

2008年三峡水库入库洪水特点与预报效果评价

李春红¹, 王玉华², 王建平¹, 任立良³

(1. 国网电力科学研究院, 江苏 南京 210003; 2. 三峡梯级调度通信中心, 湖北 宜昌 443000;
3. 河海大学水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心, 江苏 南京 210098)

摘要: 对2008年三峡水库入库洪水特点进行分析, 并针对场次洪水和连续自动预报两种方式进行预报误差统计, 两种方式预报结果都表明2008年实时联机水文预报精度达到水文情报预报规范的甲级标准, 同时发现未来降雨对三峡水库入库预报精度影响较大, 部分场次洪水结合(不结合)未来降雨的预报精度差别很大, 且随着预见期增长, 预报误差也加大。

关键词: 三峡水库; 洪水; 实时联机水文预报; 预见期

中图分类号: P338

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2011)01-0031-04

三峡实时联机水文预报系统是一套完整的通用实时洪水预报系统, 进行了包括新安江三水源模型、API降雨径流模型在内的多模型、多方案配置, 于2008年5月在三峡工程现场投入试运行。该系统基于三峡所有已建和已接入的遥测站网信息进行入库洪水预报, 包括572个遥测水文/水位/雨量站, 预报范围从金沙江龙街站至三峡坝址区间, 预报面积约 $39 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

本文对2008年三峡水库入库洪水特点进行分析, 并针对场次洪水和连续自动预报两种方式的三峡水库入库洪水预报结果进行了误差统计和分析。

1 洪水特点

2008年汛期三峡水库共统计9场入库洪水, 各场洪水概况见表1。

由表1可见, 2008年汛期三峡水库入库的9场洪水包括寸滩上游来水为主的洪水(嘉陵江、岷江等支流是洪水过程的重要组成部分), 同时包括库区较大洪水和全流域降雨洪水, 基本涵盖了三峡水库入库洪水的大部分地区组成方式。

2 场次洪水预报

2008年汛期三峡水库发生的9场洪水中, 洪峰流

量大于 $30\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的共7场, 其中最大洪水发生在8月, 洪峰流量超过 $40\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 。本文在不考虑未来降雨的情况下, 对洪峰流量大于 $30\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的7场洪水进行108h预报, 计算结果与精度统计见表2。

由表2可见, 在不考虑未来降雨的情况下, 2008年三峡水库入库的7场洪水预报精度差别较大, 部分场次洪水在较长预见期能获得较高的预报精度(20080912、20080929), 而有些场次洪水即使预见期较短, 预报精度仍然不高(20080705、20080812、20080829)。

结合表1中场次洪水概况与表2预报精度统计分析, 发现2008年汛期三峡水库7场洪水预报精度差别较大的主要原因是由于形成入库洪水的暴雨分布不同, 一般来讲, 以上游来水为主的洪水预见期相对较长, 暴雨中心越接近流域下游, 预报的预见期越短。表1可见, 20080912号洪水主要为寸滩上游来水组成, 而20080705、20080812、20080829号洪水的地区组成中三峡区间来水所占比重较大, 三峡区间降雨产生洪水的产汇流时间不足12h, 因此, 在不考虑未来降雨的情况下, 无法获知未来24h的来水情况, 预报精度必然较低。

为了分析未来降雨对三峡水库入库洪水预报的影响程度, 针对上述3场预报精度较差的洪水, 本文

收稿日期: 2009-07-17

作者简介: 李春红(1978—), 女, 黑龙江同江人, 硕士, 主要从事水文预报及相关研究。E-mail: lichunhong@sgepri.sgcc.com.cn

结合未来降雨重新进行预报计算,用于分析未来降雨对预报的影响。结合三峡数值天气预报后 2008 年汛期三峡入库洪水预报精度统计见表 3;三峡 20080812 号洪水结合与不结合未来降雨的预报洪水过程对比见图 1。

由表 3 可知,在结合未来降雨的情况下,原预报效

果较差的 3 场洪水预报精度均有了明显提高,达到 GB/T22482-2008《水文情报预报规范》规定的甲级标准,表明未来降雨对三峡部分场次洪水预报的预见期和精度影响很大;三峡 20080812 洪水结合与不结合未来降雨的预报洪水过程对比(如图 1)也进一步证明了这一点。

表1 2008年汛期三峡水库入库洪水概况

Table1 Inflow flood characteristics of the Three Gorges Reservoir in flood period of 2008

洪号	起止时间 /月-日	洪峰流量 /m ³ ·s ⁻¹	洪水描述
20080621	6-15-6-24	22 000	双峰,前峰主要为寸滩上游来水;后峰为寸滩上游来水与三峡区间叠加,区间洪峰流量约 6 000m ³ /s
20080705	7-1-7-15	36 500	双峰,前峰为寸滩上游来水与三峡区间叠加,区间洪峰流量达 16 000m ³ /s;后峰主要为寸滩上游来水
20080723	7-20-7-29	36 600	主要为寸滩上游来水,嘉陵江来水较大,北碚站洪峰流量约 11 500m ³ /s
20080812	8-8-8-22	41 500	双峰,前峰主要是寸滩上游来水,岷江偏大较多,高场站洪峰流量达 12 000m ³ /s;后峰为全流域降雨所致,嘉陵江、乌江、三峡区间来水都较大
20080829	8-28 ~9-3	38 200	上游来水与三峡区间叠加
20080912	9-10-9-17	38 100	主要为寸滩上游来水,沱江、嘉陵江都偏大,对应控制断面的洪峰流量分别约为 5 700m ³ /s、10 000m ³ /s
20080919	9-17-9-23	29 500	单峰,基本为全流域降雨所致
20080929	9-25-10-4	33 400	主要为寸滩以上来水,岷江、嘉陵江较大,对应控制断面的洪峰流量分别约为 13 900m ³ /s、15 000m ³ /s
20081103	10-29-11-12	34 100	基本为全流域降雨,乌江来水较大,武隆站洪峰流量超 9 000m ³ /s

表2 2008年汛期三峡水库场次洪水108h预报精度统计表

Table2 Statistics of 108h flood forecast accuracy of the Three Gorges Reservoir in flood period of 2008

洪号	20080705	20080723	20080812	20080829	20080912	20080929	20081103
预报时间	7-4 8:00	7-21 20:00	8-14 20:00	8-28 20:00	9-10 08:00	9-27 14:00	11-2 8:00
预见期/h	24	24	24	24	60	48	24
实测洪峰/m ³ ·s ⁻¹	34 500	34 500	41 000	36 000	38 000	33 300	33 300
预报洪峰/m ³ ·s ⁻¹	24 129	32 100	32 472	26 677	39 455	35 223	31 470
洪峰误差/%	-30.06	-6.96	-20.80	-25.90	3.83	5.77	-4.64
实际峰现时间	7-5 8:00	7-23 20:00	8-15 20:00	8-29 20:00	9-12 20:00	9-29 14:00	11-3 08:00
预报峰现时间	7-4 12:00	7-23 20:00	8-16 15:00	8-29 03:00	9-12 21:00	9-29 12:00	11-3 18:00
峰现时间误差/h	-20	0	19	-17	1	-2	0
实测洪量/10 ⁸ m ³	24.95	28.15	28.47	26.55	20.40	22.43	27.44
24h 预报洪量/10 ⁸ m ³	19.22	25.87	25.06	21.85	19.79	21.99	26.36
洪量误差/%	-22.96	-8.11	-11.97	-17.70	-3.00	-1.97	-3.95
实测洪量/10 ⁸ m ³	49.01	57.83	62.95	56.07	46.35	50.01	54.99
48h 预报洪量/10 ⁸ m ³	35.73	52.60	52.91	42.49	46.22	50.90	53.23
洪量误差/%	-27.10	-9.04	-15.94	-24.21	-0.28	1.78	-3.20
实测洪量/10 ⁸ m ³	70.33	86.10	96.46	82.86	78.55	78.30	78.86
72h 预报洪量/10 ⁸ m ³	51.33	75.79	80.31	63.70	79.23	79.84	77.41
洪量误差/%	-27.01	-11.97	-16.74	-23.13	0.87	1.96	-1.84
实测洪量/10 ⁸ m ³	93.46	109.47	126.63	109.53	106.53	103.67	99.64
96h 预报洪量/10 ⁸ m ³	66.94	92.88	105.36	85.58	103.57	103.86	100.97
洪量误差/%	-28.37	-15.15	-16.80	-21.87	-2.79	0.19	1.33
实测洪量/10 ⁸ m ³	105.19	119.59	140.01	123.08	117.87	114.89	109.98
108h 预报洪量/10 ⁸ m ³	74.77	99.97	116.98	96.55	112.80	114.16	111.93
洪量误差/%	-28.92	-16.40	-16.45	-21.56	-4.30	-0.64	1.77

Tal

预报

预报

实测

预报

洪峰

实际

预报

峰现

实测

2.

洪量

实测

4.

洪量

实测

7.

洪量

实测

9.

洪量

实测

11.

洪量

60000

50000

40000

30000

20000

10000

0

8月1

3

连

为

次采用

行结果

达到
甲级标
预见期
结合未
证明了

致,嘉陵

81103
2 8:00
24

300
470
4.64
18:00
18:00
0
7.44
6.36
3.95
4.99
3.23
3.20
8.86
7.41
1.84
9.64
10.97
1.33
19.98
11.93
1.77

表3 2008年汛期三峡水库入库洪水预报精度统计表 (结合未来降雨)

Table 3 Statistics of flood forecast accuracy of Three Gorges Reservoir in flood period of 2008 (Considering future rainfall)

洪号	20080705	20080812	20080829
预报时间	7-4 8:00	8-14 20:00	8-28 20:00
预见期/h	24	24	24
实测洪峰流量/ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	34500	41000	36000
预报洪峰流量/ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	30915	42033	35125
洪峰误差/%	-10.39	-2.52	-2.43
实际峰现时间	7-5 8:00	8-15 20:00	8-29 20:00
预报峰现时间	7-5 9:00	8-16 1:00	8-30 00:00
峰现时间误差/h	1	5	4
实测洪量/ 10^8m^3	24.95	28.47	26.55
24h 预报洪量/ 10^8m^3	22.77	28.53	25.67
洪量误差/%	-8.76	0.23	-3.30
实测洪量/ 10^8m^3	49.01	62.95	56.07
48h 预报洪量/ 10^8m^3	46.88	64.22	54.46
洪量误差/%	-4.33	2.03	-2.88
实测洪量/ 10^8m^3	70.33	96.46	82.86
72h 预报洪量/ 10^8m^3	66.79	96.40	78.72
洪量误差/%	-5.02	-0.06	-4.99
实测洪量/ 10^8m^3	93.46	126.63	109.53
96h 预报洪量/ 10^8m^3	88.65	126.89	103.69
洪量误差/%	-5.15	0.21	-5.33
实测洪量/ 10^8m^3	105.19	140.01	123.08
108h 预报洪量/ 10^8m^3	99.79	140.54	116.43
洪量误差/%	-5.14	0.38	-5.40

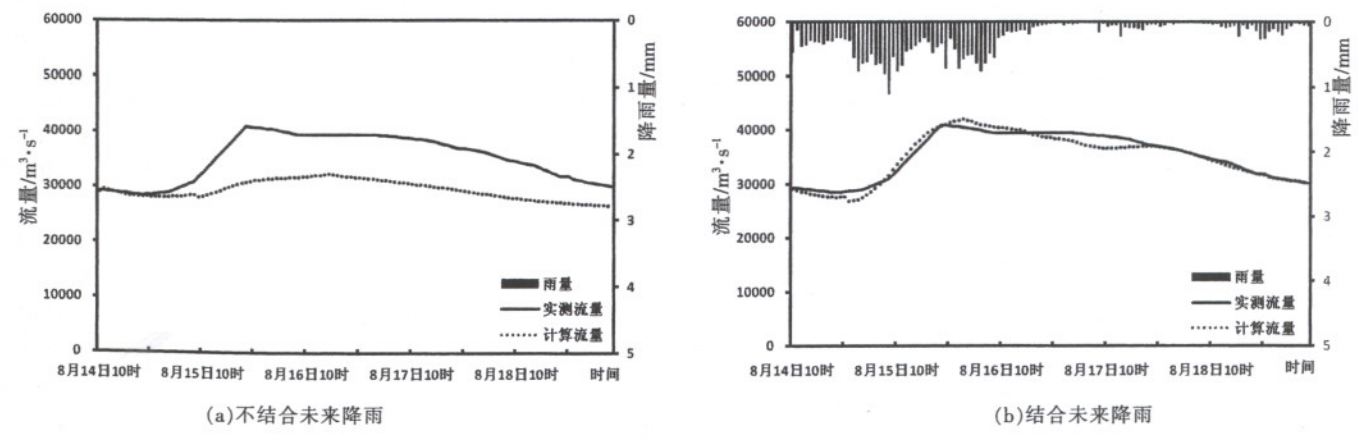


图1 三峡 20080812 号洪水结合与不结合未来降雨的预报洪水过程对比图
Fig.1 Comparison of considering future rainfall or not for forecasted results of flood No. 20080812

3 连续自动预报

为了更客观地反映预报方案的实时预报精度,本次采用三峡实时联机水文预报系统自动预报的实时运行结果(未来降雨采用三峡发布的降雨预报),针对

2008 年汛期(6 月 1 日~11 月 15 日)每日 8 时、20 时的滚动预报过程,进行三峡实时联机水文预报系统不同预见期误差统计,统计结果见表 4。
由表 4 可知,实时运行的 336 次入库洪水预报中,随着预见期的增长,预报误差加大。12h 预见期,流量相对误

表4 2008年6月1日~11月15日三峡实时联机水文预报系统不同预见期自动预报误差统计表

Table4 Statistics of forecasted results for different forecast lead times from June 1 to November 15,2008

预见期	12h	24h	36h	48h
预报次数	336	336	336	336
平均相对误差/%	2.5	4.0	4.9	5.2
相对误差<1%次数	108	57	42	52
相对误差<1%比例/%	32.1	17.0	12.4	15.5
相对误差<2%次数	185	99	96	95
相对误差<2%比例/%	55.1	29.5	28.6	28.3
相对误差<5%次数	294	232	198	206
相对误差<5%比例/%	87.5	69.1	58.9	61.3
相对误差<10%次数	329	322	305	285
相对误差<10%比例/%	97.9	95.8	90.8	84.8
相对误差<20%次数	336	336	326	312
相对误差<20%比例/%	100.0	100.0	97.0	92.9

差小于5%的比例达87.5%;而48h预见期只有61.3%;流量相对误差<10%的比例,在24h预见期超过95.8%,36h预见期达90.8%,48h预见期只有84.8%。随着预见期增长,涉及的预报区域增大,预报误差的影响因素增多,导致预报误差加大。譬如,以寸滩、武隆水文站至三峡水库的入库汇流时间为12h计,则三峡水库12h预见期的入库预报只涉及寸滩、武隆当前的实测流量过程和三峡库区的降雨径流过程;而24h预见期的入库预报涉及的因素除三峡库区的降雨径流外,还包括寸滩、武隆12h的预报过程,该预报过程又与其上游的降雨径流和河道汇流有关,因此存在自上游向下游的误差累积,导致随着预见期增长、预报误差加大。

4 结语

本文分析了2008年三峡汛期9场入库洪水的特点,并进行了场次洪水和实时预报误差统计、分析,结果表明:

(1)针对2008年汛期洪峰流量大于 $30\,000\text{m}^3/\text{s}$ 的7场洪水,三峡水库入库洪水预报精度在一定预见期内都能够达到GB/T22482-2008《水文情报预报规范》规定的甲级标准,预报合格率100%。

(2)针对三峡实时联机水文预报系统在2008年6月1日~11月15日每日8时、20时的滚动预报结果进行不同预见期误差统计,336次的预报结果统计表明:相对误差<10%的比例,在12h、24h预见期都超过95%,36h预见期超过90%,48h预见期为84.8%;相对误差<20%的比例在48h预见期内都超过90%。

(3)三峡水库入库洪水预报的预见期与洪水组成密

切相关:当三峡库区洪水较大时,三峡水库入库洪水预报的预见期较短;主要为上游来水的入库洪水,预报的预见期相对较长。在实际作业预报中,结合未来降雨是获得长预见期、高精度预报的必要条件。

(4)三峡实时联机水文预报系统经过2008年的实际运行检验,预报精度达到GB/T22482-2008《水文情报预报规范》规定的甲级标准,为电站汛期安全运行和水库优化调度决策提供科学依据,对于合理利用水力资源和减轻洪涝灾害损失具有重大意义。

参考文献:

- [1] 赵人俊.流域水文模拟—新安江模型与陕北模型[M].北京:水利电力出版社,1984:106-130. (ZHAO Renjun. Hydrological Simulation—Xinjiang Model and Northern Shanxi Model [M]. Beijing: Water Resources and Electric Power Publishing House, 1984:106-130.(in Chinese))
- [2] 王船海.三峡区间入库洪水实时预报系统研究[J].水科学进展,2003,14(6):678-681. (WANG Chuanhai. Research on real-time forecasting system on reservoir flood of the Three Gorges reach [J]. Advances in Water Science, 2003,14(6):678-681.(in Chinese))
- [3] 任立良,刘新仁.数字高程模型信息提取与数字水文模型研究进展[J].水科学进展,2000,11(4):463-469. (REN Liliang, LIU Xinren. Information extraction of DEM and research development of digital hydrological model [J]. Advances in Water Science, 2000,11(4):463-469.(in Chinese))
- [4] 李春红,王立.沅水流域梯级电站洪水预报设计与应用[J].水电自动化与大坝监测,2007,31(2):23-25. (LI Chunhong, WANG Li. Design and application of flood forecasting for Yuanshui cascade hydropower station [J]. Hydropower Automation and Dam Monitoring, 2007,31(2):23-25.(in Chinese))

(下转第80页)