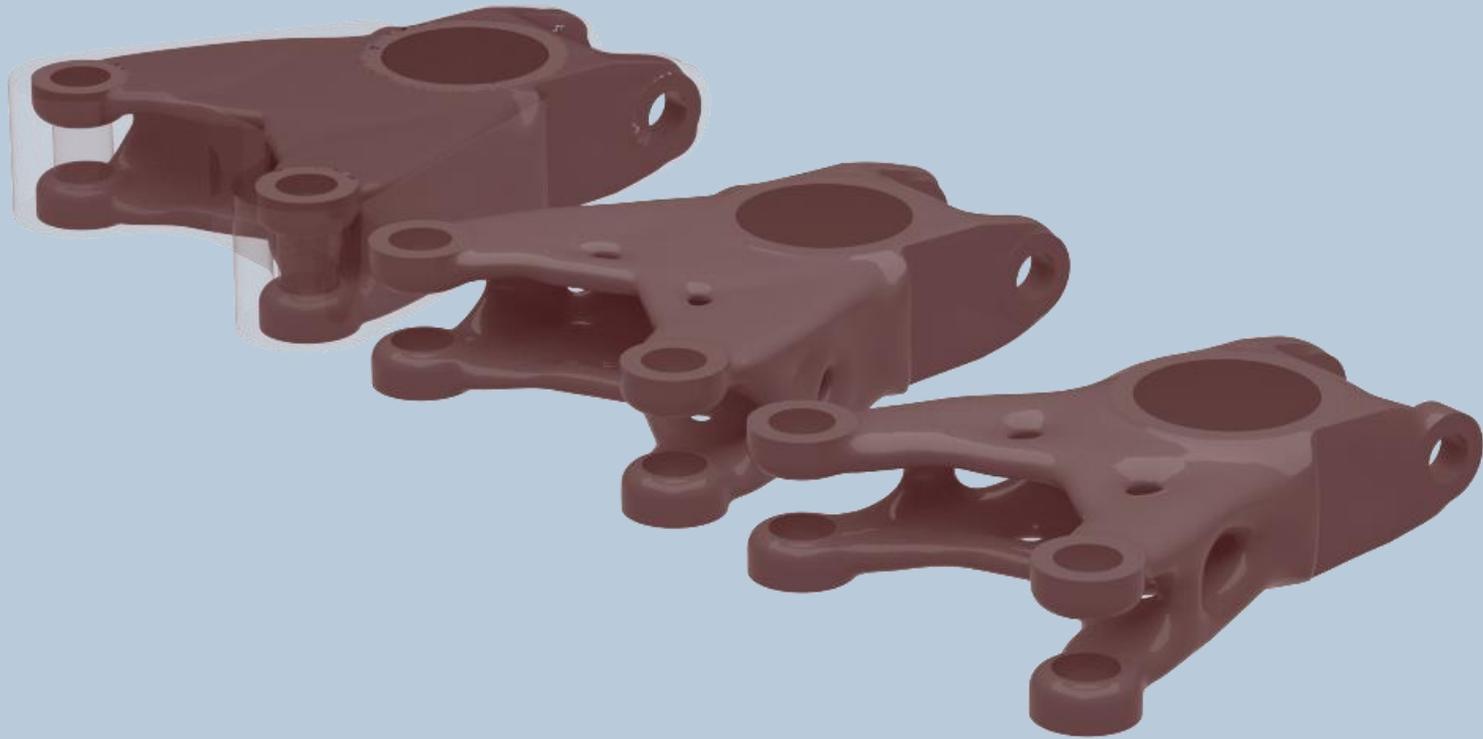


# 为工程师提供创成式设计 与小平面建模技术



LIFECYCLE

INSIGHTS

## 简介

如今，产品设计是一项艰巨的任务。随着产品集成了越来越多的技术，其复杂性也随之增加。而随着越来越多的供应商参与到开发流程，对协同的需求也在不断增加。为了尽快进入市场，开发时间只会越来越短。工程师承担着大量责任，他们几乎没有时间去寻找可行的设计，更不用说更好的设计了。

在这种背景下，工程师往往希望自己拥有更多的时间和精力。幸运的是，创成式设计这门新技术可以助他们一臂之力。这项技术会考虑到工程师定义的一系列约束条件，利用拓扑优化及受自然界启发的一系列算法自动生成大量替代设计。创成式设计本质上起到了软件工作人员的作用，它会向工程师提供设计方案。因此，相较于以往，工程师可以考虑更多备选方案。这项技术在概念设计和详细设计方面应用广泛。

然而，采用这些创成式设计成果却需要一项专门的几何功能，即小平面建模。目前，计算机辅助设计 (CAD) 应用程序刚开始将此功能与传统的参数化建模和直接建模集成在一起。这是一系列至关重要却总被忽略的工具，需要紧密协作。

本电子书将深入剖析上述所有主题。文中首先介绍当今工程师面临的限制，及其对设计质量的影响。接着，深入探讨创成式设计，提供关于其使用和技术注意事项的详细信息，以及此技术在概念设计和详细设计中的应用情况。最后，详细介绍目前可用的双应用与单应用解决方案。文章通篇引用了 Lifecycle Insights 的一些研究发现。

毫无疑问，如今的产品设计是一项艰巨的任务。不过，创成式设计等新型功能提供了扩展个人时间和精力且无需额外工作的全新方式。其带来的好处对工程师和企业大有裨益。

## 工程约束与设计质量

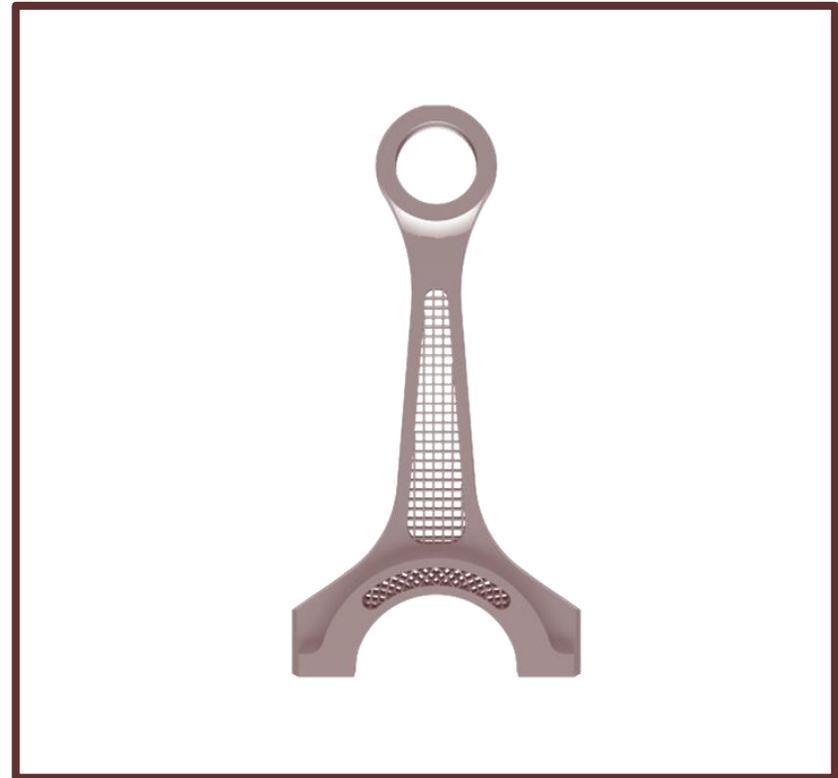
每个设计项目都是一种“平衡术”。一方面，项目开发会受时间安排、开发预算、材料成本目标和功能需求限制。另一方面，企业不仅要满足功能需求，还要加以超越，从而打造更具创意和竞争力的产品。近年来，许多趋势已使此“平衡术”向更为保守的设计倾斜。这会妨碍企业创新。

### 工程工作反复无常

导致工程师趋于保守的一个因素就是，新开发充满了风险。设计发布忽略的设计错误会给整个开发带来可怕的后果，对工程师的影响尤为严重。退回的更改指令会引发全面危机，产生废料、返工和原型不合格等严重不良后果。此外，设计错误将占用当前设计工作的时间、精力和资源，使正在进行的开发项目发生延迟。事实上，60%的[仿真驱动型设计研究](#)受访者因为原型不合格而错过了项目交付的最终期限。

### 技术复杂性不断增加

让设计趋于保守的另一个因素是，当今产品采用的技术日益复杂。电子行业的趋势（包括持续微型化、低功耗要求和更高的散热性需求）使得企业更难适应产品对计算能力的需求增长。产品中软件的爆炸式增长带来了集成问题，因为这些应用程序必须得与产品中的电子硬件及其他系统无缝协作。随着物联网（IoT）的兴起，开发工作变得愈发困难，因为企业必须明确如何利用合适的传感器测量产品、如何捕获正确的数据、如何让该数据流向正确的存储位置，然后对这些数据执行操作。所有这些都与机械数据融合在一起，不仅提高了复杂性，还增加了系统集成的难度。



## 与更多利益相关方协同合作

制造商要考虑的另一个因素是，工程师需要与更多利益相关方开展更多协作。为了保持竞争力，制造商必须集成一波又一波的最新技术，否则就会落伍。因此，工程师必须与利基市场领域的主题专家协作。此外，找到符合外形、大小和功能规格的设计还远远不够。工程师需要考虑更多因素。如今的产品拥有明显的运营和业务约束，这会影响到设计解决方案。因此，他们需要越来越多的利益相关方提供反馈，包括采购商、供应商、制造商、客户、运维人员等等。

## 在众多责任之间求取平衡

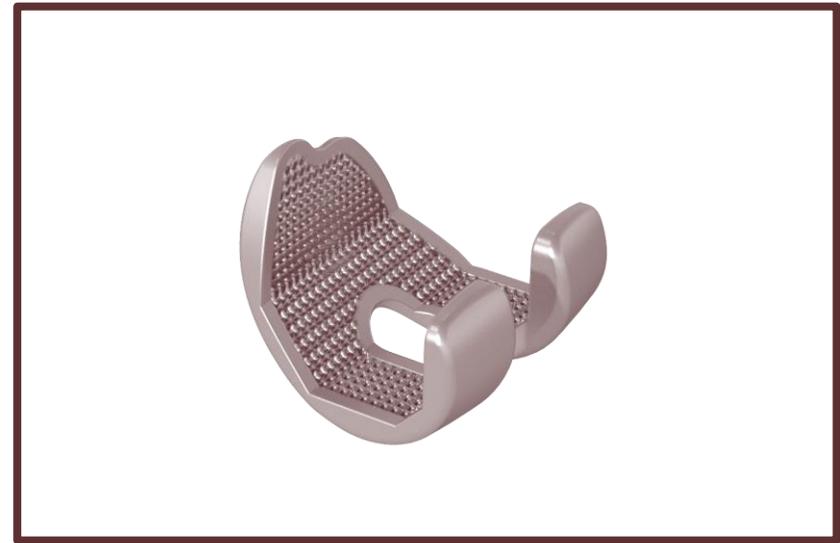
导致这些问题进一步加剧的原因是，如今的工程师精力过于分散。Lifecycle Insights 的[硬件设计工程师研究 \(Hardware Design Engineer Study\)](#) 对这一挑战进行了量化。该项研究要求受访者从 13 项核心和扩展设计责任中选出自己已经履行的责任。结果显示，每名工程师平均承担 4.4 项核心设计责任，包括管理需求、预测产品性能等。此外，每名工程师平均承担 2.9 项扩展设计责任，包括项目管理、与供应商协作等。也就是说，平均每名工程师要承担 7.3 项责任。制定设计决策只是他们的责任之一。

## 缩短时程，采用第一个可行设计

企业要考虑的最后一个因素是越来越短的产品开发时程。压缩的开发时程迫使工程师不得不接受他们找到的第一个可行设计。在最坏的情况下，这些设计只能勉强满足项目目标。因此，企业将与能够降低产品成本、打造更高性能产品或完全满足客户需求的“明面机会”渐行渐远。

## 要点

由于各种因素的影响，工程师如今需要以更少的时间设计愈加复杂的产品。此外，设计错误还会给企业和工程师本身造成严重影响。这就很好地解释了为何他们的设计越来越保守。



# 开发流程中的创成式设计

如今的工程师面临着多重压力，他们不得不在设计上更加保守。为了应对这些压力，工程师需要更多的时间和精力来完成更多工作。不仅如此，企业还要求他们以更少的资源完成更多任务。而这便是创成式设计这项新技术的用武之地。

## 创成式设计：什么是创成式设计？

概括来说，创成式设计相当简单。所谓创成式设计，就是可在一定数量的约束条件下，自主生成大量备选设计方案的 CAD 应用程序功能。此功能无需工程师的指导或参与，可以让他们将更多精力投入到其他任务上。生成设计后，工程师可以从中选择想要深入探索的设计。总之，这种方法可以加快设计流程，且无需工程师的时刻关注。

创成式设计利用拓扑优化等功能运行结构仿真，并删除不带载荷的材料。然而，这只是创成式设计所擅长的方法之一。创成式设计还可以模拟自然界中出现的行为，例如，复制菌落生长或骨架演化行为，以优化强重比。这些方法可用于探索新产品的的设计空间。有趣的是，创成式设计能够生成人类工程师永远想不到的设计方案，在设计领域开启新的可能性。

## 技术考虑

创成式设计入门非常简单。其输入信息是来自概念设计或详细设计的 2D 或 3D 模型。接着，工程师可以指定创成式设计的约束条件。这些约束可能是边界条件，如固定几何体。当然，也可能包括几何约束，如禁止过度绘制，或者是维持特定的几何形状，比如在特定位置保持实心圆柱体。鉴于创成式设计最常使用拓扑优化功能，而这些功能需要依靠结构化有限元分析 (FEA)，因此必须定义材料属性和载荷等仿真项。

移除创成式设计作品和材料后，该软件将删除一些应力或应变水平较低的元素。从建模的角度来看，该流程的输出结果是从分析的四面体单元生成的网格几何体。由于模型完全由这些包含平面的元素组成，因此几何体的外表面也将由平面组成。所形成的结果被称为网格几何体，并且只能通过小平面建模进行修改，不能使用参数化或直接建模。

## 概念设计中的创成式设计

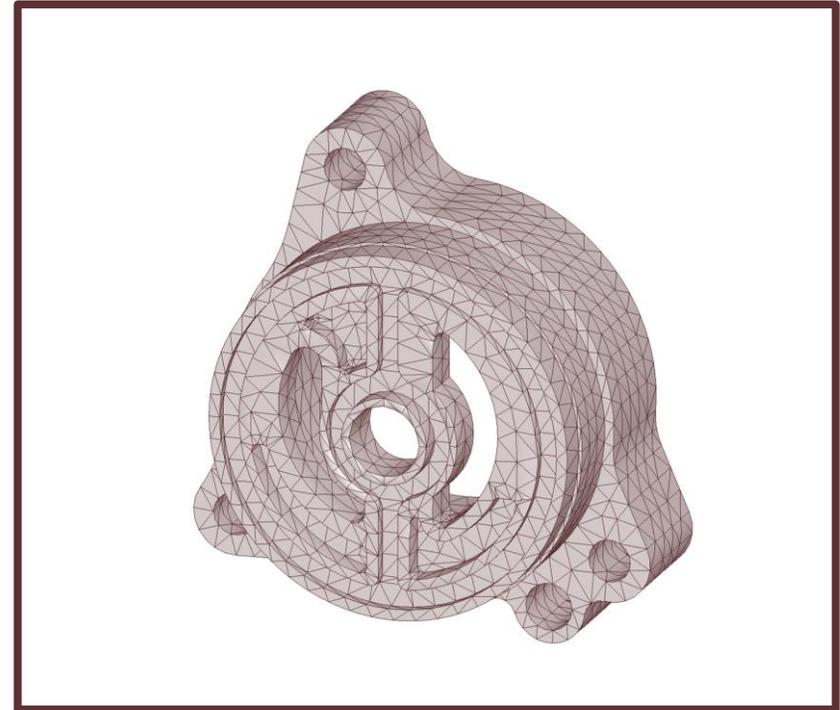
在概念设计中，工程师形成一系列可能满足手头外形、大小和功能要求的构思。最初，他们希望得到符合要求的可行设计。发现第一个可行设计后，许多工程师都会直接进入设计的下一阶段，因为他们需要满足一再缩短的开发交付期限。这种做法的问题是，他们会错过发现更能满足要求的其他设计的机会。超越第一个可行设计需要更多的探索、实验和迭代。

这些设计的数字化几何表示千变万化。其中一些使用自上而下的设计方法围住特定组件的体和空间。其他人则使用曲线、直线、曲面和其他简单几何体形成的 2D 或 3D 草图充实这些构思。但是，在此阶段，这些几何表示并非总是完全详细的 3D 模型。详细模型是在详细设计过程中创建的。

从开发的角度来看，创成式设计非常适合用于概念设计。在此阶段，工程师拥有最高的灵活性来探索其他可行的产品创意。他们可以定义一些应在此时定义的约束条件，并利用创成式设计生成多种选择方案，这个过程几乎不需要他们执行什么操作。相反，工程师几乎可以扮演经理的角色，审核创成式设计软件的工作。他们甚至可以设置交易研究，比较这些备选设计方案的性能。相应地，创成式设计会深入洞察关键变量与预期性能之间的相互作用。很显然，这些技术可以应用于 2D 草图、抽象 3D 模型或详尽的设计。

有一点非常关键：创成式设计的输出结果为网格几何体。对这一初步设计执行一些迭代可以探索其可行性。在这种情况下，使用小平面建模直接操纵网格几何体的方法十分有用，因为工程师无需再将其转换成参数化建模和直接建模的边界表示 (brep) 几何体。由于生成的概念设计方案必须作为开发流程剩余阶段的起点，因此，最终将该小平面表示转换成 brep 几何体

至关重要。小平面建模的功能在这里也非常适用，因为它们可以大幅简化转换操作。



## 详细设计中的创成式设计

在开发的这一阶段，工程师的设计概念经过审查并完全细化可供设计发布，从而确认设计完全可以满足外形、大小和功能要求。这需要工程师探索设计不同方面的选择，从而不断改进性能。对于那些试图寻求诸如重量、结构载荷、成本和固有频率之类互相冲突的要求的工程师而言尤其如此。

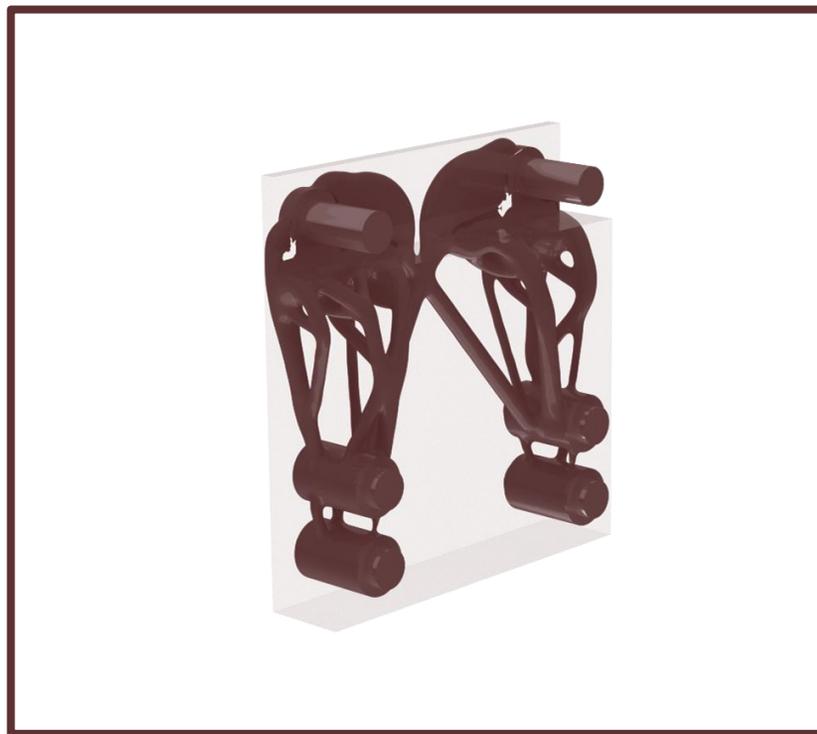
在此阶段，设计的数字化几何表示是一种完全详细的 3D 模型。这些模型通常使用参数化和直接建模功能构建，产生的几何体光滑圆滑。

超越第一个可行设计的机会很大。对不同的详细几何体进行更多实验，以及对尺寸参数设定不同的配置，可能会显著影响产品性能以及成本和工艺性。与概念设计一样，花费更多时间来试验这些变量并跟踪需求满意度可以揭示二者之间的关系。这有助于工程师以更满足需求的方式来调整详细设计。

从开发的角度来看，创成式设计非常适合于详细设计。工程师可以运用该项技术发挥创造力，大胆地评估备选方案，从而创建详细的设计。事实上，创成式设计可能会生成工程师永远都想不到的设计选项。这是一款宝贵的工具，可以优化设计方案，在相互竞争的需求之间找到完美平衡。

将创成式设计输出结果与详细设计模型相结合是必不可少的。最终，工程师需要向采购或制造部门发布这些详细的设计，用于购买或生产组件。此时，小平面建模会通过相应功能显著影响生产力，以便从网格几何体顺利过渡到 brep 几何体。

某些情况下，需要将网格几何体转换为光滑边界表示模型，但并不是所有情况下都需要这样。工程师可能需要对网格几何体做一些修改，其他情况则保持定稿状态。这种方法对于利用增材技术且依靠网格几何体生产组件的企业尤为适用。在这些情况下，工程师可以直接使用 3D 打印机。



## 包含两种应用程序的解决方案

对于概念设计和详细设计，创成式设计可以在开发流程中展现出难以置信的强大功能。但是，用于支持创成式设计的传统技术（一种非集成式软件应用程序组合）本质上在数字化工作流程中存在大量冲突。

### 两种几何体类型，三种建模类型

通常而言，传统几何建模采取以下两种形式中的一种：参数化或直接建模。参数化建模可使用参数化尺寸控件按特征创建模型。直接建模可以通过推拉或拖动来修改现有几何体。这两种建模方法均可处理“边界表示”，其中几何体由平坦或平滑曲面表示。

与之相比，网格几何体包含大量用于表示设计外表面的点云。某些 CAD 应用程序通过创建平面三角形或梯形并将它们一起缝合到“无间隙”实体中，将此点云转变为实心几何体。通过小平面建模，工程师可以调整生成的网格质量并通过增料或除料来修改此几何体。

正如之前提到的，有些情况下，工程师既需要光滑圆滑的几何体，又需要网格几何体。在概念设计中，工程师需要使用草图和指定的空间以及已扫描组件的网格几何体。在详细设计中，他们需要考虑网格几何体来创建详细 3D 模型。

### 包含两种应用程序的解决方案

用于构建三维模型和其他项目的传统 CAD 应用程序通常使用参数化建模和直接建模的某种组合，这两种建模方法均会生成边界表示。这种强大的建模工具组合可以一起迅速而轻松地制定

设计概念和详细设计并生成物理组件。遗憾的是，很少有应用程序同时提供小平面建模和这些传统功能。

由于大多数 CAD 应用程序都无法处理网格几何体，因此工程师必须转而采用其他解决方案来完成工作。一些独立专业应用程序，特别是那些提供激光扫描硬件的程序，提供包括小平面建模在内的类似 CAD 应用程序。从理论上来说，工程师可以结合使用传统 CAD 应用程序与这些类似 CAD 的专业应用程序。但是，这种做法有很多缺点。

## 缺乏统一环境

---

在概念设计和详细设计中，很多时候，工程师们都需要**交换**使用参数化、直接和小平面建模。例如，用户可以使用小平面数据，构建参数化特征，再次使用小平面建模之前，使用直接建模修改一些对象。如果这三种功能并不存在于同一软件应用程序中，那么设计师和工程师就无法完成这种工作流。相反，他们需要找到一种方式，在传统 CAD 应用程序与类似 CAD 的专业应用程序之间传递设计数据。

## 交换设计数据

---

如果您熟悉 CAD 应用程序之间的几何体交换，那么您也应该熟知存在的问题。将模型从一个软件应用程序移动到另一个应用程序通常会导致表面、线或点未对齐或丢失。这会在一定程度上破坏模型，因为它会与原始设计存在出入，并且每次在不同类型的软件之间传递几何体时，工程师都必须解决这些问题。

在传统 CAD 应用程序和类似 CAD 的专业应用程序之间来回传递几何体没有区别。这种切换也存在同样的问题。结果导致工程师浪费更多时间，给开发项目带来重大挫折。

## 要点

---

工程师们也许可以结合使用传统 CAD 应用程序和类似 CAD 的专业应用程序进行创成式设计，但不能保证数字化工作流中不存在明显冲突。工程师们无法交换使用参数化、直接和小平面建模，这就限制了他们的设计自由。修复这两种软件应用程序之间交换的设计数据也会花费大量时间。虽然创成式设计可以在开发方面提供强大的优势，但其适用性会因使用两种独立的软件应用程序进行耗时且棘手的工作而有所减损。

## 包含一种应用程序的解决方案

在过去的一年里，某些 CAD 应用程序已经扩展其功能，包括参数化建模、直接建模和小平面建模。创成式设计的影响十分关键。

当工程师们需要根据创成式设计的结果创建边界表示几何时，该 workflows 将变得更加简单。所有建模功能都集中在同一环境中，这就意味着，工程师们始终可以使用恰当的工具应对手头情况。

另外有趣的一点是，工程师们无需将创成式设计生成的设计方案转换为边界表示几何体。小平面建模提供了无需耗时、多余步骤即可交换设计数据的工具。这对于使用 3D 打印生成的组件尤为适用，因为它依赖于网格几何体。

所有这些情况的一个要点就是，这种新型 CAD 应用程序的操作让工程师们可以避免：*交换设计数据*。由于所有这些功能都存在于同一环境中，因此无需在不同软件应用程序间转移 3D 数据、网格几何体或边界表示。所有这些工作都可以在同一环境中完成。工程师们无需浪费时间修复几何体。相反，他们可以重点关注设计。

总而言之，将小平面建模融入参数化和直接建模，对于工程师利用创成式设计处理开发流程相当有用。它避免了 workflow 中的大量数字化冲突，让工程师们可以专注于设计。



## 总结和结论

如今，工程师在开发工作中承受着巨大的压力。设计工作反复无常，因为错误可能会对当前项目造成颠覆性的延迟。产品中集成了日趋复杂的技术，迫使工程师必须与更多供应商协作。开发时程也只会越来越短。由于要承担各种责任，工程师通常只能选择第一个可行方案，而不是更好的。

### 开发过程中的创成式设计

所谓创成式设计，就是可在一定数量的约束条件下，自主生成大量备选设计方案的 CAD 应用程序功能。生成设计后，工程师可以从中选择想要深入探索的设计。这种方法可以加速设计，且无需工程师的时刻关注。需要注意的是，创成式设计的输出结果为网格几何体，只能通过小平面建模功能进行操纵。考虑到生成的设计方案需要在开发流程的剩余阶段使用，所以这一点显得尤为重要。

在概念设计中，创成式设计可以用来实现强大的目标。在需求极为灵活的情况下，工程师可以运用它尽早探索各种备选设计方案。在详细设计中，创成式设计可用于调整设计，以便在重量、结构载荷、成本和固有频率等需求竞争之间实现完美平衡。

### 技术解决方案

用于构建 3D 模型和其他项目的传统 CAD 应用程序通常使用参数化建模和直接建模的某种组合，这当中缺少小平面建模。由于大多数 CAD 应用程序都无法处理网格几何体，因此工程师必须转而采用具有小平面建模功能的独立专用应用程序。工程师可以搭配使用这两款应用程序，但无法交换使用，而且必须要解决数据转换问题。

或者，某些 CAD 应用程序已经扩展其功能，将参数化建模、直接建模和小平面建模整合到同一环境。这些解决方案可以让工程师避免与双应用程序方法相关的问题。

### 最终要点

创成式设计可以提供一种强大的方法来扩充当今工程师的时间和精力。不过，使用两种应用程序进行建模会招致种种问题，这种机会可能会因此而遭到破坏。而提供参数化、直接和小平面建模功能的 CAD 应用程序则可以让工程师发挥创成式设计的全部潜力。

© 2017 LC-Insights LLC



查德·杰克逊 (Chad Jackson) 是 [Lifecycle Insights](#) 的一名分析师、研究员兼博客撰写人，他时常分享工程设计方面的深刻技术见解，涉猎的领域包括 CAD、CAE、PDM 和 PLM 等。[chad.jackson@lifecycleinsights.com](mailto:chad.jackson@lifecycleinsights.com).