

基于 Windchill 的三维装配大纲编辑及流程控制技术研究

董可静,陈伟,万渝,陈一鸣

(上海航空工业(集团)有限公司,上海 200232)

摘要: 装配大纲是指导飞机装配的指令性文件,其内容的表达形式、编制流程的控制直接决定着飞机装配的质量、效率和设计符合性。将三维轻量化可视技术与装配大纲进行集成,实现了三维数字模型的轻量化关联显示和装配工序的轻量化仿真显示;基于 XML 技术将装配大纲的内容进行结构化解析,基于 Windchill 平台开发装配大纲编辑器,实现了编制过程与 CATIA 软件的交互操作及装配大纲的多任务流程化控制。

关键词: 飞机装配;大纲;结构化;三维;流程控制

中图分类号: V262.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1671-5276(2022)04-0152-05

Research on 3D Assembly Outline Editing and Process Control Technology Based on Windchill

DONG Kejing, CHEN Wei, WAN Yu, CHEN Yiming

(Shanghai Aviation Industrial (Group) Co., Ltd., Shanghai 200232, China)

Abstract: Assembly outline is the instructive document to guide aircraft assembly, and the expression of its content and the control of its preparation process directly determine the quality, efficiency and design compliance of aircraft assembly. The 3D lightweight visualization technology is integrated with the assembly outline to realize the lightweight associated display of 3D digital model and the lightweight simulation display of assembly process. Based on XML technology, the content of assembly outline is analyzed structurally. An assembly outline editor is developed based on Windchill platform. Thus the interactive operation between the compilation process and CATIA software and the multi task flow control of assembly outline are realized.

Keywords: aircraft assembly; outline; structure; 3D; process control

0 引言

装配大纲(assembly outline, AO)是由飞机装配工艺设计人员编制的指令性文件,主要包含架次和版本控制、工艺标准、所需工装、零件清单、装配工序、更改说明、质量记录、检验要求、说明配图等内容。装配大纲按照飞机架次生效,每一架飞机有一套装配大纲。装配工人依据装配大纲工序以及引用的工艺规范/标准进行装配操作,并如实记录装配关键控制测量点、紧固件安装转矩、涂胶密封环境等关键数据。质量检验人员对每条操作和数据记录的符合性进行审查。因此,装配大纲是适航当局重点核查的工艺文件之一,也是以后质量追溯、问题分析的重要文件。在传统的三维模型+二维工程图样的飞机研制模式下,装配大纲为二维纸制文件,飞机装配现场工人按照装配大纲的内容,对照二维工程图样进行飞机装配。随着基于模型的定义(model based definition, MBD)技术在飞机研制中的应用,对飞机产品数据的管理、传递、装配工艺规划、工艺文件的编制、装配现场操作都提出了新的要求。以前需要三维数模和二维图样同时表达的各种信息,现在全部集中到 MBD 数据集中,各部门获得信息的来源只有 MBD 数据集。在 MBD 数据集中怎样表达以及通过什么方法和工具获取信息,这对制造、装配各个环节中对产品

信息的需求至关重要^[1-2]。

用更直观、生动且过程可控的技术实现飞机装配工艺的设计、工艺文件的编制一直是国内外科研机构、企业研究的热点。国内对于指导飞机装配工艺文件的研究与应用更多地关注于将装配仿真动画与装配大纲的配合使用。装配仿真是工艺设计人员在装配方案制定的基础上,应用 DELMIA 等三维装配仿真软件对详细装配过程进行仿真的活动。所生成的仿真文件记录了装配过程,可指导装配现场的实际装配操作^[3-4]。装配仿真动画是对二维装配大纲中装配操作顺序的生动表达,方便了飞机装配现场工人的操作,但仿真动画与二维装配大纲还未很好地集成到统一的平台中,三维装配模型的轻量化处理不够,对装配大纲的审批流程管控研究较少。国内有些企业、高校在网页形式的装配大纲中以附件的形式嵌入装配仿真视频,如上海大学的吴东琦等^[5]将三维仿真视频与基于 Winchill 开发的二维装配大纲集成;南京航空航天大学的冯廷廷^[6]、河北科技大学的耿翔宇等^[7]将三维轻量化装配仿真与 office 软件(excel)进行集成,实现了飞机装配仿真的轻量化与二维文件的集成;西北工业大学的孙中雷等^[8]提出基于 JAVA 和 VRML 的装配工艺文件可视化;西北工业大学的王建旗^[9]对飞机 AO 系统的作用和流程进行了分析,基于 VC++ 开发了 MBOM 信息集成、AO 流程审批系统,实现 AO 的电子化;沈阳航空航天大学吴建忠^[10]

第一作者简介:董可静(1984—),女,山东威海人,硕士,研究方向为航空制造领域信息化技术。

研究了格式化输出 AO 文件中信息的方法,引用 PPR 模型概念,基于 CATIA 进行了二次开发,研发了飞机装配三维 AO 编辑辅助设计系统;中国电子科技集团公司的田富君等^[1]开发了基于 Tecnomatix 系统的三维装配工艺文件编制工具。在国外飞机制造领域中,以法国达索公司的 PLM 系列软件为代表,实现了装配工艺设计、装配仿真、轻量化装配工艺文件生成的集成化,以 PPR HUB 为核心,将三维 CAD (CATIA)、装配仿真软件 (DELMIA - DPM)、数字化工艺规划软件 (DELMIA - DPE)、产品数据管理软件 (ENOVIA) 有机地集成在一起,其解决方案在波音 787、A350 项目中都有较好的应用。对工艺文件的签审、发布一般基于 Windchill 平台开发专门的 PDM 系统来实现。

针对采用 MBD 技术进行飞机研制模式下,传统的二维装配大纲存在表达不够直观、工艺表达难、流程审批信

息难确认等问题,结合国内外技术研究的现状,本文研究了三维轻量化装配可视化技术及与装配大纲的集成技术,对装配工艺信息进行结构化管理,构建飞机产品信息和 AO 中工艺信息的关联,并对 AO 编制和使用进行结构化、流程化管理。建立适应 MBD 技术应用下的三维数字化装配大纲设计和管理系统。

1 系统架构设计

根据业务的梳理,系统包含 AO 编制、AO 签审、AO 更改/升版、AO 发放的功能,实现三维轻量化文件的关联、工装选用、工艺标注选用、与 CATIA 的在线交互操作等,所有工装所需资源来自底层的数据库。该系统采用三层架构,如图 1 所示。

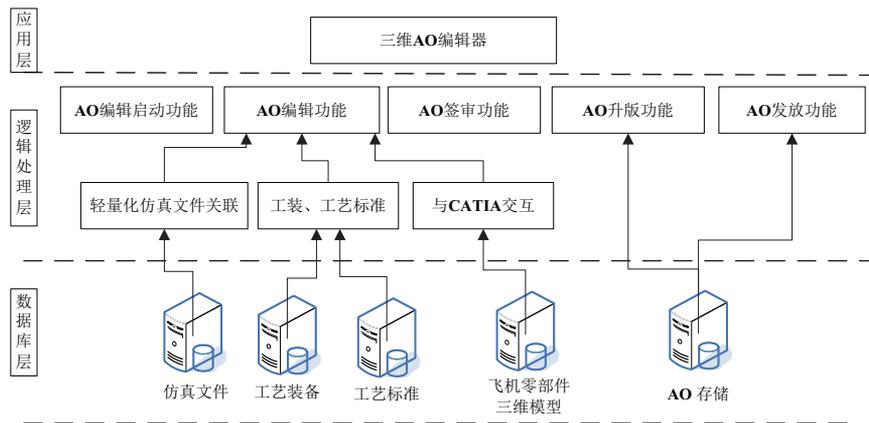


图 1 系统架构图

2 基于轻量化模型的三维装配信息表达

飞机产品基于 CATIA 进行设计,所形成的 MBD 数据集除了包含三维几何模型外,还包含了材料、紧固件、工艺标准、尺寸公差、注释等的各种信息。下游各制造部门所需要的信息及表达形式是不同的,考虑成本及技术条件因素,不能统一通过全信息的 MBD 数据集来获取。若把 MBD 数据集转化为轻量化的模型(不丢失 MBD 的各种信息),把每个工位、站位、工步装配需要的零部件及装配信息合理地通过轻量化模型表示出来并和 AO 合理的进行集成,在装配过程中可以对轻量化模型进行测量、剖切、消隐、旋转等交互操作。这样既满足了对 AO 信息的表达又满足了 MBD 数据集信息设计意图表达的需求。轻量化模型的浏览大大降低了对计算机的要求,同时降低了对操作人员的要求,而且可以为现场装配人员配置便携式移动终端,来操作轻量化模型、浏览 AO,方便装配工作的进行。

本文选择 3DVIA Composer 软件为三维装配大纲的轻量化软件。图 2 所示是三维装配大纲示例——飞机客舱组件装配 AO。对 CATIA 模型进行轻量化后,对关键的孔位信息、边距信息进行三维标识,通过多个视图顺序播放实现装配过程仿真指导,通过模型的动态消隐和明暗处理更清晰表达零部件间的装配关系。

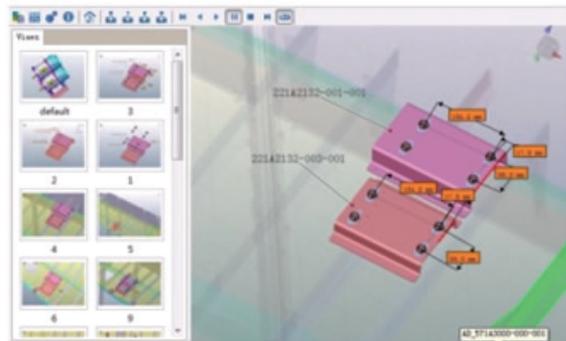


图 2 基于 3DVIA Composer 的三维装配大纲示例

3 装配工艺信息的结构化

EBOM 到 MBOM 的重构是 AO 编辑的基础。在 EBOM 到 MBOM 的重构中,根据装配工作实际需要,通过 MBOM 编辑器划分好各 AO 间的结构层次和所需要装配的零件,实现飞机装配零件即参装零件的结构化 MBOM 重构后,基于 MBOM 中的节点开始 AO 的编辑,如图 3 所示。AO 编辑中通过与工装 PDM 系统的接口调用获得所需工装的编号和模型等相关文件,实现工装的结构化管理。

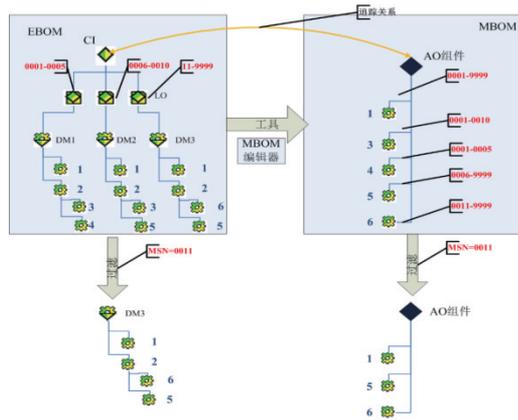


图3 BOM重构

4 基于 XML 的装配大纲结构化

XML(extensible markup language)是一种简单的可扩展标记语言,可进行不同数据格式之间的互操作。为解决飞机装配工艺文件编制异构信息化系统间的装配工艺信息交互问题,本文提出了基于 XML 的工艺信息模型及交换架构。根据 AO 的功能及包含的信息类型,通过母本的形式对 AO 进行结构化设计,提高了 AO 编制的标准化和规范化,进而提高 AO 的编制效率。

设计符合工艺要求的 AO 母本,对 AO 中各内容按照工艺要求进行归类,设计适应所有零件装配、部件对接、系统件装配、功能试验等不同类型装配工作的统一母本,工艺人员只需根据实际需要填写相关内容即可。参装零件

通过结构树的形式,按层次关系显示;所需工装、所需规范、所需工程图样可通过搜索获得,以文本形式显示;工序内容由文本编辑器进行编辑、输入;仿真动画通过附件形式添加。

5 装配大纲的编辑器设计

在飞机 MBD 研制的模式下,三维模型作为唯一数据源后,工艺人员对三维模型信息的掌握显得更加重要。在 AO 编辑过程中,要使得工艺设计人员能更加直接、直观、方便地了解所参装零件的三维模型几何形状、零部件间的装配连接关系。本文在 AO 编辑器的设计中,实现了参装零件在 AO 编辑器中的三维实时显示、编辑器与 CATIA 的互操作等新功能。

1)AO 编辑工作启动。工艺人员在 EBOM 到 MBOM 的重构时,根据实际装配需要设计相应的 AO 节点,在 MBOM 签审发布后,在 AO 编辑平台上找到对应的 AO 号处即可启动编辑工作。为了避免对 AO 的重复编辑,设计相应的控制功能,对 MBOM 重构到 AO 编辑的流程进行有效的管控。将审签流程挂于生命周期的第一个节点上,对象创建或修订成功后,自动启动审签流程,创建者即为流程“AO 审签流程”环节的参与者,设计了 AO 初始化规则。

2)AO 编辑。本文采用 AO 母本的形式为 AO 编辑提供结构化、标准化、电子化的平台,启动 AO 编辑后,即启动了 AO 母本编辑器,在 MBOM 重构时关联的参装零件能自动与 AO 编辑器关联,并以树状结构组织显示,工艺人员可在编辑器上编辑相关内容,如图 4 所示。

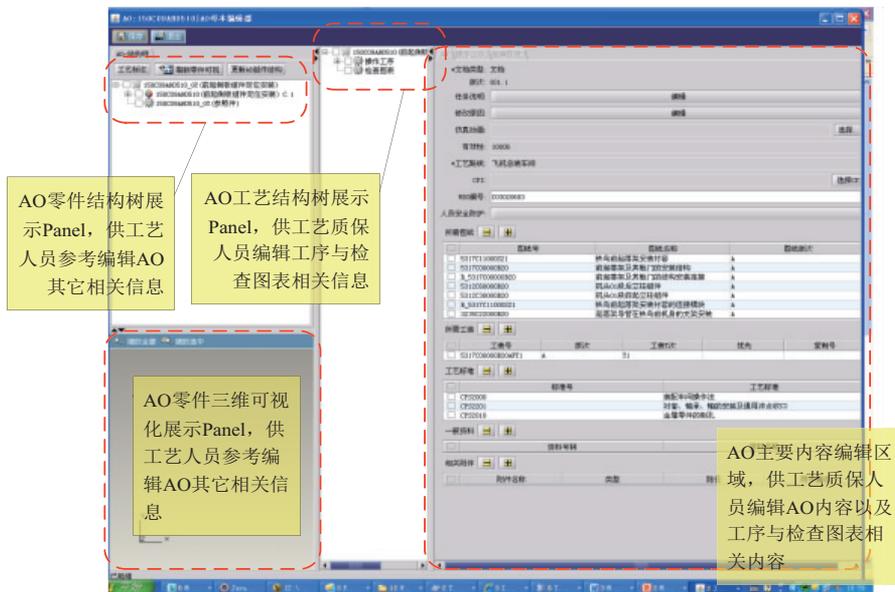


图4 AO 编辑器界面

3)AO 编辑与 CATIA 互操作。单一数据源是飞机研制过程中的基本要求,在三维装配大纲的编制和流程控制中,如何保证所有操作基于的是单一数据源对装配大纲内容的准确性尤为重要。在装配大纲编辑过程中,工艺设计人员往往要对三维模型进行尺寸、注释等的标注,为了保证此过

程是基于工程单一数据源进行的,本文应用 Windchill 平台的 COBI 技术,实现了在装配大纲编辑器中直接启动 CATIA,并把所需操作的零件打开进行三维标注操作,标注完毕后保存到 PDM 系统,供三维轻量化软件调用和编辑,实现装配大纲编辑和 CAITA 间的互操作,如图 5 所示。

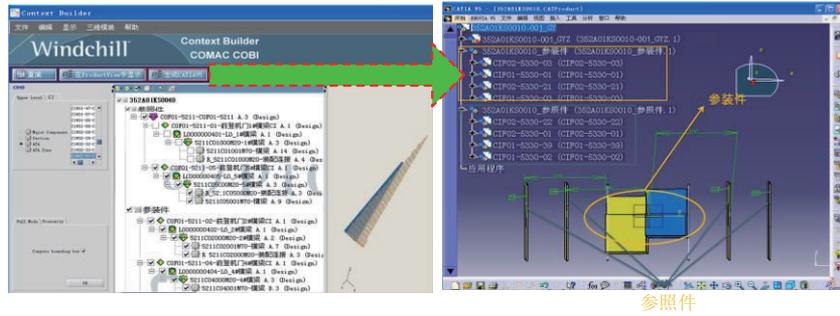


图5 装配大纲编辑与 CATIA 的互操作

4) 装配大纲的流程控制设计。装配大纲作为飞机装配工人进展装配工作的指令性文件,有其生命周期。在编制过程中、装配现场使用中以及工程更改后的维护中,都要经过一系列的流程进行控制,以保证装配大纲中信息的正确性。在流程控制过程中,每个节点都按照权限和职责对大纲内容进行审核、批准或驳回。本文基于 Windchill PDMLink 平台内置生命周期管理器和工作流管理器实现了流程控制。

5) AO 编辑器与 MES 的交互。本文通过 WebService 设计开发交互接口,具体的交互接口如图 6 所示。PDM 发放一份 AO,需将一份 AO 的数据定义为一份 XML 文件,这样通过调用 MES 系统中发放 AO 的 WebService 接口,就可以将一份 AO 从 PDM 系统中完好地发放到 MES 系统中。MES 系统的 WebService 接口定义好输出值,根据输出的信息,PDM 就能轻松地掌握发放的情况。

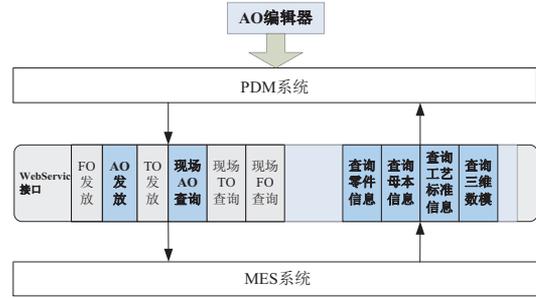


图6 MES 与 PDM 系统交互接口关系

Windchill 是三层体系结构应用程序,由 PDMLink 服务器、数据库服务器、Web 服务器和客户计算机组成,构建了一个三层体系结构。与传统的客户服务器环境相比,这种体系结构具有可伸缩性,且更易于管理,更容易实现数据保护和安全性。开发系统在 C919 大型客机的 AO 编制中进行实验应用,图 7 是 AO 编辑和管理功能界面,图 8 是三维 AO 实例。

6 基于 Winchill 平台的系统实现

本文系统基于 PTC 公司的 Windchill 平台开发。



图7 AO 编辑和管理功能界面

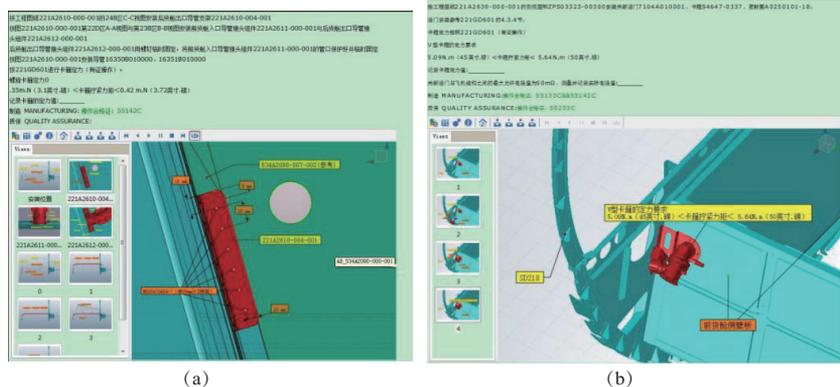


图8 三维 AO 实例

7 结语

本文针对民机的研制全面采用 MBD 技术、全三维数字化设计,分析了装配大纲的表达形式、编制方法以及编制流程控制方法,通过构建飞机产品信息和 AO 中工艺信息的关联,对 AO 编制和使用进行结构化、流程化管理,建立适应 MBD 技术应用下的三维数字化装配大纲设计和管理系统。相关技术和软件在 C919 大型客机研制中得到应用,可供 MBD 研制模式下的飞机装配工艺表达、执行和管理借鉴。

参考文献:

- [1] 巩玉强. 基于数字模型的工艺设计与应用[J]. 航空制造技术, 2020, 63(8): 26-35.
- [2] 李汝鹏, 卢鹤, 梅繁. 大型客机基于模型定义的紧固件辅助工艺设计研究与实现[J]. 航空制造技术, 2012, 55(增刊1): 92-95.
- [3] 张鑫, 居里错, 王云峰, 等. 机械产品装配仿真方法研究[J]. 机械制造与自动化, 2020, 49(4): 109-112.

- [4] 王林林. 基于 DELMIA 的飞机机身结构装配仿真分析[J]. 粘接, 2020, 41(5): 189-192.
- [5] 吴东琦, 朱文华, 王琛, 等. 飞机三维装配大纲技术的研究[J]. 现代机械, 2010(1): 45-48, 79.
- [6] 冯廷廷. 基于 MBD 的飞机装配工艺规划与仿真[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.
- [7] 耿翔宇, 方忆湘, 靳江艳. 基于 DELMIA 的飞机产品三维可视化装配工艺设计[J]. 机械制造与自动化, 2017, 46(1): 15-18.
- [8] 孙中雷, 陶华. 飞机装配工艺仿真与可视化技术研究[J]. 现代制造工程, 2006(2): 55-58.
- [9] 王建旗. 飞机装配 AO 系统研究与开发[D]. 西安: 西北工业大学, 2004.
- [10] 吴建忠. 飞机装配三维 AO 编制辅助设计技术研究[D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2014.
- [11] 田富君, 张红旗, 张祥祥, 等. 基于轻量化模型的三维装配工艺文件生成技术[J]. 制造业自动化, 2013, 35(10): 46-50.

收稿日期: 2021-01-11

(上接第 135 页)

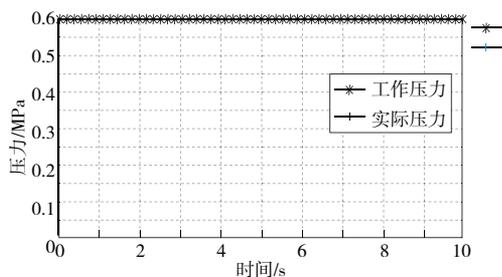


图7 智能补偿系统的特性曲线

当采用智能补偿系统时,实际供给压力约为0.59 MPa与系统所需的工作压力 0.6 MPa 基本相同。通过分析证明智能补偿系统起到了较好的压力补偿效果。

5 结语

本文首先分析了带有过滤装置液压系统的结构与工作原理,通过分析及仿真发现过滤装置造成了一定的系统压力损失。其次,针对压力损失这一问题,文中以比例换向阀、传感器为硬件核心设计了一种具有比例反馈环节的智能补偿回路,通过补偿回路向工作系统成比例进行压力输入,进而达到压力补偿的作用。最后,以 AMESim 为手段搭建了无补偿系统与智能补偿系统的仿真模型,并进行了仿真运算,通过结果的对比分析,表明智能补偿系统对过滤装置所造成的压力损失进行了有效补偿,保持了液压系统所需压力的稳定供给,具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 李俊沅. 一种新型油箱过滤装置的研究[J]. 风能, 2019(4): 124-127.
- [2] 王昶, 游杨冰, 曾明. 新型过滤装置的工作参数对过滤性能的影响[J]. 天津科技大学学报, 2017, 32(1): 36-42.
- [3] 胡际万, 李健健, 汪育, 等. 便携式液压能源过滤装置研究与应用[J]. 液压气动与密封, 2016, 36(9): 69-71.
- [4] 蒋勇. 一种剪式液压升降台控制及检测系统设计[J]. 机械制造与自动化, 2019, 48(6): 164-167.
- [5] 周晶. 气动与液压技术项目化教程[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2017: 187-189.
- [6] 钟佳炜, 刘忠, 霍佳波, 等. 比例压力流量阀控缸系统的建模与输出特性研究[J]. 机械制造与自动化, 2019, 48(4): 89-92, 96.
- [7] 师平, 白亚琼. FluidSim 和 AMESim 在液压与气动课程教学中的应用——以《液压同步回路》为例[J]. 现代制造技术与装备, 2018(11): 211-212.
- [8] 孙弘翔. FluidSIM 软件在液压与气动技术中的应用探索[J]. 科技风, 2017(21): 112.
- [9] 沈利坚. 采用电磁力杠杆机构的力平衡式传感器[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- [10] 恭飞, 王雪婷, 杜奕. 基于 AMESim 的液压系统建模与仿真[J]. 软件, 2020, 41(1): 42-45.
- [11] 王娟, 姜勇. 基于 AMESim 的深海采矿车液压执行系统建模与仿真[J]. 有色金属(矿山部分), 2012, 64(2): 5-7, 11.
- [12] 陶柳, 徐化文, 方婷. 基于 AMESim 的 M 型电液换向阀仿真研究分析[J]. 装备制造与教育, 2019, 33(4): 50-52.

收稿日期: 2020-06-09