

装备交互式电子技术手册技术及应用丛书

装备 IETM

的互操作性与交互性

IETM Interoperability and
Interactivity for Equipment

主 编 徐宗昌
副主编 李 博



国防工业出版社
National Defense Industry Press



装备交互式电子技术手册技术及应用丛书

装备 IETM 的互操作性 与交互性

主 编 徐宗昌
副主编 李 博



国防工业出版社

内 容 简 介

交互式电子技术手册(IETM)是一种按标准的数字格式编制,采用文字、图形、表格、音频和视频等形式,以人机交互方式提供装备基本原理、使用操作和维修等内容的技术出版物,是普遍适用于军事装备与民用装备的一项装备保障信息化新技术、新方法和新手段。

本书是“装备交互式电子技术手册技术及应用丛书”的第三分册。操作性与交互性是IETM中最具特色、最为显著的两个技术特性。本书分6章,在简述IETM互操作性和交互性概念以及发展趋势的基础上,以GB/T 24463、S1000D 4.1版等IETM技术标准为主要的解读对象,系统地论述了IETM互操作性的概念、原理、关键技术及实现模式,IETM显示交互界面和交互功能,通过IETM内部引用实现数据模块内部、数据模块之间、出版物模块的数据交互方法,基于过程数据模块的交互过程和IETM集成外部信息系统的信息交互等问题。

本书可作为军事部门与国防工业部门以及民用装备企业从事装备IETM研究、应用的工程技术人员与管理人员的参考书;也可以作为高等院校相关专业的教师、研究生、本科生的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

装备 IETM 的互操作性与交互性/徐宗昌主编. —北京:国防工业出版社,2014.4
ISBN 978-7-118-09768-9

I. ①装... II. ①徐... III. ①武器装备—电子技术 IV. ①TJ0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 219772 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 16³/₄ 字数 300 千字

2014 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 42.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

“装备交互式电子技术手册 技术及应用系列丛书” 编委会

主 任 徐宗昌

副主任 朱兴动 倪明仿 雷育生

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 正	王 铮	王强军	申 莹	朱兴动
安 钊	孙寒冰	李 勇	李 博	杨炳恒
吴秀鹏	何 平	宋建华	张 磊	张文俊
张光明	张耀辉	周 健	倪明仿	徐宗昌
高万春	黄 葵	黄书峰	曹冒君	雷 震
雷育生				

《装备 IETM 的互操作性与交互性》 编写组

主 编 徐宗昌

副 主 编 李 博

编写人员 徐宗昌 李 博 孙寒冰 呼凯凯

朱伟成 雷育生 李 雄

序 一

当前,我们正面临一场迄今为止人类历史上最深刻、最广泛的新军事变革——信息化时代的军事体系变革。在这场新军事变革中,以信息技术为核心的高新技术飞速发展推动武器装备向数字化、智能化、精确化与一体化发展,促使传统的机械化战争向信息化战争迅速转变。信息化战争条件下,高技术装备特别是信息化装备必将成为战场的主要力量,战争和装备的复杂性使装备保障任务加重、难度增大,精确、敏捷、高效的装备保障成为提高战斗力的倍增器,是发挥装备作战效能,乃至成为影响战争胜负的关键因素。因此,如何采用最新的技术、方法与手段提高装备保障能力,成为当前世界各国军事部门和军工企业普遍关注的问题。

交互式电子技术手册(Interactive Electronic Technical Manual, IETM)是在科学技术发展的推动和信息化战争军事需求的牵引下产生与发展起来的一项重要装备保障信息化新技术、新方法和新手段。国内外装备保障实践已经充分证明,应用 IETM 能够极大提高装备维修保障、装备人员训练和用户技术资料管理的效率与效益。因此,我军大力发展和应用 IETM,对于推进有中国特色的新军事变革,提高部队基于信息系统体系的作战能力与保障能力,实现建设信息化军队、打赢信息化战争的战略目标,具有十分重要的意义。

徐宗昌教授,是国内装备综合保障领域的知名专家,也是我在学术上非常赏识的一位挚友,长期潜心于装备保障性工程和持续采办与寿命周期保障(CALS)教学与研究,具有深厚的学术造诣和丰富的实践经验。为满足全军 IETM 推广应用工作的需要,已年过七旬的徐宗昌教授亲自带领与组织装甲兵工程学院和海军航空工程学院青岛分院的一批年轻专业人员,经过多年的共同研究、艰苦努力,编写了这套“装备交互式电子技术手册技术及应用丛书”。徐宗昌教授及其团队的这种学术精神深深感染了我,正所谓“宝剑锋自磨砺出,梅花香自苦寒来”!本“丛书”科学借鉴了国外先进理念与技术,系统总结了我国装备 IETM 发展应用的研究成果与实践经验,理论论述系统深入、工程与管理实践基础扎

实、重难点问题解决方案明晰、体系结构合理、内容丰富、可读性好、实用性强。本“丛书”作为国内第一套关于 IETM 的系列化理论专著,极大地丰富和完善了装备保障信息化理论体系,在 IETM 工程应用领域具有重要的理论先导作用,必将为促进我国 IETM 的推广应用、提高我军装备保障信息化水平做出新的重要贡献。

鉴于此,为徐宗昌教授严谨细致的学术精神欣然作序,为装备保障信息化的新发展、新成果欣然作序,更为我军信息化建设的方兴未艾欣然作序,衷心祝愿 IETM 这朵装备保障信息化花园之奇葩,璀璨开放,愈开愈绚丽多姿!

中国工程院院士



2011 年 5 月

序 二

20 世纪 70 年代以来,随着现代信息技术的迅猛发展,在世界范围内掀起了一场信息化浪潮,引发了一场空前的产业革命与社会变革,使人类摆脱了长期以来对信息资源开发利用的迟缓、分散的传统方式,以数字化、自动化、网络化、集成化方式驱动着世界经济与社会的飞速发展,人类社会进入了信息时代。同时,信息技术在军事领域的广泛应用引发了世界新军事变革,并逐渐形成了以信息为主导的战争形态——信息化战争。在这场新军事变革的发展过程中,美国国防部于 1985 年 9 月率先推行以技术资料无纸化为切入点和以建立装备采办与寿命周期保障的集成数据环境为目标的“持续采办与寿命周期保障”(CALS)战略。CALS 战略作为一项信息化基础工程,不仅对世界各国武器装备全寿命信息管理产生了深远的影响,而且引领全球以电子商务为中心的各产业的信息化革命。

交互式电子技术手册(IETM)与综合武器系统数据库、承包商集成技术信息服务等技术一起是 CALS 的一项重要支撑技术,它是 1989 年美国成立三军 IETM 工作组后迅速发展起来的一项数字化关键技术。由于 IETM 不仅在克服传统纸质技术资料费用高、体积与重量大、编制出版周期长、更新及时性差、使用不方便、易污染、防火性差及容易产生冗余数据等诸多弊端,而且在提高装备使用、维修和人员训练的效率与效益方面所表现出巨大的优越性,而受到世界信息产业和各国军事部门的青睐。目前,IETM 已在许多国家军队的武器装备和民用飞机、船舶、专用车辆等大型复杂民用装备上得到了广泛的应用,并取得了巨大的经济、社会与军事效益。

徐宗昌教授自 20 世纪 90 年代以来就开始了 CALS 的研究并积极倡导在我国推行 CALS 工作。近年来,他主编了 IETM 系列国家标准,并致力于我国 IETM 的推广应用工作。这次编著本“装备交互式电子技术手册技术及应用丛书”是他与他的研究团队长期从事 CALS 和 IETM 研究的成果和实践经验的总结。本“丛书”系统地论述了 IETM 的理论、方法与技术,其结构严谨、思路新颖、内容翔

实、实用好,是一套具有很高的学术价值与应用价值并有重大创新的学术专著。我相信这套“丛书”的出版一定会受到我国从事 IETM 研制、研究的广大工程技术人员和学生们的热烈欢迎。这套“丛书”的出版,对于我国 IETM 的发展起到重要推动作用,对于推进我国、我军的信息化建设,特别是提高我军信息化条件下的战斗力具有十分重要的意义。

中国工程院院士 

2011 年 5 月

序 三

交互式电子技术手册(Interactive Electronic Technical Manual, IETM)是20世纪80年代后期,在现代信息技术发展的推动与信息化战争的军事需求牵引下产生与发展起来的一项重要的装备保障信息化的新技术。IETM是一种按标准的数字格式编制,采用文字、图形、表格、音频和视频等形式,以人机交互方式提供装备基本原理、使用操作和维修等内容的技术出版物。由于它成功地克服了传统纸质技术手册所存在诸多弊端和显著地提高了装备维修、人员训练及技术资料管理的效益与效率,而受到世界各国军事部门的高度重视与密切关注,并且得到了极其广泛的应用。

近年来,为了提高部队基于信息系统体系的作战能力与保障能力,做好打赢未来信息化战争的准备,我军各总部机关、各军兵种装备部门和各国防工业部门非常重视 IETM 的研究与应用,我军的不少类型的装备已开始研制 IETM 并投入使用,一个发展应用 IETM 的热潮正在我国掀起。为满足我国研究发展 IETM 和人才培养的需要,我们编写了这套“装备交互式电子技术手册技术及应用丛书”。为了坚持引进、消化、吸收再创新的技术路线,我国以引进欧洲 ASD/AIA/ATA S1000D“基于公共源数据库的技术出版物国际规范”的技术为主,编写并发布了 GB/T 24463 和 GJB 6600 IETM 系列标准。由于考虑到我国 IETM 应用尚处于起步阶段,上述我国 IETM 标准是在工程实践经验不足的情况下编制的,有待于今后在 IETM 应用实践中不断修订完善。因此,本系列丛书所依据的 IETM 标准是将我国的 GB/T 24463、GJB 6600 IETM 系列标准和欧洲 S1000D 国际规范的技术综合集成,并统称为“IETM 技术标准”作为编写这套“丛书”的 IETM 标准的基础。

这套“丛书”系统地引进、借鉴了国外先进的理论与相关技术和认真总结我国已取得的研究成果与工程实践经验的基础上,从工程技术和工程管理两个方面深入浅出地论述 IETM 的基本知识、基础理论、技术标准、技术原理、制作方法,以及 IETM 项目的研制工程与管理等诸多问题,具有系统性与实用性,能很好地帮助从事装备 IETM 的研究、推广应用的工程技术人员和工程管理人员,了解、熟悉与掌握 IETM 的理论、方法与技术。由于 IETM 是一项通用的装备保障

信息化的新技术、新方法和新手段,“丛书”所阐述的 IETM 理论、方法与技术,对军事装备和民用装备均具有普遍的适用性。

“装备交互式电子技术手册技术及应用丛书”是一套理论与工程实践并重的专业技术著作,它不仅可作为从事装备 IETM 研究与推广应用的工程技术人员和工程管理人员指导工作的参考书或培训教程,亦可为相关武器装备专业的本科生、研究生提供一套实用的教材或教学参考书。我们相信这套“丛书”的出版,将对我国装备 IETM 的深入发展和广泛应用起到重要的推动作用和促进作用。

中国工程院徐滨士院士、张尧学院士对本“丛书”的编著与出版非常关心,给予了悉心的指导,分别为本“丛书”作序,在此表示衷心的感谢。

“丛书”由装甲兵工程学院和海军航空工程学院青岛分院朱兴动教授的 IETM 研究团队合作编著。朱兴动教授在 IETM 研究方面成果丰硕,具有深厚的学术造诣与丰富的实践经验,对他及他的团队参加“丛书”的编著深表感谢。

由于作者水平有限,本“丛书”错误与不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

徐宗昌

2011 年 5 月

前 言

本书是“装备交互式电子技术手册技术及应用丛书”的第三分册。IETM 是随着信息化而发展起来的一项装备保障信息化的新技术手段,不论从内容、形式与应用上都已突破了传统技术手册的概念,成为应用于装备辅助维修、辅助训练及辅助技术资料管理一个专用的综合信息系统。因此,IETM 系统在互联、互通、互操作和人机交互方面所特有的互操作性和交互性,成为 IETM 系统最具特色、最为显著的技术特征。为了帮助 IETM 研究、推广应用的工程技术人员与管理人员,更好地理解 IETM 的互操作性、交互性以及相关的 IETM 技术标准,本书系统地论述了 IETM 的互操作性与交互性的技术原理及技术实现方法,并以 GB/T 24463.1、GB/T 24463.2、S1000D 4.1 版和 MIL - HDBK - 511 等 IETM 技术标准为主要的解读对象。

本书分为 6 章。第 1 章绪论,着重介绍装备 IETM 互操作性和交互性的基本概念、原理、发展趋势,以及 IETM 发展的展望;第 2 章 IETM 的互操作性,主要阐述 IETM 互操作性概念及其原理,实现 IETM 互操作性的关键技术,以及 IETM 互操作性的实现模式等问题;第 3 章 IETM 显示交互界面和交互功能,主要介绍 IETM 显示界面的有关人机交互特性的要求和一般设计原则、IETM 显示交互界面、显示界面的基本信息元素和交互显示功能与功能性矩阵等问题;第 4 章通过 IETM 内部引用的数据交互,主要介绍根据 IETM 技术标准,对数据模块内部、数据模块之间以及出版物模块 3 个层次的通过 IETM 内部引用的数据交互方法;第 5 章基于过程数据模块的交互过程,主要论述过程数据模块的功能与结构,过程数据模块的功用模型的建立,逻辑引擎和变量表达式机制在过程数据模块中的作用,分析过程数据模块的交互原理和呈现样式,并以过程数据模块在故障诊断中的应用为例介绍基于过程数据模块的交互过程;第 6 章集成外部信息系统的信息交互,在阐述装备保障信息系统产生背景、分类及发展趋势的基础上,介绍 IETM 与外部信息系统的关系、交互原理与交互过程,讨论了交互过程的数据问题并给出了一个案例说明。

本书由徐宗昌主编,李博副主编,编写组成员参加编写。本书使用对象主要为从事装备 IETM 研究和推广应用的工程技术人员与管理人员。本书亦可作为武器装备相关专业研究生、本科生的教材或教学参考书。

由于对 IETM 技术标准的理解掌握和 IETM 实践经验的不足,本书的缺点、错误在所难免,希望读者提出宝贵意见和改进建议。

作者

2014 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 IETM 互操作性引论	1
1.1.1 互操作性的概念	1
1.1.2 IETM 互操作性及互操作体系结构	5
1.1.3 IETM 互操作军事需求和解决互操作性的措施	7
1.2 IETM 交互性引论	9
1.2.1 交互性的概念	9
1.2.2 IETM 交互显示界面及交互显示功能	17
1.2.3 IETM 的交互信息组织	20
1.3 IETM 的互操作性与交互性展望	29
1.3.1 IETM 的发展趋势	30
1.3.2 对 IETM 互操作性与交互性技术发展的展望	37
第 2 章 IETM 互操作性	58
2.1 互操作性的概念及实现途径	58
2.1.1 互操作性的概念	58
2.1.2 实现互操作性的途径	60
2.1.3 IETM 互操作性	61
2.2 实现 IETM 互操作性的关键技术	62
2.2.1 浏览器技术	63
2.2.2 对象封装技术	64
2.2.3 电子地址技术	66
2.2.4 服务器和数据库接口技术	68
2.3 IETM 互操作性体系结构及实现模式	69
2.3.1 互操作性体系结构	70

2.3.2	网络模式的结构配置	72
2.3.3	单机模式的结构配置	75
2.3.4	不同类型体系结构的选择使用	78
第3章	IETM 显示交互界面和交互功能	80
3.1	IETM 显示界面的人机交互特性要求和一般设计原则	80
3.1.1	IETM 显示界面的人机特性要求	81
3.1.2	IETM 显示界面的特点和一般设计原则	82
3.2	IETM 显示交互界面	85
3.2.1	显示界面的内容	85
3.2.2	显示界面的结构与布局	88
3.2.3	显示元素的样式与风格	93
3.3	显示界面的基本信息元素	100
3.3.1	文本	100
3.3.2	对话框	103
3.3.3	列表	105
3.3.4	表格	106
3.3.5	超链接	106
3.3.6	警告、注意和说明	107
3.3.7	插图及多媒体	111
3.4	IETM 交互显示功能和功能性矩阵	114
3.4.1	IETM 交互显示功能	114
3.4.2	IETM 功能性矩阵	119
第4章	通过 IETM 内部引用的数据交互	121
4.1	数据交互概述	121
4.1.1	IETM 的数据交互	121
4.1.2	数据交互层次	122
4.1.3	数据交互机制	123
4.2	数据模块内部的数据交互	124
4.2.1	数据模块内部的数据交互原理	125
4.2.2	段落信息的引用	126
4.2.3	表格信息的引用	127

4.2.4	插图信息的引用	128
4.2.5	热点信息的引用	129
4.2.6	多媒体信息的引用	134
4.3	数据模块之间的数据交互	136
4.3.1	数据模块之间的数据交互原理	136
4.3.2	对其他数据模块整体内容的引用	139
4.3.3	对其他数据模块部分内容的引用	139
4.4	出版物模块的数据交互	140
4.4.1	出版物模块的数据交互原理	141
4.4.2	出版物模块之间的数据引用	144
4.4.3	出版物模块对外部出版物或文档的数据引用	144
4.4.4	出版物模块内容部分的递归调用	145
第5章	基于过程数据模块的交互过程	146
5.1	过程数据模块的功能和结构	146
5.1.1	过程数据模块的功能	146
5.1.2	过程数据模块的结构	147
5.2	过程数据模块的功用模型	151
5.2.1	过程数据模块的辅助技术资料管理模型	151
5.2.2	过程数据模块的辅助训练模型	153
5.2.3	过程数据模块的辅助维修模型	155
5.3	逻辑引擎	157
5.3.1	遍历过程数据模块	158
5.3.2	维护变量状态表	160
5.3.3	对话框呈现	160
5.3.4	表达式估值	161
5.4	变量表达式机制	167
5.4.1	变量	167
5.4.2	表达式	167
5.4.3	变量表达式机制在故障诊断推理中的应用	168
5.5	过程数据模块的交互原理和呈现样式	169
5.5.1	基于逻辑运算的过程数据模块交互机制	169

5.5.2	过程数据模块的呈现样式	171
5.6	基于过程数据模块的交互式故障诊断模式	172
5.6.1	交互式故障显示模式	172
5.6.2	交互式故障查询模式	175
5.6.3	交互式故障推理模式	177
第6章	集成外部信息系统的信息交互	181
6.1	装备保障信息系统概述	181
6.1.1	装备保障信息系统的产生背景	181
6.1.2	装备保障信息系统的分类	183
6.1.3	装备保障信息系统的发展趋势	186
6.2	IETM 与外部信息系统之间的关系	189
6.2.1	业务关系	189
6.2.2	数据关系	192
6.3	IETM 与外部信息系统的交互过程	199
6.3.1	交互层次	200
6.3.2	与外部系统的交互类型	205
6.3.3	与外部信息系统的交互原理	206
6.4	IETM 与外部信息系统交互过程中的数据问题	214
6.4.1	数据交互流程分析	215
6.4.2	交互过程中的数据资源分类	216
6.4.3	数据资源共享过程中的关键问题	217
6.5	案例说明	229
附录		239
参考文献		251

第1章 绪 论

20 世纪 70 年代以来,以计算机技术、通信技术和网络技术为代表的现代信息技术飞速发展,在全球范围内掀起了信息化浪潮,产生了以无纸化为中心的“持续采办与寿命周期保障”(Continuous Acquisition and Life - cycle Support, CALS)战略。数字化的技术资料从最初的电子技术手册(Electronic Technical Manual, ETM)发展为交互式电子技术手册(Interactive Electronic Technical Manual, IETM),并迅速在军事装备和民用装备中得到了广泛的应用, IETM 也成为 CALS 的支撑技术之一。IETM 将静态的传统纸质技术资料演变为一个动态的信息系统,互操作性和交互性成为它最核心的技术特征。

本章重点介绍装备 IETM 互操作性和交互性的基本概念、原理及发展趋势,以及 IETM 发展的展望,为本书详细阐述装备 IETM 的互操作性与交互性奠定基础。

1.1 IETM 互操作性引论

1.1.1 互操作性的概念

1. 互操作性

互操作性(interoperability)是在军事领域涉及武器装备系统主装备与保障系统的硬件、固件、软件和军事信息系统的硬件、软件的一个重要概念。美国国防部指令定义互操作性为:各种系统、单元或部队向其他系统、单元或部队提供数据、信息、装备和服务或接受来自其他系统、单元或部队的的数据、信息、装备和服务,并利用这种交换的数据、信息、装备和服务使他们能更有效地协同工作的能力^[1]。我国国家军用标准 GJB 1371—1992 定义为:系统和设备或部队向其他系统和设备或部队提供服务或接收其他系统和设备或部队提供的服务,并通过这种交换服务而使他们有效地、协调地工作的能力^[2]。上述两个典型的互操作性定义,虽文字表述稍有差异,但其内涵基本一致,都是从广义上定义了互操作性。互操作的对象包括武器系统、系统的单元(设备)或武装部队相互之间;互操作的内容包括数据、信息、装备及服务;互操作的目的是使互操作的对象之间