

煤矿井下粉尘污染定点监测与结果评估研究

张振宇*

(国能神东煤炭新能源科技公司, 鄂尔多斯 017000)

摘要: 作为煤矿生产中的必然产物, 粉尘的来源广泛, 这些粉尘不仅具有复杂的物理化学性质, 其浓度和分布特征也受多种因素影响。本文旨在通过定点采样及检测分析的方法, 全面、系统地研究煤矿井下粉尘的特性和危害, 通过采样点的选择与布置、采样仪器的准备与校准以及采样过程的具体操作, 以保障数据的准确性。同时根据检测结果, 揭示粉尘的浓度、粒径分布、化学成分及爆炸性等特征, 以期为针对性的防尘措施的制定提供有效依据。

关键词: 煤矿井下粉尘; 定点采样; 采样检测; 粉尘控制; 矿工健康

Research on fixed-point monitoring and result evaluation of dust pollution in coal mines underground

ZHANG Zhen-Yu*

(Guoneng Shendong Coal New Energy Technology Co., Ltd., Ordos 017000, China)

ABSTRACT: As an inevitable product in coal mine production, dust has a wide range of sources. These dust not only have complex physical and chemical properties, but their concentration and distribution characteristics are also affected by various factors. This article aims to comprehensively and systematically study the characteristics and hazards of coal mine underground dust through fixed-point sampling and detection analysis methods. By selecting and arranging sampling points, preparing and calibrating sampling instruments, and performing specific operations during the sampling process, the accuracy of data is ensured. At the same time, based on the detection results, the concentration, particle size distribution, chemical composition, and explosiveness of dust are revealed, in order to provide effective basis for the development of targeted dust prevention measures.

KEY WORDS: coal mine underground dust; fixed point sampling; sampling detection; dust control; miner health

0 引言

煤矿安全生产和矿工健康一直是社会关注的焦点, 在煤矿生产中, 井下粉尘问题尤其突出, 较大程度影响着矿工的健康状况和煤矿的生产安全。所以, 对煤矿井下粉尘进行定点采样及采样检测结果分析有重要作用^[1]。本文意在通过分析煤矿井下粉尘进行定点采样及采样检测结果, 及对粉尘的产生规律、浓度分布以及控制措施等问题的探讨, 为保障煤矿安全生产和

矿工健康提供参考。

1 煤矿井下粉尘定点采样的理论基础

1.1 粉尘的来源与分类

煤矿井下粉尘主要来源于采煤、掘进和其他作业过程。

在煤矿的开采过程中, 煤炭及其周围的岩石会被采煤机的切割、破碎等作业下破碎成细小的颗粒, 从而形成粉尘, 在井下随着风流扩散, 威胁矿工的健康和生产安全; 煤矿开采中的

* 通信作者: 张振宇, 硕士, 检测员, 研究方向为职业健康与环境检测。E-mail: 2404727375@qq.com

*Corresponding author: ZHANG Zhen-Yu, Master, Inspector, Guoneng Shendong Coal New Energy Technology Co., Ltd., Ordos 017000, China. E-mail: 2404727375@qq.com

另一个重要环节是掘进作业，采用爆破方式或掘进机把岩石破碎成工作面或巷道。岩石在此过程会被破碎成细小的颗粒，从而形成掘进粉尘，掘进粉尘与采煤粉尘的粒径分布和化学成分不同，但同样严重威胁到矿工的健康和安全；另外，除了采煤和掘进过程外，煤矿井下的装载、运输、破碎等作业也会产生粉尘，尽管这些粉尘的量相对较小，但也应该引起重视^[2]。

1.2 煤矿井下粉尘采样的意义

粉尘采样不仅是对工作场所空气质量进行监测的关键步骤，更是预防和控制职业病发生的重要手段。通过精确的粉尘采样，我们能够准确评估煤矿井下的粉尘浓度，从而及时采取必要的防护措施，降低工人因长期暴露于高浓度粉尘而患病的风险。此外，采样数据还能为煤矿企业提供科学依据，帮助其优化工作环境，提高生产效率，实现可持续发展。因此，煤矿井下粉尘定点采样具有重要意义。

1.3 粉尘定点采样的原理与方法

粉尘定点采样首先需要选择合适的采样点，应根据煤矿的具体情况，如采煤工作面的位置、掘进巷道的长度和断面等选择采样点，并综合考虑粉尘的来源、扩散规律和作业人员的活动范围等因素^[3-4]。同时，粉尘定点采样需要使用专业的采样仪器，应根据仪器的测量范围、精度和稳定性等因素选择采样仪器，并严格按照相关操作规程，保证采样的准确性和可靠性。

另外，采样时间也是重要部分。应根据作业时间、风流状态等煤矿的实际情况和需要来确定采样时间，采样时要保证采样时间足够长，从而获取代表性的粉尘样品^[5-6]。

2 煤矿井下粉尘定点采样的实施

2.1 采样点的确定与布置

在煤矿井下对粉尘进行采样时，首先需要根据开采方式、位置和规模等因素选择具有代表性的作业面，然后采样点的空间分布应考虑粉尘的扩散规律和作业人员活动范围，以保障采样点在作业面的不同位置均匀分布，使其能全面反映整个作业面的粉尘浓度分布情况。另外，应该保证采样点的数量足够且位置恰当，可选择作业人员活动频繁、粉尘浓度高的区域，保证采样具有代表性和准确性。

确定采样流量，采样流量的确定应根据工作场所的粉尘浓度和采样器的性能等因素综合考虑。一般来说，采样流量过大会导致采样器过载，影响采样精度；而采样流量过小则可能导致采样时间过长，增加采样难度。因此，在确定采样流量时，需要权衡各种因素，选择适当的采样流量。明确采样时间，采样时间的确定应根据实际情况和检测要求综合考虑。一般来说，采样时间应足够长，以确保采集到的样品能够充分反映工作场所的粉尘浓度。同时，采样时间也不宜过长，以避免对采样器和操作人员造成过大的负担。在实际操作中，可以根据工作场所的粉尘浓度和采样器的性能等因素，选择合适的采样时间。

2.2 采样仪器的准备与校准

在煤矿井下粉尘采样过程中，采样仪器的准备与校准是保证

数据准确性的重要步骤。首先，为了适应煤矿的具体情况和采样需求，应选择精度和稳定性较高、具有可靠性的采样仪器，然后，仔细检查采样仪器，保证其外观完好、部件齐全，能正常工作。然后需要校准和调试仪器，保证测量的准确性。在此过程中需要严格遵守操作规程，为后续顺利进行采样工作奠定基础^[7-9]。

此外，采样仪器的校准还应定期进行，以确保其长期使用的准确性。在煤矿井下这种特殊环境下，由于环境条件的变化和仪器的磨损，仪器的性能可能会发生变化。因此，定期对采样仪器进行校准是非常必要的。

2.3 采样过程的具体操作

(1) 采样前的准备工作。采样前应先了解采样点的具体位置和数量，准备好所需要的采样工具（如：采样仪器和采样袋等）并检查采样仪器的校准情况。通过还应该保证采样人员具备较高的专业知识和操作技能。

(2) 采样过程中的注意事项。在采样过程中，需要注意以下方面：首先，应保证采样仪器和采样点能紧密接触，防止出现误采或漏采等情况；其次，需要按照预定的采样时间和方式严格进行采样，以保证采样的可靠性和准确性。另外，采样环境应保证清洁和稳定，防止外部因素对其造成干扰。

(3) 采样后的处理与保存。采样后需要对采样仪器做好清洗和保养工作，同时需要密封采样袋并进行标记，避免样品混淆或污染，然后把样品送往实验室检测和分析，获得精准的粉尘成分和浓度数据^[10-11]。

3 采样检测结果的分析

3.1 粉尘浓度与粒径分布分析

采样后的粉尘样品通过实验室的重量法或光度法对其浓度进行，保证其在温湿度条件严格控制下获得准确结果。粒径分布分析采用激光粒度分析仪等设备，评估粉尘的危害程度。

采样后的粉尘样品经过实验室分析，采用重量法测得某煤矿井下采样点 A 的粉尘浓度为 200 mg/m³。同时，利用激光粒度分析仪测量了粉尘的粒径分布，结果显示粉尘主要集中在 0.5~10 μm 范围内，其中 PM_{2.5}（直径小于或等于 2.5 微米的颗粒物）的占比高达 50%。

通过对比国家标准《煤矿安全规程》中规定的 100 mg/m³ 的粉尘浓度限值，发现采样点 A 的粉尘浓度超标，说明该地区存在严重的粉尘污染问题。此外，PM_{2.5} 也说明这些微小的颗粒物容易吸入人体，从而威胁到矿工的健康。

3.2 粉尘化学成分分析

粉尘的化学成分分析包括元素和化合物两方面。元素分析常用 X 射线荧光光谱法、原子吸收光谱法，化合物分析采用气相色谱法、液相色谱法。分析中需选择适当方法和试剂，并合理控制实验室条件，保证结果的准确性。

对采样点 A 的粉尘样品进行化学成分分析，结果显示主要元素包括碳（C）、硅（Si）、铝（Al）、铁（Fe）等，其中碳含量达到 20%（质量百分比）。此外，还检测到了微量的铅（Pb）

和镉 (Cd) 等重金属元素。

分析过程中, 采用了 X 射线荧光光谱法和原子吸收光谱法等先进的分析方法, 并严格控制了实验室条件。这些化学成分不仅影响粉尘的物理性质 (如密度、比表面积), 还可能对人体健康和生产安全产生重大影响。例如, 高碳含量会增加粉尘的爆炸危险性, 而重金属元素则可能对人体健康造成潜在危害。因此, 在分析和控制粉尘性质时, 必须充分考虑其化学成分的影响^[12-13]。

3.3 粉尘爆炸性分析

粉尘的爆炸性测试主要包括粉尘云爆炸测试和粉尘层燃烧测试, 模拟实际环境中粉尘的爆炸过程, 并测量关键参数如最小点火能量和最大爆炸压力。测试需严格控制实验条件, 以准确评估煤矿井下粉尘的爆炸危险性。

对采样点 A 的粉尘进行了爆炸性测试, 结果显示其最小点火能量为 50 mJ, 最大爆炸压力为 0.7 MPa, 均远高于安全阈值, 说明该粉尘具有较高的爆炸危险性, 要求煤矿高度重视粉尘爆炸问题, 并采取相应的防爆措施。

4 采样检测结果的应用与建议

4.1 制定粉尘控制措施

根据采样检测得到的粉尘浓度、粒径分布、化学成分及爆炸性等信息制定针对性的防尘措施。例如, 假设某煤矿井下作业区域检测到 PM₁₀ 的日均浓度超过 150 μg/m³, 达到 200 μg/m³, 可以考虑增加该区域的通风设备数量, 如增加离心式风机或双向换气扇的数量。同时, 对通风系统的进风口和出风口进行改造, 安装 HEPA 过滤器, 以提高过滤效果。如果检测出粉尘具有易燃易爆性, 可采用惰性气体进行抑制或选择其他防爆技术。另外, 制定好防尘措施后, 还需要保证其有效实施, 并定期通过再次进行粉尘采样检测, 观察其浓度变化, 及监测作业环境和矿工健康状态的改善情况等措施评估实施效果。

4.2 对矿工加强健康保护

通过宣传和培训, 使矿工对粉尘危害提高认知, 并认识到粉尘对肺部健康和生命安全的影响; 构建健康监测机制, 定期检查矿工的健康情况, 尤其要重视进行呼吸系统检查, 同时要为工作人员配备齐全防尘口罩、防护服等个人防护用品, 为矿工作业提供足够的安全保障。

4.3 改进安全生产管理

健全完善粉尘监测与管理制, 对井下作业面定期进行粉尘采样检测, 并在安全生产管理考核体系中纳入检测结果, 同时制定详细的防尘措施和应急预案, 保证煤矿井下工作在发生爆炸或粉尘污染时能快速得到响应。另外要定期对矿工加强安全生产培训, 增强其安全意识和操作技能。还应定期进行应急演练, 通过对粉尘污染或爆炸事故情景的模拟和演练, 使矿工能熟练掌握应急处理流程和逃生路线, 提升突发事件的应对能力, 保障自身安全^[14-15]。

5 结束语

综上所述, 煤矿井下粉尘的定点采样及采样检测结果分析为我们洞察矿井内粉尘污染状况提供了有效条件。通过精心选取采样点、合理选择采样方法和检测手段, 可成功获取准确地反映矿井粉尘实际情况的数据, 对于我们制定有效的防控策略, 保障矿工健康和生产安全有重要意义。未来应持续关注煤矿井下粉尘污染问题, 逐步完善采样和检测方法, 同时积极推广应用新的粉尘防控技术, 以减少粉尘对矿工健康的危害, 提高矿井的安全生产水平。

参考文献

- [1] 张忠飞, 郭永利, 任立坤, 等. 井工煤矿职业病危害因素识别与现场采样及检测方法的分析与讨论 [J]. 内蒙古石油化工, 2021, 47(11): 50-53,73.
- [2] 杜娟. 煤矿井下粉尘检测与治理技术分析 [J]. 工程技术, 2021, (12): 306-307.
- [3] 王继刚. 井下粉尘的检测及危害控制分析 [J]. 山西冶金, 2022, 45(01): 121-122.
- [4] 明洁. 煤矿职业卫生评价工作中监测选点和采样探讨 [J]. 石油石化物资采购, 2023, (17): 237-239.
- [5] 樊瑾. 煤矿井下粉尘灾害以及防治措施分析 [J]. 当代化工研究, 2021, (18): 105-106.
- [6] 程学珍, 赵振国, 刘兴军, 等. 基于 YOLOv4 算法的煤矿井下粉尘检测方法 [J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(03): 14-18.
- [7] 任桂芹, 田必勇. 基于物联网技术的煤矿井下粉尘浓度监测方法 [J]. 能源与环保, 2022, 44(11): 278-283.
- [8] 王雪涛, 李静芸, 别凤赛. 我国煤矿井下作业场所呼吸性粉尘危害现状调查 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2021, 39(07): 527-530.
- [9] 陈德敏. 煤层定点取样技术与装备现状及展望 [J]. 煤矿机械, 2023, 44(07): 65-67.
- [10] 焦继红, 王玉杰, 李辉. 煤层瓦斯含量测定负压排渣定点取样应用研究 [J]. 煤炭与化工, 2023, 46(08): 95-100.
- [11] 关素清. 煤矿井下粉尘定点采样和个体采样检测结果的相关性 [J]. 商品与质量, 2018, (29): 214.
- [12] 刘燕波, 谢丽明. 我国煤矿井下作业场所呼吸性粉尘危害现状调查 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021, (21): 197.
- [13] 翟辉, 宋钰. 井下作业场所粉尘危害评价及防护对策分析 [J]. 陕西煤炭, 2019, 38(03): 165-168.
- [14] 程霞, 程海明, 耿秀娥. 煤矿职业卫生评价工作中监测选点和采样探讨 [J]. 职业与健康, 2005, 21(11): 1786-1786.
- [15] 郭春雨. 基于物联网的煤矿粉尘浓度监测系统的设计 [J]. 科学技术创新, 2020, (03): 78-79.

作者简介

张振宇, 硕士, 检测员, 研究方向为职业健康与环境检测。