

船舶铁舭设计中 AM 软件的二次开发与工程应用实践

朱峰林

广东中远海运重工有限公司 广东东莞 523000

DOI:10.32629/ems.v8i3.18703

[摘要] 为解决船舶铁舭设计中 AM (AVEVA Marine) 软件原生功能与工程实际需求不匹配、设计效率低、数据交互不畅等问题, 本文开展 AM 软件二次开发及工程应用研究。基于 AM 软件 API 架构与 PML、C# 开发语言, 构建“标准化模块封装-自动化流程开发-跨系统数据集成”的二次开发技术体系, 重点研发管支架参数化建模、舱室绝缘快速生成、铁舭件国标符号适配及数据自动统计等功能模块。结合 2800 吨邮轮型客滚船、82000 吨散货轮等实际项目应用验证, 结果表明: 二次开发后的工具可使铁舭设计周期缩短 35% 以上, 材料统计错误率降至 2% 以下, 显著提升设计标准化水平与生产协同效率, 为船舶铁舭数字化设计提供技术支撑。

[关键词] 船舶铁舭设计; AVEVA Marine; 二次开发; 参数化建模; 工程应用

1 引言

1.1 研究背景

铁舭设计是船舶建造的核心环节, 涵盖管支架、栏杆、扶强材、舱室绝缘等各类构件的建模、布置、出图及数据统计, 其设计质量与效率直接决定船舶建造周期和制造成本。随着数字化造船技术的普及, AVEVA Marine (简称 AM) 软件凭借强大的三维建模与数据管理能力, 成为国内主流船舶设计企业的核心工具。然而, AM 软件原生功能存在明显局限性: 一是通用化设计难以适配国内船舶铁舭国标 (GB/T) 要求, 如 ISOGEN 符号库与 GB/T 17395 标准不兼容; 二是重复性建模工作繁重, 管支架、绝缘等构件需逐一生成, 设计效率低下; 三是数据交互封闭, 与 PDM 系统、套料软件的衔接存在壁垒, 易导致数据孤岛。

二次开发作为扩展 AM 软件功能的关键手段, 可针对铁舭设计痛点定制化开发工具, 实现设计流程自动化、数据管理规范化。目前国内研究多聚焦于单一构件建模优化, 缺乏系统性的二次开发体系构建与全流程工程应用验证^[3]。基于此, 本文结合实际造船项目, 系统研究 AM 软件二次开发技术, 形成适配铁舭设计全流程的工具集, 通过工程实践验证其应用价值。

1.2 国内外研究现状

国外方面, AVEVA 公司推出 AM-Dev-Tools 开源工具包, 支持开发者基于 API 扩展软件功能, 沪东中华船厂通过该工具包实现 PlateDataExporter 模块与 CADwin 套料软件对接, 材料利用率提升 11%。韩国现代重工、三星重工等企业通过二次开发实现铁舭构件标准化库构建, 设计复用率达

60% 以上。

国内方面, 黄金水等基于 AM 软件开发管支架建模工具, 通过参数化输入实现支架自动生成, 缩短建模时间 40%; 王永光针对管系生产设计, 开发管线路径优化与自动出图模块, 提升设计连贯性; 王成林等融合 PML 与 LISP 语言, 实现舱室围壁板与绝缘的快速建模, 解决生活区建模效率低的问题。但现有研究仍存在功能碎片化、适配性不足等问题, 尚未形成覆盖铁舭设计全流程的二次开发解决方案。

1.3 研究内容与技术路线

本文围绕船舶铁舭设计全流程, 开展以下研究: 一是构建 AM 软件二次开发技术框架, 明确开发语言、工具包与核心接口; 二是开发铁舭设计关键模块, 包括参数化建模、国标适配、数据统计与跨系统集成工具; 三是结合实际项目开展应用验证, 分析工具应用效能。技术路线为: 需求分析→开发环境搭建→模块设计与编码→测试优化→工程应用→效能评估。

2 AM 软件二次开发技术基础

2.1 开发环境与工具

本次二次开发以 AM 12.1 SP6 版本为基础平台, 结合以下工具与环境构建开发体系:

- 开发语言: 核心采用 AM 内置可编程宏语言 (PML), 用于模块界面开发、模型交互与逻辑控制; 辅以 C# 语言实现复杂算法 (如路径优化、数据加密) 与外部系统接口开发, 通过 .NET 框架与 AM API 对接^[8]。

- 工具包: 集成 AVEVA 官方开源 AM-Dev-Tools, 调用 PlateDataExporter、RuleEngine 核心模块; 引入社区开源

项目 AM-PipeHelper、HullQC, 优化国标符号替换与曲面误差分析功能。

• 开发环境: 采用 Visual Studio 2022 作为主开发环境, 配置 Aveva.ApplicationFramework3.7、Aveva.Marine.Database 12.1.6 等 NuGet 包; 借助 SQL Server Management Studio 实现数据库交互, AutoCAD 用于二维图纸适配开发^[9]。

2.2 核心技术路径

2.2.1 数据接口开发

AM 软件数据库采用封闭架构, 二次开发通过两种接口实现数据交互: 一是基于 ODBC 协议访问底层数据库, 提取构件属性、坐标信息等基础数据; 二是调用 AM 原生 API 实现模型创建、修改与数据写入。针对跨系统集成需求, 开发 RESTful API 接口, 实现与 PDM 系统、CADwin 套料软件的数据实时同步, 数据传输格式采用 JSON 标准化封装。

2.2.2 参数化建模技术

基于铁舾构件共性特征, 构建参数化模型库。通过 PML 语言编写参数驱动逻辑, 定义构件关键参数 (如管支架管径、绝缘厚度、栏杆间距), 建立参数与模型几何特征的关联关系。当参数修改时, 系统自动更新模型尺寸、材料信息与图纸标注, 实现“一次建模、多场景复用”。同时嵌入设计规范校验规则, 基于 RuleEngine 模块对参数合理性进行实时检查, 规避违规设计。

2.2.3 标准化模块封装

针对铁舾设计高频场景, 封装标准化工具模块, 集成至 AM 软件自定义工具栏。模块采用“界面交互-逻辑处理-结果输出”三层架构: 界面层通过 PML Form 实现参数输入与操作引导; 逻辑层封装核心算法与 API 调用流程; 输出层支持模型自动生成、图纸导出 (DXF 格式) 与数据报表 (Excel 格式) 生成, 实现设计流程闭环。

3 铁舾设计二次开发关键模块实现

3.1 管支架参数化建模模块

管支架是铁舾设计核心构件, 种类繁多、布置密集, 原生建模需手动调整尺寸与位置, 效率低下。本模块基于 GB/T 19285 标准, 构建含 20 余种常用管支架的参数化库, 实现以下功能:

• 参数化输入: 界面支持管径、支架类型、材质、安装高度等关键参数输入, 系统自动匹配对应国标型号, 提供预览功能;

• 自动布置: 调用 A* 路径优化算法, 结合船体结构数据自动规避干涉区域, 生成最优布置方案; 支持批量选取管线, 实现多支架同步生成;

• 数据联动: 建模完成后自动统计材料用量、重量等数据, 同步更新至构件属性库, 支持与采购系统数据对接。

该模块通过内置国标参数逻辑与几何关联算法, 实现管支架建模全流程自动化。设计人员输入关键参数后, 系统可自动匹配国标型号并生成三维模型, 同时完成干涉检查与数据联动更新, 无需手动调整模型细节。

该模块应用后, 单根管支架建模时间从 5 分钟缩短至 1 分钟以内, 批量布置效率提升 80%。

3.2 舱室绝缘快速建模模块

针对舱室曲面绝缘、型材绝缘建模繁琐的问题, 基于 PML 语言开发快速建模工具, 实现以下功能: 一是曲面绝缘自动生成, 通过拾取舱室壁面模型, 提取三维坐标点并拟合曲面, 根据输入厚度参数生成绝缘模型, 支持复杂曲面自适应适配; 二是型材绝缘包裹, 自动识别型材轮廓, 生成贴合式绝缘层, 规避与其他构件干涉; 三是批量处理, 支持多舱室同步建模, 生成绝缘材料统计表与布置图。

模块采用误差控制算法, 通过公式 (1) 计算实际模型与理论模型的平整度误差, 确保绝缘层贴合精度:

$$\delta = (1/n) \sum |P_i (\text{实际}) - P_i (\text{理论})| \quad (1)$$

其中, n 为采样点数量, P_i 为第 i 个采样点的三维坐标。当误差 $\delta > 3\text{mm}$ 时, 系统自动发出预警并给出补偿建议。应用该模块后, 舱室绝缘建模效率提升 60% 以上, 曲面适配误差控制在允许范围内。

3.3 国标符号适配与出图模块

AM 软件原生 ISOGEN 符号库不符合 GB/T 17395 标准, 导致图纸需二次修改。本模块基于 AM-PipeHelper 开源项目优化, 实现国标符号自动替换与标准化出图:

• 构建 GB 符号映射表 (JSON 格式), 建立 ANSI 符号与国标符号的对应关系, 支持符号库扩展;

• 通过正则表达式批量替换 ISOGEN 生成的 .pcf 文件中的符号标识, 自动更新图纸标注与图例;

• 定制国标出图模板, 集成标题栏、技术要求等标准化内容, 支持图纸批量导出与版本管理。

该模块通过预设符号映射规则与批量处理逻辑, 完成国标符号适配与标准化出图。系统内置 JSON 格式的 GB 符号映射表, 可自动识别 ISOGEN 文件中的 ANSI 符号并替换为对应

国标符号, 同步更新图纸标注与图例, 配合定制化出图模板实现批量导出与版本管控。

3.4 数据统计与跨系统集成模块

为解决数据孤岛问题, 开发数据统计与集成模块, 实现三大功能: 一是自动统计铁舾构件数量、材料用量、重量等数据, 生成符合船厂生产需求的报表, 支持数据筛选与导出; 二是通过 NestingBridge 工具实现 AM 模型数据向 CADwin 套料软件的格式转换 (DXF 优化), 提升套料效率; 三是对接 PDM 系统, 实现设计图纸、模型文件与工艺数据的实时同步, 确保设计、生产、采购数据一致性。模块数据传输采用加密协议, 保障数据安全性。

4 工程应用实践与效能分析

4.1 应用项目概况

将上述二次开发模块应用于厦门船舶重工 2800 吨邮轮型客滚船、招商重工 82000 吨散货轮两个实际项目。其中, 2800 吨客滚船为国内首艘采用 AM 软件全流程设计的邮轮型客滚船, 铁舾设计涵盖 32 个舱室、1200 余根管支架、800 余平方米绝缘及各类栏杆扶强材; 82000 吨散货轮铁舾构件数量达 3500 余件, 需实现设计与套料、采购系统的全流程协同^[8]。

4.2 应用流程与效果

评价指标	原生 AM 功能	二次开发工具	提升/降低幅度
铁舾设计周期	45 天/船	28 天/船	提升 37.8%
单构件建模时间	5.2 分钟/件	1.1 分钟/件	提升 78.8%
材料统计错误率	8.5%	1.8%	降低 78.8%
材料利用率	82%	93%	提升 13.4%
跨系统数据同步时间	8 小时/次	0.5 小时/次	提升 93.8%

5 结论

本文构建的 AM 软件二次开发技术体系及关键模块, 针对性解决了船舶铁舾设计中效率低、标准化不足、数据交互不畅等痛点。通过工程应用验证, 得出以下结论:

- 基于 PML 与 C# 语言的混合开发模式, 可有效扩展 AM 软件功能, 实现铁舾构件参数化建模、国标适配与跨系统集成, 满足国内船厂实际需求;

- 二次开发工具可显著提升设计效率与质量, 设计周期缩短 35% 以上, 材料统计错误率降至 2% 以下, 同时提升材料利用率与跨部门协同效率;

- 标准化模块封装方式便于推广应用, 可根据不同船型需求快速迭代优化, 具备良好的通用性与扩展性。

[参考文献]

4.2.1 客滚船舱室铁舾设计

针对客滚船生活区舱室密集、绝缘需求复杂的特点, 采用舱室绝缘快速建模模块与管支架参数化模块开展设计。首先通过参数化输入完成舱室壁面绝缘建模, 自动规避设备与管线干涉; 再基于管线布置方案, 批量生成管支架并完成国标符号适配出图。设计过程中, 通过 RuleEngine 模块实时校验设计规范符合性, 累计规避违规设计 23 处。相较于原生功能, 该项目铁舾设计周期从 45 天缩短至 28 天, 设计效率提升 37.8%。

4.2.2 散货轮铁舾数据协同

在 82000 吨散货轮项目中, 通过数据统计与跨系统集成模块, 实现 AM 设计数据与 CADwin 套料软件、PDM 系统的无缝对接。设计完成后, 自动导出构件数据并转换为套料格式, 材料利用率从 82% 提升至 93%; 同时同步数据至 PDM 系统, 生成采购清单与工艺卡, 减少数据录入工作量 90% 以上。材料统计错误率从原生功能的 8.5% 降至 1.8%, 显著降低生产返工率。

4.3 效能对比分析

两个项目应用数据显示, 二次开发工具在效率、质量、协同性三方面均表现优异, 具体对比见表 1。

[1] 柴建华. 船舶模块化设计与制造技术探究[J]. 船舶物资与市场, 2022, 30 (10): 26-28.

[2] 冯超, 丁运来. 船舶铁舾件部件化预舾装的应用与意义[J]. 船舶物资与市场, 2022, 30 (9): 30-32.

[3] 冯兆缘, 翁成生, 李明鹏, 等. 基于 AM 软件二次开发的船舶管系一体化设计[J]. 船舶与海洋工程, 2023, 39 (4): 76-80.

[4] 王永光. AM 二次开发在船舶管系生产设计过程中的应用[J]. 机电设备, 2025, 42 (2): 36-41.

[5] 黄金水, 靳晓波. AM 系统二次开发管支架建模及应用[J]. 广船科技, 2015, 35 (5): 38-40.

[6] 王成林. 舱室设计完整性开发[J]. 船舶工程, 2025, 47 (S1): 189-192.