

中国科学院
水利电力部 水利水电科学研究院

科学研究论文集

第 22 集

（水资源、灌溉与排水、水利史）

水利电力出版社

内 容 提 要

本论文集包括水资源、灌溉与排水以及水利史三个方面的内容。水资源方面主要有暴雨洪水和小流域汇流等三篇论文；灌溉与排水方面有机井、喷灌、暗管排水、渗流计算和地下水位预报等九篇论文；水利史方面主要有黄河、运河、永定河史等八篇论文。

本书可供从事水资源、水文、农田水利和水利史方面的科研、设计、运行管理方面的科技人员阅读，也可供大专院校有关专业师生参考。

中国科学院
水利电力部 水利水电科学研究院

科学研究论文集

第22集

(水资源、灌溉与排水、水利史)

*

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 14.25印张 322千字

1985年10月第一版 1985年10月北京第一次印刷

印数0001—2780册 定价3.40元

书号 15143·5742

目 录

“82.7”黄河三花间特大暴雨水汽量特征·····	宋乃公 (1)
特小流域 ($F < 50$ 平方公里) 洪水汇流参数变化规律的分析 ·····	张恭肃 钮泽宸 周天麟 (11)
中小流域暴雨洪水分析自动数据处理系统·····	张恭肃 朱云洲 澎务虚 周森林 (27)
机井效率测试及节能措施研究·····	朱 岩 (40)
育苗塑料大棚喷灌系统的设计与喷头研制·····	刘玉华 (49)
国产PP/PE过滤型塑料排水管的性能测试及应用分析 ·····	余 玲 (57)
1KP-250型开沟铺管机研制与试验考核·····	周福国 (68)
双层排水二维非稳定渗流电阻网络模拟试验研究 ·····	张友义 汪涵 杨碧如 (76)
排灌系统的地下水位预报 ·····	薛克宗 J.T.利根 R.C.瓦诺 (94)
根据非稳定流抽水试验确定导水系数和给水度·····	苏锦星 袁光耀 单炳忠 (112)
北京地区主要农业土壤中氟背景值的研究 ·····	李承惠 段玉英 (126)
多重补给条件下田间排水渗流计算·····	后同德 (138)
西汉黄河的二渠问题·····	朱更翎 (144)
金末元初的黄河下游·····	姚汉源 (156)
明代黄河堤防的建设·····	郭 涛 (171)
历史上黄河防洪的非常措施·····	周魁一 (178)
历史上永定河的洪水和北京城的防洪·····	郑连第 (186)
宁夏引黄灌溉溯源·····	郑连第 (195)
明清时期京杭运河的南旺枢纽·····	姚汉源 (205)
历史上北京的漕运和城市供水排水·····	蔡 蕃 (217)
附表 本论文集中主要的非法定计量单位与法定计量单位换算表·····	(222)

“82.7”黄河三花间特大暴雨水汽量特征*

宋 乃 公

【提要】 对于“82.7”黄河三花间特大暴雨的水汽量进行的计算分析表明：中低纬天气系统的活动在湿度场的变化上有明显的反映；湿斜压的强烈发展、位势不稳定性的增大、暖湿空气不断活跃北上这次特大暴雨形成和维持的主要条件；本次暴雨的水汽都是由台风北侧东南气流输送过来的，它来自东海海面上空，三花间暴雨天气过程的平均面雨量与水汽输送量有很好的对应关系。

文中还把这次特大暴雨的水汽量特征与“58.7”和“75.8”特大暴雨进行了对比。

一、前 言

黄河三门峡到花园口区间（简称为三花间）是暴雨多发地区，也是形成花园口特大洪水的主要源地之一。这里洪水传播快，涨势猛，预见期短。整个区间又缺少控制手段，对黄河下游防洪威胁最为严重。这里一直是黄河防汛工作的重点地段。因此，三花间特大暴雨规律的研究，对于黄河防汛有着重要意义。

1982年7月29日到8月2日黄河三花间出现了一次特大暴雨过程。暴雨中心在伊河的陆浑。四天降雨量为768毫米，12小时降雨量达535毫米。降雨强度是三花间有实测记录以来最大的一次。图1为1982年7月29日8时至8月3日8时降水量分布图。降水最强的地区正好位于三花区间，5天内大于200毫米降雨的雨区面积有两万多平方公里。总雨量和暴雨雨区面积和点暴雨强度都显著地超过了1958年7月中旬黄河三花间暴雨的强度（见表1），致使花园口出现了15300秒立米的洪峰，是解放以后仅次于1958年的第二大洪水。

为了对这一次暴雨过程进行分析，我们进行了各种物理量计算。计算地区大致是从青海湖到朝鲜半岛，从二连浩特到香港的一个方形区域，其南北和东西的距离差不多都是2500公里。以100公里为网格步长，每天两个时次，在各标准等压面层上进行计算。根据这些计算结果，本文分析了这次暴雨过程的水汽量特征。

水汽是大气降水的水源，没有水汽就没有降水。源源不断的水汽供应是形成暴雨的基本条件^[1]。同时，水汽还是一个十分活跃的动力因子，谢义炳考虑了水汽对于大气运动和天气系统发生发展的作用之后，提出了湿斜压大气动力学理论^[2]。能量天气学也是充

* 本文得到陈志恺高级工程师指导，李金林同志帮助完成计算工作。

此,可以在各个等压面上逐层进行分析。而可降水则是对整个气柱的比湿进行积分,表示了整个气柱水汽的总质量。因此,它们从不同角度表示了大气中含水量的多少,对于大气的干湿状况给出了一个明确的量的概念。

在这次黄河三花间特大暴雨过程中,比湿与可降水场的总的分布情况是南高西北低。最低区域在西北角。最高中心位置不固定,可以在西南、南或东南。可降水的最大值常常是70毫米左右,有时可达81毫米,最小值一般大于10毫米,个别也有低于10毫米的。在云贵川到华北一线总是维持着一条东北-西南向的等值线密集带,即是湿度梯度最大的地方。有人分析露点线时称它为“露点锋”。暴雨就出现在这个“锋区”南侧偏于暖湿气团一边,位于北伸的湿舌前方附近。

从时间和空间分布来看,8月2日20时暴雨天气过程结束时,可降水和比湿都是最大的。这是由于南方暖湿气团北上的结果。而暴雨强度最强时——7月30日08时的可降水和比湿都小于8月2日20时的可降水和比湿,而与31日20时的数值差不多。7月30日08时的可降水和850毫巴层的比湿在整个暴雨期间,是比较大的,而700毫巴层的比湿却是中等水平。图2是暴雨最强时段开始之前,即29日20时,位于西安和郑州南侧北纬34°附近,东西向的时间剖面图。可以看到暴雨区上空在当时的比湿分布,是低层潮湿,从地面到700毫巴都是一个湿舌,而500毫巴的中层都是比湿为3.0克/千克的低值中心。所以这次暴雨开始出现和发展时的湿度场,是低层潮湿、中层较为干燥的不稳定层结。总的来说,是出现于较为暖湿的大气中的。

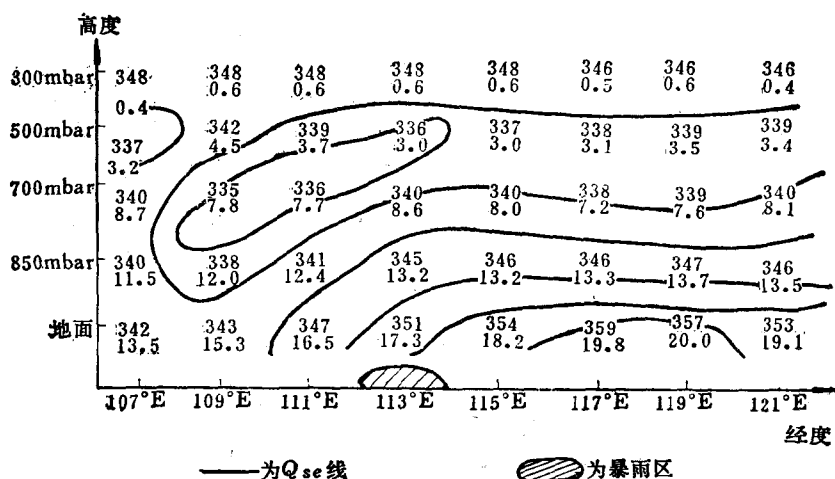
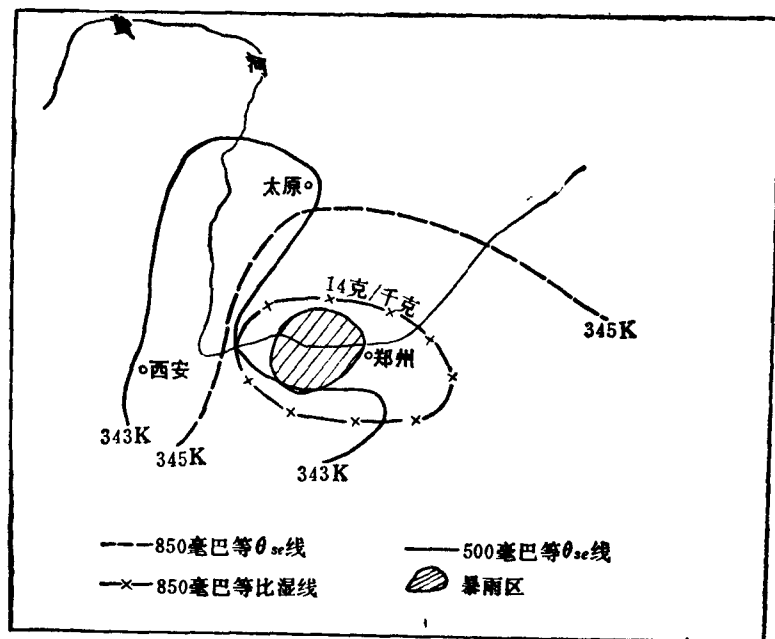


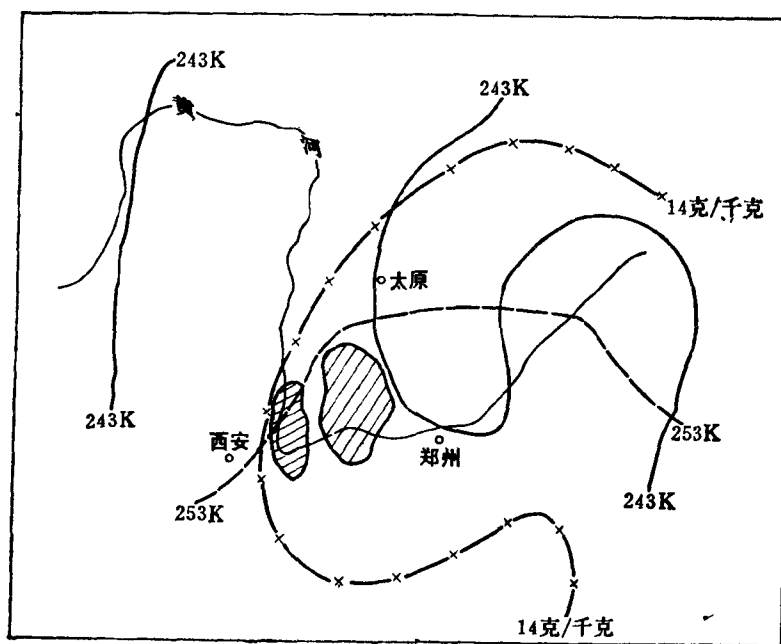
图2 1982年7月29日20时, 34°N附近东西向垂直剖面图
[图中每一组数字上面为 θ_{se} (K), 下面为比湿(克/千克)]

图3(a)是这次暴雨过程中,暴雨最强时刻的物理量特征线。为了对比,也绘出了“58.7”暴雨最强时刻的物理量特征线图,示于图3(b),可以看出,在“58.7”暴雨中,850毫巴14克/千克等比湿线包围着的高值区域比这次暴雨大得多,偏北得多。在这次

● 黄河中游暴雨预报科研协作小组,黄河中游“58.7”大暴雨的分析研究,1977年4月。



(a) 1982年7月30日8时



(b) 1958年7月16日20时

图3 黄河三花间暴雨物理量特征线

(a) 1982年7月30日08时; (b) 1958年7月16日20时

暴雨期间,前三天,三花间附近850毫巴比湿差不多都在14克/千克以下;暴雨后期也只是在14克/千克附近或者稍大一点。整个暴雨过程中,从来没有达到象图3(a)所示“58.7”暴雨的比湿场强度。

在暴雨期间,比湿高值区域发生了一次从西南向南和向东南的逐渐有规律的移动。700毫巴大于10克/千克的比湿高值区域,29日位于西南,30日移到南和东南,到8月2日全部位于暴雨区的东南方。从可降水的高值区变化情况看,也是从暴雨区西南逐渐移到了东南,而后在东南逐渐增强北伸。60毫米等值线前沿,29日20时位于信阳附近,到2日20时已经跨过黄河,北伸到河北南部。这时70毫米等值线已经位于武汉附近。因此,这次暴雨天气过程是在我国水汽源地由西南转向东南时出现的,是在东南低纬度暖湿空气不断增强北伸的过程中维持的。在中低纬度相互作用的关系中,低纬度暖湿空气是活跃的主导因素。

为了弄清楚30日08时特大暴雨出现前冷暖空气活动特征,兹选取天水附近代表中纬度干冷空气活动,以合肥和南京附近代表低纬度暖湿空气活动,以30日08时与29日08时的700毫巴比湿变化予以说明,列如表2:

表 2 天水附近和合肥附近的24小时比湿变化表

地 点	700毫巴比湿(克/千克)		24小时比湿变化 (克/千克)	相当于总温度变化 ($^{\circ}\text{C}$)
	30 ⁰⁸	29 ⁰⁸		
天水附近	7.0	8.8	-1.8	-4.5
合肥附近	8.5	6.1	2.4	6
两 地 相 对 变 化			4.2	10.5

从表中可以看到,24小时之内,天水一带明显变干,合肥明显增湿,因而在合肥和天水之间,中低纬度气团的总温度梯度增大了 10.5°C 之多。而南京附近与天水到宝鸡一带相比,也相当于总温度梯度增大 $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。而且以29日08时与29日20时之间12小时的变化来看,也相当于合肥与天水之间总温度梯度增大6度多。这仅仅是由于湿度变化所引起的总

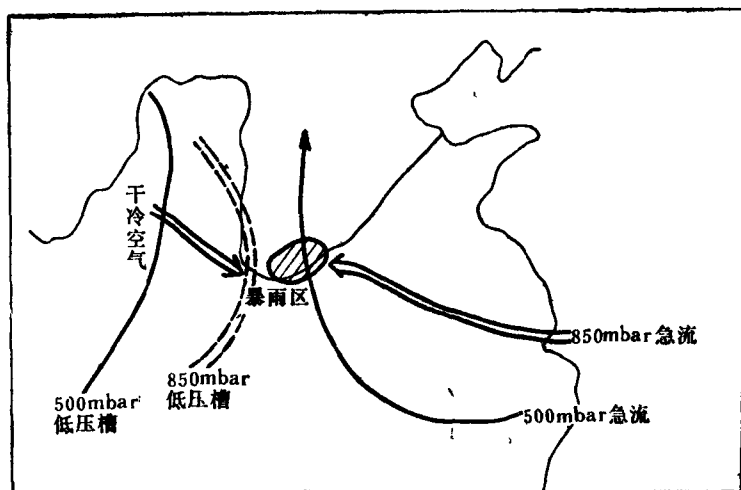


图 4 1982年7月30日08时系统动态图

温度变化。从而, 可以看到, 西北地区干冷空气东南下与东南暖湿空气北上, 形成三花间湿斜压强烈发展的过程中, 水汽因子起了相当重要的作用。

这些湿度场特征与天气系统的演变有着很好的配合。环流形势在7月28日到29日有着明显的调整, 贝加尔湖东侧高压东移与正在增强的副热带高压合并, 使得副高北跳, 建立了东部高压坝的阻挡形势。9号台风于7月29日晚在福建登陆, 台风北侧的东南低空急流增强, 29日20时已经北移到郑州上空。与此同时, 西边的低压槽东移到河套一带。到30日08时, 暴雨已经达到最强。在图4上可以看到30日08时中低纬天气系统活动的概况。图中以850毫巴低空急流表示暖湿空气活动, 以低压槽位置表示干冷空气活动。前边指出的比湿场上的变化, 就正好反映了这种中低纬天气系统的移动和相互作用, 因而, 比湿场上这种变化特征, 可以作为三花间暴雨预报的一个指标。

三、假相当位温

假相当位温在等压面上的值决定于温度和露点温度。它综合反映了大气的湿度场和温度场这两方面的特性, 对于干冷空气与暖湿空气之间的差异有着更清楚的显示, 更明确地反映了天气过程的物理意义。

在能量天气学的总温度项中, 如果略去位能和动能项, 则与假相当位温 θ_{se} 的意义相同。等 θ_{se} 线与等能线(等总温度线)有着同样的含义和功能。因此, θ_{se} 场的分布形势也可以看做是能量场的分布形势。在等压面图上, 等 θ_{se} 线密集带即是湿有效位能贮存大的地方, 那里有利于系统发展。本次暴雨就发生在这样的能量锋区上。从图2上可以看到, 暴雨区位于这个锋区东侧, 等 θ_{se} 线十分密集的地方。在850毫巴和700毫巴的 θ_{se} 的等值线上, 对应有 Ω 形高能舌, 这些都与我国的一般暴雨规律相似。

陶诗言等^[1]曾用 $\theta_{se}=345K$ 代表季风气团北界, 认为1000毫巴 $\theta_{se}=345K$ 线有规律地向北推进与我国主要雨季的季节性北移完全一致。这种气候规律在“82.7”暴雨的个例分析中也表现了出来。7月29日08时1000毫巴 $\theta_{se}=345K$ 线最北端正好位于三花间, 此后向北推进, 三花间地面 θ_{se} 值都大于345K。整个暴雨期间, 三花间都位于这个高能区内。

从稳定度情况来看, 暴雨发生的时候, 三花间都处于 $\theta_{se,500}-\theta_{se,850}<0$ 的不稳定区域内。图2上可以看到, 在暴雨区上空 $\Delta\theta_{se}$ (500—地面)达到了-15K之多。到30日08时其差降至-12K, 以后逐步缩小, 到31日20时地面与500毫巴差别极小, 850毫巴与700毫巴的 θ_{se} 值几乎是均匀分布。这说明在暴雨中由于对流混合作用, 不稳定度大大减少, 但在其上风方向, 即暴雨区东边, 仍然维持着大的不稳定度。

“75.8”暴雨期间●, 在特大暴雨出现前12小时, 驻马店的 θ_{se} 值在地面是360K, 400毫巴极小为353K, $\Delta\theta_{se}$ 一般在10K之内。而本次暴雨, 在降水最强时段之前12小时, 即29日08时, 洛阳、郑州一带的 θ_{se} 值, 地面是346K, 700毫巴最小为335K, $\Delta\theta_{se}$ 是11K, 而最大不稳定度前面已经指出 $\Delta\theta_{se}$ (500毫巴—地面)达到了-15K。可见本次暴雨的高

● “75.8”暴雨研究会战领导小组, 1975年8月河南特大暴雨研究报告, 1977年3月。

能条件不如“75.8”，但是位势不稳定性比“75.8”强烈。“58.7”黄河三花间暴雨期间（图3b）， $\theta_{se850} > 353K$ ， $\theta_{se500} > 343K$ ，而本次暴雨都仅仅是340几度，比“58.7”要小。有人对黄河中下游盛夏暴雨进行研究^①，发现经向型暴雨前期，三花间 θ_{se850} 都大于75℃（348K），而本次暴雨却往往比这个值还要小。可见，它与三花间一般的情况也略有差异。日本人认为 θ_{se850} 、 θ_{se500} 同时达到337K以上是暴雨临界条件。一般人认为我国暴雨比这个条件强的多，而这次个例分析中，却与上述条件有所接近。

形成这次暴雨前强烈位势不稳定性度的原因，是本次暴雨过程中，东风低空急流出现较早。29日从8时到20时，500毫巴的 θ_{se} 几乎没变，而由于低层12米/秒以上的东风暖湿空气输送，造成 θ_{se} 在低层增大，位势不稳定性增强。

四、水汽通量与水汽通量散度

前面已经谈到，暴雨区内大气可降水量的数值是60几毫米。也就是说，把整个气柱的水汽全部凝结降下来，只能形成60几毫米的降水。更何况，在降水过程中，气层含水量并没有减少，到8月2日20时暴雨结束时，大气可降水值反而更大，所以暴雨过程的降水量全都是外部水汽输送而来的。

对于这次暴雨，计算了水汽通量和水汽通量散度，还计算了三花间区域的水汽辐合。水汽通量是单位时间流经某一单位面积的水汽量，它反映了水汽输送的强弱。而水汽通量散度是水汽输送的辐合辐散量，它反映了水汽集中的情况。整个区域的水汽辐合，反映了区域的水汽收支情况。

这次暴雨过程的水汽输送是由副高与台风之间的东南低空急流来实现的。暴雨期内，一直维持着一支东南方向的水汽输送带。它在29日到30日最强，以后逐渐减弱。从水汽通量散度的负值区来看，29日20时和30日08时水汽输送的辐合强度最大，这时暴雨也最强。其次是31日20时到8月1日08时，这时暴雨也大。其它时次辐合较弱。暴雨期间，三花间都处于850毫巴水汽通量散度的负值区内，700毫巴的情况变化较大，但在降水较强时，也都是水汽通量散度的负值区。利用水汽通量散度进一步计算降水量，其结果定性地与实况符合较好，计算结果强时，实况降水也强。

在包括三花间在内的，南北和东西各为300公里宽的正方形区域内，计算整层水汽辐合的情况，然后把它化成为12小时的面雨量，其结果如表3。

最强时段是7月29日20时(29²⁰)到30日08时(30⁰⁸)，化成24小时面雨量是96毫米，五天总量相加是252毫米。而三花间五天实况的平均面雨量是257毫米，两者数字如此接近，说明了这次大暴雨过程的面雨量完全是由水汽输送的整层辐合量决定的。进而再分析水汽输送的东西分量和南北分量的情况：30日08时，在这块正方形的南北边界上，进出大抵相等。在三门峡西侧是弱的西风，在郑州东侧是强劲的东风。东西风相向而吹，西风阻止了

① 中国科学院大气物理所，水电部黄河水利委员会，黄河中下游盛夏暴雨预报的初步研究，北方灾害性天气科研协作经验交流会技术报告汇编，1976年12月。

表 3

三花间300公里见方范围内的12小时面雨量计算成果表

时 间	29 ⁰⁰	29 ¹²	30 ⁰⁰	30 ¹²	31 ⁰⁰	31 ¹²	1 ⁰⁰	1 ¹²	2 ⁰⁰	2 ¹²	五天总量
12小时面雨量(毫米)	2.2	39.4	56.8	6.6	13.9	45.9	30.2	30.8	10.0	16.4	252

东风的西进，象一道墙壁堵在西边界上，从而三花间区域像一个向东开口的口袋一样，东风进来以后，三花间又像只向上开口的烟囱似的。因此，这次三花间特大暴雨过程的水汽输送的一个十分粗略的简化模型如图5所示。从图中可以看到几百公里宽、几公里厚的东风水汽输送带把海洋上的水汽带进三花间，形成暴雨，落下之后，汇集在黄河之中又奔流入海。黄河是地上径流，东风带是天上径流，暴雨是两者的转化机制。

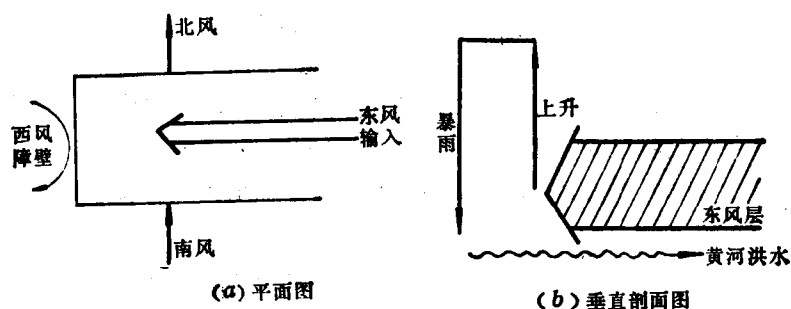


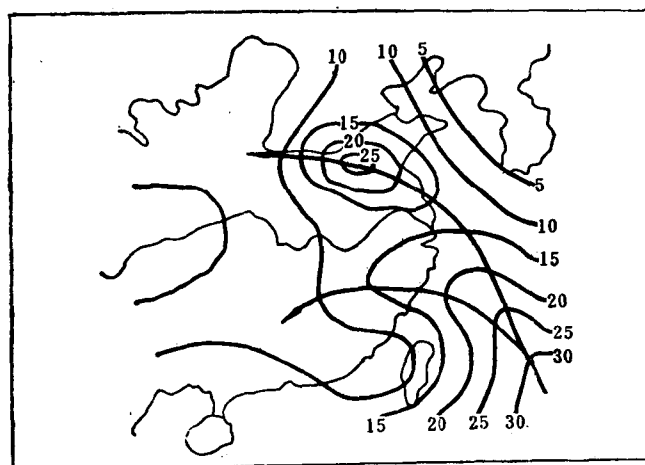
图 5 三花间特大暴雨水汽输送的简化示意图

(a)平面图; (b)垂直剖面图

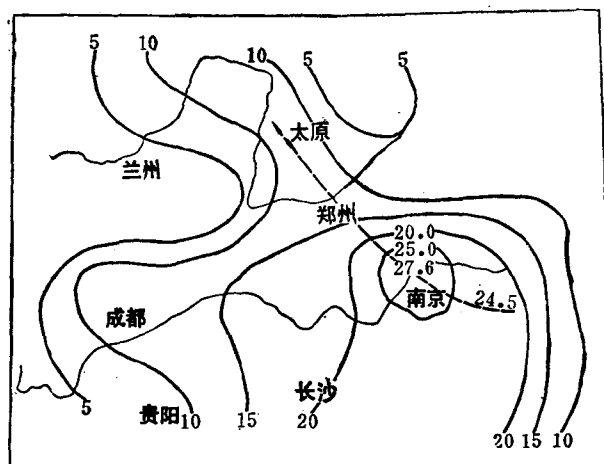
为了进一步看一下这次暴雨天气的水汽输送特征，与“75.8”和“58.7”暴雨的水汽输送进行了对比。“58.7”暴雨和“75.8”暴雨前期都有一股西南气流的水汽输送，而这次暴雨一开始就是东南气流的输送。但是，这三次暴雨有一个共同特点，就是最强的暴雨时段，都在偏南低空急流最强盛的时候，它们的水汽来源都是东海，从图6(a)、(b)、(c)中可以看到，这三次暴雨最强时段水汽输送的源地和路径都是一样的。最大水汽输送中心的位置，这次暴雨也和“58.7”差不多，都在杭州到南京一带上空。从水汽输送的强度上，这次暴雨最强。“75.8”暴雨水汽输送大于30克/秒的强中心区都在海上。“58.7”暴雨水汽输送最强中心的位置，虽然都在陆地上，可是最大值是27.6克/秒，而本次是31.7克/秒。三花间东侧水汽输送通量达到25克/秒以上，而“58.7”只在15克/秒以下。

五、小 结

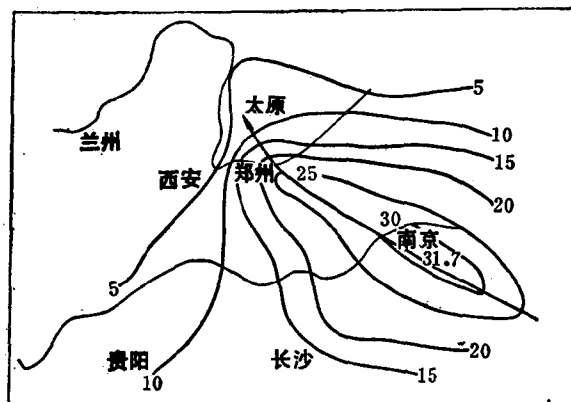
(1) 1982年7月底黄河三花间特大暴雨是由于台风登陆使得低纬度暖湿空气活跃北上，与西北方中纬度干冷空气相互作用所引起的。中低纬天气系统的活动在比湿场上有着明显的反映，苏皖一带比湿明显增加，陕甘交界一带比湿明显减小，从而使得在东南与西北之间的湿力管场大大增强，因此，比湿场变化可以作为暴雨预报的一个指标。



(a)



(b)



(c)

图 6 850毫巴水汽通量输送(克/厘米·毫巴·秒)
(a)75年8月7日20时; (b)58年7月16日20时; (c)82年7月30日08时

(2) 这次暴雨过程中暖湿空气活动是一个主导因素,暴雨天气就出现在暖湿空气逐渐北上的过程中。暴雨前期,能量场和湿度场的数值较小,由于低层东南气流的输送,不稳定度大。到暴雨结束时,三花间被暖湿空气控制,湿度数值达到最大。

(3) 水汽输送的源地和路径与“58.7”和“75.8”暴雨相同,水汽都来自于东海,最大水汽输送带都在江浙一带上空。这是黄河中游和淮河上游,在台风影响下,水汽输送的一个共同特征。

(4) 由于这次水汽输送稳定、强度大,暴雨区就是低空急流的辐合区,所以包括暴雨区在内的四边形的整层水汽辐合量折算成区域的五天面雨量与实际三花间五天面雨量有很好的对应关系,可在实际工作中用来估算暴雨过程的面雨量。在这种情况下,用水汽通量辐散法计算的降水量与实际降水量符合较好。

参 考 文 献

- [1] 陶诗言等,中国之暴雨,科学出版社,1980年。
- [2] 谢义炳,湿斜大气的天气动力学问题,暴雨文集,吉林人民出版社,1978年。
- [3] Paulhus J.L.H.et al., Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation, WMO, 1973.

Characteristics of Water Vapour Quantity of“82.7”

Heavy Rainfall Between Sanmenxia and

Huayuankou in Huang He River Basin

Song Naigong

Abstract

In this paper, the synoptic—dynamic analyses have been applied to the severe rainstorm between Sanmenxia and Huayuankou of Huanghe river basin during 29 July—2 August 1982. The characteristics of water vapour quantity shows that: the evolution of the moisture field is closely related to the interaction between the low latitude and the middle latitude circulation systems; the development of moist baroclinic processes, increase of potential instability and the activity of warm and moist air are favourable conditions for the formation of the rainstorm. It is found that, during the rainfall process, the water vapour was transferred from the space over East sea by the southeast flow which went around the northern side of typhoon. The amount of precipitation, taken its on heavy rainfall areas, was corresponding to water vapour transfer. Furthermore, the characteristics of water vapour quantity had been briefly compared for “58.7” “75.8 and “82.8” heavy rainfall.

特小流域($F < 50$ 平方公里)洪水汇流 参数变化规律的分析*

张恭肃 钮泽宸** 周天麟***

【提要】 在湿润、半干旱和干旱地区,选择了不同的暴雨特性、下垫面和坡地、河道汇流条件的径流站(点)和小河站64个,对550余场次暴雨洪水对应资料进行了推理公式和变雨强单位线参数的分析。大量分析资料表明,特小流域较一般小流域的损失参数相对要大;汇流参数相对要小,而各站间参数的变幅随着流域面积的减小而增大,从参数的地区综合成果看,下垫面单一因素对特小流域的汇流起着重要的作用。文中给出的洪水汇流参数综合成果可供规划设计部门试用。

前 言

小流域设计洪水是水利、交通、城镇和工矿企业防洪工程建设中遇到的问题。其特点是服务对象多,要求不一,且工程分布面广,数量又大。单就水利工程而言,以全国垮坝数量的不完全统计而论,小型工程即占96%。在其失事原因统计分析中,漫坝(包括防洪标准低和超标准)占总垮坝数的51.5%。可见中小型水库的防洪安全任务十分紧迫。当前,在小水电的开发中,小流域特别是特小流域的设计洪水计算,必将占有十分重要的地位。

小流域设计洪水的另一特点是短缺实测暴雨洪水对应资料,因而各种计算方法中的有关参数都需通过地区综合分析来确定。据了解全国流域面积小于100平方公里以下的径流站、小河站为数不多,并且面上分布也很不均匀。这给参数综合带来了困难。因此,在保证一定精度,尽量满足使用要求的条件下,计算方法不宜太繁。

近年来全国在开展暴雨径流查算图表工作中,较多地采用适合我国暴雨洪水特点和资料现状的有关推理公式法。但特小流域推理公式的参数分析由于种种原因,至今仍是一个薄弱环节。为满足各部门规划设计、防洪复核以及管理运行等需要,我们按照事先统一商定的整理资料要求、分析计算方法及计算程序,先后整理分析和计算了浙江、山东、湖南以及陕西、四川的部分径流站点和小河站共64个约550场和一般小流域41站约270场暴雨洪

* 参加本项工作的还有周森林、王露,以及浙江省水利水电勘测设计院的徐仁斌、张佩琳和山东省水利学校的杨建军同志。

** 工作单位为浙江省水利水电勘测设计院。

*** 工作单位为山东省水利学校。

水资料。在这个基础上,为了进一步探索特小流域洪水参数综合分析规律,根据参数综合的要求,又应用了湖南、四川、湖北、甘肃、福建、河南、吉林及江西等省查算图表中部分小河站的分析成果,作为综合定线的印证或参考,并对综合成果作了多种途径的合理性检验。与此同时,为了从不同分析途径来加深对特小流域雨洪变化规律的认识,考虑纳希瞬时单位线在我国被广泛验证的事实,我们又选用1977~1978年间前水电部第十一局设计研究院提出的以纳希模式为基础的变雨强单位线分析方法,同样作了参数的分析综合与检验。本文所提供的推理公式的综合成果可供短缺资料地区特小流域设计洪水计算试用。而变雨强单位线法的参数综合规律,可供进一步参考。

一、基本资料的选择

为了研究特小流域暴雨洪水特性,进行洪水参数的综合分析,我们在湿润、半干旱和干旱地区,选择了部分代表不同暴雨特性,不同下垫面和坡地、河道汇流条件的径流站点和小河站资料,作为本次分析计算的主要对象。其中湖南测站(点)代表森林覆盖稠密和水田为主的地区;浙江测站(点)代表不同暴雨特性,灌木林和竹林为主的地区;山东测站(点)代表河道宽浅、洪水过程陡涨陡落,土壤植被较差的地区;陕北子洲径流实验站(点)代表水土流失严重、黄土丘陵沟壑地区。

在参数综合分析时,充分考虑资料点据的代表性。对于某些突出的点据,通过分析,弄清原因,把它们归并到相应类别中去综合,以印证综合成果的精度。例如,山东的崂山径流站、四川峨眉径流站中个别站点,以及一些小河站,如吉林的吉庆、吉乐等均可分别归入植被条件好的一、二类地区参加综合;浙江的南雁站、江西的澄江站,因植被条件较差,水土流失较严重,可参加另一类地区的综合等等。

各地区所选站点,分析计算场次的统计如表1、2所示。

表1 分析站点、洪水场次统计表

类别	省 区		径流站(点)		小 河 站		一般小流域站		总 计	
			站 点 数	洪水场次	站 数	洪水场次	站 数	洪水场次	站 数	场 次
本次 分析 计算	浙 江	江 东	20	219	2	19	24	170	46	408
	山 东		13	117	10	63	4	24	27	204
	湖 南		7	28	2	9	13	75	22	112
	四 川		3	31					3	31
	陕 西		7	33					7	33
参考 各省 分析 成果	四 川	川	12	213	9	139	3	8	24	360
	湖 北		13	197			1	6	14	203
	吉 林	林			3				3	
	河 南	南			5	43			5	43
	宁 夏	夏			2		2		4	
	江 西	西			1				1	

注 小河站指 $F < 100$ 公里²;小流域站指 $F = 100 \sim 1000$ 公里²。

表 2 分析站点按面积分类统计表

省	区	F (公里 ²)						总 计
		<1	1~10	10~30	30~50	50~100	>100	
浙	江	1	10	7	2	2	24	46
山	东	1	6	11	2	3	4	27
湖	南		4	1	1	3	13	22
四	川	12	5	3	1	3	3	27
江	西			1				1
陕(陕北)	站(点)数	2	2	1		1	1	7
吉	林		1		1	1		3
河	南			3	1	1		5
湖	北	2	5	2	3	1	1	14
宁	夏				2		2	4
小	计	18	33	29	13	15	48	156

为了做好参数的单站综合,并把多站综合建立在可靠的基础上,掌握洪水摘选标准,选择好雨洪对应资料,是整个分析计算工作的重要一环。

按照计算模式的基本要求和综合分析的需要,场次洪水的摘选,除选取在主雨峰时段内暴雨面分布较均匀的较大洪水为主外,还需选择一定场次的中小雨洪对应资料;峰形可选用单雨峰、单洪峰,也选用一些雨洪对应的双峰或多峰的较大洪水资料。

单站综合的洪水场次,以大、中、小不同洪水量级约10次左右为宜。

场次洪水的净雨过程原则上采用初损-平均入渗法来推求。

地下径流的分割统一采用斜线低割法。

二、特小流域雨洪参数的特点

暴雨是小流域洪水计算的基础,暴雨的时程分配和空间分布,影响着整个一场洪水过程的形成。在特小流域上,造峰暴雨强度在时程上的变化,异常灵敏地反映在洪水过程的峰形上。

以众多的雨洪对应资料观察表明,由于流域面积小,汇流历时短,雨峰、洪峰一一对应,降雨停止洪峰很快出现是普遍现象。现以山东枣庄站710809次洪水雨洪对应为例(图1),以示一般。

特小面积上的较大洪水,其峰形往往由强度大、历时短的暴雨所支配,一般多呈单瘦的尖峰型。对于中小型洪水,则比较复杂,洪水过程除受短历时暴雨比例控制而不同外,还受不同下垫面条件的作用而有所差别,峰形呈尖瘦或矮胖。

在特小流域上,下垫面单一因子的作用比较突出。其中以土壤植被作用比较显著,主要反映在流域汇流中坡面流和河槽流的比重及地面流与表层流的比重有所不同,故其洪水过程出现陡涨陡落或陡涨缓落的差异。

大量资料表明:特小流域较一般小流域的损失参数相对要大;汇流参数相对要小,各站间洪水参数的变幅亦大。

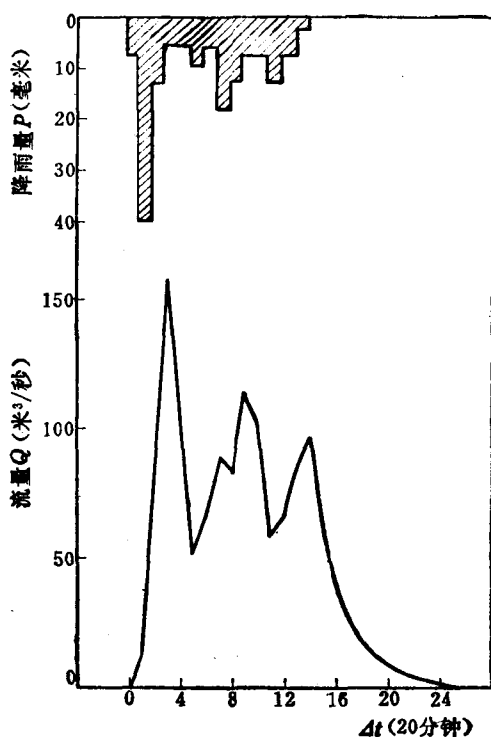


图1 山东枣庄站 ($F=10.4$ 公里²) 710809次
洪水雨洪对应图

损失参数相对较大的原因：一是降雨在面上分布比较均匀，全流域供水条件充分，截留入渗量相对较大；二是河床切割较浅，受到地表滞留作用的表层流可能有部分或大部不能在出口断面以上回归河网，因而洪水径流深相对较小。

汇流参数相对较小的原因：主要是坡面作用相对较大，河床质糙率相对也较大。

各站间洪水参数的变幅大的原因：因洪水过程是暴雨对流域下垫面作用的产物，在植被良好的南方湿润地区的特小流域面积上，坡面汇流的比重大。但其程度又往往随雨强大小而不同：当雨强小时，流域表面的草皮、树根和疏松的耕作层及大小不同的砾石间隙等，加大了坡地汇流作用，汇流速度明显减小，洪水过程变得矮胖，推理公式中的参数 m 变小，单位线滞时 nK 变大；当雨强加大时，坡地汇流速度加快，阻力相对减小，洪水过程变得

尖瘦， m 则变大， nK 则变小，因而单站各次洪水之间，参数的变幅也较大。在植被很差的北方干旱、半干旱地区的小流域上，由于暴雨强度大，历时短，笼罩面积小，面分布又很不均匀，往往形成局部面积的产流和汇流，洪水呈峰高量小的尖瘦型，因而中小洪水的汇流参数 m 一般明显地较大，而单位线滞时 nK 值较小。

另外，从参数综合成果也可以看出，对于同一 $\theta = \frac{L}{J^{1/3}}$ 植被覆盖面积十分稠密的小流域，其汇流参数值较半干旱地区的小流域相差较多。

综上所述，特小流域由于资料的短缺和雨洪的特点，导致了汇流参数分析综合的复杂性，并给最终选定合理的计算成果带来困难。

三、推理公式洪水参数的分析和综合^[5]

对于现有推理公式的一系列假定和概化，实践证明它们对于特小流域原则上讲，较能适应，而当前存在的关键问题是参数的分析和综合。

参数综合的目的在于解决设计条件下的参数外延和地区移用。我们从单站场次汇流参数综合来探讨参数的外延；而用多站综合的参数进行地区或分类综合来解决地区的移用。

通过参数的单站综合，一方面可以消除部分雨洪资料不符合公式基本假定或因资料处