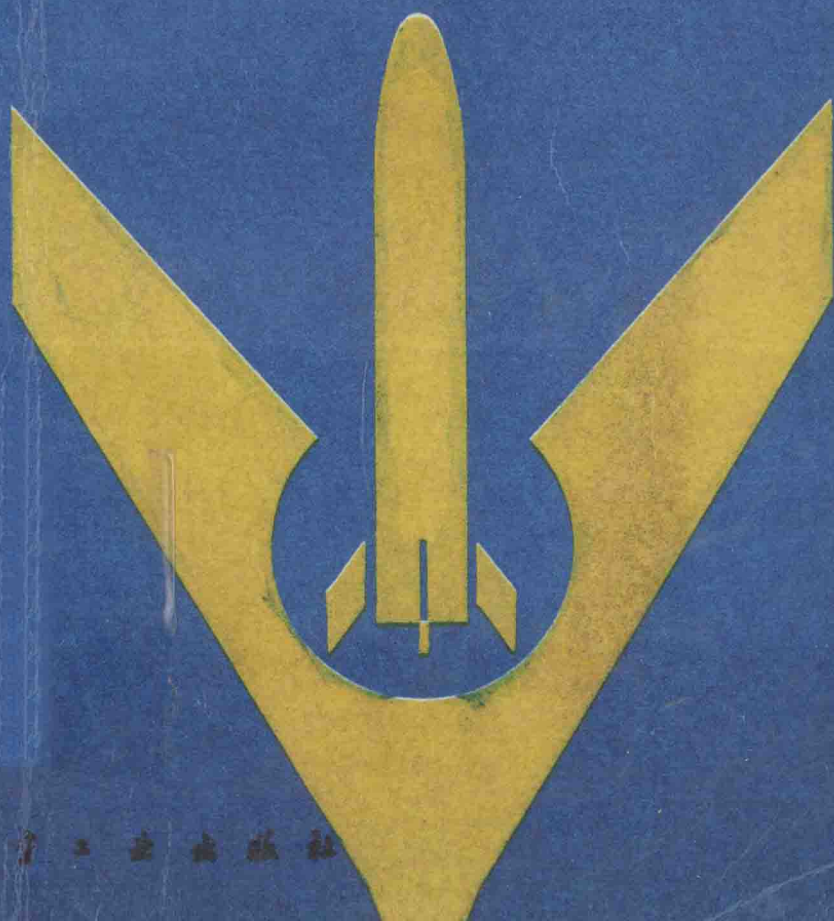


飞机和导弹的 基本几何及空气动力 特性手册

前苏) B.Г.米克拉泽 B.M.季托夫 编 顾诵芬 译



航空工业出版社

飞机和导弹的 基本几何及空气动力特性手册

[前苏]B. Г. 米克拉泽 B. M. 季托夫 编
顾诵芬 译

航空工业出版社

1992

(京)新登记 161 号

内 容 提 要

该手册给出了飞机和某些型号导弹基本几何和气动力特性的定义和符号。手册对(前)苏联所用的定义和符号与英国、法国、德国所用的,以及 ISO 文件中所用的定义和符号作了对比。

第二版(1982 年第一版)补充了近来实践中出现的名词,并按 ISO 文件补充说明了飞行器的几何特性。

本手册适用于航空工业的工程师们。

飞机和导弹的基本几何及 空气动力特性手册

[前苏] B. Г. 米克拉泽 B. M. 季托夫 编
顾诵芬 译

航空工业出版社出版发行

(北京市和平里小关东里 14 号)

一 邮政编码:100029

全国各地新华书店经售

北京航空航天大学印刷厂排印

1992 年 8 月第 1 版

1992 年 8 月第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:5.3

印数:1—1000

字数:124 千字

ISBN 7-80046-434-2/V · 105

定价:5.00 元

前 言

由于航空科学技术文献中,缺少对型号设计部门及科研机构常用的重要参数和概念的确切定义有系统的材料,所以出版了这本飞机和导弹的基本几何及空气动力特性手册。

参考了最新的关于飞行力学名词和符号的 ГОСТ 及国际标准后,此手册的第二版几乎是重写的。重新改写和补充了关于飞行力学名词定义部分。

在手册中给的几何定义和名称用的是国际标准 ISO1151/6 《飞机几何外形》第二版,而气动力和力矩系数的符号则取自苏联、法国、英国、德国以及国际 ISO 标准。

本书分为 7 章,对每个名词都给以定义或解释,并标以号码。如标号 2. 61, 2 代表章,而 61 则为在该章中的序号。

引 言

设计新飞机和导弹、处理模型风洞试验和这些飞行器的飞行试验结果,模型试验结果和真实产品特性比较分析都与使用上述飞行器及其部件的几何及空气动力特性有关。因此确切定义这些特性是非常重要的,因为对这些参数的不同解释将导致计算和结论的严重误差。

上述情况中要用的飞机和导弹的基本几何特性包括下列:

升力面(机翼)展长;

升力面弦长,如中央弦。选用这样或那样的弦长通常与所用情况有关。如,确定飞机的纵向安定性则用平均空气动力弦作为特征弦长;

机翼后掠角按机翼前缘或 $1/4$ 弦长线确定,但对于变后掠翼飞机,则可按中翼(机翼固定部分)前缘或外翼前缘(机翼活动部分)确定;

升力面(机翼)面积,定义为机翼在基准平面上的投影面积(通常取包括机身内的部分);

安定面及操纵面面积。水平尾翼面积包括安定面及操纵面的面积。如,水平尾翼面积定义为气流浸润的水平尾翼部分在尾翼不偏转情况下,在水平尾翼基准面上的投影;

舵面、前缘子翼、副翼、襟翼的偏角是在垂直于各操纵面转轴的平面内度量;安定面偏角则在平行于飞机对称面的平面内度量。

关于飞机和导弹的气动力特性,在本书内则包括下列:

表征机翼承升能力的升力系数 c_{ya} 和表征飞机和导弹及其部

件的阻力的迎面阻力系数 c_{xa} ; 这些系数随 M 数、 Re 数、迎角 α 、侧滑角 β 以及操纵面和安定面偏角而变化;

飞机和导弹的极线、机翼的极线、空气动力效率(升阻比), 这些都广泛用于气动力计算及用于新飞机和有翼导弹的设计中;

气动力矩 m_{xa}, m_{ya}, m_{za} 随 M 数, 迎角 α 、侧滑角 β 及操纵面偏角而变化;

操纵面铰链力矩系数随 M 数、迎角 α 、侧滑角 β 及操纵面偏角而变化; 这些曲线广泛用于操纵面设计、用于确定飞机驾驶杆力或选择助力器作动力或功率都需要确定作用在操纵面上的铰链力矩。

决定飞机和导弹的几何和空气动力特性都涉及必须确切定义项目本身及其组成, 这就是研究的目的, 因此在第一章中首先对本书用的一些概念先进行定义。

目 录

前 言

引 言

第 1 章 一般介绍..... (1)

第 2 章 确定飞机及其部件位置的坐标系及方位角
..... (41)

第 3 章 飞机及导弹的几何特性..... (61)

第 4 章 作用在飞行器上的力和力矩..... (107)

第 5 章 作用在飞行器上的力和力矩的系数..... (127)

第 6 章 铰链力矩系数..... (145)

第 7 章 空气动力特性特征点,中立重心及安定性和
操纵性参数..... (155)

附录(1~8)..... (158)

参考文献..... (162)

第 1 章 一般介绍

1.1 空气动力学

空气动力学——连续介质力学的分支,研究气体(空气)运动规律和气体(空气)及在其中运动的物体间的相互作用。空气动力学通常分为理论、实验及应用三类。

1.2 理论空气动力学

空气动力学这个分支以数学(计算)为主要方法来研究气体运动规律和气体及在其中运动的物体间的相互作用。在理论空气动力学中,通过理论建立所谓现象模型,利用这个模型可以描述所研究的物理现象。

1.3 实验空气动力学

空气动力学这个分支是用实验(物理)方法作研究,如将飞机模型在风洞中试验。

1.4 应用空气动力学

空气动力学的这个分支用理论及实验研究的结果来解决实际问题。

应用空气动力学通常按部件分,如飞行器空气动力学、升力面(机翼)空气动力学、操纵面空气动力学、螺旋桨空气动力学、机体

(机身)空气动力学等。

1.5 空气动力

飞行器在气体中运动,凡是气体流过的所有地方都有由于气体及在其中运动的飞行器相互作用的力。这个力即称为空气动力。上述力可以合成一个力——称为机体空气动力 $\vec{R}_A$ (4.3 节),作用在某个点上,称为力 $\vec{R}_A$ 的压力中心(1.48 节)。在国际标准 ISO 中,此力用 $\vec{R}^A$ 表示(4.13 节)。

研究飞行器运动时,通常不讨论力 $\vec{R}_A$,而研究此力在笛卡尔右手定律直角坐标系轴上的投影分量,坐标系的选择取决于使用条件(第 4 章)。

1.6 空气动力力矩

作用在压力中心的机体空气动力 $\vec{R}_A$ (1.48 节),对飞行器质心产生的力矩 $\vec{M}$ (4.19 节),称为空气动力力矩。当 $\vec{R}_A=0$ 时,飞机上可能由力偶产生力矩(M_{x_0}),在这种情况下合力中心将位于无限远处。

在研究飞行器运动时通常不用空气动力力矩,而取它在笛卡尔右手定律直角坐标系轴上的投影分量。

1.7 空气动力特性

空气动力特性通常取作用在飞行器或其部件上的空气动力和力矩的无因次系数,如升力系数、迎面阻力系数、俯仰力矩系数等(5 和 6 章)。

1.8 气压压力

气压或大气压力是指在静止气体介质中的压力(静止介质中的压力)。海平面(计算高度的起点,即 $H=0$),标准气压压力是在地理纬度 $\varphi=45^{\circ}32'40''$ 处水银柱高 760mm(其时海平大气温度为 $T=288.15\text{K}$)。压力同样也可以用帕作单位。海平面(即 $h=H=0$)标准气压压力用以上单位表示,即 760mm 水银柱高=101 325 帕,其时空气的分子质量为 $M_c=28\ 964\ 420$ 公斤/千摩尔。

1.9 静 压

静压 p 为大气中某点的压力,该点与运动物体上的点的瞬时位置相重合(如在飞行的飞机机翼上)。国际标准 ISO 中,此压力以 p_s 表示。

1.10 全压(滞止压力)

全压 p_0 为气体等熵滞止压力。在国际标准 ISO 用 p_t 或 p_{t_0} 表示。

1.11 动 压

动压 p_a 为气体(空气)流中的全压 p_0 与静压 p 之差,即

$$p_a = p_0 - p$$

动压可以算出一系列的飞行速度和高度下的值,形成动压表,用于校正飞行器的驾驶—航行仪表。

在国际标准 ISO 中,动压用 $p_t - p_s$ 或 $p_{t_0} - p_s$ 表示。

1.12 速 压

速压 q 定义为气体密度 ρ 与气流速度平方的乘积的一半:

$$q = \rho V_{\infty}^2 / 2$$

1.13 压力系数

在处理流经物体表面的压力分布结果时,不用压力的绝对值,而用无因次压力系数,它是所研究的点的静压 p 与未受扰动气流的静压 p_{∞} 之差并与未受扰动气流速压 q_{∞} 之比,即

$$c_p = (p - p_{\infty}) / q_{\infty}$$

其中, $q_{\infty} = \rho_{\infty} V_{\infty}^2 / 2$

这样,压力系数 c_p 表征了所研究点的超压值。

飞行器部件表面的压力测量结果,如沿平行于飞行器对称面的机翼切面,通常都用 $c_p = f(x)$ 图来表示,称为压力分布图。其中, x 为相对直线尺寸,对于所研究的示例为在该切面的超临界翼型的相对弦长上(图1),其中上面的曲线对应于上翼面的压力分布,下面的曲线对应于下翼面。这是对机翼该切面上(单个点)压力测量的结果。

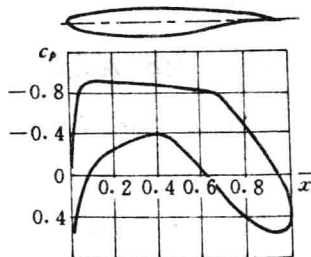


图1 超临界翼型的 $c_p = f(x)$ 图

1.14 标准大气

飞行器在飞行中的空气动力特性通常是按当时的大气条件来测量的。比较这些特性只能在同一条件下进行,因为在不同时期,

甚至在同一天内测量同一飞行器的空气动力特性会得到不同的结果。为了用相同的条件来表达飞行器特性的测量结果则用所谓标准大气。表 1.1~1.3 给出了标准大气数据,这里按高度给出大气的物理参数是根据多年观测的平均值。

1.15 ГОСТ 4401-81 的标准大气

1982 年 7 月 1 日颁发的 ГОСТ 4401-81“标准大气”是与国际标准 ISO 及国际民航组织(ICAO)相对应的,是在 2 000 到 1 200 000米范围按几何和地重力势高度给出了大气的主要参数。标准大气的参数列于表 1.1~1.3。

表 1.1 ГСОТ 4401-81 标准大气参数表
(随几何高度变化的温度、压力、密度和重力加速度值)

几何高度 h, m	随几何高度变化的数值					
	地重力势高度 H, m	温 度		压 力		密度 $\rho, \text{kg/m}^3$
		T, K	$t, ^\circ\text{C}$	Pa	mm 汞柱	
0	0	288.150	15.000	1.01325+5	7.60000+2	1.22500+0
500	500	284.900	11.750	9.54613+4	7.16019+2	1.16727+0
1000	1000	281.651	8.501	8.98763+4	6.74128+2	1.11166+0
2000	2000	275.154	2.004	7.95014+4	5.96310+2	1.00655+0
3000	2999	268.659	-4.491	7.01212+4	5.25952+2	9.09254-1
4000	3997	262.166	-10.984	6.16604+4	4.62491+2	8.19347-1
5000	4996	255.676	-17.474	5.40483+4	4.05359+2	7.36429-1
6000	5994	249.187	-23.963	4.72176+4	3.54161+2	6.60111-1
7000	6992	242.700	-30.450	4.11051+4	3.08315+2	5.99018-1
8000	7990	236.215	-36.935	3.56516+4	2.67409+2	5.26786-1
9000	8987	229.733	-43.417	3.08007+4	2.31024+2	4.67063-1
10000	9984	223.252	-49.898	2.64999+4	1.98765+2	4.13510-1
11000	10981	216.774	-56.376	2.26999+4	1.70264+2	3.64801-1
12000	11977	216.650	-56.500	1.93994+4	1.45507+2	3.11937-1
13000	12973	216.650	-56.500	1.65796+4	1.24357+2	3.66595-1
						9.8066
						9.8051
						9.8036
						9.8005
						9.7974
						9.7943
						9.7912
						9.7882
						9.7851
						9.7820
						9.7789
						9.7759
						9.7728
						9.7697
						9.7667

几何高度 h, m	随几何高度变化的数值						
	地重力势高度 H, m	温 度		压 力		密 度 $\rho, kg/m^3$	重力加速度 $g, m/s^2$
		T, K	$t, ^\circ C$	Pa	mm 汞柱		
14000	13969	216.650	-56.500	1.41703+4	1.06286+2	2.27855-1	9.7636
15000	14965	216.650	-56.500	1.21118+4	9.08459+1	1.94755-1	9.7605
16000	15960	216.650	-56.500	1.03528+4	7.76524+1	1.66470-1	9.7575
17000	16955	216.650	-56.500	8.84970+3	6.63782+1	1.42301-1	9.7544
18000	17949	216.650	-56.500	7.56521+3	5.67437+1	1.21647-1	9.7513
19000	18943	216.650	-56.500	6.46747+3	4.85100+1	1.03995-1	9.7483
20000	19937	216.650	-56.500	5.52929+3	4.14731+1	8.89097-2	9.7452
22000	21924	218.574	-54.576	4.04748+3	3.03586+1	6.45096-2	9.7391
24000	23910	220.560	-52.590	2.97174+3	2.22898+1	4.69377-2	9.7330
26000	25894	222.544	-50.606	2.18837+3	1.64141+1	3.42565-2	9.7269
28000	27977	224.527	-48.623	1.61619+3	1.21224+1	2.50762-2	9.7208
30000	29859	226.509	-46.641	1.19703+3	8.97843+0	1.84101-2	9.7147
35000	34808	236.513	-36.637	5.74592+2	4.30979+0	8.46334-3	9.6995
40000	39750	250.350	-22.800	2.87143+2	2.15375+0	3.99566-3	9.6844
50000	49610	270.650	-2.500	7.97787+1	5.98389-1	1.02687-3	9.6542

随几何高度变化的数值

几何高度 h, m	随几何高度变化的数值						导热系数 $\lambda, \text{W/m} \cdot \text{K}$
	p/p_0	ρ/ρ_0	$\sqrt{p/\rho_0}$	音 速 $a, \text{m/s}$	粘 $\mu, \text{Pa} \cdot \text{s}$	度 $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	
14000	1.39850-1	1.86004-1	4.31282-1	295.069	1.4216-5	6.2391-5	1.9518-2
15000	1.19534-1	1.58983-1	4.98727-1	295.069	1.4216-5	7.2995-5	1.9518-2
16000	1.02174-1	1.35894-1	3.68638-1	295.069	1.4216-5	8.5397-5	1.9518-2
17000	8.73398-2	1.16164-1	3.40829-1	295.069	1.4216-5	9.9902-5	1.9518-2
18000	7.46628-2	9.93034-2	3.15124-1	295.069	1.4216-5	1.1686-4	1.9518-2
19000	6.38290-2	8.48942-2	2.91366-1	295.069	1.4216-5	1.3670-4	1.9518-2
20000	5.45699-2	7.25793-2	2.69405-1	295.069	1.4216-5	1.5989-4	1.9518-2
22000	3.99456-2	5.26609-2	2.29480-1	296.377	1.4322-5	2.2201-4	1.9680-2
24000	2.93287-2	3.83165-2	1.95746-1	297.720	1.4430-5	3.0743-4	1.9847-2
26000	2.15975-2	2.79645-2	1.67226-1	299.056	1.4538-5	4.2439-4	2.0013-2
28000	1.59506-2	2.04704-2	1.43075-1	300.386	1.4646-5	5.8405-4	2.0179-2
30000	1.18137-2	1.50286-2	1.22591-1	301.709	1.4753-5	8.0134-4	2.0345-2
35000	5.67078-3	6.90885-3	8.31195-2	308.299	1.5287-5	1.8063-3	2.1170-2
40000	2.83388-3	3.26176-3	5.71119-2	317.189	1.6009-5	4.0067-3	2.2313-2
50000	7.87354-4	8.38264-4	2.89523-2	329.799	1.7037-5	1.6591-2	2.3954-2

表 1.3 ГOCT 4401-81 标准大气参数表
(随几何高度变化的比重、微粒浓度和平均速度、撞击频率、自由行程平均长度值)

几何高度 h, m	随几何高度变化的数值					
	均质大气高度 H_p, m	比 重 $\gamma, \text{N/m}^3$	微粒浓度 n, m^{-3}	微粒平均速度 $v, \text{m/s}$	撞击频率 ω, s^{-1}	自由行程平均长度 l, m
0	8434.5	1.2013+1	2.5471+25	458.94	6.9193+9	6.6328-8
500	8340.7	1.1445+1	2.4271+25	456.35	6.5560+9	6.9608-8
1000	8246.9	1.0898+1	2.3115+25	453.74	6.2079+9	7.3090-8
2000	8059.2	9.8647+0	2.0929+25	448.48	5.5558+9	8.0723-8
3000	7871.4	8.9083+0	1.8906+25	443.15	4.9591+9	8.9361-8
4000	7683.6	8.0249+0	1.7037+25	437.76	4.4144+9	9.9166-8
5000	7495.7	7.2105+0	1.5313+25	432.31	3.9183+9	1.1033-7
6000	7307.8	6.4613+0	1.3726+25	426.79	3.4674+9	1.2309-7
7000	7119.8	5.7734+0	1.2268+25	421.20	3.0586+9	1.3771-7
8000	6931.7	5.1432+0	1.0933+25	415.53	2.6889+9	1.5453-7
9000	6743.6	4.5674+0	9.7116+24	409.79	2.3566+9	1.7396-7
10000	6555.4	4.0424+0	8.5981+24	403.97	2.0559+9	1.9649-7
11000	6367.2	3.5651+0	7.5853+24	398.07	1.7872+9	2.2273-7
12000	6365.6	3.0465+0	6.4861+24	397.95	1.5278+9	2.5047-7
13000	6367.6	2.6037+0	5.5433+24	397.95	1.3057+9	3.0478-7