

北方灾害性天气文集

(1978—1979)

北方灾害性天气文集編委会

气象出版社

1981

内 容 简 介

本书是近两年来北方地区灾害性天气预报研究的论文集。内容包括寒潮、暴雨、大雪、低温和冰雹等重大灾害性天气的一些基本理论、数值试验、动力及天气分析以及长、中、短期预报工具和方法。并对寒潮、暴雨、冰雹研究的进展作了评述。

本文集内容广泛,实用性强,可供广大气象工作者、大专院校有关专业师生以及军事、农业、林业、水文、地理等部门有关科技人员参考。

北方灾害性天气文集

北方灾害性天气文集编委会

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

北京印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张: 7.5 字数: 186千字 印数: 4,000

1981年12月第1版 1981年12月第1次印刷

科技新书目: 21—70 统一书号: 13194·0052

定价: 0.83元

前 言

“北方”是指我国西北、华北、东北以及河南、山东等地区。

北方地区的天气灾害是很严重的。东北地区夏季的低温冷害可使粮食减产数十亿甚至上百亿斤，一场强寒潮风雪天气对北方一些省（区）的牧业所造成的损失要几年才能恢复过来，1975年8月河南一场特大暴雨对人民生命财产的危害更是十分惊人。

因此，研究北方灾害性天气发生的规律，提高对它的预报和防御能力，以达到趋利避害的目的，这对我国“四化”建设是很有意义的。

北方灾害性天气受大气演变的一般规律所制约，但也有其地区性特色。因此，研究和掌握北方灾害性天气发生、发展的规律，对推动大气科学的发展、对我国其它地区的灾害性天气预报工作都会有好处。

1975年9月，在中央气象局的指导下，北方15个省、市、自治区气象部门和有关大专院校、科研机构共23个单位组成了北方灾害性天气预报科研协作组，对天气演变规律和预报方法的改进展开了全面的研究。1976年12月6日至13日于山西运城地区举行了协作组首届年会，1979年9月7日到13日第二届年会在青海省西宁市召开。会议共收到研究报告101篇，内容涉及北方灾害性天气的基本理论、气候特征、天气和动力分析、长、中、短期预报方法以及近年来研究工作进展情况。

本文集主要从第二届年会中收录了部分技术报告共23篇。为查阅方便，分为四个部分，即：暴雨；寒潮；大雪、低温；冰雹。

暴雨部分在综合评述其研究进展情况的基础上，对大范围暴雨和北方暴雨形成的特殊性进行了讨论，并具体分析了台风对北方暴雨的影响和黄河中游暴雨形成的若干特殊问题。其中所阐述的能量锋不仅是分析北方暴雨的一个重要概念，对其它地区或其它类型的天气分析也有普遍意义。这一部分还给出了“机选相似”等两篇暴雨分析预报方法的文章。

寒潮研究在我国有较长的历史。近年来，在统计整理寒潮气候情况、分析寒潮过程与大气环流变化的关系以及认识寒潮爆发机制等方面又有了新的进展。例如“寒潮中期过程”、“偶极型涡旋形成”和“一次横槽转竖的物理分析”等，就是这方面的一些成果。它们不仅对寒潮预报有用，对其它一些大型过程的分析预报也有帮助。文集还给出了一些天气图分析和统计相结合的寒潮中期预报方法。

东北夏季的低温冷害是近年来得到充分注意的问题。关于确定影响粮食减产的低温冷害指标，了解其时空分布形式等已获得了初步成果，对形成低温冷害的形势或机制也有一定的认识。此外，对北方大雪的特征和高原雪灾的预报问题也进行了讨论。

冰雹过程有较大的局地性，天气尺度系统和中小系统都起着重要作用。因此，在目前的条件下，冰雹预报仍以环流形势与有一定物理意义的统计指标相结合的综合预报法为主。“先兆过程”、“阶梯槽”、“雹暴群”等都是着眼于分析较大尺度天气过程与冰雹过程的相互作用。另外，用同步卫星云图分析冰雹天气也是一种新的尝试。

总之，近年来大家对北方灾害性天气的研究情况是各有特色的。对低温冷害，侧重于长期预报；对寒潮，多注意中期过程；对暴雨、冰雹则主要涉及短期预报问题，前者偏重于大范围，后者偏重于局地性。

程纯枢同志对北方灾害性天气研究工作的开展一直很关心，做了不少指导工作，对本文

集的编辑出版也给了不少帮助。

西宁会议决定由新疆气象局负责“北方灾害性天气文集”的编辑组织工作，并由王为德、丁士晟、张培忠、苏福庆、周琳、蒋尚城、潘汉明、吴永森、吴正华、许有丰、张风廷、马文林等 12 人组成“北方灾害性天气文集”编委会，负责编审工作，“文集”插图的清绘工作由郭奕同志负责。

由于编者水平有限，不妥之处请读者批评指正。

“北方灾害性天气文集”编委会

1980 年 8 月于乌鲁木齐

目 录

暴 雨

近年来北方暴雨预报科研的进展·····	丁士晟 (1)
西太平洋台风与北方暴雨·····	蒋尚城、谢安 (6)
黄河中游暴雨分析预报的若干问题·····	陕西省气象科学研究所等 (11)
能量锋及其实用意义·····	雷雨顺、吴正华 (16)
盛夏一种特定形势下的暴雨预报·····	沈阳中心气象台 (22)
机选相似——对天气图经验预报方法的模拟·····	山西省气象台、山西大学计算站 (26)

寒 潮

近年来寒潮天气过程研究的进展·····	王为德、张培忠 (29)
关于寒潮中期天气过程 (倒 Ω 流型) 的研究·····	仇永炎、王洁颖 (36)
偶极型涡旋形成的数值试验·····	许有丰等 (42)
对寒潮高压演变规律的几点认识·····	黄祖岳等 (52)
一次横槽转竖槽寒潮过程的物理量分析·····	张元箴、赵景忠 (56)
西风指数曲线特征及其在中期预报中的应用·····	新疆气象台中期预报室 (64)

大雪、低温

1978 年冬北方大雪若干特征的分析 ·····	季良达等 (67)
青藏高原雪灾长期预报因子分析·····	吴永森等 (74)
黑龙江省夏季低温气候规律及其对粮食产量的影响·····	陈兴旺等 (79)
黑河地区冷暖夏季 (5—9 月) 的北半球 500 毫巴环流分析及其预报·····	刘荣青等 (83)

冰 雹

近几年来冰雹短期预报方法研究的进展·····	苏福庆 (87)
先兆过程对强对流天气过程的作用·····	吴正华 (90)
阶梯槽雹暴的个例分析·····	游景炎 (96)
论雹暴群对大尺度系统的反馈作用·····	陈 乾 (99)
华北一次冷涡飏线天气的 GMS 云图分析 ·····	肖稳安 (103)
应用 500 毫巴急流做中 (短) 期冰雹过程预报·····	李玉书、白瑞芳 (108)
北京延庆地区降雹的短期预报方法·····	苏福庆等 (111)

近年来北方暴雨预报科研的进展

丁 士 晟

(吉林省气象科学研究所)

我国北方雨量并不多，但雨量集中。盛夏多暴雨，大范围大暴雨往往带来严重的洪涝灾害。建国以来，1957年的松花江大水，1958年的黄河大水，1963年的海河大水，1975年的淮河大水都给人民生命财产带来严重的损失。1975年8月上旬河南大暴雨发生后，有关部门组建了暴雨科研队伍，加强了协作，推动了暴雨科研工作的开展，取得了大量科研成果，进一步提高了对北方暴雨的认识。

一、北方暴雨的气候特征

统计表明，北方暴雨集中出现在7、8月，大范围特大暴雨则主要集中在夏季风最强盛的7月下旬和8月上旬。夏季风一般可到达华北，有时可达东北、西北。强盛的夏季风带来了充沛的水汽和较大的能量。它与北方冷空气相遇造成剧烈的上升运动和强烈的不稳定，往往造成大范围大暴雨。解放以来，我国大陆上两次最大的暴雨(1963年8月河北特大暴雨和1975年8月河南特大暴雨)都出现在北方。我国大陆一小时、六小时、一天、三天、十天的最大降水记录也均出现在北方，这都说明了北方暴雨的重要性。

北方暴雨的分布很不均匀，出现次数最多、强度最大的是在河南、河北和山东一带，其次是东北，而西北地区不仅暴雨次数最少，强度也小。然而，西北地区虽然暴雨次数少，但由于地处黄土高原，森林少，水土保持条件差，暴雨的危害也相当严重，仅几十毫米的降雨也会造成大的灾害，有时局地暴雨也很严重。

二、暴雨分析方法

近年来，研究和业务部门都对暴雨分析方法作了明显改进，从而加深了对暴雨的认识。

1. 能量分析

常规天气图分析中主要分析高度场(气压场)和温度场，而和降水密切有关的湿度场和稳定度场却不能清楚地反映出来，这对暴雨的分析和预报是很不够的。能量分析可以补充常规天气图这两方面的不足。

能量天气分析、预报方法在我国是由中央气象局气象科学研究院天气气候研究所首先研究，并逐步推广的，现在北方暴雨分析和预报中已广泛采用。

许多研究表明，暴雨往往与高能区相配合，而与暴雨相对应的深厚高能区，在很多情况下是有规则的移动，因而对深厚高能区用外推法做大范围暴雨预报也可以取得一定效果。深厚的能量激增层对暴雨有较好的预兆。

陕西省气象台把地面总温度分布常呈现次天气尺度的 Ω 形状的所谓锢囚高能区看成是暴雨的一种征兆，也被其它地方的研究工作所证实。最近他们又研究了锢囚高能区的结构，认为在高压区的前方有一支干冷空气南下，使得高能区东移缓慢，而高能区本身是很深厚的，它往往由一支偏南暖湿空气所造成，在高压区后方的一支干冷空气又起了加强上升气流和不稳定的作用。

研究表明,暴雨往往发生在能量锋附近,而在夏季能量锋比温度锋明显得多。通过对能量锋的能级、强度、坡度及锋生条件的分析,可以对暴雨的量级和降水性质作出定性判别。

总温度的铅直分布,可以较好地表示大气层结。总温度随高度减少表示对流不稳定,总温度随高度增加表示对流稳定。500毫巴饱和静力总温度和850毫巴静力总温度之差表示潜在不稳定是有效的。用它来描述大气不稳定比用其它的一些指标更好一些。

在暴雨分析中与能量有关的物理量,有人用假相当位温,也有人用 K 指数或 Ri 数。

2. 气流分析

常规天气图分析除了湿度场表现不够外,气流表现也是不够的。为了弥补这方面的不足,中国科学院大气物理研究所最早介绍和引进了气流分析,甘肃、宁夏气象台在这方面也做了大量工作。经过分析表明,许多大暴雨区都有三股气流:在低层有一支从西南或东南向北爬升的暖湿气流,它在爬升过程中可以改变方向,它是形成暴雨的一支最重要的气流,带来了充沛的水汽,同时也带来了感热、潜热、动能以及不稳定能量;在暴雨区的西北方,对流层中层或低层有一支干冷下沉气流,大多数到达雨区边沿,它对形成降雨区内水汽辐合有重要作用;另外在平流层往往有一支下沉的偏北气流,有时在对流层中层还有一股西南气流。

在气流分析中最重要的是急流分析,低空急流和高空急流对暴雨的形成往往起重要作用,暴雨经常发生在低空急流的左前方,高空急流的右后方。大多数大范围暴雨都有明显的低空急流相配合,但有低空气流并不一定有大范围暴雨。河南、宁夏等单位研究表明,干低空急流一般没有暴雨,低空急流往往要有冷空气配合才能形成暴雨。低空急流向暴雨区输送了水汽和能量,低空急流左前方正是辐合上升区,所以低空急流对暴雨既有热力作用又有动力作用。分析表明:低空急流的超地转风愈大暴雨亦愈大,低空急流上的扰动与暴雨密切相关。对于低空急流与暴雨的关系,一直有两种不同的看法:有的认为低空急流造成暴雨;有的认为暴雨时对流混合造成动量下传而产生或加强了低空急流。经北大数值试验表明,较大尺度急流一般早于暴雨,干急流不会下暴雨,下暴雨对低空急流加强是有作用的,但不会导致大尺度急流的加强。

3. 中尺度分析

六十年代中期,我国开始了中尺度分析。近年来,中尺度分析在北方暴雨分析中已普遍采用。1979年在京、津、冀开展了比较系统的暴雨中尺度试验,甘肃、辽宁也开展了中尺度试验。许多个例分析表明,中尺度雨团有对流性降水,也有稳定性降水。雨团的移动大体上和500毫巴气流方向一致。在辐合线和高能区的下风方、中尺度系统和天气尺度辐合区相交的地方,雨团容易产生和加强。有利的地形和下垫面(如迎风辐合区地形、喇叭口地形、潮湿的下垫面水库区等)也会使雨团发生和加强。低空急流在有利地形下形成气旋性切变,有利于雨团的发生和加强,两个雨团合并也有利于雨团加强。1975年8月河南特大暴雨会战发现,中低压、中辐合中心和每小时雨量中心三者并不重合,而是相距20到50公里。中国科学院大气物理研究所的同志从重力波的理论说明了这三者不相重合的必然性。他们比较重视中尺度分析,近年来在中尺度系统的触发机制研究方面取得了一些进展。

河北省气象局通过中尺度试验表明,暖区暴雨有可能提前预报出来,中尺度分析中辐合系统比气压系统作用明显,低层辐合可以起到触发作用。

4. 动力分析

过去动力分析主要建立在三维天气分析和手工计算的基础上。1976年北大等单位用比较完全的垂直运动方程,对与7503号台风密切相关的“75·8”河南特大暴雨进行了诊断分析,

计算结果提出潜热释放导致上升运动加强的重要物理过程。近年来,动力分析除了计算垂直运动外,还有计算水汽条件、热力因子、能量条件和稳定度等等。吉林和北大对比了几种垂直运动计算法得到的结果,发现以修正的运动学方法最好,用风场解 ω 方程也较好。在计算方法上除了差分法外,还用了有限元方法,对地形的处理更加精细了。天津、甘肃等单位已将动力分析投入日常业务使用,经两年实践表明,对于提高预报质量是有效的。对于了解暴雨的物理过程也是有益的,特别是通过普及动力分析,加深了预报员对天气学理论和动力气象的理解,为天气学和动力气象结合打下了基础。

5. 卫星云图的分析

卫星云图比较直观,反映夏季降水往往比天气图清楚,在暴雨分析和预报中已成为不可缺少的工具,这几年来已积累了不少经验。例如,利用云图来确定暴雨系统及暴雨中心的位置,分析对北方暴雨影响较大的高空急流和低纬度系统以及中、小尺度系统的活动都有明显的优点。此外,水利部中央防汛指挥部利用红外云图中特别白亮的云团,结合一小时的雨量实况作暴雨中心的短期预报,取得了较好的效果。

三、预报方法

暴雨预报是一个很困难的问题,目前国内外暴雨预报水平都不高,其困难主要是我们对暴雨的物理过程了解还很不够。暴雨是不同纬度、不同尺度的系统相互作用的产物,要正确预报它是困难的,由于暴雨有明显的 discontinuity,因此在时间、空间上用外推法来预报它往往要失败。同时仅用目前分析的天气图做暴雨预报也是很不够的,还需要使用一些行之有效的其他工具。近年来,这方面已取得了一些可喜的进展。

1. 天气学方法

许多单位对本地暴雨天气形势进行分类,归纳成几个类型,概括出暴雨出现时各种气压系统配置特点,并用概略模式图表示出来。这种概略模式图称作暴雨天气气候类型。在这基础上总结出若干条经验规则,用以判断能否出现暴雨。

从“75.8”河南特大暴雨会战总结的暴雨落区法得知,暴雨发生在低空急流左前方、高空急流右后方、中层低槽前方、假相当位温大于 70 度、850 毫巴露点在 13 度以上、有明显中低层辐合的地区。目前已有一些单位用这个方法来做本地暴雨预报。但暴雨落区法只指出暴雨可能出现的区域,而不能确定这些区域一定会出现暴雨。

2. 统计学方法

统计学方法是广大台站在暴雨预报中广泛采用的方法。河北将逐日 700 毫巴资料,通过计算相关系数,分为 8 个型。在分型基础上,进一步挑选有用的预报因子,通过回归分析等统计预报方法,作出降雨概率预报。方程的建立是先看点聚图挑选 8 到 11 个因子,再用逐步回归精选 3—5 个预报因子,这样建立的方程拟合率可达 80% 左右,实际预报准确率也较高。

中央气象台和中国科学院大气物理研究所将全国分为 47 个区,雨量分为 5 级,用逐步判别进行预报。从十四年历史资料来看,对于 5 级判别的拟合率为 50% 到 60%,如果允许跨一级,拟合率为 70% 到 80%,1975 和 1976 年试报,5 级判别的准确率为 42%,允许跨一级的准确率为 68%。对于二级判别,两年试报的准确率为 77%。

1979 年吉林用日本数值预报形势预报图及物理量预告图,建立了有无降雨动力统计预报方程,经试报,准确率可稳定在 80% 左右,同时对较大降水的预报,也取得较好的结果。

3. 数值预报

国外对大范围降水的数值预报已取得了一些进展,不少国家已投入业务使用。但暴雨的数值预报,目前还在研究阶段。中国科学院大气物理研究所和北大分别开展了暴雨数值预报的研究工作,设计了方案,编制了计算程序,已经可以报出较大的降水,但还有一些问题需要解决,离投入业务使用尚有一段距离,但我们相信,经过努力,几年后是可以得到业务上使用的暴雨数值预报模式的。

四、几点认识

通过几年来的工作,对北方暴雨有了一些认识,这对进一步研究暴雨和做好暴雨预报是很有益的。

1. 湿斜压大气动力学的建立和对水汽作用的认识

谢义炳教授提出了湿斜压大气的动力学,用湿斜压大气动力学代替了干空气斜压大气动力学。提出了湿位温度守恒定律、湿倾向方程和湿 ω 方程,提出了低空急流形成的一种机制是湿空气在湿不稳定大气中上升得到加速,在较晚时刻到达某地后,将给该地带来水汽和风,而不仅是输送了水汽。湿急流形成后,将导致湿力管场,这可能是湿急流中心左前方出现暴雨的原因。经理论推导湿斜压大气最大不稳定波长只有干斜压大气最大不稳定波长的一半或更小,这可能揭示了导致夏季大面积暴雨的一千公里左右次天气尺度系统发生的机制。近年来实践证明湿斜压大气动力学的理论是正确的,对暴雨科研及预报将起积极推动作用。

通过“75.8”河南特大暴雨的诊断分析,计算得到水汽凝结释放潜热和强对流导致显热向上输送,使空气柱变暖,浮力加大,因而又加强了对流,这种反馈作用是十分明显的,在导致上升运动作用的各项中贡献最大的潜热释放造成的反馈可以使上升速度加大2—4倍,从而大大加强了暴雨强度。另外,计算还表明,水汽凝结潜热的释放还能使台风保持暖心结构,使得气旋发生和加强。这对进一步认识夏季低压系统的发生、发展和暴雨形成的机制是很有益的。我国北方气候比较干燥,所以水汽对北方暴雨就显得更加重要。

	时间尺度	空间尺度	尺 度	天气尺度系统	移 动	发生时间
大范围大暴雨	几天	几万平方公里	次天气尺度	较 明 显	较 慢	盛 夏
局地大暴雨	几小时	几千平方公里	中 尺 度	不 明 显	准静止	夏 半 年
冰 雹	几十分钟	几百平方公里	小 尺 度	不 明 显	较 快	双 峰 型
	水 汽	湿 层	能 级	零 度 层	层 结	风垂直切变
大范围大暴雨	很 充 沛	很 深 厚	很 高	较 高	中 性	不 大
局地暴雨	充 沛	深 厚	较 高	较 高	不 稳 定	不 大
冰 雹	不 充 沛	浅	较 低	较 低	不 稳 定	很 大
	干 暖 盖	上升速度	上 升 区	低空急流	低空气流	中空气流
大范围大暴雨	无	几十厘米/秒	几十万平方公里	有	偏南或偏东	偏南或偏东
局地暴雨	有	几米/秒	几万平方公里	不 一 定	偏南或偏东	偏南或偏东
冰 雹	有	十几—几十米/秒	几千平方公里	无	不 一 定	偏北或偏西

2. 大范围大暴雨的天气特征

根据中国科学院大气物理研究所、吉林等单位的研究表明，大范围大暴雨和局地大暴雨、冰雹天气有较明显的区别。上表给出了它们的主要差别。

由表上可见，大范围大暴雨与局地大暴雨和冰雹均有很明显的差异。大范围大暴雨在时间上、空间上都有较大的尺度，而且都有低纬度系统的作用，有明显的天气尺度系统与之配合，移动较慢，多半可以追踪，并且水汽往往很充沛，湿层很深厚，能级较高，零度层也较高，低空和中空一般是偏南或偏东气流，大多有低空急流与之配合，并且风的垂直切变不大。经过近几年研究，对于北方大范围大暴雨的认识加深了，预报的把握性也加大了。而局地大暴雨不论时间尺度或空间尺度都较小，不一定有低纬度系统配合，水汽没有大范围暴雨多，但层结更不稳定，对流比较强，一般有干暖盖，分析和预报工具应该和大范围暴雨有所不同。通过对比研究，如果将暴雨进行分类，应分为大范围大暴雨和局地大暴雨，因为这两种大暴雨的性质不一样，分析和预报工具也应不同。

3. 中低纬相互作用是预报大范围大暴雨的重要途径

北大经过几年的实践，首先明确提出，西风带和热带辐合带环流系统之间的相互作用，是产生大范围大暴雨或特大暴雨的基础，并将西风带和热带辐合带环流系统之间的相互作用，归纳成六种型式。辽宁也得出辽宁大范围特大暴雨与西风带、副热带、热带天气系统活动及其相互影响紧密相连。辽宁十三次特大暴雨中，有八次与台风有直接关系，起间接作用的有三次，吉林十四次大范围大暴雨与副高、台风有密切关系，这十四次副高脊线均在 30°N 以北，其中十次与台风有关，并且最大的九次暴雨都是受台风影响。据宁夏分析，地处内陆的宁夏有一多半的暴雨和台风有关，中低纬的暴雨除了台风起重要作用外，季风也有较大作用，台风和季风可以给北方带来充沛的水汽。经过几年实践这个观点已被广大预报员所接受，并且用于日常预报。

根据中低纬度系统相互作用的观点，把暴雨的中期和短期预报有机地结合起来，建立了大范围暴雨预报的新思路。同时对中低纬度系统相互作用下暴雨系统的特殊性质和结构也作了初步的研究，提出了暴雨系统的半热带性质。这方面工作的进一步开展，对中低纬系统相互作用下暴雨产生的物理过程的了解和暴雨的短期预报可能有较大意义。

这几年注意研究了边界层对暴雨的作用。经研究表明，暴雨的水汽大约有一半是由边界层水汽辐合、向上输送获得的。天津气象台分析发现，雨团移动方向和 925 毫巴水汽通量轴有关。在一些个例中发现，行星边界层中存在相当强的辐合流场，它所造成的垂直运动是促使潮湿不稳定空气发生对流的重要原因。行星边界层的气流辐合区和暴雨区的配置相当一致，900 毫巴上升运动和雨团配合很好。在行星边界层，除了通过水汽辐合输送水汽外，超低空急流也起了重要作用，在下暴雨时或以前，在 500—600 米左右往往会出现一支超低空急流，它的强度往往超过 850 毫巴以上的低空急流，这支超低空急流，由于高度低水汽大，因而具有更大的作用。近年来在北方暴雨的研究中，除了暖湿空气外，还注意了浅薄冷空气的作用，这种浅薄冷空气用常规天气图比较难发现，它多半在行星边界层中呈反气旋式流场，有暴雨时在行星边界层往往可以发现较明显的浅层锋区。暴雨雨团大多产生在 600 米到 900 米之间的冷暖空气的交绥面上。

西太平洋台风与北方暴雨

蒋尚城 谢安*

(北京大学地球物理系暴雨研究组)

一、引言

1975年3号台风在河南林庄所引起的接近世界纪录的特大暴雨及其造成的惨痛灾害,引起了人们的严重注意,事实说明台风对我国北方(包括冀、鲁、豫、辽、吉五省及京、津两市)暴雨的影响是极其严重而又复杂的。北京大学暴雨研究组从1975年开始连续四年,先后与河北、河南、山东省及天津市气象台,辽宁、吉林省气象科学研究所及吉林大学、中央防汛办公室等单位协作分析了1975—1978年四年中六次北方地区受台风(7502, 7503, 7504, 7613, 7704, 7805)影响的特大暴雨,并进行了三年的预报实践,本文企图将这方面的研究成果作一初步的总结。

二、西太平洋台风对北方暴雨影响的一般特点

分析这四年中发生的六次台风暴雨过程,基本上有以下三个特点:

1. 次数少, 强度大

1975—1978四年中,西太平洋上共有100个台风生成,其中只有六个对我国北方暴雨有影响,占总数的6%,平均每年有1.5次台风影响北方暴雨。可见台风影响北方暴雨的次数是很少的,但强度都达特大暴雨,六次中有四次雨量超过了450毫米,最大一次的过程雨量为1061毫米。而我国南方虽受台风袭击频繁,但暴雨强度不见得都比北方大。

2. 时间集中, 与台风登陆点及路径关系密切

这六次过程全部发生在7—8月(尤其集中在7月下旬和8月上旬),占这四年中7—8月台风发生次数的17%,而占登陆台风数的30%,可见7、8月间登陆的台风与北方暴雨的关系甚为密切。这六次过程中,除了一次在黄海未登陆外,其余都是在闽、浙一带登陆的,而路径大都偏北或西北(下图)。

3. 影响复杂

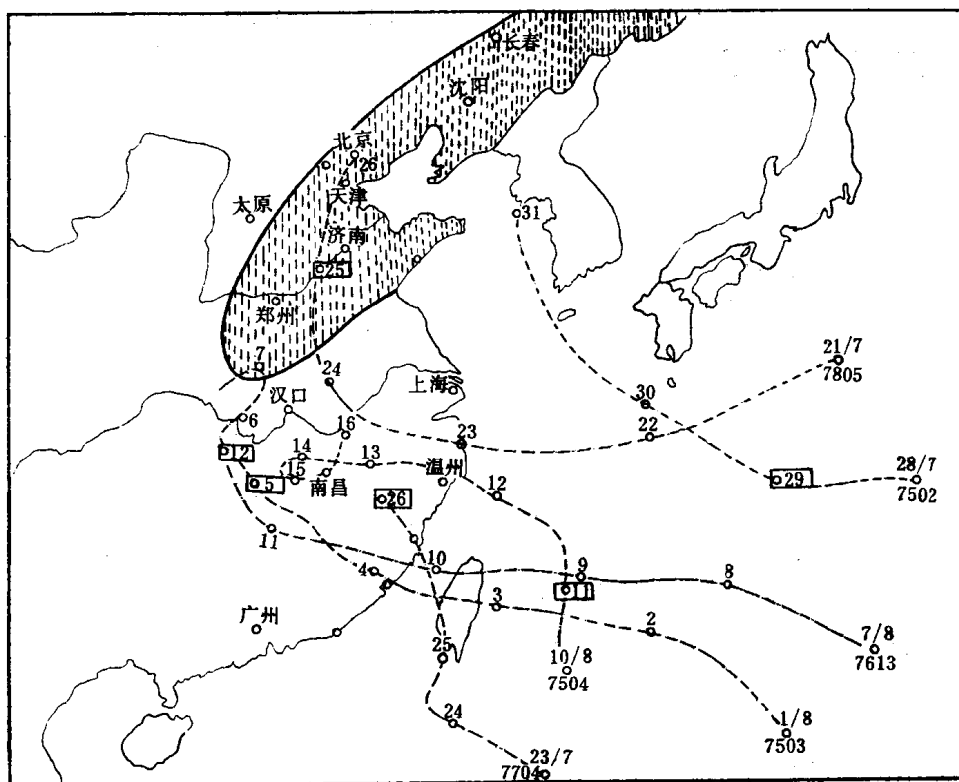
这是中国台风暴雨的重要特点,在北方尤为明显,主要反映在以下三个方面:

1) 台风中心与暴雨区距离远近相差甚大,近的仅几十公里,最远的可达2000公里,其中有三处(7502, 7504, 7704)相距1000公里以上,很容易在预报时被忽视。同时产生暴雨时台风强度一般比较弱甚至行将消失,如1978年5号台风到 35°N 以北时中心气压已减弱到1000毫巴以上,但却在天津附近产生了690毫米的降水。

2) 直接形成暴雨的系统包括了夏季降水的大部分地面降水系统,如台风、倒槽、暖切变线、锋面、气旋等等,而这些系统本身的降水强度差别很大。

3) 一次台风对于同一地区可以产生数次不同的暴雨过程。如7805号台风在冀东先由台风北部的倒槽,后又由台风本身相继下了大暴雨。而7502号台风对于辽宁,先是促使华北

* 本组成员除本文作者外,还有谢义炳,张镔、杨大升同志。个例分析工作都是在组内全体同志与一些兄弟单位协作下完成的。



1975—1978 年影响北方暴雨的台风路径图

(符号说明同台风年鉴, 阴影区为北方暴雨区范围, 长方框为开始影响北方暴雨时的台风所在的位置, 框中的数字为时间)

的黄河气旋发展并在辽宁产生气旋暴雨, 后来台风进入黄海时又使冷锋暴雨增幅而影响辽宁。

三、台风与副高之间的东南低空急流的特点及其对暴雨所起的作用

影响北方大暴雨的台风, 多数是登陆于我国东南部, 路径偏北或西北, 在 850—500 毫巴高空, 台风与副高之间有一支 ≥ 12 米/秒的强风带(东南低空急流), 它是中低纬系统相互作用的纽带, 对北方大暴雨的产生起着重要的作用。根据我们的初步研究, 这支急流具有以下几方面的特征:

1. 暴雨的先兆

急流和暴雨的关系是比较复杂的, 有的先有急流后有暴雨, 有的急流与暴雨同时产生, 也有的急流是在暴雨之后形成或加强的。下表给出了六次个例台风东侧的低空急流与北方大暴雨的关系, 从下表可见, 这支低空急流的先兆性是十分明显的, 一般急流都在北方暴雨产生前 12—24 小时出现, 显然这一征兆是有一定预报意义的。

2. 重要水汽通道

计算分析表明, 低空急流轴与最大水汽输送轴基本上是重合的, 所以它是北方暴雨的一支重要的水汽通道。

3. 宽度较大、距地较高

一般大于 16 米/秒的等风速线宽度约 300—400 公里, 急流中心所在高度在 850—500 毫

台风东侧的低空急流(700 毫巴)与北方暴雨的关系表

台 风 编 号	台风右侧的偏南低空急流			北 方 暴 雨		
	时 间	中心位置	强度米/秒	时 间	地 点	强度(毫米/日)
7502	7 月 28 日 20 时	济州岛	14	29 日 08 时—30 日 08 时	河北柏各庄	497
7503	8 月 4 日 08 时	上 海	22	5 日 08 时—6 日 08 时	河南尚店	553
7504	8 月 11 日 08 时	东海海上	18	11 日 20 时—12 日 11 时	河北迁西	134毫米/6小时
7613	8 月 11 日 08 时	福建邵武	32	12 日 08 时—13 日 08 时	山东成山头	175
7704	7 月 25 日 20 时	上 海	20	26 日 08 时—27 日 08 时	河北司各庄	464
7805	7 月 24 日 08 时	上 海	22	25 日 02 时—26 日 02 时	天津蓟县	421

巴之间, 平均在 700 毫巴。

4. 有分支和脉动

这支急流在时空分布上都具有不均匀性的特点, 如在水平方向, 特别是在急流的前部, 在台风、副高和西风槽的相互作用下出现分支的现象; 另外每一分支里的强风速往往以脉动的形式向前传播, 并触发能量锋区上的中尺度扰动产生, 有暴雨中心与之相对应。

这支低空急流对暴雨的作用主要有以下四方面:

- 1) 输送水汽;
- 2) 形成低层辐合和湿斜压锋生;
- 3) 在暴雨区造成强的对流不稳定条件;
- 4) 急流上的南风脉动是暴雨的触发机制之一。

由此可见, 这支急流对暴雨的作用是多方面的, 它不仅为暴雨提供了水汽, 同时还为暴雨的产生提供了热力、动力条件, 在暴雨系统的生成和触发条件方面都起着不可忽视的作用。

四、台风与西风带弱冷空气的相互作用

1) 所谓弱冷空气, 一般指高空有西风小冷槽, 但无明显的 24 小时负变温配合, 低层亦无明显的斜压锋区配合, 但在流场上往往有辐散中心配合。

2) 台风与西风带弱冷空气相互作用下所产生的降水往往比单纯的热带气旋或温带的气旋、斜压锋区的降水剧烈得多。如 7805 台风在华北与弱冷空气相互作用下所产生的降水为刚登陆时降水量的十倍。另外, 弱冷空气与台风(7805, 7704)相互作用下的倒槽或切变线降水也远比单纯具有明显斜压锋区的降水来得大。

3) 在弱冷空气的作用下, 若在台风低压的南方还有热带涡旋的作用, 则其暴雨程度最为严重, 需要特别警惕。如两次最大的暴雨(7503, 7805)其南方都有热带低压。

4) 在弱冷空气与台风带来的低纬水汽的相互作用下形成一种介于热带与温带之间的特殊结构的降水系统, 这种系统具有半热带性质, 往往伴随着大暴雨。如 7805 台风暴雨过程中, 由于弱冷空气的侵入和台风右侧东南低空急流的逼近, 在台风内部低层有弱的斜压性并形成了新的辐合中心, 同时暴雨猛烈加大, 这时台风结构也有明显变化, 即在低层(500 毫巴以下)降冷, 高层(500 毫巴以上)增暖。高层增暖正是暴雨反馈的结果, 但反过来又有利于暴雨的维持和加强。这时台风本身变为既非温带又非热带, 而是两种能源(斜压位能和凝结潜热)兼有的“半热带气旋”。类似的结构性质在 7503 台风大暴雨时也曾出现过。

另外, 还发现当弱冷空气侵入到台风倒槽(或暖切变)中容易产生大暴雨, 这主要和这里

有强烈的湿斜压锋生有关(在 7805 例中, 倒槽北部的 ∇T_e 竟达 $24^{\circ}\text{C}/100$ 公里), 而且这种湿斜压锋区一般在 600 毫巴以下具有向暖区一侧倾斜的特殊结构。与之相应的有强烈的对流不稳定能量, 故当台风右侧的偏东急流带来的大量水汽在倒槽北部辐合上升时, 由于对流不稳定能量的释放而导致暴雨的产生。这种具有向暖区一侧倾斜的特殊结构的湿斜压锋区, 其垂直运动主要由强的对流不稳定能和潜热能所供给, 可称为半热带锋区。值得注意的是 7704 例中离台风较远的副高边缘上的弱暖切变中发生大暴雨时, 其结构性质也与上述锋非常类似。

以上说明台风与弱冷空气相互作用下形成了新的带有半热带性质的暴雨系统, 而这种结构特殊的半热带系统, 往往比一般的热带或温带系统更有利于下暴雨, 因此对这类半热带系统的进一步研究, 对于大暴雨的预报无疑是十分重要的。

五、台风与西风带斜压锋区的相互作用

上节指出的是西风带中的弱冷空气与台风相互作用而产生的大暴雨, 有时西风带的冷空气较强, 高空有明显的 24 小时负变温中心 ($<-5^{\circ}\text{C}$) 可以追踪, 斜压锋区从地面到高空都很清楚, 这种斜压锋区与台风相向而行时, 可以有以下两类情形:

1. 对斜压锋区的增幅作用

通常先有一条冷锋在北方出现并伴随着不大的降水, 台风北上时, 由于台风右侧的低空急流带来的水汽在锋区上迎面辐合, 而使锋区降水发生明显的增幅作用, 这时暴雨中心一般就在急流与锋区的交点附近。如 7502 台风对黄河气旋的暖锋和冷锋先后起了两次增幅作用, 而使河北, 辽宁等地下了大暴雨。

2. 生成锋面气旋而使暴雨增强

这里又分两种情形, 一类是冷锋与减弱的台风低压直接结合, 使低压变为具有冷暖锋结构的温带气旋。这时由气旋产生的降水要比这两个系统单独影响时强烈。另一类是在北方常见的形式, 即冷锋进入台风倒槽, 与一条台风内逐日向北推进的暖切变相接于倒槽内的中尺度低压中, 在这里诱生出一个锋面气旋来, 而台风本身消失。这时冷锋降水变为气旋降水。暴雨中心由原来的冷锋附近转到暖锋前, 而且降水强度剧增。7613 台风对山东大暴雨的影响即是这类的典型例子。根据分析, 这种气旋的生成需要有以下三个条件:

1) 有东西两路冷空气(分别有 -5°C 以上的负变温中心对应), 特别是东路的冷空气对于气旋的生成和暴雨的加剧更为重要。有利于东路冷空气入侵的相应环流形势是贝湖高脊(或阻高)的存在。

2) 高空急流的槽前辐散中心与低空急流左前方的辐合中心的迭加, 是气旋生成及发展的重要动力因子。

3) 暖切变北抬与暖锋锋生。

对于上述气旋暴雨过程按佩特森 (Petterssen) 发展公式进行的动力分析表明, 在气旋的发生发展过程中, 最为重要的是潜热作用, 且较非台风影响的气旋过程中的贡献更为突出, 其次则是温度平流项, 可见斜压性仍然是气旋发展的重要能源, 其它各项都是负贡献。

六、北方台风暴雨的分类及预报思路

1. 分类

实际表明, 北方的台风暴雨不受冷空气影响的极少, 绝大多数都是由台风与西风带冷空气相互作用所致, 故根据这两者相互作用的特点及型式, 可分为以下类型:

1) 西风带影响台风的暴雨 主要由于冷空气侵入台风低压内部而使低压原来的 纯热带性质发生改变,同时导致暴雨增大。按照侵入冷空气的强弱又可分为两类:

i 弱冷空气侵入台风,台风变为半热带气旋,若同时南方又有热带低压影响,则暴雨更大(如 7503, 7805)。

ii 较强冷空气(冷锋)侵入台风,台风变为温带气旋。

2) 台风影响西风带暴雨 主要由于台风与副高之间的偏南急流的作用向北方注入大量的水汽而使西风带中的降水激增,这类暴雨区一般离台风中心较远,按照台风与不同强度冷空气的作用又可分为两类:

i 温带斜压锋区(台风与强冷空气作用) 形成锋区增幅(如 7502, 7504)或锋区诱生气旋(如 7613)。

ii 半热带湿斜压锋区(台风与弱冷空气作用) 台风与弱冷空气相互作用于倒槽或暖切变中,造成强的湿斜压锋生并具有向暖区倾斜的特殊结构的半热带锋区(如 7704, 7805)。

2. 预报思路

首先要注意七月下旬至八月上旬北方最易发生台风暴雨这一期间的中低纬系统相互作用的中期趋势,由于西风槽在北方是经常出现的,故重点应放在低纬是否有台风生成和太平洋上 ITCZ 是否有北上的趋势,以作出北方未来有无台风暴雨过程发生的趋势预报,在此基础上再应用天气图、卫星云图、物理量图和逐时区域小图作短期预报。同时应注意

1) 当低纬有台风生成时,是西行还是北上?能否在闽、浙登陆?若在闽浙登陆或台风虽在海上,但有水汽通道指向北方,则需开始警戒台风暴雨的发生。

2) 分析低空急流及其辐合中心与高空急流的辐散中心未来的叠合区以及湿斜压锋生区,按照上述分类模式预报未来 24 小时可能发生那一类台风暴雨,并判断其发生的位置和强度。

3) 利用逐时区域小图及红外云图上的特别白亮云区,确定暴雨中心位置及强度,追踪其移动和变化。

根据以上思路,对 7805 台风暴雨取得较好的预报效果。今后,需在此基础上进一步完善发展出一套北方台风暴雨的具体的预报方法。

参 考 文 献

- [1] 北京大学地球物理系气象专业、河北省气象台,一次黄河气旋的特大暴雨过程分析,大气科学,(1),(1976)。
- [2] 北京大学地球物理系气象专业,7503 号台风与河南特大暴雨,气象科技资料,(8),(1977)。
- [3] “75.8”暴雨会战北京组,“75.8”河南特大暴雨的动力分析,气象学报,(4),(1979)。
- [4] 谢安、李仙姣、苍蘊奇,两次降水过程的对比分析,气象,(6),(1979)。
- [5] 谢安,台风与北方的气旋暴雨,《1978 年台风会议文集》,上海科技出版社。
- [6] 张廷治、杨扬、蒋尚城,1977 年 4 号台风与北方特大暴雨北方天气文集,(2),北京大学出版社。
- [7] 蒋尚城,中国的台风暴雨,《1978 年台风会议文集》,上海科技出版社。
- [8] 蒋尚城、张锺、周鸣盛、刘盎然,登陆北上减弱的台风所导致的暴雨—半热带系统的暴雨,气象学报,(1),(1981)。
- [9] 北京大学地球物理系气象专业,初论西风带和热带辐合带环流系统的相互作用,大气科学,(2),(1977)。
- [10] 谢义炳、张锺、蒋尚城,暴雨中短期预报的观点和思路,气象科技,(2),(1979)。

黄河中游暴雨分析预报的若干问题

陕西省气象科学研究所 兰州大学气象专业

兰州中心气象台*

暴雨是我国夏季常见的一种灾害性天气。它不仅发生在沿海水汽充沛的地区,而且也在内陆发生(如1977年7月4—6日延河暴雨和1978年8月6日兰州暴雨等),因此暴雨预报成为气象科研和业务工作中的一个重要课题。近年来,我们分别对青藏高原东北侧、黄河中游地区的暴雨作了一些分析研究。本文综合论述了这个地区暴雨系统的大尺度结构、生成条件以及暴雨预报的思路、方法等问题。

一、暴雨系统的三维气流结构

近年来国外有人研究了气旋系统的降水过程,对它的气流结构及其在形成降水中的作用提出了一些新的看法。后来国内引进了这些研究成果,并结合我国东部地区降水实例进行了分析,所得结果类似,认为有三股气流对低压中降水的形成起重要作用^[1]。

综合我们近年来的工作^[2-3](包括等压面气流分析、等 θ_{se} 面气流分析以及地面总能量图的分析等),可以将本地区暴雨的三维气流结构作出初步的概括,如图1所示。由于出现在副高西北侧长波槽前的暴雨是本地区强度较大、范围较广的主要暴雨类型,因此着重概述这种类型的暴雨。

所谓影响暴雨的气流是指流向暴雨区和它附近的具有某一物理属性并对形成暴雨起到明显作用的气流。它与急流的概念不同,即不一定具有极大风速,但在某些情况下,在一些层次上可以与急流相配合。影响本地区暴雨的第一股气流是在对流层低层来自偏南方向的暖湿气流,它大致被限制在青藏高原地形的东侧,在向北流动的过程中一般也是上升的,到达暴雨区时可以达到700(或600)毫巴的高度。这支气流有两个明显的特征:一是暖湿,它与700毫巴或850毫巴的湿舌、 θ_{se} 高值舌基本一致,是暴雨的主要水汽输送带;二是本身具有位势不稳定的性质,下垫面引起的非绝热增温和水份蒸发对其位势不稳定的形成是重要的原因。第二股气流是对流层中上部副高西侧的西南暖湿气流,大体上与500毫巴湿舌或高能舌对应,它来自青藏高原东部的上空。这支西南气流约在500—300毫巴之间,接近雨区时一般也是上升运动。这支气流很早以前就为预报人员重视,看作本地区降水的重要指标。近年

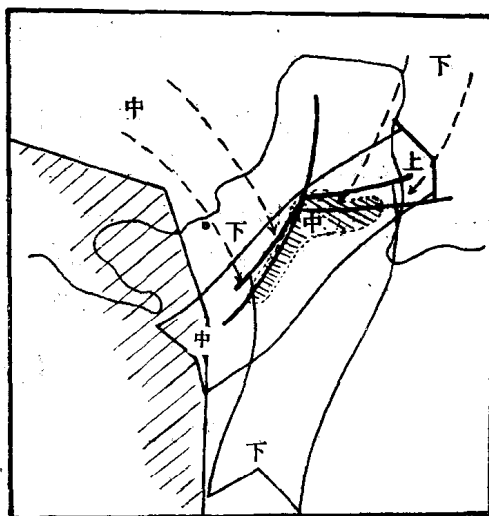


图1 暴雨期间气流示意图
(宽实箭头代表第一、第二股暖湿气流, 虚箭头代表第三、第四股干冷气流, 实线代表低空切变线, 其附近的阴影为暴雨区, 左下方阴影表示青藏高原, “上”、“中”、“下”表示气流处在对流层中的部位)

* 本文由白肇坤执笔