

装备保障系统配置管理模型

Equipment Support System Configuration Management Model

北京航空航天大学
陕西飞机工业(集团)有限公司

郭霖瀚 康 锐 程海龙
付晓军

[摘要] 对装备保障系统分解结构进行了研究,分析了装备保障系统分解结构建立过程中的配置管理需求,抽象出了装备保障系统配置管理的范树模型,根据保障系统数据结构的特点建立了信息模型,利用统一建模语言(UML)中的活动图建立了保障系统配置管理的过程模型,并给出了基于飞机装备保障系统配置管理的实际简化案例,可以为保障系统自上而下的设计过程提供建模指导,对保障系统设计过程中多系列、多方案、多视图的繁杂产品数据配置过程进行有效的处理。

关键词: 保障系统 分解结构 配置管理 产品数据管理

[ABSTRACT] Equipment support system breakdown structures are researched, configuration management requisition is analyzed in the process of building equipment support system breakdown structures. Support system configuration management general tree model is abstracted, and its information model is constructed based on the basis of support system data structure characteristics. Furthermore, procedure model is constructed via to activity diagram belong to United Model Language (UML), with a case for airplane equipment support system configuration management being presented, which can be proved that the model may instruct support system design from top to low. The model may also be used to a multi-series, multi-concept, multi-views support system development procedure.

Keywords: Support system Breakdown structure Configuration management Product data management

装备保障系统是装备使用与维修所需各类资源的有机组合,是为达到既定的战备完好目标而使所需资源相互关联相互协调而组成的一个系统。在保持既定战备目标完好的前提下,为降低寿命周期费用,

会有多个不同配置的保障系统设计方案需要综合权衡;为满足装备型号发展的系列化要求,需要同步研制系列化的保障系统;在复杂保障系统设计过程中,需要建立保障系统的多视图分解结构;由于装备研制周期长,在装备制造过程中往往发生设计变更,所以需要根据主装备设计变更及时变更保障系统设计。这就要求根据主装备不同的配置形成不同的保障系统配置,同时要在装备保障系统设计分析方法研究中开展装备保障系统的配置管理研究,开发具有配置管理功能的装备保障系统设计分析软件工具,这样装备研制部门才能在保障系统的设计过程中有效管理不同的保障系统设计方案。

目前在产品配置管理模型方面取得了较多的研究成果,文献[1]提出了基于统一建模语言(United Model Language, UML)的复杂产品配置模型,文献[2]建立了协同开发环境下的产品定义模型,在保障系统方面更多的研究关注着保障系统的建模,文献[3]、[4]提出了保障系统的多视图模型,文献[5]、[6]建立了保障系统的活动模型,但并没有提及如何在设计过程中管理这些模型,而且目前已有的主流装备保障性设计分析软件工具,如美国雷神公司的Eagle、英国Pennant公司的OmegaPS,仅实现了保障系统的保障对象(即主装备)的配置管理功能,并没有实现支持保障系统的综合权衡、系列化管理和多视图分解的保障系统配置管理功能。本课题正是围绕装备保障系统建立了相应的配置管理模型,解决了保障系统设计分析过程中的多方案、多视图的描述问题,可以对不同保障对象、不同设计阶段的不同保障系统设计方案进行有效的建立和管理。

1 装备保障系统配置管理需求分析

开展装备保障系统配置管理研究首先要明确保障系统的组成,这就需要研究装备保障系统的分解结构。装备保障系统的功能是要维持装备的正常使用,保障系统需要在使用时保证装备能够操作,在装备故

障时能够及时修复,在装备列装时保证有熟练的操作和维修人员。为实现保障系统的这些功能,就需要有相应的保障组织开展这些保障活动,这些活动在执行时需要使用、消耗一定的保障资源,保障资源按照部队建制被部署在保障组织中,这些活动的完成标志着保障系统功能的正常履行^[7]。因此从保障系统的定义及运行机理方面可将保障系统的分解结构从组织、活动、资源三个方面进行抽象。

保障组织包括:承包商、大修厂、仓库和外场,根据保障资源在这些站点之间的流动顺序,需要建立站点之间的层次关系。保障活动包括使用、维修、训练和供应活动,根据活动的粒度需要建立每一类活动之间的层次关系。保障资源包括保障设施、保障设备、保障人力、供应品、训练设备、技术资料 and 运输包装资源,根据资源分类需要建立资源之间的分解结构。这些分解结构可以用来描述装备保障系统的设计方案,装备保障系统配置管理首先要能够建立这些分解结构及其之间的关系。

在上述几个保障系统分解结构中,针对系列化的保障对象,不同的信息来源不同的设计方法,出于研制风险的考虑,这些因素都会导致在分解结构的各个层次有多个设计方案产生,这时就需要在分解结构各个层次能够区分不同的备选设计方案。保障系统最终的设计方案是由各个层次节点的设计方案构成的,但此时下级节点存在多个设计方案,若要确定最终的设计方案,需要在分解结构更高层次按照一定的规则甄选出下级层次的不同设计方案,这就需要建立配置规则从分解结构更高层次或保障系统整体去标识一个设计方案。为能够在保障系统设计分析过程中有效地辨识、管理和存储这些设计方案,需要进一步研究装备保障方案的配置管理方法,建立保障系统配置管理模型,开发装备保障系统配置管理软件工具。

2 装备保障系统配置管理模型

2.1 范树模型

保障系统配置管理范树模型是用来表达装备保障系统组成关系的抽象树状结构模型,保障系统的分解结构可以用范化的“树”状结构表示,处于任何层次的树节点信息,在数据库表中都是以相同的结构存储的。由于父节点可能包含多个子节点,因此它们之间是一对多的关系。范树和节点是抽象的,它们之间是组成关系^[8]。保障系统组织分解结构树、活动分解结构树、资源分解结构树继承自他们的父类范树。作

为保障系统分解结构树中的节点都可以由其下一级的子节点构成,其UML表述如图1所示。这种设计方式给软件实现带来了很大的方便。

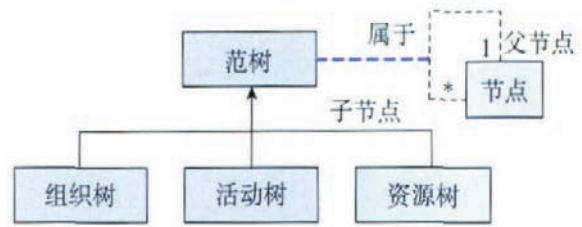


图1 范树模型

Fig.1 Model tree model

2.2 信息模型

保障系统配置管理信息模型是用来表达装备保障系统组成关系的数据模型,其中每张表的主码属性以“(K)”标识,外码属性以“(F)”标识,如图2所示。

其中:“范树表”用来记录范树节点信息,其元组表达式为:

$$R_T = R(n_i, N_n, N_{LCN}, N_{ALC}, N_T) \quad (1)$$

式中, n_i 表示节点标识; N_n 表示节点名称; N_{LCN} 表示节点位置标识,它是标识节点在保障系统分解结构中的位置信息; N_{ALC} 表示节点备选方案标识,它是为标识节点不同的备选设计方案所做的编码; N_T 表示节点类型,它是用来标识该节点属于哪一种保障系统分解结构。

“配置项表”用来记录保障系统分解结构中的配置信息,其元组表达式为:

$$R_C = R(n_{Ci}, N_{UOC}) \quad (2)$$

式中, n_{Ci} 表示配置项节点标识,它是来自于范树表的外码属性,对应于 $R_T(n_i)$,在这里表示要配置的节点; N_{UOC} 表示节点配置标识,它用来标识该节点属于哪一种配置,是节点的配置码。

“配置项包含节点表”记录了保障系统分解结构中的配置信息,即记录已经确定了配置码的树节点包含的子节点信息,其元组表达式为:

$$R_{TC} = R(n_{Ci}, n_i) \quad (3)$$

式中, n_{Ci} 表示配置项节点标识,是对应配置项表的外码属性,对应于 $R_C(n_{Ci})$; n_i 表示范树节点标识,是对应范树表的外码属性,对应于 $R_T(n_i)$ 。

“组织树表”用来记录保障系统组织分解结构中的组织属性信息,其元组表达式为:

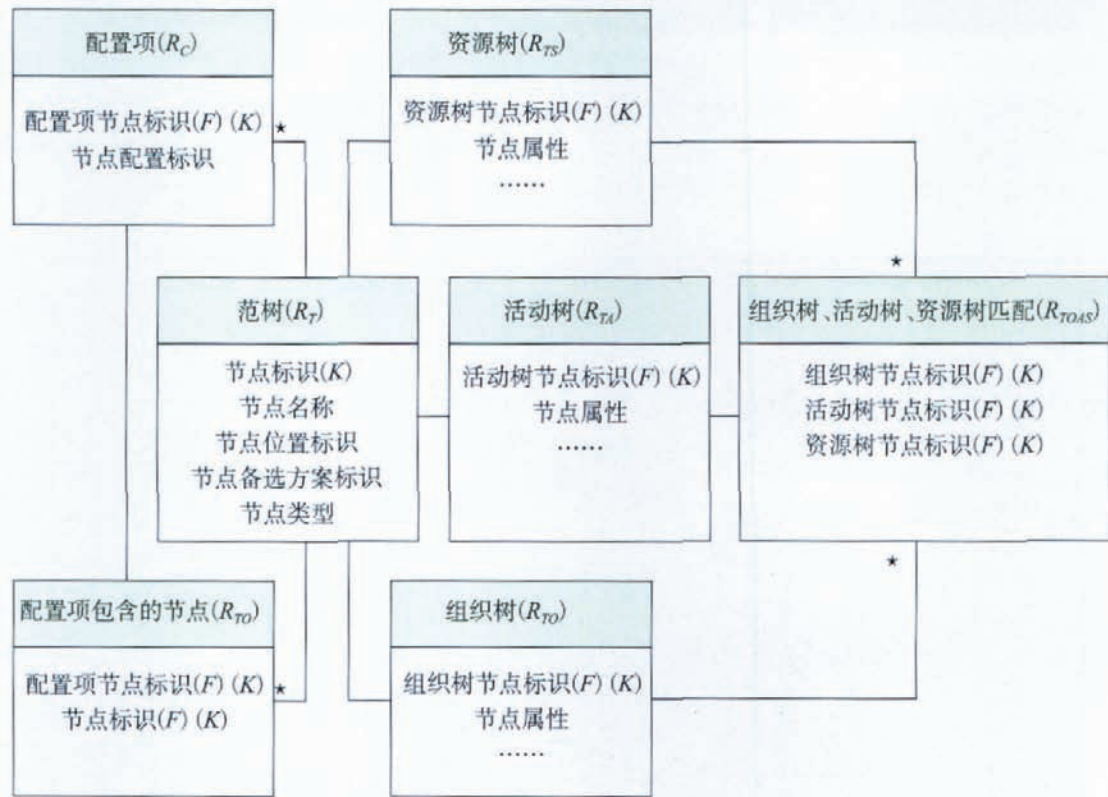


图2 保障系统配置管理信息模型

Fig.2 Support system configuration management information model

$$R_{TO} = R(n_{oi}, R_o) \quad (4)$$

式中, n_{oi} 表示组织树节点标识, 它是对应范树表的外码属性, 对应于 $R_T(n_i)$; R_o 表示组织树节点属性集, 它表示保障系统组织树节点的属性信息集合, 如组织的修理级别、组织的建制等信息。

“活动树表”用来记录保障系统活动分解结构中的活动属性信息, 其元组表达式为:

$$R_{TA} = R(n_{Ai}, R_A) \quad (5)$$

式中, n_{Ai} 表示活动树节点标识, 它是对应范树表的外码属性, 对应于 $R_T(n_i)$; R_A 表示活动树节点属性集, 它表示保障系统活动树节点的属性信息集合, 如活动的持续时间、活动的频度等信息; “资源树表”用来记录保障系统资源分解结构中的资源属性信息, 其元组表达式为:

$$R_{TS} = R(n_{Si}, R_S) \quad (6)$$

式中, n_{Si} 表示资源树节点标识, 它是对应范树表的外码属性, 对应于 $R_T(n_i)$; R_S 表示资源树节点属性集, 它表示保障系统资源树节点的属性信息集合, 如资源的数量、资源的准备时间等信息。

“组织树活动树资源树匹配表”记录了保障系统3类分解结构的对应关系数据, 通过该表可以知道保障组织中开展了什么保障活动以及保障活动中使用了什么保障资源, 其元组表达式为:

$$R_{TOAS} = R(n_{oi}, n_{Ai}, n_{Si}) \quad (7)$$

式中, n_{oi} 表示组织树节点标识; n_{Ai} 表示活动树节点标识; n_{Si} 表示资源树节点标识, 分别为来自于 R_{TO} 、 R_{TA} 、 R_{TS} 表的外码属性, 分别对应于 $R_{TO}(n_{oi})$ 、 $R_{TA}(n_{Ai})$ 、 $R_{TS}(n_{Si})$ 。

2.3 过程模型

保障系统配置管理过程模型用来描述装备保障系统的配置过程, 这里用UML活动图来表示, 配置过程首先从保障系统分解结构的构建开始, 在构建保障组织分解结构时, 要参考装备使用部门现有组织结构信息; 在构建保障系统活动分解结构时, 要借助于装备故障模式、影响及其危害性分析(FMECA)结果以及以可靠性为中心的维修分析(RCMA)结果来确定保障系统中要执行的工作项目; 在构建保障系统资源分解结构时也要参考装备使用部门的现有资源种类, 这些

参考数据和保障系统分解结构数据以相同的数据结构存储,此时完成范树对象实例的构建,而后根据使用与维修工作分析(O&MTA)和修理级别分析(LORA)构建保障系统分解结构之间的匹配关系。由于范树对象可以作为节点对象的集合,故可根据装备综合保

障分析过程中产生的节点备选方案标识码进行标识,进而完成保障系统备选设计方案的构建。此后根据产生的备选树节点对象实例进行配置,填写它们的配置标识编码,最终完成保障系统设计方案的配置。详见图3。

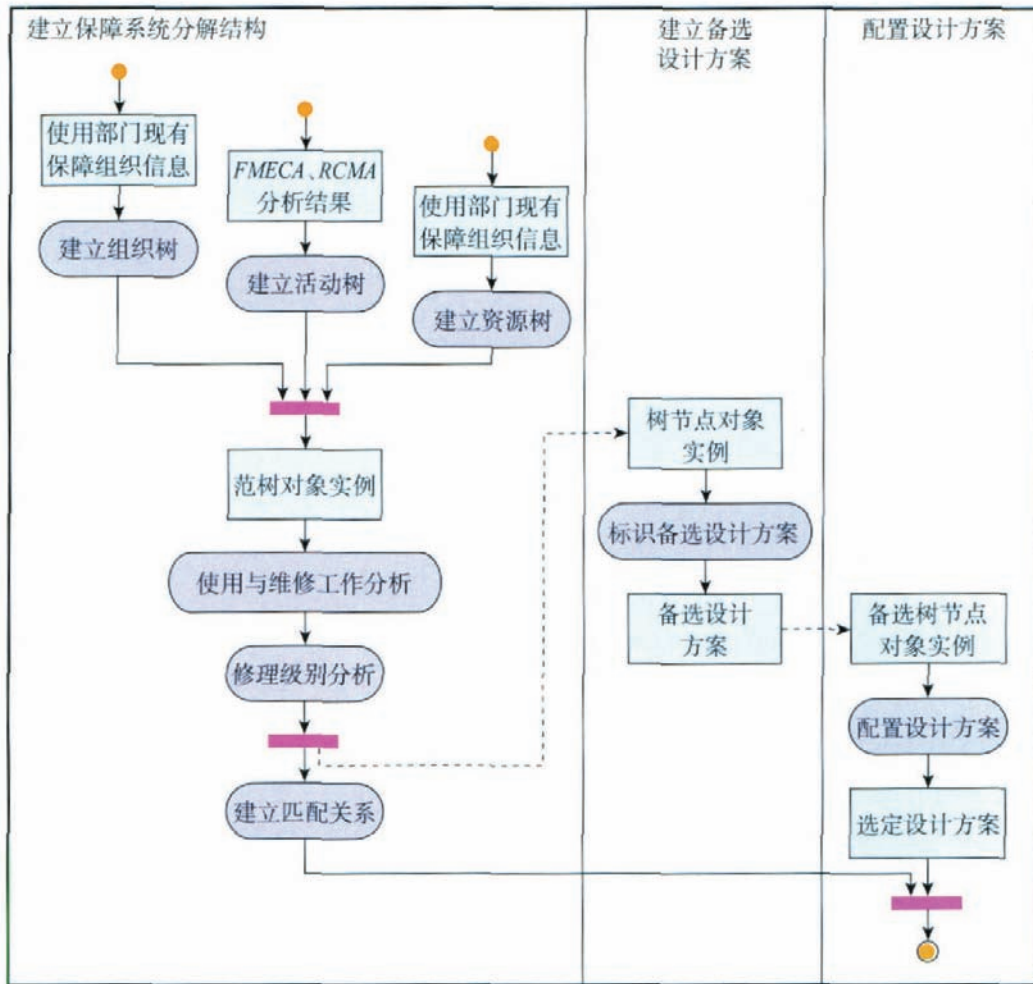


图3 保障系统配置管理过程模型

Fig.3 Support system configuration management process model

3 应用案例

应用以上模型,这里给出一个某型飞机保障系统配置管理的实际案例,从中节选发动机保障活动(部分)的分解结构数据,其中发动机保障活动包括3个子活动,其位置编号分别为A0001、A0002、A0003,该保障系统有2个备选方案标识编码的设计方案,分别为“00”和“01”,这2个设计方案的差异保障系统工作项目分别在不同级别的维修站点执行,最终通过对2个备选设计方案进行配置来选定设计方案,这里取

配置项节点配置标识码为“6SS”的节点组成设计方案,如表1所示,表1是表 R_T 、表 R_C 、表 R_{TC} 、表 R_{TOAS} 、表 R_{TO} 连接而成的视图,其元组表达式为:

$$R_V = \left\{ \begin{array}{l} t_T t_C t_{TOAS} t_{TO} | t_T \in R_T \wedge t_C \in R_C \wedge t_{TC} \in R_{TC} \\ \wedge t_{TOAS} \in R_{TOAS} \wedge t_{TO} \in R_{TO} \wedge \\ t_T[n_i] = t_{TOAS}[n_{oi}] \wedge t_T[n_i] = t_{TOAS}[n_{Ai}] \wedge \\ t_T[n_i] = t_{TOAS}[n_{Si}] \wedge t_T[n_i] = t_C[n_{Ci}] \wedge \\ t_C[n_{Ci}] = t_{TC}[n_{Ci}] \wedge t_T[n_i] = t_{TC}[n_{Ci}] \wedge t_{TO}[n_{oi}] = t_T[n_i] \end{array} \right\} \quad (8)$$

式中, $t_T[n_i]$ 表示 R_T 表中节点标识属性的值; $t_{TOAS}[n_{oi}]$

表1 某型飞机保障系统配置管理数据

配置项节点名称 $t_T(t_T[n_i]=t_{TC}[n_{Ci}])$	活动树节点名称 $t_T(t_T[n_i]=t_{TOAS}[n_{Ai}])$	组织树节点名称 $t_T(t_T[n_i]=t_{TOAS}[n_{Oi}])$	维修级别 $t_{TO}(t_{TO}[n_{Oi}]=t_T[n_i])$	资源树节点名称 $t_T(t_T[n_i]=t_{TOAS}[n_{Si}])$	位置标识 $t_T(t_T[n_i]=t_{TC}[n_{Ci}])$	备选方案标识 $t_T(t_T[n_i]=t_{TC}[n_{Ci}])$	配置标识 $t_C(t_C[n_{Ci}]=t_{TC}[n_{Ci}])$
飞机保障系统	发动机保养	O1	外场	发动机保养油	A0001	00	6SS
飞机保障系统	发动机更换	O1	外场	发动机维护车	A0002	00	6SS
飞机保障系统	发动机定检	O1	外场	发动机维护车	A0003	00	5SS
飞机保障系统	发动机更换	D1	基地	发动机更换车	A0002	01	5SS

表示 R_{TOAS} 表中组织树节点标识属性的值; $t_{TOAS}[n_{Ai}]$ 表示 R_{TOAS} 表中活动树节点标识属性的值; $t_{TOAS}[n_{Si}]$ 表示 R_{TOAS} 表中资源树节点标识属性的值; $t_C[n_{Ci}]$ 表示 R_C 表中配置项节点标识属性的值; $t_{TC}[n_{Ci}]$ 表示 R_{TC} 表中配置项节点标识属性的值; $t_{TO}[n_{Oi}]$ 表示 R_{TO} 表中组织树节点标识属性的值。

4 结束语

本课题研究了装备保障系统的分解结构,通过对装备保障系统分解结构建立过程中的配置管理需求进行分析,建立了装备保障系统配置管理的范树模型、信息模型和过程模型,可以为保障系统自上而下的设计过程提供建模指导,对保障系统设计过程中多系列和多方案和多视图的繁杂的产品数据配置过程进行有效的处理,产品配置管理是产品数据管理(PDM)中的重要功能,但要完成保障系统的PDM,仍需对保障系统的并行设计过程以及保障系统的技术状态管理做进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 汪惠芬,张友良,罗定志. 协同开发环境中的产品定义模型. 计算机集成制造系统. 2001,7 (3): 26-31.
- [2] 孙强,王英林. 基于UML的复杂配置产品数据模型研究. 计算机工程. 2007,33 (14): 51-53.
- [3] 邹伟,张涛,郭波. 装备维修保障系统的多视图建模方法. 兵工自动化. 2005,24 (2): 24-25.
- [4] 张柳. 维修保障系统建模研究[D],石家庄:军械工程学院,2003. 1.
- [5] 郭霖瀚,康锐. 基本作战单元修复性维修过程建模仿真. 北京航空航天大学学报. 2007,33 (1): 27-31.
- [6] 郭霖瀚,康锐. 基本作战单元预防性维修保障过程建模仿真. 计算机仿真. 2007,24 (4): 36-39.
- [7] 马绍民,章国栋. 综合保障工程. 北京:国防工业出

版社,1995.

- [8] Richard Johnsonbaugh. Discrete mathematics. New York: Prentice Hall, 2001. 319-325.

(责编 侧卫)

(上接第86页)

②从已有实践看,新的维修性增长方案 Q 效率值大于1,超出历史最高效率,说明方案 Q 对投入效率过于理想化,不可行;方案 T 效率值小于1,说明它存在投入过度的问题,有进一步提高效率的余地。另外,表2还显示了这些方案所对应的改进方向和改进程度。

3 结束语

本课题通过引用数据包络理论,为设备维修性增长方案的优化提供了新的方法,克服了目前维修性增长方案优选评估存在的难以消除相关性、存在人为主观因素、不能提供改进方向等主要问题。另外,文中所用的DEA模型是最基本的模型,用于说明思路和方法已经足够,但在工程实践中还需考虑更多维修性增长现实因素,引进相应的新型DEA模型。

参 考 文 献

- [1] 于永利,郝建平. 维修性工程理论与方法. 北京:国防工业出版社,2007.
- [2] 何春雨. 舰艇装备维修性综合评估方法研究[D]. 武汉:海军工程大学,2007.
- [3] 魏权龄. 数据包络分析(DEA). 北京:科学出版社,2006.
- [4] 张凌. 企业技术创新项目评价与决策体系研究. 北京:人民出版社,2006.
- [5] 简祯富. 决策分析与管理. 北京:清华大学出版社,2007.

(责编 小颖)