

của dao động trùng với độ trễ đáp ứng của hệ thống điều khiển thí điểm. Ngoài ra, điều kiện bay  $q$  cao cung cấp khả năng khí động học cho tải trọng bay bị lỗi trong quá trình dao động.

Nếu gặp phải dao động do phi công gây ra, phi công phải dựa vào tính ổn định động vốn có của máy bay và ngay lập tức buông tay khỏi bộ điều khiển. Nếu kích thích không ổn định tiếp tục, biên độ dao động nguy hiểm sẽ phát triển trong một thời gian rất ngắn.

#### ROLL COUPLING

Sự xuất hiện của các vấn đề "liên kết quán tính" trong máy bay hiện đại là kết quả tự nhiên của sự thay đổi lũy tiến trong các đặc tính khí động học và quán tính để đáp ứng nhu cầu của chuyến bay tốc độ cao. Các vấn đề liên kết quán tính chỉ bắt đầu khi các phân tích ổn định động không tính đến đầy đủ những thay đổi nhanh chóng trong các đặc tính khí động học và quán tính của cấu hình máy bay. Thuật ngữ "liên kết quán tính" có phần gây hiểu nhầm vì vấn đề hoàn chỉnh là một vấn đề về liên kết khí động học cũng như quán tính.

"Ghép nối" xảy ra khi một số xáo trộn quanh một trục của máy bay gây ra xáo trộn quanh một trục khác. Một ví dụ về chuyển động không ghép nối là xáo trộn được cung cấp cho máy bay khi chịu tác động của độ lệch thang máy. Chuyển động kết quả bị giới hạn ở chuyển động chúi mà không gây xáo trộn đến ngoẹo hoặc lật. Một ví dụ về chuyển động ghép nối có thể là xáo trộn được cung cấp cho máy bay khi chịu tác động của độ lệch bánh lái. Chuyển động tiếp theo có thể là một số kết hợp của chuyển động ngoẹo và lật. Do đó, chuyển động lật được ghép với chuyển động ngoẹo để xác định chuyển động kết quả. Loại tương tác này xuất phát từ các đặc tính khí động học và được gọi là "ghép nối khí động học".

Một loại liên kết riêng biệt xuất phát từ các đặc tính quán tính của cấu hình máy bay. Các đặc tính quán tính của máy bay hoàn chỉnh có thể được chia thành các đặc tính lăn, trượt,

và quán tính dọc và mỗi quán tính là một thước đo khả năng chống lại sự tăng tốc lăn, lắc hoặc chúi của máy bay. Thân máy bay dài, mảnh, mật độ cao với cánh ngắn, mỏng tạo ra quán tính lăn khá nhỏ so với quán tính dọc và lắc. Những đặc điểm này là điển hình của cấu hình máy bay hiện đại. Máy bay tốc độ thấp thông thường hơn có thể có sải cánh lớn hơn chiều dài thân máy bay. Loại cấu hình này tạo ra quán tính lăn tương đối lớn. Sự so sánh các cấu hình này được thể hiện trong hình 4.34.

Khớp quán tính có thể được minh họa bằng cách xem xét khối lượng của máy bay được tập trung vào hai phần tử, một phần tử đại diện cho khối lượng phía trước trọng tâm và một phần tử đại diện cho khối lượng phía sau trọng tâm. Có hai hệ trục chính cần xem xét: (1) trục khí động học, hay trục gió, đi qua trọng tâm theo hướng gió tương đối, và (2) trục quán tính đi qua trọng tâm theo hướng của hai khối lượng phần tử. Hệ trục này được minh họa trong hình 4.34.

Nếu chiếc máy bay được thể hiện trong hình 4.34 ở một số điều kiện bay mà trục quán tính và trục khí động học thẳng hàng, thì sẽ không có sự ghép nối quán tính nào xảy ra từ chuyển động lăn. Tuy nhiên, nếu trục quán tính nghiêng so với trục khí động học, sự quay quanh trục khí động học sẽ tạo ra lực ly tâm và gây ra một mô-men ngóc. Trong trường hợp này, một chuyển động lăn của máy bay tạo ra một mô-men ngóc thông qua tác động của các lực quán tính. Đây là "ghép nối quán tính" và được minh họa bởi phần B của hình 4.34.

Khi máy bay quay quanh trục quán tính, sẽ không có sự ghép nối quán tính nhưng sẽ có sự ghép nối khí động học. Phần C của hình 4.34 cho thấy máy bay sau khi lăn  $90^\circ$  quanh trục quán tính. Độ nghiêng ban đầu là góc tấn ( $\alpha$ ) bây giờ là góc trượt ngang ( $-\beta$ ). Ngoài ra, độ trượt ngang ban đầu bằng không bây giờ đã trở thành góc tấn bằng không. Độ trượt ngang gây ra bởi độ lệch  $90^\circ$  này sẽ ảnh hưởng đến tốc độ lăn