

地下水脆弱性评价方法

张炜, 王淑玲

中国地质图书馆(中国地质调查局地学文献中心), 北京, 100083

1968 年, 法国人 Margat 首次提出“地下水脆弱性”概念以来, 其内涵不断丰富。地下水脆弱性评价方法多样, 早期国外以迭置指数法应用最多。随着对脆弱性评价研究的深入, 陆续出现了模糊数学综合评价法和过程数值模拟法。将计算机技术引入脆弱性评价, 形成了基于地理信息系统技术的评价方法。还有学者采用多方法综合评价的方式进行地下水脆弱性评价。但是, 对于不同含水层的不同特征, 很难确定哪种地下水脆弱性评价方法更适合, 需要开展深入的统计分析工作。

本文主要对常用的迭置指数法进行介绍:

(1) DRASTIC 法: 1985 年由美国环境保护局和美国水井协会综合了 40 多位水文地质学专家的经验提出的, 该方法适用于大面积(小比例尺)的浅层地下水脆弱性评价。分别考虑了地下水埋深(D)、含水层的净补给(R)、含水层的岩性(A)、土壤类型(S)、地形坡度(T)、包气带的影响(I)和含水层渗透系数(C)。根据每个因子的变化范围或其内在属性建立评分体系 r , 又根据评分体系中每个因子对地下水脆弱性影响的重要程度给予固定权重赋值 w , 各因子加权和即是 DRASTIC 指数。

(2) PI 法(Goldscheider, 2005): 该方法基于“起源-路径-目标”模型建立。资源脆弱性评价以地下水表面或水位为“目标”, “路径”由通过地下水表面以上地层(非饱和带)更为垂直的通道组成; 水源脆弱性评价以井或泉为“目标”, “路径”除了上述的垂直通道, 还包括含水层饱和带中更为水平的流动通道。PI 方法是一种资源脆弱性评价方法, 可应用于所有类型的含水层。该方法选取的评价因子有保护性盖层(P)和渗透条件(I)。最终评价结果根据公式 $PI=P_{TS}I$ 确定。

(3) GOD 法(Fernandes et al., 2014): 该方法

适用于对多孔介质潜水和承压水的脆弱性评价。主要考虑了地下水类型(潜水或承压水) G 、含水层或盖层的岩性 O 、地下水埋深 D , 所计算的 GOD 指数是以上 3 个指标评分值的乘积。需要注意的是, 当评价承压水时, 应忽略 O 因子。

(4) EPIK 法(Doerfliger et al., 1999): 该方法专门针对岩溶地下水。评价因子包括岩溶带发育强度(E)、保护性盖层(P)、渗透条件(I)、岩溶网络发育情况(K)。根据每个评价因子的相对重要性赋予相应的权重值, D_i 指数通过权重值与评价因子的乘积计算获得。

(5) 欧洲(COP)法(Vias et al., 2006): 主要考虑径流特征(C)、覆盖层(O)、降水(P)和岩溶发育特征 K 。覆盖层因子 O 取决于土壤(O_S)的质地和厚度以及非饱和带岩层(O_L)的岩石类型和岩层断裂程度(ly)、各层的厚度(m)和含水层的封闭程度(cn)。径流特征因子 C 以区分具不同入渗条件的区域。降水因子 P 包括降水量(P_Q)和影响入渗速率的因素(P_I), 这些因素决定了降水将地表污染物运移至地下水的的能力, 能力越大, 意味着地下水越脆弱。需要注意的是, 资源脆弱性评价应包括 O 、 C 、 P 因子, 而水源脆弱性评价应包括 O 、 C 、 P 、 K 因子, 较资源脆弱性评价多考虑饱和带中的水平流动。最终评价结果通过各评价因子的耦合得出, 耦合方法根据评价目标区的水文地质特征确定, 可以是求和形式, 也可是乘积形式。

(6) 地下水脆弱性指数(AVI)法(Van Stempvoort et al., 1993): 该方法考虑了两个因子, 即最上层饱和含水层表面之上的每个沉积层的厚度(d)以及每个沉积层的估算渗透系数(K), 通过它们可计算得到水力阻力(c)。AVI 法间接考虑了 DRASTIC 法所采用的评价因子, 除了地形坡度

注: 本文为中国地质调查局工作项目(1212011220914)资助的成果。

收稿日期: 2015-03-01; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 张炜, 男, 1981 年生, 博士, 高级工程师, 水文学与水资源专业。Email: zhangwei@cgl.org.cn。

和含水层的岩性。DRASTIC 法指定给含水层的岩性的权重也是基于物理理论,但未考虑地下水污染在含水层中的侧向运移。

(7) PaPRIKa 法 (Kavouri et al., 2011): 是一种针对岩溶含水层 (尤其是他生岩溶系统) 的固有脆弱性评价方法, 包括 4 个因子: 对含水层的保护 (P)、储层 (R)、入渗 (I) 和岩溶作用 (Ka)。该方法适用于资源和水源脆弱性评价。对于非岩溶带集水区的脆弱性, 只评估以上 4 个评估因子中的 2 个, 即 $0.5P+0.5I$ 。对于岩溶带, 在脆弱性评价中应侧重因子 I , 因为该因子考虑了地表向地下水的快

速入渗。

(8) SINTACS 法 (Guastaldi et al., 2014): 该方法是 DRASTIC 法的演化。考虑了 7 个评价因子, 即水位埋深 (S)、有效入渗 (I)、非饱和带的自我净化能力 (N)、土壤类型 (T)、含水层的水文地质特征 (A)、含水层的渗透系数 (C)、地形坡度 (S)。根据以上评价因子在整个脆弱性评价中的重要性指定其评分数值 (1~10), 并乘以各个因子在不同水文地质情况对应的权重值, 从而最终计算获得固有脆弱性指数。

参 考 文 献 / References

- Doerfliger N, et al. Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method). *Environmental Geology*, 1999, 39(2): 165~176.
- Fernandes LFS, et al. DRASTIC and GOD vulnerability maps of the Cabril River Basin, Portugal. *Rem: Revista Escola de Minas*, 2014, 67(2): 133~142.
- Goldscheider N. Karst groundwater vulnerability mapping: application of a new method in the Swabian Alb, Germany. *Hydrogeology Journal*, 2005, 13: 555~564.
- Guastaldi E, et al. Intrinsic vulnerability assessment of Saturnia thermal aquifer by means of three parametric methods: SINTACS, GODS and COP. *Environmental Earth Sciences*, 2014.
- Kavouri K, et al. PaPRIKa: a method for estimating karst resource and source vulnerability—application to the Ouyse karst system (southwest France). *Hydrogeology Journal*, 2011, 19(2): 339-353.
- Van Stempvoort et al. Aquifer vulnerability index: A GIS – compatible method for groundwater vulnerability mapping. *Canadian Water Resources Journal*, 1993, 18(1): 25~37.
- Vias JM, et al. Proposed method for groundwater vulnerability mapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method. *Hydrogeology Journal*, 2006, 14: 912~925.