

遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制与对策研究

唐雅媛，李星宇

湖南科技学院 信息工程学院，湖南 永州 425199

DOI: 10.61369/SSSD.2025200027

摘要：本文旨在探讨在遥感图像场景下，如何应用深度学习技术构建有色金属低碳循环利用的机制，并提出相应的对策，以应对资源枯竭、环境污染和气候变化等挑战，对促进可持续发展具有重要的理论价值和实践意义。

关键词：遥感图像；深度学习；有色金属；低碳循环；利用机制；对策

Research on the Mechanism and Countermeasures of Low-Carbon Circular Utilization of Non-Ferrous Metals Based on Deep Learning in Remote Sensing Image Scenarios

Tang Yayuan, Li Xingyu

School of Information Engineering, Hunan University of Science and Technology, Yongzhou, Hunan 425199

Abstract : This study seeks to investigate the application of deep learning techniques in the analysis of remote sensing imagery, with the objective of establishing a framework for the low-carbon and circular utilization of non-ferrous metal resources. It further proposes targeted strategies to address critical challenges including resource depletion, environmental degradation, and climate change, thereby contributing to both theoretical advancement and practical efforts toward sustainable development.

Keywords : remote sensing images; deep learning; non-ferrous metals; low-carbon circulation; utilization mechanism; countermeasures

引言

遥感图像技术以其广域覆盖、高分辨率及实时性等特点，成为了监测地球表面变化、资源分布及环境状况的重要手段^[1]。在有色金属资源领域，遥感图像能够提供丰富的地表信息，为资源的勘探、开采及循环利用提供关键数据支持。深度学习作为人工智能的前沿技术，以其强大的特征提取、模式识别及预测能力，在图像识别、分类及决策支持等方面展现出巨大潜力^[2]。有色金属作为重要的战略资源，其低碳循环利用对于促进经济可持续发展、减轻环境压力具有重要意义。然而，当前有色金属资源的开采、利用及回收过程中仍存在效率低、污染重等问题，制约了其低碳循环目标的实现。

基于遥感图像的深度学习技术，能够实现对有色金属资源的精准识别、动态监测及高效管理，为构建有色金属低碳循环利用机制提供技术支撑。遥感图像通过捕捉地表的光谱、纹理及形态信息，反映了有色金属资源的分布状况及变化趋势；而深度学习算法则通过对这些图像数据进行深度挖掘与分析，实现了对有色金属资源的智能识别与分类^[3]。在此基础上，结合有色金属循环利用的工艺流程及环保要求，可以构建出一套基于遥感图像和深度学习的有色金属低碳循环利用机制，该机制涉及资源识别、开采规划、加工利用、回收再生等多个环节，旨在实现有色金属资源的高效利用与低碳排放。

然而，在实际应用中，这一机制还面临着数据获取难度大、处理复杂度高、模型泛化能力差等挑战。因此，本文旨在深入探讨遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制，分析当前存在的问题，并提出相应的对策与建议。通过跨学科的理论融合与技术创新，本文旨在为有色金属资源的低碳循环利用提供新的思路与方法，推动资源节约型和环境友好型社会的建设。

一、有色金属低碳循环利用机制建构的必要性

(一) 有助于满足有色金属低碳循环利用的技术需求

随着全球对资源节约和环境保护意识的增强，有色金属低碳

循环利用已成为行业发展的主要趋势。遥感图像技术以其广域覆盖、高分辨率和实时性等特点，在有色金属资源的勘探、开采及循环利用中展现出巨大潜力。而深度学习技术则以其强大的特征提取、模式识别及预测能力，为有色金属低碳循环利用提供了新

基金项目：2024年度湖南省社会科学成果评审委员会课题（XSP24YBC454）

作者简介：唐雅媛（1982—），女，湖南永州人，博士，教授，研究方向为智能计算。

的技术手段。将遥感图像与深度学习技术相结合，可以实现对有色金属资源的精准监测、高效回收和低碳利用，满足行业对低碳、环保、高效的技术需求。

例如，通过深度学习算法对遥感图像进行分析^[4]，可以精确认别出不同类型的有色金属矿石，确定其品位和储量，为开采方案的制定提供准确依据。在回收环节，利用先进的图像识别技术可以快速、准确地分拣废旧金属，提高回收效率，降低回收成本。这种精准的技术手段能够有效减少资源浪费，提高资源利用率，符合现代有色金属产业对技术的要求。

(二) 有助于推动有色金属循环利用机制的创新

相较于依赖人工、高耗低效的传统模式，基于遥感与深度学习的新机制实现了智能化管理。它通过对图像的自动分析，动态优化开采、加工策略，从而在提升资源利用效率与回收率的同时，显著降低能耗与污染，推动产业向绿色、低碳转型。

(三) 有助于提升有色金属行业的社会效益和经济效益

构建有色金属低碳循环利用机制，兼具显著的经济、社会与环境效益。它不仅能通过降本提质增强企业竞争力，带动产业链发展与就业，还能通过智能化升级推动行业转型。最终，该机制将在减少污染、改善民生的同时，促进区域经济繁荣，实现高质量发展。

(四) 有助于促进环境保护和可持续发展

有色金属的开采与冶炼易导致环境污染与生态破坏。通过引入基于遥感图像与深度学习的低碳循环利用机制，可实现对资源的精准监测与高效利用。该机制能在开采中实时监控矿山环境，防范生态破坏；在加工中优化工艺以降低“三废”排放。这不仅有助于减轻环境污染、保护生态平衡，也对应对气候变化和推动可持续发展具有重要意义。

综上所述，遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制与对策研究对于满足行业技术需求、推动机制创新、提升社会效益和经济效益以及促进环境保护和可持续发展^[5]具有重要意义。未来应进一步加强该领域的研究和应用推广，为有色金属产业的绿色发展贡献力量。

二、遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制的建构

遥感图像技术以其独特的优势，在资源监测、环境评估等领域展现出巨大潜力。结合深度学习技术，可以进一步提升遥感图像在有色金属低碳循环利用中的应用效果。本文将从机制框架、技术支撑、流程管理、环境适配四个方面，构建遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制，如图1所示：

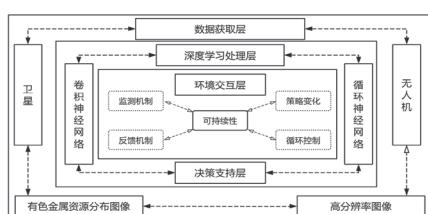


图1 遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制

(一) 机制框架

整个机制框架由数据获取层、深度学习处理层、决策支持层和环境交互层组成。数据获取层负责收集遥感图像数据，通过卫星、无人机等遥感平台获取高分辨率的有色金属资源分布图像^[6]；深度学习处理层利用卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）等深度学习模型对图像数据进行特征提取、分类识别和目标检测，以精准定位有色金属资源^[7]；决策支持层基于处理结果，制定有色金属资源的开采、回收和循环利用策略^[8]；环境交互层则负责监测和反馈环境变化，确保低碳循环利用过程的可持续性^[9]。

(二) 技术支撑

深度学习技术是该机制的核心支撑。通过构建深度学习模型，实现对遥感图像的高效处理和智能分析。例如，利用 CNN 模型对图像进行特征提取，可以准确识别有色金属矿物的类型和分布^[10]；利用 RNN 模型对时间序列图像数据进行分析^[11]，可以预测有色金属资源的变化趋势。此外，还需要结合地理信息系统（GIS）技术，对有色金属资源的空间分布进行可视化和精细化管理^[12]。

(三) 流程管理

流程管理包括数据采集、预处理、模型训练、结果分析和策略制定等环节。首先，通过遥感平台采集有色金属资源分布的图像数据^[13]；然后，对图像数据进行预处理，包括去噪、增强和配准等；接着，利用深度学习模型对预处理后的图像数据进行训练和测试，提取有用信息；最后，基于模型输出结果，制定有色金属资源的开采、回收和循环利用策略，并监测实施效果，不断调整和优化流程^[14]。

(四) 环境适配

环境适配是该机制的重要保障。由于有色金属资源的分布和开采受到地质、气候等多种环境因素的影响，因此需要在机制构建过程中充分考虑环境因素。通过实时监测环境变化，如地质构造、气候变化等，及时调整有色金属资源的开采和循环利用策略。同时，还需要建立环境风险评估和预警机制，确保低碳循环利用过程的安全性和可持续性。

通过构建遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制，可以实现对有色金属资源的精准监测、高效回收和低碳利用，推动有色金属产业的绿色可持续发展。

三、遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用对策

遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制的构建，需紧密结合技术发展与实际应用需求，针对有色金属资源分布广泛、回收利用率低等问题，提出以下对策，如图2所示：

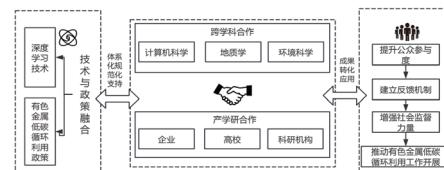


图2 遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用对策

(一) 融合技术与政策，促进有色金属低碳循环利用的体系化建设

应将深度学习技术与有色金属低碳循环利用政策紧密结合，形成技术与政策双轮驱动的发展模式。政府及相关部门应出台相关政策，鼓励和支持深度学习技术在有色金属资源勘探^[15]、回收及再利用中的应用，同时，技术团队应不断优化深度学习模型，提高遥感图像的处理精度和效率，为有色金属低碳循环利用提供强有力的技术支撑。通过技术与政策的深度融合，推动有色金属低碳循环利用的体系化、规范化发展。

(二) 强化跨学科合作，推动有色金属低碳循环利用的创新发展

遥感图像处理、深度学习及有色金属循环利用涉及多个学科领域，应强化跨学科合作，打破学科壁垒，形成创新合力。通过组织跨学科研讨会、建立联合实验室等方式，促进计算机科学、地质学、环境科学等领域的专家学者交流与合作，共同探索有色金属低碳循环利用的新方法、新技术。同时，应鼓励企业、高

校及科研机构之间的产学研合作，推动科研成果的快速转化与应用。

(三) 提升公众参与度，构建有色金属低碳循环利用的社会共治格局

有色金属低碳循环利用不仅是一项技术挑战，也是一项社会任务。应通过多种渠道提升公众对有色金属低碳循环利用的认知度和参与度，如开展科普宣传、举办公众参与活动、建立反馈机制等。同时，应鼓励公众积极参与有色金属资源的回收与再利用，形成政府引导、企业主体、公众参与的有色金属低碳循环利用社会共治格局。通过提升公众参与度，增强社会监督力量，推动有色金属低碳循环利用工作的深入开展。

综上所述，遥感图像场景下基于深度学习的有色金属低碳循环利用机制的构建与对策研究，需从技术与政策融合、跨学科合作、公众参与度提升等多个方面入手，形成全方位、多层次、立体化的推进体系，为有色金属产业的绿色可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 遥感技术基础与应用教程 [M]. 北京：科学出版社，2018.
- [2] 深度学习原理与实践 [M]. 北京：清华大学出版社，2019.
- [3] 有色金属循环利用技术与发展趋势 [M]. 北京：冶金工业出版社，2020.
- [4] 宋仁忠, 郑慧玉, 王党朝, 等. 基于深度学习和高分辨率遥感影像的露天矿地物分类方法 [J]. 中国矿业, 2022, 31(7): 102–111.
- [5] 杨敬增, 池莉. 双碳背景和弹性供应链体系下的有色金属循环产业链建设 [J]. Nonferrous Metals (Mining Section), 2023, 75(1).
- [6] Li, J., Zhang, H., Li, X., et al. Integrating UAS-based hyperspectral and LiDAR data for mineral mapping in a banded iron formation[J]. Neural Computing and Applications, 2024, 36.
- [7] Ai L, Li J, He Y, et al. Segmentation and Labeling of Polished Section Images Based on Mask R-CNN Algorithm[J]. Minerals, 2022, 12(7).
- [8] Ghaderi, V., Nezhad, R. H. K., Afzal, P., et al. Multifractal modeling and GIS-based analysis of mineral prospectivity in the Toroud-Chahshirin Magnetic Belt, Central Iran[J]. Geosystems and Geoenvironment, 2024, 3(1).
- [9] Nisticò, N., Lanotte, M., Gargiulo, A., et al. A deep learning approach for semantic segmentation of unprecedented urban areas in view of emergency mapping[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2023, 124.
- [10] Liu, L., Zhou, J., Jiang, D., et al. Ore-Waste Discrimination Using Superpixel-Based Deep Learning Segmentation Model for Hyperspectral Imaging in an Underground Gold Mine[J]. Remote Sensing, 2023, 15(15).
- [11] Cao, J., Zhang, Z., Zhang, W., et al. A small sample deep learning method for prediction of heavy metal contamination in marine sediments[J]. Science of The Total Environment, 2023, 857.
- [12] Hagemann, S. E., Hough, M. P., Jowitt, S. M., et al. A geodata-science-driven prospectivity model for the Belt and Road Initiative: A new approach to assess the mineral resource potential of global mineral belts[J]. Ore Geology Reviews, 2023, 161.
- [13] Liu, T., Zhang, Z., Ghamisi, P., et al. Spodumene Identification Using Multisource Satellite Imagery and a Lightweight Spectral – Spatial Model[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2023, 61.
- [14] Da Silva, M. B., Del Frari, B. B., Delmonte, M., et al. Conformal prediction for reliable machine learning in mineral processing: a case study on ferrous scrap classification[J]. arXiv, 2023.
- [15] Pinto, D., Basto, M., Silva, G., et al. Assessing ESG Risks in Copper Supply Chains: A Remote Sensing and Machine Learning Approach[J]. Resources Policy, 2024, 88.