

Il Centro di Gravità CG

La determinazione della posizione teorica del centro di gravità del modello (o meglio, dell'intervallo all'interno del quale il CG dovrà trovarsi) è, per importanza, seconda sola alla corretta imposizione della stessa sul nostro velivolo.

Infatti, una volta calcolata, è necessario imporla al modello tenendolo sospeso con due dita appoggiate sulla parte inferiore dell'ala in corrispondenza della linea che, perpendicolare all'asse della fusoliera, passa per il CG. In tali condizioni il velivolo dovrà mantenersi in equilibrio senza inclinarsi verso la coda o il muso.

Non è mai superfluo ricordare che questa prova deve essere eseguita con il modello "in ordine di volo", cioè dotato di radio, servi, motore e batterie installate ma, se alimentato a miscela, con il serbatoio vuoto.

Se l'assetto non è equilibrato si raccomanda di intervenire, per quanto possibile, con lo spostamento degli elementi al suo interno installati, utilizzando la zavorra in piombo solo come *estrema ratio*: peraltro ciò è abbastanza semplice nel caso dei modelli elettrici, ove è sufficiente spostare di poco l'alloggiamento del pacco di batterie.

Dal punto di vista teorico, la posizione del centro di gravità CG è condizionato solo dal profilo alare e dalla forma in pianta dell'ala. Per la sua localizzazione si assume una certa tolleranza, un *range* entro il quale potremo aspettarci un corretto assetto di volo.

All'interno di questo intervallo ma spostandoci in avanti (modello picchiato) otterremo un volo molto stabile, anche se poco reattivo, tipico da *trainer* (modello picchiato, modello salvato...), mentre arretrando il CG (modello pesante in coda), ma pur sempre all'interno dell'intervallo, il modello assumerà caratteristiche di volo più nervose e marcatamente acrobatiche: è inutile precisare che queste scelte andranno riferite anche alle proprie capacità di pilotaggio.

Al di fuori del suddetto *range*, non è possibile alcun assetto di volo stabile.

Per dare una risposta alla problematica della corretta determinazione della posizione del centro di gravità CG, ho voluto compilare, inizialmente per me stesso e l'*Electric Flight Team Flyers* ed ora per tutti quanti lo vorranno utilizzare, un semplice foglio di calcolo in formato Excel che permette il calcolo della posizione di questo famigerato CG, così importante da condizionare, nel bene e nel male, il volo dei nostri modelli.

Il software

Il software permette di calcolare la posizione del centro di gravità delle seguenti configurazioni alari:

- Ala rettangolare, ala a freccia (positiva o negativa), ala a delta, fino a tripla rastremazione

- Biplano, triplano ad ala rettangolare, ala a freccia (positiva o negativa), a singola rastremazione
- Canard ad ala rettangolare, ala a freccia (positiva o negativa), ala a delta, fino a tripla rastremazione

Abbiamo visto che la posizione del centro di gravità è funzione della forma in pianta dell'ala e del profilo impiegato: il primo passo è dunque descrivere geometricamente le prima.

Per fare ciò il documento Excel è composto da tre fogli, catalogati in base alla configurazione dell'ala:

- Tripla rastremazione, che consente lo studio di ali rettangolari, ali a freccia (positiva o negativa), ali a delta, fino ad ali a tripla rastremazione
- Bi-Triplano, per biplani o triplani ad ali rettangolari, ali a freccia (positiva o negativa), comunque a singola rastremazione
- Canard, per forme d'ali e stabilizzatori rettangolari, a freccia (positiva o negativa), a delta, fino a tripla rastremazione,

pertanto cominceremo scegliendo il foglio corrispondente al nostro caso.

In ogni foglio è riportato lo schema delle grandezze coinvolte. In particolare:

- le “*L*” identificano le aperture alari dei diversi tronconi in cui l'ala è stata suddivisa
- le “*c*” rappresentano le corde alla radice o estremità di ogni tronco
- le “*A*”, calcolate dal programma, sono le corrispondenti aree e “*A tot*” è la semi-area totale dell'ala
- gli “*alfa*” sono gli eventuali angoli di freccia misurati al bordo d'entrata
- i “*k*” sono i coefficienti che tengono conto della forma del nostro profilo
- “*YG tot*” è il risultato del calcolo, cioè la posizione del baricentro misurata sulla mezzeria dell'ala (radice) a partire dal bordo d'entrata.

Nei fogli “Bi-Triplano” e “Canard” appare anche la variabile “*D*”: rappresenta rispettivamente, la distanza fra le ali misurata rispetto ai bordi d'entrata nelle configurazioni biplane o triplane, e la distanza fra ala principale e stabilizzatore anteriore nei Canard, sempre rispetto ai bordi d'entrata, misurata sull'asse longitudinale (mezzeria).

La suddivisione della semi-ala in tronconi è necessaria per potere studiare anche ali a doppia e tripla rastremazione, tipica degli alianti ad elevate prestazioni con particolare distribuzione della portanza.

I campi da completare sono quelli evidenziati in giallo, mentre gli altri rappresentano risultati di calcoli da parte del software.

Se la vostra ala è semplicemente rettangolare, a corda costante o senza angolo di freccia, inserite semplicemente “0” (zero) nel corrispondente campo.

Per i coefficienti “*k*” vi sia da guida la tabella riportata sul primo foglio, e valida per tutti gli altri: attraverso questo parametro colleghiamo la posizione dal baricentro alla forma del profilo alare.

Scegliete la coppia di valori che rappresenta il vostro caso e ricordate le considerazioni riportate all'inizio di questo documento: esiste un intervallo all'interno del quale il volo è stabile, ma la collocazione del CG entro questo *range* produce effetti diversi a seconda

che ci si collochi verso il suo estremo superiore piuttosto che l'inferiore, consentendo di adattare le caratteristiche del modello alle vostre esigenze.
Potreste pertanto effettuare il calcolo prima digitando nell'apposito campo il coefficiente maggiore e poi il minore per individuare l'intervallo, oppure utilizzare una media fra i due, per poi perfezionare l'assetto al campo con le prove di volo.

Esempi di calcolo

1) Si voglia, ad esempio, determinare la posizione del CG per un aeromodello con ala rettangolare avente le seguenti caratteristiche:

Apertura alare: 1000 mm

Corda: 150 mm

Profilo biconvesso simmetrico

Utilizzando il foglio "Tripla rastremazione" e considerando che c'è solo un troncone:

$L1 = 500\text{mm}$ (Semi-ala !!!)

$L2 = L3 = 0$

$C1 = C2 = 150\text{ mm}$

$C3 = C4 = 0$

$\text{Alfa}1 = 0^\circ$ (ala rettangolare)

$\text{Alfa}2 = \text{Alfa}3 = 0^\circ$

$K2 = K3 = 0$

Per il profilo in oggetto, il *range* dei due coefficienti K in tabella ci consente di determinare: con $K1 = 0,250$ YG tot= 38 mm, con $K1 = 0,280$ YG tot= 42 mm, misurati sulla mezzeria (radice) a partire dal bordo d'entrata.

Il centraggio potrà essere effettuato all'interno di questo intervallo.

2) Determinare la posizione del CG per un aeromodello con ala a freccia (tipo *Tzagi* o *Polistirali*) avente le seguenti caratteristiche:

Apertura alare: 1200 mm

Corda alla radice: 320 mm

Corda all'estremità: 150 mm

Angolo di freccia: 30 gradi

Profilo autostabile (tutt'ala)

Utilizzando il foglio "Tripla rastremazione" e considerando che c'è solo un troncone:

$L1 = 600\text{mm}$ (apertura della semi-ala)

$L2 = L3 = 0$

$C1 = 320\text{ mm}$

$C2 = 125\text{ mm}$

$C3 = C4 = 0$

$\text{Alfa}1 = 30^\circ$ (angolo di freccia)

$\text{Alfa}2 = \text{Alfa}3 = 0^\circ$

$K2 = K3 = 0$

Per il profilo in oggetto, il *range* dei due coefficienti K in tabella ci consente di determinare: con $K1 = 0,200$ YG tot= 201 mm, con $K1 = 0,250$ YG tot= 214 mm.

Un centraggio "estremo" potrà essere a 210 mm (arretrato), uno più tranquillo a 205 mm (avanzato).

3) Determinare la posizione del CG per un aeromodello con ala a delta triangolare (tipo *Pibros*) avente le seguenti caratteristiche:

Apertura alare: 800 mm

Corda alla radice: 400 mm

Corda all' estremità: 0 mm (ala triangolare)

Angolo di freccia: 45 gradi

Profilo autostabile

Utilizzando il foglio "Tripla rastremazione" e considerando che c'è solo un troncone:

$L1 = 400\text{ mm}$ (Semi-ala !!!)

$L2 = L3 = 0$

$C1 = 400\text{ mm}$

$C2 = 0$ (estremità finisce a punta, ala triangolare)

$C3 = C4 = 0$

$\text{Alfa}1 = 45^\circ$ (angolo di freccia)

$\text{Alfa}2 = \text{Alfa}3 = 0^\circ$

$K2 = K3 = 0$

Per il profilo in oggetto, il *range* dei due coefficienti K in tabella ci consente di determinare, considerato un valore medio $K1 = 0,225$, la quota di centraggio a YG tot = 193 mm dalla punta.

4) Determinare la posizione del CG per un aeromodello con ala a tripla rastremazione avente le seguenti caratteristiche:

Apertura alare: 2400 mm

Apertura 1° rastremazione: 330 mm

Apertura 2° rastremazione: 470 mm

Apertura 3° rastremazione: 400 mm

Corda radice 1° rastremazione: 130 mm

Corda estremità 1° rastremazione/radice 2° rastremazione: 130 mm

Corda estremità 2° rastremazione/radice 3° rastremazione: 114 mm

Corda estremità 3° rastremazione: 86 mm

Angolo di freccia 1° rastremazione: 0°

Angolo di freccia 2° rastremazione: 2°

Angolo di freccia 3° rastremazione: 4°

Profilo piano convesso su 1° rastremazione

Profilo biconvesso asimmetrico su 2° rastremazione

Profilo biconvesso simmetrico su 3° rastremazione

Utilizzando il foglio "Tripla rastremazione", considerata la presenza di tre differenti tronconi:

$L1 = 330\text{ mm}$ (apertura 1° troncone)

$L2 = 470\text{ mm}$

$L3 = 400\text{ mm}$

$C1 = 130\text{ mm}$ (corda radice 1° troncone)

$C2 = 130\text{ mm}$ (Corda estremità 1° troncone/radice 2°)

$C3 = 114\text{ mm}$

$C4 = 86\text{ mm}$

$\text{Alfa}1 = 0^\circ$ (angolo di freccia 1° troncone)

$\text{Alfa}2 = 2^\circ$

$\text{Alfa}3 = 4^\circ$

Per i profili utilizzati su ogni singolo troncone potremo considerare $K_1= 0,300$ sul 1° , $K_2= 0,270$ sul 2° , $K_3= 0,250$ sul 3° .
Otterremo $YG_{tot}= 44$ mm.

5) Determinare la posizione del CG per un aeromodello biplano con ali rettangolari aventi le seguenti caratteristiche:

Apertura alare ala più avanzata: 1000 mm
Corda ala più avanzata: 150 mm
Apertura alare ala arretrata: 1300 mm
Corda ala arretrata: 150 mm
Distanza fra le ali: 40 mm
Profili piano convessi per entrambe le ali

Utilizzando il foglio "Bi-Triplano", detta "D" la distanza, misurata in pianta, fra il bordo d'entrata dell'ala più avanzata rispetto al bordo d'entrata di quella arretrata:

$L_1= 500$ mm (Semi-ala più avanzata)
 $L_2= 650$ mm
 $L_3= 0$ (non c'è terza ala, non è triplano)
 $C_1=C_2= 150$ mm (l'ala è rettangolare)
 $C_3=C_4= 150$ mm
 $C_5=C_6= 0$
 $D_1= 40$ mm (distanza fra i bordi d'entrata delle due ali)
 $D_2= 0$ (non c'è una terza ala)
 $\text{Alfa}_1=0^\circ$ (ala rettangolare)
 $\text{Alfa}_2=0^\circ$ (ala rettangolare)
 $\text{Alfa}_3=0^\circ$ (non c'è)
Per il profilo in oggetto, il *range* dei due coefficienti K in tabella ci consente di determinare: con $K_1=0,300$ $YG_{tot}= 42$ mm, con $K_1=0,330$ $YG_{tot}= 44$ mm.

Il centraggio potrà essere effettuato all'interno di questo intervallo.

6) Determinare la posizione del CG per un aeromodello "Canard" con ala principale a doppia rastremazione e stabilizzatore anteriore rettangolare, avente le seguenti caratteristiche:

Ala principale:

Apertura alare: 1600 mm
Apertura 1° rastremazione: 330 mm
Apertura 2° rastremazione: 470 mm
Corda radice 1° rastremazione: 230 mm
Corda estremità 1° rastremazione/radice 2° rastremazione: 200 mm
Corda estremità 2° rastremazione/radice 3° rastremazione: 150 mm
Angolo di freccia 1° rastremazione: 10°
Angolo di freccia 2° rastremazione: 20°
Profilo biconvesso asimmetrico, comune ad entrambi i tronconi

Stabilizzatore:

Apertura alare: 900 mm
Corda: 100 mm
Profilo biconvesso simmetrico

Distanza fra le ali: 500 mm

Utilizzando il foglio "Canard", per l'ala principale:

L1= 330 mm (apertura 1° troncone)

L2= 470 mm

L3= 0 mm

C1= 230 mm (corda radice 1° troncone)

C2= 200 mm (Corda estremità 1° troncone/radice 2°)

C3= 150 mm

C4= 0

Alfa1=10° (angolo di freccia 1° troncone)

Alfa2= 20°

Alfa3= 0

K1=K2= 0,285 (consideriamo il valore medio)

K3=0

per lo stabilizzatore:

L4= 450 mm (semi-apertura)

L5=0

L6= 0

C5= 100 mm

C6= 100 mm

C7=C8=0

Alfa4=Alfa5=Alfa6=0°

K4= 0,265 (valore medio)

K5=K6=0

D= 500mm (intesa come distanza fra i bordi d'entrata di ala e stabilizzatore misurata sulla mezzeria)

Per la configurazione in oggetto, la posizione del centro di gravità raccomandata è più arretrata di $Y_{Gtot} = 3$ mm. rispetto al bordo d'entrata dell'ala principale, misurata in mezzeria.

Se il segno di Y_{Gtot} appare negativo, significa che il CG è localizzato davanti all'ala principale, fra questa e lo stabilizzatore anteriore (vedasi schema su foglio elettronico)

Nota Importante:

L'autore non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori, omissioni e danni che dovessero manifestarsi quale conseguenza dell'utilizzo del software.

Il materiale è di pubblico dominio ma non può essere copiato, distribuito e riprodotto a fine di lucro.