

文章编号: 1674-8190(2025)02-202-07

基于 S1000D 规范的民用飞机消耗品手册 自动生成研究

李梦霞, 杨扬

(上海飞机客户服务有限公司 技术出版物部, 上海 200241)

摘要: 目前民用飞机消耗品手册(CPM)采用人工编写模式,手册内容重复录入浪费人力且存在数据一致性难以维护、升版维护成本高等问题。为此,研究基于 S1000D 规范进行同源手册自动生成的方法。应用此方法,指导某机型的消耗品手册进行数据规划、数据管理、数据生成、系统功能开发,实现基于同一数据源,自动生成结构合理、搜索便捷的 PDF 和电子交互式消耗品手册。结果表明:该方法能系统、全面地分析手册需求,规划手册数据,指导系统实现手册自动生成,在各机型同源手册,如标准件手册、快速复位手册、主最低设备清单的自动生成方面具有良好的应用前景。

关键词: S1000D; 消耗品手册; 自动生成; 同数据源; 自定义 Schema

中图分类号: V267

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2025.02.24

Research on automatic generation of civil aircraft consumable product manual based on S1000D specification

LI Mengxia, YANG Yang

(Technical Publications Department, Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

Abstract: At present, consumable product manual (CPM) is written manually, which wastes manpower and is easy to produce inconsistent manual contents. To solve this problem, a method of automatic generation of homologous manual based on S1000D standard is studied. This method is applied to guide the consumable product manual of a certain civil aircraft type to carry out data planning, data management, data generation and system function development, which achieves automatic generation of structured and easily searchable PDF and electronic interactive consumable product manual based on the same data source. The results indicate that this method can systematically and comprehensively analyze manual requirements, plan manual data, and guide the system to achieve automatic manual generation. It has good application prospects in the automatic generation of manuals that have the same data source for various aircraft types, such as standard manual, quick reset manual, and master minimum equipment list.

Key words: S1000D; consumable product manual; automatically generation; same data source; custom-defined Schema

收稿日期: 2023-10-27; 修回日期: 2024-01-05

通信作者: 李梦霞(1988—), 女, 学士, 软件设计师。E-mail: hellolmx@126.com

引用格式: 李梦霞, 杨扬. 基于 S1000D 规范的民用飞机消耗品手册自动生成研究[J]. 航空工程进展, 2025, 16(2): 202-208.

LI Mengxia, YANG Yang. Research on automatic generation of civil aircraft consumable product manual based on S1000D specification[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2025, 16(2): 202-208. (in Chinese)

0 引言

维修程序中包含开展维修程序所需的所有消耗性材料信息,相同的消耗性材料信息会在多个数据模块(Data Module,DM)中反复使用,为保证维修程序中消耗性材料编写和更改的一致性,实现数据的“一次制作生成,多次重复使用”^[1],依据S1000D规范和数据同源管理^[2-3]原则,建立统一的公共信息库(Common Information Repository,CIR)——消耗品库/消耗品需求库,以存储消耗性材料信息,实现维修程序前和维修程序中对消耗性材料的参引。

民用飞机消耗品手册(Consumable Product Manual,CPM)是消耗性材料信息的集合,是维修类手册的支持文件,是飞机、机载设备维护和修理工作中有关消耗性产品的唯一参考资料。它向客户提供消耗性产品的标识信息、储运信息、采购信息,并以此为客户对消耗性产品的管理使用和计划储购提供唯一参考性资料。

基于S1000D规范的主流手册编制方式,是基于基本数据单元—数据模块,采用人工编辑DM方式,录入内容并进行手册发布,如飞机维修手册、故障隔离手册、结构修理手册等,都进行了S1000D规范下的手册编写模式探讨^[4-10],这种编写模式需要耗费大量的人工时。同时,以数据模块为导向的交互式电子技术手册(Interactive Electronic Technical Manual,IETM)已经成为飞机用户技术资料主流,如飞机维修手册、图解类手册,都进行了交互式手册发布的研究^[11-13],像A350目前手册交付形式就是交互式电子手册。但在CPM手册实际编写中发现,采用这种人工编辑DM的方式维护CPM手册内容,在手册编制、发布、交付使用过程中,因数据源重复录入在DM和CIR库中,导致数据一致性难以维护,升版维护成本高,CPM急需编制管理方式的改进提升。

本文民用飞机消耗品手册的自动生成也本着以S1000D规范为基本指导原则开展,基于S1000D标准结构化方法^[14]和单一数据源的思想,在该领域首次提出同源手册自动生成方法,包含需求识别、数据规划、数据管理、数据映射、数据对比、手册生成;并以某机型的消耗品手册为例进行实例分析,验证该方法的可行性和准确性。

1 自动生成方案总体流程

为保证手册内容完整,并且重用数据内容分析充分,数据模块颗粒度划分合理,满足适航要求和客户需求,需合理规划手册编制和生成过程。在充分吸取基于S1000D规范手动编制手册的经验前提下,结合CPM手册编制现状,提出如下自动生成研究流程,如图1所示。

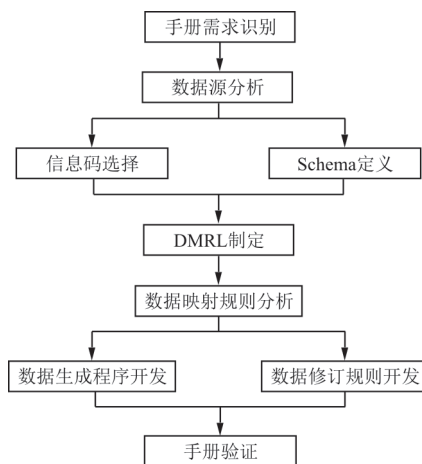


图1 手册自动生成总体流程

Fig.1 Overall process of manual automatic generation

1) 手册需求识别

从适航要求、客户需求和手册规范要求,多方面收集手册需求,采用头脑风暴和亲和图对收集到的需求进行分类整理。

2) 数据源分析

数据源分析是确定手册是否能够自动生成的重要过程,只有手册数据有明确来源,且来源内容已经结构化,才能根据手册需求总结数据规则进行手册自动生成的研究。

3) 数据模块信息码选择和Schema定义

信息码(Information Code,IC)用来识别录入DM中的信息类型或活动类型,S1000D规范中给出了简明定义和详细定义用来描述数据模块的信息类型。信息编码的三位编码第1位到第3位依次存在隶属关系,用0占位的表示涵盖其对应位置的1、2、3等信息。例如500是拆除、移除和分解程序,520是移除程序,522是移除支持设备。对于自动生成数据模块的信息码选择,为利于识别且减少冲突,应尽量定义到第三位编码。

Schema是手册内容的数据规则,其合理通用性影响着手册结构化文档的可复用性和最终样式展示。因此应优先从S1000D标准中选用合适的

Schema,必要时可部分定制。

4) 数据模块需求清单制定

数据模块需求清单(Data Management Requirement List,DMRL)分析是数据模块编写之前的需求分析和规划工作,用于确定项目所需的数据模块,DMRL一般在项目开始时创建,并在项目全生命周期中不断更新,DMRL的内容需要根据手册需求、数据源、数据分类来划分。

5) 数据抓取规则分析

DMRL规定手册的结构,Schema规定手册的数据,手册自动生成的过程,就是将手册的编制数据转为符合Schema规则的交付数据,这个分析过程就是制定数据映射规则,为每个Schema的元素、属性确认数据映射规则。

6) 数据修订规则

消耗品手册是动态的,随着消耗性产品的停产、替换、淘汰等因素,消耗品手册展示的内容也随之改变,需要清晰地手册中标记这些变化,因此,在手册数据生成过程中需要考虑不同版本数据间的对比。

7) 系统开发和验证

系统开发和验证需要考虑的评价指标包括:手册生成效率是否达到一小时以内,手册样式是否便于阅读,手册数据是否符合S1000D规范,手册交互是否便于使用。

2 CPM手册自动生成实施过程

2.1 手册需求识别

针对前期收集和积累的CPM手册需求,召开专家会议,采用头脑风暴和亲和图方式对需求进行识别。手册关键需求如表1所示。

表1 手册关键需求	
Table 1 Manual key requirements	
关键过程	需求成熟度评价
适航要求分析	AC-91-11适航要求分析
	CCAR-25-R4适航要求分析
行业要求分析	S1000D规范分析
	其他机型经验分析
工程需求分析	工程可提供手册内容分析
	工程可支持手册换版周期分析
客户需求分析	客户对手册内容要求分析
	客户对手册交付形式要求分析
	客户对手册换版周期需求分析
	客户对手册内容样式需求分析

从手册内容分析,CPM内容包括飞机机体、有机载设备零件需要维修和修补使用的消耗性材料,提供消耗性材料的名称、牌号、规范、供应商等信息。按照业务内容可划分为正文前资料、消耗性材料正文、消耗性材料索引以及供应商索引四个章节,各部分主要内容说明如下:

1) 正文前资料:提供手册内容的基础信息概览,包括封面、版权、更改摘要、前言;

2) 消耗性材料:提供所有消耗性材料的基本信息介绍,包括材料名称、牌号、规范、供应商、储存信息等;

3) 供应商信息:提供所有消耗性材料的供应商详细信息;

4) 材料索引:提供标准项目号与手册页码的关联索引。

其中,CPM消耗性材料内容以表格形式表达,由消耗性产品表构成,消耗性产品如表2所示。

表2 消耗性产品表内容需求	
Table 2 Consumable product table content requirements	
内容	数据说明
标准项目号	辨识材料及手册间关联的唯一识别号
材料名称	消耗品的产品名称
材料牌号	由该消耗品生产商定义的唯一牌号
材料规范	提供材料应满足的规范信息
供应商信息	材料的供应商名称等信息
材料的包装、运输、附注等	材料的补充信息
材料开放性类别	提供材料的开放性等级
材料替代信息	提供替代产品信息

从客户需求分析,CPM中的材料要分类精确,便于检索,同时支持电子交互,所以生成的消耗品手册要满足同时交付PDF和XML数据包;同时,需要标记不同版本手册间的更改,能快速分辨手册差异。

2.2 数据源分析

从手册内容可看出:CPM内容和消耗品公共信息库内容重叠。进一步分析CPM手册的数据源,发现消耗品手册的数据来源于型号材料选用目录、规范文件及其合格产品选用目录(Qualified Products List,QPL)等技术文件和供应商文件。手册数据源如表3所示。

表 3 手册数据源
Table 3 Manual data source

业务数据项	数据来源
标准项目号	无需源数据
材料名称	材料选用目录、合格供应商目录(QPL)及 供应商文件(CMM,EM等)
材料牌号	材料选用目录、合格供应商目录(QPL)及 供应商文件(CMM,EM等)
材料规范	材料选用目录、合格供应商目录(QPL)及 供应商文件(CMM,EM等)
供应商信息	材料选用目录、合格供应商目录(QPL)及 供应商文件(CMM,EM等)
材料的包装、运输、 附注等	材料选用目录、合格供应商目录(QPL)及 供应商文件(CMM,EM等)
材料开放性类别	维修用消耗材料分类汇总清单
材料替代信息	替代评估报告

从表 3 可以看出:这些源数据和公共信息库的源数据一致。消耗品库、消耗品需求库已经在基于 S1000D 规范的数据存储模式下管理,每个业务数据项都有对应的标签/属性来标记其含义,包括

由于停产、淘汰等因素而不再使用的消耗品信息。由此可判定,消耗品手册内容可统一从当前有效的消耗品库和消耗品需求库提取信息自动生成。

2.3 数据模块信息码选择和 Schema 定义

消耗品手册所特有的数据模块有消耗性材料模块、供应商信息模块、材料索引模块。

在 S1000D 规范中,对 071 的描述为:编码 071 给出了一切用于维修产品、系统、设备或部件的耗材清单(如机油、润滑油、密封层、安全线等),以统计修复损坏的账目^[15]。

根据 S1000D 规范中的信息码描述,确定使用 071 作为手册所有消耗性材料 DM 的信息码。

手册内容和消耗品公共信息库内容重叠,但结构又和公共信息库存在不同,CPM 仅包含消耗品类型数据,因此采用仿照公共信息库 Schema 类型新建 CPM 类型 Schema 的方法,新建 CPM 手册 071 数据模块的数据规则。消耗品数据模块的 Schema 结构如图 2 所示。

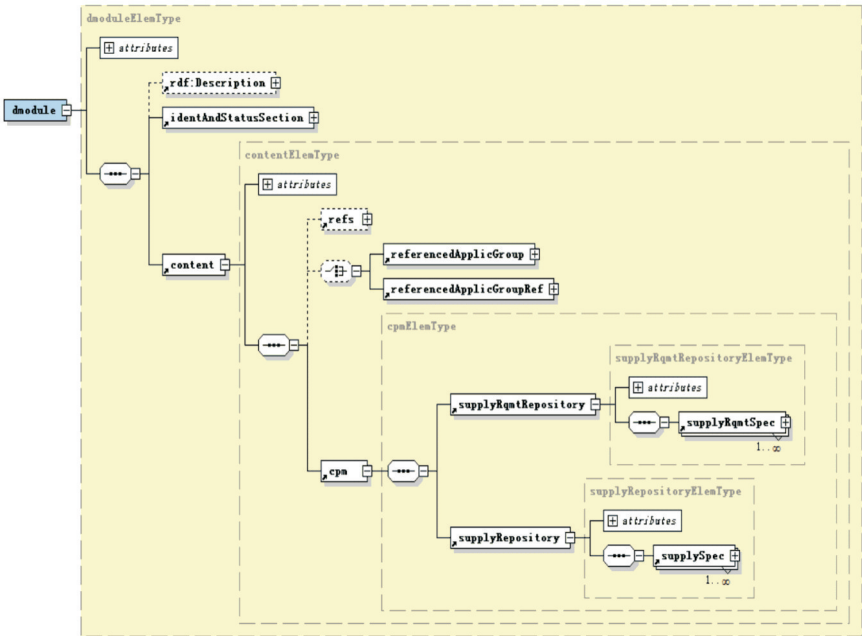


图 2 消耗品数据模块的 Schema 结构
Fig. 2 The Schema structure of consumable data module

2.4 数据模块清单(DMRL)制定

CPM 的 DMRL 清单包括封面、版权、更改摘要、前言、消耗性材料章节、供应商信息索引章节、材料索引章节共四大类数据模块。

2.5 数据抓取规则分析

定义恰当的 Schema,能减少数据映射规则的复杂程度,分析消耗品库/消耗品需求库的 Schema 结构和数据内容,得到数据标签映射规则,如表 4

所示。

表 4 数据标签映射规则表
Table 4 Data label mapping rule table

手册内容	数据映射	所在库	具体标签
标准项目号	消耗品需求库中的消耗品编号	00MA	/@supplyRqmtNumber
材料名称	消耗品需求库中的消耗品名称	00MA	/supplyRqmt/*
材料牌号	消耗品需求库中的消耗品牌号	00MA	/supplyRef/@supplyNumber
材料规范	消耗品需求库中和消耗品库中的材料规范取交集	00LA/00MA	/@specDocumentNumber /@specDocumentNumber
供应商代码	消耗品库中的供应商代码	00LA/00MA	/enterpriseRef/@manufacturerCodeValue
包装	消耗品库中的材料包装信息	00LA	shippingInfo/*
运输	消耗品库中的材料运输信息	00LA	shippingInfo/*
附注	消耗品库中的材料附注信息	00LA	shippingInfo/*

根据标签映射,对照 CPM 的 Schema 结构,制定数据抓取规则,在手册自动生成过程中,将公共信息库的内容自动映射到对应的数据模块中,规则如下:

- 1) 消耗品标准项目号应符合:项目号编号符合材料类型,飞机机体章节数据的项目号和机载设备章节数据的项目号符合章节规则;
- 2) 消耗品应按标准项目号的字串大小排序;
- 3) 消耗品数据中如果有参引消耗性产品,需从消耗品 CIR 把参引的消耗性产品一并抓取到此 DM 中,消耗品 CIR 中未被参引的消耗性产品不应抓取到 DM 中;
- 4) 如果 DM 中没有任何的消耗品,则此 DM 应自动从手册删除;
- 5) 消耗性产品总检索对照表章节抓取消耗品需求 CIR 中所有的消耗品,并按消耗品名称的顺序展示消耗品名称和对应的标准项目号。

2.6 数据修订规则

手册数据跟随消耗品库、消耗品需求库数据的更改而变化。

对手册 Schema 中带有更改标记的子元素,定义明确的更改摘要便于用户阅读,并在手册数据对比算法中增加修订规则定义。同时,鉴于 CPM 手册表现形式为表格形式,在生成手册时,约定标记打在表格行首。

修订规则如表 5 所示。

表 5 修订规则
Table 5 Revise rules

带 changeMark 属性的子元素	更改摘要
supplyRqmt	新增材料
supplyRqmt	删除材料
supplyRef 和 specDocument	修订材料规范
supplySetGroup	修订材料牌号
supplyRef 和 name	修订材料名称
supplyRef 和 enterpriseRef	修订供应商信息
supplyRef 和 packaging	修订包装信息
supplyRef 和 transport	修订运输信息

2.7 开发和优化

按照数据映射规则方案,自动生成的消耗品手册,将消耗性材料章节按照系统级划分为飞机机体和机载设备两个子章节,但在手册的实际使用中发现,这样的手册结构对于消耗性材料的查找并不便利,因此需要优化消耗性材料章节中模块的分级,更细地划分 DMRL 清单,依据型号项目系统/分系统/单元体划分要求,按照材料来源、材料功能重新划分消耗性材料数据模块,最终将消耗性材料按系统划分为飞机机体和机载设备 2 个子章节,再分别按材料分类,每个章节下细分为 18 类材料数据模块。

手册生成效率方面,本文分析性能受制于消耗品公共信息库中材料的分类抓取速度,为提升手册发布效率,通过改变数据存储模式,采用有序列表进行数据抓取和数据排序,优化查找算法,将手册发布速度由原本的 1 h 缩减到 10 min,并且省掉了手册维护人员的编辑工作时长,满足手册编辑生成效率需求。

3 实施效果

通过实现优化后的自动生成方法,手册内容方面,自动生成了分类明确的手册目录,CPM优化前、后的目录分别如图3~图4所示,可以看出:优化前所有的消耗性材料堆积在同一个数据模块中,很难快速查找;优化后的手册,材料分类一目了然,手册用户使用方便。手册发布效率方面,CPM手册自动生成达到了分钟级别。手册浏览方面,满足PDF和电子化浏览,且可在电子化手册中提供连接跳转,交互式CPM如图5所示,手册中的蓝色内容都可进行点击跳转的交互。

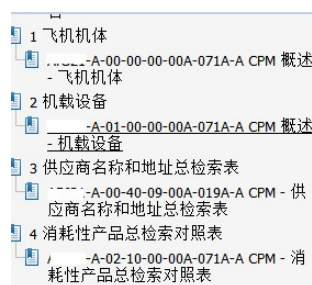


图3 CPM优化前目录

Fig. 3 CPM catalogue before optimization

飞机体

121-A-00-40-09-01A-071A-A 01 - 滑油
121-A-00-40-09-02A-071A-A 02 - 液压油
121-A-00-40-09-03A-071A-A 03 - 滑油
121-A-00-40-09-04A-071A-A 04 - 通用润滑脂
121-A-00-40-09-05A-071A-A 05 - 特种材料
121-A-00-40-09-06A-071A-A 06 - 润滑剂
121-A-00-40-09-07A-071A-A 07 - 功能涂料
121-A-00-40-09-08A-071A-A 08 - 胶粘剂和粘合剂
121-A-00-40-09-09A-071A-A 09 - 密封胶
121-A-00-40-09-10A-071A-A 10 - 除冰和防冰材料
121-A-00-40-09-11A-071A-A 11 - 清洗剂
121-A-00-40-09-12A-071A-A 12 - 退漆剂
121-A-00-40-09-13A-071A-A 13 - 表面处理材料
121-A-00-40-09-14A-071A-A 14 - 消毒剂
121-A-00-40-09-15A-071A-A 15 - 贮存保护材料
121-A-00-40-09-16A-071A-A 16 - 结构漆
121-A-00-40-09-17A-071A-A 17 - 微生物污染防治材料
121-A-00-40-09-18A-071A-A 18 - 其它
机设备
121-A-00-40-09-22A-071A-A 04 - 通用润滑脂
121-A-00-40-09-25A-071A-A 07 - 功能涂料
121-A-00-40-09-26A-071A-A 08 - 胶粘剂和粘合剂

图4 CPM优化后目录

Fig. 4 CPM catalogue after optimization



图5 交互式CPM

Fig. 5 Interactive CPM

4 结论

1) 本文提出的基于S1000D规范进行同源手册自动生成的方法,充分考虑了手册编制交付过程中的数据重用性。

2) 传统的手册编制方法对于基于同一数据源的手册,存在效率低、错误率高的问题。本文使用

同源手册分析方法,通过同源手册自动生成流程转化,能详细分析手册数据,提炼手册规则,指导手册编制和发布,节省大量人工成本,提高手册数据正确性。

3) 通过某民用飞机消耗品手册实施同源手册自动生成方法,成功为客户提供分类精细、搜索便捷的PDF和电子交互式的CPM,证明该方法能完

成同源手册的自动生成,对具备同类特性的标准件手册、快速复位手册、主最低设备清单手册的自动生成研究方面具有较好的指导价值。

参考文献

- [1] 韩天时,彭和平.基于S1000D标准的技术出版物公用信息管理研究[J].计算机测量与控制,2017,25(9):154-157.
HAN Tianshi, PENG Heping. Research on management of common information in technical publication based on S1000D standard[J]. Computer Measurement & Control, 2017, 25(9): 154-157. (in Chinese)
- [2] 林琳.基于S1000D的保障技术数据同源管理[J].中国电子科学研究院学报,2020,15(10):989-995.
LIN Lin. Support technology data homology management based on S1000D[J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2020, 15(10): 989-995. (in Chinese)
- [3] 刘源.基于S1000D标准的工具库在飞机维修手册中的应用[J].航空维修与工程,2018(5):47-49.
LIU Yuan. Application of tool repository based on S1000D standard in aircraft maintenance manual[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2018(5): 47-49. (in Chinese)
- [4] 郭霞.基于S1000D的发动机技术出版物的开发及应用[J].中国新技术新产品,2021(11):78-80.
GUO Xia. Development and application of engine technical publications based on S1000D[J]. New Technology & New Products of China, 2021(11): 78-80. (in Chinese)
- [5] 赵洪利,文星辰,郭庆.基于S1000D的飞机故障隔离手册规范研究与应用[J].航空维修与工程,2013(6):86-89.
ZHAO Hongli, WEN Xingchen, GUO Qing. Study and application of aircraft fault isolation manual based on S1000D[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2013(6): 86-89. (in Chinese)
- [6] 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)
- [7] 徐步祥,蒋庆喜,王利娜.基于S1000D的飞机系统原理图册编制方法研究[J].航空标准化与质量,2022(3):9-12.
XU Buxiang, JIANG Qingxi, WANG Lina. Research on compiling method of aircraft system schematic manual based on S1000D[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2022(3): 9-12. (in Chinese)
- [8] 蒿思哲,金安.基于S1000D标准的图解零部件目录手册编制方法研究[C]//2019年(第四届)中国航空科学技术大会论文集.沈阳:中国航空学会,2019:996-1003.
HAO Sizhe, JIN An. Research on design method of aircraft illustrated part catalog based on S1000D standard[C]// Proceedings of the 4th China Aviation Science and Technology Conference in 2019. Shenyang: CSAA, 2019: 988-995. (in Chinese)
- [9] 王会丽,姜朗.故障隔离手册内容编写研究[J].科技创新导报,2015,12(24):12-16.
WANG Huili, JIANG Lang. Research on writing the content of fault isolation manual[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015, 12(24): 12-16. (in Chinese)
- [10] 许娟,许艳萍,杨鹏飞.基于S1000D的国产民机结构修理手册开发研究[J].航空维修与工程,2021(7):42-45.
XU Juan, XU Yanping, YANG Pengfei. Research on the development of structure repair manual for civil aircraft based on S1000D[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2021(7): 42-45. (in Chinese)
- [11] 邢维鸽,李晨菲.基于航空发动机维修服务的IETM研究与分析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(8):230-231.
XING Weige, LI Chenfei. Research and analysis of IETM based on aero-engine maintenance services[J]. Modern Industrial Economy and Informationization, 2022, 12(8): 230-231. (in Chinese)
- [12] 郭杨翘楚,欧阳成.基于IETM的航空装备故障诊断[J].测控技术,2020,39(3):58-64.
GUO Yangqiaochu, OUYANG Cheng. Fault diagnosis of aviation equipment based on IETM[J]. Measurement & Control Technology, 2020, 39(3): 58-64. (in Chinese)
- [13] 蒿思哲,金安,杨沛.基于IETM的飞机图解类手册编制方法研究[C]//2019航空装备服务保障与维修技术论坛暨中国航空工业技术装备工程协会年会论文集.南昌:中国航空学会,2019:246-249.
HAO Sizhe, JIN An, YANG Pei. Research on method of illustrated parts catalog for aircraft based on IETM[C]// Proceedings of the 2019 Aviation Equipment Service Support and Maintenance Technology Forum and the Annual Conference of the China Aviation Industry Technical Equipment Engineering Association. Nanchang: CSAA, 2019: 246-249. (in Chinese)
- [14] 魏严锋,乔琳君.基于S1000D标准的飞机技术出版物结构化方法研究[J].航空工程进展,2021,12(5):116-122.
WEI Yanfeng, QIAO Linjun. Research on structured method of aircraft technical publication based on S1000D standard[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2021, 12(5): 116-122. (in Chinese)
- [15] ASD/AIA/ATA. International specification for technical publications utilizing a common source data base (Vol 4.1): S1000D[S]. US: ASD/AIA/ATA, 2012.

(编辑:马文静)