

某陶瓷企业矽尘危害关键控制点分析

Analysis and evaluation of critical control point for silica dusts hazard in a ceramic enterprise

张敏红, 周伟, 李天正, 翁少凡, 王雪毓, 朱晓玲

(深圳市职业病防治院, 广东 深圳 518020)

摘要: 对某大型陶瓷企业作业场所进行职业卫生调查、职业卫生检测。该企业生产性粉尘以矽尘为主, 11 份粉尘样品游离二氧化硅含量为 (21.02±15.93)%; 现场矽尘检测 64 个点共 280 份样品, 合格率为 62.5% (样品合格率 85.4%), 排风罩控制点风速合格率为 13.33%。该企业矽尘的超标原因主要为生产工艺落后、工艺布局不合理、防护设施不足等, 应采取有针对性的措施控制矽尘危害。

关键词: 陶瓷; 矽尘; 危害分析; 关键控制点

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2019)01-0065-03

DOI:10.13631/j.cnki.zggyyx.2019.01.022

职业性吸入高含量游离二氧化硅 (SiO₂) 的粉尘会引起肺纤维化 (矽肺)、肺功能缺陷、肺部炎症和肺癌^[1,2]。长期接触矽尘与工人死亡率的大幅增加密切相关^[3]。为了解陶瓷企业矽尘的职业危害原因和关键控制点, 以便更好的为企业控制矽尘提出针对性的防治措施, 2017 年 5—11 月本课题组对广东省某大型陶瓷企业的矽尘危害情况进行了详细的调查和检测, 现报告如下。

1 对象与方法

选取广东省某大型陶瓷企业为研究对象, 进行职业卫生调查, 对其生产过程中产生的职业性危害因素进行检测与分析。

表 1 主要原、辅材料使用情况

材料	主要成分	物态	包装	用量 (kg/月)
滚压泥条	由长石、高岭土、骨炭、石英粉按不同比例混合而成 (含游离 SiO ₂)	半固态	散装	83 061
粉料	由长石、高岭土、骨炭、石英粉按不同比例混合而成 (含游离 SiO ₂)	粉状	散装	47 040
浆料	由长石、高岭土、骨炭、石英粉按不同比例混合而成 (含游离 SiO ₂)	液态	散装	100 000
长石	长石 (含游离 SiO ₂)	固态	袋装	25 000
高岭土	高岭土 (含游离 SiO ₂)	固态	袋装	73 000
骨炭	磷酸钙和其他无机盐	固态	袋装	33 000
法国球石	SiO ₂ 、氧化铁、锰、铜、铝、镁等	固态	袋装	700
石英粉	SiO ₂	粉状	袋装	28 000
色料	含有锌、镍等重金属	粉状	袋装	1 790
镁质瓷釉	氧化镁、氧化锌、石英粉、氧化钙等	液态	散装	16 916
骨瓷釉	氧化锌、石英粉、氧化钙等	液态	散装	1 400

调查内容包括企业的一般情况、劳动者工作日写实及作业情况、设备设施及检测点布局、物料及工艺、职业病防护设施、职业卫生管理等。工作场所粉尘依据《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004)、《工作场所空气中粉尘测定 第 1 部分: 总粉尘浓度》和《工作场所空气中粉尘测定 第 2 部分: 呼吸性粉尘浓度》进行采样和测定; 粉尘中游离 SiO₂ 含量的测定依据《工作场所空气中粉尘测定 第 4 部分: 游离二氧化硅含量》(GBZ/T 192.4—2007) 采用焦磷酸法, 排风罩控制风速的检测与评价依据《局部排风设施控制风速检测与评估技术规范》(AQ/T 4274—2016)。接触粉尘的工人依据《职业健康监护技术规范》(GBZ 188—2014) 的要求进行职业健康检查。

建立 Excel 数据库, 应用 SPSS 18.0 统计软件进行统计分析, 以 $P<0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 职业卫生调查

2.1.1 生产工艺及职业病危害因素 该大型陶瓷生产企业主要产品为日用陶瓷, 主要生产工艺为原料加工→成型 (等静压成型、滚压成型、注浆成型)→烧成→喷釉→彩饰→质检。生产过程中使用的主要原、辅材料情况见表 1。可能接触矽尘的岗位见表 2。

2.1.2 职业病防护设施情况 原料加工的配料/粉料运输、喷粉收料等部分接触矽尘岗位未设置防护设施; 原料加工的过筛、练泥、化浆、滚压成型的成型机操作, 注浆成型的注浆采用湿式作业; 根据 AQ/T 4274—2016 对设置有局部除尘设施的岗位进行检测, 合格率为 13.33%。见表 3。

收稿日期: 2018-05-04; 修回日期: 2018-07-16
基金项目: 深圳市卫生计生系统博士创新项目 (项目编号: 201505017)
作者简介: 张敏红 (1985—), 女, 硕士, 主管医师, 研究方向: 职业危害检测与评价。
通信作者: 朱晓玲, 硕士, 研究方向: 职业危害检测与评价, E-mail: xiaolingzhu1980@163.com。

表 2 接触粉尘岗位一览表

主要工序	主要接触粉尘岗位	粉尘种类
原料加工	配料/粉料运输、球磨、压滤、过筛、练泥、化浆、喷粉收料	矽尘
等静压成型	成型机操作	矽尘
滚压成型	成型机操作、脱模、修坯、激光雕刻	矽尘
注浆成型	注浆、修坯	矽尘
烧成	上窑、下窑、产品除尘	矽尘
喷釉	手工喷釉、自动喷釉下料、烤釉	矽尘
彩饰	喷色	矽尘
质检	打磨（磨底、磨边）	矽尘

表 3 接触矽尘岗位职业病防护设施情况

主要工序	岗位	职业病防护设施	控制点风速合格率(%)
原料车间	配料/粉料运输、喷粉收料	无	—
	球磨	自动化作业，人工收放料	—
等静压成型	成型机操作	密闭、除尘器，正常	—
滚压成型	激光雕刻	侧吸罩	0
	成型机操作	湿式作业	—
	脱模、修坯	无	—
注浆成型	注浆	湿式作业	—
	修坯	无	—
烧成	产品除尘	独立操作间，柜式除尘罩	0
	上窑、下窑	无	—
喷釉	手工喷釉	通风柜、水帘	0
	烤釉、自动喷釉下料	无	—
彩饰	喷色	通风柜、水帘	0
质检	打磨	侧吸罩，正常	60.0

表 5 接触矽尘超标岗位情况

主要工序	超标岗位	合格点数/ 检测点数	合格样品数/ 检测样品数	检测结果 (mg/m ³)			
				C _{TWA} 总	C _{STEL} 总	C _{TWA} 呼	C _{STEL} 呼
原料加工	配料/粉料运输	0/3	6/14	1.2~1.7	1.7	1.17~1.21	1.27
	过筛	0/1	2/4	1.1	1.1	0.96	0.95
	喷粉收料	0/1	3/4	1.1	1.3	0.08	1.27
滚压成型	成型机操作	1/2	7/8	< 0.5~1.5	1.6	0.10~0.53	0.74
	脱模	2/4	14/16	< 0.5~1.0	1.3	0.21~1.04	1.21
注浆成型	注浆	2/3	11/12	< 0.5~1.0	1.4	0.46~0.79	0.80
烧成	上窑	3/5	14/18	0.5~1.1	2.7	0.33~0.72	1.42
	下窑	3/5	14/16	< 0.5~1.6	1.7	<0.05~0.57	0.84
喷釉	手工喷釉	0/4	9/16	1.6~2.3	15.3	0.33~0.99	14.70
	自动喷釉下料	0/1	2/4	1.4	1.4	1.23	1.31
	烤釉	0/1	3/4	<0.5	2.7	0.46	0.53
彩饰	喷色	1/2	6/8	0.2~1.5	1.7	0.05~1.25	1.26
质检	打磨	1/5	12/20	1.0~1.6	2.2	0.31~1.35	1.34

2.2 职业危害因素检测

2.2.1 粉尘游离 SiO₂ 含量 采集 11 个原辅料样品进行游离 SiO₂ 含量分析，结果显示粉尘中游离 SiO₂ 含量为 (21.02±15.93)%，除镁质瓷釉和骨炭的游离 SiO₂ 含量<10%外，其他原辅料的游离 SiO₂ 含量均>10%，显示该企业的生产性粉尘以矽尘为主，其中对作业现场采集的混合性粉尘（滚压泥条、粉料、浆料、磨料粉尘）游离 SiO₂ 含量均>10%，打磨粉尘游离 SiO₂ 含量高达 43.8%。见表 4。

表 4 粉尘游离 SiO₂ 含量

粉尘	SiO ₂ 含量(%)	粉尘	SiO ₂ 含量(%)
滚压泥条	12.8	镁质瓷釉	3.7
粉料	14.2	骨炭	1.3
浆料	22.7	石英粉	54.3
打磨粉尘	43.8	长石粉	14.3
色料	26.5	高岭土	15.5
骨瓷釉	22.1		

2.2.2 矽尘接触浓度检测 每个检测点分别进行矽尘（总尘、呼吸性粉尘）的长、短时间采样，并结合劳动者的工作日写实情况计算各工作岗位接触矽尘的时间加权平均浓度（C_{TWA}）和短时间接触浓度（C_{STEL}）；针对流动作业工人采用个体采样。同一检测点无论是总尘（C_{TWA}和 C_{STEL}）还是呼吸性粉尘（C_{TWA}和 C_{STEL}），任一结果超过国家职业卫生接触限值，则该点判定为不合格。检测结果显示，矽尘检测 64 个点共 280 份样品，合格率为 62.5%（样品合格率 85.4%），超标点主要集中在原料加工、烧成、喷釉、喷色等工序，超标最严重的岗位为喷釉岗位，超过职业卫生接触限值 6 倍。详见表 5。

工作场所采集的 280 份矽尘样品（呼吸性粉尘、总尘）的短时间接触浓度和 8 h 时间加权平均浓度检测分析显示，短时间接触浓度合格率为 95.2%；个体长时间接触浓度合格率为 70.0%（呼吸性粉尘 50%、总尘 90%），定点长时间接触浓度合格率 78.8%（呼吸性粉尘 80.8%、总尘 76.9%）。该企业大部分工人的作业时间 >8 h（10~11 h），作业工人接触矽尘的 8 h 时间加权平均浓度与作业时间呈正相关（ $F=66.37$, $P<0.05$ ），说明接触时间过长是导致该企业工人接触矽尘浓度超过国家职业接触限值的原因之一。

2.3 职业健康检查

2017 年企业按照 GBZ 188—2014 的要求安排 391 名接触矽尘工人进行职业健康体检，结果未发现尘肺病例，但有 10 名工人出现不同程度的肺功能下降，异常率为 2.56%。

3 讨论

3.1 超标原因

3.1.1 生产工艺布局不合理 该陶瓷企业烧成车间为联合厂房，且与成型（滚压、等静压）、打磨等工艺布置在一起，各工艺之间未设隔离，未按功能分区，有、无害未分开，造成交叉污染。

3.1.2 机械化、自动化程度低 部分岗位采用机械加工，如烧成、自动喷釉，但仍需人工收、放料；大部分生产工艺仍为手工操作。

3.1.3 工程防护不足 该企业部分岗位未设置防护设施，工作过程中原料大量溢出，未及时清理地面和操作台面的落尘，并采用工业风扇降温，导致二次扬尘。局部防尘设施控制点风速合格率低（13.33%），防护设施在防尘方面具有一定的作用，但手工喷釉、喷色过程产生的含高浓度游离 SiO_2 的气溶胶存在一定的初速度，通风柜控制点风速过低，捕集率低，导致手工喷釉和喷色岗位的矽尘接触浓度大量超标；打磨粉尘同样存在一定的初速度，而打磨岗位的侧吸罩控制点风速合格率只有 60.0%，导致大部分打磨岗位的矽尘接触浓度超标。

3.1.4 其他原因 该企业车间大量使用工业风扇进行降温，影响防护设施效果，且造成二次扬尘；大部分工人作业时间超过 8 h，接触时间过长是导致该企业工人接触矽尘浓度超标的另一原因。

3.2 矽尘的危害

本次陶瓷粉尘检测结果表明，粉尘中游离 SiO_2 含量较高，

与邓雪凝、陈松根等^[4,5]的报告大致相似。该企业本次体检未发现尘肺病例，但有部分工人出现肺功能不同程度的下降。陶瓷行业发生矽肺的风险随作业时间和年龄的增长而增加，而矽肺的发生有较长的潜伏期。本次体检结果虽未发现尘肺病例，但该陶瓷企业 37.5% 的作业岗位矽尘接触浓度超过国家职业卫生接触限值，因此该企业应采取整改措施，做好预防工作至关重要。

3.3 整改建议

根据该企业矽尘危害的特点，建议（1）改进生产工艺，提高机械化、自动化、密闭化的水平，尽量减少人与矽尘的直接接触，如设置独立配料间，且采用整体通风；更换自动化程度更高的成型机，密闭进料口、自动进料。（2）合理布局，将产生岗位与非产生岗位分开布置，或者产生岗位与非产生岗位间设置隔档，减少交叉污染。（3）改进企业的防护设施，为产生较集中的岗位按相关标准加设局部除尘设施，使控制点风速符合标准，如为喷粉收料工艺设置围挡，滚压成型脱模、喷釉烤釉、自动喷釉下料等工位加设局部除尘设施；提高手工喷釉、喷色、打磨岗位的除尘罩风速，柜式除尘罩背面增加均流板，提高控制面风速的均匀性。（4）加强管理，停用工业风扇，并加强落尘清理，清理过程采用移动吸尘湿式作业，避免二次扬尘。（5）在不影响工作效率的情况下，尽量缩短工人的接尘时间。

参考文献：

- [1] Möhner M, Kersten N, Gellissen J. Chronic obstructive pulmonary disease and longitudinal changes in pulmonary function due to occupational exposure to respirable quartz [J]. *Occup Environ Med*, 2013, 70 (1): 9-14.
- [2] Morfeld P, Mundt KA, Taeger D, *et al.* Threshold value estimation for respirable quartz dust exposure and silicosis incidence among workers in the German porcelain industry [J]. *J Occup Environ Med*, 2014, 56 (2): 123-125.
- [3] Chen W, Liu Y, Wang H, *et al.* Long-term exposure to silica dust and risk of total and cause-specific mortality in Chinese workers: a cohort study [J]. *PLoS Med*, 2012, 9 (4): e1001206.
- [4] 邓雪凝, 陈伟波, 陈平添, 等. 某区陶瓷行业职业健康损害调查分析 [J]. *国际医药卫生导报*, 2012, 18 (9): 1359-1360.
- [5] 陈松根, 李士华, 黄燕玲, 等. 佛山市 30 家陶瓷企业职业卫生专项整治效果分析 [J]. *中国职业医学*, 2011, 38 (1): 81-83.

· 声 明 ·

关于网络上出现假冒“中国工业医学杂志网站”及在线投稿的声明

《中国工业医学杂志》官网地址 <http://zggyyx.ijournals.cn>，作者注册登录后可在线投稿。目前，网络上出现的假冒“中国工业医学杂志网站”及在线投稿系统与本刊无关，望广大作者和读者认真鉴别，谨防受骗。

本刊编辑部