

民用航空发动机构型管理

Configuration Management of Civil Aero Engine

■ 华明达 李国飞 / 中国航发

与国际接轨的构型管理方法的应用，不仅保证了型号研制和适航取证的顺利进行，也为我国民用航空发动机构型管理的发展提供了宝贵经验。

航空发动机研制是一项复杂的系统工程，涉及空气动力、工程热物理、力学、材料、电子等众多学科和专业。航空发动机在高温、高压和高转速叠加的工况下工作，且不断地追求性能、安全性和经济性等高指标，使得发动机的工作状态十分复杂和苛刻。因此，在发动机设计、试制和试验验证过程中，必然会出现多次迭代、不断改进、不断优化的过程，使技术状态不可避免地会发生变化，工程更改日趋繁多，很有可能会丢失一些相关信息，导致最终生产出的产品与前期需求有一定偏离。为了有效控制更改，保证发动机技术状态清晰、完整，必须进行严密和便捷的构型管理。在适航取证过程中，构型管理是局方审查的重要内容之一，专门制订了构型管理审定计划，且必须在取证前通过审查，这充分表明了构型管理对于民用航空发动机研制管理的重要性。

构型管理简介

构型是指在定义文件中规定的、并在产品中达到的功能特性和物理特性。构型管理通过文件形式将特性冻结形成不同的基线，并按照基线开展设计制造，使最终产品满足客户的需求，是对产品“属性”的管理，是工程管理的核心环节。构型

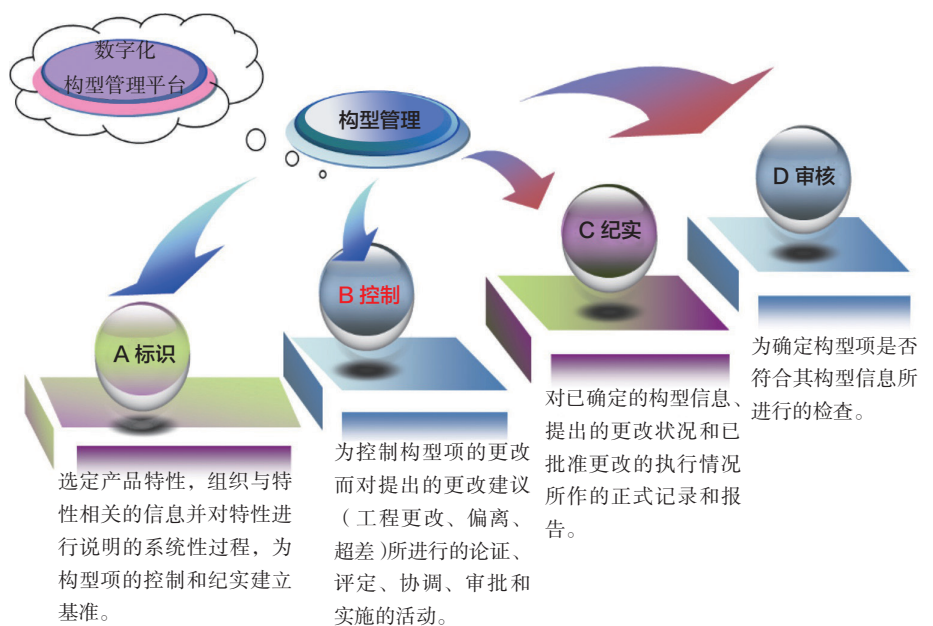


图1 构型管理主要内容

管理主要包括构型标识、控制、纪实、审核等4项活动（如图1所示），通过有效地控制构型项及标识、偏离、更改和超差等工作，实现产品技术状态可控和可追溯。

构型标识

构型项是构型管理的基本单元，分为零件级、组件级、部件级和整机级，采用以构型项为基本单元的构型管理模式，体现层次性，有利于研制和管理。构型标识是指确定构型项，并对其功能特性和物理特性进行标识和文档化的过程。构型标识为构

型控制、纪实和审核建立并保持一个确定的文件依据，包含构型项的选取、构型的定义及标识、图样标识和建立构型基线等。

构型项选取

合理选择构型项非常重要，具有独立功能的、单独装配的、在产品结构分解中不可拆组件，具有关键特性或重要特性的零件，单独采购和交付的成附件是主要的选取原则。

构型定义及标识

构型项确定后，完成详细设计和出图，形成完整的零组件清单，确定发动机基础构型，此过程即为

表1 发动机的构型定义示例

序号	等级	构型号	图号	名称	版次	数量	备注
1	0		0465005010		A	1	
2	1	0100	0465015010	发动机本体	A	1	
3	2	0100	70PM015010	附件机匣	F	1	
4	3	0010	0Z16114801	前机匣组件	1	1	
5	4	0001	2Z16114001	前机匣组件		1	
6	4	0002	9F02071005	螺母	A	13	
7	4	0003	9F02081255	螺母	A	4	
8	4	0004	9F02050805	螺母	A	91	
9	4	0005	9G01305075	销子	A	5	
10	4	0006	9G01030600	销钉	A	1	
11	4	0007	9G01061400	销钉	A	2	
12	4	0008	9G01304055	带肩销钉	A	3	
13	4	0009	9F02050803	自锁螺母	A	2	
14	3	0020	0Z16112806	后机匣组件	2	1	
15	4	0001	2Z16112002	后机匣组件		1	

构型定义及标识。在研制中，每台发动机都有单独的构型定义，具体示例见表1。每一个构型项都有一个构型号并采用与图号分离的方式进行单独标识。

图样标识

各类零组件应按照统一的规则进行图样标识（具体如图2所示）。采用这种方式可避免传统航空产品图样编号方式只能反应出型号和组别号，无法反映出零件状态（成品、试验件、外购件等），也不能反映出零件的设计状态（为该零件的第几

次设计）的情况。

建立构型基线

构型基线分为功能基线、分配基线和产品基线。在需求分析与定义阶段，分析与定义客户需求，建立功能基线；在初步设计阶段，确定发动机总体对各部件、系统和软件的技术要求，建立分配基线；在试制、验证及适航取证阶段，通过试验和试飞完成构型审核和确定产品基线。

构型控制

构型控制是对构型基线的工程更改、偏离与让步处理，始于功能基线确定之时，继而贯穿于项目研制、生产的全过程，既是构型管理的核心，也是构型控制委员会（CCB）的主要工作。构型控制的工作具体分为更改控制和偏离与让步控制。

更改控制

为完善设计，对所批准的构型文件提出更改请求，分析更改产生的影响及其受影响的产品范围，形成对构型文件和产品（在制品、已制品和已交付产品）的处理意见，实施正式的工程更改，并跟踪更改的贯彻执行情况。更改控制需要制定更改程序与管理文件，明确更改对象、类别、程序、申请单编制要求、签署要求等内容。

如表1构型定义所示，只要构型定义中的图号、版本号等发生变化，构型就会有相应变化。构型更改控制按照两类进行管理（见表2），分别为I类更改和II类更改。其中，I类更改要换图号，II类更改仅换图号版次。

不管是I类更改还是II类更改，都不改变零组件的构型号。当下属部组件更改时，如不影响接口、形状、功能（3F），上级部组件可不更改，

表2 构型更改类别

更改类别	更改内容	更改方式
I类（大改）	影响接口、形状、功能（3F）的更改；对构型规范的要求进行的更改；对功能—尺寸互换性、安全—适航、性能、工作、应用—维护等产生影响的更改；对部件特性产生影响的更改	换号
II类（小改）	仅涉及部件物理特性的更改，但更改不影响物理或功能接口，以及与其他部件的连接；修改定义文件但不影响构型定义本身的更改	换版

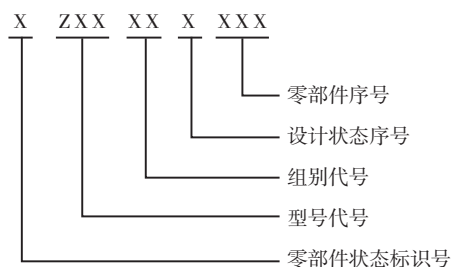


图2 图样编号规则

阻断了更改向上传递，既避免了出现一个零件换号导致部件/系统、甚至整机图样换号的情况，又避免了同步更改三大文件目录（零件目录、组件目录、部组件明细表）。这样，构型更改不仅简便、工作量小，而且不易导致更改频繁、更改不及时，构型定义不易出差错。

另外，由于发动机或单元体总图中只填写下属部组件的构型号，而不填写图号，所以尽管发生了构型更改，不会影响总图的装配关系，十分便于管理。

偏离与让步控制

偏离与让步控制是对制造过程中不合格品的处理，当产品不满足构型文件的要求时，通过论证、评定、审批和采取措施，临时允许不合格品使用或临时调整加工要求。不合格品处理分为偏离（DR）和让步（concession），偏离是和设计图样偏离的轻微超差，让步是涉及接口尺寸、性能等互换性的超差项目（影响3F），让步是偏离的升级。

需要制订偏离与让步控制程序，严格执行“不合格品审理单”办理流程，所有偏离与让步的不合格品（超差）处理均需审理。经过批准的偏离许可和让步，仅在指定的范围和时间内适用，不作为构型文件的更改依据。

构型纪实

构型纪实指对已确定的构型信息、提出的更改状况和已批准更改的执行情况所作的正式记录和报告。构型纪实应准确、全面地记录每一构型项和已批准的构型文件及其更改的状况，确保每一构型演变的可追溯性。

在数据管理系统中开展构型纪实，记录发动机在研制和取证阶段与构型有关的信息，包括：构型项；构型文件信息；更改从提出到实施的全过程信息；所有偏离与让步的信息；构型审核的结果，不符合项的情况，最终的处理情况；单台份构型定义清单；单台份的技术状态报告等。

通过完整的构型纪实，不但保证了研制质量，而且便于适航取证的审查。

构型审核

构型审核是指为确定构型项是否符合其构型信息所进行的检查。对构型项是否符合构型文件的正式检查，应纳入型号研制阶段评审和取证过程，并由审核组在研制方或承制方的现场进行功能构型审核和物理构型审核。功能构型确认是指在完成适航审定部门评审之前对构型项目的试验数据和质量保证记录的正式检查，确认该构型项已达到的构型文件中指定的性能和功能特征；物理构型确认是对制造构型的正式检查，确认该构型项与适航取证基线的制造符合性。

发动机构型审核要结合初步设计评审（PDR）、详细设计评审（CDR）等评审，审查构型项是否实现了构型文档中的定义的功能、性能、接口特性要求，进行功能构型审核。结合首件鉴定和质量审查开展构型项制造下的工程图纸/设计数据、技术规范、技术数据、质保数据记录和试验记录的详细审核，审查交付产品是否满足产品构型定义文件的要求，并及时纠正设计和制造过程中出现的偏离，进行

物理构型审查。

构型管理取得的效率

采用先进的构型管理方法，对发动机型号研制和适航取证能起到重要作用，主要体现在：构建了有效的构型管理组织和体系，并与项目管理有机结合；实行了面向构型项和构型文件的管理方式，替代传统的面向图样和技术文件的管理方式；改变了传统的发动机产品层级架构定义方式，实现构型层和设计层的分离，并有助于实现产品的模块化设计；采用了先进的图样编号方法，有效地标识零件状态和设计更改状态；采用了构型号和图号分离的标识方式，有效地阻断设计更改的向上传递，不必更改上级图样和文件目录，便于管理且减少工作量；减少了更改类别，大改换号、小改换版，构型控制简便、高效；实施了单台份构型管理，保证每台份发动机具有清晰的技术状态；借助物理数据模型（PDM）信息化平台管理产品数据，保证产品技术状态的可追溯性。

结束语

总的来说，我国航空发动机行业构型管理的组织体系还不健全，各型号的构型管理水平参差不齐，构型管理的发展仍任重道远。为提高航空发动机的研制和管理水平，应进一步提高对构型管理重要性的认识，健全组织和体系并将其纳入中国航空发动机运营管理系统（AEOS），为我国航空发动机研制能力的稳步提升做出贡献。

航空动力

（华明达，中国航发，高级工程师，主要从事民用航空发动机研制管理）