

航空公司以可靠性为中心的维修实践

东方航空公司 杨 绪 杨卫东 李清红

以可靠性为中心的维修 (RCM - RELIABILITY - CENTERED MAINTENANCE) 是上世纪六十年代末期才逐步发展起来的, 它保证了飞机的正常飞行, 提高了飞机的利用率, 降低了飞机维修时间和成本。

1 早期的维修思想

1930 年 FAA 前身的维修条例中规定: “飞机、发动机、仪表和设备必须在一个固定的周期内进行检查修理和翻修。”

1930 到 1945 年之间, 飞机维修特点为:

- 飞机结构和设备在每 1000~2000 飞行小时进行完全大修。

- 发动机在 300~650 飞行小时翻修。

- 所有设备有固定翻修周期。

1945 到 1960 年之间, 飞机维修主要采取延长周期的概念, 特点是:

- 飞机结构的完全或者部分翻修。

- 发动机 900~1800 飞行小时翻修。

- 主要设备有固定翻修周期。

- 所有设备有预防性翻修周期。

- 部分引进设备的状态监控概念。

随着飞机设计思想的改进, 引入冗余系统和失效安全概念, 使人们对硬时限的维修思想产生了怀疑。人们开始探索新的维修思想。

2 以可靠性为中心的维修思想

1960 年, FAA/ATA 制订了“FAA/工业可靠性计划”。1963 年 FAA 主持了可靠

性研究计划, 1964 年 FAA 颁发了咨询通告 AC120-17《通过可靠性方法的维修控制手册》。AC120-17 的目的是发展维修可靠性程序作为标准来确定维修时限。1967 年, 根据多年的可靠性管理工作经验, 明确两条基本原则:

- 在新飞机投入使用前用可靠性决断方法确定维修计划。

- 该维修计划根据实际操作的可靠性数据可以修改。

1967 年美国联合航空公司发表了维修计划决断工作方法, 它成为有名的以可靠性为中心的维修指导文件 MSG-1。按 MSG-1 建立了波音 747 的维修计划, 取得了成功。两年后改进了的 MSG-2 用于 DC-10 和 A300 等飞机。

按照 MSG-1 和 MSG-2 发展的维修计划采用最低的成本来获得最大的安全性和可靠性。例如用传统维修的 DC-8 和 DC-10 比较, 前者有 339 个固定翻修项目, 后者只有 7 个固定翻修项目; 特别是 DC-10 取消了发动机定期翻修, 大幅度降低了维修成本。再如当时波音 747 在 2 万飞行小时结构检测人工时是 66000, 而 DC-8 的 2 万飞行小时结构检测人工时是 400 万。更重要的是成本的降低并没有造成可靠性降低, 相反还改进了可靠性。

3 航空公司维修实践

可靠性管理在航空维修工程管理中逐步起到核心地位的作用。特别是采用 MSG-2

和 MSG-3 的方法制订维修方案以后,适航部门更是以法规的形式 (CAAC-121-54/FAA120-17/JAA LEAFLET 25)要求在制订维修方案的同时必须申报相应机型的可靠性管理方案。

可靠性管理的基本原理是通过收集飞机、发动机在使用和维修过程中不断产生的故障信息,加以认识、监控、评估和处理,在最小的经济成本下达到预期的可靠性水平。可靠性监控和分析的结果也是工程人员评估厂家 SB 和 SIL 的基础。

从质量控制和保证方面来看,可靠性管理要控制维修对象,即飞机、发动机和部件在运行过程中的质量。

目前,航空公司普遍采用的可靠性分析控制方法是 FAA 推荐的休哈特质量控制图的统计分析方法。它的基本原理认为正常情况下,飞机的各项可靠性指标应维持在一定的警戒值范围内。若超出了警戒值,可靠性管理部门就应“ring the bell”,即下发警告报告,启动工程调查程序进行工程调查找出根本原因并加以改进。

跟其他国内航空公司类似,东航的可靠性管理也是从上个世纪 90 年代中期开始起步的,可靠性管理部先后放在工程技术部门和质量管理部门。通过近些年的摸索与实践,逐步找到了合适本公司特点的管理模式,可靠性管理的深度和广度得到了不断加强。

东航根据所收集可靠性参数的特点,在可靠性管理方案中明确了事件分析和统计分析相结合的可靠性管理控制方法。对于重要事件、重大故障、Ⅱ级以上的主要结构腐蚀,由于其后果严重,往往直接威胁着飞机安全,出现频度不高,因此不能采用统计分析的方法来监控其故障发生率,只能采用事件分析的方法进行工程调查,并采取相应的工程措施预防其再次发生。如:2004 年 5

月 5 日,2308 (A300) 飞机由于左刹车主活门密封圈漏油造成了系统液压油面警告,机组重力放起落架,经过对此事件的调查发现厂家由相应的 VSB 来提高封圈的可靠性,以防止漏液压油,为此下发警告报告,要求进行工程调查,经调查发现多起故障现象与此事件类似,而且考虑到故障后果严重,相对改装费用低廉,即下发 EO 进行改装,从而避免了事件的再次发生。

对于飞机机组报告故障和部件拆换,采用的是统计分析的方法加以控制,即通过休哈特质量控制图分布来监控飞机故障率、部件拆换率,以及及时发现不良的趋势并加以分析控制,这种方法对大的机队特别有效。如我公司 A320 系列机队目前有 72 架飞机,通过对其故障率和拆换率的分析,能及时发现问题。如 2002 年 5 月, A320 32 章超出警戒值,进一步分析发现近期多架飞机反映前起落架转弯时有异响,经工程调查和评估,在维修方案中加入每 1C 检对减震支柱加注红油,有效地避免了此故障的频繁发生。

鉴于机械故障原因的延误和取消事件,其统计特性介于机组报告故障和重要事件之间,因此我们采用的是事件分析和统计分析相结合的方式,即对每一起事件要求航线维修部门进行初始的工程调查,同时可靠性管理部门按照 ATA 章节监控其发生率并且设定相应的警戒值予以监控并实时报警。如 2001 年我们监控发现 ATA32 章节延误、取消率超过了警戒值,进一步调查发现是由于多次发生前起落架减震支柱密封圈漏油超标并在外抛锚事件,对公司的航班影响很大,经进一步统计分析发现漏油的飞机均是 97 年和 98 年引进的 A320 飞机,其发生的故障概率与起落数正相关。因此可靠性部门下发警告报告,工程部门根据可靠性报告下发 EO 要求在 6000 起落前一次性地更换前起

落架封圈。之后,再没有发生类似事件。

4 将来的发展

由于国内航空公司可靠性管理基本上是从 90 年代中期开始起步的,目前基本上只是实现维持性管理的功能,即为确保飞机的安全性和可靠性,通过对航空器运行的日常事态的监控,发现问题并通过增加维修项目、缩短维修周期来维持飞机的安全性和可靠性。诚然,保证飞行安全是可靠性管理的一个基本目标,但从可靠性管理的发展历史可以看出,追求经济性是发展可靠性管理技术的源动力,可靠性管理的根本目的是实现安全性和经济性的统一,为实现可靠性管理的真正目标,必须将可靠性管理与维修成本控制有机结合起来,并实现以可靠性为中心的维修成本控制。因此,今后的可靠性管理必将围绕着维修成本的控制,实现在最小维修成本下的可靠性管理目标。即从以下几个方面开展可靠性管理工作,进行维修成本控制:

(1) 收集和分析定检故障信息,减少维修项目,延长维修周期进而控制维修成本。

目前,国内航空公司所做的维修方案,基本上是参照厂家的 MPD 制订的,实际上国外工程能力较强的航空公司在制订客户化的维修方案时,只是采用 MPD 中的 CMR 项目、ALI 项目和 MRB 项目,其他均根据自己的运行环境和数据制订合适的维修项目。同时不断分析定检故障中所发现的问题,对其中多次检修均未发现问题的维修项目,利用 MSG-3 的分析技术,延长维修周期,甚至取消维修项目。这样就可最大程度地缩短停场周期,减少维修成本。

(2) 使用可靠性数据和成本数据对厂家的服务通告进行经济性评估,以减少维修成本。

通告可靠性管理,一旦发现飞机某个系

统的固有可靠性不足时,唯一的措施是改进设计,对系统进行改装。航空公司的可靠性管理水平一定程度上体现在对服务通告的经济评估。现波音和空客公司均可向航空公司提供服务通告评估数学模型,利用投入产出分析技术和可靠性技术及风险评估技术来评估服务通告,现许多国外的航空公司均制订了本公司对待提高可靠性一类的服务通告的 ROI(投资回报)年限标准,作为工程技术人员评估服务通告的政策依据。

(3) 实现以可靠性为中心的航材管理

航材保障的根本目的是在最小的成本投入下实现预期飞机的使用可靠性。因此,要科学地进行航材管理,要建立以可靠性为中心的航材管理,即通过对部件可靠性特征、故障后果及部件成本的认知和分析,建立机队周转件备件优化模型,实现在一定的航材费用下的最大的飞机使用可靠性。

通过对部件使用可靠性以及修理成本数据的综合分析并建立相应的数学模型,能实现对航材供应商和修理商的选择。

另外,为整体控制航材成本,现部件供应商多数均提供可靠性担保方案,即担保所供应的部件或新改装的部件在初始的几年内其可靠性水平和直接维修成本在一定的范围之内,若未能达到,供应商有义务为客户免费提供技术支援,提高其可靠性,同时免费提供周转件,免费实施改装,以及进行修理费用和直接维修费用的补偿。这种部件的可靠性索赔与单个部件索赔相比,是控制在整个部件层面的,更能有效地进行维修成本控制。

以可靠性为中心的维修(RCM),其实质是以最小的维修成本确定飞机的维修需求,并保证其可靠性达到预期要求,也就是通常的后果控制,通过一定的数据分析,找出可能影响后果的因素并以最小的代价进行控制以最终实现安全性和经济性的统一。