

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.11.037

基于 MIKE21 的入河排污口设置论证实例分析

侯盼, 王洁, 邓人超, 谢心白
(南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 开展即将开发的城镇区内城镇污水处理厂入河排污口设置论证, 分析污水处理厂建设对片区现状及未来水环境的影响, 能够给合理开发利用和有效保护水资源、维护经济社会健康发展提供技术支持。以南京龙袍新城污水处理厂(一期)工程入河排污口设置论证为实例, 选取 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 作为评价因子, 采用二维水量水质模型进行河段水质预测, 分析污染物排放对相关水域水质及水生态的影响, 论证排污口选址合理性分析。

关键词: 入河排污口; 设置论证; 水质预测模型; 水功能区; 影响分析

中图分类号: TU992.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)11-0133-05

0 引言

入河(湖、库、海)排污口(以下简称“入河排污口”)通常是指通过沟、渠、管道等设施向江河、湖泊(含运河、渠道、水库等水域)和近岸海域等环境水体排放污水的排污口。入河排污口是污染物从产生源头流入环境水体的主要途径, 是陆域污染源进入河流、湖泊、水库、海洋等水域的重要通道^[1]。

依法设置入河排污口, 是保护水资源、改善水环境、促进水资源可持续利用的重要手段, 是落实水功能区划制度和饮用水源保护区制度的主要措施, 也是落实科学发展观、保护生态环境、维持河流健康生命的必然要求^[2]。

在入河排污口设置论证工作中, 需借助水质数学模型对入河污染物的水环境影响进行模拟预测。随着计算机技术的发展, 水环境模拟程序逐步向界面友好、可视化程度高的集成软件发展, 开发出了 Delft3D^[3-4]、CCHE2D^[5]、EFDC^[6]、MIKE^[7]等数值模拟软件。

MIKE 模型的污染物对流扩散(MIKE AD)模块能将二维水动力计算与污染物迁移计算相结合, 并可方便地实现数据前处理、计算方案设定和计算结果后显示, 具有人机界面友好、可视化程度高等特点, 可很好地反映污染物在河流中的运动规律。罗志洁等^[8]分析了 Mike11 水质模型在平原区入河排污口设置评估中的应用。陈燕平等^[9]基于 MIKE21 分

析了排污口设置对长江现状水环境的影响。龙袍新城污水处理厂(一期)工程位于规划龙袍新城内, 排污口设置在圩区排涝河道上, 间接排入滁河水功能区, 本次基于 MIKE21 二维水量水质模型分析排污口设置对圩区排涝河道及滁河水功能区现状及未来水环境的影响, 分析不同工况下新设排污口对水环境的影响范围和程度, 为量化地研究入河排污口设置论证工作提供借鉴。

1 工程概况

1.1 建设项目基本情况

龙袍新城污水处理厂(一期)工程位于六合区龙袍街道龙袍圩内, 服务范围为龙袍新城 953.14 hm^2 的规划城市建设区, 收集服务范围内生活污水, 处理达标后排放。工程在马里河(圩区内河道)右岸新建入河排污口, 设计规模 4.0 万 m^3/d , 尾水直接排入马里河, 流经楼子河、西沟河, 最后排入滁河六合过渡区水功能区。西沟河入滁河河口处设有西沟泵站及西沟涵, 污水处理厂尾水非汛期时通过西沟涵自流入滁河, 汛期时通过西沟泵站提升后排入滁河。

1.2 主要污染物种类及排水水质

主要污染物为 COD、 BOD_5 、SS、TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TP, 污染物进水浓度分别为 300 mg/L 、150 mg/L 、250 mg/L 、40 mg/L 、30 mg/L 和 4 mg/L 。

污水排放标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准。其中 COD、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中 IV 类水标准。主要污染物排放浓度见表 1。

收稿日期: 2022-07-20

作者简介: 侯盼(1991—), 女, 硕士, 工程师, 从事水利规划、水文与水资源工作。

表 1 污水处理厂设计出水水质指标 单位:mg/L

指标	出水水质	指标	出水水质
COD	30	NH ₃ -N	1.5
BOD ₅	6	TN	10
SS	10	TP	0.3

1.3 主要污染物入河总量

污水处理厂设计规模为 4.0 万 m³/d,尾水回用率按 30%考虑,计算得废水总排放量为 1 022 万 t/a。根据污水处理厂出水水质,计算得污染物排放量见表 2。

表 2 污水处理厂水污染物排放总量 单位:t/a

指标	排放量	指标	排放量
COD	306.600	NH ₃ -N	15.330
BOD ₅	61.320	TN	102.200
SS	102.200	TP	3.066

2 水功能区管理要求和现有取排水状况

2.1 水功能区保护水质管理目标与要求

根据《江苏省地表水(环境)功能区划》(2010—2020年)、《江苏省地表水(环境)功能区划》(2021—2030年),排污口间接涉及的水功能区为滁河六合过渡区,长 15 km,2020年、2030年水质目标均为Ⅳ类水。

2.2 水功能区纳污能力及限制排放总量

根据《省水利厅、省发展和改革委员会关于水功能区纳污能力和限制排污总量的意见》等资料,滁河六合过渡区主要污染物 COD、氨氮纳污能力和限制排污量见表 3。

表 3 滁河六合过渡区纳污能力和限制排污量 单位:t/a

水功能区名称	水质目标	纳污能力		2020 年限排总量	
		COD	氨氮	COD	氨氮
滁河六合过渡区	Ⅳ	1 438	84	1 456	201

2.3 水功能区现有取排水状况

论证范围内水功能区上有二圩村电灌站、红光河下排灌站、桥东泵站、陈庄电灌站、泗圩电灌站 5 处取水口,均为农业用水取水口。距离最近的二圩村电灌站位于尾水入滁河位置下游约 150 m。论证范围内水功能区上无排污口,沿岸排水口均为雨水泵站及自流涵排水口。

3 水质现状及水功能区纳污情况

3.1 论证水域水质现状

(1)根据 2019 年 1 月—2020 年 12 月环保水质监

测统计资料,滁河(南京段)水质总体评价为Ⅲ~Ⅳ类,滁河闸(红山窑闸)断面水质均达标。

(2)根据 2021 年 5 月 19 日—2021 年 5 月 21 日补充监测水质资料,监测期间圩区内河马里河、楼子河、西沟河各监测断面的各因子浓度(除总氮外)均达到Ⅳ类水标准,滁河各监测断面的各因子浓度(除总氮外)均达到Ⅲ类水标准。

3.2 水功能区纳污情况

滁河六合过渡区现状片区内主要污染源来自未经雨污分流改造的混合排水口和两岸的面源污染。根据水功能区所在河段汇水范围内的污染负荷计算现状纳污状况,得到水功能区现状 COD、NH₃-N 入河量分别为 1 314.66 t/a、188.41 t/a。龙袍新城污水处理厂(一期)工程与龙袍新城城市建设同期进行,现状大量农村地区将变为城镇区。根据龙袍新城规划人口及土地利用情况分析计算污水处理厂建设之后水功能区纳污状况,污水处理厂主要污染物 COD、NH₃-N 排放量分别为 306.6 t/a、15.33 t/a,污水处理厂建设后水功能区 COD、NH₃-N 入河量分别为 1 445.29 t/a、177.11 t/a,小于水功能区 2020 年限排总量,与水功能区的管理要求相符合。

4 水质预测模型

天然河流的流场计算较复杂,选择适当的计算模型对最终结果特别重要^[10-14]。本次采用二维水量水质模型进行计算,水质预测因子为 COD 和 NH₃-N。

4.1 计算模型

(1)水动力学模型构建。本次水动力学模型构建范围为内河排污口上游 60 m 河段、尾水流经的下游内河河段及滁河干流部分河段,滁河上游至红山窑闸下游 710 m,下游至入江口切滩处。采用不规则网格概化河道,构建网格 8 013 个。根据二维非恒定浅水方程,采用数值解法,求得设计水文条件下的水位、流速等水力要素的空间分布过程,通过二维非稳态水动力学模型的计算,模拟河段水动力流场图(见图 1、图 2)。

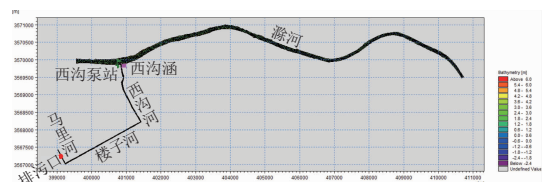


图 1 模型构建计算网格

(2)水动力学模型率定验证。本次模型率定分别采用 2015 年 6 月 28 日、2016 年 7 月 5 日实测的红

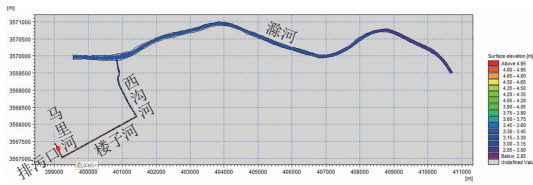


图2 流场水位分布图

山窑闸下水位、流量,滁河入江口水位资料进行模拟验证。其中,红山窑闸下流量、滁河入江口长江水位分别作为模型上下游边界条件,红山窑闸下水位为验证校核数据。最终得到滁河红山窑闸下河道综合糙率为0.023。

(3)水质二维预测模型。地表水环境质量预测采用含源汇作用的平面二维数学模型。二维水质变量的质量守恒控制方程如下:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + qC^*$$

式中: C 为水质变量浓度,mg/L; u 、 v 分别为 x 、 y 方向的速度分量; K_x 、 K_y 分别为 x 、 y 方向的扩散系数; C^* 为源汇水体的评价因子浓度,mg/L。

水质变量的质量守恒方程包括物理运输、平流扩散以及生态动力学过程。方程左边后两项为平流运输项。方程右边前两项为扩散运输项。方程最后一项表示每个状态变量的动力学过程和外部负荷。

(4)水质模型参数选取。根据区内河流的特征,参考国内外经验,按照同水质类型一般河道水质降解系数参考值范围^[8],本次模型采用的COD衰减系数确定为0.1/d;NH₃-N衰减系数确定为0.1/d。

4.2 设计水文条件

(1)水文条件标准。根据相关规范要求,在预测水质影响范围时,应考虑最不利污染稀释扩散情况,结合南京地区和本项目实际情况,水文条件分为3个部分:90%保证率滁河水位条件、90%保证率滁河上游来水情况、90%保证率马河上游来水情况。

(2)下游边界条件。长江水位采用下关站90%保证率的最枯月平均水位1.43 m,本次模拟范围下游至滁河大河口(下关站下游约40 km),根据枯水期水面比降推算下游水位边界条件为1.03 m。

(3)流量条件。论证范围内滁河上游设红山窑水利枢纽,90%保证率下红山窑闸基本处于关闭状态,闸下无来水。根据暴雨资料推求径流的方法推求红山窑闸下区间90%保证率月平均流量约为1.5 m³/s,出水口附近马河流量约0.15 m³/s。

4.3 模拟工况

本次从正常排放、事故排放及未来龙袍新城城市建设完成,龙袍新城污水处理厂正常收集污水3种工况模拟污水处理厂对相关水域水质的影响。其中,事故排放按照污水处理厂遭遇事故开始至发现事故开始运行应急措施期间按进水水质标准向马河排放1 h考虑。由于污水处理厂服务范围内现状基本为农村地区,人口较少,现状圩区内河水质较好,参考南京市其他已建成城镇区内河现状水质情况,假定龙袍新城建设完成后,圩区内河水质变为V类水限值。各工况相关参数及指标情况见表4。

4.4 计算结果

(1)对圩区内河的影响。由于现状圩区内河水质较好,正常排放情况下,内河COD、NH₃-N浓度均有所升高,影响河段长度均为4 659 m,但均满足IV类水标准。事故排放情况下,内河COD、NH₃-N浓度升高明显,影响河段长度均为4 659 m,水质均不满足IV类水标准。在未来龙袍新城城市建设完成、区域内污染物大幅度增加的情况下,尾水正常排放时,排口排水对内河水质有一定的改善作用,排水口下游约4.2 km外COD、NH₃-N浓度均达到了IV类水标准。

(2)对滁河的影响。正常排放情况下,对滁河下游河道COD影响长度为2 550 m,NH₃-N影响河段长度为3 800 m,COD、NH₃-N浓度变化较小,下游河段基本满足III类水标准。

事故排放情况下,滁河COD及NH₃-N浓度明显升高。COD影响河段长度为2 700 m,其中入滁河口下游长约150 m河段水质不满足IV类水标准。NH₃-N影响河段长度为6 300 m,其中水质不满足IV类水标准的河段长300 m。

在未来龙袍新城城市建设完成、区域内污染物

表4 各工况相关参数及指标情况

工况	排水量/(万 m ³ ·d ⁻¹)	排水水质/(mg·L ⁻¹)	水文条件	本底浓度
工况一:正常排放	2.8	COD:30 NH ₃ -N:1.5		马河:排口上游实测水质数据(COD:15.3 mg/L,NH ₃ -N:0.704 mg/L)
工况二:事故排放	4.0	COD:300 NH ₃ -N:30	90%保证率 下水位、流量 参数	滁河:尾水排入口上游实测水质数据(COD:15.24 mg/L,NH ₃ -N:0.55 mg/L)
工况三:未来龙袍新城城市建设完成,龙袍新城污水处理厂正常收集污水	2.8	COD:30 NH ₃ -N:1.5		马河:V类水限值(COD:40 mg/L,NH ₃ -N:2.0 mg/L) 滁河:同工况一、工况二

大幅度增加的情况下,滁河 COD 影响河段长度为 5 800 m, NH₃-N 影响河段长度为 7 800 m, COD、NH₃-N 浓度变化较小,下游河段基本满足 III 类水标准。

各工况下圩区内河及滁河水质预测结果见表 5、表 6、图 3~ 图 8。

表 5 各工况下圩区内河水水质预测情况

距入河口距离 /m	工况一 / (mg·L ⁻¹)		工况二 / (mg·L ⁻¹)		工况三 / (mg·L ⁻¹)	
	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N
0(排污口位置)	25.29	1.24	216.49	21.37	34.54	1.73
300	25.15	1.24	187.38	18.41	32.99	1.65
600	24.88	1.22	124.15	11.67	32.70	1.63
1 800	23.83	1.17	69.96	6.02	31.31	1.57
3 000	23.04	1.13	57.44	4.75	30.71	1.54
4 200	22.33	1.09	53.59	4.38	30.08	1.50
4 659(河口)	22.04	1.08	52.09	4.24	29.70	1.48

表 6 各工况下滁河水水质预测情况

距入河口距离 /m	工况一 / (mg·L ⁻¹)		工况二 / (mg·L ⁻¹)		工况三 / (mg·L ⁻¹)	
	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N	COD	NH ₃ -N
0(西沟河汇入口)	21.91	1.06	51.28	4.15	28.22	1.39
300	16.26	0.66	22.52	1.32	17.95	0.75
600	15.99	0.64	21.50	1.22	17.56	0.73
1 200	15.73	0.63	18.34	0.90	17.19	0.71
2 550	15.24	0.61	15.28	0.62	16.72	0.69
2 700	15.24	0.61	15.24	0.62	16.71	0.69
3 800	15.24	0.55	15.24	0.60	16.25	0.67
5 800	15.24	0.55	15.24	0.56	15.24	0.63
6 300	15.24	0.55	15.24	0.55	15.24	0.63
7 800	15.24	0.55	15.24	0.55	15.24	0.55
8 800	15.24	0.55	15.24	0.55	15.24	0.55

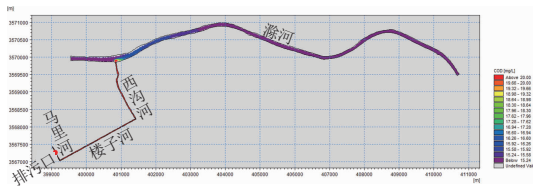


图 3 工况一 COD 浓度计算结果图

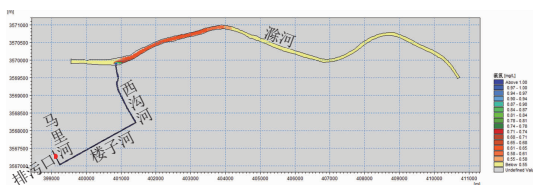


图 4 工况一氨氮浓度计算结果图

5 入河排污口设置合理性分析

5.1 与水功能区管理相关规定的符合性分析

本次尾水排口未直接设置在滁河上, 污水处理

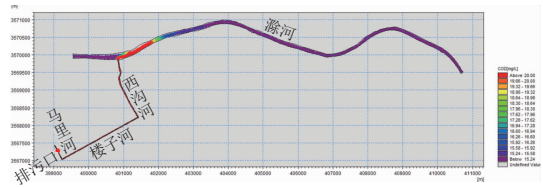


图 5 工况二 COD 浓度计算结果图

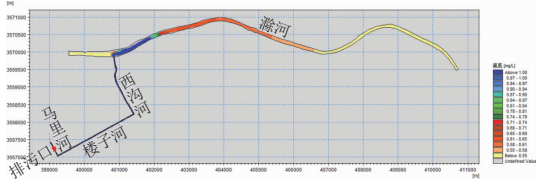


图 6 工况二氨氮浓度计算结果图

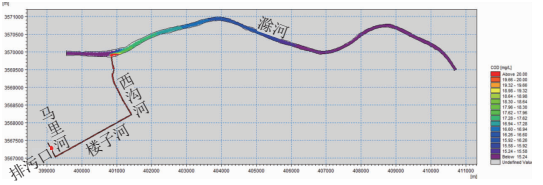


图 7 工况三 COD 浓度计算结果图

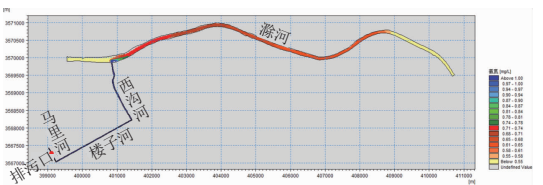


图 8 工况三氨氮浓度计算结果图

厂及服务范围内龙袍新城城市开发建设完成后, 片区内人口及土地利用情况较现状均有所改变, 污水处理厂建设后水功能区 COD、NH₃-N 入河量分别为 1 445.29 t/a、177.11 t/a, 小于水功能区限排总量。本次工程属于城镇污水处理厂, 污水来源全部为生活污水, 排污口的设置与水功能区的管理要求相符合。

5.2 对水功能区水质影响分析

污水处理厂污水正常达标排放时, 内河、滁河主要污染物 COD、NH₃-N 均能达到 IV 类水标准, 满足水功能区水质管理目标与要求, 不影响水功能区使用功能。事故排放情况下, 对内河水水质影响较大, 水质均不满足 IV 类水标准, 在尾水入滁河下游岸边区域形成小范围的污染带, 对水功能区局部区域水质影响较为明显。在未来龙袍新城城市建设完成、区域内污染物大幅度增加的情况下, 尾水正常排放时, 对内河水水质有一定的改善作用, 滁河主要污染物 COD、NH₃-N 均能达到 IV 类水标准, 满足水功能区水质管理目标与要求, 不影响水功能区使用功能。

5.3 对水环境保护目标影响分析

(1)对取水口的影响。污水处理厂尾水正常排放情况下, 距离最近的农业用水取水口位置 COD、NH₃-N 浓度略有升高, 但仍满足 III 类水要求。事故

排放情况下,距离最近的取水口位置 COD、NH₃-N 浓度分别为 26.39 mg/L、1.69 mg/L,相对滁河本底升高明显,NH₃-N 不满足 IV 类水要求。

在未来龙袍新城城市建设完成、区域内污染物大幅度增加的情况下,尾水正常排放时,距离最近的取水口位置 COD、NH₃-N 浓度分别为 19.64 mg/L、0.85 mg/L,指标浓度略有升高,但仍满足 III 类水要求。

(2)对水功能区水质考核断面的影响。本次尾水排入马里河,流经楼子河、西沟河后入滁河,尾水入滁河位置位于滁河六合过渡区水功能区水质考核断面下游约 2.0 km。污水处理厂正常排放及事故排放均对水功能区水质考核断面水质没有影响。

5.4 对水生态影响分析

项目所在河段水质本底较好,水生动物一般在河道中心水体的中下层活动。根据水质预测结果,污水处理厂尾水正常排放使得排口下游内河及滁河 COD 及 NH₃-N 浓度升高较小,基本不影响水质类别,尾水入滁河口下游岸边污染物小范围的升高对该段水生生物的影响较小。同时生活污水收集处理后集中排放,有利于减少排污口附近及下游河道水体中的氮、磷浓度总量,抑制藻类等浮游植物生长,改善水体生态环境,防止水体富营养化。

5.5 对地下水影响分析

本次工程尾水经处理达标后排放,出水水质执行一级 A 标准(其中 COD、BOD₅、NH₃-N、TP 执行地表水 IV 类标准)。项目对地下水水质的影响主要为污水收集、处理和排放,影响主要在厂区范围内。根据污水处理厂相关设计要求,污水处理厂的废水的收集与排放全部通过管道,有可能造成地下水污染物的位置均应按照防渗要求进行防渗处理。同时,本项目建成时,污水厂周边区域将实现集中供水,各构筑物池体将采取防渗措施处理。因此,正常工况下,污水处理厂运营期间不会对地下水产生不利影响。但仍应加强污水厂的运行管理,从源头控制、分区防控、达标排放等方面采取措施,加强环境管理,以避免对区域地下水产生不利影响。

5.6 对第三者权益的影响分析

龙袍新城污水处理厂(一期)工程尾水排放,影响范围为马里河尾水排口下游段、楼子河、西沟河,以及西沟河入滁河口下游部分段。污水影响范围内有 5 处农业用水取水口,均位于尾水入滁河位置下游。尾水正常排放和事故排放时,取水口水质均符合

农业灌溉用水要求,污水处理厂尾水正常排放对滁河下游用户取水基本没有影响,对长江水质也没有影响。

6 结 语

开展即将开发的城镇区内污水处理厂入河排污口设置论证,分析污水处理厂建设对片区现状及未来水环境的影响,对合理开发利用和有效保护水资源、维护经济社会健康发展具有重要意义。

基于 MIKE21 二维水量水质模型对不同工况下尾水影响范围内龙袍圩区内河及滁河主要控制指标(COD、NH₃-N)的浓度计算分析,污水处理厂尾水正常达标排放情况下,项目建设对圩区内河及滁河水体产生的不利影响甚微,对水环境保护目标、水生态、地下水、第三者权益等不会造成不利的影 响。但事故排放情况下,对水功能区及相关水体有明显的影 响。在未来龙袍新城城市建设完成、区域内污染物大幅度增加的假定条件下,尾水正常排放时对圩区内河水质有一定的改善作用,对滁河水质影响甚微。

龙袍新城污水处理厂(一期)工程排污口的设置符合水功能区管理要求,排污口设置基本合理,但是必须实施相关的水环境及水资源保护措施^[15-16],确保污水处理设施正常运行。同时应落实以下措施:(1)加强源头控制,严格执行接管标准;(2)建设排污口水质在线监测系统^[17-18];(3)加强水功能区监督管理;(4)建立事故排放蓄水池;(5)制定污染事故应急预案。

参考文献:

- [1] 柴洁.国内外入河排污口管理研究进展[J].长江科学院院报,2014(8):35-40.
- [2] 解汉书,秦丽.农村地区污水处理厂入河排污口设置论证实例[J].水利发展研究,2019(5):41-47.
- [3] 陈义中,卢士强,林卫青.长兴岛污水处理厂尾水外排影响数值模拟研究[J].上海环境科学,2008,27(4):147-151.
- [4] Gu jie,Li Wenting,Huang Jing,et al.Numerical Study on the Impact of the Sewage Drainage on Water Quality of Shanghai Water Sources [J].Advanced Materials Research,2012,433-440:1020-1026.
- [5] 王征,郭秀锐,程水源,等.三峡库区典型排污口河段污染物扩散降解特性研究[J].安全与环境学报,2012,12(1):102-106.
- [6] Chao Xiaobo,Jia Yafei,Shields Jr F D,et al.Numerical Simulation of Sediment-associated Water Quality Processes for a Mississippi Delta Lake[J].Ecohydrology,2009,2(3):350-359.
- [7] 郭晓明,乔明.MIKE21 模型在排污口地表水影响预测方面的应用[J].四川环境,2021(3):117-123.
- [8] 罗志洁,杜世鹏.MIKE11 水质模型在平原区入河排污口设置评估中的应用[J].浙江水利科技,2021(6):1-6,12.

和梁板预制数量确定,根据量价成本分析,在预制梁板数量越大,工期相对紧缩的条件下,采用集成化工厂预制梁板的优势发挥得越明显,经测算,集成化工厂适用于超过 3 000 片梁板规模体量的梁板预制,不仅节约成本,还可较大程度提升梁板预制的标化和品质,实现经济和社会效益双赢。

4 结 语

结合工厂智能集成化预制 T 梁施工工艺在实际项目中成功实施的经验,对该新工艺关键技术、质量和成本等方面进行了分析、介绍,相比于传统的预制 T 梁生产线,新型的“集成化工厂”在大规模 T 梁预制中能充分体现经济效率和提升品质工程,其新工艺具有占地面积小、集成化程度高、机械化运用多、

工序衔接紧凑、工作效率快、成品质量好、管理标准化等特点,适用于大体量、产业化、标准件预制 T 梁推广之用。随着交通网络不断向多层高架发展,预制拼装结构将成趋势,整合资源做产业化、专业化、集成化、流水线的标准构件预制生产必将得到更广泛运用。

参考文献:

[1] 刘志祥.桥梁中预制 T 梁体的施工技术探讨[J].科学技术创新,2012(19):248.

[2] 程斌.移动式底座在预制空心板梁施工中的应用[J].武汉工程职业技术学院学报,2017,29(3):25-27.

[3] 刘顺利.移动式台座工厂化预制箱梁流水线施工技术的应用探讨[J].消费导刊,2020(38):28-29.

[4] 王志武.水泥混凝土蒸汽养护自动控制技术在长沙湾特大桥箱梁加工中的应用[J].公路工程,2013,38(2):142-144.

(上接第 137 页)

[9] 陈燕平,霍建军,吴光东.基于 MIKE21 的污水处理厂入河排污口设置论证分析[J].水资源开发与管理,2021(10):48-53.

[10] 李伟,王成鹏,徐从海.建设项目入河排污口设置论证分析[J].环境生态学,2021(7):24-30.

[11] 杨磊,傅银银.污水处理厂尾水排放对排污口下游水环境影响分析[J].环境与发展,2019,31(10):18-19.

[12] 佟陆萍.入河排污口对水功能区水质影响分析[J].水利技术监督,2019(2):151-154.

[13] 龚慧,国静,李骏,等.一维水质模型在排污口对水质影响分析中的应用[J].江苏水利,2017(6):24-27,31.

[14] 毛小英.河流一维水质数值模型在入河排污口设置中的应用研究[J].水利技术监督,2013,21(5):19-22.

[15] 朱兴杰.辽河入河排污口优化与整治研究[J].水利规划与设计,2020(5):9-13,127.

[16] 张贺.入河排污口对受纳水功能区水质影响分析[J].水利技术监督,2019(5):152-155.

[17] 周寒.抚顺市浑河水系入河排污口监测评价[J].水利技术监督,2019(4):63-64,97.

[18] 杨国胜,叶闽,李德旺,等.建设项目入河排污口设置论证实例分析[J].人民长江,2008(23):59-61.