

基于 NX-MCD 的自动化生产线仿真软件的开发

程帝斌

重庆工贸职业技术学院, 重庆 408000

DOI:10.61369/ECE.2025080032

摘 要 : 随着大数据技术的高速发展, 产业不断更新迭代, 生产制造也向着自动化、精准化的方向发展。现阶段, 利用原始的生产设备完成生产工作难以达到预期的效果, 其生产的成本也比较高。而在生产的过程中引入机电一体化的仿真软件尤为关键。这就需要技术人员开发出适应生产工作的虚拟软件, 采用多领域的建模技术, 丰富其建模的功能, 进而构建更加真实性的数字化的仿真环境。基于此, 本研究深入探索 NX-MCD 机械仿真软件, 准确模拟实际生产线的动态生产过程, 并对其进行调试, 尽可能达到预期的效果, 进而在降低成本的同时提高生产效率, 以供参考。

关 键 词 : NX-MCD; 自动化生产线; 虚拟调试; 机电一体化; 仿真软件

Development of Automated Production Line Simulation Software Based on NX-MCD

Cheng Dabin

Chongqing Industry & Trade Polytechnic, Chongqing 408000

Abstract : With the rapid development of big data technology, industries are constantly updating and iterating, and manufacturing is also moving towards automation and precision. At this stage, using original production equipment to complete production work is difficult to achieve the expected effect, and the production cost is relatively high. It is particularly critical to introduce mechatronics simulation software in the production process. This requires technicians to develop virtual software suitable for production work, adopt multi-domain modeling technology, enrich its modeling functions, and then build a more realistic digital simulation environment. Based on this, this study deeply explores the NX-MCD mechanical simulation software, accurately simulates the dynamic production process of the actual production line, and debugs it to achieve the expected effect as much as possible, thereby reducing costs while improving production efficiency, for reference.

Keywords : NX-MCD; automated production line; virtual debugging; mechatronics; simulation software

引言

在机械原理理论中, 复杂的运动都是由各种基本运动组合而成, 只有掌握各种基本运动的原理, 才能仿真其他复杂的运动。机电设计基础知识包括三维建模软件的使用和机械原理的基础知识, 这就需要掌握关键的知识和原理, 进而在后续的研究和应用过程中发挥重要价值。本研究致力于开发基于 NX-MCD 的自动化生产线仿真软件, 模拟实际生产线动态过程, 从而达到预期的效果。

一、NX-MCD 概述

NX-MCD 是西门子 PLM 软件中的一部分, 它的全称是 NX Mechatronics Concept Designer, 用于机电一体化概念设计, 集成机械、电子、控制等多个方面。典型应用在自动化产线设计上, 可以快速验证机械臂、传送带与 PLC 控制逻辑的协同。它可以对存在于机电一体化产线中的各个组成进行建模, 装配, 定义运动方式和运动传递方式, 并对执行机构进行位置或速度控制。再通过增加产线中各类传感器等手段最终实现整个产线的机电仿真, 同时还可以通过外部信号配置与外部控制器等进行通讯, 实现硬件在环或软件在环的虚拟调试。解决传统机电产品设计需要先制造实验样机的缺点, 大大地降低成本, 缩短产品设计周期。

其中, NX-MCD 在机电一体化设计中的巨大应用潜力和良好的市场前景, NX-MCD 提供机电设备设计过程中硬件在环境中仿真调试, 通过虚拟设备与 PLC 连接, 对产品可靠性进行虚拟调试, 在数字化双胞胎孪生时代缩短开发周期, 全过程跟进验证, 越来越成为工程师们在日常工作中不可或缺的研发平台^[1]。

在机电一体化概念设计中, 基本机电对象是基础, 它是通过对已有的三维模型添加机电特征的方法, 使其具有逼真的物理特性。概括而言, 基本机电对象的作用是: 刚体能够使几何体模型具备质量、重力特征, 碰撞体能够使模型具备碰撞特征, 对象变换器能够模拟生产流程中几何体模型外观的改变, 碰撞材料能够改变碰撞体的摩擦系数, 对象源与对象收集器分别用于产生和消除物料的模拟。在 NXMCD 中设定这些几何体模型为基本机电对

象。在几何体三维模型没有被赋予机电对象属性之前，它并不具备重力、碰撞等物理属性，只有赋予几何体三维模型的基本机电对象特征之后，才能够进行物理属性的运动仿真。

二、自动化生产系统仿真软件实例

（一）Flexsim

Flexsim 是美国 FlexSim 公司开发的三维物流仿真软件，能应用于系统建模、仿真以及实现业务流程可视化。Flexsim 中的对象参数可以表示基本上所有的存在的实物对象，如机器装备、操作人员、传送带、叉车、仓库、集装箱等，同时数据信息可以用 Flexsim 丰富的模型库表示出来。Flexsim 具有层次结构，可以使用继承来节省开发时间。而且它还是面向对象的开放式软件。由于 Flexsim 的对象是开放的，所以这些对象可以在不同的用户、库和模型之间进行交换，再结合对象的高度可自定义性，可以大大提高建模的速度。FlexSim 具有完全的 C++ 面向对象 (object-oriented) 性，超强的 3D 虚拟现实 (3D 动画)，直观的、易懂的用户接口，卓越的柔韧性 (可伸缩性)。

（二）Plant Simulation

Plant Simulation 是一款面向对象的集成建模物流仿真优化软件，是西门子 PLM 产品全生命周期解决方案中的一个不可或缺的组成部分。在规划阶段可透过 Plant Simulation 分析全厂之设施规划方案选择、设备投资评估、暂存区、生产线平衡、瓶颈分析、派工模拟及产能分析模拟及企业再造等模拟分析，基本上与 Witness 和 Factor/AIM 一样，同样属于平面离散系统生产线仿真器。齐备了周边的机器人仿真器群。可以与 CAD、CAPE、ERP、DB 等软件之间实时通信。与周边的机器人仿真器群之间有强有力的关联，面向大型制造业领域的仿真群中，和 Delmia 公司实力相当。其主要目的是整体系统的优化等，主要与周边系统联合起来灵活使用，但是价格昂贵^[2]。

（三）Witness

Witness 由英国 Lanner 集团用数十年系统仿真经验开发出的离散型的仿真软件，它是面向工业系统，商业系统流程的动态系统建模仿真软件平台，是该领域的主流仿真软件之一。它提供了大量描述工业系统的模型元素，如生产线上的加工中心、传送设备、缓冲存储装置等。具有交互式面向对象的建模环境，灵活的执行策略，丰富的模型单元，工程友好性强，实时的彩色动画显示，灵活的输入 / 输出方式。作为可选项，还具备了三维立体显示功能 (VR)，扩大了其适用范围，不过三维立体显示功能是后来添加的可选项，所以不适合模型从大致轮廓的概念设计开始依次建构下去的动态过程中使用。

三、仿真软件的设计与开发

（一）系统架构设计与功能模块

本研究根据当前的生产技术的发展需求开发自动化生产技术，并丰富其基本模块的功能，注重后期的测算和调试，进而构建相应

的软件。在软件的设计工作中融入多元化的设计想法，对不同模块、不同结构的软件组件进行分层设计。其中，包括机械模型层、控制逻辑层、传感器交互层，设计人员应单独对这三个部分的模块进行设计，在设计完成后将其联系起来，构建链接机制，进而保障通信工作的有效开展。只有这样，才能提高软件的使用成效，并保障软件功能的丰富性。在设计的过程中，还需注重对核心功能的整体设计，并通过多领域联合建模技术，更好地保障机械系统、控制系统和传感器之间的密切融合，进而保障其功能的完善。在建设期间应保障机械的有效运转，确保其支持 CAD 模型参数，并能够通过工程标准通信协议，确保其硬件使用的有效性。传感器则需要提供更多的模型资源，配备更加充足的信号库，更好地保障信息的交互。在此过程中，应强化整体系统的建设，确保其功能符合要求，进而为生产工作提供更多的帮助^[3]。

（二）关键技术实现与性能优化

为了保障提高生产效率，进一步升级了技术手段，开拓了丰富的模块为生产提供支持，进而提高用户的满意程度。软件技术有效利用机械建模手段，结合运动学原理展开分析，能够利用传送带和机械臂完成工作，以动态的方式开展工作。控制系统仿真工作能够有效应用不同种类的编程语言，进而开展相应的编程工作，进而达到预期的要求，为相关工作提供助力。为了获得良好的体验感，软件利用拖拽式控制面板，进而呈现出多个视角，这样也有助于展现出良好的性能。除此之外，在应用的过程中依托于相应的算法架构和缓存方法，保障生产线仿真工作的有效性。

（三）应用优势与扩展潜力

在具体的生产实践过程中，有效应用仿真软件有助于提高工作效率。优势性特征如下：利用相应的技术资源发现在生产过程中出现的自动化机械操作的误差，这样有助于在前期纠正，避免后期的修改。在协同生产的过程中，需要不同领域的支持和助力，进而提高项目的处理效率，增强其功能性，并为不同领域的工作者提供专业的分析工具，更好地保障不同领域之间的交流与合作。在潜能开发领域，软件的模块化建设有助于构建全新的算法和模型，进而为人工智能导向下的技术创新提供支持。在智能制造的背景下，强化仿真软件建设有助于构建一体化的生产环境，为生产工作提供更多的帮助与支持，进一步提升整体建设工作的质量和成效，为制造业数字化转型和发展提供强有力的支持。

四、关键技术的实现

（一）高精度仿真与虚拟调试技术实现

虚拟调试技术是一种创新性的应用技术，它通过创设完整的数字化环境，进一步实现了通信协议的转化以及控制器之间的有效衔接。系统集成创设了一体化的数字孪生环境，并实现了控制器的有效对接。在此过程中利用信号追踪等工具对数据信息进行诊断，并排除相应的故障，出现了一系列的异常现象，这也有助于保障控制系统的整体建设。通过虚拟调试与仿真的协同融合，将虚拟环境与实际生产系统无缝连接，实现物理世界与数字世界的双向反馈，提升制造过程的透明度和可控性。虚拟调试与仿真

协同优化，为制造过程提供了一个可重复、可验证的虚拟测试环境，可以在不中断实际生产的情况下，验证和优化制造过程的各个方面，降低生产风险。

（二）多学科协同与智能优化技术

协同优化技术是随着计算机技术、并行工程和人工智能技术的发展而逐步发展起来的新的设计方法。多学科协同的仿真技术有效应用机械、电气、控制等要素，并将其进行整体性的整合。它将整个系统分为多个待优化的子系统，然后由各个子系统先进行独立优化，然后再在同一个优化协同策略下，进行整体优化的方法。其求解效率往往较高，在基于多学科复杂工程优化问题上较为有效。在协同算法实施的过程当中，通常每个学科都会设置一个约束条件，通过系统间信息的传递和反复的计算，会尽可能找到一个最合适的满足各学科约束的解，这个解不一定是最优的，但一定是最合适的。协同优化技术中就是通过这样的规则协调各学科之间的不一致，一般情况下，要经过多次系统级优化才能达到学科间的协调，并且子学科迭代次数与系统级迭代次数之间不对等，最后使得原问题目标函数最优。运动规划模块能够利用遗传算法，对机械操作过程中的最优轨迹进行计算，测算出其最优的运行轨迹，提高计算的效率。能耗分析系统能建立完整的能量流模型，进而对不同工艺方案的效能进行对比。这些智能化的功能也有助于从基础的技术工具升级为智能决策系统，生成多个方案为用户提供更多的选择机会，这也有助于生产工作的顺利开展。

（三）速度和性能的控制

速度控制 (Speed Control) 可以控制机电对象按设定的速度运行。这里主要是指机电一体化概念设计 MCD 对象的运动速度，如传输面的传输速度或者各种运动副的运动速度等。为了提升系统的运行效率，并获得一个良好的性能，采用不同类型的计算架构和技术，提升生产线的仿真速度，保障其速度提升至3倍-5倍。应保障控制器处于毫秒级，满足高精度控制的基本需求。这种灵活的架构模式有助于提高软件的使用成效，满足使用的需要^[4]。

五、应用与验证

（一）系统仿真验证与扩展性验证

物流分拣系统仿真工作是当前物流行业中一项至关重要的实践工作。通过模拟真实的物流环境，可以帮助企业提高分拣效率。其中，仿真软件呈现出如下特点：其一，在故障模拟测试中，软件通过模拟真实的工作情况，呈现出物料堵塞和传感器失灵等方面的问题，这也间接检验出控制策略的重要意义。经过测试能够发现，仿真软件能够对生产线的动态情况进行预测，进而

为调试工作提供支持；其二，在时序同步的测试中，系统对操作进行模拟，模拟出传送带速度和分拣机械手动作的协同关系；其三，在运动控制精度层面，以高速摄像采集数据的方式进行对比，这也能够直接验证机械臂的轨迹和误差，从而将其控制在合理范围内。

虚拟调试技术实现了三大突破：其一，提供完善的调试记录和回放功能，大大提升了问题追溯的效率。这些特点使得整体调试周期缩短了显著幅度，同时大幅降低了因反复修改带来的成本消耗；其二，通过提前在虚拟环境中验证控制逻辑，降低了出现差错的问题，避免80%问题的出现；其三，支持多场景快速切换，可在短时间内完成不同工艺参数的对比测试。

（二）应用价值与未来优化方向

根据当前的应用情况，软件具有以下几个特点：一是在设备维护方面，利用数据资料的对比预测故障信息，进而更好地对其维护。这些场景的优化和完善能够体现出仿真软件在智能制造过程中的应用价值；二是为工艺设计人员提供数字验证的平台，进而保障实现技术的更新和发展；三是作为培训工具，能够为技术操作人员提供帮助和支持，让他们熟悉不同设备的不同性质，进而使其快速适应。

相信在未来，仿真软件将持续进行优化和完善。一是引入人工智能技术设备，进一步提升仿真模型的整体能力。这些改进要求有助于提升软件的整体技术水平，进而呈现出良好的应用效果，为生产制造工作提供更多的助力；二是强化技术升级，对新型智能装备进行辅助支持，利用机器人、AGV 等技术；三是深化与工业互联网平台之间的合作，构建联动闭环效应^[5]。

六、结束语

综上所述，仿真平台主要利用 PC 机作为基础设备，在此基础上进行实体建设，能够还原设备的基本功能，并且它并不局限于时间和地点，具有高度的复制性和迁移性，能够在脱机的状态下完成工作。本研究利用 NX-MCD 平台开发了自动化生产线的仿真软件，引入多领域协同建模和虚拟调试的技术，解决了在研究过程中出现的物理样机调试时间长，成本高的问题。软件有效利用机械动力学仿真、传感器逻辑建模和工业控制协议交互等功能，进一步保障了仿真环境的有效性，并验证了其精准度。经过后期的测验能够发现，这一平台可以缩短调试的整体时间，大约为40%左右，降低设备开发的成本，支持其他学科实现跨部门之间的协同，从而为智能制造提供更多的支持与保障，提高整体的生产效率。

参考文献

- [1] 王飞，唐伟强. 基于 NX/MCD 光机电一体化数字孪生体虚拟实训平台的开发 [J]. 机电工程技术, 2024, 53(6): 24-28.
- [2] 代小龙，杨丹. 基于 NX MCD 的冲压生产线运动仿真研究 [J]. 模具工业, 2021(047-010).
- [3] 林泓宇，卢旭锦. 基于 NX-MCD 的物料分拣生产线虚拟仿真设计及调试 [J]. 机械工程与自动化, 2024(6): 96-98.
- [4] 刘锦杭. 基于 NX-MCD 的自动装配分拣设备虚拟调试仿真实验 [J]. 机械工程与自动化, 2024(6): 86-89.
- [5] 刘和彬，涂海峰，管娉娉. 基于 NX MCD 的自动生产线实训教学设备仿真平台构建 [J]. 中国机械, 2024(16).