

# 未来智造白皮书



**e-works Research**

本白皮书由e-works Research出版，版权归e-works所有，未经授权，禁止引用。白皮书参与写作人员涂彬、吴星星。



本白皮书独立于Autodesk并未经Autodesk（欧特克）授权、审核、赞助，与Autodesk没有关联。经Autodesk同意，书中的部分内容援引了Autodesk享受著作权的材料，本白皮书封底上的Autodesk（欧特克）名称及其标识是Autodesk, Inc. 和/或其子公司在美国和/或其他国家的注册商标或商号。

# 序言

2015年，我国出台《中国制造2025》，全面推进实施制造强国战略，这是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领，强调加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向；着力发展智能装备和智能产品，推进生产过程智能化，培育新型生产方式，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。近期，工信部又发布了《智能制造十三五规划》，树立智能制造示范企业，推进个性化定制、网络协同制造等智能制造新模式在制造业的应用。

智能制造的目标是实现整个制造业价值链的智能化，贯穿研发、工艺规划、生产制造、采购、仓储、营销、服务等各个环节。智能制造需要信息技术、先进制造技术、自动化技术和新一代通信技术的支撑，同时还融入了一些新兴技术，如人工智能技术。推进智能制造是一个长期的、渐进的、持续改善的系统工程，强调柔性、集成、协同、高效、精益、绿色，以人为本，需要充分结合行业特质、产品和工艺特点。

工业软件的全方位应用是支撑制造企业实现智能制造的核心使能要素。作为全球领先的工业软件企业，欧特克公司提出的“未来智造”理念，充分体现了智能制造的思想。将产品的设计、制造和使用三个生命周期有机结合，实现产品的持续创新；通过衍生式设计思想，实现产品的轻量化；通过将软件演化为云服务，实现软件应用的随需而变；通过融入物联网解决方案，实现产品性能的持续改进；通过数字设计与制造一体化，提升产品创新效率。

e-works Research是我国智能制造领域的权威研究机构。e-works Research与欧特克公司合作编制的这本白皮书从不同的维度梳理了智能制造的发展趋势，结合相关案例，诠释了欧特克公司提出的“未来智造”理念，对于正在积极探索和推进智能制造的广大中国制造企业而言，具有一定的借鉴意义和参考价值。

黄培

e-works数字化企业网CEO

# 目录

<b>1 制造业迎来全新变革</b>	<b>1</b>
1.1 全球制造业变革趋势	1
<b>2 “未来智造”的内涵</b>	<b>3</b>
2.1 个性化、可配置的概念构想	4
2.2 全新设计方法：衍生式设计	4
2.3 先进制造技术：增材制造	5
2.4 面向个性化定制的柔性生产过程	5
2.5 沉浸式产品销售体验	6
2.6 产品即服务，激发产品附加商业价值	6
2.7 产品创新平台支撑未来智造的实现	7
<b>3 面向“中国制造2025”的实施路径</b>	<b>8</b>
3.1 未来智造，形成端到端闭环研发设计体系	9
3.2 未来智造，实现面向个性化定制的柔性化生产	9
3.3 “未来智造”实施路线图	9
3.4 推进未来智造，实现业务成功	9
<b>4 未来智造的解决方案</b>	<b>10</b>
4.1 基于创新设计的桌面解决方案	11
4.2 基于云平台的创新解决方案	17
4.3 基于物联网技术的创新解决方案	19
4.4 基于新兴技术的创新解决方案	21
<b>5 总结</b>	<b>23</b>

# 制造业迎来全新变革

## 1.1 全球制造业变革趋势

制造业是现代工业的基石，随着信息技术、新能源、新材料等重要领域和前沿方向的革命性突破和交叉融合，正在引发新一轮产业变革，对全球制造业正在产生颠覆性的影响。当今时代正在发生快速的变化，特别是新一代信息技术与制造业的深度融合，促使不同行业的产品、生产组织方式、工作流程、业务模式产生了颠覆性转变。

目前，无论是美国、日本、还是欧洲，发展智能制造已成为全球制造业的目标。欧美国家先后提出“工业4.0”和“工业互联网”等发展战略，为了推进智能制造的发展，中国发布了《中国制造2025》，全面推进制造强国战略。

从这一系列战略的提出，我们不难判断发展智能制造是重塑国家间产业竞争力的关键因素。在智能制造时代，制造业正面临产品日趋个性化，研发、制造手段复杂化、多样化和网络化，产品变得更加智能互联等一系列变革。

### （1）产品需满足用户个性化需求

全球的商业环境都在发生着改变，随着网络化的进一步加速，人们都开始希望有更多个性化的主张，更加愿意



智能互联产品

表达自己个性化的观点，更加关注自己个性化的需求。所以人们对于实物产品的个性化趋势也在不断的增强，企业需从大批量规模化生产模式转型到小批量定制化生产模式。

另外，为了持续改善产品性能以获取消费者更多青睐，制造企业还必须比以往更加关心产品的使用情况，从而持续优化设计，来为消费者提供最佳使用体验和可预测性服务。

### （2）智能产品成为制造业新主题

现在的产品除了要满足原有功能需求外，还需要为用户提供更多的附加价值和服务，这使得过去单纯由机械和电子部件组成的产品需要进化成更为复杂的智能产品。这种智能产品通常包括机械、电气和嵌入式软件，具有记忆、感知、计算、传输等功能，以及自主决策、人机交互、远程监控、全生命周期个性化定制与服务等特点。

智能产品在被赋予智能、互联的属性后，还会从独立的产品衍生发展成产品集，产品集中的智能产品能够相互互联构成产品的生态体系，从而能够更好的为客户提供一些额外新增服务来提升企业差异化竞争优势。

智能产品将直接影响企业的产品设计、制造、售后服务、营销等方面工作，彻底改变企业的竞争方式和为客户创造价值的方式。

那么，在智能产品研发过程中，过去以机械设计为主的产品研发将会转变成跨学科的系统工程研发，同时还需要借助物联网、云计算、大数据、仿真分析等技术对产品进行持续不断的优化，为企业研发与制造带来了前所未有的挑战。

### （3）产品设计、制造方式的变革

就传统的设计制造业务模式而言，从需求调研、竞品分析、市场调研等方面获取产品设计需求，然后再从概念设计到详细设计，并将详细设计方案转变成可制造的工艺流程和生产流程，最后完成产品的制造过程并对外销售。

随着物联网、工业大数据、增材制造、增强现实等新兴技术不断的涌现并逐步走向成熟应用，这种流程就显得有些僵化和缺乏灵活性，无法对技术的更新换代和客户需求做出快速响应，而且也很难适应企业未来智能制造体系建设与发展的需求。企业必须将这种串行研发流程转变为根据用户需求持续改进的闭环智能研发流程。

另外，增材制造等先进制造技术的出现，使产品的制造工序和生产流程也产生了革命性变化，同时也对设计也产生了巨大的反作用力，重新激发了设计创新。产品设计师可以设计出之前充分满足性能需求而无法生产的复杂产品造型，生产制造部门可以摆脱传统制造工艺束缚，生产出结构更复杂、更坚固、更轻量化而无需复杂装配的零件，彻底改变未来工业生产模式。

### （4）协同研发能力成为企业核心竞争力之一

未来，智能产品开发必须是跨越多个专业技术领域和具有多种关键技术特征，涉及多学科跨专业技术领域高度交叉与融合。同时，用户的多样化需求也使产品结构和功

能变得非常复杂，IT嵌入式软件技术也逐渐成为产品的核心部分，需要机、电、软等多个学科的协同配合。

这就需要企业建立一个可以融合企业内部所有不同专业学科领域研发系统和工具的顶层架构，形成一个可以全面管理产品生命周期中所有专业研发要素的统一的多学科协同研发平台。

同时，企业的产品和服务将会由单向的技术创新、生产产品和服务体系投放市场，等待客户体验，逐步转变为企业主动与用户服务的终端接触，进行良性互动，协同开发产品，技术创新的主体将会转变为用户。其创新、意识、需求贯穿生产链，影响着设计以及生产的决策。设计师将会成为在消费端、使用端、生产端之间的汇集各方资源的组织者，不在这个生产链巨大网络下起到推动作用，不再独立包揽所有的产品创新工作。所以企业还必须建立基于云端广域协同研发平台，让供应商、合作伙伴、客户等所有人都能够参与到开放式的创新中来。

总之，这些趋势从不同的角度推动着未来制造业的变革，仅凭生产“更优质”产品即可创造和获得价值的时代已结束。市场竞争愈演愈烈，企业必须深入了解推动行业发展的因素，以新的方式来思考组织模式，积极利用新兴工具和技术为业务运营降本增效，为消费者创造全新的使用体验和价值。



利用虚拟现实技术的产品设计

# “未来智造” 的内涵

传统产品生命周期的流程为概念构想、设计、生产、销售、运行和报废，本质上属于串行流程。随着客户个性化需求的彰显和新兴技术的发展，越来越多的企业开始寻求差异化战略，将获得的利润重新投入产品研发流程，创造出有竞争力的产品。

如何突破传统生命周期的流程，引领产品设计与制造方式的变革？欧特克提出了“未来智造 (the Future Of Making Things)” 的概念，要求在概念阶段，充分考虑个性化需求；在设计阶段，需要进行协作和大量创新；在生产阶段，采用灵活的生产模式；在销售阶段，考虑消费者的体验需求；在运行和报废阶段，提供互联服务。

“未来智造” 是建立在设计信息、生产信息、用户使用及反馈信息的高度智能化集成基础上，从智能化的需求产生到基础设计数据获得的过程，从智能化的用户参与式设计到能够直接转变为生产信息并被执行，从智能化柔性生产到为用户提供产品的沉浸式体验，最终通过智能互联的产品为用户提供产品即服务的独特竞争优势。

总的来说，未来智造可以帮助客户很好地完成概念、设计、生产、销售、运行和报废的整个流程，并从产品中获得更高的终生价值。其真正优势在于，通过产品与现场的互联，可以将所获得的信息再次提供给流程的开始阶段，并从串行产品开发流程过渡到真正敏捷的迭代式开发流程。

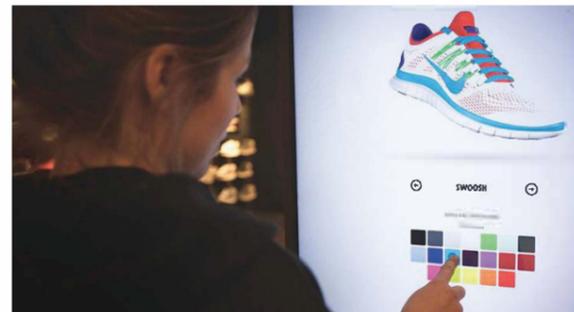


欧特克“未来智造模式”

## 2.1 个性化、可配置的概念构想

在产品概念阶段，必须转变为以用户为中心的产品概念构想，无论是适合个人使用的消费产品，还是为企业配置的工业机械，越贴合用户的需求，产品的市场售价就越高。

这意味着产品的多样性和个性化，企业必须要有快速、灵活、多变的产品变型设计能力来满足这种需求。如果企业缺乏基于用户需求的定制开发能力，就无法形成系列化的产品开发以及产品自身生态体系的建设。所以企业必须要摒弃过去的批量生产模式，开拓批量定制的能力，通过产品的可配置和功能模块实现经济高效地交付以满足客户独特的需求，并通过基于云的技术将个性化的概念设计实时展示给终端用户。



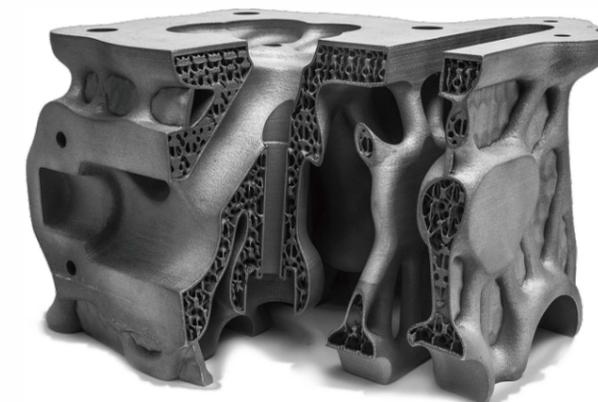
基于个性化设计的运动鞋

## 2.2 全新设计方法：衍生式设计

在产品概念阶段，往往需要进行团队协作和大量的设计创新。目前通过云端技术和虚拟现实等技术，设计部门可进行协同研发同一产品，解决了地理跨度的难题。同时，由于设计师和工程师需要越来越多的洞察用户需求，让产品更加富有创意和个性化，这意味着产品设计将变得更加互联化和智能化，所以必须要采用衍生式设计方法。

衍生式设计，是由英文Generative Design翻译而来，不同于传统的设计方法，衍生式设计方法将功能强大的分析工具引入前期设计流程，根据零部件的承载进行应

力分析和拓扑优化，通过拓扑优化来确定和去除那些不影响零件刚性部位的材料，并在满足功能和性能要求的基础上，从多种结构优化的方案中找到功能和性能要求相同但重量更轻的结构，从而实现轻量化的创新设计，经过优化的零件重量甚至可以达到优化之前的十分之一。然后，再利用增材制造技术将这些传统制造工艺无法实现的复杂结构制造出来，从而实现整个创新过程，并简化了设计制造的整个流程，这对传统制造业而言是个颠覆性的转变。



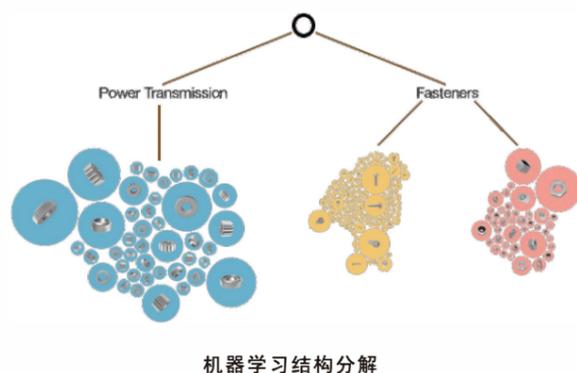
采用衍生式设计的丰田气缸盖

衍生式设计为何如此重要？首先，它不仅大大降低了成本、开发时间和材质消耗，还消除了限制。如果将衍生式设计与3D打印等新兴制造形式相结合，很多设计都能成为现实。其次，小型设计团队过去根本无法获得生产资源，但是借助衍生式方法制造方法，他们可以进行批处理。此外，衍生式设计已经扩展到了制造业以外，实际上，所有设计事物都将受到影响，包括建筑环境。



衍生式设计制造流程

从衍生式设计制造流程中可以看出，衍生式设计融入了机器学习这一新兴技术，如运用机器学习做自动化部件识别分类（design graph）。随着适当的企业解决方案和自动化程度的提高，开发人员可以做模型构建到实施部署的一切事情，使用机器学习最佳实践来保持高精度。



此外，衍生式设计的出现加速了传统设计技术的淘汰，在一定程度上降低了设计者的准入门槛，工程师只需要在不同的设计阶段给出各种约束和限制性条件，计算机就能根据机器学习、人工智能、大数据分析、材料工程、分析仿真等新兴技术给出设计方案，并且这些处理过程都可以交付到云平台上进行。

### 2.3 先进制造技术：增材制造

在产品生产制造阶段，需要有先进的制造技术做支撑。增材制造，也称为3D打印，是近30年发展起来的先进制造技术，是根据数字模型分层沉积材质以创建物理对象的过程。目前增材制造技术主要有四种：熔融沉积建模、立体光刻印刷术、数字光处理以及选择性激光热压。

这一先进技术的出现，拓展了产品创意和创新空间，使得产品设计不再受传统工艺和制造资源的约束，设计师可以在“设计即生产”、“设计即产品”的理念下，真正追求创意无限。

同时，增材制造使产品的制造工序和生产流程也产生了革命性变化，也使企业可以充分运用基于云的制造服务

来实现柔性制造，通过基于云平台的CAD来设计零部件并进行仿真验证，再利用增材制造技术直接对设计完成的模型进行定制化的生产，将创意设计第一时间变成实物。



运用增材制造技术生产的案例

### 2.4 面向个性化定制的柔性生产过程

随着时代的发展和市场环境的变化，大部分制造企业处于一个更加多变的市场环境中，供需的矛盾主要体现在客户对产品质量、价格、交付周期、外观、功能等多方面的个性化需求。制造企业竞争环境的变化，使得企业的制造模式也要转变，从以往刚性的、满足大规模制造的制造模式向柔性的、多品种小批量的生产模式进行转变。

在产品的生产制造阶段，由于客户需求的变化，生产线上生产的产品型号可能每隔一段时间就会进行调整；同时，由于产能需求不恒定，因此生产节拍可能也需要每隔一段时间进行调整。因此，企业必须要具备柔性制造的能力，以便快速的适应供需变化，批量定制来实现盈利。

制造企业在产品设计完成后，必须通过虚拟仿真来验证设计和制造的可行性，结合工厂三维设计及物流仿真工具，系统地规划整条生产线上工业机器人的工作路径和工作节拍，驱动智能工业机器人进行柔性加工，避免了现实中的重复工作。

同时，为了保持竞争力，如今的制造商需要比以往任何时候都快地进行迭代和创新，这就要求CAM系统应具备云计算能力、丰富的工艺库、海量工艺方案、完善的标准资源等技术能力。



运用机器人进行柔性制造

### 2.5 沉浸式产品销售体验

在产品的销售阶段，客户需要更丰富的体验，如从客户首次使用开始，甚至扩展到销售点以外，如参与产品个性化设计。体验的一个重要途径就是提供沉浸式环境，让客户进行身临其境的与产品进行交互体验，促进产品的销售。



用户通过沉浸式进行产品体验

虚拟现实和增强现实技术是衔接虚拟产品和真实产品实物之间的桥梁。利用增强现实技术可以将产品细节展示出来供客户进行立体直观的参考；另外，在虚拟现实环境下，还能够进行逼真的产品虚拟使用和维修培训，以及为用户提供沉浸式产品交互体验，帮助用户提前感受企业智能产品的独特魅力。

### 2.6 产品即服务，激发产品附加商业价值

在产品的运行阶段，企业还应提供互联服务，充分了解产品的运行情况和用户的使用情况，来扩展产品价值，形成差异化竞争优势和创新商业模式，摆脱固定产品的价值。

有赖于物联网、云计算技术的发展，通过在产品上安装传感器，收集产品运行数据，对产品进行性能、质量实时监控，工程技术人员将更加充分了解当前产品的运行状况，从而对预防性维护等服务进行分层，将其作为额外的服务提供给客户，过渡到真正的产品即服务。

另外，基于大数据分析和智能优化对搜集到的海量数据进行处理、分析，也可以明确以往产品研发过程中出现的问题，继而在下一代产品研发中改进设计，使产品能够不断的动态优化来改善用户的体验，持续改进产品质量和功能。



产品的预防性维护服务

总体而言，制造企业需要创建一个可用于整个生命周期的数字模型——在设计、工程、制造和营销团队之间搭

起一座沟通的桥梁，促进优化整个产品研发工作流程，加速推动未来智造的创新进程。

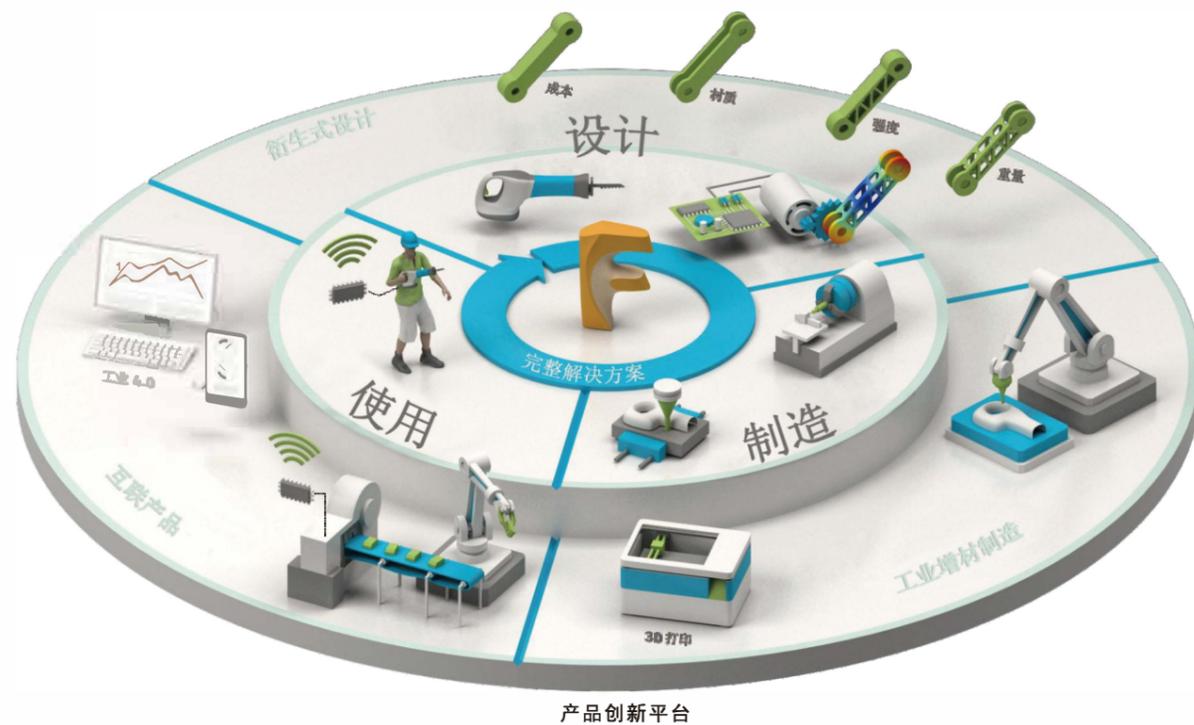
《中国制造2025》规划中，明确指出要通过创新驱动来加快制造业的转型升级，这也要求企业必须借助设计之力在源头对产品进行优化，实施可视化模拟，以更快地速度生产更具创新性、更加符合用户个性化需求的产品，从而为“中国制造2025”战略的推进贡献更多的力量。

### 2.7 产品创新平台支撑未来智造的实现

面对未来智造的大趋势，企业必须构建自己的产品创新平台，这个平台分成三大块区域，分别是设计、制造和使用。在设计环节，产品创新平台能够实现高效、敏捷、快

速地完成产品设计；在制造环节，产品创新平台无需换软件、换平台、换设备就可快速将设计产品转换成实物；在使用环节，产品创新平台能够提供客户产品应用的能力，产品的信息、物联网技术都可以集成其中。只有建立这样完整的全生命周期价值的解决方案，产品创新平台才能支撑企业走向未来，走向中国制造2025。

在产品创新平台上，设计不再局限于传统的设计，应该能提供用户多样的选择，能够进行衍生式的设计，具备更高的设计品质和设计质量；制造也不局限于传统的制造，能够支持3D打印、支持工业增材制造的需要；使用阶段能够提供互联服务，将所有产品通过物联网、虚拟现实等技术，实现产品的互联互通和优质体验。



产品创新平台

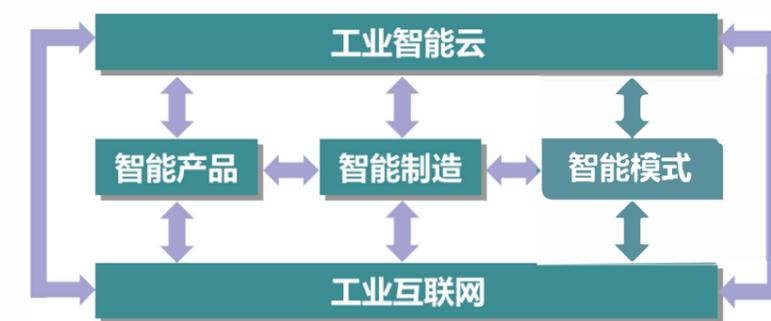
## 面向“中国制造2025”的实施路径

2015年，中国政府提出了《中国制造2025》的总体战略，明确提出以“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”为基本方针，以创新驱动发展为主题，以信息化与工业化深度融合为主线，以推进智能制造为主攻方向。

中国工程院院长周济先生指出：智能制造的内涵包含了制造业的数字化、网络化、智能化，由数字化制造、智能制造1.0和智能制造2.0等三个不同范式的制造系统逐层递进组成。从系统角度分析，智能制造是一个集成的、优化的、复杂的大系统，需要从产品、生产、模式、基础、系统五个维度深刻认识，系统推进。

智能制造的内涵与欧特克提出的未来智造的解决方案不谋而合，都强调通过数字化、网络化、智能化技术将服务整合并延展到产品的全生命周期；都提倡产业模式和企业形态的转变——从大规模流水线生产转向定制化规模生产，从生产型制造向服务型制造的转变，从以产品为中心向以用户为中心的根本性转变；都注重新兴技术发展与应用，在欧特克的未来智造解决方案中，引入了衍生式设计、增材制造、云计算、大数据、物联网和虚拟现实等众多新技术。

智能制造系统 ( Intelligent Manufacturing System , IMS )



智能制造系统架构

(图片来源：中国工程院周济院长主题为《数字化制造、智能制造1.0和智能制造2.0》的演讲)

### 3.1 未来智造，形成端到端闭环研发设计体系

企业要想进行面向未来设计的转型，首先必须从产品创新根源上做起，将串行研发流程转变为根据用户需求持续改进的闭环智能研发流程，感知用户需求并灵活做出调整，同时融入智能制造相关新兴使能技术，形成从用户到用户的产品研发循环。即在产品设计需求分析阶段就开始进行市场与用户相关数据分析，这其中包含用户直接参与基于自身喜好的产品定制过程，以及产品在使用过程中反馈相关运行数据来指导改善原设计方案的过程，形成一个往复循环持续优化的过程。

### 3.2 未来智造，实现面向个性化定制的柔性化生产

消费者需求变化日益加快，传统的大批量标准化制造模式和供应链速度无法满足。制造业要想满足面向未来制造的转型，就必须转变为以需定产的定制化生产模式，对制造系统内部构造及时更新与重构，通过控制系统软件中改变工艺和生产工序，制造出多种产品。

### 3.3 “未来智造”实施路线图

总体上，面向未来设计与制造变革的“未来智造”实施路径可以分为以下四步：

第一步：在产品研发阶段初步采用CAD/CAM/CAE/CAPP/EDA等基本桌面工具软件和PDM/PLM系统，建立产品的三维数字化模型；

第二步：在产品的全生命周期中，基于正向产品研发，采用概念设计软件进行产品的概念设计。另外，产品的全三维数字化模型贯穿产品的设计、制造环节，建立虚拟数字化样机，深入应用虚拟仿真、拓扑优化技术；从生命周期的维度已经将各个环节的信息进行集成，如三维模型为工艺设计、制造过程所利用，PLM、ERP、MES、WMS等系统实现无缝对接；

第三步：建立基于云端的广域研发协同，打造出企业产品创新平台，实现协同设计与协同创新。建立机、电、软等多学科的协同配合，实现多学科仿真优化，贯彻标准

化、系列化、模块化的思想，以支持大批量客户定制或产品个性化定制，形成系列化产品开发能力。

数字化样机能够在基于云的虚拟环境下形成闭环的设计、试验、制造过程，并能够直接映射到实际的生产过程中。应用衍生式设计，优化产品结构和设计创新，简化设计制造流程，逐步形成面向未来的设计方式。在生产阶段实现了全产线的数字化生产装备和自动化控制系统的覆盖。

第四步：利用基于工业大数据支撑下的智能决策模式取代经验决策模式。基于工业物联网、云计算等新兴技术对产品运行的实时性能、质量进行监控。基于大数据分析和智能优化对搜集到的海量监控数据进行处理，分析并支撑产品研发，产品研发能够基于用户需求与反馈做出迅速调整，形成端到端的闭环产品研发设计流程。

建立数字化工厂，从产品研发、工艺、加工制造等与产品制造价值链相关的各个环节都基于数字化软件和自动化系统进行支撑，形成面向未来制造的柔性化生产能力。

### 3.4 推进未来智造，实现业务成功

在未来智造的大趋势下，已经取得突破的3D设计和产品制造工艺正在颠覆制造业。无论什么行业，人们创造的所有事物都将面临相同的挑战，设计与制造的方式正趋于融合。欧特克基于对行业专业知识的具有深度和广度的理解，以及跨学科的洞察力，将为寻求商业成功的企业提供独到的未来智造解决方案。

- 通过实施欧特克未来智造的解决方案，企业可以获得诸多收益：
- 帮助企业实现业务模式的转型和升级，为企业提供一种步入未来制造、应对未来挑战的渐进式的解决方案；
- 提升企业订单响应能力，走向体验经济时代的批量定制；
- 欧特克日益全面而自动化的未来智造解决方案，为行业用户打通制造业新领域的关键节点；
- 帮助企业发掘设计、商业、环境以及社会等方面的诸多挑战的新思路；

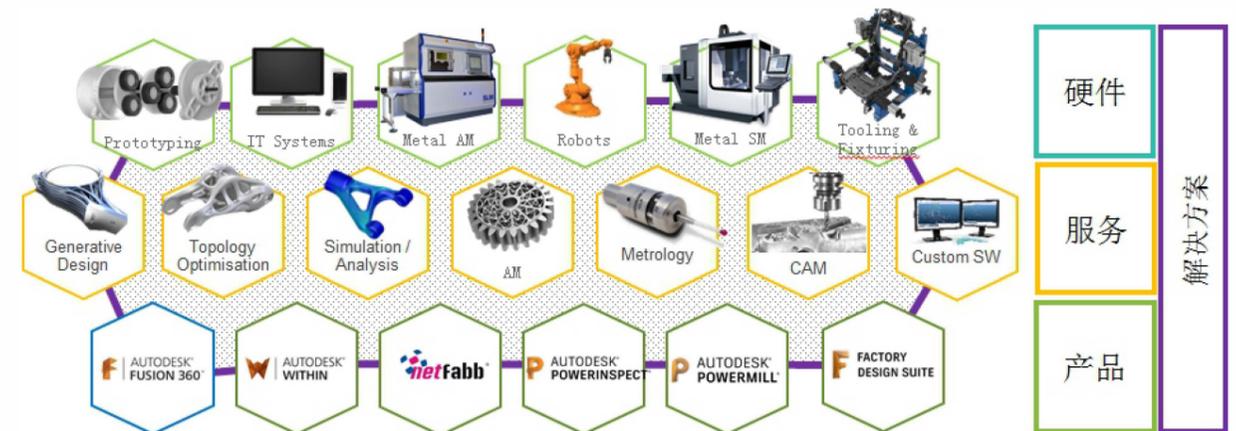
## 未来智造的解决方案

欧特克公司提出的未来智造的解决方案，旨在帮助人们去想象、设计和创造一个更加美好的世界。

未来智造解决方案可以改善公司 workflow、协作和整体效率，帮助制造业企业创建一个可以用于整个生命周期的数字模型，从而在设计、工程、制造和营销、售后团队之间搭起一座沟通的桥梁。

其次，未来智造解决方案可以促进优化公司产品研发 workflow，帮助企业更快地生产更优质、更具创新性的产品。

此外，未来智造解决方案还可以帮助企业实现个性化创新设计、云端协同设计、先进的智造生产、实时产品体验。



欧特克面向未来制造的产品与解决方案

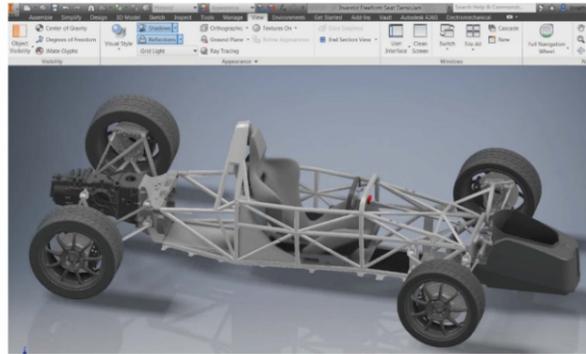
## 4.1 基于创新设计的桌面解决方案

### 4.1.1 全数字样机解决方案

全球制造业设计产业飞速变革，未来设计产业将呈现年轻化、协作化、流程化、市场化的特点。全数字样机解决方案，包含三维设计、可视化和仿真工具，能完成从概念设计、工业设计、结构/电气设计、仿真分析、数据管理与协同、文档制作、可视化渲染的整个工程设计流程，将帮助企业和设计师大幅提高设计效率、优化产品成本、适应瞬息万变的市场环境及个性化的客户需求。

#### 基于全新建模技术的Inventor软件

Inventor作为面向产品开发的三维CAD软件，提供了专业级的三维设计软件、文档编制和产品仿真工具。最新版本Inventor，更新了基于T-Splines的高级自由曲面、机电设计一体化、机械电子电路一体化开发等建模技术，并采用异构CAD协同技术，实现不同CAD软件的协作及实时驱动。



基于T-Splines的高级自由曲面设计

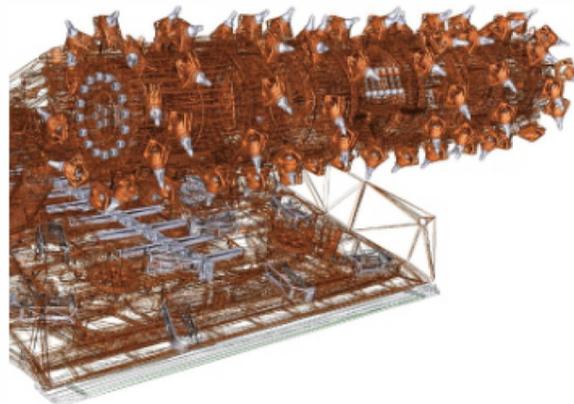
同时，随着工业3.0、工业4.0、智能制造的不断深入，数字样机成为众多企业生产线上必不可少的一环。借助于欧特克的数字化样机的解决方案，全球最大的采矿设备生产商久益采矿设备（以下简称久益）持续开发出了新型产品，缩短了产品上市时间，提升了生产效率。

首先，久益设计工程师选择数字化样机的解决方案来探索和验证各种设计方案。通过升级到最新版本的Autodesk Inventor软件，并把原有的PDM系统替换为



运用数字化样机设计的久益采矿设备

Autodesk Vault Collaboration软件，久益采矿设备提升了五大洲13个设计部门内400名工程师之间的协同生产效率。此外，数字化样机还减少了车间层的变更数量，加速了产品上市时间，这些都助于久益保持行业领先者的地位。



设计样图

其次，久益工程师通过运用可视化软件，如Autodesk Maya, Autodesk Showcase和Autodesk 3ds Max Design，将设计产品通过图像和动画模拟，不仅让久益工程师的设计沟通变得简单高效，而且让客户对设计的理解也变得非常容易。同时，Autodesk Inventor软件的可视化和仿真工具帮助久益团队验证人体工程学和操作员安全方面的设计概念。

#### 专业的工业设计软件Alias

Alias工业设计软件是一款专为工业设计、汽车设计和产品设计定制的数字化样机工具，它采用一系列草图绘

制、建模、曲面设计和可视化工具，能够极大的增强创意设计流程，创造出极具吸引力的曲面设计，同时实现更快的速度、更好的控制和更高的精准度。

Alias工业设计软件包括Alias Design、Alias SpeedForm、Alias AutoStudio、Alias Concept和Alias Surface，这些工具可以充分调动设计师的创新潜能，实现数倍于传统设计工具的产品个性化设计，为未来设计推波助澜。



工业设计软件Alias包含的五款产品

#### 颠覆式的设计方法，衍生式设计

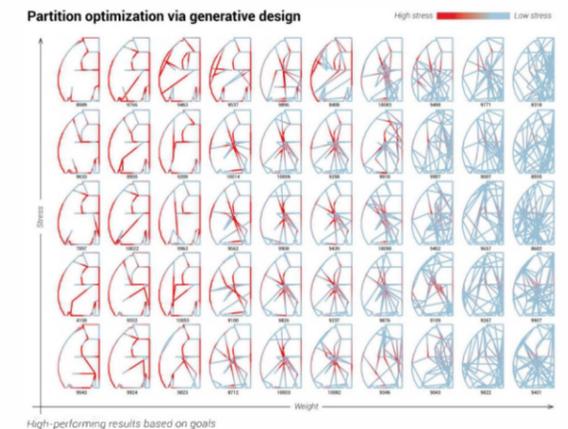
在衍生式设计方法中，以预先定义的规则和算法作为设计起点，可以得到千变万化的设计方案，这种设计方法可以使工程师在设计阶段早期尽可能探索更多的设计可行性。



衍生式设计

工程师使用衍生式设计工具设计产品，不仅能够清楚地反映产品使用实际条件的载荷和约束，而且还可以更好地控制模型的创建，包括控制质量目标、最小厚度和对称性，此外最新版的衍生式设计工具Inventor和Inventor Professional还添加了更多交互式控件，可以对优化后保留的区域进行大小和位置的调整。

飞机座舱部件为大尺寸飞机内部零件，是飞机不可或缺的一部分。空客与欧特克The Living设计工作室合作，借助于衍生式设计方法为空客A320飞机开发了世界上最大的3D打印飞机座舱部件——仿生隔板，这种创新性的设计方式可形成众多的解决方案，有利于设计工程师实现最佳设计方案的选择。



运用衍生设计进行仿生隔板的迭代设计

“仿生”机舱隔离结构运用衍生式设计的亮点可以概括为：

- “仿生隔板”是通过自定义的算法，模仿细胞结构和骨骼生长来生成
- 利用云计算来计算满足特定目标和约束的大量的设计方案
- 可生成成百上千个方案，其中一些方案是有经验的设计人员也未必能考虑到的
- 有助于改进产品质量和性能

#### 现代设计离不开仿真技术

越来越多的企业认识到，现代产品的设计需要加强与仿真团队之间的交流与协作，缺乏仿真而设计完成的产品往往在后期导致集成问题，尤其是构建和过度设计子系统时，这种情况尤为突出。缺乏仿真手段的介入，企业还将面临一系列潜在风险，诸如新产品发布延迟、可靠性问题和成本超标等问题。



有仿真和无仿真对比 (数据来源: Aberdeen Group, 2016)

来自Aberdeen Group的研究数据显示,设计加仿真的方法比纯设计方法有明显的优势,具体表现为研发时间缩减9倍,整体产品成本降低4倍。目前一流的企业在构建物理原型之前通常会采用仿真技术进行潜在分析,通过仿真技术,设计人员能够快速研究并分析出众多设计备选方案的性能,进而对设计进行成本、质量或性能的优化。

欧特克有着全面的仿真产品组合,提供面向机械仿真、计算流体动力学、注塑成型、复合材料、结构和制造仿真软件,主要软件产品包括有限元分析软件Autodesk Nastran In-CAD、流体动力学软件Autodesk CFD、注塑成型软件Moldflow、复合材料软件Helius PFA和Helius Composite。同时,他还致力于仿真软件的平民化,让越来越多的企业能够更快的、更好的上手使用。



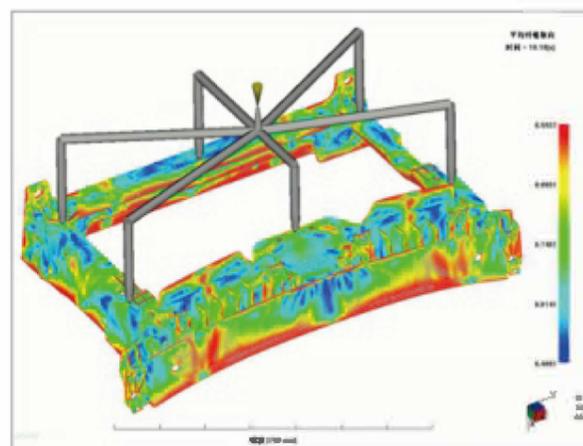
Autodesk Simulation产品组合

在汽车领域,随着全球能源与环保问题日益突出,汽车轻量化进程备受关注,中国确定了2020年乘用车平均油

耗降至5.0升/100公里的目标,《中国制造2025》提出“节能与新能源汽车”作为重点发展领域,并将轻量化作为汽车产业重点发展方向之一。同时,由于物理样机和测试既浪费成本又耗费时间,且返回的结果受到限制,而仿真技术由于可以高效低成本的轻量化设计,因此备受客户青睐。

欧特克的汽车轻量化解决方案可以满足政府法规要求(CAFE)和用户低油耗需求。广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院(以下简称广汽研究院)使用Autodesk Moldflow和Autodesk Helius PFA精确减轻零部件重量并减少过度设计所导致的浪费,实现轻量化设计,具体应用情况如下:

首先,广汽工程师使用Autodesk Moldflow Insight快速完成零部件的设计迭代,以便根据材料、模具形状、壁厚以及大量其他特性确定零件在成型后的翘曲变形。

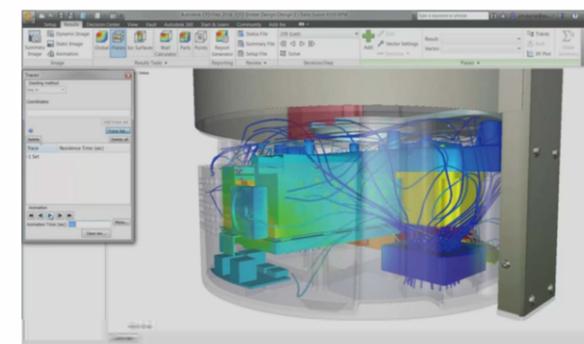


基于Autodesk Moldflow Insight的分析

其次,通过采用Autodesk Helius PFA,将Moldflow的分析结果导入FEA软件,模拟实际生产和装配,以便快速评估零部件是否会发生干涉,以及零件间的间隙段差是否均匀。同时,还运用Autodesk Helius PFA为产品设计探索更多高级材料的应用可行性。通过Helius PFA可以测试各种纤维增强树脂和其它非传统材料以进一步降低每个零件的成本,同时保证零部件的强度满足功能要求。

最后,运用联合仿真技术,通过对一个特定零件执行基准测试以验证准确性,仿真预测了0.58 mm的变形,实际变形为0.55mm,这表明Moldflow + Helius PFA的联合仿真与实际的误差不超过3%,而传统的单纯FEA分析(非联合仿真)的预测误差超过12%,这一测试结果比行业内的其它解决方案更加准确和易用,同时显著降低了开发成本并缩短了开发时间。

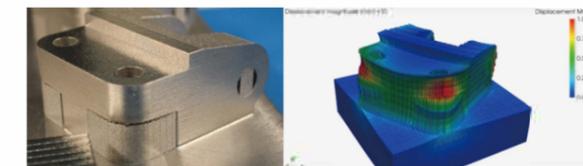
在电子产品行业,工程师在制定设计方案时常常难以顾及产品的工作环境,借助电子散热解决方案,通过可视化来分析产品的气流和热条件,优化设计,解决常见的电子散热方面的挑战,如缩减产品大小、提高性能、降低成本、延长产品使用寿命和优化电路板等问题。



Ember 3D打印机的仿真

此外,模具周期时间解决方案,通过缩短周期时间数秒,便可显著提升作业的盈利能力并减低零部件成本;流体流动解决方案,可预测流体流速、压降和湍流在设计过程中是极具挑战性的几项测量内容;HVAC(供热通风与空气调节)解决方案,工程师可以对HVAC性能进行仿真,以应对建筑规范带来的挑战。

截止到目前,欧特克对仿真技术领域的投资已高达4亿美元,建立了完善的欧特克仿真分析解决方案,除了基础的仿真产品外,还有出色的流体仿真软件Autodesk CFD、提供CAD嵌入式FEA仿真软件Autodesk Nastran In-CAD、增材制造仿真工具Autodesk Netfabb Simulation。



Netfabb Simulation 进行支架失效模拟

其中, Autodesk Netfabb Simulation可以进行三维打印模拟和矫正,预测金属在增材制造时的最终外形。上图案例为运用Netfabb Simulation进行失效方式的模拟,通过计算热残留应力导致的变形收缩和断裂,并加以补偿实现。

#### 4.1.2 现代工程师的解决方案

##### 产品设计软件集合 实现更高效灵活应用

智能制造时代,客户都希望获得高价值服务的同时,还能以简洁、灵活的方式使用软件,而传统的软件集难以应对工程师面临的严峻挑战:产品更新速度加快,工程师需要在更短的时间给出满足各种苛刻条件的优质设计,因而整合行业软件很有必要。欧特克于2016年推出了三大行业软件集——工程建设软件集、产品设计软件集、传媒和娱乐软件集,旨在帮助用户节省选择软件的时间,通过对应的行业选择相应的软件产品,并以更简单的方式订购和管理软件,从而获得更高价值、更为灵活、更加简便的服务。



产品设计软件集的主要产品

其中,产品设计软件集,也称之为制造行业的软件集,是一款重要的设计与工程工具软件包,适用于产品和工厂设计,主要产品包括设计与文档的领导者

AutoCAD、世界级3D机械工程设计Inventor和基于云的产品创新平台Fusion。

AutoCAD是全球领先的二维设计解决方案。自1982年以来，市场用户数量已达百万并仍在持续增长，它是一款非常成熟的产品，定义了CAD的开始，支持电气、机械等多个行业的应用，可通过桌面和移动端等方式简单共享使用ACAD 360，扩展到云端。

Inventor是3D机械工程设计解决方案。1999年首次发布，是通过工程而非制图来表示产品的真实机械行为的数字模型。Inventor的重点为工程设计和自动化，其自动化工具，如设计加速器和iLogic内置并被广泛使用；其工程设计在工业机械方面特别强大，包括机械，重型设备等在内的广泛类别。此外，Inventor与AutoCAD、Revit保持紧密联系，来自AutoCAD的2D数据可以链接到Inventor 3D设计中，Inventor中的工程图可以用AutoCAD的DWG格式写出；类似地，Inventor还可以阅读和发布Revit BIM数据。

Fusion是基于云的解决方案，旨在将分离的功能（如MCAD / ECAD / CAM）集合起来，其愿景是将在产品开发过程中的设计数据经验通过云平台聚集在一起。Fusion由多种服务组成，并在产品设计中提供许多不同的领域。展望未来，传统领域之间的界限正变得模糊，Fusion继续将这些服务（即产品开发的各种方法）合并在一起。此外，Fusion在传统CAD以外的功能中具有独特之处，如广泛性和访问方便性，用户通过非常低的入门价格即可享受多种服务。

以上一系列的技术突破都为未来智造的跨界融合打下了牢固的基础，未来制造业的产品将不再单一，它将同厂房、设备、工人、环境、原材料等信息被共同纳入未来制造中。马钢设计研究院的双流板坯连铸机工程就为冶金行业及大型装备制造企业的跨界融合做出了示范作用，通过利用Inventor与Revit融合优势互补，打通了行业壁垒，完美地实现了制造业与建筑业跨界的协同。

马钢设计研究院副总工程师尤嘉庆指出，Inventor是制造业软件，为产品级的装配，讲究精细制造；Revit是建筑业软件，为工程级的装配，同样的组装过程，Revit略显粗犷。冶金设备在装配时，需要将设备分解成部件、零件，而Revit是以族为单位的，部件、零件都是族的概念。想要把Inventor的部件导入到Revit中，最重要的是简化Inventor模型，去掉无关紧要的零部件，跨界融合就变得轻而易举。



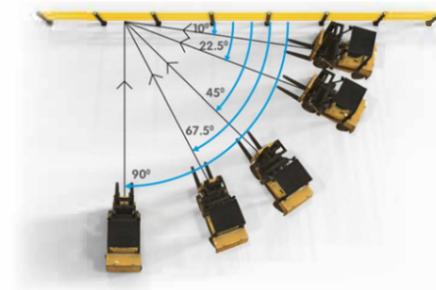
双流板坯连铸机工程

总之，产品设计软件集提供了诸多互联的专业级工具和应用，可以创建单一的、完整的、关联的产品模型，能帮助客户制造优质的产品，从而在不断变化的制造业格局中脱颖而出。目前，产品设计软件集已经在安全防护、机械设计、电气设计、工厂设计方面有诸多应用。

以安全防护行业为例，A-SAFE是全球首家利用柔性高分子材料生产固定式安全护栏系统的生产商，通过选用欧特克的产品设计软件集及云平台的解决方案，以及简化护栏从设计、制造到销售及售后的工具，缩短了产品上市的时间，为企业获取更多的价值和利润。

第一步，A-SAFE设计工程师借助于欧特克的产品设计软件集提供的诸多专业级工具，如Inventor Professional、AutoCAD Mechanical、AutoCAD、Navisworks Manage以及基于云端的设计工具等，更短的时间给出满足苛刻条件的设计方案，实现高效的科学设计，将产品快速推向市场。

第二步，借助于欧特克的产品软件集的解决方案，简化从产品设计、制造、以及销售和售后的整个工作流程，

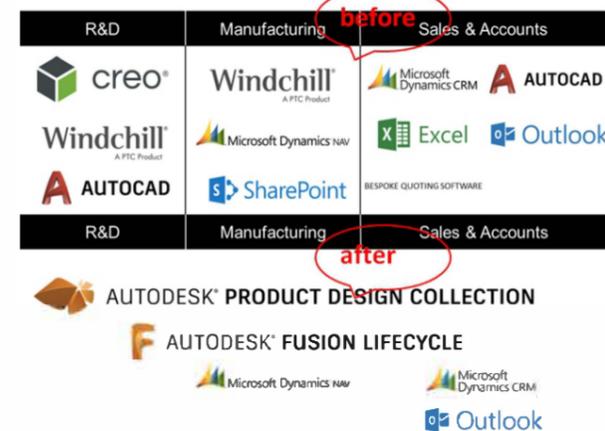


Vehicle Type Fully Laden	Total Weight (kg)	Speed (km/h)	90° Angle Impact Energy (J) (ft·lb)	67.5° Angle Impact Energy (J) (ft·lb)	45° Angle Impact Energy (J) (ft·lb)	22.5° Angle Impact Energy (J) (ft·lb)	10° Angle Impact Energy (J) (ft·lb)
Lightweight Counterbalance Forklift Truck	3,570	12	19,833	16,929	9,917	2,905	989
	7,870	7.5	14,628	12,486	7,314	2,142	441

A-SAFE借助欧特克软件完成科学的设计

A-SAFE的工程师现在只需要Autodesk Product Design Collection、Autodesk Fusion Lifecycle少量的Office软件即可流畅地完成工作任务需求了。此外，借助于Fusion云平台，A-SAFE工程师可以随时随地访问设计文件，开展协同设计、增材制造等工作。

管理软件更智能 获取方式更自由

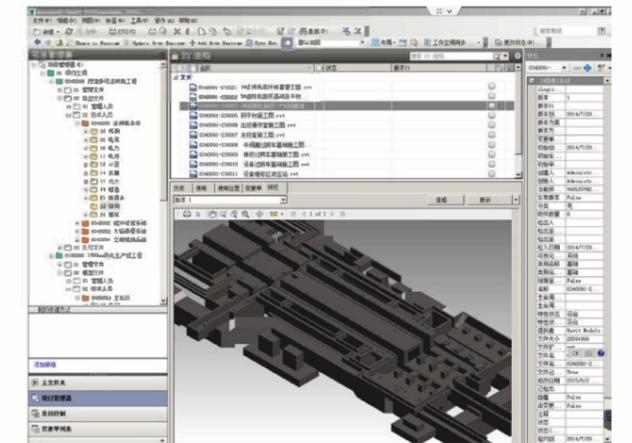


A-SAFE工具整合前后对比

一直以来，软件的使用权限、软件版本的切换、软件的成本、软件的管理效率和软件产品重复都是工程师们需要应对的问题。出于安全的考量，工程师们总是希望具有多种固定期限的使用许可选项，以便在工作和演示中切换

自如；为了避免不同版本打开造成模型错乱、丢失的问题，工程师们也希望能够在新旧版本之间访问自如；此外工程师还希望软件管理可以简化，有一定的技术支持，把时间尽量用在产品创新设计上。三大行业软件集较为完美地解决了以上难题，重新定义产品设计、制造和使用方式，全面提升工作效率。

正如马钢设计研究院的双流板坯连铸机工程项目，马钢设计研究院副总工程师尤嘉庆认为Vault是实现跨界融合的关键所在，机械产品的装配过程和建筑产业化装配过程基本一样，常常会用到产品分解结构和装配分解结构。产品分解结构最大的特点就是零部件的唯一性。若有重复文件在Vault中系统就会报警，这就确保了每一个零件的独一无二。装配分解结构最大的特点是关系学的分解结构，借助Vault的关系学，理清产品、部件、零件之间的关系就变得非常容易。此外，运用Vault还可以实现创建草稿的相互关系和跨界管理。



运用Vault平台进行流程管理

事实上，Vault的管理流程非常简单，创建、打开、执行、审核、拒绝、明确，这些流程能有效解决实际管理中90%左右的问题，非常适合对制造业和建筑业的统筹管理。不仅ISO 9000质量管理体系在Vault平台全部走得通，而且BIM中所有的关键设计的流程：审核流程，设计

评审，设计变更，设计确认，以及施工单位施工组织设计、施工检查等都可以在Vault平台中展示。现如今的Vault不仅属于制造业，也属于建筑业，已经实现了跨平台融合。

借助三大行业软件集，客户能够以极其便捷、灵活的方式获取其行业中所需要的各种最重要软件，并且可根据不断变化的业务需求进行调整，选择季度、年度或多年期限长度以及单用户或多用户的访问权限。其次，作为对软件集的补充，客户将能订购其他非套件产品的固定期限的使用许可，以满足更加专业化的需求。



订购固定期限的使用许可可获得的权益

订购固定期限的使用许可有哪些好处？首先，个人、团队和企业拥有比以往更多的选择，可以尝试新工具，无需进行巨大的前期投资，同时获得选择访问选项的权益，提供季度、年度和多年期选项，灵活获得软件；其次，一旦订购固定期限的许可，用户可以即时使用最新版本的软件和增强功能，获取更多更新和版本的信息；此外，用户可以随时随地使用软件，获得专业的技术支持，以及获得简化软件管理的体验。

**软件订购模式 选择软件更灵活**

智能制造时代，企业需要灵活性和敏捷性才能在竞争中脱颖而出，然而现实中一些公司由于变化的需求会导致软件许可闲置未用，而其他一些业务需求由于预算受限而无法获得支持。采取软件订购模式可以帮助客户降低最初

的软件成本，为客户带来更为灵活的软件组合方案。软件订阅模式正不可阻挡地影响着工业软件行业，欧特克也不例外。

欧特克宣布自2016年7月31日起针对多数非套件产品不再提供新的永久许可购买选项，而改为提供全新的简化的Subscription合约计划，提供灵活多变、即付即用的使用权限，使用户更简单、方便和灵活地使用欧特克产品和共享许可。值得一提的是，截至目前欧特克已经有超过40%的客户是来自Subscription的订阅，这说明客户对这一模式还是比较接受的。

通过订购固定期限的使用许可，用户可以享受简化的客户体验、降低前期成本，并且能够按照适合自己的期限购买欧特克产品和云服务，其中包括季度、年度和多年期限长度；此外，用户可以随时随地使用软件，获得欧特克的专业技术支持。

**4.2 基于云平台的创新解决方案**

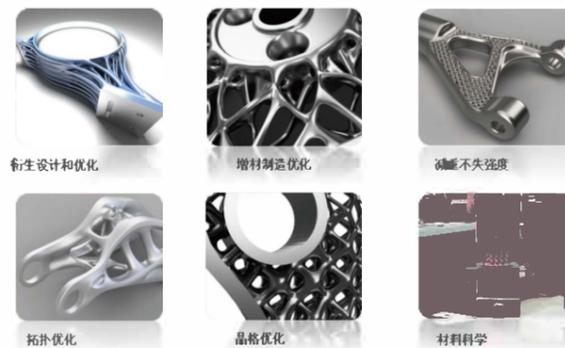
“云行雨施，品物流形”，云中漫步三重技术，连、聚、用，成为云计算的要点。云端技术的应用正在深刻的改变着设计行业。欧特克拥有360系列的云解决方案，如Fusion 360、AutoCAD 360、A360，并且该方案整合在Autodesk Cloud之中，大步迈向云端。2015年12月3日，欧特克发起Forge Initiative项目，构建基于云计算平台的互联产品开发生态系统。

**4.2.1 Fusion云平台集设计、制造、使用于一体**

**基于云的CAD解决方案 优势突出**

为了让便于与客户沟通，欧特克将包括 PLM 360、SeeControl 和 Fusion 360等产品统一为单个品牌，即Fusion、Fusion Lifecycle 和 Fusion Connect。可见，Fusion 云平台是一个产品创新云平台，是业界第一款三维CAD、CAM和CAE工具，同时适用于Mac和PC的单个云平台，涵盖了各种设计领域，如工业设计、机械工程、电子

产品，在一个技术平台中实现整个产品开发流程的统一。



云计算支撑自动优化设计

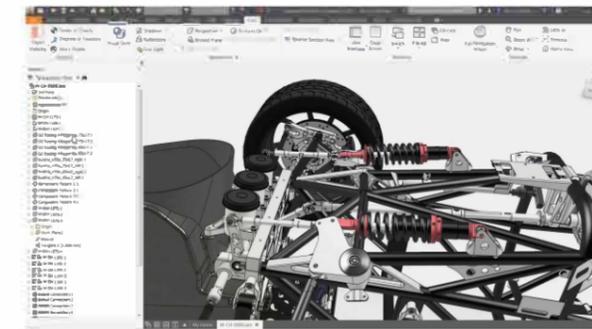
从自动优化的角度分析，云计算支撑自动优化设计，涵盖市面上的众多优化设计方法，如衍生设计和优化、增材制造优化、减重不失强度的轻量化设计、拓扑优化、晶格优化、材料科学的优化等技术，可以更好地帮助设计师进行协同工作，轻松完成设计任务。

从软件服务角度分析，云端CAD软件服务具有的特点有：提供与传统CAD软件应用程序相同的大部分功能；通过与远程服务器上运行的软件应用程序相连的浏览器或应用程序运行；既可在笔记本、台式机上运行，也可以在智能手机和平板电脑等移动设备上运行；在远程服务器上更新，仅需在本机计算硬件上进行几项更改即可；通过定期支付服务费的方式获得，服务费中包含技术支持费用。

由此看出，基于云端的CAD设计优势远远超过传统软件，可以实现使用近乎无限的云计算能力完成计算密集型任务；安全地自动保存和备份文件；及时获取最新升级和更新，无需执行任何操作；在办公室之外或施工现场访问文件；在许可条件下，随时随地与客户共同查看工作进展；实现更佳成果，摆脱办公桌束缚。

**基于云的CAM解决方案，实现敏捷制造**

面向未来的制造应该是非常敏捷的、富有弹性的一种模式，在产品环节能够融合更多消费者的个性需求，可以得到更优化的设计方案，在生产环节可以满足批量定制化的柔性生产模式，与消费者有更多互动体验。



Connection to Fusion 360 | CAM

基于Fusion平台的CAM是以欧特克现有的针对制造商的云服务套件为基础，打造出真正基于云的从设计到制造的全程解决方案，用户可真正随时随地利用灵活的下一代工具来创建数字原型、进行模拟并转化为实体。

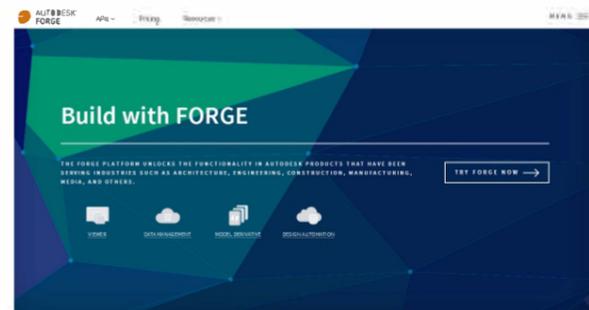
Fusion云平台具有实时协作、随时访问、无缝集成的特点。借助Fusion云平台，工程师不仅可以从云存储系统访问和编辑设计，还可以缩短沟通时间，增强团队员工之间的紧密协作，如Fusion Team为面向产品设计和制造团队的解决方案，在云端就可以控制版本管理、模型渲染、实现共享或者发布设计作品。同时，采用Fusion云平台，能简化设计、审阅、修订等工作流，在线或者通过移动设备就可实现项目跟踪与共享。

总之，Fusion云平台是一个产品创新平台，能在市场中为客户提供真正的差异化竞争优势。同时，Fusion云平台还是一个多种技术集成的平台，并不断引入新技术，如在设计阶段引入了衍生式设计，实现在云端使用大规模并行计算来解析问题，并提供出色的解决方案；在制造阶段，工业增材制造技术的引入，使个性化金属产品的制造成为现实；在使用阶段，能够通过物联网、虚拟现实等技术真正实现产品即服务的增值服务。

**4.2.2 Forge平台加速云端生态发展**

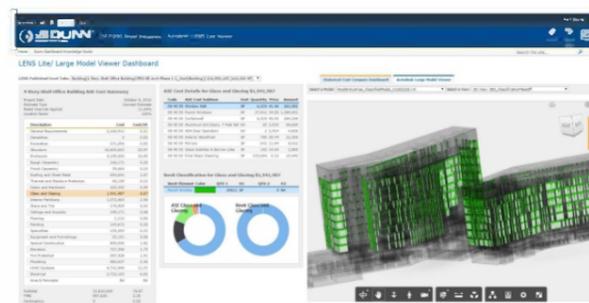
Forge平台是一套整合初期设计、工程、可视化、协作、生产和运营阶段的云端服务。无论软件开发者的规模或大或小，都可运用开放式应用程序界面(APIs)和软件开

发套件(SDK)为制造商建立直观的云端应用程序、服务和经验。其中，面向工业制造的2017计算机辅助制造(CAM)新产品，不仅为用户提供了更高效的连接设计、生产和运营等全流程的云服务平台，同时也将帮助CAM用户学习、完善并掌握先进的制造工艺，更加高效简便地完成复杂模具和其他组件的制造。



Forge平台

可以说，Forge是以数据为中心的智慧互联平台，可提供组件化的服务，涵盖设计、数据管理、协作、可视化仿真、制造、集成与拓展、商业流程以及基础服务等组件。目前Forge技术支持的模块有：身份权限认证、数据管理API、数据转换和提取API、Forge Viewer、设计自动化API、Fusion 360 API、现实捕捉API、物联网API、3D打印等。



Forge平台的应用案例

Forge平台可以广泛应用于各类制造用途——从零件检测到海底测绘，从利用无人机管理煤矿，到将成本预估转化为竞争优势，以及建立在线设计和制造服务等，它正

带动整个制造业走向未来。同时，为加速云端生态建设，欧特克与开发企业携手拓展更多的合作项目。总之，方便快捷且可扩展的Forge平台，在各类制造和建筑工程施工领域的需求和发展空间是不言而喻。

### 4.3 基于物联网技术的创新解决方案

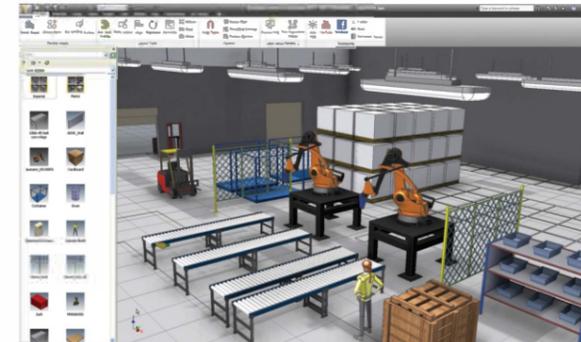
企业物联网（以下简称IoT）可为消费者、企业、特别是工程师带来巨大的优势。制造IoT产品不仅将惠及最终用户，而且生产流程中的所有参与者都将从中获益。借助IoT，在未来智造中，企业可以开展闭环设计、提升消费者价值、预测性维护和新服务线的业务。

#### 4.3.1 IOT融入云平台，推动制造业变革

在IoT问世之前，设计师需要先设想产品的性能，然后在仿真和设计软件中观察性能。现在，有一种方法可以通过分析从智能设备收集的数据了解产品的实际性能。通过IOT可以创建物理产品的数字副本，即以虚拟方式表示设备，说明与产品相关的数据。通过观察数字副本，可以持续跟进产品的整个生命周期，实时洞察产品性能，进而改进今后的项目。

欧特克也在积极地在物联网领域布局，收购企业级物联网云服务平台开发商SeeControl就是最好的印证。如今，欧特克已经将SeeControl平台整合到制造和建筑行业的设计解决方案之中。例如，Fusion云平台充分迎合了未来的生产模式，包含面向三轴铣削加工和车削加工的CAM功能，并通过SeeControl实现互联，将所有环节联系到一起从而形成闭合的循环。此外，面向3D打印的Netfabb、模具设计PowerMill、Factory Design Suite等软件组成了欧特克物联网化的新制程。

借助于物联网转型的企业层出不穷，海尔空调胶州互联工厂就是典型的代表。通过运用欧特克Factory Design Suite平台，将虚拟工厂、设备模型等数据实时汇总，从而保障互联工厂能够高精度和高效率地满足用户的最佳体



Factory Design Suite平台

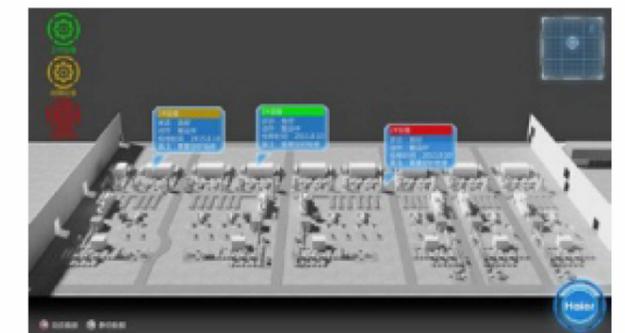
验。某种程度上，海尔空调胶州互联工厂实现了产品全生命周期的互联互通，增强了企业的创新能力，真正做到了互联网工业将用户的个性化需求与智能制造相结合的本质变革。

首先，海尔空调胶州互联工厂能够通过柔性制造满足用户的个性化定制需求。海尔互联工厂的思路是“二维战略”，打造的是“最佳用户体验”。该工厂共分为两器智造区域、智慧物流区域、外机智造区域、智能互联实验区域、内机智造区域、智能配送中心6大智慧智造区域，模块化的制造能够更加高精度、高效率地满足用户定制产品的需求。就现阶段而言，互联工厂让生产精度和效率方面都有了非常明显的提升，传统的工厂一条生产线最多可以生产20多种型号的产品，而互联工厂一条线可以生产500多种；生产周期仅是传统工厂一半。



海尔互联工厂

其次，海尔空调虚拟数字化工厂的建造完全基于“虚实互联”的理念，借助于欧特克Factory Design Suite平台，实现了以3D可视化方式实现对海尔空调胶州互联工厂硬件设备及周边环境的解构和展示；对工厂物流的模拟展示；在3D数字化工厂上实时显示设备状态信息；集成CCTV系统，提供工厂车间生产状态实时监控画面呈现；深度集成iMES和iWMS系统，获取实时生产和物流数据，进行实时动态展示。



以3D可视化方式呈现设备及生产制造状态

同时，借助互联网、物联网以及智能化技术，海尔成功将原本分散在企业生产运营的各个环节统一集成到了虚拟数字化工厂中。不仅如此，海尔空调胶州互联工厂现场装有1.2万个传感器，每秒采集1.5万条信息，每天产生3.2G的实时数据，与欧特克Factory Design Suite平台中的虚拟工厂、设备模型等数据汇总，便于工作人员实时了解互联工厂的每个环节、每个细节，提前预警每个问题，保障互联工厂的智能运行和智能维护。

此外，借助最新的云技术以及行业领先的设计软件技术，欧特克推出了连接设计、制造以及使用应用的云服务平台——Autodesk Forge，为实现设计数据与智能制造以及物联网实现智慧互联提供了强大的应用开发平台，并将设计数据的各种应用服务推进到物联网和虚拟现实等更加广阔的行业。

#### 4.3.2 企业物联网云服务，加快企业创新进程

Autodesk Fusion Connect是一种企业物联网云服务，有助于制造商连接、分析和管理工作。它可实现机器虚拟化，将机器与报告设备连接起来，并利用原生云架构无限的计算能力进行分析，挖掘隐藏在内部的数据。借助智能的互联机器，制造商可以改进服务水平、减少资产停机时间并降低维护和材料成本。



Autodesk Fusion Connect平台架构

总之，Autodesk Fusion Connect具有链接、分析、管理远程设备的功能，可提供虚拟设备、仿真物联网过程，减少真实设备的成本。同时，还可以进行数据统计、报表和状态调试，能够简化复杂的配置和软件环境的搭建。需要强调的是，Autodesk Fusion Connect是一个得益于物联网的原生云平台，它为IoT提供了一种无需编码的拖放方法，使用户可以在不依靠程序员团队的情况下加快创新进程。

### 4.4 基于新兴技术的创新解决方案

#### 4.4.1 数字制造解决方案，多层次的解决方案

在智能互联时代，数字化和物理实体被深深地集成到了整个设计过程之中，也体现在了制造业和先进技术的整合之中，例如增材制造、智能机器人、微型工厂、无人机以及虚拟现实等。欧特克提供各种面向制造业的软件解决方案，如面向CNC加工、预制、建模、合成、增材制造和计量的产品的解决方案。

最新的2017 CAM数字制造解决方案可用于不同层次的先进制造，从CNC铣床、机床编程到复杂模具的制造，可以驱动智能机器人进行柔性加工，为客户提供了强大而独特的用户体验。



运用Delcam驱动智能机器人加工

具体来讲，2017 CAM解决方案包括了用于自动CNC编程的增强版FeatureCAM、使用瑞士式车床制造精密零件的PartMaker、用于设计复杂模具、冲模和其它复杂部件的PowerMill、设计3D复杂零件的PowerShape，以及与硬件无关的检测软件等。

其中，面向数控加工的CAM软件可概括为三个方面的内容，如专业高速多轴CAM软件PowerMill，可提高零件制造速度的自动化CAM软件FeatureCAM，以及能与Fusion 360、Inventor和SolidWorks进行集成的集成式CAM软件，从而将设计与加工紧密联系在一起。

#### 4.4.2 增材制造解决方案，帮助企业重塑制造

正在爆发的增材制造革命有望将工业制造能力重新引入大众制造，有望促进个体的工业设计力量与大型工业系统的融合。增材制造技术不仅可用于创建样机、简单零

件，还可以创建具有极高技术含量的终极产品及各种事物，如飞机零件、环保建筑和救生医疗植入物，甚至可以使用人类细胞层创建人造器官。

面对增材制造的热潮，欧特克一方面积极开发增材制造技术的新工业应用场景，例如使用工业机器人配备熔融沉积打印头或电弧焊枪，使用增材制造的方式制造大型部件，联合麻省理工的科研团队开发4D打印场景等；另一方面，则完善了CAD / CAE / CAM的产品线，把每种工具都加上了跟3D打印相关联的组件和入口，实现了增材制造和减材制造并行的产品布局。然后基于三维设计工具的核心实力，开启了增材制造工具领域的拓展。

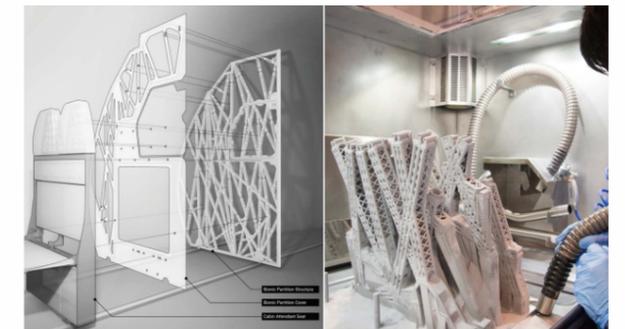
欧特克作为创始成员加入微软发起的3MF增材制造联盟，参与定义了3MF文件格式，对已沿用数十年的STL文件格式发起挑战。然后推出了面向3D打印的统一软件环境Netfabb2017，Netfabb涵盖了增材制造领域的许多必要工具，可实现完整的工业增材制造 workflow，使用户快速轻松地准备模型以进行增材制造。

增材制造解决方案包含以下产品：

- Autodesk HSMWorks：一个为SOLIDWORKS开发的完全集成的CAM解决方案，让用户使用熟悉的工具和工作流程在数分钟内提升速度与生产率。
- Autodesk Inventor HSM：帮助CNC程序员、设计师和工程师迅速生产出几乎任何CAD系统设计的机加工零件。
- Autodesk 2017 CAM Products：通过许多先进制造应用的成果，这些新产品结合了Delcam开发的CAM软件行业领先产品，以及欧特克的3D设计和制造技艺。
- Autodesk Netfabb：该软件可在增材制造和3D打印方面帮您降低成本、提高效率 and 提升零件性能。
- Fusion 360：它能使用户将其设计用于各种方式的制造，从3D打印，到基于HSM技术的2到5轴车床、车削中心、水刀切割等。

正如空客飞机上的仿生隔板的制造就采用了增材制造的技术，这种开创性的制造流程制造的隔板相较于传统工艺其结构更强、重量更轻，其应用亮点可以总结为以下四点：

- “仿生隔板”是通过3D打印技术进行制造，结构更强、重量更轻；
- 仿生隔板首次大规模采用第二代铝镁钕合金——Scalmalloy®合金，该合金具有优秀的机械性能；
- 采用结构更强大但重量更轻的晶格结构，新“仿生隔板”比当前的设计重量降低45%（30公斤）；
- 据Airbus估计，如果将同样的技术应用到整个客舱和所有预订生产的A320飞机，每年可减少465000吨的CO2排放量——相当于96000辆汽车从路上消失；



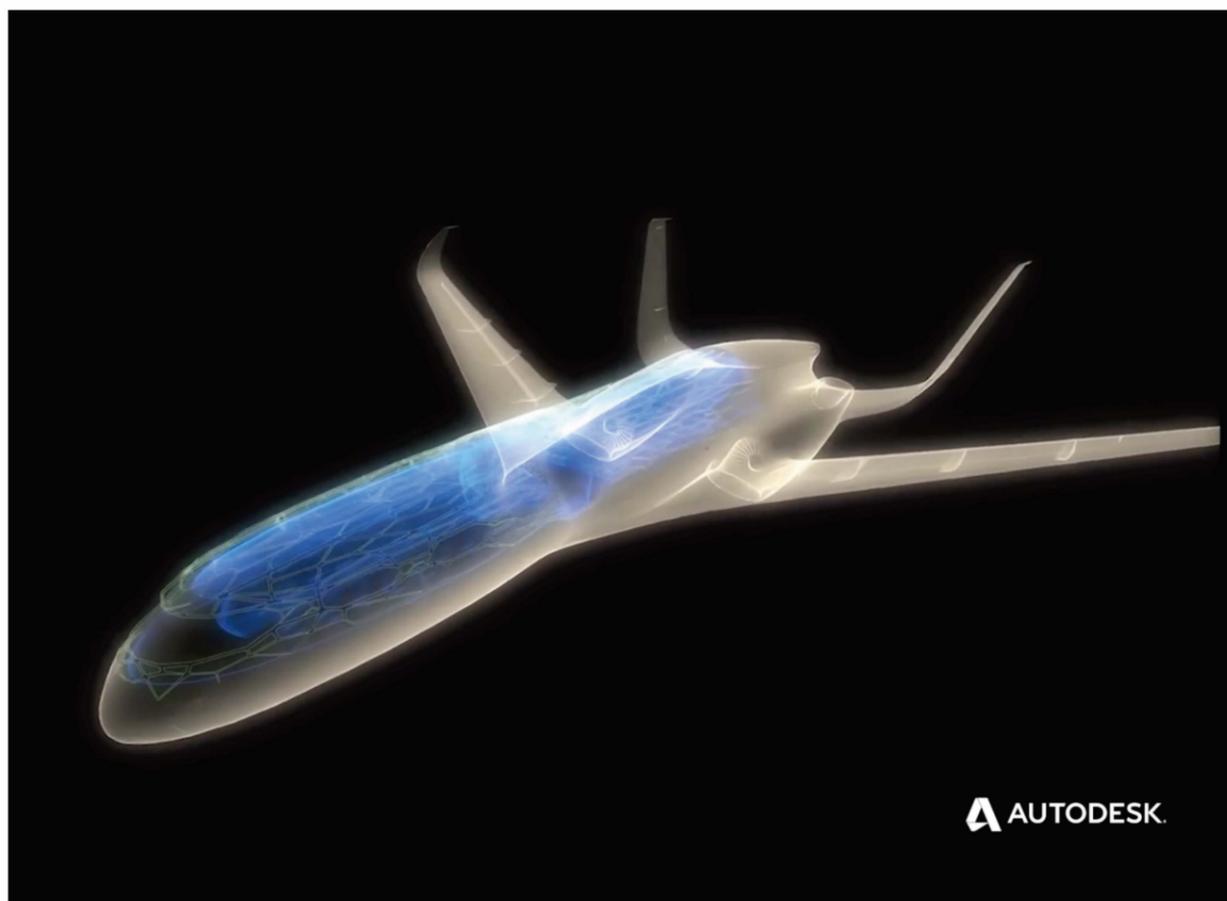
运用增材制造技术进行仿生隔板的制造

目前，增材制造的功能模块主要有打印机定义，如打印类型、配置、打印材料的选择；打印机管理，包括注册、状态、任务等方面的管理；打印预准备，涵盖分析、修补、朝向和定位、比例、支撑和切片等功能。未来，欧特克增材制造软件将提供更多的3D打印云服务。

## 总结

---

总之，在全球智能制造的大趋势下，人们创造的所有事物都将面临巨大的挑战，设计与制造的方式正趋于融合。作为制造行业领先的3D技术供应商，欧特克不仅对行业专业知识具有深度和广度的理解，而且还具有敏锐的跨学科洞察力。通过使用欧特克创新的软件，全球数以亿计的设计师、工程师通过实现创造力的完美释放；通过采用欧特克独特的未来智造解决方案，众多的企业将会获得商业上的巨大成功与回报。



## 附注

---

- 1、《久益采矿设备使用Autodesk数字化样机解决方案设计和开发新型创新产品》案例引用请见第11页。
- 2、《空客飞机座舱部件——“仿生隔板”的设计和制造》案例引用请见第12页、第22页。
- 3、《开启未来汽车轻量化之路》案例引用请见第13~14页。
- 4、《打造协同研发平台，实现设备到厂房的全数字化工厂设计》案例引用请见第15~16页。
- 5、《A-SAFE》案例引用请见第16页。
- 6、《虚实结合引领“中国制造”》案例引用请见第19~20页。