

文章编号:1674-2869(2008)03-0047-04

突发性 P_2O_5 污染事故对昭君故里的影响 ——黄磷泄漏环境风险预评价研究

耿丽娜, 刘大银*, 贺慧琴, 刘旋

(武汉工程大学环境工程研究设计所, 湖北 武汉 430074)

摘要:湖北兴发化工集团热法磷酸企业白沙河化工厂东侧 2 km 有湖北省重点文物保护单位昭君故里, 预测该厂黄磷泄漏事故引发 P_2O_5 大气污染对该景区的影响是保护该景区的重要环节。按最大可信概率泄露事故确定的源强, 泄漏 30 min, 其浓度贡献值将达到 1.3766 mg/m^3 , 超标 8.2 倍, 将对景区产生污染危害。预测结果为加强企业环境风险管理、制定事故应急预案提供了科学依据。

关键词:热法磷酸磷化工厂; 黄磷泄漏; P_2O_5 大气污染; 昭君故里

中图分类号: X 821

文献标识码: A

0 引言

湖北兴发化工集团股份有限公司白沙河化工厂位于兴山县高阳镇群山环抱之中的香溪河支流白沙河畔, 南临兴(兴山)—神(神龙架)公路, 距兴山老县城高阳镇 7.5 km, 与三峡大坝库区规划的峡口码头相距 20 km, 厂址东侧约 2 km 为著名旅游景点昭君故里。

白沙河化工厂主要产品为热法磷化工系列产品, 其中生产区和储存区均有黄磷, 贮存区最大总贮存量为 200 t。黄磷在空气中极易自燃, 在生产和储运过程中一旦发生泄漏, 将会燃烧或爆炸, 产生有害气体 P_2O_5 , 对周围大气环境造成影响^[1~2]。笔者对黄磷泄漏引发的 P_2O_5 污染进行了环境风险评估。本工作是国内首次开展的三峡库区热法磷酸企业环境风险研究的部分内容, 研究成果将对库区内重点景区的环境保护和风险防范提供依据。

1 事故源项分析及影响预测方法

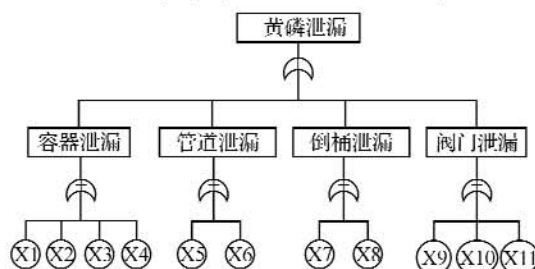
1.1 黄磷泄漏事故的源项分析和源强估算

黄磷泄漏源项的事故树分析如图 1 所示。从图 1 中可以看出黄磷泄漏的直接原因有 4 个, 这 4 个原因直接是“或”的关系, 而 4 个直接原因又分别包含几个子事件, 各个子事件之间均是独立的, 其中两个人为因素也设为是相互独立的。据调查^[3], 由容器泄漏导致黄磷泄漏的概率为 7.12×10^{-6} , 管道泄漏概率为 4.56×10^{-6} , 倒桶泄漏概率

为 3.12×10^{-6} , 阀门泄漏概率为 3.01×10^{-6} 。黄磷容器是规格为 $\Phi 0.5 \times 1.2 \text{ m}$ 的若干只黄磷桶, 按概率最高的容器泄漏事件、取破损概率范围中最大的孔径确定源强, 泄漏时间取 30 min, 计算得到形成 P_2O_5 污染大气的源强为 0.0230 kg/s 。

1.2 预测内容

- 有风(1.6 m/s)和小风(0.5 m/s)一般气象条件下和特殊气象条件下(熏烟状况下)的污染物轴线浓度值分布;
- 污染源在有风和小风条件下的最大落地浓度及距离;
- 污染源对昭君宅的最大浓度贡献值;
- 不同气象条件下短时间接触容许浓度范围。



其中: X1: 容器腐蚀; X2: 密封失效; X3: 容器破裂; X4: 加工焊接处泄漏; X5: 管道腐蚀; X6: 管道破裂; X7: 人为因素; X8: 外界因素; X9: 阀门腐蚀; X10: 阀门失效; X11: 人为因素

图1 黄磷泄漏事故树分析图

Fig. 1 Tree analysis of yellow phosphorus leak accident

1.3 预测模式

按《建设项目环境风险评价技术导则》^[4]的规定, 短时间泄漏的影响预测采用多烟团模式; 按

收稿日期: 2007-10-16

基金项目: 湖北省环保专项资金科研项目(2006-85)

作者简介: 耿丽娜(1983-), 女, 山东菏泽人, 硕士研究生, 研究方向: 环境污染控制与管理。* 通信联系人

刘大银, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 环境污染控制与管理。

《建设项目环境影响评价技术导则》^[5]的规定,熏烟条件采用熏烟模式。

上述两模式中各符号的物理意义分见文献[4]、[5]。

分析兴山县近 5 年气象资料,确定风玫瑰图进行相关预测。

2 预测结果及影响评价

表 1 黄磷燃爆有风条件下 P_2O_5 质量浓度分布

横轴 X/m	0	400	800	1200	1600	2000	2400	2600	2800	3000
纵轴 Y/m										
1 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 200	0	0	0	0	0	0	0.0001	0	0	0
1 000	0	0	0	0	0.000 1	0.001 3	0.000 9	0.000 4	0.000 2	0.000 1
800	0	0	0	0.000 1	0.012 5	0.031	0.008 6	0.003 1	0.001	0.000 3
600	0	0	0	0.042 8	0.478 7	0.360 8	0.051 1	0.014 7	0.003 9	0.001
400	0	0	0.158 9	3.261 2	6.470 5	2.085 1	0.182 1	0.044 1	0.010 3	0.002 4
200	0	1.169 9	36.028 6	43.907 9	30.866 7	5.973 7	0.390 3	0.085 5	0.018 3	0.004
0	0	786.477	219.682	104.455	51.960 5	8.484 2	0.503 1	0.106 6	0.022 2	0.004 7

气象条件:SW/D/1.6 m/s

表 2 黄磷燃爆小风条件下 P_2O_5 质量浓度分布

横轴 X/m	0	400	800	1200	1600	2000	2400	2600	2800	3000
纵轴 Y/m										
2 400	0.000 1	0.000 2	0.000 2	0.000 1	0	0	0	0	0	0
2 000	0.002	0.003	0.002 7	0.001 5	0.000 5	0.000 1	0	0	0	0
1 600	0.022 9	0.034 5	0.029 9	0.015 2	0.004 8	0.001	0.000 1	0	0	0
1 200	0.189 3	0.287 2	0.229 5	0.105 3	0.030 1	0.005 6	0.000 7	0.000 2	0.000 1	0
800	1.278 1	1.921 5	1.263 8	0.478 4	0.119 7	0.020 4	0.002 4	0.002 7	0.000 2	0
400	9.884 1	12.267 7	4.694 7	1.324 6	0.287 1	0.045 5	0.005 1	0.001 5	0.000 4	0.000 1
0	22 129.4	45.155 5	8.230 9	1.921 1	0.388 5	0.059 6	0.006 5	0.001 9	0.000 5	0.000 1

气象条件:SW/D/0.5m/s

表 3 黄磷燃爆熏烟情况下 P_2O_5 质量浓度分布

横轴 X/m	300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300	2500	3000
纵轴 Y/m													
700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000 1	0.000 5	0.005 2	0.028 9
600	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000 1	0.000 6	0.002 1	0.005 5	0.028 8
500	0	0	0	0	0	0	0.000 1	0.000 6	0.003	0.009 1	0.021 3	0.040 9	0.122 8
400	0	0	0	0	0	0.000 6	0.004 4	0.016 7	0.042 9	0.085 1	0.142 2	0.210 4	0.401 1
300	0	0	0	0.000 3	0.006 9	0.036 5	0.104 4	0.210 5	0.342 1	0.483 9	0.623 3	0.752 2	1.007 2
200	0	0	0.008 4	0.098 5	0.348 6	0.672 9	1.000 5	1.284 1	1.508 2	1.674 5	1.791 5	1.868 9	1.944 1
100	0.004 9	0.569 1	1.981 2	3.085 6	3.668 4	3.868 1	3.882 2	3.800 8	3.673 4	3.526 9	3.375 4	3.226 4	2.884 5
0	26.650 4	16.696 6	12.257 2	9.726 5	8.039 3	6.929 1	6.100 4	5.457 1	4.942 4	4.520 9	4.169 0	3.870 5	3.290 0

气象条件:SW/E/1.6 m/s

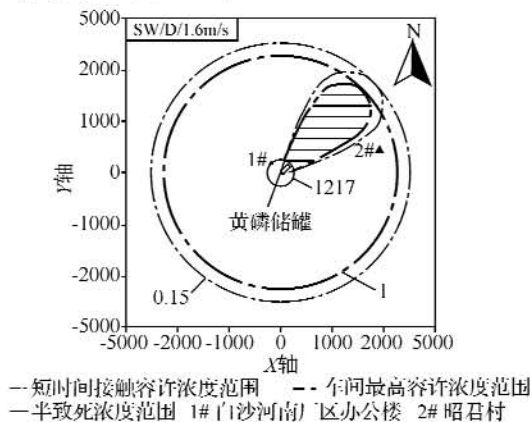


图 2 有风情况下 P_2O_5 各浓度范围及等值线图(SW/D/1.6m/s)
Fig. 2 P_2O_5 density scope and equivalent line diagram in the case of wind (SW/D/1.6m/s)

2.1 预测结果

a. 有风条件及小风情况下 P_2O_5 浓度分布:黄磷燃爆有风条件及小风情况下 P_2O_5 浓度(指质量浓度,下同)分布见表 1 和表 2,主导风向下各浓度分布范围及等值线见图 2 及图 3 所示。黄磷燃爆熏烟情况下 P_2O_5 浓度分布见表 3,各浓度等值线分布见图 4。

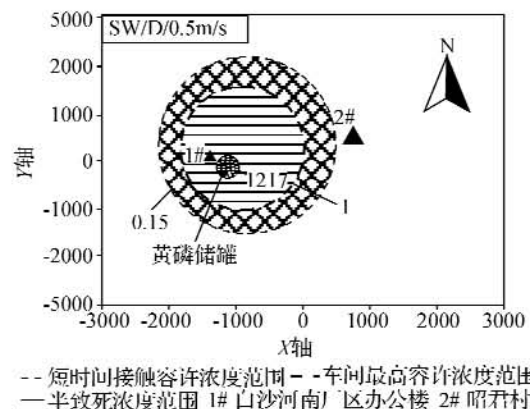


图 3 小风情况下 P_2O_5 各浓度范围及等值线图(SW/D/0.5m/s)
Fig. 3 P_2O_5 density scope and equivalent line diagram in the case of little wind (SW/D/0.5m/s)

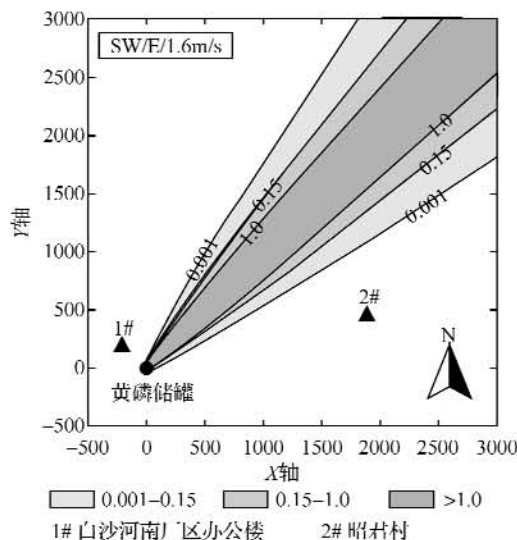


图 4 黄磷燃爆熏烟情况下 P₂O₅ 不同浓度等值线图
Fig. 4 P₂O₅ density scope and equivalent line diagram in the case of yellow phosphorus explosion smoking

b. 地面 P₂O₅ 最大落地浓度及距离:不同气象条件下,P₂O₅ 地面最大落地浓度及距离见表 4.

表 4 P₂O₅ 地面最大贡献浓度及其落地距离
Table 4 The maxium contribution concentration for surface and falling distance of P₂O₅

状态	正常气象情况下		熏烟
	有风	静风	
浓度/mg·m ⁻³	840.03	22 937.09	3307.36
距离/m	321.47	50.36	0.07

c. 昭君故里地面轴线浓度贡献值:正常气象条件下,昭君故里地面轴线浓度贡献值见表 5.

表 5 正常气象条件下昭君村 P₂O₅ 地面轴线浓度贡献值
Table 5 P₂O₅ contribution ground axis concentration of Zhaojun hometown in the case of normal meteorological condition

风向风速	质量浓度值/mg·m ⁻³			
	泄漏时间: 泄漏时间: 泄漏时间: 泄漏时间:			
	5 min	10 min	20 min	30 min
SW/D/1.6 m/s	0	0	0.005	1.376 6
SW/D/0.5 m/s	0	0	0.000 4	0.063 8

由表 3 可知熏烟条件(SW/E/1.6m/s)下泄漏 30 min,昭君故里地面轴线浓度贡献值为 0.003 mg/m³.

2.2 对昭君故里大气环境的影响评价

大气预测因子不同标准值见表 6. 分别对照半致死浓度/LC₅₀^[6]、短时间接触容许浓度进行评价^[7].

从表 4 可见,磷泄漏引发的 P₂O₅ 对大气环境的污染,严重污染区位于厂生产区和卫生防护距离^[8](厂界 1 000 m)范围内.

表 6 大气预测因子不同浓度标准值

Table 6 Atmosphere prediction factor of different concentration standard value

预测因子	半致死浓度/LC ₅₀	短间接接触容许浓度
P ₂ O ₅	1 217 mg/m ³	0.15 mg/m ³ (居住区大气中有害物质的最高容许浓度)

各种情况下,昭君故里景点均远离半致死浓度范围. 短间接接触容许浓度的预测结果如下:

① 正常气象条件:a. 有风情况:P₂O₅ 地面浓度贡献值在事故发生 10 min 内均为 0,20 min 时为 0.005 mg/m³,未超出《工业企业设计卫生标准 TJ36—79》居住区大气中有害物质最高容许浓度标准 0.15 mg/Nm³ 的范围;但 30 min 时达到 1.376 6 mg/m³,超标 8.2 倍. b. 小风情况:最大贡献值出现在事故发生后 30 min,浓度贡献值为 0.063 8 mg/m³. 未超出最高容许浓度标准范围.

② 熏烟情况:在熏烟条件(SW/E/1.6m/s)下为 0.003 mg/m³,在标准限值范围内.

3 结 语

a. 黄磷泄漏有容器泄漏、管道泄漏、倒桶泄漏、阀门泄漏等四类源项,按概率最高的容器泄漏事件、取破损概率范围中最大的孔径确定源强,泄漏时间取 30 min,计算得到形成 P₂O₅ 污染大气的源强为 0.0230 kg/s.

b. 磷泄漏引发的 P₂O₅ 对大气环境的污染,严重污染区位于厂生产区和卫生防护距离(厂界 1 000 m)范围内.

c. 正常气象条件 SW/D/0.5m/s,黄磷泄漏 30 min 引发的 P₂O₅ 排放不会对昭君故里产生污染危害,其浓度贡献值未超出居住区大气中有害物质最高容许浓度标准.

d. 正常气象条件 SW/D/1.6m/s,黄磷泄漏 20 min 内对昭君故里的浓度贡献值亦未超标,景区处于安全状态;但泄漏 30 min,其浓度贡献值将达到 1.376 6 mg/m³,超标 8.2 倍,将对景区产生污染危害.

e. 熏烟条件(SW/E/1.6m/s)下泄漏 30 min 对昭君故里的浓度贡献值为 0.003 mg/m³,无明显不利影响.

参考文献:

[1] 刘爱武. 化工项目环境风险评价实例分析—以生产磷酸为例[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2005,22(1):46-50.
[2] 王 敏. 防止黄磷生产中火灾和爆炸事故发生的措施[J]. 硫磷设计与粉体工程,2008,(1):35-38.

- [3] 胡二邦. 环境风险评价实用技术与方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000: 158-162.
- [4] HJ/T169-2004, 建设项目环境风险评价技术导则 [S].
- [5] HJ/T2, 建设项目环境影响评价技术导则 (大气环境) [S].
- [6] 江泉观, 纪云晶, 常元勋. 环境化学毒物手册 [M]. 北京: 化学毒物手册出版社, 2004: 79-81.
- [7] TJ36-79, 居住区大气中有害物质的最高容许浓度 [S].
- [8] GB11656-89, 黄磷厂卫生防护距离标准 [S].

Effect of P_2O_5 pollution accident on Zhaojun hometown: Risk assessment study of yellow phosphorus dwulges on environment

GENG Li-na, LIU Da-yin, HE Hui-qin, LIU Xuan

(School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: There is a Hubei provincial key of cultural relics protection; Zhaojun hometown located in the east at of Baishahe Chemical plant, Hubei Xingfa Chemical Industry Group. To predict the factory effect on this scenic area in the case of hypothesis yellow phosphorus dwulges accident to initiate the P_2O_5 air pollution is very important to protect that area. According to the source intensity on the maximal credible leak accident, dwulges 30 min, its density contribution value achieved 1.3766 mg/m^3 , which exceeds the allowed standard 8.2 times. This will cause pollution harmful to the scenic area. The result provide scientific basis for strengthening enterprise's risk management and drawing up accident emergency preplans.

Key words: phosphorus thermal phosphoric acid plant; the yellow phosphorus dwulges; P_2O_5 air pollution; Zhaojun hometown



(上接第 46 页)

- [3] 韦 宏, 周汉香. 广州国际会展中心混凝土楼盖应力计算与控制 [J]. 建筑结构, 2002, 32(12): 30-34.
- [4] Hong-Gyoo Sohn. Monitoring crack changes in concrete structures [J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2005, 20(1): 52-61.
- [5] 王铁梦. 建筑物的裂缝控制 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 36-48.
- [6] GB 50010-2002, 混凝土结构设计规范 [S].

Temperature response analysis for large-area slab

LIU Xian-yan¹, CHEN Wei², DENG Juan³, WEN Yin-ping⁴

(1. Department of Architecture and Materials, Hubei Institute of Education, Wuhan 430205, China;

2. Chongqing Communications Research & Design Institute, Chongqing, 400067;

3. WISDRI Engineering & Research Incorporation Limited Company, Wuhan 430223, China;

4. School of Civil Engineering and Mechanics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The theories of temperature stress and finite element are introduced briefly. ANSYS is used to analyze cast-in-place with large-area for finite element analysis. And stress field of cast-in-place slab with large area is calculated, and the stress rule and the stress characteristics of cast in place slab with large-area subjected to all kinds of temperature effects are summarized.

Key words: cast-in-place slab; large-area; temperature response; finite element

本文编辑: 萧 宁