

智能拣选装备在矿物加工中的应用现状与发展趋势

杨富强

中稀(凉山)稀土有限公司, 四川 凉山 615601

[摘要]随着矿业资源开发程度的不断加深,矿物加工对于分选效率以及精度的要求变得越来越高,传统的人工以及半自动化的拣选方法已经很难满足高效且精细化加工方面的需求了。智能拣选装备把先进的传感器技术、视觉识别技术、人工智能算法以及自动化控制系统整合到一起,达成了矿石和废石的高精度且快速的分离效果,大幅度提升了矿物加工的效率、产品的质量以及资源的利用率。文中全面地对智能拣选装备的构成以及原理、在有色金属、黑色金属以及非金属矿物当中的应用情况、关键的技术以及未来的发展趋势展开梳理,并且对智能拣选装备在未来于智慧矿山建设以及绿色矿业方面的应用前景予以展望。

[关键词]智能拣选; 矿物加工; 人工智能; 发展趋势

DOI: 10.33142/ec.v8i9.18003

中图分类号: TD92

文献标识码: A

The Current Application Status and Development Trend of Intelligent Picking Equipment in Mineral Processing

YANG Fuqiang

Zhongxi (Liangshan) Rare Earth Co., Ltd., Liangshan, Sichuan, 615601, China

Abstract: With the continuous deepening of mining resource development, the requirements for sorting efficiency and accuracy in mineral processing have become increasingly high. Traditional manual and semi-automatic sorting methods are no longer able to meet the needs of efficient and refined processing. Intelligent picking equipment integrates advanced sensor technology, visual recognition technology, artificial intelligence algorithms, and automation control systems to achieve high-precision and fast separation of ore and waste rock, greatly improving the efficiency of mineral processing, product quality, and resource utilization. The article comprehensively summarizes the composition and principles of intelligent picking equipment, its application in non-ferrous metals, ferrous metals, and non-metallic minerals, key technologies, and future development trends. It also looks forward to the application prospects of intelligent picking equipment in smart mining construction and green mining in the future.

Keywords: intelligent picking; mineral processing; artificial intelligence; development trend

引言

矿物加工属于资源开发里的关键环节,其主要目的在于借助有效的分选手段把矿石跟废石、不同品位的矿物切实分开,以此提升资源的利用效率并获取良好的经济效益。随着矿山开采规模变得越来越大,再加上矿石品位呈现出的不均匀情况愈发严重,传统的依靠人工来进行拣选以及初级的机械分选方式便出现了诸如效率不高、劳动强度颇大以及分选精度有一定限制等诸多问题。在这样的情况之下,针对智能拣选装备展开的研究以及其实际应用已然成为矿物加工领域极为重要的一个发展方向。这种装备把先进的传感器技术、计算机视觉、人工智能算法还有自动化执行系统相互融合起来,可以达成对矿物颗粒进行高精度且快速地识别以及分类分选的目的,进而让矿物加工流程得以优化,促使产品质量以及经济效益都得到提升。从国内外相关的研究情况来看,智能拣选技术在提升矿物分选精度、降低能耗以及劳动成本、推动绿色矿业发展等各个方面都有着十分突出的优势,已经渐渐地成为了现代矿物加工当中的重要技术支撑力量。

1 智能拣选装备概述

智能拣选装备属于装备系统,它是依靠先进检测以及

控制技术来运作的。该装备能够对矿物颗粒的物理特性、化学成分还有光学特性等相关信息展开实时分析,进而达成自动化识别、分类以及分选的目的。它的核心理念是借助高速传感器、精密图像处理系统以及智能算法,针对矿物颗粒开展无损检测,再凭借执行机构把不同类别的矿物高效地分离出来。这类装备一般是由检测系统、数据处理系统、执行系统以及控制系统组成的,在这些组成部分当中,检测系统负责采集信息,数据处理系统承担识别以及分类的任务,执行系统完成实际的分选动作,而控制系统则实现整个流程的协调与优化工作。智能拣选装备可以依据矿物特性以及分选需求来进行模块化配置,以此实现对不同矿石类型、粒度以及加工环境的灵活应用。与此伴随人工智能以及大数据技术的不断发展,装备的识别精度以及分选速度也在持续提升,从而为矿物加工给予了更为高效且更为智能的解决方案。

2 智能拣选装备的应用现状

2.1 有色金属、黑色金属及非金属矿物加工中的应用

在有色金属矿物加工领域当中,智能拣选装备已然广泛地在铜、铅、锌、镍等多种矿石的分选环节得以运用了。

其借助对矿物的密度、颜色、光谱特征以及化学成分加以识别的方式,进而达成高精度的将矿石同废石予以分离的目的。如此一来,既提升了精矿的品位,同时也降低了能源的消耗以及冶炼的成本。而在黑色金属矿物加工方面,比如说铁矿石的分选工作,智能拣选装备运用诸如 X 射线透射、近红外以及磁性识别等技术方面的手段,有效地把低品位的矿物以及杂质给剔除掉了,由此提高了铁精矿的质量,并且也提升了冶炼的效率。对于非金属矿物加工的情况,像是石英、滑石还有萤石等这些矿物,装备会采用颜色识别、光谱分析以及微波红外热成像等一系列的方法,可以快速地将杂质矿物剔除出去,从而确保最终产品具备良好的纯度以及均匀性。智能拣选装备在不同种类矿物加工当中的应用情况,已经从最初的实验阶段慢慢地朝着工业化的应用方向转变了,并且还收获了颇为可观的经济以及环境方面的效益。

2.2 常见智能拣选装备及其应用

2.2.1 X 射线透射 (XRT)

X 射线透射 (XRT) 拣选装备借助不同矿物对 X 射线吸收能力的不同之处,达成对颗粒的精准分选目的。其可在高速流水线的环境状况下,针对矿物颗粒展开实时的识别操作、细致的分类工作以及有效的杂质剔除举措,进而大幅提升分选的精度以及生产的效率。此项技术于金属矿物比如铜、铅、锌等精矿的提取环节,还有部分非金属矿物的分选流程当中,表现得格外出色。因为它具备识别精度颇高、处理能力颇为强大、分选速度较快并且能适应较广的矿物粒度范围等诸多优势,所以被广泛地应用起来。XRT 设备能够凭借灵活地去调整 X 射线的强度、探测器的灵敏度以及数据采集的相关参数,实现对不同矿物类别做出快速的响应并开展高效的分选活动。与此它还能够和自动化执行机构以及智能控制系统协同一致地开展工作,进而圆满完成连续不断、稳定可靠且高效能的矿物加工流程。如此一来,在确保精矿品质得以维持的情况下,还能提高整条矿山生产线的运行效率以及获取良好的经济效益。

2.2.2 X 射线荧光 (XRF)

X 射线荧光拣选装备借助检测矿物表面或者颗粒所发出的荧光信号,进而达成对元素组成的分析以及分类分选的目的。此项技术特别适用于那些需要针对矿物化学成分实施高精度把控的场合,像铜、铅、锌这类有色金属精矿的提取工作便属于此类情况。XRF 拣选装备可实时对矿物的元素含量予以识别,同时凭借智能算法来开展分类操作,以此达成对低品位矿物以及杂质的高效剔除效果,进而促使精矿质量得以提升,生产效率也获得提高。XRF 拣选装备能够直接反映矿石内部信息,避免矿石大小、湿度或表面污染程度的影响,从而保持较高的识别精度^[1]。在实际应用中,XRF 与其他分选技术结合,可显著降低能源、水量和药剂消耗,同时提升矿石的处理量和资源利

用效率。

2.2.3 近红外 (NIR)

近红外拣选技术是依据矿物针对近红外光所呈现出的反射或者吸收方面的特性来展开分类识别工作的,这项技术特别适合用于有机物以及非金属矿物的快速分选操作当中。NIR 装备具备对矿石的水分含量、内部结构状况以及化学组成成分实施无损检测的能力,进而达成精确分选的目的。此技术在石英、滑石、萤石等多种非金属矿物的加工环节里有着颇为重要的应用价值,并且还能够同 XRT、XRF 等相关技术相互融合起来,以此来实现从多个不同维度层面去开展矿物分选作业。NIR 技术主要基于非谐振性分子振动,能够记录分子中单个化学键的基频振动及其倍频和合频信息,其检测性能优于常规的表面检测方法^[2]。在实际应用中,NIR 智能拣选装备可通过不同矿物的光谱响应与元素含量的间接关系,有效预测矿石中有价值金属的品位,从而实现高精度的分选和资源优化利用。

2.2.4 颜色拣选 (色选)

颜色拣选装备借助高分辨率相机以及图像处理算法来识别矿物颗粒存在的颜色方面的差异,进而达成快速分选的目的。此方法在操作上较为简单,且所花费的成本也相对较低,它在铝土矿、锰矿、石英砂等多种矿物的加工环节当中有着广泛的运用。颜色拣选装备一般都会配备智能算法,能够依据矿物呈现出的颜色分布情况,在实时的状态下对分选参数做出相应的调整,以此提升分选的精度以及生产的效率。色选装备所用光源多为漫反射光源,不同光源的光谱特征存在差异,因此需要根据矿石表面的光学性质选择合适的光源和滤光片,并在必要时对光源进行合理设计^[3]。在实际应用中,针对特定矿种如钾长石或钨矿,色选装备可以通过优化光源和图像处理算法显著提高矿物在图像中的识别度,从而有效降低误拣率并提升拣选效率。

2.2.5 其他类型拣选

放射性拣选依据矿物天然放射性的差异(如含铀的矿石和废石)实现分离,主要用于放射性矿物,具有识别精度高、处理量大、分选效率高等优点。红外线热成像特性拣选 (IRT) 是利用物料不同组分受热后红外线辐射强度差异进行分选,此类拣选装备无需额外照射,但在分选前需对矿石加热,微波-热红外成像技术 (WM-IRT) 可以有效改善难处理斑铜矿的分拣效果。

2.3 应用效果与性能评价

智能拣选装备在实际矿物加工里的应用效果十分突出,其优势主要体现在分选精度高、处理能力强大、自动化程度高以及劳动强度低等方面,在对不同矿石类型和粒度进行处理时,该装备可有效剔除低品位矿物和杂质矿石,提高精矿品位与回收率,还可减少能源消耗和废料排放,提升矿山生产的经济效益。对设备性能评价时,一般会综

合考虑识别精度、分选效率、处理能力、能耗水平以及系统稳定性等指标,并结合生产线实际运行数据来全面分析,从各方面评价结果来看,智能拣选装备在经济效益方面表现优异,对于推动绿色矿业发展、优化矿山资源利用以及降低环境影响都有重要作用,为矿物加工技术的现代化、智能化发展奠定了基础。

3 智能拣选装备的关键技术

3.1 视觉识别与图像处理

视觉识别以及图像处理技术算得上是智能拣选装备的关键核心技术当中的一种。借助高速摄像机来对矿物颗粒的图像加以采集,而后凭借图像处理算法将颜色、形状、纹理等一系列的特征提取出来,进而达成对矿物的快速识别以及分类操作。伴随计算机视觉还有深度学习技术的不断发展,矿物图像识别所具备的精度以及速度都在持续不断地得以提升,这无疑为装备在高速流水线上的分选工作给予了稳固且可靠的支撑。

3.2 传感器与检测技术

传感器乃是智能拣选装备达成矿物识别这一目的的基础所在,其中囊括了诸如 X 射线探测器、红外传感器、光学相机以及电磁传感器等多种类型。这些各式各样的传感器可实时对矿物的物理特性、化学特性以及光学特性等相关信息予以采集,并且会把这些所采集到的数据传送到相应的处理系统当中去展开分析操作。而具备高灵敏度以及高稳定性的传感器技术,则切实保障了该装备在那种复杂多变的矿物环境之下所能够实现的分选精度,同时也确保了其应有的可靠性程度。

3.3 人工智能与机器学习在拣选中的应用

人工智能以及机器学习技术在智能拣选装备方面的应用较为普遍,借助训练算法针对矿物特征数据展开模式识别操作,进而达成分类以及优化决策的目的。以深度学习为基础构建的矿物识别系统具备处理复杂矿石样本的能力,能够提升分选精度,而且还能依据不同矿山环境进行自适应调整,实现动态优化效果。将智能算法加以应用,还能够实现设备故障预测以及生产流程优化,以此提高生产效率并增强系统的稳定性。

3.4 自动化控制与机器人技术

自动化控制以及机器人技术在智能拣选装备达成高效分选方面占据着极为关键的地位。其执行系统借助气动方式、液压方式或者机械机构,能够把经过识别之后的矿物予以精确的分离处理,并且还会同控制系统携手一道顺利完成分选相关的各项任务。而采用机器人化的方式来进行分拣操作,一方面使得分选的速度以及精度都得到了有效的提升,另一方面也大幅削减了人工的操作环节,进而促使设备自身的稳定性以及可维护性均获得了进一步的

提高。

3.5 数据集成与智能决策系统

数据集成与智能决策系统把传感器数据、识别结果以及控制指令加以统一管理,以此达成对装备运行的实时监控以及优化调度。此系统可分析生产数据、调整分选参数并做出智能决策,从而确保分选效率以及产品质量。并且,数据集成系统给矿山数字化以及智慧矿山建设给予了基础数据方面的支撑,实现了矿物加工全流程的智能化管理。

4 智能拣选装备的发展趋势与前景

未来智能拣选装备的发展态势呈现出硬件以及软件两方面的升级情况。就硬件来讲,该装备会向着高精度、高速度以及多传感器融合这样的方向去发展,以此来契合不同矿物类型还有粒度方面的要求,达成更为高效的分选效果。在软件层面,人工智能算法、深度学习以及大数据分析等手段会进一步提升识别精度以及决策能力,并且能够让设备具备自适应以及自优化的功能。绿色智能化这一趋势同样也会成为关键点,借助降低能耗以及减少废料的方式,达成可持续的矿物加工状态。除此之外,智能拣选装备将会与智慧矿山、数字矿山紧密融合起来,进而形成由数据所驱动的矿山生产管理体系,实现矿物加工全流程的智能化以及精细化操作,从而为矿业的绿色、高效发展给予技术层面的有力支撑。

5 结语

智能拣选装备属于现代矿物加工范畴内的一项重要技术手段,其在有色金属、黑色金属还有非金属矿物加工方面均获得了较为广泛的运用,由此使得分选精度以及生产效率都得到了颇为显著的提升。该装备将视觉识别、传感器检测、人工智能算法以及自动化控制技术加以集成,进而达成了高效、智能且绿色的矿物加工效果。在未来的发展进程中,伴随硬件性能不断得以提升、软件算法持续获得优化并且与智慧矿山实现更为紧密的融合,智能拣选装备于矿物加工领域势必会发挥出愈加重要的作用,从而促使矿业生产朝着高效、环保以及智能化的方向不断向前发展。

[参考文献]

- [1]王龙,林兴浩,王彬.智能拣选装备在矿物加工中的应用现状与发展趋势[J].金属矿山,2022(10):113-121.
- [2]谭明,沈政昌,杨义红.矿物分选装备技术研究进展[J].绿色矿山,2024,2(1):85-93.
- [3]王泽雷.光电拣选设备研究与应用进展[J].化工矿物与加工,2023,52(5):51-57.

作者简介:杨富强,(1991.01—),男,四川成都,现就职于中稀(凉山)稀土有限公司,选矿工程师,长期从事矿山选矿方面工作。