

2003 1

暴雨·灾害

TORRENTIAL RAIN · DISASTER

ISBN 7-5029-3667-X



9 787502 936679 >

武汉区域气象中心 主办
气象出版社 出版

《暴雨·灾害》征稿简则

1 《暴雨·灾害》贯彻“百花齐放,百家争鸣”方针,努力反映暴雨和其它灾害科学领域内的最新科研成果和学术动态,促进广泛的学术交流和联系,为促进科技进步、减灾、防灾和社会安全服务。

2 《暴雨·灾害》刊载的稿件主要是:

2.1 反映暴雨科学和灾害研究各个方面有创造性的学术论文、短论、技术报告,包括暴雨的数值预报、数值试验、诊断研究、预报方法及应用;暴雨洪涝灾害及其它气象灾害的成因、规律、预测和减灾对策;新的探测技术在暴雨、灾害分析、研究中的应用。

2.2 综合评述国内外暴雨、灾害科学研究发展的新理论、新动态、新技术、新问题;有关重要学术会议的报道;有关书刊评价;有关暴雨或灾害研究的科学家、专家、学者的简历、功绩、成果评价。

3 来稿要求和注意事项:

3.1 来稿要求论点明确、文字精炼、数据可靠。每篇论文(含中英文摘要、图表与参考文献)以不超过8000字为宜,用方格纸横写,字迹清晰,一式三份,可由电脑打印或是复印,并附200字以内的中英文摘要(外文请用打字或用印刷体书写)。摘要请列论文所用理论、技术、方法和主要结论。列关键词三至五个。中国作者姓名用汉语拼音。文章如系国家、省部级重大科技项目或攻关项目成果或资助项目,均请在首页脚注标明。

3.2 插图只附最必要的(一般不宜超过5幅),用透明描图纸黑墨清绘。图的大小应比预计制版尺寸放大1倍。文稿中应标明插图位置并附图题、图注,要求线条光洁、清楚美观。图中文字请用铅笔书写端正。照片务必黑白清晰(不用彩照)、层次清楚。表格列于文稿中,并列出表题,宜用三线表。

3.3 标题层次一律用阿拉伯数字连续编号,不同层次的数字之间加下圆点相隔,最末数字后面不加标点。标题层次的划分,一般不宜超过4层;编号应左起顶格书写,有标题时,应空一格再写标题,再起一行写具体内容;无标题时,在编号后空一格再写具体内容。

3.4 稿中外文符号必须分清大小写、正斜体、黑白体、上下角标其高低位置应区别清楚。易混淆的外文字母,请用铅笔批注文种。

3.5 参考文献请按顺序编码制择要列入,在文中按出现先后顺序,编号加方括号列入引文的右上角。在文后参考文献中,序号编码不加方括号。若属期刊,请依次写明:序号,作者姓名,文献题目,杂志名称,发表年份,卷期:页码;如为图书,则依次写明:序号,作者姓名,书名,出版地名:出版社,年份,页码。

3.6 计量单位,采用《中华人民共和国计量单位》。

4 稿件一经刊登,酌致稿酬,不登之稿当予退还。请勿一稿两投。文责自负。

5 来稿请寄:湖北省武汉市东湖东路3号《暴雨·灾害》编辑部收。邮政编码:430074,电子信箱:baoyu-zaihai@sina.com。请注明作者的通讯地址、单位、电话号码、传真机号码、邮政编码及电子信箱。

暴雨·灾害

(六)

主办单位	武汉区域气象中心
主 编	刘 志 澄
出版单位	气象出版社 (北京市海淀区中关村南大街46号 邮编:100081)
编辑单位	武汉暴雨研究所《暴雨·灾害》编辑部
本期编辑	廖 移 山, 吴 庭 芳, 俞 康 庆 (英文)
发行单位	气 象 出 版 社
印刷单位	北 京 市 兴 怀 印 刷 厂

2003年10月出版

ISBN 7-5029-3667-X/P·1295 定价:12.80元

“96.8”河北大暴雨雨团活动的数值模拟^①

李亚萍 吴庆丽 陈 敏 陶祖钰

(北京大学物理学院大气科学系暴雨监测与预测国家重点实验室, 北京 100871)

摘 要

利用非静力平衡的中尺度模式 MM5(v3)对“96.8”河北暴雨进行了 48 小时数值模拟试验, 模拟出的雨团数量和路径与根据稠密的地面观测逐时雨量分析得到的雨团活动相当一致, 表明 MM5 对中尺度雨团有较好的模拟能力。

关键词: 数值模拟 雨团 切变线

1 引 言

1996 年 8 月 3~5 日, 受 9608 号台风低压的影响, 河北省西南部发生特大暴雨, 据河北省气象台的统计, 全省有 100 多个县(市)的雨量 > 100 mm, 其中有 30 多个为 $200 \sim 400$ mm, 最大雨量 670 mm。过程总雨量超过 100 mm 的面积达到 80000 km^2 , 造成了人民生命和财产的巨大损失。

对这次由台风低压导致的特大暴雨过程已经进行过许多分析^[1~6]。其中游景炎等^[1]利用地面稠密台站逐小时雨量资料对台风低压外围的暴雨进行了仔细的中尺度分析。文章中定义降雨量 $\geq 10 \text{ mm/h}$ 的雨区为雨团, 得出了影响河北省境内的有 A、B、C 三个雨团的结论, 其移动路径如图 1(a)所示。

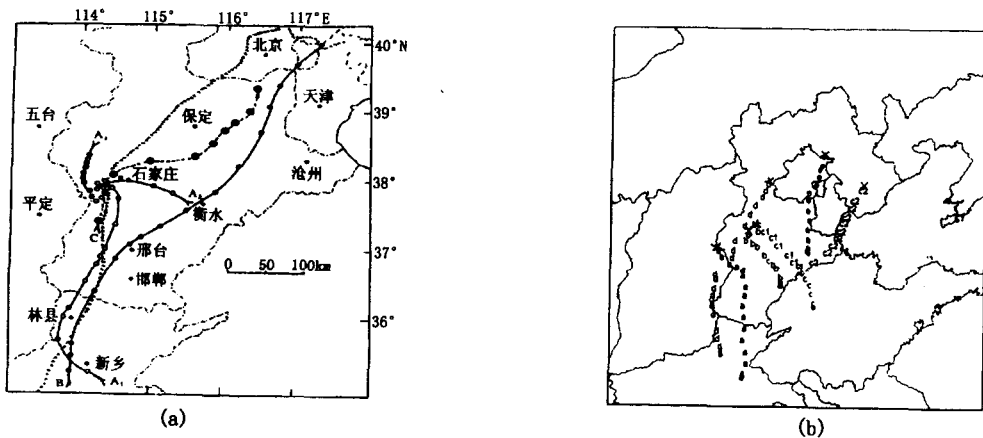


图 1 游景炎文章中的“雨团移动路径”(a)和模拟的雨团移动路径(b)

(圆点为雨团活动起点, 叉号为终点)

^① 初稿时间 2002 年 4 月 15 日, 修改稿时间 2002 年 8 月 1 日。
本文受自然科学基金 40233036 重点项目和高等学校重点实验室访问学者基金资助。

游景炎的雨团分析结果为考察数值模式对中尺度雨团的模拟能力提供了非常难得的观测事实。本文利用中尺度数值模拟模式 MM5 对这次暴雨过程进行了初步的模拟试验,并利用暴雨监测与预测国家重点实验室开发的可视化软件 LiveView 根据模式每小时输出的雨水含量绘出暴雨雨团。分析结果显示,模拟的暴雨雨团活动与游景炎等用逐小时雨量资料分析的雨团活动趋势基本符合。初步显示 MM5 对这次河北强降水过程具有较好的模拟能力。

2 暴雨概况

根据河北省气象局提供的河北省及其周边地区(山西省东部和河南省北部)地面台站(图2)8月4日01时至5日08时的逐小时降水资料,这次强降水过程主要集中在河北省中部和西南部。4日雨区呈准南北走向的带状分布,相对稳定在河北西南部地区。5日以后,雨区逐渐向东偏北方向扩展到达河北省东北部及京津地区。利用每小时一次的 GMS-5 卫星红外云图,对4日01时至5日08时的云图进行云顶黑体温度(TBB)分析表明,这次暴雨过程主要由前后发展的两个中尺度对流系统造成。4日01时,第一个中尺度对流系统位于河北、山西、河南三省交界处,其最低云顶 TBB $<-60^{\circ}\text{C}$ 。之后,该对流系统在逐渐向东北偏北方向移动的过程中,小于 -30°C 的冷云盖面积逐渐增大。直到4日17时系统移到河北中部、京津地区逐渐减弱消失。第二个中尺度对流系统于4日11时出现在河南北部,随后的几个小时内迅速向东偏北方向发展延伸,到20时,该对流系统发展成为一个几乎覆盖华北中南部地区的对流复合体(图3),最低云顶 TBB $<-70^{\circ}\text{C}$ 。以后该云团在向东偏北的缓慢移动过程中逐渐分裂、减弱,5日其 TBB $<-50^{\circ}\text{C}$ 的中心移动到京津地区和河北省的东北部。以后该云团减弱和消失在辽宁南部。

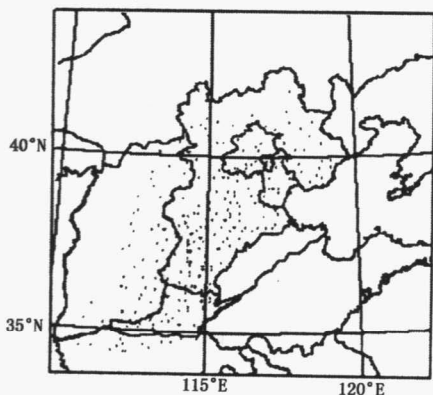


图2 提供逐时雨量资料的测站分布

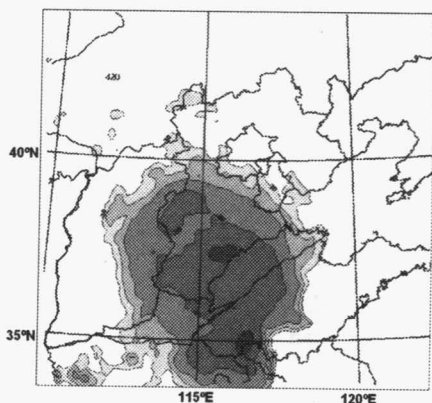


图3 1996年8月4日20时GMS云图的TBB分布图

游景炎的文章分析指出,影响河北省境内的有A(包括A1,A2,A3雨团)、B、C三个雨团。A1雨团产生于河南北部,4日01时进入河北,随后逐渐向北移动。其间A2雨团生成后向西移动,并入A1雨团,A3雨团在西部山区生成后,逐渐移动并入A1雨团。A雨团生命史长、强度大。B雨团于4日12时在河南省北部生成,15时进入河北,然后北移,18时转向NNE移动。C雨团自山西省中部生成,4日23时移入石家庄南部,4日23时至5日08时向NE方向移动。其中A雨团生命长、强度大,是形成这次特大暴雨的主要雨团;B雨团在A雨团出现后12小

时出现,有两次雨量峰值;C雨团在A、B雨团之后产生,雨强不大,移动明显,对原来的暴雨区影响很小。

3 MM5 模式及数值试验方案简述

本文使用了由美国宾州大学(PSU)和美国国家大气科学研究中心(NCAR)开发的非静力平衡中尺度模式MM5(v3)进行模拟。模拟使用了两重嵌套网格,水平范围以116°E,38°N为中心。粗网格格距为45 km,格点数为52×55;细网格格距为15 km,格点数为73×76;垂直方向采用 σ 坐标,从1到0不等距分为33层,顶层及底层分别为70和1000 hPa。模拟起始时间为1996年8月3日08时(北京时),积分48小时至5日08时。这段时间覆盖了这次大暴雨过程中降水最为集中的时段。模式的初始场由NCEP的再分析场插值到模式网格上构成。

本文模拟试验的动力过程采用了非静力平衡方案;边界层采用了MRF高分辨率行星边界层方案;可分辨尺度降水采用包含冰相的显式水汽方案;积云对流参数化采用Grell方案;其他物理过程还包括浅对流方案和云辐射方案。

4 模拟结果与雨团分析的对比

游景炎的文章^[1]中主要分析了河北省的降水情况,为了能与其分析区域位置较好的对应,本文只给出细网格的模拟结果。另外本文分析的雨团定义为模式输出的雨水含量 ≥ 0.15 kg/kg的区域。

图1a为文章^[1]中所分析的A(包括A1、A2、A3雨团)、B、C三个雨团的移动路径。图1b是模式模拟的雨团移动路径。

在模拟的48小时过程中,先后出现a、b、c(后来分为c1、c2)、d、e五个活动持续时间较长的雨团。根据雨团的活动路径,五个雨团大致可以分为三类:第一类为从河北平原地区以西北偏北路径向太行山中部移动的a、b、c(c1)雨团;第二类为沿太行山北上的d雨团;第三类为以东北偏北路径向燕山山脉移动的c2雨团和e雨团。与游景炎文章中分析的三个雨团移动路径相比较,模拟结果中的第一类移动路径与A雨团相接近;第二类路径与B雨团相接近;第三类路径与C雨团对应。模拟雨团和实况雨团一样,最集中的地方都是石家庄和邢台之间的地区,即暴雨最强的区域。

游景炎分析的A1、A2、A3三个雨团以气旋式路径从南、东、北三个方向向石家庄以南汇合,形成暴雨中心。模拟的a雨团与其中的A1对应,均产生于河南省北部,在4日01时进入河北,随后往偏北方向移向太行山中部。b、c1雨团与A2对应,产生于河北省境内,之后以偏西方向向太行山中部移动。不同之处在于,b、c1产生时间均早于A2,且开始位置比A2偏东南,b、c1基本以东南—西西北方向移动,而A2为向西移动。游景炎分析的A3雨团是唯一的一个向南南西方向移动的雨团,其移动的距离也最短。在模拟结果中没有发现与它相对应雨团,估计可能因为A3尺度太小(时间尺度小于3小时,见游景炎文中的图1b),目前的模式不容易表现出太小尺度的过程。

模拟的d雨团与游先生分析的B对应。d、B雨团均生成于河南省北部地区,随后进入河北

境内。B沿太行山北上,后期路径折向,向东北偏东方向移动。游在文章中分析的中低压移动路径也表现出前期沿太行山北上,后期因环流形势发生变化,路径折向东。模拟结果中的d雨团开始沿河北和山西交界向东北偏北方向移动,后期路径也有折向,但不如实况显著,可能与模式中的地形作用偏强有关。

模拟的e和c2两个雨团与游先生分析的C雨团对应。模拟分析出现了两个雨团,而游先生的实况分析仅出现一个雨团,这可能与C雨团的活动地区较偏北,而该地区的雨量记录比较稀(见图2)有关,1小时雨量分析可能无法确切区分。另外e、c2位置较C偏东,这可能和模拟的系统移动较实况快有关。

对模拟结果中的每小时雨水含量分布进行分析,强降水过程主要集中在河北省西南部。在积分的前32步雨区基本呈南北走向,相对稳定地分布在河北西南部地区。积分到33步以后,雨区逐渐向东偏北方向扩展到达河北省东北部及京津地区。模拟结果的雨水含量分布形式与每小时实况降水分布很相似。图4给出模拟的第33步的雨水分布与其相应时刻4日16时的实况降水分布。模拟结果显示,这一时刻的雨水呈东北—南走向的弧型带状分布,从北到南共有4个中心。与实况的弧型带状分布很相似,位于北京西南地区和河北西南地区的两个雨团中心位置模拟也比较成功。模拟结果中比实况多出了位于山西以北地区和山西中部偏西的两个雨量中心,因为我们所获得的降水实况资料台站的位置如图2所示,在这两个雨量中心处均没有实况资料加以比较。

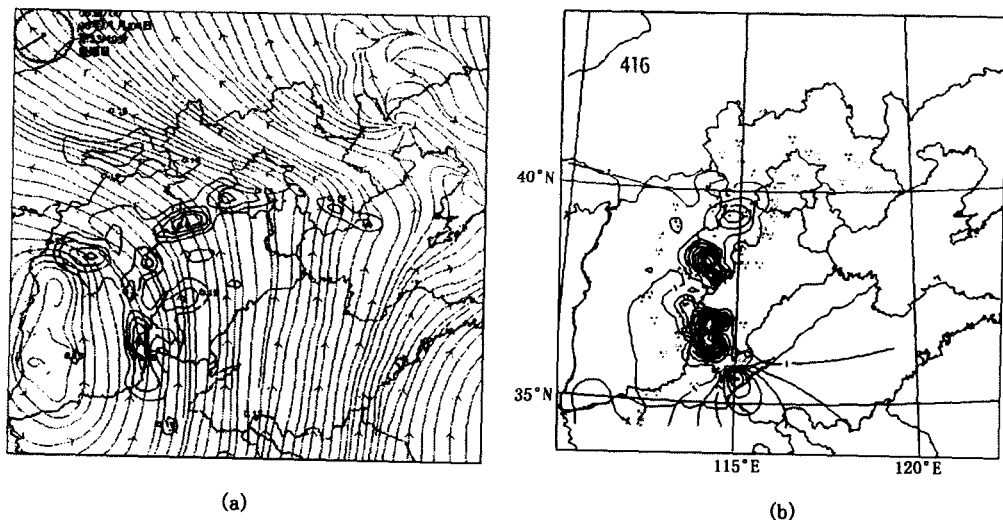


图4 模拟第33步的雨水分布(a)与其相应时刻4日16时的实况降水分布(b)

模拟低层流场中,在太行山东部地区较长时间地维持偏南风与偏东风的一条切变线,气旋性曲率明显。图5给出8月4日04时的2.5 km高度上的流线及雨水分布。一条切变线开始于山西省南部地区,从西到东贯穿河北省南部,一直延续到渤海湾。随后该切变线逐渐向北移动,雨带分布也随之逐渐北移。说明切变线是造成这次降水过程的主要原因之一。这与游景炎文章中分析的雨团中心的维持与切变线有密切关系这一事实基本一致。

最后需要指出的是,模拟的低层流场中没有发现如同游先生在文章中所分析出的地面风

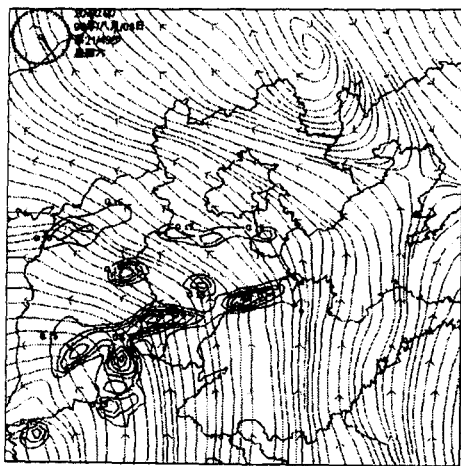


图 5 1996 年 8 月 4 日 04 时的 2.5 km 高度上的流线及雨水分布

场中的中低压。仔细观察游景炎给出的中低压风场(游文图 3a),我们发现分析出这个中低压闭合环流的依据是在大片偏东风风场中的一个西北风和一个西南风记录,两个测站的地理高度相差较大,不在同一高度,不一定具有代表性。

5 小 结

本文利用 MM5 对河北 1996 年 8 月 3~5 日的暴雨过程进行了 48 小时的数值模拟,较好地模拟出这次大暴雨过程中雨团的活动情况,表明 MM5 对中尺度雨团有较好的模拟能力,因此选用中尺度数值模式 MM5 可望提高气象台站对暴雨的预报能力。但与文献[1]中用实况资料的分析还是有不一致的地方。分析其原因,首先,对雨团的定义不完全相同。我们是用模拟结果中雨水含量大于 0.15 kg/kg 的等值线分析雨团活动,而文章[1]则定义实际降水量 $\geq 10 \text{ mm/h}$ 的雨区为雨团。其次,用实况降水资料进行雨团分析,其结果在一定程度上受地面雨量站密度限制,不一定能最全面地反映真实的降水情况。

本文仅分析了“96.8”河北暴雨模拟结果中的雨团活动情况,对于模拟结果中暴雨发生的环境条件等的更进一步的分析将另文表述。

参考文献

- 1 游景炎等. 9608 台风低压外围暴雨中尺度分析. 气象, 1998, 24(10)
- 2 陶祖钰等. “96.8”暴雨和“63.8”及“75.8”暴雨的比较. 暴雨·灾害, 1998, 2(1): 8~14
- 3 江吉喜等. “96.8”河北特大暴雨成因初探. 气象, 1997, 23(7)
- 4 苗爱梅等. 1996 年 8 月 3~5 日晋冀特大暴雨中尺度分析与预报. 气象, 1997, 23(7)
- 5 杜青文等. “96.8”特大暴雨的中尺度对流云团特征. 气象, 1997, 23(10)
- 6 王建捷等. MM5 模式中不同对流参数化方案的比较实验. 应用气象学报, 2001, 12(1)

NUMERICAL SIMULATION OF HEAVY RAINFALL IN HEBEI PROVINCE IN 1996

LI Yaping(李亚萍), *WU Qingli*(吴庆丽), *CHEN Min*(陈敏) and *TAO Zuyu*(陶祖钰)

(State Key Laboratory for Severe Storm Research, Department of Geophysics
of Peking University, Beijing 100871)

Abstract

By using nonhydrostatic mesoscale model MM5(v3), a 48 h numerical simulation was made for the heavy rainfall process in Hebei province in August 1996. Compared with the observed rain cells based on the very dense ground stations, the amount and the tracks of rain cells reproduced by the simulation are quite corresponding with the observations. It suggests that MM5 can simulate mesoscale rain cells quite well.

Key Words: numerical simulation, rain cell, shear line

黄河中游地区汛期严重旱涝气候特征的演变^①

孙安健 高 波 郭艳君

(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要

本文利用黄河中游地区 15 个台站 1951~1995 年 7~9 月降水量资料讨论汛期(7~9 月)的严重旱涝气候特征,发现黄河中游地区的严重旱涝年各有 8 年和 7 年,严重雨涝主要发生在盛夏 7、8 月份,严重干旱则多为夏秋连旱。雨涝 60 年代最多,随之渐少;干旱自 20 世纪 50 年代随时间而增多,进入 80 年代以后,气候呈变干的趋势。严重雨涝和严重干旱表现为年代际的气候振荡。严重雨涝(严重干旱)年份,亚洲范围 500 hPa 距平场呈北负南正(北正南负)分布,副热带高压偏强、偏北且偏西(偏弱、偏南且偏东)。严重干旱年份多发生在 ENSO 事件的发展阶段,赤道中东太平洋海温异常偏高,西北太平洋漂流区海温明显偏低。严重雨涝年份,赤道中东太平洋海温虽为负值,但信号很弱。

关键词:黄河中游 汛期 严重旱涝

1 引 言

黄河中游地区处于我国夏季风活动的西缘,属半干旱一半湿润气候,是草地与森林交替的过渡带,农业和牧业的过渡带。该过渡带对气候变化最敏感,也最脆弱,在历史上农牧界线变化频繁,水土流失严重,风蚀沙化及各种自然灾害不断。尤其在汛期(7~9 月),因夏季风气候变率大,导致这一地区的降水年际波动较大,旱涝灾害发生比较频繁。因此,进行黄河中游地区汛期(7~9 月)严重旱涝气候特征的诊断分析,对于这一地区的合理开发和利用是有重要意义的。

过去,许多学者从不同角度对黄土高原或黄河中上游进行过研究^[1~6],时段主要考虑 6~8 月、7~8 月或 4~9 月。但是,从连续三个月最大雨量来看,黄河中游地区汛期为 7~9 月。所以,本文将讨论这一地区汛期间的严重旱涝气候特征及其成因。

2 资料与方法

本文选用了黄河中游地区 15 个台站 1951~1995 年 7~9 月的月降水量资料,所选台站的情况列于表 1。

表 1 所选台站情况

台站名	包头	呼和浩特	临河	鄂托克	东胜	榆林	吴旗	
开始年	1951	1951	1957	1955	1957	1951	1957	
台站名	延安	铜川	宝鸡	西安	西峰镇	天水	银川	中宁
开始年	1951	1955	1952	1951	1951	1951	1951	1953

^① 初稿时间 2001 年 12 月 25 日,修改稿时间 2002 年 7 月 9 日。

本文系国家科技部社会公益研究专项资金项目“我国西北地区生态气候环境监测预测方法研究”资助。

关于旱涝的指标,国内外有很多。由于半干旱气候区的降水量多为非正态分布,故本文选用 Z 变换^[7]。即将遵从 r 分布的原降水量序列进行 Z 变换,获得服从正态分布的标准化序列。并依表2进行旱涝等级划分。

3 旱涝特征

3.1 旱涝地域分布特征

黄河中游地区汛期(7~9月)干旱出现频率呈现两高两低的分布形势(图略)。高值区分别在渭北高原和河套东北部,低值区分别位于关中和河套中部。严重干旱出现频率则是渭北高原最大。由此往西北渐减,至宁夏中部最少(图略)。7~9月雨涝出现频率则是河套东部与北部最大,渭北高原最小(图略)。严重雨涝出现频率的分布形势呈两高一低,河套北部和西部及关中稍多,其他河套地区较少(图略)。归纳而言,河套东北部是干旱和雨涝出现都很频繁的地域,渭北高原是干旱频繁雨涝少见的地域,而河套西部却是雨涝较干旱多见的地域,至于关中平原,干旱与雨涝的出现的会则是平分秋色。

3.2 旱涝时域分布特征

3.2.1 汛期各时段的各级旱涝频率

表3给出了黄河中游地区汛期各时段的各级旱涝出现频率。严重雨涝系包括涝、大涝和异常雨涝,严重干旱系包括旱、大旱和异常干旱。雨涝系包含所有类别的涝,干旱系包含所有类别的旱。

表3 黄河中游地区汛期旱涝出现频率(%) (1951~1995年)

时域	雨涝	严重雨涝	异常雨涝	干旱	严重干旱	异常干旱
7月	33	13	0	27	11	0
8月	31	20	2	29	11	2
9月	27	16	2	40	24	4
7~8月	33	13	2	29	13	0
8~9月	27	16	0	31	20	2
7~9月	24	16	0	27	18	0
总和	175	94	6	185	97	8

从表3可见,盛夏7、8月份及7~8月都是雨涝和严重雨涝出现频率分别大于干旱和严重干旱,尤其是8月份。这说明,即使在半干旱一半湿润的黄河中游地区,主汛期(7~8月)出现雨涝的频率还是要高于干旱的频率。不过,进入9月份,则是干旱事件占主导了。但是异常干旱与雨涝仅出现在8、9月份,7月份却从未出现过。总的来看,7月份严重干旱与严重雨涝出现频率相当;8月多严重雨涝,其频率是严重干旱的一倍;9月份多严重干旱,其频率比严重雨涝高出1/2。

3.2.2 旱涝年际变化

图 1 给出了黄河中游地区汛期(7~9 月)旱涝等级变化特征,表现出阶段性和群发性。从 1951 年至 1956 年,降水处于常年状况,无旱涝发生;从 1958 年至 1970 年,雨涝频繁,仅 1963 和 1965 年发生干旱;70 年代前期干旱严重,后期雨涝多见;自 1982 年以来除 1988 年有严重雨涝发生外,干旱突出。反映黄河中游地区进入 80 年代以后气候呈变干的趋势。这一变化特征与 6~9 月西非萨赫勒地区(见 WMO-NO. 819, P42)及印度季风雨(见 WMO-NO. 819, P62)的旱涝变化趋势是大体一致的。这是因为从非洲萨赫勒起经中东、印度、巴基斯坦到我国北部一带存在一个同时的干湿变化,在 60 年代以前偏湿,在此以后转为干旱。黄河中游地区由 60 年代多雨转入少雨,正是上述 60 年代全球气候变化的一部分^[8]。

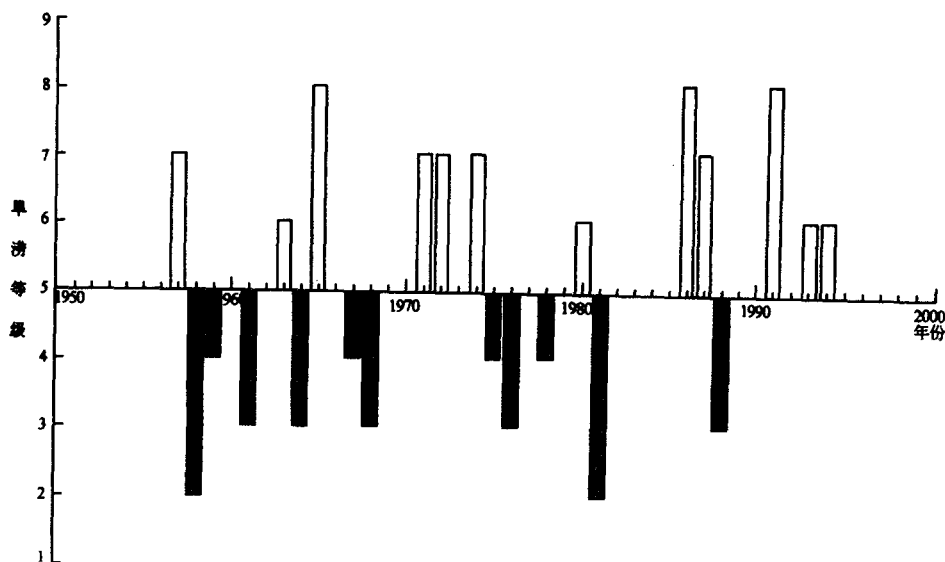


图 1 黄河中游地区汛期(7~9 月)旱涝等级演变图

表 4 给出了黄河中游地区汛期(7~9 月)各年代旱涝频率。可见,雨涝频率 60 年代最多,随之逐步减少,90 年代前半期就从未有过雨涝发生。严重雨涝则表现为准 20 年周期的年代际振荡,50 年代偏少,60 年代偏多,70 年代偏少,80 年代偏多,90 年代前半期偏少。

干旱出现频率从 50 年代随着时间而增加的,50 年代最少,仅为 11%,到 90 年代前半期增大到 50%。严重干旱的出现却表现为准 40 年周期的振荡,50 年代与 60 年代偏少,70 年代与 80 年代偏多,进入 90 年代又明显偏少。

表 4 黄河中游地区汛期(7~9 月)各年代旱涝频率(%)

类型	50'S 1951~1959	60'S 1960~1969	70'S 1970~1979	80'S 1980~1989	90'S 1990~1995
雨涝	22	40	30	20	0
干旱	11	20	30	30	50
严重雨涝	11	30	10	20	0
严重干旱	11	10	30	20	11
异常雨涝	0	0	0	0	0
异常干旱	0	0	0	0	0

3.3 严重旱涝年评定

在1951~1995年期间,黄河中游地区7~9月发生严重雨涝的年份有7年:1958、1961、1964、1968、1976、1981和1988年。严重干旱有8年:1965、1986、1991、1957、1971、1972、1974和1987年(表5)。

表5 黄河中游7~9月旱涝评定年表(1951~1995年)

时段	异常 雨涝	大涝	涝	偏涝	偏旱	旱	大旱	异常 干旱
7~9月		1958	1961	1959	1963	1957	1965	
		1981	1964	1967	1980	1971	1986	
			1968	1975	1993	1972	1991	
			1976	1978	1994	1974		
			1988			1987		
7~8月	1958	1976	1959	1952	1955	1965	1974	
		1981	1961	1964	1957	1971	1991	
		1988		1967	1963	1986		
				1968	1969	1987		
				1978	1972			
				1979	1980			
				1990	1983			
				1992				
				1995				
8~9月			1958	1959	1953	1971	1957	1965
			1961	1970	1962	1974		
			1964	1973	1972	1979		
		1976	1967	1985	1977	1986		
			1968	1992	1980	1987		
			1981			1991		
						1993		
7月		1958	1966	1951	1956	1970	1987	
		1979	1978	1952	1965	1985		
			1981	1959	1971	1986		
			1988	1961	1972	1991		
				1962	1974			
				1964	1980			
				1975	1983			
				1977				
				1990				
8月	1976	1958	1959	1956	1955	1957		1974
			1961	1967	1962	1965		
			1968	1973	1963	1986		
			1970	1985	1966	1991		
			1981	1995	1969			
			1988		1971			
			1992		1975			
					1979			

(续表 5)

9 月	1975	1955	1951	1961	1953	1952	1957	1956
		1964	1967	1969	1971	1972	1965	1993
			1968	1973	1976	1986	1994	
			1983	1981	1979	1987		
				1985	1980	1988		
					1990	1995		
					1991			

从表 5 可见,1961 年与 1981 年严重雨涝是 7~9 月各月均多雨所致,1958 年与 1988 年的严重雨涝则是 7、8 月降水持续偏多的结果,1968 年严重雨涝归之于 8、9 月多雨。1976 年的严重雨涝完全是 8 月异常多雨,而 1964 年的严重雨涝却是起因于 9 月大涝,诚然 7 月也达到了偏涝的强度。据此可知,严重雨涝主要发生在盛夏的季节,秋汛是不多见的。

严重干旱有 4 年(1965、1986、1991 和 1971 年)是夏秋连旱,7~9 月各月均出现不同程度的干旱。1974 年是 7、8 月夏旱,1957 年为 8、9 月的夏秋连旱。1972 与 1987 年都是 7 月和 9 月出现干旱少雨,但 1972 年是秋旱重,1987 年是夏旱重。而且 1987 年的干旱严重程度大于 1972 年。因此,严重干旱多为夏秋连旱的结果。

4 严重旱涝的影响因子分析

黄河中游地区位于东亚夏季风影响的西缘。所以这一地区的夏季降水既受到副热带环流的影响,还与中高纬度环流及与其联系的冷空气活动有关。此外,对低纬度热带海洋热状况异常也可能有遥响应。

本文将确定出的 7 个严重雨涝年和 8 个严重干旱年分别进行合成,从上述三个方面来探讨黄河中游地区汛期严重旱涝的影响因子。

4.1 中高纬度大尺度环流

图 2 给出了黄河中游地区 7 个严重涝年和 8 个严重旱年 7~9 月 500 hPa 高度距平合成图。这两张距平合成图在亚洲区域的距平分布场恰好相反。严重雨涝年的距平场为北负南正,而严重干旱年份的距平场为北正南负。从图 2a 可见,自俄罗斯东部经贝加尔湖向南伸的负距平区达到了河套、黄河上游及巴尔喀什湖一带,在西北太平洋则为正距平区,使得黄河中游地区处于高空 500 hPa 槽前上升气流区,有利于该地区形成多雨涝。而严重干旱年份,亚洲中高纬度地区为正距平区,而中纬度地带为负距平区,这样的配置使得黄河中游常会受到移动性暖高压脊的控制,而出现久晴无雨的天气(图 2b)。通过对表征西风带的各环流特征量之严重涝年和严重旱年状况进行统计性检验,仅亚洲极涡强度指数在信度为 0.2 时才是显著的,其他均未通过显著性检验。这表明上述严重旱涝年份中高纬度大尺度环流的差异,虽然存在,但并不是很稳定的。

4.2 副热带大气环流

副热带高压是影响黄河中游地区汛期降水的重要环流系统。它的强度、纬度位置及西伸程

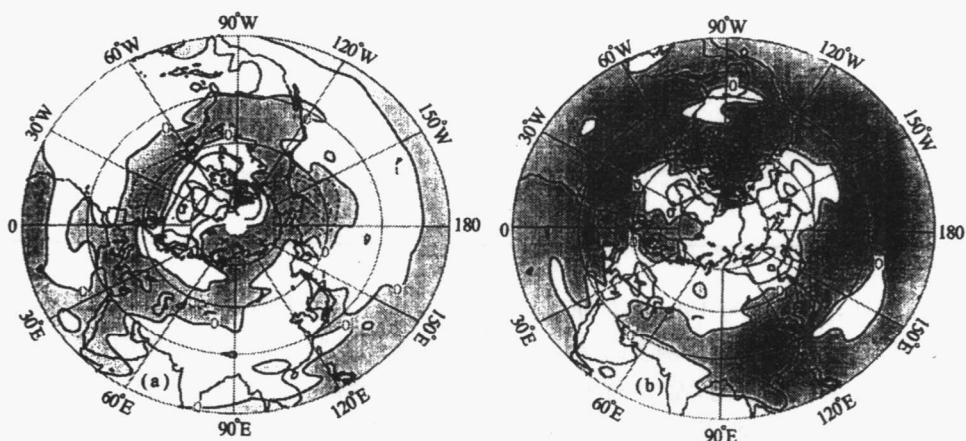


图2 黄河中游地区汛期(7~9月)7个严重雨涝和8个严重干旱年份

北半球500 hPa高度场距平合成图

(a)严重雨涝;(b)严重干旱

度对该地区汛期旱涝的形成起着决定性的作用。

表6 黄河中游地区汛期(7~9月)7个严重雨涝和8个严重干旱年副热带纬度大气环流特征量距平平均值

类型	副热带高压				
	面积指数	强度指数	脊线位置	北界位置	西伸位置
严重雨涝	0.6	2.3	0.5	0.0	-2.2
严重干旱	-3.0	-2.5	-0.9	-0.9	4.3
大涝	2.2	8.3	1.5	1.7	-1.0
大旱	-3.4	-0.6	-1.2	-1.4	3.5

从表6可见,黄河中游地区汛期7~9月严重雨涝与严重干旱(尤其是大涝与大旱)年份的西太平洋副热带高压环流特征有着显著差异。在严重雨涝年,7~9月的副热带高压势力强盛,脊线位置偏北且西伸;在严重干旱年,7~9月的副热带高压较弱,脊线位置偏南,且西伸脊点明显偏东。经统计检验,严重旱涝年份副热带高压的脊线位置和北界位置均在信度为0.1时显著。这意味着在黄河中游地区汛期7~9月的严重旱涝事件中,副热带高压脊线位置起着十分显著的作用。

4.3 热带洋面热状况

引起季风年际变化的物理机制有两方面:即下边界热力强迫作用和大气内部动力学作用。在下边界中,热带洋面的热状况起着主导作用,热带洋面海表面温度的异常通过海气相互作用对热带和全球的大气环流与气候都有很大影响。这在黄河中游地区汛期旱涝发生上也表现出遥响应的特征。

在黄河中游地区严重雨涝年份,赤道中东太平洋为海温负距平,南方涛动指数为正值;严重干旱年份,赤道中东太平洋为海温正距平,南方涛动指数为负值(表7)。这表明黄河中游地

区严重雨涝虽可能发生在赤道中东太平洋海温处于下降阶段,即发生在 ENSO 事件的衰减阶段;严重干旱则是发生在赤道中东太平洋海温处于升高阶段,即发生在 ENSO 事件的发展阶段。且严重干旱年份,不仅赤道中东太平洋海温异常信号很强,而且西北太平洋漂流区的负海温距平信号也比较强(图 3)。经统计检验,严重旱涝年份 Nino3 区与 Nino4 区均在信度 0.1 时显著,Nino1+2 区和 SOI 则是在信度在 0.2 时显著。这表明热带太平洋海表面热状况异常在黄河中游地区汛期 7~9 月严重旱涝发生上呈现出比较稳定的遥响应关系。

表 7 黄河中游地区汛期(7~9 月)7 个严重雨涝和 8 个严重干旱年热带洋面各关键区海温指数距平的平均值

类型	Nino 4 5°N~5°S 160°E~150°W	Nino3 5°N~5°S 150°~90°W	Nino1+2 0~10°S 90°W 以东	C 0~10°S 180~90°W	w 0~10°N 140°~180°E	黑潮 25°~35°N 130°~150°E	印度洋 0~10°N 50°~90°E	SOI
严重雨涝	-0.12	-0.19	-0.19	-0.16	-0.06	-0.06	-0.08	0.4
严重干旱	0.23	0.59	0.66	0.45	-0.05	-0.09	0.03	-0.6
大涝	0.11	-0.21	-0.04	-0.05	-0.03	0.31	-0.01	0.1
大旱	0.47	0.64	0.54	0.59	0.05	0.07	-0.07	-1.0

注:大涝为 1958 和 1981 年;大旱为 1965,1986 与 1991 年

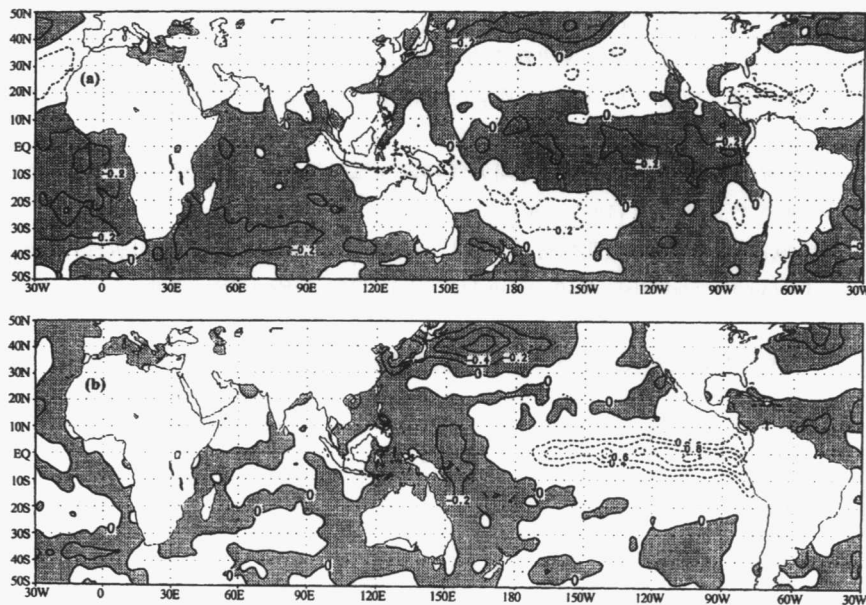


图 3 黄河中游地区汛期(7~9 月)严重雨涝和干旱年份全球洋面(50°N~50°S)海表面温度距平图

(a)严重雨涝年;(b)严重干旱年

5 结 语

(1) 在 1951~1995 年期间,黄河中游地区汛期 7~9 月发生严重雨涝 7 年,其中大涝年在 1958 与 1981 年;严重干旱 8 年,其中大旱年在 1965、1986 与 1991 年。严重雨涝主要发生在盛夏季节,严重干旱多为夏秋连旱所致。严重干旱以渭北高原最为多见,严重雨涝则是河套北部

与西部及关中地区多见。

(2) 雨涝 60 年代最多,随之减少;干旱自 50 年代随时间而增多,80 年代以来气候呈变干的趋势。

(3) 严重雨涝表现为年代际的振荡,50 年代偏少,60 年代偏多,70 年代偏少,80 年代偏多,90 年代偏少。严重干旱表现为准 40 年周期的振荡,50 与 60 年代偏少,70 与 80 年代偏多,进入 90 年代又明显偏少。

(4) 亚洲范围 500 hPa 高度距平场呈北负南正的分布,西太平洋副热带高压势力强盛,脊线位置比常年偏北、偏西时,黄河中游地区汛期(7~9)月易发生严重雨涝。亚洲范围 500hPa 高度距平场呈北正南负的分布,西太平洋副热带高压势力偏弱,脊线位置较常年偏南、偏东时,黄河中游地区汛期(7~9 月)易发生严重干旱。

(5) 严重雨涝可能多发生在 ENSO 事件的衰减阶段;严重干旱则多发生在 ENSO 事件的发展阶段,赤道中东太平洋海温异常明显;且西北太平洋漂流区的海温也有较强的信号。

参考文献

- 1 钱林清. 黄土高原气候. 气象出版社,1991
- 2 陈菊英. 中国旱涝的分析和长期预报研究. 农业出版社,1991
- 3 叶笃正,黄荣辉. 长江、黄河流域旱涝规律和成因研究. 山东科学技术出版社,1996
- 4 李锦等. 近 40 年黄河流域的旱涝. 长江黄河旱涝灾害发生规律及其经济影响的诊断研究. 气象出版社,1993,19~40
- 5 胡增臻,王绍武. 黄河中上游盛夏旱涝的同期大气环流和海温场特征. 长江黄河旱涝灾害发生规律及其经济影响的诊断研究. 气象出版社,1993,190~196
- 6 胡增臻. 黄河流域汛期降水的时空变化特征. 中国气候灾害的分布和变化. 气象出版社,1996,77~85
- 7 Kite, G. W., Frequency and Risk Analysis in Hydrology Water Resources Publication, Colorado 80522, (1978)
- 8 严中伟等. 60 年代北半球夏季气候跃变 I. 降水和温度变化. 中国科学(B 辑),1990(6):97~103

A DIAGNOSTIC ANALYSIS OF SERIOUS FLOOD/DROUGHT DURING MAIN RAINY SEASON IN THE MIDDLE REACH OF THE YELLOW RIVER

SUN Anjian(孙安健), *GAO Bo*(高波) and *GUO Yanjun*(郭艳君)

(National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract

Monthly rainfall data of July—September of 1951 to 1995 from 15 meteorological stations of the middle reach of the Yellow River are used for discussing serious flood and drought features. There are seven serious floods and eight serious droughts in the last 45 years. Serious droughts and floods mainly happened from July to September and from July to August, respectively. There were more floods during the 1960's and more droughts since the 1980's. But variations of serious floods/droughts showed interdecadal oscillation features. The distribution of northern positive (negative) and southern negative (positive) in the 500hPa geopotential height anomaly field over the Asian mid—high latitudes plays a very important role in the serious droughts (floods) in the middle reach of the Yellow River. When location of the western Pacific subtropical high is to the north and west (south and east) as well as its intensity is strong (weak) as compared with the normal, serious floods (droughts) happened often. When the equatorial central and eastern Pacific and the North-western Pacific westerly drift region has pronounced positive and negative SSTA respectively, serious droughts easily happen.

Key Words: middle reach of the Yellow River, main rainy season, serious flood and drought