

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.10.006

合肥市店埠河初期雨水面源污染治理案例分析

孙艳涛¹, 杨敏², 陈奇良¹

(1. 上海市市政工程设计研究总院集团第六设计院有限公司, 安徽 合肥 200032; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074)

摘要: 结合合肥市店埠河城区段初期雨水污染治理工程案例,对初期雨水面源污染治理进行系统分析,研究了模型构建、标准选取、截流管设计、截流井形式、调蓄站设计、智慧水务等关键技术,把握初期雨水截流调蓄系统设计的难点,为相似工程的建设运营提供可借鉴的经验和技术支撑。

关键词: 初期雨水; 面源污染; 关键技术

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)10-0030-05

Case Study on Non-point Source Pollution Control of Initial Rainwater in Hefei Dianbu River

SUN Yan-tao¹, YANG Min², CHEN Qi-liang¹

(1. The Sixth Design Institute of Shanghai Municipal Engineering Design Institute Group Co. Ltd., Hefei 200032, China; 2. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China)

Abstract: Based on the case of the initial rainwater pollution control project in the urban section of Dianbu River in Hefei City, the paper made a systematic analysis of the initial rainwater non-point source pollution control, and studied the key technologies such as model construction, standard selection, interception pipe design, form of interception well, design of storage station and intelligent water affairs, so as to grasp the difficulties of designing initial rainwater interception and storage system. The project could provide some useful experience and technical support for construction and operation management of similar projects.

Key words: initial rainwater; non-point source pollution; key technologies

随着环境污染形势的加剧和国家对生态环境重视程度的提高,越来越多的城市通过在排水系统中设置初期雨水截流调蓄系统来控制初雨的面源污染,目前我国很多城市的雨水系统中已有一定的应用实例^[1]。但由于没有统一的建设标准,其运行效果参差不齐。同时,一些设计中的关键技术要求没有相关资料和文献中系统体现。为了能够有效地发挥初期雨水截流调蓄的作用,在设计中对一些关键技术进行研究分析至关重要,可为后期建设和

运营管理提供支撑。

1 工程概况

为落实中央环保督察整改任务,彻底解决城区段雨水管网混接旱季污水和初期雨水入河问题,通过改善店埠河水质,进而改善南淝河和巢湖水质,将肥东县城初期雨水污染治理工程作为店埠河小流域综合治理工程的子项先期实施,具有流域治理示范作用。

本次工程的主要目标是对店埠河肥东城区段的

初期雨水进行截流调蓄,总服务面积为 16.93 km²。店埠河肥东城区段(包公大道—绕城高速)分为店埠河西片、店埠河东片、横大路泵站低排区等 3 个雨水分区,排口共 33 个。根据初期雨水监测结果,排口初期雨水主要指标 COD、氨氮、总磷超标严重。新建初期雨水调蓄站 1 座,占地约为 4.4 hm²,调蓄池调蓄规模为 3.0 × 10⁴ m³,管道调蓄规模为 1.5 × 10⁴ m³,d1 000 ~ d3 000 mm 初期雨水截流管约 5.8 km、截流井 18 座。初期雨水经调蓄后,排入横大路污水干管,最终接入肥东污水处理厂,经处理达标后排放。

2 规模论证

2.1 模型的构建

国内外调查资料表明,降雨形成的初期径流含有大量污染物,这些污染物主要来源有大气沉降、地面垃圾堆积、车辆排放以及地面冲刷侵蚀等^[2]。利用模型分析可以较好地初期雨水进行预测,预测结果能较好地反映实际污染情况,本工程利用模型,并以合肥市店埠河区域三场降雨实测值对模型进行率定,利用 2017 年降雨数据为输入条件对污染控制标准进行论证。

汇水子流域的划分目标是按照排水的实际汇流情况,将地表径流汇流分配到相应的排水管网集流点(模型中为检查井节点),使管网系统的入流量分配更符合实际情况。根据地形图确定汇水子流域的自然分界线,并计算汇水子流域面积、地表平均坡度等,构建概化模型,如图 1 所示。

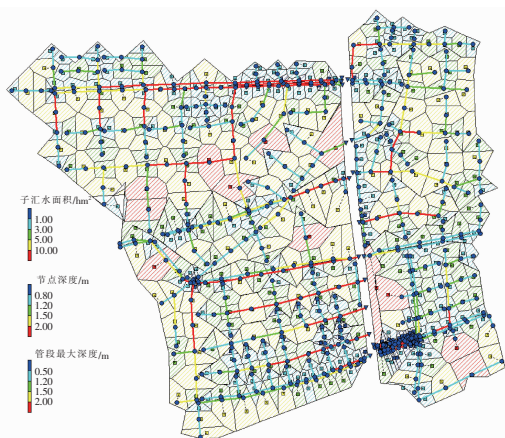


图 1 模型分区分管概化图

Fig. 1 Model partition pipeline network generalization chart

根据 SWMM 模型对研究区雨水管网系统合流制和分流制不同截流规模进行分析,模拟结果(见

图 2、3)表明,当合流制截流规模超过 8 mm、分流制截流规模超过 5 mm 时,各污染物削减率增速明显减缓,“投资效益比”将越来越小。通过 SWMM 模型模拟分析,当合流制地区截流 8 mm、分流制地区截流 5 mm 时,城市面源污染削减约 41.3%,可达到削减目标,实现较大工程效益。

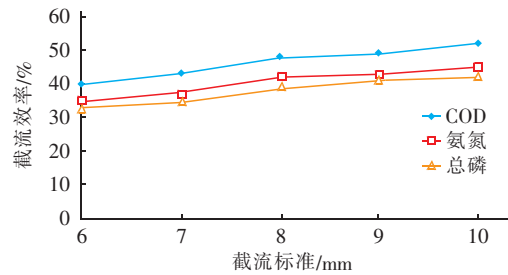


图 2 合流制区域截流效率曲线

Fig. 2 Interception efficiency curve of combined system area

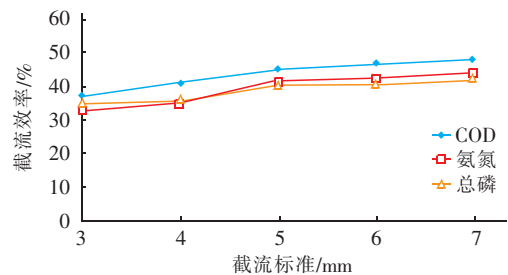


图 3 分流制区域截流效率曲线

Fig. 3 Interception efficiency curve of separate system area

2.2 调蓄容积计算

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006, 2016 年版)、《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174—2017),本工程合流制及分流制初期雨水调蓄设施有效容积(V)均按下式计算:

$$V = 10DF\Psi\beta \quad (1)$$

式中 D ——调蓄量,按降雨量计规范建议值 4 ~ 8 mm,分流制为 5 mm,合流制取 8 mm

β ——安全系数,规范建议值 1.1 ~ 1.5,本工程取 1.2

Ψ ——径流系数,取 0.6

F ——汇水面积, hm²

通过式(1)进行计算并结合 SWMM 模型验证结果合理确定调蓄规模,同时按规范对调蓄规模进行校核。

2.3 工程效益论证

本工程从年均溢流场次、年污染削减率 2 个方

面对研究区进行工程效益论证。

2.3.1 年均溢流场次控制论证

不同截流标准下载流比见表 1。

表 1 各截流标准下载流量占比

Tab.1 Percentage of interception flow under different interception standards

截流标准/mm	低于标准		超过标准		总体	
	年均溢流场次	截流比/%	年均溢流场次	截流比/%	年均溢流场次	截流比/%
3	54	100	59	18.4	113	22.8
4	61	100	52	22.3	113	28.3
5	66	100	47	25.9	113	33.2
6	70	100	43	29.2	113	37.7
7	74	100	39	31.9	113	41.8
8	77	100	36	34.4	113	45.5
9	80	100	33	36.5	113	49.0
10	83	100	30	38.3	113	52.1
15	93	100	20	45.7	113	64.3
20	99	100	14	51.3	113	72.9
25	103	100	10	55.8	113	79.1
30	106	100	7	58.3	113	83.6

由表 1 可知,工程实施后分流制年均溢流场次减少 66 次,仍有 47 场次超标准溢流雨水排入店埠河;合流制溢流减少 77 场次,仍有 36 场次超标准溢流雨水排入店埠河。远期建议进一步提升截流标准至 30 mm,可使年均溢流次数控制在 7 次。

2.3.2 年污染削减率论证

根据 SWMM 模型对研究区雨水管网系统在分流制 5 mm、合流制 8 mm 的截流标准下进行模拟,截流前、后排口入河年污染负荷量见表 2。根据表 2

可知,各污染指标截流效率 COD 为 48.1%,NH₃-N 为 41.2%,TP 为 39.6%。

表 2 截流前、后排口溢流污染负荷量

Tab.2 Pollution load of overflow before and after interception t·a⁻¹

项 目	COD 负荷	NH ₃ -N 负荷	TP 负荷
截流前	254.6	65.3	5.3
截流后	132.1	38.4	3.2

3 截流管道设计

沿店埠河两侧布置截流管道,截流管道北起包公大道、南至龙城路,截流管管径为 d1 000~d3 000 mm。由于本次设计河道店埠河为现状河道,考虑施工影响及经济比较后,截流管道施工主要采用顶管施工的方式,局部遇障碍物可采用开挖方式,其中顶管可结合曲线顶管或超长距离顶管合理布置沉井,减少对周边环境、交通、构筑物等的影响。为确保过河段顶管在高外水压下不渗漏,对于管节接头位置的止水有必要采取一定的加强措施,可在接口内部设置两道橡胶止水带。在长江东路与地铁线 2 号线交叉位置,需考虑管道与地铁之间的竖向安全距离,一般顶管外底标高与地铁隧道构筑物顶部间距不小于 6 m,不满足的需采取防护措施,并进行安全风险评估。

4 截流井形式

目前国内常用的截流井有槽式、堰式、槽堰式等,其中堰式截流井包括正堰式、侧堰式、跳跃堰式等,结合工程特点对不同截流井形式进行对比,结果详见表 3。

表 3 截流井形式对比

Tab.3 Comparison of interception wells

项目	槽式截流井	堰式截流井	堰槽式截流井	自控截流井	智能截流井
优点	形式简单,截流效果好;不影响现状管排水	无需降低截流管高程;可利用堰高控制截流	堰式截流井和槽式截流井的组合,在同样条件下,截流量比槽式、堰式截流井大	形式简单,根据水位控制截流量,无需电耗	通过水质水位控制水量,确保截流效果,可远程控制
缺点	管道易淤积,截流量不能灵活控制,不易防倒灌	截流量无法灵活控制,堰口易淤积,影响排水,且不易防止倒灌	截流量无法灵活控制,且不能防止河水倒灌	不能根据水质控制水量;垃圾易卡在拍门,形成倒灌	系统较复杂,造价较高,管理专业化较强

本工程主要对管涵进行末端截流,现状雨水排口大部分高于本次设计内河河道的常水位,个别排口低于常水位。为减少对店埠河的污染和排口的排涝能力,设计采用智能截流井对排口初期雨水进行截流,并设置下开式防倒灌堰门,保障截流较高浓度的初期雨水,实现较高的工程效益。

5 调蓄站设计

5.1 除砂设计

目前国内许多已建调蓄池未考虑初期雨水进入调蓄池前的泥砂和油污去除问题,初雨直接进入调蓄池,经过 1~3 d 储蓄后有大量泥砂沉积,甚至出现板结情况,严重影响调蓄池的正常使用和日常维

护,因此在调蓄池前设置除砂隔油池至关重要。沉砂隔油池设计要充分考虑水力停留时间,本工程结合目前已设计建成运营的合肥市京台高速调蓄站隔油沉砂池的停留时间,建议水力停留时间在 3 ~ 5 min 之间为宜,能够较好地去除泥砂和浮油。

5.2 冲洗设计

由于初期雨水中挟带了地面和管道沉积的污物杂质,在调蓄池中存放后,这些物质会沉积在调蓄池

底部,若不及时清理,会变质并产生异味,沉积物积聚过多还将影响调蓄池的正常运行^[3],因此设计时需考虑冲洗设计。

调蓄池的冲洗设备有多种形式,各有利弊。随着节能减排的政策要求,出现了越来越多的环保型、节能型的冲洗设施和方法。国内外通常采用的冲洗设施主要有水力冲洗翻斗、门式冲洗系统、真空冲洗、水射器等^[4],各种冲洗方式比较见表 4。

表 4 调蓄池冲洗方式对比

Tab. 4 Comparison of flushing methods of storage tank

项 目	水力翻斗	真空冲洗	门式冲洗	智能喷射器
冲洗效果	需要外来水源,冲洗效果一般	冲洗水量大,冲洗效果好	冲洗水量大,100 m 以内冲洗效果较好	冲洗水量小,冲洗效果好,辐射范围 260°
冲洗长度	在 100 m 内	可达 200 m	在 100 m 内	扫射半径 25 m 左右
优点	自动冲洗,设备位于水面上方,无需电力或机械驱动,运行成本低	控制系统简单;后期运行维护检修简单	自动冲洗,无需外动力,无需外部供水,冲洗波强度大,冲洗效果好,电耗较低,维护方便	无需建冲洗储水池,自动 260°旋转冲洗,同时兼有曝气、搅拌、冲洗、点对点冲洗作用,可减少异味,防止泥砂板结,冲洗效果好
缺点	须有压水源对翻斗进行冲洗,运行费用较高;翻斗容量有限,冲洗范围受到限制	气密性要求高,对土建要求比较高、电耗较高	设备投资较高;池型受约束,适于方形池;冲洗距离受 100 m 限制	使用过程中能耗较高,局部会有盲点,需要合理化消除盲区

每种冲洗方式都有各自特点,要结合工程的具体实际情况和特点合理选择冲洗设备。本工程选用水射器,优点是除了能对调蓄池放空时进行冲洗,还可以进行搅拌防止沉淀;可实现底部点对点的冲洗,布置灵活,不受池型约束。综合考虑冲洗效果、维护管理及建设运行费用等,推荐采用智能喷射器冲洗系统。蓄水时可根据实际情况开机搅拌,并兼具少量的曝气作用,延迟厌氧反应的发生。

5.3 通风换气及除臭设计

对调蓄池、进水泵房等构筑物进行通风除臭换气,消除有毒有害气体,满足人员进入检修时的环境要求,同时为了保障运行安全,须考虑换气措施。

① 按照工艺需要并参考《城镇雨水调蓄工程技术规范》第 4.4.14 条说明——我国目前用于径流污染控制的调蓄池的通风次数一般是 4 ~ 6 次/h。此次调蓄池设计的通风换气次数取 4 次/h。

② 进水泵房的运行工况与调蓄池相似,进水泵房的通风换气次数取 4 次/h。

③ 按照工艺需要及参考《城镇雨水调蓄工程技术规范》第 4.4.17 条——除臭设施的设计,应符合下列规定:处理量宜按每小时处理调蓄池容积 1 ~ 2 倍的臭气体积考虑;有特殊要求时,应结合通风系统的换气次数确定。因隔油沉砂池仅需考虑除

臭设计,通风换气次数取 2 次/h。

工程采用土建风道将池中气体引至除臭设备,经过除臭设备处理达标后由柜式离心风机集中高空排风。为保证调蓄池内不同水位的排风要求,最下层排风口在保证工艺要求的前提下尽量贴近池底,以保证排除池中密度比空气大的有毒有害气体,最上层风口尽量贴近池顶,以排除池中密度比空气小的有毒有害气体。同时池顶均匀布置若干自然进风井,在进风井四周设置防雨百叶窗,以保障池体进、排水及通风除臭时的气压平衡。

5.4 智慧水务

初期雨水调蓄池和截流井除设置部分检修孔和人孔外,基本属于地埋式全封闭结构,不便人员日常进入巡检,应充分考虑自动巡检和自动控制的需要。

① 智能视频巡检设备系统

鉴于调蓄池为地埋式构筑物,池体深度一般在 10 m 以上,过去日常运营维护需要在池板上开观察孔,安装有毒有害气体检测仪表,增加了操作人员的工作强度及危险性,因此需充分考虑可视化。近年来智慧水务科技发展促进了智能巡检设备的产生,很好地解决了这一问题。通过在调蓄池内顶板下安装智能视频巡检设备,可减少人员劳动强度,保障人身安全,提供调蓄池日常维护数据和视频。

② 水质水量监测管理系统

为保证初期雨水的截流效果和可控性,需对初期雨水进行水质水量的在线监测设计,根据截流点初期雨水水质变化情况联动控制截流调控装置,实现对店埠河两侧雨水排口初期雨水截流控制,能够通过水质水量对初期雨水进行控制,实现可控截流和远程控制。

5.5 景观设计

为削减服务区域范围内面源污染负荷,城市雨水调蓄工程在对城市雨水资源进行净化存蓄的同时,可将雨水资源结合工程生态环境统筹考虑,实现项目区生态平衡,防止水土流失,改善自然生态环境。站区融入海绵城市理念将雨水生态塘用于工程实际,削减站区面源污染。

调蓄站建设效果见图4。



图4 调蓄站建设效果

Fig.4 Construction effect of storage station

6 结语

结合合肥市店埠河初期雨水污染治理工程,对城市初期雨水治理设计过程中的技术难点、设计参数等进行系统分析,同时为使初期雨水污染治理建设工程更好地发挥工程效益,通过引入溢流控制频次对工程进行效益分析,从而为工程建设标准的科学性、合理性提供支撑,为相似工程的建设提供借鉴。

参考文献:

[1] 金敦. 城市排水系统中初期雨水调蓄池的设计探讨

[J]. 城市道桥与防洪, 2013, 36(7): 130 - 132.

Jin Dun. Design of storage tank for initial rainwater regulation in urban drainage system [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2013, 36(7): 130 - 132 (in Chinese).

[2] 邓志光, 吴宗义, 蒋卫列. 城市初期雨水的处理技术路线初探[J]. 中国给水排水, 2009, 25(10): 11 - 14.

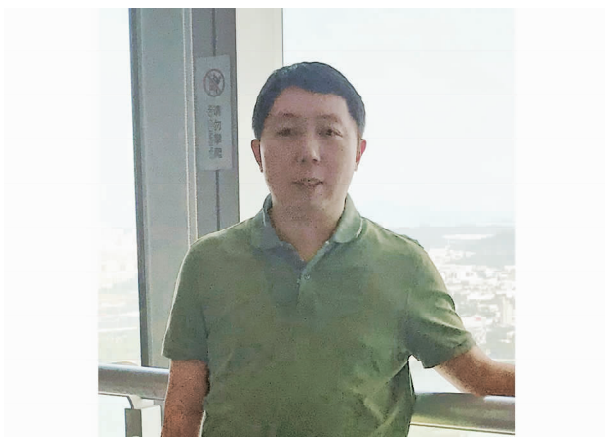
Deng Zhiguang, Wu Zongyi, Jiang Weilie. Preliminary study on treatment of first-flush stormwater [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(10): 11 - 14 (in Chinese).

[3] 王肖军. 初期雨水调蓄池在城市排水系统中的应用[J]. 中国给水排水, 2012, 28(10): 45 - 47.

Wang Xiaojun. Application of initial rainwater storage tanks in urban drainage system [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(10): 45 - 47 (in Chinese).

[4] 肖艳, 徐建初. 世博浦东园区雨水泵站初期雨水调蓄池冲洗方式设计[J]. 给水排水, 2009, 35(3): 50 - 52.

Xiao Yan, Xu Jianchu. Design of the washing way of initial rainwater storage tank of rainwater pump station in Pudong Expo Site [J]. Water & Wastewater Engineering, 2009, 35(3): 50 - 52 (in Chinese).



作者简介: 孙艳涛(1982 -), 男, 安徽界首人, 硕士, 高级工程师, 主要从事给排水及水环境综合治理研究工作。

E-mail: sunyantao5@smedi.com

收稿日期: 2019 - 05 - 25