

我国航空市场支线飞机运营故障统计分析

陈兴华¹ 胡静² 张润生²

(1. 上海飞机设计研究院 ARJ 项目部, 上海 200436; 2. 中国民航大学航空工学院, 天津 300300)

Statistic Analysis on the Operation Faults of Regional Aircraft in Chinese Aviation Market

Chen Xinghua¹ Hu Jing² Zhang Runsheng²

(1. ARJ Program Management Department of SADRI, Shanghai 200436, China;

2. College of Aeronautical Engineering, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

摘要:对我国支线飞机以及运营在支线航线上的干线飞机在运行过程中产生的大量故障与可靠性数据进行收集,通过对已发生的重大故障或影响小的故障信息的整理、统计与分析,获得各相关机型在运行过程中表现出来的故障特点,从而归纳出机型之间故障分布的共性,为飞机设计与改型提供需要重点关注的 ATA 章节建议,为我国自主研制的飞机设计与改型提供有益的参考。

关键词:支线飞机;故障信息;故障分布

[Abstract] The faults and reliability data are collected, which come from operating of regional aircraft and other aircrafts operation on the regional flight course. By coordinating and analyzing these fault information, the fault characteristics of type behaving from operating can be obtained respectively. Finally it can find the common features of types fault distribution, which can provide the ATA chapters focused for aircraft design and modification and also supply the references for our new aircraft design.

[Key words] regional aircraft; fault information; fault distribution

0 引言

在我国国内运营的喷气式支线飞机主要以 CRJ200/700、ERJ145/190 飞机为主,由于 ERJ145/190 运营时间较短,数据信息还有待积累;在我国国内支线航线上运行的飞机除了以上两种机型以外,还有波音 B737CL、B737NG、A320 等机型,因此,本文将主要对 CRJ200/700、B737CL、B737NG、A320 进行分析。

由于设计水平、制造技术与工艺及运行环境等因素的不同,各型飞机之间的故障特性也各不相同。但是现代飞机在原理与结构上基本一致,甚至采用的部件都可能由同一厂家提供,所以相互之间也具有一定的共性。因此,将飞机使用过程中表现出来的故障特点和信息进行统计分析,可以为我国新飞机的设计和改型工作提供有益的参考。

1 飞机总体可靠性对比分析

根据国际民航组织的规定和航空器持续适航的要求,航空器营运人应当向所在国民航当局和航空器型号合格证持有人提交“航空器使用困难报告”。

根据民航总局规定,当航空器在运行中出现或发现符合中国民航规章 CCAR-121 部第 121.707 与 121.708 条款中规定的故障时,航空器营运人必须在故障事件发生或发现后的 24 小时内填写和提交使用困难报告。其目的是通过建立全国的使用困难

报告系统,实现数据共享、故障统计分析 & 经验交流,为航空器营运人查明故障原因、改进航空产品、提高维修能力、采取预防措施等方面提供帮助。

使用 SDR(困难数据)并不是简单的故障数据,它是对飞机的故障、设计缺陷、维修性等多方面的综合体现。首先,SDR 包括全国所有航空公司按照局方要求上报的数据,具有高度的全面性与权威性;其次,它能够体现飞机在运营过程中出现的多方面信息,如重大故障、重复故障、多发故障、设计缺陷、维修性等等;最后,上报的 SDR 数据都是经过筛选的,只保留了重要程度较高的故障信息。因此,本文通过对 SDR 数据的分析对比,能够在整体上合理地体现各机型的优劣程度。

1.1 各机型 SDR 千时率排序

通过对由局方发布的使用困难报告数据进行分析,对 CRJ 系列、ERJ 系列、B737CL、B737NG、A320 系列飞机的 SDR 千时率数据进行对比,我们发现 CRJ 系列的 SDR 千时率水平远远高于其它系列,如图 1 所示。

由图 1 可以清晰地看出,在研究的五种机型系列中,SDR 千时率由高到低的顺序分别是 CRJ 系列、B737CL 系列、ERJ-145、A320 系列、B737NG 系列。B737NG 系列在实际运行中表现出良好的可靠性和易用性。

1.2 取证时间对 SDR 千时率影响分析

飞机的 SDR 千时率受多种因素影响,其中影响

较大的是飞机的设计和制造水平。而设计制造水平与该机的适航取证时间直接相关。同一厂家设计制造的飞机,原则上取证时间越晚,技术水平越高。图2给出了不同飞机取得适航证的时间与SDR千时率之间的关系,由此可以看出,此规律在B737CL机型和B737NG机型的SDR变化中体现最明显。

从图2可以看到,虽然CRJ系列取证时间较晚,但其SDR千时率却最高,比10年前取证的B737CL系列的SDR率要高60%左右,是同期取证的ERJ-145和B737NG的2~3倍。这说明CRJ系列在设计技术上落后于其它四个系列,存在较大的设计缺陷,这在后续的调研中得到了进一步的印证。

同时还可以看出,ERJ-145的SDR千时率高于取证时间早于自己的A320系列,但相差不大,说明ERJ-145在技术上正在向世界最顶级的飞机制造厂家看齐。随着ERJ-190飞机的大量服役,巴西航空工业公司将是支线飞机市场上不可忽视的重要竞争对手,在今后可以预见的很长一段时间内,ERJ系

列飞机将成为国产支线飞机以及后续改进型飞机的主要竞争机型。

1.3 航空公司调研故障数据对比

航空公司运行的机队的故障特点与全国机队样本虽有区别,但是两者之间的总体趋势大致是相同的。通过对调研航空公司机队故障与可靠性数据的分析,分析故障千时率、延误/取消千时率、机组故障报告千时率等参数,可总结出航空公司机队故障的发生规律,也可以与SDR数据的分析结果进行对比验证。以某航空公司为例,收集了机组报告故障和延误取消故障等可靠性数据,以此作为对比分析对象。该公司运行的飞机包括B737NG和CRJ飞机,通过对该公司2006-2009年的故障与可靠性数据进行整理,可以得出CRJ系列飞机的机组报告故障率是B737NG飞机的1.68倍,而由此导致的航班延误和取消率是B737NG的3.4倍,如图3所示。从中可以看出,CRJ系列飞机不但可靠性低,并且故障排除快速性和维修性也较差。

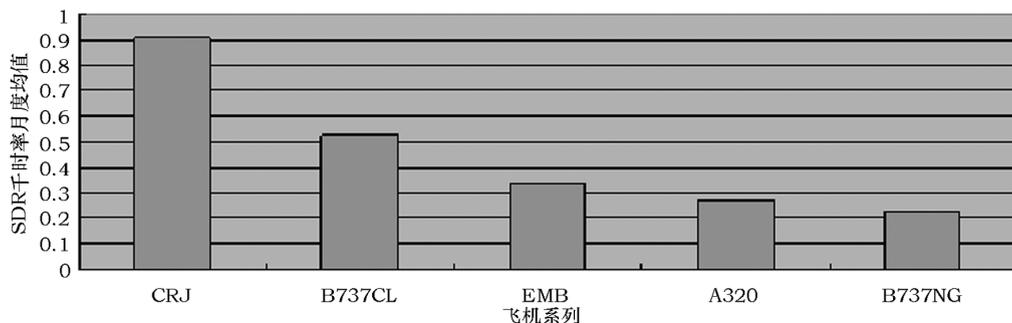


图1 主要机型 SDR 千时率对比

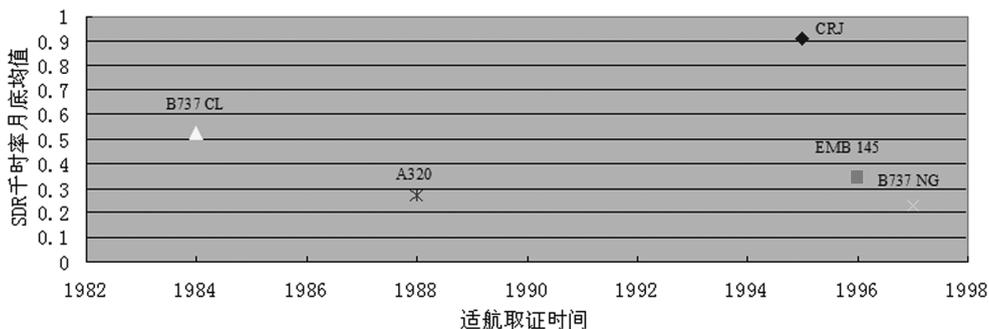


图2 适航取证时间与 SDR 千时率关系图

2 飞机故障分布规律

在航空公司日常运行中,将故障分为一般故障与重大故障。重大故障指那些对航班产生不利影响的故障,如导致航班延误、取消的故障。在收集的数据中,机组报告故障包含一般故障与重大故障。而

在机组报告的故障中,那些经处理不能及时解决而导致航班延误/取消的故障被列为重大故障。

在机务报告故障中,关于某ATA系统的故障数量的多少,可在一定程度上反映该系统的可靠性高低;而该系统重大故障的多少,可反应该系统的重要程度(或该系统是否存在重大的设计缺陷)。

一般故障和重大故障的数量多少能够在一定程度上反映出飞机设计与制造的技术水平,其研究对飞机的设计与改型具有一定指导意义。故障与重大故障章节的研究结果在飞机设计与改型中,既可以使设计人员在设计过程中更有针对性,也可以针对竞争机型采取更多的改进措施,提高飞机质量和在目标市场中的竞争力。

依据掌握的数据信息,分析各ATA章节故障分布规律可有两种方法:第一种方法是对各机型、各章节的SDR数量或故障千时率进行排序,根据SDR数量或故障千时率高低对ATA章节进行排序。此种方法直观简单,但不能区分重大故障和一般故障信息,无法分辨系统的重要程度。第二种方法是对

机组故障报告与延误/取消故障数据进行分析,以机组报告故障的数量为横坐标,以延误/取消和机组故障报告比率(相当于系统重要度或系统缺陷程度)为纵坐标,绘制各ATA章节的故障分布散点图。该方法既考虑了系统故障的多发性,也考虑了系统的重要度,分析结果相对合理。

根据各系统故障散点在图3-图10中所在区域,我们将各ATA章节系统的重要关注度分为三类:I类重要系统(实线以上区域,需要在维护和设计中重点关注);II类重要系统(实线区和虚线之间区域,关注度可略微降低);III类系统(虚线以下区域内的系统)。第III类系统的关注度较第I类和第II类系统关注度要低。

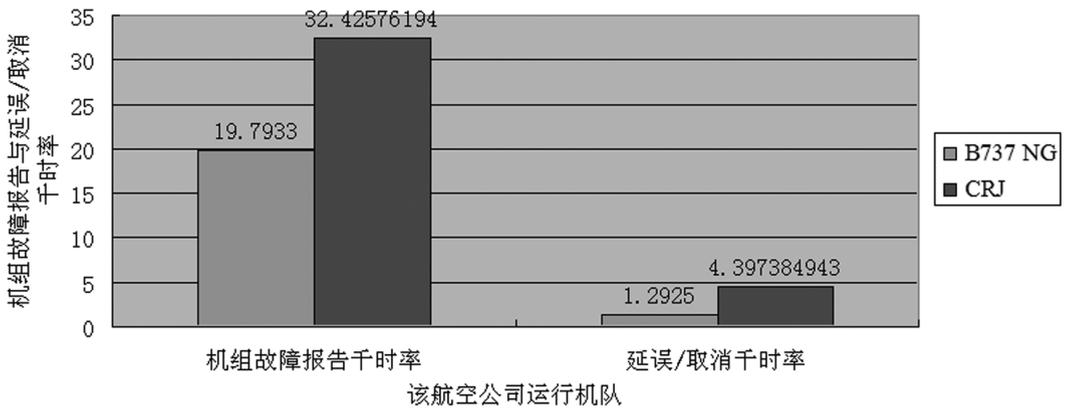


图3 某航空公司的CRJ与B737NG机队故障率对比图

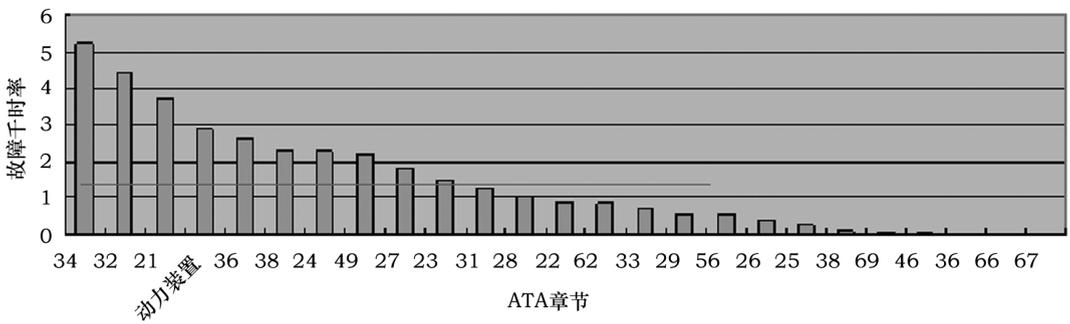


图4 CRJ飞机各章节故障千时率分布

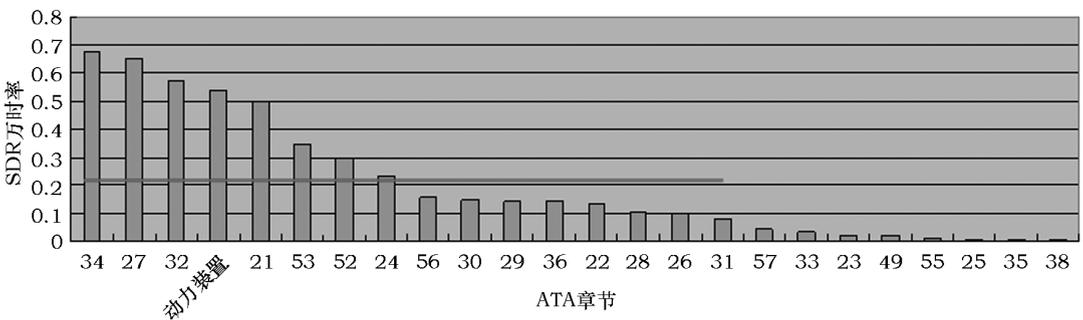


图5 B737CL系列各章节SDR万时率分布

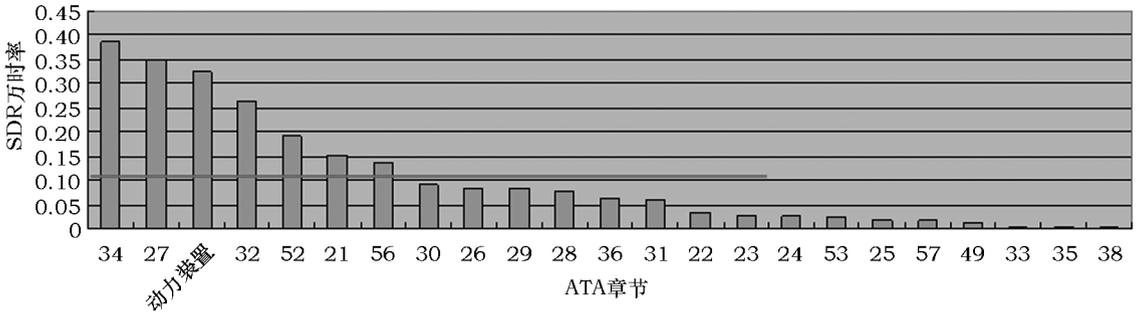


图6 B737NG系列各章节故障万时率分布

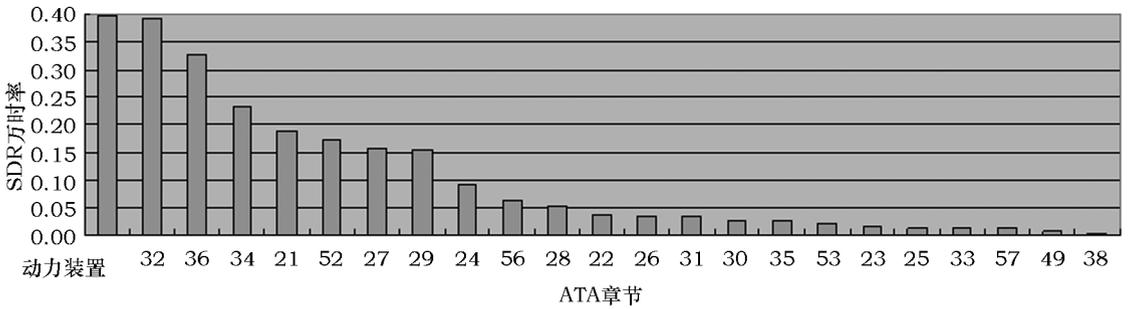


图7 A320系列各章节故障万时率分布

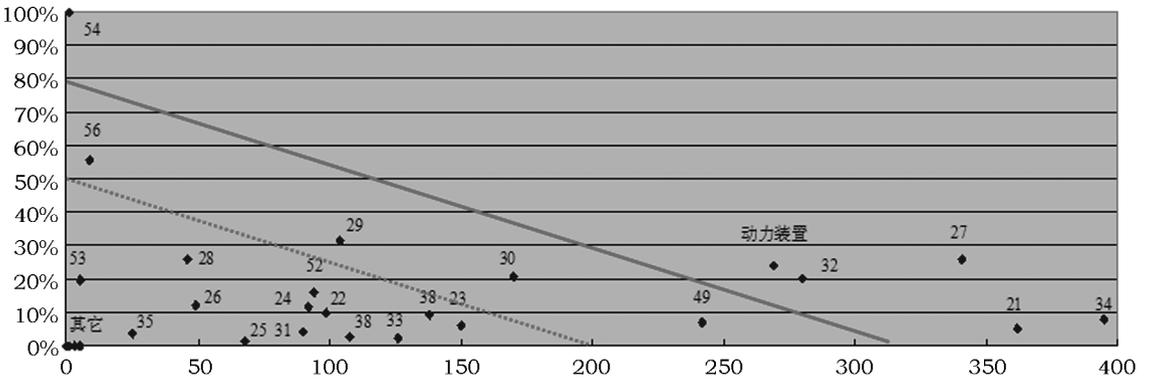


图8 CRJ飞机各章节故障统计分析

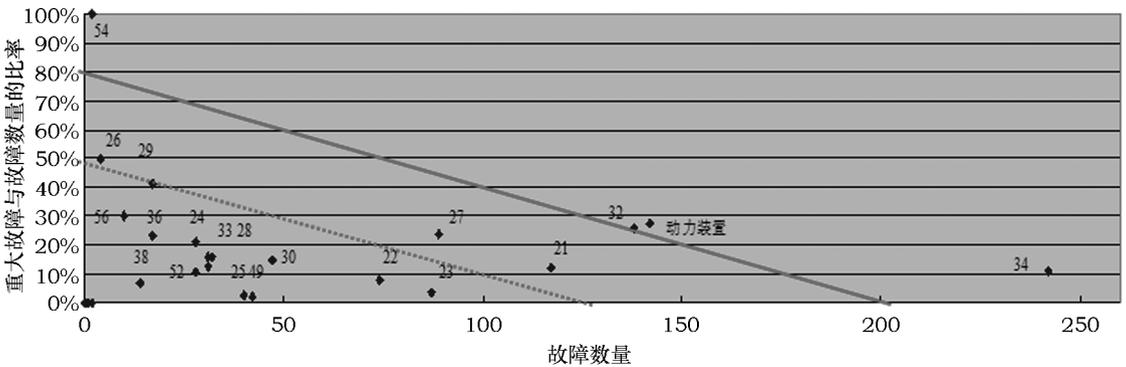


图9 波音 B737-300飞机各章节故障统计分析

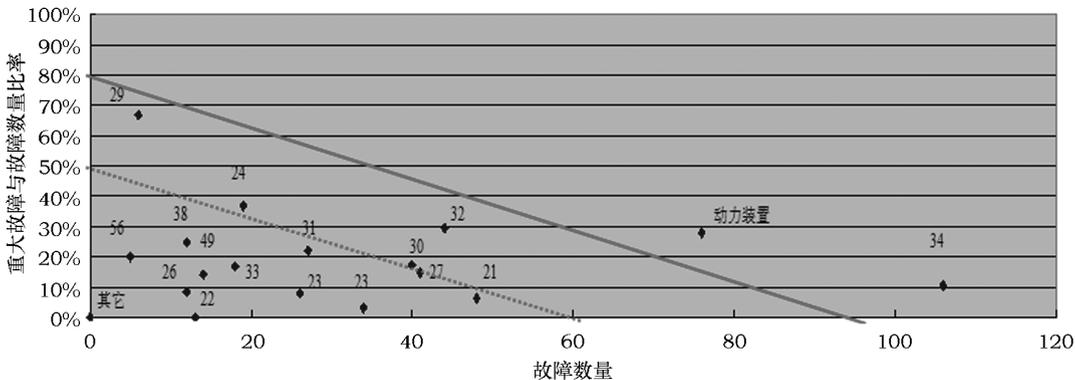


图 10 波音 B737-700 飞机各章节故障统计分析

以上统计分析表明,虽然数据样本来源和统计方法不同,但不同机型的各故障章节分布规律却有很多共性。我们将各机型故障高发章节进行排序(为便于统一对比,将排第一的高发故障章节计 10 分,排第二的高发故障章节计 9 分,以此类推),得出 10 个机型样本统计所得的高发故障章节排序如下:ATA34、ATA32、动力装置、ATA21、ATA27、

ATA29、ATA54、ATA24、ATA33、ATA52、ATA36、ATA30、ATA53、ATA49、ATA56、ATA26、ATA23 共 17 个章节。

根据各故障章节的统计得分情况和涉及机型数量,可以将以上 17 个章节划分为三大类,分别为高度关注系统、重点关注系统和一般关注系统,如图 11 所示。

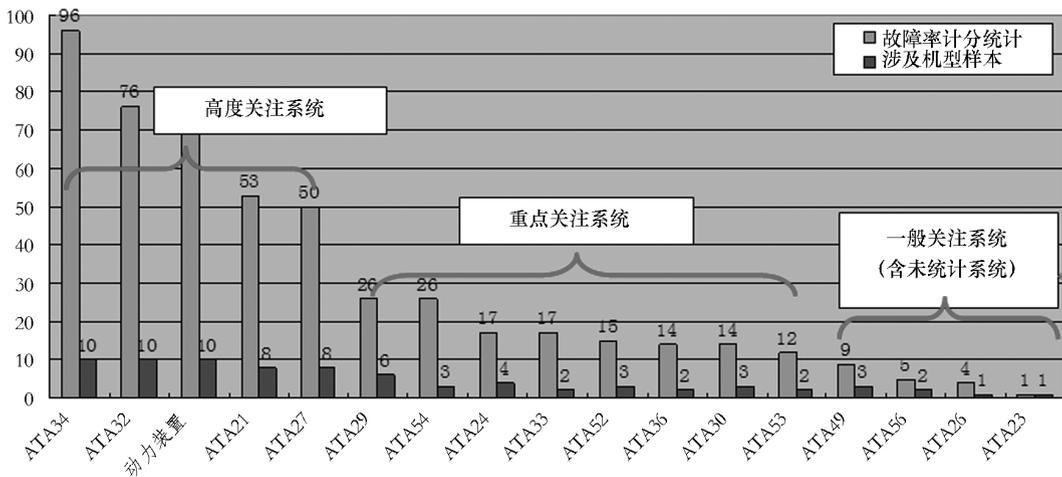


图 11 国内典型机型故障重点章节关注度统计表

3 结论

通过分析高度关注系统和重点关注系统,发现高发故障主要集中在以下三类系统中,分别是:复杂电子系统(代表系统为 ATA34 章)、复杂机电系统(工作介质为高压、高温的流体或电流的系统,代表系统为 ATA32、动力装置(ATA70-80)等等)、承力部件(承受较大的载荷,代表系统为舱门等),详见表 1 所示。

复杂电子系统故障的主要特点是不可预测性,没有很明显的规律,无法采取非常有效的预防措施。由于现代飞机上电子系统的功能越来越复杂,故障

模式也是多样性的,因此故障数量以及发生故障后对飞机运行的影响也越来越严重,是维护工作的重点,需要在今后的飞机设计工作中加以重点关注,通过采用冗余设计、故障自检等方法提高可靠性。

复杂机电系统的工作条件恶劣,经常在高温、高压下工作,并且在运动中承受较大的载荷(如机械载荷、热载荷),系统发生故障后会对飞机的飞行安全带来较大危害,排故和维护工作量也很大。但复杂机电系统的故障一般具有一定的规律,经过分析一般都能够找到根本原因,能够有针对性地采取措施,可以避免或减少某些故障的发生。

(下转第 64 页)

