

支撑制造模式转型升级的MOM重构

张银利

随着智能制造的快速发展，制造运营管理 MOM (Manufacturing Operation Management) 系统作为企业生产管理的重要支撑，被广泛应用于各个生产制造场景中。由于传统的 MOM 软件架构往往不能满足企业多个场景、多个专业在智能化制造方面的多种需求，引入中台思想和领域驱动设计 DDD (Domain Driver Design) 来重新构建 MOM 系统，成为支撑制造模式转型升级的有效途径。本文旨在通过阐述 MOM 系统的中台架构设计与应用架构设计的原理以及实施方法，并提出相关发展建议，助力企业构建起能够适应智能制造的 MOM 系统，助力企业提高生产效率和产品质量。

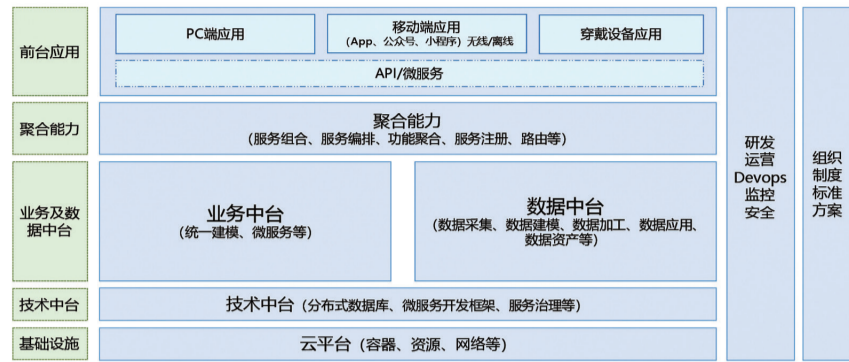
背景

随着先进制造技术的快速发展，智能制造已经从单一生产线的自动化制造，逐渐拓展到整个制造流程中各个环节的智能化。制造设备产生的数据也成为生产制造的重要资源，通过采集、分析和利用各类生产数据，在提升精细化管理水平的同时，也实现了对产品生产过程的快速回溯。

MOM 软件作为制造执行系统的重要组成部分，在智能制造领域发挥关键作用。它不仅能够实现生产计划的动态调度、生产过程的精细控制、质量管理的实时有效；同时还能够在接收生产过程中的数据，如工厂可以通过实时监控设备的运行情况、追踪物流、管理库存等方式，对生产过程进行全面监控和调优，实现生产环节的数字化、智能化管理。此外，MOM 软件还能够通过数据分析和智能算法等技术手段优化生产计划、制造过程和质量控制。总的来说，MOM 软件对于企业提高生产效率、保证产品质量、优化和升级生产过程以及实现数字化转型具有至关重要的意义。

相比之下，传统单体架构的 MOM 软件扩展性差、不易维护，难以完全满足数字化制造的需求，业务上也无法适应不断变化的需求，当组织能力需要扩展时又无法通过软件持续复用，导致企业信息化重复建设。主要体现在以下几个方面：

1. 业务复杂度高。软件通常针对特定的业务场景进行开发，不易于扩展和定制化。
2. 缺乏灵活性。无法快速响应企业业务需求和变化，难以满足企业快速创新和转型的需要。
3. 数字化能力无法持续被复用。传统的单体软件缺乏模块化的设计，新增业务需求大部分需要重新设计和开发新的模块。
4. 数据孤岛现象。各模块之间缺乏有效的数据交换和共享，导致数据孤岛现象，需要耗费大量时间和精力进行系统对接和数据整合，不利于整个企业的数据库流通和协同。



MOM 系统总体框架

5. 维护成本高。软件升级和扩展困难，需要专业技术人员进行维护，增加了企业的人力成本和时间成本。

基于中台能力和 DDD 的 MOM 系统架构设计

针对传统单体生产管理软件中存在的问题，考虑采用基于中台架构和 DDD 的 MOM 系统进行重构，即按照业务进行划分和抽象，构建领域模型，实现数据的标准化管理，将业务逻辑和数据统一管理起来，从而提高数字化能力的持续共享和复用，为制造业务提供更加准确、快速的数据支撑。此外，采用中台架构可实现各个业务模块的解耦，降低耦合度，提高系统的可扩展性和可维护性。

因此，企业在进行制造模式转型升级时，结合中台和 DDD 的思想，重构 MOM 系统，可实现更加准确、快速、可靠的数字化能力，并支持业务变化和演进。

1. 业务架构设计

在生产制造过程中，从业务领域入手，基于 DDD 思想，划分业务领域边界，并按照不同加工的工艺特点进行划分；采用事件风暴工作坊方法，对多个业务场景进行分析，并提取实体、值对象、聚合根、聚合、领域事件等领域对象；根据限界上下文边界构建领域模型，将领域模型作为微服务设计的输入，从而完成微服务架构的设计。

同时，结合 MOM 标准通用参考模型，将分散在不同车间和业务部门的针对相应场景重复建设的业务能力（即面向前台应用提供基于 API 接口的业务服务能力），沉淀到中台业务模型中。此外，还可以将领域模型所在的微服务和微前端组合为业务单元，以组件的形式面向前台应用，提供基于微前端的页面级服务能力，以支持不断快速变化的业务应用。

2. 数据架构设计

采用 DDD 的设计思想，将 MOM 通用活动模型中的活动抽象为领域数据模型，并根据业务场景和需求进行领域数据建模，从而设计出通用的领域数据模型，以实现功能的模块化以及应用与数据的低耦合，其中，不同的业务场景和需求可以共享和复用通用的领域模型和数据模型；数据中台可提供数据服务和数据治理，以支持业务系统对数据的操作和管理，

进而实现数据模型的统一定义、统一管理、共享和复用，提高系统的可扩展性和可维护性。

3. 应用架构设计

架构采用基于 DDD 思想、业务中台、数据中台、微前端、微服务和 API 中台等技术构建的方法进行设计，具有高度解耦、高度可维护、高度可扩展的特点，可为企业数字化转型提供重要支持。

其应用架构由以下五个层次构成：

- (1) 基础设施层：包含一系列基础设施组件，如数据库、缓存和消息队列等，为 MOM 系统提供基础支撑。
- (2) 应用服务层：包含一系列微服务，基于业务中台和数据中台构建，并通过 DDD 思想来设计和实现，如订单服务、库存服务和生产计划服务等，可为 MOM 系统提供高度可靠、可扩展、可维护的业务逻辑服务。
- (3) 中台层：包括微前端中台和 API 中台，微前端中台通过微前端框架实现不同前端应用的组合，而 API 中台则将微服务 API 封装成统一的 API 接口并提供服务编排，以支持前端应用的调用。
- (4) 前端应用层：基于角色构建的相对独立的应用，包括有线、无线、离线等不同模式下使用的前端应用，其通过微前端中台组合在一起，并利用微前端框架进行构建，前端通过 API 调用后端，后端经过服务编排后将结果信息发送。
- (5) 用户角色层：对不同用户角色的权限和功能访问进行定义，如管理员、操作工、生产主管等，不同角色在前端应用中看到的功能和数据不同。

实施建议和展望

基于中台能力和 DDD 重构 MOM 系统是企业数字化转型的一个重要步骤，在实施过程中，建议重点关注以下几个问题。

- (1) 需将“业务”作为中心进行设计，而非以“技术”为出发点。需注意不同业务模块之间的耦合度，避免因业务变化而导致整体系统调整。
- (2) 需考虑系统的可扩展性和可维护性。设计时应考虑到未来业务发展的可能性，避免系统出现瓶颈。只有设计简单易维护的系统架构，才能降低维护成本。

(3) 需重视系统的稳定性和安全性。在实施过程中，必须进行多次测试和验证以确保系统稳定运行，并采取相应措施以提高系统的安全性，保护企业的信息资产。

具体的实施步骤如下：

- (1) 系统规划：明确需求，分析生产流程，制定实施方案和时间表，规划系统架构和技术选型，确定实施目标和范围。
- (2) 项目管理：组建专业的项目团队，明确职责和工作计划，制定项目管理和风险管理计划，确保项目进度和质量。
- (3) 系统开发：以业务为核心，采用 DDD 设计思想进行领域建模和设计，制定开发计划和规范，采用敏捷开发方法，按照迭代式开发流程进行系统开发。
- (4) 系统测试和优化：按照测试计划进行测试，包括单元测试、集成测试、系统测试、验收测试等，进行系统调试和优化，确保系统质量和稳定性。
- (5) 系统部署和上线：进行系统部署和安装，包括硬件和软件环境的搭建、数据库的部署和系统配置安装等，进行上线前的备份和恢复，确保系统正常运行。
- (6) 系统维护和培训：进行用户培训，制定用户手册和操作规范，建立技术支持和维护体系，确保系统稳定运行并满足用户需求。
- (7) 持续优化和升级：基于微服务和中台思想，持续优化和升级系统，满足业务变化。

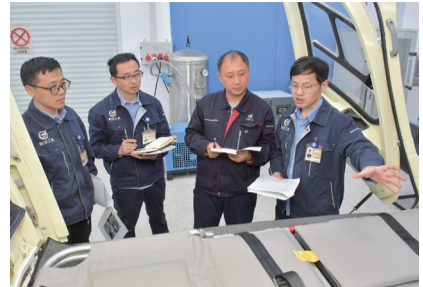
针对企业已有 MOM 系统的情况，其系统开发环节的升级策略如下：

- (1) 技术储备：团队需掌握微服务、DDD、中台架构等技能，以支持升级。
 - (2) 业务场景分析：分析业务场景，确定微服务划分，重构现有 MOM 功能。
 - (3) 领域建模：基于 DDD，建立业务模型，支持微服务设计和开发。
 - (4) 系统架构设计：基于中台架构，设计微服务协作和交互、中台服务管理和治理等。
 - (5) 微服务开发：根据领域建模和系统架构设计和开发高内聚、松耦合的微服务。
 - (6) 微服务集成：采用合适技术实现微服务间集成和交互，确保数据一致性。
 - (7) 替换单体 MOM 功能：逐步替换、迁移和升级单体 MOM 功能，确保业务正常运转和平滑过渡。
- 未来，基于中台能力和 DDD 的 MOM 系统架构设计将成为企业数字化转型的关键抓手。随着应用的深入和技术的持续演进，企业将出现更多的数字化需求，需要更先进、更高效的系统架构来实现。总体来看，企业需要不断提升技术能力和管理水平，并进行持续的探索实践，从而满足企业的降本增效需求，提升企业的核心竞争力。

以问题为导向 持续完善精益制造体系

李蓉

航空工业昌飞公司推进精益制造已多年，形成了包含拉式节拍铆装生产线、脉动总装生产线、智能旋翼系统制造生产线、智能物流配送生产线等在内的独具昌飞特色的精益制造体系。随着市场竞争的加剧，围绕企业目标的达成，昌飞公司以问题为导向，从公司高质量发展和生产业务域全面精益化的角度，持续完善精益制造体系。



善与补充。

生产管控做到位

作为航空工业的主机制造厂，面对集团均衡生产要求，昌飞公司按照均衡生产考核指标的责任分摊来优化均衡生产评价指标，促进均衡生产考核进一步完善，拉动均衡生产水平的进一步提升。

生产计划和生产准备是生产组织的源头，生产计划管控包括计划输入、编制、执行和考核。为加强生产计划的统筹管控能力得到有效发挥，生产管理部联合 AOS 办群策群力，聚焦“均衡生产、提高效率、降低成本、减少浪费”的工作方向，从生产计划自身管理角色转变入手，围绕任务输入、计划编制、能力平衡、物料准备、生产执行、计划调整、生产考核这条计划管理主线，重新选定并优化生产计划的管理抓手，自上而下梳理业务流程和信息断点，制定系统性解决方案，分阶段完善信息系统并验证应用。

在生产准备方面，对于工具的使用，生产管理部采用“盘活”的理念，通过物尽其用的方式来实现降本增效。针对各个生产车间的大量模具、夹具、型架、试验器、吊挂、工位器具等工装产品，生产管理部则通过库存清查、分类和处置等管理措施来进一步减少库存资金及仓储保管成本，无生产任务的定检工装要办理停用，以减少定检工作量，工装超过 5 年没有使用的，定义为长期不用工装，要求车间定期对长期不用工装的后续可利用情况进行评估，无法利用的进行报废处理。

组织管理管到位

昌飞公司以问题为拉动，从落地执行的角度，按照计划管理、生产保障、计划执行、计划考核评价的业务主线来梳理当前存在的主要问题，从而推动精益制造体系达到完善。按照工作思路，生产管理部组织对公司生产业务域存在的关键问题进行全面的梳理。在精益制造体系完善升级工作方面，为打通生产管理部各业务办、生产管理部与相关部门、生产管理部与生产车间、车间与车间之间的流程与业务，生产管理部联合 AOS 办成立了“精益制造体系完善升级专项工作团队”。在已有“自下而上”管控主线的基础上，增加一条“自上而下”的管控主线，形成“自上而下”“自下而上”的双线管控模式。同时通过生产计划作为生产“指挥棒”角色的充分发挥，聚焦生产任务目标，全面拉动部门内部、生产主线、生产系统乃至公司整体管理合力的形成，促使生产制造从“靠人盯”向“靠体系保障”转变，从而最终实现对原有精益制造体系的完善与补充。

持续改善改到位

没有改善就没有提升，面向生产制造现场，如何提升精益改善能力，成为公司各生产单位的工作重点。

航空维修分公司通过对客户需求、供应商需求、加工过程、物流图、时间观察等多方面的内容进行广泛的数据收集与分析，针对车间人员分配不合理、指令配套慢、等待周期长等问题进行改善，提升精益制造能力。

铆装厂组建成立了精益生产管理小组，分别从自动进给钻、自动对接、自动制孔生产线、智能工具柜等方面看手，负责生产的计划、目标、实施、管理等，助推车间在精益制造方面的工作顺利进行。为杜绝资源浪费，提高生产效率，车间认真开展识别浪费进行改善的活动，目前车间已在自动制孔和自动对接项目中有了显著的进步，一方面通过智能化生产减少了人力资源的浪费，另一方面在产品质量上也有了明显的提高。以前车间员工依靠人工制孔，误差率在 10% 左右，现在通过智能化自动制孔项目，误差率降到了 0。

35 车间根据模压浆叶手工作业的特点，实施标准化手工操作，制定工序操作要求和工序验收要求，并以图谱形式细化。车间搭建以现场工作站为主体的现场质量管控模式，严格进行模压浆叶质量评价考核，推动模压浆叶有序周转和质量问题的及时解决，实现现场质量控制良性循环。在生产提效方面，车间针对泡沫数控加工、镗孔加工、模压小件固化方面实施了工艺加工、刀具、参数等方面的精益优化，使加工时间、固化时间有效缩短。

配送中心主要业务关联“采、储、配”三个环节，通过计划整理配送状态与采购计划差异的前端，标准化的仓储作业管控物流过程，保证在有限零部件资源的前提下，对接响应装配生产线装配指令、日计划排产等信息，驱动配送作业。为做好精益生产的流程优化工作，中心充分挖掘数据运用的潜力，基于 SMART 原则对试运行过程中的主流程和分支流程发现的问题产生的数据进行分析，寻找各种浪费现象，并对根源问题逐一细化，制定具体量化的关键监控指标。内容涵盖了从物流配送的起始端到收货收入库到指令分拣配送、计划配送上线、及至末端的站位配送交接。通过把生产各环节离散型的零部件领用调整为集中式的配送，减少不增值的中间流环节，缩短装配生产的准备时间，提高一线工人单位时间内创造价值的效率，实现装配节拍生产的最大化。

向难而行 以优质服务践行使命

——航空工业郑飞市场部售后服务团队外场攻坚纪实

高小静

一场突如其来的大范围降雪带来了严寒，同时给出行带来极大的不便。然而，航空工业郑飞售后人员毅然坚守在祖国各地的保障现场，顶风冒雪、向难而行，以优质服务践行神圣使命。

地窝子里的战斗

3 个人，1 只手电，6 天时间，在低温漆黑的地堡。

是的，我们无法想象。当地堡的门缓缓开启，售后人员郝广安、曲锁朝等 3 人借着手电的光亮，走进伸手不见五指的地堡开始当天的改装任务，只有在相似环境中有过切身感受的“外场人”才能瞬间共情我们无法理解的震撼和不可思议。

距离他们 200 多公里外的基地，郑飞安带队正在执行改装任务，作业路线、改装数量和节点在出发前就必须经过仔细测算，细节环环相扣

又事关大局。他们是市场部派出的 1 支专项改装劲旅，3 个月要完成外场上千套产品改装任务，压力超乎想象。

地堡里没有电灯和航吊，在漆黑的环境里作业既影响效率，又存在安全隐患，甚至可能拖延整体进度，“不行，得想法子”，郝广安跟大家商量，“干脆把产品搬到室外，这样看起来是费了劲，但磨刀不误砍柴工”，说干就干，他们一人打着手电，另外两人搬产品，产品转移到室外后分工协作完成后，再搬回地堡，进行堆垛，改装速度明显加快，最终提前完成了这批产品的改装任务。他们在黑暗中勇敢追求，为的是确保目标万无一失。

“这么近，那么远”到“零距离”

距离他们 200 多公里外的基地，郑飞安带队正在执行改装任务，作业路线、改装数量和节点在出发前就必须经过仔细测算，细节环环相扣

自 3 月初以来一直坚守在基地。驻地距离外场很远，在这个人迹罕至的地方，没有公共交通，他们便采购了一辆电动车代步。没成想，这辆电动车居然成为他们的好帮手，在外场帮助他们解决了大问题。

进入四季度，任务量剧增，连续作业成为常态。面对昼夜近 40 度的温差，每日都是冰火两重天。当遇到需要俩人配合作业的时候，距离成了效率的拦路虎，直线跑道约 4 公里，从一端走过去最快要半小时，在任务最繁忙的时刻，他们想到了代步工具电动车，原本一天步行近 10 公里的路程，现在半小时就搞定了，往返不再受限，“这么近，那么远”此后成了“零距离”。

外场能喝口水都是奢望，每次执行任务前都要准备充足的方便面、面包和矿泉水。他们曾连续三天两夜待在外场，“那个滋味，又困又累，困了喝口水提神，但没有什么比圆



满完成任务更让我们自豪和喜悦的”。他们敬业乐业的初心如此质朴、纯净，使人肃然起敬。

保障任务圆满结束

11 月中旬，外场传来捷报，专项保障任务圆满结束。市场部为保障此

次任务先后向各保障点派出 8 名精兵强将。服务地点偏僻，只能暂住当地民房，房间里连基本的日用品都没有，只能自力更生。保障期间，要对各型产品进行巡查检修，对可能出现的各种隐患及时消除，时刻考验着每个人的综合处理能力和危机攻关能力。

刘鹏，面对训练时间临近，而过去从未见过的轻微晃动问题，他临危不乱，借助多年的外场经验，快速分析研判找到问题症结——修正垫片厚度。因为作业空间有限，手指被划出一道血印子，“要干就干彻底，不能带着隐患上天”，他咬牙坚持着，终于，晃动完全消除，飞行科目正常开展，在战鹰的轰鸣声中，他端起早已凉透的盒饭吃起来。

面对考验，市场服务部坚持系统思维，坚定“保部队战斗力”的政治信念，建立快速响应的服务保障机制，在重要地点建立资源保障点，建强应急抢修能力，提供远程技术支持和技术交底，厂内建设维修线协同提供高效维修保障服务。

风吹九州，踏破铁鞋，辛勤耕耘终不负。2023 年，郑飞售后团队收到客户感谢信 25 封、锦旗 2 面。面向明天，我们定不负使命，一往无前。