

基于 Teamcenter 的航空发动机单台份配置管理研究

Study on Configuration Management of Aero Engine Based on Teamcenter

罗海东 陈芝来 / 中国航发动研所

基于模块化设计思想进行航空发动机产品结构规划和构型项划分，结合 Teamcenter 的有效性配置功能进行航空发动机单台份配置管理，有利于提高设计构型的管控效率和准确性。

航空发动机研制过程中，需要完成多台份核心机、技术验证机到原型机的设计和试制。采用传统的产品结构分解和目录管理模式，或者简单地以产品物料清单 (EBOM) 代替目录，很难实现构型的清晰定义和工程更改的有效管控。借鉴飞机实施构型管理的经验，结合航空发动机的结构特点，基于模块化设计思想完成构型项划分和产品结构定义后，应用业内常用的产品数据管理 (PDM) 系统 Teamcenter 的有效性配置功能，可以实现对每台航空发动机产品设计构型的清晰定义和高效管控。

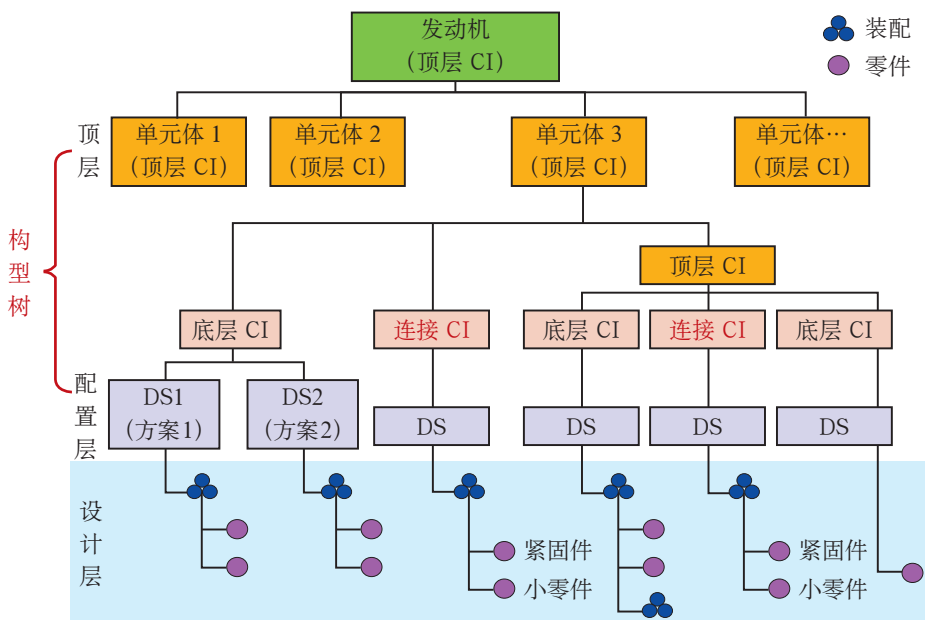


图1 航空发动机EBOM层级结构

基于模块化的航空发动机产品结构规划

构型管理的核心就是维护产品数据在全生命周期内不断演变的动态结构^[1]。在PDM系统中，构型管理围绕产品结构开展，当一个产品最初被设计出来时，该产品往往只有一个产品结构，即所谓的原型。随着设计的改进或者客户的需求会衍生出许多新的型别，产品结构扩展形成一棵产品结构类树，即超级EBOM^[1-2]，它包含了产品各型别的所有零部件组成，通过配置不同的

规则将产品全生命周期各种构型和版本的设计数据进行关联及管控。因此，产品结构规划是进行构型管理的基础，将直接影响产品构型控制的形式和过程；而构型项作为构型管理的基本单元与有效性定义对象，是进行产品结构规划和实现单台份配置的关键。

产品结构架构

为了便于构型管理和构型控制，目前飞机行业通用的产品结构规划方式是基于模块化设计思想，从设计

和制造角度将产品划分成合适的单元进行管理和设计生产^[3-4]。该方法的核心是：将复杂的飞机/系统分解为一些在功能和接口上相对独立的单元，作为构型管理的基本对象——构型项 (CI)，然后基于构型项对不同构型进行有效性定义，从而实现产品结构的扁平化和简化更改控制。借鉴这种思想，结合航空发动机的特点，其PDM系统中产品结构架构 (即EBOM层级结构) 如图1所示。

这种架构的主要特点是：顶

层和配置层构成发动机的构型树，主要是从功能角度进行分解和构建，在PDM系统中的数据对象（在Teamcenter中称为Item）为虚节点，下面没有设计数据；底层为发动机的设计层，在PDM系统中的数据对象为物理节点，对应每个CI的物理实现方案，挂不同设计方案（DS）的模型、图样等设计数据。

构型项分类

根据在图1构型树中的位置和作用，构型项相应地分为顶层构型项、底层构型项和连接构型项3类。顶层构型项处于EBOM层级结构的顶层，在Teamcenter中的Item类型为ETOP，它是反映产品结构并根据产品研制和结构特点分解下来的顶层模块，其集成若干稳定的顶层构型项和/或底层构型项，仅提供该模块所分解的构型项，且不受所分解的构型项的变化影响；底层构型项处于EBOM层级结构的配置层，Item类型为ECI，它是发动机构型树中由顶层构型项分解下来的最底层，是构型管理的基本单元，一个底层构型项可能对应多种设计方案，设计方案在Teamcenter中的Item类型为EDS；连接构型项也处于配置层，Item类型为ECI，用于表达顶层构型项和/或底层构型项之间装配关系，并挂接同层级CI之间装配用到的连接件模型或图样，不是构型管理意义上的构型项。

航空发动机构型划分

构型项划分需考虑模块化设计、系列化发展、更改控制、综合项目管理、综合保障以及用户需求等因素。构型项应具有较稳定的接口特性，下属零部件的更改一般不会导致其互换性受影响。对于更改比较

频繁，或者需要进行单独更改控制的零部件，一般单独划分为构型项。

航空发动机研制中，一般将以下项目作为构型项：外场可更换单元；用户在发动机研制合同、产品需求文档中有明确要求的项目；单独采购和交付的成附件；在产品结构分解中不可拆分的组件；研制风险比较大，或者对发动机的寿命、安全等有重要影响的零部件；虽然可拆分，但由一些小零件构成的、具有独立功能的组件；对发动机寿命、可靠性等有重要影响的小零件，如转子间的连接、锁紧螺栓螺母；各个构型项之间分散的装配连接件，如标准件或非标连接件等小零件，打包作为一个连接构型项进行管理。

完成航空发动机构型项划分及其模型/图样设计后，可按照图1的产品结构架构，在Teamcenter系统中建立航空发动机整机EBOM。

Teamcenter有效性配置功能

Teamcenter是西门子的一款PDM产品，常用于国内航空发动机行业的产品数据管理。Teamcenter的有效性配置功能主要是通过产品结构管理器中，对产品的EBOM应用版本规则和有效性规则进行实现。

版本规则

Teamcenter的每一种版本规则由多条版本规则条目组成，在进行版本规则设计时优先按顺序有效的方式来配置不同条目之间的优先权。在Teamcenter的版本规则中，常用的条目及其功能用途主要包括：工作条目，用于选择零部件的工作版本和指定所有权用户或组，即那些没有任何发放状态的零部件版本；状态条目，用于

选择已发放的具有特定状态的零部件版本；最新条目，用于按照版本ID的字母数字顺序、数字顺序或创建日期顺序来选择最新的零部件版本；日期条目，用于指定要针对其进行结构配置的时间；单元编号条目，用于在通过单元编号有效性配置带状态的零部件版本时指定要匹配的单元编号，单元编号可以有选择地由顶层零部件来限定；顶层零部件条目，用于限定在版本规则中指定的单元号或有效日期；分组条目，用于按相同的优先权对状态条目和工作条目进行分组；精确条目，用于查看精确产品结构，在产品结构管理器中可以对产品结构中的选定装配进行精确与非精确之间的切换；替代条目，用于在指定的快照文件夹中选择各零部件版本来构建EBOM。

Teamcenter管理员一般会根据产品研制特点预先在系统中创建版本配置规则，产品结构人员通过使用这些版本规则来选用各零部件的适当版本以构建出特定的产品结构。

有效性规则

Teamcenter的有效性，指的是存储在Item版本（ItemRevision）/事例（BOMLine/Occurrence）上的一个对象，它保存了有效日期或者单元编号范围、有效性数据创建者以及创建时间等，按照日期或单元编号来控制该版本或者事例的有效性范围。对零部件Item版本/事例配置单元/日期范围后，当EBOM顶层零部件的有效单元编号或有效日期属于该范围内时，该版本/事例将被选中显示在EBOM中，否则将不会被选中从而不显示在EBOM中。

根据依附对象的不同，分为版本有效性和事例有效性两种：版本有

效性用于控制零组件具体版本的选择，而不是零组件本身，由于有效性数据是保存在版本上，与版本的发布状态关联的，从而可以用于配置构型项（尤其是连接构型项）不同发布版本对不同发动机台份产品的有效性；事例有效性用于控制零组件的选择，而不是零组件版本，由于有效性数据是控制零组件Item在结构管理器中的BOMLine是否显示，从而可以用于配置不同构型项方案对不同发动机台份产品的有效性。

航空发动机单台份管理

完成航空发动机产品结构规划及构型项划分后，可以在PDM系统中，针对一个发动机型号系列建立一个超级EBOM，根据研制过程中的实际业务场景，配置不同构型方案对不同发动机台份的有效性，然后通过超级EBOM，过滤生成单台份EBOM及构型清单，作为每一台份发动机的装机和管理依据。

在Teamcenter中，基于有效性配置功能实施单台份管理的方法及主要步骤如下：顶层构型项一般不进行配置，即针对整个型号研制的过程中，该结构一般保持不变；产生新构型时，在ETOP下创建新的ECI及EDS，然后应用事例有效性配置新ECI下EDS对不同发动机台份（整机ETOP单元编号）的有效性；底层构型项的构型发生变化时，对ECI下的EDS及其设计数据进行换号更改，然后应用事例有效性配置方法，分别配置不同EDS对不同发动机台份的有效性；EDS及其设计数据发生换版更改时，如果更改前的EDS被替代不需继续使用，则采用最新版有效；如果不同版本的EDS需要分别装机

零组件 ID	零组件名称	ae8_drawingNo	事例有效性	事例有效性 ID
13160800335882	XX发动机	KT10001.10.950		
13160800335880	进气机匣 (方案一)	KT10001.10.001		
13160800335881	进气机匣 (方案二)	KT10001.10.001A		

图2 同时包含多个方案的超级EBOM

零组件 ID	零组件名称	ae8_drawingNo	事例有效性	事例有效性 ID
13160800335882	XX发动机	KT10001.10.950		
13160800335880	进气机匣 (方案一)	KT10001.10.001	1-3 (13160800335882)	(未命名的有效性)

图3 第二台发动机配置结果（只含方案1）

零组件 ID	零组件名称	ae8_drawingNo	事例有效性	事例有效性 ID
13160800335882	XX发动机	KT10001.10.950		
13160800335881	进气机匣 (方案二)	KT10001.10.001A	4-8 (13160800335882)	(未命名的有效性)

图4 第六台发动机配置结果（只含方案2）

在不同的发动机台份中继续使用，可采用版本有效性配置方法，分别配置其对不同发动机台份的有效性；零组件继承其直属上级EDS的有效性，不进行有效性配置，当发生换版更改时，采用最新版有效的控制方式；完成配置后，在EBOM中设置整机ETOP的单元编号，过滤生成单台份发动机的EBOM，作为单台份发动机装机和管理依据。

以一型发动机为例，第一台至第三台发动机装进气机匣方案1，第四台至第八台发动机装进气机匣方案2，其有效性配置过程及单台份装机结果如图2~图4所示。图2~图4是一个简化示例，不能代表实际的航空发动机产品分解结构。

结束语

基于系列化发展和模块化设计的思想开展航空发动机产品结构规划和构型项划分，一个型号系列建立一个超级EBOM，应用Teamcenter的有

效性配置功能定义构型项不同方案的有效性，最终过滤生成每一台份发动机的EBOM及构型清单，能有效提高构型定义的清晰度、降低更改控制难度，有利于提升发动机研制效率。

航空动力

（罗海东，中国航发动力研究所，高级工程师，主要从事AEOS标准体系建设和构型管理工作）

参考文献

- [1] 舒婷, 聂磊, 何遗非, 等. 基于PDM系统的构型管理研究[J]. 科技创新导报, 2013(36): 153-155.
- [2] 赵铭岩, 杨勇, 周至明, 等. 基于模块化设计的Teamcenter PLM配置管理应用[J]. 工程机械, 2012, 43(3): 13-16.
- [3] 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): 34-41.
- [4] 邹冀华, 范玉青, 蒋建军. 欧洲空客飞机构型控制与更改技术[J]. 航空制造技术, 2006(8): 62-67.