

文章编号: 0254—5357(2001)01—0060—05

金矿样品采样—加工—化验质量的综合研究

索明源

(内蒙古有色地质勘查局, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 对不同类型金矿石取样方法和加工方法进行了实验研究。实验表明, 对于任何一个新矿区金试样的加工制备, 应查明矿石类型、主要成分、赋存状态, 查清自然金粒度分布情况, 通过实验制定切实可行的采样方法、加工流程, 选择正确的分析方法, 从而保证分析结果的准确度。

关键词: 金矿; 采样; 加工; 化验质量

中图分类号: P624.4 **文献标识码:** B

金在地壳中丰度很低, 分布也极不均匀, 即使是金矿样品中的自然金, 嵌布也很不均匀, 而且金的物理、化学性质也很特殊。因此, 岩矿测试中金的分析测定是一项比较复杂的工作, 其分析结果受采样的代表性; 样品加工的均匀性和缩分的合理性; 分析方法的正确选择和分析操作的规范化程度等因素的影响。本文针对不同类型金矿的采样方法、加工方法, 通过实验、对比, 摸索出了一些规律, 总结出一套解决问题的行之有效的办法, 经过实践证明对金矿样品的采集、加工、分析测试具有实用价值。

1 采样

岩矿样品中金试样的采集, 主要分为地表拣块、探槽及坑道刻槽取样、钻探岩芯取样等。

地表拣块依据含金矿脉控制情况布置采样线, 沿线布点取样。随机性较大, 同一采样线上相邻两个样品分析结果往往差别很大, 但多个样品分析结果往往有某种趋势, 能够说明问题, 具有综合研究价值, 这种采样具有一定代表性。

探槽取样是地表工程揭露的一种施工手段, 采样按刻槽规范等距离取样, 长×高×深一般为 100 cm×10 cm×5 cm。但由于金的矿化均匀度较低, 这种刻槽取样的代表性仍然较差。必须采取减小刻槽深度、扩大刻槽表面积、在有效刻槽面内划网

度均匀以点取样合成大样, 并保证原来样重, 才会取得更好的代表性。表 1 列出内蒙梁前金矿探槽取样对比情况。

表 1 探槽取样时不同采样方式品位对比
Table 1 Comparison of different trench sampling methods

采样方式 sampling method	w(Au)/10 ⁻⁶				
	Tc ₆	Tc ₁₂	Tc ₃	Tc ₄	Tc ₅
规范样 regular sampling	0.63	4.10	0.10	0.54	0.72
0.6~0.8 m ²	1.14	2.65	1.23	0.78	1.38
重采样 repeat sampling		2.87	1.09		1.32

经过重新采样验证, 在 0.6~0.8 m² 面积内均匀布网采样的代表性得到了证实, 说明是可靠的。

钻探是深部验证的一种施工手段, 取样是采集岩芯。目前全部采用小口径钻机, 岩芯量较少, 一般是全部取样。其代表性取决于钻孔孔位, 如果能穿过矿体, 样品还是具有代表性的。

事实上无论是哪一种含金试样, 取样的代表性是准确测定金的一个重要前提。

2 加工

含金岩矿样品的加工碎样是岩矿样品制备中最复杂、难度最大的工作。金在自然界中大多数以自然金状态存在, 嵌布极不均匀, 而且延展性极强。

收稿日期: 2000-09-18; 修订日期: 2000-12-05
作者简介: 索明源(1958—), 男, 蒙古族, 内蒙古呼和浩特市人, 高级工程师, 从事分析化学工作。

从理论上计算, 1 g 黄金如果拉成细丝, 其长度可达 3 km; 如果碾成薄膜, 其面积可达 27 m²。所以, 在含金岩矿样品加工制备过程中, 样品中的基岩介质与金粒不可能被同步破碎, 用基岩的最大粒径代替金粒计算是不适合的。在这里, 切乔特缩分公式只适用于微粒型金矿, 而其他类型金矿的加工程序, 应针对每个矿区类型、特点、金赋存主要状态进行试验后方可确定加工流程, 否则会出现偏差。

鉴于含金岩矿样品的特性, 目前普遍采用一次性缩分。然而即使是这样, 也还是解决不了丢矿、漏矿以及成矿假象的问题。内蒙中东部某金矿矿样见有明金粒, 但分析结果 Au 含量却很低甚至不含金, 副样细碎后分析结果与基本分析样相符。笔者对该批样品采样点重新采样, 用同样的加工流程碎样到粒径 0.84 mm 缩分, 分析正样加工到 0.074 mm; 同时留取缩分后本应弃掉的那一部分弃样, 重新混匀后分取 1/2, 按基本分析样加工流程碎样到 0.074 mm, 与基本分析样同批送实验室编密码交由同一个分析人员分析, 结果对照见表 2。

表 2 基本分析样与弃样分析结果对照

Table 2 Comparison of the analytical results in selected samples and abandoned samples

编号 No.	w(Au)/10 ⁻⁶	编号 No.	w(Au)/10 ⁻⁶
GH-6	1.87	弃 GH-6	0.92
GH-9	0.54	弃 GH-9	1.62
GH-11	0.62	弃 GH-11	1.14
GH-12	0.30	弃 GH-12	0.26
GH-16	1.76	弃 GH-16	4.28
GH-17	0.58	弃 GH-17	2.32
GH-22	0.40	弃 GH-22	0.26

从表 2 中可以看出, 7 对样品中有 4 对存在丢矿现象, 且有金品位越高, 丢矿越严重的趋势。根据事前对原矿观察, 虽有明金, 但其粒径远未达到 0.3 mm。为了查明原因, 笔者将原样全部破碎到 0.84 mm, 缩分一半继续加工为分析试样, 另一半作重砂法试验, 进行自然金粒度情况的测定, 查明金粒度最大仅为 0.1 mm, 同时对矿石作组合分析和物相分析, 结果表明该矿区金矿石主要以褐铁矿、赤铁矿和软锰矿等形式存在, 不利于金粒的加工破碎。因为加工到 0.84 mm 时仍有较大颗粒存

在, 缩分过程中流失概率较大。针对这种岩性的试验, 采取了加工到 0.59 mm 缩分, 并在中碎环节重复 3~5 次的办法, 取正样和缩分弃样细磨到 0.074 mm 后送实验室分析, 结果见表 3。

表 3 基本分析样与弃样分析结果对照

Table 3 Comparison of the analytical results in selected samples and abandoned samples

编号 No.	w(Au)/10 ⁻⁶	编号 No.	w(Au)/10 ⁻⁶
GH-9	1.09	弃 GH-9	1.20
GH-11	0.86	弃 GH-11	0.92
GH-16	2.17	弃 GH-16	2.04
GH-17	1.02	弃 GH-17	1.05
GH-6	1.14	弃 GH-6	1.07

实验证明, 对基岩介质较软的明金样品加工制备, 应提高缩分标准, 重复中碎来强化破碎, 增大试样中自然金粒的磨损机会, 提高自磨效果, 使其得到较充分的破碎, 尽可能在缩分前比较均匀地分布在试样中, 才能有效地避免丢矿现象。同时也消除了分析结果偏高而导致的成矿假象。如表 2 中的 GH-6 号样品分析结果。经过新的加工流程来制样, 分析数据得到了修正, 结果令人满意。该矿区的加工制样经内检 15 件样品与基本分析样结果对照, 合格率达到 93%, 且经过 *F* 检验, 不存在显著性差异, 两项指标均达到了《规范》^[1] 要求。

针对该矿区金样品基岩介质软的特点, 笔者曾经做过加入空矿石英岩和市售石英砂碎样的试验, 结果见表 4。

表 4 掺砂后分析结果对照

Table 4 Analytical results for sand-mixed samples

编号 No.	样品 sample	m/kg		w(Au)/10 ⁻⁶	
		加入石英岩 add quartzite	加入石英砂 add quartzsand	基本样 basic analysis sample	弃样 abandoned sample
GH-6	8	2		1.54	1.09
GH-6	8	4		1.20	1.32
GH-16	8		1	2.20	3.10
GH-16	8		2	2.37	2.66

从表 4 可以看到,空矿石英岩加入 20 %时,过 0.84 mm 筛缩分,两种分析结果仍有较大的差距;加入 33 %时效果明显,但对矿样稀释过量,不利于较低品位金试样的分析测定。石英砂加入 11 %效果不明显;加入 20 %成本过高,影响经济效益。相比之下,中碎重复加工、提高缩分标准至 0.59 mm 的方法比较简便易行。

在对内蒙古中东部另一金矿的加工制样试验过程中,针对该矿区金品位极不稳定的特点,做了比较系统的研究。

- ① 原矿光谱半定量结果($w_B/10^{-2}$)
Pb 0.01, Zn、Ti、As 0.02, Ni、Sr、Ba、Mn 0.03, Mo、Ag、Be、Co、Cu 0.001, Sn、Ga、Bi< 0.001, Na 0.05, B< 0.001, Cr< 0.003, V 0.002, W< 0.01, Ca、Mg 0.1, Al 1, Fe 5, Si> 10。
- ② 原矿多项目分析($w_B/10^{-2}$)
Cu 0.0043, Zn 0.011, Fe₂O₃ 8.22, Al₂O₃ 4.70, S 0.048, SiO₂ 76.29, MgO 0.11, CaO 0.34, TiO₂ 0.28。

③ 物相分析

通过物相分析查清了矿石类型,该区金矿属于石英脉型,金属矿物大于 15 %,主要为黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、铜蓝、高岭土伴糜棱岩化。

- ④ 金的赋存状态
- a. 自然金分布很不均匀。有的岩体几乎查不到金,有的光片则多达 100 粒以上。
- b. 金的粒度绝大多数属于细粒金(< 0.01 mm),少部分为 0.03 ~0.17 mm;
- c. 金的形态多为角粒状、尖角粒状、长角粒状,少量叉状或圆粒状。
- d. 金的赋存状态大多数与石英有关,为石英粒间金,石英裂隙金及石英包裹金。一部分与褐铁矿、赤铁矿、黄铁矿有关,为褐铁矿与石英粒间金,褐铁矿包裹金,金粒较石英粒间金大。另一部分为高岭土糜棱岩间混合金粒,粒度明显较石英岩及铁矿化中金粒大得多。

首先对该区样品以中粒金等级加工到 0.84 mm 缩分,以缩分弃样与基本分析样及副样对照分析,结果见表 5。

表 5 0.84 mm 缩分分析结果对照

Table 5 Analytical results for samples with 0.84 mm sample splitting

编号 No.	$w(Au)/10^{-6}$		
	基本样 basic sample	副样 spare sample	弃样 abandoned sample
GD—137	2.44	2.68	4.04
GD—196	0.62	0.87	3.92
GD—152	4.66	4.90	1.98

从分析结果可以看出,0.84 mm 缩分代表性较差。因此又采用中碎重复进行 3 次,0.59 mm 缩分的办法,分析结果见表 6。

表 6 0.59 mm 缩分分析结果对照

Table 6 Analytical results for samples with 0.59 mm sample splitting

编号 No.	$w(Au)/10^{-6}$		
	基本样 basic sample	副样 spare sample	弃样 abandoned sample
GD—137	3.75	3.82	2.14
GD—196	1.24	1.60	2.87
GD—152	4.52	4.37	1.64

经过分析对比,证明中碎重复,0.59 mm 缩分的效果不理想。采用中碎重复 2 次,0.42 mm 缩分的办法,分析结果见表 7。

表 7 0.42 mm 缩分分析结果对照

Table 7 Analytical results for samples with 0.42 mm sample splitting

编号 No.	$w(Au)/10^{-6}$		
	基本样 basic sample	副样 spare sample	弃样 abandoned sample
GD—137	3.10	2.95	2.90
GD—196	1.64	1.57	1.72
GD—152	3.40	3.21	3.15

根据试验情况,又跟踪抽查缩分弃样多次,分析结果都比较理想。经与地质项目负责人研究后,正式把中碎重复 2 次,0.42 mm 缩分的方法定为该矿区金矿试样加工流程。后经内检和外检,内检合格率 100 %, F 检验合格;外检 30 件样品合格率 94.6 %, t 检验合格。

内蒙古中部另一金矿的矿石类型有很大区别。

这个矿区金矿主要赋存在石英岩体内, SiO_2 含量为 $w = 93\%$ 。矿石界面偶尔也能见到明金, 粒度 $0.06 \sim 0.3 \text{ mm}$ 。但是按正常的加工流程, 中碎到 0.84 mm 缩分, 抽取弃样继续加工到 0.074 mm , 分析结果与基本分析样结果对照, 未见超差。副样抽查结果也很好。这说明该矿石含金介质硬度较大, 有利于金的破碎加工。

实践证明, 对于任何一个新矿区金试样的加工制备, 应先查明矿石类型、主要成分、赋存状态, 再利用重砂法或筛上残金对比法查清自然金粒度分布情况, 通过试验制定切实可行的加工流程, 是确保分析试样具有代表性的有效途径。

3 分析测试

金的测试工作中试样分解是一个关键步骤。不同类型的金矿样其溶解方法各有不同, 但总的原则是使试样分解完全, 尽可能使金的溶出率达到最高。对高硫矿或含炭质、油质较高的矿样, 通常是用焙烧法先期处理, 然后加入 $\varphi = 50\%$ 王水溶解。对含碳酸盐金矿样, 可直接加入 $\varphi = 50\%$ 王水溶样, 同时加入 KClO_3 或 NH_4HF_2 作助溶剂; 也可以不经焙烧直接溶样; 对硫化矿样选用逆王水逐次加入, 加热至无氮氧化物烟后继续溶样; 对高硫矿或含炭质、油药等有机物的矿样, 可先加 HNO_3 处理数次, 加热到无氮氧化物烟时再补加少许 HNO_3 , 分次加入 KClO_3 $1 \sim 2 \text{ g}$, 加热分解到试样无黑色残渣及硫酸盐结块后, 再加入王水溶样^①。

试样溶解后, 为了提高测定金的灵敏度和准确度, 需要分离富集。通常的分离富集方法有活性炭吸附法、色层法和萃取法, 后者应用较多。

Au 的测定方法有多种, 金矿样品中 Au 的测定主要有容量法、分光光度法和原子吸收法等。容量法主要是氢醌滴定法和碘量法^[2], 矿山实验室及个体矿业主采用很普遍, 特别是野外氰化浸金工艺中碘量法测定 Au 简单适用, 但掌握不好也容易

出问题。以内蒙古大青山某个体矿业主氰化浸金一事为例: $6\,000 \text{ t}$ 规模的浸金尾矿砂, 野外实验室用碘量法测定 32 件样品, 平均品位为 2.45 g/t ; 法院将原样品委托本测试中心分析裁决, 测定结果 32 件样品平均品位 1.36 g/t , 结果为双方平息了这场金额高达 50 万元的经济纠纷。由此可见, 经典的分析方法也必须严格按照规范操作, 才能保证分析质量。

分光光度法中主要有硫代米蚩酮光度法和孔雀绿光度法^[2]适合金矿样品中金的测定, 后者目前用得较少。硫代米蚩酮光度法需与其他分离富集技术结合, 才能提高分析的灵敏度, 如硫代米蚩酮微珠光度法可以测定 $(0.3 \sim 100) \times 10^{-9}$ 的 Au。

在金的测定方法中, 目前在岩矿样品分析中应用最广泛的是原子吸收法。本实验室用乙酸丁酯萃取火焰原子吸收法测定岩矿样品中 $(0.1 \sim 200) \times 10^{-6}$ 的 Au^②, 多年来对内蒙古地区不同类型金矿样品中的 Au 进行了测定, 密码抽查、标样合格率、外检合格率都达到了规范要求。最近一次内蒙古中东部某金矿外检 30 件样品, 合格率 91%, 经过 t 检验质量合乎要求, 不存在系统性误差。

4 结语

目前, 金矿样品中 Au 的测定方法已经成熟, 溶解试样的难点也已解决。影响金测定结果的主要因素仍然是试样加工流程及采样的代表性。实际上采样、加工、化验中任何一个环节出问题, 都会影响分析结果的准确性。因此, 每个环节都必须严格按照规范和规程进行操作, 每个环节之间交接必须按规范执行, 记录详实, 责任分明, 形成一个严密的质量保证体系。

5 参考文献

- [1] DZ 0130° 1~13—94. 地质矿产实验室测试质量管理规范[S].
- [2] DZG 93—09. 岩石和矿石分析规程(第二册)[S].

① 中国有色金属工业总公司地质局. 地质、化探样中金的实用分析方法. 1989, 42, 59, 63.

② 中国有色金属工业总公司地质局. 有色地质分析规程(上册). 1992, 162—163.

Study on Quality Control in Sampling, Sample Processing and Sample Analysis for Gold Ores

SUO Ming-yuan

(Inner Mongolia Geological Exploration Bureau for Non-ferrous Metals, Huhehaote, 010010, China)

Abstract: Sampling and sample processing methods for different type of gold ores are studied through the experiments. The results show that before sampling and sample processing in any new gold mine some basic information, such as type and main components of the ores, existing appearance and grain size distribution of natural gold should be investigated. And in order to get accurate and reliable analytical results more attention should be paid to careful design of sampling and sample processing methods and selection of right analytical methods through experiments.

Key words: gold mine; sampling; sample processing; analytical quality

(上接第 59 页)

Study on Surface Modification of Wollastonite

CHI Bo, SHEN Shang-yue, LI Zhen, HUANG Fu-chun

(College of Material Science and Chemical Engineering,
China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: In this article, the processing conditions of surface modification of Hubei Daye wollastonite are studied. The modified wollastonite is evaluated by some measurement methods such as sedimentation height in different solvent medium, surface contact angle method, infra-red spectrometry and rubber-packing test. The results indicate that the wollastonit is modified effectively and the filling performances of the modified wollastonites are greatly improved, which has been verified by the application experiments.

Key words: wollastonite; surface modification; evaluation of modification effect; filling performances