

贵州灰家堡背斜构造蚀变体岩石地球化学特征

杨成富^{1,2}, 刘建中¹

(1. 贵州省地质矿产勘查开发局 105 地质大队, 贵州 贵阳 550018; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

[摘要]灰家堡背斜构造蚀变体(SBT)为产出于茅口组(P_2m)和龙潭组(P_3l)之间不整合面上的一套强硅化灰岩、灰岩角砾岩、硅化粘土岩角砾岩组合。分析来自构造蚀变体样品的岩石地球化学特征,对区内钻孔揭露 SBT 及赋存于其中的 I a 矿体厚度及品位进行统计并绘制等值线图,探讨 SBT 地质地球化学特征对金成矿的制约。结果显示,SBT 以角砾状构造和强硅化蚀变为显著特征,具有普遍较高的硅含量(54.02%~92.24%),钙、铝、镁、钾、钠等主量元素的含量较低;而 SBT 及其围岩微量元素对大陆地壳标准化图解具有相似的曲线型式,呈显著的 Au、As、Sb、Hg 富集,表明在热液蚀变过程中热液流体与角砾岩的水岩反应对其微量元素组成未造成明显的改变;通过相关性分析,Cd、Te、Sr 与 Au 关系密切,显示 Cd、Te 具有明显的富集,而 Sr 亏损。Cd、Te、Sr 的异常对金矿化有指示意义;SBT 中矿体的品位和 SBT 厚度呈正相关性,但矿体厚度和 SBT 厚度关系不甚明显,表明一定厚度的 SBT 可能更有利于 Au 的富集成矿。

[关键词]构造蚀变体;地球化学;卡林型金矿;灰家堡背斜

[中图分类号]P54;P594 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2017)01-0018-08

1 前言

灰家堡背斜金矿区茅口组(P_2m)和龙潭组(P_3l)之间不整合接触面附近广泛产出的一套强硅化灰岩、灰岩角砾岩、粘土岩角砾岩、硅化粘土岩组合,为灰家堡背斜金矿田重要的含矿岩系,仅赋存于其中的 I a 矿体(332+333)金资源量达 85 147.74 kg,单矿体即达大型矿床规模(矿体以边界品位 1 g/t 圈定)。产于 P_2m 和 P_3l 之间不整合界面附近的一套深灰色中层强硅化灰岩、角砾状强硅化灰岩、硅质岩及角砾状粘土岩组合,广布于黔西南台地相区兴仁、贞丰、安龙、晴隆等地,由于黔西南著名的锑矿床(大厂锑矿)和金矿床(戈塘、老万场)赋存于这套岩石组合中(刘远辉,2009,2015)。因此,自上世纪 60 年代以来,前人已多有研究,但多从宏观地质特征入手,且认识上各有不同,对其不同的划分对应着不同的成因解

释(曹鸿水,1991;陈翠华等,2004;高振敏等,2002;刘建明等,1997,1998,2001;刘家军等,1997;刘巽锋等,2001;刘显凡等,1999;刘建中等,2005,2006,2009;陶平等,2004;杨成富等,2012)。

近年来随着卡林型金矿原生金矿石的开采利用,系统的勘探和开采坑道对矿体的揭露,为深入研究 SBT 岩矿石的地质地球化学特征提供了良好的条件。通过深入研究水银洞金矿区 SBT 岩石地球化学特征,从而正确认识 SBT 成因,探讨成矿热液来源、演化及与金富集成矿的关系,丰富黔西南卡林型金矿成矿理论具有重要意义。

2 区域地质背景及矿田地质特征

2.1 区域地质背景

灰家堡背斜金矿田大地构造位置处于扬子准

[收稿日期]2016-12-05

[基金项目]贵州省地矿局《黔西南“大厂层”岩石地质地球化学及金锑矿成矿作用和成矿潜力》[黔地矿发(2009)11号]、中国地质调查局《贵州贞丰整装勘查区金-铀多金属控矿因素研究》[科(2013)01-055-002]、中国地质调查局《贵州贞丰-普安金矿整装勘查区关键基础地质研究》[科(2014)04-025-053]联合资助。

[作者简介]杨成富(1984—),男,工程师,博士研究生,主要从事金矿地质勘查与研究。

地台与华南褶皱系两个 I 级构造单元的交汇部位, 大部分地区属华南褶皱系右江褶皱带。由北东向弥勒—师宗深断裂、北西向紫云—垭都深断裂和近东西向开远—平塘深断裂围限的“三角形”夹块, 构成了滇黔桂金矿集区——“金三角”。水银洞金矿位于“金三角”之兴仁—安龙金矿带之中部的灰家堡金矿田。区域成矿作用与右江裂陷带的产生、发展与演化密切相关。成矿构造环境表现为地块边缘裂陷槽地拉张与挤压两种环境的交替发展与演化。两个大地构造单元接合部位不同级别断裂构造控制和制约金矿集中区和区内不同矿床、矿田和矿带的形成及空间分布 (郭振春 1993, 2006)。

2.2 矿田地质特征

灰家堡背斜金矿区为滇黔桂“金三角”独具特色的层控型金矿集中产出区域, 次级构造位于

以贞丰、者相、大山、兴仁四点连线圈出的弱应变域内的强应变带—灰家堡背斜 (王砚耕等, 1994; 郭振春 1993, 2006)。水银洞超大型金矿、紫木垭大型金矿与太平洞大型金矿共同组成黔西南灰家堡金矿田 (图 1)。

灰家堡金矿田以灰家堡背斜为主要构造, 背斜东起贞丰县者相, 西至兴仁县大山, 长约 20 km, 宽约 6 km。背斜轴向总体近东西, 为两翼大致对称的宽缓背斜。自西向东, 沿背斜轴部依次分布有紫木垭大型金矿、太平洞大型金矿、烂木厂汞铊矿、水银洞超大型金矿和簸箕田金矿等, 形成一条近东西向的金、汞、铊矿化带 (图 1)。

灰家堡背斜金矿田的赋矿层位有三叠系下统夜郎组 (T_1y^1), 二叠系上统大隆组 (P_3d)—长兴组 (P_3c)、龙潭组 (P_3l) 及 SBT。上二叠统龙潭组为海陆交互相沉积, 主要为粉砂岩、砂岩、粘土岩、灰岩及煤线组合。

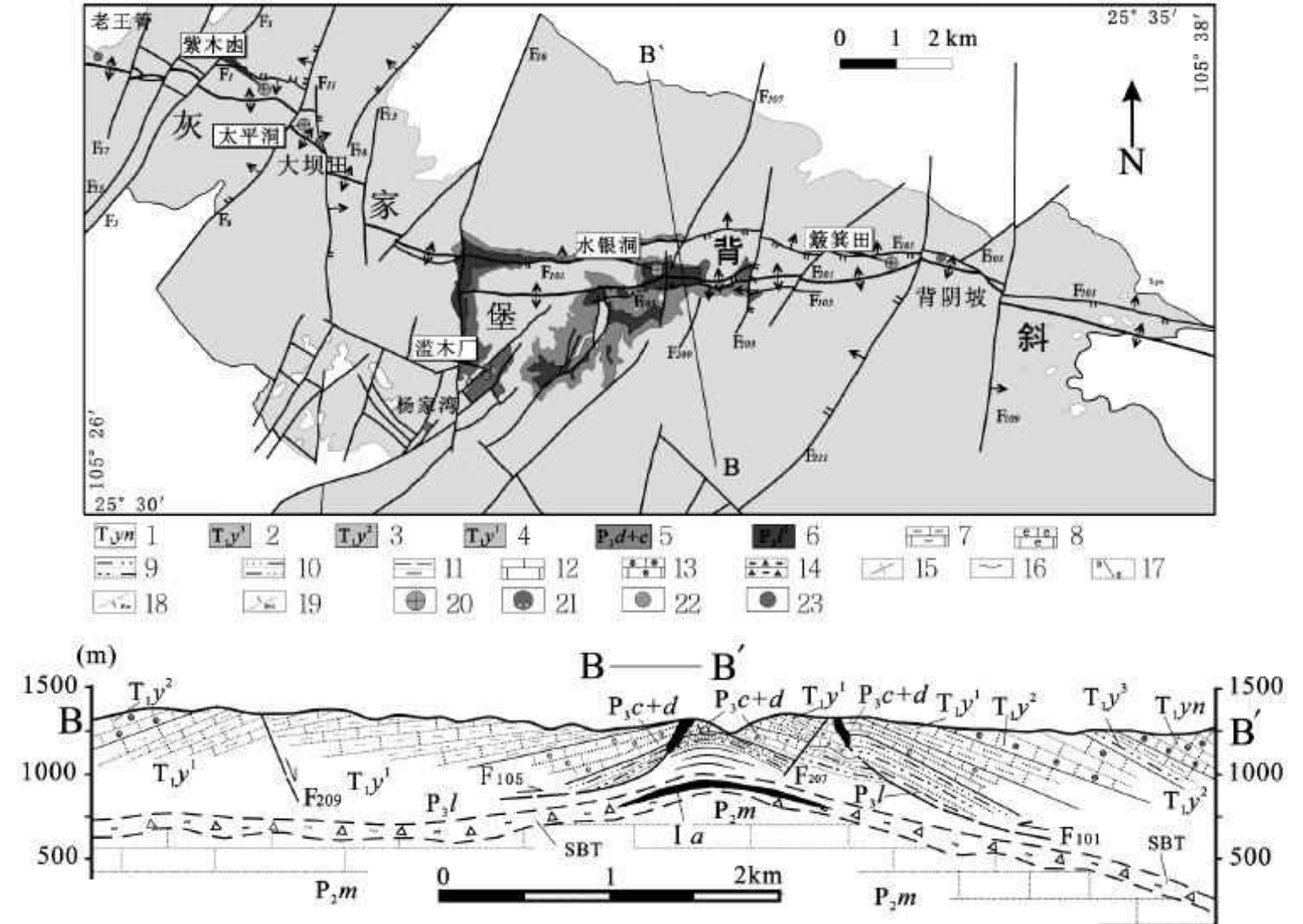


图 1 矿区地质简图
Fig. 1 Geological sketch of the mine

1—永宁镇组; 2—夜郎组三段; 3—夜郎组二段; 4—夜郎组一段; 5—大隆+长兴组; 6—龙潭组第三段; 7—泥灰岩; 8—生物碎屑灰岩; 9—粉砂质粘土岩; 10—粘土质粉砂岩; 11—粘土岩; 12—灰岩; 13—鲕粒灰岩; 14—鲕粒灰岩; 15—背斜轴; 16—地层界线; 17—图切割面位置; 18—正断层及编号; 19—逆断层及编号; 20—金矿床; 21—汞矿床; 22—铊矿点; 23—雄黄矿点

3 构造蚀变体 (SBT) 的样品

上世纪 60 年代初,贵州省地质局 112 队在对晴隆大厂锑矿进行勘查时将控制锑矿产出的中二叠统茅口灰岩(P_2m)与峨眉山玄武岩($P_3\beta$)之间的一套硅质蚀变岩作为找锑矿的标志层,定名为“大厂层”(曹鸿水,1991;高振敏等,2002)。其原始定义仅指茅口灰岩与峨眉山玄武岩之间的一套硅质蚀变岩石,不是正式的岩石地层单元。随着黔西南地区卡林型金矿的发现和开发,对产于 P_2m 和 P_3l 之间的一套强硅化灰岩、角砾状强硅化灰岩、硅质岩及角砾状粘土岩组合多有研究,“大厂层”的使用更加广泛。刘建中等(2005, 2006, 2009)在对水银洞超大型金矿 I a 矿体详细研究的基础上提出了 SBT 的概念,建立了矿床成矿模式,模式指导下的灰家堡背斜的找矿取得了

显著的成效,水银洞金矿成为超大型矿床。

3.1 SBT 地质特征

SBT 赋存于 P_2m 和 P_3l 或 $P_3\beta$ 之间沉积间断面—不整合界面附近,岩石以角砾状构造及强蚀变为显著特征,是多阶段构造—热液活动的产物。灰家堡背斜区内 SBT 隐伏于地表 300 m~1 500 m 以下,呈层状—似层状产出,走向与背斜轴线一致,呈东西向展布,顶板为粘土质粉砂岩和粉砂质粘土岩,底板为灰色中厚层至块状生物灰岩,厚度 5.08 m~41.51 m,平均厚度 16.23 m。

赋存于 SBT 中的 I a 矿体为灰家堡背斜金矿田最主要的矿体之一(图 2)。矿体呈层状—似层状产出,走向与背斜轴线一致,呈东西向展布,东西走向长 1 400 m,南北倾向宽 680 m,与 SBT 的形态一致,倾向南或北,倾角 10° 左右。

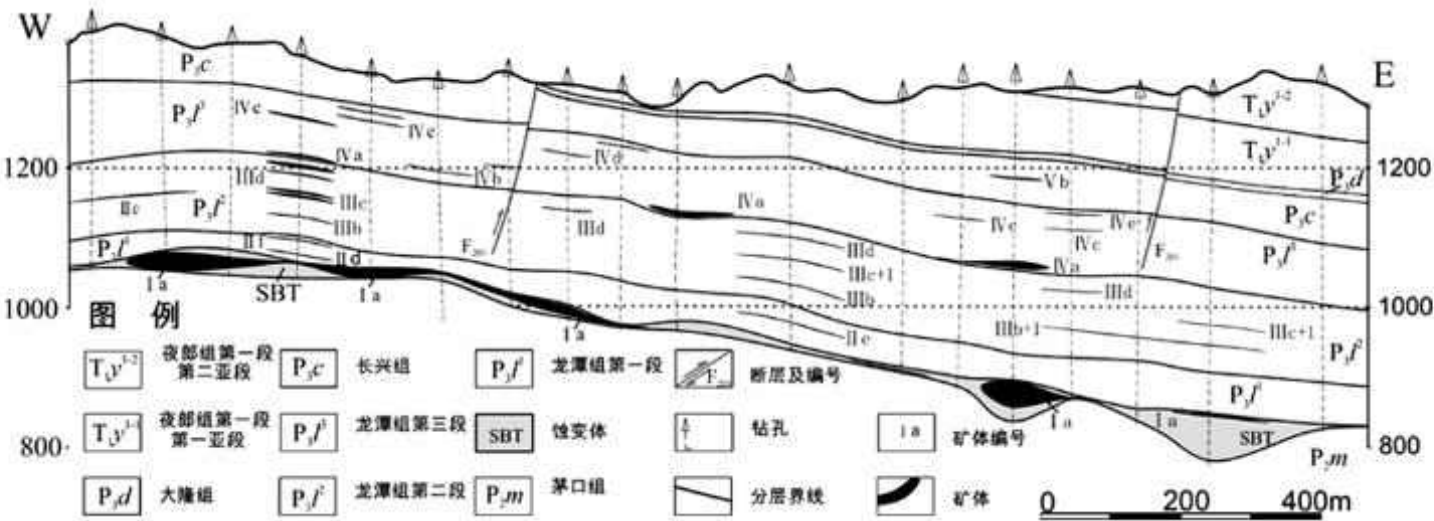


图 2 水银洞金矿勘探线剖面图

Fig. 2 Prospecting line section of Shuiyindong gold deposit

1—夜郎组;2—大隆组;3—长兴组;4—龙潭组;5—构造蚀变体;6—茅口组;7—矿体及编号;8—断层及编号

3.2 岩(矿)石矿物组成及结构

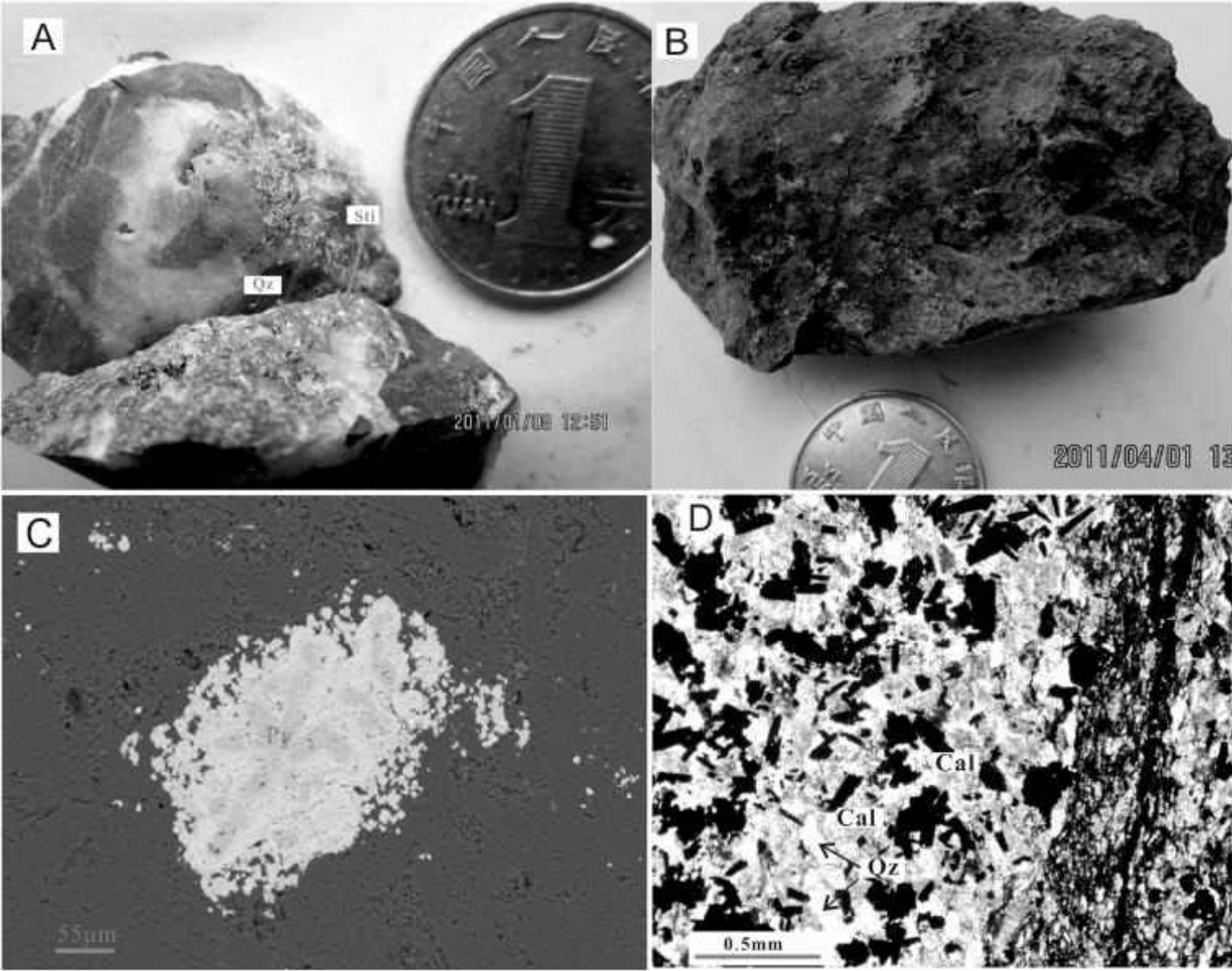
SBT 中主要矿物有石英、方解石、白云石、黄铁矿、辉锑矿、雄黄、雌黄、毒砂、高岭石、绢云母、变质沥青等。矿石的结构主要有莓状结构、环带结构、球状结构、胶状结构、自形晶结构、交代结构、假象结构、碎裂结构等。矿石的构造主要有角砾状构造、星散浸染状构造、脉(网脉)状构造、晶洞状构造、生物遗迹构造、条纹状构造、针柱状构造等。

4 岩矿石常量元素组成特征

主量元素也称为常量元素,主量元素在矿床成因研究中具有重要的意义,主量元素对比分析

能够有效指示地质体(如岩石、矿石等)增加或减少组分。因此,为对比研究 SBT(蚀变)和围岩(未蚀变)微观蚀变特征,探讨岩矿石化学组份的带入或带出。本文选取取自 ZK6833 和 ZK15116 揭露的 SBT 样品进行岩矿石化学成分分析,结果见表 1。

岩(矿)石化学成分分析结果表明:龙潭组(P_3l)粘土岩、粉砂岩硅含量低,铝含量高,而铁和硫含量高可能与黄铁矿有关。和未蚀变围岩相比较,SBT 中具有普遍较高的硅含量 [$\omega(B) = 54.02-92.24 \times 10^{-2}$], 较低的钙、铝、镁、钾、钠含量。不同类型岩(矿)石常量元素既有对原岩的继承性,又表现出在热液流体作用下此消彼长的特征。矿石的化学成分反映出 SBT 中角砾状灰岩、



A 角砾状构造, 网脉状构造, 晶簇状构造硅化灰岩角砾被脉状石英 (Qz), 针状、晶簇状辉锑矿 (Sti) 胶结呈角砾状构造。B 强硅化粘土岩角砾岩, 见溶蚀孔洞。C 背散射 (BSE) 图像, 黄铁矿 (Py) 被砷黄铁矿 (As-Py) 交代呈蠕虫状。D 硅质泥灰岩, 隐晶质结构, 交代残余结构, 半自形—它形粒状结构。泥晶方解石 (Cal), 表面脏, 多见被黄铁矿、石英交代而呈方解石假象。

图 3 SBT 典型岩矿石标本及显微照片

Fig. 3 Photographs and typical samples of SBT

表 1 水银洞地区 SBT 常量元素分析结果 [$\omega(B)/10^{-1}$]

Table 1 Analytical results of SBT macroelements in Shuiyindong area

样品编号	层位	岩性	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TS	P ₂ O ₅	MnO	烧失量	H ₂ O ⁺	CO ₂
ZK6833-01	P ₃ l	粘土岩	32.48	11.35	26.84	2.27	0.38	0.28	1.19	0.033	19.7	0.18	0.0018	24.14	5.96	0.44
ZK6833-02	P ₃ l	粉砂岩	92.24	1.2	2.42	0.1	0.48	0.18	0.082	0.018	1.35	0.079	0.0044	2.97	0.76	0.26
ZK6833-03	SBT	硅化角砾岩	88	3.11	2.12	0.39	0.8	0.15	0.12	0.019	1.18	0.095	0.0055	3.62	1.63	0.09
ZK6833-04	SBT	硅化粘土质粉砂岩	74.92	5.79	6.71	1.61	0.38	0.27	1.29	0.031	4.94	0.2	0.0024	7.72	2.8	0.18
ZK6833-05	SBT	硅化粘土岩	91.32	2.59	1.7	0.38	0.27	0.19	0.51	0.021	0.72	0.1	0.0066	2.0	1.18	0.13
ZK6833-06	SBT	硅化粘土岩角砾岩	76.82	0.7	11.3	0.04	0.39	0.15	0.046	0.016	8.96	0.086	0.0036	10.53	1.8	0.18
ZK6833-07	SBT	硅化灰岩	84.1	2.96	4.58	0.62	0.49	0.08	0.13	0.026	3.06	0.14	0.0039	6.24	2.01	0.18
ZK15116-03	SBT	硅化粘土岩	54.02	10.45	13.33	2.2	0.42	0.4	2.38	0.1	11.33	0.16	0.05	16.05	4.16	0.18
N-1-1	P ₂ m	灰岩	4.85	0.81	0.91	0.045	52.46	0.21	0.04	0.04	0.44	0.075	0.012	40.34	0.48	39.22
ZK15116-01	P ₃ l	粘土岩	38.84	13.68	17.49	3.07	4.04	2.15	2.97	0.2	12.31	0.26	0.11	15.76	3.76	4.84

测试单位: 贵州省地质矿产中心实验室, 分析仪器: X 荧光/ZSX Primus II S-219

粘土岩与成矿热液相互作用,导致硅化、黄铁矿化和粘土化并使一部分元素带出,一部分元素带入。烧失量随硅化作用强度的增加而减少。

5 岩矿石微量元素地球化学特征

微量元素在岩石和矿物中的含量甚微,且地球化学性质独特,在地质—地球化学过程中它们的浓度可发生明显的变化,因而可作为地质—地球化学过程的“示踪剂”。通过微量元素的研究

可以反演矿床成矿过程中物质来源及成矿热液与围岩反应过程中元素的带入带出。本文样品采自水银洞金矿 ZK6833 和 ZK15116 揭露的 SBT。样品测试由贵州省地质矿产中心实验室完成。

5.1 岩矿石微量元素标准化图解

样品微量元素测试结果见(表 2),样品 18 件,系统测定了 20 个元素的含量。对所测的结果采用上陆壳(鄢明才等,1997)相应元素标准化并绘制微量元素标准化图解。(图 4、5)

表 2 水银洞金矿区 SBT 及围岩微量元素含量($\times 10^{-6}$)
Table 2 SBT and wall rock trace elements of Shuiyindong gold mine

送样编号	Li	Sc	V	Cr	Co	Ni	Rb	Sr	Zr	Nb	Mo	Cd	Te	Hf	Ta	Th	Au	As	Sb	Hg
ZK6833-01	17.58	13.69	295	58.69	32.32	42.52	111.9	447.9	682.2	67.87	1.049	0.29	0.109	15.8	4.92	7.592	0.12	789.5	58.05	9.81
ZK6833-02	29.39	12.48	211	41.42	64.63	57.99	32.64	96.68	548	53.21	1.003	0.24	0.132	12.3	4.24	4.81	0.08	12825	77	10.2
ZK6833-03	12.58	<2	13.06	23.54	2.113	11.83	3.399	56.27	39.56	3.047	10.95	0.21	<0.1	<2	<1	1.027	0.10	492	55	1.43
ZK6833-04	11.9	2.017	45.56	26.69	9.381	19.54	4.438	72.29	132.8	7.261	4.056	0.21	<0.1	2.58	<1	1.896	0.09	589	33	1.41
ZK6833-05	11.65	7.185	147.3	33.19	16.92	23.07	24.82	98.06	430.7	29.65	48.8	0.32	0.091	9.19	1.11	4.692	0.12	10035	165	6.07
ZK6833-06	14.47	3.849	53.34	29.23	7.956	21.36	10.16	68.61	233.8	10.3	2.327	0.25	<0.1	4.56	<1	2.493	0.11	380	25.1	0.66
ZK6833-07	14.57	<2	14.37	26.83	1.652	13.83	2.085	41.79	40.99	2.32	45.22	0.56	0.05	<2	<1	0.938	0.09	1830	425	8.27
ZK6833-08	14.33	<2	48.34	34.08	7.319	21.99	4.025	60.03	232.5	8.293	1.88	0.39	0.063	4.04	<1	3.098	0.08	742	131	2.41
ZK6833-09	98.41	23.55	402.5	53.55	48.23	37.86	59.06	96.67	779.6	53.9	1.154	0.26	0.106	19	2.2	6.838	0.08	99.4	75.75	0.38
ZK6833-10	2.319	2.998	18.7	21.33	1.593	8.386	1.84	860.8	75.34	4.621	0.483	0.19	0.16	1.71	<1	1.626	0.08	29.69	5.36	0.14
ZK15116-01	26.69	18.73	256.1	57.72	51.14	60.67	97.92	413.4	649	63.99	0.993	0.26	0.162	14.7	4.12	7.956	0.12	682	77.1	26.1
ZK15116-02	15.46	8.781	216.6	49.49	40	55.22	80.38	411.2	457.5	66.19	1.066	0.45	0.305	10.1	4.04	6.528	0.67	1765	198	47
ZK15116-03	8.277	10.02	198.3	54.41	29.09	52.65	72.32	168.5	414.6	60.12	1.136	0.51	0.174	8.71	4.34	5.055	0.29	842	78.1	19
ZK15116-04	14.92	2.836	80.57	34.14	8.741	15.69	24.42	253.4	285.7	19.64	1.245	1.26	0.31	6.44	<1	2.904	1.86	1380	211	16.4
ZK15116-05	8.734	9.347	203.4	51.67	36.35	49.37	71.83	135	478.1	47.27	0.978	1.01	0.752	9.91	1.79	6.17	1.49	2500	232	46.6
ZK15116-06	9.34	5.332	118.4	48.53	19.86	30.97	24.35	113.4	418.3	29.31	12.6	1.29	0.222	8.16	1.09	4.077	1.76	1740	249.5	21.1
ZK15116-07	1.64	3.407	38.45	30.09	2.58	16.54	8.57	146.1	152.1	6.155	4.786	0.28	0.119	3.35	<1	1.147	0.17	128	14.1	3.27
ZK15116-08	0.84	4.661	15.76	22.34	1.073	12.83	3.523	114.6	71.99	3.586	0.644	0.49	0.185	1.96	<1	1.183	0.13	27.75	5.434	1.45

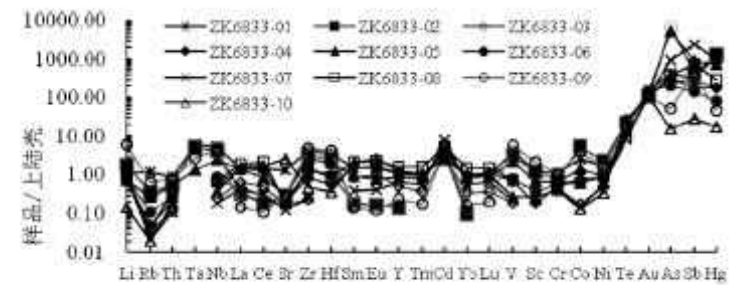


图 4 水银洞金矿区

ZK6833 SBT 微量元素上地壳标准化图解

Fig. 4 Continental upper crust-normalized trace elements diagrams of SBT from ZK6833

从图 4、5 可以看出水银洞金矿区 SBT 及围岩相对于大陆上地壳以明显富集中金、砷、锑、汞为特征,这些组合异常或矿床(点)总是形影相伴,不同元素的矿床具体由该元素的高值异常中

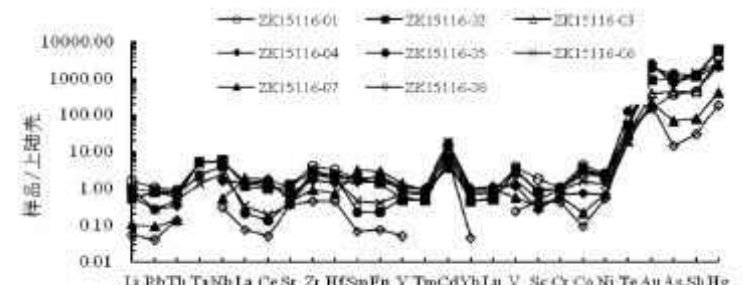


图 5 水银洞金矿区

ZK15116 SBT 微量元素上地壳标准化图解

Fig. 5 Continental upper crust-normalized trace elements diagrams of SBT from ZK15116

心圈定,又对其他元素的矿床起一定的指示作用。Au、As、Sb、Hg 等元素在空间分布上的共生分异,受元素自身元素化学性质、赋矿地层或矿源层初始富集的差异、地层岩性、层位、区域地热场差异、

成矿物化条件等多重因素耦合的制约。钻孔 ZK6833 和 ZK15116 SBT 中其他微量元素大陆上地壳标准化图解曲线型式大体一致, 整体曲线呈水平。表现出 Ta、Nb、Zr、Cd、V、Co、Te 的富集和 Rb、La、Ce、Sm、Eu、Y、Yb、Sr、Sr、Co 的亏损。

总之, 钻孔 ZK6833 和 ZK15116 中 SBT 及其围岩样品微量元素对大陆上地壳标准化图解具有相似的曲线型式, 微量元素富集或亏损的程度相同。SBT 及其围岩均具有显著的 Au、As、Sb、Hg 富集。可能表明组成 SBT 的硅化角砾岩与围岩具有相同的微量元素来源, 同时在热液蚀变过程中, 热液流体与角砾岩的水岩反应未造成其中的微量元素组成明显的改变。

5.2 SBT 中微量元素的聚类分析

R 型聚类分析是从数字分类角度去研究元素在成矿活动中地球化学行为相似程度的一种有效方法。分析结果显示, 在 C=12.5 的相似水平上, 微量元素明显分为 6 个群组。第一组 Zr、Hf、Th、Sc、Ni、Ta、Cr、Rb、Nb、V、Co、Li; 第二组为 Hg; 第三组为 Cd、Te、Sr、Au; 第四组为 REE; 第五组为 Mo、Sb; 第六组为 As。第一组和第四组主要为亲石元素, 与金成矿相关性不大, 第二、第五、第六组为亲硫元素, 它们和 Au 成矿有一定的相关性但不成完全的正相关, 含砷黄铁矿电子探针 Fe、As、Au 面分布图也得到证实。Au、As、Sb、Hg 等元素在空间分布上存在着共生分异。第三组和金关系密切, 而由微量元素标准化图解可知, Cd、Te 具有明显的富集, 而 Sr 亏损。一般来说, Au 与 Te 的络合物可使 Au 长期保留在溶液中, 最终形成金的碲化物。因此, Cd、Te、Sr 的异常对金矿化具有明显的指示意义。

6 SBT 与金成矿的关系

6.1 SBT 中主要成矿元素 Au、As、Sb、Hg 变化趋势

黔西南地区卡林型金矿常常与汞、锑、砷矿密切共生或伴生。金与汞、锑、砷的关系常常表现为“不在其中, 不离其踪”。如灰家堡金矿田为 Au-Sb-Hg-Tl 成矿带、烂泥沟金矿床为 Au-As 组合、戈塘金矿床为 Au-Sb-As 组合、板其-丫他为 Au-As 组合。反映在地球化学特征上, Au、Hg、Sb、As

是性质相近的挥发性成矿元素系列, 物质来源相近, 其地球化学异常依附于金矿的控矿构造呈有规律的分布, 是黔西南地区找金的重要指示元素。因此, 本文在对黔西南水银洞金矿钻孔揭露的 SBT 所采集样品分析中, 特别的测试了其中的 Au、Sb、Hg、As 含量, 在垂向上对比不同岩性、蚀变强度、结构构造岩矿石中 Au、Sb、Hg、As 含量变化及其相关关系, 从而揭示金富集成矿的规律。

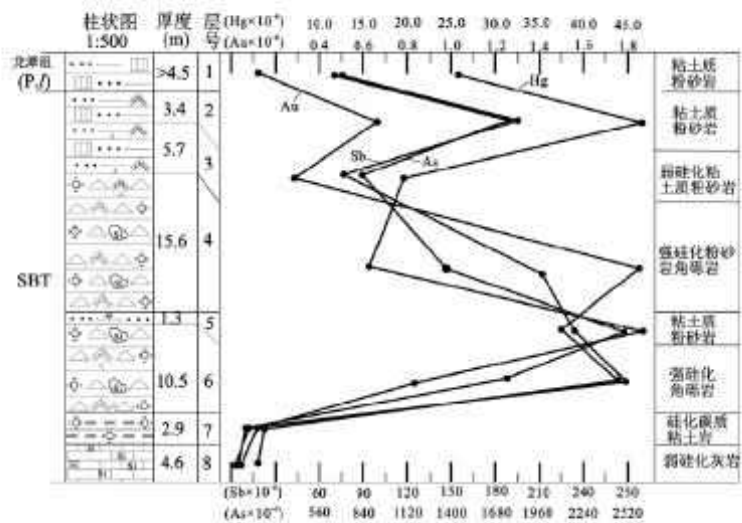


图 6 水银洞金矿区 ZK15116 SBT Au、Sb、Hg、As 含量变化图

Fig. 6 Content variation diagram of Au, Sb, Hg and As of SBT from ZK15116

由图 6 可以看出, Au 与 Sb、Hg、As 有一定的相关性, 但不具有明显的正相关关系, 即在垂向上 Sb、Hg、As 高含量的层位并没有高的 Au 显示, Au 与 As 的关系与电子探针含砷黄铁矿面分布结果相一致, 在含砷高的区域或层位不一定有高的金含量。在 SBT 中, 硅化粉砂岩角砾岩、硅化钙质粉砂岩角砾岩、强硅化角砾岩中金含量最高, 其次为弱硅化粘土质粉砂岩、弱硅钙质粘土岩等, 含量最低的为硅化炭质粘土岩、粘土质粉砂岩, 弱硅化灰岩等。可见有利的岩性组合及一定的蚀变强度决定着金的富集与成矿。

7 SBT 厚度与金矿体及其品位变化的关系

水银洞金矿床成矿模式建立后, 在金矿勘查实践中明确了沿灰家堡背斜轴线以钻探揭穿 SBT 为目的的工作方法。根据矿区勘查地质成果, SBT 厚度及其中矿体厚度、品位呈现不均匀的变化。

对部分钻孔揭露 SBT 进行详细观察、编录并采样, 统计了矿区 16 至 111 勘探线 150 个钻孔

SBT 相关数据并勾绘 SBT 及其矿体等厚图和品位等值线图(图 7)。

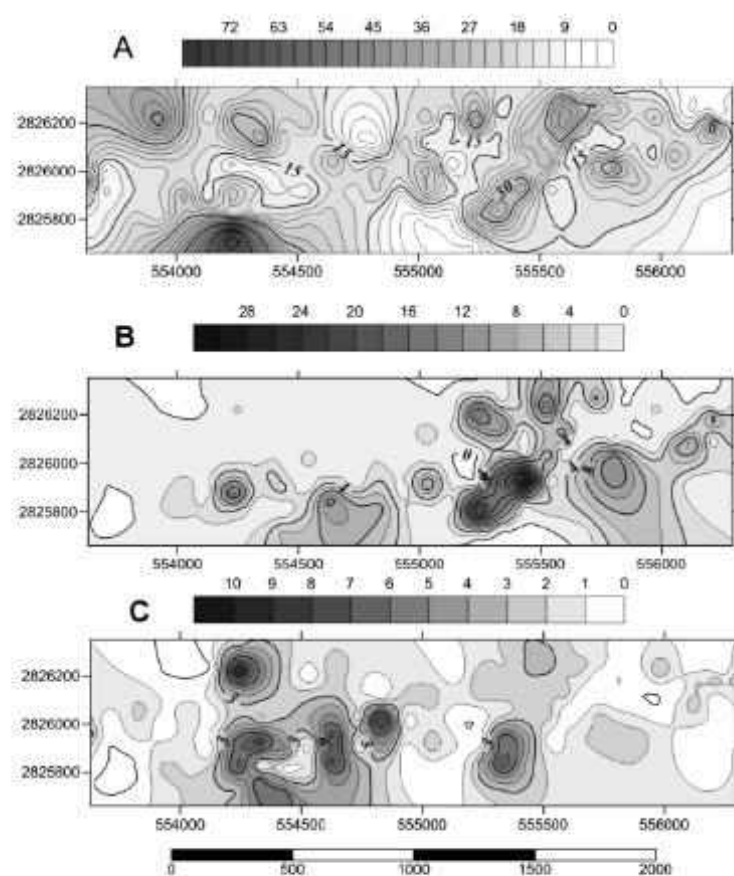


图 7 水银洞金矿 SBT 等值线图

Fig. 7 Contour map of thickness of orebody and SBT, and gold grade in SBT

A: SBT 等厚图; B: 矿体等厚图; C: 平均品位等值线图

由图 7A 可以看出,水银洞金矿区 SBT 厚度变化较大,呈层状—似层状,0 m~80 m 不等。在图 7B 中,SBT 中 I a 矿体厚度变化很大,矿体呈似层状、透镜状产出。矿体厚度和 SBT 厚度未显示出很好的对应关系,在 SBT 较厚的区域甚至出现矿体的尖灭,矿化不均匀而出现无矿天窗。在图 7C 中,平均品位和 SBT 厚度有一定的正相关关系,高品位的区域对应着较大的 SBT 厚度。由此可见,SBT 中矿体的品位和 SBT 厚度有一定的关系,但是矿体厚度和 SBT 厚度关系不甚明显,可能表明一定厚度的 SBT 更有利于 Au 的富集成矿。

8 结论

通过以上研究,对水银洞金矿区 SBT 岩石地球化学特征与金矿成矿的关系主要形成以下认识:

1. 水银洞金矿区 SBT 以角砾状构造和强硅化蚀变为显著特征,角砾成分主要为灰岩、粘土岩等,多被石英、方解石胶结,角砾无分选,棱角状。节理、裂隙面见辉锑矿、雌(雄)黄等低温热液

矿物。

2. SBT 中具有普遍较高的硅含量 [$\omega(B) = 54.02 - 92.24 \times 10^{-2}$],而钙、铝、镁、钾、钠的含量较低。矿石的化学成分反映出 SBT 中角砾状灰岩、粘土岩与成矿流体的相互作用,致使一部分元素带出,一部分元素带入,表现出强烈的硅化、黄铁矿化、雌雄黄化、锑矿化和粘土化等。

3. SBT 及其围岩中微量元素对大陆地壳标准化图解具有相似的曲线型式,微量元素富集或亏损的程度相同。SBT 及其围岩均具有显著的 Au、As、Sb、Hg 富集。可能表明组成 SBT 的硅化角砾岩与围岩具有相同的微量元素来源,但在热液蚀变过程中,热液流体与角砾岩的水岩反应对于其中的微量元素组成未造成明显的改变。

4. 通过相关性分析,Cd、Te、Sr 与 Au 关系密切,在微量元素标准化图解上,Cd、Te 具有明显的富集,而 Sr 亏损。Cd、Te、Sr 的异常对金矿化可能有一定的指示意义。

5. SBT 为水银洞金矿金最重要的就位场所,赋存于 SBT 中的金资源量超过 80t。SBT 中矿体的品位和 SBT 厚度有正相关关系,但是矿体厚度和 SBT 厚度关系不甚明显,表明一定厚度的 SBT 可能更有利于 Au 的富集成矿。

[参考文献]

- 曹鸿水. 1991. 黔西南“大厂层”形成环境及其成矿作用的探讨[J]. 贵州地质, 8(1): 5-12.
- 陈翠华, 何彬彬, 顾雪祥, 等. 2004. 右江沉积盆地演化与微细浸染型金矿床成矿作用关系探讨[J]. 地质与勘探, 40(1): 21-25.
- 高振敏. 2002. 滇黔地区主要类型金矿的成矿与找矿[M]. 北京: 地质出版社.
- 郭振春. 1993. 黔西南金矿的构造控制作用探讨[J]. 贵州地质, (1): 54-61.
- 郭振春, 周忠赋. 2006. 黔西南灰家堡背斜金矿勘查实践及“两层楼”模式的建立[J]. 贵州地质, 23(3): 176-181.
- 刘家军, 刘建明, 顾雪祥, 等. 1997. 黔西南微细浸染型金矿床的喷流沉积成因[J]. 科学通报, 42(19): 2126-2127.
- 刘建明, 刘家军, 郑明华, 等. 1998. 微细浸染型金矿床的稳定同位素特征与成因探讨[J]. 地球化学, 27(6): 585-591.
- 刘建明, 刘家军. 1997. 滇黔桂金三角去微细浸染型金矿床的盆地流体成因模式[J]. 矿物学报, 17(4): 448-456.
- 刘建明, 叶杰, 刘家军, 等. 2001. 论我国微细浸染型金矿床与沉积盆地演化的关系——以右江盆地为例[J]. 矿床地质, 20(4): 367-377.
- 刘建中, 夏勇, 邓一明, 等. 2009. 贵州水银洞 Sbt 研究及区域找矿意义探讨[J]. 黄金科学技术, 17(3): 1-5.
- 刘建中, 夏勇, 陶琰, 等. 2014. 贵州西南部 SBT 与金锑矿成矿找

- 矿[J]. 贵州地质, 31(4): 267-272.
- 刘建中, 邓一明, 刘川勤, 等. 2006. 贵州省贞丰县水银洞层控特大型金矿成矿条件与成矿模式[J]. 中国地质, 33(1): 168-177.
- 刘建中, 刘川勤. 2005. 贵州水银洞金矿床成因探讨及成矿模式[J]. 贵州地质, 22(1): 9-13.
- 刘显凡, 苏文超, 朱赖民. 1999. 滇黔桂微细粒浸染型金矿深源流体成矿机理探讨[J]. 地质与勘探, 35(1): 14-19.
- 刘巽锋, 陶平. 2001. 贵州火山凝灰岩型金矿地质特征及找矿意义[J]. 中国地质, 28(1): 30-35.
- 刘远辉, 廖莉萍. 2015. 黔西南地区 Au、Sb 成矿与找矿方向探讨[J]. 贵州地质, 32(3): 163-170.
- 刘远辉. 2009. 贵州金矿地质特征及找矿方向探讨[J]. 贵州地质, 26(3): 162-169.
- 陶平, 朱华, 陶勇. 2004. 黔西南凝灰岩型金矿的层控特征分析[J]. 贵州地质, 21(1): 30-37.
- 王砚耕, 索书田, 张明发. 1994. 黔西南构造与卡林型金矿[M]. 北京: 地质出版社, 1-115.
- 杨成富, 刘建中, 陈睿, 等. 2012. 贵州水银洞金矿构造蚀变体稀土元素地球化学特征[J]. 矿物岩石地球化学通报, 31(4): 404-413.
- 鄯明才, 迟清华. 1997. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社, 292 页.

Rock Geochemical Characteristics of Structural Alteration in Huijiabao Anticline

YANG Cheng-fu^{1,2}, LIU Jian-zhong¹

(1. 105 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550018, Guizhou, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

[Abstract] The structural alteration in Huijiabao anticline occurs in a assemblage of intensified silicalites, limestone breccia and silicified clay which on a disconformity plane. According to the rock geochemical characteristics of samples, it counted up the thickness and grade of drill and Ia orebody and draw the isotope map, the restriction of rock geochemical characteristics to gold is discussed. The results shows brecciated structure and intensified silicalites are the obvious features, has high silicalites $\omega(B) = 54.02 - 92.24 \times 10^{-2}$, the content of Ca, Al, Mg, K and Na is low, SBT and its nearby wallrock rare elements are similar to continental crust standard charm, shows the enrichment of Au, As, Sb and Hg, the reaction of hydrothermal liquid and breccia didn't make obvious change to the rare elements assemblage. The relation of Cd, Te, Sr and Au are close, shows the enrichment of Cd and Te, but Sr is defective. The anomaly of Cd, Te and Sr are very important for gold mineralization, the orebody grade is positively related to the SBT thickness, but the relation with SBT thickness is not obvious, it means that the SBT thickness may influence the Au concentration.

[Key words] Structural alteration; Geochemistry; Karlin-type gold deposit; Huijiabao anticline