

大型民机起落架控制系统技术发展

Development of Control System Technologies for Landing Gear
of Large Civil Commercial Jet

第一飞机设计研究院飞控液压所 孙建全



孙建全

高级工程师,毕业于北京航空航天大学,主要从事飞机液压、起落架控制系统设计工作。

起落架控制系统包括起落架收放系统、前轮转弯系统、机轮刹车系统以及起落架位置指示与告警系统。国际上大型民机起落架控制系统技术比较成熟,国内尚处于起步阶段,与国外有较大差距。在我国实施大飞机计划之际,本文对波音和空客飞机起落架控制系统的技术发展进行了分析,提出了国产大型民机起落架控制系统的方案构想。

波音飞机起落架控制系统

波音系列飞机(如 B737、B747、

在我国实施大飞机计划之际,本文对波音和空客飞机起落架控制系统的技术发展进行了分析,提出了国产大型民机起落架控制系统的方案构想。

B757、B767)起落架控制系统采用传统的机械液压电气控制方式,由机械传输方式控制液压阀油路。这里以 B737 飞机为例进行具体分析。

波音 737 系列飞机起落架控制系统通过机械手柄等操纵器件带动钢索或连杆机构打开液压阀进行控制。波音 737 系列飞机起落架由 1 个前起落架和左、右 2 个主起落架组成,每个起落架上有 2 个机轮。液压能源系统包括液压系统 A、液压系统 B 及备用液压系统,液压系统额定工作压力为 20.685MPa。主要功能为:正常收放起落架、应急放下起落架、手轮操纵前轮转弯、脚踏操纵前轮转弯、带防滑的正常刹车、带防滑的备用刹车、停机刹车等。

B737 飞机起落架正常收放时,操纵机械手柄通过扇形轮及钢索打开液压选择阀油路控制起落架的收放,收放手柄有“收上”、“放下”和“断开”3 个位置;正常收放由液压系统 A 供压,收起落架时如液压系统 A 有故障,系统自动转换到液压系统 B 供压;应急放下系统采用机械手柄带动

钢索打开起落架上位锁,依靠重力和气动力放下起落架,前起落架和左、右主起落架分别对应 3 个应急放机械手柄;系统中设置有接近传感器控制盒,处理起落架相关位置信息。

B737 飞机正常刹车和备用刹车均由刹车脚踏机构通过钢索传动打开刹车控制阀,正常刹车和备用刹车均带防滑功能,正常刹车由液压系统 B 供压,备用刹车由液压系统 A 供压;当液压系统 B 失效时,采用备用刹车,亦由刹车脚踏机构通过钢索传动打开刹车控制阀;自动刹车有“1”、“2”、“3”、“最大”、“RTO”中止起飞等档位,分别对应不同的减速率;停机刹车利用正常刹车系统的刹车压力,防止飞机停止状态时机轮滚动,也可用于当所有其他刹车系统都失效时使飞机减速。

B737 飞机前轮转弯系统由起落架放下管路提供液压压力,采用机械负反馈;飞机地面低速机动滑跑时采用手轮操纵进行大角度转弯,转弯手轮带动扇形轮及钢索打开转弯液压控制阀驱动作动器操纵前轮转向;飞

机起飞滑跑时依靠方向舵脚蹬进行小角度转弯纠偏,由方向舵脚蹬带动连杆及钢锁打开转弯液压控制阀驱动作动器操纵前轮转向;可以人工解除转弯状态,使其处于自由转向模式,便于牵引飞机;在驾驶舱左操纵台上设置一个转弯操纵手轮。

空客飞机起落架控制系统

空客系列飞机(如 A320、A330、A340、A380、A350)起落架控制采用数字电传控制系统。其基本原理是设置指令传感器及各种相关传感器,将传感器信号送给控制盒(控制计算机),经过综合运算比较后发出指令给执行机构,控制环节为余度控制。采用数字式电传控制,相关信息可传输到综合显示器及中央维护系统(CMC),系统具备 BIT 功能。

前轮转弯操纵手轮、方向舵脚蹬、刹车脚蹬、起落架收放手柄等操纵部件均设置指令传感器,依靠电信号的传输进行控制。取消了滑轮、钢索、拉杆等机械传动元件。

本文以 A340 飞机为例进行具体分析说明。

A340 飞机起落架由 1 个前起落架、1 个中央起落架及左、右主起落架组成。前起落架及中央起落架上分别有 2 个机轮,左、右主起落架上分别有 4 个机轮。液压能源系统包括绿色液压系统、兰色液压系统及黄色液压系统,液压系统额定工作压力为 20.685MPa。

主要功能为:正常收放前起落架、中央起落架及左、右主起落架;应急放下前起落架及左、右主起落架;手轮操纵前轮转弯;方向舵脚蹬操纵前轮转弯;带防滑的正常刹车;带防滑的备用刹车;不带防滑的备用刹车;停机刹车;刹车装置温度监控;轮胎压力监控。

A340 飞机起落架正常收放为电气控制、液压作动模式;正常收放系统由绿色主液压系统供压;有 2 套独

立的电气控制系统,2 个收放和接口控制计算机互为余度。当一个收放和接口控制盒处于工作状态时,另一个处于备用状态。位置接近传感器为双余度;收放手柄有“收上”和“放下”2 个位置。收放和接口控制盒根据收放手柄及位置传感器的信号经过运算后发出指令控制起落架和舱门的收放顺序;应急放下系统采用电气控制、机械作动模式;采用应急放下时,将前起落架及左、右主起落架放下,中央起落架仍处于收上位置;操纵应急放电机后,电气旋转作动器工作带动连杆机构打开起落架及舱门机构上位锁,起落架及舱门在重力和空气动力作用下放下;在驾驶舱 EICAS 上显示起落架的位置信息及警告信息。

A340 飞机正常刹车为电传数字防滑控制系统,由转弯与刹车控制计算机根据输入的信号控制液压阀调节刹车压力,包括人工脚蹬刹车和自动刹车模式。由绿色主液压系统供压;自动刹车有低、中、高 3 个按钮,对应不同的减速率。人工脚蹬刹车模式可以超控自动刹车模式;正常刹车系统失效时,系统自动转入备用刹车。由蓝色主液压系统供压;备用刹车为电传数字防滑控制系统,如电气部分失效,备用刹车仍可在没有防滑的条件下工作;停机刹车采用电气控制、液压作动模式。液压压力采用备用刹车系统中的蓄压器压力,可以保证停机刹车 12h。停机刹车用于飞机停止时防止机轮滚动,也可用于当所有其他刹车系统都失效时使飞机减速;有刹车温度监控功能,刹车温度监控盒将刹车装置温度信息处理后显示在 EICAS 上,温度过热时主警告灯亮并伴有音响警告;轮胎压力指示系统,能够自动监控轮胎压力并使其显示在 EICAS 上,刹车系统的工作及故障状态在 EICAS 上显示。

A340 飞机前轮转弯系统前轮转弯系统为电液伺服作动、带位置反馈

的闭环随动系统,由绿色主液压系统提供压力;转弯和刹车控制盒为该系统的控制计算机,综合指令后操纵转弯控制阀工作,通过推拉式作动筒驱动前机轮转动;飞机地面低速机动滑跑时采用手轮操纵进行大角度转弯;飞机起飞滑跑时依靠方向舵脚蹬和自动驾驶仪进行小角度转弯纠偏;可以人工解除转弯状态,使其处于自由转向模式,便于牵引飞机;转弯系统的工作及故障状态在 EICAS 上显示;在驾驶舱左、右操纵台上均有一个带有传感器的操纵手轮,分别用于正、副驾驶员的操纵控制。

波音和空客飞机技术继承性及共用性

波音和空客飞机起落架控制系统的功能相同,即正常收放起落架、应急放下起落架、手轮操纵前轮转弯、方向舵脚蹬操纵前轮转弯、带防滑的正常刹车、带防滑的备用刹车、停机刹车、自动刹车、轮胎压力监控、机轮刹车温度监控。

在实现方式上波音飞机主要延续其传统的机械液压电气控制模式,通过机械手柄等操纵器件带动钢索或连杆机构打开液压阀进行控制,B737、B747、B757、B767 均采用该方式。B777 飞机前轮转弯操纵及刹车操纵仍采用机械传输方式,仅起落架收放开始采用电传控制。新研制的 B787 飞机,波音放弃了自己传统的机械液压控制方式,完全采用数字电传控制系统。

空客飞机 A320、A330、A340、A380、A350 等系列飞机起落架控制系统一直采用数字电传控制系统,对于操纵器件如前轮转弯操纵手轮、方向舵脚蹬、刹车脚蹬、起落架收放手柄等均设置指令传感器,依靠电信号的传输进行控制。技术比较先进,经过实践证明其重量轻、维护检查方便、安装简单,具备 BIT 功能。

波音和空客飞机起落架控制系

统的发展表明,传统的控制方式为机械液压电气控制模式,新的飞机均采用比较先进的控制方式即数字电传控制模式。

国内技术现状

国内飞机传统的起落架控制系统为机械液压电气式,前轮转弯及刹车系统通过机械式手柄等操纵器件带动钢索或连杆机构打开液压阀进行控制,收放系统一般通过电门直接控制液压电磁开关的通断进行收放控制,控制环节单一。

近年来国内一些机种也应用了电传控制。在某型飞机上,采用了国内研制的前轮转弯电传控制系统,该系统为模拟式电传控制。在某运输机上采用了国内研制的数字防滑刹车系统,但该系统相对交连关系少,控制环节简单。国内在大型飞机上采用起落架数字电传控制技术尚处于起步阶段。

国产大型民机起落架控制系统方案构想

起落架为液压可收放前三点式。前起落架为双轮支柱式,向前收起。主起落架为四轮小车式,向内收起。

大型民机起落架系统采用数字电传控制系统,主要功能为:正常收放起落架、应急放下起落架、手轮操纵前轮转弯、方向舵脚蹬操纵前轮转弯、带防滑的正常刹车、带防滑的备用刹车、停机刹车、自动刹车、轮胎压力监控、机轮刹车温度监控等。

前轮转弯系统为数字式电传操纵、液压伺服作动、带位置反馈的闭环随动系统。前轮转弯系统的操纵模式有手轮操纵和脚蹬操纵2种形式,飞机在地面低速滑行动态转弯时,操

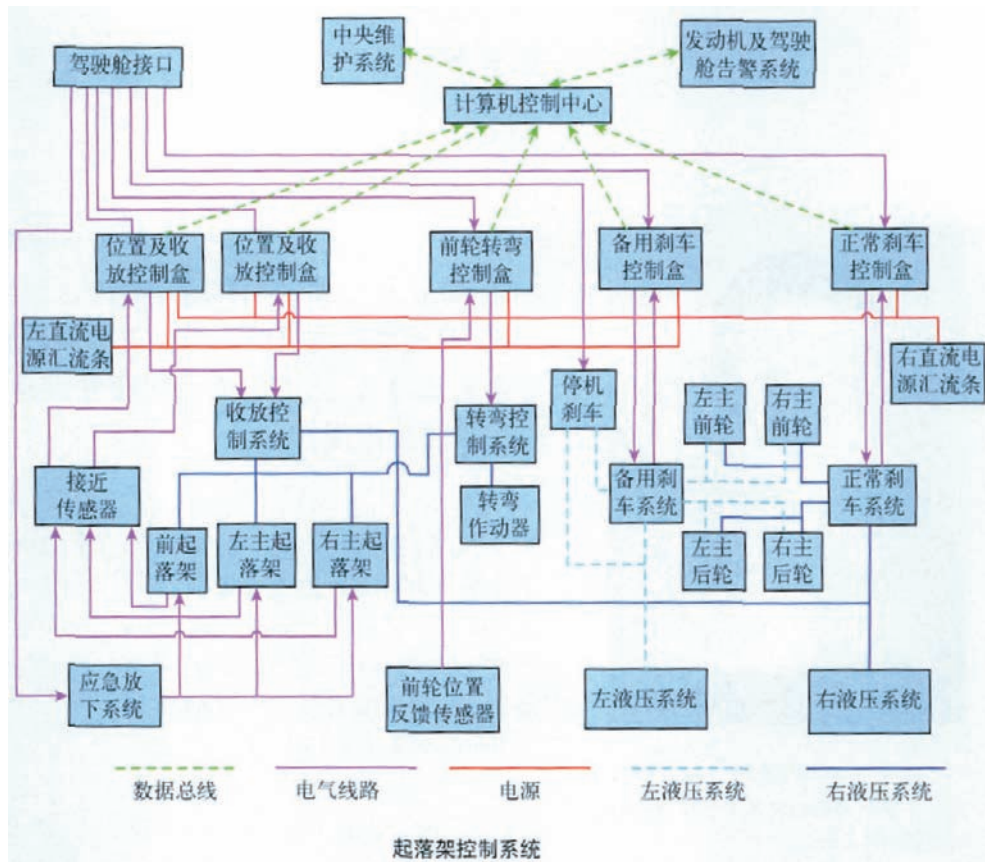
纵转弯手轮进行大角度转弯;在中高速滑行时,操纵转弯脚蹬进行小角度纠偏;在非操纵自由定向状态,提供防摆阻尼。

起落架收放系统包括正常收放和自由放下2种形式。正常收放为电子逻辑控制液压作动模式,自由放下为电气控制机械作动模式。系统中的位置接近传感器及收放控制盒均为双余度设置,电子逻辑自动控制

刹车开关位置等相关信号进行综合运算后输出指令控制刹车,同时将有关信息传给中央维护计算机及综合显示器。正常刹车系统失效时,系统自动转入备用刹车。该系统具备刹车温度监控及轮胎压力监控功能。

结束语

传统的控制方式为机械液压电气控制模式,新研的大型民机均采用



舱门及起落架的收放顺序。采用综合控制,显示及告警信息在EICAS上显示并保存在中央维护系统,具有BIT功能。

机轮刹车采用数字式电传刹车系统。该系统将自动刹车技术和防滑刹车技术相结合,自动刹车根据驾驶员所选择的制动等级实现自动刹车;防滑刹车通过调节输送给机轮刹车装置的刹车压力来防止机轮打滑。刹车控制盒将飞机速度信号、起落架位置信号、主起落架轮载信号、刹车机轮速度信号、刹车指令信号、自动

数字电传控制模式。建议国产大型客机起落架数字电传控制系统以国内研发为主,在国内已有成功经验的基础上,借鉴国外同类机种的先进技术,集中国内相关厂所的技术力量对电传及数字防滑刹车技术、自动刹车技术、前轮转弯数字电传控制及安全保护技术、位置指示及电子逻辑收放安全余度设计等关键技术进行攻关,尽快掌握起落架系统数字电传控制技术,满足飞机总体研制任务要求。

(责编 依然)