编号：0258-7106（2011）04-0654-21

关于辉钼矿中 Re 含量示踪来源的讨论*

杨宗锋[1]，罗照华[1]，卢欣祥[2]，程黎鹿[1]，黄　凡[3]

（1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室，北京　100083；2 河南省国土资源科学研究院，河南 郑州　450053；3 中国地质科学院，北京　100037）

摘　要　对近年来国内已发表的 744 个辉钼矿 Re-Os 同位素测年数据进行了汇总，发现所有样品辉钼矿中的 Re 含量具有混合分布的特征。按照岩性和共生矿物种类对所有数据进行了分类统计分析，结果显示辉钼矿中 Re 含量（质量分数，下同）与岩性和共生矿物种类存在密切的关系：长英质脉和花岗岩中辉钼矿的 Re 含量最低，几何平均值分别为 7.41×10^{-6} 和 7.99×10^{-6}，多在 $n\times10^{-6}\sim n\times10^{-5}$；矽卡岩中辉钼矿 Re 含量中等，几何平均值为 58.1×10^{-6}，多在 $n\times10^{-5}\sim n\times10^{-4}$；碳酸岩中辉钼矿 Re 含量最高，几何平均值为 231×10^{-6}，多在 $n\times10^{-4}$ 左右。辉钼矿的共生矿物种类影响其 Re 含量的变化，仅与白钨矿（或黑钨矿）和（或）方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银共生时辉钼矿 Re 含量最低，几何平均值为 $n\times10^{-7}$，多在 $n\times10^{-8}\sim n\times10^{-6}$；仅与黄铜矿和（或）磁铁矿（或磁黄铁矿）共生时辉钼矿 Re 含量最高，几何平均值为 $n\times10^{-4}$，多在 $n\times10^{-5}\sim n\times10^{-3}$；同时与黄铜矿（磁铁矿或磁黄铁矿）和白钨矿（或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银）共生时辉钼矿 Re 含量处在前两者之间，几何平均值为 $n\times10^{-6}$，多在 $n\times10^{-7}\sim n\times10^{-5}$。综合分析说明，辉钼矿与白钨矿（或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银）共生或产在长英质脉和花岗岩中可能促使其 Re 含量降低，与黄铜矿、黄铁矿和磁铁矿（或磁黄铁矿）共生或产在矽卡岩和碳酸岩中可能促使其 Re 含量升高，辉钼矿 Re 含量的级数变化可能与其产出状态（岩性和共生矿物种类）密切相关，以及结合近年来辉钼矿 Re 含量示踪和其他同位素示踪结果间矛盾的存在，认为辉钼矿 Re 含量的级数变化似乎不能有效地反映出其成矿物质来源。

关键词　地质学；辉钼矿；Re 含量；混合分布；成矿物质来源；共生矿物；岩性

中图分类号：P595；P628⁺.1　　**文献标志码**：A

Discussion on significance of Re content of molybdenite in tracing source of metallogenic materials

YANG ZongFeng[1], LUO ZhaoHua[1], LU XinXiang[2], CHENG LiLu[1], HUANG Fan[3]

(1 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Research Institute of Land and Resources, Zhengzhou 450053, Henan, China; 3 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

744 pieces of molybdenite Re-Os isotopic dating data published in China in recent years were collected and the authors found that the Re content of all the samples is characterized by mixed distribution. Classification and statistical analysis of all the data were based on the lithology and associated mineral types. The results show that the Re content of molybdenite has a close relationship with the lithology and associate minerals, i.e., pure molybdenite in the felsic veins and granite has the lowest Re content with the geometric mean of 7.41×10^{-6}

* 本文得到河南省地质矿产重大科技攻关计划项目（编号：26417）和国家自然科学基金对外交流与合作项目（编号：40911120079，RFBR-GFEN08-05-92224）的资助

第一作者简介　杨宗锋，男，1984 年生，在读博士研究生，矿物、岩石、矿床学专业，岩浆活动与成矿作用研究方向。Email：yangzfeng2008@163.com

收稿日期　2010-07-05；改回日期　2010-09-07。张绮玲编辑。

and 7.99×10^{-6} respectively, and most of the values range from $n\times10^{-6}$ to $n\times10^{-5}$; the Re content of pure molybdenite in the skarn is medium with the geometric mean of 58.1×10^{-6}, and most of the values range from $n\times10^{-5}$ to $n\times10^{-4}$; molybdenite in the carbonatite has the highest Re content with the geometric mean of 231×10^{-6}, and most of the values are $n\times10^{-4}$. The Re content of molybdenite is also affected by its associated mineral type: the Re content of molybdenite has the lowest value when molybdenite is only associated with scheelite (or wolframite) and/or galena, sphalerite, native gold and native silver with the geometric mean of $n\times10^{-7}$, and most of the values range from $n\times10^{-8}$ to $n\times10^{-6}$; when it is only associated with chalcopyrite and/or magnetite (or pyrrhotine), the molybdenite has the highest Re content with the geometric mean of $n\times10^{-4}$, and most of the values range from $n\times10^{-5}$ to $n\times10^{-3}$; the medium Re content occurs when molybdenite is associated with chalcopyrite (magnetite or pyrrhotine) and scheelite (or wolframite, galena, sphalerite, native gold and native silver) with the geometric mean of $n\times10^{-6}$, and most of the values range from $n\times10^{-7}$ to $n\times10^{-5}$. A comprehensive analysis shows that molybdenite associated with scheelite (or wolframite, galena, sphalerite, native gold and native silver) or produced in the felsic veins and granite may reduce the Re content, whereas molybdenite associated with chalcopyrite and/or magnetite (or pyrrhotine) or produced in the skarn and carbonatite may increase the Re content. The magnitude changes of Re content may be related to the modes of occurrence of molybdenite in combination with the contradiction of isotopic tracing between the Re content of molybdenite and other isotopic methods published in recent years. It seems that the magnitude changes of Re content of molybdenite could not effectively represent the source of metallogenic material.

Key words: geology, molybdenite, Re content, mixed distribution, source of metallogenic material, associated mineral, lithology

Re 是极度分散元素,在自然界很少形成独立矿物。Re 在宇宙地球化学分类中属难熔的高度亲铁元素。高度亲铁的地球化学习性,使 Re 在以后的增生和熔融事件中进入金属相。相对地核而言,Re 在地壳和地幔中强烈亏损(涂光炽等,2004)。由于 Re 是中等不相容元素(相容程度相当于稀土元素 Yb),其硅酸盐-硅酸盐熔体分配系数小于 1,因此 Re 将优先进入岩浆熔体,Re 在熔体中的丰度高于残留的地幔岩(Hauri et al., 1997;Shirey et al., 1998)。但是,如果源岩中残留相当数量的石榴子石和硫化物时,将导致熔体亏损 Re(Righter et al., 1998;O'Neill et al., 1995)。Re 也具有中等的亲铜地球化学性质,对于硫化物的相容性类似铜,因此 Re 在硫化物中一般具有较高的丰度,但是变异性也非常大(涂光炽等,2004)。Re 的地球化学性质与钼十分类似,因此 Re 常常在钼的硫化物——辉钼矿中呈类质同象出现并与钼形成固溶体(Terada et al., 1971)。

Badalov 等(1962)研究了中亚钼矿中的 Re 含量(质量分数,下同),认为钼矿的温度降低,Re 含量会升高,与黄铜矿伴生的辉钼矿富 Re。Terada 等(1971)测定了 200 个辉钼矿中 Re 的含量,含量变化范围在 $10^{-8}\sim7\times10^{-3}$;在火山升华物、斑岩铜矿、接触变质矿床、浸染状矿床和石英脉中辉钼矿的 Re 含量呈逐渐降低的趋势,就侵入岩型中辉钼矿而言,Re 含量随着钼矿的温度降低而升高,但是其中的 Daito 地区的辉钼矿 Re 含量与这两个规律相反。Ivanov 等(1972)通过对前苏联各种类型矿床中辉钼矿的系统研究,发现在单个矿床和在同一类的不同矿床中,Re 的含量总是多变的;在中温成矿阶段形成的辉钼矿或在中温矿床中的辉钼矿,其 Re 的含量一般比高温阶段或高温矿床中的辉钼矿高;辉钼矿中 Re 含量与硒的含量呈正相关。Ishihara(1988)统计了 74 个花岗质岩石中辉钼矿 Re 的含量,认为与磁铁矿系列有关的矿床高于与钛铁矿系列有关的矿床,矽卡岩中辉钼矿通常含有较高的 Re。毛景文等(1999a)汇总了 8 个与磁铁矿系列(I 型)花岗岩有关的钼矿床和铜矿床,1 个与钛铁矿系列(S 型)花岗岩有关的钨锡矿床,1 个碳酸岩脉型钼(铅)矿床〔黄典豪等(1985)认为是幔源型矿床〕中辉钼矿的 Re 含量,提出从幔源、壳幔混源到壳源,辉钼矿 Re 含量可能递降一个数量级的结论(Mao et al., 1999b)。Stein 等(2001)同样认为地幔底侵或交代作用,或者基性和超基性岩石的熔融,形成的辉钼矿其 Re 含量

要高于壳源矿床中的辉钼矿 Re 含量。Re 在辉钼矿中含量的高低与辉钼矿多型之间的转变没有明显的成因联系(Selby et al., 2001;Peng et al., 2006)。Berzina 等(2005)研究了俄罗斯西伯利亚和蒙古的 5 个铜钼矿床中 24 个辉钼矿样品,认为斑岩型铜钼矿床中辉钼矿中 Re 的含量与原始岩浆的成分和(或)分异,源岩物质和结晶作用的物理化学条件变化有关。由以上可知,辉钼矿中的 Re 含量变化的控制因素是复杂多样的,但目前很多学者利用辉钼矿中的 Re 含量示踪成矿物质的来源(如:李永峰等,2003;2006;叶会寿等;2006;李厚民等,2007;蔺志永等,2008;刘珺等,2008),主要引用的是毛景文等(1999a)总结提出的规律,这篇文章的国内引用次数截至目前为 30 次(2010 年 6 月中国引文数据库检索结果),关于此结论可能存在以下值得探讨的问题:首先,文中默认了成岩和成矿物质具有同源性,且碳酸岩脉、I 型花岗岩和 S 型花岗岩分别代表了幔源、壳幔混源和壳源成因;其次,获得此统计规律的样本数不足。

本文汇总了 1994～2010 年间国内发表的 744 个辉钼矿 Re-Os 同位素年龄资料(黄典豪,1994;2009;刘兰笙等,1996;李红艳等,1996;赵一鸣等,1997;吴良士等,1997;王立本,1997;陈文明等,1998;丁振举等,1998;毛景文等,1999a;2004;张作衡等,2002;2006;曹克敏等,2002;张达等,2003;李泽琴等,2003;侯增谦等,2003;李永峰等,2003;2006;孟祥金等,2003;2007;蒙义峰等,2004;曾普胜等,2004;2006;王登红等,2004;2009;梅燕雄等,2005;董方浏,2005;李光明,2005a;2005b;2006;聂凤军等,2005;2007a;2007b;谢桂青等,2005;2009;郭保健等,2006;蔡明海等,2006;陈郑辉等,2006;叶会寿等;2006;李华芹等,2006a;2006b;王长明等,2006;王治华等,2006;王亮亮等,2006;路远发等,2006;郑有业等,2007;杨泽强,2007;马丽艳等,2007;代军治等,2007;刘晓煌等,2007;许建祥等,2007;李进文等,2007;李建康等,2007;李诺等,2007;2008;2009;丰成友等,2007a;2007b;2009;付建明等,2007;2008;李厚民等,2007;2009;姚军明等,2007;2009;刘珺等,2008;龚福志等,2008;杨宗喜等,2008;覃锋等,2008;宋史刚等,2008;蔺志永等,2008;杨晓君等,2008;王召林等,2008;廖香俊等,2008;刘国庆等,2008;李水如等,2008;张刚阳等,2008;李世金等,2008;张家菁等,2008;2009;李晓峰等,2009;何书跃等,2009;焦建刚等,2009;李峰等,2009;李立兴等,2009;刘玉琳等,2009;罗锦昌等,2009;秦燕等,2009;佘宏全等,2009;苏捷等,2009;唐菊兴等,2009a;2009b;陶继雄等,2009;王成辉等,2009a;2009b;王光辉等,2009;王永磊等,2009;魏庆国等,2009;伍式崇等,2009;邢俊兵等,2009;徐辉煌等,2009;翟德高等,2009;应立娟等,2009;张达玉等,2009;张彤等,2009;张文兰等,2009;张作伦等,2009;张遵忠等,2009;赵斌等 2009;赵元艺等,2009;周珂,2009;祝向平等,2009;曾载淋等,2009;邹先武等,2009;高阳等,2010;高亚龙等,2010;王义天等,2010;瞿泓滢等,2010;周振华等,2010;闫学义等,2010)。对辉钼矿中的 Re 含量进行了统计分析,探讨了 Re 含量变化的几个可能影响因素。

1 数据分类与统计方法

按照辉钼矿的寄主岩性和共生矿物种类,对汇总的 744 个辉钼矿 Re 含量数据进行了分类。为了保证不同产状辉钼矿的统计样本数尽量多,分类主要考虑的寄主岩性为:长英质脉体(包括石英脉、钾长石脉和长英质脉),花岗岩(包括花岗岩中浸染状和细脉浸染状),矽卡岩和碳酸岩脉,对其他辉钼矿寄主岩性但样品数太少的数据未进行分类讨论,如片岩和砂岩中的数据;主要考虑的共生矿物为黄铁矿、磁铁矿(或磁黄铁矿)、黄铜矿、白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银。其中岩性和共生矿物种类是根据每篇文章中作者的采样描述确定,作者详细描述辉钼矿共生矿物种类的以作者描述为准,未进行详细描述的共生矿物种类以矿床类型为准,如斑岩型铜钼矿床中采样未描述辉钼矿的共生金属矿物,则看作是辉钼矿伴生铜(黄铜矿)。文中划分的每种岩性中未明确指出的共生矿物表示可有可无。对于 1 种或 2 种岩性的钼矿床,采样特征未描述的看作是辉钼矿产出状态未知。744 个数据按以上标准进行分类之后,已知辉钼矿产出状态的数据 716 个,未知产出状态的 28 个。由于数据量较大,所有原始数据在此未列出,文中的统计结果给出了数据的统计性特征。

考虑到微量元素一般符合对数正态分布,本文在绘制辉钼矿中 Re 含量的频数分布直方图时,横坐标 Ln(Re) 表示 $w(\mathrm{Re})\times10^6$ 的自然对数,方差为对数方差。除了全部样品的直方图以外,其余每个直

方图的 Re 含量变化范围为 0.5〔Ln(Re)〕。频数小于 5 的峰值忽略不计。

2　统计结果

2.1　辉钼矿中 Re 含量的总体特征

全部样品 744 个数据，w(Re)变化在 $0.005\times10^{-6}\sim14\ 024\times10^{-6}$，Ln(Re) = −5.30～9.55。Re 含量算术平均值为 193.40×10^{-6}，几何平均值为 17.94×10^{-6}〔Ln(Re) = 2.89〕。对数方差为 2.71，约 61.2% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 0.18〔w(Re) = 0.18×10^{-6}〕～5.60〔w(Re) = 270×10^{-6}〕，约 96.5% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −2.53〔w(Re) = 0.08×10^{-6}〕～8.30〔w(Re) = $4\ 044\times10^{-6}$〕。运用 SPSS 软件对所用数据即 Ln(Re)的数值进行了正态性检验，夏皮罗-威尔克(Shapiro-Wilk)和柯尔莫哥洛夫(Kolmogorov-Smirov)两种算法均否定了数据的正态分布。在频数直方图(图 1)中可识别出 3 个显著的峰和 1 个不太显著的峰，表明所有数据可能是混合分布。采用 Figueiredo 等(2002) 提出的基于最小信息长度准则(Minimum Message Length Criterion，简称 MML)和期望最大化法(Expectation-Maximization Algorithm，简称 EM)的方法，简称 MML-EM 方法，与概率图法相比，MML-EM 方法在估计混合分布参数时具有更高的精度(刘向冲等，2011)，计算得出了 3 个匹配程度最高的子正态分布。均值最高的子正态分布 Ln(Re) = 5.75，占 23.3%，均值最低的子正态分布Ln(Re) = 1.82，占65.8%，均值中等的子正态分布 Ln(Re) = 3.18，占 10.9%。所有样品的 Ln(Re)值识别出了 3 个子正态分布，可以初步认为辉钼矿中 Re 含量具有 3 个对数正态分布叠加的特征，主导这种总体混合分布的因素可能至少存在 3 种，下文将按辉钼矿寄主岩性和共生矿物种类详细分类讨论，试图寻找控制总体数据混合分布特征的因素。

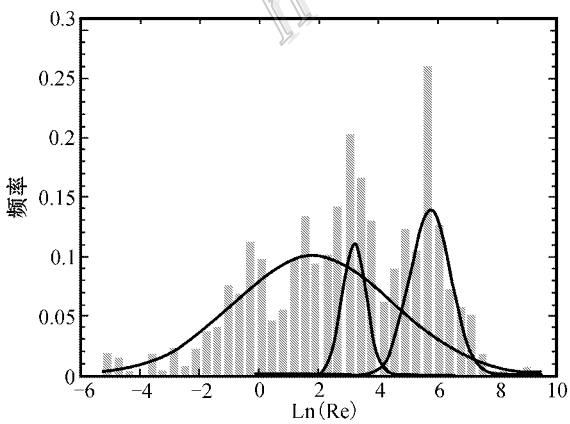

图 1　全部样品中辉钼矿 Re 含量的自然对数频率分布图

Fig. 1　Frequency distribution of natural logarithm of Re content in molybdenite for all the samples

2.2　长英质脉体

长英质脉中的辉钼矿共 338 个数据，w(Re)变化在 $0.005\times10^{-6}\sim1\ 495\times10^{-6}$，Ln(Re) = −5.30～7.31。Re 含量算术平均值为 83.95×10^{-6}，几何平均值为 6.43×10^{-6}〔Ln(Re) = 1.86〕，对数方差为 2.69，约 63% 的数据在 1 个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −0.83〔w(Re) = 0.43×10^{-6}〕～4.55〔w(Re) = 94.97×10^{-6}〕，约 97% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −3.53〔(w(Re) = 0.03×10^{-6}〕～7.25〔w(Re) = $1\ 404\times10^{-6}$〕。频数直方图(图 2A)中出现 4 个峰值，从小到大依次为：Ln(Re) = −1.3〔w(Re) = 0.273×10^{-6}〕～−0.8〔w(Re) = 0.449×10^{-6}〕，Ln(Re) = 1.2〔w(Re) = 3.32×10^{-6}〕～1.7〔w(Re) = 5.47×10^{-6}〕，Ln(Re) = 2.7〔w(Re) = 14.88×10^{-6}〕～3.2〔w(Re) = 24.53×10^{-6}〕，Ln(Re) = 5.2〔w(Re) = 181×10^{-6}〕～5.7〔w(Re) = 299×10^{-6}〕。4 个峰值占样品总数分别为 7.5%、8.6%、8%、5.3%。长英质脉中的 4 个峰值与全部样品的特征十分接近。

长英质脉中的纯辉钼矿共 98 个数据，w(Re)变化在 $0.171\times10^{-6}\sim306\times10^{-6}$，Ln(Re) = −1.76～5.73。Re 含量算术平均值为 23.53×10^{-6}，几何平均值 7.41×10^{-6}〔Ln(Re) = 2.00〕，对数方差为 1.61，约 71.4% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 0.40〔w(Re) = 1.48×10^{-6}〕～3.61〔w(Re) = 36.94×10^{-6}〕，约 95.9% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −1.21〔w(Re) = 0.30×10^{-6}〕～5.22〔w(Re) = 184×10^{-6}〕。频数直方图中(图 2B)出现 2 个峰值，从小到大依次为：Ln(Re) = 1.3〔w(Re) = 3.67×10^{-6}〕～1.8〔w(Re) = 6.05×10^{-6}〕，Ln(Re) = 2.8〔w(Re) = 16.44×10^{-6}〕～3.3〔w(Re) = 27.11×10^{-6}〕。2 个峰值占样品总数分别为 16.3%和 13.3%。

长英质脉中辉钼矿共生矿物含白钨矿(或黑钨矿)和(或)方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银不含黄

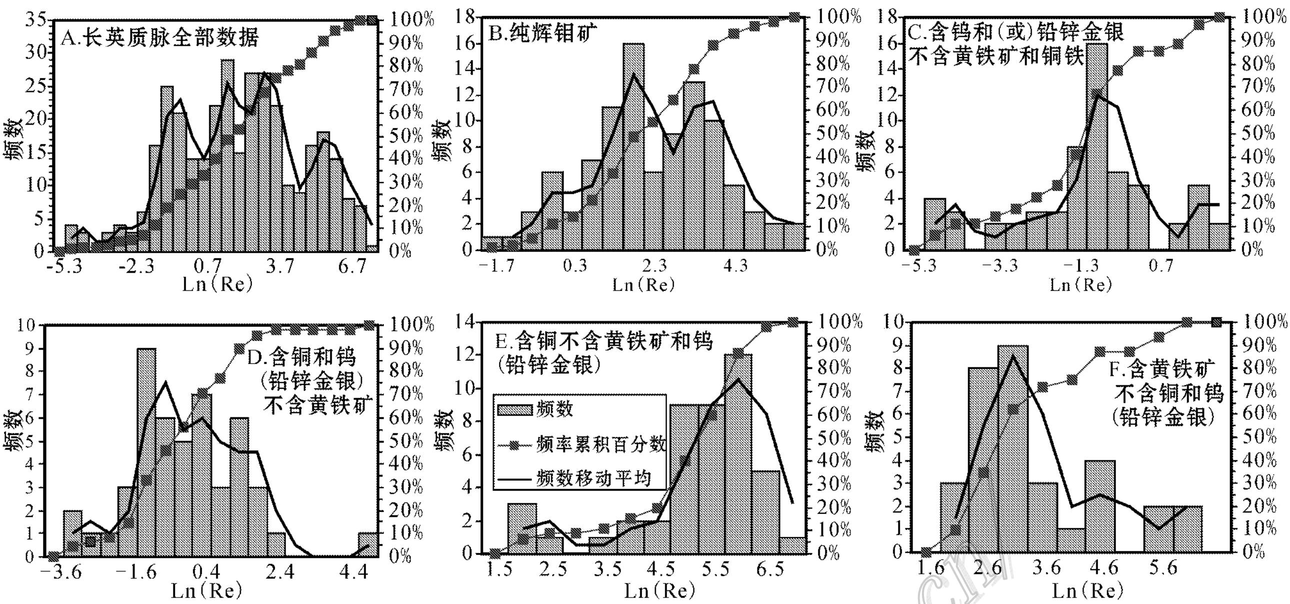

图 2 长英质脉中不同产出状态辉钼矿 Re 含量的自然对数频数分布图

图中元素名称含义如下：钨—白钨矿和(或)黑钨矿；铅—方铅矿；锌—闪锌矿；金—自然金；银—自然银；铜—黄铜矿；铁—磁铁矿和(或)磁黄铁矿

Fig. 2 Frequency distribution of natural logarithm of Re content in molybdenite of different modes of occurrence in felsic veins

The meanings of element names are as follows: Tungsten—Scheelite and/or wolframite; Lead—Galena; Zinc—Sphalerite; Gold—Native gold; Silver—Native silver; Copper—Chalcopyrite; Iron—Magnetite and/or pyrrhotine

铁矿、黄铜矿和磁铁矿(或磁黄铁矿)，共 61 **个数据，**w(Re)**变化在** $0.005\times10^{-6}\sim6.17\times10^{-6}$，Ln(Re) $=-5.3\sim1.82$。Re **含量算术平均值为** 0.93×10^{-6}，**几何平均值** 0.27×10^{-6}〔Ln(Re) $=-1.3$〕，**对数方差为** 1.78，**约** 70.5% **的数据在** 1 **个标准偏差范围之内，即**：Ln(Re) $=-3.08$〔w(Re) $=0.05\times10^{-6}$〕$\sim$0.49〔w(Re) $=1.62\times10^{-6}$〕，**约** 95.1% **的数据在两个标准偏差范围之内，即**：Ln(Re) $=-4.87$〔w(Re) $=0.008\times10^{-6}$〕$\sim$2.27〔w(Re) $=9.67\times10^{-6}$〕。**频数直方图中(图** 2C) **出现** 1 **个峰值，**Ln(Re) $=-1.3$〔w(Re) $=0.27\times10^{-6}$〕~-0.8〔w(Re) $=0.45\times10^{-6}$〕，**占样品总数** 26.2%

长英质脉中辉钼矿共生矿物含黄铜矿和白钨矿(或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银)不含黄铁矿 48 **个数据，**w(Re)**变化在** $0.03\times10^{-6}\sim104\times10^{-6}$，Ln(Re) $=-3.54\sim4.64$。Re **含量算术平均值为** 3.50×10^{-6}，**几何平均值** 0.73×10^{-6}〔Ln(Re) $=-0.31$〕，**对数方差为** 1.50，**约** 70.8% **的数据在一个标准偏差范围之内，即**：Ln(Re) $=-1.81$〔w(Re) $=0.16\times10^{-6}$〕$\sim$1.19〔w(Re) $=3.29\times10^{-6}$〕，**约** 95.8% **的数据在两个标准偏差范围之内，即**：Ln(Re) $=-3.32$〔w(Re) $=0.04\times10^{-6}$〕$\sim$2.69〔w(Re) $=14.8\times10^{-6}$〕。**频数直方图中(图** 2D) **出现** 3 **个峰值，从小到大依次为**：Ln(Re) $=-1.6$〔w(Re) $=0.20\times10^{-6}$〕~-1.1〔w(Re) $=0.33\times10^{-6}$〕，Ln(Re) $=-0.1$〔w(Re) $=0.90\times10^{-6}$〕$\sim$0.4〔w(Re) $=1.49\times10^{-6}$〕，Ln(Re) $=0.9$〔w(Re) $=2.46\times10^{-6}$〕$\sim$1.4〔w(Re) $=4.06\times10^{-6}$〕。3 **个峰值占样品总数分别为** 18.8%、14.6%、12.5%。

长英质脉中辉钼矿共生矿物含黄铜矿，不含黄铁矿、白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银数据共 45 **个，**w(Re)**变化在** $4.73\times10^{-6}\sim822\times10^{-6}$，Ln(Re) $=1.55\sim6.71$。Re **含量算术平均值为** 237×10^{-6}，**几何平均值** 150×10^{-6}〔Ln(Re) $=5.01$〕，**对数方差为** 1.23，**约** 77.8% **的数据在一个标准偏差范围之内，即**：Ln(Re) $=3.79$〔w(Re) $=44.06\times10^{-6}$〕$\sim$6.24〔w(Re) $=511\times10^{-6}$〕，**约** 91.1% **的数据在两个标准偏差范围之内，即**：Ln(Re) $=2.56$〔w(Re) $=12.9\times10^{-6}$〕$\sim$7.46〔w(Re) $=1\,741\times10^{-6}$〕。**频数直方图中(图** 2E) **出现** 1 **个峰值，**Ln(Re) $=5.5$〔w(Re) $=245\times10^{-6}$〕$\sim$6〔w(Re) $=403\times10^{-6}$〕，**占样品总数** 26.7%。

长英质脉中辉钼矿共生矿物含黄铁矿，不含黄铜矿、白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银数据共 32 **个，** w(Re)**变化在** $5.38\times10^{-6}\sim384\times10^{-6}$，Ln(Re)＝1.68～5.95。Re **含量算术平均值为** 55.23×10^{-6}，**几何平均值** 26.4×10^{-6}〔Ln(Re)＝3.27〕，**对数方差为** 1.11，**约** 68.8%**的数据在** 1 **个标准偏差范围之内，即：**Ln(Re)＝2.16〔w(Re)＝8.68×10^{-6}〕～4.39〔w(Re)＝80.3×10^{-6}〕，**约** 93.8%**的数据在** 2 **个标准偏差范围之内，即：**Ln(Re)＝1.05〔w(Re)＝2.85×10^{-6}〕～5.50〔w(Re)＝244×10^{-6}〕。**频数直方图中（图** 2F）**出现** 1 **个峰值，**Ln(Re)＝2.6〔w(Re)＝13.5×10^{-6}〕～3.1〔w(Re)＝22.2×10^{-6}〕，**占样品总数** 28.1% 。

2.3　砂卡岩

砂卡岩中共 165 **个数据，**w(Re)**变化在** $0.74\times10^{-6}\sim14\ 024\times10^{-6}$，Ln(Re)＝－0.30～9.55。Re **含量算术平均值为** 519×10^{-6}，**几何平均值** 117.4×10^{-6}〔Ln(Re)＝4.77〕，**对数方差为** 1.95，**约** 73.3%**的数据在一个标准偏差范围之内，即：**Ln(Re)＝2.82〔w(Re)＝16.8×10^{-6}〕～6.71〔w(Re)＝821×10^{-6}〕，**约** 92.7%**的数据在两个标准偏差范围之内，即：**Ln(Re)＝0.87〔w(Re)＝2.40×10^{-6}〕～8.66〔w(Re)＝$5\ 745\times10^{-6}$〕。**频数直方图中（图** 3A）**出现** 3 **个峰值，从小到大依次为：**Ln(Re)＝3.2〔w(Re)＝24.5×10^{-6}〕～3.7〔w(Re)＝40.4×10^{-6}〕，Ln(Re)＝5.2〔w(Re)＝181.3×10^{-6}〕～5.7〔w(Re)＝298.9×10^{-6}〕，Ln(Re)＝6.7〔w(Re)＝812×10^{-6}〕～7.2〔w(Re)＝$1\ 339\times10^{-6}$〕。3 **个峰值占样品总数分别为** 9.7%、16.4%、6.5%。

砂卡岩中辉钼矿共生矿物含黄铜矿和（或）磁铁矿（或磁黄铁矿）不含白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银 72 **个数据，**w(Re)**变化在** $15.4\times10^{-6}\sim14\ 024\times10^{-6}$，Ln(Re)＝2.73～9.55。Re **含量算术平均值为**953×10^{-6}，**几何平均值**328×10^{-6}

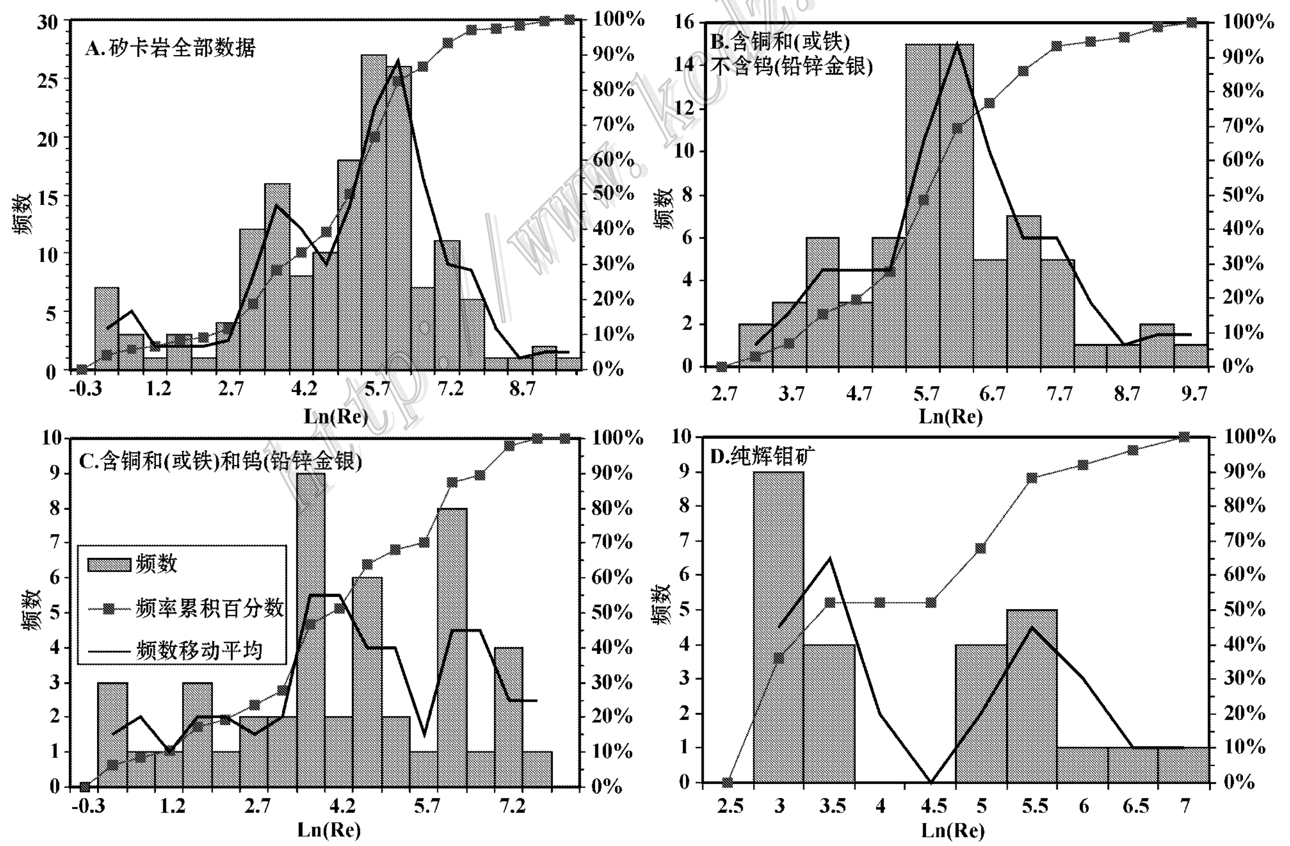

图 3　砂卡岩中不同产出状态辉钼矿 Re 含量的自然对数频数分布图（元素名称含义同图 2）

Fig. 3　Frequency distribution of natural logarithm of Re content in molybdenite of different modes of occurrence in skarn (meanings of element names as for Fig. 2)

〔Ln(Re) = 5.79〕，对数方差为 1.40，约 68.1% 的数据在 1 个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 4.40〔w(Re) = 81.3 $\times 10^{-6}$〕～7.19〔w(Re) = 1 324 $\times 10^{-6}$〕，约 93.1% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 3.00〔w(Re) = 20.14 $\times 10^{-6}$〕～8.58〔w(Re) = 5 341 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 3B)出现 1 个峰值，Ln(Re) = 5.2〔w(Re) = 181 $\times 10^{-6}$〕～6.2〔w(Re) = 493 $\times 10^{-6}$〕，占样品总数 41.7% 。

矽卡岩中辉钼矿共生矿物含黄铜矿和(或)磁铁矿(或磁黄铁矿)和白钨矿(或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银)47 个数据，w(Re)变化在 0.74 $\times 10^{-6}$～1 486 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = −0.30～7.30。Re 含量算术平均值为 234 $\times 10^{-6}$，几何平均值 55.5 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 4.02〕，对数方差为 2.06，约 66% 的数据在 1 个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 1.96〔w(Re) = 7.07 $\times 10^{-6}$〕～6.08〔w(Re) = 435 $\times 10^{-6}$〕，约 97.9% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −0.10〔w(Re) = 0.90 $\times 10^{-6}$〕～8.14〔w(Re) = 3416 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 3C)出现 3 个峰值，从小到大依次为：Ln(Re) = 3.2〔w(Re) = 24.5 $\times 10^{-6}$〕～3.7〔w(Re) = 40.4 $\times 10^{-6}$〕，Ln(Re) = 4.2〔w(Re) = 66.7 $\times 10^{-6}$〕～4.7〔w(Re) = 109.9 $\times 10^{-6}$〕，Ln(Re) = 5.7〔w(Re) = 299 $\times 10^{-6}$〕～6.2〔w(Re) = 493 $\times 10^{-6}$〕。3 个峰值占样品总数分别为 19.2%、12.8%、17%。

矽卡岩纯辉钼矿 25 个数据，w(Re)变化在 12.7 $\times 10^{-6}$～665 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = 2.54～6.50。Re 含量算术平均值为 121.8 $\times 10^{-6}$，几何平均值 58.1 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 4.06〕，对数方差为 1.27，约 68% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 2.79〔w(Re) = 16.3 $\times 10^{-6}$〕～5.33〔w(Re) = 207 $\times 10^{-6}$〕，100% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 1.52〔w(Re) = 4.57 $\times 10^{-6}$〕～6.60〔w(Re) = 738 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 3D)出现 1 个峰值，Ln(Re) = 2.5〔w(Re) = 12.2 $\times 10^{-6}$〕～3.0〔w(Re) = 20.1 $\times 10^{-6}$〕，占样品总数 36% 。

2.4　花岗岩

花岗岩中 147 个数据，w(Re)变化在 0.03 $\times 10^{-6}$～1 218 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = −3.52～7.11。Re 含量算术平均值为 129 $\times 10^{-6}$，几何平均值 19.4 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 2.96〕，对数方差为 2.39，约 55.1% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 0.57〔w(Re) = 1.77 $\times 10^{-6}$〕～5.36〔w(Re) = 212 $\times 10^{-6}$〕，约 97.2% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −1.82〔w(Re) = 0.16 $\times 10^{-6}$〕～7.75〔w(Re) = 2 325 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 4A)出现 3 个峰值，从小到大依次为：Ln(Re) = −0.6〔w(Re) = 0.55 $\times 10^{-6}$〕～−0.1〔w(Re) = 0.90 $\times$

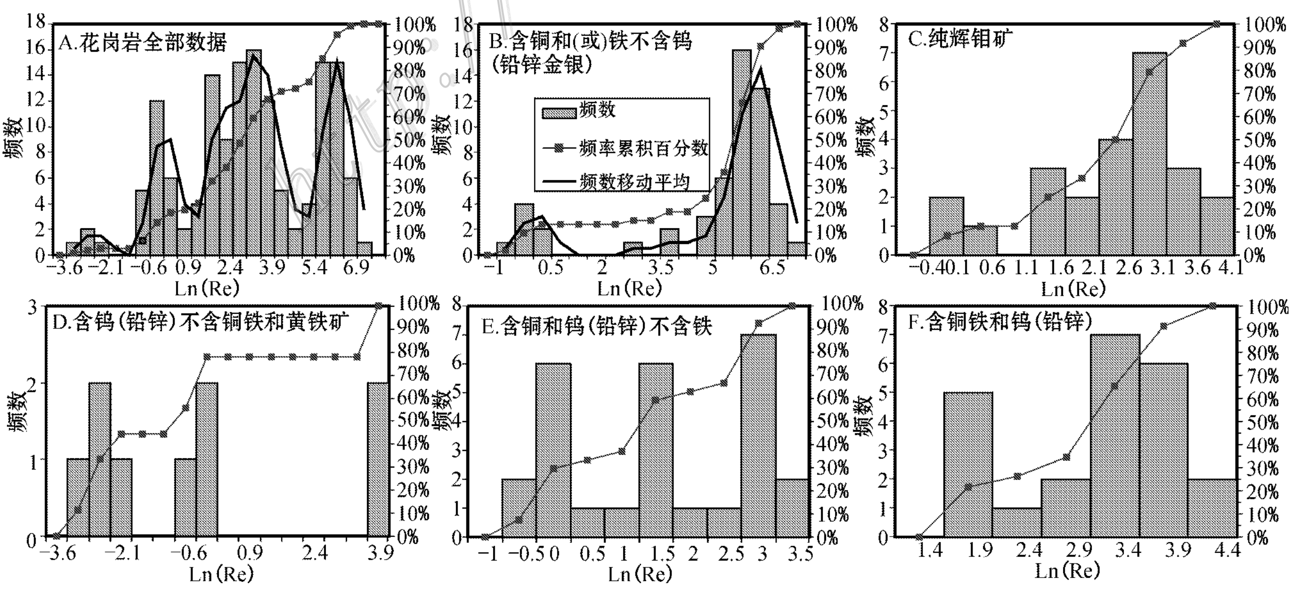

图 4　花岗岩中不同产出状态辉钼矿 Re 含量的自然对数频数分布图(元素名称含义同图 2)

Fig. 4　Frequency distribution of natural logarithm of Re content in molybdenite of different modes of occurrence in granite (meanings of element names as for Fig. 2)

10^{-6}〕,Ln(Re)=2.9〔w(Re)=18.2×10^{-6}〕～3.4〔w(Re)=30.0×10^{-6}〕,Ln(Re)=5.4〔w(Re)=221×10^{-6}〕～6.4〔w(Re)=602×10^{-6}〕。3 个峰值占样品总数分别为 8.2%、10.9%、20.4%。

花岗岩中辉钼矿共生矿物含黄铜矿和(或)磁铁矿(或磁黄铁矿)不含白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银 53 个数据,w(Re)变化在 0.37×10^{-6}～1 218×10^{-6},Ln(Re)=−0.99～7.11。Re 含量算术平均值为 332×10^{-6},几何平均值 140×10^{-6}〔Ln(Re)=4.94〕,对数方差为 2.16,约 84.9% 的数据在一个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=2.79〔w(Re)=16.3×10^{-6}〕～7.10〔w(Re)=1 212×10^{-6}〕,约 86.8% 的数据在两个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=0.63〔w(Re)=1.89×10^{-6}〕～9.25〔w(Re)=10 455×10^{-6}〕。频数直方图中(图 4B)出现 1 个峰值,Ln(Re)=5.5〔w(Re)=245×10^{-6}〕～6〔w(Re)=403×10^{-6}〕,占样品总数 11.3% 。

花岗岩纯辉钼矿 26 个数据,w(Re)变化在 0.53×10^{-6}～58.2×10^{-6},Ln(Re)=−0.99～7.11。Re 含量算术平均值为 14.6×10^{-6},几何平均值 7.99×10^{-6}〔Ln(Re)=2.08〕,对数方差为 1.33,约 69.2% 的数据在一个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=0.75〔w(Re)=2.11×10^{-6}〕～3.41〔w(Re)=30.2×10^{-6}〕,约 96.2% 的数据在两个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=−0.58〔w(Re)=0.56×10^{-6}〕～4.74〔w(Re)=114×10^{-6}〕。频数直方图中(图 4C)出现 1 个峰值,Ln(Re)=2.6〔w(Re)=13.5×10^{-6}〕～3.1〔w(Re)=22.2×10^{-6}〕,占样品总数 29.2% 。

花岗岩中辉钼矿共生矿物含白钨矿和(或)黑钨矿、方铅矿、闪锌矿,不含黄铜矿、磁铁矿、磁黄铁矿和黄铁矿 9 个数据(图 4D),w(Re)变化在 0.03×10^{-6}～32.9×10^{-6},Ln(Re)=−3.52～3.49。Re 含量算术平均值为 7.49×10^{-6},几何平均值 0.51×10^{-6}〔Ln(Re)=−0.67〕,对数方差为 2.65,约 66.7% 的数据在一个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=−3.32〔w(Re)=0.04×10^{-6}〕～1.98〔w(Re)=7.28×10^{-6}〕,100% 的数据在两个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=−5.97〔w(Re)=0.003×10^{-6}〕～4.64〔w(Re)=103×10^{-6}〕。

花岗岩中辉钼矿共生矿物含黄铜矿、白钨矿和(或)黑钨矿、方铅矿、闪锌矿不含磁铁矿和磁黄铁矿 27 个样品,w(Re)变化在 0.37×10^{-6}～32×10^{-6},Ln(Re)=−0.99～3.47。Re 含量算术平均值为 7.75×10^{-6},几何平均值 3.69×10^{-6}〔Ln(Re)=1.30〕,对数方差为 1.38,约 48.1% 的数据在一个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=−0.07〔w(Re)=0.93×10^{-6}〕～2.68〔w(Re)=14.6×10^{-6}〕,100% 的数据在两个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=−1.45〔w(Re)=0.23×10^{-6}〕～4.06〔w(Re)=58×10^{-6}〕。频数直方图中(图 4E)出现 3 个峰值,从小到大依次为:Ln(Re)=−0.5〔w(Re)=0.61×10^{-6}〕～0〔w(Re)=1.00×10^{-6}〕,Ln(Re)=1〔w(Re)=2.72×10^{-6}〕～1.5〔w(Re)=4.48×10^{-6}〕,Ln(Re)=2.5〔w(Re)=12.2×10^{-6}〕～3〔w(Re)=20.1×10^{-6}〕。3 个峰值占样品总数分别为 22.2%、22.2%、25.9%。

花岗岩中辉钼矿共生矿物含黄铜矿、磁铁矿(或磁黄铁矿)和白钨矿(或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿)23 个样品,w(Re)变化在 4.33×10^{-6}～69.2×10^{-6},Ln(Re)=1.47～4.24。Re 含量算术平均值为 25.6×10^{-6},几何平均值 19.4×10^{-6}〔Ln(Re)=2.96〕,对数方差为 0.84,约 69.6% 的数据在一个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=2.13〔w(Re)=8.39×10^{-6}〕～3.80〔w(Re)=44.7×10^{-6}〕,100% 的数据在两个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=1.29〔w(Re)=3.64×10^{-6}〕～4.64〔w(Re)=103×10^{-6}〕。频数直方图中(图 4F)出现 1 个峰值,Ln(Re)=2.9〔w(Re)=18.2×10^{-6}〕～3.4〔w(Re)=30.0×10^{-6}〕,占样品总数 10.5% 。

2.5 碳酸岩

碳酸岩脉中 16 个数据,考虑到 Stein 等(1997)的数据为 1 个样重复测了 7 次,这里只选取其中一个数据,总的碳酸岩脉中数据变为 10 个(图 5),w(Re)变化在 88.1～633×10^{-6},Ln(Re)=4.48～6.45。Re 含量算术平均值为 288×10^{-6},几何平均值 231×10^{-6}〔Ln(Re)=5.44〕,对数方差为 0.73,约 60%的数据在一个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=4.71〔w(Re)=111×10^{-6}〕～6.17〔w(Re)=477×10^{-6}〕,100% 的数据在两个标准偏差范围之内,即:Ln(Re)=3.98〔w(Re)=54×10^{-6}〕～6.89〔w(Re)=988×10^{-6}〕。

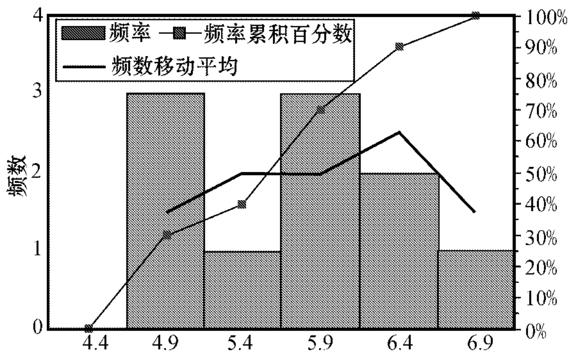

图 5　碳酸岩脉中辉钼矿 Re 含量的自然对数频数分布图

Fig. 5　Frequency distribution of natural logarithm of Re content in molybdenite from carbonatite

3　与不同矿物共生时辉钼矿的 Re 含量

辉钼矿共生矿物含黄铜矿部分伴有磁铁矿(或磁黄铁矿)和(或)白钨矿(或黑钨矿)、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银 398 **个数据，**w(Re)**变化为** $0.006\times10^{-6}\sim14\ 024\times10^{-6}$，Ln(Re) = $-5.13\sim9.55$。Re **含量算术平均值为** 315×10^{-6}，**几何平均值** 36.5×10^{-6}〔Ln(Re) = 3.60〕，**对数方差为** 2.73，**约** 69.3% **的数据在** 1 **个标准偏差范围之内，即：**Ln(Re) = 0.87〔w(Re) = 2.39×10^{-6}〕～6.32〔w(Re) = 558×10^{-6}〕，**约** 96.7% **的数据在两个标准偏差范围之内，即：**Ln(Re) = −1.86〔w(Re) = 0.16×10^{-6}〕～9.05〔w(Re) = $8\ 534\times10^{-6}$〕。**频数直方图中(图** 6A)**出现** 3 **个峰值，从小到大依次为：**Ln(Re) = −0.2〔w(Re) = 0.82×10^{-6}〕～0.3〔w(Re) = 1.35×10^{-6}〕，Ln(Re) = 3.3〔w(Re) = 27.1×10^{-6}〕～3.8〔w(Re) = 44.7×10^{-6}〕，Ln(Re) = 5.3〔w(Re) = 200×10^{-6}〕～5.8〔w(Re) = 330×10^{-6}〕。3 **个峰值占样品总数分别为** 5.5%，6.5%，14.1%。

辉钼矿共生矿物含黄铜矿不含磁铁矿、磁黄铁矿、白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然

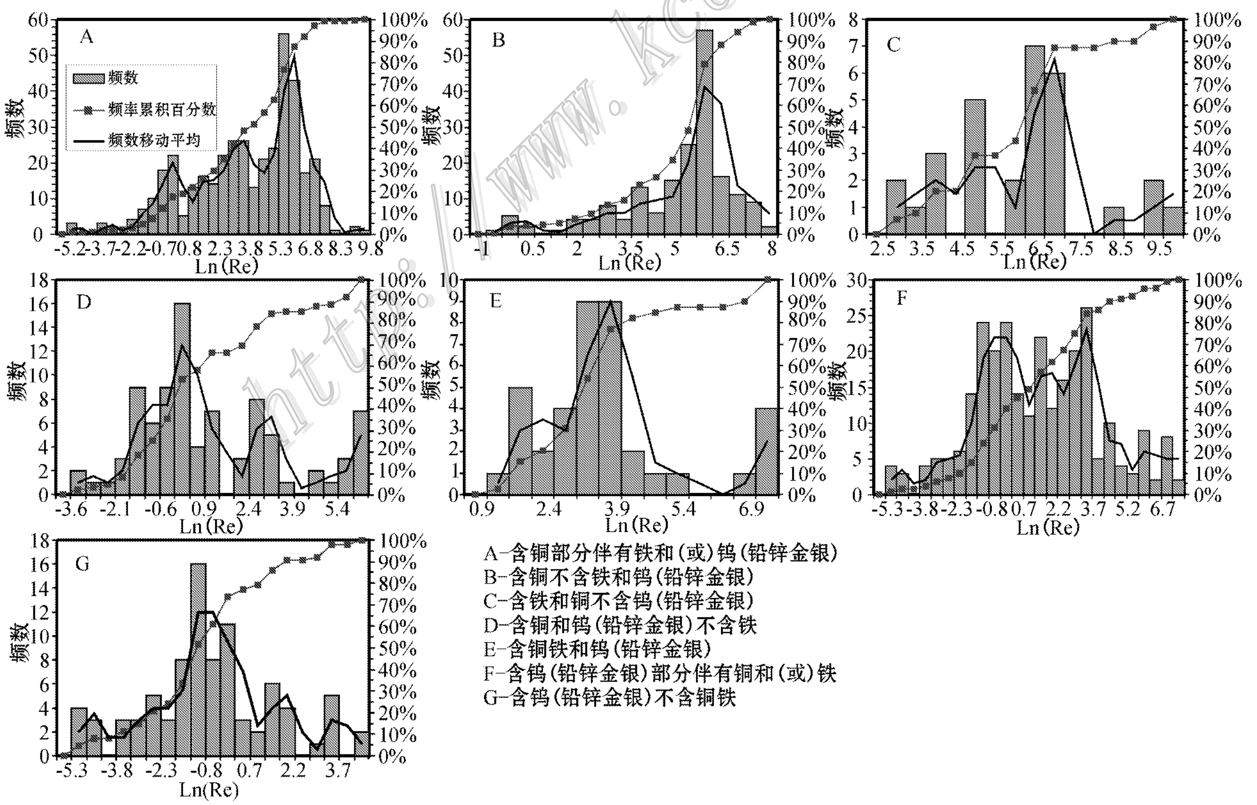

图 6　与不同矿物共生时辉钼矿 Re 含量的自然对数频数分布图(元素名称含义同图 2)

Fig. 6　Frequency distribution of natural logarithm of Re content in molybdenite with different associated minerals (meanings of element names as for Fig. 2)

银 183 个数据，w(Re)变化在 0.37～2 232 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = −0.99～7.71。Re 含量算术平均值为 327 $\times 10^{-6}$，几何平均值为 145.9 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 4.98〕，对数方差为 1.70，约 76% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 3.28〔w(Re) = 26.7 $\times 10^{-6}$〕～6.68〔w(Re) = 797 $\times 10^{-6}$〕，约 94.5% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 1.59〔w(Re) = 4.88 $\times 10^{-6}$〕～8.38〔w(Re) = 4 358 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 6B)出现 1 个明显的峰值，Ln(Re) = 5.5〔w(Re) = 245 $\times 10^{-6}$〕～6〔w(Re) = 403 $\times 10^{-6}$〕，占样品总数 31.1% 。

辉钼矿共生矿物含磁铁矿(或磁黄铁矿)和黄铜矿不含白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银 30 个数据，w(Re)变化在 15.4 $\times 10^{-6}$～14 024 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = 2.73～9.55。Re 含量算术平均值为 1 538 $\times 10^{-6}$，几何平均值为 358 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 5.88〕，对数方差为 1.76，约 66.7% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 4.12〔w(Re) = 61.3 $\times 10^{-6}$〕～7.64〔w(Re) = 2 086 $\times 10^{-6}$〕，约 96.7% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 2.35〔w(Re) = 10.52 $\times 10^{-6}$〕～9.41〔w(Re) = 12 164 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 6C)的峰值，Ln(Re) = 6〔w(Re) = 403 $\times 10^{-6}$〕～6.5〔w(Re) = 665 $\times 10^{-6}$〕，占样品总数 23.3%。

辉钼矿共生矿物含黄铜矿和白钨矿(或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银)不含磁铁矿、磁黄铁矿 88 个数据，w(Re)变化在 0.029 $\times 10^{-6}$～560 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = −3.54～6.33。Re 含量算术平均值为 52.8 $\times 10^{-6}$，几何平均值为 2.99 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 1.09〕，对数方差为 2.47，约 72.7% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −1.38〔w(Re) = 0.25 $\times 10^{-6}$〕～3.57〔w(Re) = 35.4 $\times 10^{-6}$〕，约 95.5% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −3.85〔w(Re) = 0.02 $\times 10^{-6}$〕～6.04〔w(Re) = 420 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 6D)出现 3 个峰值，从小到大依次为：Ln(Re) = −0.1〔w(Re) = 0.90 $\times 10^{-6}$〕～0.4〔w(Re) = 1.49 $\times 10^{-6}$〕，Ln(Re) = 2.4〔w(Re) = 11.02 $\times 10^{-6}$〕～2.9〔w(Re) = 18.17 $\times 10^{-6}$〕，Ln(Re) = 5.9〔w(Re) = 365 $\times 10^{-6}$〕～6.4〔w(Re) = 602 $\times 10^{-6}$〕。3 个峰值占样品总数分别为 18.2%、9.1%、8%。右边 Ln(Re) > 5.9 的资料与矽卡岩有关。

辉钼矿共生矿物有黄铜矿、磁铁矿(或磁黄铁矿)和白钨矿(或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银)39 个数据，w(Re)变化在 4 $\times 10^{-6}$～1 486 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = 1.39～7.30。Re 含量算术平均值为 172 $\times 10^{-6}$，几何平均值为 34.97 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 3.55〕，对数方差为 1.59，约 71.8% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 1.97〔w(Re) = 7.14 $\times 10^{-6}$〕～5.14〔w(Re) = 171 $\times 10^{-6}$〕，约 87.2% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = 0.38〔w(Re) = 1.46 $\times 10^{-6}$〕～6.73〔w(Re) = 838 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 6E)的峰值，Ln(Re) = 2.9〔w(Re) = 18.2 $\times 10^{-6}$〕～3.9〔w(Re) = 49.4 $\times 10^{-6}$〕，占样品总数 46.2%。

辉钼矿共生矿物含白钨矿(或黑钨矿)、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银部分伴有黄铜矿和(或)磁铁矿、磁黄铁矿 273 个数据，w(Re)变化在 0.005 $\times 10^{-6}$～1 495 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = −5.30～7.31。Re 含量算术平均值为 75.2 $\times 10^{-6}$，几何平均值为 3.64 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = 1.29〕，对数方差为 2.70，约 72.2% 的数据在一个标准偏差范围之内即：Ln(Re) = −1.41〔w(Re) = 0.25 $\times 10^{-6}$〕～3.99〔w(Re) = 53.9 $\times 10^{-6}$〕，约 93.8% 的数据在两个标准偏差范围之内即：Ln(Re) = −4.1〔w(Re) = 0.17 $\times 10^{-6}$〕～6.7〔w(Re) = 799 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 6F)出现 3 个峰值，从小到大依次为：Ln(Re) = −1.3〔w(Re) = 0.27 $\times 10^{-6}$〕～−0.8 w(Re) = 0.45 $\times 10^{-6}$〕，Ln(Re) = 1.2〔w(Re) = 3.32 $\times 10^{-6}$〕～1.7〔w(Re) = 5.47 $\times 10^{-6}$〕，Ln(Re) = 3.2〔w(Re) = 24.5 $\times 10^{-6}$〕～3.7〔w(Re) = 40.4 $\times 10^{-6}$〕。3 个峰值占样品总数分别为 8.8%、8.1%、9.5%。

含白钨矿和(或)黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银，不含黄铜矿、磁铁矿和磁黄铁矿。87 个数据的 w(Re)变化在 0.005 $\times 10^{-6}$～88.3 $\times 10^{-6}$，Ln(Re) = −5.3～4.5。Re 含量算术平均值为 4.9 $\times 10^{-6}$，几何平均值为 0.52 $\times 10^{-6}$〔Ln(Re) = −0.66〕，对数方差为 2.18，约 67.8% 的数据在一个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −2.84〔w(Re) = 0.06 $\times 10^{-6}$〕～1.53〔w(Re) = 4.6 $\times 10^{-6}$〕，约 96.6% 的数据在两个标准偏差范围之内，即：Ln(Re) = −5.02〔w(Re) = 0.007 $\times 10^{-6}$〕～3.71〔w(Re) = 40.8 $\times 10^{-6}$〕。频数直方图中(图 6G)的峰值，Ln(Re) = −1.3〔w(Re) = 0.27 $\times 10^{-6}$〕～−0.8〔w(Re) = 0.45 $\times 10^{-6}$〕，占样品总数的 18.4%。

4 讨 论

对比前文统计的各种产状的辉钼矿频数直方图可以看出，辉钼矿中 Re 含量与辉钼矿的寄主岩性和共生矿物组合存在较为明显的关系，最终概括为以下几种代表性的辉钼矿产出状态：从岩性角度来说，长英质脉和花岗岩中纯辉钼矿 Re 含量最低，几何平均值分别为 7.41×10^{-6} 和 7.99×10^{-6}，多在 $n\times10^{-6}\sim n\times10^{-5}$；矽卡岩中纯辉钼矿 Re 含量中等，几何平均值为 58.1×10^{-6}，多在 $n\times10^{-5}\sim n\times10^{-4}$；而在碳酸岩中最高，几何平均值为 231×10^{-6}，多在 $n\times10^{-4}$ 左右。不同岩性中辉钼矿共生不同矿物时 Re 含量均出现明显的变化，一个共同的特征是，仅与白钨矿（或黑钨矿）和（或）方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银共生时，辉钼矿 Re 含量最低，几何平均值为 $n\times10^{-7}$，多在 $n\times10^{-8}\sim n\times10^{-6}$；仅与黄铜矿和（或）磁铁矿、磁黄铁矿共生时，辉钼矿 Re 含量最高，几何平均值为 $n\times10^{-4}$，多在 $n\times10^{-5}\sim n\times10^{-3}$；同时与黄铜矿（磁铁矿、磁黄铁矿）和白钨矿（或黑钨矿）、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银共生时，辉钼矿 Re 含量处在前两者之间且峰值不是十分明显，几何平均值为 $n\times10^{-6}$，多在 $n\times10^{-7}\sim n\times10^{-5}$。辉钼矿共生矿物中存在黄铁矿、磁铁矿和（或）磁黄铁矿时会引起 Re 含量在原有基础上升高，例如：长英质脉中的纯辉钼矿，几何平均值为 7.41×10^{-6}，而长英质脉中辉钼矿共生矿物含黄铁矿不含黄铜矿、白钨矿（或黑钨矿）、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银，几何平均值为 26.4×10^{-6}；辉钼矿与黄铜矿、白钨矿（或黑钨矿）、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银共生时，几何平均值为 2.99×10^{-6}，而辉钼矿与黄铜矿、磁铁矿和（或）磁黄铁矿、白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、金和银共生时，几何平均值为 34.97×10^{-6}；辉钼矿共生矿物含黄铜矿不含磁铁矿、磁黄铁矿、白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银时，几何平均值为 145.9×10^{-6}，而辉钼矿共生矿物含磁铁矿和（或）磁黄铁矿和黄铜矿，不含白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银时，几何平均值为 358×10^{-6}。从共生矿物的角度来看辉钼矿中 Re 含量的变化，白钨矿、黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银可能具有降低辉钼矿中 Re 含量的作用，黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿可能具有升高辉钼矿中 Re 含量的作用，后者可能是 Re 的亲铜亲铁特征的体现。以上辉钼矿中 Re 含量与寄主岩性和共生矿物组合的关系说明，岩性和共生矿物种类的变化都将会引起辉钼矿中 Re 含量的级数变化，在本文所划分的几种代表性的辉钼矿产出状态（寄主岩性和共生矿物组合）之间其 Re 含量差异的总体特征均在一个数量级以上，这从一个侧面说明辉钼矿 Re 含量的级数变化可能与其产出状态密切相关，似乎不能有效地反映出其成矿物质来源。此外，一些研究发现，利用毛景文等（1999a）总结的辉钼矿 Re 含量示踪的成矿物质来源与其他同位素结果出现了矛盾之处，如秋树湾铜钼矿床辉钼矿 w(Re) 为 $112.7\times10^{-6}\sim180.0\times10^{-6}$，Re 含量示踪显示成矿物质来自地幔，但矿石硫同位素显示为下地壳来源（郭保健等，2006）；东秦岭多个矿区辉钼矿中 Re 含量均显示出壳幔混源的特征（黄典豪等，1994；李永峰等，2003；2006；Mao et al.，2008），但卢欣祥等（2002）从氧、铅和硫同位素角度总结分析发现，成矿物质主要显示幔源的特征。

由于本文统计到的辉钼矿中 Re 含量的数据有限，辉钼矿部分产出状态下的样品数偏少，未能形成理想的对数正态分布特征。此外，辉钼矿 Re 含量显示的元素亲和力（亲铜亲铁）可能与元素生成的矿物结构也有关，例如，文中统计结果显示辉钼矿与磁铁矿共生时其 Re 含量显著高于与黄铁矿共生的辉钼矿 Re 含量。共生矿物同样是硫化物时，辉钼矿共生黄铁矿时其 Re 含量又明显高于共生方铅矿和闪锌矿的辉钼矿 Re 含量。因而，辉钼矿 Re 含量的变化依然是多因素的，目前统计得出的岩性和共生矿物的种类仅能反应出定性的影响作用。不同产出状态下辉钼矿 Re 含量出现了一定程度的重合特征，可能与一些样品产出状态的不确定性、个别共生矿物、矿床的形成温度（Badalov et al.，1962；Terada et al.，1971；Ivanov et al.，1972）和结晶物理化学条件有关（Berzina et al.，2005）。因而，寻找辉钼矿中 Re 含量分布更加准确可靠的影响因素，还需要今后结合典型矿床的全面系统研究。

5 结 论

（1）辉钼矿中 Re 含量与岩性存在密切的关系，长英质脉和花岗岩中纯辉钼矿 Re 含量最低，几何平均值分别为 7.41×10^{-6} 和 7.99×10^{-6}，多在 $n\times10^{-6}\sim n\times10^{-5}$；矽卡岩中纯辉钼矿 Re 含量中等，几

何平均值为 58.1×10^{-6}，多在 $n\times10^{-5}\sim n\times10^{-4}$；碳酸岩中最高，几何平均值为 231×10^{-6}，多在 $n\times10^{-4}$左右。

(2) 辉钼矿的共生矿物种类影响其 Re 含量的变化，仅与白钨矿（或黑钨矿）和（或）方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银共生，辉钼矿 Re 含量最低，几何平均值为 $n\times10^{-7}$，多在 $n\times10^{-8}\sim n\times10^{-6}$；仅与黄铜矿和（或）磁铁矿（或磁黄铁矿）共生时，辉钼矿 Re 含量最高，几何平均值为 $n\times10^{-4}$，多在 $n\times10^{-5}\sim n\times10^{-3}$；同时与黄铜矿（或磁铁矿、磁黄铁矿）和白钨矿（或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银）共生时，辉钼矿 Re 含量处在前两者之间，且峰值不是十分明显，几何平均值为 $n\times10^{-6}$，多在 $n\times10^{-7}\sim n\times10^{-5}$。

(3) 辉钼矿共生白钨矿（或黑钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金和自然银）或产在长英质脉和花岗岩中，可能促使其 Re 含量降低，辉钼矿与黄铁矿、黄铜矿和磁铁矿（或磁黄铁矿）共生或产在矽卡岩和碳酸岩中，可能促使其 Re 含量升高。辉钼矿 Re 含量的级数变化可能与其产出状态密切相关，似乎不能有效地反映出其成矿物质来源。

志 谢 匿名审稿人认真评阅了本文，所提修改建议对本文提高起到了促进作用，刘向冲在数据计算分析方面提供了帮助，在此一并表示感谢。

References

Badalov S T, Basitova S M and Godunova L I. 1962. Distribution of rhenium in central asia molybdenite[J]. Geokhimiya, 9：813-817.

Berzina A N, Sotnikov V I, Economou-Eliopoulos M and Eliopoulos D G. 2005. Distribution of rhenium in molybdenite from porphyry Mo-Cu deposits of Russia (Siberia) and Mongolia[J]. Ore Geology Reviews, 26(1-2)：91-113.

Cai M H, Chen K X, Qu W J, Liu G Q, Fu J M and Yin J P. 2006. Geological characteristics and Re-Os dating of molybdenites in Hehuaping tin-polymetallic deposit, southern Hunan Province[J]. Mineral Deposits, 25(3)：263-268(in Chinese with English abstract).

Cao Z M, Luo Y N, Wang R C, Stein J and Hannah J L. 2002. Geological characteristics and mineralization age of the sandstone type Re-Mo(-Os) mineal occurrence in Muchuan, Sichuan[J]. Acta Geologica Sinica, 76(1)：95-99(in Chinese with English abstract).

Chen W M, Li S P. 1998. Rhenium-osmium isotopic ages of sulfides from the tongkuang porphyry copper deposit in the Zhongtiao mountain[J]. Mineral Deposits, 17(3)：224-228(in Chinese with English abstract).

Chen Z H, Wang D H, Qu W J, Chen Y C, Wang P A, Xu J X. Zhang J X and Xu M L. 2006. Geological characteristics and mineralization age of the Taoxikeng tungsten deposit in Chongyi County, southern Jiangxi Province, China[J]. Geological Bulletin of China, 25(4)：496-501(in Chinese with English abstract).

Dai J Z, Mao J W. Du A D, Xie G Q, Bai J, Yang F Q and Qu W J. 2007. Re-Os dating of molybdenite from the Xiaojiayingzi Mo(Fe) deposit in western Liaoning and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 81(7)：917-923(in Chinese with English abstract).

Ding Z J, Yao S Z, Zhou Z G and Wu G. 1998. Metallogenic chronology and its geologic sifnificance of Tongchang copper ore deposit, Shanxi Province[J]. Journal of Xi'An Engineering University, 20(3)：24-27(in Chinese with English abstract).

Dong F L, Hou Z Q, Gao Y F, Zeng P S, Jiang C X and Du A D. 2005. Re-Os isotopic dating of molybdenite from Datongchang copper-lead-zinc deposit in Tengchong area, western Yunnan[J]. Mineral Deposits, 24(6)：663-668(in Chinese with English abstract).

Feng C Y, Xu J X, Zeng Z L, Zhang D Q, She H Q, Li H W, Li D X, Du A D and Dong Y J. 2007a. Zircon SHRIMP U-Pb and molybdenite Re-Os dating in Tianmenshan-Hongtaoling tungsten-tin orefield, southern Jiangxi Province, China, and its geological implication[J]. Acta Geologica Sinica, 81(7)：952-963(in Chinese with English abstract).

Feng C Y, Feng Y D, Xu J X, Zeng Z L, She H Q, Zhang D Q, Qu W J and Du A D. 2007b. Isotope chronological evidence for Upper Jurassic petrogenesis and mineralization of altered granite-type tungsten deposits in the Zhangtiantang area, southern Jiangxi[J]. Geology in China, 34(4)：642-650(in Chinese with English abstract).

Feng C Y, Li D S, Qu W J, Du A D, Wang S, Su S X and Jiang J H. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Suolajier skarn-type copper-molybdenum deposit of Qimantage mountain in Qinghai Province and its geological significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3)：223-227(in Chinese with English abstract).

Figueiredo M A T and Jain A K. 2002. Unsupervised learning of finite mixture models[J]. Ieee Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24(3)：381-396.

Fu J M, Li H Q, Qu W J, Yang X J, Wei J Q, Liu G Q and Ma L Y. 2007. Re-Os isotope dating of the Da'ao tungsten-tin deposit in the Jiuyi mountains, southern Hunan Province[J]. Geology in China, 34(4)：651-656(in Chinese with English abstract).

Fu J M, Li H Q, Qu W J, Ma L Y, Yang X J, Wei J Q and Liu G Q. 2008. Determination of mineralization epoch of quartz-vein type tungsten deposits in Shixing region, northern Guangdong and its geological significance[J]. Geotectonica et Metallogenia, 32(1)：57-62(in Chinese with English abstract).

Gao Y, Li Y F, Guo B J, Cheng G X and Liu Y W. 2010. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Qianfanling quartz-vein Mo deposit in Songxian County, western Henan Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(3)：757-767(in Chinese with English abstract).

Gao Y L, Zhang J M, Ye H S, Meng F, Zhou K and Gao Y. 2010. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Shiyaogou porphyry molybdenum deposit in the east Qinling[J]. Acta Petrologica

Sinica, 26(3): 729-739(in Chinese with English abstract).

Gong F Z, Zheng Y Y, Zhang G Y and Qu W J. 2008. The first discovery of porphyry copper deposits formed during the main Indian-Tibetan collision in Gangdise, Tibet: Constraints from Re-Os ages for molybdenite from the Jiru porphyry copper deposit[J]. Acta Geologica Sichuan, 28(4): 296-299(in Chinese with English abstract).

Guo B J, Mao J W, Li H M, Qu W J, Qiu J J, Ye H S, Li M W and Zhu X L. 2006. Re-Os dating of the molybdenite from the Qiushuwan Cu-Mo deposit in the east Qinling and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(9): 2341-2348(in Chinese with English abstract).

Hauri E H and Hart S R. 1997, Rhenium abundances and systematics in oceanic basalts[J]. Chemical Geology, 139(1-4): 185-205.

He S Y, Li D S, Li L L, Qi L Y and He S F. 2009. Re-Os age of molybdenite from the Yazigou copper (molybdenum) mineralized area in eastern Kunlun of Qinghai Province, and its geological significance[J]. Geotectonica et Metallogenia, 33(2): 236-242(in Chinese with English abstract).

Hou Z Q, Qu X M, Wang S X, Gao Y F, Du A D and Huang W. 2003a. Re-Os age for molybdenites from the Gangdese porphyry belt in the Tibetan plateau: Implication to mineralization duration and geodynamic setting[J]. Science in China(Series D: Earth Sciences), 33(7): 609-618(in Chinese).

Huang D H, Wang Y C, Nie F J and Jiang X J. 1985. A new type of molybdenum deposit-geological characteristics and metallogenic mechanism of the Huanglongpu carbonatite vein-type of molybdenum (lead) deposit, Shanxi[J]. Acta Geological Sinica, 59: 241-257(in Chinese with English abstract).

Huang D H, Wu C Y, Du A D and He H L. 1994. Re-Os isotope ages of molybdenum deposits in east Qinling and their significance[J]. Mineral Deposits, 13(3): 221-230(in Chinese with English abstract).

Huang D H, Hou Z Q, Yang Z M, Li Z Q, Xu D X. 2009. Geological and geochemical characteristics, metallogenetic mechanism and tectonic setting of carbonatie vein-type Mo(Pb) deposits in the east Qinling molybdenite ore belt[J]. Acta Geologica Sinica, 83(12): 1968-1984(in Chinese with English abstract).

Ishihara S. 1988. Rhenium contents of molybdenites in granitoid-series rocks in Japan[J]. Econ. Geol., 83: 1047-1051.

Ivanov V V, Poplavko E M and Corokhova V N. 1972. The Geochemistry of Rheniuim[J]. International Geology Review, 14: 1-105.

Jiao J G, Yuan H C, He K, Sun T, Xu G and Liu R P. 2009. Zircon U-Pb and molybdenite Re-Os dating for the Balipo porphyry Mo deposit in east Qinling, China, and its geological implication[J]. Acta Geologica Sinica, 83(8): 1159-1166(in Chinese with English abstract).

Li F, Lu W J, Yang Y Z, Chen H, Luo S L and Shi Z L. 2009. The rock and ore-forming ages of the Laochang porphyry molybdenum deposit in Lancang, Yunnan[J]. Geoscience, 23(6): 1049-1055(in Chinese with English abstract).

Li G M, Liu B, Qu W J, Lin F C, She H Q and Feng C Y. 2005a. The porphyry-skarn ore-forming system in Gangdese metallogenic belt, southern Xizang: Evidence from molybdenite Re-Os age of porphyry-type copper deposits and skarn-type copper polymetallic deposita[J]. Geotectonica et Metallogenia, 29(4): 482-490(in Chinese with English abstract).

Li G M, Bing Z Y, Wang G M, Lin F C, Liu B, She H Q, Feng C Y and Qu W J. 2005b. Molybdenite Re-Os dating of Jiama and Zhibula polymetallic copper deposits in Gandese metallogenic belt of Tibet and its significance[J]. Mineral Deposits, 24(5): 481-489(in Chinese with English abstract).

Li G M, Liu B, She H Q, Feng C Y and Qu W J. 2006. Early Himalayan mineralization on the southern margin of the Gangdise metallogenic belt, Tibet, China: Evidence from Re-Os ages of the Chongmuda skarn-type Cu-Au deposit [J]. Geological Bulletin of China, 25(12): 1481-1486(in Chinese with English abstract).

Li H M, Ye H S, Mao J W, Wang D H, Chen Y C, Qu W J and Du A D. 2007. Re-Os dating of molybdenites from Au(-Mo) deposits in Xiaoqingling gold ore district and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 26(4): 417-424(in Chinese with English abstract).

Li H M, Ye H S, Wang D H, Chen Y C, Qu W J and Du A D. 2009. Re-Os dating of molybdenite from Zhaiwa Mo deposit in Xiong'er mountain, western Henan Province, and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 28(2): 133-142(in Chinese with English abstract).

Li H Q, Wang D H, Wan Y, Qu W J, Zhang B, Lu Y F Mei Y P and Zou S L. 2006a. Isotopic geochronology study and its significance of the Lailisigao'er Mo deposit, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(10): 2437-2443(in Chinese with English abstract).

Li H Q, Chen F W, Li J T, Qu W J, Wang D H, Wu H, Deng G and Mei Y P. 2006b. Age of mineralization and host rocks in the Baishan rhenium-molybdenite district, east Tianshan, Xinjiang, China: Revisited[J]. Geological Bulletin of China, 25(8): 916-922(in Chinese with English abstract).

Li H Y, Mao J W, Sun Y L, Zhou X Q, He H L and Du A D. 1996. Re-Os isotopic chronology of molybdenites in the Shizhuyuan polymetallic tungsten deposit[J]. Geological Review, 42(3): 261-267 (in Chinese with English abstract).

Li L X, Song Q H, Wang D H, Wang C H, Qu W J, Wang Z G, Bi S Y and Yu C. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Fuanpu molybdenum deposit of Jilin Province and discussion on its metallogenesis[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 283-287(in Chinese with English abstract).

Li J W, Li X H, Pei R F, Mei Y X, Wang Y L, Qu W J, Huang X B and Zang W S. 2007. Re-OsAge of molybdenite from the southern ore zone of the Wushan copper deposit, Jiangxi Province, and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 81(6): 801-807(in Chinese with English abstract).

Li J K, Li W C, Wang D H, Lu Y X, Yin G H and Xue S R. 2007. Re-Os dating for ore-forming event in the of Yanshan epoch and research of ore-forming regularity in Zhongdian arc[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(10): 2415-2422(in Chinese with English abstract).

Li N, Sun Y L, Li J and Li W B. 2007. Molybdenite Re/Os isochron age of the Wunugetu Shan porphyry Cu/Mo deposit, Inner Mongolia and its implication for metallogenic geodynamics[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(11): 2881-2888(in Chinese with English abstract).

Li N, Sun Y L, Li J, Xue L W and Li W B. 2008. Molybdenite Re-Os isotope age of the Dahu Au-Mo deposit, Xiaoqinling and the Indosinian mineralization[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(4): 810-816(in Chinese with English abstract).

Li N, Chen Y J, Sun Y L, Hu H Z, Li J, Zhang H and Ni Z Y. 2009. Molybdenite Re-Os isochron age of the Yuchiling porphyry Mo deposit, Henen Province and its geological implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 25(2): 413-421(in Chinese with English abstract).

Li S R, Wang D H, Liang T, Qu W J and Ying L J. 2008. Metallgenic epochs of the Damingshan tungsten deposit in Guangxi and its prospecting potential[J]. Acta Geologica Sinica, 82(7): 873-879 (in Chinese with English abstract).

Li S J, Sun F Y, Feng C Y, Liu Z H, Zhao J W, Li Y C and Wang S. 2008. Geochronological study on Yazigou polymetallic deposit in eastern Kunlun, Qinhai Province[J]. Acta Geologica Sinica, 82 (7): 949-955(in Chinese with English abstract).

Li X F, Feng Z H, Li R S, Tang Z H, Qu W J and Li J C. 2009. Silurian Mo mineralization at Baishiding molybdenum deposit in northern Guangxi: Constraints from zircon SHRIMP U-Pb and molybdenite Re-Os ages[J]. Mineral Deposits, 28(4): 403-412(in Chinese with English abstract).

Li Y F, Mao J W, Bai F J, Li J P and He Z J. 2003. Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Nannihu molybdenum (tungsten) orefield in the eastern Qinling and its geological significane[J]. Geological Review, 49(6): 652-659(in Chinese with English abstract).

Li Y F, Mao J W, Liu D Y, Wang Y B, Wang Z L. Wang Y T, Li X F, Zhang Z H and Guo B J. 2006. SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os datings for the Leimengou porphyry molybdenum deposit, western Henan and its geological implication[J]. Geological Review, 52(1): 122-131(in Chinese with English abstract).

Li Z Q, Wang J Z, Liu J J, Li C Y, Du A D, Liu Y P and Ye L. 2003. Re-Os dating of molybdenite from lala Fe-oxide-Cu-Au-Mo-REE deposit, southwest China: Implications for ore genesis[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 18(1): 39-42(in Chinese with English abstract).

Liao X J, Wang P A, Qin H C, Lu X K, Dong F X, Liu X C anf Shu B. 2008. Geology, geochemistry and ore- forming age of the Gaotongling molybdenum deposit, Tunchang area, Hainan, China[J]. Geological Bulletin of China, 27(4): 560-570(in Chinese with English abstract).

Lin Z Y, Wang D H and Li S R. 2008. Re-Os Isotopic ages of molybdenite from the Wangshe copper-tungsten deposit in Guangxi Province and their implications[J]. Acta Geologica Sinica, 82(11): 1565-1571(in Chinese with English abstract).

Liu G Q, Wu S C, Du A D, Fu J M, Yang X J, Tang Z H and Wei J Q. 2008. Metallogenic ages of the Xitian tungsten-tin deposit, eastern Hunan Province[J]. Geotectonica et Metallogenia, 32(1): 63-71(in Chinese with English abstract).

Liu L S, Gao L, Du A D and Sun Y L. 1996. The Re-Os isotope age of molybdenite from Bayan Obo Ree ore deposit[J]. Mineral Deposits, 15(2): 188-191(in Chinese with English abstract).

Liu J, Mao J W, Ye H S, Yang G Q and Zhang W. 2008. Re-Os dating of molybdenite from the Hukeng tungsten deposit in Wugongshan area, Jiangxi Province, and its geological implications[J]. Acta Geologica Sinica, 82(11): 1572-1579(in Chinese with English abstract).

Liu X C, Hou C X, Shen W and Zhang D H. 2011. MML-EM algorithm and its application on mixed distributions of geochemical data [J]. Earth Science, 36(2) (in press) (in Chinese with English abstract).

Liu X H, Sun B N, Qu W J, Kang H J and Wu J Y. 2007. Re-Os dating of molybdenite in Xiliugou W-Mo deposit in western part of north Qilian Mountains and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 23 (10): 2434-2442(in Chinese with English abstract).

Liu Y L, Guo L S, Song H X, Song B, Zhang R, Xu F J and Zhang Y X. 2009. Geochronology of Baogutu porphyry copper deposit in Western Junggar area, Xinjiang of China[J]. Science in China(Series D: Earth Sciences), 39(10): 1466-1472(in Chinese).

Lu X X, Yu Z P, Feng Y L, Wang Y T, Ma, W F, Cui H F. 2002. Mineralization and Tectonic Setting of Deep-hypabyssal Granites in East Qinling Mountain[J]. Mineral Deposits, 21(2): 168-178(in Chinese with English abstract).

Lu Y F, Ma L Y, Qu W J, Mei Y P and Chen X Q. 2006. U-Pb and Re-Os isotope geochronology of Baoshan Cu-Mo polymetallic ore deposit in Hunan Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(10): 2483-2492(in Chinese with English abstract).

Luo J C, Chen Z H, Qu W J. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Shankou molybdenum deposit in Yongding County of Fujian Province and its geological significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 254-258(in Chinese with English abstract).

Ma L Y, Lu Y F, Qu W J and Fu J M. 2007. Re-Os isotopic chronology of molybdenites in Huangshaping lead-zinc deposit, southeast Hunan, and its geological implications[J]. Mineral Deposits, 26(4): 425-431(in Chinese with English abstract).

Mao J W, Zhang Z C, Zhang Z H and Du A D. 1999a. Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Xiaoliugou W-(Mo) deposit in the northern Qilian mountains and its geological significance [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 63(11-12): 1815-1818.

Mao J W, Zhang Z H, Zhao Z C, Yang J M, Wang Z L and Du A D. 1999b. Re-Os age dating of molybdenites in the xiaoliugou tungsten deposit in the northern Qilian mountains and its significance[J]. Geological Review, 49(6): 652-659(in Chinese with English abstract).

Mao J W, Xie G Q, Bierlein F, Qu W J, Du A D, Ye H S, Pirajno F, Li H M, Guo B J, Li Y F and Yang Z Q. 2008. Tectonic implications from Re-Os dating of Mesozoic molybdenum deposits in the East Qinling-Dabie orogenic belt[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72(18): 4607-4626.

Mei Y X, Mao J W, Li J W and Du A D. 2005. Re-Os dating of molybdenite from stratiform skarn orebodies in the Datuanshan copper deposit, Tongling, Anhui Province, and its geological significance[J]. Acta Geosicientia Sinica, 26(4): 327-331(in Chinese with English abstract).

Meng X J, Hou Z Q, Gao Y F, Huang W, Qu X M and Qu W J. 2003. Re-Os dating for molybdenite from Qulong porphyry copper deposit in Gangdese metallogenic belt, Xizang and its metallogenic significance[J]. Geological Review, 49(6): 660-666(in Chinese with English abstract).

Meng X J, Hou Z Q, Dong G Y, Huang W, Qu X M and Qu W J. 2007. The geological characterustics and Re-Os isotope age of molybdenite of the Xiongjiashan molybdenum deposit, Jiangxi Province[J]. Acta Geologica Sinica, 81(7): 946-951(in Chinese with English abstract).

Meng Y F, Yang Z S, Zeng P S, Xu W Y and Wang X C. 2004. Tentative temporal constraints of ore-forming fluid systems in Tongling metallogenic province[J]. Mineral Deposits, 23(3): 271-280 (in Chinese with English abstract).

Nie F J, Qu W J, Liu Y, Du A D and Jiang S H. 2005. Re-Os isotopic age dating of molybdenite separates from Elegen porphyry Mo (Cu) mineralized area, northwestern Alxa, western Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits, 24(6): 638-646 (in Chinese with English abstract).

Nie F J, Zhang W Y, Du A D. 2007a. Re-Os isotopic age dating of molybdenite separates from the Chaobuleng skarn iron-polymetallic deposit, dong Ujimqin Banner, Inner Mongolia[J]. Acta Geoscientica Sinica, 28(4): 315-323(in Chinese with English abstract).

Nie F J, Zhang W Y, Du A D, Jiang S H and Liu Y. 2007b. Re-Os isotopic dating on molybdenite seperates from the Xiaodonggou porphyry Mo deposit, Hexigten Qi, Inner Mongolia[J]. Acta Geologica Sinica, 81(7): 898-905(in Chinese with English abstract).

O'Neill H, Dingwell D, Borisov A, Spettel B and Palme H. 1995. Experimental petrochemistry of some highly siderophile elements at high temperatures, and some implications for core formation and the mantle's early history[J]. Chemical Geology, 120(3-4): 255-273.

Peng J T, Zhou M F, Hu R Z, Shen N P, Yuan S D, Bi X W, Du A D and Qu W J. 2006. Precise molybdenite Re-Os and mica Ar-Ar dating of the Mesozoic Yaogangxian tungsten deposit, central Nanling district, South China[J]. Mineralium Deposita, 41: 661-669.

Qin F, Liu J M, Zeng Q D and Zhang R B. 2008. The metallogenic epoch and source of ore-forming materials of the Xiaodonggou porphyry molybdenum deposit, Inner Mogolia[J]. Geoscience, 22(2): 173-180(in Chinese with English abstract).

Qin Y, Mei Y P, Wang D H, Zhang J, and Wu L B. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Langyashan copper deposit in Chuzhou of Anhui province and its geological significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 259-264(in Chinese with English abstract).

Qu H Y, Pei R F, Wang Y L and Li J W. 2010. Re-Os dating and molybdenite from the Fenghuangshan skarn Cu deposit in Tongling, Anhui Pronince and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(3): 785-796(in Chinese with English abstract).

Righter K and Hauri E. 1998. Compatibility of rhenium in garnet during mantle melting and magma genesis[J]. Science, 280(5370): 1737-1741.

Selby D and Creaser R A. 2001. Re-Os geochronology and systematics in molybdenite from the Endako porphyry molybdenum deposit, British Columbia, Canada[J]. Econ. Geol., 96(1): 197-204.

She H Q, Li J W, Ma D F, Li G M, Zhang D Q, Feng C Y, Qu W J and Pan G T. 2009. Molybdenite Re-Os and SHRIMP zircon U-Pb dating of Duobuza porphyry copper deposit in Tibet and its geological implications[J]. Mineral Deposits, 28(6): 737-746 (in Chinese with English abstract).

Shirey S B and Walker R J. 1998. The Re-Os isotope system in cosmochemistry and high-temperature geochemistry[J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 26: 423-500.

Song S G, Ding Z J, Yao S Z, Zhou Z G, Zhang S X and Du A D. 2008. Re-Os isotopic dating and its implication for molybdenum mineralization of Wenquan porphyry, Wushan, Gansu Province[J]. Northwestern Geology, 41(1): 67-73 (in Chinese with English abstract).

Stein H J, Markey R J, Morgan J W, Du A and Sun Y. 1997. Highly precise and accurate Re-Os ages for molybdenite from the east Qinling molybdenum belt, Shanxi Province, China[J]. Econ. Geol., 92 (7-8): 827-835.

Stein H J, Markey R J, Morgan J W, Hannah J L and Schersten A. 2001. The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite: How and why it works[J]. Terra Nova1, 3: 479-486.

Su J, Zhang B L, Sun D H, Cui M L, Qu W J and Du A D. 2009. Geological features and Re-Os isotopic dating of newly discovered Shapoling veinlet-disseminated Mo deposit in the eastern section of east Qinling mountains and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 83(10): 1490-1496(in Chinese with English abstract).

Tang J X, Chen Y C, Wang D H, Wang C H, Xu Y P, Qu W J, Huang W and Huang Y. 2009. Re-Os dating of molybdenite from the Sharang porphyry molybednite deposit in Gongbo'gyamda County, Tibet and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 83(5): 698-704(in Chinese with English abstract).

Tang J X, Wang C H, Qu W J, Du A D, Ying L J and Gao Y M. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Yulong porphyry copper-molybdenum deposit in Tibet and its metallogenic significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 215-218(in Chinese with English abstract).

Tao J X, Wang T, Zheng H, Luo Z Z, Xu L Q, Hao X Y and Cui L W. 2009. The Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Wulandele molybdenum copper polymetallic deposit in SonidZuoqi of Inner Mongolia and its geological Significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 249-253(in Chinese with English abstract).

Terada K, Osaki S, Ishihara S and Kiba T. 1971. Distribution of rhenium in molybdenites from Japan[J]. Geochemical Journal, 4: 123-141.

Tu G C, Gao Z M, Hu R Z, Zhang G, Li C Y, Zhao Z H and Zhang B G. 2004. The Geochemistry and ore-forming mechanism of the dispersed elements[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-424(in Chinese).

Wang C H, Wang D H, Chen Z H, Yan Z H, Wu Z L, Lin D Y and Liu N Z. 2009a. Geological characteristics and metallogenic epoch of the Lishan molybdenum deposit-A discussion regional prospecting for Mo in the southeastern coast of China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 29(1): 63-69(in Chinese with English abstract).

Wang C H, Song Q H, Wang D H, Li L X, Yu C, Wang Z G, Qu W J, Du A D and Ying L J. 2009b. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the daheishan molybdenum deposit of Jilin Province and its geological significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 269-273(in Chinese with English abstract).

Wang C M, Deng J, Zhang S T and Ye H S. 2006. Endogentic metallogenic systems of nannihu Mo-W-Cu-Pb-Zn-Ag-Au ore-forming area [J]. Geological Science and Technology Information, 25(6): 47-52 (in Chinese with English abstract).

Wang D H, Qu W J, Li Z W, Ying H L, Chen Y C. 2004. Metallogenic concentrated epoch of porphyry copper-molybdenum deposit in Jinshajiang-Honghe metallogenic belt: Re-Os isotopic dating[J]. Science in

China(Series D：Earth Sciences)，34(4)：345-349(in Chinese).

Wang D H，Li H Q，Qin Y，Mei Y P，Chen Z H，Qu W J，Wang Y B，Cai H，Gong S Q and He X P. 2009. Rock-forming and ore-forming ages of the Yaogangxi an tungsten deposit of Hunan Province[J]. Rock and Mineral analysis，28(3)：201-208(in Chinese with English abstract).

Wang G H，Song Y C，Hou Z Q，Wang X H，Yang Z S，Yang T N，Lu Y X，Jiang Y F，Pan X F，Zhang H R，Liu Y C，Li Z and Xue C D. 2009. Re-Os dating of molybdenite from Liancheng vein copper deposit in Lanping basin and its geological significance[J]. Mineral Deposits，28(4)：413-424(in Chinese with English abstract).

Wang Z H，Wang K W，Yu W Q，Huang H and Wu X Q. 2006. Re-Os isotopic ages of tungsten-molybdenum(Bismuth) poly-metallic ore deposit in the Jiacang snowy mountain，Shenzha County，Tibet and their implications[J]. Geolgy of Anhui，16(2)：112-119(in Chinese with English abstract).

Wang Y T，Ye H S，Ye A W，Li Y G，Shuai Y，Zhang C Q and Dai J Z. 2010. Re-Os age of molybdenite from the Majiawa Au-Mo deposit of quartz vein type in the north margin of the Xiaoqinling gold area and its implication for metallogeny[J]. Earth Science Frontiers，17(2)：140-145(in Chinese with English abstract).

Wang Y L，Pei R F，Li J W，Wang H L and Liu X F. 2009. Geochemical characteristics of granites from the Jiangjunzhai tungsten deposit of southeast Hunan Province and its Re-Os isotopic dating[J]. Rock and Mineral Analysis，28(3)：274-278(in Chinese with English abstract).

Wang L L，Mo X X，Li B，Dong G C and Zhao Z D. 2006. Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyry in Qulong Cu(Mo) ore deposit，Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica，22(4)：1001-1008(in Chinese with English abstract).

Wang L B，Ji K J and Chen D. 1997. Re-Os isotope ages of molybdenite from the Anjishan copper deposit and the tongshan copper-molybdenum deposit and their implications[J]. Acta Petrologica et Mineralogica，16(2)：154-159(in Chinese with English abstract).

Wang Z L. Yang Z M，Yang Z S，Tian S H，Liu Y C，Ma Y Q，Wang G R and Qu W J. 2008. Narigongma porphyry molybdenite copper deposit，northern extension of Yulong copper belt：Evidence from the age of Re-Os isotope[J]. Acta Petrologica Sinica，24(3)：503-510(in Chinese with English abstract).

Wei Q G，Yao J M，Zhao T P，Sun Y L. Li J，Yuan Z L and Qiao B. 2009. Discovery of a～1.9 Ga Mo deposit in the eastern Qinling orogen：Molybdenite Re-Os ages of the Longmendian Mo deposit in Henan Province[J]. Acta Petrologica sinica，25(11)：2747-2751(in Chinese with English abstract).

Wu L S and Zou X Q. 1997. Re-Os isotopic age study of the Chengmenshan copper deposit，Jiangxi Province[J]. Mineral Deposits，16(4)：376-381(in Chinese with English abstract).

Wu S C，Long W P，Chen Z H and Qu W J. 2009. Geological characteristics and mineralization age of the Qingshiling tungsten-polymetallic deposit in east Hunan[J]. Rock and Mineral Analysis，28(3)：239-243(in Chinese with English abstract).

Xie G Q，Mao J W，Li R L，Zhang Z S，Zhao W C，Qu W J，Zhao C S and Wei S K. 2005. Metallogenic epoch and geodynamic framework of Cu-Au-Mo-(W) deposits in Southeastern Hubei Province：Constraints from Re-Os molybdenite ages[J]. Mineral Deposits，25(1)：43-52(in Chinese with English abstract).

Xie G Q，Zhao H J，Zhao C S，Li X Q，Hou K J and Pan H J. 2009. Re-Os dating of molybdenite from Tonglvshan ore district in southeastern Hubei Province，Middle-Lower Yangtze River belt and its geological significance[J]. Mineral Deposits，28(3)：227-239(in Chinese with English abstract).

Xing J B，Guo X D，Qu W J，Wang Z H and Li H G. 2009. Molybdenite Re-Os age and other geological meaning of Machangqing porphyry copper，molybdenum deposit[J]. Gold Science and Technology，17(5)：24-29(in Chinese with English abstract).

Xu H H，Xiong Z R，Wu S C，Chen Z H and Qu W J. 2009. Geological charateristics and mineralization age of the Longwangpai molybdenum-polymetallic deposit in east Hunan[J]. Rock and Mineral Analysis，28(3)：244-248(in Chinese with English abstract).

Xu J X，Zeng Z L，Li X Q，Liu J S，Chen Z H，Liu S B，Guo C L and Wang C H. 2007. Geological characteristics and mineralization age of the Tongkengzhang molybdenum deposit in Xunwu County，south Jiangxi Province，China[J]. Acta Geologica Sinica，81(7)：924-928(in Chinese with English abstract).

Yan X Y，Huang S F and Du A D. 2010. Re-Os ages of large tungsten，copper and molybdenum deposit in the Zetang orefield，Gangdisi and marginal strike-slip transforming metallogenesis[J]. Acta Geologica Sinica，84(3)：398-406(in Chinese with English abstract).

Yang X J，Fu J M，Ma L Y，Li X N，Xu D M and Wei J Q. 2008. Geological characteristics and mineralization age of Meiziwo tungsten-tin deposit in Shixing region，northern Guangdong[J]. Geotectonic et Metallogenia，32(3)：346-351.

Yang Z Q. 2007. Re-Os isotopic ages of Tangjiaping molybdenum deposit in Shangcheng County，Henan and their geological significance[J]. Mineral Deposits，26(3)：289-295(in Chinese with English abstract).

Yang Z X，Mao J W，Chen M H，Tong X，Wu J D，Cheng Y B and Zhao H J. 2008. Re-Os dating of molybdenite from the Kafang skarn copper(tin) deposit in the Gejiu tin polymetallic ore district and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica，24(8)：1937-1944(in Chinese with English abstract).

Yao J M，Hua R M，Qu W J，Qi H W，Lin J F and Du A D. 2007. Re-Os isotopic chronology of molybdenites in Huangshaping lead-zinc-tungsten-molybdenum polymetallic deposit，southeast Hunan，and its geological implications[J]. Science in China(Series D：Earth Sciences)，37(4)：471-477(in Chinese).

Yao J M，Zhao T P，Li J，Sun Y L，Yuan Z L，Chen W and Han J. 2009. Molybdenite Re-Os age and zircon U-Pb age and Hf isotope geochemistry of the Qiyugou gold system，Henan Province[J]. Acta petrologica Sinica，25(2)：374-384(in Chinese with English abstract).

Ye H S，Mao J W，Li Y F，Guo B J，Zhang C Q，Liu J，Yan Q R and Liu G Y. 2006. SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os dating for the superlarge Donggou porphyry Mo deposit in East Qinling，China，and its geological implication[J]. Acta Geologica Sinica，80(7)：1078-1088(in Chinese with English abstract).

Ying L J，Tang J X，Wang D H，Chang Z S，Qu W J and Zheng W B. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite in skarn from the Jiama copper polymetallic deposit of Tibet and its metallogenic significance [J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 265-268(in Chinese with English abstract).

Zeng P S, Hou Z Q, Li L H, Qu W J, Wang H P, Li W C, Meng Y F and Yang Z S. 2004. Age of the Pulang porphyry copper deposit in NW Yunnan and its geological significance[J]. Geological Bulletin of China, 23(11): 1127-1131(in Chinese with English abstract).

Zeng P S, Hou Z Q, Gao Y F and Du A D. 2006. The Himalayan Cu-Mo-Au mineralization in the eastern Indo-Asian collision zone: Constraints from Re-Os dating of molybdenitep[J]. Geological Review, 52(1): 72-84(in Chinese with English abstract).

Zeng Z L, Zhang Y Z, Zhu X P, Chen Z H, Wang C H and Qu W J. 2009. Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Maoping tungsten-tin deposit in Chongyi County of southern Jiangxi Province and its geological significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 209-214(in Chinese with English abstract).

Zhai D G, Liu J J, Wang J P, Peng R M, Wang S G, Li Y X and Chang Z Y. 2009. Re-Os isotopic chronology of molybdenite from the Taipingou porphyry-type molybdenum deposit in Inner Mongolia and its geological significance[J]. Geoscience, 23(2): 262-268(in Chinese with English abstract).

Zhang D, Wu G G, Wu J S and Chen X Y. 2003. Re-Os ages of the Zhongjia tin polymetallic deposit, southwestern Fujian, and their geological significance[J]. Journal of Geomechanics, 9(3): 261-267 (in Chinese with English abstract).

Zhang D Y, Zhou T F, Yuan F, Fan Y, Liu S and Qu W J. 2009. A Genetic analysis of Baishan molybdenum deposit in east Tianshan area, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 28(5): 663-672(in Chinese with English abstract).

Zhang G Y, Zheng Y Y, Gong F Z, Gao S B, Qu W J, Pang Y C, Shi Y R and Yin S Y. 2008. Geochronologic constraints on magmatic intrusions and mineralization of the Jiru porphyry copper deposit, Tibet, associated with continent-continent collisional process[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(3): 473-479(in Chinese with English abstract).

Zhang J Q, Chen Z H, Wang D H, Chen Z Y, Liu S B and Wang C H. 2008. Geological characteristics and metallogenic epoch of the Xingluokeng tungsten deposit, Fujian Province[J]. Geotectonica et Metallogenia, 32(1): 92-97(in Chinese with English abstract).

Zhang J Q, Wu M S, Chen Z H, Liu S B, Li L X, Qiu L M, Wu B, Huang A J and Zhu P J. 2009. Geochronologic study on the Jinzhuping molybdenum polymetallic deposit from Shangrao of Jiangxi Province[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 228-232 (in Chinese with English abstract).

Zhang T, Chen Z Y, Xu L Q and Chen Z H. 2009. The Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Dasuji molybdenum deposit in Zhuozi County of Inner Mongolia and its geological significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 28(3): 279-282(in Chinese with English abstract).

Zhang W L, Hua R M, Wang R C, Li H M, Qu W J and Ji J Q. 2009. New dating of the Piaotang granite and related tungsten mineralization in southern Jiangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 83(5): 659-670 (in Chinese with English abstract).

Zhang Z H, Mao J W, Yang J M, Wang Z L and Zhang Z C. 2002. Geology and genesis of Ta′ergou skarn-quartz vein type tungsten deposit in North Qilian Caledonian Orogen, northwest China[J]. Mineral Deposits, 21(2): 200-211(in Chinese with English abstract).

Zhang Z H, Mao J W, Wang Z L, Du A D, Zuo G C, Wang L S, Wang J W and Qu W J. 2006. Geology and metallogenetic epoch of the Dabate porphyry copper deposit in west Tianshan mountains, Xinjiang[J]. Geological Review, 52(5): 683-689(in Chinese with English abstract).

Zhang Z L, Zeng Q D, Qu W J, Liu J M, Sun X G, Zhang R B, Chen W J and Qin F. 2009. The molybdenite Re-Os dating from the Nianzigou Mo deposit, Inner Mongolia and its geological significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 25(1): 212-218(in Chinese with English abstract).

Zhang Z Z, Wu C Z, Gu L X, Feng H, Zheng Y C, Huang J H, Li J and Sun Y L. 2009. Molybdenite Re-Os dating of Xintaimen molybdenum deposit in Yanshan-Liaoning metallogenic belt, North China[J]. Mineral Deposits, 28(3): 313-320(in Chinese with English abstract).

Zhao B, Chen Y C, Wang S Y and Liu R L. 2009. Ore-forming age of molybdenite deposit in the Sanchagou gold ore area and prospecting direction in the Zhongtiao mountain region[J]. Acta Geologica Sinica, 83(9): 1335-1343(in Chinese with English abstract).

Zhao Y M, Bi C N, Zou X Q, Sun Y L, Du A D and Zhao Y M. 1997. The Re-Os isotopic age of molybdenite from Duobaoshan and tongshan porphyry copper(molybdenum) deposits[J]. Acta Geoscientia Sinica, 18(1): 61-67(in Chinese with English abstract).

Zhao Y Y, Song L, Fan X T, Shi D H, Zhang T P, Chen H Q and Qu W J. 2009. Re-Os dating of molybdenite from the Shesuo copper polymetallic ore in Shenzha County, Tibet and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 83(8): 1150-1158(in Chinese with English abstract).

Zheng Y Y, Zhang G Y, Xu R K, Gao S B, Pang Y C, Cao L, Du A D and Shi Y R. 2007. Diagenetic and mineralization ages of the Zhunuo porphyry copper deposit in Tibet[J]. Chinese Science Bulletin, 52(21): 2542-2548(in Chinese).

Zhou K, Ye H S, Mao J W, Qu W J, Zhou S F, Meng F and Gao Y L. 2009. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Yuchiling porphyry Mo deposit in western Henan Province [J]. Mineral deposits, 28(2): 170-184(in Chinese with English abstract).

Zhou Z H, Lv L S, Feng J R, Li C and Li T. 2010. Molybdenite Re-Os ages of Huanggang skarn Sn-Fe deposit and their geological significance, Inner Mongolia[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(3): 667-679(in Chinese with English abstract).

Zhu X P, Mo X X, White N C, Zhang B, Sun M X, Wang S X, Zhao S L and Yang Y. 2009. Geology and metallogenetic setting of the Habo porphyry Cu(Mo-Cu) deposit, Yunnan[J]. Acta Geologica Sinica, 83(12): 1915-1928(in Chinese with English abstract).

Zou X W, Cui S, Qu W J, Bai Y S and Chen X Q. 2009. Re-Os isotope dating of the Liguifu tungsten-tin polymetallic deposit in Dupangling area, Guangxi[J]. Geology in China, 36(4): 837-844(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

蔡明海，陈开旭，屈文俊，刘国庆，付建明，印建平. 2006. 湘南荷花坪锡多金属矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os 测年[J]. 矿床地质，25(3)：263-268.

曹志敏，骆耀南，王汝成，Stein J，Hannah J L. 2002. 沭川太平砂岩型铼钼(锇)矿点的地质特征和矿化时代[J]. 地质学报，76(1)：95-99.

陈文明，李树屏. 1998. 中条山铜矿峪斑岩铜矿金属硫化物的铼-锇同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质，17(3)：224-228.

陈郑辉，王登红，屈文俊，陈毓川，王平安，许建祥，张家昔，许敏林. 2006. 赣南崇义地区淘锡坑钨矿的地质特征与成矿时代[J]. 地质通报，25(4)：496-501.

代军治，毛景文，杜安道，谢桂青，白 杰，杨富全，屈文俊. 2007. 辽西肖家营子钼(铁)矿床 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报，81(7)：917-923.

丁振举，姚书振，周宗桂，伍 刚. 1998. 陕西略阳铜厂铜矿成矿时代及地质意义[J]. 西安工程学院学报，20(3)：24-27.

董方浏，侯增谦，高永丰，曾普胜，蒋成兴，杜安道. 2005. 滇西腾冲大硐厂铜-铅-锌矿床的辉钼矿 Re-Os 同位素定年[J]. 矿床地质，24(6)：663-668.

丰成友，许建祥，曾载淋，张德全，屈文俊，佘宏全，李进文，李大新，杜安道，董英君. 2007a. 赣南天门山-红桃岭钨锡矿田成岩成矿时代精细测定及其地质意义[J]. 地质学报，81(7)：952-963.

丰成友，丰耀东，许建祥，曾载淋，佘宏全，张德全，屈文俊，杜安道. 2007b. 赣南张天堂地区岩体型钨矿晚侏罗世成岩成矿的同位素年代学证据[J]. 中国地质，34(4)：642-650.

丰成友，李东生，屈文俊，杜安道，王 松，苏生顺，江军华. 2009. 青海祁漫塔格索拉吉尔硅卡岩型铜钼矿床辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试，28(3)：223-227.

付建明，李华芹，屈文俊，杨晓君，魏君奇，刘国庆，马丽艳. 2007. 湘南九嶷山大坳钨锡矿的 Re-Os 同位素定年研究[J]. 中国地质，34(4)：651-656.

付建明，李华芹，屈文俊，马丽艳，杨晓君，魏君奇，刘国庆. 2008. 粤北始兴地区石英脉型钨矿成矿时代的确定及其地质意义[J]. 大地构造与成矿学，32(1)：57-62.

高 阳，李永峰，郭保健，程国祥，刘彦伟. 2010. 豫西嵩县前范岭石英脉型钼矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os 同位素年龄[J]. 岩石学报，26(3)：757-767.

高亚龙，张江明，叶会寿，孟 芳，周 柯，高 阳. 2010. 东秦岭石窑沟斑岩钼矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os 年龄[J]. 岩石学报，26(3)：729-739.

龚福志，郑有业，张刚阳，屈文俊. 2008. 首次在冈底斯发现主碰撞期斑岩铜矿-来自西藏吉如斑岩铜矿辉钼矿 Re-Os 同位素年龄的证据[J]. 四川地质学报，28(4)：296-299.

郭保健，毛景文，李厚民，屈文俊，仇建军，叶会寿，李蒙文，竹学丽. 2006. 秦岭造山带秋树湾铜钼矿床辉钼矿 Re-Os 定年及其地质意义[J]. 岩石学报，22(9)：2341-2348.

何书跃，李东生，李良林，祁兰英，何寿福. 2009. 青海东昆仑鸭子沟斑岩型铜（钼）矿区辉钼矿铼-锇同位素年龄及地质意义[J]. 大地构造与成矿学，33(2)：236-242.

侯增谦，曲晓明，王淑贤，高永丰，杜安道，黄 卫. 2003. 西藏高原冈底斯斑岩铜矿带辉钼矿 Re-Os 年龄：成矿作用时限与动力学背景应用[J]. 中国科学(D 辑)，33(7)：609-618.

黄典豪，王义昌，聂凤军，江秀杰. 1985. 一种新的钼矿床类型-陕西黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质特征及成矿机制[J]. 地质学报，59：241-257.

黄典豪，吴澄宇，杜安道，何红蓼. 1994. 东秦岭地区钼矿床的铼-锇同位素年龄及其意义[J]. 矿床地质，13(3)：221-230.

黄典豪，侯增谦，杨志明，李振清，许道学. 2009. 东秦岭钼矿带内碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质-地球化学特征、成矿机制及成矿构造背景[J]. 地质学报，83(12)：1968-1984.

焦建刚，袁海潮，何 克，孙 涛，徐 刚，刘瑞平. 2009. 陕西华县八里坡钼矿床锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报，83(8)：1159-1166.

李 峰，鲁文举，杨映忠，陈 珲，罗思亮，石增龙. 2009. 云南澜沧老厂斑岩钼矿成岩成矿时代研究[J]. 现代地质，23(6)：1049-1055.

李光明，刘 波，屈文俊，林方成，佘宏全，丰成友. 2005a. 西藏冈底斯成矿带的斑岩-矽卡岩成矿系统：——来自斑岩矿床和矽卡岩型铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄证据[J]. 大地构造与成矿学，29(4)：482-490.

李光明，芮宗瑶，王高明，林方成，刘 波，佘宏全，丰成友，屈文俊. 2005b. 西藏冈底斯成矿带甲马和知不拉铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其意义[J]. 矿床地质，24(5)：481-489.

李光明，刘 波，佘宏全，丰成友，屈文俊. 2006. 西藏冈底斯成矿带南缘喜马拉雅早期成矿作用-来自冲木达铜金矿床的 Re-Os 同位素年龄证据[J]. 地质通报，25(12)：1481-1486.

刘国庆，伍式崇，杜安道，付建明，杨晓君，汤质华，魏君奇. 2008. 湘东锡田钨锡矿区成岩成矿时代研究[J]. 大地构造与成矿学，32(1)：63-71.

李厚民，叶会寿，毛景文，王登红，陈毓川，屈文俊，杜安道. 2007. 小秦岭金(钼)矿床辉钼矿铼-锇定年及其地质意义[J]. 矿床地质，26(4)：417-424.

李厚民，叶会寿，王登红，陈毓川，屈文俊，杜安道. 2009a. 豫西熊耳山寨凹钼矿床辉钼矿铼-锇年龄及其地质意义[J]. 矿床地质，28(2)：133-142.

李华芹，王登红，万 阈，屈文俊，张 兵，路远发，梅玉萍，邹绍利. 2006a. 新疆莱历斯高尔铜钼矿床的同位素年代学研究[J]. 岩石学报，22(10)：2437-2443

李华芹，陈福文，李锦铁，屈文俊，王登红，吴 华，邓 刚，梅玉萍. 2006b. 再论东天山白山铼钼矿区成岩成矿时代[J]. 地质通报，25(8)：916-922.

李红艳，毛景文，孙亚利，周晓秋，何红蓼，杜安道. 1996. 柿竹园钨多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄研究[J]. 地质论评，42(3)：261-267.

李立兴，松权衡，王登红，王成辉，屈文俊，汪志刚，毕守业，于 城. 2009. 吉林福安堡钼矿中辉钼矿铼-锇同位素定年及成矿作用探讨[J]. 岩矿测试，28(3)：283-287.

李进文，李旭辉，裴荣富，梅燕雄，王永磊，屈文俊，黄修保，臧文栓. 2007. 江西武山铜矿南矿带辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报，81(6)：801-807.

李建康，李文昌，王登红，卢映祥，尹光侯，薛顺荣. 2007. 中甸弧燕山晚期成矿事件的 Re-Os 定年及成矿规律研究[J]. 岩石学

报，23(10)：2415-2422.
李　诺，孙亚莉，李　晶，李文博. 2007. 内蒙古乌努格吐山斑岩铜钼矿床辉钼矿铼锇等时线年龄及其成矿地球动力学背景[J]. 岩石学报，23(11)：2881-2888.
李　诺，孙亚莉，李　晶，薛良伟，李文博. 2008. 小秦岭大湖金钼矿床辉钼矿铼锇同位素年龄及印支期成矿事件[J]. 岩石学报，24(4)：810-816.
李　诺，陈衍景，孙亚莉，胡海珠，李　晶，张　辉，倪智勇. 2009. 河南鱼池岭钼矿床辉钼矿铼-锇同位素年龄及地质意义[J]. 岩石学报，25(2)：413-421.
李水如，王登红，梁　婷，屈文俊，应立娟. 2008. 广西大明山钨矿区成矿时代及其找矿前景分析[J]. 地质学报，82(7)：873-879.
李世金，孙丰月，丰成友，刘振宏，赵俊伟，李玉春，王　松. 2008. 青海东昆仑鸭子沟多金属矿的成矿年代学研究[J]. 地质学报，82(7)：949-955.
李晓峰，冯佐海，李容森，唐专红，屈文俊，李军朝. 2009. 华南志留纪钼的矿化：白石顶钼矿锆石 SHRIMP U-Pb 年龄和辉钼矿 Re-Os 年龄证据[J]. 矿床地质，28(4)：403-412.
李永峰，毛景文，白凤军，李俊平，和志军. 2003. 东秦岭南泥湖钼(钨)矿田 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质论评，49(6)：652-659
李永峰，毛景文，刘敦一，王彦斌，王志良，王义天，李晓峰，张作衡，郭保健. 2006. 豫西雷门沟斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 测年及其地质意义[J]. 地质论评，52(1)：122-131.
李泽琴，王奖臻，刘家军，李朝阳，杜安道，刘玉平，叶　琳. 2003. 拉拉铁氧化物-铜-金-钼-稀土矿床 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质找矿论丛，18(1)：39-42.
廖香俊，王平安，覃海灿，路西坤，董法先，刘晓春，舒　斌. 2008. 海南屯昌地区高通岭钼矿床的地质、地球化学特征及成矿时代[J]. 地质通报，27(4)：560-570.
蔺志永，王登红，李水如. 2008. 广西王社铜钨矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报，2008，82(11)：1565-1571.
刘国庆，伍式崇，杜安道，付建明，杨晓君，汤质华，魏君奇. 2008. 湘东锡田钨锡矿区成岩成矿时代研究[J]. 大地构造与成矿学，32(1)：63-71.
刘兰笙，高　翎，杜安道，孙亚莉. 1996. 白云鄂博稀土矿床中辉钼矿的铼-锇同位素年龄[J]. 矿床地质，15(2)：188-191.
刘　珺，毛景文，叶会寿，杨国强，章伟. 2008. 江西省武功山地区浒坑钨矿床的 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报，82(11)：1572-1579.
刘向冲，侯翠霞，申　维，张德会. 2011. MML-EM 方法及其在化探数据混合分布中的应用[J]. 地球科学，36(2)(出版中)
刘晓煌，孙柏年，屈文俊，康鸿杰，吴靖宇. 2007. 北祁连山西段西柳沟钨钼矿的 Re-Os 定年及地质意义[J]. 岩石学报，23(10)：2434-2442.
刘玉琳，郭丽爽，宋会侠，宋　彪，张　锐，许发军，张云孝. 2009. 新疆西准噶尔包古图斑岩铜矿年代学研究[J]. 中国科学 D 辑，39(10)：1466-1472.
卢欣祥，于在平，冯有利，王义天，马维峰，崔海峰. 2002. 东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用及地质构造背景[J]. 矿床地质，21(2)：168-178.
路远发，马丽艳，屈文俊，梅玉萍，陈希清. 2006. 湖南宝山铜-钼多金属矿床成岩成矿的 U-Pb 和 Re-Os 同位素定年研究[J]. 岩石学报，22(10)：2483-2492.
罗锦昌，陈郑辉，屈文俊. 2009. 福建省永定山口钼矿辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质特征[J]. 岩矿测试，28(3)：254-258.
马丽艳，路远发，屈文俊，付建明. 2007. 湖南黄沙坪铅锌多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄及其地质意义[J]. 矿床地质，26(4)：425-431.
毛景文，张作衡，张招崇，杨建民，王志良，杜安道. 1999a. 北祁连山小柳沟钨矿床中辉钼矿 Re-Os 年龄测定及其意义[J]. 地质论平，49(6)：652-659.
毛景文，Stein H，杜安道，周涛发，梅燕雄，李永峰，藏文栓，李进文. 2004. 长江中下游地区铜金(钼)矿年龄测定及其对成矿作用的指示[J]. 地质学报，78(1)：121-131.
梅燕雄，毛景文，李进文，杜安道. 2005. 安徽铜陵大团山铜矿床层状硅卡岩矿体中辉钼矿 Re-Os 年龄测定及其地质意义[J]. 地球学报，26(4)：327-331.
孟祥金，侯增谦，高永丰，黄　卫，曲晓明，屈文俊. 2003. 西藏冈底斯成矿带驱龙铜矿 Re-Os 年龄及成矿学意义[J]. 地质论评，49(6)：660-666.
孟祥金，侯增谦，董光裕，黄　卫，曲晓明，屈文俊. 2007. 江西金溪熊家山钼矿床特征及其 Re-Os 年龄[J]. 地质学报，81(7)：946-951.
蒙义峰，杨竹森，曾普胜，徐文艺，王训成. 2004. 铜陵矿集区成矿流体系统时限的初步厘定[J]. 矿床地质，23(3)：271-280.
聂凤军，屈文俊，刘　妍，杜安道，江思宏. 2005. 内蒙古额勒根斑岩型钼(铜)矿化区辉钼矿铼-锇同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质，24(6)：638-646.
聂凤军，张万益，杜安道，等. 2007a. 内蒙古朝不楞硅卡岩型铁多金属矿床辉钼矿铼-锇同位素年龄及地质意义[J]. 地球学报，28(4)：315-323.
聂凤军，张万益，杜安道，江思宏，刘　妍. 2007b. 内蒙古小东沟斑岩型钼矿床辉钼矿铼-锇同位素年龄及地质意义[J]. 地质学报，81(7)：898-905.
覃　锋，刘建明，曾庆栋，张瑞斌. 2008. 内蒙古小东沟斑岩型钼矿床的成矿时代及成矿物质来源[J]. 现代地质，22(2)：173-180.
秦　燕，梅玉萍，王登红，张　建，吴礼彬. 2009. 安徽滁州琅琊山铜矿辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试，28(3)：259-264.
瞿泓滢，裴荣富，王永磊，李进文. 2010. 安徽铜陵凤凰山矽卡岩型铜矿床中辉钼矿 Re-Os 同位素年两及其意义[J]. 岩石学报，26(3)：785-796.
佘宏全，李进文，马东方，李光明，张德全，丰成友，屈文俊，潘桂棠. 2009. 西藏多不杂斑岩铜矿床辉钼矿 Re-Os 和锆石 U-Pb SHRIMP 测年及地质意义[J]. 矿床地质，28(6)：737-746.
宋史刚，丁振举，姚书振，周宗桂，张世新，杜安道. 2008. 甘肃武山温泉辉钼矿 Re-Os 同位素定年及其成矿意义[J]. 西北地质，41(1)：67-73.
苏　捷，张宝林，孙大亥，崔敏利，屈文俊，杜安道. 2009. 东秦岭东段新发现的沙坡岭细脉浸染型钼矿地质特征、Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报，83(10)：1490-1496.
唐菊兴，陈毓川，王登红，王成辉，许远平，屈文俊，黄　卫，黄　勇. 2009a. 西藏工布江达县沙让斑岩钼矿床辉钼矿铼-锇同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报，83(5)：698-704.

唐菊兴，王成辉，屈文俊，杜安道，应立娟，高一鸣. 2009b. 西藏玉龙斑岩铜钼矿辉钼矿铼-锇同位素定年及其成矿学意义[J]. 岩矿测试，28(3)：215-218.

陶继雄，王张陈，郑　辉，罗忠泽，许立权，郝先义，崔来旺. 2009. 内蒙古苏尼特左旗乌兰德勒钼铜多金属矿床辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质特征[J]. 岩矿测试，28(3)：249-253.

涂光炽，高振敏，胡瑞忠，张　干，李朝阳，赵振华，张宝贵. 2004. 分散元素地球化学及其成矿机制[C]. 北京：地质出版社. 1-424.

王成辉，王登红，陈郑辉，严朝辉，吴资龙，林东燕，刘乃忠. 2009a. 福建砺山钼矿的地质特征、成矿时代及区域找矿前景[J]. 矿物学报，29(1)：63-69.

王成辉，松权衡，王登红，李立兴，于　城，汪志刚，屈文俊，杜安道，应立娟. 2009b. 吉林大黑山超大型钼矿辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试，28(3)：269-273.

王长明，邓　军，张寿庭，叶会寿. 2006. 河南南泥湖 Mo-W-Cu-Pb-Zn-Ag-Au 成矿区内生成矿系统[J]. 地质科技情报，25(6)：47-52.

王登红，屈文俊，李志伟，应汉龙，陈毓川. 2004. 金沙江-红河成矿带斑岩铜钼矿的成矿集中期：Re-Os 同位素定年[J]. 中国科学(D 辑)，34(4)：345-349.

王登红，李华芹，秦　燕，梅玉萍，陈郑辉，屈文俊，王彦斌，蔡红，龚述清，何晓平. 2009. 湖南瑶岗仙钨矿成岩成矿作用年代学研究[J]. 岩矿测试，28(3)：201-208.

王光辉，宋玉财，侯增谦，王晓虎，杨竹森，杨天南，刘燕学，江迎飞，潘小菲，张洪瑞，刘英超，李　政，薛传东. 2009. 兰坪盆地连城脉状铜矿床辉钼矿 Re-Os 定年及其地质意义[J]. 矿床地质，28(4)：413-424.

王立本，季克俭，陈　东. 1997. 安基山和铜山铜(钼)矿床中辉钼矿的铼-锇同位素年龄及其意义[J]. 岩石矿物杂志，16(2)：154-159.

王亮亮，莫宣学，李　冰，董国臣，赵志丹. 2006. 西藏驱龙斑岩铜矿含矿斑岩的年代学与地球化学[J]. 岩石学报，22(4)：1001-1008.

王永磊，裴荣富，李进文，王浩琳，刘喜峰. 2009. 湘东南将军寨钨矿花岗岩地球化学特征及铼-锇同位素定年[J]. 岩矿测试，28(3)：274-278.

王义天，叶会寿，叶安旺，李永革，帅　云，张长清，代军治. 2010. 小秦岭北缘马家洼石英脉型金钼矿床的辉钼矿 Re-Os 年龄及其意义[J]. 地学前缘，17(2)：140-145.

王治华，王科强，喻万强，黄　辉，吴兴泉. 2006. 西藏申扎县甲岗雪山钨钼(铋)多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其意义[J]. 安徽地质，16(2)：112-119.

王召林，杨志明，杨竹森，田世洪，刘英超，马彦青，王贵仁，屈文俊. 2008. 纳日贡玛斑岩钼铜矿床：玉龙铜矿带的北延——来自辉钼矿 Re-Os 同位素年龄的证据[J]. 岩石学报，24(3)：503-510.

魏庆国，姚军明，赵太平，孙亚莉，李　晶，原振雷，乔　波. 2009. 东秦岭发现～1.9 Ga 钼矿床——河南龙门店钼矿床 Re-Os 定年[J]. 岩石学报，25(11)：2747-2751

吴良士，邹晓秋. 1997. 江西城门山铜矿铼-锇同位素年龄研究[J]. 矿床地质，16(4)：376-381.

伍式崇，龙伟平，陈郑辉，屈文俊. 2009. 湘东青石岭多金属矿地质特征及辉钼矿铼-锇同位素定年[J]. 岩矿测试，28(3)：239-243.

谢桂青，毛景文，李瑞玲，张祖送，赵维超，屈文俊，赵财胜，魏世昆. 2005. 鄂东南地区 Cu-Au-Mo-(W)矿床的成矿时代及其成矿地球动力学背景探讨：辉钼矿 Re-Os 同位素年龄[J]. 矿床地质，25(1)：43-52.

谢桂青，赵海杰，赵财胜，李向前，侯可军，潘怀军. 2009. 鄂东南铜绿山矿田硅卡岩型铜铁金矿床的辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质，28(3)：227-239.

邢俊兵，郭晓东，屈文俊，王治华，李汉光. 2009. 马厂箐斑岩型铜、钼矿辉钼矿 Re-Os 年龄及地质意义[J]. 黄金科学技术，17(5)：24-29.

徐辉煌，熊峥嵘，伍式崇，陈郑辉，屈文俊. 2009. 湘东龙王排钼多金属矿地质特征及辉钼矿铼-锇同位素定年[J]. 岩矿测试，28(3)：244-248.

许建祥，曾载淋，李雪琴，刘俊生，陈郑辉，刘善宝，郭春丽，王成辉. 2007. 江西寻乌铜坑嶂钼矿床地质特征及其成矿时代[J]. 地质学报，81(7)：924-928.

闫学义，黄树峰，杜安道. 2010. 冈底斯泽当大型钨铜钼矿 Re-Os 年龄及陆缘走滑转换成矿作用[J]. 地质学报，84(3)：398-406.

杨晓君，付建明，马丽艳，李祥能，徐德明，魏君奇. 2008. 粤北梅子窝钨锡矿床地质特征及其成矿年龄研究[J]. 大地构造与成矿学，32(3)：346-351.

杨泽强. 2007. 河南商城县汤家坪钼矿辉钼矿铼-锇同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质，26(3)：289-295.

杨宗喜，毛景文，陈懋弘，童　祥，武俊德，程彦博，赵海杰. 2008. 云南个旧卡房矽卡岩型铜(锡)矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报，24(8)：1937-1944.

姚军明，华仁民，屈文俊，戚华文，林锦富，杜安道. 2007. 湘南黄沙坪铅锌钨钼多金属矿床辉钼矿的 Re-Os 同位素定年及其意义[J]. 中国科学 D 辑 (地球科学)，37(4)：471-477.

姚军明，赵太平，李　晶，孙亚莉，原振雷，陈　伟，韩　军. 2009. 河南祁雨沟金成矿系统辉钼矿 Re-Os 年龄和锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素地球化学[J]. 岩石学报，25(2)：374-384.

叶会寿，毛景文，李永峰，郭保健，张长青，刘　珺，闫全人，刘国印. 2006. 东秦岭东沟超大型斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报，80(7)：1078-1088.

应立娟，唐菊兴，王登红，畅哲生，屈文俊，郑文宝. 2009. 西藏甲玛铜多金属矿床矽卡岩中辉钼矿铼-锇同位素定年及其成矿意义[J]. 岩矿测试，28(3)：265-268.

曾普胜，侯增谦，李丽辉，屈文俊，王海平，李文昌，蒙义峰，杨竹森. 2004. 滇西北普朗斑岩铜矿床成矿时代及其意义[J]. 地质通报，23(11)：1127-1131.

曾普胜，侯增谦，高永峰，杜安道. 2006. 印度-亚洲碰撞带东段喜马拉雅期铜-钼-金矿床 Re-Os 年龄及成矿作用[J]. 地质论评，52(1)：72-84.

曾载淋，张永忠，朱祥培，陈郑辉，王成辉，屈文俊. 2009. 赣南崇义地区茅坪钨锡矿床铼 -锇同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试，28(3)：209-214.

翟德高，刘家军，王建平，彭润民，王守光，李玉玺，常忠耀. 2009. 内蒙古太平沟斑岩型钼矿床 Re-Os 等时线年龄及其地质意义[J]. 现代地质，23(2)：262-268.

张 达，吴淦国，吴建设，陈祥云. 2003. 闽西南中甲锡多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质力学学报，9(3)：261-267.

张达玉，周涛发，袁 峰，范 裕，刘 帅，屈文俊. 2009. 新疆东天山地区白山钼矿床的成因分析[J]. 矿床地质，28(5)：663-672.

张刚阳，郑有业，龚福志，高顺宝，屈文俊，庞迎春，石玉若，殷世艳. 2008. 西藏吉如斑岩铜矿：与陆陆碰撞过程相关的斑岩成岩成矿时代约束[J]. 岩石学报，24(3)：473-479.

张家菁，陈郑辉，王登红，陈振宇，刘善宝，王成辉. 2008. 福建行洛坑大型钨矿的地质特征、成矿时代及其找矿意义[J]. 大地构造与成矿学，32(1)：92-97.

张家菁，吴木森，陈郑辉，刘善宝，李立兴，邱良明，吴 斌，黄安杰，祝平俊. 2009. 江西省上饶县金竹坪钼多金属矿床成矿年代学研究[J]. 岩矿测试，28(3)：228-232.

张 彤，陈志勇，许立权，陈郑辉. 2009. 内蒙古卓资县大苏计钼矿辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试，28(3)：279-282.

张文兰，华仁民，王汝成，李惠民，屈文俊，季建清. 2009. 赣南漂塘钨矿花岗岩成岩年龄与成矿年龄的精确测定[J]. 地质学报，83(5)：659-670.

张作衡，毛景文，杨建民，王志良，张招崇. 2002. 北祁连加里东造山带塔儿沟矽卡岩-石英脉型钨矿床地质及成因[J]. 矿床地质，21(2)：200-211.

张作衡，毛景文，王志良，杜安道，左国朝，王龙生，王见䓼，屈文俊. 2006. 新疆西天山达巴特铜矿床地质特征和成矿时代研究[J]. 地质论评，52(5)：683-689.

张作伦，曾庆栋，屈文俊，刘建明，孙兴国，张瑞斌，陈伟军，覃 锋. 2009. 内蒙碾子沟钼矿床辉钼矿 Re-OS 同位素年龄及其地质意义[J]. 岩石学报，25(1)：212-218.

张遵忠，吴昌志，顾连兴，冯 慧，郑远川，黄建华，李 晶，孙亚莉. 2009. 燕辽成矿带东段新台门钼矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质，28(3)：313-320.

赵 斌，陈毓川，王双猗，刘仁亮. 2009. 三岔沟金矿区钼矿成矿时代及中条山区找矿方向的研究[J]. 地质学报，83(9)：1335-1343.

赵一鸣，毕承思，邹晓秋，孙亚莉，杜安道，赵玉明. 1997. 黑龙江多宝山、铜山大型斑岩铜(钼)矿床中辉钼矿的铼-锇同位素年龄[J]. 地球学报，18(1)：61-67.

赵元艺，宋 亮，樊兴涛，石登华，张天平，陈红旗，屈文俊. 2009. 西藏申扎县舍索铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 年代学及地质意义[J]. 地质学报，83(8)：1150-1158.

郑有业，张刚阳，许荣科，高顺宝，庞迎春，曹 亮，杜安道，石玉若. 2007. 西藏冈底斯朱诺斑岩铜矿床成岩成矿时代约束[J]. 科学通报，52(21)：2542-2548.

周 珂，叶会寿，毛景文，屈文俊，周树峰，孟 芳，高亚龙. 2009. 豫西鱼池岭斑岩型钼矿床地质特征及其辉钼矿铼-锇同位素年龄[J]. 矿床地质，28(2)：170-184.

周振华，吕林素，冯佳睿，李 超，李 涛. 2010. 内蒙古黄岗矽卡岩型锡铁矿床辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报，26(3)：667-679.

祝向平，莫宣学，White N C，张 波，孙明祥，王淑贤，赵思礼，杨 勇. 2009. 云南哈播斑岩型铜(钼-金)矿床地质与成矿背景研究[J]. 地质学报，83(12)：1915-1928.

邹先武，崔 森，屈文俊，白云山，陈希清. 2009. 广西都庞岭李贵福钨锡多金属矿 Re-Os 同位素定年研究[J]. 中国地质，36(4)：837-844.