

军事技术装备制造业中技术状态管理的信息化解决方案

Settlement Project about Informization for Configuration Management of Military Equipment Manufacturing

王晓飞 (中国电子科技集团公司第十四研究所 南京 210013)

摘要:本文介绍了军事技术装备制造业的技术状态管理的基本方法和要求。由于这些要求的复杂性,需要采用 PDM 等信息化技术作为技术状态管理的解决方案。论述了信息化技术在技术状态标识、控制、记实、审核四个方面提供的方法,说明了采用信息化手段的技术状态管理的准确性和高效性。

关键词:技术状态管理 产品数据管理 物料清单 工程变更

1 引言

技术状态管理(Configuration Management)是军事技术装备制造业的一种管理方法学。它是在军事技术装备的论证、研制、交付、使用的整个生命周期内,对其功能、指标、构成、更改进行有效控制的活动^[1]。对于功能和结构复杂的军事技术装备,技术状态管理对提高产品质量、缩短研制周期、降低成本和风险起着尤为重要的作用。技术状态管理广泛应用于不同的行业,在航空制造业叫做配置管理,在汽车制造业叫做构型管理,在军事技术装备制造业一般称为“技术状态管理”。

2 技术状态管理

技术状态管理是一种运用技术和管理手段来指导和监督技术状态项目在其生命周期中的各种活动的方法。这种方法包括:①技术状态标识;②技术状态控制;③技术状态记实;④技术状态审核。技术状态管理可以使产品的设计和开发更加贴近用户需求;可以完整准确地记录产品数据和变更,保证了产品再生产的一致性;可以方便准确地借用老产品数据,以缩短新产品研制周期和降低费用;可以保证产品数据按照受控的流程进行传递,使研发、制造、供应链和售后服务的信息保持同步;还可以为寻找产品问题的根源提供完整的线索,提高了解决问题和实施改进的效率。

技术状态标识包括确定技术状态项目、编制技术状态项目标识号,建立技术状态基线(包括功能基线、

分配基线和产品基线),编制技术状态文件,确定各基线内文件的组成。

技术状态控制是指技术状态基线建立后,为控制技术状态项目的更改而对提出的更改建议(工程更改、偏离、超差)所进行的论证、评定、协调、审批和实施的活动。

技术状态记实是指对已确定的技术状态文件、提出的更改状况和已批准更改的执行情况所做的正式记录和报告。

技术状态审核分为功能审核和物理审核两种。功能技术状态审核测试产品的功能性能是否符合要求;物理技术状态审核是审核产品实物是否和图纸完全一致。

3 产品设计、制造与数据管理的信息化

计算机与网络的飞速发展使产品设计、制造与数据管理的信息化成为可能。计算机辅助设计制造技术 CAx(CAD、CAE、CAPP、CAM 等)使产品的设计、验证、制造从手工发展到数字化,不仅将设计文件和工艺文件由纸质形式转化为电子形式,而且使设计文件、工程分析计算、工艺文件以及 NC 程序通过网络进行数据传递与转换成为可能,减少了手工设计与纸质文件带来的数据失真和产品技术状态差异。产品数据管理系统(PDM)更是在产品全生命周期中把产品数据管理起来,通过与 CAx 的系统集成,把设计、制造的原始数据经过审批流程的控制使之成为可以发放、生产的数据,

并系统地组成 BOM,实现对产品结构的管理。PDM 形成了产品的单一数据源,并可根据设计开发和生产服务的需要统计数据,输出形成各种信息和报表^[4]。

更重要的是,产品设计、制造与数据管理的信息化满足了军事技术装备研制过程中技术状态管理的复杂要求。信息系统对产品数据实行版本管理,各种文档和 BOM 部件都有版本号标记,每次更改形成的不同版本数据被保存下来;在产品全生命周期中使用基线作为标识不同阶段产品状态的工具,完整地记录不同阶段的产品 BOM 及文档;电子文件的易复制性和易传递性有效避免了数据的失真;单一数据源让各个层面的产品数据记录、统计和检索做到了协调统一。

4 技术状态管理的信息化解决方案

4.1 军用电子设备技术状态管理的复杂性

军用电子设备大多都是复杂的系统,不仅是机电一体化,而且在硬件中集成了大量的软件。系统的结构复杂,层次关系繁多,从整机设备向下划分层次,依次可以有分系统、分机、单元、组件、零部件、元器件等等,最多可达到十几层。系统内的各组成部分、系统与系统间存在着组成部分的借用。系统的结构单元和功能单元的设计往往不统一,一个结构单元内可能包含了几个功能单元的组成部分,一个功能单元可能会被拆成几部分装入不同的结构单元。

军用电子设备的一个完整的研发周期可以分成论证、方案、工程研制和定型几个阶段。产品研发的核心是进行样机的研制,按照不同产品的研发特点,样机研制又分成模样机、初样机、试样机、正样机或定型样机等。除了样机研制,在设计定型后还要进行新产品试制和批量生产。因为结构复杂、技术难度大、元器件的频繁更新换代,从样机研制到新产品试制和批量生产的过程中会发生大量的设计更改,同一个部件在产品研发周期的不同阶段会形成若干个技术状态,同一个编号的图纸会出现若干个版本。而且近年来装备研制任务繁重、时间紧迫,经常出现科研和生产交叉重叠的现象,同一型号不同状态的样机和正式装备往往在并行研制,在设计和生产上容易造成技术状态的混淆。

因此,产品本身的复杂性、研发周期的多样性、设计更改的频繁性和研制任务的紧迫性使军用电子设备的技术状态管理具有很大难度。怎样有效地进行技术

状态管理成为这类产品研制单位的关键问题。近几年,这些单位纷纷引进或开发了 PDM 系统,对产品实施信息化的技术状态管理,对不同阶段不同状态的复杂产品以及设计更改进行了有效控制。

4.2 技术状态标识

技术状态标识的基本要求之一是技术状态项目和技术状态文件要有编号和版本。该研究所的标准化制度已规定了产品各零部件(技术状态项目)和文档(技术状态文件)的编号和版本规则,而 PDM 系统可以根据规则自动给零部件和文档作编号和版本标识,避免人工管理出现的错误。系统按标准化制度设置了编号的格式,设计师在创建零部件时由系统给出规范的编号,与之相关的文档在创建时由系统形成编号,按“零部件编号+文件简号”构成。零部件和文档的版本按“大版本+小版次”构成,不仅能标识文档的各个归档状态,还能记录签署过程中的内容变化。

人工管理产品 BOM 无法解决数据来源的唯一性和数据更新的实时性问题。编制 BOM 时,必须在设计师形成图纸明细栏和整件明细表后再次编制,容易造成不一致;设计更改涉及产品结构变化时 BOM 靠人工不能随时更新,跟实际产品结构有差异。使用信息系统管理 BOM 后,由于 PDM 系统具有记录、管理 BOM 的功能,当 CAD 集成到 PDM 后,设计师在 CAD 制图时零部件的装配关系就记录在 PDM 里,只要制一次图,就能同时形成图纸明细栏和整件明细表。通过整个产品开发团队的集体设计,就能逐步形成完整的产品结构,不再要专人专门编制 BOM 了。此后产品结构有更改时,在 CAD 或 PDM 中更改某个零部件的结构时 BOM 会自动更新。

4.3 技术状态控制

技术状态控制的主要内容是控制设计更改。以往的手工更改方式,控制效率低。更改单要人工填写,更改涉及多批次产品时要人工实施多批次文档的更换,不容易准确。对于复杂产品,更改产生新旧版本并存时只能以新版本为有效版本,因为复杂产品的多版本管理将造成文档的无休止增加,靠人工是难以实现的。而且零部件之间的互相借用使更改更加不好控制。所以,多批次、多版本、互相借用的复杂产品的更改控制,必须采用信息化手段。

PDM 系统允许对复杂产品进行多批次、多版本的

更改控制。较成熟完善的 PDM 都采用 CMII 的模式进行更改控制。CMII 分为变更请求、变更通知和变更实施三部分。如图 1 所示。在产品开发或使用维护过程中发现技术状态问题时,首先提出问题报告(PR, Problem Report)。根据问题报告由变更申请者提出变更请求(ECR, Enterprise Change Request),对变更原因、变更范围、变更影响进行分析说明。ECR 由技术状态管理员提交专业人员评估,将变更分为 I 类或 II 类。I 类变更占变更总数的 5—10% 左右,必须由技术状态管理员组织技术状态控制委员会(CCB, Configuration Control Board)进行评审,以决定是否批准变更;II 类变更占变更总数的 90—95% 左右,只需要设计师进行简单的审批就可以通过。变更请求经批准后,进行变更通知(ECN, Enterprise Change Notice),通知变更对象的

负责人更改该数据(对于 I 类变更还需要由技术状态控制委员会制订变更计划)。负责人收到变更通知后实施变更,对变更对象进行修订。修订后的变更对象提交签署,最终得到确认,投入基线。最后根据工作指令以图纸为载体将变更信息反映到产品实物上,保证产品实物的变化与变更后的技术状态文件的符合性。

信息化的 CMII 变更模式以信息化的变更流程代替了以纸质更改单为载体的常规技术状态控制模式,通过面向流程的管理,将变更对象和变更信息以及生产作业计划紧密集成,强化了对基线的控制,对两类更改能够很好地区别控制,提高了效率,规范了流程,减少了差错,保持了图纸和产品实物状态的一致性。表 1 是 CMII 变更模式和常规技术状态控制模式的对比。

表 1 CMII 变更模式和常规技术状态控制模式的对比

	CMII 变更模式	常规技术状态控制模式
管理模式	面向流程的管理	面向对象的管理
载体	PDM 流程	纸质更改单
I 类更改流程	流程清晰,分为变更请求、变更通知、变更计划和变更实施	没有清晰的流程,仅靠人为控制
II 类更改流程	流程清晰,分为变更请求、变更通知、变更实施	流程较清晰,更改申请和更改通知及实施的内容在一张更改单上
对两类更改的区别控制	区别清晰,分类控制	区别不清晰
更改对象与更改信息的关联性	变更对象与变更请求、变更通知等信息集成在一起,互相之间通过超链接可以浏览	更改的图纸和更改单是分离的,必须人工在档案库内查找
对基线的控制	变更实施后,自动实施对基线的更改	必须人工核对基线中要改哪些内容
对生产作业计划的影响分析	实时的	不实时
图纸和物理产品的一致性	很容易保持变更在图纸和物理产品上的一致性	图纸和物理产品中有一方面可能遗漏变更内容

4.4 技术状态记实

技术状态记实并不是一个独立的管理过程,它是在技术状态标识、控制、审核过程中对这些过程活动及技术状态项目的记录和报告,是在这些过程中同步进行的。技术状态记实要求在产品研发过程中对技术状态项目的各种信息进行有效的记录和报告,包括以下方面^[5]:

- (1) 记录已批准的技术状态文件和标识号;
- (2) 记录工程更改建议的提出和审批过程及已批准更改的实施情况;
- (3) 保证所有更改相对于初始确定的基线的可追溯性;

(4) 报告所有更改在产品实物上的所在位置和实施效果;

(5) 记录技术状态项目所有关键的、重要的偏离和超差情况;

(6) 记录技术状态审核的结果,包括不符合的状况和最终处理情况。

在计算机和网络技术发展之前,技术状态记实依靠手工进行。技术状态文件和更改的记录一般由技术人员在产品研发过程中通过编写文档和手工拟制更改单等方式完成,记实形成的各种文档和记录由档案部门管理。手工方式效率低,成本高,而且容易出错,当产品的功能和结构复杂、更改量大的时候,手工记实就

难以满足要求了。信息系统为记实提供了强大的工具,计算机和网络的优势就是信息处理速度快且错误率极低。利用信息系统进行技术状态记实,可以记录结构功能复杂的产品研发过程中数量巨大的、复杂的更改情况,可以统计、检索技术状态项目的信息和更改情况,具有实时性、准确性、速度快的优点。该研究所利用 PDM 系统作为技术状态记实的工具,上述记实要求都可在 PDM 中实现。除了技术状态文件(如图样、报告、记录数据等)的标识和管理外,PDM 按照 CMII 流程记录的工程更改的各种信息(PR、ECR、ECN 等)保证了更改的提出和实施过程及效果得到完整的记录;基线的管理功能确保了更改的可追溯性;另外 PDM 的统计功能可以完整地记录技术状态项目的偏离和超差情况。

(1) 审核产品试验程序和结果是否符合要求,是否按计划执行;

(2) 试验报告和试验结果的完整性和准确性;

(3) 分析和仿真结果是否保证技术状态项目符合要求;

(4) 已批准的工程更改的记录和实施情况;

(5) 技术状态项目未达到要求的解决方法;

(6) 偏离和超差。

物理技术状态审核需要审核工程图样、工艺规范、设计文件、质量记录等。主要包括以下内容^[3]:

(1) 审查每个技术状态项目的工艺是否准确反映图纸上的技术状态,是否包含了图纸和实物上的更改;

(2) 审查技术状态项目实物是否与图纸一致;

(3) 审查实物的试验结果和程序是否符合要求。

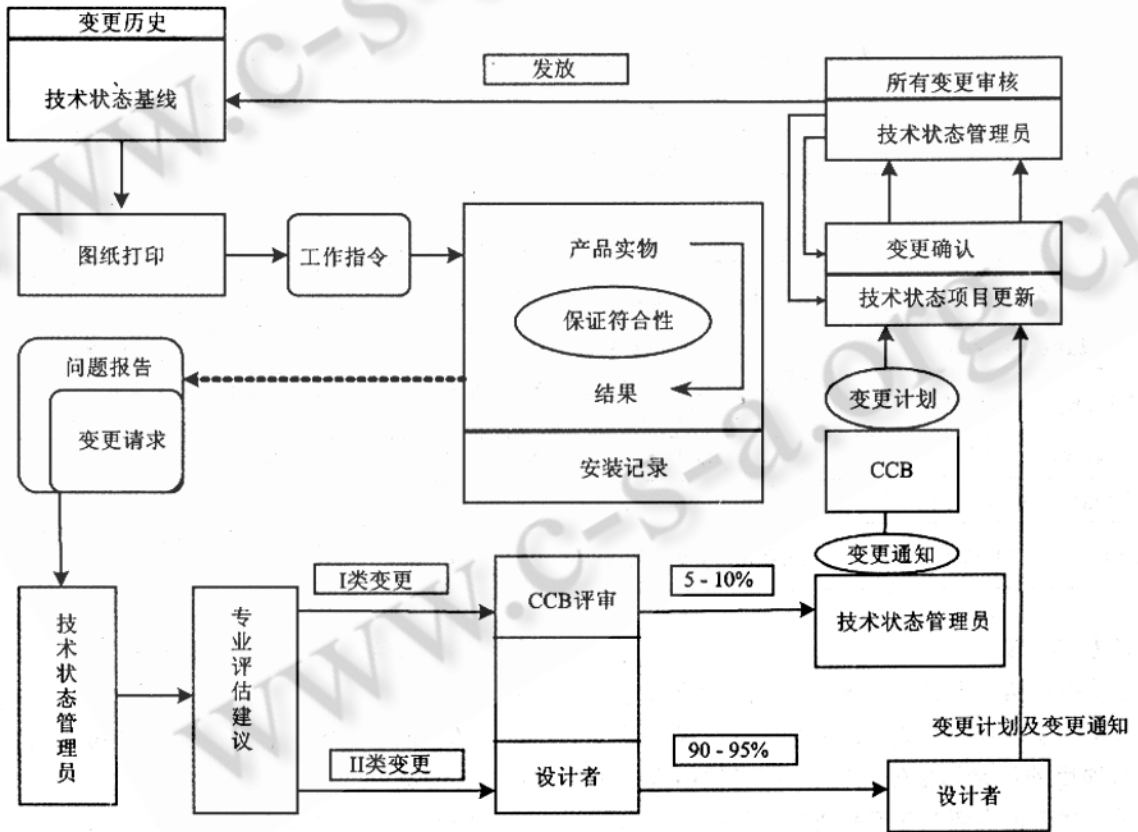


图 1 CMII 流程图

4.5 技术状态审核

技术状态审核要求用户和产品承制方共同组成审核组,进行功能技术状态审核和物理技术状态审核。功能技术状态审核主要包括以下内容^[3]:

技术状态审核主要靠测试、验证等试验手段进行,信息系统中的计算机辅助工程分析(CAE, Computer-aided Engineering)和 PDM 系统可以起到辅助作用。

(下转第 22 页)

(上接第 26 页)

CAE 可以对产品试验进行辅助分析,对产品模型进行仿真计算,满足功能技术状态审核中对产品试验和仿真结果进行验证的要求。

5 结束语

PDM 及 CAx 等信息化技术令技术状态管理这项军事技术装备研发过程中的复杂工作变得准确而又高效。同时又给常规的技术状态管理模式带来了管理方法和观念上的变革,例如技术状态标识中的多版本并存和基线标识、技术状态控制中的 CMII 变更流程等。这些变革要求整个企业的研发、生产、营销、服务及管理等方面人员不仅要掌握新的信息化技术,而且要

从观念上做好适应信息化管理的准备。对于技术状态管理的信息化乃至整个企业信息化过程,后者往往是更为关键也是容易被忽略的。

参考文献

- 1 GB/T 19017 -1997, 质量管理, 技术状态管理指南 (idt ISO 10007:1995).
- 2 朱战备、韩孝君、刘军, 产品生命周期管理——PLM 的理论与实务, 北京: 电子工业出版社, 2004. 8.
- 3 GJB 3206 -98, 技术状态管理.
- 4 吴伟仁等, 军工制造业数字化, 北京: 原子能出版社, 2005. 1.
- 5 MIL -STD -973 , Configuration Management.