

云南老王寨金矿煌斑岩中 CO₂ 的来源*

黄智龙 肖化云

(中国科学院地球化学研究所矿床地化开放室, 贵阳)

提 要: 云南老王寨金矿煌斑岩中 CO₂ 含量较高, 但主要为次生来源。岩石中不同产状碳酸盐的 C 同位素组成显示形成碳酸盐的 CO₂ 主要来源于地幔, 为本区煌斑岩岩浆活动过程中地幔去气作用和岩浆去气作用的产物。

关键词: 煌斑岩 碳同位素 老王寨金矿

云南老王寨金矿煌斑岩特别发育, 与金矿化时间上、空间上密切共生, 在国内外很具典型性。矿区煌斑岩主要为云煌岩, 少量云斜煌岩; 岩石普遍遭受蚀变, 部分经历了矿化作用, 按蚀变的相对强弱及是否矿化, 本区煌斑岩可分为新鲜(弱蚀变)、蚀变、矿化三种。全岩化学成分分析结果^[1]表明, 本区相对新鲜煌斑岩 CO₂ 的含量(含量范围在 5.10% ~ 9.56%, 平均为 7.45%) 明显高于目前公认能代表原生岩浆(蚀变极弱)煌斑岩中 CO₂ 的含量(一般在 0.5% 左右^[6]); 相关分析显示, 矿区煌斑岩中 CO₂ 的含量与 CaO、MgO 和 FeO 等含量不具相关性, 证实本区煌斑岩中的 CO₂ 主要为次生来源。此外, 矿区蚀变、矿化煌斑岩中 CO₂ 的含量(含量范围和平均值分别为 8.23% ~ 10.34%、9.19% 和 12.60% ~ 18.75%、14.95%) 高于新鲜煌斑岩, 暗示本区煌斑岩的蚀变流体和矿化流体中均含有 CO₂。本文分析了矿区煌斑岩中碳酸盐的碳同位素组成, 进而探讨岩石中 CO₂ 的来源及其与煌斑岩岩浆活动的关系。

1 煌斑岩中的碳酸盐

矿区煌斑岩中含有大量碳酸盐, 线性规划计算结果^[1]表明, 新鲜、蚀变、矿化三种煌斑岩中碳酸盐的含量(重量百分比)分别为 11.13% ~ 20.81% (平均 16.27%)、17.96% ~ 22.73% (平均 20.09%) 和 27.59% ~ 40.89% (平均 33.78%)。本区煌斑岩的碳酸盐主要产出形式和种类为: ① 为原生矿物橄榄石、辉石以及云母等的蚀变产物。在新鲜(弱蚀变)、蚀变、矿化煌斑岩中均广泛出现, 且其含量逐渐增加; 这种产状的碳酸盐以白云石-铁白云石为主, 形态不规则, 常替代原生矿物, 有时可见原矿物的假象及少数残余; ② 呈脉状形式出现的碳酸盐。这是后期碳酸盐脉活动的产物, 有的样品中见多期碳酸盐脉相互穿插, 以白云石和方解石为主, 少量铁白云石; ③ 呈基质产出的碳酸盐。这种碳酸盐数量较少, 它形充填在其它矿物颗粒之间, 与钾长石等浅色矿物共生, 以方解石和白云石为主; ④ 以球粒形式出现的碳酸盐, 这种碳酸盐少见, 产出形式与钾长石球粒特征相似, 常被长条状

* 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目

黄智龙, 男, 30 岁, 博士后, 副研究员, 矿床地球化学专业。邮政编码: 550002

基质云母包围, 主要由白云石组成。四种产状的碳酸盐相对数量为①>②>>③≈④。黄智龙等^[2]的研究表明, 矿区煌斑岩中不同产状的碳酸盐具有不同的化学成分。

2 样品选择及分析结果

矿区煌斑岩中四种产状碳酸盐的选样方法是: 暗色矿物蚀变形成的碳酸盐以白云石为主, 多具原矿物的假象、颗粒粗大、不洁净, 易于在双目镜下挑选; 呈脉形式出现的碳酸盐以方解石为主, 在发育碳酸盐脉的煌斑岩中挑选; 呈基质和球粒产出的碳酸盐均以白云石为主, 形态不规则、颗粒细小、洁净, 两者在煌斑岩中的数量很少且不易区分, 本文是在发育碳酸盐球粒的煌斑岩中挑选呈球粒形式出现的碳酸盐, 在碳酸盐球粒不明显的煌斑岩中挑选呈基质产出的碳酸盐。

表1列出矿区煌斑岩中不同产状碳酸盐的碳同位素组成。可见暗色矿物蚀变形成碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 相对稳定, 其变化范围为 $-2.0\text{‰} \sim -3.2\text{‰}$, 平均值为 -2.5‰ ; 呈脉形式出现的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 变化范围较宽, 在 $+0.7\text{‰} \sim -2.3\text{‰}$, 平均值为 -1.0‰ ; 呈基质产出的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 也相对稳定, 其变化范围为 $-4.1\text{‰} \sim -4.7\text{‰}$, 平均值为 -4.5‰ ; 呈球粒形式出现的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -5.1‰ , 略小于呈基质产出的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 值。

表1 老王寨金矿区煌斑岩中碳酸盐碳同位素组成分析结果 (PDB)

岩石样号	岩石名称	产地	分析样号	矿物名称	产状	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$
YD-20	云煌岩	冬瓜林	C-1	白云石	暗色矿物蚀变碳酸盐	-2.4
			C-2	白云石	基质碳酸盐	-4.6
YD-25	云煌岩	冬瓜林	C-3	方解石	脉状碳酸盐	-0.9
YD-34	云煌岩	冬瓜林	C-4	方解石	脉状碳酸盐	+0.7
YD-60	云煌岩	冬瓜林	C-5	白云石	暗色矿物蚀变碳酸盐	-2.7
			C-6	白云石	基质碳酸盐	-4.1
YD-B-1	云煌岩	冬瓜林	C-7	白云石	脉状碳酸盐	-2.3
YLV-5	云煌岩	老王寨	C-8	白云石	球粒碳酸盐	-5.1
YLV-24	云煌岩	老王寨	C-9	白云石	暗色矿物蚀变碳酸盐	-3.0
YLV-36	云斜煌岩	老王寨	C-10	白云石	暗色矿物蚀变碳酸盐	-2.0
YLV-42	云斜煌岩	老王寨	C-11	白云石	暗色矿物蚀变碳酸盐	-2.4
			C-12	白云石	基质碳酸盐	-4.7
YLV-C1	云煌岩	老王寨	C-13	白云石	脉状碳酸盐	-1.5
YT-6	云煌岩	搭桥箐	C-14	白云石	暗色矿物蚀变碳酸盐	-3.2
YK-1	云煌岩	库独木	C-15	白云石	暗色矿物蚀变碳酸盐	-2.1

3 讨 论

3.1 煌斑岩中 CO₂ 的来源

研究表明^[3,8]，金刚石、碳酸岩、大洋玄武岩、地幔包体等地幔样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 值较为分散（大致在 0‰ ~ -35‰），但主要在 -2‰ ~ -9‰ 之间分布。如果以 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -2‰ ~ -9‰ 作为幔源碳的标准，本区煌斑岩中 CO₂ 的来源具有以下特征：

(1) 暗色矿物碳酸盐化形成的碳酸盐、呈基质产出的碳酸盐和呈球粒形式出现的碳酸盐均在地幔 $\delta^{13}\text{C}$ 范围内，表明形成这些碳酸盐的 CO₂ 主要来源于地幔。

(2) 呈基质和球粒产出碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 低于暗色矿物蚀变形成碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ ，前者变化范围在地幔 $\delta^{13}\text{C}$ 的主峰值区（-4‰ ~ -8‰）内，CO₂ 无疑来源于地幔；后者变化范围在地幔 $\delta^{13}\text{C}$ 的高值区，暗示 CO₂ 主要来源于地幔，不排除少量其它来源 CO₂（如矿区围岩等）的参与。

(3) 呈脉形式出现的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 变化范围较宽，部分样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 在地幔 $\delta^{13}\text{C}$ 范围内，说明形成本区煌斑岩中碳酸盐脉的 CO₂ 具不同来源，这与煌斑岩中碳酸盐脉具多阶段性吻合。也就是说，本区煌斑岩中不同阶段形成的碳酸盐脉 CO₂ 具不同来源。

(4) 暗色矿物碳酸盐化形成的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 略低于矿区矿石的 $\delta^{13}\text{C}$ ^[4,5]，表明本区蚀变流体和矿化流体中 CO₂ 总体来源相似，CO₂ 主要由地幔提供，但矿化流体中可能有更多其它来源 CO₂（如矿区围岩等）的参与。

3.2 煌斑岩与 CO₂ 的关系

前已述及，老王寨金矿煌斑岩中的 CO₂ 主要为次生来源，岩石中碳酸盐的碳同位素又显示形成碳酸盐的 CO₂ 主要来源于地幔。那么，煌斑岩与 CO₂ 之间有无成因联系呢？对此本文作如下解释：地幔是一个巨大的挥发分储存库，众多幔源岩石的矿物包裹体的成分资料证实，地幔中的挥发分主要成分为 H₂O 和 CO₂。地幔岩浆活动伴随着复杂的挥发分活动过程，如地幔去气作用、挥发分溶解于岩浆、挥发分参与矿物结晶形成富含挥发分的矿物、岩浆去气作用和形成演化晚期分异流体。煌斑岩岩浆活动和 CO₂ 活动的对应关系可描述为：伴随地幔交代作用（地球化学研究^[6]表明，岩石为交代富集地幔部分熔融作用的产物）形成富集地幔过程中的地幔去气作用形成 CO₂（和其它挥发分，下同）气团（或流体）；在富集地幔部分熔融形成岩浆过程中，部分 CO₂ 溶解于岩浆形成含碳酸盐的原始岩浆；在岩浆演化过程中发生液态不混溶作用形成相对独立的碳酸盐熔体和硅酸盐熔体；岩浆继续演化，碳酸盐熔体不稳定，大部分分解形成的 CO₂ 以岩浆去气作用的形式脱离岩浆，少部分 CO₂ 或重新溶解于岩浆、或以未分解碳酸盐熔体的形式存在于岩浆中；在岩浆演化晚期，岩浆中的 CO₂ 部分呈基质碳酸盐出现，部分呈球粒出现，还有部分形成晚期分异流体。可见，CO₂ 活动体现在煌斑岩岩浆活动整个过程，而且主要发生于地幔去气和岩浆去气阶段，这些气体沿深大断裂上升，除以气体的形式散溢外，还参与形成蚀变流体和成矿流体。

由此可见，老王寨金矿煌斑岩蚀变流体（和矿化流体）中的 CO₂ 虽然可能不是直接由煌斑岩提供，但煌斑岩岩浆活动过程中的地幔去气作用和岩浆去气作用形成的 CO₂ 可能是蚀变流体（和矿化流体）的主要来源。

参 考 文 献

- 1 黄智龙, 朱丹. 云南镇沅金矿区煌斑岩矿物含量统计及其意义. 地质地球化学, 1997, (3): 19~24.
- 2 黄智龙, 王联魁. 云南老王寨金矿区煌斑岩中碳酸盐化学成分及其意义. 矿物岩石, 1995, 15 (4): 30~33.
- 3 储雪蕾. 地幔的碳同位素. 地球科学进展, 1996, 11 (5): 446~452.
- 4 何明友, 胡瑞忠. 深源流体——老王寨金矿床含矿流体来源的一种可能性. 地质地球化学, 1996, (2): 27~31.
- 5 胡云中, 唐尚鹤, 王海平等. 哀牢山金矿地质. 北京: 地质出版社, 1995.
- 6 黄智龙, 王联魁. 云南老王寨金矿区煌斑岩地球化学. 地球化学, 1996, 25 (3): 255~263.
- 7 Bergman S C. Lamproites and other potassium-rich rocks: a review of their occurrence, mineralogy and geochemistry. In: J. Fitton and B. G. J. Upton (Eds): Alaline Igneous Rocks. Geol Soc Spec Publ, 1987, 30: 103~190.
- 8 Deines P. Mantle carbide: concentration, mode of occurrence, and isotopic composition. In: Schidlowski M et al. (eds). Early organic evolution: implications for mineral and energy resources. Berlin: Springer-Verlag, 1992, 133~146.

<http://www.kcdz.ac.cn/>