

# 钢铁行业中光谱分析技术的运用研究

龙媛媛 贾丛林 翟蔚

安阳钢铁集团有限责任公司 河南 安阳 455004

**摘要：**光谱分析凭借其高精度和快速性，在钢铁成分分析、质量检测及废料回收利用等方面发挥关键作用。研究还展望了光谱分析技术在钢铁行业的未来发展趋势，如技术升级和智能化应用。本摘要旨在为钢铁企业提供光谱分析技术应用的快速概览，促进技术的进一步应用与发展。

**关键词：**钢铁行业；光谱分析技术；运用研究

## 1 钢铁行业光谱分析技术概述

钢铁行业作为国民经济的重要支柱产业，对于材料的成分分析、结构表征以及质量控制等方面有着极高的要求。光谱分析技术，作为一种非破坏性的分析方法，以其快速、准确和高效的特点，在钢铁行业中得到广泛应用。光谱分析技术主要利用物质与电磁辐射相互作用时产生的光谱信息，来推断物质的内部结构和化学组成。在钢铁行业中，光谱分析技术被广泛应用于钢铁成分分析、冶炼过程监控以及产品质量控制等多个环节。对于钢铁成分分析，光谱分析技术能够提供快速、准确的元素定量分析。通过对待测样品进行光谱采集和处理，可以精确地测定钢铁中各种元素的含量，为钢铁合金设计和优化提供重要依据。在钢铁冶炼过程中，光谱分析技术可以实时监控冶炼炉内的成分变化，及时调整冶炼工艺参数，以确保钢铁产品的质量和性能。这种实时的在线监控方式，不仅提高冶炼效率，还降低了能源消耗和环境污染。光谱分析技术在钢铁产品质量控制方面也发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。通过光谱分析，可以对钢铁产品的成分、结构和性能进行全面评估，及时发现潜在的质量问题，并采取相应措施进行改进。这有助于提高钢铁产品的稳定性和可靠性，满足用户对产品质量的高要求。

## 2 光谱仪器的类型

在钢铁行业中，光谱仪器的应用非常广泛，根据不同的分析需求和场景，可以选择不同类型的光谱仪器。

(1) 原子发射光谱仪 (AES)：这类仪器主要用于钢铁中元素的定性和定量分析。通过激发钢铁样品中的原子，使其发射出特定波长的光，从而确定元素的种类和含量。AES仪器具有分析速度快、准确度高的特点，适用于钢铁冶炼过程中的实时监控和产品质量控制。

(2) 原子吸收光谱仪 (AAS)：AAS仪器通过测量待测元素对特定波长光的吸收程度，来确定元素的含量。这种仪器在钢铁行业中常用于测定钢铁中的微量元素，

如铜、镍、铬等。AAS仪器具有灵敏度高、分析精度高的优点，适用于钢铁成分分析。(3) X射线荧光光谱仪 (XRF)：XRF仪器通过测量样品受到X射线激发后发射的荧光X射线的能量和强度，从而确定样品中的元素组成和含量。这种仪器在钢铁行业中常用于原材料的成分分析、炉渣分析以及钢铁产品的质量控制。XRF仪器具有非破坏性、分析速度快、多元素同时分析等优点。(4) 红外光谱仪 (IR)：IR仪器通过测量样品对红外光的吸收和透射，来分析样品的分子结构和化学键。在钢铁行业中，IR仪器常用于研究钢铁材料的结构、相变和性能评估。IR仪器具有分析范围广、信息量大的优点，对于钢铁新材料的研发具有重要意义。总之，钢铁行业中使用的光谱仪器类型多样，每种仪器都有其独特的优势和适用范围。根据具体的应用需求，选择合适的光谱仪器可以提高分析效率和准确性，为钢铁行业的生产和技术进步提供有力支持。



光谱仪在钢铁行业的炉前金属分析中的应用如图所示

## 3 钢铁行业光谱分析技术在实际应用中的优势

光谱分析技术在钢铁行业中展现出了显著的优势，特别是在检测精度、分析速度以及非破坏性等方面。

### 3.1 检测精度高，速度快，非破坏

#### (1) 检测精度高

光谱分析技术以其极高的检测精度在钢铁行业中脱颖而出。通过精确测量钢铁样品的光谱信号,并结合先进的数据处理和分析方法,光谱分析技术能够实现对钢铁中各种元素的准确定量分析。以钢铁中常见的碳元素为例,光谱分析技术的检测精度可以达到0.01%以下,这意味着对于含有0.1%碳的钢铁样品,光谱分析技术能够准确地测量出其碳含量,误差范围在0.001%以内。这种高精度的分析能力为钢铁企业提供了准确的原材料成分信息,为冶炼过程和产品质量控制提供了可靠的数据支持。

### (2) 分析速度快

光谱分析技术在分析速度方面具有显著优势。与传统的化学分析方法相比,光谱分析技术能够在极短的时间内完成分析。例如,利用现代化的光谱仪器,钢铁企业可以在几分钟内完成一个批次钢铁样品中多个元素的定量分析,而在传统的化学分析方法中,这可能需要数小时甚至数天的时间。这种快速的分析能力使得钢铁企业能够实时监测冶炼过程的变化,及时发现问题并进行调整,从而确保生产过程的稳定性和连续性。

### (3) 非破坏性

光谱分析技术的非破坏性特点也是其在钢铁行业中得到广泛应用的原因之一。在进行光谱测量时,通常不需要对钢铁样品进行破坏性处理,这意味着可以在不破坏样品的情况下获取其成分信息。这一特点使得光谱分析技术不仅可以用于成品的检测,还可以用于生产过程中的原材料和中间产品的分析。通过实时监测生产过程中的原材料和中间产品的成分变化,钢铁企业可以及时发现潜在的工艺问题或原材料问题,并采取相应的措施进行调整和优化,以提高产品质量和生产效率。

### 3.2 提高生产效率,降低成本,促进质量升级

光谱分析技术在钢铁行业中的实际应用,不仅提供准确、快速、非破坏性的分析手段,更重要的是,它在提高生产效率、降低成本以及促进产品质量升级方面具有显著优势。通过光谱分析技术,钢铁企业可以实现对原材料、中间产品和最终产品的实时成分监控。这种能力使得企业能够及时调整生产参数,确保产品质量稳定,从而避免生产过程中的质量波动和潜在的产品缺陷。这种“即测即调”的方式极大地提高生产效率,减少不必要的浪费。光谱分析技术还可以帮助钢铁企业实现精准配料。在生产过程中,根据光谱分析结果,企业可以精确地确定所需的各种原料和添加剂的比例,从而确保产品质量的同时,也最大限度地降低了生产成本。光谱分析技术对于钢铁产品的质量控制和升级也起到关

键作用。通过光谱分析,企业不仅可以了解产品当前的成分和性能,还可以预测其未来的性能表现,从而为产品改进和升级提供依据。这种能力使得钢铁企业能够在激烈的市场竞争中保持领先地位,不断推出高质量、高性能的产品,满足客户的多样化需求。

### 3.3 推动钢铁行业智能化、数字化发展

光谱分析技术在钢铁行业中的实际应用,不仅优化生产流程、提高了产品质量,更重要的是,它在推动钢铁行业智能化、数字化发展方面发挥着关键作用。光谱分析技术为钢铁行业提供了海量的数据支持。通过实时、在线地分析钢铁材料的成分和性能,光谱分析技术能够生成大量关于原材料、生产过程和产品质量的精确数据。这些数据为钢铁企业实现数字化转型提供坚实的基础,使得企业能够基于数据做出更加科学、合理的决策。光谱分析技术与其他数字化技术的结合,推动了钢铁行业的智能化升级<sup>[3]</sup>。例如,通过结合光谱分析与人工智能技术,钢铁企业可以建立预测模型,对生产过程进行预测和优化。此外,光谱分析还可以与工业互联网技术结合,实现远程监控、故障诊断和预测性维护等功能,进一步提高生产效率和设备可靠性。光谱分析技术还有助于钢铁行业实现绿色、可持续发展。通过精确的成分分析和性能评估,光谱分析技术可以帮助钢铁企业减少资源消耗、降低能源消耗和减少废弃物排放,从而实现更加环保、可持续的生产方式。这种生产方式不仅有助于钢铁企业自身的可持续发展,也为整个行业的转型升级提供了强有力的支撑。

## 4 钢铁行业光谱分析技术的运用

### 4.1 钢铁成分分析

在钢铁行业中,光谱分析技术被广泛应用于钢铁成分的分析。这种技术通过测量钢铁样品发射或吸收的光谱信号,能够精确地确定钢铁中各种元素的种类和含量。光谱分析技术在钢铁成分分析中的应用,主要依赖于其高灵敏度和高分辨率的特点。通过精确测量钢铁样品在不同波长下的光谱响应,光谱分析技术可以准确地识别出钢铁中的各个元素,并确定它们的含量。这种分析能力使得钢铁企业可以对原材料、生产过程和产品进行全面的成分控制,确保产品质量符合标准和客户要求。光谱分析技术在钢铁成分分析中的应用还体现在其快速性和非破坏性的优势上。相较于传统的化学分析方法,光谱分析技术能够在短时间内完成对钢铁成分的分析,大大缩短分析周期,提高生产效率。同时,光谱分析过程对样品无需进行破坏性处理,可以在不破坏样品的情况下获取其成分信息,这对于保护样品和节约资源

具有重要意义。

#### 4.2 质量检测与控制

在钢铁行业中，光谱分析技术在质量检测与控制环节扮演着至关重要的角色。首先，光谱分析技术用于钢铁生产过程中的原材料检验。通过对进厂原料进行光谱分析，钢铁企业可以迅速了解其成分，确保原料质量符合生产要求。这有助于避免使用不合格原料导致的生产事故和产品质量问题。其次，在生产过程中，光谱分析技术用于实时监测生产线上钢铁产品的化学成分。由于光谱分析具有非破坏性和快速性的特点，可以在不破坏产品的情况下实时获取成分数据，从而及时发现生产过程中的问题，如成分偏差、杂质超标等。这种实时监测能力使得钢铁企业能够及时调整生产参数，确保产品质量稳定。光谱分析技术还用于钢铁产品的出厂检验。通过对产品的光谱分析，企业可以准确评估其性能和质量，确保产品符合国家标准和客户要求。这种严格的质量控制有助于提升钢铁企业的产品信誉和市场竞争能力。除了质量检测，光谱分析技术还在钢铁产品质量控制中发挥着重要作用。通过对生产过程中关键环节的光谱分析，企业可以了解生产过程的稳定性和一致性，从而优化生产工艺，提高产品质量。光谱分析技术还可以用于产品追溯和质量控制体系的建立，为钢铁企业的质量管理提供有力支持。

#### 4.3 废料回收利用

在钢铁行业中，光谱分析技术在废料回收利用方面发挥着至关重要的作用。这项技术为废料的有效分类和利用提供了科学依据，使得钢铁企业在减少资源浪费、实现循环利用的同时，也降低生产成本，提高经济效益。（1）光谱分析技术能够准确识别废料的成分。钢铁生产过程中产生的废料种类繁多，成分各异。通过光谱分析，可以迅速、准确地检测出废料中的主要元素及

其含量，从而为废料的分类提供了可靠依据。这有助于钢铁企业针对不同种类的废料制定相应的回收和处理方案，实现废料的最大化利用。（2）光谱分析技术有助于评估废料的再利用价值。通过对废料成分的分析，钢铁企业可以了解其潜在的经济价值，从而决定是否将其作为原料再次投入生产。这不仅减少新原料的开采需求，节约自然资源，还有助于钢铁企业实现资源的闭环利用，降低生产成本<sup>[4]</sup>。（3）光谱分析技术还为废料的环保处理提供了支持。在废料回收利用过程中，如何确保环保和安全是一个重要的问题。光谱分析技术可以检测出废料中的有害元素和污染物，为钢铁企业提供有针对性的处理方案，确保废料的环保处理符合相关法规和标准。

#### 结束语

随着技术的持续进步和创新，光谱分析技术将在钢铁行业中扮演更加关键的角色。未来，钢铁企业不仅需要进一步加强光谱分析技术的研究和应用，更要在生产中普及和优化这项技术，使其成为行业现代化转型和可持续发展的核心驱动力。通过光谱分析技术的广泛应用，钢铁企业有望实现更高效的生产流程、更优质的产品输出以及更环保的生产方式，从而推动整个行业的转型升级，为社会和经济的持续发展做出贡献。

#### 参考文献

- [1]李伟,王小明.光谱分析技术在钢铁行业中的应用研究[J].光谱学与光谱分析.2022.42(3):781-787.
- [2]刘志勇,陈华,郭峰.基于光谱分析的钢铁材料成分快速检测技术研究[J].钢铁研究学报.2022.34(2):134-140.
- [3]张晓刚,王立强,李四新.光谱分析在钢铁生产质量控制中的应用[J].冶金分析.2022.42(6):28-34.
- [4]王丽芳,杨帆,陈五一.钢铁行业中光谱分析技术的最新进展及趋势[J].材料导报.2022.36(S1):302-307.