

民航飞机国产刹车装置的研制

Development of Domestic Brake Assemblies of the Aircraft Boeing 737, Boeing 767 and MD82

李东生 谈庆成 宋名道 袁小鸣 缪兴起 (北京航空材料研究院)

Li Dongsheng Tan Qingcheng Song Mingdao Yuan Xiaoming Miao Xingqi
(Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

[摘要] 根据美国联邦航空局 (FAA) 的技术标准 TSO-C26c 和等效的中国民用航空技术标准 CTSO-C26c 与适航标准 CCAR-25 的规定,对波音 737、波音 767 和 MD-82 飞机刹车装置进行了国产化研制、试验和生产,经材料性能试验、地面模拟试验和试飞与航线使用,证明国产刹车装置的性能已达到技术标准要求,产品使用寿命已经达到或超过国外同类产品水平,但价格较同类进口件要便宜得多。

关键词: 飞机 刹车装置 适航

[Abstract] The research and manufacture of the brake assemblies for an advanced large passenger airplanes, such as Boeing 737, Boeing 767 and MD-82, had been accomplished on the basis of the FAA technical standard TSO-C26c, the CAAC technical standard CTSO-C26c and the airworthiness standard CCAR-25. Those CAAC standards are equivalent to these FAA standards in specifications. The results show that properties of domestic brake assemblies achieved and/or exceeded the level of similar imports according as the property test of material, the ground simulated test, the test flight and the use of airline has been completed.

Keywords: aircraft brake assembly airworthiness standard

1 前言

刹车装置是飞机的重要系统。它的功能是实现飞机地面滑行转弯、起飞前停留刹车和着陆刹车制动等,它的技术水平直接关系到飞机的使用和安全。刹车装置属消耗制件,对中国民航来说,波音 737、767 和 MD-82 等飞机又在现役机型中占有很大比例,因此“立足国内解决民航飞机刹车装置”的问题,已成为国产化研究与生产所面临的一项紧迫任务。研制工作依据国际权威的美国联邦航空局 (FAA) 技术标准 TSO-C26c 和等效的中国民用航空技术标准 CTSO-C26c 和 CCAR-25 有关适航标准进行。

2 飞机刹车装置的发展现状

随着现代航空科学技术和工业的迅速发展,飞机的着陆速度和重量在不断增加,飞机对刹车装置的功能和水平要求亦越来越高。现代飞机的刹车装置已从 30 年

代的弯块式、40~50 年代的软管式发展成现代先进的多盘式装置,并为绝大多数军用和民用飞机所采用。各先进工业国家对飞机刹车装置的研制开发均投入了大量的人力、财力和物力。现在,西方国家在此方面技术水平高、生产实力强的已有五个厂家,如美国的 Aircraft Landing Systems (ALS 公司); B. F. Goodrich; Aircraft Braking Systems (ABS 公司), 英国的 Dunlop 公司和法国的 Messier Bugatti 公司等。其中 ALS 公司声称已垄断了西方 52% 民用飞机机轮刹车装置的市场。

现代飞机刹车装置的特点是:刹车效率高,工作安全性和稳定性强,热力学状态优良,体积小、重量轻,结构合理,使用寿命长等。

ALS 公司生产的波音 737-200、737-300/400/500、波音 767-200 和 MD-82 飞机多盘式刹车装置如图 1 和图 2 所示。

多盘式刹车装置由扭力筒 (Torque tube)、活塞房 (Piston housing) 和刹车盘副—压紧盘、动盘、静盘、承压盘 (国外称 Heat sink) 三大部分构成。活塞房是刹车

压力系统管路、刹车活塞、衬套及磨损间隙自动调节装置之载体，除活塞、衬套及扩管为常消耗件外，载体本身是长寿命件。扭力筒是刹车装置的主要承力件，刹车盘副是刹车装置的功能性关键部件，又是主要消耗件。在飞机着陆刹车的几十秒内，需要依靠刹车装置将巨大的飞机动能吸收并将其转变为热能并逸散。制动瞬间在刹车盘表面上产生很高的摩擦热（温度达 1000 以上），使盘件沿厚度方向出现极陡的温度梯度，从而产生很大的热应力，使盘件处于热冲击状态。刹车盘副是实现飞机动能吸收的主体，在刹车装置中承受的工作条件最为苛刻。

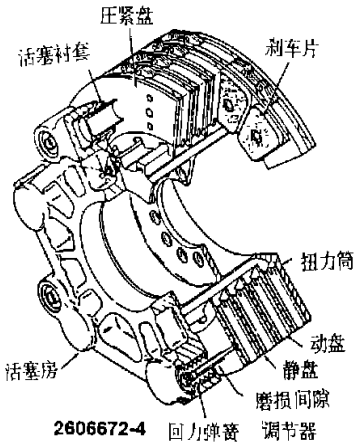


图 1 波音 737-300/ 400/ 500 飞机刹车装置

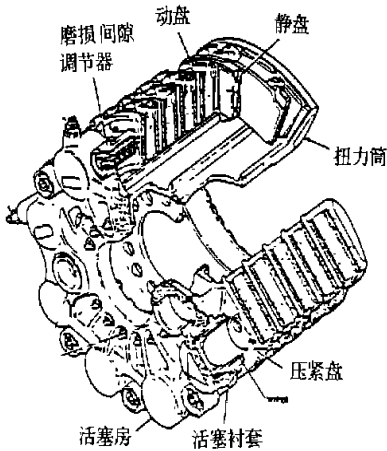


图 2 MD-82 飞机刹车装置

国际上目前广泛使用的几种先进大型民用飞机刹车装置（单轮），其吸收动能的水平见图 3。

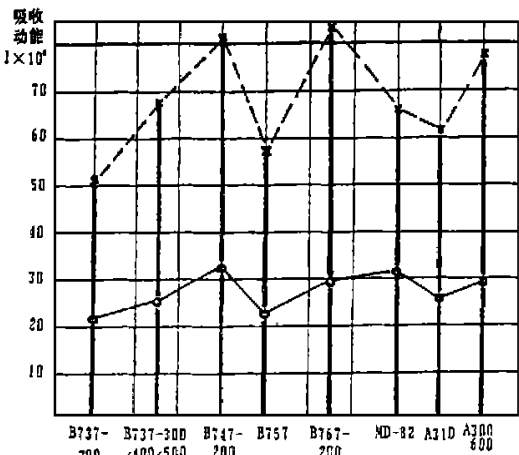


图 3 诸机型设计着陆和中止起飞（RTO）状态下
刹车装置吸收的动能比较

—设计着陆状态
× —中止起飞（RTO）状态

3 主要技术指标

地面惯性台动力模拟试车试验，按技术标准 CCAR CTSO -C26c 及 FAA TSO-C26c 规定，主要技术要求见表 1。

表 1 CTSO（TSO）-C26c 技术要求

试验项目	机型	刹车装置吸收动能 (MJ)	刹车减速率 (m/s ²)	经济指标
100 次设计着陆状态下的着陆-停止试验	B737-200	19.4	3.048	国产零部件的价格应低于同类产品的进口价
	B737-300	21.9		
	B767-200	24.8		
	MD-82	26.2		
1 次中止起飞 (RTO) 状态下的加速-停止试验	B737-200	47.9	1.829	
	B737-300	65.4		
	B767-200	79.3		
	MD-82	62.2		

4 实验室性能研究

4.1 摩擦材料（FS01-05）的力学性能和物理性能，见表 2 和表 3。

4.2 FS01-05- 30CrSiMoVA 摩擦副的摩擦性能，见图 4 和图 5。

表 2 摩擦材料力学性能比较

性能	FS01-05	美国波音 737 飞机刹车片	英国 SM7	俄罗斯 MK-5	备注
密度, g/cm ³	5.47	5.15	4.9	6.0~6.2	1. FS01-05 材料力学性能试验标准为 HB5434; 2. SM7、MK-5 性能数据引自文献。
拉伸强度, MPa	47.7~57.7	-	32.3	23.5	
压缩强度, MPa	129~144	-	-	-	
弯曲强度, MPa	107~119	-	62.5	-	
硬度, HB	30~50	40~70	-	25~28	

表 3 摩擦材料 FS01-05 的物理性能

性能	(20~100)	(20~200)	(20~300)	(20~400)	(20~500)	(20~600)	(20~700)
比热容 C J/(g·°C)	0.563	0.585	0.615	0.640	0.665	0.690	0.715
热膨胀系数 α ×10 ⁻⁶ °C ⁻¹	12.7	13.0	13.4	14.2	14.6	15.2	14.8

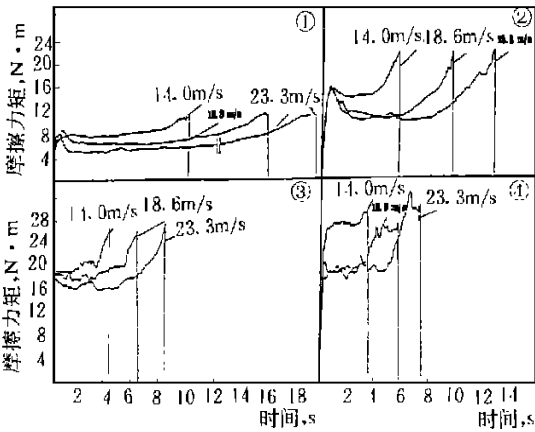


图 4 FS01-05-30CrSiMoVA 在不同压力、速度条件下的摩擦力矩曲线

① P= 0.49MPa; ② P= 0.98MPa;
③ P= 1.47MPa; ④ P= 1.96MPa

5 地面试车试验

三机型国产刹车盘副地面试车试验条件和试验结果见表 4。

6 本场试飞和航线使用

按中国民航适航管理程序 AP-21-06R2 规定,地面试车试验通过并经适航司批准之后,进行国产刹车盘副的试飞和航线使用程序。

- (1) 试飞日期、机场及装机号, 见表 5。
- (2) 试飞成功后经适航司批准投入航线使用。国产

刹车盘副使用寿命与美国 ALS 公司同类产品之比较, 见表 6。

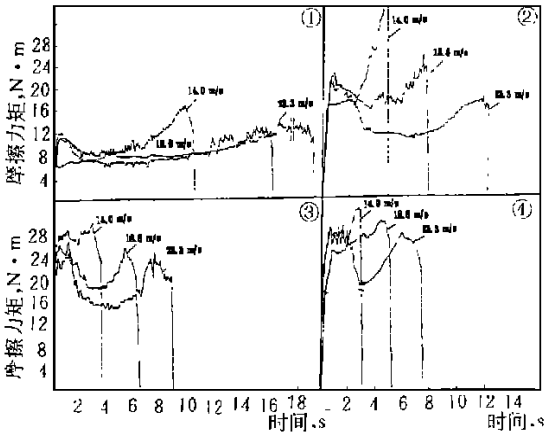


图 5 美国波音 767-200 飞机摩擦副材在不同压力、速度条件下的摩擦力矩曲线

① P= 0.49Ma; ② P= 0.98Mpa;
③ P= 1.47M Pa; ④ P= 1.96M Pa

7 结论

(1) 按照适航管理程序的要求, 通过实验室的研究和设计、地面试车、试飞、航线领先使用以及扩大使用历时 9 年的全过程, 证明本课题的研究工作是成功的。研制、生产的刹车产品, 其性能达到了 CCAR CTSO-C26c 和 FAA TSO-C26c 标准的技术要求; 满足了中国

民用航空条例第 25 部有关的适航标准要求。刹车盘副的使用寿命，已经达到或超过了美国 ALS 公司同类产

表 4

项 目 ， 符 号 ， 单 位			波音 737-200	波音 737-300/ 400/ 500	波音 767-200	MD-82
停机载荷		Pzl kN	118. 9	142. 8	154. 5	144. 3
刹车速度		Vs km/ h	额定刹车速度			
刹车压力		Ps MPa	0 ~ 20. 68			
着 陆-停 止 试 验 吸 收 动 能	FAA (CCAR) TSO- C26c 技术要求	KEDL MJ	19. 4	21. 9	24. 8	26. 2
	US. ALS 公司提供数据		21. 7	25. 1	29. 5	31. 2
	实测数据		24. 1	25. 1	32. 3	32. 1
中 止 起 飞 试 验 吸 收 动 能	FAA (CCAR) TSO- C26c 技术要求	KERF MJ	47. 9	65. 4	79. 3	62. 2
	US. ALS 公司提供数据		51. 4	67. 5	81. 3	66. 5
	实测数据		54. 1	76. 1	80. 6	68. 7
着 陆-停 止 试 验 减 速 度	FAA (CCAR) TSO- C26c 技术要求	aDL m/ s ²	3. 048	3. 048	3. 048	3. 048
	实测数据		3. 300	3. 120	3. 080	3. 080
中 止 起 飞 试 验 减 速 度	FAA (CCAR) TSO- C26c 技术要求	aRT m/ s ²	1. 829	1. 829	1. 829	1. 829
	实测数据		1. 860	1. 870	1. 830	2. 070

表 5

试飞日期	航空公司及机场	机型	飞机号
1987. 5. 25	南方航空公司广州白云机场	波音 737-200	B-2501
1988. 12. 6	北方航空公司沈阳东塔机场	M D-82	B-2106
1989. 1. 12	国际航空公司首都机场	波音 737-300	B-2531
1989. 1. 13	国际航空公司首都机场	波音 767-200	B-2552

表 6

序 号	机型	统计时间	统计刹车装置个数 (使用年限)	国产刹车盘副 使用起落次数	ALS 公司同类产 品的使用起落次数	统计数据 提供单位
1	波音 737-200	1987. 12. 29	试飞、使用	699 ~ 807	-	南方航空公司
		1993. 8. 10	~ 1993	651. 60	600 ~ 700	国际航空公司
2	波音 737-300	1993. 8. 10	63	651. 90	636. 63	国际航空公司
		1990. 9. 5	扩大领先使用	741	600 ~ 800	西南航空公司
3	波音 767-200	1993. 10. 7	21	1180	945	国际航空公司
4	M D-82	1993. 10	(~ 1993)	大于 500	500 ~ 600	北方航空公司
		1995. 8	81	700 ~ 850	700 ~ 800	东方航空公司

品的水平。口件，每年可为国家节省大量外汇。

(2) 国产刹车装置零部件的价格大大低于同类进