

矿石类堆取料作业中粉尘控制与环保优化技术的研究

孙烽炜

华电郑州机械设计研究院有限公司 河南郑州 450000

【摘要】在现代矿业生产中，矿石堆取是生产过程中不可缺少的环节，但该过程往往会产生大量粉尘，严重危害环境和人类健康。粉尘污染严重影响矿区空气质量，影响矿区居民生活质量，危害矿工身体健康，诱发呼吸系统疾病等一系列健康问题。随着我国环境保护意识的增强，以及日益严格的环保要求，如何有效地控制选矿过程中产生的粉尘，已成为矿业行业迫切需要解决的难题。

【关键词】矿石类堆取料作业；粉尘控制；环保优化技术

Research on Dust Control and Environmental Optimization Technologies in Ore Piling and Retrieval Operations by Sun Fengwei

Huadian Zhengzhou Machinery Design & Research Institute Co., Ltd. Zhengzhou, Henan Province 450000

【Abstract】In modern mining production, ore piling and retrieval operations are indispensable processes. However, these operations often generate substantial dust emissions that severely endanger environmental and human health. Dust pollution significantly impacts air quality in mining areas, compromises residents' quality of life, endangers miners' health, and induces respiratory diseases. With China's growing environmental awareness and increasingly stringent regulations, effectively controlling dust generated during mineral processing has become an urgent challenge for the mining industry.

【Key words】 Ore piling and retrieval operations; Dust control; Environmental optimization technologies

矿堆拣选作业粉尘控制及环境优化是采矿环境保护领域的重要课题，粉尘治理不仅是技术上的革新，更是管理上的优化。技术方面，应研究并应用高效的粉尘收集、处理与减排技术，降低粉尘的产生与排放。在管理方面，要建立健全的环境保护管理制度，加强对粉尘的监测与管理，保证各项环保措施得到有效落实，既能降低成本，又能降低生产成本的方法。因此，开展矿堆集尘控制及环境优化技术研究，对促进我国矿业绿色发展，实现可持续发展具有重要的理论与现实意义。

能改善空气质量，还能间接影响生态环境。粉尘中含有多种重金属及有害物质，经大气传输后，可通过降雨等自然过程进入土壤及水体，破坏土壤肥力，破坏水生态平衡，对植物生长及水生生物的生存产生不利影响。降低粉尘排放，减少有害物质进入生态系统，保护土壤、水环境，维持生态系统稳定及生物多样性，具有重要意义。不仅可以减少对周围植被的破坏，还可以防止沙尘对植物光合作用的阻碍，从而保护矿区周边植被资源，促进矿区生态系统的自我修复与可持续发展。

一、矿石类堆取料作业中粉尘控制与环保的关联性

（一）粉尘控制对空气质量改善的直接作用

矿石堆粉尘控制与环保有着密切的关系。粉尘是矿山生产过程中产生的主要污染物之一，因其粒径小，可长期悬浮于大气中，严重影响大气环境质量。采取有效的防治措施，可大幅度降低矿区内及周围区域的大气质量（矿石类堆取料储存如图1）。良好的空气质量不仅可以降低灰霾天气、改善能见度、保证交通安全，而且可以减少空气中悬浮颗粒物对人体健康的危害，降低呼吸系统、心血管等疾病的发病率，提高居民生活质量^[1]。因此，治理粉尘是实现矿区环境空气质量达标的重要一环，对环境保护意义重大。

（二）粉尘控制对生态系统保护的间接影响

矿石类堆取料作业治理对环境保护具有重要意义，不仅



图1 矿石类堆取料储存

（三）粉尘控制对资源利用效率提升的促进作用

粉尘治理与环保的关联性也表现在提高资源利用率，矿石堆卸料时，会产生大量的粉尘，造成了矿石资源的浪费^[2]。采取有效的粉尘治理措施，可降低作业过程中矿石损耗，提高矿石回收率，达到资源节约、高效利用的目的。这样既可以降低企业的生产成本，提高经济效益，又可以减少对自然资源的开发和消耗，减少对环境的压力，从而达到资源利用和环境保护的良性互动，促进矿业的可持续发展。

（四）粉尘控制对环境管理与可持续发展的推动作用

采用粉尘治理技术对矿堆拣选作业进行治理，对环境治理及可持续发展有重大意义。在环保法规日趋严格的今天，企业对环境保护的要求也越来越高。加强粉尘治理，可使企业严格遵守环保法规，规避因粉尘超标造成的罚款或罚款，减少环境风险。同时，通过开展粉尘防治工作，可以帮助企业树立良好的社会形象，增强社会公众的信赖与支持，促进企业与社会和谐发展。同时，粉尘防治也是环境管理中的一个重要内容，可以促进企业建立健全环境管理制度，提升企业环境管理水平，为实现可持续发展打下坚实的基础。

二、矿石类堆取料作业中粉尘控制与环保优化技术应用

（一）喷雾降尘技术在矿石堆取料作业中的系统化应用方法与步骤

喷雾降尘技术是将水雾化成极细的微粒，并与空气中的灰尘粒子发生作用，从而达到降尘的目的。在矿石堆取料作业中，需要对矿石种类、湿度、堆料设备操作参数、作业区空间布局等作业环境条件进行分析。在此基础上，对不同类型的喷雾系统进行分析，得出高压微雾适用于大面积开放空间的喷雾方式，低压适用于设备的局部区域^[3]。在设备的选择和安装上，要根据工作区域的大小及粉尘的散布情况，选用适当的喷头、喷头和管路。喷淋主机压力、流量应满足喷雾效果和覆盖面积的要求，喷淋喷头应遵循均匀覆盖原则，不留死角。对堆取料机的卸料点、皮带转运点等关键粉尘产生点，应加大喷头的布置密度。管线敷设应考虑到设备运行和人员通行的需要，并采取相应的保护措施，避免碰撞损伤。在系统的调试和操作阶段，要检测喷淋系统的压力，保证管路无渗漏，喷头雾化良好。根据粉尘浓度的监测数据，对喷头的角度、压力、流量等参数进行调整，以达到最佳的除尘效果。在运行期间，要建立定期的巡检制度，对喷头的堵塞、管路接头的松动和主机的工作参数进行检查，及时清除喷头内的杂质，更换损坏的零件，以保证喷淋系统的稳定运行。后期需要定期对喷淋系统全面的清洗，包括清洗水箱，更换滤芯，检查水泵和马达的性能。针对作业过程的变化及粉尘治理的新需求，对喷雾系统进行优化升级，采用智能控

制系统，根据粉尘浓度实时调整喷雾参数，实现精确降尘，提高水资源利用率。

（二）防风抑尘网在矿石堆场粉尘控制中的综合应用方案与实施步骤

防风抑尘网的应用，要做好前期的规划设计工作，对矿场地进行详细的地形测量与气象分析，对防风抑尘网的安装位置及高度进行分析。一般而言，防风抑尘网应该设置在常年主导风向的迎风面上，高度要将堆放高度和风速等因素都考虑进去，保证它的有效保护范围能够覆盖整个堆场。在选材和安装施工阶段，防风抑尘网的材质要求高，耐腐蚀，耐老化，常用的有金属材料 and 聚合物复合材料。在安装过程中，要做地基，采用混凝土或钢结构的地基，以保证地基的牢固和稳固。防风抑尘网立柱按设计间距进行安装和固定，采用螺栓、焊接等方法与地基连接，然后把网子固定在立柱上，确保网子连接紧密，不能松脱，也不能有缝隙。安装时应注意保护网板，防止表面刮伤，影响防风抑尘效果。防风抑尘网安装完毕后，需要对其进行性能测试和验收。通过风洞实验和现场实测，对防风抑尘网的防风效能及抑尘效果进行测试。通过对堆场内外风速及粉尘浓度的监测，评价防风抑尘网是否满足设计要求。如果不满足要求，应分析原因并采取相应的措施，如调整网眼孔隙率，提高网幅高度等。验收合格后，建立防风抑尘网的日常维修管理制度，经常检查网片有无破损，立柱有无倾斜松动，破损的网片应及时修补，松动的立柱要进行加固。同时对防风抑尘网表面堆积的灰尘、杂物进行清理，以免影响防风抑尘网的通风、防风性能。防风抑尘网是随着科技的进步与实际需求的变化而不断优化升级的，可利用智能监控系统对防风抑尘网受力状况及环境参数进行实时监测，对可能发生的故障进行预警；采用新材料、新结构，提高防风抑尘网防风降尘效果，延长其使用寿命。

（三）生物纳膜抑尘技术在矿石装卸作业中的精准应用流程与操作要点

生物纳滤膜抑尘技术是利用生物纳滤膜材料特有的特性，在矿物表面形成一层保护膜，抑制粉尘的生成。在应用前，需要详细分析矿石装卸作业流程，确定装载机装载、自卸卸载、皮带输送机转载等各个产尘环节。根据各生产环节的特性及产尘量，计算出生物纳滤膜的使用量及喷洒模式。在设备配置和安装上，选用适宜的生物纳滤膜喷洒装置，包括贮存槽、计量泵、喷雾管、喷头等。贮存容器应具有较好的密封性，以防止生物纳滤膜材料的挥发与腐坏。计量泵需要精确地控制输送物料的数量，保证喷洒浓度的均匀^[4]。采用基于粉尘产生点及粉尘扩散方向优化喷洒管道及喷头布局方案，以确保生物纳滤膜在矿石表面均匀覆盖，安装时，要注意接头的密封性，防止物料漏出。在进行喷洒作业时，先按一定比例稀释生物纳滤膜，并将其贮存在储存罐内。启

动装置，物料经计量泵输送至喷淋管线，经喷头均匀喷洒于矿石表面。在装卸过程中，根据矿石流量及装载速率，实时调整喷雾装置参数，使生物纳滤膜与矿石充分接触，形成完整的保护膜。操作人员必须严格遵守操作规程，定期检查设备运行状况及物料剩馀情况，并及时补充物料。在后期效果评价和维护方面，可通过对装卸作业区粉尘浓度变化的监测，对生物纳滤膜降尘技术的应用效果进行评价。当粉尘浓度达不到设计要求时，应分析原因，调整喷雾参数，如加大喷雾量，调节喷头角度等。定期清洁及保养喷淋设备，避免残留物料堵塞管道及喷嘴。通过对生物纳米膜材料性能的跟踪监测，结合实际情况，选择合适的材料配比，以提高其抑尘效果与经济性。

(四)干雾抑尘技术在矿石破碎筛分作业中的协同应用策略与实施流程

可将干雾降尘技术应用于矿石粉碎、筛分作业，分析其产生粉尘的特性（雾抑尘技术应用要点如表1）。筛分设备的进料口和出料口及筛面是主要的产尘点，粉尘浓度高，粒度细。针对上述特点，对干雾抑尘系统布置方案进行设计，确定干雾源的安装位置及数量。为增加干雾与粉尘的接触效率，应尽量使干燥雾发生点尽量接近产生粉尘的位置。在设备选择和安装时，要选用性能好的干雾发生装置，产生的干

雾粒径要满足捕尘要求，一般为1~10微米。与之相匹配的气源及水源处理设备应确保水、气的洁净度，防止杂质阻塞干雾发生装置。干雾发生装置的安装，应严格按照设计要求安装，以保证其稳定工作。连接气源、水源及控制线时，应确保接头牢固，密封好，不漏液。在系统调试和运行阶段，要无负荷地调试干雾抑尘系统，检查气源压力和水压是否正常，干雾发生装置的喷淋效果是否满足要求。开展负荷调试，在破碎筛分设备运行状态下，对工作区的粉尘浓度进行监测，并根据监测结果，调整干雾发生装置的工作参数，如喷雾间隔、喷雾量等。在生产过程中，安排专人对系统进行监测与维修，并对设备的运行状况进行实时监控，并对有关参数进行记录。定期清洗干燥器喷嘴，以防止污垢堵塞，保证干燥效果。为达到较好的粉尘控制效果，可以和其它除尘设备配合使用。如与布袋除尘器配合使用，干雾首先使大颗粒粉尘凝并沉降，从而减轻布袋除尘器负荷，布袋除尘器将残留的细粉尘再次过滤并收集起来，从而提高了除尘效率。同时，建立干雾抑尘系统运行管理档案，对干雾抑尘系统的工作状态、维修维护内容、效果评价等进行记录，为系统的优化和完善提供依据。随着科技进步，新型控制技术与装备不断被引进，使干雾降尘系统的智能化程度不断提高，降尘效果也随之提高。

表1 雾抑尘技术效果图

参数类别	铁矿场景	石灰石场景	设备参数要求	协同控制效果
粉尘初始浓度	200~500 mg/m	150~400 mg/m	需覆盖 $\leq 10 \mu\text{m}$ 粉尘	干雾凝并沉降率 $\geq 85\%$
干雾粒径范围	1~5 μm (D50=2.8 μm)	3~8 μm (D50=4.5 μm)	喷嘴耐压 $\geq 0.6 \text{MPa}$	布袋负荷降低40%~60%
气水压力比	4: 1 (0.5 MPa/0.2 MPa)	3: 1 (0.4 MPa/0.15 MPa)	气源洁净度 $\leq 5 \mu\text{m}$ 颗粒	综合除尘效率 $\geq 99\%$
能耗成本	1.2~1.8 kWh/吨矿石	0.9~1.3 kWh/吨矿石	水质 PH=6.5~7.5	粉尘回收率提高30%
运维周期	喷嘴清洗7天/次	喷嘴清洗10天/次	过滤器更换15天/次	设备寿命延长20%

结束语

综上所述，对矿堆集尘控制及环境优化技术的研究，对改善矿区生态环境，保障职工身体健康，促进矿山可持续发展具有重要意义。随着环境保护技术的不断发展和人们对环

境保护意识的提高，矿堆拣选作业的粉尘控制将向高效率、智能化、系统化方向发展。未来，应通过不断的研究与实践，进一步完善我国的粉尘控制及环境优化技术，为我国工业的绿色发展提供更可靠的技术支撑，促进我国工业的可持续发展。

参考文献

- [1]谷凤飞, 孙江波, 王世武.桥式斗轮混匀取料机提产设计及应用[J].云南冶金, 2024, 53(06): 171-175.
- [2]何维维, 毛卉.大型矿石堆场有碴轨道起重机钢轨断裂原因[J].起重运输机械, 2023, (22): 72-76.
- [3]施晶, 李醒, 许杰, 张皓淞.矿石码头装卸工艺系统混配矿功能升级[J].港口装卸, 2022, (04): 59-62.
- [4]王东升, 戴衡, 方州恩, 刘玉龙.矿石斗轮堆取料机新型斗轮轴密封设计[J].港口科技, 2022, (08): 35-37.