

短论

黄河中游“58.7”大暴雨成因的天气学分析

“58.7”暴雨研究组*

提 要

1958年7月14—19日黄河中游出现了历时五天的强降水,造成了解放以来黄河流域最大的洪水。这次暴雨是发生在停滞于河套上空的高空切断冷涡的东南方,主要的降水系统是与此冷涡有关的东移的南北向冷锋。它们在西伸的日本海高压阻挡下,一个个变成准静止,结果造成了四场强的暴雨。与此同时,10号台风和日本海高压之间形成的强中低空偏东急流是“58.7”暴雨的主要水汽通道。

一、雨 情

1958年7月14—19日黄河中游发生了一次持续性大暴雨(以下简称“58.7”暴雨),主要暴雨区位于三门峡到花园口之间的黄河干流及伊、洛、沁河流域(简称“三花间”)(见图1)。暴雨中心山西省垣曲站5天最大降雨量达499.6毫米。24小时(16日08时—17日08时)、12小时(16日20时—17日08时)和6小时(17日02时—17日08时)最大降雨量均出现在垣曲站(见图1右上角小图),分别为366.5、249.0和245.5毫米。黄河三花间平均年雨量为600—700毫米,因而这场暴雨的降雨量相当于年雨量的50%—75%。由于暴雨持续时间长、雨量大,集中汇流快,从而造成了解放以来黄河最大的洪水。17日24时花园口洪峰流量达22300米³/秒,为黄河有水文记录以来的最大洪峰。这次持续性大暴雨是由四场暴雨组成,其中发生在16日20时—18日08时的第三场暴雨最强,从16日夜晚到17日晨出现局部特大暴雨(~250毫米)。花园口特大洪峰就出现在第三场暴雨的后期。

二、大尺度环流条件

“58.7”暴雨发生在东半球中纬度长波系统有反位相调整的时期。调整的结果使日本

1985年4月17日收到,8月30日收到修改稿。

* 参加此项工作的单位有河南省气象局、陕西省气象局、山西省气象局、山东省气象局、大气物理所、北京大学、兰州大学、水电部、黄河水利委员会。本文根据“58.7”暴雨研究组的材料改写,由丁一汇、席国跃、李一寰同志执笔。

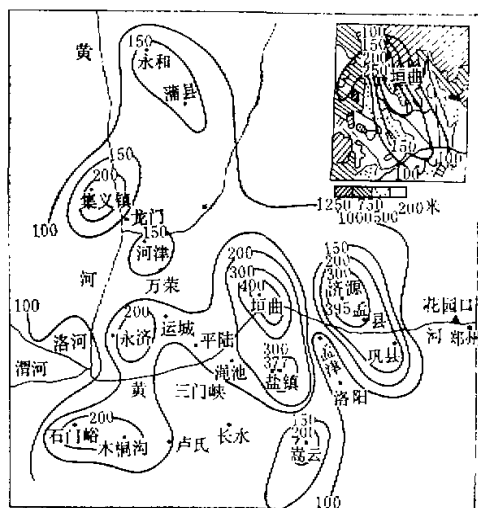


图1 1958年7月14日08时—19日08时暴雨过程总雨量图
单位：毫米。右上角小图为垣曲附近地形图和16日20时—18日08时
雨量分布(北京时,下同)。

海高压加强,同时造成河套西侧上空有高空切断冷涡生成并停滞。赤道辐合区向北移到 25°N ,其中的10号台风向西北移深入内陆,形成了主要的水汽通道。在暴雨前期(7月11—15日),东半球为二槽三脊。当7月15—18日调整时,原在 80°E 和 140°E 附近的长波脊位置有大槽建立,原在 130°E 的长波脊逐渐西退到 110°E ,最后代替了原来的长波

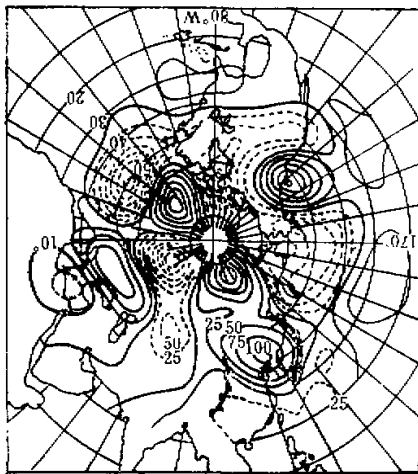


图2 1958年7月14—19日500hPa高度偏差
细实线为正距平,细虚线为负距平,粗实线为距平零线。单位：位势米。

槽。由于东亚长波槽脊的西退,使黄河中游原位于长波槽后而转变为长波槽前,建立了暴雨发生的有利环流背景。

上述西退的长波脊与日本海高压有关,它的西伸阻止了高原东侧冷槽和冷锋的东移,使它们停滞少动,这是持续性暴雨的一个重要条件。图 2 清楚地表明了暴雨区以东这个高压的存在,图中高度距平为由这个时期前四个谐波和的平均值减去同时期前四个谐波和的多年平均值(1946—1979 年)得到。另一方面,高压南侧与北上的赤道辐合区之间形成的东风急流,尤以 10 号台风与北侧日本海高压之间形成的东风最强,这为暴雨区提供了水汽来源(图 3)。

在高压的上游是一个高空切断冷涡(见图 2)。这是一个深厚的冷性系统,它的维持为暴雨区提供冷空气,使冷暖空气不断在黄河中游交绥,形成准静止的南北向冷锋,从而造成持续性大暴雨。

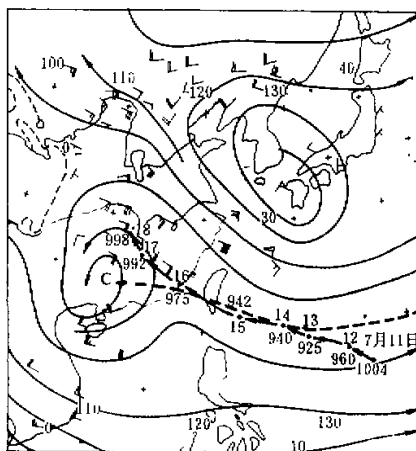


图 3 1958 年 7 月 15—18 日 850 hPa 合成风流线图
图中给出赤道辐合区位置(双断线)和 10 号台风路径(箭头线)。
阴影区为暴雨区。图中还给出逐日 08 时台风的中心地面气压。

三、造成暴雨的天气尺度系统和条件

直接造成这次持续性暴雨的天气尺度系统主要是低槽冷锋。7 月 14—17 日有三次低槽冷锋东移,它们是前三场暴雨的主要影响系统。另外高空冷涡及其前部的高空急流和低空东风急流也是影响暴雨的重要系统。下面分别作出讨论。

三次冷锋中最重要的是第二次冷锋东移过程。从 15 日 08 时开始这条冷锋不断东移,16 日 08 时移过连城,20 时移至榆社、阳城、洛阳、老河口一线。16 日 20 时—17 日 08 时冷锋处于准静止状态,就在这个时段出现了最强烈的暴雨。从冷锋的演变可以看到(图略),15 日 20 时之前冷锋的尺度将近 800 公里,20 时以后,冷锋尺度显著减小,特别是 16 日 20 时以后减小到 500 公里以下,演变成倒槽内的一条中尺度辐合线,但它仍具有

冷锋结构(图4), 锋面两侧气象要素的不连续性很清楚(图略)。在16日的地面流场上, 在锋后可分析出一连串的小高压环流, 它们是向东移的。同时锋前偏东气流很显著, 两者之间形成一条明显的南北向切变线(图4), 因此16日来自西面的干冷空气与来自东面的暖湿空气在暴雨区剧烈地交绥。从地面露点场分析也可证实这一点(图4中虚线)。16日08时—17日08时锋两侧的露点差很明显, 尤以16日20时锋两侧的露点差值最大, 为4—6℃。在这里可分析一条露点锋(图4)。显然, 露点锋的加强和切变线的存在是造成16日晚上最强暴雨的重要条件。

图5给出的锋面上界等熵面($\theta_{se} = 345^\circ\text{K}$)相对气流分析, 显示出锋面两侧冷空气

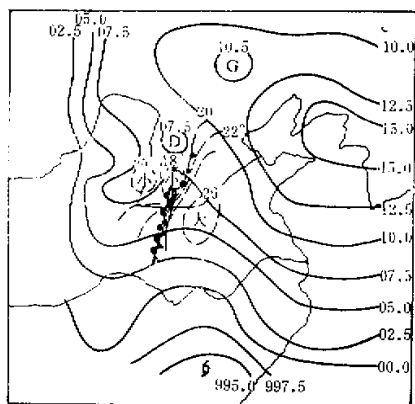


图4 1958年7月16日20时地面气压形势图
虚线代表等露点线(℃), 图中还标出地面切变线、
锋面和露点锋位置。气压单位: hPa, 1000hPa 以
上的值省去1000hPa数值。

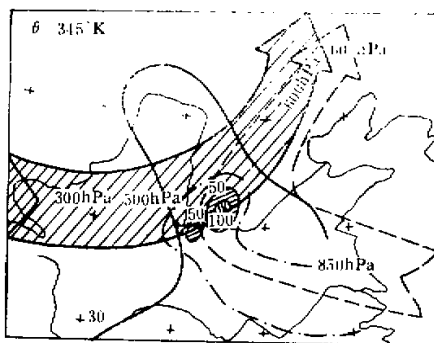


图5 1958年7月16日08时 $\theta_{se} = 345^\circ\text{K}$
等熵面相对气流分析
图中给出暴雨区(>50毫米)(16日08时—20时)
位置(阴影区), K指数($K = (T_{850} - T_{500}) + T_{d500} -$
($T_{700} - T_{d700}$))等值线(实线), 和850hPa上水汽通
量散度($\frac{1}{g} \nabla \cdot \mathbf{v}_q$)为 -0.7×10^{-7} 克/秒·厘米²·
百帕的等值线(虚点线)

的交绥。在暴雨区上空有两支气流, 一支是从东南流入的暖湿空气, 是逐渐爬升的。移到暴雨区上空时已上升到700—500hPa之间。另一支是来自西南方向从300hPa下沉的干冷空气, 它与上升的暖湿空气在暴雨上空开始重迭, 从而形成不稳定层结。由图5中的K指数分布可以看到这一点。前面指出的强露点锋、切变线等也正位于此不稳定区内, 这为强对流的发生提供了有利条件。

在“58.7”暴雨时期, 低空急流一共维持了四天, 它是暴雨区水汽的主要输送者。水汽通量和水汽通量散度的计算表明, 暴雨区水汽主要来自东南面, 并在暴雨区上风方始终维持着一个水汽通量的大值中心(参看图5中虚点线)。低空东风急流的发展似与台风(或赤道辐合区)、日本海高压和华北冷空气南下有关系。15日08时, 低空偏东急流开始建立, 急流中心位于950hPa高度, 湿层非常浅薄, 主要在0.5公里以下(图略)。16日08时急流增强, 中心最大风速由原来的12米/秒增至20米/秒。急流中心高度上升到900hPa(1公里), 相应湿层也增高到一公里左右(图略)。17日08时急流进一步增强, 最大风

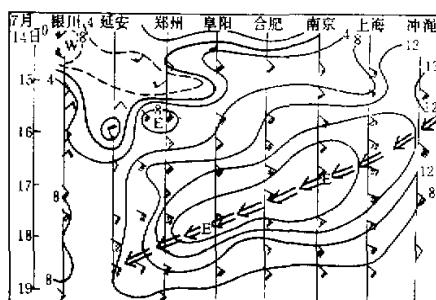


图 6 沿急流轴 850hPa 风的时间-空间剖面图
粗实线为东西风分界线,细实线为东风风速线,
虚线为西风风速线。双箭头代表急流轴。

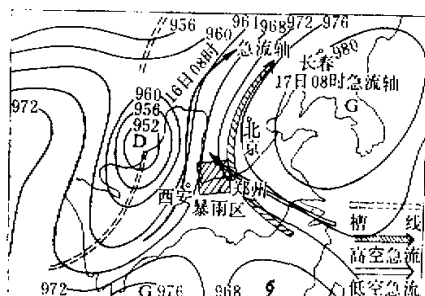


图 7 “58.7”暴雨时期 300hPa 形势图
给出 1958 年 7 月 16 日 08 时和 17 日 08 时高空急流轴位置。阴影区为暴雨区,黑、白箭头
分别代表高、低空急流轴。双虚线代表高空槽线,单位:位势什米。

速达 24 米/秒,急流中心高度增至 850—800hPa (1.5—2.0 公里)(图略),并且出现上下两个中心。图 6 清楚地表明了低空东风急流最大风速中心向西北传播的过程。当最大风速中心传到南京-阜阳一带时是暴雨最强的时期。16 日 20 时以后,由于华北地区的冷空气从低层(700—地面)南下,使东北风有一定增强,也有利于偏东急流的加强。

高空急流与暴雨区分布有密切关系。在高空急流轴右侧,尤其是在急流入口区右側常常是强暴雨区所在。在这个地区高空有明显的辐散。7 月 15 日在 300hPa 高空冷涡前方形成一支近于南北向的高空急流。随着冷涡东移,16 日 08 时南北走向的高空急流轴位于西安附近(图 7)。郑州、西安之间位于高空急流入口区右方,这里也是高空强正涡度平流的地区,因而高空辐散对暴雨的增强和维持十分有利。暴雨区位于槽前高空急流与低空急流相交处以南的地区,这种情况在许多大暴雨中常常见到。上述对流层上部的形势一直持续到 17 日 08 时(见图 7)。17 日 08 时以后这种有利的高空形势不复存在,高空急流轴移过暴雨区,原来的暴雨区便消失了。

另外,局地的地形对暴雨中心的形成也非常重要。例如最强的暴雨中心垣曲位于中条山东南麓,地形呈自西北向东南开口的喇叭形(参看图 1),暖区低空东南风受地形抬升

表1 “58.7”、“75.8”和“56.8”暴雨过程的比较

过程日期	雨区	暴雨中心	影响暴雨的天气尺度系统	西风带长波槽		西太平洋副高	北方阻塞高压	青藏高原中心	台风	赤道辐合区
				上游槽	下游槽					
1958年7月15—18日	南北向, 沿111.5°E, 从晋中到汉中	黄河中游垣曲 (过程雨量499.6毫米)	500hPa 河套有切断冷涡, 有南北向准静止锋, 冷空气(106°F), 低空东风什邡北部伴有E急流, 北侧有冷空气活动	稳定在80°E附近, 巴尔喀什湖北部伴有E低压中心	低压在150°E附近, 巴尔喀什湖北部伴有E稳定少动	中心由日本连络西进到渤海一带, 平均高度: $H_{500} \geq 5900$ 位势米	渤海—贝加尔湖西部有一个阻塞高压, 豫皖次克北势米, 连续东移, 豫皖次克北势米, 连续东移, 豫皖次克北势米, 连续东移	高原东部 $H_{500} \approx 5860$ 位势米, 豫皖次克北势米, 连续东移	“58.10”号台风登陆福建, 最北位置 29°N, 112°E (消失)	北推8°纬距左右
1975年8月5—8日	西北—东南向, 淮河上游至黄河三花间、伊河	淮河上游林庄 (过程雨量1631毫米)	台风停滞, 徘徊, 北侧有冷空气活动	同上	低压在145°E加深, 后退	中心由日本西移到东海一带, $H_{500} \geq 5880$ 位势米	同上	高原东部 $H_{500} = 5840$ 位势米, 豫皖次克北势米, 连续东移	“75.03”号台风登陆福建, 最北位置 32.3°N 113.3°E, 停滞徘徊 1—2日	北推10°纬距左右
1956年8月3—4日	南北向, 沿114°E, 河北到湖北	黄河、伊河、洛河下游, 黑石关 (日雨量219毫米)	台风路径经黄河三花间北部, 非停滞性	稳定在77°E附近, 在巴尔喀什湖北部伴有E低压中心	低压稳定在150°E附近, 在巴尔喀什湖北部伴有E稳定少动	中心位于日本, 部分西移, $H_{500} \geq 5920$ 位势米	朝鲜半岛北部到蒙古南部有阻塞高压, 豫皖次克北势米, 连续东移, 豫皖次克北势米, 连续东移, 豫皖次克北势米, 连续东移	高原中部 $H_{500} \geq 5880$ 位势米, 豫皖次克北势米, 连续东移	“56.12”号台风登陆浙江, 最北位置 38°N, 109°E, 非停滞性	北推10°纬距左右

在这里最强。

四、与其它暴雨个例的比较

在过去三十年中黄河中游地区还发生了另外两次大暴雨,即 1956 年 8 月 3—4 日(下称“56.8”)^[1]和 1975 年 8 月 5—8 日(下称“75.8”)^[2]暴雨。“58.7”和“56.8”暴雨中心均发生在黄河三花间。“75.8”特大暴雨虽在淮河上游,但在黄河三花间的东南部、伊河上游也出现了一个 500 毫米左右的暴雨区。以上三个暴雨个例的大形势与天气系统均有不少共同之处,尤以“58.7”和“75.8”有更多的相似。对比详见表 1。它们主要的共同点是:在暴雨开始期亚洲中高纬区的长波系统均发生了反位相的调整。在暴雨持续期环流则处于相对稳定阶段。反位相变化是:暴雨前巴尔喀什湖附近均为一长波脊区,暴雨期则为长波槽(75° — 80° E)。在日本附近(140° — 145° E)原来的副高中心为深的高空槽代替。在蒙古东部到华北上空(110 — 115° E, 40° N 以北),由于日本海副高西进与蒙古、贝加尔湖一带的高压脊作反气旋打通形成强大的北方阻塞长波脊,而代替了原来的长波槽,此时槽南段被切断受阻、后退并停滞,河套附近出现切断冷涡(“58.7”,“75.8”)或冷槽(“56.8”)。同时赤道辐合区北推 8 — 10° 纬距,其上均有台风西移。随着台风的深入内陆,都有一支强低空东南急流移入暴雨区上风方。

五、结 论

1958 年 7 月 14—19 日黄河中游出现的持续性大暴雨是发生在东半球中纬度大形势有反位相调整的时期。结果使河套上空的高空冷涡切断和停滞。雨区就出现在冷涡东南方。由冷涡区东移的南北向冷锋在西伸的日本海高压阻挡下,一个个变成准静止,使冷空气与强低空偏东急流输送的暖湿空气不断在黄河中游地区交绥,结果造成持续 5 天的强暴雨。

参 考 文 献

- [1] 丁一汇等, 1980, 影响华北夏季暴雨的几类天气尺度系统分析, 大气物理所集刊第 9 号, 科学出版社。
- [2] 丁一汇、蔡则怡、李吉顺, 1979, 1975 年 8 月上旬河南特大暴雨的研究, 大气科学, 第 2 卷, 第 4 期, P. 45—55。

A SYNOPTIC STUDY OF THE “58. 7” PERSISTENT RAINSTORM OVER THE MIDDLE HUANGHE (YELLOW) RIVER

Research Group of “58.7” Heavy Rainfall

Abstract

A persistent, excessively heavy rainfall with the time duration of five days occurred over the middle Huanghe River valley, during 14—19 July, 1958. It caused the most severe flood in the area since liberation. This heavy rainfall occurred in the SE sector of a cut-off, stationary cold vortex at the high level over the Great Bend of the Huanghe River. The rain-bearing systems were the east-moving, northsouth oriented cold front associated with the cold vortex. They eventually became quasi-stationary owing to the blockage of a westmoving huge high over the sea of Japan, thus causing the four episodes of heavy rainfall.