

断裂叠加—复合接触带 及其对充填热液矿床成矿的控制作用

孙希贤 易顺华 曾佐勋

(武汉地质学院地质力学教研室)

由断裂叠加在原始接触带之上而形成的断裂叠加—复合接触带,是侵入接触构造体系三大组成部分之重要的一环,是侵入岩体与围岩之间多种接触构造类型中较常见、且最具独特性的控矿接触构造之一。据作者多年工作所及和近年来有关文献资料报道来看,这种复合类型的接触带,通常既是具有复杂的力学性质和多期活动历史的构造破碎带,同时也往往是热液活动、矿液运移、甚至直接成为矿体赋存的空间场所。因此,研究此一类型接触带的发育特征,讨论其发生、发展的条件与变形的力学机理,以及探索或总结产生在其间之矿体的赋存特点乃至赋存规律,是当前矿田构造学研究的重要课题,其理论意义和实际意义似乎是不言而喻的。

一、断裂叠加复合接触带发育的构造特征

断裂叠加复合接触带通常发育在侵入岩体的边缘,但整个环绕岩体周边连续见存的情况甚少,而局限在某些地段出现者则居多。它们大致平行于原始接触带产出,与原始接触带的平面或空间形态有关,常具波状起伏的特点,然而又并不一定与之尽相吻合。在原始接触带局部显著之内凹和外凸地段,断裂叠加复合接触带常分别发育在岩体的外侧及其内侧,即前者穿过围岩而伸延,后者则切割岩体而延伸。

断裂叠加复合接触带的倾向与原始侵入接触的具体方式在成生上有继承性的联系。若原为超复关系者,易形成向内倾斜的断裂叠加复合接触带;若原为整合关系者,则易形成向外倾斜的断裂叠加复合接触带。诸如河北锁会、安徽铜陵、湖南桃林以及湖北张福山和余华寺等地均有见及。但无论它们是内倾或外倾,其倾角为 45° 左右的情况较多见。

断裂叠加复合接触带在宏观上表征为显而易见的构造破碎带,其出露宽度、下延深度常与它发育的长度及断面倾角的大小有关。例如湖南桃林铅锌矿区之桃林断裂带,地表实际长度为13km,破碎带宽度一般为5~20m;局部可达100m有余,倾角大于 45° ,其下延深度目前占孔控制到700m,尚未见其有消失的趋势。

构造破碎带通常由顶、底两大主断面所夹持,其间可包括数个与主断面或呈平行、或与之斜交的次级断裂,以及若干劈理、节理等破裂型的构造形迹。它们或为主断裂的派生构造,或系与主断裂相伴而生的构造遗迹。

构成断裂叠加复合接触带的构造岩,常包括糜棱岩、碎裂岩、绢云母绿泥石片岩、磨

砾岩、断层泥以及复式构造角砾岩和角砾岩化构造岩等断裂岩石。然而最常见的是糜棱岩、碎裂岩及复式构造角砾岩和角砾岩化构造岩。它们在断裂叠加复合接触带内的产出状态具有多种组合形式，在横向、纵向及垂向等三度空间均表现有分带发育的特点。它们的物质成分一般见有两至三大类，即岩体、围岩以及可能出现的蚀变岩石的破碎物。

断裂叠加复合接触带内发育的糜棱岩和碎裂岩，一般具有较好的连续完整特性。在主断面不见存或其标志不甚清晰的地段，代之出现的糜棱岩化或碎裂岩化的现象，则经常是构成判定断裂叠加复合接触带应该从该区段通过的有力构造依据。注意到这一点是十分重要的，因为这一现象揭示了断裂叠加复合接触带的主断面，往往是叠加在糜棱岩化及碎裂岩化或已形成糜棱岩、碎裂岩的岩石的基础上而产生的——早期具有压性或压扭性力学性质的构造破碎带。

本文所述的复式构造角砾岩和角砾岩化构造岩，系在先存构造岩的基础上被再度构造破碎的产物，二者的主要区别在于：前者具显见的成分不一的构造角砾，且大小混杂；后者则由极度发育的节理将先存构造岩割裂为大小不等的碎块，无显著位移能辨，而且常被晚期脉体在其裂缝中填充，实属构造强化的产物。

复式构造角砾岩和角砾岩化构造岩，在整个断裂叠加复合接触带中的空间形态及发育程度，均不同于前述之糜棱岩和碎裂岩，突出表现在它们具有非连续性的局部化特点。这种不连续性反映至平面或剖面上有两种情况，其一为尖灭侧现式地断续产出，其二为尖灭再现式地间断出现。若就空间形态并组合关系而言，则实见有串珠状以及前侧列、后侧列等形式可论。

毫无疑问，复式构造角砾岩和角砾岩化构造岩所具有的岩石特征及其在空间的发育特点，说明了它们是断裂叠加复合接触带内局部地段引张作用的产物，是断裂叠加复合接触带后期继承性活动的结果。

二、断裂叠加复合接触带内热液活动及矿化的特点并矿质的富集

(一) 断裂叠加复合接触带内热液活动的特点

活动在断裂叠加复合接触带内的热水溶液，一般具有充填与交代两种方式，但比较而言，前者占有主导地位。

断裂叠加复合接触带内热液蚀变的种类甚多，可尽括高、中、低温热液充填型矿床所隶属的蚀变类别，但无论何种类型乃至组合，它们的空间发育范围均具有局部化的现象，其局部化的特征有如前述复式构造角砾岩在断裂叠加复合接触带内所具有的局部产出特点。

多阶段的频繁活动或脉动，是断裂叠加复合接触带内热液活动所具有的最为显著的特征，该特征通过蚀变的岩石、矿物和矿化以及它们之间的相互叠加来反映。在一个矿床内，这种反复叠加的现象通常可达十余次，甚至更多。因此，在现场调查过程中欲准确查明其始末期次的多寡，则实属具有较大难度的问题。

显然，多期热液活动的这一特性，与断裂叠加复合接触带的继承性及继发式的“复

活”有关,其活动的方式,可借鉴于构造地震现象历史性的迭次触发。

(二) 断裂叠加复合接触带内矿化的特点及矿质的富集

断裂叠加复合接触带内的矿化现象,具有迭加在早期蚀变岩石的基础上而发生,且总是为晚期蚀变岩石所重新迭加的特点。

主要以充填方式成矿的本类矿床,其含矿热液籍以填充的场所,除次级断裂、节理、劈理等构造形迹之外,尚包括有非构造成因的层间裂隙。为此,本类矿床之矿质的沉淀或矿石的汇集,往往呈单脉、复脉以及网脉等形式产出。

本类矿床之单一的矿脉,具有直线、折线或不规则状等多种具体形状,其空间的产状十分复杂,常不能以某几个方向尽所包括,且它们的规模大小不一,所表征的力学性质不同,形成的时间亦有先后之分。具有上述特征的若干单一矿脉,在断裂叠加复合接触带内,常彼此交织在一起,在平面、剖面上构成网状,在空间上则构成网络状的形体。显然,这一网络状形体所圈定的空间形态,才是该类矿床之总的矿体的形态。

宏观断裂叠加复合接触带内之矿体,其产出状况具有显著的局部化的特点。它们所占据的空间都不会超出热液蚀变所波及的最大范围;而且一般不跨越复式构造角砾岩和角砾岩化构造岩所发育的地段。它们在断裂叠加复合接触带内的赋存状态,也同热液蚀变和角砾岩的发育特点一样,在平面和剖面上具有尖灭侧现或尖灭再现式的组合方式,从空间上看则具有串珠状或前侧列、后侧列等形态。

三、断裂叠加复合接触带产生的条件、发展的过程及其变形的力学机理

(一) 断裂叠加复合接触带产生的条件

由于断裂叠加复合接触带是通过断裂叠加在原始接触带的基础上而形成的构造破碎带,因此,如果没有岩体的入侵和原始接触带的形成,也就没有断裂叠加复合接触带可言。

为断裂所叠加的原始接触带,通常是晚期岩浆及热液活动的主要通道和场所,并且也是构造变形的软弱地带。显然,在继之而起的构造变动作用下,沿袭此软弱带而产生破裂型构造形迹的可能性是不难设想的。这些就是断裂叠加复合接触带产生的基本的并且是概略性的条件。

这里所谓的“概略”,意指上述各条虽为断裂叠加复合接触带形成的必要的先决条件,但尚不是它因此就能产生的全面的充要条件。其实,断裂叠加复合接触带能否产生,以及可能在原始接触带的那些部位或地段产生,还应与侵入岩体的规模大小、形态产状;原始接触带的空间接触关系、接触面倾角的陡缓;以及外力作用的方式、方向……等诸多具体因素相关。关于这些,我们已作了详细介绍^①。这里只梗概提及而勿需重述。

(二) 早期压(扭)性性质形成的原因

追究断裂叠加复合接触带常常呈现早期压性或压扭性力学性质的原因,似乎应溯源于

① 《中国区域地质》第14辑。

促使控岩构造生成的区域性地质背景和区域构造应力场,以及岩体侵入就位后所构成的边界条件。一般认为,褶皱、迭加褶皱是最主要的控岩构造,褶皱或迭加褶皱的虚脱部位是构造应力的引张空间。

我们认为:岩体侵入所占据的褶皱虚脱部位,仅仅是在没有岩体侵入占据的情况下,才表现为不容置疑的引张空间,而当岩体侵入就位后,由于它与周围介质一并构成为统一的变形体,从而改变了其先前所处的应力状态,并重新受到区域挤压应力的再度作用——如果说区域构造变动并不是以岩浆活动而宣告全面结束的话。

显然,由于岩体的侵入而构成了新的变形边界条件,在区域应力作用方式不变的情况下,在围绕岩体的围岩里或直接在岩体边部的有限范围内,都有可能出现一系列压性或压扭性的构造形迹。

循此思路,我们进行了有关模拟实验,实验所采用的力学模型,是受单向挤压并具有圆孔的大平板。圆孔已被不同于平板材料的另一种物质所充填,并与平板之间不存在间断面,用以代表围岩、岩体及其原始接触情况。以 E_1 代表岩体的弹性模量, E_2 代表围岩的弹性模量,模型材料的选择以满足 $E_1 > E_2$ 。实验采用的方式分别为泥料模拟和光弹实验两种。

泥料模拟实验所反映的变形情况比较直观。我们知道,在区域单向挤压作用下,若无岩体存在,压性结构面则一般应垂直于区域挤压方向。有了岩体这一新的边界条件(对围岩而言)后,压性结构面并不是直接从岩体中贯穿通过,而是沿接触带绕道而行。这样,就形成了断裂叠加复合接触带早期呈压性、压扭性的特征。从实验过程中观察到,接触面与区域挤压方向呈近乎垂直的局部或有限地段,主要表现为强烈挤压,且沿接触带发生逆冲的构造形迹(设计的接触面为外倾)。而在有一定交角的大片地段,则突出呈现压扭性并具雁行状排列的构造形迹。

当区域构造应力对岩体的外缘施以作用时,如果岩体的中心尚未完全冷凝或彼时正在扩展,那么处在岩体的边缘,此刻正在形成的断裂叠加复合接触带,就有可能既受到区域的不完全围限的压力,同时也受到岩体内部由内而外的动力作用。显然,在如此的内、外夹击的动力作用下,更利于发育初始的断裂叠加复合接触带,形成表征为早期压性或压扭性的构造破碎带。我们通过光弹实验,获得了这种情况的主应力迹线图。

(三) 导致断裂叠加复合接触带产生多期活动性质的变形力学机理

关于断裂叠加复合接触带多期活动的控制机理,我们认为有三种可能的方式应该被一并加以考虑:其一为某一构造体系对另一构造体系的复合;其二为同一构造体系中不同构造成分的利用或改造,以及同一构造形迹内不同阶段的序次转化;其三即为“构造复活”。对于众所熟知的前两种复合方式,此处不予介绍。通过热液脉动性所反映的颤动式控矿裂隙的活动——构造复活,则是我们讨论的重点内容。

构造裂隙“颤动式”活动的变形力学机理,可能与构造应力的累积、释放并岩石的破坏相关。现代地球物理及近代构造地震的研究资料表明,累积至一定量值的构造应力,可以在某一地区内通过岩石的破坏而局部地、暂时地被解脱或释放;一度局部和暂时地被释放了的应力,伴随着时间的推移,不久之后又会在总体上并不改变的大区域构造应力场的调整作用下;被再度或重新得到累积。显然,如此地数度循环与反复,就必将导致某些构

造裂隙的多次“复活”。

(四) 断裂叠加复合接触带内局部容矿构造空间的形成

“复合”与“复活”都有可能导导致断裂叠加复合接触带产生多期活动, 但到底那种机制更能控制局部容矿构造空间的形成呢?

不难设想, 在通常所谓复合机理的控制作用下, 如果后期叠加的断裂表征为张性的改造, 那么其结果势必将在断裂叠加复合接触带的全线, 都能发现张性活动的构造踪迹。不待言, 如果是这样的话, 其必然具有整体的开放性的特点, 且显然具有硕大无朋的张裂空间, 然而, 整体的开放性以及硕大天崩的张裂空间, 均不可能是含矿热液沉积的有利场所, 也不利于有限的成矿物质的沉淀与富集。

另外, 由于“复合”的次数受控于构造变动次数的限制, 而不能与“脉动”热液所反映的该类断裂的频繁“颤动”相吻合。因此, “复合”的机理难于制约断裂叠加复合接触带内局部容矿空间的形成。

在“复活”机理的控制下, 断裂叠加复合接触带的多期活动, 常以继发性或继承性地活动为特点, 其外力作用的方式与方向始终如一。如果进一步的活动是早期压扭作用的继续, 假定断裂叠加复合接触带的走向有变化, 并且早期构造岩偏向于脆性变形的话, 那么在其走向具有急剧弯折的那些地方, 就会形成局部的高压应力地段。由于局部高压的结果, 必将导致在相应地段业已见存的早期构造岩中, 产生比其它地段(相对而言)其频度和强度均较高的不同力学性质的大量节理或次级断裂, 从而将这些地段内的先存构造岩切割为角砾岩化构造岩, 甚致形成为复式构造角砾岩。

已经角砾岩化了的的地段, 因存有大量纵横交错的裂隙, 从而具备了释放再度作用的构造应力的能力。故在又一次构造活动的过程中, 它就不再呈现为局部高压区段, 而转化为新的局部低压区间。显然, 如果在这一过程中伴有含矿热液的活动, 那么, 其活动的热液则可能趋向运移至这些区段填充或沉积。

其实, 如果断裂叠加复合接触带的走向变化不大, 而且被叠加的原始接触带具有显著凸凹不平的平面形象, 那么, 在岩体凸出的某一侧或凹入的某一面, 也有可能出现诸如上述的局部容矿空间。当然, 如果断裂叠加复合接触带急剧转弯处, 又正好是叠加在原始接触带的显著凸凹不平的地段, 则更有可能利于上述局部容矿构造空间的形成。

显然, 通过上述途径而形成的局部容矿构造空间, 或沉淀在这一空间而形成的矿体, 在平面组合上可具有尖灭侧现式, 在空间上可表现为侧伏状的发育或赋存特点。

如果进一步的活动是早期压性作用的继续, 假定断裂叠加复合带的走向有变化, 或者叠加在岩体显著凸、凹的地段而发育, 且早期构造岩亦偏向于脆性变形的话。那么, 尽管外部边界作用为均布载荷式的挤压作用力, 但因为断裂叠加复合接触带之走向的变化或岩体的凸凹所构成的非均一变形条件, 其内部应力的分配也不可能是均匀的, 在此情况下, 其初始高压区段亦可以局部地存在。而且因为大量节理、次级断裂的发育, 促令早期构造岩出现角砾岩化现象, 并可在又一次的构造活动过程中转化为低压地段, 而形成局部容矿构造空间。

不过, 通过这样的途径而形成的局部构造空间, 以及沉淀在这一空间内而形成的矿体, 在平面组合上常表现为尖灭再现式, 在空间组合上具有串珠状的发育或赋存特点。

结 语

根据以上的论述可以看出,断裂叠加复合接触带内的充填热液矿床,无疑系典型的构造控制矿床。在断裂叠加复合接触带中,含矿热液的充填、沉积、矿石的沉淀以及矿体的形态和产状……等,均无不与其变形的条件、机理并活动的特点具有密切的时、空关联。因此,从构造的角度来总结断裂叠加复合接触带内矿体的产出规律,是一项细致艰巨的工作和有待深入研究、探索的领域。在此,我们初步获得以下几点认识和见解:

(1) 具有不止一次的多期活动尤其是具有继承性“复活”特点,并具早期压性、压扭性以及后期张性的断裂叠加复合接触带,是可能的控矿构造破碎带;

(2) 断裂叠加复合接触带之走向急剧弯转变化的部位,或者变形条件不均一的某些地段,如果岩石的破碎显著地较其它段落强烈,则有可能成为局部容矿构造空间发育的场所;

(3) 断裂叠加复合接触带内的矿化,通常具有局部化的特点。矿体的产状及其空间的组合形式与断裂叠加复合接触带总体的力学性质有关。如果其继承性的活动以压性为主,其间赋存的矿体在平面和剖面上具尖灭再现,在空间呈串珠状的产出特征。如果继承性活动以压扭性为主,其间赋存的矿体在平面上、剖面上为尖灭侧现,在空间上则呈侧伏状的组合形式而产出。

翟裕生教授在百忙中抽空对本文初稿,提出了许多宝贵的建议和指教。索书田付教授、李东旭付教授对本文进行了详细的审评。在此对以上同志一并致谢(编者注:此论文将于今年9月上旬在“国际地质力学讨论会”上宣读)。

主要参考文献

- [1] 孙希贤、易顺华、刘成社、曾佐勋、曹树钊, 1985, 大云山岩体侵入接触构造体系的初步研究。中国区域地质, 第14辑。地质出版社。
- [2] 翟裕生、石准立、曾庆丰、林新多等, 1981, 《矿田构造与成矿》。地质出版社。
- [3] A. Г. 别捷赫琴等著(陆淼等译), 1957, 《岩浆金属矿床基本问题》上册。地质出版社。
- [4] П. А. 舍赫特曼等著(石准立等译), 1982, 《热液矿床详细构造预测图》。地质出版社。
- [5] 万汉钟, 1982, 定向压力对岩体及其矿物的影响。中国区域地质, 第1期。地质出版社。

THE FRACTURE OVERLAPPING— COMPOUNDING CONTACT ZONE AND ITS CONTROL ON THE FORMATION OF HYDROTHERMAL FLUID-FILLING DEPOSITS

Sun Xixian, Yi Shunhua and Zeng Zuoxun

Abstract

The fracture overlapping-compounding contact zone formed by superimposition of fractures on the primary contact zone is a complex structural fractured zone and usually also an ore-controlling structural zone. It often exhibits the features of polyphase activity and is of compressive (-shear) nature in the early stage and tensile nature in the late stage. Like hydrothermal alteration and mineralization, tectonic breccias of tensile origin in the late stage often exhibit distinct localized features throughout the zone, and the three often overlap each other in the same place. The shape of the orebody in a hydrothermal fluid-filling deposit controlled by this zone is defined by the anastomosing into a complex network of several veinlets of different attitudes, stages and generations and mechanical nature, so ore-accomodating structural space of this kind of deposit is not a general simple fracture space of tensile origin.

In regard to the basic characteristics of the fracture overlapping-compounding contact zone and the hydrothermal fluid-filling deposits controlled by it, experiments by the clay model and photoelastic method were performed, and the process of its formation and evolution and mechanism of deformation, particularly the formation of the ore-accomodating structural space, are discussed in detail. From the above studies, the authors come to know that the formation of the tectonic breccias, hydrothermal alteration, mineralization and ore-accomodating structural space locally occurring within the zone is all related to the polyphase activity of the zone and its special boundary conditions, and controlled by the mechanism of "rejuvenation" proposed by the authors, whose connotation is different from that of general "rejuvenaion". On the basis of the above-mentioned theoretical analysis combined with the case histories of some ore deposits, the authors sum up some laws governing the localization of the orebodies of the kind of deposit.