

金矿石化学成分及物相分析法应用的经济价值

龚 少 (山西省地质勘查局二一七地质队有限公司, 山西 大同 037008)

摘 要: 地球上自然存在的金元素主要以微小的颗粒形式, 肉眼难以辨认, 需要通过显微镜或者特殊的地质检测方法来观察和识别, 并存在于岩石的裂缝中形成的矿物。矿物中的金以不同的形式存在, 包裹金指的是金颗粒被其他矿物包裹, 通常是石英或者硫化物; 单体金是指金独立存在的小颗粒或者粒状物, 容易提取; 而连生金则是指金与其他矿物, 如银或铜, 形成的合金或者复合体。分析金矿石的化学成分和物相结构对有助于提高金的提取效率, 还能减少环境污染和提升经济效益。因此, 本文着重分析金矿石的化学成分和物相, 旨在提供全面的理解, 以便更有效进行金矿的开采和加工, 最大程度提高金矿石利用价值。

关键词: 金矿石; 化学成分; 物相分析法; 经济价值

化学物相分析是用于识别和量化物质中不同化学组分的科学技术, 核心在于理解和分析物质中的不同物相, 即物质的不同化学和结构形态, 在材料科学、地球科学、化学工程等领域被广泛应用, 取得了良好的经济效益。其中, 物相指的是在相同的压力和温度条件下, 具有相同化学组成和结构的物质部分, 比如水在不同条件下可以存在为液态、固态(冰)和气态(水蒸气), 称之为水的不同物相。化学物相分析的目的是确定样品中存在哪些物相, 以及每种物相的相对量。

1 金的化学物相分析

1.1 混汞碘浸法

混汞碘浸法是传统的金矿提炼技术, 主要用于从矿石中提取金, 汞与金矿石接触形成汞金合金(汞齐)。碘则是催化剂, 显著提高金的回收率。此方法的主要优势在于其操作的简单性和相对较低的成本, 不需要复杂的设备或高度专业化的技术, 因此在资源有限的地区尤其受欢迎^[1]。然而, 混汞碘浸法的主要问题在于对环境和人体健康的潜在风险。汞是一种有毒重金属, 其使用在许多国家受到严格的监管。汞的泄漏和不当处理会导致严重的环境污染, 对水体和土壤造成长期的伤害。此外, 汞的蒸汽和汞齐在人体内的积累可能导致严重的健康问题, 包括神经系统损害和其他慢性疾病。

1.2 混汞溴碘浸法

混汞溴碘浸法是混汞碘浸法的改良版本通过在过程中加入溴来提高金的提取效率, 适用于处理含有其他难以提取金属的金矿石。溴的加入有助于打破金与其他矿物的化学结合, 更有效地从复杂的矿石中提取金。与传统的混汞碘浸法相比, 混汞溴碘浸法在处理

某些特定类型的矿石时表现出更高的效率。特别是在矿石中含有如铅、锌等可以与金形成稳定化合物的其他金属时, 传统方法可能难以有效提取金, 溴的使用可以改变金与这些元素化学相互作用, 提高金的回收率。然而, 尽管混汞溴碘浸法在提取效率上有所提升, 但仍然面临着与混汞碘浸法相似的环境和健康风险^[2]。汞的使用以及溴的潜在危害受到越来越多限制, 环保法规的加强和对更安全、更环保提金技术的需求推动了新技术的发展, 以替代这些传统但风险较高的方法。

1.3 混汞硫脲碘浸法

混汞硫脲碘浸法结合了硫脲的化学特性与碘的催化作用, 以实现金的有效提取, 硫脲作为有机化合物与金形成稳定的络合物促进金的溶解。硫脲与金反应的机理基于其能够特异性地与金反应, 形成硫脲金络合物, 该络合物在水溶液中的溶解度相对较高, 增加了金的提取率。此外, 碘在此过程中充当催化剂, 提高了反应的效率, 降低系统的总体反应温度使得整个提金过程更加经济和高效。值得注意的是, 与传统的混汞法相比, 混汞硫脲碘浸法在环境安全性上具有一定的优势, 减少了汞的使用量并降低了汞蒸气的排放风险。

1.4 氢化法

氢化法则是现代化的金提取技术, 利用氢气作为还原剂来从金矿石中提取金, 金矿石被粉碎至微粒在合适的条件下与氢气反应, 使得金矿石中的金被还原成金属状态。这一过程的核心在于氢气的还原能力, 将金从其矿物形态转换为金属形态。氢化法的显著优势在于其环保性, 由于该方法不涉及重金属(如汞)的使用, 因减少了环境污染和对操作人员健康的风险。此外, 氢化法在效率上也表现出色, 能在较低的温度

和压力条件下进行,降低能源消耗并提高经济效益。该技术的应用有助于提高金的回收率,也符合现代矿业向更环保、更可持续发展的趋势。

2 金矿石中金化学物相的分析

2.1 含粗颗粒自然金矿石的金相态分析

在处理含有粗颗粒自然金的矿石时,面临的主要问题是物相分析的代表性。选冶试验过程中,裸露和半裸露金是回收的主要目标。然而,由于这些金颗粒的不均匀分布和样品量的限制,进行物相分析时往往难以获得具有代表性的结果,即使是少量的样品,也可能因为含有不均匀分布的较大金颗粒而导致分析结果出现较大的偏差,进行有效的金相态分析需要更精细的方法。金矿石分析中,样品的代表性是确保结果可靠性的基石^[3]。鉴于金矿石中金元素的非均匀分布特性,必须采集足够数量的样本以覆盖矿体的不同区域,显著减少由于样品局部性导致的统计偏差,增强结果的普适性和可信度。样品制备阶段,确保矿石粒度的均一性对于实验的准确性至关重要,对于硬度较高的矿石样品,通过加入适量的石英砂,可以在不改变矿石化学组成的前提下,有效促进矿石的研磨和粉碎,实现更为均匀的粒度分布,确保后续分析的一致性。由于不同类型的金矿石在物理和化学属性上存在显著差异,因此选取样品进行物相分析之前,必须进行严格的筛选和分类,涉及对矿石类型的判断,还包括对样品的物理状态和化学组成的初步评估。采用统计方法来处理多样本的测量结果是提高分析准确性的关键。通过计算多个样本的平均值,有效消除单个样本可能引入的偏差,得到更为稳健和可靠的分析结果。

2.2 高砷高硫金矿中金相态分析流程

高砷高硫金矿的分析中,样品的准备和化学处理是关键步骤,矿石样本经历了热处理过程,为了改变其化学组成,降低元素(如砷和硫)的影响,对样本的精确重量(5g)和严格控制的温度(650℃)以及时间(3h)的选择,都反映出了对实验细节的精细控制。随后,矿石样本被置于特定浓度的氰化钾化学溶液中,氰化处理是金矿加工中的一项常规技术,可以有效地从矿石中提取金,控制溶液的pH值和持续搅拌的时间是至关重要的,因为这直接影响到金的溶出效率。接下来实验的重点转移到对残渣的处理,这涉及到对硫化物的分解,进一步释放其中的金,氢氧化钠的使用是为了改变硫化物的化学状态,使金更容易被提取。

2.3 金矿石中含碳的物相

先对金矿石样品进行称重,以确保量的准确性,

将特定浓度的化学试剂加入样品中,包括亚硫酸钠、硫代硫酸钠和铜盐溶液,以及含氨的溶液,将样品中的游离金溶解出来,使其更容易在后续步骤中被检测。加入化学试剂后,将混合液体的温度保持在45℃以下,并进行搅拌。温度的控制至关重要,因为过高温度可能会影响化学反应的进程和结果的稳定性。搅拌确保化学反应均匀进行,有助于更有效从样品中提取游离金。混合液体尚有余温进行过滤以分离出溶解的金和其他固体物质。

过滤后,测定过滤液中的金含量,将残渣转移至烧杯中,保证测试的连续性和样品的完整性,向烧杯中加入一定量的盐酸,溶解残渣中的金以及其他可能干扰测试的物质,烧杯置于沸水浴中,通过持续滴加盐酸来调节溶液的pH值,优化金的溶解条件,确保金能够有效从残渣中提取出来。pH值控制对于溶解过程的效率和选择性至关重要。浸取完成后,需要滴加浓氨水调节溶液的pH值,进一步确保金的稳定存在。

接着,让溶液冷却到室温。温度的下降有助于稳定化学反应,为后续的操作创造适宜条件,在溶液中加入亚硫酸钠和亚硫酸钠,从溶液中进一步提取金。所有化学反应完成后,调整溶液的体积,确保其精确度,对于后续的金含量测定至关重要。分析过程的后期阶段,向已处理的溶液中加入铜氨混合溶液进一步促进金的提取,特别是对于那些被碳酸盐结构包裹的金。铜氨溶液因其特定的化学性质,能有效地与金反应,使金从碳酸盐结构中释放^[4]。

整个过程中,温度的控制显得尤为重要。维持适宜的温度有助于化学反应的进行,并有利于防止某些不稳定化合物的分解,反应时间的精确控制也是必不可少,直接影响金的提取效率和纯度。反应完成后,进行固液分离是提取液体中碳酸盐包裹金的关键步骤,将溶解的金与固体残渣分离,使金的含量测定成为可能。液体中的碳酸盐包裹金,还可以采用灼烧金分离方法进行测定,将固体和液体分离后,对提纯的液体进行高温处理,以分离和测定其中的金含量,提供精确的金含量数据。整个分析过程中,固体废弃物的处理也是重要环节,向废弃物中加入碳酸钠和铜氨铵等物质以提取其中的金,减少环境污染。

3 精准测定硅质及硅酸盐包裹金的含量,提高经济价值

本次应用研究步骤总结见图1,处理硫磺矿物中的金时,要将这些矿物与金残渣和滤纸一起灼烧,移

除矿石中的有机物和其他挥发性成分,保留金和其他不易挥发的元素。灼烧后的残留物被由盐酸、氟化氢酸和硝酸组成的混合溶液所溶解,分解残留物,释放其中的金和其他矿物元素,再进一步分析。硅质和硅酸盐矿物普遍存在于自然界中,可能包含微量金。因此,测定这些矿物中金含量对于理解矿床的成因和评估经济价值非常关键。

二氧化铁(Fe_2O_3)作为焙烧后的产物扮演了重要角色, Fe_2O_3 作为多孔的材料,在其表面形成许多微小的空间和缝隙,为金的溶解提供了理想的环境。金粒子在这些微小的空间中与 Fe_2O_3 发生反应,逐渐溶解,更多的金粒子被暴露出来。矿物被燃烧的过程中,金粒子会由于高温和化学反应的影响,使得原本分散在矿物中的微小金粒子逐渐移动并结合在一起,形成更大的金粒子,增加了金的可见性和可提取性,可见 Fe_2O_3 的逐步溶解过程对于最大化金的提取效率非常关键。

焙烧法处理暴露矿石中的金,更易于检测和提取,I-KI(碘化钾)浸取法应用于测试金的含量,其特定的化学性质和有效性受到重视。为了确保焙烧法的有效性,矿石的粒度均匀性是关键因素。粒度均匀的矿石能够确保在焙烧过程中热量和化学反应的均匀分布,对于有效破坏矿石中的硫化物和暴露金至关重要。焙烧后的矿石更适合于化学浸取,因为其中的金更容易被I-KI溶液提取。实验严格遵循预定的测试流程,任何偏离标准操作流程的行为都可能导致测试结果的不精确,影响最终的分析质量。

为了进一步确保矿石中金含量测定的准确性,在低温下处理样品可以减少样品在处理过程中可能发生的化学和物理变化,提高整个分析过程的可靠性和准确性,当经过酸溶和焙烧处理后,可以有效破坏黄铁矿等硫化物矿物,对于完全暴露矿物中的金非常关键。此外,焙烧和酸溶处理后的矿石对于I-KI浸取金的方法特别适合,利用了碘化钾的化学特性,能够有效地从处理过的矿石中提取金,矿石中的金被转化成可溶性形式,提高了金的浸取效率,增加了经济价值。

金矿石的处理和分析过程中,酸融合焙烧旨在提高金的提取效率并简化整个过程,通过特定的化学处理,改变矿石的物理和化学特性,更有效地提取金。酸融合焙烧过程涉及将矿石与特定的酸性物质混合并加热,破坏矿石中的硫化物结构,使金更易于提取,还可以减少残留物的数量,滤纸的使用非常关键既能够在处理过程中保留某些酸溶性物质,又能在后续步

骤中被有效地破坏和去除,降低了残渣的数量,提高了过滤速度,显著缩减时间成本。

金的提取和分析中,通过减少处理时间,可以提高整体的生产效率,减少能源和材料的消耗,实现更好的经济效益。硫化物矿石的处理过程中,特别需要注意的是晶格金的存在,晶格金是指那些被固定在矿物晶格结构中的金,提取比普通金更为复杂。具体测定时,使用硝酸铝可以帮助破坏硫化物矿物的结构,确保晶格金被有效提取,提高了金的提取效率和经济价值。

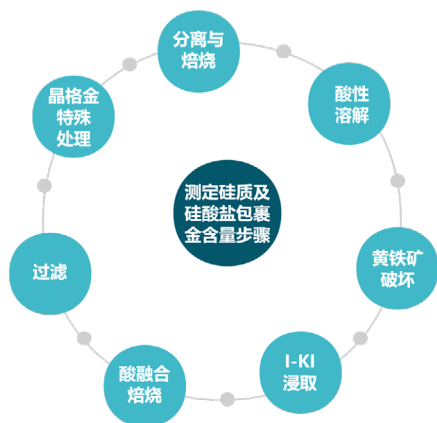


图1 测定硅质及硅酸盐包裹金的含量的实验步骤

4 结语

金矿石的化学成分及物相分析能确定金矿石中金的含量和分布情况,识别出与金伴生的其他有价值的矿物成分,对于优化开采策略、制定有效的矿石处理工艺以及提高金属回收率和价值。科技发展和环境保护意识的提高,促进金矿石的化学成分及物相分析方法继续进步,以实现更高效、更环保的开采和加工技术。因此,深入理解金矿石的化学和物相特性是实现其可持续利用的基础,也是推动矿业科技进步的重要驱动力。

参考文献:

- [1] 贺驰. 金矿石化学成分及物相分析方法研究 [J]. 中国金属通报, 2022(13):198-200.
- [2] 王丹丽, 王恩德. 难浸金矿石的矿物学特征 [J]. 中国有色金属学报, 1998, 8(S2):595-598.
- [3] 张华. 金矿石的化学物相分析方法研究 [J]. 矿床地质, 2010, 29(S2):47-50.
- [4] 赵可迪, 芦新根, 洪博, 等. 金矿石及金精矿砷成分分析标准物质的研制 [J]. 黄金, 2021, 42(9):106-111.

作者简介:

龚少(1985-), 男, 汉族, 山西大同人, 本科, 工程师, 主要从事实验测试工作。