

《航空器动力工程综合课程设计》课程建设研究与实践*

闫锋、付尧明、尚永锋、陈淑仙

(中国民航飞行学院 四川广汉 618307)

摘 要: 针对民航机务类职业院校学生, 为培养学生机务工程师思维和能力, 依托中飞院飞行器动力工程专业实践教学课程《航空器动力工程综合课程设计》, 调研航企对机务人才素养的要求, 结合教学经验, 在基于故障树(FTA)的排故方法技术路线的基础之上, 新开发研制了基于失效模式影响分析(FMEA)航空发动机可靠性分析和航空发动机MSG-3维修决策分析的训练方案。训练方案自实施于教学以来得到了良好的反馈, 同时促进了我校机务人才培养水平和质量的提升。

关 键 词: 航空器动力工程综合课程设计 故障树分析 失效模式影响分析 MSG-3 维修决策分析

Research and Practice on Course Construction of "Comprehensive Course Design of Aircraft Power Engineering"

Yanfeng, Fuyaoming, Shangyongfeng, Chenshuxian

(Civil Aviation Flight University of China, Guanghan, 618307, Sichuan, China)

Abstract: For students in civil aviation engineering vocational colleges, in order to cultivate the thinking and ability of student engineering engineers, relying on the "Aircraft Power Engineering Comprehensive Course Design" of the Aircraft Power Engineering Professional Teaching Course of the Chinese Academy of Aircraft, the requirements of aviation and enterprise personnel literacy are investigated and combined with teaching experience. Based on the technical route of fault tree(FTA) routing method, a new training scheme based on failure mode and effects analysis (FMEA) Aero engine reliability analysis and Aero engine MSG-3 maintenance decision analysis was developed. The training program has received good feedback since it was implemented in teaching, and at the same time it has promoted the training level and quality of our school's engineering personnel.

Keywords: Comprehensive Course Design of Aircraft Power Engineering Fault tree analysis Environmental climate Failure mode and effects analysis MSG-3 maintenance decision analysis

1 引言

随着我国民用航空事业的蓬勃发展, 培养航空器维修人才的职业院校及专业也纷纷建立, 达数百所之多。作为行业的先行者--中国民用航空飞行学院积累了丰富的教育教学经验。《航空器动力工程综合课程设计》(以下简称为“课程设计”)是中国民用航空飞行学院省级重点专业飞行器动力工程专业的一门实践类课程。学生通过

该课程设计的学习和锻炼, 分析能力、逻辑思维、英语能力、技术文本撰写能力以及语言表达能力等都能得到较为充分地锻炼, 引导学生应用工程师思维方式来解决工程实际问题, 为以后能胜任机务工程师工作培养必备的基本素质。

2 课程概况

飞行器动力工程专业学生在完成相应的基础和专业课程如《航空发动机构造》、《航空燃气

*中央高校教育教学改革专项资金项目(项目编号: E20170502); 中国民用航空飞行学院教研项目(项目编号: A201514)

涡轮发动机原理》、《维修管理》、《发动机控制》、《航空电子设备》、《发动机状态监控与故障诊断》等课程后,第七学期(即大四上半学期)开展本课程。实施流程概况如下:按照班级指定指导老师,每个指导老师选择使用的发动机型号(主要是CFM56-3、CFM56-5B、CFM56-7B、PW4000、PT6A-135A、V2500、TRENT700和PW1100G等民航主流现役航空发动机型号),指导老师对每个学生指定一个机型、一个课设题目和一个种论文方法(FTA、FMEA和MSG-3理论方法选一个)。使用的机型技术资料主要是各型号发动机的技术手册,例如AMM、FIM/TSM、IPC、TTM(技术培训手册)、MRBR等。上述手册由指导老师在课程设计的不同阶段提供给学生使用,需要注意的是手册提供时机会较大程度的影响课程设计的实际效果。技术方案的研制依据及实施标准主要有中国民用航空局飞行标准司《MSG-3应用指南(MD-75-AEG003)》、《GJB/Z 768A-1998 故障树分析指南》和《GJB/Z 1391-2006 故障模式、影响及危害性分析指南》等法规和标准文件^[1]。最后学生需要完成两份维修工卡的制订工作(使用中、英两种语言)和撰写一份技术报告^[2]。

3 研究背景及问题分析

经过近十届专业学生的课程设计情况的反馈可知,该课程设计的实施实现了上述文字所描述的教学目的,对培养学生的实践能力起到了积极的作用。同时学生的写作能力,专业英语阅读和翻译能力,相关软件使用练习,手册查询能力,资料检索能力,故障原因分析、故障隔离和排故等基本能力得到充分锻炼^[2]。综合多位课程设计指导老师反馈的意见,原课程设计存在的问题:

(1) 原单一技术方案的局限性

原课程设计项目均按照一个设计内容开展练习,内容虽不同,但是形式很单一。维修工程实践的管理流程涉及方比较广,若仅仅限制一个项目练习,会使学生练习机会减少,能力锻炼的范围狭窄。

(2) 分析能力方面的不足

原课程设计中涉及的故障原因分析大部分参考厂家提供的排故手册中提供的参考可能原因。学生多是未加分析机械照抄过来,没有基础层面分析故障模式、故障影响、故障现象、故障危害和故障原因。故障原因分析是课程设计的重要内容。这一现状严重减弱了课程设计培训和锻炼分析故障相关问题的能力,使设计这一个环节的目的大大折扣。

(3) 流程规范性方面的问题

原课程设计中故障树绘制多为学生主观绘制,没有严格按照故障树绘制基本方法和要求进行。表现在底事件没有进行最小割集确定,中间事件选择不当,故障树绘制符号使用不标准等。其中没有确定最小割集确定底事件,会使故障树横向底事件层面有重叠,影响最终的故障原因的概率水平,近而影响排故流程中的前后工序,致使排故效率降低,维修成本加大,工时增多,飞机准确率收到影响。

(4) 排故逻辑思维的问题

故障排除流程制定过程中,学生没有遵守“先高后低”(原因的可能性)、“先易后难”(可接近性)等原则。排故流程的制定还多是随意设计,排故流程陷入“有头无尾”、“无止循环”和必要环节缺失(如功能测试步骤)等问题。排故流程的制定不仅反映学生对相关系统的结构和原理熟悉程度,而且还反映了学生对问题的逻辑分析能力。排故流程制定是课程设计的重要内容。

(5) 技术文档编制方面的问题

工作单卡是维修工作直接的工作依据。课程设计中学生没有能完全理解工作单卡的作用、目的和特点。在制作工作单卡时仅仅是机械翻译排故手册原文。没有将具体维修工作细化分离。另外课程设计报告格式不规范现象普遍,不能熟练运用office,图片处理等相关软件编辑文档问题突出。需要制定统一的报告编制规范。

4 原技术方案及实施路线

(1) 基于故障树(FTA)分析的飞机手册查询排故

1) 理论概述

故障树分析 (Fault Tree Analysis, 简称 FTA) 一种故障事件原因分析的逻辑推论方法, 通过逻辑关系图 (即故障树), 确定特定故障事件的诱导原因和发生的概率。FTA 的分析结果可以确定系统的薄弱环节、关键部位、应采取的措施、可靠性试验的要求等。同时, FTA 还可通过分析各种可能的潜在故障, 揭示系统内部的联系, 指导维修方案及维修策略的制定, 确定检修装置的最佳配置, 为排除故障提供依据, 同时为维修工程管理提供基础^[3]。

2) 技术路线

首先由指导教师选定航空发动机型号, 根据对应型号发动机的典型故障确定课程设题目

(现阶段主要依据 FIM 或 TSM 手册确定), 学生根据系统故障 (顶事件) 分析相关系统的结构组成以及系统的工作原理, 完成结构框图和功能框图的绘制, 接着分析该故障对飞机系统功能造成的影响 (建议部分) 以及故障发生的原因, 绘制出顶事件的故障树分析图, 进一步确定最小割集, 理解最小割集在系统可靠性分析中的作用。依次确定故障原因, 实施排活动, 编制关键排故障步骤的工作单卡 (简称工卡), 并绘制排故障流程图。最后完成课程设计技术报告的撰写。基于 FTA 分析的飞机排故技术路线如图 1 所示。

(2) 注意事项和难点

系统选择是基于问题的相关度而定, 也是 FTA 分析的起始层次。结构框图的绘制是基于系统组成及物理包含关系而定, 层次清晰, 关系明确是重点。功能框图绘制侧重功能传递和任务实现。故障树的事件分析需要考虑人为因素、软件故障和外部环境影响等因素。排故障流程图的逻辑严密性、完整性和合理性是排故障工作开展的基础, 但是学生在绘制的时候往往不能兼顾所有特性, 问题较多, 同时也是该方案的难点。

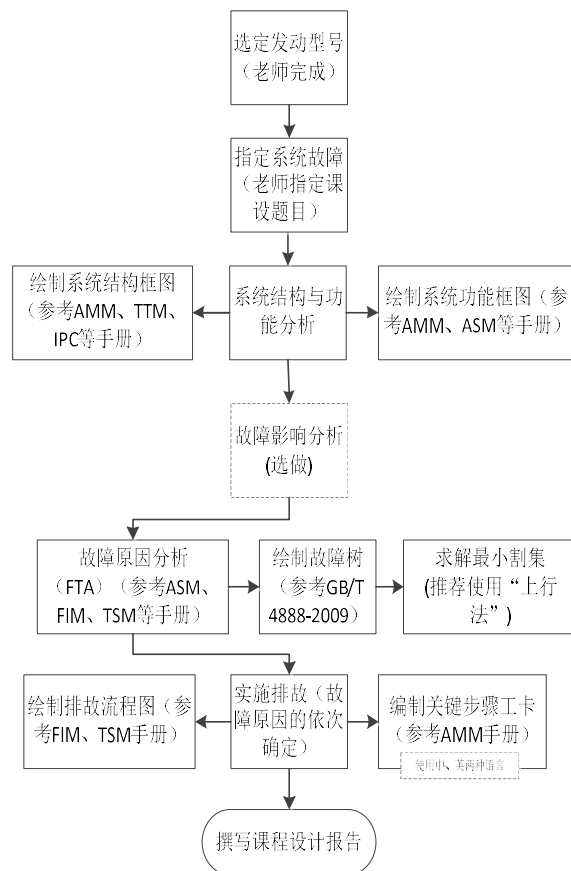


图 1 基于 FTA 分析的飞机排故技术路线及工作

要求

5 新研制的技术方案及实施路线

课程设计在保持原技术方案的基础上新研制出如下两类技术方案:

5.1 新方案技术路线一: 基于失效模式影响分析 (FMEA) 飞机系统可靠性分析

(1) 理论概述

FMEA 分析是研究产品故障对系统或整机所产生后果的影响的分析, 并将每一个可能出现的故障模式进行分析, 以便揭示或采取必要的纠正措施。在产品设计阶段初期就应进行初步的 FMEA 工作, 以便对设计方案进行评定, 多方案的评比等。FMEA 可以迅速暴露较明显的故障, 并确定单点故障, 以便更改设计, 采取措施, 消除隐患。本章主要采用此次运用 FMEA 的基本分析方法之一的硬件法, 从最低约定层开始, 向上直到初始约定层分析^[4]。

(2) 技术路线

首先确定系统中进行 FMEA 的产品范围: 1) 产品层次, 包括: 约定层次——规定的 FMEA 的产品层次; 初始约定层次——系统最顶层; 最低约定层次——系统最底层; 2) 描述系统的功能任务及系统在完成各种功能任务时所处的环境条件, 包括任务剖面、任务阶段及工作方式、功能描述; 3) 制定系统及产品的故障判据、选择 FMEA 方法等: 故障判据、分析方法。最后完成 FMEA 成果输出: 单点故障模式清单、I、II 类故障模式清单、可靠性关键件、重要件、不可检测故障模式清单并绘制 FMEA 表。其技术路线如图 2 所示。

(3) 注意事项和难点

FMEA 理论应用的过程中系统可靠性框图的绘制的原理和作用, 学生经常出现理解偏差, 而只是机械借鉴结构功能框图的结论。另外故障模式分析中失效影响分析往往不够深刻, 失效模式类型单一, 同时往往忽略对象的任务阶段和工作方式。严酷度分析结论缺乏依据, 主观臆测成分较多, 该部分内容也为该方案的难点。

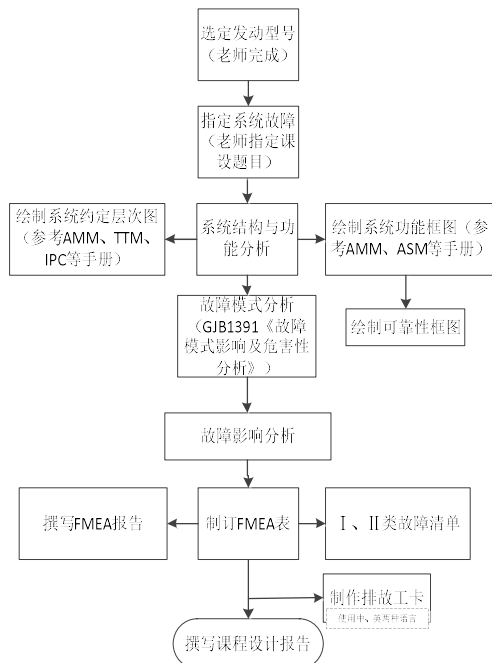


图 2 基于失效模式影响分析 (FMEA) 飞机系统可靠性分析流程及工作要求

5.2 新方案技术路线二: 航空发动机 MSG-3 维修决策分析方法

(1) 理论概述

MSG-3 文件是美国航空运输协会 (ATA) 为航空器制造商和航空器运营人制订“初始计划维修检查要求”而编写的规范性文件。属于建议性文件, 但行业普遍使用。使用 MSG-3 分析逻辑决断方法确定飞机系统/动力装置 (仅对这部分而言) (包括部件和 APU) 的预定维修任务和维修间隔。航空器维修检查要求的制订工作仍然主要依赖于航空器制造商基于各自产品的设计特点进行使用数据的收集和经验积累。实际的分析过程中, 航空器运营人的经验和参与有助于使分析结果更加合理和有效^[5]。

(2) 技术路线

首先确定重要维修项目 (MSI), MSI 的确定基于对各系统设计的功能及其失效后果的判断。为确定 MSI, 需要参照 ATA 规范, 按照功能来划分航空器。需要确保所划分系统和子系统满足功能分割的逻辑。某一功能可能涉及不同系统章节下的多个子系统的部件, 特别是对于系统交联复杂的航电系统, 这种现象尤为明显。接着使用 MSG-3 分析逻辑对相关系统进行 MSI 的上层分析, MSI 的上层分析基于 MSI 的功能、功能失效、失效影响、失效原因, 因此准确、合理和完整的分解和描述这四项内容对后续的分析工作尤为重要。需要区分失效与故障的不同含义, 上层分析中的“function failure”应从列出的 MSI 功能的失效角度理解, 不应与此功能相关的 LRU 的故障混淆, 在分析失效原因时则考虑是哪一个 LRU 故障导致了相应功能的失效。对于“功能失效对于机组是否可以察觉”的判断, 需要考虑驾驶舱的各种告警信号或信息, 是否容易被机组获知。MSI 下层分析的主要目的是确定维修工作的任务类型和确定间隔。任务类型的有效性和适用性要按照 MSG-3 文件的判断准则来确定。任务间隔主要依据相应 LRU 的可靠性数据和使用经验数据来确定。在对 MSI 下层分析进行分析, 主要目的是确定维修工作的任务类型和确定间隔。任务类

型的有效性和适用性要按照 MSG-3 文件的判断准则来确定。任务间隔主要依据相应 LRU 的可靠性数据和使用经验数据来确定,最后完成 M1 至 M 7 表格内容。本方法的技术路线如图 3 所示。

(3) 注意事项和难点

该方案最大的难点就是 MSI 项目的选择,分析根源是在于学生对 MSI 项目的选择标准和用途理解不清楚。MSI 项目的 FMEA 分析的困难也比较普遍,其情况类似上面 FMEA 方案的情况。另外对飞机其他系统例如飞机的指示系统、维护系统以及电气相关系统的知识缺乏较多。

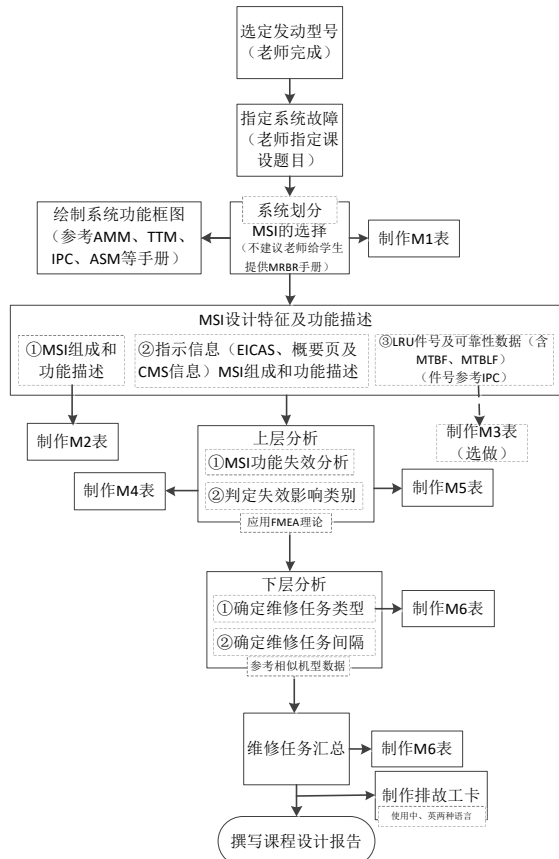


图 3 MSG-3 维修决策分析流程、注意事项及工作要求

6 总结

上述技术方案应用于民航机务类学生的培养,不仅强化了学生的专业理论知识,而且还加深了对航空器设计理念的理解,同时培养了专业素质、锻炼了英语能力,练了学生工程师思维的意识 and 能力,使学生具备了一定的专业技术报告撰写能力,学习和应用了文档和图片编辑软件,为今后从事民航相关工作,撰写专业技术报告,打下了必要的基础;本课程模拟民航维修工程实际,学生毕业后工作上手快,缩短了人才培养周期;最后希望该研究成果能为其他民航机务人才培养院校或航企培训部门提供一些关于机务工程师培养方面的参考,为我国早日建成“民航强国”输入更多的高素质机务人才。

参考文献

- [1] 中国民用航空局飞行标准司.MSG-3 应用指南 (MD-FS-AEG003) [Z], 2010.
- [2] 付尧明,闫锋,尚永锋.民航维修管理基础[M].北京:中国民航出版社,2015.
- [3] GJB/Z 768A-1998, 故障树分析指南[S].北京:国防科学技术工业委员会, 1998.
- [4] GJB/Z 1391-2006, 故障模式、影响及危害性分析指南[S].北京:总装备部军标出版发行部, 2006.
- [5] ATA. MSG-3 Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development[M],Revision 2009.