云南老王寨金矿煌斑岩岩石化学*

黄智龙 王联魁
（中国科学院地球化学研究所 贵阳 550002） （中国科学院广州地球化学研究所）

摘 要 该矿与金矿化时空上密切共生的煌斑岩可分为新鲜（弱蚀变）、蚀变、矿化3种，其化学成分尤其是Fe_2O_3，FeO，CaO，Na_2O，CO_2等具有明显差异；调整后的化学成分（新鲜煌斑岩）及有关的微量元素、同位素地球化学资料表明，本区煌斑岩属碱性系列岩石，岩石类型为钾质钙碱性煌斑岩，岩石为交代富集地幔不同部分熔融程度的产物；新鲜煌斑岩的金含量较低（平均3×10^{-9}），高CO_2含量主要是外来CO_2和（或）富含CO_2物质参与的结果；煌斑岩在金矿化过程中虽然直接提供大量Au源和成矿流体（主要指CO_2）的可能性较小，但“煌斑岩岩浆活动引发了以CO_2为主的地幔去气作用”可以间接提供部分成矿流体（主要指CO_2），煌斑岩同时还起到“地球化学障”的作用。

关键词 金矿床；煌斑岩；岩石化学；云南
分类号 P584；P588.13

1 地质概况及煌斑岩基本特征

云南老王寨金矿是80年代末在北西—南东向延伸的哀牢山断裂带发现的超大型金矿床，矿床由浪泥塘、冬瓜林、老王寨、搭桥箐和库独木等5个矿段组成，其中冬瓜林、老王寨矿段规模最大。矿区内出露地层包括古生界（Pz）浅变质海相碎屑沉积岩系，泥盆—石炭系（D—C）火山—沉积碎屑岩系（区内主要含矿岩系）以及上三叠系（T_3y）红色碎屑岩系。矿区构造以断裂为主，大体分成3组，即北西向断裂组（矿区一级构造）、北西西向断裂组（矿区二级构造）和北东向组及性质不明断裂组。矿区岩浆岩以基性—超基性岩为主，其次为中—酸性斑岩、煌斑岩。

煌斑岩在矿区5个矿段均广泛出露，主要沿北西—南东向F_{18}和F_{15}断裂及其次级断裂呈岩脉产出，侵入区内所有地层和其它岩浆岩，Rb—Sr同位素年龄为28.8～49.0Ma[1]，裂变径迹年龄为22.7～27.2Ma（本文），为喜山期岩浆活动产物。300多条煌斑岩脉组成长约5000m，宽100～500m的岩脉带。单条岩脉一般长5～500m，宽0.3～3m，个别岩脉发育5～10cm宽的冷凝边，岩脉边缘偶见围岩捕虏体。

按矿物组合，矿区煌斑岩主要为云煌岩，典型煌斑结构，斑晶以辉石（10%±）和云母（10%±）为主，其次是橄榄石（0～5%）；基质主要为钾长石（40%±），其次是自形的云

1996年7月12日收稿，9月16日改回。
第一作者简介：黄智龙，男，1967年出生，博士后，地球化学专业。
*国家自然科学基金资助项目（编号49602026）的部分成果。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

母（15%±）、辉石（10%±）和斜长石（5%±），以及少量他形石英（1%±）和碳酸盐（<1%）；副矿物常见的有磁铁矿、钛铁矿、磷灰石、锆石等。少量云斜煌岩，矿物组合与云煌岩相似，最大差别是云斜煌岩基质为斜长石（35%±），钾长石含量相对较少（10%±）。值得注意的是，本区两类煌斑岩中的橄榄石、辉石和云母等均遭受不同程度的碳酸盐化，上述矿物含量为选择相对新鲜煌斑岩岩石薄片在显微镜下用机械台统计的结果，即便如此，所选岩石中的橄榄石和部分辉石也已被碳酸盐替代，在统计过程中根据矿物蚀变残余和外形判别原矿物，没有考虑蚀变形成矿物的含量，所列他形碳酸盐可能为原生岩浆结晶的产物。因此，岩石中碳酸盐的实际含量远超过 1%，线性规划计算[2]表明，进行矿物含量统计的煌斑岩中碳酸盐含量在 10%～20%之间。

区内煌斑岩除碳酸盐化外，还常见有蛇纹石化、绿泥石化、绢云母化、高岭石化和硅化等蚀变，部分煌斑岩经历过矿化作用，其明显特征是具有硫化物化（黄铁矿化、辉锑矿化、毒砂化等）。根据蚀变的相对强弱及是否矿化，本区煌斑岩可分为新鲜（相对弱蚀变）、蚀变和矿化三种。

2　煌斑岩化学成分

2.1　样品选择

老王寨金矿新鲜、蚀变、矿化煌斑岩的选样标准为，①新鲜煌斑岩：弱蚀变，灰绿—灰黑色，原生岩浆结构，除橄榄石和大部分辉石被次生矿物替代外，其它矿物蚀变较弱，尤其是云母具有原生光性特征，少量样品见辉石蚀变残余；②蚀变煌斑岩：蚀变相对较强，浅灰—灰白色，弱的变形，能辨认出原生岩浆结构，暗色矿物被次生矿物替代，钾长石也有相当部分蚀变为高岭石；③矿化煌斑岩：强烈蚀变，灰白色，强烈变形，原生岩浆结构难辨认，原生矿物被次生矿物替代，与蚀变煌斑岩最大的差别是出现硫化物化（黄铁矿化、辉锑矿化、毒砂化等）。

表 1　老王寨金矿新鲜、蚀变、矿化煌斑岩化学成分

Table 1　Chemical composition of fresh, altered and mineralized lamprophyres in Laowangzhai gold orefield　%

成分	新鲜煌斑岩（18 个样品）		蚀变煌斑岩（9 个样品）		矿化煌斑岩（10 个样品）	
	范　围	平均值	范　围	平均值	范　围	平均值
SiO_2	45.06～51.64	47.22	45.26～49.97	48.32	37.70～45.98	42.82
TiO_2	0.55～1.04	0.68	0.50～0.74	0.59	0.40～0.87	0.69
Al_2O_3	9.58～14.22	11.98	12.16～13.88	13.05	9.34～11.86	10.47
Fe_2O_3	0.93～4.52	2.35	0.14～1.36	0.85	4.31～6.83	5.22
FeO	2.84～5.05	4.09	4.02～6.14	4.82	0.36～2.21	1.37
MnO	0.10～0.28	0.14	0.06～0.25	0.13	0.09～0.17	0.14
MgO	5.50～11.04	8.15	4.86～7.52	6.19	5.28～7.47	6.27
CaO	5.30～9.20	7.26	6.50～9.40	7.26	10.12～12.66	10.97
Na_2O	0.88～2.56	1.60	0.11～0.76	0.41	0.00～0.60	0.18
K_2O	2.51～6.21	4.47	3.91～6.30	4.83	3.67～5.34	4.59
P_2O_5	0.41～0.73	0.54	0.18～0.57	0.45	0.42～0.81	0.58
H_2O^+	1.10～3.30	2.14	0.52～3.42	2.09	0.89～2.77	1.60
H_2O^-	0.01～1.71	0.24	0.00～0.20	0.08	0.00～0.26	0.07
CO_2	5.10～12.46	8.87	8.23～13.16	10.22	11.15～19.67	14.57
Au	1～6	3	5～61	22	793～9178	4941

注：①煌斑岩化学成分和 Au 含量均由中国科学院地球化学研究所李荪蓉分析；　② Au 的单位为 10^{-9}。

2.2　煌斑岩化学成分

表 1 列出本区 37 件煌斑岩的化学成分含量范围及平均值，以 SiO_2，Al_2O_3，Fe_2O_3，FeO，MgO，CaO，Na_2O，K_2O，H_2O^+，H_2O^-，CO_2，Fe_2O_3＋FeO（FeO_t），Fe_2O_3/FeO，Na_2O+K_2O（ALK）和 Na_2O/K_2O 为作

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

变量进行的 Q 型聚类分析结果（图 1）表明，37 件样品明显分成 3 组：第一组 14 件样品，包括 6 件新鲜、8 件蚀变煌斑岩，虽然该组也可再分成几个小组，但也不能将新鲜、蚀变煌斑完全分开；第二组 13 件样品，除 1 件蚀变煌斑岩外，其余为新鲜煌斑岩，该组与第 1 组为弱的负相关（相关系数数－0.01）；第 3 组 10 件样品，全为矿化煌斑岩，该组与第 1、第 2 组呈明显的负相关（相关系数为－0.98）。可见，本区新鲜、蚀变煌斑岩与矿化煌斑岩化学成分具有明显的区别，而新鲜和蚀变煌斑岩之间化学成分差别相对较小，第 1 组中包括新鲜、蚀变煌斑岩可能与所选样品存在新鲜、蚀变煌斑岩的过渡类型有关，暗示两种煌斑岩化学成分的逐渐过渡关系。

2.2.1 3 种煌斑岩的对比

从表 1 可见，本区 3 种煌斑岩化学成分具有以下对比特征：①新鲜、蚀变煌斑岩 SiO_2，Al_2O_3，CaO，H_2O 相近；后者 FeOt、ALK 略有减少，CO_2，K_2O 略有增加；两者变化最明显的氧化物为 Fe_2O_3，FeO，MgO 和 Na_2O，表现为蚀变煌斑岩明显低 Fe_2O_3，MgO 和 Na_2O，高 FeO。②矿化、新鲜煌斑岩除 K_2O 和 FeOt 相似外，前者 SiO_2，Al_2O_3，FeO，MgO，Na_2O，H_2O 以及 ALK 都有较显著的降低，而 Fe_2O_3，CaO 和 CO_2 却明显的增加。③矿化、蚀变煌斑岩相比，总体特征和与新鲜煌斑岩对比的特征相似，明显不同的是出现 Fe_2O_3 含量大幅度的增加，FeO 含量大幅度降低。

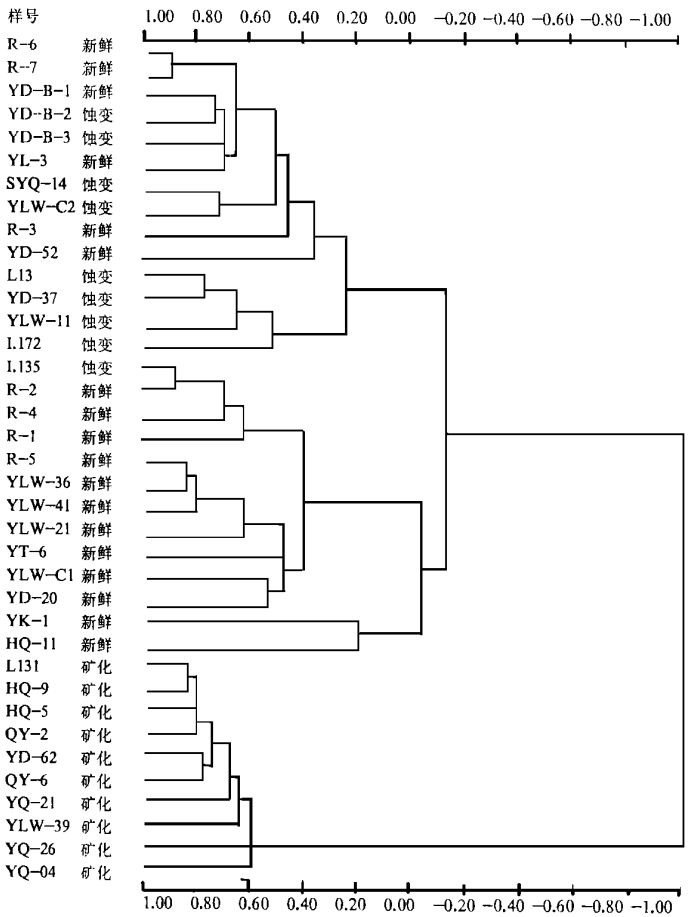


图 1 煌斑岩化学成分 Q 型聚类分析结果

Fig. 1 The results of Q－type cluster analysis for chemical composition of lamprophyres

2.2.2 3 种煌斑岩的关系

本区矿化煌斑岩均遭受强烈蚀变，那么蚀变煌斑岩是否是新鲜、矿化煌斑岩的中间类型呢？从表 1 中可见，煌斑岩氧化物含量随新鲜→蚀变→矿化逐渐增加的只有 CO_2，除 Na_2O 和 H_2O^+ 有随 CO_2 增加而逐渐减少外，其余氧化物含量变化无规律可寻；多数表现为新鲜、蚀变煌斑岩氧化物含量范围相互重叠，矿化与新鲜、蚀变煌斑岩氧化物含量范围重叠部分较少。更有甚者，从新鲜→蚀变→矿化，煌斑岩的 Fe_2O_3：0.93%～4.52%→0.14%～1.36%→4.31%～

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

6.83%，FeO：2.84%～5.05%→4.02%～6.14%→0.36%～2.21%，相应有 Fe_2O_3/FeO：0.19～1.42→0.03～0.33→2.13～18.97。这些均表明蚀变煌斑岩可能不是新鲜、矿化煌斑岩的中间类型。换句话说，煌斑岩蚀变、矿化作用是不同阶段的产物，遭受矿化作用的可以是蚀变煌斑岩，也可以是相对新鲜的煌斑岩。

2.2.3　3 种煌斑岩的判别　对比分析表明，老王寨金矿矿化煌斑岩氧化物含量与新鲜、蚀变煌斑岩差别明显，而新鲜、蚀变煌斑岩氧化物除 Fe_2O_3、FeO 和 Na_2O 含量有一定差别外，其它氧化物含量相近。在实际工作中，3 种煌斑岩除通过矿物组合和岩石蚀变特征（见选样标准）判别外，还可利用氧化物中 Fe_2O_3，FeO，Na_2O 等的含量变化和 Fe_2O_3/FeO、Na_2O/K_2O 比值的将三者区分开来。笔者在工作过程中，发现新鲜、蚀变、矿化煌斑岩在 Fe_2O_3—FeO—CO_2三角图（图 2A）上和 Fe_2O_3/FeO—Na_2O/K_2O—CO_2三角图（图 2B）上均明显分布于不同区域。可见，这组三角图在老王寨金矿不仅可用于判别新鲜、蚀变、矿化 3 种煌斑岩，同时还可作为煌斑岩型金矿的重要找矿标准。

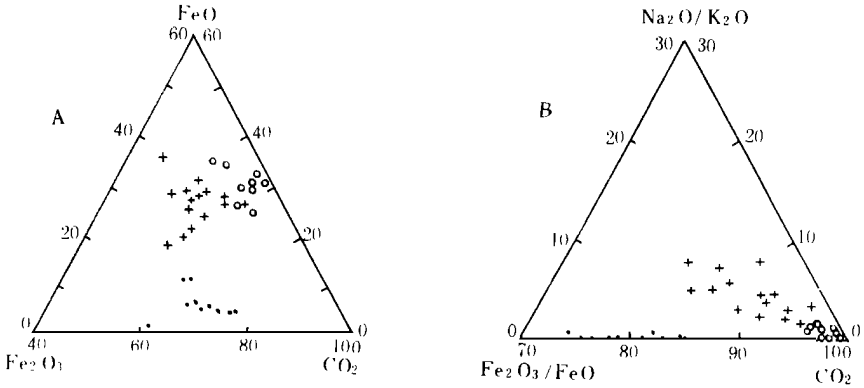


图 **2**　老王寨金矿新鲜、蚀变、矿化煌斑岩化学成分判别图

Fig. 2　Discriminant diagram of chemical composition for fresh, altered and mineralized lamprophyres in Laowangzhai gold orefield

＋—新鲜煌斑岩；○—蚀变煌斑岩；●—矿化煌斑岩

3　新鲜煌斑岩岩石化学

3.1　化学成分调整

煌斑岩是最易蚀变的岩石类型之一，在利用岩石化学讨论其所属系列、类型以及演化趋势之前，一般都要将所获资料进行调整，力求与实际化学成分吻合。本区 3 种煌斑岩与国外研究程度较高、蚀变程度较弱、可以代表“原生（无或基本上无蚀变）煌斑岩化学成分”的同类岩石[3,4]相比，矿化煌斑岩大部分氧化物含量相差甚远，很难恢复其蚀变前化学成分；新鲜、蚀变煌斑岩除 CO_2明显偏高、H_2O 大体相当外，其它氧化物相对偏低，换句话说，本区新鲜、蚀变煌斑岩大多数氧化物含量偏低是由于外来 CO_2加入的结果。因此化学成分调整的目的就在于消除外来 CO_2的影响。

表 2 列出研究区 10 个相对新鲜煌斑岩化学成分的调整结果。调整方法是扣除 CO_2，保留 H_2O 含量，其余氧化物含量再换算成（100－H_2O）%。这样调整的依据：①大量实际资料和高温高压实验[4~6]表明，原生煌斑岩 CO_2的含量不超过 0.5%；②矿物学[7]及 C，O 同位

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

素资料[1]表明，研究区煌斑岩中广泛出现的碳酸盐主要为蚀变产物（原生岩浆结晶碳酸盐<1%）；③分析样品的 CO_2 与 CaO，MgO，FeO 均不具相关性，暗示煌斑岩的碳酸盐化主要由外来 CO_2 引起，而形成碳酸盐的 CaO，MgO，FeO 由煌斑岩本身提供；④H_2O 含量与国外同类型岩石[3,4]相近。

表 2 老王寨金矿煌斑岩的岩石化学成分

Table 2 Major elements of lamprophyres in Laowangzhai gold orefield %

样品编号	YD－20	YD－52	YD－B－1	YLW－21	YLW－C－1	YLW－36	YLW－41	YT－6	YL－3	YK－1
岩石名称	云煌岩	云煌岩	云煌岩	云煌岩	云煌岩	云斜煌岩	云斜煌岩	云煌岩	云煌岩	云煌岩
产出矿段	冬瓜林	冬瓜林	冬瓜林	老王寨	老王寨	老王寨	老王寨	搭桥箐	浪泥塘	库独木
SiO_2	48.07	50.81	56.64	51.05	53.00	51.23	50.66	54.35	53.37	51.81
TiO_2	0.74	0.62	0.64	0.78	0.80	0.69	0.68	0.80	0.61	0.58
Al_2O_3	13.94	13.99	15.05	14.14	15.22	15.53	15.30	14.23	13.99	13.69
Fe_2O_3	2.09	2.61	1.70	1.05	2.94	2.69	3.48	2.32	1.71	1.99
FeO	4.17	3.85	4.17	5.57	3.20	3.78	3.13	3.71	4.77	4.54
MnO	0.11	0.19	0.12	0.14	0.15	0.15	0.12	0.14	0.13	0.12
MgO	11.63	8.32	6.10	10.05	6.60	8.19	8.74	8.50	10.02	10.87
CaO	9.81	7.99	5.88	8.36	9.02	7.86	8.73	6.45	6.12	9.25
Na_2O	1.71	1.42	1.62	1.75	1.96	2.23	2.82	2.54	1.07	1.53
K_2O	3.94	6.18	5.88	4.70	4.24	4.49	3.62	4.40	6.57	3.55
P_2O_5	0.80	0.62	0.49	0.46	0.49	0.54	0.50	0.82	0.52	0.77
H_2O^+	2.67	3.30	1.71	1.92	2.27	2.53	2.12	1.67	1.10	1.24
H_2O^-	0.59	0.11	0.01	0.04	0.11	0.09	0.10	0.07	0.01	0.07
σ	6.15	7.36	4.12	5.16	3.83	5.47	5.39	7.78	5.63	2.92
Na_2O+K_2O	5.67	7.61	7.50	6.45	6.21	6.73	6.45	8.92	7.64	5.08
Na_2O/K_2O	2.30	4.35	3.63	2.69	2.16	2.01	1.28	2.59	6.14	2.32
K/Al	0.31	0.48	0.42	0.36	0.30	0.31	0.26	0.50	0.51	0.28
K/(K+Na)	0.60	0.74	0.70	0.64	0.59	0.57	0.46	0.63	0.80	0.60
M^*	83.25	79.39	72.28	76.28	78.62	79.43	83.27	80.33	78.92	81.02

注：$\sigma=(Na_2O+K_2O)^2/(SiO_2-43)$；$M^*=Mg/(Mg+Fe^{2+})$

3.2 岩系、类型及演化趋势

老王寨金矿煌斑岩调整后化学成分：SiO_2 48.07%～56.64%，Na_2O+K_2O 5.01%～8.25%，K_2O/Na_2O 1.25～6.14，K/Al 0.24～0.67，K/（K+Na） 0.46～0.82，组合指数（σ） 2.92～7.78（主要在 5.16～7.78，表 2）；岩石在王希渠的 $SiO_2-CaO-1.5MgO-1.5Na_2O+K_2O$ 图[8]（图 3）上全部落在碱性系列区域，在路凤香等的 SiO_2-K_2O 图[9]（图 4）上全部落在钾质钙碱性煌斑岩范围内，可见，本区煌斑岩属碱性系列岩石，岩石类型为钾质钙碱性煌斑岩。

3.3 演化趋势

虽然本区煌斑岩调整后，主要氧化物含量变化范围相对较宽（表 2），但其 M^* 值相对稳定（72.28～83.25）；固结指数 $SI=MgO\times100/(MgO+FeO+Fe_2O_3+Na_2O+K_2O)$ 也相对稳定（31.34～49.41，主要在 40±）。可见，本区煌斑岩分异程度较差。在 A（Na_2O+K_2O）－F（FeOt）－M（MgO）图（图 5）上，本区煌斑岩均落在碱性岩区，总体表现出从

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

富镁、铁向富碱方向演化，但没有出现更富碱的岩石，这也反映出其演化程度较差的特征。

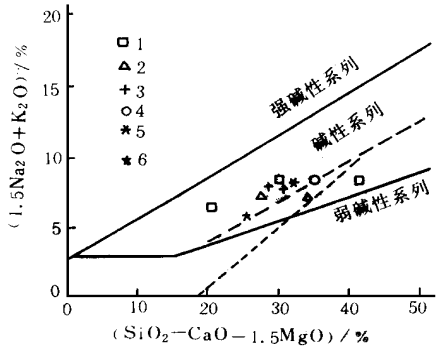


图 3　煌斑岩的 $SiO_2-CaO-1.5MgO-1.5Na_2O+K_2O$ 图（仿文献 [8]）

Fig 3　$(SiO_2-CaO-1.5MgO)-(1.5Na_2O+K_2O)$ diagram of lamprophyres (after Ref [8])

长虚线之上为出现霞石标准矿物分子区，短虚线之下为出现石英标准矿物分子区；1—冬瓜林矿段云煌岩；2—老王寨矿段云煌岩；3—老王寨矿段云斜煌岩；4—搭桥箐矿段云煌岩；5—浪泥塘矿段云煌岩；6—库独木矿段云煌岩

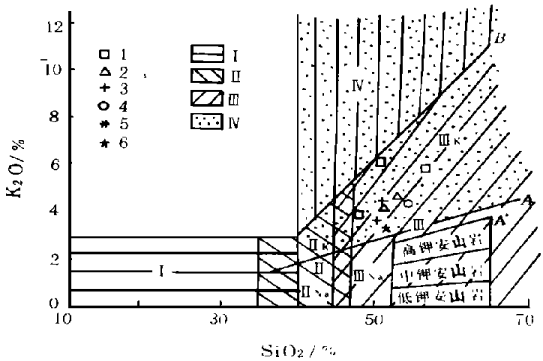


图 4　煌斑岩的 SiO_2-K_2O 图（仿文献 [9]）

Fig 4　SiO_2-K_2O diagram of lamprophyres (Ref [9])

Ⅰ—超镁铁质煌斑岩（UML）；$Ⅱ_K$—钾质碱性煌斑岩（AL_K）；$Ⅱ_{Na}$—钠质碱性煌斑岩（AL_{Na}）；$Ⅲ_K$—钾质钙碱性煌斑岩（CAL_K）；$Ⅲ_{Na}$—钠质钙碱性煌斑岩（CAL_{Na}）；Ⅳ—超钾、过钾质及钾镁煌斑岩；A—钠质与钾质煌斑岩的分界线；B—钾质煌斑岩的上线；其余符号意义同图 3

4　讨　论

4.1　煌斑岩的成因信息

过渡元素、同位素资料[10]表明，老王寨金矿煌斑岩为地幔部分熔融的产物；岩石相对富 K_2O（3.55%～6.57%，表 2），同时也富集大离子亲石元素、高场强元素、轻稀土元素等不相容元素[10]，暗示本区煌斑岩源于交代富集地幔；岩石的 M^* 值在 72.28～83.25（表 2），过渡元素（$\times 10^{-6}$）Cr：199～465，Co：44.4～111，Ni：106～428，这些均在 Rock[4] 统计的原生岩浆标准之内（$M^*>70$，Cr$\times 10^{-6}$：200～500，Co$\times 10^{-6}$：25～80，Ni$\times 10^{-6}$：90～700），表明其原生岩浆性质；岩石的 P_2O_5 含量范围较宽（0.46%～0.82%），且不与 SiO_2、MgO 的含量呈线性关系（表 2），结合稀土元素对岩浆过程的判别分析结果[11]，证实本区煌斑岩为交代富集地幔不同部分熔融程度的产物；采用 Ringwood 提出的相对富集地幔模型[12]，用 P_2O_5 估算本区两样品 YD－20 和 YLW－21 的熔融程度分别为 7.5%±和 13%±也支持上述观点。

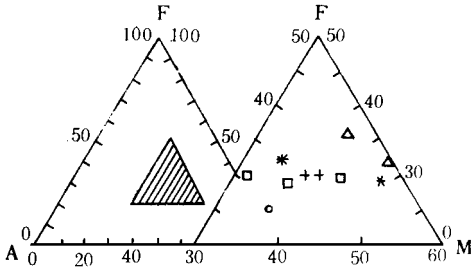


图 5　煌斑岩的 **A**（Na_2O+K_2O）－**F**（FeOt）－**M**（MgO）图

Fig 5　A (Na_2O+K_2O) − F (FeOt) − M (MgO) diagram of lamprophyres

图中符号意义同图 3

4.2　煌斑岩与金矿化的关系初探

4.2.1　*煌斑岩的金含量*　从表 1 中可见，本区 18 件新鲜煌斑岩的金含量在 1×10^{-9}～6×10^{-9}，平均 3×10^{-9}，与地壳克拉克值（3×10^{-9}）相似，远低于 Rock 等[13]统计的 67 个“新鲜”煌斑岩平均金含量 18×10^{-9}；9 件蚀变煌斑岩的金含量在 5×10^{-9}～61×10^{-9}，平

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

均 22×10^{-9}；矿化煌斑岩的金含量在 $1793\times10^{-9}\sim9178\times10^{-9}$，平均 4941×10^{-9}。可见，研究区煌斑岩本身金含量并不高，含金量高的煌斑岩与蚀变和（或）后期矿化有关。这与 Wyman 等测定加拿大苏必利尔省太古代煌斑岩金含量（新鲜样品平均金含量 3.9×10^{-9}，蚀变者平均金含量 38×10^{-9}）[14]和 Taylor 等研究西澳大利亚 Yilgarn 地区太古代煌斑岩金含量（新鲜样品平均金含量 1.7×10^{-9}，蚀变者平均金含量 20×10^{-9}）[15]所得结果一致。因此，本区煌斑岩可能不会提供大量金源。

4.2.2 *煌斑岩中 CO_2 的来源* 从表 1 中可见，本区煌斑岩化学成分中 CO_2 含量“较高”，且有新鲜→蚀变→矿化 CO_2 含量递增的变化趋势（平均 8.87%→10.22%→14.57%），从图 6 中还可看出，本区煌斑岩 Au 与 CO_2 之间具有较好的相关性，表明两者具密切成因联系。前已述及，本区煌斑岩 CO_2 含量高，主要是外来 CO_2 和（或）富含 CO_2 物质参与的结果，即本区金矿成矿流体中的 CO_2 主要可能不是由煌斑岩提供。而煌斑岩中 CO_2 的来源还有待深入工作，从矿区现有 C 同位素资料[1,15]看，本区 CO_2 似乎具有多源性。其中幔源 CO_2 可能是地幔去气的产物，与煌斑岩的关系可简述为“煌斑岩岩浆活动引发了以 CO_2 为主的地幔去气作用”。

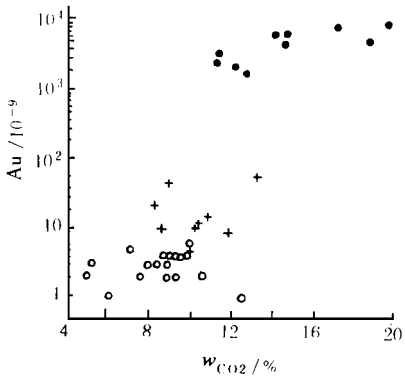


图 6 老王寨金矿煌斑岩 Au 与 CO_2 含量相关图

Fig. 6 Au—CO_2 diagram of lamprophyres in Laowangzhai

○—新鲜煌斑岩；＋—蚀变煌斑岩；●—矿化煌斑岩

4.2.3 *煌斑岩在金矿化过程中的作用* 上述分析表明，本区煌斑岩在金矿化过程中虽然直接提供大量 Au 源和成矿流体（主要指 CO_2）的可能性不大，但“煌斑岩岩浆活动引发了以 CO_2 为主的地幔去气作用”间接提供部分成矿流体（主要指 CO_2）。据本区新鲜、蚀变、矿化煌斑岩岩石化学对比结果（前文），笔者认为老王寨金矿煌斑岩在金矿化过程中还起“地球化学障”的作用，表现在：

①煌斑岩与金矿化时间上相近。唐尚鹑等获老王寨金矿老王寨矿段矿化煌斑岩蚀变铬水云母 Rb—Sr 年龄 32.8～39.7Ma[1]，库独木矿段矿化煌斑岩 Rb—Sr 年龄 28.2Ma；煌斑岩成岩时代为 22.7～49.0Ma[1,2]，可见，煌斑岩成岩时代与成矿年龄相近或稍早，两者可视为同时代喜山期产物。

②煌斑岩与金矿化空间上密切伴生。煌斑岩型金矿石为老王寨金矿主要的矿石类型之一，这类矿石占冬瓜林、搭桥箐矿段金总储量的 50%±；同时煌斑岩成矿与金矿成矿均与区内北西—南东向主干深断裂（张性环境）有关[1,2,17]，这与 Wyman 等[18]研究加拿大苏必利尔省太古代煌斑岩与金矿化关系所得结果一致。

③煌斑岩矿化过程中为相对氧化环境，本身起还原剂作用。表现在矿化煌斑岩比新鲜、蚀变者 Fe_2O_3 明显增加，FeO 明显降低，相应地 Fe_2O_3/FeO 比值大幅度地增加（前文），因此有还原金的作用，使之沉淀富集，即 $Au^{+}+Fe^{2+}\rightarrow Au^{0}\downarrow+Fe^{3+}$。换言之，煌斑岩在金矿化过程中起到“地球化学障”的作用。

本文撰写过程中得到中国科学院广州地球化学研究所李献华、解广轰、周永章研究员以及中国科学院地球化学研究所朱成明研究员的支持和帮助；参加野外工作的还有中国科学院广州地球化学研究所张绍立高级工程师、广东省地质矿产局符力奋高级工程师。在此表示感谢！

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

参 考 文 献

1　唐尚鹑．哀牢山北段金矿成矿带成矿规律初探．云南地质，1991，10（1）：44～70

2　黄智龙．云南老王寨金矿区煌斑岩地球化学及成因：[博士学位论文]．广州：中科院广州地球化学研究所，1995

3　Bergman S C. Lamproites and other potassium—rich rocks: a review of their occurrence, mineralogy and geochemistry. In: J Fitton, B G J upton (Editors). Alaline Igneous Rocks. Geol. Soc. Spec. Publ., 1987, 30: 103～190

4　Rock N M S. Lamprophyres. Glasgow: Blackie, 1990

5　Esperance S, Holloway J R. On the origin of some mica—lamprophyres: experimental evidence from a mafic minette. Contrib. Mineral. Petrol, 1987, 95 207～216

6　Foley S F. The genesis of lamproitic magmas in a reduced fluorine—rich. In: J Ross et al. (Editors). Kimberlites and Related Rocks. 1989, 1: 616～631

7　黄智龙，王联魁．云南老王寨金矿区煌斑岩中碳酸盐的化学成分及其意义．矿物岩石，1995，15（4）：30～33

8　王希渠．一种确定火成岩系列碱度的新方法．岩石矿物学杂志，1986，5（4）：376～378

9　路凤香，舒小辛，赵崇贺．有关煌斑岩分类建议．地质科技情报，1991，10（增刊）：55～62

10　黄智龙，王联魁．云南老王寨金矿区煌斑岩的地球化学．地球化学，1996，25（3）：255～263

11　黄智龙，王联魁，朱成明．云南老王寨金矿区煌斑岩的成因：稀土元素研究．高校地质学报，1996，2（1）：100～111

12　Ringwoog A E Composition and Petrology of the Earth's Mantle. New York, McGraw—Hill, 1975

13　Rock N M S, Groves D I. Can lamprophres resolve the genetic controversy over mesothermal gold deposits? Geology, 1988, 16: 538～541

14　Wyman D A, Kerrich R. Archean shoshonitic lamprophyres associated with Superior Province gold depostis: Distribution, tectonic setting noble metal abundance, and significance for gold mineralization. Econ. Geol. Monograph, 1989, 6: 651～667

15　Taylor W R, Rock N M S, Groves D I, Perring C S. Geochemistry of Archean shoshoritic lamprophyres from the Yilgarn Block, Western Australia: An abundance and association with gold mineralization. Applied Geochem, 1994, 9: 197～222

16　何明友，胡瑞忠．深源流体—老王寨金矿床流体来源的一种可能性．地质地球化学，1996，（2）：27～31

17　何文举，镇源金矿田煌斑岩特征及其与金矿成矿的关系．云南地质．1993，12（2）：148～158

18　Wyman D A, Kerrich R. Alkaline magmatism, major structures and gold deposits: implications of greenstone belt gold metallogeny. Econ. Geol, 1988: 83: 454～461

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://w

THE PETROCHEMISTRY OF LAMPROPHYRES IN LAOWANGZHAI GOLD OREFIELD, YUNNAN

Huang Zhilong① Wang Liankui②
(① *Institute of Geochemistry, A cademia Sinica of China*; ② *Guangzhou Institute of Geochemistry, A cademia Sinica of China*)

Abstract Laowangzhai super—large type gold camp, which is situated in the northern Mt. Ailao structure zone, Yunnan, is a typical orefield where lamprophyres are temporally and spatially related to gold mineralization. Lamprophyres in the orefield, whose range of ages are 22.7~49.0Ma, may be divided into minettes and kerantites according to mineral assemblage. Major elements show that rocks are alkalic series and potassic and potassic—rich calc—alkaline lamprophyres. Chondrite—normalized transtition element patterns of lamprophyres are "W"—shaped which suggests that the rocks are mantle derived, MORB—normalized incompatible element patterns are "camel—hump"—shaped which are enriched in large iron lithophile elements (LILE) and high field strength elements (HFSE) relatively, and have high $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.70694~0.70769) but low $^{143}Nd/^{144}Nd$ (0.512488~0.512493) ratios. All the characteristics above suggest that the source of lamprophyres in Laowangzhai gold deposits area is abnormal (rich) mantle. Lamprophyres in Laowangzhai gold orefield may be divided into fresh (weekly altered), altered and mineralized ones. The chemical compositions of three kinds of lamprophyres have obvious differences, especially in Fe_2O_3, FeO, CaO, Na_2O, and CO_2 etc. The Au contents of fresh lamprophyres are lower (averaging 3×10^{-9}) and CO_2 are mainly secondary products. During mineralization processes, lamprophyres might mainly play a role of "geochemical barrier".

Key words gold deposits; lamprophyres; petrochemistry; Yunnan

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w