

天津市地下水质量评价

张 伟 闫学军

(天津市水文水资源勘测管理中心 天津 300061)

摘要 通过对比分析典型地下水样超标组分与各种评价结果的一致性,统计分析各种评价结果的分布特征,确定了适用于天津市地下水质量评价的方法是模糊评判法。评价结果表明:天津市浅层地下水质量差,Ⅴ类水分布面积占平原区总面积的 70% 以上;天津市深层承压水质量较差,Ⅴ类水分布面积占含水层组分布总面积的 40% ~ 50%。

关键词 地下水质量 模糊评判法 水质评价 天津市

中图分类号:P641.8 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2005)02-0031-05

Evaluation of groundwater quality in Tianjin City

ZHANG Wei, YAN Xue-jun

(Tianjin Reconnaissance and Administrative Center of Hydrology and Water Resources, Tianjin 300061, China)

Abstract: Based on the comparison of the consistency of over-standard parameters with the evaluation results and statistical analyses of the distribution features in the groundwater samples, the fuzzy evaluation method is determined as a suitable method to evaluate the groundwater quality in Tianjin. The evaluation results show that phreatic water in Tianjin is of bad quality, and the area of water in Class V of national surface water quality standard accounts for 70 percent of the total plain area, and the quality of deep confined groundwater is also bad, with the V class water accounting for 40 to 50 percent of the total area.

Key words: groundwater quality; fuzzy evaluation method; water quality assessment; Tianjin City

地下水质量评价的基本任务和目的是评判地下水水质好坏及其程度,多用于研究区域性地下水质量问题,特别是区域地下水污染问题。由于描述地下水质量好坏的指标众多,且不同指标对地下水质量好坏的影响程度不同,因此合理评价地下水质量并非容易之事。前人在实践中总结出多种地下水质量评价方法,对同一个评价对象不同评价方法可能得到不同的评价结果。本文通过对比分析典型地下水样超标组分与各种评价结果的一致性,统计分析各种评价结果的分布特征,确定一种适用于天津市平原区地下水质量评价的方法,以该方法的评价结果为基础,分析天津市不同含水层组及不同行政区的地下水质量状况,为保护地下水资源、加强地下水资源管理提供科学依据。

1 地下水质量评价方法概述

1.1 国标 F 值法

国际 F 值法是 GB/T14848—93《地下水质量标准》介绍的一种方法^[1]。步骤如下:①各单项组分评价,划分组分所属质量类别;②确定单项评价分值 F_i (Ⅰ类 $F_i = 0$,Ⅱ类 $F_i = 1$,Ⅲ类 $F_i = 3$,Ⅳ类 $F_i = 6$,Ⅴ类 $F_i = 10$);③按下式计算综合评价分值:

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{\max}^2}{2}} \tag{1}$$

式中: $\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$ (其中: $\bar{F}$ 为各单项组分评价分值 F_i 的平均值; $F_{\max}$ 为单项组分评价分值 F_i 中的最大值; n 为项数);④根据 F 值划分地下水质量级

别($F < 0.80$ 为优良 $0.80 < F < 2.50$ 为良好 $2.50 < F < 4.25$ 为较好 $4.25 < F < 7.20$ 为较差 $F > 7.20$ 为极差)。

1.2 叠加指数法

此方法适用于地下水基本未污染、水质较好的地区 ,评价指数由下式计算^[2] :

$$PI = \sum_{i=1}^n I_i \quad (2)$$

式中 : $I_i = \frac{C_i}{C_0}$,其中 C_i 为 i 组分的实测浓度 ; C_0 为 i 组分的比较值 ,取 GB/T14848—93《地下水质量标准》中Ⅲ类地下水指标值(以下同)。

地下水质量评判标准如下 : $PI < 4.04$ 为Ⅰ类水 $4.04 < PI < 7.38$ 为Ⅱ类水 $7.39 < PI < 20.00$ 为Ⅲ类水 $20.01 < PI < 50.85$ 为Ⅳ类水 $PI > 50.85$ 为Ⅴ类水。

1.3 平均指数法

突出含量小、对人体危害大的组分。评价指数由下式计算^[2] :

$$PI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \quad (3)$$

式中 : $I_i = \frac{C_i}{C_0}$,其中 C_i 为 i 组分的实测浓度 ; C_0 为 i 组分的比较值。

地下水质量评判标准如下 : $PI < 0.20$ 为Ⅰ类水 $0.21 < PI < 0.37$ 为Ⅱ类水 $0.38 < PI < 1.00$ 为Ⅲ类水 $1.01 < PI < 2.54$ 为Ⅳ类水 $PI > 2.54$ 为Ⅴ类水。

1.4 内梅罗指数法

突出主要超标组分对地下水质量的影响。评价指数由下式计算^[2] :

$$PI = \sqrt{\frac{\bar{I}^2 + I_{\max}^2}{2}} \quad (4)$$

式中 : $\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0}$, $I_{\max} = \max\left(\frac{C_i}{C_0}\right)$,其中 C_i 为 i 组分的实测浓度 ; C_0 为 i 组分的比较值。

地下水质量评判标准如下 : $PI < 0.72$ 为Ⅰ类水 $0.73 < PI < 0.76$ 为Ⅱ类水 $0.77 < PI < 1.00$ 为Ⅲ类水 $1.01 < PI < 7.29$ 为Ⅳ类水 $PI > 7.29$ 为Ⅴ类水。

1.5 模糊评判法

模糊数学方法把普通集合论中的非“0”则“1”的绝对隶属关系扩充到“0-1”间隶属关系中的任意实数 ,为解决诸如地下水质量等模糊问题提供了有效方法 ,能够较大程度地克服人为清晰化的不足。步骤如下 :①建立评价空间 ,确定地下水水质分级标准和因子集 ,分级标准按 GB/T14848—93《地下水质量

标准》将地下水划分成 5 级 ,评价因子选取总硬度、硫酸盐、氯化物、铁、铜、高锰酸钾指数、硝酸盐、亚硝酸盐、氰化物、铬、铅、锰、挥发性酚类、氨氮、阴离子合成剂、汞、砷、镉、氟化物共计 19 项。②计算各项因子对不同水质标准的隶属度 ,建立隶属度矩阵(记为 R)。③计算各评价因子的权重系数 ,建立权值矩阵(记为 A)。模糊综合评判中赋权的方法很多 ,但由于地下水水质成分的复杂性以及选用评价因子的多样性 ,本文采用“超标法”赋权 ,以突出主要污染因子。④综合评价。评价模型为矩阵 A 与 R 复合运算($B = AR$, B 为水样对各类级别水的隶属度集合)。⑤评价。按最大隶属度原则确定水质等级 ,可以结合区域的地下水环境 ,并从安全角度选取四种方法复合结果中较差的一级确定为最终评判结果。

1.6 层次分析法

层次结构模型由目标层、准则层和方案层构成 ,本次评价把水质评价结果作为层次分析的目标层(记为 X) ,把评价因子(包括 :氟化物、铁离子浓度、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、锰)浓度作为准则层(记为 Y) ,考虑评价因子过多会使评价结果平稳化并出现误判情况 ,因此我们选取天津市地下水中超标比较严重的 6 个因子 ,把 GB/T14848—93《地下水质量标准》中的 5 个地下水质量类别作为层次分析的方案层(记为 Z)。评价步骤如下 :①用各单指标评价的水质等级结果作为标度构造准则层两两判断矩阵(记为 $X-Y$)。②计算判断矩阵的特征向量及最大特征根 ,对向量进行归一化和一致性检验 ,进行准则层层次单排序。③用各评价因子的浓度与其对应的各个水质质量类别标准值的差值的倒数作为标度构造方案层两两判断矩阵(记为 $Y-Z$) ,进行方案层层次单排序和一致性检验。④利用层次单排序结果 ,计算针对上一层次而言本层次所有元素相对重要性权值 ,进行层次总排序和一致性检验 ,得出水样与各类地下水水质之间的权重排序 ,从而判别出该水样的水质类别。⑤考虑到层次权值之间的关联性 ,根据“大于其上一级别之和”的分类原则判定样本所属的类别 ,输出评判结果。

1.7 灰色关联分析法

评价步骤如下 :①将各测点待评价水质样本的各指标组分实测浓度值构成的数列作为参考数列 ,将 GB/T14848—93《地下水质量标准》中水质分级标准中各水质类别的各指标组分标准值构成的数列作为比较数列 ,对数据进行归一化和正规化处理。②求两数列绝对差、最小差及最大差 ,求灰关联系数 ,建立灰关联系数矩阵。③确定各项评价指标权重(同层次分析法)。④计算灰加权关联度矩阵。

⑤输出评判结果。

2 不同评价方法评价结果的分析

本文以 2001 年丰水期 258 份水质分析报告和 2002 年枯水期 155 份水质分析报告为依据 ,采用上述各种评价方法进行地下水质量评价 ,并对不同评价结果进行统计分析 ,目的是找出一种适用于天津市地下水质量评价的方法并得出能反映天津市地下水质量实际状况的评价结果。

2.1 典型水样不同评价结果的对比分析

对某个具体水样而言 ,由于评价方法不同所得出的评价结论不同是一件难以处理的事情。表 1 给出天津市平原区不同含水层组具有代表性水样的评价结果和能够描述其水质基本特征的指标含量。对比分析如下 ①叠加指数、平均指数和国标 F 值法评价得出的水质类别与水质基本特征一致 ,但不能突出污染组分存在的事实 ,特别是当少数污染组分超标情况下 ,评价结果没有给出警示 ;②灰色关联法评价得出的水质类别与水质基本特征相差较大 ,过分夸大了少数超标组分的作用 ,偏离实际情况 ;③内梅罗指数法评价得出的水质类别与水质基本特征较一致 ,也较好地突出了超标组分的作用 ,但评价结果相对集中在Ⅳ类水上 ,使得评价结果对水质变化的反映程度不够 ;④层次分析法评价得出的水质类别与水质基本特征较一致 ,也较好地突出了超标组分的作用 ,但该方法评价结果与准则层选择的指标内容和数量有关 ,人为干扰因素大 ;⑤模糊评判结果与水质基本特征一致性较好 ,适当地突出了超标组分的作用 ,而且评价结果有一定的变化幅度 ,能较好地反映水质变化情况。

2.2 不同评价结果的统计分析

各种评价方法都有其适宜性和局限性^[3~5] ,因此用不同评价方法对同一对象进行评价 ,其结果不尽相同是可以理解的 ,但对各种评价方法缺乏明确

的结论性认识不利于指导地下水资源管理工作。

表 2 给出不同评价方法对天津市平原区各含水层组地下水质量评价的统计结果 ,比较后发现以下特点 ①叠加指数和平均指数两种方法的评价结果接近 ,评价得出的地下水质量偏好 ,水质类别以Ⅱ、Ⅲ类水为主 ;②内梅罗指数、国标 F 值、灰色关联分析三种方法评价结果与前两种方法的结果明显不同 ,它们评价得出的地下水质量偏坏 ,水质类别以Ⅳ、Ⅴ类水为主 ,其中内梅罗指数与国标 F 值两种方法的评价结果接近 ,评价得出的地下水质量类别以Ⅳ类水为主(占总数的 68% ~ 98%) ,而灰色关联分析法评价得出的地下水质量类别以Ⅴ类水为主(占总数的 60% ~ 90%) ;③模糊评判、层次分析法评价结果相似 ,评价得出的地下水质量类别以Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类水为主 ,其中Ⅳ类水占 40% 左右 ,Ⅲ类和Ⅴ类水各占 25% 左右 ,表现出一定的分散型 ,有利于研究区域分布规律。

根据上述分析 ,作者认为模糊评判法适用于天津市平原区地下水质量评价 ,其评价结果能够反映天津市平原区的地下水质量状况。

3 天津市平原区地下水质量评价结果及分析

3.1 不同行政区地下水质量

以区县行政区为单位分别计算各含水层组地下水化学组分的均值 ,用模糊评判方法评价其水质类别 ,目的是从宏观上了解 and 对比天津市各行政区的地下水质量现状。评价结果见表 3。分析如下 : ①天津市各区县的浅层地下水质量普遍差 ,除北部地区的蓟县和宝坻为Ⅳ类水外 ,其他区县均为Ⅴ类水 ,既有原生环境问题也有次生环境问题 ;②天津市深层承压水质量明显好于浅层地下水质量 ,其中宝坻、汉沽的第Ⅱ、第Ⅲ组承压水质量达到Ⅲ类水 ,而

表 1 典型水样质量评价结果及主要组分质量浓度

水样号	不同方法质量评价结果							主要组分质量浓度					
	A	B	C	D	E	F	G	矿化度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3\text{-N}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{F}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{Mn}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{Fe}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	pH 值
02Ⅰ08	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅴ	Ⅳ	524	< DL	0.73	0.40	0.13	8.4
02Ⅱ07	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅴ	Ⅲ	222	< DL	0.66	0.07	0.28	8.1
02Ⅲ04	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅴ	Ⅱ	202	< DL	0.63	0.05	0.28	8.2
11Ⅳ05	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	442	< DL	1.60	0.10	0.89	8.5
11Ⅴ01	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	314	< DL	1.21	< DL	0.09	8.6
01Ⅰ08	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	412	0.25	1.72	0.40	0.20	7.9
03Ⅱ05	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅲ	636	0.24	1.78	0.07	0.13	8.3
03Ⅲ06	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	356	< DL	1.94	0.04	0.20	8.3
11Ⅳ01	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅴ	Ⅲ	336	0.24	0.89	0.03	0.20	8.3
11Ⅴ01	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	342	0.17	1.51	0.10	< DL	8.7

注 :A 为叠加指数法 ,B 为平均指数法 ,C 为内梅罗指数法 ,D 为国标 F 值法 ,E 为模糊评判法 ,F 为灰色关联法 ,G 为层次分析法。

表 2 天津市地下水质量分类数量统计

评价方法	浅层地下水	第Ⅱ组承压水	第Ⅲ组承压水	第Ⅳ组承压水	第Ⅴ组承压水
叠加指数法	I(01),II(08),III(23),IV(11),V(07)	I(11),II(17),III(38),IV(05),V(00)	I(11),II(34),III(25),IV(00),V(00)	I(03),II(11),III(16),IV(00),V(00)	I(02),II(06),III(12),IV(00),V(00)
平均指数法	I(01),II(08),III(23),IV(10),V(08)	I(08),II(13),III(44),IV(06),V(00)	I(10),II(27),III(33),IV(00),V(00)	I(03),II(09),III(18),IV(00),V(00)	I(02),II(05),III(13),IV(00),V(00)
内梅罗指数法	I(00),II(00),III(03),IV(34),V(13)	I(06),II(00),III(04),IV(59),V(02)	I(06),II(00),III(02),IV(62),V(00)	I(00),II(01),III(02),IV(27),V(00)	I(00),II(00),III(02),IV(18),V(00)
国标 F 值法	I(00),II(00),III(09),IV(41),V(00)	I(03),II(03),III(09),IV(56),V(00)	I(00),II(03),III(18),IV(49),V(00)	I(00),II(00),III(07),IV(23),V(00)	I(00),II(00),III(04),IV(16),V(00)
模糊评判法	I(00),II(04),III(03),IV(19),V(24)	I(03),II(04),III(03),IV(30),V(31)	I(04),II(02),III(09),IV(34),V(21)	I(00),II(02),III(00),IV(22),V(06)	I(00),II(01),III(01),IV(08),V(10)
灰色关联分析法	I(00),II(01),III(02),IV(02),V(45)	I(00),II(02),III(05),IV(12),V(54)	I(00),II(01),III(09),IV(09),V(51)	I(01),II(00),III(02),IV(06),V(21)	I(01),II(00),III(01),IV(04),V(14)
层次分析法	I(00),II(00),III(14),IV(27),V(09)	I(02),II(07),III(19),IV(29),V(14)	I(01),II(11),III(14),IV(28),V(16)	I(00),II(02),III(05),IV(20),V(03)	I(00),II(00),III(08),IV(09),V(03)

注：I ~ V 代表地下水质量类别，括号内数字表示该水质类别水样的个数。

塘沽、东丽、津南、北辰的第Ⅱ、第Ⅲ组承压水质量普遍为Ⅴ类水，其他区县的第Ⅱ、第Ⅲ组承压水质量为Ⅳ类水。分析认为，造成天津市中、东部地区深层承压水为Ⅴ类水的原因主要是地下水中氯化物、氟化物、氨氮和铁超标倍数较高，属原生与次生环境混合问题。

表 3 天津市各区县地下水质量评价结果

区域	浅层地下水	Ⅱ组承压水	Ⅲ组承压水
蓟县	Ⅳ类	Ⅳ类	—
宝坻	Ⅳ类	Ⅳ类	Ⅲ类
武清	Ⅴ类	Ⅳ类	Ⅳ类
宁河	Ⅴ类	Ⅳ类	Ⅳ类
静海	Ⅴ类	Ⅳ类	Ⅳ类
东丽	Ⅴ类	Ⅴ类	Ⅴ类
西青	Ⅴ类	Ⅳ类	Ⅳ类
津南	—	Ⅴ类	Ⅴ类
北辰	Ⅴ类	Ⅴ类	Ⅴ类
塘沽	Ⅴ类	Ⅴ类	Ⅴ类
汉沽	—	Ⅲ	Ⅳ类
大港	Ⅴ类	—	Ⅳ类

3.2 不同含水层组的地下水质量

本文用不同层组地下水有关指标的平均值来描述天津市地下水水质的垂向分布特征，有关指标及其平均值见表 4，分析得出：①从浅层地下水至第Ⅳ组承压水水质逐渐变好，Ⅴ类水所占比例逐渐减少；②第Ⅴ组承压水水质变差，Ⅴ类水所占比例大幅度提高，其中氯化物的平均含量高于其上部几组承压

水的平均含量，表现出一定的异常性，原因有待查清；③氯化物、氨氮、铁、锰、高锰酸钾指数五项指标平均含量为浅层地下水高、深层承压水低，其中浅层地下水与第Ⅱ组承压水之间的变化幅度较大，而第Ⅱ组承压水与其他组承压水之间变化幅度明显较小；④pH 值、氟化物两项指标的平均含量为浅层地下水低而深层承压水高，而且表现出较好的连续性变化。

3.3 不同含水层组地下水质量区域变化特征

根据各含水层组地下水质量评价结果（模糊评判法）绘制了地下水水质类别区域分布图，根据主要污染物区域分布特征分析，结果如下：

a. 浅层地下水：Ⅴ类水分布面积最大，占含水层总面积的 70% 以上，主要分布在天津市中南部地区，包括汉沽、塘沽、大港、津南、东丽、北辰、市区、西青全部面积和宁河、宝坻大部分面积及静海、武清小部分面积；Ⅳ类水分布面积略小，约占含水层总面积的 29% 左右，主要分布在天津市北部和西部地区，包括蓟县、静海大部分面积和武清、宝坻小部分面积；Ⅱ、Ⅲ类水分布面积呈零星分布，占含水层总面积的 1% 左右，主要分布在天津市北部地区，包括蓟县和宝坻，其中宝坻东部新安镇至林亭口一带水质级别为Ⅱ类水，面积约 50 km²。

b. 第Ⅱ组承压水：Ⅴ类水分布面积最大，约占含水层总面积的 50% 左右，主要分布在天津市中南

表 4 天津市地下水水质垂向变化特征

评价项目	统计样本数/个	模糊评价结果均值	Ⅴ类水百分比/%	$\bar{\rho}(\text{氯化物})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\bar{\rho}(\text{NH}_3\text{-N})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\bar{\rho}(\text{Fe})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\bar{\rho}(\text{Mn})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH 均值	$\bar{\rho}(\text{氟化物})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\bar{\rho}(\text{COD}_{\text{Mn}})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
浅层地下水	50	4.26	48	1003.5	1.17	1.80	0.46	7.83	1.51	2.90
第Ⅱ组承压水	71	4.15	44	212.5	0.32	0.47	0.10	8.22	2.47	1.55
第Ⅲ组承压水	70	3.94	30	151.2	0.28	0.28	0.02	8.36	2.25	1.83
第Ⅳ组承压水	30	4.07	20	200.8	0.20	0.31	0.02	8.40	2.40	1.27
第Ⅴ组承压水	20	4.35	50	214.8	0.17	0.32	0.01	8.47	3.11	1.24

注： $\bar{\rho}$ 为平均质量浓度。

部地区,包括塘沽、大港、津南、东丽、北辰、市区、西青全部面积,在蓟县、宁河、宝坻、静海、武清分布面积较小;Ⅳ类水分布面积次之,约占含水层总面积的45%左右,主要分布在天津市北部和西部地区,包括蓟县、静海、武清、宝坻、汉沽、宁河的大部分面积;Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类水分布面积呈零星分布,约占含水层总面积的5%左右,主要分布在天津市北部地区,包括蓟县、宝坻、宁河和汉沽的局部地区,其中宝坻东部新安镇至林亭口一带和汉沽北部一带分布面积较大,约400 km²。

c. 第Ⅲ组承压水:Ⅳ类水分布面积最大,约占含水层总面积的50%左右,主要分布在天津市中南部地区,包括大港、静海全部面积和武清、宁河、宝坻、汉沽、津南的大部分面积及西青、北辰、东丽、塘沽的小部分面积;Ⅴ类水分布面积次之,约占含水层总面积的40%左右,主要分布在天津市中部地区,包括西青、北辰、东丽、塘沽的大部分面积和津南、武清的小部分面积,另外呈点状出现在宝坻、大港和静海。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类水分布面积呈零星分布,约占含水层总面积的10%左右,主要分布在天津市北部地区,包括宝坻、武清、宁河和汉沽的部分地区,其中宝坻东南部新安镇至黄庄一带分布面积较大,约900 km²。

d. 第Ⅳ组承压水:该组水的采样点主要分布在天津市东南部地区,因此不能反映北部地区水质情况,据现有资料的评价结果,该组水Ⅳ类水分布面积最大,约占含水层总面积的90%左右,分布在天津市南部的大部分地区,包括静海、大港、西青、北辰、东丽、宁河、市区全部面积和汉沽、津南的小部分面积;Ⅴ类水分布面积较小,约占含水层总面积的10%左右,分布在天津市东部地区,包括塘沽、津南

的部分面积;Ⅱ类水分布呈零星状,仅分布在汉沽东部一带。

e. 第Ⅴ组承压水:该组水的采样点较少,主要分布在天津市东部沿海地区,该组水Ⅴ类水分布面积最大,约占含水层总面积的50%左右,主要分布在天津市中东南部地区,包括塘沽、大港、津南、东丽、北辰、市区、西青、静海的全部或部分面积;Ⅳ类水分布面积次之,约占含水层总面积的45%左右,主要分布在天津市北部和西部地区,包括静海、武清、宝坻、汉沽、宁河的部分面积;Ⅱ、Ⅲ类水呈零星点状分布,主要出现在武清和汉沽。

4 结 论

应用模糊评判法评价天津市地下水质量能较好地反映天津市的实际水质状况。评价结果显示,天津市平原区地下水以Ⅳ、Ⅴ类水分布面积最大,说明现状条件下天津市地下水质量普遍较差,应当引起地下水资源管理部门的高度重视。

参考文献:

[1] GB/T14848—93 地下水质量标准[S].
[2] 刘兆昌,张兰生,聂永丰,等.地下水系统的污染与控制[M].北京:中国环境科学出版社,1991.
[3] 王东胜,陈凯麒,鲁光四,等.农药对地下水环境影响评价研究[J].水资源保护,2004(2):13~14.
[4] 凌家荣,钱庆龙,冯志祥,等.盐城市地下水资源调查评价[J].水利水电科技进展,2000(3):48~50.
[5] 郝晓美,刘兴平.地下水环境污染的经济学评价方法[J].水利经济,2000(6):41~44.

(收稿日期 2004-08-23 编辑 高渭文)

(上接第18页)

d. 要使出水达到二类以上的排放标准以及考虑脱氮的需要,出水还需要后续好氧处理工艺进一步处理。

参考文献:

[1] 蔡晶,张吴品.乳品工业废水处理[J].世界环境,2002(5):37~38.
[2] 马三剑,刘锋,蒋京东.乳品加工废水处理技术[J].给水排水,2001,27(12):47~49.
[3] 马效民.乳品工业废水处理[J].林业科技情报,2002,34(3):53~54.
[4] 王凯军.厌氧工艺的发展和新型厌氧反应器[J].环境科学,1998,19(1):94~96.

[5] 斯皮思 R E.工业废水的厌氧生物技术[M].李亚新译.北京:中国建筑工业出版社,2001.154~155.
[6] Frankin R J. Application of the biobed upflow flyidized bed process for anaerobic wastewater treatment[J]. Wat Sci Tech, 1992,25(7):378.
[7] Kato M T. The Anaerobic Treatment to flow strength Wastewaters in UASB and EGSB reactors[J]. Wat Sci Tech, 1997,36(6~7):375~382.
[8] 汪洪生.现代废水厌氧处理技术进展[J].污染防治技术,2002,15(4):15~20.
[9] 刘义,张兆昌.水解酸化—气浮—SBR工艺处理乳品废水的研究[J].环境工程,1998,16(5):19~21.

(收稿日期 2004-10-10 编辑 高渭文)