

南四湖流域水资源特性研究

孙淑云, 张国玉

(水利部综合事业局, 北京 100053)

摘要:本文根据河道径流特性与地形地貌特征的关联,首次把南四湖流域分成3个径流区域进行系统研究,分析了区域内多年水资源量平衡。重点研究了区域天然径流的形成机制,推求出地理和气候条件下径流量的变化规律。探讨提出了区域内河流生态径流量的评价方法,为水环境保护提供了数据支撑。

关键词:水资源;天然径流;地理;气候;生态径流量

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)01-0090-04

1 研究区域

工农业生产密集发展而人口又相对稠密的地区对水资源的需求量通常比较大,而因自然供水条件所限和用水方式的不合理往往造成供需水缺口比较大,很多时候处于贫水状态。更为严重的是,因过度取水造成这些地区生态系统呈现根本性的退化趋势。所以如何合理规划利用水资源保证生态系统的稳定以实现可持续发展已是必须解决的现实问题。解决这一问题的前提是首先从机理上弄清地表水资源的基础—地表径流在一定地理环境和气候条件下的形成规律及可能对其发生的影响。

南四湖位于山东省西南部,水域总面积 1266 km²,流域集水面积 30230 km²。作为河湖系统的南四湖并不是一个单独的湖,它是由北向南连续分布的微山湖、昭阳湖、独山湖、南阳湖等4个相连湖的总称,相互之间由自然和人工河道相连。根据地形特征与径流的形成关系可以把整个流域划分成3个径流区域(见图1)。

Ⅰ区为湖区西北部的低洼地区,主要通过包括水闸的运河体系自黄河和大汶河取水,当然这些运河也与该区的天然河道相连。该区域径流水质很差,无法达到饮用水标准,只能作为工业和农业用水。Ⅱ区位于流域的东北部山地,地形坡度较大,水量主要来自于河流的天然径流。为调蓄水资源,这些河流的上游大都修建了水库。这部分区域径流的水质较好,可以处理后作为饮用

水。Ⅲ区包括平原部分的天然河道径流区,这些河流分别位于流域的西南、东南、东北等地区,大都流经人口稠密地区,水质状况较差,水量的消耗主要用于生产和生活用水。

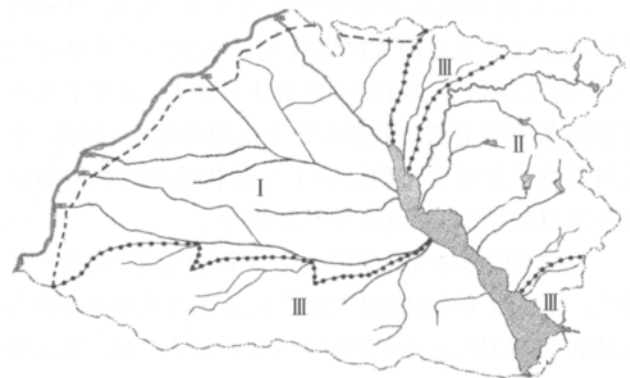


图1 南四湖流域径流分区示意图

Fig.1 Runoff partition for the Nansihu lake basin

2 区域地表水资源量平衡研究

根据对南四湖流域降水量归一化积分曲线定量分析^[1]表明,从1968年到2007年观测到一个包含丰水期和枯水期的水量循环周期(1975~2007年),因此根据这个33a的水量循环周期进行研究。期间流域进水量主要考虑河流的天然径流量和来自黄河、大汶河的引水量,出水部分考虑用于生产生活的河道和湖内取水量,其中Ⅲ区包括流域最南端韩庄闸门泄水量。

收稿日期:2012-03-15

作者简介:孙淑云(1973-),女,黑龙江鸡西人,高级工程师,主要从事水资源管理与研究工作。E-mail:sun@mwr.gov.cn

地表水资源量平衡参数详见表 1。

表1 南四湖流域多年平均水资源量平衡特性
Table1 The mean annual water resources equilibrium characteristics of the Nansihu Lake basin

地区	面积/km ²	进水部分,水深/mm; 水量/10 ⁸ m ³		取水部分,水深/mm; 水量/10 ⁸ m ³	
		天然 径流量	黄河和大汶河 引水量	南四湖 取水	河道 取水
	14 500	60/8.7	64/9.3	21/3.1	85/12.3
	6 800	157/10.7	-	34/2.3	64/4.4
	8 930	77/6.9	-	119/10.6	32/2.9
—	30 230	88/26.3	31/9.3	54/16.0	65/19.6

通过表 1 可以看出,南四湖流域多年平均地表水资源量为 26.3×10⁸m³,相应径流深为 88 mm, Ⅰ区和Ⅱ区的地表水资源量占有率分别为 33%、41%和 26%。

Ⅱ区河道取水量大于其河道径流量,多年要依靠黄河和大汶河的 3.6×10⁸m³ 引水维系河道水量供给平衡。

Ⅰ区处于较高海拔地区,降水量比处于平原地带的Ⅱ区和Ⅲ区高 10%,较陡的地形坡度也使集水速度较快,径流系数 α 比相应其他两个区高两倍,所以Ⅰ区的径流量也大大超过汇水面积要大得多的Ⅱ区和Ⅲ区,南四湖入水量也主要依靠Ⅰ区河道径流量。Ⅰ区除去韩庄闸门泄水量后,基本保持河道水量平衡。

南四湖流域中的河道取水量比湖泊取水量多 3.6×10⁸m³,河道取水量 19.6×10⁸m³ 占流域天然径流量 26.3×10⁸m³ 的 75%, 占总进水量(包括黄河大汶河引水)35.6×10⁸m³ 的 54%,取水量已经超出了河流合理开发利用上限(40%),这意味着当今整个流域的生态系统演变已不在自然平衡和发展的框架之内,完全处于人类活动的深度影响之下。

3 天然径流量影响因素分析

天然径流量指的是对径流系列的人类活动(主要是人为取用水)进行了还原之后的径流量。天然径流量主要依据地理环境(海拔高度、地貌特征和流域面积等因素)和气候条件(降水量、气温和风力等因素)因素决定,这里主要探讨海拔高度、流域面积、降水量和气温四个关键影响因素,

南四湖流域Ⅰ区和Ⅱ区为平原地区,只有Ⅲ区处于丘陵地区,其天然径流量变化受海拔高度影响比较

明显,以前研究结果^[1-2]表明,Ⅰ区的天然径流模数 M (L/s·km²)与流域平均高程 H (m)的简要关系函数为 $M = 0.09H - 3$ 。

对南四湖流域三个区域 21 条河流的天然径流量及其流域集水面积进行分析,通过图 2 清晰反映出来每个区域内主要河流的河流径流量与其集水面积紧密关联,区域天然径流量与流域集水面积的比较系数值 λ (m³/s·km²)分别为 0.001 9(Ⅰ区),0.004 9(Ⅱ区)和 0.002 4(Ⅲ区)。

降水量是直接影响天然径流量的气候因素,分析 3 个区域从 1975~2007 年期间 33 年的年天然径流深与年降水量的关联数值,编制南四湖流域天然径流深和降水量关系图,可以推求降水量 R (mm)和天然径流深 h (mm) 线性关系公式为:

$$\begin{aligned} \text{Ⅰ区: } h &= 0.22R - 80; & \text{Ⅱ区: } h &= 0.41R - 113; \\ \text{Ⅲ区: } h &= 0.28R - 106 \end{aligned} \quad (1)$$

根据式(1)可确定各区径流终止的降水极限值分别是:Ⅰ区 364 mm,Ⅱ区 324 mm,Ⅲ区 378 mm。在现代气候条件下径流有没有可能中断或消失呢?

通过图 3,可以推求出对于Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ区最小径流量对应的降水极值分别是 368 mm、382 mm 和 392 mm,对比这些数值和根据式(1)计算的结果可以看出,如果保持现在的降水条件对于Ⅰ和Ⅱ区来讲完全有

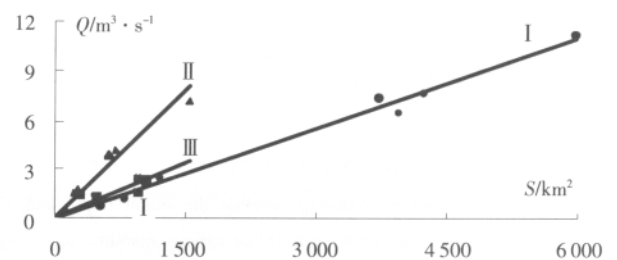


图2 南四湖流域河流天然径流量与流域集水面积的回归关系曲线图
Fig.2 The regression relationship between river runoff and catchment area in the Nansihu Lake basin

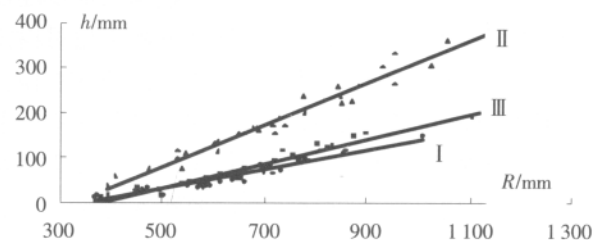


图3 南四湖流域天然径流深与降水量的回归关系曲线图
Fig.3 The Regression relationship between the runoff depth and rainfall in the Nansihu Lake basin

可能定期断流,对于Ⅱ区如果降水量再减少20%左右也会出现断流。

气温变化尤其是气温上升过程对于东部丘陵地区径流量具有明显的影响,以Ⅱ区的5、6、7月为例用图表说明径流深 h (mm)与温度 t ($^{\circ}\text{C}$)的函数关系,这3个月的温度从5月开始渐次升高直到最高的7月。图4表示了1975~2007年期间33年的相对应月份径流与温度的函数回归关系,关系式如下:

$$\begin{aligned} 5月: h &= 47.8 - 2.08t; 6月: h = 103 - 3.67t; \\ 7月: h &= 354 - 12.0t \end{aligned} \quad (2)$$

从图4可以看出,径流与温度的关联程度随温度的升高而增加,从气温较低的月份到气温较高的月份线性回归斜率明显增大。利用已获得的函数关系评价可使径流发生显著下降的温度条件,根据式(2)的计算可得到5、6、7三个月径流中断的温度条件分别为 23°C 、 28°C 和 29.5°C 。数据资料的分析结果和图4所示的回归关系表明,在现代气候条件下对于Ⅱ区来讲由于气温的因素完全可能使径流中断。研究结果表明,气温每升高(或下降) 1°C ,对于6月和7月的径流深会相应的减少(或增加) 3.6mm 和 12mm 。

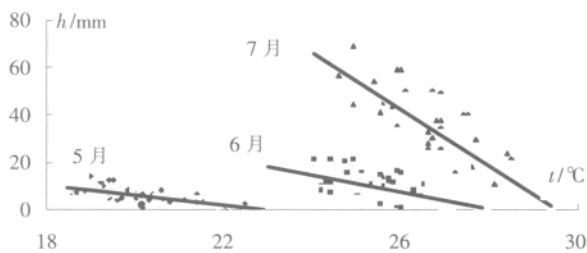


图4 Ⅱ区径流深与气温和月份的回归关系曲线图

Fig.4 The regression relationship between the runoff depth and temperature in runoff area II for various months

4 河流生态径流量研究

河道内生态环境需水量主要指维持河道基本功能的生态环境需水,包括河流生态径流量、汛期冲沙输沙水量和水生生物保护水量。汛期冲沙输沙水量可由汛期弃水提供,因此将部分汛期弃水作为汛期冲沙输沙水量。对南四湖流域而言,在保证河流生态径流量的前提下,水生生物保护水量可以满足。由于Ⅱ区和Ⅲ区自20世纪80年代以来多年存在不定期断流现象,很难计算区域河流生态径流量,这里只对Ⅱ区的河流生态径流量进行分析评价。

目前国内一般以多年平均径流量的百分数(北方

地区一般取10%~20%)作为河流生态径流量,Ⅱ区多年平均径流量为 $33.9\text{m}^3/\text{s}$,所以最小河流生态径流估算为 $3.39\text{m}^3/\text{s}$ 。俄罗斯水文学者对生态径流进行了详细的研究^[3-4],以每年的30d最小径流量值为参考指数,把观测周期内历年实测的30d最小径流量值作为一个径流序列,当河流径流量小于这个序列的80%保证率值时,会严重影响甚至破坏河道生态环境。而对于不同的河道径流特征和生态环境,可以把最小河流生态径流量认定为历年30d最小径流量值序列安全范围(75%~95%)内的保证率值,年内径流量分布越均匀,保证率设定值越低。Ⅱ区历年30d最小径流量值序列的75%保证率值为 $3.42\text{m}^3/\text{s}$,80%保证率值为 $2.14\text{m}^3/\text{s}$,95%保证率值为 $0.96\text{m}^3/\text{s}$ 。综合分析考虑,南四湖流域Ⅱ区历年30d最小径流量值序列的75%保证率值为该区域内河道生态径流量极限值,最小河流生态径流量为 $3.42\text{m}^3/\text{s}$ 。

5 结论

经过研究分析,南四湖流域根据径流特征划分可以直观的掌握水量情况,西北部平原运河区域河道水量平衡依靠黄河和大汶河引水,东北部丘陵区域河道径流量作为南四湖主要来水量,平原天然河道区域基本保持河道水量平衡。南四湖流域天然径流量受地理环境和气候条件影响明显,平原地区随着降水量的减少经常出现断流现象,丘陵地区随着气温持续升高也有可能中断径流。南四湖流域水资源处于过度开发状态,气候条件变化、人类剧烈活动和年内径流量分布不均衡又极大影响了河道径流特别是生态径流,要严格加强水资源管理,进一步优化配置、节约保护和高效利用水资源,提高南四湖流域水生态保护能力,保证水资源的可持续利用。

参考文献:

- [1] Vladimirov A.M., ZHANG Guoyu. The flowing estimation of the river basins situated in regions with the intensive agriculture [J]. RSHU Press of Saint-Petersburg, 2010, 13(1):5-13.
- [2] Trapeznikov U.A., ZHANG Guoyu. Study on the influence of climatic condition changes on the water resources quantity in the area short of fresh water [J]. Natural and Technical Sciences, 2010, (3): 131-139.
- [3] Vladimirov A.M.. River Flow in Dry Season [M]. Leningrad: Gidrometeoizdat Press,1976.
- [4] Faschevsky B.V.. Fundamentals of Environmental Hydrology [M]. Minsk: Ekoinvest,1996.

Research on Characteristics of Water Resources in Nansihu Lake Basin

SUN Shuyun, ZHANG Guoyu

(Bureau of Comprehensive Development, MWR, Beijing 100053, China)

Abstract: According to the correlation between the runoff and landform characteristics, the Nansihu Lake basin has three types of runoff forming. This paper did a system investigation for all of them, and analyzed characteristics of the water resources balance. Special attention was paid to mechanisms of the natural runoff forming and impact of geographical and climatic factors on the river runoff. It also discussed the methods for estimation of the stream ecological runoff in the region.

Key words: water resources; natural runoff; geography; climate; ecological runoff

(上接第 20 页)

A Varying-Step Algorithm for Numerical Integration of Pierson III Distribution

LIU Shiping, WANG Wenchuan

(Hydraulic Engineering Department, North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: The numerical integration of Pierson distribution was investigated, a new integration algorithm of Pierson distribution was proposed. Firstly, the generalized integral of Pearson distribution curve was transformed into a Gamma function and an ordinary integral. By using the recurrence formula and approximate formula of gamma function, the approximate value of the Gamma function was obtained. Based on the allowable relative error and the Gamma function value, the absolute error was determined. According to the relation between step length and truncation error, the basic step length used for numerical integration was obtained. Finally, step varying function was established, so that the step length of the numerical integration can automatically increase in accordance with the parabolic law. Meanwhile, the adaptability of the parameters had also been considered fully. As a result, the two problems were successfully resolved. One problem is the slow convergence if parameter is very small, and another is the data overflow if parameter is very large. The results of experiments show that the pre-determined error method can avoid the pre-calculation process of numerical integration. The step varying integral can significantly save computer run time. The program possesses a very wide parameter adaptability, which has a great application value in the hydraulic engineering design.

Key words: Pierson distribution curve; numerical integration; Gamma function; error estimation; step varying function

(上接第 89 页)

Changes of Evaporation and Its Influencing Factors in Shiyang River Basin

LIU Ruirui, LU Baohong, XU Dan, ZHANG Jie, ZHAI Menggen, CHANG Na, LI Lihui

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

Abstract: Mann-Kendall trend test, Wavelet analysis and Gray relation analysis were applied to determine the change characteristics and influencing factors of 6 stations over the Shiyang River Basin from 1959 to 2005. The results show that the average annual evaporation of 47 years has a decline trend over the basin. The time of abrupt change of the evaporation happened in the 1960s and late 1980s and around the year 2000. The evaporation of Summer and Spring declines clearly, which is the main contribution of annual evaporation decreasing. The spatial distribution of evaporation and change trend of evaporation both have increasing change from the westsouth to northeast, which is closely related to the terrain conditions and meteorological factors in the basin. The first order main periods of evaporation are 28 years and 20 years, which contain small periods from 10 years to 14 years. There is a close relation between air temperature, sunshine duration, wind speed of the main influencing factors and evaporation. The average temperature and sunshine hours have significant increasing trend, and average wind speed has remarkable decrease. The change of precipitation, relative humidity and vapour pressure are relatively weak. Remarkable decrease of average wind speed compensates the increased evaporation resulted from rise of air temperature and sunshine duration, which eventually reduce the evaporation.

Key words: Shiyang River Basin; characteristics of evaporation variation; wavelet analysis; gray relation analysis