

文章编号: 1009 - 0258 (2000) 03 - 0030 - 06

山东铝业公司第二赤泥堆场 地下水环境影响评价*

刘国爱¹, 郝建军²

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 2. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要: 山东铝业公司拟建第二赤泥堆场于母猪山石灰石采空区。该堆场运行后将对下游地下水造成污染, pH 值将达到 11.3。为此, 拟采用赤泥、石灰配比为 1:9 的抗渗垫层进行防渗。根据水流运移特征及防渗材料特征, 评价满足堆场使用 20 年的最佳垫层厚度为 1.0m。

关键词: 赤泥堆场; 地下水污染; 防渗措施; 山东淄博

中图分类号: X703.1; X523

文献标识码: A

山东铝业公司位于山东省淄博市张店区, 于 1954 年投产, 年产氧化铝 40 余万吨。年排放赤泥 50 ~ 80 万吨, 年运堆场赤泥 33.4 万吨。第一赤泥堆场已高达 70m, 且出现裂缝和塌陷, 不宜再用。为此, 山东铝业公司拟建第二赤泥堆场, 场地选在一废弃的石灰石采空区。因赤泥水的 pH 值高达 12, 为防止该堆场建成后对下游地下水产生污染, 山东省地矿工程勘察院对第二赤泥堆场地进行了地下水环境影响评价, 并提出了最佳防渗方案。

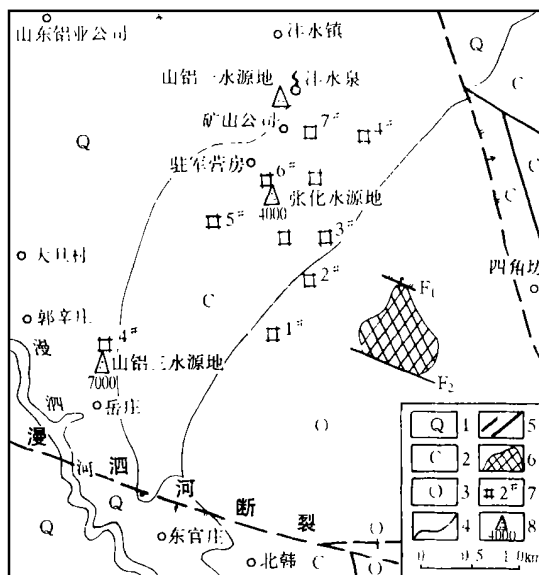


图 1 山东铝业公司第二赤泥堆场地质略图

Fig. 1 Geological sketch of No. 2 red - mud - heap field of Shandong Aluminum Corporation
1—第四系; 2—石炭系; 3—奥陶系; 4—地质界线; 5—断层;
6—拟建堆场; 7—水井位置及编号; 8—水源地及开采量

1 评价区概况

拟建第二赤泥堆场位于淄博市张店区东南约 8km 处的母猪山

* 收稿日期: 1999 - 11 - 12; 修订日期: 2000 - 08 - 15; 编辑: 孟舜平

作者简介: 刘国爱 (1959 -), 女, 山东文登市人, 高级工程师, 主要从事水文地质工作。

石灰石采空区(图 1),属于沔水-岳店水文地质单元。该单元东、南边缘分别以四角方和漫泗河断裂为界;西及西北部分布有稳定且厚度较大的煤系地层。区内东南部为丘陵地带,基岩大部分裸露,第四系仅零星分布;西及西北部为山前平原,第四系颇为发育。主要含水层为奥陶系泥质白云质灰岩、泥灰岩、灰岩,其渗透系数为 $74 \sim 133 \text{ m/d}$,水化学类型为 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+} \text{ Mg}^{2+}$ 和 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} \text{ Mg}^{2+}$ 型,pH 值为 $7 \pm$,区内多年平均降水量为 611.7 mm (1952~1992),地下水总体流向为 ES—WN。

2 地下水环境质量现状监测与评价

2.1 地下水环境质量现状监测

赤泥的透水系数常见值 K 为 $1.52 \times 10^{-6} \sim 3.9 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$;赤泥滤水水质:pH 值 12,总硬度 3610 mg/L , Al^{3+} 63 mg/L , OH^- 1010 mg/L 。预计第二赤泥堆场排(渗)出的最大污水量为 $501000 \text{ m}^3/\text{a}$ 。考虑以上诸因素及水流方向等,根据《城市环境水文地质工作规范》(DZ55-87)的要求,布置的具体监测点为 1# 运输井、2# 沔水养鸡场井、3# 沔水水泥厂井、4# 三水源井、5# 田家镁厂井、6# 张化水源井及 7# 寨子水源井。

根据工程特征及主管部门要求,确定监测项目为 pH 值、总硬度、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、氟化物、氨氮、硝氮、细菌总数及大肠菌群等 10 项。同步测量井深、水位;地下水监测按枯、丰水期分别进行,每期监测 3 天,每天采样一次;监测分析按《城市环境水文地质工作规范》(DZ55-87)及《水和废水监测分析方法》执行,监测结果见表 1。

表 1 评价区地下水质量监测结果

Table 1 Monitoring result of the underground water quality in appraisalment area

项目	枯水期			丰水期		
	均值	范围	超标井	均值	范围	超标井
PH 值	7.83	7.58~8.02	无	7.87	7.49~8.23	无
总硬度(mg/L)	493	332~645	6#,7#	587	405~1132	6#,7#
SO_4^{2-} (mg/L)	371	183~622	1#,5#,6#,7#	382	163~1010	6#,7#
Cl^- (mg/L)	41.3	25.9~76.2	无	43.7	17.1~116.1	无
F^- (mg/L)	1.50	0.74~2.12	6#	1.38	0.70~2.31	6#
NO_3^- (mg/L)	5.24	0.65~10.70	无	6.06	1.12~14.80	无
高锰酸盐指数 (mg/L)	0.89	0.52~1.40	无	0.46	0.39~0.56	无
细菌总数(个/mL)	122	33~550	无	144	75~490	无
大肠菌群	除 2# 井为 45 个/L 外,其它无超标			除 2# 井为 26 个/L 外,其它无超标		

2.2 地下水环境质量现状评价

(1) 评价因子:根据拟建堆场地下水监测结果及工程排放污染物特征,确定 pH 值、总硬度、硫酸盐、氯化物、氟化物、氨氮、硝氮、高锰酸盐指数、细菌总数、大肠菌群等 10 项

为评价因子。

(2) 评价标准:淄博市环保局要求监测区地下水执行《地下水质量标准》(GB/T14848 - 93)中的 Ⅲ类标准。

(3) 评价方法:单项水质参数的评价统一采用标准指数式,根据《城市环境水文地质工作规范》(DZ55 - 87),评价模式为:

$$S = C_1 / C_2$$

式中:S—单项水质的参数;

C_1 —污染物的浓度(mg/L);

C_2 —地下水水质标准(mg/L)。

(4) 评价结果:采用以上模式计算各监测井点各类污染物的标准指数,如果指数小于1,表明该污染物浓度符合评价标准;如果指数大于1,则表明该污染物浓度已不符合评价标准,且指数值越大,其污染程度也越重。评价结果见表2、3。

表2 枯水期地下水现状评价结果(1996)

Table 2 Current situation appraisal result of underground water in dry season (1996)

项目	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	合计	指数比(%)	位次
pH值	0.44	0.51	0.38	0.40	0.46	0.29	0.40	2.88	11.2	4
总硬度(mg/L)	0.97	0.64	0.60	0.82	0.94	1.17	1.11	6.25	24.3	2
硫酸盐(mg/L)	1.13	0.68	0.52	0.70	1.11	1.49	1.78	7.41	28.8	1
氯化物(mg/L)	0.11	0.08	0.08	0.07	0.11	0.16	0.22	0.83	3.2	7
氟化物(mg/L)	0.97	0.37	0.47	0.72	0.99	1.06	0.68	5.26	20.4	3
氨氮(mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
硝氮(mg/L)	0.02	0.36	0.30	0.10	0.03	0.10	0.30	0.21	4.7	5
高锰酸盐指数(mg/L)	0.07	0.14	0.05	0.08	0.08	0.08	0.12	0.62	2.4	8
细菌总数(mg/L)	0.06	0.55	0.05	0.04	0.06	0.06	0.03	0.85	3.3	6
大肠菌群(个/L)	0	0.45	0	0	0	0	0	0.45	1.7	9
合计	3.77	3.78	2.45	2.93	3.78	4.41	4.64	25.7	100	—
指数比(%)	14.6	14.7	9.5	11.4	14.7	17.1	18.0	—	—	—
位次	5	3	7	6	3	2	1	—	—	—

由表2、3可以看出:6#、7#井点枯、丰水期的总硬度,1#、5#、6#、7#井点枯水期和6#、7#井点丰水期的硫酸盐,以及6#井点枯、丰水期的氟化物这三项标准指数均大于1,它们已超出《地下水质量标准》(GB/T14848 - 93)的Ⅲ级标准,其他指数尚未超标。

从各污染物标准指数比来看,枯、丰水期均以硫酸盐最大,分别为28.8%、28.5%;其次是总硬度,枯、丰水期分别为24.3%、27.8%;第三位是氟化物,枯、丰水期分别为20.4%、18.0%。这三项是该区地下水的主要污染物,其总指数分别占枯、丰水期的73.5%和74.3%。

表 3 丰水期地下水现状评价结果(1996)

Table 3 Current situation appraisal result of underground water in rain season (1996)

项目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	合计	指数比(%)	位次
pH 值	0.62	0.38	0.52	0.32	0.57	0.39	0.24	3.04	11.3	4
总硬度(mg/L)	0.9	0.78	0.74	0.79	0.95	1.24	2.06	7.46	27.8	2
硫酸盐(mg/L)	0.81	0.46	0.50	0.53	0.99	1.47	2.89	7.65	28.5	1
氯化物(mg/L)	0.08	0.07	0.08	0.05	0.10	0.16	0.33	0.87	3.2	7
氟化物(mg/L)	0.58	0.35	0.48	0.35	0.95	1.16	0.95	4.82	18.0	3
氨氮(mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
硝氮(mg/L)	0.14	0.49	0.36	0.12	0.04	0.12	0.14	1.41	5.2	5
高锰酸盐指数 (mg/L)	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.33	1.2	8
细菌总数(个/mL)	0.09	0.49	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	1.01	3.8	6
大肠菌群(个/L)	0	0.26	0	0	0	0	0	0.26	1.0	9
合计	3.26	3.33	2.82	2.30	3.74	4.66	6.74	26.85	100	—
指数比(%)	12.1	12.4	10.5	8.6	13.9	17.4	25.1	—	—	—
位次	5	4	6	7	3	2	1	—	—	—

从各监测井点标准指数比来看,枯、丰水期均以 7[#] 井点最大,分别为 18.0% 和 25.1%;其次是 6[#] 井点,枯、丰水期的标准指数比分别为 17.1% 和 17.4%。标准指数比最小的点枯水期是 3[#] 井点,指数比为 9.5%,丰水期是 4[#] 井点,指数比为 8.6%。

由此看来,区内地下水有硫酸盐、总硬度、氯化物三项评价因子出现超标。

3 地下水环境影响预测

3.1 预测模式的选择

拟建堆场灰岩裸露,岩溶裂隙发育,在不采取任何防渗措施的情况下,渗透系数为 0.0091~4.277m/d,考虑拟建堆场的诸多不利因素,选择在渗透性最强的情况下进行预测。

根据《城市环境水文地质工作规范》(DZ55-87),采用以下混合模式进行地下水环境影响预测:

$$C_{\max} = C_e + Q_{\text{污}}(C_{\text{污}} - C_e)/Q \quad (1)$$

式中: C_{\max} —污水渗进后,地下水中污染物最大浓度(mg/L);

C_e —地下水中污染物天然浓度(mg/L);

$C_{\text{污}}$ —渗入污水浓度(mg/L);

$Q_{\text{污}}$ —可能进入水源的最大污水量(m^3/d);

Q —水源地开采量(m^3/d)。

3.2 预测结果

根据公式(1)预测污水渗入后,地下水中污染物最大浓度为:

$$[\text{OH}^-] = 37.7 \text{ mg/L}, \text{pH} = 11.3。$$

由上可以看出,若不采取防渗措施,第二赤泥堆场投入运行后,该区地下水pH值将达到11.3,超出《地下水质量标准》(GB/T 14848-93)中的一级标准,势必严重地污染该区地下水。

4 污染控制措施的可行性论证

评价区内地下水目前已有硫酸盐、总硬度、氟化物等三项指标超标,赤泥滤水在进入地下水体的过程中,除将本身污染物带入外,还将通过溶滤作用将大量的 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 等离子带入地下水体,造成更严重的污染;赤泥滤水呈强碱性,长期通过防渗层,有可能出现“通透”现象,使防渗措施失效。因此,第二赤泥堆场应采取严格防渗措施,以阻隔赤泥滤水进入地下水体。

根据山东铝业公司设计院提供的设计资料,拟建第二赤泥堆场底部将采用赤泥、石灰按1:9最佳抗渗配比作为垫层,厚度0.6~1.0m,其渗透系数为 $1.55 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$,堆积时间20年,分析如下:

设赤泥堆底部防渗垫层为水平,稀碱液为连续水流,垂直向下运动,则水力坡度取1.0,那么稀碱液运动满足地下水运动达西定律^[1]:

$$Q = K_1 I$$

式中:Q—稀碱液渗漏量(m^3/d);

—拟建赤泥堆场底面面积(m^2);

I—水力坡度;

K_1 —拟建赤泥堆场渗透系数(m/d)。

设稀碱液穿过垫层的时间为 t_1 (a),那么:

$$t_1 = L_1 / (K_1 I \times 365)$$

式中: L_1 —垫层厚度(m)。

据上公式,计算稀碱液穿过0.6,0.7,0.8,0.9,1.0m的时间分别为12.3,14.3,16.4,18.4,20.5a。

稀碱液穿过防渗层到达底部与基岩面接触后,继续向下(或顺层)运动,运动介质即为泥灰岩、白云质泥质灰岩。在拟建堆场内作的压、注水试验,得到该段地层的渗透系数为0.0091~4.277 m/d ,考虑岩溶发育的不均匀性,选择较大值 $K=4.277\text{m}/\text{d}$ 作为垫层下部地层的渗透系数,则稀碱液由垫层底面到地下水面运动的时间 t_2 为:

$$t_2 = L_2 / K_2 I$$

式中: L_2 —垫层底面到地下水面之距离;

K_2 —灰岩介质渗透系数(m/d)。

计算得枯、丰水期稀碱液由垫层底面到地下水面运动的时间分别为25天和19天。

稀碱液与地下水发生混合后,沿地下水纵、横方向弥散污染地下水,弥散情况分析

如下:

(1) 利用省地矿工程勘察院 1987~1989 年在济南东、西郊岩溶区作的多孔弥散试验所取得的岩溶水实际平均流速为 17.184~7.44m/d 的数据资料,计算稀碱液到达地下水面后运移到下游开采井的时间:到达沭水水泥厂井、储矿井、三水源地、一水源地、张化水源地分别为 64~148,76~174,151~349,137~315,101~235d。

(2) 利用省地矿工程勘察院与地矿部岩溶地质研究所 1989 年联合在济南泉域西部所作的岩溶水水力联系示踪试验数据:奥灰地下水流速 88~489m/d,计算堆场稀碱液到达地下水面后运移到下游的沭水水泥厂井、储矿井、三水源地、一水源地、张化水源地的时间分别为 2.5~12.5,3~15,6~30,5~27,4~20d。

由此看来,稀碱液到达地下水面后,弥散运移的速度较快,其影响水源地的时间在几天到一年,稀碱液由垫层底面到达地下水面的时间不足一个月,稀碱液穿透 0.6,0.7,0.8,0.9,1.0m 厚防渗层的时间分别为 12.3,14.3,16.4,18.4,20.5a。累计稀碱液穿过上述不同厚度防渗层,到达地下水面污染下游开采井水的时间分别为 13.4,15.4,17.5,19.5,22a。故堆场使用 20 年,只有采用厚 1.0m 的防渗垫层,赤泥中稀碱液才不会进入含水层而对下游开采井产生污染。

5 几点建议

(1) 根据地下水评价结果,山东铝业公司拟建第二赤泥堆场必须采用防渗措施,阻隔赤泥滤水进入地下水体。采用渗透系数为 1.55×10^{-7} cm/s 的防渗层,其厚度应不小于 1.0m,才能满足堆场使用 20 年的要求。

(2) 堆场周边为奥陶系纯灰岩,裂隙岩溶发育,也是下游水源地主要含水层,因此建议在堆场西北面,即地下水流向的迎水面,设计一定高度和厚度的迎水墙,以防稀碱液的入渗。

(3) 赤泥堆的回水应全部返回厂内作冲泥循环使用,不得外排。对服务期满后的堆场须采取表面、侧面覆盖等措施,以防止服务期满后由于大气降水等造成的污染。

(4) 进一步研究赤泥综合利用的可能性,增大赤泥综合利用率。

(5) 在堆场下游布置地下水动态监测点,定期对堆场下游地下水水质进行监测。

参考文献:

[1] 杨天行,等. 地下水流向井的非稳定运动的原理及计算方法[M]. 北京:地质出版社,1980.

(下转第 52 页)

Parameter Selection of Controlled Seismic Source And The Application in Coal Field Exploration

WEI Xue - zhong ,SUN Wei - dong

(*Geophysical Survey Brigade of Shandong Coal Field Exploration Bureau , Shandong ,
Taian 271021 , China*)

Abstract : It has been introduced how to select the parameters of scanning length and numbers of controlled seismic source , vibration period and scanning bandwidth in this paper. The effective method to enhance the datum reliability (the ratio of information to noise) of the controlled seismic sources has been stated as adopting the combination of several sets of controlled seismic source , extending scanning period , and applying to some technologies related and this is also a key for the controlled seismic source to make success.

Key words : Controlled seismic source ; Coal field exploration ; Parameter selection ; Seismic exploration

(上接第 35 页)

Appraisalment of No.2 Red - Mud - Heap Field Effect on Underground Water Environment

LIU Guo - ai ,HAO Jian - jun

(1. *Shandong Geologic - Engineering Institute , Shandong , Jinan 250014 , China*; 2. *No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources , Shandong , Jinan 250014 , China*)

Abstract : Shandong Aluminum Corporation is going to construct a red - mud - heap field which just located at a limestone mining - up pit in muzhushan mountain. If there were not seepage prevention measures to be taken , the field 's operation would contaminate the downstream underground water bodies , which can result in the water PH - value rising to 11.3. Therefore the padding layer for seepage - prevention has been suggested to be used , which is composed of red - mud and quick lime with a ratio of 1 to 9. According to the characteristic of water flow motion and seepage - prevention materials used , the best thickness of the layer to meet twenty - year - operation is one meter.

Key words : Red - mud - heap ; Underground water contamination ; Seepage - prevention measures ; zibo in Shandong