

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

秦岭地区蚀变煌斑岩型金矿的发现 及金的预富集研究

涂怀奎

核工业西北地质局 214 队, 陕西城固, 723200

内容提要 秦岭地区煌斑岩广泛分布, 大部分蚀变煌斑岩型金矿发现于徽成盆地南侧。本文对煌斑岩金的预富集提出了认识, 深入研究蚀变煌斑岩型金矿中金的预富集和成矿特征有望扩大在秦岭地区的找金前景。

关键词 煌斑岩 蚀变型金矿 金的预富集 成矿特征 秦岭地区

近几年, 成矿物质的地幔来源得到了异常的重视, 而煌斑岩是典型的地幔起源的岩浆岩之一(富公勤等, 1980; 翟淳, 1981; 喻学惠, 1991; 黄智龙等, 1999; 徐学义等, 1999), 煌斑岩侵位的路径似乎应当是成矿物质上升的良好通道, 已有学者注意到了煌斑岩与金成矿的关系(李献华等, 1995)。

事实上, 80年代于秦岭地区月河大型砂金矿区就已经发现煌斑岩中金矿化较高, 平均含金达 260×10^{-9} , 并在石泉李家院发现金矿化点, 煌斑岩含金 $0.25 \times 10^{-6} \sim 0.98 \times 10^{-6}$, 但因规模小, 仅作为找金标志和金源层。1989年在徽(县)一成(县)盆地北侧, 北秦岭马泉金矿区发现金矿体就赋存在煌斑岩脉内, 如1号矿带, 脉岩为金源, 含金 $7 \times 10^{-9} \sim 15 \times 10^{-9}$ 。在金矿化地段常见较多的脉岩, 这是该区重要的找金标志。后来又在西秦岭安家岔金矿区相继发现煌斑岩金矿。1991年在徽成盆地南侧, 陕甘两省交界处白水江虞关一带、白水江一留坝复背斜两侧和倾伏端, 成县—徽县大断裂南侧逆冲推覆断层带次级构造破碎带, 经化探普查发现了规模较大、密集成群的含金煌斑岩脉30余条, 一般宽2~7m, 长10~200m。80%的金异常都集中在煌斑岩密集带, 围岩主要为志留纪地层。金矿化产于煌斑岩脉上、下盘或围岩接触混杂带, 煌斑岩不仅是找金标志, 而且是金矿带。

笔者将盆地南侧虞关煌斑岩与盆地北侧安家岔煌斑岩作了对比研究, 其特征十分类似(表1)。1991~1993年自虞关地区发现黑火石金矿带之后, 又在其东侧发现广金乡丁家梁金矿和常家河金矿(表2)。

1 金的预富集

成矿前的预富集, 分地层、脉体和蚀变预富集, 它们与金成矿关系密切(杜乐天等, 1986; 涂怀奎, 1989)。

1.1 地层预富集

地层金的预富集是成矿的物质基础, 本区煌斑岩金成矿区、富金物质先形成矿源层, 尔后分散的金重新活化、富集成矿。地层预富集, 具有明显的时控与岩控特征。

表1 虞关与安家岔煌斑岩特征对比

Table 1 Comparison of characteristics of the lamprophyres in Yuguan and Anjiacha areas

特征	虞关地区	安家岔地区
含金围岩时代和岩性	中泥盆统和中志留统大河店组以含碳粉砂质板岩为主	中泥盆统安家岔组以千枚状粉砂质板岩为主
煌斑岩种类和规模	主要为闪斜煌斑岩、云斜煌斑岩,其次为拉辉煌斑岩,数量多、规模大、较密集	斜闪煌斑岩、碳酸盐化和褐铁矿化拉辉煌斑岩,规模小、数量少、较稀疏
煌斑岩脉与金矿化关系	煌斑岩发育地段金矿化富集,脉多数在蚀变带中,有的脉就是矿体,多伴有石英脉	煌斑岩脉附近发育有金矿化富集,有的脉本身就是金矿体,可达 1×10^{-6} ,伴石英脉
脉体和围岩蚀变	凡脉体都有围岩蚀变,主要有硅化绢云母化、黄铁矿化(多数风化成褐铁矿),含金主岩蚀变砂岩高岭石化普遍	凡脉体都有蚀变,有碳酸盐化、黄铁矿化、褐铁矿化,脉体中黄铜矿溶蚀黄铁矿,退色蚀变普遍

表2 徽成盆地南侧煌斑岩金矿化特征

Table 2 Characteristics of the gold mineralization related to lamprophyre in south side of the Huixian-Chenxian basin

特征	徽县黑火石地区	广金乡丁家梁地区	两当常家河地区
含金地层	中泥盆统韩城沟组与中志留统大河店组不整合面附近	中志留统大河店组	中志留统二沟组为主
矿化主岩	含碳泥质粉砂质板岩、砂质板岩、蚀变煌斑岩	泥质粉砂质板岩、砂质板岩、蚀变煌斑岩	粉砂质板岩、含碳砂质板岩
控矿和容矿构造	复背斜西部倾伏端、层间破碎带和旋转构造边缘	复背斜北翼次级背斜、层间或微切层破碎带	复背斜轴部次级背斜、层间或微切层破碎带
煌斑岩特征及其与金矿化空间关系	煌斑岩脉30余条,东西走向,顺层侵入,氧化呈土状。金矿化产于脉体上、下盘与围岩接触带,有的脉体本身就是金矿化(体)	煌斑岩脉10多条顺层侵入或微切层,脉岩氧化呈土状,矿化一般在脉下盘或夹于脉体之间	新发现煌斑岩脉3条以上,含半自形黄铁矿,氧化程度低,一般褐色块状,顺层产出,矿化产于脉附近
主要蚀变类型	主岩有硅化、绿泥石化、褐铁矿化、毒砂化;脉岩有褐铁矿化、高岭石化、碳酸盐化、绢云母化	主岩有绿泥石化、绢云母化、褐铁矿化及毒砂化;脉岩以褐铁矿化为主,一般较弱	主岩有绿泥石化、硅化、绢云母化及少量毒砂化;煌斑岩脉仅见褐铁矿化

时控特征:主要为古生代中志留统和中泥盆统。据目前于徽成盆地南侧统计,大部分含金煌斑岩都赋存在这两套地层中。但这两套地层总的金背景丰度并不高,中志留统大河店组

表3 煌斑岩成矿区含金主岩含金量($\times 10^{-9}$)统计Table 3 Gold content($\times 10^{-9}$) statistics of the gold-bearing wallrocks in lamprophyre-metallogenic area

含金主岩名称	丁家梁—常家河矿区		黑火石—老爷庙矿区		变异系数
	样品数	Au	样品数	Au	
泥质粉砂质板岩	78	5.37	148	7.08	0.55
砂质粉砂质板岩	5	4.25	233	9.50	0.75
含碳泥(铁)质粉砂质板岩			170	10.35	0.55
碳质板岩(围岩)	91	3.93	20	1.15	9.33
灰岩(围岩)	8	2.61	33	0.83	5.21

注:资料来源于核工业西北地质局214大队。

金的背景值,115个样品平均为 1.29×10^{-9} ,中志留统二沟组574个样品平均为 3.30×10^{-9} 。中泥盆统(韩城沟组和公馆组)84个样品平均为 2.44×10^{-9} ,均低于地壳平均丰度(4×10^{-9} ,黎彤1976),金对地层虽无明显专属性,但有一定选择性。

岩控特征:笔者收集、整理了本区志留系和泥盆系含金主岩含金量(表3)。

表3说明本区泥质粉砂质板岩、含碳

泥(铁)质粉砂质板岩和砂质粉砂质板岩含金量高,是本区背景值的 2.1~8 倍,相对地壳平均丰度富集 1.8~2.6 倍,金的预富集明显,属于较好的金源层。结合成分分析,粉砂质成分是本区主要的含金成分,含碳质和泥质促使含金量增高,而灰岩和碳质板岩含金量偏低,表明含金岩的金源形成与沉积环境关系密切。结合变异系数有一定离散性,表明金易活化,在构造和热液活动强烈地段,金可被淋滤萃取,于减压扩容区卸荷富集成金矿化。本区志留系和泥盆系金矿化主岩十分相似,都具有明显的金的预富集,属较好的金源。

1.2 脉体预富集

脉体是金再次富集的重要条件,通过岩浆演化和含金主岩接触、混杂,可使金源活化富集成矿。煌斑岩是深部幔源岩浆物质,煌斑岩大量侵入及其伴生的热液蚀变活动,提供了丰富的深部金源。煌斑岩岩浆中富含 CO_2 、 H_2O 、K、F、Rb、Ba 及中等含量的 S。该组分与金成矿流体成分极为相似,在低盐度、富 CO_2 及适量 S 逸度的热流体中, Au 以 $\text{HAu}(\text{HS})_2$ 等络合物形式搬运,故煌斑岩岩浆上升过程中,既可以带出深部幔源物质中的 Au,同时也可萃取转移岩石中的粒间金,当其侵位于地表减压扩容带时,压力减小, CO_2 逃逸,金沉淀富集而发生金矿化。黑火石金矿区统计表明,正常煌斑岩中金平均 10×10^{-9} ,未破碎弱蚀变煌斑岩平均 43.5×10^{-9} 。丁家梁地区一般达 100×10^{-9} ,可见煌斑岩是金源体,并且随着热液蚀变加强,金矿化相对富集,甚至煌斑岩本身就是金矿体,故煌斑岩侵入为本区较好脉体金的预富集提供了重要的深部金源,当接触含金主岩时,便形成了本区较好的金矿体和金矿带。本区煌斑岩按含金量的分类见表 4。

1.3 蚀变预富集

蚀变是金成矿的关键,当煌斑岩发生破碎伴含金热液活动与含金主岩进行交代、改造,就发生含金热液蚀变,蚀变带本身也是断裂破碎带,又是

表 4 不同煌斑岩含金量($\times 10^{-9}$)对比

Table 4 Comparison of the gold content($\times 10^{-9}$) in different lamprophyres

脉体分类	主要特征	含金量变化	样数	平均值	最高
含金正常煌斑岩	多为新鲜绿色	8~13.8	6	10.5	13.8
金矿化煌斑岩	未破碎弱蚀变	14~100	86	43.5	308.9
煌斑岩金矿体	强破碎、强蚀变	110~2200	22	256.5	27384.2

注:资料来源于核工业西北地质局 214 队,1998。

煌斑岩金矿带。本区 3 个金矿区由西向东有黑火石、丁家梁、常家河,都赋存于白水江—留坝复背斜褶皱束,伴随强烈褶皱和多期形变,产生一系列区域性近东西向层间破碎带。煌斑岩脉侵入反映着破碎带与深源物质通道有贯通性,脉体直接通过主构造近东西向徽县—成县深大断裂,在成矿成岩中占有重要地位。主断裂旁侧的浅部层间破碎带多数属控矿构造,脉体侵入随热液蚀变发生金矿化。另外幔源岩浆沿主构造上升于浅部薄弱破碎带分支处、裂隙密集带、片理带和破碎带上下盘、断裂交汇带发生热液蚀变,同时金矿化相对富集,是本区重要的容矿构造。蚀变作用是重要的成矿作用。据笔者对本区蚀变预富集研究,对含金主岩与不同类别煌斑岩进行了系统的金含量与岩石化学成分分析,证实热液蚀变与岩石化学成分及含金关系密切,并与室内外鉴定结果一致(表 5)。

(1) 蚀变砂质板岩属含金主岩,含金量与岩石化学成分有明显变化规律:随着含金量增高 Al_2O_3 、 FeO 烧失量增高,而 SiO_2 、 CaO 、 Na_2O 相对减少,这与金矿化区高岭石化、黄铁矿化、褐铁矿化、绢云母化增高是一致的,而 SiO_2 、 CaO 减少与地表水淋失有关。

(2) 蚀变煌斑岩属本区含金脉体,随含金量增高, SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 增高,这与硅化、高岭石化、绢云母化有关。据 103 个样品分析,晚期含金煌斑岩呈土状,平均含 Au 58×10^{-9} ,最高

27884. 2×10^{-9} , 主要见褐铁矿化(部分保留黄铁矿假相)和高岭石化。

表5 含金主岩、煌斑岩含金量($\times 10^{-9}$)和岩石化学(%)分析

Table 5 Gold content($\times 10^{-9}$) and petrochemistry (%) of gold-bearing wallrocks and lamprophyre

序号	含金岩石	Au	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量
1	蚀变砂质板岩	3620	69.56	13.19	0.06	3.84	2.85	0.59	1.31	0.60	0.19	1.30	0.20	4.35
2	蚀变砂质板岩	1010	73.74	11.63	0.38	3.63	2.09	0.45	1.55	0.61	0.21	2.91	0.29	5.01
3	蚀变砂质板岩	953	75.17	10.62	0.12	3.30	1.80	0.40	1.47	0.62	0.19	2.17	0.33	3.90
4	砂质板岩	2689	61.44	13.94	0.04	5.62	1.65	0.11	2.04	0.68	0.21	5.30	0.30	5.09
5	变质长石砂岩	9.2	76.77	9.86	0.06	0.81	2.19	1.02	1.71	0.54	0.18	2.08	2.10	2.86
6	变质长石砂岩	18.0	68.45	12.00	0.04	0.53	4.33	0.68	3.19	0.76	0.32	2.67	1.17	6.54
7	蚀变煌斑岩	2924.7	55.82	17.24	0.14	8.70	0.79	1.43	1.63	0.96	0.35	3.00	0.33	8.20
8	蚀变煌斑岩	103.9	47.11	13.63	0.15	1.43	6.41	6.15	7.72	0.80	0.35	2.75	2.70	11.80
9	蚀变煌斑岩	23.8	45.93	13.93	0.11	0.55	6.65	5.92	6.20	0.70	0.26	2.33	1.40	15.46
10	蚀变煌斑岩	17.80	44.20	14.00	0.19	0.57	3.30	6.10	6.00	0.90	0.20	1.83	0.30	14.60
11	弱蚀变煌斑岩	13.80	49.53	15.8	0.14	1.60	6.20	5.35	6.86	0.90	0.30	1.07	3.33	9.00
12	煌斑岩	13.10	48.85	14.30	0.17	1.82	6.38	8.76	6.13	0.84	0.19	0.71	3.32	7.72
13	煌斑岩	11.90	44.56	14.21	0.14	1.38	6.48	5.35	8.58	0.92	0.33	0.77	2.88	10.35
14	煌斑岩	9.0	49.0	14.0	0.15	1.63	6.26	6.48	8.23	1.00	0.31	0.71	3.37	8.63
15	煌斑岩	8.0	47.54	13.69	0.15	0.92	6.60	5.80	7.49	1.00	0.25	1.33	2.60	12.23
16	煌斑岩	7.2	47.90	12.16	0.14	1.70	6.34	7.38	11.12	1.00	0.22	0.57	2.30	9.82

注: 资料来源于核工业西北地质局 214 队, 1993。

2 成矿特征

2.1 类型对比

本区金成矿有两类, 一是蚀变粉砂质板岩型, 二是蚀变煌斑岩型(表 6)。① 上述两种类型多受层间破碎带控制, 矿化带与地层产状基本一致, 走向近东西, 倾向 NE 或 SW、倾角 25°~35°。② 蚀变煌斑岩型多与蚀变砂质板岩型金矿化分布一致, 多呈似层状、透镜状和串珠状, 但也有蚀变煌斑岩型或蚀变砂质板岩型金矿单独出现。③ 不管是蚀变煌斑岩型还是蚀变粉砂质板岩型金矿, 多数随着蚀变强度增加金矿化增加, 且在氧化带金矿化最好。

2.2 特征小结

(1) 成矿类型, 以氧化矿石为主、原生矿石为辅, 两种类型都以氧化矿石含金量偏高, 金矿浸出率高, 一般 60%~80%。蚀变煌斑岩型矿石含 Au 一般 $2 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$, 个别达 $27 \times$

表 6 蚀变型金矿特征对比

Table 6 Characteristic comparison of the altered type of gold deposits

	蚀变煌斑岩型		蚀变粉砂质板岩型	
	氧化矿石	原生矿石	氧化矿石	原生矿石
颜色	褐黄	灰绿、灰黑	黄褐、红褐	灰黑、灰
结构构造	土状构造、块状构造	致密块状构造、斑状结构	砂土状结构、块状、板状构造	致密块状、砂粒结构
主要矿物	绢云母、碳酸盐、褐铁矿、少量石英	角闪石、斜长石	石英、绢云母、褐铁矿	石英长石绢云母、黄铁矿、毒砂
蚀变类型	碳酸盐化、绢云母化、褐铁矿化、高岭石化	碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化、弱硅化	褐铁矿化、硅化、毒砂化、绢云母化	黄铁矿化、硅化毒砂化、绿泥石化、碳酸盐化

10^{-6} 。据黑火石矿区统计,煌斑岩分布密度越大,金矿化越多,一般密度 $10\sim 15$ 条/ km^2 ,相应金矿带密度达8条/ km^2 。蚀变与氧化作用越强金矿越富,与石英脉、黄铁矿脉体伴随出现,多数是褐铁矿含金最高。

(2) 联合控矿,一般矿体(化),既有蚀变粉砂质板岩型,也有蚀变煌斑岩型,但多数以粉砂质板岩为成矿主岩,分布较广,一般含金 $1\times 10^{-6}\sim 3\times 10^{-6}$,较大的1号金矿体,长140 m,厚4.25 m,平均含金 2.3×10^{-6} 。粉砂质板岩蚀变越强、氧化越剧烈金矿化越好。含金主岩中Au与As元素含量成正比,与含毒砂增高、金含量增高是一致的。凡粉砂质板岩中有含金煌斑岩分布,多数是混染带联合控矿,金矿化更好。

(3) 单独控矿,煌斑岩有的直接单独控矿,一般新鲜的煌斑岩灰绿色有弱蚀变含金量低,一般 0.11×10^{-9} 。随着蚀变增强,一般含金量增高,且变化较大,含Au $1.92\times 10^{-9}\sim 3710\times 10^{-9}$ 、黄铁矿多氧化为褐铁矿,褐铁矿-石英细脉金矿化明显增高。层间破碎带煌斑岩平均含Au 2.67×10^{-6} ,宽1.5 m左右,呈似层状。

(4) 双脉控矿,即煌斑岩与石英脉控矿,且关系非常密切,多伴随出露。石英脉分3期,以中期金矿化最好。早期:乳白色、多沿区域断裂发育、结晶程度好、厚数厘米至数米,最厚5 m,一般单脉出现,含Au低于 2.15×10^{-9} 。中期含Au平均 831.8×10^{-9} ,多沿层间破碎带伴煌斑岩脉或在其旁侧产出,其次是产于片理化带中,脉为褐色-灰白细脉与网脉,凡成矿地段多数成褐铁矿-石英细脉;宽几厘米至几毫米、一般10 cm,成群出现,产于强烈揉皱破碎带,铁质较多,含金较好,表明黄铁矿是本区重要的载金体之一。晚期石英脉多呈乳白色,多单脉,规模小,偶见黄铁矿,平均含Au 227.4×10^{-9} 。

2.3 模式讨论

(1) 蚀变煌斑岩与粉砂质板岩金的预富集——沿层间破碎带经氧化作用形成氧化矿石——低品位浸出的金矿。本区含金煌斑岩脉多,含金主岩面积大,氧化作用剧烈,煌斑岩与粉砂质板岩含金体的预富集后多呈土状、块状、浸出率高,品位虽低,但利用率高,一般 1×10^{-6} ,即可堆浸提矿,故金的储量多。

(2) 深部煌斑岩附粒间金+含金黄铁石英脉重要金载体——含金煌斑岩与含金石英脉同时形成。煌斑岩在挥发份条件下,从本区深大断裂深处(一般估计150 km)地幔中析出,一般属较大规模的煌斑岩吸附粒间金,由于压力降低使 CO_2 沸腾逃逸,伴随含金黄铁石英脉与金同时沉淀,故多见含金煌斑岩与含金黄铁石英脉同在一块,利用黄铁石英脉找金是一个重要的途径。

3 结语

(1) 蚀变煌斑岩型金矿比较少见,在秦岭地区是一个新发现。多年来有不少金矿区,仅见煌斑岩含金较高,只作为一种找金的有效标志,系统论述该类型较少,研究该类型金矿,指导今后找矿是十分有意义的。

(2) 煌斑岩对金的预富集机理,笔者根据徽成盆地南侧志留系与泥盆系地层岩性特征,含金较多、并在断裂破碎带中发现较多的含金煌斑岩,认为构造热液蚀变在成矿中占有重要地位,蚀变预富集是成矿的关键,用金的预富集成矿理论进行研究是一个尝试。

(3) 本区煌斑岩规模虽多数小,但有的地段数量较多。普遍蚀变和风化剧烈,野外观察多数面目全非,但认定为中基性岩脉,可结合野外产状,进行鉴定、分析和含金性的研究。通过金

矿堆浸试验提取金,取得了较好的经济效益,是今后针对秦岭地区金矿规模小、数量多、面积大、埋深浅、浸率高特点找金和提取金一个重要方向。

(4) 煌斑岩多数分布于构造破碎带、热液蚀变带、不整合面附近,层间剪切带和层间氧化带是重要的找矿标志。本区是化探找金和地质找矿标志相结合一个范例:化探异常呈带状,规模大,强度高、浓集中心明显,异常分带齐全,在徽成盆地南侧已取得突破性进展,潜在金矿资源可观,特别是白水江以东一带已控制诸多金矿点带,部分地段相对较富,平均品位 $n \times 10^{-6}$,最高 $n \times 10^{-5}$,有利地段不仅可以成矿,而且成富矿,有望取得更大进展。

(5) 与煌斑岩有关金矿的形成有两种可能,① 煌斑岩侵位带来部分 Au,且其侵位通道也为 Au 的进一步上升提供了路径;② 煌斑岩与围岩地层具有显著不同的地球化学性质,可导致 Au 在煌斑岩中富集。

参 考 文 献

- 杜乐天,王玉明. 1986. 铀矿预富集系. 铀矿地质, (1):1~14.
- 富公勤,何自力. 1980. 论煌斑岩类的分类和命名. 地质论评,26(6):516~518.
- 黄智龙,朱成明,肖化云等. 1999. 煌斑岩—硫化物熔体液态不混溶作用的高温高压实验研究. 地质论评,45(增刊):113~118.
- 李献华,孙贤铤. 1995. “煌斑岩”与金矿的实际观察与理论评述. 地质论评,41(3):252~260.
- 涂怀奎. 1989. 试论汉中地区金矿找矿远景. 铀矿地质, (2):89~94.
- 徐学义,夏林圻,夏祖春等. 1999. 北大巴山早古生代地幔交代作用与煌斑岩浆的起源和演化. 地质论评,45(增刊):689~697.
- 喻学惠. 1991. 甘肃宕昌好梯碱性超基性火山岩:一种含上地幔包体和巨晶的钾质超镁铁煌斑岩. 地质论评,37(2):144~153.
- 程淳. 1981. 论煌斑岩的成因模式. 地质论评,27(6):528~532.

Discovery and Gold Preconcentration Study of the Lamprophyre Alteration-type Gold Deposits in the Qinling Area

Tu Huaikui

214 Team, Northwest Geological Bureau, CNNC, Chenggu, Shaanxi, 723200

Abstract

Lamprophyre is widely distributed in the Qinling area. Most of the lamprophyre alteration-type gold deposits are discovered in both sides of the Huixian-Chenxian basin. The study of gold preconcentration by lamprophyre dyke has been made. Therefore it is hopeful to expand the gold prospects by further studying the gold preconcentration and mineralization features of the altered lamprophyre type of gold deposits in the Qinling area.

Key words: Lamprophyre; altered gold deposit; gold preconcentration; mineralization feature; Qinling area

作 者 简 介

涂怀奎,男,1933年生。1957年毕业于中南矿冶学院地质与勘探专业。为核工业西北地质局 214 队高级工程师(现退休),曾任副总工程师兼科技档案室主任,长期于秦岭地区从事地质找矿和研究工作。通讯地址:723200,陕西城固西环二路核工业西北地质局 214 队。