

# 基于 GIS 的冯家山灌区地质环境评价研究

乔晓英, 王文科

(长安大学 水资源与环境工程系, 陕西 西安 710054)

[摘要] 冯家山灌区是陕西省渭北黄土台塬大型灌区之一, 在灌溉过程中, 由于片面提高地表水利用率而忽视地表水、地下水联合开发加之灌溉技术落后等原因, 在灌区诱发了一些生态环境负效应。在分析灌区环境地质问题的基础上, 运用地理信息系统(GIS)技术, 将GIS与模糊综合评价模型集成, 对灌区地质环境质量进行评价, 并针对不同地质环境质量分区探讨了水资源合理开发利用模式。

[关键词] 环境地质问题; GIS; 模糊综合评价模型; 水资源开发模式; 冯家山灌区

[中图分类号] X87 [文献标识码] A [文章编号] 1007-9955(2002)01-0039-04

[作者简介] 乔晓英(1969-)女, 博士研究生, 工程师, 现从事水资源保护与开发的研究工作。

冯家山灌区地处关中盆地西部, 包括凤翔、宝鸡、岐山、扶风等县  $9.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$  耕地, 多年来依靠冯家山水库灌溉, 已成为陕西省重要的粮、油和苹果生产基地。然而, 由于在灌溉过程中, 缺乏科学的水资源管理, 加之灌溉技术落后等原因, 出现了一系列环境地质问题, 诱发了诸如地下水位上升引起的渍水、浅层含水层水质恶化、边坡失稳等生态环境负效应, 导致农田淹没、民房倒塌、水井报废、交通设施破坏, 给当地群众造成了巨大的经济损失。因此, 在查明引起灌区环境地质灾害的主要因素基础上, 以先进的地理信息系统为平台, 运用模糊综合评价模型将灌区地质环境质量进行分级, 并针对不同地质分区提出水资源合理开发利用模式, 为防治灌区环境地质灾害提供辅助决策支持。

## 1 灌区环境地质问题

### 1.1 渍水

灌区由于大量引用地表水灌溉, 灌溉技术粗放, 定额不合理, 地下水利用率偏低, 致使地下水采补失调, 灌溉回归量剧增, 导致地下水位上升, 这种因地下水位埋藏浅或潜水位上升溢出地表, 导致地面浸润形成湿地或长期积水的现象, 即渍水。据实测, 在岐山县益店、青化和扶风建和、召公、黄甫、太白等地

一些壕、洼地出现渍水, 积水深度 2~5 m。1981~1997 年渍水面积分布如图 1。

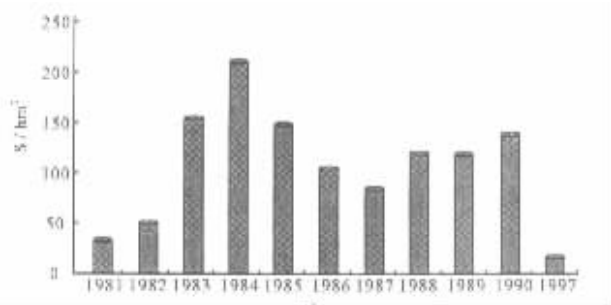


图1 1981~1997年渍水面积分布

从图1可以看出, 灌区1984年明水面积最大, 至1997年由于干旱、水价提高等原因, 明水面积有所减小, 但仍有  $12 \text{ hm}^2$ 。

### 1.2 浅层含水层水质恶化

灌区地下水位上升, 加之农业生产活动大量使用化肥、农药等, 使水味变苦, 矿化度、硬度、硝酸盐等指标超过生活饮用水标准, 局部地带人畜不能饮用, 只能作灌溉用水。据1997年6月对岐山—益店32处水样分析资料表明, 地下水矿化度  $0.5 \sim 2 \text{ mg/L}$ , 硬度  $180.95 \sim 676.00 \text{ mg/L}$ , 硝酸盐含量  $12.55 \sim 67.00 \text{ mg/L}$ , 最大为  $137.28 \text{ mg/L}$ , 亚硝酸盐含量  $0.04 \sim 0.08 \text{ mg/L}$ 。另据2001年2月资料表明, 灌区局部地带三氮含量高达  $284.00 \text{ mg/L}$ , 远超出生活饮用水水质标准的  $20 \text{ mg/L}$ , 水质恶化状况已十分明显。

1.3 土体含水量趋于饱和引起边坡失稳

据实测,1979~1986 年的 7 年间,灌区平均水位上升 4.85 m,年平均上升 0.69 m,上升区 < 0.5 m 的面积达 940 km<sup>2</sup>,占总面积的 92%;上升值大于 3 m 的面积约 40 km<sup>2</sup>,占上升区的 42%。由于地下水位上升,使土体含水量增加,孔隙水压力相应增大,土体有效应力减小,使其强度降低。台塬地下水位上升引起塬边地下水水力坡度增大,导致公路路基地面变形及斜坡稳定性降低,潜伏着崩塌等斜坡灾害的隐患。同时渠道劈方工程的弃土覆盖于古老滑坡体之上,引起斜坡内部营力发生改变,导致了农灌活动引起的“新滑坡体”产生。

2 灌区地质环境影响因素及评价指标体系

产生上述环境地质问题的原因除了灌区地质及水文条件因素外,主要受到人类活动的影响。自然因素与人为因素的相互作用是导致灌区灾害问题产生的根本原因。

2.1 自然因素

2.1.1 区域构造因素

灌区岐山—哑柏断裂带以西自第四纪以来,地块上升幅度大、水系切割深、黄土塬块潜水埋藏深,包气带厚度大,不易产生渍水;而在该断裂带以东区地块下降,水系切割弱、潜水位埋藏浅、包气带厚度小而形成渍水。

2.1.2 地貌条件

在洪积平原与黄土台塬过渡带及扇间洼地、塬面洼地等微地貌形态中有渍水分布,当潜水位上升时,潜水首先在这些低洼处溢出,有利于地表径流汇聚。

2.1.3 岩性因素

灌区属黄土地区,黄土具有大孔隙结构,对水的吸渗能力强,其垂向渗透能力大于水平渗透能力,遇到丰水年及农田灌溉,有利于地下水的蓄积,加剧了地下水位上升的幅度和速度。

2.1.4 降水影响

据灌区已有资料,遇降水递增丰水年,明水面积急剧增加,遇降水递减枯水年,明水面积逐年减少。其原因是当潜水面接近地表时,包气带对降雨入渗水的调蓄能力大大减弱,多雨时蓄满产流,区内地面起伏不平,径流不畅,则导致渍水产生。

2.1.5 水文地质因素

渍水灾害分布于地下水流系统的一定部位,即地下水浅埋区,例如洪积扇前缘与黄土塬交接部位,但同时渍水的形成与地下水位埋深、地下水位变幅密切相关。地下水位变幅大、埋深浅,有渍水分布;若水位变幅大,但地下水位埋藏深,也未见渍水现象,这说明渍水灾害的发生是水文地质条件综合因素相互作用的结果。

2.2 人为因素

人类活动加剧了灌区地质灾害的发生、发展。首先,灌溉是其中一个重要因素,据有关资料,北干渠引水量和南干渠引水量占灌区总引水量的 86%,两渠之间属引水灌区,地下水位平均上升 1.48~1.58 m,其他地区基本属抽水灌区,地下水上升幅度小,如西灌区仅 0.655 m。其次,灌区水库、塘、池等蓄水工程的修建引起地表蓄水渗漏,使潜水补给量增加,这种渗漏作用与灌溉作用迭加,使库周地区潜水位上升明显。另外,随着潜水埋藏变浅,蒸发引起垂直交替作用强烈,致使盐分在包气带浓缩积聚,同时潜水位上升,使包气带变薄,潜水与邻近明水发生水力联系,加之受到人类活动的影响,产生生物和化学污染。灌区的硝酸盐含量增高正是农药、化肥等人类活动对地质环境影响的例证。这种非点源污染问题已引起国内外学者的广泛关注。

2.3 灌区地质环境评价体系

通过灌区地质灾害的成因分析,确定灌区由于地表水灌溉而导致地质环境的评价指标体系层次结构如图 2。

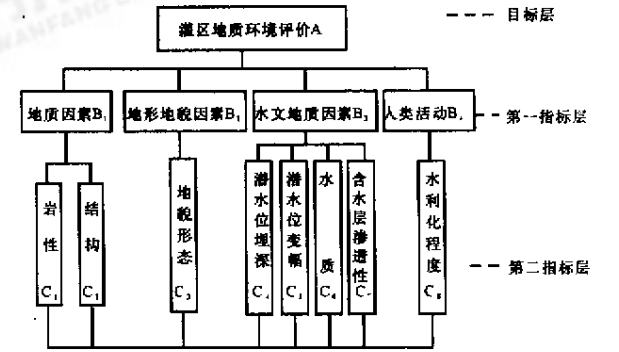


图 2 灌区评价指标递阶层次图

3 基于 GIS 的地质环境评价的实现

将不同评价指标以不同的应用专题图层存放于灌区环境地质空间数据库中,运用 GIS 叠加分析来

构造用于评价的评价单元,选取模糊综合评价模型进行评价,并将模型运算结果通过 GIS 来显示与表达,具体流程如图 3。

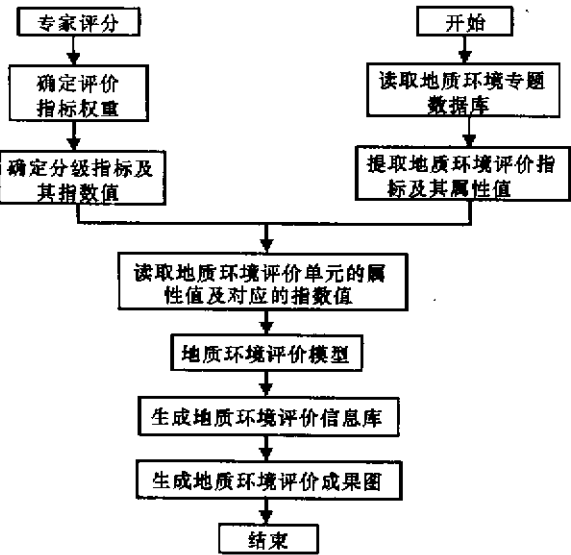


图 3 基于 GIS 的地质环境评价流程图

3.1 模糊综合评价数学模型

$A \circ R = B$

式中： $A$  为  $(a_1, a_2, \dots, a_m)$  由各评价因子的权重分配构成的  $(1 \times m)$  阶行矩阵；权重  $R$  为 由各单因子评价行矩阵组成的  $(m \times n)$  阶模糊关系矩阵；以降半梯形分布函数确定； $B$  为 所求的综合评价结果，为一个  $(1 \times n)$  阶行矩阵；算子“ $\circ$ ”取普通矩阵乘法。

3.2 评价模型中权重确定

本次模型计算中采用层次分析法(AHP)来确

定评价因子的权重,该方法可较大幅度减少主观因素的影响,其结果如表 1。

表 1 层次分析法确定各评价因子的权重结果

指标因子	权重	指标因子	权重
岩 性	0.062	含水层渗透性能	0.051
结 构	0.031	潜水位变幅	0.233
水 质	0.081	潜水位埋深	0.14
地貌形态	0.157	水利化程度	0.245

4 灌区地质环境质量分区

4.1 评价分区标准

对于黄土塬灌区,由灌溉引起的地质环境恶化评价至今尚无一个即定的规范标准。本文参考前人在关中盆地及渭北西部灌区所做的研究资料,以及本次工作的调查结果,建立了本区各指数分级标准(表 2)。

本次将评价因子严重脆弱的指数定为 1,中等脆弱级、轻度脆弱级和非脆弱级一般通过计算得出。例如,潜水水位高程  $> 3\text{ m}$ ,给定指数为 1,中等脆弱级的潜水水位在  $3 \sim 1.5\text{ m}$  之间,取平均值  $2.25\text{ m}$ ,则其给定指数  $(2.25/3) \times 1 = 0.75$ ,其他评价因子的给定指数以此类推;对于定性指标,则中等脆弱给定指数 0.75,轻度脆弱级给定指数 0.5,非脆弱级给定指数 0.25。

4.2 基于 GIS 的模糊综合评价模型的评价结果

从图 4 中看出灌区地质环境质量分为 4 个级别：

I. 地质环境非脆弱区:分布于范家塬、陈村、尹家务、槐园及杨家河、下官庄等河谷阶地区,面积

表 2 灌区地质环境评价指标分级标准

评 价 指 标		非 脆 弱 区		轻 度 脆 弱 区		中 度 脆 弱 区		严 重 脆 弱 区	
		地质环境质量	指数	地质环境质量	指数	地质环境质量	指数	地质环境质量	指数
地质因素	岩性	砂砾石、壤土	0.25	黄土状土夹粉细砂	0.5	黄土状壤土	0.75	黄土	1
	结构	上部粘土或黄土,下部砂卵石层双层结构	0.25	上部黄土状土,下部砂砾石的双层结构	0.5	黄土夹 5~6 层古土壤的单层结构	0.75	黄土单层夹 1~2 古土壤的单层结构	1
地貌因素	地貌形态	河谷阶地区	0.25	洪积平原区	0.5	黄土台塬区	0.75	塬面洼地及洪积平原与黄土台塬过渡带	1
水文地质因素	潜水水位埋深	> 40 m	0.25	20~40 m	0.33	10~20 m	0.67	< 10 m	1
	潜水水位变幅	< 0.5 m	0.17	0.5~1.5 m	0.33	1.5~3.0 m	0.75	> 3 m	1
	硝酸盐含量	< 20 mg/L	0.17	20~30 mg/L	0.5	30~50 mg/L	0.8	> 50mg/L	1
	含水介质渗透系数	> 10 m/d	0.17	3~10 m/d	0.31	2~3 m/d	0.8	< 2 m/d	1
人类活动影响	水利化程度	依赖灌溉较低区	0.25	渠井结合区	0.5	渠灌为主,井灌为辅	0.75	渠灌区	1



图 4 基于 GIS 的模糊综合评价结果图

134.12 km<sup>2</sup> ,基本上不引水灌溉 ,岩性为上部黄土壤土 ,下部砂卵石的双层结构区 ,渗透系数多属于 50 ~ 70 m/d。

Ⅱ . 地质环境轻度脆弱区 :分布于灌区北部的蒲村、祝家庄、上晁留、京当、横水一带及灌区南部频临宝鸡峡引渭干渠的区域 ,面积 330.96 km<sup>2</sup> ,多属于渠井结合的灌溉方式。

Ⅲ . 地质环境中度脆弱区 :分布于麦禾营、枣林及西沛、黄甫、南左等地自西向东的条带状区域 ,面积约 220.64 km<sup>2</sup> ,地貌上多属于黄土台塬区 ,地下水位变幅为 3 ~ 1.5 m ,埋深 20 m 左右 ,NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量多属于 20 ~ 30 mg/L ,灌溉方式以渠灌为主 ,井灌为辅。

Ⅳ . 地质环境严重脆弱区 :分布于益店、法门、天度、慕仪、虢王、史家堡、南营、孝子陵、大营乡一带及午井洼地 ,总面积约 314.44 km<sup>2</sup> ,地下水位变幅 > 3 m ,埋深 5 ~ 10 m ,NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量 > 30 mg/L ,以渠灌为主。

## 5 灌区水资源开发模式

灌区灾害问题的产生是由于地下水位上升、潜

水埋深过浅而引起的 ,究其原因就是水资源开发利用中没有充分考虑黄土台塬地表水、地下水相互转化的特点 ,片面的提高了地表水的利用率 ,缺乏科学的地表水、地下水统一管理及合理的配水比例。为了减少由灌溉引起的生态环境负效应 ,建议采用以下 3 种水资源开发模式 :

对于地质环境严重脆弱的地区 ,实行井渠结合灌溉模式 ;对于地质环境中度脆弱的地区 ,以防为主 ,实行渠灌为主、井灌为辅的灌溉模式 ;对于地质环境轻度脆弱的地区 ,仍以渠灌为主 ,但应实行“按亩配水” ,严禁大水漫灌 ,并加强监督工作。另外 ,在地质环境非脆弱地区 ,应加强地表水污染的防治工作。

### [ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 周成虎 ,万庆 ,等 . 基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究 [ J ] . 地理学报 , 2000 , 55 ( 1 ) : 15 ~ 23 .  
[ 2 ] 张红旗 . GIS 支持的县级区域柑桔土地适宜性综合评价 [ J ] . 资源科学 , 1998 , 20 ( 1 ) : 62 ~ 70 .  
[ 3 ] 韦雪华 ,陈雍森 . 地理信息系统 ( GIS ) 与环境评价 [ J ] . 新疆环境保护 , 1997 , 19 ( 2 ) : 46 ~ 49 .  
[ 4 ] 江东 . GIS 软件支持下的煤矿水害预测研究 [ J ] . 地质灾害与环境 , 1999 , 10 ( 1 ) : 67 ~ 71 .  
[ 5 ] 张超 ,陈丙咸 ,郭伦 . 地理信息系统 [ M ] . 北京 : 高等教育出版社 , 1995 . 10 .  
[ 6 ] Kamaraju M. et al . Groundwater Potential Evaluation of West Godavari District , Andhra Pradesh State [ J ] . India : A GIS Approach Groundwater . 1996 , 34 ( 2 ) : 215 ~ 318 .

## The study on geology – environment evaluation in irrigation area by GIS in Fengjiashan

QIAO Xiao-ying , WANG Wen-ke

( Dept. of Water Resources and Environmental Engineering , Chang'an University , Xi'an 710054 , China )

**Abstract :** Fengjiashan Irrigation area is one of the biggest irrigation areas in Wei Bei loess plain of shaanxi province , on account of one – sidedly enhancing surface water 's utilization during irrigation , ignoring combinative explore between the surface water and the ground – water and lagging irrigation technology , a lot of negative effects of ecological environment have induced . On the basis of analyzing of the environment – geological problems , and applying of geographic information system technology , integrates GIS and fuzzy comprehensive model , the geological – environment quality of the irrigation area is divided into four types . the modes of rational exploring and utilizing water resources is put forward .

**Key words :** environment geology problems ; GIS ; Fuzzy comprehensive ; judgment model ; water resources exploring mode ; Fengjiashan Irrigation area