

初论西风带和 热带辐合带环流系统的相互作用

北京大学地球物理系气象专业

提 要

探讨中高纬和低纬环流系统之间的相互作用,对指导天气预报实践和研究大气环流理论都具有重要的意义。本文是基于近几年来在低纬环流和我国北方盛夏暴雨方面一系列分析研究工作,对西风带和热带辐合带环流系统之间相互作用的一个初步总结。

首先,根据大范围环流分析和全球卫星云图,提出了一个连结中高纬西风带和热带辐合带的简要的总环流模型。其次,将西风带和热带辐合带环流系统之间相互作用的现象,列举出常见的有代表性的六个方面。最后强调指出,要想进一步解决中高纬地区夏季暴雨天气预报问题,应该特别重视低纬环流和天气过程的研究,同时,要把这个问题提高到(中高纬和低纬环流之间)“相互作用”这个观点的高度来考虑。

一、前 言

中高纬和低纬环流系统之间的相互作用,其中包括相互影响、相互制约和相互转化是一个很重要的课题。其任务不仅要分析探讨相互作用的形式和结果以及相互作用发生的时间和地点,而且还应进一步研究相互作用的原因、条件和内在机制。解决这些问题对天气预报实践和大气环流理论都是很有意义的。

“矛盾着的对立面又统一,又斗争,由此推动事物的运动和变化”。^[1]无论在北方还是南方大范围天气现象都是产生在冷(干)暖(湿)气流相互交绥之中。

在分析大型环流调整问题时曾指出^[1],除了同一纬度地区上、下游之间以及高、低空之间环流系统的相互影响之外,中高纬和低纬之间大型环流的相互作用,也是环流调整问题的重要方面。事实上,根据初步分析^[2],象中高纬一样,低纬热带大型环流也具有相互交替的指数循环的调整过程。而中高纬和低纬环流系统的相互作用,正是不同纬度的这些系统在一定的配置下相互影响,从而导致大型环流发生调整,并同时产生大范围严重天气现象的过程。因此,从天气预报角度而言,探讨中高纬和低纬环流系统,特别是西风带和热带辐合带环流之间的相互作用,不仅对短期预报而且对中期预报,特别是大范围灾害性天气(如大暴雨)的中期预报,具有重要的意义。

目前卫星云图资料已经很多,配合天气图,它是分析中高纬和低纬环流系统相互联系和相互作用的有力工具,这方面的工作已有一些^[3]。近几年来,我们利用天气图、云图以及物理量计算的方法,对一些事例进行了分析^{[4]—[11]},使我们从一个侧面上,对中高纬和低纬

1976年9月14日收到

1) 毛泽东,“关于正确处理人民内部矛盾的问题”,毛泽东选集第五卷,1977年,372页。

环流系统相互作用的形式、过程、产生的天气影响以及相互作用的机制有了一些初步的认识。本文重点将围绕这些实例,着重讨论西风带和热带辐合带环流系统间相互作用的现象,为进一步深入分析其内在机制和研究相互作用的原因和条件提供基础。

二、总的环流模型

大气是个整体,中高纬和低纬气流之间本来不是相互孤立截然分开的。过去由于资料的限制和人们认为中高纬地转偏向力大、斜压性强、盛行西风气流,而低纬则相反,因此有把低纬与中高纬流场划分为两个领域的趋势。例如,人所熟知的极锋模型,是根据中高纬地面记录总结概括出来的,长波模型主要是根据中高纬高空记录总结概括出来的,两者尽管统一了起来,但都没能考虑与低纬环流的联系。随着探测手段的改进和观测资料的增多,以及天气分析预报的广泛实践,已经证实这两部份气流之间的关系极为密切,尤其是在研究大范围严重天气时,必须从中高纬和低纬环流的相互联系、相互作用来考察,才能得到满意的解答,为此根据实例分析,特别是根据全球云图^[12],我们提出一个连结中高纬西风带和热带辐合带的简明的总环流模型^[4],如图1所示。

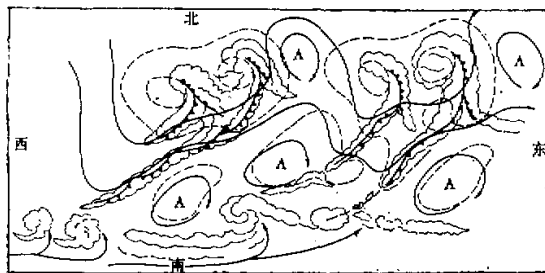


图1 总环流模型图。实线表示高空流场,虚线为地面气压场。

模式的主要特征表现在西风带(云系)和热带辐合带(云系)的相互配置和联系。这两大云系经常连成一长条(南半球比北半球更为显著),西风带云系向东移动、偏转且与纬圈斜交,西南端逐步南移减弱,其最南端可缓慢地向西伸展,且以极微弱的云带并入到热带辐合带(云系)中去。另外,和西风带上的气旋族类似,热带辐合带上可出现热带涡旋群。

上述模型是在南北半球对称条件下得到的,它能表示南北半球春秋过渡季节的情况。至于南北半球非对称的情况,上述主要特征仍保留,但北半球夏季亚洲地区具有显著的差异,整个系统偏北,地面高压变为低压,低纬低层西风带宽且偏东,以青藏高原为中心的高空大型季风反气旋很强,同时低纬东风急流强而明显。

三、相互作用的初步分析

通过实例分析,对于西风带和热带辐合带环流系统之间相互作用的现象,可初步归纳如下六个方面:

1. 较强冷空气促使热带涡旋发展成台风

1967年10月14日,菲律宾以东海面上有一个在热带辐合带上发展的强台风向西北

方向移动。17日当台风移至我国南海时,原在日本以东的极锋云系与台风云系合并后加强,形成宽厚的西南—东北向的云带,随后这个台风西移并在我国海南岛附近逐渐消失。随着冷空气的南下,孟加拉湾地区热带辐合带上扰动加强。20日孟加拉湾地区形成明显的台风云系,21日在该地区出现强大台风,22日在缅甸和孟加拉国之间登陆并逐渐消失。值得注意的是,17日我国及日本以东出现宽厚云带时,云带以东海面为大范围晴空区,这表明高压加强,而 140°E 以东 10°N 附近热带辐合带上扰动加强并缓慢西移,22日在菲律宾以东又出现一个强大台风。

这是西太平洋台风与南下冷锋相连接,极锋加强后,在极锋西南端孟加拉湾地区热带辐合带上出现扰动并发展成强大台风,同时,极锋东侧副热带高压东南方热带辐合带上扰动也加强并形成另一个台风的典型实例^[4]。这种情况在11月份与12月份,在东南亚和孟加拉湾地区常可见到。有时极锋西南端的气旋式涡旋和极锋东南方(反气旋环流东南侧)的气旋式涡旋要经过二、三次这样的过程之后才能发展到台风的强度。类似现象,在北美墨西哥的大西洋和太平洋沿岸同样出现。这种现象并不是冷空气和台风直接接触作用的结果,可能是南下沉转向变性的冷空气加强了低纬东风、增强了热带辐合带上的切变与辐合。

2. 孟加拉湾风暴和南支西风槽的结合

西太平洋台风转向后,在我国沿海地区与较强的北支西风槽相遇而结合是常见的现象,两者结合后多表现为槽的振幅加大,强度加强。孟加拉湾风暴与南支槽相结合的现象也同样经常发生,而且这是孟加拉湾风暴影响我国西南(甚至整个华南)地区天气的重要形式。两者的结合在云图上表现很清楚,风暴东北方伸展的云系和南支槽云系相连接,使后者云系扩大增密,并随之产生大降水。云系和降水影响的范围很广,最北可达 35°N ,最东可达 120°E 。1973年7月10—13日就是典型的一例^[5]。当热带风暴和加深的南支槽两个系统结合后产生了较强的西南—东北向的暖湿气流输送,在与南支槽中冷空气的相互交绥下,槽前锋区环流得到加强,导致青藏高原帕里站出现了创历史记录的大暴雪天气。

3. 弱冷空气维持和加强台风

弱冷空气的活动是造成中高纬地区夏季大范围暴雨的一个重要条件^[43]。在讨论“75.8”河南省特大暴雨时^{[6][7]}已经指出,减弱的三号台风的维持和加强,是造成这次特大暴雨的先决条件,而弱冷空气侵入台风环流,影响和制约了三号台风的发展演变及其移动路径。

这次特大暴雨共有三次过程(5日20时、6日20时、7日20时),6日以后台风处于弱冷锋的尾部,弱冷空气从西北方、北方以及东北方侵入到台风环流内。它和台风区域中的暖湿气流相遇,产生强的辐合上升运动,随之潜热释放。因有较充沛的水汽继续向台风区输送,致使台风环流维持甚至再度加强。另外,弱冷空气从北侧侵入台风环流,由于下沉而形成的反气旋式流场,加强了台风北侧的东北风,促使台风有向偏西南方向移动的趋势。

台风移至弱冷锋的尾端,弱冷空气自台风北侧侵入台风环流而影响台风的现象,在中纬和低纬地区均可出现,这是冷空气和台风直接接触的影响。这种弱冷空气不但不破坏和削弱台风环流,在低纬地区反而有加强台风的趋势,在中纬地区(如果台风已经减弱时)则有恢复台风本性的倾向。这种弱冷空气有使台风向偏西或西南方向移动的趋势,同时

在台风经过的地区会出现大暴雨或特大暴雨。

4. 台风(群)对中纬气旋和低涡的影响

在讨论 1975 年 7 月底河北省东部特大暴雨时^[9]曾指出,直接降水系统是发展的黄河气旋,它的发展与位于东部海上的二号台风有密切关系。图 2 给出了这种影响的简略综合图。图中东部边缘的涡旋云系为二号台风,其西北侧为一热带低压,图中最西北部的盾状云系就是发展中的黄河气旋。值得注意的是,从台风云系向偏西北方向射出一条排列整齐而明亮的积云带,这条云带与由计算得到的低空(850 毫巴或 700 毫巴)最大水汽水平输送轴以及东南风急流轴基本相同。这是二号台风向黄河气旋提供水汽和能量的通道,是热带涡旋影响中高纬系统的一种纽带。这个例子说明,盛夏期间我国中纬地区大范围大或特大暴雨的产生,除了注意西南风(急流)水平输送之外,还应注意东南风(急流)水平输送,在文献[7]和[13]中也曾指出过这一点。

如果中纬度降水系统,不是气旋而是低涡时,情况完全相似。例如 1975 年 8 月中旬河北省东北部一次大暴雨^[9]和“63.8 河北省特大暴雨实例^[14]”一样,同样具有上述台风影响大暴雨的特点。另外,如果既不是气旋也不是低涡,而是移至中纬地区减弱的台风时,情况也是一样。

如“75.8”河南特大暴雨三号台风实例^{[6][7]},直接降水系统是登陆后减弱的三号台风本身,而影响和制约它的系统则是位于我国东南沿海向它逼近的热带涡旋(一般它们周围还同时存在着其它热带涡旋)组成一个庞大的相互联系相互制约的涡旋群体,这种现象在云图上也反映得很清楚,而涡旋群的形成是大型环流发展演变过程某阶段的产物^[2]。

5. 环流系统性质的转化

冷暖空气交锋的同时,随时都向自身对立面方向转化着,即冷空气向南下沉变成暖空气,暖空气向北上升变冷。从环流系统来看,北方的冷高压南下减弱并入到副热带高压中去,赤道高压北上转化成副热带高压,以及中纬度冷涡南下转变成副热带气旋和台风北上转向变成温带气旋等都是常见的现象。但应指出,这些情况是比较单纯的,都是向它本身的对立面的单向转化过程。

事实上,还存在着更为复杂的转化过程。例如前面提到的“75.8”河南特大暴雨的三号台风,它在我国登陆后就有着复杂的反复转化过程。根据路径、结构和天气^{[6][7]},可具体分为三个阶段(图 3):〈1〉4 日登陆后到 5 日 20 时之间为向西北方向移动,尽管它的强度总趋势是不断减弱,环流结构也有变化(参见[7],下同)但仍可把它归属于东风带热带涡旋;〈2〉由于有较弱冷空气与台风正面相遇,5 日 20 时至 6 日 20 时台风转向北和东北北方向移动,强度进一步减弱,同时环流结构发生明显的变化,这基本上属于热带涡旋向温带涡旋转化的情形^[1];〈3〉6 日 20 时开始又有弱冷空气自西北方和北方侵入台风(台风处于弱冷锋的尾部),路径指向西北北,强度加强,同时环流结构也发生相应的变化;至 7 日 08 时台风达到全过程的最北位置,这时又有弱冷空气在北侧各个方向侵入台风,台风强

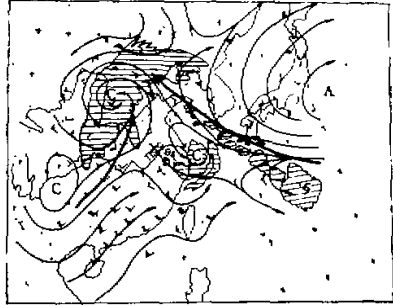


图 2 台风影响中纬气旋简略综合图。细实箭头线表示 1975 年 7 月 29 日 08 时 850 毫巴流线,粗线箭头代表低空急流轴和最大水汽水平输送。

度继续加强,并向西南西方向移去,然后减弱消失。这阶段应属于热带涡旋趋于恢复其本

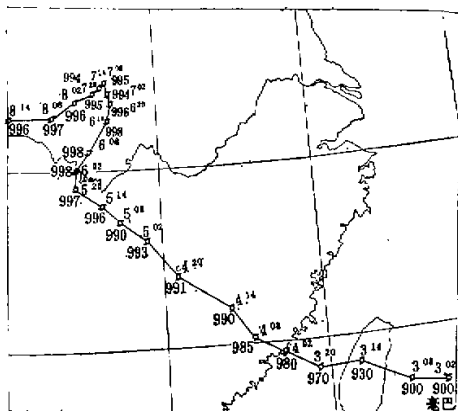


图3 1975年8月第三号台风路径图。图中数字为日期、时间和中心气压值。

性并进而迅速消亡的阶段,在6日20时以后河南地区的特大暴雨应属于热带性质的降水。另外需强调指出,一个台风或热带涡旋的复杂转化过程,是与弱冷空气相互作用密切相关的,而它的复杂路径是其表现现象之一。因此,研究所谓台风的奇异路径,从弱冷空气与台风之间的相互作用出发或许能解决一些问题。

此外,在[2]中讨论热带辐合带时曾指出,热带辐合带可以向中高纬推进,并可转化成暖式切变辐合线或暖锋性质的系统,与之相伴随在中高纬地区产生热带性质的降水天气。热带辐合带和中高

纬的行星锋带类似,也有着多重的结构,但它们的表现形式不同罢了,这方面有待进一步探讨。

6. 副热带急流的作用

和副热带锋相联系的副热带急流,紧邻副热带高压北侧。因此在低纬热带系统和中高纬系统间的相互制约和影响中,有时副热带急流会起着一种独特的媒介作用。

1972年10月下旬^[10]出现一次从阿拉伯海东部洋面上射出并越过青藏高原的副热带急流活动过程。它与热带辐合带中的涡旋相结合,把热带洋面上的大量水汽和能量向北输送,并在高原上产生了剧烈的雪暴天气。过程结束后,在高原中部留下一条保持一个月未融化的东—西向雪带。急流最大中心(70米/秒)最初在印度新德里附近,通过能量向下游扩散,最大中心不断向东传播,相应地下游槽振幅也不断加大,最后导致东亚沿岸槽的加深,并与北上转向的西太平洋(19号)台风相结合,从而使西太平洋地区也发生了一次热带暖湿气流的向北输送过程。这是一次关键地区副热带急流的活动,不仅影响了局地天气,而且也影响了大范围环流变化,是一种复杂的相互作用的过程。

四、结 语

气象学中有把中高纬天气过程和低纬天气过程割裂考虑的倾向,虽然有其历史和客观的原因,但是受到违反唯物辩证法的形而上学观点的深刻影响是一个重要因素,如不进行分析 and 批判必然会妨碍我们对大气运动认识的进步,在实践中也会导致某些重要天气过程预报的失败。在我们从事环流系统和天气过程的分析,尤其是对中纬夏季大范围暴雨过程的探讨中,深深感到有加强低纬热带环流系统和天气过程及其与中高纬之间相互

1) 较强冷空气与台风正面相遇并侵入到台风内部,一般情况下可使台风变成典型的温带气旋并转向东北方。而弱冷空气与台风正面相遇时,冷锋和台风的流场和温度场虽然不会破坏,但在结构上会发生明显的变化,台风具有向温带气旋方面转化趋势,但不能变成典型的温带气旋。

联系和相互作用的研究的必要。因为,在我国北方夏季出现的大范围暴雨,是低纬和中高纬环流系统这一矛盾着的对立面相互作用的结果,而其中,低纬环流系统在很大程度上又是矛盾的主要方面。革命导师恩格斯指出:“相互作用是我们从现代自然科学的观点考察整个运动着的物质时首先遇到的东西,……相互作用是事物的真正的终极原因。……只有从这个普遍的相互作用出发,我们才能了解现实的因果关系”²⁾ 我们应该把本文提出的问题提到这个高度来认识,并且要以这一指导思想进一步开展工作,以便更合理而准确地提出天气预报特别是灾害性天气预报的着眼点,开阔并增加预报思路,提高预报准确率。

本文就是基于我们近年来这方面工作的一个小结。我们并不认为文中提到的看法是全面的或成熟的,它仅仅是初步认识,目的是引起对这样一个具有较大实践和理论意义问题的广泛讨论、研究和重视。

参 考 资 料

- [1] 北京大学地球物理系气象专业,天气分析和预报,科学出版社,1976年。
- [2] 北京大学地球物理系热带天气研究组,国家海洋局水文气象预报总台,夏季热带低层环流及其中期变化的初步分析,热带天气会议论文集,科学出版社,1976年。
- [3] 中国科学院大气物理研究所等,卫星云图使用手册,农业出版社,1975年,189—200页。
- [4] 北京大学地球物理系热带天气研究组,低纬大气环流和大型天气的初步探索,第一届(广州)热带天气研究工作会议文件(油印本),1973。
- [5] 同[2],孟加拉湾风暴的活动及其对我国天气的影响。
- [6] 北京大学地球物理系气象专业,河北省气象局气象台,关于1975年3号台风的三个问题,河北省“1975年暴雨分析”文集,1976年。
- [7] “75.8”暴雨会战北京组,“75.8”河南特大暴雨动力学分析,1976年。
- [8] 同[6],一次黄河气旋特大暴雨过程分析。
- [9] 同[6],河北东北部盛夏一次暴雨过程初步分析。
- [10] 北京大学地球物理系气象专业,南亚一次副热带急流活动的过程分析,全国卫星云图会议文集,科学出版社,1976年。
- [11] 同[6],一次高空暖锋降水过程的分析。
- [12] U. S. Department of Commerce, ESSA, Catalog of Meteorological Satellite Data—ESSA 3, 5, 9 Television Cloud photograph, Washington, D. C., 1967—1969。
- [13] 同[6],对河北省暴雨过程的几点认识。
- [14] 河北省气象局,1963年8月上旬河北省特大暴雨过程分析,华北区第一届气象技术经验交流会议论文集汇编,1965年。

2) 恩格斯,自然辩证法,人民出版社,1971年8月,209—210页。