

大型民用窄体客机液压系统分析探讨

Research and Discussion on Commercial Narrowbody Aircraft Hydraulic System

常海 / 上海飞机设计研究院

摘要：分析和对比了同座级的空客A320和波音737的液压系统，并研究了民机液压系统的发展趋势。

关键词：空客A320；波音737；液压系统；发展趋势

Keywords: Airbus A320; Boeing 737; hydraulic system; development trend

0 引言

从国内市场来看,150座级窄体客机占现有机队的70%以上,而且大多是波音737系列和空客A320系列。我国目前正在进行的大型客机项目,同样是150座级。因此,分析研究现有类似机型的液压系统设计以及判断飞机液压系统设计发展趋势是有必要的。

1 A320飞机液压系统概述

A320飞机的液压系统是由3个封闭、相互独立的液压源组成,分别用绿、黄、蓝系统表示。主液压系统(黄、绿系统)分别配备一台压力补偿型发动机驱动变量泵作为飞机的主要液压力源,同时在备用液压系统(蓝系统)中配备一台AC电动泵作为该系统的主液压泵。备用泵方面,在黄系统中配备一台AC电动泵,在蓝系统中配备一冲压式空气涡轮驱动泵以及黄/绿系统各配备的手动泵作为整个液压系统的备用泵源,同时两主液压系统(黄/绿)之间的能源转换装置(PTU)可以帮助两主液压系统间相互增压备份。每个液压系统都设计有各自的空气增压油箱以及必要时用于液压系统增压的蓄能器^[1]。

液压装置的结构以及液压功率向各执行机构的分配方案,保证了在出现发动机故障(含所有发动机故障)、发动机解体(一个发动机)、机轮破裂、雷电袭击、火灾、装置外部损伤和蓄能器破裂等情况后仍能有足够的液压和电能确保继续飞行和着陆。

三个系统都是封闭系统,油箱由来自发动机的压缩空气增压到绝对压力50psi;油箱内的压力流体和空气之间没有隔膜,系统自动地经油箱排气;压缩空气可由发动

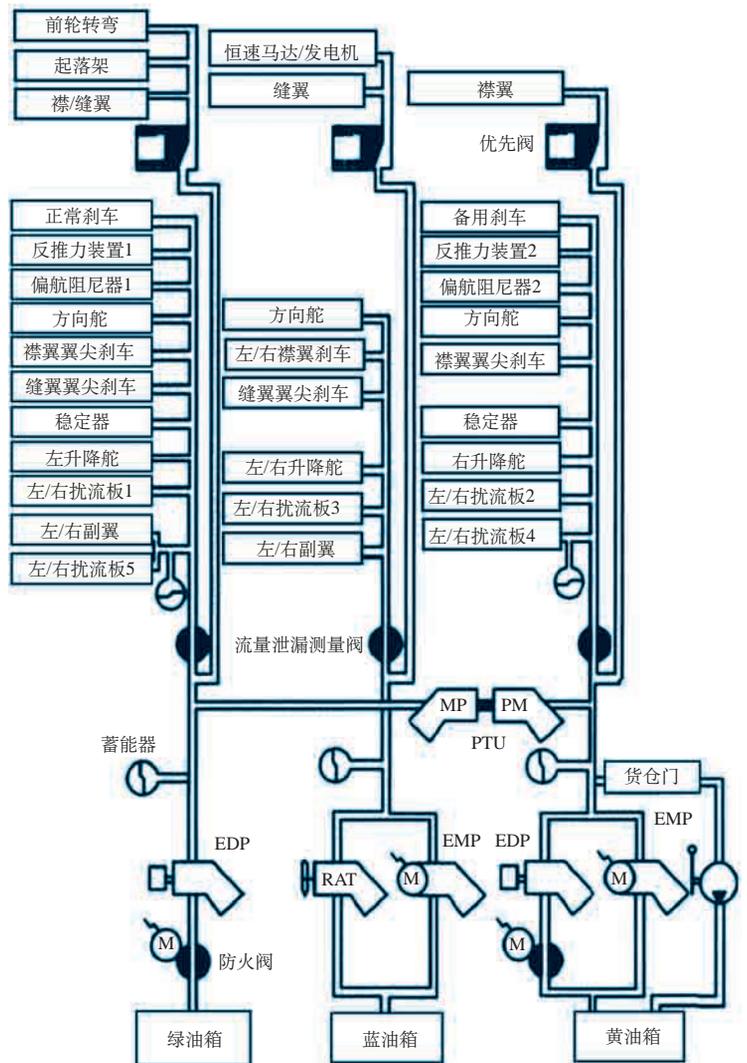


图1 A320液压系统分配图

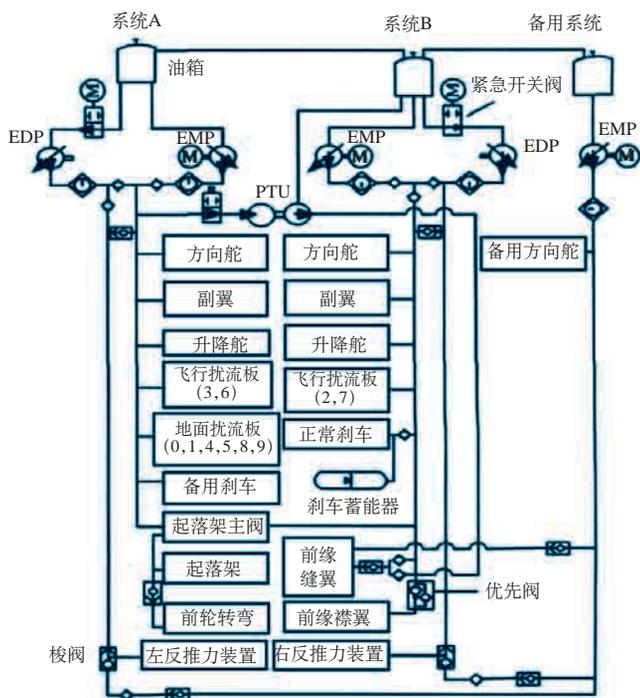


图2 波音737-300/400/500 液压系统分配图

机的压气机产生,也可以启动辅助动力装置(APU)或通过地面装置产生。名义上油箱的绝对压力可达50psi,保证泵工作状态的人口绝对压力不低于0.3MPa。

2 波音737飞机液压系统概述

波音737飞机有三种类型液压系统,分别为波音737-100/200所使用的架构和国内航空公司主要使用的波音737-300/400/500、波音737NG机型所采用的架构。波音737NG的系统配置与波音737-300/400/500基本相同,不同之处主要在于PTU提供给自动缝翼系统的压力不同;扰流板数目增加,分配形式不同。下面以波音737-300的液压系统为例说明波音737的液压系统。

液压系统的额定工作压力为3000psi,有A系统、B系统和备份系统三套供压系统,三套系统各自独立。A系统和B系统各采用一台发动机驱动泵和一台交流电动泵,工作时,发动机泵作为主泵,交流电动泵作为备份泵;备

份系统采用的是一台单相交流电动泵,其电源可由任意1台交流发电机供应外,还可以由应急单相电源供电。A系统、B系统均向飞机的主飞行控制系统操纵面供压,2个系统互为冗余,备份系统在A、B系统出现故障时,能向方向舵、前缘襟翼和反推力装置提供应急液压能源。在A系统和B系统之间设置了能量转换装置,在没有A系统和B系统的液压流体交换的情况下,该装置

在需要时能将A系统的压力能转到B系统,供前缘襟翼和缝翼使用^[2],图2是波音737-300/400/500液压系统分配。

波音737飞机大都采用了增压式薄壁油箱,主要优点有:可以充分给液压系统散热,相对自供式增压油箱重量轻;安装不受飞机的外形限制;油量的自动检测设备布置方便。缺点是:由于采用气体增压,容易造成液压系统的气穴,影响控制系统的精度;由于采用了发动机的引气增压,必须采用一套减压、增压装置;由于采用了发动机引气,液压系统容易受到发动机气体的污染。

3 A320与波音737液压系统比较

A320和波音737液压系统都有三套供压系统,对比发现,波音737液压系统相对A320液压系统简洁,可有效减轻飞机液压系统重量,但在系统功能结构、冗余度以及可靠性方面明显不足。波音737没有采用冲压空气涡轮(RAT)作为备份系统能源,且主系统间PTU装

置仅采用单向结构而非双向结构,减少了飞机液压能源供给途径,降低了飞机应对紧急情况的能源供给能力。同时备份系统对应的执行机构功能简单,紧急情况下对飞机的控制能力有限,降低了备份系统的有效性。故总体上讲,A320飞机液压系统相比波音737飞机液压系统先进,拥有更高安全裕度,波音737机型液压系统配置则更为简洁、轻便。因此,在开发国产大飞机液压系统时,应着重借鉴空客A320机型的高冗余度设计与波音737机型的系统简洁性设计。

4 液压系统发展趋势

液压技术由于其功率密度大、快速性好、刚度大,一直以来在航空领域广泛应用。然而,现代飞机的进一步发展,对飞机液压系统提出了更高的要求。飞机液压系统将适应现代飞机性能要求的变化,向高压化、分散化、智能化、节能、主动维护等方向发展。

1) 高压化。自从飞机液压系统出现20.7MPa和27.6MPa压力之后,世界上飞机液压系统压力已经保持了40余年没有改变。世界各国尤其是美国近20年来的大量研究表明,减轻飞机液压系统质量和缩小其体积的最有力途径是提高飞机液压系统的压力。可以预见高压化是未来飞机液压系统发展的一个主要趋势^[3]。

2) 分散化。系统采用泵、执行器组成的液压系统(如EHA、EBHA等),可实现优化控制达到节能的目的,同时有利于液压系统布局、减少管道、维修方便。

3) 智能化。液压元件电子控制集成度增加,有利于元件和系统的优化控制。

4) 节能。采用变压力、泵转速调节等技术对液压系统不同工况进行调节,可以有效降低系统损耗功率、有利于降低系统发热、提高液压系统工作可靠性和减少故障发生率等。

某型起动机高温合金整体涡轮材料的改进与分析

Improvement and Analysis of the High-Temperature Alloy Integral Turbine Material of Starter

徐光¹ 徐佳龙¹ 高飞¹ 王占勇²

1 海军驻南京地区航空军事代表室 2 海军航空工程学院青岛分院

摘要: 针对某型起动机高温合金整体涡轮断裂故障率高的情况, 本文从国内外涡轮材料的发展趋势和应用现状出发, 介绍了一种新型涡轮材料, 并通过对比新旧材料的性能证明了材料改进的可行性和有效性。

关键词: 高温合金; 整体涡轮; 材料; 性能

Keywords: high-temperature alloy; integral turbine; material; performance

0 引言

燃气涡轮起动机相当于一台微型涡轴发动机, 主要用于起动飞机发动机, 其动力涡轮是起动机关键零件。某型起动机要求起动时动力涡轮转速从0升至64000r/min, 停车后动力涡轮转速从64000r/min降至0。因此, 动力涡轮材料要具有很好的机械性能和抗疲劳性能。

某型起动机整体涡轮材料为K418B。零件为高温合金整体无余量精铸件, 37个叶片沿圆周均布。在使用中, 动力涡轮均发生了一阶振动疲劳断裂故障, 其中50台起动机在外场使用过程中

有19台发生动力涡轮叶片断裂, 尽管采用改进毛坯浇铸方法提高了动力涡轮的抗热冲击和抗振动疲劳性能, 故障率有所降低, 但在使用中仍发生了13起动力涡轮叶片断裂故障。

针对频繁出现的动力涡轮叶片断裂故障, 改进涡轮材料成为了防止涡轮叶片断裂的首选方法。

1 国内外高温合金整体涡轮材料的发展状况

上世纪70年代, 国外整体叶盘常用合金材料为IN713LC、Mar-M246等

常规材料。随着发动机使用温度和转速的提高, 常规合金材料已不能满足发动机的性能需要。上世纪80年代初, 美国Howmet公司成功开发了整体叶盘GX细晶工艺, 并且发现Mar-M247等定向合金材料不仅具有良好的定向柱晶性能, 而且还具有优良的等轴晶性能。采用该型合金铸造整体叶盘, 能显著提高轮盘的强度、低周疲劳性能和承温能力, 降低了叶盘的设计重量, 提高了叶盘的工作转速, 延长了叶盘的工作寿命, 该工艺已在美军F-16、YF-22A等战斗机上得到了广泛的应用。

5) 主动维护。应用电子技术和计算机软件技术对液压系统进行监测和管理, 有利于提高液压系统工作效率、降低故障发生率等。

的液压系统进行了对比分析, 为我国发展大型客机项目的液压系统设计提供借鉴, 同时也指出当前民用飞机液压系统的发展趋势。

AST

[2] 苏致国. 波音737飞机在液压系统上的改进分析[J]. 中国民航学院学报, 1987(2).

[3] 王占林. 飞机高压液压能源系统[M]. 北京航空航天大学出版社, 2004.

5 结论

介绍了当前民用客机中150座级最为畅销的空客A320系列和波音737系列的液压系统结构及特点, 并对其二者

参考文献

[1] 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.

作者简介

常海, 工程师, 主要从事民机液压系统设计相关工作。