

黄河下游冲积平原地表污水对地下水污染研究

—以金堤河濮阳县南关段为例

张连胜 刘建方 龚晓洁 孟庆伟 李华杰

(河南省地调院 河南郑州 450007)

摘要: 本文在详细研究黄河冲积平原地质结构特点和金堤河地表污水中污染质组分的基础上,采用室内降解试验、现场监测、现场抽水试验三种方法,结合钻探、水质化验、数值模拟等多种手段,查明了现状条件下金堤河污水对两岸地下水的污染程度和范围,并对不同条件下污染质在地下水的运移距离和降解幅度进行了预测。对金堤河两岸地下水开采和经济发展、规划有着重要意义,对其它地区有重要借鉴、参考价值。

关键词: 污染 预测 冲积平原

1、概述

黄河下游冲积平原主要分布于河南、山东两省。由于地层岩性为松散的砂、土堆积物,所以地表污水中的污染质较易通过包气带进入地下含水层,进而污染地下水。开展对其污染范围、程度的精确监测研究,对平原区地下水的开发、当地生态环境的治理极为重要。本文以金堤河流域地下水污染的研究为例,进而为整个黄河下游冲积平原地下水污染的防治探索一条新途径。

金堤河处于黄河冲积平原中部,河床宽 100~500m,切割深度 2~5m,在濮阳以上河段,常年有污水排入,在雨季接纳地表汇流,农业灌溉季节有灌溉退水汇入。当有雨水和灌溉退水汇入时,水质可达地表水三类,其它时间为五类,主要污染质为 COD,含量严重超标,最高时达 150mg/l,每年约有 200 天左右成为沿途两岸的排污河。

濮阳县段金堤河,地层结构是: 0~2.7m 填土; 2.7~3.5 粉质粘土; 3.5~4.4m 粉土; 4.4~5.2m 粉质粘土; 5.2~6.9m 粉土; 6.9~10.5m 粉砂; 10.5~16.2m 粉土; 16.2~30m 细砂。

地下水位埋深 3~8m,水力坡度为 1.7‰。

为了研究金堤河排污期间对两岸地下水的污染程度,我们选择了室内降解试验、现场监测和现场抽水试验三种方法进行研究。

2、室内降解试验

2.1 污染质迁移模型确定

金堤河濮阳县南关段的切割深度约为 4m,根据钻孔资料,金堤河河床岩性为粉砂,其污染质的运移可认为进入含水层后,沿水平方向迁移,并近似认为是一维水平弥散,数学

模型如式：

$$\left\{ \begin{array}{l} R \frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} - V \frac{\partial C}{\partial X} \\ C(X,0) = 0 \\ C(0,t) = C_0 \\ C(\infty,t) = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

其解为：

$$C_i = C_0 \sum [erfc(z - h) + erfc(z + h)] / 2 \quad (2)$$

$$= 2 \cdot \frac{X}{\sqrt{\frac{D \cdot t}{R}}} \quad (3)$$

$$= \frac{V \cdot t}{R} \cdot \frac{1}{2 \cdot \sqrt{\frac{D \cdot t}{R}}} \quad (4)$$

式中：

C_i —各组分在 t 时刻 x 处的浓度(mg/l)；

C_0 —各组分在 $x=0$ 处的浓度(mg/l)；

D —弥散系数(m^2/d)；

V —实际流速(m/d)；

X —渗流长度(m)；

t —预报时间(d)；

R —迟后因子。

2.2 模型参数的确定

实验所用砂柱是在模拟地段的含水层里现场取得，采用马氏瓶内水头供水，砂柱采用 70 型渗透仪，通过试验求取参数。

2.2.1 砂柱的物理参数的确定

通过试验由下而上对砂柱进行饱水，记录饱水用去的水量，饱水后在自重力作用下流出，记录其体积，分别求出砂柱的孔隙度和给水度，分别是 0.275、0.0253，渗透系数通过达西实验求得，为 5.275m/d。

2.2.2 弥散系数 D 的确定

选择 Cl 作为指示剂，弥散系数 D 可利用式 (5) 求得：

$$D = \left\{ \frac{X - Vt_{0.16}}{\sqrt{t_{0.16}}} \frac{X - Vt_{0.84}}{\sqrt{t_{0.84}}} \right\} \quad (5)$$

式中：

D—弥散系数(m²/d)；

X—砂柱长度(cm)；

V—实际流速(m/d)；

t_{0.16}、t_{0.84}—出口处相对浓度达到 0.16 和 0.84 时的时刻。

由上式计算的结果为：D=7.78 m²/d。

2.2.3 各污染组分吸附分配系数 Kd 和迟后因子 R 的确定

据多年地下水和河水水质资料分析，主要污染组分有 COD、NH₄⁺、NO₃⁻、Cu₂⁺、Pb²⁺，本次吸附降解实验选择 COD 作为污染组分，用人工配制的含 COD 的液体渗透，初始浓度为 1628mg/l，在出口处观测分析浓度变化，当出口浓度达到初始浓度时结束。

分配系数 Kd 由式(1—6)求得，计算结果为：Kd_{cod}=22.00

$$Kd = \frac{V \times \Delta t}{n \times L} \quad (6)$$

Kd—分配系数；

V—渗透流速 (m/d)；

n—有效孔隙度；

L—试样长度 (cm)；

t—非吸附组分和吸附组分在渗流中半浓度出现的时差。

迟后因子由式 (7) 求得，计算结果 R_{cod}=83.8。

$$R = 1 + \frac{1-n}{n} \times Kd \quad (7)$$

式中：

R—迟后因子；

n—有效孔隙度；

Kd—分配系数；

2.3 对两岸地下水污染组分预报

对两岸地下水污染组分预报时，应对参数进行设置。有效孔隙度 n 用给水度代替，取给水度的试验值，则含水层有效孔隙度 n=0.025。

计算时，金堤河污染质的浓度取历年河水中已监测到的最大浓度，[COD]=150mg/l，用

式(1)~(4)计算,距河100m时的浓度已降为0,说明金堤河污染垂直距离不足100m。

3、现场监测

在金堤河南岸垂直布设3个监测井,井编号依次为B1、B2、B3(设河水编号为B0),井深度依次为:48m、50m、47m,距金堤河的距离分别为65m、311m、465m,根据以往监测资料,确定金堤河河水中的典型超标元素COD、 Cl^- 作为地下水中的监测项目,特征曲线见下图1。

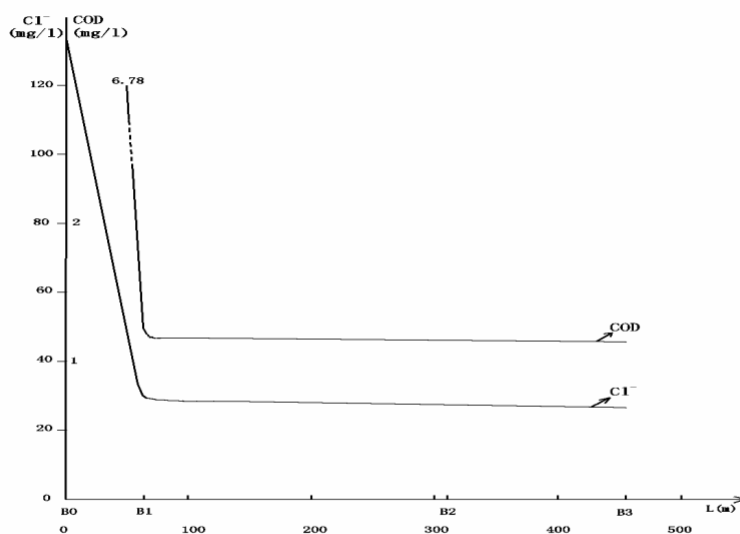


图1 Cl^- 、COD动态特征

由图1,可以看出曲线的变化规律基本相同,金堤河对地下水污染程度随距河道(金堤河)距离的增加而递减,垂直影响距离不足65m。

4、现场抽水试验

在金堤河南岸,距岸边20.10m处利用当地民井进行简易抽水试验,研究金堤河水中污染质的迁移规律。

抽水前,河水化验 COD_{cr} 为35.89mg/l,抽水过程中尽量保持定流量,在开抽后起30分钟及以后每5小时取水样1件进行专项化验,抽水历时75.5小时,计采样16件, COD_{cr} 基本稳定在9.56mg/l(地下水 COD_{cr} 一般为8~10mg/l),降解了74.3%,说明金堤河对地下水的污染垂直距离不足20.1m。

5、结论

通过室内降解试验、现场监测、现场抽水试验三种方法分析,金堤河污水中的COD污

染质对地下水的影响距离分别为 100m、65m、20.1m，综合判定其影响距离不超过 100m。
该研究方法对黄河冲积平原其它地区具有较重要的参考意义。