文章编号 1004-5589(2003)04-0366-07

马来西亚沙捞越邦达、什兰江控矿角砾岩筒构造对比研究及其找矿意义*

赵财胜 孙丰月 李碧乐 清峰 吴尚昆
吉林大学地球科学学院, 长春 130061

摘 要 马来西亚沙捞越邦达、什兰江控矿角砾岩筒构造均为典型的浅成-半浅成角砾岩筒构造, 角砾岩及控矿类型具有明显的垂向分带特点。邦达控矿角砾岩筒构造发育角砾岩筒上段的塌陷角砾岩, 角砾岩筒剥蚀深度较浅, 控制典型的高硫化型浅成低温金铜矿床, 且其深部具有较大的找矿潜力。什兰江控矿角砾岩筒构造发育角砾岩筒下段的爆发角砾岩和中段的流化角砾岩, 分别控制斑岩型金矿化和低硫化型浅成低温热液型金矿化, 角砾岩筒剥蚀深度较大, 对矿床的保存和找矿极为不利。

关键词 浅成—半浅成角砾岩筒构造 角砾岩 沙捞越 邦达 什兰江 马来西亚
中图分类号 P618.4 文献标识码 A

Comparative Study of Punda and Selanjan Ore-control Breccia Pipe Structure in Sarawak, Malaysia and Its Ore-prospecting Significance

Caisheng Zhao, Fengyue Sun, Bile Li, Qingfeng Ding, Shangkun Wu
College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, 130026 China

Abstract Ore-control breccia pipe structure of Punda and Selanjan in Sarawak, Malaysia, is a typical hypabyssal breccia pipe structure. Breccias in hypabyssal breccia pipe and types of mineralization controlled by hypabyssal breccia pipe possess distinct vertical zonation. In Punda ore-control breccia pipe, the breccias are characteristic collapse breccia in the superficial segment or topside of the hypabyssal breccia pipe, indicating its denudation is superficial. Furthermore, types of mineralization controlled by the hypabyssal breccia pipe belong to high sulphidation epithermal deposit and have an excellent exploration prospect in the deep. In Selanjan ore-control breccia pipe, the breccias are characteristic explosive breccia at the bottom of the breccia pipe and rheonorphic breccia in the middle segment of the breccia pipe. At the same time, the types of mineralization controlled by explosive breccia and rheonorphic breccia are porphyry gold mineralization and low sulphidation epithermal mineralization respectively. Denudation is deep and harmful to the preservation and exploration of the gold deposit.

Key words hypabyssal breccia pipe structure, collapse breccia, rheonorphic breccia, explosive breccia, Sarawak Punda, Selanjan, Malaysia

---

收稿日期 2003-07-21; 改回日期 2003-10-13
* 吉林大学地球科学学院与加拿大TMC公司国际合作项目(3B6010014015)资助.
作者简介 赵财胜(1976-), 男, 内蒙古凉城人, 博士研究生, 从事热液矿床成矿理论及预测研究.
通讯作者简介 孙丰月(1963-), 男, 山东淄博人, 教授, 博士生导师, 从事区域成矿作用、幔源流体及其成岩成矿研究.
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

自 1870 年首次在金伯利岩角砾岩筒中发现金刚石以来, 角砾岩筒构造作为一种重要的控矿构造, 在国外已得到广泛的重视和详尽的研究[1-7]。而国内学者(矿床、构造) 对角砾岩筒构造的形成机制和控矿作用研究的重视程度明显不足, 还仅局限于对隐爆角砾岩的研究[8,9]。作者认为, 不能简单地把角砾岩筒构造全部视为隐爆角砾岩筒或爆发角砾岩筒[10,11], 也不能将这类角砾岩筒控制的金矿床笼统地归结为角砾岩型金矿床[12,13]。而应把角砾岩筒构造提高到与一般控矿构造(断裂、褶皱) 同等重要的构造类型来研究。

2000 年笔者有幸参加了加拿大 TMC 公司与吉林大学地球科学学院的国际合作项目, 并先后于 2000 年 9 月~ 2001 年 5 月、2001 年 7 月~ 2001 年 9 月两次在马来西亚沙捞越地区进行野外地质调查, 并从角砾岩筒构造的特征、类型、控矿及找矿意义等几方面对沙捞越西部控矿角砾岩筒构造进行了重点研究。本文结合当前角砾岩筒构造的国内外研究现状, 拟对沙捞越西部邦达、什兰江控矿角砾岩筒构造进行对比研究, 总结其控矿规律及找矿意义, 以期对我国类似控矿角砾岩筒构造的研究起抛砖引玉的作用。

1　沙捞越区域地质特征

沙捞越地区位于加里曼丹岛的西北部, 北濒南中国海边缘大洋盆地, 东部为苏禄海和苏拉威西海边缘大洋盆地, 东南部为望加锡海峡和苏拉威西岛, 南部和西南部分别是爪哇岛与苏门答腊岛。沙捞越西部基底为晚古生代变质岩组成的巽他克拉通, 古生代至中生代时期为其构造活跃期[14]。晚新生代以来, 由于澳大利亚—印度洋板块相对欧亚板块向北漂移, 太平洋板块向西漂移, 使加里曼丹岛处于三大板块斜向汇聚作用带内。从区域成矿特征看, 加里曼丹岛处于环太平洋成矿带内。始新世—中新世, 印—澳板块向欧亚板块的俯冲引起亚洲大陆边缘的裂开并产生了南中国海, 同时导致南中国海板块向加里曼丹大陆西北部边缘俯冲[15]。该区构造岩浆活动强烈, 且形成了独具特色的构造样式, 角砾岩筒构造便为典型构造之一。南中国海板块在加里曼丹西北缘的会聚消减作用, 导致在沙捞越西部形成一晚渐新世—中新世的钙碱性岩浆带, 岩性主要为安山岩、流纹岩和英安岩, 为西部沙捞越大部分金矿床的赋矿围岩(图 1)[16]。角砾岩筒为该区大部分金矿床的控矿构造, 如邦达、什兰江、布里和塔嘎萨拉等金矿床。

2　角砾岩筒构造特征及类型

2.1　角砾岩筒构造特征

邦达控矿角砾岩筒构造分布于邦达地区第三纪安山质—英安质火山岩中, 受构造控制明显, 产出于 NW 与近 EW 向走滑断裂的交汇部位。平面上呈不规则椭圆形, 长轴长 250 m, 走向北东, 短轴长 90~ 150 m。剖面上呈上宽下窄的倒锥状或漏斗状。在 - 200 m 深度时, 角砾岩筒有逐渐向下变小的趋势。

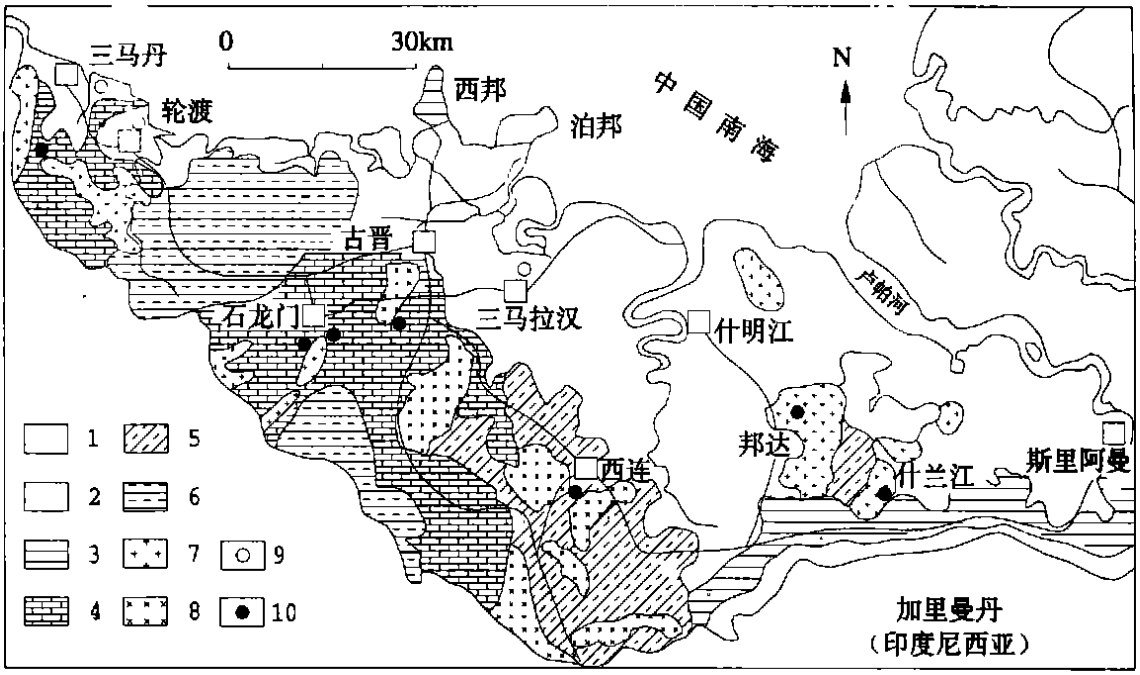
什兰江控矿角砾岩筒构造地表出露呈近圆形, 面积约 110 m × 92 m, 呈漏斗状产于花岗闪长岩—石英二长岩中, 与花岗闪长岩—石英二长岩呈侵入接触。角砾岩筒垂向延深超过 300 m, 发育于 NNE 与 NW 向走滑断裂的交汇部位附近。角砾岩筒底部为花岗闪长斑岩隐伏岩体, 角砾岩筒周围发育有角砾岩脉。

2.2　角砾岩筒构造类型

按其形成机制、特征和深度, 角砾岩筒构造可分为浅成—半浅成角砾岩筒构造(Hypabyssal breccia pipe) 、破火山口角砾岩筒构造(Maar volcano breccia pipe) 、热液爆发角砾岩筒构造(Fluid exploration breccia pipe) 和断裂角砾岩筒构造(Fault-related breccia pipe)[17]。浅成—半浅成角砾岩筒构造的形成与岩浆晚期阶段熔体中挥发份的逸失有关, 有时是隐伏的, 形态为倒锥状、萝卜状, 直径为几十米到上千米, 岩筒的垂直延深在可见范围内通常比平面延长大几倍至几十倍; 破火山口角砾岩筒构造的形成与上升岩浆和地下水的剧烈作用有关, 边部由断裂控制。形态为倒锥状、萝卜状, 直径为几百到上千米, 垂向延深是其直径的 1~ 2 倍; 热液爆发角砾岩筒构造的形成与热蒸汽的爆炸性释放有关, 存在不透水层或圈闭层, 不一定有岩浆作用直接参与; 断裂角砾岩筒构造由断裂作用引起, 规模不等, 沿断裂分布。上述角砾岩筒构造的分类直观明了, 易于辨认, 同时也反映了角砾岩筒构造的本质特征。

根据上述分类方案, 通过对邦达、什兰江角砾岩筒构造特征的分析, 作者认为上述控矿角砾岩筒构造均属浅成—半浅成角砾岩筒构造。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



1. 第四纪沉积; 2. 晚第三纪海陆交互相沉积; 3. 早第三纪海陆交互相沉积; 4. 侏罗纪—白垩纪海相沉积; 5. 三叠纪海陆交互相沉积; 6. 晚古生代基底; 7. 三叠纪—晚第三纪花岗质侵入岩及对应的细粒浅成相; 8. 晚三叠纪—第四纪安山质和玄武质熔岩; 9. 砂金矿床; 10. 岩金矿床

图 1 沙捞越西部区域地质矿产图[16]

Fig. 1 Sketch map of geological and mineral resources in west Sarawak[16]

3 角砾岩筒构造中角砾岩特征及类型

3.1 角砾岩筒构造中角砾岩特征

邦达控矿角砾岩筒构造地表出露及钻孔揭露的角砾岩表明, 角砾岩为棱角状、尖棱角状、次棱角状, 角砾大小相差悬殊, 小的仅几厘米, 大的可达几十厘米到几米。角砾分选性极差, 表现大大小小的岩石碎块杂乱地堆在一起。角砾只是垮落、堆积, 而无搬运, 故角砾基本无位移, 为原地角砾。如果剔除胶结物, 两边的角砾可完整无缝地对结(图 2) , 反映了角砾岩筒浅部特征, 说明该角砾岩筒剥蚀较浅。角砾岩成分单一, 与围岩及顶部岩石岩性一致, 均为安山质火山凝灰岩。角砾的胶结物主要是热液矿物(如石英、方解石) 、蚀变矿物(如钾长石、高岭石) 和金属矿物(如黄铜矿、方铅矿、黄铁矿) , 以及部分凝灰岩角砾碎屑物质。角砾岩与围岩的接触界限清楚, 且蚀变、矿化特征截然有别。在矿化角砾岩外围出现无矿化的角砾岩, 然后是一圈震碎角砾岩, 再往外为没有角砾化的凝灰岩围岩。

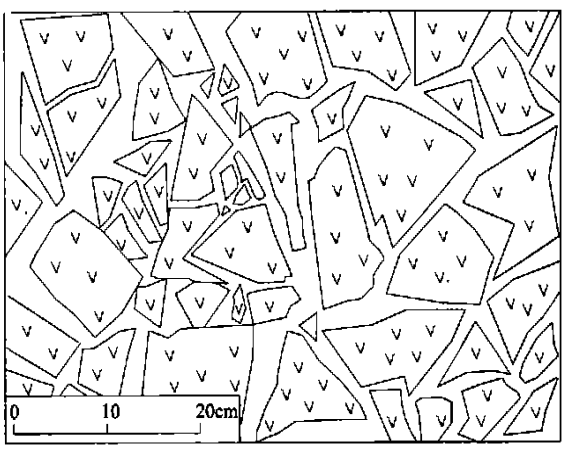


图 2 邦达角砾岩筒上段的塌陷角砾岩素描图

Fig. 2 Sketch map of collapse breccia in the superficial segment of the Punda hypabyssal breccia pipe

什兰江控矿角砾岩筒构造地表出露的角砾岩可分为两类[18]。一类为圆状、浑圆状、次圆状, 角砾直径一般为 10~ 25 cm, 大者可达 50 cm。角砾成分主要为晚期的花岗闪长斑岩。角砾之间的胶结物为花岗闪长斑岩岩粉或以石英为主的热液矿物。部分球形角砾被岩粉和硅质胶结物呈层圈状一层一层包

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

裹, 形成皮壳状构造(图 3)。硅质和岩粉组成的层状胶结物都是绕过角砾岩而成流动的条纹状, 有些流动构造显著。另一类角砾岩为棱角—次棱角状, 也有次圆状, 角砾岩大小不一, 分选性极差。磨圆好的角砾岩大小相差不大, 一般直径也为 10~ 20 cm。棱角—次棱角状角砾大小则相差悬殊, 分选性较差, 大的可达 40 cm, 最小的为 1 cm 左右, 小的角砾一般呈棱角状, 大的角砾为次棱角状或次圆状(图 4)。角砾成分主要为灰白色花岗闪长岩—石英二长岩。胶结物则是同质岩粉和热液石英等。

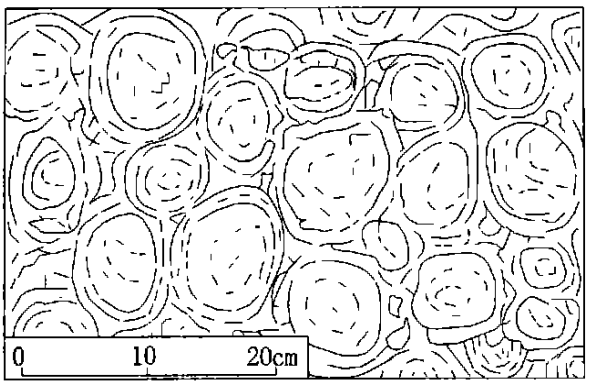


图 3　什兰江角砾岩筒下段的爆发角砾岩素描图

Fig. 3　Sketch map of explosive breccia in the bottom of the Selanjan hypabyssal breccia pipe

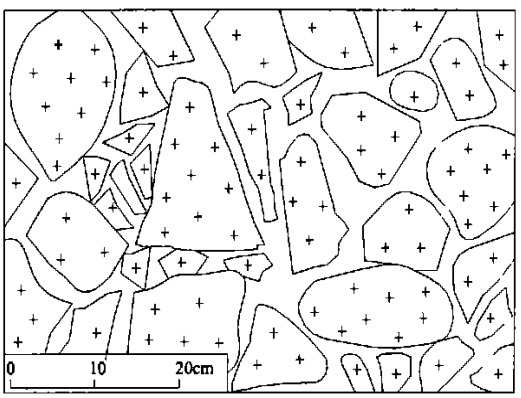


图 4　什兰江角砾岩筒中段的流化角砾岩素描图

Fig. 4　Sketch map of rheonorphic breccia in the middle segment of the Selanjan hypabyssal breccia pipe

3.2　角砾岩筒构造中角砾岩类型

Baker(1986) 指出, 浅成—半浅成角砾岩筒构造中角砾岩的形成作用主要包括爆发作用、流化作用、水压作用和塌陷作用[17]。爆发作用是指正在结晶的岩浆体顶部的挥发份突发性大量释放, 流体中的 B、F、Cl、P 等元素有助于角砾岩筒的形成, 它为随后的流化作用提供了原始爆发角砾岩和活动空间; 流化作用是指由于流体的搅动、泡涌、腾涌、注流及喷流等, 使角砾边界产生磨圆, 细小的颗粒加入到流体中去, 形成大量的流化角砾岩; 水压作用是指在流化作用发生之后, 挥发份的能量仍然强大, 在流体的气化作用下使围岩产生水压裂隙并充填角砾, 形成所谓的角砾脉, 或者在角砾岩筒壁附近形成梳状裂隙; 塌陷作用则形成塌陷的、棱角分明的围岩角砾或叠瓦状围岩角砾。前三种作用与流化作用有关, 塌陷作用与流化作用无关。

与角砾岩的四种形成作用相对应, 角砾岩在浅成—半浅成角砾岩筒中具有明显的垂向分带特点, 从下向上依次为爆发角砾岩、流化角砾岩、水压角砾岩和塌陷角砾岩(图 5)[15]。角砾岩筒下段的爆发角砾岩是由于突然减压形成的, 角砾中常含有侵入体的成分, 角砾的磨圆程度较高; 角砾岩筒构造中段的流化角砾岩为次棱角状磨圆程度较好, 不同大小、形状、成分的角砾往往混杂在一起, 边部发育梳状裂隙, 即水压角砾岩化围岩; 角砾岩筒上段为塌陷角砾, 为棱角状、尖棱角状、次棱角状, 角砾大小相差悬殊, 小的仅几厘米, 大的可达几十厘米到几米, 分选性极差。

根据浅成—半浅成角砾岩筒构造中角砾岩的垂向分带性, 结合邦达控矿角砾岩筒发育的角砾岩的特征, 作者认为邦达控矿角砾岩为浅成—半浅成角砾岩筒上段的塌陷角砾岩, 表现为浅成—半浅成角砾岩筒的浅部特征。浅成—半浅成角砾岩筒中段的流化角砾岩、边部的水压角砾岩和下段的爆发角砾岩还未出露, 说明该角砾岩筒的剥蚀程度较浅, 角砾岩筒的主体保存良好; 而什兰江控矿角砾岩筒构造发育的角砾岩为浅成—半浅成角砾岩筒下部的爆发角砾岩和中部的流化角砾岩, 角砾岩筒上部的塌陷角砾岩和边部的水压角砾岩已被剥蚀殆尽, 表明该角砾岩筒剥蚀深度较大。

4　角砾岩筒构造的控矿特征

浅成—半浅成角砾岩筒构造对浅成低温热液矿床和斑岩型矿床具有明显的控制作用[17]: ①角砾岩筒上段发育与塌陷角砾岩有关的孔洞充填型矿化; ②角砾岩筒中段发育流化角砾岩型矿化; ③角砾岩筒中段边部发育与角砾脉有关的脉型矿化; ④角砾岩筒下段发育与底部侵入体有关的斑岩型矿化。其

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中, ①、②和③均为浅成低温热液型矿化; ④为斑岩型矿化。

4.1 邦达角砾岩筒构造控矿

邦达角砾岩筒构造为邦达金铜矿床重要的控矿构造。角砾岩筒为全筒式矿化, 邦达金铜矿的主矿体产在角砾岩筒中, 中心部位矿体厚度较大, 且品位较高, 向边缘逐渐降低。矿体主要由硅化蚀变岩组成, 还可见明矾石化、高岭石化和叶蜡石化蚀变产物。金矿化主要集中于角砾岩筒的顶部或浅部的氧化带中, 而向其深部铜矿化逐渐增强, 硫砷铜矿、四方硫砷铜矿和黄铜矿发育, 其金铜矿化分带特征类似于我国福建紫金山金矿床, 即存在上金下铜的垂直分带特点[19]。

从角砾岩筒中心部位向外分布的蚀变依次为硅化—明矾石化、硅化—地开石化、硅化—绢云母化, 其它的蚀变还有叶蜡石化、高岭石化、蒙脱石化, 偶见硬水铝石化。硅化在矿体地表出露处表现为灰白色、多孔洞、残余状石英, 为强酸性(pH< 3) 热液流体淋滤的结果。地开石、叶蜡石和高岭石均是组成高级泥化蚀变带的标志性矿物。高岭石的结晶需要酸性流体的作用, 其 pH 值约为 3~ 4, 形成温度低于 150℃~ 200℃。它常与另一种特征硫酸盐矿物明矾石共生。多孔状石英和高级泥化带为高硫化型浅成低温热液矿床典型的围岩蚀变识辨标志, 如我国山东的七宝山、新疆的伊尔曼德、台湾的金瓜石、智利的 ElIndio、日本的 Nansatsu 和西班牙的 Rodalquilar 矿床。

根据围岩蚀变、蚀变矿物组合及矿化特征, 作者认为邦达角砾岩筒控制的金铜矿床为一由酸性氧化热液形成的典型的高硫化型浅成低温热液矿床[20]。

4.2 什兰江角砾岩筒构造控矿

什兰江角砾岩筒构造是什兰江金矿床的控矿构造, 几乎所有矿化类型都和角砾岩筒构造有关。角砾岩筒构造中部的流化角砾岩控制了角砾岩型矿化和网脉状矿化, 属低硫化型浅成低温热液型矿化[21]; 细脉浸染型矿化则是与角砾岩筒底部侵入的花岗闪长斑岩体有关的斑岩型矿化[22], 其矿化类型与角砾岩筒构造下部的爆发角砾岩关系密切。

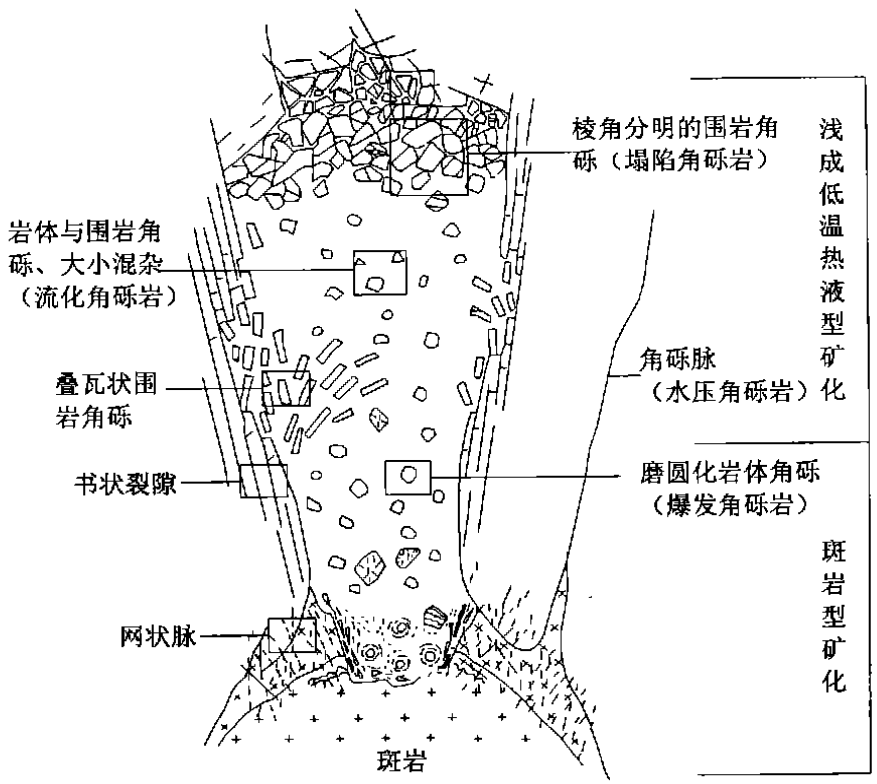


图 5 浅成—半浅成角砾岩筒构造中角砾岩及矿化垂向分带[17]

Fig. 5 Vertical zonation of the breccias and the mineralization in hypabyssal breccia pipe[17]

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

5　角砾岩筒构造的找矿意义

5.1　角砾岩筒构造剥蚀深度对找矿的意义

邦达、什兰江浅成—半浅成角砾岩筒构造控制的矿床位于环太平洋成矿带, 成矿条件极为优越。但由于该矿床地处热带雨林性气候, 风化、剥蚀作用十分强烈, 这对矿床的保存十分不利。研究角砾岩筒的垂向分带和剥蚀深度对矿床的保存和指导找矿均具有重要的意义。

邦达金铜矿区地表出露及钻孔所揭露的角砾岩均为塌陷角砾岩, 结合浅成—半浅成角砾岩筒的垂向分带特点, 可断定该角砾岩为角砾岩筒的偏上部位, 而组成角砾岩筒主体部分的流化角砾岩、水压角砾岩和下部的爆发角砾岩还没有揭露。说明该角砾岩筒剥蚀深度较浅, 角砾岩筒的绝大部分仍完整保留。同时考虑该角砾岩筒垂直延伸是其直径两倍以上的特点, 作者认为邦达金铜矿深部仍有较大的找矿前景。

根据角砾岩筒构造的垂直分带特点, 结合什兰江大角砾岩筒构造的出露情况可知, 在什兰江矿区发育的角砾岩以角砾岩筒下段的爆发角砾岩和中段的流化角砾岩为主, 缺乏角砾岩筒中上段的水压角砾岩和上段的塌陷角砾岩。这表明, 什兰江角砾岩筒的上段和中段已基本剥蚀殆尽, 角砾岩筒的剩余部分仅为少量中段的流化角砾岩和大部分下段的爆发角砾岩。已知下段角砾岩筒的延深可达 300 m, 因此估计剥蚀深度可能达到了 500 m 左右。大部分角砾岩型浅成低温热液矿床被剥蚀掉了, 仅剩余部分斑岩型金矿化, 金矿床的保存条件不好, 对找矿极为不利。

5.2　角砾岩筒构造垂直矿化分带对找矿的意义

根据角砾岩筒构造控矿类型的垂直分带特点可知, 角砾岩筒构造的中、上部控制浅成低温热液型矿化, 而下部控制斑岩型矿化。Hedenquist 等(1994)指出, 浅成低温热液成矿系统的流体与高、低硫热液成矿的专属性直接与深部斑岩成矿系统热液流体的空间就位有关[23]。浅成低温热液矿床的热源和热液(包括部分天水)大部分都来源于底部的斑岩成矿系统, 高硫化型直接形成于斑岩系统的上部, 而低硫化型形成于距斑岩系统较远的地方。在斑岩系统的顶部, 高温高压、富含矿质的汽水热液沿构造薄弱的部位爆发, 所以常形成角砾岩筒控矿的高硫化型浅成低温热液矿床。而随着温度梯度的减弱, 远离斑岩成矿系统的气水热液在构造有利的部位形成塌陷角砾岩控矿的低硫化型浅成低温热液矿床。

因此, 在浅成—半浅成角砾岩筒控制的邦达高硫化型浅成低温热液矿床的深部或底部, 应注意对斑岩型成矿系统的寻找, 开拓找矿思路。同时, 在邦达金铜矿区, 应注重在北西向张性断裂构造中寻找低硫化型浅成低温热液矿床, 扩大找矿范围; 而在什兰江金矿区, 由于什兰江控矿浅成—半浅成角砾岩筒剥蚀深度较大, 仅保留斑岩型矿化和少量浅成低温热液型矿化。因此, 在角砾岩筒构造深部寻找角砾岩筒构造控制的矿化机会非常渺茫, 应着重在角砾岩筒下部对斑岩体的找寻, 以期在斑岩型矿床方面有所突破。

上述认识在我国类似矿床的找矿研究中也具有一定的借鉴意义。

致　谢　在野外地质调研过程中得到了加拿大皇后大学刘桦博士和中南大学洪金益教授的大力支持, 以及 TMC 公司马来西亚同事 Vincent、Merryven 等的帮助, 在此表示衷心的感谢!

参考文献

1　Bryant D G, 1968. Intrusive breccias associated with ore, Warren (Bisbee) mining district, Arizona. *Economic Geology*, **63**(1): 1-122

2　Norton D L, Cathles L M, 1973. Breccia pipes, products of exsolved vapor from magmas. *Economic Geology*, **68**(3): 540-546

3　Sharp J E, 1979. Cave Peak, a molybdenum mineralized breccia pipe complex in Culberson county, Texas. *Economic Geology*, **74**(3): 517-534

4　Sillitoe R H, Baker E M, Brook W A, 1984. Gold deposits and hydrothermal eruption breccias associated with a Maar volcano at Wau, Papua New Gunea. *Economic Geology*, **79**: 2638-2655

5　Sillitoe R H, 1985. Ore-related breccias in volcano plutonic areas. *Economic Geology*, **80**(6): 1467-1514

6　Norman D I, Sawkins F J, 1985. The Tribag breccia pipes: Pre-Cambrian Cu-Mo deposits, Batchawana Bay, Ontario. *Economic Geology*, **80**(5): 1593-1621

7　Baker E M, Andrew A S, 1991. Geologic, fluid inclusion and stable isotope studies of the gold bearing breccia pipe at Kidston, Queens-land, Australia. *Economic Geology*, **86**: 810-830

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

8 唐菊兴, 1995. 含金热液隐爆角砾岩的特征及研究意义. 成都理工学院学报, **22**(3): 59-64

9 章邦桐, 饶冰, 陈培荣, 孔兴功, 2001. 论长英质隐爆角砾岩的气热流体溶浸成矿机制——以赣南 6722 铀矿床为例. 矿床地质, **20**(2): 129-136

10 周济元, 崔炳芳, 陈世忠, 陈宏明, 1998. 江西会昌红山隐爆角砾岩筒及其成因和动力学. 成都理工学院学报, **25**(2): 261-268

11 王志辉, 王润民, 1995. 伊犁阿希矿化角砾岩筒型金矿床. 成都理工学院学报, **22**(1): 96-100

12 罗镇宽, 苗来成, 关康, 1999. 角砾岩型金矿床——一种值得重视的金矿床类型. **14**(4): 15-23

13 黄民智, 陈伟十, 李蔚铮, 许仿实, 李先粤, 1999. 广西龙头山次火山一隐爆角砾岩型金矿床. 地球学报, **20**(1): 39-46

14 Van Leeuwen T M, Leach T, Hawke A A, Hawke M M, 1990. The Kelian disseminated gold deposit, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, **50**: 1-61

15 Atmadja R S, Noeradi D, Priadi B, 1999. Cenozoic magmatism in Kalimantan and its related geodynamic evolution. *Journal of Asian Earth Science*, **17**: 25-45

16 Chung S K, 1993. Geology of the Kuching area west Sarawak. Kuala Lumpur: Malaysia Ministry of Primary Industries, 1-125

17 Baker E M, Kirwin D J, Taylor R G, 1986. Hydrothermal breccia pipes: EGRU Contribution 12. James Cook University, Townsville, Australia, 2-9

18 丁清峰, 孙丰月, 李碧乐, 2003. 马来西亚什兰江金矿床控矿角砾岩筒构造研究意义. 吉林大学学报(地球科学版), **33**(增刊): 41-46

19 赵财胜, 2002. 西南太平洋区域地质、成矿作用及 Punda 金铜矿床特征研究. 长春: 吉林大学出版社, 20-25

20 赵财胜, 孙丰月, 李碧乐, 潘彤, 姚凤良. 马来西亚沙捞越西部 Punda 金铜矿床构造控矿作用及找矿意义. 地质与勘探(待刊)

21 丁清峰, 2002. 南亚加里曼丹区域成矿作用及什兰江金矿床成矿条件研究. 长春: 吉林大学出版社, 42-46

22 杨牧, 2000. 马来西亚西沙捞越地区大地构造与金成矿学研究. 长沙: 中南大学出版社, 80-86

23 Hedenquist J W, Jacob B L, 1994. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposit. *Nature*, **370**(18): 519-527

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net