

多水电站联合长期预报水情方法研究

郑金陵 林镜榆

(河海大学计算机及信息工程学院,江苏南京 210098)

[摘要] 研究相邻水电站和本站不同预报项目之间水情的相关关系,在逐步回归方法的基础上对所选因子进行优化筛选,使预报的结果与实测值最为接近,然后用已有的相关关系对所得的预报结果作参照验证或修正。该方法可提高预报精度,基本上能满足水电站对水情预报的要求,提高了水电站的经济效益。

[关键词] 水文长期预报,水电站水情预报,经济效益

[中图分类号] P338 [文献标识码] A [文章编号] 1003-9511(2004)06-0050-03

水电站生产计划的制定、调度、汛末蓄水等经营活动需要了解未来的水情,水电站的水文长期预报的研究也就应运而生,并研究出多种预报方法。但一般都是针对某一个电站某一预报项目单独研发的,而没有考虑相邻电站水情的情况或本站预报项目之间的联系。实际上在有关电站或水情之间也都存在着一定的相关关系,利用这些关系可以作参照验证或修正,提高预报的准确率。

1 水情预报思路

首先把预报对象与预报因子作隔年的相关分析^[1],然后通过逐步回归方法^[2]将所得的因子进行筛选,同时用数学上的优化方法^[1],使所得的因子确实能反映对预报对象的作用,就用这些预报因子与预报对象建立预报方程,并获得预报初步结果。用这些结果再进行实况检验,也就是将最近10a的实测资料与该10a的各种预报结果作比较,将预报准确年数最多的因子挑选出来,根据所挑出的因子用预报方程作出预报年的预报结果。最后将这些结果作相邻电站之间或水情之间的相关关系的检验和修正(见图1)。

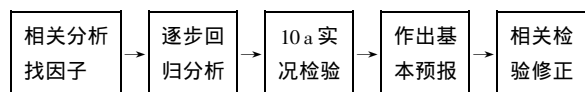


图1 水情预报流程图

2 资料

2.1 预报因子资料

本方法所用资料见表1。

表1 预报因子

预报因子	起讫年份	资料站/个
太平洋海温月平均值(ST)	1949~2002	286
500 hPa 等压面月平均高度(H5)	1951~2002	576
100 hPa 等压面月平均高度(H1)	1956~2002	288
我国100个地面站月平均气温(TT)	1951~2002	100
我国100个地面站月降水量(RR)	1951~2002	100
大气海洋物理因子月值(MF)	1951~2002	81

这里所取的预报因子共有1431个,资料总数达100万个左右,其中大气海洋物理因子包括了大气环流指数、副热带高压指数、极涡、青藏高原指数、印缅槽指数、海温指数、太阳黑子相对数、各区的厄尔尼诺数以及南方涛动指数等等。500 hPa及100 hPa等压面的高度反映了高空的气压场分布,太平洋海温反映了海洋的物理状态;另外,100个地面站的月降水量和月平均气温反映了我国近地表大气状态。

2.2 预报对象的资料

对于水电站的要求来说,这里所取的预报对象为月径流量和年径流量。

3 预报方法

3.1 相关分析

上述预报因子共有6大类,即太平洋海温(ST)、500 hPa 高度(H5)、100 hPa 高度(H1)、降水(RR)、气温(TT)以及大气海洋物理量(MF)等,其中H5又可分出东、西两部分,总括起来共有8个大类。将这些预报因子与预报对象,例如水电站的月平均流量等,作前后相隔一年的相关,即求两者的相关系数值^[1],

此时系列长度为 $N = 30 a$, 临界相关系数值 $Ra = 0.55$, 凡大于此值的因子都挑选出来, 这样获得第一步所要的预报因子。

3.2 逐步回归分析

用逐步回归方法^[2]对预报因子作进一步筛选, 同时对因子进行优化处理^[1], 从而从大量的预报因子中挑出少量的预报因子, 并建立预报方程。其形式为

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

式中: x_1, x_2, \dots, x_n 为挑出的预报年前一年的各预报因子值; $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ 为预报系数, 即方程的权重系数, 根据预报方程即可获得预报值。

4 预报的实现和修正

用 VB 语言编写预报程序。图 2 为湖南省南部春陵水上的欧阳海水电站和潇水上的双牌水电站长期预报模型的启动窗口。



图 2 水电站 2003 年长期预报示例

图 2 中列出了各预报项目, 如单击欧阳海水电站的 4~6 月这一选项, 即可得如下预报结果(见图 3)。



图 3 欧阳海水电站 2003 年 4~6 月总流量预报

图 3 上部为各因子所预报的结果, 同时显示了前 4a 各因子预报的误差及总误差, 图 3 下部所显示的是各年预报较准确的各个预报因子。根据这一结果, 就可以尽量选择预报误差较小的因子作为预报因子, 而以其预报结果作为参考, 同时再考虑前 10a 预报的情况, 选出预报结果好的、年份最多的因子, 由这个因子得到最后预报结果, 即预报年某一项目

的预报。例如, 从图 3 下部可见, 在 1993~2002 年的 10a 中, 用地面站温度(TT)这个因子来预报, 报对了 9a, 所以可以用它们来预报。在上部表中根据温度(TT)得到 2003 年 4~6 月总流量的预报值为 $864 \text{ m}^3/\text{s}$ 。欧阳海和双牌水电站 2003 年主要项目的预报结果见表 2。

表 2 欧阳海和双牌水电站 2003 年主要项目预报结果

站名	年平均流量		
	预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	实测值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对误差 /%
欧阳海水电站	119	124	4
双牌水电站	338	271	24
4~6 月总流量			
站名	预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	实测值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对误差 /%
欧阳海水电站	864	863	0
双牌水电站	2130	2084	2
7~9 月总流量			
站名	预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	实测值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对误差 /%
欧阳海水电站	207	188	10
双牌水电站	534	318	67

实测值与预报值之差除以实测值称为相对误差, 一般其值小于或等于 30% 可认为合格。从上表可见, 相对误差只有双牌水电站 7~9 月大于 30%, 这是因为南方地区这几个月的降水天气系统十分复杂^[3], 流量变异很大, 但欧阳海水电站还是报对的。从相邻水电站的相关关系可知, 两站的流量有着密切的关系, 图 4 表示这两个站 7~9 月的流量过程线。

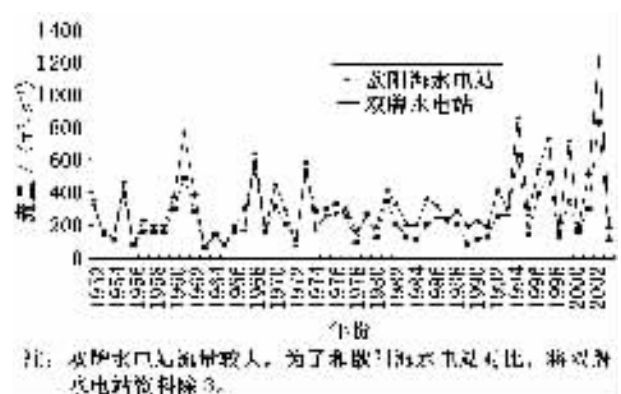


图 4 欧阳海水电站和双牌水电站 7~9 月总流量过程线

从图 4 可见两者关系十分密切, 相关系数达到 0.96, 这两个水电站 7~9 月的关系式为

$$y = 11.48047 + 0.6630145x \quad (2)$$

式中: x 为欧阳海水电站 7~9 月总流量; y 为双牌水电站同期月平均流量。

由表 2 可知欧阳海水电站 2003 年 7~9 月总流量预报值为 $207 \text{ m}^3/\text{s}$, 由式 2 可得双牌水电站的预报值为 $148 \text{ m}^3/\text{s}$, 而其实测值为 $318 \text{ m}^3/\text{s}$, $318/3 = 106 (\text{m}^3/\text{s})$, $148 \text{ m}^3/\text{s}$ 与 $106 \text{ m}^3/\text{s}$ 的绝对误差为 $42 \text{ m}^3/\text{s}$,

相对误差为 $42/106 = 39\%$,虽然仍大于 30% ,但比原来的误差 67% 已减少很多。这是利用水电站之间相关关系检验和修正后改进预报的情况。

对于北方地区来说,也可以采用这种办法来改进预报的结果。同样用这一方法对我国东北地区松花江上游的小山、两江和松山这 3 个水电站作水情长期预报。这 3 个水电站 2003 年主要项目的预报结果见表 3。

表 3 小山、两江和松山水电站 2003 年主要项目预报结果

站名	年平均流量		
	预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	实测值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对误差 /%
小山水电站	14	12	16
两江水电站	29	29	0
松山水电站	21	17	23

站名	3~5月总流量		
	预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	实测值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对误差 /%
小山水电站	54	60	10
两江水电站	93	133	30
松山水电站	76	82	7

站名	6~9月总流量		
	预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	实测值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对误差 /%
小山水电站	86	53	62
小山水电站	223	141	58
松山水电站	143	75	90

从表 3 可见,年平均流量和 3~5 月的预报能满足要求,而 6~9 月的预报都达不到要求。根据这一地区的气候特点^[4],年平均降雨量和 6~9 月降雨量有着十分密切的关系,因而推测年平均流量与 6~9 月的流量也应该存在一定的关系,实践证明两者关系十分密切(见图 5)。

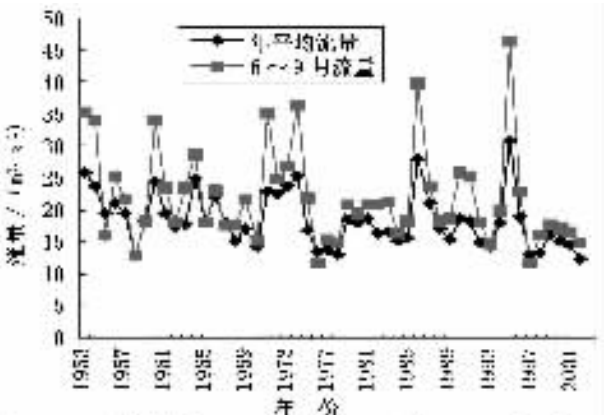


图 5 小山水电站年平均流量与 6~9 月流量过程线

图 5 是小山水电站的年平均流量与 6~9 月流量过程线。由图 5 可见年与 6~9 月流量过程趋势十分相似,对于其他两个站也一样存在这种关系。下面是这 3 个水电站的两者关系式:

小山水电站关系式为 $y = - 45.197 95 + 8.604 581 x$,相关系数 $R = 0.96$;

两江水电站关系式为 $y = - 76.522 16 + 8.531 716 x$,相关系数 $R = 0.91$;

松山水电站关系式为 $y = - 97.792 83 + 8.753 908 x$,相关系数 $R = 0.95$ 。

上述 3 式中 x 为年平均流量, y 为 6~9 月总流量。

根据上述关系式,可以由年平均流量的预报值求得 6~9 月的预报值(见表 4)。

表 4 由年平均流量预报值推求 6~9 月流量预报值

水电站名	年平均流量 预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	6~9 月流量 推得值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	绝对 误差 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对 误差 /%
小山水电站	14	75	22	41
两江水电站	29	170	29	20
松山水电站	21	86	11	14

从表 4 中的相对误差数字可以看出,它比原来的误差小得多,表 5 列出了它们对比的情况。

表 5 修正前后相对误差的对比

水电站名	修正前相对误差/%	修正后相对误差/%	改进值/%
小山水电站	62	41	21
两江水电站	58	20	38
松山水电站	90	14	76

另外,从表 5 中修正后的相对误差来看,除小山水电站外其他两个水电站都是合格的。而小山水电站的相对误差虽然大于 30% ,但是其绝对误差为 $22 \text{ m}^3/\text{s}$,数值并不大,也能满足要求。由此可见用这一方法基本上能适合水电站对水情预报的要求。

5 结 语

本文根据我国南方和北方的气候特点和水电站对水情长期预报的需要,在逐步回归方法的基础上研究并建立了南方和北方多个水电站的长期水文预报模型,无论在南方还是在北方,该模型预报年来水量和 4~6 月(或 3~5 月)来水量都较好,7~9 月(或 6~9 月)差,需辅以相关分析加以验证或修正。总的说来,这一方法基本上能满足水电站对水情的长期预报的需求。

[参考文献]

[1] 《数学手册》编写组. 数学手册 [M]. 北京 : 人民出版社 , 1979. 836 ~ 853 .
 [2] 施能. 气象统计预报中的多元分析方法 [M]. 北京 : 气象出版社 , 1992. 116 ~ 138 .
 [3] 程庚福, 曾申江. 湖南天气及其预报 [M]. 北京 : 气象出版社 , 1987. 190 ~ 237 .
 [4] 盛承禹. 中国气候总论 [M]. 北京 : 科学出版社 , 1986. 248 ~ 262 .

(收稿日期 2004-06-30 编辑 梁志建)