

北京市地下水污染源荷载影响评价

杨庆 林健 陈忠荣

(北京水文地质工程地质大队 北京 100195)

摘要:在阐述地下水污染源荷载影响基本概念的基础上,介绍了污染源荷载影响评价的3大要素:污染荷载等级、含水层敏感性及地下水价值,说明了评价体系、指标和方法及过程。根据主要污染源荷载分析,结合地下水环境现状,对北京市进行了分区,提出污染源管理措施。

关键词: 污染荷载; 污染源; 地下水; 北京

中图分类号: X523; X820.3

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2012)04-0009-05

Impact Assessment of Groundwater Pollution Sources Load in Beijing Plain

YANG Qing, LIN Jian, CHEN Zhong-rong

(Hydrogeology and Engineering of Beijing Geological Team, Beijing 100195, China)

Abstract: Based on the concept of groundwater pollution sources load, three factors of impact assessment system were levels of pollution load, aquifer vulnerability and groundwater value. System, index and method for the evaluation were discussed. According to analysis of pollution sources load and groundwater situation, the land of Beijing was divided into some geographic areas in order to make suggestion for management of pollution sources.

Key words: Pollution load; Pollution sources; Groundwater; Beijing

在我国人口密集、人类活动干扰大、工农业生产发达的平原地区,由于工业废水和生活污水的排放,大面积、超量化肥和农药的使用,垃圾场的淋滤和地下储油罐的渗漏等原因,使地下水正遭受着越来越严重的污染^[1]。地下水污染对于人类社会可持续发展的危害已经引起各国政府和公众的广泛关注^[2]。潜在的人为污染物会随着补给水源进入地下水系统中,如在地下水防护性能较差地区的垃圾场和储油罐,会造成严重的污染问题^[3]。由于地下水流动缓慢、交替程度较弱、自净能力低,一旦受到污染,水质难以有效恢复^[4-8]。

污染源荷载影响是指各种人为污染源对地下水产生污染的可能性,其取决于污染源的位置和类型、污染物的迁移转化等。目前区域环境影响评估以定性评估为主,定量方法较少,而定量地确定区域的风险度,对于区域环境风险管理和决策具有非常重要的意义^[9]。现依据目前所掌握的

北京市污染源资料,开展污染源荷载等级半定量的研究,提出北京地区污染源荷载影响评价指标体系及污染源管理措施,为政府实行有效的污染防治管理提供决策依据^[10]。

1 污染源荷载影响评价

根据调查及收集的资料,污染源荷载影响评价综合考虑污染源荷载等级、含水层敏感性和地下水价值3个方面。考虑到北京市已有的研究成果及资料掌握,污染源荷载影响评价与管理体系统见图1。

收稿日期:2011-09-06;修订日期:2012-06-18

基金项目:中国地质调查局“华北平原地下水污染调查评价—北京平原地下水污染调查评价”基金资助项目(1212010634604);水利部公益科研专项“再生水作为河湖生态用水对地下水环境的影响”基金资助项目(201001067)

作者简介:杨庆(1980—),男,苗族,湖南怀化人,工程师,硕士,从事地下水资源与环境研究。

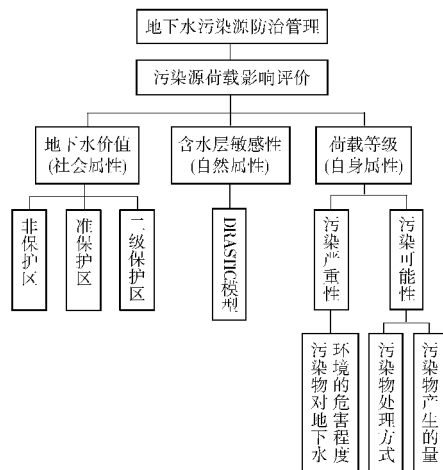


图 1 污染源荷载影响管理体系

Fig. 1 Management system for pollution source load influence

(1) 污染源荷载等级。污染源荷载等级通过污染物污染地下水的可能性和严重性 2 个方面确定。污染源荷载等级越高,地下水越容易受到污染。污染的可能性指污染源产生的污染物到达地下水并且污染地下水的概率;污染的严重性指污染物对人体健康的危害程度,与污染源的类型有关。

(2) 含水层敏感性。含水层敏感性是地下水系统本身的固有属性,不含人类活动和污染源的影响,是相对静止很难改变和人为不可控制的^[11]。采用 DRASTIC^[12]模型进行评价,包括地下水埋深(D)、含水层净补给量(R)、含水层介质(A)、土壤类型(S)、地形坡度(T)、包气带岩性(I)和渗透系数(C) 7 个影响因子^[13-14],依据各因子对地下水污染影响的程度计算得出。

(3) 地下水价值。地下水的价值指地下水对于人类社会的重要性,即地下水的社会属性,通过人类对地下水开发利用的状况反映地下水的价值,而地下水水源地保护区划分直接反映了地下水开发利用状况。因此,依据水源地保护区的级别定义地下水的价值。

1.1 污染源荷载等级评价

从实用的角度出发,污染源荷载等级由污染物产生量、污染物释放可能性、污染源种类 3 个因子确定,定义污染源荷载影响的评价指标为^[15]:

$$R = f(Q, L, K)$$

式中: R 为污染源荷载等级; f 为函数符号; Q 为污染物产生量(排放量、规模等); L 为污染物释放可能性(污染物处理方式); K 为污染源种类(类别)。

(1) 污染物产生的量。根据各种类型污染源产生污染物的方式分别给定。比如重点工业企业主要考虑污水排放量,垃圾填埋场主要考虑垃圾填埋量,规模化畜禽养殖场主要考虑养殖畜禽的出栏数等。

(2) 污染物释放的可能性。通过污染物的处理方式进行赋值,污染物的处理方式包括污染物的排放方式、污染源是否有防护、污染物是否处理等。比如工矿企业按其污水的排放方式区别,分为排入市政管网、排入河流、就地排放等,排入市政管网的释放可能性要小于排入河流和就地排放;垃圾填埋场按照场地是否有防护区别,分为底部有防渗和无防渗两种模式,有防渗的释放可能性小于无防渗的模式;规模化的畜禽养殖场通过畜禽产生的粪便处理方式区别,分为直接作为肥料和通过化粪池处理后用作肥料,通过化粪池处理后用作肥料的释放可能性小于直接作为肥料的处理方式。

(3) 污染源严重性。从危害人体健康的角度考虑,按不同的污染源类型分别给定。将污染源分为工业污染源、城市污染源、固体废物污染源、农业污染源、其他污染源 5 种类型。其中工业污染源包括重点工业企业、工业开发区、老工业基地;城市污染源包括市区、新城区、重点乡镇、一般乡镇和其他居民区;农业污染源包括历史污灌区、历史混合灌区、再生水现状灌区以及其他现状灌溉区;固体废物污染源为垃圾填埋场;其他污染源包括河流、高尔夫球场和规模化畜禽养殖场。

(4) 污染源荷载等级计算。将各污染源单指标计算的评分值和污染物对人体健康危害程度赋予的各污染指标权重值,按下式计算污染荷载等级综合指数:

$$R = (I_r I_w + C_r C_w + A_r A_w + S_r S_w + O_r O_w)$$

式中: I_r 、 C_r 、 A_r 、 S_r 、 O_r 分别表示工业污染源、城市污染源、农业污染源、固体废物污染源和其他污染源荷载指标评分等级; I_w 、 C_w 、 A_w 、 S_w 、 O_w 分别表示工业污染源、城市污染源、农业污染源、固体废物污染源和其他污染源荷载权重; R 表示污染荷载等级综合指数。

综合指数值 R 越大,污染荷载等级越高,对地下水的影响程度越大。利用自然分段法将计算出的污染荷载等级综合指数值分为 4 个区间,划分污染荷载等级,即污染荷载等级轻微、较小、中等和大大 4 个级别。污染荷载等级分级见表 1。

表 1 污染源荷载等级划分
Table 1 Levels of pollution sources load

<i>R</i>	0.1~0.9	1~1.6	1.7~2.4	2.5~7.6
污染荷载等级	荷载轻微	荷载较小	荷载中等	荷载大
荷载级别	1	2	3	4

1.2 含水层敏感性评价

DRASTIC 模型共采用了 7 个因子,评价方法是依据每个因子对地下水污染的影响程度赋予权

重,其中对地下水污染影响最大的因子权重为 5,影响最小的为 1,见表 2。

表 2 DRASTIC 指标体系中各评价因子权重
Table 2 Weight of each evaluation factor in DRASTIC index system

评价因子	地下水埋深(D)	含水层净补给(R)	含水层介质(A)	土壤类型(S)	地形坡度(T)	包气带岩性(I)	渗透系数(C)
权重	5	4	3	2	1	5	3

每个指标因子可细分为不同的数值范围,并使用评分值量化含水层对于污染的敏感性大小,定量分析含水层受污染的敏感性。DRASTIC 方法的综合指数由下式确定:

$$N = 5 \times D + 4 \times R + 3 \times A + 2 \times S + 1 \times T + 5 \times I + 3 \times C$$

式中 *N* 为 DRASTIC 综合指数。据各指标特征采用 DRASTIC 模型,依据评价中各单指标的评分值,结合相应的权重,计算综合指数。综合指数越大,敏感性越高,地下水愈容易受到污染;反之,综合指数越小,敏感性越低,地下水遭受污染的可能性就越小。按照中国地质调查局《地下水污染调查评价规范》(DD 2008-1)结合北京市具体的水文地质条件,确定含水层敏感性分区,见表 3。

表 3 地下水受污染敏感性分区
Table 3 Vulnerability category of polluted Groundwater

<i>N</i>	67~105	105~146	146~210
敏感性分区	污染低敏度区	污染中敏度区	污染高敏度区
敏感性级别	1	2	3

1.3 地下水价值评价

依据北京市环境保护局《关于北京市地下水源地保护区管理办法汇编》和各区县地下水源地保护区划图,北京市地下水按水源地保护区划分为水源地二级保护区、水源地准保护区、非保护区。水

源地二级保护区是以水源地为中心,半径为 2 km 的范围。此区地下水作为生活饮用水被直接开发利用,其地下水价值最高;水源地准保护区为水源地的补给区,此区地下水没有被直接开发利用,地下水价值相对保护区内要低。但作为水源地的补给区,其价值相对非保护区要高;非保护区无大型的地下水水源地,地下水开发利用程度相对较低,地下水价值相对最低。各区价值等级见表 4。

表 4 地下水价值分区
Table 4 Groundwater value category

地下水价值	非保护区	准保护区	二级保护区
价值分区	价值低	价值中等	价值高
价值等级	1	2	3

1.4 污染源荷载影响评价

污染源荷载影响评价由污染源荷载等级(*L*)、含水层敏感性(*N*)、地下水价值(*V*)共同确定。污染源荷载等级(*L*)分为荷载轻微、较小、中等、大 4 级。含水层敏感性(*N*)分为敏感性低、中等、高 3 级;地下水价值(*V*)分为价值低、中等、高 3 级。根据 3 个因子对地下水影响的重要性,按照 *L—N—V* 顺序进行排列组合,共 36 种可能性。将 36 种可能性按从大到小方式排序给予相应的等级(*R*),等级越大表示该污染源对地下水影响的程度越大,见表 5。

表 5 污染源荷载影响等级
Table 5 Levels of pollution load influence

LNV	R	LNV	R	LNV	R	LNV	R
433	36	333	27	233	18	133	9
432	35	332	26	232	17	132	8
431	34	331	25	231	16	131	7
423	33	323	24	223	15	123	6
422	32	322	23	222	14	122	5
421	31	321	22	221	13	121	4
413	30	313	21	213	12	113	3
412	29	312	20	212	11	112	2
411	28	311	19	211	10	111	1

表中“433”代表 $L = 4, N = 3, V = 3$ 为污染荷载等级大、含水层敏感性高、地下水价值高,其他依此类推。参照各级污染源的类型,且为了便于污染源的管理,将污染源荷载影响程度划分为 4 个等级,1—13 为荷载影响较小区;14—22 为荷载影响中等区;23—31 为荷载影响较大区;32—36 为荷载影响极大区。北京市平原区污染源荷载影响评价结果见图 2。

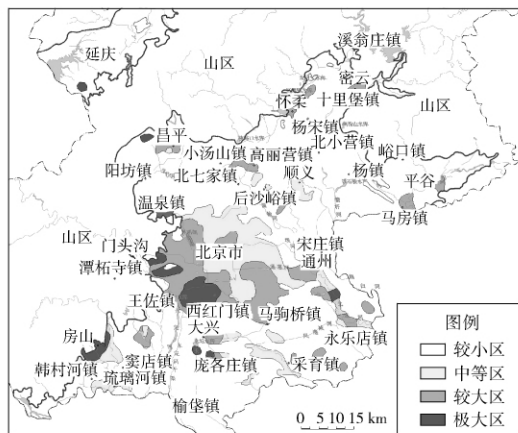


图 2 平原区污染源荷载影响评价

Fig. 2 Impact assessment of pollution sources load in Beijing plain

2 地下水潜在污染源防治管理

根据污染源荷载大小和性质,结合地下水水质现状,在识别与评价含水层受污染影响大小的基础上,针对污染源现状和地区社会经济发展趋势,将污染源荷载影响极大区和较大区作为重点防治区,荷载影响中等区作为次重点防治区,荷载影响较小区作为一般防治区。

(1) 重点防治区。首钢老工业基地、燕山石化区、北天堂地区由于地下水水质较差,已经受到较严重的污染,并且这些地区位于冲洪积扇顶部的单一砂卵砾石含水层区,地下水流动速度较快;为避免产生二次污染,应积极开展含水层修复治理及相关研究工作。

潜在污染源危害等级较大的北部密云、怀柔、昌平、平谷等水源地保护区,需要进行对地下水污染的风险评价,模拟预测地下水污染变化趋势,对水源地建立实时的预警预报系统,研究污染源对地下水的影响,加强监测,建立地下水防护工程。

通州、大兴、房山等南部地区人为活动相对强烈,经济发达,且工业多以石油化工、生物制药及重型机械制造为主导,故必须严格监控各污染源,其废弃物的排放应符合国家规定的有关标准;加强区内地下水水质的监测,特别是污染荷载影响较大地区的地下水水质;根据地下水的监测结果和污染源分析,及时清除或切断可能带来地下水污染的污染源,保护地下水水源,防止任何地下水污染事件发生,限制任何有可能带来地下水污染的人类活动。

(2) 次重点防治区。主要集中分布在城市近郊区、各新城地区和北部工业开发区等地区。该区人为活动强烈,人口相对集中,工业较发达,医院、文教、加油站、生活垃圾处理场等附属设施完善,排放的废水量大、成分相对复杂,废水通过管网渗漏或其他途径进入地下,易造成地下水污染。该区污染物主要为城市生活废水、垃圾渗滤液、开发区产生的废水及农业施用的农药、化肥。污染源的管理应注重控制城市生活污水,加强城镇污水管网的改造,提高城市生活污水处理厂污水处理能力、效果。工业开发区应严格控制其产业类型,废水排放。在农业区需限制农药和化肥的使用。

(3) 一般防治区。该区污染源荷载相对较低,主要根据地下水质的变化趋势对主要地表河流周边地下水进行监测。

3 结语

北京市地下水污染日趋严重,必须从源头对地下水的污染进行防治,加强对污染源管理能力建设,提升污染源监测水平^[16-18]。从代表污染源自身的污染荷载等级、代表自然属性的含水层敏感性和代表社会属性的地下水价值 3 个方面构建了地下水污染源荷载影响评价体系,对北京市平原区各

种类型污染源对地下水的影响进行了统一的评价,给出污染源荷载影响分区。结合北京市地下水环境现状,划定了重点防治区、次重点防治区和一般防治区,并提出了切实可行的污染源管理措施,为地下水污染的防治提供了新的思路 and 手段。

[参考文献]

- [1] 薛禹群,张幼宽. 地下水污染防治在我国水体污染控制与治理中的双重意义[J]. 环境科学学报, 2009, 29(3): 474-479.
- [2] 王焰新. 地下水污染与防治[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 张伟红. 地下水污染预警[D]. 长春: 吉林大学, 2006: 39.
- [4] 张文静,董维红,苏小四,等. 地下水污染修复技术综合评价[J]. 水资源保护, 2006, 22(5): 1-4.
- [5] 杭小帅,王火焰,周健民. 电镀厂下游水体中重金属的分布特征及其风险评价[J]. 环境科学, 2008, 29(10): 2736-2742.
- [6] 崔学慧,李炳华,陈鸿汉. 太湖平原城近郊区浅层地下水中多环芳烃污染特征及污染源分析[J]. 环境科学, 2008, 29(7): 1806-1810.
- [7] 毛媛媛. 张集地区地下水污染风险评估方法研究及地下水水源保护区划分[D]. 南京: 南京大学, 2006.
- [8] 赵勇胜. 地下水污染场地污染的控制与修复[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(2): 303-310.
- [9] 唐征,吴昌子,谢白,等. 区域环境风险评估研究进展[J].

- 环境监测管理与技术, 2012, 24(1): 8-11.
- [10] 胡蓓蓓,姜衍祥,周俊,等. 天津市滨海地区地面沉降灾害风险评估与区划[J]. 地理科学, 2008, 28(5): 693-697.
- [11] 姜桂华. 地下水脆弱性研究进展[J]. 世界地质, 2002, 21(1): 33-38.
- [12] 钟佐燊. 地下水防污性能评价方法探讨[J]. 地学前缘, 2005, (S1): 3-11.
- [13] EVANS B M, MAYERS W L. A GIS-based approach to evaluating regional groundwater pollution potential with DRASTIC [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1990, 45: 242-245.
- [14] FRITCH T G, MCKNIGHT C L, YELDERMAN J J C, et al. An aquifer vulnerability assessment of the paluxy aquifer, central Texas, USA, using GIS and a modified DRASTIC approach [J]. Environmental Management, 2000, 25: 337-345.
- [15] HARMAN W A, ALLAN C J, FORSYTHE R D. Assessment of potential groundwater contamination sources in a wellhead protection area [J]. Environmental Management, 2001, 62: 271-282.
- [16] 龚怒,顾乡. 污染源自动监控相关问题探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2011, 23(2): 11-14.
- [17] 喻义勇,董艳平,孟磊. 污染源在线监控管理模式探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(5): 5-8.
- [18] 陈建江. 对我国环境自动监测发展的思考[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1): 1-3.

本栏目责任编辑 陈宝琳 薛光璞

· 简讯 ·

“兼济天下”的美国生态农场

新华网消息 民以食为天,食品安全是国计民生的头等大事。美国农业高度发达,但严重依赖化肥和农药的传统农业不但对人类健康形成威胁,也对生态环境造成难以逆转的污染恶果。那么,向来重视健康饮食和环境保护的美国人民是如何解决这些难题的呢?

记者带着这一疑问,拜访了美国马里兰州一处名为克拉格特的生态农场。这个农场占地面积约 115 hm²,属于中型农场。农场所有者是一家名为切萨皮克湾基金会的非政府组织。基金会总部就在马里兰州,使命就是保护切萨皮克湾周边地区(覆盖马里兰州东部)的生态环境。

农场经理迈克·赫勒告诉记者,环境可持续是这个生态农场最显著的特征,即以放养的方式发展畜牧业,以天然的方式发展种植业,绝不使用饲料、化肥和杀虫剂,避免污染土壤与河水。

但与其他多数农场不同的是,这里实行会员制,一共有 300 户家庭会员,每年每户家庭要缴纳会费 5 500 美元,每周可以到农场按配额取一定量(视收成有所调整)的农产品,每年可以取 26 周。也就是说,这是个专供本地社区的农场,非本地居民有钱也买不到,即便是会员家庭,如果想要购买超出限量的农产品就得付费。

看到挂在农场储物室外墙上的价目表,记者不禁倒吸一口凉气。农场的一打鸡蛋 6 美元,而超市里售卖的有机鸡蛋一打大概 4 美元。如此“不合理”溢价出售是如何实现可持续经营的呢?

赫勒告诉记者,这样一个中型农场不可能仅够养活 300 户家庭,其实会员家庭限量和高价获得的农产品仅占总产量的五成,另外四成农产品免费捐给社区生活困难的家庭,还有一成农产品部分半价出售给使用食品券的当地贫困家庭,部分以“工作换食品”的形式补偿给忙季帮工的人。也就是说高端消费者的“溢价”支付补偿了为社区减贫的成本,体现了社区富人“达则兼济天下”的风度。

摘自 www.jshb.gov.cn 2012-07-26