

文章编号:1000-6893(2002)04-0353-03

运输机总体参数和性能统计分析

穆雪峰, 姚卫星

(南京航空航天大学 飞行器系, 江苏 南京 210016)

ANALYSIS OF MODERN TRANSPORTS GROSS PARAMETERS

MU Xue-feng, YAO Wei-xing

(Department of Aircraft Engineering, Nanjing Univ. of Aero. and Astro., Nanjing 210016, China)

摘要: 按照飞机设计的基本原理,通过对现有运输机总体参数和性能数据的统计分析,寻找现代运输机各个总体性能和性能参数之间存在的定量关系,得到了 16 个经验公式和一些参数取值范围,为运输机概念设计提供了一些可用的数据。

关键词: 飞机设计; 总体参数; 飞机性能; 统计数据; 经验公式; 回归分析

中图分类号: V211. +1 **文献标识码:** A

Abstract: Based on the elementary concepts of aircraft design, statistical analyses are made for modern transports' gross parameters and performance data to find the potential relations that exist among these parameters. 16 experiential expressions have been obtained and some parameters' value scopes are determined. These expressions and data proved to be useful for the conceptual design of modern transports.

Key words: aircraft design; gross parameters; statistical data; experiential expressions; regression analysis

飞机设计在很大程度上要依赖于以往的设计经验,各飞机设计研究单位一般都有通过对大量统计数据分析得来的一系列关于总体参数和性能参数的经验公式^[1~5]。本文对 97 种现代运输机的部分总体参数和性能参数作了统计分析,力求以最简单的形式给出各种参数之间的经验关系式,这样在初始设计阶段只要少数几个参数,即可对飞机基本性能做出初步估算。

1 总体性能参数的数据来源和分类

本文所引用的各型运输机的数据摘自文献[6~9],共 97 种。其中美国的运输机 26 种,俄罗斯(前苏联) 12 种,英国 10 种,其他国家及国际合作型号 49 种。

飞机的总体和性能参数有很多,本文涉及到的总体参数和性能参数列于表 1。文中按运输机所采用动力装置的不同把运输机的统计数据分为了“涡桨”和“涡扇”两组,涡扇运输机有 55 种,涡桨运输机有 42 种。数据处理采用的软件是 MS Excel 2000。

2 统计数据和分析处理

根据数据的统计结果,对飞机总体和性能参

数之间可能存在的关系进行假设,利用 Excel 生成的统计数据图表对假设进行验证并进一步给出相应经验公式。

表 1a 总体参数

Table 1a Gross Parameters

参数名称	单位
使用空重 W_{OE}	N
机翼面积 S	m^2
机翼展长 L	m
机身长 L_f	m
展弦比 A	/
发动机推力 T	N(或功率 kW)

表 1b 性能参数

Table 1b Performance Parameters

参数名称	单位
最大起飞重量 $W_{TO_{max}}$	N
最大着陆重量 $W_{L_{max}}$	N
最大载重重量 $W_{PL_{max}}$	N
最大巡航速度 $V_{c_{max}}$	km/h
起飞翼载荷 $(W/S)_{TO}$	kN/m^2
起飞推重比 $(T/W)_{TO}$	N/N
(或功率重量比 $(P/W)_{TO}$)	W/N

对某项特定的参数而言,统计数据的变化范围一般比较大,为此对大多数参数的统计值都进行了对数化处理。这样处理后的数值比较集中,便于对处理结果进行分析。

(1) 运输机部分参数的统计分析 运输机的总体参数当中有相当一部分可以根据统计结果直接确定取值范围。统计分析的结果如下。

收稿日期:2001-10-23; 修订日期:2002-02-28
基金项目:航空基础科学基金(00B25015)资助项目
文章网址: <http://www.hkxb.net.cn/hkxb/2002/04/0353/>

①最大巡航速度 $V_{c_{max}}$ 与展弦比 A 理论上讲,同类飞机展弦比越小其最大巡航速度就越大,这一点在图1中并不明显。从图中可以看出涡桨飞机的展弦比在9~12之间, $V_{c_{max}}$ 在300~700km/h 一个较大的区间内;而涡扇飞机展弦比在6.5~9之间, $V_{c_{max}}$ 则在800~980km/h 这样一个较小的范围里。统计结果见表2。

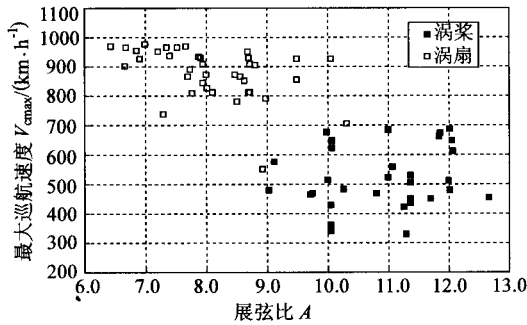


图1 $V_{c_{max}}$ 与展弦比 A 关系图

Fig. 1 Relation between $V_{c_{max}}$ and aspect ratio

表2a 涡桨运输机有关参数的统计分析结果

Table2a Statistic analysis results of the turboprop transports' parameters

序号	参数	均值	方差
1	最大巡航速度 $V_{c_{max}}/(km \cdot h^{-1})$	520.16	3.198
2	展弦比 A	10.99	0.033
3	起飞翼载荷 $(W/S)_{TO}/(kN \cdot m^{-2})$	3.274	0.0326
4	起飞功重比 $(P/W)_{TO}/(W \cdot N^{-1})$	20.012	0.0989
5	载重系数 $W_{PL_{max}}/W_{TO_{max}}$	0.2843	0.0013

表2b 涡扇运输机有关参数的统计分析结果

Table2b Statistic analysis results of the turbofan transports' parameters

序号	参数	均值	方差
1	最大巡航速度 $V_{c_{max}}/(km \cdot h^{-1})$	876.58	2.311
2	展弦比 A	8.10	0.024
3	起飞翼载荷 $(W/S)_{TO}/(kN \cdot m^{-2})$	5.505	0.0227
4	起飞推重比 $(T/W)_{TO}/(N \cdot N^{-1})$	0.2895	0.0009
5	载重系数 $W_{PL_{max}}/W_{TO_{max}}$	0.2361	0.0010

②起飞推重比 $(P/W)_{TO}$, $(T/W)_{TO}$ 与起飞翼载荷 $(W/S)_{TO}$ 涡桨运输机的 $(P/W)_{TO}$ 在15.98

~20.54W/N 之间, $(W/S)_{TO}$ 在1.96~3.92kN/m² 之间;涡扇运输机 $(T/W)_{TO}$ 比较分散,在0.23~0.35N/N 之间, $(W/S)_{TO}$ 在4.70~6.47 kN/m² 之间。统计结果见表2。

③载重系数 $(W_{PL_{max}}/W_{TO_{max}})$ 取运输机的载重系数为 $W_{PL_{max}}$ 与 $W_{TO_{max}}$ 的比值 $W_{PL_{max}}/W_{TO_{max}}$ 。从统计结果看,涡桨运输机的载重系数一般要比涡扇运输机的高,其值在0.20~0.35之间,而涡扇飞机载重系数取值则在0.18~0.29之间。统计结果见表2。

(2) 运输机经验公式的推导 一般而言, $W_{TO_{max}}$ 越大,飞机的 W_{OE} 和 $W_{PL_{max}}$ 也就越大。由于 $W_{PL_{max}}$ 与飞机机体的结构强度、尺寸大小有关,而两者直接影响飞机的空机重量 ($W_{OE} \approx W_E$), 所以 $W_{PL_{max}}$ 也与 W_{OE} 相关联。飞机的 $W_{L_{max}}$ 与 $W_{TO_{max}}$ 的比值一般随飞机类型的不同而有一个比较固定的变化范围^[2]。 $W_{TO_{max}}$ 决定了飞机的最大升力,从而影响到飞机的机翼面积;常规布局的飞机,结构重量越大,其机翼面积也就越大,同时机身长度一般也就越长。

基于上述考虑,对97种运输机数据进行了统计分析,获得了一系列关系式,见表3。

3 算例

采用 A340 和 Dash8-300 作为涡扇与涡桨运输机的算例。用表3中的公式、Roskam 和 Raymer 的公式分别作了计算,对比结果列于表4。可以看到结果是令人满意的。

4 结论

本文对97个型号运输机相关参数的统计分析结果,经算例证明在运输机设计的初始阶段具有一定的实用价值。

表3 涡扇与涡桨运输机经验公式列表

Table 3 Experiential expressions list of the turboprop and the turbofan transports

序号	关系式	涡扇			涡桨		
		a	c	n*	a	c	n*
1	$W_{OE} = aW_{TO_{max}}$	1.3778	0.9307	47	1.8941	0.9054	34
2	$W_{PL_{max}} = aW_{TO_{max}}$	0.2053	1.0086	53	0.2832	0.9992	37
3	$W_{PL_{max}} = aW_{OE}$	0.2835	1.0315	45	0.1172	1.1154	31
4	$W_{L_{max}} = aW_{TO_{max}}$	2.0403	0.9361	50	1.4818	0.9644	33
5	$S = aW_{TO_{max}}$	0.0031	0.7954	51	0.0245	0.6495	35
6	$S = aW_{OE}$	0.0035	0.8238	43	0.0196	0.6990	31
7	$L_t = aW_{OE}$	0.2222	0.4016	47	0.3119	0.3699	34
8	起飞翼载荷与推力	$(W/S)_{TO_{max}}^{1.1973} = 2449.063T^{0.1973}$			$(W/S)_{TO_{max}}^{1.4341} = 130.497P^{0.4341}$		

注: * 表示 n 值是推导公式所用数据点的个数,也即飞机架数。

表 4a A340(涡扇)

Table 4a Example of A340(Turbofan)

参数	本文	Roskam ^[1]	Raymer ^[2]	实际值
W_{OE}/kN	1263.09	1337.30	1230.00	1272.04
$W_{PL_{max}}/kN$	593.86(2) 561.49(3)	—	—	462.71
$W_{landing}/kN$	2025.52	2140.32	—	2352.00
L_{fus}/m	62.85	—	43.50	63.70
S/m^2	386.24(5) 374.07(6)	—	—	361.60
$(W/S)_{TO_{max}}/(kN \cdot m^{-2})$	5.986	—	—	7.046

表 4b Dash8-300(涡桨)

Table 4b Example of Dash8-300(Turboprop)

参数	本文	Roskam ^[1]	Raymer ^[2]	实际值
W_{OE}/kN	110.00	106.37	107.27 kg	117.97
$W_{PL_{max}}/kN$	51.24(2) 51.70(3)	—	—	50.39
$W_{landing}/kN$	175.88	179.05	—	177.81
L_{fus}/m	23.22	—	16.99	25.68
S/m^2	64.07(5) 67.55(6)	—	—	56.20
$(W/S)_{TO_{max}}/(kN \cdot m^{-2})$	2.769	—	—	3.251

注:括号中的数字为表3对应的公式序号;“—”表示没有相应的直接用于对比计算的公式。

值得注意的是,除了本文中这种传统的统计分析方法之外,已经有人开始尝试运用人工神经网络的方法对飞机总体参数进行估算^[10],并且取得了一定的成效,相信人工智能的应用将是飞机总体设计技术的一个发展方向。

参 考 文 献

- [1] Roskam J. Airplane design part I: Preliminary sizing of airplanes [M]. Roskam Aviation and Engineering Corporation, Ottawa, Kansas, 1985.
- [2] Raymer D P. Aircraft design: A conceptual approach [M]. American: Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1992.
- [3] 余雄庆,徐惠民,昂海松. 飞机总体设计[M]. 北京:航空工业出版社,2000.
(Yu X Q, Xu H M, Ang H S. Aircraft Conceptual Design [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2000.)
- [4] 顾诵芬,解思适. 飞机总体设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.
(Gu S F, Xie S S. Aircraft Design[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2001.)
- [5] 谢·米·叶格尔等著. 飞机设计[M]. 杨景佐,胡传泰译. 北京:航空工业出版社,1986.
(C M Erep. Aircraft Design[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 1986.)
- [6] 国际航空杂志社编. 国外飞机手册[M]. 北京:知识出版社,1982.
(International Aviation Magazine. World Aircraft Handbook[M]. Beijing: Knowledge Press, 1982.)
- [7] 中国航空信息中心《世界飞机手册》编写组编著. 世界飞机

手册[M]. 北京:航空工业出版社,2000.

(China Aero-Information Center "World Aircraft Handbook" Edit Oriat Team. World Aircraft Handbook [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2000.)

[8] <http://www.airliners.net/info/>

[9] <http://cip.physik.uni-wuerzburg.de/~pschirus/aviation/flugzeuge/>

[10] 聂蓉梅,夏人伟,陈万春. 飞行器总体设计中主要参数的神经网络估算[J]. 北京航空航天大学学报,1999,25(6): 655—659.

(Nie R M, Xia R W, Chen W C. Neural network for estimating the main parameters in flight vehicle preliminary design [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 1999,25(6):655—659.)

作者简介:



穆雪峰(1979—) 男,山东淄博人,南京航空航天大学飞行器设计教研室硕士研究生,2001年获得南京航空航天大学飞行器设计学士学位.研究方向:飞行器综合设计技术. Email: air-stream@sina.com



姚卫星 教授,博士生导师.1981年毕业于西北工业大学飞机设计专业,1988年于西北工业大学获得博士学位.主要从事飞行器结构设计理论的的教学和研究.电话:025-4892177,email:wxyao@nuaa.edu.cn

(责任编辑:李铁柏)