

# 基于 PDM 系统的协同设计在船舶配套企业的应用研究

曲 攀<sup>1</sup>, 李 汎<sup>1</sup>, 郑芬芬<sup>1</sup>, 许志业<sup>2</sup>, 江 昆<sup>2</sup>

(1.武汉船用机械有限责任公司, 湖北 武汉 430084; 2.中国船舶集团海舟系统技术有限公司, 上海 200011)

**摘要:** 通过分析船舶配套企业的产品研发设计特点及一体化设计需求, 结合产品数字化研发设计、信息系统的发展方向和船舶配套企业的生产制造要求, 构建一套基于 PDM 系统的协同设计平台。重点对协同设计平台建设中的总体架构、关键技术、功能设计及协同模式进行了研究和深入分析, 为平台在船舶配套企业真正落地应用建设奠定坚实基础。该平台的落地应用, 将有效打破企业内部信息孤岛, 通过数据驱动实现设计流程的优化重组, 显著提升企业对客户个性化需求的响应速度, 增强产品研发设计的科学性与高效性, 最终赋能船舶配套企业在激烈的市场竞争中构建技术创新优势, 巩固核心竞争力。

**关键词:** PDM; 船舶配套企业; 协同设计; 研发设计

**中图分类号:** TP278.4 **文献标志码:** A

## Research on the Application of Collaborative Design Based on PDM System in Ship Supporting Enterprises

QU Pan<sup>1</sup>, LI Feng<sup>1</sup>, ZHENG Fenfen<sup>1</sup>, XU Zhiye<sup>2</sup>, JIANG Kun<sup>2</sup>

(1. Wuhan Marine Machinery Plant Co., LTD, Wuhan Hubei 430084, China; 2. China Shipbuilding Corporation Marine System Technology Co., Ltd, Shanghai 200011, China)

**Abstract:** By analyzing the product research and development design characteristics and integrated design requirements of ship supporting enterprises, combined with the development direction of digital product research and development design and information systems, and the production and manufacturing requirements of ship supporting enterprises, a collaborative design platform based on PDM system is constructed. We have conducted in-depth research and analysis on the overall architecture, key technologies, functional design, and collaborative mode of the collaborative design platform construction, laying a solid foundation for the platform to be truly implemented and applied in ship supporting enterprises. The landing application of this platform will effectively break down the internal information silos of enterprises, optimize and restructure the design process through data-driven approaches, significantly improve the response speed of enterprises to personalized customer needs, enhance the scientific and efficient nature of product research and development design, and ultimately empower ship fitting enterprises to build technological innovation advantages and consolidate core competitiveness in fierce market competition.

**Keywords:** PDM; ship supporting enterprises; collaborative design; designing

### 1 引言

在全球化市场竞争态势持续深化的背景下, 客户需求正经历着结构性转变, 呈现出显著的差异化与个性化

特征。这一趋势促使企业研发设计模式发生根本性变革, 逐渐向离散化方向演进, 形成了单件生产、多品种小批量制造及大规模定制等多元化生产范式。此类模式的广

基金项目: DZBM2024-31-0022 项目

泛应用，不仅大幅提升了设计开发活动的复杂度，也使相关工作量呈几何级数增长。在此情境下，信息化作为一种具备高度创新性的科技手段，通过对分散于组织各维度的信息与知识进行系统性整合、深度挖掘及智能分析，为产品研发设计提供了强有力的支撑体系，成为破解企业发展困局的关键突破口。

以船舶配套企业为研究样本，其研发设计活动呈现出典型的订单驱动特征。在此运营模式下，构建产品数据管理（Product Data Management, PDM）系统成为企业提升客户需求响应速度的核心基础。该系统通过对产品全生命周期数据的集成化管理，实现了设计资源的高效配置与协同利用。协同设计技术作为 PDM 系统的核心组成模块，其核心理念在于构建一个跨层级、跨专业的结构化协同工作平台。该平台打破了传统设计流程中的专业壁垒与层级限制，使不同领域的工程师能够在保持原有设计工具使用习惯的前提下，实现设计成果与分析数据的实时交互共享，进而推动并行设计模式的有效落地<sup>[1]</sup>。实践表明，基于协同设计框架形成的设计成果具备更强的技术鲁棒性，能够充分覆盖各环节技术细节，从而显著压缩产品研发周期，提升企业的市场竞争力。

本研究通过对船舶配套企业设计开发业务特征的深度解构，系统论证了 PDM 系统建设的战略必要性，并提出了具有实践指导意义的实施策略。同时，以船舶配套企业 PDM 系统建设项目为实证研究对象，结合当前 PDM 技术的前沿发展趋势与企业的个性化需求，对协同设计方案的架构设计、技术体系的搭建逻辑及实际应用场景进行了多维探讨，以期同类企业的数字化转型提供可借鉴的理论框架与实施路径。

## 2 船舶配套企业的特点及需求

PDM 系统作为推动企业数字化转型的核心基础设施，其功能已从单纯的数据存储与管理，拓展至涵盖协同设计开发全流程的智能化管控。鉴于不同行业在生产模式、业务流程及技术需求等方面存在显著差异，PDM 系统的实施与应用需深度契合行业特性，方能充分释放其潜在效能，实现企业运营效率与经济效益的双提升。这一认知强调，唯有精准把握行业独特需求，构建定制化的 PDM 协同设计开发管理方案，才能达成预期的实施目标。

船舶配套制造行业以其独特的生产运营模式，呈现出显著的行业特征。该领域普遍遵循“多品种、多批次、

小批量”的生产范式，产品研发设计高度依赖客户定制化需求，由此衍生出设计任务繁重、产品研发流程复杂、项目周期紧迫等一系列挑战。同时，企业还需快速响应市场变化、严格控制成本、确保产品高质量等多重压力。此外，为满足产品在复杂物理环境与多样化使用场景下的性能要求，构建一套基于 PDM 技术的协同设计平台，已成为船舶配套制造企业提升核心竞争力的关键举措。客户订单的高度差异化导致设计数据呈现碎片化、异构化特征，传统管理模式难以实现数据的高效整合与有序利用。在此背景下，协同设计平台凭借其数据集成管理与跨专业协作优势，成为实现高效产品设计的必然选择。从产品数据全生命周期管理的源头出发，建立标准化、规范化的数据管理体系，是企业快速响应客户多样化需求的重要保障。

基于对船舶配套制造企业运营模式与业务痛点的深入剖析，其 PDM 系统建设需求呈现出多维度、系统化的特征：

其一，需构建多层次、立体化的计划管理体系，借助动态监控与实时跟踪机制，实现项目全生命周期的可视化管理，为项目决策提供全面、精准的信息支撑；

其二，应建立完善的图文档全生命周期管理与变更控制机制，确保工程变更在设计、工艺、制造等全业务链条中的一致性传递，同时实现产品历史数据的可追溯性与知识成果的复用性；

其三，着力推进 CAD、CAE 等专业设计工具与 PDM 系统的深度集成，搭建跨学科、跨领域的协同设计架构，通过消除设计冲突、提升修改协同性，有效降低设计返工率<sup>[2]</sup>；

其四，打造开放式信息共享平台，构建协同设计工作环境，促进企业内部各部门及上下游合作伙伴间的知识资源整合与高效利用；

其五，强化 CAPP、ERP 等业务系统与 PDM 系统的集成协同，以电子工作流为驱动引擎，实现产品开发业务流程的自动化与规范化，保障设计、工艺、采购、制造和质量等业务环节的无缝衔接与信息流畅通。

## 3 构建基于 PDM 系统的协同设计平台

### 3.1 设计平台构建

企业产品研发设计过程中业务问题的解决不能够仅仅依赖于某个或几个相对独立的运行系统，而必须建立

一个科学完善的集成化的解决方案。根据船舶配套企业的需求特点，结合行业的信息化发展方向，提出了构建

基于 PDM 系统的协同设计平台的解决方案。系统的总体框架结构如图 1 所示。

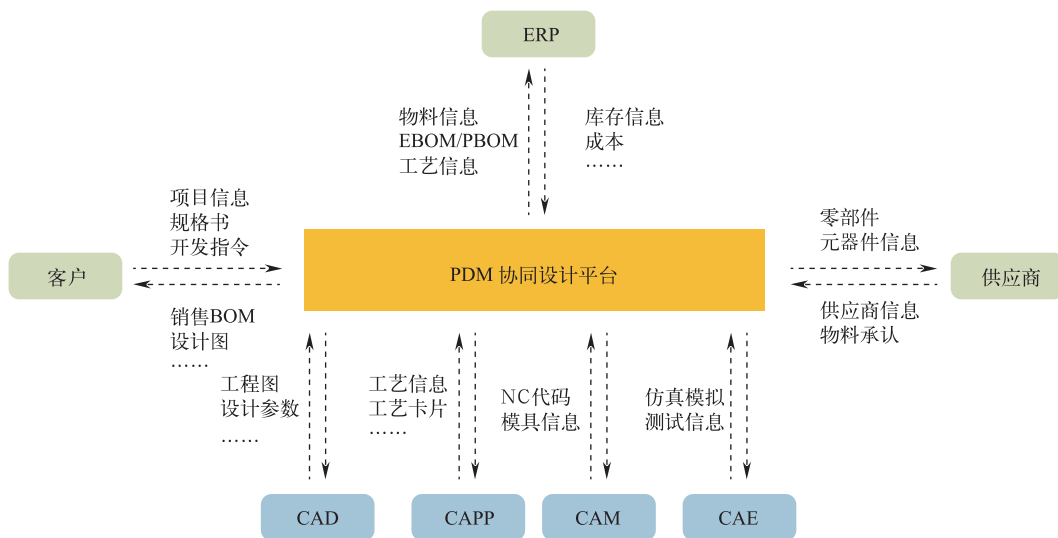


图 1 系统总体框架结构图

### 3.2 核心技术体系架构与应用

在船舶配套企业数字化转型进程中，PDM 系统的有效实施依赖于多项关键技术的协同应用。这些技术针对行业特性，从数据管理、项目协同、信息交互等多个维度为系统构建提供支撑，以下详述其核心技术要点与创新应用模式。

1) 数据仓库技术的深度融合：鉴于船舶配套企业设计开发活动的复杂性，以及长期数据积累形成的异构化、海量数据特征，传统数据库管理模式难以满足高效数据处理与决策支持需求。数据仓库作为一种面向主题的数据集成架构，通过对多源异构数据的清洗、转换与聚合，为决策分析提供统一的数据视图。将其融入 PDM 系统，能够强化系统的数据整合能力，实现企业全域数据资源的深度挖掘与价值转化，从而为管理层提供更具科学性与前瞻性的决策依据<sup>[3]</sup>。

2) 项目信息实时交互机制：基于 PDM 系统构建的项目管理模块，通过建立统一的信息共享平台，实现项目全生命周期数据的集中展示与动态更新。该平台支持项目团队成员通过标准化界面实时获取项目计划、任务进度、资源分配等关键信息，涵盖任务名称、责任人、时间节点和完成状态等核心要素。此外，系统提供个性化定制功能，允许用户根据自身职责需求，灵活设置关键活动跟踪维度，实现信息的精准推送。通过自动化与

手动触发相结合的信息发布机制，确保项目信息能够及时、准确地传递至相关人员，有效提升项目协同效率。

3) 设计数据全生命周期协同管理：船舶产品设计过程中产生的二维图纸、三维模型及技术文档等数据，具有专业性强、格式多样、版本更新频繁等特点。为实现跨专业、跨平台的数据共享与协同应用，PDM 系统采用数据格式转换技术，将各类设计数据实时转换为标准化格式（如 PDF），并通过服务器端进行统一存储与管理。这种机制确保数据从创建、发布到变更的全生命周期内，均可在不同设计环境下实现无障碍浏览、编辑与追溯，有效避免因数据格式不兼容导致的协作障碍。

4) 多模态信息交互协同技术：在产品设计与管理过程中，跨部门、跨专业的信息交流是保障设计质量与效率的关键环节。PDM 系统集成即时通信、在线评审、电子批注等功能模块，构建多维度信息交互平台。该平台支持文字、文件、屏幕共享等多种交互方式，允许设计人员在虚拟环境中实时讨论设计方案、标注修改意见，实现设计过程的可视化与透明化。通过建立安全可控的信息交流机制，促进知识共享与经验传承，形成并行的设计模式，显著提升设计决策的科学性与执行效率。

5) Web Services 技术驱动的开放架构：基于 Web Services 技术构建的 PDM 系统，以其标准性、开放性和跨平台特性，打破传统系统的技术壁垒。该技术支持不

同开发语言、操作系统环境下的应用系统实现无缝集成，有效提升企业 IT 资源的整合效率。本次实施的 PDM 系统采用 B/S 架构，将系统部署与维护集中于服务器端，通过浏览器实现客户端访问，不仅降低了系统运维成本，还为动态应用集成与系统功能扩展提供了灵活的技术支撑，契合企业数字化转型的发展需求。

6) 全链路数据集成解决方案：PDM 系统通过 Web Service 接口模块，构建与 CAD、CAE、CAPP 及 ERP 等上下游系统的集成通道。该接口设计遵循标准化协议，具备良好的扩展性与兼容性，能够实现数据的双向传递与业务流程的无缝衔接。通过系统集成，企业内部各业务环节的数据得以打通，形成统一的数据资源池，实现产品数据的全域共享与协同应用，推动企业向一体化、智能化管理模式转型。

#### 4 系统功能设计

PDM 系统作为企业数字化转型的核心枢纽，以产品全生命周期数据管理为基石，通过对数据流转过程的全

维度管控、跨部门协同机制的构建及人力资源的优化配置，实现设计信息的精准传递与高效利用。该系统旨在解决设计过程中信息孤岛问题，通过提升数据交互效率，助力企业达成缩短研发周期、控制生产成本、提升产品质量与优化性能的多重目标<sup>[4]</sup>。系统功能框架如图 2 所示。基于协同设计管理平台，企业能够建立标准化的数据管理体系，有效保障产品数据的准确性与安全性，为研发决策提供可靠支撑。

在协同设计框架中，产品模型构成了跨专业协作的核心载体。为实现设计流程的深度协同，需构建统一的协同设计模型，作为贯穿产品研发全生命周期的信息中枢。该模型不仅是各环节数据交互的统一数据源，还承载着研发流程各节点的关键信息，通过建立标准化的数据接口与共享机制，支持集成产品开发团队（IPT）开展高效协作。通过促进团队成员间的信息共享、交互协商与分工协作，协同设计模型能够推动多专业联合团队完成复杂产品的关联设计任务，实现设计流程的有机整合<sup>[5]</sup>。

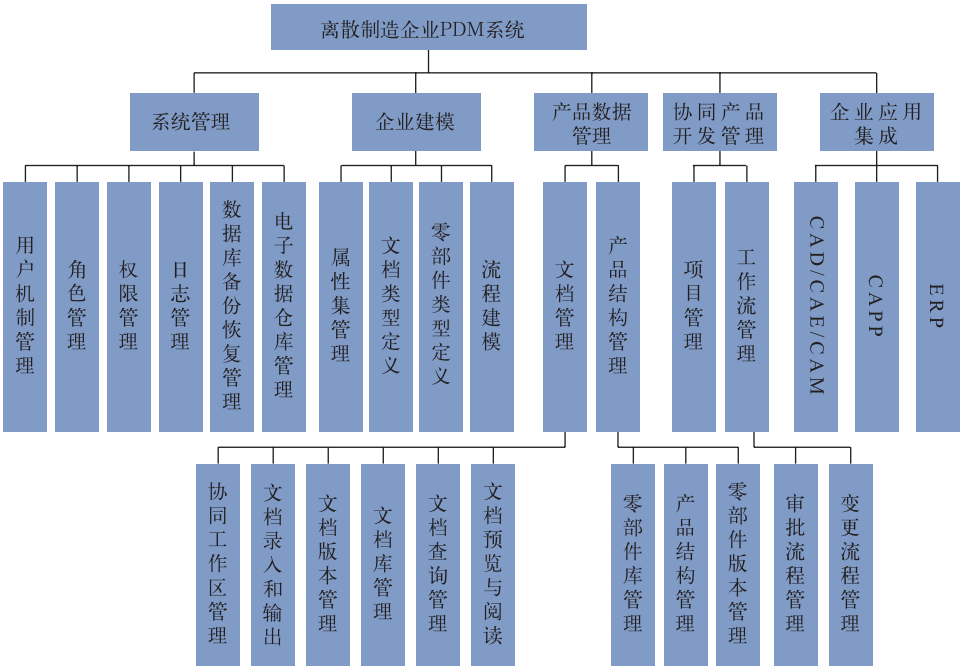


图 2 系统功能框架

船舶配套企业并行协同设计平台依靠产品设计模型帮助产品研发技术总体部门建立、完善、优化产品设计和管理体系，实现产品研发设计各个专业（机械、电气、液压和信息化等）的智能数据化管理，为总体部门在产

品研发设计前计划、设计中控制、设计后总结分析提供有效的工具和必要的手段。实现设计流程标准化、设计内容规范化、设计过程可溯化、设计责任明确化、设计结果系统化和知识成果可读可学习化，最终达到设计高

效率、产品高质量、知识可传承及全面调动人力资源的目标<sup>[6]</sup>。协同设计业务流程图如图3所示，机电液协同设计解决方案通过将产品研发过程的机械设计内容、电气设计内容、液压设计内容集成到PDM系统中，实现多专业的协同设计、仿真和试验，满足多专业、多学科设计的管理需求，以加速企业的产品创新<sup>[7]</sup>。

针对船舶配套企业的业务特性，并行协同设计平台依托产品设计模型，助力技术总体部门构建智能化、数据化的研发管理体系。该平台通过对机械、电气、液压及信息化等多专业领域的协同管理，为产品研发的全流

程提供决策支持工具，涵盖研发规划、过程控制与成果分析等环节<sup>[8]</sup>。通过推行标准化设计流程、规范设计内容、建立可追溯机制、明确责任体系，以及系统化管理设计成果，并促进知识资产的沉淀与复用，该平台致力于实现研发效率提升、产品质量优化、知识传承延续及人力资源效能最大化的目标。在机电液协同设计解决方案中，通过将多专业设计要素集成至PDM系统，构建跨学科协同设计环境，实现设计、仿真与试验的一体化管理，从而加速企业产品创新进程，提升市场竞争力。

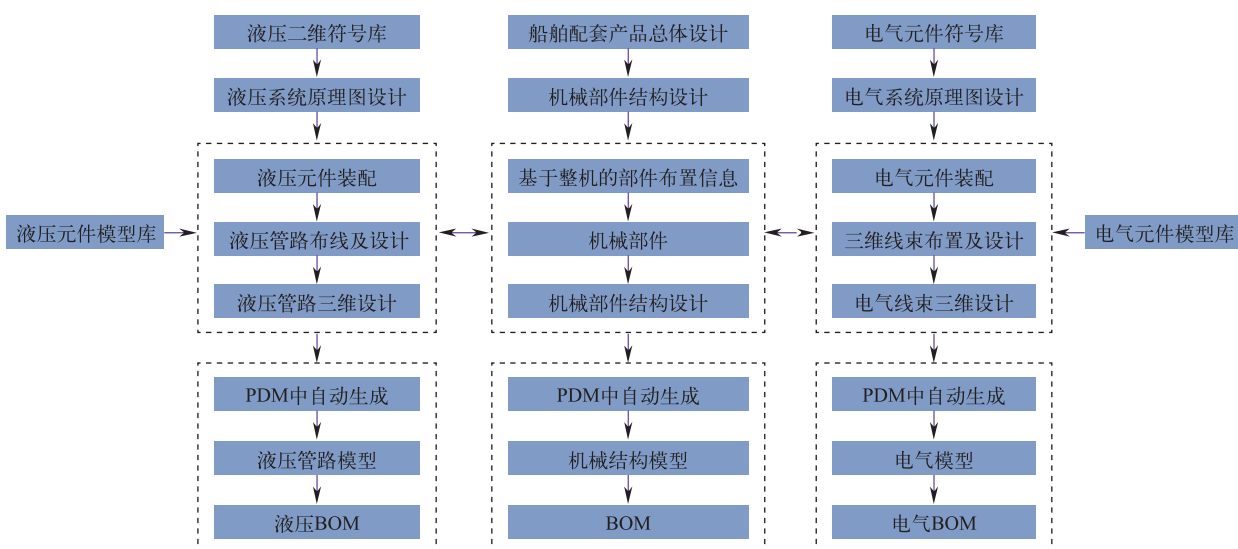


图3 协同设计业务流程图

## 5 协同设计模式

按照在产品研发数字化进程中，协同设计呈现出多维交织的复杂形态。基于阶段、层级、过程和专业四个维度的解构，可将其划分为具有不同属性特征的协同模式。这些模式并非孤立存在，而是在产品研制实践中呈现时空重叠、功能互补的协同运作态势，共同构建起高效的研发体系<sup>[9]</sup>。

1) 从时间维度的阶段协同来看，为保障设计成果的成熟度逐步进阶，需对产品研发周期进行精细化拆解。将传统的立项论证、方案设计、工程研制、设计定型和生产定型五大阶段，进一步细分为若干具有明确输入输出标准的子阶段。通过建立跨阶段协同机制，实现前序阶段成果对后续工作的有效支撑，在保障各阶段工作有序推进的同时，为并行工程的实施创造条件，如图4所示。

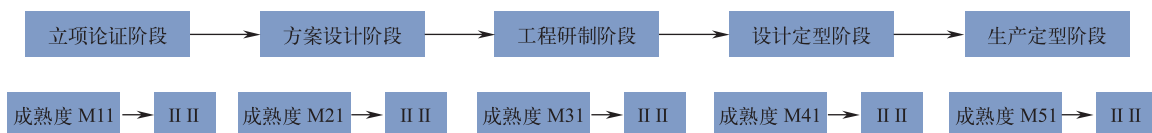


图4 阶段和成熟度划分

2) 在层级架构层方面，遵循系统工程方法论，采用“自顶向下”与“自底向上”相结合的设计策略。在需

求分析与系统构建阶段，由工程总体至系统总体逐层建立需求模型与设计模型，确保不同层级间的逻辑一致性；在验证环节，则按照“设计验证前移”原则，由系统总体向工程总体反向推进，通过逐级开展系统仿真验证与任务闭环验证，实现对设计方案的全面评估。通过建立严格的指标追溯体系与变更影响分析机制，保障技术指标在分解与集成过程中的完整性与可控性<sup>[10]</sup>。

3) 面向产品全生命周期管理，过程协同中强调对利益相关方需求的系统性整合。通过构建跨部门、跨职能的协同机制，将需求分析、系统设计、实现验证等核心环节纳入统一管理框架。这些环节不再遵循线性推进模式，而是通过迭代优化的方式，持续收集、分析各利益相关方诉求，最终形成兼顾功能需求、性能指标与质量特性的综合解决方案。

4) 在专业技术维度方面，针对复杂系统的多学科特性，跨专业协同设计通过建立集成化仿真平台，整合结构力学、流体液压、电气控制和信息处理等不同专业领域的仿真模型。基于对系统要素关联性的深度分析，开展多学科联合仿真与优化设计，有效规避专业间设计冲突，提升整体设计质量与效率，确保最终产品符合复杂功能需求<sup>[11]</sup>。

## 6 结束语

协同设计作为复杂系统工程的典型实践，其有效落地绝非单一软件工具的应用所能达成。尤其在船舶配套企业的数字化转型进程中，协同平台的建设与完善呈现显著的长期性与系统性特征。在此过程中，如何实现从传统独立设计思维向协同设计理念的范式转换，成为决定系统实施成效的核心命题。作为支撑协同设计的核心信息系统，PDM 系统的应用同样遵循渐进式发展路径，其价值的释放需经历持续迭代与优化的过程。

PDM 系统的引入为技术人员构建了高效的信息管理生态，通过打破时空壁垒，实现设计资源的即时获取与便捷共享。相较于传统设计模式，该系统不仅解决了信息传递的时效性问题，更通过标准化数据管理机制，显著提升了设计资源的利用效率。在船舶配套企业的实际应用中，PDM 系统的价值不仅体现在对产品设计工艺数据的全生命周期管理，更在于其对企业协同创新能力的重塑。通过构建跨专业、跨部门的信息交互平台，PDM

系统有效促进了设计管理信息的高效流通，显著增强了多领域协同作业效能。同时，该系统通过规范业务流程、优化资源配置，推动企业管理向标准化、精细化方向演进，为设计创新提供了坚实的技术支撑与制度保障。这种全方位的能力提升，最终转化为企业持续发展的核心竞争力，助力其在激烈的市场竞争中实现跨越式发展。■

## 参考文献

- [1] 杨旭. PDM 协同研制平台在军工电子企业的运用 [J]. 数字通信, 2013, 40 (4): 81-86.
- [2] 吴豪. 基于离散型制造业的 PDM/ERP/MES 系统集成研究 [J]. 技术与市场, 2011, 18 (7): 1-2, 4.
- [3] 邱军. 产品数据管理 (PDM) 在离散制造企业中的应用 [J]. 兰州工业高等专科学校学报, 2008 (1): 51-53.
- [4] 张柏楠, 戚发轫, 邢涛, 等. 基于模型的载人航天器研制方法研究与实践 [J]. 航空学报, 2020, 41 (7): 78-86.
- [5] 孙楚凡. 基于 PDM 的产品开发过程管理关键技术研究及应用 [D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2015.
- [6] 冯雷, 雷秉霖, 王云帆, 等. 基于数字协同设计平台的船舶电气设计研究 [J]. 船电技术, 2020, 40 (1): 62-64.
- [7] 刘杰, 周以齐, 曲海明. 基于高层体系结构的复杂产品协同设计管理方法 [J]. 机械工程学报, 2010, 46 (13): 165-171.
- [8] 宋一淇. 基于 Windchill 的船舶设计 PDM 研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2011.
- [9] 李丽丽. 数字化协同设计集成平台 [J]. 计算机产品与流通, 2018 (3): 106.
- [10] 杨帆, 韩红波, 魏梅娟, 等. 基于模型、数据和流程驱动的数字研发体系探索 [J]. 国防科技工业, 2019 (11): 50-51.
- [11] 廖宇轩. 基于 Teamcenter 的发电机协同设计平台 [J]. 电机技术, 2022 (2): 61-64.

作者简介: 曲攀 (1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为 CAD/CAPP/PDM 等产品数字化研发设计。

收稿日期: 2025-05-25