

# 构型管理工作研究

## Study on Configuration Management

汤小平 / Tang Xiaoping

(中国商飞公司 ARJ21 督查组成员, 上海 200120)

(Member of ARJ21 Supervision Group, Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd, Shanghai 200120, China)

### 摘要:

构型管理是两位元素的项目管理工具,它的管理对象是产品的技术状态和功能;构型管理要素是对管理对象进行识别、判断和应对的决策程序,而不是对象本身的技术处理流程,它本身并不参与、也不会产生新的技术状态或变化;构型管理是对技术状态细节以及可实现功能的符合性评价,而不仅限于传统的产品宏观进展和符合性的审视;构型管理也是一种跟踪和记录的过程,警示和推动对各个阶段形成的产品的技术状态进行评估、调整,从而提高项目管理的预见性和有效性;构型管理与数据管理两者相互关联又有所区别,后者是基础,它必须支持构型管理的需求,而前者是应用,它并不对数据源建设负责;客户服务构型管理的第一任务是对客服产品的构型管理,而在役飞机构型管理的主体在用户。

**关键词:** 构型管理; 客户服务; 基线

[Abstract] Configuration management is a kind of two-dimension project management tooling, and target at the compliance assessment of technical configuration and function of the product being developed. Configuration management main function is to establish procedures to Identify, review and change-evaluate, but not the technical contents, of some elements which related to the compliance assessment. This management does not involved in or creating a new technical configuration directly. Instead, it is a tracing and recording processing, purposed to alerting and pushing timely reviewing of the compliance of those configuration and functions generated at difference developing phase of the product, to further enhance the efficiency and foresight capability of project management. Compared to ours traditional practice, now the management emphasized more on detail and time transit follow up, not only macro-viewed and phase-end compliance assessment. Configuration management is interconnected to data management, but two have difference roles as the latter is a base, therefore must satisfy the demand of former, but former would not responsible for data source construction as it is just a data application. For customer service, the priority task of configuration management is to those products which are developed for customer service used by OEM, rather than in-service products, which is a business controlled by end user.

[Key words] Configuration management; Customer service; Baseline

## 0 引言

构型管理起源于美国的军事装备采购管理,它的目的是为最有效地保障采购的军事装备的技术状态和功能及最初设定规范的符合性。构型管理是一种跟踪和记录的过程,警示和推动对各个阶段形成的产品的技术状态进行评估、调整,提高项目管理的预见性和有效性,本文从构型管理的内涵展开研究,通过构型管理的要素分析及构型管理的实施探索,对客户服务构型管理提出相关

工作建议。

## 1 构型管理的内涵和对象

构型管理问题起源于对一种基本装备平台有多种改型的项目。对这种项目的采购,用户一改过去“单型号大批量”的采购传统,而转换为“多型号交替”的采购方式,这对制造商影响非同小可,它需要制造商把传统的批量化的稳定生产机制转换为能既快速应变又保障产品生产线唯一、同步运作的制造体系和机制。这在具有大量供应商群体和实

施并行工程作业的现代制造业的工业化流程中,问题更为突出和紧迫。其实,这个问题很普遍,并非航空制造业独有。例如,由于面对更大的客户群,如何适应客户多样化的不同技术状态的组合需要,已成为汽车生产企业不得不解决的问题。而对航空制造业,除了军用飞机的一机多型外,民用飞机的客户化选型和实施以及基于同一基本型的系列化发展策略面临着同样的挑战。这种挑战的实质是:在必须有许多客户选择项的环境下,保障批量生产流程中的产品“个性化”,或者说是在批量生产下实现多种“个性化产品”的生产。它需要一种新的管理理念和工具,它以选定的产品技术状态为目标,通过某种管理手段,保障在整个制造体系的活动中,使这个目标得以同步、唯一和正确地实现,这就是构型管理最初的内涵。今天,经过多年的实践和调整之后,构型管理已经成为项目的常态管理手段之一,不仅由于其符合商品生产应对市场需求的规律,同时也因为构型管理已经扩展为制造业产品研制生产流程控制的有效工具,也就是说,今天我们讨论的构型管理与从前相比,已经早就从订货方“强制性”要求变为制造方主动寻求项目发展的管理工具。

从源头上说,对构型管理内涵最直观的认识,就是它必须有“型号技术状态识别”的功能。构型管理的第一功能在于要能按照各型产品的定义,合理识别和选择出既定目标的技术状态。这种管理内涵,就是从许多基础技术元素中,合理选择和构成所需要的技术状态的功能。许多人对构型管理的认识,常常止于此。技术状态或构型的保持并不是静止的过程,因为构成技术状态的基础元素最初只是工程技术文件中最终目标的虚拟符号,它并不是已存在的生成物,还需要由一个虚拟符号向物理化产品的转换过程,而这是一个漫长的、受许多主客观因素干预的、使它难以避免出现与最初虚拟状态偏离甚至是变化的过程,而要达到保障与最初设定的技术状态的符合性,就要能跟踪这些偏离或变化,更重要的是还必须评估这些偏离和变化对技术状态的影响,并根据评估结果修正技术状态的构建及描述,这就构成构型管理的另一种内涵,即对偏离变化的跟踪、评估和修正,我们可以用这一“追踪记录”形象的描述来表示这种管理内涵。传统上,容易把偏差的管理归纳为工程变更或制造质量的管理而不认为是构型管理。也许,从管理对象看,

构型管理与传统偏差处理的差别不是很明显,然而,从管理的理念上,构型管理则在程序和深度方面摆脱了传统管理的“纯技术”倾向,更揭示偏差管理的综合性、严谨性。实际上,相当多的偏离或变化对技术状态的影响并非直接技术原因,而是由于它们对产品成本、进度甚至是产品体系构建等非技术因素的影响而间接地表露出来的,因此对偏离或变化做出进一步应对的决策,可能会超出技术范畴,进入项目发展策略的决策。而从一开始就建立一种管理系统主动地把识别出的重要偏差纳入项目管理的视角来加以控制,这才是构型管理“追踪记录”功能的关键,它包含了传统的更改管理的要素,但是比传统的偏差管理更主动、更强化、更综合,这无疑会提高项目管理的连续性、预见性、有效性和经济性。把被动的应对转换为主动的控制,这是构型管理力图实现不同于传统管理的特色。而在实践中,构型管理在实施中可以有很大的伸缩性,狭义的构型管理可以只是某个部门技术层面的管理流程,而广义的构型管理则可能是贯穿多个部门,对技术、成本、进度、质量、适航等制约因素实施综合权衡的项目管理决策流程。

通过前面的讨论,我们看到构型管理是一种两度空间的平面而非单元元素的直线管理,管理的对象是产品技术状态,“集成标识”重在技术状态集成内容和规则的管理,目标是保障技术状态集成内容与产品定义的符合性;“追踪记录”重在对技术状态偏离跟踪与控制的管理,重在对技术状态变化内容和程度的控制以保持与产品定义的符合性。而这种纵、横向的二维管理在实践中显示的正是静、动态管理的交叉和相辅相成的管理逻辑。

## 2 构型管理的要素

构型管理的目的和对象清楚以后,接下来探讨管理的基础和要素。首先看“集成标识”的实现。这种功能的基础在于产品技术状态与产品定义的对对应关系的建立,这无疑是工程设计的业务。实际上,除了对结构和系统基本元素的设计外,建立构型的定义和构建相应的技术状态就是工程设计的的基本内容,而在完成若干组不同的产品构型和相应的技术状态的定义工作后,工程设计的的基本任务随即相对冻结。在此基础上,设计一套按“用户”(包括项目参与者和产品客户等)需要的、可以识别和选择所需要的构型定义并提取相应技术状态的程

序和流程,就是构型管理的目标。在实践中,为某种需要实施“集成标识”需要一定依据和批准的指令程序,因此,实现“集成标识”的相关指令程序和选择构型相应的技术状态就是构型管理的第一个管理要素。而构型管理的“追踪记录”,也就是对技术状态随时间推移产生的偏离和变化的管理问题,其核心是识别有影响的偏离并制定相应的应对程序,或者说,构型管理重在对偏离的选择和应对的“决策流程”,包括做出对偏离接受与否的决策,并依决策更新技术状态的组成。这可能会是一个加入某些非技术因素,例如经济性干预的流程,因此,实现“追踪记录”偏离变化的判断、选择和控制是构型管理的另一个要素。总结起来可以说,构型管理要素是对管理对象的识别、判断和应对的决策程序而不是对象本身的技术处理流程。

这里需要讨论一下构型管理和数据管理的相互关系。对数字化工程而言,由于产品的技术状态是由数据包表示的,而数据包又是由更小的“数据模块”按一定规则集成的,因此也可以说,构型管理就是对描述产品技术状态的“数据包”的管理,或者说,是对生成产品“数据包”内的数据模块和其集成规则的动态变化的唯一性、有效性、适用性和使用性的管理。单从对产品数据的依存关系看,构型管理与数据管理似乎难以区分,但实际上,两者在管理目的上有明显的不同。数据管理是对源数据的管理,目标是要建立和维护一个保障数据的唯一性、完整性、实时性、有效性和可追溯性等要求的公共数据源。一般来说,数据库(源)的建设,包括数据储存范围、储存构架和进出程序等规则的制定和数据源日常的维护,首先是要体现“虚拟产品”的特征,并要从为多种需求服务出发来考虑数据存放的合理、简练和易于维护,它并不一定能完全符合构型管理的“最佳”排列。比如,它不一定会依照以多种构型并列这种识别构型的最佳方式来储存数据,因为那不是最佳的数据储存方式。而构型管理则是对源数据使用的管理,它是在数据储存的基础上建立一种选择程序,保障有效的指令能从数据源中的多种产品定义的内涵中选出所要求的技术状态,或者说是选出所需要的“数据模块”并正确集成为需要的“数据包”。这是一个特定目标对数据实施选择和管理,而对公共数据源使用有许多种,比如生成市场推介和开发的材料、形成技术档案、书写历史文献等,构型管理只是其中之一,不同

使用之间差别就是它们对数据包生成的规则和管理程序的不同,而这些不同导致各用途生成的数据包内容和运动轨迹(即流程)的不同。因此,从管理层次上讲,数据管理是更为基础的运作,构型管理则是使用层面的运作;数据管理一定是一种技术层面的管理,而构型管理则可能会成为多种要素的项目层面的管理。数据管理是构造数据的“源”,而包括构型管理在内的数据使用行为好似是“源”的功能开发者。其实,产品源数据的多种使用开发,会演变出许多前所未见的技术成果,这是数字化技术的基本特色和优势之一。总之,数据管理是基础,它必须支持构型管理的需求,而构型管理是应用,它不应对数据源运作负责,两者相互关联但各有侧重,需要合理的分工以保持各自职责的有效运转。

### 3 构型管理的实施

接下来要讨论的是构型管理的实施。历史经验表明,尽早发现问题和调整目标,是以最小代价实现正确的技术状态的必然途径。为此,有必要把漫长的产品生成过程划分为若干阶段,分阶段实施对技术状态的评价。实际上,分阶段对技术工作或项目进展评价的做法已经是产品制造商习惯用的基本的项目管理手段了,构型管理也是在整个研制周期内,设置若干点,把相对分散的技术数据集成为“虚拟产品”的技术状态,并对其与最终产品的技术状态,甚至是和相应的功能的要求进行对比、评价,实现“产品技术状态”的过程控制。大家熟悉的构型“基线”设置的基本概念和目的也在于此。所谓“功能基线”,实际是产品概念设计的目标,就是要把产品的基本功能和其相对应的技术状态定义下来,或者说是把技术状态置于目标功能的框架内来描述;而“分配基线”则是进一步把实现功能的技术状态分解为直到最小技术单元体的切分和集成的描述,至于“产品基线”则是最终成果化的产品的技术状态的描述,它不一定与“功能基线”中技术状态的描述完全一致,除了更加细节化外,就是产品生成过程中不可避免的或者是主动(如为了改进)或者是被动(如制造的偏差)的变化,保留这些变化的前提是因为它们不会对预定的功能有所影响。在具体实施中,完全可以把所谓“功能”、“分配”、“产品”等构型基线的管理,纳入产品工程发展各阶段的技术目标管理之中。

初看起来,这些工作与我们的实践并没有什么

不同,的确也是如此,其实前文提到的那些事并不是构型管理真正带来的新事物,必须承认,构型管理本身并不参与、更不会产生新的技术状态或变化,而构型管理的特点在于,它把重点放到技术状态细节的符合性评价中,而不仅限于传统的对产品宏观进展和质量的审视。这种管理在很大程度上是一种跟踪和记录的过程,然而它可以也必须起到警示和推动对各个阶段形成的产品的技术状态进行阶段性评估和调整的作用,以保证下一步研发工作的方向和细节的正确与协调,逐步逼近最终技术状态和功能要求,从而提高项目管理的预见性和有效性。这种在产品生成过程中对技术细节与最终目标“对标”的不断干预,是构型管理的初衷和特色,如果没有这种理念和功能,构型管理就失去了它存在的意义而最终仅仅变为一个技术版本的编辑工具。

需要特别强调的是,我们经历的一些产品在研制过程中各个系统软件版本功能不协调,以及在最后阶段因技术问题带来的与最初功能符合的困难启示我们,应该把对构型管理的理解和实施落实到阶段性技术状态的功能评估中。技术状态控制的最终目标还是产品功能的完美实现,因此构型管理也应该是对技术状态和功能的一致性管理。目前我们的项目管理,尽管非常强调实际产品技术状态与设定的工程技术状态的符合性,但缺乏在产品研制阶段对技术状态与产品功能符合性的评价,结果就出现技术状态“静态”地符合、而“动态”即运作功能却只是有限地符合甚至出现差异,这样一种“看是实非”的结果导致许多资源因超前或滞后使用而产生浪费。为此,有必要考虑在现行的以技术状态符合性为核心的质量管理基础上,建立产品“功能评估”的管理手段,特别是对装机系统研制生产过程的控制,除了技术状态外,要增加功能评审和协调的内容,以保证产品技术基础的协调和坚实。其实,数字化技术的应用,可以使产品最终的功能实现拆分并逐步逼近,这是工程设计的进步,它也为构型管理提供了舞台,结果不仅会使产品技术质量更加可靠,也会更利于项目的进展和管理水平的提升。

总之,对构型管理而言,除了建立构型管理要素的相关规则和手段外,还要识别和设立合适的管理干预点,保障同步、唯一、实时、有效地实现阶段性的产品技术状态生成,并适时地、合理地进行相

应功能的评估,这也是其对产品研制工作最主要的贡献。

## 4 客户服务的构型管理

首先要明确的是,客户服务是贯穿产品全周期寿命的工作,而作为产品研制体系的一部分,客服构型管理的首要任务是对客服产品的构型管理,因为,客户服务部门首要的任务是研制符合产品特性的满足用户需求的服务产品,诸如技术出版物、维修工程分析、备件清单报告、培训方案和培训教具及其他维修工程分析结果等都是服务的产品,他们与产品、以及与客户对产品使用服务需求的符合性才应该是客户服务构型管理的第一目标。因此,对客户服务部门而言,他们的构型管理同样要建立本文中讨论到的基本工具。首先是识别需要控制的产品及建立相应基线,然后要研究设置阶段控制点,制定相应的评价决策管理程序等工作。应该说,这实际是产品工程设计阶段的基本任务之一,现代化的工程设计除了传统的设计工作外,还应包括制造工程和服务工程的概念,现代制造业向市场和用户承诺和交付的是“产品加服务”,服务是设计出来的,它是项目研制的重要部分,因此,客服的构型管理必须是产品研制阶段构型管理体系的重要部分。

在过去一段时间的讨论中,客户服务构型管理更偏重于从产品研制不同阶段任务出发来考虑,因此认为客户服务的构型管理就是在役飞机的构型管理。必须承认,构型管理的具体实施目标和内容在产品的不同研制和生产阶段不尽一致。在工程设计阶段,一般容易想到的“建立不同产品定义的技术状态”的工作其实不见得非要列入构型管理,因为它是正常的设计工作,而建立对不同技术状态(构型)的选择规则和决策程序,比如客户可选择构型以及因设计更改带来的构型变化等问题,则应该是构型管理的核心内容。此外,应该在总结历史经验教训的基础上,研究如何设置包括系统软件升级在内的阶段“功能评估”手段,并使之成为项目的常态管理内容。对试制和生产阶段,构型管理主要在工程更改和制造偏差上对技术状态符合性的控制和协调方面下功夫,特别是在有众多供应商以及分散的适航监控体系的环境下,保持顺畅的技术状态的可控和符合性管理,需要克服许多体制和机制

(下转第 56 页)

(2) 四种典型结构形式其结构重量为, 间距 200mm 的  $\Omega$  型加筋结构最轻, 间距 150mm ~ 250mm 的 T 型加筋结构稍重, 但差距不大, 间距 150mm 的工型加筋结构更重, 间距 300mm 的  $\Omega$  型加筋结构最重。结果表明间距 200mm 的  $\Omega$  型加筋结构是最优加筋结构, 适用于复合材料后机身结构。

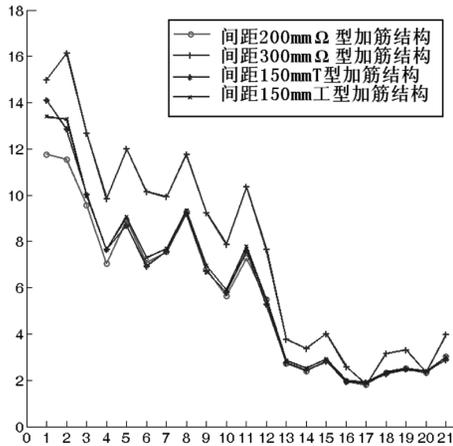


图5 优化结果

### 3 结论

(1) 论文采用 Patran/Nastran 与 Hypersizer 的交互设计, 初始模型无需选择筋条形式, 最终结果可以得出结构形式, 计算过程符合工程实际, 具有较高的实用性。本文的方法也可以对平尾、垂尾进行构型选择分析, 有较强的通用性。

(上接第 52 页)

的困难; 而从试制开始, 尤其是进入批生产, 就一定要做好交付产品准确的实在构型的记录和移交工作, 为产品服役和运营管理打好基础。到产品交付以后, 在役飞机的构型管理就提到日程上来了。但制造商对在役飞机构型管理关注并做好跟踪的目的在于有益于对客户服务的有效性和开发新的增值服务, 而实际上在役飞机构型管理的主体在用户而不在制造商, 如果说在役飞机的构型管理与制造商的构型管理在工具上尚有相通性甚至一致性可言, 但在工作程序和流程上则必须认识到产品用户与制造商的不同体制和机制带来的管理区别和联系, 尤其是保持双方在选择构型规则和保持数据唯一性的同步方面, 会是一个合作意愿的磨合和相当复杂的多元管理因素问题, 不是制造商单方意愿的问题。因此, 简单地谈客服的构型管理就是“在役飞机的构型管理”的说法并不准确, 它既忽略了

(2) 复合材料后机身适宜采用间距 200mm 左右的  $\Omega$  型加筋壁板, 或采用间距 200mm 左右的 T 型加筋壁板, 具有较高的工程指导性。

(3) 本文优化了铺层比例、铺层厚度, 明确了复合材料后机身适宜采用的结构形式, 可以进一步优化分析复合材料蒙皮和长桁的铺层顺序。

### 参考文献:

- [1] 陶梅贞. 现代飞机结构综合设计[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2001.
- [2] 沈观林, 胡更开. 复合材料力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [3] 杨乃宾, 章怡宁. 复合材料飞机结构设计[M]. 北京: 航空工业出版社, 2008.
- [4] Michael C. Y. Niu 著, 程小全译. 实用飞机结构工程设计[M]. 北京: 航空工业出版社, 2008.
- [5] 中国航空研究院编. 复合材料结构稳定性分析指南[M]. 北京: 航空工业出版社, 2002.
- [6] 常楠, 赵美英, 王伟, 万小鹏. 基于 PATRAN\_NASTRAN 的复合材料机翼蒙皮优化设计[J]. 西安: 西北工业大学学报, 2006, 24(3): 326-329.
- [7] 常楠, 杨伟, 王伟, 赵美英. 基于复合材料层板稳定性的铺层参数优化设计方法[J]. 机械强度, 2008, 30(1): 148-151.
- [8] 罗腾腾, 孙秦. 大型复合材料结构实用优化设计技术研究[J]. 机械设计与制造, 2009, (6): 200-201.

服务是产品大工程技术体系中有效组成, 因此存在其自身产品的管理问题, 也忽略了产品不同的阶段, 管理主体以及目标和对象差异的现实。所以, 无论如何, 不能把客户服务有业务的构型管理简单化为在役产品的构型管理, 而首先要放在对客户务工程研制自身运作的管理上。

### 参考文献:

- [1] 于勇, 范玉青. 飞机构型管理研究与应用[J]. 北京航空航天大学学报, 2005(03): 278-283.
- [2] 卢鹤, 范玉青. 飞机简化构型管理关键技术研究[J]. 航空维修与工程, 2007(03): 45-48.
- [3] 刘雅星, 郑晶晶. 飞机产品数据模块化构型管理[J]. 航空制造技术, 2010(03): 57-60.
- [4] 骆晶妍, 胡秦赣. 民机构型管理标准化初探[J]. 航空标准化与质量, 2008(05): 34