

郑州市市区设计洪水计算方法探讨

陈鑫,马细霞

(郑州大学,河南郑州 450001)

摘要:城市化进程对城市水文特性产生了重大影响,造成了城市洪水计算的特殊性与复杂性。在编制郑州市防洪规划工作中,通过对城市室外排水(雨水)公式和排水模数公式的内涵和适应条件的对比,从理论上初步解释了城市室外排水(雨水)公式不适合城市防洪计算的原因,最终选择了适合本地区特点的平原排水模数公式,得出令人满意的计算结果,同时也为其它地区编制防洪规划提供借鉴。

关键词:城市;防洪;排水;模数;计算方法

中图分类号:TV122 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)03-0044-04

0 引言

郑州市防洪规划区域绝大部分位于淮河流域,中心城区地处淮河流域沙颍河水系主要支流贾鲁河上游,贾鲁河中牟水文站(郑汴公路桥上)以上 2 106 km² 控制了规划区 95% 的面积,其上主要支流左岸有:贾峪河、濠须河、贾鲁支河、石沟和大孟沟;右岸有:金水河、熊耳河、七里河、潮河、东风渠、白石碛坛沟、花马沟和老丈八沟。不同区域的产、汇流条件组成不同类型的设计洪水:(1)贾鲁河干流及濠须河设计洪水由山丘区型和平原区型洪水组成。(2)金水河、熊耳河、东风渠、贾鲁支河设计洪水属市区洪水型。(3)七里河流域设计洪水由山丘区型、市区型和平原区型洪水组成。(4)石沟、大孟沟、潮河、东风渠和白石碛坛沟均在平原区内,属平原区型洪水。流域内地形特征不同,应采用不同的计算方法。山丘区、平原区的计算方法成熟,争议较少,这里不再详述。本文重点探讨市区设计洪水计算方法,洪水设计标准分别取为 5 a、20 a、50 a、100 a、200 a 一遇。

1 城市洪水计算的特殊性与复杂性

1.1 城市防洪的双重要求

城市防洪有双重要求,即既要防保护区以外(外江)的洪水,又要排保护区(内江)的暴雨洪水。外江的洪水一般资料齐全比较容易推求,而内江的洪水绝大部分无实测资料。目前,我国的水文站网密度比较小,很多河流上没有足够数量的观测期较长的水文站,更缺乏实测及调查的暴雨洪水等水文资料,这给城市设计洪水的分析计算带来很大的困难。以郑州市贾鲁河流域雨量资料为例,

该区域解放前没有水文站,到 1953 年以后才开始设站测流,至今只有新郑、扶沟、中牟、常庙、西黄庄五站,可供分析的资料为数有限,难以定量。故一般只能由设计暴雨间接推求设计洪水。

1.2 城市化进程对水文特性的影响

随着国民经济的发展,郑州市城市化程度有了显著提高,城市化对城市水文特性产生了重大影响。

1.2.1 产汇流条件的变化

城市化后对流域产汇流条件的影响,主要表现在不透水面积和河道特征两个方面。城市化前,流域保持着自然的流域特征;城市化后,区域内的土地被用来建工业区、商业区和住宅区,由于不透水面积的增加势必造成径流量的增加。城市化的发展必然要整治自然河道,一般采取的措施是对原河道进行裁弯取直,砌石护坡,缩小河道断面,河道两岸土地开发利用,甚至采用河道棚盖开发的办法,与天然河道相比,造成了河道糙率减小,减少了河道槽蓄水量,汇流速度明显加快,引起了干支流的洪峰增大。

1.2.2 降雨量的变化

随着城市化程度的提高,大量人口向城市聚居,工业、商业迅速发展,污尘排放量显著增加,城市上空的灰尘成为降雨的催化剂,同时使城市温度明显偏高,产生“雨岛效应”和“热岛效应”,造成城区形成暴雨的机遇增加,降雨量增大。根据郑州市历史降雨资料分析,市区多年平均降雨较周边县区多年平均降雨均值偏多。

1.2.3 产汇流规律的变化

由于城市化区域内不透水面积增加,径流系数明显增大。根据中牟水文站历年降雨径流分析成果表明,城市化的发展带来汇流速度加快,洪峰流量增大,洪水过程陡涨,洪峰滞时减少,洪水总量增加。排水系统化使雨降至地面后形成洪水,经过

收稿日期:2006-11-28

作者简介:陈鑫(1983-),男,河南安阳人,硕士研究生,主要从事水文及水资源方面的研究。

短时间的汇集后进入排水管网,再排到防区外,而天然小流域的洪水则是依据其地形的高低自然汇流,因此排水管网管径的大小及坡度会直接影响洪峰的大小。

1.2.4 城市化对地下水的影响

城市化对地下水的影响主要表现在两个方面:一是地下水超量开采造成地下水位下降;二是城市不透水面积增加,降雨入渗对地下水的补给量减少。

正是由于上述的各种原因,造成市区洪水计算的特殊性与复杂性。

2 市区设计洪水计算方法

目前计算平原城市设计洪水主要采用市政部门的城市室外排水(雨水)公式法和水利部门的排水模数法两类。

2.1 城市室外排水(雨水)公式

市政部门推求市区设计洪水一般采用城市室外排水(雨水)公式,如郑州市采用:

$$\begin{cases} Q=\psi q F \\ q=\frac{2\,387(1+0.257\lg p)}{(t+10.605)^{0.792}} \\ t=t_1+mt_2 \end{cases} \quad (1)$$

该公式是由南京水科所根据郑州市雨量站资料推导出的郑州市短历时暴雨造成的单位面积的洪峰流量公式。

式中: Q ——设计洪峰流量, L/s;

ψ ——综合径流系数;

q ——设计暴雨强度, L/(s·ha);

F ——汇水面积, ha;

t ——设计降雨历时, min;

t_1 ——地面集水时间(min),取 15min;

t_2 ——管渠内雨水流行时间, min;

m ——折减系数;

P ——重现期, a。

以金水河为例,采用城市室外排水(雨水)公式法计算各控制断面各种频率标准的设计洪峰流量。100 a 一遇洪峰流量计算结果见表 1。

2.2 平原区排水模数法

2.2.1 排水模数公式介绍

排水模数公式是一种直接采用综合资料,通过分析各因素之间的经验关系所得到的公式,由于考虑了该地区实际产汇流情况,所以较符合实际,并且计算简便,数据易选。

河南省平原区排水模数公式:

$$\begin{cases} M=\alpha K R F^{-0.25} \\ Q=\alpha K R F^{0.75} \end{cases} \quad (2)$$

式中: M ——排水模数, m³/s·km²;

F ——流域面积, km²;

R ——净雨, mm;

α ——综合折减系数。当洪水超过河槽设计标准时,洪水将漫滩行洪,面上会有积水滞蓄,对洪峰有一定的削减作用。结合河道治理情况,市区设计洪水计算选用的综合折减系数见表 2。

K ——峰量系数。 K 值取固定值不符合实际,它与河槽的具体情况有关,在河道宽浅、杂草丛生处可以取 0.03~0.035,河道陡峻、杂草较少处可以取 0.075~0.085。市区内河道一部分经过整治,河底采用干砌石护砌,护坡采用 C20 预制混凝土护砌与植草防护相结合的护砌方式。一部分河道未治理,属于天然河道。经过调查,根据河道的实际情况取不同的系数。

表 1 金水河各控制断面城市室外排水法 100 a 一遇设计洪峰

断面位置	汇水面积 F/ha	$t=t_1+2\Sigma(L/V/60)$		暴雨强度 q/ L/(s·ha)	径流系数 ψ	分段流量 Q/m ³ /s	设计流量 Q/m ³ /s
		L/V/60/ min	t/ min				
南三环	203	32.30	79.59	102.22	0.40	8.31	8.31
航海路	187	18.97	52.95	134.88	0.50	12.65	20.96
淮河路	278	19.46	53.91	133.28	0.60	22.22	43.18
陇海路	4.60	19.67	54.35	132.57	0.60	36.58	79.75
兑周路	420	51.16	117.31	77.51	0.60	19.54	99.29
中原路	410	32.43	79.87	101.97	0.60	25.06	124.35
建设路	445	44.96	104.91	84.03	0.58	21.68	146.03
铭功路	998	48.43	111.87	80.23	0.55	44.03	190.07
人民路	309	25.27	65.55	116.88	0.55	19.87	209.94
金水路	360	45.15	105.30	83.81	0.60	18.10	228.04
107 国道	369	66.30	147.60	65.50	0.60	14.50	242.54
东风渠	231	33.52	82.05	100.07	0.55	12.73	255.27

表 2 各种标准洪水的综合折减系数

重现期N	5	10	20	50	100	200
α	1	0.9	0.8	0.75	0.70	0.65

2.2.2 设计净雨计算

设计净雨由设计暴雨乘以综合径流系数得到。其中设计暴雨通过查《暴雨图集》得出 24 h 暴雨均值、离势系数,经验选取 $C_s/C_v=3.5$,采用皮尔逊Ⅲ型曲线计算得出。综合径流系数 ψ_w 应综合考虑城市下垫面特点,汇同市政有关部门在对不同汇水面积的地面覆盖情况、坡度、地貌、建筑密度的分布、路面情况深入调查后确定。各汇水面积上的平均径流系数计算公式为:

$$\psi_w=\frac{\sum F_i\cdot\psi_i}{F} \tag{3}$$

式中: F_i ——汇水面积上各类地面的面积,km²;
 ψ_i ——相应于各类地面的径流系数;
 F ——全部汇水面积,km²。

依据郑州市市政部门对市区各河流所划分的汇水面积,采用排水模数计算各部分流量,再将每块汇水面积上的流量进行叠加,最终求得流域整个汇水面积上的流量,即该河段的洪峰流量。

采用平原区排水模数法计算市区河流各控制断面各种设计标准的设计洪峰流量,表 3 列出了金水河 100 a 一遇洪峰流量计算结果。

3 郑州市区设计洪水计算结果分析

比较表 2 和表 3 设计洪峰计算结果发现,城市室外排水(雨水)公式法计算结果较大。如金水河汇入东风渠岔口控制断面,排水模数公式计算

100 a 一遇洪峰流量 100.45 m³/s,城市室外排水(雨水)公式法计算 100 a 一遇洪峰流量 255.27 m³/s。而实际情况是:金水河上郭家嘴以下到东风渠全长 23.47 km,按照市区已修建好的渠道断面计算,河道的总容量 264 万多方,而 100 a 一遇暴雨总洪量 348 万 m³。考虑到河道滞蓄,可能形成洪峰 89 m³/s 左右,排水模数公式计算结果较符合实际。验证的其他频率洪峰流量情况亦然如此。

利用城市室外排水(雨水)公式法计算结果偏大,究其原因,主要是:

(1)该公式适应范围为短历时暴雨。采用 5、10、15、20、30、45、60、90、120 min 共 9 个历时,因此计算出的各种频率的暴雨强度 q 值的基础也是在 120 min 内的各种频率,这与超出 120 min 的雨型有显著差异。因为长历时暴雨如 24 h,它包括了 120 min 以及更短的历时降雨,并且长历时暴雨平均排列显然较平缓。用短历时暴雨强度资料来计算长历时暴雨,其值必然较大。

(2)式(1)中重现期 P 的取值一般较小,设计洪水选取的标准与水利部门的概念差异较大。一般选用 0.5~3 a,对于重要地区一般采用 2~5 a,特别重要的地区可以酌情增加。但是郑州市防洪规划需要 5 a、20 a、50 a、100 a、200 a 五个重现期的成果,同时两种方法重现期的内涵不同,重现期的衔接转换问题还有待商榷。

(3)式(1)中没有考虑到洪水波的演进,实质上是形成了“峰峰叠加”,另一方面,没有考虑河槽的滞蓄作用,造成结果偏大。

排水模数计算公式形如 $M=KR^mF^n$, K 值反映了除径流深 R 、流域面积 F 以外的一切影响因素,可以概括为气象、流域特征、人类活动三个主要因

表 3 金水河各控制断面排水模数法 100 a 一遇设计洪峰

断面位置	汇水面积 F/km^2	设计暴雨 q/mm	径流系数 ψ_w	净雨量 R/mm	分段流量 $Q/\text{m}^3/\text{s}$	设计流量 $Q/\text{m}^3/\text{s}$
南三环	2.03	221.76	0.40	88.70	3.70	3.70
航海路	1.87	221.76	0.50	110.88	4.34	8.04
淮河路	2.78	221.76	0.60	133.06	7.02	15.06
陇海路	4.60	221.76	0.60	133.06	10.24	25.30
兑周路	4.20	221.76	0.60	133.06	9.56	34.87
中原路	4.10	221.76	0.60	133.06	9.39	44.25
建设路	4.45	221.76	0.58	128.62	9.65	53.91
铭功路	9.98	221.76	0.55	121.97	16.78	70.69
人民路	3.09	221.76	0.55	121.97	6.97	77.65
金水路	3.60	221.76	0.60	133.06	8.52	86.17
107 国道	3.69	221.76	0.60	133.06	8.68	94.85
东风渠	2.31	221.76	0.55	121.97	5.60	100.45

素。气象因素的影响是错综复杂的,这些因素又有多种组合,不同的组合对 m 值亦有影响,例如在雨量、雨强相同的情况下,暴雨中心居下游者 m 较大,反之较小。不同流域,在治理标准相似的情况下,流域特性如形状系数、河网密度均对 K 值有一定影响,一般规律是系数大, K 值也大,反之也小。人类活动对 K 值的影响有两种趋势:其一,开采地下水和建闸蓄水有使 K 值减少的趋势;其二,不透水面积增加,河道整治有使 K 值增大的趋势。面积影响递减指数 n 是区域性综合结果,主要反映流域面积对模数的影响。 n 值的物理意义是当流域面积增大到一定数值后,排水模数的减小很少,即这时流域面积变化造成的影响不大。

从以上分析可知,排水模数公式综合考虑了影响洪峰流量的多种因素,符合实际的产汇流情况。由实测降雨径流资料可以率定相关参数。经过与实际的数据对比分析,该法计算结果较为准确。

4 结语

城市化进程对城市水文特性产生了重大影响,造成了城市洪水计算的特殊性与复杂性。本文通过城市室外排水(雨水)公式和平原排水模数公式的对比分析,得出以下结论:

(1)城市室外排水(雨水)公式适用于短历时暴雨、低标准情况,最长历时 120 min,因此计算出

的各种频率的洪峰流量值的基础应是 120 min 内的各种频率,无法用于长历时、高标准情况;此外,该公式没有考虑河槽滞蓄作用,分段计算的流量采用逐段叠加的方法,形成“增量+增量+...+”,其计算结果偏大。市区设计洪水作为城市防洪规划设计洪水的一部分,需计算历时 >12 h 的各种频率标准(5 a、20 a、50 a、100 a、200 a一遇)的洪水,采用上述市区设计洪水洪峰流量计算公式显然不合理。

(2)排水模数法主要应用于天然状况的流域,其参数由实测降雨径流资料推求,尽管排水模数法综合考虑多种影响因素,比较符合实际,但具有区域局限性,与市区水文条件有一定的差异,因此城市防洪规划中市区设计洪水计算更为合理的方法,有待进一步深入研究。

参考文献

- [1]黄俊材.小城市设计洪水分析计算方法的探讨[J].广东水利水电,2004(1):42-43.
- [2]郭绍光,梁扬武.城区小流域暴雨洪水计算方法的探讨[J].广西水利水电,2003(2):41-43.
- [3]张志华.城市化对水文特性的影响[J].城市道桥与防洪,2000(2):28-29.
- [4]孙慧修,郝以琼,龙腾锐.排水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,1999:73-76.
- [5]邵尧明.浅析现行规范城市雨强公式存在的问题及改进意见[J].给水排水,2006(5):110-112.

山东烟台将投资 9.08 亿元“编织”干线公路网

今年烟台市干线公路计划实施工程项目 18 个,完成投资 9.08 亿元,建设里程 280 km,同时投入养护资金 1.6 亿元,实施干线公路大中修里程 252 km,全力保障公路安全畅通。

去年,烟台市公路局共承担了 20 个公路建设项目,威青高速公路、成龙线牟平至轸格庄、成龙线福山南绕城等 6 个项目已建成通车,同三高速臧家庄立交、同三高速零点立交进出港匝道工程等 2 个项目基本完工,其他项目正在按计划进行。2007 年,烟台市计划实施干线公路工程项目 18 个,计划完成投资 9.08 亿元。其中,同三高速福山立交等 4 项高速公路工程,计划投资 0.35 亿元;省道 802 栖霞公路改建工程等 14 项改建工程,计划投资 8.73 亿元。同时,坚持“建”、“养”并重,全年完成养护投入 1.6 亿元,全年实施大中修里程 252 km,同步实施公路文明样板示范工程和安全保障工程,推行“精细化养护”和“快速养护”,加大依法治路力度,全面提高路网整体通行能力和服务水平。