

# 基于保障性分析的飞机IETM研制研究

郭森\*, 蒋海涛

中国航空综合技术研究所, 综合保障研究室, 北京 100028

**摘要:** 作为装备保障的关键要素之一, 交互式电子技术手册(IETM)向高度模块化、结构化、信息化和集成化方向发展。本文在分析S1000D标准下IETM和保障性分析过程的关联基础上, 提出了基于保障性分析的飞机装备IETM研制流程, 并给出了将LSAR数据转化为IETM技术信息的实现方法和流程, 有利于提高IETM的数据质量。

**关键词:** 交互式电子技术手册; 保障性分析; 保障性分析记录; S1000D

**中图分类号:** V19 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2014) 01-37-5

交互式电子技术手册(Interactive Electronic Technical Manual, IETM)是用于复杂武器系统或军用及商用设备诊断和维修的信息数据包。传统纸质技术资料存在成本昂贵、体积庞大、机动性差、维护更新困难、效率低下、时效性差等问题, IETM能有效克服了以上弊端, 为用户提供了交互性强、智能化高、使用方便的数字化信息。

IETM服务于装备的使用保障与维修保障领域, 所以评判IETM好坏的最终标准是用户使用和维修装备时IETM的正确性、准确性和有效性。目前, 飞机装备IETM研制时的数据来源主要是设计人员提供的技术说明书、使用维护说明书等, 而忽视了装备保障性设计过程中生成的大量保障性分析记录, 造成了技术资料正确性、有效性和全面性方面的缺失<sup>[1]</sup>。因此, 在装备IETM研制中, 如何建立基于保障性分析的军用装备IETM研制流程, 将保障性分析记录作为IETM研制的重要数据来源并准确有效转化为IETM数据, 是一个亟待解决的问题。

本文从研究保障性分析和S1000D标准下IETM的关系出发, 提出建立基于保障性分析的飞机装备IETM研制流程, 并深入研究利用保障性分析记录来创建IETM技术信息的实现方法和过程。

## 1 S1000D标准下IETM数据与保障性分析记录的关系

### 1.1 S1000D标准

S1000D是欧洲航空工业协会(AECMA)发起的采用通用

资源数据库(CSDB)来创建的通用国际标准。它采用了多项ISO国际标准和CALs以及W3C标准, 支持可扩展标记语言(XML)和计算机图元文件(CGM), 结合样式转换技术, 可以把数据输出为所需的HTML、DHTML或PDF等格式, 所创建的技术文档以中性数据格式存储。因此, 它可以跨平台、跨系统使用。

从20世纪80年代发布第一个版本以来, S1000标准先后发布了多个版本, 其中2003年5月发布2.0版将适用范围从军用飞机扩展到陆海空所有装备; 2007年7月发布3.0版, 添加了民用航空的需求; 2008年8月发布4.0版, 目前的最新版本是2012年正式发布的S1000D4.1版本。目前, S1000D已经成为适用于陆海空所有军用装备的技术出版物, 是影响最广泛的技术标准。

#### 1.1.1 数据模块

数据模块是利用文字、表格、图形、图像、动画、音频和视频等多媒体描述装备的结构、性能和操作步骤等技术信息的独立的、完整的信息单元。数据模块有以下特点:

- 1) 最小的、可重用的技术信息;
- 2) 一个标准、独立的信息单元, 如一个产品或部件的描述、程序、操作数据;
- 3) 存储在公共源数据库中(CSDB), 通过数据模块代码进行标识和检索;
- 4) 遵照标准的Schema并采用XML语言编写。

数据模块由两部分构成: 标识与状态段、内容段。见图1:

收稿日期: 2013-12-24; 录用日期: 2014-01-07

\*通讯作者. Tel.: 010-84380376 E-mail: buaags@163.com

引用格式: GUO Sen, JIANG Haitao. Research of aircraft IETM development based LSA[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(1): 37-41. 郭森, 蒋海涛. 基于保障性分析的飞机IETM研制研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(1): 37-41.

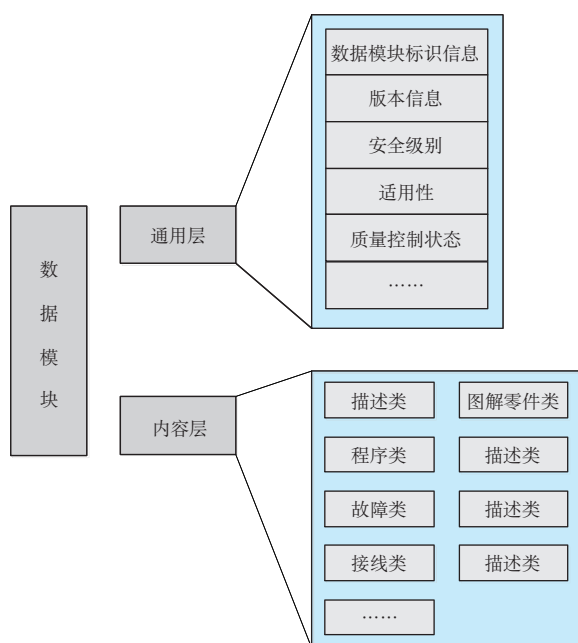


图1 数据模块组成图

Fig.1 Composition diagram of data module

标识与状态段包含了数据模块的元数据信息,即数据模块的标识信息(如数据模块代码、标题、版本号、发行日期、所用语言等)和状态信息(如安全级别、责任单位和编制单位、适用性信息、质量控制状态、技能等级、更改原因等)。这而数据可用于CSDB中数据模块的管理、适用性的适用管理、质量控制过程管理、检索功能的控制与管理、信息集或子集的自动编辑、用户访问CSDB时的通用信息等。在向最终用户提交技术信息时,这部分内容并不显示,也就是说,对于用户这是不透明的。

内容段包含了要显示给用户的文本信息,是文档内容的主体。在S1000 4.0中共有17中数据模块类型,其中常用的有8种:描述类、程序类、故障类、接线类、图解零件类、操作类、维护计划类、过程类。在向最终用户提交技术信息时,这部分内容显示给用户并供其使用<sup>[2]</sup>。

### 1.1.2 公共源数据库

公共源数据库是对IETM的所有信息(包含文本和非文本信息)进行保存和管理的工具,存储在公共源数据库中的信息对象主要有数据模块、图片、多媒体、发布模块、数据模块需求列表以及一些非结构化数据等。

## 1.2 保障性分析及保障性分析记录

### 1.2.1 保障性分析

保障性是装备的设计特性和计划的保障资源能满足平时战备和战时使用要求的能力。保障性分析(LSA)是在装备的全寿命周期中用于评价装备的保障性能反馈设计,同时用于获得

装备综合保障的信息和数据<sup>[3]</sup>。

典型的保障性分析方法主要有故障模式影响及危害性分析(Failure Mode Effects and Criticality Analysis, FMECA)、以可靠性为中心的维修分析(Reliability Centered Maintenance Analysis, RCMA)、使用与维修任务分析(Operation and Maintenance Tasks Analysis, OMTA)、修理级别分析(Level Of Repair Analysis, LORA)等。装备研制中保障性分析典型流程见图2。

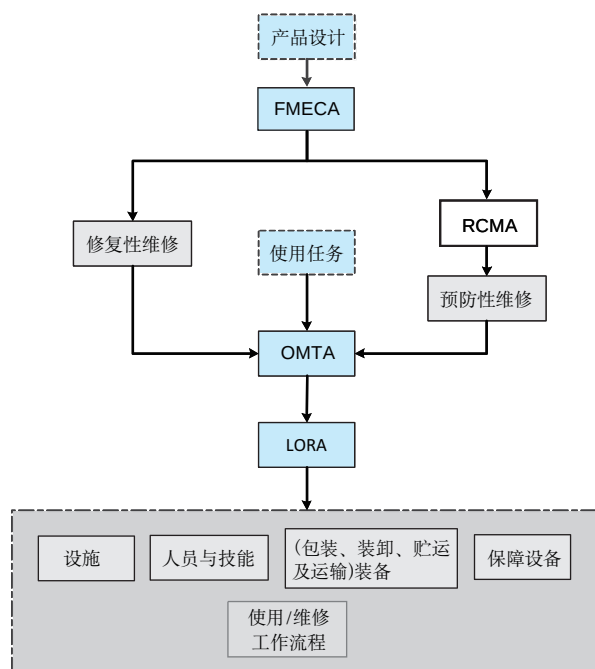


图2 保障性分析典型流程

Fig.2 Typical process of LSA

通过对装备进行FMECA分析,可以得到装备的维修任务(修复性维修任务和预防性维修任务);通过对使用任务、维修任务进行OMTA和LORA,可以得到装备的使用/维修工作流程及保障装备所需的设施、保障设备、人员与技能、包装储运等综合保障信息。

### 1.2.2 保障性分析记录

保障性分析记录是对保障性分析过程中产生的大量数据,按照一定的格式加以记录并处理后的保障性分析信息。我国于1999年参考美军标MIL-1388-2B并结合我国军用装备特点,制订了GJB3837《装备保障性分析记录》<sup>[4]</sup>。保障性分析记录中主要包括以下信息:

- 1) 装备系统的使用与维修信息。
- 2) 装备系统的可用性、可靠性、维修性、故障模式影响分析信息。
- 3) 装备系统使用与维修工作清单、使用与维修工作任

务分析、人员与保障要求信息,还包括每一项可修项目的使用与维修工作任务,以及完成每项使用与维修工作任务所需的训练、人员、保障设备和供应保障要求等。

- 4) 保障设备与训练器材要求信息。
- 5) 受试件的要求与说明信息。
- 6) 设施要求信息。
- 7) 人员数量和专业技能要求信息。
- 8) 包装和供应要求信息。
- 9) 运输性工程分析信息。

### 1.3 基于保障性分析的军用装备IETM研制流程

保障性分析结果包含了IETM研制所需的大量信息(使用维修任务信息、人员、保障设备、包装储运等信息),可以作为生成S1000D中的维修程序、维修计划适用性交叉引用列表和条件交叉引用列表数据模块的有效输入。

因此需要在型号研制中考虑IETM的数据需求,将保障性分析过程与IETM研制流程的有效结合起来,并在全寿命周期进行管理,建议基于保障性分析结果的军用装备IETM研制流程(见图3),防止LSA分析与IETM研制各自进行,同时在进行IETM数据验证时参考LSAR的结果,避免出现“两张皮”、数据不一致的结果,保证IETM数据的有效性,提高IETM数据的质量。

## 2 保障性分析记录转化为IETM数据DDN包

仅仅建立基于保障性分析的军用装备 IETM 研制流程还是不够的,这是因为复杂装备的保障性分析记录数据非常庞大,少则数千,多则上万条记录,通过手工处理这些数据显然不可能,必须采用自动处理的方法将保障分析记录数据转换到 IETM 的数据库中。

### 2.1 LSAR数据到IETM数据的转化

LSAR数据采用关系模式进行管理,而S1000D标准中的IETM数据模块采用XML模式进行存储和交换。因此,LSAR数据与

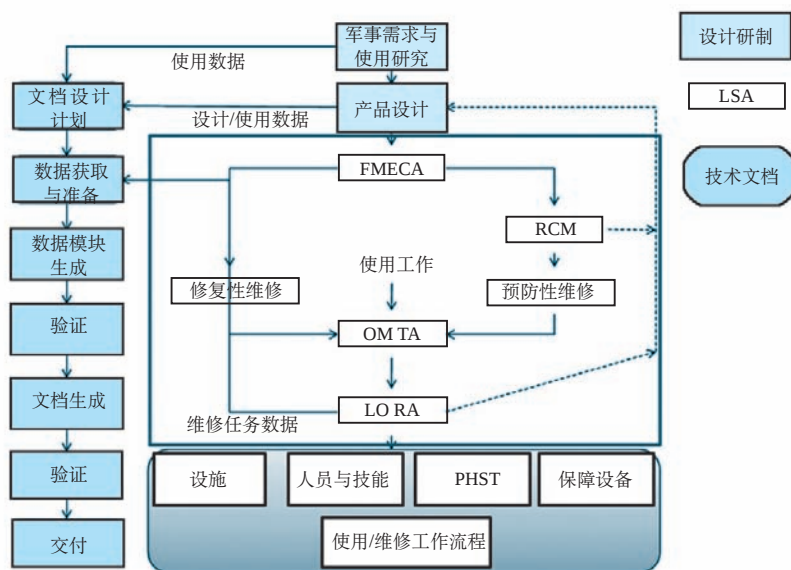


图3 基于保障性分析的军用装备IETM研制流程

Fig.3 The development process of military equipment IETM based LSA

IETM数据的转换可以看作是关系数据到XML模式的转换。

LSAR关系数据和XML文档的转换是建立在双方模式一致的基础上,也就是说XML文档的模式和LSAR数据库系统中的模式基本上是完全对应的,如果没有这样的对应甚至要在数据库或者文档中创建这样对应的模式。

实现关系数据到XML数据的数据转化,关键是建立映射模型。该方法映射流程分为两个步骤:首先LSAR关系数据模式映射为对象模式,再次把对象模式再映射为XML模式。

关系模式数据到XML模式的算法如下:

- 1) 为每一个表创建一种元素类型;
- 2) 对表中的每个主键字段,在元素类型上增加一个属性;
- 3) 对表中的每个数据(非主键及外键)字段,在内容模型上增加一个PCDATA型的子元素;
- 4) 对于每个引用该主键的表格,在内容模型上增加一个子元素,继续递归处理表格;
- 5) 对于每个外键,在内容模型上增加一个外来键表子元素,继续递归处理外来键表格。

在算法中,将每个表的主键,无论是单个属性或是一个属性集,都作为所属表元素的属性存在。如果一个表的主键的属性集与另一个表的属性集有交集,则将两个属性集得交集只作为一个表元素的属性,另一个表则作为这个表元素的子元素存在,且此表示素的属性集为属性交集的补集。数据库中的两个表在树结构中只有三种关系:直接嵌套、间接嵌套和无嵌套关系<sup>[5]</sup>。

## 2.2 IETM数据自动生成IETM DDN数据包

由于S1000D标准中规定数据交换采用基于数据分发包(Data Dispatch Notes)来进行,因此由LSAR转化来的IETM数据必须自动打包成DDN数据包,才能导

入IETM平台。DDN采用了基于文件的交换,DDN文件列表的Schema如下:

```
<deliveryListItem>
  <dispatchFileName>
    DMC-1B-A-31-16-00-00A-040A-A_003-00_
SX-US.XML
  </dispatchFileName>
  <entityControlNumber>
    1B-A-31-16-00-00A-040AA_SX-US
  </entityControlNumber>
</deliveryListItem>
<deliveryListItem>
  <dispatchFileName>
    PMC-1B-D9460-00001-00_002-00_EN-US.XML
  </dispatchFileName>
  <entityControlNumber>
    1B-D9460-00001-00_ENUS
  </entityControlNumber>
</deliveryListItem>
<deliveryListItem>
  <dispatchFileName>
    ICN-A1-A-532510-D-F6117-00001-A-001-01.CGM
  </dispatchFileName>
  <entityControlNumber>A1-A-532510-D-F6117-
00001-A-01-1
  </entityControlNumber>
</deliveryListItem>
<deliveryListItem>
  <dispatchFileName>
    COM-AJ-I9034-2006-00365-R_SXUS.XML
  </dispatchFileName>
  <entityControlNumber>
    AJ-I9034-2006-00365-R_SXUS
  </entityControlNumber>
</deliveryListItem>
<deliveryListItem>
  <dispatchFileName>
    ICN-S1000D-A-005004-0-E8010-00001-A-001-01.AVI
  </dispatchFileName>
  <entityControlNumber>
```

S1000D-A-005004-0-E8010-00001-A-01-1

</entityControlNumber>

</deliveryListItem>

DDN文档里标识了当前数据交换包中所有的数据模块(XML文档),以及数据模块中用到技术插图(\*.CGM或\*.JPG等)和多媒体文件(\*.avi等)

在将LSAR数据转换为所需的IETM数据后,需要按照S1000D DDN的规则导入至IETM系统中。针对大型军用复杂装备,需要导入IETM系统的数据模块(XML数据)可能成千上万。因此,需要创建一种方法,将基于LSAR数据转换来的IETM数据自动生成符合S1000D要求的DDN包。由数据模块(IETM数据)自动生成DDN包的逻辑原理图见图4:

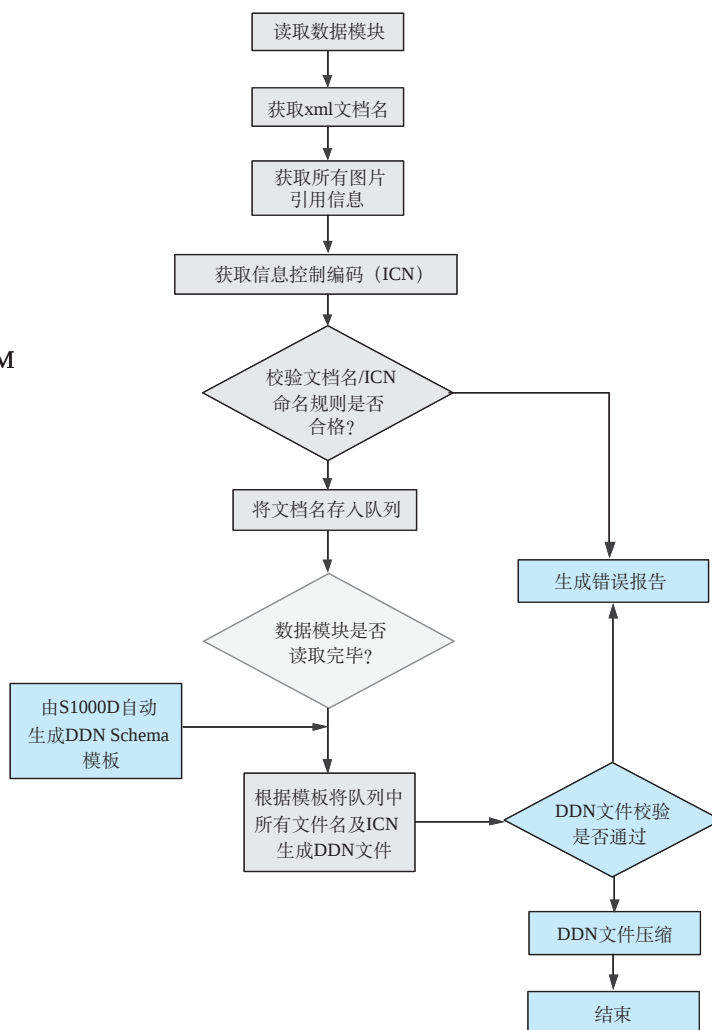


图4 IETM数据自动生成DDN包的逻辑原理图

Fig.4 Logic diagram of DDN package generated automatically by IETM data

自动生成DDN包的逻辑决断原理如下:

通过上述两个步骤,就可以将LSAR数据转化为IETM数据,并根据编制IETM的需求将数据自动打包生成符合S1000D交换要求的DDN包,导入IETM系统,实现了LSAR数据到IETM数据的转化。

### 3 结论

基于保障性分析数据生成S1000D标准下IETM技术信息是实现装备综合保障信息系统综合集成和装备信息化建设的关键。本文对建立通过对保障性分析和IETM之间的关系进行分析,提出了基于保障性分析的军用装备IETM研制流程,同时深入研究了由保障性分析记录到IETM数据转换并生成DDN包的流程,有利于保证保障性分析数据与IETM数据的同源,提高IETM数据的正确性、准确性和有效性,进而推动装备信息化保障建设的步伐。

AST

### 参考文献

- [1] 徐宗昌,胡梁勇,安钊.基于S1000D规范的LSAR数据的IETM转化研究[C].2008全国制造业信息化标准化论坛论文集,2008. XU Zongchang, HU Liangyong, AN Zhao. IETM translational research of LSAR data based S1000D specification [C]. Proceedings of 2008' National Manufacturing Information and Standardization Forum, 2008. (in Chinese)
- [2] ASD/AIAS1000D. International specification for technical publications utilizing a common source database. Issue 4.0.1 [M]. ASD-AIA, 2009.
- [3] 中国人民解放军总装备部. GJB3872-99: 装备综合保障通用要求[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部, 1999. General Armament Department of People's Liberation Army of China. GJB3872-99: General requirements of ILS for equipment[S]. Beijing: General Armament Department of People's Liberation Army of China, 1999. (in Chinese)
- [4] 中国人民解放军总装备部. GJB3837-99: 装备保障性分析记录[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部, 1999. General Armament Department of People's Liberation Army of China. GJB3837-99: LSAR for equipment[S]. Beijing: General Armament Department of People's Liberation Army of China, 1999. (in Chinese)
- [5] 叶海生. 利用保障性分析记录创建IETM的关键技术研究[D]. 广东: 广东工业大学, 2011. YE Haisheng. Research of key technologies for creating IETM Using LSAR[D]. Guangdong: Guangdong University of Technology, 2011. (in Chinese)

### 作者简介

郭森(1984—), 男, 硕士, 助理工程师。主要研究方向: IETM 技术与开发。

Tel: 010-84380376 E-mail: buaags@163.com

蒋海涛(1985—), 男, 硕士, 助理工程师。主要研究方向: IETM 技术与开发。

Tel: 010-84380930 E-mail: jhtbest@163.com

## Research of Aircraft IETM Development Based LSA

GUO Sen\*, JIANG Haitao

Department of ILS Research China Aviation Composite Technology Research Institute, Beijing 100028, China

**Abstract:** As one of the key elements of support equipment, interactive electronic technical manual (IETM) has been the realization of a highly modular, structured, information and integration. Under the S1000D standard, an aircraft IETM development process based LSA was put forward, and the realization method and process to change LSAR data into IETM technology information is given. It is effectively to improve the data quality of IETM.

**Key Words:** IETM; LSA; LSAR; S1000D

Received: 2013-12-24; Accepted: 2014-01-07

\* Corresponding author. Tel.: 010-84380376 E-mail: buaags@163.com