

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20180223

国家地下水监测工程数据在地下水动态月报评价中的应用效果浅析

杨桂莲¹, 宋 凡¹, 鲁程鹏^{1,2}, 吴昊晨³, 赵庆鲁⁴

(1. 水利部信息中心, 北京 100053; 2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098;

3. 松辽水利委员会水文局黑龙江中游水文水资源中心, 黑龙江 佳木斯 156499;

4. 山东省聊城市水文局, 山东 聊城 252000)

摘 要:地下水动态月报是水利部门定期发布地下水情的重要平台之一,传统的地下水监测数据收集方法使得月报发布存在滞后明显的现象。国家地下水监测工程(水利部分)的建设为月报编制工作提供了更加及时、覆盖面更广的监测网络和数据信息。选取江苏北部平原区与辽宁中部平原区为代表,对比分析了国家地下水监测工程监测数据与传统人工上报地下水数据,定量描述了两类数据表达区域地下水埋深空间分布特征的差异。研究表明,国家地下水监测工程的地下水监测站点分布和数量要优于历史人工测站的分布情况。

关键词:国家地下水监测工程;地下水动态月报;埋深等值面

中图分类号:TV123

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)05-0045-05

1 引言

地下水作为水资源的重要组成部分,是人类赖以生存和发展的基础资源,在社会经济发展和生态环境保护方面起着尤为重要的支撑作用^[1]。目前,我国有三分之二的城市供水依赖地下水,也是我国农村地区的主要供水水源,地下水灌溉面积占全国耕地面积的40%^[2]。然而,近乎“掠夺式开采”地下水,导致局部地区地下水采补失衡,导致地下水水位持续下降,出现大面积开采漏斗区,并引发地面沉降(塌陷)、地裂缝、湖泊湿地萎缩、泉水干涸、海(咸)水入侵、地下水污染等一系列水资源与生态环境问题^[3]。

目前,全国水利(水文)部门的地下水数据大多以人工监测、人工报送为主,监测频次主要有逐日、五日、十日一次等。近年来,各地水利部门特别是北方地区开始试点建设地下水自动监测系统,开展了水位自动监测。但总体上我国的地下水数据库的建设刚刚起步,在

系统建设、数据存储、分析处理和维护管理方面还很不完善;现有的国家地下水数据库中也仅收集了少量地下水监测数据,数据资料不完整,数据全面共享的条件还不成熟^[2-3]。

2014年7月,国家启动了地下水监测工程建设项目。该工程目标是使我国地下水监测站网日益成熟,站网密度得到显著优化,监测频次显著增加,监测数据实现实时传输,这些对我国地下水监测与评价相关业务开展都将产生深远的影响^[4-5]。通过国家地下水监测工程(水利部分)建设,水利部门共布设10 298个地下水监测站点,其中地下水水位监测站点10 251个、流量监测站点47个,将使地下水监测站网密度由目前的2.9站/10³km²提高到5.8站/10³km²。浅层地下水超采区站网布设密度将达到24站/10³km²,实现对大型平原、盆地及岩溶山区地下水动态的区域性监控,在地下水超采区、重要城市、水源地等特殊类型区进行加密布设和重点监测,使国家级监测站网更加科

收稿日期:2018-06-10

作者简介:杨桂莲(1979-),女,湖北孝感人,高级工程师,主要从事地下水监测技术和管理工作的。E-mail:yangguilian@mwr.gov.cn

通讯作者:鲁程鹏(1984-),男,安徽肥东人,副教授,主要从事水文水资源方面的研究工作。E-mail:luchengpeng@hhu.edu.cn

学、合理。

其中,新建监测网络与已有监测网络的融合与发展是地下水监测评价相关管理部门亟需解决的问题之一。本文将分别选取江苏与辽宁两省作为我国南北代表性省份,定量评价国家地下水监测工程数据上线之后,两类数据在绘制区域地下水埋深线面图上的差异,为地下水相关业务开展提供理论依据。

2 数据来源与方法

2.1 地下水动态月报编制情况

水利部为深入贯彻《政府信息公开条例》,积极推进政府信息公开工作,定期发布各类水利专业公报11类,向社会公布有关水利数据^[6]。2010年起,水利部组织编写《地下水动态月报》,涉及19个省(自治区、直辖市),覆盖松辽平原、黄淮海平原、山西及西北地区盆地和平原、汉江平原的降水、地下水埋深动态的综合情况,为各级政府、有关部门和社会公众进行共享和服务。地下水动态月报涉及的地下水监测站约2800个。

2.2 地下水监测数据来源

本次分析分别收集江苏省北部平原区以及辽宁省中部平原区的地下水(潜水)监测数据。监测数据分别来自传统方式的人工报送站和国家地下水监测工程建设的自动报送站,监测时刻均统一为2017年12月1日早8时。除人工站与自动站监测数据之外,将人工站与自动站数据合并形成数据量更加完整的数据集,三类数据集分别称为“人工站”、“自动站”、“所有站”。国家地下水监测工程(水利部分)在江苏与辽宁省分别布站523站与627站^[7],其中位于本次分析的平原区监测范围内共计104站与312站,结合人工站的34站与88站,总有效监测站数分别为138站与400站。

2.3 空间插值方法

地质统计法假设地质参数是空间连续的,以区域化变量为核心和理论基础,以变异函数为基本工具,研究分布于空间中并显示出一定结构性和随机性的自然现象的一种数学地质方法^[8]。克里金方法广泛应用在地质学及环境等空间数据插值领域^[9-10]。选择合适的变异函数并确定其相关参数被称作“结构分析”。球状模型是应用最广的一种变异函数模型,其数学表达式如下:

$$\gamma(h)=\begin{cases}0 & h=0 \\ C_0+C(\frac{3}{2}\frac{h}{a}-\frac{1}{2}\frac{h^3}{a^3}) & 0<h\leq a \\ C_0+C & h>a\end{cases}\quad (1)$$

式中: C_0 为块金值; C_0+C 为基台值; C 为拱高; a 为变程,变程又称为相关长度,代表变量空间相关的最大距离; h 为空间滞后距离; $C_0/(C_0+C)$ 定义为块基比,用来表征空间相关性的强弱,一般认为块基比小于25%则具有强烈的空间相关性,大于75%具有很弱的空间相关性,25%~75%之间则认为是中等的空间相关性。

3 应用分析

3.1 确定理论变异函数参数

在不同结果的对比研究过程中,为了使得插值结果具有可比性,首先需要统一变异函数参数。通过分别利用人工站、自动站和所有站的数据进行实验变异函数拟合,由于数据分布范围具有一定的差异,以所有站数据为依据,通过合理性分析适当调整相关参数,分别确定江苏地下水埋深与辽宁地下水埋深数据分别采用的球状变异函数参数。从表1可知,江苏平原区地下水埋深的空间相关距离较辽宁平原区更大,并且块金值所占比重较高,表明江苏平原区地下水位埋深尽管空间相关距离较大,但是相关程度较弱。辽宁平原区的特征与此恰好相反,空间相关距离相对较小,但是相关距离范围内的相关程度较大。

表1 变异函数球状模型参数取值
Table1 The variogram parameters of spherical models

数据源	块金值 / C_0	拱高 / C	基台值 / C_0+C	变程 / a	块基比 /%
江苏	1.10	0.41	1.51	90 291	72.85
辽宁	0.51	5.97	6.48	15 335	7.87

3.2 不同数据源地下水位埋深等值面

3.2.1 江苏省北部平原区

分别利用收集得到的江苏省人工站、自动站以及所有站的数据绘制地下水埋深等值面,各种类型的站点分布亦绘制于图1。从图1中能够看出,三种数据集绘制得到的地下水埋深等值面具有显著差异,其中人工站所得等埋深结果(见图1a)与其余两种数据集(见图1b和图1c)差异较大。根据江苏平原区地下水实际埋深情况,将埋深分成5个不同的等级,按照每一种埋深所占面积进行统计。人工站中埋深位于0~1m之间的面积(20.20%)要远大于自动站(0%)与所有站(0.26%)的结果。在埋深分布3~4m这一等级范围,人

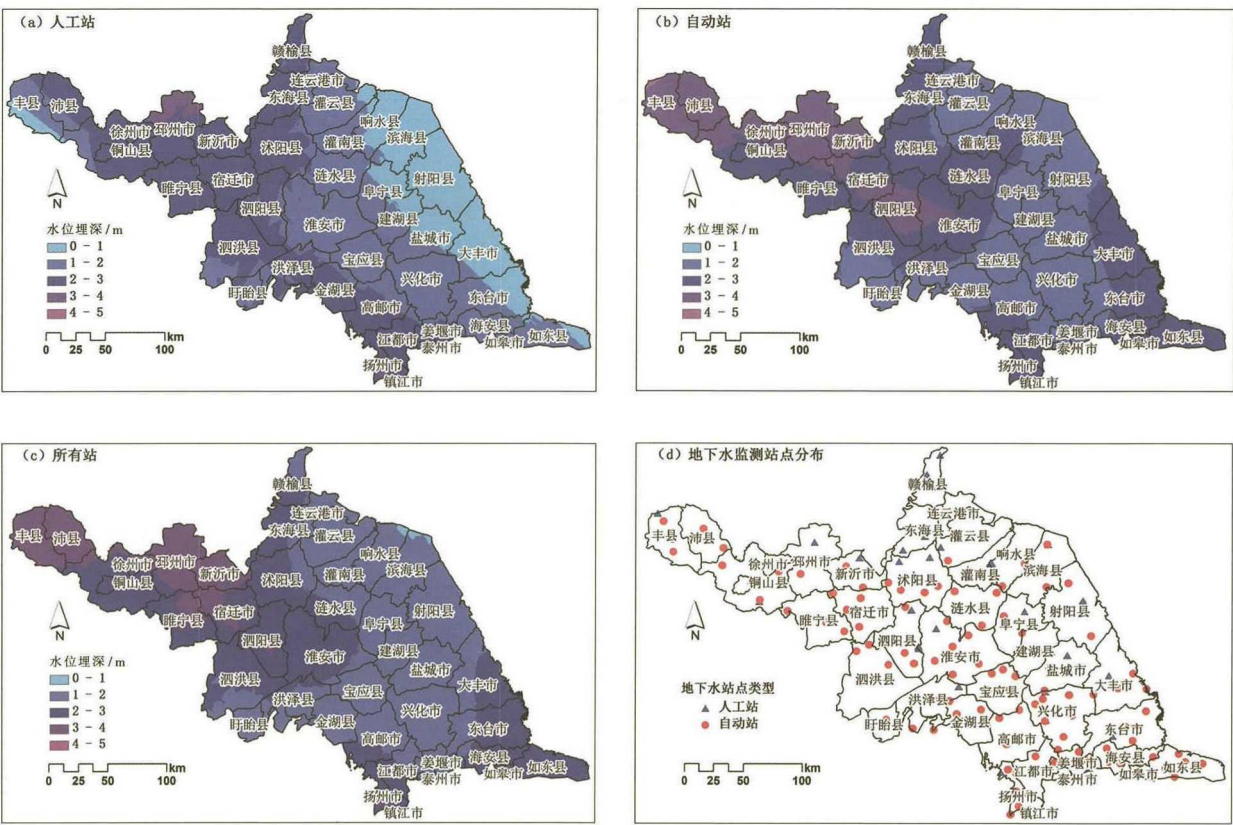


图1 江苏省北部平原区不同数据源地下水埋深等值面图与监测站分布

Fig.1 The groundwater depth isosurface of Jiangsu northern plain interpolated from different data sources and the distribution of monitoring stations

工站所得面积占比(1.34%)要远小于自动站(16.54%)和所有站(12.65%)的结果。

在1~2m 以及 2~3m 这两个埋深范围,从图1 中对比可知,人工站结果的空间分布范围与其余两种是具有明显差异的。以江苏洪泽县来看,人工站所得埋深大致分布于2~3m 等级,而在自动站与所有站所得结果来看基本位于1~2m 等级;江苏东南部沿海地区,包括大丰、东台、海安、如东及如皋大部地区,在自动站与所有站数据绘制等埋深结果中处于2~3m 区间,而在人工站所得结果仅落在0~1m 区间,存在明显的差异。

3.2.2 辽宁省中部平原区

与江苏省相关结果类似,辽宁省三种数据集绘制得到的地下水埋深等值面同样具有显著差异(见图2)。将埋深结果按照不同等级划分为6个不同的区间范围,注意到数据较大的区间范围14~20m 结果,人工站数据绘制的范围中并不包含这一区间,而这些较大的埋深数值在自动站(0.37%)和所有站(0.31%)中均有出现。在9~14m 区间也有类似的现象,人工站中面积

占比仅为0.96%,而自动站与所有站的面积占比分别为5.63%和5.11%。在极小的埋深范围0~1m 分布结果来看,人工站中面积比为12.36,要显著高于自动站(4.26%)及所有站(6.7%)的结果。其余几个埋深等级范围,人工站的结果也与自动站及所有站结果存在一定的差异。

从空间分布的差异性来看,在调兵山、吕图北部局地,人工站的地下水埋深在3~5m 左右,而自动站以及所有站数据给出的结果是在9~14m 左右;在新民、彰武、法库大部地区,人工站给出埋深分布范围是3~5m,而自动站与所有站给出的结果在5~7m;在南部中部大部地区,人工站估计的埋深在1~3m,而自动站及所有站估计埋深在3~5m。

江苏与辽宁平原地区,人工站、自动站与所有站数据集绘制得到的地下水埋深结果均存在显著差异,其原因在于观测站点的分布不同。如图1d 和图2d 所示,人工站分布密度均远小于自动站。

3.3 地下水位埋深等值面差值分析

为了进一步表明人工站与自动站数据的差别,分

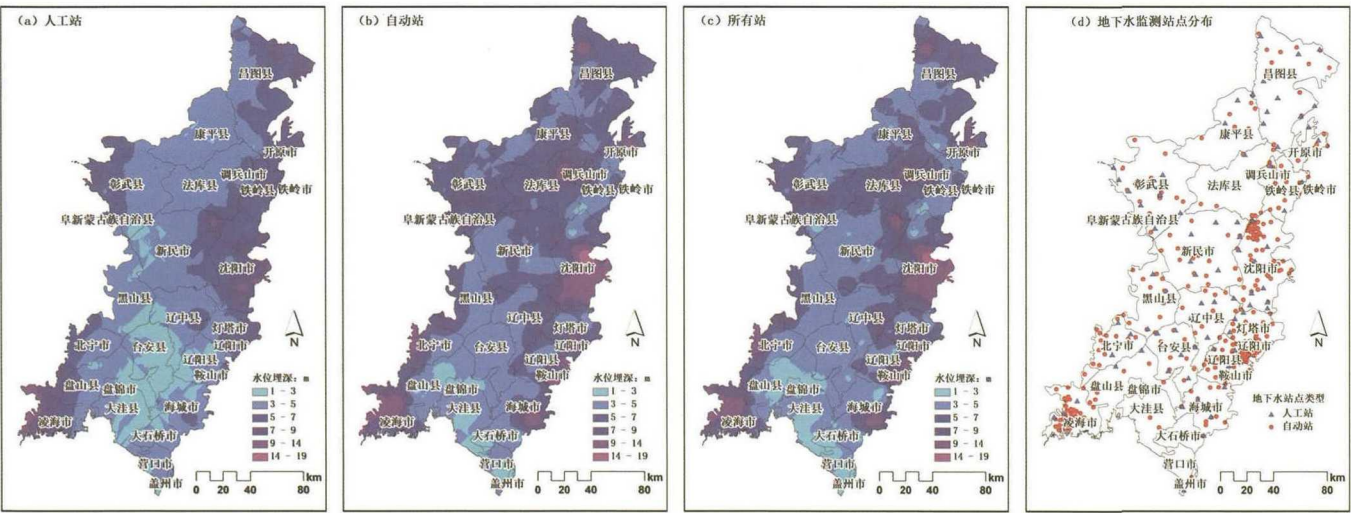


图 2 辽宁省中部平原区不同数据源地下水埋深等值面图与监测站分布

Fig.2 The groundwater depth isosurface of Liaoning central plain interpolated from different data sources and the distribution of monitoring stations

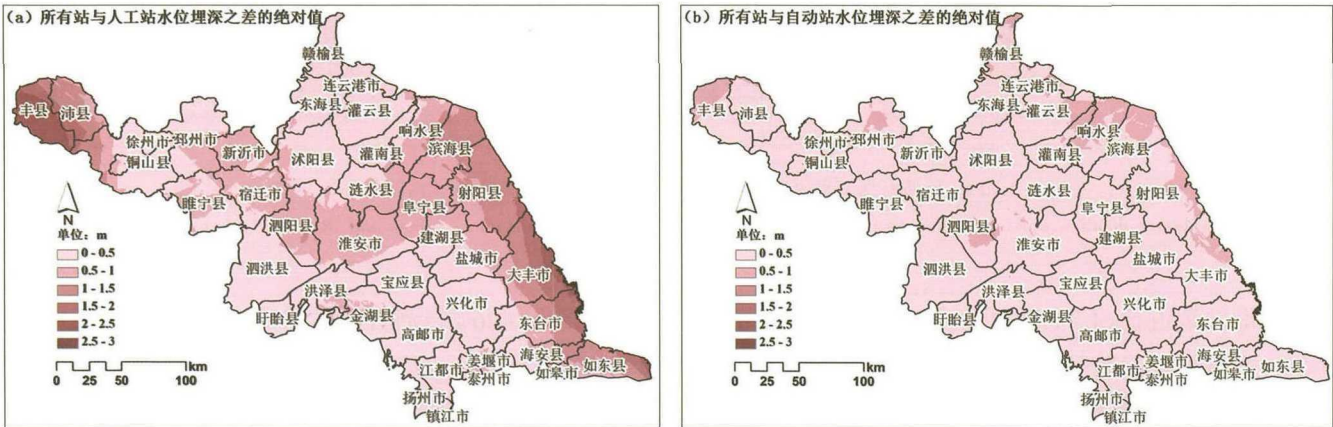


图 3 江苏省北部平原区人工站与自动站水位差异

Fig.3 The groundwater depth differences between manual stations and automated stations for Jiangsu northern plain

别利用所有站等值面与人工站、自动站等值面相减,得到如图 3 和图 4 所示的江苏与辽宁平原区结果。

以所有站数据集为“真值”,等值面相减结果的绝对值越加接近于 0,则表明数据可靠性越高,反之则表明可靠性越低。从江苏平原区结果来看,人工站估计的等值面(见图 3a)在东部沿海地区和徐州地区,误差达到 1~2m,局部地区能达到 2~3m;中部大部地区误差在 0~1m 范围,误差相对较小。自动站估计的埋深等值面(见图 3b)整体误差较小,绝大部地区误差在 0~0.5m,另有部分地区误差在 0.5~1m 范围。对比可知,江苏省人工站相比较与自动站而言,其地下水埋深估计结果误差较大。

辽宁省平原区的结果如图 4 所示。人工站估计埋深误差(见图 4a)在沈阳市与北宁市局部达到 10~12m,整体误差多数在 0~4m 范围之内。自动站估计的埋深精度相对较高(见图 4b),整体误差分布在 0~4m 范围之内,绝大部分地区误差分布在 0~2m。辽宁省平原区分析结果表明自动站监测数据相较于人工站监测数据而言,整体代表性更好。

不同的观测站点观测的地下水埋深数据也是影响等值面绘制的重要原因。对于等值面图绘制过程而言,为了保持结果的可比性,江苏和辽宁省不同的插值过程所得网格数是一致的。对比分析结果可知:(1)从数据样本容量来看,人工站数据量均小于自动站及

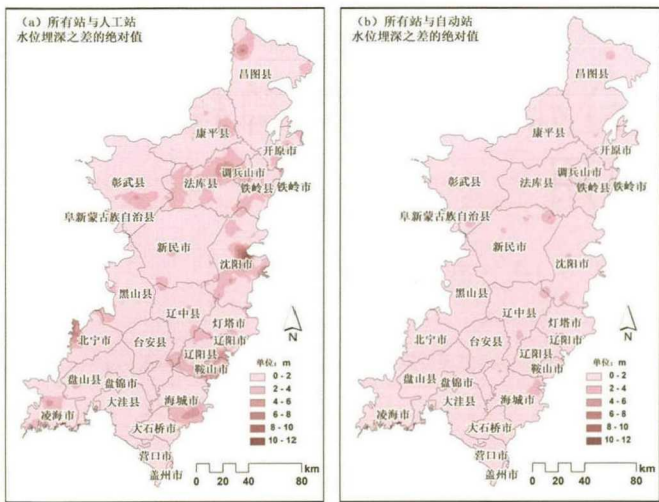


图4 辽宁省中部平原区人工站与自动站水位差异
Fig.4 The groundwater depth differences between manual stations and automated stations for Liaoning central plain

所有站的数据量,江苏和辽宁省人工站数目分别为自动站数目的32.7%和28.2%,不及自动站数量的三分之一。(2)从插值网格的代表性来看,基于克里金方法的插值技术,对于极大值和极小值的代表性均不理想,这一点在江苏平原区地下水埋深的计算结果上表现得更为明显。譬如江苏不同插值方法估计的极大值均显著小于实测数据,而极小值也与实测值有一定得差距,尤其是人工站插值结果中出现了负值,是有悖于实际情况的。辽宁省平原区尽管极大值与极小值也有实测结果有一定误差,但相比于江苏省结果却有明显的优势。这主要是由于江苏平原区的相关距离较大,空间插值过程更加容易得到接近于平均状态的埋深结果。(3)对比各省的自动站与人工站数据,自动站观测数据的覆盖范围要显著大于人工站的范围,这直接证明了自动站的数据代表性要强于人工站的观测结果。

4 结论

本文通过收集江苏北部平原区与辽宁中部平原区的地下水观测数据,讨论了人工站数据以及国家地下水监测工程提供的自动站观测数据在绘制地下水埋深等值面上的差异及主要原因。研究得到如下结论:

- (1)国家地下水监测工程提供了站点数量和分布更为合理的地下水监测网络。
- (2)江苏省平原区地势平坦,地下水埋深空间变异性弱,而辽宁省平原区地下水埋深空间分布差异性更强,存在若干个较为明显的埋深高值中心。

(3)人工站与自动站及所有站差异明显,而自动站与所有站观测结果和绘制图件较为一致,表明自动站监测数据能够更好的表征区域地下水分布特征。

参考文献:

[1] 王爱平,杨建青,杨桂莲,等. 我国地下水监测现状分析与展望[J]. 水文, 2010,30(6):53-56. (WANG Aiping, YANG Jianqing, YANG Guilian, et al. Discussion on China groundwater monitoring: current situation and perspectives [J]. Journal of China Hydrology, 2010,30 (6):53-56. (in Chinese))

[2] 英爱文. 地下水监测与评价[J]. 水文, 2006,26(3):63-66. (YING Aiwen. Groundwater monitoring and evaluation [J]. Journal of China Hydrology, 2006,26(3):63-66. (in Chinese))

[3] 张远东, 王策. 地下水取用水量与水位双重控制刍议[J]. 中国水利, 2014,(9):7-9. (ZHANG Yuandong, WANG Ce. Dual control on total volume and level of groundwater consumption [J]. China Water Resources, 2014,(9):7-9-66. (in Chinese))

[4] 高志. 国家地下水监测工程站网布设浅析 [J]. 地下水, 2012,34(5): 71-72. (GAO Zhi. Analysis of network layout of national groundwater monitoring project [J]. Ground Water, 2012,34(5):71-72. (in Chinese))

[5] 朱金峰,章树安,戴宁,等. 地下水水资源量监测分析技术应用探讨[J]. 水文, 2017,37(3):58-62. (ZHU Jinfeng, ZHANG Shuan, DAI Ning, et al. Application of groundwater resources monitoring and analysis technology [J]. Journal of China Hydrology, 2014,37(3):58-62. (in Chinese))

[6] 中华人民共和国水利部. 水利部 2010 年政府信息公开工作年度报告[R]. 2011. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. 2010 annual report of government information disclosure by Ministry of Water Resources [R]. 2011. (in Chinese))

[7] 严宇红,周政辉. 国家地下水监测工程站网布设成果综述[J]. 水文, 2017,37(5):74-78. (YAN Yuhong, ZHOU Zhenghui. Introduction to network layout of national groundwater monitoring project [J]. Journal of China Hydrology, 2017,37(5):74-78. (in Chinese))

[8] 吕连宏,张征,迟志森,等. 地质统计学在环境科学领域的应用进展[J]. 地球科学与环境学报, 2006,28(1):101-105. (LV Lianhong, ZHANG Zheng, CHI Zhimiao, et al. Application and development of geostatistics in environmental sciences [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2006,28(1):101-105. (in Chinese))

[9] 陶月赞,郑恒强,汪学福. 用 Kriging 方法评价地下水监测网密度[J]. 水文, 2003,23(2):46-48. (TAO Yuezan, ZHENG Hengqiang, WANG Xuefu. Assessment for density of groundwater network using kriging [J]. Journal of China Hydrology, 2003,23(2):46-48. (in Chinese))

[10] 鲁程鹏,束龙仓,张颖,等. 稀疏数据插值问题的回归克里格方法[J]. 水电能源科学, 2009,27(1):81-84. (LU Chengpeng, SHU Longcang, ZHANG Ying, et al. Regression kriging method for sparse data interpolation [J]. Water Resources and Power, 2009,27(1):81-84. (in Chinese))

(下转第 24 页)

- basin[J]. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences), 2011,47(3):1-8. (in Chinese))
- [11] 除多. 2000~2014年西藏高原积雪覆盖时空变化[J]. 高原山地气象研究, 2016,36(1):27-37. (CHU Duo. Spatial-temporal variations of snow cover on the Tibet autonomous region from 2000 to 2014 using MODIS data[J]. Plateau and Mountain Meteorology Research, 2016,36(1):27-37. (in Chinese))
- [12] 刘俊峰. 长江源区冬克玛底河流域积雪变化与融雪径流模拟[D]. 重庆: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 2006:42-45. (LIU Junfeng. Snow Cover Change and Snowmelt Runoff Simulation in the Dongkemadi River Basin in the Source Region of the Yangtze River [D]. Chongqing: Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, 2006:42-45. (in Chinese))
- [13] 戴礼云, 车涛. 1999—2008年中国地区雪密度的时空分布及其影响特征[J]. 冰川冻土, 2010,32(5):861-866. (DAI Liyun, CHE Tao. The spatio-temporal distribution of snow density and its influence factors from 1999 to 2008 in China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2010,32(5):861-866. (in Chinese))
- [14] 李巧媛, 谢自楚. 高原区气温垂直递减率的分布及其特点分析—以青藏高原及其周边地区为例 [J]. 石河子大学学报 (自然科学版), 2006,24(6):719-723. (LI Qiaoyuan, XIE Zichu. Analyses on the characteristics of the vertical lapse rates of temperature—taking Tibetan plateau and its adjacent area as an example[J]. Journal of Shihezi University(Natural Science), 2006,24(6):719-723.(in Chinese))

Application of SRM Model in Niyang River Basin

JIN Haoyu, JU Qin

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The Niyang River basin is located in the southeastern Tibet, where has abundant precipitation under the influence of the Indian monsoon. There are huge difference between the elevations in the basin. The precipitation is mainly contributed by rainfall and snowfall. The Niyang River flood season is mainly concentrated from May to September, especially the snow cover largely melts in May that makes the snowmelt runoff account for a significant proportion of the total runoff. This paper applied the snowmelt runoff model (SRM) to simulate the precipitation of the Niyang River in 2007 and 2008. The results indicate that the SRM model has good simulation accuracy in the Niyang River basin, where are relatively lacking of hydrological and meteorological basic data. The two-year average fitted coefficient R^2 is 0.776 and the average volumetric difference coefficient D_v is 6.219%. The model makes full use of the remote sensing data of snow cover in the basin, which is a major advantage in the application of hydrological and meteorological data based on snowmelt runoff.

Key words: Niyang River basin; snowmelt runoff simulation; SRM model; hydrological forecast

=====

(上接第 49 页)

Application of National Groundwater Monitoring Project Data in Monthly Report of Groundwater Dynamics

YANG Guilian¹, SONG Fan¹, LU Chengpeng^{1,2}, WU Haocheng³, ZHAO Qinglu⁴

(1. Information Center, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China; 2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Hydrology and Water Resources Center for Middle Reach of Heilongjiang River, Hydrology Bureau of Songliao Water Resources Commission, Jiamusi 156499, China; 4. Liaocheng Hydrology Bureau of Shandong Province, Liaocheng 252000, China)

Abstract: The monthly report of groundwater dynamics is an important production showing the groundwater regimen in the main plains of the North China released by Ministry of Water Resources. The traditional method of manual collecting made serious delay of the monthly report publication. Parts of the national groundwater monitoring project, constructed by Ministry of Water Resources, provide a more extensively monitoring network and timely groundwater monitoring data. In this paper, the northern plain of Jiangsu and the central plain of Liaoning were selected as two cases. The two kinds of data sources of the monitoring data collected from the national groundwater monitoring project and the traditional method were comprehensively analyzed, and the differences in the spatial distribution of the groundwater depth were quantitatively described. This research shows that the spatial distribution and quantity of the groundwater monitoring stations in the national groundwater monitoring project are better than those derived from the manual stations.

Key words: national groundwater monitoring project; groundwater dynamics monthly report; groundwater depth isosurface