

飞机结构振动疲劳问题研究

翟洪岩

(中国人民解放军空军航空大学航空机械工程系 吉林 长春 130022)

【摘要】本文简要阐明了飞机结构的动态即噪声和振动疲劳问题,并介绍美国军用规范关于动态疲劳的规定,对我国开展飞机结构振动疲劳问题的研究提出看法和建议。

【关键词】飞机结构;动态疲劳;噪声;振动

1 飞机结构的疲劳与动态疲劳

众所周知,飞机在使用中会受到由于滑跑、突风、机动、着陆撞击以及坐舱增压等所造成的重复载荷的作用。出于这些重复载荷的作用,飞机结构的一些部位特别是局部高应力区,如局部应力集中区,有缺陷区等部位就会产生由于交变应力引起的疲劳裂纹,交变应力的继续作用,使疲劳裂纹不断扩展而导致疲劳破坏。这就是通常所说的飞机结构的疲劳。应该指出,在地面操作以及空中飞行中,飞机上的某些部位还始终处于噪声环境之中,如推进系统噪声源包括:喷气噪声、螺旋桨噪声等,空气动力噪声源包括:边界层噪声、空腔噪声。冲击波噪声、气流分离噪声等都对飞机结构产生噪声激励,而产生振动应力,靠近噪声源的结构,这种振动应力尤其严重。对于某些典型结构,如舵面、平尾、垂尾、腹鳍以及外挂架等由于受到扰流的作用而产生随机振动激励,引起随机振动动力响应;从而在这些结构上的一些部位产生疲劳裂纹。这种由噪声、振动的激励而导致结构产生的疲劳现象可称之为动态疲劳(Dynamic Fatigue)以区别于前面的由突风、机动载荷等引起的飞机结构的疲劳现象。根据以上所述,动态疲劳又可分成两个部分:一是噪声疲劳,二是振动疲劳。

关于噪声疲劳问题,国内有关单位已经认识到其重要性,并从六五后期就开始投资研究,几年的研究已经取得进展,特别是军机结构声疲劳研究,如声疲劳试验技术研究、声疲劳计算方法研究及软件编制,歼 x 进气道声疲劳定寿研究都取得了一定成果,为今后进一步研究打下了坚实的基础。

对于振动疲劳国内已服役的机种中,也已经出现了这种问题。如歼 x 飞机的腹鳍,方向舵在飞行了一段时间(如 200~300 飞行小时)后,经常出现裂纹,经初步分析已经确认为是由于随机扰流作用引起的振动疲劳问题,国营一二四厂也发现某机导弹挂架由于振动而发生螺栓的疲劳断裂。另外,直升机的振动疲劳也是急待解决的问题。

当年,振动疲劳强度的研究已列入“飞机机动强度与动力环境研究”计划之内,并开始了初步研究。要搞好该研究,除现有成员团结协作以外,有关领导也应足够重视。在设备、经费等方面给以必要的支持是必不可少的。

2 美国军用规范关于动态疲劳的规定

美国海军飞机对动态疲劳强度方面的要求,反映在如下的四个规范中:

MIL-A-8866B (AS)

MIL-A-8868C (AS)

MIL-A-8868B (AS)

MIL-A-8870

MIL-A-8866B 有关气动噪声和振动 (Acroacoustic and Vibration) 一节中指出:在飞机使用期内,对消除由于振动、气动噪声和其它振动载荷引起的骨架结构或部件的疲劳裂纹形成或分层或任何其它疲劳破坏的要求与 MIL-A-8870 的规定一致。

MIL-A-8867C 是关于地面试验的规定,其中动态疲劳试验的要求包括三项试验:

- (1) 声疲劳构件试验;
- (2) 尾翼动态疲劳试验;
- (3) 动态疲劳构件发展试验。

关于后两项的规定指出:除了对机动载荷的疲劳试验以外,在大纲中应尽早地在尾翼上进行动态疲劳试验。动态试验应根据在飞行振动和噪声试验期间,在全尺寸研制(FSD)飞机上测量的数据。试验施加的动态环境应比模拟预计的环境严重 3.5dB,试验应进行到 2 倍使

用寿命。然后继续试验直至 4 倍使用寿命或者直至一个不可修复的破坏出现。当飞机构件对于振动(除了声激励之外的振动源)敏感时,并且,它们的预计寿命小于 4 倍使用寿命(载荷环境应比预计的环境严重 3.5dB)时,就要求进行构件研制试验。当试验持续的时间比试验件在使用激励中暴露的时间短时,模拟振动环境时,试验幅值应包含压缩因子。试验施加的加速度应比模拟预计的环境严重 3.5dB,并进行到 2 倍使用寿命,然后继续进行试验,直至达到 4 倍使用寿命或者一个主要的不可修复的破坏出现为止。此外,有关测量和测试设备以及疲劳检测方法都提出了要求。

MIL-A-8868b(AS)是关于军方采购飞机时,要求的有关飞机强度资料、刚度方面的资料和报告,该规范规定了 87 项报告。这些报告涉及如下几个方面:

- a. 动态载荷、疲劳大纲、准则;
- b. 动态载荷环境分析;
- c. 动态疲劳分析;
- d. 确定环境和特性的实验室试验、地面试验;
- e. 试验计划和大纲;
- f. 结构动态飞行试验;
- g. 结构动力手册。

在 23 项与动态疲劳有关的报告中单独或有关振动疲劳的要求有 8 项:

- a. 振动载荷疲劳分析报告;
- b. 尾翼振动疲劳分析报告;
- c. 动态疲劳分析最终报告;
- d. 振动疲劳构件(元件)试验计划;
- e. 尾翼振动疲劳试验计划;
- f. 构件振动疲劳试验报告;
- g. 尾翼振动疲劳试验报告;
- h. 振动环境测量报告;

从美国(海军)军用规范的内容来看,研制新机过程中,有关振动疲劳的工作是大量的,概括起来有三方面的工作:

- (1) 关于振动疲劳的计划、大纲和准则等;
- (2) 关于振动环境测量和分析;
- (3) 关于振动疲劳分析和试验。

以上是美国军用规范关于海军飞机结构振动疲劳强度问题的规定。下面谈一下笔者的意见。

3 关于开展飞机结构振动疲劳研究的建议

根据国内现有机种的使用现状,确实存在着振动疲劳问题。当然完全照搬国外规范并照着执行是不切实际的。但是,为了使我国自行设计研制的飞机、直升机能够逐步接近世界先进水平,为空军、以及海军提供性能优越的飞机,为我国国防现代化做出我们应有的贡献,从现在起,作些必要的努力,着手开展飞机结构动态疲劳强度的研究势在必行。为此,我们建议:

3.1 深入了解并研究我国飞机结构振动疲劳问题现状

为了有针对性的研究,建议由《飞机机动强度与动力环境研究》课题组领导出面,组织全国性的小型工作会议。每一主机厂、所、使用单位和部队以及有关院校可派 1~2 人参加,研讨飞机振动疲劳问题现状,除了对国外主要规范作深入了解以外,重点是了解我国军机出现的振动疲劳强度问题,研讨这些问题对飞机安全性、战术技术性能有什么影响,论证飞机结构振动疲劳强度研究的必要性、可行性等。

3.2 制定飞机结构振动疲劳研讨计划

(下转第 196 页)

The NPAR1WAY Procedure					
Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable score					
Classified by Variable element					
		Sum of	Expected	Std Dev	Mean
element	N	Scores	Under H0	Under H0	Score
1	97	8462.50	9312.0	373.732190	87.242268
2	96	9873.50	9024.0	373.732190	105.037234
Average scores were used for ties.					
Kruskal-Wallis Test					
Chi-Square			5.1666		
DF			1		
Pr > Chi-Square			0.0230		

上述秩得分检验的 P 值为 $0.0230 < 0.05 = \alpha$, 所以拒绝原假设, 即认为对比组 2 和参考组的成绩有显著差异。

综上所述, 可以看出, 运用了互动式教学和引入竞争机制后的教学效果与未运用这些方法的教学效果有着显著的差异, 结合上一节中对于统计量的分析, 可以认为, 运用了新的教学方法后, 学生的成绩有了显著的提高, 分布上更集中于高分段, 教学效果优于未采用新教学方法的参照组。

4 讨论及结论

互动式教学的新颖和独特性, 是区别于传统教育方法最具魅力和特色的地方。采用互动式教学方法的教师除具备一般教师必备的专业知识, 管理实践经验, 课堂论的过程同时也是教师自我提高的过程。授课技巧和丰富的人生阅历外, 还必须具有充分的想象力、创造力和表现力, 富有十足的爱心、细心和耐心, 懂得心理学、社会学及管理相关学科的基础知识, 同时还要有号召力、感染力和激情。只有教师具有了上述综合素质, 他们才能在授课和对学生进行的互动中, 在自身的周围形成一定的磁场, 将同学的兴趣和注意力吸引到互动教学中来, 吸引到案例讨论上, 用持续的热情和激情催动、鼓励学生们积极思索, 互相反馈信息, 并与教师沟通, 在提问、反问、自问自答、互问互答中, 探求解决问题、难题的路径与方法。

互动教学方法, 是对传统教学方式的严峻挑战。实现这一改良目标, 最困难的是教师。首先, 他们需要克服怕被“挂台”的心理, 要树立那种乐于被问倒的心态。因为被学生问题难倒后寻找答案的过程或与学生辩论的过程同时也是教师自我提高的过程。其次, 他们需要花更多的精力去备课, 去从事管理实践和教学调研, 在管理咨询、企业诊断的过程中发现企业亟需解决的管理理论问题, 根据管理实践编写适

合教学的典型案例。

要实现教学互动, 教师在教学中要创造良好的学习环境, 激发学生的学习兴趣, 使学生能“动”起来。否则, 互动就无法实施。这就要求教师从传统教学模式的框架中走出来, 抛弃因循守旧、循规蹈矩的教育方式, 与学生建立一种民主、平等、协商的师生关系, 使教学活动在和谐、宽松的环境中展开, 师生共同探讨, 互相启发和提高。同时, 教师要对充满信任和理解, 要鼓励学生随时提出问题, 甚至可以打断教师讲课, 教师不能不耐烦或拒绝回答学生的问题。当学生有了不同观点和不同见解时, 教师也应虚心接受。这样, 才能体现真正意义上的互动, 充分发挥学生的主体作用, 把教与学的过程有机地结合起来, 让两者相互作用, 相得益彰, 和谐发展。

通过在课程教学过程中引入竞争机制, 使得学生能够在以下几个方面得到锻炼和成长: 1) 刺激学生的无意注意, 调动学生的积极性。2) 激活学生思维, 发挥学生的主体性和创造性。3) 培养学生的集体意识和合作能力。4) 培养学生“胜不骄, 败不馁”的良好心理素质, 同时, 也能够使得学生具备坚实的理论基础和较强的动手创新能力, 对学生从业后的适应期的缩短具有极大的现实意义。

结合以上讨论, 得出本文的结论:

1) 在交通工程教学中引入互动式教学和竞争机制后, 教学效果有了显著改善;

2) 对比组与参照组的成绩统计分析结果显示, 对比组的成绩普遍优于参照组;

3) 参照组的统计分布显示出一定的正态性, 说明传统教学方法有着其一定的优势。

【参考文献】

- [1]何宁,等.统计分析系统 SAS.武汉大学出版社,2005.
- [2]何娟娟,等.应用数理统计.武汉大学出版社,2007.
- [3]李志.试论学习动机在课堂教学中的作用及裁定.教育探索,2002(1).
- [4]冯敏,等.创新教育与以学生为本.教育探索,2002(7).
- [5]谢洪,刘海量.对“以学生为中心”的课堂交互活动的思考.西安外国语学院学报,2003(1).
- [6]戴维新.互动式教学的理性认识.宁夏党校学报,2007,9月第9卷第5期.
- [7]黄庆丰.树立创新观念 构建互动式课堂教学.陕西师范大学学报:哲学社会科学版,2005(1).
- [8]杨瑞平.互动教学法探讨.西财大学学报:高等教育版,2003(1).
- [9]张均兵.双主体互动式教学过程学生创新精神与实践能力的培养.教育探索,2005(1).
- [10]杨计明.实践教学“互动式”教学方法在生态教育中的应用.中国期刊网.
- [11]贺启洲,等.互动教学过程中学生的学习依从性问题.卫生职业教育,2007(10).

作者简介:高霖,武汉大学土木建筑工程学院,副教授。

【责任编辑:常鹏飞】

(上接第 137 页)在了解现状的基础上,结合当前国力情况,列出最急待解决的问题,最主要的研讨内容和课题,制定确实可行的短期和长远规划。

3.3 组织建立飞机结构振动疲劳研究课题组

在以上两项基础上,建议组成一个适当规模的课题组。课题组可由主机厂、所、院校和六二三所组成,各单位有重点地开展研究,互相之间分工协作。如主机厂、所重点研究具体机种振动环境的测量和分析;六二三所和有关单位重点研究结构振动疲劳试验和分析技术。各

单位互相配合,成果共享。

【参考文献】

- [1]姚卫星.结构疲劳寿命分析.国防工业出版社,2004.
- [2]陈传尧.疲劳与断裂:面向 21 世纪课程教材.华中科技大学出版社,2002.
- [3]熊峻江.飞行器结构疲劳与寿命设计.北京航空航天大学出版社,2004.

【责任编辑:常鹏飞】

(上接第 167 页)[2]刘瑜,杨玫,赵秀丽.“项目驱动”教学法在 JAVA 教学中的应用[J].中国科技信息,2010(16).

[3]姚竟.“Java 程序设计”课程改革探索[J].软件导刊,2009(08).

[4]朱中华.我国高校创新教育中的问题分析[J].教育与职业,2007(09).

[5]邵斐,常子楠.基于 MCLA 教学法的 Java 课程教学改革的探索[J].赤峰学院学报:自然科学版,2009(25).

[6]尹立苹,刘雁红,韩聪.高校实验教学考核模式的研究与探索[J].实验科学与技术,2009(7).

[7]石少敏.提高计算机专业课堂有效性的策略研究[J].知识经济,2009(15).

[8]赵逸云,刘世熙,杨亚滨,等.学生实验课成绩评定标准化的探究[J].实验科学与技术,2009(7).

作者简介:钟娟(1978—),女,山东高密人,助教,主要从事计算机网络研究。

【责任编辑:王洪泽】