

## 调查与评价

# 兰州马滩水源地 $\text{NO}_3^-$ 污染环境条件分析

张明泉 高洪宣 吴克俭

(兰州大学水资源与环境研究室)

**摘要** 兰州市马滩地下水源地多年的水质监测资料表明,  $\text{NO}_3^-$  对地下水的污染呈日益严重的发展趋势, 这种污染趋势与水源地环境条件的改变和恶化有着密切的关系。通过分析可以明显地看出, 造成地下水  $\text{NO}_3^-$  污染的根本原因是农田化学氮肥的大量施用。

**关键词:** 兰州; 马滩水源;  $\text{NO}_3^-$  污染。

马滩地下水供水源地位于兰州市区中部、黄河南岸高河漫滩, 面积约  $3 \text{ km}^2$ , 共有管井 42 眼, 其中生产井 22 眼, 日供水能力 8 万 t, 是兰州市重要的饮用水供水源地(图 1)。

水源地建成投产以来, 由于环境条件的恶化, 导致了地下水的污染, 已引起有关部门的关注, 但至今还未能采取有效的治理措施。尤其是硝酸盐( $\text{NO}_3^-$ )对地下水的污染问题, 至今还没有引起人们应有的重视, 并且这种污染仍表现为日益严重的发展趋势。为了遏制  $\text{NO}_3^-$  对地下水的继续污染, 尽快地采取有效的治理措施, 本文就  $\text{NO}_3^-$  污染的环境条件问题进行讨论, 供有关领导决策时参考。

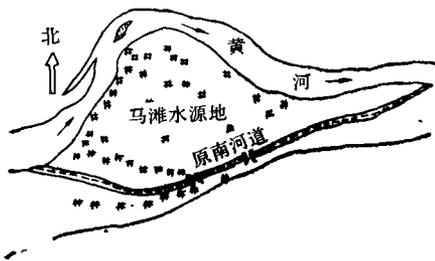


图 1 兰州马滩水源地示意图

## 一、水源地环境条件概况

马滩水源地属兰州断陷盆地的北部, 含水层主要由第四纪砂卵石组成, 总厚度 200—300 m, 地表覆盖有 1—3 m 厚的亚砂土层。地下水为河谷型孔隙潜水。水源地井群以傍河取水为主, 采用分层取水

和激发补给抽水方式, 其目的是为了争取较大的单井抽水量和总抽水量。目前在水源地井群影响范围内, 已形成一个面积近  $10 \text{ km}^2$  相对稳定的地下水降落漏斗, 其中心水位埋深达 24 m, 漏斗边缘水位埋深 2—5 m。地下水的来源以黄河水入渗补给为主, 地下水化学类型属  $\text{HCO}_3^-$ -Ca-Mg 型水。

60 年代初, 马滩水源地还是一个偏南岸的河心滩, 北面是黄河主流盘绕通过, 南面有一条黄河分流(称南河道), 平均流量  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 。当时不论从水环境条件还是从自然景观来看, 都是比较优越的。地下水不仅补给条件好、贮量丰富, 而且水质优良, 又位于市区中部。因此, 它是一个比较理想的城市供水源地。

自 60 年代后期, 人们开始淤河造田, 堵塞了南河道, 取而代之的是城市污水排放沟, 再加上农田化肥施用量的逐年增加和引污水灌溉, 致使水源地原来优良的环境条件遭到严重破坏。尤为明显的是地下水补给条件产生了变化。由此造成地下水水质日益恶化。

## 二、 $\text{NO}_3^-$ 污染演变特征与井环境类型

马滩水源地自 1965 年建成投产至今, 随着环境条件的变化, 地下水  $\text{NO}_3^-$  含量变化明显, 平均含量由建井初期的  $3.8 \text{ mg/l}$  上升至 1988 年的  $69.4 \text{ mg/l}$  (加权平均), 累计增加 18.26 倍, 年平均增长幅度  $2.85 \text{ mg/l}$ 。

根据水质监测资料, 1965 年绝大多数水井地下水  $\text{NO}_3^-$  含量  $< 3 \text{ mg/l}$ , 仅有三眼井  $> 10 \text{ mg/l}$ , 最

表 1 不同环境类型水井 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量演变 (mg/l)

年代	井数	环境类型			
		I 近河岸线	II 傍河依农田	III 农田区地下水降落漏斗中心	IV 农田区
		4	7	3	12
1965		1.75	1.94		5.22
1974		2.75	3.24	5.27	16.96
1981		5.10	7.95	11.57	30.21
1983		1.10	1.79	2.63	15.46
1984		1.03	1.45	4.13	18.42
1985		1.49	1.76	4.39	22.44
1986		1.59	2.19	5.33	24.03
1987		9.96	9.92	36.47	147.92
1988		5.53	11.76	26.60	135.09

高值 17.5 mg/l, 均低于国家规定的饮用水水质标准允许值 (<20 mg/l)。1974 年发现有 7 眼井地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量超标, 占监测井数的 29%, 其中最高值达 39.1 mg/l。此后的十余年中地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量虽有缓慢增长, 但幅度不大。1986 和 1987 两年间, 地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量产生了突变性增长, 使水源地 60% 的井孔 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量超标, 最高值达 290.6 mg/l, 超标 13.53 倍。

为了便于认识马滩水源地地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量的变化特征, 根据水井周围的环境条件将井孔划分成四种环境类型: (1) 近河岸线水井; (2) 傍河依农田水井; (3) 农田区地下水降落漏斗中心水井; (4) 农田区水井。对不同环境类型的井孔地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量以及演变情况分别进行统计 (见表 1), 同时绘出 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量演变过程曲线 (图 2)。这样可以直观地了解它们的演变特征以及环境条件对其演变产生的影响。

从图 2 可以清楚地看出, 马滩地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量表现为四个演变阶段: 1965 年至 1981 年为缓慢上升阶段; 1981 年至 1983 年为相对下降阶段; 1983 年至 1986 年为相对稳定阶段 (仅有微小的增长); 1986 年至 1987 年为迅速上升阶段。这四个演变阶段的出现, 与农田种植、化肥施用量、灌溉水水质、土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 容量、土壤重金属离子含量的变化以及对 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 淋失抑制能力变化等因素有关<sup>[1]</sup>。NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量演变曲线峰值后的下降现象, 正是托尾巴效应所致<sup>[2,3]</sup>。从表 1 还可以看出, 就不同环境条件类型水井的数量而言, IV 类水井较多, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量增长速度较快, 由此可见马滩水源地 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 污染的严重

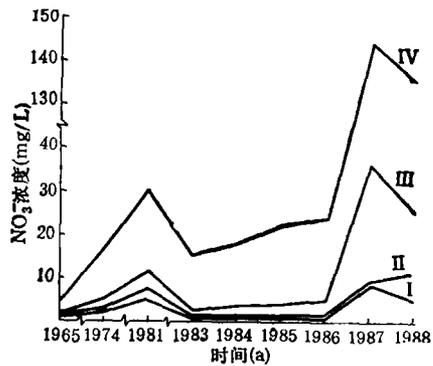


图 2 马滩水源地不同类型水井 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量变化曲线  
I 近河岸线水井; II 傍河依农田水井; III 农田区地下水降落漏斗中心水井; IV 农田区水井

性。

### 三、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 污染与井环境因素分析

不同环境类型的水井 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量和变化情况不相同, 反映了环境条件对地下水水质所产生的作用和影响。为了弄清马滩水源地 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的来源及进入地下水的途径, 下面就不同环境条件类型的水井分别进行讨论。

#### 1. 近河岸线水井

这种环境类型的水井位于水源地西部边沿, 离黄河岸线近距离 <20 m。从这些水井中抽取的地下水几乎全是黄河水的入渗补给, 虽然黄河水在近 20 余年中也遭受了一定程度的污染, 但 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量一直比较稳定 (见表 2), 其最大值仅为 1.2 mg/l, 远低于马滩地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量。因此, 绝不可能对水

表 2 黄河水  $\text{NO}_3^-$  含量 (mg/l)

年代	1965	1983	1984	1985	1986
浓度	1.20	1.20	0.99	1.04	1.00

源地产生  $\text{NO}_3^-$  污染。监测资料也表明,该类型水井  $\text{NO}_3^-$  含量低,水质良好。

### 2. 傍河依农田水井

该类型的水井分布于水源地西部边缘地带(农田分布区的边缘),距黄河岸线较近,一般 50m 左右,黄河水入渗补给条件良好,其水质主要取决于黄河水水质和入渗过滤带的性质。虽然该类型水井  $\text{NO}_3^-$  含量比近河岸线水井略有增加,但未超过饮用水标准。就是 1965 年至 1988 年  $\text{NO}_3^-$  含量最大值也只是饮用水允许值的一半。

### 3. 农田区地下水降落漏斗中心水井

该类型水井位于水源地西南角,是井群抽水形成的区域性地下水降落漏斗的中心部位,这一地带地下水的补给来源可分为三种途径,按补给量所占比例大小依次为:(1)黄河水入渗;(2)南部地下水迳流;(3)灌溉水入渗。第三种途径的补给来自农田土壤淋滤,可使农田中大量施用的化学氮肥不断向下迁移,并且土壤层硝化条件良好<sup>[4]</sup>,因此造成地下水  $\text{NO}_3^-$  含量超出饮用水水质标准。

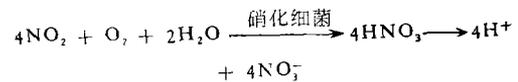
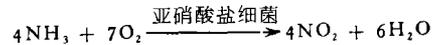
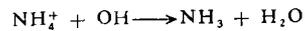
### 4. 农田区水井

该类型水井分布于水源地中部和南部菜田之中,离黄河较远,接受河水入渗补给量较小,菜田灌溉水的入渗和南部污水沟污水的入渗是这些水井地下水的主要来源。由于补给条件恶劣,使地下水  $\text{NO}_3^-$  含量远远超出了饮用水标准,平均含量已高达 135.09 mg/l,最大含量 290.6 mg/l,是饮用水最大允许值的 14.53 倍。

由以上分析可以看出,作为地下水补给源的黄河水  $\text{NO}_3^-$  含量很低,不可能是地下水  $\text{NO}_3^-$  污染来源。南部排污沟污水  $\text{NO}_3^-$  含量多年平均值也只有 1 mg/l 左右,即使在水源地地下水  $\text{NO}_3^-$  含量大幅增加的 1986、1987 两年间,污水中  $\text{NO}_3^-$  的平均含量仅为 0.651 mg/l,最高含量为 1.407 mg/l。显然污水的下渗虽然会对地下水造成污染,但对地下水  $\text{NO}_3^-$  含量的增加影响不大。所以可以推断,马滩地下水中的  $\text{NO}_3^-$  来源于菜田化学氮肥的大量施用。

## 四、 $\text{NO}_3^-$ 污染与硝化作用条件分析

农用化学氮肥施入菜田以后很快被土壤溶液溶解,主要以铵态形式存在,除部分被植物吸收外,相当大的部分残留在土壤中,其比例随化肥施用量的增加而增加,在氧化条件和土壤微生物的参与下产生硝化作用,转变为硝酸盐离子形式 ( $\text{NO}_3^-$ ),由于  $\text{NO}_3^-$  极易随灌溉水和降水向下淋失进入地下水,从而对地下水造成污染。这种作用过程的化学反应式为:



化学氮肥转化为  $\text{NO}_3^-$  的比例和速度以及对地下水造成污染的程度,取决于化学氮肥的施用量、土壤层的性质、湿度、氧化还原条件等。

现有的研究表明<sup>[4,5]</sup>,从农田淋滤进入地下水的  $\text{NO}_3^-$  与化学氮肥施用量成正比。最有利于化学氮肥转化为  $\text{NO}_3^-$  的条件是:土壤层厚度为 2—5 m;土壤含水量在 15—20% 之间;夏、秋季气温较高时期;透气性较好的土壤等。

马滩水源地分布有精耕细作的菜田,化肥施用量大,一般每年每亩地施用化肥量超过 150 kg。土壤以亚砂土、亚粘土为主,透水性和透气性较好。灌溉方式采用漫灌,一年灌水 6—8 次。地下水埋藏深度除降落漏斗中心区外,大部分为 3—6 m。这些条件都很适合于化学氮肥转化形成  $\text{NO}_3^-$ ,也利于  $\text{NO}_3^-$  向地下水迁移。因此,使地下水遭到了较为严重的  $\text{NO}_3^-$  污染。

另外,由于化学氮肥转化为  $\text{NO}_3^-$  的过程中会产生中间产物亚硝酸盐,若氧化条件不好,则会使亚硝酸盐来不及转化为  $\text{NO}_3^-$  就进入地下水,因此可以用进入地下水中亚硝酸盐的比例来反证土壤或包气带的氧化还原条件。根据 1965 年至 1988 年对马滩地下水中亚硝酸盐含量的监测表明,其含量一般为 0.003 mg/l 左右,最高 0.0087 mg/l,这说明马滩土壤层或包气带具有很好的氧化条件,硝化作用完成的比较充分。

## 五、结论与建议

1. 马滩水源地水井有四种环境条件类型,不同

环境类型的水井地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 污染程度不同。按本文划分的水井环境条件类型,马滩地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 污染由大到小依次为: 农田区水井 > 农田区地下水降落漏斗中心水井 > 傍河依农田水井 > 近河岸线水井。

2. 马滩地下水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量逐年增高, 污染比较严重, 其原因是地表菜田农用化学氮肥的大量施用, 土壤层或包气带氧化条件好, 很利于硝化作用和 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 向地下水的迁移。

3. 马滩水源地良好环境条件的人为破坏是造成地下水水质恶化的主要因素, 南河道的堵塞、污水的入渗、菜田农用化肥的施用以及农药的喷洒是水源地不利环境条件的重要表现, 也是造成地下水污染和继续污染的根源。

几点建议:

1. 为治理马滩水源地 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的污染, 应停止或严格控制化学氮肥的施用, 把高产菜田经营形式改为经济园林<sup>[6]</sup>, 并在经济园林中推广科学地施用农家肥料, 节制农药喷洒。这样即可以美化环境, 又不至于降低农民的经济收入, 有利于“三大效益”的发挥。

2. 尽快疏通马滩水源地南部河道, 还水源地本来优良的水环境条件, 改善水源地的补给条件, 保证

或扩大水源地有效开采量。

3. 尽快建立水源地下游雁伏滩污水处理厂(已通过论证可行), 采用管道或严格防渗措施使城市污水安全的从水源地南部通过。禁止城市污水随意向马滩水源地周围排放和引污水灌溉, 防止污水向水源地入渗。

4. 今后马滩水源地增加抽水井应采用近河岸线布置方式。

5. 加强水资源和环境保护的统一规划, 对黄河水要统筹管理, 严格执行“水法”, 发挥黄委会的职能作用, 禁止污水直接排入黄河, 尽量减轻和防治黄河水的污染。

参 考 文 献

- [1] 高拯民等, 环境科学学报, 4(2), 117(1984).
- [2] Jury, W. A., *Water Resources Research*, 18(2), 363(1982).
- [3] Genuchten, M. Th. van and P. J. Wierenga, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40(4), 473-479(1976).
- [4] 朱济成, 水文地质工程地质, (5), 38(1986).
- [5] 吴敦敦, 环境污染与防治, 10(3), 36(1988).
- [6] Barry F. Beck, Loris Aasmussen and Relp Leonard, *Ground Water*, 23(5), 627(1985).

(收稿日期: 1990年1月9日)

## 大兴安岭森林火灾对植被影响分析

关克志 张大军

(黑龙江省环境保护科学研究所)

**摘要** 本项工作对大兴安岭过火后第二年不同类型样地的植被恢复情况, 用定量方法进行分析, 力求找出森林植物恢复的规律, 并对相同植被类型的过火样地与非过火样地进行比较, 进一步说明植被恢复的可能性。

**关键词:** 森林火灾; 植被; 大兴安岭。

为了解火灾后植被恢复情况, 我们于1988年春、夏二季对不同生态条件、不同林型下的种子植物种类进行了定量抽样分析, 并与非过火区植物进行比较, 以期得到森林植被自然恢复规律。

### 一、调查方法

1. 样地选择 根据过火前林型特点及生态条件, 过火区选择了五个样地, 非过火区选择二个样

地。每个样地面积为1000m<sup>2</sup>左右, 依各样地中出现的植物种类数量不同, 再分若干样方, 记载木本(乔、灌)幼苗、草本植物的有关数据, 样方大小基本为1×1m<sup>2</sup>。

样方数目确立, 采用植物种数与样方相关曲线。

2. 火灾后翌年植物萌发状况及分析

根据每一样方的有关数据求出每种植物在不同样地中密度、相对密度、优势度、相对优势度、频度、

demonstrated that these pesticide compounds belonged to the compounds of the dissociative model of capturing electron. The minimum detection limits of this system are 0.2ng/L ( $\alpha$ -BHC) and 0.8ng/L (methylparathion). All the linear ranges are at the level of  $10^3$  times. The standard recovery is 82.5—100%.

**Key Words:** simultaneous detection, chlorinated pesticide, organophosphorus pesticide, GC-ECD.

### Environmental Planning for A River Basin Aided with Computer Graphic Simulation.

Chen Xun (Institute of Systems Science, Academia Sinica, Beijing); Fu Guowei (Dept. of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing). *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(5), 1990, pp. 61—65

Made in the present article is a discussion on the availability and advantages of computer graphic simulation applied to a complicate environmental planning for a river basin. Some external trends and techniques abroad have been introduced, and the conditions to realize the interactive computer graphic simulation on a computer also discussed briefly.

**Key Words:** environmental planning river basin, computer graphic simulation.

### Application of Quantitative Structure Activity Relationship (QSAR) in Environmental Chemistry.

Bai Naibin (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(5), 1990, pp. 66—70

This paper reviews some approaches of QSAR in environmental chemistry in the literature abroad during past ten years, and introduces the author's work concerned in some aspects. QSAR is indeed a useful means for assessment of chemicals. Meanwhile, the limitations of its application and the probable prospects are discussed as well.

**Key Words:** quantitative, structure, activity, relationship, chemistry.

### Polonium-210 in Tobacco and Lung Cancers.

Kou Rongchun (Hebei Provincial Institute of Radiation Hygiene, Shijiazhuang): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(5), 1990, pp. 70—74

Besides the carcinogenic compounds of aromatic hydrocarbons and mutagens, tobacco also contains several radioactive nuclides, among which  $^{210}\text{Po}$  can be inhaled

into human respiratory system, and causes the risk of lung cancers. This article introduces radioactive levels of  $^{210}\text{Po}$  in tobacco in China and other countries, the results of animal tests in which the animals that inhaled smog containing  $^{210}\text{Po}$  led to come on of lung cancers, and estimation of carcinogenesis caused by lower dose  $\alpha$  particle exposure.

**Key Words:** polonium-210, tobacco, lung cancer.

### A Review on the Researches of Offensive Odor and Odor Measurement with the Sense of Smell.

Yao Renyu (Beijing Municipal Research Institute of Machinery and Electricity): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(5), 1990, pp.74—78

This article introduces some research results on the formation, interaction and intensity of offensive odor and the research methodology. An effective odor-measuring method with the sense of smell, namely the triangular odor bag method has been described. In the method, odor index, choosing and training a panel, sampling and measuring procedure, criterions for controlling the sense, and the data treatment are described.

**Key Words:** offensive odor, odor measurement, sense of smell.

### A Survey on the Cause of Nitric Radical- ( $\text{NO}_2^-$ ) Pollution in Matan Water-Supply, Source Site of Lanzhou City.

Zhang Mingquan, Gao Hongxuan, Wu Kejian (Research division of Water Resources & the Environment, Lanzhou University): *Chin. J. Environ. Sci.*, 11(5), 1990, pp. 79—82

The data of ground water quality in Mutan, Lanzhou City, show that  $\text{NO}_2^-$  pollution is getting worse. It is found that a close relation exists between the pollution tendency and environmental deterioration in the water-supply-source site. By analysis, the essential cause of  $\text{NO}_2^-$  pollution in ground water is derived from fertilizing the farmland around with a huge amount of nitrogenous manure.

**Key Words:** nitric radical pollution, ground water, nitrogenous manure.