

数据治理在船舶总装建造数据采集与整合中的应用研究

胡佐治 张盼盼 吴 琦
上海外高桥造船有限公司 上海 200000

摘 要：船舶总装建造数据覆盖全生命周期，涵盖设计、生产、管理及运维多个方面，但数据采集与整合面临源分散、标准不统一、时效性差、质量不可控等痛点。本文围绕数据治理展开研究，明确治理目标为“一数一源”、提升可用性、支撑智能应用，搭建四层治理框架。通过数据采集标准化、清洗预处理、多源融合及质量评估监控等应用举措，并辅以完善的实施路径，为船舶总装建造提供可靠数据支撑，推动行业智能化发展。

关键词：数据治理；船舶总装建造；数据采集与整合；应用

引言：在船舶工业迈向智能化、精细化发展的当下，船舶总装建造作为核心环节，其数据的重要性日益凸显。全生命周期产生的海量数据，蕴含着提升建造效率、保障质量、控制成本的关键信息。然而，当前数据采集与整合存在诸多问题，严重制约了数据的价值释放。数据治理作为解决数据乱象的有效手段，能够规范数据流程、提升数据质量。因此，深入研究数据治理在船舶总装建造数据采集与整合中的应用，具有重要的理论意义和现实价值。

1 船舶总装建造数据特征与治理需求

1.1 船舶总装建造数据分类

船舶总装建造数据覆盖全生命周期，按功能可精准划分为四类。（1）设计数据是建造基础，包含三维模型（如船体、设备的精细化数字建模，支撑虚拟装配验证）、技术规格书（明确材料标准、工艺参数等核心要求）、图纸（涵盖总布置图、结构图等各类工程图纸，指导实际施工）。（2）生产数据聚焦建造过程，涉及工时记录（记录各工序人工耗时，用于效率分析）、设备状态（如焊接机器人、起吊设备的运行参数）、质量检测（焊缝检测报告、部件尺寸校验结果等）。（3）管理数据保障流程顺畅，包含物料清单（明细化各类钢材、零部件的型号与数量）、进度计划（各建造阶段的时间节点与任务分配）、成本数据（原材料采购成本、人工成本等核算信息）。（4）运维数据服务后续保障，涵盖设备日志（设备运行时长、故障预警记录）、维修记录（维修时间、更换部件、故障原因）、性能参数（设备运行效率、能耗指标）。

1.2 数据采集与整合痛点

船舶总装建造数据采集与整合面临多重挑战。（1）数据源分散，数据来源于设计软件（如CAD、CAE软件）、生产现场传感器（温度、压力传感器等）、人工

录入（纸质单据电子化录入）等多渠道，数据存储位置分散，难以集中管理。（2）标准不统一，不同部门、不同系统对数据的术语定义（如“部件”“组件”表述差异）、编码规则（物料编码格式不统一）、数据格式（Excel、PDF、数据库格式等）存在较大差异，导致数据难以互通。（3）时效性不足，部分实时数据（如设备运行状态数据）因传输链路长、处理延迟等问题，无法及时反馈至生产调度系统，影响调度决策的及时性。（4）质量不可控，数据采集过程中易出现缺失值（如人工录入漏填信息）、重复数据（多系统重复录入）、错误数据（传感器故障导致数据偏差），降低数据可信度，影响后续数据分析与决策^[1]。

1.3 数据治理目标与框架

船舶总装建造数据治理需明确目标与搭建合理框架。（1）治理目标，首要实现数据“一数一源”，确立统一的数据源头，避免数据多源混乱；其次提升数据可用性，通过数据清洗、标准化处理，提高数据质量，满足各业务场景需求；最终支撑智能应用，为船舶建造的智能调度、质量预测、成本优化等智能场景提供可靠数据支撑。（2）治理框架，采用四层架构体系，包括数据标准层（制定统一的数据术语、编码、格式标准，为数据治理提供依据）、采集层（构建多渠道数据采集体系，实现设计、生产、管理、运维数据的全面采集与实时传输）、存储层（搭建分布式数据存储平台，实现数据的集中存储与高效管理，保障数据安全性与可访问性）、应用层（基于治理后的数据，开发智能调度、质量分析、成本管控等应用模块，推动数据价值转化）。

2 数据治理在船舶总装建造数据采集与整合中的应用

2.1 数据采集标准化

数据采集标准化是船舶总装建造数据治理的基础，通过统一规范消除数据采集环节的混乱性。（1）统一编

码体系,针对船舶建造涉及的复杂对象,建立覆盖船舶部件(如船体分段、动力系统部件)、工艺(焊接、涂装、装配等工序)、设备(起吊机、焊接机器人、检测设备)的分类编码标准,确保每类对象拥有唯一编码,例如采用“部件类型-规格型号-生产批次”的15位编码结构,实现数据跨部门、跨系统的唯一标识与关联。(2)采集协议设计,明确各类数据的采集规范,定义统一的数据接口(如采用OPCUA协议实现设备与系统的数据交互),根据数据重要性设定差异化传输频率(如设备关键运行参数每10秒传输一次,普通环境数据每5分钟传输一次),同时严格规定数据精度要求,像激光扫描船体构件的点云数据,精度需控制在 $\pm 1\text{mm}$ 内,保障数据采集的规范性与准确性^[2]。(3)物联网技术应用,在船舶部件生产、运输、装配全流程附着RFID标签,通过厂区内的RFID阅读器实时追踪部件流动轨迹,生成部件位置与状态数据;搭建覆盖生产车间的传感器网络,部署温度、湿度、振动、电流等多类型传感器,实时采集焊接设备、起吊设备等关键设备的运行状态数据,实现数据采集的自动化与实时化。

2.2 数据清洗与预处理

数据清洗与预处理是提升船舶总装建造数据质量的关键环节,通过技术手段修复数据缺陷。(1)缺失值处理,针对采集过程中出现的缺失数据(如人工录入漏填的工序工时、传感器临时故障导致的设备参数缺失),基于历史数据构建插值模型,例如采用线性插值填补短时间缺失数据,通过LSTM神经网络预测填补长时间序列的缺失值,确保数据连续性。(2)异常值检测,结合船舶建造数据特征,采用 3σ 准则识别偏离正常范围的异常数据(如焊接电流超出标准区间的异常值),对复杂数据类型(如设备振动频谱数据)则运用聚类分析算法,将与多数数据聚类差异显著的数据标记为异常,便于人工复核与修正。(3)数据归一化,统一不同来源数据的量纲与格式,例如将生产日志中的时间戳统一转换为UTC格式,将设备温度数据(分别以 $^{\circ}\text{C}$ 、 $^{\circ}\text{F}$ 记录)统一换算为 $^{\circ}\text{C}$,将物料重量(以吨、千克记录)标准化为千克,消除数据格式差异对后续分析的影响^[3]。

2.3 多源数据融合

多源数据融合打破船舶总装建造各环节数据壁垒,实现数据的协同关联。(1)空间数据融合,针对激光扫描获取的船体三维点云数据与BIM模型,采用基于特征点匹配的融合算法,将点云数据与BIM模型中的构件进行精准对齐,通过迭代优化控制对齐误差在 5mm 内,实现虚拟模型与物理实体的空间一致性,为虚拟装配验证、尺

寸偏差分析提供统一空间基准。(2)时序数据对齐,由于生产日志(人工记录工序开始/结束时间)与设备传感器数据(自动采集的实时参数)存在时间戳偏差,通过时间同步算法(如基于NTP协议的时间校准),将两类数据的时间戳统一到相同时间粒度(如秒级),确保生产工序与设备运行状态数据的时序对应,便于分析工序效率与设备状态的关联关系。(3)语义集成,针对设计部门与生产部门的术语差异(如设计中的“肋板”在生产中称为“横向加强板”),通过本体建模构建统一的语义模型,定义设计术语与生产术语的映射关系,建立语义关联规则,实现设计数据(如技术规格书)与生产数据(如工艺记录)的语义互通,避免因术语歧义导致的数据理解偏差。

2.4 数据质量评估与监控

数据质量评估与监控构建船舶总装建造数据的全流程质量保障机制。(1)质量指标体系,从完整性(数据字段缺失率 $\leq 1\%$)、准确性(数据与实际值的偏差率 $\leq 0.5\%$)、一致性(跨系统数据的匹配率 $\geq 98\%$)、时效性(实时数据采集延迟 $\leq 3\text{s}$)四个维度,设定量化质量指标,形成覆盖数据采集、传输、处理全环节的评估体系,定期生成数据质量报告。(2)实时监控平台,基于Hadoop分布式存储架构存储海量数据,利用Spark实时计算框架处理流数据,搭建数据质量实时监控平台,对数据采集频率、异常值数量、缺失值比例等指标进行动态监测,当指标超出阈值(如异常值占比超过 2%)时自动触发预警,通知相关人员及时处理。(3)闭环改进机制,根据数据质量报告分析问题根源(如某类传感器频繁产生异常数据可能是设备老化导致),结合预警信息调整数据采集策略(如更换老化传感器、优化采集频率)与数据清洗规则(如针对特定设备数据调整异常值检测阈值),并通过后续质量评估验证改进效果,形成“评估-预警-改进-验证”的闭环管理,持续提升数据质量^[4]。

3 船舶总装建造数据治理实施路径

3.1 数据治理组织架构

构建分层协作的组织架构是数据治理落地的核心保障,明确各层级职责与角色分工。(1)三级组织体系,设立数据治理委员会作为决策层,成员由企业高管、技术负责人及各业务部门负责人组成,主要负责审批数据治理战略、重大标准与资源投入,解决跨部门治理难题;成立数据管理办公室作为执行层,配备专职人员,统筹推进数据治理项目,制定具体实施计划、协调资源分配,并监督治理进度;各业务部门(设计、生产、管理、运维部门)作为数据提供方,负责提报本部门数据

需求,配合完成数据采集、清洗与质量核验,确保业务数据与治理要求对齐。(2)核心角色职责,明确数据管理员负责维护数据标准、管理数据资产目录,定期更新数据字典;数据质量工程师专注于数据质量检测、异常数据处理,制定质量改进方案;系统运维人员保障数据采集设备、存储系统与传输网络的稳定运行,及时处理硬件故障与系统漏洞,形成“决策-执行-支撑”的完整责任链条。

3.2 数据治理流程设计

以业务需求为导向设计标准化流程,实现数据治理全环节规范化。(1)数据需求管理,建立需求提报-评估-审批闭环流程:业务部门通过线上平台提交数据需求(如生产部门需实时获取焊接设备能耗数据),治理团队结合业务重要性、数据可得性评估需求优先级,高优先级需求(如影响生产安全的数据需求)提交数据治理委员会审批,审批通过后纳入治理计划,避免无价值的数据采集与处理。(2)数据采集流程,按“任务定义-设备分配-校验执行-存储入库”四步执行:先根据需求定义采集对象(如船体分段尺寸数据)、采集频率与精度要求;再分配对应的采集设备(如激光测量仪、传感器),明确责任人员;采集完成后通过系统自动校验(如比对数据格式与精度阈值)与人工抽样核验(如随机核查10%的手工录入数据),确保数据合规;最后将合格数据按标准格式存入对应数据库(如设计数据存入三维模型数据库,生产数据存入实时数据库)。(3)数据整合流程,依托ETL工具实现多源数据整合:从设计软件、生产系统、管理平台等数据源抽取原始数据;按数据标准进行转换(如编码统一、格式归一化、缺失值填补);最终将整合后的数据加载至企业级数据仓库,构建涵盖设计、生产、管理、运维的统一数据视图,支撑跨业务数据分析。

3.3 数据安全性与隐私保护

围绕数据全生命周期构建安全防护体系,兼顾合规性与数据可用性。(1)访问控制,采用基于角色的权限管理(RBAC)模型,按“岗位-职责-权限”映射关系分

配数据访问权限,例如设计工程师仅可访问设计数据,生产主管可查看生产与质量数据;同时划分数据敏感等级(公开级、内部级、机密级),机密数据(如船舶核心设计参数)仅允许高管与核心技术人员访问,且需二次身份验证(如动态口令+指纹验证),防止数据越权访问。(2)加密技术,在数据传输环节采用SSL加密协议,保障传感器数据、设计文件等在传输过程中不被窃取或篡改;在数据存储环节运用AES-256加密算法,对数据库中的敏感数据(如成本数据、供应商信息)进行加密存储,即使存储设备被盗,也无法破解数据内容。

(3)审计追踪,搭建数据操作审计系统,记录所有用户的数据访问、修改、删除操作,包括操作人、操作时间、操作内容与IP地址,形成不可篡改的审计日志;定期开展审计分析,排查异常操作行为,同时确保审计机制满足ISO27001信息安全管理体系认证要求,提升数据安全合规性。

结束语

本文聚焦数据治理在船舶总装建造数据采集与整合中的应用,通过剖析数据特征与治理需求,构建了涵盖目标、框架及实施路径的完整体系。实践中,数据采集标准化、清洗预处理、多源融合与质量监控等举措成效显著。未来,随着船舶工业数字化转型加速,数据治理将面临更多挑战与机遇。需持续优化治理策略,提升技术水平,让数据更好地服务于船舶总装建造,推动行业高质量发展。

参考文献

- [1]吴九龙.船舶建造项目管理中的进度控制与风险管理策略[J].中国机械,2023,(07):76-79.
- [2]张亮,李晓明.船舶计量检测数据在船舶性能评估中的应用[J].船舶科学技术,2020,(12):127-128.
- [3]刘红军,赵丽华.船舶计量检测数据在船舶结构强度分析中的应用研究[J].船舶工程,2021,(06):64-65.
- [4]王明,李霞.船舶计量检测数据在船舶节能环保设计中的应用[J].船舶科学技术,2021,(04):41-42.