

航空机电系统先进诊断与预测技术研究

吴凯

北京飞机维修工程有限公司西南航线中心 四川 成都 610100

[摘要]我们国家要是想在航空事业上做出更多的成就,就需要从民用航空系统中的机电系统作为切入口,在不断的创新和摸索中形成我们国家独立的机电核心技术。这不仅是我们未来航空事业发展的指向标,也是我们国家航空事业发展的一个转折点。本文主要分析航空机电系统先进诊断与预测技术研究,希望能够为航空机电系统诊断与预测技术应用起到一定的推动作用。

[关键词]机电系统;故障诊断;预测技术

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.08.1432

引言

航空机电系统(如液压系统、燃油系统、环控系统、辅助动力系统、电源系统、旋翼传动系统、起落架系统、生命保障系统、空降空投系统、空中加油系统等)是飞机的重要组成部分,其工作性能和工作状态直接关系飞机系统的可靠性和安全性。随着航空机电系统从功能、能量、控制和物理4个方面不断向综合化、电能化、数字化、高功率等方向发展,对系统的可靠性、维修性、安全性、测试性也提出了更高的要求。据国外经验表明,采用先进的故障诊断、寿命预测及健康管理技术,是提高航空机电系统可靠性、维修性及安全性的重要途径,同时也是提高航空机电产品竞争力和产品附加值的关键技术。

1 航空机电系统诊断与预测流程及特点分析

航空机电系统是飞行器的关键部分,其诊断与预测系统设计与验证方法的可行性直接关系到飞行器全机模型验证的合理性与有效性。通过流程分析,总结出航空机电系统PHM研究主要特点如下:(1)从前期的故障机理分析,到后期的模型验证,诊断与预测流程是一个反复迭代的过程,需要通过分析、建模、验证的多次迭代过程才能实现规定的功能和性能。(2)诊断与预测过程涉及环节众多,每个环节出现误差都会影响诊断与预测决策的准确性,因此需要研制人员仔细分析误差影响,掌握误差传递规律,进而合理进行误差分配。(3)在前期分析准确的前提下,影响航空机电系统诊断与预测准确性的关键在于故障注入与仿真是否有效、故障模式识别是否准确、寿命与健康状态预测是否可信、模型修正是否合理有效等。

2 航空机电系统的现状

2.1 航空机电系统产业发展情况

最近几年我们国家由于大力发展航空事业,所以中国在航空这个产业的产量现在一跃成为世界最高增长的国家。航空产业的高增产,必然带来的关于民用航空飞机配件供应商数量的增加,据统计关于航空中机电系统配件的供应商占整个航空配件供应商的20%~30%,当然现在我们国家关于航空事业的发展还在不断进行当中,对于飞机的制造数量只会只增不减,所以由此看来航空机电系统产业的发展还是具有非

常可观的前景的。

2.2 我国航空机电系统面临的挑战

2.2.1 研发体系不够完善

由于我们国家航空事业发展较晚,航空也是近几年刚刚发展起来的新事业,所以难免会在研发体系上存在不完善的问题。即使我们国家近些年来大力发展航空事业,但是我们国家现在航空标准与世界民航标准相比,还是存在着较大的差距,所以当前我们必须探索并建立起一套完整的研发体系,帮助我们国家航空能够接轨更好的国际标准的航空体系以及流程。

2.2.2 核心技术支撑能力不足

从前我们国家的飞机大多依赖进口,所以关于航空机电系统的核心技术的问题并不突出,但是我们国家现在想要建造出高质量的民航飞机,所以这时关于机电系统核心技术的问题就逐渐尖锐起来,特别是关于当前航空机电系统的高新核心技术的掌握,比如:4DT技术运行系统,我们国家更是显得十分无力,所以这就在一定程度上导致我们国家航空事业发展的较为困难。

3 航空机电系统先进诊断与预测关键技术

3.1 基于任务剖面的跨系统交联实时故障仿真与验证技术

跨系统交联故障是指飞行器各个成员系统在工作过程中,由于系统之间相互耦合作用,故障现象复杂多样,难以准确隔离和定位的故障。跨系统交联故障不仅是飞行器全机级、区域级最重要的故障表现形式,也是飞行器最难准确隔离的故障,目前已经成为研制使用单位最迫切、最急需解决的关键问题。为了提高跨系统交联故障诊断隔离的准确度,迫切需要在飞行器全机级、区域级地面试验验证过程中采用一种可靠、有效的故障仿真手段对所有相关故障进行模拟,并且将故障准确而有效地注入到相互交联的成员系统之间,以确保在地面试验验证阶段对交联故障进行准确模拟,为验证故障诊断模型提供可靠而有效的故障注入手段。针对任务区域级内部成员系统之间交联故障仿真,可采用基于总线的集中控制、分布式注入的方式实现。在输入准备过程中,包含搭建工作环境和资料搜集两方面内容;在跨系统交联故障仿真模型搭建过程中,主要包括模型加载、连接模型接口、

创建模型间通信函数、补充变量收发状态机等几个建模环节；在故障仿真验证过程中，主要包括故障仿真验证和故障仿真结果分析两部分工作。

3.2 基于模糊神经网络专家系统的故障模式识别方法

神经网络与模糊系统均是软件计算的重要方法，神经网络具有并行处理的网络结构，自学习能力强，但以权值表达的知识形式不易理解，不能充分利用领域专家大量的语言知识；而模糊逻辑可以较好地利用语言知识，且知识表达形式易理解，但却存在自学习能力弱，难以利用数值信息的不足，因而将两者结合形成模糊神经网络，优势互补，将更具有优越性。利用模糊神经网络专家系统能够很好地解决专家系统的知识和规则获取问题，具有很强的实用性，适用飞行器复杂系统的故障诊断。依据航空机电系统诊断结果具有模糊性、专家经验较多等特点，以试验数据为学习样本进行模式识别模型设计，采用模糊推理与神经网络协作式的专家系统对航空机电系统的故障模式进行识别。

3.3 基于数据驱动的机电设备剩余寿命预测技术

基于数据驱动的寿命预测是比较热点的技术，其实质是根据历史数据找出变化规律，建立相应的数学模型，利用该模型对未来数据进行预测。寿命预测通常以时间序列为基础，时间序列是指某一系统变量或指标的数值或观察值按其出现时间的先后顺序，且间隔时间相同而排列的一列数值。基于时间序列的预测过程是通过被预测系统过去和现在的观测数据，构造依时间变化的序列模型，并借助一定规则来预测未来。机电设备的寿命是指设备从开始使用到淘汰的整个时间过程，即设备从投入使用开始，到因设备磨损、到寿而不能继续使用，最后报废为止所经历的全部时间。它主要由设备的有形磨损以及疲劳载荷所决定，受到有形磨损影响的以摩擦损耗为主，是根据磨损寿命来确定，因疲劳载荷作用影响明显的，根据疲劳寿命来确定。目前能够支撑机电设备剩余寿命预测技术研究的数据源包括飞行器飞行参数、故障记录数据、试验数据等，但其特点是量大、无序、规律性差，而且飞行器运行过程复杂，存在多任务剖面的情况，导致寿命预测难以实现。为了摸索并实现机电系统关键部件寿命预测，需要一个长期试验、观察、分析、总结的过程，通过采用寿命试验平台，开展加速寿命试验，获取寿命参数信息，通过对其进行预处理，得到寿命预测特征参数，分析特征参数随时间历程的变化趋势，弱化其随机性，强化其寿命衰减的规律性，进而构建寿命预测模型，对关键部件进行剩余寿命预测，从而得到寿命预测结果。如果根据寿命特征分析，能够找出某个代表性参数可以表征关键部件性能退化，则通过构建基于单性能参数的寿命预测模型可实现寿命预测，如采用灰色理论方法；如果经过研究，关键部件性能退化需要多个参数共同表征，那么需要构建基于数据驱动的预测模型进行寿命预测，如采用神经网络、多元回归等方

法。

3.4 基于自适应技术的诊断预测模型修正方法

航空机电系统结构复杂，组成部件众多，动态特征明显，实际上诊断与预测技术是通用的，针对不同具体对象，不同工况，需要调整的是模型主要参数，因此在实际使用中，诊断与预测模型是个不断调整不断修正的过程，以增强模型的鲁棒性、时效性。航空机电系统性能退化过程中，不可避免地伴随很多随机干扰，也可能存在突发的异常事件，且工况多变，因此需要跟踪历史状态信息、近期状态信息、当前状态信息、未来可能状态信息，并结合知识库，对诊断预测模型做出更新、修正。诊断预测模型修正主要研究两个方面的内容，一是模型修正判据，即什么条件下需要进行模型修正，二是模型修正方法。诊断预测模型在试验验证环节、试飞应用阶段或者实际应用过程中能够得到全面使用和验证，当出现模型性能持续下降、模型相关信息需要更新、模型应用对象变更、模型性能要求变化等情况时，需要对模型进行修正。不同原理的模型需要不同的修正方法。诊断推理机主要基于大量知识、规则实现故障推理，因此，可以通过知识/规则的增加、修改、删除实现推理机模型修正。

结束语

本文是在分析了航空机电系统诊断与预测流程及特点分析，结合我国新一代飞行器机电系统预测及健康管理研究需求，对可应用于航空机电系统的先进诊断与预测关键技术进行了全面分析，包括基于任务剖面的跨系统交联实时故障仿真与验证技术、基于模糊神经网络专家系统的故障模式识别、基于数据驱动的部件剩余寿命预测等先进且实用的方法，希望能够为飞行器机电系统诊断与预测水平的进一步提升发挥重要作用。

参考文献

- [1] 杨占才, 安茂春, 王红. 对发展故障预测和健康管理技术的探讨[J]. 测控技术, 2012, 31(11): 107-110.
- [2] 年夫顺. 关于故障预测与健康管理技术的几点认识[J]. 仪器仪表学报, 2018, 39(8): 1-14.
- [3] 吕刚德, 杨占才. 故障预测与健康管理系统建模技术研究[J]. 测控技术, 2011, 30(1): 59-63.
- [4] 陈琼, 李素洁, 杨占才. 基于信息融合的液压泵故障诊断技术研究[J]. 测控技术, 2014, 33(1): 164-167.
- [5] 张宝珍, 王萍, 尤晨宇. 国外飞机预测与健康管理技术发展计划综述[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(6): 1-7.
- [6] 彭宇, 刘大同, 彭喜元. 故障预测与健康管理技术综述[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24(1): 1-9.
- [7] 张宝珍. 国外综合诊断、预测与健康管理技术的发展及应用[J]. 计算机测量与控制, 2008, 16(5): 591-594.