

盐城市地下水资源调查评价

14
48-50

凌家荣, 钱庆龙, 冯志祥

(盐城市水利局, 江苏 盐城 224002)

TV 211.12

p641.8

摘要:在查明盐城市地下水各含水岩组的水文地质特征、开采现状和水位动态的基础上,运用数值法对盐城市地下水资源进行评价;核定了全市市、县(市)、乡(镇)三级行政区域地下水可开采量,其中Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压含水层可开采量分别为4992万 m^3/a 、6103万 m^3/a 、5478万 m^3/a 。最后制定了全市地下水合理开发利用规划,调减开采区面积1633 km^2 ,控制开采区面积2348 km^2 ,扩大开采区面积11083 km^2 。

关键词:地下水资源;水资源调查;水资源评价;盐城市

中图分类号:TV211.1+2

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)03-0048-03

江苏省盐城市地处我国东部沿海开放地带,苏北平原中部,东临黄海,西接扬州、淮阴,南与南通、泰州接壤,北和连云港毗邻。全市下辖九个县(市、区),总面积14983 km^2 ,总人口783.5万人。近年来,随着工业生产的快速发展和人民生活用水条件的改善,全市城乡地下水开采日趋剧烈,部分城镇由于开采布局不合理和过量开采,造成水位大幅度下降,引发了地面沉降和水质咸化等环境地质问题。因此,开展全市地下水资源调查评价,为科学、合理开发利用,保护地下水资源提供依据,已成当务之急。

1 区域水文地质条件概述

1.1 含水岩组划分及其水文地质特征

盐城市自新生代以来,全市长期处于沉降状态,沉积了厚度达200~1600m的松散堆积物,构成了一套巨厚的地下水含水系统。目前,全市500m深度以内共分为五个含水层,分别为潜水和Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压含水岩组。其中,潜水和Ⅰ承压含水岩组水质较差,利用价值不大;可供开发利用的主要为Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压含水岩组。市内Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压含水岩组由古沂沭河、古淮河、古长江三大水系分别在中更新世、下更新世和中、上新世共同营造而成。其埋藏深度受基底构造控制,凹陷区较深,隆起区较浅,总体呈东深西浅、南深北浅的规律变化。含水层顶板埋深分别为60~140m,110~300m,160~370m。富水性主要受古地理环境控制,古河床区单井涌水量多大于1500 m^3/d ,边滩区单井涌水量在500~1500 m^3/d ,

河间地块单井涌水量多小于500 m^3/d 。

1.2 地下水补、径、排条件

盐城市深层承压水埋藏较深,极难接受当地大气降水和地表水补给,其补给区主要分布在市外泗洪、盱眙一带及沂蒙山区,源远流长。在天然状态下,本市西部是主要的补给边界,东部沿海则为排泄边界,地下水由西部向东部运动,由于水力坡度较小(约百万分之一),其水平径流十分缓慢。在开采条件下,由于水动力条件改变,地下水流向中部开采较强烈的漏斗区,周边均成为补给边界,人工开采成为其主要排泄形式。地下水垂向径流,由于各含水层间均有较厚的粘性土隔水层相阻,上下含水层基本不发生水力联系。

1.3 地下水水化学特征

盐城市Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压水矿化度均以小于1g/L的淡水和1~2g/L的微咸水为主,水质中偏碱性。微咸水所占比例随深度变浅而增加,由Ⅳ承压水的40%增至Ⅱ承压水的55%。水化学类型:淡水区一般以 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型或 $\text{HCO}_3\cdot\text{Ca}$ 型为主;微咸水多为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{Na}$ 型或 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型。微咸水的分布规律大体为:北部多于南部,河间地块多于古河道。

2 地下水开发利用现状

2.1 地下水开采现状

据全市地下水开发利用现状调查资料显示,至1996年,全市共有开采井2008眼,年开采地下水10412万 m^3 ,其中Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压开采井和混合井分

作者简介:凌家荣(1941—),男,江苏建湖人,高级农业经济师,从事水利管理工作。

别为 833 眼、983 眼、166 眼、26 眼,年开采量分别为 2683 万 m^3 、5058 万 m^3 、2328 万 m^3 、343 万 m^3 。在区域分布上,Ⅱ承压开采井主要集中在大丰市、射阳县,开采量约占总量的 65%;Ⅲ承压开采井在全市普遍分布;Ⅳ承压开采井主要集中在盐城市区,开采量约占总量的 40%。

2.2 地下水水位动态

Ⅱ承压水 1991~1995 年区域水位变化以持续缓慢下降为主,年下降速率小于 0.5 m,开采较集中的漏斗区为中速下降,年下降速度在 0.5~1.0 m 之间;个别地区如合德镇呈快速下降,年下降速率大于 1.0 m。Ⅲ承压水水位普遍呈中速下降,新形成的降落漏斗,水位多呈快速下降;形成时间较长的老漏斗,中心水位变化不大,多为缓慢下降,而外围则下降速率较快,多呈急速下降。Ⅳ承压水由于目前监测点较少,区域水位变化尚难掌握,但漏斗区的水位多呈急速下降态势,漏斗不断向广度和深度发展。水位的持续下降,促使全市Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压水位漏斗区面积不断扩大,分别形成了 7 个、10 个、4 个水位降落漏斗,20 m 等水位线圈定的面积分别为 796 km^2 、1642 km^2 和 1881 km^2 ,最大中心水位埋深分别为 41.2 m、36.4 m 和 46.0 m。

2.3 地下水水质评价

评价标准采用国家生活饮用水卫生标准 (GB5749—85);评价井数 334 眼,其中Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压井分别为 93 眼、177 眼、64 眼;评价项目为水温、pH 值、COD、“八大离子”、“三氮”、矿化度、“五毒”、铁、氟化物、重金属等。评价结果:全市Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ承压水除近半数地区矿化度偏高、少数地区 Cl^- 、 Fe 、 F^- 等小幅超标外,其它各项指标均符合国家生活饮用水标准,是比较理想的生活饮用水水源,其中尤以Ⅳ承压水最佳。在区域上,南部好于中部,中部强于北部,西部优于东部。

2.4 存在的环境地质问题

a. 地面沉降。地面沉降主要是由于地下水水位下降,导致地层内部压力失衡,含水层本身及顶板孔隙被压密而引发的。盐城市成陆时间较短,地层可压缩性大,与其它地区相比更易沉降。根据江苏省第一测绘院 1996 年 4 月测量资料显示,盐城市区 1997 年以来累计沉降量平均为 172 mm,最大沉降中心盐城市水泥厂和凌家庄分别达 468 mm 和 355 mm。

b. 水质咸化。据江苏省地质环境监测总站 30 多个监测点的长期水质监测资料(1982~1995 年)显示,在一些开采强度较大的漏斗中心,如大丰市大中镇、射阳县合德镇和盐城市区等,矿化度有逐年上升的趋势,速率在每年 10~20 mg/L 。

c. 资源量衰减。盐城市区Ⅳ承压井近 10 年来

涌水量平均减少 15%,最多的肉联厂 2 号井减少 25.2%。

3 地下水资源量计算

目前评价地下水资源的方法很多,虽然其原理同是以地下水均衡理论为依据,但数值法较其它水量评价方法来说,仍有其明显的优势,能够充分刻画含水层的内部结构和模拟处理比较复杂的水文地质问题。本次评价,对Ⅱ、Ⅲ承压含水层采用数值法进行地下水资源评价,Ⅳ承压含水层因资料有限,采用开采强度法进行估算。

3.1 数学模型的建立

Ⅱ、Ⅲ承压含水层在全市广泛分布,在市外延伸较远,各自与上下含水层之间有较厚的粘土层分隔,基本不发生水力联系。虽有 26 眼混合并存在,但仅分布在个别县(市),在全市并未普遍分布,且各含水层间水头相差不大,因此,由于混合开采而造成的含水层间水力联系可忽略不计。混合并开采量在计算时分别折算到各含水层。假定地下水渗流过程符合达西定律,全市可视为平面流,各水文地质小区视为各向同性(整个计算区为非均质),地下水运动为非稳定流,则Ⅱ、Ⅲ承压含水层可各自单独建立数学模型如下:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial H}{\partial y} \right) + W = S \frac{\partial H}{\partial t} \quad (x, y, t > 0) \quad (1)$$

$$H(x, y) = H_0(x, y) \quad (x, y) \in D \quad (2)$$

$$H(x, y, t) = H'(x, y, t) \quad (x, y) \in \Gamma_1, t > 0 \quad (3)$$

$$T \frac{\partial H}{\partial n} = q(x, y, t) \quad (x, y) \in \Gamma_2, t > 0 \quad (4)$$

式中: $W = Q(x, y, t)$, Q 为单元开采强度, m/d ; T 为含水层的导水系数, $T = KM$, m^2/d (K 为含水层组渗透系数, m/d , M 为含水层组厚度, m); D 为计算区域; Γ_1 为第一类边界,即已知水位边界; Γ_2 为第二类边界,即已知流量边界; S 为弹性释水系数; $q(x, y, t)$ 为边界上的法向单宽流量, m^3/d ; $H_0(x, y)$ 为初始水位, m ; $H'(x, y, t)$ 为已知边界水位, m ; n 为边界 Γ_2 的外法线方向。

将上述数学模型离散成常微分方程的初值问题,然后再对时间取对称差分格式,将其离散成有限方程进行求解,整个求解过程由计算机完成。

3.2 数学模型校正与识别

3.2.1 计算区域离散

本次评价范围为 14983 km^2 ,以行政区划为界,计算边界主要采用一类边界,即已知变水头边界。开采量概化为三角形单元的开采强度。因受掌握的水

文地质资料状况、井孔分布状况、设计评价工作精度以及微机内存容量等因素的制约,本次评价重点对漏斗区进行了加密剖分,周边仅有个别井孔存在的地区剖分相对较疏,Ⅱ、Ⅲ承压层分别剖分为571个、722个单元。根据富水性的差异,Ⅱ、Ⅲ承压层分别划分为12个和17个水文地质小区。

3.2.2 数学模型校正

根据全市地下水调查资料显示,全市地下水开采量年际、年内变化基本稳定,且由于面上水位资料限制,故初始流场仅根据1995年11~12月水位统测资料确定。校正时段为1996年1~9月,每月为一个时段,共9个时段。依据水位漏斗区重点控制、面上兼顾的原则,Ⅱ、Ⅲ承压层分别选定37个、40个孔进行水位观测,供模型校正用。校正方法采用间接解法:

$$E(T_1, S_1, T_2, S_2, \dots) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (H'_{ij} - H_{ij})^2 \quad (5)$$

式中: $T_1, S_1, \dots$ 为各区导水系数及弹性释水系数; m 为拟合的时段总数; n 为拟合孔数; H'_{ij} 为实测的 j 号孔于 i 时段的水头值; H_{ij} 为计算的 j 号孔于 i 时段的水头值。

具体操作步骤为:根据水文地质调查的参数初值,代入模型计算出拟合孔的水位值,将其与同期实测的水位值比较(比较结果通过 E 的大小反映),不断修改各区的参数值和各小区的范围,使 E 逐渐减小,当 E 为最小值时的参数即为最终所求的参数。

3.2.3 模型的识别

根据Ⅱ、Ⅲ承压层相应拟合孔的水位拟合情况显示,拟合曲线在实测曲线上下波动幅度不大,且非漏斗中心地带拟合情况又较漏斗中心部位要好。影响拟合效果的主要原因:一是个别井野外开采量调查资料不准;二是拟合用的观测井部分为生产井,受抽水影响,易造成水位波动;三是剖分单元数相对不足,因而在漏斗中心水力坡度较大部位,使地下水初始流场的仿真精度受到影响,进而影响拟合效果。即使如此,由于地下水水文地质资料较为翔实,水位观测孔布设较多,加之拟合时间较长,使得反映流场变化的水位过程曲线依然表现出总体趋势一致的特点,降速场拟合效果良好,说明本次地下水评价所建立的水文地质模型、数学模型、参数分区是可信的,该模型基本模拟出盐城市地下水流场的总体运行规律和特征,达到了设计书确定的D级精度的要求,可以此模型作为盐城市地下水可开采量计算和水位预报之用。

3.3 地下水可开采量计算

地下水可开采量是指在经济合理的开采方案下,在开采过程中不产生不良环境地质问题而又保证了可供开采的地下水资源。本次评价首先按现状

开采方案代入数学模型,进行水量、水位的模拟,然后在此基础上不断调整开采方案,运用模型反复计算,最终得出优化开采方案。计算结果:Ⅱ承压含水层可开采量为4992万 m^3/a ,Ⅲ承压含水层可开采量为6103万 m^3/a ,Ⅳ承压含水层采用开采强度法估算,可开采量为5478万 m^3/a ,具体计算过程略。

3.4 可开采量保证程度述评

可开采量保证程度述评可通过地下水补给源的计算进行论证。在开采条件下,盐城市Ⅱ、Ⅲ承压含水层可开采量主要来自周边地区的侧向径流补给量和含水层本身的弹性释放量组成。经按补给法计算,Ⅱ、Ⅲ承压含水层可开采量分别为4909万 m^3/a 和6245万 m^3/a ,与3.3中用数值法计算的可开采量相比大体吻合。表明从补给方面来看,本次评价的地下水可开采量是有保证的,计算的结果亦是正确的。

4 地下水合理开发利用规划

4.1 开采潜力分析

对全市地下水可开发利用能力的综合判别采用如下公式:

$$P = Q_{\text{可}} / Q_{\text{采}} \quad (6)$$

式中: P 为地下水开采潜力指数; $Q_{\text{可}}$ 为地下水可开采量,万 m^3/a ; $Q_{\text{采}}$ 为地下水已开采量,万 m^3/a 。

P 值的判别指标如下:① $P > 1.2$,有开采潜力,可适当扩大开采;② $0.8 \leq P \leq 1.2$,采补平衡,需控制开采;③ $P < 0.8$,开采潜力不足,已超采,其中 $P < 0.4$ 为严重超采。

计算结果表明,全市地下综合开采潜力指数为1.6,尚具一定开采潜力。

4.2 开发利用规划

依据上述标准,对各县(市、区)以乡镇为单元进行开采规划。规划结果:调减开采区面积1633 km^2 ,调减开采量2298万 m^3 ,调减开采井143眼;控制开采区面积2348 km^2 ;扩大开采区面积11083 km^2 ,扩大开采量6499万 m^3 ,可增加井数1142眼。

5 结 语

通过调查评价,使人们对盐城市地下水资源分布状况有了比较清楚的认识,为盐城市加强地下水资源管理和保护提供了较为科学的依据。由于地下水资源是动态的,今后还需继续完善地下水监测网络,为开展新一轮更高精度的地下水资源评价作好准备。同时,对地面沉降较大的城镇,开展地面沉降测量,研究地面沉降与地下水水位的关系,进一步确定地下水临界水位埋深。

(收稿日期:1998-12-04 编辑:熊水斌)