

doi: 10.7690/bgzdh.2016.07.016

基于 GJB6600 的风洞 IETM 系统

顾 艺, 廖亚军, 车兵辉, 宋书华

(中国空气动力研究与发展中心低速所, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为提高风洞装备的保障能力和战备完好性, 提出基于 GJB6600 的风洞交互式电子技术手册 (interactive electronic technique manual, IETM) 系统设计。介绍 IETM 技术的发展现状, 结合风洞装备特点及其管理保障的信息化、智能化需求, 对分散的各类装备的技术资料、手册实现电子化通用格式转化和数据库集中存储管理, 基于故障库及人机对话进行智能诊断, 利用多种媒体开展操作过程指导。结果表明: 该设计可为实现风洞各系统信息资料集中管控、共享互通, 提高风洞装备故障诊断的智能化水平和维修效率, 为提高风洞运行保障能力提供先进可靠的技术途径。

关键词: 风洞; IETM; GJB6600; 故障诊断

中图分类号: TP317.1 **文献标志码:** A

IETM System of Wind Tunnel Based on GJB6600

Gu Yi, Liao Yajun, Che Binghui, Song Shuhua

(Low Speed Institute, China Aerodynamics Research & Development Center, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to enhance the supporting abilities and the operational readiness of the equipments in wind tunnel, the paper presents a design project of interactive electronic technique manual (IETM) system for wind tunnel based on GJB6600. It introduces the development status of IETM technology. Combined with the characteristic of the equipments in wind tunnel and the informatization, intelligentize requirements of the equipments' management and support, it realizes electronic generic format conversion and database centralized storage management for scattering material and manuals of kinds of equipments. The IETM system implements equipments self diagnosis based on fault libraries and man-machine dialogue, and guidance of operational procedures by multimedia. The results show that this design provides an advanced and reliable technology method which helps implementing the centralized management, control and share of the information of each systems in wind tunnel, increasing the intelligentize level and maintenance efficiency of the equipments fault diagnosis, and enhancing the working and supporting abilities of the wind tunnel.

Keywords: wind tunnel; IETM; GJB6600; fault diagnosis

0 引言

对于一个风洞系统, 不论是风洞洞体本身, 还是其所属的各类机械、测控、电气等装备和设备, 在设计、生产、操作、维护和维修的过程中, 会产生、传递和使用大量的技术信息数据, 包括工程图纸、设计说明书、操作使用手册、维护保养手册和故障维修手册等。这些技术资料和技术手册是风洞系统的重要组成部分, 是支持使用操作和维护维修的重要工具和资源。传统的方法是使用纸介质来存储这些技术资料, 存在体积及质量大、保管不便、查找困难和更新不及时等缺点和问题, 即使部分技术资料 and 手册实现了数字化, 但在数据格式上不能互相兼容, 将导致频繁的数据格式转换, 同时资料数据之间接口封闭、无法融合; 因此, 技术资料数据的利用和共享效率很低, 对于装备设备在操作使用和维护维修方面的支持和保障的贡献明显不足,

降低了装备的保障能力和战备完好性。

交互式电子技术手册 (interactive electronic technique manual, IETM) 出现于 20 世纪 90 年代初, 是一个用于产品和装备诊断、维修、维护的数据集成信息包, 将专家系统、多媒体信息表示、数据库管理和电子出版等多种技术结合在一起, 将预防性维护和诊断维修能力结合在一起, 以电磁介质 (光盘、便携机、移动设备) 将大量的操作使用说明、维修过程指导、技术图纸资料和元器件替换以及备件存储等信息精炼组织, 存储在智能化的“数字”技术手册内, 并可嵌入到自动测试系统或产品装备中, 从而建立一个无纸化、人机和谐的交互式信息化维修测试环境。目前, IETM 已成为美国等许多发达国家所推行的持续采办与寿命周期保障 (CALC) 战略的重要组成部分, 也是装备保障信息化技术研究和应用的热点之一^[1]。近 10 年来, 国内众多高校、科研院所、科技公司在该领域进行了大量的研究与

收稿日期: 2016-04-02; 修回日期: 2016-05-18

作者简介: 顾 艺(1975—), 女, 江西人, 大学本科, 高级工程师, 从事风洞试验测控技术研究。

实践, 将 IETM 技术应用于舰船、飞机、航天测控装备和装甲装备等武器装备, 有效提高了装备故障

诊断的智能化水平和维修效率, 切实提高了装备的保障能力^[2-5]。

表 1 IETM 级别分类及特征

IETM 分级	IETM 类型	IETM 特征	数据格式	数据模块	信息结构			实现功能
1	ETM 电子技术手册	电子索引页面图像	电子图像数据	文件各页为一个模块	线性结构	线性结构	面向文件信息结构	有限使用热点链接
2		电子滚动式文件	ASCII 文本+图像数据	整个文件为一个模块				图片、链接与交叉引用
3	IETM 交互式电子技术手册	线性结构	ASCII 文本+多媒体数据	各信息单元为一个模块	数据库结构	非线性结构	面向对象信息结构	对话式交互、前后回溯
4		层次数据库						交互式维修辅助
5		综合数据库						专家系统人工智能

笔者从 IETM 发展现状和风洞装备管理保障信息化和智能化需求出发, 提出了基于 GJB6600 标准体系研制开发风洞装备 4 级 IETM 系统的建设方案, 为提高风洞装备故障诊断智能化水平和维修效率、提高风洞运行保障能力、实现装备全寿命信息化管理提供了先进可靠的技术途径。

1 背景综述

1.1 IETM 发展现状

1.1.1 IETM 级别分类

按照 IETM 内容存储的体系结构、数据格式、显示方式和实现功能, 国际上通常将 IETM 分为 5 级^[6], 各级的主要特征如表 1 所示。从表中可以看到, 1、2 级仅实现了技术资料信息的电子化, 3 级以上开始明确必须具有交互功能; 4 级以上提出了采用数据库形式的信息存储方式、多媒体形式的信息展示方式、面向对象的信息结构以及维修辅助等内容; 最先进的 5 级, 引入了专家系统和人工智能, 使装备成为一个能综合运用环境数据、实现故障的自主诊断和处理、实现自我管理的高度集成的智能化、信息化系统。按照目前的发展进程, 4、5 级已成为主流形式。

1.1.2 IETM 标准体系

在实施 IETM 开发时, 首先必须明确所依据的标准, 从而确定信息的格式、种类和展现方式, 使得基于同一标准开发的 IETM 系统可以互通、互联、互操作, 实现资源共享最大化。国外标准主要指美军标 MIL-PRF-87268A/87269A、MIL-HDBK-511 和欧标 S1000D, 相对于结构较为松散的美军标, 欧标具有信息易于共享集成、面向使用者个性化需求和可稳步持续发展等优势^[7]。在广泛深入研究国外标准的基础上, 我国也于近年制定出台了 IETM 标准, 主要指总装出台的 GJB6600 和海军装备部制定的 HJB506.5—2011, 后者规定了舰船类武器装备

IETM 通用技术要求, 相较之下, GJB6600 具有更广泛的适用性。GJB6600 共分 4 个部分^[8], 分别是:

1) GJB6600.1—2008 第 1 部分, 总则, 描述了 IETM 的功能、内容、样式、数据格式和管理信息等要求, 是保证 IETM 通用性的基础;

2) GJB6600.2—2009 第 2 部分, 数据模块编码和信息控制编码, 规定了 IETM 的数据模块代码和信息控制代码的编码要求, 保证编码的通用性、规范性和一致性;

3) GJB6600.3—2009 第 3 部分, 模式, 规定了 IETM 数据模块模式的通用层信息和信息层信息的相关要求;

4) GJB6600.4—2009 第 4 部分, 数据字典, 规定了 IETM 数据模块通用层、信息层元素的要素、格式及关系等要求, 以规范形式给出相互关系, 建立相互关联的层次结构。

1.2 风洞 IETM 系统需求分析

1.2.1 风洞装备特点

风洞系统一般包括风洞洞体、动力系统、模型支撑系统、模型运动控制系统、测量系统及其他特殊配套设备。从装备保障的角度出发, 主要具有以下特点:

1) 典型的特装性质。

绝大部分设备并非批量化生产, 而是根据风洞特点及其试验技术指标要求专门设计研制, 如某风洞的多自由度动态试验系统, 全国仅此一套。

2) 专业涵盖面广, 技术复杂度高。

风洞装备不仅涉及机械、电子、光学、计算机及网络等多个学科领域, 而且交叉、集成度很高, 如机电一体化(甚至光机电一体化)、智能控制等。

3) 改造更新速度快。

我国空气动力事业的迅速发展, 对风洞试验能力技术提出了更高的要求, 促使风洞配套装备不断改造升级、创新研制, 如某风洞的张线支撑系统,

自 1995 年研制应用以来, 已经历 4 次改造更新, 性能得到改善提升。

4) 具有一定的危险性甚至高危性。

如强电、强磁、高温、高压、高速、易燃、易爆和有毒性化学物质等, 在试验过程或设备运行中, 还可能遭遇由变形、振动、结构干涉和过载等原因给设备带来的进行性危险。

5) 使用、维护、管理三位一体。

鉴于风洞设备的特殊性, 通常必须由指定的培训合格的技术人员来操作使用, 而这些人员同时也是该设备的维护维修者及现场管理者, 对他们提出了较高的技术能力要求。

1.2.2 IETM 需求分析

风洞装备 IETM 系统的使用者主要考虑为现场技术人员。针对使用者角色, IETM 应当提供系统介绍、操作规程、安全警告、交互式故障诊断、一般故障的处理指导、日常检查记录和使用记录等信息或功能支持; 针对维护维修角色, 应当提供维护保养规范、维修指导、维护维修记录、技术资料更新和备品备件查询等信息或功能支持; 针对现场管理者角色, 应当提供技术资料的创作录入、故障库更新和全生命周期的履历记录等信息或功能支持。

根据以上需求分析, 风洞装备 IETM 系统应具备以下主要功能:

1) 创作编辑。

风洞装备的特装性质决定了其 IETM 系统的唯一性: 设备的频繁更新, 使得技术人员必须对信息资料库进行不断地修改或补充; 因此, 风洞装备的 IETM 系统设计不能按照批量化产品的“一次创作, 重复使用”的模式, 而是“搭建平台, 不断更新”的模式。

2) 浏览显示。

系统提供文本、图形、表格、对话框和音/视频等多种基本元素的显示或播放; 提供导航、注释、链接和搜索等功能; 提供安全、开放、灵活的系统设置。

3) 操作指导。

系统涵盖装备的《操作手册》、《维护保养手册》、《维修手册》所包含的涉及到对装备在正常使用、维护保养和维修排故等情形下的操作步骤和注意事项, 必要时可提供视频或动画等多媒体形式进行展现。

4) 故障诊断。

由于风洞系统涉及学科繁杂, 基于知识建立故障诊断的专家系统将会是个庞大而复杂的工程, 而在工程实践中, 故障经验往往是故障诊断的主要信息来源; 因此, 风洞 IETM 系统的故障诊断提供按故障现象在故障库搜索和交互式对话向导 2 种方式对故障进行定位诊断, 并提供相应的应急隔离方案或处理方法, 可以满足实际需求。

5) 现场管理。

系统提供装备运行、维护、维修现场所产生的检查、记录数据的录入功能, 提供装备从启用启封到退役报废的全寿命周期履历记录功能, 提供备品备件信息的查询功能。

2 风洞 IETM 开发应用系统设计

2.1 总体思路

根据以上对风洞装备特点和 IETM 需求的分析, 风洞 IETM 系统建设等级定位为 4 级, 选择依据的标准体系为 GJB6600, 总体思路如下:

1) 严格遵照 GJB6600 标准体系中关于 IETM 的功能、内容、样式、数据格式、管理信息、代码、模式、数据和信息元素的要素、格式及关系等要求, 保证 IETM 的通用性、保证编码的通用性、规范性和一致性;

2) 严格遵照 GJB6600 制定 IETM 数据结构标准, 建立标准化的 IETM 数据组织结构。所有数据以粒状方式保存, 可以方便地进行引用和链接, 保证数据更新的一致性、复用性和开放性;

3) 基于 B/S 结构, 采用胖服务器+瘦客户端的模式, 将系统功能实现的核心部分集中到服务器上, 客户端应用统一采用浏览器模式, 一方面简化系统的开发、维护和升级工作, 同时还可实现多人协同开发;

4) 采用平板电脑(PAD)作为 IETM 在风洞现场运行的便携式移动终端, 引入二维码技术对装备进行快速识别定位, 提高终端的灵活性和智能性;

5) 按用户角色或岗位进行权限分配, 建立访问控制和日志追踪机制, 使操作具有可回溯性, 确保数据安全。

2.2 硬件组成

系统硬件组成如图 1 所示。

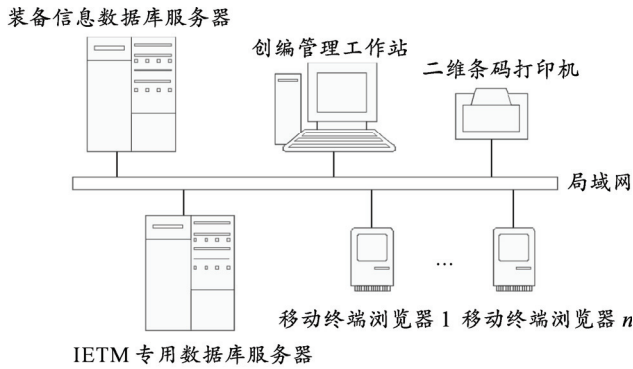


图 1 风洞 IETM 开发应用系统硬件组成

IETM 专用数据库服务器专门用于存储和管理各种设备资料信息，装备信息数据库服务器用于存储和管理装备运行维护过程中产生的信息。在此将二者分别单独设立，一方面是考虑到数据的安全性和读写效率，另一方面是由于装备信息数据库内容还涉及与其他系统(如装备工作网、办公系统)之间的数据交互。

创编管理工作站用于 IETM 的创作、编辑、管理、发布及运行，为实现多人协同开发，可设立多个工作站；移动终端浏览器用于 IETM 在风洞现场的运行，不同的操作岗位或用户角色运行不同内容版本的 IETM；二维条码打印机用于打印制作装备的二维码标签。

2.3 软件体系结构

系统软件组成如图 2 所示，自下而上分为数据层、应用层和业务层。

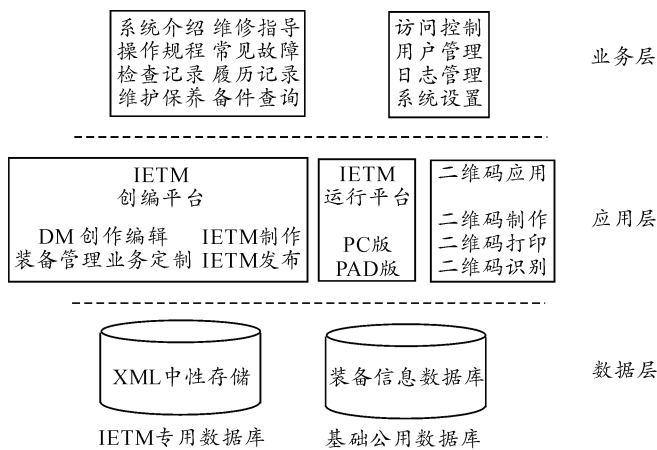


图 2 风洞 IETM 开发应用系统软件组成

2.3.1 数据层

IETM 专用数据库是以 XML 形式存储的 IETM 数据模块(data module, DM)数据库，GJB6600 定义了 8 种类型的 DM：描述类、程序类、操作类、故

障类、维修计划类、图解零件类、接线类、过程类。针对每一种类型，笔者都详细定义了其数据结构。基础公用数据库是指与其他系统共用的装备信息数据库，交互内容主要包括日常检查记录、维护维修记录、履历记录和备品备件查询等。

2.3.2 应用层

IETM 创编平台提供数据模块的编辑和技术手册的制作和发布，在打包时将装备信息数据库相关数据纳入其中，以完成设计实现的现场装备管理功能。IETM 运行平台用于对发布的 IETM 包进行解析、显示和执行，由于底层架构存在差异，运行平台与运行环境(指操作系统和数据库系统)紧密相关，具有较强的针对性。二维码应用软件用于装备的二维码制作、打印、识别，其中二维码识别部分植入运行平台，可实现装备在 IETM 系统中的准确快速定位。

2.3.3 业务层

与 IETM 手册功能相关的 8 个模块主要以文字、图形、表格和视频等形式，对风洞及各子系统的结构功能、履历指标、操作规程、维护保养规范、维修方法和备品备件等进行显示，以表格、对话等形式，对故障进行定位，对检查数据进行记录。与 IETM 系统自身管理相关的 4 个模块，主要功能是提高 IETM 系统的安全性、开放性和灵活性，通过密码登陆、锁屏与解锁、角色权限和日志追踪等访问控制策略，提高系统安全性；通过界面风格设置、目录树结构选择等，提高系统开放性、灵活性。

2.4 运作模式

系统运作模式如图 3 所示。

在 IETM 开发阶段，通过创编平台，将搜集整理后的风洞系统及各子系统的各种手册资料按 GJB6600 对各种类型的数据模块定义的结构进行 DM 的编辑录入，按 GJB6600 对模式的要求进行电子手册的制作；在 IETM 发布阶段，通过创编平台，针对不同的操作岗位，将相关的 IETM 数据库信息和装备管理信息统一打包进行发布；在 IETM 运行阶段，通过 IETM 运行平台，按模型岗、动力岗和测控岗对打包的信息源进行解析和显示，开展现场操作指导、故障诊断和检查记录等装备保障管理工作，工作结束后及时将现场记录上传至装备信息数据库作为装备的电子档案进行汇总更新。

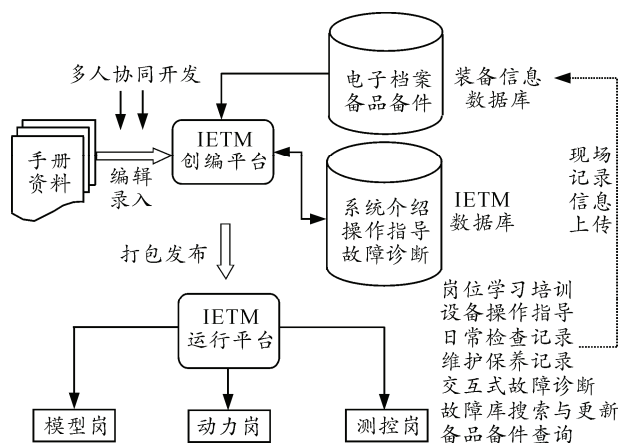


图3 风洞 IETM 系统运行模式

3 关键技术

3.1 XML 技术

可扩展标记语言 (extensible markup language, XML) 是一种元标记语言, 是标准通用标记语言 (standard generalized markup language, SGML) 的子集, 采用简单、灵活、可读的形式对不同类别的文档进行智能型开放式表达, 在某种程度上讲是一种原生态数据形式^[9]。XML 集数据重用、数据显示分离、可扩展性、语法自由性、数据结构化集成于一体, 在通用数据访问和数据共享方面具有显著优势。IETM 系统的核心和底层支持是装备的资料信息数据, 包括文本、图片、活动图像和多媒体信息等多种不同的文档形式, 采用 XML 中性形式编制存储 GJB6600 所规范的 8 种类别的 DM, 可保证技术信息在不同系统之间的高效存储和共享, 在真正意义上实现 IETM 的互通、互连、互操作性。

3.2 嵌入式移动数据库技术

嵌入式移动数据库是一种动态分布式数据库管理系统, 可以看作客户端与固定服务器节点动态连接的分布式系统。由于通常嵌入在移动设备 (如掌上电脑、PDA) 上, 需要微小内核结构、对标准 SQL 的支持、事务管理功能、完善的数据同步机制、支持多种连接协议、完备的数据库管理功能和支持多种嵌入式操作系统的特点和功能需求。嵌入式数据库构建于嵌入式操作系统之上。应用平板电脑 PAD

作为移动式浏览终端设备的 IETM 系统, 在试验现场进行装备技术资料的浏览学习和装备的操作、维护、故障诊断和维修指导等工作, 涉及到装备信息数据库和 IETM 专用数据库中有关数据信息的读写及更新, 采用嵌入式移动数据库技术为解决数据信息在移动客户端的操作提供了技术支持。

4 结束语

风洞装备引入 IETM 这一信息化、智能化保障技术, 对分散的各类装备的各种技术资料、手册实现电子化通用格式转换、数据库集中存储管理, 基于故障库及人机对话进行智能诊断, 利用多种媒体形式开展操作过程指导, 可保证装备信息资料的完好性、互通性, 提高其在装备故障诊断、维护维修过程中的指导或辅助的贡献程度, 提高故障诊断和维修的工作效率, 提高装备的运行保障能力。严格遵照 GJB6600 开发建设 IETM, 建立标准化的数据组织结构, 可保证系统的通用性和复用性, 使得装备资料数据的利用和共享实现最大化。

参考文献:

- [1] 邵红伟. IETM 在装备信息化保障中的应用研究[J]. 中国舰船研究, 2008, 3(3): 74-80.
- [2] 贺喆. 舰船电子装备综合诊断中的 IETM 设计与应用技术研究[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(4): 628-630.
- [3] 李海瑞. IETM 技术在国外新一代作战飞机预测与健康管理系统中的应用[J]. 兵工自动化, 2010, 29(2): 9-11.
- [4] 左万里. 航天测控装备交互式电子技术手册应用研究[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(3): 520-523.
- [5] 白庆本. 面向信息化维修保障的装甲装备 IETM 系统研究与思考[J]. 军民两用技术与产品, 2012(9): 56-59.
- [6] 丁凡. IETM 等级划分研究[J]. 航空标准化与质量, 2010(1): 32-36.
- [7] 唐锁夫. 交互式电子技术手册标准体系分析[J]. 中国修船, 2012, 25(5): 17-20.
- [8] 中国人民解放军总装备部. 中华人民共和国国家军用标准: GJB6600 装备交互式电子技术手册[S]. 中国: 中国人民解放军总装备部, 2008-2009.
- [9] 于春慧. XML 在 IETM 系统中的应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(9): 199-205.