

机械制造工艺

2021年12月20日出版

2021年第4期·总第238期

编印单位：中国机械制造工艺协会

发送对象：中国机械制造工艺协会会员单位

印刷单位：北京北印印务有限公司

印 数：2000册

出 版：中国机械制造工艺协会

网 站：www.cammt.org.cn

电 话：010-88301523

传 真：010-88301523

邮 件：cammt_bjb@163.com

《机械制造工艺》编委会

主任委员：王西峰

名誉主编：卢秉恒

副主任委员：单忠德 祝宪民

主 编：单忠德

责任编辑：赵关红

委员（按姓氏笔画排序）

王至尧 王绍川 龙友松 史苏存 刘泽林

李成刚 李敏贤 李维谦 杨 彬 杨尔庄

谷九如 张 科 张伯明 张金明 邵泽林

战 丽 费书国 聂玉珍

中国机械制造工艺协会第六届理事会

名誉理事长：卢秉恒

理 事 长：单忠德

副 理 事 长：（按姓氏笔画排序）

王建军 左健民 史苏存 毕文权

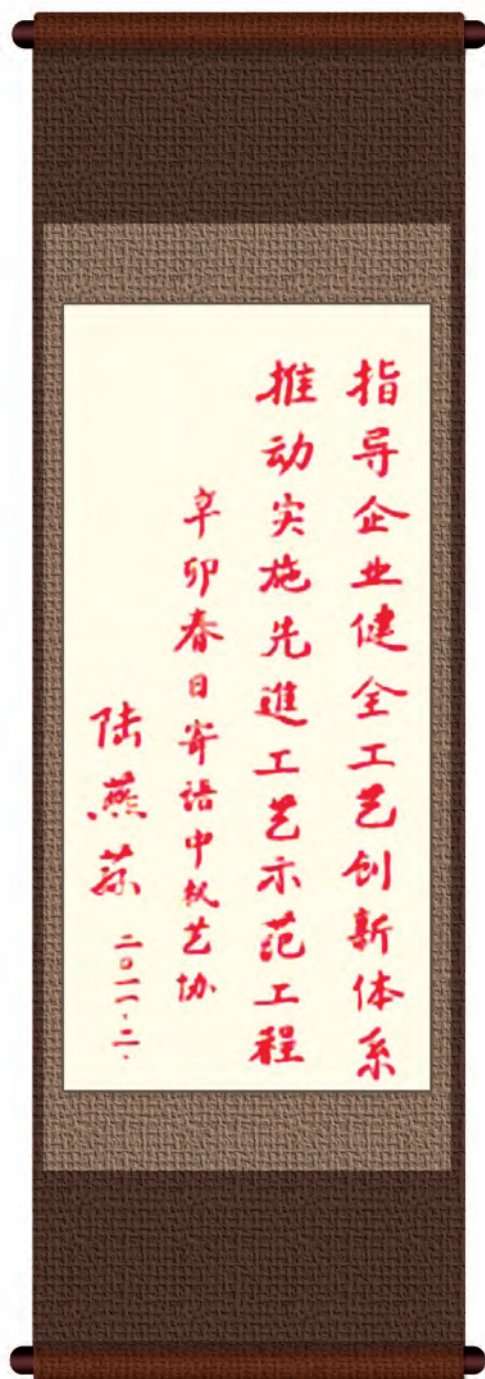
孙海涛 阳 虹 严建文 李永革

李建军 汪瑞军 陈宏志 胡海华

战 丽 钟明生 高俊峰 梁清延

曾艳丽

秘 书 长：宋 浩



专家视点

- 李培根院士新作——未来制造的数字空间一瞥..... P01
- 陈学东院士：工业强基的国际经验与建议..... P06

协会动态

- 中国机械制造工艺协会召开第六届理事会第五次会议..... P09
- 我会推荐的三项科技成果喜获中国机械科学技术奖奖项..... P10
- 中国机械制造工艺协会官方微信公众号全新改版上线！..... P13

政策法规

- 工业和信息化部关于印发“十四五”大数据产业发展规划的通知..... P14
- 工业和信息化部关于印发《“十四五”工业绿色发展规划》的通知..... P14
- 《“十四五”大数据产业发展规划》解读..... P15
- 科技部等十部门部署开展科技成果评价改革试点工作..... P18
- 新华社：支持中小企业创新 “十四五”将有哪些举措？..... P19

行业动态

- 两化融合加快制造业整体数字化转型进程..... P20
- 分类推进 国有企业的数字化转型..... P22
- 17个项目集中签约山东济南智能传感器产业园开工..... P24
- 《机械工业“十四五”发展纲要》解读之三：统筹推进产业基础高级化..... P25

会员传真

- P27

工艺创新

- Mg-Zn-Y合金热变形宏观织构演变..... P33
- 基于机器视觉的铸件缺陷检测技术的研究及应用..... P38

协会通知

- 关于缴纳2022年度会费的通知..... P42
- 关于征集2022年团体标准立项计划的通知..... P42

李培根院士新作——未来制造的数字空间一瞥

李培根

中国工程院院士、中国机械工程学会理事长

各种新技术，如新材料、增材制造（3D打印）、微纳技术、新能源、数字技术（包括智能技术）等必将对未来制造业产生巨大影响。但最深远、最广泛且全方位影响制造业的恐怕是数字技术，大数据、工业互联网、5G、虚拟现实（VR）/增强现实（AR）、人工智能等已经初步形成了制造业应用的数字空间。这些技术的飞速发展驱使人们在数字空间逐步洞见制造业的未来。

当然，未来制造业的数字空间显然会更加丰富多彩，今天还很难洞见。本文并不详细探讨上述单元数字技术在制造中的应用，仅从三个方面一瞥未来制造业的数字空间。

1 数字生成

这里的数字生成指通过数字技术自动生成人们所希望的设计对象。已经崭露头角的创成式设计（generative design, GD）（亦有翻译为“生成式设计”或“衍生式设计”）即是一种数字生成。

创成式设计应该是21世纪以来在设计领域最令人惊喜的进展。传统的设计是人（设计者）对某一对象的想象，而创成式设计是计算机基于人设定的问题框架给出可能远超出人们想象的

设计。它模仿自然的演进过程，设计者或工程师输入设计目标和其他一些参数（如材料、制造方法、成本限制）等，通过云计算软件自动给出可能的序列解决方案。它对每一个演进的迭代进行检查并学习方案是否可行。因为它将人工智能融入设计软件中，极大降低了设计的门槛。设计人员有可能不再需要特别的专业知识（如结构、材料等），而只需要输入问题目标和限制条件，就可以让计算机完成专业化设计。创成式设计不但能够在方案数量上有优势，而且还能产生很多有创新的设计，构造设计师难以想象的复杂形态，激发设计师的灵感。

很多先进的算法和技术应用到创成式设计中来，包括：参数化系统、形状语法（shape grammars, SG）、L-系统（L-systems）、元胞自动机（cellular

automata, CA）、拓扑优化算法、进化系统和遗传算法等。还有很多受生物和自然系统启发而开发的算法，例如遗传进化和后天免疫系统的适应能力以及鸟类、蜜蜂、蚂蚁和细菌的觅食行为等，也被移植过来用作仿生生成设计或优化的算法。^[1]

拓扑优化是创成设计中最基本的方法。图1是Ansys通过拓扑优化设计得到的铰链案例；图2是华中科技大学高亮教授团队利用自己开发的拓扑优化设计软件进行材料结构一体化设计，对设计结果进行金属3D打印成型，其结构柔度最小，材料用量仅为传统方法的20%，实现了宏观结构与材料微结构的一体化设计。他们还在致力于把拓扑优化与CAD/CAE集成起来，使CAD/CAE/TO一体化。未来的一体化系统，是真正意义上帮助人

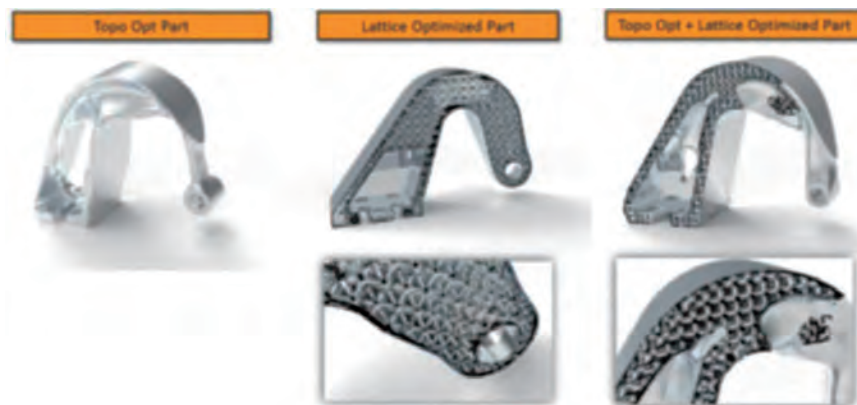


图1 铰链案例-拓扑优化结果（来源：Ansys）

进行“设计”，能够设计出人类工程师很难想象到的结构，而非仅仅在“画图”和“建模”方面提高效率。

随着3D打印技术的发展，创成式设计的应用未来会越来越普遍，人们可以很方便地完成各种创新结构的设计。

创成式设计还在不断发展中，虽然它能够演进迭代出大量的方案，但生成完美或优化的方案还离不开人的交互。高亮团队正在进行HAD (human-aided design) 的工作，“设计”主要由计算机完成，人辅助之。更进一步，未来创成式设计的前沿交叉问题之一便是免人机交互的创成式设计。此外，如何考虑定性规则的创成式设计，在设计中纳入美学、心理学等定性规则，这都是需要进一步研究的问题。

数字生成肯定不只是局限在材料的拓扑结构设计，某些对象的功能结构设计也可能借助深度学习。

麻省理工学院 (MIT) 的一支研究团队开发了一种新的机器人设计系统，叫做RoboGrammar，把提供创意的工作交给计算机来做。只要人提出要求，它便会提供最完美合适的机器人构形。RoboGrammar的操作分为三个顺序：定义问题，制定可能的机器人解决方案，然后选择最佳模型，如图3所示。通过这些步骤，RoboGrammar可以设计数十万个潜在的机器人构形。研究团队开发了一种“图形语法 (GraphGrammar)”，这是对机器人组件排列的一系列约束。例如，相邻的支腿应该用一个关节连接，而不是用另一个支腿相连。图形语法规则基于节肢动物的启发，例如昆虫，蜘蛛和龙虾等。^[2]

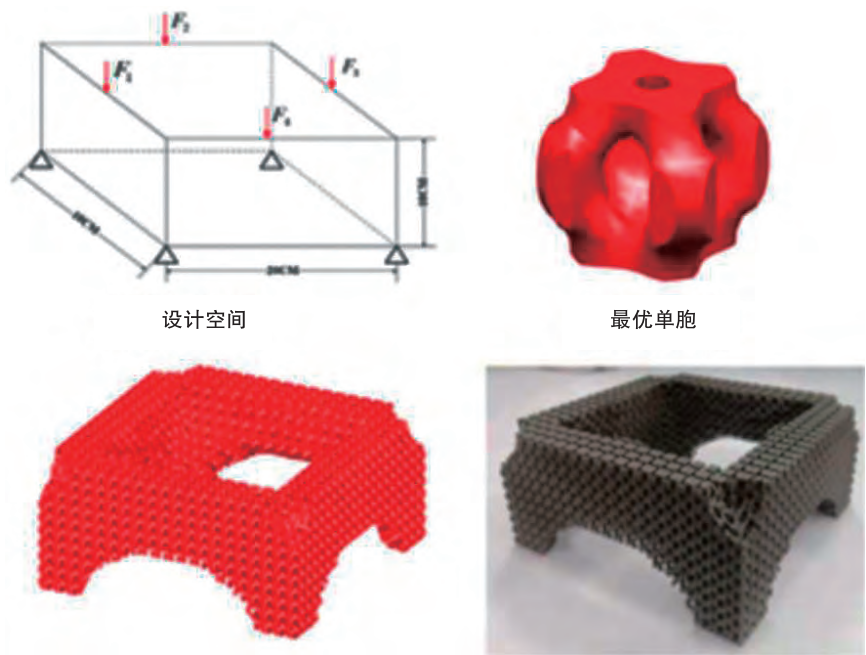


图2 拓扑优化设计：材料结构一体化设计 (来源：高亮)

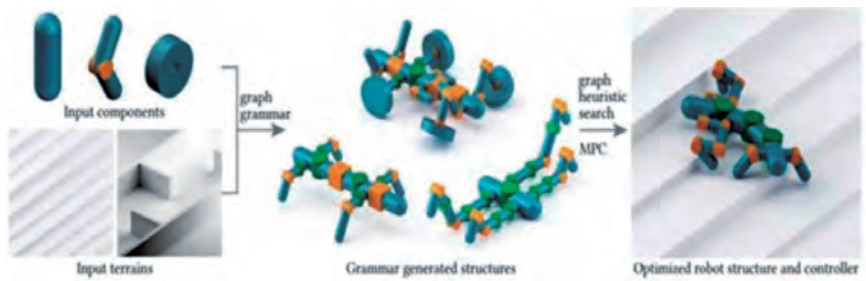


图3 RoboGrammar的操作的三个顺序^[2]

团队的主要负责人ALLAN Zhao表示：“机器人的形状和控制器紧密交织在一起，这就是为什么我们必须为每个机器人分别优化控制器的原因。”一旦每个模拟机器人都可以自由移动，研究人员便可以通过“图形启发式搜索”来寻找高性能的机器人。这种神经网络算法迭代地采样和评估机器人的集合，可以了解哪些设计在给定任务下往往更有效。“启发式功能会随着时间的推移而提高，并且将搜索收敛到最佳机器人。”

哥伦比亚大学的机械工程师兼计算机科学家Hod Lipson评价道：“这项工作是在25年来自动设计机器人形态和

控制的最高成就。使用形状语法的想法已经存在了一段时间了，但是没有有一个地方像在这部作品中那样完美地实现了这个想法。一旦我们能够让机器自动设计、制造和编程机器人，所有的赌注都将消失。”

数字还能自动生成什么？显然未来的结果肯定会超出今天人们的想象，我们不能只是期待，还需要大胆想象。

2 智能增强

20世纪60年代出现赛博格 (cybernetic organism, Cyborg) 概念，意指兼具有机体和生化机电身体部分的生物，1960年由曼弗雷德·克莱

因斯和纳森·克莱恩共同提出。专指集成了一些需要通过反馈来发挥作用的人造部件或技术，使功能得到恢复或能力得到增强的有机体。此概念诞生以来，这种生物与技术交织在一起的生命体就一直让人类痴迷不已。“20世纪60年代末，人文学科与新的人类科学发生碰撞，提出了新的理念，即‘人’是一种把所有技术都用于支持和拓展的构造体。”法国人类学家安德烈·勒鲁瓦-高汉在他的奠基之作《手势与话语》(Le Geste et la Parole)中概述了这一转变“当今时代的我们，有两种类型的躯体可以选择……一种是真实躯体，通过体内液体的流动与真实世界相连，另一种是虚拟躯体，通过电子的流动与世界相连。”^[3]

赛博格的概念也不神秘，诚如安珀·凯斯所言，当你看电脑屏幕或使用手机时，你就是赛博格(cyborg)^[4]。既如此，赛博格也会活跃在数字化企业中。

数字-智能技术的飞速发展，人在未来的制造业中到底发挥何种作用，这真是一个值得思索的大问题。有人提出IA(intelligence augmentation)，即智能增强，它所强调的是借助机器加强或拓展人类智能，而不是取代人类的能力。人与机器和谐共存，智能增强的人类能有效掌控机器，让机器为人类服务而不至于人受机器的役使。机器干机器应该干的活，人干人应该干的事，有时则应人机合作，人机共事。^[5]以人强化的机器，以机器强化的人，将永远优于单纯的机器或人类系统。新的赛博格可能就是一个联网的人类机器。

最近，扎克伯格接受媒体专访，未来5年将Facebook打造为元宇宙公司^[6]。制造业中的绝大多数人对元宇

宙的概念可能还很陌生。扎克伯格认为，可以将元宇宙视为一个实体互联网，人们不仅可以在其中查看内容，还可以置身其中。你会感觉与其他人在一起置身于另一个世界。很多人想到元宇宙时，只会想到VR，这是其中重要组成部分，因为VR技术能提供最清晰临场体验。但元宇宙不仅是VR，你可以在所有计算平台上访问元宇宙，包括VR、AR，还有PC，也包括移动设备等。很多人还认为元宇宙主要是玩游戏，娱乐显然会成为其中重要组成部分，但扎克伯格不认为游戏就是全部。他认为这是个持久而同步的环境，一种混合环境，人们可以共处其中。

元宇宙概念有可能用于制造业吗？实际上，元宇宙的环境就是一个智能增强的环境。在制造业中有可能构建一个类元宇宙的混合环境吗？也许这样的环境能够帮助人们获得更强的临场感、空间感，增强人的空间感知和认识能力。在一个智能增强的环境中，产品开发人员、负责设备运维的工作人员等可以更好地与客户互动；同事之间能够更富效率地协同互动；企业管理者能与员工更方便地互动。如何让互动方式更自然，让互动的内容更加丰富，让感受更加真实，这都是未来制造中类元宇宙环境的不尽话题。制造的物理空间、设计者构思的空间都可以映射到数字与物理交织、虚拟与现实融合的类元宇宙空间中吗？当然可以。未来你可以以全息图像的方式出现在制造的现场，也可以以全息图像的方式体验在想象的场景。

没有哪位企业家愿意故弄玄虚。永远不要忘记，构建类元宇宙制造环境的目的是使物理的制造活动更

有序、更优化。

在未来的制造业里，智能增强的数字系统与智能增强的人类相得益彰。通常，企业中职场人士有蓝领、白领和金领之分，以区分不同阶层，不同的收入。未来，第四种领子可能会加入进来，在IBM被称为“新领”——new collar。^[7]不用奇怪，“数字员工”正在到来。

图4显示的是梅赛德奔驰公司的第一个数字销售代表Sarah，她正在和客户对话。如果你想买一辆最新的奔驰汽车，她会为你计算性价比，挑选最满足你需求的选装套件；她还可以根据你的财务状况，帮助你计划是买还是租下这辆车，并量身打造租赁方案。

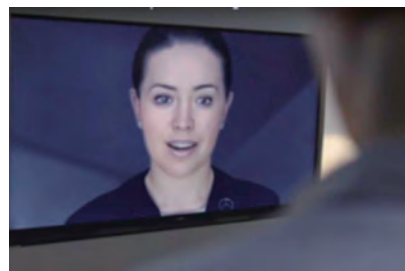


图4 梅赛德奔驰公司Sarah(数字人)^[7]

数字员工不再是一个聊天机器，而是有血有肉、有着灵敏的情感反应的虚拟的“数字员工”，他们能与人类交流，也可辅助人类决策。通常在人与人的沟通中，一名优秀的人类客服员工会有20%左右的语义内容丢失，但数字员工的语义捕捉率可高达95%。在商业决策中，数字员工具有更宽广的视野、更深厚的知识储备，一切基于数据，没有偏见。此外，数字员工还特别勤劳，不会休假，任劳任怨。^[7]未来，融入了知识工程、知识图谱等技术的人工智能系统将越来越胜任企业的部分工作。他们能使数据产生智慧，实现从数据到知识再到智能应用的转化，