

机械设计与工业设计制造技术的联系与应用

朱宜科

(山东亿力建设工程有限公司, 山东 枣庄 277599)

摘要 数字化变革正在深刻重塑产品开发范式, 机械设计与工业设计制造技术的协同已从传统的顺序交接演进为深度融合的并行共创。这一协同体系通过全流程数字化平台实现数据贯通, 借助增材制造等先进技术突破传统工艺约束, 并在人机工程学与可持续性设计等维度展开系统化创新。这种跨领域的深度整合不仅显著提升了产品开发效率与质量, 更在本质上推动了功能性、美学价值与用户体验的统一, 为应对个性化需求和可持续发展挑战提供了坚实的方法论基础与实践路径参考。

关键词 机械设计; 工业设计; 协同设计; 增材制造; 数字化制造

中图分类号: TH12; TB47

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.20.037

0 引言

在如今高度竞争的社会环境下, 产品的更新越来越离不开工程上的精确性和使用体验。机械设计所体现的工程技术逻辑和工业设计推崇的使用者感受, 两者融合才能生产出优秀的产品。随着制造过程信息化、自动化的发展, 两者之间的合作也不再只是简单的对接, 而是成为贯穿整个产品生命周期的创新主线。从最初的概念融合到最后产品的回收计划, 整个融合过程都深深地影响着产品的性能指标、市场接受程度。因此, 研究两者的具体协同方式对于我们理解复杂的现代产品系统的设计过程有着重要的理论指导作用。

1 工业设计制造技术概述

工业设计制造技术是工业设计师将想法转变为实际产品的重要手段之一, 其范围远远超出了一般的加工作业领域, 它涵盖了基于产品造型、构造、材质、体验等各个方面的内容, 包括从产品设计初期的快速成型到大批量生产的各种工艺方法和技术。在设计初期, 通过使用快速成型技术, 特别是 3D 打印, 可以将数字化的设计方案立即转换成实物样品, 用于设计方案的选择、人机互动实验及市场调查, 节省了大量的开发时间并减少了不必要的沟通成本。而在产品制作过程中, 制造技术对产品最终的模样和手感有着至关重要的影响。例如: 注塑塑料制品时所用的注塑成型工艺特点决定了产品的脱模角度、分模面及壁厚均一定程度, 在进行外观美观设计的同时也必须遵守相应的制造限制条件。同理, 对于各种金属制品来说, 冲压、

铸造或者 CNC 精密加工也都赋予不同的产品不同的形态可能性以及不同的表面质感效果, 如铝镁合金的轻盈质感或者是不锈钢的光滑高亮质感。随着数字化、智能化的发展, 为工业设计领域开辟了新的可能, 如五轴加工中心可以制作非常复杂的曲面造型, 柔性生产线也使得小批量、个性化的设计更具有经济性。因此, 好的工业设计一定是有“可制造性”的设计, 设计师要清楚地明白材料特性和工艺知识, 让好的作品能够在实际的制造业中得以落地生根, 做到美观、实用性和可规模化生产相结合^[1]。

2 机械设计与工业设计制造技术的联系

2.1 思维融合: 逻辑精确与用户感知的共创

机械与工业设计之间的联系, 首要的是两者的思维方式存在着本质上的相互补充和交融。机械设计以严密的工程理念为基础, 关注产品的内部构成问题, 如同搭建生命的身体框架与神经网络一般, 必须保证每个齿轮的咬合度、每个结构的坚固程度以及各种传动机构的具体走位准确无误, 并按照实际的物理规律和加工工艺的要求执行。这是一种由内向外、以解决问题为目标的量化思考过程。工业设计以人的主观感受为主体, 是对产品的外观塑造和个性打造, 从人的感情、动作、所处的文化背景等方面进行考量, 通过对产品的形状、色调、质感以及人机互动等细节的设计, 为冰冷坚硬的机器赋予情感与魅力。这是一种内外兼修、以创造价值为目的的情感化思考方式, 如开发一款高端电钻, 当机械工程师努力打造一款高性能、

作者简介: 朱宜科 (1988-), 男, 专科, 工程师, 研究方向: 机械设备。

安全可靠的无刷电机和传动装置时,工业设计师会运用人体工学理念,在这个强大的“心脏”外面,用符合人体手部线条、具有良好触觉体验和审美体验的外壳包裹起来。工程师们的“严谨计算”赋予了机器强大的动力源泉,工业设计师们的“用户体验”使得产品技术特点能得到用户亲身的体验和喜爱,两者携手创造了产品的最大卖点^[2]。

2.2 制造实现:工艺约束下的创意落地与解放

两者联系的最终落脚点深深地扎根在制造技术这片土壤上,制造工艺成为设计灵感能否从蓝图落实为商品的最后一道试金石。对于机械设计来说,良好的制造工艺就是精度、强度及效率的保障,而工业设计中,它直接对应着材质美感、表面质感以及外形复杂程度的表现形式。一方面,工艺起到限制作用。例如:大批量生产的塑料件需要通过注塑模具来进行加工,则工艺特点就要求零件要有脱模斜度、不能有过厚过薄的壁厚结构,并且还要有分形线等。优秀的工业设计不是脱离实际,而是在充分认识到这些约束之后,把分型线转变成造型中的切割线,通过斜度来创造出有弹性的曲面。另一方面,先进的制造技术也在不断解放着工程师的设计能力,如增材制造(3D打印)几乎不考虑传统减材制造的几何制约,让机械工程师能够设计出拓扑优化、极致轻量并且强度高的仿生结构体,而工业设计师也能够制作出传统工业制造技术不能生产的那些充满生命力且复杂的形态和空心结构。因此,机械及工业设计师都要变成“制造的通晓者”,在限制里获得自由,在技术进步的基础上扩大自由的范围,一起保证创新能够在高速度、低成本、高质量的要求下转化成实物产品^[3]。

3 机械设计与工业设计制造技术的协同应用

3.1 全流程数字化协同平台的应用

机械设计和工业设计制造技术相结合,在当今新产品的研制中最为明显的表现就是全生命周期数字化协作系统的建立与应用。两者的协同应用是以产品数据管理系统为基础,把工业设计的概念想法、机械设计的技术加工以及生产装配的要求信息全部融合到一个一体化的空间之下进行管理。在新产品开发过程中,工业设计师通过专用软件绘制出的曲面图形以及形状方案可以供机械工程师用作依据,从而让双方始终处于同一3D坐标系中工作。当机械工程师分析了产品的内部之后,仿真模拟的数据也会立即传递到工业设计师那里,让他们了解结构强度、散热要求等工程性限

制如何影响产品的外观。例如:在做消费电子产品的时候,天线功能区块以及通风口的排布等原属于工程师层面的要求,通过联动平台被明确地呈现出来,他们就可以提前把这些限制变成产品的造型元素之一,而不是被迫进行后期调整。

这种数字化协作的价值在并发工程中得到了最大的发挥,从前一个步骤未结束,不能开始下一个串联式步骤的情况不再出现。当工业设计师在进行表面效果渲染的时候,机械工程师已经进行机械强度检讨,而模具工程师也开始对零件的脱模性进行分析。所有人都是在同一个数字化的虚拟模型之中进行操作,任何一个变动都会被捕捉到然后传达至各个工程师,而在复杂的组件设计上,这个优势更加明显。汽车内饰设计就是典型的例子:控制面板表面曲线的形状、显示屏镶嵌的方式、出风口的设计由工业设计师主导,内饰件安装骨架、电线路径以及空调通风管道均由机电工程师把控。借助同步平台,二者可以随时对各零部件间的相互干涉情况进行监测,在虚拟空间解决大部分装配问题,从而大大减少实物样车调试次数,节省大量开发时间^[4]。

3.2 增材制造技术驱动的设计融合与创新

增材制造技术正在改变着机械设计与工业设计合作的边界以及可能性。传统的加工工艺通常使得设计人员必须在刚开始就做出很多让步,以适应一定的加工方式。但是增材制造尤其是金属3D打印、高端塑料打印等以其“自由成型”的特点,成为跨越这两种设计理念的纽带,在功能性零件的研发上体现得尤为明显。机械工程师可以通过拓扑优化的方法,在受力的地方产生最优材料分布结构,这种结构往往是仿生的形态,既有很好的力学强度,又能减轻产品重量。

对于医疗器材类这种对个人化需求非常苛刻的产品来说,这种联合作业更为密切。例如:对于康复矫形器来说,工业设计师利用三维扫描仪获取病患身体部位准确尺寸,并结合人体工学理念设计出适合人体穿着佩戴且触感舒适的外形;机械工程师在该外形基础上进行生物力学计算,并设计不同硬度梯度分布的支撑件结构等。而3D打印技术可以同时把这样高度个性化的形状以及精细调节好的内部构造打印出来,使其变成一种有温度的人体私人物品的同时也优化了康复治疗的效果。更重要的是,增材制造帮助设计师设计出高度复杂的整体结构,省去很多组装工序。机械工程师可以通过其进行传统制造手段无法实现的随行冷却腔的设计,而工业设计师也可以利用它来获得更

为简洁纯粹的整体形态，两者在数字模型阶段的高度融合也借助增材制造完美地转化为实际的产品，达到了“形式服从功能”与“形式服务于体验”的对立统一。

3.3 人机工程学与仿真技术的深度结合

人因工程是机械工程与工业设计结合最紧密的一个方向，而随着现今模拟仿真技术的发展，使这一结合由定性的讨论转化为了定量的设计，这是协同发展的重要方面之一。在产品的人机接口及控制结构设计上，工业设计者要对如何操作以及看到什么、感受到什么等做出感受上的要求，而机械工程师的任务就是创造出能够达到上述要求的实体结构。这种合作已经不只是大小尺寸上的契合，而是深入运动特性的协调。例如：在进行一种手电钻的设计过程中，通过市场调研得到合适的持握形状、开关位置、用力的程度等。而机械工程师就需要对产品的内部传动系统、电机安装以及按钮的设计进行构思并用多体动力学仿真软件来进行模拟产品使用过程中的振动大小、声音大小以及回馈的力度，使它满足甚至超过设计师所期望的产品体验效果^[5]。

VR 及数字人的仿真技术的应用，使这种合作又得到了更深一步的发展。在设计汽车驾驶室、飞机舱室以及巨大生产机器的操作台的时候，工业设计师所制作的三维模型可以同机械工程师所设计的可以活动的部分进行结合（方向盘、踏板、可调节座椅的机构），形成一个全息的仿真模型，试验者戴上 VR 眼镜便可以在其中进行动手体验，感受手柄的力量大小及关节的角度等生理学数据，机械工程师可以获取这些生理数据进而调整杆臂比或者阻尼比，而工业设计师也可以及时看到自己设计上的死角或难以触及的地方，来改变仪表盘或者控制面板的形状。这样的仿真实现的即时同步互动，在物理原型机生产前就能发现很多可能存在的交互隐患，不仅可以节约成本，还可以从根本上保证产品的安全，为“以人为本”的设计理念提供了强大的工程技术保障。

3.4 面向可持续性的系统化协同设计

对于全球性的可持续性发展问题，在机械设计和工业设计的结合方面已经由原来仅为为了一个产品的性能提高而转变为对一整类产品周期系统地进行改进。机械设计与工业设计相配合的关键点就是，把工业设计所强调的绿色美学长寿命情感化设计同机械工程中的可拆卸性设计、轻量化设计和新材料相结合。在产品构思的时候就一起确定出可持续的目标：工业设计师选取绿色环保的表面工艺，易看出品质的好材料，

以经典的、耐旧的造型语言来避免消费者因为审美疲劳导致的产品丢弃。机械工程师致力于研究如何用更少的材料来达到所要求的强度以及如何设计便于分离处理的单一材质零件或者无需破坏性拆除装置之间的连接^[6]。

这种合作在模块化设计上是最全面的体现，如日常家电，工业设计师对产品外形风格以及模块结构进行设计保证了即使某些模块进行替换后依旧可以保持和谐一致的品牌形象；而机械工程师依据这些来设计标准连接件、通用地螺丝以及模块化内部组件让核心部件（电机、控制板等）可单独拆卸更换或者更新，外壳之类的易损件也可以反复多次利用起来。并且，材料选择及加工工艺方面的配合也更加密切，机械工程师可以设计具有高强性能的新式复合材料来达到减重的目的。在此基础上，工业设计要探究该种材料的可塑性能、表面触觉效果，以及能否进行再次回收利用，并根据以上信息对产品形状进行微调。

4 结束语

机械设计与工业设计制造技术的协同，是产品开发从学科独立走向整体协作的一次重要飞跃。这并非简单地将两类技术进行叠加，而是在数字化链路的串联下，在产品性能、外观体验、用户感知与可持续发展等维度，形成相互赋能的开放式创新体系。二者的深度融合，要求设计者与工程师具备跨界认知能力与同理心，共同探索最优化的设计生产路径。随着 AI、生成式设计等技术逐步成熟，这一协同过程将进一步向智能化、自动化升级，但其核心初衷始终未变——始终以人机协同的方式，打造更可靠、更具温度、更有社会责任感的产品，回应复杂多变的时代需求。

参考文献：

- [1] 亚森江·加入拉. 机械设计与工业设计制造技术的联系与应用研究[J]. 产品设计, 2024(05):107-109.
- [2] 姜超, 钟秋波. ARDUINO 驱动 AUTOMATA 与工业设计“新工科”专业核心知识能力培养[J]. 设计, 2025(06): 98-101.
- [3] 王玉鹏. 机械设计中计算机辅助工程技术的应用与创新[J]. 漫科学(科技应用), 2025(03):85-87.
- [4] 李楠舟, 尤田, 刘宁. 扩招背景下工业设计专业“书证融通”人才培养模式探究[J]. 天南, 2024(01):9-12.
- [5] 张楠, 张洁. 数控加工技术在机械工业设计与制造中的应用研究[J]. 装备制造技术, 2025(01):123-125.
- [6] 陈绪伟. 机械制图在工业设计中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(03):113-115.