

某单晶硅建设项目职业病危害预评价

Pre-evaluation on occupational hazardous factors of a monocrystalline silicon construction project

刘前, 齐新周

(平顶山市职业病防治所, 河南 平顶山 467000)

摘要: 应用工程分析、类比法、职业卫生学调查法识别和分析某单晶硅建设项目可能存在的职业病危害因素、危害程度及对劳动者健康影响, 评价拟采取的职业病危害防护措施的效果。判定该项目为职业病危害严重的建设项目, 提出相应的防护对策和管理措施, 该项目从职业卫生角度分析是可行的。

关键词: 单晶硅; 职业病危害; 预评价

中图分类号: R135 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2014)04-0308-03

DOI: 10.13631/j.cnki.zgggyx.2014.04.031

某企业拟建单晶硅项目, 产品为太阳能级单晶硅片, 是制作太阳能电池的核心材料。为预防、控制、消除该项目可能存在的职业病危害因素, 受企业委托于 2011 年 8 月对该项目进行职业病危害预评价。

1 内容与方法

1.1 内容

针对建设项目可行性研究报告内容及类比调查等资料, 对建设投产运行后可能产生或存在的职业病危害因素及相关防护措施进行预评价。包括选址、总体布局、生产工艺和设备布局、建筑卫生学、职业病危害因素和危害程度及对劳动者健康的影响、职业病危害防护设施、辅助用房、应急救援措施、个人使用的职业病防护用品、职业卫生管理等。

1.2 方法

采用工程分析、类比法、职业卫生学调查法识别和分析该项目可能存在的职业病危害因素、危害程度及对劳动者健康影响。

2 结果

2.1 项目概况

该项目拟建于某园区工业预留用地, 主要有单晶、硅片加工设备生产线, 建设硅料整理、拉晶、切断滚磨、切片等生产车间; 配套联合动力站房、仓库、研发中心等公用工程及辅助生产设施。主要原料为高纯多晶硅料 (Si 含量 99.9999%), 辅料为混酸 (氢氟酸和硝酸按 1:4 配比)、氢氧化钠 (固态、袋装)、氩气 (液态)、切割液 (聚乙二醇和碳化硅) 及切割钢线等。主要设备有硅料准备清洗机、单晶炉、线开方机、多线切割机、硅片清洗站、全自动硅片分选机等。项目拟定员 1500 人。

2.2 主要生产工艺

详见图 1。

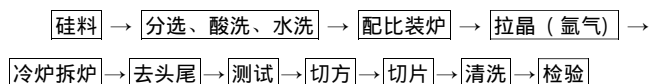


图 1 主要生产工艺流程

2.3 类比调查

2.3.1 类比企业的选择 选择某企业单晶硅项目作为类比对象, 比较结果见表 1。类比企业设有职业卫生管理组织机构, 并配备有专职管理人员, 负责职业卫生工作, 职业卫生管理制度健全。

表 1 类比项目与拟建项目对比

比较项目	拟建项目	类比项目
建厂时间	—	1995 年
生产工艺	采用直拉式 (掺磷控制 N 型高效单晶) 单晶硅生产工艺、切片工艺	重掺硅单晶拉制工艺, 主要工艺过程与拟建项目类似。无分选工序
生产规模	年产单晶硅棒 1400 t, 拉晶炉每炉 40 kg	年产单晶硅 500 t, 拉晶炉每炉 30 ~ 40 kg。
原辅材料	多晶硅料、掺杂剂 (硼合金或磷)、混酸、氢氧化钠、切割液	半导体级多晶硅、掺杂剂、混酸、氢氧化钠、切割液
岗位定员	1500 人	488 人
防护设施	酸洗槽上安装通风柜, 通过风管送往三级串联酸雾净化塔洗涤处理; 对车间产生余热、氩气废气的部位拟设置局部通风装置, 并安装屋顶式通风机或管道式排风机	单晶炉密闭隔热, 配套有真空泵抽吸过滤系统和滤筒脉冲除尘系统; 设备采取减振基础、构筑隔声等措施

2.3.2 类比检测结果 类比企业工作场所粉尘、一氧化碳、二氧化氮、氟化氢浓度均符合职业接触限值的要求。噪声监测结果显示, 线切割机工、冷冻工等效声级超标, 多线切割机噪声强度 90 dB (A), 冷冻站中冷冻机、冷冻泵、空压机等设备噪声强度超过 85 dB (A)。类比项目检测结果见表 2 ~ 表 4。

表 2 类比项目作业工人接触粉尘浓度检测结果 mg/m³

工种	C _{TWA}	PC-TWA	采样地点	C _{STEL}	C _{max} /PC-TWA	最大超限倍数	结果判定
拉晶工	0.3	8	单晶炉	0.6	0.07	2	合格
清扫工	0.6	8	单晶炉	0.3	0.04	2	合格
			过滤罐	0.6	0.07	2	
			出尘口	2.7	0.34	2	

收稿日期: 2013-06-24; 修回日期: 2013-09-12

作者简介: 刘前 (1969—), 女, 副主任医师, 从事职业卫生工作。

表 3 类比项目化学因素检测结果 mg/m^3

单元	毒物	工种	C_{TWA}	$PC-TWA$	检测点	C_{STEL}	$PC-STEL$	结果判定
拉晶	一氧化碳	拉制工	0.4	20	单晶炉	0.5	30	合格
硅料	二氧化氮	酸洗工	<0.01	5	酸洗槽	0.01	10	合格
整理	氟化氢	酸洗工	—	—	泡料槽	0.03	10*	合格

注: 氟化氢职业接触限值为 MAC。

表 4 类比项目噪声检测结果 $\text{dB}(\text{A})$

单元	工种	$L_{EX,W}$	接触限值	结果判定
拉晶	拉制工	68.0	85	合格
切断滚磨	滚磨机工	78.0	85	合格
	内圆切断机工	75.0	85	合格
	研磨机工	83.0	85	合格
切片	线切割机工	87.0	85	不合格
联合站房	冷冻工	86.5	85	不合格
	动力工	68.0	85	合格

2.3.3 类比企业健康监护情况 对从事粉尘、噪声、酸碱、红外线、高频电磁场等作业人员 216 人定期进行职业健康检查, 检查项目依据《职业健康监护技术规范》。检出双耳高频平均听阈升高、双耳语频、高频听力损失 18 例、口腔异常(牙周炎、龋齿) 4 例、高血压 19 例、心电图异常(窦性心动过缓、不同程度的束支传导阻滞、心肌缺血) 12 例; 对于高血压或心电图异常者, 进一步专科检查, 如确诊为 II 期高血压和器质性心脏病的, 为噪声作业职业禁忌, 不适合继续从事噪声岗位。

2.4 职业病危害因素识别

根据拟建项目的特点、生产工艺、设备布局情况分为六个单元进行识别和评价, 联合站房包括冷冻和动力站。见表 5。

表 5 拟建项目各评价单元主要职业病危害因素

评价单元	岗位或工种	主要职业病危害因素
硅料整理	分选(喷砂、打磨)	单质硅粉尘
	酸洗泡料	硝酸及二氧化氮、氢氟酸及氟化氢
拉晶车间	单晶拉制	一氧化碳、磷氧化物、红外线
	拆装炉(清扫)	其他粉尘
切断滚磨车间	切断、滚磨、抛光	噪声
切片车间	多线切割	噪声
	清洗	氢氧化钠
	浆料配制	碳化硅粉尘、噪声
联合站房	空压机、冷水机	噪声
化学品库	库工	硝酸及二氧化氮、氟化氢及氢氟酸

2.5 职业病危害防护措施

2.5.1 防尘毒 硅料整理车间分选工序打磨岗位安装有袋式除尘装置, 喷砂使用密闭喷砂机。原料多晶硅采用硝酸和氢氟酸混合酸腐蚀处理时产生含 HF 、 NO_2 的酸雾, 采用在酸洗槽上安装通风柜, 通过风管送往三级串联酸雾净化塔洗涤处理, 达标后高空排放。单晶炉自动化生产、密闭性好, 有效防止有害气体逸散; 生产过程中因高温产生的掺杂剂(磷)氧化物可通过单晶炉配套的真空泵抽吸过滤系统达标排放; 并采用屋顶式通风机或管道式排风机对其强制排放以改善室

内环境, 同时补入室外新风。

2.5.2 防噪声 拟选用液压传动或低噪声设备, 空压机、冷冻机选用螺杆式机组, 加设防震垫和消声装置, 采取减振措施; 泵类拟采用内衬有吸声材料的电机隔声罩和泵基础减振垫, 并在电机隔声进风口处装设消声器; 采用受水盘水面铺设聚氨酯多孔泡沫塑料垫专用的冷却塔降噪材料, 降低淋水噪声; 对噪声较大的循环水泵、冷冻机、空压机等设备分别设置站房, 通过隔音墙体、封闭厂房等措施控制对外界的噪声影响。空压机房、冷冻机房、水泵房设置封闭隔声控制室。

2.5.3 防暑降温、防寒 生产车间设置集中空调系统。对生产中有较大热量散发的工作区设置机械通风系统; 拉晶炉、烘干炉设备采用保温材料隔热。办公、研发、食堂等区域设置风机盘管空调进行采暖降温。

2.5.4 个人使用的职业病防护用品 根据建设项目工艺特点和职业病危害因素, 拟为劳动者发放符合职业有害因素防护要求的个人防护用品。

2.5.5 拟采取的应急救援措施 建设项目制定了《职业病危害事故应急救援预案》, 建立有应急救援组织体系。按规定配备相应的应急器材, 救援物资统一管理, 设立应急救援储备金。预案规定定期进行培训和演练。

3 讨论

3.1 评价结论

该项目位于规划的工业园区内, 总体布局合理, 功能分区明确, 建设项目选址、总体布局、生产工艺及设备布局、建筑卫生学、职业病危害防护设施、辅助用室、职业卫生管理、应急救援、个人使用的职业病防护用品等方面基本符合《工业企业设计卫生标准》和《职业病防治法》等有关要求。该项目存在粉尘、硝酸及二氧化氮、氟化氢及氢氟酸、磷氧化物、一氧化碳、氢氧化钠、噪声等危害因素, 综合判断该项目属于严重职业病危害的建设项目, 应按规定在设计阶段进行职业病防护设施设计卫生审查。

3.2 建议

硅料整理车间打磨、喷砂过程可能产生粉尘(单质硅粉尘)。建设项目分选岗位安装有袋式除尘装置, 喷砂打磨过程在密闭喷砂机中进行, 避免粉尘逸散。类比企业无此工序, 缺乏粉尘检测类比资料。参考张育红^[1]报道多晶硅后处理车间单质硅粉尘的时间加权平均浓度检测结果为 $0.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ (职业接触限值为 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$) 未超标; 预测建设项目建成投产后, 在除尘装置安装位置适中、罩口风速符合标准要求等情况下, 打磨在密闭喷砂机中进行。选料工配备有防尘口罩, 推测实际接触的粉尘浓度可能符合职业接触限值。

在硅料酸洗泡料工序尽可能选用全密闭、自动化原料酸洗、水洗设备, 设备隔离布置, 相对独立, 避免职业危害交叉污染。若人工酸洗时, 应先开启抽风装置, 硅料放入泡料槽后立即密闭通风柜门, 将产生的酸雾通过风管送往三级串联酸雾净化塔处理; 同时工人操作时应加强个人防护。

拉晶、切片及切断滚磨车间属于空调厂房及洁净厂房, 保证每人每小时 30 m^3 以上新鲜空气量, 系统的进风口位置

需设置在空气洁净的地方。

建设项目单位补充完善职业卫生管理制度,在醒目位置设置公告栏,在有毒有害作业场所悬挂警示标识,组织上岗前职业健康检查。发放包括连体耐酸碱服、橡皮手套、耐高温防护手套、防毒口罩、防尘口罩、防护眼镜、耐酸碱鞋、防砸鞋、防噪声耳塞或耳罩等。设立紧急救援站,配备医疗卫生人员。补充氢氟酸、硝酸、氯气等应急救援专项预案,制定二氧化氮、氟化氢、一氧化碳急性中毒等现场处置方案,

做好应急救援培训和演练。在酸洗泡料槽岗位及化学品库储存硝酸和氢氟酸的场所,安装冲洗设施,设置泄险装置,并安装二氧化氮和氟化氢有毒气体自动检测报警装置,同时设置事故通风设施,配备急救药品及用品。在酸洗、拉晶、氯气站岗位配备防毒面具、空气呼吸器及应急设备。

参考文献:

- [1] 张育红,汤丽霞,郭庆华. 超高纯多晶硅企业职业病危害控制效果评价 [J]. 医药论坛杂志, 2010, 8 (16): 93-95.

半定量职业危害风险评估法在某市电焊行业锰危害因素评价中的应用

Application of semiquantitative hazard risk assessment in evaluation on occupational manganese hazards

章剑^{1,2}, 施爱民², 陈献文¹, 张巧耕³, 周维新¹

(1. 江阴市疾病预防控制中心, 江苏 江阴 214431; 2. 南京医科大学公共卫生学院, 江苏 南京 211166; 3. 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210028)

摘要: 以半定量风险评估模型为基础结合相关标准对某市电焊行业中职业性锰危害进行危害等级和暴露等级的评估,从而得到总体风险等级。结果显示,中等风险最能体现电焊作业中锰危害的总体风险水平。

关键词: 职业性锰危害; 电焊作业; 风险评估; 危害控制

中图分类号: R135 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2014)04-0310-02

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2014.04.032

职业危害风险评估法是近年来快速发展并被广泛应用的一种职业危害评价方法^[1-3],能够客观地量化评价职业危害因素所造成的风险,为采取合理的风险管理策略提供依据。本文以新加坡半定量风险评估模型为基础,结合《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ230—2010),评价某市电焊作业中职业性锰危害的整体职业危害风险等级,以了解一线电焊行业职业危害现状,并提出相应的风险管理策略。

1 对象与方法

1.1 对象

根据江苏省重点职业病哨点监测方案选择某市 7 家存在电焊作业的机械加工、船舶制造、压力容器制造行业的生产企业,按系统抽样方式,从全部 215 名普通手弧焊作业人员中,以抽样距离 $K=5$ 抽取 43 名作为调查对象。作业人员所用焊条均为含锰焊芯,含锰量为 0.3%~0.6%。

1.2 方法

通过职业卫生学现场调查确定暴露风险级别 (exposure risk, ER),通过查阅文献及参考相关规范标准确定危害风险

级别 (hazard risk, HR),根据 ER 和 HR 计算风险级别。

1.2.1 暴露级别的确定 根据现场监测情况、接触方式、暴露时间、防护及管理措施等暴露因子的暴露指数 (exposure index, EI) 计算 ER。 $ER = [EI_1 \times EI_2 \times \cdots \times EI_n]^{1/n}$, n 为暴露因子个数。

1.2.2 危害级别的确定 按照《职业性接触毒物危害程度分级》中毒物危害指数 (THI) 的计算方法,通过锰及其无机化合物 (以 MnO_2 计) 的急性毒性、刺激与腐蚀性、致敏性、致癌性、生殖毒性、扩散性、蓄积性等毒理学特性确定 HR。

1.2.3 风险级别的计算 由公式 $R = \sqrt{(HR \times ER)}$ 计算得到,根据风险矩阵可划分为可忽略风险、低风险、中风险、高风险、极高风险 5 个级别。

2 结果

2.1 危害级别

依据《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ230—2010)

中毒物危害指数的计算方法 $THI = \sum_{i=1}^n (k_i \times F_i)$ 求得锰危害指数为 34。可定义其危害程度为 IV 级,即轻度危害, $HR = 2$ 。计算过程见表 1。

表 1 电焊作业中锰危害级别 (HR) 的计算

积分指标	文献资料数据	危害分值 权重系数	
		F	k
急性吸入 LC_{50} [粉尘和烟雾 (mg/m^3)]	参急性经口 LD_{50}	0	5
急性经口 LD_{50} (mg/kg)	4000 (大鼠)	0	—
急性经皮 LD_{50} (mg/kg)	无急性经皮毒性数据,且不经皮吸收	0	1
刺激与腐蚀性	轻刺激作用	1	2
致敏性	现有实验证据不能对该物质的致敏性做出结论	1	2
生殖毒性	人类生殖毒性未定论	1	3
致癌性	Ⅲ类,未归入人类致癌物	1	4
实际危害后果与预后	器质性损害 (可逆性重要脏器损害),脱离接触后可治愈	2	5
扩散性	固态 扩散性极高 (使用时形成烟或粉尘)	3	3
蓄积性	无相关数据	4	1

收稿日期: 2014-01-23; 修回日期: 2014-04-08

基金项目: 卫生部职业卫生标准制定项目 (2008)

作者简介: 章剑 (1983—),男,医师,硕士在读,从事职业卫生与职业病防治工作。

通讯作者: 施爱民, E-mail: sam@njmu.edu.cn; 张巧耘, E-mail: qyede@163.com。