

浙江省富阳市造纸行业职业危害风险评估

陈昌可, 盛金芳, 李常勇

摘要: [目的] 对造纸生产过程中存在的职业病危害因素进行风险评估, 为加强造纸企业的职业健康管理, 保护劳动者健康提供依据。[方法] 选择富阳市 3 家中/小型造纸企业作为评估对象, 用新加坡的有害化学物质职业暴露半定量风险评估方法进行风险评估。[结果] 造纸车间涂布岗位工人接触硫化氢风险级别为 5 级(很严重的风险), 制浆车间上料岗位工人接触纸尘风险级别为 3 级(中度风险), 制浆车间磨浆岗位、碎浆岗位工人接触硫化氢, 以及拣纸车间拣纸岗位工人接触纸尘风险级别为 2 级(轻度风险)或 1 级(可忽略的风险)。[结论] 富阳市造纸行业在目前的作业条件下, 所存在的职业病危害因素可能对劳动者的健康产生不良影响, 应根据其不同风险水平采取不同的控制措施。职业危害风险评估能够估计劳动者承受的职业健康风险水平, 有利于维护劳动者权益。

关键词: 造纸行业; 风险评估; 职业病危害因素; 半定量; 暴露等级

Risk Assessment of Occupational Hazards in Paper Industry in Fuyang, Zhejiang Province CHEN Chang-ke, SHENG Jin-fang, LI Chang-yong (Department of Environmental Health Monitoring, Fuyang Centers for Disease Control and Prevention, Zhejiang 311400, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To conduct a risk assessment of occupational disease hazard in paper production in order to strengthen occupational health management in paper enterprises and protect workers' health. [Methods] Three medium or small paper enterprises in Fuyang City were enrolled in the study and evaluated for occupational exposure to harmful chemicals by a semi-quantitative method adapted from Singapore Ministry of Manpower. [Results] The risk level was 5 (severe risk) for coating workers exposed to hydrogen sulphide in the paper workshop, 3 (moderate risk) for loading material workers exposed to paper dust in the pulping workshop, and 2 (slight risk) for defibration workers and pulping workers exposed to hydrogen sulphide in the pulping workshop and for picking workers exposed to paper dust in the picking workshop. [Conclusion] Under current working conditions, the existing occupational hazards may advance adverse effects on the health of workers. Therefore, control measures should be taken depending on risk levels. Occupational hazard risk assessments can estimate workers' occupational health risk levels to safeguard their rights and interests.

Key Words: paper industry; risk assessment; occupational disease hazard; semi-quantitative; exposure rating

职业危害风险评估, 是指识别、评价职业有害因素对劳动者产生健康影响的可能性和严重程度, 并将风险划分出等级, 以决定控制和管理的优先顺序^[1]。风险评估起源于 20 世纪 30 年代, 在欧美各国又被称为“风险评价”、“危险评价”, 至 20 世纪 80 年代初引入我国。我国目前尚无职业危害风险评估的规范或标准。2012 年修正的《中华人民共和国职业病防治法》^[2]规定卫生行政部门应当对职业健康风险进行评估。近年来, 已有许多利用风险评估方法对工作场所的职业危害风险进行分级管理的研究^[3], 但造纸行业鲜有报道。“富阳一张纸, 行销十八省”, 素有“造纸之乡”美誉的浙江省富阳市在我国造纸历史

上占有重要地位。富阳市现有年销售收入 > 500 万元的造纸企业 300 余家, 直接从业人员约 4.3 万人。造纸行业职业病危害因素繁多, 其中很多因素对人体危害性较大。造纸行业硫化氢中毒事件时有报道, 劳动者对生产中存在的职业病危害因素认识不清, 隐患无穷。职业危害风险评估工作已成为卫生部门主要职责之一, 因此, 本研究拟借鉴新加坡有害化学物质职业暴露半定量风险评估方法^[4]对富阳市 3 家中/小型造纸企业进行职业危害风险评估。本文报道该项研究结果。

1 对象与方法

1.1 研究对象

根据富阳市造纸行业分布特点, 按照企业规模选取 3 家中/小型造纸企业作为本次评估对象。

1.2 现场劳动卫生学调查

调查员经统一培训后, 采用统一的基本情况调查表, 开展企业基本情况调查。调查内容包括企业基本情况、原(辅)材

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0124

[基金项目] 富阳市科技局社会发展项目(编号: 2013SF14)

[作者简介] 陈昌可(1983—), 女, 硕士, 主管医师; 研究方向: 职业病危害因素检测与评价; E-mail: chenchangke728@163.com

[作者单位] 富阳市疾病预防控制中心环境卫生监测科, 浙江 311400

料、生产设备、生产工艺、主要职业病危害因素、职业病危害防护措施等。

1.3 现场职业病危害因素监测

根据 GBZ 159—2004《工作场所中有害物质监测的采样规范》^[5]选择采样点,按照短时间接触容许浓度(STEL)、8h 时间加权平均容许浓度(TWA)或最高容许浓度(MAC)测定要求进行测定。测定所使用的所有仪器均经国家计量部门检定合格,在有效期内,并在使用前进行校准。

1.4 新加坡有害化学物质职业暴露半定量风险评估方法

根据化学物质固有的毒性、致癌致突变等特性确定危害等级(HR),再依据暴露浓度、暴露频率、暴露时间等计算暴露水平,并与容许接触限值相比确定暴露等级(ER),最后通过公式 $Risk = \sqrt{HR \times ER}$ 计算风险等级,根据风险等级确定风险水平^[4]。

1.4.1 危害等级的确定 危害等级分类见表 1。

1.4.2 暴露等级的确定 暴露浓度的估算包括有空气监测结果、无监测结果等形式,以及多种有毒化学物质联合暴露问题。有空气监测结果时,将暴露浓度与容许接触限值相比确定暴露等级,见表 2。无空气监测结果时,可以根据暴露指数(EI,见表 3)估算暴露等级: $ER = [EI_1 \times EI_2 \times \dots \times EI_n]^{1/n}$, n 为使用暴露因子的个数。

1.4.3 危险度等级的确定 通过公式 $Risk = \sqrt{HR \times ER}$ 计算风险等级,当危险度分级为非整数时,四舍五入,分级如下:危险度等级 1 级—可忽略的风险;危险度等级 2 级—轻度风险;危险度等级 3 级—中度风险;危险度等级 4 级—重度风险;危险度等级 5 级—很严重的风险。

表 1 危害等级

危害等级	危害描述/分类	化学物举例
1	未知有害健康作用 ACGIH A5 致癌物 未被列为有毒或有害物质	氯化钠、丁烷、醋酸丁酯、碳酸钙
2	对皮肤、眼睛或黏膜有可逆作用,不产生严重的健康损伤 ACGIH A4 致癌物 皮肤致敏与皮肤刺激性	丙酮、丁烷、醋酸(10%浓度)、钡盐、铝、粉尘
3	可能的人类或动物致癌物、或诱变物,但资料不足 ACGIH A3 致癌物 IARC 2B 类物质 腐蚀性(pH 3~5 或 pH 9~11)物质、呼吸道过敏物、有害化学物	甲苯、二甲苯、氨、丁醇、乙醛、醋酸酐、苯胺、铈
4	潜在人类致癌物、诱变物或基于动物研究的致畸物 ACGIH A2 致癌物 IARC 2A 类物质 高度腐蚀性(pH 0~2 或 pH 11.5~14) 有毒化学物	甲醛、镉、亚甲基、氯化物、环氧乙烷、丙烯腈、1,3-丁二烯
5	已知的人类致癌物、诱变物或致畸物 ACGIH A1 致癌物 IARC 1 类物质 高度有毒化学物	苯、联苯胺、铅、砷、铍、溴、乙烯、氯化物、汞、结晶硅石

[注] ACGIH: 美国工业学家协会; IARC: 国际癌症研究中心。

表 2 暴露等级

暴露浓度/容许接触限值	暴露等级
<0.1	1
0.1~	2
0.5~	3
1.0~	4
2.0~	5

表 3 暴露因子及暴露指数

暴露因子	暴露指数				
	1	2	3	4	5
蒸气压(mmHg)	<0.1	0.1~1	>1~10	>10~100	>100
颗粒大小(空气动力学直径)粗、块状或潮湿物质	粗、干燥物质	干燥,小颗粒尺寸>100μm	干燥,细颗粒 10~100μm	干燥,细粉末状物质<10μm	
危害控制措施	适当控制与定期维护	适当控制与非定期维护	适当控制,没有维护,轻度粉尘污染	控制不当,中度粉尘污染	没有控制措施,高度粉尘污染
每周使用量	几乎可忽略不计(<1 kg 或 L)	较少使用量(1~<10 kg 或 L)	中等使用,工人经过训练处 理化学物(10~<100 kg 或 L)	大量使用,工人经过训练处 理化学物(100~100 kg 或 L)	大量使用,工人未经训练处 理化学物(>100 kg 或 L)
每周工作时间(h)	<8	8~16	16~24	24~32	32~40

2 结果

2.1 企业基本情况

2.1.1 生产工艺流程 3 家企业主要产品均为涂布白板纸,年产值 8.5~9.0 万 t,职工人数 250~400 人,三班制生产,年生产日 300 d。工艺流程分为制浆工艺和造纸工艺,具体如下:(1)制浆工艺:废纸和/或木浆→水力碎浆机→浆池→纤维分离机→浆池→压力筛→多盘浓缩机→双盘磨→成浆池;(2)造纸工艺:面浆/衬浆/芯浆/底浆抄前池→冲浆泵→压力筛→流浆箱→叠网部→压榨部→烘干部→压光机→底涂布刮刀→桥箱→面涂布刮刀→桥箱→光泽缸→冷缸→卷纸机→分切机→包装入库。

2.1.2 主要生产设备及原辅材料使用情况 现场调查发现,主要生产设备有碎浆机、磨浆机、压力筛、浆泵、搅拌机、粗选机、

除砂机、冲泵机、流浆箱、烘缸、涂布机、卷纸机、切纸机、浓缩机、网前筛等。原材料主要为收购废纸及木浆,添加的辅料主要有碳酸钙、高岭土、乳胶等。

2.1.3 重点评估岗位及主要职业病危害因素 经过分析,3 家评估单位重点工作岗位有:拣纸车间的拣纸岗位,制浆车间的上料、碎浆、磨浆岗位,造纸车间的放浆、涂布、卷取、烘干岗位等。这些岗位危害因素种类多、接触人员广、接触时间长、浓度或强度大,存在较大风险。各岗位主要职业病危害因素包括硫化氢、其他粉尘(纸尘)、噪声、高温等。造纸原料多为有机物,并且加工过程中添加硫化钠等含硫化学物质,生产过程中多处产生硫化氢气体。废纸分选、切碎、上料以及复卷等工序中,都会产生大量纸尘。

2.1.4 职业病危害因素防护情况 在上料、拣纸岗位或车间,

自然通风与机械通风相结合,设排风扇、水喷雾等设施。机械通风以向员工操作点局部送风为主,车间顶部设有送风口,下部有回排风口,空调主风道及支风道形成管网结构;产生粉尘的设备设独立通风除尘系统;对接尘作业工人发放防尘口罩。制浆车间的上料、碎浆、磨浆岗位,造纸车间的放浆、涂布、卷取等岗位,针对硫化氢等有毒有害气体,在尽可能密闭有害物逸散点的前提下,主要进行机械通风,在设备上安装伞形罩,捕集逸散化学物;给工人配备防毒面具、防毒口罩等。搅拌、除砂、冲泵等岗位,机械运作噪声大,采取了密闭空间等减噪措施,给工人发放了个人防护耳塞。但现场调查结果发现,工人个人防护用品使用情况不佳。

2.2 新加坡有害化学物质职业暴露半定量风险评估结果

硫化氢是高度有毒化学物,其危害等级为5级,纸尘危害等级为2级,具体分级情况见表4。

表 4 工作过程分解及危害等级的确定				
车间	岗位	任务描述	化学品	危害等级
造纸车间	涂布岗位	涂布	硫化氢	5
制浆车间	磨浆岗位	磨浆	硫化氢	5
制浆车间	碎浆岗位	碎芯浆、面浆、底浆等	硫化氢	5
制浆车间	上料岗位	加料	其他粉尘(纸尘)	2
拣纸车间	拣纸岗位	手工分拣	其他粉尘(纸尘)	2

现场职业病危害因素监测测得制浆车间磨浆、碎浆岗位硫化氢浓度及拣纸车间拣纸岗位纸尘浓度,根据表2将暴露浓度与容许接触限值相比确定各自暴露等级;造纸车间涂布岗位、制浆车间上料岗位工作时间长,每周工作7d,8h/d,工作过程中会接触到硫化氢、纸尘等危害因素,但未能测得这些岗位的危害物质浓度,因此根据表3采用无空气监测结果的方法确定其暴露等级,具体结果见表5、表6。

表 5 暴露等级的确定(有空气监测结果)

车间	岗位	化学物质名称	暴露时间(h/d)	暴露频率(次/周)	暴露浓度(mg/m³)	容许接触限值(mg/m³)	暴露浓度/容许接触限值	暴露等级
制浆车间	磨浆、碎浆岗位	硫化氢	4	7	0.53	10	<0.1	1
拣纸车间	拣纸岗位	其他粉尘(纸尘)	4	7	① 1.4	8	0.1~0.5	① 2
					② 1.4		0.1~0.5	② 2
					③ 0.68		<0.1	③ 1

[注]容许接触限值数据来源于GBZ 2.1—2007^[6]。①②③分别为3家企业拣纸岗位纸尘的监测结果。3家企业磨浆、碎浆岗位硫化氢浓度均为0.53mg/m³。

表 6 暴露等级的确定(无空气监测结果)

车间	岗位	化学物质名称	危害控制措施	每周工作持续时间(h)	暴露指数	暴露等级
造纸车间	涂布岗位	硫化氢	机械通风、呼吸防护、防护耳塞、隔热措施	56	5	5
制浆车间	上料岗位	其他粉尘(纸尘)	局部通风、湿式作业、防尘口罩	56	5	5

[注]本例暴露指数根据每周工作时间和(或)颗粒大小(空气动力学直径)所得。

根据已确定的危害等级及暴露等级,由公式 $Risk=\sqrt{HR}\times ER$ 计算出各自风险等级。造纸车间涂布岗位工人接触硫化氢风险级别为5级;制浆车间上料岗位工人接触纸尘风险级别为3级;制浆车间磨浆岗位、碎浆岗位工人接触硫化氢,拣纸车间拣纸岗位工人接触纸尘风险级别为2级或1级,具体结果如表7所示。

表 7 风险评估报告结果

车间	岗位	危害等级	暴露等级	风险水平
造纸车间	涂布岗位	5	5	5(很严重)
制浆车间	磨浆岗位	5	1	2(轻度)
制浆车间	碎浆岗位	5	1	2(轻度)
制浆车间	上料岗位	2	5	3(中度)
拣纸车间	拣纸岗位	2	① 2	① 2(轻度)
			② 2	② 2(轻度)
			③ 1	③ 1(可忽略)

[注]①②③分别为3家企业拣纸岗位纸尘的暴露等级及风险水平。

3 讨论

新加坡有害化学物质职业暴露半定量风险评估方法,对有、无空气监测结果以及多种有毒化学物质联合暴露的情况都能进行评估,增强了半定量评价的实用性。但其缺陷在于只能用于化学物质和粉尘,而不适用于物理因素,因此对于噪声、

高温等职业病危害因素严重的行业和岗位则需要选用其他的评估方法。因此,本次未对噪声、高温危害严重的岗位进行评估。

本次评估的3家企业在生产工艺、主要产品、车间设置与岗位分工上大同小异。总的来说,主要职业病危害因素有硫化氢、其他粉尘(纸尘)、噪声、高温等。经新加坡有害化学物质职业暴露半定量风险评估,造纸车间涂布岗位工人接触硫化氢风险级别为5级(很严重的风险),制浆车间上料岗位工人接触纸尘风险级别为3级(中度风险),制浆车间磨浆岗位、碎浆岗位工人接触硫化氢,以及拣纸车间拣纸岗位工人接触纸尘风险级别为2级(轻度风险)或1级(可忽略的风险)。结果提示,在目前的作业条件下,可能对劳动者的健康产生不良影响,应根据不同风险水平采取不同的控制措施。对于高风险等级的岗位,必须提供并使用有效的个人防护用品。从工程技术措施、职业卫生管理措施和操作规程、应急救援预案、健康监护策略、职业卫生培训等方面进行风险的优先预防和控制。对于低风险等级的岗位,虽然目前其风险值被认为是可接受的水平,但仍有可能随着时间等情况而发生变化,所以应对潜在有害暴露风险等级进行定期监测,按周期实施监督^[7]。

在风险评估的步骤中,暴露评价是至关重要的环节^[8]。本次评估中,制浆车间磨浆岗位、碎浆岗位工人接触硫化氢,拣纸车间拣纸岗位工人接触纸尘的暴露浓度是现场监测测得的浓度,暴露等级是根据该浓度计算所得,这些岗位的风险级别

为 2 级(轻度风险)或 1 级(可忽略的风险)。而对于造纸车间涂布岗位的硫化氢、制浆车间上料岗位纸尘的暴露指数评价,由于未能监测到现场浓度,因此本研究根据每周工作时间和(或)颗粒大小(空气动力学直径)来估算。这两个岗位工人每周工作时间长,估算其暴露指数为 5,相应的暴露等级也达到 5 级,风险水平分别为 5 级(很严重的风险)和 3 级(中度风险)。本次风险评估中,对于涂布、上料等岗位,由于其工艺流程中需要加入多种辅助制剂,但添加的时间不是持续的而是一过性的,由于监测设备等原因,未能监测这些岗位的现场职业病危害因素浓度。但通过工艺流程分析及现场劳动卫生学调查,认为有必要对这些岗位进行风险评估,因此采用暴露指数估算的方法对硫化氢和纸尘进行了评估。在今后的工作中,将进一步对这些岗位的职业病危害因素进行监测,以期得到更为精确的评估结果。此外,对于高岭土、碳酸钙等多种辅助制剂,其危害性也很大,但是本次未能进行检测;同时由于是一过性添加,粉尘分散时间短暂,工人每个工作日接触到这些粉尘的时间有限,采用暴露指数估算方法似乎也不是很合理,因此本次未进行分析,这些是本次研究的不足之处,也是下一步工作需要完善的重点内容。

半定量方法仍含有不确定性,今后可以结合美国环境保护署(EPA)职业健康风险评估法^[9-10]该方法能定量评估致癌和非致癌的风险水平,但工作场所存在的职业病危害因素繁多,很多物质在美国 EPA 网站数据库查不到相应的 IUR(吸入单元危险度)和 RfC 值(吸入毒性参考值),则较难进行风险评估]、澳大利亚职业健康与安全风险评估管理法^[11]及罗马尼亚职业事故和职业病风险评估法^[12](这两种方法为定性评估方法,缺点在于较难判断后果发生的概率,主观性较强)等定量或定性的评估方法,得出更全面、更准确的风险评估结果。

富阳市造纸行业在目前工作条件下,正常生产时大部分岗位的风险水平是轻度—中度,属于可接受的风险范围,因此只要加强监管,一般而言,不会产生严重的健康危害。但是一旦发生硫化氢中毒等异常事故,则存在很严重的健康风险,因此应该居安思危,在日常生产中,企业应加强职业卫生管理,切实落实职业病防护措施及个人防护用品的使用。制定应急预案,杜绝职业事故的发生,切实保护劳动者健康。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] RANTANEN J, 杜燮伟, 王丹, 等. 基本职业卫生服务——风险评估[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2009, 27(2): 108-110.
- [2] 中华人民共和国主席令(第 60 号). 中华人民共和国职业病防治法(2012 年最新修订)[EB/OL].[2013-12-01]. <http://jkzx.zggs.gov.cn/n1976c96.aspx>.
- [3] 林嗣豪, 王治明, 唐文娟, 等. 职业危害风险指数评估方法的初步研究[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24(12): 769-771.
- [4] Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division. A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals[EB/OL].[2013-12-01]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12870236>.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GBZ 159—2004 工作场所中有害物质监测的采样规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GBZ 2.1—2007 工作场所中有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [7] 黄德寅, 薄亚莉, 管树利, 等. 化学物质职业暴露健康风险分级方法的研究及应用[J]. 中国工业医学杂志, 2009, 22(1): 69-72.
- [8] 黄德寅, 管树利, 薄亚莉, 等. 有毒物质职业暴露健康风险评估[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2007, 25(8): 512-513.
- [9] 王忠旭. 国外工作场所危险性评价和管理模式介绍[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24(10): 631-633.
- [10] National Academy of Sciences (NAS). Risk assessment in the federal government: managing the process[EB/OL].[2013-12-01]. <http://www.nap.edu/catalog/366.html>.
- [11] University of Queensland (Australia). Occupational health and safety risk assessment and management guideline[EB/OL].[2013-12-01]. <http://www.google.com.tw/books?id=efTq13rubUC&hl=zh-CN>.
- [12] Romania. Risk assessment method for occupational accidents and diseases[EB/OL].[2013-12-01]. <http://www.ilo.org/public/english/standards/relm/ilc/ilc90/rep-v-1.htm>.

(收稿日期: 2013-12-25)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 张晶)

【告知栏】

《环境与职业医学》杂志 荣获 2013 年上海市期刊编校质量检查第三名

上海市新闻出版局于 2013 年 7 月至 2014 年 2 月对上海所有出版期刊开展了期刊编校质量检查工作。本次检查的期刊总数为 615 种, 其中科技期刊 356 种, 社科期刊 259 种。按差错率分为优秀、合格、不合格 3 个等级: 差错率 ≤ 1/ 万者为优秀; 1/ 万 ~ 4/ 万者为合格; > 4/ 万者为不合格。356 种科技期刊中: 优秀 55 种, 约占科技期刊总数的 15.5%; 合格 245 种 (68.8%); 不合格 57 种 (16%)。

按差错率从低到高排序,《环境与职业医学》杂志位列优秀期刊第三名。

新闻: <http://www.shanghai.gov.cn/shanghai/node2314/node2319/node12344/u26ai39299.html>