

城镇水系统研究与应用

胡晓昕. 基于熵权-TOPSIS 法的超大城市典型防汛泵站筛选及放江管控[J]. 净水技术, 2026, 45(4): 141-147, 158.

Hu X X. Selection of typical flood control pumping stations and discharge control in megacity based on entropy weight-TOPSIS method [J]. Water Purification Technology, 2026, 45(4): 141-147, 158.

基于熵权-TOPSIS 法的超大城市典型防汛泵站筛选及放江管控

胡晓昕*

(上海市排水管理事务中心, 上海 200001)

摘要 【目的】 破解泵站放江治理难题, 摸清不同行政区、河道及泵站类型条件下的泵站放江水质环境负荷程度, 锚定主要负荷因子及对河道水质具有潜在影响的典型防汛泵站加以管理, 推动水务高质量发展。【方法】 本文以某超大城市 2024 年汛期防汛泵站放江水质为评价对象, 选取化学需氧量(COD)、氨氮、总磷(TP)和悬浮物(SS)负荷 4 个评价因子, 采用熵权-逼近理想解排序法(TOPSIS)进行综合分析, 根据污染负荷筛选出典型防汛泵站, 并提出相应的放江管控建议。【结果】 按照行政区、河道以及泵站类型共筛选 25 个典型泵站, COD、氨氮、TP 和 SS 负荷分别占所有防汛泵站负荷的 29.49%、38.01%、32.27% 和 23.90%。【结论】 熵权-TOPSIS 法可以筛选出汛期综合污染负荷占比较高的典型泵站。此方法操作简便, 科学考虑各项水质指标负荷, 为超大城市防汛泵站精细化管控提供重要抓手和科学依据。

关键词 泵站放江 污染负荷 熵权-TOPSIS 法 典型泵站 治理对策

中图分类号: TU992 文献标志码: A 文章编号: 1009-0177(2026)04-0141-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.04.016

Selection of Typical Flood Control Pumping Stations and Discharge Control in Megacity Based on Entropy Weight-TOPSIS Method

Hu Xiaoxin*

(Shanghai Municipal Drainage Management Affairs Center, Shanghai 200001, China)

Abstract [Objective] To address the challenges of river discharge management in pump stations, clarify the environmental load degree of water quality under different administrative districts, river courses, and pump station types, identify key load factors, and manage typical flood control pump stations with potential impacts on river water quality, thereby promoting high-quality development in water affairs. [Methods] Taking the water quality of flood control pump station discharges during the flood season in 2024 in a megacity as the evaluation object, four evaluation factors including chemical oxygen demand (COD), ammonia nitrogen, total phosphorus (TP), and suspended solids (SS) loads were selected. The entropy weight-technique for order preference by similarity to an ideal solution (TOPSIS) was used for comprehensive analysis, and typical flood control pump stations were screened based on pollution loads. Relevant suggestions for river discharge control were proposed. [Results] A total of 25 typical pumping stations were selected based on administrative districts, river courses, and pumping station types. The loads of COD, ammonia nitrogen, TP, and SS accounted for 29.49%, 38.01%, 32.27%, and 23.90% of the total load of all flood control pumping stations, respectively. [Conclusion] The entropy weight-TOPSIS method can screen out typical pump stations with high comprehensive pollution loads during the flood season. This method is simple to operate and scientifically considers the load of various water quality indices, providing an important approach and

[收稿日期] 2025-07-31

[基金项目] 上海市科研计划项目(21DZ1202600)

[通信作者] 胡晓昕(1992—), 女, 工程师, 主要从事排水管理等工作, E-mail: 348621552@qq.com。

scientific basis for the refined management and control of flood control pump stations in megacities.

Keywords pump station discharge pollution Load entropy weight-TOPSIS method typical pumping station control measure

防汛泵站雨天放江,作为面源污染的潜在来源之一,直接影响着城市河网水质^[1-3]。为此,水务部门通过清淤、截流等方式实施管控,取得了一定成效,但仍有部分放江水质有待改善^[4-5]。影响泵站放江水质因素错综复杂^[6-8],只有了解放江水质现状,找到影响水质的典型泵站及其主要污染因子,才能准确判断泵站放江对河道水环境负荷的影响程度,进而采取精准管控措施。此外,分流制排水系统由于泵站数量、放江频次及存在雨污混接现象等,其污染负荷可能重于合流制排水系统^[9]。因此,有必要针对不同体制典型泵站放江污染特征进行研究。

水质综合评价对了解水体情况、保护治理水环境具有重要意义^[10-12]。熵权-逼近理想解排序法(TOPSIS)是其中一种常用的有效方法,评价结果更符合实际,可用于对象相对优劣排序、水资源评估和多目标决策分析^[13-14]。如秦聪等^[15]基于熵权-TOPSIS法,选取化学需氧量(COD)、氨氮等指标作

为评价因子,综合评价河道水质。闫沛初等^[16]基于熵权-TOPSIS法对地区地下水水质进行综合评价。郭新园等^[17]基于熵权-TOPSIS法综合评估了2000年—2020年厦门湾海洋环境质量。然而,目前鲜有研究对泵站放江水质进行综合评价,并应用于典型泵站筛选及多目标决策分析。因此,本文以某超大城市汛期防汛泵站为研究对象,采用熵权-TOPSIS法对放江水质进行综合分析,筛选出对河道水质具有潜在影响的典型防汛泵站,并提出相应的放江管控建议,以期改善城市水质、逐步解决泵站放江污染问题提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究对象

某超大城市共有防汛泵站376座(截至2024年底)。其中,雨水泵站为298座,合流泵站为78座,具体情况如图1所示。

从防汛泵站规模上看,主要集中于 $20 \text{ m}^3/\text{s}$ 以

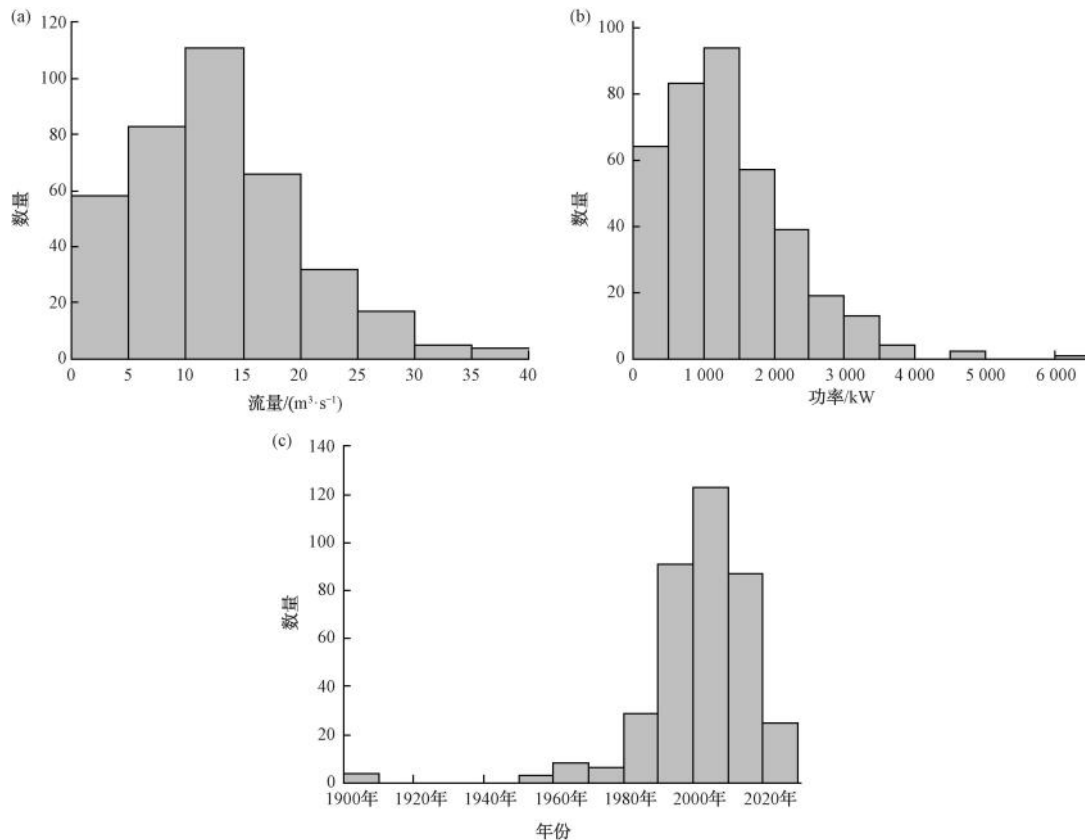


图1 某超大城市防汛泵站基本情况

Fig. 1 Basic Information of Flood Control Pumping Stations in a Megacity

下(318座,占比为84.57%)。规模超过35 m³/s的有4座泵站,占比为1.06%[图1(a)]。从防汛泵站功率上看,主要集中于2 000 kW以下(298座,占比为79.26%)。功率超过4 000 kW的有3座,占比为0.80%[图1(b)]。从投产年份上看,主要集中于1990年—2020年(301座,占比为80.05%)。2000年前投产的有141座,占比为37.50%[图1(c)]。通过统计发现,超大城市防汛泵站体量较大、规模分异,且有部分老旧泵站服役已超过20年,设备维护成本高、清淤不及时,可能会影响水质。因此,筛选出典型泵站,并优先进行放江管控,对改善水环境质量具有重要意义。

1.2 分析方法

本文选取2024年汛期防汛泵站放江COD、氨氮、总磷(TP)和悬浮物(SS)负荷等作为分析指标(各泵站放江水质pH值均在6~9,故不考虑pH指标),采用熵权-TOPSIS法^[18],分别按行政区、河道及泵站类型进行统计,计算得出综合污染负荷较大的行政区、河道及其典型泵站,并对筛选出的典型泵站进行负荷分析。具体步骤:①选取行政区、河道以及泵站类型(雨水泵站/合流泵站)作为水质评价对象,水质评价因子为COD、氨氮、TP和SS负荷(均为低优指标),构造多目标决策矩阵;②通过熵权法,获得各指标权重;③构造规范化加权矩阵,确定最优和最劣解;④计算每个评价对象与最优解和最劣解的距离(D^+ 和 D^-)以及接近度 C 值,最后进行排序。

2 结果和讨论

2.1 行政区统计

按照行政区进行统计,先将原始指标做归一化处理,建立标准化矩阵,计算信息熵,进而得到权重系数。各指标权重系数如表1所示。由权重系数和矩阵计算加权矩阵,得到最优、最劣解,以及与最优解和最劣解的距离(D^+ 和 D^-)以及接近度 C 值,各行政区污染负荷排序结果如表2所示。

表1 各指标权重系数

Tab. 1 Weight of Each Coefficient

指标	权重系数
COD	0.301 8
氨氮	0.292 4
TP	0.263 9
SS	0.141 8

根据接近度 C 值进行排序发现,A、B、C行政区综合污染负荷较大。进一步排序得到各区典型泵站(均为雨水泵站),表3为其污染负荷占比情况。

表2 各行政区污染负荷排序结果

Tab. 2 Ranking Results of Pollution Loads in Different Administrative Districts

行政区	D^+	D^-	C 值	排序
A行政区	0.516 1	3.939 1	0.000 0	15
B行政区	0.412 2	3.828 0	0.241 4	14
C行政区	0.365 6	3.699 8	0.322 8	13
D行政区	0.306 3	3.566 2	0.411 8	12
E行政区	0.284 7	3.426 3	0.454 7	11
F行政区	0.251 8	3.282 4	0.522 4	10
G行政区	0.237 2	3.128 4	0.549 8	9
H行政区	0.233 6	2.963 8	0.550 7	8
I行政区	0.196 5	2.796 5	0.624 1	7
J行政区	0.061 4	2.634 9	0.881 2	6
K行政区	0.049 5	2.440 2	0.905 2	5
L行政区	0.027 5	2.230 3	0.946 9	4
M行政区	0.012 6	1.997 1	0.975 7	3
N行政区	0.002 7	1.731 3	0.994 8	2
O行政区	0.000 1	1.414 2	0.999 8	1

A行政区泵站中,泵站1的氨氮负荷较高(占比为17.31%),泵站2的COD负荷较高(占比为9.16%)。典型泵站整体COD、氨氮、TP和SS负荷分别占A行政区负荷的14.93%、26.47%、11.86%和9.39%。

B行政区泵站中,泵站5的4种污染负荷占比均超过10%。泵站6、泵站7的氨氮、TP负荷较高。典型泵站整体COD、氨氮、TP和SS负荷分别占B行政区负荷的30.09%、38.27%、38.09%和26.93%。

C行政区泵站中,泵站9的4种污染负荷占比均超过15%。泵站10、泵站11、泵站12的4种污染负荷均较高,占比为7.93%~12.98%。典型泵站整体COD、氨氮、TP和SS负荷分别占行政区C负荷的46.51%、47.53%、47.23%和47.39%。整体污染负荷占比计算如式(1)。

$$R_{\text{整}} = R_{\text{典}} / R_{\text{本}} \quad (1)$$

其中: $R_{\text{整}}$ ——整体污染负荷占比;
 $R_{\text{典}}$ ——典型泵站污染负荷;

$R_{本}$ ——本行政区污染负荷。

对综合污染负荷较大的 3 个行政区典型泵站进行分析:筛选得到的典型泵站均为雨水泵站,经进一步分析,主要是因为典型雨水泵站较同区合流泵站放江次数多,放江量较大,进而污染负荷较高。另外,典型泵站污染负荷占本区负荷较高:COD 负荷占比为 14.93% ~ 46.51%,氨氮负荷占比为 26.47% ~ 47.53%,TP 负荷占比为 11.86% ~ 47.23%,SS 负荷占比为 9.39% ~ 47.39%。不同行政区的水务部门可根据本区泵站水质情况筛选典型泵站,并针对典型泵站主要污染因子采取有效措施。

表 3 不同行政区典型泵站污染负荷占比

Tab. 3 Pollution Load Proportions of Typical Pump Stations in Different Administrative Districts

所属区	泵站名称	泵站类型	COD	氨氮	TP	SS
行政区 A	泵站 1	雨水	0.53%	17.31%	0.45%	1.60%
	泵站 2	雨水	9.16%	0.54%	2.29%	1.90%
	泵站 3	雨水	2.75%	4.70%	4.52%	2.70%
	泵站 4	雨水	2.49%	3.92%	4.60%	3.19%
行政区 B	泵站 5	雨水	10.79%	13.08%	12.09%	10.10%
	泵站 6	雨水	5.90%	10.14%	8.93%	5.04%
	泵站 7	雨水	5.65%	9.66%	9.19%	3.87%
	泵站 8	雨水	7.75%	5.39%	7.88%	7.92%
行政区 C	泵站 9	雨水	18.02%	18.75%	16.73%	17.15%
	泵站 10	雨水	10.58%	10.07%	10.54%	8.31%
	泵站 11	雨水	9.98%	8.98%	10.50%	8.95%
	泵站 12	雨水	7.93%	9.73%	9.46%	12.98%

注:行政区 A、B、C 防汛泵站分别为 96、44、22 座。

2.2 河道统计

按照排入河道进行统计,各指标权重系数如表 4 所示。

表 4 各指标权重系数

Tab. 4 Weight of Each Coefficient

指标	权重系数
COD	0.244 0
氨氮	0.234 8
TP	0.260 5
SS	0.260 7

根据接近度 C 值进行排序发现,A、B、C、D 河道综合污染负荷较大,进一步排序得到各河道典型泵站,表 5 为典型泵站污染负荷情况。

表 5 不同河道典型泵站污染负荷占比

Tab. 5 Pollution Load Proportions of Typical Pump Stations in Different River System

排入河道	泵站名称	泵站类型	COD	氨氮	TP	SS
河道 A	泵站 13	雨水	57.60%	52.79%	54.78%	63.37%
	泵站 14	合流	4.84%	5.96%	7.05%	3.88%
	泵站 15	合流	5.93%	8.68%	4.99%	3.11%
	泵站 16	合流	3.58%	5.13%	4.89%	3.24%
河道 B	泵站 17	雨水	11.31%	12.82%	10.56%	8.69%
	泵站 3	雨水	4.92%	7.91%	8.35%	6.67%
	泵站 18	合流	18.41%	20.14%	13.89%	13.09%
河道 C	泵站 19	合流	4.40%	9.46%	8.73%	3.02%
	泵站 9	雨水	28.74%	33.15%	29.37%	31.18%
	泵站 10	雨水	16.86%	17.80%	18.51%	15.11%
河道 D	泵站 11	雨水	15.90%	15.88%	18.44%	16.27%
	泵站 20	雨水	14.37%	14.51%	13.36%	13.34%
	泵站 21	雨水	20.83%	23.75%	21.81%	11.63%
	泵站 22	雨水	18.14%	14.94%	17.39%	16.59%
	泵站 23	雨水	12.17%	15.24%	12.24%	8.18%
	泵站 24	雨水	11.69%	11.61%	12.18%	15.99%

A 河道中,泵站 13(雨水泵站)4 种污染负荷很高,均占比为 50%以上。典型泵站整体 COD、氨氮、TP 和 SS 负荷分别占 A 河道负荷的 71.95%、72.56%、71.71%和 73.60%。

B 河道中,泵站 3 和泵站 17 为雨水泵站,泵站 18 和泵站 19 为合流泵站。泵站 17 和泵站 18 的 4 种污染负荷比例相对较高,占比为 8.69% ~ 20.14%。泵站 19 氨氮负荷较高,占比为 9.46%。典型泵站整体 COD、氨氮、TP 和 SS 负荷分别占 B 河道负荷的 39.04%、50.33%、41.53%和 31.47%。

C 河道中,典型泵站均为雨水泵站。泵站 9 的 4 种污染负荷较高,占比为 28.74% ~ 33.15%。泵站 10、泵站 11 的 4 种污染负荷占比均超过 15%。泵站 20 的 4 种污染负荷占比为 13.34% ~ 14.51%。典型泵站整体 COD、氨氮、TP 和 SS 负荷分别占 C 河道负荷的 75.87%、81.34%、79.68%和 75.90%。

D 河道中,典型泵站均为雨水泵站。泵站 21 的 COD、氨氮、TP 负荷占比为 20.83% ~ 23.75%,SS 负荷占比为 11.63%。泵站 22 ~ 泵站 24 的 4 种污染负荷占比为 8.18% ~ 18.14%。典型泵站整体 COD、氨氮、TP 和 SS 负荷分别占 D 河道负荷的 62.83%、

65.54%、63.62%和52.39%。

对综合污染负荷较大的4条河道典型泵站进行分析,发现典型泵站污染负荷占所属河道负荷比例很高:COD负荷占比为39.04%~75.87%,氨氮负荷占比为50.33%~81.34%,TP负荷占比为41.53%~79.68%,SS负荷占比为31.47%~75.90%。其中,泵站13远高于其他泵站,主要原因为其泵站规模较大,汛期放江次数多,放江量较大,且放江水质相对较差。可能存在雨污混接、截流调蓄设施能力不足等问题,需要进一步对其进行专题研究。相关水务部门可采用以上方法,筛选出河岸沿线对河流水质具有潜在影响的典型泵站,以此作为有力抓手推动河长制工作落地落实。

2.3 泵站类型统计

按照泵站类型进行统计发现,雨水泵站负荷显著高于合流泵站负荷,这可能是因为雨水泵站较合流泵站汛期放江次数多,放江量较大,且因雨污混接、管网漏损等问题,雨水管中混入污水,导致放江时污染物浓度骤增。合流制泵站放江水体虽成分复杂,但因其长期混合特性,污染物浓度相对分散,且通过低水位运行、启用调蓄池等措施降低了峰值负荷。表6为雨水和合流泵站各指标权重系数。表7为雨水和合流典型泵站污染负荷情况。

表6 各指标权重系数
Tab. 6 Each Coefficient of Weight

泵站类型	COD	氨氮	TP	SS
雨水	0.244 0	0.234 8	0.260 5	0.260 7
合流	0.220 2	0.237 0	0.318 4	0.224 5

表7 不同泵站类型典型泵站污染负荷占比
Tab. 7 Pollution Load Proportions of Typical Pump Stations of Different Types

泵站类型	泵站名称	COD	氨氮	TP	SS
雨水	泵站13	7.83%	8.58%	7.64%	8.41%
	泵站9	2.35%	3.08%	2.62%	1.48%
	泵站25	1.62%	2.72%	2.31%	0.99%
	泵站5	1.99%	1.99%	1.98%	1.31%
合流	泵站18	11.11%	11.73%	7.89%	10.58%
	泵站14	3.55%	4.64%	4.93%	3.04%
	泵站19	2.66%	5.51%	4.96%	2.44%
	泵站15	4.35%	6.76%	3.50%	2.44%

根据接近度C值进行排序,在雨水泵站中,泵

站13综合污染负荷排名第1,4种污染负荷占雨水泵站负荷为7.64%~8.58%。泵站9、泵站25和泵站5综合污染负荷分别排名第2、3、4,4种污染负荷占雨水泵站负荷为0.99%~3.08%。典型泵站整体COD、氨氮、TP和SS负荷分别占雨水泵站负荷的13.79%、16.37%、14.55%和12.19%。

合流泵站中,泵站18综合污染负荷排名第1,4种污染负荷占合流泵站负荷7.89%~11.73%。泵站14、泵站19、泵站15综合污染负荷分别排名第2、3、4,4种污染负荷占合流泵站负荷2.44%~6.76%。典型泵站整体COD、氨氮、TP和SS负荷分别占合流泵站负荷的21.67%、28.64%、21.28%和18.50%。

对上述目标共25个典型泵站(20个雨水泵站,5个合流泵站)进行分析,典型泵站整体COD、氨氮、TP和SS负荷分别占有防汛泵站负荷的29.49%、38.01%、32.27%和23.90%。

3 初步管控建议

3.1 存在问题

筛选出的25个典型泵站基本情况如表8所示,并结合排水体制、泵站规模、投产年代、截流调蓄能力、管网运维等方面进行具体分析。

排水体制方面,典型泵站中雨水泵站20个,合流泵站5个。泵站放江问题在汛期较为凸显。合流泵站同时接收雨水和污水。而雨水泵站,可能存在雨污混接和管网漏损等情况,雨污混合水在汛期通过泵站放江被排入河道,造成河网水质恶化。

泵站规模方面,以376个防汛泵站流量中位数11.5 m³/s为依据,典型泵站中84%的泵站(21个)规模相对较大。大规模泵站服务范围广,汇集的雨水管网可能会覆盖更大区域的雨污混接管段。泵站放江体量较大,水流在强降雨期间排放,管道沉积物可能会被冲起,影响放江水质。

投产年代方面,服役超过20年的典型泵站占比为60%(15个)。老旧泵站一般预处理能力较弱,设备维护成本高、清淤不及时,管道中的SS和淤泥将会随水流一同排入河流。

截流调蓄能力方面,典型泵站截流规模为0.031~6.000 m³/s,5个泵站设有调蓄池。泵站截流调蓄设施能力未达规划标准,极端天气下可能因短时高负荷失效,无法充分发挥设施效益。

表 8 典型泵站基本情况

Tab. 8 Basic Information of Typical Pump Stations

泵站名称	类型	流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	投产年份	截流规模/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	是否设有调蓄池	是否低水位运行
泵站 1	雨水	11.20	2001 年	0.041	否	否
泵站 2	雨水	35.40	2009 年	0.053	否	否
泵站 3	雨水	16.08	1988 年	0.255	否	是
泵站 4	雨水	19.65	1990 年	0.313	否	是
泵站 5	雨水	18.24	1988 年	0.158	是	是
泵站 6	雨水	20.04	1995 年	0.120	否	是
泵站 7	雨水	21.13	2008 年	0.067	否	是
泵站 8	雨水	17.14	2005 年	0.042	否	是
泵站 9	雨水	21.09	2014 年	0.045	否	否
泵站 10	雨水	16.92	1992 年	0.058	否	否
泵站 11	雨水	22.49	2019 年	0.086	否	是
泵站 12	雨水	19.66	2008 年	0.080	否	否
泵站 13	雨水	24.54	2010 年	0.660	是	是
泵站 14	合流	22.49	1996 年	3.300	是	是
泵站 15	合流	19.98	2008 年	4.020	是	是
泵站 16	合流	15.00	2010 年	1.230	否	是
泵站 17	雨水	14.03	1992 年	0.117	否	是
泵站 18	合流	29.43	2003 年	6.000	是	是
泵站 19	合流	25.60	1996 年	5.440	否	是
泵站 20	雨水	14.06	1993 年	0.031	否	否
泵站 21	雨水	9.99	1985 年	0.532	否	是
泵站 22	雨水	19.80	2007 年	(泵前截)	否	是
泵站 23	雨水	10.04	2007 年	0.052	否	是
泵站 24	雨水	15.76	2007 年	0.080	否	是
泵站 25	雨水	7.62	1983 年	0.110	否	是

管网运维方面,低水位运行的典型泵站占比为 76%(19 个)。管网长期高水位运行会加速底部沉积物堆积,若清淤不及时,泵站放江将引发沉积物剥离,加剧水体污染负荷。

3.2 针对性建议

针对上述典型泵站存在的潜在问题,建议从强化源头减污、优化截流设施、加强管网运维等方面着手,通过数字化赋能,提升防汛泵站管控精细化水平,减少泵站放江对河道水环境的影响。具体措施如下。

一是重点开展雨污混接排查和整治工作。将排水用户、城镇公共排水管道和接纳水体作为系统整体,采取溯源排查与排水用户出口核查相结合的方法

开展普查和整治工作,同时建立长效运维管理创新机制,持续进行动态评估与常态监管^[19-20]。

二是提升截流调蓄设施能力。对典型泵站截流设施和调蓄设施能力进行评估,截流能力不足的泵站考虑实施优化提升改造,更换高效截流泵或增设备用泵,提升泵站内部截流能力。同时通过扩建调蓄池或优化外部管道,解决水容量瓶颈。

三是加强排水管网维护和运行管理。全面推进清管行动,加强对泵站服务范围内管网清淤;持续推行排水管网低水位运行,依托智慧排水监管平台,实时监测管网水位,优化泵站调度方案。同时考虑对投产年份较为久远的泵站进行更新改造。

4 结论

(1)熵权-TOPSIS法可以筛选出汛期综合污染负荷占比较高的典型泵站,结果具有一定的参考价值。此方法操作简便,科学考虑各项水质指标负荷,为超大城市防汛泵站精细化管控提供重要抓手和科学依据。

(2)以某超大城市为例,按照行政区、河道以及泵站类型共筛选25个典型泵站,COD、氨氮、TP和SS负荷分别占有防汛泵站负荷的29.49%、38.01%、32.27%和23.90%,形成了典型泵站清单台账,以便相关职能部门进行分级管控。

(3)雨污混接、设备陈旧、淤泥沉积等影响汛期泵站放江水质。建议通过加强排查整治、提升设施能力,持续推进“低水位运行”和“清管行动”等措施,针对典型泵站靶向施策,逐步解决放江水质潜在问题,不断提升城市水环境质量。

参考文献

- [1] 孙吉萌,许锡炜,金星. 泵站放江行为对城市中小河道水质的影响[J]. 广州化工, 2022, 50(17): 131-133, 144.
Sun J M, Xu X W, Jin X. Influence of pumping station discharge behavior on water quality of urban middle-small rivers [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2022, 50(17): 131-133, 144.
- [2] 刘磊. 分流制系统泵站放江污染特征研究[J]. 城市道桥与防洪, 2023(2): 126-129.
Liu L. Study on pollution characteristics of river discharge from pumping station in separate system [J]. Urban roads bridges & Flood Control, 2023(2): 126-129.
- [3] 魏祥龙,陆卫安,唐洪武,等. 上海市感潮河网水质劣化机理研究[J]. 水资源保护, 2025, 41(5): 319-328.
Wei X L, Lu W A, Tang H W, et al. Study on the mechanisms of water quality deterioration in typical urban tidal river networks [J]. Water Resources Protection, 2025, 41(5): 319-328.
- [4] 张庆民,赵庚润,刘晨宇. 典型系统泵站放江对城市河道水质弹性的影响分析[J]. 四川环境, 2025, 44(1): 16-23.
Zhang Q M, Zhao G R, Liu C Y. Analysis of impact of outfall discharge of typical system pumping stations on resilience of water quality in urban waterway [J]. Sichuan Environment, 2025, 44(1): 16-23.
- [5] 谢恬颖,胡晓昕. 上海市中心城区雨天溢流事件初期效应探究[J]. 城市道桥与防洪, 2025(2): 137-140.
Xie T Y, Hu X X. Preliminary study on the effects of rainwater overflow in the central urban area of Shanghai [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2025(2): 137-140.
- [6] 张惠,黄志金,张庆民. 基于数值模拟的雨水泵站放江污染控制研究[J]. 四川环境, 2023, 42(6): 8-15.
Zhang H, Huang Z J, Zhang Q M. Study on pollution control of rainwater pumping station discharge based on numerical simulation [J]. Sichuan Environment, 2023, 42(6): 8-15.
- [7] 张力元. 徐汇区泵站放江水质特征及其关键驱动因素探究[J]. 水电能源科学, 2025, 43(2): 54-57, 53.
Zhang L Y. Water quality characteristics of pumping station discharge and key driving factors in Xuhui District [J]. Water Resources and Power, 2025, 43(2): 54-57, 53.
- [8] 宋召凤,钱晓雍,李云辉,等. 泵站雨天放江对受纳河道水质的影响分析[J]. 净水技术, 2025, 44(S1): 318-323, 462.
Song Z F, QIAN X Y, LI Y H, et al. Impact analysis of pumping station drainage on the water quality of receiving river in rainy weather [J]. Water Purification Technology, 2025, 44(S1): 318-323, 462.
- [9] 王静怡. 泵站雨天放江污染特征及负荷量化研究[J]. 环境科学与管理, 2022, 47(3): 84-87, 92.
Wang J Y. Study on characteristics of wet-weather discharge and pollution loads from typical separate drainage pumping station [J]. Environmental Science and Management, 2022, 47(3): 84-87, 92.
- [10] 陈隽,洪思扬,程涛,等. 基于熵权的集对分析方法在水质评价中的应用——以郑州市为例[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2016, 39(5): 449-454.
Chen J, Hong S Y, Cheng T, et al. Application of set pair analysis based on information entropy in water quality evaluation——Take Zhengzhou as an example [J]. Journal of Anhui normal university (Natural Science), 2016, 39(5): 449-454.
- [11] 张浩渺. 基于熵权改进的TOPSIS模型在苏州河水质综合评价中的应用[J]. 西北水电, 2019(3): 12-15.
Zhang H M. Application of TOPSIS model based on entropy weight improvement in comprehensive evaluation of water quality in Suzhou River [J]. Northwest Hydropower, 2019(3): 12-15.
- [12] 李百慧,李般若,季书一,等. 基于组合赋权的TOPSIS模型与机器学习算法对山东某地区水质等级评估分析[J]. 水利科技与经济, 2022, 28(4): 80-84.
Li B H, Li B R, Ji S Y, et al. Evaluation and analysis of water quality grade in certain area of Shandong based on combined weighting TOPSIS model and machine learning algorithm [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2022, 28(4): 80-84.
- [13] 王梦浩,李治军. 基于博弈论组合赋权的TOPSIS模型在嫩江流域水质评价中的应用[J]. 吉林水利, 2024(11): 54-57, 72.
Wang M H, Li Z J. Application of TOPSIS model based on game theory combinatorial weighting in water quality evaluation of Nenjiang River Basin [J]. Jilin Water Resources, 2024(11): 54-57, 72.

(下转第158页)

- 特征分析[J]. 中国水利, 2023(8): 45-48.
- Yi W L, Yu H, Wei H, et al. Analysis of the characteristics of rainstorm intensity and its frequent period in Shanghai in recent 42 years[J]. China Water Resources, 2023(8): 45-48.
- [11] 褚明华, 杜晓鹤, 何秉顺. 我国水旱灾害防御应对[J]. 水利发展研究, 2024, 24(8): 1-8.
- Chu M H, Du X H, He B S. China's prevention and response to flood and drought disasters[J]. Water Resources Development Research, 2024, 24(8): 1-8.
- [12] 左其亭, 王子尧, 马军霞. 我国现代治水研究热点与发展展望[J]. 水利发展研究, 2024, 24(6): 13-19.
- Zuo Q T, Wang Z Y, Ma J X. Hot spots and development prospects of modern water governance research in China[J]. Water Resources Development Research, 2024, 24(6): 13-19.
- [13] Lei N, Gao L S, Liu S G, et al. The spatiotemporal clustering of short-duration rainstorms in Shanghai City using a sub-hourly gauge network[J]. Earth and Space Science, 2024, 11(3): e2023EA003442. DOI:10.1029/2023EA003442.
- [14] Li Z H, He W, Cheng M F, et al. SinoLC-1: The first 1 m resolution national-scale land-cover map of China created with a deep learning framework and open-access data[J]. Earth System Science Data, 2023, 15(11): 4749-4780.
- [15] 上海市统计局. 2018年上海市统计年鉴 [EB/OL]. (2025-03-09) [2025-04-01]. <https://tjj.sh.gov.cn/tjnj/nj18.htm?d1=2018tjnj/C0202.htm>.
- Shanghai Municipal Statistics Bureau. Shanghai statistical yearbook in 2018 [EB/OL]. (2025-03-09) [2025-04-01]. <https://tjj.sh.gov.cn/tjnj/nj18.htm?d1=2018tjnj/C0202.htm>.
- [16] 黄国如, 陈易德, 姚芝军. 高度城镇化背景下珠三角地区极端降雨时空演变特征[J]. 水科学进展, 2021, 32(2): 161-170.
- Huang G R, Chen Y S, Yao Z J. Spatial and temporal evolution characteristics of extreme rainfall in the Pearl River Delta under high urbanization[J]. Advances in Water Science, 2021, 32(2): 161-170.
- [17] 李雨欣, 王瑛, 马庆媛, 等. 基于DTW与K-means算法的河北场雨及雨型分区特征研究[J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(5): 860-868.
- Li Y X, Wang Y, Ma Q Y, et al. Research on the characteristics of rainfall events and rain pattern zoning in Hebei based on data mining technology [J]. Journal of Geo-Information Science, 2021, 23(5): 860-868.
- [18] 赵彦军, 夏军, 徐宗学, 等. 深圳市雨岛效应分析[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2021, 57(6): 768-775.
- Zhao Y J, Xia J, Xu Z X, et al. Rain island effect in Shenzhen City[J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 2021, 57(6): 768-775.

(上接第147页)

- [14] 李任超, 周琰, 郑琳, 等. 熵权-TOPSIS模型在九龙江北溪水质评价中的研究与应用[J]. 广东化工, 2021, 48(24): 137-139.
- Li R C, Zhou Y, Zheng L, et al. Study and application of entropy weight-TOPSIS model in water quality evaluation of Jiulong River [J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(24): 137-139.
- [15] 秦聪, 郭华. 基于熵权-TOPSIS法的汾河水水质评价[J]. 水资源开发与管理, 2020(9): 34-39.
- Qin C, Guo H. Evaluation of Fenhe river water quality based on EW-TOPSIS method [J]. Water Resources Development and Management, 2020(9): 34-39.
- [16] 闫沛初, 宋扬, 杜欢. 基于熵权-TOPSIS模型的华池县地下水水质评价研究[J]. 地下水, 2023, 45(1): 39-42.
- Yan P R, Song Y, Du H. Evaluation of groundwater quality in Huachi county based on entropy weight-TOPSIS model [J]. Ground Water, 2023, 45(1): 39-42.
- [17] 郭新园, 胡文佳, 陈彬, 等. 基于熵权TOPSIS模型的厦门湾海洋环境质量20年时空变化评估[J]. 应用海洋学学报, 2024, 43(4): 646-658.
- Guo X Y, Hu W J, Chen B, et al. Spatiotemporal changes assessment in marine environmental quality of Xiamen Bay over the past 20 years based on the entropy-weighted TOPSIS model [J]. Journal of Applied Oceanography, 2024, 43(4): 646-658.
- [18] 孔令婷, 钱真, 刘敏. 基于熵权TOPSIS评价法的上海市应对太湖流域超标洪水调度策略研究[J]. 水利水电科技进展, 2025, 45(3): 55-61.
- Kong L T, Qian Z, Liu M. Study on scheduling in Shanghai city for managing over-standard floods from the Taihu Basin based on entropy-weighted TOPSIS evaluation method [J]. Advances in Science Technology of Water Resources, 2025, 45(3): 55-61.
- [19] 魏源源, 黄瑾, 姜莉, 等. 上海市生态清洁小流域水质提升治理模式探究[J]. 中国市政工程, 2025(2): 58-62, 145.
- Wei Y Y, Huang J, Jiang L, et al. Research on the governance model for improving water quality in ecological clean small watersheds in Shanghai [J]. China Municipal Engineering, 2025(2): 58-62, 145.
- [20] 程逸群, 陈向超, 黄志金, 等. 上海市泵站放江污染现状及治理对策浅析[J]. 净水技术, 2022, 41(S1): 259-262.
- Cheng Y Q, Chen X C, Huang Z J, et al. Analysis on current situation and control measures of discharge pollution of pumping station in Shanghai City [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(S1): 259-262.