·技术交流·

四川省红原县刷经寺新康猫金矿中矿物的稀土元素配分模式

曾广亮 张成江 张 达 唐文春
(成都理工大学) (四川省地矿局化探队)

摘 要: 介绍了稀土元素的分布模式特征, 不仅对于区别岩石类型有一定的意义, 而且也能用来探讨岩石以及矿物成因的问题。这是因为稀土元素在岩石中广泛分布, 且比较稳定, 在岩石发生变质作用的时候, 稀土元素能够保持原来的分布模式和含量, 直到岩石达到岩浆或近于岩浆条件之前。通过对新康猫矿床中石英和黄铁矿中的稀土元素做数据处理和配分模式图, 发现石英和黄铁矿形成环境和时间不同, 从而初步推断其成矿的多阶段性。

关键词: 新康猫; 稀土元素; 配分模式; 下地幔
中图分类号: P618.51 文献标识码: B 文章编号: 1009-5683(2009)01-0069-04

1 成矿地质背景

新康猫金矿床地处松潘-甘孜褶皱系的玛沁-玛曲-略阳深大断裂带(北界)、松潘-金川断裂带(东南界)和鲜水河断裂带(南西界)所构成的倒三角形区域, 即"阿坝地块"南缘(见图 1)。由于所处的环境特殊、构造变动强烈、活动时间长, 故其构造形迹多样、方向各异。其中对区域控矿有明显意义的有以下三个构造组。

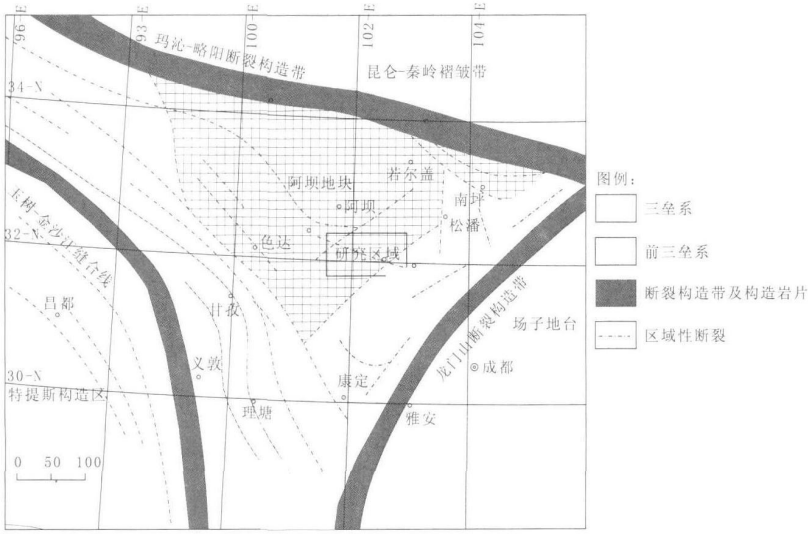


图 1 测区大地构造位置图
(原图取材于张均[1])

1.1 南北向构造组

此组构造主要由龙日坝断裂带(A)、岷江断裂带(B)和虎牙断裂带(C)组成。此三条断裂带近于等距离平行排列, 对控制金矿床分布有重要意义。

1.2 东西向构造组

此组构造为摩天岭东西向构造组的南组, 主要包括雪山断裂带(D)、黄龙复式背斜和雪宝顶倒转复式背斜等。雪山断裂带全长 50km 左右, 主断面呈东西走向, 舒缓波状延展, 两侧伴有一系列小型冲断层、牵引褶曲, 影响宽度达 1km 以上, 该断裂曾多次活动, 控制了桥桥上等层控型金矿床的分布。

1.3 北西~南东向构造组

此构造组属西秦岭构造系统的一个组成部分, 以出现一系列的北西~南东向且呈大体平行的褶皱

曾广亮(1984-), 男, 在读研究生, 610059四川省成都市。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

和断层带为特征。主要构造有玛沁～略阳断裂带(F)、玛曲～荷叶断带(G)、马尔康断裂带(H)、壤塘～刷经寺～理县断裂带(I)、刷经寺复式褶皱等。在此组断裂带和褶皱区中控制了一系列的金矿床(点)。最著名的当推马脑壳金矿床、金木达金矿床、新康猫金矿床,其中后两处矿床受壤塘～刷经寺～理县断裂带控制,也是四川省近年新发现的金矿成矿带。

2　矿石的矿物组合及主要矿物特征

矿石的矿物成分可分为矿石矿物和脉石矿物两类,矿石矿物主要为黄铁矿、褐铁矿,次为黄铜矿、毒砂、闪锌矿、自然金等,含量 5%～10%;脉石矿物主要为长石、石英及粘土质矿物,次为方解石、石墨等,含量一般在 90%以上(见表 1)。

表 1　矿物成分表*

主要矿物 (>70%)	次要矿物 (1%～30%)	微量矿物 (<1%)
长石、石英、粘土	方解石、黄铁矿、褐铁矿、绢云母、绿泥石	黄铜矿、闪锌矿、针铁矿、石墨、方铅矿、毒砂、辉锑矿、自然金

*(数据来源于成都理工大学核技术与自动化工程学院核分析实验室)

由于在新康猫金矿区北北东向断裂与北西向断裂交汇部位,硅化石英脉非常发育,密集地网脉状石英形成角砾状矿石。矿体明显变厚,品位升高。而且黄铁矿也是找金的重要标志。我国卡林型金矿主要为浅层低温热液型,严格受地层,构造,岩浆-变质热液控制。通常借助热液矿物(如石英,黄铁矿,萤石等)的稀土元素特征来探讨热液和成矿物质的可能来源[2]。苏文超等(1998)对石英及其流体包裹体的稀土元素研究发现,石英的稀土元素主要集中于流体包裹体中[3],这与石英的晶体结构关系密切[4],因此石英的 REE特征与其流体包裹体的 REE特征相差不大,可以近似代表其沉淀时热液流体的 REE特征。

3　稀土元素配分模式

新康猫金矿床石英和黄铁矿的稀土元素含量及特征参数列于表 2。

3.1　样品的分析测试方法

稀土元素分析:对采集的样品进行碎样,在显微镜下挑选出纯净的单矿物。矿物样品磨至 200目以下,送中国工程物理研究院池式反应堆中照射,中子注量率约为 $1\times10^{13}\ n/cm^2\cdot s$,照射时间约 10h。由成都理工大学核技术与自动化工程学院核分析实验室,采用美国 CANBER公司生产的 Ge(Li)半导体探测器加 4096道分析器测定,相对误差为 5%～10%。

ΣREE 为稀土元素总量,多数情况下指从 La到 Lu和 Y等元素的含量和;$\Sigma IREE$ 指 La-Eu各稀土元素的含量和,表示轻稀土元素(或铈组稀土)的总含量;$\Sigma HREE$ 指 Gd-Lu各稀土元素的含量和,表示重稀土元素总含量。

由表 2数据可知:

(1)ΣREE 值即稀土元素总量,黄铁矿远远高于石英,而细粒石英的稀土元素又高于粗粒石英。石英和黄铁矿的稀土元素特征参数(表 3)和配分曲线(图 2,图 3和图 4)也明显不同,暗示其成因存在着差异。

(2)$\Sigma LREE/\Sigma HREE$ 比值,这个参数在一定程度上反映了稀土元素的分异程度。对照表 2发现石英中 $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ 较小,多在 1～2之间,而黄铁矿中这个比值则要大的多,说明黄铁矿 *HREE* 出现了相对亏损。

(3)δEu值。δEu(或 Eu/Eu^*)计算是以科里尔图解为根据的[5],在 Eu无异常时,Eu的含量应为 Eu^*,即由 Sm和 Gd标准化的内插值,因此 δEu的计算如下式:

$$\delta Eu = Eu_N/Eu^* = 2Eu_N/(Sm+Gd)_N,$$

式中,Eu、Sm、Gd均为球粒陨石标准化值,标准化依据 W. V. Boynton, 1984。

Eu是具有重要意义的变价元素,在相对氧化的条件下,Eu^{3+} 较长时间保存在溶液中,而在相对还原条件下,被还原成 Eu^{2+} 沉淀,即 Eu异常可以作为氧化还原条件的指示剂。δEu>1为正异常,δEu<1为负异常,δEu=1则无异常。Eu正异常表明石英形成于相对氧化的环境,反之则为相对还原的环境。从处理所得的结果(见表 3,图 2,图 3和图 4)可以发现粗粒石英中稀土元素 Eu正异常,细粒石英中 Eu异常二者皆有,而黄铁矿中 Eu明显呈负异常。说明石英形成于相对的氧化环境,粗粒石英形成时的氧化环境较细粒石英形成时强,而黄铁矿主要形成于相对还原环境。δCe的计算方法也类似 δEu。

(4)$(La/Yb)_N$、$(La/Sm)_N$、$(Gd/Yb)_N$,这类比值更能反映稀土元素分馏的程度[5]。

$(La/Yb)_N$ 是稀土元素球粒陨石标准化图解中分布曲线的斜率,反映了曲线的倾斜程度。$(La/Yb)_N>1$,曲线为右倾斜,富集 *LREE*;$(La/Yb)_N<1$ 为亏损型;$(La/Yb)_N=1$ 时,属于球粒陨石型分布。

$(La/Sm)_N$ 比值反映了 *LREE* 之间的分馏程度,该值越大,*LREE* 越富集。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(Gd/Yb)*N* 比值反映了 *HREE* 之间的分馏程　　度, 比值越小, *HREE* 越富集。

表 2　新康猫金矿床石英和黄铁矿的稀土元素含量及特征参数*　　(10^{-6})

野外编号	TC3601-2	ZK1201B1-1	ZK1203H49	ZK1203H51-2	BT1201-3	ZK502-1	ZK302-2	ZK104-1	ZK802-1	BT001-1	BT001-2	ZK1203H51-1	ZK1203H53	ZK1203H56	ZK1203H55-1	ZK1201B1-2	ZK1203H49-1	ZK1203H51-3	ZK1203H55-2
样品名称	粗粒石英	粗粒石英	粗粒石英	粗粒石英	粗粒石英	粗粒石英	细粒石英	细粒石英	细粒石英	细粒石英	细粒石英	细粒石英	细粒石英	细粒石英	粗粒黄铁矿	细粒黄铁矿	细粒黄铁矿	细粒黄铁矿	细粒黄铁矿
La	0.01	0.89	0.10	0.11	0.07	0.23	0.26	0.08	0.08	0.09	0.11	3.33	0.96	2.90	14.43	14.55	14.88	13.54	12.46
Ce	0.05	2.91	0.32	0.18	0.20	0.51	0.63	0.14	0.44	0.39	0.34	8.13	3.02	6.50	21.44	18.33	21.95	13.19	17.13
Pr	0.01	0.55	0.06	0.04	0.03	0.10	0.09	0.04	0.09	0.07	0.08	1.26	0.48	0.84	3.14	2.26	3.35	2.53	2.66
Nd	0.03	3.51	0.38	0.29	0.18	0.68	0.48	0.42	0.60	0.44	0.71	6.63	2.61	3.71	15.68	9.53	17.42	16.49	14.05
Sm	0.01	1.50	0.08	0.09	0.08	0.06	0.19	0.16	0.29	0.08	0.14	2.77	1.06	1.67	2.31	1.87	3.86	2.28	2.59
Eu	0.01	0.65	0.05	0.05	0.03	0.08	0.05	0.04	0.09	0.13	0.09	0.98	0.48	0.56	0.40	0.30	0.62	0.30	0.63
Gd	0.03	1.85	0.19	0.12	0.10	0.32	0.29	0.30	0.42	0.39	0.25	3.10	1.54	1.73	2.99	2.59	4.55	2.67	2.29
Tb	0.01	0.25	0.03	0.02	0.02	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.54	0.25	0.29	0.47	0.42	0.71	0.42	0.38
Dy	0.03	1.25	0.18	0.13	0.12	0.29	0.32	0.20	0.32	0.34	0.37	3.48	1.50	1.80	2.74	2.52	4.11	2.45	2.33
Ho	0.01	0.21	0.04	0.03	0.03	0.06	0.07	0.03	0.06	0.07	0.09	0.76	0.31	0.38	0.54	0.51	0.80	0.48	0.48
Er	0.02	0.45	0.09	0.08	0.07	0.14	0.19	0.07	0.13	0.16	0.28	2.08	0.78	1.00	1.33	1.31	1.96	1.19	1.26
Tm	0.00	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.05	0.30	0.11	0.14	0.17	0.18	0.26	0.16	0.17
Yb	0.02	0.25	0.07	0.07	0.07	0.11	0.18	0.04	0.08	0.11	0.34	1.92	0.63	0.86	1.00	1.05	1.46	0.90	1.05
Lu	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.05	0.26	0.08	0.11	0.16	0.15	0.21	0.17	0.19
Σ*REE*	0.24	14.36	1.60	1.22	1.02	2.66	2.85	1.62	2.69	2.35	2.95	35.54	13.81	22.49	66.80	55.57	76.14	56.76	57.67
LREE	0.12	10.01	0.99	0.76	0.59	1.66	1.70	0.88	1.59	1.20	1.47	23.10	8.61	16.18	57.40	46.84	62.08	48.33	49.52
HREE	0.12	4.35	0.61	0.46	0.43	1.00	1.15	0.74	1.10	1.15	1.48	12.44	5.20	6.31	9.40	8.73	14.06	8.43	8.16
LREE/*HREE*/%	0.98	2.30	1.62	1.66	1.39	1.66	1.48	1.19	1.45	1.04	1.00	1.86	1.66	2.56	6.11	5.37	4.42	5.73	6.07
(La/Yb)*N*	0.34	2.40	0.96	1.06	0.67	1.41	0.97	1.35	0.67	0.55	0.22	1.17	1.03	2.27	9.73	9.34	6.87	10.14	8.00
δEu	1.71	1.19	1.20	1.50	1.02	1.41	0.65	0.55	0.79	1.84	1.45	1.02	1.15	1.00	0.47	0.42	0.45	0.37	0.77
δCe	1.38	0.98	0.98	0.66	1.01	0.81	0.99	0.59	1.09	1.11	0.81	0.96	1.06	0.99	0.73	0.69	0.72	0.51	0.68
(La/Sm)*N*	0.63	0.37	0.79	0.77	0.55	2.41	0.86	0.31	0.17	0.71	0.49	0.76	0.57	1.09	3.93	4.89	2.42	3.74	3.03
(Gd/Yb)*N*	1.13	5.97	2.16	1.33	1.16	2.35	1.30	6.05	4.24	2.88	0.60	1.30	1.97	1.62	2.41	1.99	2.52	2.39	1.76

* (数据来源于成都理工大学核技术与自动化工程学院核分析实验室)

表 3　新康猫金矿床石英和黄铁矿的稀土元素特征参数对比

矿物	*LREE* × 10^{-6}	*HREE* × 10^{-6}	*REE* × 10^{-6}	Σ*LREE*/Σ*REE*/%	Σ*HREE*/Σ*REE*/%	Σ*LREE*/Σ*HREE*/%	δEu × 10^{-6}	δCe × 10^{-6}
石英	4.918	2.609	7.528	65.338	34.662	1.885	1.177	0.959
黄铁矿	52.834	9.755	62.589	84.414	15.586	5.416	0.496	0.668

从表 2中可以清楚的看到石英中 (La/Yb)*N* 较小, 黄铁矿中 (La/Yb)*N* 大的多, 进一步说明了 *HREE* 亏损。石英中 (La/Sm)*N* < 1, 黄铁矿中 (La/Sm)*N* > 1, 则说明二者石英 *LREE* 亏损, 黄铁矿中 LREE富集; 石英和黄铁矿中 (Gd/Yb)*N* 都大于 1, 说明它们的 *HREE* 富集程度都低, 由此验证了黄铁矿 Σ*LREE*/Σ*HREE* 较小的趋势。

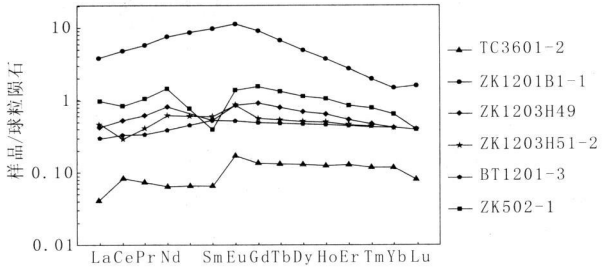


图 2　粗粒石英稀土配分模式图 (以 C1球粒陨石标准)

3.2　与相邻矿床和地球圈层的对比

在探讨成矿物质来源时, 将不同地质体稀土特征与热液矿物的稀土特征进行对比, 根据它们之间的相似性来判断成矿物质的可能来源[6,7]。

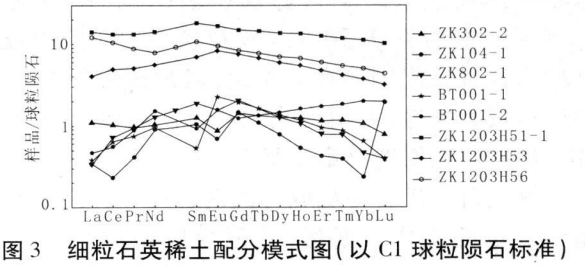


图 3　细粒石英稀土配分模式图(以 C1 球粒陨石标准)

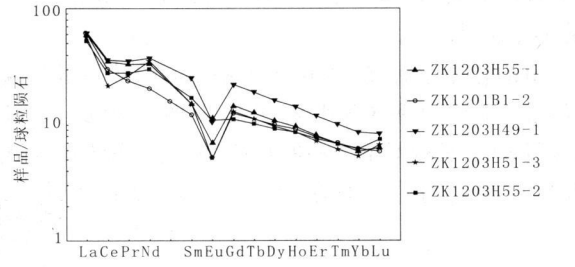


图 4　黄铁矿稀土配分模式图(以 C1 球粒陨石标准)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

由表 4可以看出, 新康猫金矿床石英的稀土元素特征与东北寨金矿床有明显差异, 也与澳大利亚古生代-中生代沉积岩中的石英不同, 而更接近于下地幔的稀土组成特征。尽管还不能据此判断有地幔流体参与, 但至少说明有深部流体参与的迹象。

表 4　新康猫金矿床石英的稀土元素特征参数与相邻矿床及地球圈层对比*

地质体	新康猫金矿床	东北寨金矿床	上地壳	下地壳	地壳	上地幔	下地幔	澳大利亚古生代-中生代沉积岩
$\Sigma LREE/\Sigma REE$/%	65.338	89.510	90.457	76.646	85.467	74.016	60.313	89.976
$\Sigma HREE/\Sigma REE$/%	34.662	10.490	9.543	23.354	14.533	25.284	39.687	10.024
$\Sigma LREE/\Sigma HREE$/%	1.885	8.533	9.479	3.282	5.881	2.849	1.520	8.976

相邻矿床和地球层的稀土元素数据引自徐国风等 (1993)。

4　结　语

综上所述, 初步认为黄铁矿和石英不是同期或同阶段形成的。石英是在相对氧化环境下形成的, 地层不是主要的流体来源, 很可能有较多深部流体或岩浆流体参与。黄铁矿形成于相对还原环境, 主要与地层关系密切, 与石英形成有关的深部流体或岩浆热流体对地层加热改造形成黄铁矿的可能性最大, 如呈浸染状分布于地层岩石中的黄铁矿。当然, 也不排除有少量黄铁矿的形成与深部流体有关的可能性, 如分布于石英脉中的黄铁矿。

参　考　文　献:

[1] 张　均, 张晓军, 廖群安. 川西北地区金成矿的构造-岩浆控制[J]. 黄金, 2000, 21(6).

[2] Philip R W hitney, James F O lmsted Rare earth elementm etasm-atism in hydrothermal systems the W illsboro-lewisw ollastonite ores, New York, USA[J]. Geochimica, 1998, 62(17): 2965~2977.

[3] 苏文超, 漆　亮, 胡瑞忠等. 流体包裹体中稀土元素的 ICP-MS分析研究[J]. 科学通报, 1998, 43(10): 1094~1098.

[4] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984.

[5] 赵振华. 某些常用稀土元素地球化学参数的计算方法及其地球化学意义[J]. 地质地球化学, 1985, 增刊: 126.

[6] 胡明铭, 郑明华, 陈建平. 藏东玉龙铜矿床似层状矿体成矿物质来源[J]. 矿物岩石, 1999, 19(3): 73~76.

[7] 孙　超. 吉林省香炉碗子金矿床稀土元素地球化学特征研究[J]. 吉林地质, 1998, 17(2): 54~58.

(收稿日期 2008-10-12)

• 信息平台 •

武钢获南澳 CXM公司 20亿 t铁矿一半权益

2008年 12月 18日, 由武钢与南澳 CXM公司签署并正式生效的框架协议中表明: 武钢与南澳 CXM公司联合开采 20亿 t铁矿资源, 其中 10亿 t铁矿石权益属武钢拥有。至此, 武钢在海外有了大型矿石资源基地, 无疑为武钢建设防城港钢铁基地和今后的快速发展奠定了坚实基础。

解决自产矿石不足成为武钢近几年快速发展中重中之重的工作。据悉, 武钢今后年钢产量将达 5 000万 t, 需 8 000万 t铁矿石, 而自产矿石远远满足不了需求。

而此次与南澳 CXM公司签署的框架协议, 实为双赢。原本南澳 CXM公司是以股票每股 2.21~2.97澳元、矿权费以每吨 0.70澳元的价格, 与武钢进行收购谈判的。但在全球需求放缓的背景下, 武钢与对方签署协议中表明, 股票收购则是 CXM公司按照每股 0.25澳元向武钢增发不超过 15% 的股权, 总价 9 750 589澳元。武钢在 CXM上市公司拥有一名董事席位, 并成为该公司第二大股东; 矿权收购则是武钢和 CXM公司按 50∶50组建合资公司, 对合作范围内的 11个矿区 20亿 t的矿石资源量, 初期按 5亿 t计价, 武钢按每吨 0.18澳元价格获 50% 的权益。

此次在澳大利亚联合开采的 CXM公司矿区, 位于南澳洲艾尔 (Eyre)半岛, 分为北、中、南 3个区段, 租约面积约 2 000km^2。其中, 中部和南部属此次合作的矿区, 靠近海岸, 并有高速公路和铁路经过矿区。双方同意在澳大利亚南部艾尔半岛合作修建一座深水出口港, 距矿区 60km以内, 交通便利。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net