



成矿构造研究的几个问题

曾庆丰 雷世和

深入研究成矿构造是摆在我们面前的现实课题。本文只就笔者的经验,分析其中的几个方面。

成矿构造的历史分析

在矿田构造研究中,必须有时间、空间和力学三个基本概念,即构造形成的时间性、构造演变的空间性和造成因的力学性。

地质构造-成矿作用的历史是一个长期发展的过程,经历了多次构造活动,每次活动形成的构造型式不同,应力场也不只一次地改变着。事实表明,成矿构造和成矿作用的形成是多期次的,即两者都表现出脉动性。因此,首先要从历史分析的观点出发,把它们在时间上形成的先后区分开来,并相应地划分出若干阶段。我们把成矿构造的脉动性分为下列四种类型。

I. 新生脉动性 成矿构造在多次活动中,每次应力场不同(异向),每次都形成新的成矿构造系统,它们的性质和产状各异,分别为不同阶段的矿化所充填或交代,结果形成不同矿脉的相互穿插和错动,在多数情况下其产状也不同。瑶矿田受区域北西向断裂构造的控制,与燕山期中酸性侵入岩有时、空和成因上的联系。成矿作用可划分出三个矿化阶段,成矿构造也发生了三次(见图4)。最初的断裂系统是在近南北向挤压作用下形成的,并为含钨石英脉充填。第二次形成的成矿断裂,错动和破碎了钨矿脉,它们是在近东西向挤压条件下生成的,并被金属硫化物石英脉充填。最后一次的成矿断裂又是在南北压应力作用下形成的,规模很小,为方解石细脉充填。分析成矿构造和成矿作用的全过程,可见二者都发生了三次,三次构造活动的挤压应力方向不同,反映了典型的新生脉动性。

II. 再生脉动性 先后两次或多次成矿构造应力方式和方向基本相同(同向),因而相邻两次形成的构造型式在性质、产状和组合上表现出一

致或相似,它们主要区别是形成的时间不同。铜陵矿田基础构造是北西—南东向挤压形成的北东向背斜(印支期),并伴生有走向断裂(压性),后者在区域内为燕山期的岩浆活动和夕卡岩的形成提供了有利的构造条件。成矿构造活动反映为近东西向的挤压作用,这时北东向的走向断裂转化为右旋剪性断裂,原来的横向张裂则变为左旋剪裂。接着有磁铁矿化阶段的形成。嗣后,又发生构造活动,应力方向与前次基本一致,只是应力轴的倾斜角度有所改变,这时北东向断裂再次发生右旋剪性活动。随后为金属硫化物充填,它们胶结被错碎的磁铁矿石而形成角砾构造。成矿构造第三次活动,应力方向与前二次基本相同,再次使北东向断裂发生右旋活动,并为含铜石英脉创造了空间场所(见图5)。至此,成矿构造活动和成矿过程宣告结束。

III. 继承脉动性 表现为几次矿化阶段共同存在于同一成矿构造中。北塔山脉状硫化物矿床成矿构造以北西向为主,次为北东向,是两组共轭的剪性断裂。成矿过程分为四个矿化阶段,它们都充填于上述成矿断裂系统中,彼此紧密为邻,产状一致,平行排列,无明显错动。研究表明,成矿构造是一次形成的,而成矿期内构造活动并没有促使新的成矿构造生成,只引起原断裂系统的一再张开和充填,表现为继承脉动性的特征。

IV. 复合脉动性 在自然界中往往出现兼具上述两种或三种脉动性特征,表现为复合脉动性。

综合所述,成矿构造活动和成矿作用常常是多阶段的,即二者都具脉动性,它们紧密相联,时间相近,空间相符。成矿的脉动性在很大程度上取决于成矿构造的脉动性。从历史分析的观点出发,研究脉动性对认识成矿构造的发生、发展和成矿演化过程都有现实意义,在这基础上,才能再现构造-成矿发展的历史。

空间分析和力学分析

在时间上区分各次构造之后,就可分别对每次形成的构造型式进行研究,了解其组合配套关系。这里要强调形变的空间特征,既要重视形变在平面上的展布,也要重视其在剖面上的分布。

成矿构造主要是在水平或近水平的挤压作用下形成的。在平面上(a b面)表现为垂直压应力方向的褶皱线状排列,并出现两组共轭剪性断裂,它们所夹的锐角指向压应力方向,即剪裂面与压应力的夹角 $\phi < 45^\circ$,但有时 $\phi \approx 45^\circ$,甚至略 $> 45^\circ$,后者钝角指向压应力方向。同时还有横向张性断裂,它一般是迁就两组剪裂而成锯齿状。上述是形变在平面上简单的组合关系,构成“水”字形(图1)。在横剖面上(a c面),岩层随褶皱程度不同而发生产状的变化,在背斜轴部形成鞍状虚脱构造及纵向张裂、层间错动及两组走向断裂(图2),后者实际上是在剖面上两组剪性裂隙

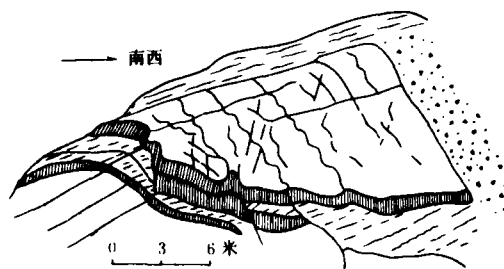


图1 一个小褶皱的素描图

示平面上两组共轭剪性裂隙和横向张性裂隙以及剖面上的纵向张裂

发展起来的,只是其走向与压应力直交,故称之为压性。它们与平面上的断裂组合构成“米”字形。在变形强烈时,出现旋转构造、帚状构造,甚至导致次一级构造,如羽状构造、劈理、拖拉褶皱等。至于在纵剖面上(bc面),可见褶皱岩层层面、剪性断裂和横向张性断裂的倾斜交线及压性断裂的水平波状交线,表现为平行式、雁行式和阶梯式等。

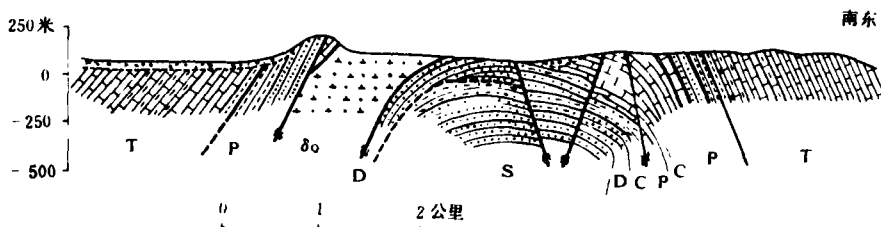


图2 背斜横剖面图

T 三迭系; P 二迭系; C 石炭系; D 泥盆系; S 志留系; δ_Q 石英闪长岩

上述褶皱-断裂均属同一次构造活动的产物,在空间上形成一套组合系统。

在自然界中,褶皱-断裂系统常常是很复杂的。就是同一次构造活动中,由于褶皱形态、部位不同,其断裂组合、产状、剪切角也随之而异。随着变形的进一步发展,可以形成直立、倒转褶皱,而各种断裂亦可见切穿和错动现象。

综合上述,形变过程反映了立体空间形变特点,这是成矿构造的基本特征之一。强调这种空间概念并在实际工作中加以运用,才能完整地认识一次构造活动所形成的成矿构造的空间组合和分布。这对了解导矿和储矿构造、矿化集散及深部矿体预测都有重要现实意义。

有了构造形变的空间立体概念,就便于进行三维应力的构造应力分析了。

地应力主要是压、张、剪应力。地壳运动以水平运动为主。褶皱-断裂主要是在水平或近水平挤压作用下形成的。因此,在力学分析中,关键是把压应力的方位确定下来,因为它在整体上起主导作用。

力学分析的一种方法是先确定压性构造线,即与压应力相垂直的构造结构面与地面的交线;它是地质块体受压缩而产生三维变形的最大延伸方向。构造线的确定可以根据褶皱轴面的走向;区域性陡倾、直立岩层,如层面、层理、片理、板理、片麻结构等的走向;压性断裂的走向;各

种小型构造及显微构造：等等。

确定了构造线，就便于掌握整个构造应力场的情况了。压应力 σ_3 与构造线直交；张应力 σ_1 与构造线方向一致；中间应力与上二者垂直。由于地壳运动以水平运动为主，因此，压应力基本上是水平或近水平的，而张应力可以是水平的，也可以是直立的：当张应力为水平时，中间应力 σ_2 与地面垂直；反之，则 σ_2 为水平，即 σ_3 与 σ_2 换位。这两种状态在构造活动过程中都是存在的。

在成矿构造力学分析中，我们经常使用另一

种方法。利用两组共轭剪裂面的产状，用赤平极射投影法求得三维应力轴，这种方法更为确切。图3是铜陵背斜形成阶段的应力轨迹图，其压应力 σ_3 为北西—南东向，张应力 σ_1 为北东—南西向。背斜的形成主要是与轴向直交的近水平挤压作用的结果。

在矿田、矿床范围内，同期构造活动的应力场一般变化不大。因此，在工作中，我们常常将同期的成矿构造统计在一起，求出三维应力轴方位，这样足以说明同期构造活动的应力状态。

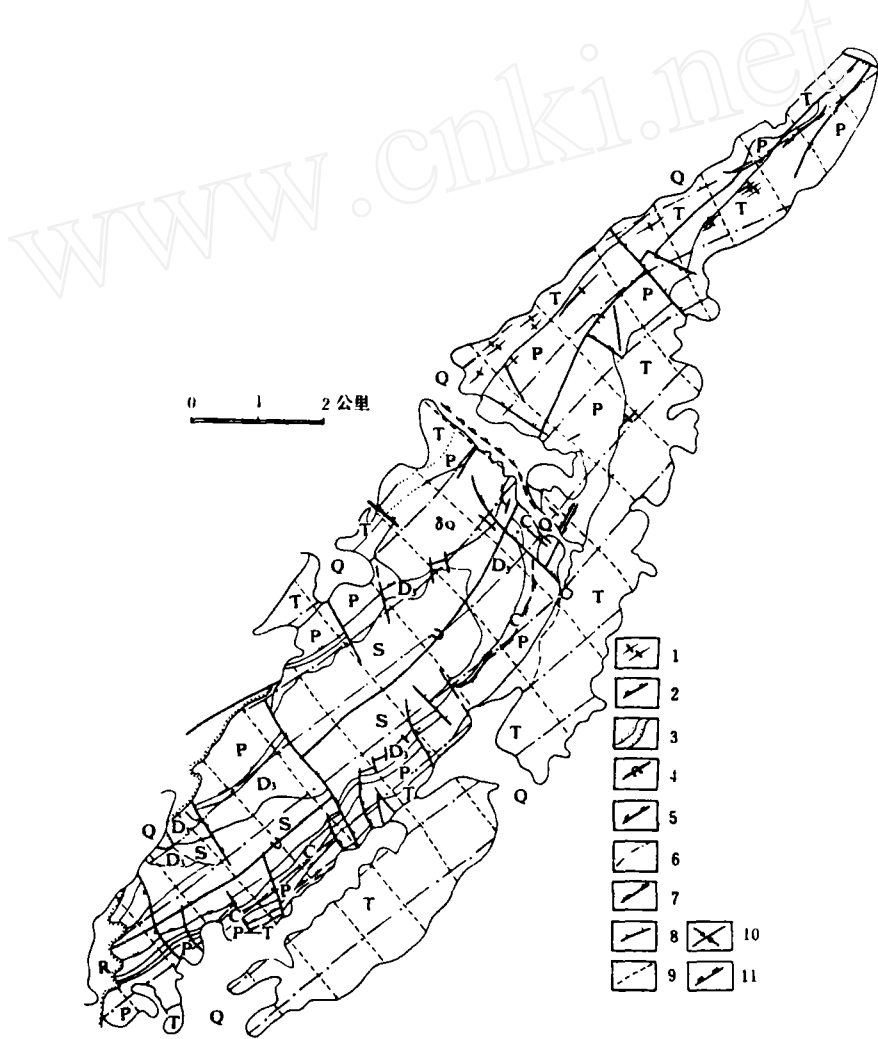


图3 矿田背斜构造形成阶段应力轨迹图

(据生产单位及谭以安材料)

Q - 第四系；R - 第三系；T - 三迭系；P - 二迭系；C - 石炭系；D₁ - 上泥盆统；S - 志留系；1 - 背斜及倾伏背斜；2 - 张性断层；3 - 地质界线；4 - 倒转背斜；5 - 张剪性断层；6 - σ_1 迹线；7 - 压剪性断层；8 - 剪性断层；9 - σ_3 迹线；10 - 向斜及倾伏向斜；11 - 压性断层

分析新生脉动性之实例。瑶矿田基础构造为加里东期近南北向复背斜。燕山期形成的成矿构造最初是由南北向压应力形成的一套断裂系统,反映了立体形变特征,在平面上表现为北西(右旋)和北东(左旋)向两组共轭剪裂及南北向张裂,在剖面上则为东西走向的压性成矿断裂。第二次形成的成矿构造在平面上表现为北东(右旋)和北西(左旋)向两组剪裂及东西向张裂,而剖面上则为南北向的压性断裂,它们是在东西向压应力作用下发生的,同样反映了立体形变。最后,第三次生成的成矿构造又是南北向挤压作用,只发育北东及北西向断裂,表现为平面形变。如此,在整个成矿过程中,构造活动发生了三次,其压应力以直角关系逐次改变方位。把应力图串联排列起来,示于图4,可见成矿构造的发生发展过程及应力变化规律。

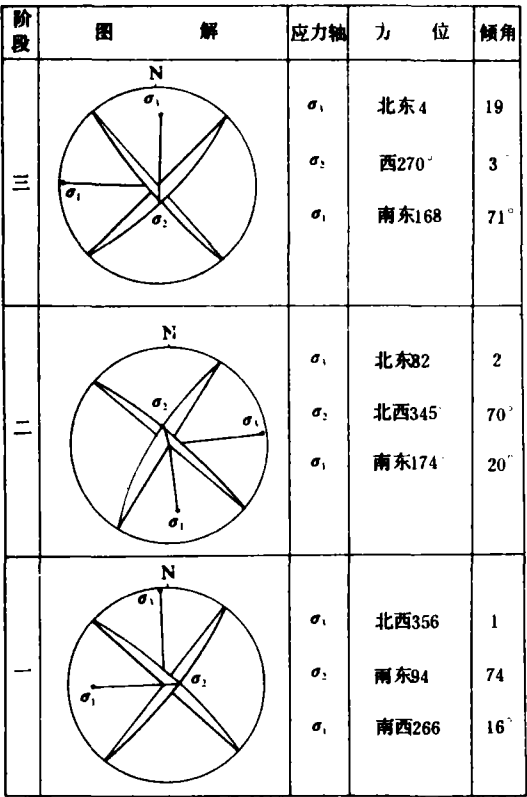


图4 新生脉动性不同生成阶段
成矿构造应力轴方位图

图5是再生脉动性实例的应力分析图。成矿构造第一次生成阶段的压应力为近东西向(南东东),形成北东(右旋)及北西(左旋)向两组剪裂、北北东向压剪性断裂和北西向张裂。第二和第三阶段压应力均与第一次相似。如此,三次成矿构造的应力场基本相同,只是它们的倾斜方向和倾角有差异。

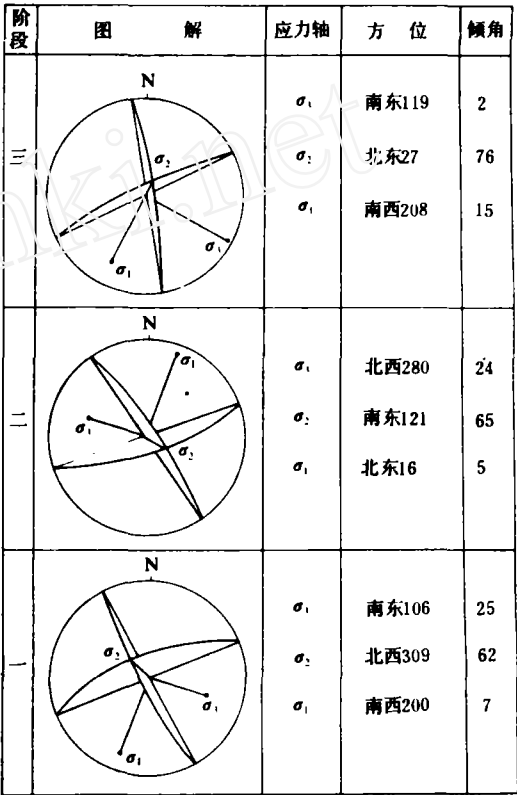


图5 再生脉动性不同生成阶段
成矿构造应力轴方位图

地质体是复杂的,由于介质的不均一性(成分、结构、形态)和应力的不均一性(方向、大小、时间),而常常导致形变破裂的不均一性。力学分析证明,基底形态不同、构造部位不同,三维应力并不完全水平或直立,它们往往有若干角度的偏斜,这是带有普遍性的规律。由此可见,各种形变破裂相对错动的方向一般是近水平或近垂直的,事实上它们多具有过渡的性质。同时,局部边界条件的改变,也有可能产生次一级的构造应力场,在力学隶属上大的支配小的,小的服

从大的，它们构成一幅统一协调的轨迹网络，这是一次构造活动应力-应变全过程的反映。

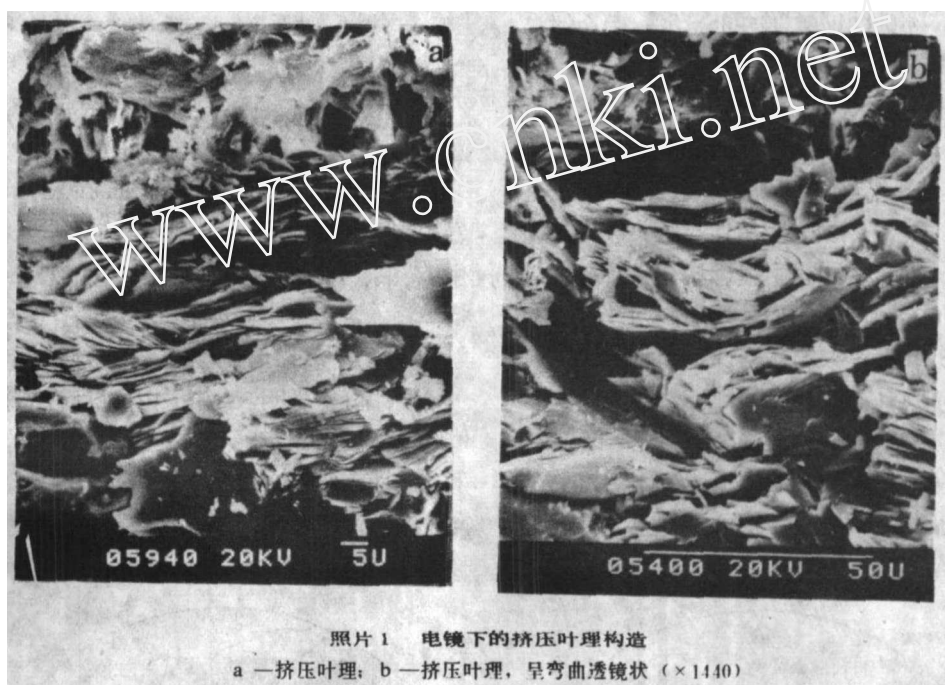
显微构造和组构分析

为了深入研究成矿构造的性质、发展演化过程及与成矿的关系，除了野外宏观调查外，应作显微构造和组构分析。

受构造应力作用而形成各种构造岩，在压性、剪性、压剪性断层中出现的碎裂岩类（压碎角砾岩、压碎砾岩、碎粒岩等），一般是非塑性变形的

产物，再结晶作用不发育，组构优选方向不强。而糜棱岩类及构造片岩类具有一定的塑性变形特征，组构显示了优选方位。至于在张性断层中，一般只见张性角砾岩，而碎裂岩、糜棱岩不发育或甚差。一般在规模不大的成矿构造中，构造岩不一定十分发育。

断层岩中的显微构造可见条带构造、破碎、压碎研磨构造、劈理构造、肠状构造、各种型式的折断、破裂和压扁、拉长、弯曲、圆化现象等，镜下可见裂隙初始线（吕德线纹）及毛裂隙；在



电子显微镜扫描中，可见片状矿物的挤压叶理结构等（照片1）。显微结构、构造对鉴别成矿构造的力学性质可起辅助作用。

在应力作用下，矿物可以改变其晶体外形特征：发生晶格位错现象（照片2）；镜下可见波状消光、不均匀消光及异常干涉色；出现重结晶作用和生成新矿物等。利用电镜研究矿物变形及变形机制是今后值得重视的课题。

把岩组分析（显微构造）应用到成矿构造的研究上，是一个新开辟的领域；用以探讨在构造应力作用下矿物变形所留下来的微观陈迹，对成矿构造的性质、成因和发展演变过程、控矿作用提供科学的论据。在技术上，除了利用费氏旋转



台作为基本手段外, X·射线方法近来有较大的发展, 它能较准确地测试岩石中矿物颗粒的排列分布情况, 应用范围广、速度快、效率高, 记录系统随着电算的引入, 利用程序控制装置可自动绘出组构图。所以, 它对深入研究成矿构造是一种很有发展前途的方法。

显微构造及组构分析应在定向样品上进行, 所以, 在野外要有目的地采集, 才能结合宏观观察, 更有效地解决构造问题。

下面作一些具体分析。一矿田主要成矿断裂走向北东 50° , 倾向北西, 倾角 $35^\circ \sim 50^\circ$, 与石炭系地层走向一致 (见图2), 呈舒缓波状, 断面上有残留擦痕, 倾伏南西, 侧伏角 $40^\circ \sim 50^\circ$, 上盘有燕山期石英闪长岩体产出 (148×10^6 年), 夕卡岩及磁铁矿沿断裂带分布, 呈似层状及透镜状。在主断裂近旁, 发育有派生的张剪性及压剪性分支裂隙, 利用其产状作赤平极射投影均与主断裂交于一点 b (图6), 反映了它们是同期产物。主干断裂滑动方向投影点 a, 侧伏南西, 倾角 40° , 指示主断裂具有右旋压剪性质 (斜冲)。

断裂中发育有压碎糜棱岩及断层泥; 断层岩显示挤压现象; 常见斜列的构造透镜体, 其中石英颗粒有圆化现象, 且见波状消光, 围绕透镜体

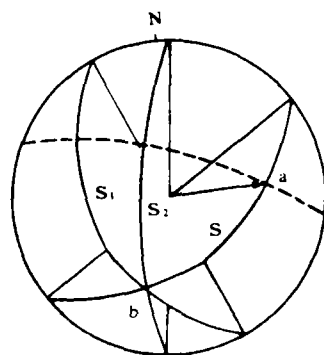


图6 主断裂与派生裂隙的赤平投影图

S—主断裂, $326^\circ \quad 42^\circ$; S_1 —张剪性, $334^\circ \quad 36^\circ$; S_2 —压剪性, $95^\circ \quad 68^\circ$;

a—侧伏南西 40°

为片状矿物包围; 透镜体被扭曲; 在镜下可见断层岩中的石英发育着比目线及吕德尔线, 沿它们发生小裂隙及位移; 电镜扫描中, 蛇纹石绿泥石片状矿物发育有挤压叶理结构 (见照片1)。上述现象反映了主断裂具有压性及剪性的力学性质。

岩组分析表明, 组构图中的石英光轴密度等值线总体展布与断层倾向一致, 极密部落在S面上, 向西南倾伏 60° , 这和野外测定的残留擦线方向一致, 说明断层在形成阶段属于压性。由于背

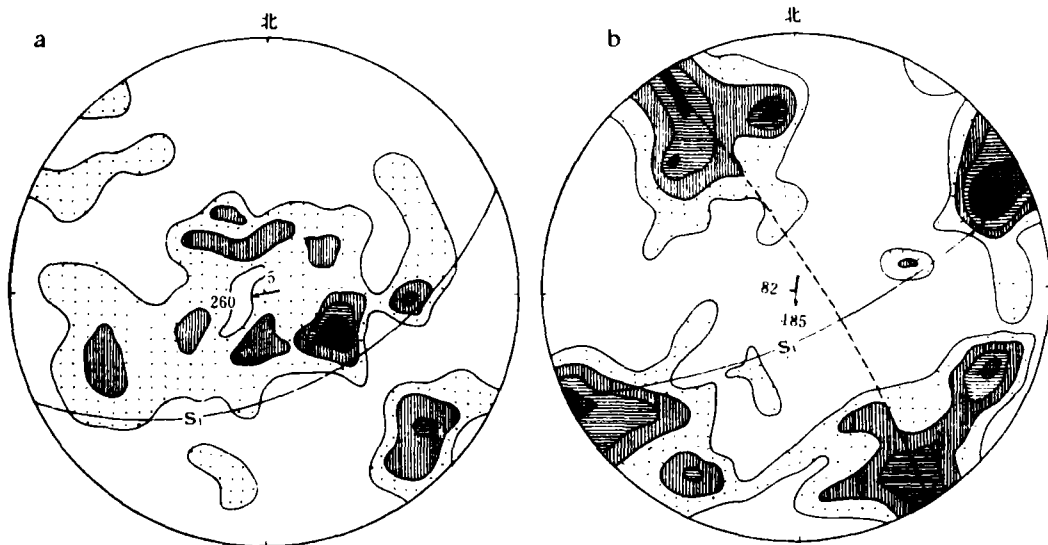


图7 断层石英光轴等值线图

a 早期压性, 水平切片, 150次测定, 1 2 3 $^\circ$;

b 晚期剪性, 水平切片, 220次测定, 1 2 3 4 5 $^\circ$;

斜向北东倾伏，断面上的运动线方向随之改变，从而出现斜冲的特征（图7 a）。在后期构造再次活动时，该断层转化为剪性，这一特点在岩组分析中显示得很明显，在大圆上沿S面两端出现两部分对称的极密部，而共轭的另一组北西向断裂也反映出类似特点（图7 b）。由上可见，先后构造活动所反映的组构特征不同，表明成矿构造在发展过程中力学性质的转化。

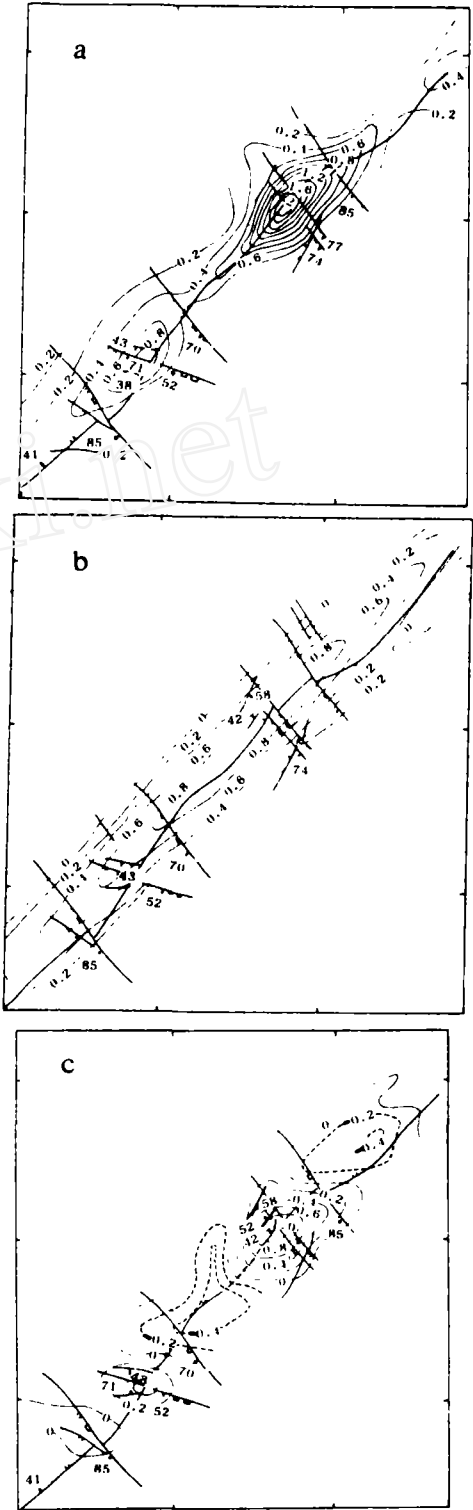
我们在研究北塔山矿田时，其中北西走向的成矿断裂最初为右旋剪性，后来表现为左旋张剪性，断裂的发生发展过程被岩组分析充分证实。对其他压性、压剪性断裂岩组分析中，在糜棱岩组构图上反映了B构造岩特征，石英光轴组成反映在与劈理或断层面近于垂直的环带构造上，环带有两个极密部分布在断面S两侧，是介于随机定向对称组构或不对称组构中间的过渡型组构。从环带构造分析，表明在碎裂流动中，碎斑顺平行于断面的微剪切面（劈理）发生过滚动或流动，这同样可引起某种定向排列。

总之，通过显微构造和组构分析，可以帮助我们判别构造应力的方式、方向；并通过位错密度与应力大小的关系力图解决岩石变形时所受应力的性质（差异应力或流动应力）；深入地认识在构造应力作用下的矿物变形机制。根据宏观及微观的研究，就热液矿床而言，其成矿构造一般是在地壳浅部、低温、低围压（脆性变形为主）、高中差应力、中等应变率的条件下形成的。根据上覆岩层厚度及压力的测定，计算其形成深度多在二公里上下或更浅，围压多在2千巴以下，温度约低于200℃。

成矿断裂常是导矿构造，也是储矿构造，它们控制着矿床或矿体的产出。

控矿构造的趋势面分析

在研究导矿构造、储矿构造和矿液运移问题时，综合运用地质构造、地球化学、热力学（温度、压力）、围岩蚀变等方法，已取得良好效果。为了深入研究这一课题，我们将数学、地球化学和构造三者结合在一起，运用趋势面分析法作进一步探讨。



矿体是一个特殊的地质体，它代表了矿化作用较富集的部分，是受各种因素制约的。由于在已圈定的矿体中矿化的不均匀性，在品位上就表现出明显的差异，其中较高的含量值往往与一定的构造有关。因此，运用趋势面分析探讨矿化变化特点和规律，将有助于确定具体的控矿构造。

由于趋势面分析的原始观测值（元素含量）可相应地分解为区域分量（趋势值）和局部分量（剩余值），造成区域分量的一般是区域因素，造成局部分量的一般是局部因素即特殊因素。显然，成矿构造因素往往是在局部分量中体现出来的。

下面分析两个简单的实例。对松树山矿床含铜量进行趋势面分析，其原始观测值是根据定距离前后均值方法进行初步处理的化学分析数据。在原始观测值等值线图（图8a）上，可见沿北北东向断裂带展布的矿体出现两个膨大区，其长轴与断裂走向一致。经电算处理后，以四次趋势面的拟合程度最佳，其趋势面图呈北北东向延伸的封闭曲线线性展布（图8b）。四次剩余值图（图8c）的图形与原始观测值等值线图有某些相似，在整体上仍呈北北东向，但每一封闭曲线长轴又

呈现北北东、北北西或北西西方向。显然，这是受北北东向主干断裂和次一级其他方向断裂的复合控制和影响所引起的。

不同中段含铜量趋势面分析表明，它们的共同特点是图中曲线都呈强烈的北北东向。这就进一步证实了北北东向主干断裂是最主要的控矿构造，矿液主要沿此断裂上升运移和沉淀。在剩余值图中表现了矿化多方向分布的特点，反映出它们是受次一级成矿断裂控制的。主干断裂与次一级构造的交汇处，常常是局部矿化富集的部位。

在玢岩铁矿床中，林新多等人利用 V_2O_5/TFe 比值滑动平均法作趋势面分析。图9a是滑动平均趋势值等值线图。高趋势值的形态表明，控矿构造主要是北北东向（压性）断裂，次为北西向（横向张性）断裂，它们是矿液上升活动的中心地带。在剩余值图（图9b）上反映出多方向的正剩余值等值线圈闭，它们是北西西、北东（两组共轭剪裂）及北北东向次一级控矿构造的反映。图9c是由趋势值及剩余值圈定的断裂与矿体厚度及岩体分布的关系。明显可见，矿体产于岩体范围内，并呈北北东向展布。主干断裂主

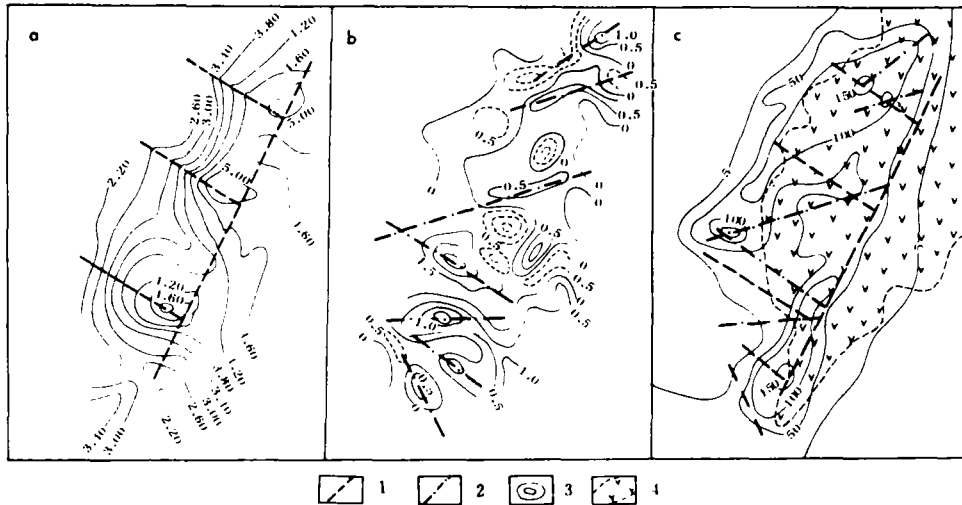


图9 V_2O_5/TFe 滑动平均趋势值等值线图（a），剩余值等值线图（b），由趋势值及剩余值圈定之断裂与矿体厚度及岩体分布关系图（c）
（据林新多等）

1—由趋势值等值线所圈定的断裂；2—由剩余值等值线所圈定的断裂；
3—矿体等厚线；4—辉长闪长玢岩及其基岩界线

要起导矿作用，而次一级断裂则是良好的储矿构造，特别是各向断裂交汇部位乃是矿化富集的最好场所，如图所示，厚度最大的矿体全部都产于这样的交汇地段。

有限单元分析

构造模拟实验可分为物理模拟和数学模拟两类。利用泥料、石蜡、脆性材料（岩石等）及明

胶（光弹性）等进行物理模拟的工作较多。这里举例阐述有限单元法数学模拟问题。铜官山矿田受北北东向倾伏背斜（印支期）及其走向断裂的控制，一系列金属矿床均产于背斜西北翼石英闪长岩岩体（燕山期）周围的接触带。因此，实验模型可以接触带为理想边界，并以岩体周边的四条断裂为限。在实验范围内，根据岩性划分了382个单元。供计算使用的岩石力学参数见表1。

表1 各类岩（矿）石部分岩石力学参数一览表

岩石类型	石英闪长岩	夕卡岩	磁铁矿	大理岩	角岩	石英砂岩
弹性模量 (E) ($\times 10^4$ kg/cm ²)	74.5	77.0	86.8	65.667	89.67	19.67
泊桑比 (μ)	0.252	0.242	0.25	0.24	0.255	0.13

为了加力的方便，把实验模型的地理正北向东转40°，使320°方位与Y轴一致。根据燕山晚期构造的外力作用方式，施加一对南北向逆时针的力偶作用，相当于在北西西—南东东方向给以挤压。于是，在模型边界的受力点施加Y方向的压力作用力，其大小按10 nkg/单位长计算（取 $n = 1$ ）。

$$F_{my} = 1/2 (\overline{m_x} \overline{m_y}) \times 10 \text{ nkg/单位长}$$

$$F_{mx} = F_{my} \cdot \tan 25^\circ$$

式中 m —受力节点号； F_{mx} — m 点 x 方向的作用力；

F_m — m 点 y 方向的作用力； $\overline{m_x}$ —与 m 相邻两节点的间距。

实验保证了合力方向为北西西—南东东向，又保证了实验模型受到的外力是均匀分布的。

在上述边界条件和外力作用下进行的有限单元分析，经电算处理后，得到主应力轨迹线（图10a），反映了燕山晚期的应力分布状况。同时又可勾出主应力差等值线图（图10b）。将图中等值线的分布形态特征与实际地质情况进行对比，可以看出：

1. 主应力差等值线较高值主要分布在模型下边及上面左右两端，与矿床所在位置十分一致。
2. 在等值线展布方向上，右下角为北北东向，下部中间及左下角为北东东向，左上角为北北西及近南北向。
3. 围绕模型的边界（岩体接触带）断续分布较稀疏等值线（上部中间区段）及低等值线（下部中间区段）。
4. 主应力差等值线展布的方向与所处部位断

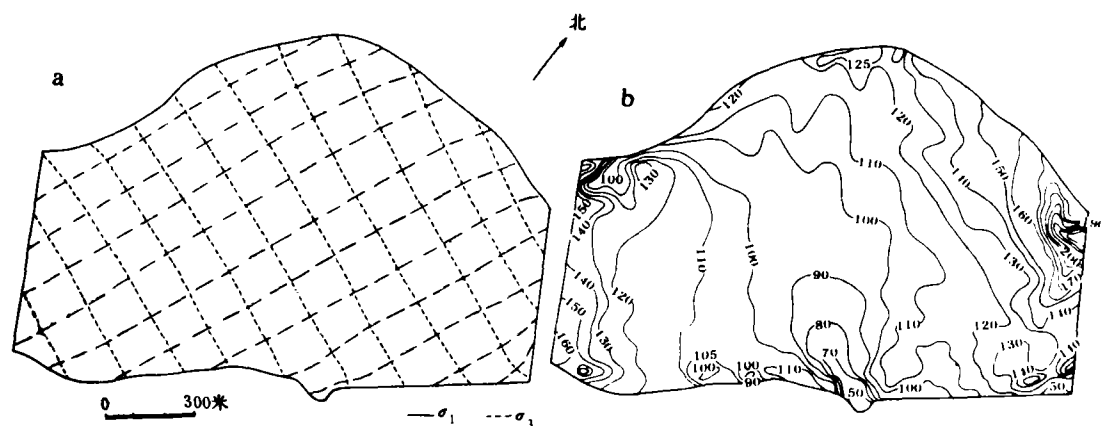


图10 有限单元法模拟的燕山晚期主应力轨迹线 (a) 和主应力差等值线图 (b)

裂方向基本一致。这种吻合的特点可用库伦—莫尔强度理论解释。在实验条件相似的情况下,选择一个合适的 n 值(即把外力扩大适当的 n 倍),外力作用的结果就可以达到这样一种临界值,能满足:

$$\tau_{\max} = 1/2 (\sigma_3 - \sigma_1) = \kappa$$

式中 $\tau_{\max}$ —最大剪应力;
 $\sigma_3 - \sigma_1$ —主应力差,即图10b 中等值线;
 κ —岩石的剪切破裂强度极限。

于是,破裂首先在强度极限较小,而在实验模型中获得较大的主应力差值的岩(矿)石中发生(表2)。特别是它们之间的界面附近,更易于产生破裂,于是破裂展布的方向就可能与主应力差等值线的展布方向相一致。

5.主应力差等值线的展布形态与所处部位矿体延展特征基本一致。
通过数学模拟和地质研究认为,矿田内形变破裂是在原有的构造格架基础上经过燕山晚期构

实验模型内各类岩(矿)石与石英闪长岩的主应力差及破裂强度比值一览表 表2

类 别	石英闪长岩	磁铁矿	夕卡岩	大理岩	角 岩
实际主应力差比值	1	1.1	1.22	1.22 ±	1.1 ±
破裂强度极限比值	1	0.453	0.29	0.316	0.96

造应力场的作用形成的。它有两种表现形式:一是具燕山晚期自身构造的展布特征;二是利用改造了原来接触带。这两种断裂对矿液活动都起着导矿和储矿作用,它们是成矿的重要控制因素之一。
此项工作得到李东旭副教授和有关方面的支持帮助, 谨此致谢。

主要参考文献

[1] 曾庆丰等, 1981, 矿田构造与成矿, 地质出版社。
[2] 曾庆丰, 1981, 科学通报, No. 3
[3] 曾庆丰, 1975, 地质科学, No. 4

[4] 地质力学研究所, 1977, 岩组分析方法文集, 地质出版社
[5] 林新多等, 1981, 同 [1]。
[6] 罗焕炎, 1978, 国外地质, No. 9
[7] 刘承祚, 孙惠文, 1981, 数学地质基本方法及应用, 地质出版社
[8] 田桂珍, 1981年, 数学地质与方法, 煤炭工业出版社
[9] Fairbairn H.W., 1981, Structural Petrology of Deformed Rock (岩组学), 地质出版社
[10] Лускин Л. И., 1965, Микроструктурный анализ, ИЛ, «Наука»

浙江两个成因系列花岗岩类之划分与成矿的关系

方大钧 蔡蕙兰

笔者在徐克勤教授等对华南两个成因系列花岗岩类划分的基础上, 根据浙江省的实际资料, 比较了丽水—上虞断裂带西侧陆壳改造型和东侧地壳同熔型两种成因系列花岗岩类的岩石化学、地球化学、矿物学、岩体地质等的特征及其成矿规律; 论证了丽水—上虞断裂带两侧两类成因系列花岗岩类的主要差异。

浙江花岗岩类的时代的分布特征

花岗岩类岩石在浙江省分布颇为广泛。根据区域构造运动特征、岩体与地层的接触关系、同位素年龄数据, 并结合岩石学、岩石化学、地球化学等资料的综合对比, 将该省侵入岩划分为雪峰期、加里东期、印支期、燕山早期及晚期五个

