

·检测与评价·

某晶体硅太阳能电池项目职业病危害预测及关键控制点分析

徐娜, 邓雪凝, 陈伟波, 陆敏芳, 陈健安, 黄应和, 苏小媚

佛山市三水区疾病防治所, 广东 佛山 528100

摘要:目的 预测晶体硅太阳能电池生产过程中产生的职业病危害因素的种类和危害程度, 并分析其关键控制点。方法 通过经验法、类比分析法进行分析。结果 晶体硅太阳能电池生产过程中存在的主要职业病危害因素为硝酸、氢氟酸、盐酸、氢氧化钾、氢氧化钠、异丙醇、三氯氧磷、五氧化二磷、偏磷酸、氯气、氯化氢、四氯化碳、硅烷、氨气、噪声、高温、工频电磁场等。其关键控制点主要为清洗制绒、扩散刻蚀、沉积减反射膜、丝网印刷及清洗和疏通污水管道等岗位。结论 该项目的职业病危害因素比较复杂, 其中主要危害因素是化学毒物, 应从职业病危害发生的关键控制部位加强防治工作。

关键词: 太阳能电池; 职业病危害; 关键控制点; 化学毒物

中图分类号: R134.2

文献标志码: B

文章编号: 1007-1326(2014)06-0370-03

太阳能作为最重要的可再生资源之一, 由于具备清洁、卫生、安全、资源丰富等多方面的优势^[1], 其发展越来越得到重视。中国已经成功超越欧洲、日本成为世界太阳能电池生产第一大国。根据所用材料的不同, 太阳能电池可分为晶体硅太阳能电池、薄膜太阳能电池、聚合物多层修饰电极型新型太阳能电池等, 其中晶体硅太阳能电池又分为单晶硅和多晶硅太阳能电池^[2]。晶体硅太阳能电池生产过程产生的有毒有害物质众多, 若引发事故, 具有突发性、群体性、快速性和高致命性等特点, 对人体可能造成中毒、窒息、化学灼伤、烧伤、冻伤等伤害, 在较短的时间内可导致多人同时中毒或受伤。本文拟通过识别某晶体硅太阳能电池项目生产过程中存在的职业病危害因素, 预测该项目生产过程中可能存在的职业病危害因素种类和危害程度, 找出关键控制点, 提出合理可行的防护对策, 为晶体硅太阳能电池项目的职业病防治提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象

某晶体硅太阳能电池项目的可行性研究报告及其类似项目的类比调查资料。

1.2 方法

该晶体硅太阳能电池项目按工艺特征和布置的相对独立性划分生产单元。生产单元包括生产车间、危化品与化学品仓库、气站、防爆特气室、动力站房、污水处理站、变电站。采用经验法、类比分析法相结合的方法来

识别各生产单元的职业病危害因素和预测职业病危害^[3]。

2 结果

2.1 工艺流程概述

该项目主要生产晶体硅太阳能电池。生产工艺主要包括清洗制绒、扩散刻蚀、沉积减反射膜、丝网印刷、烧结、检测等。清洗制绒工艺分为单晶硅电池片和多晶硅电池片; 刻蚀工艺包括湿法刻蚀和等离子刻蚀。生产工艺流程见图 1。

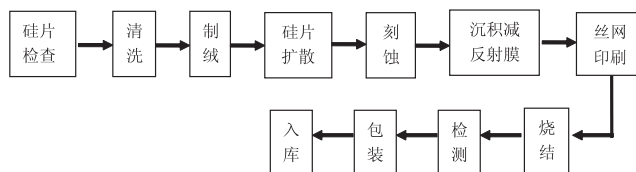


图 1 晶体硅太阳能电池生产工艺流程

2.2 职业病危害因素识别

该项目使用的原料有硅片、硝酸、氢氟酸、盐酸、氢氧化钾、氢氧化钠、异丙醇、氮气、氧气、三氯氧磷、硫酸、四氯化碳、硅烷、氨气、银、氧化铅、铝、高纯硼、松油醇、乙基纤维素、二乙二醇单甲醚、二乙二醇单丁醚、二乙二醇二丁醚, 反应产物有氮氧化物、氢气、五氧化二磷、偏磷酸、氯气, 污水处理用氯化钙、氢氧化钠、聚合氯化铝、聚丙烯酰胺等。根据工程所使用的原辅材料、生产工艺分析及对类比工程的实地检测、调查, 确定各评价单元可能存在的职业病危害因素。结果见表 1。

2.3 职业病危害因素危害程度分析

2.3.1 化学毒物危害分析 本项目重点化学毒物有: 原料中的硝酸、氢氟酸、盐酸、氢氧化钾、氢氧化钠、异

作者简介: 徐娜(1982-), 女, 大学本科, 主管医师, 主要从事职业卫生评价工作。

表 1 主要职业病危害因素种类及其分布

生产单元	职业病危害因素
制绒、前清洗(多晶硅)	硝酸、氢氟酸、盐酸、氢氧化钾、氮氧化物、氢气
制绒、前清洗(单晶硅)	氢氧化钠、异丙醇、氢气
扩散	氮气、氧气、三氯氧磷、五氧化二磷、偏磷酸、氯气、氯化氢
刻蚀、后清洗(湿法)	硝酸、氢氟酸、硫酸、氢氧化钾
刻蚀(等离子)	四氯化碳
沉积减反射膜	硅烷、氨气、氢气
丝网印刷、烧结	银(烟)、乙基纤维素、氧化铅(烟)、铝(烟)、高纯硼、松油醇、乙基纤维素、二乙二醇单甲醚、二乙二醇单丁醚、二乙二醇二丁醚
危化品与化学品仓库	硝酸、氢氟酸、盐酸、氢氧化钾、氢氧化钠、异丙醇、硫酸、三氯氧磷、氨、高温
气站	氮气、氧气、高温
防爆特气室	硅烷
动力站房	噪声、高温
变电站	工频电磁场
污水处理	氯化钙、氢氧化钠、聚合氯化铝、聚丙烯酰胺、硫化氢、氨、甲烷、高温

丙醇、氮气、氧气、三氯氧磷、硫酸、四氯化碳、硅烷、氨气、银、氧化铅、铝、高纯硼、松油醇、乙基纤维素、二乙二醇单甲醚、二乙二醇单丁醚、二乙二醇二丁醚,反应产物中的氮氧化物、氢气、五氧化二磷、偏磷酸、氯气,污水处理所用氯化钙、氢氧化钠、聚合氯化铝、聚丙烯酰胺及其正常运行时可能产生的少量硫化氢、氨、甲烷等。上述化学物质大多数可由呼吸道侵入人体,部分也可由皮肤侵入人体。根据类比工程预测,在正常生产和使用的情况下,作业环境中氨、一氧化氮、二氧化氮、氟化氢、非甲烷总烃、硫酸、磷酸、氯化氢、氯气、铅烟、氢氧化钠、氢氧化钾、异丙醇等化学毒物的浓度均低于职业接触限值^[4]。生产过程使用大量的酸碱等强腐蚀化学品,在化学品输送间更换化学品罐、扩散车间三氯氧磷换源(罐体置换)、石英舟和石墨舟的清洗、设备维护检修时,可能会发生化学品泄漏,引起化学毒物浓度超标,甚至发生急性中毒事故,应给予足够重视。

2.3.2 高温危害分析 本项目高温热源来源于气候影响和生产性热源。该项目地处北回归线以南,属亚热带海洋性气候,年平均气温 21.6℃,夏季最高气温可达 38.7℃,作业人员夏季在无空调车间工作时受炎热气候影响较大。生产装置的热源主要分布在洁净车间,有沉积减反射膜、扩散炉、烧结炉等高温设备,5 个生产性热源的湿球黑球温度(WBGT)指数为 19.1℃~28.7℃,均低于职业接触限值,对工人影响不大。因本项目受炎

热气候的影响,预测项目建成投产后洁净车间外工作(公用工程)的工人夏季作业时可享受一定程度的高温气候影响,存在一定的高温危害。

2.3.3 噪声危害分析 晶体硅太阳能电池生产过程中的噪声主要产生于辅助设备的运行,如空压机、各种泵等。类比工程的 15 个噪声作业点的噪声强度为 60.1~86.7 dB(A),超标率为 6.67%,超标点为空压机房。清洗车间的清洗机岗位虽没有超过职业接触限值,但也达到 80 dB(A),为噪声作业岗位。

2.3.4 工频电磁场作业危害分析 本工程配有高、低压配电房。配电房用于调配全厂的全功能用电,配电装置的主接线方式均为单母线分段接线,从变压器上输入了高压电和大功率的电流使得电柜及其周围环境存在有较强的工频电磁场强辐射。

2.4 关键控制点

通过对工程生产工艺、设备、原辅材料、可能存在职业病危害因素的危害特点以及作业人员的劳动方式、接触时间进行综合分析,同时结合类比工程检测数据,确定以下工序及岗位为本项目的关键控制点。见表 2。

表 2 职业病危害因素关键控制点

职业病危害因素	关键控制点
噪声	空压机房、清洗机
硅烷、氨	沉积减反射膜工艺的通风及其设备维护时的个体防护
银、氧化铅、铝、高纯硼、松油醇、乙基纤维素、二乙二醇单甲醚、二乙二醇单丁醚、二乙二醇二丁醚	丝网印刷的通风及其设备维护时的个体防护
三氯氧磷、偏磷酸、五氧化二磷、氯气、盐酸、磷酸	扩散的通风及其换源、设备维护时的个体防护
硫酸、硝酸、氢氟酸、盐酸、异丙醇、氢氧化钾、氢氧化钠、四氯化碳	制绒和刻蚀的通风、化学品置换时的个体防护
氢氧化钠、氯化钙、聚丙烯酰胺、聚合氯化铝、硫化氢、氨、甲烷	清淤和疏通污水管道时的通风和个体防护
高温	公用工程巡检、污水处理等的防暑

3 讨论

本建设项目可能产生或存在的职业病危害因素有:化学毒物、噪声、工频电磁场和高温等,其中主要职业病危害因素为化学毒物。因此本项目存在作业人员呼吸系统危害^[5]、化学毒物中毒等工作场所职业危害风险。

应该指出的是,尽管该项目在建成投产后,在正常生产条件下,各生产岗位的有毒化学物质的浓度一般小于职业接触限值,但是该项目在生产过程中存在高

(下转第 374 页)

业病防护措施与钱晓勤等^[6]的某 LED 外延片及芯片生产项目职业病危害预评价中提到的类同。

通过调查发现,本项目在正常生产条件下,除少数岗位检测结果超标外,其余职业病危害因素的浓度或强度,均符合《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分:物理因素》和《工业企业设计卫生标准》的要求。企业在职业卫生防护和各项制度的建立方面是符合国家要求的。

调查发现 LED 生产过程中产生的化学毒物种类较多,提示在确定 LED 灯生产过程中产生有毒物质的种类时,不但要了解其生产内容,更需对其不同产品使用的化学物质清单进行具体分析,以便能够更准确地确定有毒物质种类。用人单位应根据不同工种接触的职业病危害因素,进行有针对性的职业卫生培训,培训内容包括生产岗位存在的职业病危害种类和对人体健康危害的介绍、个人防护用品的使用、急性职业中毒的自救互救、药品器材的保管使用及模拟意外事故演练等,尤其对新上岗工人严格执行上岗前职业卫生培训

制度,使其了解本岗位存在的职业病危害,并掌握职业病危害防护的基本知识和自救互救办法。

由于 LED 灯是一种新型节能环保灯,针对职业卫生方面的研究不多,研究材料不算丰富,希望同行业的职业卫生工作者做进一步研究,更好地保护劳动者的健康。

参考文献

- [1] 梁友信. 劳动卫生与职业病学 [M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2000:223-297.
- [2] 中国安全生产科学研究院. 建设项目职业病评价培训教材 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2012:2.
- [3] 何凤生. 中华职业医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999.
- [4] 徐建, 陈晓珊. 某荧光灯厂一期工程职业病危害因素识别与关键控制点分析 [J]. 职业卫生与应急救援, 2012, 30(6): 289-290.
- [5] 陈霞, 王世文, 洪小明. 灯饰生产技改建设项目职业病危害预评价 [J]. 职业与健康, 2008, 24(14): 1436-1437.
- [6] 钱晓勤, 毛一扬, 蔡翔. 某 LED 外延片及芯片生产项目职业病危害预评价 [J]. 中国工业医学, 2012, 25(6): 53-55.

收稿日期: 2014-06-03

修回日期: 2014-08-11

(上接第 371 页)

毒化学物质的潜在危险因素,为了更好地保护劳动者的健康,还应进一步改进和完善以下几点:(1) 该项目生产过程使用或产生的化学物质如氢氟酸、二氧化氮、氯气、氨、氧化铅、硫化氢为高毒物品,应加强管理和使用注意事项,避免使用时中毒或死亡事故发生;(2) 当生产中发生意外或火灾时,生产过程使用大量的强酸、强碱及易燃易爆品,会发生泄漏,引起中毒事故,必须引起企业高度重视;(3) 污水处理系统正常运行时可能产生少量硫化氢、氨和烃类化合物,在进行清淤、疏通时,可能产生沼气、硫化氢等有害气体,引起人员中毒甚至死亡,应该引起高度重视。

所谓关键控制点是检测中发现的职业病危害因素超标的工作场所、易泄漏职业病危害因素的设备、易聚集职业病危害因素的工作场所、易造成设备泄漏的操作或在职业病危害因素浓度(强度)超标的情况下从事的作业等。针对关键控制点,建议企业应做好:(1) 报警及隔离措施:危险化学品作业场所有相应的可燃气体和有毒气体的现场报警仪、通风、防晒、调温、防火、灭火、防爆、泄压、防毒、消毒、中和、防潮、防雷、防腐、防渗漏、防护围堤或者隔离操作等安全设施^[6]。(2) 对空压机等高噪声设备采用综合降噪措施,如独立设置、安装消声器、墙体使用吸音材料等措施进行隔声、消声、吸声降噪;(3) 污水处理站清淤、污水管道疏通时,

工作前应进行通风,检测毒物浓度及含氧量;(4) 加强化学毒物、噪声等职业病危害因素的日常检测,并制定细致、完善的检测计划,计划中应明确检测的周期、频率以及检测的范围;(5) 合理安排作业人员的工作时间,尽量减少其在关键控制点的停留时间;(6) 在上述作业场所醒目位置设置相应警示标志;(7) 作业人员在关键控制点作业时应加强个人防护意识,并依据关键控制点存在的职业病危害因素的不同,合理佩戴符合职业卫生防护标准的个人防护用品。关键控制点的各项防护措施只要落实到位,可以最大限度地预防和控制职业病危害。

参考文献

- [1] 沈辉,曾祖勤. 太阳能光伏发电技术——可再生能源丛书 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005:203-205.
- [2] 龚伟,倪金玲,朱宝立. 硅太阳能电池企业生产性毒物职业危害分析 [J]. 中国工业医学杂志, 2013, 26(2): 124-126.
- [3] 倪金玲,何苏敏. 应用类比法进行职业病危害预评价的适用性探讨 [J]. 中国工业医学杂志, 2006, 19(4): 246-247.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GBZ 2-2002 工作场所有害因素职业接触限值 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [5] 王书妍,柴兴泉,谷学新,等. 危险化学品泄漏与防护 [J]. 化学教育, 2006(6): 1-3.
- [6] 许峰. 化学品泄漏的应急处理 [J]. 劳动保护杂志, 1999(11): 42.

收稿日期: 2014-08-28

修回日期: 2014-10-15