

飞机座舱环境声学设计原则

雷世豪 姜子茂

(上海飞机研究所, 上海, 200232)

GUIDELINES OF AIRCRAFT CABIN ENVIRONMENT ACOUSTICS DESIGN

Lei Shihao, Jiang Zimao

(Shanghai Aircraft Research Institute, Shanghai, 200232)

摘要 对飞机座舱环境声学设计的先导问题进行了充分论述,并展示出大量的工程适用图表。

关键词 座舱环境品质,声疲劳,噪声降低,噪声发生器

中图分类号 V216.54, V214.14, O422.8

Abstract The guide problem about aircraft cabin environment acoustic design is fully elaborated and a lot of general engineering figures and tables are given.

Key words cabins-environment quality, acoustic fatigue, noise reduction, noise generators

飞机座舱内部的低噪声环境,是靠机身壁板隔声结构和舱内吸声处理获得。机身壁板结构确定以后,隔声结构设计的优劣,直接关系到重量的代价,与飞机的总体性能密切相关。因此,在当今飞机设计中,外场环境与座舱环境的声学设计已成为一个需要认真考虑的问题。

1 设计原则

飞机座舱环境声学设计应遵循下列4个原则:

1.1 舒适性原则 国外就飞机座舱环境的工作空间、压力、温度、前后上下运动、烟味和噪声等因素对人的影响进行多方面的测试。结果表明,舱内噪声被认为是第二重要的因素^[1](见图1、图2)。因此,舱内噪声应尽可能的低,以保证乘员与旅客的舒适。

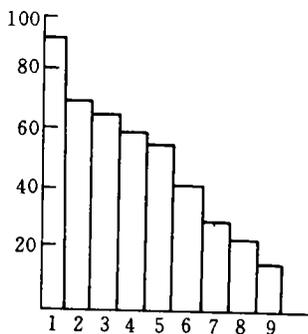


图1 环境因素影响的重要性
1—座椅舒适; 2—噪声; 3—上下运动;
4—压力变化; 5—侧向运动; 6—温度;
7—工作空间; 8—灯光; 9—烟味

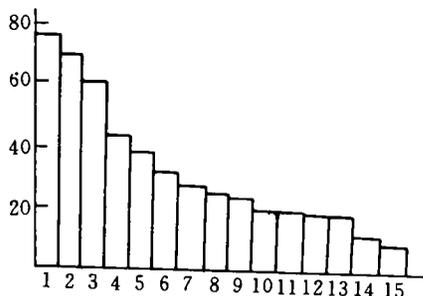


图2 旅客对舒适程度反应的百分比

1993年2月11日收到,1993年8月30日收到修改稿

1.2 重量原则 在满足设计要求的前提下,应尽可能减轻重量。减轻重量的途径有两个:一是根据声源特点,采用合理的隔声结构;二是选用性能更为优越的新型隔声材料。仅以后者为例加以说明。据资料介绍,波音707飞机绝热隔声层的重量为1t左右。该机使用的芯体材料为超细玻璃棉毡,包覆材料为100g/m²重的防灼尼龙布。假若采用目前性能更为优越的酚醛纤维毡(见表1)和纱网增强的涤纶薄膜复合包覆材料(60g/m²重),则在满足隔声性能条件下,全机的减重是十分可观的。

表1 玻璃纤维和酚醛纤维的性能比较^[2]

材 料	玻 璃 纤 维	酚 醛 纤 维
密 度/kg·m ⁻³	2.4~2.7	1.25
导热系数/w·m ⁻¹ ·(°) ⁻¹ k ⁻¹	0.045	为前者的1/5
弹性模量/MPa	<3.43×10 ² ,此值大,则声学性能好	(3.43~8.23)×10 ²
耐高温性能	良好	600℃不发脆
工 艺 性	较差,接触时有痒感	良好,接触时无痒感

1.3 安全原则 要求所使用的材料对铝合金机身壁板无腐蚀作用;材料应满足FAR25部有关防火的要求。

1.4 综合原则 应将壁板隔声与门窗隔声、舱内隔声与吸声、隔声与减振、隔声与绝热等综合起来考虑。对于装在座舱内部的成品,应提出噪声限制性要求,并做好进一步单独隔声的工作。

2 设计时应考虑的基本问题

在进行飞机座舱环境声学设计时,应考虑下列4方面的问题:

2.1 飞机的声源 飞机声源,是座舱环境声学的设计基础,它主要包括:发动机噪声、空气动力噪声、管路噪声、成品附件噪声以及气密舱排气噪声。表2、表3列出了我国民航现有涡桨与涡扇民机(起飞全重5700kg以上)的噪声级,展示了飞机外场噪声的概貌。

表2 我国现有涡桨飞机噪声情况

机 型	起飞全重/kg	所 装 发 动 机 型 号	申 请 型 号 合 格 证 时 间	噪 声 EPNL/dB					
				起 飞 噪 声		边 线 噪 声		进 场 噪 声	
				实 测 值	规 定 值	实 测 值	规 定 值	实 测 值	规 定 值
L-100-30	79 380	ALISON 501D22A	1968.10	98.4		93.9		99.1	
SD-360	11 793	PT6-65R	1980.7	84.4	89/89	83.7	96/94	89.9	98/98
安 12	61 000	Au20M	1956	未测	93.2/97.2	未测	97.7/103.7	未测	99.7/103.7
安 24	21 000	Au24B	1958	"	89/93	"	96/102	"	98/102
安 30	23 000	Au24Br		"	"	"	"	"	"
伊尔 12	16 500			"	"	"	"	"	"
伊尔 14	17 500	Au28r		"	"	"	"	"	"
伊尔 18	64 000	Au20M	1955	"	93.6/97.6	"	"	"	99.8/103.8
里 2	11 000	Au62u		未测	89/93	未测	96/102	未测	98/102
运七	21 800	W15-A1	1966		89/93		96/102		98/102
运八	61 000	WJ6	1974		93.2/97.2		97.7/103.7		99.7/103.7

表3 我国现有涡扇客机噪声情况

机型	起飞全重/kg	发动机型号	涵道比	申请型号合格证时间	噪声EPNL/dB					
					起飞噪声		边线噪声		进场噪声	
					实测值	规定值	实测值	规定值	实测值	规定值
MD-82	67 812	JT8D-217A	1.73	1982.4	90.4	91.0	94.6	96.5	93.3	100.2
波音737-200	53 070	JT8D-17A	1.0	1963.5	93.6	96.2	104.4	103.3	104.5	103.3
波音737-300	56 472	CFM56-3B ₁	5.0	1981.3	84.4	89.9	90.4	95.8	99.9	99.6
波音747SP	317 750	JT9D-7J	5.1	1973.9	106.0	108.0	99.5	108.0	103.3	108.0
波音747-243B	351 533	JT9D-7A	5.1		109.3	108.0	98.7	108.0	107.3	108.0
波音747-200B	377 842	JT9D-7R ₁ G ₂		1970.10	101.8	108.0	101.3	108.0	106.6	108.0
波音757-200	108 960	RB211-535E ₄		1978.3	84.8	93.7	93.1	98.2	95.0	101.8
波音767-200ER	142 881	JT9D-7R4E		1978.7	87.5	95.3	96.8	99.2	101.9	102.7
BAE146-100	38 102	ALF502R-5	5.9	1981.0	85.9	92.7	86.6	94.3	95.6	98.3
A310-200	132 000	JT9D-7R ₁ E ₁	4.5	1982.5	90.5	94.8	94.8	98.9	100.6	102.5
A310-300	150 000	CF6-80C ₂ A ₂		1982.8	未测	95.6	未测	99.4	未测	102.9
三叉戟-2E	65 320	SPEY512-5W	0.64	1957	108	97.7	106.0	103.9	109.0	103.9
波音707-320	151 320	JT3D-7	1.42	1954.7	112.1	103.8	102.5	106.3	120.4	106.3
波音707-300B	151 320	JT3D-3B			113.0	103.8	102.1	106.3	118.5	106.3
图-154M	100 000	Д-30KY-154Д		1982	94.3	100.2	98.0	101.0	102.5	104.5
伊尔-62	162 000	HK-8-4		1963.1	未测	104.3	未测	106.5	未测	106.5

2.2 国外有关座舱环境噪声的标准或规范 尽管CCAR25部对座舱环境噪声没有明文规定,但各航空先进国家为了提高飞机的商业声誉,均对座舱环境噪声制定了各自的限制性标准或规范^[3](图3~图4)。其中MIL-S-008806B是MIL-A-8806A的替代标准,仍处于试用阶段,列出供参考(图5)。

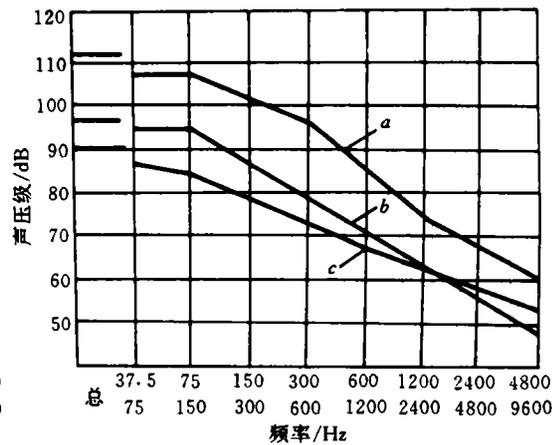
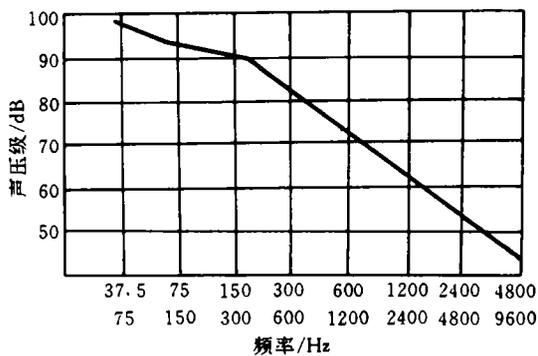


图3 原苏联航空工业部标准(N06123-50)

图4 英国、英国标准局、英国-欧洲航空标准
a-英国允许极限;b-英国标准局规范(RAE);c-英国-欧洲航空标准(BEA)

2.3 国内民航主要干线飞机座舱环境噪声的实测结果 先后曾对中国民航干线飞机,如波音737、波音707、伊尔62、三叉戟、DC-9等飞机的舱内噪声和舱外近场噪声进行了测量^[4],对比结果见图6,其数据可供座舱环境声学设计时参照。

2.4 国外飞机公司设计规定的要求 国外飞机公司在具体型号设计中,已开始对座舱环境

飞机近场和舱内噪声

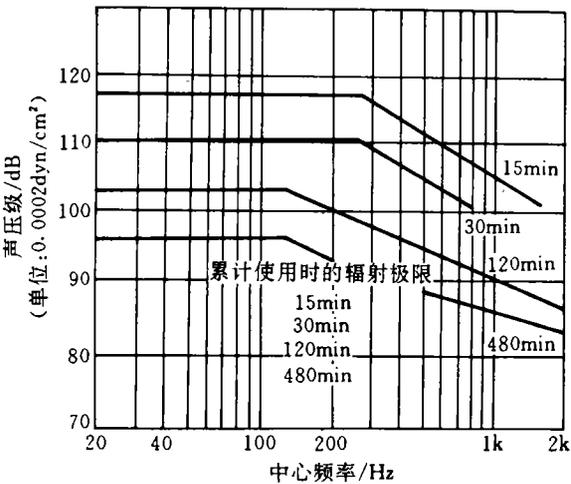


图5 美国 MIL-S-008806B 规范(无防护时)

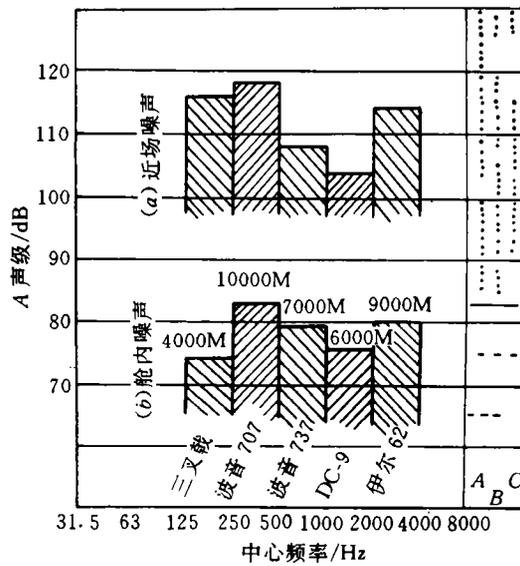


图6 飞机近场噪声与舱内噪声

噪声提出明确的控制指标。如美国波音公司在波音 757/767 飞机的设计规定中,对座舱环境噪声提出的限制性指标见表 4;设计争取达到的目标值见表 5(状态为: $H=10\ 668\text{m}$, $Ma_{\infty}=0.8$, 水平飞行)。

表 4 座舱环境噪声限制

站位(过道座位)过道任何座位	600	1 400	400~553	553~780	780~815	815~1 260	1 260~1 570
OASPL(总声压级)/dB	(83)	(88)					
SIL(语言干扰级)/dB			66	65	67	62	67

表 5 座舱环境噪声目标值

站位(过道座位)过道任何座位	600	1 400	400~780	780~1 260	1 260~1 570	其它任何站位
OASPL(总声压级)/dB	(80)	(85)				
SIL(语言干扰级)/dB			65	62	65	65

参 考 文 献

- 1 Rudrapatna A N, Jacobson I D. The impact of interior cabin noise on passenger acceptance. Society of Automotive Engineers, Business Aircraft Meeting, 760466. 1976
- 2 英国专利. Patent specification (11), 1258278, 1969
- 3 袁修干. 飞机座舱参数调节. 北京:国防工业出版社,1980:14-15
- 4 雷世豪. 减低客机座舱噪声新技术. 现代民航,1989;3(2):70-73