

沂沭泗水文测报及水利管理

主 编 孔祥光

副主编 詹道强 屈 璞

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

沂沭泗水文测报及水利管理

主 编 孔祥光
副主编 詹道强 屈 璞

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书以水文预报、水文测报及新技术应用、水资源利用保护、暴雨洪水分析以及水利管理等五个篇章为主题,择优收录了各次水文协作会议的优秀应征论文。目的是展示新时期沂沭泗水利人的科研成果,鼓励水利工作者关心沂沭泗、钻研业务,努力营造科学、民主、求实、创新的学术氛围,进一步落实科学发展观和可持续发展水利思路,共同创造人水和谐的沂沭泗。

图书在版编目(CIP)数据

沂沭泗水文测报及水利管理/孔祥光主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.12
ISBN 978 - 7 - 81107 - 825 - 1

I. 沂… II. 孔… III. ①淮河—水文观测②淮河—水利工程—管理 IV. TV882.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 201009 号

书 名 沂沭泗水文测报及水利管理
主 编 孔祥光
责任编辑 罗时嘉 孙 浩 齐 畅
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 34.5 字数 861 千字
版次印次 2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷
定 价 100.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

淮河流域沂沭泗水系流域面积近 8 万平方千米,但是其河道变化的复杂情况正如水利专家钱正英所说,不但在全国、恐怕在世界上也是少有的,在某种意义上,沂沭泗河道变化的历史也是中国江河治理历史的一个缩影。由于流域地处我国南北气候过渡带、中纬度过渡带和海陆相过渡带,各种天气系统相互交错,又相互影响,常造成降水年际、季节变化剧烈,主汛期 7~8 月降水量的最大值可以达到最小值的 4 倍多。流域所处的特殊地理位置决定了沂沭泗流域防汛工作的重要性和复杂性。

流域上游大多为山区性河道,源短、坡陡,洪水来势迅猛,峰高流急;下游河道则地势平坦,河床淤积严重,行洪缓慢且持续时间长,极易发生洪涝灾害。目前沂沭泗主要河湖的防洪标准仅为二十年一遇,远不能适应流域经济社会发展的需要。因此,沂沭泗地区的防洪减灾工作仍是一项长期而艰巨的任务。

1999 年,沂沭泗水利管理局及江苏、山东两省水文局共同倡议举办沂沭泗水文协作会议,就水文行业发展的热点问题进行研讨,通过交流进行取长补短,开阔视野,拓宽水文面向社会之路,共同促进流域水文事业的发展。在水利部水文局和淮委水文局领导的大力支持下,沂沭泗水利管理局承担了水文协作会的组织和协调工作,2000 年在连云港成功举办了沂沭泗水文协作会第一次会议。本着“交流、友谊、合作、发展”的主旨,之后又相继在烟台(2002 年)、无锡(2004 年)和青岛(2006 年)召开了水文协作会议,为流域水文事业的发展起到了积极推动作用。

从水文协作会的第一次会议开始,每次会议都进行了论文征集和交流。流域广大水利工作者积极响应,就流域的水文水资源、防汛抗旱以及水利管理等方面的热点、难点问题进行研究和探讨,撰写了许多具有较高学术价值的优秀论文,研究成果对流域今后的规划和治理具有重要的参考价值。

第五次水文协作会议共收到会议征文 52 篇,将于 2008 年春季在南通市召开。为便于交流,本书以水文预报、水文测报及新技术应用、水资源利用保护、

暴雨洪水分析以及水利管理等五个篇章为主题,择优收录了各次会议应征论文中的 96 篇文章汇编成集,并正式出版。目的是展示新时期沂沭泗水利人的科研成果,鼓励水利工作者关心沂沭泗、钻研业务,努力营造科学、民主、求实、创新的学术氛围,进一步落实科学发展观和可持续发展水利思路,共同创造人水和谐的沂沭泗。值本论文集付梓之际,谨向为本书付出辛勤劳动的作者致以诚挚的谢意。

由于时间仓促、编者水平有限,文集中难免出现疏漏和不当之处,请批评指正。

编 者

二〇〇七年十二月

目 录

前 言	(1)
-----	-----

水 文 预 报

依据暴雨特征推求沂河临沂水文站单位线方法研究	徐智廷 孙廷玺 张世功 等(3)
新沂河糙率测验及其成果分析	陈锡林 陈家大 朱道军(9)
2003 年南四湖暴雨洪水预报调度回顾	汪中华 颜 立 时延庆(13)
新沂河下游站洪峰流量大于上游站原因分析	李泰民 胡必要(18)
新沂河沭阳站水位流量关系分析	周中甫 张荣生(24)
沂沭河流域水库泄洪向下游站汇流演算方法探讨	张世功 陈常梅 段伟华 等(28)
中运河上段洪水演算方案研制和应用	盛建华(33)
动态汛限水位研究在沭河青峰岭水库的应用	刘家法 王 群 郭少芳 等(39)
韩庄运河段河道洪水演算方案分析	李 凯 李 振 刘 昱 等(42)
沂沭泗湖泊水位预报存在问题及改进方向探讨	赵艳红(49)
沭河主要控制站洪峰传播时间变化原因探讨	杜庆顺(54)
平原水网区降雨径流关系分析	仓荣贵(57)
考虑小型水库调蓄提高径流量预报精度方法探讨	刘家法 郭少芳 张 雷 等(60)
南四湖下级湖报讯资料与整编资料水量对比分析	陈国浩 时延庆 朱新庆(65)
南四湖下级湖洪水预报有关问题探讨	盛建华(74)
盐城市坎岗河枢纽工程过闸流量特性及率定方法研究	余乃旺(76)
沭河重沟站退水曲线分析及应用	杜庆顺(81)
水库现状天然来水量分析计算	郭少芳 刘家法(83)

水文测报及新技术应用

南四湖流量测验及分析	孔祥光 李明武 徐庆军 等(89)
------------	-------------------

利用 DEM 提取河网时集水面积阈值的确定	孔凡哲(98)
洪水预报系统构建平台	陈希村 陈翠英 唐培军 等(103)
时差法超声波流量计在运河水文站流量测验中的应用	李明武 刘远征 高正新 等(121)
水文新仪器在山东水文测验中的应用	刘易娜 张崇栋 李 鹏(127)
无线网络技术在沂沭泗防汛计算机网络系统中的应用	杨殿亮 刘远征(131)
新形势下沂沭泗水文自动测报系统管理模式探讨	胡文才(136)
XW 计算平台在水利信息网络中应用与改进	王从明(139)
流媒体技术在闸坝视频监控系统中的应用初探	王 磊(143)
利用 HADCP 实现二河闸流量自动监测的可行性	王业英 胡 明 卜贤晖(149)
徐州分中心遥测系统不可靠环节浅析及对策	李明武 刘远征 司存友(153)
基于 MapInfo 的水文信息分析处理系统的开发和应用	吕胜国 王金良 贾平英 等(158)
地理信息系统在水文情报预报中的应用	孙宝森 马春青 陈向喜(164)
嶂山闸水位流量关系分析及其对控制运用的影响	赵天昌(168)
沂沭泗水情信息系统建设	杨殿亮 王从明 王 磊(170)
沂沭泗局水利数据大集中思路探讨	王从明(174)
水文自动测报系统常见故障与排除	胡文才(178)
数据仓库技术在水利信息化中的应用	王 磊(182)
数据库在水利信息化建设中的应用及思考	李风雷(186)
菏泽市地下水位数据自动成图及动态显示系统的设计与实现	霍东亚 郭仁华(190)
淄博市防汛雨水情监测网数据库冗灾与备份	张 斌(196)
日照市水情自动测报网络系统建设与使用	王 群 刘加法(199)
数字化存储波形水位滤波及应用方案	王新华 陈向前 王桂花 等(202)
菏泽水情分中心应用软件二次设计与开发	郭仁华 吕胜国(206)
网络信息技术在防汛抗旱中的应用	孙宝森 张 斌 陈向喜 等(212)
GPRS 远程水文监测应用	吉光林(218)
GSM 短信技术在雨水情信息系统中的应用	吕胜国 王金良 贾平英(222)
GPRS 网络在水文现代化中的应用	张 斌 孙宝森 于仲伟 等(227)

水资源利用保护

骆马湖水资源管理和水生态环境保护现状与对策研究	郑胡根(233)
-------------------------------	----------

Mike Basin 实现流域水资源合理配置	赵 瑾 汪跃军 王式成 等(298)
淮河上游水资源管理决策支持系统(HHDSS)应用研究	陈竹青 汪跃军 王式成 等(303)
山东省淮河流域纳污能力分析及水资源保护对策措施研究	姜山崇 王立萍 邢文洁 等(310)
沂沭泗流域 2002~2005 年监测断面水质达标率变化及对策建议	詹道强 吉文平(320)
沂沭河流域水资源合理配置的实现途径	赵艳红(326)
南四湖水资源计量监测系统管理模式探讨	胡文才(330)
鲁东南沿海地区水土保持发展战略研究	刘家法 郭少芳(334)
新沂河污水生态净化试验研究	洪国喜 郝达平 周中甫 等(341)
盐城市沂南区水资源与水环境现状分析及对策研究	黄广勇(348)
沂沭泗流域洪水资源利用与“人水和谐”关系的思考	詹道强 沈万和 李新国(351)
DRASTIC 在济宁地下水水质脆弱性研究中的应用	李吉学 朱庆申 舒博宁 等(355)
浅谈苏北地区水资源配置监控调度系统的运行维护	胡 明(362)
浅议徐州市市区中水回用的可行性	范传辉 陈 颖(365)
泰安市降水特征及其对水资源的影响分析	张春霞 亓修增 段建筑(369)

暴雨洪水分析

山东省“麦莎”台风暴雨洪水初步分析	张胜平(377)
江苏省 2005 年汛期雨情分析	闻余华 罗俐雅(385)
对沂沭泗流域 2003 年暴雨洪水的回顾与思考	詹道强 赵艳红 胡文才(389)
沂沭河流域暴雨洪水特性分析	徐智廷 孙廷玺 周玉华(393)
2007 年汛期沂沭泗流域暴雨洪水分析	赵艳红(400)
临沂水文站 2005 年“9·20”洪水成因分析	张世功 陈常梅 段伟华 等(404)
泗河 2007 年 8 月中旬洪水特性分析	陈国浩 颜 立 张传信 等(409)
大汶河流域 2003 年 9 月暴雨洪水特性分析	段建筑 亓修增 张春霞 等(415)
韩庄运河台儿庄闸站 2005 年汛期水情分析	李 凯 王新华 王 琰 等(420)
2005 年徐州地区暴雨洪水及淹涝综述	吉文平 李传书 杨明非 等(423)
新沂河沭阳站以上 2003 年 7 月洪水简析	周中甫(428)

新濰河流域 2005 年 8 月上旬暴雨洪水分析	杜长辉	张桂华	乔丛林(431)
沂沭泗流域 2005 年 9 月中下旬雨洪特点分析	詹道强	赵艳红	胡文才(435)
大汶河流域 2007 年 8 月中旬暴雨洪水分析	段建筑	姚 萌	张春霞等(441)
奎濰河流域 2007 年汛期暴雨洪水分析	蒋永奎	马爱护	(444)
济宁市水文特征分析	李吉学	汪中华	齐云婷等(448)
菏泽市旱涝规律及成因分析	霍东亚	郭仁华	(455)
枣庄市年最大旬雨量与区域洪涝关系分析	李 凯	时均文	王 琰等(462)
废黄河杨庄闸以下流域暴雨洪水特性分析	黄广勇	查 红	(469)

水利管理

化水害为水利的成功实践	王嘉涛	徐时进	(477)
淮河防汛气象保障与服务系统	徐 珉		(480)
沂沭河洪水调度与防洪减灾	沈万和	赵桂真	(486)
2007 年沂沭泗局防汛工作回顾及思考	徐小松		(489)
生态和谐防洪战略与经济可持续发展	刘家法	郭少芳	(493)
蚌埠闸上主要农作物灌溉用水量计算	梁学海	王式成	陈竹青(496)
大汶河流域旱灾情况分析	张春霞	段建筑	(502)
水利工程合成标底投标中报价决策的博弈分析	张凤翔	唐劲松	(506)
闸门监控监视系统在彭道口闸的应用	王伯龙	董 超	(511)
嶂山闸除险加固工程上游围堰设计与施工	李义军		(516)
建立水文设施建设质量保证体系的探讨	牛广东	褚 峰	(522)
膜袋混凝土护坡新技术应用	邢 坦		(525)
橡胶伸缩缝在水闸交通桥桥面伸缩缝维修中的应用	董 超		(528)
水利工程维修养护工作中存在的问题及建议	徐小松		(531)
加强项目管理 确保工程安全	李义军		(535)
GQF-C-80 型伸缩缝在水闸工作桥桥面改造中的应用	董 超	单 府	张剑锋(539)

水文预报

依据暴雨特征推求沂河临沂水文站单位线方法研究

徐智廷 孙廷玺 张世功 王宝彩 徐波勇

(山东省临沂水文水资源勘测局 临沂 276002)

摘 要 本文系统阐述了与单位线要素关系密切的暴雨特征及其定量方法,依据暴雨特征建立的临沂水文站以上大中型水库以下区间流域单位线要素综合方程,能够精度较高地推求任意时空分布暴雨的单位线洪峰流量及洪峰滞时。文中提出的分级单位线方法和底水大小对单位线要素影响的修正办法,配套解决了已知单位线洪峰流量及洪峰滞时推求相应单位线流量过程及复雨峰单位线推流的暴雨参数修正问题,方便实用。整个研究成果已在沂沭河流域洪水作业预报工作中得到充分应用。

关键词 暴雨特征参数 单位线要素综合方程 分级单位线

1 引言

沂河临沂水文站洪水作业预报中常采用经验单位线进行大中型水库以下区间流域的洪水流量过程预报。经验单位线也称时段单位线,属“黑箱”模型,其假定为:集总,线性时不变;而决定汇流曲线的因素是流域自然地理特性及河槽水力条件,前者可认为保持不变,后者主要为河槽汇流速度及调蓄作用,只有当河槽汇流速度及调蓄作用恒定,才能保持单位线不变的假定。实际上,因降雨特性不同导致河槽的水力条件是变化的,故采用直接径流过程及净雨过程分析出的经验单位线基本呈现为“一场水一个样”,这给洪水作业预报时的选用带来困难。传统办法是对分析的经验单位线进行综合,一般按洪量或雨强大小进行分类,并以洪峰流量、径流总量及暴雨中心位置作为参数。但净雨在流域上的分布往往很复杂,难以定出明确的标准。在划分类型时又要挑选其他条件相近而雨型各异的洪水,实际综合很困难,最后常成为历史资料的罗列,只能供预报时参考。近年来,我局在这方面进行了有益探索,提出了依据暴雨特征推求沂河临沂水文站单位线的方法,实践证明,该方法能够有效提高洪水预报的精度,同时又便于实时计算机联机预报。

2 选用暴雨特征参数

2.1 洪水大小及净雨强度代表参数

大量实测资料证明,在净雨历时和暴雨中心位置等条件相同的情况下,净雨总量 R 与单位线峰值 q_m 及洪峰滞时 t_p 分别具有较密切的正、反相关关系;当净雨总量 R 一定且其他条件不变时,净雨历时与洪峰滞时 t_p 、净雨强度与单位线峰值 q_m 都具有一定的正相关关系。经分析,主要净雨历时 T_z (扣除净雨始、末阶段时段净雨量小于三分之一平均时段净雨量相应时段历时以后的净雨历时) 比全部净雨历时与单位线洪峰滞时的关系更密切;时段净雨峰值 R_m 比全部净雨平均强度在反映净雨强度对 q_m 的影响方面更好。因此,选用净雨总量 R 、主要净雨历时 T_z 及时段净雨峰值 R_m 作为洪水大小及净雨强度的代表参数。

2.2 暴雨中心影响参数

暴雨中心位置不同,不仅从汇流路径长短和调蓄作用大小方面影响单位线,而且还因暴雨中心附近流域面积分配权重和地形坡度差异对汇流叠加的作用不同,使单位线呈明显的差异。显然,在考虑暴雨中心位置不同对单位线的影响时,还必须同时考虑暴雨中心雨量 P_m 与流域平均雨量 P 的相对差别。因为,如果两者相差很小, P_m 与 P 的比值趋近于 1 时,暴雨中心在流域上任何地方也和均匀降雨的结果基本一致,而随着 P_m 与 P 的比值增大,不但暴雨中心位置处汇流路径长短、调蓄作用大小的影响加大,而且暴雨中心附近地形、面积权重等汇流特点对单位线的影响也相应增加。根据上述分析,同时考虑到不同暴雨分布情况对单位线的影响,与用等流时线法对该雨情推流反求单位线的差别关系密切,确定采用 $B_1 = V_1^{\frac{P_m}{P}-1}$ 及 $B_2 = V_2^{\frac{P_m}{P}-1}$ 作为综合反映暴雨中心位置及暴雨中心雨量与流域平均雨量差别对单位线洪峰流量及洪峰滞时影响的参数。其中, V_1 及 V_2 是暴雨中心位置参数(无因次)。

流域各处 V_1 、 V_2 值的确定办法为:依据常见暴雨的流域平均时程分配雨型,分别假设 $\frac{P_m}{P}=1$ 、 $\frac{P_m}{P}=2$ 及暴雨中心位置分别在上、中、下游的情况,先用等流时线法推流,再分别分析其单位线要素值,可得 $\frac{P_m}{P}=2$ 时暴雨中心在上、中、下游的单位线洪峰流量 $q_{m2上}$ 、 $q_{m2中}$ 、 $q_{m2下}$ 及 $\frac{P_m}{P}=1$ 时的单位线洪峰流量 $q_{m1上}=q_{m1中}=q_{m1下}$,则 $V_{1上}=\frac{q_{m2上}}{q_{m1上}}$ 、 $V_{1中}=\frac{q_{m2中}}{q_{m1中}}$ 、 $V_{1下}=\frac{q_{m2下}}{q_{m1下}}$ 。同理可得 $\frac{P_m}{P}=2$ 时暴雨中心在上、中、下游的单位线洪峰滞时 $t_{p2上}$ 、 $t_{p2中}$ 、 $t_{p2下}$ 及 $\frac{P_m}{P}=1$ 时的单位线洪峰滞时 $t_{p1上}=t_{p1中}=t_{p1下}$,则 $V_{2上}=\frac{t_{p2上}}{t_{p1上}}$ 、 $V_{2中}=\frac{t_{p2中}}{t_{p1中}}$ 、 $V_{2下}=\frac{t_{p2下}}{t_{p1下}}$ 。再依等流时线间隔数插补计算各等流时面积上的 V_1 、 V_2 值。 V_1 值基本随等流时面积分配率变化,最大值在中游附近,向上、下游递减,但上游大于下游; V_2 值大致随汇流长度变化,上游大、下游小,但下游到中游之间的增大变率明显小于中游到上游之间。 V_1 、 V_2 及相应等流时区平均雨量计算式见表 1。

表 1 临沂水文站以上大中型水库以下区间流域暴雨中心位置参数资料表

等流时线 区间序号	等流时线区间 面积权数/%	等流时线区间面积平均雨量计算式	暴雨中心位置参数	
			V_1	V_2
1	0.54		1.00	0.78
2	3.06	$P_{区}=P_{角沂}$	1.11	0.79
3	5.16		1.22	0.80
4	6.86	$P_{区}=P_{刘庄}$	1.33	0.81
5	6.99	$P_{区}=(P_{高里}+P_{姜庄棚})\div 2$	1.44	0.82
6	9.30	$P_{区}=P_{石岚}$	1.55	0.83
7	12.15	$P_{区}=(P_{双后}+P_{许家崖})\div 2$	1.67	0.84
8	10.45	$P_{区}=(P_{付旺庄}+P_{垛庄})\div 2$	1.63	0.90
9	14.60	$P_{区}=(P_{斜屋}+P_{石门}+P_{杨庄}+P_{岳庄})\div 4$	1.59	0.97
10	11.00		1.53	1.03
11	12.15	$P_{区}=0.25\times(P_{戴山}+P_{埠堤})+0.5\times P_{公家庄}$	1.51	1.09

续表 1

等流时线 区间序号	等流时线区间 面积权数/%	等流时线区间面积平均雨量计算式	暴雨中心位置参数	
			V_1	V_2
12	6.38	$P_{\text{区}} = (P_{\text{唐村}} + P_{\text{公家庄}}) \div 2$	1.47	1.16
13	1.36		1.42	1.22

注 $P_{\text{角沂}}$:角沂站次雨量,余类推;各 $P_{\text{区}}$ 中的最大值即为本次暴雨的 P_m 。

2.3 雨团移动影响参数

在暴雨笼罩的范围内,雨强最大的中心部分,习惯称为雨团。有的暴雨过程雨团位置基本不变;有的暴雨过程雨团随天气系统的移动而移动。根据等流时线汇流计算验证,对于临沂这样的较大流域,在流域平均时段净雨过程相同的条件下,雨团顺、逆流方向移动方向不同对洪峰流量大小特别是峰现时间早晚有一定影响。现采用雨团移动影响参数 Y 表示其影响系数,即

$$Y = 1 + c \cdot \cos(A_1 - A_0)$$

式中 A_1 ——雨团移向方位角, ($^\circ$);

A_0 ——要干支流河长加权的流向方位角, $A_0 = 154^\circ$;

c ——雨团影响轻重系数。

流域上雨强分布较均匀、无明显雨团中心或雨团稳定不动时, $c = 0$; 有明显雨团中心且在次暴雨中雨团进、出本流域时, $c = c_m$; 介于上述两者中间情况时酌情取中间值。确定 c_m

的方法是:设 $\frac{P_m}{P} = 2$ 的雨团平面分布,用等流时线法分别计算雨团顺流向移动、逆流方向移动及稳定在中游的洪水过程,再分析各自单位线,令雨团顺、逆流方向和全流域均匀降雨的单位线峰值分别为 $q_{\text{顺}}$ 、 $q_{\text{逆}}$ 、 $\bar{q}$,则得 $c_m = \frac{(q_{\text{顺}} - q_{\text{逆}})}{\bar{q}} = 0.08$ 。

3 建立单位线要素综合方程

根据临沂水文站实测暴雨洪水资料,挑选出代表性较好的场次洪水,通过河道汇流演算扣除上游大中型水库泄洪过程并进行基流分割求得临沂水文站以上大中型水库以下区间流域直接径流过程,结合产流计算求得相应净雨过程,采用分析法和试错法相结合的办法计算出各自的经验单位线并统计出相应的暴雨特征参数,详见表 2。

表 2 临沂水文站以上大中型水库以下区间流域单位线要素及暴雨特征参数资料表

洪水编号	单位线要素		暴雨特征参数					
	洪峰流量 $q_m / \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	洪峰滞时 t_p / h	净雨总量 R / mm	时段净雨 峰值 R_m / mm	主要净雨 历时 T_z / h	暴雨中心影 响参数 B_1	暴雨中心影响 参数 B_2	雨团移动影响 参数 Y
19600728	831	12	59.5	12.6	12	1.07	0.87	1.00
19600817	1 984	10	84.1	31.1	8	1.69	0.89	1.00
19620808	599	16	50	16	8	1.04	0.91	1.00
19630719	1 179	12	91.8	23.9	20	1.13	1.03	1.00
19710701	820	12	64.9	24.4	8	1.1	0.97	0.98

续表 2

洪水编号	单位线要素		暴雨特征参数					
	洪峰流量 $q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	洪峰滞时 t_p/h	净雨总量 R/mm	时段净雨 峰值 R_m/mm	主要净雨 历时 T_z/h	暴雨中心影 响参数 B_1	暴雨中心影响 参数 B_2	雨团移动影响 参数 Y
19740813	1 150	14	124.1	27.7	18	1.06	0.87	0.95
19800904	515	26	16.1	14.3	4	1.17	0.97	1.00
19820713	670	18	17.8	8.9	4	1.49	0.75	1.00
19900816	925	14	58	22.4	8	1.12	0.92	1.00
19930805	1 531	9	105.4	17.8	16	1.38	0.79	1.00

有了单位线要素及相应的暴雨特征参数,根据最小二乘法原理建立临沂水文站以上大中型水库以下区间流域以暴雨特征为参数的单位线要素综合方程如下:

$$q_m = 77.29R^{0.466}R_m^{0.113}B_1^{1.522}; t_p = 99.24R^{-0.577}T_z^{0.171}B_2^{0.766}Y^{7.096}$$

经返回验证,上述公式误差 $\leq |20\%|$ 的点据合格率均为100%。

4 确定单位线流量过程

4.1 插补计算分级单位线

将各经验单位线流量过程按峰值大小依次列于“不同峰值经验单位线流量过程汇总表”,填表时各单位线峰值在同一横行对齐,分别向前填峰前各段和向后填峰后各段的流量(表略)。在各经验单位线峰值变幅范围内,以级差 $\Delta q_m = 50 m^3/s$ 插补计算出峰值为 q_m 的分级单位线。插补时,先在“不同峰值经验单位线流量过程汇总表”上找到峰值与 q_m 相邻的两条经验单位线,这两条经验单位线无论是峰前还是峰后的时段数,均以多者为准,少者以时段流量为零补齐。采用下式插补计算分级单位线的各时段流量,即

$$q_i = q_{2i} + \frac{q_m - q_{m2}}{q_{m1} - q_{m2}}(q_{1i} - q_{2i})$$

式中 q_i ——峰值为 q_m 的分级单位线第 i 段流量, m^3/s ;

q_{1i}, q_{2i} ——峰值为 q_{m1}, q_{m2} 经验单位线的第 i 段流量, m^3/s ;

q_m ——分级单位线的洪峰流量, m^3/s ;

q_{m1}, q_{m2} ——与 q_m 相邻的两条经验单位线的洪峰流量, m^3/s 。

4.2 确定洪水作业预报用单位线流量过程

具体开展洪水作业预报时,首先统计出场次暴雨特征参数(R, R_m, T_z, B_1, B_2, Y),然后代入单位线要素综合方程求得单位线的洪峰流量 q_m 及洪峰滞时 t_p 。在分级单位线表中,直接选用峰值与 q_m 最邻近的分级单位线,并视 $t_p/\Delta t$ 与分级单位线峰前时段数的差别情况(Δt 为单位时段小时数)。用下述方法修改分级单位线的起涨部分:

若 $t_p/\Delta t$ (取整后)等于分级单位线峰前流量时段数,分级单位线不必修改。

若 $t_p/\Delta t$ (取整后)大于分级单位线峰前流量时段数,则在分级单位线起涨前补上相应差值段数时段流量为零的流量过程。

若 $t_p/\Delta t$ (取整后)小于分级单位线峰前流量时段数,则将分级单位线开始部分减去与差值相应的流量段数。因该站单位线开始部分时段流量很小,减去差值时段对洪水总量基本无影响。

5 修正底水大小对单位线参数的影响

底水大小直接影响洪水的汇流速度,必然影响单位线的洪峰流量和洪峰滞时。因本站分析的经验单位线基本都是单峰洪水分析成果,其底水较小且变化不大,所以单位线要素综合方程中未能反映底水对单位线参数的影响。若遇两次暴雨间隔时间不太长、后一场洪水底水较大的情况下,仍不考虑底水影响,只用第二场暴雨特征参数推求单位线,其 q_m 明显偏小, t_p 则明显偏大。因此,需考虑底水大小对单位线参数的影响。现假定底水增大对单位线的影响可以用增大相应净雨深及增大相应主要净雨历时来反映,采用以下方法对后一场暴雨的 R 、 T_z 先进行修正,然后再推求单位线洪峰流量 q_m 及洪峰滞时 t_p 。统计该站由实测资料分析的经验单位线的底水情况见表 3。

表 3 临沂水文站经验单位线底水流量情况统计表

各经验单位线底水流量上限 / $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	各经验单位线主要净雨 历时均值/h	底水流量上限值在 $T_z=10 \text{ h}$ 的峰量关系 线上相应净雨深 $R_{\text{限}}/\text{mm}$
1 126	10	23

在洪水作业预报时,若底水流量在经验单位线底水流量范围内,其底水影响已隐含在单位线要素综合方程中,不必修正。当底水流量大于各经验单位线底水流量上限时,先根据后一场暴雨的底水流量,用本站 $T_z=10 \text{ h}$ 的峰量关系曲线推求相应净雨深 $R_{\text{底}}$,再依下式修正后一场暴雨的 R 、 T_z 值,即

$$R' = R + R_{\text{底}} - R_{\text{限}}, T_z' = T_z + \frac{R_{\text{底}} - R_{\text{限}}}{R_{\text{底}}}$$

式中 R' 、 T_z' ——后一场暴雨修正后的净雨总量和主要净雨历时, h;

R 、 T_z ——后一场暴雨修正前的净雨总量和主要净雨历时, h。

有了 R' 、 T_z' ,即可结合后一场暴雨的 R_m 、 B_1 、 B_2 、 Y 等参数推求后一场洪水的单位线洪峰流量 q_m 及洪峰滞时 t_p 。

经用复峰洪水实测资料检验,上述修正办法可以明显减少底水影响的预报误差,提高预报精度。

6 汇流方案的误差检验情况

用上述综合单位线汇流方案,对参与建立综合方程的实测洪水点据作预报误差检验,成果见表 4。

表 4 临沂水文站单位线要素综合方程返回验证预报误差检验

预报洪峰流量误差情况		预报峰现时间误差情况	
累积频率 75%的相对误差	相对误差 ≤20%的点据合格率	累积频率 75%的预报误差	峰现时间误差 的最大值
相对误差 ≤5.7%	100%	预报误差 ≤2 h	4 h

再根据 1997 年 8 月 20 日暴雨资料,用上述综合单位线方法推求临沂水文站的洪水过程,与实测流量过程对比情况见图 1。

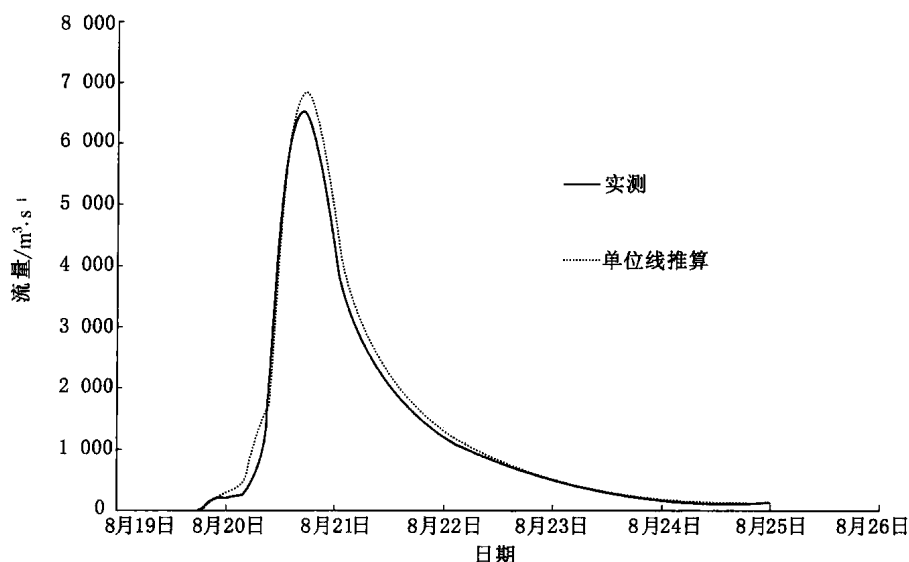


图1 临沂水文站 1997 年 8 月 20 日洪水流量过程线

7 结语

本文研究了与单位线要素关系密切的暴雨特征及其定量方法,依据暴雨特征建立的单位线要素综合方程,能够精度较高地推求任意时空分布暴雨的单位线洪峰流量 q_m 及洪峰滞时 t_p 。

文中提出的分级单位线方法和底水大小对单位线要素影响的修正办法,配套解决了已知 q_m 、 t_p 求相应单位线流量过程和复雨峰单位线推流的暴雨参数修正问题,比较方便实用。

在以后的研究工作中,要进一步解决不同雨型对分级单位线峰前、峰后流量的影响问题,以进一步提高洪水过程的预报精度。

参考文献

- [1] 庄一鹤,林三益. 水文预报. 北京:水利水电出版社,1986.
- [2] 长江流域规划办公室. 水文预报方法. 北京:水利电力出版社,1979.