

基于郑州特大暴雨后城市雨水系统设计的建议

刘 燕

(郑州市市政工程勘测设计研究院, 河南 郑州 450046)

摘 要: 郑州“7·20”特大暴雨突袭之下, 郑州雨水工程基础设施受到了前所未有的考验, 在新标准、新规范的指导下, 城市现有雨水系统的提标改造已提上日程, 以郑州高新技术产业开发区雨水系统为分析对象, 提出改造城市雨水系统设计的 5 点建议, 一是综合考虑区域现状, 设定雨水工程设计标准; 二是结合重大基础设施探讨区域性提标; 三是结合城市竖向合理设计雨水系统; 四是结合上下游的建设, 完善老城区主管网的提标方案; 五是建立管网系统和道路大排水系统的耦合模型合理设计行泄通道。

关键词: 雨水系统; 提标改造; 城市竖向; 行泄通道

中图分类号: TU9921

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)12-0139-04

0 引 言

2021 年 7 月 18 日 18 时至 21 日 0 时, 郑州出现罕见持续强降水天气过程, 全市普降大暴雨、特大暴雨, 累积平均降水量 449 mm。2021 年 7 月 20 日晚, 郑州气象局对这次特大暴雨做了一个数据的梳理和总结: 郑州 20 日 16 时至 17 时, 1 h 的降雨量达到了 201.9 mm; 19 日 20 时至 20 日 20 时, 单日降雨量 552.5 mm; 17 日 20 时至 20 日 20 时, 3 d 的过程降雨量 617.1 mm。其中小时降水、单日降水均已突破自 1951 年郑州建站以来 60 a 的历史记录。这场特大暴雨的突然降临引发车辆被淹、建筑进水、路桥冲毁、地铁进水、停产停运等严重洪涝灾害, 郑州市 292 人遇难, 47 人失踪, 直接经济损失 532 亿元^[1]。灾后, 郑州各区开始恢复重建, 全面开展城市雨水系统、内涝设施设计等技术层面的研究分析。在此背景下, 本文基于郑州高新技术产业开发区(后称“郑州高新区”)雨水系统的梳理分析情况, 结合雨水管线建设遇到的问题, 提出改造城市雨水系统设计的建议。

1 郑州高新区雨水排放系统

郑州高新技术产业开发区, 1988 年启动筹建, 是河南省第一个开发区、是 1991 年国务院批准的第一批国家级高新区、是 2016 年国务院批准建设的郑洛新国家自主创新示范区核心区。郑州高新区规划

区域为西绕城高速、陇海铁路、索河、京广铁路围合区域, 面积约 99 km²。

郑州市境内有大小河流 124 条, 流域面积较大的河流有 29 条, 分属于黄河和淮河两大水系。主城区范围有枯河、索须河、贾鲁河、魏河、东风渠、金水河、熊耳河、七里河、潮河等 9 个一级排水分区。其中, 高新区所属的一级排放分区为索须河及贾鲁河。高新区雨水排放系统的受纳水体主要为现状索河、须水河、索须河、西流湖(贾鲁河)、五龙口明沟、邙山干渠、瓦屋里明沟、长流渠以及规划石苏干沟、湖西明沟、须水河西支南明沟等。

2 城市雨水系统设计的建议

2.1 雨水工程设计标准

郑州高新区大致分为 7 个雨水排放分区, 其中须水河排放分区服务面积最大, 约 49 km², 以须水河排放分区雨水系统为例介绍雨水工程设计标准。须水河排放分区服务范围包含高新区西北部、西南部、起步区及部分老城区, 规划年限分别为 2011 年、2009 年、2005 年、2003 年。其中高新区西北部拓展区包含 3 个雨水干管系统, 管线规划重现期为 2 a; 高新区西南部包含 5 个雨水干管系统, 管线规划重现期为 1 a; 高新区起步区包含 10 个雨水干管系统, 管线规划重现期为 1 a。以上区域的雨水管道尺寸均采用郑州市 2002 年暴雨强度公式计算。

从管网规划标准的角度分析, 雨水工程专项规划较早, 规划标准低, 但标准和规范一直在提高中, 《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)(2014 年版)取

收稿日期: 2022-03-01

作者简介: 刘燕(1988—), 女, 硕士, 工程师, 从事给排水设计工作。

消了雨水计算中的折算因子 m ;2015 年郑州市公布了新的暴雨强度公式;2017 年发布了《城镇内涝防治技术规范》(GB 51222—2017);2021 年住建部发布了《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)。《室外排水设计标准》(GB 50014—2021) 中对城镇雨水管渠设计重现期、内涝防治设计重现期提出更高的要求,并明确指出:人口密集、内涝易发且经济条件较好的城镇,应采用规定的设计重现期上限。

郑州市各暴雨强度对比见表 1,暴雨强度公式见注释。

表 1 郑州市各暴雨强度对比

编号	公式年	降雨 历时 t/min	设计 重现 期 P/a	设计暴雨 强度 $q/$ $[\text{L}\cdot(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}]$	暴雨 强度 $i/$ $(\text{mm}\cdot\text{min}^{-1})$	小时降雨 强度 I $(\text{mm}\cdot\text{h}^{-1})$
1	1982	60	3	129.38	0.78	46.58
2	1982	60	5	149.62	0.90	53.86
3	1982	60	10	177.54	1.07	63.91
4	1982	60	50	243.23	1.46	87.56
5	1982	60	100	271.67	1.63	97.80
6	2002	60	3	92.01	0.55	33.12
7	2002	60	5	96.68	0.58	34.81
8	2002	60	10	103.03	0.62	37.09
9	2002	60	50	117.75	0.71	42.39
10	2002	60	100	124.10	0.74	44.67
11	2015	60	3	124.80	0.75	44.93
12	2015	60	5	140.11	0.84	50.44
13	2015	60	10	160.88	0.97	57.92
14	2015	60	50	209.12	1.25	75.28
15	2015	60	100	229.89	1.38	82.76
16	2015	60	3	127.08	0.76	45.75
17	2015	60	5	145.69	0.87	52.45
18	2015	60	10	170.93	1.03	61.53
19	2015	60	50	229.54	1.38	82.63
20	2015	60	100	254.78	1.53	91.72

注:1.设计流量: $Q=\Psi\cdot q\cdot F$ 恒定均匀流推理公式。
2.降雨历时 $t=t_1+t_2$ 地面集水时间 $t_1=5\sim 15$ 分钟。
3.1982 年郑州市暴雨强度公式:
 $q=7\,650(1+1.15\lg(P+0.143))/(t+37.3)^{0.99}$
《郑州市建成区排水专项规划(2002—2010)》明确。南京市勘测设计研究院 1982 年编制。
4.2002 年郑州市暴雨强度公式:
 $q=2\,387(1+0.257\lg P)/(t+10.605)^{0.792}$
《郑州市排水专项规划》(2012 年 11 月)明确。公式为华北市政院编制郑州市建成区排水专项规划(2002—2010)时编制。
5.2015 年郑州市短历时暴雨强度公式(5—180 分钟):
 $q=2\,631.92(1+0.751\lg P)/(t+14.2)^{0.779}$
2015 年郑州市长历时暴雨强度公式(5—1 440 分钟):
 $q=2\,479.78(1+0.963\lg P)/(t+15.3)^{0.775}$
《都市区排水防涝规划(2015—2030)》明确 2015 年郑州市规划勘测设计研究院联合北京工业大学新编郑州市暴雨强度公式。

从表 1 中可以看出,设计重现期一定时,1982 年暴雨强度最大,2002 年暴雨强度最小,2015 年暴雨强度介于两者之间。暴雨强度公式一定时,设计暴雨强度随重现期的提高而增加。

虽然城市总体规划、雨水工程专项规划等上位规划早已确定,但是管线建设不是一蹴而就的,随着高新区滚动式发展的建设特点,雨水管网的建设标准也随着规范的更新而逐年提高,后建设管线对标同期最新的标准和暴雨强度公式进行复核,从而对早期的规划标准不断进行修正和提高。例如高新区西南部梅林路、梧桐街、百香路等雨水管线系统,高新区西北部新龙路雨水系统,起步区西四环雨水系统等均利用郑州市 2015 年暴雨强度公式进行计算,管线重现期为 5 a 校核雨水管径,并考虑减轻周边老旧管网的排水压力,与老旧管网雨水管线部分连通,截流,达到后建设雨水工程标准优于早期建设的工程的效果,后建设管网带动老旧管网的提标。结合新规范中管渠设计重现期的要求,老城区管网相关联的工程项目,若作为排水下游通道的规划设计应考虑采用重现期上限,为老城区的后续改造留有余量。

2.2 雨水系统区域性提标

重大基础设施的建设从来不是独立存在,而是兼顾融合现状,引领发展方向。郑州市四环线及大河路快速化工程于 2018 年开始实施,西四环为高新区起步区与老城区分界线,目前,西四环雨水系统管线部分已基本实施完成,采用郑州市 2015 年暴雨强度,按照 5 a 重现期规划设计,标准较高,西四环沿线区域雨水系统见图 1。西四环雨水系统的实施提高了区域的排水标准,同时对下游出路的建设提出了改造需求,也对上游的区域性提标奠定了基础。西四环雨水最终排入须水河,排水主通道为科学大道、枫香街、莲花街、黄杨街,其中科学大道已随西四环扩容,雨水涵尺寸为 $2\times 4.6\times 2.0$,枫香街 $2\sim 2.6\times 1.6$ 现状雨水涵保留,西侧莲花街规划预留 $2\sim 3.4\times 2.0$ 雨水涵,黄杨街 $2\sim 3.4\times 2.0$ 现状雨水涵保留。下一步需进行莲花街雨水干管的改造,匹配西四环排水需求。

与此同时,西四环为沿线相交道路预留了雨水涵,可提高沿线雨水系统排放标准,涉及的道路由南往北依次为药厂街、合欢街、冬青街、玉兰街、科学大道。这几条路的雨水系统均为长椿路以西老城区的雨水干管系统,通过对该雨水系统的提标改造,将使区域性的雨水排放能力得到大幅度的提高,完成老城区的逐步提标。

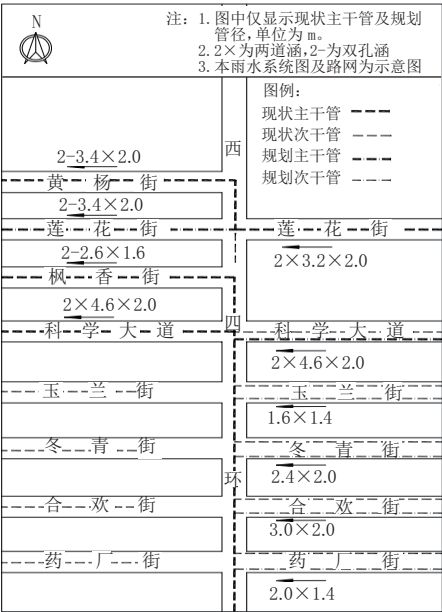


图 1 西四环沿线区域雨水系统(单位:m)

2.3 城市竖向的结合

雨水系统的规划设计中,对新老系统的衔接设计改造需要与城市竖向规划紧密结合。城市的铁路、河道、高速、地铁等重大基础设施都影响着城市的排水设计。郑州高新区即有连霍高速、地铁车辆段、京广铁路、陇海铁路、邙山干渠等重要节点(重要节点位置示意图见图 2),影响着本区域的排水系统划分及规划设计。连霍高速东西向贯穿高新区,连霍以北雨水系统相对独立,但南北向道路依然贯通,雪松路、长椿路等主干路下穿连霍高速,因而形成天然的下穿积水区域,城市的下凹区域汇水面积大,往往雨水收水能力不足,泵站及下游排水能力不足,暴雨情况下容易形成超标雨水,急需内涝防治重现期校核^[2]。高新区东北角、东南角均存在地铁车辆段,东北角车辆段位于贾鲁河西侧,影响着欢合片区雨水主排放;东南角车辆段占压原五龙口明沟流域范围,影响着南侧五龙口区域的雨水排放。邙山干渠南北向贯穿郑州高新区,北高南低,而高新区的地势南高北低,西高东低,邙山干渠为引黄灌溉工程,它的建设,使西侧雨水向东排放的过程中多了一道天然的屏障,雨水从西往东排放的过程中,或上翻或下穿,形成不少复杂的工程节点。

在前期的雨水系统规划设计过程中,应充分了解熟悉城市地形特征,重大基础设施,结合城市竖向,开展设计工作。因下穿高速、铁路等形成的易积水区域应规划配套的解决措施,因与地铁等重要节点冲突的区域,应充分考虑地铁运营安全,优化排放通道设计,避免将困难留到后期的建设。

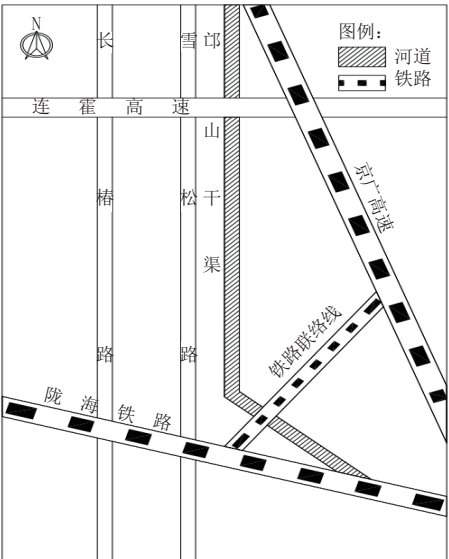
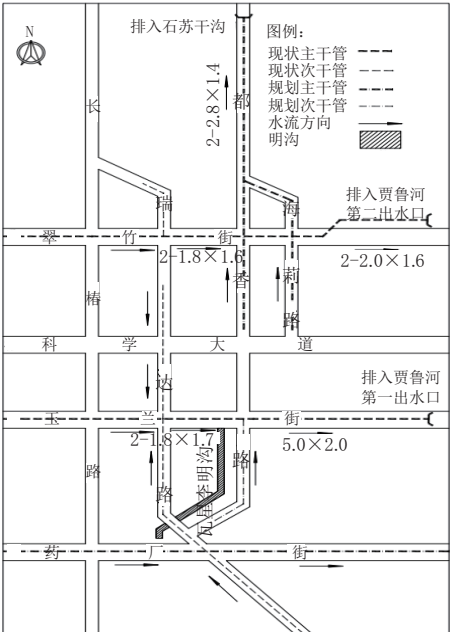


图 2 重要节点位置示意图

2.4 老城区主管网提标

郑州高新区长椿路以东为老城区,老城区区域雨水系统示意图见图 3。老城区的排水规划设计完成于 2001 年,采用的雨水计算公式为郑州市 1982 年暴雨强度公式,重现期为 0.5 a。该区域包含高新区第一出水口(玉兰街雨水主管系统)、高新区第二出水口(翠竹街雨水主管系统),玉兰街排出口在规划形成之前已存在,玉兰街、翠竹街雨水系统已服务超 20 a,随着城市的发展,汇水面积逐渐增加,雨水径流量持续增大,老旧管网超负荷运行,影响着区域排水安全。



注: 1. 图中仅显示现状相关的主干管及规划管径,单位:m。
2. 2-为双孔涵
3. 本雨水系统图及路网为示意图

图 3 老城区区域雨水系统示意图(单位:m)

玉兰街雨水主管系统服务面积约 579 hm²,玉兰街下游已随欢合路雨水改造完成提标设计,由原

2-1.8×1.7雨水涵改造为5.0×2.0雨水涵,雨水向东排放,下穿铁路,最终排入贾鲁河。对玉兰街的上游进行提标改造,涉及到上游转输中最大的雨水系统,即瑞达路雨水系统,以及上游瓦屋李明沟的改造。而瑞达路雨水系统、瓦屋李明沟的改造均与上游药厂街的雨水主干系统改造方案相关联。因此,在下一步的规划设计中,应通盘考虑整个区域的排水需求及限制条件,减少对现状主干路、老城区群众生活的影响,通过优化上游的雨水系统方案,缓解下游雨水主干的排放压力。

翠竹街雨水主干系统服务面积约552 hm²,下游雨水涵尺寸为2-2.0×1.6,翠竹街为东西向道路,西至西四环,东至西三环,翠竹街雨水往东排放,下穿铁路后排入贾鲁河,翠竹街(西三环-铁路段)道路未形成,该段雨水涵下游走向不规则,未在规划道路红线内,且有部分为明渠形式,建议在后期规划设计中,随道路的建设,对该雨水涵进行提标改造。翠竹街上游与多条南北向道路相交,如垂柳路、郁香路、海莉路等,其中郁香路、海莉路雨水系统均与翠竹街雨水系统相连通,并向北分流,缓解翠竹街排水压力。但郁香路、海莉路的下游均为规划石苏干沟,若下游河道不进行合理规划建设,则互相连通的雨水系统会给翠竹街造成更大的排水压力。

2.5 涝水行泄通道

持续强降雨天气,大量雨水来不及进入收集系统,而形成地表径流,当汇集足够多的径流,管网超载形成压力流致使检查井水位高于地面高程时,管网系统发生溢流,形成地表积水,产生内涝风险。因此,在雨水系统的规划设计过程中,既要考虑雨水系统的合理性,更要注重超标雨水排放的通道设计,利用道路断面较宽的特点,优化道路竖向,有组织的进行雨水排放^[3-4]。目前,国内道路大排水行泄通道的研究还集中在对道路断面的优化,道路大排水系统与地下雨水管线的交互作用也是较热门的研究方向^[5]。涝水行泄通道的规划设计应避开重要的交通主干道、铁路、地铁、隧道,以及医院、商业等人口密集区,保障安全行泄。另一方面,行泄通道的规划设计应充

分考虑排水分区,并建立管线与道路的排水耦合模型,充分考虑道路明渠流与管道压力流之间的交互作用,还原真实的排涝场景。

3 结 语

(1)雨水工程的设计应在遵守规划的同时,参照设计当期最新标准及暴雨强度公式对雨水系统进行复核;雨水工程设计标准的选择应充分考虑区域老旧管网的改造需求,为后续的提标留有余量,对下游系统改造时,城镇雨水管渠设计重现期、内涝防治设计重现期宜采取上限。

(2)雨水系统区域性提标,应充分结合重大基础设施的建设,依托已建项目,完善上下游排水系统的提标改造。

(3)城市设计的竖向应不仅是道路竖向的设计,更要充分考虑高速、铁路、河流、道路、地铁等方面,形成更大范围的城市竖向规划,合理划分排水分区,考虑下穿区域排水,规划配套的解决措施。

(4)老城区雨水主干管系统服务时间长,人口密集,服务面积大,改造困难,对其提标不能简单的对管径进行扩容,而应该统筹考虑其上下游排水系统,充分利用新建雨水系统的分流,间接对其进行提标。

(5)涝水行泄通道的规划设计应避开重要的交通主干道、铁路、地铁、隧道,以及医院、商业等人口密集区,保障安全行泄。充分考虑排水分区,建立管线与道路的排水耦合模型,充分考虑道路明渠流与管道压力流之间的交互作用。

参考文献:

- [1] 张书函,郑凡东,邸苏闯,等.从郑州“2021.7.20”暴雨洪涝思考北京的城市内涝防治[J].中国防汛抗旱,2021,31(9):5-11.
- [2] 刘兴哲.城市下凹桥去内涝积水综合治理设计探讨[J].中国给水排水,2019,35(4):47-53.
- [3] 徐雷,吴正松等.基于SWMM耦合模型的道路行泄通道设计方法与应用[J].中国给水排水,2021,37(1):114-120.
- [4] 李东等.基于SWMM模型的暴雨洪水模拟研究-以郑州大学新校区为例[J].中国农村水利水电,2017(10):179-182,193.
- [5] 牟晋铭.基于水力模型的雨水排水系统改造方案[J].中国给水排水,2019,35(17):129-132.