

内生金矿床围岩蚀变及其找矿意义

陈 淳 福

(桂林冶金地质学院)

梁 有 彬

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)

提 要 独立的内生金矿床,形成于中—低温热液期,伴随中—低温的围岩蚀变。以三个不同时代,不同岩层的断裂中金矿围岩蚀变,指出金矿的富集与围岩蚀变的关系,通过对全国独立内生金矿围岩蚀变的调查和统计,得知有 27 种蚀变类型,与金矿成矿关系最密切为硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化和绿泥石化等五种。其次为钾长石化、青磐岩化、高岭土化、白云母化和钠长石化。其余 17 种与金矿成矿关系较少。凡是发育于断裂构造中的上述热液蚀变,是找内生金矿的有效标志。

关键词 内生金矿床 围岩蚀变 勘查

序 言

独立的内生金矿床,形成于中—低温热液期,绝大部份矿床都伴随着相应的热液围岩蚀变。围岩蚀变的特征与原岩特征,从微观到宏观都有明显的区别,了解、掌握和运用这种特征,对寻找金矿具有特别重要的地质意义。作者通过三个典型的有代表性的围岩蚀变类型,说明不同时代,不同岩层中的金矿围岩蚀变的特征;同时调查和统计了全国独立的内生金矿的围岩蚀变,从而指出寻找金矿的明确标志。

一、含金热液的成矿作用和围岩蚀变

含金热液的组份是多种多样的。在高温高压条件下,可成蒸气蒸腾迁移,当温压下降到结晶临界温度以下,就开始结晶,并向裂隙的两壁发生热液交代作用,使围岩产生成份上和结构上的改变,即围岩蚀变。

围岩蚀变大致分为以下两种方式。

1、**交代式围岩蚀变** 热液中的组份直接取代围岩组份。如 Au 、 SiO_2 、 FeS ……等,以气态和液态进入裂隙两壁围岩,当温压下降到结晶温度时, SiO_2 以微粒石英交代围岩,黄铁矿以粉末状晶体交代围岩,同时伴随自然金以微粒晶体晶出。所以在强硅化和黄铁矿化地段,也就是金的富集地段。

2、**渗透交代式围岩蚀变** 即含金石英脉两侧围岩的蚀变。当含金热液进入断裂中,冷凝

结晶成贫或富硫化物含金石英脉时,一部分组份,向断裂两壁围岩以渗透方式交代。如 H_2O 、 CO_2 ……等组份进入围岩,使围岩中原生矿物改变组份和结构。如交代斜长石的绢云母化、交代黑云母的绿泥石化、交代钾长石的高岭土化……等。渗透交代的围岩蚀变,金矿化强弱不一,靠近含金石英脉的两壁有金矿化,远离含金石英脉的围岩,只见蚀变,不见矿化。

二、金矿围岩蚀变的几种主要类型

金矿围岩蚀变类型繁多,现以中生代火山碎屑岩、印支期混合花岗岩和太古界沉积碳酸盐岩中金矿的围岩蚀变为代表,阐述其强度、特征和金矿化的关系,以便指导金矿找矿工作。

1、中生代火山碎屑岩中的金矿围岩蚀变

江苏溧水金矿区,金矿脉产于侏罗系上统大王山组的粗安质火山碎屑岩、碎屑溶岩、粗安岩和粗安玢岩中,受北西西、近东一西和北东东向断裂构造控制。部分发育在石英二长斑岩、花岗岩斑岩和正长斑岩脉与火山碎屑岩接触带附近。矿脉与围岩接触界线常不清楚。

早期蚀变,依次为①绿泥石化,②碳酸盐化,③石英—碳酸盐化,④石英—绢云母—碳酸盐化,⑤硫化作用。

晚期蚀变,绢云母—黄铁矿化和石英—绢云母—黄铁矿化。在绢云母—黄铁矿化的岩石中,绢云母呈细小集合体交代斜长石,具变余结构,基质大部分也绢云母化,岩石中的暗色矿物已消失。局部交代强烈,变成绢云母,黄铁矿和少量石英组成的蚀变岩。在蚀变作用后形成强烈的石英—绢云母—黄铁矿化,是与金矿化最密切的蚀变作用。石英、绢云母、黄铁矿常常形成网脉状、团块状产出,在近矿部位,形成黄铁绢英岩。晚期蚀变多半叠加在早期蚀变之上,沿着断裂破碎带分布并伴生金矿化。

蚀变过程中元素的迁移情况见表1。早期蚀变 Si、Fe、Al、Ti、Na、P 均有不同程度的带出, Ca、Mg、Mn、 CO_2 、 H_2O 、S 显著带入,形成大量的碳酸盐、黄铁矿。晚期蚀变, Fe、Al、Ti、Na、P 继续被带出;由于碳酸盐矿物消失, Ca、Mg、Mn、 CO_2 被大量带出。Si、 H_2O 、S 和 Au 被大量带入,使硅化、绢云母化和黄铁矿化进一步加强。通过两期蚀变,原岩中的基性组份和碱性组份被大量带出,岩石成份愈来愈单一,最终形成硅、铝、硫等元素组成的岩石。

从未蚀变到晚期蚀变, Au、Ag、Te 以增加几个数量级的幅度富集起来,最后大量沉淀形成金(碲)矿石(表2)。

综合分析,溧水金矿是发育在我国东部中生代火山岩盆地内。主要成矿阶段的温度为 $270-120^{\circ}C$,为中—低温火山热液金碲石英脉型金矿,围岩是粗安质火山岩。绢云母—黄铁矿化和石英—绢云母—黄铁矿化为与成矿关系密切的围蚀变,其范围较金矿体大许多倍(图1)。

2、印支期混合花岗岩中的金矿围岩蚀变

山东焦家金矿主要受黄县—掖县弧断裂控制,工业矿体全部产于主断裂的下盘,玲珑花岗岩的蚀变岩中。其矿源层为太古界胶东群黑云母变粒岩、斜长角闪岩及片麻岩。围岩蚀变类型有赤铁矿化、钾化、钠化、硅化、黄铁矿化及碳酸盐化。后三者与金的矿化关系密切。

表 1 蚀变岩石和主要矿石元素的变化

Table 1 Element variation of rocks and gold ore

组 份	未蚀变岩石	早期蚀变岩石	晚期蚀变岩石	金 矿 石
Si	1031	-319	+5	+322
Fe	41	-2	-6	-11
Al	257	-103	-33	-181
Ti	8	-3	-1	-5
Ca	40	+50	-35	-39
Mg	32	+30	-28	-28
K	27	+1	+1	-21
Na	37	-31	-36	-36
p	7	-4	-3	-6
Mn	1	+12	-0.7	-0.8
CO ₂	29	+314	-17	-25
H ₂ O	90	+21	+95	-7
S	1	+32	+56	+36

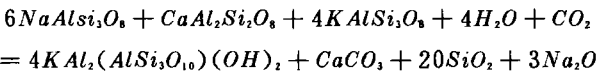
表 2 金、银、碲含量 Au/Ag 比值

Table 2 Content of Au, Ag and Te and Au/Ag ratio of rocks and gold ore

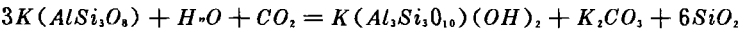
组 份	Au (ppm)	Ag (ppm)	Te (ppm)	Au/Ag
未蚀变岩石	$\frac{0.001 \sim 0.002}{0.0015}$	0.8		
早期蚀变岩石	$\frac{0.01 \sim 0.02}{0.07}$	$\frac{\text{微} \sim 0.23}{0.13}$	$\frac{0.47 \sim 2.8}{1.23}$	$\frac{0.02 \sim 0.22}{0.078}$
晚期蚀变岩石	$\frac{0.01 \sim 0.54}{0.15}$	$\frac{\text{微} \sim 11.6}{3.15}$	$\frac{0.75 \sim 11.1}{4.9}$	$\frac{0.04 \sim 1.8}{0.29}$
金 矿 石	$\frac{0.6 \sim 55.20}{10.89}$	$\frac{0.50 \sim 34.4}{11.10}$	$\frac{1.2 \sim 54.8}{21.2}$	$\frac{0.14 \sim 6.57}{1.79}$

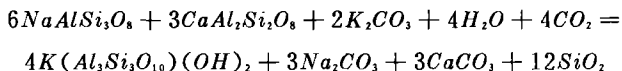
(1)蚀变机理:

A、硅化分早、中、晚三期:



B、绢云母化,早期与钾化基本同时形成,晚期蚀变强烈,与硅化同时形成。





②、黄铁矿化:与金矿化关系密切,黄铁矿中有包裹金、细脉金。

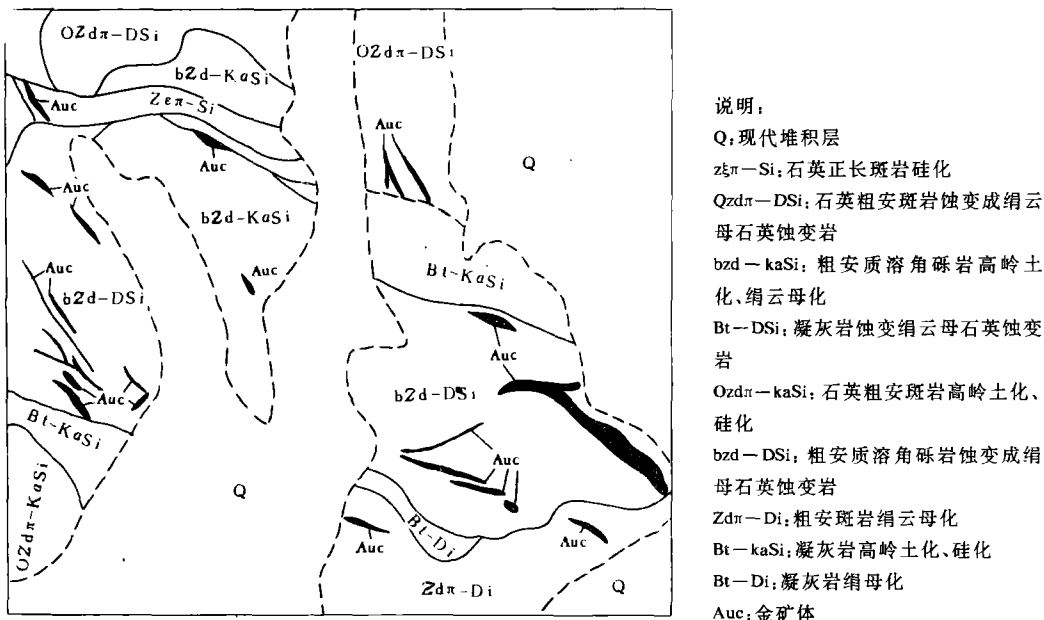


图1 江苏溧水金矿化与围岩蚀变关系图

Fig. 1 Gold mineralization and wall rock alterations

(2) 蚀变带与金矿化的关系(图2、表3):

在空间上,矿化分布对蚀变有依赖性,矿化没有超出蚀变的范围,蚀变岩的组构决定了矿化的类型,蚀变带的分布与矿化带的分布是协调的,蚀变范围大于矿化范围。根据《金成矿以原子状态迁移的探讨》中的高温高压实验表明,金于高压高温条件下,极其活跃,以原子状态蒸腾,与 SiO_2 、水共同迁移;于 350°C , $1000 \times 10^5\text{Pa}$, $\text{PH} = 2.4$ 的水中,金块于釜底蒸腾,迁移至釜顶温度降低,立即结晶成片状和立方体。所以焦家金矿围岩,受到高温热液而引起强烈的钾化、钠化和赤铁矿化阶段,金原子不能沉淀。当热液温度下降到中至低温的硅化、绢云母化和黄铁矿化阶段,金原子快速沉淀结晶,析出大量金。故硅化、绢英岩化和黄铁矿化与金的成因有极其密切的联系,因此,可见中—低温围岩蚀变是找矿的最有效标志。

3、太古界沉积碳酸盐岩中金矿的围岩蚀变

四川北部龙门山区的王前沟金矿,出露前震旦系碧口群地层,分三段:下部为砂砾岩;中部为中基性火山岩,在节理裂隙中见金矿化和硅化、黄铁矿化;上部为中基性火山岩,凝灰质千枚岩夹碳酸盐岩。碳酸盐岩,长几百米,厚3—5米,呈多层状产出,为含金的主要层位,含金 $1 \sim 5\text{g/t}$,还有少量黄铜矿,方铅矿等硫化物。金矿受深大断裂控制,出现在构造破碎强烈,石英脉和黄铁矿发育的部位。矿石类型,分为黄铁矿型金矿和石英脉型金矿。

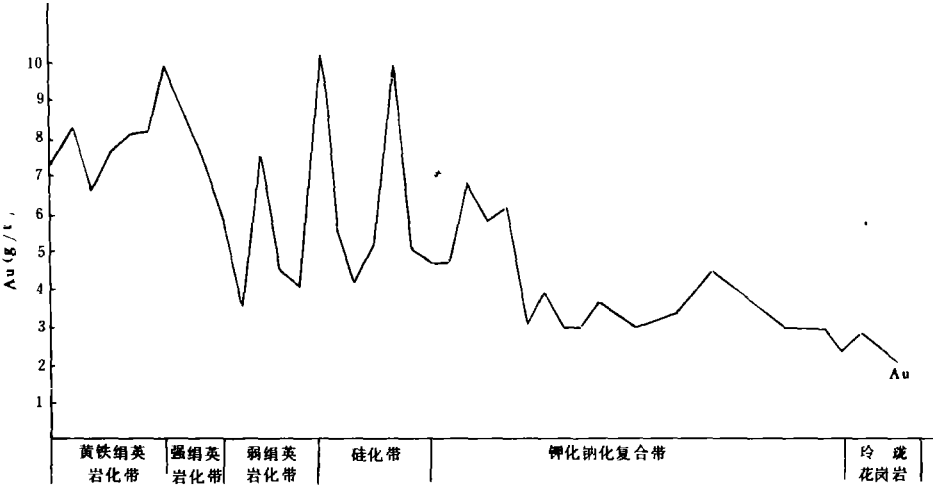


图 2 蚀变带 Au 元素变化图
Fig. 2 Gold variation in alteration zones

表 3 蚀变带与矿化带的关系
Table 3 Relation between mineralization and alteration

蚀变分带	黄铁绢英岩化带	强绢英岩化带	弱绢英岩化带	硅化带	钾化钠化复合带
矿化分带	浸染状矿化带	细脉浸染状矿化带	网脉状矿化带	裂隙团粒状矿化带	
距离(m)	—————30—————45—————70—————100—————150—————				

金矿与硅化黄铁矿化强度的关系,根据蚀变的强弱程度分为四级(图 3)。
在硅化为主的金矿中,随着硅化的增强,Au 含量增高,与硅化强度呈正比。
在黄铁矿化为主的金矿中,随着黄铁矿化的增强,Au 的含量增高。但在块状黄铁矿中 (F,) Au 含量反而降低。

三、金矿围岩蚀变特征

1、金矿围岩蚀变的特征 以中温热液的围岩蚀变为主体,低温蚀变占有一定的比例。这种情况和金的成矿温度相吻合。于高温高压条件下,促使金蒸腾迁移,而不易成矿。只有当金蒸腾的蒸气下降到中—低温时,则快速结晶成矿。这样与中低温的围岩蚀变形成是吻合的和一致的。因此,高温的围岩蚀变,如云英岩化等,不会与金矿成矿有成因联系。
2、金矿围岩蚀变类型 汇集国内独立金矿床的围岩蚀变,据不完全统计共有 27 种(表

4)。首位为硅化,第二位为黄铁矿化,依次为绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、钾长石化、青磐岩化、粘土化、白云母化、钠长石化等,这十种就占 91.5%。其余 17 种所占比例为 8.5%。

表 4 国内金矿围岩蚀变类型统计表

Table 4 Statistics of wall rock alterations of gold deposits in China

围岩蚀变类型	* 硅化	* 黄铁矿化	* 绢云母化	* 碳酸盐化	* 绿泥石化	钾长石化	青磐岩化	粘土（高岭土）化	白云母化	钠长石化	磁黄铁矿化	毒砂化	绿帘石化	重晶石化	电气石化	冰长石化	大理岩化	黑云母化	明矾石化	伊利石化	蛇纹石化	滑石化	菱锰矿化	叶蜡石化	雌雄黄化	萤石化	砂卡岩化	总数百分比
数量	82	69	47	27	19	7	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295
%	27.8	23.4	15.9	9.2	6.5	2.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	99.9

* 其中部分数据是作者 1965、1973、1982 年调查资料

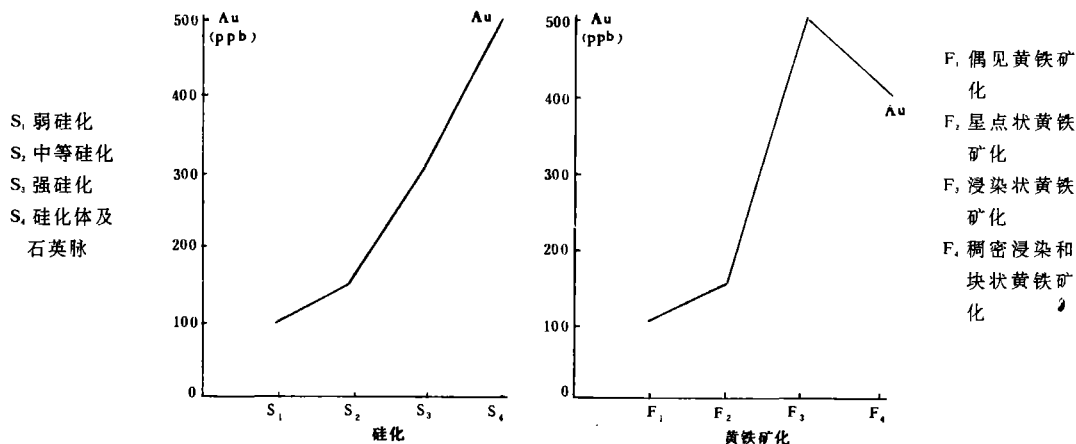


图 3 各级蚀变的 Au 含量对比曲线

Fig. 3 Comparison of Au—content in different alteration zones

四、金矿围岩蚀变的找矿意义

独立金矿床形成于热液阶段,普遍使围岩产生热液蚀变。围岩蚀变的范围比金矿体的范围大 1—几十倍(图 1)。从前述三种典型的金矿床的围岩蚀变得知,矿物成份和结构与围岩的原岩有很明显的差异,利用这种差异——即特征,寻找金矿床是行之有效的方法。

硅化和黄铁矿化:二者关系密切并同时交代围岩。硅化以呈叶片状、它形镶嵌粒状、它形粒状和蠕虫状石英为特征,交代作用可发生在从基性到酸性的岩浆岩类、片麻岩等变质岩类、

碳酸盐岩、钙质页岩及各类沉积岩等。蚀变岩石颜色一般呈淡灰色,致密坚硬,肉眼难以辨认矿物单体,其成份和结构与各类岩石的原岩截然不同。黄铁矿化则以立方体和粉末状黄铁矿交代各类型岩石为特征,蚀变岩石呈灰色,往往与硅化同时交代围岩。若这二种蚀变岩石出露地表,经风化作用之后呈“火烧皮”的颜色,是寻找内生金矿特征性找矿标志。因此当发现硅化、黄铁矿化带时,很可能是赋存金矿床的地质背景。但值得指出的是某些块状黄铁矿的块体,含金很少或不含金,可能与金矿化不是同时形成的。如前述四川北部龙门山区王前沟金矿,就是很好的例子,块状黄铁矿区段,含金量反而降低了(图2)。

绢云母化:于金矿床围岩蚀变中,居第三位,是原始铝硅酸盐类以及少数其它矿物,被次生的白色细鳞片状或纤维状云母—绢云母所交代。是一种分布非常广泛的热液蚀变作用。但找金矿时,应该注意与区域变质的绢云母化蚀变岩石区别开。

碳酸盐化:是一种很普遍很重要的热液蚀变,侵入岩和沉积岩遭受碳酸盐化的结果,能产生相当量的方解石、菱铁矿、铁白云石、白云石以及菱镁矿等碳酸盐矿物,是金矿床重要的一种围岩蚀变。

绿泥石化:于金矿床围岩蚀变中居第五位。与金矿床热液蚀变有关的绿泥石化,出现范围较小,多数只限于狭窄的破裂带中,它多与电气石化、绢云母化、硅化、碳酸盐化等共同出现。绿泥石化可交代钠长石和黑云母。蚀变后岩石呈淡绿色,硬度较低。

金矿的形成,往往受断裂构造控制,所以各类金矿的围岩蚀变,比较严格沿断裂构造发育。这样就能比较清楚地与区域蚀变相区别。所以对受断裂控制的范围较狭窄的中低温围岩蚀变,应特别注意寻找独立金矿床。

结 束 语

独立内生金矿床的成矿,从太古界、元古界、古生界、中生界到新生界的岩层中,均为中—低温热液型金矿,并伴随着强弱不同的围岩蚀变。

据全国独立内生金矿床围岩蚀变的不完全统计,与金矿有关的围岩蚀变共有27种。最重要的围岩蚀变为硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化和绿泥石化等五种。

从三种典型的金矿围岩蚀变得知,虽然成矿时代不同,赋矿岩性各异,但均属中—低温热液型蚀变。当几种蚀变同时出现时,均以硅化占主导地位,这一结论与全国调查和统计相吻合。

各类内生独立金矿形成,绝大部分受断裂构造控制,并伴随有围岩蚀变,一般沿断裂构造带发育,蚀变带范围往往超过金矿床厚度1—几十倍,其成份和结构都有区别于原岩的明显特征。围岩蚀变特征可成为寻找内生金矿床的重要标志。

参考文献

- [1] 宁仁祖等, 江苏溧水中生代火山热液金矿的蚀变与矿化, 金银矿产选集(3), 1985, 189
- [2] 陈伟、张振儒、胡伦积, 山东焦家金矿围岩蚀变初步研究, 金银矿产选集(5), 1986, 149
- [3] 陈淳福, 金以原子状态迁移成矿的探讨, 矿产与地质, (1) 1989, 54
- [4] 魏富有, 金矿的蚀变种类和强度的研究, 金银矿产选集(8), 1987, 63
- [5] 武警黄金指挥部黄金地质研究所, 中国典型金矿床实例(1), 1985, 1—373
- [6] 安徽省地矿局, 1985年全国金矿工作经验交流会议材料选编, 1986, 39—220
- [7] 陕西地矿局地质处第八队, 全国金矿床矿物成因矿物学会议论文选集, 1984, 41—43. 223. 237. 255
- [8] 全国金矿地质工作领导小组办公室贵金属编辑委员会, 贵金属地质, (1—2 合刊) 1988, 127. 285
- [9] 江西地质矿产局, 金银矿床论文选集, 1986, 72, 220, 255
- [10] 中国科学院贵阳地化所, 中国金矿大全, 1988, 243—459
- [11] 冶金情报网, 长春黄金研究所, 金银矿产选集, 1984 第二集第 75. 208. 243. 277. 298. 305 页; 1985 第三集第 90. 91. 112. 189 页; 1985 第四集第 104. 118. 137. 187. 195. 205. 265 页; 1986 第五集第 135. 155. 166. 181. 189、104. 285 页; 1986 第六集第 157、164 页。

WALL ROCK ALTERATIONS OF ENDOGENIC GOLD DEPOSIT AND THE SIGNIFICANCE TO GOLD EXPLORATION

Chen Chunfu Liang Youbin

*(Guilin Geological College) (Institute of Mineral Resources
and Geology, Non-ferro Industrial Co.)*

Absract

Endogenic gold deposits are formed in the period of intermediate — low hydrothermal fluid activity and associated with intermediate — low hydrothermal alteration. This paper presents statistic results of 30 endogenic gold deposits and the study of three examples which are located in fractures with different country rock. 27 alterations are summarized to relate to gold deposits. Silicification, pyritization, sericitization, carbonitization, and chloritization are closely associated with gold mineralization. The next is microclinization, propylitization, kaolinization, muscovitization and albitization. The others have less relation to gold ore. So the 27 alterations in fractural zones are marks for gold exploration.