

模块化设计在现代工业产品整合中的角色

安国恒

南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年11月5日; 录用日期: 2024年12月16日; 发布日期: 2024年12月24日

摘要

本文探讨了模块化设计在现代工业产品整合中的角色。模块化设计通过将产品分解为多个独立且功能明确的模块, 提高了设计与制造效率, 降低了生产成本, 并通过严格的质量控制确保产品质量与可靠性。此外, 模块化设计还能灵活满足个性化需求, 增强产品的市场竞争力。对于模块化设计可能面临的挑战, 提出一些相应的策略。

关键词

模块化设计, 产品整合, 产品质量, 市场需求

The Role of Modular Design in the Integration of Modern Industrial Products

Guoheng An

School of Home and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: Nov. 5th, 2024; accepted: Dec. 16th, 2024; published: Dec. 24th, 2024

Abstract

This paper explores the role of modular design in the integration of modern industrial products. Modular design improves design and manufacturing efficiency, reduces production costs, and ensures product quality and reliability through strict quality control by decomposing products into multiple independent and functional modules. In addition, modular design can flexibly meet personalized needs and enhance the market competitiveness of products. For the possible challenges of modular design, some corresponding strategies are proposed.

Keywords

Modular Design, Integration of Products, Quality of Products, Market Demand



1. 引言

随着全球工业化的深入发展和科技的不断进步，现代工业产品正朝着更高效、更智能、更个性化的方向发展。在这一背景下，模块化设计作为一种重要的产品设计和制造方法，逐渐在现代工业产品整合中崭露头角。模块化设计通过将产品的功能、结构或性能划分为一系列相对独立且可重用的模块，实现了产品的快速开发、灵活配置和持续升级，从而满足了市场多样化、个性化的需求。

随着工业 4.0 和智能制造的兴起，模块化设计得到了更广泛的应用和深入的研究。工业 4.0 强调数字化、网络化、智能化的生产方式，模块化设计作为其中的重要一环，为工业产品的智能化、柔性化生产提供了有力支持。智能制造则通过引入先进的信息技术和制造技术，实现了产品从设计到生产的全面优化，模块化设计作为智能制造的基础，为产品的快速迭代和定制化生产提供了可能。

2. 模块化设计

2.1. 概述

模块化设计用于产品系统或服务系统中部件单元的替换，模块化后的各式部件或单元可以通过相同的接口相互连接进而组合成新的形式，工程师、设计师或用户可以根据市场或自身的需求组合出不同功能的产品[1]。模块化设计早年被广泛用于重工业与机械设施的规划与设计[2]，例如汽车、模块建筑构件、涡轮机与计算机等，且发展已十分系统成熟。现在，模块化设计被广泛应用于各个领域，都取得了比较显著的成果。模块化设计的优势在于其系统性与自由性之间的完美契合，即利用模块单元的划分与重组设计出不同功能或形式的产品，降低了研发成本与操作难度，提高了灵活度与通用性[3]。

2.2. 模块化设计原则

在对产品进行模块化设计时应该遵守模块化的独立性、置换性、通用性，以及可行性设计原则，具体如下。

- 1) 模块的独立性是指被分离出来的单独模块可以对其进行独立制造、使用、修理，以及储存。
- 2) 模块的可置换性要求产品或者设备的不同部件之间应具备标准化的接口，以实现模块之间的置换。
- 3) 模块的通用性是指在新产品设计时，能借用原有产品的成熟零部件，这样不仅能缩短设计周期、降低制造成本，而且增加了产品质量的可靠性。
- 4) 模块的可行性要求模块化设计的产品有足够的技术支撑，能够满足市场需求，具备可落地性[4]。

3. 模块化设计在现代工业产品整合中的应用

3.1. 模块化设计的实现

模块化设计是将模块化思想引入产品设计，着重解决产品品种、规格与设计制造周期、成本之间的制约关系的现代设计方法。其实质与模块化是相同的，即是对一定范围内的不同功能或相同功能不同性能、不同规格的产品进行功能分析的基础上，划分并设计出一系列功能模块。通过模块的选择和组合可以构成不同的产品，以满足市场不同需求的现代设计方法。它包括三方面的内容：根据客户需求拟定产品系列型谱、确定产品主参数进行产品总体功能设计、对产品总体功能进行原理性设计与分析、进行产

品总体功能分解、建立产品功能层次模型、划分产品功能模块，从而建立产品系列的功能模块体系；根据功能模块要求进行基型产品结构模块设计，对基型产品模块进行系列化，合理创建出一组模块，从而建立产品系列结构模块体系；根据客户具体的产品需求确定产品的配置参数(产品技术特征)由产品的技术特征进行模块的合理选择，对产品进行组合化设计与装配，形成模块化产品方案，并进行相关的分析计算与评价，确定产品是否满足客户个性化需求[5]。

3.2. 模块化设计在现代工业产品整合中的角色

3.2.1. 提高产品设计效率

模块化设计允许产品的不同模块可以并行开发，这意味着不同的设计团队可以同时工作在不同的模块上，而不是等待一个模块完成后才开始下一个模块的设计。这种方式大大缩短了产品的整体开发周期，提高了设计效率。通过模块化设计，可以将已有的模块进行重用和标准化，这减少了重复设计和测试的需要，进一步缩短了设计周期。模块化设计有利于企业研发团队分工，规范不同团队间的信息接口，进行更为深入的专业化研究和不同模块系统的并行开发。这提高了团队之间的协作效率，使每个团队都能专注于自己擅长的领域，从而提高整体设计效率。模块化设计允许产品的不同部分可以独立设计和定制。客户可以根据其特定需求定制产品的特定模块，从而实现定制化生产，满足个性化需求。这种灵活性为企业带来更多商机，同时也提高了设计效率。

3.2.2. 降低产品制造成本

模块化设计，零部件的标准化和通用化得以实现，从而简化了生产过程，减少了生产线上不必要的复杂性。这种标准化和通用化的零部件可以更容易地进行大规模生产，提高生产效率，进而降低生产成本。模块化生产提高了生产线的柔性，使企业能够更快速地适应市场需求的变化。这意味着企业可以减少库存，降低库存成本，因为生产可以根据实际需求快速调整，减少了产品积压和浪费的风险。模块化生产使得企业可以与供应商建立更紧密的合作关系，因为供应商可以专注于生产标准化的零部件。这种合作关系有助于优化供应链管理，降低采购成本，提高供应链的可靠性和效率。

规模经济使得企业可以集中采购标准化的零部件，从而获得更好的价格优惠。模块复用进一步降低了采购成本，因为企业可以重复使用已有的模块，减少了对新模块的需求。通过集中采购和标准化生产，企业可以优化原材料的使用和库存管理。

3.2.3. 满足市场多样化需求

模块化设计将产品划分为多个独立且标准化的模块。这些模块具有互换性、通用性和独立性，用户可以根据个人喜好和需求选择并组合不同的模块，从而轻松实现产品定制化和个性化。通过标准化和系列化的模块设计，用户可以在已有模块的基础上进行选择和搭配。这大大简化了定制流程，提高了定制效率。模块化设计不仅支持外观定制，还支持功能定制。用户可以选择不同风格、材质和颜色的模块来改变产品的外观；同时，他们也可以根据自己的需求添加或删除某些功能模块，以满足特定的功能要求。

模块化设计使得企业可以快速调整产品线以适应市场变化。当市场需求发生变化时，企业可以通过添加、删除或替换某些模块来快速推出新产品或更新现有产品，以满足新的市场需求。模块化设计提供了灵活的产品配置方式。企业可以根据不同市场区域、客户群体或销售渠道的需求，灵活配置产品组合，以最大化市场覆盖率和客户满意度。由于模块是预先设计好的标准化单元，企业可以更快地完成新产品的设计和开发过程，采用自动化和流水线生产方式来提高生产效率和质量。

3.2.4. 提升产品质量和可靠性

每个模块均经过独立精心的设计和制造，这种方式赋予了设计师极大的自由度，使他们能够深入钻

研并优化每个模块的独特功能和特性，从而显著提升模块的质量。模块化设计严格遵循业界标准，确保了不同模块之间的无缝兼容与便捷替换。这种标准化的设计理念不仅大幅减少了设计和制造过程中的潜在错误，还有效提升了产品的整体品质。更重要的是，模块间的互换性极大降低了库存成本，这种高效且灵活的生产模式无疑增强了产品的可靠性和市场竞争力。

3.2.5. 促进产品维修和升级

模块化设计使得产品的各个功能模块相互独立，这有助于快速定位故障模块。当产品出现故障时，技术人员可以迅速识别并隔离问题模块，从而提高维修效率。一旦确定故障模块，技术人员可以仅对该模块进行修复或更换，而无需对整个产品进行大修。这不仅降低了维修成本，还大大缩短了维修时间，减少了停机损失。模块化设计使得备件库存更加简洁高效。企业只需储备少量常见故障模块的备件，即可应对大部分维修需求，降低了库存成本和管理复杂度。模块化设计允许用户根据需求灵活添加或替换功能模块，从而实现产品功能的扩展和升级。随着技术的不断进步，新的功能模块可以迅速集成到现有产品中，使产品保持技术领先。

通过不断推出新的功能模块或升级现有模块，模块化设计可以延长产品的使用寿命。用户可以通过替换或升级模块来保持产品的先进性和竞争力。模块化设计使得产品平台具有良好的可扩展性。这意味着企业可以在同一平台上开发多个系列产品，满足不同用户的需求，从而延长整个产品系列的生命周期。模块化设计有助于实现产品的可持续性和环保。通过回收和再利用旧模块，可以减少资源浪费和环境污染。此外，延长产品生命周期本身也是减少浪费和降低环境影响的重要策略。

3.3. 模块化设计思维

模块化设计的方法在现代工业产品整合中发挥着核心作用，其带来的不仅仅是设计上的优化，更是对整个产业创新战略的深刻影响。模块化设计的思维不仅仅局限于产品本身，它更是一种跨界、跨领域的思维方式，为工业产品的设计、生产、维护等各个环节带来了新的解决思路和方法。

武建龙使用模块化的思维分析了战略性新兴产业技术创新特征及突破的动力与阻力，并指出战略性新兴产业的技术构成、技术创新链、技术创新行为和创新组织等均具有显著的模块化特征，为战略性新兴产业实现突破性技术创新指出新路径[6]；宋兴格结合模块化设计思维，提出基于需求和设计方法学的产品模块化创新设计策略，并后对泡沫硬化剂自动制备装置的研究，证明该创新设计策略的可行性[7]。

3.4. 应用案例

模块化设计在不同的领域都有很多的成功案例，例如戴森的吸尘器可以根据不同的场景需求更换吸头来提供有效的清洁效果；Worknest 是为公司员工设计的一套模块化组合家具，可以让人们根据自己的需求对工作空间进行定制；Jack Godfrey Wood 和 Tom Ballhatchet 设计的 BUILD 模块化搁架系统(见图 1)，基本结构为一个六边形盒子，通过三脚销钉固定可以随时拆装组合，根据自己的需要组合出不同的家具；德国家具制造商 ophelis 设计生产的“Docks”系列时尚办公家具(见图 2)由通用家具模块组成，每个单元可以独立使用，也可以通过连接件随意组合，形成讨论区、工作区、会议区和休息区。王轶鹏通过模块化设计，设计出一款无人配送车可以根据不同的应用条件，灵活调整传感器和交互载体等附加模块的数量和规格，满足不同场景的需求[4]；张驰尝试通过模块化设计，将北京冬奥会冰雪场地的公共设施进行造型塑造，使其在非比赛期间可以继续使用，形成可持续使用的体系[8]。模块化设计在不同领域都展现出了其独特的魅力和实用性。通过模块化设计，产品可以更加灵活、便捷地满足用户的不同需求，提高产品的实用性和市场竞争力。同时，模块化设计还有助于实现产品的可持续使用和环保目标。



Figure 1. BUILD modular shelving system

图 1. BUILD 模块化搁架系统^①



Figure 2. Docks Modern modular furniture combination system

图 2. Docks 时尚模块化家具组合系统^②

4. 模块化设计在现代工业产品整合中面临的挑战及策略

4.1. 挑战

首先是模块间的兼容性问题，不同模块之间的兼容性和互换性是模块化设计面临的主要挑战之一。如何确保不同模块能够无缝对接、协同工作，是模块化设计必须解决的问题。

在模块化设计中，模块的设计和制造可能涉及到企业的核心技术和知识产权。如何防止知识产权在模块化过程中的泄露，是企业需要重点考虑的问题。

模块化设计需要对产品进行深度的功能分析和结构分解，这要求设计团队具备较高的技术水平和丰富的经验。同时，模块化设计还需要考虑模块的标准化、系列化等问题，增加了设计的复杂性。

市场需求的变化对模块化设计提出了更高的要求。如何快速响应市场需求、灵活调整产品配置和模块组合，是模块化设计需要面临的挑战。

4.2. 策略

加强模块标准化和系列化。大众通过严格执行模块标准化和系列化策略，比如其 MQB (Modular Transverse Matrix) 平台，实现了从紧凑型轿车到中型 SUV 等多种车型的零部件和模块高度共享，这不仅大幅降低了生产成本，还显著提升了生产效率。

加强知识产权保护。华为在研发过程中，高度重视知识产权的保护，建立了健全的专利保护体系，并通过全球范围内的专利布局，确保其技术的独占性。特别是在 5G 技术领域，华为的大量专利不仅为其带来了可观的专利许可收入，更为其在全球市场的竞争中赢得了有利地位。

提高设计团队的技术水平。苹果公司一直注重设计团队的培养和引进，通过提供丰富的培训资源和创新环境，不断提升设计团队的技术水平和创新能力。这使得苹果的设计团队在产品设计、用户体验和美学方面始终保持行业领先地位，其 iPhone、iPad 等产品就是最佳例证。

灵活应对市场需求变化。宜家通过其灵活的模块化家具设计，能够迅速响应市场需求的变化。例如，当市场上对环保材料的需求增加时，宜家立即推出了以回收材料制成的家具系列。同时，宜家还允许消费者根据个人需求和喜好，定制家具的颜色、尺寸和组合方式，充分满足了消费者的个性化需求。

加强供应链管理。波音公司在飞机制造过程中，通过实施严格的供应链管理策略，确保了各个模块的稳定供应和质量可控。波音与全球范围内的供应商建立了长期稳定的合作关系，并借助先进的供应链管理信息系统，实时监控和优化供应链的运作，从而能够高效、准确地生产出高质量的飞机产品。

推动模块化设计的创新发展。特斯拉在电动汽车领域进行了大量的模块化设计创新，特别是在电池模块和动力系统方面。特斯拉通过研发高能量密度的电池模块和先进的电力电子技术，实现了电动汽车续航里程的大幅提升。同时，特斯拉还采用了高度集成的模块化设计，显著提高了电动汽车的生产效率和质量。这些创新不仅为特斯拉带来了竞争优势，还推动了整个电动汽车行业的快速发展。

5. 结语

随着人工智能、物联网等技术的发展，模块化设计将更加智能化和数字化。市场对个性化、定制化产品的需求也将不断增长，模块化设计将更好地满足这些需求。

模块化设计在现代工业产品整合中扮演着重要角色，它通过提高生产效率、降低成本、加快产品开发速度等方面为企业带来巨大优势。同时，模块化设计也面临着一些挑战和问题，但通过加强标准化工作、优化模块接口设计等措施可以有效应对这些挑战。未来，模块化设计将继续发挥其在工业产品整合中的重要作用，并随着技术的发展不断创新和优化。

注 释

- ① 图 1 来源：网页引用，<https://www.toodaylab.com/48532>。
- ② 图 2 来源：网页引用，<http://www.popoffices.com/furniture/app/15012.html>。

参考文献

- [1] 董欢欢, 王伟伟, 吕曼曼, 黄琳. 面向个性化需求的模块化设计模型研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 129-133.
- [2] 霍康, 尹娜, 余月强, 姚慧霞. 基于家居一体化的整体软装模块化设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 22-26.
- [3] 安苗苗, 肖狄虎. 基于摩托罗拉手机模块化设计的定量评价研究[J]. 包装工程, 2018, 39(14): 172-176.
- [4] 王轶鹏, 金薇薇, 张丁伟. 无人配送车模块化功能设计研究[J]. 包装工程, 2024, 45(10): 420-429.
- [5] 李国喜, 吴建忠, 张萌, 龚京忠, 常品要. 基于功能-原理-行为-结构的产品模块化设计方法[J]. 国防科技大学学报, 2009, 31(5): 75-80.
- [6] 王宏起, 田莉, 武建龙. 战略性新兴产业突破性技术创新路径研究[J]. 工业技术经济, 2014, 33(2): 87-94.
- [7] 宋兴格, 万浩, 妥世花, 刘超, 甘吴波. 面向模块化设计的产品多层次创新设计策略研究[J]. 机械设计与制造工程, 2018, 47(3): 91-96.
- [8] 张驰. 基于模块化的大型体育赛事公共设施设计研究[J]. 包装工程, 2023, 44(24): 501-510.