

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*

王登红^{①**} 屈文俊^② 李志伟^③ 应汉龙^④ 陈毓川^⑤

(① 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; ② 国家地质实验测试中心, 北京 100037; ③ 云南省储量评审中心, 昆明 650011; ④ 中国科学院地质地球物理研究所, 北京 100101; ⑤ 中国地质科学院, 北京 100037)

摘要 利用 Re-Os 同位素定年方法对云南境内金沙江-红河成矿带中的斑岩铜矿进行了年代学研究, 获得了马厂箐(33.9 ± 1.1)Ma 和铜厂(34.4 ± 0.5)Ma 的新数据. 表明马厂箐和铜厂两个矿区的斑岩型铜钼矿是基本同时形成的. 结合前人获得的西藏玉龙铜矿(与马厂箐和铜厂位于同一成矿带)的辉钼矿 Re-Os 模式年龄(35.4, 35.9, 36.2 Ma), 可以认为, 金沙江-红河成矿带中近于等间距分布的 3 个新生代斑岩铜矿是基本同时形成的, 均属始新世后期同一成矿集中期的产物.

关键词 Re-Os 同位素年龄 斑岩铜矿 新生代 成矿集中期

金沙江-红河成矿带是我国最重要的成矿带之一, 在构造上也是国内外关注的地区. 这里产有中国最大的铜矿(西藏玉龙斑岩铜矿)和最大的铅锌矿(云南金顶铅锌矿), 相邻地区还产有中国最大的锆矿(云南临沧锆矿)、最大的蓝石棉矿床(云南的高峰寺蓝石棉矿床)以及有可能成为最大银矿的四川夏塞银矿等等一批重要矿床, 这些矿床均形成于新生代. 但是, 这些矿床是在新生代的哪个阶段形成的, 反映了什么样的构造环境等等一系列科学问题尚未完全解决. 本文采用辉钼矿 Re-Os 法定年技术对马厂箐和铜厂的成矿时代进行研究, 以便精确地测定其成矿年龄.

1 成矿构造背景

西南三江地区的斑岩铜矿主要沿着金沙江-红河断裂带分布(图 1). 该断裂带通过的构造层在西北部主要是中生代地层, 在东南部则部分穿过老变质岩. 这是一条在新生代非常活跃的构造带, 沿构造带的走滑、剪切现象非常明显. 沿着金沙江-红河成矿带分布着玉龙、马厂箐和铜厂 3 个成矿集中区, 其中玉龙矿集区位于西北段, 马厂箐位于中段, 而铜厂位于东南段. 以玉龙成矿集中区研究程度最高, 发现的矿床最多, 除了玉龙斑岩铜矿外, 还有多霞松多、马拉松多、莽总、纳日贡玛、马牧普、惜星措、各贡弄和夏

2003-06-26 收稿, 2003-11-24 收修改稿

* 国家重点基础研究发展规划项目(编号: G1999043203)、地质大调查项目(编号: K1.4-3-4)和国家发展计划委员会专项资助项目(编号: 地科专 98-1)共同资助

** E-mail: wangdenghong@sina.com

日多等一批大中型斑岩铜矿. 与成矿作用有关的岩浆岩主要是偏碱性的长英质斑岩, 在玉龙矿区主要有二长花岗斑岩、正长花岗斑岩、正长斑岩及斑状正长岩等, 在马厂箐矿区主要有二长斑岩、正长斑岩和花岗斑岩等, 在铜厂矿区有正长斑岩、石英正长岩和辉石正长岩等. 云南境内的马厂箐和铜厂两个斑岩型铜钼矿区规模较小, 但外围矿点很多尤其是近年来新发现了一批与正长斑岩有关的铜-金多金属矿床矿点而成为地质大调查的重点地区.

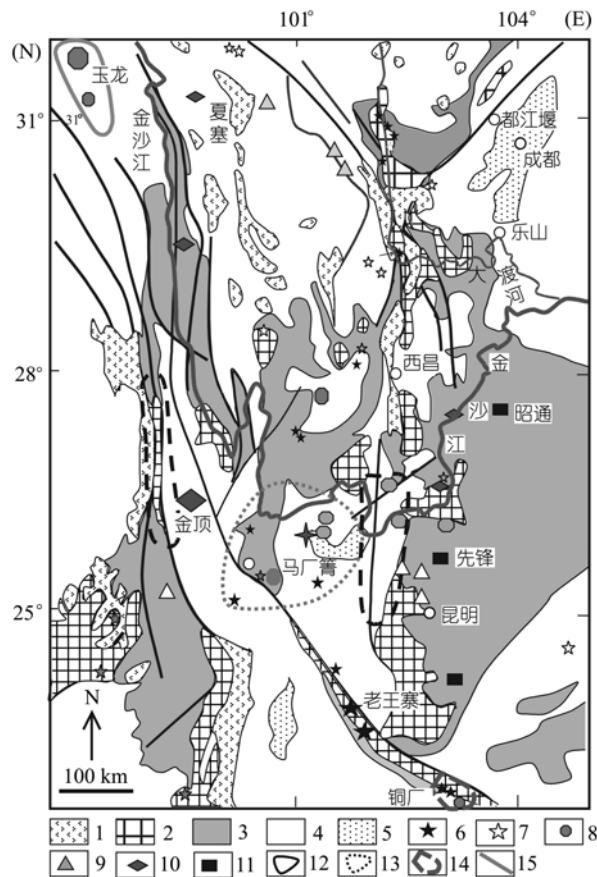


图 1 金沙江-红河成矿带地质简图(表示了主要的新生代矿床位置)

1. 岩浆岩; 2. 变质岩; 3. 新生界; 4. 中生界; 5. 新生界; 6. 成矿时代已知的岩金矿床; 7. 成矿时代未知的岩金矿床; 8. 铜矿床; 9. 砂金矿床; 10. 铅锌矿; 11. 煤矿; 12. 玉龙矿田; 13. 马厂箐矿田; 14. 铜厂矿田; 15. 主要断裂带

对于金沙江-红河断裂带上斑岩铜矿的成矿时代, 以往均是利用成岩年龄来代表的, 由于所采用的 K-Ar 法及其他方法获得的岩浆岩的成岩年龄本身变

化很大(表 1), 如玉龙铜矿区斑岩的年龄变化于 64.3 Ma(马拉松多铜矿 ZK5 号钻孔 452 m 深度, 全岩 K-Ar 法)与 16.5 Ma(玉龙外围石英二长斑岩全岩 K-Ar 法)之间, 时间跨度近 50 Ma, 因此很难准确判断成矿的具体时代. 唐仁鲤等曾经利用 Re-Os 法测定玉龙矿田马拉松多斑岩铜矿中辉钼矿的年龄, 其结果是 36.2~35.4 Ma^[1], 比较集中, 代表了成矿年龄, 表明斑岩铜矿的形成时代是始新世后期, 明显小于上述 64.3 Ma 的成岩年龄. 成矿时代与成岩时代的不一致性已经被越来越多的研究成果所揭示, 而 Re-Os 法同位素定年可以比较准确地测定辉钼矿的形成年龄, 辉钼矿又是斑岩型铜钼矿床中的主要金属矿物之一, 因此, 本文对采自马厂箐和铜厂矿区的辉钼矿进行了 Re-Os 同位素年龄的测定.

2 辉钼矿的 Re-Os 法定年

本次工作在云南马厂箐斑岩铜钼矿区和铜厂斑岩铜钼矿区分别采集了辉钼矿样品, 在国家地质实验测试中心进行了 Re-Os 的同位素年龄测定. 测试方法详见杜安道等(1994)^[2]. 其结果列于表 2 和表 3, Re-Os 等时线年龄图示于图 2 和图 3. 由图 2 可见, 马厂箐 7 个辉钼矿样品落在同一条等时线上, 最终的等时线年龄为 (33.9 ± 1.1) Ma, MSWD=1.07. 在以往发表的 Re-Os 同位素年龄数据中, 能得到 1.07 的 MSWD 值是不多的, 该数据是可靠的. 表明马厂箐斑岩铜钼矿的成矿时代与马拉松多斑岩铜钼矿是基本一致的, 它们属于同一成矿集中期的产物.

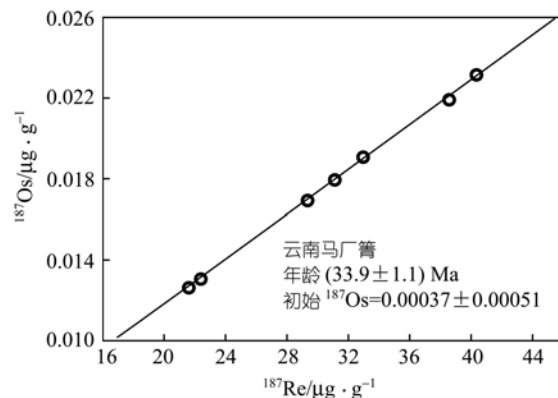


图 2 马厂箐(九顶山)辉钼矿 Re-Os 等时线年龄

表 1 金沙江-红河成矿带新生代斑岩型铜钼矿区成岩成矿年龄表

省区	产地	样品位置	岩石	试样	方法	年龄/Ma	资料来源(文献)
西藏	玉龙矿田	昂弄克岩体	二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	49.2	[1]
西藏	玉龙矿田	昂弄克岩体	二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	32.4	[1]
西藏	玉龙矿田	多霞松多岩体	二长花岗斑岩	全岩	Rb-Sr	51.6	[1]
西藏	玉龙矿田	多霞松多岩体	二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	30.9	[1]
西藏	玉龙矿田	多霞松多岩体	二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	27.8	[1]
西藏	玉龙矿田	马拉松多	斑岩铜钼矿	辉钼矿	Re-Os	36.2	[1]
西藏	玉龙矿田	马拉松多	斑岩铜钼矿	辉钼矿	Re-Os	35.9	[1]
西藏	玉龙矿田	马拉松多	斑岩铜钼矿	辉钼矿	Re-Os	35.4	[1]
西藏	玉龙矿田	马拉松多岩体	二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	36.4	[1]
西藏	玉龙矿田	马牧普岩体	正长斑岩	全岩	Rb-Sr	27.4	[1]
西藏	玉龙矿田	莽总岩体 M3123	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	26.4	[1]
西藏	玉龙矿田	莽总岩体 M3147	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	26.4	[1]
西藏	玉龙矿田	莽总岩体 zk1202	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	35.0	[1]
西藏	玉龙矿田	惜星错	含矿斑岩	钾长石	K-Ar	42.7	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙外围	石英二长斑岩(无矿)	钾长石	K-Ar	42.7	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙外围	石英二长斑岩(无矿)	钾长石	K-Ar	16.5	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙岩体	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	57.9	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙岩体 ZK107	黑云母二长花岗斑岩	黑云母	K-Ar	50.6	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙岩体 ZK107	黑云母二长花岗斑岩	黑云母	K-Ar	43.5	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙岩体 ZK107	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	40.2	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙岩体西北沟	黑云母二长花岗斑岩	黑云母	K-Ar	43.2	[1]
西藏	玉龙矿田	玉龙岩体西北沟	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	40.0	[1]
西藏	玉龙矿田	扎那杂岩体	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	35.9	[1]
西藏	玉龙矿田	扎那杂岩体	黑云母二长花岗斑岩	钾长石	K-Ar	34.9	[1]
西藏	玉龙	马拉松多	细脉浸染状铜钼矿	辉钼矿	Re-Os	35.8	[2]
西藏	玉龙矿田	玉龙岩体	黑云母二长花岗斑岩	全岩+矿物	Rb-Sr	52.0	[3]
西藏	玉龙矿田	昂弄克岩体	二长花岗斑岩	锆石	U-Pb	40.9	[3]
西藏	玉龙	马拉松多	ZK5-452, 马-M ₅ -452	全岩	K-Ar	64.3	[4]
西藏	玉龙	马拉松多	ZK1-331, 马-M ₁ -331	全岩	K-Ar	56.9	[4]
云南	金平	铜厂			Rb-Sr	36	[5]
云南	祥云	马厂箐	花岗斑岩	黑云母	K-Ar	48	[5]
云南	金平	铜厂	角闪正长斑岩	黑云母	K-Ar	36.0	[6,7]
云南	祥云	马厂箐	二长花岗斑岩	黑云母	K-Ar	35.1	[6,7]
云南	祥云	马厂箐	角闪正长岩	钾长石	K-Ar	29	[6,7]
云南	祥云	马厂箐	赋矿斑岩		Rb-Sr	34	[8]
云南	金平	铜厂 12 个点综合	石英正长岩	全岩-矿物	Rb-Sr	35.49	[9]
云南	金平	铜厂 X30-13	石英正长岩	全岩-矿物	Rb-Sr	33.9	[9]
云南	金平	铜厂 X30-14	石英正长岩	全岩-矿物	Rb-Sr	35.9	[9]
云南	金平	铜厂 X30-22	石英正长岩	全岩-矿物	Rb-Sr	36.1	[9]
云南	祥云	马厂箐	斑状花岗岩	黑云母	K-Ar	64.8	[10]
云南	祥云	马厂箐	斑状花岗岩	钾长石	K-Ar	46.5	[10]
云南	祥云	马厂箐	煌斑岩	黑云母	K-Ar	45.7	[10]
云南	祥云	马厂箐	花岗斑岩	全岩	Rb-Sr	36.3	[10]
云南	金平	铜厂铜钼矿床	斑岩型铜钼矿床	辉钼矿	Re-Os	34.38	本文
云南	祥云	马厂箐	斑岩型铜钼矿	辉钼矿	Re-Os	33.9	本文

由图 3 可以看出, 9 个样品落在同一条等时线上, 表明铜厂的斑岩型铜钼矿床形成于始新世后期的 (34.4 ± 0.5) Ma, MSWD = 4.9. 可见, 铜厂、马厂箐和玉龙铜矿 3 个矿床基本同时形成。

3 讨论

3.1 成矿时代的精确测定

以往对于金沙江-红河成矿带中斑岩铜钼矿床的

成矿时代主要限定在新生代, 本次工作通过对马厂箐和铜厂两个矿区辉钼矿 Re-Os 年龄的精确测定, 将其成矿时代分别限定在 33.9 Ma 和 34.4 Ma, 表明成矿作用发生在始新世后期。这一时期也是世界上斑岩铜矿最重要的成矿期, 南美智利等地的斑岩铜矿也主要形成于 40.8~32.6 Ma^[11], 而西藏冈底斯斑岩铜矿带虽然也形成于新生代, 但要晚得多(辉钼矿的 Re-Os 年龄集中在 14 Ma^[12])。

表 2 云南祥云马厂箐(九顶山)斑岩型铜钼矿床中辉钼矿 Re-Os 同位素测试结果^{a)}

原样号	分析编号	样重/g	Re/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$^{187}\text{Re}/\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$^{187}\text{Os}/\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$	模式年龄/Ma
JDS-1	020131-1	0.07121	49.5(0.6)	31.1(0.4)	18.0(0.1)	34.7(0.5)
JDS-2	020131-2	0.07011	52.2(0.5)	32.8(0.3)	19.1(0.2)	34.9(0.5)
JDS-3	020131-3	0.09709	34.1(0.3)	21.4(0.2)	12.6(0.1)	35.2(0.5)
JDS-4	020131-4	0.06570	63.9(0.7)	40.1(0.4)	23.1(0.2)	34.6(0.5)
JDS-5	020131-5	0.10903	35.6(0.4)	22.3(0.2)	12.8(0.1)	34.5(0.5)
JDS-6	020131-6	0.06878	46.7(0.5)	29.3(0.3)	16.9(0.1)	34.6(0.5)
JDS-7	020131-7	0.06607	61.4(0.7)	38.6(0.4)	21.9(0.2)	34.0(0.5)

a) 国家地质实验测试中心屈文俊测

表 3 云南铜厂斑岩型铜钼矿床中辉钼矿床 Re-Os 同位素测定结果^{a)}

原样名	分析编号	样重/g	Re/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$^{187}\text{Re}/\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$^{187}\text{Os}/\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$	模式年龄/Ma
YTC-1	021029-10	0.03118	57.6(0.7)	36.2(0.4)	20.8(0.1)	34.5(0.6)
YTC-1	021029-11	0.03105	56.1(0.6)	35.3(0.4)	20.3(0.1)	34.5(0.6)
YTC-2	021008-16	0.02188	91.7(0.9)	57.6(0.6)	32.9(0.2)	34.3(0.5)
YTC-3	021008-17	0.11795	4.64(0.05)	2.92(0.03)	1.64(0.02)	33.8(0.6)
YTC-4	021008-18	0.01518	134.9(2.1)	84.8(1.3)	48.0(0.4)	33.9(0.7)
YTC-5X	021008-19	0.11443	7.34(0.07)	4.61(0.04)	2.75(0.02)	35.8(0.6)
YTC-6X	021008-20	0.01653	39.0(0.4)	24.5(0.2)	14.2(0.1)	34.8(0.69)
YTC-7C	021008-21	0.19429	2.27(0.03)	1.43(0.02)	0.92(0.01)	38.7(0.7)
YTC-8C	021008-22	0.02389	75.9(1.2)	47.7(0.8)	27.7(0.2)	34.8(0.7)

a) 国家地质实验测试中心屈文俊测

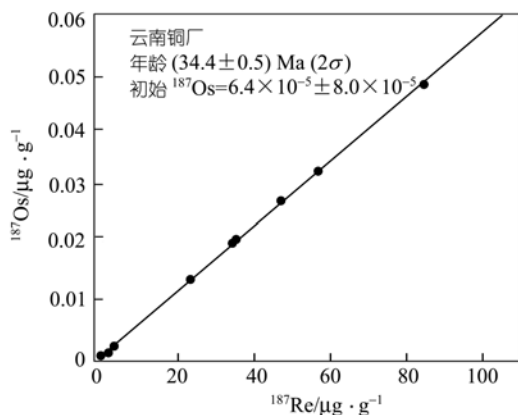


图 3 铜厂辉钼矿系列样品的 Re-Os 等时线年龄

3.2 成岩与成矿的关系

多数情况下,斑岩型矿床属于岩浆期后热液成矿,成矿时代应晚于成岩时代,但晚多少却是需要研究的.上述结果表明,如果用 40.9 Ma 的锆石年龄^[3]代表玉龙斑岩的成岩时代,用 35.8 Ma 的 Re-Os 年龄(表 1 中 4 个辉钼矿 Re-Os 模式年龄的平均),则成岩成矿的时差为 5.1 Ma;如果用 36.3 Ma 的 Rb-Sr 等时线年龄(表 1)代表马厂箐斑岩的成矿时代,用 33.9 Ma

的 Re-Os 年龄代表成矿时代,则成岩成矿的时差为 2.4 Ma;如果用 36.1 Ma 的 Rb-Sr 等时线年龄(表 1)代表铜厂斑岩的成矿时代,用 34.4 Ma 的 Re-Os 年龄代表成矿时代,则成岩成矿的时差为 1.7Ma.可见,成矿年龄一般晚于成岩年龄,而且显示了成岩成矿年龄之间的时差越大、形成的矿床规模也越大的趋势(玉龙为超大型,马厂箐和铜厂为中、小型).

3.3 成矿集中期

对于成矿集中区的概念已经比较明确,但对于成矿集中期的认识还比较肤浅.在对三江地区尤其是大渡河一带新生代金矿成矿时代的研究过程中,发现 25 Ma 是一个岩金矿床的成矿高峰期,因此提出了“成矿集中期”的概念^[13].那么其他矿床是否具有类似现象呢?通过对云南马厂箐斑岩铜钼矿和铜厂斑岩铜钼矿成矿时代的 Re-Os 年龄测定,同样证明了成矿集中期是存在的,即西南三江地区沿金沙江-红河断裂带分布的玉龙矿田、马厂箐矿区和铜厂矿区 3 个斑岩型铜钼矿床的成矿时代是基本一致的,也就是说它们是同一成矿集中期(36~33 Ma)的产物.因此,虽然这 3 个地区在空间上相隔数百公里(玉龙与马厂

箐相隔约 650 km; 马厂箐与铜厂相隔约 400 km), 但成矿作用却是基本同时发生的. 侯增谦等^[12]最近通过对冈底斯斑岩铜矿的类似研究, 证实冲江、拉抗俄和南木三个斑岩型铜钼矿床的成矿时代集中在 14 Ma 前后, 并且推断成矿作用的延续不超过 1 Ma.

3.4 对于成矿构造环境的探索

上述结果表明, 玉龙、马厂箐和铜厂 3 个地区的斑岩型铜钼矿床是基本同时形成的. 那么, 这三个地区的成矿作用是原本就在 3 个地区分别进行的, 还是原先是在一个地方发生, 后来由于“逸出”构造而使得铜厂和马厂箐的矿床发生了大规模的走滑位移、以至于离开了成矿时的位置呢? 对于该问题的研究具有重要的意义, 不但是理解新生代以来青藏高原隆升历史的关键问题之一, 也影响到地质找矿工作的部署. 前人工作表明^[14-18], 早第三纪至中新世沿红河大断裂发生了大规模的走滑, 大规模走滑的时间在 23Ma 前后, 滑移距离可达 1000 km(这一距离恰好与从玉龙到铜厂之间的距离相当). 因此, 金沙江-红河构造-成矿带中, 斑岩铜矿形成在先而大规模的走滑运动在后, 正是大规模的走滑运动将原先集中在一起的矿床分离成相隔数百公里的 3 个矿区. 从地质找矿的角度看, 如这一认识得到证实, 则金沙江-红河成矿带上的含矿斑岩不见得局限于构造带上, 在构造带两侧向外扩展的一定范围内可能还有含矿斑岩. 当然, 这还需要更多的工作来证实, 也是需要更加注意的.

4 结论

沿着金沙江-红河断裂带分布的 3 个斑岩铜矿成矿集中区, 辉钼矿的 Re-Os 同位素年龄分别为 35.4~36.6 Ma(玉龙)、33.9 Ma(马厂箐)和 34.4 Ma(铜厂), 表明这 3 个矿床虽然相隔遥远(分布在长达 1000 多 km 的成矿带上), 但成矿时代集中在 36.6~33.9 Ma(相差仅 2.7 Ma). 这一成果也表明金沙江-红河成矿带中的斑岩铜矿主要形成于始新世后期(按 2002 年发布的《中国区域年代地层表》, 始新世与渐新世的界线在 32 Ma), 同时也暗示这几个相同类型的矿床

很可能是在同一个成矿集中期内形成的, 其中成矿作用的延续时间可能不超过 3 Ma.

参 考 文 献

- 唐仁鲤, 罗怀松. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质. 北京: 地质出版社, 1995. 320
- 杜安道, 何红廖, 殷万宁, 等. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究. 地质学报, 1994, 68: 339~346
- 马鸿文. 藏东玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿. 北京: 中国地质大学出版社, 1990. 157
- 芮宗瑶, 黄崇钶, 齐国明, 等. 中国斑岩铜(钼)矿床. 北京: 地质出版社, 1984. 340
- 胡祥昭, 黄震. 扬子地台西缘富碱花岗斑岩特征及成因探讨. 大地构造与成矿学, 1997, 21(2): 173~180
- 张玉泉, 谢应雯, 涂光焯. 哀牢山-金沙江富碱侵入岩及其与裂谷构造关系初步研究. 岩石学报, 1987, (1): 17~25
- 张玉泉, 谢应雯. 哀牢山-金沙江富碱侵入岩年代学和 Nd, Sr 同位素特征. 中国科学, D 辑, 1997, 27(4): 289~293
- 傅德明. 扬子地台西南缘陆内造山带有色、稀贵金属矿床成矿系列及成矿规律. 见: 骆耀南, 主编. 扬子地台西南缘陆内造山带地质与矿产论文集. 成都: 四川科学技术出版社, 1996. 120~128
- 赵准. 中甸-大理-金平地区与喜马拉雅期斑岩有关的铅-铜-钼-金矿床成矿模式. 云南地质, 1995, 14(4): 333~341
- 罗君烈, 杨友华, 赵准, 等. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用. 北京: 地质出版社, 1994
- Marsh T M, Einaudi M T, McWilliams M. ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology of Cu-Au and Au-Ag mineralization in the Potrerillos district, Chile. Econ Geol, 1997, 92: 784~806
- 侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 等. 西藏高原冈底斯斑岩铜钼矿 Re-Os 年龄: 成矿作用时限与动力学背景应用. 中国科学, D 辑, 2003, 33(7): 609~618[摘要] [PDF]
- 王登红, 杨建民, 薛春纪, 等. 西南三江-大渡河地区喜马拉雅期金成矿作用同位素年代学依据. 见: 陈毓川, 王登红, 主编. 喜马拉雅期内生矿作用研究. 北京: 地震出版社, 2001. 84~87
- 钟大赉, Tapponnier P, 吴海威, 等. 大型走滑断裂层-碰撞后陆内变形的重要形式. 科学通报, 1989, 34(7): 526~529
- Tapponnier P, Lacassin R, Leloup P H, et al. The Ailao Shan/Red River metamorphic belt Tertiary left-lateral shear between Indochina and South China. Nature, 1990, 343: 431~437[DOI]
- Leloup P H, Lacassin R, Tapponnier P, et al. The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. Tectonophysics, 1995, 251: 3~84[DOI]
- 杨振宇, 孙志明, 马醒华, 等. 红河断裂两侧早第三纪古地磁研究及其地质意义. 地质学报, 2001, 75(1): 35~44
- 邓万明, 黄萱, 钟大赉. 滇西金沙江带北段的富碱斑岩及其与板内变形的关系. 中国科学, D 辑, 1998, 28(2): 111~117