

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.09.047

多重因素影响下的积水路段改造分析

张彦光,孙亚飞,李 帅,刘小璐
(淄博市规划设计研究院有限公司, 山东 淄博 255037)

摘 要: 随着短时强降雨频发和人们对美好人居环境的不断追求,“城市看海”现象不断引发媒体关注。柳泉路积水路段改造工程通过整治河道,提升管网,改造小区和推行海绵城市理念四个方面措施实现了消除路段积水,提高区域排涝标准的目的,以期对类似工程提供借鉴。
关键词: 柳泉路;积水;河道;排水管网;海绵城市
中图分类号: TU992.2 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)09-0198-05

1 概况

1.1 降雨情况

淄博市中心城区为半湿润半干旱的大陆性气候区,多年平均降雨量为 620 mm 左右,受大气环流和季风等影响,降雨一般发生于 6~9 月,时空分布不均匀。根据近十年的统计,淄博市的年降雨量有逐年增加的趋势,尤其是短时强降雨发生的频率也越来越大(见图 1)。以 2022 年为例,截止至 10 月份,淄博市中心城区累计降雨量为 1 049.5 mm,为 1965 年以来同期最大值。6 月份 207.4 mm,为 1952 年有水文资料记录以来同期第二大值,比常年偏多 144%。降水量逐年增多和短时强降雨频发进一步增加了淄博市中心城区的排水防涝系统的压力。

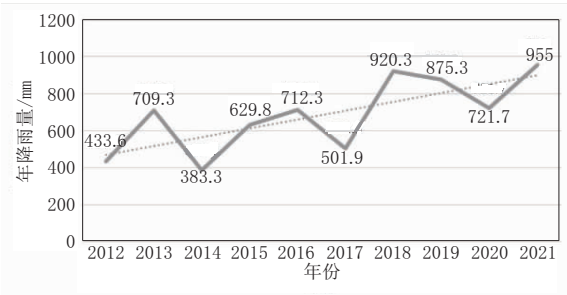


图 1 淄博市历年降雨量图

1.2 积水情况

柳泉路是淄博市一条重要的南北向城市主干道,道路红线 48 m,采用一块板、慢行一体的交通模式,双向八车道。沿线主要积水路段为联通路至济青高速段,全长 3.0 km,当降雨强度小于 50 mm/h 时,路缘石处积水深度 15~30 cm 不等,退水时间为 15~

90 min;当降雨超过 50 mm/h,路段积水严重,无法通行,退水时间在 120 min 以上。该区域的内涝防治标准不足 10 a 一遇,这与淄博市中心城区 130 万人口显然不匹配^[1]。不同重现期下积水情况见表 1。柳泉路积水情况见图 2、图 3。

表 1 不同重现期下积水情况

重现期	最大小时降雨量	路缘石处积水深度	退水时间	备注
1 a 一遇	27 mm	不大于 5 cm	不大于 15 min	正常通行
2 a 一遇	35 mm	约 15 cm	约 60 min	4 车道可通行
5 a 一遇	46 mm	约 30 cm	约 90 min	2 车道可通行
10 a 一遇	54 mm	约 50 cm	不小于 120 min	无法通行



图 2 2022 年 7 月 12 日柳泉路积水情况



图 3 2022 年 10 月 3 日柳泉路积水情况

收稿日期: 2022-11-03
作者简介: 张彦光(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事给排水设计工作。

2 积水原因分析

不同于以往积水路段,柳泉路积水路段有其复杂性,无法通过简单的排水管网改造消除积水。经过对周边环境分析,造成该路段积水的因素有以下几点。

2.1 地形因素

柳泉路自南向北贯穿中心城区,整体地势南高北低、东高西低。从南北方向看,以胶济铁路为界,铁路以南地形以低山丘陵为主,自然坡降为10‰左右,铁路以北为平原地形,自然坡降为2‰,至联通路以北区域,坡降不足1‰,坡降变缓十分明显。从东西方向看,淄东铁路以东为四宝山、花山等低山地形,自然坡降为20‰,淄东铁路以西为平原区域,自然坡度为1‰左右,坡降变缓同样十分明显。加之北部济青高速的阻截,造成积水路段位于三面环山的半围合区域,不利于雨水宣泄,降雨时,大量雨水借助地势顺路而下,直接冲击积水路段,排水压力瞬间增大。

2.2 排水管网

积水路段周边排水管网(见图4)存在以下问题:

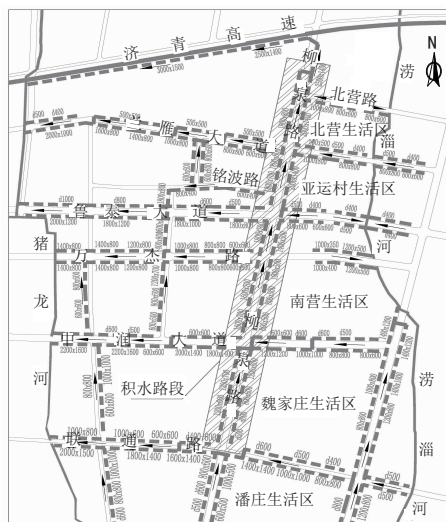


图4 积水路段现状雨水管网图

(1)主次干道雨水管网均为双侧布置管道,路南和路东为雨水主管,收集地块和路面雨水,路北和路西为雨水支管,收集路面雨水。区域内雨水管网建设于2000年之前,建设标准不足1 a一遇,与现行规范规定的2~5 a一遇,差距不小。

(2)雨水管网存在不同程度淤积现象,尤其是柳泉路雨水管网建设于20世纪90年代,由于年久失修,加之坡度较小,管道截面3/4被淤堵,基本失去排水能力。

(3)雨水管道流行时间过长,排水效率降低。以

柳泉路东侧管道为例,自中润大道开始,向北一直到济青高速,再向西排至猪龙河,排水路径全长5.0 km。而此处完全可以通过鲁泰大道直接向西排入猪龙河,排水路由长2.5 km。因此,积水路段的排水分区亟待优化。

(4)南营生活区、亚运村生活区、北营生活区局部管网向东排入涝淄河,而涝淄河的河道水位较高,在降雨超过50 mm/h时,河水发生倒灌,倒灌后的河水仍然会沿道路自东向西进入柳泉路沿线。

(5)柳泉路东侧有现状2 100 mm×2 000 mm的污水主干管,汇水面积约1 200 hm²,由于位于中心城区的下游,该管道常年高水位运行,受上游雨污混流的影响,降雨时,大量区域外的雨水混入污水管道,并从检查井冒出,一定程度上增加了该路段的积水风险。

2.3 河道因素

积水路段东侧为涝淄河(见图5),距离700~1 500 m不等,西侧为猪龙河(见图6),距离1 200~2 000 m不等,由于区域地势东高西低,故西侧猪龙河为主要受纳水体。



图5 涝淄河现状河道



图6 猪龙河现状河道

猪龙河为梯形断面,下底宽24.0 m,上口宽32.0 m,河深3.2 m,水深2.9 m。区域内河道纵坡1‰左右,过流能力170 m³/s,防洪标准达100 a一遇。由于猪龙河承担上游大约80 km²山洪水行泄,致使该区域内河道水位较高,全部排河干管为淹没出流,管道排

水能力大受影响。根据相关研究,对雨水管道淹没压力流计算可采用伯努利方程和达西公式进行简化处理,即如下计算公式^[2]:

$$i = \frac{h}{l} = 10.3 \times \frac{n^2}{D^{5.33}} \times Q^2$$

式中: i 为水头损失坡度,m/m; h 为水头损失,m; l 为雨水管道长度,m; D 为雨水管道管径,m; Q 为雨水管道流量, m^3/s ; n 为雨水管道粗糙系数。

根据水力学理论,上下游水位差 ΔH 用来克服管道的水头损失 h ,从而实现排水入河,忽略占比较小的流速水头和压强水头。故对以上公式变形得到以下公式:

$$Q = \sqrt[2]{\frac{\Delta H \times D^{5.33}}{10.3 \times l \times n^2}}$$

式中: ΔH 为上下游水位差,m。

为方便计算,内涝积水条件下, ΔH 取起点地面高程(按1.0 m覆土计算)与河道水位之差,另取 $l=1\,000\text{ m}$, $n=0.013$, $D=1.5\text{ m}$,计算结果见表2。

表2 雨水管道在不同状态下的排水能力

序号	$\Delta H/\text{m}$	$Q/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	备注
1	2.5	3.53	完全自由出流
2	2.0	3.16	1/3 管道顶托
3	1.5	2.74	2/3 管道顶托
4	1.0	2.23	开始淹没出流
5	0.5	1.58	完全淹没出流
6	0	0	管道丧失排水能力即将倒灌,需强排

由表2可看出,猪龙河河水顶托对管道排水能力影响很大,即使是相对于1/3管道顶托情况下,完全淹没出流管道流量也损失了50%,由此判断,猪龙河河水顶托是造成该区域积水原因之一。

涝淄河为复式梯形断面,下底宽8.0 m,上口宽16.0 m,河深3.1 m,水深2.8 m。区域内河道纵坡1.5‰左右,过流能力 $64\text{ m}^3/\text{s}$,防洪标准不足20 a一遇。涝淄河需要承担上游 93 km^2 的客水行洪,在遇到大于 50 mm/h 的降雨时,河道发生漫溢,大量河水通过东西向道路和管网排入柳泉路,远超柳泉路雨水管网的收水能力。

2.4 沿线小区

积水路段沿线小区大多建设于上世纪90年代,只有污水管网一套排水系统,雨水依靠地表径流通过背街小巷和城市支路排入城市主次干道。降雨时,大量雨水从小区、单位门口或者支路口处排出,市政管网收水不迭,容易造成积水。以魏家庄生活区为

例,汇入柳泉路的区域占地面积约 90 hm^2 ,区域内仅在魏家路、西一巷、西二巷等背街小巷有60个单算雨水口,加上该区域柳泉路的60个雨水口,共计120个。而满足区域内5 a一遇降雨的收水要求,按径流系数0.5,单算雨水口过流量 20 L/s 计算,共计需要单算雨水口约288个,缺口为168个。因此,若无小区和小巷层面的雨水管网建设,仅靠主次干道的雨水管网难以满足区域内地块的收水及排水需求。

3 改造措施

以上积水原因中,地形因素这一客观条件短期内无法改变。要解决该路段的积水问题,也无法通过单一的改造管网的方法来实现,需要河道、管网、小区等多方面的改造措施才能消除该区域的积水问题,实现50 a一遇的排涝标准。

3.1 整治河道

整治河道是改造积水路段的关键点,河道标准决定着区域防洪排涝标准的底线值。根据《淄博市国土空间总体规划》(2021—2035),淄博中心城区2035年规划总人口为141万人。根据《防洪标准》,防洪标准为100~200 a,结合区域现状及发展,确定猪龙河和涝淄河的防洪标准为100 a一遇。根据先急后缓的原则,近期对涝淄河进行整治,远期对猪龙河进行整治,整治范围均为中心城区及其下游段,涝淄河长度约 20.0 km ,猪龙河长度约 15.0 km ,其主要整治内容包括河道建设,排污口改造封堵,道路桥梁拓宽改造,架空管线落地,景观提升等。其中与排水防涝有关的整治原则如下:

(1)河道平面布置根据现状河道走向,结合两岸的建筑物情况确定河道设计控制线,保证治理河段与上下游河道的平顺连接,做到顺应河势,因河制宜,河线(包括河道设计控制线、左右岸河口线)应力求平顺,各变化河段应平顺相连,并与景观地形自然过渡衔接。

(2)为满足行洪要求,需要根据河道地质及两岸环境情况,采用扩挖的方式增大河道的过流能力,尽可能降低河底标高和防洪水位,减少河道对排水管网的顶托,用区域50 a一遇的排涝标准来校核河道的防洪水位,严禁河水外溢或者倒灌。

(3)猪龙河和涝淄河均为季节性河道,为保证旱季河水流速和节约占地,河道采用复式断面形式,主河槽采用矩形断面,悬臂式钢筋混凝土直挡墙,挡墙顶高按满足50 a一遇防洪水位控制。副河槽采用重

力式混凝土挡墙和毛石挡墙,挡墙顶高程按满足 100 a 一遇防洪水位控制。主河槽挡墙与副河槽挡墙通常间距控制在 2 m,局部节点增大间距,通过水生植物种植增加河道岸线景观变化。涝淄河改造横断面见图 7。

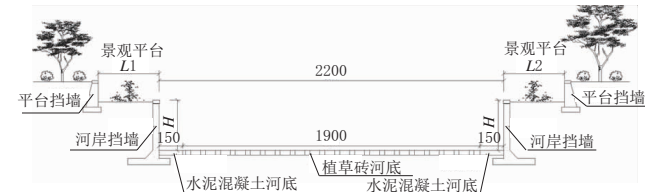


图 7 涝淄河改造横断面(单位:cm)

3.2 提升管网

提升改造该区域内的排水管网是解决积水问题的重点,主要有以下几方面:

(1)提高区域内的雨水管网建设标准,主次干道至少 5 a 一遇,城市支路和背街小巷至少 3 a 一遇。考虑老城地下空间有限和经济合理性,无法对全部管网进行翻建,只能在利用现状管网的前提下进行局部改造。本项目考虑对单侧管径较小的支管进行改造,改造以后道路两侧均为雨水主管,共同承担地块和路面排水(见图 8)。区域内主次干道共利用现状雨水管网 30.1 km,改造雨水管网 18.3 km。

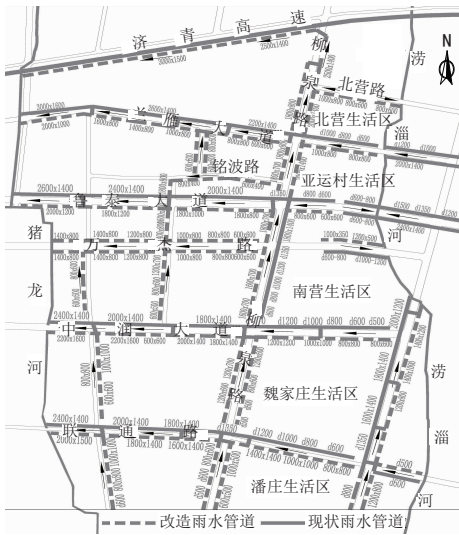


图 8 雨水管网改造示意图

区域内的城市支路和背街小巷也需同步开展改造,在实现雨污分流改造的同时,提高雨水管网的建设标准。区域内共改造城市支路和背街小巷 14 条,共计 7.7 km(见表 3)。

(2)优化该区域的排水分区。一是在涝淄河改造结束前,暂不考虑排入涝淄河,从而避免倒灌。将排入涝淄河的管网临时封堵,同时新建部分连通管将雨水导入排入猪龙河的管网。二是增加鲁泰大道和

表 3 区域内背街小巷改造列表

序号	道路名称	起止点	长度 / m	投资 / 万元
1	北营文化路	柳泉路至中德亚运村	273	409.5
2	北营路	柳泉路至涝淄河	679	1 018.5
3	南营路	柳泉路至涝淄河	784	1176
4	南营路东一巷	鲁泰大道至万杰路	323	484.5
5	南营路东二巷	南营路至万杰路	161	241.5
6	南营路东三巷	南营路至政通路	686	1 029
7	英才路	柳泉路至南营路东三巷	245	367.5
8	魏家路	柳泉路至金晶大道	1 100	1 650
9	魏家路西一巷	中润大道至魏家社区	706	1 059
10	迎春街	柳泉路至联通路	663	1 326
11	潘庄东一巷	迎春街至华光路	680	1 020
12	朝阳街	潘庄东一巷至金晶大道	409	613.5
13	潘庄东二巷	潘庄东一巷至潘庄东三巷	460	690
14	潘庄东三巷	联通路至朝阳街	519	778.5
总计			7 688	11 863.5

兰雁大道两条排河通道,分担济青高速排河管道的压力。将中润大道以北区域的汇水面积进一步切分,实现雨水就近排河,提高排水效率。通过优化排水分区,济青高速排河管道的汇水面积由 200 hm² 减少为 120 hm²,对应建设标准由 1 a 一遇提高至 5 a 一遇。

(3)为提高管道的使用效率,通过局部增加连通管实现新旧管网的互联互通,区域内共增加连通管 17 处,一定程度上增加了管网的可靠性。另外,在小区、单位出入口等重点部位适当增加雨水口的数量,保障关键节点的收水能力。标准路段将雨水口流量按照管道设计流量的 3~4 倍设置冗余度,应对道路范围以外大量通过地表径流排向路面的雨水。

3.3 改造小区

区域内已有 15 个老旧小区进入改造计划(见表 4)。当务之急就是建设严格的雨污分流体制,实现雨水排河、污水进厂,避免由于雨污混流造成的径流污染和污水系统的超负荷运行。同时,区域外的小区也应逐步进行雨污分流改造。

3.4 海绵城市

海绵城市理念强调源头削减、过程控制、末端调蓄。而对于本积水路段,源头削减同样重要。

对于猪龙河、涝淄河等有客水汇入的河道,在流域地形无法改变的情况下,首要的控制指标就是流域范围内的年径流总量控制率,通过减小径流系数

表 4 区域内老旧小区改造列表

序号	小区名称	建设年限	楼座数	户数	投资数 / 万元
1	中德亚运村北区	2005	18	987	2 700
2	北营金鑫园	1993	21	973	2 100
3	新空间花园	2005	12	562	1 800
4	华南园	1996	34	1 486	3 400
5	南营小区	2000	18	560	2 700
6	云才小区	2001	2	72	300
7	魏家社区	1995	32	1 195	3 200
8	华馨园	2002	2	160	300
9	颐和花园	2003	16	982	2 400
10	华瑞园	1995	51	1 983	5 100
11	温馨家园	1998	31	1 421	3 100
12	富贵家园	2002	20	839	3 000
13	迎春园	1992	30	1 353	3 000
14	百花园	1992	24	982	2 400
15	潘庄生活区	1992	73	2 927	7 300
总计			384	16 482	42 800

来控制洪峰流量,尽可能减弱河道对排水管网的顶托作用。根据《淄博市主城区海绵城市专项规划》,猪龙河片区年径流总量控制率为 71.3%,涝淄河片区为 74.7%,以上指标依次分解纳入控制性详细规划、修建性详细规划,最终落实到宗地的规划设计条件,指导具体设计和施工^[3]。

老旧小区改造过程中,不少小区为解决停车难的问题,将大量绿化带改造为停车位。由此造成小区内的径流系数急剧增大。根据《室外排水设计标准》,改建后相同设计重现期的径流量不得超过原径流量。这就要求在硬化面积确需增加的情况下,增加对应数量的渗透、调蓄设施,从而控制径流量。需要指

出的是,以上规定为强制性条文,必须严格执行。小区的改建应当采用低影响开发理念,容积率和硬化面积的增加不应当由市政管网的不断扩建与之相适应。为保证实施效果,建议将径流量作为竣工验收或者拨款支付的约束条件,以此强制各参建单位执行。

4 结 语

随着短时强降雨的频发和人们对美好人居环境的不断追求,越来越多的内涝问题暴露在摄像头下。而排水防涝工程整体性和系统性较强,往往无法通过单一手段或者点对点解决。对于一个路段积水,其原因可能是多种多样,也可能在几公里以外。因此,解决内涝需要具体问题全面分析,抽丝剥茧,逐步推进^[4]。

柳泉路的积水路段改造涉及降水、地形、小区、管网、河道等多个因素,需要将积水区域作为整体考虑,采用源头削减、过程控制、末端治理全过程措施方可消除积水,达到内涝防治的要求。这个过程需要气象、社区、城管、城建、水利等多部门共同参与,通力协作。如此,才能切实提高增强城市防洪排涝能力,把淄博市建成应对内涝灾害的韧性城市。

参考文献:

[1] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
[2] 张兆祥,杨帆,王大春.淹没出流雨水管道应对内涝设计探讨[J].中国给水排水,2016,32(1):83-89.
[3] 魏培峰,赵明,王鑫.淄博市海绵城市规划编制思路与策略[J].规划师,2017,4(33):148-155.
[4] 张彦光,刘鹏.排水理念的转型:以淄博市中心城区及桓台县为例[J].城市道桥与防洪,2017(3):147-151.

《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 联系邮箱:cdq@smedi.com