

PHÂN BỐ PHẪNG TRƯỜNG GIÓ XTND (TRƯỜNG HỢP VẬN TỐC TRIỆT TIÊU TẠI TÂM)

PTS HOÀNG MINH HIỀN
Cục Dự báo KTTV

I - ĐẶT VẤN ĐỀ

* Cấu trúc phẳng trường gió XTND ở các tầng thấp của khí quyển là vấn đề rất quan trọng trong nghiên cứu cũng như trong phân tích và dự báo XTND. Tuy nhiên, do số liệu quan trắc thưa thớt, do tính bất đối xứng của trường gió XTND và cơ bản là do sự hiểu biết chưa đầy đủ về cơ chế vật lý của XTND, cho nên việc giải quyết vấn đề này còn gặp nhiều khó khăn. Các nhà nghiên cứu đã thiết lập các mô hình khác nhau về phân bố phẳng trường gió XTND nhằm phục vụ cho công tác nghiệp vụ phân tích và dự báo XTND. Trong [4] đã trình bày một trong các mô hình phổ biến nhất hiện nay về phân bố phẳng trường gió XTND với dạng phân bố pháp tuyến trường mô đun vận tốc gió như sau :

$$V_r^x = \text{const} \quad \text{với } r \geq r_{\text{max}} \quad (1)$$

trong đó lũy thừa x là hằng số được xác định thông qua thực nghiệm. Đây chỉ là một dạng phân bố thực nghiệm. Miền dao động lớn của lũy thừa x (từ 0,3 đến 0,7), tính không liên tục của phân bố (1) trong toàn bộ phạm vi hoàn lưu XTND và sự bất đối xứng của trường gió XTND không được tính đến trong mô hình này đã dẫn đến rất nhiều hạn chế và khó khăn cho việc ứng dụng trong thực tế. Tính toán vận tốc gió cực đại, bán kính vùng gió cực đại, bán kính vùng gió mạnh v.v. theo phân bố (1) nói chung còn cho sai số khá lớn.

Trong [1,2] đã trình bày một dạng mô hình chi tiết hơn về phân bố phẳng trường gió XTND trong mối quan hệ chặt chẽ với đại lượng M và bán kính mắt bão r_0 . Phân bố pháp tuyến trường mô đun vận tốc gió trong mô hình này có dạng như sau :

$$V(r) = \frac{M}{r} \left(1 - e^{-a \frac{r_0 - r}{r}} \right) \quad (2)$$

Trong đó a là tham số dương. Trong trường hợp đặc biệt, khi cho cường độ của nguồn cản là lớn nhất bằng cách cho a tiến tới 0 [3], phân bố này có dạng đơn giản như sau ;

$$V(r) = \frac{M'(r - r_0)}{r^2} \quad (3)$$

Các phân bố (2) và (3) đã khắc phục được một số tồn tại của phân bố dạng (1). M' hoặc mô men động lượng L' là những đại lượng vật lý quan trọng đặc trưng cho cường độ của XTNĐ [1,2,3] và một tham số quan trọng khác là bán kính mắt bão đã được đề cập đến trong các phân bố này. Tính liên tục của các phân bố vận tốc (2) và (3) được đảm bảo trong toàn bộ phạm vi hoàn lưu XTNĐ vùng bên ngoài mắt bão. Các tính toán thử nghiệm trong [2,3] với một số trường hợp XTNĐ trong thực tế cho các kết quả khả quan, tuy nhiên mô hình này vẫn còn một số vấn đề tồn tại cần được giải quyết. Cụ thể các vấn đề tồn tại đó là :

1. Trong khu vực mắt bão ($r < r_0$) vận tốc gió mang giá trị âm. Điều này đã dẫn đến những hạn chế nhất định trong việc ứng dụng, đặc biệt là đối với các nghiên cứu lý thuyết.

2. Các phân bố (2) và (3) bị ràng buộc bởi điều kiện vận tốc gió bị triệt tiêu tại chính rìa mắt bão [1]. Tuy nhiên, các quan trắc thực tế cho thấy rằng, trong nhiều trường hợp, mặc dù vận tốc gió rất nhỏ nhưng không hoàn toàn bị triệt tiêu trong khu vực mắt bão. Trường hợp XTNĐ Helene ngày 26/IX/1958 có mắt bão thể hiện rõ và được khảo sát khá tỉ mỉ trong các công trình [1,2,6] cũng cho thấy các quan trắc về gió ngay trong khu vực mắt bão. Thậm chí các tính toán của T. Muramatsu trong [5] dựa trên cơ sở các số liệu quan trắc ra đã đối với trường hợp XTNĐ Winne ngày 12/IX/1980 ở vùng tây bắc Thái Bình Dương cho thấy vận tốc quay của ô mây trong khu vực mắt bão lớn khoảng 37m/s.

3. Việc ứng dụng các phân bố (2) và (3) bị hạn chế đối với các trường hợp XTNĐ không có mắt bão. Thực tế cho thấy rằng trong nhiều trường hợp XTNĐ có cường độ rất mạnh cũng không quan sát thấy mắt bão.

Xuất phát từ mô hình động học phẳng hoàn lưu XTNĐ [1], trong bài này tác giả thử nghiệm xây dựng một dạng phân bố mới nhằm khắc phục các tồn tại kể trên và thử nghiệm với một số trường hợp XTNĐ trong thực tế.

II - XÂY DỰNG PHÂN BỐ PHANG TRƯỜNG GIÓ XTNĐ.

Như đã trình bày trong [1] phân bố pháp tuyến trường mô đun vận tốc gió XTNĐ có thể được biểu diễn như sau :

$$V(r) = (1 - k) \cdot V(r) \quad (4)$$

trong đó $V_{hx}(r) = \frac{M}{r}$ là phân bố pháp tuyến trường mô đun vận tốc của điềm hút - xoáy, k là hệ số đặc trưng cho cường độ của nguồn cản đối với mỗi điềm hút - xoáy tương ứng.

Đặt $k' = 1 - k$

và thay vào (4) ta có

$$V(r) = k' \cdot V(r) = k' \frac{M}{r} \quad (5)$$

Để dàng thấy rằng hệ số k' cũng có ý nghĩa đặc trưng cho tác động của nguồn cản. Tương tự như đã xét tính chất của nguồn cản trong [1] và nhằm khắc phục các tồn tại đã nêu ở mục I, ở đây ta có thể đưa ra điều kiện về tính chất của nguồn cản như sau: cường độ tác động của nguồn cản giảm dần theo khoảng cách kể từ tâm XTND và cân bằng với cường độ của điểm hút-xoáy tại tâm XTND nghĩa là vận tốc gió XTND bị triệt tiêu tại tâm XTND. Thông qua các tính chất này của nguồn cản ta có thể viết các điều kiện về hệ số k' như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} k'(r_2) > k'(-r_1) > 0 \text{ với mọi } r_2 > r_1 > 0 \\ \lim_{r \rightarrow \infty} k'(r) = 1 \\ \lim_{r \rightarrow 0} [k'(r) \frac{M}{r}] = 0 \end{array} \right. \quad (6)$$

Có thể đưa ra một dạng hàm tổng quát của hệ số k như sau:

$$k'(r) = \left(\frac{ar}{ar+1} \right)^b \quad \text{với } a > 0 \text{ và } b > 1 \quad (7)$$

Để dàng thấy rằng hệ số k' được biểu diễn ở trên thỏa mãn các điều kiện (6). Thay k' từ (7) vào (5) ta có:

$$V(r) = \left(\frac{ar}{ar+1} \right)^b \cdot \frac{M}{r} \quad (8)$$

Lấy đạo hàm bậc nhất của mô đun vận tốc theo r ta có:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{Mab(b-ar-1)}{r^{2-b}(ar+1)^{b-1}}$$

Ký hiệu r_{\max} là bán kính vùng gió cực đại. Tại $r=r_{\max}$ ta có

$$\frac{dV}{dr_{\max}} = \frac{Mab(b-ar_{\max}-1)}{r_{\max}^{2-b}(ar_{\max}+1)^{b-1}} \quad (9)$$

và từ đó dễ dàng suy ra

$$a = \frac{b-1}{r_{\max}} \quad (10)$$

Đặt

$$c = b - 1 \quad (11)$$

Do điều kiện (7) nên dễ dàng suy ra c là tham số dương. Thay a và b từ các biểu thức tương đương (10) và (11) vào (8) ta có:

$$V(r) = \frac{M}{r} \left(\frac{1}{1 + \frac{r_{\max}}{cr}} \right)^{c+1} \quad (12)$$

Từ biểu thức (12) dễ dàng thấy rằng nếu giữ không đổi các đại lượng khác và với $c_1 > c_2 > 0$ bất đẳng thức sau

$$V_{c_1}(r) < V_{c_2}(r) \quad (13)$$

thỏa mãn với mọi giá trị của $r > 0$. Tương tự như đã làm trong [3], ở đây ta sẽ thử tìm phân bố phẳng trường gió XTND khi cho cường độ của nguồn cản là lớn nhất. Từ bất đẳng thức (13) dễ dàng thấy cường độ của nguồn cản là lớn nhất khi c tiến tới ∞ . Như vậy ta phải tìm giới hạn của biểu thức sau.

$$V(r) = \lim_{c \rightarrow \infty} \left\{ \frac{M}{r} \left(\frac{1}{1 + r_{\max}/cr} \right) \right\} \quad (14)$$

Thay $M = M' (1 - e^{-a})$ [2] và thay biểu thức tương đương của a vào (14) ta có

$$V(r) = \lim_{c \rightarrow \infty} \left\{ \frac{M'}{1 - e^{-c/r_{\max}}} \left(\frac{1}{1 + r_{\max}/cr} \right) \right\}$$

Thông qua một số phép tính giới hạn đơn giản dễ dàng tìm được.

$$V(r) = \frac{M'}{re^{r_{\max}/r}} \quad (15)$$

So sánh (15) và (3) cho thấy, thay cho tham số r_0 - bán kính mắt bão, ở đây ta có phân bố vận tốc trong mối quan hệ chặt chẽ vào tham số r_{\max} - bán kính vùng gió cực đại.

So sánh (5) và (15) ta rút ra.

$$k'(r) = e^{-r_{\max}/r} \quad (16)$$

và từ đó dễ dàng suy ra dạng hàm của hệ số nguồn cản như sau:

$$k(r) = 1 - e^{-r_{\max}/r} \quad (17)$$

Thay $r = r_{\max}$ vào (15) ta có công thức tính vận tốc gió cực đại.

$$V_{\max} = \frac{M'}{er_{\max}} \quad (18)$$

Dựa trên cơ sở của phân bố (15) và thông qua các số liệu quan trắc về gió ta có thể tìm được giá trị gần đúng của các tham số M' và r_{\max} bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

III - TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM

Phân bố (15) được trình bày ở mục trên đã khắc phục được các tồn tại nêu ở mục I. Mô đun vận tốc có giá trị dương ở khắp mọi nơi trong phạm vi hoàn lưu XTND trừ ở tâm bão vận tốc gió bị triệt tiêu. Phân bố (15) đảm bảo được tính liên tục trong toàn bộ hoàn lưu XTND và vẫn bao hàm các ý nghĩa đặc trưng cơ bản của mô hình động học phẳng hoàn lưu XTND [1]. Tuy nhiên, thấy rằng ta có thể chọn được rất nhiều hàm k' khác nhau, thỏa mãn các điều kiện (6) và do đó sẽ nhận được các dạng phân bố vận tốc gió XTND khác nhau. Bản thân phân bố (15) cũng chỉ là một trường hợp đặc biệt của họ phân bố vận tốc dạng (8) khi cho cường độ tác động của nguồn cản là lớn nhất. Một vấn đề khác được đặt ra là phân bố (15) và các hệ quả của nó

có gì khác biệt so với phân bố (3). Chính vì vậy, việc thử nghiệm phân bố (15) với các số liệu thực tế và so sánh các kết quả tính toán là vấn đề cần thiết. Ở đây tác giả chọn thử nghiệm xác định các phân bố vận tốc (3), (15) và tính toán các giá trị V_{\max} , r_{\max} và độ lệch chuẩn vận tốc δv với 8 trường hợp khác nhau của 6 cơn XTNĐ Đại Tây Dương (mùa bão năm 1957-1960): Carrie ngày 15/IX và 17/IX/1957; Cleo ngày 18/VIII/1958; Daisy ngày 25/VIII và 28/VIII/1958, Helene ngày 26/IX/1958; Hannah ngày 2/X/1959 và Donna ngày 7/X/1960. Các số liệu thám sát bằng máy bay có độ tin cậy cao của các XTNĐ này đã được Riehl H. sử dụng và công bố trong công trình [6]. Các tham số M , r_{\max} và r_0 được xác định bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Độ lệch chuẩn vận tốc được tính theo công thức sau:

$$\delta v = \sqrt{\frac{(V_i \text{ thực} - V_i \text{ tính})^2}{n}} \quad (19)$$

trong đó n là số số liệu quan trắc về gió. Đối với phân bố vận tốc dạng (3) ta có công thức đơn giản tính bán kính vùng gió cực đại như sau [3]:

$$r_{\max} = 2r_0 \quad (20)$$

Các kết quả tính toán được trình bày ở bảng 1, trong đó ký hiệu: $\Delta r_{\max} = r_{\max} \text{ thực} - r_{\max} \text{ tính}$, $\Delta V_{\max} = V_{\max} \text{ thực} - V_{\max} \text{ tính}$, các chỉ số «3» và «15» ký hiệu các giá trị được tính tương ứng theo các phân bố (3) và (15). Ở hàng cuối bảng 1 là các giá trị trung bình tuyệt đối $\overline{\Delta r_{\max}}$, $\overline{\Delta V_{\max}}$ và $\overline{\delta v}$. Thông qua các giá trị thực và các giá trị tính được trình bày ở bảng 1 có thể rút ra một số nhận xét như sau:

Mặc dù các tính toán theo phân bố (3) và (15) cho các giá trị khác nhau nhưng nói chung cả hai phân bố này đều cho kết quả khả quan. Sai số vận tốc gió cực đại lớn nhất là $\Delta V_{\max 3} = 8,1 \text{ m/s}$ đối với trường hợp của XTNĐ Donna ngày 7/X/1960. Sai số bán kính vùng gió cực đại lớn nhất là $\Delta r_{\max 3} = 37,9 \text{ km}$ đối với trường hợp của XTNĐ Cleo ngày 18/VIII/1958. Tính chung cho cả hai loại phân bố (3) và (15) thì sai số trung bình tuyệt đối $\overline{\Delta r_{\max}}$ là xấp xỉ 12km, sai số trung bình tuyệt đối $\overline{\Delta V_{\max}}$ là nhỏ thua một cấp bão. Xét về mặt ứng dụng trong thực tế thì các giá trị sai số này là hoàn toàn có thể chấp nhận được.

Nói chung, các giá trị vận tốc gió cực đại tính theo phân bố (15) cho kết quả ổn định hơn và thường nhỏ hơn so với các giá trị thực khoảng 4m/s (trừ trường hợp của XTNĐ Helene ngày 26/IX/1958 cho giá trị của V_{\max} tính lớn hơn giá trị của V_{\max} thực). Nhìn chung, các giá trị vận tốc gió cực đại tính theo phân bố (3) cũng thường nhỏ hơn các giá trị thực nhưng biến thiên bất ổn định hơn so với các giá trị V_{\max} tính theo phân bố (15).

Độ lệch chuẩn vận tốc tính theo phân bố (3) lớn hơn độ lệch chuẩn vận tốc tính theo phân bố (15) khoảng 2,7 lần. Nguyên nhân cơ bản là do các giá trị tính của vận tốc theo phân bố (3) trong khu vực mắt bão cho các giá

trị âm. Các sai số này đã đóng góp những giá trị lớn vào biểu thức tính tổng trong dấu căn của công thức (19). Để minh họa điều này có thể sử dụng các kết quả tính toán theo phân bố (3) đối với trường hợp của XTND Carrie ngày 15/IX/1957 (bảng 2). Trong trường hợp này r_0 tính = 26,3km. Tại $r=23$ km ta có vận tốc tính $V(23) = -26,9$ m/s, trong khi đó vận tốc thực là 17m/s và kết quả dẫn đến sai số ΔV tại trận này có giá trị rất lớn (43,9m/s). Chính vì nguyên nhân này, độ lệch chuẩn vận tốc đối với trường hợp của XTND Carrie có giá trị rất lớn $\sigma_{V3} = 12,64$ m/s, trong khi đó với cùng trường hợp của XTND này độ lệch chuẩn vận tốc tính theo phân bố (15) có giá trị nhỏ hơn 2m/s (bảng 1).

Bảng 1. Sai số trung bình tuyệt đối $\overline{\Delta V_{\max 15}}$ lớn hơn $\overline{\Delta V_{\max 3}}$ khoảng 1,2m/s

Số TT	Tên XTND	r_{\max} (km)	$r_{\max 3}$ (km)	$r_{\max 15}$ (km)	V_{\max} (m/s)	$V_{\max 3}$ (m/s)	$V_{\max 15}$ (m/s)	$\Delta r_{\max 3}$ (km)	$\Delta r_{\max 15}$ (km)	$\Delta V_{\max 3}$ (m/s)	$\Delta V_{\max 15}$ (m/s)	σ_{V3} (m/s)	σ_{V15} (m/s)
1	Carrie 15/IX/1957	55,6	52,6	62,1	41,0	41,0	36,1	3,0	-6,5	0,0	4,9	12,64	1,68
2	Carrie 17/IX/1957	66,2	65,8	91,2	40,2	38,0	35,4	0,4	-25,0	2,2	4,8	5,09	3,00
3	Cleo 18/XIII/58	37,0	74,9	69,0	30,0	30,6	29,3	-37,9	-32,0	-0,6	0,7	4,56	1,39
4	Helene 26/IX/1958	30,0	30,6	22,9	50,0	49,7	52,1	-0,6	7,1	0,3	-2,1	0,44	1,16
5	Daisy 25/VIII/1958	18,5	40,6	33,4	25,0	21,1	21,1	-22,1	-14,9	3,9	3,9	3,49	1,43
6	Daisy 28/VIII/1958	32,6	46,2	35,3	38,0	33,3	35,1	-13,6	-2,7	4,7	2,9	1,23	0,27
7	Hannah 2/X/1959	37,1	52,2	39,5	49,4	42,0	44,4	-15,1	-2,4	7,4	5,0	1,81	0,95
8	Donna 7/IX/1960	34,6	45,5	33,4	56,6	48,5	52,4	-10,9	1,2	8,1	4,2	1,84	1,23
Các giá trị trung bình tuyệt đối:								12,9	11,5	2,4	3,6	3,89	1,45

Bảng 2. Các giá trị vận tốc thực và các giá trị vận tốc tính theo phân bố
(3)—trường hợp XTND Carrie ngày 15/IX/1957. ($\Delta V = V_{\text{thực}} - V_{\text{tính}}$).

r (km)	$V_{\text{thực}}$ (m/s)	$V_{\text{tính}}$ (m/s)	ΔV (m/s)	$(\Delta V)^2$ (m/s)
23	17,0	-26,9	43,9	1930,7
33	29,1	26,1	2,6	6,6
42	37,1	38,4	-1,3	1,7
51	35,3	41,0	-5,7	32,1
60	33,4	40,4	-7,0	48,9
71	33,2	38,3	-5,1	25,6
82	34,4	35,7	-1,3	1,8
86	35,3	34,8	0,5	0,3
98	34,4	32,2	2,2	4,8
105	33,4	30,8	2,6	6,8
112	30,8	29,5	1,3	1,7
127	29,3	26,9	2,4	5,6
134	29,2	25,9	3,3	11,0

IV - KẾT LUẬN

1. Phân bố phẳng trường gió XTND (15) đã khắc phục được các tồn tại nêu ở mục I và vẫn bao hàm được các ý nghĩa đặc trưng cơ bản của mô hình động học phẳng hoàn lưu XTND.

2. Các phân bố (3) và (15) có dạng đơn giản, rất thuận tiện cho việc tính toán và cho các kết quả khả quan. Có thể sử dụng các phân bố này trong thực tế nghiệp vụ nhằm phân tích vận tốc gió cực đại và bán kính vùng gió cực đại cũng như ứng dụng trong các mô hình thủy động dự báo biển động cường độ bão.

3. Các giá trị tính của r_{max} thường lớn hơn các giá trị thực, trong khi đó các giá trị tính của V_{max} thường nhỏ hơn các giá trị thực. Thông qua việc thử nghiệm nhiều hơn với các số liệu thực tế có thể tìm các giá trị sai số hệ thống nhằm hiệu chỉnh chính xác hơn các giá trị tính.

4. Kết quả thử nghiệm với 8 trường hợp XTND kể trên cho thấy các phân bố (3) và (15) rất sát với phân bố vận tốc gió XTND trong thực tế, đặc biệt ở phạm vi ngoài vùng gió cực đại. Đối với cả hai loại phân bố này độ lệch chuẩn vận tốc σ_v có giá trị khá nhỏ. Điều đó chứng tỏ rằng hoàn toàn có thể sử dụng các phân bố này vào mục đích phân tích bán kính vùng gió mạnh các cấp khác nhau trong phạm vi hoàn lưu XTND.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Minh Hiền. Mô hình động học phẳng hoàn lưu XTNĐ. Tập san Khí tượng Thủy văn. N° 9/1987.
2. Hoàng Minh Hiền. Mô hình toán—lý phân bố phẳng trường gió XTNĐ.
3. Hoàng Minh Hiền. Một trường hợp đặc biệt của phân bố phẳng trường gió XTNĐ.
4. Hoàng Minh Hiền. Về cấu trúc phẳng trường gió XTNĐ.
5. Muramatsu T. The structure of polygonal eye of a typhoon, J. of the Meteor. Society of Japan. Vol. 64. N°6.1986.
6. Riehl H. 1963. Some relation between wind and thermal structure of steady—state hurricanes. J.Atñ. Sci. 20 : p.