

地下水污染敏感性评价中 DRASTIC 法的应用

姜志群, 朱元生

(河海大学水文水资源及环境学院, 江苏 南京 210098)

摘要 : 引进了地下水污染敏感性评价的概念及 DRASTIC 方法 , 并应用于大清河流域的地下水污染敏感性的定量评价 , 评价结果与该流域的水文地质特性一致 .

关键词 : DRASTIC 方法 ; 地下水 ; GIS 技术

中图分类号 : P641.8 **文献标识码** : A **文章编号** : 1000-1980(2001)02-0100-04

地下饱和带的淡水总量占世界淡水总量的 21% , 若扣除冻结的冰川水量 , 则其占世界淡水量的 97%^[1] . 这一部分资源对人类的生存、健康和福利具有极为重要的作用 . 近年来人们发现 , 由于人类活动的影响 , 与地下水有关的环境问题日益严重 . 特别是在城市和工矿地区 , 由于人口剧增 , 城市建设发展 , 工业“三废”和家庭废水的排放对地下水的污染 , 以及农业中大量使用农药化肥所引起的地下水质恶化 , 地下水超采造成海水和不洁的地表水入侵 , 已严重影响到地下水的水质 , 并危及人类的健康 . 必须指出 , 污染物由地表进入地下水系统这一过程也相对缓慢 , 地面污染物对地下水的污染要经过较长时间才能显示出来 , 所以地下水对生态环境的影响也相对迟钝且比较隐蔽 . 虽然在污染物通过土壤入渗的过程中存在各种自净效应 , 但是地下水一旦被污染 , 其水质的恢复将极为困难 , 因此对地下水水质状况各国都给予高度重视 .

为了有效地保护地下水免受污染 , 必须寻求和开发一系列技术和方法 , 其中首先需要确定地下水易受污染的区域 , 即定量分析各个区域地下水的污染敏感性 . “地下水污染敏感性”(Groundwater-Vulnerability) 在字面上解释为地下水受进入地下水系统的污染物污染的可能性 . 地下水污染敏感性的概念是基于假设“环境是自然和人类组成的大系统 , 具有一定的‘自适应能力’ , 对于进入地下水的污染物 , 环境本身具有一定的降解污染的能力 , 不同时间、不同地点的地下水对污染的敏感程度也是不一样的” . 地下水污染敏感性的概念是由法国水文地质学家 J. Margat 于 1960 年首次提出的 . 尽管这一概念提出已近 40 年 , 但目前还没有一个普遍为人所认可接受的定义 . J. Verba 和 A. Zaporozec 引用下述定 : “污染敏感性是地下水系统的本征特性 , 表征该系统的水质对人为和/或自然作用的敏感性”^[2] .

地下水污染敏感性的评价方法与技术的选择 , 取决于研究区域的自然地理条件 , 研究的目的和资料的质量和数量 . 目前国外广为使用的方法是 DRASTIC 系统 . 该系统与 GIS 结合已被广泛地应用于地下水管理与保护决策 , 诸如 , 地下水监测网的规划和设计 , 废弃物填埋的选址 , 地下水污染的评价和控制 , 水源地的选择和保护等 .

1 DRASTIC 方法

DRASTIC 系统是由美国水井协会(NWWA) 和美国环境保护局(USEPA) 于 1985 年合作开发的^[3] , 它综合了 40 多位水文地质学专家的经验 . 该系统首先被美国 40 个县采用 , 对具有不同水文地质条件的地区 , 用于地下水污染敏感性的评价 , 其中包括喀斯特地区的多含水层系统 . 之后 , 不少水文地质学家将其用于更大范围的水文地质单元的地下水污染敏感性的评价 , 并对该系统进行了补充和完善 , 可以适应各种不同的水文地质条件 , 还可以借助于 GIS , 将有关参数进行地理综合^[3,4] .

DRASTIC 系统是评价某一特定地点 , 在已知其水文地质背景的情况下地下水污染敏感性的一种数值定级方法 . 该系统有两个主要部分 : 一是选定适用的地图划分成为单元 , 根据当地资料分别确定各单元的水文

地质背景 ;二是称为 DRASTIC 的相对定级系统的综合分析 .DRASTIC 系统中所用的水文地质背景的概念 ,是指影响和控制地下水流入/通过/流出该区域的所有主要地质和水文因素的综合描述 .在适用的地图上 ,划分为水文地质特性相近的小区域 ,作为具有相同污染敏感性的单元 .DRASTIC 系统采用 7 个影响和控制地下水运动的因素 ,包括地下水埋深(Depth to groundwater) 净补给(net Recharge) 含水层介质(Aquifer media) 土壤介质(Soil media) 地面坡度(Topography) 包气带介质影响(Impact of the vadose zone media) 含水层的水力传导系数(Conductivity) ,来定量分析各单元的污染敏感性 .这些参数的首字母缩写即为 DRASTIC .每个因素根据对地下水污染可能影响的大小 ,被赋予一个权重因子(1 ~ 5) ,见表 1 .其中权重 5 被认为对地下水污染可能影响最高级 ,1 被认为最低级 .另外 ,每个因素又被细分为不同的数值范围(数值型参数 ,如净补给)或介质类型(非数值型参数 ,如土壤介质) ,并用指标值来量化这些数值范围和介质类型对地下水污染的可能影响 ,见表 2 .DRASTIC 系统以图或表的形式给出了各个数值型参数不同数值范围和介质参数不同介质类型所对应的指标值 ,使用时应根据研究区域的实际水文地质条件参考表 2 仔细确定 .最后用下述加权方式将 7 项指标综合为 DRASTIC 指标 : $DRASTIC\ 指标 = D_W D_R + R_W R_R + A_W A_R + S_W S_R + T_W T_R + I_W I_R + C_W C_R$ 式中下标 R 表示指标值 , W 表示权重 .

表 1 水文地质参数的权重

Table 1 Assigned weight of DRASTIC features

水文地质参数	权重	水文地质参数	权重
地下水埋深 D/m	5	地表坡度 $T/\%$	1
净补给 R/cm	4	包气带介质影响 I	5
含水层介质 F	3	含水层水力传导系数 C	3
土壤介质 S	2		

表 2 水文地质参数的分级及其指标值

Table 2 DRASTIC ranges and ratings

参数	范围	指标值	参数	范围	指标值
含水层介质的影响	页岩	1 ~ 3	包气带介质	含粉沙和粘土的砂 砾石	4 ~ 8
	变质岩/火成岩	2 ~ 5		变质岩/火成岩	2 ~ 8
	风化岩/火成岩	3 ~ 5		砂和砾石	6 ~ 9
	冰渍	4 ~ 6		玄武岩	2 ~ 10
	喀斯特石灰岩	9 ~ 10		喀斯特石灰岩	8 ~ 10
	砂岩、石灰岩 页岩	5 ~ 9	地下水埋深/ m	0 ~ 1.5	10
	块状砂岩	4 ~ 9		1.5 ~ 4.6	9
	块状石灰岩	4 ~ 9		4.6 ~ 9.3	7
	砂和砾石	4 ~ 9		9.3 ~ 15	5
	玄武岩	2 ~ 9		15 ~ 23	3
土壤介质	喀斯特石灰岩	9 ~ 10		23 ~ 30	2
	薄或裸露	10		> 30	1
	砾石	10	净补给/ mm	0 ~ 50	1
	砂	9		50 ~ 100	3
	泥炭	8		100 ~ 175	6
	压实和/或团聚粘土	7		175 ~ 250	8
	砂壤土	6		> 250	9
	壤土	5	地面坡度/ $\%$	0 ~ 0.2	10
	粉质壤土	4		0.2 ~ 0.6	9
	粘壤土	3		0.6 ~ 0.12	5
包气带介质	淤泥	2		0.12 ~ 0.18	3
	未压实和团聚粘土	1		> 0.18	1
	封闭层	1	水力传导系数	1 ~ 100	1
	粉沙/粘土	2 ~ 6		100 ~ 300	2
	页岩	2 ~ 5		300 ~ 700	4
	石灰岩	2 ~ 7		700 ~ 1000	6
	砂岩	4 ~ 8		1000 ~ 2000	8
	板状石灰岩 砂岩 页岩	4 ~ 8		> 2000	10

DRASTIC 指标并不表示地下水污染的绝对数值,它仅表示不同水文地质单元地下水的相对污染敏感性. DRASTIC 指标越大,则该水文地质单元相对于其它单元更易被污染.

若借助于 GIS 来输入、储存、处理和显示地理参数,过程将变得十分简单,见图 1.

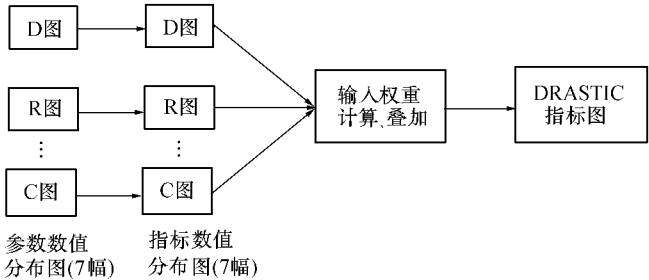


图 1 借助于 GIS 的 DRASTIC 指标图计算示意图

Fig.1 Integration of DRASTIC map by means of GIS

2 应 用

本研究将 DRASTIC 系统用于大清河流域的地下水污染敏感性的评价.地下水是大清河流域主要的水资源,除用于家庭和工业外,还广泛地用于农业灌溉.由于地下水的长期超采,出现了许多环境问题.所以,地下水污染敏感性的研究对该流域地下水资源保护和污染的控制,具有重要的实用价值.

根据流域地貌特性,大清河流域的地下水系统可以分为两个水文地质单元.西单元属太行山脉,面积约 8 700 km²,约占总面积的 40%;东单元属华北平原,面积约 24 400 km²,约占总面积的 60%.西单元地面坡度大,主要岩石类型为岩浆岩和变质岩(10 600 km²),碳酸盐岩(5 500 km²)和松散岩(1 800 km²),该单元地下水主要存在于喀斯特地区,部分存在于山谷松散的第四纪沉积岩中.东单元主要存在于第四纪沉积物形成的很厚的多层孔隙含水层中,浅层地下水埋深为 30 ~ 60 m.

DRASTIC 结合 GIS 进行区域地下水污染敏感性的评价,可分为以下步骤:(a)资料的收集和处理:需要收集的资料包括地下水测井的抽水观测资料和水文地质报告、水资源报告(降水、径流和蒸发等)、土壤调查报告和地形图等.(b)参数分布图的准备:将收集到的资料进行分析,对没有直接给出值的参数进行推算或换算,然后将其分别标在 7 幅不同的底图上.若是数字型参数,可用等值线或分区图表示;若为介质型参数,只能用分区图表示,并用不同的颜色来表示参数的不同值.用数字化仪或其它方法将其输入计算机,即得到 7 幅参数分布图(栅格图或矢量图).(c)指标值的确定:对数值型参数,其指标值的确定十分方便;但对于介质参数,其指标必须根据各处的水文地质条件对照表 2 仔细地分析确定.尤其要认真分析识别喀斯特地区和海水侵蚀地区的指标值,同时还要考虑湖河与周边含水层的水力联系.(d)指标值分布图的生成:借助于 GIS 将参数分布图转换为指标值分布图.(e)DRASTIC 综合指标分布图可以清楚地看出不同水文地质单元的地下水污染敏感性的大小.颜色的深浅表示 DRASTIC 指标的大小,颜色越深,DRASTIC 综合指标越大,则越易被污染,反之亦然.从大清河流域 DRASTIC 综合指标分布图可以看出:山区除部分喀斯特地区外是最不易污染的,洪泛平原是最易污染的,其次易污染的区域是山前冲积扇和湖泛平原.沿海平原根据其地质地层分析是不易污染的,但由于该地区人口密度大,家庭和工业废水管理不善,加之大量废弃的生产井穿透含水层而造成地下水污染以及海水侵蚀,实际上该地区的各个含水层都存在着不同程度的污染.这一结果与流域实际水文地质条件基本一致,而且与以前的研究也基本一致.

3 结 论

- a. DRASTIC 系统是评价给定水文地质条件的特定区域地下水污染敏感性的有效工具.这一系统可以定量地分析影响和控制污染物运动的主要水文地质因素.
- b. 大清河实例由 DRASTIC 系统得出的地下水分区结论,与流域水文地质条件是一致的.
- c. DRASTIC 系统易于理解,借助于 GIS 可以综合水文地理信息且使用方便,最后的 DRASTIC 指标分布图也十分直观清晰.

- d. *DRASTIC* 系统适用于大区域的地下水污染敏感性的评价 ,尤其是水文地质条件变化大的区域 .
- e. *DRASTIC* 系统主要缺点也许是缺乏足够的灵活性以适应特殊的需要 ,各个影响因素被综合到最后的 *DRASTIC* 指标 ,有时十分关键的控制地下水污染的因素可能被许多次要因素所掩盖 .所以 ,使用 *DRASTIC* 系统时 ,应注意合理性分析 ,结合专家的经验 ,根据研究区域的水文地质条件精心地确定指标值 ,或采用试错法逐步对权重予以适当的调整 ,或增减必要的因素 ,以便考虑研究区域起关键作用的因素的影响 .

参考文献 :

[1] Durone T ,Leopold L B. Water in environmental planning[M]. San Francisco :W. H. Freema Co ,1978. 1 ~ 258.

[2] Jaroslav Verba ,Alexander Zaporozec. Guidebook on mapping groundwater vulnerability[M]. Verlag :Heinz and Heise Co. ,1994. 1 ~ 333.

[3] Garrett P ,*et al.* Are the groundwater vulnerability classification system workable[A]? Proceeding of the Focus Conference on Eastern Regional Groundwater Issues[C]. Kitchener ,Ontone Canada :1989. 123 ~ 127.

[4] Mayers L. GIS-Based approach to evaluating regional groundwater pollution potential with *DRASTIC*[J]. Journal of Soil and Water Conservation ,1990 ,45 (2) :138 ~ 144.

[5] David A Padgett. Using *DRASTIC* to improve the integrity of geograhical information system data used for solid waste management facility siting[J]. The Journal of Environmental Professional ,1994 (16) :78 ~ 85.

Evaluating Regional Groundwater Pollution Potential with
DRASTIC for Daqinghe Basin

JIANG Zhi-qun ,ZHU Yuan-sheng

(College of Water Resources and Environment ,Hohai Univ. ,Nanjing 210098 ,China)

Abstract :The concept of the vnlnerbility for groundwater pollution and a standard computer system named *DRASTIC* are described. The groundwater pollution potential in the Daqinghe River basin is evaluated with the *DRASTIC* system. The results of assessment are reasonable and the system is operable .

Key words :*DRASTIC* method ;groundwater pollution ;GIS