishan flood basalts in southwestern China[J]. *Lithos*, 2001, 58: 145 ~ 168.
- [41] Huang Z L, Li W B, Chen J, Han R S, *et al.* Carbon and oxygen isotope constraints on mantle fluid involvement in the mineralization of the Huize super-large Pb-Zn deposits, Yunnan Province, China[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2003, 78-79: 637 ~ 642.
- [42] 胡耀国. 贵州银厂坡银多金属矿床银的赋存状态、成矿物质来源与成矿机制[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所(博士学位论文), 2000.

Rb-Sr DATING OF MINERAL ASSEMBLAGE FROM THE HUIZE GIANT Zn-Pb DEPOSIT, YUNNAN PROVINCE

LI Wen-bo^{1,2}, HUANG Zhi-long¹, CHEN Jin³, HAN Run-sheng⁴,
ZHANG Zhen-liang^{1,2}, XU Cheng¹

(1. *Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China*; 2. *Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*; 3. *Huize Zinc-Lead Mine of Yunnan Province, Huize 654211, China*;
4. *Department of Earth Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China*)

Abstract: The Huize giant zinc-lead ore deposit comprises the Kuangshanchang deposit and the Qilinchang deposit. The age of the No. 6 ore body of the Qilinchang deposit has been determined by the Rb-Sr isochron method for two groups of mineral assemblage samples. The ages are 225.1 ± 2.9 Ma and 225.9 ± 3.1 Ma for the two groups of mineral assemblage samples, respectively. These two ages are close to the age of the Emeishan basalt in this area, which is about 250 Ma. Many research results have shown that the Emeishan basalt has many cyclothem and the magmatism may have been a long-lived event. The ages reported here imply that mineralization of the Huize Zn-Pb deposit may be related to the magma event of Emeishan basalt.

Key words: Bb-Sr isochron for co-genetic mineral assemblage; mineralization age; Huize giant Zn-Pb deposit, Yunnan