

九江赛城湖应急水源地可行性分析

应碧茜, 闫旭辉, 崔冉昕

(上海勘测设计研究院有限公司, 上海市 200335)

摘 要: 九江市应急水源地建设对于保障九江人民生活以及促进九江市可持续发展具有重要的意义。基于九江市水资源特点、水源地分布现状及存在的主要问题, 从赛城湖的地理位置、可供水量、水质等方面探讨了将赛城湖作为九江市应急水源地的可行性。研究结果表明, 赛城湖可供水量满足需求, 水质达到水源地水质要求, 位置合适, 具备作为九江市应急水源地的可行性。

关键词: 赛城湖; 应急水源地; 可供水量; 可行性

中图分类号: TU991.11

文献标识码: B

文章编号: 1004-4701(2019)06-0448-08

0 引 言

水是生命之源, 饮水安全是人民最基本的需求, 不仅关系到社会的稳定和谐, 也关系到城市的可持续发展。2019 年联合国世界水日情况说明书显示, 全球有 40 亿人每年有至少一个月处于严重缺水中, 21 亿人在家里无法获得安全用水, 18 亿人的饮用水被粪便污染。随着经济社会的不断发展, 水污染问题越来越严重, 优质稳定的供水水源已成为城市发展的保障。

2015 年 4 月, 国务院发布的《水污染防治计划》中明确规定, “单一水源供水的地级及以上城市应于 2020 年底前基本完成备用水源或应急水源建设”^[1]。目前我国已有部分城市完成了应急水源地规划建设, 如北京、延吉、新余、宿州、南京等, 但还有众多城市供水水源单一, 亟需建设应急水源地^[2-6]。九江市作为长江经济带的重要城市, 也是首批长江经济带绿色发展示范区城市, 虽已迈入高质量跨越式发展阶段, 但威胁供水安全的水污染问题仍时有发生, 例如 2008 年 9 月 22 日, 上游距离九江不到 100km 的湖北黄石某化工厂废水泄露导致当地水港受到污染, 引起了九江城区市民恐慌; 2016

年 6 月发生的九江市某公司利用新建的取水管反向向长江偷排酒糟废水, 造成一定污染, 以及九江上游长江因船舶倾覆导致的水污染问题等, 这类水污染事件严重威胁着九江市供水安全, 应急水源地的建设已刻不容缓。

1 九江市水资源及水源地概况

1.1 水资源概况

九江市属中亚热带和北亚热带过渡带, 气候温和, 雨量充沛, 多年平均降水量 1 520mm (其中约 67.6% 集中在 4~9 月的汛期), 多年平均年水面蒸发量为 700~1 000mm^[7]。

根据 2017 年九江市水资源公报公布的数据, 九江市多年平均地表水资源量为 148.25 亿 m³, 平均年径流深 787.6mm。多年平均地下水资源量为 30.17 亿 m³, 地下水与地表水不重复计算量为 6.18 亿 m³, 水资源总量为 154.43 亿 m³。

2017 年全国水资源公报数据显示, 全国水资源总量为 28 761.2 亿 m³, 人均水资源占有量约为 2 075m³, 耕地亩均水资源占有量为 1 422m³。2017 年九江市人均

水资源占有量为 3 169m³,约是我国人均水资源占有量的 1.5 倍;耕地多年平均亩均水资源占有量为 6 428m³,约是我国耕地亩均水资源占有量的 4.6 倍,九江市水资源量丰富。

对比 2017 年九江市、江西省和全国水资源公报用水效率数据发现,九江市农田灌溉水有效利用系数仅为 0.518,低于全国平均值 0.548;万元 GDP 用水量为 95m³,高于全国平均值 78m³;万元工业增加值用水量 83m³,约是全国平均值 49m³ 的 1.7 倍,工业用水重复利用率仅为全国平均值的 65%;城市供水管网漏损率约为 20%,高于全国平均值 14.57%。可见,九江市水资源利用方式粗放,用水效率不高,存在结构型、生产型和消费型浪费的问题。

1.2 水源地概况

九江中心城区范围内现状有水厂 4 座,分别是第四水厂、河西水厂、河东水厂和第三水厂,按照来水顺序分别是第四水厂取水口、河西水厂取水口、河东水厂取水口和第三水厂取水口(取水口位置如图 1 所示)。四大水厂基本情况见表 1。从图可以看到,九江市水厂主要以长江水为主,水源相对单一。

2 赛城湖可供水量计算

2.1 赛城湖基本情况

赛城湖位于九江市中心城区西部,是城区内最大的湖泊,由赛湖和城门湖组成,东与八里湖仅一堤之隔

表 1 九江中心城区现状水厂情况一览表

水厂名称	设计规模/(万 m ³ /d)	水源	取水口位置
第四水厂	30	长江	催电房
河西水厂	12	长江	四方港务公司
河东水厂	2	长江	甘棠北路与滨江路交叉口西侧九华门
第三水厂	30	长江	河东水厂取水口下游约 50m 处

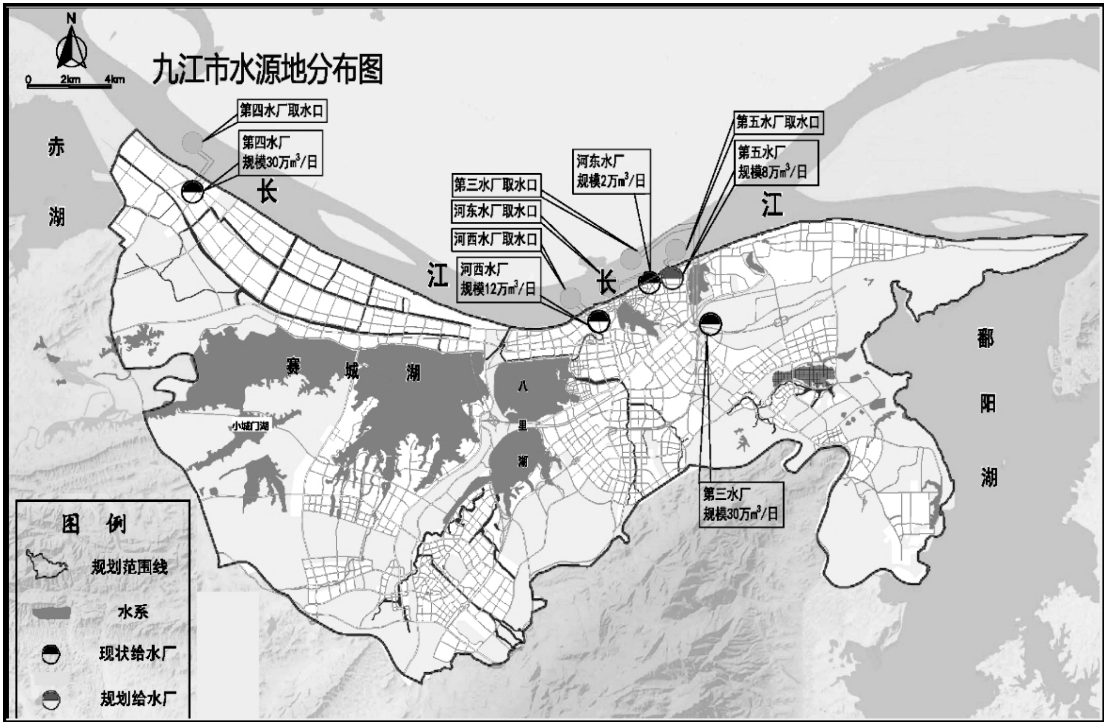


图 1 九江市中心城区水源地分布图

(八赛隔堤),主要功能定位为防洪、供水、生态、景观和旅游等。上游主要入湖河流有长河、蚂蚁河等。赛城湖原由城区的龙开河汇入长江,1970 年修建八赛隔堤并建赛程湖闸后,改由现在的新开河阎家渡注入长江。

根据《九江市城市水生态文明建设规划》,赛城湖流域面积 991km²,多年平均径流量 8.01 亿 m³,湖泊在正常高水位 16.50m 时,相应水面面积 53km²,相应库容 2.20 亿 m³。根据 2014 年实测 1:2000 水下地形图量算的湖高程~面积~容积曲线如图 2 所示。

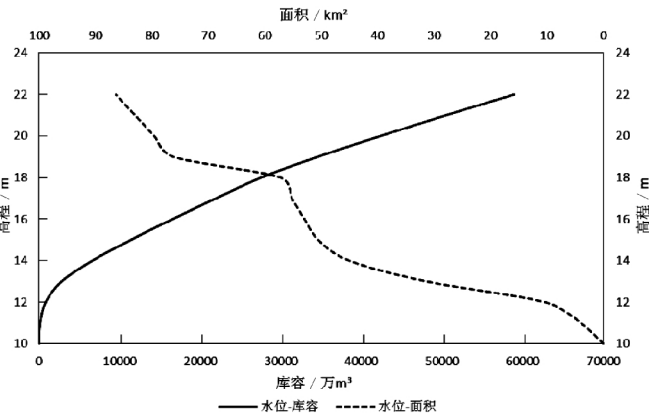


图 2 赛城湖高程~面积~容积曲线

2.2 赛城湖可供水量计算

2.2.1 湖泊生态需水量

湖泊生态需水是将湖泊生态系统结构、功能和生态过程维持在一定水平所需要的水量。湖泊生态需水包括湖泊生态水位和湖区生态耗水两个方面^[8-10]。

(1) 湖泊生态水位

赛城湖生态水位根据湖区面积变化率情况,并结合现状湖区功能水位综合确定。图 3 所示为赛城湖湖泊水位——面积变化率关系概化示意图,可以看出,

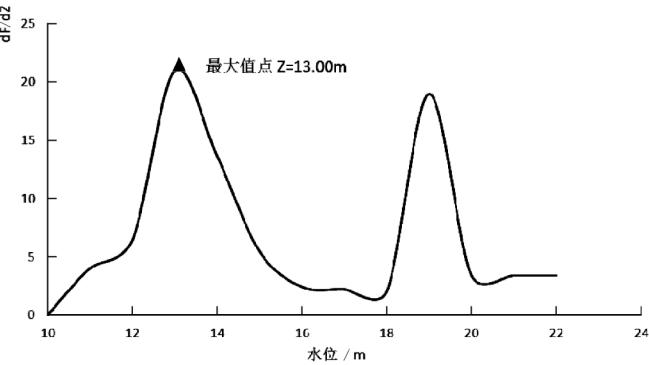


图 3 赛城湖湖泊水位——面积变化率关系概化示意图

随着湖泊水位的降低,湖泊面积随之减少,湖泊水面下降率最大值点出现在 13.00m 附近。赛城湖现状有养殖功能,常年最低水位为 14.62m。综合赛城湖最大面积下降率对应的水位和现状常年最低水位值,赛城湖生态水位取 14.62m。

(2) 湖区生态耗水

湖区生态耗水等于湖区水面蒸发扣除湖区水面降水量加上湖泊渗漏量。赛城湖区域属九江市水资源分区中的赤湖分区,多年平均降水量为 1 427.9mm;多年平均水面蒸发量参考鄱阳湖水面蒸发研究结果,为 1 081.2mm;由于区内广大地区为第四系冲积层所覆盖,下伏为第三系的砾岩层,在节理裂隙较发育的地段,裂隙水含水量丰富,且透水性较强,湖泊月渗漏量按月均库容的 1%计算,赛城湖最低生态水位 14.62m,对应湖泊水面积为 48.34km²,对应容积为 0.953 亿 m³。

计算时,月均蒸发量用年平均蒸发量按照降雨量过程进行折算。若月降雨量大于等于月蒸发量与月渗漏量之和,则该月生态耗水量为 0。赛城湖年内各月生态耗水量见表 2。

表 2 赛城湖年内各月生态耗水量表

月份	生态耗水量/万 m ³
1 月	6
2 月	0
3 月	0
4 月	0
5 月	0
6 月	0
7 月	191
8 月	285
9 月	376
10 月	188
11 月	109
12 月	119
年	1 274

由计算结果可知,赛城湖年生态耗水总量为 1 274 万 m³,生态耗水量最大的月份为 9 月,月损失水量达 376 万 m³。

2.2.2 出湖可供水量

(1) 来水过程

赛城湖不同频率的来水过程分别采用水文比拟法和降雨径流系数法进行计算。由于八里湖、赛城湖在入湖处没有流量观测站,以赛城湖流域支河长河上的铺头水文站作为参证站计算赛城湖的设计入湖径流量。铺头水文站位于江西省瑞昌市高丰镇铺头村,东经 $115^{\circ}29'$,北纬 $29^{\circ}38'$,与赛城湖的直线距离约为 30km。水文站控制集水面积 185km^2 ,具有 1980~2017 年共计 38 年实测径流资料,具有较好的代表性。水文比拟法采用铺头水文站 1980~2017 年实测流量系列,并考虑径流深进行修正。降雨径流法采用九江水文站 1951~2016 年逐日降雨量资料,根据《江西省暴雨洪水查算手册》(2010 版)附表 3-2 给出的鄱阳湖滨区降雨径流关系查算表,按照不同降雨量级的径流系数经验值进行推算。两种方法计算的赛城湖 $P=50\%$ 来水过程与多年平均来水过程见表 3。

由表 3 结果可知,水文比拟法计算的年径流略大于降雨径流法。保守起见,后续计算采用降雨径流法计

算的成果。

(2) 用水过程

① 工业供水

依据现状统计资料,赛城湖工业供水量约为 $31.88\text{万 m}^3/\text{年}$ 。

② 农业供水

赛城湖农业供水量采用灌溉定额法进行计算,即确定某作物灌溉用水基准定额及灌溉方式所产生的调节系数,计算不同保证率下的灌溉用水定额,再与种植面积相乘进而求得灌溉需水量。

根据九江市 2017 年统计年鉴计算的九江市濂溪区、浔阳区、九江开发区和柴桑区农业播种的作物品种、面积规模见表 4。

赛城湖 2017 年农业灌溉面积为 51.15km^2 ,规划农业灌溉水利用系数取 0.6,依据《江西省农业用水定额》(DB36 619-2017)的年灌溉用水定额,结合不同作物的生长周期内的用水需求,计算得到不同保证率的月综合灌溉定额。赛城湖多年平均来水情况下各月的农业毛灌溉水量结果见表 5。

表 3 赛城湖来水过程表

月份	水文比拟法		降雨径流系数法	
	P=50%	多年平均	P=50%	多年平均
	m ³ /s			
4 月	38.40	46.10	33.83	33.90
5 月	24.60	35.70	41.56	41.60
6 月	76.90	43.70	51.59	51.60
7 月	19.90	14.90	30.96	31.00
8 月	39.80	27.00	26.43	26.40
9 月	5.10	10.60	12.54	12.60
10 月	5.40	4.30	9.55	9.60
11 月	5.60	7.90	8.60	8.60
12 月	2.60	9.70	4.67	4.70
次年 1 月	2.30	16.70	6.68	6.70
次年 2 月	5.10	27.20	12.87	12.90
次年 3 月	60.90	34.50	18.78	18.80
平均	24.00	23.10	21.50	21.50
9~次年 3 月平均	12.40	15.80	10.50	10.60

表 4 九江市中心城区农业作物统计表

作物种类	种植面积(亩)
早 稻	9 690
中稻及一季晚	129 510
二季晚稻	12 915
小 麦	35 190
玉 米	49 155
大 豆	22 755
绿 豆	705
红 薯	17 310
花 生	5 520
油菜籽	131 985
芝 麻	6 360
棉 花	94 590
苧 麻	135
甘 蔗	1 260
蔬菜(含菜用瓜)	213 105
西 瓜	12 870
甜 瓜	1 785

(3)可供水量

采用多年平均来水过程，结合赛城湖最低生态水位14.62m 的要求，考虑工业、农业供水后，扣除赛城湖各月最小生态耗水量，并经水量平衡调节计算，得到赛城湖分月出湖可供水量。

赛城湖的可供水量调节计算遵循以下原则：

- ① 整个调度期内控制赛城湖的水位不低于14.62m，不高于 16.50m，最低生态水位 14.62m 至常水位 16.50m 之间的可调蓄库容为 9 732 万 m³；
- ② 在扣除蒸发、渗漏等水量损失基础上，以满足农业、工业用水需求不破坏为前提；
- ③ 赛城湖来水经由赛城湖闸入长江，闸下河道与长江连通，无减脱水段，径流调节计算过程，不计闸下入长江河段的生态用水量。

赛城湖各月出湖可供水量计算结果见表 6。由计算结果可知，赛城湖在多年平均来水情况下的最小月可供水量为 4 229 万 m³，即 141 万 m³/d。

表 5 多年平均农业灌溉用水过程

月份	灌溉用水量/万 m ³
4 月	169.21
5 月	148.86
6 月	515.05
7 月	628.06
8 月	989.69
9 月	411.97
10 月	186.11
11 月	116.71
12 月	0
次年 1 月	126.63
次年 2 月	2.13
次年 3 月	0.20
年	3 294.62

表 6 赛城湖各月出湖可供水量表

月份	多年平均/万 m ³
1 月	4 370
2 月	3 947
3 月	4 370
4 月	5 859
5 月	9 426
6 月	11 337
7 月	6 960
8 月	4 728
9 月	4 329
10 月	4 370
11 月	4 229
12 月	4 370
年	68 295

3 应急需水量计算

根据住建部 2017 年 4 月发布的《城市供水应急备用水源工程技术规程》(征求意见稿),应急水源水量确定时应考虑的用水类型包括居民生活用水量、工业用水量、公共设施用水量和其他用水量,不包括城市供水工程统一规划以外的其他用水量。九江市面临的供水风险主要是突发性水源污染问题,由于污染物会随水流往下游移动,对供水的影响时间较短,一般取 5~10 天。

依据《九江市城市总体规划(2017~2035 年)》,九江市水厂现状供水规模为 64 万 m^3/d ,规划供水规模为 82 万 m^3/d 。

应急水量按供水规模的 70% 计算,应急供水天数 7 天,现状及规划应急供水规模为 313.6~401.8 万 m^3 。综合考虑自来水厂厂用水量、用水日不均系数以及赛城湖至水厂的原水输水等因素,确定赛城湖应急水量为 401.8 万 m^3 ,约 57.4 万 m^3/d 。

由表 6 可供水量计算结果,赛城湖在多年平均来水情况下,满足了赛城湖自身最小生态耗水、工业供水、农业灌溉用水需要之后,还可以提供的可供水量月最小值为 4 229 万 m^3 ,即 141 万 m^3/d ,大于表 7 中计算得到的应急需水量 57.4 万 m^3/d 。因此,赛城湖的可供水量满足应急水量的要求。

表 7 规划水平年九江市应急供水规模

规划水平年	2035 年
水厂设计供水规模(万 m^3/d)	82.0
应急用水规模(万 m^3/d)	57.4
应急 7d 需水量(万 m^3)	401.8

4 赛城湖水质状况评价

根据《城市供水应急水源工程技术规程》(征求意见稿),应急水源的水质应满足国家相关现行标准《地表水环境质量标准》GB3838、《地下水质量标准》GB/T 14848、《生活饮用水水源水质标准》CJ 3020 等相关的水质要求。当应急水源水质不能满足相关水质标准时,

应在水源地或水厂进水处采取必要的预处理或应急处理措施,确保出厂水水质达标。

根据九江市 2017 年水资源公报,赛城湖、八里湖全年水质符合Ⅲ类水;赛城湖主要入湖河道长河,评价河长为 70.5km,全年、汛期、非汛期水质均优于Ⅲ类水,赛城湖水质良好。

根据赛城湖湖心 2015~2017 年的监测数据,湖心 COD_Cr 基本维持在Ⅱ类, $\text{NH}_3\text{-N}$ 基本稳定在Ⅱ类,TP 在Ⅲ类~Ⅳ类,TN 在Ⅲ类~Ⅳ类,各项指标达到了应急水源地的水质要求。

为分析赛城湖湖区水质分布情况,基于水质监测数据,考虑长河、蚂蚁河、沙河、十里河的入湖污染(采用 2015~2017 年 3 年各月平均浓度),畜禽养殖面源、大气沉降、底泥内源等污染,以 COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN 四种指标,采用 DHI MIKE 模型进行模拟。

模拟结果表明,4 种指标分布情况基本一致,现以 TP 指标为例进行说明。赛城湖丰水期和枯水期,全湖区内 TP 指标均达到应急水源地水质指标要求;枯水期 TP 浓度(图 4)低于丰水期(图 5),总体水质好于丰水期。

5 结论与建议

(1)从可供水量来看,赛城湖在多年平均的来水情况下,满足了赛城湖自身最小生态需水、工业供水、农业灌溉用水需要之后,可供水量能满足应急水源供水水量的要求。

(2)从水质现状来看,赛城湖原水水质基本达到 GB3838-2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准,基本满足生活饮用水水质要求。

(3)从地理位置来看,赛城湖位于城区,距离现有河西水厂较近,可充分利用现有的输配水管网与城市现有供水系统连通,有利于节约投资。

基于以上几个方面的分析,赛城湖具备作为九江市应急备用水源地的可行性。

也应该注意,赛城湖作为城市应急水源地,还应开展以下几个方面的工作:首先赛城湖水功能区划转变为应急水源地;加强湖区及入湖河流截污减排能力,加强湖泊湿地的恢复和保护,确保湖泊水质达到应急水源地的要求;尽快推进应急水源地配套供水管网建设,发挥城市应急水源的作用;编制应急水源安全保护预案,落实水源地保护措施等。

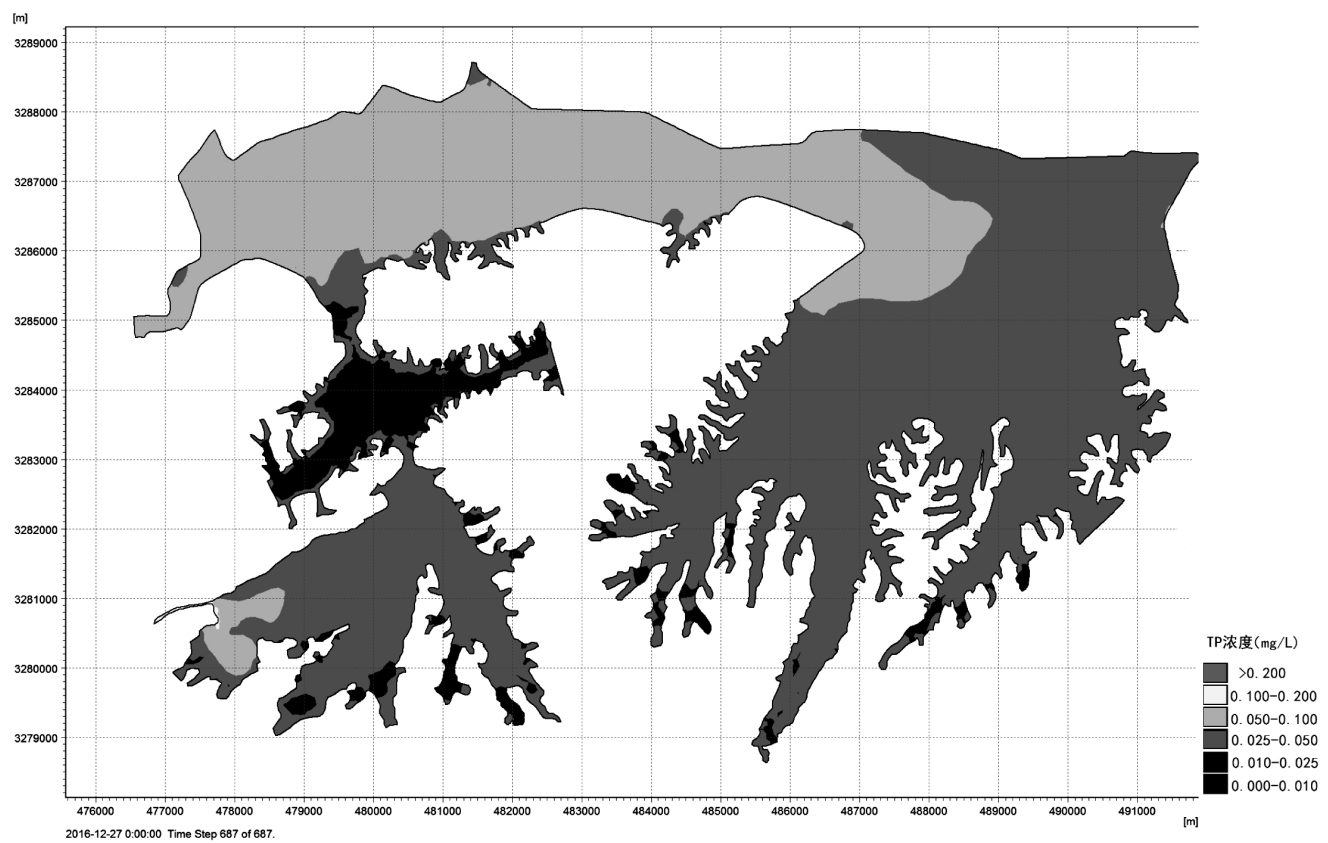


图 4 赛城湖枯水期 TP 浓度空间分布图(2016 年 12 月 27 日)

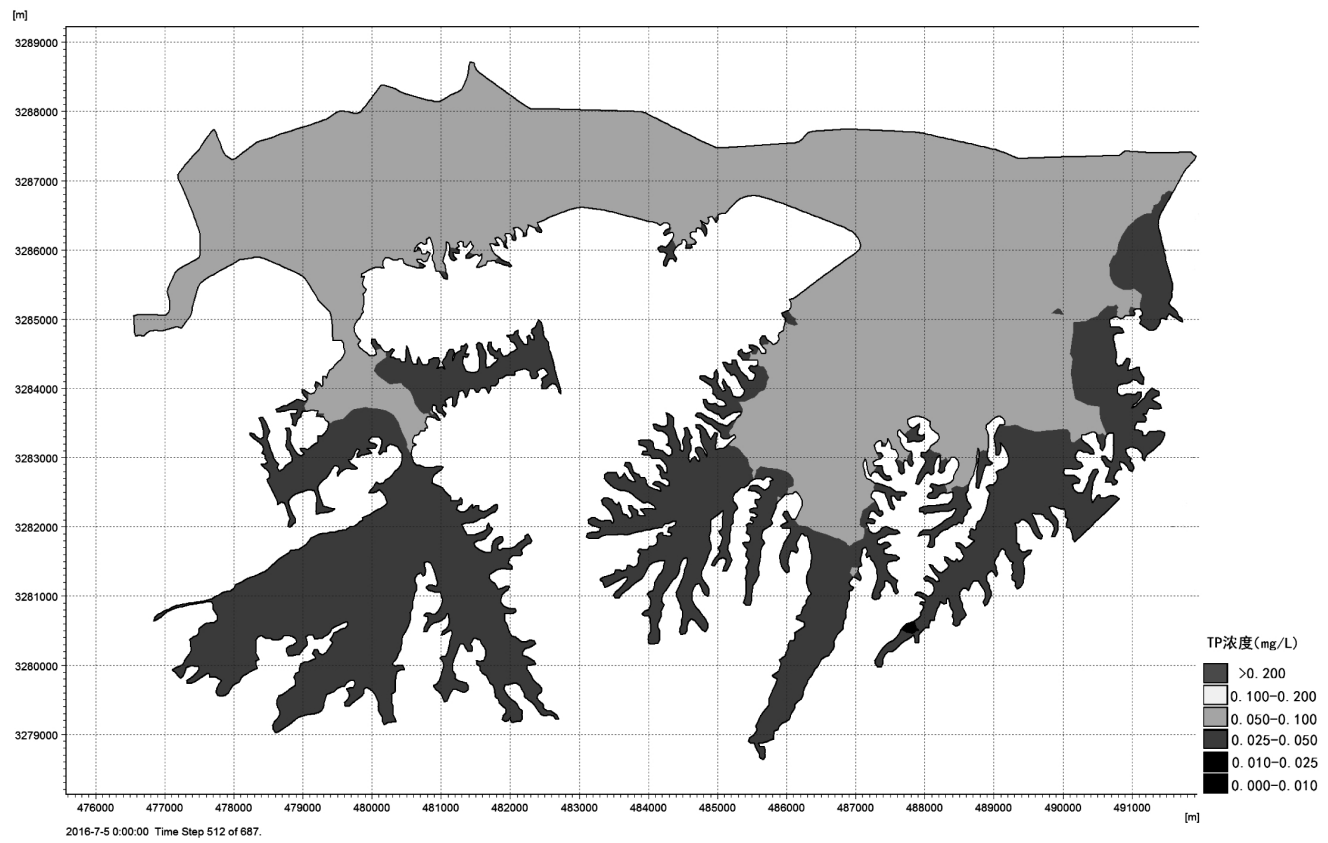


图 5 赛城湖丰水期 TP 浓度空间分布图(2016 年 7 月 5 日)

参考文献:

- [1] 周琴, 肖昌虎, 黄站峰, 等. 长江经济带取排水口和应急水源布局规划研究[J]. 人民长江, 2018.
- [2] 金胜德. 延吉市应急饮用水水源地调查分析评价[J]. 科学技术创新, 2017(33): 138~139.
- [3] 张凯, 王少龙, 高志强, 等. 宿州市地下水应急水源地研究[J]. 上海国土资源, 2018, 39(04): 107~110.
- [4] 乔玲, 李宇. 北京市建设应急备用水源工程的初步研究[J]. 北京水务, 2004(6): 12~14.
- [5] 李爱花, 酆建强, 张海滨, 等. 城市应急备用水源工程概念及建设思路[J]. 中国水利, 2016(16): 14~17.
- [6] 张少杰, 陈辉, 景卫华, 等. 南京长江新济洲-新生洲备用水源地可行性研究[J]. 人民长江, 2016, 47(5): 34~37.
- [7] 吕兰军. 九江市城市水生态文明建设水文服务探讨[J]. 江西水利科技, 2018(2): 125~128.
- [8] 刘剑宇, 张强, 孙鹏, 等. 鄱阳湖最小生态需水研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2014, 53(4): 149~153.
- [9] 徐志侠, 王浩, 董增川, 等. 南四湖湖区最小生态需水研究[J]. 水利学报, 2006, 37(7): 784~788.
- [10] 胡习英, 陈南祥. 城市生态环境需水量计算方法与应用[J]. 人民黄河, 2006, 28(2): 48~50.

编辑: 张绍付

Feasibility study on emergency water source at Saicheng lake of Jiujiang

YING Bixi, YAN Xuhui, CUI Ranxin

(Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co. Ltd, Shanghai 200335, China)

Abstract: The construction of emergency water source of Jiujiang is of great significance for ensuring the life of people in Jiujiang and promoting the sustainable development of Jiujiang. Based on the characteristics of water resources of Jiujiang, the present situation of fresh water sources and main problems, the feasibility of using Saicheng lake as an emergency water source in Jiujiang is discussed from the geographical location, water supply and current water quality. The supply and demand analysis of the ecological water demand, water availability, water quality of Saicheng lake and emergency water volume is carried out. The results show that, the available water of Saicheng lake meets the demand, the water quality meets the requirements of source water quality, and the location is suitable. Therefore Saicheng lake is feasible as the emergency water source of Jiujiang city.

Key words: Saicheng lake; Emergency water source; Available water; Feasibility

翻译: 应碧茜