

面向多主体、多任务的维修保障信息建模技术^①

王广彦, 白永生

(军械工程学院 装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘 要: 针对装备使用阶段维修保障信息采集需求不确定性大、变动性强等问题, 研究了面向多主体、多任务的维修保障信息建模技术. 从维修保障数据、维修保障信息和维修保障知识等三个层面研究了维修保障信息应用的基本模式; 提出了基于模型树方法的维修保障信息采集需求确定技术, 并分析了维修保障信息的可采集特性; 针对维修保障信息的多主体和多任务特性, 提出了基于事件驱动的维修保障信息建模方法; 最后设计开发了维修保障数据仓库管理系统. 研究表明, 提出的信息建模方法具有高度的开放性和扩展性, 能够应对维修保障信息采集需求不断调整变化的现实.

关键词: 维修保障; 信息; 信息采集需求; 建模; 系统设计

Maintenance Information Modeling Technology Facing Multiagent and Multitasking

WANG Guang-Yan, BAI Yong-Sheng

(Department of Equipment Command and Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In order to resolve the uncertainty and variability of equipment maintenance information collecting requirement in the process of equipment employing, maintenance information modeling technology facing multiagent and multitasking is studied. The basic applying mode of maintenance information is studied from the sides of maintenance data, maintenance information and maintenance knowledge. Maintenance information collecting requirement ascertaining technology based on model tree is presented, as well as the the characteristic of information being gained. Aiming at the characteristic of multiagent and multitasking, maintenance information modeling method is presented based on event driving mechanism. At last the maintenance data warehouse system is designed. The research result shows that the maintenance information modeling technology being provided with favourable opening and expanding can deal with the fact of variational maintenance information collecting requirement.

Key words: maintenance; information; information collecting requirement; modeling; system designing

装备使用阶段维修保障信息是指装备在使用过程中产生的有关维修保障的数据、报告与资料的总称, 如装备状态信息、维修活动信息、故障事件信息等^[1]. 随着部队装备保障信息化建设的逐步深入, 维修保障信息的作用越来越突出, 已成为论证与设计新装备 RMS、分析与掌握装备的技术状态、优化与科学实施维修决策、设计与评估维修保障系统等重要依据^[2], 维修保障信息在推动维修保障系统由粗放型发展模式向集约型发展模式转变过程中发挥着重要作用.

但武器装备具有数量庞大、涉及专业众多、涵盖范围广泛等显著特点, 导致维修保障信息管理难度极

大, 主要表现在这样几方面: 一是信息描述方式各异, 不同类型装备所产生的维修保障信息所包括的具体要素各不相同, 如对于火炮身管其寿命单位通常为发射炮弹发数, 而对于轮胎其寿命单位通常为行驶里程数, 再如有些部件通常采用换件修理方式, 而有些部件采用原件修理方式, 这些不同类型的信息需要采用不同的描述方式; 二是信息依附主体各异, 维修保障信息不但与装备本身有关, 与相关机构和人员也存在着复杂的关联关系, 如何合理确定维修保障信息管理范围难度很大; 三是信息管理内容具有动态性, 维修保障信息的管理内容不是一成不变的, 如将某些便携式检

^① 收稿时间:2014-05-03;收到修改稿时间:2014-06-11

测仪器配发部队后,就会产生与此相对应的一些新型维修保障信息。

为有效应对维修保障信息管理过程中出现的上述问题,需要构建一种具有高度开放性和扩展性的维修保障信息建模框架。针对这一要求,本文研究了面向多主体、多任务的维修保障信息建模技术。所谓多主体,指的是信息依附的主体具有多样性,既包括装备零部件级的微观主体,也包括部队各级机构级的宏观主体;所谓多事件,指的是信息体现的形式具有多样性,既可体现在装备故障等微观事件之中,也可体现在作战单元执行作战任务等宏观事件之中。只有构建一种具有高度开放性和扩展性的信息模型框架,才能满足多主体和多任务的维修保障信息管理需求。

1 维修保障信息采集需求确定技术

当面向多主体和多任务进行信息管理时,首先应明确信息管理重点,即需要管理哪些信息,以避免信息采集不足和信息采集过剩问题的发生。本文提出了基于模型树的维修保障信息采集需求确定方法。

1.1 维修保障信息应用模式

本文将维修保障信息细化为维修保障数据、维修保障信息和维修保障知识等三个层次^[3]。其中,修保障数据是指可直接采集的、无需任何转化过程即可获得的信息,如部队记录的装备故障时间,检测仪器采集的温度、振动等信号,也可称为一次信息;维修保障信息是指能够消除一定不确定性的规律性认识,如装备故障率、维修人员利用率等信息,维修保障信息是在维修保障数据基础上依托相关模型计算分析获得的,也可称为二次信息;维修保障知识是指能够指导实际工作开展的总结性认识,如装备预防性维修间隔期、部件修理级别建议等信息,维修保障知识是针对实际的工作需求,在维修保障信息基础上依托相关模型计算分析获得的,也可称为三次信息。三者之间的关系如图 1 所示。

维修保障信息应用是一个数据转化过程,即维修保障数据→维修保障信息→维修保障知识。其中维修保障知识是维修保障信息应用的最高阶段,也是最终目的,其主要来源于数据采集和信息分析过程,是维修保障信息分析人员针对特定的工作需求,采集相应的数据,并采用相应的信息分析技术,经过深入加工而获得的^[4-6]。

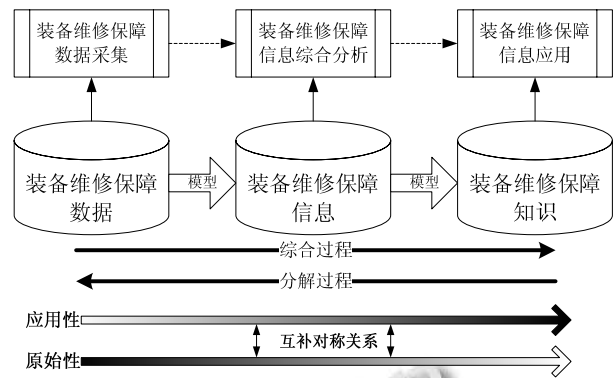


图 1 维修保障信息层次划分

但这三者的区分并不是绝对的,主要是从应用性和原始性两方面进行区分。

(1)从应用性角度来看,知识是可以直接应用的,与待解决的问题直接对应;而数据只是事物的外部表征,通常没有直接应用的价值;信息是对数据的初次加工成果,指明了解决实际问题的基本思路,但可操作性较差。在数据向知识转化过程中,应用性是逐步增强的。

(2)从原始性角度来看,知识是一种高层次决策信息,是数据综合分析的结果,可测性、直观性、可理解性较差,它是数据的高级体现形式;而数据是维修保障信息应用的起点,其准确性直接决定了整个转化过程的有效性,而数据原始性是确保转化过程有效的关键;信息是通过对数据处理加工而生成的次级产品,能够对多种维修保障信息应用领域提供支持。在数据向知识转化过程中,原始性是逐步减弱的。

维修保障信息的应用性和原始性存在一种互补关系,即应用性增强的同时,原始性相应减弱;反之亦然。其中维修保障数据是维修保障信息应用的基础,是进一步获得相关信息和知识的起点。本文重点研究维修保障数据的建模问题,若不特殊说明,本文在后面所阐述的维修保障信息指的都是维修保障数据。

1.2 基于模型树的维修保障信息采集需求确定技术

维修保障信息分析体现了一种数据转化过程,可将各个转化过程抽象为黑箱模型,输出参数是为开展应用研究而获取的相关信息,输入参数是为获取输出参数所必须的数据基础,如图 1 所示。一般而言,输入参数相对于输出参数其更加容易确定,最为理想的情况是,输入参数可以直接采集获得,不需要经历任何转化过程(模型)。针对于单一模型,这种要求很难达到,

一般需要针对难以采集的输入参数,为其再构建一个理论分析模型,此时该输入参数又转化为了下一级模型的输出参数,其又对应一定的输入参数,而此时输入参数的可采集性进一步增强,直至所有的输入参数都可直接采集.最终会形成一个关于模型和输入/输出参数相互关系的树状结构,本文将其称为“模型树”.如图 2 所示,其中可直接采集、而无需任何转化过程的输入参数即为维修保障信息采集需求.

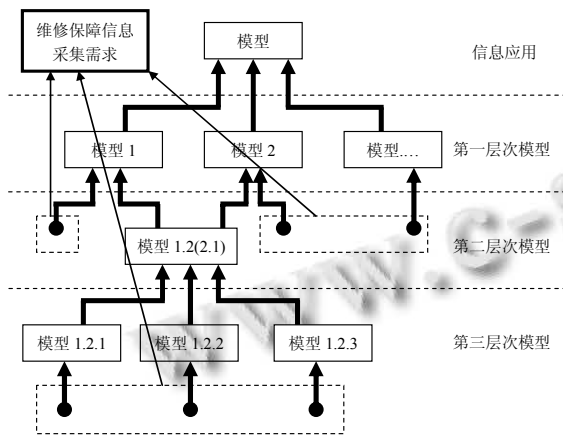


图 2 模型树基本结构示意图

模型树的基本结构包括模型和输入/输出参数.模型包括根模型、叶模型和枝模型,根模型是开展信息应用的起点模型,叶模型是结束信息分析工作的终点模型,枝模型是位于根模型和叶模型之间的中间过渡层次模型;而输入/输出参数描述了各个模型之间的数据流关系.

1.3 维修保障信息可采集性分析

所谓信息可采集性是指某参数是否能够直接采集、而不需任何转化过程的特性.针对部队装备维修保障工作实际,本文将可直接采集的维修保障信息划分为三类:

(1) 存在特定测量技术的特征量信息

如电压、电流、磨损量等信息,这些信息可通过伏特表、安培表、游标卡尺等工具直接测量获得.装备的技术状态数据一般都属于此类信息.

(2) 实体本身所固有的属性信息

主要针对实体(如装备、维修机构等)本身所固有的基本属性,其含义非常明确,可通过相关数据载体直接获得.如装备的结构组成、生产厂家、体积、功率等属性数据,可通过装备的使用说明书获得;如备件

的种类、价格、型号、生产厂家等属性数据,可通过备件的说明书获得;如保障机构的编制、人数、工种、设备等属性数据,可通过部队的编制资料获得.这些属性信息通常具有较强的稳定性,在较长时间内一般不会发生变动.

(3) 工艺流程性的描述型信息

主要针对各类业务流程,如装备的年度维修计划、器材申领流程、装备维修工艺流程等.这类描述型信息主要表现为文字或图形形式,通常来说规范性较差,不便于计算机描述和信息提取.但由于对某一事务描述较为完整,因此信息量也较大.

若某特征量不存在相应的测量仪器,或不存在相应的数据源,则该特征量不属于本文所界定的维修保障信息采集范畴.某特征量是否可直接采集具有相对性,其与测量技术的发展和数据采集制度的完善关系密切,随着全新测量仪器的出现和数据采集工作环节的完善,原来的非可采集特征量就有可能变为可采集信息,使原来复杂的信息分析工作简化为普通的测量环节或数据读取环节.信息是否可采集与数据精度要求是密切相关的,当对某特征量的测量精度要求超过测量仪器本身的精度时,或测量范围要求超过测量仪器本身的测量范围时,该特征量就转化为了非可直接采集信息.本文提出“可采集度”这一概念用于衡量某特征量是否可直接采集.

引入“可采集度”概念 $M(M=0,1)$,当 $M=0$ 时,表明该特征量不可采集;当 $M=1$ 时,表明该特征量可采集. M 的描述形式如下:

$$M^I(p,r) = \begin{cases} 1, & p \in (m_{\min}, m_{\max}) \text{ and } r \in (r_{\min}, r_{\max}) \\ 0, & p \notin (m_{\min}, m_{\max}) \text{ or } r \notin (r_{\min}, r_{\max}) \end{cases}$$

在上式中, I 表示某特征量, p 表示仪器的测量精度要求, r 表示仪器的测量范围要求.随着测量技术的逐步发展, I 所包括的特征量范围越来越宽, p 的区间越来越小, r 的区间越来越大.“可采集度”指标主要服务于模型树构建工作,其要求信息分析人员根据各输入参数的精度要求和取值范围,并结合当前数据采集技术发展水平,做出该输入参数能否采集的判断.若可采集度为 1,表明该输入参数可采集,模型树停止生长;若可采集度为 0,表明该输入参数不可采集,模型树需继续生长,直至所有输入参数的可采集度为 1.

2 面向多主体、多任务的维修保障信息建模

2.1 装备使用阶段维修保障信息建模要求

针对不同的信息应用导向，需要采集不同的维修保障相关信息。而信息的应用具有很大的不确定性，面向不同的信息应用场合以及不同的信息分析技术，都会提出不同的信息采集需求。在这种信息应用背景下，难以构建一个通用的维修保障信息采集框架，用以规范具体的维修保障信息采集内容^[7]。针对该问题，本文认为应当构建一种具有高度开放性和扩展性的维修保障信息采集框架，该框架无需对具体的维修保障信息采集内容作出规范，只需对维修保障信息的建模方式作出规范即可，以便应对维修保障信息采集内容不断变化调整的问题。

装备在使用阶段维修保障信息的变动性主要体现在两方面：

(1)信息依附的主体具有变动性

信息是实体性物质的一种表征方式，信息需要依附于特定的主体而存在。面向不同的信息分析任务，需要去采集不同主体所产生的相关信息，既包括装备零部件层面的微观信息，也包括装备层面的中观信息，还包括维修组织、装备机关等机构层面的宏观信息。面对信息依附主体的巨大差异性，决定了维修保障信息体系必然是一种跨层次的、多分辨率的复杂数据体系。

(2)信息所包括的信息要素具有变动性

信息依附主体会产生大量的维修保障信息要素，如装备故障时间、使用环境、修理方式等。针对不同的信息应用导向，在明确信息依附主体的前提下，还需要进一步明确主体所产生的具体信息要素。这样针对特定主体所产生的维修保障信息要素也具有很大的变动性，分析人员需要根据当前数据采集技术现状和采集需求确定具体的采集内容。

通过上述分析，进一步说明是难以构建一个具体的、通用的维修保障信息采集内容框架的，而只能构建一个具有高度开放性和扩展性维修保障信息模型框架，以适应面向多主体和多任务的维修保障信息管理要求。

2.2 基于事件驱动的维修保障信息模型

本文提出了基于事件驱动的维修保障信息建模方法，以便构建一个具有高度开放性和扩展性维修保障信息模型框架。

首先引入 2 个基本概念：

(1)维修保障信息实体。指能够直接产生维修保障相关信息的元素。为使维修保障信息实体具有较好的可理解性，本文以部队的实际编制体制为依据构建各维修保障信息实体，如图 3 所示。

(2)维修保障信息产生事件。指能够激发维修保障信息实体产生维修保障相关信息的事件。维修保障信息实体并不是始终都在产生维修保障信息，只是在特定事件发生的情况下受到激发才能产生维修保障相关信息。维修保障信息产生事件依附于维修保障信息实体，如图 3 所示。

维修保障信息的产生机制如图 3 所示。这种信息建模方式为构建开放性的维修保障信息组织管理方式提供了理论指导。其开放性主要体现在两方面，一是维修保障信息实体易于扩展，当需要采集新的装备、人员或机构的相关信息时，只要添加相应的信息实体即可；二是维修保障信息产生事件易于扩展，当针对某一信息实体需要采集新的类型信息时，只要添加相应的事件即可。由于各个实体和事件存在较强的独立性，因此这种建模方法在很大程度上回避了描述信息之间相互关系的麻烦，各信息要素之间只存在无耦合或低耦合的关系。

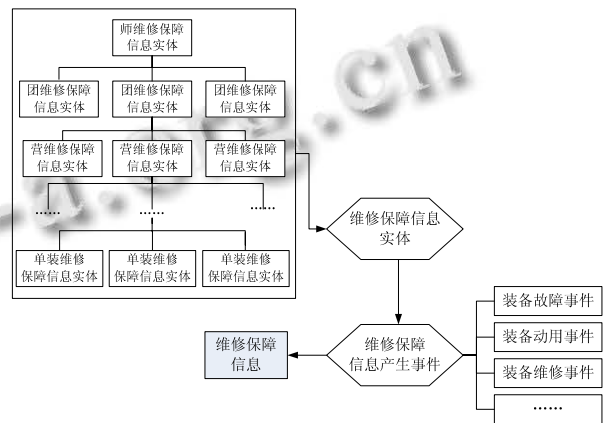


图 3 维修保障运行信息产生机制

基于事件驱动思路描述维修保障信息，这种信息组织管理方式是将信息产生事件作为信息管理的最小单元。针对某类具体事件，其描述的信息要素主要包括三部分：

(1)基本信息。主要描述信息采集人员、信息来源、信息存储介质等基本信息，这类信息对于每一种信息实体都是适用的。

(2)配置信息. 主要描述信息实体的名称、型号、生产厂家等基本特征信息, 这类信息主要针对特定类型的信息实体. 配置信息是依附于信息实体而存在的, 并且在相当长的时间内具有较好的稳定性, 对于识别不同类型的信息实体起着关键的指示作用.

(3)事件信息. 主要描述与某类事件密切相关的信息要素, 这类信息主要针对特定类型的事件. 事件信息是依附于具体事件而存在的, 变动性最强, 当某事件发生后, 必然会产生相关的信息, 事件信息对于描述信息实体的动态发展变化过程起着重要作用.

在上述三类信息中, 事件信息有可能对配置信息产生一定的影响, 但这并不是绝对的, 只有某些事件才会引起配置信息发生一定程度的变化. 如对于装备来说, 其型号、生产厂家、重要结构特征可作为配置信息, 当对其进行了改进性维修后, 其重要结构特征、生产厂家等配置信息应当进行相应的调整. 基本信息、配置信息和事件信息之间的相互关系如图 4 所示, 该图主要描述了零部件信息实体的基本结构.

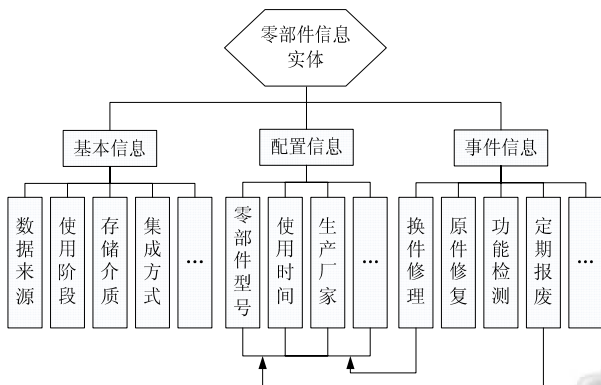


图 4 零部件信息实体描述示意图

3 面向多主体、多任务的维修保障数据仓库设计

部队在装备日常管理工作中, 会采集记录大量的相关数据. 但由于每个单位管理特点不同, 面对同一类数据记录工作, 其所记录的数据在内容和格式方面均存在差异, 并且经常调整变化, 很难采用一套固定的模版满足所有单位的数据记录实际情况, 迫切需要开发一套具有高度开放性和扩展性的维修保障数据管理系统. 本文在多主体、多任务维修保障信息建模技术指导下, 设计开发了相应的维修保障数据仓库.

3.1 系统架构设计

维修保障数据仓库采用 B/S 架构模式进行开发, 在 B/S 架构下, 一个服务器可以对应多个应用程序, 具有数据安全性高、数据一致性强、溯源性好等显著特点^[8]. 基本结构如图 5 所示. 在 B/S 架构下, 相关信息采集人员通过网站登陆的方式进入维修保障数据仓库系统, 并根据其数据采集任务输入相关维修保障信息.

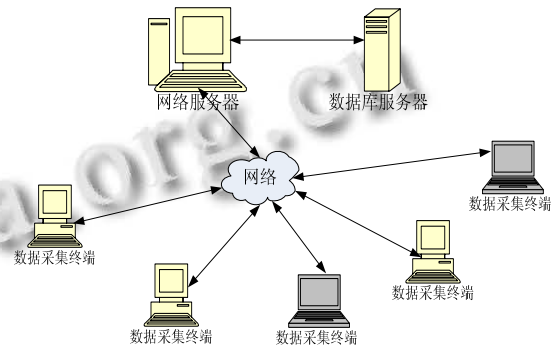


图 5 系统架构示意图

维修保障数据仓库系统在设计过程中, 必须面向全局, 考虑全局的功能需求, 因此需要容纳不同来源、不同结构、不同部门的数据. 维修保障数据仓库管理的信息要素及来源如图 6 所示.

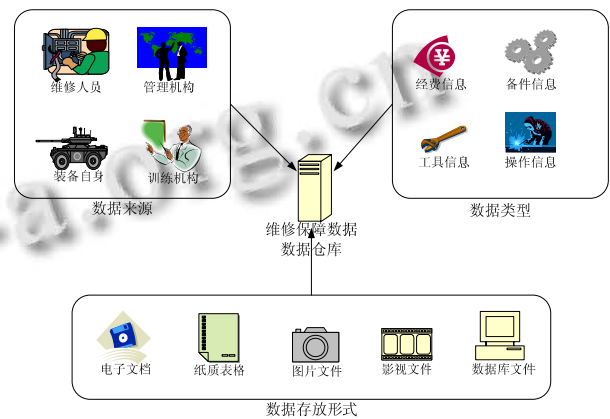


图 6 维修保障数据仓库信息要素及来源

3.2 系统功能设计

该系统包括管理信息系统的各主要功能, 本文只介绍该系统的特色功能.

(1) 信息管理功能

系统功能主界面如图 7 所示. 该系统依据本文提出的基于事件驱动数据建模方法开发, 系统主界面左

侧显示各信息实体, 右侧显示相关信息实体所发生的事件时间序列. 信息实体分为两大类, 一类是关于部队的信息实体, 另一类是补充采集力量, 即部队无法采集某类信息时, 由相关科研院所进行采集.



图 7 系统主界面

(2) 信息模版定制功能

本系统是面向多主体和多任务的, 由于在信息分析过程中, 需要根据信息分析任务和分析技术的需求, 随时扩充相关信息实体和事件, 因此本系统设计了模版定制功能, 可实现如下一些信息管理功能定制:

①信息要素定制. 可针对实体和事件, 定制基本信息、配置信息、事件信息中所要描述的各信息要素, 如增加、删除、修改某一信息项.

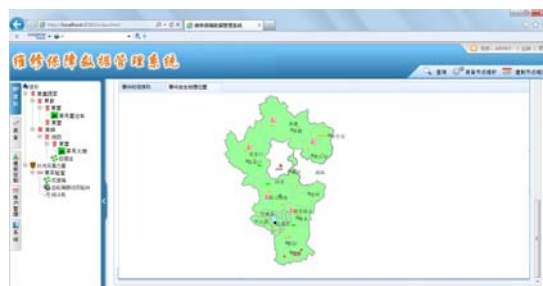
②信息实体定制. 根据信息分析任务需要, 增加、删除、修改相关信息实体.

③信息产生事件定制. 根据信息分析任务需要, 针对某信息实体增加、删除、修改相关事件.

④界面布局定制. 为了使系统界面具有较好的人机交互特性, 基于 HTML 技术设计了系统界面定制功能, 可调整各信息项的界面位置、尺寸等要素.

(3) 数据可视化功能

由于本系统存储了大量的维修保障相关数据, 为了增强数据的可理解性, 本系统设计了数据可视化功能, 可采用地理信息系统、装备三维模型、数据趋势图、图片/视频等可视化方式展示相关数据. 如图 8 所示, 其中图 8(a)采用地理信息系统展示相关事件的发生地理位置, 以描述事件的发生总体态势; 图 8(b)采用可视化技术展示装备的三维结构, 以便通过图形方式查询装备相关部件所产生的信息; 图 8(c)展示的是采集的振动加速度信号时间趋势图; 图 8(d)展示的事件场景照片和视频.



(a) 事件空间位置可视



(b) 装备三维结构可视



(c) 数据时间序列趋势可视



(d) 事件发生场景可视

图 8 数据可视化功能

4 结语

维修保障信息建模是装备维修保障信息化建设工作的基础性问题, 目前相关研究人员力图构建一个能够包罗所有信息元素的信息采集框架. 但从实际工作效果来看, 上述目的很难完全实现, 目前所制定的各种信息采集规范和所开发的信息管理系统, 都是针对特定应用目的的, 还不存在一种能够应用于任何信息分析场合的信息采集规范和信息管理系统. 本文提出

的面向多主体和多任务的维修保障信息建模方法针对上述问题提出了新的解决思路, 其将关注重点由维修保障信息内容采集规范转到了维修保障信息通用建模方法方面, 通过构建一种具有高度开放性和扩展性的维修保障信息管理框架, 以应对维修保障信息采集需求不断调整变化的现实。

参考文献

- 1 甘茂治, 康建设, 高崎. 军用装备维修工程学. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- 2 宋建社, 曹小平, 曹耀钦. 装备维修信息化工程. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- 3 钟义信. 信息科学与技术导论. 北京: 北京邮电大学出版社, 2007.
- 4 Chang CL. Application of quality function deployment launches to enhancing nursing home service quality. *Total Quality Management & Business Excellence*, 2006, 17(3): 287-302.
- 5 John JC, Liker JK, White CC. Key factors in the successful application of quality function deployment(QFD). *IEEE Trans. on Engineering Management*, 2001, 48(1): 81-95.
- 6 So YS, In SC. Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration. *Reliability Engineering and System Safety*, 2001, 72: 327-334.
- 7 Chan E, Yu KM. A concurrency control model for PDM systems. *Computers in Industry*, 2007, 58: 823-831.
- 8 沈安慰, 郭基联, 王卓建. 基于 B/S 结构的航空维修保障训练系统. *计算机应用与软件*, 2013, (2): 272-278.