

# 民用飞机的构型管理与 X 管理

洪 鑫，龚文秀

(中国商飞上海飞机设计研究院，上海 201210)

**摘要:**通过研究民用飞机研制过程中构型管理与系统工程、质量管理、项目管理和产品数据管理等其他管理的关系，分析了构型管理的优势和劣势，从提高管理效率和减少管理成本的角度，综合提出了构型管理与其他管理相互融合、互相补充的思路和方法。

**关键词:**构型管理；项目管理；系统工程

**中图分类号:**V221      **文献标志码:**A      **文章编号:**1671-1807(2021)01-0153-05

## 1 概述

从项目规模、安全性要求、设计技术难度等方面来看，民用飞机的复杂性是显而易见的，加上其高昂的研制成本，投资回收周期很长，因此最大限度地实现进度、质量和成本的目标，是每个项目的终极追求<sup>[1]</sup>。为此，项目的主制造商都引入了各种管理方法，诸如项目管理、质量管理、标准化管理、供应链管理、成本管理、适航管理、产品数据管理、需求管理、接口管理、风险管理、后勤管理……等等（以下简称为 X 管理），并愿意为之投入很多，将其应用到研发过程中。然而，此举无疑会增加更多的项目管理成本，若各种管理体系的配合程度不够，也会影响项目的进度和质量。

构型管理作为贯穿民用飞机全生命周期过程的一种技术管理和过程管理方法，通过开展策划、标识、控制、纪实、审核等一系列活动，建立并维持飞机性能、功能特性和物理特性与其设计要求和使用的信息之间一致性。在具体的项目实践中，构型管理与上述 X 管理有密不可分的关联关系。如何协调构型管理与 X 管理的关系，如何统筹各管理体系来促进和保障民用飞机产品和服务的水平、减少管理负担和成本、实现项目成功，是管理者困惑的难题。本文以构型管理为出发点，分析构型管理和各种管理的关系，旨在立足整个项目角度为统筹各管理体系、保障项目目标提供一些参考和建议。

## 2 构型管理与 X 管理的关系

民用飞机项目或者其他项目，其任何管理的最终目的都是为了提供更好的、满足客户需求的、更有竞争力的产品。而构型（功能特性、性能、物理特性）就是对产品竞争力的具体化、可验证、可测量的科学表达。因此，从某种意义上，民用飞机所有的管理最终都是为了实现和保证产品的构型，最后都要回归到构型管理上。

但是，在项目研制过程中或生命周期的不同阶段，组织中的各种管理各司其职，各行其道，相对独立。本文以与构型管理联系相对紧密的系统工程、质量管理、项目管理、产品数据管理、适航管理和后勤管理为例，进一步剖析和解读上述管理与构型管理的关系，以期提供一种建立各管理之间的有机联系、减少管理的重复、消除管理间隙构成合力的思路，最终更高效地实现项目的目标。

2.1 构型管理与系统工程

系统工程由两个重要学科组成，包括技术过程（也称为技术知识领域）和技术管理过程（也称为系统工程管理）。构型管理是其技术管理过程之一，是保障系统工程各技术过程和其他技术管理过程的关键。

EIA-632 中对系统工程的定义如下<sup>[2]</sup>：系统工程是一种多学科的方法和过程，用于协助验证和维护满足客户需求的系统、人员和过程方案在整个生命周期的平衡。如图 1 所示是构型管理与系统工程的关系。系统工程使用迭代分析方法中的“需求迭代”和“设计迭代”在较低层级上开展需求和功能分析决策，直至循环到更高层级。而这

收稿日期：2020-08-18

**作者简介:**洪鑫(1994—)，男，江苏如皋人，上海飞机设计研究院，助理工程师，硕士，研究方向：构型管理；龚文秀(1982—)，女，山东胶南人，上海飞机设计研究院，研究员，硕士，研究方向：构型管理。

个迭代过程是在构型管理过程的保障下完成的：“需求”和“设计”在构型标识过程中被定义、记录和批准；其输入物（例如性能规范、构型项、图纸、数模和其他工程数据集等）在构型基线中被冻结和纪实；通过构型控制过程对迭代中出现的更改进行方案的影响评估、论证分析和决策；通过构型审核过程对迭代后“需求”和“设计”的符合性与一致性进行检查和确认。因此，系统工程是产生技术信息的过程，而构型管理过程为其提供基础保障和管控机制。

ARP4754A《Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems》中将构型管理作为系统研制过程中的一部分<sup>[3]</sup>（如图 2 所示），主要用于描述与“构型项(ConfigurationItem)”相关的主要研

制活动以及如何管理他们。通过实施构型管理，使所有相关人员在产品生命周期任意时刻的开发和决策过程中使用完全一致的数据。

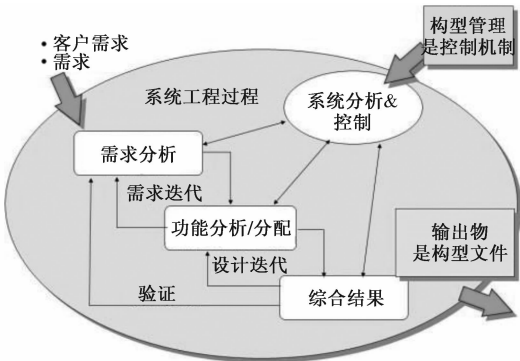


图 1 构型管理与系统工程的关系

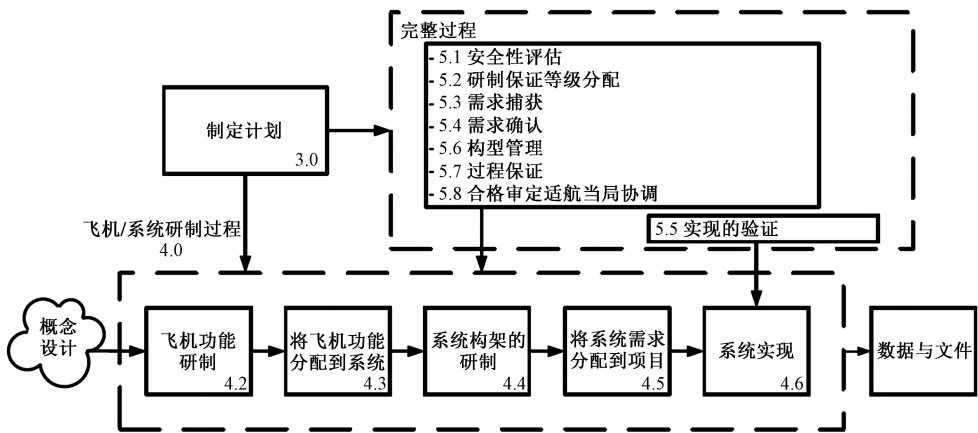


图 2 ARP4754A 飞机或系统研制过程模型

而相应地，研制过程的各项活动也会影响构型管理过程。当图 2 中的飞机/系统研制过程（4.2—4.6）实施得足够充分时，构型管理过程将会十分简单。由于功能需求很明确，分解和分配得很合理且可追溯，构型管理的对象将十分明确；评审和阶段准入原则很具体，则构型基线的建立就是顺势而为；因为确认和验证开展得很充分，因此更改评估、分析和论证都很完整，可以支持快速决策；确认和验证的过程，更是对功能构型审核和物理构型审核的完美支持。

2.2 构型管理与质量管理

美国航空质量集团（AAQG）开发的 SAE AS9100《质量管理体系—航空、航天和国防组织的要求》，是针对航空航天领域相关产业的专业标准，其中有一个章节是“技术状态管理”<sup>[4]</sup>（configuration management）。但该标准中对所谓“技术状态

管理”并没有详细的要求，而其他章节的内容与构型管理的内涵有很多的重合，例如：

- 1) “文件控制”、“设计和开发更改的控制”、“生产和服务提供的控制”、“生产过程更改的控制”/“不合格品”等章节的内容与构型控制的要求高度一致；
- 2) “记录控制”、“标识和可追溯性”等章节，反映了构型标识和构型纪实方面的要求；
- 3) “首件检验”、“评审”或“验证”有关的章节，恰恰是构型审核所关注的。

质量管理关注的对象，例如“文件”、“记录”、“产品实物”都是构型的载体，也是构型管理的对象，各项构型管理的落实也处于质量监控之下。在某种视角上看，构型管理与质量管理就是合二为一的。

2.3 构型管理与项目管理

所有的管理都是为项目服务的，是为了使最

终的产品满足预定的要求,构型管理也不例外。在民用飞机的研制中,构型管理与项目管理的融合程度很高,项目管理需要借助构型管理了解具体的技术状态来调配资源,而构型管理的各项要求也需要项目管理来推动和执行,保证构型更改可控、历史可追溯。某些情况下,项目管理要综合考虑项目进度、成本、技术成熟度等多重约束,权衡构型管理的管控要求和程度,以保证项目的平衡。

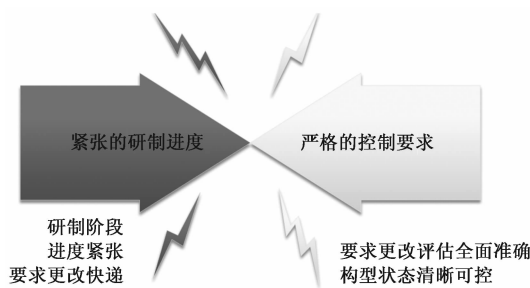


图 3 构型管理与项目管理的冲突

例如,当生产现场出现问题,按照构型管理的要求,需要对问题进行分析、提出建议的更改方案、组织各相关方对更改方案进行影响评估和分析、对更改进行分类、并选择适合的决策机构和更改执行方式。如果按部就班可能无法满足现场进度要求,此时项目管理者会希望能够简化流程,快速解决问题;但不希望流程的简化带来疏漏或风险。因此在更改控制和影响评估流程中,一方面要保证评估的全面性,另一方面流程高效灵活,这需要项目管理者 and 构型管理共同思考、寻找平衡。

2.4 构型管理与产品数据管理

构型管理的对象是民用飞机产品和产品的构型数据。所以,在产品构型数据的管理上,产品数据管理与构型管理有一定的交叉和重叠。产品数据管理是构型管理的基础和根本,是构型管理得以实现的必要前提,或者说也可以说构型管理是更高要求的产品数据管理。如图 4 所示,是 ANSI/GEIA-859 数据管理章节中的一部分<sup>[5]</sup>,是数据管理与构型管理过程密切相关的功能,没有它,产品构型管理就无法实现。



图 4 数据管理与构型管理相关功能

产品数据管理可以保证民用飞机产品有关的所有数据存储安全、可据权限获取。这些数据中,有一些核心数据(即构型数据)直接定义了产品的功能特性、物理特性和性能,与产品状态密切相关,且更改频繁,因此构型管理就在产品数据管理的基础上,提出了进一步的要求。如果构型管理要求能够与产品数据管理融合得很好,合二为一,则可以一举多得。反之,如果二者没有协调,那么构型管理需要另起炉灶,不仅浪费人力物力,更有可能由于数据源不一致而带来数据混乱、构型不清楚的风险。

2.5 构型管理与适航管理

说到民用飞机,就不能不提适航管理。抛开商业成功的长远目标,民用飞机研制过程中的所有活动,短期目标都是为了获取适航证证明产品安全、适航。根据 CCAR-21《民用航空产品和零部件合格审定规定》<sup>[6]</sup>和 AP-21-AA-2011-03-R4《航空器型号合格审定程序》<sup>[7]</sup>,适航规章关注的是表达设计结果的型号设计资料(图 5 的 D 部分)和证明符合性的符合性验证资料(图 5 的 C 部分),其中符合性验证资料用来证明 D 符合 B,这部分资料是支持型号合格审定所必需的。而构型管理要管理研制过程中所有的构型数据,除了管理上述型号设计资料和符合性验证资料外,还包括其他过程对飞机构型进行定义的构型资料,包括需求文件、设计规范、设计要求等。

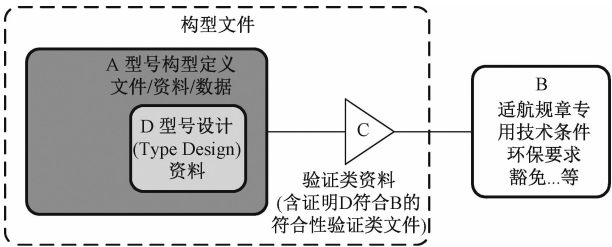


图 5 构型管理和适航管理对象的区别与联系

2.6 构型管理与后勤管理

后勤管理涵盖了财务管理、财产物资管理、人力资源管理、档案管理等系列活动,在产品全生命周期中对产品和产品信息提供维护和保障。综合后勤保障与系统工程和构型管理息息相关,并且是集成产品团队(IPT)的一个重要组成部分。

如图 6 所示,当产品的性能、功能、运营维护需要等发生变化时,后勤管理为产品的生产持续提供保障。例如,当零组件的构型发生更改后,需要按照已批准的新构型获取零组件并跟踪其技术状态,

这其中需要人员的支持、数据平台的支持、设备设施的保障、构型记录的完备等等,数据在构型管理过程与后勤管理过程之间流转,可以更好地维护产品构型。因此,构型管理与后勤管理密不可分,后勤管理能力的提升是推动构型管理能力提升的基础和保障。

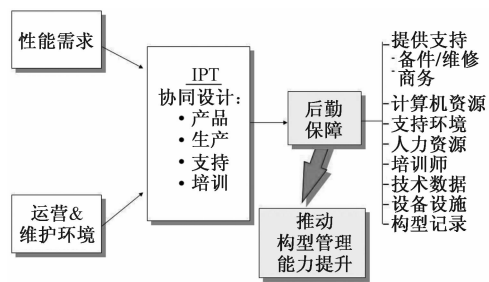


图 6 构型管理与后勤管理的关系

3 构型管理的优势和劣势

构型管理包括四项主要的功能:构型标识、构型控制、构型纪实和构型审核<sup>[8-9]</sup>,如图 7 所示。

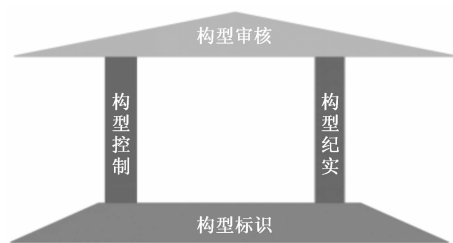


图 7 构型管理的四项主要功能

通俗地说:

- 1) 构型标识是基础,把飞机层层分解,并按照不同的用户进行组织和展示,比如市场销售人员,需要看到的是可提供航空公司进行选择的选项和功能;重量管理人员,需要看到的是可分解和可控制的重量指标;总体布置人员,希望看到飞机内部和外部空间位置和运动间隙等。此外,构型标识为每一层级产品分配唯一的标识符,明确其设计要求、功能和物理特性、原理、具体实现方式等。通过建立构型基线对某个状态进行记录和冻结,作为研制阶段中某个里程碑或阶段的标志,并为后续工作提供基础。
- 2) 构型控制是核心,是构型管理活动中最直观的一项功能。当基线建立后,通过建立合适的组织机构、流程体系和工具方法,对基线内所有数据(包括需求、图样、数模、构型文件等)的任何更改或偏差进行评估、论证、分析、协商、提交决策,以保证更

- 改是必需的、受控的、有益的。
  - 3) 构型纪实是保障,在产品全生命周期提供关于产品和产品构型准确、及时的信息。本质上所有的设计活动留下来的记录和痕迹,都属于构型纪实,一般可以借助数字化和信息化工具来辅助完成。
  - 4) 构型审核是关键,为确定构型项是否符合其构型信息而进行的检查。通常做法包括纵向检查上下游的追溯性,横向检查系统和专业间的协调性,检查实物与文本的符合性,检查实施与要求的一致性。构型管理者应明确需开展构型审核的时机和检查要求,在具体实施时可以考虑与质量管理或适航管理结合,以减少管理成本。
- 经国内民用飞机项目实践发现,构型管理有以下优势和劣势:
- 1) 构型管理是建立产品内部结构关系以及产品与其构型数据关系的唯一渠道。结合产品分解结构(PBS),构型管理可以建立飞机各个系统、各个零部件、各个设备和软件之间的关联关系,并借助于适合的管理工具建立这些产品与其相关数据之间的链接,可以实时跟踪构型状态的变化和进展,并能够根据不同用户和角色的需要,建立和维护构型基线,记录特定时刻的状态。
  - 2) 构型管理客观中立、全面支持项目决策。在构型更改和演变的过程中,需要从技术、进度、成本、制造、采购、试验、市场等多方面对更改影响进行分析,提供全局最优的综合决策方案,构型管理从客观中立的立场提供管控流程,并更全面更完整地反映更改影响的全貌,为决策者提供支持。
  - 3) 构型管理是复杂产品所必需的,但也容易功亏一篑。越是复杂的系统,参与人数多的项目,研制周期长的工程,想要建立并长期维护其准确清晰的构型状态就越是困难,而这种情况下就越需要执行构型管理。
  - 但项目中任何的违规操作,超越管理程序的行政命令,临时起意的决定都有可能让严谨完整的管理体系出现漏洞,导致千里之堤毁于蚁穴,因此运用构型管理的同时,一定要同时搭配其他手段和方式(例如质量奖惩、绩效监控等),双管齐下,刚柔并济,保证管理体系的有效实施。
  - 4) 构型管理不能急于求成,坚持必有所得。若要做好构型管理,必须投入很多,尤其是基础的数据定义和链接关系,在项目最初会占据很多精力。这些都是值得的,只要基础做好了,后续的一切也

就水到渠成了。如果这些基础不做好,不做构型管理,带来的问题和损失会使之投入更多。

构型管理从项目立项开始,到方案设计、详细设计、生产试制、试验试飞、取证交付、运营保障直至退役处置,无处不在。为了持续保证构型准确清晰,每一个步骤都必须扎扎实实,所以构型管理是一项十分考验耐力和韧性的工作。

4 总结

民用飞机是复杂系统工程,为了合理地完成产品的开发设计、生产试验、运营维护等工作,组织方会采取很多管理方法,以保证飞机内部相互依赖的各个组成部分的协调统一,持续稳定生产出高质量的、满足市场需求的、安全的飞机产品,并在进入运营阶段后,对产品使用、报废、处理等方面进行管理。行业实践表明,构型管理无疑是最为重要的管理工具之一。

实施构型管理需要大量的资源,不仅花费大量的费用,同时也会制约项目的进度和计划;而如果不实施构型管理,对于复杂的民用飞机研制过程,将会出现更多的问题和风险。项目管理者需要站在更高的位置上,明确看到构型管理的优缺点,有选择和有针对性地配合其他管理,发挥其主要优势,取长补短、互相融合,形成灵活有效的管理方法,保

证管理效果的同时,降低管理的成本,保证资源的合理分配,所有的管理都平衡地为项目目标服务:节约成本、缩短周期、达到产品/服务的技术要求。

参考文献

[1] HANS-H A. 商用飞机项目—复杂高端产品的研发管理 [M]. 唐长红,等,译. 北京:航空工业出版社,2013.

[2] ANSI/EIA—632—2003, Process for Engineering a System [S]. US: American National Standards Institute, 2003.

[3] SAE ARP4754A, Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems [S]. US: Society of Automotive Engineers, 2010.

[4] SAE AS9100C, Quality Management Systems-Requirements for Aviation, Space and Defense Organizations [S]. US: Society of Automotive Engineers, 2009.

[5] ANSI/GEIA 859, Data Management [S]. US: American National Standards Institute, 2009.

[6] CCAR—21—R4, 民用航空产品和零部件合格审定规定 [Z]. 北京:中国民用航空局, 2017.

[7] AP—21—AA—2011—03—R4, 航空器型号合格审定程序 [Z]. 北京:中国民用航空局, 2013.

[8] 龚文秀,汪超,贺璐. 民用飞机型号设计构型定义研究[J]. 科技信息, 2011(30):383—384.

[9] 孟旭,贺璐,龚文秀. 民用飞机单机构型定义方法[J]. 科技信息, 2012(8):411.

Relationship between Configuration Management and X Management of Civil Aircraft

HONG Xin, GONG Wen-xiu

(COMAC Shanghai Aircraft Design & Research Institute, Shanghai 201210, China)

**Abstract:** By studying the relationship between configuration management and systems engineering, quality management, project management and product data management etc. in the process of Civil Aircraft development, this article analyzes the advantages and shortcomings of configuration management, puts forward some ideas and methods of configuration management and other management mutual fusion and mutual supplement for improving management efficiency and reducing management cost.

**Key words:** configuration management; project management; system engineering