

· 评价与防护 ·

不同半定量风险评估方法在发电厂氨与联氨岗位 职业健康风险评估中的应用

Comparison of different semi quantitative risk assessment methods applied in ammonia and hydrazine posts of power plants

何金铜¹, 尹强兵², 廖春华³, 苏世标⁴

(1. 珠海市慢性病防治中心, 广东 珠海 519000; 2. 深圳市罗湖区疾病预防控制中心; 3. 深圳市宝安区沙井卫生监督所/预防保健所; 4. 广东省职业病防治院)

摘要: 采用新加坡半定量风险评估暴露指数法、《工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则》(GBZ/T 298—2017) 中的指数法和综合指数法对 3 家发电厂凝结水精处理工艺中 11 个接触氨与联氨岗位进行职业健康风险评估。共检测 252 份样本, 各岗位取最大检测值作为评价指标。暴露指数法危害控制措施不充分或者接触时间相对较长的岗位接触氨与联氨的风险等级为 4 级, 其余岗位均为 3 级; 指数法和综合指数法接触氨与联氨岗位的风险等级均为 3 级。暴露指数法与指数法、综合指数法的一致性较差 (加权 $K=0$, $P<0.01$), 指数法和综合指数法的一致性极好 (加权 $K=1.00$, $P<0.01$)。提示在职业危害因素浓度不高的发电行业, 指数法和综合指数法细化了评估因子并引入检测浓度, 在一定程度上弥补暴露指数法过高估值的不足, 评估结果更为客观、科学。

关键词: 职业健康风险评估; 发电行业; 半定量评估

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2022)03-0268-03

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2022.03.026

开展职业健康风险评估有助于判定工作场所的职业健康风险水平, 合理配置有限的卫生和管理资源, 制定适宜有效的预防控制措施, 有效预防和控制职业病危害。《工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则》(GBZ 298—2017) 将我国职业健康风险评估工作规范化, 其中的半定量风险评估模型参考了新加坡化学毒物职业暴露半定量风险评估方法^[1]。新加坡半定量风险评估模型暴露指数法将气味阈值与容许暴露水平比值 (OT/PEL) 作为因子确定暴露等级。GBZ 298—2017 因气味阈值具有主观性未引入, 而采用检测浓度来替代。新加坡半定量风险评估模型

中危害控制措施分级相对简略, 且未考虑工作场所职业病防护用品、工程防护措施、应急救援措施及职业卫生管理等方面的内容。本研究对发电厂接触氨与联氨岗位进行半定量职业健康风险评估, 旨在探讨 GBZ/T 298—2017 中细化因子的必要性和客观性。

1 对象与方法

1.1 对象 选取广东省 3 家发电厂 (S 厂、Z 厂、H 厂) 接触氨与联氨的相关岗位作为研究对象。

1.2 方法

1.2.1 现场职业卫生调查 依据 GBZ/T 298—2017 中设定的工作场所化学有害因素职业健康风险评估框架和工作场所有害因素职业健康风险评估工作程序进行危害识别, 收集化学有害因素的理化特性、毒理学及危害等级资料、生产工艺流程、化学有害因素的接触情况、危害控制措施等。依据《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004) 采集氨与联氨相关岗位的空气样品, 依据《工作场所空气有毒物质测定 无机含氮化合物》(GBZ/T 160.29—2004) 和《工作场所空气有毒物质测定 第 140 部分: 胍、甲基胍和偏二甲基胍》(GBZ/T 300.140—2017) 测定氨和联氨的短时间接触浓度 (C_{STEL}) 和时间加权浓度 (C_{TWA}), 依据《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ 2.1—2019) 进行接触等级评估。

1.2.2 新加坡半定量风险评估模型暴露指数法和 GBZ/T 298—2017 半定量风险评估模型 新加坡半定量风险评估模型^[2] 暴露指数法 (简称“暴露指数法”) 系根据美国工业学家协会 (ACGIH) 和国际癌症研究中心 (IARC) 致癌作用分类, 依据化学物的急性毒性资料确定风险因子的危害等级 (HR), 以暴露水平与接触限值的比值确定暴露等级 (ER), 通

基金项目: 广州市科技计划项目 (202103000012); 珠海市医学科研基金 (ZH24013310210036PWC)

作者简介: 何金铜 (1989—), 男, 硕士, 主管医师, 主要从事职业卫生工作。

通信作者: 苏世标, 主任医师, E-mail: 18927588172@163.com

过 HR 和 ER 确定风险等级 (R)。氨的气味阈值 (OT) 为 0.03~40 mg/m³, 联氨的 OT 值为 3~4 mg/m³[3]。由于气味阈值因人而异, 故选取 OT 的中位数引入本研究暴露评估。

GBZ/T 298—2017 中的指数法和综合指数法细化了控制措施部分, 在新加坡半定量风险评估模型中引入工程防护措施、应急救援措施、职业病防护用品、职业卫生管理等因子, 每个因子根据现场职业卫生调查赋值。

1.3 统计分析 采用 SPSS 20.0 软件进行分析。比较三种方法风险评估结果的一致性, 采用 Kappa 检验得到 K 值, $K > 0.75$ 一致性极好、 $0.4 < K \leq 0.75$ 一致性好、 $0 < K \leq 0.4$ 一致性差、 $K \leq 0$ 一致性很差。

2 结果

2.1 现场调查 S 厂采用燃气发电机组, 氨水和联氨主要存在于汽机单元的锅炉加药和水处理单元化学水处理岗位。锅炉加药以手工操作为主, 化学加药通过密闭管道自动加药, 室内通风良好, 外墙设有轴流风机作为强制通风和事故通风, 单独设置, 减少对其

他岗位的影响。Z 厂采用燃煤发电机组, 水合联氨和氨水应用于给水、炉水加药处理系统, 以泵抽方式投加。储存间和加药间全面通风, 联氨加药处局部通风。H 厂的水合联氨和氨水主要用于化学加药系统, 以自动投放为主, 但氨水储罐溶液泵送至现场氨罐配药时存在氨水挥发。加药间全面通风, 氨水配药时局部通风。

3 家企业以上岗位均设置应急救援设施、紧急洗眼器、喷淋装置, 设置围堰和泄险沟, 配备急救药箱, 防护设施有定期维护记录, 配备合格的个人防护用品。企业生产运行期间未发生急性中毒事故, 未发现疑似职业病和职业病病例。

2.2 职业病危害因素检测 3 家企业有 11 个岗位接触氨、联氨, 采集氨和联氨样本各 252 份。短时间定点采样和化学毒物时间加权平均浓度检测连续采样 3 d, 取最大值作为评价指标。结果显示, 3 家企业各岗位氨的 C_{TWA} 均低于限值的 10%。H 厂凝结水加药间在氨水配药时, 2 个采样点氨 C_{STEL} 超过短时接触容许浓度 (30 mg/m³) 2 倍, 高达 67.08 mg/m³。3 家企业联氨的 C_{TWA} 和 C_{STEL} 均低于限值要求。见表 1。

表 1 3 家企业各岗位氨和联氨的接触水平

企业	车间	岗位	氨 (mg/m ³)		联氨 (mg/m ³)		接触时间 (h/d)	接触频率 (d/周)
			C_{TWA}	C_{STEL}	C_{TWA}	C_{STEL}		
S 厂	汽机车间	3#锅炉加药工	<0.13	0.44~0.8	<0.007	<0.07	1	1
		4#锅炉加药工	<0.13	0.53~1.23	<0.007	<0.07	1	1
	水处理单位	控制室加药工	<0.13	0.62~0.87	<0.007	<0.07	0.5	4.2
		公辅单位	巡检工	<0.13	0.16~0.51	<0.007	<0.07	0.5
Z 厂	化学水处理区	1#锅炉加药工	0.83	22.16	<0.05	<0.05	1	4.2
		2#锅炉加药工	0.83	9.73	<0.05	<0.05	1	4.2
		氨水储存间	0.83	7.81	<0.05	<0.05	1	4.2
H 厂	凝结水处理	1#凝结水加药工	<0.18~0.58	0.20~67.08	<0.02	<0.02	1	5
		2#凝结水加药工	<0.18~0.58	0.22~3.11	<0.02	<0.02	1	5
		3#凝结水加药工	<0.18~0.50	0.29~0.73	<0.02	<0.02	1	5
		4#凝结水加药工	<0.18~0.50	0.29~60.05	<0.02	<0.02	1	5

2.3 职业健康风险评估结果 暴露指数法危害控制措施不充分或者接触氨和联氨时间相对较长岗位 R 为 4 级, 其余接触氨和联氨的岗位 R 为 3 级 (中等风险)。指数法和综合指数法评估 3 家企业接触氨和联氨岗位的 R 均为 3 级。见表 2。

2.4 三种风险评估方法比较 三种评估方法结果的一致性检验结果显示, 暴露指数法与指数法、综合指

数法一致性较差 (加权 $K = 0$, $P < 0.01$), 指数法与综合指数法一致性极好 (加权 $K = 1.00$, $P < 0.01$)。

3 讨论

研究发现^[4,5], 暴露指数法不仅考虑化学有害因素浓度, 同时考虑了工人的暴露时间和暴露量以及危害控制措施等内容, 在运用和实践中更为客观。指数

表 2 3 家企业接触氨和联氨岗位的半定量风险评估结果

企业	岗位	毒物	HR	蒸汽压	OT/PEL	E/OEL	危害控制措施	日使用量	日接触时间	危害控制措施					暴露指数法		指数法		综合指数法	
										卫生工程防护	应急救援措施	职业病防护用品	应急救援措施	职业卫生管理	ER	R	ER	R	ER	R
S 厂	3#锅炉加药工	氨	4	5	1.001	<0.1	4	2	2	2	2	2	1	2	3.17	4	2.06	3	1.90	3
	4#锅炉加药工		4	5	1.001	<0.1	4	2	2	2	2	2	1	2	3.17	4	2.06	3	1.90	3
	控制室加药工		4	5	1.001	<0.1	2	2	1	2	1	2	1	2	2.40	3	1.73	3	1.63	3
	巡检工		4	5	1.001	<0.1	2	2	1	2	1	2	1	2	2.40	3	1.73	3	1.63	3
Z 厂	1#锅炉加药工	氨	4	5	1.001	0.08	2	3	2	2	1	2	1	2	2.99	3	1.98	3	1.84	3
	2#锅炉加药工		4	5	1.001	0.03	2	3	2	2	1	2	1	2	2.99	3	1.98	3	1.84	3
	氨水储存间		4	5	1.001	0.03	2	3	2	2	1	2	1	2	2.99	3	1.98	3	1.84	3
H 厂	1#凝结水加药工	氨	4	5	1.001	0.28	2	3	1	4	1	1	1	1	2.61	3	1.67	3	1.70	3
	2#凝结水加药工		4	5	1.001	<0.1	2	3	1	4	1	1	1	1	2.61	3	1.67	3	1.58	3
	3#凝结水加药工		4	5	1.001	<0.1	2	3	1	4	1	1	1	1	2.61	3	1.67	3	1.58	3
	4#凝结水加药工		4	5	1.001	0.25	2	3	1	4	1	1	1	1	2.61	3	1.67	3	1.70	3
S 厂	3#锅炉加药工	联氨	5	4	>2	<0.1	2	2	2	2	2	1	1	2	2.76	4	1.83	3	1.71	3
	4#锅炉加药工		5	4	>2	<0.1	2	2	2	2	2	1	1	2	2.76	4	1.83	3	1.71	3
	控制室加药工		5	4	>2	<0.1	2	2	1	1	1	1	1	2	2.40	3	1.41	3	1.36	3
	巡检工		5	4	>2	<0.1	2	2	1	1	1	1	1	2	2.40	3	1.41	3	1.36	3
Z 厂	1#锅炉加药工	联氨	5	4	>2	<0.1	2	2	2	1	1	1	1	2	2.76	4	1.54	3	1.47	3
	2#锅炉加药工		5	4	>2	<0.1	2	2	2	1	1	1	1	2	2.76	4	1.54	3	1.47	3
	氨水储存间		5	4	>2	<0.1	2	2	2	1	1	1	1	2	2.76	4	1.54	3	1.47	3
H 厂	1#凝结水加药工	联氨	5	4	>2	<0.1	2	2	1	1	1	1	1	2	2.40	3	1.41	3	1.36	3
	2#凝结水加药工		5	4	>2	<0.1	2	2	1	1	1	1	1	2	2.40	3	1.41	3	1.36	3
	3#凝结水加药工		5	4	>2	<0.1	2	2	1	1	1	1	1	2	2.40	3	1.41	3	1.36	3
	4#凝结水加药工		5	4	>2	<0.1	2	2	1	1	1	1	1	2	2.40	3	1.41	3	1.36	3

法和综合指数法在新加坡半定量风险评估模型引入细化危害控制措施等因子，评估结果全面、准确，适合现阶段工作场所的职业健康风险评估^[6]。

本研究一致性检验结果显示，指数法与综合指数法的评估结果一致性极好。当 E/OEL ≥ 0.1 时，综合指数法的 ER 大于指数法，系由于综合指数法纳入了 E/OEL 因子后比指数法更为敏感。

本研究现场调查发现，除少数岗位氨 C_{STEL} 超过短时容许浓度外，其他岗位氨浓度较低，且超标岗位工人的工作时间短、接触频率低。由于暴露指数法采用的 OT 值是由主观嗅觉来表示暴露化学物的浓度，相较于综合指数法纳入客观指标的检测浓度而言，ER 值增大。此外，暴露指数法采用的评价指标相对粗略，指数法和综合指数法细化的危害控制措施因子 EI 取值较低，因此体现在指数法和综合指数法的 ER 低于暴露指数法。

指数法和综合指数法细化的因子与现行的职业卫生领域法律法规条款要求一致，在职业卫生工作实践中更切实可行。暴露指数法中的危害控制措施，防护用品的发放、佩戴及培训、管理制度建立与执行等环节都是职业病危害因素控制的关键点，纳入以上因子在一定程度上弥补了单一危害控制措施因子影响人体

接触化学危害因素程度的可能性。因此，细化因子在一定程度上纠正了暴露指数法过高估值的不足。本研究选择职业卫生管理规范、危害因素浓度不高的发电企业进行半定量风险评估，应用指数法和综合指数法细化了风险因子后，其评估结论更客观科学。

参考文献

[1] 周莉芳, 张美辨. 职业健康风险评估方法学研究进展 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (2): 125-130.

[2] 张美辨, 唐仕川. 职业健康风险评估方法学实践应用 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2016: 17-23.

[3] Manpower MO. A semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals [EB/OL]. Singapore. Available from URL: https://www.wshc.sg/files/wshc/upload/cms/file/2014/A_Semiquantitative_Method_to_Assess_Occupational_Exposure_to_Harmful_Che.pdf, 2005.

[4] 邹亚玲, 陆利通, 汤小鸥, 等. 定性半定量职业健康风险评估法在某胶黏剂生产企业的应用比较 [J]. 中国职业医学, 2018, 45 (6): 770-774, 778.

[5] 栾俞清, 张美辨, 邹华, 等. 家具制造企业半定量风险评估方法优化及应用研究 [J]. 预防医学, 2017, 29 (8): 770-776.

[6] 边洪英, 胡伟江, 张恒东, 等. 不同职业健康风险评估方法在铅酸蓄电池生产行业的应用比较 [J]. 中国职业医学, 2018, 45 (6): 713-718.

(收稿日期: 2021-02-02; 修回日期: 2021-08-18)