

# 民用航空发动机型号持续适航设计更改管理

## Design Change Management of Continuous Airworthiness of Civil Aero Engine

■ 郭焱 陈芝来 龚立锋 肖华中 / 中国航发动研所

民用航空发动机持续适航阶段的设计更改管理是持续适航阶段构型管理的重要活动，涉及发动机产品基线的变更，也关系到发动机适航安全性和经济性的持续提升。型号合格证的申请人必须在适航取证阶段明确持续适航阶段的设计更改管理程序。

中国航发东安与法国赛峰直升机发动机公司（原透博梅卡公司）于2008年7月15日正式签署了合作协议，双方以50：50对等合作模式联合研制1300kW功率级民用涡轴发动机，中方代号为涡轴16（WZ16），配装AC352直升机（见图1）。WZ16发动机于2019年10月8日取得中国民用航空局（CAAC）颁发的型号合格证（见图2），进入了持续适航阶段。WZ16发动机是国内第一型严格遵照适航规章完成适航取证的国际合作民用航空发动机型号，进入持续适航阶段后，设计更改不仅要接受中法双方的协同管控，最终还要接受CAAC的直接管控。中国航发动研所、中国航发东安和赛峰直升机发动机公司基于前期国际合作基础，共同建立了三方认可的持续适航阶段设计更改管理程序，并接受了CAAC对设计更改的管控，可为其他民用航空发动机型号设计更改管理提供重要借鉴。

### 适航规章中的更改

CCAR-21-R4《民用航空产品和零部件合格审定规定》中第21.93条将持续适航阶段的更改分为大改和小改两类。其中第21.101条又将大改



图1 AC352直升机

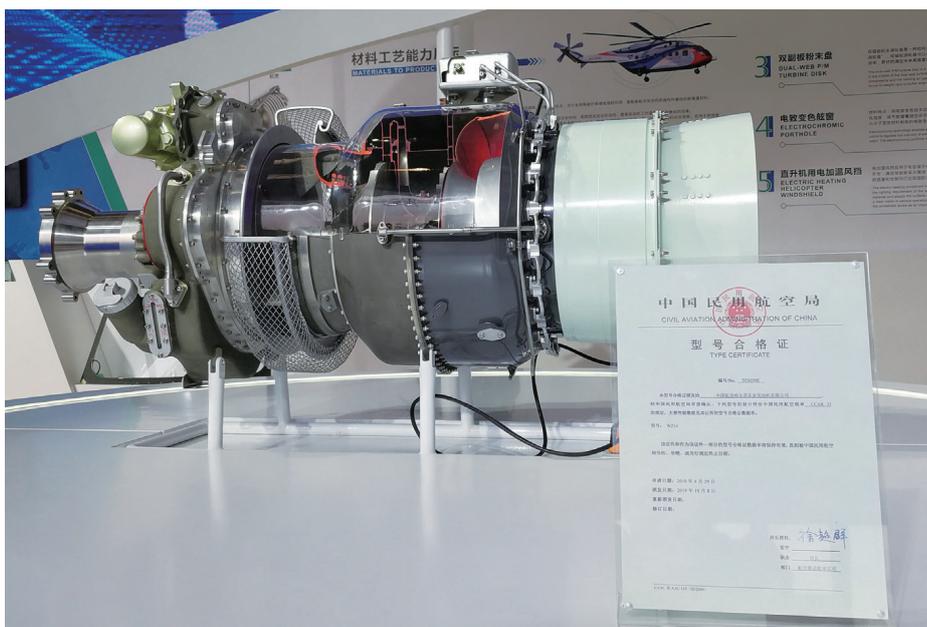


图2 涡轴16发动机及型号合格证

分为实质性更改、重大更改和非重大更改3类。这3类大改的典型示例已被美国联邦航空局（FAA）、欧洲航空安全局（EASA）和加拿大运输民航局（TCCA）通过国际合作项目的形式采纳，并已被写入了AC-21-AA-2014-36《航空产品设计更改审定基础的确定方法》附录A和AC33-2B《航空发动机型号合格审定手册》中。

### 实质性更改定义与典型示例

CCAR-21部第21.19条对实质性更改的定义为：民用航空产品的设计、动力、推力或者质量发生重大改变，需对该民用航空产品与适用规章的符合性进行实质性的全面审查，并需要重新申请新的型号合格证。AC-21-AA-2014-36附录A表4中给出了民用航空发动机典型的实质性更改示例，主要包括传统的涡扇发动机变为齿轮风扇发动机；低涵道比发动机变为高涵道比发动机，增加进气道面积；涡轴发动机变为涡桨发动机；传统的有涵道风扇变为无涵道风扇。从第21.19条定义和实质性更改示例可以看出，实质性更改实际上对应为发动机的改型。

### 重大更改定义与典型示例

CCAR-21部第21.101条第（二）款第1项对重大更改的定义为：原民用航空产品的总体构型、构造原理发生产品级的重大更改，或者用于原民用航空产品的合格审定假设不再有效的重大更改。AC-21-AA-2014-36附录A表4和AC33-2B中给出了民用航空发动机典型的实质性更改示例，主要包括增加或减少压气机或涡轮级数、更改压气机压比、高应力零件材料或设计更改对适航性产生不利影响等发动机性能方面的更改，以

及主要部组件互换性的更改。从第21.101条定义和重大更改示例来看，重大更改实际上对应为发动机型号系列化发展。

### 非重大更改定义与典型示例

对于不满足CCAR-21部第21.101条第（二）款第1项要求的更改，即更改不涉及原民用航空产品的总体构型、构造原理变化的更改，以及用于原民用航空产品的合格审定假设依然有效的较大更改。AC-21-AA-2014-36附录A中基于功能、性能没有发生改变且合格审定的假设仍然有效的前提，给出了非重大更改的典型示例，主要包括压气机盘更换材料；增加或减少压气机/涡轮的级数，但不改变运行性能包线；发动机电子控制系统内部引进新部件，但未影响系统功能；轴承更改；用改进的相似材料进行新的叶片设计；改进风扇叶片设计；滑油箱重新设计；改变时寿件的限制；改变排气温度限制；构型更改没有改变审定维修要求等。

### 小改定义与典型示例

CCAR-21部第21.93条将小改定义为：对民用航空产品的质量、平衡、结构强度、可靠性、使用特性以及适航性没有显著影响的更改，包括除大改以外的所有更改。AP-21-03-R4中第6.2条给出了典型的适航小改示例。针对航空发动机型号，AC33-2B中将更改范围扩充至工艺更改。民用航空发动机典型的小改示例主要包括公差微小变化，合理加大圆角半径，允许增加厚度而不产生不利影响，一般零件材料的代用与改进，热处理改进（不降低经受高应力零件的延伸率），一般零件设计方面的小改，不降低材料机械性能的零件加工或工艺上的改进。

## 型号更改分类、定义

在WZ16发动机研制阶段，CAAC只审核设计更改程序，并不限定设计更改的具体分类方法。中法双方根据适航规章和型号内部程序文件，统一了双方份额的设计更改分类，主要依据是否影响“3F”，即功能（Function）、接口（Fit）、形状（Form），来划分大改和小改。由于适航规章中大改的实质性更改和重大更改分别对应发动机的改型和型号系列化发展，在国内一般均按照新型号开展研制工作，所以型号持续适航阶段不会出现这两类更改。因此，WZ16发动机仍按研制阶段设计更改分类方法，将设计更改分为大改和小改两类，且对大改不再进行细分。

### 设计大改

当更改影响“3F”中的任何一个或多个时，就判定为设计大改（Modification），需要更改零件号。典型的设计大改主要包括影响构型规范要求、功能互换性、尺寸互换性、部组件特性、维护和维修手册或安装/使用手册中的适航限制章节或型号合格证书数据表（TCDS）的更改。

### 设计小改

当更改不影响“3F”中的任何一个时，就判定为设计小改（Amendment），仅需要更换零件版本号。典型的设计小改主要包括：仅影响部组件的物理特性，但不影响物理接口、功能接口及与其他部件的连接放入更改；仅对定义文件做修订错误、规范内容表达、调整排版等修正处理，但不影响定义本身，不涉及实际的设计更改工作，对制造方法不产生影响的更改；因设计大改导致的发动机构型清单文件的关联更改。

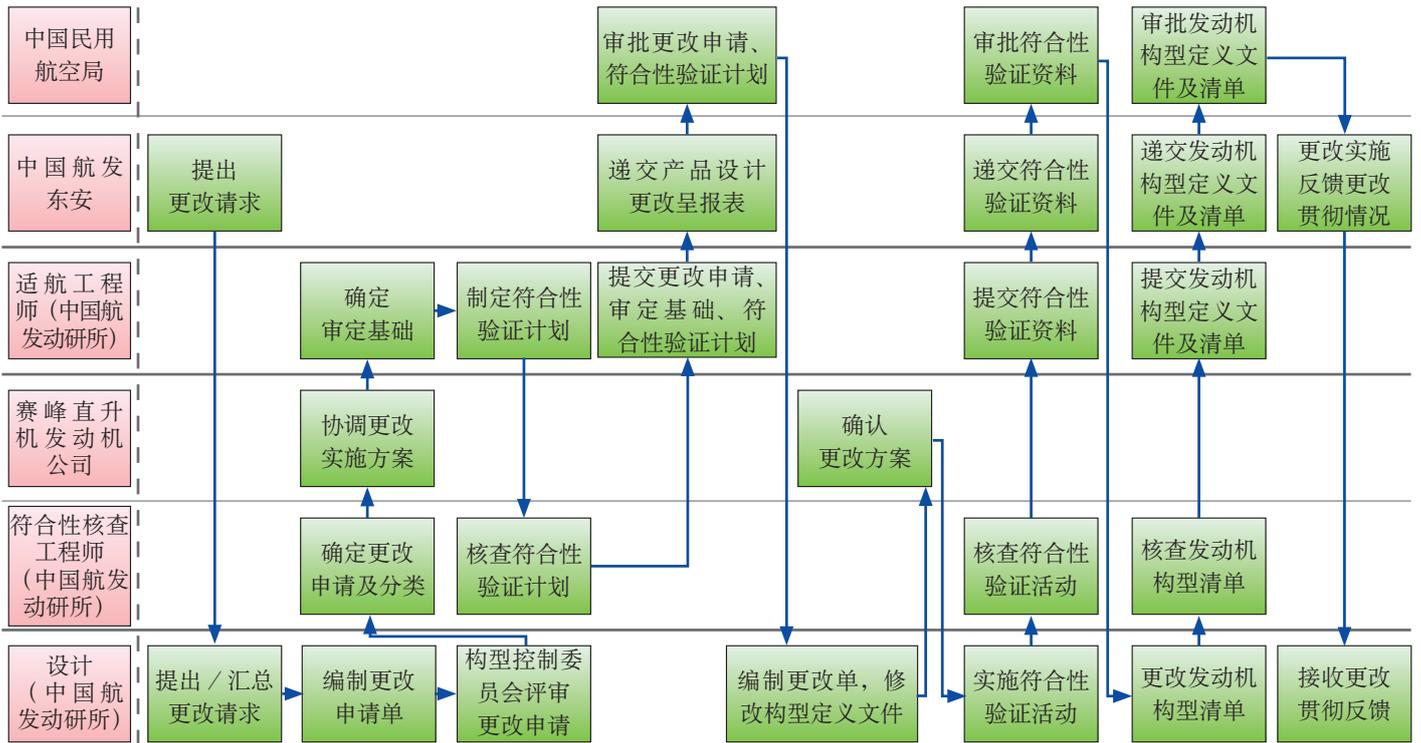


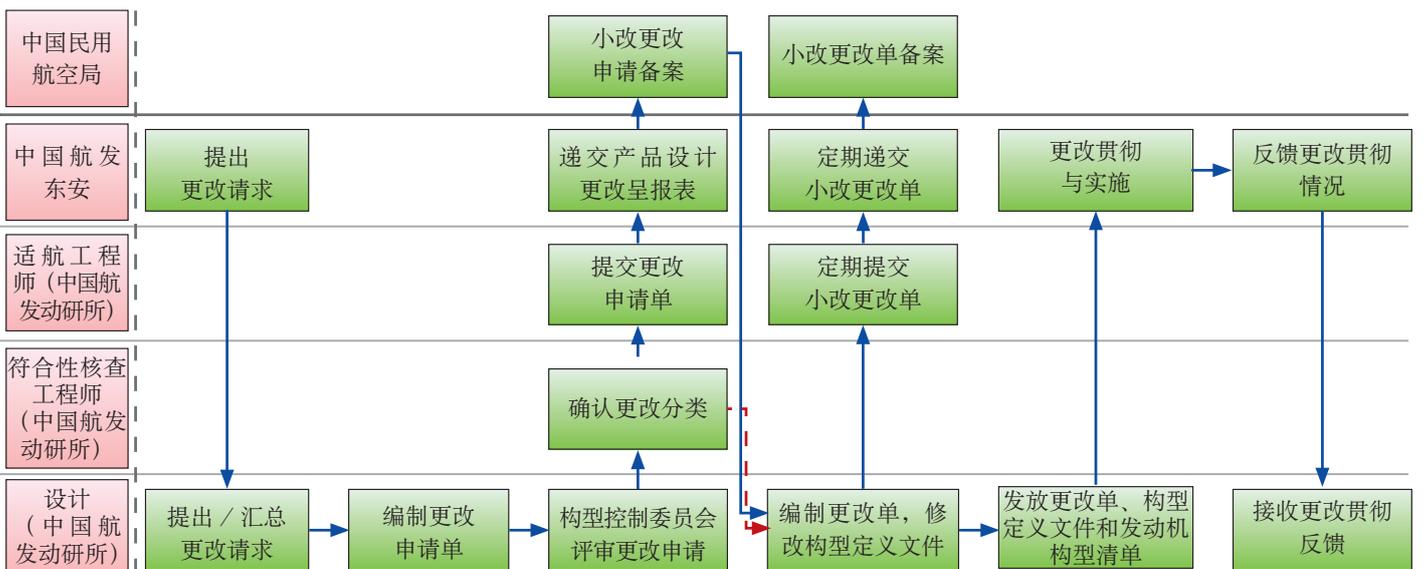
图3 大更改流程

### 更改流程

为保证持续适航阶段设计更改分类的一致性，中国航发东安提出的设计更改先按型号更改分类方法提交更改申请。中国航发东安向CAAC

呈报更改申请的同时递交产品设计更改呈报表，再次明确按适航规章中的设计更改类别，来保证对适航规章要求的一致性。WZ16发动机持续适航阶段设计更改流程主要由更

改请求、更改申请、更改通知、更改验证、更改实施和更改反馈等环节组成，设计大改和小改的更改流程分别如图3和图4所示，两者主要在更改申请和更改验证两大环节上



注：红色箭头表示试运行结束后的流程。

图4 小更改流程

存在较大差异。

### 更改请求

中国航发动研所和中国航发东安均可根据CAAC、直升机用户和内部实际需求提出设计更改请求，并初步判定更改的必要性和可行性。中国航发动研所作为设计更改请求的汇总方，中国航发东安提出或代为提出的更改请求通过协调函的形式传递至中国航发动研所。

### 更改申请

中国航发动研所设计人员接收并初步同意更改请求后，将编制更改申请单初稿并初步判别更改类别，分析更改影响以及是否存在关联更改或不一致更改，制定具体的更改方案，提出更改实施建议。构型控制委员会（CCB）一般在工作例会或专题会议上对更改申请进行评审。

对于小改申请，中国航发动研所仅与中国航发东安展开协调，不涉及审定基础的变更和符合性验证计划的编制。而对于大改申请，中国航发动研所将与赛峰直升机发动机公司、中国航发东安共同协商更改方案，中国航发动研所的适航工程师（AE）将按照原TC取证时采用的审定基础，根据更改可能的影响范围重新梳理适用的适航要求，形成更改的审定基础。如果更改相对于原审定基础采用了新技术、新设计或添加了新用途，中国航发动研所适航工程中心将制定专用条件草案，或采用后续能覆盖该新技术、新设计或新用途的规章版本作为审定基础。同时，AE根据重新梳理的审定基础，编制对应的符合性验证计划。

在为期1年的证后试运行期间，

中国航发东安在产品的设计更改呈报表中明确按适航规章中的设计更改类别（仅包括大改-非重大更改和小改两类），并及时将小改更改申请单，或大改更改申请单、审定基础和符合性验证计划提交CAAC审批。只有当更改申请被批准后，方可发放更改通知，启动后续的更改程序。在试行期结束后，CAAC授权委任工程代表（DER）审批设计小改申请，不再直接由CAAC审批。中国航发东安每6个月向CAAC集中报备一次设计小改申请，但大改申请仍是及时报批。

### 更改通知

设计人员根据CAAC或DER批准的更改申请单、更改方案来编制更改通知或更改单，同时更改相关构型定义文件。大改更改须发放至中国航发东安和赛峰直升机发动机公司确认，小改更改通知中国航发东安和赛峰直升机发动机公司。

### 更改验证

对于无须开展验证试验的更改，符合性核查工程师（CVE）按《民用航空发动机适航符合性核查程序》完成设计符合性核查后，由CAAC开展非试验类验证工作审查。

对于需开展验证试验的更改，更改申请人以技术通知单的形式通知中国航发东安准备试验件或试验发动机。CAAC将依次开展试验件或试验发动机制造符合性检查和试验制造符合性检查。制造符合性核查通过后，试验部门按《民用航空发动机适航取证程序》的取证试验流程开展试验验证工作，向CAAC提交符合性验证资料。

### 更改实施

对于设计大改，完成符合性

验证工作后，中国航发动研所及时对发动机基础构型清单进行关联更改，并及时经中国航发东安向CAAC递交更改后的发动机构型定义文件及清单。对于设计小改，中国航发动研所定期对发动机基础构型清单进行关联更改，并定期经中国航发东安向CAAC报备更改后的发动机构型定义文件及清单。只有当更改数据被纳入发动机基础构型清单时，才认为是有效更改。中国航发东安在接收到新版发动机基础构型清单后，开展更改贯彻与实施工作。

### 更改反馈

中国航发东安完成更改贯彻后，以设计更改贯彻反馈单的形式向中国航发动研所反馈工艺文件的贯彻情况，在制品、制成品、已交付产品（含外场产品和返厂产品）等实物的贯彻情况，以及制造方关联更改的贯彻情况，实现对设计更改的闭环管理。

## 结束语

民用航空发动机持续适航阶段设计更改是对发动机取证构型和产品基线的更改，将直接影响批产发动机的最终交付状态，因此是构型管理的重要活动之一。目前，国内在民用航空发动机持续适航阶段对设计更改的管控经验还相对薄弱，需要持证人进一步规范设计更改程序，增强对更改分类的准确判别，强化对更改申请的评审与决策，提高更改贯彻效率，加强对设计更改的闭环管控。

航空动力

（郭森，中国航发动研所，工程师，主要从事航空发动机标准化和构型管理工作）