

# 圩区排涝模数计算方法研究<sup>\*</sup>

崔 韩, 刘 俊, 高 成

(河海大学 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098)

**摘 要:** 合理确定圩区排涝模数对于降低涝灾损失有重要意义。圩区内土地利用性质的不同, 会导致产汇流机制和排涝标准的不同, 但排涝模数的计算方法基本一致。充分考虑圩内河道的调蓄作用, 根据圩区下垫面条件进行产汇流计算, 入河流量扣除滞蓄量得到排涝模数。以江苏省常熟市为例, 对城镇圩区、农业圩区排涝模数进行计算, 并分析了两种圩区不同的排涝要求对排涝模数计算方法的影响。

**关键词:** 圩区; 调蓄; 排涝模数; 江苏常熟

**中图分类号:** P333.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2008)02-0015-04

圩区地势低洼, 暴雨径流难以自排, 往往需要修建排涝泵站、涵闸辅助排涝<sup>[1]</sup>。合理设置排涝动力、确定排涝模数, 对提高城市排涝效率、降低涝灾经济损失而言意义重大。根据土地利用性质, 可将圩区分为城镇圩区、农业圩区和混合圩区。城镇圩区一般位于城市中心区, 主要是工商业民集中地, 不透水面积较大, 调蓄能力弱, 耐淹性差。农业圩区一般在远离城市的农村, 水面率较高, 调蓄能力大, 耐淹性较强。随着城市化发展, 城区向郊区扩张, 农村城镇建设面积不断增大, 大量的混合圩区应运而生。城镇圩区与农业圩区下垫面条件差异显著, 产汇流模式不一样, 不同的耐淹性使得排涝标准也有所差别, 致使排涝模数的计算有些微区别。本文重点研究城镇圩区、农业圩区排涝模数的计算方法, 并以江苏省常熟市为例进行计算。混合圩区排涝模数可由城镇圩区、农业圩区排涝模数间接求得。

## 1 计算方法

### 1.1 设计暴雨

排涝计算用点雨量即可, 一般选用临近的雨量站作为代表站。利用长系列点雨量资料, 进行皮尔逊 III 型频率曲线拟合, 获得一定重现期的设计暴雨。挑选典型雨型, 同频率放大得到设计暴雨过程。由于河道排涝模数与河道调蓄能力有关,

而河道调蓄能力决定了采用的设计暴雨控制时段。为了适应各类排水河道, 设计暴雨的控制时段一般取 1、3、6、24 h。

### 1.2 设计净雨

扣除降雨损失, 即产流计算。圩区下垫面可以分为 4 类: 水面、城镇、水田、旱地(包括非耕地)。根据各下垫面的特征及不同的产流规律, 分别进行产流总产流量为 4 种下垫面产流量之和。

(1) 水面 按水量平衡方程由降雨扣除水面蒸发推求产水量。

(2) 水田 考虑水稻不同生长期的水田需水深度、耗水系数、及灌排方式推求灌排水量。

(3) 旱地 采用新安江三水源模型推求旱地产流量。

(4) 城镇 划分为不透水面积和透水面积两部分分别计算产流量。不透水面积由降雨扣除洼地蓄水及蒸发, 剩余部分全部为地表径流, 透水面积按新安江模型计算产流量<sup>[2]</sup>。

在湿润地区使用新安江产流模型, 移用到干旱半干旱气候区时可对产流计算方法进行修改。

### 1.3 河道入流

产流量经坡面、土壤表层、地下汇入河道, 圩区径流自排或经泵站排入河道, 进入河道的径流为河道入流。平原地区河网密集, 汇流时间较短, 地面径流和表层流直接进入河道, 地下径流的坡面汇流用线型水库模拟。城镇地区最大的特

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-09-17

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50239030)

作者简介: 崔韩(1980-), 女, 江苏海安人, 博士研究生, 主要从事城市防洪与减灾方面的研究。

E-mail: orchid.ch2007@yahoo.com.cn

点是雨水通过排水管网排除,入河径流受到管网过水能力限制。按照城市管道设计条件,采用暴雨公式推求短历时(30~60 min)设计雨量。由经验径流系数计算设计净雨,以此作为管道排水控制能力,推求逐时入河径流过程。

#### 1.4 排涝模数

##### 1.4.1 农业圩区排涝模数

利用水位预降增加河道调蓄库容,除去调蓄水量,农业圩区所产生涝水 $T$ 日后排出,排涝模数计算 $t$ 日涝水 $T$ 日排出,公式为

$$M = 0.0116(R_t - k\Delta Z)/T, \quad (1)$$

式中: $M$ 为圩区设计排涝模数( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ); $R_t$ 为 $t$ 日暴雨产生的涝水总量( $\text{mm}$ ); $T$ 为排涝历时( $\text{d}$ ); $k$ 为圩区内水面率; $\Delta Z$ 为圩内沟塘预降水深( $\text{mm}$ )。

对应于不同的沟塘预降水深和水面率,可以计算出相应的排涝模数。

##### 1.4.2 城镇圩区排涝模数

城镇圩区排涝要求涝水能及时排除,保证圩区不受涝,一般采用割平头方法分析计算排涝模数。充分利用河道调蓄库容,对入河径流峰值进行调蓄,调蓄时段为 $t$ 。排涝模数计算 $t$ 小时涝水 $t$ 小时排出,公式为

$$M = (R_t - W)/t/3.6, \quad (2)$$

式中: $M$ 为圩区设计排涝模数( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ); $W$ 为调蓄库容水位( $\text{mm}$ ); $K$ 为河湖蓄水小时数; $t$ 为排涝历时( $\text{h}$ ); $Rt$ 为河湖蓄水时间内的入河涝水总量水位( $\text{mm}$ )。

##### 1.4.3 城乡混合圩区排涝模数

对于一些城乡混合的圩区,可以根据圩区内城市化区域的面积和农村面积的比例,按公式计算圩区综合排涝模数:

$$M = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2, \quad (3)$$

式中: $M$ 为城乡混合圩区综合排涝模数( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ); $M_1$ 为城镇圩区排涝模数( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ); $M_2$ 为农业圩区排涝模数( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ); $\alpha_1$ 为圩区内城镇面积占圩区总面积的百分比; $\alpha_2$ 为圩区内农村面积占圩区总面积的百分比。

## 2 算例

江苏省常熟市位于太湖平原上,北依长江,河网交织,属于平原水网圩区。经济较发达,排涝设计标准设为20年一遇。暴雨计算选择临近常熟城区的白茆塘常熟站作雨量代表站,用1972~2001年短历时最大暴雨资料进行排频统计,得到20年一遇最大24 h设计点雨量为173.7 mm。

### 2.1 农业区圩区排涝模数

按常熟市典型农业区产流和坡面汇流模型计算得20年一遇24 h暴雨的入河径流系数约为0.75,折算得出径流深为 $R = 130.3 \text{ mm}$ 。根据社会经济发展要求,圩区按20年一遇24 h暴雨涝水36 h排除,即 $t = 1 \text{ d}$ , $T = 1.5 \text{ d}$ 。在实际工作中,泵站日开机时间取为18 h<sup>[3]</sup>。考虑到及时腾空圩内调蓄库容,预防下次暴雨洪涝,沟塘调蓄的水量在3 d内全部排出圩区,圩内河道恢复到雨前水位,按此要求计算得最小排涝模数不得低于 $0.76 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 。排涝模数计算结果见表1。

表1 农业圩区排涝模数  $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

预降水深 /m	水面率					
	5%	7.5%	10%	12.5%	15%	17.5%
0.25	1.51	1.29	1.22	1.15	1.08	1
0.50	1.48	1.08	0.93	0.79	0.76	0.76
0.75	1.08	0.86	0.76	0.76	0.76	0.76
1.00	0.93	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76

### 2.2 城镇圩区排涝模数

按常熟市城市管道设计条件,设计重现期取1年,采用本地暴雨公式推求设计雨量:

$$i = \frac{17.3(1 + 0.79 \lg P)}{(t + 18.6)^{0.81}}, \quad (4)$$

式中: $i$ 为暴雨强度( $\text{mm}/\text{min}$ ); $P$ 为设计重现期( $a$ ); $t$ 为设计暴雨历时( $\text{min}$ )。

由此推求得城市区域各时段1年一遇设计雨量 $i$ 。根据常熟市城区土地利用状况,取综合径流系数0.6~0.8,设计净雨 $h$ 及相应的排水模数 $M$ 计算结果见表2。

表2 城市排水设计雨量及排水模数计算

$t$ (min)	$i$ (mm/h)	$\alpha = 0.60$		$\alpha = 0.65$		$\alpha = 0.70$		$\alpha = 0.75$		$\alpha = 0.80$	
		$h$	$M$	$h$	$M$	$h$	$M$	$h$	$M$	$h$	$M$
		(mm/h)	( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ )	(mm/h)	( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ )	(mm/h)	( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ )	(mm/h)	( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ )	(mm/h)	( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ )
30	44.7	26.8	7.45	29.1	8.07	31.3	8.69	33.53	9.31	35.76	9.93
35	41.3	24.8	6.88	26.8	7.46	28.9	8.03	30.98	8.60	33.04	9.18
40	38.4	23.0	6.40	25.0	6.93	26.9	7.47	28.80	8.00	30.72	8.53
50	33.8	20.3	5.63	22.0	6.10	23.7	6.57	25.35	7.04	27.04	7.51
60	30.3	18.2	5.05	19.7	5.47	21.2	5.89	22.73	6.31	24.24	6.73

根据 20 年一遇暴雨过程, 进行产流计算(径流系数  $\alpha = 0.80$ ) 得出净雨过程。以管道 1 年一遇

排水能力(取  $\alpha = 0.80$ ,  $t = 1 \text{ h}$ ,  $r = 24.24 \text{ mm/h}$ ) 为控制, 推求逐时入河径流过程(表 3)。

表 3

城镇圩区 20 年一遇设计净雨和入河径流计算

mm

时段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
设计暴雨	0.32	5.13	1.24	0.27	2	3.83	0.81	9.94	9.94	0.62	0.62	21.04
设计净雨	0.16	1.51	0.52	0.19	0.65	1.22	0.39	3.05	4.46	1.09	0.64	11.85
河道入流	0.16	1.51	0.52	0.19	0.65	1.22	0.39	3.05	4.46	1.09	0.64	11.85
时段	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
设计暴雨	2.2	4.42	15.17	75.71	2.86	1.13	14.69	1.57	0.11	0	0.11	0
设计净雨	3.63	3.56	10.51	60.33	14.42	4.72	9.38	3.13	1.07	0.45	0.3	0.17
河道入流	3.63	3.56	10.51	24.24	24.24	24.24	16.10	3.13	1.07	0.45	0.3	0.17

对于设计标准内的降水, 泵站满负荷工作时间较短, 可设泵站日开机时间为 24 h, 最小排涝模数不小于 24 h 涝水 24 h 全部排出圩内河道的相应数值, 即  $1.75 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 。采用图 1 所示的割平头方法分析, 如当可调蓄水面率为 6%, 预降水深为 0.5 m, 可调蓄库容为 30 mm, 16、17、18、19 时段部分径流滞蓄在河道, 调峰时段  $t = 4 \text{ h}$ , 实际最大排涝流量  $R$  为 14.71 mm, 排涝模数计算结果见表 4。

表 4

城镇圩区排涝模数计算表

 $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 

预降水深 /m	水面率						
	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%
0.25	5.81	5.34	4.89	4.44	4.09	3.74	3.39
0.50	4.89	4.09	3.39	2.70	2.01	1.75	1.75
0.75	4.09	3.04	2.01	1.75	1.75	1.75	1.75
1.00	3.39	2.01	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75

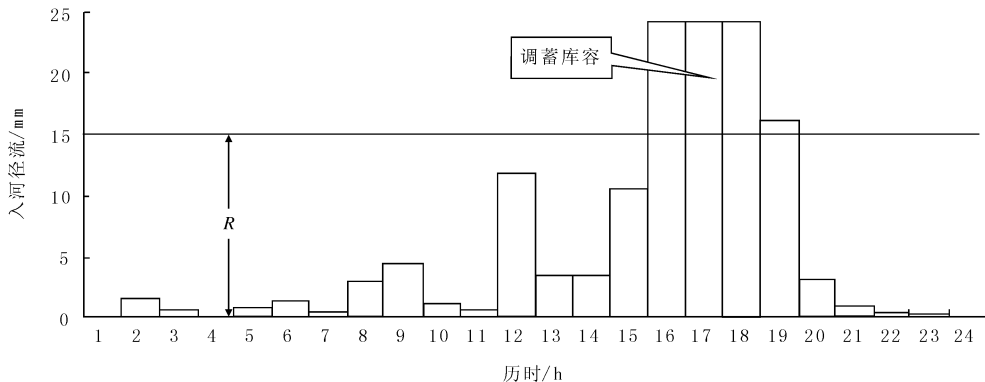


图 1 排涝模数计算示意图

### 3 结 论

城镇圩区与农业圩区都考虑了河道的调蓄能力, 排涝模数计算原理完全相同, 一定时段内的入河水量扣除滞蓄水量在特定时段内排除。除去产汇流条件的差别, 不同的排涝标准是排涝模数计算的关键因素。农业圩区要求  $t$  日涝水  $T$  日排除即可, 实际上  $T$  日内允许存在涝情; 城镇圩区要求保证不受涝, 因此需要先确定圩区河道调峰作用的时间  $t$ ,  $t$  时涝水  $t$  时排除即可。城镇圩区排涝模数计算只多了调峰作用时间  $t$  的确定, 式(1)与式(2)的差别在于单位的换算, 二者是可以统一

的。农业圩区不需考虑调峰作用, 主要是因为日涝水总量较大, 受可调蓄库容限制, 圩区河道基本上只能蓄水不能调峰; 城镇圩区, 时涝水量小, 调峰作用明显, 计算相对复杂。本文计算得到的是平均排涝模数, 与常用的平均排除法<sup>[4]</sup>类似, 只是在产汇流计算方法及对河道沟渠调蓄作用的考虑较为详尽细致。

### 参考文献:

- [1] 郑在洲, 何成达. 城市水务管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [2] 刘俊, 张建涛, 刘翔, 等. 平原河网城市水资源综合规划防

- 洪校核研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2006, 34, (6): 603-605.
- [3] 王燕. 安徽省沿江圩区农田排涝模计算[J]. 水利经济, 2000, (4): 40-45.
- [4] 浙江大学农业水利与水环境工程研究所, 上海市水利排灌管理处. 上海市郊区水利技术手册[R]. 2003.

## Study on Drainage Modulus Calculation Method of Diked Area

Cui Han, Liu Jun and Gao Cheng

(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,  
Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** Reasonably determining drainage modulus is very important for decreasing logging loss in diked area. Different kinds of the landuse may lead to the difference of runoff mechanism and drainage standards, but the drainage modulus calculation method is almost same. Taking regulation and storage function of river channels in the diked area into full consideration, the drainage modulus is obtained by calculating the runoff according to underlying surface conditions and deducing stagnant water from water flowing to the river. Taking Changshu in Jiangsu province as an example, the drainage moduli of diked area in urban and agricultural areas are calculated and the effect of two different drainage standards on drainage modulus calculation is analyzed.

**Key words:** diked area; regulation and storage; drainage modulus; Jiangsu's Changshu

-----  
(上接第 14 页)

## Research on the Sea-ice Disaster Risk in Bohai Sea Based on the Remote Sensing

Guo Qiaozhen, Gu Wei, Li Jing, Liu Zhen and Chen Yunhao

(Institute of Resources Technology and Engineering, College of Resources Science and Technology,  
Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** To avoid the limitations of traditional monitoring approaches, remote sensing technology with its merits in sea-ice disaster monitoring is widely used to deal with issues of sea-ice disaster. In this paper, a method based on grading of sea-ice disaster risk is put forward to examine the sea-ice disaster risk in Bohai Sea. In this example, the grid of  $0.2^\circ$  longitude-latitude interval is used on the base of remote sensing and GIS from which the concentration of sea-ice can be obtained. The biggest ice concentration, average ice concentration, ice thickness and ice age are used as indexes of grading. Sea-ice disaster risk is classified into three grades: zero risk, low risk and high risk according to the spot observation and empirical study for years. The results indicate that these indexes can reflect the degrees of sea-ice disaster risk and this method may provide strong supports for sea forecast.

**Key words:** concentration; ice thickness; sea-ice disaster; grid; remote sensing; Bohai Sea