

A Design Framework of Maintenance Support Information Support System for General Equipment

Meiqing Lin, Yuliang Gao, Lu Zhang

Department of Information Countermeasure, Air Force Radar Academy, Wuhan
Email: lmq8012@tom.com

Received: May 24th, 2012; revised: Jun. 19th, 2012; accepted: Jun. 27th, 2012

Abstract: According to the maintenance support problems of information technology equipment, a general design framework that is applied to all kinds of equipment is proposed. The idea of hierarchical and modularized system construction based, by using flexible system design method, and system's extendibility and operability are also sufficiently considered, we can construct a system which includes maintenance information management, electronic technical manual and fault diagnosis decision-making and so on. In result, this design framework is flexible and extensible, and can be applied to maintenance support information system design for various weapons and equipment. Finally, an example is illustrated.

Keywords: General Equipment; Maintenance Support; Information Support System; Decision Support; Design Framework

一种通用装备维修保障信息支持系统设计框架

蔺美青, 高玉良, 张 路

空军预警学院信息对抗系雷达对抗研究中心, 武汉
Email: lmq8012@tom.com

收稿日期: 2012年5月24日; 修回日期: 2012年6月19日; 录用日期: 2012年6月27日

摘 要: 针对现代信息化水平日益提升的新型装备面临维修保障难题, 提出了一种适用于各类装备的通用维修保障信息支持系统设计框架。基于层次化、模块化的建设思路, 采用柔性系统设计方法, 并充分考虑系统日后的扩展需求和可维护性和易操作性等要求, 构建的维修信息系统, 集维修信息管理、电子技术手册和故障诊断辅助决策等功能为一体, 具备很好的灵活性和扩展性, 可为各类武器装备维修保障信息支持系统设计提供有益的借鉴和参考。最后给出了一个应用实例。

关键词: 通用装备; 维修保障; 信息支持系统; 决策支持; 设计框架

1. 引言

随着军队信息化建设步伐的不断加快, 新体制信息化装备陆续装备部队, 这在提升部队信息作战能力和实力的同时, 也使得部队对新型装备的维修保障不断增加新的内容和难度^[1,2]。新型装备维修保障日益呈现出多层次、多环节和多任务等鲜明特征, 不仅包括配套工具、备件器材等硬件设施的信息维护, 也包括

装备使用和维修等装备运用信息维护, 此外, 装备本身的技术资料信息也是开展装备维修保障的重要决策依据。因此, 装备维修保障信息支持系统, 应能够融合各种各类装备维修保障数据和信息, 并提供一定的维修保障决策支持能力和对需求变化的适应能力, 以满足装备信息化转型对装备维修保障的更高要求。

目前, 国内外对武器装备维修保障信息化的研

究，主要集中于针对具体装备的交互式电子技术手册、维修保障资源优化、故障诊断专家系统等专门研究^[3-5]，对于通用武器装备的维修保障信息支持技术的研究尚不多见，仅限于对通用武器装备维修保障存在问题及相关技术等初步探讨，如军械工程学院宋彬等的研究^[2]。对于通用武器装备维修保障信息支持系统设计框架的研究，本文尚属首次。

以下从通用武器装备维修保障信息支持需求出发，进行系统总体设计和功能结构框架构建，并给出系统研制涉及的关键技术和具体应用实例，为各类新型武器装备维修保障信息支持系统设计提供借鉴和参考。

2. 总体设计思路

考虑到通用武器系统维修保障信息的多元性和复合性，系统日后的扩展需求和用户可维护性和易操作性要求，可采用数据层、管理层和决策层的分层次和模块化的建设思路，达到简化设计，提高系统可维护性和可扩展性的目的。

系统总体设计思路为：采用柔性系统设计方法，构建维修信息管理、电子技术手册和故障诊断辅助决策等功能和模块，确保对备件、工具、资料、维修等各类信息的有效集成和对维修保障和故障诊断的决策支持能力。系统总体架构如图 1 所示。

2.1. 数据层

数据层为系统输入，采集与装备维修保障相关的各种数据，主要包括如下几类数据或信息：

1) 装备组成结构、功能、战技术指标、工作原理、各分系统工作原理和结构、故障隔离和维修方法等技术信息；

2) 装备开展日常维护、参加演习演练等使用维护信息，包括使用时间、使用部队、使用地点、使用周期等信息；

3) 装备维修保障备件信息，包括各分系统设备组成，各单元或组件数量等信息；

4) 装备故障记录、检修流程、维修措施、注意事项等信息；

5) 装备维修保障所需的各种工具备信息。

针对以上信息内容，建立备件情况数据库、工具备数据库、故障排除数据库、使用维护数据和装备电子技术手册等资源库，为用户进行数据录入和维护提供操作接口，并为维修保障决策、故障诊断等提供数据支持。通过数据库的维护和更新，不断将新的装备维修保障需求纳入系统中。

2.2. 管理层

管理层主要考虑对数据的有关操作，这些操作主要服务于决策，同时也可为用户提供可视接口。由用户权限管理、电子履历管理、统计查询、维修能力分析以及保障能力评估模块组成。

其中，用户权限管理为不同类型用户，如系统维护人员、维修人员、装备培训人员等提供可视接口，提高数据的信息安全保密性能；电子履历管理为用户输出相关的使用维护、装备信息、检修流程等信息提供操作接口，可根据具体的需求定制相应的输出内容和模式，提高信息提取的便捷性；统计查询模块为各类不同信息的查询提供操作接口，可根据需要方便地进行数据类型、数量等的筛选；维修能力分析模块，能够基于装备已有的维修保障资源统计数据、及相关可用的维修保障资源，对指定故障的可修性给出一个定性的评价；保障能力评估模块，结合装备的维护保障需求和使用维修情况等信息，对装备指定时间或状态下的维修保障性给出一个定性的评价。

2.3. 决策层

决策层对应系统的输出，主要考虑装备相关子系统、单元等维修计划、保障方案、故障诊断方案三个决策支持的输出，此外为用户浏览相关资料和信息留有接口。

其中，维修计划生成模块，提供维修计划的定制

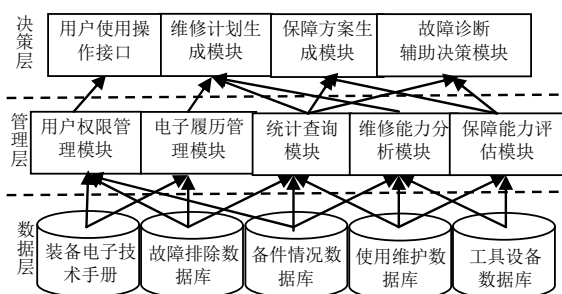


Figure 1. Structure drawing of information support system
图 1. 信息支持系统总体结构图

接口, 维修计划涉及故障名称、故障时间、选用备件、选用品具、维修人员、检修流程等信息内容; 保障方案生成模块, 提供保障方案的定制接口, 保障方案包括维护时间、保障人员、维护内容等信息; 故障诊断辅助决策模块支持装备典型故障的检修流程可视化建模, 为用户开展相关故障诊断提供诊断知识获取和故障树生成接口, 为开展设备故障诊断提供信息和决策支持。

3. 基本功能结构

3.1. 功能组成

针对以上三个层次的装备维修保障信息维护和决策支持需求, 系统应能够为装备维修保障和装备技术培训等提供资料、数据和工具支持支持, 具体功能目标包括: 装备技术信息录入和维护、装备维修保障资源信息录入和维护、装备维修信息录入和维护、装备维护保障履历信息输出、装备维护保障方案定制、故障维修计划按需定制, 故障诊断流程生成和诊断知识获取等。

为了简化设计, 提高系统再开发能力和通用性, 可采用至底向上的设计思路, 在各分系统和模块的设计的基础上, 进行系统集成和接口联调, 达到化繁为简, 各个突破的目的。系统可由备件器材管理、工具设备管理、维修决策支持等 9 个子系统或模块组成, 其中, 4 个属管理信息系统类, 3 个属决策支持系统类, 其他属工作流程管理类, 如图 2 所示。

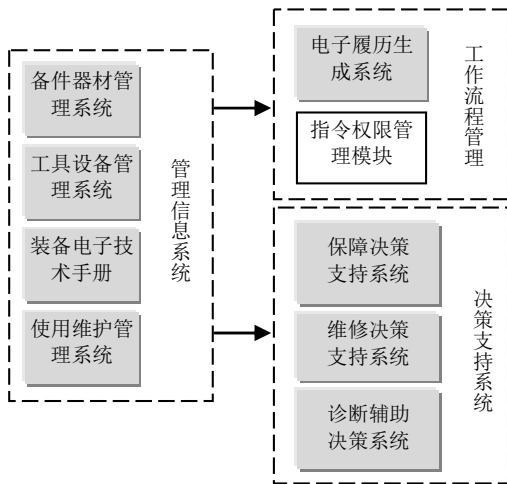


Figure 2. Structure drawing of function and composition
图 2. 功能组成结构图

3.2. 单元模块设计

1) 备件器材管理系统

该系统针对装备维修的备件器材数据维护需求, 用于实现装备维修保障备件信息的维护、更新和查询, 为保障决策支持系统和维修决策支持系统提供数据源, 并为电子履历生成系统提供数据项和数据源。

该系统主要包括备件器材目录管理、器材查询、器材信息维护等功能模块。其中, 备件器材目录管理模块, 实现对装备相关子系统对应的产品型号和配套产品信息的树状表现; 器材查询模块, 基于备件信息数据表如 Spares, 实现对备件相关信息查询, 为用户了解装备备件情况提供操作接口; 器材信息维护模块, 基于备件信息数据表, 如 Spares, 实现对备件信息的维护更新, 包括添加数据项、修改和删除备件信息等。

2) 工具设备管理系统

该系统针对装备维修的工具设备数据维护需求, 用于实现装备维修保障工具信息的维护、更新和查询, 为保障决策支持系统和维修决策支持系统提供数据源, 并为电子履历生成系统提供数据项和数据源。

系统主要包括装备维修保障的相关工具设备目录管理、工具设备信息查询、工具设备信息维护等功能模块。其中, 工具设备目录管理模块, 实现对装备各子系统或模块的工具设备名称、数量信息等的树状表现; 工具设备信息查询模块, 基于工具设备信息数据表, 如 Devices, 实现对工具设备相关信息的查询, 为用户了解装备工具设备情况提供操作接口; 工具设备信息维护模块, 基于工具设备信息数据表, 实现对工具设备信息的维护更新, 包括添加数据项、修改和删除工具设备信息等。

3) 装备电子技术手册

该系统基于研制单位提交给部队的技术资料数据, 构建便于维护、更新和查询的装备技术信息系统, 为维修决策支持系统进行装备状态诊断、预测、排故等提供数据源, 并为电子履历生成系统提供数据项和数据源。其功能结构如图 3 所示。

该系统由装备信息显示和维护、故障卡片信息显示和维护、标准参数信息显示与维护及检修流程信息显示与维护 4 个模块组成。系统集成装备信息和典型故障维修信息, 构建可灵活维护更新的装备信息数据

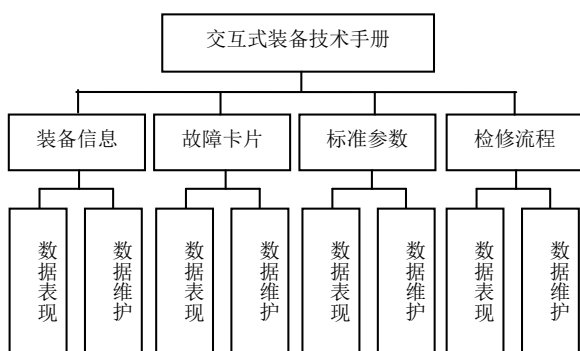


Figure 3. Structure drawing of equipment technical manual
图 3. 装备技术手册功能结构框图

库、标准参数数据库、故障卡片数据库和检修流程数据库，形成装备维修和诊断电子词典，可为装备故障诊断和维修提供数据和技术资料。

4) 使用维护管理系统

该系统针对装备使用、维修等使用维护记录，构建便于维护、更新和查询的装备使用维护信息系统，为维修决策支持系统提供数据支持，并为电子履历生成系统提供数据项和数据源。

系统主要包括装备维护保障相关工具设备资源管理、使用维护信息查询、使用维护信息维护等功能模块。工具设备资源表现模块，基于备件器材数据 Spares 和工具设备数据库 Devices，列出对应任务设备可用的备件器材和工具设备资源；使用维护信息查询模块，基于使用时间数据库，如 UseTime，为用户查询装备使用维护记录提供操作接口；使用维护信息维护模块，基于使用时间数据库和故障信息数据库，如 Troubles，为用户录入使用和维修等信息提供操作接口。

5) 电子履历生成系统

该系统基于工具设备数据库、备件器材数据库、技术资料库和使用维护数据库，为用户创建履历、录入履历、修改履历等提供接口，构建实用的电子履历模板库和模型库。

装备履历信息包括技术资料履历项、工具设备履历项、备件器材履历项和使用维护履历项组成，因而该系统包括技术资料履历生成、工具设备履历生成、备件器材履历生成、使用维护履历生成、电子履历输出等 7 个主要的功能模块，分别为用户选择各种各类数据项和数据内容提供操作接口，并提供履历数据定制和输出功能。

6) 指令权限管理模块

该系统进行用户权限管理，为不同用户提供不同操作通道，以提高系统的信息安全保密性能。系统能够形成装备使用或维修指令，通过指令下发、接收、分派、参数、故障登记、故障分析及排故登记、归零自检等全过程跟踪，提高装备维修保障精细化管理水平。

7) 维修决策支持系统

该系统针对各类维修任务，结合备件器材、工具设备、使用时间、故障排除等数据，生成比较具体详实和灵活可调的装备维修计划，并支持用户对维修计划的定制和输出。系统由维修计划生成、维修能力分析、维修资源统计和故障情况分析 4 个功能模块构成，如图 4 所示。

8) 保障决策支持系统

该系统针对装备日常维护或作战训练等维修保障需求，结合备件器材、工具设备、使用维护等信息，生成切实可行、灵活可调的装备维修保障方案，并支持用户对保障方案的定制和输出。该系统主要由保障信息统计、保障资源分析、保障能力评估和保障方案生成构成，系统功能框图与流程与维修决策支持系统类似。

9) 故障诊断辅助决策系统

该系统集成装备典型故障的诊断流程信息，构建可灵活维护更新的专家诊断知识库，提供知识录入和维护接口，为装备故障诊断提供了可视化和智能化的操作和演示接口。

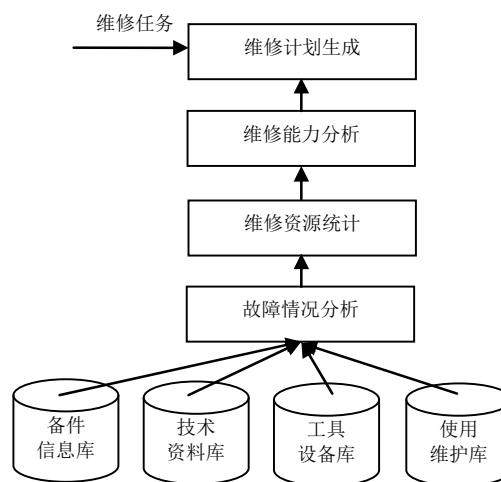


Figure 4. Structure drawing of maintenance support system
图 4. 维修决策支持子系统结构图

系统由故障诊断作业管理、故障树管理、故障诊断过程可视化、故障诊断知识维护等模块构成。故障诊断作业管理模块，用于维护装备故障诊断相关知识目录，便于用户快速导航到相应故障诊断流程窗口，进行对应的诊断知识维护操作；故障诊断树管理模块，提供故障树节点的增加、删除、名称修改等维护接口；故障诊断过程可视化模块，用于进行交互式的故障诊断过程演示，为用户提取诊断操作和流程信息提供支持。

3.3. 数据记录和存储

针对装备维修保障信息的多元化、多样化、增长快和更新快等特点，系统可采用数据库 + XML 的数据记录、存储和交换方案。

对于备件器材、工具设备等硬件器材的信息维护，采用数据库的形式进行数据记录和存储；

对于使用时间、维修记录等装备运用的“软”信息，可以数据库方式为主，数据项内容复杂的部分运用 XML 文档记录；

对于装备技术资料、故障及排除、故障诊断流程等信息，采用数据库记录方式的直观性和层次性等方面已不能满足要求，故采用 XML 文档方式记录该类数据。

4. 关键技术

概括起来，通用装备维修保障信息系统系统设计涉及如下关键技术内容：

1) 装备维修保障需求分析

现代信息化新型武器装备，结构复杂，设备量较大，其维修保障的工作量和难度都很大。需要综合装备研制单位、使用单位和维护单位各方的多种多类装备维修保障需求，进行需要描述和录入，并需要考虑需求增长和演化等问题^[2,5]。这是决定系统实用性和适用性的关键。

2) 复合多元信息管理技术

系统设计涉及技术信息、装备维护保障信息、装备故障及检修信息、装备维修备件及工具产品等信息，这些信息涉及的数据量大，增长迅速，相应的数据和信息管理过程也相对复杂^[6,7]。因此，实时高效的信息管理也是系统设计的关键之一。

3) 维修保障电子履历生成技术

该技术不仅仅是将传统纸质履历电子化，而且优化了传统纸质履历管理模式，提供电子绘制、存储、查询、统计、数据交换等，能够最大程度的减少信息重复录入、方便信息共享、加快信息查询，是提高维修保障信息的总体利用水平的必要手段。该技术也是提高系统实用性的重要方面。

4) 维修保障决策支持技术

进行装备维修保障信息的维护管理，需要构建灵活适用的维修保障决策支持功能和模型框架，支持装备维修计划、保障方案设计和生成提供需求定制、数据录入和优化分析等操作，从而为装备维修保障决策提供数字化支持手段^[5]。这也系统设计根本目的之一，因而也是系统设计的关键。

5) 交互式电子技术手册 IETM 技术

装备电子技术手册是系统设计的关键子系统之一，用于装备技术资料信息维护，并提供对维修保障决策的故障诊断的信息支持。交互式电子技术手册是目前装备维修保障领域备受关注的，维修保障信息支持系统设计的重要支撑技术和关键技术^[8]。

6) 基于故障树的故障诊断知识库技术

故障诊断是装备检修的一个基于技术专家、维修专家等的经验、知识增长过程，通过知识库的维护更新，可有效提高维修诊断的自动化和智能化水平。故障树是故障诊断领域的一种常见和广为认可的知识表现形式，可用于装备故障诊断知识库建设。这是提高系统故障诊断决策支持能力的关键。

7) 诊断流程可视化技术

诊断流程可视化是将故障诊断过程，以图形化的直观表现形式呈现给用户，使得用户对故障诊断过程和步骤一目了然，有效提高故障诊断知识的获取效率。该技术也是提高系统故障诊断决策支持能力的关键之一。

5. 应用实例

本文提出的层次化模块化的通用装备维修保障信息支持系统设计框架，已在飞机侦察任务设备和某型装备的维修保障信息支持系统的研制中得到了成功应用。如图 5 所示。

设计实现的维修保障信息支持系统，具有用户



Figure 5. Main interface of system
图 5. 系统主操作界面

权限管理、数据维护和决策支持等装备维修保障主体功能，操作简便、功能齐备，能够满足装备维修保障的基本需求，充分验证本文提出的设计思路的合理性和可行性。

6. 结论

本文针对新型装备的维修保障信息支持系统的通用化设计问题，采用层次化、模块化的设计思路，构建了灵活可控、科学适用、开放和可扩展的维修保障信息支持系统的设计和实现框架。

概括起来，该设计具有如下特点：1) 采用柔性系统设计思路，充分考虑维修保障数据和需求的增加和变化，设计层次化、模块化的系统体系架构，便于系统日后的升级改版。2) 采用图形化面向对象的设计方法和工具，开发周期短，可移植性好，便于系统接入到维修检测和保障装备中，实现维修保障数据和知识

与装备检修和保障过程无缝对接。3) 采用标准建模语言 XML 作为数据交换格式，可有效提高数据可读性和可移植性，并与数据库的数据记录方式有机结合，可有效提高系统开发效率和可维护性。4) 采用基于故障树的故障诊断知识库管理、诊断过程可视化等方法和技术，可有效提高装备维修的信息化和智能化水平。

总之，采用层次化、模块化的系统建设思路，通过自底向上、面向对象的图形化柔性系统设计，能够有效提高维修保障信息系统的实用性、通用性、扩展性和再开发能力。本文的研究能够为各类装备，特别是新型装备的维修保障信息支持系统设计提供有益的借鉴和参考。

参考文献 (References)

- [1] 阎晋屯, 钱明亮, 夏晏等. 装备维修保障信息化建设顶层设计研究[J]. 国防科技, 2008, 29(6): 1-6.
- [2] 宋彬, 于洪敏, 孔凡等. 通用武器装备维修保障信息资源管理存在问题及系统重组方法探析[J]. 装备指挥技术学院学报, 2007, 18(5): 27-30.
- [3] 柴晋飞, 严龙. 新型雷达装备维修保障研究[J]. 电子工程, 2011, 3: 53-57.
- [4] 黄建军, 杨江平, 张新生. 基于 RCM 的雷达装备维修决策支持系统研究[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(8): 2909-2912.
- [5] 张昇, 张燕军, 张永强. 装备维修保障决策支持信息需求及其组织方法[J]. 中国科技信息, 2012, 12: 117-118, 131.
- [6] 洪德军. 装备保障信息系统的设计实现[D]. 吉林大学, 2009.
- [7] 吴国富. 装备维修管理信息系统研究与开发[D]. 四川大学, 2005.
- [8] 肖娜新, 黄健, 邢璐. 交互式电子技术手册——装备维修保障新理念[J]. 通信工程, 2011, 24(12): 43-44.