

热成构造及其成矿初探

李如意

(长沙有色金属学校)

指出了现代地质构造分析中存在的缺陷,通过对实际地质现象的认识和对产生地质构造原动力问题的分析,提出了热成构造这一观点和热功力应力场的概念。构造与矿体之间不仅是控制与分布的关系,更重要的是生成或成生成因的关系,成矿物质、构造成矿动力和成矿环境三者统一于同一系统中。

关键词: 构造分析; 热成构造; 热功力应力场

现代地质构造分析是建立在固体变形等理论基础上的。它通过在实验室中模拟,对岩石进行受力试验,然后与地质条件下的变形对比,进而分析地质构造现象。显然,这两者之间是存在着相当大的差距的。为使地质构造分析的理论与实际更符合一些,笔者就地质构造的成因,以及构造与成矿的关系,谈谈自己的一些认识,以期共同探讨。

现代构造分析理论的缺陷

现代地质构造分析的理论,对推动地质学的发展起过重要作用。但由于人们对地质构造运动的原因尚不够了解,因而现代构造分析理论还存在着某些缺陷。

1. 地球是一个整体,其上的每一个点(体、面)都受其周围各点(体、面)的制约。各种构造现象的产生也毫无疑问地受其周围环境的制约。因此,研究地质构造要有整体观念。而在现代地质构造分析中,人们常借助于一个小的模型进行模拟,由于脱离四周环境,势必产生片面性。以此来对比地质构造现象,解释其产生的原因,难免得出与实际不符的结论。

2. 现代地质构造分析,往往不是从立体概念出发研究地质构造产生的机理,而是片面强调水平运动或垂直运动的主导作用。

3. 人们经常利用“应变椭球体”、“应力椭球体”和“摩尔圆”来分析断裂的成因、力学性质及其分布规律,这也是欠妥的。研究证明,用平行

四边形法则分析应力和应变,是违背传统的力学原理的;理论上不存在“剪切应力”,因而也就不存在“剪切断裂”。

4. 理论上的断裂分析和分类,仅大致相似于断裂中部的局部部位,往往不适用于断裂的整体。因为自然界中的断裂绝大部分是头、尾相并,又与基岩相连的。

5. 关于褶皱的形成机理,则过分地强调了全球性的构造应力作用,而局部因素却很少考虑。事实上,局部作用应力是直接产生褶皱的重要原因。

鉴于上述,本文提出“热成构造”这一不成熟的观点,企图从立体的角度,重新认识构造现象及其形成机理,以开阔人们的思路。

热成构造

所谓热成构造,系指地壳中在热地质事件的影响下产生的一切构造现象。热能作用是产生各种地质构造的直接原因。它使岩石由刚性变为塑性,产生热功力场,导致塑性岩层发生弯曲和断裂等。

热能的来源包括:地幔对流热;放射性蜕变能;岩石的分子、原子、离子结晶能和化学能等。这些热能不断运动并转化汇聚,最终能量释放而形成各种构造。

热成构造的成生过程可大致分四个阶段:(1)热能聚集:不同来源的热能在岩层下或局部岩石中汇聚,因岩层受热而使地下水、岩石中的结晶水、结构水以及某些物质汽化;随着温度的增高,热能

也不断增加。(2)热能做功:热能增加到一定程度,岩石便发生塑性变形(弯曲和隆起等),并由此而派生出水平的或倾伏的热功力应力场。(3)热能消耗:褶皱和断裂、裂隙产生后,形成一个与地表相通的环境,在地表冷流的作用下,热能向地表扩散,使岩层发生冷凝和收缩,热能被消耗;(4)应力平衡:一系列地质构造的产生,打破了局部地壳的均衡,为保持其平衡,必然发生局部应力调整,从而又产生了一系列断裂、裂隙构造。

(一)热成褶皱 在地球的三个构造单元中,地槽区褶皱强烈,断裂发育,岩浆活动频繁;地台区构造变动微弱,褶皱呈宽缓的穹窿、短轴向斜和背斜,岩浆活动不发育,局部有小型侵入体和岩浆岩出露;地洼区构造变动强烈,以褶皱和断块为主,岩浆活动较频繁。不难看出,凡是褶皱构造发育的地区,岩浆活动也强烈和复杂,表明褶皱的形

成与热事件关系密切。

构造组成与物理状态的非均匀性,是地球内部的基本特征。这个特征导致了地热能的非均匀性。

某些地带由于热能的聚集而形成地热异常区域。由图1、图2可见,放射性蜕变所产生的热能是很大的,加上其他来源的热能,形成地热异常是完全可能的。一部分地热使地幔或地壳局部物质熔离并形成岩浆,另一部分则被上覆岩层吸收,使其呈现出塑性,其中的水份和某些物质被熔融和汽化。由于热汽作用而产生的热功力应力场,使塑性岩层互相挤压而变形。由于岩层下部聚集的汽液数量不等,温度也不一样,因而岩层下部实际上是一个参差不齐的底面(图3)。正是这种不平整面,致使各部位的应力大小和方向也不同。热功力应力表现为水平方向、倾斜方向或垂直方向的压力,因而

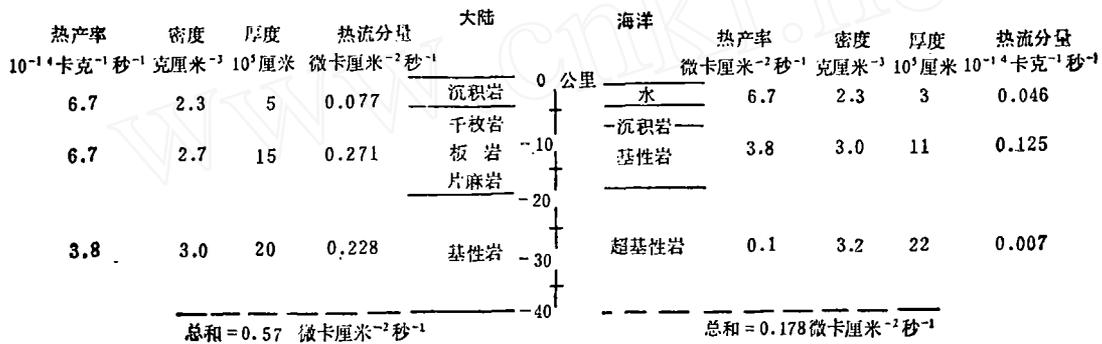


图1 大陆及大洋地壳中的放射热产率

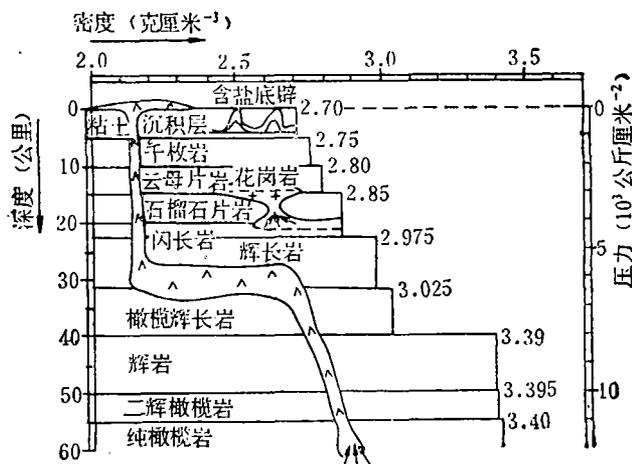


图2 大陆地壳的构造

岩层各个方向的变形程度也不一致，导致褶皱的复杂性和不平衡性。热功力应力的方向性，导致了褶皱走向的方向性。

复式向斜和背斜的形成，则是在热能作用下形成整体褶皱后，由于上部岩层在冷却过程中与地表相通，散热和冷却条件较好，因而易于刚化成形；下部岩层因有上部“屏蔽”，散热差，其塑性状态保持时间更长，继续变形可形成次一级的褶皱。

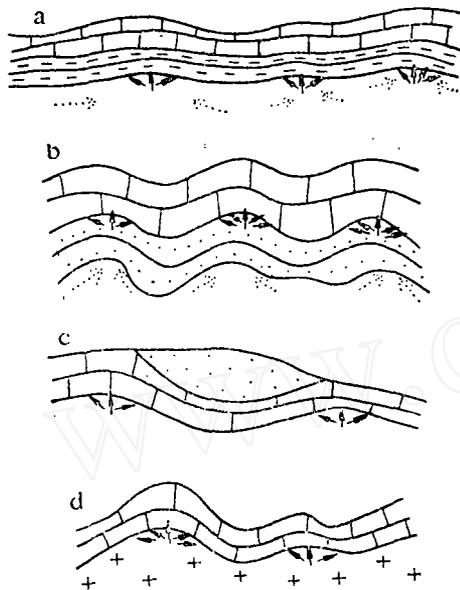


图3 岩层底面不平整的原因及热流和热功力应力方向

a—沉积基底的起伏引起沉积层底部的不平整；
b—高导热率的岩层首先变形，局部膨胀上顶，引起上部岩层变形；c—差异性负荷的长期作用，造成下部岩层变形；d—岩浆岩重熔上隆，造成上部岩层变形

褶皱按其热成因可分为汽成褶皱和柔流褶皱两类。

前者系指由热能而产生的汽液作用于塑性岩层而形成的褶皱。由于汽液作用集中，作用的空间集中，作用时间也相对集中，热功力应力场的总体方向是垂直方向，因而常表现为穹窿和短轴背斜、向斜。火山活动区和岩浆侵入区是汽成褶皱的典型例证。

后者是岩层在塑性条件下，由于底部岩浆的顶托和不同方向热功力应力、重力的作用而形成的褶

皱。一般的褶皱均属此类。

由于这种作用的时间长、空间广、方式多样，因而所形成的褶皱形态多样，规模不等，产状各异。热能的能量大，往往形成紧闭褶皱、倒转褶皱、平卧褶皱、扇形褶皱等复杂褶皱；热能的能量稍小，则形成诸如宽缓褶皱之类的简单褶皱。

(二) 热成断裂 野外观察表明，除了象崩塌和滑坡这两种断裂是脱离原岩而外，一般断裂均未脱离原岩，即断裂两盘有头有尾，头、尾与原岩相连合为一体。这种断裂，按照现代构造力学观点是无法解释的。因为断裂的两盘断块不会出现模型所显示的相互错动情况，因而也就无所谓正断层、逆断层、平移断层之分。另外，实际存在的断裂面多呈锯齿状，所谓剪切裂隙实际上或许是不存在的。

笔者认为，除了象崩塌、滑坡这两种断裂外，其余的断裂都是热能作用的结果，即热成的。

在褶皱形成的同时，由热能所产生的汽液有时可冲破岩层而形成断裂，使局部地层受力的不平衡性增大，从而沿某些方向产生一系列次级断裂。

岩层发生褶皱后，热能不断消耗，岩层逐渐刚性化。与此同时，褶皱的转折端及两翼的某些部位则处于相对的拉张状态。为克服这种张应变，随着热能不断消耗，岩层内各质点的缩聚力相应增大。当缩聚力超过两缩聚集团边界上两相邻质点的结合力时，这种结合力将被抵消，从而使岩层发生断裂。

各种岩石内部质点的缩聚方式因其物质成分不同而各异，因此所产生的断裂的规模、形状和产状等也就不同。

沿断裂面，断裂两侧常见相互位移的现象，这是由于在断裂张开后，岩石的热功力应力场尚未消失，为平衡由断裂而产生的应力不均继续作用于岩层。同时，在岩石由塑性变为刚性的过程中，岩层分子之间的冷凝聚集，正是断裂两盘的这种应力差和分子聚缩的能位差不同（图4），造成了两盘相对的位移效应；断裂越大，热功力应力差也越大，作用于断层两盘的应力就越不平衡。大断裂横跨的地层岩性差别大，其分子缩聚的能位差也越大，因而位移效应也就越大。

另外，在断裂形成之后，热能所形成的汽液进入断裂带，并侵蚀着断裂两盘的岩石，产生溶蚀等现象，形成各种充填物。汽液来回迁移，使断裂中的物质发生搓磨，形成断层泥和断层角砾等。同

时，断裂两盘在发生位移时，由于两壁粗糙不平以及走向、倾向的变化，也会相互摩擦而产生擦痕。

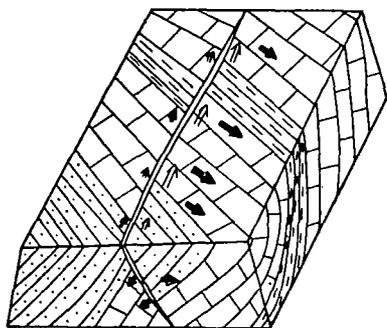


图 4 示断层两盘冷缩方向及冷凝程度的差异性

(剪头示收缩力的方向及大小)

说明，在断裂形成过程中，不同的岩性引起冷凝收缩力的差异，加上热应力的作用，产生了位移效应。同时，断裂上、下盘所处的热力状态不同，上盘比下盘散热快，当上盘冷缩到一定程度，下盘可能仍处于热状态。由于上盘的重压作用，使下盘的冷缩量也就小于上盘。另外，在断裂的走向方向上，各处所处的热应力状态也有所不同，在局部应力差的驱动下，也可能产生扭曲的效应。

在主断裂形成过程中，由于冷凝收缩和热功力应力作用，可派生出次一级的断裂。这是因为主断裂近侧的岩石比远侧岩石散热快，热应力大，以及应力和能位的差异造成的(图5)。

(三) 热成构造与成矿 在现代地质构造分析中，人们只注重构造形成时间、分布规律、分期配套，以及构造本身的性质的研究，而对构造与矿体的关系，只认为是控制关系。热成构造观点则认为，构造与矿体不仅是控制与分布的关系，更重的是生成或成因关系。成矿物质是成矿的内因，构造则是成矿的外部条件，二者是紧密相连的。成矿物

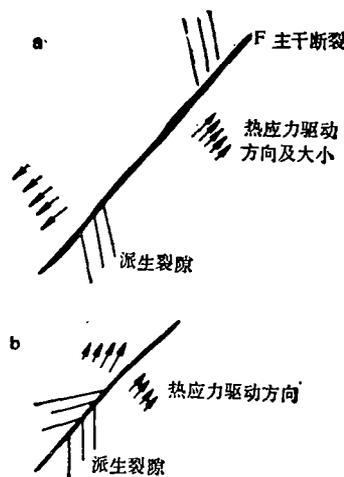


图 5 派生裂隙的生成方式

a—两盘的热应力方向不同；b—两盘的热应力方向相同

质、构造成矿动力和成矿环境三者统一于同一个系统之中。

构造形成的开始阶段，是岩层底部热能的聚集过程。底部岩石在热能作用下发生熔融、分异，形成岩浆，并伴随发生相变和形变。在相变和应变阶段，体变分量的应力干扰使岩石、矿物的基本单元——晶体及其晶格中的原子、离子能量发生变化。它们摆脱晶体场的束缚而活化。在岩浆热能的驱动下，形成汽液和熔融体。在热功力应力场的驱动下，它们充填于褶皱的虚脱部位或是沿断裂上升，并发生物质调整和分异，最终形成汽液矿床和脉状矿床。

由于热液的作用和影响程度对于不同岩性的岩层是不同的，其中元素的活化迁移能力也不一致。在热能和热功力应力的作用下，易活化的元素迁移、调整，并不断富化，最终形成层控矿床。

Thermogenerated Structure and Its Minerogenesis: A Superficial View

Li Ruyi

It should be pointed out that present analysis on geological structure has some shortcomings. Based upon the understanding of the real geological phenomena and the analysis of primary power for building up the geological structure, the author advances a viewpoint on 'thermogenerated structure' and an idea of tectonic thermal stress field. The relationship between a structure and ore bodies manifests itself not merely in ore control and ore body distribution and more importantly in their forming and origins. Ore-forming material, tectonic motive force for metallogenesis and minerogenic environment should be unified into a single system.