# 附件1：2021年度工程中心研究项目指南和需求目录

# 表一：重点研究项目指南目录

| 序号 | 课题名称 | 备注 |
| --- | --- | --- |
|  | [Cessna172飞机机体结构损伤维修技术规范研究](#_1、项目名称：Cessna172飞机机体结构损伤维修技术规范研究) | 自主课题 |
|  | [基于GJB6600标准的电子工艺工卡系统开发与应用](#_7、项目名称：基于GJB6600标准的电子工艺工卡系统开发与应用) | 自主课题 |
|  | [航空螺旋桨静平衡智能校正方法及系统研发](#_2、项目名称：航空螺旋桨静平衡智能校正方法及系统研发) | 自主课题 |
|  | [基于积累故障数据的航空活塞发动机故障机理挖掘及审定共性关键技术研究](#_3、项目名称：基于积累故障数据的航空活塞发动机故障机理挖掘及审定共性关) | 自主课题 |
|  | [通航飞机复合材料结构原位修理技术与装备的开发与应用](#_4、项目名称：通航飞机复合材料结构原位修理技术与装备的开发与应用) | 自主课题 |
|  | [CESSNA172飞机防火墙与机翼前缘国产化构件适航性研究](#_5、项目名称：CESSNA172飞机防火墙与机翼前缘国产化构件适航性研) | 自主课题 |
|  | [航空往复密封结构失效分析与适航验证技术研究](#_6、项目名称：航空往复密封结构失效分析与适航验证技术研究) | 自主课题 |
|  | [基于红外热波成像的通航飞机复合材料蒙皮缺陷检测及应用研究](#_8、项目名称：基于GJB6600标准的电子工艺工卡系统开发与应用) | 开放课题 |

# 表二：一般研究项目需求目录

| 序号 | 课题名称 | 备注 |
| --- | --- | --- |
|  | [基于实时生命体征的通航维修人员疲劳致因机理研究](#_1、项目名称：基于实时生命体征的通航维修人员疲劳致因机理研究) | 自主课题 |
|  | [AE300航空发动机空中故障实时诊断及应急处置程序推荐系统](#_2、项目名称：AE300航空发动机空中故障实时诊断及应急处置程序推荐系) | 自主课题 |
|  | [Cessna172飞机机翼多部位损伤的可靠性及修复技术验证研究](#_3、项目名称：Cessna172飞机机翼多部位损伤的可靠性及修复技术验) | 自主课题 |
|  | [航空橡塑密封结构适航验证智能决策支持系统开发](#_4、项目名称：AE300航空发动机空中故障实时诊断及应急处置程序推荐系) | 自主课题 |
|  | [民用直升机适坠性座椅设计及适航验证技术研究](#_5、项目名称：民用直升机适坠性座椅设计及适航验证技术研究) | 自主课题 |
|  | [航空活塞发动机安装减震架研制](#_6、项目名称：民用直升机适坠性座椅设计及适航验证技术研究) | 自主课题 |
|  | [国产远程机载播撒设备控制系统研制](#_7、项目名称：国产远程机载播撒设备控制系统研制) | 自主课题 |
|  | [基于电磁加载的通用航空器关键结构长寿命智能修复技术研究与应用](#_8、项目名称：基于电磁加载的通用航空器关键结构长寿命智能修复技术研究与) | 自主课题 |
|  | [基于小型无人机定点环绕的飞机复合材料无损检测技术研究](#_9、项目名称：基于电磁加载的通用航空器关键结构长寿命智能修复技术研究与) | 自主课题 |
|  | [通航航空无线电罗盘（ADF）天线模拟器研制](#_10、项目名称：通航航空无线电罗盘（ADF）天线模拟器研制) | 自主课题 |
|  | [通用飞机综合航电系统故障注入与故障检测技术研究](#_11、项目名称：通航航空无线电罗盘（ADF）天线模拟器研制) | 自主课题 |
|  | [通用航空器部附件便携式激光自动化清洗设备研发与应用](#_12、项目名称：通用航空器部附件便携式激光自动化清洗设备研发与应用) | 自主课题 |
|  | [航空活塞发动机机匣用铸铝合金激光熔覆增材修复技术及性能评价](#_13、项目名称：通用飞机综合航电系统故障注入与故障检测技术研究) | 自主课题 |
|  | [飞机钣金零件失效分析与疲劳寿命预测](#_14、课题名称：飞机钣金零件失效分析与疲劳寿命预测) | 自主课题 |
|  | [固化压力对西锐SR20飞机胶接维修性能影响的研究](#_15、课题名称：固化压力对西锐SR20飞机胶接维修性能影响的研究) | 自主课题 |
|  | [通用航空器国产零部件的可靠性关键技术研究](#_16、课题名称：固化压力对西锐SR20飞机胶接维修性能影响的研究) | 自主课题 |
|  | [基于Raspberry Pi的气动地平仪智能检测系统研发](#_17、课题名称：基于Raspberry_Pi的气动地平仪智能检测系统研) | 自主课题 |
|  | [点燃式航空活塞发动机TDC精确定位装置研制](#_18、课题名称：点燃式航空活塞发动机TDC精确定位装置研制) | 自主课题 |
|  | [米-17系列直升机机体结构重大损伤修复](#_19、课题名称：点燃式航空活塞发动机TDC精确定位装置研制) | 开放课题 |
|  | [直升机电气线路系统综合整治与线缆防护新材料应用研究](#_20、课题名称：米-17系列直升机机体结构重大损伤修复) | 开放课题 |
|  | [基于数字孪生的通用航空器健康状态监测与故障预测技术](#_21、课题名称：直升机电气线路系统综合整治与线缆防护新材料应用研究) | 开放课题 |
|  | [航空活塞发动机数字孪生建模及应用研究](#_22、课题名称：基于数字孪生的通用航空器健康状态监测与故障预测技术) | 开放课题 |
|  | [LYCOMING发动机气缸的数模模型分析](#_23、课题名称：LYCOMING发动机气缸的数模模型分析) | 开放课题 |
|  | [面向直升机机身装配的螺栓拧紧机器人研究与应用](#_24、课题名称：面向直升机机身装配的螺栓拧紧机器人研究与应用) | 开放课题 |
|  | [通用航空器复合材料机体结构红外无损检测关键技术研究](#_25、课题名称：通用航空器复合材料机体结构红外无损检测关键技术研究) | 开放课题 |

# 重点项目指南

## 1、课题名称：Cessna172飞机机体结构损伤维修技术规范研究

研究目标：

通过构建Cessna172飞机机体结构形状的关键点的标准三维坐标数据库，建立结构件更换的定位基本原则和修理型架的技术要求，同时制定施工的通用技术要求，提出损伤复后的检测方法与标准，最终制定Cessna172飞机机体结构损伤维修技术规范。

研究内容：

（1）Cessna172飞机机体结构形状的关键点的标准三维坐标数据库建立。分别确定表征Cessna172飞机机身和机翼结构形状的关键点，分别建立机身和机翼关键点的参考坐系，采集多架状态良好的Cessna172飞机的关键点三维坐标数据，建立表征Cessna172飞机机体结构形状的关键点的标准三维坐标数据库。

（2）结构件更换技术规范建立。分析结构件相互连接和定位关系，建立结构件更换的定位基本原则，制定修理型架的技术要求，针对典型结构损伤设计相关修理型架。分析结构件更换施工特点，制定施工的通用技术要求，同时针对典型结构损伤制定施工方案。

（3）修复后的检测方法与标准建立。制定损伤修复后的检测方法与标准建立的通用指南，针对典型结构损伤给出具体的修复后的检测方法与标准。

（4）Cessna172飞机机体结构损伤维修技术规范制定。基于前面的研究成果，制定Cessna172飞机机体结构损伤维修技术规范，并针对典型结构损伤给出相应的维修技术方案。

## 2、课题名称：基于GJB6600标准的电子工艺工卡系统开发与应用

研究目标：

从飞机维修的角度出发，以IETM技术为基础，研究开发应用于某型飞机结构检修或部件翻修的交互式电子工艺/工卡系统，并符合GJB6600标准要求。构建用于IETM项目的总体规划与管理的IETM管理系统、实现数据模块的创建、编辑、预览以及系统信息的管理的编著系统、提供了灵活多样的信息访问方式阅读系统。

研究内容：

（1）客户化GJB6600：依据GJB6600的相关要求和客户的实际情况，科学合理地确定IETM创作的业务规则和相关需求。

（2）制定信息集：制定IETM系统中核心的信息对象。

（3）编制项目的数据模块需求列表(DMRL)：根据客户需求确定项目中应该包含哪些类型的IETM 数据模块，形成数据模块需求清单，并收集整理所需的技术资料。

（4）编制数据模块信息对象：采用GJB 6600规定的Schema定义DM，并确立了各类数据模块的Schema结构。通过确定的Schema生成DM，并对生成的DM进行验证，确保其符合GJB 6600的要求。

（5）CSDB内容的管理：采用关系数据库建立CSDB对离散的XML文档DM进行有效存储和管理，数据库中的DM 通过标准结构的惟一性数据模块编码(DMC)来标识和访问。

（6）出版物的发布：支持WEB/PC端、移动端和PDF形式浏览发布出版物，并支持在线和离线条件下浏览。

## 3、课题名称：航空螺旋桨静平衡智能校正方法及系统研发

研究目标：

（1）项目拟提出一种可适用于多种螺旋桨型号的静平衡智能校正方法，该方法能够定量的测试螺旋桨单叶片的重量偏差和螺旋桨组件的质心偏移，并基于测试数据智能化地计算单叶片配平量和给出组件配平方案。

（2）研发一套人机交互性友好的螺旋桨静平衡校正系统，具备自动化、智能化测试功能，能够适用于二叶桨、三叶桨、四叶桨的测试校正工况；系统将整合数据处理模块，在完成智能计算后，数字化显示叶片配平量，可视化显示组件重心分布和展示配平方案；系统操作过程简单、高效，操作体验友好。

研究内容：

（1）航空螺旋桨静平衡校正现状调研及分析。综合文献资料、研讨及现场调研等方式，调研螺旋桨维保方式、数据指标、技术趋势、现存问题，分析维修方法与螺旋桨质心偏移的映射关系，总结螺旋桨维修需求、改进方向；定量评估现有校正装置的精度和效率，并将相关结果作为新设备的精度参考；研究校正方法的总体方案、技术路线。

（2）航空螺旋桨静平衡智能校正方法研究。研究智能校正原理，针对螺旋桨叶桨重量偏差和螺旋桨组件质心偏移问题，运用但不限于数字孪生、智能感知等技术，构建数字化仿真虚拟模型，论证螺旋桨静平衡智能校正方法的原理；采集信息数字化，基于多场耦合等理论合理布置多轴力/力偶传感器，实现螺旋桨静不平衡量数字化采集；配平决策智能化，基于采集数据结合多传感器信息融合和数据分析方法，提出并优化配平方案，指导配平决策。

（3）航空螺旋桨静平衡智能校正系统研发。开展静平衡测试设备和软件的研发，评估前述方法到设备转化过程中可能存在的制造、装配误差对设备精度的影响，结合人体工程学完成校正系统研制，优化操作过程中的不合理环节，提升操作实用性；开发具备数据显示、数据记录、数据分析、配平方案推荐的自动化软件，该软件能够根据不同的螺旋桨形式（二叶桨、三叶桨、四叶桨等），并结合螺旋桨配平的位置信息智能的分析静平衡相关数据，进而计算出配平方案；基于螺旋桨静平衡校正作业的精度要求，对静平衡校正系统进行调试和改进，验证系统应用效果，定型整套智能校正系统。

## 4、课题名称：基于积累故障数据的航空活塞发动机故障机理挖掘及审定共性关键技术研究

研究目标：

以典型航空活塞发动机(引进并广泛使用)为对象，建立实际运行故障的数据统计机制和大数据分析方法，形成以整机运行风险为依据的典型故障诱因判定及对应关键运行、保障条件判定技术,揭示现阶段通用航空动力适航条款符合性表明方法的局限性,给出我国特殊运行、保障条件下的适航条款修订建议。

研究内容：

（1）通用航空器动力的故障数据累积及大数据分析。故障数据的收集、分类及管理标准研究;故障模式的大数据分析及分级研究。

（2）基于整机运行风险的典型故障诱因判定。基于整机模型的系统安全性分析;典型故障模式的关键诱因判定及所对应的运行、保障条件。

（3）通用航空器动力适航规章的符合性方法研究。典型故障相关适航条款的技术内涵及符合性表明方法研究;特殊运行、保障条件下相关适航条款的局限性及修订建议。

## 5、课题名称：通航飞机复合材料结构原位修理技术与装备的开发与应用

研究目标：

针对国内通航飞机复合材料结构典型损伤原位维修技术薄弱，通航运营一线工程单位普遍缺乏飞机复合材料结构维修设计能力、低成本高效率国产专业维修设备及原位维修工艺的现状，开发通航复合材料结构原位修理关键技术及核心装备，开展其工程应用验证，实现通航飞机复合材料结构维修典型损伤的低成本、高效率、高质量的原位修理。

研究内容：

（1）开发通航飞机复合材料结构典型损伤胶接修理快速设计工具；

（2）研制通航飞机复合材料结构便携式热压成型专用设备；

（3）通航飞机复合材料结构典型损伤原位修理工艺工程验证。

## 6、课题名称：CESSNA172飞机防火墙与机翼前缘国产化构件适航性研究

研究目标：

通过对防火墙、前缘翼肋/蒙皮原厂构件的三维扫描和测量，建立结构三维几何模型。根据飞机损伤状态，对构件进行优化，采用有限元法建立结构的数值分析模型。对防火墙构件主要考虑着陆工况的载荷状态，结合装载物称重和过载值估算接头集中载荷。机翼前缘主要考虑最大空速工况和鸟撞工况载荷。通过有限元计算并结合补充验证实验评估国产化构件的强度、刚度、稳定性和疲劳性能。

研究内容：

（1）对原厂构件进行三维扫描和测量，建立结构三维几何模型。参考飞机维修手册，确定保证装机精度的紧固件定位孔。

（2）查阅飞机手册，对原厂构件取样送检，确认材料牌号和力学性能参数。

（3）根据已经发生的构件破坏失效模式，对构件进行优化，在等强度维修标准基础上提高国产化构件的力学性能，并保持构件站位和重量基本不变。

（4）根据飞机手册参数估算严重工况的主要载荷。防火墙构件主要考虑着陆工况的载荷状态，结合装载物称重和过载值估算接头集中载荷。机翼前缘主要考虑最大空速和鸟撞工况载荷。

（5）采用有限元法建立结构的数值分析模型，对各载荷工况下构件的强度、刚度、稳定性和疲劳性能进行分析，要求力学性能不低于原厂构件。

（6）查询CESSNA供应商，确定防火墙止振贴的供应商和牌号，找到性能基本一致的替代产品。

（7）分析防火墙构件的固有振动特性；以发动机为振源分析典型发动机转速下防火墙的受激振动特性。振动分析中考虑止振贴的结构特征。

（8）参考适航审定标准，力争创造条件完成机翼前缘结构的鸟撞冲击实验。

（9）撰写国产构件适航性研究报告，参与相关机务部门的适航审定申报工作。

（10）参与中飞院飞机修理厂国产结构件改装样机的称重、重心计算与地面试车、试飞工作，一起评估国产构件的使用特性。

## 7、课题名称：航空往复密封结构失效分析与适航验证技术研究

研究目标：

针对液压作动器的往复密封结构，以西锐飞机起落架减震器密封失效漏油案例为研究对象，采集该密封结构的工况参数，搭建针对该工况的密封结构性能试验平台,开展加速疲劳试验，模拟密封结构的动态损伤过程，揭示密封失效机理，提取影响密封性能的关键参数。类比分析国外同类产品的设计、生产、试验和使用的标准体系，结合失效分析结果，构建往复密封结构的适航验证技术指标体系，为高性能、长寿命的往复密封结构设计与适航验证提供技术支撑。

研究内容：

（1）往复密封结构典型故障案例失效分析。针对西锐飞机起落架减震器密封，收集实际服役过程中往复密封结构的典型失效案例，综合运行环境/载荷工况、设计/成型/匹配工艺、理化性能(机械性能、化学稳定性和耐候性等)、仿真分析、宏微观损伤形貌、成分分析等手段，多维度分析往复密封结构的典型失效模式和失效原因，为试验平台搭建和试验参数设计提供理论支撑。

（2）往复密封结构损伤演变规律和失效机理研究。基于典型服役工况参数，搭建往复密封结构多因素模拟加速试验平台，研究并分析油温、载荷、速度、结构匹配、服役历程等不同工况参数下的动态损伤过程，阐明工况参数对密封结构服役性能、失效模式、损伤特征和损伤累积的敏感性和影响规律，探明影响密封结构服役性能和寿命的关键工况参数，揭示往复密封结构的损伤演变规律和失效机理。

（3）构建往复密封结构的适航验证技术体系结合失效分析、损伤演变规律和失效机理研究结果，类比分析国外同类产品的设计、生产、试验和使用的标准体系，在对规章、标准、咨询通告等深入理解的基础上，设计往复密封结构的适航验证技术体系，构建考虑服役工况参数适应性需求的往复密封结构的适航验证指标，以评价及预测往复密封结构的适航性。

## 8、课题名称：基于红外热波成像的通航飞机复合材料蒙皮缺陷检测及应用研究

研究目标：

针对通航飞机复合材料蒙皮缺陷检测无法精准定位损伤位置等问题，提出一种基于红外热波等无损检测的方法，需通过引入主动红外技术方法，对复合材料蒙皮脱层等缺陷的精准定位，其检测深度能达到3~4.5mm，检测精度能达到30~100 μm。实现对西锐SR20等通航飞机复合材料蒙皮损伤层的精准定位，为复合材料的维修与修复提供精准的数据支撑，提高维修效率。

研究内容：

从红外热波检测原理分析与仿真研究、光激励红外热波检测系统研制、检测工艺参数选择、光激励红外图像序列处理算法、涂层厚度均匀性检测、缺陷几何特征识别与判定等关键技术开展对航空器机身复合材料缺陷检测技术进行系统深入研究。主要研究如下：

（1）确定通航飞机蒙皮不同材料层（漆层、玻璃纤维层等）的热流传递机制，建立各层表面温度场分布一维解析模型，确定各材料厚度与温度差之间的解析关系；

（2）确定缺陷几何特征和检测参数对表面温度信号的影响与规律，建立基于表面归一化温度分布的涂层厚度分布导热问题模型，在理论上实现机身复合材料缺陷位置与形状的分析计算；

（3）确定不同类型(脉冲、短时、长时、连续照射等)光激励红外图像序列处理算法，根据实测结果选择最佳的红外热波图像序列，确定复合材料缺陷精准定位探测的方法；

（4）搭建光激励红外热波成像无损检测系统，确定缺陷几何特征和检测参数对样件表面温度信号影响与规律，并得到合理机身蒙皮缺陷的检测参数范围，实现对30~100 μm厚度层的复合材料缺陷的高效、可靠检测。

# 一般项目需求

## 1、课题名称：基于实时生命体征的通航维修人员疲劳致因机理研究

研究意义：

中国民用航空飞行学院作为全国最大的通航运营单位，飞行训练任务重，维修人员超时工作、人员紧缺、不正常作息等可能会在执勤时引起体征疲劳、精神疲劳和生物疲劳，容易造成维修差错甚至安全事故。

2021年中国民航局发布了《民航局关于提高机务维修人员职业满意度的指导意见》，再次强调了机务维修人员疲劳管理的重要性，但并未对疲劳管理的要求和方法做出详细说明，也没有明确引起机务维修人员疲劳的具体因素。

采用生物医学工程和信息控制技术等科学有效的手段对通航维修人员疲劳致因机理进行研究，进而为减小通航维修人员在疲劳状态下的维修风险，规范通航维修人员管理保障体系和提高通航行业维修能力提供理论支撑。

## 2、课题名称：AE300航空发动机空中故障实时诊断及应急处置程序推荐系统

研究意义：

AE300发动机属于电控发动机，使用EECU控制，当EECU监测到一个或者多个参数超限时至某个阀值时，EECU 会在内部生成一个故障代码，同时记录故障瞬间的相关参数,并在驾驶舱屏幕上显示一个ECU X FAIL(X为A或者B)。

当飞行人员看到ECU FAIL 的失效提示后，往往立刻陷入紧张状态，因为不知道ECU FAIL具体发生了什么故障，甚至会认为是EECU本体发生故障，他们会认为存在空中停车的可能性，同时地面机务人员在仅得知空中ECU失效后,亦无法通过发动机当前的主要参数精确的诊断出发动机此时到底发生何种故障，就无法给出合理的处置建议，避免发动机故障进一步恶化，其实EECU内部在检测到发动机故障时，是存储有故障码相关信息的，只是飞机的设计上的缺陷无法显示而已。

通过本课题开发的系统，在空中即可为飞行人员提供准确而又具体的故障信息，同时针对每个故障码给出对应的应急处置程序，大大提高空中故障处置的效果和效率，高效保证AE300航空发动机的是使用安全。

## 3、课题名称：Cessna172飞机机翼多部位损伤的可靠性及修复技术验证研究

研究意义：

2012年，Cessna公司增加SID并将飞机寿命缩短为三万小时，说明该机群存在超过设计保证的结构隐患。国内老龄172飞机在结构检查中发现了多起刹车腹板和隔框裂纹及紧固件腐蚀故障。澳大利亚报道了多起Cessna飞机主梁腐蚀、平尾梁断裂等重大故障。说明用户仅按照Cessna要求的内容对飞机进行维修，是无法保证飞机机体结构的可靠性，使用户在确定后续深度检查时机和自增项目的难度与日俱增，其超规范修理项目也很难获得局方批准，同时Cessna公司支援有限且收费。

本项目基于前期研究成果，拟开展172飞机机翼出现多部位损伤可靠性分析，编制多部位损伤修复标准/指南，为国内用户提供维护和修复建议，避免老龄172飞机出现结构失效而导致的机队停飞或飞行事故拟编制172飞机结构检修时机及重点检查指南，为用户制定和优化老龄172飞机结构检修方案提供理论和数据支撑；可以为目标用户提供测试数据、数值分析模型，为用户制定172飞机机翼超规范修理、加强改装方案提供支持，解决国内老龄172飞机机翼结构可靠性管理难题。

## 4、课题名称：航空橡塑密封结构适航验证智能决策支持系统开发

研究意义：

航空密封领域已经积累了大量的密封结构设计成果。这些成果凝聚了设计知识与智慧，是重要的智力资源。通过梳理国内外航空橡塑密封领域的标准体系和已有的密封设计成果，以橡塑密封结构的MBD模型为载体，构建基于标准的领域知识模型，支持根据应用需求的适航验证指标体系生成，为国产密封件适航验证提供支撑；通过开发适航验证方案设计系统，形成支持案例建立、检索和重用的知识库系统，支持国产橡塑密封件的设计、制造和检测，为相关企业的智力资源传承提供一种有效的解决方案；通过系统积累案例并挖掘“工况-材料性能-密封副参数-寿命”的关联映射关系，支持密封结构的寿命预测，为完善我国通用航空器橡塑密封标准体系积累数据。

## 5、课题名称：民用直升机适坠性座椅设计及适航验证技术研究

研究意义：

随着世界各国对民用直升机适坠性认识的提高,民用直升机也越来越多地采用适坠性设计技术。在各国新颁布的民用航空器适航规章中,如FAR-27、CS.27、JAR-27、CCAR-27、FAR-29、JAR-29、CCAR-29等对民用直升机的机体、起落架和座椅等的适坠性都进行了明确的规定。直-8系列直升机是在役机中唯一的国产大中型直升机,但其抗坠毁性能严重不足,不能满足民用直升机的运营要求。为提高国产民用直升机的运营的安全性和市场竞争力,特开展本项目研究,提升其抗坠毁性能,保护乘员在直升机坠毁时的生命安全。

本项目围绕民用直升机座椅适坠性设计、试验和取证技术,开展了吸能装置的通用性设计、椅盆的通用性设计、座椅结构设计、座椅强度计算及仿真分析、驾驶员座椅动态冲击试验技术研究（模拟地板翘曲变形对座椅结构、连接件及乘员安全的影响）、驾驶员头部碰撞分析技术研究等相关设计和试验工作,可精确的给出动态冲击试验过程中驾驶员头部运动轨迹的曲线,解决了驾驶员在直升机坠毁过程中头部碰撞的技术难题,为民用直升机适坠座椅的研制奠定了坚实的理论基础。

## 6、课题名称：航空活塞发动机安装减震架研制

研究意义：

国内通航进口的活塞飞机，每2000飞行小时都需对发动机安装减震架进行更换，目前发动机安装减震架都采用进口，价格昂贵。飞行学院就该项航材，近三年需花费168万元航材费用。

本课题研制活塞发动机安装减震架，其产品质量能达到或超越国外同款产品的性能，代替国外进口件，可用于国内通航活塞飞机发动机安装。

## 7、课题名称：国产远程机载播撒设备控制系统研制

研究意义：

通航飞机人工增雨是人工增水的主要平台，占人工增水的85%以上。《国办发〔2020〕47号》要求发展高性能增雨飞机，聚焦关键核心技术攻关，加快重大技术装备研发，提升监测能力、提升作业能力、提升指挥能力，推进人工智能、大数据、互联网等新技术应用。国外人工影响天气作业飞机播撒作业系统一般都比较简单，近年来在飞机播撒系统的研究和发展上进展较慢，没有新的突破。

人工增雨作业方式需要人工跟机操作焰条控制系统。现有增雨飞机大多数工作环境恶劣；作业区域处于过冷水区，危险性大。作业飞机与地面通讯只有语音通讯，指挥作业手段落后。因此，亟需研制一套国产远程机载播撒设备控制系统研制，在人工增雨过程中实现遥控、遥测、遥信、遥调。

## 8、课题名称：基于电磁加载的通用航空器关键结构长寿命智能修复技术研究与应用

研究意义：

机械连接作为现代通航飞机制造中的主要连接方式，约占飞机结构连接70％以上，连接孔因结构不连续和应力集中，是其疲劳的薄弱部位。飞机事故有50-80%源于紧固孔疲劳破坏，故接头寿命是制约飞机整体寿命的主因。目前，国内外关于电磁加载的孔强化技术研究较少，对民机机身/机翼等部件关键接头的智能化快速维修技术与强化机理研究为未见报道，开展轻质构件的电磁铆接快速修复工艺研究，可为我国新一代飞机的智能维修与可靠性修复提供实际指导意义。

## 9、课题名称：基于小型无人机定点环绕的飞机复合材料无损检测技术研究

研究意义：

民用飞机复合材料在制造成型和服役过程中易产生分层、脱粘、夹杂、孔隙、裂纹等缺陷，降低了复合材料结构件的强度等力学性能，给飞机服役带来安全隐患。因此，在服役过程中需通过无损检测来评估其可靠性。采用小型无人机搭载红外摄像头，通过绕机飞行对飞机结构进行通体全方位扫描获取相应的红外图像，可有效地检测出机体表面缺陷，获取飞机结构的红外图像数据。同时，采用机器学习回归分析的方法实现损伤缺陷的定量分析。

该项目针对民用飞机复合材料损伤缺陷检测，满足民航业先进复合材料应用与维修所面临的问题，为解决复合材料维修过程中的检测关键技术，并融合无人机与人工智能技术对复合材料的无损检测方面具有独特的优势，开展复合材料红外热成像检测新技术与新方法的研究工作，为建立无损检测评价标准提供一定的参考依据，为解决复合材料维修过程中的检测关键技术打下坚实的基础。

## 10、课题名称：通航航空无线电罗盘（ADF）天线模拟器研制

研究意义：

由于国外OEM厂家技术垄断，不对外出售通航ADF天线测试仪，导致通航的ADF接收机检测、维修存在很大障碍。现有无线电罗盘天线模拟器存在以下几个缺点:(1)主要采用测角器的机电式结构或者纯模拟电路结构，受温度和其他信号干扰大(2)功能单一,只能测试固定角度(3)需要配合信号发生器使用(4)没有计算机程控接口,无法自动化测试。目前国内民航无相关单位研制ADF接收机，因此也未开展ADF测试仪的研制工作。

无线电罗盘的检测仪器被称为无线电罗盘天线模拟器,广泛地应用在无线电罗盘的生产、调试、检测、维修等工作当中。拟研制的KR87接收机专用天线模拟器成本更低体积小，利用数字化电路减少干扰和本身误差，具备人机交互和自动化测试能力，能够快速准确完成无线电罗盘的测试。对于打破国外垄断现状及保障国内通航运行维修需求，对于通航维修具有重要意义。

## 11、课题名称：通用飞机综合航电系统故障注入与故障检测技术研究

研究意义：

随着航空电子技术的发展，通用航空飞机加装综合航电系统越来越普遍，但随之而来的综合航电系统故障也频频发生，对飞行安全造成影响的同时也给维修带来较多的困惑。由于目前通用飞机大多选择如Garmin1000等典型的国外航电公司生产的综合航电系统，技术资料的局限性和关键技术的卡脖子造成维修该类设备时排除故障较为困难，周期长且可靠性差。如何高效解决通用飞机综合航电系统排故和维修成为亟待解决的问题。通过对通用飞机综合航电系统故障注入与故障检测技术研究，理清系统内部工作机理，解决上述问题，同时为我国通用飞机综合航电的研制提供理论和维修实践支持。

## 12、课题名称：通用航空器部附件便携式激光自动化清洗设备研发与应用

研究意义：

通用航空器作业环境相对复杂，其部附件维护、维修时，需清除表面脏污、漆层、锈蚀层等，并恢复表面功能层。目前，主要采用化学、喷丸、打磨方法进行表面功能涂层或锈蚀层清除，在效率、环保、安全、实用方面的问题突显。

国外已开发大型激光清洗机器人系统，以及小型手持式激光清洗头，在军机及通用航空器上实现工程应用。国内针对激光清洗的报导较多，技术水平参差不齐，面向飞机除漆的应用几乎空白。

针对我校通用飞机维修所涉及的各种部附件如蒙皮、桨叶、发动机挂架、机匣等的除漆、除锈、除污的工程应用需求，研发便携式激光自动化清洗原型设备，形成表面清洗一体化解决方案，实现金属基体与复合材料基体部附件表面清洗应用示范。

## 13、课题名称：航空活塞发动机机匣用铸铝合金激光熔覆增材修复技术及性能评价

研究意义：

本项目可为航空活塞发动机机匣提供一种高效、便捷、低成本的修复新方法；同时，为激光熔覆增材修复铝合金零部件过程中熔覆机理探究、工艺参数优化、微观组织分析、缺陷控制及综合性能评价等提供理论基础和依据；亦可将本修复工艺方法推广应用于航空活塞发动机其它高附加值核心部件（如曲轴、凸轮轴、发动机叶片等）增材修复技术与工艺开发之中，从而为我国航空活塞发动机核心零部件的高效、高质量、低成本修复提供理论基础和技术支撑。

## 14、课题名称：飞机钣金零件失效分析与疲劳寿命预测

研究意义：

我校塞斯纳172飞机襟翼滑轨固定钣金零件在飞机运行过程中易出现疲劳破坏，长期需要外购，维修成本较高。且随着飞机老龄化，该问题愈加突出。

本项目拟开展钣金零件在服役工况下的失效原因与失效机理分析；零件三维数字化测量与逆向建模；有限元仿真分析零件在工况下的应力、应变，根据其所经历的载荷历程，基于损伤累积理论预测零件的疲劳寿命；开展钣金零件修复热处理技术研究，分析其在不同热处理制度下的组织与性能演变规律。在所预测的不可逆疲劳破坏之前，通过修复热处理消除损伤应力，延长零件使用寿命。

## 15、课题名称：固化压力对西锐SR20飞机胶接维修性能影响的研究

研究意义：

西锐SR20是机身全复合材料的通用飞机，其制备（热压罐成型）-维修（真空袋或常压胶接）工艺的区别主要为成型压力的不同，从而导致修理区域与原装机身理化性能的差异。本项目拟研究固化压力-结构-宏观理化性能的变化规律；维修过渡区域表界面的微观性能演变；复合材料胶接维修效果的适航符合性验证。

西锐SR20采用玻纤-环氧复合材料在热压罐中高温高压固化成型，当机体结构受损时通常采用机械连接（铆接/螺接）或胶接（贴补/挖补）维修，其中胶接维修常常作为永久性修理工艺。胶接维修无论是真空处理平台负压热补还是常温常压修理，与原装机身热压罐成型工艺相比，主要差异在固化压力的大小，从而可能导致材料的孔隙率、力学性能、热性能、微观结构等发生显著改变，因此有必要研究固化压力对胶接维修性能的影响，提高维修质量。

## 16、课题名称：通用航空器国产零部件的可靠性关键技术研究

研究意义：

我国通用航空器大部分为进口航空器，因零部件国产化开发能力不足，长期依赖进口，严重制约了维修行业的健康和可持续发展。通用航空器零部件国产化开发是在对原零部件的材质、失效机理、功能与综合性能、设计和制造缺陷进行充分研究的基础上，经消化吸收和再创新，进行逆向及优化设计，采用相同或替代材料和先进制造技术进行生产，通过对比试验和理论分析，保证国产件综合性能不低于原厂部件。实现零部件国产化能打破国外厂家技术封锁和航材价格垄断，保证零件部可持续供应和有效改进。此外，还能为国产通用航空器设计提供工程应用基础，有力推进民航强国战略的实施。

## 17、课题名称：基于Raspberry Pi的气动地平仪智能检测系统研发

研究意义：

目前每架通航飞机的气动地平仪作为备用仪表至少都会配备1件，且据统计，气动地平仪的平均故障间隔≤2年，庞大的基数加上较高的故障频率，给维修工作带来很大的库存压力（见附件1）。在气动地平仪的维修过程中，会随时需要对其进行检测，且每次耗用的工时较长（调试陀螺惯性平均耗用6小时，调整指示偏差3小时，按照工作单检验1.5小时），若每次地平仪的检测都单纯依靠人工目视，将会造成人力资源的极大浪费。

通过使用基于Raspberry Pi的智能检测系统，维修人员在检测过程中，能够通过网络远程同时监控多个气动地平仪的运行状态；远程操作气压阀，进而控制气动地平仪陀螺的起转、调试陀螺惯性；对地平仪存在的陀螺无法起转、指示偏移、仪表盘打转等故障现象进行图像识别、智能判断、远程报警。该检测系统作为物联网技术平台，可以在此基础上再扩展出一系列智能维修方案，极大地提高维修效率，高效利用紧缺的人力资源，缩短实际工时。

## 18、课题名称：点燃式航空活塞发动机TDC精确定位装置研制

研究意义：

目前以航汽为燃料的点燃式航空活塞发动机在通用航空领域仍有广泛应用，这些发动机均采用磁电机点火方式，对磁电机定时准确度要求较高，否则轻则出现发动机功率下降，油耗增加；重则诱发发动机早燃爆震，极易导致发动机失效，具有很大的安全隐患，长期以来在点燃式航空活塞发动机维护中均对磁电机定时给予了高度重视。但传统定时方法对发动机曲轴所处的提前点火位置的判定较为粗犷，导致磁电机实际定时精度较低，由此诱发的磁电机点火系统故障在各相关机型的运行中均表现突出。本项目以规避传统定时方法在工程实践中所表现出的诸多弊端为目标研发出高精度专用型电子测角仪，实现高精度快速定时，达到提高维修效率和飞行安全保障水平的目的。

## 19、课题名称：米-17系列直升机机体结构重大损伤修复

研究意义：

米-17系列直升机在执行任务过程中可能出现机体结构重大损伤。该系列直升机为俄方引进型，国内缺乏相关技术资料，通过开展修理研究,确定米-17系列直升机易损部位机体结构材料、状态、外形，解决修复后的外形与原设计状态基本一致。

通过开展修理研究,改进修理型架，建立机体结构框、蒙皮外形数据库，并确定材料、状态，解决修复后的外形与原设计状态基本一致，强度能够满足使用求，为维修提供依据。

## 20、课题名称：直升机电气线路系统综合整治与线缆防护新材料应用研究

研究意义：

开展直升机主桨毂桨叶安装螺栓检查标准方法研究工作，以国内同类使用量最大、行业最广的直-8系列直升机作为研究对象，通过有限元分析和强度对比试验对桨叶安装螺栓的螺纹状态、光杆直径和螺栓长度等重要参数进行研究，科学的找出桨叶安装螺栓最佳安全检查标准的制定方法，提前在使用维护中找出桨叶安装螺栓已发生的状态偏差，规避使用安全风险，对提高装备使用安全性具备重要意义，后续还可将检查标准制定方法向其他同类装备推广。

## 21、课题名称：基于数字孪生的通用航空器健康状态监测与故障预测技术

研究意义：

现代通用航空器向着大型化、复杂化和智能化趋势发展，如果继续采用人工运维模式，航空器的安全性、可靠性将难以保证，定期拆卸检修会造成不必要的浪费、维修费用高，应根据通用航空器运行的实时状态数据分析，及时发现航空器存在的健康状态问题和趋势，预防问题的发生。以往的健康状态监测与故障预测依赖于各系统的传感器数据以监测状态、性能，接着提取航空器运行特征，根据前期建立的故障预测与诊断模型，例如物理、经验、数据驱动模型进行预测性维护。但物理模型需要对航空器创建精确的物理或数学模型，难度大。经验模型和数据驱动模型都存在着缺乏故障样本数据，导致影响预测准确度问题。基于数字孪生模型能解决建模精度和数据缺乏的问题。

## 22、课题名称：航空活塞发动机数字孪生建模及应用研究

研究意义：

航空活塞发动机利用数字孪生技术可对发动机运行环境和发动机实体建模，形成数字运行环境和数字运行本体，全面监测和评估发动机性能，结合运行环境信息优化发动机控制，实现早期故障预警和性能退化预测。利用数字李生技术也可将历史发动机的全生命周期数据，如设计周期、研发成本、主要性能指标、运行维修等重要数据，反馈至设计和适航审定环节，近而依据发动机的几何模型、性能模型、需求指标、历史产品数据构建数字李生体，并不断迭代实现产品模型优化和适航审定验证能力提升。

## 23、课题名称：LYCOMING发动机气缸的数模模型分析

研究意义：

莱康明活塞发动机是目前国内航校的主力发动机，在长期使用过程中，国内航校已经掌握扎实和丰富的维修检测经验，但是起核心部件的数据模型是实现从维护修理到航材管理和自主研发的必经之路。随着国际形势的变化，莱康明发动机航材部件存在随时断货的可能，未来在2022年可能面临长达14个月的断供期，预期等待航材供应的早日恢复，不如加强自身的研发能力建设。

目前国内发动机制造所涉及的材料、冶金、机械加工和表面处理技术已经趋于成熟，开展相关航材的国产化预研是顺应时代发展的需要。本项目拟解决莱康明发动机深度维修的技术储备问题以及关键航材的国产化预研问题。

## 24、课题名称：面向直升机机身装配的螺栓拧紧机器人研究与应用

研究意义：

目前，在直升机机身装配过程中普遍采用工人使用电动拧紧工具进行螺栓拧紧的半自动化作业方式，且普遍需要工人使用扭力扳手进行复检。这种作业方式存在工人劳动强度大、生产效率低且工艺稳定性差等质量问题。随着科学技术的进步，使用工业机器人代替人工进行螺栓的自动化拧紧已经成为一种必定的趋势。国内学者和公司先后研制了针对航天器中螺纹连接紧固件和发动机飞轮紧固任务的机器人，然后，目前尚未有针对直升机机身装配中螺栓拧紧系统。

对于人工手动使用电动拧紧工具进行螺栓拧紧的作业方式存在劳动强度大、工艺稳定性差、工作效率低等质量问题。本项目针对直升机机身装配中多螺栓顺序拧紧的垂直螺纹连接装配作业方式，研制出一款四自由度螺栓拧紧机器人，并应用到某型直升机中机身与尾翼的对接装配中，从而提高机身装配的效率和质量，进而推进飞机机身装配的数字化建设。

## 25、课题名称：通用航空器复合材料机体结构红外无损检测关键技术研究

研究意义：

波音787、空客A350和中商飞C929飞机大量选用复合材料，我校钻石42 NG型和西锐SR20教练机机身结构全部选用复合材料，在实现结构减重的同时也为飞机结构的损伤检测提出了严峻挑战。复合材料在受到外部载荷的影响下，会出现分层、脱粘、空洞、集体裂纹、穿透/穿孔、夹心压坏、蜂窝进水/积冰等损伤。传统的无损检测技术在复合材料的损伤检测方面存在局限。机体结构损伤若未被及时检测或发现，必然对飞机的安全服役造成不利影响。波音和空客公司分别在NDT手册和NTM手册中要求用户采用红外无损检测技术对复合材料损伤进行检测，以确保飞机的安全运行。利用红外无损检测技术实现复合材料的损伤检测还未普及，缺少相关的评价和技术标准，亟需在损伤检测领域展开深入研究，解决机体结构复合材料无损检测难题。

通过关键技术研发，构建适用于外场检测的红外无损检测系统，实现复合材料较深损伤区域的无损检测；基于数学形态学算法，提取损伤大小、深度和类型信息，建立不同损伤检测模型；建立损伤检测数据库，提高无损检测的效率和准确率。