

基于可公度性网络分析的淮河 蚌埠站大洪水预测研究

李秀斌¹ 门可佩² 李相辉¹ 庄小东¹ 刘学媛¹ 秦秀荣¹

摘要

根据 1916—2010 年淮河蚌埠水文站大洪水资料,运用信息预测理论,构建大洪水可公度有序网络结构,同时采用峰谷定位法、前兆法等方法对淮河大洪水进行综合分析和预测.结果表明:2013—2014 年淮河(蚌埠站)将有可能发生大洪水.

关键词

淮河;可公度性有序网络结构;峰谷定位法;前兆法;大洪水预测

中图分类号 X43

文献标志码 A

收稿日期 2013-01-12

作者简介

李秀斌,男,高级工程师,主要从事信息预测理论与天灾预测研究. jlhdlxh@163.com

门可佩(通信作者),男,教授,主要从事应用统计分析、信息预测理论、天灾预测与地震预测研究. menkepei@163.com

1 国网新源控股有限公司 白山发电厂,桦甸,132400

2 南京信息工程大学 数学与统计学院,南京,210044

0 引言

中国幅员辽阔,自然灾害发生的频率高,分布地域广,造成的损失大,是世界上自然灾害最严重的国家之一,其中大洪、大旱、大震和强台风尤为严重.统计资料表明,常年受灾人口在 2 亿人次以上,灾害损失约高达同期 GDP 的 4%.因此,防灾减灾是我国经济社会发展所面临的极为关键而紧迫的任务.

文献[1-4]应用翁文波信息预测理论对国内外数十次地震、水旱灾害作出成功的预测,为天灾预测开辟了一条崭新的道路.信息有序性和有序网络方法是信息预测理论的发展与补充,不仅可以应用于强震预测研究^[5-9],也可以应用于水旱灾害预测研究^[10-13].

本文在总结上述研究成果以及文献[14-16]的基础上,以蚌埠水文站为代表站,研究探索淮河流域的大洪水规律,进而对淮河大洪水进行预测研究,期望为我国防灾减灾事业提供决策依据.

1 数据选取与研究方法

1.1 数据选取

淮河流域地处我国南北气候过渡带,全流域年降水量为 910 mm 左右,6—9 月为本流域汛期,降水量占全年的 63%左右,其中 7 月降水量最集中,平均占年降水量的 1/4 左右.该流域的大洪水为暴雨所致,6 月中旬至 7 月中旬淮河流域进入梅雨季节,易发生持续性大范围的暴雨,从而造成大洪水灾害.蚌埠站是淮河干流中游的重要控制站,该站控制流域面积约为 12.1 万 km²,多年平均径流量为 305 亿 m³,径流年内分配不均,年际变化较大.

本文的研究主要以淮河蚌埠站自从 1916 年以来的年最大洪峰流量资料(其中 1938—1946 年、1949 年缺失)为基础,同时参阅历年《水情年报》等其他水文统计资料^[17-19].经统计,近 100 a 来,淮河流域共发生大洪水 21 次,平均 4.6 a 一次,如表 1 所示.1943 年虽无实测资料,但在《中国历史大洪水》下卷中有 1943 年 8 月淮河支流沙颍河大洪水的记载.2010 年淮河蚌埠站虽也无实测资料,但是在 7 月 15—19 日,受冷暖空气的共同影响,淮河流域出现一次强降雨过程,王家坝以上、南四湖、沂沭河和里下河地区南部一般 100~200 mm,部分地区

表1 淮河蚌埠站大洪水目录(1916—2012年)

Table 1 Catalogue of the Huaihe floods at Bengbu station from 1916 to 2012

序号	大洪水时间	相邻大洪水时间间隔/a	年最大洪峰流量/ (m ³ /s)	备注
1	1916-07-08	—	16 800	M-1
2	1921-07-14	5	17 800	m-2
3	1926-08-10	5	3 200	m+3
4	1931-07-27	5	26 500	M+3
5	1935-07-29	4	2 510	m+2
6	1937-08-30	2	4 210	M
7	1943-08-	6	—	m-1
8	1950-07-10	7	21 100	M+3
9	1954-08-05	4	11 600	m
10	1956-07-10	2	6 940	M-1
11	1960-07-08	4	4 500	M+3
12	1968-07-26	8	6 760	M
13	1975-08-	7	6 980	m-1
14	1980-	5	5 130	M+1
15	1982-	2	7 060	M+3
16	1987-09-01	5	4 850	m+1
17	1991-07-14	4	7 860	M+2
18	1996-07-23	5	6 600	m
19	2003-07-05	7	8 580	M+3
20	2007-07-26	4	7 570	m-1
21	2010-07-15—19	3	—	m+2

注:表1中m为太阳黑子谷年,M为太阳黑子峰年,m-1为太阳黑子谷前第一年,M+1为太阳黑子峰后第一年,余类推,下同。

200~300 mm. 各省最大点雨量分别为:安徽金寨红石嘴355 mm、河南桐柏吴城318 mm、湖北广水花山308 mm、江苏海安小洋口闸304 mm. 据统计,流域平均降雨量为96 mm,其中王家坝以上157 mm、王润区间154 mm、润鲁区间128 mm、沂沭河119 mm、南四湖106 mm、里下河101 mm,降雨量大于100和200 mm的暴雨笼罩面积分别为12.6和1.8万km²[20]. 如此大范围强降水,故将2010年计为大洪水样本年份。

1.2 淮河蚌埠站大洪水可公度性有序网络分析

翁文波将预测方法分为统计预测和信息预测两大类,以体系中各元素的共性为依据的是统计预测,以体系中各元素的特性为依据的是信息预测. 信息预测方法基于尽可能少的理论假设,从实际出发去发现问题和解决问题,其重点放在无序现象中寻找信息有序性. 严重天灾属于异态事件,它的时空分布规律与常态事件有很大区别,因此,通常处理元素共

性的统计预测方法以及基于连续函数的拟合模型往往难以奏效.

网络是节点及其连线的集合,它是系统概念的进一步延伸和扩充. 网络是开放的,它更适于描述客观存在的一些复杂事物. 根据表1,本文将可公度性与太阳黑子相位有机地结合起来,构建淮河蚌埠站大洪水可公度有序网络结构(图1). 图1中以大洪水发生的年号表示大洪水事件,其纵向时间间隔为2~7 a不等,看似毫无规律,但是横向时间间隔为51~54 a,却显得非常整齐规范. 据美国国家海洋与大气管理局(NOAA)最新预测,太阳活动第24周峰值大约发生在2013—2014年(在图1下方标注(M)与(M+1)?). 由图1可知,淮河大洪水的分布具有极为显著的有序性(图1初稿早在2002年底就已构建,并通过2003、2007年淮河大洪水的预测实践检验^[13-14]).

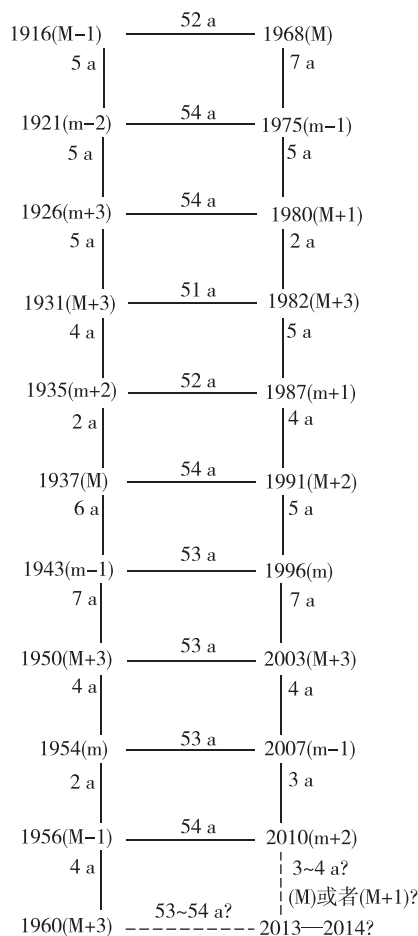


图1 淮河蚌埠站大洪水可公度有序网络结构(虚线表示预测)

Fig. 1 Ordered commensurable network structure of the Huaihe floods at Bengbu station

研究表明,大洪水可公度有序网络图上的样本点(即发生大洪水的年份)由3个因素确定:横向是太阳黑子5个周期值(即天文主周期);纵向是太阳黑子半个周期值;第3个是太阳黑子位相.通过这3个因素就可以初步对大洪水年进行预测.

太阳黑子5个周期的平均值约53 a,该有序值出现的频次较高,特别引人注目.在大洪水的预测中,53 a是蚌埠站大洪水最主要的周期,具有重要的预测意义.

实际预测时,按照矩形法则,用矩形的3个已知点来预测第4个点,预测出来的这一点就是大洪水的高发期年份,其误差为±1 a.同时结合其他方法加以分析和判断.

根据图1可以预测:2013—2014年淮河有较大可能性发生大洪水.

1.3 淮河蚌埠站大洪水峰谷定位法

河流来水是多种因素综合作用的结果,总是丰水过后是枯水,枯水后再丰水这样交替出现的.由丰枯交替规律可得到峰谷定位法.

仔细分析淮河蚌埠站年最大洪峰流量资料,发现淮河大洪水明显存在着30 a的大周期,与古语“三十年河东,三十年河西”相一致;同时,在每个30 a大周期中又可划分出3个10 a小周期,而每个10 a小周期又存在着“三峰三谷走十年”(即在一个10 a小周期中相继出现第1峰—第1谷—第2峰—第2谷—第3峰—第3谷)的规律.

1)列表法.统计淮河蚌埠站大洪水资料,做出淮河蚌埠站大洪水峰谷定位法统计及预测(表2).表2中包括了大周期、小周期、3峰3谷的具体年份.预测时先定位,再结合历史上同一位置的情况进行预测.

表2 淮河蚌埠站大洪水峰谷定位法统计及预测

Table 2 Statistics and prediction for the Huaihe floods at Bengbu station based on position method of peak and valley

水文循环 周期次数 及时间 项目	第1周期				第2周期				第3周期				未来第4周期(预报)				备注
	起止 年份	间隔 年数	峰间隔 年数	谷间隔 年数	起止 年份	间隔 年数	峰间隔 年数	谷间隔 年数	起止 年份	间隔 年数	峰间隔 年数	谷间隔 年数	起止 年份	间隔 年数	峰间隔 年数	谷间隔 年数	
大周期	1918— 1948	30			1948— 1981	33			1981— 2011	30			2011— 2041	30			平均30年
小周期	1918— 1928	10			1948— 1958	10			1981— 1992	11			2011— 2021	10			平均10年
第1峰	1921		5		1950		3		1982		2		2013		6		第1峰
第1谷	1922			4	1951			3	1986			5					第1谷
第2峰	1923		2		1954		4		1987		5						
第2谷	1925			3	1955			4	1988			2					
第3峰	1926		3		1956		2		1991		4						
第3谷	1928			3	1958			3	1992			4					
小周期					1958— 1970	12			1992— 2001	9							平均10年
第1峰	1931		5		1960		4		1996		4						
第1谷	1932			4	1961			3	1997			5					
第2峰	1935		4		1963		3		1998		2						
第2谷	1936			4	1966			5	1999			2					
第3峰	1937		2		1969		6		2000		2						
第3谷					1970			4	2001			2					
小周期					1970— 1981	11			2001— 2011	10							平均10年
第1峰					1972		3		2003		3						
第1谷					1974			4	2004			2					
第2峰					1975		3		2005		2						
第2谷					1978			4	2006			2					
第3峰	1947				1980		5		2007		2						
第3谷	1948				1981			3	2011			5					

2) 曲线法. 通过淮河蚌埠站年最大洪峰流量过程线(图2), 确定预测年处于什么位置: 第几水文循环30 a大周期、哪个10 a小周期以及10 a内3峰3谷的时间、空间具体位置, 再结合历史上同一位置的情况, 判断出未来的来水趋势.

1.4 淮河蚌埠站大洪水前兆

大洪水前兆, 是指在大洪水发生前出现的水文、气象、动植物、天文等异常现象. 蚌埠站在发生大洪水之前多数情况下都有春汛洪水前兆. 例如:

1) 1931年4月, 江南丘陵地区即出现大雨和暴雨. 4—5月间, 赣江、湘江春汛暴发, 湘江长沙站4月23日出现最大流量 $12\,500\text{ m}^3/\text{s}$, 4月26日赣江外州出现全年最高水位 23.38 m . 蚌埠站1931年7月27日出现历史上实测最大洪峰流量为 $26\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 的特大洪水.

2) 1954年3月底武汉关水位 14 m , 4月骤涨 7 m . 4月鄱阳湖水系出现大暴雨, 赣江上游月雨量达 500 mm 以上, 安徽黄山月雨量 $1\,037\text{ mm}$, 300 mm 以上雨区范围约 70 万 km^2 . 1954年7月26日蚌埠站出现了 $6\,760\text{ m}^3/\text{s}$ 的大洪水.

3) 1991年2、3月江淮地区显著偏多, 淮河上中游偏多近2倍. 3月6—8日, 淮河流域普降大到暴雨, 淮河干流及部分支流超过或接近历史同期最高值, 8日蒋家集站洪峰水位 29.42 m , 为1951年有资料以来最大值. 1991年7月14日蚌埠站出现了 $7\,860\text{ m}^3/\text{s}$ 的大洪水.

4) 2003年3月18日淮河干流王家坝站洪峰流量 $1\,450\text{ m}^3/\text{s}$, 20日鲁台子站洪峰流量 $2\,060\text{ m}^3/\text{s}$,

均为历年3月最大流量. 21日蚌埠站洪峰流量达到 $2\,740\text{ m}^3/\text{s}$, 在历年3月最大流量系列中列第2位. 2003年7月1日蚌埠站出现了洪峰流量为 $8\,580\text{ m}^3/\text{s}$ 的大洪水.

5) 2007年2月27日—3月3日, 信阳市普降大雨, 淮河源地区3月初发生较大洪水(6日1时, 淮滨水文站最大流量 $1\,230\text{ m}^3/\text{s}$), 这在建国以来尚属首次. 2007年7月26日蚌埠站出现了洪峰流量为 $7\,570\text{ m}^3/\text{s}$ 的大洪水.

1.5 综合预测

大洪水预测是一个渐进的过程, 也是一项复杂的大系统工程. 在可公度有序网络中长期预测预警的基础上, 后续的短临预测预报需要争分夺秒抓紧时间进行, 综合峰谷定位法和前兆法, 特别关注与收集2013年2—6月水文信息, 严密监视水情汛情, 排除干扰虚报, 锁定并跟踪目标, 努力做好2013—2014年淮河(蚌埠站)发生大洪水的短临预报.

2 结语

可公度性有序网络结构分析是大洪水中长期预测的一种直观、形象、简明易行的好方法, 它避免了传统数理模型分析的繁琐和不可识别性. 对于淮河蚌埠站大洪水的预测研究, 作者已经进行了多年, 积累了许多成功的经验和失败的教训. 本文关于淮河大洪水预测方法的经验总结, 希望起到“抛砖引玉”的作用, 愿与社会各界同仁一道, 采取多学科、多途径、联合协同攻关, 共同为淮河防汛减灾事业做出贡献.

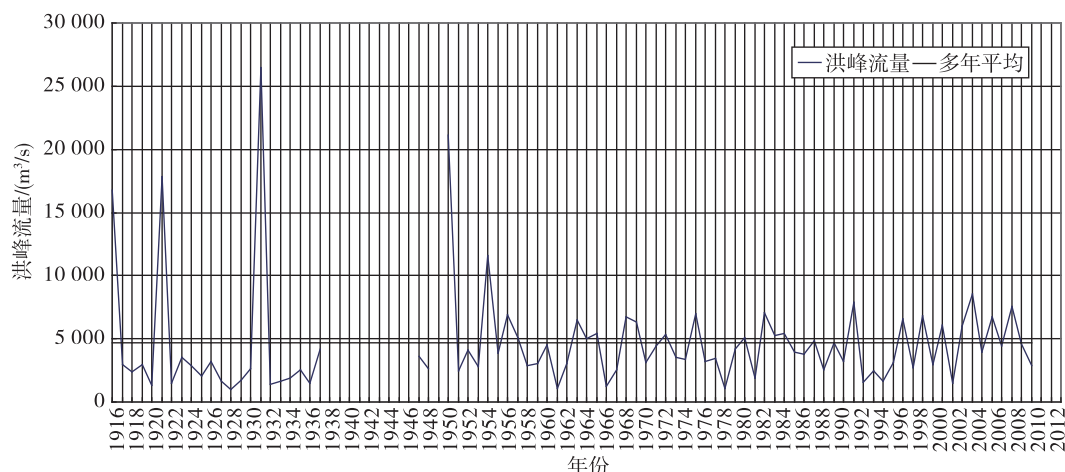


图2 淮河蚌埠站年最大洪峰流量过程线

Fig. 2 Diagram of annual maximum flood peak flow of the Huaihe at Bengbu station

参考文献

References

- [1] 翁文波. 预测论基础[M]. 北京:石油工业出版社,1984
WENG Wenbo. Fundamentals of forecasting theory[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,1984
- [2] 翁文波,吕牛顿,张清. 预测学[M]. 北京:石油工业出版社,1996
WENG Wenbo, LÜ Niudun, ZHANG Qing. Theory of Forecasting[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,1996
- [3] 翁文波. 初级数据分布[M]. 北京:石油工业出版社,2004
WENG Wenbo. Primary data distribution[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,2004
- [4] 徐道一,王明太,耿庆国,等. 翁文波院士的信息预测理论体系的创新性及其意义[J]. 地球物理学进展,2007,22(4):1375-1379
XU Daoyi, WANG Mingtai, GENG Qingguo, et al. The creativity of informative forecasting theory and its significance[J]. Progress in Geophysics, 2007, 22(4):1375-1379
- [5] 门可佩. 青藏北块 $M \geq 7$ 强震有序网络结构与汶川 8 级大震预测回顾[J]. 中国工程科学,2009,11(6):82-88
MEN Kepei. Orderly network structure of $M \geq 7$ strong earthquakes in the north of Tibet-Plateau and retrospect of prediction for Wenchuan M8.0 earthquake[J]. China Engineering Sciences,2009,11(6):82-88
- [6] 门可佩. 江苏-南黄海地区地震链及其有序网络结构研究[J]. 地球物理学报,2009,52(10):2573-2579
MEN Kepei. Research on earthquake chains and its orderly network structure in Jiangsu-South Yellow Sea region[J]. Chinese Journal of Geophysics,2009,52(10):2573-2579
- [7] 门可佩. 新疆地区 $M \geq 7$ 强震有序网络结构及其预测研究[J]. 南京信息工程大学学报:自然科学版,2012,4(3):270-278
MEN Kepei. Ordered network structure of $M \geq 7$ strong earthquakes and its prediction in Xinjiang[J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition,2012,4(3):270-278
- [8] 门可佩. 青藏高原北部地区 $M \geq 7$ 强震有序网络结构及其预测研究[J]. 南京信息工程大学学报:自然科学版,2012,4(4):317-326
MEN Kepei. Ordered network structure of $M \geq 7$ strong earthquakes and its prediction in northern Tibetan Plateau region[J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition,2012,4(4):317-326
- [9] 门可佩. 中国大陆 8 级大震有序网络结构及其预测研究[J]. 南京信息工程大学学报:自然科学版,2012,4(5):466-475
MEN Kepei. Research on ordered network structure of $M \geq 8$ great earthquakes and its prediction in Mainland China[J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition,2012,4(5):466-475
- [10] 门可佩. 我国旱涝灾害的可公度性及其预测研究[J]. 中国减灾,1999,9(2):14-18
MEN Kepei. Research on the commensurability of severe floods and droughts in China and its prediction[J]. Disaster Reduction in China,1999,9(2):14-18
- [11] 门可佩. 可公度性理论与中国水旱灾害预测研究[C]//翁文波院士与天灾预测. 北京:石油工业出版社,2001:159-165
MEN Kepei. Research on the commensurability theory and its prediction for floods and droughts over China[C]//Academician WENG Wenbo and Prediction of Disaster. Beijing:Petroleum Industry Press,2001:159-165
- [12] MEN Kepei. On the characteristics of the ordered network structure for severe floods and droughts over China with the applications to prediction[J]. Progress in Geophysics,2005,20(3):867-876
- [13] 范垂仁,李秀斌. 长江三峡、淮河蚌埠大旱大涝可公度网络结构图[C]//中国天灾信息预测研究进展. 北京:石油工业出版社,2004:177-180
FAN Chui ren, LI Xiubin. Commensurability Structures of severe floods and droughts over the Three Gorges of Yangtze River and Huaihe River basins at Bengbu station[C]//Progress in China's Natural Disaster Informational Forecasting. Beijing:Petroleum Industry Press,2004:177-180
- [14] 范垂仁,李秀斌. 淮河长期预报模型研究:以 2007 年预测淮河蚌埠站大洪水为例[J]. 中国防汛抗旱,2008(2):35-40
FAN Chui ren, LI Xiubin. Research on long term prediction model of Huaihe River: A case of the big flood prediction of Huaihe River at Bengbu station in 2007[J]. China Flood & Drought Management,2008(2):35-40
- [15] 范垂仁,李秀斌. 翁文波学术思想永放光芒[C]//中国天灾信息预测研究进展. 北京:石油工业出版社,2004:189-192
FAN Chui ren, LI Xiubin. WENG Wenbo's academic ideas shine forever[C]//Progress in China's Natural Disaster Informational Forecasting. Beijing:Petroleum Industry Press,2004:189-192
- [16] 郭增建,秦保燕,郭安宁. 地气耦合与天灾预测[M]. 北京:地震出版社,1996
GUO Zengjian, QIN Baoyan, GUO Anning. Earth-gas coupling effect and disaster forecasting[M]. Beijing:Seismological Press,1996
- [17] 水利电力部水利司. 全国主要河流水文特征统计[R]. 1975:1-358
Department of Water Conservancy, Ministry of Water Resources and Electric Power of the PRC. Main river hydrologic characteristic statistics in China[R]. 1975:1-358
- [18] 水利部水文局. 水情年报[R]. 北京:中国水利水电出版社,1976—2010
Bureau of Hydrology, Ministry of Water Resources of the PRC. Hydrological yearbook[R]. Beijing:China Water Power Press,1976—2010
- [19] 胡明思,骆承政. 中国历史大洪水(下卷)[M]. 北京:中国书店,1992:69-80

HU Mingsi, LUO Chengzheng. Big floods in China's history [M]. Beijing: Bookstore of China, 1992
[20] 徐海亮. 2010年天气与水情异常实况的回顾 [C] // 2010天灾预测总结学术会议文集. 北京, 2010: 147

XU Hailiang. Reviewing on weather and hydrological anomalies in 2010 [C] // Proceedings of 2010 Conference on Natural Disaster Prediction. Beijing, 2010: 147

Research on ordered commensurable network structure and its prediction for the Huaihe floods

LI Xiubin¹ MENKepei² LI Xianghui¹ ZHUANG Xiaodong¹ LIU Xueyuan¹ QIN Xiurong¹

1 Baishan Power Factory, Xinyuan (Holdings) Company Limited, State Grid, Huadian 132400

2 School of Mathematics & Statistics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract According to the latest statistical data at Bengbu hydrologic station, a total of 21 floods occurred over Huaihe river basins from 1916 to 2012 and showed an obvious commensurable orderliness. In the guidance of the information forecasting theory of Wen-Bo Weng, with previous research results, combining order analysis with complex network technology, this paper makes a summary on the ordered network structure of the Huaihe floods and supplement of new information, further refinement construction, builds the ordered network structure of commensurability. At last, a new prediction opinion is presented that a big deluge will probably occur over Huaihe basins at Bengbu station around 2013—2014.

Key words Huaihe; ordered commensurable network structure; position method of peak and valley; precursor method; flood prediction