

能发生的职业危害。

参考文献:

- [1] 沈慧芳, 陈焕钦. 聚氨酯胶黏剂在汽车上应用及研究进展 [J]. 化学与粘合, 2005 27 (4): 225-229.
[2] 赵敏. 胶黏剂毒性与安全使用手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004 68-105.

- [3] 李涛, 王忠旭, 李敏. 胶黏剂职业危害分析与控制技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 111-125.
[4] 冯胜. 精细化工手册 (上) [M]. 广州: 广东科技出版社, 1995 23-84.

某垃圾发电厂职业危害及控制措施调查

Investigation on occupational hazards and control measures in a power plant with refuse incineration

姜荣明¹, 朱旭¹, 顾永生²

JIANG Rongming, ZHU Xu, GU Yongsheng

(1. 昆山市疾病预防控制中心, 江苏 昆山 215300 2. 昆山市卫生监督所, 江苏 昆山 215300)

摘要: 调查分析某垃圾发电厂的工艺流程、职业危害因素分布、职业病危害因素浓(强)度以及控制措施。该厂有多个环节可产生多种职业病危害因素, 主要有恶臭 (H₂S, SO₂, NH₃, CO, CO₂, 甲硫醇等)、烟气 (SO₂, NO_x, HCl, 二噁英类, CO, CO₂等)、病原微生物、烟尘、噪声、粉尘、高温、工频电场等, 经现场对部分危害因素的监测, 结果均符合国家职业卫生标准。

关键词: 垃圾焚烧; 职业病危害; 现场调查; 控制措施

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2010)06-0455-03

对于各种生活垃圾, 采用卫生填埋、简易填埋等处理方式不仅占用大量土地资源, 还会污染环境和地下水系, 造成二次污染, 影响经济的可持续发展。为此我市已采用“建设—经营—转让 (build—operate—transfer BOT)”运作方式, 于 2008年 10月兴建生活垃圾焚烧发电厂 1座, 并全部达到设计规模, 投入生产运营。

由于生活垃圾焚烧的过程中会产生多种职业病危害因素, 且整个运行过程不是完全封闭的系统, 会对操作人员的身体健康造成影响。本文对某生活垃圾发电厂运行过程中产生的职业危害因素以及控制措施进行调查分析。

1 材料与方 法

1.1 材料

选取昆山市某垃圾焚烧发电厂作为调查对象, 在分析生产工艺的基础上, 对产生的职业病危害因素种类和环节以及防护设施进行调查, 并开展现场检测。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程 对该厂生产工艺流程进行调研, 识别职业病危害因素产生的种类和环节。

1.2.2 现场检测 对运行过程中可能产生的职业危害因素进行检测分析。现场采样点设定、检测方法和评价标准参照《工作场所空气中有害物质监测采样规范》GBZ159-2004。

《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2002《工作场所有害因素职业接触限值第 1部分: 化学有害因素》GBZ2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值第 2部分: 物理因素》GBZ2.2-2007等有关标准。

1.2.3 工程防护设施 对可能产生职业危害因素的生产岗位和工艺环节的工程防护设施进行调查。

2 结果

2.1 基本情况

该厂距离最近的村庄约 3.9 km, 建设规模为“四炉两机”, 即 4台 250 t/d二段往复式炉排焚烧炉, 1台 12 000 kW、1台 6 000 kW凝汽式汽轮发电机组, 并配套建设 4套 (每台焚烧炉配 1套) 烟气净化装置。垃圾处理能力为 1 000 t/d, 投资额约 2.7亿元人民币, 占地面积 41 052 m², 建筑面积 18 105 m², 现有员工 120人, 四班三运转制。

2.2 垃圾的来源

垃圾主要来源于城镇居民的生活垃圾、商业垃圾、街道、树林卫生清扫垃圾, 其化学元素分析见表 1。

表 1 垃圾元素成分分析和低热值表

元素 (成分)	含量 (%)	热值 kJ/kg (kcal/kg)
C	15.42	
H	2.39	
N	0.69	
S	0.12	
O	12.21	
Cl	0.48	
水分	46.92	
灰分	21.77	
合计	100	5 000

2.3 生产工艺

该垃圾发电厂包括垃圾储存和输送系统、垃圾焚烧系统、水处理系统、灰渣处理系统、汽轮发电机系统、烟气净化系统等。生产工艺流程见图 1。

2.4 职业病危害因素分析

通过对该厂的现场职业卫生学调查和生产工艺的分析, 其产生的主要职业病危害因素和环节如下: (1) 粉尘, 在将石灰石投入化浆罐的过程中, 需人工搬运、拆包、投入,

收稿日期: 2010-03-16 修回日期: 2010-05-27

作者简介: 姜荣明 (1974-), 男, 主管医师, 主要从事职业病防治工作。

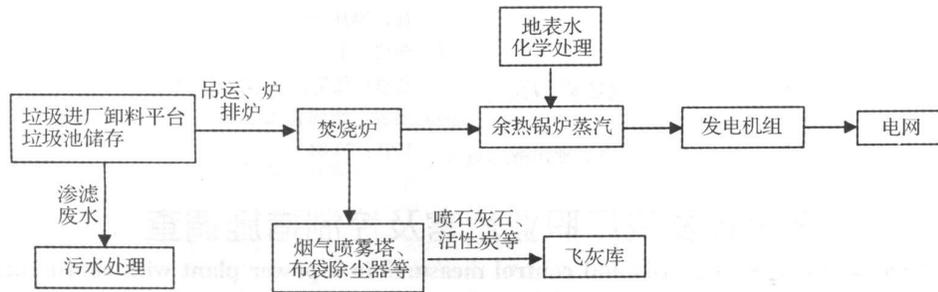


图 1 某垃圾发电厂简要工艺流程图

表 2 该厂主要职业病危害因素分布及接触情况

系统单元	地点	危害因素	接触人数	接触方式	接触时间
原料系统	石灰石投料	石灰石粉尘	6	间歇式	1 h/班
垃圾控制系统	卸料平台、吊车控制室	恶臭、病原微生物	15	间歇式、固定	4 h/班
焚烧系统	焚烧炉	烟气、噪声、高温	10	巡检	15 min/班
	引风机、送风机	噪声	10	巡检	15 min/班
	水处理车间	HCl NaOH 噪声	6	间歇式	1 h/班
烟气处理系统	反应塔、布袋除尘器	烟气、烟尘、噪声、高温	10	巡检	15 min/班
	活性炭喷洒	活性炭粉尘	2	巡检	15 min/班
发电系统	汽轮发电机、110 kV 变压器	噪声、工频电场	6	巡检	15 min/班
炉渣处理系统	除渣机	粉尘、噪声	12	间歇式	2 h/班
	飞灰库、飞灰固化站	粉尘	24	密闭、自动化、湿式	15 min/班
控制系统	中央控制室	噪声	24	密闭、控制室	8 h/班
辅助系统	空压机房、冷却塔	噪声	6	巡检	15 min/班
	110/220 kV 主变压器	噪声、工频电场	6	巡检	15 min/班

石粉仓、活性炭粉仓、飞灰库顶部均设有布袋除尘器，以免粉尘飞扬造成二次污染。

2.6.2 防毒和病原微生物 垃圾在垃圾池堆放、发酵时，为防恶臭和病原微生物外逸，垃圾池设计成封闭式，在垃圾卸料大厅出入口设置风幕门，并定期对垃圾池喷洒灭菌、除臭药剂（10%氯氧菊酯），控制病原产生，每天喷洒1~2次；垃圾池上方设抽风装置，将臭气抽入焚烧炉内作为助燃空气，达到净化的目的，同时抽气使垃圾池内形成微负压，防止臭气外泄；垃圾吊车控制室设计为基本密闭式，防垃圾池的恶臭气体污染；在每台垃圾焚烧炉后配备1套半干法反应塔加布袋除尘器的烟气处理系统以除去垃圾焚烧后产生的含硫、含氮、含氯（SO₂、HCl、NO_x等）气体和烟尘等；中央控制室设计为基本密闭式；机械化、自动化、密闭化程度高，大多采用控制室、远程控制或巡检的作业方式，减少人员接触危害因素的机会。

可产生石灰石粉尘；焚烧的烟气进入布袋除尘器前，为提高对有毒有害物质的吸附能力，需喷入一定量的活性炭粉尘以形成沉淀层，在此过程中，可产生活性炭粉尘；垃圾燃烧产生的烟尘可经焚烧炉、反应塔、布袋除尘器等不密封处外逸而产生烟尘。（2）毒物，垃圾在垃圾池堆放时，会发酵产生恶臭（主要成分为H₂S、SO₂、NH₃、甲硫醇等），此外还含有CO、CO₂等气体。这些有害气体不仅可外泄至垃圾池卸料平台，还可扩散至垃圾池上方约2m处垃圾吊车控制室。垃圾在焚烧炉内燃烧时，垃圾中的含硫、氮、氯等成分可产生含SO₂、NO_x、HCl、CO、CO₂、二噁英类（PCDD/PCDF等）等的烟气，可从锅炉的不密封处逸散出锅炉外，这些烟气进入反应塔后，可从反应塔的不密封处外逸；经反应塔处理的烟气进入布袋除尘器内进一步反应，吸附后可经布袋除尘器的不密封处外逸；水处理车间设有除盐水强酸阳床、强碱阴床及混合床，其中的离子再生需使用HCl、NaOH，其储罐、泵、阀、管道接头等设备不密闭处可产生HCl、NaOH。（3）噪声，噪声危害主要来自送风机、引风机、空压机、汽轮发电机、冷却塔、水泵等机械设备正常运转时产生的机械性噪声以及烟道气体流动、锅炉排汽等产生的空气动力性噪声。

（4）高温，焚烧炉、余热锅炉、汽轮发电机、蒸汽管道、烟气管道、烟气净化系统等温度较高，员工巡检过程中可接触高温。（5）工频电场，配电装置、变压器、高压电输出区，可产生工频电场。（6）病原微生物，垃圾本身含有大量的病原微生物，主要包括细菌、病毒、寄生虫等，在垃圾池堆放发酵时，更会大量繁殖，这些病原微生物可随空气外溢至卸料平台甚至垃圾吊车控制室产生危害。产生的主要职业病危害因素分布及员工接触情况见表2

2.5 现场检测结果

由于条件有限，对部分职业病危害因素进行了检测，共检测47个点，结果均符合国家职业卫生标准。见表3~表5。

2.6 防护工程设施

该厂采用集散控制系统（DCS），在中央控制室内通过DCS实现对垃圾焚烧线、汽机发电、给水系统、烟气净化、电气监控系统等工艺过程及辅助系统的集中监视和分散控制。对于如垃圾料斗、焚烧炉炉膛、汽包水位和垃圾吊车等重要的工艺环节，将设置现场工业电视监视系统，可在中央控制室内集中监视。

2.6.1 防尘 在石灰石投料口下方安装有内置式吸风管道，使化浆罐保持负压，防止粉尘外逸，并安装有集尘器；石灰

表 3 主要化学性危害因素检测结果 mg/m³

检测点	危害因素	测定浓度		MAC
		TWA	STEL	
垃圾池卸料平台	NH ₃	1.8	2.6	6.6
	H ₂ S			
	SO ₂	0.28	0.62	
	CO	8.9	14.6	
	甲硫醇	<0.13		
垃圾吊车控制室	NH ₃	1.4	1.9	1.8
	H ₂ S			
	SO ₂	0.18	0.26	
	CO	4.8	9.6	
	甲硫醇	<0.13		
中央控制室	H ₂ S			<0.53
	SO ₂	<0.1	<0.1	
焚烧炉	H ₂ S			<0.53
	SO ₂	<0.1	<0.1	
	CO	4.2	5.6	
	NO	<0.009	<0.009	
	NO ₂	<0.009	<0.009	
反应塔	HCl	<0.5	<0.5	<0.53
	H ₂ S			
	SO ₂	<0.1	<0.1	
	NO	<0.009	<0.009	
	NO ₂	<0.009	<0.009	
布袋除尘器	HCl	<0.5	<0.5	<0.53
	H ₂ S			
	SO ₂	<0.1	<0.1	
	NO	<0.009	<0.009	
	NO ₂	<0.009	<0.009	
水处理车间	HCl	<0.5	<0.5	<0.53
	粉尘	0.42	1.33	
	NaOH	<0.003	<0.003	
	石灰石粉尘	1.42	2.33	
	活性炭喷洒装置	0.89	1.67	
飞灰库	粉尘	1.69	2.67	

表 4 工频电场危害因素检测结果 V/m

检测点	接触时间	测定值	结果
发电机	15 min/班	1.2	合格
110 kV变压器	15 min/班	1.3	合格
110/220 kV主变器	15 min/班	1.8	合格

表 5 噪声危害因素监测结果 dB (A)

检测点	接触时间	测定值 (L _{EX,8h})
送风机	15 min/班	68.8
引风机	15 min/班	69.1
空压机	15 min/班	64.2
汽轮发电机	15 min/班	73.6
冷却塔	15 min/班	63.3
除渣机	2 h/班	62.2
一次风机	15 min/班	69.6
二次风机	15 min/班	68.2
中央控制室	8 h/班	62.2
垃圾吊车控制室	8 h/班	63.5

2.6.3 防噪 将产生较强噪声的设备尽可能远距离布置;在中央控制室的门窗外设置吸声装置(如密封门窗等),双层隔音玻璃,室内设置吸声吊顶;在焚烧炉的鼓风机、余热锅炉的引风机风道中加设消音器,消音量为 25 dB 以上;风机进出口风、烟管道采用软接头;余热锅炉的对空排汽加装消音器;机炉热控室墙、门均采用隔声材料,观察窗采用双层钢窗等。

2.6.4 防二噁英类 焚烧炉内的过量空气系数设计在 1.6 以上,以保持炉内充足的氧量,减少二噁英的生成;垃圾焚烧产生的烟气经反应塔雾化喷入石灰浆 [Ca(OH)₂]中和处理系统后,经二次风搅拌实现充分燃烧,并使烟气在 850℃ 环境下停留 2 s 以上,以进一步减少二噁英类物质生成;含二噁英的烟气进入布袋除尘器后,经布袋除尘器内表面的混合物沉淀层(活性炭、石灰浆等)进一步反应、吸附后,达到较高的清除率。

2.6.5 防暑 对有热源的管道,将采用保温材料与外界隔开;员工一般在集中控制室内值班,远离热源;对在高温区巡检或就地操作人员,除采取隔热措施外,还采用通风的办法来降低工作区的温度。

3 讨论

根据有关文献报道,目前国内城市生活垃圾处理技术水平有所提高,通过研究开发和引进,消化吸收国外的先进技术,一些国际领先的工艺技术在垃圾填埋、焚烧等方面都有不同程度的使用。该厂借鉴国外先进的焚烧工艺,结合我市生活垃圾热值低、水分含量高的特点,研制开发了“HWM 二段往复式炉排炉”和“半干式中和反应塔与复膜布袋过滤器”烟气处理系统,使得烟气中的有毒有害成分尤其是强致癌物二噁英类得到有效的控制,该处理系统为我国“863 计划”中的高技术产品,已于 2005 年底通过科技部的鉴定验收。

通过对该厂生产工艺分析、现场职业卫生学调查和危害因素的检测,基本了解了垃圾发电厂的生产流程以及生产环节和所存在的职业危害因素,为企业进一步开展职业病防治提供可靠的依据。由于生活垃圾成分复杂,性质不均匀,在焚烧过程中会发生许多不同的化学反应,反应生成物含有大量对人体有害的物质。根据有关文献的报道,垃圾发电厂在焚烧过程中,还会产生二甲氨基乙睛、四氢吡咯等^[1],而这些危害因素目前尚无相应的检测方法和国家职业接触限值。垃圾的相关成分在焚烧时产生何种有害物质,对其产生的原理、垃圾的主要成分和垃圾的污染物等有明确的关系,具有不确定性。因此对垃圾发电过程产生的职业病危害应该引起高度重视,采取有效的预防控制措施。

通过对某垃圾发电厂的现场调查,建议加强作业人员的健康保护,采取严格的职业卫生防护措施,加强设备的维护检修,定期开展职业卫生检测和员工的健康监护,建立健全各项职业卫生管理制度和应急救援预案,在保护环境和取得经济效益的同时,切实保护劳动者的健康权益。

参考文献:

[1] 张华东,李小平,唐涛,等.垃圾发电厂建设项目职业病危害因素分布及控制效果评价[J].中国卫生工程学,2008,7(2):91-95.