

· 评价与防护 ·

# 某大型造纸污水处理厂职业病危害识别与分析

## Identification and analysis on occupational hazards in a large papermaking sewage treatment plant

陶玲, 张士怀, 冯斌, 张普

(山东省职业卫生与职业病防治研究院, 山东 济南 250002)

**摘要:** 采用现场职业卫生调查、职业病危害因素检测和职业健康监护相结合的综合评价方法, 对某大型造纸污水处理厂存在的主要职业病危害因素, 如化学有害物质(氢氧化钠、盐酸、硫酸、过氧化氢、尿素、磷酸、氨、硫化氢、甲硫醇)、噪声等进行检测, 其中化学有害物质合格率为 100%, 个体噪声合格率为 66.7%; 且体检发现与职业危害相关的健康损害。提示企业应根据职业病危害因素浓(强)度超标原因, 有针对性地采取防毒、防噪措施, 尤其应加强鼓风机房噪声的综合治理及个体防护。

**关键词:** 造纸; 污水处理; 职业病危害; 噪声

**中图分类号:** R134 **文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-221X(2018)01-0056-03

**DOI:**10.13631/j.cnki.zggyyx.2018.01.021

制浆造纸废水成分复杂, 废水量大, 含有大量的纤维素、木素等有机物及化学药品<sup>[1]</sup>。我们于 2017 年 3 月对某大型造纸污水处理厂工作场所职业病危害因素进行职业卫生现状调查, 识别分析存在的职业病危害因素及产生环节, 探讨防控措施, 为企业职业病防治提供科学依据。

### 1 对象与方法

采用现场职业卫生学调查、现场检测及实验室分析, 对某大型造纸污水处理厂工作场所中职业病危害因素的浓度(强度)进行测定。依据《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ159—2004)的要求, 连续检测 3 个工作日。化学有害物质中氢氧化钠、盐酸、氨、硫化氢、过氧化氢采用定点短时间采样, 尿素、磷酸、甲硫醇、硫酸等采用定点短时间采样和个体采样。噪声测量依据《工作场所物理因素测量 第 8 部分: 噪声》(GBZ/T198.8—2007), 采用个体长时间采样, 共测定 3 个作业岗位。判定标准为《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2—2007)。测定仪器包括 QC-2B 双气路大气采样仪、FCY-3T 型粉尘采样仪、FCC-3000G 型个体粉尘采样器、NoisePro DLX 个体噪声剂量计、AWA5610D 声级计等。

### 2 结果

#### 2.1 现场职业卫生学调查

该大型造纸企业主要产品为年产 150 万 t 漂白硫酸盐化学

木浆、年产 30 万 t 液体包装纸板、食品卡、烟卡等高档纸板。配套建设的造纸污水处理厂日处理规模为  $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。工作人员 23 人, 其中生产工人 20 人(女工 14 人), 工作班制为四班三运转, 每班工作 8 h。该企业厂区生活污水及生产废水全部进入污水处理厂, 经物理处理、高效生物处理、芬顿(Fenton)深度处理和气浮脱色处理至达标后深海排放。污水处理厂包括污水处理、板框污泥处理 2 个工段, 2010 年 8 月正式投入使用。污水处理工段主要为高效生物处理和芬顿氧化深度处理, 生物处理曝气池总容积  $65\ 300 \text{ m}^3$ , 水深 10 m, 鼓风机出口压力 80 kPa, 曝气池投加尿素和磷酸等氮磷营养物质; 板框污泥处理工段将污泥分类脱水后再利用或填埋。

生产工艺流程: 各车间废水→机械格栅→热交换器→初沉池→中和池→高效曝气池→二沉池→中间水池→芬顿氧化槽→中和池→絮凝池→气浮池→深海排放。初沉池、高效曝气池、二沉池、中和池、絮凝池和气浮池等水处理构筑物均为钢筋混凝土结构, 室外露天布局; 氢氧化钠、盐酸、硫酸、双氧水等化学品储罐及芬顿氧化槽为钢结构, 室外露天布局; 污泥脱水间、尿素储存间和加药间等建筑物为单层钢结构厂房, 钢板保温屋面, 铝合金门窗。

原辅材料主要成分、物态及用量等见表 1。

表 1 主要原辅料

名称	主要成分	物态	包装	年用量(t)	用途
浓硫酸	98% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	液体	罐装	11 500	芬顿 pH 调节
双氧水	27.5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	液体	罐装	12 360	芬顿氧化
盐酸	31% HCl	液体	罐装	12 920	pH 调节
氢氧化钠	30% NaOH	液体	罐装	20 400	pH 调节
磷酸	85% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	液体	罐装	272	曝气池营养
尿素	46% 总 N	颗粒	袋装	272	曝气池营养

#### 2.2 职业病危害防护措施

氢氧化钠、盐酸、硫酸、双氧水等化学品储罐区均采用卸车泵灌装, 对储罐系统的阀门、法兰全部采用耐腐蚀的不锈钢材质, 灌装设备采用柔性接口, 防止灌装过程中发生物料泄漏。加药采用计量泵自动加药。污泥脱水间、尿素储存间及加药间安装屋顶薄形自然通风器进行全室通风换气, 换气次数 2~4 次/h; 为排出室内有害气体, 外墙上设置防腐轴流通风机, 换气次数 12 次/h。主要水处理构筑物、化学品储罐、污泥罐及芬顿氧化槽等均为室外露天布局, 当地年平均风速 3.3 m/s, 有利于有害气体的扩散。鼓风机进出口均设置消声器, 并设置独立减振基础。

#### 2.3 职业病危害因素检测结果

##### 2.3.1 化学毒物 化学品储罐区在浓度最高的灌装时段进行

收稿日期: 2017-08-04; 修回日期: 2017-09-10

基金项目: 山东省重点研发计划项目(2015GSF118154); 山东省医药卫生科技发展计划项目(2016WS0542)

作者简介: 陶玲(1970—), 女, 主管护师, 研究方向: 职业病防治。

短时间采样。氢氧化钠、盐酸、尿素、氨、硫化氢、过氧化氢、甲硫醇、硫酸、磷酸等9种化学有毒物质浓度均符合国家职业卫生标准,合格率为100%。氨、尿素、过氧化氢、

甲硫醇、硫酸、磷酸等化学毒物检测结果见表2;氢氧化钠、盐酸、硫化氢等化学毒物最高浓度检测结果见表3。

表2 工作场所空气中化学毒物检测结果

工种	工作地点	毒物名称	样品数	$C_{TWA}$	PC-TWA	$C_{STEL}$	PC-STEL
污水处理工	初沉池、曝气池	氨	9	0.29~0.98	20	0.44~1.81	30
	曝气池、尿素储存间	尿素	9	0.9~1.0	5	1.4~1.8	10
	磷酸罐、曝气池	磷酸	9	<0.06	1	<0.06	3
	初沉池、曝气池	甲硫醇	9	0.14~0.19	1	0.18~0.44	2.5*
污泥处理工	污泥罐、污泥脱水间	氨	9	0.49~2.81	20	0.84~5.84	30
		甲硫醇	9	0.16~0.24	1	0.36~0.53	2.5*
芬顿处理工	双氧水罐、芬顿氧化槽	过氧化氢	9	0.62~0.77	1.5	0.96~1.35	2.5*
	浓硫酸罐、投药处	硫酸	9	0.06~0.09	1	0.17~0.22	2

mg/m<sup>3</sup>

注:\*, 超限倍数限值

表3 工作场所空气中化学毒物最高浓度检测结果 mg/m<sup>3</sup>

工种	工作地点	毒物名称	样品数	$C_{MAC}$	MAC
污水处理工	氢氧化钠储罐	氢氧化钠	6	0.053	2
	氢氧化钠投药	氢氧化钠	6	0.195	2
	中和加药间盐酸罐	盐酸	6	1.45	7.5
	曝气池	硫化氢	6	0.80	10
	初沉池	硫化氢	6	1.73	10
芬顿处理工	芬顿系统盐酸罐	盐酸	6	1.72	7.5
污泥处理工	混合污泥罐	硫化氢	6	2.13	10
	污泥脱水间	硫化氢	6	2.34	10

2.3.2 噪声 采用个体噪声剂量计测量污水处理、芬顿处理、污泥处理等3个作业岗位噪声,8h等效声级检测结果分别为89.5、80.2、84.1 dB(A)。个体噪声声级超标岗位为污水处理,个体噪声合格率为66.7%。进水泵房、排海泵房、污泥泵房及鼓风机房为噪声声级超过90 dB(A)的主要工作地点。其中鼓风机房的噪声声级最高,达112.4 dB(A)。

## 2.4 应急救援措施

化学品储罐区等可能发生化学性灼伤及经皮吸收引起急性中毒的工作地点设置事故喷淋洗眼设施和急救药品,并配备弱碱或弱酸溶液以及及时清洗污染的皮肤。集控室配备正压式空气呼吸器2套,在硫化氢可能聚集处安装有有毒气体检测报警仪。另外,配备一定数量的便携式硫化氢报警器,警报值10 mg/m<sup>3</sup>、高报值30 mg/m<sup>3</sup>,能够随时对自身的工作场所进行监控,方便作业工人在巡检时使用,防止急性硫化氢中毒事故的发生。

## 2.5 个人防护用品

该企业为接触噪声作业的芬顿处理工、污泥处理工配备3M1270防噪声耳塞(SNR值25 dB,实际防护效果15 dB);为污水处理工配备霍尼韦尔1011991型降噪耳罩(SNR值28 dB,实际防护效果16.8 dB);为接触有毒作业人员配备防毒面具、乳胶手套、防护眼镜等个人防护用品。

## 2.6 职业健康检查

该企业在岗期间接受职业健康检查共20人。接触职业病危害因素有硫化氢、酸雾、噪声等,检查项目为内科、外科、尿常规、血常规、神经系统检查、心电图、胸部X线检查、肺功能、纯音测听等。职业健康检查结果,1人纯音测听示双耳高频平均听阈≥40 dB;噪声作业高频听力异常1人,为污水处理工,接触噪声工龄6年。

## 3 讨论

该大型造纸污水处理厂由国际知名公司设计制造,采用的高效生物处理和芬顿氧化深度处理技术是目前国际较先进的污水处理生产工艺,机械化、密闭化、自动化程度较高。该造纸污水处理过程中存在的主要职业病危害因素有尿素、氨、甲硫醇、硫化氢、氢氧化钠、盐酸、硫酸、磷酸、过氧化氢等化学毒物和噪声。检测结果显示除污水处理工个体接触噪声强度超标外,其余化学毒物检测结果均低于职业接触限值,与文献<sup>[2-4]</sup>报道的监测结果相似。

污水处理厂的恶臭物质主要是氨、硫化氢、甲硫醇等<sup>[5,6]</sup>。硫化氢主要源于污水的硫酸根离子在厌氧条件下,经硫酸盐还原菌发生生物还原作用;氨的产生源于污水中的有机氮、硝酸根离子发生生物反硝化作用。因此,在污水厂高效曝气单元之后的污泥浓缩和脱水单元,更易于形成和释放硫化氢、氨等恶臭物质<sup>[7]</sup>。

芬顿工艺在工业废水处理中被广泛应用于处理难以降解的有机污染物<sup>[8]</sup>。在污水处理过程中,芬顿工艺大量使用酸碱和双氧水,作业人员不可避免地接触氢氧化钠、盐酸、过氧化氢、硫酸等腐蚀性有毒化学物,虽然化学毒物检测结果低于职业接触限值,但随着使用年限的增长,酸碱、双氧水输送管道、阀门可能会出现跑、冒、滴、漏现象,对作业人员的身体健康产生危害。

鼓风机房采取了消声、隔振等降噪措施,但现场检测结果表明,个体噪声强度超标工种为污水处理工,其巡检鼓风机房时,接触噪声声级达112.4 dB(A)。根据GBZ/T198.8—2007标准,采用Excel计算8h等效声级<sup>[9]</sup>,污水处理工巡检

鼓风机 1 min, 8 h 等效声级 >85 dB (A)。因此, 单纯靠减少作业人员接触噪声的时间已无法满足噪声职业接触限值要求。经现场调查, 高效曝气池水深达 10 m, 是常规曝气池水深的 2 倍, 所需鼓风机出口压力大, 电机功率大, 噪声声级随之增高, 加之 12 台鼓风机 (8 开 4 备) 均布置在同一风机房内, 噪声叠加作用导致鼓风机房的噪声声级超过 110 dB (A)。职业健康检查纯音测听异常 1 人为污水处理工, 其个体噪声声级超标, 存在与职业危害相关的健康损害。为更好保护劳动者健康, 企业为污水处理工更换为霍尼韦尔 1011991 型降噪耳罩, 但在强噪声环境下, 单纯依靠此型号防噪耳罩噪声声级不能降到 75~80 dB (A), 建议作业人员巡检鼓风机房时同时佩戴防噪耳塞和耳罩, 更好地达到噪声个体防护要求。研究表明, 噪声性听觉损伤与接触噪声的声级和时间成正比<sup>[10]</sup>。因此, 企业应根据不同工种接触噪声声级水平, 选择佩戴适宜的护听器。

建议加强对酸碱输送泵、酸碱管道、阀门的日常维护管理; 优化鼓风机设备布局, 对鼓风机分隔布局或风机间设置可移动带有观察窗的隔噪吸声挡板, 以降低多台鼓风机噪声叠加产生的强度。加强对作业人员正确佩戴防毒面具、防酸碱手套、防护眼镜和防噪声耳塞、耳罩等个体防护用品的监督管理, 保障作业工人职业健康安全。

## 不同锅炉烟气脱硝工艺的职业病危害风险对比分析

### Comparative analysis on occupational hazards risk of different flue gas denitration process

张倩<sup>1,2</sup>, 马骏<sup>1</sup>, 黄德寅<sup>2</sup>

(1. 天津医科大学, 天津 300070; 2. 天津渤海化工集团有限责任公司劳动卫生研究所, 天津 300051)

**摘要:** 选取天津三个大型企业的锅炉烟气脱硝装置为研究对象, 通过职业卫生学调查、检测检验、化学毒物职业病危害风险分级等方法, 对不同脱硝工艺导致的职业病危害风险进行评估与分析。充分阐述各脱硝工艺在职业病危害因素辨识、危害程度、职业病危害防护措施及关键控制措施等方面的各自特点。化学毒物职业病危害风险分级氨可能发生职业病危害风险在中等风险水平, 直接使用液氨或氨气作为还原剂的脱硝工艺风险指数较高; 液氨卸车工况下氨可能导致职业病危害的风险指数最高。提示急性氨中毒事故的防控、高噪声设备的选型及职业病防护设施的维护应为脱硝装置日常职业卫生管理的重点。

**关键词:** 锅炉烟气脱硝; 化学毒物; 职业病危害风险分析; 职业卫生管理; 职业病危害控制

中图分类号: R134 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2018)01-0058-04

DOI:10.13631/j.cnki.zgggyx.2018.01.022

近年来我国加大大气污染物排放的监察和治理力度, 并

### 参考文献:

- [1] 周志明, 莫力焕, 王玉峰. Fenton 氧化法深度处理苇浆造纸废水研究 [J]. 水处理技术, 2012, 38 (2): 127-129.
- [2] 刘俊玲. 某生活污水处理系统职业病危害控制效果评价 [J]. 中国卫生工程学, 2015, 14 (3): 265-269.
- [3] 翁少凡, 丘海丽, 谢子煌, 等. 深圳市某污水处理厂职业病危害因素调查分析 [J]. 职业与健康, 2016, 32 (12): 1599-1601.
- [4] 周桂侠, 戴雪松, 李焕焕, 等. 沈阳市某污水处理厂职业病危害控制效果评价 [J]. 职业与健康, 2013, 29 (22): 2955-2957.
- [5] 魏德江, 龚梦锡. 污水处理厂恶臭控制技术评价分析 [J]. 能源环境保护, 2004, 18 (4): 27-28.
- [6] 舒丽萍, 王强, 张磊, 等. 杭州市某污水处理厂职业病危害控制效果评价 [J]. 中国工业医学杂志, 2007, 20 (5): 329-331.
- [7] 刘建伟, 徐艳萍, 黄力华, 等. 城市污水处理厂恶臭和微生物气溶胶逸散研究 [J]. 环境与健康杂志, 2014, 31 (11): 1017-1018.
- [8] 张一鸣. 芬顿工艺的影响因素及其在难降解工业废水处理中的应用 [J]. 资源节约与环保, 2015, 33 (11): 39-40.
- [9] 何社吉, 张桂宝, 李庆棠, 等. 应用 Excel 设计噪声等效声级的计算方法 [J]. 公共卫生与预防医学, 2012, 23 (3): 83-84.
- [10] 俞璐刚, 刘仁平, 高为民, 等. 累积噪声接触量与听力损伤的关系研究 [J]. 工业卫生与职业病, 2016, 42 (1): 4-6.

不断提升锅炉烟气氮氧化物排放要求。越来越多的企业对已运行的锅炉进行脱硝装置技术改造, 降低锅炉出口烟气中的氮氧化物浓度。目前选择性催化还原技术 (SCR)、选择性非催化还原技术 (SNCR) 为应用成熟的脱硝工艺。在进行具体脱硝工艺方案选择时, 可行性研究中更多提及投资、施工、原辅料、产品等工艺区别, 但很少对各工艺过程产生的职业病危害因素、危害程度及其防控等问题进行阐述。

本文选择天津市三家大型企业的锅炉脱硝装置, 对不同脱硝工艺职业病危害风险进行评估, 并对涉及到的职业卫生防控问题提出针对性建议, 明确重点防护的职业病危害因素, 强化职业卫生管理措施, 以降低企业职业病发病率, 提高职业病危害急性事故的防护水平。

### 1 对象与方法

#### 1.1 对象

以天津三家大型企业的锅炉脱硝装置为研究对象, 锅炉烟气处理量及氮氧化物年减排量如表 1 所示。

表 1 研究对象脱硝装置生产规模

企业及装置	烟气处理量 (Nm <sup>3</sup> /h)	NO <sub>x</sub> 年减排量 (t/年)
某盐化工企业供汽锅炉	93 000	88.4
某石化公司余热锅炉	120 000	151.2
某热电公司供气供电锅炉	431 717	684.6

收稿日期: 2017-09-29; 修回日期: 2017-11-27

基金项目: 天津市科技支撑计划重点项目 (13ZCZDSY02300)

作者简介: 张倩 (1986—), 女, 工程师。

通信作者: 马骏, 教授, 博士研究生导师。