

水环境综合整治

南明河流域治理中污水处理厂布局与建设模式探讨

王永生¹, 崔立波¹, 武绍云², 吴明素¹, 龚满², 张博文², 刘涛²

(1. 中恒工程设计院有限公司, 四川 成都 610017; 2. 中国市政工程西北设计研究院有限公司
贵州分公司, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 在贵阳市南明河流域综合治理中, 结合城市河流生态补水需求以及城市建设用地条件限制, 采用污水收集处理系统与河流治理统筹、污水厂分散布局 and 地下污水厂的建设模式, 实现了污水收集系统一体化、污水处理的协同化、污水的资源化、污水厂建设生态化以及用地集约化、污水厂地上地下土地资源的最大化综合利用, 同时实现了污水厂与城市的和谐共生, 达到了污水与河流同治的效果, 创造了城市流域治理典范。

关键词: 南明河; 流域综合治理; 污水厂分散布局; 污水厂建设形式

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)06-0007-07

Discussion on the Layout and Construction Mode of Wastewater Treatment Plant in Comprehensive Treatment of Nanming River Basin

WANG Yong-jin¹, CUI Li-bo¹, WU Shao-yun², WU Ming-su¹, GONG Man²,
ZHANG Bo-wen², LIU Tao²

(1. Eternal Estate Engineering Design Co. Ltd., Chengdu 610017, China; 2. Guizhou Branch,
CSCEC AECOM Consultants Co. Ltd., Guiyang 550000, China)

Abstract: In the comprehensive treatment of Nanming River basin in Guiyang, the ecological water supply demand of urban rivers and the restrictions of urban construction land were considered as premium conditions. According to the integrated planning of wastewater collection and treatment system and river control, the decentralized layout of wastewater treatment plants and the construction mode of underground wastewater treatment plants, the integration of wastewater collection system, the coordination of wastewater treatment, the recycling of wastewater, the ecological construction and intensive land use of the wastewater treatment plants, and the maximum comprehensive utilization of the land resources above or underground of the wastewater plants have been realized; the harmonious symbiosis between the wastewater treatment plant and the city progress, the simultaneous effect of wastewater and river control were formed, and a model of urban watershed governance was created.

Key words: Nanming River; basin comprehensive treatment; decentralized layout of wastewater treatment plants; wastewater treatment plant construction form

1 南明河概况

南明河发源于贵州省安顺市平坝县林卡乡白泥田, 全长为 118 km, 流域面积为 6 600 km², 自西向东

贯穿贵阳市区, 是贵阳市重要的泄洪通道。城区段南明河三江口至新庄二期污水厂主干线全长约 27 km, 上游汇聚了花溪河、小黄河和麻堤河 3 条支流;

中游城区核心段汇集小车河、市西河和贯城河3条支流,城区段汇聚了6条支流。

2 南明河治理历程

南明河经历了三个重大的治理阶段:第一阶段为1985年—1986年,时任贵州省委书记胡锦涛同志亲自带头参与南明河清淤治理;第二阶段为2001年—2004年,贵阳市委、市政府提出“南明河三年变清”的目标,完成了南明河截污沟、堤岸、景观治理雏形;第三阶段于2012年推动开展南明河综合整治工作,到2016年分两期进行了系统治理,目前实现了黑臭消除、水清岸绿、生态的基本修复。

3 南明河治理前存在的问题

研究发现,南明河的污染虽然出现在河道内,但根源主要来自岸上,包括污水直排、混合污水溢流、垃圾倾倒、水土流失等。

① 河流黑臭严重:污水横流、垃圾漂浮,南明河污染最重时河道成为一条臭水沟。

② 合流制排水现状:经过几十年的排水管网建设,排水管渠已基本覆盖整个贵阳市城区,城市主、次干道的排水系统相对较为完善、健全,但支路、小街小巷、老街坊和旧城区排水系统仍以合流制为主^[1],贵阳市老城区排水系统整体现状还是截流式合流制。

③ 污水厂处理能力不足:污水厂的设计规模仅考虑了污水,忽略了老城区合流制带来的混合污水,导致污水厂规模偏小,污水溢流。

④ 污水收集处理系统不协调:污水厂与收集系统形成相对独立的区块模式,相互不连通,任何一座污水厂一旦出现问题就会导致污水溢流入河。污水厂主要集中在南明河中下游,这就导致上游到下游长距离输送污水,增加了沿河截污系统溢流风险。

⑤ 南明河季节性缺水:南明河是典型的山区雨源型河流,城区段上下游高差达100多米,坡度大、流速快,下雨有水、无雨缺水,天然生态基流小。

4 南明河污水治理的难点

① 混合污水雨季截流量:污水收集处理系统容量有限,若混合污水截流量大,就会造成污水系统溢流入河,若截流量小则截污沟混合污水排入污水厂。

② 污水厂规模的确定:污水厂规模若以污水量确定,规模偏小,不能满足混合污水现状,若以混合污水量确定,将会导致部分污水处理规模富余,需

要统筹考虑。

③ 污水厂布局过度集中:现状污水厂过度集中在下游,污水输送距离长、沿途溢流严重,污水厂与截污系统缺乏协调统筹。

④ 污水厂建设形式:随着城市的发展,原本为郊区的地面污水厂区域已经成为城市建设区,协调污水厂与周边建设的关系成为污水厂建设形式选择中不可避免的难点。

⑤ 污水厂尾水资源下游排放与河流缺乏清水补给的矛盾:南明河下游每天几十万方的景观水直接排放,而南明河上游的城区段河道缺水,需要统筹污水厂布局与河道生态补水需求的关系。

5 南明河污水治理思路

流域治理核心在于污水的收集处理,针对南明河流域存在的污水混流严重、污水厂规模不足、各自为政等问题,确立以生态为本、人与自然和谐的理念,以恢复流域的综合功能、实现流域治理可持续发展为根本。按照流域的综合治理策略,从全盘性、系统性两方面提出南明河治理思路:

① 污水收集系统全流域统筹规划、设计、管理,实现截污系统贯通,避免分段溢流;

② 污水厂全流域统筹布局,实现污水厂的小区块相对独立,同时整个流域上下游污水厂又相互补充协同;

③ 改变地面污水厂建设模式给城市带来的负面影响,开发城市地下空间,尽可能采用地下污水厂建设模式,并与地面土地综合利用相结合,实现污水厂与城市的和谐相处;

④ 利用分散式布局污水处理厂提供的再生水资源补充河道景观水,增加河道生态基流,提升景观效果。

6 污水收集系统及污水厂布局的调整

南明河流域属于典型的城市河流,针对污水收集与处理系统存在的问题,对沿河截污沟、污水厂、污水资源化与河道补水进行系统梳理,针对城市用地紧张、用地规模小、污水厂选址难及污水厂建设规模不足等问题,结合流域治理河道补水需求,提出采用支流与干流、上下游的污水收集一体化、处理的协同化,以及污水厂布局的分散化、规模的合理化、建设模式的生态化,对流域污水系统规划进行调整,具体调整如下:

① 污水收集系统一体化

南明河两侧已经建设截污沟,但是由于污水厂各自为政的分块,存在上下游不通的问题,故本次设计按照上下游连通并与污水厂布局进行统筹,实现收集系统一体化。考虑到现状截流式合流制的现状,污水厂服务段采用截流倍数 $n_0 = 3$,对现状截污沟进行校核,对不满足条件的位置进行拓宽处理,确保沿河截污系统满足3倍截流要求。根据污水厂处理能力,将多余水量向下游转输的同时考虑污水厂事故水量溢流,以此确定复核截污通道。

② 污水厂污水处理的协同化

考虑到污水厂尾水作为南明河的景观水补给,本次设计提出了规模适度分散式污水厂的布局调整,并结合污水收集系统的一体化,实现污水厂上下游之间的协同处理,避免污水长距离输送及污水分段溢流风险。

③ 污水厂规模的合理化

按照流域统筹,全流域水量平衡,对污水厂规模进行系统论证,尊重混流现实,结合远期城市总体规划的人口规模,综合考虑混合污水处理量,按照污水水量的1.2~1.4倍计算混合水量,最终确定的污水厂规模既最大限度地满足现状混合污水的处理,又符合远期规划的规模需求。即,将远期的污水处理能力用于现状混合污水的处理,随着城市发展及收集系统的完善,逐渐将混合污水的处理能力转变成成为城市污水的处理量。

④ 污水厂尾水资源化

按照分散布局与河流补水需求,充分利用分散污水处理厂的尾水,尽可能为每条支流及干流分段提供源源不断的稳定的生态基流,激活河流生机。污水厂布局调整后与河道的关系见图1。



图1 污水厂调整布局后与河道的关系

Fig.1 Relationship between wastewater treatment plants and river after layout adjustment

⑤ 污水厂建设模式生态化、集约化

由于土地资源的不可再生,以及地面污水厂带来的负面效应,改变污水厂的建设模式,使污水厂与周围环境相结合,将其由邻避关系变为可以让人亲近、与人与城市和谐共生的关系。尽可能采用地下式污水厂与地面综合开发建设结合,实现土地资源的综合利用,实现污水厂与城市的和谐共生,促进污水厂建设与城市发展的可持续性。

7 南明河流域三种典型地下污水厂案例

从2012年开始实施南明河流域综合治理,贵阳陆续建成近10座地下污水厂,针对不同的用地条件及地面开发利用功能分为三种典型案例:单一功能的地下污水厂与地面景观结合,已建成青山、麻堤河、龙洞堡三座污水厂;综合功能的地下污水厂,与周围的城市功能如地下停车场、公交枢纽站结合,已建三桥污水厂、五里冲污水厂;超级综合体功能的地下污水厂,与停车场、体育场、地面建筑、景观等功能结合的超级综合体污水厂,正在建设的有贵医、六广门污水厂。

① 单一功能地下污水厂与地面公园结合

a. 青山污水厂(已建成),规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,位于地下-2~-1层,地面为湿地公园。该污水厂位于住宅聚集区,大量污水在该位置进入南明河截污沟,若建设传统的地面污水厂,必然会对周边的居民生活及环境造成影响。经全面分析,最终采用地下污水厂,地面设计成景观公园,不仅解决了污水处理问题,同时增加了绿化景观,也为附近的居民提供了休闲娱乐场所。

青山污水厂分层模型见图2。

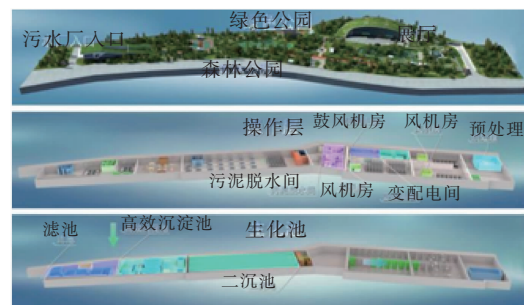


图2 青山污水厂分层模型

Fig.2 Layered model of Qingshan underground wastewater treatment plant

b. 龙洞堡污水厂(已建成),规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,半地下式,地面为湿地公园。该污水厂背靠

山体,若建设为传统的地面污水厂,必然需要增加占地面积,经技术经济分析后最终采用半地下式,不仅节约了用地,增加了绿化公园,同时也尽量利用自然光照明,相对于全地下污水厂减少了照明通风能耗。

龙洞堡污水厂地面效果见图3。



图3 龙洞堡污水厂地面效果

Fig. 3 Ground effect of Longdongbao underground wastewater treatment plant

② 综合功能地下污水厂

a. 贵阳三桥污水厂(已建成),规模为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,位于地下 $-2 \sim -1$ 层,地面 $1 \sim 2$ 层为公交枢纽站。该地块位于主城区,无绿化用地使用,采用污水厂和公交停保场合用地,地下为污水厂,地面为公交停保场,不仅增加了污水处理能力,同时也对公

交停保场进行了升级改造,相当于一块地完成了两项基础设施升级改造工程。

三桥污水厂的地下布置形式及地面效果如图4所示。

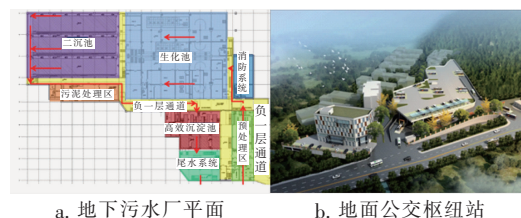


图4 三桥污水厂地下布置与地面效果

Fig. 4 Underground layout and ground effect of Sanqiao underground wastewater treatment plant

b. 五里冲污水厂^[2](已建成),规模为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,位于花果园超级住宅区域内。考虑到对土地的综合利用,充分发掘土地价值,采用多层设计,形成了污水处理厂($-4 \sim -3$ 层) - 公交枢纽站停车场(-2 层) - 商场(-1 层) - 湿地公园(地面)的综合体,不仅解决了污水处理问题,同时兼顾了公交枢纽、商业运营,地面景观还为附近居民提供了休闲娱乐场所。

五里冲污水厂与地面关系见图5。

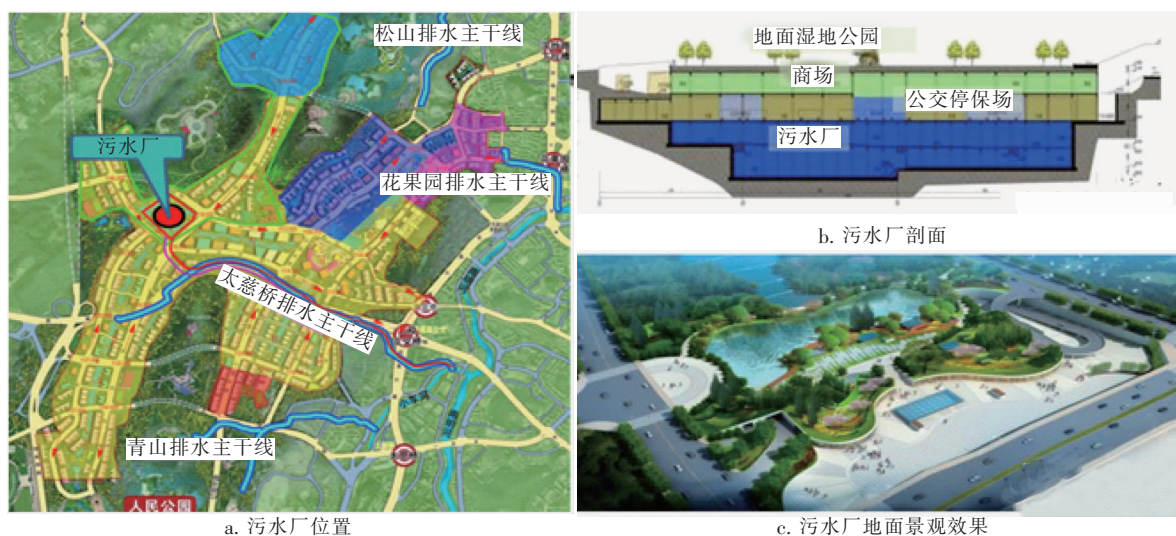


图5 五里冲污水厂与地面关系

Fig. 5 Relationship between Wulichong underground wastewater treatment plant and the ground

③ 超级综合功能地下污水厂

a. 贵医污水厂(在建),规模为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,处于市区中心地带。考虑到对土地的综合利用,充分发掘土地价值,经技术经济分析后最终采用多层设计,污水厂位于地下 -4 和 -5 层, $-3 \sim -2$ 层为

地下车库, -1 层为地下商场,地面为综合楼。此种建设形式不仅解决了污水处理问题,同时兼顾了商业运营,地下停车场的设置也能缓解市区停车位紧张的问题。

贵医污水厂与地面关系见图6。

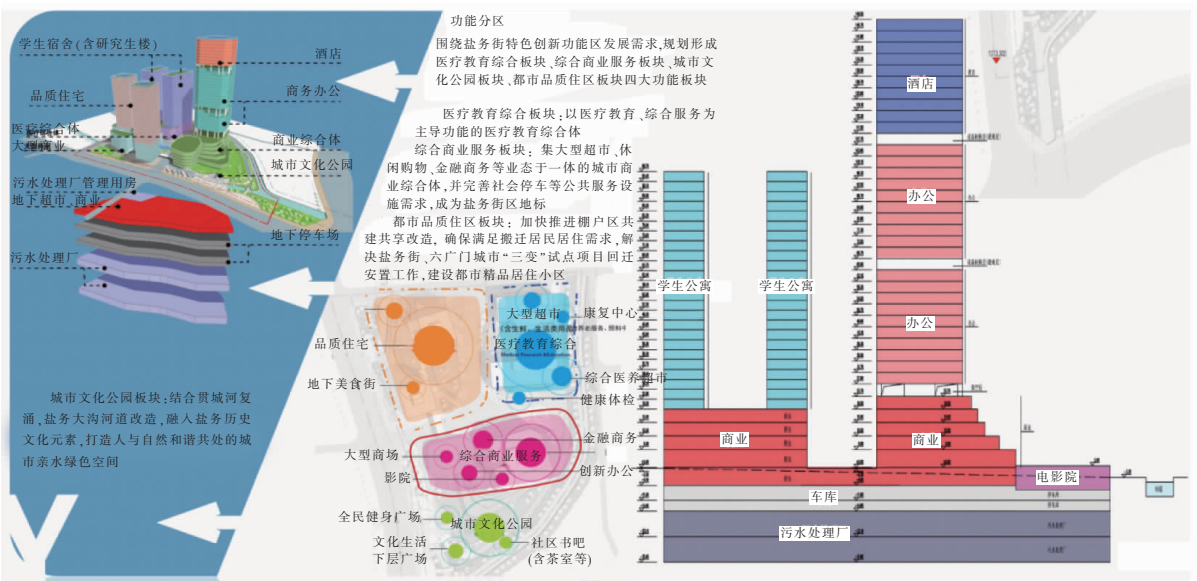


图 6 贵医污水厂与地面关系

Fig. 6 Relationship between Guiyi underground wastewater treatment plant and the ground

b. 六广门污水厂(在建),规模为 $12.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,位于体育场地块。污水厂位于地下 $-6 \sim -5$ 层,埋深在 40 m 左右; $-4 \sim -2$ 层为地下车库, -1 层为地下商场,地面为体育场综合体(包含体育馆、

文物古迹、商业、商务、居住等)。该设计不仅解决了污水处理问题,还对体育场进行了升级改造,缓解了体育场运营的停车问题,提升了体育相关产业配套。六广门污水厂与地面关系见图 7。

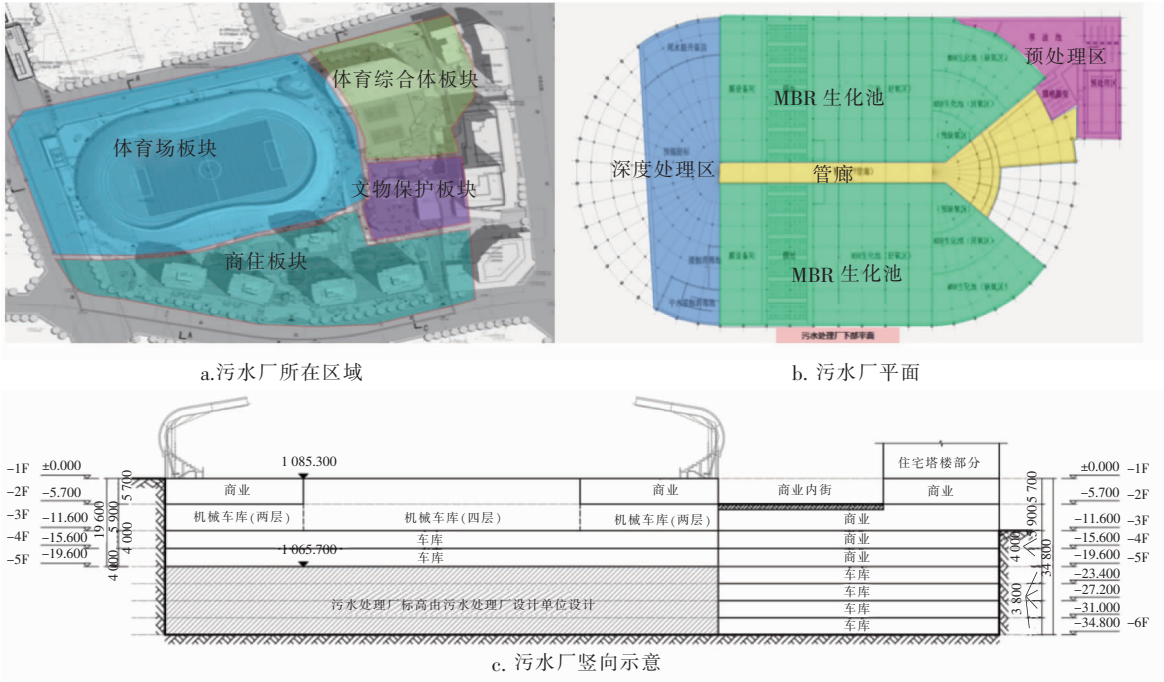


图 7 六广门污水厂与地面关系

Fig. 7 Relationship between Liuguangmen underground wastewater treatment plant and the ground

8 污水厂布局及建设形式改变带来的效果

① 截污系统上下游的贯通及污水厂分散布局,实现了污水收集一体化、处理协同化,现状污水

旱季溢流基本消除,溢流污染得到了较显著的控制。

② 地下污水厂的建设形式改变了传统地面污水厂带来的负面影响,使污水厂与城市和谐共生,土

地资源得到了最大程度的综合利用,节约了土地资源。

③ 污水厂分散布局调整后,沿河分散建厂为河流提供了丰富的补充水源,改善了河流的水环境,河流生态得到了修复,水资源得到了循环利用。

南明河流域再生水与河道补水量关系见图8。

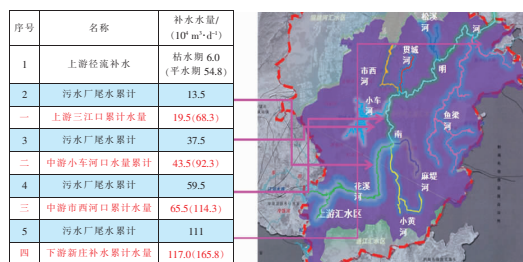


图8 南明河再生水与河道补水量关系

Fig. 8 Relationship between reclaimed water and river replenishment in Nanming River

9 治理后的南明河水环境变化

① 生态系统逐步恢复:由于南明河污水治理措施得当,污水收集系统的一体化、处理的协同化,有效避免了污水溢流入河污染的问题^[3]。污水厂的分散布局为南明河提供了源源不断的生态基流,修复河流生态,水体透明度较高,光照充足;水流速达到 $0.5 \sim 1.0 \text{ m/s}$,河道复氧能力增强;河底水生植物覆盖率达到 70% 以上,生物多样性提高,物种达 27 种,生态链形成,河道生态系统趋于稳定。南明河河道沉水植物生长情况见图9。



图9 南明河河道沉水植物生长情况

Fig. 9 Growth of submerged plants in Nanming River

② 河流水质持续向好^[4]:根据 2014 年—2019 年相关部门实测水质平均值统计,各项污染物指标均呈现下降趋势,南明河水质持续向好。新庄国控

断面 2019 年 1 月—9 月,主要污染物指标(COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP)均值已基本达到地表水Ⅳ类^[5],具体见图10。

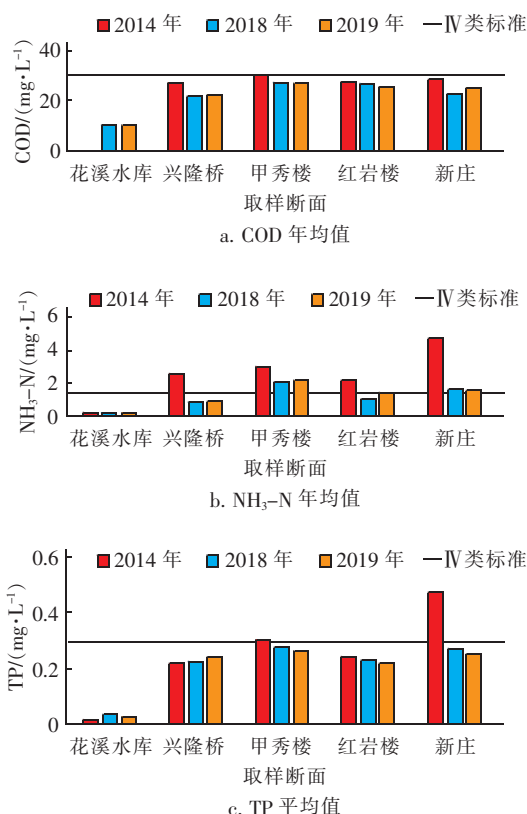


图10 河道主要断面水质

Fig. 10 Water quality of river main section

改造后的南明河岸绿、水清、鱼游、鸟飞翔^[6],实景见图11。



图11 治理后的南明河实景照片

Fig. 11 Photos of Nanming River after treatment

10 总结与思考

南明河流域经过系统治理,成效显著,其成功的核心在于系统性谋划、协同治理的创新理念,有效解决了南明河多年存在的污水沿河溢流污染以及河流缺乏生态补水的问题,修复了生态,让城市河流重新

焕发生机。

① 污水收集处理从全流域系统统筹

流域是一个相互关联的整体,污水厂及截污沟布局从全流域综合谋划,总规模满足整个流域污水处理的要求,污水厂上下游分散布局以及截污沟的一体化可以在单个污水厂事故时实现污水厂协同处理,有效控制污水溢流。同时从河流上中游分段补充河道生态基流,提升了河道景观效果,实现了污水治理系统最优化。

② 污水厂建设尽可能采用地下式

采用地下式污水厂与地面综合开发建设相结合,实现土地资源的综合利用以及污水厂与城市的和谐共生,促进了污水厂建设与城市发展的可持续性。

③ 污水治理从被动的末端治理转向主动的源头削减、过程控制

现状污水收集治理更多的是被动的末端截流,混合水量大、水质浓度低、污水厂处理效率低。污水治理应从源头削减、过程控制、系统整治出发,这样才能从根本上消除污染,提升污水的治理效率。

④ 环保意识的提升是流域治理效果的可持续性保障

环境污染的主要因素是人的认识问题,环境治理的关键在于人们观念的改变,没有保护的治理只能解决一时,而不能持续长久。片面的治理是以另一种破坏为代价,因此应倡导预防为主、尊重自然、爱护自然,倡导绿色低碳行为,当环保意识成为人们的一种习惯时,才能真正实现水清岸绿景美。

参考文献:

- [1] 廖新颖,余东升. 贵阳市中心城区排水系统建设的思考[J]. 中国市政工程,2007(5):48-49.
Liao Xinying, Yu Dongsheng. On drainage system construction in central area of Guiyang [J]. China Municipal Engineering,2007(5):48-49 (in Chinese).
- [2] 张明杰,周建忠,杨斌,等. 地下式污水厂与商场、公交站相结合的地下综合利用工程[J]. 中国给水排水,2016,32(22):68-72.
Zhang Mingjie, Zhou Jianzhong, Yang Bin, et al. Underground comprehensive utilization project of combining WWTP, mall and bus station[J]. China Water & Wastewater,2016,32(22):68-72 (in Chinese).
- [3] 王晓红,孙翀,李宗礼. 贵阳市南明河流域水生态空间

管控对策研究[J]. 水利规划与设计,2017(11):72-74.

Wang Xiaohong, Sun Chong, Li Zongli. Study on management and control countermeasures of water ecological space in Nanming River basin, Guiyang [J]. Water Resources Planning and Design,2017(11):72-74 (in Chinese).

- [4] 顾唯甫,张泽中,商崇菊. 城市化对南明河水环境的影响[J]. 人民珠江,2017(7):80-84.

Gu Weiyong, Zhang Zezhong, Shang Chongju. The influence of urbanization on water environment in Nanming River [J]. Pearl River,2017(7):80-84 (in Chinese).

- [5] 罗孝芹,张强,陈丽影,等. 基于单因子指数法的贵阳市南明河上游区综合水质评价[J]. 地下水,2016,38(1):80-82.

Luo Xiaoqin, Zhang Qiang, Chen Liying, et al. Nanming River upstream region's comprehensive quality evaluation in Guiyang based on the single factor index method [J]. Ground Water,2016,38(1):80-82 (in Chinese).

- [6] 冯源嵩,杨庆媛,邱从毫. 南明河流域水质对景观格局演变的响应[J]. 环境科学研究,2015,28(12):1852-1861.

Feng Yuansong, Yang Qingyuan, Qiu Conghao. Influence of landscape pattern evolution on water quality in the Nanming River basin [J]. Research of Environmental Sciences,2015,28(12):1852-1861 (in Chinese).



作者简介:王永金(1965-),男,四川成都人,大学本科,高级工程师,注册设备工程师,注册咨询师,一直从事给排水工程设计,近年来主要从事流域治理规划设计,其中贵阳南明河为治理成功的典型案例。

E-mail:282812357@qq.com

收稿日期:2019-12-23