

# 从传统到智能：矿物检测质控方法的数字化转型进展

卢智 宋晋

四川省第八地质大队

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2007

**[摘要]** 随着现代矿业企业生产与运营模式的转变,传统的矿物检测质量控制方法已无法满足高效性、精准性和可持续性的要求。本文探讨了矿物检测质量控制方法的数字化转型进展,分析了传统检测方法的局限性,阐述了物联网、大数据、人工智能等数字技术在矿物检测中的应用。通过数字化转型,矿业企业能够实现实时数据采集、智能分析与自动控制,显著提升了矿石质量的检测精度与生产效率,减少了资源浪费和环境影响。然而,转型过程中仍面临技术集成、数据安全和人员培训等挑战。为应对这些挑战,企业应采取渐进式实施、加强数据安全保障、提升人员技能等策略。本文的研究表明,数字化转型将成为矿业企业提升竞争力和实现长远发展的关键驱动力。

**[关键词]** 矿业企业; 检测方法; 质量控制; 智能技术

**中图分类号:** TD176 **文献标识码:** A

## From Traditional to intelligent: Progress in the digital transformation of mineral inspection quality control methods

Zhi Lu Jin Song

The Eighth Geological Brigade of Sichuan Province

**[Abstract]** With the change of production and operation mode of modern mining enterprises, traditional mineral inspection quality control methods have been unable to meet the requirements of high efficiency, accuracy and sustainability. This paper discusses the progress of digital transformation of mineral inspection quality control methods, analyzes the limitations of traditional inspection methods, and expounds the application of digital technologies such as Internet of Things, big data and artificial intelligence in mineral inspection. Through digital transformation, mining enterprises can achieve real-time data acquisition, intelligent analysis and automatic control, significantly improving the detection accuracy and production efficiency of ore quality, and reducing resource waste and environmental impact. However, the transformation process still faces challenges such as technology integration, data security and personnel training. To address these challenges, companies should adopt strategies such as incremental implementation, enhanced data security, and upskilling of people. This research shows that digital transformation will become a key driver for mining companies to enhance their competitiveness and achieve long-term development.

**[Key words]** mining enterprises; Detection method; Quality control; Intelligent technology

### 引言

随着全球资源需求的不断增长和环境保护要求的日益严格,矿业行业面临着前所未有的挑战。传统的矿物检测质量控制方法依赖于手工操作和实验室分析,不仅效率低下,且精度有限,难以满足现代矿业生产对质量控制的高标准要求<sup>[1]</sup>。物联网、大数据、人工智能等数字化技术的应用,为矿物检测提供了全新的解决方案,使得质量控制变得更加高效、精准和智能化<sup>[2]</sup>。

数字化质量控制方法的转型,不仅能够实时监测矿石质量,

优化生产过程,还能大幅提升矿业企业的生产效率和资源利用率<sup>[3]</sup>。然而,数字化转型也面临诸多挑战,包括技术集成、数据安全、人员培训等问题<sup>[4]</sup>。因此,如何有效应对这些挑战,推动矿物检测质量控制方法的全面数字化转型,成为当前矿业行业亟待解决的关键问题。

### 1 矿物检测与传统检测质量控制概述

矿物检测涉及矿石成分分析、矿石品位测定、矿石物理性质测量以及矿物加工特性测试等内容<sup>[4]</sup>。为了确保矿石品质和分析结果真实、可靠,需要开展必要的检测质量控制工作<sup>[5]</sup>。在

工业生产中, 矿物检测常用的方法主要有化学分析、光谱分析、显微镜分析三类; 与此对应, 大多采用手工采样、批量检测、人工数据分析以及经验性判定等手段实施检测质量控制。矿物检测与检测质量控制组成一个相互耦合的体系, 基本结构如图1所示。

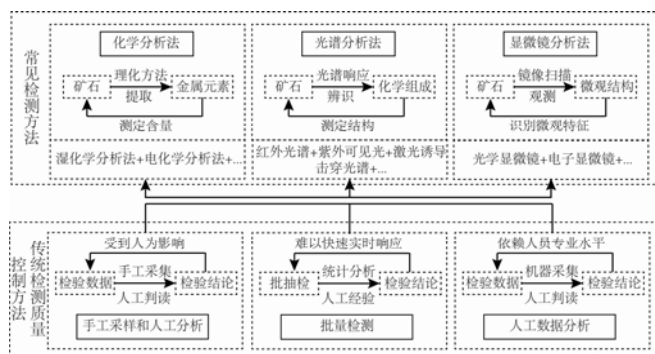


图1 矿物检测方法与传统检测质量控制方法

在图1中, 化学分析法适用于确定矿石中的金属元素类别与含量, 能够提供高精度的元素分析结果, 但需要较长的分析时间和复杂的实验操作步骤<sup>[6]</sup>; 光谱分析法, 包括红外光谱 (IR)、紫外可见光谱 (UV-Vis) 和激光诱导击穿光谱 (LIBS), 能够通过矿物样品在不同波长下的光谱响应来快速、准确地分析矿石中的化学成分, 尤其适合在大规模矿产资源勘探中应用<sup>[7]</sup>; 显微镜分析法通过观察矿石的微观结构和矿物颗粒的形态特征, 识别矿物种类、粒度分布及矿物间的相互关系<sup>[8]</sup>。这些方法的基本特点是依赖人工对实验过程或结果进行整理、分析和判断, 基于批次样品抽检和人的经验对检测数据做出判断, 难以确保质量控制的高效性和一致性。

## 2 矿物检测质量控制的数字化转型基本理念

### 2.1 数字化转型的定义

数字化转型是指在行业中引入先进的数字技术, 重新构建业务流程、优化生产方式, 最终提升服务质量的过程。对于矿物检测质量控制而言, 数字化转型意味着通过应用大数据、物联网 (IoT)、人工智能 (AI)、云计算等技术, 全面提升矿石检测的精确性和自动化水平, 实现检测流程的智能化和质量控制的高效化<sup>[9]</sup>。总结当前信息技术发展的成果, 可用于矿物检测质量控制方法数字化转型的核心技术如图2所示。

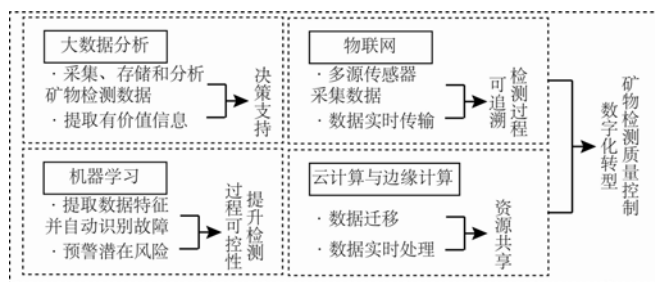


图2 用于矿物检测质量控制方法数字化转型的信息技术发展成果

### 2.2 数字化质量控制方法

数字技术的引入, 使得矿物检测质量控制不再依赖传统的人工操作和手工数据分析, 有助于实现全过程、全方位的智能监控与精确控制<sup>[10]</sup>。

#### 2.2.1 实时监控与数据采集

传统的质量控制方法通常是事后分析, 而数字化质量控制通过传感器、摄像机、自动化设备实现矿物检测的实时数据采集与在线监测。例如, 通过部署在矿山、加工厂的在线传感器, 可以实时监控矿石的化学成分、粒度、含水量等重要参数; 这些数据被即时传输至监控平台, 为质量控制提供即时反馈, 避免不合格产品的产生。

#### 2.2.2 数据驱动的质量趋势分析

物联网 (IoT) 技术使得矿物检测质量控制过程中的数据来源不再局限于单一维度, 而是通过集成多个数据源, 对矿石质量的变化趋势进行多维度分析。利用大数据技术, 能够对采集到的各类数据进行深入挖掘和分析, 识别潜在的质量波动因素, 预测质量变化趋势。例如, 通过对历史检测数据建模, 利用机器学习能够预测某一阶段矿石质量的变化, 为制定或调整开采与加工方案提供参考, 确保产品质量的稳定性。

#### 2.2.3 智能化质量预警与反馈机制

基于大数据技术, 当系统检测到矿石质量偏离正常范围时, 能够迅速发出预警信号, 并自动调整生产过程。这种智能反馈机制不仅提高了矿物检测的响应速度, 还减少了人为干预带来的误差。例如, 通过建立机器学习模型可以实时评估矿石质量, 根据其波动情况自动调整矿石开采计划。

#### 2.2.4 综合质量管理平台

数字化质量控制的另一个重要特点是通过系统集成的质量管理平台, 整合各类数据, 包括传感器数据、实验室检测数据、生产过程数据等, 实现数据的统一存储、共享与分析<sup>[11]</sup>。

## 3 矿物检测质量控制数字化转型面临的挑战与应对策略

### 3.1 数字化转型面临挑战

#### 3.1.1 技术集成与设备更新

数字化转型需要大量先进技术和设备的支持, 但在实际操作中, 现有矿山企业的传统设备和技术往往与新的数字化技术不兼容, 导致系统集成难度较大。特别是一些老旧矿山和加工厂, 基础设施不完善, 数字化设备的引入和旧有系统的对接需要较高的成本和技术支持。此外, 设备的不断更新和技术的快速迭代, 也使得企业面临持续投资和技术更新的压力。

#### 3.1.2 数据管理与安全性问题

数字化质量控制方法依赖于大量数据的采集、传输和处理, 这对数据管理提出了更高的要求。矿物检测过程中涉及的多维度数据包括化学成分、粒度分布、环境条件等, 这些数据不仅庞大且复杂, 还需要高效的存储和分析能力。然而, 数据的海量积累也带来了数据质量控制和安全保护的问题。数据泄露、篡改或丢失可能对矿业企业的正常运作造成重大影响。

### 3.2 应对挑战的策略

#### 3.2.1 逐步实施与系统集成

矿业企业可以采取渐进式的数字化转型策略,避免一蹴而就的高风险实施方式。通过分阶段实施数字化技术,将新技术与现有设备和系统进行有序集成。例如,首先在关键生产环节部署数字化监控系统,并逐步扩大到整个矿区的各个环节。通过系统集成,企业能够在不打破现有生产流程的基础上,引入先进技术,降低初期投资和技术整合难度。

#### 3.2.2 强化数据管理与安全保障

为了应对大数据管理和安全性挑战,企业需要建立健全的数据管理体系,确保数据的准确性、完整性和安全性。通过引入云计算平台和区块链技术,实现数据的实时同步、去中心化存储和追溯管理。此外,加强数据访问权限控制,确保数据在整个生命周期中的安全性和可靠性。

### 4 矿物检测质量控制数字化转型典型案例

某检测实验室位于中国西部,毗邻铁矿石开采与加工区域。多年来,该实验室一直采用传统方法进行矿石检测质量控制,检测周期长且准确性难以保证。为了解决这些问题,该实验室决定全面推行数字化质量控制。首先,部署了基于物联网(IoT)技术的在线矿石检测系统,将各类传感器安装在矿区各个生产环节中,实时监测矿石的化学成分、粒度和湿度等关键参数。数据通过无线网络传输到云端平台,进行集中处理和分析。同时,采用了大数据分析和人工智能技术,对采集到的实时数据进行深度分析,构建了矿石质量预测模型。在矿石开采和加工过程中,系统能够根据实时数据自动调整生产参数,确保产品质量的稳定性。

矿物检测质量控制方法数字化转型后,该实验室在多个方面取得了显著成效。一方面,矿石质量的波动得到了有效控制,质量合格率提升了20%。另一方面,检测效率大幅提高,检测时间缩短了15%;通过实时监控和智能分析,检测过程中发生的质量异常问题得到了及时预警和调整,避免了大量的不合格产品进入市场。

该案例表明,数字化质量控制方法的转型可以显著提升矿物检测的精度和效率,降低生产成本,并对企业和检测实验室的

可持续发展产生深远影响。

### 5 结论与展望

通过引入物联网、大数据、人工智能等先进技术,数字化质量控制方法不仅大幅提高了矿物检测的精准性与效率,也为矿山生产过程提供了更为精确的质量控制和决策支持。这一转型使得矿业企业能够实时监控矿石质量,及时调整生产环节,减少了资源浪费、降低了生产成本,并推动了绿色矿业和可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]杨再云.分析检测与矿业企业的发展[J].化工管理,2021,12(27):148-149.
- [2]林越华.岩石矿物分析化验中的质量控制要点分析[J].云南化工,2022,49(05):116-118.
- [3]王名越,狄永军,张春禹.花岗岩矿物正交偏光镜下图像人工智能识别研究[J].矿物学报,2024,44(01):11-23.
- [4]吴丽颖.地质岩石检测中矿物分析测试技术研究[J].山东化工,2023,52(16):154-155+159.
- [5]肖绣.岩矿分析的检测方法和质量要求探究[J].世界有色金属,2023,2(11):196-198.
- [6]罗东.岩石矿物分析化验中的质量控制要点研究[J].世界有色金属,2022,23(18):119-121.
- [7]伏志刚.地质矿物测试技术在地质勘查中的应用[J].中国金属通报,2022,35(05):106-108.
- [8]李亚龙,任冬,孙广胜.矿物样本中所含金属元素的化学分析方法研究[J].中国金属通报,2021,23(12):74-76.
- [9]常浩田.地质岩石检测中矿物分析测试技术要点分析[J].中国设备工程,2021,34(12):157-158.
- [10]方雅琴.浅析岩矿分析的检测方法和质量要求[J].石化技术,2020,27(02):275-276.
- [11]王智伟,周春宝.岩石矿物分析化验中的质量控制要点[J].化工管理,2020,35(01):100-101.

#### [作者简介]

卢智(1983—),男,汉族,江苏盐城人,硕士研究生,高级工程师,从事的研究方向或工作领域:矿物检测,环境监测。