

糜棱岩型金矿金元素丰度与构造变形的关系*

陈柏林

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京)

提 要: 蚀变糜棱岩型金矿是一种成矿机制与控矿因素都与韧性剪切带及其糜棱岩密切相关的金矿床类型。研究表明: ①深部韧性剪切变形是元素分异迁出区, 未叠加蚀变矿化的糜棱岩变形越强, Au 丰度就越低; ②中浅层次变形域是 Au 元素聚集区, 矿化发生于韧性剪切带糜棱岩抬升至较浅部位叠加了脆性变形阶段。构造变形越强的糜棱岩, 越易叠加矿化, Au 元素丰度越高; ③强变形或者大构造差应力不仅是促使 Au 元素活化分异、形成含 Au 热液、使 Au 元素进入到成矿过程, 而且驱使含矿热液运移, 更是为金矿成矿创造理想容矿(赋矿)空间的构造动力学条件; ④蚀变糜棱岩型金矿床的特点是: 成矿较韧性变形滞后、成矿深度较韧性变形浅、矿化仅发育于较小规模的韧性剪切带中、Au 元素来源于围岩和深部、变形强度与 Au 元素丰度具有特殊关系。

关键词: 构造变形 Au 元素丰度 蚀变糜棱岩型金矿

中图法分类号: P618.5

1 引 言

在 Sibson (1977)^[32]和 Ramsay (1980)^[33]发表韧性剪切带经典论著的几乎同时, Boyle^[1]就提出韧性剪切带型金矿——一种成矿机制与控矿因素都与韧性剪切带有关的金矿床类型。在与韧性剪切带有关的蚀变糜棱岩型、构造蚀变岩型和石英脉型 3 种金矿化类型中, 蚀变糜棱岩型金矿是韧性剪切带关系最为密切的一种, 它虽然品位相对较低, 但规模很大, 在全世界金矿保有储量和黄金产量中所占的比例逐年上升, 已得到普遍的重视。此后, 开展了韧性剪切带成矿控矿作用、剪切带型金矿床的地质特征研究和剪切带型金矿的找矿工作, 并取得了很大进展^[2-9, 34-36]。在蚀变糜棱岩型金矿床的研究中, 对糜棱岩的构造变形与 Au 元素丰度的关系最为重视, 研究也比较广泛和深入^[10-18], 但是对于构造变形与金矿成矿的关系的认识却有明显差异, 一些学者研究后认为韧性剪切变形越强、构造差应力越大, Au 元素丰度越高^[3, 7, 10-15]; 而另一些学者则认为韧性剪切作用本身导致成矿的可能性不大, 在强烈韧性变形的条件下, Au 元素内能升高, 是不稳定的, 因而不会富集成矿, 并且是岩石变形越强, Au 元素含量越低^[16-17]。但是上述研究成果最大缺陷在于仅仅局限于表面现象上, 而没有注意 Au 元素富集的机制及韧性剪切带的演化和叠加的关系。本文作者^[22-23]从构造演化、发展的时空角度, 重新认识和研究韧性剪切带的成生演化、构造变形与金矿化的关系, 并特别注意矿化与未矿化糜棱岩的差异、矿化与构造变形的时序关系等关键点。限于篇幅, 本文主要阐述蚀变糜棱岩型金矿中 Au 元素丰度与构造变形的关系, 以及 Au 元素富集机制。对于韧性剪切带

* 地科定 (96-2) 项目资助

作者简介: 陈柏林, 37 岁, 研究员, 主要从事金矿成矿控矿构造和预测研究。邮政编码: 100081

1999-04-30 收稿, 1999-07-14 修改回

金矿床的成矿模式、与韧性剪切带有关的不同金矿化类型地质地球化学特征的对比研究等作另文报道。

2 未矿化糜棱岩变形与 Au 元素丰度的关系

糜棱岩及糜棱岩化过程中化学成分、矿物成分变化的研究已经非常深入^[20~23, 37~40], 其中化学成分的变化使 Si 及 Ca、Na 等组分被带出; 在韧性剪切变形过程中, 长石一方面作为残碎斑晶表现出脆性破碎; 另一方面则是变形导致长石分解, 形成石英和白(绢)云母, 白(绢)云母含量明显增加, SiO_2 虽然有较多带出、总量减少, 但石英相对含量是增加的。如安徽界岭地区从花岗岩变成糜棱岩的不同阶段岩石的矿物成分很清楚地反映这一特点(图 1)^[22]。辽西排山楼金矿中性岩变形后 SiO_2 降低 5%~7%, 酸性岩 SiO_2 降低 11%~13%^[22]。而英云闪长岩变形形成超糜棱岩后 Na_2O 降低 1.7%, CaO 降低 1.9%^[40]。

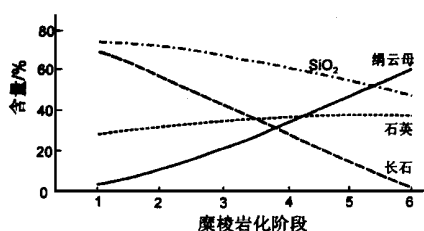


图 1 糜棱岩化过程造岩矿物的变化

1—花岗质岩石; 2—糜棱岩化花岗岩; 3—初糜棱岩;
4—糜棱岩; 5—千糜岩; 6—片糜岩或构造片岩

Fig. 1. Variation of rock-forming process
in the course of mylonitization.

1- Granitic rock; 2- Mylonitized granite; 3- Protomylonite; 4- Mylonite; 5- Phyllonite; 6- Phyllonite or tectonic schist.

在未发生蚀变矿化的糜棱岩中, Au 等微量元素的变化规律是, 韧性变形越强, Au 元素含量就越低, 超糜棱岩明显低于初糜棱岩, 不论是河南熊耳山地区蒿坪沟和青冈坪金矿床^[16, 17], 还是安徽界岭金矿床均有这种特征^[22](表 1)。

表 1 糜棱岩中金含量

Table 1. Gold content of mylonite

产地	岩石	Au/10 ⁻⁹	资料来源
青冈坪 1#	初糜棱岩	420	[16, 17]
	超糜棱岩	180	
青冈坪 2#	初糜棱岩	170	[16, 17]
	超糜棱岩	37	
蒿坪沟 15#	初糜棱岩	97	[30]
	超糜棱岩	41	
界岭金矿	糜棱岩	552.3	[30]
	千糜岩	386.6	
	片糜岩	157.3	

在韧性剪切变形过程中, 一方面由于在深部温压高、岩石塑性大, 特别是强烈的韧性剪切变形的影响, 使 Au 元素的化学位升高, 且变形越强, 化学位越高, 具有高化学位的元素是不稳定的, 将脱离原来的矿物或岩石中的赋存部位, 这一状态可以称为 Au 元素的构造活化; 另一方面由于糜棱岩化作用促使 Si、Ca、Na、H₂O 的流失, 而“石英是 Au 最亲密的伙伴”^[1], Au 元素与 Si 具有非常相近的迁移系数, 经常是同时发生迁移的, 因此, 深部的韧性变形使得 Au 与其它成矿元素及 Si、Ca、Na、H₂O 等组分一起被活化分异, 形成含 Au 热液(或称动力变质热液)^[24~27], 所以, 深层次韧性变形域是 Au 等成矿元素的活化迁出区, 其结果是韧性剪切变形越强, 岩石中 Au 等成矿元素含量越低。这也是造成地球化学降低场^[14, 28, 29]的主要原因之一。

3 矿化糜棱岩变形与 Au 元素丰度的关系

对矿化糜棱岩来说, 大多数研究表明, 糜棱岩的构造变形越强, 金元素丰度越高^[7, 10~14], Au 元素丰度与构造变形差应力的大小呈正相关^[10~12] (图 2), 矿化糜棱岩中的 Au 丰度还与糜棱岩类型、组构特征、变形机制及应变幅度具有相关性^[22] (表 2), 说明矿化作用和 Au 元素富集受与糜棱岩的宏、微观结构构造方面众多因素的控制。

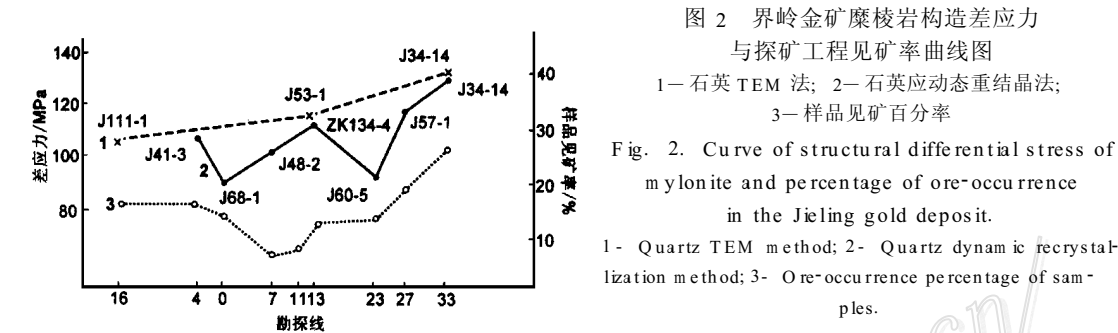


表 2 安徽界岭金矿含金糜棱岩类型、组构特征、变形机制、应变幅度与金丰度一览表^[22]

Table 2. Relationships between mylonite type, fabric pattern, deformation mechanism and gold abundance in the Jieliang gold deposit, Anhui Province

构造岩类型	样品个数	岩石组构特征 (石英光轴组构)	变形机制	应变幅度(a/c)	Au/10 ⁻⁹		
					最大	最小	平均
糜棱岩化花岗岩	45	以 Z 型组构为主	以石英近底面滑移为主	1.8~2.5	1230	1.3	68.9
糜棱岩	47	以 S+Z 型组构为主	为石英近底面滑移和动态重结晶	2.2~3.5	9900	0.4	552.3
千糜岩	54	以 S+B 型组构为主	以动态重结晶为主	3.0~4.0	5540	0.5	386.6
片糜岩	4	以 S 型组构为主	以动态重结晶为主	>3.8	600	2.0	157.8

表 3 不同矿化强度糜棱岩的磁组构 *p* 值和 Au 品位 (10⁻⁶) 对比表

Table 3. Relationship between susceptibility anisotropy and gold abundance in mylonites of different mineralization intensities

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
样品号	B22-3	B78-51	B81-1	B81-3	B82-3	B82-4	B121-3	B121-4	B122-5
岩性	弱矿化糜棱岩	弱矿化绢英质千糜岩	弱矿化绢英质千糜岩	强矿化糜棱岩	强矿化糜棱岩	强矿化糜棱岩	强矿化石英脉	弱矿化绢英质千糜岩	矿化石英脉透视镜体
<i>p</i> 值	1.1743	1.6308	1.3145	1.0572	1.0283	1.0706	1.0267	1.1712	1.0208
Au 品位	1.70	0.02	0.12	7.53	31.05	25.0	21.5	2.419	5.175
序号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
样品号	B126-1	B137-1	B143-3	Q024-2	Q025-2A	Q025-2B	Q064-1	Q073-2	Q108-1
岩性	蚀变斜长角闪岩	矿化构造片岩	强矿化变形砂岩	矿化糜棱岩	矿化糜棱岩	矿化糜棱岩	弱矿化糜棱岩	矿化糜棱岩	强矿化糜棱岩
<i>p</i> 值	1.1176	1.0414	1.0313	1.067	1.066	1.071	1.183	1.014	1.007
Au 品位	0.04	12.5	74.1	2.61	2.35	1.73	0.89	7.86	10.25

注: 序号 1~12 为甘肃北山地区样品; 13~18 为北京崎峰茶地区样品

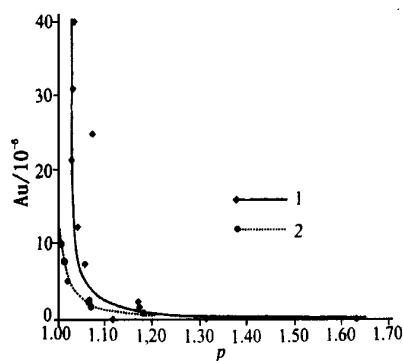


图3 矿化糜棱岩金丰度与磁组构
 p 值相关曲线图

1—甘肃北山; 2—北京崎峰茶

Fig. 3. Relationship between susceptibility
anisotropy and gold abundance
of mineralized mylonite.

1- Beishan in Gansu; 2- Qifengcha in Beijing.

然而, 这种正相关关系说明不是构造变形或构造差应力直接导致 Au 元素的富集, Au 元素丰度升高最主要的原因是叠加了含 Au 热液蚀变。应用磁组构方法研究含 Au 糜棱岩的变形特征时发现, 磁组构的磁各向异性度 p 值与糜棱岩中 Au 元素丰度往往呈负相关关系, 这在北京崎峰茶金矿^[29]和甘肃北山金矿均比较清楚(表3、图3)。这表明, 含矿热液的蚀变矿化作用对糜棱岩在变形时形成的磁各向异性度起到了均一化和热退磁的作用, 因此, 矿化糜棱岩尽管保留有矿化蚀变前的结构构造特征, 但在磁组构特征上磁各向异性度已经不明显或很弱。而且有矿化蚀变越强, 保留的磁各向异性度越弱的特点。

4 糜棱岩中 Au 元素富集机制

很显然, 蚀变糜棱岩型金矿床中含 Au 糜棱岩中的 Au 元素不是韧性剪切变形直接导致 Au 元素富集的, 而是含 Au 热液叠加矿化蚀变的结果。

导致糜棱岩发生金矿化蚀变的含 Au 热液不外乎两大类: 其一是深层次韧性剪切变形引发的动力变质含 Au 热液(就近来源); 其二是岩浆热液等其它来源的含 Au 热液(远程来源), 无论哪种来源, Au 元素都是在较浅层次条件下富集形成矿床的。这是因为在浅部, 由于温压偏低, 韧性变形较弱, 主要表现为脆性破碎, 元素化学位降低, 加上其它物化条件(如 Eh 值、pH 值等)的改变, 含 Au 热液中的携 Au 络合物遭到破坏, 导致 Au 等成矿元素从络合物中析出, 并聚集形成金矿床。

有关成矿物理化学条件研究表明, 蚀变糜棱岩型金矿, 其矿化最后定位时的深度比糜棱岩的形成深度要小得多, 这也说明蚀变糜棱岩型金矿化不是在大于 10~15 km 的深层次条件下形成的矿床, 而是当韧性剪切带糜棱岩抬升至较浅部位才叠加的矿化。

因此, 在岩石中存在 Au 等成矿元素的前提下, 一条剪切带自地表至深部的变形对金矿成矿作用的贡献可划分为深部韧性(超韧性)剪切变形的元素分异迁出区和中浅层次脆性—脆性剪切变形的成矿元素聚集区(图4)。

当较深层次的韧性变形形成的糜棱岩抬升至脆性转换区域时, 由于温度压力降低了许多, 早期糜棱岩面理和微裂隙发生扩容, 而此时在更深部位发生韧性变形形成的含 Au 动力变质热在温压、构造应力和化学位差异等因素驱动下由迁出域沿韧性剪切带上升, 在已发生微裂隙扩容的脆性糜棱岩中沿 C 面理或微裂隙发生交代蚀变和矿化, 则可形成蚀变糜棱岩型金矿^[18,19], 这种蚀变糜棱岩中的含 Au 微细石英脉往往在 1mm 左右或更细, 并且不同层次的硅化细脉、硅化条带及石英细脉之间呈渐变关系(图5), 这已被河台、金山、云西、夹皮沟、界岭、排山楼、崎峰茶等金矿中众多含 Au 糜棱岩组构研究所证实^[2,4,13,14,22,23,30]。

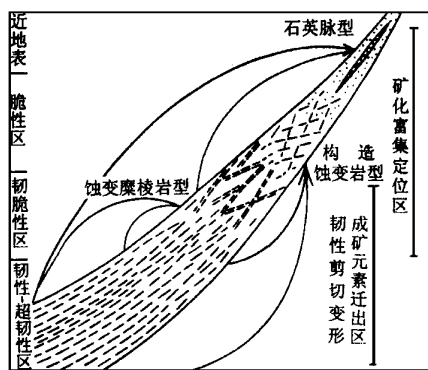


图4 剪切带变形域与金矿化类型关系图

Fig. 4. Diagram showing relationship between gold mineralization types and shear zone deformation.

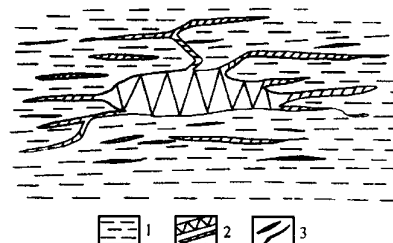


图5 矿化糜棱岩中石英条带、石英细脉及石英大脉之间的关系

1- 矿化糜棱岩; 2- 石英脉; 3- 石英条带

Fig. 5. Sketch showing relationship between quartz bands, fine veinlets and quartz veins.

1- Mineralized mylonite; 2- Quartz vein; 3- Quartz bands.

而当含 Au 热液沿剪切带上升进入碎粒岩、碎粉岩时,或脆性断裂或裂隙带中,沿着碎粒岩的微隙或全岩发生蚀变矿化,或沿脆性断裂或裂隙带充填蚀变矿化,则形成如山东焦家、福建何宝山、福建肖板等构造蚀变岩型或山东玲珑、加拿大阿比梯比等石英脉型金矿。

韧性剪切带大多发育于造山带内,在造山带演化过程中,韧性剪切带的演化表现为被不断抬升剥蚀,而深部大规模韧性剪切变形持续进行,相对于先期韧性剪带来说,变形层次在不断下移,其结果是稍早的深层次韧性剪切变形糜棱岩被抬升,当上升超过韧脆性转换带时,则在其上叠加韧脆性和脆性剪切。在这种演化过程中,随着抬升、剥蚀和深层次剪切变形的发育,动力变质分异作用也在持续进行,对任一时刻的韧性剪切带而言,动力变质含 Au 热液都可能沿剪切带上升,在韧脆性、脆性域,甚至近地表的的不同部位形成相应蚀变糜棱岩型、构造蚀变岩型和石英脉型金矿化,从而造成不同类型金矿化的叠加。造山运动、地壳隆升和韧性剪切变形是持续多阶段的,上述分异—运移—富集成矿过程也将发生多阶段叠加、构成复杂的矿化类型叠加组合型式^[23,24]。

金成矿作用与剪切带有关,但对韧性剪切带的某一期韧性变形来说,是变形越强,应变越大,动力变质分异作用就越明显,金成矿元素迁出就越多,因此,强变形糜棱岩含 Au 就越低,这已被韧性剪切带构造地球化学剖面研究所证实^[2,14,22,30]。正是这些元素的降低,才形成了含 Au 热液。所以,强变形糜棱岩或构造差异力越大, Au 元素含量越高的现象^[3,10,11,22,29,30]虽是客观存在,但只是他们研究的都是已经叠加了矿化蚀变的剪切带剖面,这些剖面曾经是具有强应变,属于元素分异迁出区的韧性剪切带,但在造山隆升至韧脆性过渡带时,沿着先期的强应变糜棱岩发生了矿化。当然,强韧性变形和高构造差应力作用,使糜棱岩 C 面理及各种微裂隙更加发育,矿物粒度减小,并出现各种晶格位错和晶界滑移,这既有利于含 Au 热液的运移,而且当其隆升至 Au 元素聚集区的韧脆性域时,为金矿质的富集和沉淀提供了可能的空间,更容易发生矿化蚀变,形成蚀变糜棱岩型金矿体;王玉明研究认为韧性剪切过程中石英普遍产生压电效应^[31],使石英颗粒一侧表面及其附近出现局部负电荷集中的强还原环

境,并在相邻石英颗粒之间诱生电子发射从而能有效地促使热液中金络合物的还原分解,释放出的 Au 将就近附着在石英颗粒间和颗粒表面上。所以,大多数蚀变糜棱岩型金矿如河台^[2,3]、璜山^[4]、金山^[5]、界岭^[22]、排山楼^[23]等主矿体均产于强变形千糜岩或超糜棱岩中。因此,强的变形或者大的构造差应力并不是金矿富集的直接动力学条件,而是促使 Au 元素活化分异、形成含 Au 热液、使 Au 元素进入到成矿过程^[17,18,24-27,30],驱使含矿热运移,更是为金矿成矿创造理想容矿(赋矿)空间和环境的构造动力学条件。

5 蚀变糜棱岩型金矿的特殊性

与其它类型金矿床相比,蚀变糜棱岩型金矿床具有许多特殊性,即剪切带型金矿床具有成矿作用比其韧性变形要稍晚,成矿深度比韧性变形的深度要浅,金矿化发育于较小规模的韧性-韧脆性剪切带中,成矿物质来源研究显示深源或围岩、矿化糜棱岩中韧性变形强度与 Au 元素含量的关系与非矿化糜棱岩中变形强度与 Au 元素含量的关系正好相反。

上述特征归根结底是金矿成矿作用在一条剪切带不同部位,分为深层次韧性变形域的 Au 元素分异迁出区和浅层次韧脆性或脆性变形域的 Au 元素聚集成矿区的结果。它受温压条件、元素地球化学性质、矿物的物理和化学性质、岩石的物理性质、元素在岩石或矿物中的赋存状态或存在形式、变形时的介质物化条件等等综合因素所控制。

6 主要结论

上述研究可以得出如下主要结论:

(1) 深部韧性(超韧性)剪切变形是元素分异迁出区,未叠加蚀变矿化糜棱岩变形越强, Au 元素含量就越低,超糜棱岩明显低于初糜棱岩。

(2) 中浅层次是 Au 元素聚集区,蚀变糜棱岩型金矿是韧性剪切带糜棱岩抬升至较浅部位后叠加蚀变矿化形成的。对叠加了蚀变矿化的糜棱岩来说,是糜棱岩的构造变形越强, Au 元素丰度越高, Au 元素丰度还与构造变形差应力的大小呈正相关,而且矿化糜棱岩中的 Au 丰度与糜棱岩类型、组构特征、形变机制及应变幅度具有相关性,说明矿化作用和 Au 元素富集受与糜棱岩的微观结构构造方面众多因素的控制。

(3) 强的变形或者大的构造差应力并不是 Au 矿富集的直接动力学条件,而是促使 Au 元素活化分异、形成含 Au 热液、使 Au 元素进入到成矿过程,驱使含矿热运移,更是为金矿成矿创造理想容矿(赋矿)空间的构造动力学条件。

(4) 蚀变糜棱岩型金矿床具有成矿滞后,成矿深度较浅、空间规模差异、物源指示差异、韧性变形强度与 Au 元素含量呈负相关等特殊性质。

开展蚀变糜棱岩型金矿床中 Au 元素丰度与构造变形关系的研究,不仅对于深入探讨韧性剪切带成矿控矿机制、建立韧性剪切带型金矿床的成矿模式是必不可少的,而且对于与韧性剪切带有关的金矿床的找矿预测也具有重要意义。

参 考 文 献

- 1 博伊尔 R W. 金的地球化学及金矿床. 马万均, 王立文, 罗永国等译. 北京: 地质出版社, 1984.

- 2 凌井生. 河台韧性剪切带蚀变糜棱岩型金矿的地质特征、矿床成因和成矿模式. 广东地质, 1992, 7 (3).
- 3 王鹤年, 张景荣, 陆建军等. 粤西金矿床地球化学. 南京: 南京大学出版社, 1992.
- 4 李培铮, 吴延之, 贺庆. 璜山剪切带韧性剪切构造控矿特征分析. 矿产与地质, 1989, 3 (2): 14~20.
- 5 张得会, 冯志文. 金山金矿成矿作用及韧性剪切带的构造—蚀变—矿化分带. 矿床地质, 1994, 13 (增刊): 86~88.
- 6 何绍勋, 段嘉瑞, 周崇智等. 一种新的金矿化类型——剪切带型金矿. 中国有色金属学报, 1992, 2 (2): 1~6.
- 7 刘劲鸿. 论太古宙含金剪切带的成矿机制. 长春地质学院学报, 1991, 21 (2): 157~166.
- 8 曲国胜. 剪切带型金矿成因. 大地构造与成矿学, 1991, 15 (3): 225~232.
- 9 刘继顺. 韧性剪切带中金成矿研究的若干问题. 地质论评, 1996, 42 (2): 123~128.
- 10 杨开渠. 构造古应力估算与金的富集. 广东地质, 1990, 5 (1): 31~41.
- 11 许顺山, 杨农, 孙青. 山东文登金矿成矿动力学研究. 矿床地质, 1997, 16 (3): 272~277.
- 12 姜喜荣, 赵寅震, 肖劲民. 内蒙古莲花山金矿区成矿应力场数值模拟与隐伏矿床预测. 地质力学学报, 1995, 1 (1): 82~87.
- 13 周崇智, 段嘉瑞. 广东云西糜棱岩型金矿床控矿构造特征. 矿产与地质, 1988, 2 (3): 10~17.
- 14 孙胜龙. 夹皮沟韧性剪切带与金矿富集规律探讨. 黄金, 1990, 11 (7): 6~10.
- 15 吕古贤, 孔庆存, 胶东玲珑—焦家式金矿地质. 北京: 科学出版社, 1993.
- 16 邵世才. 试论韧性剪切作用与金的成矿. 贵金属地质, 1996, 5 (2): 142~145.
- 17 邵世才, 汪东坡. 河南熊耳山蚀变断层岩型金矿床成因的地质及地球化学特征. 地质论评, 1994, 40 (6): 520~525.
- 18 陈柏林, 董法先, 李中坚. 亦论韧性剪切变形与金的成矿作用. 贵金属地质, 1998, 7 (3): 228~232.
- 19 陈柏林, 董法先, 李中坚. 韧性剪切带型金矿床成矿模式. 地质论评, 1999, 45 (2): 186~192.
- 20 钟大赉. 石英长石质断层岩的某些特征. 岩石学研究, 第二辑. 北京: 地质出版社, 1983.
- 21 陈柏林, 董法先. 江西大背坞地区韧性剪切带中岩石变形与矿物变化的关系. 矿物岩石, 1999, 19 (2): 29~32.
- 22 董法先, 陈柏林, 李秀珍等. 安徽界岭金矿及其外围成矿控矿构造与找矿方向. 北京: 地质出版社, 1993.
- 23 王安健, 李树逊, 曲亚军等. 脉状金矿地质与成因. 长春: 吉林科学技术出版社, 1996.
- 24 张治洮. 动力分异及其在成岩成矿作用中的意义. 地质力学研究所所刊 (第七号). 北京: 地质出版社, 1986, 129~140.
- 25 董法先, 张瑞丰. 庞西铜金银矿成矿构造及构造动力条件. 地质力学文集 (九). 北京: 地质出版社, 1993, 202~220.
- 26 杨开庆. 构造控岩控矿与构造成岩成矿. 地质力学论丛 (第6号). 北京: 科学出版社, 1982, 9~18.
- 27 杨开庆. 动力成岩成矿理论的研究内容和方向. 地质力学研究所所刊 (第七号). 北京: 地质出版社, 1986, 1~13.
- 28 孙承轶, 张全春. 江西金山金矿韧性剪切过程中的物质迁移. 矿床地质, 1994, 13 (4): 371~379.
- 29 华仁民, 陈克荣, 赵连泽. 江西银山外围地层中金的地球化学降低场及成矿意义. 矿床地质, 1993, 12 (4): 289~295.
- 30 李中坚, 陈柏林, 董法先等. 北京怀柔崎峰茶—琉璃庙地区含金构造特征与找矿方向. 北京: 北京科学技术出版社, 1997.
- 31 王玉明. 韧性剪切过程中金沉淀富集的新机制. 地质论评, 1998, 44 (6): 643~648.
- 32 Sibson R H. Fault rocks and fault mechanism. Geol. Soc. London, 1977, 133: 191~213.
- 33 Ram say J G. Shear zone geometry: A review. Struct. Geol., 1980, 2: 83~99.
- 34 Bonnemaison M, Marcoux E. Auriferous mineralization in some shear zone: A three-stage model of metallogenesis. Mineral Deposit, 1990, 25 (2): 96~104.
- 35 White S H. Shear and fault controls of gold mineralization: an exploration overview, Bicentennial Gold 88, Poster Programme, 1988, 2: 651~654.
- 36 Boulter C A, Fotios M G, Phillips G N. The Golden Mile. Kalgoorlie, A giant deposit localized in ductile shear zones by structurally induced infiltration of an auriferous metamorphic fluid. Econ. Geol., 1987, 82: 1661~1678.
- 37 Lister G S, Snoke A W. S-C mylonites. Struct. Geol., 1984, 6: 617~638.
- 38 Brodie K H. Variations in mineral chemistry across a shear zone in phlogopite peridotite. J. Struct. Geol. 1980, 2

- (1~2): 265~272.
- 39 Borges F S , White S . Microstructural and chemical studies of sheared anorthosites. Roneval, South Harris. J. Struc. Geol. 1980, 2 (1~2): 273~280.
- 40 Lonka H , Schulmann K, Venera Z . Ductile deformation of tonalite in the Suomusjarvi shear zone, southwest Finland. J. Struc. Geol., 1998, 20 (6): 783~798.

THE RELATIONSHIP BETWEEN GOLD ABUNDANCE AND STRUCTURAL DEFORMATION IN ALTERED MYLONITE TYPE GOLD DEPOSITS

Chen Bailin

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081)

Key words: structural deformation, abundance of Au, relationship, gold deposit, altered mylonite type

Abstract

The altered mylonite type gold deposit is a kind of gold deposits whose ore-forming mechanism and ore-controlling factors are closely related to the ductile shear zone and mylonite zones. Based on the study of relationship between gold abundance and structural deformation, the author has reached the following conclusions: (1) Deep ductile shear deformation remobilizes Au, forming ore-bearing tectono-metamorphic hydrothermal solutions which migrate out from the domain. In non-mineralized mylonite, the stronger the ductile shear deformation, the lower the gold abundance. The gold abundance of ultramylonite is clearly lower than that of coarse mylonite. (2) The medium-shallow deformation domain is a favorable site for gold accumulation. The altered mylonite type gold deposit is formed where the mylonite of ductile shear zone is uplifted and the mylonite is altered and mineralized by the ore-bearing hydrothermal solutions. So in mineralized mylonite the stronger the ductile shear deformation, the higher the gold abundance. There is a positive correlation between gold abundance and structural differential stress. Moreover, the gold content is also related to the type of mylonite, the character of fabric, the mechanism of deformation and the size of strain. All these features show that gold enrichment and mineralization are controlled by factors in the aspects of macrostructure and microstructure. (3) Stronger deformation and higher structural differential stress are not direct dynamic conditions for gold mineralization. Nevertheless, they are among the factors which not only promote remobilization and differentiation of gold to form ore-bearing hydrothermal solutions and cause Au to enter the mineralization process, but also drive the ore-bearing hydrothermal solutions to migrate, thus producing the suitable ore-

hosting sites. (4) Altered mylonite type gold deposits have unique character. Gold mineralization occurs later and shallower than ductile shear deformation. Ore elements are derived mainly from surrounding or deep-seated rocks. Gold orebodies mainly occur in some smaller ductile shear zones. The relationship between gold abundance and deformation intensity in mineralized mylonite is opposite to that in nonmineralized one.

《大规模成矿作用及大型矿集区预测》 ——国家重点基础研究发展规划项目正式启动

国家重点基础研究发展规划项目《大规模成矿作用及大型矿集区预测》于1999年12月底正式启动。该项目由科技部主管,以国土资源部和中国科学院为依托,是建国以来矿产资源级别最高,规模最大的项目。国家将投资3000~5000万元,计划五年完成。项目首席科学家由中国地质科学院矿产资源研究所毛景文研究员和中国科学院地球化学研究所胡瑞忠研究员承担。同时,汇集了77名平均年龄45岁的我国该领域的优秀科技骨干。

项目分为大规模成矿作用预测与成矿谱系等15个课题,以巨量成矿物质聚集为基础,以成矿大陆动力学为主导,以大型矿集区为核心,立足中国大陆演化的特点,选择铜、金、银、铀、铅锌、铂族元素等国家急需矿种大规模成矿的若干典型地区作为重点研究区,研究大规模成矿作用发生的环境、过程及其基因。提出重要成矿域的成矿大陆动力学模型,进而建立具有地域特色的中国大陆成矿理论体系。预期将在五年内研制出寻找大型矿集区,尤其是隐伏区及大面积覆盖区大矿、巨矿和大型矿集区的新理论和新方法,进而有效地开展找矿预测,推动国家目标(即国家经济高速发展对矿产资源需求)的全面实现。通过研究,将在成矿理论上占领国际制高点,为世界成矿学和找矿学发展做出贡献,同时培养出一批世界级学术带头人。

(中国地质科学院矿产资源研究所 孙文泓)