

砂金及“狗头金”次生增生的有限性

李志明^{1,2}, 刘家军¹, 张长江², 李恩东¹, 冯彩霞¹

(1. 中国科学院 矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002; 2. 石油地球物理勘探局 第五地质调查处研究所, 河北 固城 072656)

摘要: 对砂金、“狗头金”的次生增生边宽度, 砂金和“狗头金”的粒度和成色与原生金矿体的自然金粒度和成色的对比结果表明, 砂金、“狗头金”在表生条件下的次生增生程度是十分有限的。对有限增生的原因进行了分析, 认为可能与 H_2O_2 、微生物等对微细粒金具有双重作用有关, 即其对微细粒金的溶解及再生均起作用。从而得出砂金及“狗头金”应由原生金矿体中的富金集合体(大块金及金的巨晶)在表生条件下遭受改造并发生有限增生所形成。

关键词: 砂金; “狗头金”; 有限增生; 微生物

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-558X (2002) 01-0056-04

长期以来砂金及“狗头金”的成因问题一直是备受人们关注的热点, 先后提出了机械、化学、生物化学及冰冻富集作用成因等观点^①, 除机械成因观点外, 其他成因学说均主张砂金及“狗头金”是在表生环境中在微、细金粒基础上经次生增生作用所形成。尽管也有学者不否认机械成因的作用^[1], 但仍然强调表生条件下化学增生等作用可能更重要。然而, 笔者认为表生条件下砂金及“狗头金”的次生增生是十分有限的, 砂金及“狗头金”应由原生金矿体中的富金集合体(大块金及金的巨晶)在表生环境下遭受各种改造并发生有限增生而形成。

1 次生增生边的宽度及粒度对比

砂金及“狗头金”的表层普遍存在着—

层“纯金边”, 被认为是在表生条件下由化学增生等作用形成^{②, [2-5]}, 即次生增生形成。据张爱新等^[6]对大小兴安岭北部若干矿区砂金“纯金边”宽度统计资料(表1)可知: 由次生增生形成的“纯金边”宽度一般小于 0.0 mm, 并且增生边的宽度与砂金的粒度大小不具对应性; 另据 Groen 等^[7]和 Southam^[8]的研究资料, “狗头金”的表生再生金边厚度仅为 μm 级, 说明次生增生作用对砂金及“狗头金”粒度大小的贡献是有限的。有关统计资料^{②, [6, 9]}表明, 砂金矿中绝大多数金粒的粒度大于 0.3 mm, 其中以 1~4 mm 者最常见, 而原生金矿体中常见的自然金粒度一般小于 0.1 mm, 并以小于 0.01 mm 者为主。可见砂金矿中砂金的粒度比原生金矿体中常见的自然金粒度至少要高出 2 个数量级, 至于岩石中所含的自然金, 其粒度可能就更小了。所以, 尽管表生条件下确

①李志明, 刘家军, 张长江, 等. “狗头金”成因新认识. 地质与勘探 (待刊).

②王义文. 关于砂金成因的几个问题. 章振根, 欧阳自远, 徐仲伦. 中国金矿大全 (第五卷), 1990. 55-61.

收稿日期: 2001-10-15. 李杰美编辑.

作者简介: 李志明 (1968-), 男, 上海南汇人, 博士研究生, 从事矿床地球化学及环境地球化学研究.

表 1 大小兴安岭北部若干矿区砂金“纯金边”宽度统计

矿区	样品数	砂金粒度 ^①	“纯金边”宽度 ^② /mm	矿区	样品数	砂金粒度 ^①	“纯金边”宽度 ^② /mm
大林河	5	粗—巨粒	0.02~0.1	马大尔	7	粗—巨粒	0.005~0.05
兴隆沟	2	粗—巨粒	0.005~0.01	兴隆后小沟	3	中粒	0.005~0.06
沃格达	1	巨粒	0.02~0.05	胡通河	1	粗粒	0.02~0.03
24号桥	3	粗粒	0.005~0.02	北宽河	1	粗粒	0.005~0.01
南宽河	1	巨粒	0.01~0.02	葛拉曼河	2	粗—巨粒	0.005~0.1
腰卡	9	粗—巨粒	0.01~0.1	五道沟二支沟	1	巨粒	0.01~0.08
猪肚子河	1	巨粒	0.04	南大岗	1	粗粒	0.01~0.2

①砂金粒度分级标准:巨粒大于 1 mm,粗粒 1.0~0.5 mm,中粗粒 0.50~0.25 mm,中粒 0.25~0.10 mm,细粒小于 0.1 mm;
②“纯金边”宽度系矿相镜下测微尺测得。

实存在次生增生这一客观事实,但次生增生是十分有限的,以小于 0.1 mm 的自然金粒为基础,经次生增生显然是不足以形成大颗粒砂金,更不用说形成“狗头金”了。

2 成色与次生增生的有限性

王义文^[5]曾指出在表生条件下金的化学增生的结果导致了块金的形成和砂金矿的再生,目前看来这一结论值得讨论。根据电子探针分析揭示,砂金及“狗头金”表面次生增生形成的“纯金边”金的成色一般均在 970 以上^①。由表 2 可见,砂金内核金的成色与原生金矿体中自然金的成色相一致,而由次生增生所形成的砂金外壳金的成色显著提高,多数在 980 以上,并且砂金外壳金的成色与内核金的成色无相关性,表明次生增生作用形成的“纯金边”金的成色不受物源金的成色控制。那么,如果砂金及“狗头金”主要在微、细金粒基础上通过次生增生形成,则砂金及“狗头金”的成色应当在 950 以上。但据统计资料^[6],砂金的常见成色仅为 800~900,并且张宝林等^[10]对黑龙江大小兴安岭北部近 400 个砂金成色数据的统计研究结果揭示,砂金成色与区内的岩金矿的金成色相一致;另外“狗头金”的常见成色也仅为 700~900 (表 3)^[11-12],这些数据同样表明表生条件下砂金及“狗头金”的次生增生是有限的,这进一步阐明了

砂金尤其是大颗粒砂金及“狗头金”不可能由原生金矿体中的微细粒金粒经次生增生而形成。

表 2 大小兴安岭北部若干矿区砂金外壳与内核金成色对比

矿区	样品编号	金成色	
		内核	外壳
大林河	4-1	887	994
马大尔	8-1	595	986
沃格达	40-1	682	935
兴隆沟	21	649	985
胡通河	13-2	779	978
24号桥	19-2	865	994
腰卡	A-1	786	968
北宽河	38	656	988
猪肚子河	47	789	989
南大岗	29	840	994

注:据张爱新等,1994。

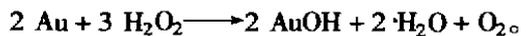
表 3 “狗头金”成色统计

产地	重量/g	成色	产地	重量/g	成色
山东栖霞	812.5	850	陕西南郑	810	900
青海湟中	3 561.4	850	河北隆化	167	800
湖南益阳	281	910	湖南益阳	203	910
湖南益阳	2 160.8	944	湖南益阳	1 511.5	919
湖南益阳	943.8	910	湖南桃江	4 000	600
青海德令哈	3 561.4	850	四川白玉	500-630	700-840
山东蓬莱	90.1	870	山东牟平	3 700	720

3 次生增生有限性原因浅析

发育于表生环境中的砂金及“狗头金”

表面普遍存在次生增生边是一个不可否认的事实,同时一系列的证据又表明次生增生程度是十分有限的。那么是什么原因导致表生环境中 Au 既能发生次生增生,却只能发生有限的增生呢?大量的研究工作表明, Au 在矿石矿物中主要以自然金形式为主,组成砂金及“狗头金”增生边的 Au 是自然金溶解后再生的产物。这就必然完成先被氧化: $Au^0 \rightarrow Au^{3+}$ (或 Au^+), 后被还原: Au^{3+} (或 Au^+) $\rightarrow Au^0$ 的化学过程^[13]。实验研究表明^[13~17], 表生条件下块金的生长与溶液中 H_2O_2 质量浓度及微生物作用有关。而在自然界中,发育砂金及“狗头金”的地质环境区,如高寒地区,阳光充足的沙滩、河岸及微生物和有机质发育的一些地表区正是 H_2O_2 容易产生的地区,并且微生物新陈代谢过程中本身可产生相当可观的 H_2O_2 。但由于 H_2O_2 性质特殊,其既是氧化剂又是还原剂,因此其对 Au 的溶解及再生均起作用。 H_2O_2 对 Au 的活化过程可能为



而 H_2O_2 对 Au 的还原再生过程中可能按 $2 AuOH + H_2O_2 \longrightarrow 2 Au \downarrow + 2 H_2O + O_2$ 方式进行。

这样在一定条件下,上述 2 方程可能会处于一个近似的动态平衡状态,从而使次生增生作用受到制约。

微生物对微细金的作用同样具有双重性,一方面微生物在生长的早、中期能吸附 Au,使自然金氧化和溶解并以配合物形式发生迁移,另一方面微生物在生长的晚期又能对 Au 进行还原并使 Au 沉淀。这可能是 Au 次生增生有限性的另一原因。

据关广岳^①的研究结果,金粒度愈小,其活化能愈低,溶解度就愈大。故由于各种还原作用生成的金颗粒甚细,它们极容易被活化、溶解而发生迁移,从而使次生增生又

受到限制。

当然,自然界的表生环境是极其复杂的,一定还有其他原因制约着 Au 次生增生程度,尚需进一步探索。

4 结 语

发育于表生环境中的砂金及“狗头金”尽管存在着次生增生结果,但次生增生程度是十分有限的,其原因可能与 H_2O_2 及微生物等对金具有双重作用有关。因此一般的原生金颗粒及表生次生增生作用不足以形成大颗粒砂金及“狗头金”,砂金及“狗头金”应主要由原生金矿体中的富金集合体(大块金及金的巨晶)在表生环境中遭受各种改造并发生有限增生所形成。

参考文献:

- [1] 樊文苓,易东山,王声远.砂金及狗头金形成机理的初步实验研究[A].李朝阳,朱祥坤.中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室年报[C].贵州:贵州科技出版社,1991.149-155.
- [2] 陈福,朱笑青,张宝林.冻土带砂金后生长大壳层的发现及其意义[J].科学通报,1995,(7):671.
- [3] Clough D M, Craw D. Authigenic gold-marcasite association: Evidence for nugget growth by chemical accretion in fluvial gravels, Southland, New Zealand [J]. *Economic Geology*, 1989, 84: 953-958.
- [4] Youngson J H, Craw D. Evolution of placer gold deposits during regional uplift, Central Otago, New Zealand [J]. *Economic Geology*, 1995, 90: 731-745.
- [5] Youngson J H, Craw D. Gold nugget growth during tectonically induced sedimentary recycling, Otago, New Zealand [J]. *Sedimentary Geology*, 1993, 84: 71-88.
- [6] 张爱新,张宝林.黑龙江、新疆砂金研究新进展[A].中国科学院黄金科技工作领导小组办公室.中国金矿研究新进展,第一卷(下篇)[C].北京:地震出版社,1994.483-549.
- [7] Groen J C, Craig J R, Rimstidt J D. Gold-rich rim formation on electrum grains in placers [J]. *Canadian Mineralogist*, 1990, 28: 207-228.

① 关广岳.金的活化与金的成矿.超大型矿床寻找及理论研讨会报告,1989.

- [8] Southam D. Quantification of sulfur and phosphorus within secondary gold rims on Yukon placer gold [J]. *Geology*, 1998, 26: 339-342.
- [9] 王星, 张玉峰. 砂金水化学成矿因素探讨 [J]. *黄金地质*, 2001, 7 (2): 20-22.
- [10] 张宝林, 宋长春, 淳于树菊. 大小兴安岭北部砂金岩金相互关系及岩金找矿方向的初步研究 [J]. *地质地球化学*, 1996, 24 (1): 1-5.
- [11] 张甲忠. 中外“块金”集矿及其成因分析 [J]. *地质与勘探*, 1989, 25 (5): 19-23.
- [12] 罗献林. 中国“狗头金”刍议 [J]. *黄金地质*, 2000, 6 (4): 53-58.
- [13] 涂光炽, 高振敏, 程景平, 等. 低温地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. 213-227.
- [14] 王玉荣, 卢冰, 黄国君, 等. 对表生块金形成机理的新认识: 一个偶然发现的现象 [J]. *地球科学进展*, 1992, 7 (2): 86-88.
- [15] 王玉荣, 张海洋. 表生块金与微生物 [J]. *地球科学进展*, 1994, 9 (3): 91-92.
- [16] 张海洋, 阙小凤, 王玉荣. 室温条件下微生物环境中块金生长机理的实验研究 [J]. *地球化学*, 1999, 28 (2): 177-182.
- [17] 张焕清. 中国西部“金三角”地区狗头金形成机理和生物-化学聚金工程 [J]. *地球科学进展*, 1992, 7 (2): 89.

The limitation of secondary accretion of placer gold and nugget

LI Zhi-ming^{1,2}, Liu Jia-jun¹, ZHANG Chang-jiang², LI En-dong¹, FENG Cai-xia¹

(1. Opening Research Lab. of Mineral Deposits Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guiyang, Guizhou 550002, China; 2. No.5 Division Research Institute, Prospecting Bureau of Petroleum Geophysical, Gucheng, Hebei 072656, China)

Abstract: The studies of the width of secondary accretion rim, and comparison study of the particle size, fineness between placer gold, nugget and original gold minerals show that the secondary accretion of placer gold and nugget is very limited in supergene environment. The analysis of the cause of secondary accretion show that it related to the dual function to micrograined gold by H₂O₂ and microbe, that is to say H₂O₂ and microbe take effect on the solution and regeneration of micrograined gold. So placer gold and nugget are caused by the modification and limited accretion of the original gold-rich aggregation (block gold and magacrystalline gold) in the supergene environment.

Key words: placer gold; nugget; limited accretion; microbe