

编制飞机使用环境谱的任务—环境分析法

蒋祖国

(西安市 73 号信箱, 西安, 710089)

THE PROFILE-ENVIRONMENT ANALYSIS METHOD FOR COMPILING AIRCRAFT OPERATIONAL ENVIRONMENT SPECTRA

Jiang Zu guo

(Box 73 of Xi'an, Xi'an, 710089)

摘 要 提出了编制飞机使用环境谱的任务—环境分析法, 阐述了该方法的实施步骤。利用该方法编制了 N5A 飞机使用环境谱。该方法具有通用性和工程实用价值, 可用它编制各种飞机的使用环境谱。

关键词 航空航天环境, 环境模型, 飞机技术规范

中图分类号 V215.1

Abstract Aircraft operational environment affects material fatigue behavior and structure service life of aircraft significantly as repeated loads do. In this paper the profile environment analysis method for aircraft operational environment spectrum compilation is put out and operational procedure of the method is stated. An operational environment spectrum of N5A aircraft is compiled with the method. The method is of general usage and engineering application. It can be used for compiling operational environment spectra of different type aircraft.

Key words aerospace environment, environment models, aircraft specification

飞机结构在实际使用中除经受重复载荷外, 还要遭受化学、热和气候环境的侵袭。大量研究表明, 这些使用环境会严重降低工程材料的疲劳性能, 缩短飞机结构的使用寿命。按照国军标《军用飞机结构完整性大纲·飞机要求》和美国有关军用规范的要求, 应根据飞机的预计使用情况编制飞机化学/热/气候环境谱, 以用于飞机结构耐久性(或疲劳)和损伤容限试验和分析。由此可见, 飞机使用环境谱的编制和载荷谱一样, 对确定飞机结构使用寿命和确保飞机飞行安全起着非常重要的作用。

本文以飞机腐蚀环境作为基本研究对象, 提出并阐述编制飞机使用环境谱的任务—环境分析法, 以促进飞机结构腐蚀疲劳研究和抗腐蚀疲劳设计工作的深入开展。

1 方 法

飞机使用环境谱实质上是飞机使用过程中各级环境强度随不同持续时间的排列。基于这一认识, 并结合飞机使用方法, 提出了编制飞机使用环境谱的任务—环境分析法^[1]。图 1 给出该编制方法的流程图。

1993 年 8 月 11 日收到, 1993 年 10 月 5 日收到修改稿

1.1 确定飞机使用环境种类

引起飞机结构腐蚀疲劳的环境因素很多。从环境状态来看,可基本分为 5 类:液体(水、盐水、液体农药)、气体(空气、水蒸汽、氢、大气污染)、固体(细沙粒、悬浮微粒等)、温度和压力;从环境性质来看可分为外界自然环境和内部工作环境,前者包括地面环境和空中环境,后者包括人为环境和服役引起的环境。

尽管造成飞机结构腐蚀疲劳的环境因素多达十几种,但对某一特定飞机而言,可能只是少数几种环境在起主导作用。因此,需要根据飞机的使用方法考虑并确定飞机可能经受的主要环境。例如,美国波音公司对商用飞机只考虑了温度、湿度、蒸馏水、盐水、油箱存积水和喷气燃油这几种主要环境。

1.2 确定飞机典型的预计使用情况

1.2.1 确定飞机典型任务剖面

任务剖面直接反映飞机的使用方法,它不仅是编制飞机使用载荷谱必须具备的重要资料,也是编制飞机使用环境谱必须具备的重要资料。任务剖面是一些任务段和性能参数组成的顺序表。飞机的使用方法由若干种任务剖面组成。每种任务剖面规定了任务类型、有效负载布局、飞行时间和该任务的使用百分比。每种任务剖面又分为若干任务段,如爬升、巡航、执行任务、下滑等。对每个任务段应给出高度、时间等参数及任务段的时间使用比例。

1.2.2 确定典型停放状态

腐蚀环境对飞机使用寿命的影响不仅与飞机有关,而且与停放状态和使用年限有关,因此,在编制飞机使用环境谱时,除考虑空中飞行外,还应考虑地面停放状态腐蚀环境对飞机使用寿命的潜在影响,并且应该将飞行小时和使用年限同时作为使用寿命指标综合考虑。

所谓确定停放状态,就是根据停放类型和停放时间长短对停放状态分类,并据此编制停放环境谱。一般来说,停放状态分为长时间停放、中等时间停放和短时间停放三种。

1.2.3 确定典型环境区

我国幅员辽阔,所设计的飞机将会在各种极不相同的气象条件和被污染的大气环境中使用。飞机在不同环境区的腐蚀和腐蚀疲劳是极不相同的,因此,在编制外界自然环境谱时,需要根据飞机的预计使用情况划分环境区,并给出每个典型环境区的使用时间比例和每种任务在环境区里的时间使用率。

考察我国飞机结构腐蚀的实际情况,可把我国飞机腐蚀环境分为两大类地区:

④ 设计基准区(或叫温和区):淮河-秦岭以北等不易发生大面积腐蚀的地区;

⑤ 湿热区:长江流域秦岭以南地区,这一地区所造成的飞机结构腐蚀,一般比设计基准区严重。

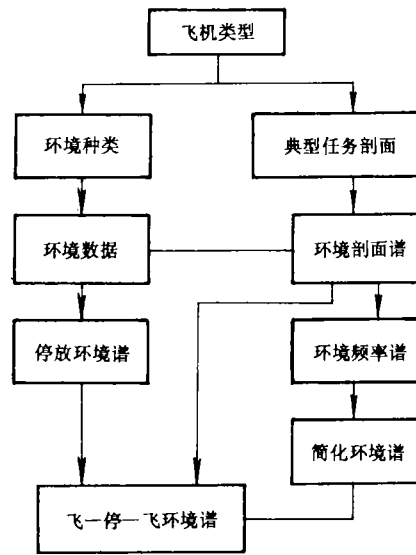


图 1 飞机使用环境谱编制步骤流程图

1.3 获取环境数据

获取环境数据是编制飞机使用环境谱最重要的环节之一。环境数据可以通过以下三种方法获取：① 规范、标准和其它有关资料；② 调研和统计分析；③ 飞行实测和其它试验。

在现有条件下，调研是获取环境数据的主要方法。调研分两类，一是在使用部门和维修部门调查飞机的使用和维修情况，以获取环境强度、腐蚀部位、腐蚀程度等资料；二是到环保部门、气象部门和大气暴露试验网站等单位调研各种自然环境，以获取现成的各种环境强度数据。文献[2,3]汇集了用这种方法搜集到的大量的我国各种环境数据，可供编制飞机使用环境谱应用。

1.4 编制各种使用环境谱

一旦确定了飞机环境种类、飞机典型的预计使用情况和获取了各种环境数据后，就可根据实际需要编制各种使用环境谱，包括环境剖面谱、环境频率谱、停放环境谱、简化环境谱、飞-停-飞环境谱等。

1.4.1 环境剖面谱

这里所说的环境剖面谱，是按飞机典型任务剖面来编排环境强度、持续时间和先后顺序所形成的谱。把所确定的飞机典型任务剖面的有关参数和所获取的环境参数作为原始输入，经过适当的数据处理，就可得到各种任务的环境剖面谱。显然，这里的环境剖面谱主要是指飞行环境剖面谱。

1.4.2 环境频率谱

根据环境剖面谱和典型任务中的各种使用比例，可编制环境频率谱。这类环境谱以各级环境强度出现的时间频率形式给出，可以是各级环境强度的实有频率分布曲线(或直方图)，也可以是各级环境强度的累积频率分布曲线。显然，这类环境谱是以时间频率代替了持续时间，而各级环境强度出现的先后顺序完全消失了，因此也可以称这类谱为无顺序环境谱。这类环境谱的最大优点是能直观地看出各级环境强度的分布情况，而且可用于环境谱的进一步简化。

1.4.3 简化环境谱

简化环境谱就是以环境频率中的出现频率为权，对各级环境强度进行加权处理，得到加权平均环境强度，并用这个环境强度代替各级环境强度，其频率为100%，即总的持续时间。

1.4.4 停放环境谱

停放环境谱是按飞机停放状态各级环境强度的持续时间(或出现频率)和先后顺序编排的谱，其目的是考虑飞机在不使用期间某些环境对飞机结构使用寿命的潜在影响。

1.4.5 飞-停-飞环境谱

飞-停-飞环境谱就是把飞行环境谱和停放环境谱组合起来，形成飞行-停放-飞行环境序列，这主要是为了考虑各级环境强度在飞机使用期间的真实顺序。可以根据不同情况编制以下3种形式的飞-停-飞环境谱：任务剖面飞-停-飞环境谱、简化任务段飞-停-飞环境谱和简化任务飞-停-飞环境谱。

2 飞机使用环境谱的当量化

按上述方法编制的飞机使用环境谱是飞机预计的真实环境谱, 这类环境谱可用于大气暴露试验的环境选择和比较, 也可作为某些单纯环境模拟试验的基础, 但不能直接用于载荷谱和环境谱同时作用下的环境模拟试验。要进行这样的试验, 就必须对真实的使用环境谱进行当量化处理, 把飞机使用环境谱转换成当量环境谱, 并形成用于腐蚀疲劳试验的载荷-环境谱。这些已经超出了本文的研究范围, 另有专文论述^[4]。

3 实例

为了说明本文所阐述的任务-环境分析法的可行性, 现在以 N5A 飞机为例给出其编谱结果。

N5A 飞机是一种轻型农林用飞机, 主要用于喷撒农林药品, 故农药是最主要的腐蚀环境。该飞机有作业飞行和转场飞行两种任务剖面, 有三种停放状态(飞行起落停放、飞行日停放和非飞行停放), 在设计基准区(温和区)和湿热区使用。在编制 N5A 飞机腐蚀环境谱时, 以一年作为一个循环加载周期, 在一年中有 400 飞行小时, 其余时间(8 360h)为停放时间。

表 1 N5A 飞机作业任务农药剖面谱 单位: 0.1%

任务段	常量作业浓度	低量作业浓度	超低量作业浓度	组合作业浓度	持续时间 / min
起飞上升	1.2	0.6	2.0	1.54	0.7
出 航	1.2	0.6	2.0	1.54	10.6
作 业	3.0	1.5	5.0	3.35	5.5
归 航	2.4	1.2	4.0	3.08	10.6
下降着陆	2.4	1.2	4.0	3.08	0.3

表 2 N5A 飞机作业任务农药环境频率谱 单位: 0.1%

常量作业浓度	1.2	2.4	3.0
低量作业浓度	0.6	1.2	1.5
超低量作业浓度	2.0	4.0	5.0
组合作业浓度	1.54	3.08	3.35
实用 频 率	40.79	39.35	19.86
累 积 频 率	100.0	59.21	19.86

表 3 N5A 飞机农药简化环境谱

任务种类	浓度 / 0.1%	每次飞行时间 / min	使用比例
常量作业	2.024	27.7	22.5
低量作业	1.012	27.7	22.5
超低量作业	3.383	27.7	30.0
组合作业	2.506	27.7	75.0
转 场	0.87	180.0	25.0

表 4 N5A 飞机农药飞行总谱(1 年)

浓度 / 0.1%	3.383	2.204	1.012	0.87
飞行时间 / h	120.0	90.0	90.0	100.0
实有频率 / %	30.0	22.5	22.5	25.0
累积频率 / %	30.0	52.5	75.0	100.0

表 5 N5A 飞机农药停放谱(1 年)

停放种类	飞行起落停放	飞行日停放	非飞行停放
浓度 / 0.1%	1.223	0.971	0.72
每次停放时间 / h	1.0	10.0	720.0
停放次数	600.0	86.0	≈ 9.58
停放时间 / h	600.0	860.0	6 900.0
实有频率 / %	7.18	10.29	82.53
积累频率 / %	7.18	17.47	100.0

表 6 N5A 飞机农药使用环境总谱

状 态	作业飞行	转场飞行	飞行起落停放	飞行日停放	非飞行停放
浓度 / 0.1%	2.506	0.87	1.223	0.971	0.72
状态时间 / h	300.0	100.0	600.0	860.0	6 900.0
状态次数	650.0	33.0	600.0	86.0	≈ 9.58
每次时间 / h	0.462	3.0	1.0	10.0	720.0

根据 N5A 飞机预计的腐蚀环境, 编制了该飞机农药谱、温度谱、相对湿度谱、二氧化硫谱、颗粒物谱和酸雨谱^[2]。因篇幅有限, 这里只给出农药谱的编制结果, 如表 1~表 6 所示。

对表 6 说明以下几点:

① 作业任务的农药浓度是 3 种作业任务的农药加权平均浓度。

② 状态时间是指每种飞行任务或每种停放状态在一年内所用的飞行时间或停放时间, 这些时间的总和等于 8 760h(即 365 天)。状态次数是指每种任务的飞行次数或每种停放的停放次数。每次时间是指一次飞行或一次停放所需时间。

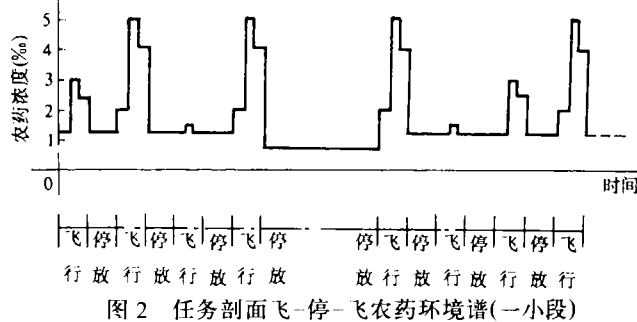


图 2 任务剖面飞-停-飞农药环境谱(一小段)

此外, 图 2 给出任务剖面飞-停-飞农药环境谱(该图横坐标时间是示意的)。

4 结论和建议

4.1 结论

(1) 飞机使用环境谱实际上是飞机使用过程中各级环境强度不同持续时间的排列, 这一基本认识是编制飞机使用环境谱的出发点。

(2) 通过飞机使用环境谱编制步骤的阐述和 N5A 飞机各种使用环境谱的编制, 说明笔者提出的编制飞机使用环境谱的任务-环境分析法是可行的, 适用于编制各种飞机环境谱。

(3) 利用所搜集的飞机使用环境数据, 按照编制飞机使用环境谱的任务-环境分析法, 并结合 N5A 飞机的预计使用情况, 编制了 N5A 飞机使用环境谱, 包括农药谱、温度谱、相对湿度谱、二氧化硫谱、颗粒物谱和酸雨谱。本文给出了农药谱的编制结果。这些使用环境谱基本上反映了 N5A 飞机的预计使用环境, 可作为编制 N5A 飞机当量环境

谱和试验载荷-环境谱的依据,也可作为农林类其它型号飞机的使用环境谱。

(4) 按任务-环境分析法所编制的飞机使用环境谱尽管能基本上反映出飞机所经受的各种使用环境历程(预计的或实际的),但这些使用环境谱还不能直接用于重复载荷和腐蚀环境联合作用下的腐蚀疲劳试验。要进行这样的环境模拟试验,就必须把飞机真实的使用环境谱转换成当量环境谱,并进而编制试验载荷-环境谱。

4.2 建议

鉴于飞机使用环境和环境谱的特点,似乎没有必要像载荷谱编制一样,对每一型号的飞机都编制使用环境谱,只需编制同一类型飞机的使用环境谱,使得这样的环境谱基本上适用于该类型飞机的所有型号。因此建议有关部门组织力量进一步搜集各种类型飞机的使用环境数据和资料,编制各种飞机标准化通用的使用环境谱,飞机类型可以包括海军型战斗机、空军型战斗机、水上飞机、轰炸机、客机和农林飞机等。

参 考 文 献

- 1 蒋祖国. 飞机使用环境和环境谱初探. 西安: 飞行试验研究院, 1989.
- 2 蒋祖国. N5A飞机使用环境谱的编制. 西安: 飞行试验研究院, 1990.
- 3 蒋祖国. 飞机腐蚀环境谱研究. 西安: 飞行试验研究院, 1991.
- 4 蒋祖国. 飞机结构试验环境谱研究. 西安: 飞行试验研究院, 1991.