

文章编号: 1674-8190(2025)02-209-06

# 主最低设备清单电子化编制的基础 规范对比研究

袁昌盛<sup>1</sup>, 顾志武<sup>2</sup>, 薛小锋<sup>1</sup>, 冯蕴雯<sup>1</sup>

(1. 西北工业大学 航空学院, 西安 710072)

(2. 上海飞机客户服务有限公司 飞行运行支援部, 上海 200241)

**摘要:** 飞机运行类手册的电子交互化对其应用效果和维护更新方面带来了巨大的改善。在手册电子交互化建设过程中, 基础规范的选择至关重要。基于主最低设备清单(MMEL)的电子化编制需求和使用过程, 对两种主要的规范ATA2300和S1000D进行分析和研究, 分析两种规范的数据组织形式、数据模块结构、数据定义方面的异同, 以及其对项目开发的支持能力等, 根据项目和项目研制单位本身特点给出选择基础标准的一些考虑因素。结果表明: 在飞机运行类技术手册以及MMEL的建设中, 更适于选择ATA2300规范。

**关键词:** 最低设备清单; 交互式电子技术手册; 基础规范; ATA2300; S1000D

中图分类号: V267

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2025.02.25

## Study on basal standards in development of electronic master minimum equipment lists

YUAN Changsheng<sup>1</sup>, GU Zhiwu<sup>2</sup>, XUE Xiaofeng<sup>1</sup>, FENG Yunwen<sup>1</sup>

(1. School of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

(2. Flight Operation Support Apartment, Shanghai Aircraft Customer  
Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

**Abstract:** During the development of electronic aircraft operating technical publication, the selection of basal standards will be essential. Two mostly common used standards (ATA2300 and S1000D) are analyzed and studied based on the construction and servicing of the master minimum equipment lists (MEL). Similarities and differences of the data management, structure of data module, the definition of data etc. of the two standards are analyzed, and the supporting characterize to specific project is discussed. The some considerations for selecting basic standards based on the characteristics of the project and the project development unit itself are provided. The results that the ATA2300 provides more maturely supporting to flight operating documents, and should be taken precedence during the construction of the MMEL.

**Key words:** minimum equipment lists; interactive electronic technical manual; basal standards; ATA2300; S1000D

收稿日期: 2024-07-12; 修回日期: 2025-02-02

通信作者: 袁昌盛(1971-), 男, 博士, 副教授。E-mail: yuanchangsheng@nwpu.edu.cn

引用格式: 袁昌盛, 顾志武, 薛小锋, 等. 主最低设备清单电子化编制的基础规范对比研究[J]. 航空工程进展, 2025, 16(2): 209-214.

YUAN Changsheng, GU Zhiwu, XUE Xiaofeng, et al. Study on basal standards in development of electronic master minimum equipment lists[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2025, 16(2): 209-214. (in Chinese)

## 0 引言

主最低设备清单(Master Minimum Equipment Lists, MMEL)是现代民用飞机在带故障放行决策时的主要参考文件<sup>[1]</sup>,其指导思想是在保障飞机主要功能的前提下,短时期内接受一些设备的功能故障,使飞机运行的安全性和经济性获得平衡,提升航空公司的盈利能力<sup>[2-4]</sup>。MMEL编制中有两项重要工作,一是合理选择列入清单中的项目,二是以清晰的形式组织和表达,使之易于查询。本文研究内容属于后者。

随着信息技术的飞速发展,飞机运行类手册的电子化也越来越普遍,电子化手册可以克服传统纸质手册的成本高、体积大、效率低、灵活性差、维护困难、时效性差等缺点,在手册的应用效果和手册本身的维护方面具有巨大的优势。

近年来在手册电子化方面有许多研究工作和成果,高万春等<sup>[5]</sup>研究了基于S1000D的交互式电子技术手册(Interactive Electronic Technical Manual, IETM)建设方法;阎艺等<sup>[6]</sup>分析了ATA SPEC2000标准的应用流程;周家兴<sup>[7]</sup>研究了动车组IETM系统的建设;谭斌<sup>[8]</sup>研究了飞机维修方案中标记元素的定义问题;陈飞<sup>[9]</sup>基于S1000D规范构建了IETM数据管理系统;孙玛丽<sup>[10]</sup>对基于S1000D的飞机维修手册编写进行了研究;温丽华<sup>[11]</sup>研究了以ATA2300标准为基础的民用飞机运行手册生成技术;郑夏川<sup>[12]</sup>研究了基于S1000D的信息描述方法;吴奇峰<sup>[13]</sup>基于S1000D设计开发了一种标准线性出版系统。

IETM的开发过程中,基本标准的选择至关重要,不仅影响手册的编制过程、编制质量和使用效率,也影响手册使用过程中的数据维护和更新等。

目前飞行运行类手册对应的国际规范主要有ATA2300<sup>[14]</sup>和S1000D<sup>[15]</sup>。S1000D和ATA2300分别是欧洲和美国推出的规范,主要用于指导相关技术资料的编写和管理。两套规范都经过了长期的发展和改进<sup>[16]</sup>,各有其优势和适用范围。

本文基于MMEL的电子化编制需求和使用过程,对于ATA2300和S1000D进行分析和研究,以期为最低设备清单(MEL)的建设提供一定的依据和参考。

## 1 ATA2300与S1000D在数据组织方面的差异

S1000D和ATA2300在手册生成方面都应用模块化概念,数据管理以数据模块(Data Module, DM)为基础,文档样式和生成规则也以数据模块的形式存储和管理,这使得数据信息可以做到“一次生成、多次使用”,大幅提高了手册的管理和维护效率。

S1000D和ATA2300的差异主要体现在3个方面,数据模块结构、数据模块标识和数据定义。

### 1.1 数据模块结构

在ATA2300和S1000D中,最基本的数据单元称为“数据模块”,但其物理结构有所不同,S1000D中数据模块对应于一个单独的数据文件;而ATA2300中则是将数据模块分成两个文件存储。对于数据库的构建和IETM系统的开发,这种基本层的不一致可能会引发一些数据组织和系统构架问题。

在S1000D中对“数据模块”的定义是“自满足的、包含关于理解某种描述或执行某项任务的所有必要信息的数据组合”,其结构如图1所示。

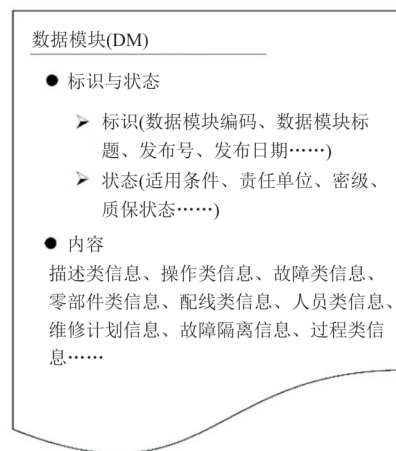


图1 S1000D数据模块结构

Fig. 1 The structure of data module in S1000D

数据模块包括“标识与状态”和“内容”两部分,其中“标识与状态”包括:“数据模块编码、数据模块标题、发布号、发布日期”等标识信息和“适用条件、责任单位、密级、质保状态”等状态信息。内容部分则根据数据模块的类别有所不同,分别有“描述类信息、操作类信息、故障类信息、零部件类信息、配线类信息、人员类信息、维修计划信息、故障隔离信息、过程类信息”等类型。

ATA2300对“数据模块”的定义为“可用于交换的最小数据对象”,这里借鉴了C++语言中的“对象”概念,对象自身具备数据和方法。与S1000D不同的是,ATA2300的数据模块是分成两部分存储的,数据模块的状态部分和内容部分分别存储在单独的XML文件中,两个文件中的DM标识和DM发布信息相对应,其结构如图2所示。

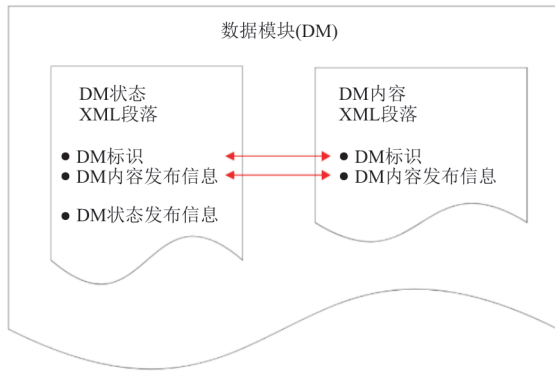


图2 ATA2300数据模块结构  
Fig. 2 The structure of data module in ATA2300

这种组织方式可以降低数据模块维护的工作量,如果只需要修改状态信息或内容信息时,则只要更新一个文件,减少索引和访问的工作量;另外,这也可以降低使用和维护工作中误操作的几率。

但这种逻辑结构与物理结构的不一致,也可能对开发和维护工作造成困扰,尤其是对软件的跨平台兼容性造成不利影响。基于S1000D或ATA2300标准开发的数据库,如果要用于基于对方标准的平台,则必须开发附加的接口或数据转换程序,提高了项目周期和成本。

### 1.2 数据模块标识

数据管理的最基本单元是数据模块,对数据模块的索引是通过数据标识码来实现的。在两个

标准中,数据模块的标识都是用数据模块编码(DMC)来表示的,系统中每个数据模块都拥有唯一的识别编码。

在S1000D中,DMC由最少17位、最多41位字符组成,如图3所示。

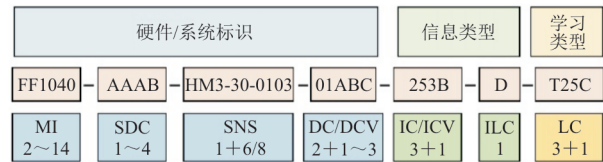


图3 S1000D的数据模块编码格式<sup>[15]</sup>  
Fig. 3 The definition of DMC in S1000D<sup>[15]</sup>

S1000D的DMC包括3类信息,“硬件/系统标识”“信息类型”和“学习类型”。

“硬件/系统标识”部分包括型号识别码(MI)、系统区分码(SDC)、标准编码系统(SNS)、分解码(DC)/分解差异码(DCV)。

“信息类型”部分包括信息码(IC)、信息差异码(ICV)、位置码(ILC)。

“学习类型”包括学习码(LC)、学习事件码(LEC)。

DMC中可以包括学习码,也可以不包括。不包括学习码的DMC最短为17字符,最长为37字符;包括学习码的DMC最短为21字符,最长为41字符。

ATA2300数据模块编码比S1000D所规定的编码多了10位扩展码,如图4所示。基本码部分与S1000D的类似,由17~41个字符组成,包括8个必选项和2个关于学习类型的可选项。不包括学习类型项的DMC最短为17字符,最长为37字符;包括学习类型项的DMC最短为20字符,最长为41字符。10位扩展码为签派扩展码(DIEC),用来标记签派数据模块,如CDL项目、签派项目、签派定位、系统故障、M程序、O程序等。

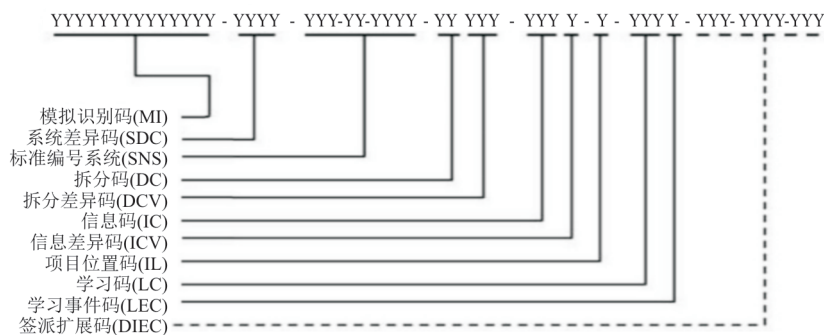


图4 ATA2300数据模块编码结构<sup>[14]</sup>  
Fig. 4 The composition of DMC in ATA2300<sup>[14]</sup>

从图 3~图 4 可以看出: S1000D 与 ATA2300 的数据模块编码遵循相同的规则, 有利于数据的通用和历史数据的重用。但 ATA2300 的数据模块编码内容更多, 增加了与签派相关的数据, 对飞机运行方面的内容提供了更好的支持, 尤其是对民用飞机最低设备清单的支持更直接、更有效。

### 1.3 数据定义

S1000D 与 ATA2300 在数据定义上也有不同。S1000D 中的数据模块类型有描述性信息 (Descriptive Information)、程序性信息 (Procedural Information)、故障隔离信息 (Fault Isolation Information)、维修计划信息 (Maintenance Planning Information)、机组/操作者 (Crew/Operator Information)、插图部件数据 (IPD Information)、布线数据 (Wiring Data)、过程数据 (Process Data Module)、通用信息仓库 (Common Information Repository Data Module)、数据容器 (Container Data Module)、学习数据 (Learning Data Module)、维修检查表 (Maintenance Checklists and Inspections)、服务手册 (Service Bulletins)、正文前资料 (Front Matter)、可共享内容 (Shareable Content Objects)。

ATA2300 中的数据模块类型分为两类, 飞行操作技术数据和数据管理。两种类型之下各有分项:

1) 飞行操作技术数据, 包括与飞机操作有关的数据, 如批准 (Approval) 数据、放行 (Dispatch) 数据、机组程序 (Flight Crew Procedures) 数据、正文前资料 (Front Matter) 数据、限制 (Limitations) 数据、性能 (Performance) 数据、过程材料 (Substantiation)、系统描述 (Systems Description) 数据。

2) 数据管理, 主要用于管理技术数据, 包括交叉引用表 (Cross-reference Tables)、容器数据模块 (Container Data Modules)、信息库数据模块 (Information Repository Data Modules)。

以上每种数据模块又包含多项更细分的数据模块, 如机组程序数据中又包括故障影响 DM、飞行包线 DM、非正常操纵 DM、非正常处理 DM、已感知非正常处理 DM、未感知非正常处理 DM、非正常程序描述 DM、常规检查列表 DM、特定正常操作 DM、特定非正常操作 DM 等。

这些数据类型基本涵盖了飞机运行中各方面

所需的数据和信息, 可以看出 ATA2300 在飞行运行类数据方面进行了较多的扩充, 对飞行运行类手册提供了更多的支持。

## 2 ATA2300 与 S1000D 对项目开发的支持

基于 S1000D 的项目开发, 主要工作是构建维护公共源数据库 (CSDB) 和编制出版模块。工作流程主要包括: 首先按照项目需求裁剪 S1000D, 生成针对本项目的业务规则; 其次是确定信息集; 然后对 CSDB 进行维护, 这部分工作包括“生成数据管理需求列表”和“生成数据模块及相关信息”两部分; 最后针对发布形式和发布媒介等进行编制。基于 S1000D 标准的应用如图 5 所示。

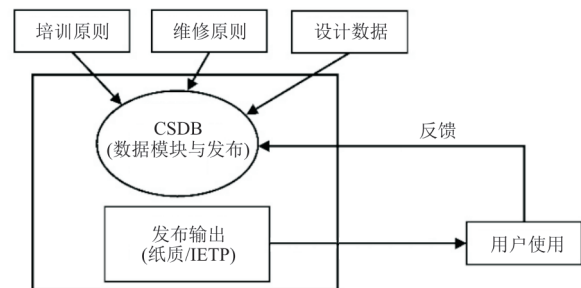


图 5 基于 S1000D 标准的应用  
Fig. 5 Application based on S1000D

ASD S1000D 的数据型式是基于国际认可的中间标准的, 包括 ISO、CALs 和 W3C。信息和数据使用通用格式存储和交流, 方便在不同系统之间传递, 也可适应全异构 IT 系统之间的信息交互。

所有数据都存储在公共源数据库中, 数据的管理、维护和发布可以独立于平台, 不受操作系统和开发语言的影响。单独数据可以对应多种输出, 对某项数据的修改, 可以自动更新多项输出和发布。

基于 ATA2300 项目开发的流程与基于 S1000D 的类似, 也包括生成所需业务规则、确定数据模块需求清单、编制 DM、构建发布数据模块 (PM) 等步骤, 但 ATA2300 在数据组织和管理方面提供了许多新的定义, 有利于提升编制工作效率。

ATA2300 的数据组织基于飞行操作标记语言 (FOML), FOML 是基于 W3C XML 的语言, 包含一系列独立完整的 XML schema 模块, 每个 XML

schema 模块中定义了元素或属性,用以描述 schema 的数据类型和定义。

ATA2300 还提供了一些通用的基础数据结构和 管理方式,如信息层(Information Layers)概念、 飞行阶段划分属性、数据模块容器和替代数据模 块、信息数据仓库等,大幅提升了编制工作中的针 对性和扩展性。基于 ATA2300 技术出版物结构 示意如图 6 所示。

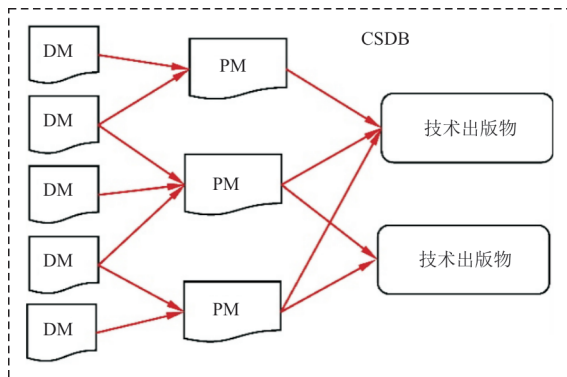


图 6 基于 ATA2300 技术出版物结构示意

Fig. 6 Technical publication process based on ATA2300

### 3 ATA2300 和 S1000D 对 MEL 编制的 支持能力

MEL 的主要内容是列出在保持航空器安全水 平的情况下可以处于不工作状态的设备项目,需 要包含每个相关设备项目的以下信息:项目描述 和标识,修复期限类别,安装数量,签派或者放行 要求正常工作的设备项目数量,备注和例外。

MEL 所要求的内容和形式都相对简单,无论 S1000D 还是 ATA2300 都可以提供足够的支持, 两者的区别在于:S1000D 更注重通用性,它可以兼 顾飞机产品、水面舰艇及潜艇、地面车辆和装备 (如雷达站)等系统的信息管理;S1000D 提供了大 量关于业务规则、信息管理、数据模块内容与结 构、数据模块编码、发布管理等方面的规定和建 议。从数据类型方面看,S1000D 更适合维修类技 术文档的编制、管理和发布。

ATA2300 专注于飞机运营中技术信息的管 理、配置和交换,其基本内容是提供一系列与多种 飞行操作相关联的数据转换方面的要求和标准。 ATA2300 中专门定义有与 MEL 关系比较密切的 数据模块,如批准数据模块、放行数据模块和过程 材料数据模块等,因而更适合于 MEL 的编制

工作。

### 4 应用分析

从内容分布方面看,S1000D 更侧重于维修类 手册的编写和电子化发布,在民用飞机飞行运行 类手册的结构和内容上考虑较少。ATA2300 考虑 了航空公司在飞机运行和飞行操作方面的数据需 求,旨在为飞行运行类技术数据的管理、构型和交 换提供简明扼要的信息标准和指导方针。

据报道庞巴迪公司曾经有一个项目使用 S1000D 标准中的 CREW 模块编制飞行类手册,但 是由于飞行员难以接受其样式等原因被终止<sup>[16]</sup>。

在标准选择方面,需要考虑多方面因素,综合 决策。如空客直升机公司(Airbus Helicopter)在其 X Program 项目中,对几种标准(包括 S1000D、 ATA2300、基于模块化 XML 的企标、基于手册的 企标)的对比研究表明,ATA2300 最适合飞行运行 类手册的编制;但另一方面,空客直升机公司已经 在 S1000D 方面积累了许多应用基础,搭建了基于 S1000D 的工具和平台。如果完全采用新的 ATA2300 标准,意味着对已有基础的浪费和面对 新项目的风险。

最终空客直升机公司的方案是:维修类技术 出版物采用 S1000D,飞行运行类手册应用 ATA2300,同时开发兼容两种数据结构的传输接 口。这样的选择显然增加了项目难度和工作量, 但这也是许多单位面临的共同问题。

### 5 结 论

S1000D 对维修类手册的支持较好,已为大量 国际主制造商所采用,有较多的案例和使用经验。

ATA2300 相比于 S1000D 来说较新,其是在 S1000D 的基础上发展而来的。它的优势在于根据 航空公司的运行需求提出许多新的定义,可以更 好地满足运行类手册的需求;缺点是应用案例较 少,平台支持不足,使用经验较少。

因此,在实际操作中,主制造商需要考虑标 准的特点和自身的具体情况,基于现有工作基础,对 兼容性和扩展性进行提升。对于刚开始建设交互 式电子技术手册的单位,建议采用 ATA2300 标 准;如果已经有了较多的 S1000D 应用基础,则可 以延续原标准或根据项目特点分别选用不同标

准,同时开发相应的接口以保证数据一致性。

### 参考文献

- [1] 蔡昶. 航空公司 MEL 编制工作探讨[J]. 民用飞机设计与研究, 2006(1): 20-22, 27-28.  
CAI Chang. Discussion on airline MEL compilation [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2006(1): 20-22, 27-28. (in Chinese)
- [2] 付尧明, 李小凡, 闫锋. 基于法规解读的民用飞机主最低设备清单(MMEL)制订方法研究[J]. 民航学报, 2020, 4(2): 90-95.  
FU Yaoming, LI Xiaofan, YAN Feng. Research on formulation method of master minimum equipment list (MMEL) of civil aircraft based on regulation interpretation[J]. Journal of Civil Aviation, 2020, 4(2): 90-95. (in Chinese)
- [3] 许科龙. 民用航空器主最低设备清单建议书(PMMEL)编制工作研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2009(1): 22, 27-28, 38.  
XU Kelong. Research on the compilation of civil aircraft master minimum equipment list proposal (PMMEL) [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2009(1): 22, 27-28, 38. (in Chinese)
- [4] 褚双磊, 刘菲, 魏志强. 基于运行要求的 A320 机型 MMEL 编制方法研究[J]. 中国民航大学学报, 2015, 33(6): 5-8, 27.  
CHU Shuanglei, LIU Fei, WEI Zhiqiang. Research on editing method of A320 MMEL based on operational requirements [J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2015, 33(6): 5-8, 27. (in Chinese)
- [5] 高万春, 朱兴动, 宋建华, 等. S1000D 下 IETM 的研究与实践[J]. 微计算机信息, 2007, 23(18): 1-3.  
GAO Wanchun, ZHU Xingdong, SONG Jianhua, et al. Research and practice of IETM authoring according to S1000D [J]. Microcomputer Information, 2007, 23(18): 1-3. (in Chinese)
- [6] 阎艺, 吴文娟. 浅谈 ATA SPEC 2000 标准及其应用[J]. 航空标准化与质量, 2013(1): 38-41.  
YAN Yi, WU Wenjuan. Study on ATA SPEC 2000 standard and its application [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2013(1): 38-41. (in Chinese)
- [7] 周家兴. 基于 S1000D 标准的动车组 IETM 系统研究与应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2019.  
ZHOU Jiaying. Research and application of IETM system of EMU based on S1000D standard [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2019. (in Chinese)
- [8] 谭斌. 维修方案与 S1000D 定义标记元素对应分析[D]. 天津: 中国民航大学, 2014.  
TAN Bin. Correspondence analysis between maintenance scheme and S1000D defined marking elements [D]. Tianjin: Civil Aviation University of China, 2014. (in Chinese)
- [9] 陈飞. 基于 S1000D 规范的 IETM 关键技术研究[D]. 天津: 中国民航大学, 2017.  
CHEN Fei. Research on key technologies of IETM based on S1000D specification [D]. Tianjin: Civil Aviation University of China, 2017. (in Chinese)
- [10] 孙玛丽. 基于 S1000D 标准的飞机维修手册编写应用研究[J]. 科技创新导报, 2015, 12(23): 24-25.  
SUN Mali. Research of authoring aircraft maintenance manual according to S1000D [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015, 12(23): 24-25. (in Chinese)
- [11] 温丽华. 基于 ATA2300 标准的民机飞行运行类技术出版物产生流程及应用研究[C]// 上海市科学技术协会第十三届学术年会. 上海: 上海市航空学会, 2015: 114-123.  
WEN Lihua. Research on the process and application of ATA2300 in the flight civil aircraft technical publication [C]// 13th Annual Academic Conference of Shanghai Association for Science and Technology. Shanghai: Shanghai Aeronautical Society, 2015: 114-123. (in Chinese)
- [12] 郑夏川. 基于 S1000D 标准的信息描述方法研究[J]. 军民两用技术与产品, 2018(5): 75-76.  
ZHENG Xiachuan. Information describing method based on S1000D [J]. Dual Use Technologies & Products, 2018(5): 75-76.
- [13] 吴奇峰. 基于 S1000D 标准的线性出版系统的实现[J]. 航空标准化与质量, 2016(6): 46-50.  
WU Qifeng. Implementation of linear publishing system based on S1000D standard [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2016(6): 46-50. (in Chinese)
- [14] Air Transport Association of America, Inc. Data exchange standard for flight operations: ATA Spec 2300 [S]. US: Air Transport Association of America, Inc., 2013.
- [15] Aero Space and Defence Industries Association of Europe. International specification for technical publications using a common source database: S1000D [S]. Berlin: Aero Space and Defence Industries Association of Europe, 2016.
- [16] 张昕, 梁工谦. 民用飞机飞行运行类技术出版物采标研究[J]. 机械设计与制造工程, 2017, 46(5): 87-91.  
ZHANG Xin, LIANG Gongqian. Research on the standards of technical publications for civil aircraft flight management [J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2017, 46(5): 87-91. (in Chinese)

(编辑:丛艳娟)