

剪切带与金矿床

— 构造控矿问题

集数十年至百年金矿研究经验,认识到剪切带构造不仅是控矿因素,而且也是一种重要的成矿机制。含金剪切带型金矿是一类既包括一些脉型矿床,也包括一些层控浸染型矿床的以剪切作用为成矿机制和控矿因素的金矿床。在构造控矿方面具如下特点:

1. 金矿床或金矿化带的空间分布明显地受韧性剪切带的控制。尽管金矿化带的成因、物质来源以及形成时间等提出了一些不同的成因模式,但其地质事实是金矿化带几乎都产在韧性剪切变质带内部或在其附近的后期(或晚期)构造裂隙中。如印度的科拉尔(Kolar)金矿。

2. 金矿化带的形成受特定的韧性剪切变质带类型的控制。并不是每一条韧性剪切变质带都可有金矿化带的产出;或者一条韧性剪切变质带中处处都可发育良好的金矿化带,其影响因素中最重要的是受韧性剪切变质带类型所控制。目前国内外所报道的这类金矿化带均产出在Ⅱ型带中—低温韧—脆性变质带中。

3. 含金低温韧—脆性变质带在空间分布上有中—酸性花岗岩体与相伴生,但形成于韧性剪切变质作用晚期阶段。金矿化带发育地段与韧性剪切变质岩的交代作用和硫化作用强度呈正相关性。

4. 构造作用和成矿作用具多阶段性。后期不同方向的构造活动叠加处往往是有利于金矿化富集的位置。

本文侧重讨论以下问题:

1 剪切带及含金剪切带

Ramsay (1980) 提出剪切带三分方案,他认为同一条断层在盖层中属脆性剪切,在基底则为韧性剪切,在两者之间为过渡型脆—韧性剪切。按形成深度可分为幔内型,壳幔型和壳内型。前寒武纪变质岩区的金矿,尤其是一些大型、特大型金矿,其地质产状大多数直接地或间接地与壳型剪切带有关。

有许多剪切带是不同方向破裂的组合。总体显示出由很多剪切面和破裂面所组成的复杂网系特征。而在复杂的剪切带中确实有五种主要破裂类型。分别称为R、R'、P和D剪切裂隙和T张裂隙。有许多从实验室模式到区域研究的实例指出:随着剪切应力的增加首先形成早期的低角度(R)和高角度(R')里德尔共轭剪切裂隙,前者与剪切带边界成 15° ,后者成 75° ;接着形成晚期逆向里德尔共轭剪切裂隙P和P',前者与剪切带成 5° —

10°, 后者成40°, 最后形成位于剪切带中部并与剪切带边界平行的主剪切裂隙D, T为沿应变椭球体Y Z面形成的张裂隙, 并与叶理垂直。现已查明含金剪切带金矿脉大多赋存在D、P、R和R'剪切裂隙中。

韧性剪切带是指具有强烈塑性流变及剪切应变特点的, 并呈递进演化的线状高应变带。它是在简单剪切机制下形成的。在其中找不到一个破裂面, 其主要界面往往是通过极细颗粒的糜棱岩带及强塑性变形表现出来的网结状或辫状构造, 主要变形结构要素有面理构造(S、C、C') 线理构造(L拉伸线理)、鞘褶皱("a"型褶皱)、石香肠及细颈构造。以及脆—韧性剪切带中的R、R'、P、D、T裂隙系统。

"含金剪切带", 是指一种成矿或控矿的韧性、脆—韧性或脆性剪切构造系统, 它表现为一套已片理化(叶理化)和糜棱岩化, 并普遍遭受不同程度热液蚀变和含有工业金矿体的构造岩石组合。它常位于狭长而又长期活动的大型构造通道内, 呈线性分布, 长几十至几百公里, 宽几百米至数公里。

韧性剪切带的构造及变形机制的研究表明金的矿化作用与递进变形作用是同步发生的。而蚀变带和金矿化作用又与事件同时发生在两侧。通过对韧性剪切带内和外部应变椭球体之间的差异性分析提出: 在早期演化阶段, 早期的S形细脉发生褶皱及石香肠化; 在较高级变形阶段, 处在中心部位的叶理转成近于平行于剪切壁时, 含矿流体就会在剪切带内开始流动。在剪切带中心, 沿起伏不平的和不规则的叶理面的剪切运动所产生的孔隙里, 形成一些不规则状物质。由韧性变形转为脆性变形时, 不规则状的脉沿韧性剪切带发生位移, 在连续的挤压作用下将已形成的张性脉发生错位。在不规则状滑动面所形成的空间中沉积剪切带内的透镜状物质。因此可以看出韧性剪切带和两种脉体类型的定向是由变形过程中应变椭球体的定向所控制, 两种矿脉不仅为同期而且是同成因的。

加拿大阿比提比绿岩带西格玛矿区脉系侵位模式如图1。最初由于受晚期南北向挤压, 以逆向近垂直运动为特点的陡倾韧性剪切带开始形成。这些剪切带可能伴有早期S形细脉的形成。在进一步的逆向位移中早期细脉逐渐出现褶皱和香肠构造(图1A)。在较高级的变形阶段中心部分的叶理和剪切带两侧近于平行时, 含矿流体就会在剪切带内开始流动(图1B)。在剪切带中心剪切运动产生的孔隙里形成一些不规则状物质。在韧性剪切带切割近水平裂隙处可能形成最早的拉张脉。由于韧性变为脆性, 使滑动面上形成不规则脉质。在所形成的空间中沉积剪切带内的透镜状物质(图1C)。使先前发育的拉张脉产生位移。其它拉张脉也可能在这个段发育。

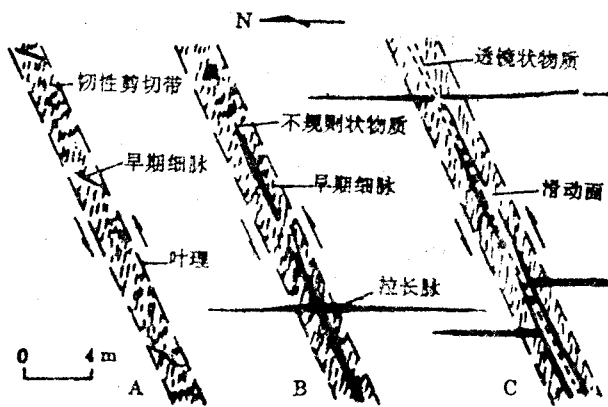


图1 晚期构造挤压期间韧性剪切带主要形成阶段与带内有关的近垂直脉和拉张脉简化模式图

2 多级韧性剪切变质变形带

大量的研究成果表明,韧性剪切变形作用的发生、发展及演化,不论其规模大小,变形强弱,它们的共同特征是:在韧性剪切变形带内部,总是伴随有变质作用的出现。许多金矿尤其是前寒武纪变质岩区内的一些大型、特大型金矿,都直接或间接地与韧性变形变质带有关。

根据韧性剪切带变质岩的空间组合、岩石变形特点、性质及基质矿物组合与所代表的温度压力环境,长春地质学院刘喜山等将韧性剪切变质变形带划分如下:

- I. 高压型韧性剪切变形变质带。
- II. 低压型韧性剪切变形变质带。
- III. 退变质型韧性剪切变形变质带。

高压型韧性剪切变形—变质作用直接与俯冲作用或者推覆作用有关,本身属于高压变质作用。以含高压变质矿物(或组合)的变晶糜棱岩—糜棱片岩组合为代表,常见指示矿物有蓝闪石多硅白云母、绿帘石及石榴子石。温度一般低于500℃,压力多在0.8GPa以上。低压型韧性剪切变形—变质作用直接与拉伸作用有关,本身属低压变质作用或者降压变质作用的一部分。以含低压变质矿物(或组合)的糜棱岩—糜棱片岩(或片麻岩)或者变晶糜棱岩—糜棱片麻岩(或片岩)组合为代表,常见指示矿物有红柱石、夕线石、堇青石、紫苏辉石等。压力一般低于0.5GPa,而温度变化较大;退变质型韧性剪切变形变质带是在特定的物化条件下及地质历史阶段经综合改造而形成的一套岩石组成。在横向上一般地由韧性剪切变形变质带的中心向两侧岩石的变质程度及退变质程度依次减弱。岩石类型从糜棱片麻岩和片岩类→糜棱岩类→糜棱岩化岩石过渡为正常的变质岩或岩浆岩。有必要强调指出退变质型低温韧—脆性变形变质带是剪切带控制金矿沉淀的有利部位。这已为国内外金矿研究成果所证实。

郎殿有(1993)对内蒙乌拉山剪切带型金矿研究中指出多级剪切带控制了本区的地质演化和成矿作用的进行。他将韧性剪切变质变形带分为Ⅲ级。

I 超深层高温韧性剪切变质变形带。它形成于麻粒岩相峰期阶段,与麻粒岩相变质岩矿物组合一致,具同样变质条件。眼球状片麻糜棱岩一般分布在高温韧性剪切带的中心部位,反映剪切带中高应变区域。

II 深层韧性剪切变质变形带,多继承超深层高温韧性剪切带而发育,在垂直韧性剪切带走向的剖面中,边部为弱变质变形带,主要由糜棱岩化岩石组成。岩石中残留原岩矿物(残斑)较多,发育有韧性剪切变形初期阶段的组构。在韧性剪切带的中间带为强变质变形带,主要由糜棱岩组成,与弱变质变形带呈过渡关系。剪切带内构造化学作用明显,金等成矿元素在强变质变形带中发生明显迁移和富集。

III 浅层韧脆性剪切变质变形带。岩石中挤压破碎和拉张破碎带发育,一般叠加在早期形成的韧性剪切带上。带内岩石以碎裂岩化为主,常见糜棱岩与碎裂岩共存。韧脆性剪切变质变形带是金矿床(体)主要控矿构造。

内蒙乌拉山金矿床是典型的含金剪切带型金矿床。金矿床和金矿化脉位于带内变质

变形强烈处，每条主韧性剪切带都有一条与主应变带相对应的主矿化脉。剪切带所形成的高角度脆性破裂控制着剪切带脉型金矿分布。矿体以脉型为主体、蚀变岩型分布于脉两侧，或其中。

多级韧性剪切变质变形带特征

	I 级	II 级	III 级
形成时间 (Ma)	2500—2400	2000—1800	262—139
深度 (km)	>25	10	<5
变质作用	麻粒岩相	绿帘角闪岩相	绿片岩相
岩石变形	粘性变形	塑性变形	脆性变形
变质温度	750—850℃	400—600℃	260—350℃
主要变形机制	超塑性流动	晶体粒内应变	粒间滑动
流体相		变质热液	岩浆水—大气降水

3 剪切带对金矿床的控制作用

许多研究成果表明，断裂构造演化和成矿演化是同步发生的，是从韧性到脆性变形的演化。因此，剪切带对金矿床的控制作用也是多级，多阶段的，主要表现在以下几方面：

3.1 多级构造控矿

含金剪切带一般由韧性剪切带和脆性—韧性剪切带组成。区域性韧性剪切带是一级构造。它控制了矿带或矿田的分布。脆—韧性剪切带是二级构造，对金矿床具有控制作用。三级控矿构造包括韧性剪切带中的糜棱面理和脆性—韧性剪切带内的R、P、D、T裂隙系统，控制金矿体的方位、分布和形态。

3.2 构造形态控矿

含金剪切带最有利的成矿部位是：①弧形剪切带的弧顶扩容区。②剪切带宽窄急变处。③不同方位剪切带的交接处。④剪切带内膝折部位。⑤剪切带内层间破碎带。穿透性剪切带中膨胀部位的几何形态常常决定含金脉和含金角砾岩脉的形状、体积和规模。

3.3 强应变域控矿

韧性剪切带本身就是强应变带，它比围岩的应变量高出数倍，甚至数十倍。金矿化往往集中在韧性剪切带中心的脆—韧性叠加应变部位。在含金剪切带发育初期，这里的糜棱岩化最强，构造热动力作用最显著，在后期脆—韧性叠加变形中，裂隙扩展之后，含金SiO₂流体充填形成乳白色石英脉，裂隙活动和碎裂作用则形成杂色微砂糖状石英。金达到高度富集。

金矿体或富矿粒常赋存在剪切带内应力集的局部张性变形部位，见图3。金矿化富集强度与剪切变形强度密切相关，一般呈正相关。

岩石由强变形的超糜棱岩→糜棱岩→千糜岩→糜棱岩化千枚岩→微弱变形千枚岩。

矿石品位也由富→较富→稍贫→金矿化 (1—0.1g/t) 向无矿化地段逐渐转变。

3.4 多期变形控矿

剪切带型金矿床一般经历了长期的构造演化和多阶段动力成矿作用。从深层到浅层,从韧性到脆性—韧性的转化过程也就是成矿聚矿过程。经历几个构造期的“老剪切带”比年轻剪切带更有利成矿。

此外金矿化类型亦受剪切变形环境的控制。脉状矿体及角砾岩、碎裂岩中的充填矿体常形成于浅层环境,交代脉型和浸染型以及构造蚀变型则主要形成于深层环境;细脉型和分散型矿化则形成于过渡的中深层环境。

如印度科拉尔金矿田的金矿化被限在狭窄的与南北走向剪切带一致的,走向长10km宽2.5km的横向连续带内。位于北巴拉赫特及吉弗德断裂之间的区域,它几乎包含了该区全部重要的金矿。北北西走向剪切带是以南北走向岩性接触带的轻微位移,破劈理面的发育、滑动或平移面的发育为特征。剪切带中矿化带的形态基本上受沿北北西走向剪切带发生位移的数量和性质所决定。(图2)

当横推的交切剪切带有狭窄的位移带。沿北北西剪切带产生简单扩容带形态,类似于与尖顶褶皱或扭结带共生的鞍状矿脉。(图2A)

当横推交切剪切带有适中宽度时,产生紧密和破坏的扩容带形态。石英脉常在紧密的,有时被破坏的褶皱中。(图2B)

在宽的复合横推剪切带中,复合横堆剪切似乎阻止扩容构造发育。石英脉在交切断裂内外都有。(图2C)

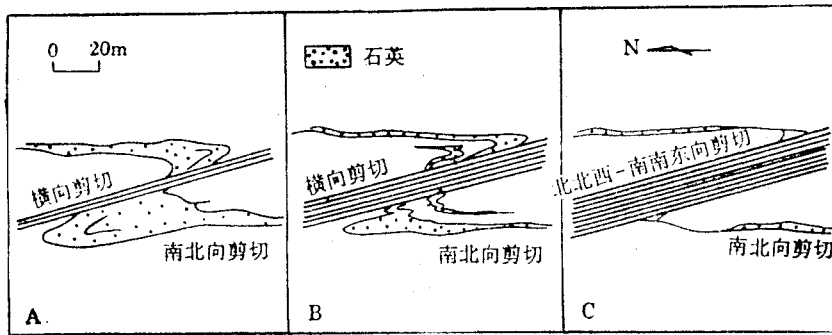


图2 剪切构造交切区内具不同形态的充填有石英的扩容带示意图

在某些地区与填有“富”矿柱的大石英脉发生连接的北北西向横向剪切构造内产有横向脉。(图3)

在苏必利尔构造区岩金矿床的矿带位置受下列因素控制:

1)变形带内的高应变带。如赫姆洛金矿就位于苏必利尔湖剪切带中部的高应变强度带(宽1米到10米)。其中的构造变质似层理是在变质高峰期,经强烈剪切而产生的,后来又矿化的晚期裂隙顺时针旋转所拖曳和变形。赫姆洛地区的褶皱是在长期右旋韧性剪切过程中逐渐连续形成的。矿化事件是在角闪岩变质高峰期之后同构造形成。

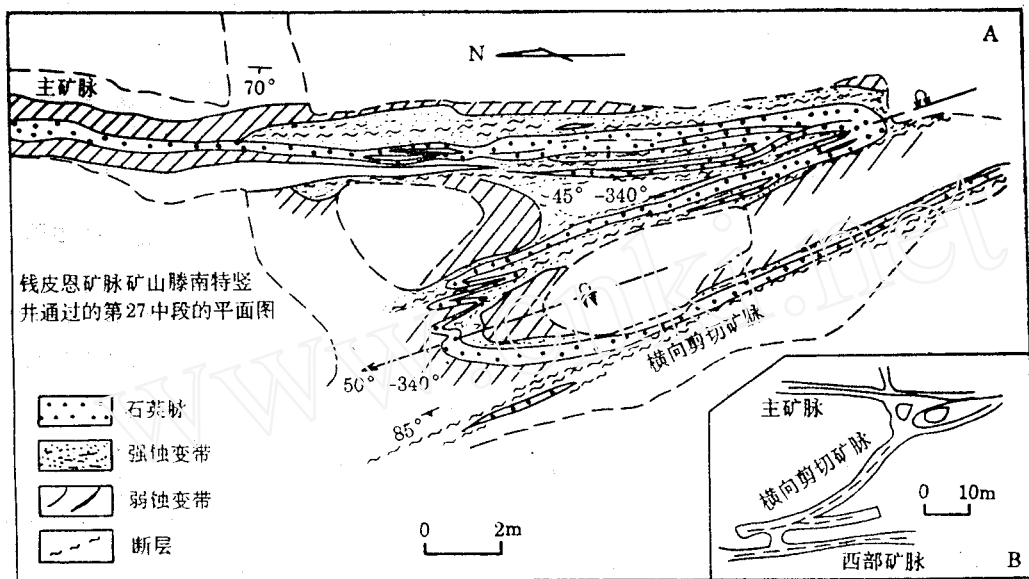


图3 印度科拉尔金矿钱皮恩矿脉矿山曼迪斯 (Mndys) 矿脉处
小型剪切构造交切平面图

A、南北向和北北西向剪切构造发生交切的特征是发育了宽的石英脉，宽的强蚀变带，向北倾伏的“富”矿柱，以及有时出现的横向剪切矿脉；B、因塞特(inset)矿山平巷平面图示出该矿山在其西半部沿A图所示的横向剪切走向形成“富”矿柱

2)受早期存在的构造各向异性控制。矿带赋存于剪切带同步的层控分叉断层横切该剪切带的地方。如卡梅伦湖矿床矿带受两组剪切带交叉部位控制。(图4)

3)受优选岩性控制，在相邻岩石类型之间刚性岩石可能优先发生矿化。以脆性方式发生变形。

4)褶皱翼部和鼻部。在这些地方能产生赋存矿化的渗透带。在褶皱翼部，层与层之间或轴面劈理亦是矿化的有利场所。如褶皱鼻部的鞍状脉型金矿床。

5)矿床受含金脉体组合控制见表1。

交代型脉产于韧性变形带中与叶理平行。

拉伸型脉，它包括张性脉和剪切脉两种。发育于脆性和韧性变形期间。

角砾岩脉与裂隙脉：角砾岩脉可以叠加在早期交代型脉或张性脉之上。金产在角砾岩碎屑和填隙物中，也可产在临近脉体的围岩中。裂隙脉，一般呈面状且以规则形态产出。

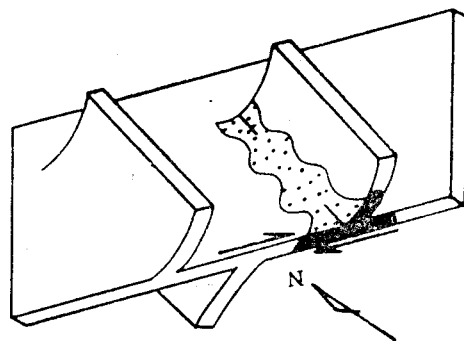


图4 卡梅伦湖矿床中由层控的分叉断层所控制的矿带示意图

表1 脉型矿化的结构

分类标准	主类 亚类 次亚类	特殊类型	可能的形成过程
矿物或岩石类型的分布	与脉平行的层 壳层 单脉一壁壳 多次迭加壳 细层 板状细脉带 书页结构 条纹状结构 脉—正交层理 梯状细脉 角砾岩 块状填隙物 壳状填隙物 块状	似脉状细脉 波状条带	开放空间充填 晚期裂隙的开放空间充填 裂隙—闭合 脉壁宽度减小 压溶 开放空间充填 开放空间充填, 然后破碎 各种过程
矿物定向	纤维状的 共轴的 非共轴的 拉伸晶体 叶片状的 鸡冠状 块状		裂隙—封闭和矿物连续生长 糜棱岩化 开放空间充填 各种过程
外来矿物与 原岩矿物之比	浸染型 条纹浸染型 渗透交代的(交代脉)	幻影角砾岩 幻影条带	围岩的交代作用 开放空间充填中的包体

4 成矿作用的构造控制

大量事实表明, 构造作用不仅为成矿溶液提供了通道和沉淀场所, 而且还能促进成矿元素活化迁移, 并在有利的构造部位富集成矿。另外含矿热液的流动必须具备两个条件, 其一是溶液的内力, 打开通道而迁移。如强大的内压力作用, 热能等; 其二是构造的外力作用。如断裂为矿液运移开辟通道, 矿液受构造挤压而流动。

深度很大的断裂, 常常不是赋存金的最佳场所。次级断裂它在形成的初级阶段实际

上是一种封闭裂隙。这种裂隙空间基本保持真空状态,当其进一步发展演化,其规模不断延伸扩大成断裂。当与主断裂贯通时,按照热液流动总是从高梯度(高压或高温)带向低梯度带迁移的规律,使含矿热液迅速流向次级断裂,而次级断裂中的负压使含矿热液快速冷却, Eh、pH等发生突变,热液中的含金络合物遭到破坏,使金从解体的络合物中分离,并沉淀在有利部位,聚集成金矿化。矿化叠加次数越多,矿化越富,规模越大,最终形成金矿床。

4.1 剪切带的成矿阶段

剪切带与成矿这方面法国地质学家Bonnemaizon等人做了深入研究。他们通过对加拿大、西澳大利亚、印度、津巴布韦等太古宙地盾区绿岩带剪切带中众多金矿床的系统研究,提出金矿形成的三阶段模式。

剪切带成矿的三个阶段是:

早期阶段为含金硫化物的形成阶段。这个阶段的特点是有大量毒砂形成,金呈固溶体形式产出。首先是在剪切带的糜棱岩片理面上形成浸染状金矿化。这种金矿化由容矿岩中的含金磁黄铁矿和金属硫化物组成。这种矿化没有经济意义。接着是在剪切带核部的贫钛硅化带中,形成有初步经济意义的含金硫化物。

中期阶段是金以矿物形式产出阶段。不含矿的乳白色石英脉定位于早期剪切带或其附近。这些石英脉由于剪切带一再活动而碎裂,成为容纳部分新矿化的场所和容纳全部从早期阶段矿化继承下来的金的场所。出现这种现象就相当于中期阶段的富集期。随后是形成砂粒状石英。金呈矿物产出。

晚期阶段 石英网脉在剪切带形成。由于再活化的矿化形成了富含金块的矿化。

金矿床就是这三个阶段连续演化的最终产物,是变形作用和热液作用的综合结果。

4.2 成矿作用的构造控制

成矿的早期阶段由于剪切带内应力和变形都集中在限定带内,带中的岩石都转变成片状岩石和糜棱岩,形成狭义的剪切带。这些构造岩石具有渗透性,能使热液流体在其中流动。早期形成的脉体往往是已被强烈褶皱的小规模的无金细脉。这些细脉是受雁行状张裂组合控制的。

成矿中期阶段,从剪切带演化的早期阶段开始,张裂隙既出现在剪切带内,也出现在剪切带边缘的围岩中。这种张裂隙有利于矿脉充填定位。各类岩墙仅作为容矿构造出现在剪切带中,一般不含金矿化。只有由于沿剪切带重新发生,或连续作用,使已焊接的早期张裂隙的容矿构造再次发生变形,经受强烈的碎裂作用时,这种碎裂作用才为金的沉淀准备了有利的位置,也就是要在韧性剪切带发展晚期,发生扩容。形成剪切脉时才出现金矿物和金的富集。剪切脉形成的一般序次为:(1)不连续的角砾脉,(2)复合脉,通常为纹层状或壳状的(3)晚期再生角砾脉、幻影细脉和阶梯状脉。一个矿脉通过力学性质不同的岩石时,可能在最强岩石中形成角砾脉,在次强硬岩石中形成纹理状脉,在最小强度的围岩中形成浸染状矿带。

成矿晚期阶段,在剪切带晚期张力构造体系中发育的张裂隙和破裂,延伸长度有限,往往形成许多小晶洞与晚期矿化溶液同步。金呈直径达几毫米的小块金产出。在孔洞集中处,可形成一种新的厚1米到几米的石英脉,成为一种新的容矿构造。但同时由于含金

量的贫化仅局部出现发育很好的银金块金。

成矿早期剪切带及中期阶段形成各种容矿构造。而容矿岩在不同应力梯度下的机械行为是控制矿化中—晚期产生张裂隙型式的最基本因素，而各期的张裂隙在金呈矿物出现和以后的块金化作用中起着重要的作用。

如巴西法曾达巴西来罗矿床是一个较大的早元古石英脉型金矿床。该区构造历史复杂，至少有三期韧性和韧—脆性变形。

第一期 (D_1) 为强烈韧性剪切，产生穿透性糜棱岩相叶理 (S_1)，平行岩性接触带。延伸的波状线理从东向西倾伏 (波状起伏)，未发现与该事件伴生的褶皱。

第二期 (D_2) 普遍产生向北倾斜的不对称褶皱 (F_2) 振幅达公里级，褶皱的 S_1-L_1 剪切组构近东西，并平行于韧—脆性剪切带。在该事件期间产生的细褶皱轴面劈理有新生长的绿泥石，束状交叉线理、石英窗棱构造和金矿化。

第三期 (D_3) 由厘米规模的细褶皱到1米规模的开褶皱 (F_3) 组成。

主矿脉在 D_1 剪切作用之后与晚期变形相伴，矿化脉总的构造关系有下列四种：

1) 细脉平行于 S_1 ，侧向外延1米，在 D_2 期间一般都具香肠状构造和褶皱。

2) 细薄的S形和雁行矿脉与 S_1 不整合。

3) 不规则透镜状，块状矿体厚1厘米到1米，它们一般接近垂直于与 S_1 叶理不整合的接触带，局部分布在 F_2 褶皱枢纽处，具强烈热液交代作用，并与密集的网状矿脉共生。

4) 不整合板状矿脉，通常走向东西，倾向 0° 到 60° 延伸1米到10米。它们具有微弱变形具有早期石香肠和褶皱构造。

在高矿化带，上述四种类型矿体均被网脉状切割形成高矿化刚性角砾岩带。如在韧性绿泥石—磁铁矿片岩区的角砾岩。

在法曾达巴西来罗矿床，重要的多相剪切带是金矿液的第一控制因素。沿软弱的渗透沉积岩性接触边缘发育的剪切带和化学圈闭区 (磁铁矿—绿泥石片岩区) 是层控矿床形成的有利场所，晚期韧性剪切作用形成的矿化脉状矿床规模较大。控制金矿沉积的第二个因素是富铁绿泥石—磁铁矿片岩层。它比相邻的强烈岩脉化岩性的岩石显示出更高的含金量。

在圣弗朗西斯科克拉通 (巴西) 南部夸德里拉特洛 (Quadrilatero) 费里菲罗 (Ferrifero)，三个元古宙上壳岩套与太古到始元古花岗—片麻岩基底一起出露 (图5)。构造岩石学和运动学分析，在该区能识别出三个主要构造事件。

较早期 D_e 事件发育于 Bacão 杂岩基底岩石和周围的上壳岩套中，线理 (L_e) 延伸近南北。沿 Bacão 杂岩南部边缘牵引褶皱和不对称压力影发育，代表由顶部向南移动。变形发育于角闪岩相条件下。

第二期 D_m 事件，主要线理走向东西到北西—南东，伴有北西向边缘剪切。变形发育于上部绿片岩/下部角闪岩相中，与巴西利亚旋回主要的 WNW 逆冲有关。

第三期 D'_m 在绿片岩相中发育韵律规模的牵引褶皱，有时伴有 L_m' 线理。为巴西利亚 (Brasiliano) D_m 挤压力应力释放推覆堆积体重力塌陷所致。

在欧洛比勒陀 (Ouro Preto) 地区金的富集是在巴西利亚构造晚期。含金脉包含有大的重结晶石英、碳酸盐、硫化物、绿泥石和电气石。

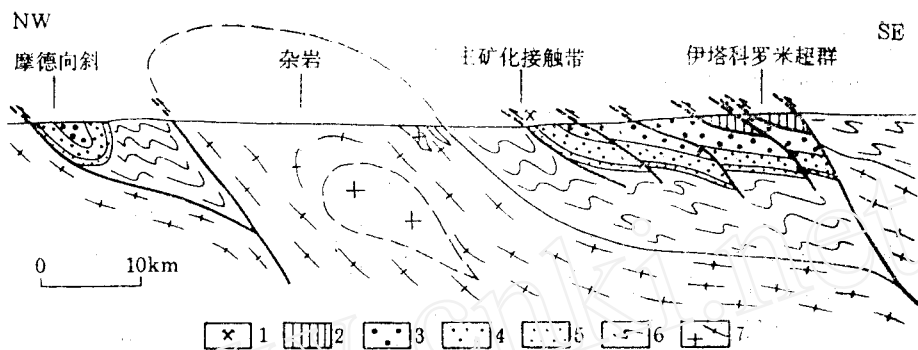


图5 横切夸德里拉特洛费里菲罗 (Quadrilátero Ferrífero)

南部的 NW—SE 走向横剖面

1. 金矿山; 2. 伊塔科米超群 米纳斯超群; 3. 千枚岩和石英岩; 4. 铁英岩; 5. 石英岩和片岩;
6. 里奥韦里哈斯超群; 7. 花岗岩和片麻岩

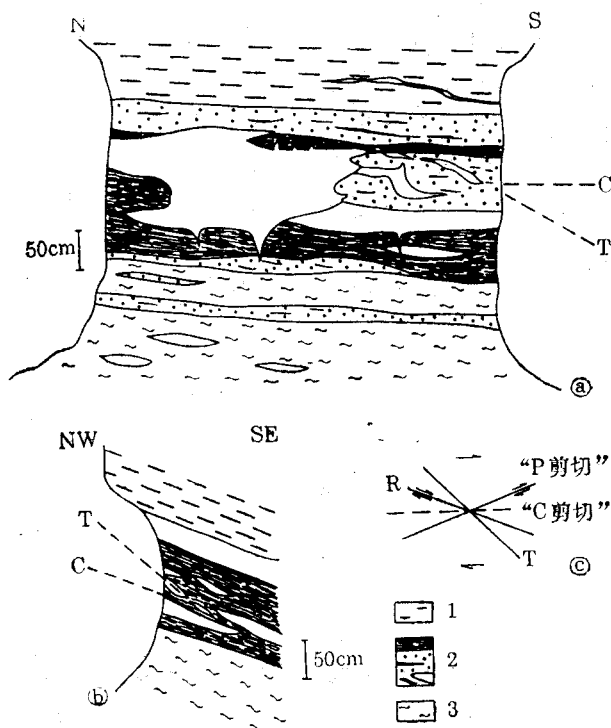


图6 矿化石英脉和叶理间几何关系综合图

- a. “Passagem de Mariana” 矿山; b. “Morro de Santana” 矿山; c. 与Hodgson (1989) 模式一致的 叶理 (C面) 和脉体 (T面) 角度关系图; 1. 铁英岩; 2. 富电气石层 石英岩和片岩 石英脉; 3. 云母片岩

叶理与脉之间的几何关系见图6。

石英脉大致平行于叶理，但宽度有变化，从5至50cm(可见的)，脉系比叶理向东倾伏更陡，有时脉呈“S”形，代表二种情况：

- 1.代表脉受顶部至北西剪切力影响，出现压性P剪切或C剪切 (Hodgson 1989)。
- 2.代表沿叶理面向SE方向正常位移中的张裂方向，脉与孔洞开口方向一致。

他们是在低强度(脆性或脆—韧性)变形事件，在D_m主要韧性构造事件之后侵位的。

剪切带在控制全世界各种金矿床，特别是重要金矿床的定位中起着重要的作用。构造地质学作为金矿床的研究的一种重要手段，使人们认识到尽管金矿床是赋存于次一级的脆—韧性断层裂隙中，但最重要的金矿床常受主要剪切带控制，而且第一级和第二级构造之间的流体压力和(或)温度状况对流体迁移和金的沉淀有重要作用。印度的科拉尔金矿不论是石英脉型还是硫化物型金矿都分布在两条主要的韧性剪切变质带中。西澳伊尔冈的金矿占世界总储量1%。金矿化带也受控于韧性剪切变质带和与之有关的裂隙中，国内内蒙古大青山—乌拉山地区太古代绿岩带金矿也直接与韧性剪切变质带有关。

剪切带的发育过程决定了矿带、矿脉特定的发展序次和特点。剪切带的发育往往是多阶段，长期的。先期构造被后期构造叠加，变形干扰，最终形成复杂的网脉系，形成复合脉和变形脉。成矿作用也是多阶段的，并与断裂演化同步发生。

在剪切带的演化过程中，早期的韧性剪切变形仅在一定程度上对金的初始活化富集起有利作用，但这一阶段并不能形成具有工业意义的金矿体。主要的金矿化常与晚期脆性断裂活动阶段有关。剪切带构造对金矿床的控制作用主要表现在矿床分布严格受断裂控制，断裂构造演化和成矿演化同步发生。赋矿部位位于控矿断裂产状变化部位，成矿期断裂构造多次复合改造的拉张部位。穿透性剪切中膨胀部位的几何形态，常常决定着含金脉和含金角砾岩的形状、体积和规模。剪切组构的分布，它们的空间排布和运动要素的方向，指明膨胀部位的地点，还能预测潜在矿化的几何形态。

(高坪仙)

参 考 文 献

- [1] 吴美德、芮仲清，1989，“含金剪切带型金矿床”地质矿产部情报所
- [2] 刘喜山、李树勋、刘俊来，1992，变形变质作用及成矿 中国科学技术出版社
- [3] 郎殿有，1993，内蒙古乌拉山剪切带型金矿形成机制综述 山西地质信息 总第64期
- [4] 陈俊明，1992，“含金剪切带”及其基本特征 山西地质情报 总第59期
- [5] Сафонов Ю.Г. 1989，印度南部卡尔纳塔克拉通金矿床的地质构造 “国外前寒武纪地质”，2期

国外前寒武纪高级变质 岩区构造研究进展

游 振 东

(中国地质大学(武汉) 430074)

高级变质区的多学科综合研究,是当代前寒武纪地质研究的重点之一。1988年北约组织(NATO)曾以“麻粒岩岩石学与地球化学”为名组织国际学术讨论会,会后有专著“麻粒岩及地壳分异”出版可见80年代末期以来国际地质学已把麻粒岩作为下地壳的重要组成来研究。

由于其自身发展演化所特有的复杂构造历史,高级变质区的许多地质现象具多解性,难以作出一致的科学解释。关键在于高水平的野外观察和解释,确保第一手实际资料的科学性和可靠性。为此国际地科联于1987年8月在斯里兰卡举办过“高级片麻岩区的演化”研讨班,以介绍高级变质区现代野外工作方法以及开展综合研究的科学途径,在这一研讨班教材的基础上荷兰地质学家C.W.Passchier等三位作者共同编著“高级片麻岩区野外地质工作方法”一书(Field Geology of High-grade Gneiss Terrains)。该书已由地质出版社1992年正式出版,广大读者反映认为该书提供了高级变质区的许多工作方法,从野外观察到室内研究,同位素年代学等,篇末并附有习题,让读者从错误判断中汲取教训,是一本很有兴趣的野外工作指南。

本文在评介该书部分内容的基础上引入了1987年以来高级变质区研究的新动向,侧重高级变质区与地壳结构,岩石流变学方面的联系。

-
- [6] MARIO COIRADO REINHARDT, 1991, 巴西东北巴伊亚州法曾达巴西来罗矿山构造、岩性对剪切带金矿床的控制, “国外前寒武纪地质” 4 期
- [7] Chauvet, A., Faure M., Dossin I., Charvet J., 1994, A three-stage structural evolution of the Quadrilátero Ferrífero: Consequences for the Neoproterozoic age and the formation of gold concentrations of the Ouro Preto area, Minas Gerais, Brazil. *precambrian Research* 68:139—167.