

论与斑岩矿床有关的矿化角砾岩 成因类型及其地质意义

张洪涛 芮宗瑶

(中国地质科学院矿床地质研究所)

内容提要: 伴随有各类矿化角砾岩的斑岩矿床是深成源岩在浅成-超浅成条件下侵位-矿化的产物。本文详细阐述了与斑岩矿床有关的各类矿化角砾岩的地质特征、成因分类和识别标志,并从中国独特的构造环境出发,对与矿化角砾岩有关的各种地质现象作了初步剖析,指出矿化角砾岩的形成从根本讲是深成岩浆侵位的多旋回性造成的,以岩浆水为主体的热流体是含矿斑岩体系从封闭环境转为开放环境的主要动力条件。因此,矿化角砾岩不仅是金属元素的原始富集条件,而且是重要的找矿标志之一。我国与斑岩矿床有关的矿化角砾岩的主要成因类型为爆破角砾岩、侵入角砾岩、火山角砾岩等。多种角砾岩的叠加现象十分明显,热液交代角砾岩的叠加作用为矿化过程的指示标志。

关键词: 斑岩矿床 矿化角砾岩 成因分类 地质意义

斑岩矿床一般产在深度小于2.5km的地壳浅部、物理-化学梯度的突变地带,往往发育有一套特征的矿化角砾岩,表现为与斑岩矿床的“血缘”关系,也是重要的成矿标志之一。据Lowell和Guilbert(1970)^[8]统计,美洲西部28个著名的斑岩铜钼矿床中有26个发育在以岩体为中心的呈圆形分布的破裂带,有20个矿床伴有角砾岩筒,其中18个角砾岩筒发生矿化。在我国滨太平洋成矿域、特提斯成矿域和古亚洲成矿域的斑岩铜钼矿、斑岩金矿、斑岩钨矿、斑岩锡矿、玢岩铁矿以及角砾云母橄榄岩金刚石矿等,有许多直接赋存于各类矿化角砾岩中。因此,矿化角砾岩是地质工作者的重要研究对象。

一、与斑岩矿床有关的矿化角砾岩成因类型

矿化角砾岩的研究及分类以P. Laznicka为代表(1988)^[9],其分类的基础为地质环境(表1)。我国亦有不少学者如胡伦积^①、真允庆^[11]等对该问题进行了不同侧面的研究。

本文从作者多年的研究出发,将与斑岩矿床地质环境有关的矿化角砾岩划分为4种类型,其主要特征和鉴别标志表述如下:

1. 爆破角砾岩 其定义R.H. Sillitoe等(1971)^[11]和胡伦积(1980)等均有过详细论述。根据我国斑岩矿床特征,其产状主要以中心式筒状为主,且成群或成串分布。角砾成分较单一,形态以棱角状为主,分选性差;胶结物主要为浅成-超浅成岩浆及火山物质,呈岩屑和岩粉状。富含挥发分,除发育钾硅酸盐、石英等蚀变矿物外,常伴有电气石化、磷灰石化、黄玉化或萤石化。上部或围岩发育震碎角砾岩以及边缘垂直裂隙,中、上部以板状内倾角砾为特

① 胡伦积, 1980, 矿化角砾岩筒的地质特征及成因 (待刊稿)

表 1 与火山-深成杂岩体有关的角砾岩成因分类

Table 1. Breccia genetic category associated with volcano-plutonic complexes

成因类型	主要作用力	不同深度角砾岩特征			
		地 表 相	次火山岩相	浅 成 相	中-深成相
潜水热液成因	过热的下降天水	以间歇泉、热泉、泉华冲积覆盖为特征的热液喷发角砾岩	脉内充填角砾岩，蛋白石化、粘土化，泉华中含少量As、Sb、Hg、Au等	无	无
潜岩岩浆成因	天水、下降天水与地下岩浆反应	低平火山口、凝灰质环状机构，潜岩浆火山岩	充填角砾岩的火山通道，浅成脉中有浸染状Au-Ag、Pb-Zn等矿化	火山通道根部（加热岩墙、岩颈的通道）	无
岩浆热液成因	通过二次沸腾释放出热液和气体	具有上述二类特征	具有上述二类中的水压碎屑，浅成Ag、Au、Sb、Cu、Pb-Zn、Sn等矿化	水压作用形成的破裂、似层理，顶部为角砾岩筒，石英-绢云母化蚀变，斑岩Cu-Mo矿化	水压断裂带、扩展断层，深成相斑岩Cu矿化
岩浆爆发成因	富挥发分、岩浆结晶时释放出各种气体	爆发火成碎屑物、层状火山岩、破火山口、震碎围岩、密集裂隙网	角砾岩或岩浆充填脉岩，水压碎屑物，以及上述各类特征	不规则岩筒、岩墙、水压碎屑物，钾长石-黑云母化蚀变，斑岩Cu矿化	同左栏，伴有矽卡岩Cu矿化，有时热液脉侵入
包体或岩浆成因	岩浆熔融体、无直接成因挥发分	熔岩流、穹形熔岩、角砾岩、自结角砾岩	岩墙、岩床、岩颈、熔岩、岩株，为等粒状斑岩类岩石	全晶质斑岩、粗粒岩墙、岩株、浅成岩体、岩基	等粒状深成岩体、岩基、伟晶岩，深成相矽卡岩、斑岩铜矿化
断层角砾岩	脆性应变、擦碎作用	极少	断层内充填断层泥或断层角砾岩	碎裂角砾岩	剪切、糜棱岩带

(据P.Laznicka, 1988, 略作修改)

征。筒内具有孔洞和溶蚀现象，并伴有硫化物矿化。由于爆破角砾岩一般产于含矿斑岩体顶部，常被剥蚀殆尽，因此我国大多数斑岩矿床不易见到完整的角砾岩筒，如德兴铜厂矿区在开采初期，作者曾观察到个别角砾岩露头，现已不易见到。但是与爆破作用有关的密集网脉裂隙系统则是分布面广、易于识别的重要找矿标志之一，如西藏玉龙铜矿，垂直裂隙系统与冷缩裂隙相交切，在斑岩体顶部形成密集的裂隙网，从而成为金属硫化物淀积的有利空间，因此“裂隙率”的统计是预测矿化集中地段的有效手段（芮宗瑶等，1984）^[2]。

2. 侵入角砾岩 我国大多数斑岩矿床的成矿母岩几乎均为被动侵位，这是因为我国大多数斑岩矿床产出的地质环境为陆上环境，非造山深成岩体是大陆拉伸条件的典型产物。D.H.W.Hutton(1988)认为被动侵位的原因是侵位岩浆的体积拉伸应变率大于岩浆体积的浮力所产生的体积挤压应变率而发生净延长^[12]。岩浆侵位的早期所产生的侵入角砾岩在深部机制的驱动下，往往过渡为晚期的火山-次火山岩相角砾岩系统。侵入角砾岩的鉴别标志为：碎屑成分与围岩成分一致，围岩成分的角砾分布范围上下可达数百米；角砾分选性差，以尖

棱角状—棱角状为主,有时因受挤压而呈似卵石状;岩屑粒径范围可由岩粉到近1m大小,有时可见岩屑的水平“层理”;角砾岩筒与围岩接触界线明显,有时可见断层泥和擦痕,亦常见接触带1—2m处发育环状裂隙或放射状构造;胶结物发生强烈石英—绢云母化蚀变;岩筒从内带向外带见钼→铜→铅(金、银)矿化分带。由于岩筒抗风化力相对较强,常呈剥蚀盆地中的山丘地貌,常成群出现。我国与深成岩有关的侵入角砾岩十分发育,与铁、铜、金、银等矿化密切相关,如长江中下游地区、西南地区等,以封三洞铜矿为例,侵入角砾岩特征十分明显,局部叠加有热液蚀变作用,呈热液蚀变角砾岩外貌,主要分布于岩体边部。作者对白云质大理岩卵形角砾曾作电子探针分析,各带成分呈规律性变化,Al、K、Si、Fe等元素迁入,与矿化过程中蚀变交代序次基本一致(图1)^[3]。

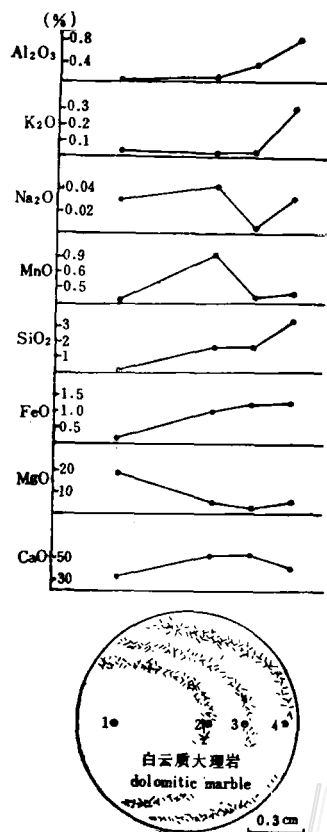


图1 白云质大理岩卵形角砾岩电子探针分析结果

Fig. 1. Electron probe analyses of a rounded breccia of dolomitic marble.

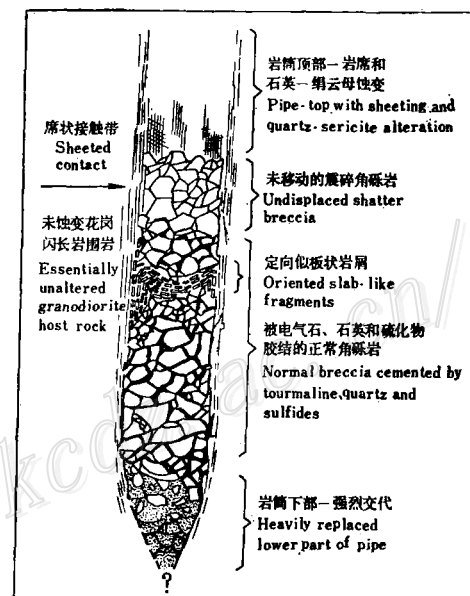


图2 崩塌矿化角砾岩筒理想模式(据Sillitoe和Sawkins 1971^[11])

Fig. 2. Generalized model of a mineralized breccia pipe inferred to have formed by mechanism of solution collapse.

3. 崩塌角砾岩 与花岗岩侵入作用有关的局部溶液往往具有侵蚀作用,从而引起上部岩石向下崩塌并堆积在某一空间。其主要特征是:产状直立呈筒状;角砾成分单一,主要为上覆围岩成分;角砾呈尖棱状,分选性差;板状角砾内倾;胶结物主要为长英质岩类,局部掺入了下塌岩屑,缺乏岩粉;广泛发育石英、绢云母化等蚀变;角砾岩柱存在孔隙,有些岩屑表面具多孔状溶蚀特点;角砾岩筒向上尖灭。该类角砾岩以智利 Remolino 斑岩铜矿最为特征, R. H. Sillitoe 等(1971)^[11]归纳了该类角砾岩筒理想模式(图2),至今仍具有典型意

义。我国与此类型类似的矿床类型一般为火山-次火山岩型以及部分远成低温热液型铜、金等矿床。

4. 火山角砾岩 斑岩矿床的形成机制经常与火山机制有关,其主要特征为:角砾岩在空间上和成因上与火山岩密切相关,角砾岩筒被火山物质充填,有的呈火山岩脉(枝)产于火山机构周围,有时表现为火山口内壁塌陷,产状多为火山口(颈)及火山岩流;角砾成分复杂,多为火山岩、凝灰岩物质、火山玻璃、熔岩以及少量围岩;胶结物多为熔岩、火山碎屑、火山灰及金属硫化物;角砾形状不规则;具气孔、流线等火山岩结构;成带或等间距分布。由于火山活动常有多次,角砾岩特征往往具有继承性。目前,大多数学者仍沿用Fisher(1960)的火山角砾岩分类方案(表2)。与火山角砾岩有关的斑岩铜钼矿、玢岩铁矿等广泛分布于我国东部和西北部,如湖北铜录山铜矿、山西刁泉铜矿、河北北泓河铁矿、内蒙古哈达庙金矿、新疆琼布拉克铜矿等。顺便指出,我国西北地区以造山期或前造山期斑岩矿床为主,一般不易见到直立筒状矿化角砾岩,而表现为层间角砾岩、缓倾角砾岩墙以及脉状角砾岩,且常被之后的地质作用相叠加。

表2 火山角砾岩分类

Table 2. Classification of volcanic breccias

I 组	II 组	III 组
自碎角砾岩	流动角砾岩、火山侵入角砾岩、混积(peperite)角砾岩、摩擦角砾岩	以岩石成分为主,即玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩等
火成碎屑角砾岩	火山角砾岩、火山碎屑流动角砾岩、火山蒸汽角砾岩	
外力碎屑角砾岩	泥流角砾岩、水成火山角砾岩、火山岩屑角砾岩	

(据P.Laznicka, 1988转引自Fisher, 1960)^[9]

二、矿化角砾岩的地质意义

关于矿化角砾岩的形成机制及其地质意义,历来素有争议,其成因假说有20余种,近年来又有人提出火山灰流体说^[13]、岩浆热液沸腾-爆破说^[14]、潜水岩浆爆发火山作用说^①等,总的趋势是强调矿化角砾岩产出的地质环境。对火山角砾岩自然强调了火山作用,对崩塌角砾岩强调了重力作用,对爆破角砾岩强调了岩浆挥发分的作用,对侵入角砾岩强调了流体和流化作用,对热液蚀变角砾岩强调了晚期热液的改造作用。

1. 深成岩浆的高侵位机制:深成机制主要指岩浆起源、热动力条件、多旋回侵位、岩浆热液分馏等地质作用。高侵位机制主要指上地壳部分重熔、火山作用、围岩中成矿物质的局部活化、天水对岩浆热液的混染作用等。对我国近50个斑岩矿床的研究表明,矿化角砾岩的形成乃是上述两种机制共同作用的产物,其成矿母岩主要为富水钙碱性岩浆岩,均表现为多次活动的复式杂岩体。而主成矿期向期后阶段演化的成矿热流体中天水成分则不断增加,同

① 许德焕译,1987(V. Lawrence著),金伯利岩的潜水岩浆爆发火山作用,金刚石矿床国际讨论会论文

时显示出一系列高侵位特点。表3中展示了我国三大主要斑岩铜矿的深源地质特征以及这三处矿床由岩浆期向热液期转变的过渡型特征,表明成矿母岩形成于大于8km的深部环境,矿床则形成于距地表不足2.5km的浅部环境。玢岩铁矿的深部机制更为明显,如江苏吉山铁矿、凹

表3 我国主要斑岩铜矿成矿环境

Table 3. Metallogenic characteristics of three major porphyry copper deposits in China

	德 兴 铜 矿	玉 龙 铜 矿	多 宝 山 铜 矿	
地质环境	构造环境	江南台隆和钱塘江拗陷交接部位	青泥洞复背斜与澜沧江复向斜交接部位	大兴安岭隆起带与松辽沉降带交接部位
	深断裂	赣东北深断裂	觉拥—德钦深断裂	藏江深断裂
	围岩	上元古界双桥山群千枚岩和沉凝灰岩	上三叠统杂色砂页岩、灰岩及下伏中酸性火山岩系	奥陶系中酸性火山岩系
岩体特征	成矿母岩（年龄，Ma）	花岗闪长岩（179）	黑云母二长花岗斑岩（25—64，13件平均）	花岗闪长岩（292），花岗闪长斑岩（283）
	岩体产状（出露面积）	复式岩株（0.73km ² ）	复式岩株（0.64km ² ）	复式岩株，中部花岗闪长斑岩（0.16km ² ）
	岩浆演化	花岗闪长斑岩 + 石英闪长玢岩 → 花岗闪长斑岩 → 石英闪长玢岩 + 黑云母闪长玢岩 → 闪长玢岩 + 细粒闪长岩 → 细晶岩 + 煌斑岩	二长花岗斑岩 → 花岗斑岩 → 石英二长斑岩 → 钠长斑岩 → 长英岩脉	花岗闪长岩 → 花岗闪长斑岩 → 细晶岩 + 闪长玢岩 + 闪斜煌斑岩脉等
	分异指数（平均）	68.14	79.61	78.38
	固结指数（平均）	15.22	8.98	12.54
	流体包裹体推测成岩深度（温度压力）	15—25km（600—750℃，0.5—0.6GPa）	15—25km（750℃，0.5—0.6GPa）	6—8km（700—750℃，0.2—0.3GPa）
	稀土和微量元素	深断裂控制的幔源岩浆特点	消减带深源岩浆特点	上地幔玄武岩浆源特点
	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.7044		0.7048（花岗闪长岩）、0.7039（花岗闪长斑岩）
	蚀变分带	从接触带向两侧：石英 + 水云母化 → 绿泥石 + 水云母化 → 内带钾硅酸盐化，外带角岩化	从中心向外侧：钾硅酸盐化 → 绢云母 + 石英 + 粘土化 → 绿磐岩化	从中心向外侧：石英核 → 钾硅酸化 → 石英 + 绢云母化 → 绿磐岩化
矿化特征	均一温度（℃）	150—650	180—650	180—500
	成矿流体压力（MPa）	9—185	5—230	
	δ ³⁴ S（‰）	-1.4—+0.48（26件平均）	+1.1—+2.5（52件平均）	-5.2—+3.3（322件平均）
	δ ¹⁸ O（‰）	+7.11（原生石英，2件平均），+8.24（钾化带，4件平均），+8.55（水云母带，7件平均）	+7.84（钾化带，5件平均），+8.66（水云母化带，4件平均），+8.14（粘土化带，2件平均）	+8.25—+15.26，+10.01（平均）

资料来源: 杜琦, 1980^[5], 1984^[6]; 朱训等, 1983^[7]; 芮宗瑶等, 1984^[2]

山铁矿和安徽何家大岭铁矿等(据陈毓川等, 1978)^[4]。可见, 深源浅成侵位-矿化机制必然会导致各种角砾岩化作用。

2. 岩浆演化机制: 我国斑岩矿床的主岩体往往具有多旋回性和继承性特点, 并通过岩筒、火山通道或深断裂与深部岩浆房勾通。德兴铜矿的主岩体 5 次侵位, 多宝山铜矿的主岩体 3 次侵位, 广东银岩斑岩锡矿 3 次侵位, 江西城门山铜矿 6 次侵位。作者从玉龙矿带测得两组很高的流体包裹体均一温度, 分别为 950—750℃ 和 750—600℃, 证明了富水岩浆可能的分馏机制, 后者代表固相线上的产物, 前者代表液相线和固相线之间分馏的产物, 因此热流体从岩浆中释放出来导致内压剧增可能是玉龙铜矿爆破角砾岩形成的主要动力。德兴铜矿流体包裹体中测得的压力可高达 170—180 MPa, 个别高达 230 MPa。在浅成环境中, 固相的岩体冷凝外壳及围岩看来难以承受如此高压。

D. H. Hutton, (1988)^[12]认为, 花岗岩类上升和侵位可概括为 6 种方式, 而所有方式均是从熔融体的初始底辟拆离和上升开始的。当底辟上升到中部地壳时可能会截断壳内走滑断层带而形成拉长的深成岩体, 并会在晚期产生气球状膨胀作用; 当底辟上升至中部地壳铲状拉伸断层或剪切带时往往形成铲状岩席, 从而形成火山凹陷和破火山口。Barnes 等 (1979)^[13]的实验工作证明, 结晶的富水岩浆中可以产生很高的内部剩余压力 (含 H₂O 的熔浆 → 晶体 + “蒸汽”), 从而导致二次沸腾, 在压力较小的浅成-超浅成环境下, 结晶外壳内压 ΔV , 必然增大, 爆破作用不可避免。“二次沸腾”为我国斑岩矿床的普遍特征。但是也有人 (J. A. Wolfe, 1980)^[13]认为, 角砾岩管是由于蒸汽岩浆喷发而形成的, 这种喷发作用是从地表向下发展的。近来, V. Lawrence (1989) 对金伯利岩的研究支持和发展了这种观点, 认为“潜水岩浆爆发火山作用”起因于岩浆与外来水 (external water)、地表水或地下水的相互作用, 并认为这一作用可以包罗陆上火山活动所包括的任何一种岩浆类型, 这种相互作用比我们迄今能想象到的还要频繁。作者在对我国斑岩铜矿的研究中注意到斑岩铜矿化过程中天水所起的重要作用 (1984)^[2]。作者认为, 各类矿化角砾岩分布地段, 正是铜钼矿石的主要堆积空间, 深源浅成的过渡带特征非常明显, 表现为碱交代 → 酸交代, 高温 → 低温, 高盐度流体 → 低盐度流体, 铁相矿物 → 铜硫化物相和铁硫化物相矿物, 架状硅酸盐 → 钾质层状硅酸盐发生突变的过渡地质环境。

综上所述, 富水岩浆的分馏机制为矿化角砾的主要原因, 浅部环境与深部岩浆房长期勾通是成矿作用的必要条件, 潜水岩浆爆发火山-次火山作用或许是成矿机制的重要补充。后者尚待进一步工作来加以证实。从这一意义而言, 对矿化角砾岩的研究, 需要从更深的层次加以重视。这对于鉴别各种类型矿化角砾岩特征、了解成矿地质背景和指导找矿, 无疑是十分有益的。

作者自 1976 年始对矿化角砾岩进行了断断续续的研究, 期间得到郭文魁教授和胡伦积教授的悉心赐教。冯钟燕教授审阅了本文并提出宝贵意见。谨此一并致以谢忱。

参 考 文 献

- [1] 真允庆 1976 角砾岩及其成矿 地质与勘探 第 8 期 第 14—24 页
- [2] 芮宗瑶、黄崇轲、齐国民、徐珏、张洪涛 1984 中国斑岩铜(钼)矿床 地质出版社
- [3] 张洪涛 1984 封三洞铜矿床成因探讨 矿床地质 第 3 卷 第 3 期 第 57—66 页

- [4] 宁芜研究项目编写小组(陈毓川等) 1978 宁芜玢岩铁矿 地质出版社
- [5] 杜琦 1980 多宝山斑岩铜矿床蚀变与矿化特征 地质学报 第54卷 第4期 第310—323页
- [6] 杜琦 1984 以我国一些斑岩铜矿为例试论斑岩矿床成矿与地层(围岩)的关系 矿床地质 第3卷 第2期 第21—27页
- [7] 朱训、黄崇轲、芮宗瑶、周耀华、朱贤甲、胡淙声、梅占魁 1983 德兴斑岩铜矿 地质出版社
- [8] Lowell, J. D. and Guilbert, J. M., 1970, Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Econ. Geol.* Vol. 65, p. 378—408.
- [9] Laznicka, P., 1988, Breccias and coarse fragmentites. *Developments in Economic Geology*, No. 25, p. 3—36, p. 543—590.
- [10] Clarence, L. M., 1917, The breccias of the Mariposa formation in the vicinity of Colfax, California. *Bulletin of the Department of Geology, University of California*, Vol. 10, No. 21, p. 383—420.
- [11] Sillitoe, R. H. and Sawkins, F. J., 1971, Geologic, mineralogic, and fluid inclusion studies relating to the origin of copper-bearing tourmaline breccia pipes, Chile. *Econ. Geol.*, Vol. 66, p. 1028—1041.
- [12] Hutton, D. H., 1988, Granite emplacement mechanisms and tectonic controls: inferences from deformation studies. *Earth Sciences*, Vol. 79, p. 245—255.
- [13] Wolfe, J. A., 1980, Fluidization versus phreatomagmatic explosions in breccia pipes. *Econ. Geol.*, Vol. 75, No. 7, p. 1105—1108.
- [14] Barnes, H. L. and Czamanske, G. K., 1967, Solubilities and transport of ore minerals. In: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits* (Ed. H. L. Barnes). New York, p. 334—371.

ON THE GENETIC CLASSIFICATION OF MINERALIZED BRECCIAS RELATED TO PORPHYRY DEPOSITS AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Zhang Hongtao and Rui Zongyao

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

Abstract

Porphyry deposits associated with various mineralized breccias result from the emplacement and mineralization of the hypogene magma under the hypergene-upperhypogene conditions. In this paper, geological characteristics, genetic classification and recognition indicators of the mineralized breccia related to porphyry deposits are discussed in detail, and some geological features having to do with the mineralized breccia are tentatively analysed in the light of the specific tectonic setting of China. It is considered that the mineralized breccias were formed fundamentally as a result of the polycyclic emplacement of the hypogene magma, and that the thermal fluids with the magmatic water as the main component seem to be the main dynamic condition for the conversion of the ore-bearing porphyry system from a confined environment to an open environment. Thus, the existence of mineralized breccias acts not only as the initial concentration condition of metallic elements but also as one of the important ore prospecting indicators. There are three genetic types of mineralized breccia related to porphyry deposits in China, i. e. explosive, intrusive and volcanic breccia. The superposition of various breccias is quite obvious, and the superposed hydrothermal metasomatic breccia serves commonly as an important indicator of the ore-forming process.