

文章编号: 0254 - 5357(2004)04 - 0268 - 05

国土资源地质大调查分析测试技术专栏

两种质谱仪在辉钼矿铼 - 钨年龄测定中的应用比较

梁树平¹, 屈文俊², 杜安道², 杨刚³, 陈江峰³

(1. 中国地质大学材料科学与工程学院, 北京 100083; 2. 国家地质实验测试中心, 北京 100037;
3. 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 安徽 合肥 230026)

摘要: 对同一地区但 Re、Os 含量不同的一组辉钼矿样品, 分别采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)和负离子热表面电离质谱(NTIMS)对其 Re - Os 年龄进行了测定比较。结果表明, 该组样品的平均 Re - Os 模式年龄分别为 $(138.3 \pm 4.0) \text{ Ma}$ 和 $(141.0 \pm 3.6) \text{ Ma}$ ($2, n=9$), 采用 ISOLOT 软件的模式 1 进行等时线计算, 得到等时线年龄分别为 $(138.6 \pm 2.9) \text{ Ma}$ ($2, n=9$) 和 $(141.6 \pm 1.9) \text{ Ma}$ ($2, n=9$), 两者在目前水平下的误差范围内基本一致。另外, 分别采用 ICP-MS 和 NTIMS 对辉钼矿 Re - Os 年龄国家一级标准物质 CBW 04435 和 CBW 04436 进行了测定, 所得的结果吻合也较好。

关键词: 铼 - 钨年龄; 辉钼矿; 电感耦合等离子体质谱; 负离子热表面电离质谱

中图分类号: P597; O657.63

文献标识码: A

Re - Os 同位素体系作为一种对金属矿床可以直接精确定年以及作为成矿物质来源示踪研究的强有力的手段, 在地球科学研究方面取得了长足进展, 成为同位素地球化学研究领域的一个新热点, 在我国地质学领域的研究与应用已有 10 余年发展历史^[1~3]。其中, 辉钼矿是最常用的用于 Re - Os 同位素体系地质年龄测定研究的对象^[4~7], 这是因为辉钼矿是富含 Re 的矿物, 并且几乎不含普通 Os, 因此, 其中的 Os 几乎全是由 Re 衰变而生成, 这样, 衰变子体¹⁸⁷Os 的异常值就比较明显。

在 Re - Os 年代学研究的早期, 二次离子质谱、共振离子质谱、加速器质谱、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)都曾用于 Re、Os 同位素的测定研究^[8,9]。近些年来, 随着质谱技术及分析方法的发展, 负离子热表面电离质谱(NTIMS)已逐渐成为 Re - Os 年代学研究尤其是 Os 同位素比值测定的主要工具^[10,11]。这

主要是因为 NTIMS 具有测量精度好、灵敏度高的特点。然而对于像辉钼矿等衰变子体¹⁸⁷Os 的异常值相对比较明显的地质样品来说, ICP-MS 同样具有其特点, 主要体现在对样品的化学处理流程相对简单, 样品的分析周期也较短。虽然其测量精度较 NTIMS 低一个数量级, 但 Re - Os 同位素体系的最终年龄的计算精度并不仅仅由仪器测量精度一种因素所决定。为比较两者的差别程度, 笔者对采自同一地区但 Re、Os 含量不同的一组辉钼矿样品, 分别采用 ICP-MS 和 NTIMS 对其 Re - Os 年龄进行了测定比较, 两者结果在目前水平下的误差范围内基本吻合。

1 实验部分

1.1 仪器和主要试剂

美国热电公司生产的 TJA PQ ExCell 电感耦合等离子体质谱, 其测量条件参照文献[12]。

收稿日期: 2004-03-25; 修订日期: 2004-08-02

基金项目: 中国地质调查局地质大调查资助项目(200020190118 - 04)

作者简介: 梁树平(1964 -), 女, 北京市人, 工程师, 从事材料化学与岩矿分析教学与实验。

美国 Finnigan 公司生产的 MAT262 带有负离子转换装置的负离子热表面电离质谱仪,其测量条件参照文献[13]。所用铂带为美国 ESPI 公司生产,纯度 $w(\text{Pt}) = 99.95\%$ 。

稀释剂 ^{185}Re 金属粉和 ^{190}Os 金属粉[均为美国橡树岭国家实验室(ORNL)产品],按文献[1]处理稀释剂。 $w(\text{Re})$ 为 $9.143\text{ }\mu\text{g/g}$, $w(\text{Os})$ 为 23.37 ng/g ,介质为 3.7 ml/L HCl ,使用前根据所测样品年龄配制成混合稀释剂。

H_2O :经 Milli-Q 装置纯化,18 M $\Omega\cdot\text{cm}$ 。

HCl :经超净室双瓶蒸馏处理的超级纯试剂。

HNO_3 :MOS 纯,并经过微沸通高纯氮气除钼,石英蒸馏器蒸馏除铯处理。

HBr :经过超净室石英蒸馏器二次蒸馏处理。

铼蒸馏装置、Carius 管、不锈钢套管,结构及处理方法见文献[3]。

强酸型阳离子交换树脂(743 型,0.147 mm)。处理方法见文献[3]。

阴离子交换树脂:AG $^{-}$ 1X8, 38~74 μm ,Cl $^{-}$ 型(美国 Bio Rad 公司),处理方法见文献[14]。

1.2 实验方法

本文的详细实验方法可参考文献[12~14],现简述如下:准确称取少许样品加入到 Carius 管底部,并在其底部冷冻的条件下,加入准确称取的 ^{185}Re 和 ^{190}Os 混合稀释剂以及 $2\text{ mL } 10\text{ mol/L HCl}$ 和 $4\text{ mL } 16\text{ mol/L HNO}_3$,然后用丙烷氧气火焰加热将其细颈部分封住。待回温后,放入不锈钢套管内,并置于鼓风烘箱内,逐渐升温到 230°C ,保温 10 h ,冷却到室温后将样品溶液转出。首先对 Os 进行蒸馏纯化处理,水吸收液中的一部分可直接用于 ICP-MS 的测量,另一部分则需进行第二次蒸馏,吸收液为经过石英蒸馏器二次蒸馏处理的 HBr。将二次蒸馏的 HBr 吸收液进行 $80\sim 90^\circ\text{C}$ 的保温处理后,还需要进行浓缩和微蒸馏的处理过程,最后微蒸馏的 $10\text{ }\mu\text{L HBr}$ 吸收液用于 Os 的 NTIMS 测量。

对 Re 的纯化则首先将 Os 的蒸馏残液在电热板上蒸发至近干后,在碱性条件下采取丙酮萃取分离的方式,经强酸型阳离子交换树脂除钠盐后,流出液的一部分可直接用于 ICP-MS 的测量,另一部分则还需进行阴离子交换树脂的吸附、洗杂质、洗脱及浓缩的处理过程,最后的浓缩液用于 Re 的 NTIMS 测量。

2 结果与讨论

2.1 化学处理流程的比较

从实验方法可以看出,相对于 ICP-MS 而言,NTIMS 测量时的样品化学处理流程显然要复杂得多。对 Os,不仅需要进行第二次蒸馏,还需要进行保温、浓缩和微蒸馏的处理;对 Re,则还需进行阴离子交换树脂的吸附、洗杂质、洗脱及浓缩的处理。以上的化学处理流程无疑增加了样品的分析周期,不仅如此,NTIMS 对 Re、Os 的测量所需时间也远远要大于 ICP-MS。

2.2 仪器的测量信号强度及精度比较

一般而言, $0.4\text{ ng } ^{190}\text{Os}$ 稀释剂在 5 mL 溶液中,由 ICP-MS 所测得的 190 质量数的信号强度可达 40 kcps , $2\text{ ng } ^{185}\text{Re}$ 稀释剂在 5 mL 溶液中, 185 质量数的信号强度可达 30 kcps ,而质谱测定的 $^{187}\text{Os}/^{190}\text{Os}$ 信号强度比值和 $^{187}\text{Re}/^{185}\text{Re}$ 信号强度比值的 RSD 可达到 $0.2\%\sim 0.8\%$ (2° , $n=5$);对 NTIMS 而言,微克级 Re 的测定,其信号强度可达数百毫伏,而测量 1 ng 的 Os,信号强度也可达 $30\sim 60\text{ mV}$,其测量精度则可达 $0.03\%\sim 0.08\%$ (2° , $n=15$)。另一方面,ICP-MS 测量 Re 及 Os 同位素时往往会产生 $0.x\%$ 的质量分馏,严重时甚至可达到 $1\%\sim 2\%$,而 NTIMS 的质量分馏一般只有 $0.0x\%$ 。显然,就测量精度及质量分馏效应来说,NTIMS 要明显优于 ICP-MS,然而,由于铂带中空白铼的信号也可达几毫伏,因此 NTIMS 对纳克级 Re 的测量就存在一定的困难。

2.3 模式年龄的不确定度比较

Re-Os 测年法是基于放射性同位素 ^{187}Re 经衰变生成稳定同位素 ^{187}Os 来计算地质年龄的。对辉钼矿来说,其中的 ^{187}Os 几乎完全是由 ^{187}Re 衰变积累而生成,因此,在成矿时, ^{187}Os 的初始值应为零,这样,就可以直接由一个样品的 ^{187}Re 和 ^{187}Os 含量通过以下公式来计算成矿模式年龄:

$$t = \frac{1}{\lambda} \left[\ln \left(1 + \frac{w(^{187}\text{Os})}{w(^{187}\text{Re})} \right) \right]$$

式中 λ 为 ^{187}Re 的衰变常数($1.666 \times 10^{-11}\text{ a}^{-1}$)。

由此可见,模式年龄计算的不确定度是由 ^{187}Re 和 ^{187}Os 含量以及 ^{187}Re 衰变常数的不确定度所构成的,而 ^{187}Re 和 ^{187}Os 含量是通过同位素稀释法由质谱测得的 $^{187}\text{Re}/^{185}\text{Re}$ 和 $^{187}\text{Os}/^{190}\text{Os}$ 的同位素丰度比值计算而得,这其中就又包括了质谱测量不确定度及稀释剂

Re 和¹⁹⁰Os 的标定不确定度。目前,测定¹⁸⁷Re 衰变常数的 Re - Os 实验室,在抵消了实验室内部的系统误差后,采用的¹⁸⁷Re 衰变常数的不确定度为 0.31 %^[15],¹⁸⁵Re 和¹⁹⁰Os 稀释剂的不确定度分别为 0.05 %和 0.15 %。而笔者所在的实验室,由于无法抵消一些实验室内部的系统误差,因此采用的¹⁸⁷Re 衰变常数的不确定度(₁)为 1.02 %^[15],¹⁸⁵Re 和¹⁹⁰Os 稀释剂的不确定度(₂)为 0.3 %。假设由于称量等化学操作所引起的不确定度(₃)也为 0.3 %,对于 ICP - MS 和 NTIMS 来说,质谱测量不确定度(₄)(包括质量分馏校正)分别为 1.0 %和 0.1 %,则根据误差传递公式,模式年龄的不确定度 _t 应该为:

$$t = \sqrt{(\sub_1)^2 + (\sub_2)^2 + (\sub_3)^2 + (\sub_4)^2}$$

表 1 辉钼矿样品 ICP - MS 和 NTIMS 测定结果对比

Table 1 Comparisons of results for molybdenite samples determined by ICPMS and NTIMS

样品编号 sample No.	m/g	w(¹⁸⁷ Re)/(μg·g ⁻¹)		w(¹⁸⁷ Os)/(ng·g ⁻¹)		t/Ma model age	
		ICP - MS	NTIMS	ICP - MS	NTIMS	ICP - MS	NTIMS
020912 - 6	0.040 45	33.64 ±0.31	33.76 ±0.18	78.25 ±0.77	79.43 ±0.43	139.4 ±2.2	141.1 ±1.6
020912 - 7	0.041 93	34.26 ±0.33	34.23 ±0.18	80.06 ±0.72	82.07 ±0.43	140.1 ±2.2	143.7 ±1.6
020912 - 8	0.005 45	423.8 ±3.8	424.0 ±2.2	975.1 ±8.8	994.7 ±5.7	138.0 ±2.2	140.7 ±1.6
020912 - 10	0.001 57	734.9 ±7.6	731.2 ±3.8	1 736 ±20	1 742 ±10	141.7 ±2.5	142.8 ±1.6
020912 - 11	0.038 86	33.32 ±0.32	33.18 ±0.17	77.32 ±0.71	77.74 ±0.50	139.1 ±2.2	140.5 ±1.6
020912 - 12	0.080 91	18.49 ±0.17	18.51 ±0.10	42.47 ±0.40	43.02 ±0.26	137.8 ±2.2	139.3 ±1.6
020912 - 13	0.023 98	116.2 ±1.1	116.2 ±0.6	265.5 ±2.5	272.6 ±1.4	136.9 ±2.1	140.7 ±1.5
020912 - 14	0.031 77	49.41 ±0.55	49.38 ±0.26	111.0 ±1.0	113.5 ±0.6	134.7 ±2.3	137.9 ±1.5
020912 - 15	0.028 13	48.37 ±0.46	48.60 ±0.25	110.8 ±1.1	115.6 ±0.8	137.4 ±2.2	142.6 ±1.7
平均模式年龄(Ma)(2 , n=9)						138.3 ±4.0	141.0 ±3.6

模式年龄的不确定度包括¹⁸⁷Re 衰变常数、稀释剂标定、化学操作、质谱测量(包括质量分馏校正)等的不确定度,以下同。

从表中结果可以看出,尽管该组样品间的 Re、Os 含量很不均匀,相差可达数十倍,而两种测量方法所得这组辉钼矿样品的 Re - Os 模式年龄的平均值分别为(138.3 ±4.0)Ma 和(141.0 ±3.6)Ma,RSD 分别为 2.7 % (2 , n=9) 和 2.4 % (2 , n=9)。将两者分析所得¹⁸⁷Re 和¹⁸⁷Os 结果,采用国际通用的 ISOHLOT 软件按 Model 1 进行处理,所得 Re - Os 等时线年龄分别为(138.6 ±2.9)Ma (2)和(141.6 ±1.9)Ma (2) (图 1 和图 2)。ICP - MS 测定所得的结果虽然比 NTIMS 的系统偏低一些,这主要是本次实验的过程中,由于 Os 的质量分馏校正所造成的,但两者分析结果仍然在误差范围内吻合较好。

由此可得到由 ICP - MS 和 NTIMS 测得的模式年龄的不确定度分别为 1.49 %和 1.11 %。也就是说,尽管 NTIMS 本身的测量精度可能比 ICP - MS 要高一个数量级,但对 Re - Os 年龄的计算来说,考虑到¹⁸⁷Re 衰变常数的不确定度等因素影响后,两者所得模式年龄的不确定度相差并不十分明显。

此外,Re - Os 同位素体系的最终年龄的计算精度也并不仅仅由仪器测量精度等因素所决定,实验室的化学处理水平及采取的质量保证措施也是一个重要的决定因素。具体可参见文献[3]。

2.4 分析结果的比较

按照 1.2 节的实验方法,笔者对一组采自同一地区的辉钼矿样品,分别采用 ICP - MS 和 NTIMS 对其 Re - Os 年龄进行了测定比较,结果列于表 1。

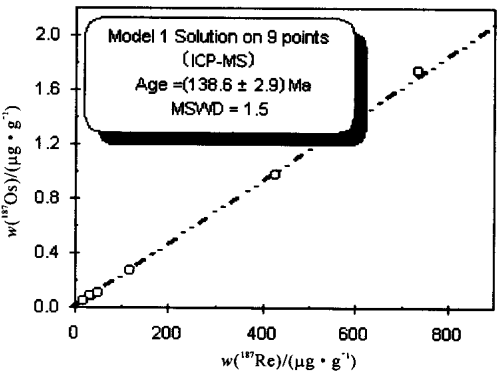


图 1 ICP - MS 测量辉钼矿系列样品 Re - Os 等时线
Fig.1 Isochrone age of molybdenite samples
determined by ICP-MS

此外,为进一步比较 ICP-MS 和 NTIMS 在测定辉钼矿 Re-Os 年龄上的差异程度,笔者将采用 ICP-MS 和 NTIMS 测定的辉钼矿 Re-Os 年龄国家一级标准物质 GBW 04435(HLP)的结果进行了比较,同时,将近年来本实验室采用 ICP-MS 所测定的另一个辉钼矿 Re-Os 年龄国家一级标准物质 GBW 04436(JDC)的结果与美国克罗拉多州立大学 Re-Os 实验室采用 NTIMS 的测定结果也进行了对比,结果分别列于表 2 和表 3。

从表 2 结果看,ICP-MS 测定所得的结果与 NTIMS 结果吻合较好,两者并没有明显的系统偏差,除样品本身比较均匀外,这主要是由于在 ICP-MS 测量过程中仪器比较稳定,质量分馏较小,因而经过外标校正所造成的误差就较小。

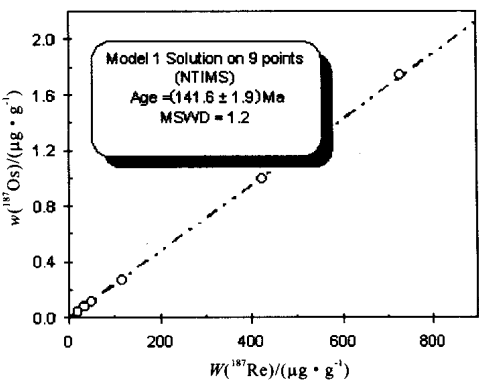


图 2 NTIMS 测量辉钼矿系列样品 Re-Os 等时线
Fig.2 Isochrone age of molybdenite samples determined by NTIMS

表 2 辉钼矿标准物质 GBW 04435 的 ICP-MS 和 NTIMS 测定结果对比

Table 2 Comparisons of results for HLP determined by ICPMS and NTIMS

样号 samples No.	w(¹⁸⁷ Re)/ (μg·g ⁻¹)		w(¹⁸⁷ Os)/ (ng·g ⁻¹)		t/ Ma model age	
	ICP- MS	NTIMS	ICP- MS	NTIMS	ICP- MS	NTIMS
HLP- 1	176.9 ±1.7	178.1 ±0.7	653.6 ±6.5	659.3 ±2.8	221.3 ±3.8	221.8 ±2.6
HLP- 2	177.9 ±1.8	178.0 ±0.7	654.0 ±6.5	654.9 ±2.8	220.2 ±3.8	220.4 ±2.6
HLP- 3	177.4 ±1.8	177.8 ±0.7	655.2 ±6.5	645.5 ±2.8	221.2 ±3.3	217.5 ±2.6
HLP- 4	179.0 ±1.8	179.2 ±0.7	657.9 ±6.6	659.2 ±2.8	220.2 ±3.2	220.3 ±0.8
HLP- 5	178.9 ±1.9	178.8 ±0.7	658.0 ±6.6	659.8 ±2.8	220.3 ±3.1	221.0 ±2.6
HLP- 6	180.5 ±1.8	179.1 ±0.7	656.4 ±6.5	659.9 ±2.8	217.9 ±3.4	221.0 ±2.6
HLP- 7	177.1 ±1.8	179.2 ±0.7	639.1 ±6.4	660.8 ±2.8	216.2 ±3.8	221.0 ±2.6
HLP- 8	178.5 ±1.9	177.9 ±0.7	654.3 ±6.5	658.0 ±2.8	219.6 ±3.4	221.0 ±2.6
平均值(2)	178.3 ±2.4	178.5 ±1.2	653.6 ±12.2	657.1 ±10.1	219.6 ±3.5	220.5 ±2.6
标准值	178.4 ±3.9		659 ±14		221.4 ±5.6	

表 3 辉钼矿标准物质 GBW 04436 的 ICP-MS 测定结果

Table 3 Analytical results for GBW 04436 by ICPMS

样品编号 sample No.	m样/ g	w(¹⁸⁷ Re)/ (μg·g ⁻¹)	w(¹⁸⁷ Os)/ (ng·g ⁻¹)	t/ Ma model age
021008- 27	0.050 21	10.99 ±0.18	25.51 ±0.17	139.2 ±1.5
021008- 28	0.050 78	10.99 ±0.16	25.09 ±0.45	136.9 ±2.7
021029- 16	0.028 51	10.83 ±0.14	25.27 ±0.20	139.9 ±2.4
021029- 17	0.028 32	10.79 ±0.14	25.11 ±0.17	139.5 ±2.7
021112- 18	0.005 58	10.54 ±0.13	24.01 ±0.15	136.5 ±2.2
030217- 28	0.048 07	10.99 ±0.16	25.41 ±0.20	138.6 ±2.7
030217- 29	0.047 20	11.03 ±0.16	25.33 ±0.21	137.7 ±2.7
030304- 24	0.049 63	10.83 ±0.08	25.39 ±0.24	140.5 ±2.1
030304- 25	0.052 07	10.86 ±0.11	25.47 ±0.23	140.5 ±2.2
030325- 9	0.049 54	10.95 ±0.10	25.63 ±0.17	140.3 ±1.9
平均值(2)		10.88 ±0.29	25.22 ±0.92	139.0 ±3.0
标准值		10.93 ±0.20	25.46 ±0.60	139.6 ±3.8

从表 3 结果看,笔者所在实验室采用 ICP-MS 测定的辉钼矿 Re-Os 年龄国家一级标准物质 GBW 04436(JDC)的 Re-Os 年龄结果与美国克罗拉多州立大学 Re-Os 实验室采用 NTIMS 的测定结果(138.4 ± 0.8)Ma(2)^[7]及标准值在误差范围内基本一致,并且测定结果稳定,RSD 为 2.0 %(2 ,n=10)。

综合以上结果可以得出结论,在科学细致的化学处理以及采取严格的质量保证措施的前提下,ICP-MS 与 NTIMS 一样,可以准确地测定辉钼矿的 Re-Os 年龄,且 ICP-MS 仪器相对 NTIMS 仪器价格便宜,样品处理流程简单,所需测量时间短。

3 参考文献

[1] 杜安道,何红蓼,殷宁万,等. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究[J]. 地质学报. 1994,68(4):339—347.
[2] QU W J, DU A D, ZHAO D M. Determination of ¹⁸⁷Os in Molybdenite by ICPMS with Neutronr Induced ¹⁸⁶Os and ¹⁸⁸Os

- Spikes[J]. *Talanta*. 2001, 55:815—820.
- [3] 屈文俊, 杜安道. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确测定辉钼矿 Re-Os 同位素地质年龄[J]. *岩矿测试*. 2003, 22(4):254—257.
- [4] Stein H J, Sundblad K, Markey R J, et al. Re-Os Ages for Archean Molybdenite and Pyrite, Kuttila Kivisuo, Finland and Proterogic Molybdenite, Kabeliai, Lithuania: Testing the Chronometer in a Metamorphic and Metasomatic Setting[J]. *Mineralium Deposite*. 1998, 33:329—345.
- [5] Stein H J, Markey R J, Morgan J W, et al. The Remarkable Re-Os Chronometer in Molybdenite: How and Why it Works[J]. *Terra Nova*. 2001, 13(6):479—486.
- [6] 黄典豪, 杜安道, 吴澄宇, 等. 华北地台钼(铜)矿床成矿学研究——辉钼矿铼-钨年龄及其地质意义[J]. *矿床地质*. 1996, 15:289—297.
- [7] Stein H J, Markey R J, Morgan J W, et al. Highly Precise and Accurate Re-Os Ages for Molybdenite from the East Qinling Molybdenum Belt, Shaanxi Province, China[J]. *Economic Geology*. 1997, 92(7/8):827—835.
- [8] Reisburg L, Meisel T. The Re-Os Isotopic System: A Review of Analytical Technique[J]. *Geostand News*. 2002, 26:249—267.
- [9] Hirata T, Shimizu H, Akagi T, et al. Simultaneous Determination of Isotopic Ratio and Abundance of Osmium by ICP-MS: Fundamental Studies for the Application to Rhenium-Osmium Systematics[J]. *ICP Inf News*. 1988, 13:731—735.
- [10] Markey R J, Stein H J, Morgan J W. Highly Precise Re-Os Dating for Molybdenite Using Alkaline Fusion and NTIMS[J]. *Talanta*. 1998, 45(5):935—946.
- [11] Birck J L, Roy-Barman M, Capmas F. Re-Os Isotopic Measurements at the Femtomole Level in Natural Samples[J]. *Geostand News*. 1997, 21:19—27.
- [12] 杜安道, 孙德忠, 王淑贤, 等. 铼-钨定年法中碱熔分解样品方法的改进[J]. *岩矿测试*. 2002, 21(2):100—104.
- [13] 赵敦敏, 杜安道, 刘敦一. 地质样品中铼、钨同位素比值的负离子质谱测量[J]. *质谱学报*. 1998, 19(3):35—41.
- [14] 杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 等. Carius 管溶样-负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-钨同位素地质年龄[J]. *岩矿测试*. 2001, 20(4):247—252.
- [15] Smoliar M I, Walker R J, Morgan J W. Re-Os Ages of Group A, A, A and B Iron Meteorites[J]. *Science*. 1996, 271:1099—1102.

Comparison of Re-Os Dating of Molybdenite Samples between Two Types of Mass Spectrometric Determination

LIANG Shu-ping¹, QU Wen-jun², DU An-dao²,
YANG Gang³, CHEN Jiang-feng³

(1. School of Material Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. National Research Center of Geoanalysis, Beijing 100037, China; 3. Academy of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Re-Os dating for the same group of molybdenite samples using inductively coupled plasma mass spectrometry and negative thermal ion mass spectrometry determination after sample pretreatment with Carius tube digestion were compared. The average Re-Os model ages determined by ICP-MS and NTIMS are $(138.3 \pm 4.0) \text{ Ma}$ and $(141.0 \pm 3.6) \text{ Ma}$ ($2, n=9$), the isochrone ages calculated with the ISOPLLOT using the Model 1 are $(138.6 \pm 2.9) \text{ Ma}$ ($2, n=9$) and $(141.6 \pm 1.9) \text{ Ma}$ ($2, n=9$) respectively. The Re-Os ages of the reference materials, CBW 04435 and CBW 04436, determined by ICP-MS are also in a perfect agreement with those determined by NTIMS. All results show that there is no obvious difference between ICP-MS and NTIMS determination for Re-Os dating of molybdenite. The highly precise and accurate Re-Os ages of molybdenite samples can also be obtained using ICP-MS determination after careful and strict controlling of the sample pretreatment conditions and effective eliminating of the total blanks of Re and Os.

Key words: Re-Os age; molybdenite; inductively coupled plasma mass spectrometry(ICP-MS); negative thermal ion mass spectrometry(NTIMS)