

江苏苏南地区农村混合型圩区 排涝流量计算方法研究

徐 磊¹, 林茂林¹, 李 聪¹, 张亚倩²

(1. 无锡市水利设计研究院有限公司, 江苏 无锡 214000; 2. 无锡太湖学院商学院, 江苏 无锡 214100)

摘要:江苏苏南地区农村地区普遍经济发达、人口稠密、田少人多。圩区规模小, 圩内工矿企业及经济作物多, 受淹损失大。较常使用的排涝模数计算方法如平均排除法得出的数据偏小, 目前已经有一些学者提出了一些改进计算方法。以江阴市月城镇马甲圩为典型, 采用圩内河道控制水位为主要指标, 以一定频率暴雨为规划标准, 通过产流、排水平衡原理的方法计算圩区排涝流量。

关键词:苏南农村; 混合型圩区; 排涝流量; 流量计算

中图分类号: TV214

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2021)07-0027-03

Research on calculation method of drainage discharge in rural mixed polder area in southern Jiangsu Province

XU Lei¹, LIN Maolin¹, LI Cong¹, ZHANG Yaqian²

(1. Wuxi Water Conservancy Design and Research Institute Co., Ltd., Wuxi 214000, China;

2. School of Business, Wuxi Taihu College, Wuxi 214100, China)

Abstract: Rural areas in southern Jiangsu are generally economically developed, densely populated, with few fields and large numbers of people. The scale of polder area is small. There are many industrial and mining enterprises and cash crops in the polder, and the flooding losses are large. The drainage modulus calculated by commonly used calculation method such as the average elimination method was relatively small. At present, some scholars had proposed some improved calculation methods. Taking Majia polder area in Yuecheng Town of Jiangyin City as a typical case, using control water level of the river in the polder as the main indicator, taking a certain frequency of heavy rain as the planning standard, the drainage discharge of the polder was calculated by the principle of runoff generation and drainage balance.

Key words: rural areas in southern Jiangsu; mixed polder area; drainage discharge; discharge calculation

1 苏南农村混合型圩区的特点

苏南农村经济发达, 居民富足, 地少人多, 自然村落密集, 千亩以上圩区均有居民居住区和工业企业坐落, 无概念上的纯农业圩区。江阴市共有大小圩区 96 个, 圩区面积 1.8 万 hm^2 , 共建有大小圩区 96 个, 其中千亩以上圩区有 53 个, 万亩以上圩区有

8 个。圩内河网纵横, 水面率超过 8%, 圩区内排涝泵站规模不大, 单泵流量很少超过 $4 \text{ m}^3/\text{s}$, 且具有以下社会经济特点:

(1) 工业企业多, 且有一定的规模。苏南是乡镇企业发展地, 改革开放以来, 各镇、村均兴办了大量的工业企业。经过 40 多年的发展, 催生了一大批大型企业乃至龙头企业。江阴市月城镇马甲圩为

收稿日期: 2021-04-20

作者简介: 徐磊(1991—), 男, 工程师, 硕士, 无锡水利设计研究院有限公司。E-mail: 452145607@qq.com

江阴市的一座万亩圩区, 8.19 km^2 的圩区内有 30 多家企业, 年工业生产总值超过 20 亿元, 一旦受淹, 经济损失巨大。

(2) 经济作物多, 传统农业种植少。随着农业产业结构的调整及土地流转, 农业规模经营发展加快, 一大批企业从工业转型为农业, 高效农业、设施农业发展迅速, 高经济附加值的水果及有机蔬菜的种植面积已超过了水稻等传统农业。

(3) 居民生活条件好, 但住房抗灾能力不高。2020 年江阴市农民人均可支配收入 38 225 元, 农民收入的连年提高, 必然使包括住房在内的固定资产增加。但由于农村向城镇集中的政策, 从 20 世纪 90 年代开始, 苏南一些地区已控制农村翻建房屋, 农民居住房屋多为 20 世纪 80 年代建造, 房屋抗灾能力普遍较低。

(4) 各级政府对防洪排涝等抗灾工程建设十分重视。由于经济发展, 政府财政收入增加, 对水利等基础设施投入也逐年增加。农民由于受淹后损失较大, 质疑政府不作为, 极易产生社会不稳定因素。不受涝、抗大灾的意识在各级政府中形成共识。苏南农村混合型圩区的排涝能力应达到短时受涝或不受涝的要求, 这也是各级政府及群众的意愿所在。

2 平均排除法存在的问题

《江阴市水系规划》(2011—2030 年) 提出, 农业圩区执行 20 年一遇 24 h 暴雨雨后 1 日排除标准。圩区排涝流量的计算一般采用平均排除法。计算式如下。

$$Q = \frac{R_{\text{水田}} F_{\text{水田}} + R_{\text{旱}} F_{\text{旱}} + R_{\text{水}} F_{\text{水}}}{86.4t} \quad (1)$$

其中: $R_{\text{水田}} = P - h_{\text{田蓄}} - E$

$$R_{\text{旱}} = \alpha P$$

$$R_{\text{水}} = P - h_{\text{水蓄}} - E$$

式中: Q 为设计排涝流量; $F_{\text{水田}}$ 为圩区水田面积; t 为规定的排涝时间; P 为设计暴雨量; $h_{\text{田蓄}}$ 、 $h_{\text{水蓄}}$ 为水田和水面的滞蓄水深; E 为历时为 t 的水田田间腾发量; α 为径流系数

此方法考虑了各种种植结构及水塘调蓄等综合情况, 目前普遍采用此法计算排涝流量。但对于调蓄能力较差、面积较大的混合型圩区, 按此法计算的流量偏小。在规划圩区排涝流量时, 往往根据硬化区域大小, 对按平均排除法计算出的排涝流量进行适当增加, 随意性较大, 缺乏科学合理的依据。

3 混合型圩区排涝流量计算方法

苏南混合型圩区经济总量大, 受淹后损失大, 规划排涝流量应以满足一定频率暴雨情况不受淹为原则。考虑以河道允许最高水位作为控制条件, 计算设计排涝流量。

3.1 选定允许最高水位

河道控制水位涉及调蓄能力的计算, 控制水位越低, 排涝流量越高, 应选择科学合理、确保区域不受淹的河道水位作为控制水位。一般以地面最远或最低处作为圩区的典型点, 控制河道水位典型点高程以下 0.2 m。

3.2 设计暴雨计算

江阴市圩区执行的排涝标准为 20 年一遇 24 h 暴雨 1 日排出, 因此, 设计暴雨历时取 24 h, 以 1 h、6 h 为控制时段进行雨量分配。设计暴雨可采用实测暴雨资料。若无实测暴雨资料, 可采用《江苏省洪水暴雨图集》。

3.3 产流计算

圩区硬化区域与经济作物区由于不能受淹, 在计算设计净雨过程中, 采用后损 1 mm/h 计算。对于传统农业区域可受淹 1 d 以上区域, 采用次降雨径流相关法计算。

3.4 汇流计算

采用瞬时单位线法进行汇流计算。瞬时单位线法是依据水量平衡方程和线性蓄槽方程, 经过连续演算和数学处理导出的数学方程式:

$$U(0, t) = \frac{1}{K\Gamma(n)} \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{k}} \quad (2)$$

式中: Γ 为伽马函数; n 为水库个数或调节次数的参数; K 为水库滞时, 相当于流域汇流的时间参数。

为了使参数的物理意义更为明确, 并易于使用, 将 n 与 K 转化为 m_1 、 m_2 , 其中 $m_1 = n \times K$, 是瞬时单位线的一阶原点; $m_2 = \frac{1}{n}$, 是阻滞时间的变化系数。

参数 m_1 与 m_2 可以通过数学方法进行优选。考虑苏南圩区缺乏比降资料, 采用 $m_1 = 2.25F^{0.38}$ (F 为圩区的面积)。参数 m_2 比较稳定, 平原区取 0.5。

由 m_1 及 m_2 可以得到区域 2 h 单位线, 乘以时段总径流量, 并错开相加, 可以得到设计洪水过程线。

3.5 圩区设计排涝流量调节计算

假定河道的初始水位一般为预降后的水位, 根据水量平衡计算出抽排后水位计算式。

$$V_2 = V_1 + \frac{Q_1 - Q_2}{2} \Delta t - q \Delta t \quad (3)$$

式中: V_1 、 V_2 分别为计算时段始末的河道蓄水量; Q_1 、 Q_2 分别为计算时段始末的入流流量; q 为假设的圩区排涝模数。

控制各时段的最高水位不超过控制水位,可计算出设计排涝流量。

4 应用实例

本文选取江阴市月城镇马甲圩作为计算实例。马甲圩面积 8.19 km²,圩区内乡镇企业多,农民大量种植经济作物,为典型的混合型圩区。

4.1 设计暴雨

设计暴雨采用图集法,由《江苏省暴雨洪水图集》查得月城片区暴雨统计资料,时段分为 1 h、6 h 及 24 h,结果如表 1。

表 1 24 h 暴雨统计参数

时段/h	均值/mm	C_v	C_s/C_v	$K_p(10 \text{ 年})$	$K_p(20 \text{ 年})$
1	45	0.44	3.5	1.59	1.86
6	68	0.51	3.5	1.67	2.00
24	100	0.56	3.5	1.73	2.12

月城马甲圩区面积为 8.19 km²,所以不进行点面暴雨转换。根据上面所查得的 K_p 值,用公式 $X = \bar{X} \times K_p$ 分别算出 10 年一遇和 20 年一遇暴雨量,结果如表 2。

表 2 设计暴雨成果表

历时/h	10 年一遇暴雨量/mm	20 年一遇暴雨量/mm
1	71.6	83.7
6	113.6	136.0
24	173.0	212.0

以 1 h 和 6 h 为控制时段,计算出 10 年一遇及 20 年一遇 1 d 暴雨时程分配。

4.2 产流计算

马甲圩区水果种植面积约 333.33 hm²,由于不能受淹,视作建成区,则生态区面积约为 32%。生态区净雨采用降雨径流相关图法,可采用下式计算:

$$P_\alpha = \alpha I_{\max} = 0.65 \times 95 = 61.8 \text{ mm} \quad (4)$$

式中: R 为净雨深, P 为设计雨量, C_p 、 C_i 为产流参数。

本区位于苏南平原地区,其产流参数 C_p 和 C_i

值分别为 15 mm 和 120 mm,设计条件下净雨量 $R = \sqrt{(P + P_\alpha - C_p)^3 + C_i^3} - C_i$ 。

建成区净雨按每小时扣 1 mm 来计算,计算出设计净雨深。

4.3 汇流计算

由瞬时单位线参数 $m_1 = 2.25 \times F^{0.38} = 5.003$,得到该区 2 h 单位线,将时段净雨利用公式

$$I_i = \frac{R_i F}{3.6 \Delta t} \quad (5)$$

得出时段总径流量,再乘以时段单位线可得到 20 年一遇洪水过程线。

4.4 排涝模数计算

根据圩区的平均地面高程确定河道调蓄水深为 0.5 m,将产汇流作为河道的输入流量,假定排涝模数进行推演计算,得到河道的蓄水量以及相应的水位,将计算得到的河道最高水位与控制水位进行比较,河道最高水位与控制水位相等时的排涝模数就是所求的排涝模数。用式(6)进行调节计算。

经计算,马甲圩圩区需要的排涝流量为 15.6 m³/s。本计算是针对整个圩区均匀排涝的计算,可作为排涝规划的参考。具体排涝设计时,由于分区排涝不同,排涝河道标准不一,应分别对分区排涝进行计算。

5 结 论

以达到河道控制水位为标准而计算出的排涝流量能确保一定频率标准下暴雨该地区不受涝,但该方法未考虑排水河道中水位差因素,因此比较适合排水河道不长的中小圩区,苏南混合型圩区均为这类圩区。对于有多座排涝泵站的圩区,可以按每座排涝站的集水面积单独进行计算,确保各泵站设计流量的科学合理。

参考文献:

- [1] 陈璇, 果利娟, 管桂玲, 等. 平原混合圩区排涝模数理论模型的研究与改进[J]. 中国农村水利水电, 2018(12): 8-12.
- [2] 王凤瑞, 王慧. 排涝模数计算方法分析评价[J]. 人民黄河, 2018, 40(3): 149-152, 156.
- [3] 罗文兵, 王修贵, 孙怀卫, 等. 平原湖区排涝模数计算方法的比较研究[J]. 中国农村水利水电, 2016(12): 24-28.
- [4] 赵小军, 张良斌, 王冰莹, 等. 江苏永联圩区排涝能力计算分析及调整方案[J]. 科技创新与应用, 2014(35): 43-44.