

# 民用飞机维修性参数选取和 指标确定方法研究

王洁萱\*

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

**摘要:** 民用飞机维修性参数选取和指标确定是维修性设计的基础工作之一,为了反映出民用飞机的维修性、运营费用和维修人力等方面的目标,需要选择合适的维修性参数并确定维修性指标。国产民用飞机由于缺少研制经验和设计资料,无法使用成熟方法进行维修性参数选取和指标确定,针对这一问题进行研究。结合民用飞机的设计特点阐述了民用飞机维修性参数的选取方法,通过综合权衡民用飞机设计中各影响因素和维修性参数有效性,从与维修时间相关、与维修工时相关、与维修成本相关的三类参数中选取适当的民用飞机维修性参数。针对民用飞机设计现状,明确维修性指标的确定依据和具有实用性的方法,以使民用飞机具有良好的维修性。解决了国产民用飞机维修性参数选取和指标确定工作无参考依据的问题,为民用飞机维修性参数选取和指标确定提供了一条可行途径。

**关键词:** 维修性;参数;指标;民用飞机

中图分类号: V267

文献标识码: A

OSID:



## 0 引言

飞机维修性参数可分为三类,第一类与维修时间有关,如主起落架机轮更换时间、平均修复时间、发动机带周边组件拆装时间、平均预防性维修时间、平均维修时间等;第二类与维修工时相关,如每飞行小时维修工时、维修工时率等;第三类与维修成本相关,如直接维修成本、间接维修成本等<sup>[1-2]</sup>。维修性参数的量值即维修性指标,在民用飞机设计立项论证阶段选择适当的维修性参数并确定对应的量化指标,对保证飞机的正点运行和降低运营成本有重要的影响<sup>[3]</sup>。

由于我国民用飞机研制项目开展较晚,对参数体系的构建和指标确定缺少经验<sup>[4-6]</sup>,而且在维修性指标确定工作中可参考依据较少,一般根据 GJB 1909.1-94<sup>[7]</sup>等针对武器装备的方法,并不完全适用于民用飞机的指标确定<sup>[8-12]</sup>。本文针对传统的民用飞机维修性指标确定的问题和不足,基于民用飞机研

制的特点,探讨维修性参数的选取和维修性指标确定方法,为民用飞机维修性设计分析工作提供参考。

## 1 维修性参数选取

维修性参数的选取,应考虑以下影响因素:

1) 适航要求。适航要求是民用飞机必须达到的最低安全要求,民用飞机参数选取要充分考虑到适航要求,选择的参数要能够体现适航维修性要求。

2) 国际惯例。选用国际通用的维修性参数,有利于民用飞机参与市场运营,并与国际竞争机型对标。

3) 产品的层次和特点。将飞机划分层级,从整机级到部件级来选取维修性参数。

4) 全面性、完整性。维修性参数的选取,应能完整描述飞机维修性特性,包含各个寿命周期阶段。

5) 不冗余、不矛盾。应减少内涵相互交叉的参数,并协同考虑各参数间的影响,避免不同参数出现矛盾。

\* 通信作者. E-mail: wangjiexuan@comac.cc

**引用格式:** 王洁萱. 民用飞机维修性参数选取和指标确定方法研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2021(4):110-113. WANG J X. Research on the selection of maintainability parameter and index determination method for civil aircraft[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2021(4):110-113(in Chinese).

表1 民用飞机维修性参数及有效性

参数名称	维修时间	维修工时	维修成本	适航要求	国际惯例	产品层次和特点	全面性、完整性	不冗余、不矛盾	可分析可考核
平均修复时间	√			▲	▲	▲	▲	▲	▲
发动机带周边组件拆装时间	√					▲	▲	▲	▲
主起落架机轮更换时间	√					▲	▲	▲	▲
平均预防性维修时间	√								△
平均维修时间		√							△
每飞行小时维修人工时		√			▲		▲	▲	▲
维修工时率		√							△
直接维修成本			√		▲		▲	▲	▲
间接维修成本			√					△	△

注:符号说明 √适用的参数类型 ▲优先选用的参数 △适用的参数

6)可分析、可考核。民用飞机指标体系中,应能给出指标的试验结果或者可信的分析评价结果。

维修性参数类型及参数的有效性如表1所示,考虑到民用飞机维修性参数选择的影响因素,选取如下维修性参数。

1)平均修复时间。平均修复时间的长短,直接影响飞机签派可靠度、维修费用和飞机的日利用率,从根本上影响客户的盈利空间。

2)直接维修成本。直接维修成本的高低关系到飞机的销售市场,任何航空公司都不愿购买维修成本过高的飞机。

3)发动机带周边组件拆装时间。飞机发动机的更换是一项复杂的业务,发动机带周边组件的拆装时间直接关系到飞机的使用维护成本。

4)主起落架机轮更换时间。减少主起落架更换时间,可以保证飞机安全、高效使用,为使用单位节约成本、提高经济效益。

5)每飞行小时维修人工时。每飞行小时维修人工时是与维修人力有关的维修性参数,与直接维修成本密切相关。

## 2 维修性指标的确定依据

确定民用飞机维修性指标的基本原则是既要考虑市场需求,也要注意技术可行性。确定维修性指标时,应首先明确指标验证时机与验证方法、主要航线分布、飞机利用率。

确定指标时,应依据以下因素:

1)设计机型、飞行距离及座级等相关信息,进行用户需求、市场和运营情况的预测;

2)国内外竞争已达到的维修性水平;

3)民用飞机使用的新技术、新材料等对维修性的影响;

4)飞机的使用、维修等约束条件。

## 3 维修性指标确定方法

### 3.1 平均修复时间

在确定平均修复时间时,应与竞争机型对比,并低于竞争机型15%~20%,以提高维修性水平。另外,为了不造成延误,过站检查时间与平均修复时间的和应不超过全服务过站时间 $\pm 15$  min。

### 3.2 直接维修成本

目前国产民用飞机的研制是全新的设计,没有直接可参考的基础,考虑到航材费用与人力成本,以及适度体现技术进步和改型作用,直接维修成本应比竞争机型低,但不宜过低,否则面临巨大的技术风险。考虑到市场需求以及技术基础,直接维修成本应较竞争机型降低3%~5%。直接维修成本的计算可以采用NASA-95法<sup>[13]</sup>。如已知典型航段、人工时费率、机体重量、发动机重量、发动机海平面推力、发动机数量、轮档时间以及消费者价格指数修正系数(基于研制当年费用水平),由上述计算条件可以得到飞机级维修成本,维修成本中间接维修成本通常是直接维修成本的0.5倍~2倍,从而可以确定飞机直接维修成本。

### 3.3 发动机带周边组件拆装时间

发动机拆装时间仅计算拆装步骤的时间,步骤之间的准备时间不计入。假设短舱已拆除,工作梯、吊具等已到位,相关断路器已设置完毕,不考虑前期准备和后期恢复测试的工作耗时。拆装任务步骤大体如表2所示。

表 2 发动机带周边组件拆装任务步骤

拆卸步骤	安装步骤
拆卸接近所需吊挂蒙皮 / 口盖	连接发动机台车、发动机托架和发动机
断开吊挂防火墙上的管路	吊起发动机和发动机托架
断开吊挂处的电气电缆	连接安装节螺栓
安装发动机吊具托架	断开发动机台车、发动机托架和发动机
连接发动机台车、发动机托架和发动机	拆卸发动机吊具托架
断开安装节螺栓	连接吊挂处的电气电缆
放下发动机和发动机托架	连接吊挂防火墙上管路
断开发动机台车、发动机托架和发动机	安装接近所需吊挂蒙皮 / 口盖

根据上述拆装步骤进行竞争机型发动机带周边组件拆装时间对比,尤其应注意反推的设计形式是否与竞争机型相似,否则会影响拆装吊挂口盖蒙皮及断开/连接管路的耗时。

### 3.4 主起落架机轮更换时间

主起落架机轮更换时间的确定方法与发动机带周边组件拆装时间的确定方法类似,主要是根据更换步骤进行竞争机型机轮更换时间的类比确定。主起落架机轮更换时间不包括各步骤之间的准备时间,假设工具已准备到位、飞机相关断路器已设置完毕、起落架已被顶起。主起落架机轮更换步骤如表 3 所示。在确定主起落架机轮更换时间时,除对比竞争机型,还要综合考虑机场跑道条件和航空公司的实际需求。

表 3 主起落架机轮更换任务步骤

拆卸步骤	安装步骤
拆卸轮毂盖	检查机轮、刹车、轮轴、轴承等部件
按需拆卸胎压传感器 (根据胎压传感器安装形式)	使用安装机轮推车安装机轮
拆卸轮轴锁定螺母的锁定卡环	拆下轮轴螺纹保护套
拆卸锁定螺母	安装锁定螺母
安装轮轴螺纹保护套	安装锁定螺母卡环
使用机轮推车拆卸机轮组件	按需安装胎压传感器 (根据胎压传感器安装形式)
	安装轮毂盖

### 3.5 每飞行小时维修人工时

每飞行小时维修人工时指标中,维修工作通常包括航线维修、定检、更换限寿件、非计划维修。在确定每飞行小时直接维修人工时指标时,需要参考市场数据和竞争机型维修工作量的相关材料 and 国内外航空公司维修水平的差异,并结合新研机型的结构特点。为了保证新研机型的市场竞争力,每飞行小时维修工时指标应比相似机型降低 20% ~ 25%。

## 4 结论

在确定维修性指标过程中,需要根据飞机的预期实际运营条件和设计参数,保证飞机、系统、部件的设计能够得到及时、恰当和经济的维修保障。经过分析和论述可以得到以下结论:

1) 通过综合考虑民用飞机维修性参数的影响因素和有效性选取平均修复时间、直接维修成本、发动机带周边组件拆装时间、主起落架机轮更换时间、每飞行小时维修工时作为维修性参数。

2) 分别论述了各个维修性指标的确定方法。在确定指标时,要注意与竞争机型进行对比,此外还要考虑航空公司的使用需求和技术水平与资源能力。

### 参考文献:

[ 1 ] 郭博智,王敏芹,吴昊. 民用飞机维修性工程[M]. 北京:航空工业出版社,2018: 26-28.

[ 2 ] 刘毅,吴海桥,丁运亮,等. 对确定民航客机可靠性与维修性设计指标的探讨[J]. 民用飞机设计与研究,2003(4): 39-42.

[ 3 ] 刘佳. 商用支线飞机可靠性维修性指标确定与初步预计研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2004: 11-12.

[ 4 ] 童瑶,陈卫华. 机务维修中工时管理的研究[J]. 民航学报,2018,2(3): 52-54.

[ 5 ] 张弥,李松. 面向工时管理的民用航空维修成本控制[J]. 财经界(学术版),2016(29): 119.

[ 6 ] 马陆峰. 我国民用航空航线维修的劳力工时分析方法研究[D]. 广州:华南理工大学,2010: 30-33.

[ 7 ] 国防科学技术工业委员会. 装备可靠性维修性参数选择和指标确定要求总则:GJB 1909. 1-94[S]. 北京:国防科学技术工业委员会,1994.

[ 8 ] 陈淑红,刘政波,李智,等. 导弹装备维修性指标体系构建方法研究[J]. 战术导弹技术,2010(1):

- 57-62.
- [9] 任占勇. 军用飞机可靠性维修性指标确定方法[J]. 航空标准化与质量, 1999(1): 36-40.
- [10] 王莉莉, 陈云翔, 项华春. 作战飞机维修性指标确定方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2010, 32(7): 1448-1451.
- [11] 陈锋, 孙世岩, 严平, 等. 面向任务的舰炮制导弹药测试性指标确定方法[J]. 探测与控制学报, 2018, 40(1): 105-110.
- [12] 何钟武, 刘毅, 吴海桥. 飞机每飞行小时维修工时控制方法的探讨[J]. 航空标准化与质量, 2004(4): 44-47.
- [13] 任斌. 基于NASA95法的大型客机直接维修成本目标值预测研究[J]. 科技信息, 2014(4): 37.

#### 作者简介

王洁萱 女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 民用飞机维修性设计。E-mail: wangjiexuan@comac.cc

## Research on the selection of maintainability parameter and index determination method for civil aircraft

WANG Jiexuan \*

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

**Abstract:** The selection of maintainability parameters and the determination of indicators for civil aircraft are one of the basic tasks of maintainability design. In order to reflect the objectives of civil aircraft maintainability, operating cost and maintenance manpower, it is necessary to select appropriate maintainability parameters and determine maintainability indicators. Due to the lack of design experience and design data, the domestically-made civil aircraft cannot use mature methods to select maintainability parameters and determine the indicators. This paper focuses on this issue. Combined with the design characteristics of civil aircraft, the selection method of maintainability parameters of civil aircraft was explained. By the tradeoff the effectiveness of various influencing factors and maintainability parameters in civil aircraft design, the appropriate civil aircraft maintainability parameters were selected from three types of parameters related to maintenance time, maintenance man-hours, and maintenance cost. In view of the current status of civil aircraft design, the basis for determining maintainability indicators and practical methods were clarified to ensure that civil aircraft have good maintainability. The research solves the problem that there is no reference basis for the selection of maintainability parameters and index determination in the domestically-made civil aircraft, and provides a feasible way for the selection of maintainability parameters and index determination of civil aircraft.

**Keywords:** maintainability; parameter; index; civil aircraft

\* Corresponding author. E-mail: wangjiexuan@comac.cc