

对推理公式计算洪峰流量的探讨

应 凯¹,周 斌²

(1. 江西省南昌市水利规划设计院,江西 南昌 330009;2. 广东省汕尾市水利水电规划设计院,广东 汕尾 516600)

摘 要:推理公式是无资料地区计算设计洪水的一种重要方法,运用广泛.图解法和迭代法是推理公式计算洪峰的两种常见方法,通过两种方法的对比,补充了部分汇流条件的常规迭代法公式,提出了一种适合计算机计算的通用图解迭代算法,可供广大设计同行参考.

关键词:洪水;推理公式;洪峰;图解法;迭代法

中图分类号:TV122+.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2016)04-0273-04

0 引 言

推理公式是由陈家琦^[1]等人于1958年提出的适合我国小流域暴雨洪水计算的一种简化方法。20世纪80年代水电部全国暴雨洪水办公室组织编制暴雨图集,各省相继率定了推理公式的参数,大大推动了推理公式法的广泛应用。21世纪初,全国雨洪办又组织对暴雨图集进行修订,部分省份的推理公式参数又在更长资料系列的基础上重新率定,使计算精度进一步得到提高。

1 推理公式的基本原理

洪峰流量出现在汇流时间的平均雨强与汇流面积的乘积最大的时刻,洪峰流量可用下式表述^[2]:

$$Q_m = K(\bar{i} - \bar{f})\varphi F \quad (1)$$

式中: K 为单位换算系数; \bar{i} 为平均降雨强度, mm/h; \bar{f} 为平均下渗强度, mm/h; φ 为共时径流面积系数, $\varphi = \frac{F_c}{F}$; F_c 为共时径流面积, km²; F 为流域面积, km²。

当 $t_c > \tau$ 时为全面汇流,造峰面积为全流域,此时式(1)可进一步写成:

$$Q_m = 0.278 \frac{h_\tau F}{\tau} \quad (2)$$

式中: τ 为流域汇流历时, h; h_τ 为相应于 τ 时段的最大净雨, mm。

当 $t_c \leq \tau$ 时为部分汇流,造峰面积为部分面积,此时式(1)可进一步写成:

$$Q_m = 0.278 \frac{h_R F_c}{t_c} \quad (3)$$

式中: h_R 为单一洪峰的最大净雨, mm; t_c 为净雨历时, h。

对于一般流域, F_c 和 t_c 的关系无法检验,为此,可假定^[3]:

$$\frac{F_c}{t_c} \approx \frac{F}{\tau} \quad (4)$$

将式(4)代入式(3),式(3)可写成:

$$Q_m = 0.278 \frac{h_R F}{\tau} \quad (5)$$

式(2)~(5)式的汇流时间 τ 可用下式^[3]计算:

$$\tau = 0.278 \frac{L}{mJ^{1/3}Q_m^{1/4}} \quad (6)$$

式中: m 为汇流参数; L 为主河长, m; J 为河道加权平均坡降, ‰。

通过式(2)或式(5)与式(6)联解,可求解出洪峰

流量 Q_m 。

引入暴雨递减指数^[3],可得任意时段的暴雨插值公式:

$$H_\tau = H_a \left(\frac{\tau}{a}\right)^{1-n_{a,b}} \quad (7)$$

式中: H_τ 为 τ 时段的总降雨; H_a 为 a 时段的总降雨; $n_{a,b}$ 为 a, b 时段的暴雨递减指数。

推理公式在浙江、江西、湖南、四川、贵州、广西、广东等^[4-11]南方省份均有应用,其中明确区分全面汇流和部分汇流的仅有四川、广西两省,浙江、江西、湖南、贵州、广东等省的推理公式法的算法中未区分全面汇流和部分汇流。

2 推理公式计算最大洪峰的图解法和迭代法

2.1 图解法和迭代法基本方法

推理公式最大洪峰流量的计算方法大致可分为图解法和迭代法两种类型。图解法是计算出净雨过程后,累积计算各时段最大净雨量,分别绘出式(2)和式(6)两条 $Q_m \sim \tau$ 曲线,读取交点,江西、湖南、广西、广东等省推荐使用该法。迭代法则根据暴雨递减指数计算 τ 时段的总暴雨量 H_τ ,再扣减总下渗量作为总净雨量 h_τ ,代入式(2)求 Q_m ,所得的 Q_m 再代入式(6)求到 τ ,如果计算得到的 τ 与初始值误差不大,则 Q_m 为迭代终值,否则继续进行下一轮迭代。浙江和广东的推理公式程序使用该法,四川主要使用理论法,迭代法也能适用。贵州推理公式法进行了一些简化,洪峰 Q_m 可直接求解。

图解法需事先求出净雨过程,并累积计算出各时段的最大净雨量。江西、湖南、广西、广东等省的图解法,当 $t_c > \tau$ 时,符合式(2);当 $t_c \leq \tau$ 时,最大净雨量取总净雨,符合式(5)。虽然部分省份的推理公式未对全面汇流和部分汇流区分,但是图解法却能自动适用于全面汇流和部分汇流两种情况。

对于迭代法情况则比较复杂。式(7)代入式(2),即可得到浙江、广东目前使用的推理公式最大洪峰的计算公式^[4,10]:

$$Q_m = 0.278 \frac{H_a \left(\frac{\tau}{a}\right)^{1-n_{a,b}} - \mu \cdot \tau}{\tau} F \quad (8)$$

式中: μ 为稳定下渗强度, mm/h。

对于全面汇流,式(8)应用并没有问题,但对于部分汇流情况, $H_a \left(\frac{\tau}{a}\right)^{1-n_{a,b}} - \mu \cdot \tau$ 计算的净雨多扣除了下渗雨量,使洪峰计算成果偏小,式(8)中是不适用于部分汇流情况的。

2.2 部分汇流条件下迭代法的局部改进

对(7)式求导,有:

$$\frac{dH_\tau}{d\tau} = \frac{(1-n_{a,b}) \cdot H_a}{a} \left(\frac{\tau}{a}\right)^{-n_{a,b}} \quad (9)$$

当 $\frac{dH_\tau}{d\tau} > \mu$ 时,随着时间的增加,当总降雨量的增

量大于下渗量的增量,为全面汇流($t_c > \tau$);当 $\frac{dH_\tau}{d\tau} \leq \mu$

时,随着时间的增加,当总降雨量的增量小于下渗量的

增量,为部分汇流($t_c \leq \tau$)。最大净雨历时 t_c 满足 $\frac{dH_\tau}{d\tau}$

$= \mu$,于是有:

$$t_c = a \left(\frac{a \cdot \mu}{(1-n_{a,b}) \cdot H_a}\right)^{-\frac{1}{n_{a,b}}} \quad (10)$$

根据式(5),有部分汇流条件下推理公式最大洪峰的计算公式:

$$Q_m = 0.278 \frac{H_a \left(\frac{t_c}{a}\right)^{1-n_{a,b}} - \mu \cdot t_c}{\tau} F \quad (11)$$

迭代法也是可以适用于全面汇流和局部汇流两种情况的。修正后,浙江、广东推理公式洪峰求解的迭代法也能适用部分汇流。

2.3 部分汇流条件下迭代法的算例

广东沿海某滨海流域,集雨面积 295 km²,坡降 2.7‰,主河长 39.56 km,5 年一遇 6 h 面暴雨 136.4 mm,24 h 面暴雨 213.9 mm,稳定下渗强度 3.8 mm/h,流域属低丘平原区,汇流参数 $m = 0.8$ 。

采用式(10),净雨总历时 $t_c = 16.03$ h;用式(11)和式(6)迭代计算,汇流时间 $\tau = 20.91$ h、洪峰流量 $Q_m = 497$ m³/s。如误用式(8)和式(6)迭代计算,则会得到汇流时间 $\tau = 21.0$ h、 $Q_m = 488$ m³/s 的错误结果,洪峰略偏小。

3 图解法和迭代法的转换

图解法适应力强,概念简洁,适合手算,几乎所有省份的推理公式洪峰流量计算均可采用图解法;迭代法编程简洁,适合电算。

用式(8)或式(11)和式(6)迭代联解推理公式的洪峰流量,有严格的条件限制。式(8)或式(11)仅适用于下渗强度稳定不变、降雨过程完全符合式(7),使迭代法的应用受到了严格的限制。广西暴雨洪水采用了初损后损法,使得迭代解仅适用成洪历时 τ 前、后的净雨均大于 0 时^[11];江西、湖南的暴雨过程采用了固定比例,使式(7)无法严格成立,也不能正常运用迭代法。

3.1 插值函数迭代法

为方便电算求解,可用式(2)和式(3)计算不同汇流时间的流量,选择通用插值函数来替代式(8)或式(11),从而使迭代法仍可继续使用。为防止超拟合现象的发生,插值函数的次数不宜过高,选用四节点的 Lagrange 插值多项式^[12]:

$$Q_m = \sum_{k=0}^3 Q_k l_k(\tau) \quad (12)$$

$$l_k(t) = \frac{(\tau - t_0) \cdots (\tau - t_3)}{(t_k - t_0) \cdots (t_k - t_3)} \quad (k = 0, 1, \dots, 3) \quad (13)$$

在初步判定解区间后,可在解区间附近合理选择插值点,即可用式(12)和式(6)迭代求解。

3.2 插值函数迭代法算例

援引《江西省暴雨洪水查算手册》4.2.2.2 节的算例^[5]。该流域面积为 16.3km²,主河长 5.35km,加权平均坡降 18‰,汇流参数 $m = 0.352$ 。用式(2)计算的 $\tau \sim Q_m$ 关系摘录见表 1。

表 1 $\tau \sim Q_m$ 关系曲线摘录表

τ/h	3	4	5	6
$Q_m/(m^3/s)$	230	186	159	140

采用初始 $\tau = 3 h$ 开始迭代,迭代过程见表 2。

经 5 次迭代,迭代解答精度已充分。《江西省暴雨洪水查算手册》给出的图解为 $\tau = 4.4 h, Q_m = 174 m^3/s$,基本一致。

表 2 Q_m 迭代过程表

迭代次数	迭代初始 τ/h	(12)式计算得 $Q_m/(m^3/s)$	(6)式计算得 τ/h
1	3	230	4.140
2	4.140	181.403	4.393
3	4.393	173.857	4.440
4	4.440	172.558	4.448
5	4.448	172.330	4.450

4 结 语

推理公式是无资料地区计算设计洪水的一种重要方法,运用广泛。图解法和迭代法是计算推理公式洪峰流量的两种常见方法,通过两种方法的对比,补充了迭代法的部分汇流公式,并提出了一种适合计算机计算的通用图解迭代算法,可供广大设计同行参考。

参考文献:

[1] 叶守泽,许静仪,王祥三,等. 水文水利计算[M]. 北京:中国水利水电出版社,1992.
 [2] 郭一兵,吴正平,等. 水利水电工程设计洪水计算手册[M]. 北京:中国水利水电出版社,1995.
 [3] 钮泽宸,徐仁斌,张佩琳,等. 浙江水电院推理公式法[R]. 杭州:浙江省水利水电勘测设计院,1998.
 [4] 胡琳琳,王良,苏玉杰. 浙江省推理公式计算方法的改进[J]. 浙江水利科技,2009(2):4~5,7.
 [5] 江西省水文局. 江西省暴雨洪水查算手册[R]. 南昌:江西省水文局,2010.
 [6] 湖南省水利厅. 湖南省暴雨洪水查算手册[R]. 长沙:湖南省水利厅,1984.
 [7] 四川省水利电力厅. 四川省中小流域暴雨洪水计算手册[R]. 成都:四川省水利电力厅,1984.
 [8] 贵州省水利厅. 贵州省暴雨洪水计算实用手册[R]. 贵阳:贵州省水利厅,1984.
 [9] 广西壮族自治区水文总站. 广西壮族自治区暴雨径流查算图表[R]. 南宁:广西壮族自治区水文总站,1984.
 [10] 广东省水文总站. 广东省暴雨径流查算图表使用手册[R]. 广州:广东省水文总站,1991.
 [11] 周斌,赵正鹏. 广西暴雨洪水计算的局部优化探讨[J]. 人民珠江,2015,36(5):55-57.
 [12] 李庆扬,王能超,易大义. 数值分析[M]. 武汉:华中科技大学出版社,1986.

编辑:张绍付

Discussion on the calculation of peak discharge by reasoning formula

YING Kai, ZHOU Bin

(1. Nanchang Municipal Institute of Water Resources Planning and Designing of Jiangxi Province, Nanchang 330009, China; 2. Shanwei Institute of Water Resources and Hydropower Planning and Designing of Guangdong Province, Shanwei 516600, China)

Abstract: Reasoning formula is an important way to calculate the designed flood in region without data and it's widely used. Graphical method and iterative method are the two common ways in reasoning formula to calculate the flood peak. Through the comparison between two methods, some conventional iterative formula about flow conditions is supplemented and a general graphic iteration algorithm which is suitable for computation is brought forward, providing references for design peers.

Key words: The flood; Reasoning formula; Flood peak; Graphical method; Iterative method

翻译: 邹晨阳

江西省水利厅举办 2016 年农田水利建设管理培训班

2016年8月9日,江西省水利厅在南昌举办全省2016年农田水利建设管理培训班,江西省水利厅杨丕龙副厅长出席开班仪式并讲话。

在我省防汛抗洪工作取得关键性胜利后,为迅速掀起全省灾后水利建设高潮,顺利推进我省农田水利工程项目建设,提高农水管理部门项目管理能力与水平,谋划2017年度农田水利项目县竞争立项工作,我省及时举办了这次培训班。

杨丕龙副厅长在讲话中对2017年对小农水项目建设、项目区选择及本次培训分别提出了三个要求。一是在项目管理上继续“三个坚持”,即:继续坚持高位推动农田水利建设;继续坚持竞争立项申报项目;继续坚持财水联动,财政和水利部门共同做好小农水工作;二是在实施方案上要突出“三个结合”,即:突出与脱贫攻坚相结合;突出与高效节水灌溉发展相结合;突出与重点山塘整治相结合;三是在培训管理上寄予“三个希望”,即:希望认真遵守培训的各项目规章制度,静下心来记、听,沉下心来思考;希望大家通过培训学有所有、学有所用;希望大家持之以恒的做好小农水项目和农田水利建设项目。

为使培训内容高效、丰富,本次培训班内容较丰富,解读了《农田水利条例》、《江西省农田水利条例》,解读江西省2017年小农水项目县竞争立项指南,2017年全省农田水利建设目标与重点通报了2015年度省对县小农水重点县建设绩效考评情况、部署了2016年新增中央财政农田水利项目县竞争立项工作,同时,会议还安排瑞昌市、峡江县、南丰县、新干县就小农水项目县管理、重点山塘整治、高效节水灌溉、小农水改革等方面作了典型发言,交流了小农水的工作亮点和经验。下午会议还就农田水利建设管理和竞争立项等工作开展了现场答疑、咨询,进一步帮助各地理解、贯彻会议内容。

各设区市水利(水务)局农水科负责人,各县(市、区)水利(水务)局分管副局长、农水股长,省灌排中心、省灌溉试验中心站有关人员近260余人参加培训。

(江西省水利厅农村水利处 黄 韬)