

贵州安龙戈塘地区含金隐爆角砾岩筒地质特征及意义

刘文¹,张钟华¹,陆建宝¹,季国松²,陈正山¹,冯运富¹,田永红¹,方开雄³

(1. 贵州省地矿局 117 地质大队,贵州 贵阳 550018;2. 贵州省地矿局 102 地质大队,贵州 遵义 563000;3. 贵州省地勘装备服务中心,贵州 贵阳 551400)

[摘要]新近在安龙戈塘地区发现的万人洞含金隐爆角砾岩筒位于戈塘穹隆中部,北东向断裂带附近。据隐爆角砾岩筒露头特征,围岩为中二叠统栖霞组、茅口组灰岩,含金隐爆角砾岩筒由内向外可分隐爆角砾岩带、震碎带和影响带,由内向外,金矿品位逐渐降低,蚀变逐渐变弱。据流体包裹体及硫同位素研究分析,成矿压力 34.024~97.432 MPa,推测成矿深度 1.13~3.24 km;成矿温度在 150℃~170℃之间;成矿流体阴阳离子成分 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等,平均盐度为 7.8 wt% NaCl,平均密度 0.96 g/cm³,具有中高密度超高压流体浅层成矿的特点;硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 在 1.27‰~1.45‰之间,具有深源岩浆 S 的特点;综合研究认为万人洞含金“隐爆角砾岩筒”可能与重力推断的深部中酸性岩体有成因关系,值得进一步研究。

[关键词]金矿;隐爆角砾岩;中酸性岩体;戈塘地区

[中图分类号]P618.51 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2021)03-283-09

戈塘金矿区以往成矿规律研究主要是针对二叠系龙潭组与茅口组之间界面、构造蚀变体(杨科伍,1992;朱恺,1993;何丰胜等,1997;董磊等,2011;黄建国等,2012;刘帅等,2013;吴松洋等,2014;金永杰等,2015;范军,2015)。近年来,多人对万人洞角砾岩型金矿(化)体(曾昭光等,2014;童远刚等,2016;贵州地矿 117 队,2017;毛彬吉等,2018)进行了研究,总体叙述多归结于金矿体受断层破碎带控制,且微观研究数据较少,也无法解释露头中明显的分带性等现象,很有必要对其露头特征、形成的物理化学条件等进行再认识。通过本次研究认为,虽然万人洞含金隐爆角砾岩筒与传统的隐爆角砾岩筒型金矿体明显不同,但确有隐爆成矿作用之实,希望能为该区今后找矿及研究起到抛砖引玉的作用。

1 成矿条件

戈塘金矿集区位于黔西南州安龙县,地处南盘江-右江印支造山带的北缘,属于普安-贞丰北东及北西变形区的戈塘穹状背斜。区域上出露泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系及侏罗系、白垩系。构造形迹主要为褶皱、断层、角度不整合等,构造方向以北东向为主,次有北西向、东西向。构造样式以穹窿-构造盆地,短轴背向斜组合为特征,平面上以强应变带与弱应变区相间排列呈菱形展布为特征。

1.1 地层

研究区出露地层主要有二叠系、三叠系(图 1)。二叠系分布于研究区中部,海马谷断裂南东

[收稿日期]2021-02-10 **[修回日期]**2021-06-25

[基金项目]安龙县戈塘-海子地区金矿成矿规律与找矿远景研究(黔地矿科合[2017]26号);贵州省安龙鲁沟-白石坡地区矿产地质调查(12120114084001)。

[作者简介]刘文(1980—),男,高级工程师,主要从事矿产勘查及相关管理工作。

[通讯作者]张钟华(1985—),男,高级工程师,主要从事矿产勘查及农业地质工作。

盘,分别是二叠系中统栖霞组(P_{2q})、茅口组(P_{2m})及二叠系上统龙潭组(P_{3l}),其中栖霞组仅在万人洞金矿,岩性为灰色、深灰色中厚层灰岩、泥质灰岩;茅口组分布在白石坡-万人洞一带,岩性为厚

层-块状白云质斑块状灰岩、中-厚层藻砂屑灰岩、生物屑泥晶灰岩与中-厚层微晶燧石团块灰岩组成;龙潭组分布在大坝-戈塘、科花及断夹块中,岩性为砂岩、粘土岩、灰岩夹煤(层)线。三叠系下统飞仙关组(T_{1f})、嘉陵江组(T_{1-2j})主要分布于海马谷断裂北西盘,鲁沟断层南东盘与百鸡山断层北东盘,飞仙关组岩性为砂岩、粘土岩夹灰岩;嘉陵江组岩性为灰岩、白云岩夹少量粘土岩与砂岩。

1.2 构造

研究区主体构造为戈塘穹状背斜构造,戈塘穹状背斜呈椭圆状展布,主要沿戈塘-科花-上河坝-海马谷-海子一带分布,穹隆中心位于大坝至戈塘一带,被后期海马谷断层破坏。穹状背斜核部出露最老地层为二叠系中统茅口组,往外依次为二叠系上统龙潭组,三叠系下统飞仙关组、嘉陵江组。戈塘穹状背斜上有北东、北西向和近南北向三组断裂,其中以北东向断裂构造为主,主要有海马谷断裂、万人洞断层、上河坝断层、鲁沟断层,北西向断层主要有田湾断层等。海马谷断裂特征如下。

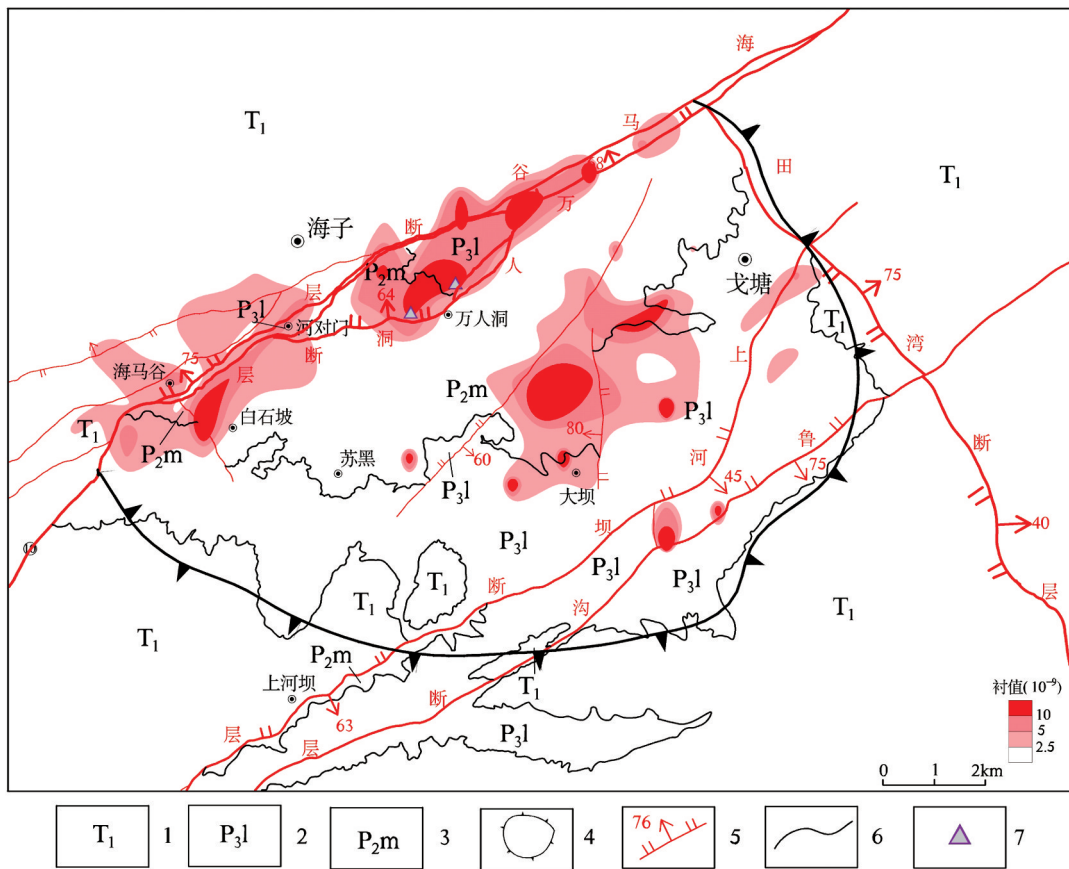


图1 研究区地质、金异常及隐爆角砾岩型金矿床(点)分布简图

(据贵州省安龙鲁沟-白石坡地区矿产地质调查报告修编)

Fig. 1 Geological and gold anomaly, distribution of detonated breccia type gold deposit (occurrence) in the study area

1—三叠系下统;2—二叠系龙潭组;3—二叠系茅口组;4—构造穹隆;5—断层;6—地层界线;7—隐爆角砾岩

海马谷断裂:走向北东向,走向长约 20 km,在走向上海马谷-甘沟一带具有明显的分支复合,形成了较大断夹块(断夹块呈透镜状产出,长约 5 km,宽约 1.5 km,并在该断夹块分布有金矿体)。断裂破碎带宽 10~500 m,在破碎带中见构造透镜体、构造角砾岩及断层泥等,带中普遍具硅化、黄铁矿

化、辉锑矿化、褐铁矿化、粘土化等蚀变特征。据两盘地层分析,该断裂在不同区段其地层断距差异极大,甚至性质亦表现不同,如中段海马谷-万人洞一带断层倾向北西,倾角 60°~70°之间,北西盘为下降盘,表现为正断层特征,断层带中可见构造透镜体,反映出挤压特征;北东段、西南段断层倾向南

东,倾角在 60°~85°之间,断层带中构造透镜体较发育,表现为逆断层。断裂南东盘最老地层为栖霞组,北西盘最老地层为飞仙关组,地层断距 100~1 000余米。综合分析,海马谷断裂带总体具有膨大缩窄特征明显,是经过多期活动叠加改造的结果,为戈塘金矿田成矿构造系统的重要组成部分。

1.3 地球物理特征

据王亮(2009)等对区域重力和航磁资料的计算、反演及解译的综合成果来看,黔西南金矿集区深部存在相当规模的燕山期隐伏花岗岩体,数量多达 40 余个,其中在戈塘地区深部存在特大型隐

伏花岗岩基。据 1:10 万重力研究成果(117 队,2016),利用剩余重力异常推断深部存在隐伏酸性岩体,岩体整体呈向北北西向开口的“V”字型(图 2-b),可以看作两个北北西向的岩枝和岩株在南部相连,亦可看做整个岩体沿北北东向分离为不同形态的岩枝和岩株。根据三维反演结果,岩体顶界面深度在 3.8~5.0 km 之间,顶界面形态有一定的起伏变化,岩体平均厚度约为 2.0 km,底界面深度在 6.2 km 左右,变化较平缓(图 2)。隐伏岩体与戈塘穹窿套合较好,分析认为隐伏岩体可能对戈塘穹窿的形成和区内金矿成矿作用提供热源和流体来源。

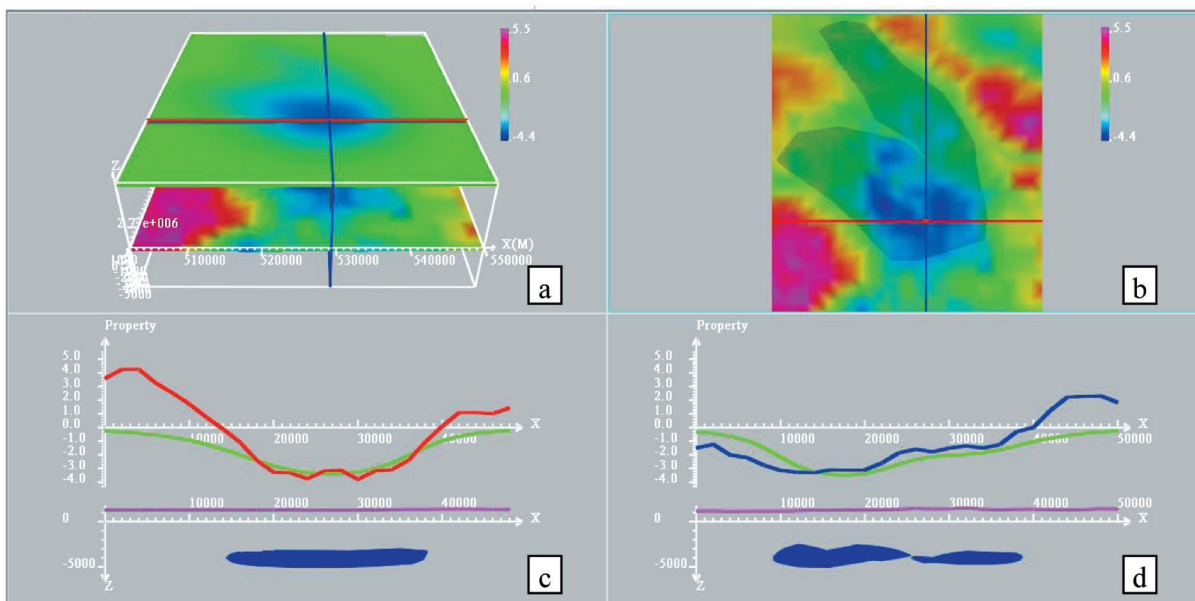


图 2 岩体三维反演-二维视图

Fig.2 3D inversion-2D view of rock mass

a—拟合与实测平面图(上:拟合图;下:实测图);b—实测平面与岩体透视图(红线与蓝线为截取剖面);c—红线剖面拟合二维显示(红线:拟合;绿线:实测;玫红:地形;蓝色:岩体);d—红线剖面拟合二维显示(蓝线:拟合;绿线:实测;玫红:地形;蓝色:岩体)

1.4 地球化学特征

据贵州省安龙鲁沟-白石坡地区矿产地质调查报告(贵州省地矿局 117 队,2016),区内二叠系茅口组分布区土壤中金背景值为 13.86×10^{-9} ,二叠系龙潭组分布区土壤中金背景值为 2.12×10^{-9} ,三叠系分布区土壤中金背景值为 1.83×10^{-9} ;对其在二叠系茅口组、龙潭组和三叠系中土壤金分析值进行衬值处理(金分析值除以背景值),得其区内金衬值背景值为 2.5×10^{-9} ,按其金衬值背景值的 1、2、4 倍圈定衬值异常(图 1),由图可知,金衬值异常主要集中分布在戈塘穹状构造内,异常也主要沿北东向的海马谷断

裂、万人洞断裂呈椭圆状分布,另则沿二叠系中统茅口组与上统龙潭组之间的构造蚀变体似圆状和椭圆状分布。

2 隐爆角砾岩筒特征

2.1 基本特征

已发现的含金“隐爆角砾岩筒”位于万人洞寨子北西约 200 m,岩筒产于北东向的万人洞断裂带及附近,平面形态呈纺锤型,其长轴方向与断裂走向一致(图 3a),金矿体主要受隐爆角砾岩筒内带控制(图 3b)。

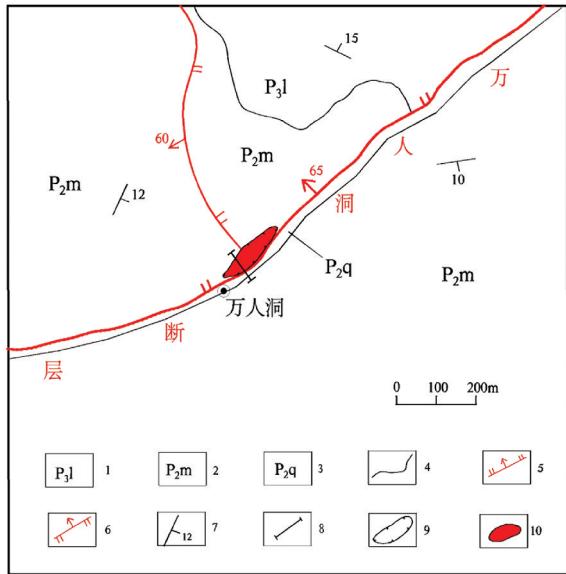


图 3a 万人洞金矿隐爆角砾岩型金矿体平面图
Fig. 3a Plane of detonated breccia type gold deposit in Wanrendong gold mine

1—龙潭组;2—茅口组;3—栖霞组;4—地层界线;5—正断层;6—逆断层;7—地层产状;8—剖面位置;9—隐爆角砾岩筒;10—金矿体

隐爆角砾岩中金矿体以茅口组 (P_{2m}) 及栖霞组 (P_{2q}) 灰岩为容矿岩石,从矿石到近矿围岩特征来看,具有明显分带特征,由内向外可划分为热液隐爆角砾带、震碎带、影响带(图 3b)。
①角砾岩带呈陡立的筒状,由深褐色强硅化角砾岩、硅化角砾灰岩及胶结物质组成,角砾呈棱角状、次棱角状,粒径 0.5~30 cm 不等,具可拼接,角砾成分主要为灰岩,胶结物为同质碎基、硅质、碳酸岩脉及沥青,可见浸染状分布五角十二面体黄铁矿(图 4);
②震碎带为碎裂状灰岩,被方解石脉胶结,方解石脉总体呈放射状展布;
③影响带为较为破碎的茅口组 (P_{2m}) 及栖霞组 (P_{2q}) 灰岩,垂向节理较发育,部分被方解石脉充填。

金矿体主要分布于隐爆角砾岩带(内带),金矿体走向北东,倾向北西,倾角 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 度;矿体形态岩墙状、大透镜,走向长大于 200 m,金品位在 $1.24\times 10^{-6}\sim 8.59\times 10^{-6}$ 之间,平均品位 2.08×10^{-6} ,矿体厚度 2.29~19.7 m,平均厚 11.10 m。在金矿体外围为被大量方解石脉胶结的震碎带,震碎带多具金矿化,含金在 $0.20\times 10^{-6}\sim 0.80\times 10^{-6}$ 之间,一般厚度 1.0~1.5 m。之外为影响带,以碎裂状灰岩,纵向节理裂隙发育,少量方解石脉充填为其特征,一般厚度 4.0~8.0 m,基本不

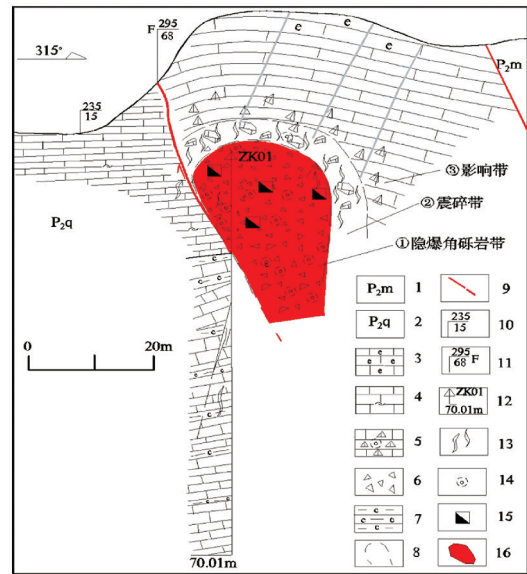


图 3b 万人洞金矿隐爆角砾岩型金矿体剖面图
Fig. 3b Profile of detonated breccia type gold deposit in Wanrendong gold mine

1—茅口组;2—栖霞组;3—生物灰岩;4—遂灰岩;5—碎裂灰岩;6—隐爆角砾岩;7—炭质粘土岩;8—分带线;9—断层;10—地层产状;11—断层产状;12—钻孔及编号;13—方解石脉;14—硅化;15—黄铁矿化;16—金矿体

含金或含金甚微。

2.2 隐爆角砾岩流体包裹体特征

本次研究采集震碎带中具金矿化 18 件方解石脉(胶结物)样品进行流体包裹体研究。将样品磨制成双面抛光的薄片,在镜下进行岩相学观察,流体包裹体的显微测温 and 氢氧同位素分析均在中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室完成。

2.2.1 包裹体显微岩相学特征

在光学显微镜下,通过对万人洞金矿 18 块方解石脉进行包裹体测试,分析统计:流体包裹体不甚发育,以原生为主,少量假次生和次生包裹体(本次研究均选择原生包裹体),多随机分布。包裹体类型单一,多为富液相包裹体。包裹体形态较为规则,呈椭圆状,一般为 $2\sim 11\mu\text{m}$,个别达 $15\sim 25\mu\text{m}$;气液比在 $2\%\sim 10\%$ 之间;个别达 15% (图 5)。

2.2.2 包裹体物理性质

万人洞金矿体方解石包裹体的显微测试结果见表 1,包裹体的均一温度在 $120^{\circ}\text{C}\sim 270^{\circ}\text{C}$ 之间,平均值为 166.25°C ,说明成矿流体属于中低温体系。本次实验通过冷冻法获得包裹体冰点温度波动范围在 $-9.4^{\circ}\text{C}\sim -1.4^{\circ}\text{C}$ 之间,平均冰点温度为

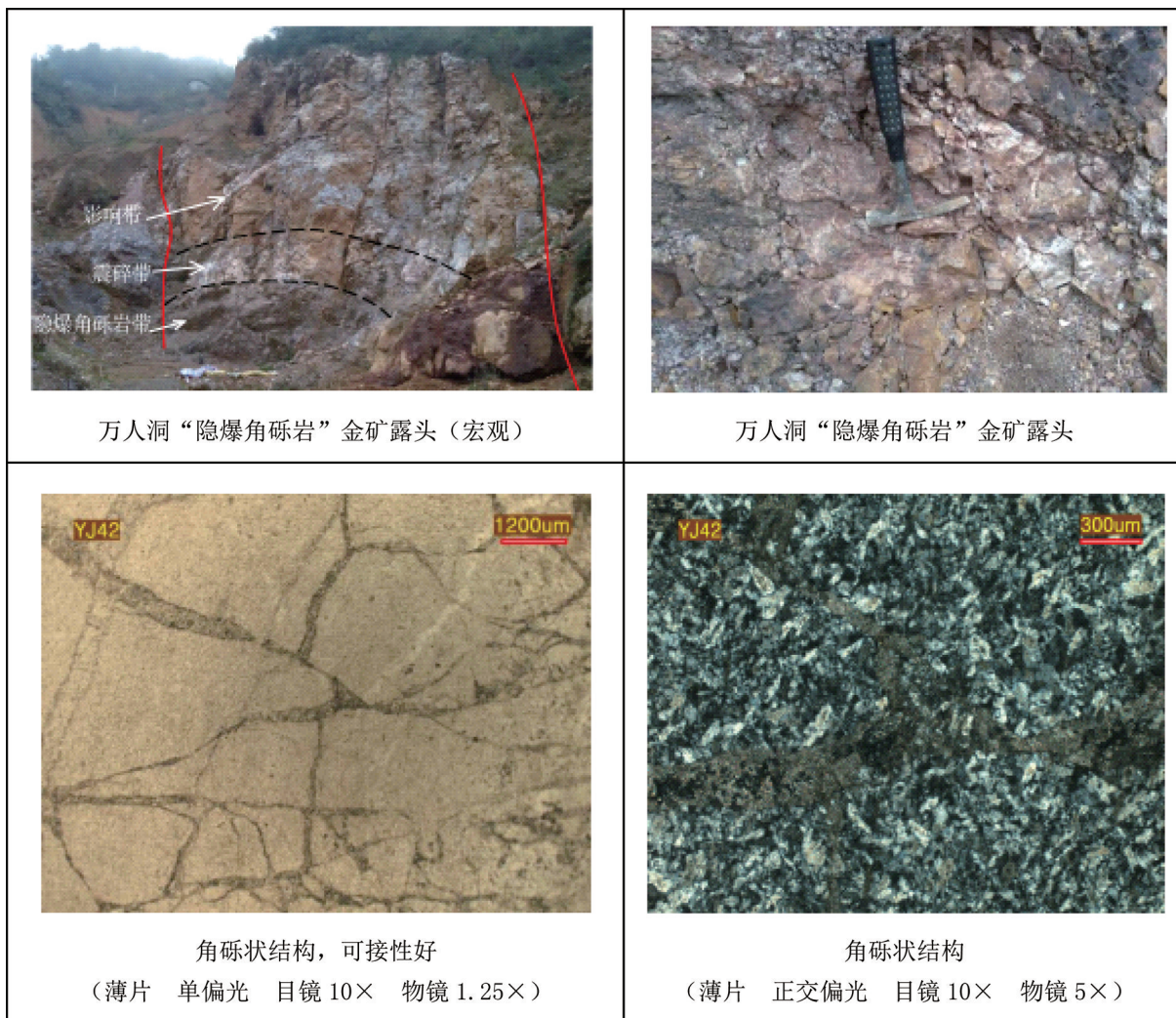
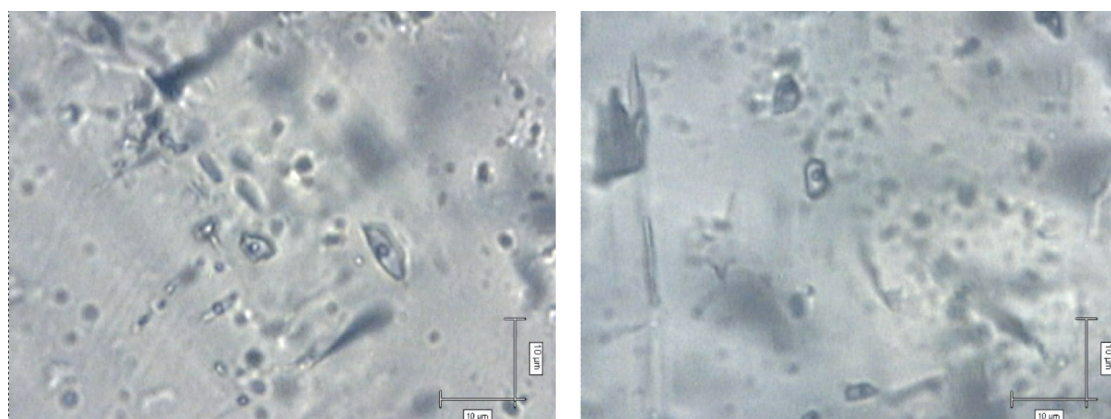


图4 微弱褐铁矿化弱方解石化强硅化断层角砾岩(据童远刚修编)

Fig.4 Fault breccia of weak ferritization, weak calcilization and strong silication



BG03 气液包裹体

BG06 气液包裹体

图5 万人洞金矿震碎带中流体包裹体显微特征

Fig.5 Microscopic characters of fluid inclusion in scatter zone in Wanrendong gold mine

-4.9℃。经对包裹体盐度进行统计,发现对应的盐度介于 2.4 ~ 13 wt% NaCl, 平均 7.8 wt% NaCl。从均一温度与盐度协变图 6 可以看出,大部分数据的均一温度主要集中在 150℃~170℃之

间,盐度集中在 6~8 wt% NaCl 之间。

2.2.3 包裹体密度、压力与成矿深度

对于不同盐度的 NaCl-H₂O 溶液包裹体,依据溶液包裹体密度公式(刘斌,2003): $\rho = A + Bt + Ct^2$ 。

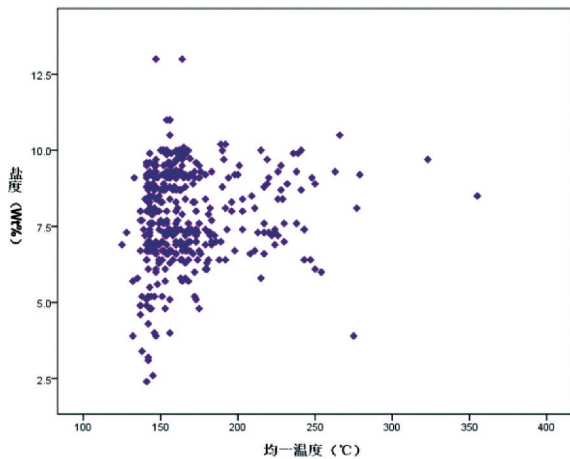


图6 万人洞金矿床方解石包裹体均一温度与盐度协变图

Fig. 6 Covariance of homogenization temperature and salty in calcite inclusion of Wanrendong gold mine

获得包裹体密度范围为 0.71 ~ 1.01 g/cm³, 平均密度 0.96 g/cm³, 说明成矿流体密度为中高密度。

利用流体压力经验公式(邵洁涟, 1999): $P = P_{0xt}/t_0$, 式中: $P_0 = 219 + 2.620 \times W$, t 为均一温度(°C), $t_0 = 374 + 920 \times W$ (W 为流体盐度, 单位 wt% NaCl)。 P 为流体压为(单位为 10^5 Pa)。通过计算, 该矿床成矿流体压力为: $340.24 \sim 974.32 \times 10^5$ Pa, 平均压力 456.02×10^5 Pa。成矿深度计算公式为: $H = P / (300 \times 10^5)$ 式中: H 为成矿深度(km), P 为流体压(单位为 10^5 Pa), 通过计算, 成矿深度为 1.13 ~ 3.24 km, 平均 1.52 km, 属于浅源成矿。

表1 流体包裹体特征参数表

Table 1 Characteristic parameters of fluid inclusion

样品编号	均一温度(°C)		盐度(wt% NaCl)		冰点温度(°C)	
	范围(数量)	均值	范围(数量)	均值	范围(数量)	均值
BG01	141 ~ 355(30)	164	2.6 ~ 13(27)	7.74	-9.4 ~ -1.5(27)	-5
BG02	133 ~ 163(22)	147	4.3 ~ 8.8(19)	6.8	-5.7 ~ -2.6(19)	-4.3
BG03	125 ~ 194(23)	145	3.9 ~ 13(20)	8.19	-8.9 ~ -2.3(20)	-5.2
BG04	138 ~ 166(28)	150	2.4 ~ 10(25)	8.08	-6.6 ~ -1.3(25)	-5.2
BG05	126 ~ 224(40)	149	6.4 ~ 9.7(32)	8.4	-6.4 ~ -4(32)	-5.4
BG06	137 ~ 241(38)	159	4.8 ~ 10(35)	8.3	-6.7 ~ -2.9(35)	-5.3
BG07	141 ~ 241(26)	175	5.1 ~ 10(22)	8.6	-6.6 ~ -3.1(22)	-5.5
BG08	132 ~ 266(25)	169	5.7 ~ 10.5(25)	9.6	-7 ~ -3.5(25)	-6.3
BG09	143 ~ 191(36)	160	7 ~ 11(35)	9.5	-7.4 ~ -4.4(35)	-6.2
BG10	141 ~ 323(26)	198	4 ~ 9.7(23)	8.1	-6.4 ~ -2.4(23)	-5.2
BG11	143 ~ 247(23)	195	4 ~ 8.4(23)	7	-5.4 ~ -2.4(23)	-4.4
BG12	137 ~ 277(34)	170	4.6 ~ 9.3(30)	7.3	-6.1 ~ -2.8(30)	-4.6
BG13	137 ~ 185(19)	158	6.7 ~ 7.6(19)	7.1	-4.8 ~ -4.2(19)	-4.5
BG14	141 ~ 243(24)	176	6.3 ~ 7.6(24)	6.9	-4.8 ~ -3.9(24)	-4.3
BG15	141 ~ 252(22)	182	5.2 ~ 7.7(22)	6.4	-4.9 ~ -3.2(22)	-4
BG16	155 ~ 243(17)	174	5.7 ~ 7.6(17)	7	-4.8 ~ -3.5(17)	-4.4
BG17	147 ~ 189(23)	164	5.1 ~ 8.1(23)	6.9	-5.2 ~ -3.1(23)	-4.3
BG18	147 ~ 243(23)	173	6.1 ~ 7.9(16)	6.9	-5 ~ -3.8(16)	-4.3

测试单位: 中国科学院地球化学研究所

2.2.4 包裹体成分

对包裹体的成分进行了分析, 分析结果详见表2。结果表明, 万人洞金矿体内流体包裹体中, 阳离子以 Sr⁺、Cu²⁺、Ba²⁺、Ca²⁺ 为主, Sr⁺ > Cu²⁺ > Ba²⁺

为主; 含少量 Na⁺、K⁺、Zn⁺, 阴离子以 SO₄²⁻、Cl⁻、NO₃⁻ 为主, SO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻。本次检测的包裹体中含有 NO₃⁻, 可能指示流体与深源物质有关(胡煌昭等, 2011)。

表2 万人洞金矿方解石中流体包裹体离子成分表

Table 2 Ions composition of fluid inclusion in calcite of Wanrendong gold mine

样品编号	阴离子(%)						阳离子(%)					
	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Cu ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Sr ⁺	Zn ²⁺
BG01	0.00	1.29	0.34	3.11	0.35	0.13	0.78	0.01	0.01	0.01	1.66	0.12
BG02	0.00	1.55	0.40	2.96	0.45	0.11	0.66	0.01	0.01	0.01	1.48	0.08
BG03	0.00	1.99	0.47	2.54	0.57	0.10	0.45	0.00	0.00	0.01	1.92	0.12
BG04	0.00	1.92	0.52	2.44	0.63	0.12	0.48	0.01	0.01	0.01	1.75	0.10
BG05	0.00	1.80	0.43	2.87	0.80	0.13	0.56	0.00	0.01	0.01	1.74	0.05
BG06	0.00	1.78	0.47	2.78	0.74	0.12	0.51	0.00	0.01	0.01	1.66	0.06
BG07	0.00	0.79	0.21	4.20	0.38	0.13	0.58	0.00	0.01	0.01	2.23	0.07
BG08	0.00	0.83	0.29	3.45	0.42	0.14	0.55	0.00	0.02	0.01	2.04	0.08
BG09	0.00	2.47	0.42	2.87	0.46	0.16	0.70	0.01	0.01	0.01	2.23	0.14
BG10	0.00	1.96	0.36	2.92	0.51	0.15	0.68	0.01	0.01	0.01	2.12	0.11
均值	0.00	1.64	0.39	3.01	0.53	0.13	0.60	0.01	0.01	0.01	1.88	0.09

2.3 硫同位素地球化学特征

据本次研究,通过三件样品硫同位素初步测定,S-04 样品 $\delta^{34}\text{S}$ 1.27 ‰,S-05 样品 $\delta^{34}\text{S}$ 1.27 ‰,S-06 样品 $\delta^{34}\text{S}$ 1.45‰,具有深源岩浆 S($\pm 2\%$) 的特点,成矿物质可能来自深源的幔源硫(魏菊英,1988;范军,2015)。

综合以上分析认为,成矿流体应来自深部,成矿地质体可能为深部隐伏的中酸性岩体,矿床的成矿压力范围为 34.024 ~ 97.432 MPa 平均压力为 45.602 MPa,推测其成矿深度为 1.13 ~ 3.24 km,成矿温度集中在 150℃ ~ 170℃ 之间,平均为 166.25℃,成矿流体阴阳离子的主要成分有 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^+ 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等,包裹体中含有 NO_3^- 的存在,指示流体可能来自深源,盐度在 2.4 ~ 13 wt% NaCl 之间,平均盐度为 7.8 wt% NaCl,平均密度 0.96 g/cm³,具有中高密度超高压流体浅层成矿的特点。

3 形成机制探讨

据前人研究成果,隐爆角砾岩的形成是岩浆顶部的流体或气体猛烈释放和爆炸的结果。当岩浆由深部运移至近地表时,由于环境温度、围岩压力的改变,岩浆发生减压排气作用,大量气体及挥发分析出并聚集就容易发生隐蔽爆破作用(章曾凤,1991)。岩浆中富含的气体 and 挥发分是导致岩浆隐蔽爆破能量的源泉,有利的构造条件则是隐蔽爆破作用得以发生的前提,同时也为隐蔽爆破结束隐爆角砾岩固结后,深部含矿热液上升并侵

入周围的裂隙系统进行矿化提供通道(蒋禹恒等,2019)。

隐爆角砾岩(筒)主要是指当深部岩浆侵入至地壳浅部时,是由于上覆岩体(层)的屏蔽作用,岩浆热液流体随岩浆侵位而不断运移并聚集在岩浆顶部,在某些作用力的诱发下,由于减压、降温从而导致隐蔽爆破作用,然后冷却形成的岩石(章增凤,1991;王照波,2001),往往是由于岩浆的多次隐爆作用形成在空间上呈筒状产出的岩体(孙锐,2019)。含矿角砾岩筒的形成大多数显示与岩浆活动有关(Johnston et al.,1961;Sillitoe et al.,1975;1985;Hollister,1978;陈衍景等,1992;邵世才,1995),尤其与中-酸性岩浆岩有着密切的成因联系。

戈塘地区万人洞隐爆角砾岩型金矿体位于戈塘穹隆中部,北东向万人洞断裂附近。从硫同位素、流体包裹体研究均指示成矿流体来自深源,而重力推断该区深部存在隐伏的中酸性岩体。从构造运动特征分析,印支燕山期近南北向挤压形成的戈塘穹隆,在碰撞造山阶段,深部隐伏的中酸性岩体为隐爆成矿提供了热源及物源,含 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^+ 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 离子液相为主的气液混合成矿液体,沿深大断裂快速向上运移,进入浅部构造沿穹隆中心部位的断裂、节理向上运移过程中,当运移至两(多)组断裂交汇、断裂分枝复合、断裂与岩性突变界面交汇等部位时,因压力突然变小发生隐爆,局部形成隐爆角砾岩型金矿体。而上覆的致密块体或低孔隙度低渗透性的岩石圈闭层在隐爆成矿过程中起到充分重要的作用。

4 地质意义

前人研究表明,戈塘金矿属于中低温热液矿床。典型的浅成低温热液型金矿常发育于隐爆角砾岩带,多在浅表硅质层(硅帽)及其下泥化岩中出现,隐爆角砾岩研究对于矿床成因的划分具有明显的标识性(高荣臻等,2014),戈塘地区隐爆角砾岩的发现从侧面支持了浅成低温热液型金矿成因的观点。根据隐爆角砾岩筒形成演化模式“自下而上-顺次推进-序次叠加”的多次隐爆作用塑造了角砾岩筒的形态(王照波,2001),先隐爆形成角砾岩会受到后期爆破的叠加,早期隐爆角砾岩在上,晚期隐爆角砾岩在下。结合万人洞角砾岩筒的空间分布,初步认为在万人洞含金隐爆角砾岩深部可能存在与金矿化关系密切的硅化隐爆角砾岩,但是否严格受北东向断裂控制还需要下步研究解决。

综合戈塘地区 Au 元素异常分布特征,金矿矿体产出及空间分布,通常意义的“戈塘式”金矿主要受中上二叠统平行不整合界面控制,占区内已查明金矿资源量的 93%,表现为成矿流体在侧向运移过程中,受戈塘穹窿构造和不整合界面共同作用定向移动,并与围岩发生热液变质和大量物质交换,形成似层状金矿体群(贵州省地矿局 117 队,2017),北东向断裂构造则是为成矿流体提供通道,起到导矿作用。而万人洞含金隐爆角砾岩位于北东向有万人洞断裂带及附近,其长轴方向与断裂走向一致,初步分析认为含金隐爆角砾岩筒是具有中高密度超高压成矿流体沿断裂构造向上运移过程中,当运移至两组构造交汇部或断裂节理密集带,在上覆圈闭层的共同作用下,因物化条件的突变而产生“隐爆”成矿作用。其成矿时间、成矿物质来源等是否与界面控型“戈塘式”金矿体具有同时性、同源性等均有待进一步探索。

5 结论

(1)安龙戈塘地区万人洞含金隐爆角砾岩筒由内向外可分三个带:隐爆角砾岩带、震碎带和影响带,由内向外,金矿品位逐渐降低,蚀变逐渐变弱。隐爆角砾岩带为褐色强硅化灰岩角砾,同质碎基胶结,在金品位在 $1.24 \times 10^{-6} \sim 8.59 \times 10^{-6}$ 之间,

平均品位 2.08×10^{-6} 以上;震碎带主要为碎裂灰岩被大量发散状方解石脉胶结,多具金矿化,含金在 $0.20 \times 10^{-6} \sim 0.80 \times 10^{-6}$ 之间;影响带为碎裂灰岩,见原岩层理,含金甚微。

(2)流体包裹体研究矿床的成矿压力范围为 34.024~97.432 MPa,推测其成矿深度为 1.13~3.24 km,成矿温度集中在 $150^{\circ}\text{C} \sim 170^{\circ}\text{C}$ 之间,成矿流体阴阳离子的主要成分有 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^+ 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 等,平均盐度为 7.8 wt% NaCl,平均密度 0.96 g/cm^3 ,具有中高密度超高压流体浅层成矿的特点;硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ (CDT,‰) 在 0.25‰~1.45‰ 之间,具有深源岩浆 S 的特点;重力推断该区深部 3.8~5.0 km 存在隐伏的中酸性岩体。综合研究认为该区成矿可能与中酸性岩有关。

(3)已发现的万人洞含金隐爆角砾岩位于北东向有万人洞断裂带及附近,其长轴方向与断裂走向一致,而研究区的 Au 元素地球化学异常也主要沿北东向的海马谷断裂、万人洞断裂呈椭圆形分布。隐爆角砾岩筒是否严格受北东向断裂控制,以及是否与受界面控制“戈塘式”金矿体在成因上存在内在联系等均有待进一步研究解决。

致谢:感谢曾昭光研究员为本文的指导,同时感谢审稿人及编辑部老师指导。

[参考文献]

- 陈衍景,崔毫,富士谷,等.1992.论祁雨沟式金矿[J].矿产与地质,(02):25-32.
- 董磊,黄建国,李文杰.2011.贵州戈塘金矿床地质特征及成因研究[J].西南科技大学学报,26(3):41-44.
- 范军.2015.黔西南戈塘大型金矿床地质地球化学及成因研究[D].昆明:昆明理工大学.
- 贵州省地矿局117地质队.1994.贵州省安龙县戈塘金矿区二龙口矿段上免浪块段勘探地质报告[R].
- 高荣臻,等.2014.黑龙江争光金矿床隐爆角砾岩特征及其地质意义[J].地质与勘探,50(5):880-881.
- 贵州省地矿局117地质队.2017.贵州省安龙鲁沟-白石坡地区矿产地质调查报告[R].
- 贵州省地矿局117地质队.2018.贵州省安龙县豹子洞红土型金矿详查报告[R].
- 何丰胜,毛健全,杜定全.1997.戈塘矿区层滑构造研究[J].贵州工业大学学报,26(2):10-16.
- 黄建国,李虎杰,李文杰,等.2012.贵州戈塘金矿含矿岩系元素地球化学特征[J].中国地质,39(5):1318-1326.
- 黄建国,李虎杰,李文杰,等.2012.贵州戈塘金矿萤石微量元素特征及钎-铍测年[J].地球科学进展,27(10):1087-1093.

- 金永杰,周宗桂,曾国平,等. 2015. 黔西南戈塘金矿田找矿潜力分析[J]. 矿物学报, (增刊):1011-1012.
- 蒋禹恒,刘战庆,崔丰智,等. 2019. 隐爆角砾岩成岩成矿机制研究综述[J]. 矿产与地质,33(06):1009-1015+1025.
- 刘帅,张培兴,熊灿娟,等. 2013. 贵州戈塘金矿 SBT 地球化学研究[J]. 贵州大学学报,30(5):43-48.
- 毛彬吉,冉瑞德,况顺达,等. 2018. 黔西南戈塘金矿成因再认识[J]. 地质找矿论丛,168-175.
- 邵世才. 1995. 爆破角砾岩型金矿床的成因及其定位机制:——以河南祁雨沟金矿为例[J]. 矿物学报, (02):230-235.
- 邵洁涟. 1999. 金矿找矿矿物学[M]. 北京:中国地质大学出版社,1-200.
- 孙锐. 2019. 安徽宣城茶亭铜金矿区隐爆角砾岩特征及其与成矿关系[D]. 安徽. 合肥工业大学.
- 童远刚,陆建宝,刘浩,等. 2016. 贵州安龙万人洞角砾岩型金矿产出特征及意义[J]. 中国金属通报, (5):34-36.
- 王照波. 2001. 隐爆岩及其形成模式探讨[J]. 地质找矿论丛,16(3):201-205.
- 王亮,张应文,刘盛光. 2009. 贵州重磁异常分区特征与区域成矿区(带)分布特色[J]. 物探与化探,33(5):490-491.
- 吴松洋,丁俊,陈明,等. 2014. 贵州戈塘金矿滑脱构造及其与成矿的关系[J]. 金属矿山, (7):106-109.
- 杨科伍. 1992. 戈塘式金矿床之成因及找矿远景初探[J]. 贵州地质,33(4):299-306.
- 朱恺. 1993. 戈塘金矿中含炭硅质角砾岩成因浅析[J]. 地质与勘探,11(1):34-38.
- 章增凤. 1991. 隐爆角砾岩的特征及其形成机制[J]. 地质科技情报, (04):1-5.
- 曾昭光,杨恩林,季国松,等. 2014. 贵州海马谷地区金矿特征及成矿模式[J]. 贵州地质,12(4):261-266.
- Hollister V F. 1978. Geology of the porphyry copper deposits of the western hemisphere; New York, Am. Inst. Mining Metall. Petroleum Engineers, 219p.
- Johnston W P, Lowell J D. 1961. Geology and origin of mineralized breccia pipes in Copper Basin, Arizona[J]. Economic Geology, 56(5):916-940.
- Sillitoe R H, Halls C, Grant J N. 1975. Porphyry tin deposits in Bolivia [J]. Economic Geology, 70(5):913-927.
- Sillitoe R H. 1985. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs [J]. Economic Geology, 80(6):1467-1514.

Geological Characteristics and Significance of Gold Bearing Detonated Breccia Pipe in Getang Area of Anlong County, Guizhou

LIU Wen¹, ZHANG Zhong-hua¹, LU Jian-bao¹, JI Guo-song², CHEN Zheng-shan¹,
FENG Yun-fu¹, TIAN Yong-hong¹, FANG Kai-xiong³

(1. 117 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550018, Guizhou, China; 2. 102 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zunyi 563000, Guizhou, China; 3. Guizhou Geology Exploration Equipment Service Center, Guiyang 551400, Guizhou, China)

[**Abstract**] Recently, the Wanrendong gold bearing detonated breccia pipe founded in Getang area of Anlong located in millde Getang dome, near the NE fault zone. According to the outcrop characteristics of detonated breccia pipe, the wall rock is limestone in Qixia formation and Maokou formation in middle Permian, the gold bearing detonated breccia pipe is divided into detonated breccia zone, shatter zone and effecting zone from inside to outside, the gold grade decrease gradually, the alteration become weak. By analysis the fluid inclusion and sulfur isotope study, the ore forming pressure is 34. 024 to 97. 432 MPa, the inferred ore forming depth is 1. 13 to 3. 2 4km, the ore forming temperature is 150℃ to 170℃, the cation and anion of ore forming fluid are SO₄²⁻, NO₃³⁻, Cl⁻, Ba²⁺, Ca²⁺, Sr⁺, Zn²⁺ and Cu²⁺, the average salty is 7. 8wt%, the average density is 0. 96 g/cm³, has the characteristics of high-middle density, ultra-high pressure fluid and shallow ore forming, the sulfur isotope δ³⁴S is 1. 27‰ to 1. 45‰, has the feature of deep source magma S. by comprehensible research, it's thought that Wanrendong gold bearing detonated breccia pipe may has genetic relation with gravity inferred deep intermediate acid rock and worth to do further study.

[**Key Words**] Gold deposit; Detonated breccia; Intermediate acid rock; Getang area