

# 哈尔滨市马家沟河污水对地下水影响范围的确定

董宏志, 王丽君, 于 颖

(黑龙江省地质环境监测总站, 哈尔滨 150090)

**摘要:** 马家沟河原是横穿哈尔滨市城区的一条天然排污沟, 排放污水量约  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。本文利用点群分析方法对地下水中的污染质的组合特征进行分析, 初步确定了马家沟污水对地下水的污染影响程度和范围。

**关键词:** 点群分析; 污水; 地下水

**中图分类号:** P641.2; X523

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-3665(2005)03-0081-03

## 1 研究区概况

哈尔滨市位于小兴安岭—松嫩地块, 松嫩断(坳)陷带东南隆起区, 松花江、拉林河及阿什河围起的河间地块的东北隅。地形南高北低, 所属地貌单元由南向北依次为: 岗阜状高平原、松花江一级阶地, 松花江及阿什河漫滩, 地貌成陡坎接触, 界限清楚。出露地层均为第四系松散堆积物, 厚 40 ~ 100m。

哈尔滨市蕴藏有丰富的第四系松散岩类孔隙水, 其形成、分布及埋藏严格受地貌、地层、气象及水文等因素控制。在岗阜状高平原赋存有中更新统下荒山组中细砂, 含砾中粗砂及下更新统猗猗组中粗砂、砂砾石孔隙承压水, 含水层厚 30 ~ 50m, 上覆上更新统哈尔滨组的黄土状粉质粘土及中更新统的粉质粘土, 顶板埋深 20 ~ 50m, 水位埋深 19 ~ 60m, 渗透系数 10 ~ 50m/d, 单井涌水量为 3000 ~ 5000 $\text{m}^3/\text{d}$ , 局部大于 5000 $\text{m}^3/\text{d}$ 。但由于超量开采, 地下水已由承压水变为无压层间水, 单井涌水量也大幅度衰减。在松花江一级阶地赋存有上更新统顾乡屯组细砂、砾质中粗砂及下更新统猗猗组中粗砂、砂砾石孔隙微承压水, 含水层厚 25 ~ 35m, 上覆上更新统顾乡屯组的黄土状粉质粘土、粉质粘土, 顶板埋深 15 ~ 25m, 水位埋深 8 ~ 22m, 渗透系数 5 ~ 10m/d, 单井涌水量为 1500 ~ 2500 $\text{m}^3/\text{d}$ 。在松花江及阿什河漫滩赋存有全新统细砂、中粗砂、砂砾石及下更新统猗猗组中粗砂、砂砾石孔隙潜水, 含水层厚 20 ~ 35m, 上覆粘性土厚度小于 5m, 水位埋深 3 ~ 10m, 单井

涌水量为 1200 ~ 3900 $\text{m}^3/\text{d}$ 。

自 20 世纪 70 年代中期水位大幅度下降, 目前已形成 380km 降落漏斗。马家沟河位于漏斗中心区西侧。由南向北横穿岗阜状高平原和松花江漫滩, 切割深度近 20m, 破坏了下伏含水层的防护能力(图 1), 地下水易受污染。

## 2 地下水监测点布置

地下水监测点主要沿马家沟中、下游的沿岸布置(图 2), 根据哈尔滨市地下水流动的现状, 将马家沟—地下水漏斗中心地段作为研究区, 漏斗中心以东为参照区; 同时考虑到马家沟污水在下渗的过程中, 与围岩产生的水文地球化学作用, 不直接使用马家沟污水的分析结果, 而采用污水经土柱淋滤渗出水体的分析结果的平均值(以下简称试验样)与地下水分析结果一起进行计算和分群, 显然当地下水点与试验样在同一点群时, 表明该处地下水受到沟水污染。

选取硫酸根、氯离子、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、铵氮、总硬度、耗氧量、溶解性总固体、锌、铁、锰共 11 项指标为计算参数, 采用 Q 型分析进行分类。

## 3 点群分析计算

点群分析属于一种多元分析方法, 通过点群分析, 可以将相似事物归属于不同范畴。

(1) 分类统计 设有  $M$  个样品, 每个样品有  $N$  项指标(变量)。把每个样品看成  $M$  维空间的一个向量  $X_j^i = [X_{1j} \quad X_{2j} \cdots X_{Nj}]$ , 这样  $M$  个样品可以组成矩阵, 即:

$$\bar{X}_j^i = [\gamma_{1j} X_{1j} \cdots X_{Nj}]$$

收稿日期: 2003-12-26; 修订日期: 2004-10-22

作者简介: 董宏志(1958-), 男, 高级工程师, 主要从事水文地质、环境地质工作。

E-mail: dhongzhi58@163.com

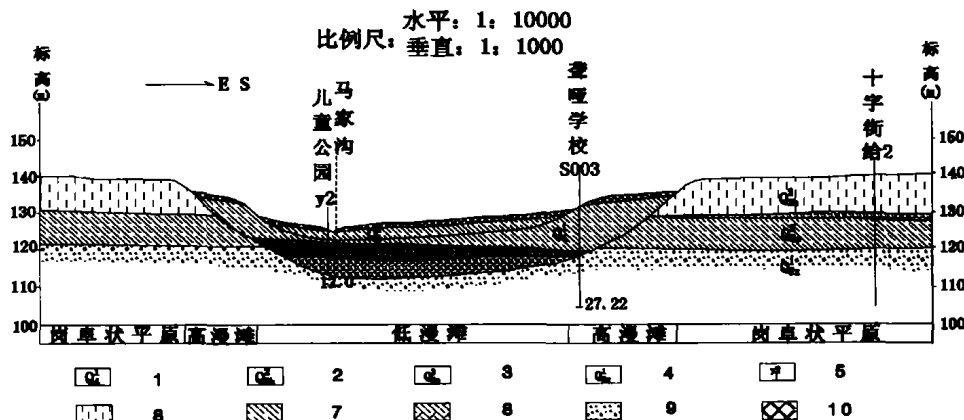


图 1 马家沟地质剖面示意图

Fig.1 Schematic geologic profile of the Majiagou Group

1—全新统冲积层;2—上更新统哈尔滨组;3—中更新统上荒山组;4—中更新统荒山组;5—钻孔及编号;  
6—黄土状粉质粘土;7—粉质粘土;8—淤泥质粘土;9—细、中砂、含砾中粗砂;10—杂填土

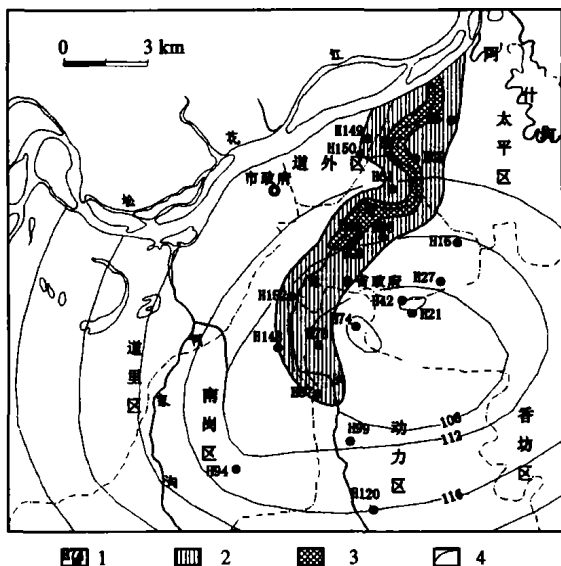


图 2 哈尔滨市马家沟水对地下水影响范围图

Fig.2 Extent of the effect of groundwater  
in the Majiagou Group

1—地下水取样点;2—影响区;3—严重影响区;4—地下水等水位线

$$\begin{Bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1M} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{N1} & X_{N2} & \cdots & X_{NM} \end{Bmatrix}$$

其中  $X'_{ij}$  ( $i=1, \dots, N, j=1, \dots, M$ ) 为第  $i$  个样品的第  $j$  项指标的分析数据;  $X$  即为原始资料矩阵, 任 2 个样品间的亲疏关系可由 2 列的相似程度来刻画。由于各指标间的数值差别较大, 用原始数据直接计算, 则主要突出了绝对值较大的元素, 因此, 在计算前将原始数据分别取对数, 清除数据间差别的影响。

(2) 样品的相似性度量 样品的相似性度量有多种

方法, 在此利用相似系数法, 计算公式如下:

$$\gamma_{ij} = (\sum_{k=1}^n \gamma_{ik} \cdot \gamma_{jk}) / \sqrt{\sum_{k=1}^n (\gamma_{ik})^2 \cdot \sum_{k=1}^n (\gamma_{jk})^2}$$

$$i, j = (1, \dots, M)$$

计算出相似矩阵:

$$R = \begin{Bmatrix} \gamma_{11} & & \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \\ \vdots & \vdots & \\ \gamma_{M1} & \gamma_{M2} & \cdots & \gamma_{MM} \end{Bmatrix}$$

(3) 点群合并 在  $R$  中找出相似系数  $\gamma_{ij}$  最大的一对样品  $X_i, X_j$ , 将此样品合并为一群记为  $X'_i$ , 由公式:

$$X'_i = (N_i X_{ik} + N_j X_{jk}) / (N_i + N_j) \quad (K = 1, \dots, N)$$

式中:  $N_i, N_j$  ——群内个体数。

计算新点群的各项指标, 然后重新计算  $R$  中  $X'_i$  与其余各样品间的相似系数。以此类推将点群归并完毕。

#### 4 点群分析结果讨论

根据点群连结顺序做出  $Q$  式分析谱系图 (图 3)。由图 3 可见, 无论是枯、丰水期, 在  $\gamma = 0.94$  的相似水平上, 均可将地下水点分为 2 个点群, 显然第一个是与试验样关系密切的受到马家沟水污染的点群 (I), 第二个是同参照区地下水点关系密切未受沟水影响点群 (II), 由此可划定马家沟水影响范围。沟东岸的重型机器厂 (H74)、第二毛纺厂 (H16) 与对照区的香坊园艺五队 (H42)、新春十队 (H21) 同处于一个点群中, 说明该处地下水同马家沟水没有联系, 因此, 可以将上述 3 点确定的沟水影响东界, 沟水对东岸影响宽度为 1200 ~ 1800m。沟西岸省军区 (H61)、东北林大试验林场 (H148) 在枯水期与参照区处在一个点群中而丰水期则

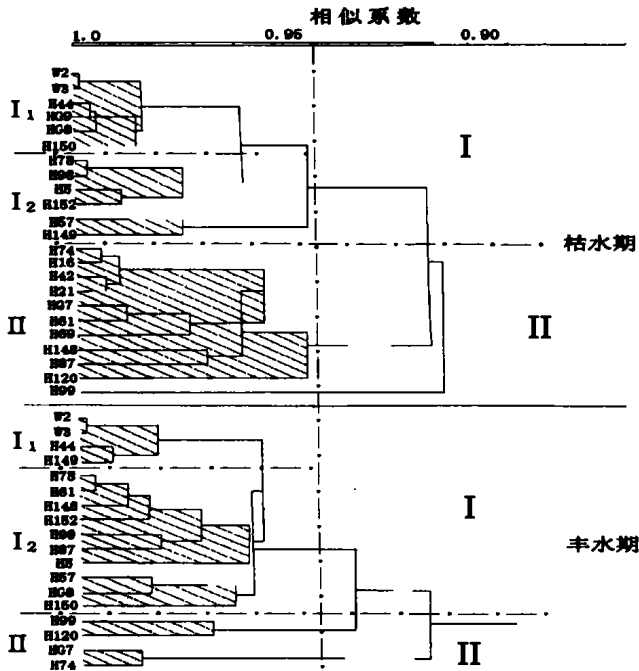


图 3 点群(Q 式)分析谱系图

Fig.3 A spectrum diagram of Q analysis

与试验样处于一个点群中,表明该地带地下水正好处于马家沟水的影响边界,因此,可将马家沟水对西岸影响范围确定为 1000m(H61 点至沟岸的距离)。

在纵向上 H99(三合屯)处在 II 点群,而 H87(植物园)在枯水期处在第 II 点群,丰水期处在 I 点群,因此将 H87 作为马家沟上游影响边界,较明确地圈出了马家沟水影响范围(图 3)。

第 I 点群又可分为 2 个小点群,第 I<sub>1</sub> 小点群中的地下水点直接与试验样归并到一起,无疑受马家沟水影响强烈。第 I<sub>2</sub> 点群受马家沟水影响则相对减弱。进一步考查枯、丰水期点群分析谱系图。地下水点至沟岸的距离和沿沟岸的位置不同,受沟水影响的强弱也不同,近沟点比远离沟点、东岸比西岸、下游比上游受到沟水影响强烈,这一规律在枯水期表现的尤为明显。

量取河东岸各点群中地下水点至沟岸的距离;第 I<sub>1</sub> 点群中的 H44、HG8、HG9(约 300m),第 I<sub>2</sub> 点群中的 H5、H78、H98(约 1000m),第 II 点群中的 H74、H16(约 2000m)。这种由近至远的排列与点群受到沟水影响由强到弱的排列吻合,真实地刻划了沟水对地下水污染随着远离沟岸而逐渐减弱的变化趋势。丰水期这一规律虽不如枯水期明显,但沟水对地下水的污染由 I<sub>1</sub> 中的 H44 至 I<sub>2</sub> 中的 H78、H98 至 II 中的 H74 逐渐减少的趋势依然明显。

对比沟西岸与东岸地下水点至沟岸的距离及在谱系图上所处的位置不难看出,沟水对东岸的影响范围和强度远比西岸强烈,这与地下水流场控制污染物运移方向是一致的。由于东岸的 H44、HG9 等点与试验样同归在 I<sub>1</sub> 内,因此,可以确定沟水东岸强烈影响带至少在距沟岸 300m 宽度内;根据与 H44 点至沟岸距离相近的 H57、H152(哈尔滨市纺纱厂)处于 I<sub>2</sub> 内,河水对其影响的强度远不如东岸这一事实,结合沟水对东岸和西岸影响宽度的推断,西岸受河水强烈影响的宽度不会超过 100m。同时在马家沟纵向上, HG8 属 I<sub>1</sub> 点群,根据前面得出沟水对地下水影响由上游向下游逐渐增强这一规律。因此, HG8 以下受沟水影响较强烈。这样得出,受沟水影响强烈区长 10.65km,西岸宽约 100m,东岸宽约 300m。

将上述分析结果与马家沟河沿岸的地质、水文地质条件进行对比,马家沟冲、洪积物,为全新统粉质粘土、淤泥质粉质粘土,局部夹细、中砂,厚 2~25.5m,由南向北逐渐变薄;岗阜状高平原含水层上覆上更新黄土状粉质粘土及中更新统的粉质粘土,由南向北逐渐变薄,至 G8 点处已被马家沟河切穿;马家沟河堆积物与下伏下荒山组细中砂及全新统细砂、中粗砂、砂砾石含水层直接接触(图 1),防污能力弱,而污水对地下水的影响亦向下游逐渐加重;同时在地下水流场的控制下,在沟东岸的影响远大于西岸,前述的分析结论与地质条件的变化规律是一致的。

## 5 结语

本文利用点群分析方法对地下水中的污染来源及影响范围进行分析。该方法的优点在于无需知道分类对象的结构,只需一组未知分类归属样品的观测资料,利用数学方法将这些资料所表征的样品,归并为若干点群,最后得出一个反映样品间亲疏关系的自然谱系,比较自然和客观地描述了污染物通过不同的渗入途径所表现出来组合特征的差异和联系。

## 参考文献:

- [1] 於崇文,等.数学地质的方法与应用[M].北京:冶金工业出版社,1980.
- [2] 郭长林,董宏志,等.黑龙江省哈尔滨市马家沟水对地下水水质影响研究报告[R].1996.