

成矿构造的基本问题

汪劲草

桂林理工大学地球科学学院, 广西桂林, 541004

内容提要:基于对成矿构造的重新定义,建立起矿床学中相关构造术语的概念谱系,认为成矿构造是指:控制矿体几何形态、具有独立自然边界、为矿质直接充填或交代的地质构造单元。基于成矿构造单元的概念,认为成矿构造系列是指:同一构造体制下或某种特殊地质作用过程中形成的、相互联系的一套成矿构造单元的总和,并将成矿构造系列划分为十大类型。成矿构造可分为二类,一类是以构造动力破坏(构造致裂)为主形成的成矿构造——简称构造型成矿构造;另一类是以流体动力破坏(流体致裂)为主形成的成矿构造——简称流体型成矿构造。基于成矿构造的结构,可将上述两类成矿构造各划分为四种亚类型:角砾岩型、脉型、细脉型与蚀变岩型。比较了二类成矿构造中对应的成矿构造类型的差别。提出断裂构造系统中流体型成矿构造一般只发育于弱应变域(Q域)中,构造型成矿构造一般只发育于强应变带(P域)中。讨论了形变类型、成矿构造类型与矿化类型三者之间的关系,指出成矿构造类型与矿化类型具有一一对应的成因联系。

关键词:成矿构造;成矿构造单元;成矿构造类型;成矿构造系列;构造致裂;流体致裂

关于控制矿体的构造,称谓一向比较混乱,经常出现而涵义相近的有成矿构造、矿床构造、控矿构造、容矿构造等。张国达(1978)在《成矿构造研究法》专著中给成矿构造下了一个非常详细的定义,他指出“成矿构造是与矿床形成及改造有关的构造”,并把直接与间接影响矿体形成与发展的“大、中、小各级地质构造”统称为成矿构造。翟裕生等(1984)在《矿田构造学概论》专著中提出了矿床构造一词,指出“矿床构造是决定矿体在矿床中分布规律及矿体形状、产状特征的地质构造因素的总和”。前苏联矿床学家弗·伊·斯米尔诺夫(1985)在《矿床地质学》一书中给出了控矿构造的定义,认为控矿构造是“包含矿体,决定矿体形态、规模,以及在某种情况下决定其结构特点的地质构造”。上述定义中都强调了其术语与成矿之间的关系,但其定义域的外延却相去甚远。就上述定义而言,矿床构造的定义域似乎包涵了控矿构造的定义域,而成矿构造的定义域似乎又包涵了矿床构造、控矿构造之和的定义域。这种概念的重复与术语的并存,造成了文章与研究报告中相关术语应用的混乱,导致了实际工作中矿床研究思路的模糊,也制约了成矿构造学的发展。有鉴于此,本文试图从构造控矿的角度出发,把成矿过

程与构造过程紧密结合起来,去探讨成矿构造控矿的本质及其内在的成因联系,并希望藉此达到通过已知去预测未知成矿构造的目的,从而有助于已知矿床(点)或危机矿山的“攻深找盲”工作。

1 构造概念谱系与成矿构造定义

建立严密的概念谱系,是一个学科发展的要求。只有对不同的术语做出严格界定,才能在描述客体的时候做到客观真实。如果把矿床中出现的全部构造作为一个系统研究,就必须建立构造概念谱系。在此概念谱系中,系列术语必须组成概念链,做到层次分明、大小有序,并构成一个有机的整体。

在复合构造体系中,准确识别出控制矿体的构造,继而掌握其成因、类型、形态、构式及规模等参数,是评价已知和预测未知矿床的基本条件。现在的问题是,如何界定直接控制矿体的构造——成矿构造——的定义呢?譬如:存在一条控制矿床或矿体的剪切带,矿体受控于其中多个启张裂隙,并呈雁行状分布,同时,剪切带中还并存有后期破坏构造与早期先存构造。若根据广义成矿构造的定义,则必然会得出剪切带是成矿构造,启张裂隙是成矿构造,后期破坏构造与早期先存构造也都是成矿构造的结

注:本文为广西自然科学基金项目(桂科自 0832251)资助的成果。

收稿日期:2008-04-12;改回日期:2009-03-15;责任编辑:郝梓国。

作者简介:汪劲草,男,1963年生。博士,教授。区域构造与成矿构造专业。Email:wangjc@glite.edu.cn。

论;若按照上述矿床构造的定义,则启张裂隙是矿床构造,剪切带也可能是矿床构造;若按照上述控矿构造的定义,则只是指控矿的启张裂隙。在实际工作中,尽管研究剪切带中所有构造对成矿预测都十分必要,但事实上,研究成矿期形成的、直接控制矿体的构造之成因、类型、形态、构式与规模,显然是成矿构造预测的核心与重点。为了避免上述概念应用上的混乱和满足矿床学中构造研究对术语的要求,有必要建立矿床学中的构造术语谱系,其概念链从大至小为:区带构造→矿田构造→矿床构造→矿体构造→成矿构造(图 1)。其中,区带构造是指区带内一切构造的总和——包括区带范围内的成矿前构造、成矿期构造与成矿后构造;矿田构造是指矿田范围内一切构造的总和——包括矿田范围内的成矿前构造、成矿期构造与成矿后构造;矿床构造是指矿床范围内一切构造的总和——包括矿床范围内的成矿前构造、成矿期构造与成矿后构造;矿体构造是指矿体范围内一切构造的总和——包括矿体范围内的成矿前构造、成矿期构造与成矿后构造。其中,成矿期构造包括成矿构造与非成矿构造,而成矿构造则只是指:控制矿体几何形态、具有独立自然边界、为矿质直接充填或交代的地质构造单元——只包括成矿期直接容矿的构造(汪劲草,2001)。

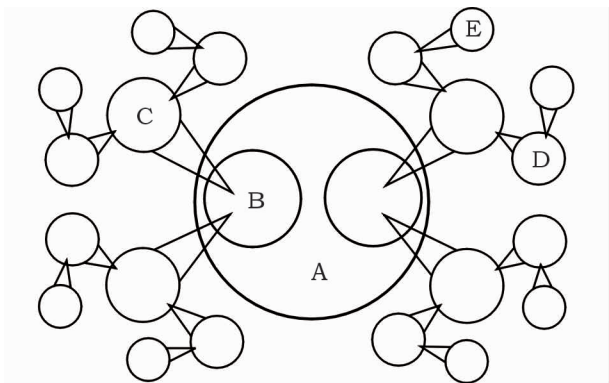


图 1 矿床研究中构造谱系组成的概念链图示
Fig. 1 Illustration for the concept chain consisting of tectonic pedigree in geology

A—区带构造域;B—矿田构造域;C—矿床构造域;
D—矿体构造域;E—成矿构造
A—Regional structural domain; B—ore field structural domain;
C—deposit structural domain; D—orebody structural domain;
E—metallogenic structure

上述定义的目的与意义是:①便于将成矿构造与控制成矿构造的构造区别开,例如:实际上是剪切带中的 D、T、R 型裂隙控矿,而往往认为控制 D、T、

R 型裂隙的剪切带是成矿构造;②便于将成矿构造与非成矿构造区别开,例如:实际上是一条多期活动断裂的某一次活动形成的成矿构造,而往往认为复合而成的整条断裂都是成矿构造,实际上是发育于褶皱某个部位的断裂控矿,而往往认为褶皱构造就是成矿构造(按照本文的定义,褶皱不是成矿构造);③便于将成矿构造的形成与成矿作用过程联系起来,成矿构造概念中包含有两个基本的要素,一是具有一定几何形态的地质构造——形成于某一次构造作用,二是充填或交代有达到工业品位的成矿物质——形成于某一次成矿作用,即构造与成矿是相互耦合的;④便于将各种型式的成矿构造加以整理、归类乃至模式化,便于建立成矿构造系列的概念(汪劲草,2003),便于对成矿构造进行直接、有效的评价与预测。

2 “成矿构造单元”是成矿构造的基本“细胞”

什么是成矿构造单元呢?提出成矿构造单元的意义何在呢?我们知道:器官是由蛋白质组成的,蛋白质是由细胞组成的,而细胞又是由 DNA 组成的……,因此,研究器官的功能,就必须研究蛋白质的功能,研究蛋白质的功能,就必须研究细胞的功能,而研究细胞的功能,就必须研究 DNA 的功能……。那么,研究成矿构造的结构与组成,就必须研究成矿构造单元的结构与组成,为此,就必须从构造动力学、岩石力学、流体力学、应力腐蚀、成矿作用等诸方面研究破裂构造与矿质沉淀之间的耦合关系。

通常情况下,成矿构造是可分的,其最基本的构造单位被称为成矿构造单元。基于此认为,成矿构造单元是指:为矿质直接充填或交代的、具有透镜状或类似于透镜状结构的、不可再分的、可作为基本储量计算单位的地质构造单元。这样定义有如下作用与意义:譬如,一条断裂是一条多期复合的控矿断裂,其控矿作用可分为两期,一期发生于脆-韧性剪切阶段,矿体由一系列呈雁行状分布的脉状矿体(呈透镜状)组成,另一期发生于脆性剪切阶段,控制脉状矿体的构造扩展而连通成一条波曲断裂,扩张的部分又成矿而形成新的成矿构造单元(汪劲草等,2006)。若扩展的部分不控矿,则不控矿的部分不能称之为成矿构造。因此认为:控矿断裂(构造)、成矿构造与成矿构造单元具有如下的从属关系:控矿断裂(构造)包含了成矿构造与非成矿构造,成矿构造又包含了成矿构造单元,成矿构造可以泛指控矿断

裂中一个或几个成矿构造单元(图 2)。由此得出结论：一条断裂中有成因联系(同时兼备构造与矿床成因联系)的一系列成矿构造单元的集合,可以称为成矿构造系列(汪劲草,2001),如图 2 中有成因联系的 4 个成矿构造单元共同组成了一种类型的成矿构造系列。同一条断裂中可能有多种成矿构造系列,如：山东玲珑金矿东侧的一系列过渡型金矿,早期在脆-韧性阶段发育有控制石英脉型金矿体的成矿构造,晚期脆性阶段发育有控制蚀变岩型金矿的成矿构造,也就是说,一条控矿断裂中包含了两组成矿构造单元,即两种成矿构造(亚)系列(汪劲草等,2003)。因此,成矿构造是成矿构造单元的总称,它既可指一个成矿构造单元,也可以指几个成矿构造单元,所指的成矿构造单元既可有成因联系,又可无成因联系,因此,成矿构造的概念是用以泛指的,如“细胞”的概念,它泛指一切细胞,既可以指动物细胞,又可以指植物细胞,既可指一个细胞,又可以指几个细胞。因此,成矿构造单元与成矿构造一样,皆是成矿构造研究中最基本的概念。

提出成矿构造单元一词,可以更客观、更真实、更直接、更有效地研究和解决成矿构造研究中的一些难点与疑点。一个矿床一般是由一组或多组成矿构造单元的集合控制的矿体群组成的。更重要的是,成矿构造单元概念的提出,为“成矿构造系列”概念的提出创造了必要条件。

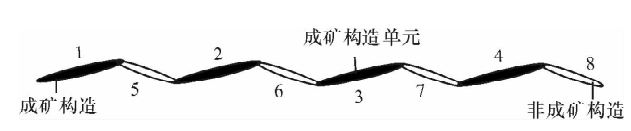


图 2 一条控矿断裂(构造)是由成矿构造(1,2,3,4)与非成矿构造(5,6,7,8)组成的

Fig. 2 Illustration for a ore-controlling fracture (structure) consisting of metallostructures (No. 1, 2, 3, 4) and non-metallostructures (No. 5, 6, 7, 8)

3 成矿构造系列的概念

任何构造都是地壳运动的结果,成矿构造也不例外,即任何成矿构造都是在特定的动力学条件下形成的。不论一个矿区的成矿构造多么复杂,在形成时间上是连续的或是间断的,在空间上是分散的或是叠置的,在层次上形成于韧性、脆-韧性或脆性阶段,在规模上是相对大型的、中型的或是小型的,在力学性质上是挤压的、引张的或是走滑的,在产状上是水平的、直立的或是倾斜的;在形态上是一维

的、二维的或是三维的;等等。它们都可以通过“身份”鉴定,从而确定它们之间的“亲缘”关系,并把它们以“家族”为单位划分为一组或多组有成因联系的成矿构造的集合,而每个成矿构造“家族”则被称为一种成矿构造系列(Metallostructural series)。

从上述成矿构造与成矿构造单元的概念可以得出：成矿构造的概念包涵了成矿构造单元的概念,即成矿构造是由成矿构造单元组成的,成矿构造既可以指一个成矿构造单元,也可以指二个或多个成矿构造单元,所指的成矿构造单元既可以有成因联系,也可以无成因联系;成矿构造既可以用以泛指,又可以用以实指,而成矿构造单元则只是指具体的成矿构造。因此,本文将成矿构造系列的概念定义为：一定时空域中,同一构造体制下或某种特殊地质作用过程中形成的、相互联系的一套成矿构造单元的总和(汪劲草等,2000)。

实际上,成矿构造系列的涵义包括两个方面：一方面是指成矿构造形成的构造体制或特殊的地质作用过程,另一方面是指有成因联系——包括构造成因与矿床成因——的成矿构造单元的集合。

4 构造型成矿构造与流体型成矿构造

破裂型成矿构造一般可分成两大类型,一类是构造型成矿构造,另一类是流体型成矿构造(汪劲草,2003)。所谓构造型成矿构造,是指由构造动力破坏(构造致裂)起主导作用形成的成矿构造;所谓流体型成矿构造,是指由流体动力破坏(流体致裂)起主导作用形成的成矿构造。将成矿构造划分出构造型成矿构造与流体型成矿构造,目的是可以从成因上对成矿构造进行更深入的研究。以前,无论是何种类型的破裂构造,皆习惯于以断裂或断层去称谓之,而事实上,自然界中很大一部分破裂构造,特别是成矿构造,往往并不是由构造动力单方面破坏形成的,甚至主要不是由构造动力引起的,而是主要与流体产生的液压致裂作用——与流体动力破坏有关形成的(李建威等,1997;汪劲草等,2000),因此,划分出流体型成矿构造,正是为了强调流体在成矿构造形成与矿质沉淀方面的独特地质作用。

构造型成矿构造一般形成于地壳浅部,这是由于：在脆性域中,或者韧性剪切带演化到脆性域时,岩石的破坏一般主要依赖的是构造动力,如断层、断裂带、破碎带等的形成,其中可见断裂构造岩。构造岩分类是依据岩石受构造动力碾磨程度划分的(Sibson,1977),其在一定程度上反映了构造动力作

用的强度。在地壳浅部,一般圈闭条件较差,围压较小,如果没有超量流体聚积与良好的圈闭条件,岩石很难发生液压致裂而产生流体型成矿构造;只有在岩浆侵入到地壳脆性域时,当圈闭条件好,岩浆释放出超量流体,并聚积成异常高压时,围岩才会产生液压致裂作用或流化作用或爆破作用,并形成相应的流体动力角砾岩,如液压角砾岩、流化角砾岩与爆发角砾岩(表 1)(汪劲草等,2000)。

流体型成矿构造一般形成于地壳一定深度,特别是处在脆-韧性 与韧性构造层次的断裂构造带中。这是因为:在韧性或脆-韧性构造层次中,岩石易于发生变形分解,形成线性强应变带(P 域)与透镜状弱应变域(Q 域)。其中,P 域中存在着大量的流体,其温、压相对较高,而 Q 域中则温、压相对较低,岩石易于发生脆性破裂。一旦流体在构造泵吸作用下沿微裂隙于 Q 域中聚积而发生周期性液压致裂时,就会形成液压角砾岩或脉型破裂,如果有矿质沉淀于其中,就形成了流体型成矿构造(汪劲草,1997;汪劲草等,2000,2001,2003)。

5 成矿构造系列的类型划分

基于上述成矿构造系列的概念,本文将成矿构造系列(大类)初步划分为十大类型:①收缩型成矿构造系列;②伸展型成矿构造系列;③走滑型成矿构造系列;④岩浆型成矿构造系列;⑤沉积型成矿构造系列;⑥岩溶型成矿构造系列;⑦压力仓型成矿构造系列;⑧走滑-伸展复合型成矿构造系列;⑨走滑-收缩复合型成矿构造系列;⑩撞击型成矿构造系列。上述十种成矿构造系列可能并不全面,随着研究工作的深入与新的成矿构造类型的发现,相信还会有新的成矿构造系列不断被人们揭示。必须指出的是,有些矿床(田)的成矿构造可能分属 2 种甚至多种成矿构造系列。

6 成矿构造类型与矿化类型的对应关系

矿化类型是进行矿床分类和评价矿床经济价值的一个重要参数。Clovine(1984)最早注意到矿化类型与形变类型之间的关系,认为韧性、脆-韧性及脆性剪切带的形变类型对矿化类型具有控制作用。卢焕章等(1999)在研究玲珑-焦家地区金矿化类型与形变类型的关系时,认为焦家蚀变岩型金矿化位于上部的脆性剪切带中,玲珑石英脉型金矿化位于中部的脆-韧性剪切带中,玲南蚀变岩型金矿化位于下部的韧性剪切带中。陈柏林(2000)在总结了一系列剪切带型金矿的矿化类型后,认为蚀变糜棱岩型金矿化主要受韧性剪切带控制,构造蚀变岩型金矿化主要受脆-韧性剪切带控制,石英脉型金矿化主要受脆性剪切带控制。近十年来,作者在解析二十余个生产矿山的成矿构造时发现,矿化类型与控制成矿构造的形变类型之间并无直接的成因联系,而只是与成矿构造类型有直接的成生联系,并且呈现出一一对应的关系(汪劲草,2003)。

6.1 成矿构造的类型划分

构造型成矿构造与流体型成矿构造可以进一步划分为一系列亚类型(表 2)。构造型成矿构造可划分为构造角砾岩型(常见)、构造脉型(少见)、构造细脉型(少见)与构造蚀变岩型(最常见);流体型成矿构造也可以划分为流体角砾岩型(常见)、流体脉型(最常见)、流体细脉型(少见)与流体蚀变岩型(常见)。成矿构造亚类的划分,可以反映出构造动力与流体动力对岩石破坏方式、破坏程度、破裂结构的显著影响。

6.2 矿化类型的类型划分

大量实例研究表明,热液矿床的矿化类型主要包括:①脉型矿化:指成矿热液充填于具一定规模的

表 1 流体角砾岩分类表
Table 1 Tabulation for the classification of hydro-breccia

| 异常高压 | | 超异常高压 | | 碎裂程度 | |
|-----------------------------|---------|-----------|---------|-----------|--|
| 低(温度、压力、应变速率)→高(温度、压力、应变速率) | | | 角砾大小 | 基质或(和)胶结物 | |
| 液压角砾岩系列 | 流体角砾岩系列 | 爆发角砾岩系列 | >5mm | <5mm | |
| 液压角砾岩化××岩 | | 爆发角砾岩化××岩 | >90% | <10% | |
| 初液压角砾岩 | 初流化角砾岩 | 初爆发角砾岩 | 90%~50% | 10%~50% | |
| 液压角砾岩 | 流化角砾岩 | 爆发角砾岩 | 50%~10% | 50%~90% | |
| 超液压角砾岩 | 超流化角砾岩 | 超爆发角砾岩 | <10% | >90% | |

表 2 成矿构造类型划分简表

Table 2 Shortened tabulation for the type classification of metallostructures

| 构造型成矿构造 | | 流体型成矿构造 | |
|---------|-------------------|---------|-------------------|
| 成矿构造类型 | 实例 | 成矿构造类型 | 实例 |
| 构造角砾岩型 | 广西鹰阳关铅锌矿, 山东蓬家乔金矿 | 流体角砾岩型 | 陕西双王金矿, 新疆柴窝堡层状铜矿 |
| 构造脉型 | 广西大瑶山六岑金矿(由节理控制) | 流体脉型 | 山东玲珑金矿, 湖南沃溪钨锡金矿床 |
| 构造细脉型 | 可与其它构造型成矿构造伴生 | 流体细脉型 | 山东红布金矿, 河北尖宝山金矿 |
| 构造蚀变岩型 | 山东焦家金矿, 广东河台金矿 | 流体蚀变岩型 | 新疆土屋铜矿, 江西德兴铜矿 |

张(剪)裂空间中, 矿石(包括脉石)皆来源于热液沉淀, 脉状矿床皆属此类矿化(汪劲草等, 2008); ② 细脉-浸染型矿化: 指成矿热液既充填于厘米或毫米级破裂群中, 又在小破裂附近母岩中通过更小微裂隙发生交代, 形成浸染状矿化, 矿石(包括脉石)只有一部分源于热液沉淀, 锥形断裂控制的矿床即属此类矿化(汪劲草等, 2003); ③ 角砾岩型矿化: 指成矿热液胶结由母岩组成的角砾, 矿石(包括脉石)只有一部分源于热液沉淀, 流体动力角砾岩与构造动力角砾岩控制的矿床即属此类矿化; ④ 蚀变岩型矿化: 指成矿热液全部交代或部分沉淀于构造岩如碎裂岩或糜棱岩, 或矿化母岩中, 矿石(包括脉石)只有少部分源于热液沉淀, 斑岩型、蚀变碎裂岩型、蚀变糜棱岩型矿床即属此类矿化。

比较成矿构造类型与矿化类型可以发现, 成矿构造类型与矿化类型具有一一对应关系, 成矿构造的结构决定了矿石的结构, 同时也决定了矿化类型的种类。

7 三种常见构造系统的成矿构造类型

7.1 断裂构造系统中的成矿构造类型

韧性剪切带在韧性剪切阶段很难成矿(刘继顺, 1996), 但是, 由于岩石不均一性导致变形的不均一性, 韧性剪切带通常因变形分解而形成 P 域与 Q 域(图 3a)(Bell, 1985), 而 P 域中相对高压、高温的成矿流体, 往往会在构造泵吸作用下通过微裂隙渗透到 Q 域中形成异常流体压力, 并在其中产生液压致裂, 形成大小不同的张破裂或液压角砾岩, 其成矿构造类型主要有流体脉型、流体角砾岩型与流体细脉型(汪劲草等, 2003)。例如: 青海锡铁山铅锌矿床, 下奥陶统滩涧山群经韧性剪切变形后, 分解为由绿片岩相糜棱岩组成的 P 域与大理岩构造透镜体组成的 Q 域, 铅锌矿体受控于大理岩构造透镜体中由液压致裂形成的脉型和角砾岩型成矿构造中(汪劲草等, 2000); 陕西双王金矿床, 泥盆系经脆-韧性剪切变形后, 分解为由千枚岩组成的 P 域与钠长岩构

造透镜体组成的 Q 域, 金矿体受控于钠长岩构造透镜体中由液压致裂形成的流体角砾岩型成矿构造中(汪劲草等, 2001); 山东焦家断裂带下盘发育的红布金矿床, 受控于焦家韧性剪切带(P 域)与望儿山韧性剪切带(P 域)所夹持的大型弱应变透镜状花岗岩体(Q 域)中, 其成矿构造类型属流体细脉型成矿构造——又称锥形成矿断裂(汪劲草, 2002; 汪劲草等, 2003)。虽然流体型成矿构造的形成主要是源于异常高压流体产生的液压致裂作用, 但构造作用对断裂的形成也发挥了十分重要的影响。

岩石在脆性域中不易发生宏观变形分解, 且流体在浅部压力降低, 因此, 脆性域中形成的断裂型成矿构造一般为构造型成矿构造, 成矿构造亚类型有构造角砾岩型、构造脉型、构造细脉型与构造蚀变岩型(表 2)。其中, 细脉型成矿构造一般与其它类型的成矿构造伴生, 不能象流体细脉型成矿构造可以形成独立的工业矿体(汪劲草, 2002)。构造脉型成矿构造相对其它构造型成矿构造, 形成深度可能相对要大些(图 3a)。虽然构造型成矿构造的形成主要是源于机械破碎, 但流体对成矿构造的形成也不同程度地发挥了一些作用。

7.2 岩浆构造系统中的成矿构造类型

岩浆构造系统既可形成构造型成矿构造, 又可形成流体型成矿构造, 其中, 流体型成矿构造是岩浆成矿构造系统中主要的成矿构造类型。岩浆岩成矿必须具备二个条件, 一是能够分异大量含矿热液, 二是必须发育良好的圈闭构造。岩浆构造系统中的成矿构造类型主要包括: 流体角砾岩型、流体脉型与流体蚀变岩型成矿构造(图 3c)。其中, 流体角砾岩型包括液压角砾岩型、爆发角砾岩型及流化角砾岩型(表 1)。流体蚀变岩型成矿构造是指控制与岩浆作用有关的、产生了蚀变岩型矿化的地质体, 如斑岩型矿床、矽卡岩型岩床中的主要矿化体。与岩浆作用有关的成矿构造的分布十分普遍, 如内蒙古东部一系列与次火山岩有关的脉状铜矿床(王京彬等, 2000), 长江中下游一系列与花岗闪长岩有关的矽卡岩型铜

铁矿床(赵斌,1989),环太平洋带一系列与斑岩有关的金铜矿床等(芮宗瑶等,1984)。

但是,岩浆动力侵位在岩体上部及周缘也可形成一系列断裂,如环状、放射状断裂,其中发育有明显的断裂构造岩,由此类断裂控制的矿体,其成矿构造类型一般应纳入构造型成矿构造的范畴。

7.3 沉积盆地构造系统中的成矿构造类型

沉积盆地压力仓体系中形成的层间液压角砾岩,是一种十分重要而特殊的成矿构造类型(汪劲草等,1998,1999,2003)(图 3b)。研究表明,它不仅是能源矿产——石油与天然气——成藏的一种重要储集构造,而且是一些贵金属矿床的储矿空间(汪劲草等,1998,1999),例如:东天山达坂城柴窝堡地区发育的层状“砂岩”铜矿,所谓的控矿含砾砂岩,实际上是沉积盆地压力仓体系中,因液压致裂形成的、由混合细碎屑胶结泥岩角砾而成的液压角砾岩(汪劲草等,1999);西天山吐拉苏火山盆地中发育的层状硅化角砾岩型金矿,所谓的层间断裂,实际上是由沉积灰岩圈闭含水火山角砾岩,因液压致裂而解体形成的层间液压角砾岩(汪劲草等,2003);云南东川铜矿部分因民组层状铜矿,所谓的层状因民角砾岩,实际上是由白云岩圈闭含水火山角砾岩,因液压致裂而形成的液压角砾岩(汪劲草等,1999)。因此,沉积盆地中控制矿体的层状液压角砾岩,属流体型成矿构造中的一种特例——碎粒胶结式液压角砾岩型成矿构造(汪劲草等,1998)(图 3b)。

8 构造型成矿构造与流体型成矿构造的对比

8.1 构造角砾岩型与流体角砾岩型的差别

构造角砾岩与流体角砾岩不仅在成因上不同,

而且在结构构造上也具有明显的差别:①构造角砾岩受断层控制,呈板状分布,而流体角砾岩一般与断层无直接的因果关系,可呈多种形态分布;②构造角砾岩中的角砾与胶结物(除少量热液矿物外)是同源的,而流体角砾岩中的角砾与胶结物是非同源的,胶结物为外来热液矿物(沉积盆地中由碎粒胶结的液压角砾岩除外);③构造角砾岩中的角砾与胶结物可以产生构造变形,特别是压性构造角砾岩中的角砾,往往因构造挤压而具有定向性,而流体角砾岩中的角砾与胶结物不会产生同构造期构造变形,角砾通常具有可拼性(李建威等,1997)。

但是,需要特别指出的是,液压角砾岩包括两类(表 1):一类是角砾由热液矿物直接胶结(图 4),此类液压角砾岩相对比较普遍,成矿物质分布于矿物胶结物中,如陕西双王金矿床,金赋存于胶结钠长岩角砾的铁白云石中(汪劲草等,2001);另一类是角砾由混合细碎屑直接胶结(图 5),此类液压角砾岩在沉积盆地压力仓中普遍存在,成矿物质在碎屑胶结物中呈星点状矿化,如东天山柴窝堡铜矿,黄铜矿赋存于胶结泥质角砾的混合细碎屑中(汪劲草等,1998)。碎粒胶结角砾的层状液压角砾岩与构造角砾岩的主要差别是:①构造角砾岩发育于断裂带中,角砾岩带与地层一般斜切,而层状液压角砾岩发育于盆地构造压力仓中,角砾岩带一般顺层发育;②张性构造角砾岩中角砾棱角分明,而层状液压角砾岩中角砾磨圆度较好;③压性构造角砾岩中的角砾与基质一般产生了构造变形,而层状液压角砾岩中只有基质(特别是石英矿物碎屑)可产生一定的构造变形;④构造角砾岩中角砾与基质同源,而层状液压角砾岩中角砾与基质大多不同源,角砾为非渗透性岩石,如泥岩、凝灰岩、白云岩等(汪劲草等,2000)。

8.2 构造脉型与流体脉型的差别

构造动力与流体动力形成的张裂构造具有本质的区别:①前者只形成于地壳浅层的脆性构造域中,为构造应力相对集中区,如西天山阿希金矿中的脉状矿体受控于由火山机构塌陷形成的张裂构造中(汪劲草等,2003),而后者多形成于地壳一定深度的韧性或韧—脆性剪切带中,一般发育于由变形分解形成的构造透镜体弱应变域(Q域)中,其破裂构造场为构造低应力与流体异常高压区(汪劲草等,2003),如青海锡铁山矿床,脉状铅锌矿体发育于大理岩构造透镜体内由液压致裂产生的张裂构造中(汪劲草等,2000);②前者的边界一般不平直,其内可含已经位移的张性角砾,发育到后期一般转变为

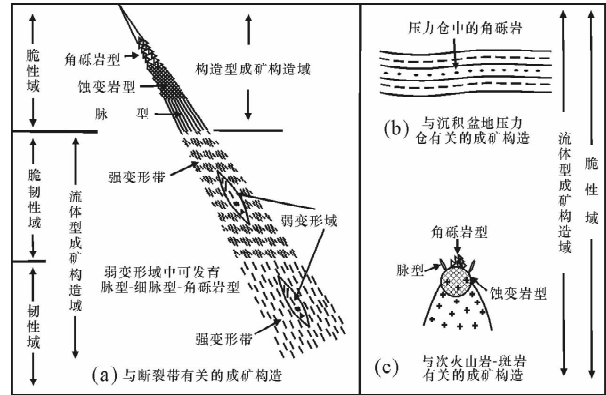


图 3 三种常见构造系统中的成矿构造类型
Fig. 3 Diagram showing the metallogenetic types in three sorts of familiar structural systems

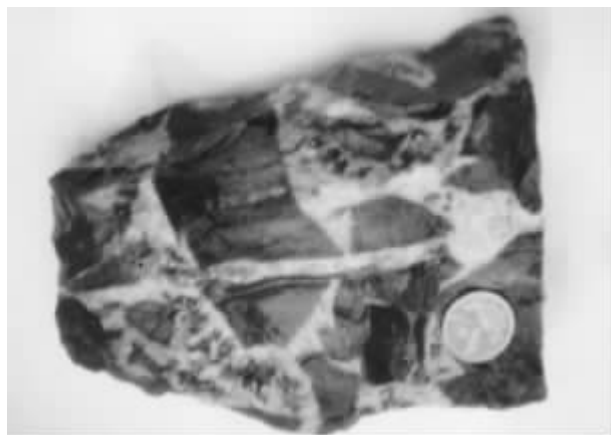


图 4 由含铜石英(白色)胶结砂岩角砾(灰黑色)形成的液压角砾岩(内蒙古林东)

Fig. 4 Hydrofracturing breccia consisting of sandstone breccia (gray black) cemented by copper-bearing quartz (white) (from Lindong, Innermongolia)



图 5 由含铜细碎屑(浅灰色)胶结泥质粉砂岩角砾(深灰色)形成的液压角砾岩(东天山达坂城铜矿)

Fig. 5 Hydrofracturing breccia consisting of pelitic siltstone breccia (plumbeous gray) cemented by copper-bearing fine-grain fragments (light gray) (from Dabancheng copper deposit, Eastern Tianshan mountain)

张剪性,甚或压剪性破裂,而後者的边界一般平直,其内可含少量原地的可拼合的张性角砾(称为中石构造);③前者控制的脉状矿体中会出现多次构造碾磨的复角砾,角砾与胶结物皆为热液矿化,矿脉的韵律不发育,而後者控制的脉状矿体一般与破裂构造同时形成,矿脉的韵律非常发育(李建威等,1997)。

8.3 构造细脉型与流体细脉型的差别

构造细脉型成矿构造与脆性域中的主断裂带伴生,通常发育于断裂带的旁侧或其最外带,往断裂中

心逐渐过渡到角砾岩带与碎裂岩带,其中,小(微)裂隙的大小与分布一般不均匀,主要变形机制为机械致裂,矿化类型为细脉-浸染型,此类成矿构造难以形成独立的工业矿体;而流体细脉型成矿构造发育于脆-韧性性和韧性剪切带的 Q 域中,其中,小(微)裂隙通常互不连通,总体具优选方向,且集中成透镜状裂隙群(汪劲草,2002;汪劲草等,2003)。裂隙群相互间呈雁行式排布,中部裂隙最发育,往边部渐趋消失,主要变形机制为液压致裂和应力腐蚀,矿化类型也为细脉-浸染型,如山东焦家断裂带下盘控制红布金矿的流体细脉型成矿构造(汪劲草,2002)与控制河北尖宝山金矿的流体细脉型成矿构造(汪劲草等,2003)等。

8.4 构造蚀变岩型与流体蚀变岩型的差别

构造蚀变岩型成矿构造是指断裂构造带内,以构造岩为容矿空间发生了全岩矿化的一种成矿构造型式。它包括碎裂岩蚀变岩型成矿构造与糜棱岩蚀变岩型成矿构造。虽然二种构造蚀变岩型成矿构造中构造岩类型不同,但矿化类型却是一致的,而且矿化都是发生于脆性变形阶段,例如,山东焦家金矿中的破裂带蚀变岩型金矿体即是由构造蚀变岩型成矿构造控制的(汪劲草等,2003)。流体蚀变岩型成矿构造是指通过成矿流体渗透交代而发生全岩矿化的一种成矿构造型式,其矿化母岩不是构造岩,例如,蚀变斑岩型矿体即是由流体蚀变岩型成矿构造控制的。

9 成矿构造类型与矿化类型的研究实例

山东玲珑-焦家地区是断裂构造系统中形变类型、成矿构造类型及矿化类型皆十分丰富与复杂的典型矿集区(范永香等,1993;吕古贤等,1993;邓军等,1996)。构造解析表明(汪劲草等,2003),该区在成矿期受北西-南东向拉伸应力与北东向左行走滑应力(由中生代郯庐左行走滑断裂引起)的联合控制(图 6)。其成矿构造类型与矿化类型可归结如下:

(1) 成矿早期:矿区的主边界低角度断裂——焦家断裂与破头青断裂的形变类型为韧性变形,其间,伸展动力分量远大于走滑动力分量。此阶段形成流体脉型成矿构造,例如:焦家断裂与望儿山断裂所夹的透镜状弱应变域的边部,发育于焦家蚀变岩型金矿下部的Ⅲ号石英-硫化物脉型金矿体。此韧性变形期不是玲珑-焦家矿集区大规模金成矿阶

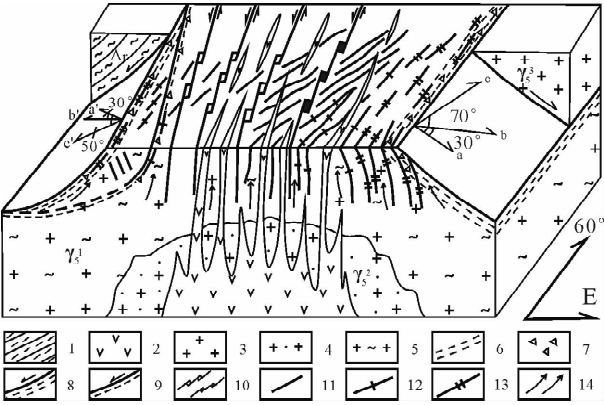


图 6 玲珑—焦家地区金矿构造成矿系统

Fig. 6 Sketch showing the structural ore-forming system of the gold deposits in the Linglong-Jiaojia districts

1—太古宙片麻岩；2—中基性岩脉；3—滦家河花岗岩；4—郭家岭花岗闪长岩；5—玲珑混合花岗岩；6—韧性构造岩；7—脆性构造岩；8—低角度主边界断层；9—低角度次边界断层；10—“桥”破裂和未破裂的高角度次边界断裂；11—石英脉型金矿；12—过渡型金矿；13—蚀变岩型金矿；14—矿液迁移方向；a(a′)—正滑方向；b(b′)—韧性脆性与脆-韧性成矿阶段主边界断裂上盘的运动方向；c(c′)—脆性成矿阶段主边界断裂上盘的运动方向

1—Archean gneiss; 2—medium to basic dike; 3—Luanjiahe granite; 4—Guojialin granodiorite; 5—Linglong migmatic granite; 6—ductile tectonite; 7—brittle tectonite; 8—low-angle main boundary fault; 9—low-angle secondary boundary fault; 10—high-angle secondary boundary faults with fractured bridge or intact bridge; 11—quartz vein-type gold deposits; 12—transitional type gold deposits; 13—alteration rock-type gold deposits; 14—direction of movement of ore-forming solution; a(a′)—direction of normal slip; b(b′)—direction of movement of the hanging wall of the main boundary fault at the ductile and brittle-ductile ore-forming stages; c(c′)—direction of movement of the hanging wall of the main boundary fault at the brittle ore-forming stages

段。

(2) 成矿中期:已韧性变形的主边界断裂的形变类型转变为脆-韧性变形,其间,在两低角度主边界断裂之间,又形成了一系列北北东向左行走滑的高角度次边界脆-韧性断裂(晚期转化为脆性断裂),如玲珑断裂等,此阶段,玲珑金矿区走滑动力分量远大于伸展动力分量,并在边界断裂所夹的弱变形块体中形成一系列雁行分布的流体脉型成矿构造,玲珑金矿的石英-硫化物脉型金矿体受其控制。而焦家金矿区的伸展动力分量则大致等于走滑动力分量,并在焦家断裂与望儿山断裂所夹的弱应变透镜体域边部形成一系列透镜状分布的细脉群——流体

细脉型成矿构造(锥形成矿断裂),红布金矿的细脉-浸染型金矿体受其控制(汪劲草等,2002)。此阶段,玲珑金矿区的成矿规模远大于焦家金矿区。

(3) 成矿晚期:该区所有断裂的变形类型皆转变为脆性变形,玲珑金矿区走滑动力分量远大于伸展动力分量,其间,在破头青断裂下盘形成一系列北北东向的高角度构造蚀变岩型成矿构造,台上-九曲一带的一系列蚀变岩型金矿受其控制;而焦家金矿区的伸展动力分量约等于走滑动力分量,其间,在焦家断裂带与望儿山断裂带中形成一系列低角度构造蚀变岩型成矿构造,焦家金矿床、新城金矿床及望儿山金矿床的蚀变岩型金矿体受其控制。此阶段,焦家金矿区的成矿规模大于玲珑金矿区。

需要指出的是,三个形变阶段(韧性、脆-韧性及脆性)的同位成矿作用(梅友松等,1995),导致不同形变阶段的成矿构造类型在相同空间的叠加,并出现多种成矿构造类型与多种矿化类型在相同空间的共存,如玲珑金矿区九曲一带由石英脉型与蚀变岩型共生的过渡型金矿体,望儿山断裂中石英脉型与蚀变岩型金矿化的叠加等,或者,一种成矿构造完全置换另一种成矿构造,形成规模巨大的金矿体,如焦家蚀变岩型金矿床与新城蚀变岩型金矿床中,早期流体脉型成矿构造被晚期构造蚀变岩型成矿构造完全置换。

上述研究表明,一种形变类型可以有多种成矿构造类型,也就是说一种形变类型中可有多种矿化类型,但一种成矿构造类型只对应一种矿化类型。

10 成矿构造与成矿构造系列的研究实例

重新界定成矿构造的概念,目的是为了总结出成矿构造系列的新概念。所谓成矿构造系列是指:一定时空域中,同一构造体制下,或某种特殊地质作用过程中形成的、相互联系的一组(套)成矿构造单元的总和(汪劲草等,2000;汪劲草等,2001)。基于上述思路,我们在研究成矿构造时就会自觉做到:①鉴别成矿构造的类型;②探究成矿构造的成因;③确定成矿构造单元的几何结构;④确定已知成矿构造(单元)之间是否具有成因联系;⑤解析成矿前与成矿后构造对成矿构造的叠加与改造;⑥建立一套有成因联系的、包括已知与未知成矿构造的结构(时间结构,空间结构,物化结构,分形结构);⑦研究成矿物质场与成矿构造场的时空关系。遵循上述思路与要求,笔者在一系列生产矿山的找矿实践中,解决了

诸多成矿预测难题(汪劲草,2001)。

下面以陕西太白双王金矿的成矿构造及其成矿构造系列为研究实例(汪劲草等,2001),简要阐述上述概念的重要性及在工作中应遵循的思路与原则。

(1)成矿构造类型的正确厘定,是成矿构造预测成功的重要前提。如果不能正确厘定成矿构造的类型,就不可能正确认识成矿构造的成因,反之亦然。双王金矿产于著名的双王角砾岩带中(图 7),为典型的角砾岩型金矿。对于赋矿钠长角砾岩的成因,过去认为其属构造角砾岩,通过构造解析,笔者将其厘定为液压角砾岩,其成矿构造类型为液压角砾岩(流体角砾岩的一种)型成矿构造(汪劲草等,2001,2003)。显然,将其厘定为构造角砾岩与液压角砾岩,其找矿思路与成矿预测的效果是不同的。

(2)成矿造成因的正确厘定,是判断一组(套)成矿构造是否有成因联系的必要条件。双王角砾岩带严格受钠长岩层(C 层岩系)控制,钠长岩层为海底喷流沉积物,具有区域性。其两侧岩系由内向外分别为:互层的细晶石英岩(喷流硅质岩)与石英绢云板岩(B 层岩系),和绢云板岩(A 层岩系)。经过脆-韧性构造层次下的变形分解,能干性岩层——钠长岩层变成透镜体状弱应变域(Q 域),非能干性岩层——绢云母板岩则变成线性强应变带(P 域)。由于高剪应变带内温、压条件相对较高,其中的成矿流体通过构造泵吸沿微裂隙渗透到弱应变域中,并产生周期性液压致裂与裂开-愈合,最终形成含金铁白云石胶结的钠长角砾岩体。由此认为,控制 V、Ⅶ、Ⅷ号矿体的已知成矿构造单元,在构造上与成矿上是具有成因联系的(汪劲草等,2001)。

(3)成矿构造单元几何结构的正确厘定,有助于成矿构造系列空间结构的建立。双王金矿单个成矿构造单元具有透镜状结构(图 7),在平面上与横剖面上皆呈长扁透镜状,在纵剖面上皆呈近圆形。单个已知透镜状矿体出露的长度介于 300~700m,最大厚度介于 30~120 m,透镜状矿体之间的间距介于 400~800m。上述已知成矿构造单元的几何结构及相互间的空间关系,为预测未知(隐伏)成矿构造单元的几何结构及空间位置创造了必要条件。

(4)成矿构造形成演化的正确厘定,有助于成矿构造系列空间结构的完善。毫无疑问,多数成矿构造系列的空间结构或多或少受到过早期构造的限制与后期构造的叠加、改造、甚至破坏。双王含金角砾岩带被北东向平移正断层错断(图 7),并导致断层面上盘地表缺失找矿标志层——C 层岩系,如果考虑

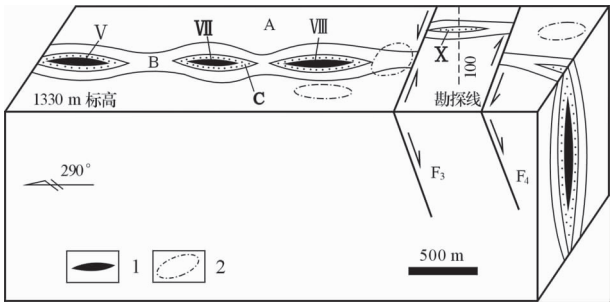


图 7 双王金矿的成矿构造单元及由其组成的成矿构造系列的空间结构

Fig. 7 The metallostructural unites of Shuangwang gold mine and the dimensional configuration of metallostructural series consisting of the metallostructural unites

1—透镜状液压角砾岩型金矿体;2—被钻探证明是无矿的物探异常;A—绢云板岩;B—互层的细晶石英岩与石英绢云板岩;C—钠长岩;V、Ⅶ、Ⅷ—已知的成矿构造单元;X—预测的成矿构造单元

1—Lentoid hydrofracturing breccia type gold ore-bodies; 2—geophysical prospecting anomaly of the no ore-body testified by drilling; A—sericite slate; B—interbed fine-grain quartzite; C—albite; V、Ⅶ、Ⅷ—known metallostructural unites; X—prognostic metallostructural unites

到平移正断层的影响,并结合对单个成矿构造单元几何结构与空间形态的认识,则不难对 X 号隐伏矿体作出预测(图 7)(汪劲草等,2001),而其它找矿思路则很难作出上述判断。

(5)成矿物质场与构造成矿场的空间叠合,是一般构造转变为成矿构造的基本条件。同一构造体制下形成的构造(同一构造体系中的构造),如果其不控矿,则不能称为成矿构造。双王角砾岩带中透镜状液压角砾岩体并不都是成矿的,而只有处于特定成矿场中的液压角砾岩体才能成矿,因此,构造体系与成矿构造系列的概念虽有联系,但在本质上是有所区别的。

基于上述思路,笔者在图 7 所示的 100 勘探线布设了 2 个钻孔,并见到了与 V、Ⅶ、Ⅷ号成矿构造属同一成矿构造系列中的 X 号隐伏的成矿构造(汪劲草等,2001)。而且,根据上述思路,则完全可以认定图 7 中的物探异常为非矿致异常,从而完全可以避免因无矿钻探而造成的经济损失。

11 成矿构造类型划分的地质意义

划分成矿构造类型,是为了鉴别成矿构造的“身份”,也是深入研究成矿构造的开始。如果熟悉并掌

握各式成矿构造类型的特征,就可以对单一构造系统,甚或复合构造系统中已知成矿构造进行“身份”确定,然后再把它们进行归类,看是否具有“血缘”关系,是否能组成一个相互联系的、具有一定几何结构的成矿构造“家族”(简称“成矿构造系列”),并根据其几何结构,或者再结合其它资料,如物探、化探结果所显示的异常结构,对未知成矿构造(隐伏矿体)进行可信的预测。因此,成矿构造类型的划分,是成矿构造研究中的重要环节,是实现成矿构造预测目标的重要保证,也是提出成矿构造系列的前提。本文将成矿构造分为构造型成矿构造与流体型成矿构造,每种类型又划分为四种亚类型,这对于区分矿化类型与成矿构造类型、成矿构造类型与形变类型之间的关系,具有重要的理论与实际意义。

参 考 文 献

陈国达. 1978. 成矿构造研究法. 北京:地质出版社, 1~5.

陈柏林. 2000. 构造形变类型与金矿化类型的关系. 世界地质, 19(3): 217~223.

邓军, 徐守礼, 方云, 等. 1996. 胶东西北部构造体系及金成矿动力学. 北京:地质出版社.

范永香, 高秋斌. 1993. 山东招远-掖县金矿带构造控矿规律研究. 北京:中国地质大学出版社.

傅昭仁, 李先福, 李德威, 等. 1992. 变质核杂岩及剥离断层的控矿构造解析. 武汉:中国地质大学出版社.

黄任军. 1992. 论与古岩溶有关的铋矿床的找矿研究. 矿山地质, 13(2): 130~140.

弗. 伊. 斯米尔诺夫. 1985. 矿床地质学. 北京:地质出版社. 85~150.

卢焕章, Archambault G, 李院生, 等. 1999. 山东玲珑—焦家地区形变类型与金矿的关系. 地质学报, 73(2): 174~187.

吕古贤, 孔庆存. 1993. 胶东玲珑—焦家式金矿地质. 北京:科学出版社.

李先福. 1992. 湖南桃林与剥离断层有关的铅锌及萤石矿化作用. 现代地质, 6(1): 46~54.

李建威, 李先福. 1997. 液压致裂作用及其研究意义. 地质科技情报, 16(4): 21~34.

李紫金, 傅昭仁, 李建威. 1998. 湘赣边区 NNE 向走滑断裂-流体-铀成矿动力学分析. 现代地质, 12(4): 522~531.

刘继顺. 1996. 韧性剪切带中金矿研究的若干问题. 地质论评, 43(2): 123~128.

梅友松, 汪东波, 黄浩, 等. 1995. 同位成矿概论. 地质与勘探, 31(5): 3~14.

彭少梅. 1990. 粤北新洲褶皱式逆冲推覆构造探讨. 广东地质, 5(4): 79~91.

芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国民, 等. 1984. 中国斑岩铜(钼)矿床. 北京:地质出版社.

王京彬, 王玉往, 王莉鹃. 2000. 大兴安岭中南段成矿背景及找矿潜力. 地质与勘探, 36(5): 1~4.

汪劲草. 1997. 褶皱过程中含金石英脉形成的构造机制. 地质论评, 43(1): 78~84.

汪劲草, 王建业, 王正云. 1998. 东天山博格达裂谷发现大规模层间水力断裂系统. 地球科学进展, 13(4): 403~406.

汪劲草, 汤静如, 王国富, 等. 1999. 东川因民角砾岩为水压角砾岩的地质证据及其成因意义. 地质论评, 45(1): 70.

汪劲草, 彭恩生, 孙振家. 2000. 流体动力角砾岩分类及其地质意义. 长春科技大学学报, 30(1): 18~23.

汪劲草, 彭恩生, 孙振家. 2000. 青海锡铁山铅锌矿床喷流沉积后的构造再造过程. 大地构造与成矿学, 24(2): 163~169.

汪劲草, 彭恩生, 孙振家. 2000. 初论成矿构造系列. 桂林工学院学报, 20(2): 123~127.

汪劲草, 汤静如, 王国富, 等. 2001. 太白双王含金水压角砾岩体的形成过程和金矿体预测. 地质论评, 47(5): 508~513.

汪劲草. 2001. 成矿构造系列的类型划分与应用研究. 中南大学博士学位论文.

汪劲草. 2003. 成矿构造中若干重要问题的讨论——兼论阿尔泰造山带的成矿构造系列. 中国科学院博士后出站报告.

汪劲草. 2002. 山东焦家断裂带下盘发现锥形断裂控制的工业矿体. 地质论评, 48(2): 248.

汪劲草, 夏斌. 2002. 湘中新化铋金矿床成矿构造系列及其找矿预测. 大地构造与成矿学, 26(3): 271~275.

汪劲草, 夏斌, 嵇少丞. 2003. 论构造透镜体控矿. 中国科学, 33(8): 745~750.

汪劲草, 夏斌, 汤静如, 等. 2003. 构造透镜体中锥形断裂的形成过程. 地球科学进展, 18(2): 317~320.

汪劲草, 夏斌. 2003. 伊宁吐拉苏火山盆地金矿的成矿构造系统与远景评估. 新疆地质, 21(4): 383~386.

汪劲草, 夏斌, 雷鸣波, 等. 2003. 伸展型脆-韧性剪切带对沃溪钨铋金矿床的构造控制. 吉林大学学报, 33(2): 135~140.

汪劲草, 夏斌, 汤静如. 2003. 对玲珑-焦家矿集区几个关键构造问题的认识. 大地构造与成矿学, 27(2): 147~151.

汪劲草, 王蓉嵘, 周瑶, 等. 2006. 矿体的侧伏规律及其地质意义. 桂林工学院学报, 26(3): 305~309.

汪劲草, 韦龙明, 朱文凤, 等. 2008. 南岭钨矿“五层楼模式”的结构与构式. 地质学报, 87(7): 894~899.

翟裕生主编. 1984. 矿田构造学概论. 北京:冶金工业出版社, 1~15.

赵斌. 1989. 中国主要砂卡岩及矽卡岩矿床. 北京:科学出版社.

郑庆年. 1993. 一个褶皱控矿的典型——厚婆垌银多金属矿床成矿构造浅析. 地质与勘探, 29(11): 23~28.

张进江, 郑亚东, 刘树文. 2003. 小秦岭金矿田中生代构造演化与矿床形成. 地质科学, 38(1): 74~84.

Bell T H. 1985. Deformation partitioning and porphyroblast rotation in metamorphic rock: a radical reinterpretation. J. Metamorphic Geol., 3(2): 109~118.

Colvine A C. 1984. An integrated model for the origin of Archean lode gold deposits: Ontario Geological Survey. Open File Rep., 5524, p. 98.

Sibson R H. 1977. Fault rock and fault mechanisms. J. Geol. Soc. London, 133: 191~213.

Elementary Issues of Metallotectonics

WANG Jincao

Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin University of technology, Guilin, 541004

Abstract

Based on the redefinition of metallotectonics, the concept system of the correlative tectonic nomenclatures of deposit was established. It is suggested that the metallotectonics refers to the geological structural units, which control the geometric configuration of orebodies, have independent natural boundary and are filled or metasomatized by ore-bearing substance. Based on the concept of metallotectonical unit, it is suggested that the metallotectonical series is an integration of a suit of correlative metallotectonical units forming under the same tectonic regime or some unique geologic process. The metallotectonics can be further classified into two types: the tecto-type metallotectonics (tecto fracturing) resulted from the tectonic dynamic, and the hydro-type metallotectonics (fluid fracturing) from the effect of hydro-kinetic force. Based on the configuration of metallotectonics, two metallotectonics mentioned above could be classified into four sub-types: breccia-type, vein-type, netted vein-type and disseminated type, respectively. The comparison of the differences of two metallotectonics types indicates in this study that the hydrothermal-type metallotectonics in faulting system formed commonly in the weakly deformed domains (Q domains), while the tecto-type metallotectonics developed mainly in the strongly deformed belts (P-domains). This study also discusses the relations among the deformation type, metallotectonical type and mineralization type, and indicates the existence of corresponding genetic relationship between metallotectonics and mineralization.

Key words: metallotectonics; metallotectonical unit; metallotectonical type; metallotectonical series; tecto-fracturing; fluid-fracturing