

MỘT TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT CỦA PHÂN BỐ PHẪNG TRƯỜNG GIÓ XTND

PTS. HOÀNG MINH HIỀN

Cục Dự báo KTTV

Hệ phương trình mô tả sự tiến triển của XTND rất phức tạp và lời giải của nó chỉ có thể nhận được bằng máy tính điện tử thông qua các phương pháp số. Tuy nhiên, việc giải hệ phương trình này đòi hỏi rất nhiều công sức và thời gian tính trên máy. Chính vì vậy, trong nhiều trường hợp có nhu cầu cần thiết xây dựng mô hình chứa ít tham số và thông qua đó có thể xác định một cách phác họa vai trò của các yếu tố này hoặc các yếu tố khác trong sự tiến triển của XTND. Trong nhiều trường hợp, việc xây dựng và sử dụng phân bố chuẩn theo phương pháp tuyến của các yếu tố khí tượng cho phép đơn giản hóa hệ phương trình xuất phát. Nhờ đó, trong một số trường hợp, có thể tìm được nghiệm đúng của bài toán. Các nghiệm này có ý nghĩa đặc biệt quan trọng, bởi lẽ nếu sử dụng các phương pháp số sẽ không tránh khỏi nhiều sai số. Trong [2] đã xây dựng một mô hình tổng quát về phân bố phẳng trường gió trong XTND có mắt. Đối với mô hình này, như tác giả đã chứng minh, luôn luôn tồn tại nghiệm $a = 0$. Ở đây tác giả đề cập tới việc khảo sát phân bố trường gió XTND đối với trường hợp nghiệm đặc biệt này. Như sau này sẽ thấy, trong trường hợp này mô hình chỉ chứa hai tham số, dạng của phân bố vận tốc đơn giản và rất thuận tiện cho việc tính toán, ứng dụng.

Trong trường hợp tổng quát trình bày trong [2], đối với XTND có mắt phân bố phẳng trường gió có dạng như sau

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

trong đó M — cường độ của điểm hút xoáy; r_0 — bán kính mắt bão, a — tham số dương, đặc trưng cho cường độ của nguồn cản đối với mỗi điểm hút xoáy tương ứng.

Để dàng chứng minh được rằng nếu $a_1 < a_2$ bất đẳng thức sau

$$V_1(r) = \frac{M}{r} (1 - e^{a_1 \frac{r_0 - r}{r}}) < V_2(r) = \frac{M}{r} (1 - e^{a_2 \frac{r_0 - r}{r}})$$

đúng với mọi $r > r_0$. Từ đó suy ra

$$V_{\max}(r_{\max}, a_1) < V_{\max}(r_{\max}, a_2)$$

Bất đẳng thức trên cho thấy, nếu giữ không đổi các đại lượng khác, cường độ XTND ($V_{\max}$) chỉ phụ thuộc duy nhất vào tham số a và tỷ lệ thuận với giá trị của tham số này. Đối với trường hợp tới hạn $a = 0$ ta có

$$V_{\max}(a = 0) < V_{\max}(a > 0) \quad (2)$$

Thông qua đó có thể thấy được ý nghĩa vật lý của trường hợp nghiệm đặc biệt này. Nếu giữ không đổi các đại lượng khác (M và r_0), cường độ XTND ($V_{\max}$) là nhỏ nhất khi $a = 0$. Nói cách khác, trong trường hợp này sự cản trở các dòng không khí đi vào tâm bão là lớn nhất – nguồn cản « làm việc với công suất cực đại ». Có thể tìm phân bố vận tốc trong trường hợp đặc biệt này thông qua phép biến đổi tới hạn khi cho a tiến tới 0:

$$V(r) = \lim_{a \rightarrow 0} \left[\frac{M}{r} (1 - e^{a \frac{r_0 - r}{r}}) \right] \quad (3)$$

Thay $M = M' / (1 - e^{-a})$ ([2]) vào (3) ta có

$$V(r) = \lim_{a \rightarrow 0} \left[M' \frac{1 - e^{a \frac{r_0 - r}{r}}}{r(1 - e^{-a})} \right] \quad (4)$$

Từ đó dễ dàng tìm được

$$V(r) = \frac{M'}{r^2} (r - r_0) \quad (5)$$

Có thể tìm hiểu ý nghĩa vật lý của tham số M' thông qua việc tìm phân bố vận tốc trong trường hợp tới hạn khác khi $a \rightarrow \infty$. Trong trường hợp này ta có

$$V(r) = \lim_{a \rightarrow \infty} \left[M' \frac{1 - e^{-a \frac{r_0 - r}{r}}}{r(1 - e^{-a})} \right] = \frac{M'}{r} \quad (6)$$

Phân bố (6) hoàn toàn giống phân bố vận tốc của điểm hút xoáy và không thỏa mãn các điều kiện đã cho của mô hình. Trong trường hợp này có thể xem rằng nguồn cản « không làm việc ». Do kích thước mắt bão rất nhỏ so với kích thước XTND cho nên ở những vùng cách khá xa tâm XTND các phân bố (1) và (5) sẽ cho các giá trị vận tốc xấp xỉ như nhau và gần bằng giá trị vận tốc của phân bố (6). Như vậy, trong một chừng mực nào đó (ở những vùng cách khá xa tâm) chuyển động của không khí trong XTND có thể xem như chuyển động gây ra bởi một điểm hút—xoáy đặt tại tâm XTND với cường độ bằng M' . Từ trước tới nay người ta vẫn thường biểu diễn cường độ XTND thông qua độ lớn của vận tốc gió cực đại $V_{\max}$. Tuy nhiên, việc liên hệ với điểm hút—xoáy ở trên cho thấy một sự tương đương vật lý đặc biệt thú vị và có thể xem M' như là đại lượng đặc trưng cho cường độ của XTND.

Kết quả ở trên cho thấy, trong trường hợp tới hạn $a = 0$, phân bố vận tốc gió không còn phụ thuộc vào các tham số gián tiếp M và a — là các tham số xuất hiện trong quá trình mô hình hóa XTND thông qua điểm hút—xoáy và nguồn cản.

Do giả thiết về tính đối xứng của trường gió XTND nên tương tự như (5) ta có thể viết phân bố sau đây đối với thành phần vận tốc tiếp tuyến.

$$V_{\theta}(r) = \frac{L'}{r^2} (r - r_0) \quad (7)$$

trong đó L' — mô men động lượng tới hạn của XTND.

Thông qua số liệu quan trắc thực tế, có thể xác định một cách tương đối chính xác giá trị của các tham số M' và r_0 bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất (đối với phân bố (5) và (7), có thể đưa về trường hợp tuyến tính). Trong một số trường hợp có thể xác định được giá trị của bán kính mắt bão r_0 từ các quan trắc rada hoặc đo từ các ảnh mây vệ tinh. Khi đó chỉ còn phải xác định tham số duy nhất là M' . Để tính M' có thể sử dụng các số liệu quan trắc về gió ở cách khá xa tâm và ở khu vực rìa biên XTND. Chính vì vậy việc xác định phân bố vận tốc gió XTND dạng (5) hoặc (7) rất thuận tiện và phù hợp với tình hình quan trắc XTND trong thực tế.

1. Một số hệ quả

Phân bố trường gió XTND trong trường hợp tới hạn $a = 0$, được trình bày ở trên, có dạng rất đơn giản và từ đó có thể rút ra một số hệ quả quan trọng. Lấy đạo hàm của (5) theo r ta có

$$\frac{dV}{dr} = M' \left(\frac{2r_0}{r^3} - \frac{1}{r^2} \right)$$

Tại $r=r_{\max}$ ta có

$$\left. \frac{dV}{dr} \right|_{r_{\max}} = M' \left(\frac{2r_0}{r_{\max}^3} - \frac{1}{r_{\max}^2} \right) = 0$$

Từ phương trình trên tìm được

$$r_{\max} = 2r_0 \quad (8)$$

Thay (8) vào (5) và (7) ta tìm được

$$V_{\max} = \frac{M'}{4r_0} \text{ và } V_{\Theta \max} = \frac{L'}{4r_0} \quad (9)$$

Từ đó suy ra

$$V_{\max} \cdot r_{\max} = \frac{M'}{2r_0} \text{ và } V_{\Theta \max} \cdot r_{\max} = \frac{L'}{2} \quad (10)$$

Như vậy đối với trường hợp tới hạn $a=0$, từ các biểu thức trên ta có thể rút ra tính chất quan trọng của phân bố vận tốc gió XTND như sau: trong XTND ở giai đoạn có mắt bão, vận tốc gió đạt giá trị cực đại tại vùng cách tâm một khoảng bằng đường kính mắt bão. Tại đó mô-men động lượng của XTND bị giảm đúng một nửa.

Tính chất đặc biệt trên được suy ra trực tiếp từ mô hình đối với trường hợp tới hạn $a=0$. Nếu lưu ý các kết quả tính thử nghiệm trong [1,2] có thể thấy rằng tính chất này hoàn toàn phù hợp với trường hợp của XTND Helene ngày 26-IX-1958. Để kiểm nghiệm tính chất này của các XTND có mắt ta giả thiết là giữa bán kính vùng gió cực đại và bán kính mắt bão tồn tại mối quan hệ tuyến tính tương tự như quan hệ (8)

$$r_{\max} = \alpha \cdot r_0$$

Giá trị trung bình của hệ số α được tính toán dựa trên tập số liệu thám sát máy bay đối với các trường hợp khác nhau của 108 cơn XTND Bắc Đại Tây Dương, thời kỳ từ năm 1969 đến năm 1980. Kết quả tìm được $\bar{\alpha} = 2,2$. Hiển nhiên là các số liệu thám sát máy bay cũng không bảo đảm được độ chính xác tuyệt đối và hơn nữa, trong thực tế khi quyền, không tồn tại XTND nào bảo đảm được điều kiện đối xứng lý tưởng của trường vận tốc gió. Tuy nhiên, giá trị trung bình này của hệ số α cho thấy, trong một chừng mực nào đó có thể chấp nhận được hệ quả đã nêu ở trên của phân bố vận tốc trong trường hợp tới hạn $a=0$.

Từ nhiều năm nay, vấn đề quan hệ giữa cường độ XTND và kích thước mắt bão đã thu hút sự chú ý và công sức của nhiều nhà nghiên cứu. Tuy nhiên cho đến nay người ta mới chỉ rút ra nhận xét định tính là nói chung nếu mắt bão tròn, sắc nét và càng nhỏ thì XTND càng mạnh: mắt bão to ra thường là dấu hiệu đi kèm với sự suy yếu của XTND. Ở đây ta có thể rút ra kết luận này một cách trực tiếp từ các biểu thức định lượng. Từ biểu thức (9) thấy rằng, với $M' = \text{const}$, nếu mắt bão càng nhỏ thì V_{max} càng lớn (nghĩa là XTND càng mạnh). Ngược lại, nếu mắt bão to ra thì V_{max} sẽ giảm (XTND yếu đi). Tuy nhiên, trong thực tế thì đại lượng M' cũng như mô men động lượng L' của XTND không bao giờ tồn tại và phát triển độc lập mà thường xuyên chịu tác động ảnh hưởng qua lại với môi trường khí quyển bao quanh. Rõ rệt nhất là khi XTND nằm gần XTND khác hoặc nằm gần áp cao phó nhiệt đới hoặc chịu ảnh hưởng các đới gió mùa v.v. Ngoài ra, do tác động của môi trường bao quanh là bất đối xứng nên hình dạng và kích thước mắt bão liên tục bị biến đổi. Kết quả của quá trình này dẫn đến cường độ XTND cũng liên tục biến đổi. Biểu thức (9) cho thấy rõ là cường độ XTND (V_{max}) không chỉ thuần túy phụ thuộc vào kích thước mắt bão mà còn phụ thuộc chặt chẽ vào giá trị độ lớn của mô men động lượng tới hạn. Có thể đó chính là lý do vì sao từ nhiều năm nay không phát hiện được quan hệ rõ ràng giữa cường độ XTND và kích thước mắt bão.

Trong thực tế nghiệp vụ, để xác định cường độ XTND có thể sử dụng các tương quan thực nghiệm giữa V_{max} và áp suất thấp nhất ở tâm bão hoặc giữa V_{max} và các đặc trưng hình học, nhiệt học của trường mây XTND v.v. Nếu có số liệu về kích thước mắt bão, ta có thể tìm được phân bố vận tốc gió XTND. Từ biểu thức (9) ta suy ra

$$M' = 4V_{\text{max}} r_0 \quad (11)$$

Thay (11) vào (5) ta có

$$V(r) = \frac{4r_0(r - r_0)V_{\text{max}}}{r^2} \quad (12)$$

Hiển nhiên thấy rằng có thể tham khảo sử dụng phân bố (12) vào các mục đích khác nhau trong phân tích và dự báo XTND.

2. Tính toán thử nghiệm cường độ XTND

Xác định cường độ XTND thông qua vận tốc gió cực đại là vấn đề rất cần thiết trong phân tích và dự báo XTND. Trong mục này tác giả thử nghiệm sử dụng công thức (9) vào việc tính vận tốc gió cực đại V_{max} dựa trên cơ sở số liệu quan trắc thuộc phạm vi hoàn lưu XTND ở tầng mặt đất và các ảnh mây vệ tinh. Tác giả chọn thử nghiệm với hai XTND vùng Tây Bắc Thái Bình Dương: ELLIS (1982) và ABBY (1983) vào các ngày mà mắt bão tròn và thể hiện rõ trên các ảnh mây vệ tinh, thuận tiện cho việc đo đạc kích thước mắt bão. Kể từ ngày 23-VIII-1982 đến ngày 25-VIII-1982 bán kính mắt bão của cơn ELLIS giảm từ khoảng 29 đến 22km (bảng 1). Ngược lại, đối với cơn ABBY từ ngày 12-VIII-1983 đến 14-VIII-1983 bán kính mắt bão tăng từ khoảng 26 đến 37,5km. Giá trị của tham số M' , được tính theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Các giá trị tính của vận tốc gió cực đại V_{max} được trình bày ở bảng 1. Ngoài ra ở bảng 1 cũng trình bày các giá trị khi áp thấp nhất ở tâm XTND các giá trị vận tốc gió cực đại V_{max} (lấy theo các thông báo khí tượng chính thức) và các độ chênh lệch $\Delta V_{max} = V_{max} - V_{max}$. Độ chênh lệch tuyệt đối lớn nhất là 6,1m/s đối với trường hợp của XTND ELLIS ngày 24-VIII-1982. Độ chênh lệch tuyệt đối tính trung bình cho tất cả 6 trường hợp là xấp xỉ 2m/s.

Bảng 1. — Kết quả tính toán thử nghiệm cho 6 XTND.

Tên XTND	r_0 (km)	P_{min} (mb)	V_{max} m/s)	V_{max} (m/s)	ΔV_{max} (m/s)
ELLIS 23-VIII-1982	29	915	51,4	50,7	-0,7
ELLIS 24-VIII-1982	23	920	51,4	45,3	-6,1
ELLIS 25-VIII-1982	22	943	46,4	46,9	0,6
ABBY 12-VIII-1983	26	917	56,6	59,0	2,4
ABBY 13-VIII-1983	28	920	51,4	51,2	-0,2
ABBY 14-VIII-1983	37,5	949	43,7	42,8	-0,9

KẾT LUẬN

Trong trường hợp tới hạn ($a = 0$) của mô hình, dạng của phân bố vận tốc gió XTND rất đơn giản, thuận tiện cho việc tính toán và ứng dụng.

Sự liên hệ với cường độ của điểm hút xoáy ở trên cho thấy trong một chừng mực nào đó có thể xem M' , như là đại lượng đặc trưng cho cường độ của XTND.

Trong trường hợp đặc biệt này của mô hình đã rút ra được một số hệ quả quan trọng của phân bố phẳng trường gió XTND.

Tính toán thử nghiệm vận tốc gió cực đại với 6 trường hợp của hai XTND ELLIS (1982) và ABBY (1983) cho các kết quả khả quan. Điều đó chứng tỏ rằng có thể tham khảo sử dụng phân bố vận tốc được trình bày ở trên vào việc xác định cường độ XTND (V_{max}) khi có số liệu quan trắc mặt đất và kích thước mắt bão.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Minh Hiền. Mô hình động học phẳng hoàn lưu XTND. Tập san KTTY N. 9/1987.
2. Hoàng Minh Hiền. Mô hình toán lý phân bố phẳng trường gió XTND.