

粤西河台金矿区构造与成岩成矿 关系研究

STUDIES OF THE RELATIONSHIP BETWEEN TECTONISM AND PETROGENESIS AND METALLIZATION IN HETAI GOLD MINE REGION, WESTERN GUANGDONG

岳 石*

内容提要 本文通过对粤西河台金矿区内的构造展布、力学性质和活动历史等特征的野外调查总结,阐明了该区构造发展演化规律,鉴定出“河台拐肘构造”这一新的构造类型,恢复了该区构造发展史。通过对金矿的成矿特征的调查,指出河台金矿是经过多期成矿作用叠加而成,提出了构造矿源带的概念,总结了构造成岩成矿模式。并从能量平衡理论探讨了构造成岩成矿作用机制。通过高温高压岩石变形实验和物质组分迁移的观察与分析,印证了野外所鉴定的构造型式和构造成矿规律。

一、区域地质概况

粤西地区属于华南加里东地槽褶皱系。该区西部是云开大山北东向构造带,北侧是巨型纬向南岭构造岩浆带,东临中国东部北东向太平洋活动带。

区内构造以北东向褶皱占主导地位。如扩大一定视域看,该区的北东向构造带到清远以北变成了近东西向构造带,向西南至罗定以西也变成了近东西向构造。这种格局构成了一个缓波状“S”型构造。河台调查区正位于这个“S”型构造的中间腰部强烈变形部位。该区内两个重要的北东向构造带:宋桂构造带和吴川-四会构造带都是在这个“S”型构造带的基础上发展起来的,都是利用了这个S型构造的一部分,又按照自身的活动特点扩展。

粤西地区的地层主要是震旦系一志留系的冒地槽建造,为复理石、类复理石,少量碳酸盐岩和火山岩。地层的分布从老到新由宽至窄的变化反映了构造活动从强到弱的特点。

岩浆岩在该区是极为发育的,主要是花岗岩和混合岩。岩体展布方向主要为东西向和北东向。规模上表现出从古生代到中生代由大到小。大部分岩体形成于古生代。

粤西地区的金矿近年来为众人所瞩目。金矿分布特点可简要总结于以下几点:1)金矿与构造关系极为密切,这里指包括脆性破碎带和韧性剪切带的构造,2)金矿与老地层(震旦系一下古生界)关系密切;3)岩体中金矿分布不多,但也显示出一定的联系。

* 导师:杨开庆。

二、河台调查区的构造解析与构造恢复

通过对河台调查区的详细野外地质调查, 根据区内构造形迹变形性质, 可以分为以下几类:

1、褶皱构造

该区的褶皱构造大多经历了多期叠加改造, 已成为残破不全的褶皱, 展布方向为东西向和北东向, 由震旦纪至古生代地层所组成, 其中北东向褶皱晚于东西向褶皱。在局部也出现由中生代地层构成的北北东向的平缓褶皱, 但分布极为局限。

2、韧性变形构造

该区的韧性变形构造极为发育, 根据其力学性质可以划分为: 1) 韧性剪切带: 该区正

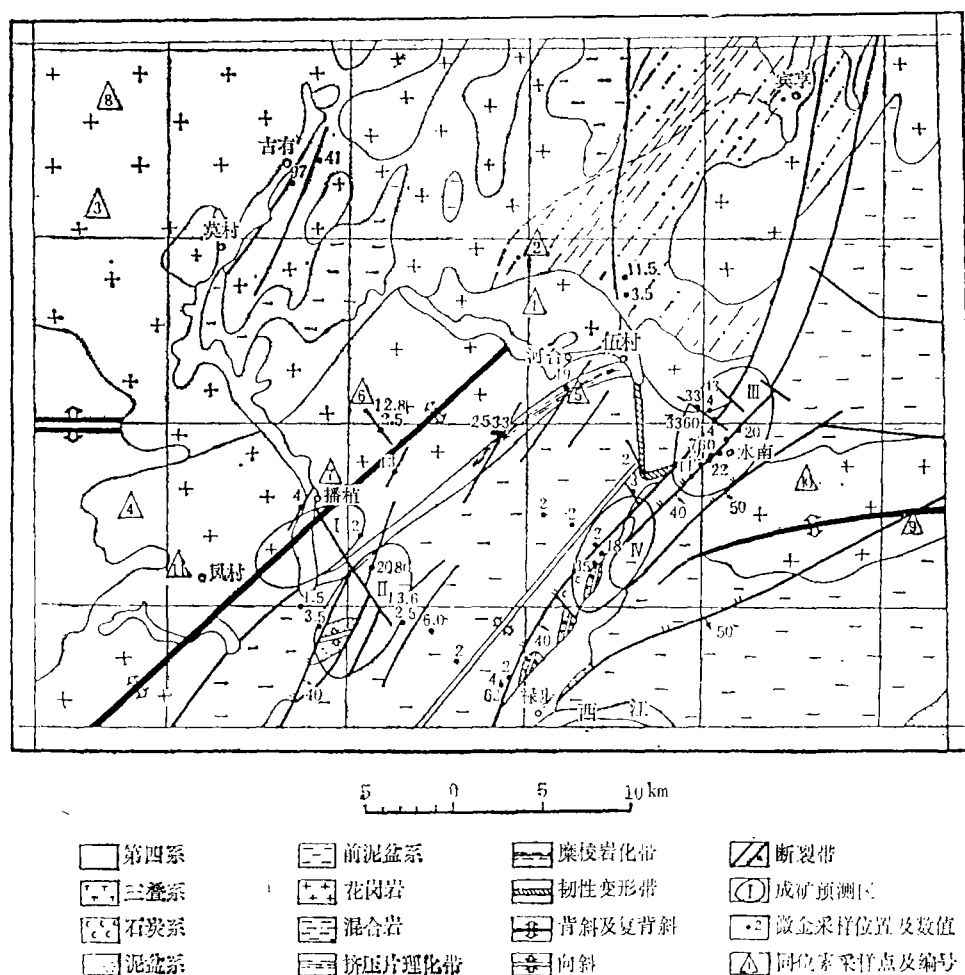


图 1 粤西河台调查区构造纲要图

(附微金及同位素采样位置)

Fig. 1 Structural sketch map of Hetai investigation area

处于一个较大的韧性剪切带中。该韧性剪切带就是北东向的斜贯全区的韧性变形带, 包含有塑性流动、片理化、混合岩化和动力变质等, 小规模的韧性剪切带也很普遍; 2) 韧性挤压带: 无论是从野外地质观察还是室内模拟实验, 从宏观上还是从微观上都说明韧性挤压带也是一种较普遍的韧性变形型式。与韧性剪切带比较, 韧性挤压带一般较宽, 边界不清, 呈渐变过渡; 在带中发育对称的扭曲构造, 颗粒压扁和对称重结晶以及其它一些对称构造; 3) 韧性扭曲构造: 韧性扭曲构造是弯曲的韧性变形带, 它常常是由于运动的叠加, 或者是由于物质的不均匀或受力的不均匀而形成一些别具特色的韧性变形构造。河台调查区内就发育了一个很典型的韧性扭曲构造, 取名为河台拐肘构造, 是该区内一个重要的构造类型; 4) 韧性流动构造: 该种构造是在岩石高度塑性状态下, 遭受较低的应力作用而发生流动, 所形成的具有明显的流动迹象的一种构造。实际上, 上述几种韧性构造形式有时在野外是很难区分的。它们常混杂在一起, 有的构造带又兼具上述几种特点。

3. 脆性构造

脆性构造包括挤压破碎带、构造角砾岩带、剪切断裂和裂隙带。上述几种脆性构造在

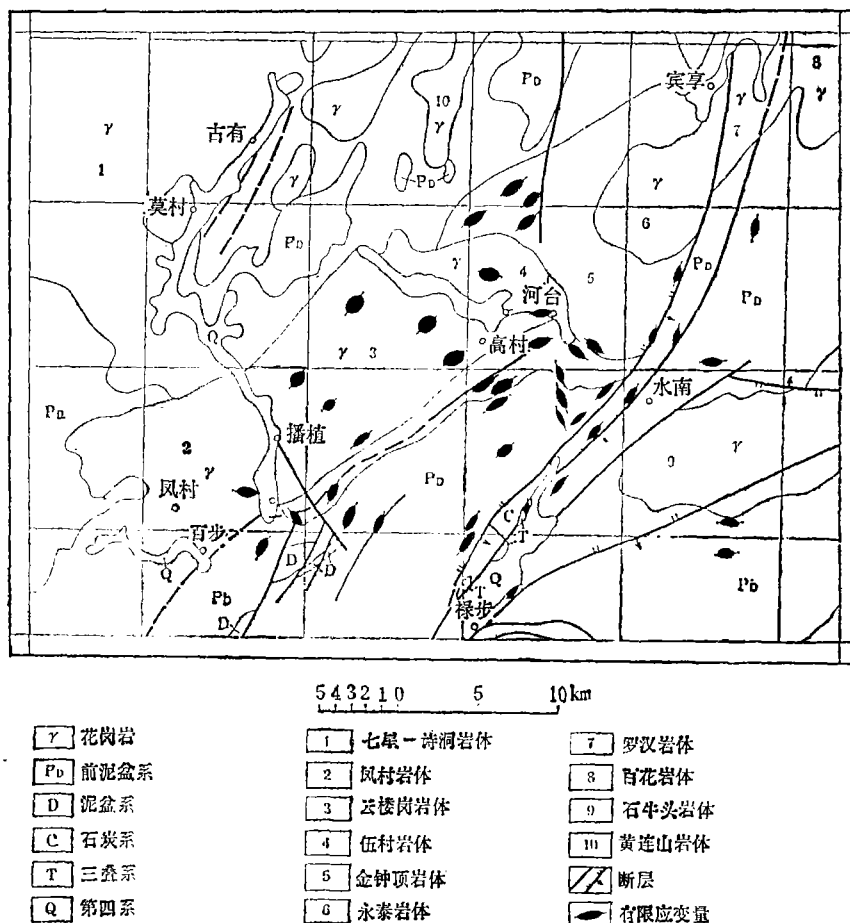


图 2 河台调查区有限应变分布图

Fig. 2 Characteristic of finite strain in Hetai investigation area

该区内广泛发育,以北东向和北西向占优势。挤压破碎带都为北东向,张性构造角砾岩带多为北西向。

以上几种构造类型根据其力学性质及成生关系可归属不同构造体系:东西向构造体系,以形成东西向褶皱为主,形成于加里东期;华夏构造体系以北东向褶皱和韧性压扭带为主要构造形迹,发育于加里东—海西期;新华夏系以北东向挤压破碎带、角砾岩带和北西向张性断裂带为主要构造形迹,发生于印支—燕山期,以脆性变形为特点。图1是根据地质调查和分析结果所编绘的该区构造简图。

从图上就可以看出该区的主要构造带是呈弧形拐弯的,构成一个特殊的构造型式,由于它的特殊意义,予以新的名字称为拐肘构造。该构造是通过野外地质调查、有限应变测量分析及室内模拟实验结果充分证实的。图2是该区有限应变分布图。测量方法是以Fry法为主,结合电子计算机图象分析法及野外地层直接测量。图中明显反映出拐肘构造的形态。

糜棱岩的发育是该区构造的一个重要特点。该区的糜棱岩包括有初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩和变余糜棱岩。发育有各种典型的糜棱岩构造:如核幔构造,不对称眼球状残碎斑晶及带状石英等。该区的糜棱岩的形成是与该区拐肘构造的发育紧密相关的。

三、构造动力成岩成矿作用探讨

1. 构造的控岩作用

在河台调查区出现了以下几种岩石类型:花岗岩、混合岩、变质岩和糜棱岩。这几种岩石类型不是相互孤立的。从展布上看,在河台矿区由北西向南东依次是花岗岩、混合岩、变质岩和糜棱岩。其与构造的关系是,从褶皱的核部向翼部依次是花岗岩、混合岩、变质岩和糜棱岩,这也是构造变形由强变弱的方向。说明岩石的形成是与构造变形紧密相关的。

从岩石的结构上也反映出构造成因的特点。糜棱岩是构造成因的一个典型例证,该区的混合岩也多是在变余糜棱岩的基础上发展起来的。

2. 构造的控矿作用

构造的控矿作用表现在构造控制矿化的分布,构造演化控制成矿期次,构造活动为成矿提供矿质来源及构造活动可产生某些地球化学的分异。

在河台调查区中,构造对矿化分布的控制具有如下特点:1)矿化带受糜棱岩带控制;2)矿带形态受拐肘构造控制;3)矿化发生于多种构造中,富矿体存在于糜棱岩带的破碎带中。

大量的微金测试结果表明:硅化角砾岩含金性最高,硅化糜棱岩次之,然后是压扁石英脉,最差的是梳状石英脉。以断裂性质分,压性和压扭性断裂含矿好,张性较差。从断裂展布方向看以北东东和北东向含矿性最好。

河台金矿是多期矿化叠加的结果。大量证据表明:该区主要有3期成矿作用。第1期发生于加里东期,伴随着北东向褶皱的形成,发生了普遍的矿化,呈北东向带状展布,但丰度较低。第2期发生于海西期,伴随着韧性剪切和拐肘构造的形成,糜棱岩发育,矿化

进一步集中于糜棱岩带中。第3期矿化发生于印支—燕山期,伴随着新华夏系的活动,使矿化向断裂带中富集,形成富矿体。

从河台矿区的微金分析结果及硫、铅同位素组成等特征看,该区的矿源层还很难确定。但早期的构造活动引起了广泛的矿化,形成与构造带一致的高背景值带,对后期的成矿作用起到了矿源的作用,因此将其称为构造矿源带。此带对探讨成矿规律是很重要的。

通过对不同构造期所产生的构造岩的热液物理化学环境的测定,第1矿化期到第3矿化期的成矿介质的pH为6.08, 5.35和5.2, Eh 为95.32、137.7和147.36, pH逐渐降低, Eh 逐渐增高。不同构造类型和不同构造形迹也具有不同的物理化学环境。

3. 构造成岩成矿作用机理分析

总结构造作用与成岩成矿过程的关系,可以归纳于以下几个方面:

1) 构造变形的不断发展,使外力对岩石所做的功转化为热,改变岩石内能状态,并进而改变岩石的相态,引起一系列地质作用的发生; 2) 构造变形破坏岩石的内部结构(包括粒间的和粒内的),使某些元素易于活化转移,造成物质组分的重新分布; 3) 构造活动可能产生构造流体,并为这种流体的迁移和对围岩进行作用提供条件。构造流体可从岩石中活化成矿元素,导致矿化的发生; 4) 构造变形形成各种复杂的构造形态,造成岩石中不同部位能量状态的差异,这是成矿物质沉淀富集的决定因素。

归根结底,构造活动与成岩成矿过程的关系就是能量转换的关系。任何地质作用过程的发生都是由地质体内部的能量状态所决定的。内能增高,元素就趋于活化,内能降低,元素就趋于稳定。在各种地质作用过程转变中,遵循能量守恒和转换规律。以能量转换与守恒的原理,探讨各种地质作用之间的联系,这就是能量平衡理论。

对于一个系统由状态1变到状态2,内能的增加等于系统的周围作用于系统的功 W ,输入的热量 Q 和输入的质量 Z 。对封闭系统 Z 为零。则有

$$dv = dw + dq$$

对于变形体,内能增量 V 等于变形能的增量 Φ 和热能的增量 Q 之和:

$$dv = d\varphi + dq$$

因岩石中所贮存的应变能是有限的,所以当外力持续作用于系统的功不断增加,热能就不断增加,进而影响岩石的状态。

岩石体内热能的积累可由弹性应变能的不断转化所完成,也可由塑性变形直接将外力所做的功转化成热,或者由于摩擦而产生。但构造活动究竟能产生多大能量?怎样转化?对成岩成矿过程能起多大的作用?这正是该理论所要解决的问题。作为一种探讨,下面给出一种估算方法和结果(条件都是假设的)。

要探讨这个问题,需要从两方面来计算。一是在已知的构造变形强度和外力作用强度的条件下,计算构造活动所能贡献的能量大小,二是对一个已知组成的岩石体根据其热容资料计算出能量增加与温度升高的关系。于是就可知不同强度的构造活动与不同地质作用过程的关系。

首先计算一下岩石升高 1°C 所需的热能。以花岗岩为例,其化学成分如表1所示,代表的是粤西地区十几个岩体的平均化学成分。将每种氧化物在高温和常温条件下的摩尔热容和分子量也都列于表1中。

表 1 岩石热容计算表

Table 1 Calculation of heat capacity of the granite

化合物名称	重量百分比	摩 尔 热 容		分 子 量	物质质量 摩尔浓度 (mol/kg)	每百克物质升高1℃ 所需的热量 (卡)*	
		低温固体	高温固体			低 温	高 温
SiO ₂	72.96	10.62	18	60	12.2	12.96	21.96
TiO ₂	0.28	13.6	18	80	0.035	0.046	0.063
	13.7	18.88	30	102	1.34	2.53	4.02
Fe ₂ O ₃	0.64	24.81	30	15	0.43	1.067	1.29
FeO	1.82	10.56	12	72	0.25	0.26	0.3
MnO	0.13	10.54	12	71	0.018	0.019	0.022
MgO	0.68	9.03	12	40	0.17	0.15	0.27
CaO	1.80	10.23	12	56	0.32	0.32	0.38
Na ₂ O	3.26	16.84	18	62	0.53	0.89	0.95
K ₂ O	3.85	17.50	18	94	0.41	0.72	0.74
P ₂ O ₅	0.16	40	42	142	0.01	0.04	0.042
H ₂ O	0.69	9.6	18	20	0.35	0.34	0.63
总和	99.97	192.21	240	814		19.338	30.667

* 1卡 = 4.1868J。

表 2 构造活动能量及成岩成矿作用

Table 2 Energy provided by tectonic deformation and its role in
petrogenesis and metallization

MPa/cm ²	缩 短 量	产生的热能 (卡)*	岩石升高温度 (℃)		岩石熔融深度 (km)	成矿作用深度 (km)
			低 温	高 温		
50	1/2	12	20	13	23.5	11.2
	3/4	36	60	40	22.4	9.6
	5/6	60	100	67	21.3	8
	7/8	84	140	93	20.3	6.4
100	1/2	24	40	26	23	10.4
	3/4	72	120	80	20.8	7.2
	5/6	120	200	133	18.7	4
	7/8	168	280	187	16.5	0.8
150	1/2	36	60	40	22.4	9.6
	3/4	108	180	120	19.2	4.8
	5/6	180	300	200	16	地表
	7/8	250	420	280	12.8	地表
200	1/2	48	80	53	21.9	8.8
	3/4	138	240	169	17.6	2.4
	5/6	240	400	267	13.3	地表
	7/8	336	560	373	9.11	地表

注：地热增温率25℃/km，岩石熔融温度600℃，矿化300℃。

1卡 = 4.1868 J。

根据岩石化学成分,按照柯普定律,可计算出每百克这种物质温度升高 1°C 所需的热量,其低温和高温状态下分别为19.338和30.667(卡)^①如表1。

估算构造活动所产生的热能。假设几组不同的外力和不同的造山收缩,计算其产生的热量。列于表2中。

若假设地热增温率为 $25^{\circ}\text{C}/\text{km}$,岩石熔融温度为 600°C ,矿化温度为 300°C 。则可求出在构造变形过程中,岩石熔融和成矿过程所发生的深度,如表2所示。

计算结果表明,对于岩浆作用来说,构造变形热如果作用于地表岩石,是不足以导致岩石发生重熔的。重熔是发生于构造变形热和地热联合作用而产生的最适合岩石重熔的部位。不同地热梯度和不同的变形强度决定了成岩成矿过程发生的深度。构造活动能量虽小,但其是变化的因素,因此是产生能量变动的主导因素。

四、构造动力成岩成矿作用的实验研究

为了证实在野外所观察到的构造控制成岩成矿的现象和探讨这种控制作用的机理,必须进行实验的研究。这种实验不同于成岩成矿实验,它不但需要高温高压条件,又要有岩石变形条件。本文是采用高温高压岩石变形实验装置,对某些岩石和矿石样品进行高温高压变形实验,结合对样品的物质组构变化和组分迁移的观察与分析,探讨构造变形与组分迁移的关系和构造动力成岩成矿作用的机理。

本实验是利用国家地震局地质研究所高温高压岩石变形实验装置进行。采集矿区的实际岩石样品,模拟实地所出现的构造现象和成岩成矿过程。实验过程包括样品采集与制作、实验材料的制配、实验操作及实验后样品处理与分析等几个步骤。实验样品的岩石类型主要有花岗岩、灰岩和由石英和黄铁矿组成的矿石。

实验条件:温度为 $200\sim 700^{\circ}\text{C}$,围压100MPa到400MPa,差应力100MPa—300MPa。单个样品加载时间为5—75h,样品缩短率为10—40%。

实验结果可以归纳为两个方面,一是对野外所观察到的构造型式的再现,包括韧性剪切带、韧性挤压带和拐肘构造等;二是物质组分在变形过程中的迁移规律。

1. 韧性变形型式与糜棱岩化

实验结果表明:韧性剪切带是最易出现的韧性变形构造。在大多数样品中都能观察到韧性剪切带的发育。其共同特征是:颗粒变细形成一个较窄的细粒化带,与主压应力斜交。在不同岩石类型样品中,韧性剪切带的宽度、矿物粒度都有所不同。有的产生新的矿物,如在花岗岩的样品中,在剪切带强烈变形部位就产生绢云母小颗粒。图版中图(1)、(2)、(3)是部分样品中的显微照片,示意出韧性剪切带和糜棱岩化的发育。

韧性挤压带虽没有韧性剪切带那样常见,但仍然是一个比较容易见到的构造变形现象,野外观察和模拟实验都证实了这一点。韧性挤压带可与韧性剪切带同时出现,也可以单独出现。图版(4)是矿石样品中韧性挤压带和韧性剪切带示意图,它们都是由黄铁矿的集中所表现出来。其区别是一个垂直挤压方向,带较宽,一个斜交挤压方向,带较窄。

① $1\text{cal}(\text{卡}) = 4.1868\text{J}(\text{焦耳})$ 。

图版中图(5)是单独出现的韧性挤压带,图中间垂直的暗色条带,也是由黄铁矿的集中所体现,垂直挤压方向。韧性挤压带也出现于两个共轭韧性剪切带的交汇部位。由韧性剪切过程中物质运移的持续进行,在交汇处产生挤压。

在较高的温度(650℃)和较低的应力条件下,也出现了塑性流动构造,如图版中图(6)所示。

拐肘构造比韧性剪切带和韧性挤压带更复杂一些,它是在韧性剪切和韧性挤压持续作用下,并具备一定的外界条件才能形成。图版中图7是矿石样品中出现的一种拐肘构造。其发展过程是这样的:初始,在样品中产生了韧性剪切带,黄铁矿沿着韧性剪切带发生塑性流动,由于受到较坚硬的矿物颗粒的阻碍,便产生了韧性扭曲,形成拐肘构造。在顶端可见到弧形的带状石英,见图版(图8)。

糜棱岩化是伴随着以上3种韧性构造变形而发生的。主要表现是矿物颗粒的缩小,边界迁移和动态重结晶。但由于实验时间的限制,只能出现糜棱岩化趋势,还不能组成完美的糜棱岩结构。

2. 实验变形过程中物质组分的迁移

在实验岩石变形过程中物质组分的迁移,按其性质可分为以下几种:塑性流动,扩散与化学反应和热液携带等。

在本实验中可以看到,物质的韧性或塑性流动是一种重要的物质迁移形式。前面所叙述的黄铁矿沿韧性剪切带和韧性挤压带的集中,都是由韧塑性流动所完成,对成矿具有非常重要的意义。对实验后的样品进行电子探针测试结果表明,在拐肘构造上,金发生了高度的富集。

扩散与化学反应是实验变形过程中容易出现的较普遍的元素迁移方式,可以观察到在韧性剪切带中矿物成分的变化和矿物的转化。电子探针分析和显微镜观察表明:斜长石和黑云母都可发生化学成分的变化。有时部分已向白云母和绢云母转化。

经过高温高压变形实验的样品,微量元素都发生了一定程度的迁移和富集。有的样品富集铜、锌、砷,有的样品富集铅、铋、银。这种成矿元素的变化是受到多种因素控制的,如温度、压力和构造变形特点等。

为了考察不同元素在构造变形过程中的活动性,通过对实验前后样品的化学及光谱分

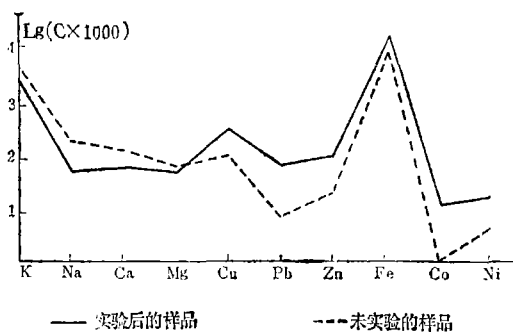


图3 实验后的样品元素活化迁移对比图

Fig. 3 Comparison of some element content in ore specimens after experiment and before experiment

析,得到了如下的结果:成矿元素铜、铅、锌很容易发生迁移,实验后的样品成矿元素都发生了较大幅度的降低;而成岩元素钾、钠、钙、镁等虽然变化也较大,但规律不明显。而铁、钴、镍等元素则不太容易发生迁移,如图3、4所示。

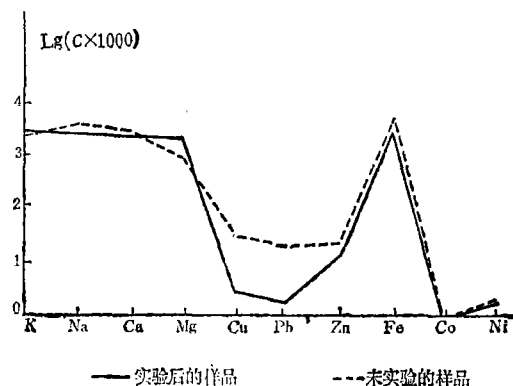


图4 花岗岩样品中元素活化迁移

Fig. 4 Comparison of some element content in granite specimens after experiment and before experiment

以上成矿元素的变化,毫无疑问是由于液体的携带而不是由于扩散作用所造成。如果是后者,则样品中一定富集铅元素,因为样品外围有铅套和铅片。这种迁移是由能量差所致,而不是浓度差引起。

五、构造成矿模式与成矿预测

在进行成矿规律的总结中,人们提出了成矿模式的概念,这一概念反映出成矿规律研究中的新进展。成矿模式是在对矿床成因研究的基础上,总结出的同类矿床的物质来源及时空演化规律,考虑到构造对成岩成矿的控制性,本文提出构造成岩成矿模式的概念。总结构造成岩成矿模式要同时搞清楚构造的时空演化规律和成岩成矿的演化过程以及二者之间的内在联系。

通过对河台调查区构造特征与成岩成矿关系的研究,可总结出构造成岩成矿模式图(图5)。

该图无比例尺概念,示意岩石重熔发生于褶皱背斜核部之下的一定深度的区域内。第一成岩成矿期成矿元素沿褶皱分布;第二成矿期成矿元素向糜棱岩带集中;第三成矿期成矿元素向断裂带中富集。

对河台调查区进行成矿预测,应该综合考虑以上所述成矿特点和构造控矿特点。重要的有以下几个方面:1)构造型式的控矿作用,尤其是拐肘构造,其控制矿带的形态和延展;2)成矿的多期性,几次矿化叠加是寻找富矿体的有利条件;3)对构造矿源带的调查是应该重视的,它可能限制了成矿的范围;4)对韧性变形成矿作用的正确认识,尤其是对糜棱岩化的成矿作用的正确估价,糜棱岩化是矿化富集的一个因素;5)构造破碎带是富矿

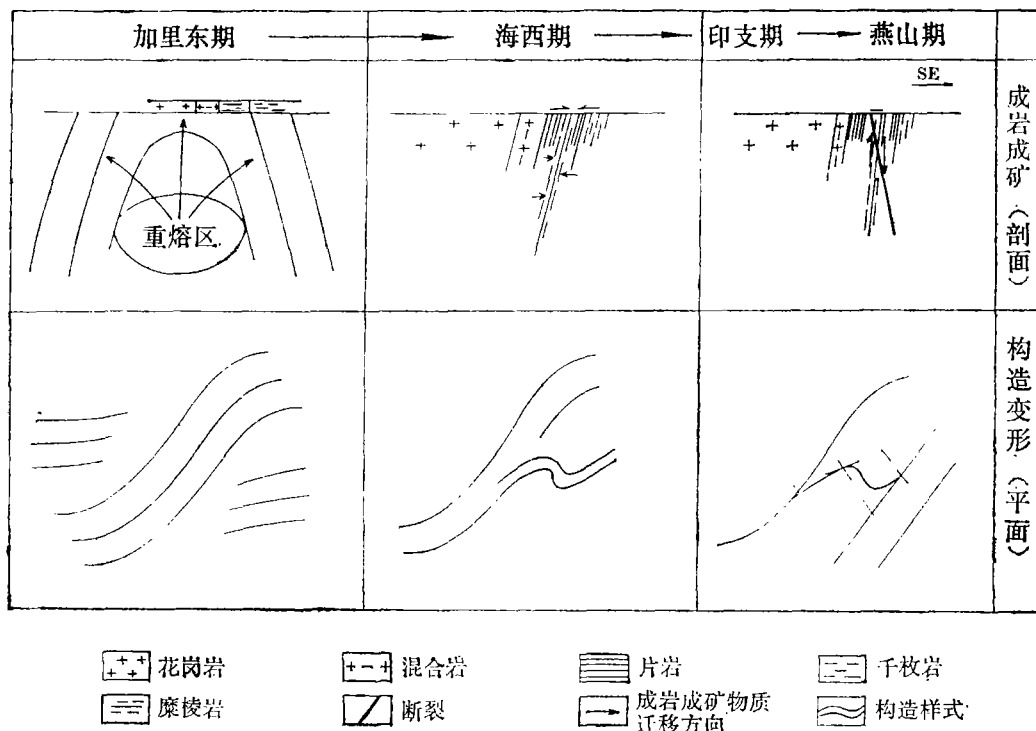


图 5 河台金矿区构造成岩成矿模式图

Fig. 5 Tectonopetrogenesis and tectonometallization model of Hetai investigation area

体贮存的空间, 断裂的活动是成矿物质迁移与富集的动力。在综合考虑这些控矿因素的同时, 当然还要考虑岩石地层等各种条件。成矿是一个很复杂的过程, 受到多种因素的影响, 但总有一个本质的因素, 抓住它就可以寻找一般的规律。根据本文所述观点和认识, 在此提出成矿预测的一个法则——内能状态法则。一个系统的内能状态反映出了该系统的存在状态, 它包括了诸如压力, 温度、介质成分等一切因素。内能状态高, 元素趋向于活化, 是成矿元素迁移的条件。内能状态的变化, 由高向低是成矿物质集中沉淀的条件。而地壳中内能状态的变化和差异性正是由构造变形所造成, 这就是构造动力成岩成矿的观点。成矿的有利部位是高能区的低能量部位, 或高能量区与低能量区的接触部位, 也可以说处于成矿物质活化与沉淀的临界能量状态区是成矿的最有利部位。

应该指出: 反映内能状态的主要指标是温度, 岩相的变化很大程度上取决于温度的变化。在考虑某部位的成矿可能性时, 可以根据该部位的实际地质体或某些物质来判断其内能状态。例如某些金矿与糜棱岩或片岩关系极为密切 (河台金矿), 其原因是这两种岩石形成时的内能状态与金矿成矿物质集中富集所要求的内能状态相近。

在考虑内能状态时, 不能忽视其水平方向与垂直方向上的差异性。随着深度的增加, 内能状态逐渐增高, 这是由地球重力收聚热所引起的, 可反映在地热增温级上, 在一定地区, 这一因素是一定的。如果在地表所发现的矿床是高内能背景区中的低内能部位, 则成矿元素的迁移可能以水平为主, 向深部成矿的希望就变小。如果所发现的矿床或矿体是处

于低内能背景区中的高内能部位,那么成矿物质应该是从下部迁移上来的,所以向深处就有更大的希望。

综合考虑各种成矿因素,在河台调查区中提出4个成矿预测区(见图1),分别为京村预测区,瑞洞预测区,水南预测区和圩头预测区。

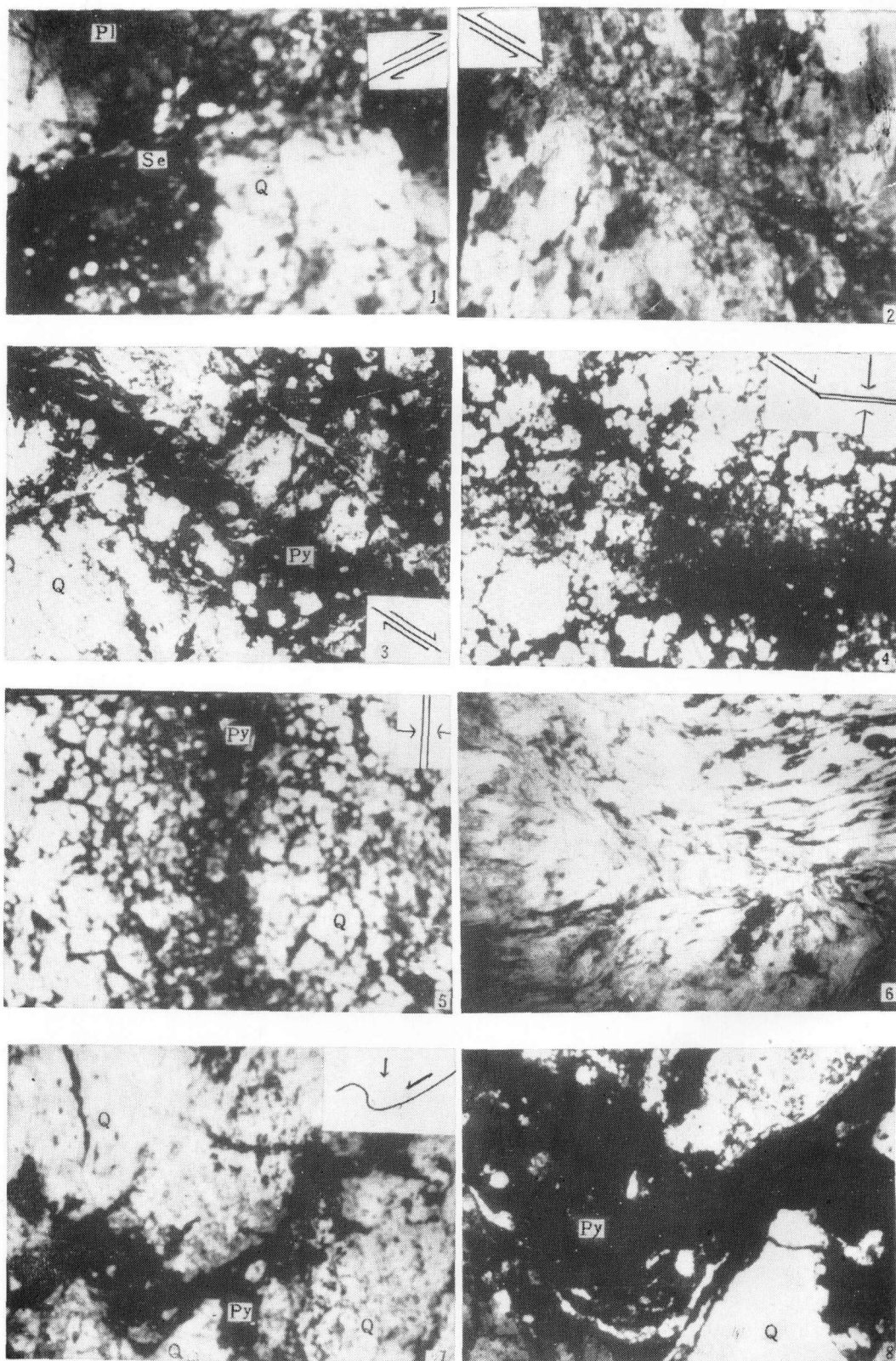
主要参考文献

- [1] 许剑超, 1986, 粤西地区寻找金矿的几点认识。国际地质力学学术讨论会文集。
- [2] 伍广宇、邹广芬, Einfalt, H. C., and Hochndofr, A., 1986, 广宁花岗质杂岩的地质年代学研究。广东地质, 第1期。
- [3] 杨开庆, 1982, 关于构造动力控岩控矿和成岩成矿问题。地质力学论丛, 第6号。科学出版社。
- [4] 郑亚东、常志忠, 1985, 岩石有限应变测量及韧性剪切带。地质出版社。
- [5] 凌井生, 1986, 广东河台金矿地质特征。广东地质, 第1期。
- [6] 戴爱华, 1986, 粤西河台金矿床地球化学研究。南京大学硕士学位论文。
- [7] Cox, S. F., Etheridge, M. A., and Hobbs, B. E., 1981, The experimental ductile deformation of polycrystalline and single crystal pyrite. *Econ. Geol.* vol. 76, pp. 2105.
- [8] Elliott, D., 1976, The energy balance and deformation mechanisms of thrust sheets. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* A283, pp. 289—312.
- [9] Fyfe, W. S., 1935, Tectonic fluid. *Chemical Geology.* vol. 49, pp. 352.
- [10] Hanna, S. S., and Fry, N., 1979, A comparison of methods of strain determination in rocks. *J. Stru. Geol.* vol. 1, No. 2, pp. 155—162.
- [11] Mitra, G., and Boyer, S. E., 1986, Energy balance and deformation mechanism of duplexes. *J. Stru. Geol.* vol. 8, No. 3/4, pp. 291—304.
- [12] Ramsay, J. G., 1980, Shear zone geometry, a review. *J. Stru. Geol.* No. 1/2.
- [13] Rammy, J. G., and Huber, M., 1983, The Techniques of Modern Structural Geology. vol. 1, strain analysis, Academic Press. Inc.
- [14] Tullis, J., Shoke, H. W., and Todd, V. R., 1982, Significance and petrogenesis of mylonitic rock. vol. 10, No. 5, pp. 227—230.

图版说明

(Netes for the Plate)

1. 在花岗岩样品中发育的韧性剪切带和糜棱岩化, 沿带分布有新生的绢云母小颗粒。图中1cm代表0.2mm。
2. 在灰岩样品中发育的韧性剪切带, 也是糜棱岩化带, 由方解石细粒化条带构成。图中1cm代表0.2mm。
3. 在矿石样品中的韧性剪切带以黄铁矿的带状集中(黑色条带)所表现, 图中1cm代表0.2mm。
4. 在矿石样品中同时发育的韧性剪切带和韧性挤压带, 以黄铁矿沿两个方向的集中表现出来。图中1cm代表0.2mm。
5. 在矿石样品中发育的韧性挤压带, 以黄铁矿的集中(竖直暗色条带)反映出来, 图中1cm代表0.2mm。
6. 在粉砂岩样品中发育的塑性流动构造。图中1cm代表0.5mm。
7. 在矿石样品中发育的拐肘构造, 由黄铁矿的集中集现。图中暗色扭曲带。图中1cm代表0.2mm。
8. 拐肘构造顶端的弧形带状石英。是照片7中拐肘构造顶弧部分的放大。图中1cm代表0.08mm。



STUDIES OF THE RELATIONSHIP BETWEEN TECTONISM AND PETROGENESIS AND METALLIZATION IN HETAI GOLD MINE REGION, WESTERN GUANGDONG

Yue Shi

Abstract

There are five parts in this dissertation. The first part outlines the regional tectonic, sedimentation, magmatism and the distributions of gold ore deposits in western Guangdong. In the second part, the development and evolutions of structures in Hetai investigation area have been analysed and expounded in detail. A new structural pattern called elbow structure has been found and determined in the field work and its formation, development and evolution have been studied. The elbow structure in Hetai area played an important role in the controls of petrogenesis and metallization in this area. The origin of the mylonite zones developed in this area, which obviously control the gold ore distribution to a great extent, has very close relations with the development of the elbow structure. The existence of the elbow structure has been reconfirmed by the measurements of finite strain over the area. The third part has dealt with the characteristics of tectonic control of petrogenesis and metallizations. A new theory about the mechanism of tectonopetrogenesis and tectonometallizations has been advanced according to the law of conservation of energy. The fourth part of this thesis has introduced the processes and results of the experiment about the formation of ductile structures and tectonopetrogenesis and tectonometallization. The experiment have reappeared the ductite structural pattern in the field, such as ductile shear zones, ductile compression zones, elbow structure and the concentration of metallogenic materials along such ductile structures. The reactivation and migrations of metallogenic materials following rock deformation have been observed both by eyes on the samples and on the thin section under microscope or determined by chemical analyses and electron probe, which strongly supports the theory of tectonopetrogenesis and tectonometallization. In the last part, the tectonopetrogenesis and tectonometallization model in Hetai region has been summarized. A new law for ore prediction, energy state law, has been posed and some areas which are promising to provide gold ore deposits have been indicated.