

MVT 铅锌矿床定年方法评述

李发源^{1,2}, 顾雪祥², 付绍洪^{1,2}, 章明^{1,2}

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059;

2. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002)

摘要: MVT 铅锌矿床的精确定年是建立可靠的成矿模式所必须解决的问题。文章评述了几种常用的定年方法, 如古地磁法、⁴⁰Ar-³⁹Ar 法、Pb-Pb 同位素法、Rb-Sr 法、Sm-Nd 法、裂变径迹法, 阐明了精确定年在研究 MVT 矿床成因中的作用, 同时指出了各种方法的优点和不足。

关键词: MVT 铅锌矿床; 成矿年龄; 定年方法

中图分类号: P597.3; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)03-0163-05

1 概述

矿床成因理论研究中最关键的问题之一就是成矿相对于围岩的时间关系。如果对一个矿床成矿时代的认识发生了改变, 则与成矿过程相联系的地质事件和成矿地质环境条件也就发生了改变, 与此相关的成矿作用机制、控矿因素和成矿规律也会随之改变。这直接影响到找矿勘查的实践和找矿靶区的预测^[1]。如人们以前认为美国中部及东部 MVT 铅锌矿床的形成是晚古生代阿勒格尼运动(330~250 Ma)所引起的大规模流体运移的结果^[2], 但 Nakai 等(1990)Rb-Sr 同位素定年的结果((377±29) Ma)证明了矿床与阿勒格尼运动无任何成因联系, 并提出了新的盆地压实成矿的模式^[3]。

密西西比河谷型(简称 MVT)铅锌矿床是一类主要赋存于白云岩中的以铅锌为主要矿产的后生热液矿床。由于其广泛的分布和较高的金属含量, MVT 铅锌矿床已成为世界上铅锌的主要来源之一。它成群出现、赋矿层位多且主岩成岩时间跨度相当大的特点决定了确定其成矿年代是建立可靠的成矿模式所必须解决的问题^[4,5]。Sangester(1983)也曾指出只有找到准确测定成矿年龄的方法后, 对 MVT 矿床的认识才会取得实质性的进展^[6]。但大多数 MVT 矿区在构造上相对稳定, 因此很少出现可用来

限定矿化年龄范围的成矿后事件, 而且 MVT 矿床一般缺少适用于直接同位素测年的矿物^[7], 这就为 MVT 矿床的定年研究带来了相当的难度。

2 主要定年方法及应用

随着人们对矿床定年方法研究的不断深入, 特别是放射性同位素定年方法和高精度古地磁方法的发展及应用, 国内外地质学者在矿床的定年研究中做了大量的工作(表 1), 取得了可喜的进展。下面就对几种主要的定年方法加以简要评述。

2.1 古地磁法

古地磁法是通过比较矿体和远离矿体的围岩之间原生剩磁方向的异同来判断矿体与围岩之间的生成关系, 进而确认矿床的形成时代。它在地层的对比与划分、地质年代的建立、重建构造运动发展史、板块的演化史等多方面有着广泛的应用。

Symons 和 Sangester(1991)利用古地磁方法确定中密苏里矿区重晶石矿床的成矿时代为晚宾夕法尼亚纪—早二叠纪^[11], 该结论有力地支持了 Leach 和 Rowan(1986)提出的本区 MVT 矿床构造抬升的成矿模式^[12], 但与 Cathles 和 Smith(1983)提出的由压实作用引起的盆地间歇性排水的成矿模式相悖^[13]。Symons 和 Stratakos(2000)用该方法测定了曼斯柯特—杰斐逊城地区 MVT 矿床的成矿年龄为

收稿日期: 2002-11-06

基金项目: 国家自然科学基金(49872038)和中国科学院“百人计划”项目资助。

作者简介: 李发源(1978-), 男, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。

表1 世界部分重要MVT铅锌矿床(区)年龄(Ma)一览表
Table 1 Age data (Ma) for some important MVT Pb-Zn deposits (districts)

矿区	区域	主岩	古地磁年龄(Ma)	放射性年龄(Ma)	定年方法/矿物	造山运动
中密苏里 (重晶石)	奥扎克	Є ₃ - 下宾夕法尼亚系	303±17 (宾夕法尼亚期)			阿勒格尼
密苏里东南	奥扎克	Є		392±21 (D)	Rb-Sr/方铅矿	
密苏里东南	奥扎克	Є		549±20 (P ₁₃ -Є ₁)	Ar-Ar/黄铁矿	
密苏里东南	奥扎克	Є		50~250 (P ₂ -E ₂)	裂变径迹/磷灰石	
中田纳西	纳什维尔	Є ₃ -O ₁	245±10 (P ₂ -T ₁)			阿勒格尼
中田纳西	纳什维尔	Є ₃ -O ₁		260±42 (P ₂)	Th-Pb/方解石	阿勒格尼
东田纳西	阿巴拉契亚 山脉南部	O ₁	286±20(晚宾夕 法尼亚期-P ₁)			阿勒格尼
东田纳西	阿巴拉契亚 山脉南部	O ₁	316±8 (早宾夕法尼亚期)			阿勒格尼
东田纳西	阿巴拉契亚 山脉南部	O ₁		377±29 (D)	Rb-Sr/闪锌矿	阿卡迪亚
东田纳西	阿巴拉契亚 山脉南部	O ₁		347±20 (密西西比纪)	Rb-Sr/闪锌矿	阿卡迪亚
克拉科夫- 西里西亚	波兰	D ₃ -T ₂	46±20 (K ₂ -E ₃)			阿尔卑斯/ 喀尔巴阡
塞文山	法国南部	Є-J	40~60 (E ₁ -E ₂)			比利牛斯山
塞文山	法国南部	Є-J		25~80(K ₂ -E ₃)	U-Pb, Th-Pb, Sm-Nd/萤石	比利牛斯山
盖斯河	阿巴拉契亚 山脉北部	密西西比系 (韦宪阶)	300~320 (宾夕法尼亚期)			阿勒格尼
盖斯河	阿巴拉契亚 山脉北部	密西西比系 (韦宪阶)		297±27(宾夕 法尼亚期-P)	Ar-Ar/黑云母	阿勒格尼
伦纳德大陆架	澳大利亚	D ₃		357±3 (早密西西比纪)	Rb-Sr/闪锌矿	坎宁盆地的拉张
Monarch-Kicking Horse	加拿大西部盆地	Є ₂	100±12(K)			Laramide
Nanisivik	加拿大北端	P ₁	1,095±10(P ₁₂)			Beloit 超群裂开
纽芬兰岛	阿巴拉契亚 山脉北部	O ₁	380±7(D)			阿卡迪亚
纽芬兰岛	阿巴拉契亚 山脉北部	O ₁		360±10(D ₃ -早 密西西比纪)	Ar-Ar/自生长石	阿卡迪亚
上密西西比河谷	美国中部	O ₂		270±4(P ₁)	Rb-Sr/闪锌矿	阿勒格尼/ 沃希托河
阿肯色州北部	奥扎克	O ₁₋₂	265±20(P)			阿勒格尼/ 沃希托河
阿肯色州、 三州交界以北	奥扎克	密西西比系- 宾夕法尼亚系		>183 (>J ₁)	裂变径迹/ 磷灰石	
Polaris	加拿大北端	O ₂₋₃	367±7(D ₃)			Ellesmerian
Polaris	加拿大北端	O ₂₋₃		366±15(D ₂ - 早密西西比纪)	Rb-Sr/闪锌矿	Ellesmerian
派因波因特	加拿大西部盆地	D ₂	71±13(K ₂ -E ₁)			拉腊米
派因波因特	加拿大西部盆地	D ₂		361±13(D ₃ - 早密西西比纪)	Rb-Sr/闪锌矿	安特勒
派因波因特	加拿大西部盆地	D ₂		50~60 (E ₁)	裂变径迹/ 磷灰石	
天宝山	川滇黔交界	Z _{bd}		270, 693~774, 1230	U-Pb/方铅矿	
大梁子	川滇黔交界	Z _{bd}		91~439	U-Pb/方铅矿	

据 Leach D. L. (2001), 王小春(1991, 1992) 等资料综合(文献[8], 文献[9], 文献[10])。

(314±6) Ma, 并且认为矿床的形成是晚古生代阿勒格尼运动所引起的大规模流体运移的结果^[14]。此外 Wisniowiecki 等(1983)、Pan 等(1990, 1993)都用古地磁法对 MVT 矿床进行过定年研究^[15-17]。

古地磁法也存在一些问题, Sangester(1983)就曾指出, 由于其理论的不完善, 难以确定矿石中的磁性特征是继承成矿前的还是成矿后的, 抑或成矿期的, 以及在古地磁磁极解释上的不确定性, 其结论仍缺乏说服力^[6]。另外, 古地磁法是通过判断矿体与围岩之间的关系来讨论其成矿时代, 无法对某个矿床进行精确的定年, 还有目前已建立的视极移曲线均不完善, 这就限制了该方法在 MVT 矿床准确定年中的应用。

2.2 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 法

含钾热液矿物的⁴⁰Ar-³⁹Ar 法定年是几十年来使用最为广泛的热液成矿定年手段^[18]。⁴⁰Ar-³⁹Ar 法具有多项其他方法所没有的优势: ①分段加热得到的年龄谱上的坪年龄往往能反映出该矿物的热演化历史, 这是其他方法无可比拟的; ②⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄比⁴⁰K/⁴⁰Ar 年龄精确。⁴⁰Ar/³⁹Ar 等时线也比⁴⁰K/⁴⁰Ar 等时线可信, 而且⁴⁰Ar-³⁹Ar 法等时线无须作大气氩的校正。即使样品中含有过剩氩, 只要根据递增加热释放气体中的一系列测定值就能求出样品的年龄和外来氩的⁴⁰Ar/³⁶Ar 比值; ③样品用量小, 由样品不均一性引起的问题也相对较小。Kontak 等(1994)通过测量与盖斯河 MVT 矿床形成有关的变沉积碎屑的⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄而得到较准确的成矿年龄为(297±27) Ma^[19], 这与 Pan 等(1993)古地磁测年的结果(300~320 Ma)是一致的^[17], 说明矿床矿化发生在古生代宾夕法尼亚期, 其形成与阿勒格尼运动有关。

但是, ⁴⁰Ar-³⁹Ar 法存在的最大问题在于中子照射过程中某些样品会有³⁹Ar 的反冲丢失, 而且对此目前尚无有效的处理方法^[1]。另外, 氩是一种惰性气体, 含钾矿物粒径对⁴⁰Ar-³⁹Ar 法有一定的制约。其次, 测定石英流体包裹体⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄存在着次生包裹体的影响。Sherlock(1999)通过测定同一样品中白云母的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄和 Rb-Sr 年龄, 认为高压地区矿物的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄可能存在不可靠性^[20]。

2.3 Pb-Pb 同位素法

由于普通铅模式年龄假设前提与矿床实际情况相差较大, 而且模式选择的随意性太大, 其年龄数据往往不太可靠。此外, 由蚀变作用、射气作用、淋滤作用等造成的母体或子体同位素的丢失也会造成年龄值的偏差。所以, 铅的²⁰⁶Pb-²⁰⁷Pb 等时线年龄越来越

引起人们的关注^[21], 尤其是当系统具有高的 U/Pb 比值, 亦即含有足够高的放射成因铅同位素时, 由于²³⁵U/²³⁸U 比值在所有地球物质中是一个常数(1/137.8), 因此²⁰⁶Pb-²⁰⁷Pb 年龄可以不必求出矿物中铀的含量就能计算出来。

Sangester(1983)计算过派因波因特、上西里西亚和东阿尔卑斯 3 个矿区各自的模式铅年龄分别为 314 Ma, 184 Ma 和 345 Ma, 其中前面两个与已知地质证据符合, 而后一个却与地质事实大相径庭, 可见其局限性^[6]。王小春(1991)计算过大梁子矿床的铅模式年龄在 91~439 Ma 之间^[9], 可以看出, 这种模式年龄对研究矿床成因是没有多少意义的。Brannon 等(1996)测得东堪萨斯和坎宁盆地 MVT 矿床脉石矿物方解石²³²Th-²⁰⁸Pb 和²³⁸U-²⁰⁶Pb 年龄为(351±15) Ma^[22], 结果与 Christensen 等(1995)闪锌矿 Rb-Sr 年龄(357±3) Ma 一致^[5], 验证了 Christensen 等提出的大规模地壳流体运移及盆地间歇式排水的成矿模式。

2.4 Rb-Sr 法

Rb-Sr 法已被证明是一种直接测定 MVT 矿床矿化年龄的有效方法^[3-5]。Nakai(1990)首次报道了东田纳西矿区 Coy 矿床的闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄((377±29) Ma), 该结果否定了以前人们所认为的美国中部及东部 MVT 矿床与 330~250 Ma 前的晚古生代阿勒格尼运动有成因联系的看法, 并提出了新的盆地压实成矿的模式^[3]。Nakai(1993)又测定了东田纳西矿区 Immel 矿床的闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄((347±20) Ma), 这与 Coy 矿床的成矿时代是一致的^[7], 证明了该区矿床形成时间在 350~380 Ma 之间, 与中古生代的阿卡迪亚运动有成因联系。Brannon 等(1992)运用 Rb-Sr 法得出上密西西比河地区闪锌矿的年龄为(269±6) Ma 和(270±4) Ma^[23], 这与 Nakai(1990)的结果((377±29) Ma)^[3]形成了鲜明的对比。但 Brannon 认为北美两个不同的成矿区迥异的年龄结果说明该区 MVT 矿床的形成是多期次的, 至少有两个不同成矿期, 而且它们都与同时期主要构造运动有关。

我们知道, Rb-Sr 等时线定年的基本前提是: 在同一热液成矿阶段内从同一热液中基本同时沉淀的一组共生热液矿物及其中的原生包裹体溶液具有一致的初始⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值, 但有不同的 Rb/Sr 比值; 其次, 该组矿物对于其初始 Rb-Sr 系统保持封闭到现在。由于在包裹体溶液的提取过程中很难排除次生包裹体的影响, 所以一些学者对此方法还是持怀疑的态度。显然, 要提高测量的精度, 必须在去除次生

包裹体方面多做工作,且在野外采样时要尽量采新鲜的未风化岩石。刘建明(1998)还提出了用热液矿物组合的 Rb-Sr 等时线法来代替单一矿物的 Rb-Sr 等时线法,以避免流体包裹体等时线法的先天性缺陷^[1]。

2.5 Sm-Nd 法

这也是一种比较新的有效定年方法,但在 MVT 矿床定年方面的应用还比较少。Halliday 等(1990)报道了 Sm-Nd 法在英格兰北部奔宁矿区 MVT 矿床成因研究中的应用^[24],他们虽然没有得出确切的成矿年龄,但是通过与⁴⁰Ar-³⁹Ar, Rb-Sr 年龄的对比限定了成矿时间在 200 Ma 左右,且与发生在石炭纪到侏罗纪之间的区域构造运动有成因联系。Chesley 等(1994)通过对伊利诺斯-肯塔基地区 MVT 矿床中萤石的 Sm-Nd 同位素的分析得出该区成矿年龄为 (277±16)Ma^[25],并由此推断矿床的形成是阿勒格尼-沃希托河运动引起的大规模流体运移的结果。

Sm-Nd 法存在的问题主要有:Sm-Nd 丰度普遍很低,适合的矿物比较少,¹⁴⁷Sm 半衰期较长,等时线年龄分辨率一般小于 20 Ma,不能测定年轻样品;在热液活动过程中 Sm 和 Nd 常处于一种开放体系,造成 Sm, Nd 各种参数的失常,这就使得部分定年工作很难得到科学的、合理的等时线年龄。

彭建堂(2002)指出,对 REE 含量较高、MREE 和 HREE 相对富集、LREE 相对亏损、且自形成后保持 Sm-Nd 封闭状态的方解石,可以用 Sm-Nd 法进行精确定年^[26]。方解石在 MVT 矿床中普遍存在,因此总可以找到符合上述条件的方解石,采用 Sm-Nd 法加以精确定年。

2.6 裂变径迹法

裂变径迹法具有简便易行、灵敏度高、测定对象广泛等优点,尤其适于测定年轻样品。这一定年方法自 20 世纪 60 年代初开始使用,最常测定的矿物有磷灰石、锆石、榍石、石榴石、辉石、云母等。定年时间范围大致为 1~1 800 Ma。近年来,由于测定矿物的范围越来越广,尤其是石英蚀刻技术的发展,裂变径迹法在成矿定年中的应用日益受到关注^[27]。

Arne(1991)用磷灰石裂变径迹方法研究了派因波因特地区的热历史^[28],指出该区矿床的形成是白垩纪地层下降埋藏而引起的区域性升温的结果,他还否定了 MacQueen 和 Powell(1983)在有机质成熟度研究的基础上提出的派因波因特地区地层古温度没有超过 60℃的结论^[29]。Ravenhurst(1989)用磷灰石裂变径迹法测得加拿大中 Nova Scotia 地区铅锌、重晶石矿床的矿化年龄为 300~320 Ma^[30],并据此

认为同时期构造运动引起盆地卤水的迁移是矿床形成的主要原因。

在裂变径迹定年研究中一般都假设被测矿物的退火是与矿化有联系的,然而,矿物退火作用有可能发生在成矿前或只和与矿化无关的热事件有联系,所以在这样的前提下得出的年龄必然与实际不符。同时,后期地质事件容易对古径迹产生影响,这就提醒我们在应用裂变径迹定年时必须慎而为之。

3 小结

近年来,由于仪器功能的不断改进和完善以及分析技术、精度的提高,传统的测年方法适用范围增加,精度也在不断提高,同时还发展了许多新的方法。这必将对 MVT 矿床成矿理论的研究起到极大的促进作用。

此外, MVT 铅锌矿床的定年仍有许多工作待做。就我国而言,在川滇黔成矿带分布着大小百余个矿床,而前人对这些矿床精确定年的研究几近空白,这不仅有资金和人力方面的限制,定年手段的制约也是一个重要的影响因素。相信随着研究的深入,这些问题都会迎刃而解的。

参考文献:

- [1] 刘建明,沈洁,赵善仁,等.金属矿床同位素精确定年的方法和意义[J].有色金属矿产与勘查,1998,7(2):107-113.
- [2] Oliver J. Fluids expelled tectonically from orogenic belts: Their role in hydrocarbon migration and other geological phenomena [J]. *Geology*, 1986, 14: 99-102.
- [3] Nakai S, Halliday A N, Kesler S E, et al. Rb-Sr dating of sphalerites from Tennessee and the genesis of Mississippi Valley-Type Ore deposits [J]. *Nature*, 1990, 346: 354-357.
- [4] Christensen J N, Halliday A N. Direct dating of sulfides by Rb-Sr: A critical test using the Polaris Mississippi Valley-Type Zn-Pb deposit [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1995, 59 (24): 5191-5197.
- [5] Christensen J N, Halliday A N, Vearncombe J R, et al. Testing models of large-scale crustal fluid flow using direct dating of sulfides, Rb-Sr evidence for early dewatering and formation of Mississippi Valley-Type deposits, Canning Basin, Australia [J]. *Economic Geology*, 1995, 90: 877-884.
- [6] Sangester D F. 密西西比河谷型铅锌矿床是一类地质特点差异很大的矿床[J]. 国外地质科技, 1985, 5: 25-36.
- [7] Nakai S, Halliday A N. Rb-Sr dating of sphalerites from Mississippi Valley-Type Ore deposits [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1993, 57: 417-427.

- [8] Leach D L, Dwight Bradley, Lewchik M T. *et al.* Mississippi Valley-type lead-zinc deposit through geological time; implications from recent age-dating research[J]. *Micrarlium Deposita*, 2001, 36: 711-740.
- [9] 王小春. 四川大梁子铅锌矿床的成因分析[J]. *矿产与地质*, 1991, 5(3): 151-156.
- [10] 王小春. 天宝山铅锌矿床成因分析[J]. *成都地质学院学报*, 1992, 19(3): 10-20.
- [11] Symons D T A, Sangester D F. Paleomagnetic age of the Central Missouri Barite deposits and its genetic implications [J]. *Economic Geology*, 1991, 86(1): 1-12.
- [12] Leach D L, Rowan E L. Genetic link between Ouachita fold belt tectonism and the Mississippi Valley-type lead-zinc deposits of the Ozarks[J]. *Geology*, 1986, 14: 931-935.
- [13] Cathles L M, Smith A T. Thermal constraints on the formation of Mississippi Valley-type lead-zinc deposits and their implications for episodic basion dewatering and deposit genesis [J]. *Economic Geology*, 1983, 78: 983-1002.
- [14] Symons D T A, Stratakos K K. Palaeomagnetic dating of dolomitization and Mississippi Valley-type zinc mineralization in the Mascot-Jefferson City district of eastern Tennessee; a preliminary analysis[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2000, 69-70: 373-376.
- [15] Wisniowiecki M J, Van der Voo R. A Pennsylvanian paleomagnetic pole from the mineralized Late Cambrian Bonnetterre Formation, SE Missouri[J]. *Journal of geophysical research*, 1983, 88: 6540-6548.
- [16] Pan H, Symons D T A, Sangester D F. Palaeomagnetic of Mississippi Valley-type ore and host rocks in the northern Arkansas and Tri-State districts[J]. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1990, 27: 923-931.
- [17] Pan H, Symons D T A, Sangester D F. Palaeomagnetic of the Gays River Zn-Pb deposit, Nova Scotia; Pennsylvanian ore genesis[J]. *Geophysical Research Letter*, 1993, 20: 1159-1162.
- [18] 陈好寿. 成矿作用年代学及同位素地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 242.
- [19] Kontak D J, McBride S, Farrer E. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of fluid migration in a Mississippi Valley-type deposit; Gays River Zn-Pb deposit, Nova Scotia[J]. *Economic Geology*, 1994, 89: 1501-1517.
- [20] Sherlock S C, Nicolas O A. Flat plateau and impossible isochrons; Apparent $^{39}\text{Ar}-^{40}\text{Ar}$ geochronology in a high pressure terrain[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1999, 63(18): 2835-2838.
- [21] 邱华宁. 东川铜矿床同位素地球化学研究(I); Pb-Pb, $^{39}\text{Ar}-^{40}\text{Ar}$ 法成矿年龄测定[J]. *地球化学*, 1997, 26(2): 39-45.
- [22] 周朝宪, 魏春生, 叶造军. 密西西比河谷型铅锌矿床[J]. *地质地球化学*, 1997, (1): 65-75.
- [23] Brannon J C. Alleghenian age of the Upper Mississippi Valley zinc-lead deposits determined by Rb-Sr dating of sphalerite[J]. *Nature*, 1992, 356: 509-511.
- [24] Halliday A N, Shepherd T J. Sm-Nd evidence for the age and origin of a Mississippi Valley-type ore deposit [J]. *Nature*, 1990, 344: 54-56.
- [25] Chesley J T, Halliday A N, Kyser T K. *et al.* Direct dating of Mississippi Valley-Type mineralization; use of Sm-Nd in fluorite[J]. *Economic Geology*, 1994, 89: 1192-1199.
- [26] 彭建堂, 胡瑞忠, 林源贤, 等. 锡矿山铋矿床热液方解石的 Sm-Nd 同位素定年[J]. *科学通报*, 2002, 47(10): 789-792.
- [27] Dran J C. Fission track dating of quazze grains from OKIO Uranium ore deposit [J]. *Nuclear Instruments and Methods*, 1977, 147: 101.
- [28] Arne D C. Regional thermal history of the Pine Point area, NW Territories, Canada, from apatite fission track analysis[J]. *Economic Geology*, 1991, 86(2): 428-435.
- [29] MacQueen R W, Powell T G. Organic geochemistry of the Pine Point lead-zinc ore field and region, NW Territories, Canada[J]. *Economic Geology*, 1983, 78: 1-25.
- [30] Ravenhurst C E, Reynolds P H. Formation of Carboniferous Pb-Zn and Brite mineralization from Basin-Driven fluids, Nova Scotia, Canada [J]. *Economic Geology*, 1989, 84(6): 1471-1488.

DATING METHODS FOR MVT Pb-Zn DEPOSITS: A REVIEW

LI Fa-yuan^{1,2}, GU Xue-xiang², FU Shao-hong^{1,2}, ZHANG Ming^{1,2}

(1. College of Earth science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract: Precision dating is critical for establishing a reliable metallogenic model of MVT Pb-Zn deposits. In this paper, we review some major dating methods, such as paleomagnetic, $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$, Pb-Pb isotope, Rb-Sr, Sm-Nd, fission track methods and so on, and illuminate the role of precision dating in investigating the genesis of MVT deposit. In addition, merits and demerits of the different methods are also outlined.

Key words: MVT Pb-Zn deposits; metallogenic age; dating methods