

# X射线荧光光谱法在矿产品检测中的应用

张航

新疆维吾尔自治区矿产实验研究所

DOI:10.12238/gmsm.v6i6.1603

**[摘要]** 矿产品的检测与分析是矿产资源开发和利用的重要环节,关系到矿石的品质、成分、控制、加工等多个方面。传统的检测方法通常需要破坏性取样,耗时耗力。因此,需要更快速、无损、高精度的检测方法来满足矿产行业的需求。本文将探讨X射线荧光光谱法在矿产品检测中的应用,包括其原理、技术特点、应用领域以及未来发展趋势。

**[关键词]** X射线荧光光谱法; 矿产品检测; 应用

**中图分类号:** O657.34 **文献标识码:** A

## Application of X-ray fluorescence spectroscopy in mineral product detection

Hang Zhang

Xinjiang Uygur Autonomous Region Mineral Experimental Research Institute

**[Abstract]** The detection and analysis of mineral products is an important part of the development and utilization of mineral resources, which is related to the quality, composition, control and processing of ore. Traditional detection methods often require destructive sampling, which is time-consuming and labor-intensive. Therefore, faster, non-destructive, high-precision testing methods are needed to meet the needs of the mining industry. This article will discuss the application of X-ray fluorescence spectroscopy in mineral product detection, including its principle, technical characteristics, application fields and future development trends.

**[Key words]** X-ray fluorescence spectroscopy; mineral detection; applications

### 引言

矿产品的质量和成分分析一直是矿产资源开发和利用中的重要环节,涉及到煤炭、金属、非金属、化工矿产品等多个领域,其结果影响着能源生产、工业制造、农业肥料和食品生产等多个关键产业。传统的检测方法需要破坏性取样和繁琐的实验操作,耗时且不适合在线实时检测。因此,急需一种无损、高效、高精度的检测方法,以满足不同领域对矿产品质量和成分的需求。

### 1 X射线荧光光谱法方法原理

X射线荧光光谱法是利用X射线能量照射原子核的内层电子,原子核内电子发生共振吸收射线的辐射能量后跃迁到高能级,跃迁到高能级的外层电子再回到低能级时,产生的能量以X射线的形式放出,所产生的X射线即为代表各元素特征的X射线荧光谱线。不同含量的元素和化合物释放出的X射线荧光谱线强度不同,因此可以根据X射线荧光谱线的特征和强度来确定物质的组分和含量。

X射线荧光光谱法的技术特点如下:(1)无损检测:X射线荧光光谱法是一种无损检测方法,可以不需要破坏性取样,可以保持样品的完整性,可以不改变样品的化学性质。这对于高价值矿

产品的检测尤为重要,因为传统方法可能损坏样品并造成资源浪费。(2)高分辨率:X射线荧光光谱法可以提供高分辨率的成分分析,可以检测到微量元素和痕量元素,对于矿产品的质量控制和矿石的勘探具有重要意义。(3)快速检测:X射线荧光光谱法检测通常速度较快,可以实现在线实时检测,满足矿产品生产过程中的实时质量控制需求。(4)多元素分析:X射线荧光光谱法可以同时分析多种元素,包括原子序数大于硼(B)的大部分轻元素和重元素,适合合适的分光晶体可以应用于不同种类的矿石和矿产品。(5)广泛适用性:X射线荧光光谱法适用于固体、粉末、液体样品的分析,覆盖了多个矿产领域,包括煤矿、金属矿、非金属矿、化工等。

### 2 X射线荧光光谱法在金属矿产品检测中的应用

#### 2.1 金属成分分析

X射线荧光光谱法在金属矿石成分分析中具有显著的应用潜力,金属矿石作为重要的工业原材料,其成分对于冶炼和生产工艺的优化至关重要。X射线荧光光谱法通过测量X射线荧光谱线的特征和强度,能够准确测定金属矿石中不同金属元素的含量以及可能存在的杂质。金属矿石的成分通常包括金属元素,如铁、铜、铝、锌等,以及非金属杂质元素,如硫、磷、砷等,

这些成分的含量会直接影响矿石的冶炼效率和最终产品的质量。X射线荧光光谱法可以快速、准确地确定金属含量和杂质元素的含量,为矿石的分类和冶炼过程提供了关键信息。在金属矿石工业中,X射线荧光光谱法可用于在线实时监测,实现了工业自动化和智能化。这有助于优化冶炼过程,提高产品质量,减少资源浪费。此外,该技术还可以用于矿石的分类和筛选,提高了矿石的利用率。

## 2.2 矿石品质评估

不同的金属矿石来源和采集地点可能具有不同的矿石品质特征,包括金属含量、杂质含量、颗粒分布等。X射线荧光光谱法可以用于金属矿石的品质评估,确定其是否满足冶炼和加工的要求。通过X射线荧光光谱线的特征和强度,可以迅速测定金属矿石中的金属含量和可能存在的杂质。这有助于确定矿石是否符合特定冶炼工艺的要求。如果矿石的金属含量高且杂质少,那么它可能更适合直接冶炼成金属。而如果矿石含有较多的杂质,可能需要经过预处理和精炼。品质评估对于决策者和生产商具有重要意义,可以帮助他们选择最适合的矿石来源和采购策略,同时也有助于避免浪费资源和能源。此外,X射线荧光光谱技术的高精度和无损特性使其成为一种可靠的品质评估工具,可应用于实验室和现场环境中。

## 2.3 金属合金分析

金属合金是一种重要的工程材料,广泛应用于航空航天、汽车制造、电子设备和建筑等领域。X射线荧光光谱法在金属合金分析中发挥了重要作用,用于确定合金的成分和特性,以确保其质量和性能。金属合金通常由多种金属元素混合而成,其成分和比例需要在制备过程中精确控制。X射线荧光光谱法可以用于分析合金中的各种金属元素的含量和分布,有助于确保合金的成分符合设计要求,从而保证最终产品的性能。此外,X射线荧光光谱法还可用于评估合金中的缺陷和杂质,有助于制造商及时发现和解决潜在的质量问题,提高合金制备的可靠性和稳定性。

## 2.4 金属矿床勘探

X射线荧光光谱仪可分为波长色散型(WD)和能量色散型(ED)。能量色散型X射线荧光光谱仪具有小体积,便于携带的特点,可以在野外通过直接扫描金属样品表面,可以非侵入性地获取关于金属样品的详细信息。进而识别潜在的金属矿床,有助于决策者更准确地了解金属资源的分布,优化采矿规划,降低勘探成本和环境影响。

## 3 X射线荧光光谱法在非金属矿产品检测中的应用

### 3.1 矿石成分分析

X射线透射方法不仅适用于金属矿石,还可以用于非金属矿石的成分分析。非金属矿石通常包括矿物、岩石和土壤样品,其成分可能包括不同的元素和化合物。X射线透射可以帮助科研人员 and 矿产工业工作者准确测定非金属矿石中的主要元素和杂质,这对于勘探、开采和利用非金属矿石具有重要意义。通过X射线透射分析,可以了解非金属矿石的成分特点,为资源的合理开发和利用提供重要的数据支持。

### 3.2 非金属矿床勘探

能量色散型X射线荧光光谱仪也可以在野外通过直接扫描非金属样品表面,可以非侵入性地获取关于非金属样品的详细信息。进而识别潜在的非金属矿床,有助于决策者更准确地了解非金属矿产资源的分布,优化采矿规划,降低勘探成本和环境影响。

## 4 X射线荧光光谱在煤炭矿产品检测中的应用

### 4.1 煤炭成分分析

X射线荧光光谱法在煤炭成分分析中具有独特的应用优势,根据X射线荧光光谱线的特征和强度来确定煤炭中不同元素的含量,这为准确测定煤炭的主要成分提供了一种高效、无损的方式。煤炭的主要成分通常包括碳、氢、氧、硫等元素,而这些成分的含量直接影响了煤炭的能值、燃烧特性和环境友好性。因此,X射线透射分析可用于确定煤炭的热值、灰分、水分和硫含量,为煤炭的分类、选矿和利用提供了关键信息。在煤炭工业中,通过X射线透射方法,可以实现在线实时监测和分析,不仅提高了煤炭质量的控制和优化,还有助于提高煤炭的燃烧效率和减少排放物,这对于清洁能源生产和环保具有重要意义。

### 4.2 煤炭矿床勘探

X射线荧光光谱仪可分为波长色散型(WD)和能量色散型(ED)。能量色散型X射线荧光光谱仪具有小体积,便于携带的特点,可以在野外通过直接扫描煤矿样品表面,可以非侵入性地获取关于煤矿样品的详细信息。进而识别潜在的煤炭矿床,有助于决策者更准确地了解煤炭资源的分布,优化采矿规划,降低勘探成本和环境影响。

## 5 X射线荧光光谱在化工矿产品检测中的应用

### 5.1 成分分析

X射线荧光光谱法在化工矿产品的成分分析中具有广泛应用。化工矿产品通常包括多种元素和化合物,其确切成分对于产品的质量 and 用途至关重要。X射线荧光光谱法可以帮助科研人员 and 工程师非破坏性地测定化工矿产品中各种元素和化合物的含量,提供准确的分析结果。这项技术可用于确定化工矿产品中的主要元素、杂质元素和其他成分,从而确保产品的合格性和质量。

### 5.2 杂质检测

化工产品的纯度和质量是关乎产品用途和安全性的核心问题,通过X射线荧光光谱法分析,可以非破坏性地探测化工产品中可能存在的杂质、掺杂物或其他非期望成分。这项技术可以精确识别和定量分析杂质的种类和含量,有助于制造商和监管机构确保产品的合格性。检测杂质是防止产品污染、提高产品纯度、降低风险的关键步骤。X射线荧光光谱技术的非破坏性特点使其成为化工行业中杂质检测的有力工具,为产品质量控制提供了高效的手段。

### 5.3 液体产品检测

X射线荧光光谱法可用于液体、粉末及固体材料的定性、定量分析。固体供试品可以直接压片或与适当的辅料混合处理后

压片进样分析,液体供试品可以直接进样分析。当X射线照射到供试品时,供试品中的各元素被激发而辐射出各自的荧光X射线。通过准直器经分光晶体分光,按照布拉格定律产生衍射,使不同波长的荧光X射线按照波长顺序排列成光谱,不同波长的谱线由探测器在不同的衍射角上接收。根据测得谱线的波长识别元素种类;根据元素特征谱线的强度与元素含量间的关系,计算获得供试品中每种元素含量百分数。

## 6 未来发展趋势

随着科学技术的不断进步,X射线荧光光谱技术将继续受益于更先进的检测设备和仪器的研发,这将提高检测的精确性、速度和可靠性,使其适用范围扩展至更多材料和产品类型。人工智能和机器学习技术的应用将使X射线荧光光谱数据的处理和分析更加智能化,有助于自动化数据解释和异常检测,提高检测的效率和准确性。未来,多种不同的检测技术将综合应用,以提供更全面的信息。例如,X射线荧光光谱法技术可能与X射线衍射仪等其他技术结合使用,从不同角度获得更多信息,有助于更全面地分析材料和产品。此外,X射线荧光光谱技术将在矿山和工业生产环境中用于野外矿产品勘探、环保监测,通过现场快速检测和监测污染物的浓度,有助于提高地质找矿、探矿、环境保护的效率和及时性。随着X射线荧光光谱技术的广泛应用,大规模的

数据生成将成为一个重要问题,数据安全和隐私保护将成为关注的焦点,以确保敏感数据的保密性和完整性。

## 7 结束语

X射线荧光光谱法作为一种快速便捷的无损检测技术,在矿产品检测中具有广泛应用前景。它可以用于煤炭、金属、非金属和化工矿产品的分析,有助于提高检测的速度和精度,促进资源的高效利用和环境的保护。未来,随着技术的不断发展和创新,X射线荧光光谱法将继续在矿产品检测中发挥重要作用,为矿产资源的可持续开发和利用提供支持。

## [参考文献]

- [1]赵峰,廖志海,乔洪波,等.溶液条件对X射线荧光光谱分析燃料化工含铀液体中铀的影响[J].冶金分析,2017,37(9):46-51.
- [2]蔺如喜.X射线荧光法在成矿规律研究中的应用[J].中国金属通报,2023,(04):61-63.
- [3]孙韶云,石文.X射线荧光分析方法在矿产品检测中的应用研究[J].化工管理,2019,(21):40-41.

## 作者简介:

张航(1989-),男,汉族,四川巴中人,硕士研究生,中级工程师,研究方向:岩石矿物、环境样品、食品等分析方法。