

湖北省集中暴雨特征分析

周小兰¹ 王登炎² 王建生² 王小芳¹

(1 湖北省气象局武汉暴雨研究所, 2 武汉中心气象台, 武汉 430074)

摘要 定义了湖北省集中暴雨的标准。对 1954 年以来发生在湖北省的符合标准的 12 个集中暴雨过程作了详尽的分析,发现集中暴雨为 3 场以上的暴雨组成:第 1 场为冷锋暴雨,即东亚大槽建立形成的暴雨,强度较弱;第 2 场为高原涡(槽)叠在切变线和露点锋上形成的暴雨,强度较强,常常为特大暴雨,或有较弱暴雨夹在其中;第 3 场为低槽形成的暴雨,强度较弱。归纳出了集中暴雨的环境条件,大中尺度天气学特征,得出了一些有用的结论,对湖北集中暴雨的预报有参考价值。

关键词 集中暴雨 特征分析 预报

引言

对湖北集中暴雨的中期和短期预报,张敬业、郑启松等(湖北初夏灾害性暴雨的短期预报,湖北省预报经验选编,1976 年;湖北天气预报手册,1988 年,湖北省气象局编)曾做过一些研究,对梅雨期集中暴雨的环境条件、成因和预报着眼点进行了分析,取得了若干经验^[1]。20 世纪 80 年代以后的预报员就没有作过此项研究。应当看到,人类在征服改造自然的同时,对自然界造成的破坏,直接影响着全球的气候变迁,越来越多的迹象表明:集中暴雨发生的条件更加复杂,危害性更大,如 1991 年和 1998 年的集中暴雨。随着我国经济建设和社会发展对气象服务要求的提高,有必要对集中暴雨重新进行研究。本文的研究就是在这样的情况下进行的。

1 湖北省集中暴雨的定义

按全省的雨型编码,5 个自然区中任意 3 个区编码之和大于等于 9 定义为一个大到暴雨日。在 5 个自然区中,有一个自然区编码为 6,相邻自然区有一个编码为 4 或 5,定义为一个区域性特大暴雨日。在 7 天中,有 3 个以上暴雨日,其中至少有一个区域性特大暴雨日,定义为一次集中暴雨过程。(注:一个自然区中,24

h 有 3 个以上的站大于等于 50 mm,该自然区编码为 4,有 3 个以上的站大于等于 100 mm,该自然区编码为 5,有一个以上的站大于等于 200 mm,编码为 6)。普查历史天气图,从 1954 年到现在,发现满足这一条件的集中暴雨共有 12 场。

2 湖北省集中暴雨的环境条件

从 500 hPa 的形势场看,湖北集中暴雨的环境条件共有两种情况:①标准型,②双槽型。

2.1 标准型(双包槽双阻型)

最典型的集中暴雨的环境条件为:乌拉尔山为一阻塞高压,鄂霍次克海有另外一个阻塞高压(称为双阻型),西伯利亚到巴尔喀什湖为一稳定或移动槽,贝加尔湖到东亚为一转动大槽(称为双包槽)。在这种形势下,中纬度环流平直。在此顺便澄清一个事实,在以往的教科书中,常常提到多小波动,带动一股股冷空气南下,其实这只是一种情况。多数情况下,往往只有两股冷空气,一股在新疆到西伯利亚堆积,且强度不很强,另一股在华北或东北,且强度更弱。此时副热带高压呈带状,但西脊点较偏西。

2.2 双槽型

湖北集中暴雨发生时,乌拉尔山阻高和鄂霍次克海阻高并不是必要条件,但沿海槽和巴尔喀什湖

槽却是必要条件。在无乌拉尔山阻高存在时,西伯利亚到巴尔喀什湖多是移动槽,但移速缓慢。在无鄂霍次克海阻高存在时,沿海槽往往不是东亚大槽,常常呈现不规则形状,但有一个共同特点,那就是使副热带高压呈带状。中纬度环流平直。

从 100 hPa 来看,南亚高压常常呈带状东西振荡或南北振荡。当南亚高压呈块状时,基本上无集中暴雨。

3 湖北省集中暴雨的演变过程

3.1 东亚大槽的建立

集中暴雨发生前或发生时,常常有东亚大槽的建立过程。这个过程中有两种情况:有暴雨发生和没有暴雨发生。有暴雨发生时,副热带高压脊线偏北,常常为 25° N 以北。当西北槽带动冷空气南下时,副热带高压南压,形成暴雨,然后建立东亚大槽。这时东亚大槽为圆底槽,副热带高压在东亚大槽的作用下成为东西带状。同时东亚大槽的西部在江南形成东西向切变线和露点锋。这是集中暴雨中的第 1 场暴雨,强度较弱。江南的切变线和露点锋为集中暴雨的第 2 场暴雨打下了基础。当没有暴雨发生时,东亚大槽建立常常不是圆底槽,副热带高压在东亚大槽的作用下成为不规则形状,脊线偏南。

3.2 东亚大槽的北收和高原触发系统的东移

当巴湖槽向南加深或副热带高压北推时,东亚

大槽北收。如江南有切变线和露点锋,这个系统北推,这时若高原触发系统叠加在切变线和露点锋上,暴雨便发生。这是集中暴雨过程中的第 2 场暴雨,强度较强,通常为特大暴雨。如有第 2 个触发系统叠加在切变线和露点锋上,或东亚大槽中有冷空气补充到切变线中,极可能发生第 3 场暴雨。如东亚大槽北收时江南无切变线和露点锋,当副热带高压北推时带动副热带高压西北的水汽北上形成切变线和露点锋,在高原或其北部触发系统的作用下形成第 1 场暴雨,这是 1 场较强的暴雨,可达特大暴雨强度。如高原另有出发系统或东亚大槽中有干冷空气补充到切变线中,可能发生第 2 场或第 3 场暴雨。

3.3 巴尔喀什湖槽的东移和集中暴雨的结束

第 2 场或第 3 场暴雨发生后,西伯利亚到巴尔喀什湖槽带动一股冷空气南下,与切变线和副热带高压共同作用形成集中暴雨的末场暴雨。暴雨发生后,切变线南压,副高减弱,整个过程结束。如巴尔喀什湖槽和冷空气的强度不是足够强,巴尔喀什湖槽东移建立东亚大槽时,又在江南形成切变线和露点锋,如高原触发系统东移,暴雨过程重复。

4 湖北省集中暴雨过程中的主要影响系统

影响湖北省集中暴雨的系统很多,如配置不当,只能形成较弱的暴雨。只有当这些系统有机地、巧妙地组合时,才有可能发生特大暴雨(见表 1)。

表 1 1954 年以来 12 次集中暴雨过程中的主要影响系统

发生时间	中高纬天气形势	副高形状	触发系统	低层形势特征
1954,07-01~07-12	中高纬双阻双包槽	带状副高	高原槽	低层无资料
1954,07-26~07-30	中高纬两槽	带状副高	高原涡	低层无资料
1955,06-21~06-29	中高纬两槽	带状副高	高原槽	低层无资料
1962,07-03~07-08	中高纬两槽	带状副高	高原槽	切变线露点锋
1969,07-10~07-16	中高纬两槽	带状副高	高原涡(槽)	切变线露点锋
1982,06-19~06-21	中高纬两槽	带状副高	高原涡	切变线露点锋
1983,07-03~07-06	中高纬双阻双包槽	带状副高	高原槽	切变线露点锋
1986,07-14~07-17	中高纬两槽	带状副高	高原槽	切变线露点锋
1991,06-29~07-13	中高纬双阻双包槽	带状副高	高原涡(槽)	切变线露点锋
1996,07-01~07-09	中高纬两槽	带状副高	高原涡(槽)	切变线露点锋
1998,07-20~07-23	中高纬双阻双包槽	带状副高	高原涡(槽)	切变线露点锋
1999,06-22~06-29	中高纬双阻双包槽	带状副高	高原涡(槽)	切变线露点锋

4.1 100 hPa 南亚高压

100 hPa 南亚高压的南北、东西振荡对湖北省集中暴雨起着举足轻重的作用。南亚高压的东西和南北振荡,很多文献都有记载,这里不再专门讨论。

南亚高压是一个庞大的行星尺度系统,但在其中却可以分离出中尺度系统,这是文献中没有提到过的。当南亚高压呈带状向东延伸时,南亚高压脊线上的强辐散中心也随之向东移动,这个辐散中心往往是

南亚高压中脊线南北风分量向东西风分量较大的值的过渡带。

这个中尺度辐散区常形成于高原的中西部,较500 hPa 涡或槽出现的更早,对高原中尺度系统的预报有一定的指示意义。当该辐散中心配合500 hPa 涡东移到有利的地区时,暴雨便发生了。

4.2 200 hPa 高空急流

湖北集中暴雨发生时,200 hPa 高空急流常常呈现平直准纬向,或略呈东北西南向。高空急流的南北侧风速梯度很大,且高空急流的层次深厚,可以从300 hPa 一直延伸到100 hPa。急流轴在 $35^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$ 活动,急流轴上有一个个强风中心,最大风速可达 60 m/s 以上。当强风中心向东传播时,高空急流中心右后方的强辐散区形成的强迫抬升作用,可以形成气柱中质量的流失和气压的下降,其在低层形成的负变高,是低空急流中地转偏差分量形成的重要机理^[2]。有时该辐散区可以直接诱发中低层低涡,是集中暴雨的重要触发系统。

4.3 500 hPa 天气尺度系统

(1) 东亚大槽

研究发现,湖北集中暴雨发生时,往往与东亚大槽的北收相联系。东亚大槽对副热带高压的北跳起抑制作用,当东北大槽收缩时,副热带高压迅速北跳。当东亚大槽为旋转低涡时,低涡西部不断补充的干冷空气,对江淮切变线北部的干空气的稳定维持,以及能量锋生起到了重要的作用。东亚大槽收缩之时,常常就是湖北省集中暴雨的开始。

(2) 巴尔喀什湖稳定槽

巴尔喀什湖槽的稳定或缓慢向东移动是湖北集中暴雨开始的征兆。尽管巴湖槽对湖北集中暴雨的作用机理不是很清楚,但其间接作用却是很明显的。当巴湖槽稳定时,高原处在巴湖槽的前部的西南气流中,对中尺度的涡旋的生成极为有利。巴湖槽的另一个作用就是让孟加拉湾的水汽涌上高原,对高原涡的生成更加有利。与乌拉尔山阻高东部低压联系的槽较稳定,但乌拉尔山阻高不是巴湖槽出现的必要条件。

(3) 副热带高压

副热带高压脊线的恰当纬度和东西向带状结构,是保证集中暴雨落区在湖北的必要条件,块状副高和东北西南走向副高(即使呈带状),也是不利于湖北集中暴雨的发生。副热带高压 120°E 脊线维持

在 $18^{\circ} \sim 25^{\circ} \text{N}$,集中暴雨落区恰好在湖北省(鄂西北除外)。当副高脊线在 $18^{\circ} \sim 22^{\circ} \text{N}$ 时,副高西脊点过于偏东(115°E 以东),不利于湖北集中暴雨的发生。

(4) 高原天气系统

湖北集中暴雨的触发系统大多数来源于高原。研究发现,副热带高压决定了集中暴雨的落区,而集中暴雨中暴雨的强度则取决于高原系统与切变线和露点锋共同作用的强度。高原系统有涡、切变线、槽等,但造成湖北暴雨最强的是高原涡。高原涡是一个暖心结构的深厚系统,常常可到达100 hPa 南亚高压脊线。高原涡的生成与巴湖槽和孟湾低压有联系。

(5) 孟加拉湾低压

孟加拉湾低压位于孟加拉湾到印度半岛东部,是印度季风爆发的产物。孟加拉湾低压上高原或经横断山脉向东输送水汽,几乎是湖北集中暴雨发生的必要条件。孟加拉湾低压的形成往往要追溯到南半球的马斯克林冷空气向北爆发, $50^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{E}$ 赤道气流以及索马里低空急流。追踪上述系统,对孟加拉湾低压形成的预报是很有利的。

4.4 850、700 hPa 天气系统

(1) 切变线

切变线往往是湖北集中暴雨发生的直接影响系统。对于切变线的形成和演变,前人已有大量工作,这里不再叙述。当切变线呈东西准纬向或略向东南走向时,最有利于切变线的稳定和暴雨的发生;当切变线呈西北东南走向时,切变线易减弱;当切变线呈东北西南走向时,不易发生特大暴雨;只有切变线呈准纬向或略为西北东南向,切变线北部有干冷空气,南部有暖湿气流,才有利于特大暴雨的发生。

(2) 西南涡

四川盆地西南涡的整体移出和部分移出是湖北暴雨发生的一个重要条件。西南涡有大涡和小涡两种,大涡的尺度常在500 km 以上,而小涡的尺度往往只有300 km 或更小。小涡易整体移出,大涡易部分移出。不论整体移出或部分移出,都易产生暴雨。不过部分移出时易产生特大暴雨和集中暴雨(连续暴雨)。当引导系统双倍于西南涡时,西南涡易整体移出,否则只能部分移出。

(3) 低空急流

低空急流是湖北暴雨的重要条件之一。副热带高压外围的天气尺度低空急流,地转偏差较小,可以输送水汽,但很少造成水汽通量辐合。造成水汽通

量辐合较大的是中尺度急流,有着强的非地转和水汽辐合,叠置在天气尺度急流上,常常位于黔北到川东南。中尺度急流的形成常与高低空急流的耦合、高原中尺度系统的移出有联系。

(4) 露点锋

湖北集中暴雨,绝大多数有露点锋存在。露点锋的种类是多种多样的,多数情况下只在黄淮有2~4个站点温度露点差大于 10°C 的干空气区,有时只有一两个站点。这时较少发生特大暴雨。少数的情况是,切变线北部从川东北到长江下游,整个都为干空气。这是一种特大暴雨和集中暴雨的露点锋。有时黄淮干空气的温度露点差可达 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$,这时当川东负变高为 $3\sim 4\text{ dagpm}$ 以上时,且在黔北川东南配合有饱和湿空气,这时几乎可以断定湖北有一场特大暴雨。当露点锋北部和干空气有补充,使得露点锋维持时,就是集中暴雨(连续暴雨)的征兆。

(5) 负变高

高原到四川盆地负变高是湖北暴雨的重要判据。在这里顺便澄清一个事实,以往预报员认为只有在春天,高原负变高才对天气有参考价值,实际上在夏天,高原负变高也有很大的参考意义。当高原到四川负变高达 $6\sim 10\text{ dagpm}$ 或更大时,这时需切变线北部的干空气强度温度露点差在 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$,才可能有较大的暴雨,否则切变线会很快北推或减弱,不利于湖北暴雨的发生。当负变高在 $2\sim 6\text{ dagpm}$ 时,有利于湖北暴雨的发生。负变高的形状和梯度也是湖北暴雨强度的判据。

(6) 中尺度饱和湿空气、暖空气

黔东北到川东南的中尺度饱和湿空气,是湖北

大暴雨到特大暴雨发生的条件。该饱和湿空气的存在,有利于中尺度系统的形成。这块饱和湿空气的存在,与印度季风和南海季风在这里汇合有联系。当这里的温度露点差小于 2°C ,站数多于2站时,被认为有中尺度饱和湿空气。同时当 700 hPa 温度大于 10°C 时,被认为存在特大暴雨的暖空气。

(7) 西南涡

西南涡是湖北暴雨的主要直接影响系统。当它到达湖北时,可分为几类。按形状分,可分为三角涡与圆形涡;按温度结构,可分为正压涡与斜压涡。三角涡是由3支气流组成的,即由西南风、东南风、东北风(或西北风)围成一个涡,3支气流在切变线处的交角很明显,此时暴雨落区在涡的东南象限。圆形涡是由几支气流组成的,气流与气流之间的交角不大,此时,暴雨可落在涡的4个象限,但东部象限可能性较大。正压涡是集中暴雨中的主要影响系统。斜压涡易形成气旋波迅速南压,不利于暴雨的维持与再生。

4.5 地面天气系统

当湖北集中暴雨发生时,特别当集中暴雨中的特大暴雨发生时,地面气压常在 1010 hPa 以下,即在地面存在暖低压,有时暖低压的强度在 1000 hPa 以下。这时若有东北路弱冷空气到达华北,更有利于湖北集中暴雨的发生。当然,当地面有静止锋存在,且气压不高时,也是集中暴雨发生的条件。

5 集中暴雨的模型

上述集中暴雨的影响系统可归纳为图1所示的模型。当东亚大槽建立时,副热带高压在东亚大槽

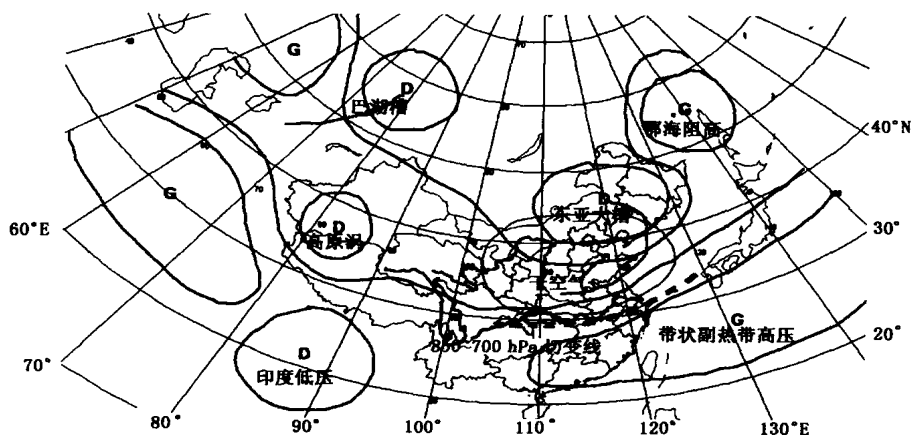


图1 湖北集中暴雨影响系统示意图

的作用下形成东西带状,同时在江南形成东西向切变线和露点锋。巴湖槽和印度季风的共同作用,在高原上空形成中尺度的涡旋或切变线或槽,当高原系统东移叠加在江南切变线上时,或东亚大槽中有干冷空气补充到切变线中,造成一场场的暴雨。巴湖槽东移,切变线南压,集中暴雨结束。

6 结论

(1) 湖北集中暴雨常发生在西伯利亚槽向南加深到达巴尔喀什湖东移、东亚大槽建立和北收的过程中。

程中。

(2) 集中暴雨中的特大暴雨的发生常常是各种系统有机地、巧妙地作用的结果;副热带高压的纬度决定暴雨落点,高原触发系统与切变线和能量锋共同作用决定暴雨强度。

参考文献

[1] 俞樟孝,李法然,杨厥正,等.一次高空急流中心引起的梅雨锋暴雨分析[J].杭州大学学报,1981,8(1):104-112.
[2] 胡伯威.与低层“湿度锋”耦合的带状CISK和暖切变型梅雨锋的产生[J].大气科学,1997,21(6):22-25.

Characteristic Analysis of Concentrated Heavy Rainfall in Hubei Province

Zhou Xiaolan¹ Wang Dengyan² Wang Jiansheng² Wang Xiaofang¹

(1 Institute of Wuhan Heavy Rain, China Meteorological Administration, 2 Wuhan Central Meteorological Office, Wuhan 430074)

Abstract: The standards of concentrated heavy rainfall in Hubei Province are defined. There occurred 12 cases of concentrated heavy rainfall in the range of the standards in Hubei Province since 1954, of which the detailed analysis is made. It is showed that concentrated heavy rainfall usually consists of three or more heavy rain events. The first is cold-front heavy rain, which forms in the process of East-Asia trough building up and weakening. The second occurs in the eastward moving process of the Qinghai-Tibet Plateau vortex, which is superimposed above the dew-point front. It is usually severe heavy rainfall. The third is low-trough heavy rainfall, relatively weak. The environmental conditions and large- and meso-scale synoptic features for concentrated heavy rainfall are summed up. The results are useful for the short- and medium-range heavy rain forecasting.

Key words: concentrated heavy rainfall, characteristic analysis, forecast