

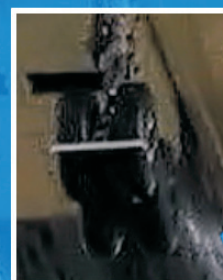
Nella trattazione iniziale del libro, si prendono in considerazione gli aeromobili d'uso civile in volo subsonico, si confrontano i loro campi d'esercizio da un punto di vista tecnico ed economico, definita la suddivisione, si trovano i costi in Euro per anno, per chilometro percorso, come il costo per chilometro di ciascuna persona che vola con un determinato tipo d'aereo. Noti i campi d'influenza degli aerei si definisce la cellula formata dalle superfici portanti, la fusoliera, i piani coda verticali e orizzontali, i tipi di motori ed il loro posizionamento, i carrelli d'atterraggio, i serbatoi, gli impianti, la dislocazione dell'equipaggio e dei passeggeri. Le forme geometriche e le masse del velivolo permettono di definire in via teorica il centramento e i relativi assi di beccheggio, rollio e imbardata, la stabilità longitudinale, trasversale e di rotta, in modo da scrivere le equazioni della dinamica dell'intero velivolo ed il controllo dell'aereo tramite l'auto pilota. A seconda dell'aeromobile si trovano le caratteristiche aerodinamiche per il volo librato, orizzontale, in salita, in discesa, in virata corretta, decollo, atterraggio, ecc. Le caratteristiche aerodinamiche ed il campo d'influenza del velivolo permettono di definire i vari assetti, come ad esempio le condizioni limite, di brusca ripresa o d'atterraggio. Noti i moti vari dell'aereo e le forze a cui è soggetto si calcolano i vari componenti di formazione del velivolo Nella parte terminale del libro si progetta un aereo turistico, con il dimensionamento dei componenti più importanti. Il libro termina con delle valutazioni generali per gli aerei supersonici, il volo orbitale e il volo interplanetario



ROMANO PANAGIN PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DEGLI AEROMOBILI C&ET

ROMANO PANAGIN

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE
DEGLI
AEROMOBILI



C&ET

Prof.Ing. ROMANO PANAGIN

Progettista e consulente nel campo dei trasporti e del RINA

Già- Amministratore Delegato della FIREMA RICERCHE- Torino-Milano

Responsabile dell'Innovazione e dell'Analisi Valore della FIAT-Torino

Responsabile dei Calcoli e Sperimentazione della FIAT-Ferroviana-Torino

Responsabile dell'ambito del Centro Ricerche FIAT di alcuni progetti per il Primo

Piano Finalizzato Trasporti del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C. N. R.)

Professore presso il Politecnico di Torino per il Corso di Dinamica del Materiale Rotabile

Professore presso il Politecnico di Milano per il Corso di Iterazioni Elettromeccaniche nella Dinamica dei Rotabili

Autore di un centinaio di pubblicazioni tra studi, libri, articoli, ricerche, brevetti.

Libri Tecnici Pubblicati

La Dinamica del Veicolo Ferroviario- Terza Edizione

Costruzione del Veicolo Ferroviario

Progettazione e Costruzione dell'Autobus

Progettazione e Costruzione degli Aeromobili

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DEGLI AEREI

Il progettista dei veicoli terrestri, aerei o marittimi deve conoscere ed avere esperienza in due discipline scientifiche, la dinamica dei moti meccanici ed aerodinamici, la scienza delle costruzioni.

La dinamica dei moti e la conoscenza del contatto ruota strada o linea definisce le forze massime dei mezzi stradali e ferroviari, che in unione alle resistenze aerodinamiche alla massima velocità di progetto, permette di definire le potenze da installare.

La conoscenza del moto del velivolo nel fluido in cui opera e quindi la definizione delle forze aerodinamiche, permettono di definire le condizioni limite dei mezzi aerei, in funzione delle velocità di progetto e quindi delle potenze da installare.

La conoscenza del moto del mezzo marino inserito in un sistema idraulico, permette di definire le forze massime a cui i mezzi navali sono soggetti, in funzione delle velocità di progetto e quindi delle potenze necessarie.

Installati i motori di date potenze e caratteristiche, in funzione delle velocità massime che si vogliono raggiungere e degli impianti necessari al comfort dei passeggeri, noti gli sforzi a cui i vari mezzi sono soggetti è possibile, tramite la scienza delle costruzioni, definire e dimensionare le strutture di contenimento delle merci e persone, sia facendo riferimento ai limiti elastici, di rottura e di fatica dei materiali per la costruzione, in condizioni normali d'esercizio ed eccezionali a cui possono essere sottoposti i veicoli, per motivi occasionali.

Le strutture dei veicoli possono essere calcolate tramite il sistema degli elementi finiti (FEM), messo a punto dalla NASA per il dimensionamento statico e dinamico dei veicoli spaziali.

Il metodo (FEM) è stato ricavato dalla scienza delle costruzioni, dalla teoria dell'elasticità e dalla dinamica dei moti, in modo da definire tramite il computer le tensioni statiche e dinamiche a cui le strutture sono soggette.

Per ricavare valori attendibili delle tensioni, le strutture devono essere discretizzate in maniera corretta, la validazione della discretizzazione può essere fatta con le scienze delle costruzioni tradizionali, in punti particolari dove agisce una sola sollecitazione e la struttura è priva di concentrazioni dovute a variazioni di sezione o carichi concentrati.

Nel caso specifico degli aerei, una volta definito il mezzo di trasporto è possibile tramite rilevatori di spostamento, velocità e accelerazione, controllare il velivolo, con l'intervento manuale del pilota o servendosi di sistemi automatici attivi a circuito chiuso.

I rilevatori delle grandezze variabili attivano i sistemi di potenza, per riportare l'aereo soggetto ad un disturbo esterno, nelle condizioni di moto precedente.

L'auto pilota è un dispositivo a circuito chiuso, installato nei velivoli commerciali, che trasportano un numero elevato di passeggeri e merci.

Le grandezze rilevate sono continuamente inviate ad un computer, che controlla se rientrano nel range stabilito, nel caso questo non avvenga, si attivano automaticamente i circuiti di potenza, fino a che il velivolo ritorna nell'assetto prestabilito.

Altri aerei dispongono di un controllo passivo senza retroazione, quindi a circuito aperto, in modo da azionare il circuito di potenza con funzioni di trasferimento costanti o variabili a piacimento del pilota.

Negli aerei da turismo, dove la manovrabilità è affidata al pilota, il sistema è semiattivo a circuito aperto, manca il circuito di potenza, normalmente si hanno leve di comando, che attivano una funzione costante di trasferimento, per definire l'assetto del velivolo.

PREFAZIONE

Nella trattazione iniziale si prendono in considerazione gli aeromobili d'uso civile in volo subsonico e si confrontano i loro campi d'esercizio, da un punto di vista tecnico ed economico.

Nel seguito, si valutano gli aerei da turismo o a limitato raggio d'azione, come gli executive, che sono prettamente velivoli per il trasporto di un limitato numero di persone, con caratteristiche uguali per la costruzione e progettazione dei velivoli di maggiori dimensioni, utilizzati per il trasporto ibrido di passeggeri e merci o semplicemente per il trasporto di merci.

Le metodologie costruttive e progettative sono identiche, mentre diverse sono le dimensioni geometriche, i carichi gravanti e le motorizzazioni, in definitiva le prestazioni.

Le dimensioni geometriche per i velivoli da turismo variano da lunghezze ed aperture alari di circa 6 -10 m, con velocità massime sull'ordine dei

250 km/h e quote di tangenza massima di 5000 m, per gli executive le lunghezze ed aperture alari sono di circa 20 - 25 m, con velocità massime sull'ordine dei 500 km/h e quote di tangenza massima di 5000 m, gli aerei da trasporto merci e passeggeri hanno lunghezze ed aperture alari di circa 50- 70 m raggiungono velocità massime di 850 – 1000 km/h e quote di tangenza massima fino a circa 13.000 m.

I motori per i velivoli da turismo sono normalmente del tipo alternativo che comandano la rotazione di un'elica, gli executive sono di vari tipi, alternativi ad elica, turbogetto, turboelica, turbofan, racchiudendo pertanto tutte le metodologie motoristiche ed impiantistiche più avanzate dei velivoli di maggiori dimensioni.

I vari aerei realizzati permettono alcune considerazioni tecnico economiche atte a definire il loro campo d'influenza anche nel confronto con veicoli terrestri, a tal fine si definiscono i costi in Euro per anno, per chilometro percorso e per chilometro di ciascuna persona, che vola con un determinato tipo d'aereo.

Definiti i campi d'influenza degli aerei si definisce la cellula formata dalle superfici portanti, la fusoliera, i piani coda verticali e orizzontali, i tipi di motori ed il loro posizionamento, i carrelli d'atterraggio, i serbatoi, gli impianti, la dislocazione dell'equipaggio e dei passeggeri.

Note le forme geometriche e le masse del velivolo e possibile definire in generale il centramento e i relativi assi di beccheggio, rollio e imbardata, la stabilità longitudinale, trasversale e di rotta.

A seconda dell'aeromobile operante in uno specifico esercizio, si trovano le caratteristiche aerodinamiche, considerando i vari assetti per il volo librato, orizzontale, in salita, in discesa, in virata corretta, decollo, atterraggio, di brusca ripresa, in modo da dimensionare le ali, la fusoliera, gli impennaggi verticali e orizzontali, i carrelli d'atterraggio, i vari impianti per il governo del veicolo, i motori, gli impianti di condizionamento dell'aria, elettrico, pneumatico, ecc.

La robustezza strutturale del velivolo, tiene conto del coefficiente di contingenza e di sicurezza. Il coefficiente di contingenza si ricava considerando le condizioni di manovra e di raffica a cui il velivolo è soggetto, mentre il coefficiente di sicurezza dipende dall'incertezza della distribuzione dei carichi rispetto la realtà.

D'ogni struttura si trovano le massime tensioni statiche e dinamiche, da confrontarsi con le varie ipotesi di rottura per fatica, in parallelo, ipotizzati i cicli delle sollecitazioni nella vita di un aereo nelle varie condizioni di volo, è possibile definire il danno nel tempo a cui l'aereo è soggetto.

Nella parte terminale del libro, si progetta un aereo turistico, con il dimensionamento delle parti più importanti.

Il libro termina con delle valutazioni generali per gli aerei supersonici, il volo orbitale e il volo interplanetario.

INDICE

Prefazione	6
Capitolo 1°	
Valutazione tecnico economiche degli aeromobili civili	
Aeromobili per il trasporto civile.....	15
Gli aerei da turismo di corto e medio raggio.....	18
Aeromobili a limitata percorrenza e numero di passeggeri... ..	26
Aerei per trasporto regionale a corto medio raggio.....	37
Gli aeromobili a ampio raggio d'azione ed elevato numero di passeggeri.....	41
Valutazioni complessive, tecnico economiche.....	50
Conclusioni.....	54
Capitolo 2°	
L'aria e le sue caratteristiche	
Densità dell'aria.....	57
Pressione dell'aria.....	58
Temperatura dell'aria.....	58
Capitolo 3°	
L'aerodinamica dei velivoli	
Caratteristiche aerodinamiche delle ali.....	64
Generalità sul comportamento aerodinamico.....	68
Influenza dell'allungamento alare.....	78
Caratteristiche aerodinamiche del velivolo completo.....	82
Capitolo 4°	
Corpo libero nello spazio	
Assi e movimenti del velivolo.....	90
La dinamica del velivolo.....	93
Oscillazioni dell'aereo investito dall'aria.....	94
Stabilità statica longitudinale.....	103
Centramento.....	106
Calettamento dell'impennaggio orizzontale.....	107
Stabilità trasversale.....	108
Superficie di manovra trasversale.....	110
Stabilità di rotta.....	112
Pilota automatico.....	115
Capitolo 5°	
Regimi fondamentali dell'aereo	
Regime di velocità minima.....	117
Regime di crociera e minimo consumo.....	120
Velocità economica.....	121
Velocità massima.....	122
Influenza della quota.....	123
Nomogramma logaritmico di Eiffel-Rith.....	125
Condizioni di decollo e atterraggio.....	133
Condizioni di decollo.....	133
Condizioni di atterraggio.....	137
Capitolo 6°	
Forze agenti sul velivolo	
Le forze agenti su un aereo in moto accelerato.....	140
Determinazione delle forze agenti sul velivolo.....	142
Condizioni di volo fondamentali.....	143
Condizioni di volo complementari.....	143
Condizioni di atterraggio.....	144
Volo in salita.....	145

Volo in discesa.....	147
Virata corretta.....	148
Robustezza strutturale.....	152
Considerazioni dimensionali.....	157
Diagramma di Smith.....	157
Diagramma di Gough-Pollar.....	160
Diagramma di Wohler.....	162
Considerazioni conclusive.....	166
Coefficiente di sicurezza alla fatica.....	168
Capitolo 7°	
Progetto di fattibilità dell'aereo	
Determinazione del volume di un aereo.....	171
Valutazione dei pesi di alcuni componenti (motori, combustibile, serbatoi).....	176
Valutazione del peso dell'ala.....	181
Valutazione del peso della fusoliera.....	182
Valutazione del peso di alcuni componenti (piani di coda orizzontali e verticali).....	183
Capitolo 8°	
La struttura dell'ala	
Caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nelle costruzioni aeronautiche.....	185
I longheroni.....	189
Calcolo di un longherone.....	192
Lacentina.....	199
Condizioni di carico della centina.....	199
Calcolo di una centina.....	203
Il rivestimento alare.....	204
Calcolo di un profilo soggetto al momento torcente.....	205
Gli attacchi alari.....	211
Capitolo 9°	
Gli alettoni e gli ipersostentatori	
Gli alettoni.....	214
Gli ipersostentatori.....	215
Capitolo 10°	
La fusoliera	
Carichi e sollecitazioni.....	222
Calcolo della struttura struttura a guscio.....	228
Calcolo delle longherine.....	230
Calcolo delle ordinate.....	232
Calcolo della lamiera di rivestimento.....	234
Aperture nella struttura della fusoliera.....	237
Sollecitazione sull'ordinata soggetta a pressione interna.....	238
Ordinata soggetta ai momenti creati della portanza.....	239
Ordinata soggetta alle forze potanti e carichi sulla corda.....	242
Dimensionamento con il metodo degli elementi finiti FEM.....	244
Capitolo 11°	
Gli organi di governo	
I comandi principali.....	247
I comandi ausiliari.....	252
Determinazione degli sforzi sugli impennaggi.....	253
Le strutture degli impennaggi.....	254

Capitolo 12°

Gli organi di atterraggio

Organi di sostegno dell'aereo a terra.....	258
Posizione dei carrelli.....	258
Ruote anteriori e posteriori.....	260
Tipi di atterraggio.....	262
Le ruote.....	263
Freni a tamburo.....	265
Freni a disco.....	270
Compressore.....	275
Ammortizzatori elastici.....	278
Ammortizzatori oleo pneumatici.....	279
Ammortizzatori oleoelastici.....	281

Capitolo 13°

Organi di propulsione

Motori a pistoni.....	285
L'elica.....	288
Rapporto di funzionamento.....	290
.Formule di Renard.....	292
Famiglie di eliche.....	295
Il funzionamento dell'elica in rapporto al volo.....	297
L'adattamento dell'elica al velivolo.....	300
Elica a passo variabile.....	302
Motori a reazione.....	304
Motori a turboelica.....	305
Motori a turbo getto.....	306
Motori a reazione turbo fan.....	308
Oscillazioni torsionali generate dalla motorizzazione.....	310
Eccitazioni torsionali.....	310
Tipi di smorzamento.....	313
Sospensione del gruppo motorizzato.....	315
Caratteristiche dei materiali.....	316

Capitolo 14°

Gli impianti di bordo

Dispersione termica nei velivoli.....	329
Impianto di riscaldamento e ventilazione.....	333
Impianti elettrici a bordo degli aerei.....	334
Cariche elettriche.....	336
Impianto di pressurizzazione e condizionamento.....	337
Pressurizzazione.....	339
Distribuzione.....	350
Impianto ausiliario dell'ossigeno.....	351

Capitolo 15°

Condizioni di comfort

La bioarchitettura.....	353
Le onde sonore.....	360
La misurazione del rumore.....	361
Riduzione del rumore.....	361
Danni fisici.....	362
Rumore del traffico aereo.....	363

Capitolo 16°

Progetto di un velivolo da turismo

Generalità.....	365
Velivoloisolato.....	376
Caratteristiche del velivolo completo.....	381
Caratteristiche aerodinamiche.....	383
Elicaisolataesceltadelldiametro.....	384
Velivolo completo.....	387
Calcolo dell'elica applicata al motore.....	396
Centramento.....	415
Sollecitazioni strutturali sull'ala.....	423
Sollecitazioni strutturali sulla fusoliera.....	432
Sollecitazioni strutturali sull'impennaggio orizzontale.....	436
Sollecitazioni strutturali sulla deriva.....	438
Calcolo dei longheroni alari.....	438
Calcolo delle centine alari.....	443
Verifica della fusoliera.....	444

Capitolo 17°

Prove alla galleria del vento

Galleria subsonica.....	453
Galleria ipersonica.....	454

Capitolo 18

Volo supersonico

La barriera del suono.....	455
I problemi del volo supersonico.....	459

Capitolo 19

Volo spaziale

Iveicolispaziali.....	463
Volo orbitale e satelliti artificiali.....	465

Capitolo 20

Voli interplanetari.....	467
---------------------------------	------------

Bibliografia.....	473
--------------------------	------------