

引潮力共振对热带气旋突变的触发作用

任振球

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

热带气旋突变的成因和预报是当前气象学中的主要难点之一。经过近三十年的研究发现,热带气旋在海上突然加强和登陆后暴雨突然异常加大,都是遇引潮力共振减压而引起。热带气旋的路径突变和移速突变,则都是由引潮力共振导致热带气旋外围的副热带高压突变引起引导气流的方向或强度发生突变所致。

关键词: 热带气旋突变 引潮力共振 触发作用

1 非经典引潮力及其共振区的发现

我们在70年代发现^[1,2],朔望对热带气旋强度变化的影响,严格决定于朔望发生时刻月亮引潮力的垂直分量。由图1可见,当海上热带气旋遇朔望时(日、月、地成直线),处其发生时刻月下点的 54.7° 以内(引潮力垂直分量的提升力区),热带气旋全部发展(20/20,其中两例正在登陆而强度未减弱);否则,热带气旋大多不发展甚至减弱(32/47)。统计检验的置信水平达99%。其他天体(大行星、黄道面的一等亮星和最强宇宙射电源)和月亮(或太阳)对地球成直线(简称三星一线)的发生时刻,也存在着类似的非经典引潮力效应。对此,作者提出了三星一线时可能存在引力的瞬时放大假设。此外,在月亮对地球相对运动的拐点的发生时刻,也有类似效应。进一步研究发现^[3],在这些天文奇点的发生时刻,还存在几个显著作用区:①在天文奇点时月下点的 54.7° 线以内 4° 区和以外 10° 区,分别有利低压和高压迅速发展。它类似粒子加速器的同步回旋加速共振。我们分别称之为垂直引潮力的共振减压区和共振加压区。②在天文奇点时月下点的 $80^\circ\sim 90^\circ$ 区,有利低压和高压同时迅速发展。我们称之为引力波共

振区。③在月中天时月下点的 $40^\circ\sim 45^\circ$ 区,有利低压、降水迅速发展,为水平引潮力共振减压区。④在月下点的 $\pm 2^\circ$ 区,有利热带气旋迅速发展,为引力驻波共振区。

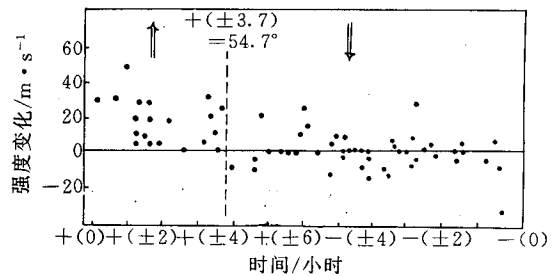


图1 朔望与热带气旋强度变化(1969~1973年,5~11月)

虚线为朔望时刻月下点的 54.7° 。纵坐标为当天热带气旋强度变化值($m \cdot s^{-1}$),横坐标为当天月亮经热带气旋上空时刻和朔望时刻之差。

2 热带气旋突然发展与引潮力共振

当海上热带气旋遇到上述天文奇点时的共振减压时,将引起强烈发展。例如7314号台风(Marge)(图2)在南海24小时内由9月12日20时 $20m \cdot s^{-1}$ 到13日20时突然发展为 $60m \cdot s^{-1}$,其间正处在望时(13日3时30分)的垂直引潮力共振减压区(台风处望时赤

径坐标月下点的 51° 处)。西北太平洋上的热带气旋遇月台同步(接连两天月亮经热带气旋上空时两者纬度差均 $\leq 2^\circ$, 即连续遇引力驻波共振), 在 1957~1991 年(6~10 月)期间共有 15 例, 其中 13 例均在 24 小时内突然增强 $20\sim 40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 另 2 次也增强 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。5908 号台风(Vera)(图 3), 在 9 月 21~22 日遇月台同步, 23 日又遇 X-1 冲月时的垂直引潮力共振减压, 相应此台风在 48 小时内由 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 猛增到 $90\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。世界上一些著名大台风, 如 1970 年 11 月死亡

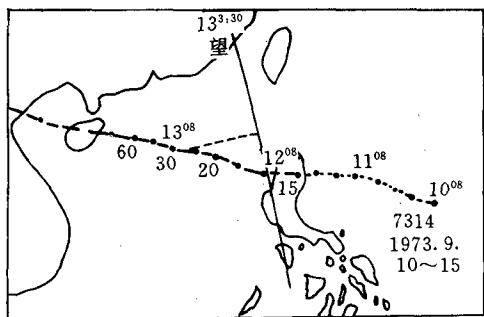


图 2 7314 号台风突然发展与望时垂直引潮力共振减压

黑点右上角为日期和时刻(北京时,下同),左下角为热带气旋强度($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)。弧线为望时 54.7° 线(下同)

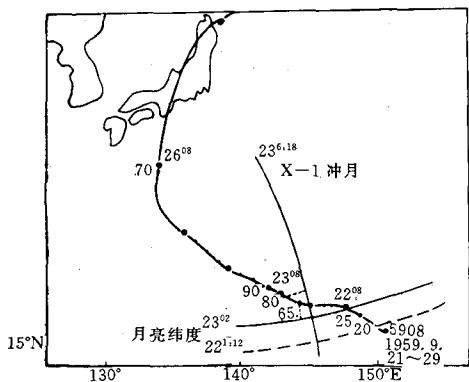


图 3 5908 号台风突然发展与月台同步
(说明同图 2)

30 万人的孟加拉风暴, 1992 年 8 月登陆美国佛罗里达造成 200 亿美元损失的 Andrew 飓风, 1974 年 9 月登陆中美洲的菲菲飓风等,

都是遇月台同步而突然强烈发展。

在 1970~1991 年(6~10 月)期间, 中国近海热带气旋突然发展(12 小时内增加 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)的有 57 例, 突然减弱(12 小时内减少 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)的有 73 例。分析其间所遇引潮力因子, 得到一个逐步回归方程^①

$$y = -1.2339 + 14.7693x_1 + 7.1264x_2 + 7.0767x_3 + 4.2444x_4 + 17.6336x_5 + 3.3453x_6 - 7.1225x_7 - 7.5102x_8$$

式中 y 为热带气旋强度变化值, x_1 为月台同步, x_2 为垂直引潮力共振减压, x_3 为水平引潮力共振减压, x_4 为引力波共振, x_5 为上下弦时 $\leq 22^\circ$, x_6 为一般有利天文奇点, x_7 为垂直引潮力共振加压, x_8 为陆地摩擦, 因子均按 0.1 处理。此方程的复相关系数为 0.8547, F 值为 17.9331, 远超过置信度 0.01 的检验。其中, 突然发展和突然减弱的拟合率分别为 91.2% 和 91.8%。

3 热带气旋登陆后暴雨突变与引潮力共振

研究表明, 热带气旋在登陆后直至消失, 不论何日, 在遇引潮力共振减压的当天, 暴雨将异常加大, 反之在遇引潮力共振加压的当天, 暴雨将迅速减小。分析 1957~1975 年华南地区由热带气旋登陆后造成的暴雨共 87 例, 得到一个用引潮力因子可定量预报热带气旋逐日暴雨中心强度的逐步回归方程^[4]:

$$R_{\max} = (0.45 + 1.78x_1 + 1.06x_2 + 0.76x_3 + 0.53x_4 + 0.28x_5 - 0.32x_6)(9.22V + 20.3)$$

式中 R_{\max} 为当天台风暴雨中心强度(mm), V 为热带气旋登陆中国大陆时最大风速, $x_1 \sim x_6$ 为当天所遇不同的引潮力因子, 均按 0.1 处理。此方程的拟合率为 81.35%, 复相关系数为 0.97。用此方程检验热带气旋在中国造成日降水达 1000mm 左右的 6 次罕见特大暴

① 任振球、魏凤英、李松勤. 中国警戒海区热带气旋强度突变的天文成因和预报方程. 1995.

雨(附表),其可预报值和实况值都是大体接近的。一般来说,登陆中国大陆时风速 $\geq 35\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的台风,在遇一个引潮力共振减压的当天,最大日降水可达500mm,在遇两个引潮力共振减压的当天,则最大日降水可超过1000mm。例如1930年8月4日(图4),当登

陆台风移到河北时,在辽宁复兴堡24小时降水达1100~1300mm,该天就是在一天内遇到两个引力波共振(4日0时36分X-1合月和16时30分火星冲月的80°线以外10°区)的共同迭加区。

附表 热带气旋暴雨异常加大与当天引潮力因子可预报值

编号	英文名	热带气旋		R_{\max}	引潮力因子 可预报值/mm
		登陆地点	登陆日期		
(1930.8)		辽宁复兴堡	8.4	1100~1300	(948)*
53(10)	Nina	江西庐山	8.17	900	1072
6312	Gloria	台湾百新	9.10	1248	1279
6718	Carla	台湾新寮	10.17	1672	1079
7503	Nina	河南林庄	8.7	1005	881
9608	Herb	台湾阿里山	8.1	1748.5	1745

* 假定该台风登陆时为 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

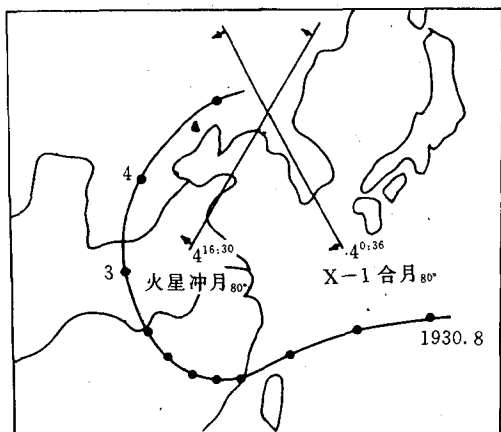


图4 1930.8.4台风罕见特大暴雨与引力波共振的迭加黑三角为罕见特大暴雨落区。带箭头弧线为天文奇点时的80°线

4 热带气旋路径突变、移速突变与引潮力共振

从许多个例研究来看,热带气旋的路径突变和移速突变,大多是由于其外围副热带高压遇引潮力共振后发生突变而引起。例如8509号台风(Mamie)(图5),在8月17日08时位于东海北部,当天19时遇轩辕十四合月,黄海处其54.7°线以外10°的共振加压

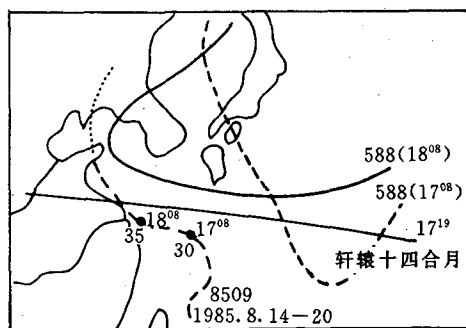


图5 8509号台风突然西折与引潮力共振加压

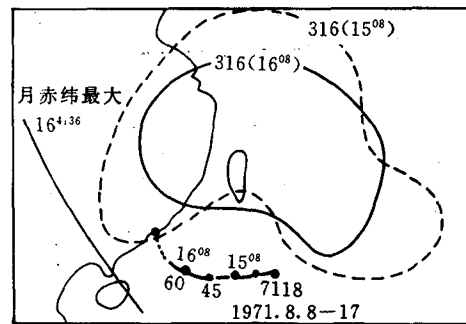


图6 7118号台风突然北上与引潮力共振减压

区,使得原位于日本一带的副热带高压迅速西伸至黄海,从而引起此台风突然西折逼近上海市。7118号台风(Rose)(图6),8月15

日 08 时位于菲律宾,其后 16 日 4 时 36 分月赤纬最大的 54.7° 线以内 4° 的垂直引潮力共振减压区落在广东一带,使原来 15 日 08 时此区的副热带高压脊迅速减弱东撤到福建一带,从而使得台风北侧引导气流发生改变,导致台风突然北上登陆珠江口。8807 号台风(Agnes)8 月 6 日由北行突然西折登陆浙江,也是由台风北侧遇引潮力共振加压使副热带高压南压而引起。

由图 7 可见,9107 号台风(Amy)7 月 18 日 08 时位于菲律宾东北方太平洋上,此后突然向西西北方向加速移动,于 19 日下午登陆广东汕头。其间 18 日 23 时 12 分遇上弦的 80° 线以外 10° 的引力波共振,此台风和其北侧副热带高压脊均处此引力波共振区,使得台风和副热带高压脊同时得到加强,从而引起两者之间东风引导气流加强,导致台风突然加速登陆。7203 号台风在 7 月 26 日突然加速登陆山东荣成,9615 号台风在 9 月 8 日突然加速西移于 9 日登陆广东湛江等,都与引潮力共振有密切关系。

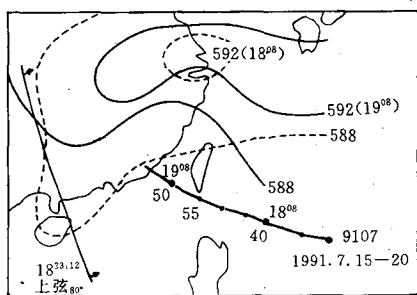


图 7 9107 号台风突然加速登陆与引力波共振

5 预报实例

① 1975 年 8 月 1 日 8 时 30 分,在广东省气象台预报会商会上,本人预报 7503 号台风(Nina)将遇月台同步,未来 48 小时内将由 7 月 31 日 20 时 $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 到 8 月 2 日 20 时突然发展至 $40 \sim 50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (预报值为 $61 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)。实况是 8 月 2 日 20 时该台风强度达 $65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。② 1994 年 8 月 3 日 14 时 30 分给

中央气象台短期值班室预报:8 月 3 日 12 时至 4 日晨,台湾中南部处在 4 个引潮力共振减压的迭加区,预计 9413 号热带风暴登陆后强度将不会减弱,反而可能发展。实况是:此热带风暴登陆台湾时由原来 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 加强为 $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,并在穿越台湾时强度不减。③ 1996 年 3 月 25 日在中国气象科学研究院汛期预报会商会上预报:8 月 1 日、3~4 日,引力波共振将异常集中,在中国 110°E 以东地区将发生非常大的暴雨。8 月 1 日 16 时,在国家气象中心大会商会上又预报:已登陆福建的 9608 号台风(Herb)将北上,8 月 3~4 日台风暴雨中心的最大日降水,水文站将超过 500mm,气象发报站也可达 200~300mm。实况是:8 月 1 日台湾阿里山 24 小时降水达 1748.5mm,出现了中国 24 小时最大降水的极值。8 月 3 日,湖北、河南、河北、陕西等省均出现 100mm 以上的大暴雨。8 月 4 日,河北南部与山西交界附近,鹿泉市石井 26 小时降水 580mm,昔阳等多点日降水也超过 500mm,石家庄达 303mm。④ 1996 年 9 月 19 日 20 时 50 分给广东省气象局总值班室打长途电话预报:9618 号强热带风暴登陆后,20 日广东西部和海南岛将处在三个引潮力共振减压的迭加区,预计 20 日暴雨中心日降水将达 500mm。实况是 20 日海南岛昌江和东方两站日降水分别达 680mm 和 600mm。

参考文献

- 1 任振球. 日月引潮力与台风强度变化. 气象, 1975, (9): 18~20.
- 2 任振球. 三天体成直线时的非经典引力效应. 自然杂志, 1982, 5(7): 501~504, 548.
- 3 Ren Zhenqiu, Zhang Suqin and Li Songqin. Tide-forming forces and the anomaly of the atmospheric circulation. Acta Met. Science, 1989, 3(3): 421~435.
- 4 任振球. 用引潮力因子定量预报台风暴雨中心强度的探索. 气象科学技术集刊. 1981, 1: 41~44.

The Triggering Effect of Tide-Generating Forces Resonance on Some Types of Tropical Cyclones' Abrupt Changes

Ren Zhenqiu

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, PR China, 100081)

Abstract

Forecasting and explaining the sudden changes of tropical cyclones is one of the most difficult problems in the present meteorology. This research has been conducted for thirty years and found that it is all trigger by the depressed tide-generating forces resonance (TGFR) that the abrupt changes of the tropical cyclones' strength and the torrential rain-storms after their landing. That causes all the abrupt changes of tropical cyclones' way and moving speed; the TGFR bring on the sudden changes of subtropical high outside the tropical cyclones, this arouses the leading airflow unexpectedly change its direction or strength.

Key Words: sudden changes of tropical cyclones tide-generating forces resonance triggering effect

① 本文由国家“九五”重中之重科技攻关项目“短期气候预测系统的研究”云南专题(969080508)资助。