

水口水电厂年内首末两场洪水的长期预报

李杰友¹,熊学农¹,林镜榆¹,刘 浦²,林家辉²

(1. 河海大学水文水资源及环境学院,江苏 南京 210098 ;2. 水口水力发电厂,福建 闽清 350800)

摘要 根据流域气候特征及年内首末两场洪水的来水规律,挑选出与预报对象关系最密切的气象因子作为预报因子,首先研究趋势预报,然后应用逐步判别法筛选因子,最后建立预报模型.研究发现,前期的月平均降水、月平均气温、月平均北太平洋海温因子是影响水口流域首末两场洪水的主要气象因子.

关键词 水口水电厂 洪水 预报模型
中图分类号 :TV124 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2000)05-0085-03

年内首末两场洪水的长期预报,即上一年末对下一年首末两场洪水的洪峰流量及出现日期作出预报,对水电厂制定发电计划、防汛抗旱、水资源的规划管理和综合利用都有着十分重要的意义.实践证明,成功地预报一场洪水并作出合理的调度,不仅有利于防洪抗旱,而且其增发电量往往可以达到年发电量的 5% 以上,甚至更高.因此,本文对水口水电厂年内首末场洪水进行了预报研究.

1 首末两场洪水来水及时间分布规律

水口水电厂位于福建省闽江干流上,坝址以上流域面积 52 438 km²,属亚热带季风气候,全年气候温和,雨量充沛.全年大致可分为 4 个时期:3~4 月为春雨期;5~6 月为梅雨期;7~9 月为台风雷雨期;10 月至次年 2 月为旱季.其中梅雨期为主要雨季,其降水量约占全年降水量的 36%.造成本流域大范围降雨的天气系统主要有锋面雨和台风雨两大类.流域水量主要来自暴雨.首末两场洪水洪峰日五天洪量概率统计见表 1,出现时间的概率统计见表 2.

表 1 首末场洪水洪峰日五天洪量概率统计
Table 1 5 days' flood volume probability statistics of the first flood and the last flood

首场洪水			末场洪水		
水量/亿 m ³	出现年数	概率/%	水量/亿 m ³	出现年数	概率/%
≥30	1	2.3	≥50	1	2.3
30~20	7	16.3	50~40	4	9.3
20~10	30	69.8	40~30	5	11.6
10~5	5	11.6	30~20	17	39.5
≤5	0	0.0	≤20	16	37.3

表 2 首末场洪水出现时间概率统计
Table 2 Occurrence time probability statistics of the first flood and the last flood

首场洪水			末场洪水		
出现时间	出现年数	概率/%	出现时间	出现年数	概率/%
1 月	2	4.7	4 月	2	4.7
2 月	6	14.0	5 月	8	18.6
3 月	30	69.7	6 月	21	48.8
4 月	4	9.3	7 月	7	16.3
5 月	1	2.3	8 月	4	9.3
			9 月	1	2.3

从表2可见,首场洪水大多出现在3月,而末场洪水大多出现在6月.

2 预报模型

根据流域气候特征及年内首末两场洪水的来水规律,采用先定性后定量,即先根据前期环流特征或其它气象因子确定预报对象的趋势(丰、平、枯),再分别对丰、平、枯年建立预报模型.

2.1 趋势预报

将年内首末两场洪水的洪峰分为丰、平、枯三级,标准为:丰, $Q > \bar{Q} - 0.65\sigma$; 平, $\bar{Q} - 0.65\sigma \leq Q \leq \bar{Q} + 0.65\sigma$; 枯, $Q < \bar{Q} - 0.65\sigma$. 其中 $\bar{Q}$ 为系列均值, σ 为系列均方差.

从贝叶斯(Bayes)准则出发所建立的判别函数为

$$f^{(\zeta)} = b_0^{(\zeta)} + b_1^{(\zeta)} X_1 + b_2^{(\zeta)} X_2 + \cdots + b_k^{(\zeta)} X_k \quad (1)$$

式中: $\zeta = 1, 2, 3$; $X_i (i = 1, 2, \cdots, k)$ —— 预报因子; $b_k^{(\zeta)}$ —— 各组判别系数.

将各预报因子代入各组判别函数,以计算获得的 f 最大值所属组(ζ)作为预报的级别.

2.1.1 预报因子初选

分别从使用资料中提取预报因子,计算其组间方差和组内方差比 F :

$$F = \left(\sum_{j=1}^{\zeta} m(\bar{X}_j - \bar{X})^2 / (\zeta - 1) \right) / \left(\sum_{j=1}^{\zeta} \sum_{k=1}^m (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 / (n - \zeta) \right) \quad (2)$$

式中: $\bar{X}$ —— 所考察因子的均值; $\bar{X}_j$ —— 分组均值; m —— 每组容量; n —— 系列长度; $j = 1, 2, \cdots, \zeta$; $k = 1, 2, \cdots, m$.

根据一定的显著性标准确定一个临界值 F_α 以作为因子挑选的标准,将 $F > F_\alpha$ 的所有因子作为初选入对象.系列长度 $N = 43$,取 $F_\alpha \geq 3.3$ 或 $F_\alpha \geq 5.3$,则信度 α 可达 $0.05 \sim 0.01$.

2.1.2 逐步判别

应用逐步判别法分别对各个气象场初选因子进一步筛选,最后挑选出判别能力较强的一组因子建立预报模型.在逐步判别的每一步中,既可加入判别能力显著的新的预报因子,也可剔除判别能力不显著的预报因子.当逐步判别进入 s 步以后,已入选因子 g 个,再引入新因子 X_s 的检验公式

$$F_1 = [1 - u(j)(n - g - \zeta)] / [u(j)(g - 1)] \quad (3)$$

式中: $u(j) (j = 1, 2, \cdots, s)$ —— g 个因子引入后, g 个因子以外的因子 X_s 判别能力的 Wilks 统计量; F_1 —— 服从自由度 $\zeta - 1$ 和 $n - g - \zeta$ 的 F 分布.

给定信度 α ,若 $F_1 > F_\alpha(\zeta - 1, n - g - \zeta)$,则认为新因子判别能力显著,可以继续引入.

剔除因子的检验公式为

$$F_2 = [1 - u(j)(n - (s - 1) - \zeta)] / [u(j)(g - 1)] \quad (4)$$

式中: F_2 —— 服从自由度 $\zeta - 1$ 和 $n - g - \zeta$ 的 F 分布.

给定信度 α ,若 $F_2 > F_\alpha(\zeta - 1, n - (s - 1) - \zeta)$,则认为已入选的某因子 X_s 的判别能力已不显著,下一步可剔除.具体计算方法请见文献[1,2].

2.2 使用资料

研究使用的资料有:(a)1949~1998年北太平洋月平均海表温度;(b)1951~1998年全球500hPa等压面高度;(c)1951~1998年全球100hPa等压面高度;(d)1951~1998年全国100站地面月平均气温;(e)1951~1998年全国100站地面月平均降水;(f)1951~1998年大气海洋物理量,主要包括环流指数、副高指数、极涡、青藏高原指数、印缅指数、海温指标、太阳黑子相对数、海温平均、距平、南方涛动指数等;(g)1956~1998年水口水电厂首末两场洪水.

3 试报结果及模型评价

3.1 试报结果

根据所建立的预报模型,用1962~1992年共30年作为率定期、1993~1999年共7年作为试报期.1993~1999年首末两场洪水试报结果见表3.表中流量的精度以相对误差小于或等于30%、出现时间小于或等于10d作为合格标准进行评定,*表示在该标准下不合格.

3.2 模型评价

从表3中可见,预报模型效果较好.其中首场洪水洪峰流量的合格率为100%,出现时间的合格率为

表 3 首末场洪水洪峰试报结果

Table 3 Flood peak prediction resalts of the first flood and the last flood

年份	首场洪水								末场洪水							
	洪峰流量			洪峰出现时间					洪峰流量			洪峰出现时间				
	实测值	预报值	相对误差	实测	预报	误差	实测值	预报值	相对误差	实测	预报	误差				
	$\text{/(m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$	$\text{/(m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$	$\text{/(}\%\text{)}$	月	日	月	日	/d	$\text{/(m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$	$\text{/(m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$	$\text{/(}\%\text{)}$	月	日	月	日	/d
1993	5 330	5 036	5.5	4	10	4	5	5	8 860	9 612	8.5	7	3	6	29	4
1994	3 230	3 881	18.2	3	20	3	22	-2	16 000	13 946	12.8	6	23	6	20	3
1995	4 750	5 169	8.8	3	18	3	19	-1	13 200	13 440	1.8	8	15	8	5	10
1996	4 130	3 994	3.3	3	19	3	17	2	8 190	7 442	9.1	6	2	6	3	-1
1997	7 900	7 784	1.5	6	8	4	18	51 [*]	9 210	9 886	7.3	6	8	6	14	-6
1998	8 280	10 500	26.8	1	15	2	18	34 [*]	37 500	16 000	57.3 [*]	6	23	6	22	1
1999	4 828	4 295	11.0	3	20	3	18	2		11 329					7	12
合格率/%			100					70			83					100

71.4% 末场洪水洪峰流量的合格率为 83.3%,出现时间的合格率为 100%.但 1998 年首末两场洪水洪峰流量和出现时间,预报精度都不高.1996~1998 年由于受厄尔尼诺(EL Nino)现象的影响,世界范围内气候变化异常,我国大部分地区洪涝灾害频繁.1998 年水口流域发生了历史上的特大洪水,其首场洪水出现在 1 月 15 日,洪峰流量为 8 280 m³/s,3 日平均流量为 4 023 m³/s,5 日平均流量为 3 332 m³/s 末场洪水出现在 6 月 23 日,洪峰流量为 37 500 m³/s,三日平均流量为 24 800 m³/s,5 日平均流量为 21 660 m³/s 两者洪峰流量的均值分别为4 800 m³/s和 7 500 m³/s.首末两场洪水的洪峰流量分别为正常年份的 1.7 倍和 5.1 倍.由历史资料用统计方法建立预报模型时,在时间与空间上无法外延,也不可能得出超历史记录的预报结果.从另一方面看,有了这样的特大记录,对今后的预报是有帮助的.

4 结 语

本文根据水口流域的气候特征及年内首末两场洪水的来水规律,对年内首末两场洪水的长期预报进行了研究,建立了预报模型,试报效果较好.研究发现,前期的月平均降水、月平均气温、月平均北太平洋海温因子是影响该流域首末两场洪水的主要气象因子.

参考文献：

[1] 马开玉.气候统计原理与方法[M].北京:气象出版社,1993.103~165.
[2] 黄嘉佑.气象统计与预报方法[M].北京:气象出版社,1990.23~89.

Long Term Prediction of the First and Last Flood
in One Year for Shuikou Water Power Plant

LI Jie-you¹,XIONG Xue-nong¹,LIN Jing-yu¹,LIU Pu²,LIN Jia-hui²

(1. College of Water Resources and Environment , Hohai Univ. ,Najing 210098, China ;
2. Shuikou Water Power Plant , Minqing 350800, China)

Abstract :The first and last flood prediction for one year is of significance to production planning, flood prevention, and management and planning of comprehensive utilizations of water resources. Based on the climate characteristics of the area under study and the distribution law of the first and last flood in a year, the factors closely related with prediction are selected, the prediction of tendency is studied, and a model for prediction is established. The model has been tested and the results of prediction are satisfactory. It is found that the monthly average temperature, the monthly average pricipitation and the monthly average Northern Pacific ocean temperature are important factors affecting the first and last flood in this watershed.

Key words :shuikou water power plant ;flood ;forecast model