

常熟虞山桃源涧(青石皮弄)山洪冲击致涝问题成因分析及泄洪沟改造对策

陶 宏

(常熟市河道管理处, 江苏 苏州 215500)

摘要:分析了桃源涧(青石皮弄)山洪冲击致涝问题成因及该区域防洪排涝设施存在的主要问题,对排水系统的排水能力以及片区排涝能力进行评估,就现状条件下实施的改造项目进行了复核和效益分析。

关键词:山洪冲击;致涝问题;成因分析;排水系统

中图分类号:TV673 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2021)03-0062-05

Cause analysis of waterlogging problem caused by mountain torrent impact in Taoyuan flume (Qingshipilong) and countermeasures for flood discharge ditch reconstruction of Yushan Town, Changshu City

TAO Hong

(River Management Division of Changshu City, Suzhou 215500, China)

Abstract: The causes of waterlogging problem caused by mountain torrent impact in Taoyuan flume (Qingshipilong) and the main problems of flood control and drainage facilities in this area were analyzed, the drainage capacity of the drainage system and the area were evaluated, and the reconstruction projects implemented under the current conditions were reviewed and analyzed.

Key words: mountain torrent impact; waterlogging problem; cause analysis; drainage system

1 工程概况

常熟市位于江苏省东南部,地处经济发达的长江三角洲沿江地带,东倚上海,南连苏州,西邻无锡,北濒长江,与南通隔江相望,距国际大都市上海仅 80 km,离苏州市区仅 38 km,地理位置得天独厚。境域略成荷叶形,东西宽约 49 km,南北距 37 km,全市总面积 1 264.39 km²(其中长江江滩水域面积 106.49 km²)。行政区划设 8 个建制镇、6 个街道和 2 个省级开发区。

虞山位于常熟市古城区的西北部,半入古城,

山体大致由西北向东南延伸,南北宽约 3 km,东西长约 7 km,海拔 263 m,山脊线长 6 400 km,山体最宽处约 2 200 m,两坡不对称。由山麓至山顶,沿西南坡,距离在 1 000 m 以内,坡度约 20°上下,沿东北坡,距离一般超过 1 500 m,坡度大都小于 10°^[1]。虞山山南坡陡,山前塘就在山脚下,因此山洪排泄不成问题;山北坡缓,主要汇水涧沟有桃源涧、石屋涧、破龙涧、联珠涧、五丈涧、坠石涧、秦坡涧等共 11 条。山北平原区地面高程 4.5~6 m 亦不设防,虞山北麓和本区产水通过张家浜、报慈浜、小金浜、白龙港等河道进入南福山塘。

收稿日期:2021-02-09

作者简介:陶宏(1978—),男,工程师,本科,主要从事水利工程运行、管理工作。E-mail:14863691@qq.com

桃源涧位于虞山北麓,涧沟长 1 500 m,汇水面积约为 35 hm²。上部涧身狭长,涧底大石平铺,大雨后水流急泻直下,通过青石皮弄泄洪沟最终下泄至城区内河。

青石皮弄泄洪沟位于桃源涧下游,建造于20世纪80年代,原泄洪通道(见图1)划分为a段1 m排水沟(长 101 m)——b段 DN1200 管涵(长 44 m)——c段1 m沟(长 49 m)——d段1.3 m×1.5 m暗涵(长 215 m),下接虞山北路市政排水系统。

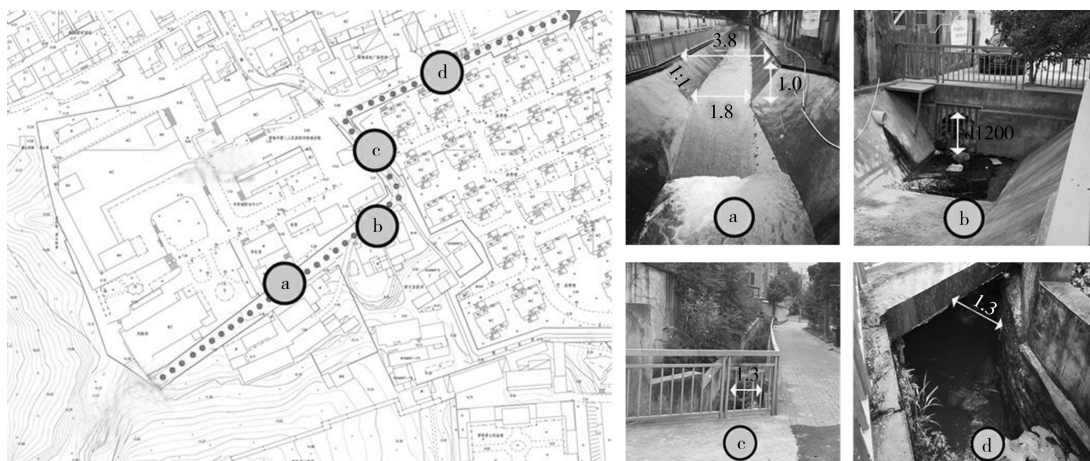


图1 青石皮弄排水示意图

2 存在问题及原因分析

青石皮弄泄洪沟建设年代久远,排水通道存在瓶颈,过水断面偏小,排涝能力严重不足,满足不了目前防洪排涝标准和要求,且该段落地势相对低洼,受桃源涧山洪冲击易发生内涝,存在安全隐患。

2018年9月17日,受台风“山竹”外围影响,降雨强度达到296.5 mm,青石皮弄传染病医院段出现了严重暴雨内涝,最大积水深度达50 cm以上,导致青石皮弄11号周边50 m道路、民宅辅房及车辆受淹,造成了一定经济损失。究其原因,主要是以下几方面因素。

2.1 农村转变成城区,防洪标准不满足现状需求

常熟城区面积最初仅3.04 km²,青石皮弄区域原隶属城郊乡,该乡环绕虞山。1983年后加快了城市建设步伐,以古城为中心向城外东、南、北3个方向扩展。至1995年建成区面积扩大到53.83.04 km²(其中城区23.83.04 km²,虞山、尚湖景区303.04 km²),2000年城区面积扩大到60.93.04 km²。随着时间的推移,青石皮弄周边民房在60年代逐渐增多,70年代末80年代初期,拆

旧建新的户数逐年递增。目前,常熟城区主要是20世纪90年代以来城市迅猛向郊区扩展,由原来的农村演变而成的,原来的山涧排水通道已成为城市排水通道,早期的防洪标准已不满足现状的需求。

2.2 区域雨水排水系统不畅,排涝能力严重不足

根据我国现行《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)规定,雨水管渠道设计重现期应采用1~3年,重要地区采用3~5年,特别重要地区采用10年或以上。但我国多数地区城市雨水排水系统设计标准偏低,排涝能力不足,抵御大暴雨的能

力小^[2]。

桃源涧汇水范围较广,汇水面积约35 hm²,遇暴雨期间泄水流量较大,经计算,青石皮弄泄洪沟承担山洪流量约9 m³/s(表1),但目前泄洪通道b、c、d段的排水能力不满足要求(表2)。经校核该段现状管沟仅能满足1年重现期的山洪。

2.3 局部区域地势低洼,易受地表径流造成积水

青石皮弄泄洪沟周边地势高差较大,位于b段DN1200管涵与c段1 m沟交汇处的青石皮弄11号民房东北角地势最低,地面高程为5.5 m(黄海高程),以北中山路地面高程为6.8 m(黄海高程),以西通行道路路面高程为6.1 m(黄海高程)。当泄洪管沟排水能力不足时,洪水外溢形成地面径流,青石皮弄11号地势下凹,在此处积涝,房屋室内不进水,室外路面积水30~50 cm。

3 排水标准计算

3.1 雨水设计流量

3.1.1 方法选择

按照《室外排水设计规范》(GB50014—2006)关于雨水量计算方法的要求,对于汇水面积2 km²

表 1 市政暴雨强度计算公式

汇流 山涧	流域 面积	涧沟长	坡降	流速	坡面汇流 历时	涧沟径流 历时	总历时	重现期	暴雨 强度	径流 系数	雨水 设计流量
	F/hm^2	L/m	$J/\text{‰}$	$V/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	t_1/min	t_2/min	t/min	P/a	$q/(\text{L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2})$	Ψ	$Q/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
桃源涧	35	1500	118	5.55	12.95	4.51	17.46	20	395.52	0.65	9.00

表 2 现状泄洪沟极限排水能力计算

序号	沟宽/m	水深/m	A/m^2	X	R	$I/\text{‰}$	$V/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$Q/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
a	1.8	1	2.7	4.63	0.583	2	6.58	17.77
b	DN1200					1	3.45	3.90
c	1.3	1.2	1.56	3.7	0.422	0.8	3.35	5.23
d	1.3	1.2	1.56	5	0.312	1	3.54	5.52

注:极限计算按水位与路面平齐,路面不积水。

以内的,可采用推理公式法进行计算;对于汇水面积大于 2 km^2 的,采用数学模型法计算。

根据调查,规划范围内河网较多,雨水多就近入河排放,每个雨水口的汇水面积一般在 $1 \sim 15 \text{ hm}^2$,最大的汇水面积不足 30 hm^2 。故推理公式法是适用的,雨水管渠、泵站及附属设施设计可以采用推理公式法。

3.1.2 雨水设计流量计算公式

雨水管渠设计流量按小流域面积推理公式进行计算,推理公式为:

$$Q = \Psi q F \quad (1)$$

式中: Q 为雨水设计流量, L/s ; Ψ 为径流系数,其数值小于 1; q 为设计暴雨强度, $\text{L}/(\text{hm}^2 \cdot \text{s})$; F 为汇水面积, hm^2 。

3.2 暴雨强度公式

暴雨强度公式是进行管网计算的基础资料,根据《市政府关于公布常熟市暴雨强度公式的通知》,新修订的暴雨强度公式自 2013 年 5 月 1 日起启用。

(1) 市政管渠排水工程建设暴雨强度公式为:

$$q = \frac{2021.504 \times (1 + 0.64 \times \lg T)}{(t + 7.2)^{0.698}} \quad (2)$$

式中: q 为设计暴雨强度, $\text{L}/(\text{hm}^2 \cdot \text{s})$; T 为重现期, a; t 为降雨历时, min。

该公式采用多个样本拟合得出,为短历时暴雨强度公式,主要用于降雨历时较短,设计重现期较低的市政雨水管渠工程建设。

(2) 城(镇)区排涝工程建设暴雨强度公式为:

$$q = \frac{8446.184 \times (1 + 0.696 \times \lg T)}{(t + 32.39)^{0.95}} \quad (3)$$

该公式采用年最大值法样本拟合得出,该公式为长历时暴雨强度公式,主要用于降雨历时较长,设计重现期较高的城镇排涝设施建设。

3.3 设计暴雨重现期

根据《室外排水设计规范》(GB50014—2006),根据汇水地区性质、城镇类型、地形特点和气候特征等因素,综合考虑城市建设的经济性、可实施性确定。

(1) 雨水管渠设计重现期:5 年一遇。

(2) 内涝防治标准:20 年一遇。

(3) 内涝积水的定义:居民住宅和工商业建筑物底层进水或道路中所有车道的积水深度超过 15 cm,常熟市达到上述条件之一,即认为发生内涝灾害。

3.4 降雨历时

雨水管渠的降雨历时计算公式为:

$$t = t_1 + t_2 \quad (4)$$

式中: t 为降雨历时, min; t_1 为地面集水时间, min,应根据汇水距离、地形坡度和地面种类计算确定,一般采用 $5 \sim 15 \text{ min}$; t_2 为管渠内雨水流行时间, min。

4 改造措施及效益分析评估

因青石皮弄周边建筑物较密集,区域内民宅较多,通行弄堂较小,如需泄洪沟改道则涉及拆迁投入巨大,房屋安置周期较长,故短期内暂无桃源涧

泄洪通道改道的可能。

为解决虞山桃源涧山洪冲击致涝问题,只能对现有工程进行改造,解决现阶段排水标准不足的矛盾,故青石皮弄泄洪沟改造工程被列为常熟市2020年度政府民生实事项目——城区防洪能力和水环境质量提升工程之一。工程项目建设主要内容为:扩大青石皮弄泄洪通道,局部加设防洪墙,新建箱涵、泄洪沟、排水沟等,抬高青石皮弄低洼处路面高程,设置集水沟收集路面雨水,排入泄洪沟,末端出口设置拍门防止洪水倒灌。

4.1 扩大泄洪通道

扩大青石皮弄泄洪通道,a段局部加设防洪墙,b段采用 $3\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 有压箱涵,c段采用 $3\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 泄洪沟并设置防洪墙,d段保留疏通原中山路 $1.3\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 涵洞。

(1) a段

利用原中山路泄洪沟后,因其排水能力不足,水位涌高,形成地面径流排至虞山北路,青石皮弄泄洪沟水位涌高后,须设置防洪墙防止山洪倒灌,防洪墙设置高度110 cm,现状排水渠改造35 m。

(2) b段

为解决原有管涵过水断面偏小造成泄水瓶颈以及不影响原有道路出行的问题,对原有圆管涵进行改建,新建 $3\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 有压箱涵约44.3 m。

(3) c段

该段区域内原有排水沟宽度仅1.3 m,过水断面偏小,且沿线路面地表径流排入沟内,为减轻遇强降雨时会对排水沟造成巨大泄洪压力及道路通行问题,将排水沟渠进行拆除并新建为 $3\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 开口箱涵48.7 m。

(4) d段

考虑到中山南路人行道内目前有自来水、天然气、大型乔木、电杆、原泄洪沟等,而车行道内施工对交通影响较大,中山南路改扩建泄洪沟难度较大,近期保留现状泄洪沟,对原中山南路 $1.3\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 涵洞并进行疏通。因其排水能力有所不足,在造成水位涌高时,超标雨水通过地面径流排至虞山北路 $2.5\text{ m}\times 2\text{ m}$ 涵洞,最终通过湘江西路涵洞排入报慈浜。

4.2 抬高路面高程

将青石皮弄11号低洼处路面高程从原来5.5 m(黄海高程)抬高至5.9 m,并设置 $0.4\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ 集水沟45 m,收集周边 0.6 hm^2 路面雨水,采用铁管接入泄洪沟,末端出口设置拍门防止洪水

倒灌。

4.3 项目实施情况

本项目建设期为2019年12月至2020年6月,项目建设直接投资为311.21万元。

该项目通过扩大青石皮弄泄洪通道,增大过水断面,大大改善了区域防汛排涝安全性,有效解决了桃源涧(青石皮弄)周边 0.08 km^2 内100多户住宅受山洪下泄影响生活及出行的问题,保障了该区域有效应对桃源涧约 $9\text{ m}^3/\text{s}$ 的山洪流量(表3),满足常熟市局部山丘区20年一遇山洪防治标准,最大限度避免因内涝产生的经济损失,切实保障人民群众生命财产安全和城市正常生产生活秩序。同时,在汛期此路段仍需做好防范和应急处理准备,落实应急排水防涝措施,确保安全度汛。

4.4 效益分析

4.4.1 经济效益分析

由于本工程项目为城市基础设施,以服务于社会为目的,它既是生产部门必不可少的生产条件,又是居民生活的必要条件,对国民经济的贡献主要表现为外部效果,所产生的经济效益除部分经济效益可以定量计算外,大部分则表现为难以用货币量化的社会效益。因此,本工程的效益应从系统观点出发,与提高人民生活水平,改善健康条件以及城市的发展建设等宏观效益结合起来评价。

项目的建设将大大改善区域防汛排涝安全性,避免城市内涝产生的经济损失,保证工农业的正常生产及居民的日常学习生活,将对改善投资环境,吸引外资,发展工业经济,提高工业产品质量等起到积极、有效的作用,对促进常熟经济快速持久地发展具有十分重大的意义。因此,本项目所产生的间接经济效益将是巨大的。

4.4.2 社会效益分析

随着城市的高速发展和居民生活水平的飞速提高,居民对防洪排涝系统的期望值也越来越高。城市排水防涝工程是城市生命线工程,直接关系到人民群众生命财产安全,关系经济社会发展大局。将解决当前社会影响较大的严重积水内涝问题与构建高效完善的城市排水防涝体系结合起来,切实保障人民群众生命财产安全和城市正常生产生活秩序,是和谐社会发展的需要。

此外,本项目的实施将使常熟市树立起更加良好的形象,区域环境条件的改善也将使人民更加安居乐业,这些都对促进社会的安定团结及常熟市社会经济的发展进步起到重要作用。

表 3 改造后泄洪水力计算

序号	沟宽/m	水深/m	A/m^2	X	R	$I/\%$	$V/(m \cdot s^{-1})$	$Q/(m^3 \cdot s^{-1})$
a	1.8	0.6	1.62	3.5	0.463	2	5.64	9.0
b、c	3	1.5	4.5	9	0.5	1.7	2	9.0
d	1.3	1.5	1.95	5.6	0.348	1	3.81	7.4
d 径流	12	0.1	1.2	12.2	0.098	1	1.42	1.7

5 结 语

江南地区的独具地域特征的道路雨洪问题,决定了道路建设仅靠地下管网无法满足城市雨洪管理要求,应充分利用自然水文条件^[3],在雨洪管理的科学理念指引下,采用先进的技术手段和最佳工程经验结合是高质量完成本项目的关键。本项目通过对泄洪沟进行防汛排涝措施的改造提升,包括工程和非工程组合,有效改善工程的积涝现象。同时,远期还需结合周边城区道路,根据水流汇集方向,在周边低洼地区设置雨水调蓄设施,区域周边的人行道、非机动车道、地面公共停车场等可采用渗透性铺装,通过加快海绵城市建设,减少城市不

透水面积,改善城区下垫面条件,进一步增强涝水的蓄储能力^[4]。

参考文献:

[1] 常熟市地方志编纂委员会. 常熟市志[M]. 上海:上海人民出版社, 1990.

[2] 秦何聪, 张麒, 张麟. 浅谈城市防洪[J]. 建筑科技与管理, 2014(8):36-37.

[3] 赵兵, 毛钦艺, 韦薇, 等. 融入理水理念的江南水乡道路雨洪管理研究[J]. 生态与环境, 2017(2):82-83.

[4] 张耀华, 孙雯, 朱喜, 等. 太湖流域平原城市洪涝防治思路[J]. 江苏水利, 2016(1):56-60.

(上接第 61 页)

防巡视检查小组,并设 14 组视频监控。常规检测主要有垂直位移监测和渗流监测,其中渗流监测包括测压管水位(浸润线)监测和渗流量监测。大堤共布置 5 个垂直位移观测断面共计 37 个垂直位移观测标点,每年汛前、汛后进行垂直位移观测;设有 8 个测压管观测断面,共计 36 根测压管,每半个月观测 1 次;堤后渗流量观测设 6 个观测点,每周观测 1 次。人工巡查、视频监视和观测监测组成洪泽湖大堤安全监测系统,各项监测方式相辅相成,为确保堤防保持安全稳定状态打下坚实基础。目前,洪泽湖大堤巡视检查和常规监测的原始记录、图表、影像资料以及全部资料整编分析成果均建档保存,尚未建立监测数据信息管理系统。

5 结 语

水利是国民经济和社会发展的基础和命脉,是生态环境改善不可分割的保障体系,其兴衰关系到民生福祉,必须满足新时代经济社会高质量发展的

要求。堤防工程是水利工程的重要组成部分,肩负着维持水利工程正常运行,保障河道沿线企业经营、居民生活、良田丰收的重要使命。堤防工程监测则是保证堤防工程安全稳定的重要手段之一,但因堤防工程堤线长、级别多、结构复杂、管理单位人员普遍不足等问题,堤防工程安全监测工作仍需进一步加强和规范,切实落实“强监管”要求,并积极推广现代化监测设施设备,提高安全监测效率,确保堤防工程的安全运行。

参考文献:

[1] 沈长松, 王世夏, 林益才, 等. 水工建筑物[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2008.

[2] SL/Z679—2015 堤防工程安全评价导则[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2015.

[3] 秦文海, 张建军. 利用高清视频实现堤防安全监测的试验研究[J]. 电信快报, 2019(9):18-22.

[4] SL725—2016 水利水电工程安全监测设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2016.