

技术方法

层次分析综合法在地下水污染防治区划方面的应用

——以南四湖平原区为例

张卓¹, 徐建国¹, 于翠翠², 宋永芬³, 张贵丽¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 山东省地矿工程集团有限公司, 山东 济南 250013; 3. 济南春旭化工设计有限公司, 山东 济南 250014)

摘要: 阐述了南四湖平原区地下水类型及分布概况, 选取地下水防污性能、地下水污染评价、地下水可开采资源分布、地下水开采程度和污染源荷载为防护区评价指标, 利用层次分析综合法对评价指标进行叠加分析, 进而对南四湖平原地区地下水污染做出区划, 为政府部门制定地下水保护规划提供科学依据, 有利于地下水资源的保护。

关键词: 地下水污染区划; 层次分析综合法; 防污性能; 南四湖平原区

中图分类号: X523

文献标识码: B

自 20 世纪 80 年代以来, 城市化进程步伐加快, 生活污水和工业废水超标排放, 地下水开采强度不断增大, 环境水文地质问题日趋严重, 给当地居民身体健康和经济建设带来严重影响^[1-3], 地下水污染防治成为热门话题, 如对城市地下水防污性能的研究^[1], 以及淮河流域地下水水质^[2]。笔者通过对地下水防污性能评价方法的研究^[4-7], 提出利用层次分析综合的原理对地下水污染进行区划, 以达到地下水污染防治的目的。

1 概况

1.1 地形

工作区地形为山前平原由丘陵山区向外围倾斜, 地面高程 9~50 m, 坡降约 1/500~1/2 000; 微倾斜低平原区除局部有零星孤山、残丘外, 地势低平, 向 E, NE 方向微微倾斜, 地面高程 3~70 m。

1.2 气象

工作区属于暖温带大陆型季风气候区, 四季分明, 春季干旱多风、夏季炎热多雨、秋季旱涝不均、冬季寒冷少雪, 全区多年平均气温 12~14℃, 全年 1 月份气温最低, 月平均气温 -3~5℃, 7 月份气温最高, 月平均气温 26~29℃。

1.3 地表水系

工作区水系发育, 多年平均径流量由西北往东南递增, 为 70~350 mm/a, 主要河流有独流入海的小清河、弥河、白浪河、潍河, 独流入湖的红卫河、万福河、洙赵新河、汶河、泗河, 主要湖泊有微山湖(南四湖)、东平湖(图 1)。

1.4 地下水水质

天然状态下浅层孔隙水由中低山丘陵区浅层孔隙含水层、冲积洪积平原低矿化淡水区的钙型、钙镁型、钙钠型·重碳酸型(现状条件下重碳酸氯型水分布面积增加, 阴离子类型复杂化), 过渡为冲积平原古河道带淡水区、冲积湖积平原咸淡水区的镁钙型、钠钙型、钠镁钙型、钠镁型·重碳酸、氯型水, 到海积冲积平原咸水区则出现钠·氯型水, 部分重碳酸型水转变化氯化硫酸型水。

深层孔隙水由山前冲洪积平原到冲湖积平原呈现规律性变化, 山前冲洪积平原区水质水化学类型以 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}$ 型为主, 到冲湖积平原区东部水质多为 $\text{Ca} \cdot \text{Mg} - \text{HCO}_3^-$, 且 HCO_3^- 含量逐渐减少, 而 SO_4^{2-} 、 Cl^- 离子含量不断增加, 阳离子体现为 Ca^{2+} 含量逐渐减少, Na^+ 含量逐渐增加; 冲湖积平原西部水质钠离子含量增加, 钙离子含量减少, 水化学类型主

* 收稿日期: 2012-09-05; 修订日期: 2012-12-17; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 张卓(1981—), 男, 吉林市人, 工程师, 主要从事水文地质工程地质环境地质工作; E-mail: zhuoshao@163.com。

要以 Cl - Na 型、Cl · HCO₃ - Na 型、Cl · SO₄ - Na 型为主。

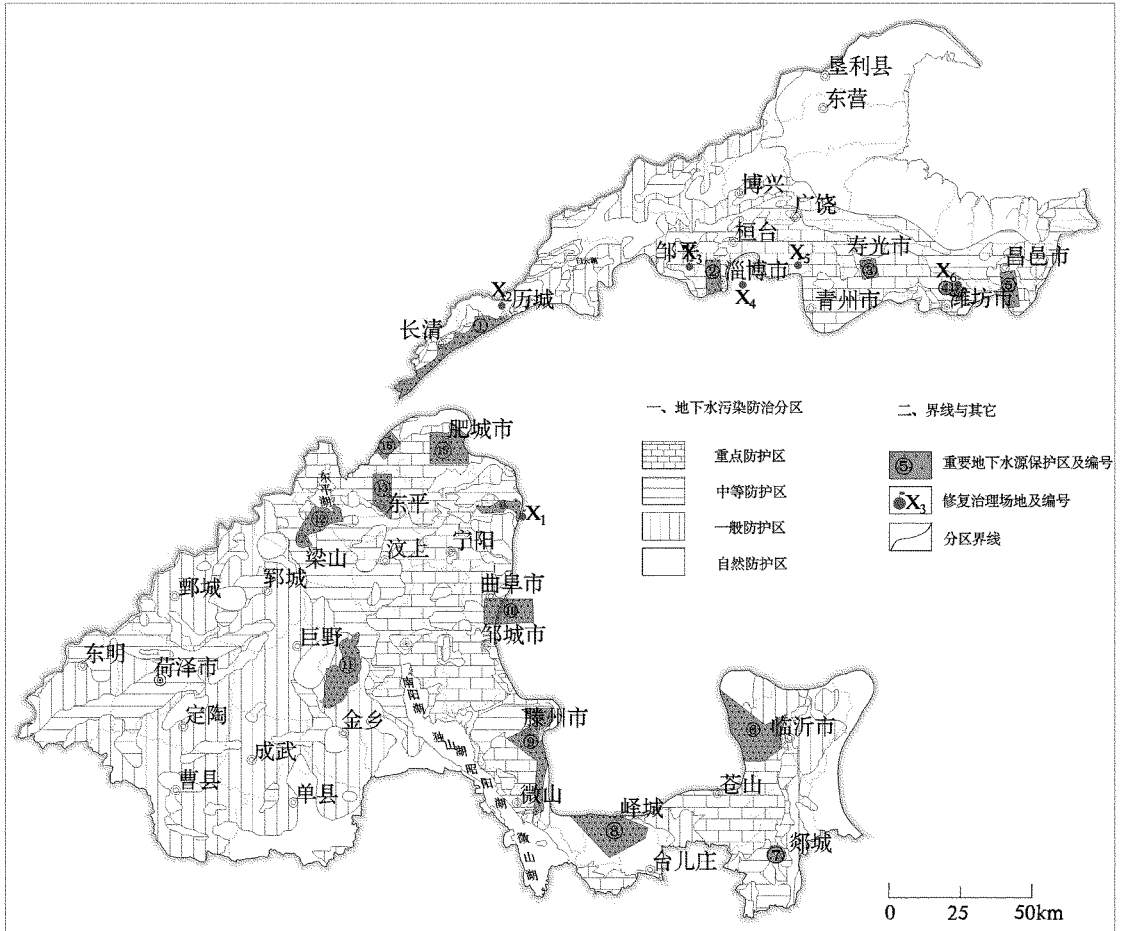


图 1 地下水污染防治区划图

2 区划方法

2.1 分区原则

地下水防污性能评价方法很多,较为相似的有美国 EPA 地下水防污性能评价方法(DRAS-TIC)^[1,6],采用 EPA(DRASTIC)法对地下水污染防治区划的划分原则。重要地下水源保护区和修复治理场地范围依据调查工作直接划定,其余地区根据地下水污染防治基本要求,原则上划为 4 个区:

(1)重点防护区:地下水系统防污性能差,地下水资源丰富或开采程度高,污染源多的区域。

(2)中等防护区:地下水系统防污性能较差,地下水资源较丰富或开采程度较高,污染源较多的区域。

(3)一般防护区:地下水防污性能中等,地下水资源和开采程度一般,污染源较少的区域。

(4)自然防护区:地下水防污性能好,地下水资源较贫乏或开采程度较低,污染源零星分布的区域。

2.2 评价指标选取

防护区评价指标选取地下水防污性能、地下水污染评价、地下水可开采资源分布、地下水开采程度和污染源荷载 5 项:

地下水防污性能:防污性能越差,地下水污染防治级别越高。

地下水污染评价:地下水污染程度越高,地下水污染防治级别越高。

地下水资源分布:地下水可开采资源越丰富,地下水污染防治级别越高。

地下水开采程度:采用开采潜力指数($Q_{可采}/Q_{实采}$)表示地下水开采程度,开采潜力指数越低,开采程度越高,相应的地下水污染防治级别越高。

污染源荷载程度:指污染源分布状况,分为工

业、农业、污水灌溉、畜禽养殖、采油、垃圾场等类型。污染源荷载程度越重,地下水越容易受到污染,地下水污染防治级别越高。

2.3 指标赋值

对工作区进行网格剖分,对网格单元进行了编号。

利用 MapGIS 软件,对 5 个评价指标项目按 5 个图层进行单元格赋值,将评价指标根据各自的评分标准(表 1),在其各图层上赋予相应的评分并形成各评价指标的评分图,然后与剖分单元文件进行空间相交分析,各指标评分就传递给了剖分单元,再在属性库子系统下,将各评价指标的评分输出,进行相应的处理,形成 Excel 赋值数据。

表 1 地下水污染防治区划评价因子分值

A		B		C		D		E	
地下水 防污性能	分值	地下水 污染程度	分值	地下水可 采资源量 (104 m ³ /km ² ·a)	分值	地下水 开采程度 (Q _可 /Q _采)	分值	污染源 荷载	分值
差	10	未污染	4	>50	8	<0.4	10	基本无	2
较差	8	轻污染	6	30~50	6	0.4~0.6	8	轻微	5
中等	5	中污染	7	20~30	4	0.6~0.8	6	一般	7
较好	2	较重污染	8	10~20	3	0.8~1.2	4	严重	10
好	1	严重污染	9	5~10	2	>1.2	2		
		极重污染	10	<5	1				

2.4 指标权重

对 5 项评价指标采用专家打分法及层次分析法分别给予评分和权重,方法与防污性能评价方法相同,专家打分及指标权重计算结果见表 2、表 3。

表 2 层次分析法判断矩阵标度分级

指标	地下水防 污性能 A _r	地下水污 染程度 B _r	地下水可 采资源量 C _r	地下水开 采程度 D _r	污染 荷载 E _r
地下水防污性能 A	1	9/4	9/6	9/5	9/3
地下水污染程度 B	4/9	1	4/6	4/5	4/3
地下水可采资源量 C	6/9	6/4	1	6/5	6/3
地下水开采程度 D	5/9	5/4	5/6	1	5/3
污染源荷载 E	3/9	3/4	3/6	3/5	1

表 3 地下水污染防治区评价各指标权重

指标	地下水防 污性能 A _w	地下水污 染程度 B _w	地下水可 采资源量 C _w	地下水开 采程度 D _w	污染源 荷载 E _w
权重	0.333	0.148	0.223	0.185	0.111

2.5 区划指数计算与分级

地下水污染防治区划指数计算公式:

$$PI = A_r A_w + B_r B_w + C_r C_w + D_r D_w + E_r E_w$$

式中:PI—区划指数,PI 值越高,防护等级越高;

A—地下水防污性能;B—浅层地下水污染程度;C—浅层地下水可采资源量;D—浅层地下水开采程度;E—污染源荷载程度;R—指标评分等级;W—指标权重。

计算结果表明,工作区剖分单元 PI 指数范围值为 2.07~8.59。将所有剖分单元的 PI 值进行分布统计,形成 PI 值频数分布直方图。采用 PI 值频数曲线将防治级别进行四级划分,划分方法是将频数曲线与 PI 轴形成图形的面积按 20%:30%:30%:20%的比例划分,分区界线对应的 PI 值即为 PI 分级值(表 4、图 2)。

表 4 地下水污染防治区划分级

防治区划分级	I	II	III	IV
	重点防护区	中等防护区	一般防护区	自然防护区
分级数值范围	5.93~8.59	4.72~5.93	3.70~4.72	2.07~3.70

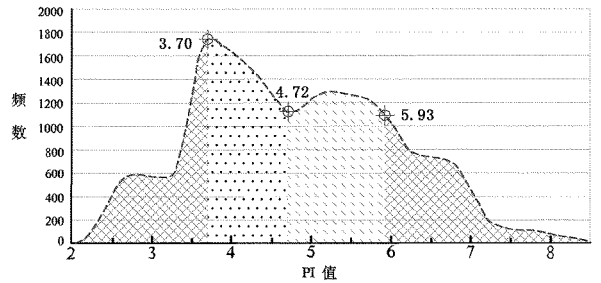


图 2 防污性能分级的 PI 值界限值确定图

3 结果

在工作区各剖分单元 PI 值和分级值绘制 PI 值等值线基础上,经修正形成防护分区:重点防护区、中等防护区、一般防护区和自然防护区,再根据该次工作调查划定重要地下水源保护区和修复治理场地,形成工作区地下水污染防治区划图(图 1)。

4 结论与建议

4.1 结论

此方法选取地下水防污性能、地下水污染评价、地下水可开采资源分布、地下水开采程度和污染源荷载为防护区评价指标,考虑因素较为全面,可操作性强;难点在于 PI 界限值的确定,对 5 项评价指标采用专家打分法及层次分析法分别给予评分和权重,应慎重确定 PI 界限值。

4.2 建议

根据不同的地下水污染区划采取不同的防护措施:

(1)重点防护区和中等防护区:①严格控制重污染项目的新建、改建、扩建,对不能做到稳定达标排放的污染严重的企业应当依法关停、搬迁。②对流经该区的河流水质进行综合治理,严禁向河道排放污水,确保河流水质,禁止河道挖沙。③对区内规模化养殖场,应当建设配套的污染防治设施,对畜禽粪便、农作物秸秆、农用地膜等农业生产残留物,应当进行无害化处理和资源化利用^[8]。④采取政府资金补贴方式,逐步在农村开展旱厕改造工程,加强旱厕改造政策的宣传。⑤逐步减少农药、化肥使用量。

(2)一般防护区:该区应加强地下水水质监测,掌握地下水水质变化规律,发现地下水水质恶化趋势时及时采取防治措施。

(3)自然防护区:地下水资源相对较贫乏或浅层无淡水资源,暂不采取人为的污染防治措施,靠自然

防护即可。

参考文献:

- [1] 喻生波,屈君霞.城市地下水防污性能评价[J].甘肃科技,2008,24(6):42-50-52.
- [2] 李肖兰,吕华.淮河流域山东段地下水质量评价[J].水利经济,2012,30(1):36-39.
- [3] 罗兰.我国地下水污染现状与防治对策研究[J].中国地质大学学报(社会科学版),2008,8(2):72-75.
- [4] 钟佐燊.地下水防污性能评价方法探讨[J].地学前缘,2005,12(增刊):3-11.
- [5] 李亚松,张兆吉,费宇红.地下水质量综合评价方法优选与分析:以滹沱河冲洪积扇为例[J].水文地质工程地质,2011,28(1):6-10.
- [6] 姜志群,朱元胜.地下水污染敏感性评价中 DRASTIC 法的应用[J].河海大学学报,2001(3):100-103.
- [7] 程继雄,程胜高,张炜.地下水质量评价常用方法的对比分析[J].安全与环境工程,2008,15(2):23-25.
- [8] 周怀东,彭文启.水污染与水环境修复[M].北京:化学工业出版社,2005.

Application of Groundwater Pollution Division by Using Analytic Hierarchy Synthesis Method

—Setting Nansihu Lake Plain as an Example

ZHANG Zhuo¹, XU Jianguo¹, YU Cuicui², SONG Yongfen³, ZHANG Guili¹

(1. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 3. Jinan Chunxu Chemical Design Limited Corporation, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In this paper, types and distribution of underground water in Nansihu lake plain have been introduced. Selecting groundwater depollution capability, evaluation of groundwater pollution, available groundwater resource distribution, degree of groundwater exploitation and sources of pollution loads as the evaluation ratios of the protection zone, by using the analytic hierarchy synthesis method, groundwater pollution zones in Nansihu lake plain have been divided. It will provide a scientific basis for government departments to develop groundwater protection planning. It is useful for the protection of groundwater resources.

Key words: Nansihu lake plain; groundwater pollution zones; analytic hierarchy synthesis method; depollution capability