

朝阳市区集中式饮用水水源保护区的研究

郑晓东¹, 厚春华², 张瑞兰¹

(1.朝阳市水务局,辽宁 朝阳 122000;
2.朝阳市环境科学研究所,辽宁 朝阳 122000)

摘要 依据朝阳市区内地下水多年动态观测资料,分析城区内地下水污染原因及污染途径,建立数学模型,结合城区内地下水径流、补给及排泄特点,具体划定出饮用水水源一级保护区、二级保护区界线,并制定了水源保护区管理办法,对保护饮用水源,防止水源污染,保障市民饮水安全起到了重要作用。

关键词 集中式饮用水水源地,水源保护区,朝阳市

中图分类号 X32 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2004)02-0064-02

1 供水现状

朝阳市区现有两处集中式生活饮用水水源地：扣北水源地和中山水源地。扣北水源位于市区北部的双塔区孟克乡扣北村；中山水源位于市区南部的八里堡乡中山村。水源井均分布在大凌河左岸河漫滩及一级阶地。

扣北水源于1960年开始使用,现有生产井7眼,分布面积约2 km²,总供水能力为7.5万 t/d,现日常开采水量为3.5万~4万 t/d,开采井井深在40~42 m之间,是在整个含水层厚度上均有滤水管的潜水完整井。

中山水源建于1975年,现有生产井10眼,均为潜水完整井,总供水能力为7.2万 t/d,除10号井为备用井外,其余9眼井交替使用,现日常开采水量在3.0万~5.3万 t/d,开采井井深在40~47 m之间。扣北水源和中北水源单井供水情况见表1。

表1 两水源供水规模

开采井	扣北水源 供水量 (m ³ ·h ⁻¹)	中山水源 供水量 (m ³ ·h ⁻¹)	开采井	扣北水源 供水量 (m ³ ·h ⁻¹)	中山水源 供水量 (m ³ ·h ⁻¹)
1号	780	270	6号	245	330
2号	750	330	7号	110	330
3号	550	350	8号		320
4号	330	300	9号		280
5号	360	280	10号		230

2 地下水动态特征

朝阳是典型的以河谷第四系孔隙潜水为主的山

间盆地型水文地质单元。盆地四周山势陡峻,基岩裸露,风化破碎,其内地势平坦,微向大凌河倾斜,形成天然分水岭,山前坡洪积扇裙又多粗粒沉积,利于地下水接受降水的垂直入渗补给,而低洼的盆地内沉积着较厚的冲洪积砂砾石层,具有较大的导水和蓄水空间,四周地下水以地下径流方式向近河地段补给、排泄,最终从大凌河与十家河汇合处排泄区外。

城区内地下水主要接受地下水侧向径流补给,其次为降水和大凌河入渗补给。区内大凌河与地下水水力联系不密切,只在丰水季节地下水可以获得河水的暂时性补给。

3 保护区的划定

通过数学公式和数学模型模拟计算保护区范围,该课题共划定两级保护区。

3.1 一级保护区范围

一级保护区位于开采井的周围,保证集水有一定的滞后时间,以防止一般病原菌的污染,其范围通过以下分析和比较来确定。

3.1.1 计算一级保护区影响半径

直接影响开采井水质的补给区划为一级保护区,补给区边界为一级保护区边界线,即各开采井开采半径。计算影响半径采用库萨金经验公式：

$$R = 2S \sqrt{HK} \tag{1}$$

式中：R为影响半径,m；S为抽水时水位降深,m；H为潜水含水层厚度,m；K为渗透系数,m/d。

由于没有观测井的抽水试验资料,本文采用单井抽水资料,用裘布依公式和库萨金经验公式反复

作者简介:郑晓东(1970—),男,辽宁朝阳人,工程师,从事水资源保护及管理工作。

试算的办法求解。

3.1.2 防止病原菌污染确定的一级保护区边界

根据各开采层所处的地层结构,计算一般病原菌从地表经覆盖层到达含水层所需的时间用阻力系数来表示,计算公式如下:

B = \frac{m_1}{K_1} + \frac{m_2}{K_2} + \dots + \frac{m_n}{K_n} \tag{2}

式中: B 为阻力系数,即病原菌从地表经覆盖层到达含水层的时间 d; m_1, m_2, \dots, m_n 及 K_1, K_2, \dots, K_n 为覆盖层各类土层的厚度和相应的垂向渗透系数,单位分别为 m, \mu m/d。

设一般病原菌衰减时间为 60 d,然后计算病原菌在含水层内经 60 - B 时间运移的水平距离 R',作为一级保护区边界到开采井的最小距离,用式(3)确定:

R' = \frac{KIt}{n} \tag{3}

式中: R' 为细菌迁移距离, \mu m; K 为渗透系数, \mu m/d; I 为水力坡度; n 为有效孔隙度; t 为运移时间, t = 60 - B, d。

根据 3.1.1 和 3.1.2 的计算结果,一级保护区内应同时满足两者的要求,取其中较大者作为一级保护区边界,具体范围见表 2。

表 2 扣北水源、中山水源各开采井一、二级保护区范围

开采井	扣北水源		中山水源	
	一级保护区 半径/m	二级保护区 半径/m	一级保护区 半径/m	二级保护区 半径/m
1 号	128	1079	154	1023
2 号	129	1080	118	996
3 号	123	1074	168	1016
4 号	123	1074	111	989
5 号	138	1089	167	1138
6 号	156	1107	260	1323
7 号	130	1081	308	1218
8 号			445	1168
9 号			340	1165
10 号			315	1266

3.2 二级保护区范围

二级保护区位于饮用水水源一级保护区外,保证集水有足够的滞后时间,以防止病原菌以外的其他污染,其范围通过以下分析计算来确定。

污染物从二级保护区边界运移到一级保护区边界的时间大于其在覆盖层土壤和含水层中被吸附、衰减到期望浓度水平所需的时间。

3.2.1 选定主要污染指标

从两水源地下水水质监测结果看出,各项指标均符合生活饮用水水源水质一级标准,但硝酸盐氮质量含量呈逐年上升趋势,被选定为主要污染指标。

3.2.2 建立数学模型

假定一 在开采井上游存在污染源,并经包气带

连续渗入含水层,渗入污染物质量浓度为 C_0。

假定二 污水渗入前地下水污染物浓度为零。

假定三 污水与含水层之间不发生吸附等化学作用,即阻滞系数 R_d = 1。

假定四 污水与地下水的密度及粘度相同。

以隔水层为 X 轴,污染源为原点建立一维弥散方程。

D \frac{C}{X} - \frac{C}{X} = \frac{C}{t} n \begin{cases} \alpha X = 0, t = 0 = C_0 \\ \alpha X \rightarrow \infty, t \geq 0 = 0 \end{cases} \tag{4}

借助于拉普拉斯变换,可求得解为:

C = \frac{C_0}{2} \operatorname{erf} \left| \frac{X - \frac{V_t}{n}}{2 \sqrt{Dt/n}} \right| \tag{5}

\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left| \frac{X - \frac{V_t}{n}}{2 \sqrt{Dt/n}} \right| \tag{6}

式中: C 为地下水中某污染物的质量浓度, mg/L,在这里被定为二级保护区边界地下水某项污染物质量浓度; C_0 为某项污染物进入含水层的初始质量浓度, mg/L; X 为距离, \mu m; V 为渗透速度, \mu m/d; V = KI, 其中 K 为渗透系数, \mu m/d; I 为水力坡度,取平均值 0.6%; n 为有效孔隙度; D 为弥散系数, \mu m^2/d; D = \alpha V / R_d, 其中, \alpha 为弥散度, \mu m,通过室内模拟实验,确定 \alpha = 0.7 m; R_d 为阻滞系数,假定污染物在含水层中没有被吸附, R_d = 1; t 为水源地开采期限,取 t = 100 a。

C 可取生活饮用水水源水质标准中硝酸盐氮一级标准限值, C = 10 mg/L, C_0 取 36 mg/L。根据 C/C_0 值,结合开采井所处地质环境,根据所选各项参数进行反推计算 X 值,两水源各开采井计算结果分别见表 2。

3.3 保护区的范围

扣北水源、中山水源各开采井一、二级保护区范围见表 2。

4 结 论

a. 从两水源管理现状来看,市民保护水源的意识比较淡薄,有些水井离居民区较近,居民垃圾随意堆放,在水井水源林内有耕作活动。水源井周围地区地表砂粒较粗大松散,渗透性能良好,吸附能力较差,污染物迁移较快,这些都极易引起地下水污染,所以,建立水源保护区势在必行。

b. 科学合理划分水源保护区并制定各级水源保护区管理办法是保护水资源,防止水源污染的有效途径。

(收稿日期 2003-11-10 编辑 高渭文)