

文章编号: 1000-2022(2001) 03-0338-05

偶极子流在台风异常路径形成中的作用

马镜娴, 马奋华, 王咏青

(南京气象学院大气科学系, 南京 210044)

摘 要: 应用 NCEP/NCAR 再分析资料, 分析了 9408 号台风异常路径形成的可能原因。结果表明, 环境引导流、准均匀流和偶极子流的共同作用对移向突变和移速突变有着重要影响。

关键词: 台风, 环境场, 引导气流, 准均匀流, 偶极子流

中图分类号: P458.124 文献标识码: A

目前, 台风正常路径的预测问题已基本解决, 但台风异常路径的预测仍存在相当难度。这就需要深入分析异常路径的形成原因, 这方面已取得一系列的结果。一般认为异常路径的形成主要取决于 3 类因子, 1) 大尺度环境场的突然变化^[1]和天气尺度系统的相互作用, 如双台风^[2, 3]、台风与冷涡^[4]等; 2) 热源^[5]、海温距平^[6]和台湾岛地形^[7]等强迫作用; 3) 台风的非对称结构和复杂结构及其变化^[8~11]。本文结合 9408 号台风的异常路径, 提出一种异常路径形成的新方式, 即西太平洋副高引导流、准均匀流和偶极子流的共同作用。

1 9408 号台风的异常路径

1994-07-18 ~ 1994-07-24 的 9408 号台风路径(图 1)可以划分为 4 个阶段。第 1 阶段, 18 日 08 时 ~ 21 日 08 时, 台风向偏东北方向移动, 移速比较均匀。第 2 阶段, 21 日 08 时 ~ 22 日 08 时, 台风北折。第 3 阶段, 22 日 08 时 ~ 23 日 08 时, 台风快速向西移动。第 4 阶段, 23 日 08 时 ~ 24 日 08 时, 台风移速明显减慢。可见: 在第 1、第 2 阶段之间, 以及第 2、第 3 阶段之间, 发生了移向突变。在第 3、第 4 阶段之间, 发生了移速突变。下面我们初步分析移向和移速发生突然变化的可能原因。

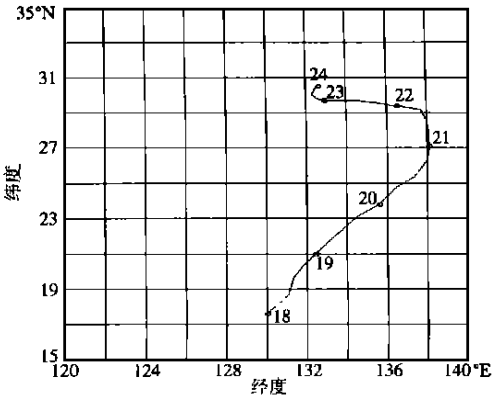


图 1 1994-07-18T08 ~ 1994-07-24T08 期间 9408 号台风路径

Fig. 1 The track of Typhoon 9408 in the period from 08:00, July 18 to 08:00, July 24, 1994

收稿日期: 2000-12-11; 改回日期: 2001-03-08
基金项目: 国家自然科学基金项目 49775263
第一作者简介: 马镜娴, 女, 1943 年 5 月生, 教授.

2 西太平洋副高引导流、准均匀流和偶极子流的共同作用

根据 NCEP/NCAR 再分析资料, 给出 1994-07-18 ~ 1994-07-23 逐日 500 hPa 高度场, 并在图上标出了台风位置。现按照上述台风路径的 4 个阶段分别讨论。

(1) 7月18日~7月20日

18 日, 西太平洋副高 G1 的 587 dagpm 等值线西伸至 135°E 附近, 台风中心(以 T 表示)位于(19°N, 132°E)附近(图 2a), 受脊前西南气流引导, 台风向偏东北方向移动。19 日, 台风仍处于脊前位置(图 2b), 台风继续向东北方向移动。20 日, 在副高 G1 西北方, 出现了只有一圈闭合等值线的低压区, 台风中心位于此低压区内, 台风基本上仍受 G1 脊前偏西南气流的引导, 向偏东北方向移动(图 2c)。

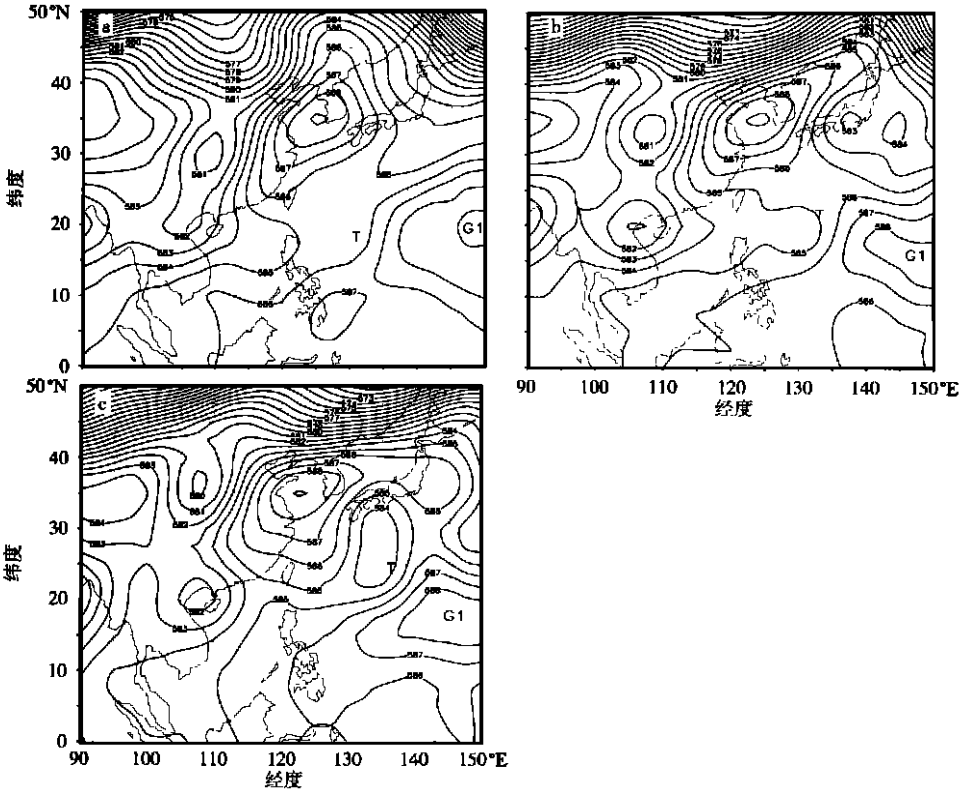


图 2 1994-07-18 ~ 1994-07-20 期间 500 hPa 高度场(T 代表 9408 号台风中心)

a. 18 日 08 时; b. 19 日 08 时; c. 20 日 08 时

Fig. 2 The height fields at 500 hPa

a. 08: 00 July 18; b. 08: 00 July 19; c. 08: 00 July 20(T denotes the center of Typhoon 9408)

(2) 7月21日

7 月 21 日, 台风移向发生了突然变化(图 1)。对比 7 月 20 日 08 时和 7 月 21 日 08 时的高度场(图 2c, 图 3), 可见两者的差别十分明显。7 月 20 日 08 时, 西太平洋副高 G1 范围大, 台风范围小, 台风是被引导的被动系统(图 2c), 西太平洋副高脊 G1 的引导作用是台风移动的基本因子。另一方面, 7 月 21 日 08 时, 台风涡旋迅速发展, 强度增强, 范围扩大。这时, 台风已不再是一个完全被西太平洋副高脊 G1 引导的被动系统, 西太平洋副高脊 G1 的引导作用也不再是

决定台风移动的唯一因子了。

这时,影响台风移动的因子从 1 个变为 3 个。(1) 西太平洋副高脊 G1 的引导作用;(2) 台风环流与其西北的闭合高压 G2 构成了一个 NW-SE 向的偶极子。如果图 3 上仅有这个偶极子,没有其它任何天气系统,那么,台风作为这个偶极子的一部分,将随着这个偶极子一起,向偏西南方向移动。也就是说,这个偶极子作为一个整体有着自身的移动规律,台风作为这个整体的一部分,其移动服从这个整体移动规律的约束。从严格准确的定义来说,偶极子流型是移动坐标系中正压涡度方程的一个解析解。其相应图像是北面为一个气旋,南面为一个反气旋,以东西方向为对称轴的对称流型(文献[12]图 1a)。转为物理空间后,这个偶极子流型作为一个整体向东移动。实际大气中,满足严格定义的偶极子极为少见,多见的是相近流型。文献[12]比较系统的分析了这些流型的动力学特征。图 3 上高压 G2 和台风构成一个高压、低压涡旋对, G2 位于西北,台风位于东南。这个排列态势与文献[12]中图 1b 所示的流型接近。对于这类排列的偶极子,其移动方向大致与高、低压中心连线垂直,移向指向西南(文献[12]图 2e)。在图 3 上有其他天气系统存在的情况下,这个偶极子的排列方位和强度,成为决定台风移动的第 2 个因子。(3) 与图 2 的情况完全不同,图 3 上的台风已经形成了一个完整的独立的涡旋。这个涡旋的移动不仅与上述第 1、2 个外部环境因子有关,还与涡旋自身的条件,即台风涡旋结构有关。如从图 3 上台风涡旋环流中,提取相应的轴对称流,剩余的流场为 涡旋对,涡旋对中正、负涡度涡旋之间的一支准均匀流在弱环境场条件下,即可预示未来台风中心的移向和移速^[8,9]。

需要指出的是,本文图 2~5 的东边界为 150°E,如将东边界延伸到 180°E,可以清楚地看到高压 G1 占据着 140~180°E 的经度范围。这个空间尺度远大于台风环流和高压 G2 的空间尺度。这是 G1 之所以是引导系统的原因。同时,台风环流与高压 G2 的空间尺度相当,相对涡度的符号相反,这也是台风涡旋与高压 G2 涡旋构成一个偶极子涡旋的原因。关于引导流、偶极子流较详细的论述可参见文献[8,12,13]。

综上所述,在 7 月 21 日 08 时的 500 hPa 高度场上,影响台风移动的因子有 3 个,即西太平洋副高脊 G1 的引导流,位于台风涡旋和闭合高压 G2 之间的偶极子流,以及位于台风中心位置的准均匀流。台风移动的方向和速度由这 3 支流共同决定。注意到引导流指向偏东北方向,偶极子流指向偏西南方向,两者沿纬圈方向的分量符号正好相反。准均匀流因图 3 上台风涡旋接近于轴对称形状,其作用较小。这三支流的共同作用,使台风改变了 7 月 18 日 08 时~7 月 21 日 08 时期间一直持续的向偏东北方向移动的状态,转为沿纬圈方向移速分量几乎为零的状态。

(3) 7 月 22 日

7 月 22 日 08 时~23 日 08 时,台风沿纬圈方向移速分量加大。分析 7 月 22 日 08 时

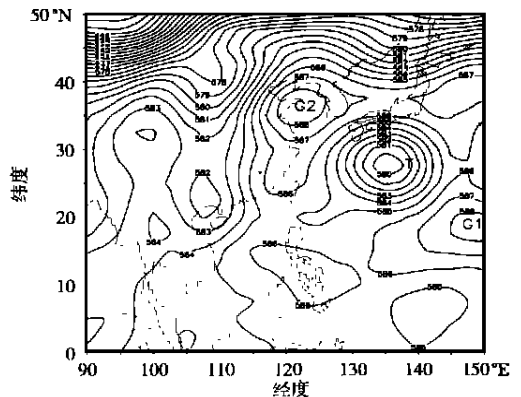


图 3 1994-07-21T08 的
500 hPa 高度场
(T 为 9408 号台风中心)

Fig.3 The height field at 500 hPa
at 08:00 July 21, 1994

(T denotes the center of Typhoon 9408)

500 hPa 高度场, 可以初步分析这种现象的原因。

与 7 月 21 日 08 时(图 3)相比, 7 月 22 日 08 时 500 hPa 高度场上, 有 3 点变化(图 4): 1) 西太平洋副高脊 G1 有些减弱; 2) 台风涡旋增强(由 580 线增强为 579 线), 台风涡旋西北的闭合高压 G2 也增强(由 588 线增强为 589 线), 这意味着偶极子和偶极子流的加强; 3) 台风环流具有明显的 NE 密、SW 疏的非对称结构。与这种结构相应的准均匀流指向西北。这 3 点变化意味着: 指向偏东北方向的引导流减弱, 指向偏西南方向的偶极子流加强, 指向偏西北方向的准均匀流也加强。三者总的效应是台风沿纬圈方向向西移动的分量加大。由此看来, 在分析移速突然变化的原因时, 应尽可能全面考虑各种因子的共同作用。

(4) 7 月 23 日

与 7 月 22 日 08 时(图 4)相比, 7 月 23 日 08 时 500 hPa 高度场上有两点不同(图 5): 1) 西太平洋副高脊 G1 加强; 2) 台风环流转为 NE、SW 两个象限疏密程度相近的椭圆形准对称结构, 这时准均匀流的取值线较小。

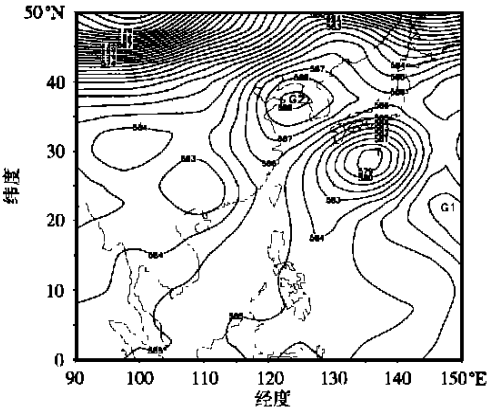


图 4 1994-07-22T 08 的
500 hPa 高度场
(T 为 9408 号台风中心)

Fig. 4 The height field at 500 hPa
at 08:00 July 22, 1994

(T denotes the center of Typhoon 9408)

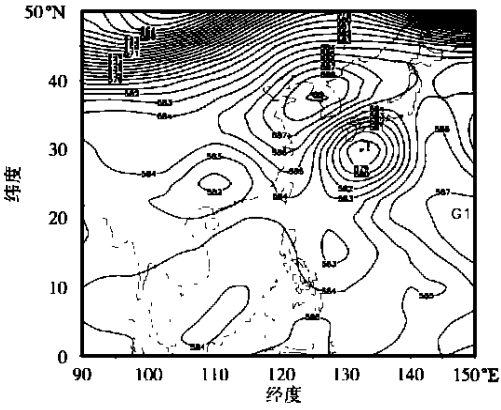


图 5 1994-07-23T 08 的
500 hPa 高度场
(T 为 9408 号台风中心)

Fig. 5 The height field at 500 hPa
at 08:00 July 23, 1994

(T denotes the center of Typhoon 9408)

西太平洋副高脊 G1 引导气流的加强和准均匀流的减弱, 都会使台风西移速度减小。这时, 引导流、偶极子流和准均匀流三者的共同作用理应使台风缓慢向西移动, 这是移速突然减慢的可能原因。

4 结论和讨论

台风异常路径的预测问题目前正在深入研究之中。一般从两个方面开展工作: 一是诊断分析, 二是针对新的观测事实开展理论分析和数值研究。本文的工作属于前者。主要结果是指出了环境引导流、准均匀流和偶极子流三者的共同作用, 可以激发出移向突变和移速突变的异常路径。其中, 关于环境流和准均匀流的工作已有不少论文发表, 但偶极子流在异常路径形成中的作用未见论述。因此引导流、准均匀流和偶极子流三者的共同作用, 可能是台风异常路径形成的一种方式, 值得进一步研究。

台风异常路径的原因极其复杂。本文的工作仅是初步的,有许多不足。首先,结果是定性的。如文中提到图 4 中台风环流的准均匀流指向西北等,只是根据经验判断,估计不会有太大出入,并没有实际计算,不够客观。关于引导气流和偶极子流也有类似不足。其次,文中所述偶极子和偶极子流,也是意思相近的一种叙述,与数学上严格定义的偶极子及其移速有明显区别。关于偶极子流的方向和速度,只是参考文献[12]数值模式积分的结果加以判别。这一点不如准均匀流的计算工作^[8,9]。再次,对 9408 号台风异常路径形成的可能原因只是提出了部分解释,还不能全面深刻地理解相应的机制。

参考文献:

- [1] 朱永禔,周黎明.大尺度系统调整对热带气旋移动影响的数值模拟研究[C].见:85-906-07 课题组编.台风科学、业务实验和天气动力学理论的研究(第 2 分册).北京:气象出版社,1996.45~50.
- [2] 田永祥,寿绍文.双TC相互作用的研究[J].气象学报,1998,56(5):584~593.
- [3] 高栓柱,徐祥德,陈联寿.双台风间接相互作用的数值模拟实验及其分析[C].见:85-906-07 课题组编.台风科学、业务实验和天气动力学理论的研究(第 2 分册).北京:气象出版社,1996.179~184.
- [4] 费亮,李小凡.高空冷涡的不同结构对台风运动的影响[J].应用气象学报,1993,4(1):1~7.
- [5] 罗哲贤.热带气旋逆时针打转异常路径的可能原因[J].中国科学(B 辑),1991,769~775.
- [6] 江吉喜,范梅珠.海表温度对台风移动影响的研究[C].见:85-906-07 课题组编.台风科学、业务实验和天气动力学理论的研究(第 2 分册).北京:气象出版社,1996.430~437.
- [7] 罗哲贤,陈联寿.台湾岛地形对台风移动路径的作用[J].大气科学,1995,19(6):701~706.
- [8] 田永祥.斜压涡旋中的通风气流与热带气旋移动的关系[J].气象学报,1996,54(1):83~94.
- [9] 田永祥,罗哲贤.涡旋的垂直结构及其对热带气旋移动的影响[J].南京气象学院学报,1994,17(3):291~296.
- [10] 罗哲贤.涡旋相互作用和拟序结构的形成[J].气象学报,1998,56(4):416~423.
- [11] 马镜娴,罗哲贤.台风移速突变的数值研究[J].气象学报,1994,52(3):342~349.
- [12] 罗哲贤.偶极子移动的三种类型[J].气象学报,1998,56(3):362~368.
- [13] 王志烈,费亮.台风预报手册[M].北京:气象出版社,1987.139~144.

DIPOLE FLOW EFFECTS ON TYPHOON 9408 TRACK

MA Jing-xian, MA Fen-hua, WANG Yong-qing

(Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044)

Abstract: A possible cause of Typhoon 9408 abnormal track formation is diagnosed in the context of NCEP/NCAR reanalyses, indicating that the environmental steering flow, quasi-homogeneous and dipole flows jointly exert significant effects on the abrupt changes in direction and velocity.

Key words: Typhoon; environmental field; steering flow; quasi-homogeneous flow; dipole flow