

某碱渣堆放场对岩溶地下水的影响分析

袁霄梅¹, 张华¹, 刘小敏², 熊飞¹

(1 洛阳理工学院材料科学与工程系, 河南 洛阳 471023;

2 河南省地质矿产勘查开发局第一地质调查队, 河南 洛阳 471023)

摘要: 结合某碱渣堆放场的水文地质状况, 通过模拟试验, 探讨了碱渣堆放场对岩溶地下水的影响。结果表明, 碱渣场在冲灰水和大气降水的浸泡、淋滤作用下, 其中的氯化物和钙镁盐类大量析出并随碱渣废液一起下渗, 石灰岩碎石对氯化物有一定的吸附作用, 但能力微弱。据试验数据分析认为, 该渣场是焦作市北中部岩溶地下水中氯化物浓度和总硬度持续升高的主要原因。

关键词: 碱渣; 氯化物; 岩溶地下水; 模拟试验

中图分类号: X523 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2010)04-0036-04

Influence of Alkaline Residue Site on Carst Groundwater

YUAN Xiaomei¹, ZHANG Hua¹, LIU Xiaomin², XIONG Fei¹

(1. Department of Materials Engineering, Luoyang College of Technology, Luoyang, Henan 471023, China

2. The 1st Geological Survey Team, Henan Bureau of Geological and Mineral Exploration
Luoyang, Henan 471023, China)

Abstract Based on hydrogeologic situation of alkaline residue site, influence of alkaline residue on carst groundwater was discussed by simulating experiments. The results showed that chlorides and sulphate containing magnesium and calcium, which entered in groundwater with filtering liquid, were separated in the process of soak and leaching under the effect of ash water and precipitation. The absorption effect of limestone to chlorides was limited. According to the experiment data, alkaline residue disposal site was main reasons of growth of chlorides and total hardness in carst groundwater in the north and central section of Jiaozuo, Henan province.

Key words Alkaline residue; Chlorides; Carst Groundwater; Simulation test

碱渣堆场不仅占用土地, 造成资源浪费, 而且形成了严重的固废污染, 尤其是氯离子对堆场周围地下水体的污染^[1-4]。焦作某碱渣堆场位于焦作北部山区。近几年来, 焦作市北中部岩溶地下水氯离子和总硬度两项指标持续升高, 且恶化速度越来越快。表现在位于该堆放场下游的一饮用井(深 450 m, 水位在 45 m), 其氯离子质量浓度由 1998 年的 86 mg/L 增至 2002 年的 1 490 mg/L, 该井因此而报废^[5]; 区内另一单位岩溶水自备井氯离子质量浓度 1999 年为 141.1 mg/L, 2002 年 4 月上升至 2 135 mg/L, 是国家水质标准的 8.54 倍^[6], 2008 年 9 月份再次对该井进行水质分析, 结果氯

离子质量浓度已增至 3 720 mg/L。氯离子质量浓度增大, 导致了水中阳离子含量增加, 从而造成了地下水总硬度升高。

1 碱渣堆放场概况

焦作某碱渣堆放场为河谷筑坝渣场, 位于焦作市北部山区, O₂ 系灰岩裸露区, 南临凤凰岭断层, 周围次生断层发育, 地下水自北向南流动。渣场年

收稿日期: 2009-11-30 修订日期: 2010-03-22

基金项目: 河南省科技攻关基金资助项目(2006430024); 洛阳市科技攻关基金资助项目(0602023A-1)

作者简介: 袁霄梅(1980-), 女, 河南洛阳人, 讲师, 硕士, 主要研究方向为地下水污染与防治, 固废综合利用。

堆放碱渣的量为 22.5 万 t, 累积堆放量达 140 万 t, 堆放场底部未作任何防渗处理, 碱渣中含有的大量氯化物和钙镁盐类, 渗入地下, 污染地下水。

碱渣是氨碱生产纯碱的过程排放的废渣(俗称“白泥”)^[7-11], 是一种颗粒细的固体废料, 据以往的碱渣分析数据^[12-13], 碱渣具有孔隙大、含水量高的特点, 其化学成分见表 1^[14]。

表 1 碱渣化学成分 %

Table 1 Chemical ingredients of alkali waste %

成分	CaCO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Mg(OH) ₂	NaCl	CaCl ₂	其他
质量分数	31.3	10.7	2.1	2.3	12.5	9.9	7.2	15.7	8.3

表 2 碱渣浸溶试验结果

Table 2 Result of alkali waste soak and dissolve tests

时间	1# (新渣)			2# (旧渣)			3# (新渣 + 旧渣)		
	pH 值	氯化物	总硬度	pH 值	氯化物	总硬度	pH 值	氯化物	总硬度
6 h	8.43	5 641.94	5 689.68	8.53	5 742.69	6 082.08	8.18	5 440.44	7 651.64
16 h	8.11	6 145.64	6 082.08	8.15	6 397.56	6 670.66	8.26	6 095.31	6 474.47
23 h	8.45	6 347.18	6 082.08	8.38	6 850.93	6 866.86	8.46	6 548.68	6 866.86
29 h	8.48	6 800.55	6 670.66	8.51	7 052.42	7 651.64	8.45	7 002.05	7 455.45
40 h	8.43	6 951.67	6 866.86	8.38	7 253.92	7 749.74	8.38	7 153.17	7 749.74
47 h	8.57	6 850.93	6 866.86	8.50	7 153.17	7 651.64	8.51	7 002.05	7 259.25
53 h	8.55	6 699.80	6 866.86	8.52	6 901.30	7 651.64	8.54	7 052.42	7 651.65
64 h	8.42	6 750.18	6 964.96	8.39	6 850.93	7 651.64	8.41	7 052.42	7 455.45
71 h	8.50	7 052.42	7 651.64	8.50	7 253.92	8 240.23	8.55	7 253.92	8 632.62
77 h	8.56	6 992.37	8 044.04	8.49	6 992.37	8 240.23	8.54	7 018.25	8 240.23
88 h	8.45	6 944.48	7 945.94	8.42	7 040.26	8 142.13	8.45	7 018.25	7 847.84
95 h	8.49	6 944.48	7 651.64	8.50	7 136.05	8 142.13	8.50	7 210.53	7 945.94
101 h	8.58	6 992.37	7 455.45	8.48	7 088.16	8 436.43	8.54	7 114.39	7 847.84
120 h	8.50	6 896.59	7 357.35	8.46	7 327.62	8 632.62	8.52	7 018.25	8 044.04

2.1.2 试验结果分析

由试验结果可以看出: ①pH 值变化不大; ②碱渣浸溶液中氯化物质量浓度最高达 7 327.621 mg/L, 超出标准 (250 mg/L) 约 30 倍; 总硬度最高质量浓度达 8 632.624 mg/L, 超出标准 (450 mg/L) 约 20 倍。这与赵由春^[3]试验结果, 氯离子易随水迁移结果是一致的。说明碱渣场对周围岩溶地下水的影响是潜在的、长期的。

对焦作市北部山区的赤泥堆放场、粉煤灰堆放场以及硫酸渣场的固体废物进行了对比性的浸溶试验, 其氯化物最高质量浓度不超过 125 mg/L, 总硬度不超过 178 mg/L, 排除了这些固体废渣堆放

2 试验过程与结果分析

为了探讨碱渣堆放场对岩溶地下水的影响, 进行了以下试验, 对碱渣中氯化物和钙镁盐类等进入地下水的过程进行了模拟。

2.1 碱渣浸溶试验

试验分 3 组 (每组两个平行试验), 分别探讨新渣、旧渣以及碱渣场实际的浸溶能力。

2.1.1 试验过程

试验材料采用早期筑坝堆放的碱渣, 试验用水采用蒸馏水, 浸溶体积为 1 000 mL。为使试验具有可比性、统一性及真实性, 碱渣与水的比例采用实际冲灰水的灰水比 1:10, 采取浸溶液进行分析, 结果见表 2。

场对岩溶地下水氯化物和总硬度污染的可能性。

2.2 碱渣淋滤试验

淋滤试验以干法堆放的碱渣为试验材料, 模拟大气降水对碱渣的淋滤过程, 探讨淋滤液对地下水的影响。

2.2.1 淋滤试验设计

根据不同的淋滤目的和填充介质, 试验设计了 3 根淋滤柱, 3# 试验装渣、石灰岩碎石以及覆土的高度是根据堆场的实际情况以及当地的地质情况设定的; 而 1#, 2# 试验探讨的是渣和石灰岩碎石的吸附能力, 所以装渣的高度和质量是为了试验方便设定的。设计内容见表 3。

表 3 碱渣淋滤试验设计内容^①

Table 3 Design contents of alkali waste leaching test

编号	新渣 cm(g)	旧渣 cm(g)	土 cm(g)	石灰岩碎石 cm(g)	淋滤液	试验目的
1 [#]	50(646.7)				蒸馏水	探讨新渣的淋滤能力
2 [#]	40(517.4)			50(1325.2)	蒸馏水	探讨石灰岩碎石的吸附能力
3 [#]	10(129.4)	30(403.7)	10(195.1)	40(1060.2)	蒸馏水	探讨上层覆土后渣场的实际淋滤能力

① cm 表示淋溶柱装渣的高度, g 表示淋溶柱装渣的质量。

2.2.2 淋滤试验过程

淋滤柱采用直径 50 mm, 长度 100 cm 的 PVC 管, 见图 1。淋滤速度控制在 1 mL/min (根据当地渗透系数算出) 左右, 前 6 次采样时间间隔为 2 h, 下面 4 次为 6 h, 再下面 8 次为 12 h, 剩余采样间隔为 24 h, 直到实验结束。记下氯化物、总硬度、pH 值及淋滤体积, 并进行分析。

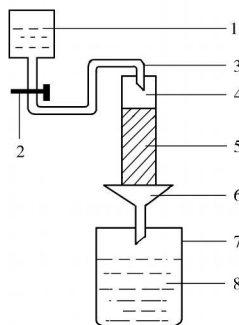


图 1 淋滤试验装置

Fig 1 Chart of leaching installations

2.2.3 试验结果分析

不同淋滤柱出水 pH 值、氯化物和总硬度的历时变化曲线反映了石灰岩碎石对渣中污染物的吸附情况以及渣场上层覆土后的实际淋滤能力。3 组淋滤试验 pH 值变化曲线见图 2。

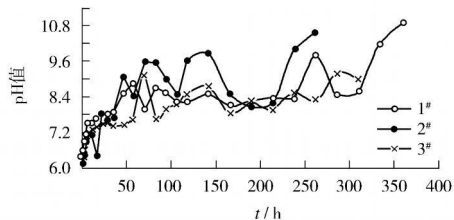


图 2 3 组淋滤试验 pH 值变化曲线

Fig 2 Curve of pH value in leaching tests of three groups

3 组试验最后阶段淋滤液均呈碱性 (pH 值 > 9), 渗入地下, 势必造成周围地下水碱性增强。3 组淋滤试验氯化物变化曲线见图 3。

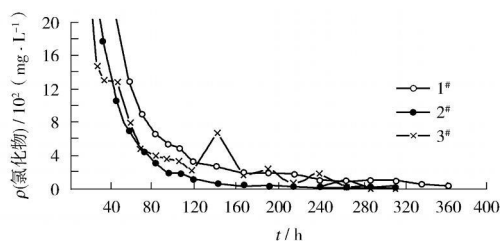


图 3 3 组淋滤试验氯化物变化曲线

Fig 3 Curve of chloride concentration in leaching tests of three groups

由图 3 可见, 3 组试验氯化物质量浓度在开始 40 h 内呈急剧下降趋势, 120 h 后趋于平稳。开始出水时溶液氯化物质量浓度较高, 接近 200 000 mg/L, 110 h 后低于饮用水标准 (250 mg/L)。双峰的出现验证了淋滤过程的传质机理为“双膜传递过程”^[15]。石灰岩碎石对氯化物有一定的吸附作用 (吸附能力为 0.406 mg/g), 能力微弱, 体现了自然界中氯离子是一种惰性物质, 不与其他阴离子发生交换。3 组淋滤试验总硬度变化曲线见图 4。

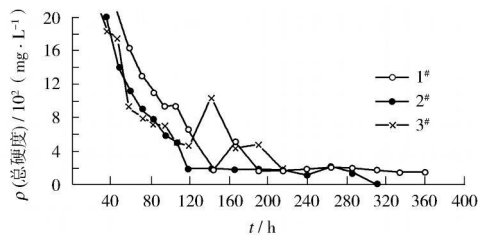


图 4 3 组淋滤试验总硬度变化曲线

Fig 4 Curve of total hardness in leaching tests of three groups

由图 2 可见, 3 组试验 pH 值为 6.1~11, 开始阶段呈上升趋势, 后续阶段呈现不同的增长趋势。

由图 4 可见, 总硬度的历时变化曲线与氯化物

变化规律相似。开始出水总硬度也接近 200 000 mg/L, 40 h 内急剧下降, 后续阶段变得平稳, 最后阶段出水总硬度低于饮用水标准 (450 mg/L)。3[#]总硬度在 150 h 内也出现了峰值, 与氯离子浓度相似。这验证了岩溶地下水中氯离子含量的增加导致了总硬度升高的正确性。

上述淋滤试验说明, 碱渣在大气降水的淋滤作用下, 会溶出大量的氯化物, 石灰岩碎石对氯化物有一定的吸附作用, 但能力不强, 淋滤液总硬度较高、碱性较强。这样的淋滤液进入地下, 势必会对周围地下水造成威胁。

3 结论

(1) 碱渣场在冲灰水及大气降水的浸溶和淋滤作用下, 渣中氯化物和钙镁离子大量析出, 碱渣渗滤液碱性较强。

(2) 该渣场四周及底部未作防渗处理, 该地区岩溶发育, 裂隙较多, 存在便利的水文地质通道, 污染物极易下渗, 污染地下水。这就是该市中北部岩溶地下水中氯化物和总硬度持续升高的主要原因。

(3) 碱渣场对岩溶地下水的污染是长期的、潜在的, 碱渣中的氯化物等污染物进入地下水需要一定的时间, 这意味着该市岩溶地下水氯化物浓度和总硬度会继续升高。

[参考文献]

[1] 于水军, 毕文彦. 碱渣在公路工程应用中 Cl⁻对环境的影响

研究[J]. 能源环境保护, 2007, 21(2): 47-50

[2] 赵由春, 李树兴. 碱渣堆放对周围环境影响的分析[J]. 纯碱工业, 2008(1): 9-11

[3] 徐玉裕, 范华, 项剑飞, 等. 杭州市主城区浅层地下水水质现状[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(3): 38-42

[4] 杨萍, 黄卓尔, 徐丽莉, 等. 原广州氮肥厂地块地下水环境质量评价[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(3): 35-37

[5] 毕大园, 尹国勋, 全长水. 焦作市某碱渣堆放场引起岩溶地下水氯离子污染的初步研究[J]. 中国岩溶, 2003, 22(2): 83-87

[6] 潘国营, 贾军辉. 焦作矿区岩溶水 Cl⁻污染原因初探[J]. 水文地质工程地质, 2002(5): 50-64

[7] 张明义, 周霞, 刘俊伟, 等. 碱渣资源化利用的工程性试验研究[J]. 青岛理工大学学报, 2008, 29(4): 5-8

[8] 王宝民, 王立久, 李宇. 国内外碱渣治理与综合利用、进展及对策[J]. 国外建材科技, 2003(2): 47-48

[9] 杨良佐, 李永丹, 张立红. 碱渣的综合治理与利用[J]. 环境保护科学, 2008(2): 70-73

[10] 田永淑. 氨碱厂碱渣的综合利用[J]. 中国资源综合利用, 2003(4): 20-21

[11] 钱春香, 胡晓敏, 王鸿博, 等. 碱渣用作沥青混合料填料的可行性研究[J]. 公路交通科技, 2006(4): 14-18, 32

[12] 陈孟秀. 论碱渣治理的关键技术[J]. 纯碱工业, 1995(1): 20-24

[13] 何爱明, 张静, 李聪敏, 等. 碱渣处理工艺应用[J]. 河南化工, 2008(5): 45-47

[14] 于水军, 毕文彦, 王文举. 工业碱渣在公路建设中的应用研究[J]. 上海环境科学, 2008, 27(2): 60-64

[15] 金锁庆, 向钦芳, 郭建政. 淋滤浸出过程的流体力学和传质[J]. 钼矿冶, 1995, 14(3): 163-169

本栏目责任编辑 李文峻

(上接第 35 页)

[参考文献]

[1] 楚恩国, 卜贤晖. 2004 年洪泽湖流域干旱原因分析[J]. 水文, 2006, 26(5): 80-82

[2] 杨达源, 王云飞. 近 2000 年淮河流域地理环境的变化与洪灾——淮河中游的洪灾与洪泽湖的变化[J]. 湖泊科学, 1995, 7(1): 1-6

[3] 庄秀琴. 洪泽湖区湿地可持续发展利用研究[J]. 江苏农业科学, 2006(3): 199-202

[4] 庄大栋, 王银珠, 苏守德. 洪泽湖滩地立体开发生态工程研究[J]. 湖泊科学, 1996, 8(3): 282-287

[5] 唐剑, 鲁长虎, 袁安全. 洪泽湖东部湿地自然保护区雁鸭类种类组成、数量及生境分布[J]. 动物学杂志, 2007, 42(1): 94-101

[6] 严维辉, 潘元潮, 郝忱, 等. 洪泽湖底栖生物调查报告[J]. 水利渔业, 2007, 27(3): 65-66

[7] 逢勇, 程炜, 赵玉萍. 鹤地水库水官至石角段水环境容量研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2003, 31(1): 76-79

[8] 周孝德, 郭瑾瑜. 水环境容量计算方法研究[J]. 西安理工大学学报, 1999, 15(3): 1-6

[9] 徐恒省, 洪维民, 王亚超, 等. 太湖饮用水源地蓝藻水华预警监测体系的构建[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(1): 1-3, 50

[10] 何春银. 江苏省太湖流域水环境信息共享平台集成关键技术及其应用[J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(6): 58-61

[11] 洪维民. 加强预警监测体系建设 高效应对突发生态环境问题[J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(2): 1-3, 11

[12] 纪荣平, 李先宁, 吕锡武. 太湖梅梁湾水源水中微囊藻毒素浓度的变化[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(3): 20-22

[13] 张利民, 孙卫红, 程炜, 等. 太湖入湖河流水环境综合治理[J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(5): 1-5

[14] 张利民, 夏明芳, 王春, 等. 江苏省 12 大湖泊水环境现状与污染控制建议[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(2): 46-50

[15] 张宁红. 太湖流域生态安全监测体系的构建[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(3): 1-5