

# 考虑节水增粮行动项目的吉林西部地区地下水均衡研究

王凯军,张 旻,姜长龙

(水利部松辽水利委员会,130021,长春)

**摘要:**为弥补吉林省西部地下水资源局部论证的不足,体现局部论证与区域整体论证相结合的原则,对吉林西部地区区域地下水资源进行整体论证。根据东北四省区节水增粮行动项目在该地区的具体规划实施情况,应用地下水水流数值模拟技术和GMS软件对该地区在实施节水增粮行动之后的地下水均衡状况作出评价。结果表明,相对于现状地下水开采条件而言,在实施节水增粮行动项目后,该地区地下水虽然仍处于负均衡状态,但是状态已有所缓和,说明节水增粮行动的实施不会造成吉林西部地区地下水水位的进一步下降,反而对缓解该地区地下水的超采情况有所帮助。

**关键词:**吉林西部;节水增粮;地下水均衡;数值模拟

**Study on groundwater balance in western part of Jilin with the Project of Saving Water and Increasing Grain Yield/Wang Kaijun, Zhang Yan, Jiang Changlong**

**Abstract:**An overall assessment has been made to groundwater resources in western part of Jilin Province, in accordance with the principle of combining local assessment with regional efforts so as to maximize the role of local assessment. According to the planning of Project of Saving Water and Increasing Grain Yield and its implementation, an assessment is conducted on groundwater balance by means of water flow numerical simulation technology and GMS software. The result shows that deficit is still existed with the implementation of the project but the speed of groundwater decline has been slowed down. This proves that the project will not cause further reduction of groundwater level but can help the area to overcome the problem of over-exploitation of groundwater.

**Key words:** western part of Jilin; saving water and increasing grain yield; groundwater balance; numerical simulation

中图分类号:S27+TV213.4

文献标识码:B

文章编号:1000-1123(2014)11-0025-03

## 一、研究背景

国家启动的东北四省区节水增粮行动项目目标是集中连片建设高效节水灌溉工程3800万亩(1hm<sup>2</sup>=15亩,下同),其中吉林省建设900万亩。在吉林省西部实施的主要内容是膜下滴灌工程,以地下水作为主要供水水源,大面积实施高效节水灌溉工程——玉米膜下滴灌。

吉林西部地区在节水增粮行动项目实施后,很多玉米种植地区原先的大水漫灌改造成了玉米膜下滴灌,

由于膜下滴灌相对大水漫灌的灌溉定额大大减少,需要的农业灌溉水量也相对减少,于是相对现状来说,在这些改造的灌溉面积上就减少了地下水的开采量;同时,一些地区原来是没有灌溉设施的旱田,本项目实施后,新建了一定面积的玉米膜下滴灌灌区,增加了一定的地下水开采量。将改造面积上的减少开采与新建面积上的增加开采进行增减折合计算之后,地下水人工开采量相对现状开采量来说有所变化。

在吉林省西部最近两年实施膜

下滴灌的过程中,也遇到了一系列亟待解决的问题,其中包括:吉林西部地区地下水的可开采量是否能够满足现状开采量要求,能否保证地下水的补、排平衡;在实施玉米膜下滴灌之后,多年连续开采条件下地下水水位是否会发生持续下降的情况;吉林西部各县(区)应如何根据自身的特点,对玉米膜下滴灌工程采取更加合理的布局等。

然而,吉林省西部地区开展的为节水增粮行动项目而进行的水资源论证,都是针对某一局部的工程项

收稿日期:2014-05-05

作者简介:王凯军,高级工程师,博士,长期从事水资源管理工作。

目,将某一行政区(常常是某县的行政范围)作为水资源分析论证的范围,对各县(区)分别进行“短平快”的局部论证,人为划定边界而不是利用地下水系统的自然边界,割裂了地下水系统局部与整体之间的固有的水力联系。各县(区)都以侧向补给量作为补给来源之一,容易造成地下水资源的重复计算,人为夸大地下水的可采水量。

本次研究为了弥补吉林省西部地下水资源局部论证的不足,体现局部论证与区域整体论证相结合的原则,对整个吉林西部地区进行区域地下水资源的整体论证。根据节水增粮行动项目在吉林西部地区的具体规划实施情况,应用地下水水流数值模拟技术,对该地区在实施节水增粮行动之后的地下水均衡状况作出评价。

## 二、研究区概况

吉林省西部地区属于松嫩平原的西南部,地处生态环境脆弱的农牧交错带,包括白城和松原两个地级市,土地面积为 47 719 km<sup>2</sup>,目前总人口 290 万。全区多年平均年降水量为 400~500 mm 左右,多年平均年蒸发量为 1 500~1 900 mm,是降水量的 3.5~4.75 倍左右;地表径流量少,水资源量折合径流深仅为 8.8 mm。本区主要的河流有松花江、第二松花江和嫩江,松花江位于本区东北部边界,嫩江位于北部边界,虽然河流的年径流量很大,但都属于难以利用的地表客水。

研究区大部分属于松嫩盆地,该盆地是一个巨大的含水层系统,埋藏有多个含水层,天然情况下各含水层之间在平面或剖面上存在直接或间接的水力联系。

总体上,研究区地下水系统为一个巨大的开放系统。在一个水文气象周期内,地下水在丰、平、枯水年份和年内的不同季节又具有空间和时间

变化的特点。地下水的补给来源包括降水入渗、河流渗漏、灌溉入渗和侧向地下径流补给,其中降水入渗占主导地位;排泄包括潜水蒸发、河流排泄、侧向径流排泄和人工开采,潜水蒸发和人工开采占有主导地位。

## 三、研究区地下水水流数值模拟

### 1. 研究方法和软件

本次模拟考虑了节水增粮行动项目的影响,制定了两种地下水开采方案,对未来地下水的均衡状况作出预测。首先是建立研究区的水文地质概念模型,在概念模型基础上建立水流数学模拟模型,并利用 GMS 软件对模型进行网格剖分和求解,采用区内 72 口混合观测井的水位统测资料对模型进行识别和验证,确定模型的水文地质参数;再考虑节水增粮行动项目影响之下的地下水开采方案预报情景,据此预测未来一定时期内的地下水水位及均衡状态的响应变化状况;然后根据模拟预测的结果来分析节水增粮行动项目对于吉林西部地区地下水水位和地下水均衡状态的响应变化影响情况。

### 2. 水文地质概念模型

本次模拟的目的层为吉林西部第四系孔隙含水层,包括第四系孔隙潜水含水层和第四系孔隙承压水含水层,在两个含水层之间还存在着一个弱透水的黏性土层。计算模拟区内松散沉积物的岩性无论是在水平方向还是在垂直方向上都有比较大的变化(非均质),但是在同一点上,渗透流速的大小与方向无关(各向同性),因此可以将计算模拟区域内的含水层概化为非均质各向同性的介质。

### 3. 地下水数值模拟模型的建立

综上所述,可以将计算模拟区的地下水流系统概化为非均质、各向同性、二维非稳定流系统,可以用下述定解问题来进行描述:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left( k(H(x,y,t) - Z_b) \frac{\partial H(x,y,t)}{\partial x} \right) \\ & + \frac{\partial}{\partial y} \left( k(H(x,y,t) - Z_b) \frac{\partial H(x,y,t)}{\partial y} \right) + W \\ & = \mu \frac{\partial H(x,y,t)}{\partial t} \dots\dots (x,y) \in D, t \geq 0 \\ & H(x,y,t)|_{t=0} = H_0(x,y) \\ & \dots\dots (x,y) \in D, t=0 \\ & H(x,y,t)|_{\Gamma_1} = H_1(x,y,t) \\ & \dots\dots (x,y) \in \Gamma_1, t > 0 \\ & k(H - Z_b) \frac{\partial H}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = q(x,y,t) \\ & \dots\dots (x,y) \in \Gamma_2, t > 0 \end{aligned} \right.$$

式中,  $H(x,y,t)$  为地下水水位(m);  $H_0(x,y)$  为初始水位(m);  $Z_b$  为目的含水层底板高程(m);  $k$  为渗透系数(m/d);  $\mu$  为给水度,无量纲;  $W$  为潜水含水层的垂向补、排强度(m/d),包括补给强度和排泄强度;  $\Gamma_1$  为已知水位边界;  $\Gamma_2$  为已知流量边界;  $q(x,y,t)$  为含水层侧向单宽补排量(m<sup>3</sup>/d),流入时取正,流出时取负;  $n$  为边界上的外法线方向;  $D$  为模拟计算区域。

## 4. 模型识别和验证

### (1) 模型识别

模型识别的主要目的是确定研究区内各地下水参数分区的水文地质参数,一般选取一年当中的枯水期来进行识别,主要是因为这个时期的源汇项比较少,计算比较简单,更有利于参数的识别过程。

本次模拟的识别阶段是 2006 年 10 月 1 日至 2007 年 3 月 31 日,共 181 天,计算时间步长为 12 天,共分为 15 个计算时段。

选取研究区内的 72 口观测井(主要为混合水井)来进行识别期的水位拟合计算。井的分布比较均匀,选取较为合理。

经过细致的调参过程之后,实测水位与计算水位达到了比较好的拟合效果(拟合效果图略),参数的识别结果满足精度要求,所建立的模型切合实际。

### (2) 模型验证

为进一步验证所建立的数学模

型和经过识别所得到的模型参数的可靠性,要对模型进行检验。选择2007年4月1日至9月30日作为模型的检验期,共182天。利用检验期的地下水水位动态观测资料(仍然使用识别期所使用的72口观测井)对模型进行检验,观察各观测井的实测水位与模拟计算水位之间的拟合情况,绘出拟合效果图(略)。从图中可以看出,检验期各观测井水位拟合效果较好,说明对含水层结构和边界条件的概化、水文地质参数的分区及选取都是比较合理的,据此所建立的数学模型可以较为真实地刻画出研究区地下水流特征,可以用此模型来进行地下水水位的预报。

### 5. 模型预报

经过模型识别和检验,证明所建立的数学模拟模型可以作为真实地下水系统的代表,可以用其对未来地下水的运动状态进行预报。

#### (1) 预报时段和初始条件

本次对吉林西部地区的地下水水位预报主要考虑节水增粮行动项目对预报区域内地下水利用的影响,节水增粮行动项目的建设年限为2012—2015年,项目建设规模过半,本次模拟考虑节水增粮行动项目2013—2015年的建设期及建成之后的2016—2025年的10年运行期,共模拟预报13年的时间。初始水位采用2012年该区的地下水水位。

#### (2) 预报方案

方案一:按目前现有地下水开采量进行预报,不考虑节水增粮行动项目影响下的研究区地下水水位和均衡状态的响应变化状况。预报期(2013—2025年)地下水开采量采用2012年的现状开采量。

方案二:在目前现有开采量基础上,考虑节水增粮行动项目实施后的吉林西部地区地下水水位和均衡状态的响应变化状况。预报期(2013—2025年)地下水开采量在考虑2012年现状开采量的基础上,考虑每年由

于实施玉米膜下滴灌而节省或增加的地下水开采量。此方案的预报结果与方案一的预报结果进行对比,可以分析节水增粮行动项目对研究区内地下水水位和均衡状态的响应变化状况的影响。

#### (3) 预报结果分析

##### ① 方案一的预报结果分析

将所求得方案一条件下的各个源汇项的值输入模型中进行计算,绘出所预测的2025年(预报期末)研究区地下水流程图(略)。

根据模拟的结果可以看出,在方案一的情景下,13年后(预报期末)的地下水流场与初始流场相比都发生了较大的变化,各区域基本上都表现为地下水水位的下降,由此可以看出,在不考虑节水增粮行动项目的影响之下,吉林西部各县(区)如果按照现状地下水开采量进行开采,到2025年地下水水位都会呈现下降的趋势,全区地下水水位平均下降2.02m,整个吉林西部地区地下水处于负均衡状态。

##### ② 方案二的预报结果分析

按照此方案设计地下水开采量,2013—2015年的地下水开采量随着玉米膜下滴灌的改造面积逐渐增加,地下水开采量逐渐减少;到2015年节水增粮行动项目规划方案完全实施后,全项目区地下水开采量为19.52亿 $m^3$ ,占多年平均地下水资源的65%。将所求得方案二条件下的各个源汇项值输入模型中进行计算,绘出所预测的2025年(预报期末)研究区地下水流程图(略)。

由模拟结果可以看出,在方案二的开采条件下,地下水流场较初始流场仍然有一定的变化,主要表现为水位的降低。但是与方案一相比,方案二的水位变化没有方案一明显,水位下降的幅度也较小。方案二到预报期末(2025年)全区地下水平均水位下降1.66m,相对于方案一的2.02m,下降幅度有所减小,但是全区地下水仍处于负均衡状态,只是负均衡状况在节

水增粮行动项目的影响下有所缓解。

## 四、结 语

本次研究根据节水增粮行动项目在吉林省西部地区的具体规划实施情况,应用地下水水流数值模拟技术和GMS软件对该地区在实施节水增粮行动项目之后的地下水均衡状况进行了评价,是对整个吉林西部地区区域地下水资源进行的整体论证,弥补了地下水资源局部分割评价存在的一些不足。通过局部评价与区域整体论证相结合的途径,使评价结果更切合实际。

结合吉林省西部地区节水增粮行动项目规划和实施的情况,制定了两个地下水开采方案预报情景。然后,运用所建立的地下水数值模拟模型,对吉林省西部地区2013—2025年(共13年)的地下水水位进行了预报,进而分析出全区地下水水位和均衡状态的响应状况。结果表明:采用方案一时,全区地下水补、排状态总体上处于明显的负均衡状况;采用方案二时,全区地下水补、排状态总体上仍为负均衡,但下降的幅度有所减小,负均衡状况在节水增粮行动项目的影响下有所缓解。 ■

#### 参考文献:

- [1] 卞玉梅. 吉林省西部地下水动态研究[D]. 吉林大学, 2006.
- [2] 陈社明. 吉林西部浅层地下水系统对旱改水工程的响应研究[D]. 吉林大学, 2012.
- [3] 陈家军. 边界元法在地下水补给量计算中的应用[J]. 长安大学学报(地球科学版), 1989(1).
- [4] 范伟. 吉林省平原区地下水功能评价[D]. 吉林大学, 2007.
- [5] 胡轶, 谢水波, 等. Visual Modflow及其在地下水模拟中的应用[J]. 南华大学学报(自然科学版), 2006(2).
- [6] 吉林省百亿斤商品粮能力建设总体规划环境影响报告书[R]. 吉林环境科学院, 2008.

责任编辑 张金慧