



海岛围填区石化基地排涝体系研究*

盛海峰, 田传冲, 周 芬, 卢晓燕, 侯云青, 张 健

(浙江省水利水电勘测设计院, 浙江 杭州 310002)

摘要: 台风暴雨是浙江海岛地区洪涝灾害的主要成因。海岛围填区石化基地对场地格局、排涝控制水位、场地排水水质等特殊限制要求和特点。以舟山石化基地为研究对象, 结合海岛地区台风暴雨特性、石化基地场地布局要求和排水条件, 建立了研究区一维河网水动力模型, 以不超过河道目标水位为控制要求。通过不同工况的模拟分析, 确定了较优的排涝体系和工程规模, 保障石化基地排涝安全。

关键词: 海岛地区; 石化基地; 排涝体系

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)05-0086-05

Study on drainage system of petrochemical base in island reclamation areas

SHENG Hai-feng, TIAN Chuan-chong, ZHOU Fen, LU Xiao-yan, HOU Yun-qing, ZHANG Jian

(Zhejiang Design Institute of Water Conservancy & Hydro-electric Power, Hangzhou 310002, China)

Abstract: Typhoons and heavy rain are the main causes of the flood disaster in Zhejiang island areas. Petrochemical bases in island enclosures have special requirements and characteristics on the site pattern, drainage water level, and drainage water quality. Taking the Zhoushan petrochemical base as a research object, this paper establishes the one-dimensional hydrodynamic model in the study area which combined with island region typhoon rainstorm characteristics, petrochemical base site layout requirements, and drainage conditions. Not exceeding the river target level of the river is the control requirement. Through the simulation analysis of different working conditions, a better drainage system and engineering scale are determined to ensure the safety of petrochemical base drainage.

Keywords: island areas; petrochemical base; drainage system

区域排涝体系由场地排水和河道排涝两个系统组成, 其中场地排水系统主要由排水管网组成, 用于收集场地内雨水排入区域内河道, 一般属市政范畴; 河道排涝包括河道、渠道、湖泊、闸门、泵站等, 用于将区域涝水外排至区域外干河、湖泊或海洋, 一般属水利范畴。排涝体系是区域的基础设施体系, 关系到场地的高程、用地格局, 一般应优先设计建设, 特别是河道排涝系统。场地排水和河道排涝的耦合分析^[1]是区域排涝体系设计的重要基础。

海岛地区水系独立, 源短流急, 洪水暴涨暴

落, 洪峰持续时间较短, 排涝受潮位影响明显, 若遇潮水顶托则难以外排。由于石化项目的特点, 石化基地雨水分为污染雨水、后期雨水和清净雨水, 其中污染雨水必须由管道收集并排放至装置内设置的污染雨水池, 不进入排涝体系。

本文选取舟山石化基地作为研究对象, 结合海岛地区台风暴雨特性、石化基地场地布局要求和排水条件特点, 构建一维河网水动力模型, 通过分析比较, 科学确定区域水系布局和排涝工程规模, 保障区域排涝安全。

收稿日期: 2020-12-01

***基金项目:** 浙江省水利科技计划项目(RB1905)

作者简介: 盛海峰(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水利规划设计。

1 概况

研究区为填筑舟山大、小鱼山岛之间的海域而成, 介于长江口和杭州湾中间, 鱼山岛位于岱山本岛西北偏西方向 8 km, 距离舟山本岛 12 km, 研究区位置见图 1。石化基地划分近、中、远共 3 期。近期工程填筑大、小鱼山岛之间的海域, 规划面积约 16 km²; 中期围垦大鱼山岛以东的海域, 规划面积约 10 km²; 远期则在鱼山岛以西填海, 规划面积约 15 km²。研究区内未设置雨量站, 通过分析距研究区最近的岱山站资料, 降水量年内分配呈双峰型, 前峰在 6 月份, 该月雨量通常为全年的 14.6%, 后峰在 9 月份, 该月雨量一般占全年的 11.1%, 其成因以台风暴雨为主。该站多年平均高潮位 1.17 m, 多年平均低潮位-0.80 m, 实测最高潮位 3.08 m。

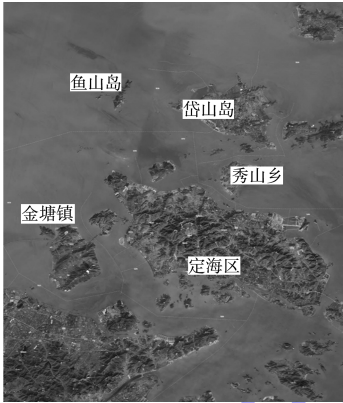


图 1 研究区位置

2 模型构建

2.1 计算方法

水利计算方法采用河网非恒定流方法。将式(1)、(2)的圣维南明渠非恒定流偏微分方程组用隐式差分法化为差分方程, 再与边界条件及初始条件构成非线性方程组, 采用牛顿迭代法及高斯列主元消去法求解, 从而得出各计算断面的水位过程:

$$B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = q \tag{1}$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \left(Z + \frac{v^2}{2g} \right) + \frac{Q|Q|}{F^2 K^2} = 0 \tag{2}$$

式中: Z 、 Q 、 F 、 v 和 K 分别为某一时刻 t 及在某一空间位置 s 断面的水位、流量、相应过水断面面积、断面平均流速和流量模数; B 为水面宽; q 为单位河长旁侧入流量。

2.2 河道布局

考虑石化基地大型设施对场地布局完整性的特殊要求, 河道尽量布局在场地周围, 同时为充分利用淡水湖的调蓄容积、实现雨洪资源的最大化利用, 河道布局尽量实现河道之间的相互连通。其中石化大道北渠西侧与石化大道南渠汇合后与随塘北河 1 连通, 石化大道北渠东侧与石化大道南渠汇合后与淡水湖连通; 石化大道南渠东侧汇入随塘东河 2 与淡水湖连通; 随塘东河 1 与淡水湖连通。

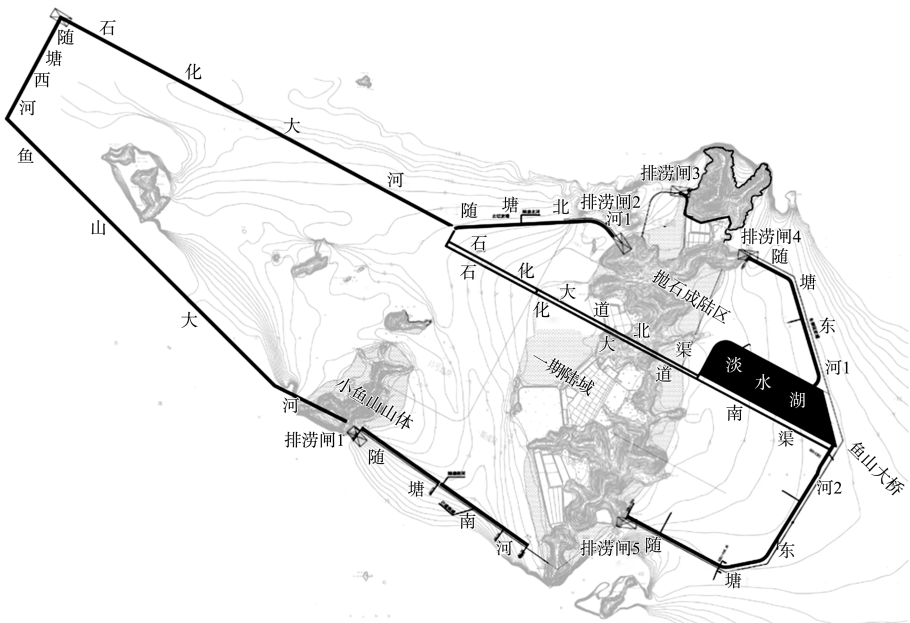


图 2 石化基地河道总体布局

表 1 近中期河道规模

河道名称	河段长度 /m	面宽 /m	水域面积 /m ²
随塘南河	2 800	34	95 200
	1 450	36	52 200
随塘东河 2	2 150	30	64 500
	290	20	5 800
随塘东河 1	2 200	30	66 000
随塘北河 1	2 270	34	77 180
随塘北河 2(污水处理厂)	1 100	10	11 000
淡水湖	—	—	1 190 000
石化大道北渠	3 100	3	9 300
	900	8	7 200
石化大道南渠	6 000	8	48 000
合计	22 260		1 626 380

2.3 模型概化

根据研究区现状水系布局和内部石化大道南北两侧主要排水渠道格局，对研究区进行河网概化，主要概化为随塘南河、随塘东河 1、随塘东河 2、随塘北河 1、随塘北河 2(污水处理厂)、石化大道北渠、石化大道南渠和淡水湖。研究区河网和闸门概化见图 3。

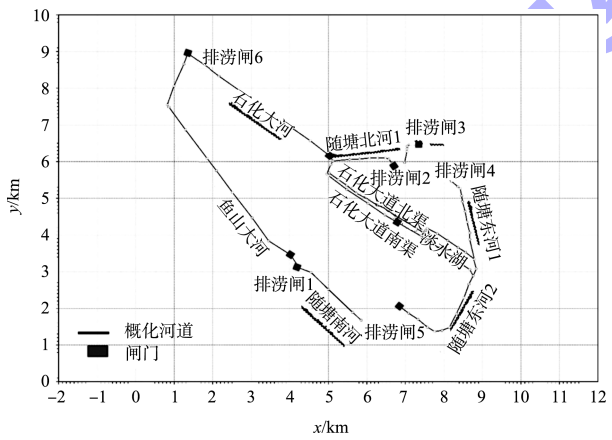


图 3 研究区河网概化

3 方案对比

3.1 设计条件

3.1.1 划分排水分区

结合石化基地内部的管网排水系统格局，按照分片排水、就近排水的原则，对各片区河道的排水区域进行划分，扣除鱼山岛北部保留山区直接外排入海，排入基地内水系的总排水面积约 39.63 km²，其中石化基地近中期(A、B 为近期、C、

D 为中期)排水面积约为 24.56 km²，石化基地远期排水面积约为 15.07 km²。

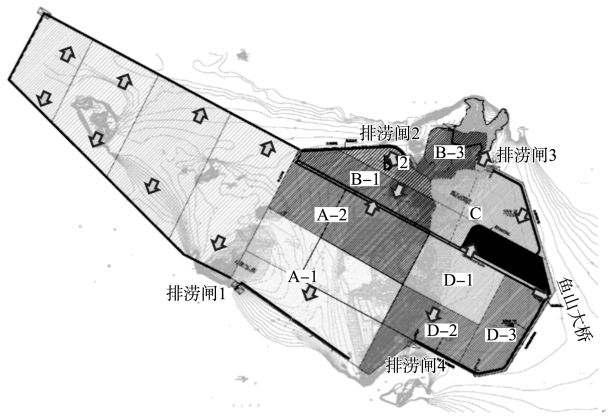


图 4 研究区排水分区

3.1.2 确定目标控制水位

根据基地用地规划，近期规划地坪高程为 4.8 m，中远期规划地坪高程为 3.5 m。根据相关规范，排涝河道设计排涝水位宜为附近地面高程以下 0.3~0.5 m^[2]，因此拟定河道目标控制水位分别为近期 4.3 m、中远期 3.0 m。根据岱山站潮位频率分析，利用短期同步差比法将研究区短期实测潮位与岱山站进行相关分析，得到 5 a 一遇的最高潮位为 3.02 m。

3.1.3 制定适宜水面率

水系具有调蓄暴雨洪水的作用，合理的水面率可以减小区域排涝模数^[3]、降低区域场地高程、缩减排涝工程规模。浙江省对沿海滩涂围垦区水面率亦有不低于 12%^[4]的要求，但是本项目为纯填海区，场地设施布局对用地需求强烈，且场地规划高程较高、排涝条件好，因此在满足排涝安全、用地需求的基础上尽可能增大水面率。

此外，根据岱山站最大 24 h 雨量及岱山潮位站相应最高潮位、最高潮位与相应最大 24 h 雨量的遭遇分析，同时发生大暴雨和高潮位的几率较小，推荐采用设计 50 a 一遇暴雨遭遇 5 a 一遇潮位的组合^[5]。且根据石化基地排水特点，前 30 mm 污染雨水由管道收集不进入排水系统。

3.2 排涝闸规模

根据设计条件，确定与河道规模相适应的排涝闸规模，分别对布设在随塘南河、随塘北

河 1、随塘东河 1、随塘东河 2 上的排涝闸 1、排涝闸 2、排涝闸 4、排涝闸 5 进行方案比选, 方案 1~5 的各排涝闸规模逐渐递增, 见表 1。河道计算起始水位采用 1.5 m, 当遭遇设计频率暴雨

时, 为腾空水系容积, 须最大限度调蓄涝水, 拟定各排涝闸运行原则为: 当闸上河道水位高于闸下潮位时开闸放水。各方案河段最高水位计算成果见表 2。

表 2 不同排涝闸规模下河道水位对比

河道名称	闸名称	方案 1		方案 2		方案 3		方案 4		方案 5	
		闸净宽/m	高水位/m	闸净宽/m	高水位/m	闸净宽/m	高水位/m	闸净宽/m	高水位/m	闸净宽/m	高水位/m
随塘南河	排涝闸 1	10	4.00	15	3.91	20	3.90	25	3.89	30	3.88
随塘东河 2	排涝闸 5	10	2.98	15	2.97	20	2.97	25	2.97	30	2.97
随塘东河 1	排涝闸 4	5	2.68	10	2.64	15	2.63	20	2.63	25	2.63
随塘北河 1	排涝闸 2	10	3.46	15	3.44	20	3.44	25	3.44	30	3.44
淡水湖	-	-	2.68	-	2.64	-	2.63	-	2.63	-	2.63
石化大道北渠	-	-	4.19	-	4.18	-	4.17	-	4.17	-	4.17
石化大道南渠	-	-	3.82	-	3.81	-	3.80	-	3.80	-	3.80

注: 50 a 一遇设计暴雨。

根据表 2 中不同方案各河段最高水位变化情况可知: 1) 研究区地坪较高, 自排条件较好, 各河道均能满足目标水位的控制要求, 河道最高水位主要受水系调蓄容积的影响, 各排涝闸规模的变化对河道最高水位的影响较小; 2) 排涝闸 1 净宽从 10 m 增至 15 m, 水位从 4.00 m 降至 3.91 m, 降低了 0.09 m, 规模继续增加水位降低不明显, 故建议排涝闸 1 总净宽为 15 m、底高程为 0 m; 3) 随塘北河 1 的出口排涝闸 2 净宽增至 15 m 以上后, 河道最高水位几乎无变化, 建议排涝闸 2 的总净宽为 15 m、底高程为 0 m; 4) 随塘东河 1 和随塘东河 2 与淡水湖直接连通, 水系调蓄容积大, 闸规模对河道最高水位影响较小, 考虑闸与河道的匹配性, 建议排涝闸 3 和排涝闸 4 的净宽均为 10 m、底高程为 0 m。

3.3 水系优化

表 2 各方案中石化大道北渠的最高水位为 4.17~4.19 m, 与目标控制水位十分接近且变化较小。分析其水位壅高的原因主要为: 河道规模较小, 面宽仅为 3 m, 输水能力差, 且承接排水区雨水后, 向东排入淡水湖、向西排入随塘北河 1, 都与外排水闸有一定的距离, 且口门排涝闸规模扩大对其最高水位几乎无影响。因此需要进一步优化渠道规模和河网排水体系降低石化大道北渠最

高水位。本文拟定以下比较方案: 方案 1, 调整石化大道北渠排水区, 排水区 B-1 排水进入随塘北河 1, 石化大道北渠只作为连通渠道, 不再直接承泄雨水; 方案 2, 将石化大道北渠规模面宽由 3 m 调整至 6 m, 矩形断面。各方案石化大道北渠水位模拟结果见表 3。

表 3 不同方案下石化大道北渠水位对比

河道名称	闸名称	闸净宽/m	水位/m		
			原方案	方案 1	方案 2
随塘南河	排涝闸 1	15	3.91	3.91	3.91
随塘东河 2	排涝闸 5	10	2.98	2.97	2.98
随塘东河 1	排涝闸 4	10	2.65	2.58	2.64
随塘北河 1	排涝闸 2	15	3.44	3.50	3.36
淡水湖	-	-	2.65	2.58	2.66
石化大道北渠	-	-	4.19	3.52	3.56
石化大道南渠	-	-	3.81	3.64	3.68

注: 50 a 一遇设计暴雨。

由表 3 可知: 1) 与原方案比较, 方案 1 石化大道北渠和南渠的最高水位分别降低了 0.67 m 和 0.17 m, 降幅明显, 但使随塘北河 1 的最高水位从 3.44 m 抬高至 3.50 m, 抬高了 0.06 m, 且由于石化大道北渠输水能力有限, 使其区块雨水进入淡水湖的水量减少, 淡水湖最高水位由 2.65 m 降低至 2.58 m, 降低了 0.07 m。2) 方案 2 增加了石化大道北渠的调蓄和输水能力, 石化大道北渠和南渠的水位分别降低了 0.63 m 和 0.13 m, 降幅亦

较为明显，且随塘北河 1 的水位降低了 0.08 m，而淡水湖的水位抬高了 0.01 m，变化较小。方案 1 和方案 2 均能明显降低石化大道北渠最高水位，但方案 2 未改变排水分区，对场地内排水系统影响较小，故建议扩大石化大道北渠规模至 6 m。

4 结 论

1)合理增大水面率可以降低区域场地高程、缩减排涝工程规模。石化基地为填海区，由于排涝要求高、规划地坪高程较高，排涝条件好，且场地设施布局对场地完整性需求强烈，因此项目区规划水面率低于浙江省河道建设规范建议的水面率为 12%的要求是符合现实情况的。

2)根据《治涝标准》要求，结合石化基地场地规划地坪高程，确定近期 4.3 m、中远期 3.0 m 作为河道最高控制水位目标。

(上接第 25 页)

4 工程实践验证

鱼山东堤南侧现已交工验收，爆破挤淤与塑料排水板选址于距离大鱼山 1 520 m 的位置，爆破挤淤施工满足油管线铺设对其工期的要求；衔接位置软土层薄，通过反压棱体可满足堤身稳定要求；衔接位置砂层分布稳定，无地层突变现象，工后未出现明显的差异沉降。工程实践证明，选择合理的衔接位置，是工程安全、工期、投资的重要环节，为衔接段的处理方法提供了便捷。通过控制爆破挤淤进尺、施工顺序并预留合理的安全距离，结合稳定验算，不需要对地基土清淤置换，也可保障工程安全。

5 结 论

1)当海堤建设出现两种不同地基加固方式时，可从海堤建设时序、整体稳定性、差异沉降及工程投资角度综合分析，选择合理的衔接位置。

2)若衔接位置软土层较薄，通过反压可满足海堤稳定需求，则衔接位置结合地质条件可选址于堤轴线转弯位置，充分利用堤脚防冲刷块体，兼顾反

3)考虑石化基地场地内排水分区和前期污染雨水需回收的实际需求，优化场地河道设计规模，确定石化基地外排水闸总规模 50 m，建立了适应石化基地需求的排涝体系。

参考文献：

[1] 张晓波, 盛海峰.城市市政排水与区域排涝水力耦合模型研究[J].人民长江, 2015, 46(18): 15-19, 47.
[2] 水利部水利水电规划设计总院.治涝标准: SL 723—2016[S].北京:[出版者不祥], 2016.
[3] 郑雄伟, 周芬, 侯云青, 等.城镇圩区排涝模数与合理水面率研究[J].水利水电技术, 2012, 43(9): 90-94.
[4] 浙江省河道管理总站.河道建设规范: DB33/T 614—2016[S].杭州:[出版者不祥], 2016.
[5] 盛海峰, 侯云青, 张健.舟山绿色石化基地排涝规划[R].杭州: 浙江省水利水电勘测设计院, 2017.

(本文编辑 武亚庆)

压棱体，减少工程投资，且平面协调性较高。

3)不同地基加固衔接段通过控制爆破挤淤进尺、预留足够安全距离、安排合理的施工顺序并结合稳定验算结果加宽反压平台，可减少衔接段复杂条件带来的不利影响。

参考文献：

[1] 蔡军, 张林海, 侯海伟, 等.爆破挤淤堤与充填袋斜坡堤衔接方案[J].水运工程, 2017(11): 172-175.
[2] 林耿荣, 朱海龙.采用不同地基处理的围堤连接技术研究[J].黑龙江科技信息, 2015(25): 215-216.
[3] 中国葛洲坝集团股份有限公司, 葛洲坝集团公司第一工程有限公司.水电水利工程爆破施工技术规范: DL/T 5135—2013[S].北京: 中国电力出版社, 2014.
[4] 水利部水利水电规划设计总院, 广东省水利水电科学研究院, 浙江省水利水电勘测设计院.海堤工程设计规范: GB/T 51015—2014[S].北京: 中国计划出版社, 2014.
[5] 浙江省水利河口研究院.舟山绿色石化基地整体物理模型试验研究专题报告[R].杭州: 浙江省水利河口研究院, 2017.

(本文编辑 王璁)