

北约 CALS

数据模型研究

○姜 晨 徐宗昌 (装甲兵工程学院 100072)

1 引言

经过 20 多年的发展, CALS (不间断采购和全寿命周期支援) 战略所建立的标准体系、方法、技术以及应用方案已被各领域逐步接受, 特别是 CALS 标准的国际化和商业化已取得了很大进展。为促进 CALS 的进一步发展, 北约(NATO)从 1998 年起先后颁布了一系列 CALS 政策性文件, 包括: NATO CALS 实施方案, NATO CALS 数据模型, NATO CALS 企业集成实施指南, NATO 标准化战略, NATO ISO/STEP 概要说明等。在这些文件中, 引人注意的是 NATO CALS 数据模型(NCDM), 其通过参考 ISO STEP 标准, 详细定义了统一的产品数据格式(包含产品需求、设计、制造、使用和维护的全寿命周期数据格式要求)以及用于建立产品数据库的数据关系模型, 为 NATO 各成员国武器装备数据交换和共享提供了关键标准。

另外, 美国电气电子工程师学会(IEEE)标准统筹委员会(SCC20)故障诊断与维修控制小组目前正在制定的支持故障诊断与维修过程的标准: IEEE Std 1232《基于各类测试环境的人工智能交换与服务》(AI-ESTATE)以及 IEEE Std 1522《测试性、诊断性标准度量与特性参数》都直接或间接地利用了 NCDM 中的定义与结构。

所以, 对 NCDM(最新版本为 4.0)进行研究, 将有助于我们更好地理解 and 执行相关标准。

2 北约 CALS 数据模型(NCDM)

根据北约 CALS 办公室(NCO)的定义, NCDM 是对支持后勤采办过程和重要装备所需数据的规范描述。它的建立基于以下认识: 信息建模分为三个层次, 分别对应三种结构(这些结构是由 ANSI/X3/SPARC 小组在研究数据库管理系统时所提出的), 如下所示:

(1)概念层 该层作为综合层, 不包括详细的实现细节, 也不包括详细的使用前景。

(2)内层 该层包括物理数据模型, 主要用于定义数据存储格式, 其能从符合概念性模型语义规则的数据源输入数据。

(3)外层 该层提供了从特定应用角度对概念层的认识, 它也是一种概念性模型, 但包括了有关应用的细节。

NCDM 在后勤过程中起到了概念层的作用, 其目的是支持不同业务和应用间的后勤数据交换。NCDM 包含一个核心模型和 6 个辅助模型(产品结构模型、故障分析模型、任务描述模型、技术文件模型、后勤保障分析模型、支持模型), 其中, 核心模型为获取必要的信息已延伸到上述 6 个辅助模型之中, 因此可以看作是 NCDM 的综合化模型。

2.1 核心模型

建立核心模型的目的, 是为产品中所包含的各种意图提供一个顶层规范, 以有助于从三个方面来认识 NCDM, 即所要求的产品、所设计的产品、所制造的产品。对产品的“要求”是由产品方案模型来提供的, 产品方案是产品结构模型大纲中的组成部分, 核心模型通过产品规范、实物规范、语义规范将其引入; 产品的“设计”由核心模型通过产品规范、实物规范、元器件规范引入; 产品的“制造”则由核心模型通过实物规范引入。其中, 产品实物规范是对产品方案的实现, 它同 IEEE Std 1232 中定义的维修项目有直接关系。实物规范是一个综合性概念, 包括按轴号(serial-numbered)实物、按批号(lot-numbered)实物以及其他几种材料。最终, 产品实物代表了产品设计的核心理念。

核心模型将一个给定的关系看成为一个独立的实体, 并指明关系中关联与被关联的部分。这样

做的好处是允许关系自身有属性,就像在关系数据模型中用关系表说明多对多关系。核心模型允许属性有两种规格:标准值和非标准值,这类似于 IEEE Std 1232 中定义的“标准”与“用户自定义”两种输出,但 NCDM 的方法更加科学,如图 1 所示。

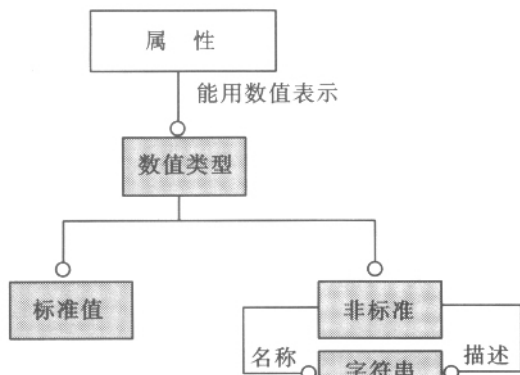


图1 标准值与非标准值结构

NCDM 将所有的后勤保障活动都定义为维修活动,这些维修活动包括修复性维修、预防性维修、适应性维修和完善性维修。但核心模型并未利用任务描述模型中对任务的定义来进一步提炼这些活动的定义。

通过核心模型可将产品按逻辑分解,得到诸如物理、功能等分解结构;利用产品结构模型,核心模型能跟踪产品结构变化;另外,核心模型还有一个优点就是能够跟踪使用历史,这对于 IEEE Std 1522 和测试与维修信息管理系统(TMIMS)使用有关的维修历史信息 and 跟踪外场维修统计数据尤为重要。

2.2 产品结构模型

产品结构模型主要基于 ISO 10303-41 和 ISO10303-44 (这两个标准已被 IEEE Std 1232 标准所采纳)中定义的概念,该模型能够对复杂项目全寿命周期内的结构进行定义和管理:首先定义产品的结构基线,然后对该基线的更改进行跟踪。

产品方案是产品结构的起点,因为它定义了对产品的要求。产品方案中包含若干个使用方案,它们对产品的使用要求进行了详细说明,另外还包含了若干使用要求规范和组合使用的布尔算子。产品结构模型能够识别出某个特定的产品结构是否能满足特定的使用方案(这个特性被称为结构的有效性),因此它能够提供满足特定使用要求的较好的产品结构。

产品结构模型对活动进行了定义,以用来确认某项活动是否已被实现,从而使活动在本质上是历史的、可验证的,也使得其能够直接被用于 TMIMS。活动这个实体包含了对实现该活动的任务

描述(有关任务描述的定义详见任务描述模型)。

2.3 故障分析模型

首先对异常进行解释:“异常是一种原因,由于该原因产品不能保持正常的状态,从而必须做一些工作加以解决”。产品异常是指产品不能保持正常状态或不能像预期那样工作。在 NCDM 中,异常有两种情况:故障(failure)和破坏(damage)。但在实际模型中,异常是一个顶层概念,故障模式是异常的子类型,破坏是故障模式的子类型,如图 2 所示。

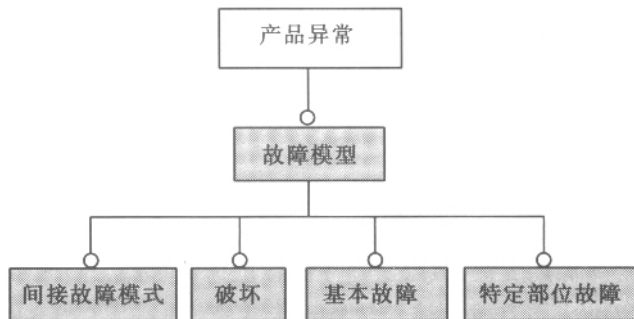


图2 产品异常结构图

故障分析模型中有一个能进行因果关系建模的结构。乍一看,这种结构是用来研究故障模式影响和危害性分析(FMECA)中的问题,但实际上其所研究的故障影响与 FMECA 并不相同。在这里,因果关系信息是通过产品异常关系实体得到的,这个关系实体将两个或两个以上的异常联系在一起,就像间接故障关系一样,如图 3 所示。对于某些诊

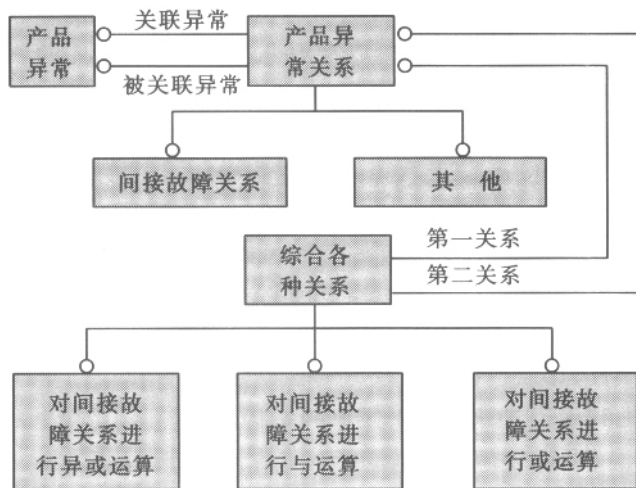


图3 因果关系模型

断,尤其是多重故障的诊断,像这样的结构非常有用。

故障分析模型定义了一些异常检测方法,使它与 IEEE Std 1232 中的测试(Test)联系起来,异常检测方法分为以下类型:自动检测、外部检测、人工检测、手动测试、目检和其他。这种分法存在两个问题:人工检测和目检的区别不明显;不包括

机内检测和机载检测。

故障分析模型还对严酷度进行了说明,并按照安全危害将其分级为:灾难的、致命的、临界的、轻度的、极轻微的、无影响。当然也可以不根据安全危害进行分级,但很明显这样做的目的是要将严酷度同产品满足某些要求的能力联系起来。另一方面,任务描述模型中的危害性是用来说明如果产品未能按系统要求完成任务将会对系统可靠性、效率、效能、安全性或费用产生的反作用。总之,严酷度与故障模式有关而危害性与任务有关。

2.4 任务描述模型

任务描述模型提供了一个用于任务建模的结构。通常,一项任务被描述为一系列有序的活动(如 IEEE Std 1232 对测试维修任务的描述),但这未必能准确代表所执行的任务,所以该模型在定义任务过程中,将任务分为两个部分:做什么、怎样做,同时为说明如何完成任务还包括了所需的资源及使用的判定逻辑,其原理相当于用简单的结构化语言实现类似于交互式电子手册的功能:方便地从任务描述模型数据库中提取相关的数据信息(包括任务类型、实现方法、所需资源等)。另外,模型中所使用的结构化任务法是一个极好的结构,它是关于任务方法的一个综合性概念,包括顺序法、并行法、循环法、决策点以及中止条件等。

目前,AI-ESTATE 通过测试资源信息模型(TRIM)来获得资源的详情;NCDM 则包含了能反映资源的层次更高的结构,这些结构比 TRIM 更具有代表性,与资源更匹配。另外,NCDM 将人员看作一种资源(这是合理的),纳入到 AI-ESTATE 的资源模型中;与之相关的人员技能水平则通常被认为是一种费用因素,纳入到 AI-ESTATE 的费用模型中。

在这里我们发现,任务描述模型在定义非连续性任务的条件检验时,缺乏有效的手段。所谓条件检验,是通过对一些状态的检测来决定一组子任务里首先执行哪一个,检验条件被定义为一个判定,目前其是用一段文字而非标准进行描述,而在 IEEE Std 1232 中已为各种检验条件提供了正式的定义,这些定义可用来改进该模型,减少那些可随意更改的文字说明。

2.5 技术文件模型

如果有一个能对信息类型进行说明管理的模型,就可以使产品数据得到很好的扩展应用,技术文件模型就是基于这样的认识而建立的(通过对信息对象分类来管理各种信息资源)。信息对象是一个综合性概念,包括基本信息对象和结构化信息对

象(结构化信息对象提供对外部信息源或有关信息对象访问的途径)。上述结构也正是 IEEE Std 1232、1522 所需要的。

2.6 后勤保障分析模型

虽然 NCDM 将所有后勤保障活动都作为维修活动,但除了维修性信息之外,还需要其他信息来支持后勤保障过程。所以,后勤保障分析模型除了传统结构外,还包括使用想定和功能模型,目的是能对基于使用想定的大型数据库进行裁减,避免为用户服务时完全照搬数据库,并能对数据库进行适当的扩充与修改。

后勤保障分析模型中包含一种称作“特性”的实体,类似于 IEEE Std 1232 中的“广义属性”,用来表示事物的性质与特点。这些特性可以被分配、计算、测量、计划和要求,其中后三种特征应特别关注,因为它们分别对应一个属性值。这些特性可直接用于 IEEE Std 1522。

后勤保障分析模型提出了保障性的概念,它实际上是一个综合性概念,包含可靠性、维修性、测试性、可用性等,其子类型可靠性中,包含失效率、维修活动间隔时间、平均故障间隔时间、致命性故障间的任务时间等参数。由于后勤保障分析模型主要面向维修任务,所以测试性是按照故障检测、隔离等活动来定义的(故障检测率、故障隔离率等),同时还包含不能复现率、重测合格率等与机内检测有关的特性参数(在 NCDM 中,这是唯一一次提到机内检测,可以看出,NCDM 避开虚警问题而集中精力研究不能复现率、重测合格率)。

2.7 支持模型

最后,NCDM 定义了一些支持模型,用于获得有关组织、人员、数据、时间、保障资源等信息。NCDM 还兼容符合 STEP 标准(ISO 10303)的集成资源,但在文件中并未说明何时、何地、如何使用该资源。

3 结束语

通过以上介绍,可以看出,NCDM 利用 Express 建模语言和标准化数据定义建立了基于不同软硬件的信息层面的统一接口,其经验和成果非常值得我们学习和借鉴。

作者简介:姜晨,装甲兵工程学院博士研究生;徐宗昌,博士生导师。

收稿日期:2004-02-25