



Dipartimento
Ingegneria Aerospaziale


Università di Napoli Federico II

ADAG
RESEARCH GROUP
www.dpa.unina.it/adag

Corso Manovre e Stabilità

Derivate Instazionarie - Longitudinale

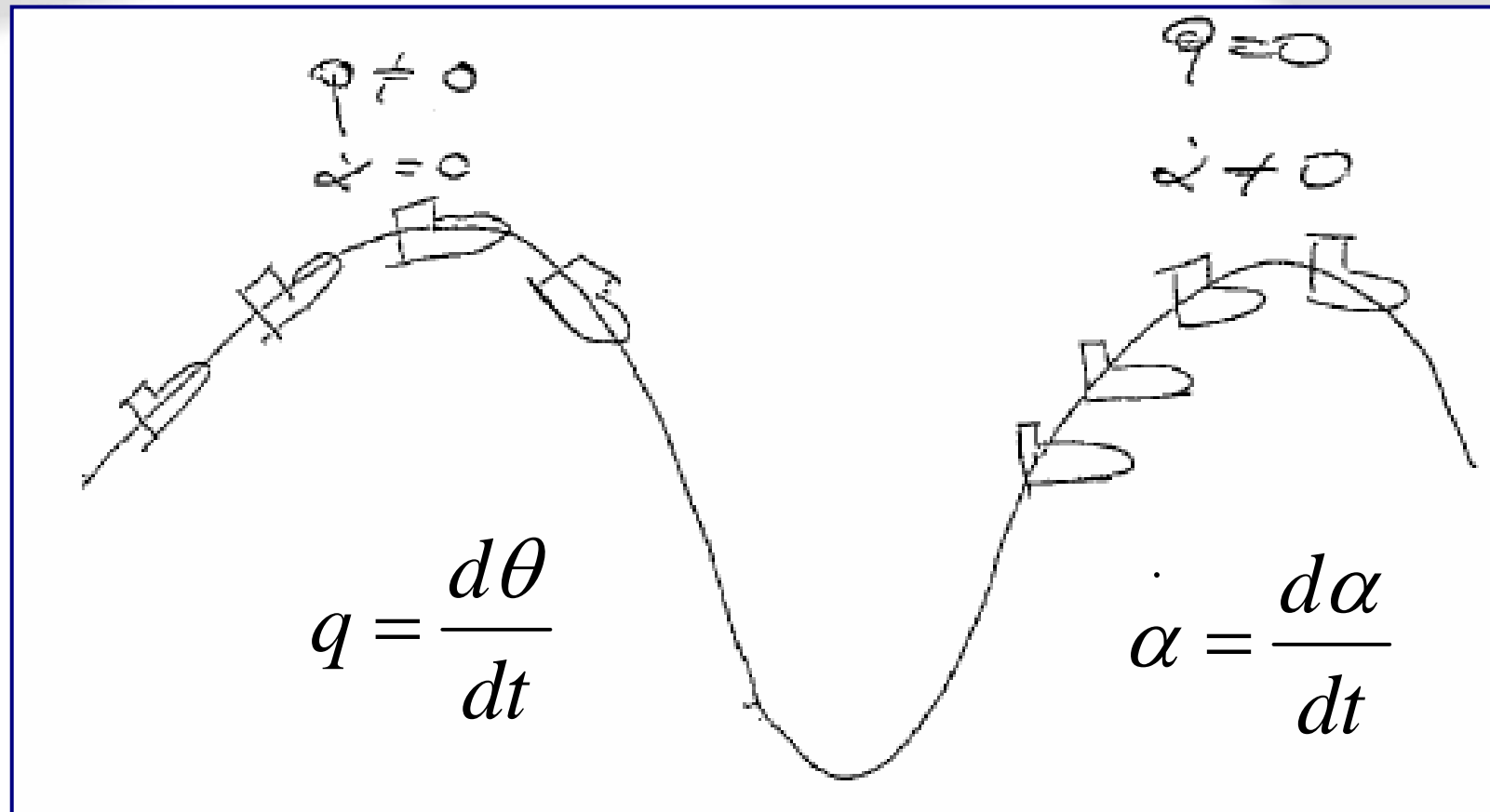
Docente
Fabrizio Nicolosi

Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale
Università di Napoli "Federico II"
e.mail : fabrnico@unina.it



LONGITUDINALE

Tipicamente in volo in manovra si hanno entrambi gli effetti.



LONGITUDINALE

Le velocità angolari hanno dimensione (rad/s) quindi l'inverso di un tempo.

Per uniformarci con le derivate latero-direzionali (dove compare come lunghezza caratteristica $b/2$):

$$\bar{q} = \frac{\bar{q}c}{2V}$$

$$\dot{\bar{\alpha}} = \frac{\dot{\bar{\alpha}}c}{2V}$$



LONGITUDINALE

Gli effetti sono diversi:

Gli effetti sono comunque molto differenti: se varia l'assetto l'effetto è prettamente aerodinamico, se varia l'angolo di beccheggio l'effetto è di tipo meccanico.

Se il velivolo è vincolato nel baricentro, le rotazioni intorno all'asse di beccheggio coincidono con le variazioni di assetto. Una variazione di angolo d'attacco comporta una distribuzione di pressione differente su ala e piano di coda, e l'effetto è unicamente aerodinamico. Inoltre se le variazioni di assetto sono troppo rapide, il fluido non riesce ad adattarsi in tempo al nuovo angolo d'attacco e possono insorgere fenomeni di instazionarietà (come per esempio la formazione di vortici di Von Karman o il vortex shedding).



LONGITUDINALE

Gli effetti sono diversi:

La variazione di δ è legata invece ad una rotazione rigida: un oggetto posto ad una distanza r dal centro di rotazione ha una velocità periferica pari a qr , per cui vede una velocità relativa differente. Il piano di coda orizzontale, per esempio, vede una distribuzione trapezoidale delle velocità.

Il problema si pone anche per l'ala. Che se ruota intorno al c.a. vede (per rotazioni positive, ovvero a cabrare) una diminuzione degli angoli d'attacco sulla parte prodiera e un incremento in prossimità del bordo d'uscita.

Ci fa comodo stimare i due effetti separatamente, ma in realtà essi sono inscindibili.

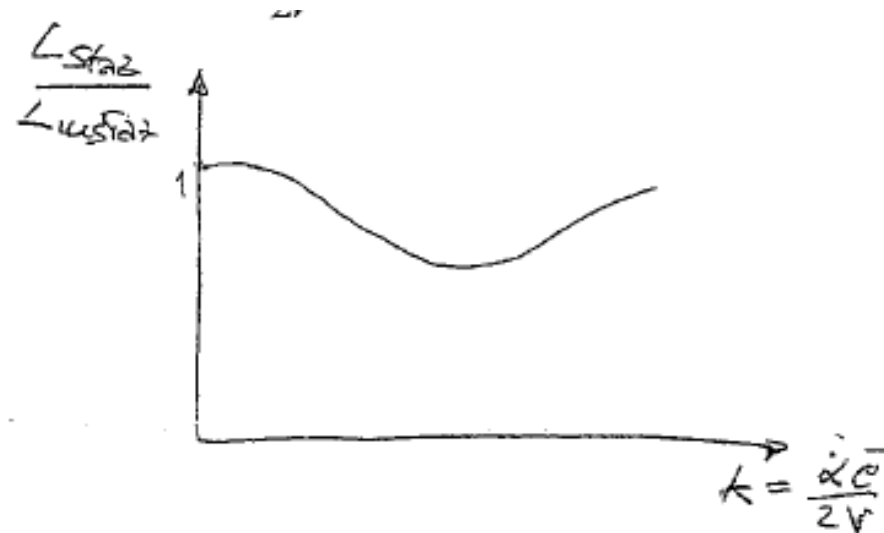


LONGITUDINALE

EFFETTI dovuti ad $\dot{\alpha}$

- Instazionario
- Quasi stazionario (frequenza ridotta molto bassa)

$$\alpha = \frac{\dot{\alpha} c}{2V} \quad \text{Frequenza ridotta (numero di Strouhal)}$$



LONGITUDINALE

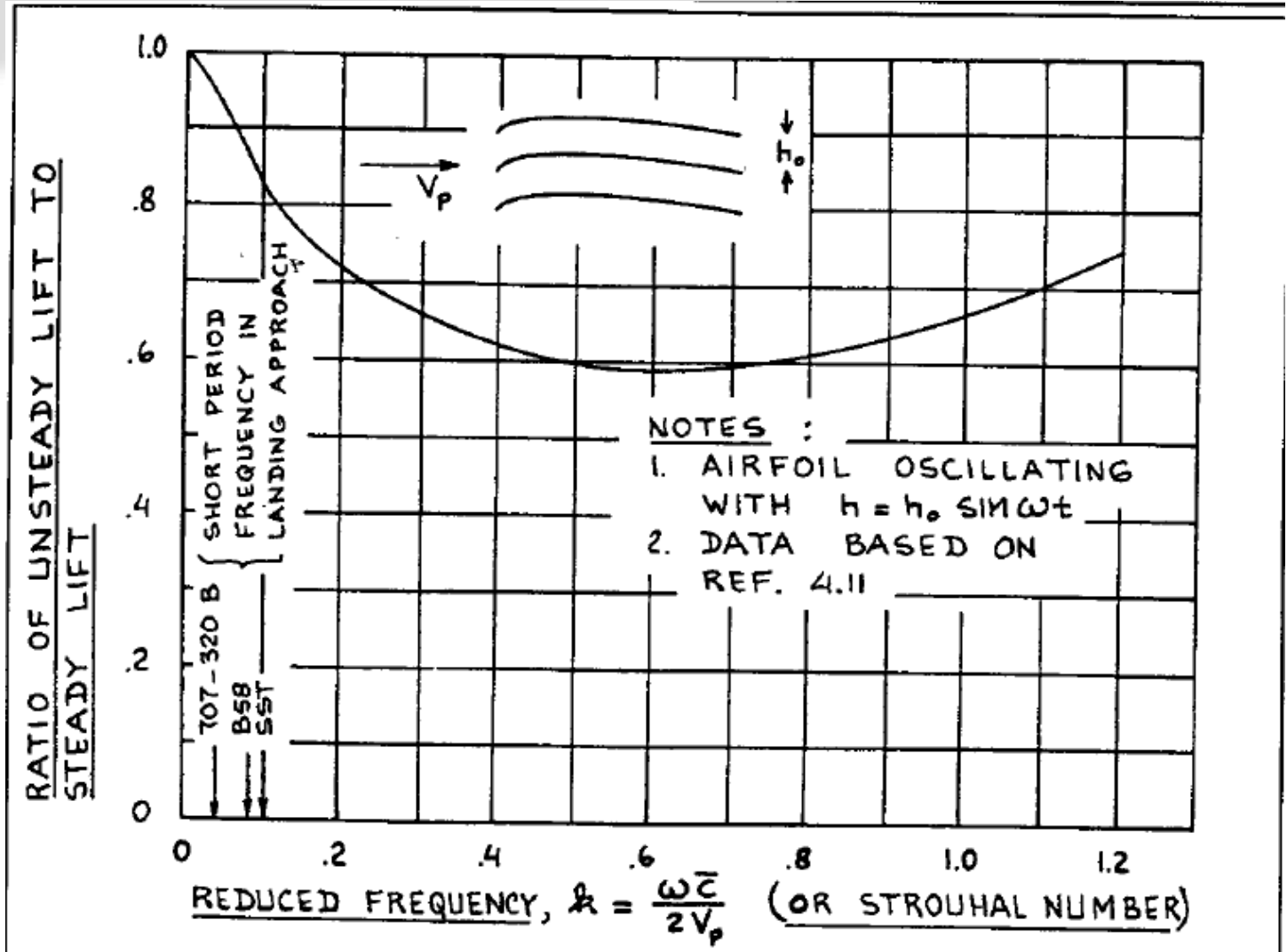
$$\alpha = \frac{\alpha c}{2V} \quad \text{Frequenza ridotta (numero di Strouhal)}$$

IPOSTESI:

Quasi stazionario:

$$\left[\text{reduced frequency} \right] = k$$

$$= \frac{\dot{\alpha} \bar{c}}{2U_1} < 0.04$$

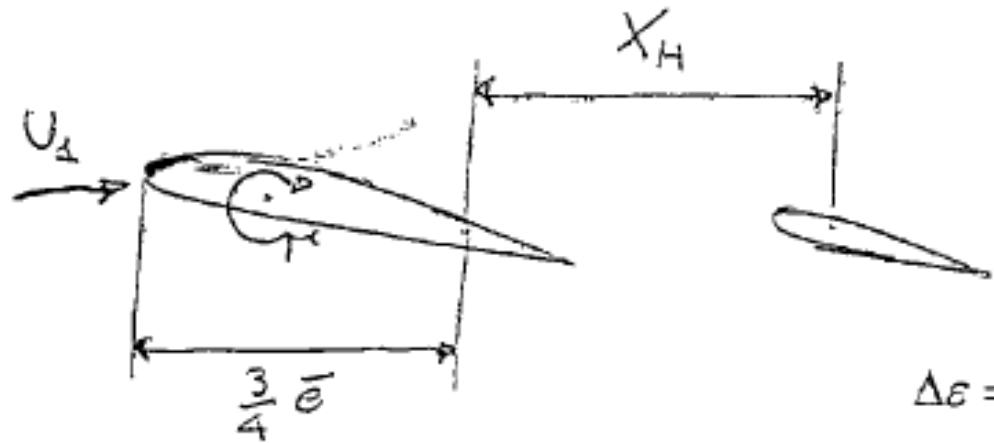


LONGITUDINALE

$$\bar{\alpha} = \frac{\dot{\alpha} c}{2V}$$

Frequenza ridotta (numero di Strouhal)

L'effetto sul PO è la variazione di downwash



$$\Delta \varepsilon = -\frac{d\varepsilon}{d\alpha} \dot{\alpha} \Delta t = -\frac{d\varepsilon}{d\alpha} \dot{\alpha} \frac{x_H}{U_1}$$



LONGITUDINALE

$$\bar{\alpha} = \frac{\dot{\alpha} c}{2V} \quad \text{Frequenza ridotta (numero di Strouhal)}$$

$$\alpha_H = \alpha - \varepsilon$$

$$\Delta \varepsilon = -\frac{d\varepsilon}{d\alpha} \dot{\alpha} \Delta t = -\frac{d\varepsilon}{d\alpha} \dot{\alpha} \frac{x_H}{U_1}$$

$$\Delta C_{L_H} = -C_{L\alpha_H} \Delta \varepsilon = C_{L\alpha_H} \frac{d\varepsilon}{d\alpha} \dot{\alpha} \frac{x_H}{U_1}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\dot{\alpha} c}{2V}$$

$$C_{L\dot{\alpha}} = (C_{L\dot{\alpha}})_{WB} + 2\eta_H \frac{S_H}{S} \bar{X}_H \frac{d\varepsilon}{d\alpha} C_{L\alpha_H}$$

$$C_L = C_{L_0} + C_{L\alpha} \alpha + C_{L\delta_e} \delta_e + C_{L\dot{\alpha}} \left(\frac{\dot{\alpha} c}{2V} \right)$$



LONGITUDINALE

$$\bar{\alpha} = \frac{\dot{\alpha} c}{2V}$$

Frequenza ridotta (numero di Strouhal)

Effetto sul controllo e stabilità longitudinale (C_m)

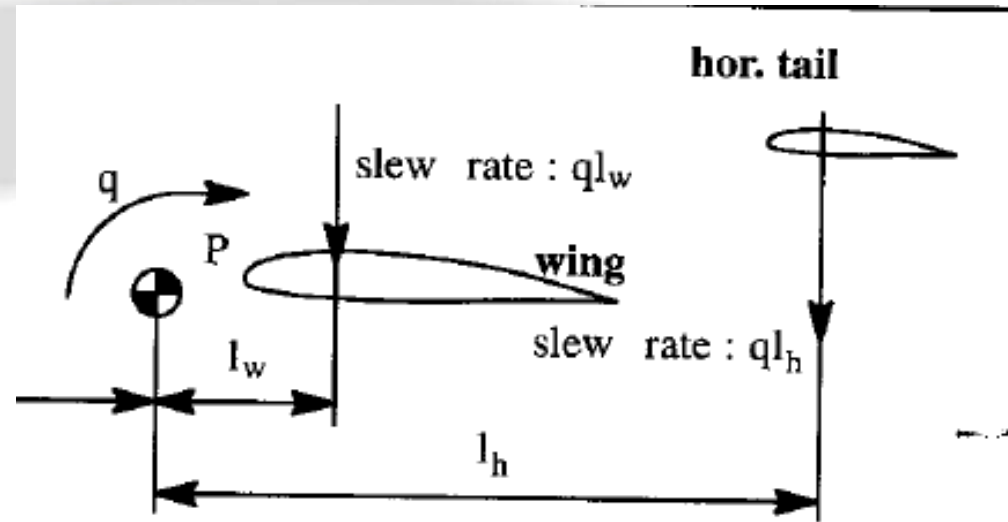
$$C_{m\dot{\alpha}} = \frac{\partial C_m}{\partial \left(\frac{\dot{\alpha} c}{2V} \right)} = -2C_{L\alpha} \frac{d\varepsilon}{d\alpha} \eta_h V_H \frac{X_H}{c}$$

Derivata di smorzamento a beccheggio



LONGITUDINALE

$$\bar{q} = \frac{qc}{2V} \quad \text{Effetti legati a } q$$



L'effetto è di tipo meccanico, poiché riguarda la rotazione rigida di un corpo. Se $q > 0$ (rotazione a cabrare), l'angolo d'attacco aumenta per i punti posti alle spalle del baricentro. La fusoliera non ha elevata pendenza della retta di portanza, per cui l'effetto più rilevante è quello sentito sul piano orizzontale di coda: in particolare la portanza aumenta ed ho una tendenza a picchiare.

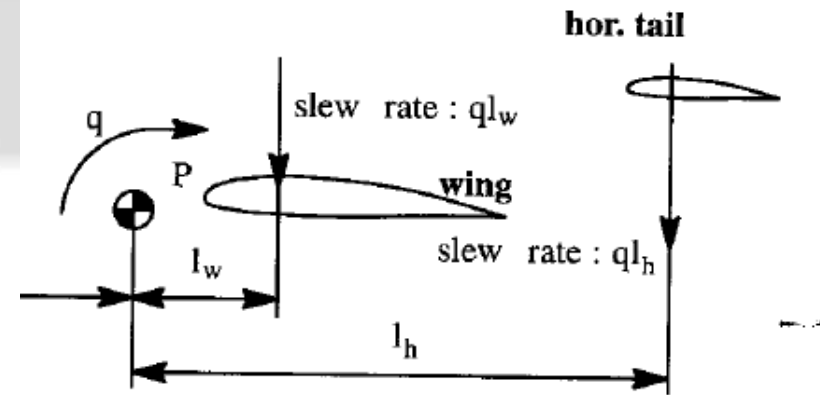
L'effetto è difficile da valutare per l'ala per vari motivi: i punti dell'ala sono vicini al centro di rotazione; l'ala (senza canard) vede velocità dall'alto verso il basso nella parte prodiera, alle spalle del baricentro succede il contrario. Sul piano di coda ho invece una distribuzione trapezoidale delle velocità, ed essendo lontani dal baricentro ho effetti notevoli per il controllo.



LONGITUDINALE

$$\bar{q} = \frac{qc}{2V} \quad \text{Effetti legati a } q$$

$$\Delta\alpha \approx \frac{v}{U_1} = \frac{l_H q}{U_1}$$



Variazione di incidenza del piano orizzontale (valutata in corrispondenza del suo a.c.)

$$\Delta C_{L_H} = C_{L\alpha_H} \frac{l_H q}{U_1} \Rightarrow \Delta C_L = \eta_H \frac{S_H}{S} C_{L\alpha_H} \frac{l_H q}{U_1}$$

$$= \eta_H \frac{S_H}{S} C_{L\alpha_H} \frac{2}{c} \bar{q} l_H$$

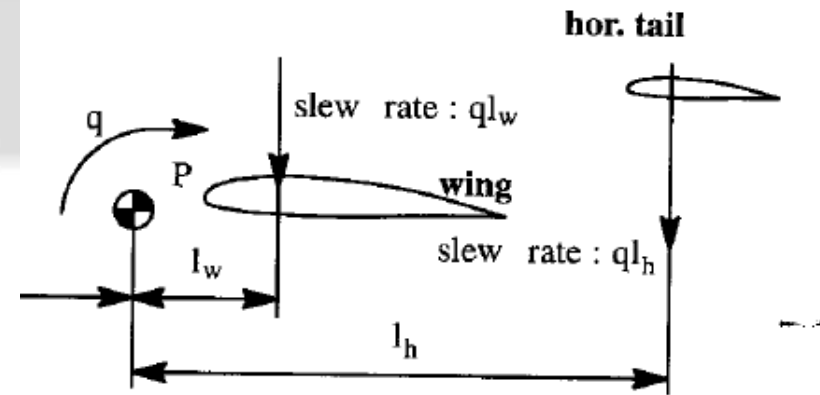
$$C_{L_q} = 2\eta_H V_H C_{L\alpha_H}$$



LONGITUDINALE

$$\bar{q} = \frac{qc}{2V} \quad \text{Effetti legati a } q$$

$$\Delta\alpha \approx \frac{v}{U_1} = \frac{l_H q}{U_1}$$



Variazione di incidenza del piano orizzontale (valutata in corrispondenza del suo a.c.)

$$\Delta C_{L_H} = C_{L\alpha_H} \frac{l_H q}{U_1} \Rightarrow \Delta C_L = \eta_H \frac{S_H}{S} C_{L\alpha_H} \frac{l_H q}{U_1}$$

$$= \eta_H \frac{S_H}{S} C_{L\alpha_H} \frac{2}{c} \bar{q} l_H$$

$$C_{m_q} = -2\eta_H V_H \frac{l_H}{c} C_{L\alpha_H}$$



LONGITUDINALE

I due effetti sono inscindibili. Solitamente quello dovuto ad alfa è minore perché compare il downwash.

$$C_{m\dot{\alpha}} = \frac{\partial C_m}{\partial \left(\frac{\dot{\alpha} \bar{c}}{2V} \right)} = -2C_{L\alpha} \frac{d\varepsilon}{d\alpha} \eta_H V_H \frac{X_H}{c}$$

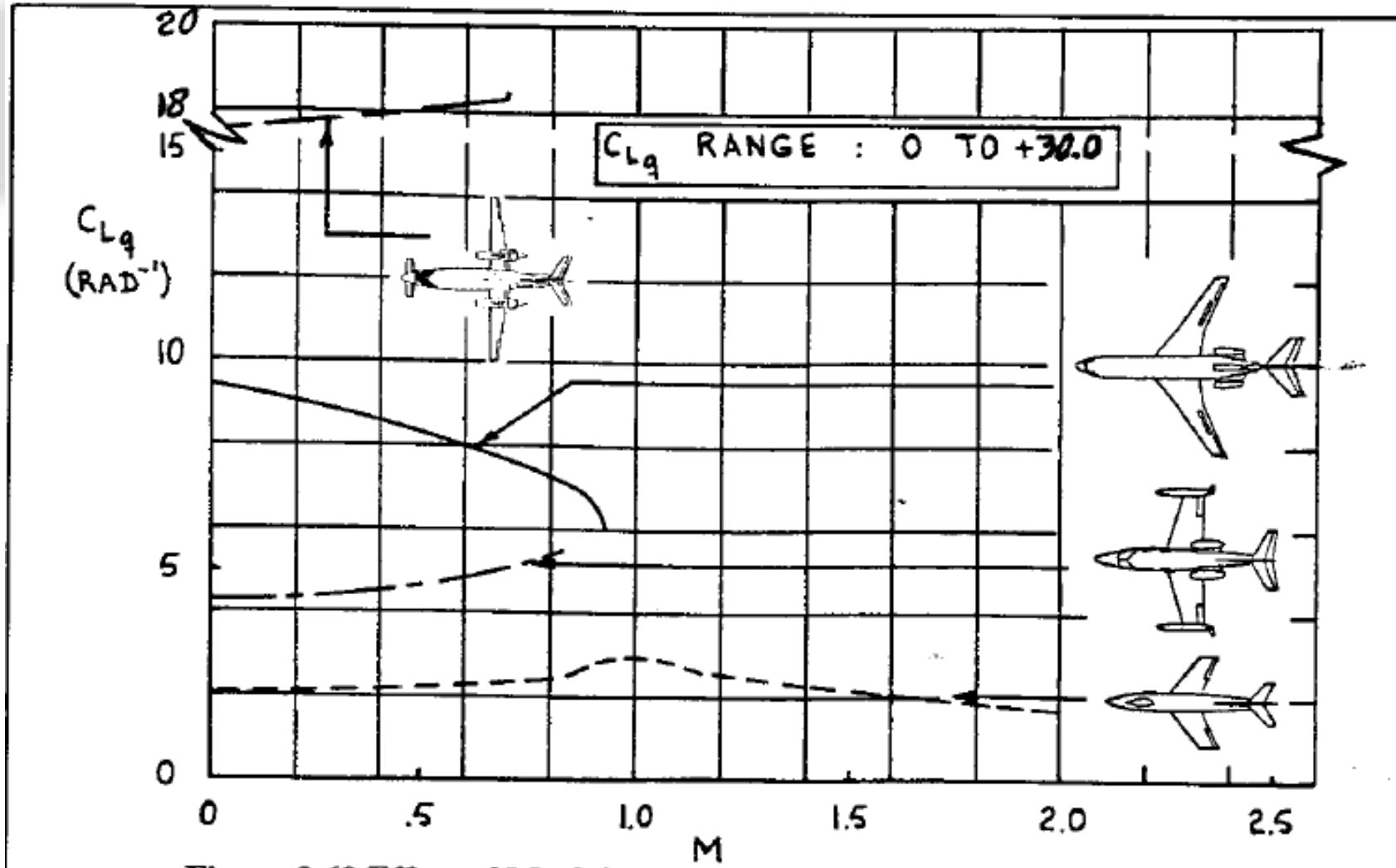
$$C_{m_q} = -2\eta_H V_H \frac{l_H}{\bar{c}} C_{L\alpha_H}$$

NB: Per tener conto anche del piccolo effetto dell'ala solitamente si sostituisce a 2 => 2.2 (vedi Roskam pag. 145, formula 3.158)

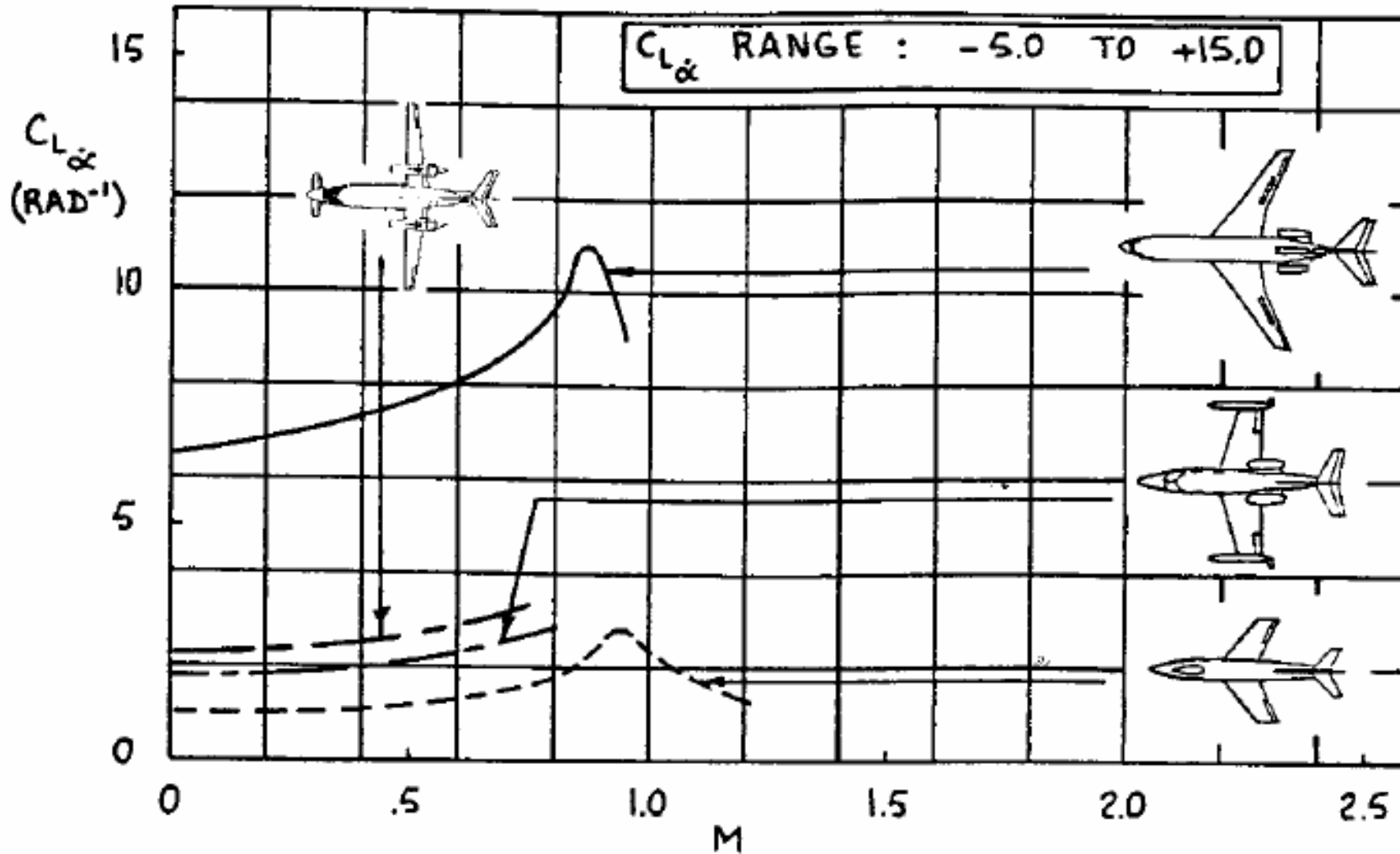
Vediamo che dipende dal quadrato del braccio adimensionalizzato del PO
Perciò è solitamente abbastanza grande.



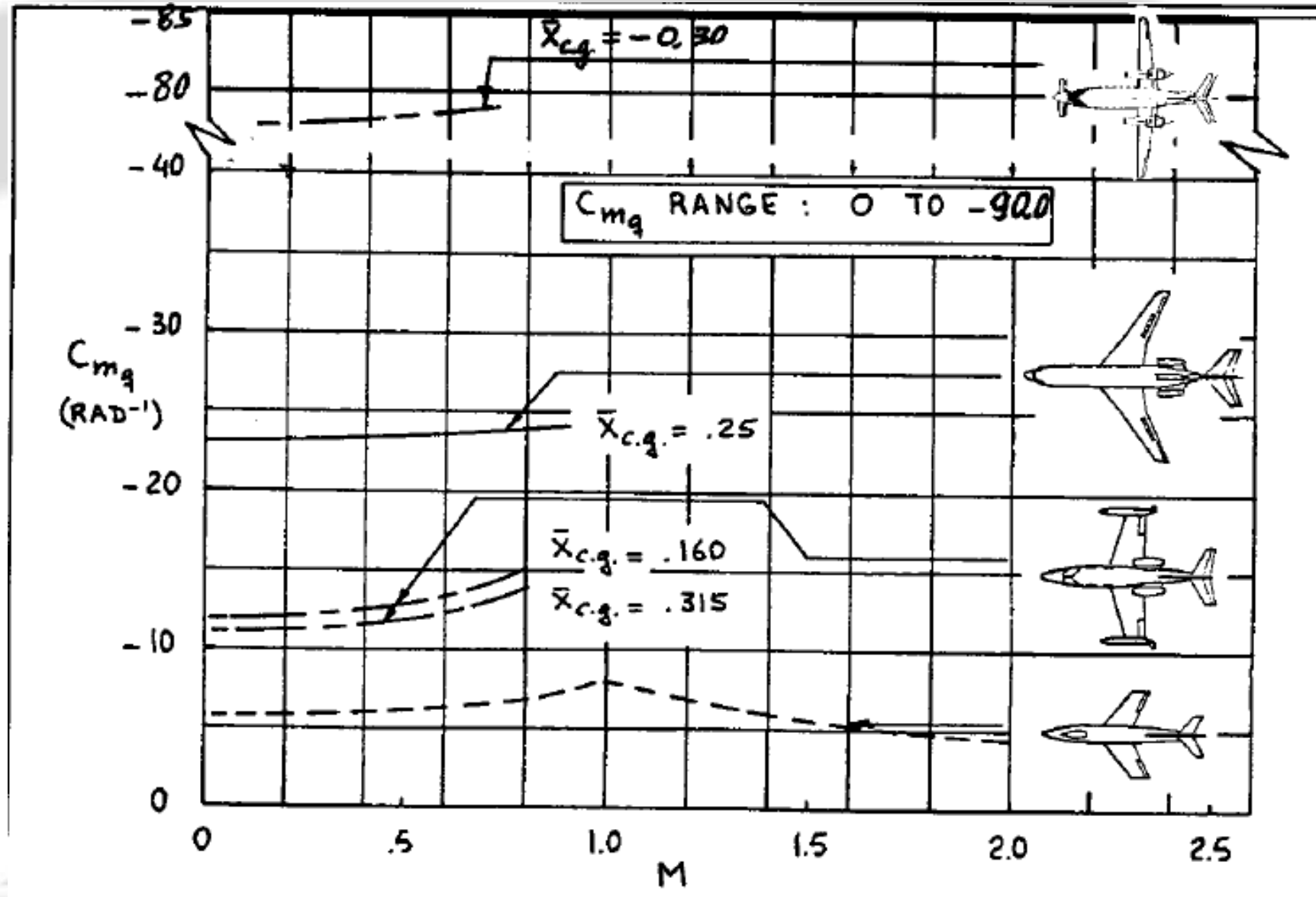
LONGITUDINALE



LONGITUDINALE



LONGITUDINALE



LONGITUDINALE

