

文章编号:1674-8190(2017)01-115-04

# 民用飞机产品结构分解及管理技术研究

温文才

(中国商用飞机有限责任公司 上海飞机设计研究院,上海 201210)

**摘要:** 民用飞机是一个高度复杂且十分庞大的产品,为了便于对这个庞大的产品进行精确定义,捕获飞机的关键构造信息,同时便于产品的分工设计、制造、装配,通常需要对产品按一定方式进行分解,形成一种层次化产品结构。介绍相关定义以及与建立模块化产品结构相关的概念,论述对产品进行分解的重要意义,研究三种不同的分解方式所形成的产品结构,以及这些产品结构的用途。通过这三种产品结构,可以达到有效管理飞机的定义、设计、装配等活动及飞机的构型状态的目的。

**关键词:** 产品结构;分解;构型项;模块化;有效性

**中图分类号:** V271.1

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.16615/j.cnki.1674-8190.2017.01.018

## Research on the Product Breakdown Structure and Management Technology of Civil Aircraft

Wen Wencai

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd., Shanghai 201210, China)

**Abstract:** Civil aircraft is a high-complex and giant product. In order to accurately define this giant product and capture critical construct information of aircraft, and be convenient for division design, manufacture and assembly of product, product breakdown is needed to form a hierarchical product structure. Related definitions and concepts for building modular product structure are introduced. The meaning of product breakdown is demonstrated. Three different breakdown manners, and three product structures generated by these breakdown manners are studied. Based on the three product structures, the aim of effectively managing aircraft definition, design and assembly and aircraft configuration can be achieved.

**Key words:** product structure; breakdown; configuration item; modularize; effectivity

## 0 引言

民用飞机是一个高度复杂且十分庞大的产品,据统计,一架典型的民用飞机至少由600万个零件组成。为了便于对这个庞大的产品进行精确定义,捕获飞机的关键构造信息,同时便于产品的分工设计、制造、装配、维护等活动,通常需要对产品按一定方式进行分解,形成一种层次化产品结构。

不同的产品分解方式可以产生不同类型的产

品结构。通过不同的产品分解方式,可以从不同的角度捕获产品的构造信息,例如功能的构成及实现、功能区的分配、安装配合要求、危险源的形成、隔离规则等,从而产生相应的要求、定义、设计、制造等产品数据。这些数据在产品数据管理系统<sup>[1]</sup>中挂接在产品结构上进行组织,便于在全寿命周期内对产品进行构型管理,从而确保设计、生产、维护的飞机能成为一个有机的整体,并能清楚地掌握各种需求落实的情况,同时使产品的设计更改、改型、改装等有效进行。

目前对产品结构分解和管理技术的研究主要集中在建立各种结构化视图对产品数据的管理<sup>[2]</sup>,

收稿日期:2016-12-10; 修回日期:2017-01-19

通信作者:温文才,wenwencai@comac.cc

把产品结构视为一个数据和信息组织的核心<sup>[3]</sup>,并未强调产品分解本身。而对于民用飞机这样庞大的产品来说,如何对产品进行分解才是一切定义、设计、制造等工作的基础,同时它也是形成各种产品数据(例如数模、图纸、物料清单)的前提。

本文介绍建立模块化产品结构所需使用的概念,例如构型项(Configuration Item,简称CI)、关联关系(Link Relationship,简称LR)和设计方案(Design Proposal,简称DP),基于这些概念,使模块化设计<sup>[4]</sup>和简化构型管理成为可能,并使民用飞机的并行工程有了成功的保障;讨论对产品进行分解的重要意义,研究设计研发过程中几种不同的产品分解方式和分解方式所形成的产品结构,以及这些产品结构所起的作用。

## 1 定义

(1) 构型(Configuration): ①已存在的或计划中的产品或产品组合的产品属性;②一系列连续产生的产品变化中的一种<sup>[5]</sup>。

(2) 有效性: 一种定义产品范围的标识,例如特定产品构型所对应的、或者当对特定产品进行更改时更改生效的或受影响的、或者某种产品变化所对应的产品序列号、批号、型号、日期或事件<sup>[6]</sup>。

(3) 产品结构: 一种组织产品数据的通用技术,是产品和组成件的关系的分层次视图<sup>[6]</sup>。

## 2 CI/LR/DP 介绍

CI是指在产品结构上进行构型管理的项目或项目组合,它是产品结构上的一个管理节点,并不是一个零件或一个组件;对应具体位置上的一种功能级别,具有位置属性,并不是纯粹的功能单元。

DP是某个功能需求的技术响应,提供了描述并构成技术解决方案的所有必需的要素,例如包含了实现某个功能的物理模块。

LR是连接CI和DP之间的桥梁,储存了DP的有效性信息,用以表明所关联的DP的适用范围,因此,一个CI可以通过LR对应多个DP,从而可以实现在产品结构上对多构型进行管理。

## 3 产品的分解方式

飞机作为一个高度复杂且十分庞大的产品,目

前任何公司或单位都无法完成从零件到整机的开发,因此在产品的研制过程中,分工合作是必需的,并且因为飞机的研制周期十分漫长,为了缩短时间,开展并行工程也是必然的选择。因此,在产品研制时,需要把产品分解成不同的部分、不同的层次,并行开展分工设计工作。

产品分解成不同的部分、不同的层次,能更好地捕获飞机的构造信息,产生更加完整、正确的设计要求,并在产品上加以落实,也便于对产品的功能、性能等进行检查和验证,还便于提高对复杂产品的管理能力,特别是便于开展对飞机的构型管理。

在飞机的研发过程中,对复杂产品进行分解的方式一般有三种:按功能分解、按功能区分解和按工业装配分解。

### 3.1 按功能分解

按功能分解是指先不考虑产品的物理构成方式,纯从设计角度去考虑产品需要具备的功能的组成。通过把功能层层分解后,对这些功能进行定义,再根据这些功能所需满足的标准规范,设计出针对这些功能的实现方式,确定所采用的先进技术,形成设计解决方案并确定所需要的设备等。按功能分解的产品结构如图1所示。

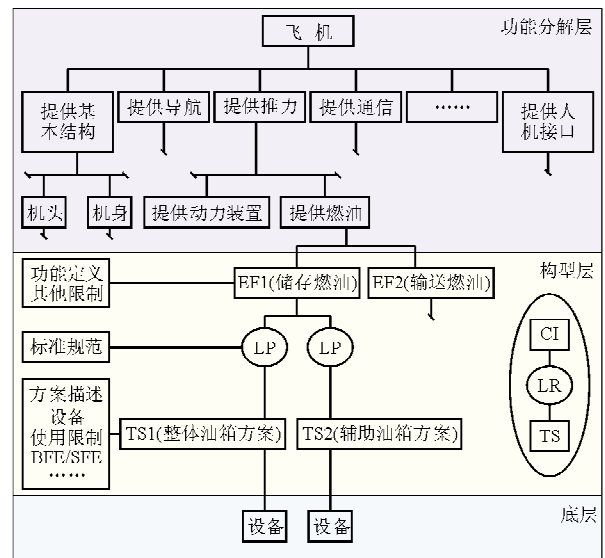


图1 按功能分解的产品结构

Fig. 1 Product structure based on function breakdown

从图1可以看出:①飞机级功能分解成系统级功能后,再被分解成基本功能,然后以基本功能为

单元,形成相应的技术解决方案;② EF/LR/TS (EF 为 Elementary Function,即基本功能;TS 为 Technical Solution,即技术措施)反映了一种 CI/LR/DP 的概念,但不是真正意义上的 CI/LR/DP,只是表示基本功能与实现方案的对应关系,并不构成飞机的实际构型项,但是它将为下一步开展构型项的定义提供基础和输入。

这种按功能分解而成的产品结构用于捕获飞机的基本功能,特别是功能接口要求,并从全局的角度确定飞机的功能组成,形成实现功能的多种技术解决方案;同时在项目的初级阶段给潜在客户提供一个直观、完整的对产品的印象,使产品更有可能获得客户的认可。此产品结构还体现客户提出的选项功能或者针对特定的功能提供多种供选择的方案,从而在设计的初级阶段统筹考虑客户的需求。

在详细设计阶段,将设备进一步按功能(即 ATA 章节段)进行分解,直到 LRU(Line Replaceable Unit,即航线可更换件)层次,以便于航空公司采购航材备件和维修飞机,这种分解对飞机系统功能实现尤为重要,进而从系统视角形成相应的产品结构,即系统视图。

### 3.2 按功能区分解

在产品的基本功能和方案确定以后,下一步需要考虑各功能在飞机上的实现。此时,需要考虑飞机的物理构成方式,确定实现各功能的结构、系统、设备等的具体位置。这种既考虑功能,又考虑其飞机上所处的区域的分解方式即为按功能区进行分解。

某型飞机按功能区分解的产品结构如图 2 所示,可以看出:飞机首先按主部段划分成不同的区域,区域层层细化,然后根据某个系统功能所在的位置划分成不同区域,最后根据此区域里要实现的系统的基本功能定义构型项 CI。

以 CI 为基本模块进行设计,形成满足构型项定义要求的设计解决方案,即 DP,这种设计即为模块化设计。同一个 CI 可以通过 LR 对应不同的 DP,在 LR 上可以标明不同 DP 的适用范围,即有效性,不同的 DP 代表着不同的构型。这种方式可以使简化构型管理<sup>[7]</sup>成为可能,即以 DP 为单元管理飞机构型,而不需要以最底层的零组件为单元进行管理。

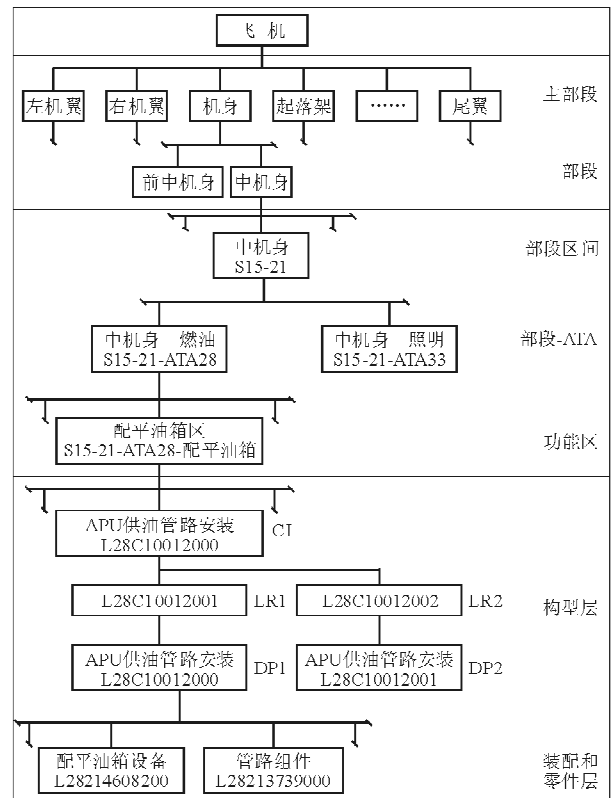


图 2 按功能区分解的产品结构

Fig. 2 Product structure based on function-zone breakdown

这种按功能区分解的产品结构可以体现飞机所需的基本功能如何在飞机上实现,还可以用于捕获飞机上的安装布置要求和区域安全性要求,例如全机防火要求、全机排液要求等,从而形成相应的安全防护的解决方案。通过这种产品结构,可以形成全机的布置样机。

### 3.3 按工业装配分解

上述两种产品结构都是从设计角度对产品进行分解,以确保飞机的功能要求、区域安全性要求等能够层层分解,并落实到相应的设计解决方案中以及相应的设备上。

现代飞机通常被分成不同的工作包,提供给不同的供应商和单位进行并行的设计制造。为了使不同供应商和单位设计制造的部分(即设计解决方案 DP 的组合)能正确地装配成一个完整的飞机,需要建立一种按工业装配关系对飞机进行分解的产品结构,如图 3 所示。其中,CA (Constituent Assemblies,即构造组件)表示在生产线上流转的装配件,可以是一架飞机,也可以是一个顶层装配件或子装配件,它是构型管理的实物对象。

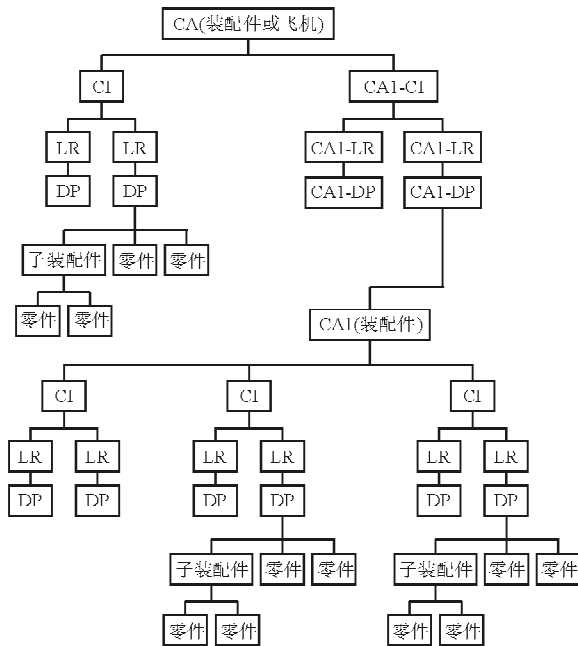


图 3 按工业装配分解的产品结构

Fig. 3 Product structure based on industrial assembly breakdown

从图 3 可以看出:CA 是由 CI 所对应的 DP 装配而成,其中 CI 是通过功能区分解方式所形成的构型项,DP 是满足构型项要求的实体;同时 CA 也可能是上层 CI(CA1-CI)所对应的 DP,构成了上一级 CA 的设计解决方案,实现上一级 CA 的部分功能。

CA 的划分充分考虑了一种工业分解关系,即飞机各部分的工业生产情况,以及各工作包的分工情况。CA 通过 CI 与 DP 相对应,能够确保组成 CA 的 DP 充分满足构型项定义的要求。这种按工业装配关系对飞机进行分解的产品结构可以用于捕获不同 CI 之间的安装装配要求,形成定义这种安装装配关系的产品数据(例如装配图),最终形成产品或飞机实际的物理构型。

#### 4 结束语

本文研究了三种不同的分解方式所形成的产品结构。其中,按功能分解所形成的产品结构是按功能区分解所形成的产品结构的基础,按功能区分解所形成的产品结构又是按工业装配分解所形成的产品结构的输入,按工业装配分解所形成的产品结构最终形成了飞机的物理构型。通过这三种产品结构,可以达到有效管理飞机的功能定义、设计、装配等活动的目的。同时这种以构型项为基本单

元的产品结构,可以使模块化设计和对飞机的简化构型管理成为可能。

本文介绍的三种分解方式需要在同一个项目中同时使用,关于其分解结果对应的产品结构数据之间如何关联以及如何联动管理将是下一步需要研究的课题。

#### 参考文献

- [1] 范玉青. 产品数据管理 PDM 和波音公司的应用策略[J]. 航空工艺技术, 1997(4): 7-10.  
Fan Yuqing. Product data management(PDM) and application strategy in Boeing company[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 1997(4): 7-10. (in Chinese)
- [2] 贺璐, 许松林, 杨道文. 飞机构型管理中的产品结构分解研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2010(3): 34-36.  
He Lu, Xu Songlin, Yang Daowen. Study of product structure breakdown in aircraft configuration management[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2010(3): 34-36. (in Chinese)
- [3] 张超. 民用飞机产品结构分解方案的研究[J]. 科技创新与应用, 2015(27): 57-58.  
Zhang Chao. Research on product structure breakdown proposal of civil aircraft[J]. Technology Innovation and Application, 2015(27): 57-58. (in Chinese)
- [4] 范玉青, 梅中义, 陶剑. 大型飞机数字化制造工程[M]. 北京: 航空工业出版社, 2011.  
Fan Yuqing, Mei Zhongyi, Tao Jian. Large aircraft digital manufacturing engineering[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2011. (in Chinese)
- [5] ANSI/GEIA-649A-2004 National consensus standard for configuration management[S]. USA: American National Standards Institute, 2004.
- [6] 王庆林, 余国华, 王睿. 构型管理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010.  
Wang Qinglin, Yu Guohua, Wang Rui. Configuration management[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2010. (in Chinese)
- [7] 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(3): 45-48.  
Lu Hu, Fan Yuqing. Embedded research of airplane simplified configuration management[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2007(3): 45-48. (in Chinese)

#### 作者简介:

温文才(1982-),男,硕士,工程师。主要研究方向:飞机的构型管理。

(编辑:赵毓梅)