

The role of modular design in the modern machine tool manufacturing

Xianchen Zhang Liang Gao

Shenyang Machine Tool Zhongjie Friendship Factory Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110142, China

Abstract

Modularity is a form of standardization developed in the middle of the 20th century. Modern machine tool modular design concept is based on the majority of users, design a series of different structures and uses, and the function of the same and interchangeable functional modules (including components, components, devices or systems, etc.) and some special parts of the design method. Article elaborated its application in machine tool manufacturing, discusses the problems facing the current application, and combined with the actual application case, modular design how to promote modern machine tool manufacturing to the direction of efficient, flexible, innovation, for the machine tool manufacturing industry technology upgrading and optimization to provide theoretical support and practical reference.

Keywords

modular design; modern machine tool manufacturing; application

模块化设计在现代机床制造中的作用

张显辰 高亮

沈阳机床中捷友谊厂有限公司, 中国 · 辽宁 沈阳 110142

摘 要

模块化是20世纪中期发展起来的一种标准化形式。现代机床模块化设计概念是根据广大用户提出的功能要求,设计出一系列具有不同结构和用途,而功能相同并可互换的功能模块(包括组件、部件、装置或系统等)和一些专用部件的设计法。文章详细阐述其在机床制造各环节的应用作用,探讨当前应用中面临的问题,并结合实际应用案例,展示模块化设计如何推动现代机床制造向高效、灵活、创新的方向发展,为机床制造行业的技术升级与优化提供理论支撑与实践参考。

关键词

模块化设计; 现代机床制造; 应用

1 引言

随着制造业的快速发展与市场需求的多样化,现代机床制造面临着提高生产效率、降低成本、增强产品适应性等诸多挑战。模块化设计作为一种先进的设计理念,通过将机床分解为具有特定功能的模块,再进行组合与集成,为解决这些问题提供了有效途径。它不仅改变了传统机床的设计与制造模式,还对整个机床行业的发展产生了深远影响。深入研究模块化设计在现代机床制造中的作用,对于提升机床制造水平、满足市场需求具有重要意义。

2 模块化设计在现代机床制造中的应用作用

模块化设计是现代化的一种新型设计思维,在当前的机床制造过程中已经得到广泛的应用,并且改变传统机床的

设计思维,模块化设计的特性也更加高效地体现在了机床的设计制造效率、成本以及机床设计的灵活性、拓展空间等多个方面。下面就模块化设计在当前机床制造的实践过程中进行详细分析。

2.1 提高设计效率: 加速新产品研发与迭代

模块化设计将机床分解为一系列标准化的功能模块,这些模块可以独立设计、制造和测试。当需要设计一款新型机床时,设计人员只需根据具体需求,从已有的模块库中选取合适的模块进行组合,即可快速完成设计工作。例如,在设计一款高精度数控加工中心时,设计师可以直接选用经过市场验证的高精度主轴模块和稳定的进给模块,无需从头开始设计这些关键部件^[1]。模块化的优点是设计周期缩短,通过选择合理的模块进行快速组合设计,用已经成熟的高精度主轴模块和可靠的进给模块来完成产品的设计,无须从设计开始就设计关键部件。模块化设计出来的产品性能更稳定可靠。据统计,设计一种机床新产品一般可缩短 30% ~ 50% 的设计周期,从而在激烈的市场竞争中让企业能更快地推出

【作者简介】张显辰(1988-),男,中国辽宁辽阳人,本科,工程师,从事机械类(机床装配工艺)研究。

新产品进入市场，争取竞争优势。

此外，模块化设计还促进了机床设计的标准化和系列化。通过制定统一的模块接口和通信协议，不同厂商生产的模块可以实现无缝对接，进一步提高了设计效率。例如，某机床制造企业通过引入模块化设计理念，成功开发了一系列具有相同基础架构但功能各异的机床产品。这些产品不仅在设计上保持了高度的一致性，还在制造和装配过程中实现了高度的共享性和互操作性，大大降低了设计和制造成本。

2.2 降低制造成本：实现规模化生产与高效装配

在设计效率方面，机床的设计过程可通过模块设计提高效率，在设计过程中机床的各个部分可独立设计、绘制，在研制过程中也避免了零部件的重复设计。以某一数控机床的导轨模块为例，可以为同种规格型号的导轨设计模块，运用模块化的设计理念，再使用先进的制造技术和制造工艺，从而大量减少企业生产成本，同时加大企业的生产效率及产品的质量稳定性。同时，由于模块之间的通用性和互换性，企业在生产过程中可以灵活地调整生产计划，应对市场需求的变化。

模块化设计在机床的装配过程中也发挥了非常重要的作用，传统的机床装配工作十分复杂，其组装过程较为繁琐。通过引入模块化设计，机床的组装变得十分简便，企业只需要将已经完成生产的模块进行组装与调试，装配的效率有非常明显的提升，而且在装配中错误出现的概率大幅度降低，机床出现故障时维修费用也会下降。例如，在某一机床制造公司中，由于引入了模块化的设计，该公司机床的组装时间下降了20%，而维修费用则下降了30%，充分提高了其经济效益与市场竞争力^[2]。

2.3 增强机床的灵活性与可扩展性：满足多样化需求与持续升级

随着用户需求的日益多样化和个性化，机床需要具备更加灵活多变的功能。模块化设计正是满足这一需求的最佳解决方案。依据用户的不同需求，通过增减、更换模块，机床可以快速适应不同的加工任务。比如，原本用于普通铣削加工的机床，用户如果想要增加镗削功能，只需要增加镗削模块即可，这不仅能够实现用户对机床的各种需求，还能使机床使用年限得到延长。

模块化设计还为机床的持续升级提供了便利。随着技术的不断进步和市场的不断发展，机床需要不断引入新的功能模块和技术特性。通过模块化设计，企业可以方便实现机床的升级，将新的功能模块（高速切削模块、智能监控模块）等安装到旧的机床平台中，来提高机床的效率、精度等性能，满足新工艺以及生产的新要求^[3]。例如机床制造企业利用智能监控模块，对机床的运行状况实施监控、预警等，提高机床的可靠性。

模块化设计在当代的机床生产中获得了明显的应用效益，提升了设计效率，缩减了生产成本，提升了机床的适用

性和扩展性，随着科技水平和市场化程度不断提升，在当前机床生产活动中，模块化设计将持续发挥重要的作用。企业需不断采纳模块化设计思想，提升模块化设计系统的完善程度，更好满足市场的变化以及用户需求的变化。

3 模块化设计在现代机床制造中应用存在的问题

3.1 提高生产效率与灵活性

模块化设计在现代机床制造中的首要应用在于显著提高生产效率与灵活性。传统机床制造往往采用一体化设计，一旦发现问题或零部件需升级，将需要将整个机床拆分为零部件，并对机床进行拆卸，其效率和连续性遭到严重的破坏。而模块化设计将一个整体机床拆分为各个独立模块，每个模块为单独的一个零部件，经过拼装后成为了整体机床，每个模块若发生故障，工人只需寻找故障发生对应的模块并进行拆卸，无需对整个机床进行拆解，拆卸出的各模块能够进行维护升级，并重新进行拼装，解决了生产线故障带来的损失^[4]。此外，这种设计还使得机床能够根据生产需求快速调整配置，如更换不同规格的主轴模块以适应不同材质的加工，极大地提升了机床的灵活性和适应性。

3.2 降低制造成本与缩短研发周期

模块化设计可以有效降低制造成本，减少产品的研制周期，在模块化体系下，模块在不同的生产线同步制造，减少了生产线的等待时间与资源浪费，由于模块间标准化的接口设计减少了对特制零件的需求，降低了制造成本。专业化生产高端数控机床的企业，通过对机床模块化的设计，原来复杂的工艺流程被缩短成几个模块工艺制造流程，这些模块的生产不仅可以为公司内部使用，也可以委托生产，借此利用规模效应，降低生产成本。此外，模块化可以缩短新产品的研发周期。只需要在目前的模块进行组合与优化就能制造出新产品，只需要组合与优化的操作，而不是要重新设计整合新机床，大大缩短了产品的研制周期，加快了新产品上市进程。

3.3 促进技术创新与定制化服务

模块化设计不仅有助于创新，同时也可以提供个性化定制服务。在模块化架构下，每个模块都可以作为一个独立的创新单元进行研发和优化，这使得机床制造商能够更快地引入新技术、新材料或新工艺。例如，随着物联网、大数据和人工智能技术的发展，一些机床制造商已经开始在模块化设计中融入智能监控、预测性维护和远程服务等功能，使机床更加智能化。同时，模块化设计还使得机床能够根据客户的具体需求进行高度定制化配置。客户可以根据加工工件的材质、尺寸、精度要求等因素，选择最适合的主轴模块、进给模块、控制系统等，从而构建出完全符合其生产需求的机床。这种高度定制化的能力不仅增强了机床的市场竞争力，也提升了客户满意度和品牌忠诚度。

模块化的现代机床制造设计有效提升了现代机床制造业的生产力以及灵活性,进一步减少了制造成本,缩短研发时间,促进了技术创新与技术定制服务的进一步发展。随着现代制造业的不断革新与智能化方向的加强,模块化的现代机床制造设计将会是现代制造业发展的一个重要主流方向,使整个现代制造业向着现代化、高效化、灵活性发展。

4 模块化设计在现代机床制造中的实际应用

模块化设计作为现代工业设计的重要思想,在机床生产行业中得到了深入应用,在机床设计中采用模块化设计思想,大大增强了机床的适应性和可变性,节约了资源,推动了企业可持续发展。以下将深入探讨模块化设计在柔性制造系统、定制化机床生产以及机床再制造中的实际应用。

4.1 在柔性制造系统中的应用

柔性制造系统(FMS)是现代制造业的重要组成部分,它要求机床能够快速、灵活地适应不同产品的加工需求。模块化设计的机床在这一领域展现出了巨大的优势。以一家汽车零部件生产企业为例,该企业引入了模块化设计的数控机床,构建了高效的柔性制造单元。这些机床通过更换不同的加工模块,如铣削模块、钻孔模块、镗削模块等,能够轻松实现对多种汽车零部件的加工。当市场需求发生变化,或企业需要生产新的汽车零部件时,只需简单调整模块组合,即可迅速适应新的生产需求。这种高度灵活的生产方式,不仅大大提高了企业的生产效率,还显著降低了生产成本,增强了企业的市场竞争力。此外,模块化设计还使得机床的维护和升级变得更加便捷,进一步提升了FMS的整体性能和可靠性。

4.2 在定制化机床生产中的应用

随着市场竞争的加剧和消费者需求的多样化,定制化机床的需求日益增加。模块化设计为定制化生产提供了全新的解决方案。模具制造企业为例,该企业根据客户对模具加工的特殊要求,采用模块化设计的方式,从多个标准模块中选择合适的组件进行组合,定制出满足客户需求的专用机床。这种生产方式不仅满足了客户的个性化需求,还大大降低了定制成本。由于模块之间的通用性和互换性,企业能够快速响应市场变化,缩短交付周期,提高客户满意度。此外,模块化设计还使得机床在后续维护和升级时更加便捷,延长

了机床的使用寿命,降低了企业的长期运营成本。

4.3 在机床再制造中的应用

机床再制造是对旧机床进行升级改造,恢复或提升其性能的过程。模块化设计为机床的再制造提出了明确的方法。以机床再制造企业为例,对一台老旧的普通机床进行了全面的升级改造。通过更换先进的数控系统模块、高精度的主轴模块以及优化的进给模块,机床的性能得到了显著提升。使普通机床达到了高的精密度、高效率加工制造。机床再制造后的多功能机床不但实现了加工过程中的智能化和网络化,而且比购买一套新机床,仅需要原机床的30%-50%成本。另外模块化的机床还可以在再制造过程中调整配置满足不同客户的需求,并且也可以有效地节约生产资料,对企业发展过程的节能减排和可持续发展战略都有良好效果。

现代机床制造过程中对于模块化设计的实际应用,提高了机床生产的灵活性和可变性,促进了资源的有效利用以及企业持续发展,同时也随着不断的发展和更新将发挥其巨大的作用,对今后机床制造行业中在这一领域的应用极为关键。

5 结语

模块化设计在现代机床制造中具有显著的应用作用,尽管目前存在一些问题,但是随着技术进一步发展,其在机床制造企业中应用前景不可限量。目前只需解决模块标准化、接口、模块协同性稳定等问题,进一步实现模块化设计的优势作用,促进现代机床制造进一步提升,更好地满足制造业日趋多样化的、个性化的需要,对制造业转型升级提供强劲推动动力。

参考文献

- [1] 赵中敏.模块化设计在现代机床制造中的作用[J].中国设备工程, 2006(9):2.
- [2] 伍世虔,余兴倬.机床整体结构及其设计思想的发展[J].湖北工学院学报, 1994(3):170-173.
- [3] 李雪晓.在机床制造业中推进模块化设计[C]//河南省青年学术年会.河南省科学技术协会, 2004.
- [4] 殷国富,赵汝嘉,陶钟.机床变速箱计算机辅助设计软件系统[J].机械工业自动化[2025-03-26].