气 象 学 报
第27卷 第2期 1956年6月

台風生成的綜合学說*

李 憲 之
(北京大学)

提 要

几十年前，甚至一百多年前，气象学者对热帶气旋(在东亞叫作台風)的生成，就有了相当認識；但是，直到現在，这方面的学說，越來越多，还沒有統一起來；而且对一些問題（如为什么热帶气旋只限于某些地方？为什么热帶气旋發生的頻率很少？等等），还不能或不能正确地解答．这篇文章把作者过去对台風工作的一部分，在理論上加以补充，提出三个必要而且滿足的条件(大規模的高度潮湿不穩定，相当强的渦度和足够强大的外力——冷空气的侵入，其中前兩个是已經公認的)和几个有利条件，并加入最近整理出來的一些結果，再参考过去已有的資料和主要文献，分析批判，而構成这个綜合学說．用这个学說可以簡明地比較合理地解答上面提到的以及其他一些問題．

一．引 言

对于台風和其他热帶气旋的發生原因，發現頻率和空間分布，很早我們就有了相当認識，但是直到現在都还存在着不同的看法，尤其是对于台風的成因[1—4]．热帶气旋(包括东亞的台風、美洲兩岸的颶風、澳洲兩岸的“維利維利”和印度洋上的热帶气旋)頻率的特少，时間上的無規律，和分布的只限于某些地区，很久就是气象学上难以解答的問題[5]，到現在一般还認为是沒有解决的，而且在最近將來也不容易解决的問題．因此，在这篇論文里，先介紹热帶气旋时空分布实际情况，再举出几个不同学說，接着進行批判，然后闡述我們的綜合学說和它的优越性，來解答这些困难問題．

二．实际情况

根据观測和統計結果，台風和其他热帶气旋的發生区域、地理分布和年中頻率，都有相当規律[6—7](这里的相当規律，是就平均情况講，对个別年份，个別地方，是沒有規律的)，而且一定有它的原因．为了探討这些原因，我們要先了解它們的实际情况．但是可用資料很少，并且來源不一；根据雜乱而且貧乏的資料，所得結果，往往有很大出

* 北京大学与中央气象局合作研究报告之一．1955年12月20日收到．

入，甚至于有顯著矛盾。例如孟加拉灣热帶气旋的頻率，有的給出最多在五月和十月[8]，也有的給出在七月和九月的頻率最大[9]（見圖1）。在台風發生的地区里，高空探測很

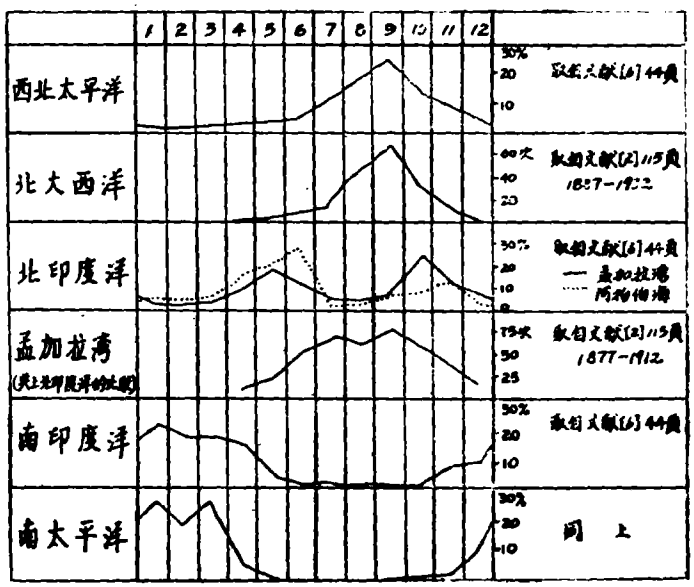


圖1. 热帶气旋發生頻率圖

少；当台風發生的时候，那些地区的高空探測記錄，到現在还沒有找到可供探討的实例。因此，这里的实际情况，只包括地理分布和年中頻率；至于高空分析，等找到了足够資料再進行。

1. 地理分布：台風的地理分布是很有規律的，它的發生地区，一般認为是在北緯5°到20°和东經130°到175°这一地帶，还有中國南海和日本南面的大洋，也都是台風的發源地[10,11]。对于台風的地理分布，有不少学者[12,13]曾作了詳細統計，但是結果有相当出入；一般情况，大致如下：1)四月至六月和九月至十一月，台風的分布，在中國南海較多，甚至于最多(在六月和十一月)。2)在中國大陸，一般从六月到九月有受到台風侵襲的危險。3)按全年平均(特別是九月和十月)分布情况，有兩个最多地帶；一个是从大洋發源地，經过菲律宾群島北部，直向越南中北部沿海，再一个是从大洋發源地，指向日本，而以日本东面大洋为最頻。以上是台風發生和發現的地理分布，其他热帶气旋的地理分布，可参考有关文献[10,11]，不再詳細分述。不过可以概括說一句，都是有相当規律地局限于某些地区。至于为什么这样，是引言里提到的难題之一，在下面第四章第二節里，我們要加以解釋。

2. 年中頻率：台風發生的頻率，一般是从七月到十月較多(就是一般所謂台風季)，而以九月为最多，在这个时期的前后都比較少，以至于几乎不發現（見圖1及参考文

献[14,15])。为便于作比較性的討論，其他地区的热帶气旋頻率也簡略举出，如在北大西洋的颶風頻率，也近于台風頻率的情况。但是在北印度洋和西加勒比海，情况就不同了。在北印度洋热帶气旋頻率，年中有兩个最多，一个在五六月，另一个在十月或十一月。（在孟加拉灣的热帶气旋頻率，如上所述，就有不同的統計結果。）而在（南北美洲之間的）西加勒比海的颶風頻率，近于北印度洋的一般情况，不过最多在十月，次多在六月[14]。在澳洲兩岸，南太平洋和南印度洋的热帶气旋的頻率，都是在一月至三月为最多。（見圖 1 和参考文献[14]中圖 63）

这样复雜的年中頻率情况，可以归納成兩大类型：第一类型的最多頻率是在夏秋（北半球七月至十月，南半球一月至三月）；第二类型（現只發現在北半球）有兩个最多頻率，一在春末夏初（五六月），一在秋季（十月和十一月）。热帶气旋在不同区域發生或發現时期的規律性是很顯著的，（这也只是就一般情况說，对个別地方或个別年份，就不顯著了，甚至于沒有規律了。）这一定也有它的原因。对于这一点，將在下面再進行討論。

三．不同学說和批判

关于台風生成的学說虽然不少，但是沒有一个学說能够解釋一系列現象而不遇到困难或矛盾的。下面是几个主要学說[1—4]的簡要內容和它們应得的批判。

1. 对流学說

在热帶海洋上某些受热較多的地区，高温而潮湿的空气容易上升，四周空气流來，便形成对流；再受到地轉偏向力和离心力的支配，空气內向分速变小，气压愈低。由于气压繼續降低，風速愈大，地轉偏向力和离心力也随着增加，內向分速便愈小，气压更要降低。經过这样循环过程，就形成了强烈旋渦——热帶气旋。从凝結作用看，空气在受热地区的中央部分上升冷却，水气凝結而放出潛热，使旋渦發生而且繼續加强，以至于形成热帶气旋，所以，又有的把它叫作"凝結学說"。

这个学說，不能解釋上面的观測現象。在南大西洋的对流現象一定也很頻繁而强烈，但是这里沒有热帶气旋發生。而且在其他大洋上，对流現象随时随地都可以發生，而热帶气旋的形成頻率很少，并且只限于某些地区。因此，这个学說是不恰当的。

2. 反流学說

反流学說，是达夫（H. W. Dove）所創立。这个学說是从大部热帶气旋發生的区域，都是和方向相反的信風过渡帶（概括地說也就是热帶間輻合区、热帶鋒、赤道鋒、或热帶間鋒、赤道無風帶或热赤道的一部分）相联系的現象出發的。主張反流学說的人，

自以为从实际經驗推論到：方向相反的气流，既能使热帶气旋發生，也能使热帶气旋加强發展。用这个学說，可以解釋热帶气旋分布的一点特殊情况，就是在南大西洋上所以沒有热帶气旋，这是因为那里沒有赤道無風帶和方向相反的風系[2]。因此，反流学說的主張者認为方向相反的气流，是热帶气旋生成的主要原因。的确在北印度洋發生热帶气旋最多的时候，五、六月和十、十一月，方向相反的气流就擺动在那里；到相反气流在北印度洋消失以后，那里的热帶气旋便不容易發生。但是在热帶間鋒（ITF）或赤道輻合帶（ECZ），反流現象經常存在，并且潮湿不穩定情况也常常形成，而热帶气旋在那些地帶（即便是在較高緯度），既不到处發現，也不經常形成。相反的在西北太平洋，当夏末秋初的时候季風盛行，反流現象較少，而台風頻率却顯著增加。因此这个学說，不能解釋观測得到的現象，也是不能成立的。

3. 鋒面学說

这个学說，建立在热帶气旋發生于"信風和赤道气团的鋒面"上的現象。在这个鋒面上，波动繼續發展，在有些情形下可以發展到生成热帶气旋的程度。不过这个發展过程如何，还不明确，主張这个学說的人的意見也还不一致[2]。戴波尔滿（Deppermann）在菲律宾的經驗是：在赤道鋒上兩个方向不同的气流相遇，其中一个，是很潮湿的西南季風；而且在那里，沒有一个台風不是生在鋒面上的；也沒有一个台風生成在均一气团的顯著情形。按这些經驗，一些作者便認为热帶气旋發生在热帶鋒面上，就形成鋒面学說。这个学說，馬古來斯（Margules）很早就提到过[16]，以后白尔吉隆（Bergeron）也曾有同样看法[17]，虽然他在1954年又籠統地提到一个罕有的因素[18]。（这里他并沒有明确指出这个罕有因素是什么，似乎他不再强調他在1933年所提出的动力不穩定和湿不穩定[30]。因为用动力不穩定和湿不穩定，也不能解答多年來的困难問題。）

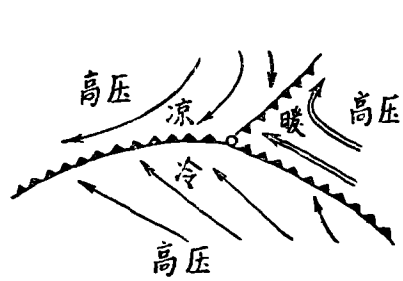
对这个学說的批判，和对反流学說的批判相似，就是在热帶气旋發生的区域和季節，鋒面是經常存在的，而热帶气旋却很少發生。而且發生热帶气旋最多的区域，并不是鋒面發生最頻繁的地方；例如在副热帶高压西部近赤道地区，热帶气旋發生比較多，甚至最多，而鋒面發生最頻繁的地方，却在副热帶高压东部近赤道一帶，即所謂赤道輻合区。这样地帶（如东太平洋）的鋒面，不只是存在于某一时期，而是終年常有的；但是各該地区的热帶气旋，都不是时常發現而有相当的季節規律。所以鋒面学說，不能解釋热帶气旋的地理分布和年中頻率。

至于戴波尔滿在菲律宾的經驗，只是列举一些現象，这些現象并不能解釋台風發生頻率的特少和各年台風頻率的变化不定。在菲律宾，"很潮湿的西南季風"，在夏季是經常存在的，由它所形成的鋒面也时常存在，而台風的發生就不是这样了，而只是很少的

現象。白尔吉隆在近來發表的文章里（見参考文献[11]155—156）也承認，鋒面学說遭到許多反对。这样經不起考驗的学說，当然不能成立。

4. 三气团角学說

在气压場的支配下，三个性質不同的气团，从不同的方向相遇到一处。这样三个气团相遇的情况或地方，就是"三气团角"。（見圖 2，也可以叫作三重点或三叉点）



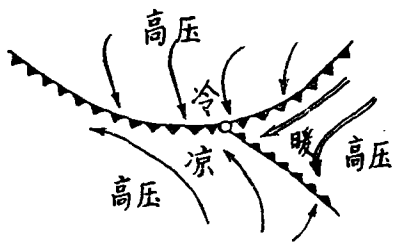
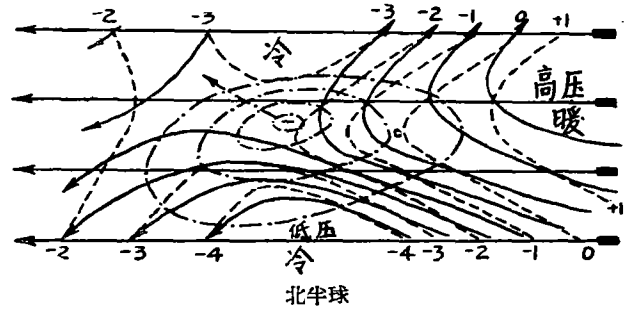
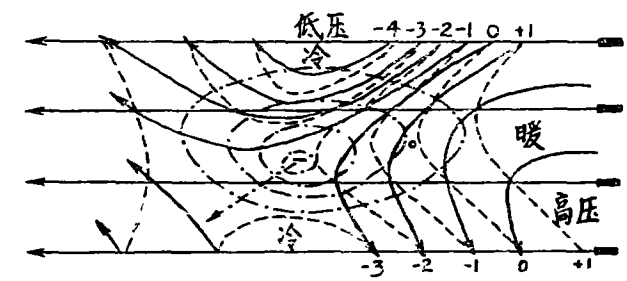


圖 2. 三气团角圖[19]

上圖：北半球　下圖：南半球
实矢綫——地面冷气流；
双矢綫——地面暖气流；
圈为三气团角



北半球



南半球

圖 3. 三气团角高空輻散圖[19]

細矢綫——低空气流；　虛綫——低空等温綫；
粗矢綫——高空气流；　点虛綫——等变压綫；
点虛矢綫——减压中心移动方向

支配气团的三个高压，兩个是热力高压（冷高压），一个是动力高压（副热帶暖高压）。因此，高空气压場和气流場，便成了圖 3 所表示的情况。在三气团角的高空是强烈的輻散，海平面上的气压便顯著降底，于是就發展成热帶气旋[19]。这是柔德瓦尔德（M. Rodewald）的三气团角学說的簡短內容。他考慮到高空和地面的气压分布、热力情况和流場以及由高空輻散而形成的地面减压，这是比較其他学說优越的地方。

但是这个学說是从發展过程的某一階段（三气团相遇的階段）出發，沒有進一步考慮气压分布的原因，更沒有考慮其他因素和条件。而且在天气圖和气候圖上，常有"三气团角"的發現，但是热帶气旋却很少發生。所以这个学說也是不正确的。

5. 信風逆温層破坏学說

在信風区域里，逆温層是普遍存在着的。逆温層特别穩定，阻碍了空气的垂直运行，不利于台風的發生和發展，因此，在信風区域里，一般很少發生台風和其他热帶气旋；但是，在信風逆温層很薄弱的地方，特别是在信風逆温層近赤道的边沿上，那里信風逆温層容易被突破，潮湿不穩定的空气容易上升，台風或其他热帶气旋便比較容易發生。这就是信風逆温層破坏学說的要点。〔詳細內容，見艾克斯泰尔布潤克(H. Externbrink)的論文[20]和荒川著"天气分析"上卷58—65頁。〕但是，这个学說要点的骨干部分（信風逆温層近赤道的边沿上），是作者以前所提出的[21]，而艾克斯泰尔布潤克在他的文章里不提这一点，只引用了作者前文所指出的对本題無关重要的一种現象，"热帶气旋經常向气压降低处运行。"[22]恰是这种現象，柔德瓦尔德在对艾克斯泰尔布潤克的論文的評論里，却在最后一句話里又引用了它，而且这样寫着[23]，"人們將高兴地同意艾克斯泰尔布潤克的定則(或詞句 Satz)：'热帶气旋經常向气压降低处运行。'"这样就把中國人研究的成果窃取去了（虽然很小很平常，但是他們一再引述，而且艾克斯泰尔布潤克在答复柔德瓦尔德的評論里[24]，对这一点也并不加以更正）。

信風逆温層破坏和台風發生的內在联系，应該是这样的：在某些適合而且足够条件（关于这些条件見下章）下，初期台風（热帶低压）生成了；等这个旋渦系統移动到信風区域，那里的信風逆温層可以受旋渦系統的擾动而被突破，于是旋渦强度越發加大，而形成台風。决不是由于信風逆温層的破坏，而生成台風。所以这个学說的內容，和热帶气旋發生过程不但不符，反而因果顛倒。再說，强烈对流在热帶是經常地而且普遍地發生；它們突破信風逆温層的机会是很多的，但是热帶气旋的發生却很少。因此，可以肯定地說，信風逆温層的破坏是后果而不是原因；它对热帶气旋的生成，只能算作有利条件，絕不是主要原因，更不能形成学說。

四。綜合学說和它的优越性

按照上面所討論的，这几个学說都是主观的片面的，只从某一角度來孤立地看問題，并且擴大了自以为重要的某种作用，而沒有作適当的分析。对現象本身的認識，既不徹底，对現象的發展过程，也沒有弄清楚，对發生原因更沒有全面抓住，当然对于引言里所提到的問題，得不到正确的解答。第二章所講的热帶气旋發生頻率和地理分布，若和他一半球冷气团的活动，以及其他現象（如有关地方的天气發展过程）結合起來，便可以得到比較合理的解釋。关于这一点的詳細內容和南半球冷气团的活动与台風發生的关系，已在另一篇論文里具体的討論过[21]。关于北半球（东亞一帶）冷气团的侵襲与南半球（澳洲附近）颶風生成的联系，也有專文举例証实[25]。但是，如果把冷气团的侵襲，

看作台風生成的一个学說，未免又犯了片面的毛病，虽然近年出版的書上，有的引用了这样事实和論点[3,4,26]。因此，一个比較正确的、全面的、能够解决問題的新学說，是需要產生的。

1. 綜合学說

綜合学說，是从观測得到的現象和統計出來的一般情况出發，用比較分析方法，找出各种現象間的时空关系，和不同作用間的相互影响，而以內因为根据，外因为条件，对热帶气旋的生成，進行徹底的推究。

台風生成的內因是大規模的高度潮湿不穩定的空气，含有大量潮湿不穩定潛能。空气之所以能含有大量潮湿不穩定潛能，必須是在高温而潮湿的季節和区域，而且那里的空气比較靜止，才能繼續吸收輻射能量和通过乱流傳遞从地面（主要是水面）充分輸入热量和水分，而沒有大量散失和耗損；对这些作用和过程的有利条件，是高温的廣闊海洋，比較靜止的空气和散布着小而平緩的島嶼的淺海（因为这样島嶼使空气的温度、海水的温度和水汽都較快地增加，而很少消耗动能）。

外因是有足够的外力，它能使大規模的高度潮湿不穩定的空气發生相当强烈的擾动，而放出大量潛能加强上升作用，再加上相当强的渦度的影响，便可以使变湿变热的空气，从量变到質变，發生旋渦而形成台風。这样通过內因而起作用的外力，是足够强烈的冷空气的侵襲，特别是从他一半球發源的冷空气的侵襲；因为冷空气侵襲时所加來的动能，可以促使台風的生成，而且当內外其他条件俱备的时候，本半球冷气团的活动比較微弱，而他一半球的冷气团的活动相当强烈。

对于这样外力作用，虽然已有專文举例証明[21,25]，这里对于作用过程，再举出爪哇的雅加达和澳洲北部的达尔文港的降水，特别是暴雨与东亞寒潮的关系，加以說明和証实：

根据 1931 至 1934 年在雅加达四年观測报告（現在只找到这四年的报告）而統計出來的結果，那里的暴雨日数（日降水量多于五十毫米），66% 以上發現在十二月至三月；而日降水量大于 90毫米的降水，只發生在这个时間里（圖 4）。这样降水集中現象（在热帶，特别是在赤道一帶，一般各月暴雨和平均降水是比較均匀的），也表現在月平均降水量的年中分布上：按雅加达六十年（1864—1923）的降水資料，年平均 1832 毫米，一月平均 331 毫米，多于年平均的六分之一，十二月到三月的四个月总量是 1070 毫米，占年平均的 58% 以上。至于为什么雅加达的暴雨和月平均降水量都集中在十二月至三月，这是因为受北半球东亞寒潮的影响：1929 年最大的日降水量，是 1 月 19 日的 90.2 毫米，这次强烈降水，已經証实是由东亞寒潮的侵襲所形成的[27]；現在查到的兩次最大暴

雨，也有受东亞寒潮影响的迹象。（对于这个問題的研討正在進行中。）暴雨和月平均降水的集中現象，按作者所知，不只發現在雅加达，也發現在这一帶的其他一些地方，如万雅老(Menado)、麻盤盖 (Mapanget)、山打根(Sandakan)和达尔文港(Port Darwin)。从这些地方，目前手边沒有足够降水資料，只能举出达尔文港的一般情况和一次暴雨的实例：达尔文港五十五年(1870—1924)的平均降水情况是：年量 1571 毫米，一月 404 毫米，多于年量的四分之一，十二至三月的四个月总量 1251 毫米，占年量的 79% 以上。而 1931 年 1 月受北半球(东亞)寒潮的影响在 18 日 (108.7 毫米)和19日 (110.5 毫米) 兩天的降水量就有 219.2 毫米[28]，多于一月平均降水量的一半，多于年降水量的八分之一。从这些簡單而重要的事实，可以断定：从北半球侵入的罕有强烈的冷空气（如果說季風，那又是沒弄清楚現象，是不正确的）的能量，是使大規模的高度潮湿不穩定空气大量釋放潜能的主要原因，也就是使那里（具备其他必要条件的地方）热帶气旋形成的主要作用；因为热帶气旋生成时的主要能量來源，是空气的大量“潮湿不穩定能”，而大量潮湿不穩定能的釋放，是通过大量降水（空气上升和凝結放热），大量降水的發生，又是由于急剧冷空气的侵襲。（前兩点是一般公認的，后一点是上举兩个地方的降水例子所証明的。）这四种現象（急剧冷空气的侵襲，强烈暴雨的降落，大量不穩定能的釋放，和热帶气旋的發生）的一連串的因果关系和作用过程，是很顯然的；而且这些联系，如前面（本章）所提，已經在实踐中得到証明。不过，我們不能抓住某一个环節，要求一定要有它应有的后果；因为某一环節，不是演变过程里下一环節的唯一原因，而还有其他条件。只有在必要条件具备的情况下，才能發生完整的一系列現象。

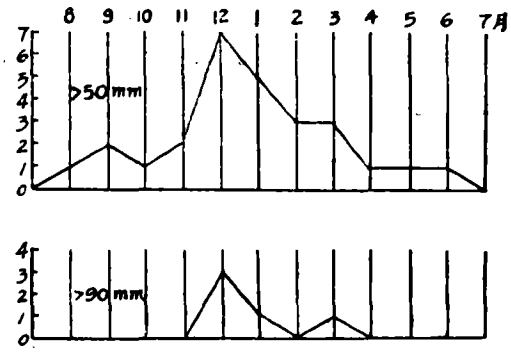


圖 4. 雅加达的暴雨頻率

除这一过程外，还有渦度的作用，也是必要的，赤道附近所以不能發生热帶气旋，就是因为缺乏渦度。不过渦度只是必要条件之一，而并不是起主導作用的条件；因为只用它，不能解釋引言里所提出的任何一个問題，虽然帕尔門(E. Palmén)[29] 把它看作是最重要的一个条件。再有动力不穩定，也只是有利条件，但是白尔吉隆認为动力不穩定是热帶气旋生成的主要原因之一，而且用它來解釋热帶气旋的特少[30]。不过，在他最近所發表的文章里，并沒有再强調这一点，反而又提出了兩个沒有解决的問題[11]：1)一个暴雨連續区的大規模的气旋环流，是怎样开始的？2)它怎样变强成为颶風？（大意如

此)。对于这兩个問題，我們留在下節解答，这里再回到热帶气旋生成的有利条件上面來。

上面所說对台風生成的有利条件之一的島嶼，是値得討論的問題。就动力观点看，島嶼和大陸相似，都有由摩擦消耗动能的作用，而不能大量供給水汽（潜能），所以就積極和消極兩方面說，都不利于而且妨碍台風的生成；但是从热力观点出發，島嶼是有利的，因为受島嶼影响，空气下層变得越發不穩定。在这样矛盾情况下，需要統一起來，如果島嶼在动力方面的阻撓作用，大于它在热力方面的供能作用，那它就对台風生成有妨碍；相反的，假設島嶼在热力方面的供能作用，大于它在动力方面的阻碍作用，那当然对台風的生成有利了。那就是島嶼地形，起着决定性的作用。所以說"散布着疏小而平緩的島嶼的淺海"（見內因段），对台風的生成，是有利条件。在这一点上，白尔吉隆的意見[11]和作者的相同，固然現在还有不少人对这一点，有不完全相同的看法。（見气象学报，26 卷 231 頁）。

再一个有利条件是比較靜止的空气，因为在相当廣大的区域里相当長的时間內，空气比較靜止，它的下層以及到相当高的高空，才能由輻射、傳導、蒸發、乱流而繼續地大規模地收到多量的热能和水汽，以至于形成高度的潮湿不穩定，有利于台風的形成。如果風速很大，乱流很强，当地（台風發生地区）空气的热量和水汽，容易輸送到其他地方和高空，而不能大量儲存，高度潮湿不穩定情况便不容易發生，甚至于不能發生，台風当然也就难以生成。

还有一个台風生成的重要条件是高温的海洋。高温的海洋供給空气較多的热量和水汽，同时也給冷空气較易侵入的机会，所以在高温的海洋上，內因的根据既然存在，外因的条件也容易發生，因此最適于热帶气旋的生成和發展。这里所謂高温海洋，主要的是月平均海面水温在 28°C 以上的区域。如圖 5 表示西太平洋八月（其他地区和其他季節的圖从略）月平均海面水温高于 28°C 的范圍，和二百米深处同时月平均水温分布情况。把水温分布和台風發生区域以及运行路徑相比較，便可以看出它們关系的密切。在海面八月份月平均水温高于 28°C 的区域里的水面热赤道一帶，是生成台風的主要地区。

台風生成的有利条件，除去上面所提到的这些以外，当然还有（如信風逆温層在較低緯度的边沿和高空輻散等），不过有的前已提到，有的比較次要不再討論。在这些条件里最重要的也就是必要的和滿足的是：1）大規模的高度的潮湿不穩定，2）相当强的渦度和 3）足够强大的外力。（三个同时存在，才是滿足的；缺少一个，热帶气旋就不能生成。）最后的足够强大的外力，是起主动作用和主導作用的；它主要地包括本半球和他

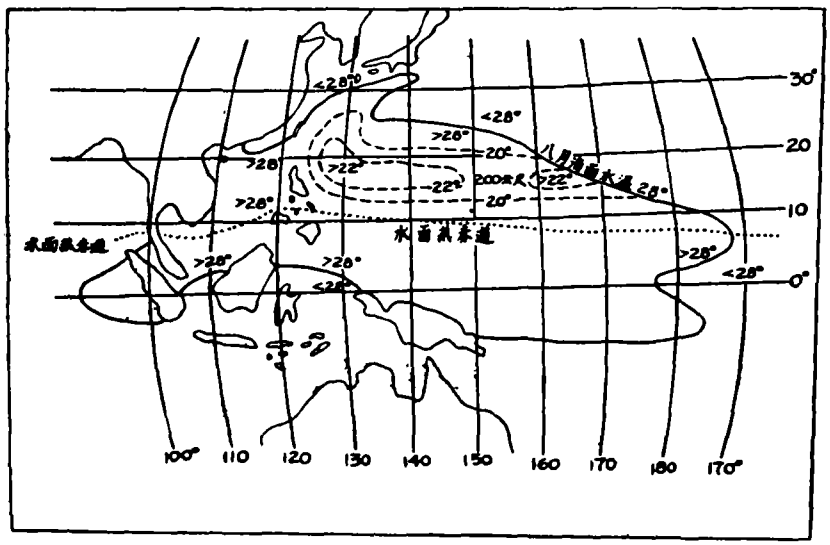


圖5. 西太平洋八月海面平均水温高于28 °C的范圍和200米深处平均水温（按郎特）
实綫为海面28 °C等温綫；虛綫是200米深处等温綫；点綫是水面热赤道

一半球强烈冷空气的侵入，特别是后者的侵襲作用。用它和其他条件，可以解答許多有关热帶气旋的問題（見下節）。

2. 綜合学說的优越性

綜合学說的观点、方法和內容，已經在上節討論过；它的优越性，可以說是比較客观的全面的与实际情况比較符合的，而且可以解答一系列的多年遺留下來的难題。一部分难題的解答，作者在很早（二十年）以前就已經作过了[21]，不过当时沒有形成学說，解釋不够清楚，現在再簡略解答如下：

（1）为什么热帶气旋的發生只限于某些地区？从上節所說热帶气旋生成的內因的有利条件和外因的可能發展，我們可以推想到，在强烈冷空气容易侵入的高温的海洋上，尤其是空气比較靜止的区域和散布着疏小而平緩的島嶼的淺海里，热帶气旋才容易發生；但是这样的地方是很少的，只限于某些地区；所以热帶气旋的生成也只限于某些地区。

（2）为什么热帶气旋的頻率特少？在內因方面，大規模的高度的潮湿不穩定，并不常常發生；在外因方面，足够强烈冷空气的侵襲是很少的。由外因和內因相結合而發生的热帶气旋的頻率，当然是特别少的。

（3）为什么热帶气旋在时間上沒有規律？这个問題所指的是：在發生或發現热帶气旋的地方，有的年份热帶气旋比較多，有的年份很少，以至于沒有。这样多少無常的原因，和第二个問題的原因相似，是內因和外因的关系，它們都是多变的，尤其是外因变

化無常，这正和强烈寒潮有的年份比較多，有的年份很少是一样的。

(4) 为什么热帶气旋年中頻率一般在夏秋(北半球七至十月，南半球一至三月)最多？因为这时候，洋面最高温度帶(即水面热赤道，它的位置和一般所說热赤道的位置有相当差别)和赤道無風帶(或热赤道)，都移向較高緯度，那里偏向力比較大，容易發展成旋渦，同时他一半球的冷气团最活躍，最容易侵入这一半球，所以热帶气旋年中頻率一般在这时候最多。

(5) 为什么在北印度洋和西加勒比海的热帶气旋的年中頻率在春末夏初和秋季最多？因为这兩个区域都是北鄰大陸，形成了季風地帶。冬夏受季風影响，無風帶或空气比較靜止的地帶不容易存在，甚至于不存在，空气便不能繼續儲存大量水汽和热能，因此，热帶气旋难于生成。但是在春末夏初和秋季，也就是在季風过渡时期，空气比較靜止的地帶便要存在，这时由于繼續吸收热量和水分，空气容易变成高度潮湿不穩定，于是热帶气旋就容易生成，以至于形成最多的頻率。所以說北印度洋上热帶气旋頻率的特殊，并不能看作反流学說的証据，而正是綜合学說的論証。(見第四章第二節末)

(6) 为什么南大西洋沒有热帶气旋？这也是个不容易解答的問題，但是从綜合学說的必要条件來看，可以說有兩个原因：1)空气比較靜止的地帶，都是在赤道附近和較低緯度，那里偏向力很小，不容易生成旋渦。即使大規模的高度潮湿不穩定的空气，發生在較高緯度而且受到足够外力和較大的偏向力，但是因为这里整个系統是向西(向大陸)移动的，移向大陸后，这里当然不能生成热帶气旋，何况 2)作为外力的足够强烈的冷空气的侵襲，不容易甚至不能够侵入赤道以南的大規模的高度潮湿不穩定空气所存在的大洋上，而达到热帶气旋不能生成的南美北部大陸。(与第三章第二節比較)

(7) 为什么在西北太平洋和西北大西洋热帶气旋最强而且所及的距离最远(也就是生命史最長或所及緯度最高)？地球上最適于热帶气旋生成的地方，首先要算这兩个区域了；因为这兩个区域除去具备了內因有利条件和外因較易發生以外，还有廣闊的洋面和高温的洋流。在廣闊高温的洋面上，大規模的高度潮湿不穩定的空气，受到外力影响，發生擾动，連續降落大量雨水，以至生成相当規模的旋渦。旋渦在前進过程里，繼續收進潮湿不穩定空气，使能量增加，因此容易發展成强烈的热帶气旋。所以这兩个区域的热帶气旋特强，是必然的。这样的过程与作用，也正是白尔吉隆所提出兩个問題(見上節最后第五段)的主要原因。由于海陸分布和海岸綫形式的影响，暖洋流在这兩个区域所及的緯度特高，因此，適合热帶气旋發展的条件，也存在于这样的高緯度。所以热帶气旋在这里所及的距离最远，生命史最長，所及緯度最高。

以上是对热帶气旋發生的主要問題，这些問題，用旧学說是不能或难以解釋的。

用我們的綜合学說，如上面所作，都得到合理而且协調的解答。这也是我們的綜合学說的优越性。

五。結 語

从前面各章節的內容，可以知道：过去所有学說，都是主观的片面的，不能解釋一系列有关热帶气旋的困难問題，而且后來的較新学說，也只就較多的資料和認識从另一个角度來討論，而沒有抓住問題本質，当然也不能解决問題。

我們的这个綜合学說，是从实际現象和一般情况出發，对它們有了比較近于实际發展过程的了解，对成因分作內因和外因進行了比較詳細的分析，对多年來不能解答或难以解答的問題，給了比較合理的解答。所以在現階段里，我們認为这个綜合学說是比較正确的。將來随着新現象的發現，理論的新發展，我們的学說也要繼續改進，使与客观現象更加符合。

参 考 文 献

[1] Hann, J. von und Süring, R., Lehrbuch der meteorologie, 4. auflage, Leipzig, 1926, 618—626.

[2] Tannehill, I. R. Hunicanes, London, 1945, pp. 44—50.

[3] 荒川秀俊，天气分析，东京，1943，52—63，290—300.

[4] Scherhag, R., Neue methoden der wetteranalyse und wetterprognose, Berlin, 1948, 215—217.

[5] Visher, S.S., Tropical Cyclones of the Pacific, Honolulu, 1925, p. 95.

[6] Schubart, L., Praktische Orkankunde, Berlin, 1934, 29—30, 43—44.

[7] Tannehill, I. R., 見 [2], p. 4 和 11 5.

[8] Schubart, L., 見 [6], p. 44, 圖 32.

[9] Tannehill, I.R., 見[2], p. 115, 圖 63.

[10] Schubart, L., 見 [6], p. 30, 圖 20 和 Алисов, Б.П., Климатические Области Зарубежных Стран, Москва, 1950, Стр. 235, рис. 66.

[11] Bergeron, T., Reviews of Modern Meteorology-12, The Problem of Tropical Hurricanes, (1950, 6. 28. 英國皇家气象学会講演，1954，4 月發表.) *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London*, April 1954, p. 134, 圖 1, & p. 155.

[12] Claxton, T.F., Isotyphs, Hongkong, 1932.

[13] Froc, L., Atlas of the Tracks of 620 Typhoons 1893—1918, Zikawei-Shanghai, 1920.

[14] Tannehill, I.R., 見 [2], p. 115, 圖 63 C,F 和 p. 116, 第一表.

[15] Schubart, L., 見 [6], p. 44, 圖 32 的一部.

[16] Margules, M., Zur Sturmtheorie, *Met. Zeitschr.*, 1906, 5. 481.

[17] Bergeron, T., Über die dreidimensional verknüpfende Wetteranalyse, *Geof. Publ.*, vol. 6, Nr. 6, *93*, 1928.

[18] Bergeron, T., 見 [11], p. 132.

[19] Rodewald, M., Die Entstehungsbedingungen der tropischen Orkane, *Met. Zeitschr.* 53,

197—211, 1936.

[20] Externbrink, H., Ein Beitrag zun Wettergeschehen im Golf von Mexiko, im Koribischen Meer und auf den Westindischen Inseln *Met. Zeitschr.* 54, 353—359, 413—417, 1937.

[21] 李憲之, Untersuchungen über Taifune, Veröff. d. Met. Inst. d. Univ. Berlin. Bd. I., H. 5, S. llu. 28. 或 Collected Scientific Papers Meteorology, 中國科学院, 1954, p. 109 和 125. 1955年的中文版 ("中國近代科学論著叢刊——气象学"), 是作者倉卒摘譯, 舍去不少, 应以外文本为准.

[22] Externbrink, H, 見 [20], p. 416, 右 31—33 行.

[23] Rodewald, M., Bemerkungen zu: H Externbrink, Ein Beitrag zum Wettergeschehen im Golf. von Mexiko usw., *Met. Zeitschr.* 55, 1938, 102, 右 24—27 行.

[24] Externbrink, H., Erwiederung auf die Bemerkungen Rodewalds zu der Arbeit "Ein Beitrag zum Wettergeschehen usw.", *Met. Zeitschr.* 55, 1938, 102.

[25] 荒川秀俊, 南北太平洋热帶颶風的發生与他一半球寒潮的关系, 气象雜志第二輯第十八卷第一号, 日本, 1940.

[26] Хромов, С.П., Основы синоптической метеорологии. Гидрометеоиздат, л. 1948, стр. 489.

[27] 李憲之, Die Kälteeinbrüche in Ostasien, Collected Scientific Papers, Meteorology, 中國科学院, 1954, p. 30 和 79.

[28] 李憲之, 見 [27], p. 40 和 92.

[29] Palmén, E., On the Formation and Structure of Tropical Hurricanes, geophysica, Halsingfors, **3**, 26—38, 1948. (并見近代气象文献)

[30] Bjerknes, V. u. a, Physikalische Hydrodynamik, Berlin, 1933. 757.

ОБОБЩЁННОЕ УЧЕНИЕ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ТАЙФУНОВ

Ли Сянь-чжи

(*Пекинский Университет*)

Резюме

Сотни, даже десятки лет тому назад у метеорологов были грубые представления о происхождении тропических циклонов, которые в Азии называют таифунами. Хотя с каждым годом появляются новые работы о тайфунах, но до сих пор ещё не создано обобщающей теории. Наши метеорологи ещё не могут ответить или правильно ответить на такие вопросы как, почему тропические циклоны ограничиваются определенными районами? почему повторяемость их возникновения мала? т. д.. В этой статье даются теоретические дабавление к старым работам автора о тайфунах, и выдвигаются необходимые и дастаточные условия для происхождения тайфунов. Кроме уже известных условий—влажнонеустойчвости большого масштаба и дастаточно сильного вихря, учитываются ещё и внешние силы—вторжения холодного воздуха, и некоторые благоприятные условия для их возникновения. На основании результатов, полученных автором в последнее время и учёта других работ по этому

вопросу, создано предлагаемое обобщёное учение о происхождении тайфунов, дающее возможность просто и правильно ответить на поставленные вопросы.