

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2017.03.013

# 常州市湖塘纺织工业园降雨径流污染负荷分析

王宇翔<sup>1</sup>, 杨小丽<sup>1</sup>, 胡如幻<sup>1</sup>, 黄 卫<sup>2</sup>

(1. 东南大学土木工程学院, 江苏 南京 210096; 2. 江苏省环保厅, 江苏 南京 210036)

**摘要:**我国当前以实现分流制为规划指导原则,分流制下工业园区雨水径流污染对水环境存在较大潜在影响。在此背景下采用 SWMM 软件模拟降雨和实地调研相结合的方法,分析湖塘园区降雨径流的污染负荷。结果表明:0.25 年一遇的降雨径流质量浓度峰值 $\rho(\text{TN})=6.01\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{TP})=0.02\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{COD})=125.21\text{ mg/L}$ ,该降雨重现期下的 TN 和 COD 浓度均远劣于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的 V 类水标准;随着降雨重现期增大,径流污染物浓度峰值会进一步提高。排入受纳水体采菱港的污染物总量比例:径流中 TN 占园区总 TN(径流+点源)排放量的 25.9%,径流中 TP 占 4.4%,COD 占 28.0%,COD、TN 径流污染量占整个园区污染总量的比重较大。结合湖塘园区排水系统的实地调研,建议加强园区初期雨水截留、推广园区中水回用和推进园区与企业排口设置规范化,以有效降低园区雨水径流对周边水环境的影响。

**关键词:**径流污染;SWMM 模型;排水系统优化;湖塘纺织工业园

中图分类号:X32 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2017)03-0068-06

## Analysis of rainfall-runoff pollution load of Hutang textile industrial park in Changzhou City

WANG Yuxiang<sup>1</sup>, YANG Xiaoli<sup>1</sup>, HU Ruhuan<sup>1</sup>, HUANG Wei<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;  
2. Environmental Protection Department of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China)

**Abstract:** Separate drainage system has been used as the guideline for drainage system planning in China, and the rainfall-runoff pollution in industrial parks with separate drainage systems has potential impacts on the water environment. In this study, the rainfall-runoff pollution load of the Hutang textile industrial park was analyzed through simulation of rainfall with the SWMM software and field research. The results show that the peak values of TN, TP, and COD concentrations in runoff during the rainfall with a return period of 0.25 year were 6.01 mg/L, 0.02 mg/L, and 125.21 mg/L, respectively. The TN and COD concentrations were evidently lower than the grade V level according to the *Environmental Quality Standards for Surface Water*(GB3838-2002). With the increase of the rainfall return period, the peak values of pollutant concentrations in the runoff would increase. Of the pollutants discharging into Cailing Port, the TN amount accounted for 25.9% of the total TN emissions, the TP and COD amounts accounted for 4.4% and 28.0%, respectively. The TN and COD amounts in the runoff accounted for large proportions in the Hutang textile industrial park. Based on the drainage field survey in the Hutang textile industrial park, some suggestions are proposed, which include strengthening interception of the early-period runoff, promoting water reuse in the park and standard setup of wastewater outfalls in the park and enterprises, in order to reduce the rainfall-runoff impacts on the surrounding water environment.

**Key words:** runoff pollution; SWMM; drainage system optimization; Hutang textile industrial park

基金项目:太湖水污染治理科研课题(TH2014308)  
作者简介:王宇翔(1992—),男,硕士研究生,研究方向为水环境治理。E-mail:515503815@qq.com  
通信作者:杨小丽,副教授。E-mail:yxlseu@yahoo.com.cn

太湖流域经济发达,工业园区众多,园区时有发生对周边水体造成污染的问题。我国在排水方面一直偏重于污水处理技术的研究,雨水污染控制意识相对薄弱<sup>[1]</sup>。当前我国以实现分流制为规划指导原则,GB 50014—2006《室外排水设计规范》规定“新建地区的排水系统宜采用分流制”,《水污染防治行动计划》指出“除干旱地区外,城镇新区建设均实行雨污分流”,故太湖流域乃至全国的新建工业园区普遍均采用分流制。由于工业园区存在“跑冒滴漏”现象,园区路面径流污染物含量一般高于城市普通道路<sup>[2]</sup>,故分流制下的初期雨水径流污染必须引起重视。

笔者实地调研了太湖流域内的湖塘纺织工业园区排水系统,在此基础上运用 SWMM 软件对湖塘园区进行模拟降雨径流的污染负荷分析,针对调研和模拟结果提出相应的排水系统优化建议。

1 湖塘园区排水系统调研

湖塘纺织工业园位于常州市武进区东部,区内以从老城区搬迁来的纺织、印染企业为主。该园区主要由湖塘管理办公室(隶属于湖塘镇政府)管理,武进环保局配合协同管理。本研究分别对园区与企业内部的排水系统进行了调查分析。

1.1 园区排水系统

调研发现,湖塘园区管网建设基本完善,采用雨污分流。湖塘园区接纳水体为环绕园区的采菱港。湖塘园区污水处理厂设计规模为 30 000 t/d,当前实际处理量为 28 000 t/d,由恩菲水务进行专业化管理。太湖地区工业行业水污染物重点关注 COD、TN 和 TP,采菱港和湖塘污水处理厂 2015 年上半年水质均值见表 1 和表 2。

表 1 采菱港 2015 年上半年水质均值 mg/L

| 断面        | $\rho(\text{COD})$ | $\rho(\text{TN})$ | $\rho(\text{TP})$ |
|-----------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 新 312 国道桥 | 4.3                | 4.12              | 0.215             |
| 人民东路桥     | 4.8                | 4.01              | 0.212             |
| 青洋路桥      | 5.1                | 4.05              | 0.206             |
| 成塘浜桥      | 5.0                | 3.99              | 0.200             |
| Ⅳ类地表水标准   | 10                 | 1.5               | 0.3               |

表 2 园区污水处理厂 2015 年上半年水质均值 mg/L

| 项目                | $\rho(\text{COD})$ | $\rho(\text{TN})$ | $\rho(\text{TP})$ |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 进水                | 758.0              | 14.50             | 0.24              |
| 出水                | 51.4               | 3.20              | 0.11              |
| 太湖地区城镇污水处理厂排放限值标准 | 60                 | 15                | 0.5               |

由表 1 可知,采菱港各断面 COD 和 TP 符合 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅳ类地表水标准,但 TN 超出 GB 3838—2002《地表水环境质量标

准》Ⅳ类地表水标准。

由表 2 可知,该污水处理厂出水达到了 DB 32/1072—2007《太湖地区城镇污水处理厂排放限值标准及重点工业行业主要水污染物》的要求。

1.2 企业排水系统

调研发现,该园区企业与园区管理办公室均签订了《接管协议》,企业生产废水经预处理达标后接入园区污水管网,再统一输送至污水处理厂处理。园区企业内部均采用雨污分流,且每个企业只设置一个雨水口,但均未进行初期雨水截留。

2 湖塘园区模拟径流污染分析

2.1 背景介绍

径流污染概念模型采用数学手段模拟不同类型径流污染物在水文循环作用下对水体造成的污染负荷及污染物在水文循环各个环节的迁移转化过程。目前国内外使用的城市径流水质模型主要有 SWMM, HSPF, STORM, DR3M - QUAL, MOUSE, WASP, POLLUTE, Wallingford 等,其中影响较大、应用较广的是 SWMM, HSP, STORM, DR3M-QUAL。每个模型都有自己的优缺点和适用范围,对于不同的地区,可根据模型特点、研究区域、研究目标特点和对模型应用的熟练程度选择最佳的模型和软件。SWMM 可模拟径流过程、管道输送过程、出水及水处理过程、污染物输运过程,可计算水量和基础水质指标。SWMM 不但适用于市区,而且适用于非市区;不但可以模拟真实暴雨,而且可以根据预报雨量和方案数据进行预测模拟<sup>[3]</sup>。因此 SWMM 作为分布式、连续模拟模型在城市区域内排水区和排水管网的径流污染负荷计算方面有较明显优势,故本文选用 SWMM 作为研究模型定量计算工业园区径流污染负荷。

湖塘园区占地 297 hm<sup>2</sup>,北至人民东路,南至广电路,西至采菱港,以青洋路为界,湖塘园区分为东、西 2 个排水区域(2 区域基本对称),西区占地面积 151 hm<sup>2</sup>,东区占地面积 146 hm<sup>2</sup>,2 个区域雨水分别经雨水管网收集后排入采菱港。本研究选择湖塘园区西区作为模拟研究区域,该研究区地势平坦,采菱港由北向南流经园区。园区雨水管网系统较完善,雨水收集后就近直接排入采菱港。

2.2 模型概化

根据研究区域的地形及汇水的特点,利用 MapInfo 软件将其划分为 19 个子汇水区,各子汇水区的面积和形状不等。研究区域内雨水管道 17 条,管网节点 24 个(其中 7 个为雨水出水口),研究区域概化见图 1。

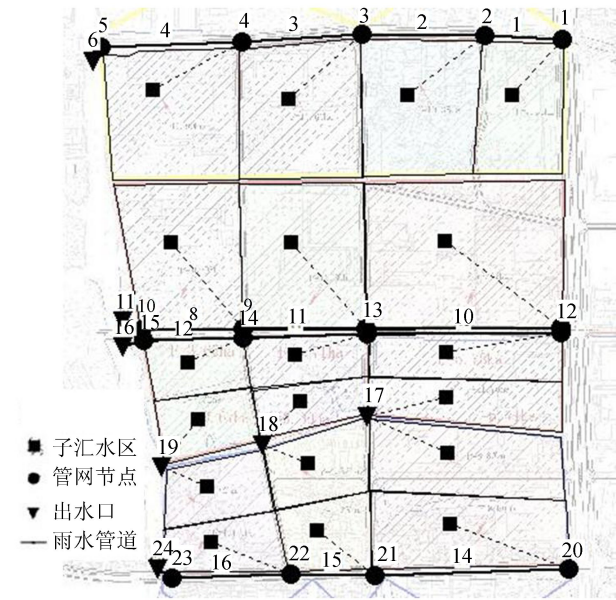


图1 研究区域概化

### 2.3 参数率定

模型水力参数根据实际情况并参考 SWMM 用户手册及相关文献选取<sup>[46]</sup>。本文采用 Horton 入渗模型模拟降雨入渗过程,模型的输入参数根据 SWMM 用户手册,分别设定最大下渗率、最小下渗率、衰减系数分别为 3 mm/h、0.5 mm/h、4 h<sup>-1</sup>,透水地表与不透水地表的洼蓄各取 5 mm 和 1 mm,透水地表、不透水地表及管道曼宁系数分别取 0.15、0.013 和 0.013。径流的汇流计算运用软件提供的非线性水库模型,模拟排水系统的流量演算采用动态波模型。

水质模拟方面,考虑研究区工业行业主要水污染物重点关注 TN、TP 和 COD,故选择 TN、TP 和 COD 这 3 个指标作为径流冲刷地表产生的主要污染因子进行模拟。污染物累积过程采用指数函数累积模型,本次模拟根据 SWMM 用户手册,并参考国内外相关研究<sup>[7-10]</sup>,对不同土地利用方式、不同污染物类型的 4 种模型参数预校准。园区地表污染物累积模拟参数见表 3,园区不同污染因子冲刷模拟参数见表 4。

表3 园区地表污染物累积模拟参数

| 污染物名称 | 道路                           |        | 屋面                           |        |
|-------|------------------------------|--------|------------------------------|--------|
|       | 最大累积量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) | 累积常数/d | 最大累积量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) | 累积常数/d |
| TN    | 5.0                          | 0.22   | 5.0                          | 0.22   |
| TP    | 0.3                          | 0.15   | 0.1                          | 0.15   |
| COD   | 70.0                         | 0.23   | 45.0                         | 0.30   |

表4 园区不同污染因子冲刷模拟参数

| 污染物名称 | 道路    |      | 屋面    |      |
|-------|-------|------|-------|------|
|       | 冲刷系数  | 冲刷指数 | 冲刷系数  | 冲刷指数 |
| TN    | 0.004 | 1.38 | 0.004 | 1.40 |
| TP    | 0.001 | 1.25 | 0.001 | 1.25 |
| COD   | 0.006 | 1.50 | 0.006 | 1.50 |

### 2.4 模型暴雨设计

暴雨设计包括小时降雨量的设计以及降雨时空变化的设计。小时降雨量可以由常州暴雨公式(1)直接推求,降雨的时空变化可用雨型表示。不同降雨重现期下的 2 h 降雨量见表 5。

表5 不同降雨重现期下的 2 h 降雨量

| 降雨重现期    | 2 h 降雨强度/(mm·min <sup>-1</sup> ) | 2 h 降雨量/mm |
|----------|----------------------------------|------------|
| 0.25 年一遇 | 0.24                             | 14.21      |
| 0.5 年一遇  | 0.28                             | 17.08      |
| 1 年一遇    | 0.33                             | 19.95      |
| 2 年一遇    | 0.38                             | 22.83      |
| 3 年一遇    | 0.41                             | 24.51      |
| 5 年一遇    | 0.43                             | 25.70      |

#### 2.4.1 小时降雨量设计

$$i = \frac{134.5106(1 + 0.4784 \lg T_M)}{(t + 32.0692)^{1.1947}} \quad (1)$$

式中: $i$  为降雨强度,mm/min; $t$  为降雨历时,min; $T_M$  为重现期,a。

#### 2.4.2 雨型设计

天然降雨过程千变万化,根据对大量降雨过程的分析,可归纳成 7 种模式;3 类为单峰雨型,雨峰分别在前、后和中部;1 类为大致均匀的雨型;剩余 3 类为双峰雨型。实际降雨中,单峰雨型占多数且降雨量集中,易引起较大洪水,对城市、机场等小区排水的影响较大,因此应重点考虑单峰雨型。芝加哥雨型中任何历时内的雨量等于设计雨量,为单峰雨型,雨峰时段可自由设定,较符合本研究的雨型设计要求,故本文选择“芝加哥雨型”作为降雨时程分布的依据<sup>[11]</sup>。

若暴雨公式为  $a = \frac{AI}{(t+b)^n}$ ,则芝加哥雨型可表示为式(2)和式(3)。

峰前:

$$I = \frac{A}{\left(\frac{t_1}{r} + b\right)^n} \left(1 - \frac{nt_1}{t_1 + rb}\right) \quad (2)$$

峰后:

$$I = \frac{A}{\left(\frac{t_2}{1-r} + b\right)^n} \left[1 - \frac{nt_2}{t_2 + (1-r)b}\right] \quad (3)$$

式中: $a$  为历时  $t$  内的平均雨强,mm/min; $I$  为瞬时降雨强度,mm/min; $t_1$  为峰前历时,min; $t_2$  为峰后历时,min; $r$  为雨峰相对位置(峰前历时与总历时之比); $A$ ,  $n$ ,  $b$  均为暴雨公式参数。

国内外大量资料表明,大部分地区的  $r$  值都在 0.3~0.5 之间,本文取  $r=0.4$ 。具体降雨时程分布数据见表 6,降雨过程线见图 2。据图 2 可知降雨重



现期越大,相同时间内降雨强度越大。

表 6 不同降雨重现期下的 2 h 降雨时程分布

| 时间段/<br>min | 分时段降雨量/mm    |             |           |           |           |           |
|-------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|             | 0.25 年<br>一遇 | 0.5 年<br>一遇 | 1 年<br>一遇 | 2 年<br>一遇 | 3 年<br>一遇 | 5 年<br>一遇 |
| 1 ~ 5       | 0.02         | 0.03        | 0.03      | 0.03      | 0.04      | 0.04      |
| 6 ~ 10      | 0.03         | 0.04        | 0.04      | 0.05      | 0.05      | 0.06      |
| 11 ~ 15     | 0.05         | 0.06        | 0.07      | 0.07      | 0.08      | 0.09      |
| 16 ~ 20     | 0.07         | 0.08        | 0.10      | 0.11      | 0.12      | 0.13      |
| 21 ~ 25     | 0.10         | 0.12        | 0.15      | 0.17      | 0.18      | 0.19      |
| 26 ~ 30     | 0.16         | 0.19        | 0.23      | 0.26      | 0.28      | 0.30      |
| 31 ~ 35     | 0.26         | 0.32        | 0.37      | 0.42      | 0.45      | 0.49      |
| 36 ~ 40     | 0.46         | 0.55        | 0.65      | 0.74      | 0.80      | 0.86      |
| 41 ~ 45     | 0.91         | 1.10        | 1.28      | 1.47      | 1.58      | 1.71      |
| 46 ~ 50     | 1.20         | 1.44        | 1.68      | 1.92      | 2.07      | 2.25      |
| 51 ~ 55     | 0.71         | 0.86        | 1.00      | 1.15      | 1.23      | 1.34      |
| 56 ~ 60     | 0.46         | 0.55        | 0.65      | 0.74      | 0.8       | 0.86      |
| 61 ~ 65     | 0.31         | 0.38        | 0.44      | 0.50      | 0.54      | 0.59      |
| 66 ~ 70     | 0.22         | 0.27        | 0.31      | 0.36      | 0.38      | 0.42      |
| 71 ~ 75     | 0.16         | 0.19        | 0.23      | 0.26      | 0.28      | 0.30      |
| 76 ~ 80     | 0.12         | 0.14        | 0.17      | 0.19      | 0.21      | 0.22      |
| 81 ~ 85     | 0.09         | 0.11        | 0.13      | 0.15      | 0.16      | 0.17      |
| 86 ~ 90     | 0.07         | 0.08        | 0.10      | 0.11      | 0.12      | 0.13      |
| 91 ~ 95     | 0.05         | 0.06        | 0.07      | 0.09      | 0.09      | 0.10      |
| 96 ~ 100    | 0.04         | 0.05        | 0.06      | 0.07      | 0.07      | 0.08      |
| 101 ~ 105   | 0.03         | 0.04        | 0.04      | 0.05      | 0.05      | 0.06      |
| 106 ~ 110   | 0.02         | 0.03        | 0.03      | 0.04      | 0.04      | 0.05      |
| 111 ~ 115   | 0.02         | 0.02        | 0.03      | 0.03      | 0.03      | 0.03      |
| 116 ~ 120   | 0.01         | 0.02        | 0.02      | 0.02      | 0.02      | 0.03      |

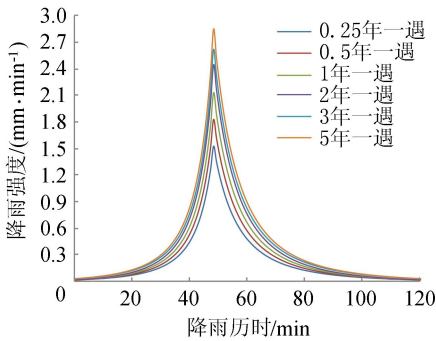


图 2 不同降雨重现期下 2 h 雨量分布

2.5 模拟结果

2.5.1 雨水口污染物浓度分析

根据模型模拟得出排放口不同污染物的质量浓度(图 3),由图 3 可见,当雨峰相对位置取  $r=0.4$  时,不同降雨重现期下各污染物的径流浓度基本均在降雨历时 50 ~ 55 min 左右时达到峰值,2h 芝加哥雨型的降雨峰值在降雨开始后的 48 min,浓度峰值出现时间略晚于降雨峰值时间。随着降雨重现期的增大,降雨冲刷力度增大,故污染物浓度峰值也随之提高。0.25 年一遇的降雨(小雨)的初期径流质量浓度峰值为: $\rho(\text{TN})=6.01\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{TP})=0.02\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{COD})=125.21\text{ mg/L}$ ,TN 和 COD 浓度均远劣于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的 V 类水标

准;2 年及以上一遇的降雨初期径流浓度峰值为: $\rho(\text{TN})>7\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{TP})>0.03\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{COD})>154\text{ mg/L}$ 。

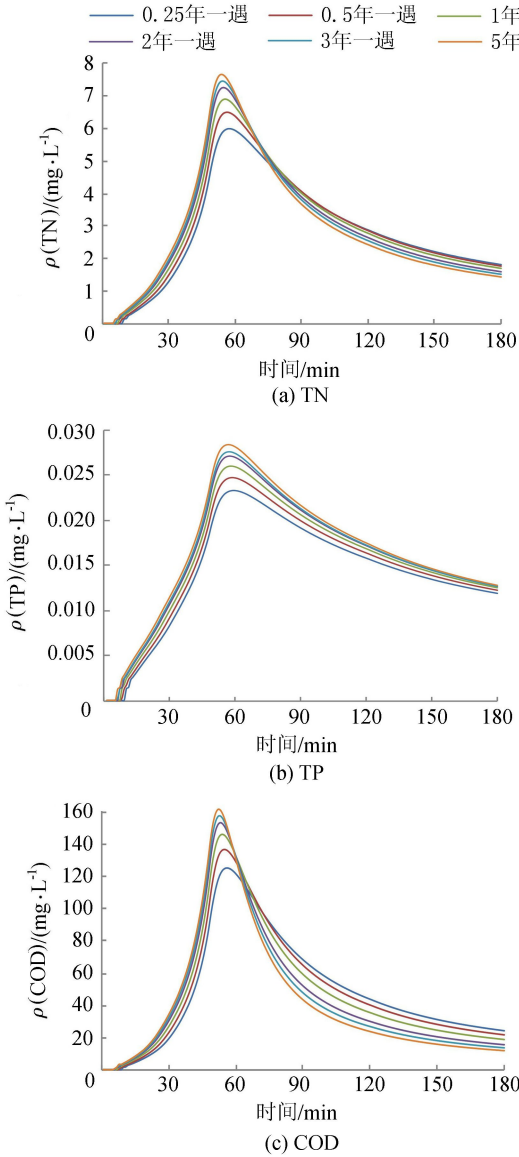


图 3 排放口不同污染物质量浓度过程

2.5.2 雨水口产污总量分析

对研究区域内不同重现期下单次降雨的径流污染量进行统计,结果见表 7。

表 7 不同重现期单次降雨的径流污染量

| 重现期      | 污染量/kg |      |         |
|----------|--------|------|---------|
|          | TN     | TP   | COD     |
| 0.25 年一遇 | 130.19 | 0.57 | 2433.87 |
| 0.5 年一遇  | 171.63 | 0.76 | 3149.34 |
| 1 年一遇    | 213.99 | 0.95 | 3823.02 |
| 2 年一遇    | 255.86 | 1.16 | 4425.32 |
| 3 年一遇    | 279.78 | 1.28 | 4740.56 |
| 5 年一遇    | 309.37 | 1.44 | 5100.62 |

由表 7 可知,随着降雨重现期的增大,由于降雨对地表累积污染物的冲刷程度上升,随径流产生并

排放的污染物总量亦增长。

常州市年平均降雨 1 120 mm。根据近年降雨资料,假定常州市全年降雨中 5 年一遇(特大雨)占 5%,3 年一遇占(大雨)10%,2 年一遇(中大雨)占 15%,1 年一遇(中雨)20%,0.5 年一遇(中小雨)占 25%,0.25 年一遇(小雨)占 25%,则湖塘园区西区年径流污染总量为:TN(5.79 t)、TP(0.026 t)、COD(103.57 t)。西区面积占整个园区的 50.64%,因此整个湖塘园区的径流年污染总量约为:TN(11.43 t)、TP(0.051 t)、COD(204.52 t)。根据湖塘园区污水处理厂的出水质量浓度( $\rho(\text{COD})=51.4\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{TN})=3.20\text{ mg/L}$ , $\rho(\text{TP})=0.11\text{ mg/L}$ )和日处理量 28 000 t,湖塘园区点源年污染总量为:TN(32.7 t)、TP(1.1 t)、COD(525.3 t)。分析发现,园区径流中 TN 占园区总 TN(径流+点源)排放的 25.9%,TP 占 4.4%,COD 占 28.0%。径流中 TP 污染占整个园区污染总量比重较低,但 COD、TN 在地表累积物中的含量较大,平时应加强地面清扫,减少径流污染。

2.6 实地径流采集验证

为检验 SWMM 模拟结果的可行性,本研究对湖塘园区进行了实地径流采样,并委托南京山普罗特环保科技有限公司进行了水质检测。

2.6.1 采样背景

采样时间:2015 年 12 月 24 日 13:30(降雨后 50 min 左右,采样时间与 SWMM 浓度峰值时间对应);采样天气:4~9℃,中到大雨;降雨历时:2 h;现场降雨量:20 mm;采样地点:湖塘园区内的 4 处道路雨水口(人民东路、江东路、杨区路和杨江路)。

2.6.2 实地样品分析

雨水径流采集后于当日立即送至南京山普罗特环保科技有限公司进行水质检测分析,径流样品检测结果见表 8。

| 表 8 径流样品检测结果 |                    |                   |                   | mg/L |
|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|------|
| 采样点位         | $\rho(\text{COD})$ | $\rho(\text{TN})$ | $\rho(\text{TP})$ |      |
| 人民东路         | 139                | 8.53              | 0.03              |      |
| 江东路          | 121                | 7.31              | 0.03              |      |
| 杨区路          | 286                | 8.56              | 0.04              |      |
| 杨江路          | 46                 | 3.85              | 0.02              |      |
| 平均值          | 148                | 7.06              | 0.03              |      |

本次园区内设共 4 个采样点位,人民东路和江东路径流各项指标较为接近。杨区路两侧路面存在部分化工残留物,可能导致杨区路径流 COD 较高。杨江路雨水井采样点位于绿化草地内,绿化草地对降雨径流污染物有一定的截留作用,故杨江路径流各项数值较之前 3 个采样点数值偏低。4 个径流样品质量浓度均值与 SWMM 模拟值的对比见表 9。

对比径流样品质量浓度均值和SWMM模拟结

表 9 样品质量浓度均值与 SWMM 模拟值对比

| 项目              | mg/L               |                   |                   |
|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                 | $\rho(\text{COD})$ | $\rho(\text{TN})$ | $\rho(\text{TP})$ |
| 径流样品质量浓度均值      | 148                | 7.06              | 0.03              |
| SWMM 模拟值(1 年一遇) | 146                | 6.93              | 0.02              |
| SWMM 模拟值(2 年一遇) | 154                | 7.28              | 0.03              |

果,样品浓度均值介于 1 年一遇和 2 年一遇的降雨浓度模拟值之间,采样当日 2 h 降雨 20mm(中大雨)的实际雨情也介于 1 年一遇和 2 年一遇的降雨量模拟值之间,两者对应吻合,进一步验证了 SWMM 模拟的可行性。

3 湖塘园区排水系统优化建议

太湖流域内的工业园区时有发生对周边水体造成污染的问题,对本已环境“超载”的太湖水环境产生极大的不利影响。通过分析湖塘纺织工业园区排水系统的调研成果和 SWMM 的模拟结果,提出相应的排水系统优化建议,以期对湖塘园区乃至太湖流域工业园区排水系统的升级完善具有一定的借鉴意义,从而进一步加强对太湖流域水环境的保护。

3.1 加强初期雨水截留

湖塘园区每个企业虽然设置了雨水口,但是未对初期雨水进行截留处理。园区初期雨水径流中含有较高浓度的污染物质,园区及企业应加强对初期雨水的截留处理。建议湖塘园区及在其企业内部总雨水口的基础上,设置初期雨水截留池或利用企业内已有的应急事故水池进行截留。初期雨水截留池设计方案参考如图 4 所示。

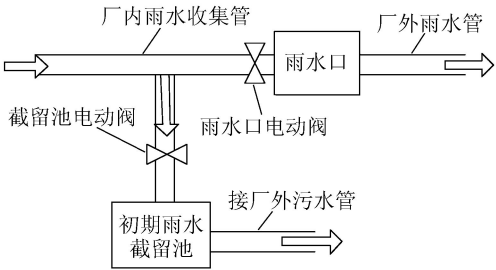


图 4 初期雨水截留池设计

根据图 4 所示,建议平时雨水口电动阀关闭,截留池电动阀打开,降雨历时超过 55min 左右(该时间为雨峰相对位置  $r=0.4$  时 2 h 芝加哥雨型的径流浓度峰值时间,若实际雨峰明显提前,可缩短该时间),再关闭截留池电动阀并打开雨水口电动阀(根据降雨雨峰和污水厂处理规模现场调整)。电动阀操作建议由园区管理部门在线控制,初期雨水需排入污水管网。初期雨水截留池工程应与园区污水处理厂的扩建规划同步协调进行,以满足园区污水处理厂处理负荷。

3.2 推广园区中水回用

中水回用能够为企业和社会带来显著的环境效益和经济效益,但调研发现湖塘园区内企业中水回用率不高,真正大规模使用中水回用的企业仅江苏伊思达纺织有限公司1家。

建议湖塘园区应积极推广区域中水回用和污水再生利用,提高水资源重复利用率。调研中发现湖塘园区部分企业通过合作的方式共建预处理站,因此也可考虑企业间合作共建中水回用站,园区可对中水回用企业提供一些优惠政策;当然,园区污水处理厂也可考虑建设统一中水回用系统,向整个园区企业统一供应中水。

3.3 推进园区与企业排口设置规范化

调研中发现湖塘园区内河道两侧部分企业的排水口数量较多,且未设置排口环保图形标志。故建议园区管理办公室加强对企业排水口的监管,合理规划设置雨水(清下水)排口位置和数量。要求排污单位必须如实向园区管理部门申报登记排水口数量、位置以及排放物种类等情况,同时经规范化整治的排污口须设置相应的环境保护图形标志牌。

4 结 语

当前我国新建地区的排水系统以实现分流制为规划指导原则,故太湖流域乃至全国的新建工业园区普遍均采用分流制。工业园区由于其潜在的污染危害性,故园区分流制下的初期雨水径流污染需引起重视。通过SWMM模拟湖塘园区径流污染分析发现,0.25年一遇条件下的降雨初期径流TN和COD的水质峰值已远超过GB3838—2002《地表水环境质量标准》的V类水标准,随着降雨重现期的增大径流水质情况将进一步恶化。湖塘园区径流TN、COD量分别约占园区TN、COD总排放量的25.9%和28.0%,比重较大。结合对湖塘园区排水系统的实地调研,对该园区排水系统提出了加强初期雨水截留、推进园区中水回用和推进园区与企业排口设置规范化的优化建议。

参考文献:

[ 1 ] 汪诚文, 郭天鹏. 雨水污染控制在美国的发展、实践及对中国的启示[J]. 环境污染与防治, 2011, 33(10): 87-89. ( WANG Chengwen, GUO Tianpeng. The development and practice of rainwater pollution control in USA and its enlightenment to China[J]. Environmental Pollution and Control, 2011, 33 ( 10 ): 87-89. ( in Chinese ))

[ 2 ] 田永静, 李田, 何绍明. 苏州市枫桥工业园区非点源污染特性研究[J]. 中国给水排水, 2009, 25(13): 89-

91. ( TIAN Yongjing, LI Tian, HE Shaoming. Characteristics of non-point pollution of Fengqiao industrial park in Suzhou [ J ]. China Water & Wastewater, 2009, 25(13): 89-91. ( in Chinese ))

[ 3 ] 杨勇. 设计暴雨条件下城市非点源污染负荷分析[D]. 天津: 天津大学, 2007.

[ 4 ] 汉京超. 城市雨水径流污染特征及排水系统模拟优化研究[D]. 上海: 复旦大学, 2013.

[ 5 ] 马箐. 基于SWMM模型的低影响开发对城市住宅区非点源污染负荷的控制效果模拟[J]. 水电能源科学, 2015, 33(9): 53-57. ( MA Qing. Simulation of non-point pollution load in urban residential area based on LID of SWMM[J]. Water Resources and Power, 2015, 33(9): 53-57. ( in Chinese ))

[ 6 ] 李家科, 李亚娇, 李怀恩. 城市地表径流污染负荷计算方法研究[J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(2): 5-13. ( LI Jiake, LI Yajiao, LI Huaen. Study on the calculation method for urban surface runoff pollution load [ J ]. Journal of Water Resources Engineering, 2010, 21 ( 2 ): 5-13. ( in Chinese ))

[ 7 ] 赵冬泉, 陈吉宁, 王浩正. 城市降雨径流污染模拟的水质参数局部灵敏度分析[J]. 环境科学学报, 2009, 29(6): 1170-1177. ( ZHAO Dongquan, CHEN Jining, WANG Haozheng. Local sensitivity analysis for pollution simulation of urban rainfall-runoff [ J ]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2009, 29 ( 6 ): 1170-1177. ( in Chinese ))

[ 8 ] 周明涛, 胡旭东, 张守德. 降雨径流面源污染年负荷预测方法的开发: 以镇江古运河为例[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(8): 1381-1386. ( ZHOU Mingtao, HU Xudong, ZHANG Shoude. Development of the method to estimate the annual load of rainfall-runoff non-point source pollution; a case study in Zhenjiang ancient canal [ J ]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(8): 1381-1386. ( in Chinese ))

[ 9 ] 王和意. 上海城市降雨径流污染过程及管理措施研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.

[ 10 ] 潘国庆, 车伍, 李俊奇. 中国城市径流污染控制量及其设计降雨量[J]. 中国给水排水, 2008, 24(22): 25-29. ( PAN Guoqing, CHE Wu, LI Junqi. Urban runoff pollution control quantity and its design rainfall in China [ J ]. China Water & Wastewater, 2008, 24(22): 25-29. ( in Chinese ))

[ 11 ] 李立青, 尹澄清, 孔玲莉. 2次降雨间隔时间对城市地表径流污染负荷的影响[J]. 环境科学, 2007, 28(10): 2287-2293. ( LI Liqing, YI Chengqing, KONG Lingli. Effect of antecedent dry weather period on urban storm runoff pollution load [ J ]. Chinese Journal of Environmental Science, 2007, 28(10): 2287-2293. ( in Chinese ))