

危废焚烧处置中心地下水污染预测影响分析

潘凌臻¹ 黄健² 王文龙³

1 台州市海博环境科技有限公司 2 台州市生态环境局椒江分局

3 浙江泰诚环境科技有限公司

DOI:10.12238/eep.v6i3.1773

[摘要] 焚烧是目前处置危险废物的有效手段之一,但焚烧处置中心的日常运营对区域地下水存在潜在污染风险,因此研究焚烧中心区域污染物迁移规律对于场所的建设和管理具有重要的意义。本文以浙江某沿海城市某危废焚烧处置中心为例,利用Visual Modflow模型开展地下水水流和溶质迁移分析,对该场所所在区域的典型污染物泄漏情景下的污染物迁移扩散情况进行预测分析。结果表明,模拟期内泄漏污染物形成的污染晕范围较小,迁移距离较短,易于控制。为了减小对地下水环境造成影响,需要做好厂区内各个地下水污染风险防控单元地面的硬化防渗处理,及时排查跑冒滴漏状况,避免发生地下水污染事故。

[关键词] 焚烧; 地下水污染; 预测分析

中图分类号: X131.2 文献标识码: A

Prediction and Impact Analysis of Groundwater Pollution in Hazardous Waste Incineration and Disposal Centers

Lingzhen Pan¹ Jian Huang² Wenlong Wang³

1 Taizhou Haibo Environmental Technology Co., Ltd

2 Jiaojiang Branch of Taizhou Municipal Ecology and Environment Bureau

3 Zhejiang Taicheng Environmental Technology Co., Ltd

[Abstract] Incineration is currently one of the effective methods for disposing of hazardous waste, but the daily operation of incineration disposal centers poses potential pollution risks to regional groundwater. Therefore, studying the migration patterns of pollutants in the incineration center area is of great significance for the construction and management of sites. This article takes a hazardous waste incineration and disposal center in a coastal city of Zhejiang as an example, and uses the Visual Modflow model to analyze groundwater flow and solute migration. It predicts and analyzes the migration and diffusion of pollutants under typical pollutant leakage scenarios in the area where the site is located. The results indicate that the pollution halo formed by leaked pollutants during the simulation period has a smaller range, shorter migration distance, and is easy to control. In order to minimize the impact on the groundwater environment, it is necessary to carry out hardening and anti-seepage treatment on the ground of various groundwater pollution risk prevention and control units in the factory area, promptly investigate the situation of leakage, leakage to avoid groundwater pollution accidents.

[Key words] incineration; groundwater pollution; predictive analysis

1 基本概况

该危险废物焚烧处置中心场址位于浙江沿海城市,项目建设1条50t/d回转窑焚烧线,处理危险废物1.5万t/a(50t/d),对高盐废水采用“物化+DTRO+三效蒸发”预处理工艺,并结合“物化+生化”工艺进行进一步处理达纳管标准后排入市政污水管网。

2 地下水污染情形及污染源强设置

2.1 地下水污染风险情景分析

该项目地下水污染风险主要考虑的是非正常状况下的污水处理站防渗系统老化失效,污水处理站废水泄漏进入地下水系统,预测废水中污染物在含水层中的浓度变化、影响范围和超标情况。废水泄漏量按废水总量的1%,即1.5t/d。选取CODCr、氨氮和镉作为典型污染物进行模拟。根据项目废水源强分析,泄漏废水中CODCr浓度为2000mg/L,氨氮浓度为100mg/L,镉浓度为

1mg/L。考虑风险较大的长期泄漏, 泄漏发生100d后经检修发现破裂后修补, 污水不再渗入地下水, 模拟总时长为1000d。

2.2 污染物运移数学模型

根据评价范围内的地下水流实际情况和污染物运移规律, 通过数学模型来分析污染物进入区域含水层后在地下水中的迁移过程^[1-3]:

$$R\theta \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_j} (\theta v_j C) - WC$$

式中: R 迟滞系数为1; θ 为土壤孔隙率; C 为组分浓度 (mg/L); D_{ij} 为弥散系数 (m^2/d); v_j 为地下水速度分量; W 为水流的源汇项。

本次采用数值模拟方法对数学模型进行计算。在Visual Modflow软件建立的水流数值模型的基础上, 进行污染物迁移过程模拟分析, 叠加该软件中的MT3D模块进行^[4-6]。

3 区域水文地质参数确定

根据所在区域初勘报告, 参照《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016) 水及地质条件相类似的场地试验数据, 综合确定项目目标含水层的渗透系数、纵、横向弥散度等参数建议值见下表。

3.1 含水层有效孔隙度 (n)

根据区域勘察、试验资料, 模拟区东侧、西侧和北侧地下水含水层岩性以灰岩为主, 其有效孔隙度通过类比取0.05; 模拟区南侧地下水含水层岩性以黏土为主, 其有效孔隙度通过类比取0.2。

3.2 地下水渗透流速

通过类比, 模拟区东侧、西侧和北侧地下水含水层岩性以灰岩为主, 水力坡度 $I=1\%$; 根据水文地质勘查抽水试验, 含水层的渗透系数约为 $0.0012m/d$; 模拟区南侧地下水含水层岩性以黏土为主, 区水力坡度 $I=0.2\%$; 根据水文地质勘查抽水试验, 含水层的渗透系数约为 $0.05m/d$ 。

3.3 弥散参数

表3-1 地下水溶质运移渗透系数、弥散系数等参数建议值

参数名称	水平渗透系数	纵向弥散系数	横向弥散系数	平均水力坡度	有效孔隙度
	KY	DL	DT	I	n
	m/d	m^2/d	m^2/d	%	无量纲
灰岩	0.0012	0.05	0.005	1	0.05
黏土	0.05	0.05	0.005	0.2	0.2

根据宋树林在《地下水弥散系数的测定》一文中, 通过对青岛西小涧垃圾场含水层的纵向弥散系数的现场测定, 测得的弥散系数与中国内外纵向弥散系数经验值基本上是一致的, 说明数据的可靠性^[7]。本项目所在地潜水含水层以黏土为主, 其弥散性能实际低于经验值中细砂的数值, 本次预测取细砂级别低值,

即DL: $0.05m^2/d$; DT: $0.005m^2/d$ 。

4 场地地下水水流模型分析

4.1 模拟范围

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016), 综合考虑拟建项目周围的区域地形地貌特征、水文地质条件和周围的地下水环境敏感目标等因素, 结合水文地质勘探结果, 确定本次评价工作的范围, 如下图所示。

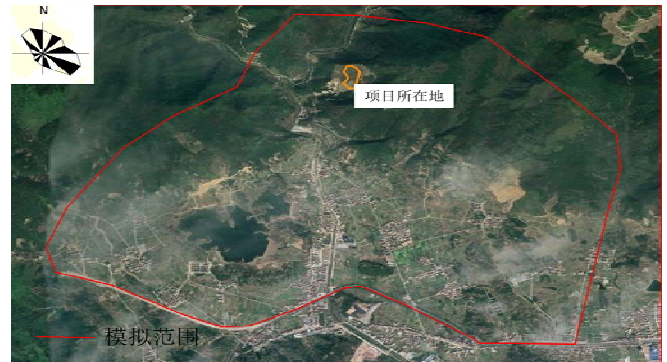


图4-1 场区模拟范围示意图

4.2 数值模型软件

本次模拟计算选择了Visual MODFLOW进行地下水流模拟, 并叠加该软件中的MT3D模块进行溶质运移模拟。

加拿大滑铁卢水文地质公司 (Waterloo Hydrogeologic Inc) 制作的Visual MODFLOW (1997) 软件是三维地下水流动和污染物运移模拟实际应用的最完整、易用的模拟环境。这个完整的集成软件将MODFLOW、MODPATH和MT3D同最直观强大的图形用户界面结合在一起。全新的菜单结构让你轻而易举地确定模拟区域大小和选择参数单位、以及方便地设置模型参数和边界条件、运行模型模拟 (MT3D、MODFLOW和MODPATH)、对模型进行校正以及用等值线或颜色填充将其结果可视化显示。在建立模型和显示结果的任何时候, 都可以用剖面图和平面图的形式将模型网格、输入参数和结果加以可视化显示。综上, VisualMODFLOW可以满足研究区地下水环境影响评价计算要求^[8-10]。

4.3 地下水流场

根据上述模拟得到研究区地下水地下水流场如下图所示。

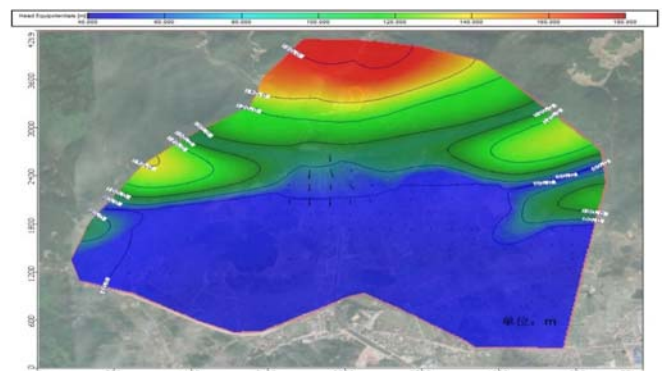


图4-2 场地地下水流场图

4.4 模型识别和验证

模型的识别与验证是确定模型中各个参数的过程。在给定水文地质参数和各均衡项条件下,运行模拟程序,得到了概化后的水文地质概念模型的地下水流场空间分布,通过对比同时期的水位观测数据,识别水文地质参数、边界值和其它均衡项,使建立的模型更加符合项目区的水文地质条件。

根据地下水均衡原理,地下水均衡区范围内,潜水补给总量TOTALIN与潜水总排泄量TOTAL OUT应当是均衡的,其均衡方程式为:

$$\text{TOTALIN}=\text{TOTAL OUT}$$

模型中TOTAL IN=232201000m³,TOTALOUT=232222700m³。其均衡差为21700m³,区域补给和排泄量基本平衡,水均衡计算见图4-3。综上所述,模型设置合理,模拟结果可信。

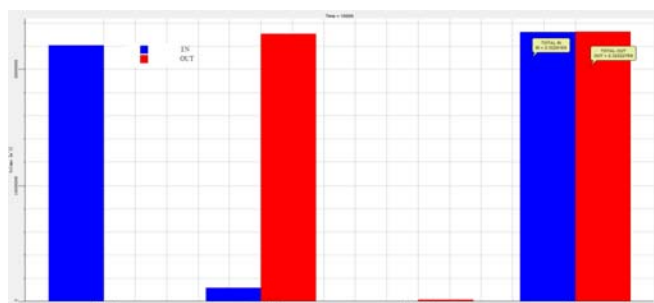


图4-3 水均衡计算

模型识别和验证结果表明,所建模型模拟的地下水流场与实际地下水流场一致性,模拟地下水的动态过程与实测的动态过程基本相似性,模拟的地下水均衡变化与实际均衡状态基本相符,有效地刻画了模拟区的水文地质特征。

因此,可以以该地下水水流模型为基础,将其计算的地下水流场应用于地下水溶质迁移模拟模块MT3D,对拟建项目主厂区不同情景下对当地地下水环境可能造成的污染范围和程度进行分析与评价。

5 地下水环境影响预测分析

5.1 CODCr在地下水中的迁移扩散

模拟非正常状况下,100d、1000d、后CODCr污染晕在地下水中的分布情况如图5-40。由图可见,0-100d内,污染物持续进入地下水中,100d时,泄漏停止,此时泄漏中心点污染物浓度达到最大浓度为100mg/L。随着时间的推移和水流运动,污染晕以泄漏点为中心,向四周扩散,1000d时,污染晕最大浓度为60mg/L。该区域水力坡度较小,含水层渗透性能较差,地下水流交互作用强度一般,污染晕沿着水流方向最大迁移距离约240m。

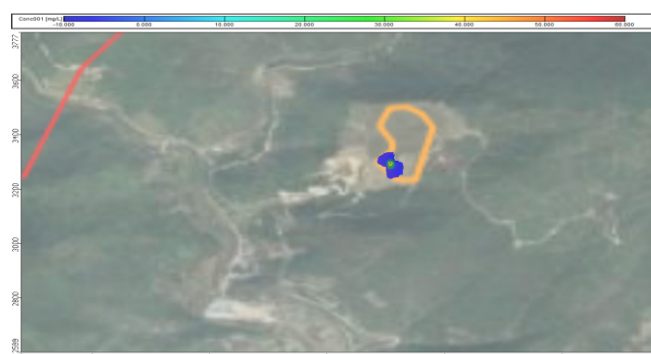
5.2 氨氮在地下水中的迁移扩散

模拟非正常状况下,100d、1000d后氨氮污染晕在地下水中的分布情况如图5-2。由图可见,0-100d内,污染物持续进入地下水中,100d时,泄漏停止,此时泄漏中心点污染物浓度达到最大浓度为5mg/L,超标面积约为290m²。随着时间的推移和水流运动,污染晕以泄漏点为中心,向四周扩散。到1000d时,污染晕最大浓度为3mg/L,超标面积约为340m²。该区域水力坡度较小,含水层

渗透性能较差,地下水流交互作用强度一般,污染晕沿着水流方向最大迁移距离约235m。

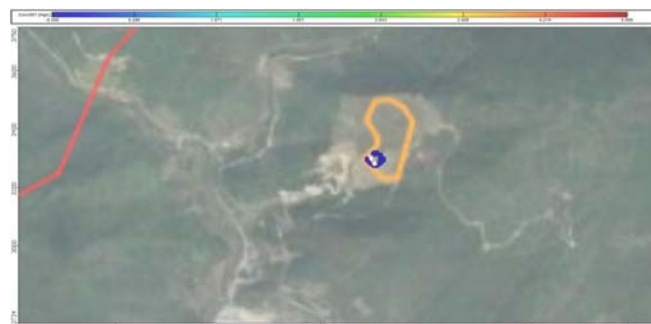


CODCr100d污染晕扩散情况

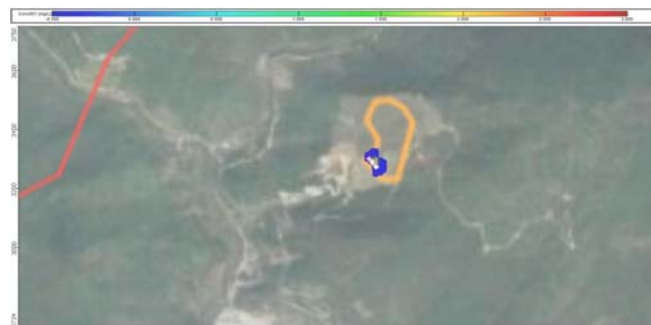


CODCr1000d污染晕扩散情况

图5-1 非正常状况下CODCr污染晕扩散图



氨氮100d污染晕扩散情况

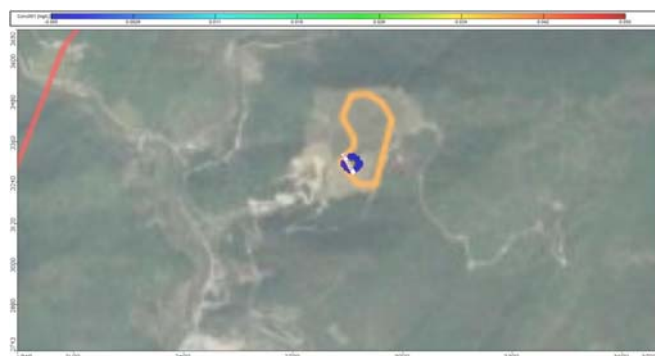


氨氮1000d污染晕扩散情况

图5-2 非正常状况下氨氮污染晕扩散图

5.3 镉在地下水中的迁移扩散

模拟非正常状况下,100d、1000d后镉污染晕在地下水中的分布情况如图5-3。由图可见,0-100d内,污染物持续进入地下水中,100d时,泄漏停止,此时泄漏中心点污染物浓度达到最大浓度为0.05mg/L,超标面积约为290m²。随着时间的推移和水流运动,污染晕以泄漏点为中心,向四周扩散。到1000d时,污染晕最大浓度为0.03mg/L,超标面积约为340m²。该区域水力坡度较小,含水层渗透性能较差,地下水水流交互作用强度一般,污染晕沿着水流方向最大迁移距离约235m。



镉100d污染晕扩散情况



镉1000d污染晕扩散情况

图5-3 非正常状况下镉污染晕扩散图

6 小结

非正常状况下,污水处理站废水泄漏进入地下水含水层,不考虑包气带的滞留作用、包气带和饱和带对污染物的消减作用、污染物的自然降解作用等。该地区渗透性较差,水力坡度较小,

地下水流交互作用一般。从污染泄漏发生到100d时泄漏停止,污染物全部进入地下水含水层,此时地下水中CODCr最大浓度值为100mg/L;氨氮最大浓度值为5mg/L,超标面积约为290m²;镉最大浓度值为0.05mg/L,超标面积约为290m²。此后污染物随着水流运动迅速迁移扩散,浓度逐渐变小。1000d时,地下水中CODCr最大浓度值为60mg/L,最大迁移距离为240m;氨氮最大浓度值为3mg/L,最大迁移距离为235m;镉最大浓度值为0.03mg/L,最大迁移距离为235m。结果表明,模拟期内泄漏污染物形成的污染晕范围较小,迁移距离较短,易于控制。为了较小地对地下水环境造成影响,需要做好厂区内各个地下水污染风险防控单元地面的硬化防渗处理,及时排查跑冒滴漏状况,避免发生地下水污染事故。

[参考文献]

- [1]刘飞.浅谈综合性危废处置与资源化工厂废气的焚烧协同处置[J].再生资源与循环经济,2022,(4):39-42.
- [2]闫媛媛,董志虎,郭建峰.危险废物焚烧处置废气污染物净化技术应用研究[J].科技风,2019,(20):134.
- [3]朱化军,涂勇,朱成.江苏省某工业园区危险废物处置中心工艺设计思路分析[J].污染防治技术,2014,(2):25-29.
- [4]狄军贞,殷志祥,刘建军.垃圾渗滤液变组分浓度污染物迁移耦合模型[J].地球与环境,2008,36(1):93-96.
- [5]马志飞,安达,姜永海,等.某危险废物填埋场地下水污染预测及控制模拟[J].环境科学,2012,33(1):64-70.
- [6]周瑞静,周磊,陈瑾,等.垃圾渗滤液在包气带及含水层中的联合运移模拟[J].城市地质,2016,11(1):16-20.
- [7]李建萍,李绪谦,王存政,等.垃圾填埋场对地下水污染的模拟研究[J].环境工程学报,2004,5(11):60-64.
- [8]许文峰.地下水渗流对污染物迁移的影响及其预测研究[J].工业用水与废水,2008,49(3):75-80.
- [9]李小玲,邓英尔,蔡尚俊.基于MoDFlow在地下水资源评价的应用现状和未来展望[J].地下水,2012,34(6):11-12.
- [10]金云龙,邱锦安,刘远锋,等.地下水污染物运移数值模拟研究及应用综述[J].地下水,2016,38(3):21-23.