

台风生成的综合学说*

李 憲 之

(北京大学)

提 要

几十年前,甚至一百多年前,气象学者对热带气旋(在东亚叫作台风)的生成,就有了相当认识;但是,直到现在,这方面的学说,越来越多,还没有统一起来;而且对一些問題(如为什么热带气旋只限于某些地方?为什么热带气旋發生的频率很少?等等),还不能或不能正确地解答。这篇文章把作者过去对台风工作的一部分,在理論上加以补充,提出三个必要而且满足的条件(大规模的高度潮湿不稳定,相当强的渦度和足够强大的外力——冷空气的侵入,其中前两个是已经公認的)和几个有利条件,并加入最近整理出来的一些結果,再参考过去已有的資料和主要文献,分析批判,而构成这个综合学说。用这个学说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

对于台风和其他热带气旋的發生原因,發現频率和空間分布,很早我們就有了相当认识,但是直到现在都还存在着不同的看法,尤其是对于台风的成因^[1-4]。热带气旋(包括东亚的台风、美洲兩岸的颶風、澳洲兩岸的“維利維利”和印度洋上的热带气旋)频率的特少,時間上的無規律,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],到現在一般还認為是沒有解决的,而且在最近將來也不容易解決的問題。因此,在这篇論文里,先介紹热带气旋时空分布实际情况,再举出几个不同学说,接着進行批判,然后闡述我們的综合学说和它的优越性,來解答这些困难問題。

二. 实际情况

根据观测和統計結果,台风和其他热带气旋的發生区域、地理分布和年中频率,都有相当規律^[6-7](这里的相当規律,是就平均情况講,对个别年份,个别地方,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.例如孟加拉灣熱帶氣旋的頻率,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).在台風發生的地區里,高空探測很

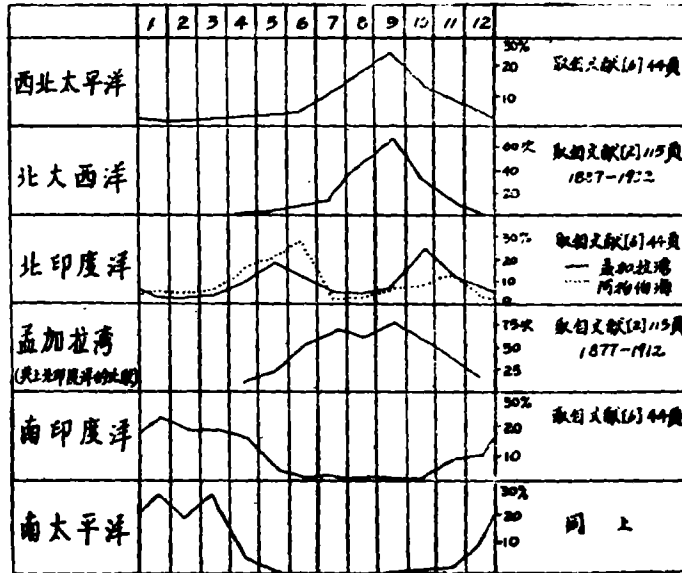


圖1. 熱帶氣旋發生頻率圖

少;當台風發生的時候,那些地區的高空探測記錄,到現在還沒有找到可供探討的實例.因此,這裡的實際情況,只包括地理分布和年中頻率;至於高空分析,等找到了足夠資料再進行.

1. 地理分布: 台風的地理分布是很有規律的,它的發生地區,一般認為是在北緯 5° 到 20° 和東經 130° 到 175° 這一地帶,還有中國南海和日本南面的大洋,也都是台風的發源地^[10,11].對於台風的地理分布,有不少學者^[12,13]曾作了詳細統計,但是結果有相當出入;一般情況,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,甚至於最多(在六月和十一月). 2) 在中國大陸,一般從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)分布情況,有兩個最多地帶;一個是從大洋發源地,經過菲律賓群島北部,直向越南中北部沿海,再一個是從大洋發源地,指向日本,而以日本東面大洋為最頻.以上是台風發生和發現的地理分布,其他熱帶氣旋的地理分布,可參考有關文獻^[10,11],不再詳細分述.不過可以概括說一句,都是有相當規律地局限於某些地區.至於為什麼這樣,是引言里提到的難題之一,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),而以九月為最多,在這個時期的前後都比較少,以至於幾乎不發現(見圖1及參考文

獻[14,15])。為便于作比較性的討論,其他地區的热帶气旋頻率也簡略舉出,如在北大西洋的颶風頻率,也近于台風頻率的情況。但是在北印度洋和西加勒比海,情況就不同了。在北印度洋热帶气旋頻率,年中有兩個最多,一個在五六月,另一個在十月或十一月。(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況,不過最多在十月,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,都是在一月至三月為最多。(見圖 1 和參考文獻[14]中圖 63)

這樣複雜的年中頻率情況,可以歸納成兩大類型:第一類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);第二類型(現只發現在北半球)有兩個最多頻率,一在春末夏初(五六月),一在秋季(十月和十一月)。热帶气旋在不同區域發生或發現時期的規律性是很顯著的, (這也只是就一般情況說,對個別地方或個別年份,就不顯著了,甚至於沒有規律了。)這一定也有它的原因。對於這一點,將在下面再進行討論。

三. 不同學說和批判

關於台風生成的學說雖然不少,但是沒有一個學說能夠解釋一系列現象而不遇到困難或矛盾的。下面是幾個主要學說^[1-4]的簡要內容和它們應得的批判。

1. 對流學說

在熱帶海洋上某些受熱較多的地區,高溫而潮濕的空氣容易上升,四周空氣流來,便形成對流;再受到地轉偏向力和離心力的支配,空氣內向分速變小,氣壓愈低。由於氣壓繼續降低,風速愈大,地轉偏向力和離心力也隨着增加,內向分速便愈小,氣壓更要降低。經過這樣循環過程,就形成了強烈旋渦——熱帶气旋。從凝結作用看,空氣在受熱地區的中央部分上升冷卻,水氣凝結而放出潛熱,使旋渦發生而且繼續加強,以至於形成熱帶气旋,所以,又有的把它叫作“凝結學說”。

這個學說,不能解釋上面的觀測現象。在南大西洋的對流現象一定也很頻繁而強烈,但是這裡沒有熱帶气旋發生。而且在其他大洋上,對流現象隨時隨地都可以發生,而熱帶气旋的形成頻率很少,並且只限于某些地區。因此,這個學說是不恰當的。

2. 反流學說

反流學說,是達夫(H. W. Dove)所創立。這個學說是從大部熱帶气旋發生的區域,都是和方向相反的信風過渡帶(概括地說也就是熱帶間輻合區、熱帶鋒、赤道鋒、或熱帶間鋒、赤道無風帶或熱赤道的一部分)相聯系的現象出發的。主張反流學說的人,

自以为从实际經驗推論到：方向相反的气流，既能使热带气旋發生，也能使热带气旋加强發展。用这个学說，可以解釋热带气旋分布的一点特殊情况，就是在南大西洋上所以沒有热带气旋，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為方向相反的气流，是热带气旋生成的主要原因。的确在北印度洋發生热带气旋最多的时候，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，那里的热带气旋便不容易發生。但是在热带間鋒 (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，而热带气旋在那些地帶 (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，不能解釋观测得到的現象，也是不能成立的。

3. 鋒面学說

这个学說，建立在热带气旋發生于“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带气旋的程度。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：在赤道鋒上兩個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，一些作者便認為热带气旋發生在热带鋒面上，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]。(这里他並沒有明确指出这个罕有因素是什么，似乎他不再強調他在 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，就是在热带气旋發生的区域和季節，鋒面是經常存在的，而热带气旋却很少發生。而且發生热带气旋最多的区域，并不是鋒面發生最頻繁的地方；例如在副热带高压西部近赤道地区，热带气旋發生比較多，甚至最多，而鋒面發生最頻繁的地方，却在副热带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；但是各該地区的热带气旋，都不是时常發現而有相当的季節規律。所以鋒面学說，不能解釋热带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，鋒面學說遭到許多反對。這樣經不起考驗的學說，當然不能成立。

4. 三氣團角學說

在氣壓場的支配下，三個性質不同的氣團，從不同的方向相遇到一處。這樣三個氣團相遇的情況或地方，就是“三氣團角”。（見圖 2，也可以叫作三重點或三叉點）

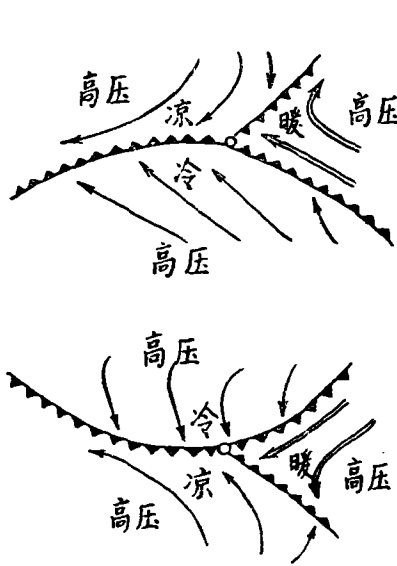
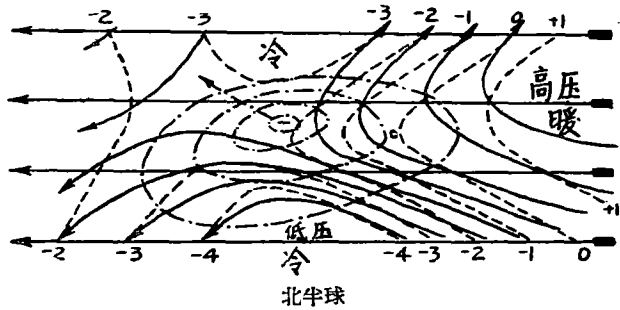
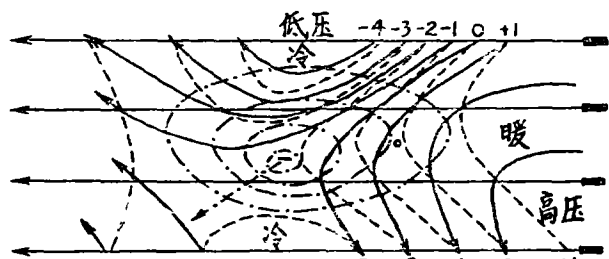


圖 2. 三氣團角圖^[19]

上圖：北半球 下圖：南半球
實矢綫——地面冷氣流；
雙矢綫——地面暖氣流；
圈為三氣團角



北半球



南半球

圖 3. 三氣團角高空輻散圖^[19]

細矢綫——低空氣流； 虛綫——低空等溫綫；
粗矢綫——高空氣流； 點虛綫——等變壓綫；
點虛矢綫——減壓中心移動方向

支配氣團的三個高壓，兩個是熱力高壓（冷高壓），一個是動力高壓（副熱帶暖高壓）。因此，高空氣壓場和氣流場，便成了圖 3 所表示的情況。在三氣團角的高空是強烈的輻散，海平面上的氣壓便顯著降底，于是就發展成熱帶氣旋^[19]。這是柔德瓦爾德 (M. Rodewald) 的三氣團角學說的簡短內容。他考慮到高空和地面的氣壓分布、熱力情況和流場以及由高空輻散而形成的地面減壓，這是比較其他學說優越的地方。

但是這個學說是從發展過程的某一階段（三氣團相遇的階段）出發，沒有進一步考慮氣壓分布的原因，更沒有考慮其他因素和條件。而且在天氣圖和氣候圖上，常有“三氣團角”的發現，但是熱帶氣旋却很少發生。所以這個學說也是不正確的。

5. 信風逆溫層破壞學說

在信風区域里，逆温層是普遍存在着的。逆温層特別穩定，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熱帶气旋；但是，在信風逆温層很薄弱的地方，特別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，台風或其他熱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，“熱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):‘熱帶气旋經常向气压降低处运行。’”这样就將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，應該是这样的：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(熱帶低压)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。所以这个学說的内容，和熱帶气旋發生过程不但不符，反而因果顛倒。再說，强烈对流在熱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，但是熱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；它对熱帶气旋的生成，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，而沒有作適當的分析。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。第二章所講的熱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。关于这一点的詳細内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(東亞一帶)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，

看作台風生成的一個學說，未免又犯了片面的毛病，雖然近年出版的書上，有的引用了這樣事實和論點^[3,4,26]。因此，一個比較正確的、全面的、能夠解決問題的新學說，是需要產生的。

1. 綜合學說

綜合學說，是從觀測得到的現象和統計出來的一般情況出發，用比較分析方法，找出各種現象間的時空關係，和不同作用間的相互影響，而以內因為根據，外因為條件，對熱帶氣旋的生成，進行徹底的推究。

台風生成的內因是大規模的高度潮濕不穩定的空氣，含有大量潮濕不穩定潛能。空氣之所以能含有大量潮濕不穩定潛能，必須是在高溫而潮濕的季節和區域，而且那里的空氣比較靜止，才能繼續吸收輻射能量和通過亂流傳遞從地面（主要是水面）充分輸入熱量和水分，而沒有大量散失和耗損；對這些作用和過程的有利條件，是高溫的廣闊海洋，比較靜止的空氣和散布着小而平緩的島嶼的淺海（因為這樣島嶼使空氣的溫度、海水的溫度和水汽都較快地增加，而很少消耗動能）。

外因是有足夠的外力，它能使大規模的高度潮濕不穩定的空氣發生相當強烈的擾動，而放出大量潛能加強上升作用，再加上相當強的渦度的影響，便可以使變濕變熱的空氣，從量變到質變，發生旋渦而形成台風。這樣通過內因而起作用的外力，是足夠強烈的冷空氣的侵襲，特別是從他一半球發源的冷空氣的侵襲；因為冷空氣侵襲時所加來的動能，可以促使台風的生成，而且當內外其他條件俱備的時候，本半球冷氣團的活動比較微弱，而他一半球的冷氣團的活動相當強烈。

對於這樣外力作用，雖然已有專文舉例證明^[21,25]，這裡對於作用過程，再舉出爪哇的雅加達和澳洲北部的達爾文港的降水，特別是暴雨與東亞寒潮的關係，加以說明和証實：

根據 1931 至 1934 年在雅加達四年觀測報告（現在只找到這四年的報告）而統計出來的結果，那里的暴雨日數（日降水量多於五十毫米），66% 以上發現在十二月至三月；而日降水量大於 90 毫米的降水，只發生在這個時間里（圖 4）。這樣降水集中現象（在熱帶，特別是在赤道一帶，一般各月暴雨和平均降水是比較均勻的），也表現在月平均降水量的年中分布上：按雅加達六十年（1864—1923）的降水資料，年平均 1832 毫米，一月平均 331 毫米，多於年平均的六分之一，十二月到三月的四個月總量是 1070 毫米，占年平均的 58% 以上。至於為什麼雅加達的暴雨和月平均降水量都集中在十二月至三月，這是因為受北半球東亞寒潮的影響：1929 年最大的日降水量，是 1 月 19 日的 90.2 毫米，這次強烈降水，已經証實是由東亞寒潮的侵襲所形成的^[27]；現在查到的兩次最大暴

雨,也有受东亚寒潮影响的迹象。(对于这个问题的研讨正在进行中。)暴雨和月平均降水的集中现象,按作者所知,不只发现在雅加达,也发现在这一带的其他一些地方,如万雅老(Menado)、麻盘盖(Mapanget)、山打根(Sandakan)和达尔文港(Port Darwin)。从这些地方,目前手边没有足够降水资料,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

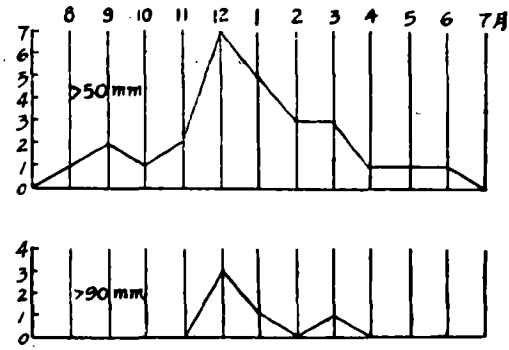


圖4. 雅加达的暴雨頻率

—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月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(东亚)寒潮的影响在 18 日(108.7 毫米)和 19 日(110.5 毫米)两天的降水量就有 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。从这些简单而重要的事实,可以断定:从北半球侵入的罕有强烈的冷空气(如果说季风,那又是没弄清楚现象,是不正确的)的能量,是使大规模的高度潮湿不稳定空气大量释放潜能的主要原因,也就是使那里(具备其他必要条件的地方)热带气旋形成的主要作用;因为热带气旋生成时的主要能量来源,是空气的大量“潮湿不稳定能”,而大量潮湿不稳定能的释放,是通过大量降水(空气上升和凝结放热),大量降水的发生,又是由于急剧冷空气的侵袭。(前两点是一般公认的,后一点是上举两个地方的降水例子所证明的。)这四种现象(急剧冷空气的侵袭,强烈暴雨的降落,大量不稳定能的释放,和热带气旋的发生)的一连串的因果关系和作用过程,是很显然的;而且这些联系,如前面(本章)所提,已经在实践中得到证明。不过,我们不能抓住某一个环节,要求一定要有它应有的后果;因为某一环节,不是演变过程里下一环节的唯一原因,而还有其他条件。只有在必要条件具备的情况下,才能发生完整的一系列现象。

除这一过程外,还有渦度的作用,也是必要的,赤道附近所以不能发生热带气旋,就是因为缺乏渦度。不过渦度只是必要条件之一,而并不是起主导作用的条件;因为它,不能解释引言里所提出的任何一个问题,虽然帕尔门(E. Palmén)^[29]把它看作是最重要的一个条件。再有动力不稳定,也只是有利条件,但是白尔吉隆认为动力不稳定是热带气旋生成的主要原因之一,而且用它来解释热带气旋的特产^[30]。不过,在他最近所发表的文章里,并没有再强调这一点,反而又提出了两个没有解决的问题^[11]: 1) 一个暴雨連續区的大规模的气旋环流,是怎样开始的? 2) 它怎样变强成为颶風?(大意如

此)。對於這兩個問題，我們留在下節解答，這裡再回到熱帶氣旋生成的有利條件上面來。

上面所說對台風生成的有利條件之一的島嶼，是值得討論的問題。就動力觀點看，島嶼和大陸相似，都有由摩擦消耗動能的作用，而不能大量供給水汽（潛能），所以就積極和消極兩方面說，都不利於而且妨礙台風的生成；但是從熱力觀點出發，島嶼是有利的，因為受島嶼影響，空氣下層變得越發不穩定。在這樣矛盾情況下，需要統一起來，如果島嶼在動力方面的阻撓作用，大於它在熱力方面的供能作用，那它就對台風生成有妨礙；相反的，假設島嶼在熱力方面的供能作用，大於它在動力方面的阻礙作用，那當然對台風的生成有利了。那就是島嶼地形，起着決定性的作用。所以說“散布着疏小而平緩的島嶼的淺海”（見內因段），對台風的生成，是有利條件。在這一點上，白爾吉隆的意見^[11]和作者的相同，固然現在還有不少對這一點，有不完全相同的看法。（見氣象學報，26卷231頁）。

再一個有利條件是比較靜止的空氣，因為在相當廣大的區域里相當長的時間內，空氣比較靜止，它的下層以及到相當高的高空，才能由輻射、傳導、蒸發、亂流而繼續地大規模地收到多量的熱能和水汽，以至於形成高度的潮濕不穩定，有利於台風的形成。如果風速很大，亂流很強，當地（台風發生地區）空氣的熱能和水汽，容易輸送到其他地方和高空，而不能大量儲存，高度潮濕不穩定情況便不容易發生，甚至於不能發生，台風當然也就難以生成。

還有一個台風生成的重要條件是高溫的海洋。高溫的海洋供給空氣較多的熱能和水汽，同時也給冷空氣較易侵入的機會，所以在高溫的海洋上，內因的根據既然存在，外因的條件也容易發生，因此最適於熱帶氣旋的生成和發展。這裡所謂高溫海洋，主要的是月平均海面水溫在 28°C 以上的區域。如圖5表示西太平洋八月（其他地區和其他季節的圖從略）月平均海面水溫高於 28°C 的範圍，和二百米深處同時月平均水溫分布情況。把水溫分布和台風發生區域以及運行路徑相比較，便可以看出它們關係的密切。在海面八月份月平均水溫高於 28°C 的區域里的水面熱赤道一帶，是生成台風的主要地區。

台風生成的有利條件，除去上面所提到的這些以外，當然還有（如信風逆溫層在較低緯度的邊沿和高空輻散等），不過有的前已提到，有的比較次要不再討論。在這些條件里最重要的也就是必要的和滿足的是：1）大規模的高度的潮濕不穩定，2）相當強的渦度和3）足夠強大的外力。（三個同時存在，才是滿足的；缺少一個，熱帶氣旋就不能生成。）最後的足夠強大的外力，是起主動作用和主導作用的；它主要地包括本半球和他

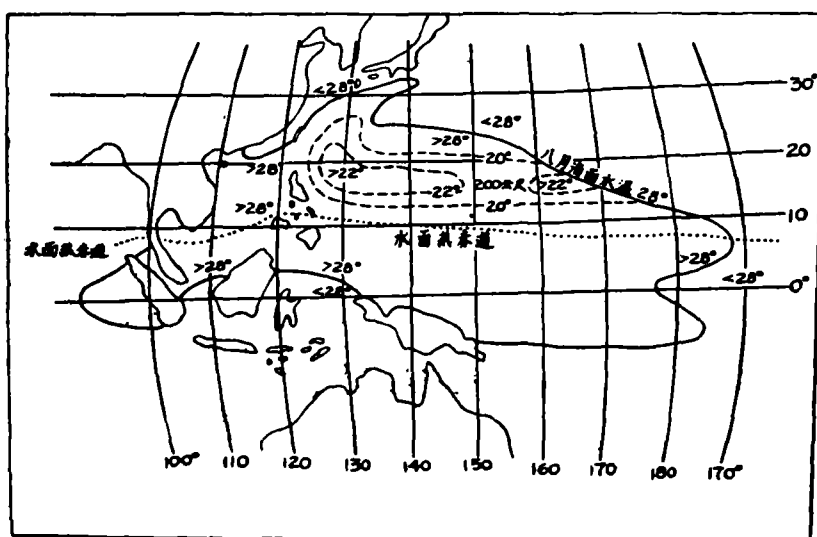


圖5. 西太平洋八月海面平均水温高于 28°C 的范围和 200 米深处平均水温 (按邵特)
 实线为海面 28°C 等温线; 虚线是 200 米深处等温线; 点线是水面热赤道

一半球强烈冷空气的侵入,特别是后者的侵袭作用。用它和其他条件,可以解答许多有关热带气旋的问题(见下节)。

2. 综合学说的优越性

综合学说的观点、方法和内容,已经在上节讨论过;它的优越性,可以说是比较客观的全面的与实际情况比较符合的,而且可以解答一系列的多年遗留下来的难题。一部分难题的解答,作者在很早(二十年)以前就已经作过了^[21],不过当时没有形成学说,解释不够清楚,现在再简略解答如下:

(1) 为什么热带气旋的发生只限于某些地区? 从上节所说热带气旋生成的内因的有利条件和外因的可能发展,我们可以推想到,在强烈冷空气容易侵入的高温的海洋上,尤其是空气比较静止的区域和散布着疏小而平缓的岛屿的浅海里,热带气旋才容易发生;但是这样的地方是很少的,只限于某些地区;所以热带气旋的生成也只限于某些地区。

(2) 为什么热带气旋的频率特少? 在内因方面,大规模的高度的潮湿不稳定,并不常常发生;在外因方面,足够强烈冷空气的侵袭是很少的。由外因和内因相结合而发生的热带气旋的频率,当然是特别少的。

(3) 为什么热带气旋在时间上没有规律? 这个问题所指的是:在发生或发现热带气旋的地方,有的年份热带气旋比较多,有的年份很少,以至于没有。这样多少无常的原因,和第二个问题的原因相似,是内因和外因的关系,它们都是多变的,尤其是外因变

化無常，這正和強烈寒潮有的年份比較多，有的年份很少是一樣的。

(4) 為什麼熱帶氣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？因為這時候，洋面最高溫度帶(即水面熱赤道，它的位置和一般所說熱赤道的位置有相當差別)和赤道無風帶(或熱赤道)，都移向較高緯度，那里偏向力比較大，容易發展成旋渦，同時他一半球的冷氣團最活躍，最容易侵入這一半球，所以熱帶氣旋年中頻率一般在這時候最多。

(5) 為什麼在北印度洋和西加勒比海的熱帶氣旋的年中頻率在春末夏初和秋季最多？因為這兩個區域都是北鄰大陸，形成了季風地帶。冬夏受季風影響，無風帶或空氣比較靜止的地帶不容易存在，甚至於不存在，空氣便不能繼續儲存大量水汽和熱能，因此，熱帶氣旋難於生成。但是在春末夏初和秋季，也就是在季風過渡時期，空氣比較靜止的地帶便要存在，這時由於繼續吸收熱量和水分，空氣容易變成高度潮濕不穩定，於是熱帶氣旋就容易生成，以至於形成最多的頻率。所以說北印度洋上熱帶氣旋頻率的特殊，並不能看作反流學說的證據，而正是綜合學說的論證。(見第四章第二節末)

(6) 為什麼南大西洋沒有熱帶氣旋？這也是個不容易解答的問題，但是從綜合學說的必要條件來看，可以說有兩個原因：1) 空氣比較靜止的地帶，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濕不穩定的空氣，發生在較高緯度而且受到足夠外力和較大的偏向力，但是因為這裡整個系統是向西(向大陸)移動的，移向大陸後，這裡當然不能生成熱帶氣旋，何況 2) 作為外力的足夠強烈的冷空氣的侵襲，不容易甚至不能夠侵入赤道以南的大規模的高度潮濕不穩定空氣所存在的大洋上，而達到熱帶氣旋不能生成的南美北部大陸。(與第三章第二節比較)

(7) 為什麼在西北太平洋和西北大西洋熱帶氣旋最強而且所及的距離最遠(也就是生命史最長或所及緯度最高)？地球上最適於熱帶氣旋生成的地方，首先要算這兩個區域了；因為這兩個區域除去具備了內因有利條件和外因較易發生以外，還有廣闊的洋面和高溫的洋流。在廣闊高溫的洋面上，大規模的高度潮濕不穩定的空氣，受到外力影響，發生擾動，連續降落大量雨水，以至生成相當規模的旋渦。旋渦在前進過程里，繼續收進潮濕不穩定空氣，使能量增加，因此容易發展成強烈的熱帶氣旋。所以這兩個區域的熱帶氣旋特強，是必然的。這樣的過程與作用，也正是白爾吉隆所提出兩個問題(見上節最後第五段)的主要原因。由於海陸分布和海岸綫形式的影響，暖洋流在這兩個區域所及的緯度特高，因此，適合熱帶氣旋發展的条件，也存在于這樣的高緯度。所以熱帶氣旋在這裡所及的距離最遠，生命史最長，所及緯度最高。

以上是對熱帶氣旋發生的主要問題，這些問題，用舊學說是不能或難以解釋的。

用我們的綜合學說，如上面所作，都得到合理而且協調的解答。這也是我們的綜合學說的優越性。

五. 結 語

從前面各章節的內容，可以知道：過去所有學說，都是主觀的片面的，不能解釋一系列有關熱帶氣旋的困難問題，而且後來的較新學說，也只就較多的資料和認識從另一個角度來討論，而沒有抓住問題本質，當然也不能解決問題。

我們的這個綜合學說，是從實際現象和一般情況出發，對它們有了比較近於實際發展過程的了解，對成因分作內因和外因進行了比較詳細的分析，對多年來不能解答或難以解答的問題，給了比較合理的解答。所以在現階段里，我們認為這個綜合學說是比較正確的。將來隨着新現象的發現，理論的新發展，我們的學說也要繼續改進，使與客觀現象更加符合。

參 考 文 獻

- [1] Hann, J. von und Süring, R., Lehrbuch der meteorologie, 4. auflage, Leipzig, 1926, 618—626.
- [2] Tannehill, I. R. Hurricanes, London, 1945, pp. 44—50.
- [3] 荒川秀俊，天气分析，東京，1943，52—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. 英國皇家氣象學會講演，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,

