

秃尾河流域表生生态环境现状评价

杨泽元, 王文科, 马雄德, 杨晓婷

(长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 以地下水为主线,开展流域表生生态环境评价的方法研究尚处于发展之中。以秃尾河流域为例,紧紧围绕地下水这条主线,在建立流域表生生态环境递阶层次评价指标体系和评价标准的基础上,尝试采用模糊综合评判方法与模糊迭代自组织数据分析技术相结合,开展流域表生生态环境现状评价。评价结果表明,流域生态环境现状总体较好,其中盖沙丘陵区、河流源头和河谷阶地区及沙漠区是水资源与生态环境保护的重点,这些研究为评价生态环境脆弱区水资源开发利用对表生生态环境的影响以及保护流域水资源与生态环境提供了科学依据。评价结果与流域生态环境实际更为吻合,规律性更明显。

[关键词] 表生生态环境; 地下水; 秃尾河流域; 评价; 陕北

[中图分类号] X24 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)03-0087-05

Assessment of Present State on Supergene
Eco environment in Tuwei River Watershed

YANG Ze yuan, WANG Wen ke, MA Xiong de, YANG Xiao ting

(School of Environmental Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Regarding groundwater as the main clue, the study of assessment method of supergene eco environment in watersheds is developing. This paper, taking Tuwei river watershed as an example, circling to the main clue of groundwater, tries to combine fuzzy comprehensive assessment method with fuzzy interactive self organizing data analysis technique (fuzzy ISODATA) to assess the present state of eco environment in the watershed. The assessment index system and assessment standards are established. The assessment result shows that the overall environment is good. The hilly area covered by sand, the valley area, the river source area and the desert area are key areas for water resources and eco environment protection. These results provide the scientific basis to assess the influence of water resources exploitation on eco environment and the protection of water resources and eco environment in vulnerable regions. The assessment results coincide well with real conditions in Tuwei river watershed.

Key words: supergene eco environment; groundwater; Tuwei river watershed; assessment; north Shannxi

0 引言

秃尾河流域是陕北能源重化工基地的重要组成部分和供水水源之一,是中国正待开发的地区。其位于毛乌素沙漠与黄土高原过渡地带,从西北向东南依次分布有湖群高原区、沙漠区、盖沙丘陵

区和黄土梁峁丘陵区,其中沙漠和盖沙丘陵区占总面积的2/3以上^[1],加之干旱少雨,生态环境脆弱,对地下水的依赖作用十分显著。鉴于目前表生生态环境(由地下水引起的盐渍化、沙漠化、植被退化、地面沉降、地裂缝等)^[2-16]评价的方法尚在探讨研究之中,为了促进流域水资源可持续开发利用和保护流域脆弱的生态环境,笔者紧紧围绕地下水这

[收稿日期] 2006 03 21

[基金项目] 国家自然科学基金项目(40472131); 国家重点基础发展规划项目(G1999043606); 陕西省自然科学基金项目(2002D13)

[作者简介] 杨泽元(1969-),男,汉族,重庆合川人,讲师,从事水环境、生态环境及“3S”技术在水环境与生态环境领域的应用研究。

条主线, 尝试将模糊综合评判法和模糊迭代自组织数据分析技术(即模糊 ISODATA 聚类)相结合, 开展流域表生生态环境现状评价, 为评价流域水资源开发利用对表生生态环境的影响以及保护流域水资源与生态环境提供科学依据。

1 概况

秃尾河流域位于鄂尔多斯盆地东部, 东经 $109^{\circ}45' \sim 110^{\circ}35'$ 和北纬 $38^{\circ}10' \sim 39^{\circ}10'$ 之间, 总面积 $3\,294\text{ km}^2$ 。总体地势西北高东南低。据神木气象站 1957 ~ 1990 年观测资料, 多年平均蒸发量 $1\,790.0\text{ mm}$, 多年平均降雨量 421.49 mm , 降水主要集中在 7 ~ 9 月, 是区内主要的补给来源。发源于神木县瑶镇乡宫泊沟与圪丑沟, 属黄河的一级支流, 由西北流向东南, 河道全长 139.6 km , 是地下水的主要排泄场所。据高家川水文站资料, 多年平均径流量为 $13.8\text{ m}^3/\text{s}$, 年输沙量为 $0.3374 \times 10^{11}\text{ kg}^{[17]}$ 。主要的含水层为第四系萨拉乌苏组(Q_3s)和侏罗系烧变岩含水层(J_{1-2y}), 水化学类型多为 HCO_3-Ca 型, 矿化度小于 1 g/L 。

根据流域野外调查, 流域表生生态环境问题主要包括荒漠化、植被演替和河流基流量的变化等。

2 评价指标体系建立

参照国内外有关表生生态环境评价指标, 根据流域野外调查资料, 在分析表生生态环境问题影响因素^[18]的基础上, 确定了表生生态环境评价指标。评价指标的选取遵循 3 个原则: 即代表性; 指标之间不能有相关性和包容性; 所选用的指标要易于获取, 具有科学性、系统性、层次性、完备性、可操作性、可靠性和动态性。以表生生态环境评价为目标层, 以地质地貌因素、水文地质因素、气象水文因素为准则层, 按各准则层隶属关系进一步细化成若干指标, 建立了表生生态环境递阶层次评价指标体系(图 1)。

3 评价指标分级标准

到目前为止, 国内外对于表生生态环境评价尚无统一的标准。以野外实际调查资料为依据, 在参考国内外有关评价指标所使用的分级标准的基础上, 将流域表生生态环境状况分成 5 个等级, 即生

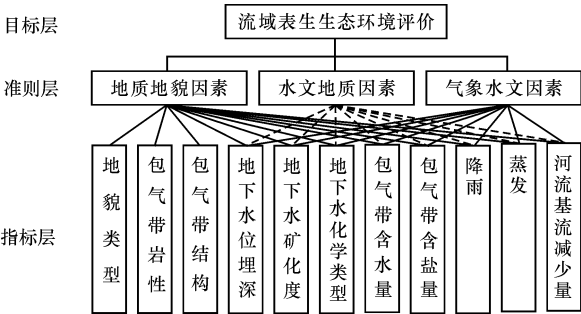


图 1 流域表生生态环境递阶层次评价指标体系
Fig.1 Assessment Index System on Supergene
Eco environment in the Watershed

态环境好、生态环境较好、生态环境中等、生态环境较差和生态环境差, 建立了表生生态环境评价指标分级标准(表 1)和评价指标分级标准评分(表 2, 以指标地貌类型为例, 其余指标与地貌类型同)。

3.1 地质地貌因素的指标分级标准

河谷阶地区是地下水的排泄地带, 地下水资源丰富, 生态环境好。黄土梁峁丘陵区地形切割严重, 地下水贫乏深埋, 地下水状况的变化对其表生生态环境几乎没有影响。湖群高平原区地形平缓, 地表径流不畅, 在强烈蒸发条件下易于盐渍化。盖沙丘陵区地形起伏较大, 在黄土(Q_2+Q_3)上覆盖了第四系的风成沙, 地下水状况容易受到天然或人为因素的影响发生剧烈的改变。沙漠区以固定半固定沙丘为主体, 生态环境脆弱, 一旦受到天然或人为因素的影响, 会导致固定半固定沙丘活化, 生态环境最差。

包气带岩性越细, 其含水量越高, 对应的生态环境越好, 所以粉土质亚粘土对应的生态环境好, 而亚砂土、砂卵石对应的生态环境最差。包气带结构越复杂, 蒸发作用越易于受到抑制, 其生态环境越好, 反之, 其生态环境越差。

3.2 水文地质因素的指标分级标准

据资料^[18], 地下水位埋深 $1.5 \sim 3\text{ m}$ 是流域最佳地下水位埋深, $0 \sim 1.5\text{ m}$ 为盐渍化地下水位埋深, $3 \sim 5\text{ m}$ 是乔灌木承受地下水位埋深, $5 \sim 8\text{ m}$ 是警戒地下水位埋深, 大于 8 m 为乔木衰败地下水位埋深, 从而获得流域不同生态环境状况所对应的地下水位埋深区间。地下水矿化度依据中国地质调查局 1 : 20 万地质图空间数据库标准, 并根据干旱半干旱地区实际, 将矿化度大于 10 g/L 细分成 $10 \sim 50\text{ g/L}$ 和大于 50 g/L 两个等级, 分别对应盐水和卤水。地下水化学类型是依据流域地下水样

表 1 流域表生生态环境评价指标分级标准

Tab.1 Gradation Standard of Assessment Indexes on Supergene Eco environment in the Watershed

因素	评价指标	生态环境好	生态环境较好	生态环境中等	生态环境较差	生态环境差
地质	地貌类型	河谷阶地区	黄土梁峁丘陵区	湖群高平原区	盖沙丘陵区	沙漠区
地貌	包气带岩性	粉土质亚粘土	粉土质亚粘土、亚砂土	粉土质亚砂土、亚粘土	粉细砂、亚砂土	亚砂土、砂卵石
因素	包气带结构	Q ₃ +Q ₂ 黄土		Q ₂ 黄土		Q _{3S} 冲湖积物
水文地质因素	地下水位埋深/m	1.5~3	<1.5	3~5	5~8	>8
	地下水矿化度/(g·L ⁻¹)	<1	1~3	3~10	10~50	>50
	地下水化学类型	HCO ₃ ⁻ -Ca	HCO ₃ ⁻ -Ca·Mg(Mg·Ca)	HCO ₃ ⁻ -Ca·Na·Mg	HCO ₃ ⁻ ·SO ₄ (SO ₄ ⁻ ·HCO ₃ ⁻)-Ca·Mg	SO ₄ ⁻ -Ca·Mg; Cl-Na
	包气带含水量/%	>6	4.667~6	3.333~4.667	2~3.333	<2
	包气带含盐量/%	<0.2	0.2~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	>3.0
气象水文因素	降雨量/mm	>440	440~430	430~420	420~410	<410
	蒸发(地下水位埋深)/m	微弱影响(>3)		有影响(1.5~3.0)		强烈影响(<1.5)
	河流基流减少量/%	<10	10~40	40~60	60~90	>90

表 2 流域地貌类型指标的分级评分标准

Tab.2 Score Standard of Geomorphic Type in the Watershed

评价指标		地貌类型
生态环境好	评 分	0.1
	典型评分	0.1
生态环境较好	评分区间	0.1~3.33
	典型评分	1.67
生态环境中等	评分区间	3.33~6.67
	典型评分	5
生态环境较差	评分区间	6.67~10
	典型评分	8.335
生态环境差	评 分	10
	典型评分	10

化学分析结果确定的,从HCO₃⁻-Ca型水向SO₄⁻-Ca·Mg或Cl-Na型水逐渐过渡。包气带含水量和包气带含盐量是依据流域不同点包气带剖面取样分析结果均分确定。

3.3 气象水文因素的指标分级标准

降雨量是根据流域多年平均降雨量等值线均分获得。蒸发量根据地下水位埋深和极限蒸发深度(3m)^[18]确定,当地下水位埋深大于3m,蒸发对地下水影响微弱,当地下水位埋深小于1.5m,则地下水强烈蒸发,对地下水影响最大。河流基流减少量按照基流减少量占基流总量的百分数确定,大于90%接近于断流状态,生态环境最差,小于10%时对生态环境影响较小,生态环境好,中间级别通过插值确定。

对所有指标按照0.1~10赋值的方法进行取值,取值越大,生态环境越差;反之,生态环境越好。

4 评价方法

目前生态环境的评价方法主要有类比分析法、列表清单法、生态图法、指数法、景观生态学法、层次分析综合法以及多级关联评价法等^[19]。

由于地质环境的复杂性、评价对象的层次性、评价标准的模糊性、定性指标难以量化等问题的存在,加之流域表生生态环境问题的影响因素中既包括定量和定性因素,又包括确定和不确定因素,这些问题难以用经典的数学模型加以统一刻画。建立在模糊集基础上的模糊综合评判法和模糊ISODATA聚类法不仅考虑评价对象的层次性,使评价标准、影响因素的模糊性得以体现,而且将定性与定量因素结合起来,可扩大信息量,提高评价精度,在评价中还可以充分发挥人的经验,使评价结果符合客观实际情况。因此,笔者将模糊综合评判与模糊ISODATA聚类法相结合的方法进行流域表生生态环境评价,即以模糊综合评判的评价结果作模糊ISODATA聚类法的初始分划矩阵,以发挥两个模型的长处,其评价过程如图2。

5 表生生态环境评价及结果分析

根据流域的具体情况,采用2.5km×2.5km的

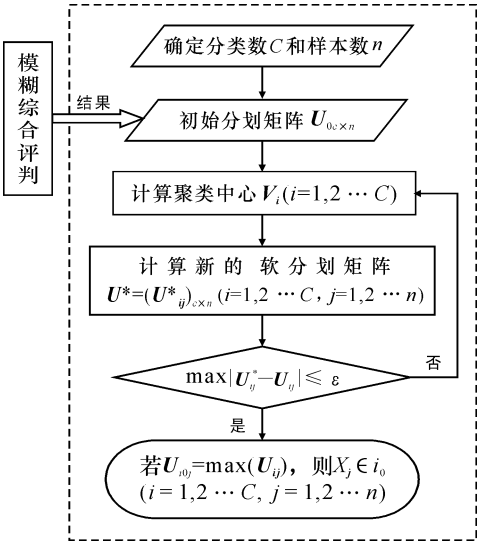


图 2 模糊综合评价与模糊 ISODATA 聚类法相结合的评价流程

Fig. 2 Assessment Process Combining Fuzzy Comprehensive Assessment with Fuzzy ISODATA

网格间距, 将全区分成 500 个评价单元。将 11 个评价指标图层与评价单元通过 MAPGIS 的空间分析功能中“区与区合并分析”叠加后, 经过编辑与修改, 根据表 1、表 2 得到评价指标的评分。对于那些跨网格的评价单元, 采用面积加权确定最后得分。

采用层次分析法^[20-21]确定权重, 用模糊综合评价与模糊 ISODATA 聚类法相结合的方法, 在自主开发的基于 MAPGIS 的生态环境评价信息系统中实现流域表生生态环境评价, 其结果如图 3, 各地貌类型中不同影响程度的评价单元统计结果见表 3。

从图 3 可以看出, 将模糊综合评判法与模糊 ISODATA 聚类法相结合的评价方法所得到的评价结果与流域生态环境实际更为吻合, 规律性更明显, 从而优于单一的评价方法(如模糊综合评判法^[16]或模糊 ISODATA 聚类法)。

从图 3 和表 3 可以看出, 流域生态环境好和较好的评价单元占 56%, 生态环境中等的评价单元占 5%, 生态环境较差和生态环境差的评价单元占 39%, 总体来讲, 流域的生态环境现状较好。

从地貌类型来看, 河谷阶地区生态环境好与较好的单元占 37%, 生态环境较差与差的单元占 63%。黄土梁峁丘陵区生态环境好与较好的单元占 96%, 生态环境较差和差的单元占 4%。湖群高原区全部为生态环境好与较好的单元。沙漠区生态环境好与较好的单元占 67%, 生态环境中等的单元占 16%, 生态环境较差与差的单元占 17%, 其

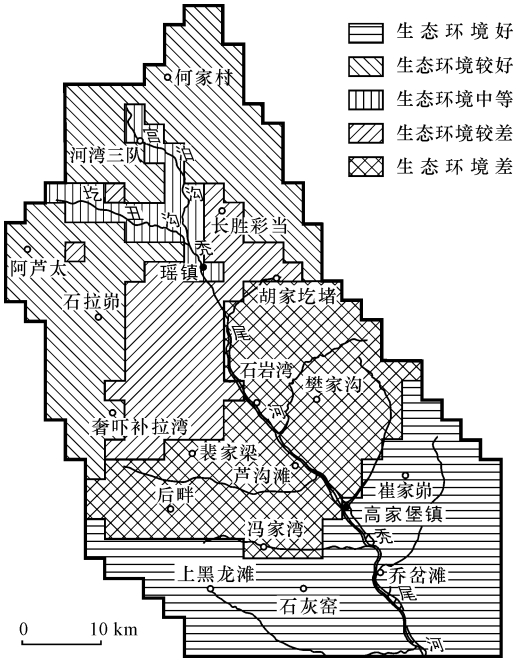


图 3 基于模糊综合评价与模糊 ISODATA 聚类法相结合的流域表生生态环境现状评价结果

Fig. 3 Assessment Result of the Present State on Supergene Eco environment by Method Combining Fuzzy Synthetic Assessment with Fuzzy ISODATA in the Watershed

中生态环境中等的单元都分布在河流的源头官泊沟和圪丑沟, 一旦沙漠区生态环境遭到破坏, 这些生态环境中等的单元将转化为生态环境较差或差的单元。另一方面, 河流源头生态环境的好坏直接关系到河流生态功能的维系, 因而河流源头区也应列入生态环境保护的范围。盖沙丘陵区生态环境好与较好的单元占 26%, 生态环境中等的单元占 1%, 生态环境较差与差的单元占 73%, 远远超过其他地貌类型所占率。此外, 区内一些小煤矿开采将使含水层遭到破坏, 引起地下水位持续下降, 使其生态环境更趋于恶化。因此, 在现状条件下, 盖沙

表 3 地貌类型中不同影响程度的评价单元所占率

影响程度	占各地貌类型总评价单元率/%					评价单元数	占总评价单元率/%
	河谷阶地区	黄土梁峁丘陵区	湖群高原区	盖沙丘陵区	沙漠区		
	河谷阶地区	黄土梁峁丘陵区	湖群高原区	盖沙丘陵区	沙漠区		
生态环境好	37	96		14	0	147	29
生态环境较好			100	12	67	135	27
生态环境中等				1	16	25	5
生态环境较差	4			19	17	63	13
生态环境差	59	4		54	0	130	26
评价单元数	27	114	13	202	144	500	100

丘陵区、河流源区、河谷阶地区和沙漠区的水资源与生态环境需要保护。

6 结语

(1)在建立流域表生生态环境递阶层次评价指标体系的基础上, 建立各评价指标的分级标准, 采用模糊综合评判方法与模糊 ISODATA 聚类法相结合, 开展流域表生生态环境现状评价。其评价结果表明, 流域生态环境现状总体较好, 其中盖沙丘陵区、河流源头区、沙漠区和河谷阶地区是水资源与生态环境保护的重点。

(2)模糊综合评判方法与模糊 ISODATA 聚类法相结合的评价方法, 由于发挥了两个模型的长处, 其评价结果与流域生态环境实际更为吻合, 规律性反映更明显, 因而比单一的评价方法更优越。

[参 考 文 献]

[1] 地质矿产部神府东胜环境地质综合组. 神府—东胜地区环境地质与水资源综合评价报告[R] . 北京: 地质矿产部, 1998.

[2] Emilio Custodio. Aquifer Overexploitation: What Does It Mean? [J] . Hydrogeology Journal, 2002, 10: 254 -277.

[3] De Vries J J . Prediction in Hydrogeology: Two Case Histories[J] . Geol Rundsch, 1997, 86: 354 -371.

[4] Boutaleb S, Bouchaou L, Mudry J, et al. Hydrogeologic Effects on the Quality of Water in the Oued Issen Watershed, Western Upper Atlas Mountains, Morocco [J] . Hydrogeology Journal, 2000, 8: 230 -238.

[5] Babu R P, Subrahmanyam K, Dhar R L. Geoenvironmental Effects of Groundwater Regime in Andhra Pradesh, India [J] . Environmental Geology, 2001, 40(4): 632 -642.

[6] Mania Vicenta Esteller, Carlos Diaz Delgado. Environmental Effects of Aquifer Overexploitation: A Case Study in the Highlands of Mexico [J] . Environmental Management, 2002, 29(2): 266 -278.

[7] Sandra J Zencich, Ray H Friend, Jeffrey V Turner, et al. Influence of Groundwater Depth on the Seasonal Sources of Water Accessed by Banksia Tree Species on A Shallow, Sandy Coastal Aquifer[J] . Oecologia, 2002, 131(1): 8 -19.

[8] Qiong G, Mei Y, Chunping L, et al. Effects of Groundwater and Harvest Intensity on Alkaline Grassland Ecosystem Dynamics A Simulation Study[J] . Plant Ecology, 1998, 135 (2): 165 -176.

[9] Wenke W. Research on Ecology oriented Groundwater in Northwest of China[C] //李佩成, 王文科, 裴先治主编. 中国西部环境问题与可持续发展国际研讨会论文集. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.

[10] 王雁林, 王文科, 杨泽元, 等. 渭河流域陕西段水资源与生态环境保护[J] . 地球科学与环境学报, 2004, 26(1): 79 -84.

[11] 马金珠, 魏红. 民勤地下水资源开发引起的生态与环境问题[J] . 干旱区研究, 2003, 20(4): 261 -265.

[12] 王文科, 栾约生, 杨泽元, 等. 人类重大工程对格尔木冲洪积扇水资源与生态环境系统的影响研究[J] . 西安工程学院学报, 2001, 23(2): 6 -11, 25.

[13] 李智佩, 岳乐平, 薛祥煦, 等. 民勤盆地水资源环境与可持续发展[J] . 地球科学与环境学报, 2005, 27(3): 95 -99.

[14] 张长春, 邵景力, 李慈君, 等. 地下水位生态环境效应及生态环境指标[J] . 水文地质工程地质, 2003, 30(3): 6 -10.

[15] 谢娟, 张骏, 杨军, 等. 柴达木盆地矿产开发中环境地质问题及防治对策[J] . 地球科学与环境学报, 2005, 27 (2): 79 -82.

[16] 刘建朝, 余吉远, 叶书锋, 等. 吐鲁番地区矿产资源开发对环境影响研究[J] . 地球科学与环境学报, 2005, 27(2): 90 -94.

[17] 地质矿产部地质工程勘察院. 陕西神木县红碱淖—沟岔地区地下分水岭勘察研究报告[R] . 北京: 地质矿产部地质工程勘察院, 1992.

[18] 杨泽元. 地下水引起的表生生态效应及其评价研究——以秃尾河流域为例[D] . 西安: 长安大学, 2004.

[19] 左其享, 陈嘤. 西部干旱区生态环境调控对策定量研究方法[J] . 干旱区地理, 2001, 24(2): 146 -151.

[20] 王文科, 廖健榕. 模糊分析在水文地质学中的应用[M] . 西安: 西安地图出版社, 1997.

[21] 国家科技政策局. 软科学的崛起——软科学研究方法[M] . 北京: 地震出版社, 1998.

(上接第 47 页)

[参 考 文 献]

[1] 曾允孚, 夏文杰. 沉积岩石学[M] . 北京: 地质出版社, 1986.

[2] 邓宏文, 钱凯. 沉积地球化学与环境分析[M] . 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993.

[3] 王秉海, 钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M] . 山东东营: 石油大学出版社, 1992.

[4] 李经荣, 单怀广, 姚益民, 等. 山东济阳—昌潍坳陷与邻区第三系对比[J] . 石油学报, 1992, 13(2): 26 -28.

[5] 南京大学地质系. 地球化学[M] . 北京: 科学出版社, 1984.

[6] 同济大学海洋地质系. 海陆相地层辨认标志[M] . 北京: 科学出版社, 1980.

[7] 李宝利. 硼元素古盐度计算方法的改进[J] . 复式油气田, 1995, 6(1): 55 -58.

[8] 地质矿产部水文地质工程地质技术方法研究队. 水文地质手册[K] . 北京: 地质出版社, 1978.

[9] 黄第藩, 李晋超. 陆相有机质演化和成烃机理[M] . 北京: 石油工业出版社, 1984.