卷(Volume) 22，期(Number) 1，总(SUM) 74
页(Pages) 82～88，1998，3 (Mar.，1998)

大地构造与成矿学
Geotectonica et Metallogenia

湖南桃林大云山变质核杂岩构造与成矿的关系*

喻爱南　叶柏龙　彭恩生
(中南工业大学资源环境与建筑工程学院，长沙 410083)

摘　要　通过详细的野外观察和室内研究，确认了大云山变质核杂岩构造，从桃林铅锌矿的赋矿类型、拆离断层带的角砾岩化过程及成矿元素的富集情况等方面探讨了大云山变质核杂岩构造与成矿的关系，并建立了桃林铅锌矿的成矿模式。

关键词　变质核杂岩构造，成矿模式，铅锌矿，湖南桃林

本世纪八十年代以来，以 Davis 和 Lister[1989，Lister G S and Davis G A]等为代表的构造地质学家在研究美国盆岭区伸展构造后提出变质核杂岩(Metamorphic Core Complexes)构造，它是以拆离断层带(Detachment Fault)分隔变形基底岩石和未变质的盖层岩石所构成的构造岩石组合，一般包括变质核、变质壳、拆离断层带和盖层等四个部分。它是伴随中酸性岩浆活动的区域性多次拉伸作用形成的。变质核杂岩构造已越来越成为人们关注的成矿构造，国内外已发现的很多大型、特大型内生金属矿床都与这种构造有直接或间接的联系。

1　大云山变质核杂岩构造

区域地质调查表明，由中—新生代区域拉伸作用形成的变质核杂岩构造在湘东北的大云山地区表现得较为典型(图 1)。

本文在前人工作[1988，王育民等；1991，李先福等]的基础上，对该变质核杂岩构造与成矿的关系，进行了深入的研究。其核部是由古老地壳岩石重熔形成的花岗岩，盖层为发育一系列多米诺式正断层的白垩系－第三系红色砾岩和零星的元古界冷家溪群浅变质岩，在核部和盖层之间存在着半环状下滑型韧性剪切带(变质壳)和拆离断层带，分述如下：

变质核　核部杂岩是燕山晚期多次活动、侵位的地壳重熔型花岗岩岩基，由中粒和细粒二云母二长花岗岩组成。

* 国家自然科学基金资助项目。
喻爱南，女，32 岁，博士，讲师，主要从事构造地质、岩石力学等方面的教学和科研工作。
1997 年 10 月 23 日收稿，1997 年 12 月 26 日改回。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

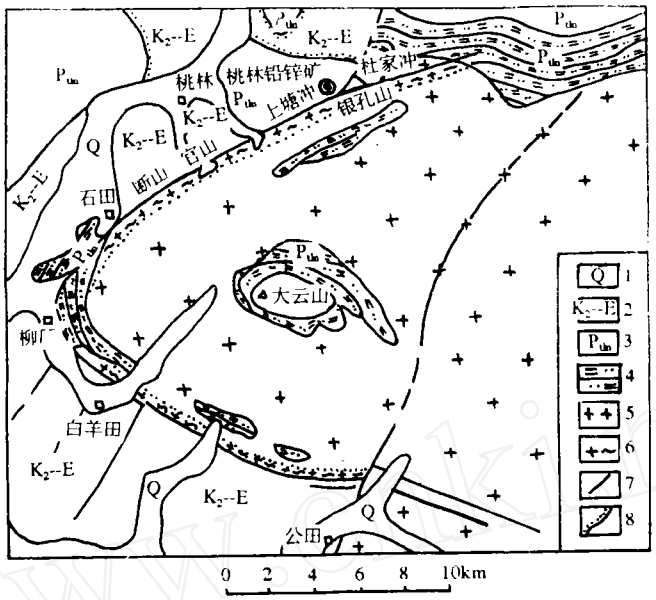


图 1　大云山地区地质图

1—第四系残坡积物；2—上白垩—第三系红色砾岩；3—冷家溪群千枚岩、板岩；4—冷家溪群的云母石英片岩；5—花岗岩；6—花岗质糜棱岩和糜棱岩化花岗岩；7—断裂；8—角度不整合

Fig. 1　Geologic map of Dayunshan area

变质壳(韧性剪切带)　沿大云山舌状花岗岩岩基周边存在由花岗质糜棱岩带和绢绿石英构造片岩带组成的半环状韧性剪切带，包括北西侧的桃林韧性剪切带和南西侧的柳厂—白羊田韧性剪切带，其地质特征反映出长期的、持续的、由深至浅的韧性剪切活动。

拆离断层带　由直接控制本区铅锌矿化的桃林大断裂和柳厂—白羊田断裂组成，二者分别紧沿半环形韧性剪切带的外侧分布，带内断层岩显示了序列性变化：碎裂化糜棱岩—含糜棱岩(构造片岩)角砾的角砾岩—碎粒岩—碎粉岩，反映了迭加在韧性变形之上的脆性构造活动。

盖层　又称上拆离盘，由白垩系—第三系红色砾岩和零星元古界浅变质碎屑岩组成，盖层中发育一系列与拆离断层带和韧性剪切带成不同角度相交的正断层(多米诺式正断层)，这些正断层中也往往发育不同程度的铅锌矿化。

2　大云山变质核杂岩构造与成矿的关系

2.1　桃林铅锌矿的赋矿类型

大云山变质核杂岩构造中的拆离断层带发生多次拆离，在不同的拆离断层中都有矿体产出，根据拆离断层上，下盘岩石的不同，赋存于拆离断层中的矿体有三种类型：杜家冲式、上塘冲式和断山式(图 2)。

杜家冲式　矿体赋存于杜家冲拆离断层中，位于矿区东部的韧性剪切带偏上部，上、下拆

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

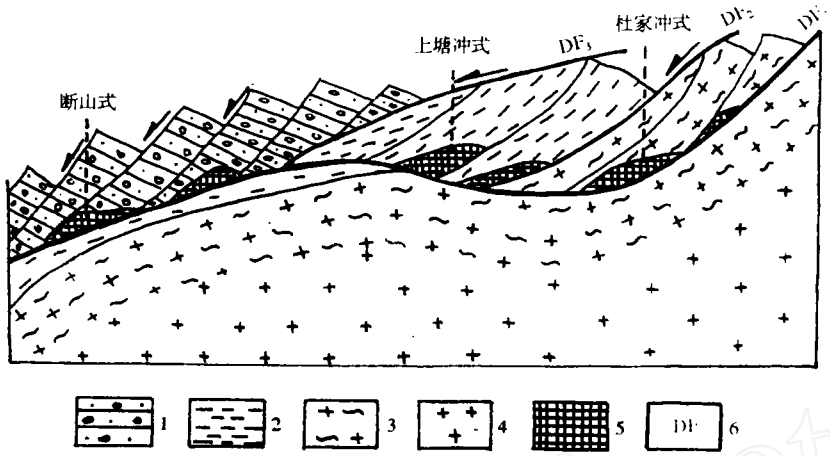


图2 不同级别拆离断层控矿示意图[1991,李先福]

1—上白垩—第三系红色砂砾岩;2—绢绿石英构造片岩;3—花岗质糜棱岩类岩石;4—花岗岩;5—矿体;6—拆离断层

Fig. 2 Ore control by different order detachment faults

离盘的岩石都是花岗质糜棱岩和初糜棱岩,断层带由碎裂的花岗质糜棱岩、初糜棱岩、角砾状花岗质糜棱岩、初糜棱岩、断层角砾岩、碎粉岩等组成,断层角砾岩发生矿化,即为矿体,矿体规模小、赋存浅、品位高,其产出严格受断层角砾岩控制。

上塘冲式 矿体赋存于上塘冲—银孔山拆离断层中,上拆离盘为绢绿石英构造片岩,下拆离盘为花岗质糜棱岩、初糜棱岩,断层带有中碎裂的花岗质糜棱岩、初糜棱岩、绢绿石英构造片岩、断层角砾岩、碎粉岩,矿化断层角砾岩即为矿体,矿体规模大,产状稳定,是桃林铅锌矿的主要矿体。

断山式 矿体赋存于官山—断山拆离断层中或上拆离盘(白垩—第三系的红色砂砾岩)中的多米诺式正断层中,这种矿体目前还未发现大规模的,但根据其产出环境是很有远景的。

2.2 拆离断层带中的角砾岩化过程及其与矿化的关系

详细的野外地质调查表明,碎粉岩、碎粒岩、碎裂化岩石、断层角砾岩等脆性断层岩,有时单独出现,有时彼此叠加,它们与矿化的关系是:碎粉岩一般无矿化,碎粒岩有浸染状矿化,碎裂化岩石中有细脉状矿化,而断层角砾岩中有团块状矿化,矿化断层角砾岩都为矿体,两者合二为一。各种脆性断层岩之所以与矿化有这样的关系,这主要得从各种脆性断层岩的形成机制来说明。

断裂带在平面上的不规则性可划分出两种基本类型:雁列段和局部弯曲段(图3a),根据横过割阶区的滑移引起的面积增加、还是减少,可以分为扩容割阶和反扩容割阶(图3b)。

由主断层上滑移增量引起的脆性变形多数出现在远离主滑移面的地方,根据位置的不同,可出现三种主要的岩石破裂过程:研磨,分散碎裂和冲挤式角砾岩化(图3b),分别形成碎粉岩,碎裂化岩石和断层角砾岩带,现分别讨论如下:

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

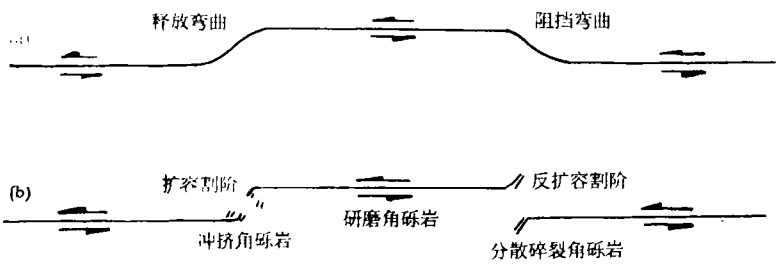


图 3　断裂带内角砾岩化过程

Fig. 3　Processes of brecciation in a fracture zone

(1) 研磨角砾岩化

在主滑移面的滑移过程中，随着岩石晶粒的碎裂都会有由研磨引起的侧壁角砾岩的发育，研磨过程包括各种规模的凹凸鼓包上的脆性剪切，以及某些端点处，可能具有的塑性甚至熔融的鼓包刻蚀作用，侧壁的开裂和拨削作用，由粒间和粒内破裂引起的颗粒磨细和岩石的碎片化等，并有岩石颗粒和碎片的旋转，随着位移的增加，晶粒的大小和分选程度都趋于减小。

桃林拆离断层带中的碎粉岩、碎粒岩的特征反映了研磨作用的特点，而多期细粒化则表明研磨作用的多次重复和叠加。

(2) 分散碎裂化

在主滑移面上的位移被反扩容割阶或其它障碍阻止的地方，各种强度的分散碎裂岩系可出现在较宽阔的区域中，这种变形大部分是由次级断层上的磨擦作用产生的，其剪切位移相对于主断层上的滑动较小，这种作用产生碎裂化岩石，岩石不具定向构造，常普遍存在热液蚀变(有时见细脉状矿化)，可能是断层活动过程中伴生的流体间歇流入造成的。

桃林拆离断层带中的碎裂化岩石(花岗质糜棱岩类岩石和绢绿石英构造片岩)，发生强烈的绿泥石化，其中见细脉状矿化，但未构成矿体。

(3) 冲挤角砾岩化

在扩容断层割阶中，围岩可通过液压冲挤作用形成角砾岩，扩容构造的应力状态有利于连接的张性破裂的发育，在野外常见同扩容割阶有关的菱形或透镜状的孔洞充填物，最常见的充填物是热液矿物(石英、方解石、硫化物等)，它们充填拉张的裂隙，或者胶结强烈扩容形成的棱角状围岩角砾形成角砾岩，这种角砾岩常以犬牙交错结构为特征，其碎屑基本上没有研磨的迹象，岩石结构常能记录越过扩容割阶不断张裂的历史或多期角砾化及热液再胶结的历史。这有力地证明，尽管在扩容割阶上围岩冲挤作用有可能仅在周围静岩压力下发生，但更为常见的机制则是由于破裂停止时，在扩容割阶中产生的流体压力突变而导致的液压冲挤作用，扩容割阶中产生瞬时低流体压与增大的破裂渗透率的同时作用，会使它们成为特别有利于热液矿物快速沉淀的部位。

液压冲挤的条件：扩容割阶中围岩内流体压力(P_w)与开放张破裂内部流体压力(P_l)之差可为：

$$\Delta P = P_w - P_l$$

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

那么拉张强度为 T 的围岩，其液压冲挤的条件为：

$$\Delta P > T$$

桃林拆离断层带的断层角砾岩，即为冲挤角砾岩，在冲挤作用过程中，发生成矿热液活动，形成含矿断层角砾岩。

综上，桃林拆离断层带中的碎粉岩和碎粒岩、碎裂化岩石及断层角砾岩，应分别在断裂带的主滑移面，反扩容割阶和扩容割阶内形成。初期这些岩石沿断裂孤立发育，但持续、反复的拆离活动使扩容割阶和反扩容割阶的位置不断变化，因而产生不同脆性断层岩相互叠加、并置的现象，造成本区拆离断层带分带复杂多样，界线不清，不过总的拆离方向(NWW)不变，因此不同脆性断层岩在不同活动期次中发育程度沿走向有明显变化，从而形成桃林拆离断层带的有矿段 和无矿段，含矿段内断层角砾岩十分发育，矿液有充分运移沉淀空间，而无矿段则发育碎粉岩或碎粒岩。

2.3 桃林韧性剪切带(变质壳)和拆离断层带成矿元素的富集情况

桃林拆离断层发生在早期的桃林韧性剪切带偏上部，形成了一个复杂的动力变质带，带中岩石早期发生韧性变形，晚期发生脆性变形，但脆性变形的中心发生在韧性变形带的上部，两者变形中心有位移。

首先讨论韧性变形的岩石中成矿元素的富集情况，表1示岩石韧性变形前后成矿元素的含量变化。

表1 韧性变形前后岩石成矿元素含量变化表($\times 10^{-6}$)

Table 1 Variation in contents of ore-forming elements in rocks before and after ductile deformation

岩石类型 / 含量 / 元素	二云二长花岗岩*	花岗质糜棱岩初糜棱岩	维氏花岗岩(1962)	冷家溪群板岩*	绢绿石英构造片岩	维氏克拉克值(1962)
Pb	19	17.4	20	120	65	16
Zn	57	77.3	60	200	105	83
Cu	6.7	25.1	20	160	45	47

注：①由本校分析室分析，其中花岗质糜棱岩、初糜棱岩一栏为七个样品平均

②带 * 者资料来源于王育民等(1988)

从表1可以看出：岩石发生韧性变形后，不同的岩石，不同的成矿元素，其含量变化是不同的，本区内的大云山二云二长花岗岩中成矿素 Pb、Zn、Cu 的含量低于维氏花岗岩对应元素的含量，为含矿性差的花岗岩，二云二长花岗岩经韧性变形成为花岗质糜棱岩、初糜棱岩，其中 Pb 的含量减少，Zn 和 Cu 的含量增加，冷家溪群板岩中成矿元素 Pb、Zn、Cu 的含量较高。高出地壳克拉克值几倍，板岩经韧性变形成为绢绿石英构造片岩，其中 Pb、Zn、Cu 的含量都减少，出现亏损；这可能是由于元素的化学性质不同、原岩不同以及韧性变形使岩石体积损失的结果。

拆离断层发展过程中，韧性变形岩石发生脆性破裂，含矿热液乘虚而入，发生矿化作用，使整个拆离断层带中岩石成矿元素的含量都增加，笔者在杜家冲－40 m 中段 477－478 穿脉系统采样进行成矿元素 Pb、Zn、Cu 光谱半定量分析，其结果见表2，表中数据表明，成矿元素在拆离断层带中发生了非常明显的富集。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　桃林拆离断层带中脆性变形岩石成矿元素含量表($\times 10^{-6}$)

Table 2　Contents of ore-forming elements in brittlely deformed rocks

样　号	岩　石　名　称	Pb	Zn	Cu
D04771	碎裂花岗质初糜棱岩	250	1000	30
D04775	碎裂花岗质糜棱岩	100	500	50
D04779	碎粉岩	1000	500	150
D047712	碎裂花岗质糜棱岩	1000	200	<10
D04801	碎裂绢绿石英构造片岩	1200	800	500

2.4　桃林铅锌矿的成矿模式

据笔者及前人的硫、铅、氢、氧同位素研究结果[1988，王育民等；1991，李先福等]表明本区成矿物质主要来自地壳深部，部分来自围岩——冷家溪群浅变质碎屑岩和大云山花岗岩；成矿溶液具多来源的复杂叠加组成特征，早期从深部来的成矿溶液(岩浆水或构造变质水)占主要部分，随着成矿作用的进行，其中大气水的比例增加。之所以具有这样的特征，主要是与大云山变质核杂岩构造有关，尤其与其中的桃林韧性剪切带和拆离断层关系密切，二者严格控制着成矿作用。

桃林韧性剪切带和拆离断层带是一具长期、持续、由深至浅，韧、脆叠加的构造活动的大规模构造变质热异常带，其独特构造活动方式的结局及结果，非常有利于成矿作用的发生，在成矿作用中起了重大作用：

(1) 韧性剪切带发育在深部，切割深，是地壳下部成矿溶液的上升通道；

(2) 拆离断层作用使下盘的"热"岩石(花岗岩和冷家溪群地层)从较深处被拖拉上来，与上盘"冷"岩石(冷家溪群地层或白垩—第三系红色砂砾岩)并置在一起，由于温度、压力条件的改变，岩石发生脆性破裂，加之热液流体的冲挤作用，使岩石发生角砾岩化，多次拆离作用叠加，形成了复杂的角砾岩化带和碎裂

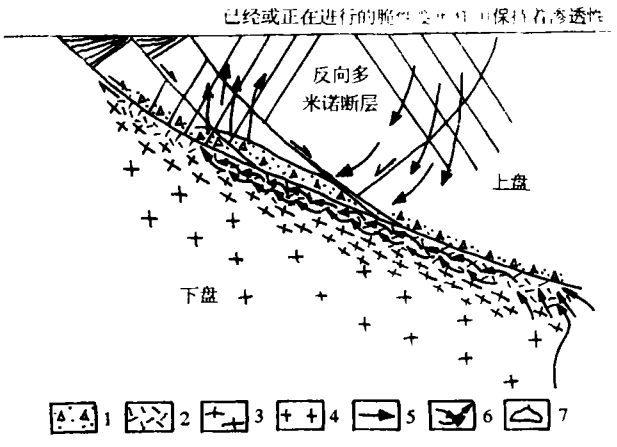


图 4　桃林铅锌矿成矿模式

1—角砾岩带；2—碎裂作用和热液蚀变带；3—变形和蚀变花岗岩带；4—花岗岩；5—上盘成矿热液体系；6—下盘成矿热液体系；7—上、下盘成矿热液混合带

Fig. 4　Metallogenic model for the Taolin Pb—Zn deposit

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

岩化带及碎粉(粒)岩带;

(3) 多次拆离断层本身及其上盘中发育的犁式正断层为良好的渗透通道系统,大气降水沿其下渗,并淋滤溶解和萃取上拆离盘中成矿物质,形成了上盘含矿溶液体系;

(4) 地壳下部的含矿热液(包括少部分冷家溪群岩石中的含矿热液)在周期性静岩压力及岩浆热驱动下沿构造薄弱带上升,下盘顶部超碎裂岩(碎粉岩)起屏蔽作用,在上升过程中也萃取溶解流经岩石中的成矿物质,这就形成了下盘含矿溶液体系;

(5) 上、下两含矿热液体系之间存在着温度、盐度、成矿物质浓度等方面的不同,当它们在上、下盘接触带的某一部位汇合时,就会导致成矿物质的沉淀而形成矿体;

(6)成矿作用和拆离作用相随发生,即成矿过程与拆离过程一致。拆离作用及含矿溶液的冲挤作用致使岩石角砾岩化,而角砾岩化又为矿质沉淀提供空间,在多次拆离和成矿过程中,上、下两含矿溶液体系不断混合、循环,其组成及物化性质不断改变,造成了本区多阶段矿化及不同赋存形式的矿体沿不同级别的拆离断层分布。

根据上述控矿和成矿特点,建立了桃林铅锌矿的成矿模式如图4所示。

参 考 文 献

1988 王育民,朱家鳌,余琼华. 湖南铅锌矿地质. 北京:地质出版社,103~169

1989 Lister G S, Davis G A. The origin of metamorphic core complexes and detachment fault formed during Tertiary continental extension in the Northern Colorado River region, U.S.A., J. Struct. Geol., 11(1/2): 65~94

1991 李先福,余研. 湖南桃林幕阜山地洼期变质核杂岩及剥离断层有关的铅锌矿化作用. 大地构造与成矿学,15(2): 90~98

RELATIONSHIP BETWEEN THE DAYUNSHAN METAMORPHIC CORE COMPLEX AND MINERALIZATION, TAOLIN, HUNAN PROVINCE

YU Ainan YE Bailong PENG Ensheng

(*College of Resource, Environment and Civil Engineering, Central South University of Technology, Changsha* 410083)

ABSTRACT

According to the field observation and indoor investigation, the Dayunshan metamorphic core complex is confirmed. Based on the orebody existence forms of the Taolin Pb-Zn deposit, the processes of brecciation at the detachment fault and the richening of ore-forming elements. relationship between the Dayunshan metamorphic core complex and mineralization is discussed, and a metallogenic model for the Taolin Pb-Zn deposit is established.

KEY WORDS Metamorphic core complex, metallogenic model, Pb-Zn deposit, Taolin, Hunan Province

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net