

洪泽湖和骆马湖径流丰枯组合特性分析

高 菲¹, 刘宏伟², 朱建英¹, 邵园园³, 黄元昊³

(1. 江苏省防汛防旱指挥部办公室, 江苏 南京 210029; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029;
3. 江苏省秦淮河水利工程管理处, 江苏 南京 210001)

摘要: 洪泽湖、骆马湖分别是江苏省淮河流域淮河、沂沭泗两大水系中重要的具有调蓄作用的湖泊。基于洪泽湖、骆马湖 1959 ~ 2013 年逐日入湖径流资料, 采用双 Y 轴坐标作图法、经验频率法定性定量分析两湖入湖径流的联合概率分布, 提出并利用“距平脉冲曲线”分析两湖径流丰枯水年变化规律及组合特征。通过分析两湖径流丰枯组合特性, 以期开展江淮沂多水源联合调度提供借鉴。

关键词: 径流; 丰枯组合; 距平脉冲曲线

中图分类号: TV121

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2019) 03-0001-05

Analysis on the runoff combination characteristics of Hongze Lake and Luoma Lake

GAO Fei¹, LIU Hongwei², ZHU Jianying¹, SHAO Yuanyuan³, HUANG Yuanhao³

(1. Flood Control and Drought Relief Headquarter Office of Jiangsu Province, Nanjing 210029, Jiangsu;
2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, Jiangsu; 3. Management Division of Qinhuai River Hydraulic Engineering of Jiangsu Province, Nanjing 210001, Jiangsu)

Abstract: Hongze Lake and Luoma Lake are important lakes in Huaihe River and Yishusi River systems of Huaihe River basin in Jiangsu Province. Based on the daily runoff data of Hongze Lake and Luoma Lake from 1959 to 2013, the joint probability distribution of runoff from the two lakes was qualitatively and quantitatively analyzed by using the method of double Y-axis coordinate mapping and empirical frequency method. The variation law and combination characteristics of runoff from the two lakes in high and low water years were proposed and analyzed by using the "anomaly pulse curve". By analyzing the combination characteristics of abundant and dry runoff of the two lakes, it's expected to provide a reference for the joint operation of multiple water sources in Jianghuaiyi.

Key words: runoff; combination of abundance and dryness; anomaly pulse curve

1 概况

洪泽湖是中国第四大淡水湖, 也是淮河流域最大的调蓄湖泊^[1-2]。通过长期坚持不懈的整治, 洪泽湖改变了蓄泄条件, 已从天然过水湖泊逐步过渡

为湖泊型平原水库。一般湖底高程 10.50 m, 最低为 10.00 m, 死水位 11.30 m, 汛限水位 12.50 m; 设计洪水位 16.00 m, 相应水面积 3200 km², 库容 107.6 亿 m³。入湖河道主要有淮河干流、怀洪新河、新汴河、老濉河、徐洪河、池河和濉河等; 主要出

收稿日期: 2018-08-13

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划培育项目“尼洋河流域径流组成地球化学指示性因子示踪实验研究”(916471111)

作者简介: 高菲 (1984—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事水量调度、水文预报工作。

湖河道有淮河入江水道、入海水道、分淮入沂和苏北灌溉总渠等。

骆马湖为江苏省第四大淡水湖,是淮河流域沂沭泗水系下游重要防洪调蓄水库。一般湖底高程 20.00 m,最低为 19.00 m,死水位 20.50 m,汛限水位 22.50 m;设计洪水位 25.00 m,相应水面面积 320 km²,库容 15.95 亿 m³。入湖河道主要为沂河、中运河、房亭河;主要出湖河道为新沂河、皂河闸下中运河、总六塘河^[3]。

洪泽湖、骆马湖均是南水北调东线一期工程的重要调蓄湖泊以及苏北地区重要水源地,具有防洪、灌溉、航运、发电、水产养殖等综合性功能,在防洪、排涝、抗旱、兴利上发挥了巨大效益^[4-5]。两湖通过二河、中运河、徐洪河等河道联通,实现淮、沂沭泗水系水资源的跨流域互济互调,既可“淮水北调,引淮济沂”,在沂水丰、淮水枯的年份,还可实现“沂水南调,引沂济淮”。两湖径流丰枯组合特性直接影响跨流域调水的效益以及水源之间的丰枯补偿。此研究对水资源合理的配置利用具有重要意义,为开展江淮沂多水源联合调度提供借鉴。

2 资料和方法

2.1 相关资料

本研究根据洪泽湖、骆马湖 1959 ~ 2013 年逐日入湖径流资料,分析两湖径流丰枯组合特性,以为开展江淮沂多水源联合调度提供借鉴。洪泽湖入湖流量控制站主要有江苏境内的怀洪新河峰山(双沟、下草湾)站、老濉河泗洪(老)站、濉河泗洪站、徐洪河金锁镇站,以及省外淮河干流吴家渡站、池河明光站、新汴河团结闸站。骆马湖入湖流量控制站主要有沂河港上站(1971 年及以前为华沂站)、中运河运河站、房亭河土山站(1999 年起为刘集闸站)。

2.2 研究方法

(1) 双 Y 轴坐标作图法

本次研究主要采用双 Y 轴坐标作图法分析洪泽湖、骆马湖两湖径流系列丰枯遭遇特征,即以时间为横坐标,绘制洪泽湖、骆马湖径流系列关系图,分析随着其中一湖来水的减少,另一湖来水的变化情况。

(2) 经验频率法

经验评率法是采用距平百分率对两湖径流序列丰枯状态分级,划分为丰、偏丰、平、偏枯、枯 5 个等级(划分标准见表 1),并统计两湖径流丰枯组合频率,能清晰反映两湖径流的丰枯组合特性。

表 1 流量丰枯划分标准

序号	划分标准	状态
1	$P > 20\%$	丰
2	$10\% < P \leq 20\%$	偏丰
3	$-10\% \leq P \leq 10\%$	平水
4	$-20\% \leq P < -10\%$	偏枯
5	$P < -20\%$	枯

注: P 为径流距平百分率, m^3/s 。

(3) 距平脉冲曲线法

经验频率法分析两湖径流丰枯特性简单便捷,但割裂了不同年份径流序列之间的联系,无法体现两湖径流丰、枯水年组的变化过程及组合情况,亦无法表征丰枯组合的强度。

对径流丰、枯水年组,目前主要利用距平累积曲线来识别,即当径流距平累积量持续增大时,表明该时段内径流距平持续为正,为丰水年组;当距平累积量保持稳定时,表明该时段内径流累积量基本不变,来水正常;当距平累积量持续减少时,表明该时段内径流量距平持续为负,为枯水年组。距平累积曲线无法定量分析两湖径流连续丰枯及其组合的程度。本研究在距平累积曲线的基础上引入了“距平脉冲曲线”的概念,首先根据距平累积曲线将年径流距平序列按增长趋势和消落趋势分割若干段,对每段计算距平均值,绘制年径流序列距平脉冲图。

距平累积量 P_k 的表达式为:

$$P_k = \sum_{i=1}^k (Q_i - \bar{Q}) \quad (1)$$

式中: $Q_i \in (Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$, \bar{Q} 是序列 (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) 的均值; k 为年序, $k=1, 2, \dots, n$, n 为序列长度。

3 结果与分析

3.1 双 Y 轴坐标作图法

根据洪泽湖、骆马湖两湖 1959 ~ 2013 年 55 年逐日径流资料绘制洪泽湖、骆马湖径流系列丰枯遭遇双 Y 轴坐标分析图,见图 1。随着洪泽湖径

流系列的逐渐减小, 骆马湖径流系列未呈现减小趋势, 而且分布散乱, 由此可得出以下结论: 洪泽湖、骆马湖径流系列存在丰枯补偿特征。两湖有较多年份同时遭遇枯水年, 实施江水北调引江供水、引江补湖十分必要。

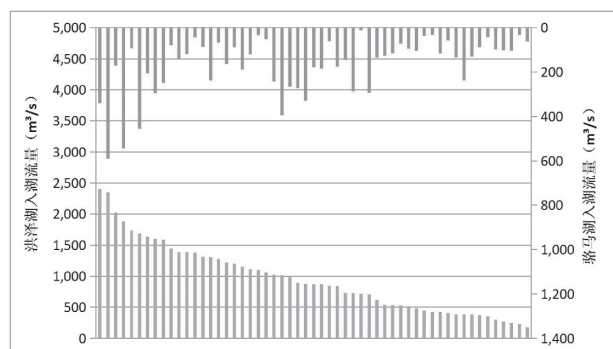


图 1 洪泽湖、骆马湖径流系列丰枯遭遇双 Y 轴坐标分析图

3.2 经验频率法

根据两湖逐日径流资料,分年、汛期、非汛期、月4个时间尺度开展径流丰枯组合频率统计分析,统计结果见表2、表3及图2。由图表分析可知:

(1) 两湖年、汛期、非汛期、月径 4 个时间尺度径流丰枯组合统计规律基本一致。其中年、汛期、非汛期丰枯同步的平均频率为 0.59, 丰枯异步的平均频率为 0.41; 月径流丰枯同步的平均频率约为 0.48, 丰枯异步的平均频率约为 0.52。说明两湖径流存在丰枯补偿特征, 开展两湖联合调度切实可行。

(2) 两湖同时遭遇“枯枯”或“平枯”年型的频率约为 0.42, 说明实施江水北调引江供水、引江补湖十分必要。

3.3 距平脉冲曲线法

洪泽湖、骆马湖 1959 ~ 2013 年年径流序列

表 2 洪泽湖和骆马湖年、汛期、非汛期径流丰枯组合频率统计

组合情况	年径流		汛期径流		非汛期径流	
	频数	频率	频数	频率	频数	频率
丰丰	9	0.164	11	0.200	7	0.127
丰平	8	0.145	3	0.055	5	0.091
丰枯	14	0.255	17	0.309	13	0.236
平平	1	0.018	1	0.018	2	0.036
平枯	1	0.018	2	0.036	5	0.091
枯枯	22	0.400	21	0.382	23	0.418
丰枯同步	32	0.580	33	0.600	32	0.580
丰枯异步	23	0.420	22	0.400	23	0.420

表 3 洪泽湖和骆马湖月径流丰枯组合频率统计

[illegible]

的均值分别为 $952 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $166 \text{ m}^3/\text{s}$, 根据表 1 中距平百分率对应的径流距平划分丰枯状态, 推算出洪泽湖、骆马湖年径流量距平流量丰枯划分标准, 见表 4。绘制洪泽湖、骆马湖 1959 ~ 2013 年年径流序列距平累积曲线, 如图 3 所示, 图中大致识别出两湖年径流序列的丰、枯水年组, 但该曲线无法定量分析两湖径流连续丰枯及其组合的程度。在距平累积曲线的基础上引入了“距平脉冲曲线”的概念, 首先根据距平累积曲线将年径流距平序列按增长趋势和消落趋势分割若干段, 对每段计算距平均值, 绘制洪泽湖、骆马湖年径流序列距平脉冲图, 见图 3、图 4。

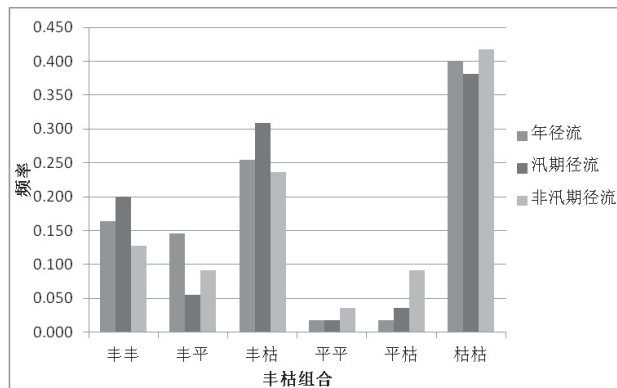


图 2 洪泽湖和骆马湖年、汛期、非汛期径流丰枯组合频率图

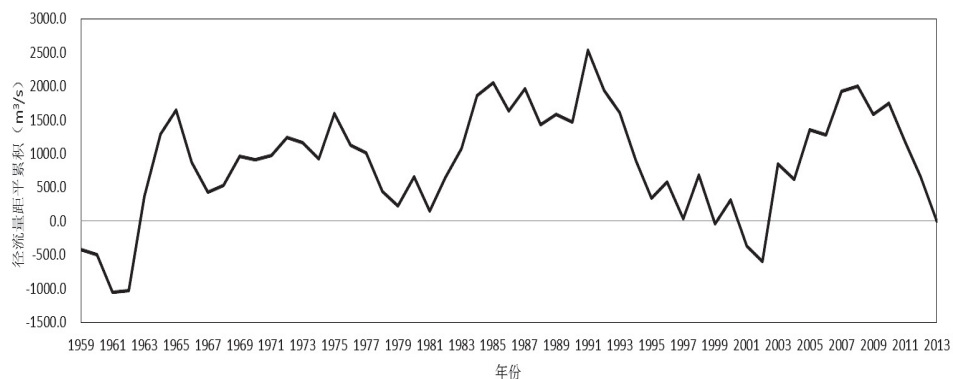
图 3、图 4 可明晰两湖丰、枯水年组及其组合特性, 分析可知:

(1) 洪泽湖、骆马湖年径流序列中丰水年组数均小于枯水年组数, 且丰水段的丰水程度总体大于枯水段的枯水程度。

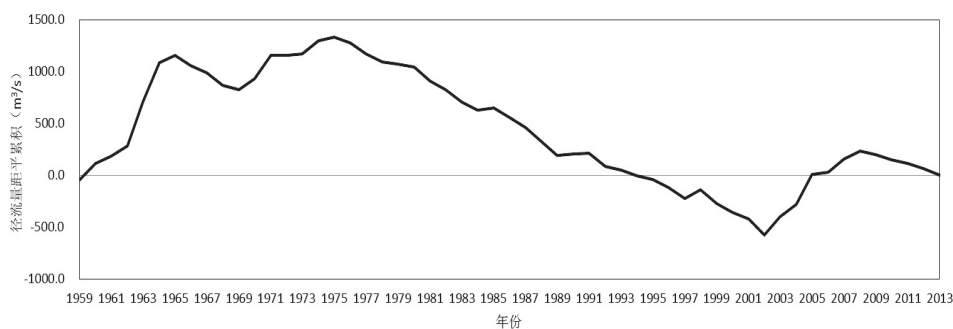
(2) 对比图 4 (a)、图 4 (b) 可知, 洪泽湖共有 3 个时段 (共 10 a) 与骆马湖丰枯状态相反, 丰枯遭遇的频率约为 0.182, 开展两湖水资源联合调度切实可行; 共有 5 个时段 (共 28 a) 与骆马湖同处于枯水段, 其枯枯组合的频率约为 0.509, 实施江水北调引江供水、引江补湖十分必要。

表 4 洪泽湖、骆马湖年径流量距平流量丰枯划分标准

序号	划分标准 (距平流量单位: m^3/s)		状态
	洪泽湖	骆马湖	
1	> 190.5	> 33.2	丰
2	$95.2 \sim 190.5$	$16.6 \sim 33.2$	偏丰
3	$-95.2 \sim 95.2$	$-16.6 \sim 16.6$	平
4	$-190.5 \sim -95.2$	$-33.2 \sim -16.6$	偏枯
5	< -190.5	< -33.2	枯

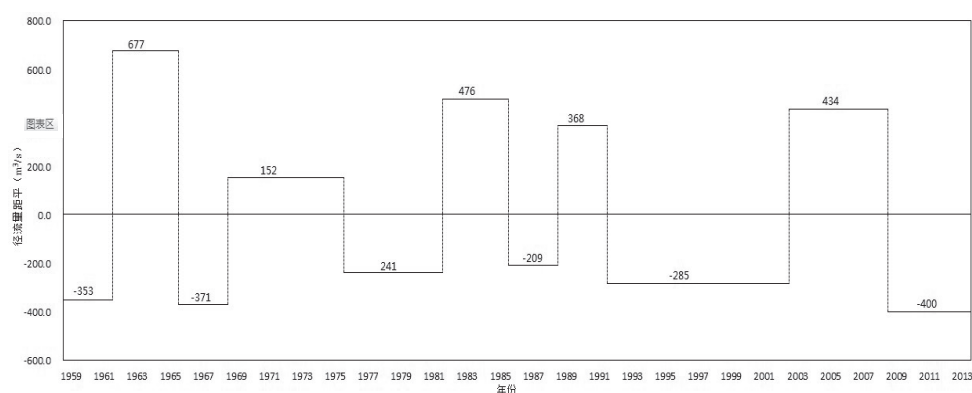


(a) 洪泽湖

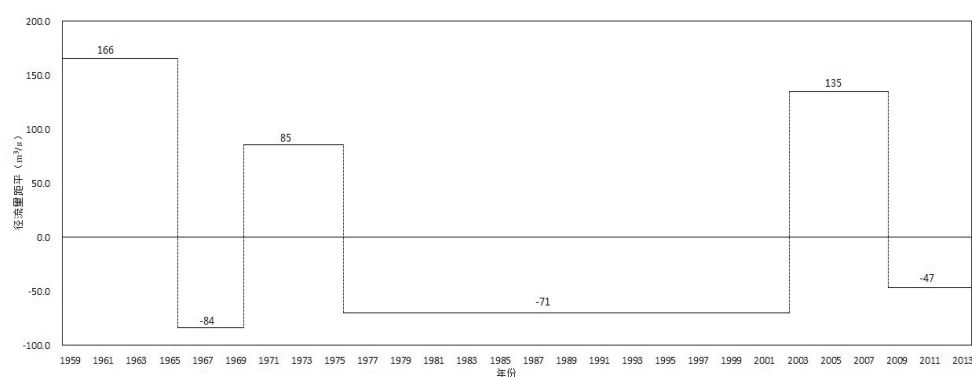


(b) 骆马湖

图 3 洪泽湖、骆马湖年径流序列距平累积曲线



(a) 洪泽湖



(b) 骆马湖

图4 洪泽湖、骆马湖年径流序列距平脉冲图

4 结语

本研究采用双Y轴坐标作图法、经验频率法、距平脉冲曲线3种方法,定性定量分析洪泽湖、骆马湖入湖径流的联合概率分布,并分析了两湖径流丰枯水年组变化规律及组合特征,得到主要结论如下:

(1) 洪泽湖、骆马湖的年、汛期、非汛期、月4个时间尺度入湖径流丰枯组合特征基本一致,两湖存在丰枯补偿特性。

(2) 两湖同时遭遇“枯枯”或“平枯”年型的频率约为0.42,适时实施江水北调引江供水、引江补湖十分必要。

(3) 洪泽湖、骆马湖年径流序列中丰水年组数

均小于枯水年组数,且丰水段的丰水程度总体大于枯水段的枯水程度。

参考文献:

- [1] 张秀菊, 罗伯明. 洪泽湖利用存在问题及对策探讨[J]. 江苏水利, 2007(3): 14-16.
- [2] 陈茂满. 洪泽湖蓄泄关系与淮河中下游防洪[J]. 水利规划与设计, 2004(2): 27-31.
- [3] 江苏省水利厅. 江苏水利工作手册[R]. 2016.
- [4] 张水锋, 张金池, 等. 基于径流分析的淮河流域汛期旱涝急转研究[J]. 湖泊科学, 2012, 24(5): 679-686.
- [5] 苑希民, 等. 洪泽湖与骆马湖水资源连通分析与调度耦合模型研究[J]. 水利水电技术, 2016(2): 9-14.