

人工影响台风技术及其新想法

彭跃华, 周立佳, 刘永禄

(海军大连舰艇学院 军事海洋系, 辽宁 大连 116018)

摘 要: 综述了前人在人工影响台风方面已有野外试验的技术原理、试验及其评价, 然后从动力学的角度提出了人工影响台风的新方法, 即通过流体力学的方法找到风场的一个极不稳定点, 当该点受扰动后能使风垂直切变发生突变, 切变突然增大很多, 则可能破坏台风的暖心结构, 使台风减弱, 但其有效性和可行性尚需验证。

关键词: 人工影响台风; 动力学; 垂直风切变

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.03.011

中图分类号: TP48 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)03-0052-04

Typhoon Modification Technology and Its New Consideration

PENG Yue-hua, ZHOU Li-jia, LIU Yong-lu

(Department of Military Oceanography, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

ABSTRACT: The theory, experiments and evaluation of typhoon modification were reviewed. And a new consideration of typhoon modification was proposed from the view of dynamics, which was finding an unstable extremum of the wind field by the method of fluid dynamics. After the perturbation of the extremum, the vertical wind shear increased sharply and abruptly, which could destroy the warm-core structure to weaken the typhoon, but the effectiveness and feasibility remain to be verified.

KEY WORDS: typhoon modification; dynamics; vertical wind shear

20 世纪 50 年代以来, 环境武器开始进入人们的视野, 而且受到许多军事科学家的重视。所谓“环境武器”是指运用现代科技手段, 人为地利用客观自然环境制造地震、海啸、暴雨、山洪、雪崩、高温、气雾等自然灾害, 改变战场环境, 以实现军事目的的一系列技术和装备的总称, 其技术美军称之为环境改造 (Environmental modification, ENMOD) 技术。

它涵盖了人工影响天气的技术, 其中包含有关人工影响台风的技术^[1-4]。

众所周知, 台风是海上非常危险的天气系统, 可带来狂风、暴雨、巨浪和风暴潮, 对舰艇航海安全的影响极大。据历史资料统计, 有 60% 的舰艇气象事故是由台风造成的, 因此台风又被称为海军的另一个敌人。

收稿日期: 2014-02-13; 修订日期: 2014-03-04

Received: 2014-02-13; Revised: 2014-03-04

作者简介: 彭跃华(1985—), 男, 湖南长沙人, 主要研究方向为海洋气象可预报性和人工影响天气。

Biography: PENG Yue-hua(1985—), Male, from Changsha, Hunan, Research focus: marine meteorological forecast and weather modification.

如果能用人工方法影响台风的强风和暴雨便能大大减轻台风的灾害,甚至可以变害为利,使台风听命人的意志。有人曾经估计,如果能把台风风力减少30%,则风灾可以减少一半。由此可见,用人工方法来影响台风的强风和降雨具有十分重要的意义。另一方面,人工影响台风在军事上有着特殊的意义,环境武器中一个很重要的武器就是控制台风。现代军事专家们都在设想如何用人工产生台风,操纵台风,加强台风的威力、速度,改变台风行进路线。这样,可以操纵台风,袭击敌方重要目标,如沿海城市、海上舰船、空中飞行的飞机等,从而给敌方造成重大的损失。此外,国外有科学家和发明家提出过一些阻止飓风的理论,最高明的主要有7种,其中3种从海面进行:液氮膨胀、化学薄膜覆盖、水泵浦抽冷水,其目的是让上层的海水降温;另外3种从云层进行:炭黑燃烧、播云、镭射放电;还有1种从太空进行,空间站发出的微波束。正如提出用微波束影响台风的霍夫曼博士所言,“只要对大气做出正确而精准的微幅改变,就能影响飓风,将它引离陆地或减低强度”。

目前对于人工影响台风的结果和前景看法并不完全一致,其中有不少问题值得弄清楚。例如人工影响台风的阵雨到底是利多还是害多,因为世界上有许多地区依靠热带气旋的降水。有人认为,人工影响台风后会影响台风的降雨分布,这使有些地区得不到必要的降水。以前影响台风的研究结果表明,试验对台风降水并未有什么影响,理论模式研究也表明,播撒只会引起风暴内降水有少量的增加,并且降水范围更广。另外,也有人提出,人工影响台风会改变台风的路径,从而也会改变台风的降水地区,使原来能获得降水的地区而得不到降水。对这个问题,目前无论是实际试验还是台风路径预报都还没有发现人工影响台风会产生这种作用。因为台风的运动主要决定于大尺度环境条件,而不是受人工播撒影响的中小尺度条件。至于对大气环流是否有影响的问题目前正在研究中。

1 人工影响台风的基本原理

人工影响台风,可以改变台风的强度、移动速度和方向,以及降水分布等。目前人工影响台风主要考虑的基本原理是,在台风的发生和维持过程中有

2个物理过程起着决定性的作用。第一是在台风内,从海面到大气必须要有感热和潜热的输送;第二是天气尺度台风环流和其中对流尺度环流的相互作用。由此在湿对流中释放的潜热是推动台风的主要能量来源。人们已经知道,潜热释放的主要部位是在风暴的眼壁区及主要的螺旋云带中。人工影响台风(削弱台风)的问题实际上就是上述作用的逆过程。据第1种作用,只要使用一种方法能减少从海洋到大气输送的感热和潜热,就可以减弱台风的强度。例如阻止台风区内的海面蒸发是一种方法。据第2种作用,影响有组织的活跃对流区内的潜热释放率和分布也可能使台风强度减弱。根据上述原理,至今人们已经提出了不少人工影响台风的设想和建议。其中被普遍认为较有效和可行的方法是,通过人工影响台风眼壁和螺旋云带内的对流过程来改变台风眼区周围地区内力的平衡,以此使原来集中在风暴中心附近的能量重新分布,从而使台风强度减弱,这就是美国人工影响台风计划(Stomfury)的理论根据^[5]。

在台风中,低层的暖湿空气呈气旋状流向风暴中心区,它们带来了大量的潜热和感热,同时,在流入风暴过程中从海洋上也有一些能量加入。这些流入空气大部分通过眼壁流向上空或流入周围雨带的云中。在云层中,流入空气形成水滴和冰晶,释放出潜热供给风暴能量。当气旋性旋转的空气呈螺旋状向风暴中心流动时,通过绝对角动量守恒而得到切向风速。空气愈近风暴中心,造成的切向风速愈大,直到空气流向上方,然后在高层从风暴中心区向外流出。如果有一种过程能使这种富有水汽的低层空气在比原先离风暴中心更远的距离处上升,就会使风暴的切向风速减低,并且也应引起风暴热力结构的变化,因为这时在新的上升运动区潜热释放率增加,而原来空气上升区潜热释放率减小。由上可知,人工削弱台风的关键问题是通过某种途径来改变台风内的空气质量流动。

美国人工影响台风计划(Stomfury)的具体试验原理为:许多台风的雷达观测指出,台风眼壁以外的许多地方存在一些云,它们伸展的高度不到流出层。另外的观测也指出,这些云中大部分都包含有过冷却水,即温度低于0℃的液态水。为使这种过冷却水冻结,必须要有冻结核。冰晶是一种很有效的冻结核,另外有许多其它物质也可作为冻结核。如果

用人工方法把冻结核(如碘化银)引入云中,使过冷水冻结,在从水到冰晶的相变过程中,将释放出融解热(近于 334.864 J/g)。这种热量可用来加热该部分空气,使温度增加,变得比周围空气暖而轻,浮力增加,从而使云体增长得更高大,促使上升气流增加。当空气上升时,膨胀冷却,水汽凝结或凝华形成水滴与冰晶,释放更大量的潜热(约 2.511 kJ/g),结果使被播撒的云增长到流出层,形成新的对流通道的。这种对流通道的截获了在近地面向内流入的大量潮湿空气,使空气不能再向内流去,而在离中心较远的地方就上升到流出层,然后又流向外面。因而在到达新对流上升区处所获得的切向风速比原先一直进入到旧眼壁所应有的切向风速要小。另外,由于在眼壁外缘被播撒云中的加热增加和原眼区由于流入空气的减少而引起的加热减弱,会造成台风内水平温度减小,这也使台风风速减小。

2 人工影响台风试验及其评价

根据上述原理或假说,美国对大西洋飓风进行了一系列人工影响的试验^[6-7];1961 年以来曾对 4 个飓风(1961 年 9 月 16 日、17 日 Esther 飓风;1963 年 8 月 23 日、24 日 Beulah 飓风;1969 年 9 月 18 日、20 日 Debbie 飓风;1971 年 Ginger 飓风)进行了播撒作业,主要是在 9 km 以上层次由飞机上用陷弹法向云内撒入碘化银。播撒的合适地区是在眼壁中或眼壁以外的某个地区。根据台风的理论研究,在风力加强期间,与眼壁有关的最大加热区一般位于比地面最大风速区显著要小的半径上,在发展进行时,风速最大区比加热最大区以更快的速度向内移。在加热最大值与地面风速最大值近于一致时,便停止发展,开始衰减。这个过程表明,在小于地面风最大值半径处进行加热有利于加强台风,而在大于地面风最大值半径处加热则有利于减弱台风。后来所进行的播撒试验证明上述意见是正确的,当在大于地面风最大值半径处进行播撒时,发现比通过风速最大值进行播撒,风速减小的量值更大。

在人工影响台风试验中,除了一种情况外,其他试验都显示出风速有减小的趋势,没有一种情况表明风速是增加的。其中结果比较明显的是 1969 年的 Debbie 飓风,台风的温度也有变化。Hawkins 把这些结果与 Rosenthal 的数值试验作了比较,结果是

较一致的。

有人对美国人工影响飓风的试验结果提出了异议^[8]。由于飓风的自然变率与由播撒试验激起的强度变化在量级上相近,因而不能完全肯定最大风速 30% 和 15% 的变化纯由播撒引起,而与自然变率无关。人工影响台风的评价问题像其它人工影响天气问题(冰雹等)一样,是一个重要的问题,也是一个困难的问题。

3 用动力学方法进行人工影响台风的新想法

现行人工影响台风的方法说到底是属于热力学的方法,由前述评价可知,这种方法在理论和实际效果上都存在局限性。在原理上,首先是需要条件,要求云中含有过冷水且伸展高度不到流出层,因而影响范围有限;其次只减小了最大风速;再次没能充分利用动力过程。在效果上,最大的问题是飓风自然变率与由播撒引起的强度变化量级近于相同,这表明效果不明显;其次对降雨分布的影响不一定有利等。

笔者认为可以从动力学的角度提出新的方法,从台风发生发展的几个必要条件来分析。首先看广阔的暖洋面,这可提供热带气旋发生发展的大量不稳定能量,也是扰动形成暖心结构的基础,但是这点很难改变,即使改变也需要付出巨大的代价。再看一定的地转偏向力,它能使辐合气流逐渐形成强大的气旋式旋转,以维持强大的梯度运动,但遗憾的是,这点更加没法改变。再看第 3 个条件,低层的初始扰动,它能把低层质量、动量和水汽持续输入,促使形成暖心^[9-10],这点乍看可以考虑把所有可能形成台风的扰动都消除在萌芽状态,但这根本不可能。一是因为这样的扰动太多,很难知道哪个扰动可形成台风,没这么多精力也不会愿意来做这个事;二是在需要有台风降雨的地方,极难做到对台风实施定向、定时、定量的控制;三是这样做很可能影响大气环流,可能会得不偿失。

改变前 3 个条件的可能性被否定后,再看第 4 个条件,对流层风速垂直切变小,只有这样,才能使由凝结释放的潜热始终加热一个有限范围内的同一气柱,因而可以较快形成暖心结构,另外由于对流层上下的空气相对运动很小,从而保证了初始扰动的

气压不断降低,最后形成台风。自 Weightman 首次提出垂直切变对台风强度有强烈的影响至今,国外学者作了大量的研究工作^[11-13],提出了很多解释方法,并总结了一些风切变与强度变化之间的统计和数值方面的规律。大量的观测研究表明:强的垂直切变对台风强度的影响具有抑制作用,即强的垂直切变能阻止台风在环境切变气流中发生和发展,在强的垂直切变场中,台风的强度将减弱。通过各种观测资料进行分析后认为:环境垂直风切变必须低于某个闭值才有利于热带气旋的发展,并得出了一些统计关系,等等。另外,从不同地区台风发生的季节和频率来看,在西北太平洋和东北太平洋、北大西洋、南印度洋风暴一般较多,在这些地区纬向风平均垂直切变较小。在盛夏,在北印度洋和南海热带风暴形成很少,只在孟加拉湾北部有少数风暴生成,这是因为在这些地区风速垂直切变很大。在春秋季节,在北印度洋和南海地区垂直切变小,有利于风暴发展。在东南太平洋或南大西洋,由于风速垂直切变过大,这些地区便没有风暴形成。由此可见,风垂直切变小是一个很重要的必要条件。反之,如果能使风垂直切变增大,则台风可能减弱甚至消亡,而且这种可能性是存在的。

基于这点,笔者提出一个新想法:如果能通过流体力学的方法找到风场的一个极不稳定点,该点受扰动后能使风垂直切变发生突变,切变突然增大很多,则可能破坏台风的暖心结构,使台风减弱,这可能比单纯播撒冻结核更合算。当然,目前人工影响天气的手段主要还是通过播撒冻结核和吸湿性核来实现预定目的,但也有学者已经指出了“爆炸”对云体的作用,在带有爆炸或动力扰动的作业后,观测到的一些现象难于用播撒效应来说明,然则可用动力扰动来解释。引言部分提到了国外7种阻止飓风理论,其中的微波束是很有可能实现本文想法的扰动源。

对于实现这个想法的途径,笔者认为目前有2条:一是利用扰动增长理论和非线性最优化方法,通过台风的数值模式找到极不稳定点;二是把扰动作为小尺度运动,台风作为中尺度运动,利用多尺度相互作用的理论研究扰动对台风的作用,看怎样才能使风垂直切变最有效的增大。这2条途径单独弄清楚后可以结合起来,并结合已有的云物理学方法和相关人工影响天气理论,最后得出最有效和可行的

方法并付诸试验。

4 结语

综述了前人在人工影响台风方面的原理方法、试验及其评价,并从动力学的角度提出了人工影响台风的新方法,虽然其有效性和可行性尚需验证,但值得一试。

总之,人工影响台风目前还处在初期阶段,还有许多问题有待解决。例如如何实现作者的想法,提出更合理的影响台风的原理或假设,云物理学上继续研究试验播撒的新方法和新材料,进行更多的野外试验,收集台风资料,进一步弄清楚台风的自然变率,以改进影响台风效果的评价工作,等等。随着这些问题的逐步解决,人工影响台风的工作必将向前迈进一大步,从而为人类最终控制和改造天气做出重要的贡献。

参考文献:

- [1] 杨喜存,单军勇. 环境试验过程控制和试后恢复中的问题分析[J]. 装备环境工程,2013,10(1):98—101.
YANG Xi-cun, SHAN Jun-yong. On Process Control of Environmental Test and Problems in Restoration after Test [J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(1):98—101.
- [2] 赵保平,张韬. 系统级产品环境试验与评估若干问题探讨[J]. 装备环境工程,2012,9(2):54—62.
ZHAO Bao-ping, ZHANG Tao. On Environmental Test and Evaluation of System Grade Products [J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(2):54—62.
- [3] 王晓宾,马征征. 大气对舰载激光武器的影响及对策[J]. 装备环境工程,2012,9(3):33—37.
WANG Xiao-bin, MA Zheng-zheng. Effects of Atmosphere on Shipborne Laser Weapon System and Countermeasures [J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(3):33—37.
- [4] 陈凤贵,姜明波,杜智涛,等. 地面风场风速测量标准装置需求与设计[J]. 装备环境工程,2013,10(1):79—82.
CHEN Feng-gui, JIANG Ming-bo, DU Zhi-tao, et al. Requirement and Design of Standard Wind Speed Measuring Equipment in Surface Wind Fields [J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(1):79—82.

(下转第100页)

- LIU Wei-xin. Reliability Design of Mechanical[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1996.
- [5] 李良巧. 机械可靠性设计与分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- LI Liang-qiao. Reliability Design and Analysis of Mechanical[M]. Beijing: Defense Industry Press, 1998.
- [6] 周金林, 付晨晖, 刘旭琳. 振动试验夹具设计方法研究[J]. 装备环境工程, 2012, 12(9): 135—139.
- ZHOU Jin-lin, FU Chen-hui, LIU Xu-lin. Research on Design Method for Vibration Test[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 12(9): 135—139.
- [7] 刘加凯. 基于 ANSYS 仿真的引信振动强化试验夹具设计[J]. 装备环境工程, 2010, 7(4): 95—98.
- LIU Jia-kai. Design of Fuse Fixture Used in Vibration Enhancement Test Based on ANSYS Simulation[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(4): 95—98.
- [8] 张波, 盛和太. ANSYS 有限元数值分析原理与工程应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- ZHANG Bo, SHENG He-tai. Theory and Engineering Application of ANSYS Finite Element Numerical[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [9] 曾攀. 有限元分析及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- ZENG Pan. Finite Element Analysis and Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.
- [10] 张建功, 解青. 起重机用回转吊具结构[J]. 机械管理开发, 2011, 10(5): 33—35.
- ZHANG Jian-gong, XIE Qing. Structure with a Rotary Spreader Crane[J]. Mechanical Management and Development, 2011, 10(5): 33—35.
- [11] 李良春, 黄刚. 基于 ANSYS/LS-DYNA 新型着陆缓冲气囊仿真分析[J]. 包装工程, 2012, 15(33): 69—72.
- LI Liang-chun, HUANG Gang. Simulation Analysis of New Type Landing Cushion Airbag Based on ANSYS/LS-DYNA[J]. Packaging Engineering, 2012, 15(33): 69—72.
- [12] 杨卫, 齐明思, 张皎. 冲压式快速空投硬式气囊缓冲技术研究[J]. 包装工程, 2010, 31(5): 106—108.
- YANG Wei, QI Ming-si, ZHANG Jiao. Research on Punched Quick Airdrop Cushion[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(5): 106—108.
- [13] 王光斗, 王春福. 机床夹具设计手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002.
- WANG Guang-dou, WANG Chun-fu. Handbook of Machine Tool Fixture Design[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 2002.
- [14] 宋勇. 精通 ANSYS7.0 有限元分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- SONG Yong. Master the Finite Element Analysis in ANSYS7.0[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.
- [15] 任重. ANSYS 实用分析教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2003.
- REN Zhong. The Utility Analysis Tutorial for ANSYS[M]. Beijing: Beijing University Press, 2002.

(上接第 55 页)

- [5] GENTRY R C. Project Stormfury[J]. Bulletin of American Meteorology Society, 1960, 50(6): 404—409.
- [6] GENTRY R C. Hurricane Debbie Modification Experiments, August 1969[J]. Science, 1970, 168(3930): 473—475.
- [7] BLACK P G, SENN H Y. Airborne Radar Observations of Eye Configuration Changes, Bright Band Distribution and Precipitation Tilt during the 1969 Multiple Seeding Experiments in Hurricane Debbie[J]. Monthly Weather Review, 1972, 100(3): 208—217.
- [8] SHEETS R C. Analysis of Hurricane Debbie Modification Results Using the Variational Optimization Approach[J]. Monthly Weather Review, 1973, 101: 663—684.
- [9] POWELL M D, VICKERY P J, REINHOLD T A. Reduced Drag Coefficient for High Wind Speeds in Tropical Cyclones[J]. Nature, 2003, 422: 279—283.
- [10] GRAY W M. Global View of the Origin of Tropical Disturbances and Storms[J]. Monthly Weather Review, 1968, 96: 669—700.
- [11] DEMARIA M. The Effect of Vertical Shear on Tropical Cyclone Intensity Change[J]. Journal of Atmosphere Science, 1996, 53: 2076—2087.
- [12] CORBOSIERO K L, and MOLINARI J. The Effects of Vertical Wind Shear on the Distribution of Convection in Tropical Cyclones[J]. Monthly Weather Review, 2002, 130: 2110—2123.
- [13] WONG M L M, CHAN J C L. Tropical Cyclone Intensity in Vertical Wind Shear[J]. Journal of Atmosphere Science, 2004, 61: 1859—1876.