

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.11.028

城市渠道工程设计与生态系统构建研究

刘 标^{1,2}, 姜家良^{1,2}, 赵 芳^{1,2}, 肖 敏^{1,2}, 谢如意^{1,2}, 付 雄^{1,2}, 孔繁星^{1,2}, 冯振鹏^{1,2}, 艾庆华^{1,2}
(1.中冶南方城市建设工程技术有限公司,湖北 武汉 430077; 2.中国中冶海绵城市技术研究院,湖北 武汉 430077)

摘 要:城市渠道在防洪排涝、改善城市环境等方面发挥着重要的作用。为进一步完善渠道功能,提高水体自净能力,促进城市生态系统的可持续发展,需要进一步加强城市渠道工程设计和生态系统的构建。现对武汉九峰明渠现状问题进行了分析,并针对性地提出了九峰明渠渠道工程设计与生态系统构建方法,通过渠道工程的设计,满足了渠道防洪排涝的需要。在此基础上,提出了适应该渠道的生态系统构建方法,恢复了渠道的水生态净化能力,并进一步提高了渠道的景观效果,为同类型城市渠道工程治理提供参考。

关键词:渠道;防洪排涝;生态系统;景观绿化;水生态

中图分类号: TV12

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0110-04

0 引 言

城市渠道是城市空间和城市生态系统的重要组成部分^[1],承担着防洪排涝、景观、文化等各类功能,满足人类生产生活的需要,具有非常重要的经济和社会价值。随着城市的迅速发展,城市渠道被无序地开发和改造,同时,渠道的设计多采用传统的硬质护岸的建设思路,这种渠道能够耐受较高的流速和冲刷,从一定程度上保证了渠道的稳定和安全^[2]。但是,从生态文明建设的角度来看,传统的渠道设计形式基本隔绝了水域和陆域的联络通道,破坏了城市渠道的自然连通性和生态多样性,造成水体自净能力下降与生态系统退化,渠道亲水设施缺乏,景观效果和滨水体验较差。在城市渠道治理过程中,除了要考虑渠道的防洪功能,还需要将生态治理的理念融入到渠道工程的设计中,生态系统的构建应成为渠道工程设计的重要内容,以更好地发挥渠道的生态效益。如何贯彻落实生态文明建设的发展理念^[3]、发挥渠道水生态效益、保障水生态空间,是当前急需解决的重要问题。现以武汉市九峰明渠流域为例,对渠道现状及生态环境进行分析,并针对性地提出渠道工程设计与生态系统构建方法,以生态化的理念推动渠道建设,优化城市渠道空间。

1 工程概况

九峰明渠位于武汉市,起于高新大道,沿光谷三

路西侧蜿蜒北行,横穿珞喻东路后往北排入东湖,渠道全长约 5.4 km,现状渠道宽 15~20 m,渠道水深约 1~2 m。本次实例工程项目的范围为九峰明渠高新区段,起于珞喻东路过街箱涵,止于东湖高新区区界线(武大铁路),全长约 1.35 km。现状九峰明渠局部段受周边山体及用地的限制,且存在底泥淤积问题,排涝通道狭窄,渠道过水能力不足。另外,渠道存在着一定程度的水环境恶化问题,渠道水生态系统退化严重。九峰明渠现状排水设施如图 1 所示。

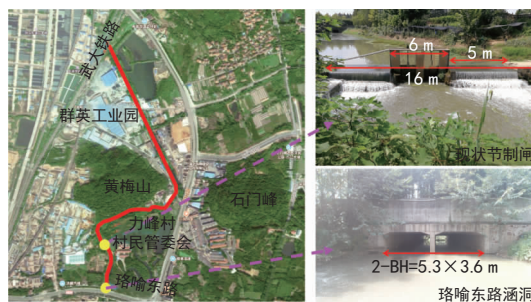


图 1 九峰明渠现状排水设施图示

2 渠道工程设计

通过该项渠道工程设计,使九峰明渠排涝能力满足城市排涝安全,有效应对 50 a 一遇暴雨。规划整治九峰明渠(珞喻东路—行政区边界)汇水面积为 2 114.80 hm²,根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252—2017)中条款 3.0.1 规定^[4],九峰明渠工程等级为 IV 级,渠道上节制闸为永久水工建筑物,划分为重要建筑物其级别为 3 级。明渠设计流量依据区域排涝设计流量确定,雨水设计流量为 110.5 m³/s。

2.1 渠道平面设计

渠道线路应结合地形、地质、施工等条件,通过技

收稿日期: 2023-01-03

作者简介: 刘标(1992—),男,工学硕士,工程师,从事给排水设计及运行优化工作。

术经济比较选定。该项工程为现状渠道整治工程,定线时结合现状情况,在满足渠道水力衔接顺畅的条件下,渠道规划中线与现状中线尽量靠近,以节省工程投资,提高可操作性。

渠道起点桩号 K0+000 位于珞喻东路北侧,终点桩号 K1+350 位于行政区界处武大铁路线附近,渠道全长 1 350 m。渠道沿线共设置 6 个弯道,其中最小转弯半径为 40 m,最大转弯半径为 150 m。最小转弯半径出现在规划排水走廊转折处,受渠道现状岸线、左侧黄梅山本体线及右侧基本农田的限制,确定采用 40 m 的转弯半径,对该处弯道的左侧岸线采取一定的保护措施,避免水力冲刷影响岸坡稳定。九峰明渠弯道统计表如表 1 所列。

表 1 九峰明渠弯道统计表

桩号范围	转弯半径/m	桩号范围	转弯半径/m
K0+100~K0+160	75	K0+365~K0+425	150
K0+210~K0+230	75	K0+510~K0+580	80
K0+230~K0+285	40	K0+615~K0+695	70

九峰明渠东侧 5 条现状支渠分别位于桩号 K0+180、K0+540、K0+640、K0+940、K1+340 处,该工程按现状支渠断面予以衔接。

2.2 渠道纵断面设计

2.2.1 计算方法

设计水位计算采用天然渠道水面线计算程序推求,计算原理为伯努利方程,即能量方程,如下式所示。

$$Z_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} - h_w$$

式中: Z_1 、 V_1 为断面 1 的水位和流速; Z_2 、 V_2 为断面 2 的水位和流速; h_w 为断面 1 到断面 2 之间的水头损失。

2.2.2 水位计算

节制闸上游段规划渠底标高 19.09 ~ 19.01 m,规划常水位为 19.85 m,节制闸下游渠道规划常水位为 19.15 m,控制最高水位为 20.74 ~ 21.59 m,渠道底高程为 17.74 ~ 19.09 m。渠道水深计算表如表 2 所列。

2.3 渠道横断面设计

根据上位规划资料,九峰明渠排水走廊控制宽度为 60 m,底宽为 22 m,现状断面与规划断面相比,需要整体拓宽。拓宽之后断面形式采用缓坡形式处理,过水断面采用生态护坡,岸坡比采用 1:2。

渠道横断面设计方案共分为三段:珞喻东路—

表 2 渠道水深计算表

桩号	设计河底高程/m	水面标高/m	水深/m
0+000	19.09	21.09	2.0
0+060	19.05/18.58	21.05/21.08	2.0
0+180	18.50	21.00	2.5
0+620	18.22	20.72	2.5
0+700	18.16	20.66	2.5
0+800	18.10	20.60	2.5
0+900	18.033	20.533	2.5
1+000	17.968	20.468	2.5
1+100	17.903	20.403	2.5
1+200	17.837	20.337	2.5
1+300	17.772	20.277	2.5

新建节制闸段(桩号范围 k0+000~k0+060)、新建节制闸—基本农田段(桩号范围 k0+060~k0+180)、基本农田—终点段(桩号范围 k0+620~K1+350)。其中珞喻东路—新建节制闸段的设计排水廊道宽度 60 m,该段渠道底宽为 22 m,水深 2.0 m,边坡系数 $m=2$,粗糙系数 $n=0.025$,坡度 $i=0.00065$,水面宽度为 30 m,上开口宽度为 36 m(包含两侧滨水步道)。在渠道工程设计的同时,还综合考虑了项目整体的景观效果。以水景环境小品、精致的铺装地面为表现对象,以各种特色植被绿化为主,辅以流线形的组合造型,形成多种组合的形式各异的植物空间,在打造渠道滨水景观的同时,构建雨水湿地和雨水滞留设施等海绵元素,营造出色彩鲜明、清新自然的风格。沿线两岸种植灌木及花草类植物,成自然条带式布置,形成亲水绿化带,设计水位以上设置绿地及 2 m 滨水步道,并适当布置游憩设施,为市民休闲、运动及娱乐提供绿色场所。珞喻东路—新建节制闸段渠道设计横断面图如图 2 所示。

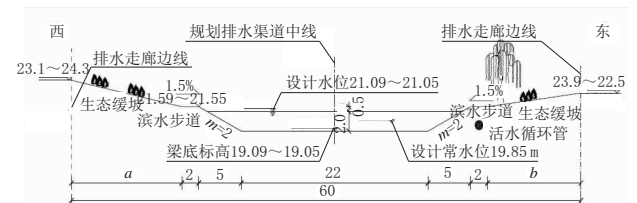


图 2 九峰明渠珞喻东路—新建节制闸段标准横断面图

新建节制闸—基本农田段、基本农田—终点段标准横断面根据地形条件有所差别,标准横断面图分别如图 3 和图 4 所示。

2.4 渠道边坡设计

根据九峰明渠所在区域地质条件、渠道功能、渠道形状、边坡坡度等具体情况,在选择护坡类型时,应综合考虑结构安全性、美观和生态性的要求,并同时具有良好透水性、生态和环境亲和性,能实现植生

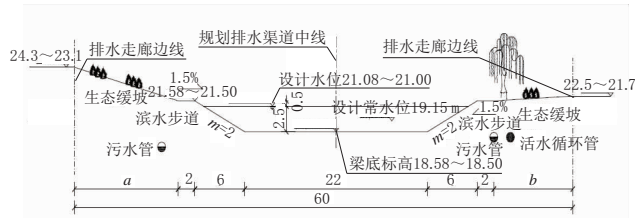


图3 九峰明渠新建节制闸—基本农田段标准横断面图

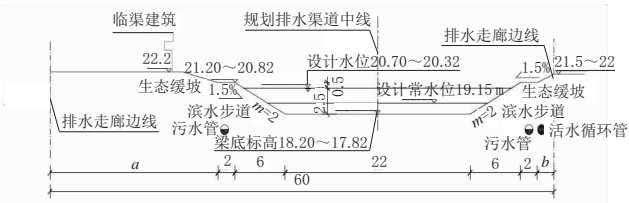


图4 九峰明渠基本农田—终点段标准横断面图

绿化,而且还有一定抗水流冲刷能力。

渠道边坡的设计方式根据常水位线来确定,常水位线+300 mm以上至滨水步道护坡采用蜂巢格室+栽种挺水固土植被形式,常水位线+300 mm以下护坡则采用预制混凝土连锁制品+沉水植物形式,既能保证渠道行洪、排涝功能,又能保证边坡的稳定和安全。

在连锁混凝土制品以及土基之间布置碎石垫层及透水土工布,允许地下水渗出,从而防止了土体细颗粒被冲刷带走形成管涌的现象,保护边坡稳定性。

渠道护砌结构图如图5所示。

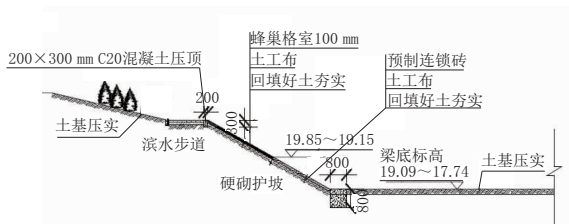


图5 九峰明渠渠道护砌结构图

3 生态系统构建

该项目通过实施内源治理、截污纳管、初期雨水控制、增加王家店污水处理厂处理能力等一系列工程措施来消除九峰明渠内源和截断外源污染物。在消除各类污染源后,在项目建设范围内通过实施海绵城市设施建设、生态多样性构建、水生态系统修复等多种措施来提升渠道污染物削减和水体自净能力。

为了进一步控制城市面源污染对河道水质的影响,结合渠道周围的地形地貌,建设了下沉式绿地、植草沟、雨水花园、雨水湿地等海绵城市设施,充分利用渠道边坡的空间,进行生态化改造和生态多样性的构建,充分利用海绵城市设施中的植物、微生物等的作用实现污染物的削减和净化,保证了渠道良

好的水质环境。

建立水生态系统的主要作用是提高水体水质净化能力,增加水体和底泥的溶解氧,改善氧化还原环境,促进水体中悬浮物的沉降,提高透明度,具有重要的生态效益和景观价值。水生态系统实施的控制点主要是在边坡以及渠底、水面,其中以常水位线作为划分线,水线以上种植亲水性植物,浅水与水陆交接处点缀种植挺水植物为主。

生态修复工程实施过程中,在渠道22 m底宽范围内全线种植沉水植物。由于九峰明渠水体现状透明度较低,沉水植物难以存活,因此该工程选取的是生态悬浮网工艺进行沉水植物的种植。该工艺可以根据水体情况,合理控制水生植物种植深度;避免药剂投放,无需改善透明度;无需调节渠道水位;可有效抵抗流水冲击;生态悬浮网工艺采用无结网作为附着基,通过前期在附着基上喷涂的固化酶,后期附着基上着生的藻类、原生动物、轮虫及多种微生物形成的复杂生物膜,能有效降低水体营养盐浓度。根据目前九峰明渠的状况,采用此工艺能大幅度提升水生植物存活率。生态悬浮网工艺设计图及实物图如图6、图7所示。

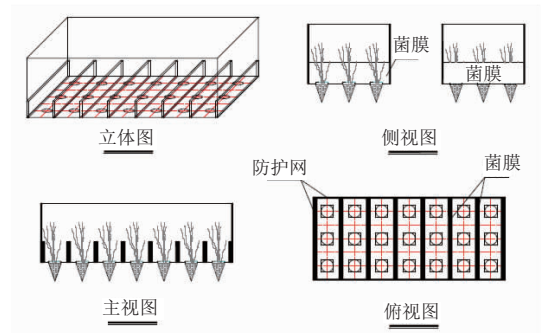


图6 生态悬浮网工艺设计图



图7 生态悬浮网实物图

挺水植物的种植采用蜂巢格室+栽种挺水固土植被形式,保证渠道护坡的生态及景观功能,蜂巢约束系统护坡是先进高分子合金技术生产的聚合物宽

带,经超声波焊接而成的蜂巢式三维网状物,与泥土、植被、沙石或混凝土等材料有机结合构成具有强大侧向限制和刚度的结构。沉水植物的种植采用预制混凝土连锁制品+沉水植物形式,在多孔结构上种植固土沉水植被,在兼具生态性能的同时可以有效避免水流冲刷。挺水植物和沉水植物的种植方式可以满足渠道的行洪要求,而且可以较好地实现防

冲刷,保证边坡稳定,为水生植物提供了稳定的生长环境,有利于发挥渠道的生态价值。

由于渠道水位受雨水的影响而经常变化,不适宜在渠道边缘种植沉水植物,所以我们选择几种挺水植物搭配种植:芦苇、香蒲、再力花、千屈菜、水生美人蕉等。

渠道内种植的水生植物种类及数量见表3所列。

表3 九峰明渠水生植物种类及数量一览表

序号	名称	主要性能	数量/m ²
1	沉水植物(苦草、竹叶眼子菜、黑藻等)	净化水质,降解渠道水体中有机物、氨氮和总磷,水质指标达到地表水V类及以上标准。	24 000
2	浮叶植物(睡莲等)	美观,净化水质,吸收水中的汞、铅、苯酚等有毒物质,过滤水中的微生物	4 200
3	挺水植物(芦苇、香蒲、再力花、千屈菜、水生美人蕉等)	水面绿化、净化水质、沼泽湿地、护土固堤、吸收淤泥中的氮、磷等营养元素	5 700

其中,竹叶眼子菜、轮叶黑藻、苦草这三种沉水植物的生长速度较快,在合理密植的情况下,其年吸收总氮的总量分别为1.8、1.15、0.95 kg/m²。按照设计的种植面积与密度,在种植存活后两个月左右时间内可以达到水质设计目标。

4 结 语

城市渠道为城市提供了防洪通道,保护了人民生命财产安全,同时也为城市居民提供了优美的生态环境和休憩空间。在生态文明建设的背景下,城市渠道设计应在满足防洪需求后,搭配植物生态修复

技术实现渠道综合治理的目标。通过生态系统的恢复与构建,持续去除水体污染物,保持渠道水体水质,改善生态环境,提高景观效果,塑造多样化的渠道生态空间,实现城市渠道的可持续发展。

参考文献:

- [1] 陈丽媛. 城市河道综合治理与环境保护[J]. 2021.
- [2] 孙即梁. 基于淤泥原位资源化理念的硬质驳岸生态化改造初探——以崇明岛八字桥河生态护岸工程为例[J]. 中国水运(下半月), 2022(8).
- [3] 廖福霖. 生态文明建设理论与实践[M]. 中国林业出版社, 2001.
- [4] SL 252-2017, 水利水电工程等级划分及洪水标准[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 联系网站: <http://www.csdqyfh.com>