

桂东金矿地质地球化学特征及找矿前景

李生路, 义爱文, 乔海霞

(河南有色金属地质矿产局第七地质大队, 河南 郑州 450016)

摘要:桂东金成矿区属广西大瑶山金成矿带, 该成矿区金矿床(点)较多, 金矿化普遍。区内多种金矿化类型共存, 主要有含金石英脉型、断裂破碎带型和构造蚀变岩型金矿, 近几年新发现了蚀变斑岩型和硅化砂岩型等新的金矿类型。成矿物质主要来自地壳深部同熔花岗岩浆, 具深源特征。经综合分析认为, 在桂东金成矿区仍有较大找矿前景。

关键词:金矿床; 地球化学特征; 找矿方向

中图分类号:P612 **文献标识码:**B **文章编号:**1004—5716(2009)09—0150—05

桂东金成矿区是广西黄金主要产地之一, 包括昭平、贺县、苍梧、藤县、蒙山、平南等县, 目前已发现各类金矿床、矿点、矿化点有 181 处, 占广西金矿总数的 50% 以上^[1]。主要发现有含金石英脉型、断裂破碎带型、构造蚀变岩型等金矿类型, 各类金矿主要地质特征既有区别又有内在联系^[2]。近几年找矿又获得重大突破, 新发现了蚀变斑岩型、硅化砂岩型和细脉浸染型等新的金矿类型, 因而研究该区各类金矿床地质地球化学特征及其找矿前景, 对该区进一步找矿工作具有重要的理论意义和现实意义。

1 区域地质背景

桂东金成矿区位于华南板块东南缘, 南岭东西向构造带南亚带大瑶山隆起区。区内褶皱和断裂构造复杂, 以断裂构造最为发育, 是控矿的主导因素, 不同级别的断裂构造控制不同矿化规模。矿体主要受后期断裂破碎带或脆性—韧性剪切构造带控制。

区内古生代地层出露广泛, 主要地层为寒武系水口群为一套细碎屑岩及炭质、硅质岩建岩, 构成褶皱基底, 其岩性主要为: 浅变质砂页岩、板岩和千枚岩; 泥盆系、白垩系等地层仅零星分布矿区外围。

区内构造除东西向的纵向断裂外, 还有近南北、北西、北东向的横向断裂。各类金矿主要受断裂构造带的规模大小控制, 控矿断裂构造形成于加里东期, 并且都经历了海西期、印支—燕山期构造活动的影响, 具有明显的继承性特征。

区域内岩浆活动较为强烈, 其侵入时代有加里东期、印支期和燕山期, 以加里东期和燕山期为主。同期岩体为多阶段形成的复式杂岩体, 岩性以花岗岩和花岗闪长岩为主。根据各岩体的稀土元素特征参数值和配分模式特征, 反映本区有深源同熔型(I 型)和壳源重熔

型(S 型)两类成因系列花岗岩, 并以深源同熔型花岗岩为主^[3], 二者都赋存有不同类型的金矿床。

2 矿床地质特征

桂东金成矿区属大瑶山成矿带, 金矿床、矿点或矿化点分布普遍, 空间上呈矿化集中区分布, 主要有六岑、桃花、古袍和龙水几个矿化集中区。各类金矿床分布于大瑶山复背斜的两翼, 矿体主要受近东西向或北东向断裂构造或韧性剪切带控制。

2.1 地层的含矿性

区内含矿围岩主要为寒武系水口群浅变质砂页岩及细碎屑岩等, 寒武系水口群金的丰度值为在 $(2.94 \sim 6.07) \times 10^{-9}$ 之间, 平均 4.31×10^{-9} , 高于地壳丰度值^[1]; 而且硅质岩、炭质岩含金的丰度相对较高。含矿围岩中 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As 等微量元素呈正相关关系, 水口群与金矿化关系密切。另外, 泥盆系地层也是本区一个金矿赋矿层位, 近几年来新发现了硅化砂岩型金矿。

2.2 断裂构造控矿作用

控矿构造主要有近东西向或北东向脆性—韧性剪切带, 是本区主要导矿构造, 具多期次活动特征, 矿体主要赋存在后期叠加的脆性断裂带内。同时, 还发育有北东向或北西向断裂构造, 在两组断裂构造复合部位, 岩石破碎和蚀变最强, 矿化最好, 往往就是矿化富集部位。断裂的弧形转折部位控制富矿体的分布, 该部位是构造应力集中区, 岩石破碎强烈, 裂隙发育, 蚀变也强烈, 最利于金富集。

2.3 岩浆活动与金矿的关系

该区岩浆岩金含量较高, 金含量在 $(1.3 \sim 210.0) \times 10^{-9}$ 之间, 平均值 9.27×10^{-9} , 与金矿化有密切关系的岩浆岩中 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As 等微量元素呈正相关关系, 与地层中各微量元素间的相关关系基本相同^[1]。

该区金矿化与岩浆活动有密切的成因联系和时空关系,具体表现为空间上相互依存不可分割,时间上具成岩成矿同期性,成分上具相似性和继承性。

2.4 矿化蚀变特征

矿化带呈东西向产出,以龙水、古袍、桃花和天岑等金矿床规模最大,矿化带东西长约100km,南北宽约30km。

矿体多呈脉状、透镜状,产状与断裂带产状一致,并随断裂带的发育程度出现膨缩和分支复合现象。矿石平均品位 $(5\sim 15)\times 10^{-6}$,个别矿体高达 20×10^{-6} ,局部出现富矿包,如古袍金矿。矿体一般边部富而中间贫,富矿地段往往为矿体膨胀或分支复合部位。矿石分深部原生矿石和浅部次生氧化矿石,以原生矿石为主。依据矿石组分和结构构造特征,原生矿石可划分为:石英—硫化物型、蚀变斑岩型、构造蚀变岩型和硅化砂岩型。金主要以包裹体、晶隙、裂隙三种形式赋存于黄铁矿、方铅矿、毒砂、石英等矿物中。金矿物以自然金为主,银金矿、金银矿、碲金矿次之。表生期以形成褐铁矿、孔雀石、铜蓝为代表的次生氧化矿物为特征。

依据矿石组构和矿物组合,桂东金成矿区可划分为两个成矿期,即热液期和表生期。热液期又可进一步划分成四个成矿阶段:Ⅰ石英阶段、Ⅱ石英—黄铁矿阶段、Ⅲ石英—硫化物阶段、Ⅳ石英—碳酸盐阶段。

围岩蚀变以黄铁绢英岩化为主,次为硅化、绿泥石化、菱锰矿化、碳酸盐化等。以黄铁绢英岩化与金矿化关系最为密切,金矿石多为强蚀变岩石,黄铁绢英岩化是该区重要的找矿标志之一。

2.5 矿化类型

该区各类金矿在空间上有一定的分布规律,在岩体内多赋存构造蚀变岩型和蚀变斑岩型金矿,而在岩体与围岩接触带及其附近多产出含金石英脉型和断裂破碎带型金矿,还在岩体外围的广大地区分布含金石英脉型和硅化砂岩型金矿,因而在不同的空间部位注意形成相关类型的金矿床^[2]。

(1)含金石英脉型金矿:该类型金矿在本区分布十分广泛,含金石英脉赋存在水口群边溪亚群地层内,赋矿地层为厚层状细砂岩,则成矿作用多以交代作用为主,矿体规模一般较大,矿化也较好;若赋矿地层为砂页岩互层,则成矿作用多以充填作用为主,矿体规模一般较小,矿化也较差。

(2)断裂破碎带型金矿:该类型金矿在本区分布也较广泛,矿体赋存在各级断裂破碎带内,赋矿地层主要为水口群各类砂页岩,在清溪亚群含碳质硅质岩地段矿床(点)分布较多,矿化也较好;矿体严格受断裂破碎带控制,因而

矿体规模、形态和产状与断裂破碎带基本一致;矿体以富含多种金属硫化物为特征,因而矿石成分复杂。

(3)构造蚀变岩型金矿:该类型金矿是断裂破碎带内的碎裂岩经黄铁绢英岩化所形成的金矿。矿体与围岩界线不明显,主要靠含金指标确定矿体边界。矿体受断裂破碎带控制,因而矿体规模、形态和产状与断裂破碎带基本一致;矿体形态简单,矿化带延深一般大于延长,矿体规模也较大。

(4)蚀变斑岩型金矿:该类型金矿是本区近几年来发现的新金矿类型。矿体主要赋存在花岗斑岩体内,属浅成—超浅成花岗斑岩,岩石斑状结构明显,蚀变作用普遍,以硅化、绢云母化、黄铁矿化和绿泥石化为主。在矿化富集部位,蚀变作用强烈,蚀变种类也较多。

(5)硅化砂岩型金矿:该类型金矿是本区近几年来发现的新金矿类型。矿体主要赋存在下泥盆统莲花山组上部的紫红色、灰白色硅化砂岩及角砾状砂岩内,呈层状或似层状产出,在两组断裂交汇处,岩石破碎和蚀变作用强烈地段金矿化往往较好。矿石为硅化蚀变砂岩,仅见少量细粒状黄铁矿。

3 矿床地球化学特征

3.1 矿石化学成份

矿石化学成分以 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 和 FeO 为主, MgO 、 MnO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 和 SO_3 等次之(表1)。

由表1可知,各类矿石化学成分存在一定差异,构造蚀变岩型和硅化砂岩型金矿石中 SiO_2 、 Fe_2O_3 和 FeO 含量高于围岩,而 MgO 、 CO_2 低于围岩,表明金矿成矿过程与硅化、黄铁矿化关系密切。

3.2 矿石微量元素特征

各类矿石的微量元素含量也有较大差别(表2)。含量较高的主要有 Au 、 Ag 、 Cu 、 Pb 、 Zn 、 As 等,以形成大量硫化物为特征,因而这些元素可作为该区化探找金的重要指示元素。 Au 为工业利用的主要金属, Cu 、 Ag 、 Pb 、 Zn 金属等可综合回收利用。各类矿石中硫含量较高,尤其是石英—硫化物型金矿石,超过矿床综合利用指标。

3.3 稳定同位素地球化学特征

(1)硫同位素组成:桂东金矿矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 的变化范围较小(表3)。矿石及岩体中 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-7.69\text{‰}\sim +6.69\text{‰}$,平均 -0.50‰ ;极差 $1.70\text{‰}\sim 14.6\text{‰}$,平均 8.2‰ ;标准差(6) $0.52\sim 4.93$,平均 2.75 。变化范围小,均匀化程度较高,塔式分布效应明显,矿石硫与岩体硫基本一致,而与地层硫相差太远,反映硫来源单一,成矿的物理化学条件变化小,硫主要来自地壳深部同熔花岗岩浆,具深源硫特征。

表 1 各类矿石化学成分分析结果

矿石类型	样数	分析结果													
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₃	H ₂ O
含金石英脉型	6	43.70	0.18	3.16	11.90	3.49	0.81	0.96	0.79	0.31	0.02	0.03	1.03	48.30	1.86
蚀变斑岩型	8	54.10	0.39	18.60	1.85	2.85	0.13	3.64	1.09	3.99	1.40	0.14	1.89	6.87	8.16
构造蚀变岩型	5	75.30	0.21	5.33	4.57	1.65	0.18	0.48	0.18	1.41	0.09	0.01	0.34	9.71	1.78
硅化砂岩型	3	93.40	0.24	2.28	0.51	1.38	0.15	0.07	0.09	0.58	0.04	0.01	0.28	10.20	1.84
平均值	22	47.00	0.19	6.44	10.60	2.15	0.60	0.09	0.43	1.48	0.26	0.26	0.67	23.41	2.53

表 2 各类矿石的微量元素平均含量

矿石类型	样数	分析结果 (ppm)												
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Co	Ni	As	Sb	Bi	Se	Le
含金石英脉型	27	72.9	179.4	1964.0	1150.0	4498.0	12.2	23.50	28.2	14400.0	61.8	7.95	8.20	0.81
蚀变斑岩型	15	40.7	130.0	50.3	388.8	273.3	89.2	7.85	18.1	222.3	16.9	12.50	1.41	0.34
构造蚀变岩型	11	26.6	1545.0	164.4	508.6	1375.0	88.2	8.97	20.5	2988.0	11.6	2.64	4.83	0.18
硅化砂岩型	7	13.5	522.6	4300.0	386.5	110.4	11.4	11.90	23.4	23200.0	101.9	1.43	8.43	0.11

表 3 桂东金矿的硫同位素组成

矿床(点) 名称	地质体	样数	δ ³⁴ 平均值 (‰)	δ ³⁴ S变化范围 (‰)	极差 R	标准差 s	测定矿物
张公岭	矿体	24	+1.52	-0.60~+3.40	4.00	1.14	Py14、Gp10
古里脑	矿体	8	+1.38	+0.38~+2.17	1.79	0.51	Py8
龙水	矿体	22	+0.75	-11.90~+2.70	14.60	3.05	Py22
古袍	矿体	24	+0.25	-9.00~+2.60	11.60	3.49	Py22、Spl、Gnl
桃花	矿体	24	-3.05	-7.38~+0.40	7.78	2.35	Py20、Spl、Gnl
六岑	矿体	10	+0.68	-5.10~+6.69	11.90	4.18	Py10
地层	砂岩	11	-8.80	+9.80~-33.20	43.00	11.98	Py11
岩体	花岗岩	6	-1.10	+1.80~-5.80	7.60	2.09	Py6

表 4 桂东金矿成矿溶液的氢氧同位素组成

序号	样号	矿床(点) 名称	采样位置及地质情况	测试矿物	包体均一温度 (℃)	δ ¹⁸ O _{Enow} (‰)		δDO _{Enow} (‰)
						石英	水	
1	F5-18	张公岭	2号脉625中段矿石	石英	240	16.92	7.46	-66.3
2	F6-4	龙水	1号脉109中段矿石	石英	320	11.95	5.69	-57.8
3	A1-11	古里脑	民采180坑蚀变矿石	石英	310	12.76	6.16	-44.3
4	A1-33	古里脑	民采145坑蚀变矿石	石英	310	14.11	7.59	-47.9
6	A1-164	古里脑	民采130坑蚀变矿石	石英	310	13.71	7.17	-50.0
7	B1-12	桃花	尖峰顶2号脉石英脉	石英	320	15.96	9.75	-83.9
8	B1-17	桃花	云荣顶坑内石英脉	石英	320	15.19	8.98	-98.7
9	A6-13	地层	水口群中石英脉	石英	240	13.96	4.52	-42.7

(2)氢氧同位素组成:根据氢氧同位素组成(表 4)可知,成矿溶液的 δ¹⁸O 值为+4.56‰~+16.92‰,主要集中在+6‰~+15‰之间,平均值为+10.64‰,大多在变质—岩浆水范围内;石英包裹体的水的 δD 值为-42.7‰~-98.7‰,大多集中在-50‰~-80‰之间,平均值为-62.3‰,也集中在变质—岩浆水范围内,

反映成矿环境和矿液来源比较稳定。成矿溶液应以岩浆水为主,早期有变质水加入,后期大气降水逐渐增多,使成矿流体 $\delta^{18}\text{D}$ 值降低。

(3)铅同位素组成相对稳定(表 5),极差小,变化范围较窄,具现代正常铅特征。表明该区金矿的成矿物质主要为深源产物,经一系列构造—岩浆活动演化而成

矿,局部有同熔壳源物质。

由表 5 可知,黄铁矿的微量铅模式年龄为 67~47Ma,主要在 100~400Ma 之间,即成矿时代从加里东期一直延续至燕山期,以燕山期为主。主要工业矿床是岩浆热液多次叠加改造早期变质热液的结果,最终形成复合叠加型为主的各类金矿床。

表 5 桂东金矿中黄铁矿的微量铅同位素组成

采样位置 及类别	样数	²⁰⁶ Pb / ²⁰⁴ Pb		²⁰⁷ Pb / ²⁰⁴ Pb		²⁰⁸ Pb / ²⁰⁴ Pb		模式年龄 (Ma)	源区特征值	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值		μ	Th/v
古枹	4	18.17~18.65	18.39	15.68~15.74	15.70	38.75~38.64	38.68	149~427	9.67	3.88
桃花	4	18.29~18.64	18.40	15.72~15.77	15.75	38.38~39.06	38.62	210~408	9.75	3.87
六岑	6	18.29~18.48	18.37	15.68~15.82	15.75	38.48~39.00	39.67	343~398	9.75	3.92
古里脑	3	18.50~18.77	18.64	15.71~15.73	15.72	38.86~38.91	38.88	67~429	9.67	3.95
龙水	2	18.43~18.47	18.45	15.62~15.72	15.67	38.66~38.80	38.73			
张弓岭	2	18.34~18.36	18.35	15.64~15.66	15.65	38.62~38.68	38.65			
花岗岩	2	18.01~18.11	18.06	15.51~15.52	15.52	37.99~38.00	37.99		9.33	3.71
水口群砂岩	2	18.26~18.56	18.42	15.46~15.60	15.53	38.13~38.27	38.20		9.57	3.75

4 成矿地球化学条件

4.1 成矿温度

由均一法和爆裂法测温结果可知,成矿温度介于 150℃~450℃之间,主要成矿温度在 180℃~370℃之间,频率直方图显示两个峰值,一个介于 150℃~240℃之间,平均 195℃;另一个介于 260℃~340℃之间,平均 300℃,表明成矿作用具多阶段特点。

4.2 成矿流体成分

从矿物流体包裹体成分(如表 6 所示)可以看出:成矿溶液的成分以水为主,表明成矿介质为热水溶液,成矿溶液中 $\text{Cl}^- \gg \text{F}^-$, SO_4^{2-} 浓度较大,显示成矿元素是以 Cl^- 或 SO_4^{2-} 的配合物形式迁移。成矿溶液平均 pH 值为 5.96~7.86,说明成矿是在弱酸性—弱碱性环境中进行。

表 6 石英包裹体成分测试结果

矿物 种类	成矿阶段	样数	气相成分						液相成分							Au
			H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	F ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	
石英	I	5	0.09	2.62	2.44	86.9	944	3.96	2.78	3.74	0.92	0.61	37.3	138	6.95	1.27
石英	II	4	0.34	6.57	1.54	55.4	1692	25.2	1.08	1.80	0.73	0.82	3.70	508	6.53	3.19
石英	III	8	0.16	3.32	3.14	102	1427	14.8	4.50	2.40	3.73	0.63	0.93	47.2	5.96	5.20
石英	IV	4	0.07	1.42	1.55	108	1379	3.16	232	0.46	0.79	0.38	18.5		7.74	1.09
石英	水口群	2	0.03	1.32	1.50	31.5	1209	6.74	0.90	0.4	0.90	1.17	24.5		7.86	3.21
石英	岩体(γ5)	1	0.12	2.65	0.21	39.8	400									

5 矿床成因分析

该区金的富集成矿是在造山带环境中,经多期次构造—岩浆—变质热液活动的叠加改造,使金的活化迁移能力增强,从地壳深部带来成矿物质和淋滤围岩易溶组分形成复合含矿热液,在特定构造部位形成的金矿床^[3]。

详细研究和对比该区金矿床的硫、氢、氧和铅同位素组成特征、成矿物理化学条件及矿床地质特征,认为

该区金矿成矿温度介于 150℃~450℃之间;成矿流体成分中 $\text{Cl}^- \gg \text{F}^-$, SO_4^{2-} 浓度大;pH 值介于 5.96~7.86 之间,矿床形成于弱酸性—弱碱性环境中。成矿物质主要来自地壳深部同熔花岗岩浆,具深源硫特征。成矿溶液以岩浆水为主,早期有变质水加入,后期大气降水逐渐增多。

6 找矿前景分析

(下转第 155 页)

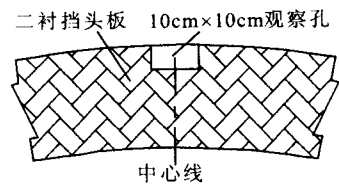


图 1 挡头板预留观察孔布置图

而拱顶却没有灌筑密实饱满。或由于其他原因对拱顶灌注是否密实饱满没有把握时,可采取以下措施补救:在挡头板最拱顶处预埋一根 $\varnothing 40\text{mm}$ 左右的钢管,钢管上梅花形布置 5~8mm 的圆孔,在混凝土达到初凝时边抽钢管边压浆注浆,直到灌满为止。无条件时注浆泵可用锚杆注浆时用的牛角泵,注浆浆液也以参照锚杆注浆的浆液配置,压力控制在 0.3~0.5MPa,注浆必须连续进行,以防浆液沉淀堵塞管路而影响注浆效果。注浆管布置见图 2。

只要在施工中高度重视,从以上几个方面采取有力措施,混凝土二次衬砌中的空洞、脱空问题是可以得到

(上接第 153 页)

近几年找矿又获得重大突破,金矿找矿成果辉煌。多数新发现的矿床都是在已知成矿带、矿区、矿田内,甚至有些是在已知矿床的深部或旁侧被发现的;新发现的大型金矿床主要为断裂破碎带型和构造蚀变岩型金矿床;还新发现了蚀变斑岩型和硅化砂岩型金矿床。另外,细脉浸染型金矿找矿工作也取得较大进展。

6.1 成矿和控矿地质地球化学条件有利

该区具有 Au—Ag—Cu—Pb—Zn—As—Ab 等元素共生的地球化学规律,并且在较大范围内形成多元素组合地球化学异常,可作为重要的找矿依据。区内构造—岩浆—变质热液长期多次活动并相互叠加,为成矿提供了丰富的成矿物质和富集成矿的地质地球化学条件,对金的富集成矿极为有利,本区仍具有较大找金潜力。

6.2 主攻金矿类型

含金石英脉型、断裂破碎带型和构造蚀变岩型金矿主要产于岩体内、岩体与围岩接触带及其附近,这些类型矿床一般规模大,工业价值较高,是本区主要的工业矿床类型。

该区地层、岩体中断裂破碎带很发育,规模也较大,岩石蚀变强烈,金矿成矿地质条件较好,对寻找断裂破碎带型和构造蚀变岩型金矿十分有利,且近几年来不断发现了新的含矿破碎带,找矿前景较好,仍是本区找金的主攻金矿类型。

在注重寻找断裂破碎带型和构造蚀变岩型金矿床的同时,蚀变斑岩型、硅化砂岩型和细脉浸染型等新类型金

有效控制的,其存在缺陷的也基本上为轻微,大大提高了工程质量。

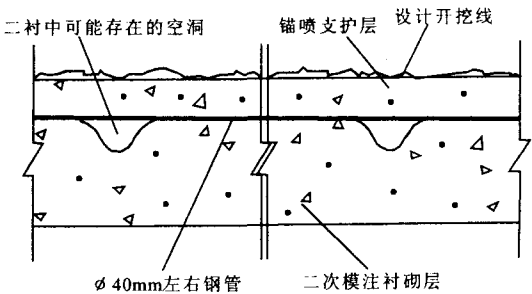


图 2 注浆管布置图

参考文献:

[1] JTGF80/1—2004 公路工程质量检验评定标准[S]. 人民交通出版社,1995.
[2] JTJ042—94 公路隧道施工技术规范[S]. 人民交通出版社,2004.

矿应引起高度重视,加强新类型金矿床的普查找矿工作。

6.3 找矿预测

该区是多种类型金矿共存的区域,金矿成矿地质条件较好,找矿前景可观。但各种类型金矿又有其独特的成矿地质条件,在工作中必须区别对待。经初步研究,笔者认为该区找金的重点区段有:

(1)在龙山金矿深部及西部三岛地段;桃花金矿深部、古袍金矿西部古里脑地段;六岑金矿区内的鸡冠石地段还有较大找矿潜力。

(2)在古袍金矿与桃花金矿之间的大陈地区,以及古袍金矿东部的牛皮坑、马江地区,仍有很大找矿前景。

(3)在整个桂东金成矿区东南部的苍梧—信都一带,是北东向和近南北向几组构造交汇部位,燕山期小岩体广布,金矿(化)点较多,并伴有重砂金异常,成矿地质条件有利,是扩大桂东金成矿区规模最有利地区。

(4)区内分布的泥盆系地层是一个金矿赋矿层位,特别是泥盆系底部砂页岩中金的丰度值较高,并且已发现有金矿化(硅化砂岩型金矿),在国内其他地区已找到工业金矿床,因而应重视泥盆系地层内的找金工作。

参考文献:

[1] 崔万治. 桂东金矿床地质特征及成因探讨[J]. 中南冶金地质,1999(1).
[2] 刘腾飞. 桂东地区金矿工业类型地质特征及找矿方向[J]. 中南冶金地质,1991(2).
[3] 刘腾飞. 桂东金矿床稳定同位素地质研究[J]. 中南冶金地质,1994(2).