

## 中条山地区胡-篦型层控铜矿床角砾岩的特征及成因探讨

孙海田 葛朝华

冀树楷<sup>①</sup>

(中国地质科学院矿床地质研究所)

(山西省地质科学研究所)

**内容提要:** 中条山铜矿区位于华北地台南缘,与胡-篦型层控铜矿床空间上紧密伴生,且广泛发育有一套角砾岩。根据角砾岩产状可分为两个层位:一是矿体底盘角砾岩,仅分布在老宝滩一店头一带,出露规模较大,基本不含矿;二是含矿层角砾岩,分布范围广,规模较小,矿化强烈。根据角砾岩和胶结物的成分及结构特征,笔者认为本区角砾岩是与海底热液喷气活动有关的热液沉积角砾岩。

**主题词:** 浅变质岩系 胡-篦型层控铜矿床 热液沉积角砾岩 山西中条山

### 一、区域地质背景

中条山铜矿区位于华北地台南缘。区域内结晶基底由太古代涑水杂岩——一套变质程度较深的变质岩和混合岩构成,主要分布在本区的西部。早一中元古界火山岩系和沉积建造呈窄长条带状沿古陆边缘拗陷带分布,呈北北东向延长约几十公里,宽约10km,不整合于结晶基底之上。中条山铜矿区各种类型铜矿床(点)均分布于该层火山岩系及沉积建造之内。北部主要为早元古界绛县群火山-沉积建造,强烈的火山活动以明显“双峰态”的钾质火山岩系为特征,由钾质基性火山岩和钾质流纹岩及凝灰岩组成。矿化与中酸性次火山活动有关,在火山岩中形成铜矿峪型细脉浸染状铜矿床,在泥质沉积建造内则形成横峪关型层状铜矿床。南部主要为中元古界中条群浅变质岩系,它们围绕北峪结晶基底分布并构成短轴背斜(图1)。中条群除少量基性火山岩外,主要为一套细碎屑沉积岩和碳酸盐岩等沉积建造,按不同岩性可进一步划分出五个岩层组(图1、2)。篦子沟组主要沿短轴背斜之东翼呈窄长带状展布,与下伏地层之间为断层接触,沉积环境受边缘拗陷带内次级盆地控制。已知矿床主要分布在篦子沟组。该组以黑色炭质片岩及石榴绢云片岩为主,夹有大理岩、不纯大理岩、绢云片岩等“黑色片岩”建造。该建造中夹有小规模薄层状黑云片岩和斜长角闪岩等基性火成岩,反映形成于相对深海还原沉积环境。黑色片岩本身一般不含矿,仅构成矿床直接项、底板。直接容矿岩石主要为金云母石英白云大理岩、金云母钠长石英大理岩、条纹状含电气石钠长石英岩、角砾岩等。该类矿床之矿体呈层状、似层状及大透镜状,与围岩整合接触,严格受地层层位和岩性控制。其中之胡家峪、篦子沟两个矿床规模最大,因此定名为胡-篦型层控铜矿床。晚元古代地层在本区东部及北部边缘地区广泛分布,与下伏地层呈角度不整合接触。

<sup>①</sup> 参加工作的还有李树屏、唐任滇、荆义、李泰安等

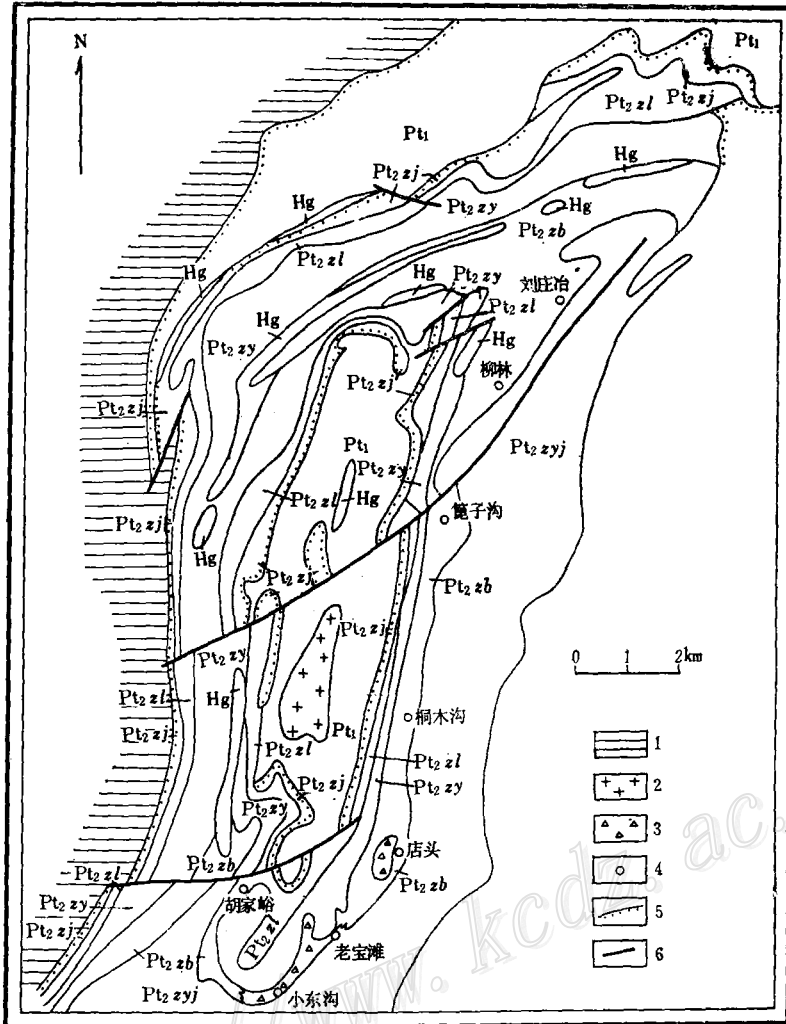


图 1 中条山胡-篦型铜矿区域地质略图

(据山西省214地质队1:10万和1:1万地质图编制, 1980)

1—太古代结晶基底; 2—北峪花岗岩体; 3—角砾岩; 4—矿床(点); 5—不整合界线; 6—断层; Pt<sub>1</sub>—早元古界沉积岩层及火山岩; Pt<sub>2zj</sub>, Pt<sub>2zl</sub>, Pt<sub>2zy</sub>, Pt<sub>2zb</sub>, Pt<sub>2zyj</sub>—中元古界中条群; Pt<sub>2zj</sub>—界牌梁组石英岩; Pt<sub>2zl</sub>—龙峪组钙泥质片岩; Pt<sub>2zy</sub>—余元下组大理岩; Pt<sub>2zb</sub>—篦子沟组黑色片岩; Pt<sub>2zyj</sub>—余家山组大理岩; Hg—斜长角闪岩

Fig. 1. Schematic regional geological map of the Hu-Bi type copper deposits in Zhongtiaoshan.

1—Archeozoic crystalline basement; 2—Beiyu granite body; 3—Breccia; 4—Ore deposit(occurrence); 5—Unconformity; 6—Fault; Pt<sub>1</sub>—Early Proterozoic sedimentary strata and volcanic rocks; Pt<sub>2zj</sub>, Pt<sub>2zl</sub>, Pt<sub>2zy</sub>, Pt<sub>2zb</sub>, Pt<sub>2zyj</sub>—Middle Proterozoic Zhongtiao Group; Pt<sub>2zj</sub>—Quartzite of Jiepaijiang Formation; Pt<sub>2zl</sub>—Calcareous-argillaceous schist of Longyu Formation; Pt<sub>2zy</sub>—Marble of Yuyuanxia Formation; Pt<sub>2zb</sub>—Black schist of Bizigou Formation; Pt<sub>2zyj</sub>—Marble of Yujiaoshan Formation; Hg—Amphibolite.

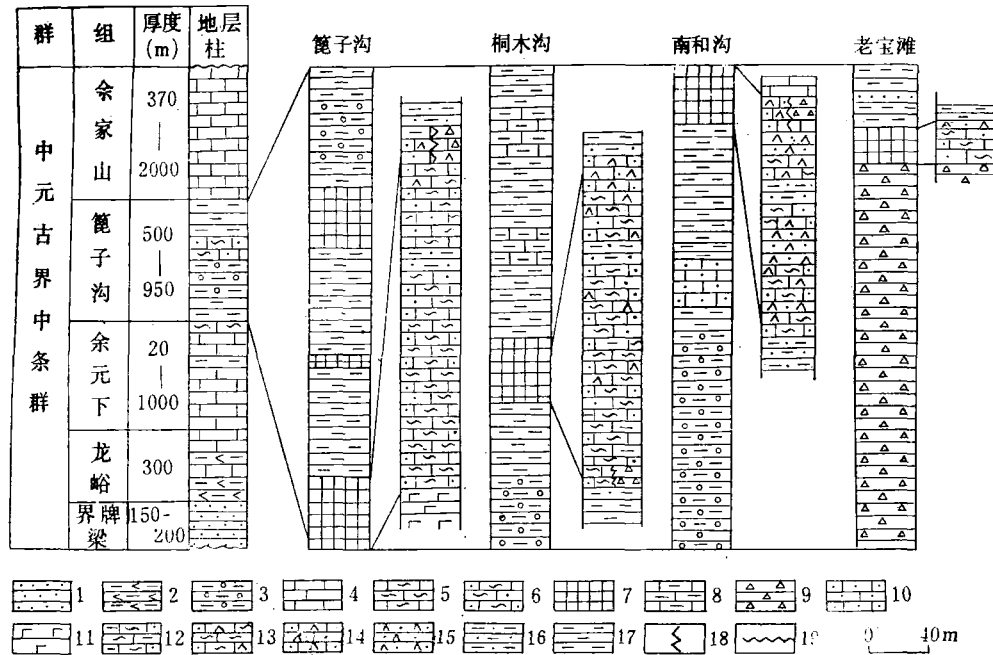


图 2 中条山胡-篦型铜矿主要矿床含矿岩层综合柱状图

1—石英岩；2—钙质云母片岩；3—石榴石片岩；4—大理岩；5—含金云母大理岩；6—黑云石英大理岩；7—含矿层；8—泥质大理岩；9—角砾岩；10—含石英角砾岩；11—方柱石黑云片岩；12—泥质黑云石英大理岩；13—黑云钠长石英大理岩；14—钠长石英大理岩；15—条带状含电气石石英钠长岩；16—含炭硅质黑色片岩；17—炭质黑色片岩；18—岩相渐变过渡关系；19—不整合

Fig. 2. Composite columnar sections for ore-bearing strata of the main Hu-Bi type copper deposits in Zhongtiaoshan.

1—Quartzite; 2—Calcareous mica schist; 3—Garnet schist; 4—Marble; 5—Phlogopite-bearing marble; 6—Biotite-quartz marble; 7—Ore-bearing layer; 8—Argillaceous marble; 9—Biotite-quartz marble; 10—Quartz-bearing breccia; 11—Scapolite-biotite schist; 12—Argillaceous biotite-quartz marble; 13—Biotite-albite-quartz marble; 14—Albite-quartz marble; 15—Striped tourmaline-quartz albite; 16—Carbonaceous-siliceous black schist; 17—Carbonaceous black schist; 17—Carbonaceous black schist; 18—Transitional relationship of lithofacies; 19—Unconformity.

## 二、角砾岩的产状及特征

本区角砾岩产出频繁，并与矿体紧密伴生，这是胡-篦型层控铜矿床的重要特征之一。根据角砾岩与矿层的关系分为矿层角砾岩和底盘角砾岩。矿层角砾岩是在矿床开采过程中发现的，对其成因目前很少有人探讨。底盘角砾岩与矿床同时被发现于50年代，对其成因目前有三种意见：①火山角砾变质成因（桂林冶金地质所，1975）；②正常沉积变质角砾岩（中条山铜矿编写组，1978）；③潮坪相滑塌堆积角砾岩（唐任滇，1986）。笔者根据近年的工作，对角砾岩成分及结构作如下讨论：

1. 底盘角砾岩：是本区地表出露面积最大的角砾岩地质体，仅分布于老宝滩一小东沟一店头一带，也叫老宝滩角砾岩。其长达4km，宽约300m。角砾岩层理不发育，但弱片理化与区域片理化方向一致。整体上呈层状与下伏余元下组金云母大理岩呈断层接触，上盘与矿体直接接触。横向上迅速相变为篦子沟组黑色片岩及石榴石云母片岩，并与篦子沟组黑色片岩建造在空间展布和产出层位上构成一个和谐的整体，故将其划归篦子沟组（图1）。

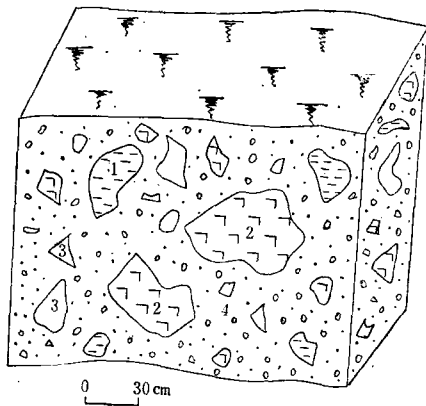


图3 底盘角砾岩素描图  
(老宝滩矿区坑道)

1—泥质片岩角砾；2—大理岩角砾；3—石英岩角砾；4—小角砾及胶结物

Fig.3. Sketch of lying breccia (in a gallery of the Laobaotan ore district).

1—Breccias of argillaceous schist; 2—Breccias of marble; 3—Breccias of quartzite; 4—Small breccias and cements.

角砾、白云母及少量磷灰石组成。白云石呈他形粒状或颗粒集合体及变斑晶形式出现，粒度一般为0.05—2mm，含量为35%左右；石英则主要呈圆形晶体或他形粒状集合体，粒度为0.05—1mm，含量约52%；黑云母主要呈片状半自形或自形晶体或集合体， $N_{g'}$ 为深草绿色， $N_m \approx NP'$ 为淡绿色， $2V = 0^\circ$ ，含量约30%；电气石主要为粒状或长柱状， $N_o$ 为暗绿色， $N_e$ 为无色，分散在矿物粒间或被其它矿物包裹，常与黑云母共生，含量为5%左右。此外有少量显聚片双晶、表面干净的板状钠长石及微量磷灰石。据电子探针分析结果，钠长石牌号很低， $A_m$ 小于5，并且钾含量亦极低（表1）。胶结物这种富水、硅、硼、钠和碳酸盐的矿物组合特征与上覆含矿层容矿岩石的矿物组合一致。

表1 钠-奥长石电子探针分析结果(%)

Table 1. Electron microprobe analyses of albite-oligoclase (in percentage)

编号	层位	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	FeO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ
1	含矿层	11.68	19.60	68.26	0.02	0.14	—	0.01	—	—	—	0.11	99.82
2	角砾岩	9.45	23.37	63.42	0.04	4.41	0.09	—	—	0.06	0.02	—	100.85
3	底盘	11.71	18.78	68.72	0.05	0.21	—	0.04	0.02	—	0.16	—	99.68
4	角砾岩	12.20	19.17	68.42	0.01	0.11	—	0.14	—	—	0.06	0.07	100.07

从胶结物矿物间的结构关系上看，矿物分布的相对不均匀性是一个突出特征，往往石英、白云石、黑云母等各自相对集中形成集合体，特别是石英和白云石常呈他形粒状集合体变斑晶出现。另外电气石常被石英、白云石等矿物包裹，并且电气石与包裹矿物之间无任何交代反应现象。另一种特征结构是由圆形石英晶体充填在黑云母集合体之间，并且黑云母片状晶体围绕圆形石英边缘呈不同方向交织排列，二者构成的这种特殊结构称其为交织包晶结构 (decussate peritectic texture)。另外黑云母有时被绿泥石或碳酸盐

(1) 角砾特征：底盘角砾岩最大特征是角砾成分简单，成分主要来自于筵子沟组下伏层位的大理岩、钙泥质片岩、石英岩，其中以余元下组大理岩为主。通过开采坑道及地表观察，许多研究者已经注意到，在角砾岩中迄今尚未发现典型的筵子沟组含炭质黑色片岩成分的角砾，故亦有人将其归于余元下组（矿山采矿组，1986）。这些角砾分选性极差，大者可达几米乃至几十米，以致被误认为是角砾岩层内夹的透视镜体，小者仅几毫米，多数在5—30cm之间。角砾的磨圆度较差，一般为棱角状、次棱角状，少数为次滚圆状，表现出是一种迅速杂乱堆积的产物（图3）。组成角砾的矿物成分简单且与同层位浅变质岩系变质程度一致。大理岩角砾主要由白云石组成，白云石粒度一般为2—5mm，还含有少量石英和云母。钙泥质片岩角砾主要由泥质和白云石组成，含少量绢云母、黑云母及石英，石英呈他形粒状，粒度一般为0.01mm左右。石英岩角砾主要由他形粒状石英集合体组成，粒度一般为2—5mm。角砾与胶结物之间界线十分明显，角砾占角砾岩总量的60%左右。

(2) 胶结物特征：胶结物成分与角砾成分显示出明显的不协调性，其主要由白云石、黑云母、石英、电气石、钠长

矿物沿其边部或解理产生局部交代,但仍保留黑云母残体及假象,这种交代结构普遍而不强烈,很可能与区域变质作用有关。

**2. 矿层角砾岩:**分布于含矿建造内,具有明显矿化,有时构成矿体的组成部分。其出露范围广泛,目前在南和沟、桐木沟、篦子沟等主要开采矿区的采矿坑道内都有发现。但规模较小,单个角砾岩体长几到几十米。作为矿化岩石常与层纹状含电气石钠英岩、黑云石英大理岩等容矿岩石呈相变过渡,没有截然界线。角砾岩即可产于含矿层上部(如南和沟矿区3号矿体、篦子沟矿区2号矿体),亦可产于含矿层下部(如桐木沟矿区3号矿体,篦子沟矿区10号矿体)。矿层角砾岩同底盘角砾岩有共性,也存在某些差别。

(1)角砾特征:含矿层角砾岩的角砾成分除与底盘角砾成分相同外,在篦子沟组还广泛出现黑色片岩及少量矿石角砾。它们的出现及含量变化视角砾岩层下伏或毗邻层位岩性特征而定,如南和沟矿区角砾岩层毗邻岩层主要为大理岩及矿层,则角砾成分主要为大理岩,偶见矿石角砾;而桐木沟、篦子沟矿区角砾岩层的下伏与毗邻岩层主要为黑色片岩及矿化黑云石英大理岩和石英钠长大理岩,则角砾成分主要为黑色片岩、矿石角砾及少量大理岩。角砾的分选性较差,从几毫米至几十厘米,一般为1—20cm。某些角砾磨圆度很差,为棱角状或次棱角状,具杂乱堆积特征;某些则为次棱角状或次滚圆状,并呈定向排列,长轴方向与片理一致。特别是以黑色片岩为主要成分时,角砾的成层性更加明显。黑色片岩角砾主要由炭质、泥质和硅质组成,矿物粒度小于0.01mm,并且往往具有明显的褶皱变形。矿石角砾主要为具层纹状矿化的金云石英大理岩或含电气石钠英岩。砾石与胶结物之间接触界线明显。角砾的矿物组合、含量和粒度、组构以及变质程度均与角砾来源的岩层一致。

(2)胶结物特征:矿层角砾岩胶结物的特征之一是同底盘角砾岩胶结物的矿物组合一致,主要由白云石、石英、金云母、白云母、电气石、钠-奥长石、硫化物及少量磷灰石组成,只是它们之间的含量比例及结构特征具有一定的差异。胶结物中白云石和石英主要为他形粒状,粒度一般为0.05—0.2mm,含量占胶结物的40—60%。钠-奥长石具有明显的聚片双晶,往往结晶和自形程度都较好,粒度一般为0.1mm左右。据电子探针成分分析, $A_m$ 为1—20,主要为钠长石和奥长石(表1)。但它们在胶结物中分布极不均匀且含量很低,一般不超过5%。矿层角砾岩胶结物的重要特征是富含金云母。金云母为片状,有些结晶较好,呈自形和半自形,有些为他形乃至呈云雾状。金云母常与石英、白云石共生形成花岗变晶结构,有时相对富集且定向排列构成金云母条带。金云母的干涉色 $N_g'$ 为黄褐色, $N_m \approx N_p'$ 为浅黄色, $2V \approx 30^\circ$ ,含量15—30%。电气石在矿层角砾岩胶结物中大量出现,主要呈两种方式产出:一是粒状或长柱状,结晶程度高,自形程度好,一般为0.05—0.1mm, $N_o$ 为黄绿色, $N_e$ 为无色。某些电气石晶粒具多阶段形成之特点,往往其内部为六边形,外被球面三角形电气石包裹,或在黄绿色电气石边缘出现浅黄褐色边,外边的成分相对富镁,反应了变质作用的影响。另一类电气石呈极细粒集合体,粒度小于0.01mm,结晶程度及自形程度都较差,一般为骸晶,主要为半自形和他形,个别的甚至呈胶状,这种集合体电气石颗粒有时达几百个。组成胶结物的暗色矿物有时变成以电气石为主,金云母居次要地位。电气石含量一般为10—20%。矿层角砾岩胶结物的另一个突出特点是普遍具有矿化,硫化物为黄铁矿和黄铜矿,常与白云石、石英共生,并构成矿体的组成部分。

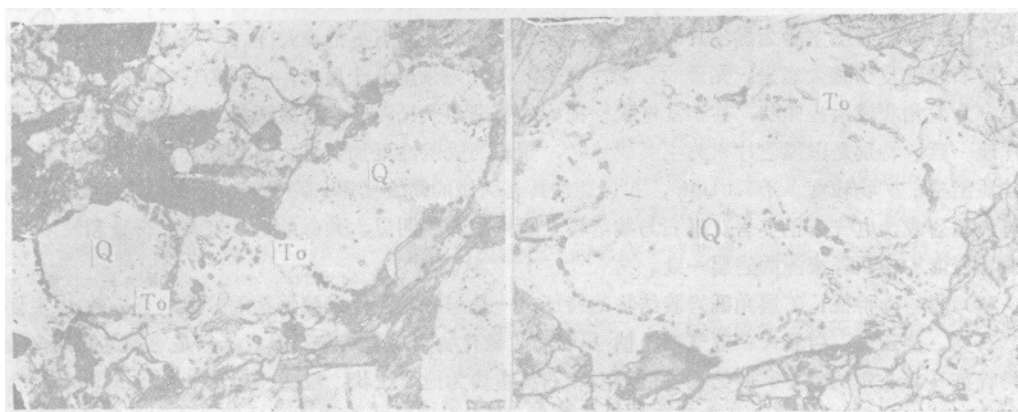
按胶结物矿物彼此间的关系可划分出五种主要结构类型:

(a) 共生结构:表现在石英、白云石及金云母形成似花岗变晶结构,金云母为自形和半自形,白云石结晶程度较差,石英常为他形粒状。这是胶结物的主要结构。

(b) 包裹结构:一方面表现在电气石被金云母、白云石等矿物包裹,并且电气石与包裹它的矿物之间没有任何交代反应现象,另一方面表现在电气石与石英构成筛状变晶或边缘串滴状变晶结构,这种结构在胶结物中十分普遍。石英主要呈圆形,包裹数粒或数十粒电气石。当电气石粒度较大时(一般大于0.02mm),则电气石不规则地被石英包裹形成筛状结构,当电气石粒度在0.01mm左右时,常沿石英边缘呈串滴或环状分布(照片1、2)。这表明在富硅、硼的热液活动中,硅质活动时间更长,在石英晶体生长加大过程中,由于矿物结晶自净力作用,使早结晶的较细粒电气石被推向石英晶体边缘分布。这种结构的突出特点是石英包裹电气石且石英往往呈圆形。类似的结构在岩浆晚期自变质流体交代作用或变质程度很高的变质岩中较常

见，而在低变质相系角砾岩胶结物中广泛出现确属罕见。还需要特别指出的是，这种结构仅限于胶结物中发育，当遇到角砾时，这种结构便停止发育（照片1）。

(c) 交织包晶结构：这是矿层角砾岩的特征结构之一。这种交织包晶结构在底盘角砾岩中也较发育，在矿层角砾岩中更为典型。主要特征是在金（黑）云母相对集中的部位，由自形或半自形的金（黑）云母呈不同方向构成封闭格架，其内总是包裹充填白云石、石英、硫化物等低温矿物组合。有时金（黑）云母与石英或白云石间具有明显的界线，没有任何交代反应现象；有时石英或白云石交代金云母在二者之间形成很窄的绿泥石反应边（照片3、4）。金（黑）云母构成的交织格架有时并未完全封闭，但其内充填物同样为低温矿物组合。这种结构与变质作用形成的鳞片变晶结构极不相同，在热液活动或变质作用过程中，石英或碳酸盐矿物重结晶且粒度加大。



照片1 包裹结构：石英（Q）包裹电气石（To）  
呈环形筛状单偏光 ×10 篦子沟

照片2 包裹结构：电气石（To）沿石英（Q）  
边呈串滴状单偏光 ×10 桐木沟



照片3 交织包晶结构：黑云母（Bi）呈自形半自  
形包裹白云石（C）单偏光 ×10 篦子沟

照片4 交织包晶结构：石英交代黑云母（Bi），二者  
之间出现绿泥石（Chi）反应边单偏光 ×10 篦子沟

(d) 交代反应结构：胶结物中矿物的交代结构十分发育，主要表现在金云母被交代形成绿泥石；其次是碳酸盐沿金云母解理或边缘交代，造成碳酸盐化，但仍保留金云母的假象；石英对金云母产生交代并使自形程度较好的金云母交代溶蚀。总之，交代反应的过程表现为一种退化变质交代作用。

(e) 聚斑晶及变斑晶结构：角砾岩胶结物中矿物的分布很不均匀，石英及白云石或二者共同构成聚斑晶集合体的现象十分普遍，有时石英或白云石呈明显变斑晶出现，并包裹一些细粒基质矿物。另外，金云母、

电气石、钠长石有时亦相对集中。

总之，角砾岩胶结物的成分和结构特点充分反映出其与热液活动息息相关。

3. 云母及电气石成分特征

角砾岩胶结物以富含黑云母-金云母系列和电气石为特征，其电子探针分析结果见表 2。在黑云母-金云母系列中，底盘角砾岩主要为黑云母变种，黑云母的Mg/Fe比值为0.9左右，属富羟基的黑云母（图4）。而矿层角砾岩主要为金云母变种，其Mg/Fe比值在3.8—4.5之间。黑云母-金云母系列的这种特征，表明其

表 2 电气石、黑云母电子探针分析结果(%)

Table 2. Electron microprobe analyses of tourmaline and biotite (phlogopite) (in percentage)

编号	矿物名称	产状	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	FeO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ	Mg/Fe
1	电气石	矿层角砾岩	2.30	8.18	30.18	37.57	—	0.57	0.22	0.09	—	—	6.34	0.04	85.47	2.25
2	电气石	矿层角砾岩	3.03	8.72	28.55	37.39	—	0.12	0.05	0.02	0.01	—	7.59	0.11	85.60	2.10
3	电气石	矿层角砾岩	2.36	8.70	30.13	37.66	0.09	0.39	—	—	0.14	0.08	6.10	0.13	85.77	2.54
4	电气石	矿层角砾岩	2.34	8.00	30.15	37.77	0.03	0.80	0.71	0.04	0.09	0.14	7.30	0.07	87.44	1.94
5	电气石	矿层角砾岩	2.13	9.03	29.40	37.21	—	1.44	0.50	—	0.16	—	7.53	0.15	87.54	2.12
6	电气石	矿层角砾岩	2.50	8.61	30.42	37.88	—	0.69	0.07	0.10	0.11	—	7.06	0.09	87.55	2.18
7	电气石	石英包裹电气石	2.12	7.67	25.77	37.55	—	0.98	1.14	—	0.20	0.04	11.33	0.02	86.83	1.20
8	电气石	石英包裹电气石	3.15	7.79	25.72	37.24	0.04	0.24	0.38	—	0.16	0.36	11.83	0.12	87.03	1.17
9	电气石	底盘角砾岩	2.11	10.03	30.77	38.13	0.02	—	—	0.14	—	—	3.89	0.05	85.15	4.59
10	电气石	底盘角砾岩	2.03	7.82	32.02	37.76	0.02	0.85	0.10	0.04	0.11	0.31	6.10	—	87.17	2.29
11	金云母	矿层角砾岩	0.01	17.93	18.19	39.66	9.36	—	1.27	—	0.07	—	8.18	—	94.68	3.87
12	金云母	矿层角砾岩	—	17.93	18.71	40.76	8.67	0.01	1.83	—	—	0.14	7.20	0.13	95.38	4.45
13	黑云母	底盘角砾岩	—	10.03	16.47	37.83	9.51	0.02	1.93	—	0.02	—	20.08	0.19	96.09	0.89
14	黑云母	底盘角砾岩	—	10.11	16.77	38.49	9.57	—	1.65	—	0.17	0.06	19.82	0.38	97.03	0.91

由中国地质大学北京研究生部探针组测试（1987）

形成于富水的环境，并且从早期底盘角砾岩到晚期矿层角砾岩的热液活动由富铁向富镁的方向演化。一般地说，产在前震旦纪变质白云岩中的金云母经常与透辉石、透闪石及滑石共生，但本区与金云母共生的矿物主要是石英、白云石、钠长石和电气石组合，基本不出现透辉石、透闪石、滑石等矿物，并且金云母作为气成矿物常与富硼的电气石共生。这表明本区黑云母-金云母系列的形成很可能与区域变质作用无关。从电气石成分特征上看，亦主要是镁电气石-铁电气石系列的变种，并且相为富镁，Mg/Fe比值变化于1.1—2.3之间。电气石的成分特点反映出其与岩浆岩及热液蚀变花岗岩中的电气石明显不同，但却与世界其它地区喷气沉积成因块状硫化物矿床中的电气石成分具有惊人的相似性。如阿巴拉契亚加里东造山带某些火山岩及沉积岩中的喷气沉积矿床及澳大利亚北部 Golden Dyke Dome以细碎屑沉积岩为容矿岩石的喷气沉积矿床，

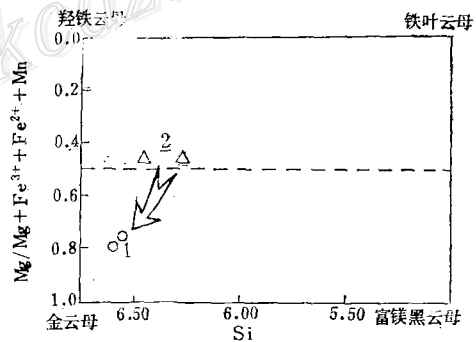


图 4 云母的Si-Mg/(Mg + Fe<sup>3+</sup> + Fe<sup>2+</sup> + Mn) 图解

1—矿层角砾岩金云母；2—底盘角砾岩羟铁云母

Fig. 4. Plot of Si against Mg/(Mg + Fe<sup>3+</sup> + Fe<sup>2+</sup> + Mn) for mica.

1—Phlogopite from ore bed breccia; 2—Hydrocarbon iron mica from lying breccia.

电气石其成分特别集中地分布在变泥质岩及变质砂屑岩的范围。另外，早期形成且包裹在石英晶粒内的电气石相对富铁，表明热液活动由早期富铁向晚期富镁的方向演化（图5），这一点与黑云母-金云母系列提供的信息一致。因此，黑云母-金云母系列及电气石的成分和结构特征具有重要的成因意义。

### 三、成因探讨

为了探讨本区角砾岩的成因，在此不妨首先提出几种成因假说：

1. 底砾岩：从底盘砾岩及含矿层角砾岩分选性及磨圆度均较差，从角砾岩产出层位和规模等特征上看，显然与底砾岩相悖。

2. 火山角砾岩：在海相火山作用环境形成如此大规模的角砾岩，必定要有明显火山物质及火山角砾的

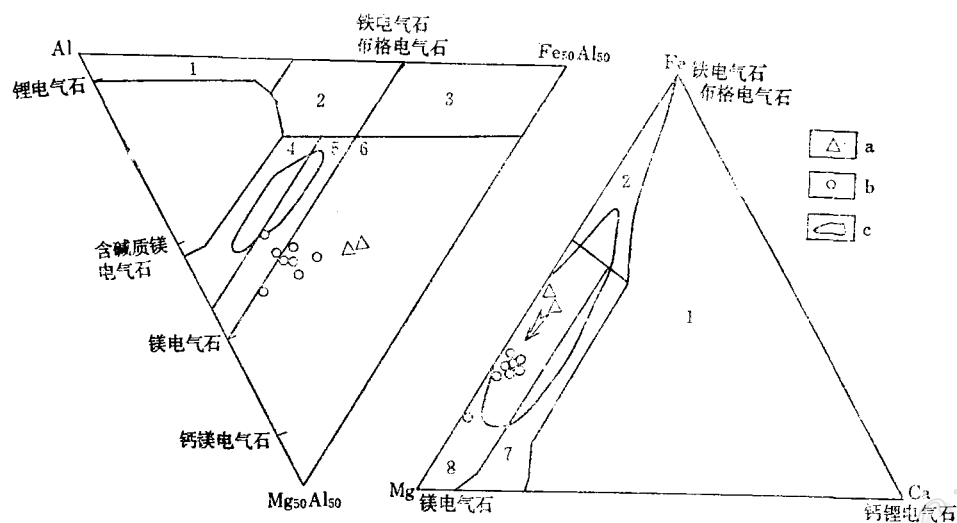


图5 角砾岩胶结物中电气石成分图解

(底图引自 I. R. Plimer, 1986)

1—富锂花岗岩、伟晶岩及细晶岩；2—贫锂花岗岩、伟晶岩及细晶岩；3—热液蚀变花岗岩；4—含铝饱和矿物的变质泥岩及变质砂屑岩；5—变质泥岩与变质砂屑岩；6—富铁电气石、钙硅质岩及变质泥岩；7—富钙变质泥岩；8—贫钙变质泥岩、变质砂屑岩及电英岩；a—石英包裹之电气石；b—其他电气石；c—澳大利亚北部 Golden Dyke Dome 喷气沉积铅锌矿床电气石的分布范围

Fig. 5. Triangular diagram showing composition of tourmalines from cements of breccia.

1—Li-rich granite, pegmatite and aplite; 2—Li-deficient granite, pegmatite and aplite; 3—Hydrothermal altered granite; 4—Metamorphic mudstone and psammite containing Al-saturated minerals; 5—Metamorphic mudstone and psammite; 6—Ferric tourmaline, calcisiliceous rocks and metamorphic mudstone; 7—Ca-rich metamorphic mudstone; 8—Ca-deficient metamorphic mudstone and psammite and tourmalite; a—Tourmaline enclosed in quartz; b—Other tourmaline; c—Distribution limits of tourmaline from Golden Dyke Dome exhalative-sedimentary lead-zinc deposit, north Australia.

产出。但迄今为止，从区域地质背景及矿床开采揭露的情况看，整个地区没有明显的火山活动迹象，而且角砾的成分均为来自其下伏或毗邻的沉积岩层。

3. 正常沉积变质角砾：有人认为角砾岩是“在地壳活动强烈，小振荡频繁的浅海相环境中形成的”（中条山铜矿地质，1978）。从角砾岩的成分，特别是矿层角砾岩中大量出现深海相环境形成的黑色片岩及矿石角砾，以及角砾岩胶结物的成分及结构特征都明显不同于浅海环境正常沉积的特点。如果假设胶结物是由于区域变质热液活动改造的结果，而本区区域变质程度不超过绿片岩相，相当于中—低级变质作用，这种区域变质作用产生的能量不足以使原来物质产生大规模的迁移并形成广泛的热液活动。从胶结物的矿



物组合特征上看,与金云母共生的矿物主要为石英-白云石-电气石-钠长石组合,不出现透辉石-透闪石-滑石等共生组合。另外,角砾与胶结物在成分和组构上的不协调性以及热液活动仅限于胶结物内亦不利于区域变质热液成因假设。

4. 滑塌角砾岩:滑塌成因假说可以很好地解释角砾分选性和磨圆度都极差这种杂乱堆积的角砾岩特点,但对于角砾岩具有不同规模和层位且与矿体紧密伴生,以及胶结物与角砾成分的不一致性和胶结物具有明显的热液活动特性都很难从整体上得到合理的解释。

综上所述,笔者认为底盘角砾岩和矿层角砾岩应该具有相同的成因机制。从角砾分选性和磨圆度都极差且主要来自下伏或毗邻岩层的特征上看,这种迅速杂乱堆积成因角砾岩的形成只能由与张性断裂伴生的滑塌或爆破沉积作用形成;从胶结物的成分及组构特征上看,明显是富硅、水、硼及碳酸盐等热液活动的产物;从角砾成分相对较纯和低级变质程度以及未遭受热液作用改造这一特点,推断出与胶结物形成有关的热液活动不可能发生或延续于角砾形成以后较长时期,只可能与角砾同时或稍晚形成;从角砾与胶结物成分的极不协调性上看,二者很可能具有不同来源。因此,结合其形成地质环境,笔者认为角砾岩的成因应与受同生张性断裂控制的热液喷气沉积活动有关。伴随古陆边缘拗陷带内形成受高角度同生张性断裂控制的次级构造盆地,造成一种迅速沉降的地质环境,并导致源于地下及岩层中的富硅、硼、水及碳酸盐的热液沿同生断裂通道上升。当热液到达海底沉积盆地马上进入一种新的物理化学环境,由于岩层压力骤变为水体静压力并迅速冷却,使热液与海水广泛地发生反应,这种作用导致喷出的热液在盆地内形成一种稳定的还原性热卤水,沉淀出一套以富硅、硼、水及碳酸盐为特征的热液沉积岩。当热液喷气活动强烈时,伴随产生爆破作用,使其原来沉积的岩层破碎,并重新形成具有杂乱堆积特征的角砾岩。角砾岩层的规模视热液性质及爆破强度变化。在角砾形成的同时,由热液喷气作用形成的热液沉积物充当了胶结角砾的介质。由于热液喷气活动是一个连续的过程,在热液喷气爆破作用微弱时期,形成不含矿角砾岩的容矿热液沉积建造。当热液活动停止或很弱时,富炭的泥质沉积变成主体,覆盖在矿化热液沉积物之上并使其保存下来。最后经过成岩作用及后期中低级区域变质和变形作用的改造,形成了现在所见到的常以黑色片岩为项板或底板的一套具热液性质的沉积岩石组合,其中的角砾岩定名为热液沉积角砾岩。由于它们总与容矿热液沉积建造及矿体伴生,并且常常构成矿体的组成部分,因此有人建议将这套角砾岩称之为“采矿角砾岩”(冀树楷, 1986)。从这个角度上说,这种热液沉积角砾岩不仅是海底热液喷气沉积成岩成矿作用的重要特征,而且也是很好的找矿标志之一。

#### 参 考 文 献

- [1] 中条山铜矿地质编写组 1978 中条山铜矿地质 地质出版社
- [2] Taylor, B.E., 1984., *Tourmalines from Appalachian-Caledonian massive sulfide deposits: textural, chemical, and isotopic relationships*. *Econ. Geol.* Vol. 79, pp. 1703-1726.
- [3] Plimc. I. R., 1986, *Tourmalinites from the Golden Dyke Dome, Northern Australia*, *Mtn. Dep.* Vol. 21, pp. 263-270.

## CHARACTERISTICS AND GENESIS OF BRECCIAS FROM THE HUJIAYU-BIZIGOU TYPE STRATABOUND COPPER DEPOSITS IN ZHONGTIAOSHAN AREA

Sun Haitian and Ge Chaohua

*(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)*

Ji Shukai

*(Institute of Geology, Bureau of Geology and Mineral Resources of  
Shanxi Province, Taiyuan, Shanxi)*

### Abstract

The Zhongtiaoshan copper ore district lies along the southern margin of North China Platform, and the Hu-Bi type stratabound copper deposits occur mainly within the black shale of Bizigou Formation in epimetamorphic sequence of Middle Proterozoic Zhongtiao Group, confined strictly to certain stratigraphic horizons. Except for a little basic rocks, the Zhongtiao group consists mainly of a suite of sedimentary formation. Breccias are extremely developed in this area and, mainly in the layered form, show gradual facies change with the other sedimentary strata and close spatial association with ore-bodies. In accordance with their modes of occurrence, two horizons of breccias can be distinguished: one is breccia underlying and making up the lying wall of the orebody, which is restricted to Laobaotan-Diantou district, with relatively large exposed area but basically containing no ore; the other is breccia within the ore-bearing horizon which is extensively distributed, but is relatively small in size and has rich mineralizations. These breccias have extremely poor sorting indices and psephicity, and the composition of the breccias is mainly the same as that of the underlying or neighboring strata. The breccia in the lying wall consists chiefly of marble, argillaceous schist and quartzite, while that in ore layer comprises mainly marble, black schist, quartzite and a few ores. The cements are largely composed of dolomite, biotite, quartz, tourmaline, albite, sulfides and a little apatite and seem to have the same mineral assemblage with the host rocks. Textures of hydrothermal activities are ubiquitous in the cements, such as the sieve texture formed by tourmaline enclosed in quartz, and the pilotaxitic peritectic texture formed by carbonates, quartz and sulfides enclosed in biotite. The tourmaline in the cements is obviously different from that related to granites in composition, but is consistent with the tourmaline from ore deposits of exhalative-sedimentary origin in other areas of the world. It is therefore concluded that breccias in this area are hydrothermal-sedimentary ones related to submarine hydrothermal exhalative explosion.