

# 研制与安排生产并行模式下装备制造企业科研生产管理创新与实践

王春颖 李 佳 马 彬 李文武  
首都航天机械有限公司 北京 100000

**摘 要：**在研制与排生产并行模式下，装备制造企业通过科研生产一体化管理创新实现高效协同。如企业与设计单位构建“厂所结合”体制，成立设计制造一体化协同专班，将科研攻关小组嵌入生产一线，实现设计、工艺、制造无缝对接；依托MES数字化平台重构计划管理体系，采用分级分类管理模式，使任务按时完成率达100%，形成“并行开发、同步规划”的典型实践。

**关键词：**研制与排生产并行模式；装备制造企业；科研生产管理创新；实践

引言：在装备制造行业高速发展的当下，市场竞争愈发激烈，客户对装备的定制化、快速交付需求与日俱增。传统科研生产串行模式已难以适应，研制与排生产并行模式应运而生。此模式虽能提升响应速度、缩短交付周期，但也带来管理复杂度剧增等挑战。探索科研生产管理创新与实践，成为装备制造企业突破困境、提升核心竞争力的关键，具有重大现实意义。

## 1 研制与排产并行模式的理论基础

### 1.1 核心概念界定

(1) 研制与排产并行的定义与特征：指产品研制阶段（如设计、测试）与生产排产环节（如产能规划、工序安排）同步开展的运作模式，核心特征为时间重叠性、信息交互性与过程协同性，能打破阶段壁垒，缩短产品上市周期。(2) 与传统串行模式的对比分析：传统串行模式按“研制完成→排产启动”顺序推进，存在信息滞后、返工率高、周期长等问题；并行模式通过提前共享研制参数与排产需求，减少后期调整成本，如某项目企业采用并行模式后，产品交付周期缩短30%。

### 1.2 关键理论支撑

(1) 并行工程理论（Concurrent Engineering）：强调跨部门、跨阶段协同，通过组建多功能团队实现信息实时流通，为并行模式提供方法论支撑。(2) 项目管理理论：敏捷项目管理的迭代理念可灵活应对研制变更，关键链管理能识别排产关键节点，避免资源浪费，二者共同保障并行过程有序推进。(3) 数字化协同理论：PLM（产品生命周期管理）、MES（制造执行系统）、ERP（企业资源计划）系统集成，实现研制数据与排产信息无缝对接，如PLM传递的设计图纸可直接用于MES工序编排<sup>[1]</sup>。

## 1.3 模式实施的驱动因素

(1) 市场需求多样化与个性化：消费者对产品定制化要求提升，并行模式可快速响应需求，缩短从设计到生产的周期。(2) 技术迭代加速与产品复杂度提升：新技术涌现使产品研发难度增加，并行模式能同步优化研制与生产流程，降低技术风险。(3) 资源约束与成本压力：企业面临原材料、人力成本上涨，并行模式通过资源提前规划与复用，减少浪费，降低总成本。

## 2 装备制造企业科研生产管理现状与问题分析

### 2.1 典型企业案例分析

(1) 传统串行模式下的管理瓶颈：某重型机械企业采用“设计完成→工艺编制→排产生产”串行流程，设计阶段未充分考虑生产可行性，导致40%的设计图纸需返工修改；某航天装备企业因研制与排产脱节，关键零部件排产滞后于研制进度，使整体生产延误2-3个月，错过客户交付窗口期，面临违约金赔偿风险。(2) 并行模式探索中的实践与挑战：某风电装备企业尝试组建“设计+生产”协同团队，提前共享风机轮毂设计参数，排产效率提升25%；但仍面临挑战，如跨部门沟通机制不健全，设计变更信息未及时同步至生产端，导致10%的已排产工序需调整。

### 2.2 共性问题归纳

(1) 研制与生产环节信息孤岛严重：多数企业未实现PLM与MES系统深度集成，设计数据需人工录入生产系统，不仅耗时（平均每批次产品需2-3小时），还易出现数据偏差（误差率约8%），影响排产准确性。(2) 资源冲突与调度效率低下：核心设备（如数控加工中心）常被同时分配给研制样机与批量生产任务，导致设备利用率达95%以上却频繁切换任务，单次切换耗时1-2小

时；人力调度缺乏动态调整机制，技术人员在研制与生产任务间调配滞后，造成15%的工时浪费。（3）风险管理与变更控制能力不足：未建立并行模式下的风险预警体系，对供应链延迟、设计变更等风险响应滞后；变更控制流程繁琐，设计变更审批需5-7个部门签字，导致变更实施周期延长3-4天，影响排产进度。（4）绩效评价机制滞后：仍以“研制任务完成率”“生产产量”为核心考核指标，未将“跨部门协同效率”“排产调整次数”等并行模式关键指标纳入考核，导致部门间缺乏协同动力，并行优势难以充分发挥。

### 3 研制与排产并行模式下装备制造企业科研生产管理创新策略

#### 3.1 组织架构创新

（1）跨部门协同团队构建：打破“设计、工艺、生产”垂直壁垒，组建以产品为核心的IPD团队，涵盖设计工程师、工艺专家、生产调度员、采购专员等角色，明确各成员在并行流程中的职责。例如某航空发动机企业的IPD团队，在产品初期便邀请生产人员参与评审，提前规避30%以上的生产适配问题；同时建立“日同步、周复盘”沟通机制，通过线上协同平台实时共享进度，确保研制与排产信息无缝衔接<sup>[2]</sup>。（2）柔性化组织设计以适应动态需求：采用“项目制+职能制”混合架构，针对不同产品项目灵活调配团队成员，避免组织僵化。如某重型装备企业设置“应急响应小组”，当研制环节出现设计变更或排产遇到资源短缺时，小组可在24小时内介入协调，快速调整人员与设备配置；同时推行“岗位多能化”培训，让技术人员兼具设计与生产指导能力，提升组织应对动态需求的灵活性。

#### 3.2 流程优化与标准化

（1）并行化流程设计：重构传统串行流程，将设计、工艺编制、排产规划三个核心环节重叠推进。以企业为例，在某产品设计阶段（约占总研制周期的40%），工艺部门同步开展加工工艺制定，生产部门同步规划数控设备排班与原材料采购，使整体流程周期缩短32%；同时建立“迭代优化机制”，工艺、生产环节发现的问题可实时反馈至设计端，避免问题累积导致后期大规模返工。（2）标准化接口与模块化设计方法：统一研制与生产环节的数据接口标准，明确设计图纸、工艺文件、排产计划的格式与传递规则，确保PLM系统与MES系统数据交互无偏差。推行模块化设计，将产品拆解为通用模块与定制模块，如某工程机械企业将挖掘机分为“动力模块、液压模块、操控模块”，通用模块提前排产储备，定制模块根据客户需求与研制同步推进，既提升排

产效率，又满足个性化需求<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 数字化工具与平台支撑

（1）基于PLM的协同设计平台：依托PLM系统搭建跨部门协同设计空间，实现设计图纸、仿真数据、变更记录的实时共享与版本管控。某航天装备企业通过PLM平台，使设计团队与生产团队共享三维模型，生产人员可提前查看装配细节，减少现场答疑时间；同时平台自动记录设计变更轨迹，确保所有相关部门同步获取最新设计方案，避免信息滞后导致的生产失误。（2）基于MES的动态排产系统：利用MES系统的实时数据采集与智能调度功能，根据研制进度、设备状态、物料库存动态调整排产计划。如某汽车零部件企业的MES系统，可实时监测数控车床的运行负荷，当某台设备突发故障时，系统在10分钟内重新分配生产任务至其他设备，排产调整效率提升80%；同时系统与ERP系统联动，根据原材料到货情况优化排产顺序，减少待料时间<sup>[4]</sup>。（3）大数据驱动的资源优化配置：通过大数据分析历史生产数据、资源使用数据，构建资源配置模型，实现设备、人力、物料的最优分配。某机床制造企业利用大数据分析发现，核心加工设备在“研制样机生产”与“批量生产”中的负荷差异达40%，据此建立资源共享机制，将闲置的批量生产设备调配至研制环节，设备利用率提升15%；同时通过人力需求预测模型，提前储备关键岗位人员，避免人力短缺影响并行流程推进。

#### 3.4 风险管理与动态调整机制

（1）研制风险预警模型构建：整合设计变更率、零部件合格率、技术难题解决周期等关键指标，建立风险预警模型，通过数字化平台实时监测风险值。某航空装备企业将“设计变更频率超过5次/月”“关键零部件试制合格率低于90%”设定为预警阈值，当触发预警时，自动推送风险报告至IPD团队，启动风险应对预案，如更换零部件供应商、优化设计方案<sup>[5]</sup>。（2）生产计划动态滚动优化：基于约束理论（TOC）识别生产流程中的瓶颈资源（如关键设备、稀缺原材料），以此为核心制定动态滚动的排产计划。某轨道交通装备企业以“转向架加工设备”为瓶颈资源，每周根据研制进度、瓶颈资源负荷调整未来2-3周的排产计划，优先保障瓶颈资源满负荷运行；同时建立“缓冲机制”，在瓶颈工序前预留3-5天的物料缓冲库存，避免因研制延误导致生产中断，使生产计划调整效率提升60%。

## 4 实践案例分析

### 4.1 案例企业背景介绍

某重型工程机械制造商，主营挖掘机、起重机等产

品,年产能3000台。此前采用“设计完成→工艺编制→排生产”串行模式,受产品结构复杂(单台设备含5000+零部件)、客户定制化需求多(年均需求变更18-22次)、核心设备(数控加工中心、焊接机器人)仅15台等因素制约,产品从设计到交付周期长达6-8个月,生产计划调整率超30%,2022年因排产滞后导致订单交付延迟12起,直接经济损失420万元,亟需通过并行模式摆脱管理困境。

#### 4.2 并行模式实施路径

分三阶段推进:①试点阶段(2023年3-8月):选取“中型挖掘机”项目,组建含设计、工艺、生产调度、采购的IPD团队,应用PLM系统共享设计图纸,生产部门同步开展原材料采购与设备排班,完成并行流程验证;②推广阶段(2023年9-12月):复制试点经验至全产品线,打通PLM与MES系统接口,实现设计变更1小时内同步至生产端,建立“日沟通、周复盘”协同机制;③优化阶段(2024年1月至今):基于MES数据构建资源调度模型,针对设备冲突问题增设“缓冲工序”,完善风险预警指标(如设计变更频率、物料到货延迟率)。

#### 4.3 实施效果评估

量化指标实现显著改善:产品交付周期从原先的6-8个月缩短至4-5个月,周期缩短率达33%;生产计划调整率从30%大幅降至12%;成本控制成效明显,因设计返工率从18%降至7%、设备切换时间从1.5小时/次缩短至0.8小时/次,单位产品成本降低9%,2023年全年成本节约380万元,其中原材料浪费减少与设备效率提升贡献占比超60%;核心设备利用率从78%提升至92%,设备满负荷运行稳定性增强。质量与客户满意度同步提升:零部件一次合格率从90%升至97%,产品质量投诉量从12起降至2起,客户满意度评分从82分(满分100)提高至94分,凭借快速响应与稳定质量,新增3笔定制化订单,总金额

达1.5亿元。

#### 4.4 经验总结与可复制性分析

核心经验:①跨部门协同需以“流程节点”定责,如设计阶段需生产人员参与工艺评审;②数字化工具需聚焦“数据打通”,优先实现PLM与MES基础数据交互;③分阶段推广可降低风险,先试点单一产品再拓展。可复制性方面,适用于零部件多、定制化需求高、资源有限的装备制造企业;中小型企业可简化数字化投入,优先搭建Excel协同表格+基础MES模块,同时结合行业特性调整预警指标(如航天构件加工企业需增加“供应商质量风险”监测)。

#### 结束语

在研制与安排生产并行模式深入推进的进程中,装备制造企业科研生产管理创新与实践成效初显,不仅提升了研发效率与生产质量,还增强了企业的市场应变能力。然而,市场环境持续变化,企业仍需不断探索优化。未来,应持续强化数字化、智能化管理手段,深化跨部门协同机制,让创新理念贯穿始终,以更高效的管理模式,推动装备制造企业迈向高质量发展新征程。

#### 参考文献

- [1]张春燕.精益生产在装备制造业中的应用研究[J].河北科技大学,2022(07):112-113.
- [2]张晋文,郭广沁.浅谈精益生产在装备制造业中的应用[J].科技创新与生产力,2023(10):117-118.
- [3]臧洁.装备制造业中精益生产管理模式的應用[J].中小企业管理与科技,2023(04):150-151.
- [4]吉杰丽,吴一丹,易旭,等.高端装备制造企业科研项目管理探究[J].工程机械,2023(05):157-159.
- [5]蔡佳俊,孟云黎,顾理红,等.装备制造公司内部科研项目管理办法[J].港口科技,2020(06):113-114.