

GFS 降雨预报在古田流域洪水预报中的 可用性研究

叶子国¹, 李春红², 王蕊², 阮宏华¹

(1. 华电福新能源股份有限公司古田溪水力发电厂, 福建 宁德 352258; 2. 南瑞集团有限公司, 南京 210003)

摘 要:以古田溪流域 2017 年 6 月实际暴雨洪水信息为依托, 从气象质量检验和洪水期的预报相对误差两方面分析了全球预报系统(GFS)降雨预报的精度, 并开展了基于 GFS 降雨预报的洪水预报, 结果表明, 结合 GFS 降雨预报的洪水预报精度和预见期较未结合的降雨预报有了明显的提升。

关键词:GFS; 洪水预报; 预见期; 预报精度

中图分类号:P 338

文献标志码:B

文章编号:1674-1951(2018)08-0001-04

0 引言

传统依据落地雨开展洪水预报的方式, 由于预见期较短, 往往难以满足用户的实际需求。近年来, 随着探测手段和计算机技术的迅速发展, 降雨预报技术和预报精度不断提高, 为洪水预报预见期的延长提供了更大可能^[1]。

降雨预报产品在洪水预报中应用是否有效, 其可用度取决于降雨预报的精度和预见期。美国国家环境预报中心的全球预报系统(GFS)每天发布 4 次气象预报, 预报长度为 8~16 d, 预报长度 8 日内以 6 h 为时段, 网格尺度为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 的降雨预报信息可应用于洪水预报^[2]。降雨预报在洪水预报中的可用性取决于降雨预报本身的精度和在洪水预报中的应用情况, 对于降雨预报在《中短期天气预报质量检验办法》中有明确的检验方法和评判标准, 该评判是否能反映降雨预报在水文中的可用性, 针对场次洪水的 GFS 降雨预报效果以及 GFS 降雨预报信息应用于洪水预报的影响程度如何, 本文以古田溪 2017 年 6 月大水期间 GFS 降雨预报和实测水雨情数据为依托, 分析 GFS 降雨预报信息的精度和在洪水预报中的应用效果。

1 古田溪流域概况

古田溪为闽江下游北岸支流之一, 全流域东西宽约 40 km, 南北长约 70 km, 总流域面积 $1\,799\text{ km}^2$ 。流域的地质属火成岩, 石质坚硬, 气候属亚热带型, 雨量充沛。古田溪属山溪性雨洪河流, 洪水由暴雨

形成, 溪流源短水流急, 洪水来时, 势凶时短, 集流时间一般为 6~12 h。流域地形复杂, 降雨分布不均。古田溪水力发电厂拥有一级至四级 4 座电站, 总装机 324 MW。一级为不完全多年调节水库, 集水面积 $1\,325\text{ km}^2$, 本文针对一级以上流域进行分析。

2 GFS 降雨预报质量检验

预报精度与预见期长度密切相关, 为分析以 6 h 为基准的不同预见期预报结果, 本文以 6 h 为时段进行降雨等级划分, 针对 6 h, 12 h, 24 h, 48 h 预见期对应的降雨情况, 依据中国气象局颁布的《中短期天气预报质量检验办法》进行统计。首先统计古田溪流域范围 2017 年 6 月的降雨预报信息, 并与水文自动测报系统计算的流域实测面雨量进行对比分析, 统计的降水预报检验指标包括预兆得分(TS)评分、漏报率、空报率, 见表 1。

由表 1 可知, 古田溪 2017 年 6 月 GFS 降雨预报结果精度不够理想, 仅无雨期的 6 h 预见期 TS 评分超过 85%, 有雨时期最大的 TS 评分仅为 66.7%, TS 评分有随着预见期增长而减小的趋势。表 1 中漏报、空报率普遍在 20% 以上, 尤其中雨以上的空报率竟然都超过 50%。

气象部门采用的 TS 评分、漏报率、空报率虽然在一定程度上反映了预报情况, 但不能很好地反映预报精度。如实测 6 h 降雨 30 mm 为暴雨, 预报降雨 20 mm 为大雨, 属于漏报, 本次预报的 TS 评分为 0。但对于洪水预报而言, 虽然降雨量有偏差, 但仍可在一定程度上指导洪水预报。洪水预报需要结合未来预报时间内所有的降雨预报结果, 而非仅某一时刻的预报值, 降雨预报误差总体呈正态分布, 表明一定

表 1 古田溪 2017 年 6 月 GFS 降雨预报检验结果 %

预见期		6 h	12 h	24 h	48 h
TS 评分	无雨	88.9	72.7	72.7	63.0
	小雨	54.3	45.7	56.5	45.8
	中雨	38.5	34.3	42.9	29.2
	大雨	44.4	62.5	—	37.5
	暴雨	66.7	66.7	20.0	0.0
漏报率	无雨	11.1	27.3	27.3	37.0
	小雨	24.2	38.2	21.2	26.7
	中雨	21.1	20.0	16.7	30.0
	大雨	20.0	0.0	—	25.0
	暴雨	33.3	0.0	0.0	0.0
空报率	无雨	0.0	0.0	0.0	0.0
	小雨	34.2	36.4	33.3	45.0
	中雨	57.1	62.5	53.1	66.7
	大雨	50.0	37.5	—	57.1
	暴雨	0.0	33.3	80.0	0.0

时间内降雨预报误差存在正负抵消的现象,即预报降雨总量误差不会很大,古田溪流域 2017 年 6 月 6 h 预见期的 GFS 降雨预报分析如图 1 所示。

3 洪水期 GFS 降雨预报误差评定

降雨过程决定了来水过程,降雨总量很大程度

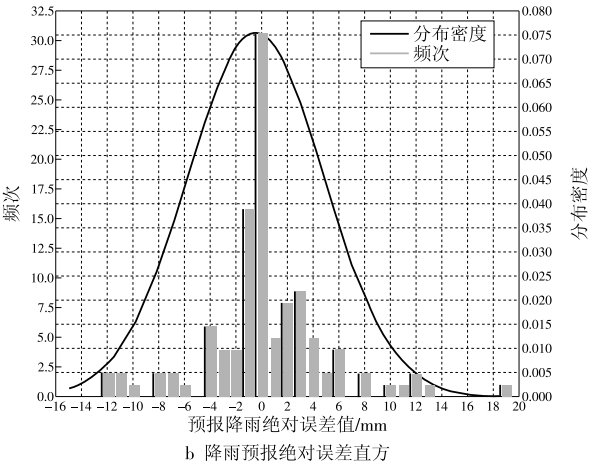
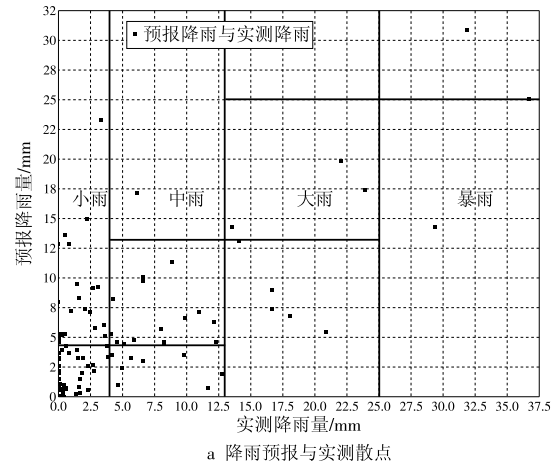


图 1 古田溪流域 2017 年 6 月 6 h 预见期的 GFS 降雨预报分析

表 2 古田溪降雨预报误差统计

时间		预见期	6 h	12 h	24 h	48h
20170602 号 洪水对应降雨 (06-01 T 14:00—06-03 T 20:00)	预报降雨量/mm		98.0	92.4	94.1	83.1
	实测降雨量/mm			119.6		
	相对误差/%		-18.1	-22.7	-21.3	-30.5
	预报降雨峰值/mm		30.9	31.9	43.3	41.2
	实测降雨峰值/mm			31.8		
	峰值误差/%		-2.8	0.3	36.2	29.6
	峰值时间差(Δt=6 h)		0	0	0	0

上决定了来水总量(洪量),降雨强度则决定着洪峰流量。因此,流域内未来一定时间的洪水预报精度受降雨量、降雨强度预报精度的影响较大^[3]。

本文依据古田溪流域 2017 年 6 月的实测降雨和 GFS 预报降雨过程,针对 3 场洪水对应的降雨过程,从降雨量、降雨强度两方面统计分析 GFS 降雨预报误差。

表 2 中降雨总量预报误差绝对值的最小值为 8.2% (06-19 T 02:00—06-21 T 20:00, 6 h 预见期),最大值为 -30.5% (06-01 T 14:00—06-03 T 20:00, 48 h 预见期)。其中 6 h, 12 h 预见期内的降雨总量误差相差不大,大部分在 20% 以内, 24 h 预见期预报误差稍大于 20%, 48 h 预见期预报误差是 4 种预见期中最大的,两场洪水对应降雨的预报误差达到 30%。由此表明 GFS 降雨预报随着预见期增长预报的可信度降低。

由表 2 中 3 场洪水期间的降雨峰值和峰值出现时间的预报误差统计可以看出,20170602 号洪水对应降雨预报在 12 h 预见期内的峰值误差很小,但 24 h, 48 h 峰值则误差较大,峰值出现时间均无误差。20170616 号洪水期间降雨峰值误差均较大,其中 12 h 预见期内的峰值误差最小, 6 h, 12 h 预见期的峰值出现时间无误差, 24 h, 48 h 预见期的峰值出

续表					
时间	预见期	6 h	12 h	24 h	48h
20170616 号 洪水对应降雨 (06－13 T 14:00—06－18 T 20:00)	预报降雨量/mm	143.6	145.7	153.6	125.7
	实测降雨量/mm	180.4			
	相对误差/%	－20.4	－19.2	－14.9	－30.3
	预报降雨峰值/mm	25.0	29.8	25.3	15.7
	实测降雨峰值/mm	36.7			
	峰值误差/%	－31.9	－18.8	－31.1	－57.2
	峰值时间差($\Delta t=6\text{ h}$)	0	0	－7	－5
20170620 号 洪水对应降雨 (06－19 T 02:00—06－21 T 20:00)	预报均值/mm	98.8	80.6	112.2	112.3
	实测降雨/mm	91.3			
	相对误差/%	8.2	－11.7	22.9	23.0
	预测峰值/mm	17.1	15.0	26.0	21.9
	实测峰值/mm	20.9			
	峰值误差/%	－18.18	－28.23	24.4	4.78
	峰值时间差($\Delta t=6\text{ h}$)	3	－3	1	0

现时间误差很大。20170620 号洪水期间峰值和时间误差最小的为 48 h 预见期。由此分析,GFS 降雨预报峰值误差与预见期没有明显的相关。

4 GFS 降雨预报信息应用于洪水预报

GFS 降雨预报信息应用于古田流域洪水预报,首先将降雨预报信息与流域数字单元进行匹配如图 2 所示,然后以单元为单位进行降雨径流计算,各单元流量过程自上而下逐级演进,最终汇入古田溪水库。针对 2017 年 6 月的 3 场洪水,将古田溪实测入库流量与采用 GFS 降雨预报前后的预报流量过程进行对比分析,结果见表 3。

由表 3 进行了古田流域 2017 年 6 月 3 场洪水的预报误差统计,每场洪水均列举了预见期相差

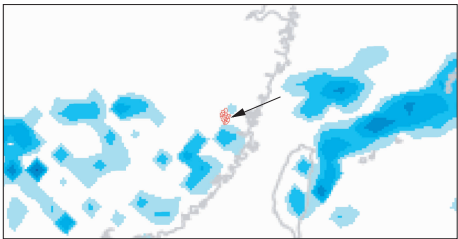


图 2 古田流域数值天气预报与预报单元匹配

6 h 的 2 次预报结果。由此分析可知:洪水期间,当后期有较大降雨时,结合 GFS 降雨预报较不考虑未来降雨的洪水预报精度有很大提高;针对每场洪水的 2 次预报,无论降雨预报的误差大小,预见期较短的后一次预报的洪量、洪峰预报误差均小于前次的误差,即随着预见期的缩短,预报误差呈减小的趋

表 3 古田溪结合 GFS 降雨预报前后的预报流量结果对比

洪号	统计内容		降雨量/ mm	48 h 洪量/ (10 ⁶ m ³)	洪峰流量/ (m ³ · s ⁻¹)	降雨量/ mm	48 h 洪量/ (10 ⁶ m ³)	洪峰流量/ (m ³ · s ⁻¹)
20170602	预报时间		2017-06-01 T 14:00			2017-06-01 T 20:00		
	实测值		108.0	30.1	399.0	95.0	32.9	399.0
	不考虑未来降雨	预报值	—	7.0	53.0	—	9.1	131.0
		误差/%	—	-76.16	-86.72	—	-67.17	-67.17
	结合未来降雨	预报值	78.0	23.9	312.0	60.0	26.3	341.0
		误差/%	-27.28	-20.60	-21.80	-36.84	-20.15	-14.54
20170616	预报时间		2017-06-16 T 02:00			2017-06-16 T 08:00		
	实测值		101.0	78.7	1006.0	71.0	77.8	1006.0
	不考虑未来降雨	预报值	—	16.7	177.0	—	28.8	601.0
		误差/%	—	-78.83	-82.41	—	-63.00	-40.26
	结合未来降雨	预报值	66.0	54.6	766.0	54.0	63.1	879.0
		误差/%	-34.65	-30.61	-23.86	-23.94	-18.80	-12.62

续表

洪号	统计内容		降雨量/ mm	48 h 洪量/ (10 ⁶ m ³)	洪峰流量/ (m ³ · s ⁻¹)	降雨量/ mm	48 h 洪量/ (10 ⁶ m ³)	洪峰流量/ (m ³ · s ⁻¹)
20170620	预报时间		2017-06-20 T 08:00			2017-06-20 T 14:00		
	实测值		73.0	64.2	775.0	52.0	60.4	775.0
	不考虑未来降雨	预报值	—	22.5	193.0	—	28.5	351.0
		误差/%	—	-65.03	-75.10	—	-52.88	-54.71
	结合未来降雨	预报值	72.0	49.6	444.0	78.0	69.3	518.0
		误差/%	-1.37	-22.80	-42.71	50.00	14.76	-33.16

势,表明实测降雨仍然是洪水预报精度的决定性因素。

表 3 中 20170616 号洪水后期的降雨预报精度高于前期,其洪量预报误差减小 11.81%,洪峰预报误差减小了 11.24%。而 20170602、20170620 号洪水均为后期的降雨预报精度较低,其洪量预报误差分别减少 0.45%,8.04%,洪峰预报误差分别减小

7.26%,9.55%。由此可见,在实测降雨信息增多的情况下,降雨预报误差在很大程度上影响着洪水预报精度。

古田溪 20170616 号洪水的拟合过程清晰表明,不结合未来降雨难以完成长预见期的高精度预报。随着预见期的缩短,预报精度有明显的提升如图 3 所示。

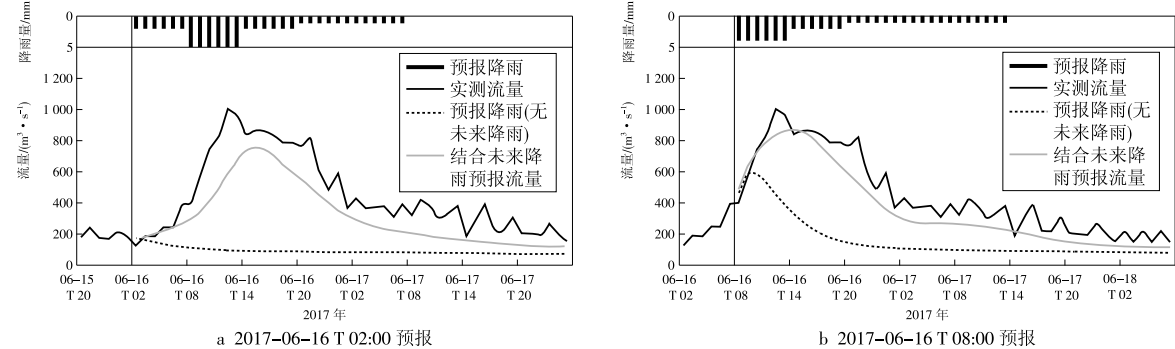


图 3 古田溪 20170616 号洪水预报过程

5 结束语

本文依据古田溪 2017 年 6 月的降雨实况,从气象方式质量检验和场次洪水对应降雨误差评定两种方式对 GFS 降雨预报结果进行了统计分析,并将 GFS 降雨预报应用于洪水预报以分析 GFS 降雨预报在古田溪流域洪水预报中的可用性。

本文研究成果表明,GFS 降雨预报采用气象方式质量检验的精度不高,尤其是中雨以上降雨预报的 TS 评分大部分低于 50%。但场次洪水对应降雨的相对误差尚可,降雨量和峰值误差大部分在 20% 以内,且短时预报精度通常高于长预见期的降雨预报。GFS 降雨预报应用于古田溪流域 2017 年 6 月的 3 场洪水拟合中,结果表明采用 GFS 降雨预报的洪水预报精度较无降雨预报信息的情况下有较大提升,表明 GFS 降雨预报有一定的可用性。

洪水预报误差来源多样,降雨信息、流域蒸散发、水文模型参数、测站布设、人类活动等都对洪水预报精度有一定影响。其中降雨误差是洪水预报最直接、最重要的误差来源。无降雨预报信息的洪水预报,在流域天然预见期以外基本不可用。要延长洪水预报的预见期,单纯依靠落地雨是无法完成的,

必须接入降雨预报信息。可获取的 GFS 数值降雨预报虽然存在一定的误差,预报精度有待提高,但它在古田溪流域较无降雨预报的洪水预报精度仍然有了很大的改进,因此在无法获取更高精度数值降雨预报信息的情况下,GFS 降雨预报可作为延长洪水预报预见期的有效手段。

参考文献:

[1] 张玉玲,吴辉碇,王晓林. 数值天气预报[M]. 北京:科学出版社,1986.

[2] 王峰,周惠成,唐国磊,等. GFS 预报信息在水电站运行中的应用研究[J]. 水电能源科学,2011,29(7):25-28.

[3] 张洪刚,郭生练,李超群. 三峡水库区间定量降水预报不确定性初探[J]. 人民长江,2006,37(4):39-41.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

叶子国(1965—),男,福建福清人,高级工程师,从事水力发电工程运行与管理方面的工作(E-mail:736324058@qq.com)。

李春红(1978—),女,黑龙江同江人,高级工程师,从事水文预报和站网规划论证等方面的工作(E-mail:lichunhong@sgepri.sgcc.com.cn)。