

# 基于熵技术的飞机维修质量的风险管理研究

武 甲

中国民航飞行学院洛阳分院, 河南 洛阳

收稿日期: 2022年9月15日; 录用日期: 2022年12月7日; 发布日期: 2022年12月12日

## 摘 要

随着经济水平的大幅度提升, 人们对于出行的便捷性、快速性有了更高的追求, 由此也带动了民航业的迅速崛起。飞机出现故障需要维修也就成了民航飞机行业越来越重视的问题, 本文构建基于熵技术的飞机故障维修质量风险管理因素分析模型, 系统性分析飞机故障维修质量主要潜在影响因素, 并提出相应的管理改进措施, 为民航飞机在管理和维修方面提供一些参考依据, 希望能够提高我国飞行故障的维修效率, 更大程度地保障民航飞机安全运行。

## 关键词

飞机故障, 维修质量, 安全管理, 质量监督

# Risk Management Study of Aircraft Maintenance Quality Based on Entropy Technology

Jia Wu

Civil Aviation Flight University of China Luoyang College, Luoyang Henan

Received: Sep. 15<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 7<sup>th</sup>, 2022; published: Dec. 12<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

With the significant improvement in economic levels, people have a greater desire for convenience and speed of travel, which has resulted in the rapid growth of the civil aviation industry. The problem of aircraft failure and maintenance has become an increasingly important issue for the civil avi-

ation industry. This paper constructs a risk management model based on entropy technology to systematically analyze the main potential influencing factors of aircraft fault maintenance quality and proposes corresponding management improvement measures to provide some reference basis for the management and maintenance of civil aviation aircraft. We hope to improve the efficiency of aircraft maintenance and ensure the safe operation of civil aircraft to a greater extent.

## Keywords

Aircraft Failure, Maintenance Quality, Safety Management, Quality Supervision

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来我国经济高速发展，人们对于生活质量也有了更高的要求。作为一项体现更高质量服务的产业，我国的民航领域近些年飞速发展，规模愈加壮大。与此同时，飞机出现故障需要人员及时维修的现象也越来越多。就现阶段而言，故障维修仍是飞机存在安全隐患的一个主要原因。正常维修计划中，维修人员必须要对飞机结构以及飞行基础原理有一个全面详细且深入地掌握，由此才能实现对于飞机可能出现的一些故障问题进行预判与解决[1]。但就目前来说，我国民航领域的机务维修综合水平还有待提升，维修人员的专业水平、维修计划中的工作习惯以及民航领域管理保障制度的设立等因素都是影响到提高飞机维修效率、保障飞机安全飞行的重要环节。

## 2. 飞机故障的维修现状

民航服务业是一个高风险与高投入并存的技术产业。在日常飞行中，飞机的维修与保养对飞行安全与质量会产生最直接的影响[2]。作为民航系统管理的重要一环，飞机维修部分耗费了大量的人力物力与财力。区别于其他交通设备，飞机有着更为复杂的结构组织，在出现故障之后不能继续进行飞行，这就需要格外重视日常的保养与预防工作[3]。高额昂贵的零件设备要求机务维修人员时刻保持严谨、科学的态度，以专业的水准进行定期保养与修护。首先需要的就是工作人员对于飞机基础结构部件的全面且详熟的掌握，其次还需要考虑到恶劣天气等其他因素对飞机造成的部件磨损或是其他伤害现象，因此要求维修工作人员高度重视、明确职责，学习最先进的维修技术和修护措施，定期做好飞机维修检查与零件更换的保养工作，最大程度保障飞机的安全运行。

## 3. 飞机故障维修质量风险管理因素分析

针对于飞机故障的维修质量风险管理而言，本质上就是挖掘潜在风险影响因素，从中寻找对飞机故障维修质量影响较大的因素。其中，因素是否对总目标产生影响，及影响力度大小均应通过权重这一显性数据反应。在以往研究中，传统的层次分析法因结构简单、易于应用备受推崇，但是在权重确定阶段仍避免不了评判过程信息缺失、标度把握不准确等弊端的出现。因此，本文拟运用熵技术对层次分析法指标权重圈定进行修正，从而获取更趋于科学合理的分析结果。具体方法阐述如下。

### 3.1. 判断矩阵构造

基于层级关系，对关系层中所属不同层级元素进行标记，以获取下属元素与层元素间关键性矩阵。

以某一标准层  $B_1$  为例, 当对其所属指标层元素  $C_1, C_2, \dots, C_n$  进行分析时, 应比较指标层元素相互间的重要程度, 即指标层中元素  $C_i$  与元素  $C_j$  相比而言, 谁对于准则层因素  $B_1$  更重要, 据此形成比较矩阵。其中, 比较标准参照 1~9 比例标度法进行赋值, 其赋值标度含义如下表 1 所示:

**Table 1.** Assignment scale meaning  
**表 1.** 赋值标度含义

标度	含义(两指标重要性比较)
1	元素 $C_i$ 与元素 $C_j$ 同样重要
3	元素 $C_i$ 比元素 $C_j$ 稍微重要
5	元素 $C_i$ 与元素 $C_j$ 明显重要
7	元素 $C_i$ 与元素 $C_j$ 强烈重要
9	元素 $C_i$ 与元素 $C_j$ 极端重要

通过指标层相关元素的两两比较, 容易得到相对重要性判断矩阵:

$$A = (c_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

### 3.2. 一致性检验

判断矩阵  $A$  的一致性是否能得到认可一定程度上决定其矩阵评价标准是否客观, 因此需采用统一标准对判断矩阵  $A$  的一致性进行检验。

令  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  为判断矩阵  $A$  的权重值排序, 若  $A$  为一一致性矩阵时, 应满足如下关系:

$$Aw = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \cdots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix} = nw \quad (2)$$

式中向量  $w$  实际上是矩阵  $A$  对应于  $n$  的特征向量, 结合矩阵理论不难理解, 矩阵  $A$  存在唯一非零最大特征根  $n$ 。为进一步验证其一致性, 需对矩阵  $A$  的最大特征根  $n$  及特征向量  $w$  进行计算, 在此本文拟采用方根法计算, 其步骤如下:

Step 1: 计算判断矩阵  $A$  中每一行元素的乘积  $M_i$

$$M_i = \prod_{j=1}^n c_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Step 2: 对乘积  $M_i$  求解  $n$  次方根

$$c_i = \sqrt[n]{M_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Step 3: 进行归一化处理, 求解特征向量  $w$  中各元素

$$w_i = \frac{c_i}{\sum_{j=1}^n c_j}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

其中,  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  即为相对性权重值

Step 4: 求解最大特征根

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{nw_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

式中,  $(Aw)_i$  为向量  $Aw$  中的第  $i$  个元素

Step 5: 计算一致性检验指标

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

### 3.3. 风险因素修正

鉴于传统权重确定方法在避免人为因素干扰、准确性及恒定性较差等方面存在明显短板, 本文拟将求解的权重进行重新修正, 其目的是获取高质量指标权重。具体而言, 就是借助熵技术放大原始原本局部差异性, 对原始获取结果进行修正, 提高过程处理的透明度及权重质量, 具体步骤可阐述如下:

Step 1: 对矩阵进行归一化处理

$$\phi_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \quad (9)$$

Step 2: 计算  $j$  指标熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n \phi_{ij} \cdot \ln \phi_{ij} \quad (10)$$

其中  $k > 0, e_j \geq 0$

若  $c_{ij}$  针对于所有给定的  $j$  均相等, 则有

$$\phi_{ij} = \frac{1}{n} \quad (11)$$

此时可获取指标熵值最大值  $e_{\max}$  :

$$e_{\max} = -k \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \cdot \ln \frac{1}{n} = k \ln n \quad (12)$$

Step 3: 计算  $j$  指标熵权系数

考虑指标存在差异性, 且元素  $e_j$  与  $c_{ij}$  间的差异呈反比。倘若存在  $e_{\max} = e_j = 1$ , 则系统指标评价时将失去内在意义。故定义差异系数  $g_j$  如下:

$$g_j = 1 - e_j \quad (13)$$

进而获得指标熵权系数  $h_j$  如下:

$$h_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (14)$$

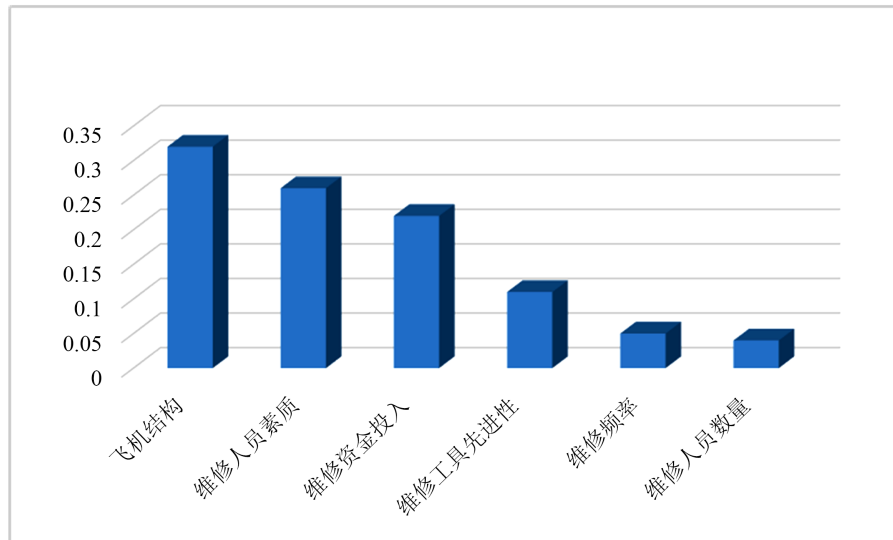
#### Step 4: 修正权重指标

运用指标熵权系数  $h_j$  对原始求解指标权重进行修正如下:

$$\bar{w} = \frac{h_j w_j}{\sum_{j=1}^n h_j w_j} \quad (15)$$

## 4. 飞机故障维修质量主成风险因素筛选

借助于前述方法论, 本章以某飞行学院为例, 对其飞机故障维修质量风险因素展开系统性评价, 在验证所提方法论实用性的同时, 进一步挖掘现有维修管理中所存在的主要风险因素, 以提高飞机故障维修质量管理水平。在此, 借助 matlab2018a, 编写计算代码如附录所示, 获取总影响因素取值柱状分布图如图 1 所示:



**Figure 1.** Histogram of the values of the total influencing factors  
**图 1.** 总影响因素取值柱状分布图

由图可知, 飞机结构、维修人员素质及维修资金投入是影响飞机故障维修质量的主要风险因素。而维修工具先进性、维修频率及维修人员数量对飞机故障维修质量影响相对较弱。据此, 本文将对主要风险因素展开系统性分析, 提出相应的安全管理对策, 以提高飞机维修质量。

### 4.1. 减少飞机维修中的人为因素影响

飞机维修质量对于飞机系统正常运行有着至关重要的影响, 只有尽全力做好飞机维修, 争取人为因素的零影响, 才能最大限度地保障人民的生命健康以及财产安全。

一是要提升安全意识, 提高素质修养。所有民航企业的发展, 都必须建立在安全运营的基础上。要做到“事事小心、安全第一”深入人心, 提高所有维修人员的安全意识, 有针对性地加强对工作人员安全思想意识引导与培养是十分重要的。机务维修人员自身的安全意识推动着飞机保养修整工作的开

展, 维修质量又直接影响着飞机的安全指数。因此, 对于工作人员安全思想教育意识形态的培养, 以及对机务维修工作人员的充分关注, 包括资金支持、晋升管理制度、政策支持等要给予高度重视[4]。同时, 民航系统还要强化对维修工作人员的监督管理, 充分利用规章制度条例等系统标准化的要求来约束维修人员的行为, 提升飞机维修系统的监管效率和维修质量, 将检修工作全面细致落到实处, 才能有效避免一些人为差错因素的出现。

二是加强学习, 提升维修人员的专业水平。到目前为止, 民航系统维修工作人员的专业水平参差不齐, 整体仍处于有待提高的水平。为保障民航产业安全飞行, 对维修人员的专业知识技能进行高频次培训是十分必要的。加强培训过程中, 要选择高素质技能型人才对其进行飞机结构、组件以及运行原理等方面的详细讲解, 以便维修人员能够更深入更全面地了解不同机型的整体结构。随着科技进步, 航空设备也拥有了更为先进的配备装置, 新的设备就要求知识储备和操作水平的学习和更新, 比如民航空客 A330 系列, 采用复合材料的同时融合了高科技理念, 选用更为有效的电子设备气动技术, 通过线控件的控制操作, 由计算机负责处理转化出来的电子信号, 最后通过液压以及电子设备的控制来实现客运飞机的正常飞行。这就要求维修人员在实际工作中, 要做到全面掌握客机装置新技术应用的相关技能, 合理合规地运用技术, 保证技术运用是合乎安全运行的标准, 以此来提高此类机型的维修质量与效率[5]。同时, 还要注意加强工作人员的交流沟通, 提高维修队伍的协作技能和整体素质, 最大程度保证飞机维修质量与效率的提升。

#### 4.2. 加大资金投入力度, 构建专业维修数据库

在实际工作中, 飞机正常维修需要的工具、人力、环境等硬件设施的不足, 会对维修质量的精准度产生很大影响, 比如说专业维修工具数量不足、高强度的工作压力, 恶劣的工作环境, 稀缺的技术人才等都是造成维修质量效率低下的重要原因。加大工具、飞机部件等硬件设施方面的资金投入可以有效提升维修质量, 尤其是一些核心部件需要送到国外进行故障损坏的修理维护, 这也要求我们不断提高自身技术水平, 加大投资力度, 建立更为完善的维修资料数据库, 及时总结飞机出现故障的规律, 在日常例行检查中, 提升风险预判, 降低飞行事故的发生率。

#### 4.3. 完善维修工作的质量监督制度和管理体系

飞机维修工作的整个过程要求十分严格, 无论是技术操作还是行为规范, 民航企业对维修系统都有着明确的规章制度。在现实操作环境中, 一些维修人员态度敷衍、不按规章制度办事、违规操作的现象时有发生, 这也是飞机维修工作的重要隐患之一[6]。飞机维修工作本身是一个相对复杂多变的系统环境, 每一个检修维护的环节都是必不可少的, 机务维修工作同时又与生产活动、质量监管以及外场维护等多个部门存在直接联系, 及时优化完善监督管理制度, 加强对维修工作人员的合理监管, 对于维修工作的顺利开展有着必要的作用。适时引入团队竞争机制, 敦促技术人员钻研技能、提升业务素质, 把人为差错的出现率降到最低, 为高质量的维修计划提供人力资源和制度保障。

### 5. 结束语

随着经济的发展、技术的进步, 飞机已经成为人们日常交通出行的一个重要选择。确保航班生产安全, 保障旅客顺利出行是民航的基本要求。而在整个安全保障阶段, 飞机维修工作则是重中之重。如何全面提高飞机故障维修工作的质量和效率, 有效防止人为差错的出现, 保障人们飞行安全以及生命财产安全是飞机维修工作关注的要点。因此, 针对现有问题飞机维修管理所存在的潜在风险因素, 本文构建基于熵技术的飞机故障维修质量风险管理因素分析模型, 系统性标识飞机故障维修质量主要潜在影响因

素。研究表明,飞机结构、维修人员素质及维修资金投入是影响飞机故障维修质量的主要风险因素。而维修工具先进性、维修频率及维修人员数量对飞机故障维修质量影响相对较弱。据此,本文结合主要风险因素,富有针对性地提出相应的安全管理对策,以提高飞机维修质量,有效降低飞行风险,真正实现我国航空业安全健康的高速发展。

## 致 谢

感谢各位审稿专家给出的宝贵意见和建议。

## 参考文献

- [1] 陆杨. 民航维修质量与安全管理措施分析[J]. 中国设备工程, 2022(2): 51-52.
- [2] 王冕. 关于民用航空器维修质量管理的思考[J]. 中国设备工程, 2021(14): 77-78.
- [3] 雷钢. 飞机维修计划和机务维修中的人为因素[J]. 中国航班, 2021(17): 76-77.
- [4] 陈诚. 民航飞机维修故障分析及质量改进方法研究[J]. 中国设备工程, 2021(11): 61-62.
- [5] 林复新. 民航飞机维修的故障及质量改进对策[J]. 中国高新科技, 2020(22): 85-86.
- [6] 姚博, 汪红驹. 高铁、市场整合与区域高质量发展[J]. 产业经济研究, 2020(6): 1-14.

## 附录

```
>> %%AHP 权重计算
%%数据读入
clc
clear all
A = [1 3 5;1/3 1 3;1/5 1/3 1];
%%一致性计算和权向量计算
[n,n] = size(A);
[v,d] = eig(A);
r = d(1,1);
CI = (r-n)/(n-1);
RI = [0 0 0.58 0.90 1.12 1.24 1.32 1.41 1.45 1.49 1.52 1.54 1.56 1.58 1.59];
CR = CI/RI(n);
if CR<0.10
    CR_Result = '通过';
else
    CR_Result = '不通过';
end

%% 权向量计算
w = v(:,1)/sum(v(:,1));
w = w';

%% 结果输出
disp('该判断矩阵权向量计算报告: ');
disp('一致性指标: ');disp(num2str(CI));
disp('一致性比例: ');disp(num2str(CR));
disp('一致性检验结果: ');disp(CR_Result);
disp('特征值:');disp(num2str(r));

disp('权向量:');disp(num2str(w));
```