

南方平原河网快速城市化地区水环境 综合治理方案

郝韶楠^{1,2}, 庞红璐¹, 许莉萍^{1,2}, 刘磊洪^{1,2}, 吴付华¹

(1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072;

2. 四川省城市水环境治理工程技术研究中心, 四川 成都 610072)

摘要:为研究南方平原河网经济快速发展地区的水环境系统治理方案,以佛山解放水系为例,系统制定控源截污、生态活水及水生态修复方案,形成“水环境治理一张图”。结果表明:采用该系统方案预期能削减 COD、氨氮、总磷负荷分别为 2440.84 t/a、321.82 t/a 和 43.40 t/a,可实现解放流域水质目标 2025 年达标,同时为城市快速发展预留环境空间。

关键词:控制单元;水环境容量;污染源解析;总量控制;系统方案

中图分类号:F291.1;TV212.5+2;Q151.92

文献标识码:B

文章编号:1001-2184(2021)06-0005-05

Study on Comprehensive Treatment Scheme for Water Environment in Rapid Urbanization Area of Plain River Network in Southern China

HAO Shaonan^{1,2}, PANG Honglu¹, XU Liping^{1,2}, LIU Peihong^{1,2}, WU Fuhua¹

(1. PowerChina Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072; 2. Technology Research Center for Urban Water and Environment Treatment Engineering of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: In order to study the treatment scheme of water environment system in the areas with rapid economic development of plain river network in southern China, this paper, taking the Jiefang Water System of Foshan as an example, systematically formulates a plan for source control and pollution interception, ecological running water and water ecological restoration, which forms a picture of water environment treatment as a whole. The results show that the reductions of COD, ammonia nitrogen and total phosphorus load are expected to be 2440.84 t/a, 321.82 t/a and 43.40 t/a respectively. The water environment and water quality of the Jiefang river basin can meet the required standard in 2025, leaving an environment capacity for the rapid development of the city.

Key words: control unit; water environmental capacity; pollution source analysis; control of the total amount of pollutant; systematic scheme

0 引言

水环境系统治理方案基本框架包括水质问题诊断、目标确定与负荷分配、河流治理任务实施和实施效果评估 4 个基本部分^[1], 其对各子项工程进行系统统筹及方案指导, 能有效增强各子项工程之间的衔接性及后期落地性, 因此科学合理地编制系统方案显得尤为重要^[2-4]。然而以往的系统方案研究多聚焦于“以问题为导向”, 与新一轮国土空间规划理念存在一定的差异^[5]。因此选择

处于快速城市化阶段的佛山市狮山镇作为案例进行水环境系统治理方案研究, 强调与新阶段国土空间规划相融合, 在保护好生态本底的前提下, 为产业及城市发展留出接口, 以尽量避免产生因人口、下垫面、产业、给排水等结构性的时空不匹配带来的水环境问题。

1 研究区域及方法

1.1 流域概况

解放涌水系位于狮山镇西面, 集雨面积 73.68 km², 流域内包括有解放涌、三江口涌、万里长城涌、红旗涌、流北涌及南塘涌等 6 条主支干河涌, 还有狮中涌、陈洞涌等 35 条村管支涌。其

收稿日期: 2021-09-05

基金项目: 中国电建集团科研项目(DJ-ZDXM-2018-34); 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司科研项目(P43219)

中解放涌呈南北走向,南起北江大堤狮山窠,北至狮山围解放闸汇入西南涌,全长 10 974 m,平均宽度 20 m,涌底高程 -0.256 m,常水位 $0.94\sim 1.74$ m,最高水位 $3.24\sim 3.74$ m。解放涌水系的外围水系西南面为北江,西北面为西南涌,内河水系与外江相接处均有水闸控制。

1.2 水质现状及目标

为系统地摸清解放涌流域河涌湖库水质现状,共布设 88 个水质采样点并于 2020 年 10 月进行采样并委托有资质水质检测中心检测。主要的水质监测指标分别为化学需氧量、总磷和氨氮。其中化学需氧量测定以 HJ 828—2017《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》为依据,氨氮测定以 HJ 535—2009《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》为依据,总磷测定以 GB 11893—89《水质 总磷测定 钼酸铵分光光度法》为依据。经过水质数据空间分析,解放涌主涌整体水质较好,但支毛涌水质较差,大多数支毛涌为劣五类水体,水库总体水质较好。

依据上位规划及相关文件,解放涌 2025 年水质目标要求:解放涌水质到达地表 IV 类,万里长城涌和三江口涌水质达到地表 V 类。

1.3 研究方法

1.3.1 流域综合治理技术体系

解放流域水环境治理系统方案以现状水系、管网摸排为基础,科学划分解放涌流域控制单元,分析现状水质,核算现状污染负荷解析并对规划条件污染负荷,借助水环境容量计算等技术方法,围绕排水防涝、河涌截污和片区管网工程建设、活水工程建设、生态修复等建设任务,通过工程与非工程措施相结合,形成水质目标达标工程体系,同时紧密耦合新一轮国土空间规划,为快速城市化做好环境空间留白。

1.3.2 控制单元划分

依据自然汇水、市政管网及遥感影像资料,将解放涌流域划分为 44 个控制单元,解放涌流域控制单元见图 1。

1.3.3 污染物总量控制



图 1 解放涌流域控制单元

(1)污染负荷估算方法。从点源、面源、内源三个方面,对解放涌流域污染负荷进行估算。参

照《全国水环境容量核定技术指南》以及相关文献^[6,7],各类污染负荷估算方法见表 1。

(2)水环境容量计算方法。纳污能力计算模型参数的选取参照《水域纳污能力计算规程》《地表水环境资源保护规划补充技术细则》。结合现有调查资料和水功能区内各河流在规划条件下均为单向流的情况,该次使用的公式法可以满足需求。

$$W = 365 \times 86.4 \times Q_h [C_s \times \exp(K \times L / 86400 u) - C_0]$$

式中 W 为水环境容量, Q_h 是流量, m^3/s ; C_0 是初始断面污染物浓度, mg/L ; C_s 是某水质要素的水质标准(水质目标); u 是河道断面设计流量下的平均流速, m/s ; K 是各类污染物综合衰减系数, $1/s$ 。

表 1 各类污染负荷估算方法

序号	污染源类型	估算方法
1	生活污染	排放量与生活污水平均浓度的乘积
2	工业企业污染	排放量与排放浓度的乘积
3	市政实施污染	排放量与排放浓度的乘积
4	农田面源污染	标准农田法 ^[8]
5	地表径流污染	场次降雨平均浓度法(EMC 值) ^[9]
6	养殖业污染	产排污系数法 ^[10]
7	内源污染	内源释放速率法

(3)污染负荷削减分配方法。基于项目落地性考虑,该方案设计从控源截污工程的控制效果为基础,在收集率 95% 的前提下对污染负荷削减量进行分配,并对面源及水生态工程措施的效果进行削减量估算,在仍达不到水质目标的情况下,通过生态活水工程对水环境容量进行扩容补足。

2 流域污染物总量削减分配

2.1 污染源解析及预测

(1)现状污染源解析。解放涌流域现状各类污染源 COD、氨氮和总磷入河总量分别为 3 613.77 t/a、384.02 t/a 和 56.03 t/a。现状解放流域各类污染源入河总量见表 2。其中生活污染源对流域 COD、氨氮和总磷的贡献率较高。

(2)污染源预测。基于现状治理水平不变的情境下,根据相关上位规划,对 2025 年解放涌流域主要污染物入河量进行估算,现状治理水平下规划年各类污染源下河总量见表 3。规划年解放涌流域各类污染源 COD、氨氮和总磷的入河量分别为 4 168.17 t、447.83 t 和 63.1 t。

表 2 现状解放流域各类污染源入河总量

污染源	污染源下河总量(t/a)		
	COD	氨氮	总磷
生活污染源	1 523.54	152.35	20.31
市政设施源	375.37	46.66	4.69
工业污染源	40.89	0.97	0.56
农田面源污染	304.57	60.91	15.23
地表径流污染	765.83	30.63	4.59
水产养殖污染	363.56	49.06	9.40
内源污染	240.01	43.44	1.25
合计	3 613.77	384.02	56.03

表 3 现状治理水平下规划年各类污染源下河总量

污染源	污染源下河总量(t/a)		
	COD	氨氮	总磷
生活污染源	1 673.88	167.39	22.32
工业污染源	48.27	1.14	0.66
农田面源污染	304.57	60.91	15.23
地表径流污染	765.83	30.63	4.59
水产养殖污染	363.56	49.06	9.40
市政设施源	772.05	95.26	9.65
内源污染	240.01	43.44	1.25
合计	4 168.17	447.83	63.1

2.2 水环境容量确定

(1)设计流量及流速。参考《佛山市水功能区纳污总量核定》关于设计流量参数概化的方法,该次计算将河涌分摊陆域产水量乘以 1.1 倍数系数放大,同时根据各计算河道的实际资料情况采用合适的方法估算其设计流速,缺乏资料的河段,采取水文比拟等方法确定其水文条件。

有资料时,按下式计算:

$$V = Q/A$$

式中 V 为设计流速; Q 为设计流量; A 为过水断面面积。

无资料时,采用经验公式计算断面流速。

(2)初始浓度值 C_0 和水质目标 C_s 的确定。水功能区初始断面污染物浓度 C_0 值和出口断面水质目标值 C_s ,按照不同类别的水质指标确定,取值按照上一个水功能区的水质目标值 C_s 是下一个水功能区的初始浓度 C_0 值的方法确定。水质目标 C_s 值为该功能区的水质目标值。不同水质目标类别的初始浓度值 C_0 和水质目标浓度 C_s 值取值结果见表 4。

表4 不同水质目标类别的初始浓度 C_0 和水质目标 C_s 值取值结果 单位:mg/L

水质目标	I	II	III	IV	V
COD	15	15	20	30	40
氨氮	0.15	0.5	1	1.5	2
总磷	0.02	0.1	0.2	0.3	0.4

表5 各个控制单元对应的水环境容量

控制单元	水环境容量(t/a)			控制单元	水环境容量(t/a)		
	COD	Nh ₃	TP		COD	Nh ₃	TP
博爱湖片区	65.64	2.43	0.33	解放涌片区6	1 244.31	59.22	11.31
陈洞涌片区	31.73	1.51	0.29	朗下村前涌片区	9.29	0.43	0.08
大观涌片区	36.90	1.48	0.23	朗下虎头坑涌片区	12.64	0.56	0.10
大观涌片区北	5.29	0.26	0.05	朗下黄洞迳水库片区	36.74	1.84	0.37
大涌片区	23.49	1.10	0.21	朗下支沟片区	17.89	0.88	0.17
窰仔涌片区	29.92	1.45	0.28	流北涌片区	1 658.34	77.44	14.50
观音庙涌片区	16.40	0.78	0.15	流北涌西坑涡涌片区	35.71	1.78	0.35
毫溪涌片区	62.80	2.82	0.51	芦荻涌片区	54.83	2.30	0.38
红旗涌片区1	30.62	0.96	0.09	穆院黄洞迳水库片区	21.39	1.07	0.21
红旗涌片区2	1 461.51	71.82	14.14	南坑水库片区	10.27	0.51	0.10
红中片区	27.28	1.31	0.25	南塘涌片区	1 749.14	81.76	15.33
华涌中心沟上片区	74.12	3.49	0.66	三江口涌片区1	145.94	4.23	0.29
华涌中心沟下片区	74.12	3.49	0.66	三江口涌片区2	3 026.68	147.74	28.90
黄边涌片区	80.66	3.79	0.71	三江口涌片区3	4 367.69	216.27	42.87
黄洞黄洞迳排洪渠片区	11.84	0.59	0.12	三江口涌片区4	4 382.13	216.90	42.98
黄洞迳水库片区	14.60	0.73	0.15	沙罗底涌下片区	103.83	4.05	0.61
黄洞支沟片区	20.24	1.01	0.20	狮中涌片区	143.85	4.59	0.45
解放涌片区1	4 306.41	210.91	41.39	四方井涌片区	103.82	5.16	1.03
解放涌片区2	3 689.59	178.08	34.46	万里长城涌片区1	2 602.11	128.25	25.32
解放涌片区3	2 866.61	140.04	27.42	万里长城涌片区2	2 886.53	142.93	28.33
解放涌片区4	1 319.87	60.73	11.20	文笔涌涌片区	17.48	0.70	0.11
解放涌片区5	1 240.15	59.08	11.29	蟹口涌片区	32.67	1.41	0.24

以控制单元为基本控制单元,经计算,2025年COD、氨氮和总磷的污染目标削减量为2 181.49 t/a,287.59 t/a,38.84 t/a。

3 流域治理与可行性分析

3.1 系统方案工程方案

(1)点源控制。该方案中排水管网的完善按照由大到小、先主干后分支、逐步推进,本工程新建污水管网(干管及支管)约95 km,雨水管网约55.7 km,并结合管网运维单位对现状管网的改造、修复,以及对污水源头(自然村、工业区)实施雨污分流工程及相关行政管理措施后,加上本工程实施后,污水收集率可达95%。

(2)面源控制。依据《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》等国家相关政策要求,同时参

(3)综合衰减系数 K 值。根据相关研究成果,计算中取河涌的衰减系数COD取值0.2/d、氨氮取值0.1/d,总磷取值为0.01/d。

(4)水环境容量计算结果。经过计算,各个控制单元对应的水环境容量见表5。

2.3 污染削减分配分析

考南海区相关研究成果,确定解放水系流域范围年径流总量控制率目标值,2020年重点区域率先达到70%,远期(2030年)整个区域达到67%。

(3)活水工程。解放水系8条支毛涌活水工程提水泵站规模分别为:万里长城涌为3.0 m³/s;南塘涌为2.0 m³/s;金鸡涌为1.0 m³/s;黄边涌为1.0 m³/s;陈洞涌为0.8 m³/s;蟹口涌为0.5 m³/s;流北涌西坑涡毛涌为0.5 m³/s;文笔涌涌为0.4 m³/s。

(4)水生态修复措施。该方案对佛山市南海区解放水系流域主要河涌进行水生态修复工程,涉及到生态修复构建河涌总长度为39.48 km。

3.2 工程实施效果预估

根据解放涌流域水质目标考核要求,在规

划条件下,即截污工程不断完善,内源整治、补水活水、生态修复等多项措施并举的条件下,各项工程对 COD、氨氮、总磷负荷削减量分别为 2 440.84 t/a、321.82 t/a 和 43.40 t/a,各类污染源 COD、氨氮和总磷污染物入河量分别为 2 511.98 t/a、260.62 t/a 和 42.24 t/a。综合分析在项目顺利完工后,解放涌流域可实现既定的水质目标。

4 衔接规划

对现阶段散排生活污水提出截污纳管需求,并对下一步城市化发展产生的市政生活污水进行留白。解放水系流域范围年径流总量控制率目标值,2020 年重点区域率先达到 70%,远期(2030 年)整个区域达到 67%。解放流域范围内产业发达,需要进一步对同类及上下游产业进行优化集中布局,并构建专门工业污水厂对工业污水进行处理。

5 结语

基于控制单元划分及污染物总量控制分析,建立了水环境综合值技术体系,从水环境、水资源、水生态的角度出发制定流域水环境系统治理方案。

污染源解析及水环境容量计算结果表明,2025 年解放流域 COD、氨氮和总磷的污染目标削减量为 218 149 t/a、287.59 t/a、38.84 t/a。

采用该系统方案,预期能实现对 COD、氨氮、总磷负荷削减量分别为 2 440.84 t/a、321.82 t/a 和 43.40 t/a,该工程方案系统设计合理可行,可供类似水环境综合治理项目借鉴。

在快速城市化地区,从城市发展愿景出发,与新时期国土空间规划紧密结合,形成“山—水—林—田—城—湖—草—沙”的生态城市体系。

参考文献:

- [1] 单保庆,王超,李叙勇,等.基于水质目标管理的河流治理方案制定方法及其案例研究[J].环境科学学报,2015,35(08):2314-2323.
- [2] 付朝晖,常魁,杨国洪.基于水陆统筹的水环境综合治理系统方案编制思考——以珠海横琴一体化区为例[J].给水排水,2020,56(07):27-31.
- [3] Ebrahim A, Brian L B. Risk-based decision making to evaluate pollutant reduction scenarios[J]. Science of the Total Environment, 2020,702.
- [4] 章林伟,牛璋彬,张全,等.浅析海绵城市建设的顶层设计[J].给水排水,2017,53(09):1-5.
- [5] 文字立,谢阳村,徐敏,等.构建适应新国土空间规划的流域空间管控体系[J].中国环境管理,2020,12(05):58-64.
- [6] 姚天宝.河长制“一河一策”中面源污染统计分析及处理措施[J].水资源开发与管理,2020(02):62-66.
- [7] 王长芳子,逢勇.鸭岗断面水污染源解析及对策研究[J].四川环境,2019,38(04):30-34.
- [8] 郭卫广,雍毅,陈杰,等.四川省农村面源污染状况与治理对策研究[J].环境科学与管理,2016,41(11):36-40.
- [9] 王晋虎,古向前,周曼.京杭运河(苏州段)污染负荷核算及源解析[J].能源与环保,2021,43(02):73-77.
- [10] 胡文杰,王晓荣,付甜,等.三峡库区兰陵溪小流域农业面源污染排放特征解析[J].环境污染与防治,2021,43(05):568-573.

作者简介:

郝韶楠(1987-),男,河南郑州人,博士,从事水环境综合治理,海绵城市,水环境模型方面的工作;

庞红璐(1992-),女,河南南阳人,硕士,从事水污染控制与水资源利用方面的工作;

许莉萍(1988-),女,四川成都人,博士,从事环境水力学方面的工作;

刘碯洪(1963-),男,四川洪雅人,硕士,从事水资源利用、水电规划、水环境综合整治和海绵城市方面的工作;

吴付华(1980-),男,江西临川人,学士,从事水环境综合治理、海绵城市、水环境模型方面的工作。

(责任编辑:吴永红)

大渡河公司首个光伏项目提前并网发电

2021 年 11 月 19 日,装机容量为 103 千瓦的大渡河金川营地屋顶分布式光伏项目正式并网发电,比计划提前 11 天投入运行。该项目为大渡河公司首个新能源投产项目。项目位于大渡河金川水电站营地,利用办公楼、职工食堂、宿舍楼等建筑屋顶进行光伏板的安装,利用面积 691 平方米,投产后每年可提供绿色电能约 14.68 万千瓦时。该项目自 2021 年 10 月 27 日开工建设,11 月 18 日完成全部系统调试,11 月 19 日通过启动验收,顺利并网投入运行。

为建好金川光伏项目,公司严格按照集团公司“两高一低”优质电力工程建设要求,秉承低碳清洁、资源节约,安全可靠的建设理念,持续以建设“清洁低碳,绿色高效”的绿色新能源为方向,统筹推进项目要素保障和建设条件,落实好市场化并网项目电网接入消纳意见,强化项目基建过程管控,确保清洁能源早日投产发电,以实际行动为实现“碳达峰、碳中和”目标贡献力量。

(国能大渡河流域水电开发有限公司 供稿)