

北方盛夏台风暴雨的天气型 及其年际变率¹⁾

仇永炎

(北京大学地球物理系, 100871)

提 要

1949—1996年的48个盛夏期间,我国北方地区共有10次过程雨量最大值大于400mm的台风暴雨实例。从台风与西风槽相互作用的观点对这10例进行分类。根据实践经验可以把台风槽、河套西风槽、日本海渤海高压、上海地区850hPa东南风急流以及弱冷空气入侵台风等5因子作为分型的判据。结果指出,10例中只有发生于1950、1963、1975、1984和1996年8月上旬的5例属于相互作用型,其他5例不是。

此外,用功率谱分析北上台风暴雨,结果得到两种周期:11年和3.1年,上述5个相互作用型的暴雨是这11年周期的主要组成部分。再经过交叉谱分析后指出,台风暴雨的11年周期与太阳黑子数有很高信度的高凝聚值。黑子多年(M年)后5年左右常出现相互作用型的台风特大暴雨。

关键词: 台风暴雨 台风与西风槽的相互作用 11年周期 太阳黑子

引 言

我国北方产生盛夏特大暴雨的天气形势,常常与北上台风残核有关,特别是同西风槽与台风相互作用有密切关系。早在1952年^[1]作者利用1950年8月初的实例作过研究,认为那场特大暴雨可能是这种相互作用所致。当时由于各种条件所限,能提供的知识很有限。事隔20多年,出现了“75·8”暴雨,引起各界重视,我国气象工作者,有组织地从环流条件暴雨成因与机制、中小尺度分析、预报等方面,作了全面、深入、细致的研究,取得了丰硕的成果^[2-7]。其中最令人感兴趣的就是弱冷空气侵入台风和低层东南风急流。但是新问题会层出不穷,“96·8”暴雨灾害,掀起新的研究高潮。笔者企图将1949年以来48年中10次台风特大暴雨(过程最大总雨量 $\geq 400\text{mm}$ 者的简称,下同)按西风槽与台风相互作用的基本条件,加以分类。而后用功

率谱交叉谱研究台风暴雨的周期变化,及这10个实例各属哪一类周期,并计算了台风暴雨同太阳黑子数的遥相关。

1 回顾“50·8”暴雨

这是5010号台风造成的,是1949年以来北方遭受的第一场特大暴雨。当时国内探空站只有北京,地面站仅有华北几个站。1950年8月1—4日期间,华北普降暴雨。暴雨强度很大,以清华大学原气象台记录看,3日24小时内降水量达163.9mm,几乎等于8月月平均值(167.2mm)。最近河北赵亚民^[8]和天津气象局于恩洪各送给我一张1—4日过程总雨量图。两张图记录完全相似,作者略加修改,制成图1,作为对1952年文的补充。过程总雨量最大中心在三里河,达484mm,位于台风前进方向右前方。由于暴雨来势凶猛,永定河水猛涨,出现山洪、泥石流,死亡百余人,铁路中断,可见灾情严重^[8]。

1) 本文由国家气象中心资助。

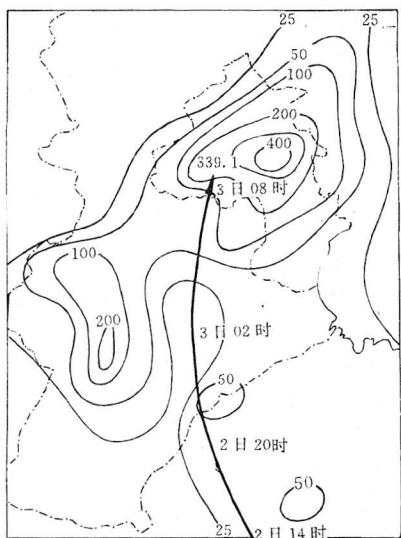


图1 50·8实例 1—4日过程总雨量图(取自赵亚民、于恩洪)

在1952年文^[1]中谈到三个环流系统对这场特大暴雨的影响:5010台风减弱后蜕变的东风波,西风带的极槽,以及槽东边椭圆形副热带高压。由于当时资料稀少,认识很不深刻,有的名词用得不当,甚至误用。比如减弱台风登陆后误称为东风波或称为热带波动,后者勉强可用但不如后来称为台风倒槽为好。严格说来,登陆北上台风这时风力已很小,中心气压已升高到1000hPa左右,云系已失去台风结构,最好称为台风残核。但是为简便计,下文一概统称为台风。极槽现在称为西风槽。在该文中只注意槽的动力作用而未注意到热力作用。槽东边的椭圆形高压,现在称为日本海渤海高压。该文在谈到持续3、4天暴雨的成因时,认为这可能是由于(用现在的术语)台风与西风槽的相互作用所致,并认为日本海渤海高压起着阻塞、阻挡作用,使东移的西风槽减速并向南延伸,与台风相遇,结果这三者呈准静止状态。然后用涡度定理解释东边潮湿北上空气辐合上升,而致特大暴雨。

根据以后对几次重大实例观察,尽管1952年文有些不足之处,但是从天气尺度环

流系统来说,西风槽、台风和日本海渤海高压这三者的相对配置,呈准静止状态,对象“75·8”之类实例,还是适合的。我们在下节对10次特大暴雨实例作分类时就以这三个系统作为环流基本条件。

2 分类标准与实例分析

2.1 分类标准

48年内盛夏北上台风(包括“西南涡”见下文讨论),过程最大总雨量 $>500\text{mm}$ 有3次,在400—500mm之间有7次,在300—400mm只有2次,在200—300mm有4次,小于200mm有很多次。400mm大体是个界限,可以把大于400mm者称为特大暴雨实例。我们再在这10个实例中进行分类。根据上节所述的三个环流系统(西风槽、台风及日本海渤海高压)及其间配置作为分类的基本条件。另外还加上两个伴随条件:弱冷空气侵入台风以及东南风(或西南风)低空急流。这样共有5个条件。关于后两者的作用和物理含义,已有过详细讨论^[2,3,6,7,9],这里无需重复。若某一实例出现4—5个条件,定义为西风槽与台风相互作用型,简称为相互作用型;若只出现3—4个,简称为亚相互作用型;若出现条件再少,称为非相互作用型。在作实例分析时,还要考虑相对变化,最后才定型。

2.2 实例分析

下面按年历顺序分析10次实例(图3)。图中5800gpm线以南,尽量按历史天气图描绘,5800线以北的等值线已被略去,西风带槽、脊由5800线曲率表示。

“50·8”实例 上节已分析过,属于相互作用型。

“56·8”实例 这是很强的名为Wanda的5612号台风的实例。该台风于8月1日20时(北京时,下同)在浙江登陆,其时强度尚为921hPa,而后一直向西北方移动。于2日14时过长江,中心气压尚为969hPa。边向西北移动边减弱,到5日8时于榆林附近消失,中心气压为1000hPa(见图3a中短矢

线)。副高基本上呈纬向型,有一闭合高中心在日本以南海面上活动。台风刚登陆时在河套地区有一西风槽南伸,当时好像槽要与台风发生相互作用,可是青藏高原有暖高向北、向东伸展,将此槽切断。槽一旦远离冷空气主体,很快削弱、消失,因此没有与台风发生相

互作用的迹象。也未察觉到冷空气进入台风。台风是在内力和东、北两面高压包围的外力作用下向西北方移动。过程最大总雨量达528mm,这样大的暴雨很可能由台风本身造成的,属非相互作用型。

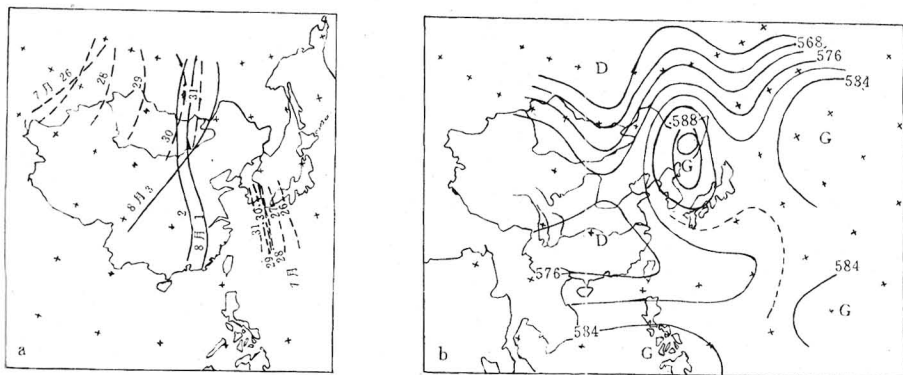


图2 1950年7月26日—8月3日500hPa槽线位置(a)和1950年8月1日15时500hPa形势(b)

“6205”实例 副高整体呈纬向型,在其西部日本本土上有一块状高压中心,见图3b。因为高压中心与台风较远,在我国东部沿海未能形成东南风急流。河套以东的西风槽很深而且冷空气很强,而台风已是残核。最终因冷空气侵入台风,而产生一场特大暴雨,河北唐山附近过程总雨量达458mm。台风残核立即消失。6306和6510两例,也有类似情况,终因台风残核并入槽内产生特大暴雨,而后过程结束。这三者都属于亚相互作用型。

“63·8”实例 气象工作者常以北槽南涡,东有日本海渤海高压来描述产生特大暴雨的天气形势(图3c)。实践经验指出,一般西南涡难于产生这样特大暴雨。中央气象台认为,这是一个变性的具有某些热带涡旋特点的涡^[2]。最近更被证实为暖性结构,与“75·8”暴雨来自东南的赤道辐合带系统相比,无什么差别^[10]。既然这次“西南涡”,且不论其来源如何,其具有热带涡旋性质,我们就将它包括在台风里讨论,只是该例的水汽来源先来自低层西南风急流,后来自于东南风。在

前文中谈到台风时有时附上包括“西南涡”就是这个意思,很自然这例属于相互作用型。

“75·8”实例 关于这次实例已有很多研究^[3-6],认为是相互作用型。这里只简单补充两点。第一,在黄海渤海地区可以分析出一个高压,而不是脊(图3d)。这样既可解释其对西风槽的阻挡作用,又可解释低层东南风急流的形成。第二,西风槽与台风的相互作用,用300hPa图考察比用500hPa更为清楚。如文献[4]所述,在300hPa图上有两个槽,一个偏南,另一个偏北,自我国西部东移。后来分别与台风相遇,发生两次相互作用,并在低层有两次弱冷空气侵入台风。这两次槽的活动都有利于特大暴雨发展与维持。

“7805”实例 在日本海渤海有一副高中心,但副高呈东西向带状。其北副热带急流强,西风槽和槽后暖高受其牵引,快速东移,因此台风北边常无准静止槽。未出现低空急流。属于亚相互作用型。

“84·8”实例 首先,这例中日本海渤海高压有与8407号台风同步北上的趋势(图

3e)。高压这种行为很有利于低空东南风急流形成与加强。其次,西风带有冷槽东移,在低层不断有弱冷空气侵入台风外围,这既有利

于雨量加大,又不致于破坏台风基本性质。因此属于相互作用型。

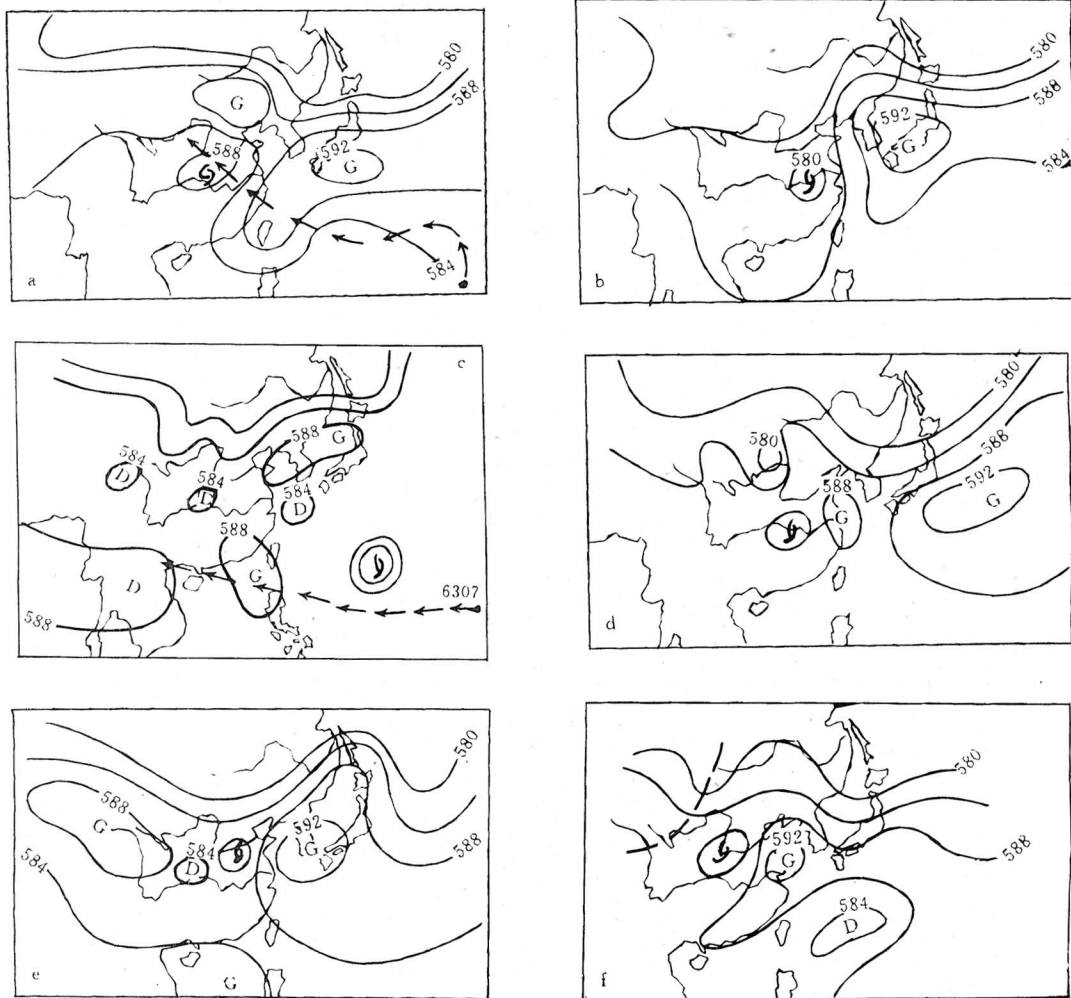


图3 华北暴雨两个例 500hPa 形势示意图

- | | |
|--------------|--------------|
| a 5612 号台风实例 | b 6205 号台风实例 |
| c “63·8”实例 | d “75·8”实例 |
| e “84·8”实例 | f “96·8”实例 |

“96·8”实例 东亚地区有两个较稳定的长波槽,一在东亚沿岸,另一在 80—90°E 附近,并不断分裂出短波槽自西向东移。这些短波槽温压场结构比较清楚,移过华北时槽后冷空气下沉,低层侵入台风,在 500hPa 上

因下沉变暖,导致槽后出现高压或高压脊,随后并入黄海渤海副高。黄海渤海高压在引导北上的 9608 号台风作北西北运行的同时,本身不断往西靠近,强度一直在 5920gpm 以上(图 3f)。其原因可能有二:上游高压或脊的

并入;另一是散度风动能(散度风辐合中心正在黄海渤海高压上空)转换成旋转风动能,使反环流加强。9608号台风北上后,遇到两次短波槽从其北移过,随着两次冷空气的入侵,降水不断加强,最后台风减弱,快速东移出境。在沿海有低空急流。此例属相互作用型。

综上所述10个实例中有5次属于相互作用型,4次属亚相互作用,唯有5612号台风实例属于非相互作用型。

3 功率谱和交叉谱分析

我们用台风降水资料进行功率谱分析,并将其同某些日、地物理量进行交叉谱分析。台风降水原资料除5010号台风和“63·8”“西南涡”外都来源于台风年鉴。按如下4个条件选取逐年台风降水。

(1)某年台风降水系指,某年盛夏北方地区遭受一场台风降水的过程总雨量最大值。

(2)北方地区降水系指,淮河以北河北、河南、山东、山西、北京、天津6省(市)等地的测站降水。

(3)季节,1949—1996年共48年,盛夏系指自7月下旬到8月中旬。每年只选一次实例。如遇到像1960、1962等年份有两次实例时,选用最强的一次计算。如遇到像1958、1968等年份没有台风降水,则计为零。

(4)不论台风登陆与否,也不论台风中心达到北方地区与否,只要北方地区某个县市遭受台风直接影响的降水,都计为一次。

48年台风降水的时间序列如图4a所示。利用后延相关法,最大后延系数 M 取为11,对其进行计算,结果示于图4b上。可以明显看到,有两个谱峰,一个在11年,另一个在3.1年。如最大后延数取12年,两个峰值分别在12年和3.4年。因此可以简单地讲长、短周期分别在11.5年和3.5年。信度检验不很高,长周期接近 $\alpha=0.10$,短周期通过 $\alpha=0.10$ 。但滤波后的功率谱,都超过 $\alpha=0.01$ (图略)。

进一步讨论11年周期。将原序列经过以

11.5年为中心的M. Marakami滤波器,结果如图4c中虚线,以Rain 11表示。可以明显看到,共有5个峰值,正好落在5次相互作用型个例上。容易联想到,这5次可能同太阳黑子相对数有关。不论从两组曲线(图4c)、还是从两者凝聚谱线(图4d)来看,都表示两者相关性很高,凝聚达到78%,远超过信度 $\alpha=0.01$ 的临界值($r_c=0.37$),并且两者有反位相关系,相角差谱显示,相互作用型特大暴雨年落后太阳黑子峰值年约5.2年,即在 $m-2$ 年 $m-1$ 年附近。我们还用原降水序列同逐年前6个月黑子数的平均值(以sun1—6表示)的凝聚谱,如图4d中虚线所示,也得很高的凝聚值(0.66),和相当的相角差。这些表明,太阳黑子数的11年周期有先兆意义,可供长期预报参考。

关于太阳黑子数同台风暴雨有这样联系的原因,由于这是“至今成为太阳与对流层联系的难点”^[11],很难回答。我们可根据统计、经验事实来说明。统计研究^[12]指出,太阳黑子低值年份,夏季(特别是7月份)副高脊线容易偏北,反之容易偏南。大家还知道,副高偏北的年,北方多雨,甚至于涝。再者,在台风特大暴雨个例研究中常指出,该年副高和赤道辐合带异常偏北^[1,3]。这些材料说明台风特大暴雨和太阳黑子11年周期的关系,有可能通过副高甚至是整个热带环流来完成。

用类似的方法,求台风暴雨同赤道东太平洋海温月距平(以SEA表示,下同)的交叉谱,这是由于SEA存在3—5年振荡。降水原序列经过以3.5年为中心滤波后的曲线(以Rain3表示,下同),如图4e虚线所示,可以更清晰地看到盛行3—4年振荡。求凝聚谱时,为了解海温月距平的先兆意义,考察了3—5月、3—6月、3—7月、3—8月以及全年等几种档次海温月距平之和。结果是不论台风降水滤波与否,不论哪几个月海温距平之和,3.7年周期处的凝聚谱峰总是存在,都通过信度 $\alpha=0.01$,而周期3.1年处的凝聚低

一些,只能通过 $\alpha=0.02$ 。图 4f 给出 3—7 月海温距平的总和(以 SEA_{3-7} 表示)同台风降水的凝聚谱,作为示例。由位相角差谱可以得到,台风降水 3.5 年周期一般与海温呈反位相关系,或者说台风降水 3.5 年周期峰值容易出现在东太平洋冷海温年。不过最近有人

指出,赤道暖池温跃层与低纬大气的关系比赤道东太平洋海温要明显,尤其是对夏季低纬大气和副高强弱的关系更为密切。因此如有资料的话最好考察西太平洋暖池海温同台风降水的关系。

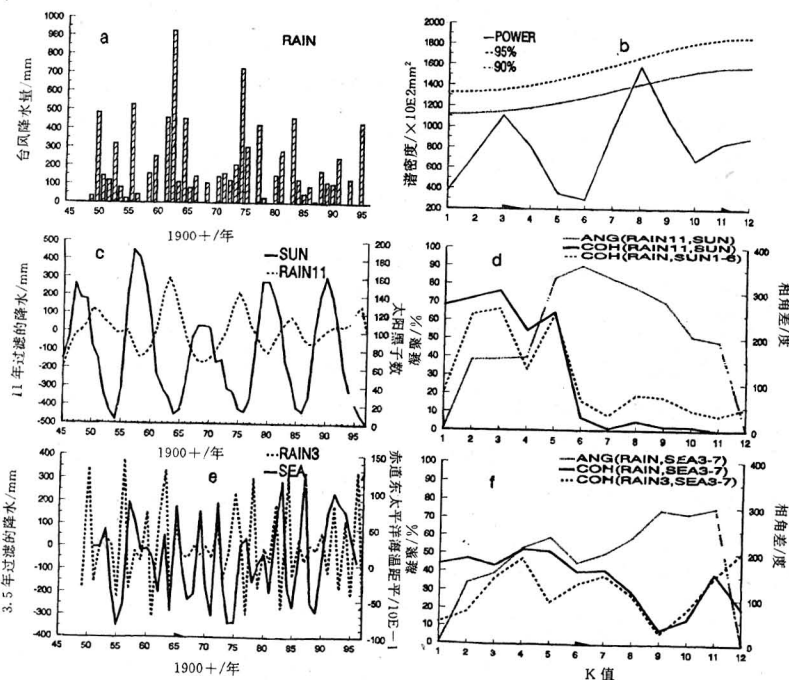


图 4 a 台风降水时间序列 b 台风降水序列功率谱
c 原序列经过以 11.5 为中心的 M. Marakami 滤波器的功率谱
d 原降水序列同逐年前 6 个月黑子数的平均值的凝聚谱
e 原序列与赤道东太平洋海温距平的交叉谱
f 3—7 月海温距平总和与原序列凝聚谱

4 结束语

本文首先扼要叙述作者在 1952 年发表的分析 1950 年 8 月初北上台风特大暴雨的基本结论,用现在术语说,西风槽与台风的相互作用是导致那场特大暴雨的原因。鉴于相互作用一词有必要给个明确定义,规定如下 5 个条件,即:3 个环流条件——西风槽、台风(“西南涡”)和日本海渤海高压,和两个伴随条件——低层东南风急流和弱冷空气侵入,

凡满足 4 个条件以上者,才定为西风槽和台风的相互作用型。

对 1949 年以来过程最大总雨量大于 400mm 的 10 个实例进行分类。结果只有“50·8”、“63·8”、“75·8”、“84·8”和“96·8”5 例属于相互作用型。接着用功率谱分析台风暴雨,结果得到 11 年和 3.1 年两种周期。交叉谱分析指出,台风暴雨的 11 年周期与太阳黑子数有很高信度($\alpha>0.01$)的凝聚值。黑子

峰值年后5年左右常出现台风特大暴雨,这类天气型常为相互作用型。

致谢 本文在工作过程中得晁淑懿、赵汉光、游景炎、以及地方四省局领导的指导帮助,特致谢。

参考文献

- 1 仇永炎. 夏季西太平洋及东亚热带波动的运行及结构. 气象学报, 1952, 23(1, 2): 85—98.
- 2 华北区第一届气象技术经验交流会议论文汇编. 1963年8月上旬华北地区特大暴雨分析. 1965, 147.
- 3 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. 1976, 河北省“1975年暴雨文集”.
- 4 75·8暴雨研究会战领导小组. 1975年8月河南特大暴雨研究报告. 1977, 175.
- 5 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, 1977, 2(2).
- 6 “75·8”暴雨会战北京组. “75·8”河南特大暴雨的动力

学分析. 气象学报, 1979, 37(4).

- 7 丁一汇, 蔡则怡等. 1985年8月上旬河南特大暴雨的研究(一)、(三). 暴雨及强对流天气的研究. 北京: 科学出版社, 1980, 183.
- 8 赵亚民. 50(10)热带气旋所造成的华北洪水, 1994, “75·8”特大暴雨20周年回顾暨暴雨洪水监测预报学术讨论会论文.
- 9 蒋尚诚. 中低纬度系统相互作用与特大暴雨、华北暴雨. 北京: 气象出版社, 1992, 182.
- 10 周鸣盛. 盛夏中国北方的超强区域性持续暴雨. 气象, 1994, 20(7).
- 11 王绍武, 赵宗慈. 长期天气预报基础——第五章. 上海: 科学技术出版社, 1987, 201.
- 12 赵振国. 我国汛期旱涝趋势预报进展. 气候预测研究. 北京: 气象出版社, 1996, 84—93.
- 13 王世平, 赵汉光等. 赤道暖池温跃层海温对低纬大气环流的影响. 海洋学报, 1989, 11(4).

Weather Patterns and Interannual Variations of Typhoon Torrential Rain during Midsummer in North China

Qiu Yongyan

(Department of Geophysics, Peking University, 100871)

Abstract

There were ten typhoon torrential rain events in North China during the midsummer from 1949 to 1996. Their maxima of total course rainfall (abbreviated to MTCR) each event were more than 400mm. By using the view point of the interaction between typhoon and westerly trough, weather patterns of these events have been classified. By practical experience, the typhoon trough, Hetao westerly trough, the high pressure of Japanese sea-Bohai sea, SE-wind jet at 850hPa over Shanghai area and the weak-cold air intrusion into typhoon are to be considered as the weather pattern criteria. It is shown that only five of the ten events belong to the interaction weather patterns' but the others aren't. These five events took place in the first ten-days of Aug. in 1950, 1963, 1975, 1984 and 1996.

Besides, the interannual variations in typhoon's MTCR have been computed by the lag-co-variance power spectral analysis. It is shown that there are two periods. One is 11 yrs, the other is 3.1 yrs. And the 5 interaction weather pattern events mentioned above are the main components of the 11 yr period. According to the cross-spectral analysis, there is a high coherence with high confidence at intervals of 11 years between the typhoon's MTCR and the sun spots. Phase angle difference shows that the year of typhoon's exceptional MTCR in general lags around 5 yrs behind the M-year of the sun spots.

Key Words: typhoon torrential rain interaction between typhoon and westerly trough
sun spots 11 years period