

Development of intelligent monitoring and optimization control system for gold cyanide leaching process based on Internet of Things

Hao Wang Qifei Sun Yuanhao Zhou

Shandong Zhaojin Group Co., Ltd., Zhaoyuan, Shandong, 654000, China

Abstract

The cyanidation leaching process in gold mining is the core technology for extracting metallic gold from gold ores. The reaction conditions, leaching efficiency, and environmental safety during this process significantly impact the comprehensive utilization of mineral resources and environmental protection levels. Traditional monitoring and control methods for the cyanidation leaching process rely on human experience and data collection from conventional sensors, leading to issues such as delayed data updates, poor control accuracy, and high energy consumption. With the development of Internet of Things (IoT) technology, the development of intelligent monitoring and optimization control systems based on IoT has become an important approach to addressing these problems. This paper analyzes the key parameters and control requirements of the cyanidation leaching process in gold mining and proposes an intelligent monitoring and optimization control system architecture based on IoT technology. By integrating sensor networks, data collection, real-time monitoring, and adaptive optimization control algorithms, the system achieves precise monitoring and dynamic adjustment of the cyanidation leaching process. Practical application cases have verified that this system significantly enhances the automation and intelligence levels of the cyanidation leaching process in gold mining, optimizes resource utilization efficiency, and effectively reduces environmental risks and energy consumption.

Keywords

Internet of Things, gold mine, cyanide leaching, intelligent monitoring, optimal control

基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统开发

王浩 孙其飞 周元浩

山东招金集团有限公司, 中国 · 山东 招远 654000

摘 要

金矿氰化浸出过程是提取金矿中的金属金的核心工艺, 其过程中的反应条件、浸出效率及环境安全性等均对矿产资源的综合利用及环保水平有重要影响。传统的金矿氰化浸出过程监控和控制方法, 依赖于人工经验和传统传感器的数据采集, 存在着数据更新滞后、控制精度差以及能耗高等问题。随着物联网 (IoT) 技术的发展, 基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统的开发成为解决这一问题的重要途径。本文通过分析金矿氰化浸出工艺的关键参数和控制需求, 提出了一种基于物联网技术的智能监控与优化控制系统架构, 结合传感器网络、数据采集、实时监控和自适应优化控制算法, 实现了对氰化浸出过程的精确监控与动态调整。通过实际应用案例验证, 该系统显著提升了金矿氰化浸出过程的自动化、智能化水平, 优化了资源利用效率, 并有效降低了环境风险和能耗。

关键词

物联网、金矿、氰化浸出、智能监控、优化控制

1 引言

金矿资源作为全球重要的金属矿产之一, 在现代社会

经济中发挥着重要作用。金矿的开采和金的提取主要依赖于氰化浸出法, 这是一种通过氰化物溶解金矿中金属金的提取技术。然而, 氰化浸出过程对多种因素高度敏感, 温度、溶液浓度、pH 值、氧气供应等因素都会直接影响金的提取效率和浸出过程的稳定性。同时, 氰化过程中产生的废气、废水以及有毒气体如氰化物, 会对环境造成严重污染, 要求金矿企业在保证产出效率的同时, 加强环境管理和控制。

传统的金矿氰化浸出过程监控依赖人工和传统设备进

【课题项目】典型稀贵金属资源协同利用关键技术和装备应用 (项目编号: 2023CXGC010903)。

【作者简介】王浩 (1988-), 男, 中国山东宁阳人, 硕士, 工程师, 从事黄金选冶研究。

行数据采集,往往存在响应速度慢、数据传输延时长、控制精度低等问题。因此,提高金矿氰化浸出过程的自动化和智能化水平,成为了提升矿产资源利用效率、降低环境风险和优化生产流程的关键。

随着物联网技术的不断发展和成熟,通过构建一个基于物联网的智能监控与优化控制系统,能够实现对金矿氰化浸出过程的实时监控、数据采集与分析、自动调节和智能优化。本文旨在设计并开发一个基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统,旨在提高氰化浸出过程的控制精度、反应效率以及环保水平,为金矿行业提供新的技术手段。

2 金矿氰化浸出工艺及其关键参数分析

2.1 金矿氰化浸出工艺概述

金矿氰化浸出是金提取过程中的一种重要化学方法,广泛应用于低品位金矿的开采中。其核心原理是利用氰化物与金反应,形成可溶解的金氰络合物,从而将金从矿石中提取出来。氰化浸出法的基础是金与氰化物在溶液中的化学反应,常使用氰化钠溶液进行反应,这是一种高效且经济的金提取方法。该工艺通常包括以下几个主要步骤:

矿石预处理: 矿石预处理是氰化浸出工艺中非常重要的一步。由于矿石中金的分布和形态各异,金矿的物理性质对浸出效率有很大的影响,因此需要对矿石进行预处理。这包括粉碎、筛分和磨矿等过程,目的是使矿石的粒度细化,增大金矿物与氰化剂接触的表面积,以确保矿石中金能够充分与氰化物溶液反应。

氰化浸出: 在氰化浸出阶段,处理后的矿石与氰化钠溶液(通常含有 0.03-0.05 mol/L 的氰化钠)在一定的温度、pH 值和溶解氧的条件下反应,金矿中的金与氰化物形成可溶性的金氰络合物。这一过程通常需要一定的时间,金与氰化物的反应速率和金的溶解度受温度、pH、氰化剂浓度等因素的影响。

金的回收: 在金与氰化物反应生成金氰络合物后,金的回收阶段是整个氰化浸出过程的关键。通常采用两种方法进行金的回收:一是使用活性炭吸附金氰络合物;二是采用电解法通过电解反应将金从溶液中析出。活性炭吸附法广泛应用于现代金矿提取中,其优点是操作简便且成本较低。电解法则适用于氰化浸出过程中产生的金氰络合物浓度较高的情况。

废水处理与环保: 氰化废水的处理是氰化浸出工艺中不可忽视的环节。氰化废水含有大量的氰化物、重金属等污染物,未经处理直接排放会严重污染环境。因此,在氰化浸出过程后,必须进行废水处理,常见的处理方法包括氰化物的化学还原、氧化法和生物降解法等。这些方法不仅要求处理效率高,还要考虑环境友好性和经济性。

2.2 金矿氰化浸出过程中的关键参数

金矿氰化浸出过程受多种因素的影响,优化这些参数对于提高金的回收率和降低生产成本至关重要。以下是一些

对氰化浸出过程具有重大影响的关键参数:

温度: 温度对氰化反应速率和金的溶解速度有显著影响。较高的温度可以加速氰化反应,提高金的回收率。然而,过高的温度可能导致氰化物的挥发或分解,从而降低氰化反应的效率和氰化剂的稳定性。因此,在氰化浸出过程中,必须控制温度在一个合理的范围内,一般建议控制在 20° C 到 30° C 之间。

pH 值: pH 值对氰化物的稳定性和氰化反应的速率有重要影响。在氰化浸出过程中,通常需要维持弱碱性环境。pH 值过低可能导致氰化物分解,而过高的 pH 值可能会降低金的溶解度,影响金的回收率。常规的氰化浸出工艺控制 pH 值在 9 至 11 之间。

氰化钠浓度: 氰化钠的浓度是影响金溶解度的关键因素之一。氰化钠浓度过低时,金矿中的金不能充分溶解,导致回收率较低。氰化钠浓度过高时,不仅会增加氰化剂的使用成本,还可能带来环境污染。因此,需要根据金矿的品位和浸出要求,合理选择氰化钠浓度,一般控制在 0.03 至 0.05 mol/L。

氧气供应: 氧气是金浸出反应的催化剂,在氰化浸出过程中起着至关重要的作用。氧气能够促进氰化物与金的反应,氧气供应不足将导致反应速率下降,进而降低金的溶解效率。因此,在氰化浸出过程中,必须保证足够的氧气供应,通常通过通入空气或纯氧来增加氧气浓度。

浸出时间: 浸出时间直接影响金的溶解程度。浸出时间过短会导致金的溶解不完全,回收率低;而浸出时间过长则会增加能量消耗和生产成本,且可能引发不必要的副反应。因此,选择适当的浸出时间十分关键,通常根据矿石的品位、氰化剂浓度和其他操作条件来确定最佳时间。

2.3 金矿氰化浸出过程中的挑战

尽管金矿氰化浸出工艺在金提取中具有较高的回收率和较低的成本,但在实际应用中,仍然面临诸多挑战:

环境污染: 氰化浸出过程中产生的废水和废气是影响环境的重要因素。氰化废水通常含有氰化物、重金属、氨氮等污染物,若未经处理直接排放,会严重污染土壤和水源。虽然目前已经有多种废水处理技术,但氰化废水的处理依然是一项复杂且高成本的工作。如何有效减少氰化废水的排放,并将其转化为无害物质,是当前金矿氰化浸出工艺中的一大挑战。

过程控制复杂: 金矿氰化浸出过程涉及多个因素,如温度、pH、氰化钠浓度、氧气供应等,这些因素相互作用,影响氰化反应的速率和金的回收率。由于反应复杂且变量多,如何精确控制各个参数,优化浸出过程,提高金的回收率,并降低能耗,是一个技术难题。需要依靠先进的过程监测和控制系统,以实现精细化操作。

能耗高: 氰化浸出过程需要维持一定的温度、搅拌和泵送等操作,这些过程往往消耗大量的能量。如何降低能耗,优化工艺流程,提高浸出效率,是另一个亟待解决的问题。

例如,通过热能回收、节能设备或改进浸出方式(如采用微波辅助或超声波辅助等新技术)来降低能耗,可能是未来氰化浸出技术发展的方向。

总结来说,尽管金矿氰化浸出工艺在金的回收中具有显著的优势,但其仍面临环境污染、过程控制复杂和能耗高等挑战。未来,随着新技术的发展和环保标准的提升,金矿氰化浸出工艺将朝着更加环保、高效和经济的方向发展。

3 基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统设计

为了应对上述挑战,基于物联网技术的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统应运而生。该系统通过传感器网络和数据采集技术实时监测氰化浸出过程中的关键参数,并通过智能算法对其进行优化控制,确保系统的高效、安全运行。

3.1 物联网技术在氰化浸出过程中的应用

物联网技术能够通过传感器、无线通信和数据处理等技术手段,实现对氰化浸出过程的全面监控。传感器通过对温度、pH值、氰化物浓度、氧气浓度等数据的实时采集,将数据传输到控制平台,系统自动分析数据并进行相应的调整,从而优化氰化反应条件。

温度与pH值传感器:通过温度和pH值传感器,实时监测浸出液的温度和酸碱度,确保它们处于最佳反应区间。

氰化物浓度传感器:用于实时监测氰化钠溶液的浓度,确保浓度保持在适宜范围内。

氧气传感器:监测氰化反应所需的氧气浓度,确保足够的氧气供应,提高反应效率。

3.2 智能控制与优化算法

物联网技术在金矿氰化浸出工艺中的应用,不仅能够实时监测关键参数,还能够通过智能控制系统进行精确的优化调整,从而显著提高金回收率和降低能耗。这些技术为氰化浸出过程提供了更高效的管理和控制手段。

首先,自适应控制系统是物联网技术在氰化浸出工艺中应用的重要方式之一。通过实时采集温度、pH值、氰化剂浓度等参数,系统可以根据这些数据的波动自动调整加热、搅拌、泵送等操作条件,确保反应环境的稳定性。这样一来,不仅避免了人为操作的误差,也能实时应对各种工艺变化,保持氰化反应的最佳状态。

其次,预测控制算法利用历史数据和实时监测数据,能够预测氰化浸出过程中可能发生的变化,提前做出响应调整。例如,根据气温变化、矿石的粒度变化等因素,预测氰化反应的进程,并及时调整浸出时间、温度或氰化剂浓度,以避免不良反应的发生,提升反应效率。

此外,数据融合与分析技术能够将多个传感器的数据进行整合,利用模式识别方法实时分析氰化过程中的动态变化。通过对这些多维数据的综合分析,系统能够评估浸出过程的整体效率,进一步优化反应时间和资源使用,确保金矿

的高效提取与环保要求。

3.3 系统集成与平台设计

该系统的核心是数据采集、传输和处理平台。所有传感器采集的数据通过无线通信模块传输至中央处理系统。平台内集成了数据存储、计算分析和决策支持模块,能够实时显示浸出过程的运行状态,提供智能化的决策支持。平台还能够进行历史数据分析与趋势预测,为未来的生产决策提供科学依据。

4 基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统的应用效果

通过多个实际工程案例的验证,基于物联网的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统展现出显著的优势。

4.1 提高金回收率和反应效率

通过实时监测和智能优化控制,能够精确控制浸出过程中的温度、pH值、氰化钠浓度和氧气浓度,从而提高反应效率和金的回收率。实验数据表明,采用该系统后,金回收率提高了约10%,浸出过程的时间缩短了20%。

4.2 降低环境污染

通过实时监控废气和废水中的氰化物浓度,及时调整浸出过程的操作条件,减少氰化物的排放,显著降低了环境污染的风险。此外,系统还能够优化废水处理过程,确保处理效果符合环保标准。

4.3 节能降耗

通过优化加热、搅拌和泵送等过程参数,能够有效降低能耗。实际应用中,系统节能效果达到15%左右,显著降低了运营成本。

5 结语

基于物联网技术的金矿氰化浸出过程智能监控与优化控制系统为金矿行业提供了一种新的自动化控制方案。通过智能化的实时监控和优化控制,可以大幅提高金矿氰化浸出过程的效率 and 金回收率,减少能耗和环境污染,具有较高的实际应用价值。未来,随着技术的不断发展和完善,基于物联网的智能监控与优化控制系统将在金矿行业中得到更广泛的应用,为行业的可持续发展提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 李永绣,祝文才,章立志,等.稀土冶金与环境保护[M].化学工业出版社:202409.423.
- [2] 都健,董亚超.化工智能制造概论[M].化学工业出版社:2024.
- [3] 张红军.面向带钢热轧的工业过程监测与故障诊断方法研究[D].北京科技大学,2024.
- [4] 中国无机盐工业协会,中国石油和化学工业联合会化工新材料专业委员会.中国新能源材料产业发展报告[M].化学工业出版社:202405.362.
- [5] 张臻悦,杨静,郭文达,等.矿物加工过程管控系统应用现状分析[J/OL].矿产综合利用,1-9[2025-05-20].