

上游无情报的水文预报技术初探

On the Techniques of Hydrological Forecast with Non - Information from Upstream

农元德

Nong Yuande

(南宁邕江防洪大堤管理处 南宁市江滨路 530012)

(Administration Office of Nanning Yongjing Dyke, Jingbin Road, Nanning, Guangxi, 530012)

摘要 以珠江水系上游左江的龙州水文站为例,对水文站网或是通讯设施跟不上的上游无情报提供的流域,进行水文预报方法的探讨,寻求增长中下游洪水预报预见期。

关键词 水文预报 无情报 流域特征 防洪非工程措施

Abstract Longzhou hydrological station, located in the upstream of Juo river belonging to Zhu river drainage, is as an example. The hydrological forecast method for the hydrological network or the drainage with non - information provided from upstream because of limited communication equipments was researched to lengthen flood forecast period to middle - and down - stream.

Key words hydrological forecast, non - information, drainage characteristics, non - engineering measures of flood control

水灾是世界上普遍和经常发生的一种自然灾害。全球每年在自然灾害中死亡的人数,有 3/4 死于水灾^[1]。水灾直接关系到社会的安定与国家的盛衰。

水文预报是一项重要的防洪非工程措施,投入尽可能最少,获得尽可能最大的减免水灾损失,直接服务于社会。它主要是根据上游前期和现时的水文气象情报对下游未来时段内水文情势的定性或定量预报,其防洪效益与预报预见期成正比。

龙州水文站是左江上游水情控制站,位于北纬 22°21', 东经 106°51', 集水面积 12 875 km², 其中 92.67% 在越南民主共和国境内,没有情报提供。利用发源于越南的谅山河、高平河流往的边境:平而、水口关河段(设有水位站)洪峰资料来预报龙州站洪峰水位,预见期只有 6~9 h,预见期内水位变幅仅有全部涨幅的 20% 左右,无法满足防洪减灾的需要。

根据流域的形状系数——流域面积与流域长度的平方之比^[1],发现左江上游,源于越南谅山河流域的特征相似于我国境内的明江流域。通过资料分析,利用毗邻的明江流域的水文、雨量资料编制龙州洪峰预报方案,解决龙州上游无情报提供的预报难

题,使龙州的洪峰预报预见期增长至 20~40 h,龙州下游的广西首府南宁市可增长到 70~100 h,从而取得防洪减灾的主动权。

1 流域概况

由发源于越南民主共和国谅山省境内的谅山河和源于越南高平省境内的高平河,分别流经平而关和水口关在我国境内的龙州镇汇合形成左江。在两关口分别设有平而水位站和水口水位站,平而关至龙州镇河段称黎溪,水口关至龙州镇河段称水口河。平而、水口关以上河长分别是 235 km 和 134 km,集水面积分别为 6 597 km² 和 5 334 km²,全部在越南境内。在平而关—龙州区间设有鸭水水文站,左江在龙州镇下游右岸 30 km 处有明江汇入,形成左江上游主要河网。如图 1,表 1 所示。

龙州地处低纬亚热带地区。5~7 月多以峰面雨为主,雨量较少,7~9 月则常受台风和南海低压槽影响,具有暴雨历时短、水量多的特点。通过龙州断面的年平均总水量达 86.4 亿 m³,其中来自黎溪 64.95 亿 m³,占 75.2%。历史大洪水资料统计表明,次洪量来自谅山河的水量平均占 60% (见表 2),水口河加区间才占 40%。可见一场大洪水过程

中,只要能作出谅山河的预报,左江龙州河段的洪水便能基本掌握。

表1 各流域的面积与权重

Table 1 Area and weight of the drainages

流域 Drainage	流域面积 Drainage area (km ²)	权重 Weight (%)
鸭水站以上 Yashui and up	6 847	53.18
平而关以上 Ping'erguan and up	6 597	51.24
水口关以上 Shuikou guan and up	5 334	41.43
龙州站以上 Longzhou and up	12 875	100
鸭水、水口以下 Yashui, Shuikou and down	694	5.39
平而、水口以下 Ping'er Shuikou and down	944	7.33

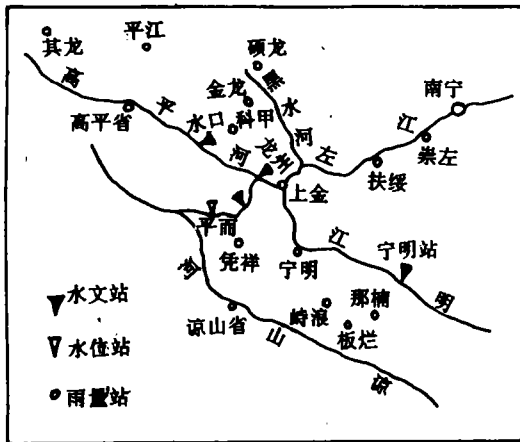


图1 龙州河网示意图
Fig. 1 Longzhou river-net sketch

表2 次洪水水量比重*

Table 2 Sub-flood volume weight*

洪水日期 Flood date	龙州 洪水量 Longzhou	鸭水站洪水量 Yashui flood volume		水口关加鸭水以下区间 Shuikouguan + Yashui and down area	
	洪水量 Flood volume (亿 m ³)	洪水量 Flood volume (亿 m ³)	占龙州总量 Accounting for total flood of Longzhou (%)	洪水量 Flood volume (亿 m ³)	占龙州总量 Accounting for total flood of Longzhou (%)
1955-09-28	21.62	11.97	55.4	9.65	44.6
1958-09-14	18.96	8.73	46.0	10.23	54.0
1966-07-28	9.01	4.72	52.4	4.29	47.7
1968-08-11	15.76	6.77	43.0	8.99	57.0
1968-08-15	14.91	10.50	70.4	4.42	29.6
1971-08-20	19.86	10.58	53.3	9.28	46.7
1980-07-25	6.62	5.45	82.3	1.17	17.7
1975-09-2	6.52	4.74	72.7	1.78	27.3
1986-07-25	27.10	17.30	63.8	9.80	36.2

* 表内列举的次洪水为灾害性洪水 The sub-floods are disastrous flood.

2 流域特征

平而关与水口关距龙州均只有 40 km,洪水传播时间一般为 6~9 h,以平而、水口两站作龙州河段预报依据,预见期太短,不能满足防洪需要。为了增长预见期,根据水文现象具有区域性规律的特点,分析平而河与明江两流域的相似性,认为:两流域气候条件基本一致,地理位置相近,下垫面诸因素相似。

2.1 造洪气候条件基本一致

从表 3 可见,凡造成左江及明江灾害性洪水的暴雨都是同一个台风所致。

表3 龙州、宁明历年灾害性洪水及其成因*

Table 3 Disastrous flood and forming factors in Longzhou and Ningming in the historical years*

洪水日期 Flood date	洪峰水位 Flood peak stage (m)		天气成因 Weather factor
	龙州站 Longzhou	宁明站 Ningming	
1955-09-28	124.37	112.83	1955 年第 6 号台风 Typhoon No. 6 in 1955
1958-09-14	118.45	110.94	1958 年第 3 号台风 Typhoon No. 3 in 1958
1966-07-28	118.88	109.84	1966 年第 8 号台风 Typhoon No. 8 in 1966
1968-08-15	122.76	110.60	1968 年第 6 号台风 Typhoon No. 6 in 1968
1971-08-20	121.72	110.20	1971 年第 18 号台风 Typhoon No. 18 in 1971
1980-07-25	120.22	111.75	1980 年第 7 号台风 Typhoon No. 7 in 1980
1986-07-25	125.89	111.42	1986 年第 9 号台风 Typhoon No. 9 in 1986

* 表内列举的次洪水为灾害性洪水 The sub-floods are disastrous flood.

2.2 地理位置相近,下垫面诸因素相似

明江是左江上游的大支流。谅山河是左江上游顶端大支流。明江发源于十万大山的东南面的我国境内;谅山河发源于十万大山的西南面的越南境内。两河的分水线为十万大山山巅,两河发源地的地理座标在东径 107.5°~108°,北纬 21.50°~22°,两河自发源地平行西流,进入左江,两个汇入河口相距 30 多 km,如图 2 所示。

十万大山呈东南—西北走向,贯穿中越边境,山高坡陡有利于拦截琼州海峡登陆、西北偏西移动的台

风和南海低压槽气流。十万大山迎风一侧的东坡、南坡比背风一侧的北坡、西坡的降水量为多，且有降水量随高度的增加而增加^[1]。十万大山东南面的我国境内东兴站(21°39'N 107°58'E)，板八站(21°41'N 107°39') 滩散站(21°39'N 107°45'E) 年平均雨量分别达2 808.7、2 452.6、3 621.9 mm 成为十万大山东侧暴雨区的典型暴雨点。谅山河源地在越南境内十万大山的南坡，其降水量(虽然无资料)认为亦相近于我国境内十万大山东侧的降水量，1 300~2 300 mm 之间，如表4。

由于地理位置相近，地貌同是十万大山的石灰岩石山区。形成明江、谅山河流域的土壤岩石性质、地质结构、地形、地貌、植被极为相似。因而两个流域

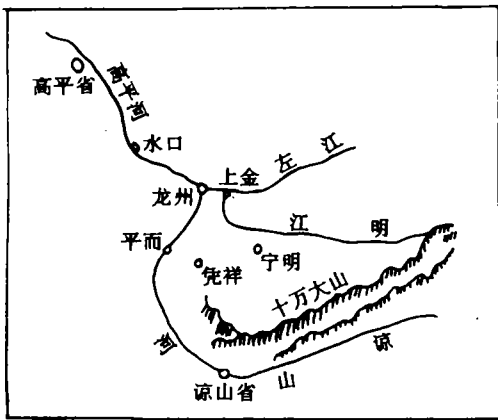


图2 左江上游示意图

Fig. 2 Upstream sketch of Zuo river

表4 十万大山东南侧各站雨量

Table 4 Raingauge of the stations in the southeast side of Mountain Shiwandashan

站名 Station	东经 East longitude	北纬 Latitude	年平均雨量 Annual mean rainfull (mm)
那荡 Nadang	108°01'	22°00'	1 724.7
汪门 Wangmen	108°00'	21°57'	2 329.5
大路 Dalu	108°02'	22°02'	1 637.0
那禁 Najin	108°05'	22°01'	1 759.8
枯娄 Kulou	108°08'	22°05'	1 436.1
那板 Naban	108°00'	22°08'	1 229.9
那何 Nahe	108°01'	22°13'	1 349.9
米强 Miqiang	107°42'	21°50'	2 055.6
平福 Pingfu	107°44'	22°00'	1 264.6
那楠 Nanan	107°29'	21°56'	1 500.6
峙浪 Shilang	107°10'	21°55'	1 306.3

的产流规律亦相似，洪水起涨、洪峰水位出现时间极为相近，以致有明江发洪，谅山河也发洪的水文区域自然规律，详见表5。

3 编制预报方案

根据以上明江流域产生暴雨，左江流域国外部分必然亦产生暴雨以及明江发生洪水，谅山河、左江河也必然发生洪水的产流规律。利用我国上游边境雨及邻域水情制作了三套经验预报方案，每套方案由相关公式和相关图组成；根据文献[2]水口、平而—龙州的水位相关公式是：

$$(1) Zm_{\text{平而}} = f(\bar{P}_{\text{边境}} \cdot Z_{\text{平而起涨}})$$

$$(2) Zm_{\text{水口}} = f(\bar{P}_{\text{边境}} \cdot Z_{\text{水口起涨}})$$

Zm —— 洪峰水位

\bar{P} —— 上游边境雨量站次暴雨平均雨量

$Z_{\text{起}}$ —— 起涨水位

$$(3) Zm_{\text{龙州}} = f(Z_{\text{宁明预}} \cdot Zm_{\text{水口预}} \cdot P_{\text{龙州}})$$

$Zm_{\text{龙州}}$ —— 洪峰水位

$Zm_{\text{宁明预}}$ —— 洪峰预报值

$Zm_{\text{水口预}}$ —— 洪峰预报值

$P_{\text{龙州}}$ —— 起涨前的降雨量

(编制相关图的资料及相关图从略)

当台风或低压槽在南太平洋形成，并在本流域产生暴雨后，即用1、2方案报出边境两关口的洪峰水位供内部掌握。待收到宁明站的预报后，再与 $Zm_{\text{龙州}} = f(Z_{\text{宁明预}} \cdot Zm_{\text{水口预}} \cdot P_{\text{龙州}})$ 及 $Zm_{\text{龙州}} = f(Z_{\text{平而预}} \cdot Zm_{\text{水口预}})$ 预报值综合分析，确定龙州站的洪峰水位预报值。

4 特殊天气造成的特殊洪水要进行订正预报

上述预报方案在一般情况下，预报准确率是比较高的，但也受各种特殊因素的制约。(1) 受地理位置限制，登陆台风路径稍微偏左偏右，便使明江流域和平而河流域的雨量相差很大。加上边境线上的雨量站通讯设备不完善，情报不完全，有时甚至收不到情报，所以往往在关键时候以上第1、第2方案发挥不了作用；(2) 虽然有明江发洪，左江必定也发洪的自然规律，但两河仅是平行而流而已，没有上、下站的相应关系。因此，第3个方案也存在着一一定的偶然性误差。

为了提高预报准确率，利用洪水情性原理建立以涨水段最大涨率及拐点水位(最大涨率出现时水位)为参数的起涨水位与洪峰水位相关的平而、水口、龙州三站的单站预报方案。对发布了的预报值进行实时

表5 龙州、平而、宁明站洪水时间*

Table 5 Flood time of Longzhou, Ping'er and Ningming*

洪水日期 Flood date	起涨时间 Time of start to rise (d-h)			洪峰时间 Flood peak time (d-h)		
	宁明站 Ningming	平而站 Ping'er	龙州站 Longzhou	宁明站 Ningming	平而站 Ping'er	龙州站 Longzhou
1955-09-29	26-08		26-14	28-20		28-20
1958-09-14	12-14		12-20	14-09		14-08
1966-07-28	27-02	26-23	27-00	28-08	28-05	28-13
1968-08-11	07-14	07-05	07-14	11-21 : 30	11-07	11-16
1968-08-15	13-11	13-18	14-03	16-02	15-15	16-00
1968-09-12	09-02	08-20	09-05	12-12	12-07	12-16
1969-08-13	11-20	11-14	11-20	13-14	13-05	13-20
1971-07-25	23-05	23-08	23-09	25-11	24-21	25-07
1971-08-20	17-02	16-20	17-00	20-08	19-20	20-03 : 30
1971-07-15	13-08	12-20	13-02	15-10	15-06	15-12 : 30
1972-08-30	29-02	29-02	29-01	30-11	30-09	30-16
1972-09-04	02-17	01-23	02-01	04-09	04-13	04-19 : 30
1974-06-15	14-06	14-08	14-08	16-03	15-13	15-21
1975-09-02	30-14**	30-05**	30-05**	02-08	01-22	02-11
1978-05-18	15-20	16-08	16-08	18-20	18-11	18-15 : 30
1979-05-16	14-08	14-08	14-20	16-20	16-07	16-9 : 30
1979-08-26	24-10	24-14	24-15	25-23	25-23	26-05
1980-06-30	28-20	29-08	29-08	30-10	30-08	30-15
1980-07-25	23-11	23-20	23-20	25-17	24-22	25-12
1982-05-07	06-05	06-08	06-08	07-14	07-15	07-20
1984-06-27	26-00	26-08	26-08	27-07 : 30	27-15	27-20
1986-07-25	21-22	22-08	22-17	24-15	24-10	25-01 : 30

* 表内选用的均是建国以来警戒水位以上洪水 All floods were above on warning water level and appeared after 1949.

** 8月, August.

校正。其相关公式是： $Zm_{龙州} = f[Z_{起龙州} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t_m} \cdot Zt]$ ，

相关图形见图3，这样就解决了上述预报之欠缺，效果是比较理想的。

5 方案的预报作业效果

以上方案自1970年试编后，经历10多年的不断补充、订正和使用，收到了良好的效果。一般能在洪水起涨前或稍起涨后便可发布洪峰预报。中洪以上洪峰出现8次，预报8次全部合格。预见期内水位变幅为总涨幅的80%左右，平均准确率为75%，平均预见期达32h，占总涨洪历时82%以上（详见表6）。在1986年7月特大洪水中，这些方案成功地报准了特大洪峰水位。为当地及下游争得了宝贵的防洪抢险时间。7月23日5时利用1~3方案初报龙州站122m的大洪水，待最大涨率出现后，于23日20时利用单站预报方案报出125m的特大洪水，（实际出现为125.89m）预见期内变幅分别为11.23m和5.5m，有效预期分别为44.5h和29.5h，平均准确率为76.3%。解决了左江龙州上游没有水文情报

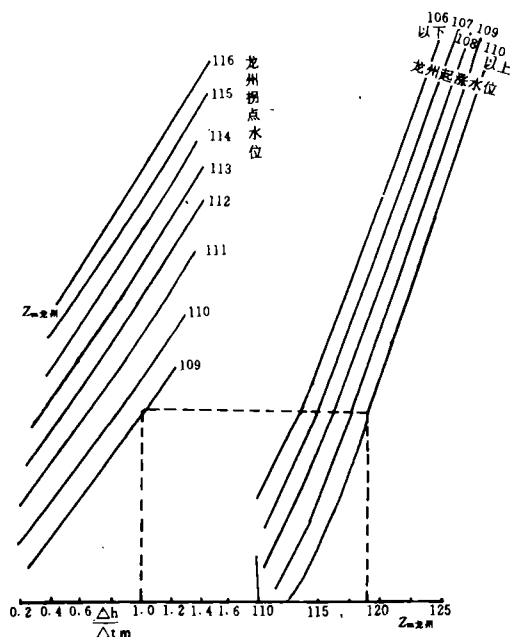


图3 $Zm_{龙州} = f[Z_{起龙州} \cdot (\frac{\Delta h}{\Delta t})_m \cdot Zt]$ 方案示意图

Fig. 3 Sketch of $Zm_{龙州} = f[Z_{起龙州} \cdot (\frac{\Delta h}{\Delta t})_m \cdot Zt]$ scheme

表 6 龙州站洪峰作业预报登记表

Table 6 Record of flood peak forecast from Longzhou station

发布时间 Broadcast time	预报值 Forecast		实测值 Measure		预见期内 水位变幅 Stage fluctuation during forecast period (m)	洪水 总涨幅 Total fluctuation of flood (m)	发预报 时水位 Stage at broad cast time (m)	预 报 准确率 Forecast accuracy (%)	有 效 预见期 Useful forecast period (h)	起涨 Start to rise	
	出现时间 Peak time d-h	水 位 Stage (m)	出现时间 Peak time d-h : min	水 位 Stage (m)						时间 time d-h	水 位 Stage (m)
1971-07-23-20	24-23	119.50	25-07 : 00	120.32	11.08	13.42	108.42	82.6	35.0	23-09	106.9
1971-08-29-20	30-12	116.00	30-16 : 0	116.68	6.68	9.20	109.32	73.9	20.0	29-08	107.4
1975-09-31-20	02-02	115.80	02-01 : 01	116.24	6.58	8.82	109.28	74.6	39.0	31-06	107.4
1978-05-17-05	18-08	116.00	18-16 : 00	116.83	7.24	9.41	108.76	76.9	35.0	16-11	106.0
1980-07-24-05	25-08	120.00	25-12 : 00	120.21	7.24	9.91	112.76	73.1	31.0	23-20	110.30
1985-09-11-22	12-20	117.50	13-03 : 00	118.17	5.25	7.88	112.25	66.6	29.0	11-4	110.2
1986-07-23-05	24-12	122.00	25-01 : 30	125.89	11.23	16.93	110.77	66.3	44.5	22-17	108.9
1986-07-23-20	24-13	125.00	25-01 : 30	125.89	5.55	6.44	119.45	86.2	29.5	22-17	108.9

的预报难题。以上预报方案的创立，开创了探讨上游无情报提供的洪水预报科研的良好开端，特别是中小流域，除了可借用毗邻流域的水文，雨量资料进行本河段预报外，尚可以直接应用本站的实测水位、流量、雨量资料进行本站洪峰的预报尝试，解决上游无情报的困难。

《上游无情报的水文预报技术》被江苏扬州水利专科学校李慧珑教授称为“教科书没有的、行之有效

的方法”

参考文献

- 1 扬振怀等. 中国水利百科全书. 北京: 水利电力出版社, 1990. 12.
- 2 华东水利学院水文系编. 水文预报. 中国工业出版社, 1962. 8.

(责任编辑: 邓大玉 蒋汉明)

(上接第 18 页 Continue from page 18)

$$\begin{aligned}
 & v \cdot \text{tr} [(RSS)^{-1} (RSS_0 - RSS)] \\
 &= v \cdot \text{tr} (RSS)^{-1} (\hat{B}_i - B_0^{(0)})' Q (\hat{B}_i - B_0^{(0)}) \\
 &\leq v \cdot \text{tr} (RSS)^{-1} (\hat{B}_0 - B_0^{(0)})' Q (\hat{B}_i - B_0^{(0)}) \\
 &\quad + (B_0^{(0)} - H)' Q (B_0 - H)] \\
 &= v \cdot \text{tr} (RSS)^{-1} (\hat{B}_i - H)' Q (\hat{B}_i - H) \\
 &\leq r_a(t, n-t-1, q)
 \end{aligned}$$

故 (ii) 成立

(ii) ⇔ (iii) 由 Cp 的定义直接得到 P 合宜与 Cp 的关系

定理的意义在于 (i) ⇔ (ii)，因为 (i) 的含义在于“在置信椭圆 S_a 中包含了一个形如 $(B_0' \quad 0)'$

的矩阵”，表明从参数 B_t 的区域估计的观点看，“弃后 r 个自变量”与数据是相容（当然在所给的置信系数下），(i) 与 (iii) 的等价性正是把这个事实归于 C_p 的计算，因此，选择 P ，首先应注意满足 $C_p \leq (2p - t - 1)q + r_a(t, n-t-1, q)$ 的子集。

参考文献

- 1 Mallows C L. Some Commerts on C_p . Thehnometrics, 1964, 15: 661~675.
- 2 周婉枝. C_p 统计量. 广西大学学报, 1995, 20 (3): 291~294.

(责任编辑: 莫鼎新 邓大玉)