贵阳市乌当区地下水脆弱性评价

——基于 AHP 的改进 DRASTIC 模型

刘玲 周德全 李晨

（贵州师范大学，贵州贵阳 550001）

【摘 要】为了防止地下水在人类生产生活过程中受到污染，实现地下水资源合埋利用及可持续发展，采用地下水脆弱性评价模型（DRASTIC 模型），运用层次分析法（AHP)确定相应指标权重，以地理信息系统（MAPGIS 软件）为平台，评价了贵阳市乌当区地下水脆弱性程度。通过 MAPGIS 软件做出贵阳市乌当区地下水脆弱性程度分区图，最后对贵阳市乌当区地下水的污染风险进行预测并提出了相应的对策。

【关键词】DRASTIC 模型；层次分析法；地理信息系统；地下水；脆弱性

【中图分类号】X523**【文献标识码】**A

【文章编号】1003-6563(2017)01-0034-04

引言

在我国，由于水资源总量大但人均用水量低的现状致使社会经济的发展在一定程度上受到制约。随着城市化的迅速发展以及“三废”排放问题的加剧，导致地下水污染日趋严重，地下水污染问题已引起人们越来越多的关注。地下水脆弱性是反映地下水系统所处环境条件优劣、衡量地下水抵御外界污染能力的一项综合指标。我国从上世纪 90 年代引进该方法，近年来众多学者对该方法进行研究并在我国多地进行应用。目前，地下水脆弱性评价的主要研究方法，是利用地理信息系统（Geo-graphicInformationSystem，GIS）对大量的数据进行管理和分析，并结合一些相关的专业模型对研究区进行大致的预测和研究。本研究以 MAPGIS 软件为基础平台，鉴于 DRASTIC 模型的不足，将层次分析法运用到模型中，重新确定各影响指标权重，利用改进后的模型对贵阳市乌当区进行地下水脆弱性评价。

1 研究区概况

乌当全区面积 685.93km2。属亚热带季风湿润气候，年平均气温 14.7℃，年≧10℃,积温 4401.3℃，年降水量 1179~1271mm，具有雨热同期、降水充沛的气候特点。地势东偏北高南低，北部地形起伏较大。在大地构造上属齡中隆起与齡南凹陷的过渡地带，地貌类型复杂多样，主要以山地、丘陵为主。大部分为典型岩溶山区，喀斯特地貌较为发育,地质构造复杂，峄林、峰丛、溶丘、洼地、漏斗、溶洞、暗河等地貌分布较广。乌当区是贵阳市蔬菜生产主要基地之一，具有城郊农业重点发展鲜活农副产品生产的特点和优势。

2 DRASTIC 评价方法

2.1 DRASTIC 简介

DRASTIC 是美国水井协会（NWWA)同美国环境保护署（USEPA)联合开发用于地下水固有脆弱性评价的一种定性与定量相结合的方法，1996 年引进中国，在我国地下水的保护与评价中得到广泛的运用[4]。

DRASTIC 以对地下水固有脆弱性影响最主要的 7 项影响因子（指标）作为评价指标 11],它们分别是:含水层埋深 D(depthtowater)、含水层净补给量 R(NetRechaiˆe)、含水介质类型 A(AquiferMedia)、土壤类型 S(SoilMedia)、地形坡度 T(Topography)、包气带影响 I（Impactofthevadose)、含水层的导水系数 C(ConductivityofAquiferHydraulic)。

2.2DRASTIC 权重

根据各指标在地下水脆弱性评价中的重要性赋予相应的权重（表 1)，其中，指标权重为 5 的为最重要，指标权重为 1 的为最不重要。

表 1　DRASTIC 模型各指标权重

Tab. 1　Weight of each index in DRASTIC model

指标	含水层埋深	含水层净补给量	含水介质类型	土壤类型	地形坡度	包气带影响	导水系数
	D	R	A	S	T	I	C
权重	5	4	3	2	1	5	3

7 项评价指标中，含水层埋深 D、含水层净补给置 R、地形坡度 T、含水层的导水系数 C 可以直接定量获得;含水介质类型 A、土壤类型 S、包气带影响 I 为不可以直接定量获得的 3 项指标。

DRASTIC 模型通过各项指标相应的评分值与各项指标权重的加权求和得出地下水脆弱性特征值。在正常情况下，地下水脆弱性指数的范围在 23～226 之间，它只是一个相对的概念，脆弱性特征值越大，相应区域的地下水脆弱性就越高，则该区域的地下水相对来说就越容易遭受污染；反之，越不易受到污染。

3 地下水脆弱性评价模型的改进

3.1 AHP 方法选取

DRASTIC 模型可以较客观地评估不同地区的地下水脆弱性，其前提是假设各地区的含水层都分别具有均一趋势。由各研究区的自然地理、水文地质等条件不同，以及模型计算方法的缺陷，DRASTIC 模型存在

一定的局限性。因此，本文在采用 DRASTIC 模型的基础上，根据贵阳市乌当区具体的水文地质条件以及结合现有的资料，对 DRASTIC 模型进行了一定的修改。根据各项指标在贵阳市乌当 K 的分布规律确定各指标所在范围的评分，各指标的权重值利用层次分析法重新确定，建立一个符合贵阳市乌当区的地下水脆弱性评价模型。

3.2 评价指标评分标准

在地下水脆弱性评价中将各评价指标划分为不同的范围，这个范围在 1～10 间，同一范围内的指标赋予相同的评分，地下水脆弱性的抗污染能力通过该指标反映，评分值越大，则表示该指标对地下水受污染的可能性就越大。根据此划分方法，DRASTIC 模型各指标评分标准见表 2、表 3。

表 2　DRASTIC 模型 D、R、A、S 评价指标的范围和评分

Tab. 2　Scope and score of evaluation indexes D, R, A, S of DRASTIC model

含水层埋深 D		含水层净补给量 R		水介质类型 A		土壤类型 S	
范围 / m	评分	范围 / mm	评分	介质类别	评分	介质类别	评分
0-1.5	10	≤70	1	块状页岩	2	薄或缺失	10
1.5-3	9	70-140	3	薄层状砂岩、灰岩	6	砾石	10
3-4.5	8	140-240	6	块状砂岩	6	砂	9
4.5-9	7	240-360	8	块状灰岩	6	膨缩性粘土	7
9-15	5	>360	9	砂和砂砾层	8	砂质壤土	6

续表 2

含水层埋深 D		含水层净补给量 R		水介质类型 A		土壤类型 S	
范围 / m	评分	范围 / mm	评分	介质类别	评分	介质类别	评分
15-22	3			岩溶发育灰岩	10	壤土	5
22-30	2					粉砂质壤土	4
≥30	1					黏质壤土	3
						非膨胀性黏土	1

表 3　DRASTIC 模型 T、I、C 评价指标的范围和评分

Tab. 3　Scope and score of evaluation indexes T, I, C of DRASTIC model

地形坡度 T		包气带影响 I		导水系数 C	
坡度 / %	评分	介质	评分	K 值(m / d)	评分
0-2	10	粉土、黏土	1	0-4.1	1
2-6	9	页岩	3	4.1-12.2	2
6-12	5	灰岩	6	12.2-28.5	4
12-18	3	层状的灰岩、砂岩、页岩	6	28.5-40.7	6
>18	1	变质岩、火成岩	4	40.7-81.5	8
		砂砾岩	8	>81.5	10
		玄武岩	9		
		岩溶发育灰岩	10		

3.3 评价指标权重确定

DRASTIC 模型采用专家经验打分定权，受主观影响较大。而层次分析法是定性分析与定量计算相结合的决策方法，能够降低人为主观影响，较好地确定各个评价指标的权重。

根据乌当区水文地质状况的各项评价指标的范围与评分，结合专家经验，通过建立评价指标权重判定矩阵，采用根法计算矩阵的特征值和特征向量，得出各评价指标的相对权重。并计算最大特征根。

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n} \frac{(AW)_i}{nW_i}$$

对矩阵进行一致性检验，得出 CR=0.06<0.1，说明各评价指标权重分配合理。再对相应权重指标进行处理后，得出各个指标权重值见表 4。

表 4　评价指标权重

Tab. 4　Weight of evaluation indexes

指标	含水层埋深	含水层净补给量	含水介质类型	土壤类型	地形坡度	包气带影响	导水系数
	D	R	A	S	T	I	C
权重	5	3	4	2	1	7	1

4 地下水风险预测及对策

4.1 地下水脆弱性等级划分与制图

根据上述得出的乌当区的地下水脆弱性评价指标的权重，建立出符合该地区实际的地下水评价模型：

$$DI=D_w\times D_r+R_w\times R_r+A_w\times A_r+M_w\times M_r+T_w\times T_r+I_w\times I_r+W_w\times W_r$$

式中:似表示脆弱性综合指数，各大写字母表示上述的评价因子，下角标 w 表示权重，r 表示各评价因子的评分脆弱性综合指数越大，说明该 K 域的地下水抗污染能力越差，相反之。

将上述各因子带人公式中，根据 DRASTIC 划分原则，结合该地区脆弱性情况，将地下水脆弱性分区按照脆弱性综合指数由小到大划分为 5 个级别见表 5。

表 5　地下水脆弱性程度等级表

Tab. 5　Groundwater vulnerability degrees

脆弱性综合指数	脆弱性	脆弱性程度	脆弱性级别
<70	难受污染	弱	Ⅰ
70-100	可能受到污染	轻度	Ⅱ
100-130	容易受到污染	中度	Ⅲ
130-160	极易受到污染	强	Ⅳ
>160	特别容易受到污染	极强	Ⅴ

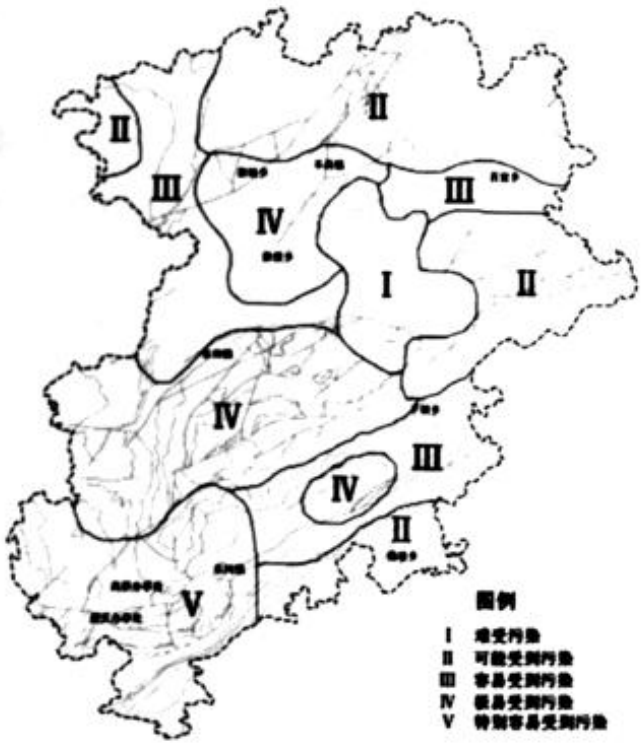

图 1　乌当区地下水脆弱性分区图

Fig. 1　Groundwater vulnerability zoning in Wudang

通过科学的方法和研究对区域地下水脆弱性进行评估，将为区域的建设和布局提供重要的参考价值。研究发现，贵阳市乌当区大部分地区地下水处于容易受到污染和极易受到污染的等级，而在新天办事处和高新办事处一带地下水是处于特别容易受到污染的地区。

4.2 地下水防污对策

针对特别容易受到污染和极易受到污染的地区，比如新天办事处、高新办事处、东风镇的部分地区及水田镇南部，是人类在生产生活中产生污染物质较多的地区，为防止废水、废渣对地下水的污染，在人类生活的重点区域，做好废水收集、净化设施的建设。合理选择废渣储放地点，对废渣进行集中储放，并做好分类，尤其是带有或可能带有污染物质的废渣进行分开储放，并做好防雨及防渗丁_程的建设。对于容易

受到污染和可能受到污染的地区，农业活动较为集中成片，主要污染是由于农业活动中农药和化肥的不合理使用从而导致地下水的污染。针对这种情况，需相关部门加强农民对农业和化肥科学用量的指导和培训，通过对农药和化肥用量的严格管控，降低地下水受污染的风险；另一方面，使用受到污染的水源灌溉也是农业活动对地下水造成污染的重要途径，故除了防治地下水污染，地表水也是治污的重点。对于难受污染的地区，一般均为受人类扰动很小或是未受扰动的森林覆被好、面积较大的地区。针对这类地区，需要做好封山育林工作，保持森林涵养水源、延长降水下渗过程从而过滤、净化雨水的作用。作为地表水与地下水连接的直接通道，落水洞、竖井、天窗等岩溶地貌景观，当污水从这些地方由地表转人地下时，其对污水的过滤作用几乎为零，这些地方往往成为污染较为集中的地区，所以这些地方应该成为防止地下水污染、需要保护的对象。

参考文献:

[1]孟宪萌，束龙仓，卢耀如.基于熵权的改进 drastic 模 型在地下水脆弱性评价中的应用[』].水利学报，2007,38 (1) ：94-99.

[2]陈南祥，董贵明，贺新春.基于 AHP 的地下水环境脆弱 性模糊综合评价[J].华北水利水电学院学报,2005,26(3)：63-66.

[3]张丽君•地下水脆弱性和风险性评价研究进展综述 [J].水文地质丁.程地质，2006,33(6):113-119.

[4]AU.LKR L, BKNNET T, LKHR J H, et al. DRASTIC： a standardized system for evaluating groundwater pollution potent-ial using hydro geological settings：KPA / 600 / 2-87-036[S]. Washington,D. C. ：U.S. Environmental Protection Agency, 1987.

[5]张少坤，付强，张少东，等.基于 CIS 与熵权的 DKASCLP 模型在地下水脆弱件评价中的应用[j].水土保 持研究，2008,15(4)：134-137.

[6]姜志群，朱元姓.地下水污染敏感性评价中 DRASTIC 法 的应用[J].河海大学学报（自然科学版），2001,29(2)：100-103.

[7]鄂建，孙爱荣，钟水新• DRASTIC 模型的缺陷与改进方法 探讨[J]•水文地质工程地质，2010,37(1>:102-107.

[8]邵瀚，许捍卫，王华.基于 AHP 和 GIS 的扬泰地区浅层 地下水脆弱性评价[J].测绘与空间地理信息，2014(2)：49-52.