

“96.8”河北南部罕见特大暴雨 的预测检验和成因分析

任振球

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

1996年8月3—4日, 9608号台风在河北南部连降大暴雨和特大暴雨, 造成了极其严重的经济损失和人员伤亡。事前, 8月1日16时在国家气象中心召开的大会上, 本人预报: 已经登陆福建的9608号台风将向北移动; 8月3—4日, 我国东部将连续两天处在三个引力波共振和一个引潮力共振减压的叠加区, 到时台风只要在 110°E 以东, 当天最大日降水水文站将达500mm以上, 气象发报站也可达200—300mm。实况正确。分析表明, 8月1—4日, 该台风登陆后, 其北侧每天均维持一个倒槽, 同时东亚有一西风槽东移。8月3—4日, 在连续引潮力共振减压的抽气作用下, 使该倒槽和西风槽加速合并和冷暖空气的辐合, 引起位势不稳定能量强烈释放而降特大暴雨。此次成功预报再次证明, 引潮力共振减压的异常叠加与大气内部条件相结合, 确是预测特大暴雨的一个有效途径。

关键词: 特大暴雨 预测 引潮力共振 引力波共振

9608号热带风暴7月24日在西北太平洋上生成, 26日发展为台风, 31日夜登陆台湾, 风速达 $45\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 8月1日10时半在福建福清再次登陆, 风速仍达 $33\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其后, 它的地面残余低压深入内陆, 在山西中西部消失。这个台风先后在台湾和河北南部造成了极为严重的经济损失。8月1日台湾全岛所有交通中断, 还发生了特大水患。8月3日—4日, 在这个台风登陆后残余高空低涡北侧的倒槽附近, 河北南部与山西、河南交界地区出现了罕见特大暴雨, 4日多点日雨量超过500mm。仅仅两天的暴雨, 在三省造成的经济损失达636亿元, 其中河北损失456.3亿元, 相当于全省两年多的财政总收入, 山西昔阳等县的梯田大都被冲毁, 要恢复到原来水平至少需要30年。涉县全县36万亩耕地, 有 $2/3$ 连表土都冲光。滹沱河上游的黄壁庄水库入库洪量超过百年一遇。黄河花园口8

月5日洪峰水位94.7m, 为有记录以来的最高水位。

对于此次罕见特大暴雨, 本人曾在事先做过一定预测。由本文分析可见, 此类特大气象灾害往往是由内因和外因在特定条件下相耦合的结果, 它是在台风深入内陆后, 在其高空涡旋北侧的倒槽与冷空气结合的部位, 由引潮力共振触发所致。

1 事先的预测和依据

1.1 在1996年3月25日中国气象科学研究院汛期预报讨论会上, 本人预报: 8月1日、3—4日, 引力波共振条件将异常集中, 我国东部地区(110°E 以东)可能发生非常大的暴雨过程, 具体落区需结合当时中短期影响系统加以确定。当时的主要依据是: 在8月1日、3日和4日, 相继有5个天文奇点的引力波共振共同迭加在我国东部地区(见图1)。1日为6时42分水星冲月和7时54分轩辕十

四冲月;3日为21时18分土星合月和21时30分M87冲月;4日为22时12分角宿一冲月。它们发生时刻月下点的 80° — 90° (引力波共振区),全都处在我国 110°E 以东地区。4日16时24分还遇月中天 45° 以内 5° 区的水平引潮力共振减压。历史事实显示,这种情况是极为罕见的,易发生罕见特大暴雨。

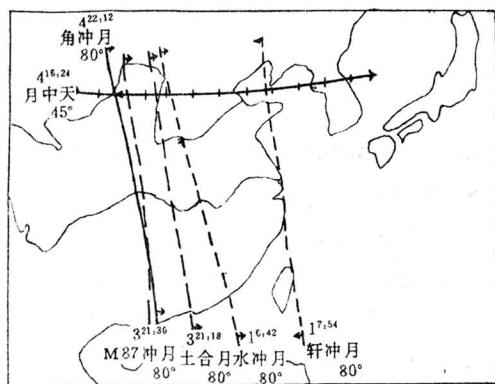


图1 1996年8月1—4日我国东部所遇天文奇点引力波共振条件

带箭头的弧线为天文奇点时的 80° 线,其外 10° 区为引力波共振区。 $16^{\circ}42'$ 水冲月 80° 表示1日6时42分水星冲月的 80° 线。带十字的弧线为月中天时的 45° 线,其内 5° 区为水平引潮力共振减压区。下同。

一是“63.8”海河特大洪水^[1]。1963年8月3—8日,连续6天每天的暴雨中心均超过300mm。其中3—7日接连5天内,遇到5个天文奇点的引力波共振(见图2):3日2时54分井宿三合月,4日3时24分北河二冲月,5日4时金星冲月,7日6时24分天王星冲月和8时水星冲月。上述5天的特大暴雨中心均落在当天这些天文奇点时的 80° — 90° 的引力波共振区。其中5日16时30分还遇望时垂直引潮力共振减压(望时 54.7° 线以内 4° 区)。此外,8日的特大暴雨则遇月中天时的水平引潮力共振减压。我们早就发现^[2],引潮力对大气的影,严格决定于月亮和另一天体对地球成直线等天文奇点发生时刻的引潮力分布。其间,还存在几个共振区^[3]:(1)

在天文奇点发生时刻月下点的 54.7° 以内 4° 和以外 10° 区,分别有利低压、降水和高压迅速发展,为垂直引潮力共振减压和共振加压区;(2)在天文奇点发生时刻月下点的 80° — 90° 区,有利低压、降水和高压同时迅速发展,为引力波共振区;(3)在月中天时月下点的 45° — 40° 区,有利低压、降水迅速发展,为水平引潮力共振减压区。其中,引力波共振不仅可以引起暴雨和副高同时发展,而且由于水平引潮力在天文奇点的 90° 处为零,故在暴雨天气形势已经具备的情况下,它还可使暴雨区和副高的位置均缓慢少动,这就容易在同一地区发生持续性特大暴雨。从图2中可见,在海河特大洪水期间,在8月3—7日引力波共振接连出现的5天内,特大暴雨在河北中南部缓慢北上,同时副高中心也在朝鲜半岛徘徊少动。此种暴雨天气形势和特大暴雨区的持续稳定少动,造成了河北地区极为严重的洪涝灾害。在1996年8月1日、3日和4日,3天内将遇到5个引力波共振,如果当时遇有暴雨天气系统,其暴雨中心强度有可能异常加大。

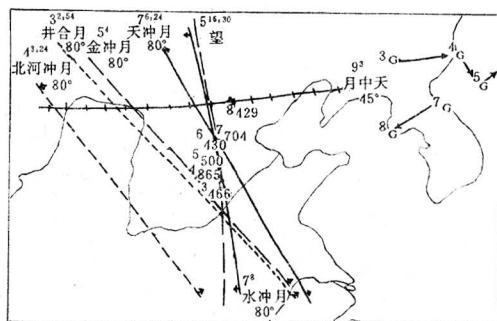


图2 1963年8月3—8日海河特大洪水期间所遇引潮力共振条件和逐日暴雨中心、副高中心的位置

弧线、带箭头线和十字弧线分别为天文奇点时的 54.7° 线、 80° 线和 45° 线。黑点及其左上角和右下角数字为暴雨中心及其日期和雨量。G为700hPa副高中心。

二是“30.8”辽西特大洪水。1930年8月

3日晚至4日下午在辽宁义县发生了东北地区有资料以来最大一次特大暴雨,24小时最大降水1000—1300mm^[4]。它是在台风7月29日登陆福建后缓慢北上进入河南、河北时发生的。由图3可见,这一特大暴雨的发生时段和落区,正是发生在4日0时36分X-1合月和16时30分火星冲月两个引力波共振的出现时段及其共同迭加区。我们曾得到^[5],当台风登陆大陆时强度达 $\geq 35\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 深入内陆后,遇一个引力波共振(或其他共振减压),当天最大日降水可达500mm;如遇两个引力波共振,当天最大日降水则可达1000mm。考虑到1996年8月1日和3日,都是一天内遇到两个引力波共振,4日也遇一个引力波共振和一个水平引潮力共振减压,如遇台风登陆后深入华北,则可能引起罕见特大暴雨,需加以警惕。

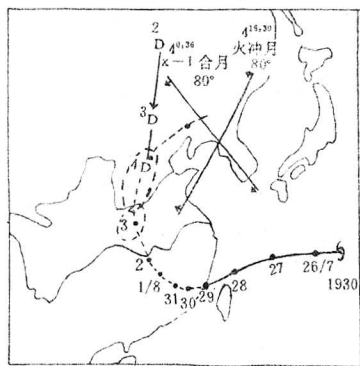


图3 1930年8月3日晚至4日下午辽西特大暴雨落区(黑三角)与引力波共振及台风路径

1.2 1996年8月1日10时30分9608号台风在福建福清再次登陆。本人在当天16时会商会上预报:(1)1日下午4时卫星云图实况,在武汉以西直至四川盆地,对流云团都在发展,表明这一区域的副高脊可能已经减弱东撤,因而要考虑台风路径有北跷的可能。(2)8月2日无引潮力条件,为正常台风暴雨,类似7503号台风登陆当天(8月4日)无引潮力条件,当天最大日降水仅137mm^[6]。(3)8月3日和4日,雨可能要下得非常大,

只要台风残余环流处在芷江所在经度(110°E)以东,不管走到那里,最大日降水水文站可超过500mm,气象发报站也可达200—300mm。理由是:我国东部地区3日将遇两个引力波共振,4日也将遇一个引力波共振和一个水平引潮力共振减压条件。指出1930年8月3日晚到4日下午,登陆台风走到河北附近时,遇两个引力波共振迭加,在锦州北面就出现24小时降雨达1000mm左右的特大暴雨。

2 实况检验

降雨实况是:(1)8月1日,罕见特大暴雨发生在台湾。在9608号台风直接影响下,台湾当天最大日降水超过850mm,一高山站过程降水达2000mm。(2)8月2日,登陆台风减弱的低压在江西,当天最大日降水(衡山)仅139mm。(3)8月3日,台风残余高空低涡北上,在大范围地区出现大暴雨,当天湖北钟祥156mm,河南安阳131mm,荥阳123mm,河北石家庄109mm,河南新乡1小时降雨106.8mm。(4)8月4日,台风外围云系发展成圆形云团移至河北南部上空,石家庄降雨达303mm,鹿泉市石井26小时降雨580mm,昔阳等多点暴雨也超过500mm。

上述预测与实况相比较,8月1日在台湾和8月3—4日在河北南部发生的罕见特大暴雨,与本人的预测相符合。所报的暴雨量和出现日期均正确,落区趋势正确。对照图1,8月1日台湾罕见特大暴雨,是在9608号台风直接影响时当天遇到水星冲月和轩辕十四冲月的80°线以外10°这两个引力波共振迭加而发生的。8月2日无引潮力条件,所报正常台风暴雨,最大日降水的实况仅比预报多2mm。8月3日大范围地区出现的各个大暴雨点,也都落在当天土星合月和M87冲月的80°线以外10°两个引力波共振的共同迭加区。8月4日河北南部的罕见特大暴雨,则是发生在台风残余高空低涡的北侧倒槽附近遇到当天角宿一冲月的80°线以外10°的引

力波共振和月中天的 45° 线以内 5° 的水平引潮力共振减压相交的迭加区内。由此可见,罕见特大暴雨等重大灾害性天气,并非不可预报,问题在于需要突破大气封闭框架的传统思维方式,采取内外因相耦合的途径,重视大气内部条件和引潮力共振触发相结合,包括后者对中尺度天气系统的触发作用,此类大气科学和预报上的难点,是可以有所前进的。

3 成因讨论和预报着眼点

3.1 特大暴雨的天气学原因

由图4可见,在700hPa高空图上9608号台风8月1日登陆后,其残余低涡一直向西北移动,直至4日08时移至河南西部上空。8月1日—3日,其北侧一直维持一个倒槽,同时西北方向有一冷槽东南下,到4日08时这一倒槽与冷槽合并。此外,3日20时在长江中下游上空又新生一暖切变,至4日08时也一起并入倒槽和冷槽之内,由于台风所带的暖湿气流与干冷空气在河北南部上空辐合,引起强烈的位势不稳定能量释放,导致中尺度云团新生和迅速发展。从而4日在河北南部发生了罕见特大暴雨。我们的研究^[6]曾发现,台风登陆后在我国北方造成的特大暴雨,多数发生在登陆台风的残余低涡的北侧(尤其是倒槽)附近暖湿气流和冷空气交汇的地区。从表1和图5可见,在1953—1981年间,由热带气旋登陆后在辽宁省造成日降

水 $> 500\text{mm}$ 的个例共有5例。由表1和图5可见,引起辽宁特大暴雨的热带气旋,都是在闽浙一带登陆,登陆时风速在 $20\text{--}37\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。在这5次辽宁特大暴雨中,有4次是热带气旋移到淮河附近发生的,另一次(6205)发生在热带气旋在鲁南消失的次日。这就是说,这些特大暴雨开始出现之时,当时热带气旋的残留涡旋均尚处其南偏西方向相距近10个纬距之时。并且都发生在这些涡旋外围的暖湿气流与冷空气汇合的地区。其中,6306和8108等热带气旋登陆后的高空涡旋,当时均有倒槽存在。“30.8”辽西罕见特大暴雨(图3)开始出现之时,登陆台风减弱的涡旋也尚在河南、河北一带,暴雨中心同样发生在这一涡旋的北侧倒槽与南下冷涡相汇合之处。由此可见,1996年8月4日河北南部的罕见特大暴雨,发生在9608号台风残留高空涡旋移至河南西部在其北侧倒槽与冷槽汇合附近,这是不足为奇的。

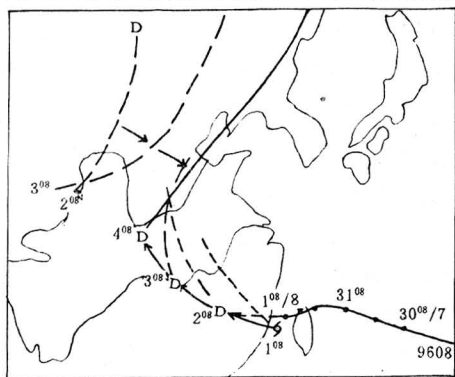


图4 1996年8月1日08时—4日08时700hPa台风残余低涡及其倒槽和冷槽的位移情形

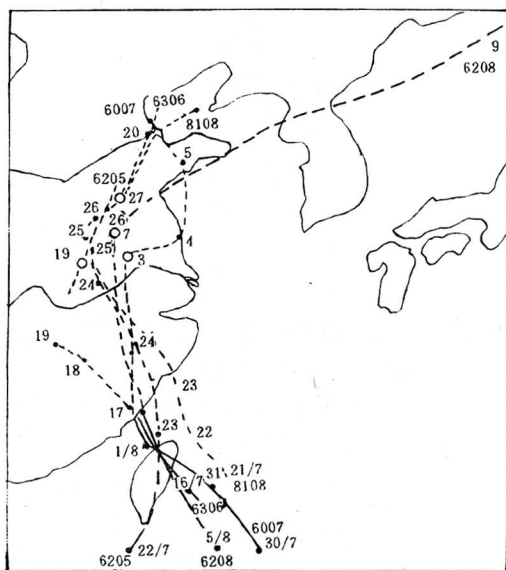


图5 1953—1981年造成辽宁特大暴雨的热带气旋路径
带圆圈黑点为辽宁特大暴雨日08时的残留低压位置

表1 1953—1981年辽宁省由热带气旋影响引起的特大暴雨个例

热带气旋		特大暴雨中心			用引潮力因子 ²⁾
编号	登陆时风速/ $m \cdot s^{-1}$	日期	地点	最大日降水量/mm	可预报值/mm
6007	35	8.3—4	宽甸黑沟	511 ¹⁾	518
6205	25	7.27	宽甸黑沟	646	627
6208	37	8.7	宽甸黑沟	513	545
6306	25	7.19—20	朝阳六家子	526 ¹⁾	437
8108	20	7.27	新金同益	576	493

注:1)24小时最大降水。2)根据文献[6]逐步回归方程求得。

3.2 引潮力共振的触发作用

上述天气学条件,可以说明是产生大暴雨的直接原因,但尚难解释何以发生罕见特大暴雨。我们一系列的研究表明^[1,3,5,7,8,9],在暴雨天气形势已经具备的情况下,多个引潮力共振减压迭加的触发作用,是形成罕见特大暴雨的必备条件。本文第一节也已说明,正是根据多个引潮力共振减压共同在我国东部迭加,我们才比较准确地预报了1996年8月1日和3—4日发生在我国东部的两场罕见特大暴雨。

朱抱真指出,如果在一个次天气尺度系统上空迭加一提升力,将很快缩小,变成一个中尺度系统(个人交流)。我们也发现^[3],许多中尺度系统几乎是同时新生的,它们往往发生在当天开始进入引潮力共振减压之时。“75.8”最大暴雨日(8月7日)等当天暴雨的最大时段,也是出现在当天暴雨中心进入引潮力共振减压区之时。因此,“96.8”河北罕见特大暴雨期间中尺度云团的生成发展,以及某些冷暖空气的辐合,同样可能与引潮力共振减压的整层抽气作用有关。

3.3 预报着眼点

从以上论述和事后的经验教训来看,对于“96.8”河北南部此类罕见特大暴雨预报的着眼点,可以归纳以下几点:

3.3.1 台风登陆后是否北上问题。由图6可见。1996年7月31日20时,大陆副高脊在长江以北一直伸展至四川盆地。要预报台风登陆后未来几天是否北上,关键需要报出这个副高脊的减弱东退。实际上,在8月1日

20时588线已东退到豫鄂中部一带,以后至3日20时这一带上空一直维持偏南气流,导致台风登陆一直向西北—北方向移动。图6还可见,1日凌晨(02时),月中天时的45°线位于北纬35.9°,头天20时的大陆副高脊恰好其以内5°的水平引潮力共振减压区,相应此脊在当天20时迅速减弱东撤。我们的其他一些研究^[9]也表明,引起台风路径突变的副高异常变化,同样与引潮力共振有密切联系。因此,需要注意引潮力共振是否会引起副高突变导致台风路径的突变。

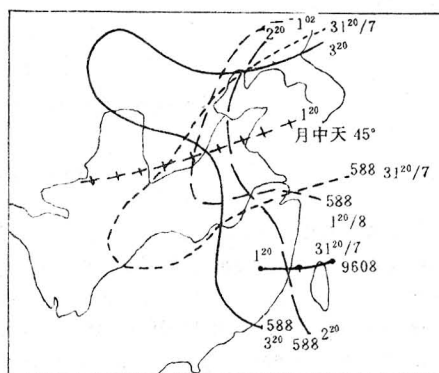


图6 1996年7月31日20时—8月1日20时
500hPa大陆副高演变与引潮力共振

3.3.2 罕见特大暴雨的发生日期。台风登陆后需要密切注意它的残留低涡尤其是北侧倒槽会不会与北方冷空气汇合的问题。一般说来,台风登陆后出现引潮力共振减压的日期,就是台风过程的日降水最大之日。因而,需要特别警惕台风登陆后出现引潮力共振减压的日期。当台风残留低涡尚未消失,如果在一天内出现 ≥ 2 个引潮力共振减压迭加,当天有

可能就是发生罕见特大暴雨之日。

3.3.3 罕见特大暴雨的落区问题。从天气动力条件来说,台风登陆后在我国北方发生特大暴雨的落区,往往就是台风所带暖湿空气与冷空气汇合引起位势不稳定能量强烈释放的地区。从引潮力角度来看,台风登陆后发生罕见特大暴雨的落区,一般说来就是一天内出现两个引潮力共振边界线相交的共振减压的共同迭加区。如1996年8月4日的河北南部太行山地区发生的罕见特大暴雨(图1),就是出现在当天相交的月中天 45° 线和角宿一冲月 80° 线以内共振减压的共同迭加区,而8月3日虽有两个引力波共振迭加,但其共振线边界并未相交,其共同迭加区太大,扩及整个中国东部地区,相应暴雨不集中,大暴雨点比较分散。“30.8”和“75.8”等罕见特大暴雨的落区,也都出现在当天相交的两个引潮力共振减压的共同迭加区。

参考文献

- 1 任振球,张芝和,周万福.华北汛期特大暴雨的天文成因探讨.气象科学技术集刊,1983,4:72—80.
- 2 任振球.三天体成直线时的非经典引力效应.自然杂志,1981,5(7):501—504,548.
- 3 任振球.引潮力—影响大气运动的一个新的基本作用力.日地关系和长期天气预报研究.北京:海洋出版社,1992,99—109.
- 4 胡明思,骆承政.1930年辽宁西部洪水.中国历史大洪水.北京:中国书店,1992,81—94.
- 5 任振球,张素琴,李松勤,牛涛.“三带”天气系统交会和引潮力共振对华北特大暴雨形成的影响.水科学进展,1994,5(4):255—261.
- 6 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.
- 7 任振球,张素琴,李松勤.天文因素在1991年江淮大水中的重要作用.南京大学学报,自然灾害成因与对策专辑,1991,110—115.
- 8 任振球,张素琴,李松勤.黄河中游大洪水成因和预测的综合研究.中国减轻自然灾害研究.北京:气象出版社,1992,46—50.
- 9 任振球,张素琴.天体运行与四川特大洪水.天文学气象学术讨论会文集,北京:气象出版社,1986:158—164.
- 10 任振球.月亮运动与自然灾害及其预测.待发表.

Check of the Forecast of a Rare Rainstorm in South Area of Hebei Province in 1996

Ren Zhenqiu

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

On August 3 and 4, 1996, Typhoon 9608 made continuous great rainstorm and exceptional rainstorm in south area of Hebei province, and caused very serious economic and personal loss. In advance, I forecasted on the extensive consultation of National Meteorological Center at 16:00, August 1: the Typhoon 9608 which had landed in Fujian province would move to north; on August 3 and 4, the east area of China would continuously locate in superposed area of three gravitational wave resonance and one depressed tide-generating force's resonance, at that time if the typhoon is in the east of 110°E , the daily maximum rainfall of hydrometric station would get more than 500mm on that day, and the one of national station would also 200—300mm. The fact accorded with this forecast. The analysis shows: in August 1—4, after this typhoon landed, there was a inverted trough in its north side continuously, and a westerly trough moved to east in Eastern Asia. In August 3—4, on the pumping effect of continuous depressed tide-generating force's resonance, the inverted trough and westerly trough quickened to merge, and cold air and warm air joined, it promoted potential instability energy strongly release and led to exceptional rainstorm. This successful forecast proved once more that the abnormal superposition of depressed tide-generating force's resonance combined with intercal condition of atmosphere is really a effective way to forecast exceptional rainstorm.

Key Words: exceptional rainstorm tide-generating force's resonance gravitational wave resonance