

民用航空发动机研发企业持续适航能力建设研究

Research on Continuous Airworthiness Capacity Building of Civil Aviation Engine Enterprises

■ 蔡彬 / 中国航发商用航空发动机有限责任公司

持续适航是以发现安全隐患并消除隐患为目的的航空产品安全监控活动，是整个适航活动不可分割的组成部分，同设计批准、制造质量管理和单机检查一起构成了一个闭环的整体。

被判定为合格的航空产品投入运行后，由于用于民用飞机设计制造的标准以及符合标准的过程存在不可预测的变化，运行过程中可能存在超出设计规定范围的操作条件或环境条件，同时可能存在设计缺陷和制造缺陷引起的综合失效。因此，在实际运行过程中，航空产品的安全风险水平可能会高于可以接受的水平，所以需要持续适航对其进行深入分析和处理，因此航空产品投入使用后，必须建立一个完善的持续适航过程来保证航空产品的安全。

持续适航的目的与意义

适航活动贯穿航空产品从设计、制造、使用、维修直至退役的全生命周期，目的是保证民用航空产品的适航性，这成为保证民用航空安全的一个必要的基石和前提，如图1所示。

在民用航空产品研发阶段，安全性设计评估技术涵盖了航空器的设计、制造过程，要保证航空安全，首先要保证航空器满足适航标准。在此阶段，可以从以往航空器成功

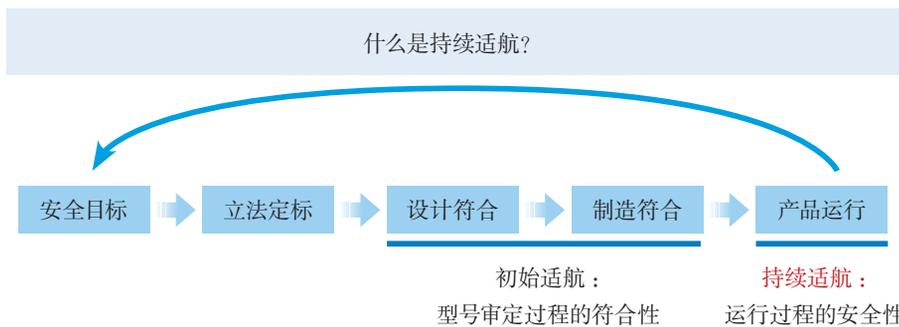


图1 持续适航与民用航空

的实践经验以及事故教训正反两个方面进行积累，从而保证设计制造出来的航空器的安全状态能为大众普遍接受。因此，如何在航空器的运行阶段能始终保持预期运行环境和使用限制下的安全性和物理完整性，始终处于符合其型号设计的安全运行状态，就成为民用航空制造商在证后活动中的核心内容。在此阶段，一方面通过维修保持航空器设计预期的安全水平；另一方面通过对航空器不安全状态的识别，及时采取改正措施以防止事故的发生，使机队的安全水平控制在可接受的水平上。

根据中国民用航空规章《民用航空产品和零部件合格审定规定》

(CCAR-21)第21.5条，在运输类航空产品运行阶段若发生影响飞行安全的故障，航空运营方和制造商必须在规定时间内报告监管部门，同时尽快启动故障原因调查，确定失效事件的危险等级，评估安全风险，制定纠正措施及制订控制计划——即开展一个完整的持续适航过程。

持续适航的目的概括起来包括以下4点：能够及时准确判定不安全状态以及确定这个不安全状态可以容忍的时间；能够制定有效的改正改进措施并发布必要的强制措施，消除不安全状态；能够识别标志制定方面的需求，为适航标准的修订提供输入；能够完善标准符合方面的变化，为完成下一个符合要求的

设计提供经验。

国内外法规现状分析

在立法方面，从欧洲、美国和中国持续适航管理的立法和实践可以看出，三者都对型号合格证（TC）持有人的报告责任进行了要求，其中美国仅要求TC持有人对航空产品出现的故障、缺陷和失效进行报告，而欧洲和我国则对TC持有人建立体系有要求，应系统、全面地履行其收集、调查、分析和报告其设计的航空产品或者零部件出现的故障、失效和缺陷的责任。

EASA的持续适航相关顶层法规要求

欧洲航空安全局（EASA）作为欧盟的航空安全主管局方，在其21部《民用航空产品和零部件合格审定规定》中通过两个条款将设计国的持续适航职责要求落实。一个是第21A.3条“故障、缺陷和失效”，要求设计批准持有人应建立系统，收集、调查和分析与故障、缺陷和失效相关的报告和信 息，并要求向局方报告可能导致不安全状态的故障、缺陷和失效；另一个是第21A.3B条“适航指令”，此条款给出了适航指令（AD）的定义，并指出在产品出现不安全状态时，EASA应发布适航指令消除不安全状态，设计批准持有人应按适航指令要求向局方提交设计更改以获得批准，同时提供适航指令应包含的基本内容。EASA通过GM 21.A.3A“系统和报告”提出了建设持续适航体系的要求。

FAA的持续适航相关顶层法规要求

美国联邦航空局（FAA）作为美国适航主管局方，将设计国的持

续适航职责主要分成两部分：一部分是TC持有人落实产品的主体持续适航职责；另一部分是设计国局方的持续适航监管职责。体现在规章上也主要分成两部分：一部分落实在美国联邦航空条例21部（FAR-21）上，要求设计批准持有人进行报告，并对不安全状态进行设计更改；另一部分落实在FAR-39部适航指令上，当FAA确定产品出现不安全状态时，颁发适航指令，包括39部所有条款内容及39部相关修正案。FAA未提出建设持续适航体系的要求。

CAAC的持续适航相关顶层法规要求

中国民用航空局（CAAC）作为中国适航主管局方，将设计国的持续适航职责分解到两部规章上去。一部是《民用航空产品和零部件合格审定规定》（CCAR-21），要求设计批准持有人应有体系，收集、调查和分析其设计的民用航空产品或零部件出现的故障、失效和缺陷，并向局方报告；当局方颁发适航指令时，要求设计批准持有人提交要求的设计以供批准。另一部是《民用航空器适航指令规定》（CCAR-39），当CAAC发现民用航空产品上存在不安全状态或航空产品没有按批准的设计标准生产时，颁发适航指令，包括CCAR-39部所有条款内容和相关的修正案。CAAC通过《型号合格证持有人持续适航体系要求》（AC 21-19）提出了建设持续适航体系的要求。

按照《型号合格证持有人持续适航体系要求》，航空器TC持有人需在产品投入运行前完成持续适航体系的 建设（此咨询通告在ARJ 21飞机审定期间由上海航空器适航审

定中心起草，全文未提及发动机TC持有人是否需要落实），覆盖信息获取、风险评估、工程调查、措施制定、上报局方等过程。同时，法规规定TC持有人应当设立一个专门的组织机构负责持续适航体系的管理工作。持续适航体系管理机构的成员应当由各相关部门的人员组成，并经授权能够代表本部门对持续适航体系的相关事项进行决定。管理机构代表TC持有人落实持续适航责任，其负责人应当至少由负责适航安全的副总经理担任。持续适航体系管理机构主要工作的最终结论应当由该管理机构的负责人决定。法规同时明确了持续适航体系管理机构的主要职责、持续适航体系的分支机构、持续适航管理机构的会议机制，以及编制持续适航体系管理手册的要求等。

持续适航的主要过程

持续适航过程的输入是已经发生的可能影响飞机机队安全的信息，持续适航不针对假设的或者认为有可能发生的信息作为输入开展持续适航工作，这是启动持续适航工作的基本原则。持续适航过程主要包含信息获取、风险评估、工程调查，以及措施制定等环节。

信息获取

信息的收集是整个持续适航过程的前提条件，信息收集是为持续适航的目的服务的。应按法规要求全面收集运行中威胁或者可能威胁、设计中影响或可能影响航空器安全运行的失效、故障、缺陷或其他事件。

本环节案例：各国局方及制造商都建立起了强大的信息收集管理系统，用于识别风险，跟踪及趋势

预测，如FAA的飞机综合数据系统（AIDS）、EASA的欧盟联合航空事故和事件征候报告系统（ECCAIRS）、CAAC的航空安全自愿报告系统（SCASS），以及中国商用飞机有限责任公司的持续适航体系事件报告平台等。

主要启示：需与供应商、运行人等建立报送机制，需建设信息系统、信息筛选标准，以及安排合适的角色负责开展筛选。

标杆企业参与的主要专业：适航、研发、总装生产、客户服务等。

风险评估

应对收集到的每个事件进行分析，判定其是否导致或可能导致不安全状态，可采用适用的风险评估方法和标准进行风险分析，确定实际的适航风险水平。

本环节案例：用于关键疲劳和损伤容限分析的材料数据发生改变，需减少空客A300飞机相应位置裂纹的定期检查门槛值和间隔值（从累计满11100次航班改为7600次），相关AD也随之升版（1995—2019年）。

主要启示：对特定问题的认识 and 理解的不断深入，符合性时间和措施本身都会不断进行修订和完善。

标杆企业参与的主要专业：研发等。

工程调查

当TC持有人在判定事件或制定改正/改进措施需要工程调查支持时，应明确事件调查的责任部门或人员，进行工程调查。其目的是：为判定事件提供支持；事件根原因及其影响因素的分析；提出改正/改进措施的建议。

本环节案例：一型发动机引气管路大面积腐蚀，工程调查发现，

管路生产过程中没有按设计要求进行酸洗，属于质量逃逸。持续适航过程涉及的措施包括针对在役及在生产飞机替换管路。同时，质量系统也应该有下一步的整改措施。

主要启示：持续适航过程主要针对产品本身识别问题，但相应的问题也存在背后的体系原因，无论对企业还是监管方也仍需关注。

标杆企业参与的主要专业：研发、总装生产、质量等。

措施制定

经过持续适航过程的风险评估和工程调查，必须制定一个改正措施，消除或者减轻特定不安全状态的安全风险。依据风险评估给出的结论和符合性时间，工程调查确定的影响范围和根本原因、措施的周期和成本以及措施实施等影响因素来确定一个或者一组可行措施，确保飞机机队的安全风险水平在可接受范围内。

本环节案例：波音787飞机的灭火手柄内部部件翘曲可能引起灭火器故障，需重新设计，但时间较长。FAA在设计完成前发布AD，要求增加检查工作（此AD不是最优选择，基于紧急程度，可以减轻不安全状态）。

主要启示：某些情况下，所确定的措施在技术上不是最优的，措施的选择可以向周期成本或者实施保障等妥协，但措施不能向消除或者减轻不安全状态的有效性妥协。

标杆企业参与的主要专业：研发等。

持续适航能力建设内容

搭建持续适航管理体系

基于对法规要求的分解以及标

杆实践，建议开展建设的持续适航管理体系包含以下程序、信息化系统：在信息获取环节，建立和完善持续适航事件收集程序、持续适航事件判定程序；在风险评估环节，建立和完善持续适航事件风险评估程序；在工程调查环节，建立和完善持续适航事件工程调查程序；在措施制定环节，建立和完善持续适航事件措施制定评估及跟踪管理程序、服务通告编制及管理程序、适航指令收集实施管理程序；其他还包括持续适航事件上报局方管理程序、持续适航经验总结程序、持续适航体系供应商管理程序、持续适航管理信息化平台、持续适航体系管理手册（需与局方确定发动机制造商是否涉及）。

搭建持续适航技术体系

基于对法规要求的分解以及标杆实践，建议开展建设的持续适航技术体系包含以下标准：在信息获取环节，制定持续适航事件的收集及判定标准、不安全状态的确定及分析方法、不安全状态严重程度分类方法；在风险评估环节，制定失效类型的判定标准、风险概率/可能性确定方法、风险水平的确定方法、根原因分析方法（此处需要说明的是，由于发动机结构及使用环境的特殊性，不同于民用航空飞机，一款民用航空发动机投入运行后，其持续适航风险评估采用的方法与飞机有很大的不同）；在措施制定环节，制定纠正措施时限计算方法等。

与飞机方及局方的接口管理

对发动机持续适航风险等级的分析，必须站在飞机级别开展发动机失效的后果和概率评估。又由于国内对飞机和发动机的审定以及持

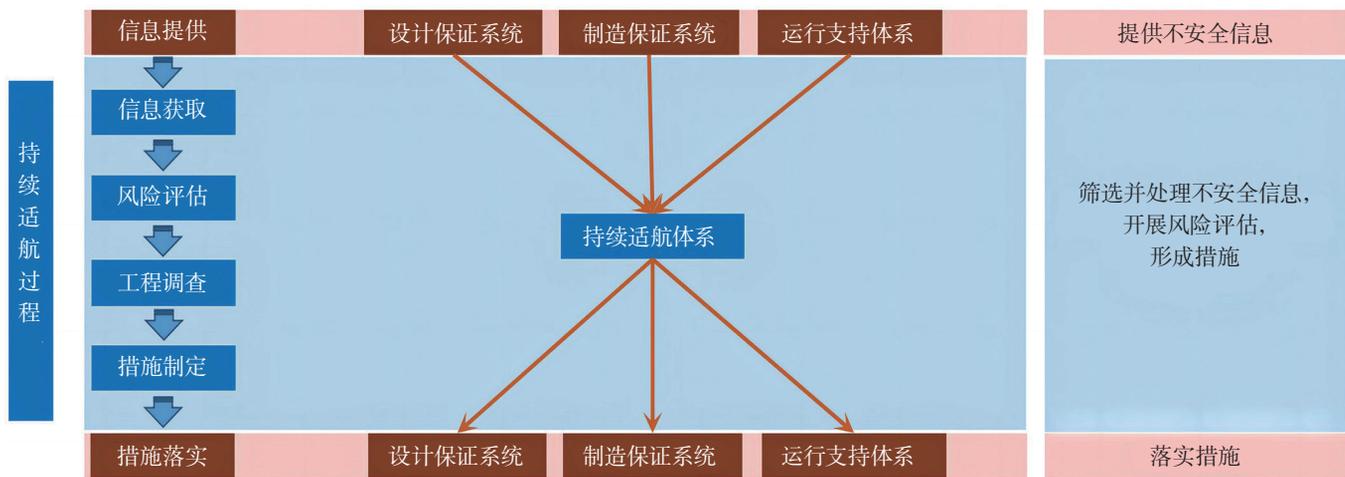


图2 持续适航体系与其他相关体系的接口关系

续适航的管理分属于两个不同的审定中心，故还需考虑以下接口：建立飞机、发动机持续适航风险等级评估指标等技术接口；建立飞机研制方、发动机研制方、审定方的三方管理接口。

持续适航体系与其他相关体系的接口关系

针对产品研制单位，按照法规要求需要建立设计保证系统（通过设计赋予适航性）、制造保证系统（通过生产实现适航性）、运行支持体系（通过维修保持适航性）和持续适航体系（通过改正提升适航性），基于以上4个体系简要分析如下。

通过设计保证系统的建设，从以往航空器成功的实践经验以及事故教训正反两个方面进行积累，落实审定基础，作为设计需达到的最低安全要求。并在产品投入运行后，向持续适航体系提供TC证后延续性工作中发现的内部信息，如设计分析和试验中发现问题、供应商提供的信息、飞行试验中发生的问题、飞行训练中发现问题、相似机型可能的不安全隐患等安全性相关信息。

同时落实持续适航体系形成的措施，如完成设计更改等。

通过制造保证系统的建设，确保始终生产出满足型号合格设计要求的產品。并在产品投入运行后，向持续适航体系提供生产过程中存在的不安全隐患等安全性相关信息，如质量逃逸等。同时落实持续适航体系形成的措施，如完成在线产品的改装等。

通过运行支持体系的建设，形成相应的维修方案、持续适航文件、航材、培训、地面设备等，支撑航空公司及维修商保证航空器达到型号设计预期的运行环境和管理要求。并在产品投入运行后，向持续适航体系提供航空产品在运行过程中存在的不安全隐患等安全性相关信息，如运行信息、机组报告、事故报告、维修信息、通过电话/传真/信息平台/客户走访等途径收集到的其他信息。同时落实持续适航体系形成的措施，如形成改装方案，更新持续适航文件，发布服务通告（SB）等。

通过持续适航体系的建设，及时收集准确判定不安全状态信息，以及确定这个不安全状态可以容忍

的时间；制定有效的改正措施，消除不安全状态。为适航标准的修订提供输入，为完成下一个符合要求的型号提供设计经验。持续适航体系与设计保证系统、制造保证系统、运行支持体系的接口关系如图2所示。

结束语

航空安全是一种状态，基于法规要求当航空产品投入运行后，通过对可能影响安全适航的信息进行全面的收集分析，确定机队是否存在不安全状态，并及时采取改正措施，将人员伤亡或财产损失的风险降至并保持在接受的水平或以下。随着国产ARJ支线飞机的投入运行，国内对民用航空飞机的持续适航风险评估从研究走向实践，逐渐成熟。由于国内尚未有成熟的投入运行的国产民用涡扇发动机，故相应的工作尚处于起步状态，未能开展实践，故本文仅对持续适航相关法规要求以及标杆企业持续适航体系建设实践开展研究与探索，以供参考。

航空动力

（蔡彬，中国航发商用航空发动机有限责任公司，工程师，主要从事航空发动机适航研究）