

# 民用飞机机轮刹车系统研究

张 恂,朱成成

(中航通用飞机研究院有限公司,广东 珠海 519040)

**摘 要:**机轮刹车系统是民用飞机地面减速中最关键的一部分,决定了飞机的着陆安全。该文主要对比分析了波音 737 和空客 320 飞机的机轮刹车系统,总结民航机轮刹车系统的发展趋势,以期对我国大飞机事业的发展起到积极的推动作用。

**关键词:**机轮刹车系统;民航;波音 737;空客 320;趋势

**中图分类号:**TH137      **文献标识码:**A      **文章编号:**1008-0813(2013)05-0001-03

## Research of Wheel Brake System for Civil Aircraft

ZHANG Yi,ZHU Cheng-cheng

(China Aviation Industry General Aircraft Institute Co.,Ltd., Zhuhai 519040,China)

**Abstract:** The wheel brake system is the most critical part of civil aircraft landing deceleration, in deciding civil aircraft landing safety. The paper contrasts Boeing 737 and Airbus 320, and summarizes the development trend of the wheel brake system of civil aircraft, in expectation of making some active contributions to China large aircraft industry.

**Key words:** wheel brake system; civil aircraft; Boeing737; Airbus320; trend

## 0 引言

民用飞机机轮刹车系统是飞机起飞着陆系统的重要组成部分,关系着飞机的着陆安全。空客 A320 系列飞机和波音 737 系列飞机占据国内 150 座级客机的大多数,我国目前商飞正在进行的 C919 大型客机项目,同样是 150 座级。因此,研究和借鉴现有类似机型的机轮刹车系统设计,以及用于判断机轮刹车系统设计的发展方向。

## 1 波音 737 机轮刹车系统概述

波音 737(B737)系列飞机根据项目启动时间和技术先进程度分为传统型 737 和新一代 737。传统型 737 包括 737-100/-200,737-300/-400/-500;新一代 737 包括 737-600/-700/-800/-900。目前国内航空公司主要使用的是 737-300/-400/-500。新一代 737 的机轮刹车系统配置和传统型 737 基本相同,不同之处在于新一代 737 对系统中的成附件进行了优化设计。下面以新一代 737 的机轮刹车系统为例来介绍 B737 的机轮刹车系统(见图 1)。

机轮刹车系统分为机轮和轮胎、液压刹车系统、防滑/自动刹车系统和停机刹车系统。

其中,液压刹车系统可分为正常刹车、备用刹车、蓄压器刹车和起落架收起刹车。正常刹车由 B 系统供压,备用刹车由 A 系统供压,A、B 系统均不能供压时,由蓄压器提供压力给正常刹车系统进行刹车,起落架收起刹车由备用刹车油路进行控制。

通过正副驾驶脚蹬动作带动钢索打开刹车流量阀组件,输出与脚蹬行程成比例的刹车压力。刹车流量阀组件由正常刹车流量阀、备用刹车流量阀和起落架收起刹车作动器构成。正常和备用刹车流量阀共用一个输入轴,用备用刹车选择阀和蓄压器隔断阀来控制进入正常和备用刹车流量阀的液压力,确保在同一时间,只会有一阀门获得液压力。

起落架收上过程中,起落架收上管路压力给起落架收上刹车作动器充压。起落架收上刹车作动器推动备用刹车流量阀的阀芯动作,将起落架收上压力接入刹车。

防滑系统监控机轮减速过程,并根据机轮的滑动状态来控制刹车压力。防滑系统具有防滑功能、锁死机轮保护、接地保护、湿跑道保护和起落架收上保护。

自动刹车系统监控机轮减速过程,根据飞行员选定的减速率控制流量压力,让飞机在无需人工干预的情况下,控制机轮刹车整个过程。自动刹车可以选择 1、2、3 和 MAX 四档减速位置,以及中止起飞(RTO)位置。

停机刹车系统使用正常刹车系统来保持主起落架

收稿日期:2012-12-17

作者简介:张恂(1984-),男,四川达州人,硕士,从事飞机刹车领域的科学研究。



进行供压。

当 BSCU 防滑功能故障和黄液压源系统不能供压时,系统使用与备用防滑刹车系统相同的液压附件完成备用不防滑刹车。如果失去黄色液压源,蓄压器能保证系统完成至少七次完全刹车的能力。

停机刹车系统使用备用刹车系统共用部件以输送压力到刹车装置。停机刹车手柄直接电控停机刹车控制活门打开,使停机刹车操作活门保持开位。停机刹车系统从备用刹车系统蓄压器或者黄液压源系统得到液压源,蓄压器有足够大流量保持停机刹车至少 12h。

起落架收起自动刹车是在起落架手柄“UP”位 3s 后由绿液压源供压进行自动刹车。

### 3 B737 与 A320 机轮刹车系统比较

B737 与 A320 机轮刹车系统都由两套液压源进行供压,并用液动阀来实现不同液压源的切换,保证刹车时只由一个液压源进行供压。B737 机轮刹车系统采用传统的机械液压电气控制模式,成附件较少,可以降低系统重量,但在系统功能、冗余度以及任务可靠性方面明显不足,刹车装置采用单通道气缸座,需要用转换阀来实现正常刹车和备用刹车的油路切换,不能避免转换阀以及下游管路发生故障时影响刹车功能。A320 机轮刹车系统为电控压力系统,刹车装置使用双通道气缸座,对于输入的刹车指令进行了备份,并采用双控制盒 BSCU 和 ABCU,确保正常刹车系统和备份刹车系统相对独立。综合来说,A320 飞机机轮刹车系统相比 B737 飞机机轮刹车系统具有更高的安全裕度,避免了脚踏处存在的力敏感问题,B737 飞机机轮刹车系统配置则更为简单。因此在开发国产大飞机应在借鉴 A320 飞机高安全裕度和 B737 飞机的简洁性设计。

### 4 机轮刹车系统发展趋势及国内现状

机轮刹车系统关系着飞机的飞行安全,现代飞机的发展,对飞机提出越来越高的要求。飞机机轮刹车系统将朝着多余度、集成化、智能化和全电刹车等方向发展。

(1)多余度。现在机轮刹车系统的发展方向就是电传控制,可以通过设置供压冗余度、刹车装置冗余度、控制系统冗余度和控制盒中软件冗余度等来提供系统的安全性和可靠性。

(2)集成化。现代飞机的地面减速功能一般可以由地面减速板、发动机反推和机轮刹车系统等共同完成,同时还需要起落架、方向舵等状态交联,这就要求实现多个系统信息互联,它们之间协调动作,达到安全作用。

(3)智能化。机轮刹车系统的工作环境决定了其复杂、非线性和不确定性,对控制技术提出了很高的要

求,不断发展的模糊控制、神经网络等现代控制技术,为机轮刹车系统的发展提供了技术支持。

(4)全电刹车。液压刹车存在“液压油容易泄漏、引发火灾、难以维修”等难以克服的缺点,基于这些缺点,早在 20 世纪 80 年代美国已开始全电刹车的研究和试验,波音 787 现已完全取消集中式的液压动力方式,采用多余度 EMA 的全电刹车系统,A380 上正常刹车采用传统的供压系统,备用刹车系统采用分布式电静液作动 EBHA。试验和实际应用均表明,全电刹车必然是下一代飞机高性能刹车系统。

国内机轮刹车系统已发展到数字式电传防滑控制阶段,科研院所也开展了很多关于全电刹车的研究,但国内技术相比国外还存在以下不足:

(1)尽管数字式电传防滑控制系统已在国内多种机型上使用,但国内刹车系统研制厂商的适航经验存在严重不足,研制时未严格执行适航当局的要求,对于系统构成框架以及软硬件配置方面均存在不足,研制过程中,适航是一大难题。

(2)国内在自动刹车方面使用比较少,现在只有 ARJ21 飞机使用了自动刹车系统,且为国外厂家研制,国内厂家未有自动刹车研制经验。

(3)国内对全电刹车的研究与国外具有很大的差距,还从未在飞机上进行过测试。国内广泛使用的刹车控制律还比较落后,刹车效率不高,国外采用滑移率控制的电刹车效率已可达 98%。国内需要加大对控制律的研究。

### 5 结论

通过对比国际广泛使用的空客 A320 系列和波音系列飞机的机轮刹车系统的结构配置和使用特点,为我国发展大型客机项目的机轮刹车系统设计提供借鉴,同时指出当前民用飞机机轮刹车系统的发展趋势,以及国内机轮刹车系统研制方面存在的不足。

#### 参 考 文 献

- [1] A320 Aircraft Maintenance Manual [Z].AIRBUS INDUSTRIE, 2008.
- [2] 何永乐.飞机刹车系统设计[M].西安:西北工业大学出版社,2007.
- [3] 聂宏,魏小辉.大型民用飞机起落架关键技术[J].南京航空航天大学学报,2008,(8):427-432.
- [4] 常海.大型民用窄体客机液压系统分析探讨[J].航空科学技术,2011,(6):18-20.
- [5] 张建波,朴学奎.空客 A320 液压系统研究[J].民用飞机设计与研究,2012,(2):53-55.
- [6] 李艳军.飞机液压传动与控制[M].北京:科学出版社,2009.