

城市下凹桥区内涝积水综合治理设计探讨

刘兴哲

(北京良乡蓝鑫水利工程设计有限公司, 北京 102488)

摘 要: 北京市房山区 X 铁路桥为房山区每年防汛的重点区域,2012 年“7·21”暴雨桥区积水深度达 5 m。经调查分析,积水原因主要为汇水面积增大、周边高水区雨水管道无下游、雨水收集设施能力小、泵站及排水下游排水能力不足等。工程因地制宜地采取了“低水低排,高水高蓄”的治理思路,通过改造雨水管线及泵站、新建压力管线及蓄水池、新建雨水截流设施等综合措施使得下凹桥区雨水调蓄排放系统达到 50 年重现期校核标准,工程完工后效果显著,2018 年汛期未再出现积水情况。

关键词: 下凹桥; 内涝积水治理; 蓄水池; 泵站改造

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)04-0047-07

Comprehensive Treatment Design of Waterlogging and Water Accumulation in Urban Concave Bridge Area

LIU Xing-zhe

(Beijing Liangxiang Lanxin Hydraulic Engineering & Design Co. Ltd., Beijing 102488, China)

Abstract: X Railway Bridge is a key area of flood prevention every year in Fangshan District in Beijing. In 2012, the depth of water accumulated in the “7·21” rainstorm bridge area reached 5 m. According to the investigation and analysis, the main reasons for waterlogging included as follows: increased catchment area, no downstream of rainwater pipelines in surrounding high water areas, small capacity of rainwater collection facilities, insufficient drainage capacity of pumping stations and downstream drainage, etc. The project adopted the treatment idea of “low water with low drainage, high water with high storage” according to local conditions. Through comprehensive measures such as the reform of rainwater pipelines and pumping stations, the construction of pressure pipelines and storage tank, and the construction of new rainwater interception facilities, the rainwater regulation and storing discharge system in the concave bridge area could meet the check standards for the 50-year recurrence period. After the completion of the project, the effect was remarkable. There was no waterlogging in the 2018 flood season.

Key words: concave bridge; treatment of waterlogging; storage tank; reform of rainwater pumping station

1 工程背景

近年来,极端天气的出现,致使暴雨、特大暴雨频发,我国多个城市发生内涝灾害,多座下凹式立交桥出现积水内涝,严重危及人民群众的生命财产安

全和城市的正常运行^[1]。

房山区良乡组团内有良乡东关铁路桥、多宝路京广铁路桥、翠柳大街黄良铁路桥、圣水大街良陈铁路桥等多处穿铁路下凹桥。在 2012 年“7·21”、

2015年“7·17”和2016年“7·20”暴雨(见图1)中,桥区均形成不同程度积水,其中X铁路桥最为严重,积水深度分别达5、3、2.5 m,积水导致交通中断,给周边居民出行带来不便,威胁到群众生命财产安全。

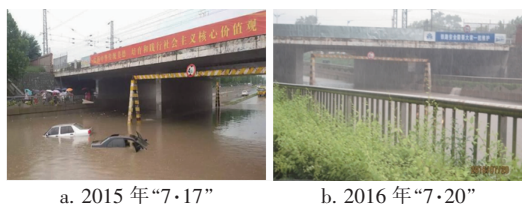


图1 暴雨积水情况

Fig.1 Storm water accumulation

2 桥区排水现状

2.1 现状概述

现状铁路下凹桥区随道路铺设雨水管道及雨水口,管道收集下凹桥区雨水后汇集至铁路桥西北侧排水泵站内,通过泵站 $d1\ 200\text{ mm}$ 出水管向西排入昊天大街东护城河,最终排入刺猬河。

2.2 现状雨水收集系统及泵站情况

桥区雨水收集管道随良乡东路建设于2007年,雨水管线设计重现期 $P=3\text{ a}$,管线布设在良乡东路南北非机动车道下,管径 $d400\sim 700\text{ mm}$,沿线设有单算偏沟式雨水口65座,桥区最低点设有多算平算式雨水口约30座,低水区雨水管道汇集后经 $d1\ 000\text{ mm}$ 主干管汇入雨水泵站,泵站规模为 $1.408\text{ m}^3/\text{s}$,共装有流量为 $1\ 690\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 100 kPa 的混流泵3台,泵站前池有效容积为 120 m^3 。

2.3 原设计参数

下凹桥区排水设施布置如图2所示。

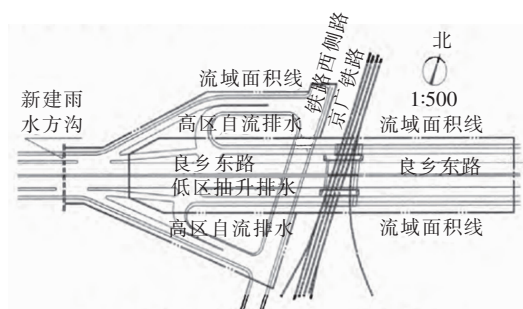


图2 下凹桥区原设计雨水排除设施布置

Fig.2 Schematic diagram of the original design of rainwater removal facilities in concave bridge

根据资料,下凹桥规划同时建有沿京广铁路西

侧路及良乡东路南北两侧匝道的高水截流管线,高水区雨水经高水截流管截流,低水区雨水经新建泵站抽排,下凹桥雨水排水系统设计重现期 $P=3\text{ a}$,汇水面积为低水区 3.2 hm^2 ,设计流量为 $1.14\text{ m}^3/\text{s}$ 。

2.4 泵站排水出路情况

下凹桥泵站排水经 $d1\ 200\text{ mm}$ 雨水管重力流向西汇入昊天大街东侧的昊天大街东护城河,最终排入刺猬河。

3 积水原因分析

X铁路桥下凹桥区在2016年“7·20”暴雨中,积水深度达 2.5 m ,桥区泵站抽排加上2辆临时抽排车同时抽排,桥区积水时间长达 11 h 。每年汛期桥区均会形成不同程度积水,根据现场踏勘详细调查、地形测量分析同时结合周边排水规划及设计资料分析,X铁路桥积水原因主要有以下几个方面:

① 汇水面积增大

现状下凹桥区排水系统布置见图3,汇水范围分区见图4。



图3 现状下凹桥区排水系统布置

Fig.3 Current situation of concave bridge area drainage system layout



图4 现状下凹桥区汇水范围分区

Fig.4 Current situation of the confluence area of concave bridge

由于下凹桥周边的东关村、昊天公园现状均无雨水收集管线,东关村及昊天公园雨水均通过地表漫流进入下凹桥区;伟业家园至桥区的道路下现状铺设直径为600 mm的雨水管线,但终点接规划昊天塔街,而昊天塔街未实施,故管道断头,因此该段道路上的雨水也通过地表漫流进入桥区,故下凹桥区的汇水范围包括下凹桥区段(低水区)、东关村(高水区)、昊天公园及良乡东路伟业家园段(客水区),现状总汇水面积达到33.69 hm²,是原设计汇水范围的近11倍。

② 周边高水区雨水管道无下游

按照排水规划(见图5),桥区及铁路以西为东护城河汇水区,铁路以东高水及客水区为规划昊天塔街、长虹路、良官路汇水区,而规划东护城河治理工程未实施,规划昊天塔街及下游规划长虹路及良官路雨水管线均无实施计划,因此导致桥区高水及客水无排水出路,只能汇入下凹桥区经泵站抽排至东护城河。

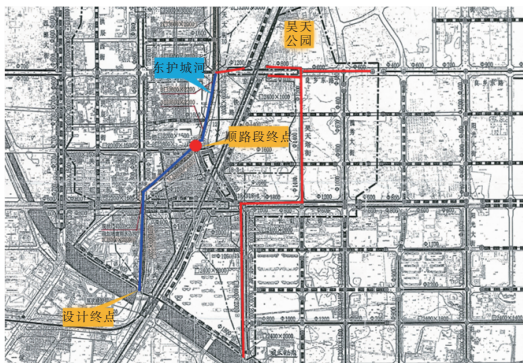


图5 下凹桥区汇水范围排水规划

Fig. 5 Drainage plan of catchment area of concave bridge area

③ 雨水收集设施能力小

如图3所示,现状下凹桥区雨水收集通过良乡东路南北非机动车道下管径 $d400 \sim 700$ mm的雨水管及沿线约65座单算偏沟式雨水口,及最低点约30座平算式雨水口收集雨水,按照15 L/s泄水量计算,进水能力为1.425 m³/s,与泵站排水规模相近,但几乎无富余量,遇雨水算子堵塞极易造成桥区积水;另外,在汇水范围扩大到原设计11倍的范围后,桥区现有雨水收集设施的收水能力远远不足。

④ 排水泵站能力不足

现状泵站设计重现期仅为3年一遇,排水规模为1.408 m³/s,2012年“7·21”暴雨重现期达到100年一遇,2016年“7·20”暴雨重现期也达到了近20

年一遇,远远高于现状泵站的设计标准。

⑤ 下游排水能力不足

排水泵站经 $d1\ 200$ mm排水管向西接入昊天大街东侧良乡东护城河内,东护城河为良乡组团区域性雨水干线,东护城河在良乡东路位置现状为 $2 \times 3.0\text{ m} \times 1.8\text{ m}$ 的雨污合流盖板涵,最大过流能力为14 m³/s,不足1年一遇排水标准;规划拟改造为 $3 \times 3\ 600\text{ mm} \times 2\ 200\text{ mm} \sim 3 \times 4\ 500\text{ mm} \times 2\ 200\text{ mm}$ 的雨水方涵,末端汇入刺猬河;但东护城河改造工程因涉及城中村拆迁,近期仅改造至纸坊市场处,下游仍维持原断面,排水能力受限。

4 设计方案比选

4.1 设计标准

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006, 2016年版)和《下凹桥区雨水调蓄排放设计规范》(DB 11/T 1068—2014),改建下凹桥区雨水调蓄排放系统,通过综合工程措施达到50年重现期校核标准,低水管道设计标准10年一遇,高水管道设计标准5年一遇,并按照50年标准校核^[2-3]。

4.2 方案比选

在项目前期提出了三个解决方案:

方案一:按照“低水低排,高水高排,截流客水”的原则,按规划新建雨水管线分流雨水,通过综合措施达到50年重现期校核标准。

考虑按规划实施京广铁路以东区域高水区雨水截流管道,实施昊天塔街、长虹东路及良官路雨水管道,雨水管道设计重现期为市政5年;另外按规划实施良乡东护城河改造工程。

经计算,高水区截流管道管径为 $d800$ mm,昊天塔街雨水管道管径为 $d1\ 800$ mm,长虹东路雨水管道管径为 $d2\ 000$ mm,良官路雨水管道管径为 $2\ 400\text{ mm} \times 2\ 000\text{ mm}$ 。

项目区汇水范围内高水及客水按规划截流后对下凹桥区进行50年重现期内涝校核,现状泵站规模为1.408 m³/s,基本能达到桥区10年重现期排水标准,对超过泵站排水标准的雨水通过新建雨水调蓄池进行解决,蓄水池容积约2 500 m³,蓄水池配套建设排空泵站一座,雨后抽排至良乡东护城河,工程总平面布置如图6所示。该方案按照规划排水出路设置高水及客水区雨水截流管道,改造桥区雨水收集设施,配套建设雨水调蓄池以提高桥区排水标准,改造泵站下游排水出路,保障桥区排水安全。



图6 方案一工程总平面布置

Fig. 6 Project general layout plan of scheme 1

方案二:按照“低水低排,高水高蓄”的原则,减少下凹桥区汇水面积,适当放大东护城河建设规模,雨水经泵站抽排至良乡东护城河。

现状昊天塔街道路因土地归属权问题未实施,近期也无实施计划,长虹东路及良官路现状地下管线复杂,且已有 $d(1\,000 \sim 2\,400) \text{ mm} \times 2\,000 \text{ mm}$ 雨水管道,沿路实施长虹东路及良官路雨水管道施工难度较大,因此方案二考虑通过拟实施的良乡东护城河项目排除项目区雨水。

现状昊天公园为下凹桥区的高水汇水范围,其汇水面积较大,考虑对昊天公园内部雨水进行截流,以减少桥区汇水面积,降低桥区排水压力,经计算昊天公园内部需建设 $1.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 雨水蓄水池,配套建设截流沟道及排空泵站。

除昊天公园外,铁路桥以东现状桥区汇水范围内雨水仍需通过现状泵站排除,经计算,需对桥区低水区雨水管道及泵站进水管进行改造,改造后管径为 $d800 \sim d2\,000 \text{ mm}$,还需对现状泵站进行提标改造,改造后泵站设计规模为 $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

良乡东护城河设计时仅考虑下凹桥区低水区汇水范围内 10 年重现期排水标准的雨水,设计排水量为 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$,桥区泵站 $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 排水量汇入会增大东护城河的排水负荷,因此需对东护城河由良乡东路至刺猬河段方涵尺寸进行扩大,经计算,方涵尺寸需由规划的 $3 \times 3\,600 \text{ mm} \times 2\,200 \text{ mm} \sim 3 \times 4\,500 \text{ mm} \times 2\,200 \text{ mm}$ 放大至 $3 \times 4\,100 \text{ mm} \times 2\,200 \text{ mm} \sim 3 \times 5\,000 \text{ mm} \times 2\,200 \text{ mm}$,工程平面布置见图 7。

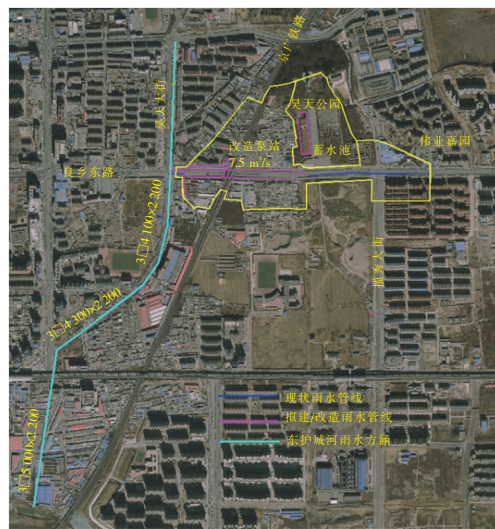


图7 方案二工程总平面布置

Fig. 7 Project general layout plan of scheme 2

该方案结合项目区规划及工程实施情况,利用昊天公园内部建设雨水蓄水池截流昊天公园雨水,减少桥区汇水面积,同时扩大雨水收集设施及泵站排水规模,改造泵站排水下游,保障桥区排水安全。

方案三:按照“低水低排,高水高蓄”的原则,减少下凹桥区汇水面积,新建雨水蓄水池储存超过下游排水能力的雨水。

考虑到随昊天大街改造而同步实施的东护城河改造工程近期治理终点为纸坊市场,由纸坊市场至刺猬河段因拆迁等问题而搁置,近期无实施计划,因此,考虑到下凹桥区项目的急迫性,方案三采用“低水低排,高水高蓄,新建蓄水池储存雨水”的思路。

根据高水高蓄、低水低排的设计原则,拟对昊天公园部分雨水进行截流、蓄滞,雨后抽排;其余汇水面积内雨水经雨水收集系统汇入下凹桥泵站,泵站出水优先排入良乡东护城河,最终排入刺猬河;新建泵站出水管在大雨时将超过现状东护城河排水能力的雨水抽排至昊天公园南侧新建的塔坡蓄水池内储存^[4],雨后抽排至揽秀大街现状雨水管道,最终排入刺猬河,工程总体布置思路如图 8 所示。经计算,需改造现状桥区低水管道管径至 $d800 \sim d2\,000 \text{ mm}$,雨水调蓄池容积为 $2.9 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中上层蓄水池承接泵站排出雨水,有效容积为 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3$,下层蓄水池承接昊天公园雨水,有效容积为 $1.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。改造现状泵站规模至 $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$,另外需新建雨水压力管道连接泵站及蓄水池,蓄水池及揽秀大街雨、污水管道,方案工程平面布置见图 9。

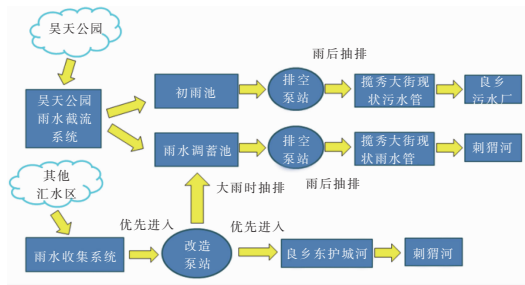


图 8 工程总体布置思路

Fig. 8 Overall layout of the project



图 9 方案三工程总平面布置

Fig. 9 Project general layout plan of scheme 3

综上,方案一与方案二均需实施良乡东护城河

改造,而目前该项目因拆迁问题已确定暂时搁置,仅改造至纸坊市场,由纸坊市场至刺猬河段进行应急清淤。而方案三与方案一和方案二相比具有拆迁协调难度小、工期短、影响范围小的特点,考虑下凹桥区积水治理的紧迫性,本工程推荐采用方案三。

5 积水治理设计方案

根据相关规范,本工程属改建工程,改建后桥区雨水调蓄排放系统应达到 50 年重现期校核标准,低水管道设计标准为 10 年一遇,高水管道设计标准为 5 年一遇,并按照 50 年标准校核。

5.1 雨水收集系统改造

5.1.1 管道规模计算

根据各管段汇水面积,低水区雨水管道按 10 年重现期设计,高水区雨水管道按 5 年重现期设计,同时按 50 年重现期校核,雨水管道计算结果如表 1 所示。

根据各管段的汇水面积及校核流量,对新建雨水算子个数进行计算,根据管道铺设位置情况设计采用联合式三算雨水口、联合式多算雨水口、偏沟式多算雨水口、偏沟式三算雨水口等,雨水口校核计算结果如表 2 所示,总富余倍数为 2.15 倍,满足规范 1.5~3 倍的要求。

表 1 雨水管道计算结果

Tab. 1 Calculation results of rainwater pipeline

桩号代号	汇水面积/ hm ²	设计流量/ (L·s ⁻¹)	校核流量/ (L·s ⁻¹)	设计管径/mm	坡度	管道流量/(L·s ⁻¹)
A	3.713 8	968.43	1 443.82	2 400×1 000	0.001 6	3 937.40
B	1.160 6	381.23	555.75	d800	0.001	418.16
C	3.993 9	1 237.48	1 596.23	d800	0.02	1 870.09
D	2.020 2	968.66	1 212.25	d800	0.02	1 870.09
E + F + G	6.430 4	1 991.89	2 917.53	d1 000	0.02	3 390.69
H + I	4.126 3	1 653.48	2 085.48	d1 000	0.02	3 390.69
主路	8.804 4	2 827.26	4 215.13	d2 000	0.001	5 049.00

表 2 各管段雨水口计算结果

Tab. 2 Calculation results of rainwater outlet for each pipe section

桩号代号	汇水面积/ hm ²	校核流量/ (L·s ⁻¹)	联合式 三算	联合式 多算	偏沟式 多算	偏沟式 三算	偏沟式 单算	过水能力/ (L·s ⁻¹)	富余 倍数	总富余 倍数
A	3.713 8	1 443.8	0	0	0	28	20	1 660	1.7	2.15
B	1.160 6	555.75	0	0	0	20	15	1 200	3.1	
C	3.993 9	1 596.2	20	40	10	0	0	2 150	1.7	
D	2.020 2	1 212.2	20	40	10	0	0	2 150	2.2	
E + F + G	6.430 4	2 917.5	76	0	0	0	20	4 960	2.5	
H + I	4.126 3	2 085.4	64	0	0	0	20	4 240	2.6	
主路	8.804 4	4 215.1	0	200	0	0	60	5 200	1.8	

5.1.2 管线布置

本工程新建雨水管线沿下凹桥区现状道路铺设,低水区雨水管道在原位扩建,高区管线沿东关村现状混凝土路铺设,雨水管道汇流至桥区最低点,通过改造的泵站进水管进入下凹桥区雨水泵站。

改造下凹桥雨水主管线 1 580 m,管径为 800 ~ 2 000 mm,泵站进水管改造为 $2 \times d2\ 000\ \text{mm}$;新建雨水方涵 196 m, $B \times H = 2\ 400\ \text{mm} \times 1\ 000\ \text{mm}$;新建雨水口 594 座。

5.2 现状泵站改造

现状泵房为干式泵站,长 \times 宽 = 10.5 m \times 11.5 m,深为 10.6 m。现状泵房内东侧为格栅间,内设进水口、清污机和前池;西侧为机器间,室内安装水泵机组。

根据泵站附近用地现状条件,综合考虑泵站运行的稳定性、管理运行的方便性等,本工程主要涉及内容有:更换水泵机组,进水口改造,现状格栅间改造,现状机器间改造,新建格栅间,出水口改造,泵房上部厂房改建等^[5]。

根据计算结果,需将现状泵站排水能力改造至 $8.5\ \text{m}^3/\text{s}$ 。其中 $1.5\ \text{m}^3/\text{s}$ 雨水排入城东护城河, $7\ \text{m}^3/\text{s}$ 雨水排入塔坡蓄水池内。设计将原干式泵站改造为湿式泵站,水泵机组改造为 3 台潜水混流泵,排入城东护城河水泵一台,设计流量为 $1.5\ \text{m}^3/\text{s}$, $P = 220\ \text{kW}$;排入塔坡蓄水池内水泵两台,单台设计流量为 $3.5\ \text{m}^3/\text{s}$, $P = 800\ \text{kW}$ 。

原泵站 $d1\ 200\ \text{mm}$ 进水管过流能力不足,设计将泵站进水管改造为 $2 \times d2\ 000\ \text{mm}$,保证进水流速平缓。

在现状泵站院内新建格栅间 1 座,格栅间长为 9 m,宽为 8 m,高为 11.9 m,内设回转式格栅清污机一台,宽为 5.8 m。

泵站内 $1.5\ \text{m}^3/\text{s}$ 潜水泵利用泵站原 $d1\ 200\ \text{mm}$ 出水管排入东护城河,另外两台 $3.5\ \text{m}^3/\text{s}$ 潜水泵需新建泵站出水管将雨水输送至塔坡蓄水池,故将泵站出水口改造为 $d1\ 200\ \text{mm} + 2\text{DN}1\ 400$ 出水管,其中 $d1\ 200\ \text{mm}$ 管接原排水管, $2\text{DN}1\ 400$ 出水管与拟建压力输水管道相接。

5.3 新建泵站压力管线

5.3.1 管道规模计算

泵站压力管线包括三部分:现状泵站至塔坡蓄水池的输水管道、塔坡蓄水池雨水排空管道和塔坡

蓄水池初雨排空管线,分别起着排除桥区雨水、排空调蓄池雨水、排空调蓄池初雨的功能。

压力管道设计规模按照泵站排水量及控制流速确定(见表 3),计算确定现状泵站至塔坡蓄水池段管径为 2.0 m,塔坡蓄水池排空泵站至揽秀大街段雨水池排空管管径为 0.7 m,塔坡蓄水池初雨排空泵站至揽秀大街段初雨排空管管径为 0.2 m。

表 3 压力管道规模计算结果

Tab. 3 Calculation results of pressure pipe scale

项 目	设计流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	设计管径/ m	管道流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
现状泵站至塔坡蓄水池	7.00	2.0	2.23
塔坡蓄水池至揽秀大街雨水池排空管	0.55	0.7	1.44
塔坡蓄水池至揽秀大街初雨池排空管	0.023 6	0.2	0.75

5.3.2 管线布置

现状泵站至塔坡蓄水池段压力管道由泵站出水口向东穿京广铁路后沿良乡东路北侧敷设至昊天公园南侧,而后穿越良乡东路进入塔坡蓄水池。

塔坡蓄水池至揽秀大街段雨水压力管道由蓄水池泵站出口向东沿揽秀大街西侧空地铺设,末端分别接入现状 $d600\ \text{mm}$ 雨水管(雨水)及 $d400\ \text{mm}$ 污水管(初期雨水),管道均采用开槽施工,新建雨水压力管道共 983 m。

5.4 新建雨水截流设施

为减少下凹桥区雨水汇流面积,降低雨水泵站排水负荷,根据高水高蓄、低水低排的原则,对昊天公园雨水进行截流、积蓄,在昊天公园内新建雨水截流设施,将雨水截流输送至塔坡蓄水池,共新建雨水截流沟渠 538 m,挡水墙 331 m,雨水管道 354 m,雨水口 16 座,雨水连接管 160 m。

5.5 新建蓄水池及附属设施

设计塔坡蓄水池位于良乡东路以南规划绿地上,主要功能为雨洪水调节。蓄水池采用矩形钢筋混凝土结构,设计蓄水池容积为 $2.90 \times 10^4\ \text{m}^3$,结构外尺寸为 $140\ \text{m} \times 60\ \text{m} \times 7.65\ \text{m}$,配套建设蓄水池排空设施、附属用房等。蓄水池分上下两层,上层用于蓄积下凹桥泵站来水,有效容积为 $1.20 \times 10^4\ \text{m}^3$,重力流排空;下层用于蓄积昊天公园来水,有效容积为 $1.70 \times 10^4\ \text{m}^3$,水泵排空。

蓄水池内设有格栅间、配水池、初雨池、调蓄池、排空泵站、附属用房、通风室等,均建于地下。

蓄水池设计排空时间为8.5 h,上下层蓄水池不同时排水。

6 工程运行效果

工程完工后效果显著,2018年汛期未再出现积水情况,本项目的实施增大了下凹桥区雨水调蓄能力,改善了雨水排除现状,解决了桥区积水问题,减轻了内涝灾害。

7 结论

针对房山区某铁路桥下凹桥区积水原因,因地制宜地采取“低水低排,高水高蓄”的治理思路,通过改造雨水管线及泵站、新建压力管线及蓄水池、新建雨水截流设施等综合措施使得下凹桥区雨水调蓄排放系统达到50年重现期校核标准,工程完工后效果显著,2018年汛期未再出现积水情况。

参考文献:

- [1] 朱金良,刘洪伟,张赛,等. 城市下凹式立交桥内涝防治对策措施[J]. 中国防汛抗旱,2015,25(5):12-14,29.
Zhu Jinliang, Liu Hongwei, Zhang Sai, et al. Countermeasures for prevention and control of internal rafts in urban concave overpass [J]. China Flood & Drought Management, 2015, 25 (5): 12 - 14, 29 (in Chinese).
- [2] GB 50014—2006,室外排水设计规范[S]. 2016年版. 北京:中国计划出版社,2016.
GB 50014 - 2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering [S]. 2016 ed. Beijing: China Planning Press, 2016 (in Chinese).
- [3] DB 11/T 1068—2014,下凹桥区雨水调蓄排放设计规范[S]. 北京:北京市规划委员会,北京市质量技术监督局,2014.
DB 11/T 1068 - 2014, Design Code for Stormwater Storing and Discharging for Underpass Road [S]. Beijing: Beijing Municipal Commission For City Planning, Beijing Municipal Administration of Quality and Technology Supervision, 2014 (in Chinese).
- [4] 黄鹏飞. 下凹式立交桥区雨水调蓄池容积计算方法研究[J]. 给水排水,2016,42(7):44-49.
Huang Pengfei. Study on calculation method for volume of stormwater adjustment tank for the sinking overpass bridge area [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42 (7): 44 - 49 (in Chinese).
- [5] 张建新,吕锐,贺田富. 下穿式道路立交雨水泵站排水设计参数探讨[J]. 给水排水,2012,38(1):30-35.
Zhang Jianxin, Lü Rui, He Tianfu. Probe into design parameters of undercrossing grade separation drainage system for rainwater pump station [J]. Water & Wastewater Engineering, 2012, 38 (1): 30 - 35 (in Chinese).



作者简介:刘兴哲(1987—),男,河南淮阳人,硕士,工程师,科室主任,主要从事城镇供排水工程设计工作。

E-mail: liuxingzhe@yeah.net

收稿日期:2018-08-02