

洪涝风险图的编制与应用

——以太湖流域湖西区为例

高俊峰 孙顺才

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要 洪涝风险图的编制,是洪涝平原管理中的一项重要内容,对洪涝平原生产布局 and 人类经济活动具有指导作用。本文介绍了一种洪涝风险图的编制方法。首先概化平原内河网,用明渠一维非恒定流模拟水流运动,得到各地的水位和流量,比较水位和数学地形模型(DEM)的高程,将水位高过DEM的地方划为洪涝危险区。本文以太湖流域湖西区为例作出洪涝风险图,并且介绍了洪涝风险图在国民经济部门的应用。

关键词 洪涝风险 地图编制 太湖湖西区

洪水的形成和发展,受气象、水文、地貌、土壤、植被和人类经济活动等许多因素的影响,洪涝灾害的空间结构、持续时间、动态过程、危害程度及其对生态环境的潜在长远影响极其复杂,因此,防洪减灾是一项系统工程。随着信息时代的到来,人们越来越认识到科学的决策必须首先依靠决策的科学。其中重要的步骤就是快速、准确不断地获得决策信息以及建立有效的处理系统,包括各种模型和图形。

对于洪涝灾害,人们总是希望知道自己所在区域是否安全,或者发生多么大的洪水时可能产生洪涝灾害。洪涝分布图则是不久前出现的一种自然灾害的表示方式^[1]。然而目前对它的编制方法和险区划分,危险分级还没有一个统一的标准。另外,不同的地区各有不同的洪水发生、发展的形式,给洪涝风险图的编制带来了困难。本文介绍一种洪涝风险图的编制方法(图1)。

本文所述洪涝风险区的概念,是指一次暴雨后哪些地方可能发生洪涝灾害。当然,洪涝风险图中应有洪涝风险度的表示,即某次暴雨后可能淹没深度和淹没时间。这在一般的地区比较容易做到,但太湖流域,地势低洼、平坦、河网交错密布、圩子众多,加上湖西区特殊的地形和日益加剧的人为影响,暴雨洪水时,一方面有破圩情况出现,一旦破圩,整个河网水力特性都将改变,目前水文模型还无法做到这一点;另一方面圩内排水是一个动态的过程,即使抽排水能不足,部分雨水被迫蓄在圩内,但一有机会洪水即可排出,很难确定圩内淹没水深和淹没时间。所以本文洪涝风险区只是表示具有发生洪水的可能。

湖西区地处太湖流域西部,面积 7269km²,隶属镇江、常州、无锡三市,历来是洪涝的重灾区,如 1991 年、1954 年的特大洪涝灾害^[2,3]。因此,研究湖西区的洪涝风险图的编制,对整

收稿日期:1993年9月6日;接受日期:1995年1月3日。

作者简介:高俊峰,男,1967年生,助理研究员。1992年中国科学院南京地理与湖泊研究所硕士毕业。主要从事环境减灾、地理信息系统研究。合著有《太湖地区水面蒸发》和发表“太湖地区圩区分类及洪涝分析”等论文。

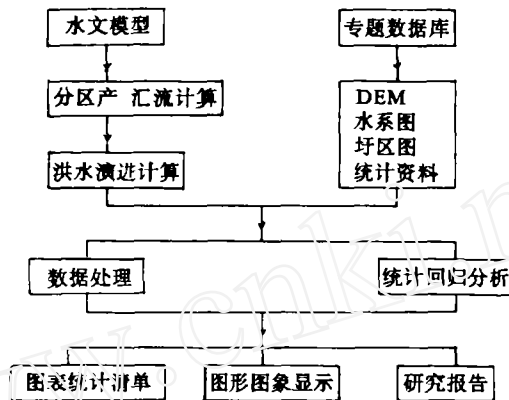


图1 工作流程略图

Fig. 1 Working process

个太湖流域洪涝风险图的编制起到典型试验区的作用。湖西区地形复杂,西界和南界均为山地,沿江地势高亢,区内丘陵、平原相间。洮湖、涌湖以南和洮湖西部是两个低洼区,山区来水可直泄入平原。

1 洪涝风险图的编制

1.1 水文模型

1.1.1 分区产、汇流计算 产流过程是降雨经过蒸发、截流、下渗、填洼等作用后变成“净雨”的过程,不同的下垫面有不同的产流规律。在太湖地区,将下垫面分成三类:水面、水田、旱地及非耕地,分别计算三种下垫面的产流量,再以水面、水田、旱地和非耕地三者所占面积比例,求出各雨区的产流过程^[4]。

汇流过程分山区和平原区两种不同地形分别计算。山区汇流考虑到山区水库的水量调度,用瞬时单位线分片推求山区出口断面处的流量过程。平原区汇流采用日净雨量三天内按50%、30%、20%比例汇入河网。平原圩区汇流,考虑到排涝模数,分片用加权排涝模数,将超过排涝模数的部分蓄在圩内,等待排出。平原区的汇流过程作为圩外河网的旁侧入流过程。

1.1.2 洪水演进计算 径流汇入河网后,采用一维非恒定流模拟。基本方程如下:

$$\text{连续方程: } \frac{\partial Q}{\partial x} + B_r \frac{\partial Z}{\partial x} = q \quad (1)$$

$$\text{动力方程: } \frac{\partial Q}{\partial x} + 2u \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} - Bu^2 \frac{\partial Z}{\partial x} + gA \cdot \frac{\partial Z}{\partial x} - u^2 \frac{\partial A}{\partial x} \Big|_x + gA \cdot \frac{Q|Q|}{R^2} = 0 \quad (2)$$

式中, Q 为断面流量(m^3/s); Z 为断面水位(m); x, t 为自变量; A, u, R 分别为过水河道断面面积(m^2)、平均流速(m/s)、水力半径; $B_r = B + (\alpha + \beta Z)W$, B 为主河道泄流断面河宽, α, β 为调蓄系数, $\frac{\partial A}{\partial x} \Big|_x$ 表示同一水位时,过水面积随距离的变化率; q 表示单位河长均匀旁侧入流,即 $q = p * W / 86400$; p 为逐日净雨深(m); W 为陆域宽(汇水面积与围绕汇水面积的河道总长度之比)。

对河网中每一条单一河道都可以用以上方程进行模拟,联立求解即可得出所求未知量。上面方程没有解析解,本文采用四点线性隐式差分格式对其离散求解,差分网格见图 2,差分格式如下:

$$f(x, t) = \frac{f_i^j + f_{i+1}^j}{2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \theta \frac{f_{i+1}^{j+1} - f_i^{j+1}}{\Delta x_i} + (1 - \theta) \frac{f_{i+1}^j - f_i^j}{\Delta x_i} \quad (4)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f_i^{j+1} - f_i^j + f_{i+1}^{j+1} - f_{i+1}^j}{2\Delta t} \quad (5)$$

式中 θ 为权重系数; $f(x, t)$ 为变量,可代表流量、水位、河宽等。

用(3)~(5)式将(1)、(2)式离散后,得到(1)和(2)的差分方程。把有边界条件的河道称“外河道”,河与河之间交接处称为节点,而任一首末断面均为节点的河流称为“内河道”。分别对外河道及内河道列出河流方程式,然后列出节点方程,求出节点水位、流量。具体解法见参考文献[5~7]。

边界条件及方程运作方式均做如下处理:山区采用如前所述瞬时单位线法得到出山口流量过程;沿江潮位采用长江实测潮位按单位线拟合得整点潮位;其他边界采用实测水位过程。

通过演算,可以得到河网各节点在计算时段内的流量、流速和水位。

1.2 专题数据库

水系图、圩区图和 DEM(数字地形模型)是在 ARC/INFO 和 IDRISI 软件支持下,用手扶数字化仪输入计算机。其中圩区图输入前,先将圩用聚类分析法分类,然后分别输入计算机。平原区以 0.5m 的等高线间距,山区以 10~50m 等高线间距输入 1:20 万地形图。水系图与圩区图的输入,采用 1:20 万比例尺,以便于图形匹配。

1.3 洪涝风险图的编制

将水文模型计算所得水位与 DEM 比较,当水位高于 DEM 高程时,则位于河道两侧的地面将会受淹,成为洪涝风险区。圩区由于有圩堤保护,要用计算水位与圩堤高程相比,当水们高于圩堤时,圩内受淹,成为洪涝风险区;汛期圩外水位高于圩内田面,圩内的渍水只能通过抽水排出圩外,当抽排动力不足时,圩内也会受涝,成为洪涝风险区。以此为根据做出湖西区洪涝风险图(图 3),图中水位采用三日平均最高水位。一方面考虑到水稻田各生长期的特点,另一方面考虑到人工加固险工险段的可能。降雨过程选 1954 年 5~7 月,地面条件、河道、涵闸、圩堤、抽排能力等用现状条件。计算得湖西区洪涝风险面积 531.6km²,占湖西区总面积的 7.3%。同时,1954 年洪水在现状条件下,水位将比 1954 年实测水位抬高,增高幅度

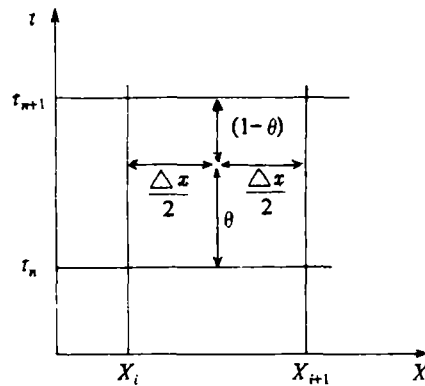


图 2 差分格式
Fig. 2 Difference grid

在 0~50cm 之间,大部分增高 20~30cm。水位增高的主要原因有二:一是建国以来对湖荡的围垦减少了水面积,水量调蓄能力相对降低;二是圩内抽排水动力大量增加,缩短了圩内降雨汇流历时,一次暴雨后,产流迅速汇入河网。

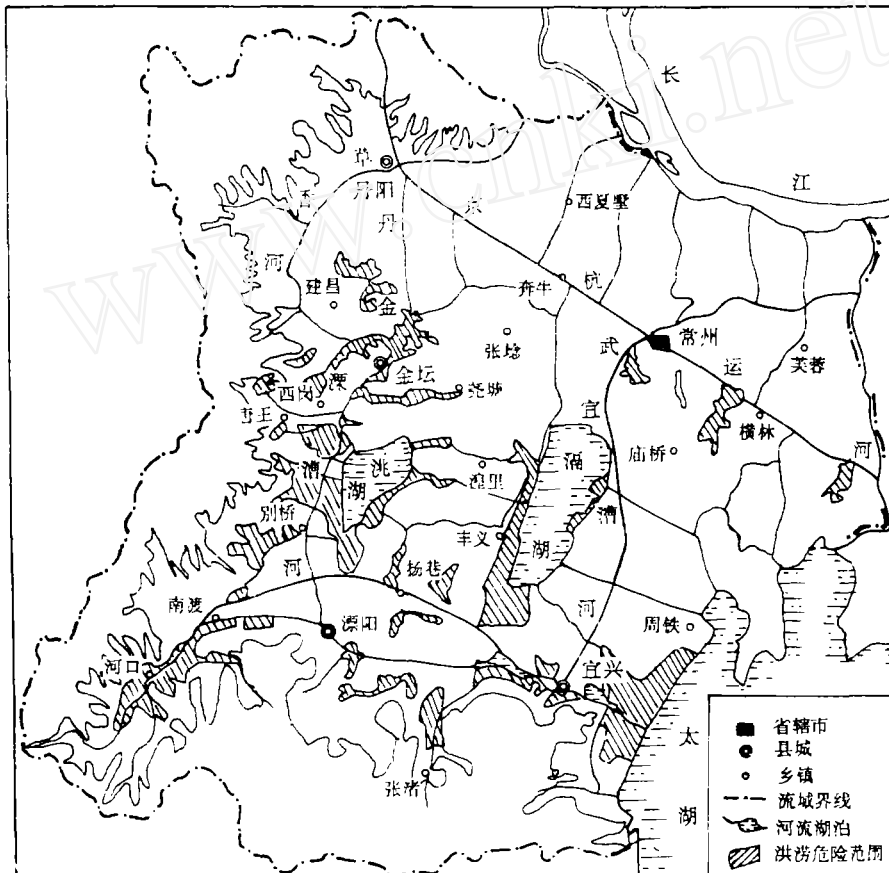


图 3 湖西区洪涝风险图

Fig. 3 Flood risk map of the west basin of Taihu Lake

2 洪涝风险图的应用

2.1 洪涝形势分析

1954 年型洪水,5~7 月洮、溇湖以南平原承接山区来水 $13.02 \times 10^8 \text{m}^3$,再加上本地区 $7.3 \times 10^8 \text{m}^3$,共有 $20.32 \times 10^8 \text{m}^3$ 产水。而排水出路只有两条:一是向北排入洮湖和溇湖,二是向东排入太湖。但是平原内河道比降太小,一般只有十万分之一、二。水流运动十分缓慢,迫使洪水蓄在洼地内,造成洪涝危害。洮湖西北的洼地也因排水不畅使洪水蓄在区内,抬高河湖水水位,造成洪涝危害。洮湖和溇湖周边的漫滩平原,也会因降雨使湖水水位猛涨而受涝。

洮湖、溇湖以南洼地内建圩的地区,虽然其地势很低,但圩堤一般抗御洪涝标准较高,

故不会受涝。山边的一些半高地,会因内外水的夹击而受涝,近年圩区排涝标准在提高,汛期圩内涝水可通过抽排或电排迅速排到圩外,圩外河网水位猛涨,使地势高的半高地受涝成灾。

洪涝集中的金坛、溧阳、宜兴三县市,洪涝风险区占三县市总面积的 11.8%,占耕地面积的 25.3%。

2.2 评估洪涝灾害的经济损失

根据洪水演算可以得出洪涝的淹没水深和淹没持续时间,通过典型调查,找出淹没水深和各产业洪涝损失的关系,用实际发生的洪涝损失额进行验证和修正,并考虑经济增长和部门发展,分不同部门(如工业、农业、交通、电力、邮电、商业等)归纳淹没水深和洪涝损失之间的关系。在此基础上,根据洪涝风险图提供的洪涝风险范围并结合淹没水深,可以计算出洪涝损失。

2.3 根据不同的洪涝危险程度定地产价格和洪灾投保金额

地产价格和洪灾保险定额应根据洪涝风险的大小制定。洪涝风险越大的地区,地产价格越低,而洪灾保险金额越高。这样会使地产价格和保险金额更趋合理。

2.4 提供决策依据

对洪涝险区的预报,可以事先采取防范措施,加强抗洪涝的工程设施,在居民避难方案上,考虑利弊、损失大小、提供最佳方案。

2.5 指导工农业生产布局

工厂、居民点尽量不布置在洪涝危险区内,否则,一旦发生洪灾,损失巨大。危险区内的农作物,要选高秆、耐淹的品种。对于已在危险区内的产业,应充分考虑到洪涝的危险性,实施搬迁或建筑够标准的防洪设施。

2.6 专题图象应用

DEM 不仅能现实地表示湖西区三维地形属性,还可与其他图象迭合,派生出许多有用的图象及数据。例如进行山坡坡度、坡向分析、流域划分、统计受灾面积、确定洪水流向、动态模拟洪水演进、确定两点间距离以实施最佳避难方案等等。这对洪涝分析和防灾减灾都是相当有用的。

参 考 文 献

- 1 刘树坤等. 利用洪水风险图指导泛区及城市建设. 灾害学, 1991, 6(4). 26~31
- 2 毛 锐. 太湖大灾与治理太湖. 湖泊科学, 1992, 4(1). 1~8
- 3 陈家其. 太湖流域 1991 年特大洪涝成因与对策探讨. 湖泊科学, 1992, 4(2). 52~59
- 4 余晓珍. 太湖流域产流计算的初步研究. 河海大学学报, 1990, 18(6). 41~47
- 5 程文辉. 明渠非恒定流计算中双消除法的应用. 华东水利学院学报, 1985, 13(3). 60~72
- 6 张二骏等. 网河不恒定流的三级联合解法. 华东水利学院学报, 1982, (1). 1~13
- 7 江苏省海洋湖沼学会等. '91 太湖洪涝灾害. 南京: 河海大学出版社, 1993

COMPILATION AND APPLICATION OF FLOOD RISK MAP — A CASE STUDY IN WEST TAIHU LAKE REGION

Gao Junfeng Sun Shunca

(*Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Abstract

The flood risk map compilation is one of the key assignments in flood plain management. A compiling method of flood risk map and its applications are introduced in this paper. The compiling procedures are as follows: 1. to generalize river networks in the plain so as to simulate natural river conditions; 2. to calculate water stage and discharge by using 1-D unsteady open channel flow numerical computation; 3. to compare water stage with DEM (Digital Elevation Model); 4. to delimit the regions where the elevations are lower than water stage as flood risk regions.

The flood risk map can be applied to: 1. analysis of flood status; 2. evaluation of losses of flood disaster; 3. determination of land price and disaster insurance investment in flood risk regions; 4. policy-maker assistance in hazard mitigation and prevention; 5. distribution of industry, agriculture and residential settlement; 6. special map applications.

Key Words Flood risk, map compilation, the west Taihu Lake