

# Prediction and Evaluation Analysis of Atmospheric Environmental Risk Impact of Municipal Solid Waste Incineration Project

Yue Zhang

Zhongsheng Environmental Technology Development Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

## Abstract

Municipal solid waste incineration projects may generate significant atmospheric environmental risks during their operation. Therefore, it is crucial to conduct a scientific evaluation and propose reasonable and feasible prevention, emergency, and mitigation measures. This study analyzes the pollutants potentially emitted during the incineration process and their impact on the atmospheric environment, assesses the environmental risk level during project operation, and proposes corresponding risk prevention and control strategies. The results indicate that by optimizing the incineration process and strengthening pollutant emission control, the accident rate, economic losses, and environmental impact of the project can be effectively reduced to an acceptable level. This study aims to provide a reference for the prediction and prevention of atmospheric environmental risks in similar projects, offering both theoretical value and practical significance.

## Keywords

Municipal solid waste; Incineration; Environmental risk

# 生活垃圾焚烧项目大气环境风险影响预测评价分析

张悦

中圣环境科技发展有限公司, 中国·陕西 西安 710000

## 摘要

生活垃圾焚烧项目在生产运行过程中可能产生显著的大气环境风险, 因此对其进行科学评价并提出合理可行的防范、应急与减缓措施至关重要。本研究通过分析生活垃圾焚烧过程中可能排放的污染物及其对大气环境的影响, 评估了项目运行期间的的环境风险水平, 并提出了相应的风险防控策略。研究表明, 通过优化焚烧工艺、加强污染物排放控制, 可以有效降低建设项目的事故率、经济损失和环境影响, 使其达到可接受水平。本研究旨在为类似项目的大气环境风险预测与防控提供参考, 具有一定的理论价值和实际意义。

## 关键词

生活垃圾; 焚烧; 环境风险

## 1 项目概况

该生活垃圾焚烧厂位于中国西北地区, 占地约 1.5796 公顷, 不占生态保护红线, 不占用永久基本农田。用于处理 160t/d 生活垃圾, 配置 1 台余热锅炉, 本项目只焚烧, 不发电。焚烧烟气采用“SNCR(炉内喷氨水)+半干法脱酸(石灰浆)+干法脱酸喷射(消石灰)+活性炭喷射+袋式除尘”工艺; 渗滤液处理系统厌氧装置(UASB)产生的沼气送入火炬燃烧。

根据《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》(环发[2008]82)要求: 对垃圾焚烧发电

项目, 环境影响报告书须设置环境风险影响评价专章, 重点考虑二噁英和恶臭污染物的影响。事故及风险评价标准参照人体每日可耐受摄入量 4pgTEQ/kg 执行, 经呼吸进入人体的允许摄入量按每日可耐受摄入量 10% 执行。根据计算结果给出可能影响的范围, 并制定环境风险防范措施及应急预案, 杜绝环境污染事故的发生。

## 2 环境风险识别

根据本项目的工艺流程、平面布置以及危险物质分布情况, 将本项目生产系统划分为垃圾贮存单元、柴油储罐单元、垃圾焚烧单元 3 个主要危险单元。

垃圾贮存单元主要风险源为垃圾贮坑, 主要危险物质为沼气( $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体组成)可能存在甲烷爆炸事故, 逸散出的有害物质会对厂区及附近环境产生影响。柴油储罐

【作者简介】张悦(1989-), 女, 中国山西吕梁人, 硕士, 工程师, 从事环境影响评价研究。

设置在地理式储油罐内，涉及的主要危险物质是柴油，存在储罐泄漏及火灾的风险事故，但泄漏发生火灾可能性很小。垃圾焚烧单元主要风险源为垃圾焚烧炉，主要危险物质为焚烧炉烟气（CO、HCl、HF、SO<sub>2</sub>、Hg、Cr、As、Mn等单质与氧化物、二噁英等）。存在焚烧炉烟气净化装置系统管道、阀门连接处密封不良、腐蚀，致使危险物质泄出，引发污染事故。渗滤液处理单元涉及的主要危险物质为沼气（CH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S等气体组成），存在发生甲烷爆炸事故的可能性，逸散出的有害物质会对厂区及附近环境产生影响。

### 3 大气风险预测与评价

#### 3.1 二噁英事故排放影响分析

二噁英事故排放，是指活性炭喷射装置发生故障，不能有效喷射活性炭微粒捕捉二噁英类物质，或焚烧系统出现故障导致炉内温度异常，二噁英类污染物的产生源强增大，最终导致二噁英类污染物的事故性排放。事故状态下取极端情况，二噁英产生浓度 2.75ngTEQ/m<sup>3</sup>，该故障基本可在 30min 内发现启用备用系统，或停机修复处理。考虑到事故情况下二噁英非正常排放，对事故状态下二噁英对人体健康可能产生的风险进行影响分析。

##### 3.1.1 计算方法

参照《环境影响评价技术导则 人体健康》（征求意见稿）暴露量的计算中，

个人终身日平均暴露剂量率 D 的计算方法：

$$D=C \times M / 70$$

式中：C—该物质在环境中的平均浓度，mg/m<sup>3</sup>；M—承认摄入环境介质的日均摄入量，m<sup>3</sup>/d；成人每天经呼吸进入人体的空气约为 12~15m<sup>3</sup>，本计算取上限 15m<sup>3</sup>；70—平均体重，kg。

##### 3.1.2 计算过程

非正常排放时，二噁英排放浓度 2.75ngTEQ/Nm<sup>3</sup>，根据《环境影响评价技术导则 - 大气环境》（HJ2.2-2018）推荐模式，非正常排放工况下，环境空气中二噁英最大落地浓度为 4.02pgTEQ/m<sup>3</sup>。由于多种原因，活性炭不喷或风机损坏，需更换备件或启用备用风机，一般在 30min 左右，此种情况一年最多 1~2 次。假设一个成年人位于二噁英非正常工况排放下最大落地浓度处连续 30min，则其该日呼吸人体内的二噁英量最大为 0.43pgTEQ/kg。

##### 3.1.3 评价结果

根据《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》（环发 [2008]82 号）中“事故及风险评价标准参照人体每日可耐受摄入量 4pgTEQ/kg 执行，经呼吸进入人体的允许摄入量按每日可耐受摄入量 10% 执行”的相关要

求，经呼吸进入人体的二噁英每日允许摄入量为 0.4pgTEQ/kg。本项目二噁英非正常工况排放下，日呼吸人体内的二噁英量最大为 0.43pgTEQ/kg，可见本项目二噁英非正常工况排放情况下，对人群健康会产生一定的影响，因此要求建设单位应对焚烧炉烟气处理系统进行日常维护，保证其正常工作状态，防止非正常工况下超标排放对环境的影响。

#### 3.2 柴油储罐泄漏事故影响分析

本项目柴油用 1 台 30m<sup>3</sup> 的储罐存储，本次考虑柴油储罐发生火灾爆炸事故发生后，燃烧产生的二次有毒有害污染物，包括 SO<sub>2</sub>、CO 对大气环境的影响。

本次评价最大可信事故频率取《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 E 推荐的常压单包容储罐全破裂泄漏频率 5 × 10<sup>-6</sup>/年。

##### 3.2.1 事故源强的确定

综合本项目的风险单元柴油储罐的风险事故情形设定，本次选择柴油泄漏的影响及其火灾后的次生污染物 SO<sub>2</sub>、CO 作为评价因子开展风险分析。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018），对柴油的泄漏量进行估算。

###### (1) 液体泄漏量计算

$$Q_L = C_d A_p \sqrt{\frac{2(P - P_0)}{\rho} + 2gh}$$

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中对液体泄漏时间的建议，本次事故情形一中的液体泄漏时间设定为 30min，按照附录 F 中的液体泄漏公式计算。计算参数选取见表 1。

假设新建柴油储罐发生泄漏，产生罐体下部面积为 0.05m<sup>2</sup> 的裂口面积，通过液体泄漏公式计算，柴油的泄漏速率为 209.39kg/s，泄漏时间设定为 30min，则最终泄漏量按照储罐内全部泄漏完核算，即为 21.42t。

###### (2) 火灾伴生 / 次生污染物产生量估算

油品火灾伴生 / 次生二氧化硫产生量按下式计算：

$$G_{\text{二氧化硫}} = 2BS$$

式中：G<sub>二氧化硫</sub>—二氧化硫排放速率，kg/h；B—物质燃烧量，kg/h；S—物质中硫的含量，%。

油品火灾伴生 / 次生一氧化碳产生量按下式计算：

$$G_{\text{一氧化碳}} = 2330qCQ$$

式中：G<sub>一氧化碳</sub>—一氧化碳的产生量，kg/s；C—物质中碳的含量，取 85%；q—化学不完全燃烧值，取 1.5%-6.0%；Q—参与燃烧的物质质量，t/s。

根据项目泄漏速率，项目一小时的泄漏量为 21.42t，二氧化硫计算排放速率的参数表见表 2。

一氧化碳计算排放速率的参数表见表 3。

表 1 液体泄漏量参数选取

参数	容器内介质压力 Pa	环境压力 Pa	泄漏液体密度 kg/m <sup>3</sup>	裂口之上液位高度 m	液体泄漏系数	裂口面积 m <sup>2</sup>
数值	101325	101325	840	3	0.65	0.05

表2 油品火灾伴生二氧化硫的产生速率参数表

参数	物质燃烧量 kg/h	物质中的 硫含量 %	二氧化硫排放 速率 kg/h
数值	21420	0.001	0.4284

表3 油品火灾伴生一氧化碳的产生速率参数表

参数	参与燃烧物质 的量 t/s	化学不完全 燃烧值 %	物质中的碳 含量 %	一氧化碳产 生量 kg/s
数值	0.006	6	85	0.713

### 3.2.2 大气环境风险预测

#### (1) 大气预测模型选取

根据前述对油品泄漏后蒸发量的估算及火灾伴生/次生污染物产生量估算,考虑到油库周边风险保护目标,本次大气环境风险预测评价将对油品泄漏火灾事故发生后次生污染物的挥发扩散进行预测。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)中附录G中大气预测模型筛选要素进行模型筛选。

按照理查德森数(Ri)作为标准进行判断,连续排放计算公式为:

$$R_i = \frac{[\frac{g(Q/\rho_{rel})}{D_{rel}} \times (\frac{\rho_{rel}-\rho_a}{\rho_a})]^{\frac{1}{3}}}{U_r}$$

式中: $\rho_{rel}$ —本次取值CO为1.2504,SO<sub>2</sub>为2.9275; $\rho_a$ —本次取值为1.205;Q—本次取值为CO取0.713;SO<sub>2</sub>取0.00012; $D_{rel}$ —本次取值为25; $U_r$ —本次取值为1.5。

计算可得CO的理查德森数Ri=1493021,Ri < 1/6,为轻质气体。扩散计算建议采用AFTOX模式;SO<sub>2</sub>的理查德森数Ri=2.042085E-02,Ri < 1/6,为轻质气体。扩散计算建议采用AFTOX模式。

#### (2) 大气风险预测与评价

按AFTOX模型预测参数,本次选取最不利气象条件进行后果预测的要求。

根据CO下风向不同距离处的最大浓度预测结果可知,CO预测浓度达到毒性终点浓度-1(380mg/m<sup>3</sup>)的下风向最远影响距离为360m,影响最大半宽为24m,最大半宽对应的下风向距离为210m处;CO预测浓度达到毒性终点浓度-2(95mg/m<sup>3</sup>)的下风向最远影响距离为910m,影响最大半宽为54m,最大半宽对应的下风向距离为510m处。根据SO<sub>2</sub>下风向不同距离处的最大浓度预测结果可知,SO<sub>2</sub>预测浓度均未达到毒性终点浓度-1(79mg/m<sup>3</sup>)和毒性终点浓度-2(2mg/m<sup>3</sup>),无对应位置,因计算浓度均小于此阈值,环境风险影响较小。

### 3.3 沼气爆炸事故影响分析

垃圾渗滤液处理站厌氧处理过程产生的沼气存在发生甲烷爆炸事故的可能性。发生甲烷爆炸事故需满足两个条件:甲烷处于爆炸浓度范围、在处于爆炸浓度范围的甲烷气体里出现火源。

#### 3.3.1 事故源强的确定

沼气成分主要为50%-80%甲烷(CH<sub>4</sub>)、20%-40%二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、0%-5%氮气(N<sub>2</sub>)、小于1%的氢气(H<sub>2</sub>)、小于0.4%的氧气(O<sub>2</sub>)与0.1%-3%硫化氢(H<sub>2</sub>S)等气体组成。本项目垃圾渗滤液处理站厌氧处理过程会产生沼气,估算的出沼气产生量约为100m<sup>3</sup>/h。按照80%的甲烷含量核算,甲烷密度为0.77kg/m<sup>3</sup>,则甲烷含量为61.6kg/h。

#### 3.3.2 大气环境风险预测

##### (1) 大气预测模型选取

垃圾渗滤液处理站厌氧处理过程产生的沼气一小时产生量产生爆炸全部排入大气中,本次风险预测评价将对甲烷的挥发扩散进行预测。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)中附录G中大气预测模型筛选要素进行模型筛选。

按照理查德森数(Ri)作为标准进行判断,连续排放计算公式为:

$$R_i = \frac{[\frac{g(Q/\rho_{rel})}{D_{rel}} \times (\frac{\rho_{rel}-\rho_a}{\rho_a})]^{\frac{1}{3}}}{U_r}$$

式中: $\rho_{rel}$ —排放物质进入大气的初始密度,kg/m<sup>3</sup>;本次取值CH<sub>4</sub>为0.77; $\rho_a$ —环境空气密度,kg/m<sup>3</sup>;本次取值为1.205;Q—连续排放羽烟的排放速率,kg/s;本次取值为CH<sub>4</sub>取0.048; $D_{rel}$ —初始的烟团宽度,即源直径,m;本次取值为25; $U_r$ —10m高处风速,m/s。本次取值为1.5。

通过分析由于CH<sub>4</sub>的初始密度小于空气密度,为轻质气体。扩散计算建议采用AFTOX模式。

##### (2) 大气风险预测与评价

按AFTOX模型预测参数,本次选取最不利气象条件进行后果预测的要求,根据CH<sub>4</sub>下风向不同距离处的最大浓度预测结果,CH<sub>4</sub>预测浓度均未达到毒性终点浓度-1(26000mg/m<sup>3</sup>)和毒性终点浓度-2(15000mg/m<sup>3</sup>),无对应位置,因计算浓度均小于此阈值,环境风险影响较小。

## 5 结论

本项目涉及的主要危险化学品为沼气、柴油、二噁英等多种物质。环境风险事故主要为焚烧炉及烟气净化系统故障导致二噁英、柴油储罐发生泄漏并发生燃烧爆炸事故、厌氧池沼气燃爆事故。环评分析后认为,在采取可研设计以及环评建议的风险防范措施基础上,项目环境风险可控,并在可接受的范围内。

### 参考文献

- [1] 陈潇江.浅谈生活垃圾焚烧发电项目环境风险评价的工作重点[J].绿色环保建材,2017.11(017):20~22.
- [2] 陈平.生活垃圾焚烧发电厂环境风险评价及防范措施[J].中国资源综合利用,2020.10(10):115~117.
- [3] 马飞.生活垃圾焚烧发电厂环境风险评价及管理策略研究[J].中国资源综合利用,2021.2(2):65~67.