

北京平原区浅层地下水污染风险评价

李志萍¹, 谢振华¹, 邵景力², 林 健¹, 许苗娟¹, 杨 庆¹

(1.北京市水文地质工程地质大队, 北京 100195; 2.中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 本文依据北京实际情况, 提出了地下水污染风险评价指标体系。以灾害风险理论为基础, 提出了地下水污染风险评价方法, 对北京平原区浅层地下水污染风险进行了分区评价。评价认为: 北京平原区浅层地下水污染高风险区主要位于永定河冲洪积扇顶部。

关键词: 北京平原区; 地下水污染风险评价

中图分类号: X523 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-1903 (2013) 01-0043-04

0 引言

近年来, 北京市地下水供水量约占其总供水量的三分之二, 是国际上为数不多的以地下水作为城市主要供水水源的大都市。由于近十年连续干旱, 背景城市水资源供需矛盾日益突出。北京市地下水资源也遭受不同程度的污染, 部分地区出现“水质性”缺水。目前, 北京平原区近60%的浅层地下水水质超标, 水质恶化, 可供水量减少。因此, 地下水污染防治与有效监管显得尤为重要。地下水污染风险评价与区划是区域地下水资源保护的重要手段^[5,6]。通过对地下水污染风险评价研究, 可以了解土地利用活动和地下水污染之间的关系, 识别出地下水易于污染的高风险区, 为土地利用规划及地下水资源管理提供一个强有力的工具^[7], 对北京社会经济的可持续发展具有重要意义。

1 研究区概况

北京平原位于华北平原的西北端, 属暖温带半湿润大陆性季风气候。北京平原除山前坡积、洪积堆积物外, 主要由永定河、潮白河、温榆河、拒马河、大石河、沟河和错河等冲洪积扇相互连接而成, 其中以永定河和潮白河冲洪积扇最大, 两扇相邻并互相交汇, 几乎控制了整个平

原地区。第四纪沉积厚度受古地形控制, 其含水层岩性、分布规律等, 主要受河流作用所控制, 反映出冲积洪积扇的特点。北京平原第四系地层变化规律是: 从山前至平原, 地层沉积厚度由薄变厚, 岩性由单一砂砾石层渐变为多层砂与亚砂土互层(见图1和图2); 地下水位埋深由大变, 地下水类型也由单一的潜水变为多层的承压水, 冲洪积扇顶部地区地下水富水条件最好, 单井出水量一般可达5000m³/d以上。

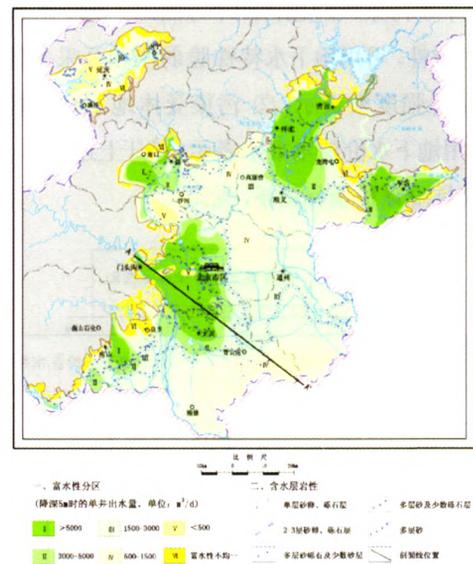


图1 北京平原区第四系含水层结构及富水性分区图

基金项目: 北京市科技计划项目: 北京市地下水资源安全评价及污染防控技术研究与示范 (D07050601510000)。

作者简介: 李志萍 (1980-), 女, 工程师, 主要研究方向是地下水污染控制与防治, E-mail: lzp2997@126.com。

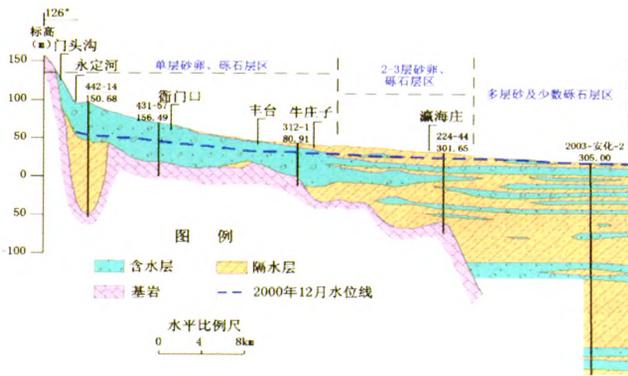


图2 北京市永定河冲洪积扇A-A' 水文地质剖面图

2 地下水污染风险评价

地下水污染风险,是指含水层中地下水由于人类活动而遭受污染到不可接受水平的可能性^[12]。从定义可以看出,真正意义的地下水污染风险评价,不仅要考虑人类活动产生的污染负荷的影响和含水层系统的固有抵御污染的能力,还要考虑污染受体(地下水系统)的预期损害性。即在无供水需求的地区,即使地下水遭受严重污染,其带来的预期损害性相对较低;而对于重要的供水水源地,即使地下水遭受轻微污染,其带来的预期损害性也很高。因此,地下水污染风险包含两个方面:①地下水系统遭受污染的可能性,可用地下水特殊脆弱性和开采条件下地下水循环交替强度来表示;②污染受体地下水资源预期损害性,可用地下水价值水平来表示。基于上述分析,建立地下水污染风险评价指标体系,见图3。

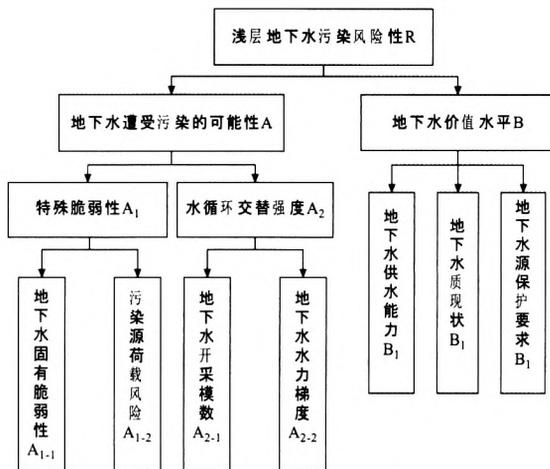


图3 地下水污染风险评价指标体系

2.1 地下水遭受污染的可能性

(1) 地下水特殊脆弱性

地下水特殊脆弱性是指含水层对特定的污染物或人类活动所表现的敏感性^[13],它与地下水固有脆弱性和污染源荷载风险有关。固有脆弱性是指在天然状态下含水层对污染所表现的内部固有的敏感属性。不考虑人类活动和污染源的影响,而只考虑水文地质内部因素,是静态和人为不可控制的。影响地下水系统的固有脆弱性的因素很多^[14],一般选择影响和控制地下水运动的7个关键因素作为评价因子^[15-16],分别是含水层埋深、净补给量、含水层介质类型、土壤介质类型、地形坡度、渗流区(包气带)介质类型、含水层渗透系数。而污染源荷载风险是指各种污染源对地下水产生污染的可能性,主要针对受人类活动影响比较大的浅层地下水。污染源荷载风险取决于人为污染源的类型、位置、规模以及污染物的排放方式等。

(2) 地下水循环交替强度

地下水的循环交替强度影响到含水层中污染物的迁移、扩散方向和速度,它主要与地下水流动状况和人类开采强度有关,前者可用水力梯度定量表示,后者可用地下水开采模数反映。

2.2 地下水价值水平

地下水价值水平反映了地下水资源预期损害性,主要体现在地下水的生态、健康服务功能及其社会经济服务功能,包括水量、水质和水源保护要求3个方面。地下水供水

表1 北京平原区浅层地下水污染风险评价指标的评分表

地下水脆弱性	污染源荷载风险		地下水开采模数 $10^4 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \cdot \text{a}$		地下水水力梯度		地下水供水能力 m^3 / d		地下水水质现状		地下水水源保护要求		
等级划分	赋值	等级划分	赋值	等级划分	赋值	等级划分 (%)	赋值	等级划分	赋值	等级划分	赋值	等级划分	赋值
高	5	高	5	> 200	5	10~23	5	> 5000	5	优良区	5	市级地下水源地保护区	5
较高	4	较高	4	80~200	4	5~10	4	3000~5000	4	良好区	4	区县级地下水源地保护区	4
中等	3	中等	3	40~80	3	3~5	3	1500~3000	3	一般区	3	水源地补给区	3
较低	2	较低	2	20~40	2	1~3	2	500~1500	2	差	2	单一潜水区	2
低	1	低	1	< 20	1	0~1	1	< 500	1	极差	1	承压水分布区	1

能力从量的角度反映了地下水资源社会经济服务能力；地下水水质现状从质的角度直接反映地下水资源社会经济服务功能；地下水源地保护要求从供水需求角度反映了不同区域地下水利用价值的差异。

将参与浅层地下水污染风险评价的每一项指标划分为不同级别，同一级别内的指标赋予相同的评分值（见表1），这样对不同级别便有了定量的区别，以此来反映指标对地下水污染风险影响的差异，评分值越大，表示地下水污染风险越高。

3 评价方法

基于灾害风险理论，地下水污染风险可定义为污染概率与预期损害性的乘积^[17]。污染概率可用地下水遭受污染的可能性(A)表征，预期损害性可用地下水价值水平(B)表征。因此，地下水污染风险是地下水系统遭受污染的可能性与其价值水平的积函数，即 $R=A \cdot B$ 。R值越大，表明地下水污染风险越高。

其中，地下水遭受污染的可能性(A)是地下水特殊脆弱性(A_1)与地下水循环交替强度(A_2)的积函数，并进行归一处理；地下水特殊脆弱性(A_1)是固有脆弱性(A_{1-1})与污染源荷载风险(A_{1-2})的积函数；地下水循环交替强度(A_2)是地下水开采模数(A_{2-1})与地下水流动状况(A_{2-2})相叠加的结果；地下水价值水平可采用指标叠加法($B = \sum_{i=1}^n \omega_i \times X_i$, ω_i 是指标因子权重； X_i 是指标因子评分)方法进行计算，其权重可采用专家打分法确定。

4 评价结果分析

基于GIS系统，按照上述计算方法，完成北京平原区浅层地下水污染风险评价计算和分区，见图4。

北京市平原区浅层地下水风险分区具有如下特征：

(1) 地下水污染高风险区——主要分布于永定河冲洪积扇和潮白河、大石河冲洪积扇顶部部分地区，分布面积约317km²。上述地区的地质岩性以砂卵石为主，地下水固有弱性高，人类活动影响强度大，污染源荷载风险高，地下水遭受污染的可能性大；含水层富水性好，是北京市区重要供水水源地，该区地下水价值水平较高，地下水污染风险最高。

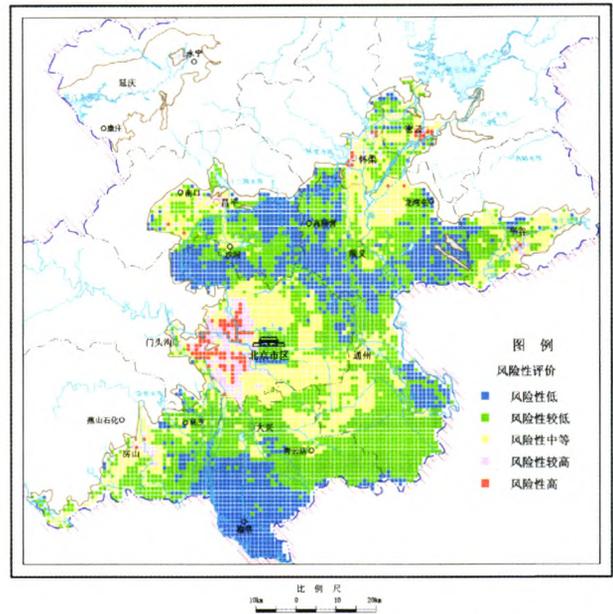


图4 北京平原区浅层地下水污染风险分区图

(2) 地下水污染中等风险区——主要分布于各冲洪积扇中上部地区，如怀柔应急水源保护区、顺义水源八厂保护区、昌平南口水源保护区、平谷应急水源保护区、房山西北部等地。这些区域地下水固有脆弱性较高、含水层富水性较好、水质较好，是各大水厂水源保护区。其次，中等风险区分布于海淀、丰台、朝阳和通州西部等地，这些区域地下水脆弱性中等，含水层富水性中等，但污染源荷载风险较高。地下水污染中等风险区分布面积约1673km²。

(3) 地下水污染低风险区——主要分布于昌平和顺义部分地区、大兴和通州的大部分地区，以及房山东南部地区，分布面积约4110km²。上述区域地下水固有脆弱性低，污染源以农业面状污染为主，污染荷载风险相对较低。该区地下水遭受污染的可能性相对较小；含水层富水性相对较差，地下水供水能力较小，地下水价值水平自然较低。价值水平低且污染可能性小的地区地下水污染风险自然很低。

5 结语

建立在地下水脆弱性评价基础上的地下水污染风险研究起步较晚，处于探索阶段。目前还没有比较公认的评价体系和方法。本文在综合分析国内外研究成果的基础上，从地下水污染风险的定义入手，建立了地下水污染风

险评价指标体系。基于灾害风险理论提出了地下水污染风险评价方法,并对北京平原区浅层地下水污染风险进行了分区评价。评价结果可为北京市地下水资源保护和土地利用规划利用与参考。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 毛媛媛.张集地区地下水污染风险评估方法研究及地下水源保护区划分[D].南京:南京大学,2006.
- [4] 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.
- [5] Burkart MR, Kolpin D W, James D E. Assessing groundwater vulnerability to agrichemical contamination in the Midwest US[J]. Water Science and Technology,1999,39(3):103~112.
- [6] Thapinta A, Hudak P. Use of geographic information systems for assessing groundwater pollution potential by pesticides in Central Thailand[J]. Environmental International,2003,29(1):87~93.
- [7] Stephen Foster, Ricardo Hirata, Daniel Gome, et al. Groundwater Quality Protection, a guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies

[M]. Washington D C: The World Bank, 2002.

- [8] SDVC. Wyoming Groundwater Vulnerability Assessment Handbook: Volume 1: Background, Model Development, and Aquifer Sensitivity Analysis; Volume 2: Water Vulnerability to Pesticides [M]. Wyoming: Wyoming Geographic Information Science Center,1998.
- [9] Sappa G S, Vitale. Groundwater protection: contribution from Italian experience [R]. Polish: Ministry of the Environment,2001.
- [10] 张丽君.地下水脆弱性和风险性评价研究进展综述[J].水文地质工程地质,2006(6):113~119.
- [11] Brian Morris, Stephen Foster. Assessment of Groundwater Pollution risk [M/OL].[2006-05-06].http://www. Inweb18. worldbank.org/essd/essd.nsf.
- [12] 李志萍,许可.地下水脆弱性评价方法研究进展[J].人民黄河,2008,30(6):52~54.
- [13] 孙才志,潘俊.地下水脆弱性的概念、评价方法与研究前景[J].水科学进展,1999,10(4):444~449.
- [14] Aller L. etc. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings [M].U.S. Environmental Protection Agency, Ada, OK,EPA6002-87-036,1987,445.
- [15] 中国地质调查局.地下水脆弱性评价技术要求[Z].北京:中国地质调查局,2006.
- [16] 周仰效,李文鹏.地下水水质监测与评价[J].水文地质工程地质,2008,35(1):1~11.

Risk Assessment of Shallow Groundwater Pollution in Beijing Plain Area

LI Zhiping¹, XIE Zhenhua¹, SHAO Jingli², LIN Jian¹, XU Miaojuan¹, YANG Qing¹

(1. Hydrogeology and Engineering Geology Team of Beijing, Beijing 100195; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: Based on the comprehensive physical characteristics of Beijing groundwater, in this paper an assessment index system is established according to the definition of groundwater pollution risk. The comprehensive risk assessment on shallow groundwater pollution of Beijing plain area was analyzed based on disaster risk theory. The assessment results show that high risk areas of shallow groundwater pollution appear at the top of the Yongding River alluvial-proluvial fan.

Keyword: Beijing plain area; Risk assessment of groundwater pollution