包片机）。

在铅酸蓄电池企业职业病危害控制中，铅危害往往被放到首要位置，而噪声作为企业的主要职业危害因素，易被忽视。通过调查发现，在存在噪声危害的工作岗位，没有一名职工佩戴耳塞等个人防护用品，而是直接暴露于噪声环境中。众所周知，长期暴露噪声环境中可以引起职业性噪声聋，严重影响工人的生活质量，在我国职业性噪声聋所引起的经济纠纷仅次于尘肺。铅酸蓄电池企业的噪声防护同样刻不容缓。耳塞是最经济、有效的防护措施，建议该企业尽快将耳塞加入到个人防护用品行列，考虑到耳塞佩戴的不舒适性，应定期检查耳塞的佩戴使用情况。

该企业定期委托当地职业卫生服务机构进行职业健康体检，并每季度对铅接触人员进行血铅检查。从体检报告来看，一方面，职业健康体检未按照《职业健康监护技术规范》（GBZ188—2007）开展，噪声、酸雾等职业病危害因素在检查中未体现；另一方面，男性职工血铅超标检出率明显高于女性职工，其原因可能与生活卫生习惯有关[5]。职业健康体检是发现职业禁忌、早期职业损伤以及观察职业病防护措施是否有效的关键环节，企业应建立和完善职业健康监护制度，并妥善安置出现职业健康损害的职工。

据江苏省环保厅发布的公告，截至 2011 年 7 月，我省关闭取缔蓄电池企业达 158 家、停产整顿 248 家、限期治理 24 家、正常生产企业 36 家、正在建设企业 18 家。正在生产运行的涉铅企业 81% 分布在苏中、苏北欠发达地区。全省涉铅职业人群达 10 万余人。近年来，全省各地发生十余起铅危害引起的纠纷事件，给地方经济发展和社会稳定带来一定程度的影响，亟待出台铅酸蓄电池企业职业病危害控制规范以保障劳动者健康。

参考文献：

[1] 舒月红，陈红雨. 铅酸蓄电池污染防治与职业卫生防护 [M]. 北京：化学工业出版社，2011，66-72.
[2] GBZ 37—2002. 职业性慢性铅中毒诊断标准 [S].
[3] 刘弢，金玫华，张鹏，等. 某蓄电池企业铅危害情况调查 [J]. 中国公共卫生，2010，26（10）：1308-1309.
[4] 吴维群，刘美霞，李建华，等. 某蓄电池企业职业性铅接触评估与防制模式研究 [J]. 环境与职业医学，2006，23（3）：259-261.
[5] 窦建瑞，朱宝立，仲立新，等. 蓄电池厂工人血铅水平的相关因素研究 [J]. 中国工业医学杂志，2011，24（1）：12-15.

某多晶硅片生产企业职业病危害调查

Survey of occupational hazard in a polycrystalline silicon chips manufacture enterprise

陈凤琼，杨迪，冉瑞红

CHEN Feng-qiong，YANG Di，RAN Rui-hong

（重庆市疾病预防控制中心职业卫生所，重庆 400042）

摘要： 对某多晶硅片生产企业在生产过程中存在的职业病危害因素进行调查，确定其主要职业病危害因素有噪声、粉尘、氯化氢（盐酸）、氟化氢、硝酸及二氧化氮、氢氧化钠等，并对噪声、粉尘及有毒化学物进行采样、检测与分析。结果显示有害因素中噪声存在不同程度超标，粉尘及有毒物质浓度符合国家限值要求，多晶硅片生产过程中噪声、粉尘、酸碱对作业人员健康影响较大，应加强关键岗位的防护措施，防治职业病的发生。

关键词： 多晶硅片；职业病危害

中图分类号： R135 **文献标识码：** B

文章编号： 1002－221X(2013)02－0117－03

多晶硅片生产是多晶硅生产的下游产业，用于太阳能电池生产，某企业是重庆地区唯一一家多晶硅片生产企业，生产规模较大。为了解该企业职业病危害现状，识别生产过程中的职业病危害因素，评估其现有防护措施的有效性，提出有针对性的措施和建议，根据《中华人民共和国职业病防治法》等职业卫生相关法律法规要求，对该企业作业场所有害因素进行调查。

1 方法

采用职业卫生现场调查表，以现场询问的方式调查生产工艺、生产方式、职业病防护措施及个人防护用品发放等情况，并对生产过程中存在的职业病危害因素进行识别与分析。按照《工作场所空气中有害物质的采样规范》（GBZ159—2004）要求，对作业场所进行检测与采样。

2 结果

2.1 基本情况

该企业产品为 156 mm × 156 mm × 0.2 mm 太阳能级多晶硅片，生产规模为年产 250 MW。作业人员共 346 人，除检修外，其余时间连续生产，管理人员白班，操作工为四班二运转，每天工作 12 h，每周工作 48 h。其生产工艺包括硅料清洗及坩埚准备、铸锭、切方（切片）、硅片清洗及检测等。

2.2 现场调查

2.2.1 生产工艺流程 多晶硅锭生产工艺：将多晶硅、头尾料、锅底料按类分选后用盐酸、硝酸、氢氟酸、氢氧化钠等

收稿日期：2012－03－31；修回日期：2012－08－20

作者简介：陈凤琼（1979—），女，硕士研究生，主管医师，从事职业卫生工作。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化学品除去原料表面的杂质，并用水冲洗原料表面残留的酸液。同时在石英坩埚内表面喷涂氮化硅层，烘干。根据铸锭多晶的电阻率要求，按重量比例配置原料后，将配好的原料装入炉内、抽真空和充氩气，加温将原料溶化，按控制程序进行定向生长。铸锭工艺主要使用定向凝固法：将硅料放在坩埚中熔融，然后将坩埚从热场中逐渐下降同时从坩锅底部通上冷源，形成一定的温度梯度，使固液界面从坩埚底部向上定向移动而形成晶锭，待炉体内温度冷却后，将炉内装有硅锭的坩埚取出，去掉硅锭外层的坩埚。生产工艺流程见图 1。

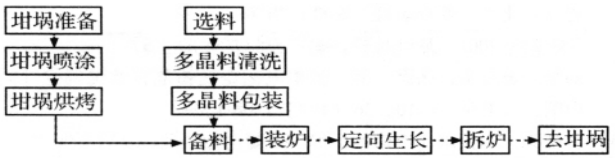

图 1　多晶硅锭生产工艺流程

多晶硅片生产工艺：将铸好的硅锭通过多线切割的方式开方成硅块，并用水将硅块表面的切割残液冲洗干净后对硅块的外表面进行机械加工，去掉头尾不平部位及锐利的边角毛刺，同时对表面误差较大的硅块进行外表面研磨。使用粘结剂将硅块粘接在专用工装件上后将工作台装到多线切片机上进行切片。之后卸下已完成切片的工作台，通过脱胶取下硅片，超声波清洗硅片甩干后，通过测试合格，包装入库。多晶硅片生产工艺见图 2。

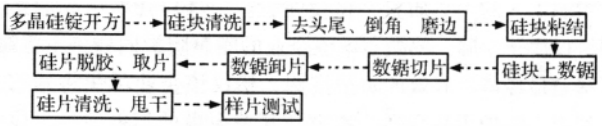

图 2　多晶硅片生产工艺流程图

2.2.2　原辅料使用情况　在生产中使用的原辅材料有碳化硅（2 058 t/年）、片碱（60 t/年）、盐酸（31%，60 t/年）、硝酸（65%，200 t/年）、氢氟酸（40%，40 t/年）、多晶硅（1 700 t/年）等。

2.3　主要职业病危害因素及分布

通过对生产工艺分析，结合作业场所的现场调查情况，对该企业存在的职业病危害因素进行了识别，见表 1。

表 1　主要职业病危害因素及作业人员接触情况

岗位		有害因素名称	每班接触人员
硅料准备	硅料检测间	粉尘	6 ~ 7
	硅料清洗间（酸洗、碱洗、水洗）、CDS 供酸碱间	噪声，盐酸及氯化氢、硝酸及二氧化氮、氟化氢、氢氧化钠	3 ~ 4
	喷砂间（手工喷砂、打磨、自动喷砂）	噪声，碳化硅粉尘	2
坩埚喷涂及烘烤	氮化硅溶液制备、人工喷涂、坩埚烘烤	噪声、高温及热辐射，其他粉尘（氮化硅、聚乙烯醇）	3
铸锭	装料	其他粉尘（硅为主）	4 ~ 5
	铸锭	噪声、高温及热辐射，氩气、其他粉尘	37
切方	开方机	噪声，其他粉尘，聚乙二醇、聚氨酯	5
	砂浆搅拌	噪声，其他粉尘，聚乙二醇	5
机加工	线切截断机、带锯、磨床	噪声，其他粉尘	3
切片	粘结	环氧树脂、苄基二甲胺、丙酮、乙醇	5
	切片	噪声，其他粉尘，聚乙二醇	18
硅片清洗	超声波清洗机	噪声、超声波，乳酸、十二烷基苯磺酸钠	9
公用工程	循环冷却水	噪声，乙二醇，其他粉尘	2
	空压机、空调机	噪声	
污水处理站	出泥室	噪声，其他粉尘	5
	加药室	噪声，氢氧化钠	
	风机室	噪声	2
	污水池	噪声，酸性废水及硫化氢	
	二层存储室	其他粉尘，氢氧化钠	
	压滤机	噪声	
	纯水装置	噪声，其他粉尘	1 ~ 2
辅助工程	洗涤塔	噪声，氢氧化钠	1 ~ 2
	仓库	粉尘，聚乙二醇、氢氧化钠、酸	3

2.4　检测结果

2.4.1　噪声检测结果　共检测 28 个点，其中动力车间一层风机室、207 厂房手动喷砂机、自动喷砂机、砂磨搅拌站、循环水加药处、空压站噪声强度大于 85 dB(A)，噪声强度最大值为 92.0 dB(A)；根据工人接触噪声的时间，207 厂房手动喷砂机、自动喷砂机、砂磨搅拌站噪声强度超过相应的卫生限值（见表 2）。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 作业场所噪声检测结果 dB(A)

测定地点	测定结果	日接触时间(h)	卫生限值	结果判断
动力车间一层含氟废水调节池	77.0	1～2	91	合格
动力车间一层加药室	82.7	1～2	91	合格
动力车间一层风机室	85.1	3～4	88	合格
动力车间一层综合室	75.9	3～4	88	合格
纯水站纯水处理控制室	68.6	8～10	85	合格
纯水站纯水处理装置	71.8	2～4	85	合格
207 厂房硅料清洗间	74.6	8～10	85	合格
207 厂房手动喷砂机（运行）	89.1	8～9	85	不合格
207 厂房手动喷砂机（不运行）	82.8	1～2	91	合格
207 厂房自动砂机（运行）	91.4	8～9	85	不合格
砂磨搅拌站	92.0	1～3	85	不合格
硅片清洗	73.0	8	85	合格
洗涤塔	74.7	8～10	85	合格
CDS 供酸碱系统	63.7	2	91	合格
冷冻水站	80.7	3	88	合格
循环水加药处	85.4	2	91	合格
空压站	87.2	2	91	合格
坩埚喷涂	80.1	6	85	合格
坩埚装料间	73.8	8	85	合格
铸锭间	72.9	8	85	合格
开方间	84.0	8	85	合格
切片	79.0	8	85	合格
粘胶	69.0	2	91	合格
硅料清洗办公室	63.5	8	75	合格
硅料检测车间	61.2	8	85	合格
中控室	64.5	12	70	合格
硅料存放区	61.2	8	85	合格
硅块机加工	82.0	6～7	85	合格

2.4.2 粉尘及有毒物质检测结果 对作业场所粉尘、硫化氢、氯化氢、氟化氢、氢氧化钠、二氧化氮、丙酮进行了检测，结果均符合卫生限值要求（见表 3～5）。

表 3 粉尘浓度检测结果 mg/m³

检测地点	检测项目	样品数	检测结果(TWA)	接触限值(PC-TWA)	结果评定
动力车间一层出泥室	其他粉尘	6	<1.67	8	合格
动力车间二层存储室	其他粉尘	6	<1.67	8	合格
207 厂房纯水装置	其他粉尘	6	<1.67	8	合格
喷砂间喷砂	碳化硅粉尘	6	2.67	4	合格
喷砂间打磨	碳化硅粉尘	6	1.83	4	合格
坩埚喷涂	其他粉尘	6	<1.67	8	合格
氮化硅溶液制备	其他粉尘	6	<1.67	8	合格
砂浆搅拌	其他粉尘	6	<1.67	8	合格

3 讨论

通过对该企业的调查显示，在多晶硅片生产过程中，产生的有害因素主要来源于硅料清洗中的酸碱、动力系统产生的噪声及喷砂作业产生的粉尘。酸碱会对皮肤黏膜及上呼吸道产生灼伤和损害，特别是氢氟酸，不仅会造成皮肤黏膜损害，出现急性中毒性死亡，长期接触还会造成氟骨症[1]。调查中发现，在正常生产条件下，酸碱的使用、输送设备密闭，

表 4 NaOH、HCl、HF、H_2S 检测结果 mg/m³

检测地点	检测项目	样品数	检测结果(MAC)	接触限值(MAC)	结果评定
污水处理一层加药室	NaOH	3	<0.003	2	合格
动力车间二层存储室	NaOH	3	<0.003	2	合格
CDS 供酸碱系统	NaOH	3	<0.003	2	合格
	HCl	3	<0.5	7.5	合格
	HF	3	<0.017	2	合格
硅料清洗线酸洗	HCl	3	<0.5	7.5	合格
	HF	3	<0.017	2	合格
	NaOH	3	<0.003	2	合格
污水处理池	H_2S	3	<0.53	10	合格

表 5 NO_2、丙酮检测结果 mg/m³

检测地点	检测项目	样品数	检测结果 TWA	检测结果 STEL	接触限值 PC-TWA	接触限值 PC-STEL	结果评定
CDS 供酸碱系统	NO_2	6	<0.005	0.086	5	10	合格
硅料清洗线酸洗	NO_2	6	<0.005	0.062	5	10	合格
调胶、粘胶间	丙酮	6	<6.7	<6.7	300	450	合格

人员接触机会少，但在酸碱更换时，人员手工操作，如不加强防护会造成危害。喷砂作业有手工喷砂、自动喷砂以及打磨工作，长期接触粉尘会引起尘肺。在风机室、空压机等动力设施运行时会产生噪声，造成听力损害。

根据现场检测结果显示，作业场所中存在噪声超标，超标率为 7%，超标点为喷砂及砂磨搅拌时设备运行及气体流动时产生的噪声，无法采用工程措施进行控制，应为作业人员发放防噪声耳塞，作业人员现场发放了 3 M 的 1270 型防噪声耳塞，其 NRR 值为 24 dB(A)，作业人员使用后噪声实际接触强度在 75～80 dB(A) 之间，能有效地减少噪声对作业人员的健康危害。针对粉尘作业，在坩埚喷涂点设置排风机（3 台，5 500 m³/h）、自动喷砂机设置风机（1 台，12 000 m³/h），端面磨床、砂浆搅拌等在密闭罐中进行，防止粉尘外逸。检测结果显示，粉尘检测点虽未出现超标现象，但在喷砂作业时存在粉尘危害，这是由于手动喷砂机和打磨点未设置工程措施加以防护，在该作业点应考虑局部抽风，可设置侧吸罩或下吸罩[2]，并考虑设置位置及风量、风速，同时为作业人员发放防尘口罩。在使用化学物的场所，如硅料清洗设置有抽风机（1 台，11 000 m³/h），酸碱输送系统采用密封性较好、耐腐蚀的设备及管道，在输送酸碱时应采用负压吸入的方式。有毒物质检测结果显示其浓度符合国家限值要求，但应在输送管道和使用设备中对氟化氢、硝酸分解产生的二氧化氮气体设置连锁报警装置，配备专门的个人防护设施，如空气呼吸器、过滤式面罩、眼镜等，提高作业人员防护意识，防止意外伤害和职业病的发生。

参考文献：

[1] 金泰廙，梁友信. 职业卫生与职业医学 [M]. 6 版，北京：人民卫生出版社，2008：110-111.

[2] 孙一坚，陈在康，谭天祐. 工业通风 [M]. 3 版，北京：中国建筑工业出版社，2004：26-32.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net