

洪湖湿地抗渍蓄洪能力分析*

肖 飞 蔡述明 杜 耘

(中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077)

提 要 鉴于洪湖湿地为渍涝灾害的多发区, 并在江汉平原具有一定的代表意义, 本文以该区为研究对象, 利用遥感和地理信息系统技术进行分析, 以便正确认识洪湖湿地的抗渍蓄洪能力. 建立洪湖湿地的 TIN 模型以分析该区的抗渍蓄洪能力, 并分别计算出洪湖湖泊的调蓄能力和整个洪湖湿地水位同蓄水面积及蓄水容量之间的关系. 通过 TIN 模型与 2001 年的 Landsat-ETM+ 遥感图像的叠加分析, 统计出不同湿地类型的平均高程. 依此计算出 23.1m 高程线为水稻田的耕作线, 由此推算出水稻基本不受影响条件下洪湖湿地的调蓄容量为 $1.087 \times 10^9 \text{m}^3$. 并提出在该区建立基于地理信息系统的减灾决策体系的建议, 以便进行有效的防灾减灾.

关键词 洪湖湿地 抗渍蓄洪

分类号 P426.615

洪湖湿地地处江汉平原, 位于四湖地区的尾端, 由于地势低平、水高田低、排水不畅, 每逢暴雨季节则易积涝成灾, 是渍涝灾害的多发区^[1-2]. 另外, 洪湖湿地区域是洪湖分蓄洪区的重要组成部分^[3], 洪湖湿地区域的调蓄功能是影响整个洪湖分蓄洪区的重要因素. 洪湖湿地水资源由两部分组成, 一是降水形成的地表径流与地下水, 二是过境客水. 由于径流与过境客水时常高峰同期, 经常导致外洪内涝, 造成损失^[4]. 因此分析该地区的抗渍蓄洪能力是合理进行抗灾救灾和区域规划的基础. 本文利用地理信息系统和遥感技术, 建立洪湖湿地的地面高程模型, 提取不同土地利用类型的平均高程. 依此分析洪湖湿地的抗渍蓄洪能力.

1 研究区背景

洪湖湿地(113° 17' E, 29° 49' N)位于湖北省东南部, 长江中游北岸, 处于江汉平原四湖流域的下游, 是长江和汉水支流之间的洼地区域. 历史上, 这里属于云梦泽东部的长江泛滥平原. 北亚热带湿润季风气候是洪湖湿地的基本气候特征. 年降水量平均在 1000-1300mm 之间, 且 4-10 月降水量约占全年总降水量的 77%. 洪湖湿地地区地势低洼, 每年 5-10 月为江水上漲期, 大部分地面高程低于江河水位, 其中 5-8 月大部分地面径流不能自排入江. 在江河涨水时期, 流域内正值雨季, 大暴雨多出现在 5-8 月, 而且往往强度大, 范围广, 降雨过程长. 这样, 洪湖流域常常形成外洪内涝.

2 湿地抗渍蓄洪能力分析方法

湿地的抗渍蓄洪能力分析涉及大量空间数据的存储、管理和分析, 引进 GIS 是必然的.

*中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-SW-110, KZCX3-SW-331) 联合资助.

2003-07-20 收稿; 2003-11-28 收修改稿. 肖飞, 男, 1978 年生, 博士研究生, email: xiaof@www.lreis.ac.cn.

它能提供数据的查询、检索、更新及维护.采用地理信息系统提取模型参数不仅可以减少参数采集中的繁重劳动,且由于采集的数据精确,使得微地貌特征和小景观单元得到充分的反映,从而大大简化模型结构,无需刻意分析微地貌现象的影响^[5].江汉平原地形平坦,唯有建立微等高距 DEM 才能有效地进行分析研究.本文利用洪湖地区比例尺为 1:10000 的地形图,利用地理信息系统建立数字高程模型(DEM).

尽管规则格网 DEM 在计算和应用方面有许多优点,但也存在许多难以克服的缺陷,比如在地形平坦的地方,存在大量数据冗余;这在研究区域表现的十分明显,因为本区处于江汉平原,地形比较平坦.另外,规则格网在不改变格网大小的情况下,难以表达复杂地形的突变现象等.而不规则三角网(TIN)既能够减少规则格网方法带来的数据冗余,同时在计算效率方面又优于纯粹基于等高线的方法.本文即建立洪湖湿地地区的 TIN 模型.如图 1 所示.

计算洪湖湿地的抗渍蓄洪功能主要内容就是建立洪湖湿地的 TIN 模型,然后利用此模型进行相关计算,从而分析洪湖湿地的抗渍蓄洪能力.此处数据准备和数字化操作所用的技术为扫描数字化或称屏幕数字化.即利用幅面为 A0 的 Scanplus III 810C 滚筒式扫描仪进行图件扫描,得到栅格形式的地图数据.采用半自动化跟踪的方法进行数字化工作,这样在很大程度上减轻了人工劳动强度,但高程点还是全部由人工采集.

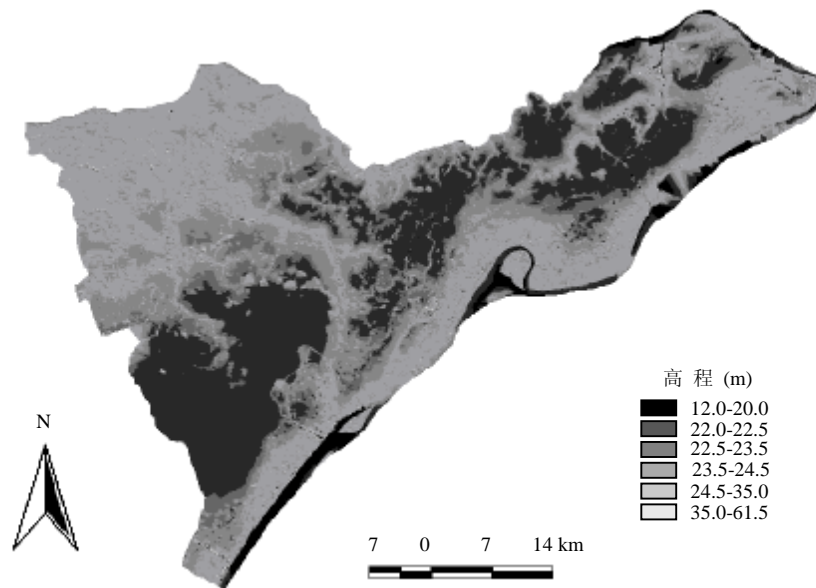


图 1 洪湖湿地 TIN 模型

Fig. 1 TIN model of Honghu wetland

3 洪湖湿地湖泊调蓄能力分析

洪湖是洪湖湿地的重要组成部分,是长江中游尤其是四湖地区的主要调蓄湖泊.洪湖承担着四湖中下游的蓄洪及灌溉任务.在各干渠和大坝修成之前,洪湖水位随长江水位变化.此后,洪湖的调蓄功能在很大程度上受到坝堤的影响.因此,在坝堤完好的情况下,洪湖湿

地的调蓄能力是受湖区坝堤围内的湖容和面积控制. 在这里首先对坝堤范围内的湿地区域调蓄能力进行分析. 洪湖水位同蓄水面积及蓄水容量之间的关系如下图 2、图 3 所示, 横轴表示水位达到的高程, 纵轴表示淹没面积. “x” 表示部分数据点位置.

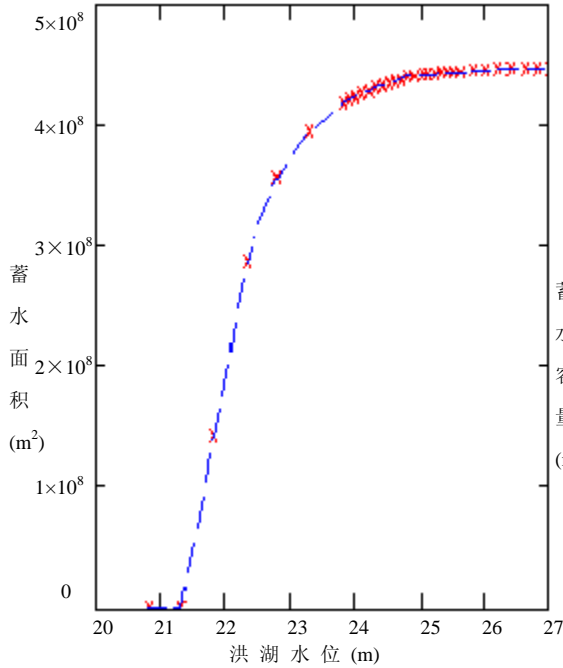


图 2 洪湖水位—蓄水面积关系

Fig. 2 Relationship between water level and water area of Honghu Lake

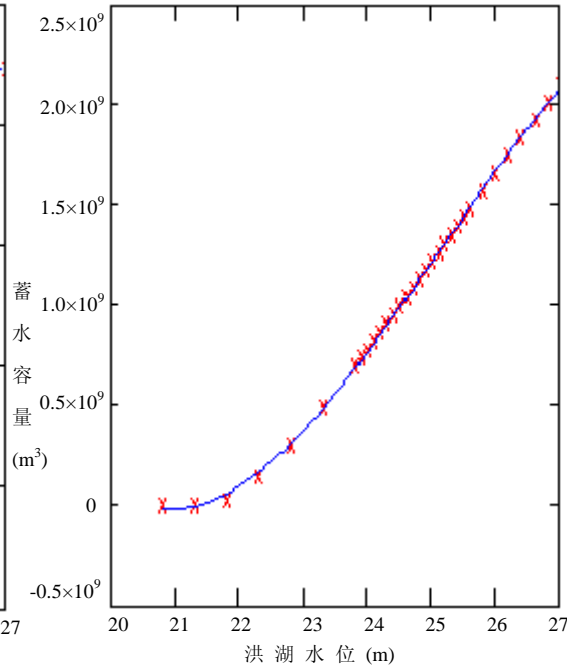


图 3 洪湖水位—蓄水容量关系

Fig.3 Relationship between water level and water volume of Honghu Lake

根据测算的数据, 进行曲线拟合, 可将洪湖水位同蓄水容量之间的关系表述为下式(单位: m³):

$$F(x) = -8.531747 \times 10^6 x^3 + 6.43462 \times 10^8 x^2 - 1.571666 \times 10^{10} x + 1.252745 \times 10^{11}$$

由图 3 可见, 在 22.8m 以上曲线接近于直线, 这是由于水位在 22.8m 以上时, 蓄水面积变化较小引起的. 考虑堤坝高度, 当水位达到 27m 时已接近蓄水容量极限. 若以水位达到 27m 时的调蓄容量为洪湖的最大调蓄容量, 则洪湖最大的调蓄容量约为 $2.1 \times 10^9 m^3$.

4 洪湖湿地抗渍蓄洪能力分析

洪湖湿地区域是渍涝灾害的多发区和重灾区, 该地区平水年总有局部受灾, 丰水年则大面积受灾. 以上分析的仅为洪湖湖泊的调蓄能力, 在整个洪湖湿地区域, 人工湿地分布面积很大, 单水田面积就有 $484.8398 km^2$. 不同的人工湿地类型, 其平均海拔不同. 进行湿地抗渍蓄洪能力的估算时, 应重点考虑在避免农作物受损失或少受损失的情况下, 该试验区所能承受的最大洪涝调蓄容量^[6]. “x” 表示部分数据点位置.

经过计算, 洪湖湿地区域其水位所达高程与淹没面积之间的关系如下(单位: m²):

$$F(x) = 4.626263 \times 10^6 x^3 - 3.49242 \times 10^8 x^2 + 9.209221 \times 10^9 x - 8.23723 \times 10^{10}$$

而洪湖湿地区域水位同蓄水面积之间的关系可表达为 (单位: m^3):

$$F(x) = -1.183434 \times 10^7 x^3 + 1.082457 \times 10^9 x^2 - 3.013645 \times 10^{10} x + 2.652863 \times 10^{11}$$

为考虑极端情况, 这里水位计算到 26m. 实际上, 当水位达到 26m 时, 洪湖湿地大部分已处于水面之下.

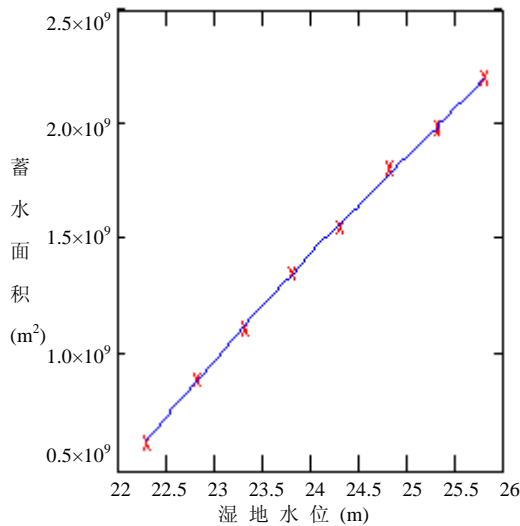


图 4 洪湖湿地水位—蓄水面积关系

Fig. 4 Relationship between water level and water area of Honghu wetland

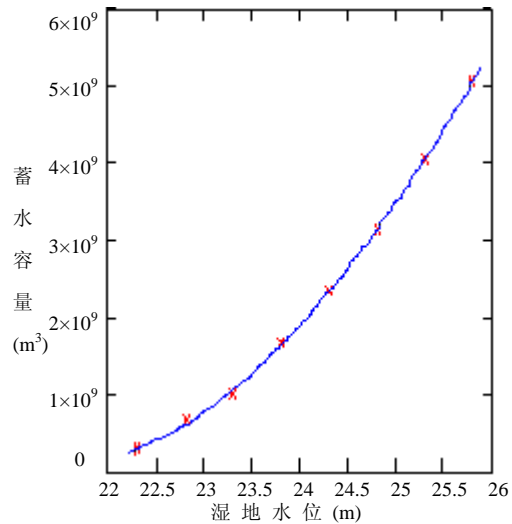


图 5 洪湖湿地水位—蓄水容量关系

Fig. 5 Relationship between water level and water volume of Honghu wetland

根据 2001 年 7 月的 Landsat-ETM+ 遥感图像, 在实地调查的基础上, 根据湿地分类原则和实际情况, 考虑遥感上的可操作性, 设计洪湖湿地遥感分类系统; 然后进行湿地类型的遥感解译^[7]. 依据解译结果, 与 TIN 模型叠加, 提取各湿地类型的平均高程.

在洪湖湿地区域的几种主要人工景观中, 根据地理信息系统统计分析, 平均高程从小到大依次为鱼池、水稻田、旱地, 而莲藕池和库塘面积相对较小, 未予统计. 鱼池一般分布在海拔较低的地区. 根据湿地类型遥感解译结果和数字高程模型, 提取鱼池岸线的高程数据进行采样. 根据统计分析, 可以计算出鱼池的岸线平均高程为 23.1m. 利用地理信息系统的叠加分析功能可以计算出, 93% 的鱼池处于 23.1m 以下, 而水稻田则 98% 的面积分布于 23.1m 高程以上. 23.1m 高程线可认为是水稻田的耕作线. 不同的湿地类型, 其耐淹能力不同. 当洪水位在 23.1m 时, 淹没范围如图 6 所示.

农作物的洪涝灾害损失与灾害发生的时间、淹没水深、历时和作物种类等因素有关, 试验证明, 农作物的受淹时间和淹水深度有一定的限度; 如果超过了作物的耐淹能力, 将影响作物的正常生长, 轻者减产, 重者失收. 通过计算, 洪湖湿地区域在水稻田耕作线以下部分的面积为 $1.016 \times 10^9 \text{m}^2$, 容量为 $8.752 \times 10^8 \text{m}^3$. 如主要考虑水稻的耐淹情况, 可依此计算洪湖湿地的抗渍蓄洪容量.

不同水稻品种有不同的耐淹能力; 在不同的生长阶段, 它们的耐淹能力又有所不同. 根据前人试验研究的成果^[8]表明, 水稻一般可忍受 3-5 d 水淹而不受明显损失, 最大容许

水深是 20cm. 因此, 根据 TIN 模型, 可以计算出水稻基本不受影响条件下洪湖湿地的调蓄容量为 $1.087 \times 10^9 \text{m}^3$.

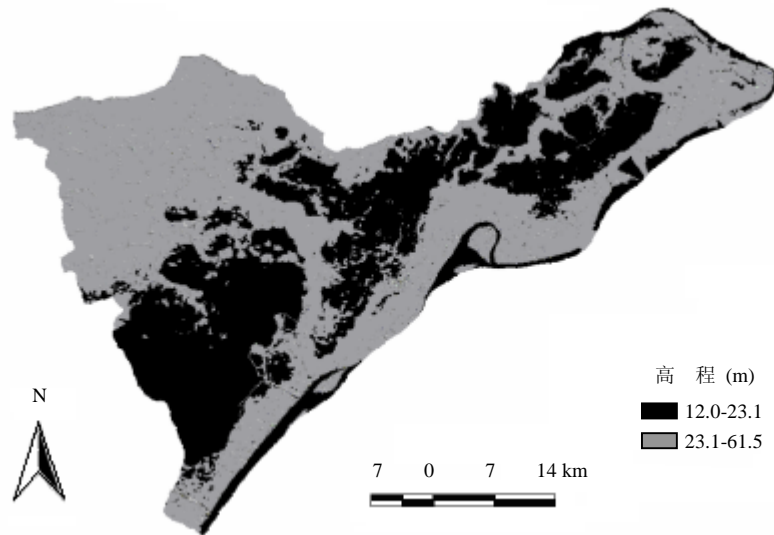


图 6 水位 23.1m 处洪湖淹没面积

Fig.6 The inundated area when water level is 23.1m in Honghu Lake

5 结 语

洪湖湿地地处江汉平原渍涝灾害多发区, 同时又属于洪湖分蓄洪工程的一个部分, 是长江中下游防洪系统工程的重要组成部分. 由于其自然地理条件, 使得该区易外洪内涝, 常常造成损失. 因此, 正确认识该区的抗渍蓄洪能力具有重要意义, 是合理进行抗灾救灾和区域土地规划的基础.

洪涝灾害是自然和人为因素共同作用而发生、发展的^[9]. 能够减少灾害的发生和减轻灾害损失, 主要的方式之一就是人为的积极政策——减灾决策. 毋庸置疑, 减灾决策是实现该区域可持续发展的重要行动之一. 在洪湖湿地, 可利用遥感和地理信息系统等方法, 建立一个与该区域发展相适应的减灾决策体系. 一旦灾害发生, 便能够进行合理而及时的减灾决策, 减小灾害损失.

参 考 文 献

- 1 蔡述明. 长江中游湿地的开发利用和保护. 见: 湿地保护与合理利用-中国湿地保护研讨会文集. 北京: 中国林业出版社, 1996:99-107
- 2 Cai Shuming, Chan Ngaiwei, Kung Hsiangte. Management of Flood Disasters in the Jiangnan Plain, China. *Disaster Prevention and Management*, 2001, 10(5): 339-348
- 3 倪晋仁, 王光谦, 李义天. 洪湖分蓄洪区启用的若干问题研究. 自然灾害学报, 1999, 8(3): 14-21
- 4 陈世俭, 王学雷, 卢山. 洪湖的水资源与水位调控. 华中师范大学学报, 2002, 36(1): 121-124

- 5 李志林, 朱庆. 数字高程模型. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社: 2000
- 6 王学雷, William A Gough, 吴宜进. 江汉平原典型区域洪涝调蓄能力估算研究. 武汉大学学报(理学版), 2002, 48(4): 461-465
- 7 肖飞, 蔡述明. 洪湖湿地变化研究. 华中师范大学学报(自然科学版), 2003, 37(2): 266-268
- 8 魏一鸣, 金菊良, 杨存建等. 洪水灾害风险管理理论. 北京: 科学出版社: 2002
- 9 Wang Xuelei. Study of Flood and Waterlogging Disasters and Ecological Disaster Reducing Strategies in Jiangnan Plain's Lakes District. *Journal of Central China Normal University*, 1999, 33(3): 445-449

Analysis on the Capacity of Storing Floodwater and Withstanding Waterlogging of Honghu Wetland

XIAO Fei, CAI Shuming & DU Yun

(*Institute of Geodesy and Geophysics, CAS, Wuhan 430077, P.R. China*)

Abstract

Whereas the fact that Honghu wetland is representative in Jiangnan (Yangtze-Hanjiang Rivers) plain as a Waterlogging accident-prone area, Honghu wetland was studied using the methods of Geographical Information System and Remote Sensing to find out its ability of storing floodwater and withstanding waterlogging. In this paper, TIN model was established, thereby the relationships between water level and water area of Honghu Lake and Honghu wetland were calculated, their relationships between water level and water volume were also computed. Through the overlaying analysis to the TIN model and the image of Landsat-ETM+ of July 2001, the average elevation of each wetland type was counted. Then the altitude of 23.1m was turned out to be the cultivation line of paddy field. From this, the sluice volume was calculated to be $1.087 \times 10^9 \text{m}^3$ on condition that the paddy is uninjured. At last, the advice of setting up a decision-making system of decreasing disasters based on GIS was put forward in order to be helpful to the work of decreasing flood and waterlogging disasters.

Keywords: Honghu wetland, storing floodwater and withstanding waterlogging