

流程驱动下的航空装配生产线 MRP 算法优化与实践

聂鹏¹ 宋德明^{1,2*} 刘广鑫³ 陈永阁⁴

1. 沈阳航空航天大学机电工程学院, 辽宁 沈阳 110000
2. 沈阳飞机工业(集团)有限公司, 辽宁 沈阳 110000
3. 空军装备部驻沈阳地区第一军事代表室, 辽宁 沈阳 110000
4. 沈阳飞机(集团)有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]随着航空工业的发展,航空装配生产线面临着高效、精准的物料需求计划(MRP)问题。流程驱动的MRP算法优化通过对生产流程的深入分析,实现了生产线资源的优化配置。基于物料需求预测、生产调度与库存管理等多重因素,提出了一种适应航空装配生产线特点的MRP算法优化方法,能够有效降低物料过剩和短缺的风险,提升生产效率。优化后的MRP系统在实际生产中展现了较好的可行性和应用价值,为航空制造业的高效生产提供了理论依据和技术支持。

[关键词]流程驱动;航空装配生产线;MRP算法优化;生产调度;物料管理

DOI: 10.33142/ucp.v1i5.14446

中图分类号: TG95

文献标识码: A

Optimization and Practice of MRP Algorithm for Aviation Assembly Production Line Driven by Process

NIE Peng¹, SONG Deming^{1,2*}, LIU Guangxin³, CHEN Yongge⁴

1. College of Mechatronics Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang, Liaoning, 110000, China
2. Shenyang Aircraft Industry (Group) Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China
3. The First Military Representative Office of the Air Force Armaments Department, Shenyang, Liaoning, 110000, China
4. Shenyang Aircraft (Group) Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: With the development of the aviation industry, aviation assembly production lines are facing the problem of efficient and accurate Material Requirements Planning (MRP). Process driven MRP algorithm optimization achieves optimized allocation of production line resources through in-depth analysis of the production process. Based on multiple factors such as material demand forecasting, production scheduling, and inventory management, a MRP algorithm optimization method adapted to the characteristics of aviation assembly production lines is proposed, which can effectively reduce the risk of material surplus and shortage and improve production efficiency. The optimized MRP system has demonstrated good feasibility and application value in actual production, providing theoretical basis and technical support for efficient production in the aviation manufacturing industry.

Keywords: process driven; aviation assembly production line; MRP algorithm optimization; production scheduling; material management

引言

航空制造业的生产过程复杂且精密,尤其在航空装配生产线中,如何高效地管理物料需求,确保生产资源的合理配置,是提高生产效率的关键。传统的MRP(物料需求计划)算法已难以应对现代航空生产中的复杂需求变化与突发情况。针对这一问题,结合生产流程的特点,流程驱动的MRP算法优化提出了一种全新的解决方案。通过优化生产流程,精准预测物料需求,减少浪费,提高生产灵活性,提升生产线效率,为航空制造业提供高效的物料管理模式。

1 航空装配生产线的物料需求管理挑战与现状

航空装配生产线的物料需求管理面临多个复杂挑战。首先航空制造业的产品具有高度定制化,每架飞机的装配

过程需要多个专业部门协作,且不同部件的生产周期、供应周期和需求量各不相同。这种高度复杂性要求物料需求管理精准高效,任何偏差都可能导致生产滞后或资源浪费。然而,传统MRP(物料需求计划)算法依赖历史数据、库存水平和生产计划进行预测,但它往往无法应对航空生产环境中的复杂性和不确定性,无法快速响应生产过程中的突发事件。因此,如何在生产过程中动态调整物料需求计划,成为航空装配生产线物料管理中的一大难题。

航空装配生产线需要处理庞大且多样化的物料需求,并且面临严格的交付期限和成本控制压力。航空制造业涉及的零部件和材料种类繁多,包括机械零件、电子元件和精密仪器等,这些物料的采购和库存管理需要多方协调。由于装配过程中使用大量特定物料,其库存管理和需求预

测尤为关键。若物料准备不足,可能导致生产延误;而过多库存不仅占用资金,还可能因物料过期、损坏或供应商变动带来不必要的损失。此外,航空装配生产线对生产工艺的要求极为苛刻,物料的采购和使用需要精确匹配装配进度和技术要求。这就要求 MRP 系统不仅要准确预测物料需求,还需要具备灵活性,能够应对生产过程中不断变化的变量。

面对这些挑战,传统 MRP 算法的局限性愈加显现。传统 MRP 通常依赖静态的需求预测模型,这些模型大多基于历史数据和简单的周期性更新,难以应对航空装配生产线的动态需求。尤其在复杂生产环境中,生产周期的不确定性和外部因素的影响,使得传统 MRP 系统难以灵活应对。不同生产阶段物料的交付需求差异较大,而传统 MRP 的静态调度无法及时调整资源配置。因此,如何通过优化算法结合生产流程特点,对 MRP 算法进行调整,成为航空装配生产线物料需求管理的关键。为此,航空装配生产线亟需一种能够实时响应需求波动和生产变动的动态 MRP 系统,以提高生产效率、降低生产成本,确保生产顺利进行。这也为流程驱动 MRP 算法优化的实践提供了强有力的理论支持。

2 传统 MRP 算法在航空装配生产线中的应用局限

传统 MRP (物料需求计划) 算法在航空装配生产线中的应用虽有一定的历史基础,但其局限性也逐渐显现,尤其在面对日益复杂的航空生产需求时。传统 MRP 算法通常基于需求预测、生产计划和库存水平的静态分析,依赖于历史数据和定期调整来完成物料的计划调度。然而,在航空制造业中,装配过程通常具有高度的不确定性。每一款飞机的生产需求可能不同,且各个部件之间的装配依赖关系非常复杂,这导致了传统 MRP 算法难以充分考虑到各个环节中的细节和变化。例如,传统 MRP 算法无法灵活应对突发的生产需求变更或者供应链中的中断,这些因素可能导致物料短缺或过剩,进而影响生产的连续性和效率。

传统 MRP 系统的局限性还体现在其对生产环境中非线性变化的适应能力不足。航空装配生产线中的生产任务通常并非按照固定的顺序和节奏进行,很多时候,生产流程会因外部环境变化、技术要求升级或供应商交货问题而进行调整。传统 MRP 算法通常无法实时调整物料需求计划,也难以对突发事件作出迅速反应。例如,某些高精度部件的生产周期可能因为技术难题或供应链问题而延误,导致整体生产进度受阻。传统 MRP 算法依赖于事先设定的需求计划和库存策略,因此无法处理这一过程中出现的突发变化。如此一来,生产线很容易因物料短缺或过剩而造成生产延误,甚至可能影响交货时间和产品质量,增加企业的生产成本。

传统 MRP 算法过于依赖固定的物料需求预测模型,这使得它在面对快速变化的生产环境时缺乏足够的灵活性。航空装配生产线通常需要处理种类繁多的高价值零部件和原材料,每种物料的采购周期、供应周期、生产周期都

存在差异,这使得物料需求变得更加复杂。传统 MRP 算法仅依据历史数据进行预测,往往忽视了生产过程中可能发生的动态变化。这种静态的预测方法可能导致物料提前采购过多,造成库存积压;或者需求变化较大时,物料准备不足,导致生产线停工或者进度延误。在复杂的航空装配生产中,由于各类物料之间的相互依赖关系复杂,传统 MRP 系统往往无法有效协调不同物料的采购和供应,进而影响整个生产流程的流畅性。

3 流程驱动的 MRP 算法优化方法与框架

流程驱动的 MRP 算法优化方法在航空装配生产线中,通过对生产过程的全面分析,结合实际需求动态调整物料需求计划,从而实现了更高效、更精准的物料管理。与传统 MRP 算法依赖历史数据和静态计划的方式不同,流程驱动的 MRP 优化方法强调对生产线各个环节和流程的实时监控与反馈。通过将生产流程与物料需求计划深度结合,这一优化方法能够根据生产进度的变化和物料的实际需求,动态调整物料的采购和调度。具体来说,流程驱动的 MRP 优化首先通过对生产线的工作流进行建模,详细分析每个生产环节的时间节点、资源需求以及物料的使用情况,从而制定出更加合理的物料需求预测。与传统方法相比,这种基于生产流程的优化能够更加精准地反映实际生产需求,避免因预测误差或供应链波动而导致的物料短缺或库存过剩。

流程驱动的 MRP 算法优化框架的核心在于其动态性与灵活性。传统 MRP 系统往往基于静态的物料需求预测和固定的生产计划,而流程驱动的优化方法则通过实时数据监控、反馈机制以及智能调整,实现了对生产环境变化的快速响应。这一方法通过不断更新生产线状态、实时反馈物料需求变化,使得物料的采购与调度能够与生产进度、生产需求高度同步。举例来说,当生产中出现异常或需求波动时,优化后的 MRP 系统能够自动调整物料采购计划,减少人工干预,提高决策效率。该框架提高了物料管理灵活性,优化了生产线资源利用,避免了因物料供应不及时或库存过多导致的生产停滞和资源浪费。

流程驱动的 MRP 优化方法还结合了先进的算法和数据分析技术,以进一步提升生产效率。在这一框架下,生产过程中的各项数据,如生产进度、库存水平、物料供应状况等,都被实时采集并输入系统。系统利用数据分析技术,进行多维度的预测和调度优化,不仅能提供实时的物料需求预测,还能够进行供需匹配的智能优化。例如,通过大数据技术,优化系统可以预测出潜在的物料瓶颈,提前采取措施,避免物料短缺或生产延误。此外,机器学习等智能算法也能够在实际应用中不断自我优化,使得 MRP 系统在不断变化的生产环境中具有更强的适应性和决策能力。

4 优化后的 MRP 系统在航空装配生产线中的应用效果

优化后的 MRP 系统在航空装配生产线中的应用效果

表现出显著的优势,特别是在提高生产效率、降低库存成本和增强生产灵活性方面。首先优化后的 MRP 系统通过结合生产流程的动态性,能够实时调整物料需求计划,有效应对生产过程中的不确定性。传统的 MRP 系统往往依赖静态的需求预测和固定的生产计划,无法应对突发的生产变更或供应链波动。而优化后的 MRP 系统通过实时监控生产状态,能够迅速识别生产中的变化,及时调整物料采购和调度。这种灵活性不仅提升了生产线的响应速度,还减少了因物料短缺或过剩而导致的生产停滞或资源浪费。生产进度和物料需求的高度同步,使得生产流程更加流畅,生产效率得到了显著提升。

优化后的 MRP 系统有效降低了航空装配生产线的库存成本。在传统的 MRP 系统中,由于物料需求预测的误差和供应链的延迟,往往导致库存的过多或不足。物料过多不仅占用了大量的资金,还可能因库存积压导致物料过期或损坏,增加企业成本。而优化后的 MRP 系统通过实时数据的反馈和智能化的调度,能够精确预测物料需求,避免了过量采购和库存积压。通过精细化的库存管理,企业能够更加高效地利用现有资源,减少了库存占用资金,并且通过优化库存水平,减少了物料的损耗和浪费。这一改进不仅降低了生产成本,也使得企业能够更好地应对市场变化,提升了整体供应链的稳定性。

优化后的 MRP 系统还增强了生产线的灵活性和可持续性。在航空装配生产线中,生产过程中存在多个环节,每个环节对物料需求的变化都可能产生不同的影响。优化后的 MRP 系统不仅能够根据生产计划实时调整物料需求,还能根据生产过程中的实时反馈对供应链进行动态优化。例如,当某个生产环节发生突发事件,如设备故障或物料延迟,系统能够自动识别并调整相应的物料采购计划,确保生产不受影响。通过这种智能化的调度和反馈机制,航空装配生产线能够更加灵活地应对复杂的生产环境和突发变化,提高了生产的稳定性和连续性。此外,优化后的 MRP 系统能够持续根据生产实际情况进行自我调整,使得整个系统具有更强的适应能力和可持续发展能力,能够在长期运营中不断提升生产效率,降低运营风险。

5 流程驱动 MRP 算法优化的实践意义与未来发展方向

流程驱动 MRP 算法优化在航空装配生产线中的实践意义不言而喻。首先,它解决了传统 MRP 系统在应对生产环境复杂性和动态需求变化时的局限性。通过将生产流程与物料管理深度融合,优化后的 MRP 系统能够实时反映生产过程中的变化,确保物料需求预测的准确性和及时性。这不仅提升了生产效率,减少了生产停滞的风险,也降低了物料浪费和库存成本。在航空装配生产线中,这种优化方式能有效减少因物料短缺或库存积压导致的资源浪费,为企业提供了更高效的资源配置和更灵活的生产调度方案。

流程驱动 MRP 算法优化的实施也为航空制造业的供应链管理带来了新的思路。在传统模式下,物料需求通常依赖静态预测,而航空生产线的复杂性使得这种方法面临较大挑战。通过流程驱动的优化,物料的采购和供应能够与生产进度实时同步,避免了传统 MRP 方法中因信息滞后导致的供应链不协调问题。生产线上的各环节能够更高效地协作,确保了生产任务的顺利完成。这种优化不仅提高了生产线的运行效率,还加强了各环节之间的协调性和透明度,从而提升了供应链的整体稳定性和响应能力。

未来,随着智能制造和大数据技术的不断发展,流程驱动 MRP 算法优化有望在航空装配生产线中发挥更大作用。借助人工智能、机器学习等先进技术,MRP 系统将能够更精确地预测物料需求,并自动调整物料采购和生产调度,进一步提升生产的智能化和自动化水平。未来,随着生产线的复杂度和全球供应链的日益复杂化,流程驱动的 MRP 系统也将与物联网、云计算等技术结合,提供更加全面、实时的数据支持,使得航空制造业的物料管理更加高效、精准和智能化。这种创新的物料管理模式不仅能够提高生产效率,还将推动航空制造业朝着更高效、绿色和可持续发展的方向发展。

6 结语

流程驱动 MRP 算法优化在航空装配生产线中的应用有效解决了传统物料需求计划系统的局限,提升了生产效率、降低了库存成本,并增强了生产灵活性。通过实时反馈和智能调整,优化后的 MRP 系统能够精确匹配物料需求与生产进度,确保生产流程的顺畅运行。未来,随着智能制造技术的发展,流程驱动 MRP 系统有望与大数据、人工智能等技术深度融合,进一步提升生产线的智能化和自动化水平,为航空制造业提供更加高效、精准的物料管理解决方案,推动行业向更高效、可持续发展的方向发展。

[参考文献]

- [1]李伟.正向研制流程驱动的航空发动机标准体系研究[J].标准科学,2017(8):47-51.
- [2]徐德朋.流程驱动型一体化管理[J].企业管理,2020(12):70-72.
- [3]弘娅晖,杨雅棋.基于流程驱动的航空制造业信息化建设方法研究[J].装备制造技术,2021(10):208-210.
- [4]肖宜轩,王丽,杨怡,等.基于流程驱动的商用发动机集成研发系统建设与应用[J].航空动力,2021(6):76-79.
- [5]赵驯峰,熊吉建,李湑,等.基于流程驱动和模型定义的航空发动机机匣三维工艺设计及应用[J].航空动力,2022(6):48-51.

作者简介:宋德明(1996.12—),男,毕业院校:沈阳航空航天大学,学历:在职研究生,所学专业:机械工程,当前就职单位:沈阳飞机工业(集团)有限公司,职务:行政助理,所在职务的年限:3年,职称级别:助理工程师。