

# 磷酸铁建设项目环境风险事故模拟研究

陈攀<sup>1\*</sup>, 毛凯<sup>1</sup>, 余铁萍<sup>2</sup>, 谢鹏<sup>1</sup>, 吴辉<sup>3</sup>

<sup>1</sup>荆门市核与辐射和固体废物环境安全防护技术中心, 湖北 荆门

<sup>2</sup>荆门市环境科学研究院, 湖北 荆门

<sup>3</sup>漳河流域生态环境保护综合执法支队, 湖北 荆门

收稿日期: 2022年4月18日; 录用日期: 2022年5月18日; 发布日期: 2022年5月26日

## 摘要

当前新能源汽车产业加速发展, 磷酸铁锂电池是新能源汽车的动力电池之一, 磷酸铁锂电池生产项目逐渐增多。磷酸铁项目生产过程中涉及的化学品主要有氨水、磷酸、硫酸铵等。本文以某拟建磷酸铁生产项目为例, 阐述了环境风险评价事故模拟过程及情景设定选取方法。分析表明, 拟建项目在最不利气象条件下, 大气终点浓度出现最远距离小于200 m; 厂区设置事故污水三级防控体系, 可确保生产事故污水、污染消防水处于受控状态, 不排入外环境。本研究为类似建设项目环境风险事故模拟提供有益参考, 为建设项目环境风险防控提供科学依据。

## 关键词

环境风险评价, 事故模拟, 磷酸铁

# Simulation Research on Environmental Risk Accidents of Iron Phosphate Construction Projects

Pan Chen<sup>1\*</sup>, Kai Mao<sup>1</sup>, Tieping Yu<sup>2</sup>, Peng Xie<sup>1</sup>, Hui Wu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jingmen Municipal Nuclear and Radiation and Solid Waste Environmental Safety Protection Technology Center, Jingmen Hubei

<sup>2</sup>Jingmen Academy of Environmental Sciences, Jingmen Hubei

<sup>3</sup>Zhanghe Ecological Environmental Protection Comprehensive Law Enforcement Detachment, Jingmen Hubei

Received: Apr. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 18<sup>th</sup>, 2022; published: May 26<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

At present, the development of the new energy vehicle industry is accelerating. Lithium iron

\*通讯作者。

phosphate battery is one of the power batteries for new energy vehicles, and the production projects of lithium iron phosphate battery are gradually increasing. The chemicals involved in the production process of iron phosphate project mainly include ammonia, phosphoric acid, ammonium sulfate, etc. Taking a proposed iron phosphate production project as an example, this paper expounds the accident simulation process of environmental risk assessment and the selection method of scenario setting. The analysis shows that under the most unfavorable meteorological conditions, the farthest distance of atmospheric end-point concentration is less than 200 m; a three-level accident sewage prevention and control system is set in the plant area to ensure that the production accident sewage and polluted fire water are under control and not discharged into the external environment. This study provides a useful reference for the environmental risk accident simulation of similar construction projects, and provides a scientific basis for the environmental risk prevention and control of construction projects.

## Keywords

Environmental Risk Assessment, Accident Simulation, Iron Phosphate

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

磷酸铁锂电池由于自身稳定的化学结构, 因此具有更长的充放电寿命, 以及更加便宜的生产成本。新能源汽车及储能领域的需求增长带动磷酸铁需求快速增长。目前国内已有不少企业通过投资、合资或者扩产等方式建设磷酸铁生产线及配套设施[1]。

磷酸铁生产属于无机盐制造项目, 项目涉及的危险物质主要包括磷酸、硫酸铵、硫酸、氨水, 对环境有一定的污染。非正常工况和发生事故时污染物大量超标排放给环境造成的短期风险性危害影响, 一直以来都是企业周边公众和环保组织投诉的核心关注点。根据调查, 部分建设项目环境风险识别设定的事故情形不具有最大代表性, 不能为建设项目环境风险管理提供良好依据, 从而影响环境风险评价的科学性[2]。

本文以某磷酸铁生产项目为例, 通过对项目的环境风险进行识别, 探索项目环境风险评价事故模拟过程及情景设定选取方法, 为类似建设项目环境风险评价提供有益参考。

## 2. 项目背景

该项目位于某化工园区内, 周围无饮用水源保护区等环境敏感区, 采用沉淀法以硫酸亚铁为原料, 经过滤、中和、合成、过滤洗涤及烘干等工序生产磷酸铁, 同时副产硫酸铵。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)表 2 划分依据[3], 本项目危险物质及工艺系统危险性为 P4, 本项目大气环境敏感程度为 E1, 大气环境风险潜势为 III; 地表水环境敏感程度为 E2, 地表水环境风险潜势为 II; 地下水环境敏感程度为 E2, 地下水环境风险潜势为 II。

## 3. 风险识别

### 3.1. 风险物质识别

风险物质识别包括生产过程全覆盖和危险特性准确识别两个方面。磷酸铁生产涉及主要物料为硫酸、液氨、盐酸、磷酸、硫酸铵、双氧水等。该项目物质危险性识别结果详见表 1。

**Table 1.** Physical properties of hazardous substances involved in this project**表 1.** 项目涉及危险物质的物性表

类型	原料名称	CAS	状态	分子式	分子量	密度 g/cm <sup>3</sup>	沸点 °C	熔点 °C	闪点 °C	饱和 蒸气压 Pa	爆炸 极限%	健康危 险毒性	LD50 mg/kg	LC50
原料	硫酸亚铁	7782-63-0	浅蓝色晶体	FeSO <sub>4</sub>	152	1.899	/	/	/	/	/	/	/	/
	磷酸一铵	7722-76-1	白色粉末	NH <sub>6</sub> PO <sub>4</sub>	115	1.803	/	/	/	/	/	/	/	/
	磷酸	7664-38-2	无色液体	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98	1.87	42.4	260	/	/	/	V	1530	1217 mg/m <sup>3</sup>
	硫酸	7664-93-9	无色液体	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	1.84	330	10	/	130	/	/	2140	510 mg/m <sup>3</sup>
	双氧水	7722-84-1	无色液体	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	34	1.46	150	-0.4	/	670	/	IV	376	/
	氨水	1336-21-6	无色液体	NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	35	0.91	38	-58	/	6300	/	/	350	/
副产品	硫酸铵	7783-20-2	白色粉末	N <sub>2</sub> H <sub>8</sub> SO <sub>4</sub>	132	1.77	/	/	/	/	/	/	5628	900 mg/m <sup>3</sup>
产品	磷酸铁	51833-68-2	白色粉末	FePO <sub>4</sub>	151	/	/	/	/	/	/	/	/	/

### 3.2. 风险因素识别

本磷酸铁生产过程工艺复杂、控制点多，部分装置的反应器、贮槽等具有一定温度、压力，有些工艺设备是在高温下运行，部分生产装置内部是易燃、易爆的化合物，因此对设备及相应管道的承压、密封和耐腐蚀的要求都很高，存在着因设备腐蚀或密封件磨损破裂而引起泄漏及着火爆炸的可能性。在运输、贮存或者操作不当时会发生燃烧、爆炸、腐蚀及毒性危害，人体接触这些物料会产生不同程度的损害。根据工程特点，可能发生的风险因素分析见表 2。

**Table 2.** Analysis of environmental risk factors**表 2.** 主要风险因素分析

事故发生环节	类型	原因
贮存	泄漏	阀门破损、设备破损，违章操作，安全阀及控制系统失灵
	中毒	泄漏导致现场危险品浓度超标
	火灾、爆炸	泄漏、明火、静电、摩擦、碰撞、雷击
生产	泄漏	加料、放料
	火灾、爆炸	停电、停水、自动控制失控
	中毒	泄漏导致现场危险品浓度超标
	烫伤、冷伤	保温、保冷失去作用
运输	泄漏	管线破损、泵密封不佳、车辆事故等
	火灾	泄漏与空气接触，明火、静电、雷击

### 3.3. 风险物质对环境影响途径识别

根据上述物质危险性识别、风险因素识别，拟建磷酸铁生产项目危险物质在事故模拟下对环境的影响

响途径主要是危险物质泄漏、火灾、爆炸，发生火灾爆炸情形下通过大气对周围环境产生影响以及发生泄漏情形下通过地表水和地表对地表水、地下水环境产生影响[4] [5] [6]。

### 3.4 风险识别结果

拟建磷酸铁生产项目涉及的危险物质主要包括磷酸、硫酸铵、硫酸、氨水。选取对周边环境影响较大并具有代表性的事故类型，设定风险事故情形，建设项目环境风险识别结果具体见下表 3。

Table 3. Environmental risk identification form of the project

表 3. 建设项目环境风险识别表

危险单元	风险源	主要危险物质	环境风险类型	环境影响途径	可能受影响的环境敏感目标
罐区	硫酸储罐	硫酸	泄漏	大气	周边居民
		pH	泄漏	地下水	潜水层
	磷酸储罐	pH	泄漏	地下水	潜水层
		氨	火灾、爆炸、泄漏	大气	周边居民
氨水储罐	pH、氨氮	泄漏	地下水	潜水层	
	生产车间	硫酸铵	硫酸铵	火灾、爆炸	大气
硫酸盐、氨氮			泄漏	地下水	潜水层

## 4. 环境风险事故模拟分析

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)中风险事故情形设定的原则，拟建项目环境风险事故情形为：

- 1) 储罐输出管线与阀门连接部位损坏，造成物料泄漏；
- 2) 生产线反应釜管线与阀门连接部位损坏，造成物料泄漏；
- 3) 火灾、爆炸事故产生有毒有害物质扩散。

风险事故源强参数及释放或泄露情况具体见下表 4、表 5。

Table 4. List of risk source intensity parameters of the proposed project

表 4. 拟建项目风险源强参数一览表

序号	风险事故情形描述	危险单元	危险物质	影响途径	释放或泄露速率(kg/s)	释放或泄露时间(min)	最大释放或者泄露量(kg)	泄露液池蒸发量(kg)
1	液池蒸发	氨水储罐	氨	大气	542.7	0.02	542.7000	135.5620
2	磷酸储罐爆炸	爆炸 - 磷酸	磷酸	大气	1.9	60.00	6732.0000	/
3	硫酸铵仓库爆炸	爆炸 - 硫酸铵	硫酸铵	大气	0.7	60.00	2498.4000	/
4	氨水燃烧次生	次生 NO <sub>2</sub>	二氧化氮	大气	3.3	60.00	11,700.0000	/

Table 5. List of simulated accident risk prediction results

表 5. 模拟事故风险预测结果一览表

风险源名称	下风向距离(m)	最大浓度值(mg/m <sup>3</sup> )	出现时刻(s)
爆炸 - 磷酸 - 泄漏源 - 中性气体扩散模型(Aftox)	1300.0	6.3	1320.0
爆炸 - 硫酸铵 - 泄漏源 - 中性气体扩散模型(Aftox)	1200.0	2.3	1170.0
次生 NO <sub>2</sub> - 泄漏源 - 中性气体扩散模型(Aftox)	1300.0	11.0	1470.0
氨水储罐 - 储罐完全破裂 - 中性气体扩散模型(Aftox)	0.5	5,454,856.0	30.0

注：最不利气象条件下[4]。

## 5. 结论

本项目生产过程中涉及的化学品主要有氨水、磷酸、硫酸铵等。存在着因设备腐蚀或密封件磨损破裂而引起泄漏及着火爆炸的可能性。在运输、贮存或者操作不当时会发生燃烧、爆炸、腐蚀及毒性危害，人体接触这些物料会产生不同程度的损害。本项目涉气的可信环境风险事故情况设定如下：氨水储罐发生泄露最不利气象条件下，大气终点浓度出现最远距离小于 200 m。本项目地表水环境敏感程度为 E2，厂区设置事故污水三级防控体系，发生泄露、火灾等事故时，泄露的物料、消防废水及其携带的物料等通过第一级、第二级防控系统进入第三级防控系统，依次进入初期雨水池/事故应急池储存，可确保生产事故污水、污染消防水处于受控状态，不排入外环境。人工防渗失效情况下渗漏对区域地下水造成一定的污染。

伴随着新能源汽车行业在我国的快速发展，磷酸铁锂项目的环境风险评价工作日渐增多，其风险事故模拟还有很多不完善的地方，本文分析也有考虑不周之处，希望有关专家、其他同行批评指正，并可就此问题开展更为深入的探讨。

## 参考文献

- [1] 2022 磷酸铁锂电池行业发展趋势及市场现状分析[EB/OL]. <https://www.chinairm.com/hyzx/20220304/204940233.shtml>, 2022-03-04.
- [2] 李雪晴, 张瑞雪. 建设项目环境风险评价事故情形设定研究[J]. 化工设计通讯, 2021, 47(11): 131-132.
- [3] 建设项目环境风险评价技术导则. HJ169-2018 国家环境保护标准[S]. 北京: 中国环境出版社, 2018.
- [4] 环境影响评价技术导则 大气环境. HJ2.2-2018 国家环境保护标准[S]. 北京: 中国环境出版社, 2018.
- [5] 环境影响评价技术导则 地表水环境. HJ2.3-2018 国家环境保护标准[S]. 北京: 中国环境出版社, 2018.
- [6] 环境影响评价技术导则 地下水环境. HJ610-2016 国家环境保护标准[S]. 北京: 中国环境出版社, 2016.