

文章编号: 1005—8893 (2000) 01—0044—05

# 拟建窑河洼电厂灰场对地下水环境的影响评价<sup>\*</sup>

李定龙

(江苏石油化工学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 在对淮南市窑河洼区环境水文地质调研基础上, 对拟建窑河洼灰场及邻区的浅层地下水环境质量现状进行了模糊数学评价; 基于地下水水质模型, 以  $F^-$  作为模拟因子, 对地下水  $F^-$  浓度变化进行了数值模拟, 对其 5 a 后的污染范围和程度进行了预测评价。结果表明, 模型较为可靠、合理, 灰场建成后对场区及邻区地下水环境质量的短期影响不大, 这为灰场选址决策及灰场建设后可能引起地下水污染的范围和程度预测提供了科学依据。

关键词: 地下水环境; 现状评价; 影响评价; 模拟; 电厂灰场

中图分类号: P 641 文献标识码: A

淮南市洛河发电厂近期均将进行 II 期扩建和改建工程。原有的两电厂排灰(粉煤灰)场(上窑灰场)库容已不能满足改、扩建后两电厂排灰的时空要求。新灰场的选址决策急待考虑。窑河洼灰场即是重点考虑建设的新灰场场址之一。

两灰场冲灰水水质检测表明, 冲灰水中含有一

定的有毒有害成分(表 1)。显然, 新灰场的建设与运行必将对周围环境产生一定影响, 超前地对这一影响进行评价, 是上级部门对灰场选址决策的重要科学依据之一。本文在对窑河洼区环境水文地质条件调研基础上, 着重就新灰场建设可能对地下水环境产生的影响进行了预测评价。

表 1 淮南市洛河发电厂冲灰水水质特征

成分	$F^-$	$Cl^-$	$S^{2-}$	$Fe^{3+}$	Hg	Cr	Zn	Pb	Cu	Cd	As	COD
含量	1.23	0.001	0.025	0.050	0.000	0.25	0.002	0.009	0.003	0.001	0.019	9.21

## 1 拟建窑河洼灰场的环境背景

窑河洼区位于窑河中下游, 大水域称高塘湖, 属淮河水系, 是三县一市的交界带(图 1)。

见图 1, 拟建的窑河洼灰场南起洛河弯地, 东北止高塘湖围坝, 西靠淮—蚌公路。在 210 m 高程线下, 占用水面与耕地面积 4.18 km<sup>2</sup>, 其中陆地面积约 1.83 km<sup>2</sup>, 影响 100 多个自然村约 1 万人口。

洼区地形平坦, 地面标高一般在 (+16.0—

25.0) m, 总趋势为西高东低, 其微地貌表现为岗地与洼地相间起伏, 浅层地下水在某些低落洼处渗出形成局部沼泽。土壤湿度大。

灰场兴建对地下水环境的影响主要是窑河中下游的孔隙承压含水层和浅部微承压孔隙潜水含水层。前者岩性主要为细中粗砂, 埋深大于 30 m; 后者岩性为粘土质砂和中、细、粉砂, 间夹粘土、亚粘土, 水位埋深 (0.25—1.0) m。浅层地下水总体流向窑河, 水动力弱, 大气降水、地表水是其 主要补给来源。研究表明, 研究区地下水水量较丰, 水质较好<sup>[1]</sup>, 是附近居民的主要生活饮用水

<sup>\*</sup> 收稿日期: 1999—09—28

作者简介: 李定龙 (1963—), 男, 安徽全椒人, 博士, 副教授, 现主要从事给排水工程及环境保护等教学与科研工作。  
©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

源，也是地下水环境影响评价的主要对象。

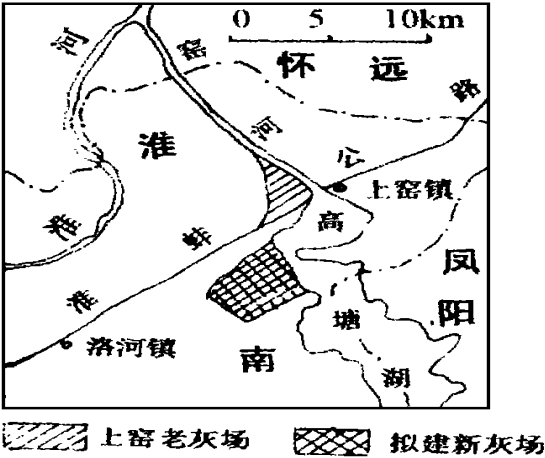


图1 研究区位置图

2 地下水水环境质量现状评价

采用模糊集理论方法对区内所取的7个地下水样的质量状况进行评价。评价中选取了酚、氟、COD、三氮等与地下水污染关系较为密切的八项指标作为评价因子（检测数据见表2）；以区域地下水浓度背景值作为优质水，以国家饮用水标准作为中等质量水，将地下水水质分为五个级别；权重系数选取采用国家饮用水标准与主观分析相结合的方法<sup>[1]</sup>。评价结果见表3。

表2 窑河洼区地下水水质特征

样号	酚	氰	氟	COD	三氮	氯	硬度	矿化度
3	0.002 5	0.002 0	0.33	1.28	0.02	141.39	28.17	618.62
4	0.010 0	0.002 0	0.33	1.36	0.02	163.44	24.22	752.46
5	0.002 0	0.002 0	0.32	1.02	0.01	109.56	30.83	519.86
25	0	0.001 0	0.19	1.59	15.55	728.52	49.52	1 845.0
23	0	0.001 3	0.35	2.22	3.54	18.86	9.50	414.40
24	0	0.000 5	0.21	0.03	6.43	144.56	17.66	793.60
17	0.005 0	0.350 0	0.32	9.59	93.79	13.04	16.53	497.20

说明：除硬度单位为德国度外，其它成分单位均为 mg/L。

表3 模糊综合评判结果

点号	A O R					水质级别
3	0.188 0	0.188 0	0.328 2	0.167 0	0	III
4	0.109 1	0.109 1	0.164 4	0	0.561 4	V
5	0.199 6	0.137 8	0.381 8	0.233 0	0	III
25	0.081	0.081	0.190	0.381	0.027	IV
23	0.380	0.391	0.162	0	0	II
24	0.272	0.361	0.350	0	0	II
17	0.382	0.591	0	0	0	II

评价结果表明（表3、图2），灰场地下水多为II、II级水，水质较好，符合国家饮水标准。但在灰场区西北面，沿淮—蚌公路一线（靠老冲灰沟）以及西南面（靠洛河开发区）的水质较差，达IV、V级。总体看，灰场东南面水质普遍比西北面好，这与区内的工农业布局具有一定关系<sup>[2 3]</sup>。

3 浅层地下水水环境质量影响评价

3.1 定性评价

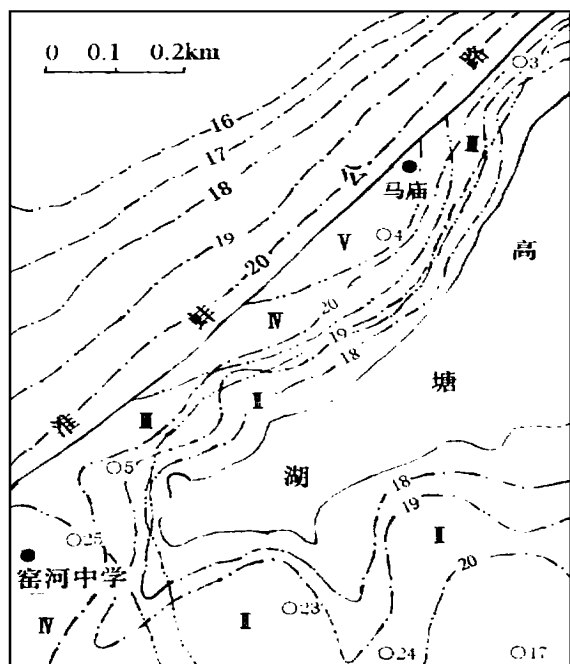
3.1.1 影响因素分析

灰场污染源形成后，对地下水水环境质量的影

响主要决定于以下两方面因素。

（1）包气带的防护自净能力 包气带的防护自净能力与其厚度、岩性、渗透性能有关。包气带厚度越大，组成颗粒越细，降水入渗系数越小，对污染物的防护自净性能就越好；反之就越差。据钻孔资料，灰场区自东南（窑河边缘）向西北（淮—蚌公路）包气带厚度渐厚（1.0 m—2.5 m），其间低洼处厚度较薄（0.3 m—1.0 m），岩性以粘土、亚粘土为主，铁、镁质结核发育。自窑河边缘向西南及南部包气带渐厚（0.3 m—3.0 m），岩性以亚粘土为主，铁、镁质结核欠发育；表土层降水入渗系数较小，约 $1.0\times 10^{-7}$  cm/s。上述表明，灰场区包

气带防护自净能力较好, 其中南及西南面要好于西北面。



— · — 19 — · — 样点及编号  
水位等值线 水质分级界线

图 2 地下水等水位线图(1992.02.14)

(2) 水动力条件 由图 2 可见, 灰场区浅层地下水运动方向均指向窑河, 水力梯度 1/1 000 左右, 水动力交替甚弱。灰场南及西南面由于地势迭荡, 地下水运动方向受地形控制局部有所改变, 水力梯度稍大。但灰场运行后, 由于洼区首先堆灰增厚将使其周围的地下水水位抬升, 水力梯度将逐渐与灰场西北面趋于一致, 水动力进一步减弱, 不利于污染物的迁移扩散。

### 3.1.2 影响评价

(1) 灰场区 该区堆灰后, 灰水将通过包气带向下入渗迁移; 同时, 灰水中有害成分也会在雨水淋滤作用下下渗。由于垂向入渗系数小, 渗透速度很慢, 加之包气带具有较好的自净能力。因此短期内对地下水污染不会有较大影响。但该区长期滞存灰水, 土壤的环境容量将逐渐减小, 地下水污染会逐渐加重。

(2) 灰场西北面 受控于地下水动力条件, 灰场区受污染的地下水很难向该区迁移, 只有速度较慢、范围较小的弥、扩散影响。由于目前该区浅层地下水污染较重, 并有向下迁移扩散的趋势, 因此随灰场运行, 该区某些部位地下水会产生“叠加”污染的可能。

(3) 灰场南及西南面 受控于地下水动力条件, 灰场区污染的地下水可能会在局部地带产生迁移, 但影响范围不大; 污染物的弥、扩散作用较西北面要弱, 加之该区目前水质良好, 故灰场运行后, 对该区浅层地下水水质影响不大。

(4) 深层承压水 钻孔资料显示, 区内承压水(埋深大于 30 m)与浅层地下水间有一厚度较大(10 m 左右)且分布稳定的隔水层。因此, 灰场运行后, 正常条件下不会对其水质产生影响, 但值得注意的是, 灰场西南面(洛河开发区)人工超量开采深层承压水, 局部已形成了一定范围的降落漏斗, 从而使得深、浅含水层间的水力联系(越流)增强; 同时, 局部可存在厚度较薄的隔水层甚至“天窗”。因此, 一旦降落漏斗波及灰场区, 不仅会导致该区浅层地下水的污染, 而且也将影响承压水水质。

(5) 灰场运行后, 由于堆灰, 改变了灰场区的地形地貌, 从而影响和改变灰场区及其周围的浅层地下水水文地质条件: 灰场区浅层地下水由无压转为承压状态, 水压升高; 同时, 也使得周围浅层地下水水位抬升。其结果可导致: ①灰场区地下水由开启的氧化环境向半封闭的还原环境转变, 土壤氧化还原电位降低, 促进高价离子(如  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cr}^{6+}$ )向下迁移; ②灰场区周围地下水水位上升, 埋深变浅, 导致地下水蒸发浓缩作用增强, 矿化度增加, 水质变差; 同时, 对周边生态系统也会有一定影响。

### 3.2 预测评价

根据灰场区域水文地质条件, 按河谷潜水概念模型, 建立了水质数学模型如下:

$$\begin{cases} \frac{\mu \partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{kM \partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{kM \partial h}{\partial y} \right) - W(x, y, t) & t > 0, (x, y) \in G \\ h(x, y, 0) = h_0(x, y) & x, y \in G \\ h(x, y, t) |_{p_1} = h_1(x, y, t) & t > 0 \\ hM \left[ \frac{\partial h}{\partial \eta} \right] |_{p_2} = q(x, y, t) & t > 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{\partial(MC)}{\partial t}=D_{xx}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{M\partial C}{\partial x}\right)+D_{yy}\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{M\partial C}{\partial y}\right)-V_x\frac{\partial}{\partial x}(MC)-V_y\frac{\partial}{\partial y}(MC)-\frac{WC'}{n} & t>0,(x,y)\in G \\ C(x,y,0)=C_0(x,y,t) & x,y\in G \\ C(\pm\infty,y,t)=0,C(x,\pm\infty,t)=0 & t>0 \\ C(x,y,t)|_{p_1}=C_1,C(x,y,t)|_{p_2}=C_2 & t>0,(x,y)\in G \\ \int_{-\infty}^{+\infty}nCdx dy=C'W \end{cases}$$

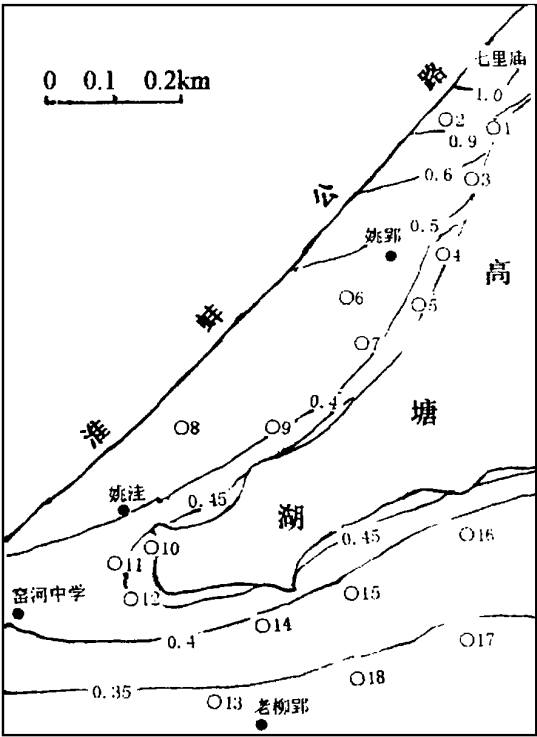
式中： $\mu$  为给水度； $h$  为水头； $h_0$  初始水头； $k$  为渗透系数； $M$  含水层厚度； $W$  单位入渗量； $q$  为  $p_2$  边界上单位侧向径流量； $\eta$  为  $p_2$  边界处法线方向单位向量； $n$  为有效孔隙度； $V_x$ 、 $V_y$  分别为  $x$ 、 $y$  方向上的渗透速度； $C'$  为入渗的污染物浓度； $D_{xx}$ 、 $D_{yy}$  分别为纵、横向上水动力弥散系数； $C_0$  为初始浓度； $C_1$ 、 $C_2$  分别为边界  $p_1$  和  $p_2$  上的浓度； $C$  为污染浓度。这是一个二维水动力弥散的水质模型。计算中视  $M$  为常数。水动力弥散系数采用大区域水质评价中的研究成果<sup>①</sup>：横向取  $D_{xx}=0.286\text{ cm}^2/\text{d}$ ， $\partial_{xx}=7.47\text{ cm}$ ； $D_{yy}=0.099\text{ cm}^2/\text{d}$ ， $\partial_{yy}=2.60\text{ cm}$ 。根据目前灰场区域地下水水质状况，选择  $F^-$  为污染因子；按 24 个节点，将研究区  $G$  分割为 60 个三角形单元，采用有限元法对灰场运行 1 年和 5 年后的  $F^-$  离子浓度变化进行了预测。结果见表 4、图 3。可以看出：一新灰场起用后，地下水  $F^-$  浓度总体会有一定程度增高，但增量有限，5 年内不会出现大于  $1\text{ mg/L}$  的情况；二灰场运行对浅层地下水环境的影响主要在灰场西北面，短期内影响较小，这与定性分析的结果是一致的。

表 4 灰场运行 1 a 和 5 a 后部分节点（原取样点）  
 $F^-$  浓度（mg/L）预测

样点号	初始浓度	1 a 后	5 a 后
3	0.33	0.58	0.91
4	0.33	0.55	0.67
5	0.31	0.36	0.41
25	0.19	0.30	0.34
23	0.35	0.35	0.41
24	0.21	0.31	0.33
17	0.32	0.32	0.34

4 结 语

定性和定量分析的结果表明，拟建的新灰场运行后，对周围地下水水环境将会产生一定程度的影



—— 19 —— ○ 12  
 $F^-$  浓度等值线 节点及编号

图 3 预测的  $F^-$  浓度等值线图（5 a 后）

响。其中对灰场西北部影响较大。从拟建新灰场西北面的上窑老灰场（地势高于新灰场）运行至今（约 20 年）对周围浅层地下水的影响范围不超过  $1\text{ km}^2$  看，新灰场运行后对周围浅层地下水环境的影响程度和范围是有限的。预测表明，从长远考虑，这种影响仍是不能忽视的。由于周边多为居民区和地下水污染治理的困难性，因此，若灰场建设运行，有关部门应重视以下两方面工作：一加强灰场区周围浅层地下水水质定期监测工作，一旦发现超标物，应立即采取相应措施；二由于水动力增强有利于污染物的迁移扩散，故对西南面的浅层地下水及承压水开采应合理规划，开采量应从严控

①陈兆炎, 桂和荣, 李定龙, 等. 淮南市区浅层地下水环境质量评价及开发利用研究. 科研报告, 1992.  
②淮河水资源保护科学研究所, 淮南矿业学院, 淮南市环境科学学会. 淮南洛河发电厂窑河洼灰场环境影响分析. 科研报告, 1993.

制, 避免形成大范围的降落漏斗。

### 参 考 文 献

〔1〕 李定龙, 陈兆炎, 许多顶, 等. 淮南市浅层地下水污染现状评

价〔J〕. 中国煤田地质, 1993, 5 (2): 45—51.

〔2〕 李定龙, 陈兆炎, 许多顶, 等. 淮南市浅层地下水水污染机制  
浅析〔J〕. 中国煤田地质, 1992, 4 (4): 54—61.

〔3〕 李定龙, 李新安. 淮南市水资源开发利用与保护〔J〕. 安徽  
地质, 1994, 4 (3): 55—61.

## Impacts Assessment of Construction of Waste Ash Pond on Groundwater Environment in You River Hollow

LI Ding—long

(Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** Based on the research of environment hydrogeology and model for groundwater pollution, fuzzy assessment of near groundwater environmental quality in You river hollow and nearby area of Huinan city was carried out, and selecting  $F^-$  as the simulating factor, the variations of  $F^-$  concentration and its polluted area and degree in 5 a were simulated and predicted. The results showed that the model is reliable, reasonable. Impacts of construction of waste ash pond on groundwater environment would be weak in ash pond and nearby area. It provides scientific data for the siting of ash pond and predicting the polluted area and pollution degree caused by the waste ash pond.

**Key words:** groundwater environment; assessment; impact assessment; simulate; waste ash pond