

Traduzione dell'articolo "AIRSPEED CALIBRATION" di Ed Kolano tratto dalla rivista Sport Aviation di settembre 2003.

CALIBRAZIONE DELLA VELOCITA'

Come trasformare i dati di prova in informazioni utili

SOMMARIO

Ulteriore articolo di Ed Kolano della serie dedicata alle prove in volo e alle modalità di elaborazione dei dati rilevati durante le prove in volo per poterli trasformare in grandezze quantitative per la pianificazione e la condotta dei voli del proprio velivolo.

Nell'ultima puntata di "Test Pilot", abbiamo descritto le procedure al suolo per eseguire le prove di calibrazione in volo della velocità. L'esecuzione di due percorsi opposti a velocità osservata costante e a quota costante, con una velocità del vento inferiore a 5 kts, vi ha permesso di calcolare la media delle due velocità rispetto al suolo, cosicché potete assumere questo valore come fosse la velocità vera media. Questa volta, prenderemo i dati da una serie di corse e li trasformeremo in un diagramma della velocità calibrata (V_C) rispetto alla velocità osservata (V_O) per il manuale di volo del vostro velivolo.

Durante ognuna delle corse di prova voi avrete registrato la V_O , la quota pressione (PA), la temperatura esterna (OAT) e il tempo impiegato per volare tra i due punti di riferimento d'inizio e di fine. Avrete, anche, annotato la configurazione esterna del velivolo per la prova. A vantaggio della documentazione, sapendo che farete qualche controllo puntuale durante un altro volo, avrete calcolato il peso del velivolo, prima e dopo le prove in volo, e avrete stimato il suo valore medio durante le prove.

Carrello	Flap	Valori di prova				Valori calcolati			
		Tempo cronometrato (s)	Velocità osservata (kts)	Quota pressione (ft)	OAT (°C)	Velocità al suolo (kts)	Velocità al suolo media (kts)	Velocità calibrata (da tabella)	Velocità calibrata (calcolata)
Up	0	40.0	120	1200	10	116.87	---	---	---
Up	0	36.9	102	1200	10	126.69	121.78	120.20	120.21
Up	0	35.1	140	1250	10	133.18	---	---	--
Up	0	32.9	140	1250	10	142.09	137.64	135.74	135.74
Up	0	30.4	162	1200	11	153.78	---	---	---
Up	0	28.5	162	1200	11	164.03	158.90	156.57	156.58
Up	0	48.0	100	1200	11	97.39	---	---	---
Up	0	43.6	100	1200	11	107.22	102.31	100.8	100.81
Up	0	56.5	85	1250	12	82.74	---	---	---
Up	0	50.3	85	1250	11	92.94	87.84	86.47	86.48

La figura 1 suggerisce una griglia, completa dei dati di prova ipotetici e dei valori inseriti

dopo i tests, che useremo per il processo di elaborazione dati. Osservate che le sei colonne a sinistra sono identiche ai dati campione usati il mese scorso. I numeri inseriti sono quelli rilevati durante le vostre prove. Noi utilizzeremo la velocità di 120 kts della griglia per la nostra spiegazione.

La velocità rispetto al suolo

Dovete calcolare la velocità media rispetto al suolo di ogni corsa nello stesso modo che utilizzate quando volate per turismo, dividendo la distanza per il tempo impiegato. Conoscendo la lunghezza della corsa, 7890 ft nel nostro esempio, e il tempo impiegato per la prova, potete calcolare la velocità al suolo dividendo la distanza percorsa per il tempo impiegato a percorrerla:

$$V_G = 0.5925 * \text{lunghezza percorso} / \text{tempo impiegato}.$$

In questa equazione, la lunghezza è in piedi, il tempo è in secondi e 0.5925 è un fattore di correzione per ottenere la V_G in kts (userete 0.6818 per ottenere al V_G in mph). Sostituendo i nostri dati, presi dalla prima riga della tabella, nell'equazione, otteniamo:

$$V_G = 0.5925 * 7890 / 40.0 = 116.87 \text{ kts}.$$

Ripetiamo il calcolo della V_G per ogni corsa e inseriamo il valore nella colonna “velocità al suolo”.

Parliamo un po' del vento. Paragonando il tempo impiegato e la velocità al suolo dei due percorsi della prima riga, troviamo una differenza di 3.1 s e circa 10 kts. Essa è dovuta al vento di 5 kts costanti, di fronte in un senso, in coda nell'altro.

Qualora aveste avuto questi 5 kts di vento al traverso, la distanza reale durante la corsa sarebbe stata superiore a 7890 ft, perché il velivolo si è spostato sottovento. Dovreste calcolare l'angolo dello spostamento e la distanza reale, ma non è proprio necessario. Se eseguirete le prove solo con vento uguale o inferiore a 5 kts, l'errore commesso sarà inferiore a un quarto di nodo, per un tipico velivolo homebuilt che percorra una base come quella suggerita nel mese scorso da “Test pilot”.

Bene, ora conoscete le V_G di 116.87 e 126.69 kts per il primo paio di corse. Eseguendo la media tra questi valori si elimina ogni effetto del vento (formula 3).

Il prossimo passaggio richiede di guardare indietro. Quando pianificate un volo di trasferimento, calcolate la velocità al suolo attesa applicando il vento previsto alla velocità vera pianificata. Quando eseguite la riduzione dati per la calibrazione, facendo la media tra V_{G1} e V_{G2} rimuovete l'effetto del vento, cosicché la media calcolata V_G è anche la velocità vera.

Assumiamo che il volo prova per la calibrazione della velocità non avvenga oltre i 10000 ft di quota pressione ed a velocità superiore a 200 kts, per cui potrete ignorare gli effetti della comprimibilità sull'anemometro. Ciò che vi resta è di convertire V_T in V_C , ma c'è un piccolo inconveniente. Dovete conoscere la temperatura ambiente, ma il sensore della OAT sente la temperatura totale.

La conversione della temperatura totale a quella dell'ambiente, richiede la conoscenza della velocità calibrata, che è la stessa che state cercando. Per fortuna, molti di noi non devono aver paura di questo argomento che si mangia la coda, perché l'uso della OAT invece della temperatura

ambiente è di solito inferiore a mezzo nodo per quote pressione inferiori a 10000 ft e velocità fino a 200 kts.

Potrete determinare la V_C servendovi della tabella in fig. 2 e un po' di matematica, oppure potete lasciar perdere la tabella ed usare solo la matematica (ma è un po' più complicato). Vi mostriamo entrambi i metodi.

Quota pressione (ft)	Pressione (lb/ft ²)
0	2116.22
500	2078.26
1000	2040.85
1500	2003.99
2000	1967.68
2500	1931.89
3000	1896.64
3500	1861.91
4000	1827.70
4500	1793.99
5000	1760.79
5500	1728.09
6000	1695.89
6500	1664.17
7000	1623.93
7500	1602.17
8000	1571.89
8500	1542.06
9000	1512.70
9500	1483.79
10000	1455.33

Figura 2

FORMULA 3 $V_{G\text{MEDIA}} = (V_{G1} + V_{G2}) / 2 = 116.87 + 126.69 / 2 = 121.8$

FORMULA 4 $V_C = 0.369 * V_G * \sqrt{P / (OAT + 273.15)}$

FORMULA 5 $V_C = 0.369 * 121.78 * \sqrt{2026.12 / (10 + 273.15)} = 120.21$

FORMULA 6 $V_C = 16.976 * 121.78 / \sqrt{(OAT + 273.15) * (1 - 6.8756 * 10^{-6} * PA)^{2.628}}$

FORMULA 7 $V_C = 16.976 * 121.78 / \sqrt{(10 + 273.15) * (1 - 6.8756 * 10^{-6} * 1200)^{2.628}}$

Metodo con uso della tabella

La figura 2 dà la quota pressione e la pressione corrispondente. Si deve usare la pressione (P) che corrisponde alla quota pressione durante la corsa di prova insieme con la V_T (velocità al suolo in fig. 1) e la OAT per calcolare V_C con la formula 4. In questa P è in lb/ft², OAT in gradi C, V_G e V_C sono in kts e 0.369 include i valori standard di pressione e temperatura per semplificare l'equazione.

Servendosi dei dati della griglia d'esempio e della fig. 2, si ottiene la formula 5. Osservate che V_C (tabella) in fig. 1 per questa corsa di prova vale 120.20 kts, ma il valore calcolato vale 120.21 kts. La discrepanza di 0.01 kts tra i due valori è dovuta all'interpolazione di P dalla tabella in fig. 2 per il nostro esempio. La V_C nella fig. 1 è stata calcolata servendosi dell'atmosfera standard, che è più accurata di quella interpolata. Se considerate che 0.01 kts rappresenta la differenza di 1 ft/min (meno di tre lunghezze di velivoli per il volo di un'ora), non è proprio qualcosa di cui preoccuparsi.

Metodo con uso di sole equazioni

Se non disponete delle tabelle dell'atmosfera standard, lasciate perdere l'interpolazione o decidete di applicarla all'intero processo di riduzione dati, usando il computer, iniziando con la formula 6, ancora, V_C e V_G sono in kts e OAT è in gradi C, PA in ft, proprio come i valori riportati nella vostra griglia. I valori numerici tengono conto di quelli standard di pressione temperatura, densità al suolo, rateo di variazione della temperatura e un po' di altre costanti per semplificare l'equazione.

Inserendo i dati della griglia, otteniamo la formula 7. Confrontando i valori di V_C della tabella e calcolati nella fig. 1, potete notare che entrambi sono in accordo. Il metodo che sceglierete dipende da quanto sofisticato è il vostro computer, in realtà dipende dalla personale preferenza.

Ripetete l'intera procedura per le coppie restanti e la griglia finale dovrebbe assomigliare a quella della fig. 1. Certamente, la vostra tabella, forse, non avrà due colonne per la V_C (a meno che decidiate di usare entrambi i metodi). E'arrivato il momento di trasformare la vostra griglia in qualcosa di più maneggevole per il pilota.

Un diagramma vale 1000 parole

Ricordate: il motivo di crearsi queste difficoltà è di produrre un riferimento che vi dia la velocità calibrata per ogni velocità osservata (ciò che leggete sul vostro anemometro). La vostra griglia fornisce la correlazione per molte velocità e diagrammando V_C rispetto a V_O disporrete delle informazioni per ogni velocità.

Su un foglio di carta millimetrata, tracciate una coppia di assi cartesiani. Chiamate l'asse orizzontale "Velocità osservata" e quello verticale "Velocità calibrata". Inserite le coppie di valori V_O (quella che leggete sull'anemometro) e V_C . Una linea ben tracciata lungo i punti segnati vi darà una curva come quella di fig. 3.

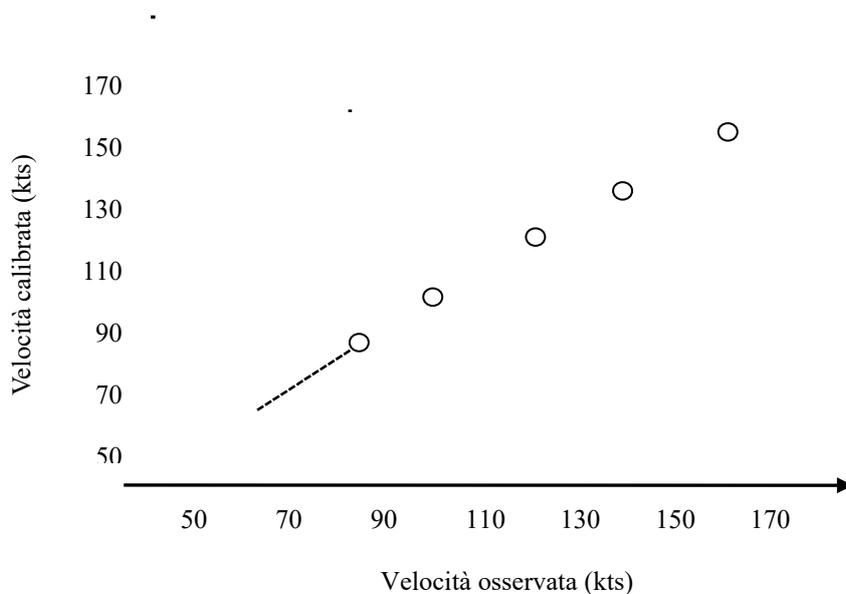


Figura 3

Se la linea congiunge bene i vostri punti, potete proseguirla con quella tratteggiata per mostrare la correlazione $V_C - V_O$ alle velocità più basse di quelle che avete provato. Ricordate che questa è un'estrapolazione e la differenza tra V_O e V_C , generalmente, aumenta alle basse velocità.

Non confidate troppo su questa estrapolazione per avere un'indicazione certa di quanto volate più veloci della velocità di stallo. Le vostre prove della velocità di stallo considereranno differenti configurazioni, pesi e centraggi.

Non dimenticate di eseguire la stessa riduzione di dati per quelle velocità che verificherete qua e là a diversi pesi. Potete riportare i dati sul piano $V_O - V_C$ per verificare quanto sono vicini alla curva, col peso iniziale. Se questi punti cadono troppo sotto o sopra la linea, dovrete eseguire un'altra calibrazione completa a questo secondo peso. Tracciate la seconda linea sullo stesso grafico, senza dimenticare di identificarla chiaramente. Potete riportare sullo stesso grafico le linee relative alle altre configurazioni, purché non risultino troppo confuse. A questo punto, disponete di un grafico maneggevole per il vostro "Flight Manual" per pianificare i vostri voli turistici e per disporre di riferimenti durante il volo.

Se doveste modificare esternamente il vostro velivolo dopo aver condotto queste prove, probabilmente dovrete eseguire un'altra calibrazione dell'anemometro, se la modifica dovesse influire sul flusso dell'aria in prossimità delle prese statiche dell'impianto statica-dinamica. Se la modifica influisce sull'indicazione dell'anemometro, dipende da dove essa influisce sulle le prese statiche. Una buon'idea è di eseguire qualche verifica puntuale dopo la modifica. Se i valori cadono fuori dalla linea, dovrete eseguire un'altra calibrazione completa dell'impianto.

Qualche considerazione sul giudizio

Durante le vostre prove in volo, voi esercitate una buona valutazione di pilotaggio scegliendo il luogo per le prove, la quota minima, la preparazione ad azioni d'emergenza, etc. Durante la riduzione dei dati voi dovrete applicare il buon giudizio ingegneristico.

Per esempio, se osservate sulla registrazione dati che la velocità varia di 5 kts durante il cronometraggio, scartate i rilievi. Se qualche punto sembra essere ben fuori da una buona linea d'interpolazione, riguardate le vostre carte per capirne la ragione. Note "qualitative" sulle vostre registrazioni possono essere veramente utili, dopo i voli, per aiutarvi a capire i dati che sembrano non accordarsi bene.

Maggiore è il numero di dati raccolti in prova, migliore sarà la confidenza nei vostri risultati. Provate cinque o sei velocità in volo. Di più è ancor meglio! Le velocità che sceglierete dovranno coprire l'intero intervallo per quella configurazione. Le velocità delle prove non devono essere esatte, ma devono essere vicine a quelle scelte.

Per esempio, se il piano richiede di percorrere la base a 130 kts, ma vi trovate a 126 kts quando siete prossimi al pilone di partenza, va bene lo stesso. Ricordate che tratterete comunque una linea interpolatrice tra questi punti e non c'è alcuna ragione d'interrompere la corsa per una migliore, solo per qualche nodo di differenza. Quello che non dovete fare è di iniziare a 126 kts e cercare di migliorare uscendo a 134 kts. L'obbiettivo è di mantenere la velocità scolpita nella roccia per tutto il tratto. La prima corsa è stata a 126 kts, il ritorno dev'essere a 126 kts. Annotate ogni

evento potenzialmente influente durante le corse, perché vi potrebbe aiutare, dopo il volo, a comprendere dei dati apparentemente anomali.

Tutto qua. La riduzione dei dati, al primo momento, può sembrare complessa, ma la imparerete in poco tempo.