

残差辨识模型在菏泽市区深层地下水 水位预测中的应用*

刘怀思 赵永安

(山东省鲁南地质工程勘察院)

提要 菏泽市区深层地下水由于长期大量开采,80 年代中期就已形成降落漏斗,且中心水位逐年下降,漏斗范围不断扩大。根据菏泽市区 1987~1997 年深层地下水动态监测资料,应用残差辨识预测模式对其水位作了短期预测,并对预测结果进行了后验差检验,预测精度较高。

关键词 深层地下水 残差辨识模型 水位预测 山东菏泽

菏泽市区深层地下水的开发利用始于 70 年代中期,随着开采量的逐年增大,地下水水位持续下降,至 80 年代中期就已形成小面积的降落漏斗。由于深层地下水再生能力较弱,目前又处于严重超采状态,故降落漏斗范围不断扩大,其中心静水位埋深已近 100m,面积近 2000km²。

1 水文地质条件

菏泽市区开发利用的深层地下水主要为第四系松散沉积物中的孔隙水。根据地下水的系统性及赋存条件、水质结构等特征,第四系孔隙水分为三个不同的含水岩组:底板埋深小于 60m 的为浅层淡水含水岩组,60~270m 的为中深层咸水含水岩组,大于 270m 的为深层淡水含水岩组。

菏泽市地下水漏斗区地下水开采层主要为埋深大于 270m 的深层淡水含水岩组。由于该含水岩组埋藏深,并为多层厚度较大且隔水性能好的粘土层所分隔,因而使运移于其中的地下水具有较强的承压性。地下水水位特点:非漏斗区水头埋深在 2.0m 左右,如东部沙土集为 2.5m,而菏泽市区水位埋深则达 80~100m。该含水岩组岩性以细砂、中砂为主,其次为粉砂,砂层累计厚度 40~60m,单井涌水量 1000~1800m³/d。菏泽市区西部为该含水岩组富水地段。

该层地下水化学类型以重碳酸钠型水及重碳酸硫酸钠型水为主,分布稳定,水温 22~26。矿化度小于 1.0g/L,适于饮用及工农业生产用水。但局部地下水氟含量稍高,在 1.0~2.0mg/L 之间。

该含水岩组地下水与上、下水体无明显的水力联系,其运移以水平径流为主。由于

* 本文 1998 年 12 月收到,1999 年 2 月改回,游文澄编辑。

山东地勘局第三水文地质工程地质大队,1995,山东菏泽地区地质环境监测报告。

埋藏深度大,故未接受当地降水和浅层淡水的直接补给。从影响地下水径流排泄的区域水文地质条件分析,该层地下水来源于西部境外地下水的顺层补给。

2 地下水水位动态

2.1 地下水水位多年动态

菏泽市区深层地下水是城区工业及生活用水的主要供水水源,自有观测资料起,地下水位一直处于下降状态(图1)。90年代前水位降幅尚小,年平均仅2米余。进入90年代,随着开采量的增大,地下水位迅速下降,从1991年初的18.419m降至1995年底的2.276m,五年累计下降16.143m,平均每年下降3.228m。

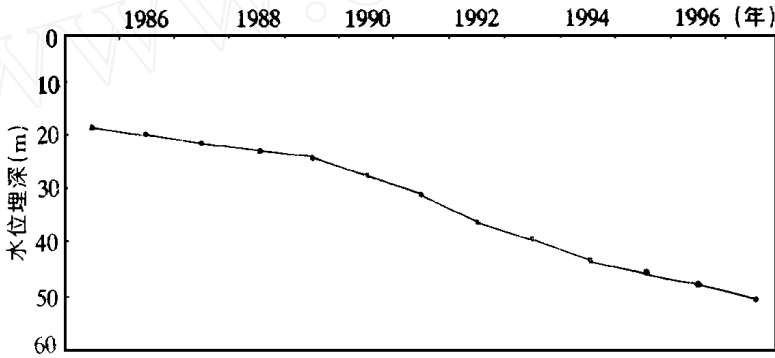


图1 菏泽市区深层地下水水位多年动态变化曲线

Fig. 1 Dynamic curve of deep groundwater level in Heze city

2.2 地下水水位年动态

菏泽市区深层地下水由于长期超量开采,年内水位始终处于下降状态。年初水位高于年末,最高、最低水位也通常分别出现于年初及年末,上半年水位降速大于下半年,水位年变幅2~4m。年内水位无明显的上升阶段(图2)。

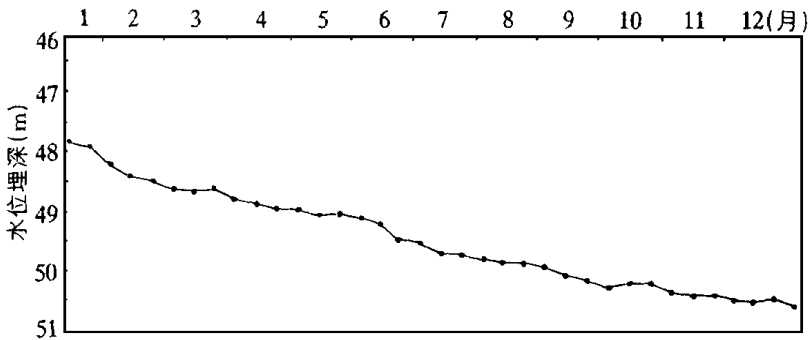


图2 菏泽市区深层地下水水位年动态变化曲线(1996)

Fig. 2 Dynamic curve of deep groundwater level in Heze city(1996)

3 深层地下水水位预测

3.1 残差辨识预测模型的建立

残差辨识预测模式,是一种去首加权累加生成模型,该模型对原始数据变化平缓,数列变化规律性强,用于短期地下水水位预测,其精度较高^[1]。该模型依据的原理是假设原有原始数列:

$$Z_{(i)}^0 = \{ Z_{(1)}^0, Z_{(2)}^0, Z_{(3)}^0, \dots, Z_{(n)}^0 \}. \quad (1)$$

式中: $Z_{(i)}^0$ 为水位实测值(m), $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

其一步预测模型为:

$$Z_{(n+1)}^0 = {}_{(n)} Z_{(n)}^0 + {}_{(n-1)} Z_{(n-1)}^0 + \dots + {}_{(2)} Z_{(2)}^0 + {}_{(1)} Z_{(1)}^0. \quad (2)$$

式中: $Z_{(n+1)}^0$ 为第 $n+1$ 步水位预测值(m);

(i) 为权值系数(无量纲), $i = n, n-1, n-2, \dots, 2$;

(i) 为 i 级残差(无量纲), $i = n, n-1, n-2, \dots, 2$;

${}_{(n)}$ 为 $Z_{(n)}^0 / Z_{(n-1)}^0$ 的整数商;

(i) 为 ${}_{(i+1)} / Z_{(i-1)}^0$ 的整数商, $i = n-1, n-2, \dots, 2, i \neq n$;

n 为 $Z_{(n)}^0 / Z_{(n-1)}^0$ 整数商的余数;

(i) 为 ${}_{(i+1)} / Z_{(i-1)}^0$ 整数商的余数, $i = n-1, n-2, \dots, 2, i \neq n$.

3.2 地下水水位预测

选取菏泽市党校观测孔地下水水位监测数据(表 1 实测值),建立地下水残差辨识预测模型,进行地下水水位预测。

根据预测模型:

$$Z_{(n+1)}^0 = {}_{(n)} Z_{(n)}^0 + {}_{(n-1)} Z_{(n-1)}^0 + \dots + {}_{(2)} Z_{(2)}^0 + {}_{(1)} Z_{(1)}^0.$$

对 1987~1997 年的水位埋深进行检算预测,结果见表 1。

表 1 菏泽市党校观测孔水位埋深预测值与实测值对比

Table 1 Comparison between predicted value and measured value in Heze CCP college well

年 序	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
实测值(m)	18.42	19.88	21.54	22.77	23.90	26.87	30.75	35.68	39.12	42.93	45.60	47.85	50.17	—
预测值(m)	—	—	21.33	23.20	24.00	25.53	29.67	35.12	39.60	42.57	46.74	48.27	50.09	52.50
拟合差(m)	—	—	0.21	-0.43	-0.10	1.34	1.08	0.56	-0.48	0.36	-1.14	-0.42	0.08	—

* 实测值为每年 1 月 1 日的监测数据(非平均值)。

3.3 后验差检验

根据模型计算值与实测值的统计结果,对本次预测值的可信程度进行了后验差检验。

在残差辨识模式中,检验的数不是一次算出的,而是根据前面的数据算出后一个数据,依次递推检验的。由于每一个检验值对模型来说都是后验值,所以称后验差检验^[1]。

记 k 时刻实测值 $Z^0(k)$ 与计算值(预测值) $Z^0(k)$ 之差为 $q(k)$, 后者称 k 时刻残差, 其值为

$$q(k) = Z^0(k) - Z^0(k).$$

记实测数据 $Z^0(k)$, $k=1, 2, 3, \dots, n$ 的平均值为 \bar{Z} , 则

$$\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Z^0(k).$$

记残差 $q(k)$, $k=1, 2, 3, \dots, n$ 的平均值为 \bar{q} , 则

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q(k).$$

记原始数据方差为 S_1^2 , 则

$$S_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [Z^0(k) - \bar{Z}]^2.$$

记残差方差为 S_2^2 , 则

$$S_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [q(k) - \bar{q}]^2.$$

指标 C 与 P 是后验差检验的两个重要数据: C 称后验差比值, $C = S_2/S_1$; P 称最小误差频率, $P = \{ |q(k) - \bar{q}| < 0.6745 S_1 \}$.

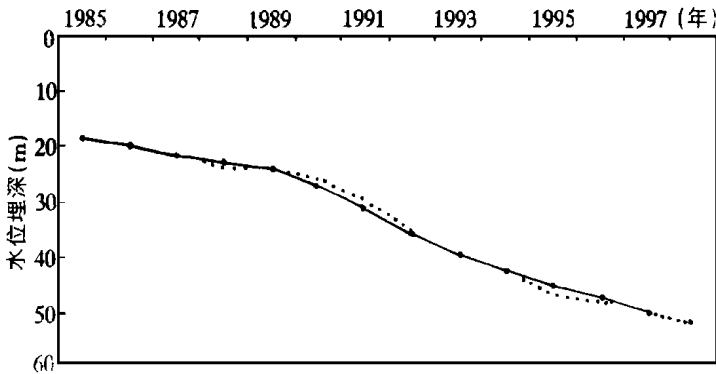


图3 菏泽市深层地下水水位预测残差辨识模型拟合曲线

Fig. 3 Residual separating model fitting curve of deep groundwater in Heze city

由表 2 可以看出,预测值与实测值十分相近,两值最大误差为 1.346m,最小误差仅 0.080m。对该模型进行验证,实测值曲线与预测值曲线拟合良好(图 3)。经后验差检验,后验差比值 $C=0.043$, $|q(k) - \bar{q}|$ 值均小于 $0.6745 S_1$, $P=1$ 。查表知 $P>0.95$, $C<0.35$ 。故判定本次预测精度达 GOOD 级。

4 结语

由于菏泽市区地下水开采量是浅层淡水与深层淡水的开采总量,而二者各自的开采

量并无准确的统计数据,因此对地下水水位埋深、降速等的预测必然十分困难。作者采用残差辨识预测模式对该区深层地下水水位进行了预测,并对预测值进行了后验差检验,结果表明,该方法简明可靠,计算简便,预测精度较高。该模型解决了因无地下水开采量资料而难以进行水位预测这一难题,从而不仅为地下水水位预测提出了一个切实可行的方法,也为该市区深层地下水的管理和规划提供了依据。

参 考 文 献

- [1] 邓聚龙. 灰色系统基本方法. 武汉:华中理工大学出版社,1987

APPLICATION OF RESIDUAL SEPARATING MODEL TO WATER LEVEL PREDICATION OF DEEP GROUNDWATER IN HEZE CITY

Liu Huaisi and Zhao Yong an
(*Lunan Geologic - engineering Institute*)

Abstract

Due to long time excessive mining of deep groundwater in Heze city, funnels of depression have been formed from the middle stage of 80 s, the water level in the center part has been depressing every year, and the scope of funnels of depression has been widening. According to the dynamic monitoring information of deep groundwater from 1987 to 1997, applying residual separating predication model, the water level has been predicated in a short time, and the result has been proved to be with high finess by after - residual - test.

Key words :Deep groundwater, residual separating model, water level predication, Heze city in Shandong province