

Traduzione dell'articolo "THOSE SHAPES IN THE SKY" di Todd Parker tratto dalla rivista Sport Aviation di luglio 2007.

PERCHÉ I VELIVOLI HANNO QUELLA FORMA.

QUELLE FORME NEL CIELO

SOMMARIO

L'articolo, di informazione generale, presenta in forma chiara e semplice le ragioni che hanno determinato la forma ormai nota dei velivoli e che, in fondo, si assomigliano tutte. E' un articolo che può rappresentare bene la cornice delle conoscenze base del più pesante dell'aria. La parte finale è dedicata alla formula "canard" e alla "ala volante".

Se voi domandate anche a un ragazzo giovanissimo di disegnarvi un aeroplano, egli sarà senza dubbio capace di tracciare delle semplici linee che ognuno identificherà subito come un velivolo. Potrebbe avere un corpo con una specie di finestrini davanti e sopra, un'ala principale (o due) piazzate da qualche parte verso la metà o di fronte, un'ala più piccola di dietro, una pinna verticale dietro, una specie di motore sulle ali o sul muso, e delle ruote disegnate vicino alle ali e verso il muso o la coda. Ad eccezione delle configurazioni particolari dei canard di Burt Rutan, i velivoli hanno all'incirca lo stesso aspetto e le stesse proporzioni. La domanda è perché hanno questa forma e perché sono così differenti.

La risposta può essere trovata nella comprensione della finalità del velivolo e della fisica del volo. Ogni velivolo è progettato per svolgere una missione. La maggior parte della durata della missione può essere descritta come la necessità di volare da un punto a un altro, trasportando un carico pagante X, lungo una certa traiettoria X, in un tempo X, senza eccessivi rischi per il carico o per il velivolo. Molte missioni dei velivoli sono simili e, come risultato, i velivoli sembrano simili. Un secondo fattore, che li fa apparire simili, è la fisica del volo, che si applica nello stesso modo, indipendentemente dalla forma.

Ogni parte del velivolo ha uno scopo e quindi un motivo per apparire come è. La fusoliera è disegnata per contenere il carico pagante, che, di solito, prevede uno o più occupanti e, forse, qualche ambiente per altri oggetti, come il bagaglio o la merce. La fusoliera è organizzata in modo che il carico possa essere caricato e scaricato con sufficiente facilità ed essere posizionato in modo che il suo baricentro (CG) cada, generalmente, in prossimità del primo quarto della corda alare, per motivi che spiegherò più avanti. Questo comporta che il pilota e i passeggeri saranno, di solito, disposti sotto o sopra l'ala, con delle aperture di accesso.

Per i monomotori ad elica, il motore sarà, di solito, del tipo traente (che tira), posto nel muso, immediatamente dietro all'elica. Il motore e l'elica sono pesanti, paragonati alle altre parti della fusoliera, cosicché devono essere tenuti vicino all'ala per ridurre al minimo il problema del centraggio. Si osservi che sui velivoli con grandi motori radiali, l'ala è molto vicina al motore e, allora, provate a paragonarli ad un velivolo come l'Aerocomp Comp Air a turbina, che ha un muso

lungo per contenere le dimensioni generose del motore e per bilanciarne il peso relativamente basso.

Al contrario di quello che uno può pensare, l'ala determina quanto lento può volare un velivolo, non quanto veloce. I missili volano veloci, per cui possono viaggiare con poca o nessuna ala. Lo F-104, con le sue ali tozze, è conosciuto come "missile con uomo". Molti di noi desidererebbero decollare e atterrare a velocità abbastanza basse, per cui i velivoli su cui voliamo hanno delle ali con superfici piuttosto grandi.

L'area di un'ala moltiplicata per il massimo coefficiente di portanza determina la velocità minima a cui il velivolo riesce a volare. In altre parole, determina la minima velocità in volo livellato. Alcuni velivoli hanno delle ali lunghe e snelle, mentre altri le hanno corte e grosse. Questa relazione si chiama "allungamento (aspect ratio)" e determina quanto ridotta è la resistenza indotta dell'ala. La resistenza indotta dell'ala è la parte non utilizzata della portanza e si riduce per mezzo di un elevato allungamento. Ali con alto allungamento, come gli alianti o qualche velivolo ad alte prestazioni, come il Lancair IV, sono utilizzate quando la resistenza indotta è determinante per ottenere delle buone prestazioni di crociera del velivolo. Ali più corte sono usate quando c'è bisogno di ali rigide e leggere, come per i velivoli d'acrobazia, da corsa o per i quali si ricerca di semplificarne la costruzione.

Alcuni velivoli hanno le ali diritte con la corda costante e altri hanno le ali rastremate. Le ali rastremate riducono la resistenza indotta, ma complicano la costruzione. Le ali diritte "Hershey bar" semplificano la costruzione e, generalmente, hanno caratteristiche di stallo più dolci, ma possiedono una resistenza superiore. Il progettista deve decidere tra ciascuna caratteristica per raggiungere gli obiettivi della missione.

La scelta del profilo dell'ala dipende da alcuni fattori: velocità di stallo desiderata, rigidità dell'ala, rapporto delle velocità (tra la bassa e l'alta velocità) e, infine, il momento di beccheggio accettabile. Velivoli lenti con intervalli di velocità piccoli e controventatura esterna possono avere parecchio beneficio da un profilo spesso, abbastanza curvo (linea media inarcata, ndt), mentre un velivolo ad alte prestazioni potrebbe adottare un profilo simmetrico o appena inarcato, rinforzato internamente, con sezione sottile dell'ala. Il momento di beccheggio è la tendenza di un'ala a volersi rovesciare (di solito verso il basso, a picchiare) e aumenta con la curvatura dei profili. Il momento di beccheggio di un profilo diventa più importante con l'aumento della velocità, perché fa aumentare la resistenza indotta del piano di coda.

Altro punto dove il momento di beccheggio è importante è l'atterraggio. Spesso si usano i flaps per ridurre la velocità di atterraggio, ma il prezzo è molto elevato a causa del momento picchiante. Come detto poco sopra, il massimo coefficiente di portanza moltiplicato per la superficie dell'ala determina la velocità minima di volo. Un profilo tipico senza flaps ha un coefficiente massimo di 1,6. In confronto, un velivolo di linea con flaps a tripla fessura può raggiungere un valore di quasi 5. Molti velivoli dell'aviazione generale applicano sia il flap a semplice curvatura (plain flap, incernierato al centro) o il tipo Fowler (incernierato sotto l'ala, in modo da potersi spostare indietro mentre si estende). Questi tipi di flaps aumentano il coefficiente massimo di portanza dal 50% al 75% circa, a seconda della superficie e della deflessione. L'elevato aumento del momento di beccheggio dev'essere bilanciato dallo stabilizzatore orizzontale. La sua

dimensione è spesso guidata dalla necessità di opporsi al momento dovuto al flap nella situazione di effetto suolo.

La funzione primaria dello stabilizzatore orizzontale è di creare o controbilanciare le variazioni del momento di beccheggio. I momenti di beccheggio sono determinati da quelle forze che agiscono sopra o sotto e avanti o indietro il CG, inclusa la trazione dell'elica; la resistenza del carrello, delle superfici di comando o di ogni altra struttura; i momenti del profilo alare e della fusoliera, dell'ala o della portanza della portanza di coda. Il progettista, di solito, cerca di minimizzare le variazioni del momento di beccheggio, in modo che il velivolo sia facile da pilotare. Un progetto ideale di velivolo vorrebbe che non si debba variare il trim per la potenza scelta e piccole variazioni per le differenze di velocità. Mantenere costante la velocità sarebbe difficile, se non ci fossero delle variazioni di trim al suo variare, per cui è una desiderabile la variazione di trim quando cambia la velocità.

L'efficacia dello stabilizzatore orizzontale è determinata dalla sua distanza dal CG, dalla superficie e dalla deflessione del comando. Il prodotto dell'area del piano di coda per il braccio è chiamato "volume di coda (tail volume)" ed è un fattore importante per realizzare un velivolo stabile e controllabile. Un velivolo con effetti centrati della trazione e della resistenza, variazione limitata del CG e profili con basso momento di beccheggio è capace di manovrare con superfici di comando piccole montate su fusoliere corte. Potete vederlo sui "pylon racers". Gli idrovolanti con motori installati in posizione alta, flaps ampi ed elevata resistenza sulle superfici inferiori, richiedono delle superfici di coda efficaci per bilanciare le forze elevate di beccheggio. Gli alianti cercano di ridurre la resistenza indotta dell'ala e degli impennaggi di coda. Lo ottengono servendosi di piccole superfici di comando alla fine di una lunga fusoliera. Applicano, anche, i piani di coda a "T" per piazzare il piano orizzontale fuori dalla scia dell'ala, che permette di ridurre ancora un po' la superficie.

Per aumentare l'efficacia delle superfici di coda, alcuni velivoli muovono l'intera superficie, invece di avere solo un equilibratore. Questo tipo di superficie tutta mobile, chiamata "stabilator" o "flying tail", presenta ulteriori vantaggi. Oltre ad essere più efficace, produce una resistenza inferiore e può essere regolato con l'aiuto di alette per produrre quanto sforzo il pilota desidera. E' un po' più difficile da progettare ed è un po' più pesante a causa della sua dimensione, ma molti progetti moderni si servono di questa soluzione per i suoi vantaggi aerodinamici.

La posizione della superficie orizzontale rispetto all'ala e al suolo può avere delle influenze importanti. Alcuni progetti pongono la superficie di coda in modo da essere fuori dalla scia dell'ala, finché l'ala si avvicina alla massima incidenza e può costituire un avviso al pilota con il suo buffeting. Una coda piazzata così vicina al suolo da toccarlo durante la "flare" può perdere efficacia a causa dell'effetto suolo e richiede delle superfici più ampie per contrastare quest'influenza. I primi modelli del Cessna Cardinal sono noti per perdere l'efficacia della coda per effetto suolo. Ciò ha comportato numerosi danni a carrelli anteriori e a eliche. Un piano di coda piazzato in alto, come sul Rockwell Commander o sul Piper Tomahawks, permette l'uso di code più piccole, ma richiede una struttura più rigida (e pesante) dello stabilizzatore verticale.

Lo scopo principale del piano verticale è di mantenere la prua puntata in avanti. Funziona, anche, per mezzo del timone, determinando o contrastando le forze che fanno ruotare il velivolo

attorno al suo asse d'imbardata. Una caratteristica dei piani di coda verticali è il "rudder blanking (inefficienza del timone)", che si manifesta agli alti angoli d'incidenza, come allo stallo o in vite. Un velivolo con ala alta o con un piano verticale piazzato sopra e dietro il piano orizzontale è molto sensibile a questo fenomeno. Ci sono alcune soluzioni al problema. Alcuni velivoli si servono di piani verticali più ampi, in modo che la superficie non sia completamente in scia. Altri estendono il timone e la deriva sotto il piano orizzontale. Altri aggiungono degli "strakes" (ali molto corte) sulla superficie per raddrizzare il flusso e contrastare a quello laterale.

Altro elemento comune è la pinna dorsale davanti alla deriva. Essa è simile a uno "strake", salvo che è vincolata sul davanti della deriva. La deriva è più comunemente usata sui velivoli con fusoliera corta, snella e rotonda per aumentare la stabilità in imbardata. Fondamentalmente, essa ha due effetti: contrasta lo scivolamento del flusso laterale attorno alla fusoliera e, spesso, forma un'ala a "doppio delta" (con la deriva, ndt), che si è visto formare dei vortici intensi. Questi vortici intensi mantengono il flusso aderente alla superficie di coda, aumentando l'efficacia del comando. Sia il P-51 che il P-36 hanno migliorato moltissimo le caratteristiche di recupero dalla vite aggiungendo una pinna dorsale.

Carrello

Quasi tutti i velivoli dell'aviazione generale sono hanno due gambe principali e un ruotino a prua o in coda. Il carrello principale è progettato per assorbire i carichi di atterraggio ed è installato vicino al CG. Sul velivolo con ruotino di coda, le ruote stanno proprio davanti al CG e su quello con il ruotino a prua stanno proprio dietro al CG. Il posizionamento vicino al CG è desiderabile per due motivi: facilitare la rotazione al decollo e prevenire un atterraggio duro, sbattendo il ruotino anteriore o causando il rimbalzo del velivolo in aria.

I velivoli con ruotino posteriore sono stati sviluppati per primi. Il pilota di questi tipi di velivoli aveva la necessità di volare partendo da superfici sconnesse o aeroporti non preparati. Installando il ruotino in coda, la prua poteva essere sollevata più in alto del suolo per salvaguardare l'elica da urti con sassi o da cunette che avrebbero potuto esserci lungo la pista, mentre erano al suolo. Un secondo vantaggio della disposizione con ruotino in coda, specialmente nei velivoli con carrello fisso, è costituito da peso e resistenza aerodinamica più bassi. Questa disposizione presenta due svantaggi principali. Il primo è la ridotta visibilità anteriore, che può rendere il rullaggio e il decollo rischiosi. Il Nemesis NXT ha risolto il problema installando una cinepresa nel vano motore, riportando la visione su uno schermo sul cruscotto. Il secondo problema è relativo all'instabilità di avere il CG dietro il carrello principale. Questo richiede che i riflessi del pilota siano più rapidi della tendenza del velivolo a scarrocciare. I velivoli con ruotino di coda sono noti per punire i piloti incauti che hanno riflessi lenti.

I velivoli con triciclo anteriore sono stati sviluppati quando le piste si diffusero maggiormente e le loro superfici migliorarono. Il carrello triciclo anteriore offre un'eccellente visibilità in avanti e un'intrinseca stabilità al suolo. L'avvento di questa disposizione del carrello ridusse in maniera significativa l'abilità del pilota in decollo e atterraggio. Un velivolo che atterra un po' di traverso si allinea da solo lungo la direzione del movimento. Gli svantaggi del carrello con triciclo anteriore sono resistenza aerodinamica più elevata, peso superiore e minore capacità di atterrare su campi non preparati. Il velivolo con ruotino anteriore tende a puntare nel suolo, quando

il terreno è un po' accidentato. Si raccomanda un carrello anteriore robusto quando si vuole operare con un carrello a triciclo anteriore su un campo semipreparato,.

Bene, cosa si può dire di quei velivoli "a rovescio" (canard), come quelli progettati da Burt Rutan? La prima cosa da rammentare è che questi velivoli volano con le stesse regole e fisica di quelli "normali", ma lo fanno in modo diverso e hanno alcune limitazioni e alcuni vantaggi propri della loro configurazione.

La più grande differenza è che sul velivolo canard l'equilibratore sta davanti all'ala. Si può dire, approssimativamente, che le equazioni della stabilità che governano il volo livellato stabile richiedono che l'ala anteriore abbia un coefficiente di portanza più elevato di quella posteriore. Questo significa che il canard deve sempre produrre una portanza per mantenere la stabilità, mentre per il velivolo convenzionale la coda può produrre una forza diretta verso l'alto o verso il basso (portante o deportante, ndt), in base alla posizione del CG e della condizione di volo. Il vantaggio della configurazione canard è che tutta la portanza è "portanza utile", cosicché si produce una resistenza inferiore e il velivolo volerà più veloce con lo stesso peso e la stessa potenza. La necessità di produrre sempre una portanza comporterà un intervallo di spostamento del CG più piccolo di quello di un velivolo convenzionale. Significa, anche, che se i flaps servono per aumentare la portanza dell'ala principale, il canard deve produrre più portanza ancora superiore per essere stabile. Il meccanismo per ottenere ciò è complicato, per cui molti canard non hanno i flaps. Conseguenza della mancanza dei flaps è una velocità di decollo più elevata e quindi la necessità di piste più lunghe.

Molti dei velivoli del tipo Rutan sono anche spingenti (il motore è posteriore). L'elica posteriore riduce gli effetti negativi dell'elica, ma determina alcune difficoltà nel posizionamento del CG e alla stabilità in imbardata. Burt ha risolto questi problemi, nel suo ultimo progetto, realizzando ali a freccia. Questo determina uno spostamento del centro aerodinamico in prossimità del motore e sposta le estremità alari abbastanza dietro il CG in modo che possono essere aggiunti degli ampi stabilizzatori verticali sulle estremità delle ali, agenti come delle superfici di coda così efficaci da rendere stabile il velivolo in imbardata. La soluzione più comune del problema è di aggiungere due travi di coda, che oltrepassino l'elica e colleghino gli stabilizzatori verticali ad una distanza sufficientemente lontana dall'elica da costruire il volume di coda necessario.

Infine, ci sono le "ali volanti", che hanno sempre le ali a freccia per motivi di stabilità. Come per tutti i velivoli, l'ala anteriore più distante deve fornire il più elevato coefficiente di portanza per consentire la stabilità. Sull'ala volante, la porzione di ala anteriore più distante, vicina alla radice alare, vola a un coefficiente di portanza maggiore che alle estremità. Si ottiene ciò con uno svergolamento fisico dell'ala o cambiando il profilo alare per produrre un coefficiente di portanza inferiore allo stesso angolo di incidenza. Le ali volanti hanno il più piccolo intervallo di spostamento del CG, rispetto agli altri velivoli. Essi hanno, anche, degli intervalli ridotti di incidenza stabile. Al di fuori di questi valori, possono rovesciarsi, e non sono più recuperabili. Altra difficoltà delle ali volanti è la stabilità in imbardata. Le prime versioni di ali volanti disponevano di pessimi stabilizzatori verticali, montati su delle travi di coda. Il bombardiere B-2 è l'unica vera ala volante (senza nessuna superficie verticale) a volare con successo. Ciò è stato reso possibile con l'aiuto di timoni di resistenza, comandati da computer di bordo, posti in vicinanza delle estremità alari. L'uomo non potrebbe far volare il B-2 senza l'aiuto dei computers.

Allora, la prossima volta che voi o qualcun altro eseguirà una semplice rappresentazione del velivolo, potrete comprendere perché la disposizione delle parti e le proporzioni dei pezzi appaiono sempre essere quasi uguali. Quelle sono le forme e le proporzioni che si adattano alle necessità della missione e si accordano con le leggi della fisica del volo.