

城镇雨水系统构建浅谈

陈东华

(深圳市市政设计研究院有限公司, 广东 深圳 518029)

摘要:《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)于2021年4月9日经住房和城乡建设部批准发布,2021年10月1日执行,标准新增第3章排水工程,系统规定室外排水工程的组成和相互关系,首次从规范层级提及室外排水设计系统的构建。从多年市政设计经历和新标准出发,对城镇雨水系统的构建、设计要点、系统延伸思考等方面进行简单的梳理总结。

关键词:系统构建;设计要点;排水安全

中图分类号: TU992

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)01-0118-04

1 系统构建的重要性

室外排水设计与城镇防洪排涝安全息息相关,是一项系统工程。从管理的空间尺度可分为三个组成部分,一是排水分区管理尺度,通过排水管网对降雨产流进行快速的收集和排放,重点在于“排”,满足排水设计标准,在设计标准范围内不积水;二是城镇防涝管理尺度^[1],通过城镇范围内的河、湖、公园、绿地、调蓄等措施减缓城镇排水峰值流量,重点在于“蓄”,满足内涝防治设计标准,在设计标准范围内地面积水不超过最大允许积水深度,并在雨停后排干不超过最大允许退水时间;三是流域管理尺度^[1],通过流域性河道防洪的统筹建设和管理,确保河道水位控制在合理范围内,重点在于“控”,满足防洪设计标准,在设计标准范围内河道水位控制在防洪水位以下。

城镇雨水系统是由排水管渠和排水设施构建的一张网。排水系统在一条城镇支路上可能就是一段雨水管,但从一个片区、一座城镇来看就变成了一张网,内部由无数管段编织而成,任何一个节点的衔接变化都会对管网上下游产生影响。同时管网还与城镇的地块、道路、建筑、排洪和排涝等设施相连,如何保障城镇管网系统安全、有序,且具备应对极端天气的韧性,在设计之初需考虑到系统的整体构建。

系统思维应贯穿工程规划、设计、建设、运营全过程。规划是以城镇发展为前提,根据用地性质、场地高程、水系布局等规划因素做的宏观系统构建(鸟

瞰视角),重点是明确片区雨水系统的整体建设标准、主干管网的路由构建、管网与水系的衔接方式。工程在规划后续的各个阶段均需要系统思维去理解、分析、应用、反馈规划系统及构建相关问题(细化落地),例如局部管网设计,一是要考虑上、下游衔接与规划的关联,二是设计边界条件是否发生变化对现状和规划管网系统产生影响,三是针对现状存在的排水问题进行系统的排查分析,设计过程需要与规划管网系统进行反复的沟通反馈。例如在工程建设和运维过程中,需要熟悉和应用局部区域的系统构建和衔接关系,为工程建设时序、管道临时迁改、管网维护、应急抢险等提供系统的解决方案。

2 如何考虑系统构建的组成分类

《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)2021版修编(以下简称设计标准)新增第3章排水工程,系统规定室外排水工程的组成和相互关系,在3.2章节明确“雨水系统应包括源头减排、排水管渠、排涝除险等工程性措施和应急管理的非工程性措施,并应与防洪设施相衔接”^[2]。设计标准重点将城镇雨水系统构建的分类与防洪排涝的韧性需求相关联。

城镇排水安全主要包括“内涝”和“外洪”,“外洪”系统主要依靠国家水利部门的流域统筹,城镇雨水系统构建主要以“内涝”防治为主,笔者将管网系统功能分工与设计标准定义结合,把城镇雨水系统构建分为源头、收集、转输、排放、应急等五个部分组成,相对设计标准主要是将“排水管渠”部分细分为“收集”加“转输”,“收集”重点考虑接入点的流量和外部衔接方式,而“转输”重点考虑接入点与上游转输流量的叠加和

收稿日期: 2022-04-01

作者简介: 陈东华(1979—),男,学士,高级工程师,从事给水排水设计工作。

内部衔接方式。

形象的概括来说,如果我们把“雨水”当作一件商品,以互联网购物视角来梳理雨水系统构建的逻辑关系。源头即“雨水”的生产商,是指片区降雨转变为径流的产流部分,一般由片区地表径流和调蓄控制措施组成;收集即“雨水”的贸易商,是指将片区径流衔接至雨水管渠的收纳部分,一般由雨水口、下凹式绿地等收集设施组成;转输即“雨水”的物流商,是指从雨水收纳到排放之间的转运部分,一般由雨水管渠组成;排放即“雨水”的用户终端,是指水体接收城镇排水的衔接部分,一般由排放口或泵站等设施组成;应急即“雨水”的保险商,是指超设计标准的止损部分,一般由城镇排水管理部门制定的应急预案组成(见图 1)。

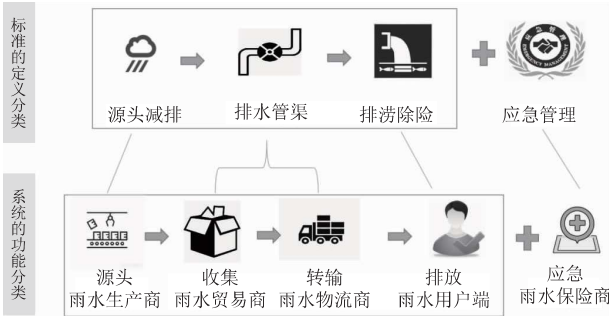


图 1 系统构建分类对比示意图

3 管网系统设计要点

雨水的特点,一是随机性,二是分布不均,三是峰值效应。“水体”作为城镇“雨水”产品的用户终端,其需求量主要受到整个水体流域排洪容量的影响。城镇雨水系统是城镇降雨与流域防洪之间的联系纽带,其设计要点简单来说就是协调城镇降雨产流与流域水体防洪容量之间的“供需矛盾”,从而确保城镇排水安全。

城镇排水安全一是确保防洪安全(即流域洪水不能越过防洪堤或通过管道排口倒灌进入城镇,避免产生外洪灾害),二是确保内涝安全(即城镇降雨能安全排放或调蓄,避免产生内涝灾害)。解决这种“供需矛盾”的思路,一是要提高“需求”端的接收能力采用强排方式,二是要提高“供给”端的调蓄能力采用“海绵”方式错峰“出货”。

3.1 源头设计要点“减排”

源头设计主要解决的是城镇降雨后的产流控制问题。在低开发的生态环境下,降雨会先下渗到土壤,通过土壤及植物根系对雨水自然吸收后的滞留、调蓄功能,大大减少了地表径流总量,并缓解洪峰效

应。从设计标准中规定的不同地面种类和建成区域密度的径流系数差异,可以看出城镇建设的开发密度对自然生态雨水调节功能的损害(例如公园绿地的径流系数为 0.1~0.2,城镇建筑密集区综合径流系数为 0.6~0.7,径流量提升 3 倍以上)。如果城镇化建设过程中不考虑的生态补偿控制措施,城镇产流量和汇集速率将持续增加,不仅增加了城镇排水安全的风险,同时需要不断投入改造城镇排水下游管渠和水系过水断面。

因此,源头“减排”实际上是城镇建设的生态补偿,即“海绵城镇”理念中“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施。2021 版设计标准在 4.1.6 章节中提出“当地区改建时,改建后相同设计重现期的径流量不得超过原径流量”^[2]的强条,在 4.1.8 章节提出“综合径流系数高于 0.7 的地区应采用渗透、调蓄等措施”^[2]的规定。

设计落地,一是在区域改造项目中要统筹考虑综合径流系数的核算,对改造后片区径流的变化进行总量控制;二是在城镇雨水系统安全的前提下,植入“海绵城镇”理念,通过“大海绵”(即城镇内部调蓄水体,例如湖泊、水库)、“中海绵”(即管网系统性的调蓄措施)、“小海绵”(即片区减排措施,例如下凹式绿地、片区的雨水存储利用设施)的综合构建,提升城镇整体抵抗极端天气的排水安全韧性。

3.2 收集设计要点“效率”

收集设计主要解决的是城镇雨水产流后的纳管问题,减少雨水在路面漫流对行人、车辆造成的影响,重点是要“快”。按雨水收集方式的不同分可为三类,一是城镇硬化地面的雨水口收集系统(例如城镇道路、广场等区域),二是城镇生态绿地的明渠收集系统(例如公园绿地、公路排水等区域),三是集中排水点的管道收集系统(例如建筑立管、桥梁立管、片区调蓄设施等)。

收集“效率”主要是从安全角度出发,一是要快速纳管避免地表积水带来的水患,二是防淤堵避免杂物和泥砂进入管渠转输系统,三是保顺畅做好节点衔接和消能避免局部涌水。

设计落地,雨水口收集系统重点是结合地势合理设置雨水口,注意雨水口间距、收水效果和连接管顺畅(例如在低点必须设置雨水收集口,道路横坡不应小于 1.5%,纵坡不应小于 3‰否则需采取措施强化雨水口收集效果,道路纵坡大于 2%可适当加大雨水口间距等);明渠收集系统重点是“明接暗”的防淤堵和消能措施(例如衔接处需设置格栅和沉砂井避

免大的杂物进入管道系统造成淤堵,明渠流速超标时需考虑消能措施,接入点的跌水消能需求等);管道收集系统重点是标高衔接、消能和防倒灌措施(例如衔接点转输主管管顶标高应低于接入管管顶标高,如接入管采取溢流的接入方式时应考虑防倒灌措施,建筑和桥梁立管的衔接点应考虑局部消能措施等)。

3.3 转输设计要点“顺畅”

转输设计主要是解决纳管雨水的汇流和输送问题,做好流量、标高、管径、坡度等上下游衔接,避免出现转输卡脖子和涌水现象,重点是要“匹配”。将分散的雨水收集点汇集转输至末端的河道水体,一般根据城镇的地形地势和河道水系分布划分排水分区,分区构建管网系统。

转输“顺畅”主要从规划的系统构建的角度出发,一是管网的平面转接,二是管段的竖向衔接,三是节点下游管道转输能力的匹配。

设计落地,平面转接重点是结合路网、地势、水系等边界条件合理布置管网路由,选择最短的距离快速转输;竖线衔接重点是通过管道衔接的方式和坡度合理设置控制管段埋深,在确保满足支管接入和沿路管线交叉需求的前提下减少整体埋深,方便管道维护和建设成本;管道转输能力重点是雨水接入节点的汇水流量计算。

3.4 排放设计要点“安全”

排放设计主要是解决城镇管网与河道水系的衔接问题。通过工程技术手段协调管网与河道水系的排放方式,重点是系统“调配”。将城镇管网汇集的雨水采取自流、抽排或两者结合的方式分段排放至河道水系。

排放“安全”主要是从城镇内涝角度出发,一是确保河道水系的洪水不倒灌,二是确保管网末端雨水的及时排放,三是如何提高城镇管网与河道水系衔接的调配能力。

设计落地,洪水不倒灌重点是核查城镇管网末端标高与河道水系城镇防洪标准对应洪水位的高程关系,考虑是否设置防倒灌措施;及时排放重点是核查河道水系从常水位到洪水位的变化过程对城镇管网末端排放效果的影响,考虑是否设置抽排措施;调配能力重点是末端抽排结合的切换控制、城镇调蓄与排水应急措施,考量城镇应对极端天气的韧性。

3.5 应急要点“精准”

应急主要是针对城镇降雨超出设计标准的情

况、河道水位超出防洪等级等突发状况下,应对城镇内涝灾害的预案,重点在于对城镇内涝敏感点的预判。

应急“精准”主要是从城镇内涝敏感点和灾害损失影响度的角度出发,对城镇内涝隐患点进行提前的摸排管控,及时采取反应措施,减少灾后影响。

城镇内涝遵循“水往低处流”的特性,隐患点排查主要可分三个方向,一是排水系统不畅的历史积涝点,二是城镇地表区域的地势低点,三是城镇地下空间的地表积水倒灌风险;防灾思路主要可分为两大类,一是监测到预警到限制通行(主要针对地表低点且灾害损失影响可控的区域,例如道路下穿隧道),二是监测到预警到严防和人员疏散(主要针对人群密集的公共地下空间或灾害损失影响较大的区域,例如地铁出入口)。

4 系统构建的延申思考

4.1 建设标准的选择与衔接^[1]

2013年以前我国仅有城镇排水和水利的防治、防洪标准。这些标准属于不同学科,考虑问题的角度和计算公式方法存在差异,近年来我国城镇的排水标准、内涝防治标准和水利的治涝标准、防洪标准已基本形成统筹。

从上述不同类型标准的标准值看,同一级别城镇对应的重现期存在较大差异,例如特大城镇雨水管渠设计重现期是3~5a,内涝防治标准是50~100a,治涝标准是20a,防洪标准是200a。这主要是因为各标准研究的对象不同,因此对应的降雨历时和强度、水文数据统计方法、计算公式都不相同,不能单纯从标准重现期数值上看衔接的合理性。

城镇排水防涝属于地方事权,包含排水和内涝防治两部分,由城镇排水管理部门主管。流域防洪属于中央事权,由水利部主管。因此城镇排水防涝与流域防洪在规划层面,应该重点是顶层规划设计中对洪涝水量、空间布局进行统筹的数据对接。在设计过程中,重点是理清各系统之间边界和相互影响关系,通过工程技术手段实现水位、水量、标高的节点衔接。

4.2 “内涝”敏感点的系统强化

同一城镇或区域根据“内涝”影响的差异,可采取不同的雨水管渠设计标准。在设计标准4.1.3章节明确不同城镇类型和城区类型的设计重现期范围,5.10.2章节明确同一交叉道路的不同部位可采取不

同的重现期。

城镇局部低洼地设计要点,一是“高水高排,低水低排”的管网分区避免低洼区域管道转输的外水汇入,二是高低区域分界点设置有效挡水措施(例如挡水墙、反坡“驼峰”等)避免低洼区域地表径流的外水汇入,三是提高低洼区域的设计标准通过自排、抽排、调蓄等多种方式的结合提高排水安全韧性。

4.3 管网与数字的结合

人类历史伴随着通信技术的进步不断发展,在原始采集时代,语言交流促进了集体协作;在农耕时代,文字、纸张、印刷的应用促进了人类文明,在工业时代,无线电波技术(电报、电话、电视)实现了信息长距离快速传递;在信息化时代,互联网、移动通信技术构建了互联互通的线上社交平台,正在进行的数字时代将通过 5G、物联网、大数据、云计算、人工智能创造出未来的无限可能。

雨水系统构建如何拥抱数字时代,核心重点是打通管网数字化信息壁垒,多元拓展数字化信息的收集、共享、应用场景,最大限度的发掘数字化带来的效益。一是从规划、设计、建设、运维的工程全过程构建可共享的基础模型信息,确保基础信息的一致、准确、及时更新;二是对存量和增量管网根据系统构建的需求设置数据采集设施(例如流量监控、视频监

控、水位监测、在线设施等),实现实时数据的采集;三是通过可视化管控平台和实时数据模型的在线分析应用,提升雨水系统的调配功能、维护效率、内涝敏感点应急处置能力。

5 结 语

(1)城镇雨水系统构建与防洪排涝安全息息相关是一项系统工程,系统思维应贯穿工程规划、设计、建设、运营全过程。

(2)依据管网系统功能分工,城镇雨水系统构建可分为源头、收集、转输、排放、应急等五个部分组成。系统构建的计要点,总体来说就是协调城镇降雨产流量与流域水体防洪容量之间的“供需矛盾”,从而确保城镇排水安全和提升城镇应对极端天气的韧性。细化设计源头要“减排”,收集要“效率”,转输要“顺畅”,排放要“安全”,应急要“精准”。

(3)系统构建延申思考的三个方面,一是建设标准的选择与衔接,二是“内涝”敏感点的系统强化,三是管网与数字的结合。

参考文献:

[1] 张辰,章林伟,莫祖澜,等. 新时代我国城镇排水防涝与流域防洪体系衔接研究[J].给水排水,2020,46(10):9-13,58.
[2] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].

~~~~~  
(上接第 99 页)

[2] 孙宗磊,李梢.石济客专桥梁下穿京沪高铁沉降影响分析[J].铁道工程学报,2013(2):53-57.  
[3] 解建超.新建铁路下穿对运营高铁桥梁变形影响研究[J].铁道勘察,2021(3):51-55,60.  
[4] 刘钊,李子春,刘国楠,等.花岗岩残积土的修正莫尔库伦模型参数

取值研究[J].铁道建筑,2017(3):89-92.  
[5] 方浩.基坑开挖对邻近高速铁路基变形影响的预测方法研究[J].铁道标准设计,2019,63(3):26-33.  
[6] 李满来,廖亚莉,石正雄.某大跨连续梁桥变形实时监测系统设计与[J].交通科技,2017(5):15-18.