

海河流域中部地区暴雨径流关系分析

许兰彩¹, 郭 璞¹, 朱永涛²

(1. 廊坊市防汛抗旱指挥部, 河北 廊坊 065000; 2. 河北省水利科学研究院, 河北 石家庄 050051)

摘要:通过实际资料分析,初步摸清了海河流域中部地区的暴雨径流参数、产流方式以及单位线型变化规律和确定方法。经过 5 年的实践验证,该地区洪水预报计算精度大大提高。实践证明,变动参数理论符合海河流域中部地区实际。

关键词:洪水预测;暴雨径流参数;变动产流方式;海河流域

中图分类号:P331

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2002)06-0014-03

海河流域中部地区是指大清河、永定河、北运河、潮白河、蓟运河等河的中、下游地区。该地区年降雨平均在 400~700 mm,属于半干旱地区,且年降雨的时空分布极不均匀,70%的降雨集中在 6~9 月份,特大暴雨和特大洪水一般都发生在 7 月下旬至 8 月上旬。在此期间的暴雨量大,强度也大。

1949 年以前,人对自然的影响力很弱,河道湖泊水流常在,海河中下游地区大小河道水流不断,几十个大小洼淀常年蓄水,地下水也丰富,下游地区地下水埋深在 0.5 m 左右。20 世纪 50 年代后期,农田建设步伐加快,开始大兴水库;60 年代大搞河道治理,挖河筑堤;70 年代又打水井,迅速开发自然森林植被,等等,人对自然的影响使自然地理条件发生了巨大变化,河湖水流常流的现象不存在了。流域下垫面的根本性变化使暴雨径流和产流方式也发生了变化。

灌溉用水、城市用水日增,地下水埋深普遍下降。海河流域文安洼、贾口洼、东淀、大黄铺洼、黄庄洼、七里海、团泊洼以及周边地区的地下水埋深由 0.3~0.5 m 左右下降到 3~6 m,且年内也有变化,由于春季灌溉大量抽取地下水,超采严重,6 月底地下水埋深最大,7 月开始回复,年变幅 2~6 m。由于平原地区地下水严重超采,致使上游浅山区的地下水埋深也逐年下降,目前已下降 3~8 m。

国家防汛抗旱总指挥部信息中心和海河水利委员会在利用新安江模型编制永定河山峡地区暴雨径流方案时发现,方案只适用于 1956 年洪水,对于其他年份(如 1950 年、1958 年、1963 年)误差都很大。其原因是暴雨径流的参数各不相同。

1 流域最大初渗

流域最大初渗是指在流域内从入春至发生暴雨之前无有效降雨的情况下,流域出口为暴雨中心的洪水起涨时的相应降雨量。流域最大初渗的确定是应用前期影响雨量接近于 0 并且暴雨中心在流域出口的洪水资料计算的。一般前期影响雨量接近 0 的资料较少,也可应用前期雨量相对较小的洪水资料,运用试错法确定。

从流域分析看,流域最大初渗地区差异较大,高山石山的深山区流域最大初渗很小,一般在 10~20 mm,降雨超过 30 mm 就会产生径流;浅山区流域最大初渗一般为 50~70 mm,比深山区大 2 倍多;靠近平原的浅山丘陵地区,流域最大初渗一般为 90~120 mm,比浅山区大 1 倍左右。

由于下垫面的变化,蓄水能力普遍增加,最大初渗值相应增大。深山石山区,如黑河流域的三道营以上、潮河流域大阁以上,20 世纪 60 年代最大初渗在 10 mm 左右,到 90 年代增至 18~20 mm。

太行山迎风坡区,下垫面变化较强,最大初渗由 85 mm 左右增至 130 mm 左右,增大 40~50 mm。大清河北支的大石河 20 世纪 60 年代的最大初渗在 80 mm 左右。1998 年 7 月 15 日降雨达 110 mm,前期影响雨量 20 mm,大石河漫水河站没有洪水发生,最大初渗在 130 mm 左右,增加了近 50 mm。又如永定河官厅山峡,1956 年最大初渗在 90 mm 左右,1998 年 7 月 5 日清水河青白口站降雨 108 mm,前期影响雨量 25 mm,清水河青白口站只有 3 m³/s 的洪峰出现,7 月 5 日降雨几乎全部损失,最大初渗为 130 mm,增加

近 40 mm.

平原低洼地区主要是受地下水埋深严重下降的影响,最大初渗也有变化.一般地下水埋深由 0.5 m 下降到 3~4 m,最大初渗由 90 mm 增至 120 mm 左右.但随着降雨增加,地下水埋深回复,最大初渗则变小.1977 年文安洼的八里庄和高屯,地下水埋深由 2.6 m 减少至 0.75 m,最大初渗值由 110 mm 减少至 70 mm.蓟运河支流 沟河最大初渗年际变化见图 1.

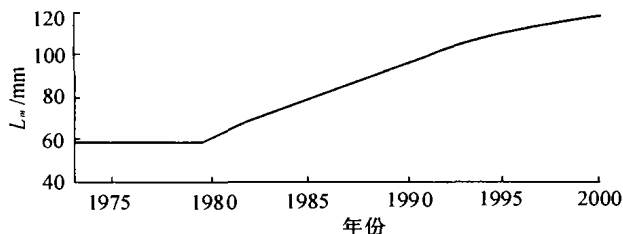


图 1 沟河最大初渗变化

2 稳定入渗率

稳定入渗率为在地面产生径流期间,即地面有薄膜水的情况下,单位时间渗入地面的降雨,一般以 mm/h 计.

在发生径流的过程中,流域中各点的稳定入渗率始终是存在的,这样的数据可以在实验室测得.但在发生径流的过程中,稳定入渗渗入地下的降雨,一部分补充了地下缺水,并随着年内暴雨的增多,一部分渗入地下又以壤中流的形式流入小河.当地下的壤中流向河道补给的水量与降雨渗入地下的水量相等时,下垫面的实际增加量等于 0,整个流域计算的稳定入渗率接近于 0.

整个流域的稳定入渗率是用流域出口处的洪水资料和流域内降雨分析计算得出的.计算公式为

$$f_c = (P + P_a - L_m - R_{\text{全}}) / T_0 \quad (1)$$

式中: f_c 为流域稳定入渗率, mm/h; P 为流域平均次降雨量, mm; P_a 为流域平均前期影响雨量, mm; T_0 为流域平均稳定入渗历时, h; L_m 为最大初渗, mm; $R_{\text{全}}$ 为径流深(包括地面径流和壤中流流入河道的径流), mm. 由于 T_0 和 P 不能直接确定,可用试错法得之.

根据大量的资料分析,海河流域稳定入渗率有年际间的变化,也有年内的变化.一些地区有逐年增大的趋势,特别是燕山南麓从 20 世纪 60 年代到 80 年代,普遍增大了 1~3 mm/h,增大趋势较微.年内变化相对比较大,迎风坡山区汛初往往最大初渗率为 10~15 mm/h.如州河的山区水平口,1984 年 7 月底以前严重干旱,8 月 9 日降雨 175 mm,稳定入渗率达到 11 mm/h.沟河汛初最大初渗率可达 10~15 mm/h.在年降雨充沛的情况下,流域稳定入渗率

接近 0 的情况多有发生.如大清河的白沟河和拒马河、潮白河系的潮河和白河、蓟运河的州河等.发生流域稳定入渗率接近 0 的情况都发生在汛期的后期.因此,流域稳定入渗率存在年内变化,每年汛初大,随着降雨的不断增多而逐渐变小,但是,年内累积降雨不多时(如 700 mm 以下)不一定发生流域稳定入渗率等于 0 的情况.

流域稳定入渗率既然是一个变动参数,在预报工作中,除了确定最大初渗外,还要首先确定流域稳定入渗率.大量资料分析表明,流域稳定入渗率与 5 月 1 日以后的累积降雨有密切的关系.建立 $\sum P$ (5 月 1 日至暴雨前的累积降雨)与 f_c (流域稳定入渗率)的关系图(图 2),用 $\sum P \sim f_c$ 关系图间接求得 f_c .

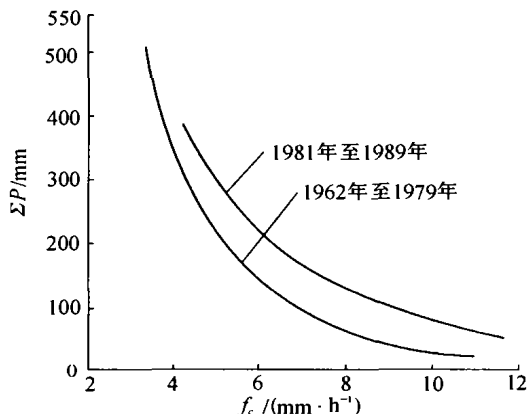


图 2 沟河 $\sum P \sim f_c$ 关系

3 产流方式

大量资料证明,流域稳定入渗率存在,则产流方式为超渗产流.但在一定的条件下,流域稳定入渗率趋于 0 时,产流方式特征表现为蓄满产流.

产流方式由超渗产流向蓄满产流转化,是暴雨径流的产流方式的全过程.在一些地区,如下垫面的不透水层距离地面很深,包气带厚度很大,而年降雨量很少(如干旱和半干旱地区年降雨量在 400 mm 以下),从年初到年终,始终保持流域稳定入渗的存在,产流方式全为超渗产流.在半干旱地区,下垫面的不透水层距离地面较近,包气带厚度较小,流域稳定入渗率随着降雨逐渐减少,在达到临界条件时(如地下水埋深小于 0.7 m 或 5 月至对应暴雨以前的累积降雨超过 800 mm 左右时,稳定入渗全部以壤中流方式,还于地面径流)由超渗产流变为蓄满产流.

4 洪水总量计算成果与实测成果对照

据统计,从 1960~2000 年各河计算成果看,66 次洪水中精度在 90% 以上的有 30 次,占 45%;精度在 75% 以上的 61 次,占 92%;精度在 50% 以上的 66

次,占 100%,见表 1.

表 1 海河流域有关河道径流量计算成果精度统计

水 系	河 名	站 名	统计年代	不同精度洪水/次			
				总数	90% 以上	75% 以上	50% 以上
永定河	永定河	三家店	1956~2000	8	4	8	8
潮白河	潮 河	大 阁	1964~1986	10	3	10	10
潮白河	潮河下 大区间	下 会	1964~1986	9	4	9	9
潮白河	黑 河	三道营	1964~1976	7	2	7	7
潮白河	白 河	张家坟	1964~1989	9	6	9	9
潮白河	密苏区间	苏 庄	1972~1998	11	6	11	11
大清河北	北落区间	北河店	1988~1998	2	1	2	2
大清河南	任文干	八里庄	1976~1980	2	1	2	2
北运河	温榆河	苇 沟	1968~1990	8	3	8	8
合 计			1956~2000	66	30	61	66

从表 1 看,75%以上次数的洪水精度达 92%,成果精度较高.以永定河为例,1998 年官厅山峡降雨量最大达 260~300 mm,如按历史资料对照,与 1958 年和 1963 年相近;三家店最大流量可能为 $1000\text{ m}^3/\text{s}$,永定河泛区要转移 54 个村的村民,考虑到下垫面的变化,应用变动参数的方法进行计算,洪水总量计算成果的计算精度在 85%以上,洪峰流量计算成果的计算精度也在 85%以上.所得实测最大流量分别为 $160\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $320\text{ m}^3/\text{s}$.廊坊市防汛抗旱指挥部按照计算成果作出新的决策,取消了转移 54 个村村民的计划,避免了指挥上的失误.

5 关于海河流域暴雨洪水过程计算问题

海河流域的暴雨地面分布有很强的不均匀性,地面产流也有较大差异,反映在洪水过程线上也有差异.洪水过程计算要针对暴雨不均匀性和产流地面差异提出合适的模式,计算成果才能可靠.

产流(净雨)历时不同,单位线不同.以永定河官厅山峡为例,2h 单位线峰型“瘦”,最大纵高大,一般

为 $250\text{ m}^3/\text{s}$;3h 单位线峰型稍“胖”,最大纵高较大,一般为 $230\text{ m}^3/\text{s}$;6h 单位线峰型“胖”,最大纵高低,一般为 $200\text{ m}^3/\text{s}$.因此,要编制不同净雨历时的单位线多条,暴雨发生时选相似的线型计算,成果精度高.

暴雨中心不同,单位线型也不同.同样的地理条件,暴雨中心在下游峰高而在上游峰低.有时由于受不同地理条件的影响,峰型也不同.山区坡度大,汇流快,峰尖“瘦”,平原地区坡度缓,汇流慢,峰“胖”.往往以上两因素同时影响,则不同暴雨中心峰型不一样,因此,要绘制多种暴雨中心的单位线备用.

产流方式不同,单位线型不同.蓄满产流的线型“胖”,而超渗产流的线型尖“瘦”.超渗产流的线型,流域稳定入渗率大的线型尖“瘦”,而流域稳定入渗率小的线型较“胖”.

流域出口单位线的线型有时受人为因素的影响,突然提升闸门会增大峰值.永定河官厅山峡 1958 年 7 月 10 日发生洪水,三家店出现洪峰 $1340\text{ m}^3/\text{s}$,此峰是由于三家店拦河闸闭闸蓄水,洪水快到闸门顶时突然提升闸门加大了洪峰形成的.根据 1959 年官厅水库的放水资料分析,突然提升闸门加大了洪峰流量 $450\text{ m}^3/\text{s}$.因此,如发生突然提升闸门情况要进行修正计算,将计算结果与突然提升闸门增大的流量过程叠加,得到合理的计算成果.

流域汇流计算必须选择不同产流方式、不同暴雨中心、不同净雨历时,绘制很多条线,在使用时,选择相似的线型推求出口过程线.

实践证明,暴雨径流参数为变数,产流方式超渗和蓄满在一定条件下相互转换,单位线型复杂多变等问题,是客观存在的特性.因此,研究具有海河流域特点的洪水规律,是提高洪水预测水平的关键.

(收稿日期:2001-11-20 编辑:傅伟群)

(上接第 3 页)

5 结 语

自 1997 年以来,我国降水量除 1998 年比多年平均值偏多 11.6%,长江、嫩江等河流发生了特大洪水,是丰水年外,其余的 1997,1999 和 2000 年 3 年均比多年平均值偏少 0.9%~4%,属平水年,为南丰北枯型.2000 年我国北方大部分及南方部分地区发生了严重干旱,旱灾波及 20 多个省区,国务院决定实施引黄济津应急调水.因此,研究分析近期 4 年的降水与径流的变化趋势,对搞好防汛抗旱、水资源合理配置以及协调生活、生产和生态用水,具有重要的现实意义.

参考文献:

- [1] 1997 中国水资源公报[R].北京:中华人民共和国水利部,1997.
- [2] 1998 中国水资源公报[R].北京:中华人民共和国水利部,1998.
- [3] 1999 中国水资源公报[R].北京:中华人民共和国水利部,1999.
- [4] 2000 中国水资源公报[R].北京:中华人民共和国水利部,2000.
- [5] 1997 年中国气候公报[R].北京:国家气候中心,1997.
- [6] 1998 年中国气候公报[R].北京:国家气候中心,1998.
- [7] 1999 年中国气候公报[R].北京:国家气候中心,1999.
- [8] 2000 年中国气候公报[R].北京:国家气候中心,2000.

(收稿日期:2002-05-21 编辑:马敏峰)