

基于 ArcGIS 的圩区设计内涝水位计算

朱丽丽, 杨 勇, 张钟鸣

(南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210000)

摘 要: 南京作为中国东部地区重要的中心城市, 市域内地铁线路发达, 长江两岸圩区内站点分布尤其密集。圩区内涝水位是影响地铁站点布置、设计及施工的重要因子。以南京地铁站点所在某圩区为例, 将实测地形高程数据导入 ArcGIS 进行三角网格差分处理, 生成圩区的水位-调蓄量关系, 再通过水文方法计算的内涝水量查询水位-调蓄量关系, 得出地铁设计标准下圩区内涝水位。结果表明, 该方法能够真实反映圩区地形特征, 为内涝水位计算提供良好的数据基础, 快速计算出水位-蓄水量关系, 避免手工绘制等高线推荐内涝水位带来的计算误差, 提高了内涝水位计算的精度和效率, 能够为今后类似工作提供参考。

关键词: 圩区; 内涝水位; 地铁; ArcGIS

中图分类号: TV212.5+3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)05-0135-03

0 引言

随着城市的快速发展, 为缓解城市地面空间供需矛盾, 城市空间不断往地下延伸。加之, 近年来局部极端天气增加, 城市内涝问题日益严重。2021年7月17日至22日, 河南省出现极端特大暴雨, 郑州等多个城市发生严重内涝, 郑州地铁5号线等线路发生倒灌重大事故, 将地铁内涝防治问题提到了显著位置。地铁作为重要基础设施, 根据《城市防洪工程设计规范》《防洪标准》《地铁设计规范》, 需按防洪标准100a一遇确定其需要抵御的内涝水位^[1-3]。

地铁所在圩区内涝防治标准20a一遇, 对于超标准100a一遇圩区内涝水位的计算方法需通过建立水位-调蓄量关系推求。日常工作中常用的方法主要依据圩区实测地形图手动绘制等高线, 统计高程与容积的关系曲线。但在实际操作过程中, 地形图中高程点疏密对人工绘制精度影响较大, 较疏则难以准确体现地形的起伏, 较密则绘制难度增大。ArcGIS系列软件作为当前水文研究领域的重要工具^[4], 有着强大的空间分析和空间数据处理能力。采用该技术, 能充分考虑圩区的地理空间特点, 将圩区地形作为主要因素考虑, 方法简便且能够用于洪水研究^[5]。本文利用圩区高程数据, 通过 ArcGIS 中空间分析工具描述圩区地形特征, 避免手动绘制误差,

计算圩区调蓄量, 推求内涝水位, 可成为实际工作中准确且高效的技术手段。

1 圩区产水量计算

本文以南京地铁所在城东圩为例进行论述。城东圩位于长江北岸, 城南河与七里河之间, 外围现状河道堤防基本满足防洪要求, 受外洪影响较小, 以自身内涝影响为主。地铁属于重要基础设施, 设计标准100a一遇, 根据需求计算地铁站点所在圩区100a一遇设计内涝水位。

1.1 设计暴雨

排涝、防涝设计一般需要最大24h设计暴雨。100a一遇最大24h设计暴雨采用查算《江苏省暴雨参数图集》得: 325.6 mm。

根据《水利水电工程设计洪水计算规范》, 通过下式计算出最大1h设计雨量:

$$H_i = H_T (t_i / t_T)^{1-n}$$

式中: H_i 为历时 t_i 的设计雨量, mm; H_T 为历时 t_T 内的设计雨量, mm; t_i 为某一设计历时; t_T 为标准历时; n 为暴雨递减指数。

参数取值: $H_T = H_{24h}$, $t_i = 1$ h, $t_T = 24$ h, 查《江苏省水文手册》得到100a一遇暴雨递减指数 n 取0.67, 计算得100a一遇的最大1h设计点暴雨。同时, 考虑点面折算系数得设计面暴雨为105.6 mm。

1.2 设计暴雨雨型

典型暴雨选取城东圩所在区域主要雨量站中符合下列原则的暴雨过程: 暴雨量大于90 mm; 暴雨集

收稿日期: 2023-06-30

作者简介: 朱丽丽(1991—), 女, 硕士, 工程师, 从事水利规划设计工作。

中,峰值突出,最大 1 h 降雨量占最大 24 h 降雨量的比值在 0.25 以上;同等条件下,雨峰偏后,排涝相对不利,峰现时间大于 7 h。

根据设计暴雨量和典型暴雨过程,以最大 2 h 和最大 24 h 设计雨量作为控制,进行同频率放大,得到 100 a 一遇典型设计暴雨雨型,详见表 1。

表 1 100 a 一遇典型设计暴雨雨型

序列	雨量 /mm	序列	雨量 /mm
1	2.8	13	13.9
2	0	14	9.7
3	10.7	15	12.5
4	10.7	16	6.9
5	10.7	17	4.2
6	10.7	18	5.6
7	11.1	19	4.2
8	117.1	20	6.9
9	19.9	21	15.3
10	5.6	22	31.9
11	6.9	23	0
12	5.6	24	2.8

1.3 产水量分析计算

本文根据地铁所在圩区内地表现状,将下垫面情况分为:水面、农田、绿地、林地、道路、房屋等硬质化地区,非农业、村舍等其他综合地区。

采用产流方案:河渠道、沟、塘等水面区域全部产流,计算径流系数 1.0;农田、绿地、林地等前 2 h 时段按短历时径流系数 0.2 计算产流,此后时段全部产流,径流系数 1.0;道路、房屋等硬质化地区前 2 h 时段按短历时径流系数 0.9 计算产流,此后时段全部产流,径流系数 1.0;非农业、村舍等其他综合地区前 2 h 时段按短历时径流系数 0.5 计算产流,此后时段全部产流,径流系数 1.0。计算暴雨产流过程时,降雨产流过程中地面蒸发量均忽略不计。

根据上述径流系数取值原则,统计圩区各地类面积,分别确定短历时径流系数,作为降雨初始阶段计算产流的标准,各下垫面面积及径流系数取值见表 2。

所有不同下垫面区块计算的产水量按照同时段叠加,得到城东圩产水过程,其产水总量为 443.2 万 m³。

2 ArcGIS 数据处理

利用 ArcGIS 计算圩区容积,主要是基于数字高程模型(DEM)来进行计算统计。通过获取地形的三维坐标数据来模仿地形曲面形态,利用三维数据建

表 2 径流系数取值及各下垫面统计情况

下垫面情况	水面	农田、绿地	道路、房屋	非农业、村舍及其他
径流系数	1.00	前 2 h 时段:0.2 后续时段:1.0	前 2 h 时段:0.9 后续时段:1.0	前 2 h 时段:0.5 后续时段:1.0
面积 /km ²	5.8	16.8	9.0	5.5

立不规则三角网(TIN),并通过插值将 TIN 转换为 DEM 栅格数据。然后通过空间数据分析功能统计某水位以下的容积,该容积即为某水位以下圩区的调蓄量^[6]。

2.1 数据导入

以实测地形 DWG 文件为数据源,依靠 CAD 软件中的工具提取出含坐标(x,y,z)高程点数据,并添加至 ArcMap 中,即得城东圩高程点 shp 文件(见图 1)。



图 1 城东圩高程点位分布

2.2 构建 TIN

通过“3D Analyst-创建 TIN”工具,以导入的点要素作为三角网节点,添加高程点 Elevation 图层,并以图层边界要素为模型构筑边界,建立 TIN 模型(见图 2)。

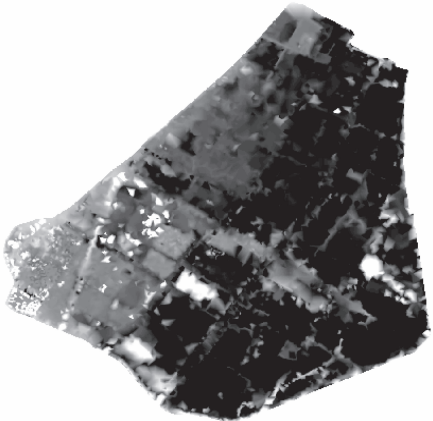


图 2 城东圩 TIN 模型

2.3 TIN 转栅格

通过“3D Analyst-TIN 转栅格”工具,采用自然邻域插值法,设置像元大小为 5×5,转成栅格数据

(见图 3)。

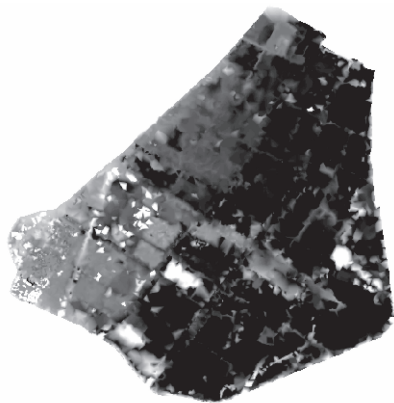


图 3 城东圩栅格地形

2.4 水位 - 调蓄量关系

由栅格数据转化为点,每个点对应一个栅格,并附有一个高程值,由此可以统计某一高程值以下对应的容积,形成水位 - 调蓄量曲线(见图 4)。

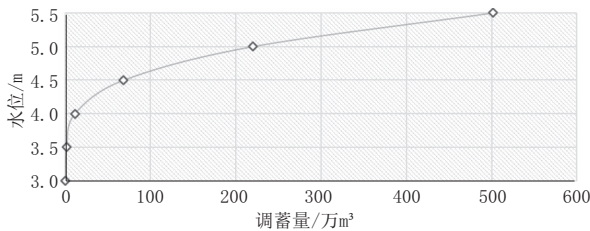


图 4 城东圩水位 - 调蓄量关系曲线

3 内涝水位分析计算

城东圩面积 13.5 km², 圩内有排涝河道 7 条、泵站 8 座,排涝规模 84 m³/s。

根据地形特点,假设降雨产生涝水先填洼地、沟渠、水塘等地势较低部分。蓄满之后再向周围较高地势淹没,因暴雨产生在续期,且现状河道规模较小,部分段标准较低,按最不利情况考虑,假设降雨前沟塘、渠道均蓄满,即沟渠内水位与地面齐平。

圩内泵站排水方案按照降雨两个时段后泵站开启全力排水。圩区对应的产水量、泵排量 and 积水量见表 3,参数变化曲线见图 5。

对于 100 a 一遇的设计暴雨,在外河防洪堤安全及圩区北部山洪撇入外河的前提下,城东圩现状最大积水量约 141.73 × 10⁴ m³,根据水位 - 调蓄量曲线分析,最大积蓄水量对应的内涝水位为 4.74 m。

4 结 语

以城东圩实测地形 DWG 文件为数据源,进行数据提取形成高程点 shp 文件,通过 ArcGIS 对高程点文件进行三角网格差分处理,能够真实反映圩区地形特征,为内涝水位计算提供良好的数据基础,快速

表 3 城东圩现状积水量变化分析结果 单位:万 m³

时段 (Δ=1 h)	产水量	累积产水量	泵排量	累积泵排量	积水量
1	2.2	2.24	0.00	0.00	2.24
2	0.0	2.24	0.00	0.00	2.24
3	14.6	16.86	16.86	16.86	0.00
4	14.6	31.47	14.61	31.47	0.00
5	14.6	46.08	14.61	46.08	0.00
6	14.6	60.69	14.61	60.69	0.00
7	15.2	75.85	15.16	75.85	0.00
8	159.9	235.77	22.68	98.53	137.23
9	27.2	262.94	22.68	121.21	141.73
10	7.6	270.59	22.68	143.89	126.70
11	9.4	280.01	22.68	166.57	113.44
12	7.6	287.66	22.68	189.25	98.41
13	19.0	306.64	22.68	211.93	94.71
14	13.2	319.89	22.68	234.61	85.28
15	17.1	336.96	22.68	257.29	79.67
16	9.4	346.38	22.68	279.97	66.41
17	5.7	352.12	22.68	302.65	49.47
18	7.6	359.76	22.68	325.33	34.43
19	5.7	365.50	22.68	348.01	17.49
20	9.4	374.92	22.68	370.69	4.23
21	20.9	395.82	22.68	393.37	2.45
22	43.6	439.38	22.68	416.05	23.33
23	0.0	439.38	22.68	438.73	0.65
24	3.8	443.20	4.47	443.20	0.00

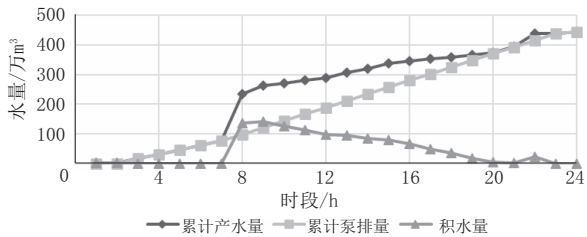


图 5 城东圩累积产水量、排水量及累积水量变化曲线

计算出水位 - 蓄水量关系,避免手工绘制等高线推荐内涝水位带来的计算误差,提高了内涝水位计算的精度和效率,能够在今后实际工作开展过程中提供参考。

参考文献:
[1] GB 50201—2014,防洪标准[S].
[2] GB/T 50805—2012,城市防洪工程设计规范[S].
[3] GB 50157—2013,地铁设计规范[S].
[4] 朱乾,陈静,刁洪全.基于 ArcMap 的光伏发电站设计内涝水位计算[J].电力勘测设计,2019,128(增刊 1):105-108.
[5] 王越,刘曙光.基于 ArcGIS 的平原河网地区圩区内涝模拟方法研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2018,156(1):81-85.
[6] 陈伟.基于 ArcGIS 的土方量计算及可视化分析[J].居业,2019,142(11):11-12,14.