

# 基于构型的单架军机质量管理

## Configuration-Based Quality Management of Single Military Aircraft

西北工业大学管理学院 张晶 梁工谦  
煤炭科学研究总院西安研究院 李晖

**[摘要]** 针对我国军机单架次精细化管理的需求特点,提出了单机全寿命周期质量数据管理模型。该模型引入构型管理的方法,通过构型配置的管理对产品对象唯一结构特征的描述,通过构型基线的分级细化管理实现质量目标的分层管理。同时将质量特性作为类属性跟随构型项/构件采集从构型立项到交付使用整个过程的质量信息,从而实现单机的全寿命周期的质量精细化管理。

**关键词:** 构型 精细化管理 全寿命周期 质量管理

**[ABSTRACT]** The life cycle quality data management model for single military aircraft is proposed for demand characteristics of the single military aircraft refined management. This model aims to describe the unique product object structural characteristics by the methods of configuration management, and also through the detailed classification of the configuration baseline management to achieve the tiered management of quality objective. Quality characteristics will be the class attribute to follow configuration items/ configuration components to collect quality data information from configuration project establishment to delivery and application, and through the configuration life cycle management to achieve the refined quality management of single military aircraft.

**Keywords:** Configuration Refined management Life cycle Quality management

目前,我国军机的生产主要是针对设计出的某一机型成批量地进行生产,对同一型号的军机进行统一的集体管理,缺少针对单架次军机的详细管理方式和管理过程。同样,在民机制造业中,由于用户需求越来越趋向于多样化,有时即便是同一型号的飞机,客户对机内设施布局的要求不同导致每架次飞机的结构都有可能不同,飞机产品的生产逐渐向多品种小批量的生产模式转

化。这就对新机研制、飞机生产的组织管理提出了更高的要求。所以在飞机制造信息集成系统中要充分考虑架次管理的需要。飞机结构复杂、零部件数目众多,运用何种技术和手段对如此庞大复杂的结构、信息、研制流程及制造流程中的质量过程控制和持续改进是现代质量工程和 ISO9000/2000 族标准的核心要求和基本原则,是提高质量控制水平和效率、保证产品质量的必要条件<sup>[1]</sup>。

近年来,国内外学者对构型管理进行了卓有成效的研究<sup>[2-5]</sup>。文献[2]以造船业为案例对构型管理的实施进行了研究;文献[3]对生产领域的构型管理策略进行了总结并指出构型管理在动态生产领域研究中的重要作用;文献[4]对飞机构型管理的研究与应用进行了探讨;文献[5]将Petri网理论与构型管理结合对飞机研制建模技术进行了研究。上述研究虽然明确了构型管理在生产领域的重要意义,然而很少对构型管理中质量保证方面的具体实施方法进行详细研究。本课题对构型管理中产品全寿命周期质量保证模型进行详细分析,从而对整机从每一项重要机件到零件、组件、部件的质量指标、质量状态等进行动态跟踪管理,实现批次管理到架次管理的“精细化管理”转变。

## 1 飞机构型管理与全面质量管理

### 1.1 构型管理

构型(Configuration),又称配置,是产品数字模型在整个产品寿命周期中不断演变的动态结构<sup>[6]</sup>。构型管理是从产品立项、设计、生产到综合保障的整个寿命周期内全过程的管理,通过对单件产品(甚至一个零件)的定义、设计、更改、审核等过程的控制,从而保证产品数据一致性和有效性的管理技术<sup>[7-9]</sup>。其主要目的是:(1)从宏观上把握并建立复杂产品整体结构;(2)建立产品的构型管理规则,利用最少的零件,产生更多产品类型;(3)维护产品数据的全部有效版本,确保在各个阶段能够获得产品的完整技术描述<sup>[5]</sup>。

通过对不同层次的产品对象进行唯一性标识,基于构型的产品结构管理能够标明某一产品对象的结构关系特性,描述产品的惟一特性,从而满足复杂产品系列

\* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(70771089);航空科学基金资助项目(2007ZG53078)。

化、个性化的产品数据管理要求。

### 1.2 全面质量管理

飞机产品越来越趋于客户化,其研发生产过程极其复杂,飞机产品对质量的要求极高,要做好对整个系统工程的质量控制必须实现全面质量管理。Feigenbaum(1983)第一次提出了全面质量管理的概念。全面质量管理是一个有效的系统,它将整个组织中不同部门在质量研发、质量维护、质量改进方面的努力集中在一起,确保营销、生产以及服务处于最经济的水平,从而提供全方面的客户满意<sup>[10]</sup>。全面质量管理强调了质量管理的全寿命周期性和客户导向,然而质量特性是复杂的。Garvin认为质量的复杂性应包括8个方面:表现、特性、稳定性、一致性、持久、可服务性、美观、能感知的质量<sup>[11]</sup>。因此在设计制造中,必须考虑质量特性从而达到对质量的全面控制。

构型技术的管理具有全寿命周期性,并能对特性进行唯一性标识,正因为此,要实现单机全生命周期质量管理需将构型技术与全面质量管理融合在一起。

## 2 单机质量数据全寿命周期的管理

在飞机制造领域,如果把这些系列化、个性化复杂产品整体结构的管理引入构型管理可以简化管理过程。构型管理主要包括4部分:构型定义、构型控制、构型纪实和构型审核<sup>[2]</sup>。构型定义是建库和设计阶段对各构型项和构件基本信息及关系的说明;构型控制是对构型基线文件更改的控制;构型纪实是记录报告各构型基线的状况及其发展变化;构型审核是审查制造出的产品与构型基线的符合情况。这4个部分作用于寿命周期每一阶段,具有不同的功能与作用。

### 2.1 设计阶段质量管理

客户多样化需求以及频繁的更改,加之飞机本身巨大的零部件数量,将会造成管理数据的剧增,但同型号不同方案的飞机有60%以上的结构可以被借用,对于整个作业流

而言,工程师95%的工作没有增值作用,大部分是重复性工作。因此将相同结构的产品作为模块来管理是飞机研发的趋势。

进行模块化设计,首先需建立产品构型库,构型库包括选型库和构件库。

选型库用于与客户交流,便于客户选型管理。选型

库中包括很多功能选项,一个功能选项代表一个产品的某一功能需求。功能选项按生产特性分为4种<sup>[12]</sup>:(1)主模型,即按主参数将产品划分成主系列(如波音737,747型飞机);(2)次模型,即在主系列的基础上进一步将产品细化分成子系列(如波音737—700型飞机);(3)预选项,已批准交付的可选部件(如发动机);(4)特选项,满足客户特殊功能的定义选项(如飞机内部装饰)。前3项是可以直接投入使用的,无需设计人员做任何改动的部分。特选项需设计人员重新设计后加入构型库,以供将来有相同需求时直接调用。一个飞机所有可能构型都可以通过上述4种类型的功能选项的层次结构表示出来。

构件库包括构件和构型项。构件是为了完成某一功能选项而组合的所需构型项和相关元素的逻辑块。构件增加了产品设计数据的重复使用性。每个功能选项与一个或多个构件相关联。可以说构件是功能选项的初步展开。构件包含的元素有:构件号、构件装配说明、装配步骤、装配图、工装、技术手册、质量要求及其他相关数据。

构型项(Configuration Item, CI)为满足产品某一功能需求的硬件、软件及固件。每个构型项均有一个构型号,定义了该零部件或软件的名称,编号,属性(包括接口、几何/物理特性、功能、质量标准和图纸等)。当构型项的结构、形状、功能等某一方面发生变化时,必须更换新的构型号。构型项是构件的进一步展开。功能选项间的关系和构型定义树的结构如图1、图2所示。

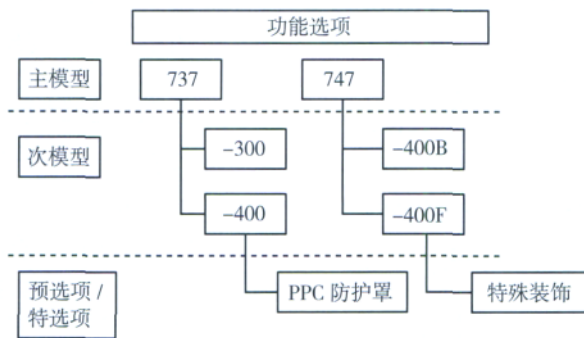


图1 构型管理中功能选项间的关系  
Fig.1 Relationship among function items

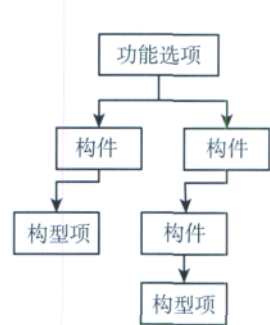


图2 构型定义结构树  
Fig.2 Configuration structure tree

当客户选好构型后,设计人员在从构型库中调出的构型项和构件的编号前加上此架军机的型号(批量生产的军机需为每架军机制定代号或名字),作为此架军机内构型项和构件编号的前缀,这样就能保证每架军机都有不同编号的构型项和构件,从而实现单机管理。图3为客户选型和可行性分析阶段的流程。

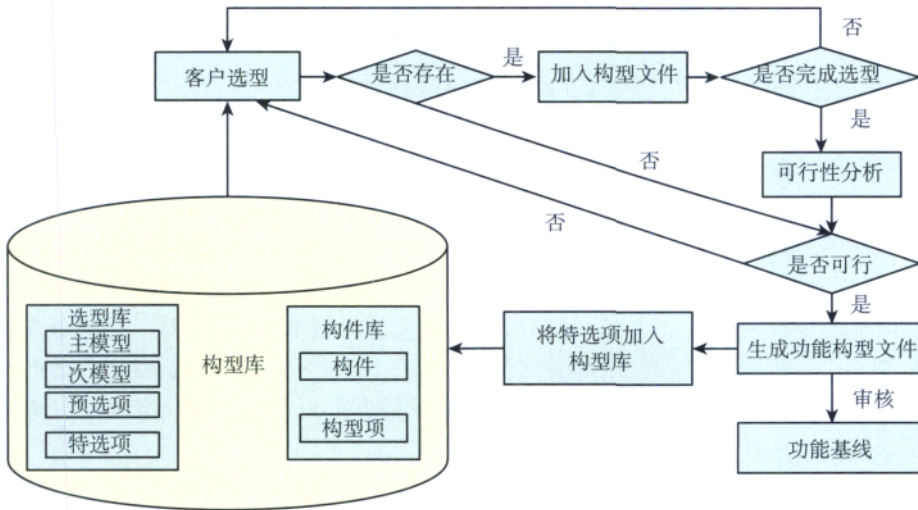


图3 客户选型过程管理  
Fig.3 Processing management of customer selecting configuration

装配方案进行质量评估和分析。

基线管理如图 4 所示,其中产品基线在研制阶段制定。

在每个阶段间设置门径管理是为了审查上一阶段的完成情况,对完成质量进行审查,并对下一阶段的工作进行部署。如果需要对构型文件进行修改也需要通过门径审查的通过。

### 2.2 研制阶段

研制阶段包括:主要部件生产装配开始、总装开始、动力安装、首飞、适航取证和交付。这一阶段主要进行构

当选型确定后,便进入构型基线管理阶段。

构型管理通过构型基线进行产品全寿命周期的管理。构型基线包括功能基线、分配基线和产品基线。设置构型基线相当于对产品从研发到生产交付设置路标,为各个进程设置评审或门径审查控制。一旦划定构型基线的界限就需要构型文件对构型项进行描述,根据不同的阶段规定各阶段的任务及要求。当构型文件所规定的任务及要求被审查批准后,构型基线就建立了。

功能基线具有管理系统层或顶层构型项的功能,一般建立在概念设计和技术研究阶段,在此阶段也需要进行质量策划,确立质量目标及质量协调工作,将设计方案分解为质量功能要素,并对概念设计方案进行质量评审。

分配基线是从上一级的构型项向低一级的构型项分配而来,即从功能构型文件分配而来,是对顶层各功能块的实现措施进行细化,同时对质量目标进行分解,将质量功能要素转化为质量结构要素,并对产品结构

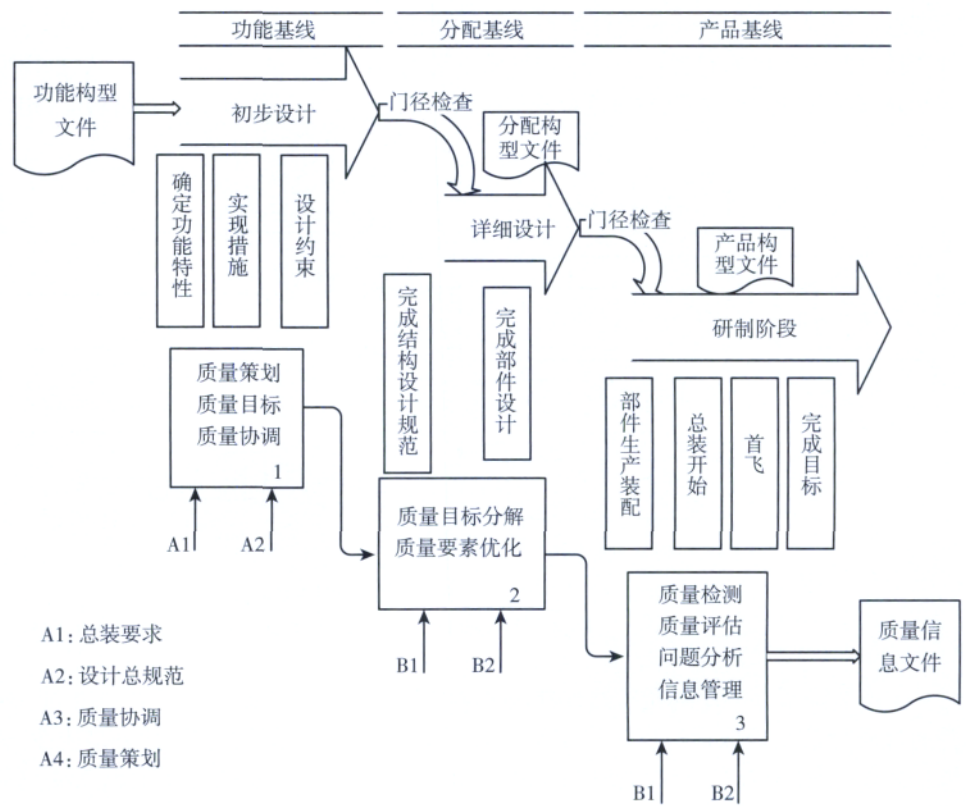


图4 基线管理流程图  
Fig.4 Workflow of baseline management

型维护。

首先需根据分配基线文件内容设计产品基线。产品基线管理产品寿命周期中各构型项的生产、使用和维护。将产品质量要素进一步分解,落实到零部件的材料、

形状、尺寸、精度、生产加工过程技术参数等产品技术参数上,并制定生产验收试验要求、材料规范和工艺规范。根据各规范和要求收集生产中的各种质量数据。同时需制定用户使用手册及质量表格,让用户对使用中操作、检修及异常数据进行记录,以利于提高对以后各机型的设计。

为适应现代飞机小批量、单架次生产的特点,我国许多飞机制造企业引入了波音公司的A0、F0的工艺管理机制。A0(Assembly Order)即装配指令,F0(Fabrication Order)即制造指令,分别相当于传统的装配工艺规程和机械加工工艺规程。A0和F0不仅包括工艺信息,还包括一些生产信息与质量信息。一旦构型项进入研制阶段,它们就会带着各自的标号及其A0/F0控制单按工序路线流动,A0/F0控制单就记录了这个构型项从开始到总装的所有制造装配信息,包括功能性能、材料、尺寸、加工余量、每一工序的加工工人及检验员信息等质量特性,也可以从A0和F0库提取工艺制造信息。构型项的每一质量特性都被记录了下来,当交付产品时每架飞机均有各自的一套构型质量结构树(可从BOM数据中提取),构型质量规范树如图5所示。

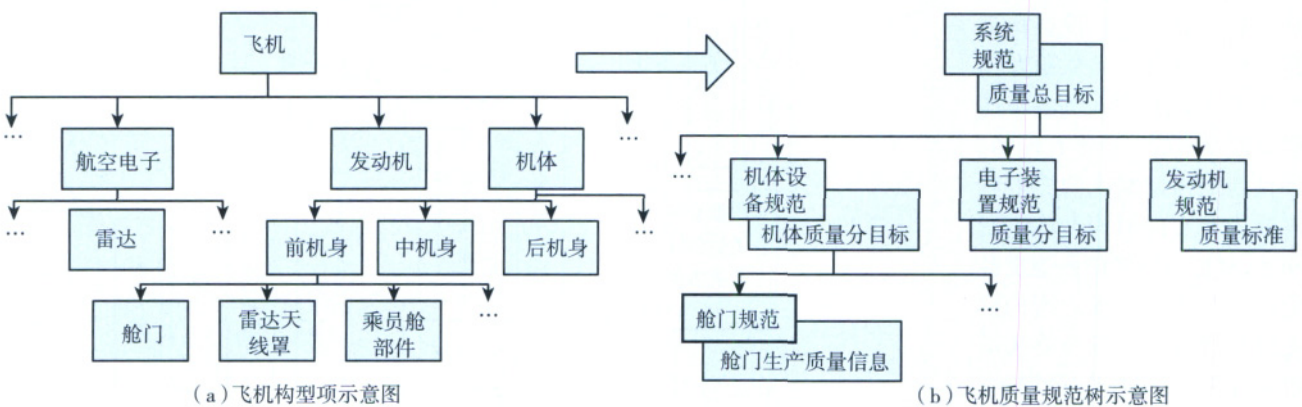


图5 飞机构型树及质量信息树

Fig.5 Aircraft configuration tree and quality information tree

生产装配每一工序的执行结果都记录在控制单中,并通过质量信息提取最终反应构型纪实和构型审核结果。另外,门径检查过程对构型控制和构型审核也进行了管理。

### 2.3 使用阶段

通过对设计过程和研制过程的设计可以看出,所有改动、增加的数据都被记录了下来,这对飞机维修过程提供了便利。

使用阶段构型管理主要是搜集使用过程的数据资料,包括使用日志,检修维修记录以及使用、维修人员对构型配置的建议,以便提高以后类似的构型管理水平。

## 3 质量数据管理模型

### 3.1 数据的组织形式

从以上分析可以看出数据表现形式多为树结构,且在产品设计更改时容易产生多版本数据,因此采用面向对象的思想,将每个构件和构型项均设计成类。构型项类是构件类的子类,构型项版本类是构型项类的子类。将产品质量作为节点的属性,把质量信息作为产品信息的一部分,以质量控制为根本目的,实现产品寿命周期内质量信息与产品信息有序的无缝集成,使得产品形成过程中的各种质量数据得以完整、有效、准确地收集和组织的。

在设计制造领域,常见的系统数据交换是PDM和CAPP、PDM和ERP、ERP和CAPP之间数据的交互。各个异构系统由不同的软件公司提供,通常都有不同的处理数据的方式,使用不同的运算方式,系统的侧重点决定了它们不可能考虑全部的信息共享,在此采用XML格式文件作为中间文件的交换方式。

利用XML数据模型构造产品结构解决方案有如下优势:树型结构是XML对数据的天然组织形式,用XML

数据描述结构树的树型特征是一种非常自然选择;XML具有较强的自描述性,这就使结构树的部分分枝的独立存贮成为可能;XML标准族中的XSLT标准,可以实现不同数据形式间的转换;XML标准族提供了对树型结构的全方位支持,并且这些解决方案具有通用性。

### 3.2 全寿命周期质量数据管理模型

当客户的构型选定后,则形成构型结构树,每一构型项和构件都已具有各自的编号,规则属性(固有质量属性等)的定义(即构型定义)等信息。

构型定义完成后便进入构型维护(构型控制、构型纪实和构型审核)和基线管理。构型维护和基线管理同

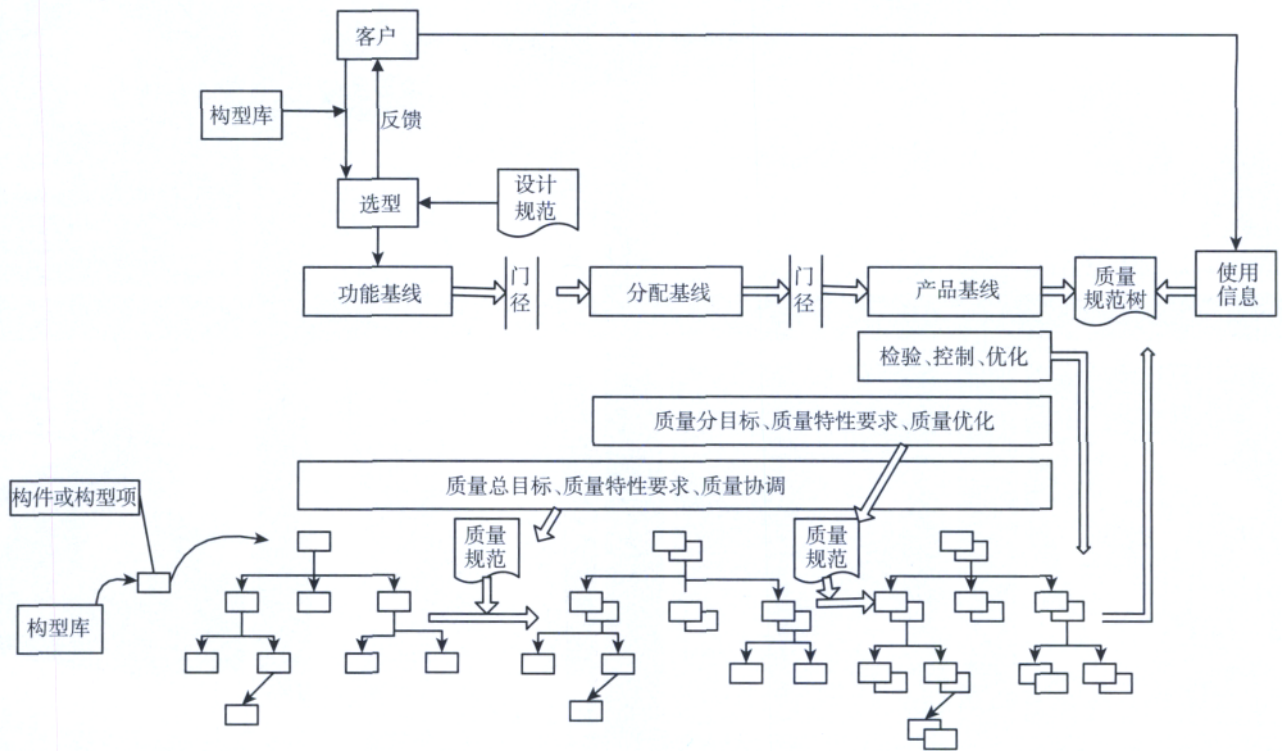


图6 军机全生命周期质量数据管理模型

Fig.6 Life cycle quality data management model of military aircraft

时进行,构型维护是对基线管理进行监督、审核。当进入功能基线时,将质量总目标、质量协调信息等加入适当节点的属性中。当进入分配基线时,将质量分目标及质量协调优化信息加入构件节点属性中。在产品基线管理时提取现场的制造,检测及返工的信息加入构型项节点,最终生成质量规范树。质量规范树还需要使用阶段客户对使用情况的记录数据加以补充完善。整个数据管理模型如图6所示。

#### 4 结束语

基于构型的单机质量管理模型的提出,有助于军机实现单一架次的单独设计、单独管理;实现对单架次整机质量指标、质量状态等的综合查询、统计、分析;实现每架次军机从一项关键机件到零件、组件、部件及整机生产装配过程的跟踪管理,以及质量状态、质量指标的动态管理。

#### 参考文献

- [1] International Organization for Standardization. ISO 9001 Quality management systems-requirements. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization,2000.
- [2] Alan Fowler. Case experience of implementing configuration management in a UK shipbuilding organization. International .urnal of

Project Management, 1996,14 (4):221-230.

[3] Cecil Bozarth, Chris McDermott. Configurations in manufacturing strategy: a review and directions for future research. Journal of Operations Management, 1998,16 (4): 427-439.

[4] 范丽华,伍剑刚,刘永红.飞机构型管理研究与应用.洪都科技,2008,1:50-54.

[5] 陶剑,范玉青.基于构型项的飞机研制建模技术.北京航空航天大学学报,2007,10:1241-1245.

[6] 杨玺,范玉青.飞机构型控制技术初探.北京航空航天大学学报,2000,3:1020-1023.

[7] Hancock L R. Enhancing operability and reliability through configuration management. Proceedings of the 2nd ASME-JSME Nuclear Engineering Joint Conference San Francisco. United States, New York, ASME,1993:707-709.

[8] Merlenbach.C. Importance of configuration management. An overview with test program sets. Proceedings of 48th Annual Forum of the American Helicopter Society. United States, Alexandria Virginia, American Helicopter Soc.1992:315-323.

[9] Smith P R, Cook R A. Configuration management. Are you operating the plant you licensed. Nuclear Plant Journal. 1991,9(7):85-86.

[10] Steven Nahmias. 生产与运作分析(第5版).北京:清华大学出版社. 2008.

[11] Garvin, D.A. Managing Quality. New York: Free Press,1988.

[12] 张和明,熊光楞.制造业的产品生命周期管理.北京:清华大学出版社. 2006.

(责编 泰山)