

论著 · 调查研究

重庆市北碚区重点职业病监测企业粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量调查\*

李春恒<sup>1</sup>, 杨联伟<sup>1△</sup>, 邱衍伦<sup>1</sup>, 杨 瑞<sup>2</sup>, 张腾涛<sup>3</sup>

(1. 重庆市北碚区疾病预防控制中心理化检验科, 重庆 400700; 2. 西南大学数学与统计学院, 重庆 400715; 3. 重庆市北碚区疾病预防控制中心职业卫生科, 重庆 400700)

[摘要] 目的 了解重庆市北碚区不同类型生产加工企业粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量, 为职业性矽肺防控提供参考依据。方法 采集 2020—2023 年该区 7 个行业 75 家职业病重点监测单位工作场所空气中呼吸带高度的沉降尘作为样本, 共收集 244 个监测岗位的沉降尘样本, 并采用焦磷酸法检测。结果 所有粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量最高为 94.87%, 最低为 1.32%; 其  $M(P_{25}, P_{75})$  为 45.18% (16.25%~63.64%)。其中游离 SiO<sub>2</sub> 含量 ≥ 10% 的矽尘检出 217 份 (占 88.93%); 游离 SiO<sub>2</sub> 含量 < 10% 的其他粉尘检出 27 份 (占 11.07%)。7 类行业样品测量分析结果显示, 游离 SiO<sub>2</sub> 含量较高的 5 个依次是覆膜砂制造、金属铸造、玻璃制品、石材加工和砖瓦生产行业。结论 应加强对覆膜砂生产、金属铸造、玻璃制品、石材加工和砖瓦生产这 5 个行业的监管, 督促企业采取科学的除尘措施, 督导涉尘岗位工人佩戴防尘护具, 降低矽肺的发病率。

[关键词] 粉尘; 矽尘; 游离二氧化硅含量; 职业病; 矽肺; 北碚区

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2025.03.035 中图法分类号: R967

文章编号: 1009-5519(2025)03-0736-03 文献标识码: A

Survey on free silica content in dust of key occupational disease monitoring enterprises in Beibei District, Chongqing, China\*

LI Chunheng<sup>1</sup>, YANG Lianwei<sup>1△</sup>, QIU Yanlun<sup>1</sup>, YANG Rui<sup>2</sup>, ZHANG Tengtao<sup>3</sup>

(1. Department of Physical and Chemical Laboratory, Center for Disease Control and Prevention, Beibei District, Chongqing 400700, China; 2. School of Mathematics and Statistics, Southwest University, Chongqing 400715, China; 3. Department of Occupational Health, Center for Disease Control and Prevention, Beibei District, Chongqing 400700, China)

[Abstract] Objective To understand the content of free silica in dust of different types of production and processing enterprises in Beibei District of Chongqing, and provide reference for the prevention and control of occupational disease silicosis. Methods Sedimentary dust at the height of the respiratory zone in the air in the workplace of 75 key occupational disease monitoring units in 7 industries in the region from 2020 to 2023 was collected as samples, and a total of 244 monitoring positions were collected and detected by pyrophosphoric acid method. Results The highest content of free SiO<sub>2</sub> in all dusts was 94.87%, and the lowest was 1.32%;  $M(P_{25}, P_{75})$  was 45.18% (16.25%—63.64%). Among them, 217 silica dust with free SiO<sub>2</sub> content ≥ 10% were detected (88.93%). Other dusts with free SiO<sub>2</sub> content < 10% were detected in 27 samples (11.07%). In 7 categories of industry sample measurement analysis results show that the higher content of free SiO<sub>2</sub> 5 in turn is coated sand manufacturing, metal casting, glass products, stone processing and tile production industry. Conclusion It is necessary to strengthen the supervision of the five industries of coated sand production, metal casting, glass products, stone processing and tile production, urge enterprises to take scientific dust removal measures, and supervise workers in dust-related positions to wear dust protective gear to reduce the incidence of silicosis.

[Key words] Dust; Silica dust; Free silica content; Occupational disease; Silicosis; Beibei district

矽肺是尘肺中最常见、进展最快、危害最严重的一种职业病<sup>[1]</sup>, 是由于长期暴露于职业环境中游离

\* 基金项目: 2023 年重庆市公共卫生重点专科(学科)建设项目(渝卫办发[2022]71 号)。

作者简介: 李春恒(1998—), 本科, 技师, 主要从事理化检验、饮水检测和环境检测工作。 △ 通信作者, E-mail: 352067113@qq.com。

网络首发 https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20250225.1136.024(2025-02-25)

SiO<sub>2</sub> 含量较高的粉尘而引起的肺组织弥漫性纤维化,其主要病理特征为肺部纤维化反应和炎症反应,病理改变不可逆,对人体健康危害极大<sup>[2]</sup>。在石材加工、水泥生产、金属铸造等生产加工活动中都会产生出含有游离 SiO<sub>2</sub> 的粉尘。《国家职业病防治规划(2021—2025 年)》明确指出<sup>[3]</sup>,职业健康是健康中国建设的重要基础和组成部分,应以粉尘等职业病危害严重的行业领域为重点,持续开展职业病危害因素监测和专项治理。为了解重庆市北碚区企业职业病危害因素现状,本区根据重庆市卫生健康委员会安排,开展全区涉尘企业游离 SiO<sub>2</sub> 含量测定并确定粉尘性质。本研究采集本区 7 个行业中 75 家重点职业病监测单位共计 244 份粉尘样本,采用焦磷酸法测定游离 SiO<sub>2</sub> 含量,为制定有效的防尘措施提供帮助。

## 1 材料与方法

### 1.1 资料

**1.1.1 一般资料** 采集北碚区 2020—2023 年 7 个行业中 75 家职业病重点监测单位共 244 份粉尘样本。按企业生产类别分为砖瓦生产(7 家)、机械加工(12 家)、金属铸造(28 家)、覆膜砂生产(6 家)、玻璃制品(7 家)、水泥行业(8 家)、石材加工(7 家)。采集工作岗位上的沉降尘,采样高度与呼吸带高度一致,样品重量为 0.5 g 以上,每份样品均采集 2 个平行样,混匀待测。

**1.1.2 检测仪器和试剂** 马弗炉、干燥箱、万分之一天平、坩埚、温度计、游离 SiO<sub>2</sub> 质控样(广东省职业

防治院)、焦磷酸试剂、慢速定量滤纸。

**1.2 方法** 根据 GBZ/T 192.4-2007《工作场所空气中粉尘测定 第 4 部分:游离 SiO<sub>2</sub> 含量》中的焦磷酸法<sup>[4]</sup>进行测量评定;计算平行样检测结果的均值,表示粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量,按照 GBZ2.1-2019《工作场所所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》的标准判定粉尘类型。

**1.3 统计学处理** 应用 SPSS 27.0 统计软件进行数据分析,描述分析总体资料数据,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示游离 SiO<sub>2</sub> 含量,对所有数据进行正态性检验,对于不符合正态分布的数据,采用中位数和四分位数 [ $M(P_{25}, P_{75})$ ] 表示,应用 Kruskal-Wallis  $H$  检验进行组间比较,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 所有样本游离 SiO<sub>2</sub> 含量检测结果** 2020—2023 年共测定 244 份样本游离 SiO<sub>2</sub> 含量。正态性检验结果显示,244 份粉尘样品中的游离 SiO<sub>2</sub> 含量为正偏态分布,最高值和最低值分别为 94.87%、1.32%;其  $M(P_{25}, P_{75})$  为 45.18%(16.25%, 63.64%),其中游离 SiO<sub>2</sub> 含量  $\geq 10\%$  的矽尘检出 217 份(占 88.93%);游离 SiO<sub>2</sub> 含量  $< 10\%$  的其他粉尘检出 27 份(占 11.07%)。

**2.2 各类企业粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量检测情况比较** 共对 7 类行业 244 件样品进行全行业、各类粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 的测量分析,游离 SiO<sub>2</sub> 含量最高的是覆膜砂、金属铸造。见表 1。

表 1 各类企业粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量检测情况比较

行业类别	粉尘来源	样本数( $n$ )	游离 SiO <sub>2</sub> 含量范围(%)	级别	粉尘类型
砖瓦生产	砖瓦粉	24	11.12~39.13	10% $\leq$ S $\leq$ 50%	矽尘
机械加工	机械混合	33	10.52~47.43	10% $\leq$ S $\leq$ 50%	矽尘
金属铸造	铸造混合	90	53.12~94.87	50% $<$ S $\leq$ 80% >80%	矽尘 90.0% 矽尘 10.0%
覆膜砂	覆膜砂粉	22	55.33~92.43	50% $<$ S $\leq$ 80% >80%	矽尘 86.4% 矽尘 13.6%
玻璃制品	玻璃混合	24	11.70~57.13	10% $\leq$ S $\leq$ 50% >50%	矽尘 83.4% 矽尘 16.6%
水泥	生料	6	2.23~8.06	<10%	其他粉尘
	熟料	6	1.92~8.36	<10%	其他粉尘
	煤	8	1.32~6.70	<10%	煤尘
	水泥	7	1.87~9.80	<10%	水泥尘
石材加工	石材粉	24	15.52~44.90	10% $\leq$ S $\leq$ 50%	矽尘

注:S为游离 SiO<sub>2</sub> 含量。

**2.3 不同行业粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量比较** 在统计的 7 个行业里,游离 SiO<sub>2</sub> 含量较高的 5 个依次是覆

膜砂制造、金属铸造、玻璃制品、石材加工和砖瓦生产行业。Kruskal-Wallis  $H$  检验表明,不同行业粉尘中

游离 SiO<sub>2</sub> 含量存在显著差异( $P < 0.01$ )。见表 2。

表 2 不同行业粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量比较

行业类别	样本数( $n$ )	SiO <sub>2</sub> 含量( $\bar{x} \pm s, \%$ )
砖瓦生产	24	28.63 ± 10.42
机械加工	33	20.85 ± 14.13
金属铸造	90	62.99 ± 12.60
覆膜砂	22	68.06 ± 14.07
玻璃制品	24	36.32 ± 17.24
水泥	22	5.62 ± 2.03
石材加工	24	35.58 ± 8.66

### 3 讨 论

本研究共检测 7 个行业, 75 家涉尘企业, 244 个岗位的样本, 总体样本呈正偏态分布, 最高值和最低值分别为 94.87%、1.32%,  $M(P_{25}, P_{75})$  为 45.18% (16.25%, 63.64%), 其中游离 SiO<sub>2</sub> 含量  $\geq 10\%$  的矽尘检出 217 份(占 88.93%); 游离 SiO<sub>2</sub> 含量  $< 10\%$  的其他粉尘检出 27 份(占 11.07%), 此结果与东莞市企业粉尘岗位游离 SiO<sub>2</sub> 含量调查<sup>[5]</sup>的结果大致相同。不同行业粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量存在显著差异, 含量最高的是覆膜砂生产、金属铸造行业, 较高的是玻璃制品、石材加工和砖瓦生产行业, 较低的是机械加工、水泥行业。

覆膜砂生产和金属铸造行业是游离 SiO<sub>2</sub> 含量最高的 2 个行业, 含量值分别为(68.06 ± 14.07)% 和(62.99 ± 12.60)%。其含量高的原因是生产覆膜砂的原材料以天然硅砂为主, 金属铸造过程中混砂、清砂等程序均会涉及覆膜砂。据有关数据, 1 吨铁水的冶炼过程中会产生 6~15 kg 的粉尘<sup>[6]</sup>, 所以这 2 个行业应为矽尘监管的重点关注行业。

玻璃制品、石材加工和砖瓦生产行业的游离 SiO<sub>2</sub> 含量分别为(36.32 ± 17.24)%、(35.58 ± 8.66)% 和(28.63% ± 10.42)%。这 3 类企业的样本含量大多集中在 10%~50%, 所有样本均为矽尘。其中石材加工行业的含量高于深圳市某街道 10 家石材加工企业的含量<sup>[7]</sup>, 其原因是深圳市石材加工的主要原料为大理石, 而本区加工的主要原料为石英石, 石英中的游离 SiO<sub>2</sub> 达 99%, 故石材加工厂粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量整体偏高。玻璃制造的主要原料同样为石英石<sup>[8]</sup>, 所以玻璃制品行业的含量也较高。砖瓦生产行业的检测结果与石婷等<sup>[9]</sup>的结果一致。因此, 对玻璃制品、石材加工和砖瓦生产这 3 个行业的矽尘危害监管也不容忽视。

机械加工和水泥行业的游离 SiO<sub>2</sub> 含量均较低。因为本区机械加工企业的加工方式主要为冷加工, 只是工件的形状发生变化, 常见的有切削与加压处理等方法。水泥样本的含量均低于 10%, 与 2020 年桂林市<sup>[10]</sup>的结果一致。

本区未来矽尘监测应重点关注覆膜砂生产和金

属铸造行业, 同时也不能忽视玻璃制品、石材加工和砖瓦生产行业。卫生监督部门应加大对接尘单位的监管力度, 加强对接尘人员的宣传教育<sup>[11]</sup>。并提出以下具体建议:(1)改善工艺流程, 定期清理积尘, 使用负压除尘装置, 降低二次粉尘<sup>[12]</sup>。(2)采用湿式除尘和干式除尘相结合的方式, 既能避免静电产生, 又能除去疏水性粉尘<sup>[13]</sup>。(3)为接尘工人提供高效且充足的个人防护用具并定期更换, 督促其日常佩戴, 减少粉尘的吸入<sup>[14]</sup>。(4)涉尘岗位上配备粉尘浓度监测仪, 根据监测结果合理安排工作时间, 错峰上岗, 保证工人的健康<sup>[15]</sup>。

### 参考文献

- [1] 柳彤彤, 韩燕星, 蒋建东, 等. 矽肺药物治疗的研究进展[J]. 药学学报, 2023, 58(5): 1196-1203.
- [2] 伍秋含, 吴雪莲, 何显静, 等. 基于 Delphi 法构建尘肺病患者健康教育评估工具[J]. 现代医药卫生, 2024, 40(2): 185-189.
- [3] 国务院办公厅. 国务院办公厅印发《国家职业病防治规划(2021—2025 年)》[Z]. 2021-12-17.
- [4] 杨忠于. 应用焦磷酸质量法测定游离二氧化硅含量分析[J]. 现代医药卫生, 2004, 23(10): 933.
- [5] 陈惠鹏, 刘移民, 钟新光, 等. 东莞市重点职业病监测企业粉尘岗位游离二氧化硅含量调查职业卫生与应急救援, 2020, 38(4): 401-402.
- [6] 王丽丽, 姚敬博. 机械铸造生产中粉尘危害和防尘技术措施探析[J]. 中国设备工程, 2021, 20(8): 198-199.
- [7] 王丽华, 朱志良, 冯晶, 等. 深圳市某街道 10 家石材加工企业职业病危害现状调查[J]. 实用预防医学, 2023, 30(7): 815-818.
- [8] 杜影, 司虹, 何作力. 某格法玻璃生产企业职业卫生现状调查[J]. 中国公共卫生管理, 2015, 31(1): 115-116.
- [9] 石婷, 王永伟, 王德怡, 等. 砖瓦制造业粉尘职业健康风险评估技术应用研究[J]. 职业卫生与应急救援, 2022, 40(3): 298-304.
- [10] 常勇, 唐尹勤, 周清喜, 等. 2020 年桂林市非金属矿物制品业水泥尘检测结果分析[J]. 职业与健康, 2023, 39(20): 2761-2764.
- [11] 赵倩, 曹香府, 王峥. 369 例煤工尘肺患者血常规指标特点分析[J]. 现代医药卫生, 2018, 34(15): 2356-2358.
- [12] 王子豪, 向新志, 袁方, 等. 重庆市某锂电池微孔隔膜制造项目职业病危害控制效果评价[J]. 现代医药卫生, 2018, 34(16): 2477-2479.
- [13] 王建梅, 王宝. 铝合金铸件打磨粉尘的工程防护治理探析[J]. 劳动保护, 2023, 19(7): 82-84.
- [14] 王子豪, 袁方, 张华东, 等. 重庆市水泥袋装岗位粉尘危害现状分析[J]. 现代医药卫生, 2018, 34(18): 2821-2822.
- [15] 陈建武, 杨斌. 工程防护粉尘危害的多重路径[J]. 劳动保护, 2022, 19(4): 20-22.