

矿山矿石成分快速化学分析技术研究

● 刘敬娟



[摘要] 矿山矿石成分快速化学分析技术是现代地质勘探与资源评价的重要手段,尤其在金矿勘探与开采领域发挥着至关重要的作用。本研究旨在探讨金矿方向上的矿石成分快速化学分析技术,通过综述现有方法、分析技术特点及其适用性,旨在为金矿勘探与开采提供科学依据和技术支持。本研究将重点介绍火试金法、氰化法、石墨炉原子吸收光谱法以及 X 射线荧光技术等主流分析技术,并探讨其在实际应用中的优势与局限性。通过深入分析与比较,以期在金矿勘探与开采领域的技术进步提供理论参考与实践指导。

[关键词] 金矿化学分析;快速检测技术;矿石成分分析;X 射线荧光技术

金 矿资源作为重要的战略资源,在全球范围内受到广泛关注。随着地质勘探与资源评价技术的不断进步,对金矿矿石成分的快速化学分析技术提出了更高的要求。快速、准确、高效的矿石成分分析,不仅有助于提升金矿勘探的成功率,还能为金矿开采提供科学依据,优化开采策略,提高资源利用效率。因此,深入研究金矿方向上的矿石成分快速化学分析技术,具有重要的现实意义和理论价值。

Q 金矿矿石成分快速化学分析技术概述

(一)火试金法

火试金法作为传统且经典的金含量测定方法,在金矿矿石成分分析中占有重要地位。该方法通过高温熔融样品,使金与其他金属元素形成合金,进而通过物理分离和富集手段实现金的提取与测定。火试金法具有取样量大、测定范围广、适应性强等特点,能够显著降低取样误差,提高分析结果的准确性。然而,该方法操作复杂,对实验条件要求较高,且存在一定的环境污染风险。

(二)氰化法

氰化法是利用氰化剂溶解金矿石中的金元素,并在特定条件下使金沉淀出来的一种化学分析方法。该方法具有操作简便、成本低廉、适用范围广等优势,在金矿矿石成分分析中得到了广泛应用。氰化法通过调整氰化剂的浓度、温度及反应时间等参数,可实现对不同含量金矿石的有效分析。然而,氰化法存在环境污染风险,且对矿石中的其他金属元素可能产生干扰,影响分析结果的准确性。

(三)石墨炉原子吸收光谱法

石墨炉原子吸收光谱法是一种基于现代科学技术的金矿矿石成分分析方法。该方法利用石墨炉将样品加热至高温,使金元素转化为气态原子,进而通过原子吸收光谱仪测定其吸收光谱,实现金的定量分析。石墨炉原子吸收光谱法具有灵敏度高、选择性好、分析速度快等优势,尤其适用于低含量金矿石的分析。然而,该方法对仪器设备要求较高,且样品处理过程复杂,可能影响分析结果的准确性。

(四)X 射线荧光技术

X 射线荧光技术是一种非破坏性的金矿矿石成分快速分析技术。该技术利用 X 射线照射样品,使样品中的元素发出特征 X 射线荧光,通过测定荧光光谱的强度和频率,实现对样品中元素种类和含量的定量分析。X 射线荧光技术具有分析速度快、检测范围广、操作简便等优势,特别适用于大批量样品的快速筛查。此外,该技术还能提供元素的比例分布情况,为金矿矿石的成分分析提供更为全面的信息。

Q 金矿矿石成分快速化学分析技术的应用

(一)火试金法在金矿勘探中的应用

火试金法,作为一种历史悠久且技术成熟的分析方法,在金矿勘探的各个阶段扮演着不可或缺的角色。鉴于该方法具备高度精确性和可靠性的特点,其在初步评估矿区潜力的过程中被广泛采纳。通过将采集自不同深度和位置的矿石样本进行细致处理,并利用火试金法对样品中微量乃至痕量级别的金元素含量进行测定,能够为后续更深入的地质调查提供坚实的数据支持。这一过程不仅有助于明确区域内是否存在具有经济价值的金矿床,而且对于指导钻探布局、优化采样策略等方面同样意义重大。火试金法所提供的数

据还可以作为评价金矿开采经济效益的重要参考指标之一，这对于矿山项目的前期规划至关重要。通过对多个潜在矿区或矿体的系统性分析，可以更加准确地预测各区域的金储量及品位分布情况，从而为制定合理的开发方案奠定基础。此外，这种方法还能够帮助识别那些可能含有高品位金矿但因表面特征不明显而容易被忽视的小型矿脉或隐伏矿体。随着现代科学技术的发展，火试金法结合其他先进检测手段的应用范围正在不断扩大，例如与地球化学勘查相结合，可以进一步提高发现新矿点的概率；与遥感技术和地理信息系统集成，则能够在更大尺度上理解和解释成矿规律。

（二）氰化法在金矿开采中的应用

氰化法作为一种广泛应用的金提取工艺，在实际操作中展现出显著的效果和较高的效率。此方法主要通过向含金矿石添加氰化物溶液，使金溶解形成可溶性的络合物，随后采用锌粉置换或其他方式将金从溶液中分离出来。由于氰化法能够有效地处理多种类型的金矿石，包括低品位复杂矿石，因此成为当前主流的金提取技术之一。尽管氰化法的操作流程相对简便，成本投入较低，适合大规模工业生产，但在具体实施过程中必须严格遵守安全规范和技术标准，以确保整个过程的安全可控。考虑到氰化物本身具有一定的毒性，以及在使用过程中可能会对周围环境造成污染的问题，相关企业应当采取有效的防护措施，如建立完善的废水处理系统，减少氰化物排放，同时加强对作业人员的职业健康保护。此外，为了提升氰化法的综合效益，还需不断探索改进现有工艺的可能性，比如研发新型高效无毒的浸出剂来替代传统氰化物，或者引入生物浸出等绿色技术，力求在保证回收率的前提下降低环境污染风险。

（三）石墨炉原子吸收光谱法在金矿矿石成分分析中的应用

石墨炉原子吸收光谱法(GFAAS)以其卓越的选择性和灵敏度，在金矿矿石成分分析领域占据重要地位。这项技术特别适用于低含量金以及其他微量金属元素的定量分析，为揭示矿石内部结构提供了强有力的工具。相比于传统的分析方法，GFAAS可以在更低浓度水平下实现精准测量，这使得即便是在极微弱信号的情况下也能获得可靠的分析结果。更重要的是，该方法能够直接对固体样品进行测试，无需复杂的预处理步骤，大大简化了实验流程并提高了工作效率。不仅如此，GFAAS还表现出良好的抗干扰能力，即使面对复杂基质背景下的多元素共存情况，依然可以保持较高的准确性。对于金矿研究而言，这意味着可以通过一次分析同时获取多个目标元素的信息，进而全面了解矿石组成特征。另外，借助先进的自动化设备和软件支持，GFAAS实现了从样品制备到数据分析全过程的高度自动化，进一步提高了数据处理的速度和质量。随着科技的进步，GFAAS

与其他分析技术如电感耦合等离子体质谱联用，正逐渐构建起一套完整的金矿成分分析体系，不仅服务于矿产资源评价，也为后续选冶工艺优化提供了科学依据。

（四）X射线荧光技术在金矿矿石成分快速分析中的应用

X射线荧光技术(XRF)作为一种非破坏性的成分分析手段，在金矿矿石成分快速分析中展现出了显著的应用价值。基于XRF原理，当物质受到X射线照射时会发射出特征性的二次X射线，这些射线的能量或波长直接反映了物质内部所含元素的种类及其相对丰度。因此，通过精确测量X射线荧光强度，可以快速确定矿石样品中金及其他金属元素的具体含量。XRF技术的最大优点在于其快速响应特性，能够在短时间内完成大批量样品的筛查工作，这对于需要及时做出决策的勘探活动尤为重要。此外，由于XRF不需要对样品进行复杂的前处理，这不仅节省了时间成本，同时也减少了人为因素对结果的影响。值得注意的是，XRF不仅可以用于实验室内的精细分析，还能在现场条件下部署便携式仪器，以便于野外即时监测。这种灵活性使得XRF在动态跟踪矿体变化、评估开采效果等方面具有明显优势。再者，XRF技术在环境保护方面也发挥着积极作用，通过定期监测矿区周围的土壤、水体等环境介质，可以有效监控由采矿活动引发的潜在污染问题，为制定相应的治理措施提供依据。

（五）激光诱导击穿光谱技术在金矿矿石成分分析中的应用

激光诱导击穿光谱(LIBS)作为一种新兴的非接触式元素分析方法，在金矿矿石成分快速分析中展现出独特的优势。该技术通过聚焦高能脉冲激光束到样品表面，产生高温等离子体，进而激发原子或离子发射特征光谱。通过对这些光谱信号进行解析，可以确定样品中所含元素及其浓度。LIBS技术无需对样品进行预处理，能够在几秒钟内完成从采样到结果输出的全过程，极大提高了工作效率。此外，由于其非接触特性，LIBS特别适合用于难以获取或珍贵的矿石样本分析，避免了传统方法可能造成的样品破坏。在实际应用中，LIBS不仅可以实现对单一矿物颗粒的精细分析，还可以用于复杂矿石结构的研究，帮助揭示不同矿物相之间的关系及分布规律。

（六）电感耦合等离子体质谱法在金矿矿石成分分析中的应用

电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)作为当今最为灵敏和准确的微量、痕量元素分析工具之一，在金矿矿石成分分析中占据着不可替代的位置。该方法基于将样品转化为气溶胶形式，并引入到由高频电磁场维持的高温等离子体中，使样品中的元素被完全解离成单个原子或离子状态，随后利用质谱仪根据质量数的不同对这些离子进行分离和检测。

ICP-MS 以其极高的灵敏度和宽广的线性范围著称,可以在极低浓度水平下精确测定多种金属元素的存在形式及其含量,这使得即便是在复杂基质背景下也能够获得可靠的数据。对于金矿研究而言,ICP-MS 不仅能有效测定金元素本身,还能同步分析其他伴生元素如银、铜、铅、锌等,有助于全面了解矿床成因类型及其潜在经济价值。此外,ICP-MS 与其他前处理技术如微波消解、超声萃取等联用,进一步提升了分析效率和准确性。

Q 金矿矿石成分快速化学分析技术的发展趋势

(一)分析技术的智能化与自动化

在科学技术持续演进的背景下,金矿矿石成分快速化学分析技术正逐步迈向智能化与自动化的高级阶段。借助于人工智能算法和机器学习模型的发展,智能分析系统得以构建,该系统不仅能够实现对矿石样品从采集到处理再到最终分析结果生成的全流程自动化操作,而且通过不断优化的数据训练,提高了分析过程中的效率和精确度。更重要的是,大数据技术的应用使得海量分析数据可以被高效地存储、管理和挖掘,通过对这些数据进行深度解析,可以获得更为详尽且有价值的地质信息,为金矿勘探提供强有力的支持。此外,智能化分析平台还可以集成远程监控功能,允许专家团队实时监督分析进展,并根据实际情况调整参数设置,确保分析工作的顺利进行。

(二)分析技术的绿色化与环保化

面对日益增长的环境保护需求,金矿矿石成分快速化学分析技术正在经历一场深刻的绿色革命。研发方向逐渐转向寻找更加环保友好的试剂替代传统有害物质,力求减少甚至消除分析过程中产生的环境污染。与此同时,新的分析方法也在探索之中,旨在降低能源消耗并提高资源利用率。例如,生物浸出法作为一种环境友好型技术,利用特定微生物的作用来提取金属元素,避免了使用大量化学药剂所带来的生态风险。此外,对于不可避免产生的废弃物,也制定了严格的处理标准,包括采用先进的物理或化学手段对其进行净化处理,以及积极寻求合理的回收再利用途径。

(三)分析技术的多元化与集成化

伴随科学技术的进步,金矿矿石成分快速化学分析技术正朝着多元化和集成化的方向迈进。多学科交叉融合促使不同领域的先进技术和理论被引入到这一领域中,如纳米材料科学、微流控技术等,从而拓展了分析手段的应用范围。在此基础上,多种分析技术相互补充、协同工作,形成了一套完整的综合评价体系,可以全面深入地揭示矿石内部结构特征及其所含元素的信息。不仅如此,为了进一步提升分析效果,研究者们还致力于将各类分析工具和技术进行有机整合,构建统一的操作平台,使用户能够在单一界面上完成复杂的实验设计和数据分析任务。这种集成化的设计理念不仅简化了操作流程,降低了人为误差的可能性,还增强了系统的稳定性和可靠性。

Q 结束语

综上所述,金矿矿石成分快速化学分析技术在金矿勘探与开采领域发挥着至关重要的作用。通过深入研究与分析现有技术特点及其适用性,不断优化与创新分析技术与方法,将为金矿资源的有效开发与利用提供科学依据和技术支持。未来,随着科学技术的不断进步与发展,金矿矿石成分快速化学分析技术将向智能化、自动化、绿色化、环保化以及多元化与集成化方向发展,为金矿资源的可持续利用与环境保护贡献更大力量。

参考文献

- [1]侯雷明.手持式 X 射线荧光分析仪在某铁矿山井下矿石的质量检测[J].现代矿业,2022,40(02):24-26.
- [2]何泽源.金属矿山多阶段复合开采工艺改进研究[J].中国金属通报,2020(01):19,21.
- [3]袁子钢.矿山企业产值相关分析与入选矿石品位调控[J].世界有色金属,2018(04):220-221.

作者简介:

刘敬娟(1979—),女,汉族,山东烟台人,中专,助理工程师,招远市河西金矿有限公司,研究方向:化工工程。