

城市垃圾堆放场地下水的氮污染及其存在形态

周苑松

张建华

(北京市海淀区环保局) (中国农业大学基建处)

摘要 在对垃圾场渗沥液及地下水进行实际监测的基础上, 结合国内外有关研究资料, 分析研究了垃圾渗沥液中的污染成分和垃圾场特定水环境条件下氮污染物及主要存在形态。该项研究对预防垃圾场地下水的氮污染具有实际应用价值。

关键词 垃圾堆放场; 地下水; 渗沥液; 氮污染

中图分类号 X 523

Study on Nitrogen Contamination of Groundwater in Municipal Dumping Site and its Main Form

Zhou Yuansong

Zhang Jianhua

(Beijing Haidian District Environment Protection Bureau) (Capital Construction Section, CAU)

Abstract Based on the actual monitoring at dumping site and combined with a number of research data, the type of nitrogen contamination of leachate affecting on groundwater is analyzed. Then, the main form of nitrogen contamination under the specific groundwater environmental condition was discussed. It can be a reference for precluding the nitrogen contamination of dumping site groundwater.

Key words waste dumping site; groundwater; leachate; nitrogen contamination

目前全球性地下水氮污染问题日益严重, 对地下水氮污染的研究已成为国内外环境问题的研究热点。地下水中氮污染的来源有多种途径, 其中城市生活废弃物的下渗是引起城市地下水氮污染的主要途径。

城市生活垃圾中大量的含氮物质在土壤微生物的作用下发酵分解, 经过土壤和包气带入渗到地下水中, 期间由于物理、化学和生物作用使其表现出不同的形式, 主要以无机态氮的形式存在, 即, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- 。当 NH_4^+ 进入水体后会随着水体 pH 的变化产生不同的毒性, pH 升高, NH_3 增多, 毒性增大。

当人体摄取过量硝酸盐后, 在微生物作用下可被还原成亚硝酸盐。亚硝酸盐与血液中的血红蛋白反应形成高铁血红蛋白症, 从而影响血液的氧传输能力, 严重危害人体的健康^[1]。

笔者根据垃圾场地下水水质特点, 研究分析了垃圾渗沥液中的主要污染成分, 讨论并确定了垃圾场特定水环境条件下氮污染物的主要存在形态。

收稿日期: 2000-10-04

周苑松, 北京海淀区厂洼街甲 8 号 海淀区环保局, 100089

张建华, 北京圆明园西路 2 号 中国农业大学(西校区), 100094

1 垃圾渗沥液中氮污染物及其存在形态

城市垃圾在其堆放和填埋过程中由于微生物的发酵分解以及雨水的冲刷, 会从垃圾层中渗出废水——渗沥液^[2]。城市垃圾渗沥液的污染成分与城市生活污水相似, 其水质水量的变化主要受垃圾成分、堆放方式、堆放时间及气候等因素的影响, 其变化幅度很大, 变化规律复杂。表 1 所列为国内外垃圾渗沥液主要污染物及其质量浓度的变化范围^[3]。

表 1 国内外部分城市垃圾堆放场渗沥液主要污染物质量浓度变化范围统计值

污染物种类	mg·L ⁻¹			
	国 外		国 内	
	变化范围	通常值	变化范围	通常值
BOD	2 000~ 3 000	1 000	892~ 3 500	1 000
COD	3 000~ 45 000	18 000	1 000~ 12 027	4 300
TOC	1 500~ 20 000	6 000	2 006~ 13 825	9 200
有机氮	10~ 600	200	50~ 1 000	300
NH ₄ ⁺	10~ 800	200	100~ 1 423	450
NO ₃ ⁻	5~ 40	25	10~ 100	45
Fe	50~ 600	60	1.33~ 13.2	7.26
Pb	0.1~ 2.0	0.75	0.1~ 0.25	0.15
Cd	0.3~ 1.7	0.5	0.05~ 0.1	0.07
pH	5.3~ 8.5	6	7~ 9.3	7.5

垃圾渗沥液中NH₄⁺含量高是重要的水质特征之一。据对美国 20 个城市固体废物堆渗沥液的分析, 结果表明, NH₄⁺ 质量浓度为 0~ 1 106 mg·L⁻¹, 平均值为 218 mg·L⁻¹^[4]。Shiskow ski 等人对加拿大 Burns Bog 垃圾填埋场的渗沥液进行了为期 160 d 的研究, 结果表明, NH₄⁺ 质量浓度一般在 200~ 1 200 mg·L⁻¹ 之间变动, 最高达 1 500 mg·L⁻¹^[5]。Oman C 对城市垃圾渗沥液中的有机污染物进行研究后得出结论, 渗沥液中 NH₄⁺ 含量常占总氮的 85%~ 90%^[6]。国内卢洪成等也报导了垃圾渗沥液中氨氮含量很高, 且变化较小^[7]。郝一琴等对太原生活垃圾填埋场渗沥液进行监测分析后认为, 渗沥液中氨氮的质量浓度超出国家标准 547 倍^[8]。

笔者对北京郊区某垃圾场(场龄 3 a)渗沥液的 4 次监测结果见表 2。由表 2 可见, 垃圾渗沥液的氮污染主要以 NH₄⁺ 污染为主。

表 2 北京郊区某垃圾场垃圾渗沥液主要污染物监测数据

检测时间	$\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$					
	pH	COD	BOD ₅	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
6 月	7.90	16 170	8 451	236	1.22	47.8
8 月	8.23	24 480	12 745	430	1.08	23.7
10 月	8.01	12 323	7 657	128	0.91	19.5
12 月	7.03	8 435	3 026	174	0.63	24.2

垃圾渗沥液中的 NH_4^+ 在雨水的作用下, 迁移到表土层中。在下渗水流和弥散作用下, 大量 NH_4^+ 和经亚硝化、硝化作用形成的 NO_2^- 和 NO_3^- 穿越土壤和包气带入渗到地下水体中。在下渗过程中, 由于 NH_4^+ 易被土壤吸附, 而 NO_3^- 有很强的移动能力易随水分迁移, 因而理论上, 地下水中会出现大量的 NO_3^- 累积。

2 垃圾堆放场地下水中氮的存在形态

2.1 实验及结果

选择北京西郊某垃圾堆放场作试验点, 沿地下水流方向布设5口监测井。每月采集浅层地下水进行监测, 为期1a。监测项目有pH及 NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , COD, BOD_5 的质量浓度, 采用方法为《水和废水监测分析方法》国家标准方法。

图1所示为各井1a间 NH_4^+ 和 NO_3^- 平均质量浓度的变化情况。由图1可以看出, 1a间垃圾场地下水中 NH_4^+ 的质量浓度一直高于 NO_3^- 的质量浓度。 NO_3^- 质量浓度变化较小, 基本趋于稳定; 而 NH_4^+ 的质量浓度变化幅度较大, 夏季 NH_4^+ 质量浓度升高较快, 最高时超过国家地下水五级标准规定值的4倍以上。这表明, 该垃圾堆放场地下水的氮污染类型主要以 NH_4^+ 污染为主, NO_3^- 污染并不严重。

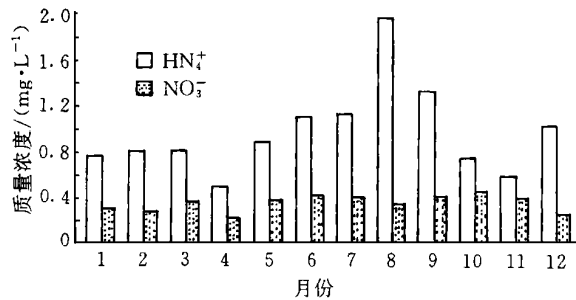


图1 北京西郊某垃圾场地下水 NH_4^+ 和 NO_3^- 质量浓度平均值

2.2 讨论

1) 氮在水体中的存在形态与pH和pE的关系。

水体中氮主要以 NH_4^+ 或 NO_3^- 形态存在, 在某些条件下, 也有中间氧化态 NO_2^- 以及少量的 NH_3 存在。各种无机态氮在水环境中存在下列反应:

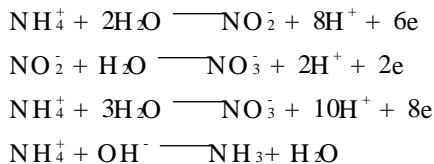


图2所示为水体中氮的pE-pH关系图, 反映了地下水环境中 NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , NH_3 与pH, pE间的理论分布关系。在低的氧化还原电位范围内, NH_4^+ 是主要的氮形态; 在氧化还原电位高的区域, NO_3^- 是主要氮形态; NO_2^- 在自然水体中存在的区域很窄, 它的稳定受pE值的严格限制。

2) 垃圾场地下水中氮的存在形态。

如前所述, 地下水中氮的主要存在形态取决于地下水的的环境条件。地下水中的氧化还原电位和酸碱条件都影响着 NO_2^- , NO_3^- 和 NH_4^+ 的质量浓度。

据有关资料报导, 在固体废物堆放点受污染的地下水中, 往往具有很低的氧化还原电位, 具有还原条件; 而其周围未被污染的地下水具有较高的氧化还原电位^[3]。

在还原状态下, 进入地下水中的 NO_3^- 将成为电子授体而被还原, 即进行反硝化作用。这种反硝化作用使得水体中的 NO_3^- 还原为气态 NH_3 , N_2O 和 N_2 , 从而降低了水中 NO_3^- 的含量。同时, 气态 NH_3 水解成 NH_4^+ , 故又增加了水中 NH_4^+ 的质量浓度。对此, 何炳乔 等人做过研究, 结果表明只有在适宜的氧化还原条件和酸碱条件下地下水中的 NO_3^- 才能逐渐得到积累。若只处于还原环境, 则无机氮间的相互转化以反硝化作用为主, 不会引起 NO_3^- 的大量累积。

根据笔者对北京西郊某垃圾场地下水的监测结果, 该垃圾场地下水样的 pH 平均值在 8~9 之间。根据图 2, 当水体的氧化还原电位较低, pH 处于 8~9 之间时, 氮的主要存在形态是 NH_4^+ , 可见, 本实验监测结果是合理的。张锡根^[9]等人曾对江镇垃圾堆放场地下水的污染情况进行了调查研究, 其监测结果与本实验结果相似: 在垃圾场受污染的地下水中, NH_4^+ 含量远高于 NO_3^- 含量。这就说明在垃圾场还原性地下水中, 不会出现 NO_3^- 的大量累积, 垃圾场地下水的氮污染以 NH_4^+ 污染为主。

垃圾场地下水中的 NH_4^+ , 除一部分来自反硝化作用外, 大部分来自于地面垃圾渗沥液的下渗。据冯绍元等人的研究^[10], 对于含 NH_4^+ 质量浓度较高的溶液, 在排水过程中, 尽管土壤能够吸附一部分的 NH_4^+ ; 但当土壤对 NH_4^+ 的吸附达到饱和后, 该溶液对其硝化作用具有一定的抑制影响, 从而一方面使下渗到地下水中的 NO_3^- 减少, 另一方面将使大量 NH_4^+ 随水流渗至下部土层和浅层地下水中, 对土壤和地下水造成 NH_4^+ 的污染。在垃圾堆放场, 垃圾中的含氮有机物不断进行厌氧分解, 持续产生高质量浓度的 NH_4^+ 渗沥液, 因而当来自地面的高质量浓度的 NH_4^+ 渗沥液持续下渗到土壤中后, 在雨水冲刷下, 大部分的 NH_4^+ 能够随水流渗至浅层地下水中。这是造成垃圾场地下水中 NH_4^+ 含量较高的主要原因。

3 结 论

垃圾渗沥液是一种复杂的有机废水, NH_4^+ 含量较高是其重要的水质特征。在雨水的冲刷下, 渗沥液下渗到地下水中, 造成地下水严重的氮污染。由于垃圾场地下水的氧化还原电位较低, 处于还原状态, 故地下水中不会出现 NO_3^- 的大量累积, 渗沥液对地下水的氮污染以 NH_4^+ 污染为主。

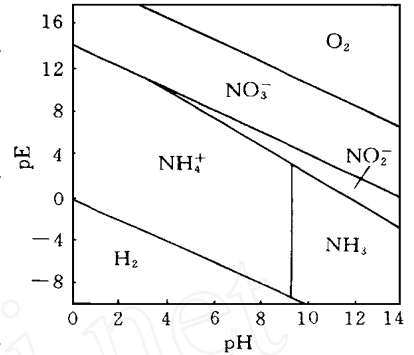


图 2 氮的 pE-pH 关系图

参 考 文 献

- 1 白晓慧, 王宝贞. 饮用水中硝酸盐污染及其去除技术. 环境科学动态, 1998(3): 19~ 21
- 2 陈玉成, 李章平. 城市生活垃圾渗沥水的污染及其全过程控制. 环境科学动态, 1995(4): 15~ 18
- 3 王红旗. 城市氮循环和氮污染研究. 北京: 北京师范大学出版社, 1998. 70~ 100
- 4 刘兆吕. 地下水系统的污染与控制. 北京: 中国环境科学出版社, 1991
- 5 沈耀良, 王宝贞. 垃圾填埋场渗滤液的水质特征及其变化规律分析. 污染防治技术, 1999, 12(1): 10~ 13
- 6 Oman C. Identification of organic compounds in municipal landfill leachates. Environ. Pollut, 1993, 80(1): 265~ 271
- 7 卢成洪, 徐迪民. 垃圾填埋场渗滤水水量和水质的研究. 给水排水, 1997, 23(11): 63
- 8 郝一琴, 程 媛, 李一卉. 太原生活垃圾填埋渗滤液监测处理的研究报告. 环境卫生工程, 1995, (2): 3~ 6
- 9 张锡根. 城市垃圾堆埋的地址环境效应及地址处置. 北京: 地质出版社, 1996
- 10 冯绍元, 郑耀泉. 农田氮素的转化与损失及其对水环境的影响. 农业环境保护, 1996, 15(6): 277~ 279
- 11 Akesson M, Nilsson P. Seasonal changes of leachate production and quality from test cells. Journal of Environmental Engineering, 1997(9): 892~ 900
- 12 Massing H. Impacts of leakage water from urban solid waste deposits on groundwater quality. Wat Sci Tech, 1994, 29(1~ 2): 239~ 244