

水文计算经验汇编

第 四 集

水利水电科学研究院水资源研究所 主编

水利电力出版社

水文计算经验汇编

第四集

根据流量资料计算设计洪水的方法

水利水电科学研究院水资源研究所 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书反映1965年以来全国水利水电规划、设计和研究部门在大、中型工程的设计洪水计算方面的经验,包括:洪水流量观测资料的复核及还原、历史洪水调查估算及考证、洪水系列代表性分析、洪水频率分析、设计洪水的地区组成、分期洪水及入库洪水等。

本书可供水文设计人员及大、专院校有关专业师生参考使用。

水文计算经验汇编

第 四 集

水利水电科学研究院水资源研究所 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 16.125印张 368千字

1984年12月第一版 1984年12月北京第一次印刷

印数0001—5750册 定价3.00元

书号 15143·5483

前 言

1980年初，原电力工业部水力发电建设总局、水利部规划设计管理局和水利水电科学研究院商定，组织有关单位进行大、中型水利水电工程设计洪水计算经验总结。在这次总结的基础上，结合1973~1978年历次设计洪水计算规范讨论会、1982年8月在哈尔滨召开的设计洪水学术讨论会上的交流文件及国内公开或内部发行期刊中的有代表性的材料共89篇，经过选编而成本汇编。它是一本根据流量资料以频率统计方法计算设计洪水的经验汇编，是原《水文计算经验汇编》的续集。其主要内容有：洪水流量观测资料的复核及还原、历史洪水调查估算及考证、洪水系列代表性分析、洪水频率分析、设计洪水的地区组成、分期洪水及入库洪水等。由于各篇文章多系根据当地经验的总结，读者必须结合使用地区的实际情况参考使用。

本汇编由叶永毅、刘一辛、顾传智三同志主编，参加编辑委员会并负责挑选和审查稿件的还有下列同志（按姓氏笔划为序）：王守鹤、王维第、史辅成、朱云海、伏安、孙济良、李明纲、陈志恺、时文生、周子绂、张达志、夏方佐、廖镜芷、潘汉臣、潘漱方、滕炜芬、颜道丰等。然后由王守鹤、孙济良同志进行编辑（韩曼华、潘漱方两同志参加了部分工作），最后经主编们审定。有关本书的意见或建议请寄北京木樨地水利水电科学研究院水资源研究所转编辑委员会。

1983年9月

目 录

前 言

进一步发展具有我国特色的洪水频率分析方法·····	叶永毅 (1)
安康水文站洪水流量资料的复核·····	杨之麟 (10)
浮标系数及水面流速系数的初步分析·····	
·····水利电力部昆明勘测设计院水文组	(22)
洪水资料的还原·····	张达志 (33)
✓ 洪水系列代表性分析方法·····	王本明 杨素敏 (49)
✓ 五强溪及龙滩工程洪水系列代表性分析·····	
·····水利电力部中南勘测设计院水文队	(59)
广西澄碧河岩溶地区洪水调查与估算·····	
·····广西水利电力局勘测设计院水文组	(66)
✓ 漳河考古洪水及河谷阶地洪水分析·····	水利电力部天津勘测设计院 (75)
海滦河水系河道糙率分析·····	李灿章 于鑫淼 (82)
黄河龙门道光年洪水断面还原方法·····	易元俊 史辅成 (88)
历史洪水洪峰流量的估算·····	骆承政整理 (97)
黄河1843年洪水重现期的考证·····	韩曼华 史辅成 (108)
✓ 历史洪水过程线的调查与分析·····	水利电力部中南勘测设计院水文队 (119)
水文频率计算中参数估计方法的统计试验研究·····	丛树铮 谭维炎等 (127)
对“水文频率计算中参数估计方法的统计试验研究”	
一文的讨论·····	叶永毅等 (142)
两种经验频率公式的比较·····	刘蕴天 (149)
用两点法估算统计参数的初试值·····	祝成润 (154)
现行洪水频率统计参数确定方法的分析比较·····	钟孟仁 罗铭三 (157)
✓ 黄河上游设计洪水过程线的分析绘制·····	王维第 (163)
建溪流域的洪水地区组成计算·····	张瑞英 (172)
黄河上游梯级水库设计洪水的地区组成·····	王锐琛 孙汉贤 熊炳烜 (184)
澜沧江漫湾电站后期设计洪水分析·····	水利电力部昆明勘测设计院水文组 (196)
四川地区分期设计洪水的计算·····	
·····水利电力部成都勘测设计院规划处水文组	(204)
岳城水库汛期后期暴雨特性及设计洪水分析·····	
·····水利电力部天津勘测设计院	
·····国家气象局北京气象中心	(217)
入库洪水分析及计算·····	长江流域规划办公室水文局 (229)
广东飞来峡水库入库洪水计算·····	李瑞琼 (236)
对入库洪水计算方法的几点认识·····	水利电力部中南勘测设计院水文队 (251)

进一步发展具有我国特色的 洪水频率分析方法*

叶 永 毅

(水利水电科学研究院)

我国的洪水频率分析工作,由建国初期引进国外方法,经过在生产和研究中的不断实践和探索,到1964年已初步形成了一套具有中国特色的方法系统。这些经验集中反映在1958年和1964年分别出版的《水文计算经验汇编》第一集和第二集中。1972年以来,又开展了一些新的研究工作。我们要总结这一时期以来的经验,并进一步加以发展和提高。现就以下几方面谈一些个人的意见。

一、继续重视洪水流量资料的复核、 还原和插补、延长工作

洪水流量资料是洪水频率分析工作的基础。这些资料应当具备可靠性、一致性和长期性。由于我国许多测站的洪水流量观测年数不够长,解放前还有中断缺测年份,某些时期的观测质量也有问题,有的还受到决堤、分洪和水库滞蓄等影响,因此多年来为补救这些缺陷而发展了洪水流量资料的复核、还原和插补、延长方法。这是我国洪水频率分析方法的第一个特点,是根据我国情况而发展起来的,在国外文献中很少见到。

洪水流量资料的复核是一项繁琐的基本工作。现在有一种看法,认为水文资料已经过测验部门整编刊印,可以不必再去复核。而许多事实说明,这项工作现在还是必要的。因为:(1)在1954年各水文站执行水文观测规范以前,特别是在全国解放以前的观测质量较差,解放后在“大跃进”和十年动乱时期若干测站的观测质量也有所下降;(2)过去流量资料的整编是分年进行的,缺少系统的综合分析;(3)由于测流技术的提高,大洪水实测资料的增加,对测站水力特性的认识提高了,水位流量关系曲线的外延部分也较前可靠了。由于这些原因,在洪水流量资料的复核中,仍会发现一些问题。例如:(1)华东设计院根据上下游历年洪峰水位对照检查发现,闽江南平站漏测1938年最高洪水位,竹歧站1939年也有漏测。又从上下游洪峰流量对照,发现沙县1951年洪峰水位在整编时偏高1米,使沙县站洪峰流量显著大于上游永安站;(2)广西、昆明、成都等设计院,从近期测流成果校核以往采用的浮标系数,修改了5~10%;(3)中南设计院由于对桃江站

* 根据1982年8月18~23日于哈尔滨召开的洪水计算技术讨论会上的发言改写。

的水位流量关系的不断认识,使该站1952年的最大流量经历了15300——13600——14200秒立米的变化。

当然,由于工作量大,复核应有重点。一般应着重于大洪水年份和浮标系数、水尺零点等系统性问题,对动乱年代的观测质量也应加以注意。要采取上下游测站洪峰水位和流量对比、历年水位流量关系曲线对比、高水浮标系数比测等方法,以发现较大的问题。修改原整编数据要慎重,要征求原整编单位的意见,并要建立技术档案。

在《水文计算经验汇编》第二集中,已刊载了几篇有关洪水流量资料的复核、还原和插补、延长方法的文章。近年来,一些单位对洪水流量资料的复核和还原方面,又有了一些新的经验。

对洪水流量受水库影响的还原计算,过去东北设计院曾采用水量平衡法,并指出应注意水库水位观测资料的代表性、计算时段长短及水库出流量的精度所引起的还原流量的误差。这次广东设计院则进一步指出,由水量平衡法求得的是入库洪水过程线,可应用河道洪水演进法及建库前的入库站和坝址站的洪水流量相关法等,推求坝址处的洪水流量,以便和建库前资料相一致。

对于受决堤和分洪、滞洪影响的还原,过去也多用水量平衡法。近年广东设计院又补充了未受影响时的上下游相关法和暴雨径流法等。他们还指出,当河道两侧修筑堤防从而缩窄过水断面并减少河槽调蓄能力以后,应将历年观测的洪水流量换算为规划筑堤情况下的数据,然后进行频率分析,以推求设计洪水。这是有待深入研究的一个新问题。

二、进一步发展历史洪水工作

建国以来的无数正反经验,充分说明尽量取得较为久远和可靠的历史洪水资料,可以起到延长洪水观测系列、提高频率分析成果精度的重要作用。在五、六十年代,对历史洪水的野外调查和文献考证,各地做了大量工作,积累了丰富的经验,并先后在1957年和1978年,出版了《洪水调查和计算》及《洪水调查》两本专著。七十年代中期以来,在历史洪水的野外调查和文献考证方面又有若干新的发展,并探索了从考古和地质两方面寻查更久远的历史洪水的工作。现将近期的主要新经验说明如下。

(一) 历史洪水的野外调查

1. 河道断面冲淤分析 河道断面的冲淤变化对历史洪水的估算成果影响很大。辽宁省复兴堡的1930年历史洪水,在几次调查中因对断面冲淤的估计不同,使成果变化较大。1978年审核时,在河床挖槽勘探,发现河底从上到下由细沙、淤泥、粗沙、沙夹卵石组成。估计卵石面是大洪水的冲刷最深点,由此所得过水断面比1958年调查采用值大20%。黄委会设计院在1976年复查龙门水文站清道光年间(1842或1843年)的历史洪水时,曾从以下方面研究断面冲淤情况:(1)根据明代(1430年前后)和清代1874年的石刻“龙门全图”、1931年照片和1976年实况,对比禹门口东岸石拱洞底部高程的变化,了解到自明代至1976年,小水时河底已淤高11~12米;1874年以来已淤高约8米;1931年以来已淤高3~4米。根据每年平均淤高0.077米推算,道光年大洪水前河床高程约为369.0米。(2)

根据1933年大洪水河床冲刷揭底后，两岸石壁上1861年所设置的挽船铁环露出水面1米多，说明1933年大水冲刷后的河底接近于1861年平水时的情况。由于1861年距道光年洪水年数不多，所以可用1934年平水时的实测河底平均高程370.0米，作为道光年洪水前的河底高。（3）根据河床钻探资料，了解到在高程364~359米间为中粗砂砾石层（砾石直径2~15厘米），359米以下为砂砾石层（直径2~45厘米）。因此可定359米为洪水过程冲刷最深点。（4）根据1967年8月实测的洪水过程中的断面冲淤资料，绘出峰顶以前洪水量与断面冲刷面积的关系曲线，用以确定洪水过程中的断面冲刷情况。他们的这项研究成果也是比较深入的。

2. 河道糙率 河道糙率的选用对历史洪水流量的估算成果影响很大。建国初期多引用国外河道糙率表。近十几年来，各地根据水文站资料对糙率进行测算分析，取得一些进展。如河北省水利设计院在1980~1981年，对海滦河流域的山丘区近80个水文站，测算了河道糙率。发现河道糙率与河床组成、水深和岸壁特性、水流流态等因素有关。多数河段在低水时糙率较大，随着水位升高水深加大而糙率逐渐减小，到平槽时最小。出槽漫滩以后，受滩上浅水和草木影响，或受两岸石壁凹凸不平的影响，糙率又逐渐增大。当水深很大时，糙率逐渐趋于稳定。在利用水力学公式估算历史洪水的流量时，我们建议其糙率最好选用本河段或邻近类似河段的实测水深~糙率关系加以外延。另外，现行的河道糙率表多采用定性方法描述河床及水流特性，在选用时存在一定任意性，同时也未考虑水深的影响。建议今后在这两方面加以改进。

3. 高水的水面比降和水位流量关系 大洪水时的水面比降受河道纵剖面和横断面的沿程变化的影响，历史洪水的水面比降不能简单地根据中小洪水的水面比降加以确定。例如，黄河陕县站1843年历史洪水，因受下游三门峡峡谷河段在高水时的约束控制作用，其水面比降要比1933年洪水的比降小，相应地陕县站的水位流量关系在这一段水位内出现了反曲的现象。同样，汉江安康站在1981年最大流量时观测到的水面比降比中低水时要小，也是受到下游鼓石峡河段的束狭作用而引起的，其水位流量关系在高水时也有反曲现象。

另外，当上下洪痕的间距较大时，不能简单地利用两点连成直线作为洪水水面线，而必须考虑两点之间河道纵横断面的变化。例如，辽河太平寨水文站位于峡谷河段，洪水时的水面比降较陡，而上下游的洪痕是在开阔段调查的，两点洪痕水位连线的水面比降较之峡谷段的比降要小一半。

4. 历史洪水过程线的调查 黄河水利委员会对黄河三门峡河段的1843年历史洪水，曾从文献中的万锦滩志椿所记水位涨落过程，勾绘其过程线。长江流域规划办公室对长江三峡河段的1870年历史洪水，曾根据万县县志的记载，绘出其过程线。水电部中南勘测设计院于60年代曾对江西修水的1901年洪水和湖南资水的1926年洪水等，根据群众回忆的洪水起涨、淹滩、出槽、进屋、峰顶停涨和出屋、归槽、落平的时间和水位高程，勾绘出历史洪水的水位和流量过程线，并与当次洪水的雨情、上下游洪水过程线以及实测同类型大洪水过程线进行检查对照，取得较好效果，创造出新的经验。

5. 历史洪水调查资料的汇编和综合分析 早在1964年，即由水电部的水文局、水科院水文研究所和水电总局勘测处，在东北地区进行历史洪水资料整编工作试点，并于1965年

提出《洪水调查资料审编刊印暂行规定(草案)》。1978年以后在全国暴雨洪水分析计算协调小组办公室的组织下,按照统一规定进行全国性历史洪水调查资料的审编工作。经过几年来的努力,共收集到11600个河段的历史洪水调查资料,经过审查整编和复审汇编后,计划正式刊布其中质量较好的6500河段的资料,每河段平均有3年历史大洪水。各河段的历史洪水资料,经过审查后整理成三图三表:河段平面图(并显示洪痕调查位置)、河段纵断面图(包含历史洪水水面线)、河段典型横断面图;洪水调查整编情况说明表,洪水痕迹及洪水情况调查表、洪峰流量计算成果表。

上下游和邻近河段的历史洪水整编成果,还要通过洪水年份、洪峰流量和洪水序位的综合分析,进行合理性检查以发现问题,提高精度。例如辽宁海城河的东陵和海城两个河段,上下相距10公里,区间无大支流加入,而所整编的1888年历史洪峰流量相差较大,到现场复核后,发现东陵河段原调查的洪痕位置搞错了。再如,河北滦河中下游曾调查到1886和1887两年洪水,以往一直以为后者是前者之误。通过综合分析,发现支流青龙河1887年洪水很大,在历史文献中已记载了该年洪水情况,因此证实1887年洪水是存在的。

在河段历史洪水汇编和综合分析的基础上,还计划在全国范围内选择暴雨范围较广(有的跨省、跨流域),洪水级位很高的80场左右的历史洪水,将暴雨区内的雨情、水情、灾情资料及初步分析成果汇编成“场次洪水资料”。

上述全国“河段洪水资料”和“场次洪水资料”的汇编刊印成果,是历史洪水调查工作的重大成就,为提供稀遇洪水资料、提高设计洪水精度作出贡献。

(二) 历史洪水的文献考证

近若干年来,对历史洪水的文献考证资料的范围有很大的扩展。除各种省、府、县志等地方志外,还包括:明清宫廷“实录”和档案,《水经注》、《行水金鉴》、《淮系年表》等各种水利专著,历代正史,碑文刻记及各种文集、日记、账本等等。

文献考证的内容也较为丰富,一般包括与大洪水有关的雨情、水情和灾情,以及河道、城镇、堤防和古建筑的沿革和变迁等。

在考证深度方面,根据资料情况,有的只能达到定性(如“大水,漂没庐舍无数”);有的则可根据各次淹没及水情、灾情定出洪水等级及大小序位(如永定河芦沟桥在19世纪经历三次大水,其中以1801年的“桥上石狮子冲毁”为最大,1896年的“全虹漫溢”居其次,1892年的“桥翅过水”为第三);有的则可据以测定洪水位高度(如长江万县县志载公元1870年“六月二十日平明,文庙大成殿水与阶平”;《水经注》载黄河支流伊河公元223年“六月二十四日辛巳大出水,举高四丈五尺”等)。

考证技术也有若干新的发展,主要表现在深入考核,去伪存真方面。例如,《汉书五行志》载“汉高后三年,汉水溢,漂没三千余家”,没有指明具体河段,而汉水上游沿河的洋县、宁强、南郑、城固、安康等县志,均照样互相转录,以致造成全线大水的错觉。又如汉水安康县城,由于被洪水冲毁曾几度迁移,其城墙也几经加高,因此必须根据当时实际情况,确定洪水位的高低。此外,在考证中也注意到古今地名的订正,尺度长短的换算,以及社会政治经济状况和水利措施的影响等。

(三) 历史洪水的考古工作

在实地一般只能调查到距今一、二百年的历史洪水，根据文献一般也只能考证到距今五、六百年的历史洪水，要了解更久远的历史洪水便需另辟途径。近年发展起来的历史洪水考古工作，便是其中的一种。

1978年，黄委会设计院注意到中国考古研究所《三门峡漕运遗迹》一书中，曾记述在三门峡人门岛上发现有60平方米面积的唐宋古建筑颓毁形成的灰层遗址。其底部的岩面高程为301.0米，灰层平均厚约1米，其中砖瓦碎片具有明显的唐宋两代特征。他们由此推断，既然这个灰层能够一直遗留下来，说明唐宋（距今约1000~1300年）以来，在这里发生过的大洪水都未能把这一灰层冲掉，其最高洪水位不会超过302.5米（估计在1.5米水深时将冲走灰层），其相应洪峰流量为40000秒立米。1843年的洪水水面线在此处的高程约为301.0米，与唐宋灰层相联系，其重现期估计在1000年左右。

1980年，黄委又在三门峡下游的龙岩村，发现在1843年淤沙面以上再没有其他洪水淤沙存在，而在其下则掩埋着一层0.5米厚、由汉、唐、宋各代砖、瓦、瓷片所堆积的文化层。其中两组瓦片，经上海博物馆用“热释光”法测定，其制成年代距今分别为 1200 ± 69 年和 2056 ± 118 年，相当于唐初至西汉末的时期。这就说明1843年洪水是这一时期以来的最大洪水。

水电部原十三局设计院于1978年在漳河干流东艾口村，发现有一1.5米厚的淤沙层，其沙质与漳河河槽淤沙完全相同，而与当地沟谷淤沙完全不同，沙层以上至地表为2.2米厚的灰渣层，内夹较多瓷片。据河北省考古部门考证，当地从宋初开始发展瓷器业，明代以后逐渐衰落。由此他们推断，形成这次淤沙的洪水当发生在宋初（即公元960年）以前，经测定其高程为黄海基面以上164.15米，经弯道横比降修正并加上水深后，估算其洪峰流量为19000~20000秒立米。

由上可见，当历史洪水遗留物（如淤沙或水位）的高程，能与经过考古工作而确定其年代的古代文化遗址相联系时，就可据以估计该洪水发生的年代或其重现期的范围。

（四）现代地质时期最大洪水的探求

为了探求比上述考古洪水更久远的历史大洪水，人们就借助于考察分析河流在近一万左右的现代地质时期内所塑造出的河流横断面形态（包括河漫滩及一级阶地），以估算在这一时期中所发生的最大洪水的高程和流量。

广西电力局设计院的同志，认为在现代地质情况比较稳定的宽阔河段的河漫滩的上限或在峡谷河段的岩洞中洪水淤沙面，是近万年以来最大洪水所沉积形成的。加上一定水深就可求出这一洪水的水面高程，并由此估算出洪峰流量。他们在红水河、龙江、黔江、邕江等河段测定和估算现代地质期的最大洪水的洪峰流量，并将其看作万年一遇的洪水。

黄委会设计院的同志发现潼关至三门峡河段的1843年洪水淤沙面，与沿河一级阶地的前缘近似平行而稍低。据地质部门分析，一级阶地的形成已有一万二、三千年的历史，因此，1843年洪水可视为接近于万年一遇。

前十三局设计院的同志，在漳河干流测量一级阶地一般高出现代河漫滩约6~15米，并认为其形成时间约有一万二、三千年，阶面结构完整，没有发现明显的河流侵蚀遗迹。由此说明，一万多年以来没有发生过高于一级阶地整个阶面的特大洪水。根据阶面高程可

以估算出这一上限洪水的流量数值, 并发现其数值均小于1978年审定的岳城水库万年一遇洪水峰值, 因此认为后者可能偏大。

三、进一步改进洪水频率分析方法

近若干年来, 在洪水频率分析方法方面, 国内有若干进展, 也发现若干问题有待研究解决。现分述如下。

(一) 系列代表性

短期洪水观测系列只是该断面多年洪水总体分布的一个随机样本, 不一定完全代表总体分布的统计特征。因此, 用短期系列进行频率分析, 其成果可能与实际真值存在一定的抽样误差。分析短期系列的代表性, 可以定性地了解其统计参数的偏离方向(偏大或偏小), 并从而设法提高其代表性, 亦即减少其可能的抽样误差。

分析系列代表性的方法, 通常是以本河流的上下游或邻近河流的长期站(包括历史洪水)作为参证站。当两站同年洪水存在相关关系时, 可以通过下列方法进行系列代表性分析: (1) 统计长期站各级大、中、小洪水在不同时期的发生频次, 并与短系列的发生频次对比; (2) 从近年起逆时序计算长期站不同系列长度的统计参数, 观察在何种长度以上各种统计参数开始稳定, 并和短期系列的实际长度对比; (3) 参证站长短系列参数对比。当然, 这里所说的代表性, 是指能否代表长期站的系列特征, 而不能说是代表总体分布的特征。因为长系列也不能完全代表总体分布, 只是从统计意义上说比较接近于总体而已。

分析短期系列代表性的目的, 不仅仅是为了定性地了解其统计参数的可能偏离方向, 更主要的是为了提高其代表性, 亦即设法减少频率分析成果的抽样误差。利用参证站长短系列统计参数的比值, 移用于短期站, 是一种修正的办法。移用长期站同年洪水的经验频率, 也是一种办法。但最有效的提高系列代表性的办法, 还是尽量调查短期站的历史洪水并插补延长其实测系列。只要在频率纸上, 经验点据比较多, 范围比较广(特别是大洪水的重现期长一些), 并且这些点据的流量值和经验频率值都比较可靠, 这个系列的代表性就较高, 其成果的抽样误差也就较小。

(二) 历史洪水加入后实测系列的经验频率公式

当一个测站有 n 年实测系列, 并调查到 a 个历史洪水或特大值, 其中有 l 个发生在 n 年之内时, 对于实测期各序位洪水的经验频率, 根据不同的假定有两种不同的计算公式:

(1) 认为 n 年实测系列是独立地自总体中随机抽取的一个样本, 因此对于其中的第 m 序位洪水的经验频率 P_m , 可按一般的数学期望公式求得, 即

$$P_m = \frac{m}{n+1} \quad (1)$$

当 n 年中有 l 个洪水被作为特大值抽出在 N 年中统一排队时, 其在 n 年中的位置空着, 上列公式自 $m=l+1$ 开始计算。

(2) 认为当 N 年中的 a 个大洪水没有遗漏掉任何大于实测 n 年中第 $l+1$ 序位的洪

水时, 可以将实测期中 $m > l$ 的系列视为在 $N - l$ 系列中随机抽取的一个样本, 这样其各序位洪水的经验频率公式为

$$P_m = \frac{a + \frac{N - a + 1}{n - l + 1}(m - l)}{N + 1} \quad (2)$$

经过多年的讨论, 多数同志认为这两个公式可以并存。因此在1979年颁发试行的《水利水电工程设计洪水计算规范》中, 也并列了这两个公式。东北勘测设计院的同志在用两个公式对该区若干测站资料进行验算, 从结果中看到如下现象:

(1) 如 a 个历史洪水的大部分发生在 n 年实测系列之外, 则由公式(2)所得的 P_m 值大于由公式(1)所得的数值, 并且历史洪水个数愈多, 大得愈明显。只有当 $a = 0$ 时, 两种数值才相等。

(2) 如 a 个历史洪水(或特大值)的大部分发生在 n 年之内, 则由公式(2)所得的 P_m 值小于由公式(1)所得的数值, l 愈多则小得愈甚。

(3) 按公式(2)计算 P_m 时, 由于 N 年内调查洪水个数 a 的变动, 以及对最大历史洪水的重现期 N 年考证结果的变动, 都将影响到 P_m 的取值。

他们认为, 在实际工作中目前不宜限定采用那一种公式, 要按两种公式计算 P_m 值, 并根据资料情况进行选定。

作者认为, 这两个公式所根据的假定都是有条件性的, 并且按任何公式计算的 P_m 值都存在抽样误差。这种误差又是可正可负的, 即经验频率点子的位置可以向左或向右移动。其中首尾几项的经验频率的相对误差较大。一般可先按(1)式计算 n 年实测系列的经验频率, 如为首的几个洪水点据与历史洪水点据比较协调时, 就无需进行改动。当发生重叠和脱节时, 可改动前几个点子直至与历史洪水相互协调为止, 而不必更动实测系列中的所有点子的位置。对于两个公式问题, 还有待从理论和实际两方面, 加以进一步的研究。

(三) 洪水频率线型

在五十年代, 北京水科院水文研究所曾对国内若干长期站的洪水系列进行频率线型的研究, 认为对于大多数测站来说, 以皮尔逊III型曲线作为洪水频率曲线是适宜的。从那时以来, 由于观测系列的延长, 特别是由于调查到许多远年的历史大洪水, 进一步揭露了各地洪水系列的分布特性。根据初步资料分析, 全国各地洪水系列的分布, 可大致分为三种类型:

(1) 频率曲线上部平缓, 稀遇洪水数值增长不快。这一类型多见于南方多水地区的大河流。例如, 广西红水河东兰站实测41年的最大洪峰流量16700秒立米, 仅为最小年洪峰流量的4倍。所调查的自1831年以来的15次历史洪水, 其洪峰流量自23600秒立米(1833年)至18300秒立米(1929年), 相差只30%。其最大值比实测最大值大40%, 只为41年均值的2.09倍。系列的 C_v 值仅0.30, 是全国各河流中比较小的。其下游的来宾县城, 自1328年起县志中有洪水位记述, 其中最大的6次洪水(1415、1748、1833、1872、1902、1926)的最高水位均在80.9米左右, 洪峰流量相差仅5%左右。在柳江流域的柳江、融县、武宣等县的县志中, 近几百年内均未发现远大于1902年的历史洪水。再如黄河三门峡河段, 1843年历史洪水洪峰流量36000秒立米, 比实测的60余年中最大的1933年洪

峰流量 22000 秒立米只大64%。而从其下游垣曲县县志自1385年以来的记述, 1843年洪水是近 600 年来最大的。再从上面谈到的从考古及地质方面论证, 该年洪水的重现期还可加大到千年以至万年。这些例子都说明稀遇洪水的增长是很缓慢, 似乎频率曲线的上端趋向于一个上限。

(2) 频率曲线上部斜率很大, 稀遇洪水增长很快。这一类型多见于北方干旱地区的小河流。例如包头市的昆都仑河, 实测28年最大洪峰流量中, 最小的三个年份的最大值仅为 1, 10和12秒立米, 但最大三个年份的最大值竟达到3080、1918和1500秒立米, 最大和最小年份洪峰流量相差达三千倍之多。系列的 C_v 值高达1.55。在西北的干旱地区的一些间歇性河流, 最小年份的洪峰流量可以等于或接近于 0, 而遇到大雨年份, 其洪峰流量却可增大很多。这些地区洪水频率曲线的上部斜率很大, 而其下端可达到或接近于 0。在这些地区由于 C_s 常大于 2, 皮尔逊III型曲线的尾部接近于常数, 与洪水分布特性不符。

(3) 介于上述两者之间的情况。南方多水地区的小河和北方干旱地区的大中河流, 其洪水频率曲线的特性介于上述两种之间, 可以代表我国多数河流的特性。

由于上述各地区洪水系列特性上的差异, 采用一种皮尔逊III型频率线型就显得不能完全适合。近年来, 国内已开始酝酿研究采用新的频率线型的问题。例如, 对丰水地区的大河流可能采用两端有限的洪水频率线型为好, 而对于干旱地区的小河, 则应研究选用下端能够到 0 的频率线型, 等等。总之, 需要根据不同地区的特性, 研究选用最适宜的频率线型。其中, 上端有限的洪水频率线型, 应当给予重视。

(四) 统计试验法、适线准则、经验频率公式与统计参数的地区综合

完全用数学推导的解析方法去研究洪水频率分析中的许多复杂问题, 往往遇到很大的困难。因此很早以前, 国外就有人提出利用统计试验法(或称蒙特卡罗法)进行这方面的研究。特别是从本世纪50年代电子计算机开始广泛应用的时代起, 这一方法更进入实用的阶段。我国的华东水利学院和水电部第四工程局设计院等单位, 在70年代初期也引进了这一方法。其基本原理是: 假定洪水的总体分布为已知(如皮尔逊 III 型分布, 其统计参数的真值 $\bar{X}_0, C_{v0}$ 及 C_{s0} 为给定的数值), 可自这一分布中随机抽取足够多的 K 个(如500、1000或更多)的 n 年样本, 然后用各种方法(如矩法、极大似然法或按照某种准则的适线法等)在电子计算机上推求各个样本的统计参数($\bar{X}_i, C_{vi}, C_{si}$)和某些频率的设计值($X_{p_1i}, X_{p_2i}, \dots$), 并统计 K 个样本上述统计量的均值($M\bar{X}, MC_v, MC_s, MX_{p_1}, MX_{p_2}, \dots$)和它们对于总体真值的均方离差($SM\bar{X}, SC_v, SC_s, SX_{p_1}, SX_{p_2}$)及它们的分布特征。根据它们的均值与真值的接近程度及均方离差的大小, 用以判定各种方法的适用性。凡均值愈接近真值并且均方离差愈小的, 其方法愈适用。这一方法可以直观地检验各种频率分析方法的相对优劣, 在有电子计算机承担繁复计算后, 它已成为一种有效的方法。

对于洪水系列的统计参数, 过去曾采用矩法计算, 并发现其成果往往偏小, 以后就改用图解适线法加以确定。经用统计试验法检验, 说明用矩法求系列的均值, 其结果是比较接近于真值的, 其均方离差也比其他方法为小, 所以可以采用。对于 C_v 和 C_s 值, 则矩法计算结果偏小的可能性较大, 并且由于计算中要用到二阶矩和三阶矩, 易受某个特大值的影

响而变动较大，因此一般不宜采用。

在用适线法确定统计参数时，我们遇到了两个问题：一是采用什么样比较严格的适线准则，以免各人目估的任意性；二是用什么公式计算经验频率以点绘各洪水数据。根据统计试验的结果，认为采取频率曲线与各洪水点据的流量值的离差的绝对值之和最小（即 $\sum |dX| = \text{最小}$ ）的准则，比用离差的平方和最小（即 $\sum (dX)^2 = \text{最小}$ ）的准则为好。因采用后者所得的设计值往往偏大于真值，而前者则比较接近。在选用适线准则时，也受到绘点横标位置即采用什么公式计算经验频率的影响。统计试验结果表明，在采用离差绝对值之和最小的适线准则时，以采用 $P_m = m/(n+1)$ 的公式计算经验频率为适宜。

但在统计试验法中，是假定各洪水点据的精度是一样的，并且各点的离差是等权的，因此与目估适线时可以考虑不同洪水点据的相对可靠性、并且多照顾中上部点据的做法不同。特别是当洪水频率曲线的尾部和实际点据相差较大时，就会影响到上中部的适线情况。

单站洪水频率分析的成果具有较大的抽样误差。过去我们曾利用上下游测站统计参数的综合分析，来协调各单站的成果，设法减少单站成果的抽样误差。今后还要研究如何进行相邻地区各站统计参数的综合分析，以达到这一目的。为此，可能需要研究如何消除各站在流域面积、暴雨特征和下垫面因素等方面的影响，从而可以综合出洪水统计参数在地区上的分布规律。这样，有可能利用各站洪水资料在空间分布上的规律性，来弥补各单站资料因时间系列较短所引起的偶然性。

安康水文站洪水流量资料的复核*

杨 之 麟

(水利电力部第三水电工程局设计院)

一、问 题 的 提 出

安康水文站位于汉江上游干流上,距安康水电站坝址约18公里,控制流域面积38700平方公里,是安康水电站水文计算的主要依据站。水文站至坝址之间只有支流月河加入,其流域面积为2810平方公里。

安康水文站1935年设站至1981年,共有42年实测资料(其中1939~1942及1949年缺测)。

1971年安康水电站初步设计时,未能从安康站下游河道形势来认识测站的控制条件,以致对测站水位流量关系曲线的变化规律缺乏深刻的了解。当时仅考虑到安康水文站基本断面附近曾调查到多处可靠洪迹,以采用延长本站水位流量关系曲线来推算洪峰流量为宜。在引用原来整编拟定的1935~1938、1942~1952年的历年综合线的基础上,再将以后各年实测的历次绳套头部最高水位与最大流量的交点用不同符号绘于图上,并将相应于历年水位过程线上峰、谷位置的实测流量同时点上,定出一条1935~1970年历年综合水位流量关系曲线。为避开安康站高水时的漫滩问题,将推流断面上移至1.6公里的龙头崖,用 $Q \sim A\sqrt{D}$ 法外延高水部分。推算的高水洪峰流量成果见表1。安康站1935~1970年综合水位流量关系曲线见图1。

表 1 安康、白河站高水洪峰流量对照表

洪 水 年 份		1583*	1867*	1921*	1965	1968
洪 峰 流 量 (秒立米)	安 康 站	43000	36000	31000	20400	19700
	白 河 站	37000	32400	28800	18900	18100

* 历史洪水调查资料的年份。

从表1可以看出,安康站1583年洪峰流量43000秒立米,比其下游148公里处的白河站(流域面积59115平方公里)大6000秒立米,其余几年也偏大较多,二者存在矛盾。鉴于白河水文站测验设施良好,实测资料变化幅度大,测次又多,测验精度较高,且测站控制

* 参加此项工作的有本院的戴贤凯、詹琴芳和西北勘测设计院总队赵开现、李绍棠、张斌及陕西省安康水文站张华等同志。顾传智同志领导了1974年的长河段水面线观测工作。

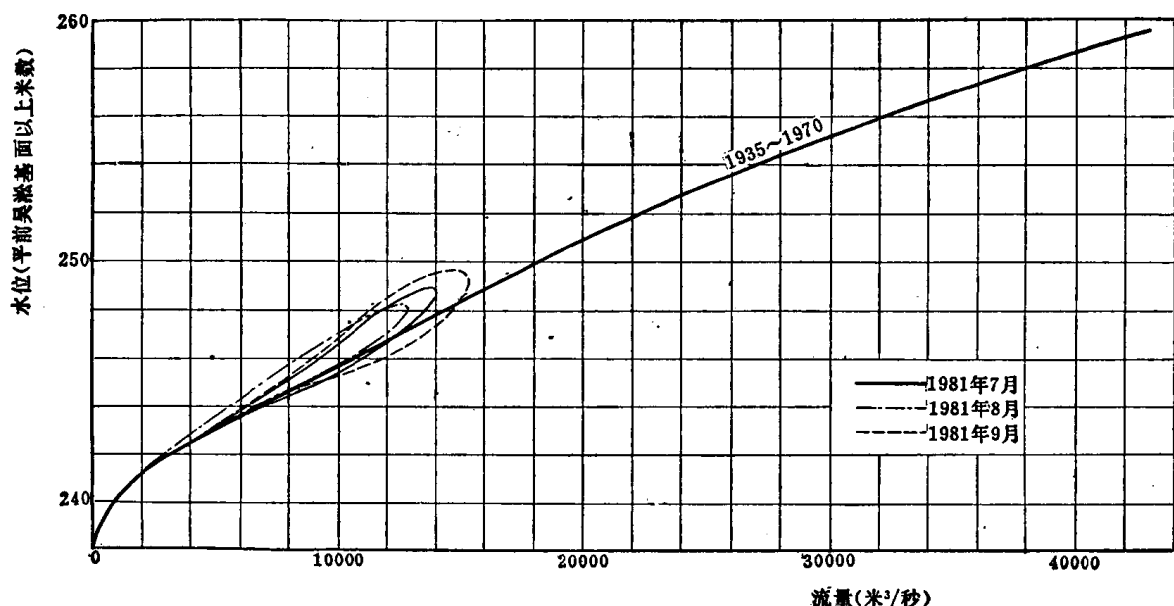


图 1 安康水文站综合水位流量关系曲线与1981年绳套曲线比较图

性能也较好，水位流量关系曲线近于单一线，因此，用水位流量关系曲线外延部分推算的高水洪峰流量精度较高。可见，仅需对安康水文站的水位流量关系曲线及其延长方法进行复核。

二、水位流量关系曲线的复核

安康站水位面积关系稳定，点据分布在狭窄的带内，而实测水位流量、水位流速关系点的分布为绳套曲线。表明洪水涨落时的水面比降变化对断面流速的影响较大，其水位流量关系曲线受洪水涨落影响。

为复核安康站水位流量关系曲线，1981年汛期，用流速仪多线多点法施测了三场大洪水，这是建站以来第一次用精测法测流，最大相应水位为249.50米。这三场洪水的水位流量关系曲线见图1。

图中低水部分，1981年线与历年综合线基本重合。而水位244.5米以上的中、高水部分，1981年水位流量关系曲线坡度变陡，明显地偏于历年综合线的左上侧，其水位相差1.5米左右，流量较历年综合线减小约3000秒立米，与历年综合线很不一致。若将测验精度较高的1965、1975两年水位流量关系曲线与历年的综合水位流量关系对比，发现该两年水位流量关系线有向左偏离的情况。现将1965、1975、1981年三年综合成一条水位流量关系曲线，与1935~1970年的综合线进行比较，见图2。

从图2可见，1971年初设时拟定的历年综合水位流量关系曲线在中、高水部分较1965、1975、1981年三年综合线偏大15%左右。

为了查明曲线偏离的原因，进行了以下工作：

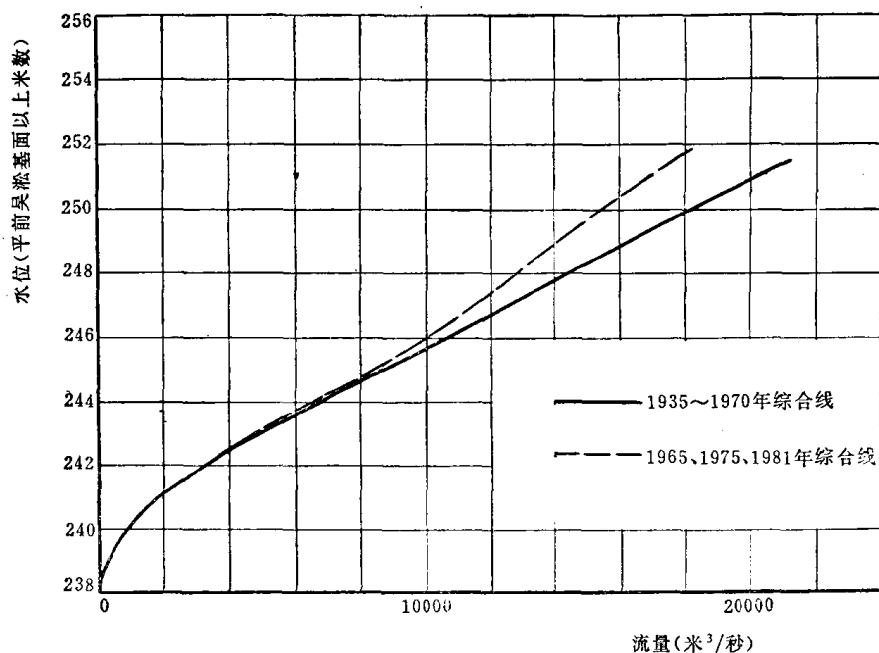


图 2 安康水文站综合水位流量关系曲线比较图

(一) 长河段水面线观测与测站控制特性分析

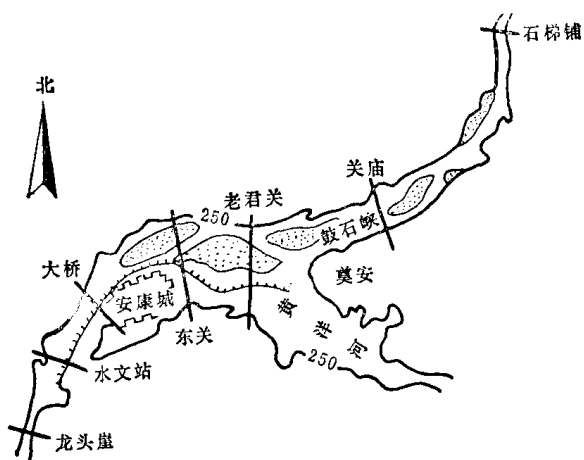


图 3 安康至石梯铺河道平面示意图

安康水文站位于安康县城西关(图3、4),在253.8米高程以下的基本断面形状为U形,宽约500米。253.8米高程以上则呈复式断面。向下至东关河段,河道逐渐展宽,东关以下河道突然开阔,直至黄洋河口为一宽广的滩地,高水时,黄洋河口处的水面宽可达3.6公里。再往下至莫安,进入鼓石峡,河道又骤然缩窄,至基本断面下游14公里的石梯铺,两岸岩壁陡峭,为一深窄的峡谷,断面呈矩形,宽仅150米。

为弄清测站下游河道形势对本站水位比降、水位流速和水位流量关系的影响,了解测站控制条件的变化,进行了长河段水面线观测工作。1974年5月,在安康站上下游长达9.76公里的河段上设置了龙头崖、大桥、东关、老君关、关庙五组水尺,连同水文站基本断面共六组水尺,定时观测各级水位的水面线。同年9月,安康站出现了有实测记录以来的最大洪水,最高水位为253.76米,与1903年历史调查洪水位齐平。根据实际观测及洪水过后的补充调查,获得了1974年洪水不同水位时的水面线资料。

为进一步了解测站控制特性,自1981年重新设置了大桥、东关、老君关、关庙和石梯铺五组水尺,再加水文站基本断面水尺及水文站建立的龙头崖水文站共七组水尺。在长达15.29公里的河段内,进行了长河段水面线观测。