

设计分析一体化

——崭新的产品开发手段

SolidWorks 大中国地区技术总监 陈超祥

摘要：设计分析软件应该易于使用，同时应该允许用户介入。集成设计分析软件应该为用户提供控制网格化、单元类型和顺序、理想化方案和所需求解方法的功能。

产品开发过程瓶颈 - 原型机开发及测试

新产品投入生产之前，需要进行原型机测试，以确保产品的性能符合客户的要求。某些测试只需要简单的物理样机，而其它测试（例如结构完整性测试）可能需要功能齐全的物理原型机。功能齐全的原型机比较昂贵，需要较长的制造时间，并会延长产品开发周期。尤其在需要许多原型机时更是如此。原型机测试通常会发现一些设计上的问题，这就要求重新制造原型机并进行测试以检查修改后的设计。通常，在产品最终定型之前，需要经历数次成本高昂的设计—原型机迭代。

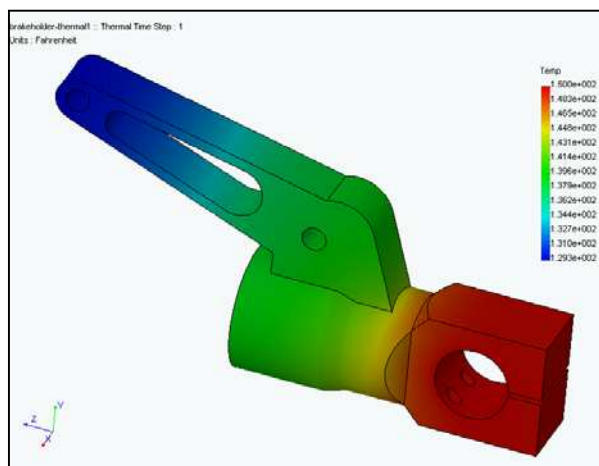


图片1 由Bucyrus International, Inc. 提供

随着二十世纪九十年代信息技术的高速发展，产品开发过程从原型机制造—测试过程发展成为一种全新的产品开发方法，即借助计算机辅助设计(CAD)技术来开发产品。工程师开始使用有限单元方法（通常称为有限单元分析(FEA)）来分析目标设计的计算机模型，从而节省了制造和测试原型机所需的费用和时间。利用FEA，工程师可以在各种强度下仿真设计模型的反应，并使用这些结果来改进设计性能，最大程度地减少对物理原型机的需求。

什么是设计分析？

用最简单的话来说，设计分析是一种用于在计算机上模拟物理行为的强大的软件技术。它会坏吗？它会变形吗？它会不会变得过热？对于这些类型的问题，设计分析能够给出明确的答案。工程师不需要制造原型机并精心制订测试计划来分析产品的物理行为，只需在计算机上快速而精确地获得这些信息。由于设计分析可以最大限度地减少甚至避免对物理原型机和测试的需要，因此，在过去的十年中，这种技术已成为主流技术，在制造业作为一种重要的产品开发工具使用，并且几乎应用于所有工程领域。



在图 2 中，红色区域表示潜在的故障。机械工程领域最常用的设计分析应用程序是应力分析。工程师通过对某个零件的应力（包括结构应力和热应力）进行研究，确定它是否会出现故障以及是否需要设计进行修改以避免这些潜在问题的发生。设计分析还用于确定零件变形的可能性、零件和装配体的共振频率和振动模式、动力特性和地震反应、接触应力、温度分布等等。同时，设计分析还可用于分析流体：流体在管道中是气体还是液体、引擎进气管的空气和燃料的混合情况，以及熔融塑料在模具中的填充情况。设计分析真正的作用在于能够在不制造任何物件的情况下精确地执行这些类型的研究中的任一种。所需的只是一个由计算机辅助设计软件(CAD)产生的数字模型。

设计分析一体化

早期的设计分析软件包是相互独立且专业程度非常高的应用程序，与计算机辅助设计软件并不相连。自二十世纪九十年代中期起，随着以下重大技术的发展，行业主流开始从物理原型机转变为三维设计分析：

- 三维实体建模软件变得更强大、价格更低廉、更易于使用；
- 设计分析软件更强大、价格更低廉，更易于非专业人士使用；
- Microsoft® Windows® 操作系统使用户在PC上使用CAD和分析应用程序成为可能；
- 计算机硬件性能更加强大、稳定，价格更低廉。

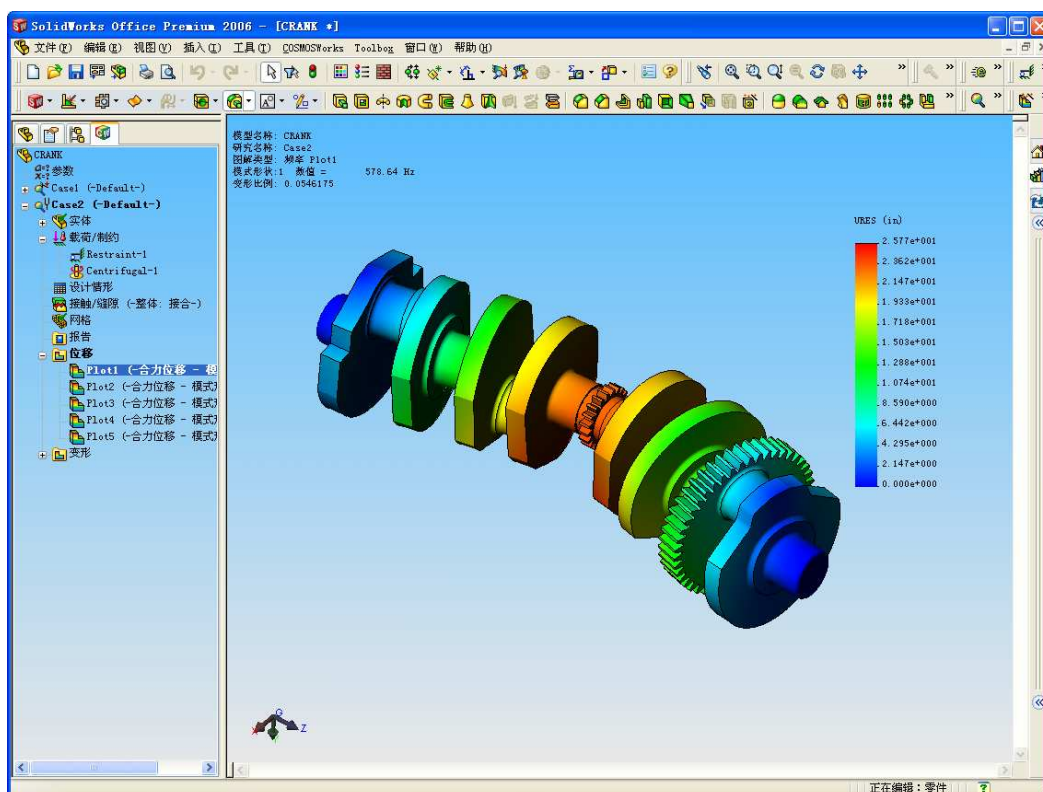


图3 CAD 和分析集成在一个窗口中

今天，台式机达到了二十世纪八十年代大型机的计算能力，价格却只是大型机的零头。高级设计分析工具的发展，使得制造商可以充分利用价格适中的计算能力以及主流设计分析的优势。强大的组合利用3D 实体建模和设计分析软件结合所产生的强大功能工程师现在可以在计算机中测试设计而不需要对设计进行原型机一测试迭代。CAD 模型变成了虚拟的原型机，并且分析设计已经替代了物理测试，实现了更快、成本更低廉、效果更佳的产品开发。这样，产品更具创新性，更可靠，更适合市场需要。

不再只是专家的任务

对于设计分析软件使用的理解有很多误区。许多工程师认为基于FEA 的设计分析非常深奥、代价昂贵且难以使用。某些工程师认为设计分析软件一般只有博士才会操作，仅适用于大型企业，而对于自己从事的工作类型没有多大必要。研究表明，在使用3D CAD 的设计工程师中，十个中有七个持有这种看法。

在这种认识下，许多工程师直接将未经测试的设计应用于原型机，甚至直接投入生产，为此危及到产品质量和重要的客户关系。在其它一些情况中，设计人员只是因循守旧，复制已过时的产品，倾向于坚持过去有效的观念，而不愿意努力创新。不优化产品设计会导致费用增加，例如使用过多的原材料，而本来通过实施设计分析并优化设计可以减少这些不必要的开支。某些3D CAD 软件包中免费提供一些分析功能。随着越来越多的工程师开始重视设计分析工具，对设计分析的误解在逐渐消失。

如果在设计周期的前期阶段实施设计分析，可以实现最大的优势，因为那个时候对设计进行更改最容易并且最节约成本。结合实体建模执行分析时，设计工程师可以利用分析结果来修正、改进或优化设计。在过去许多年内，设计分析仅限于非常专业的分析人员使用。他们在设计工程师完成了设计任务以后对模型进行分析。使用这种方法时，由于设计人员和分析人员之间反复进行修改—分析工作，因此浪费了大量的时间，特别是在另一套分析软件包中重新创建实体模型时。

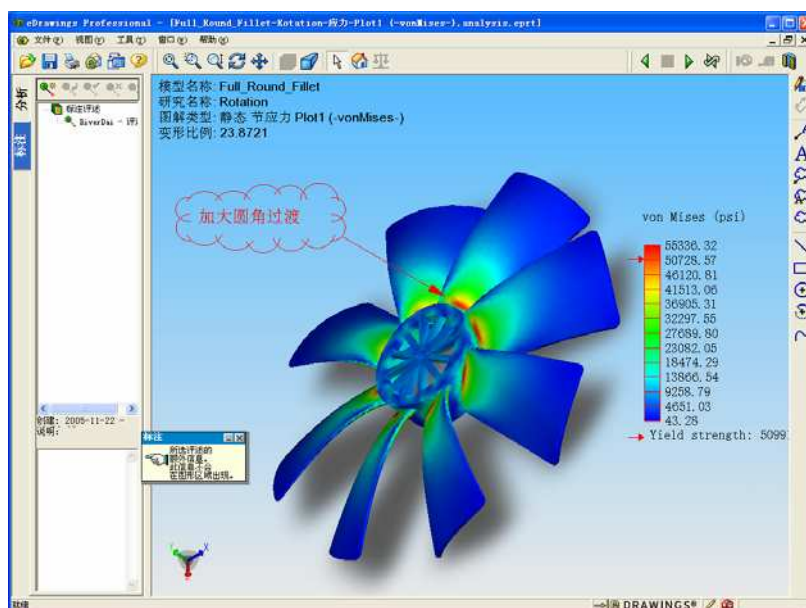


图4

用户可以通过工具（例如 SolidWorks eDrawings）与设计小组的其他成员交流分析结果。不过，近些年来，在概念设计中使用设计分析的优势变得非常明显。设计工程师在针对目前先进的集成分析系统接受适当的培训后，可以具有比分析人员更好的优势。他们可以在设计迭代过程中利用分析结果来修改实体模型。由于设计工程师直接参与对自己的设计的分析，因此整个周期大为缩短，并且可以确保在设计过程中根据分析结果立即对设计进行修改。设计分析技术以多种方法打破了传统工程部门之间的界线。绘制草图、设计和分析产品。设计在传统上是由不同人员执行的独立任务，而功能强大、易于使用、价格适中的 CAD 和设计分析软件使所有工程部门之间能够更紧密地进行协作。分析人员可以继续发挥重要作用，他们可以着手进行更高级、更耗时的分析工作。

评估设计分析软件

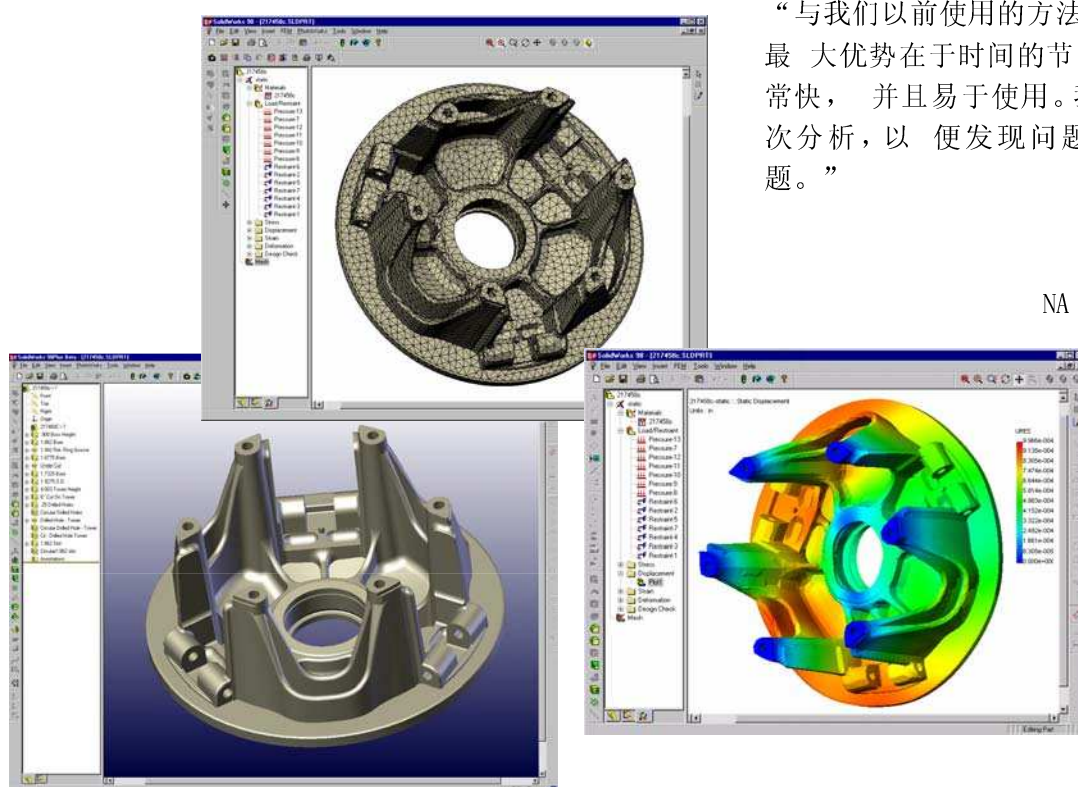
市场上有许多不同的设计分析程序。制造企业应如何评估并选择最合适的分析软件包作为自己的设计工具

呢？在设计流程中实施哪一种设计分析软件包可以获得最大的投资回报率？评估和选择设计分析软件时，需要考虑若干重要因素：

设计分析软件包应该与 CAD 系统集成。虽然 CAD 和分析软件包之间可以通过中间文件格式（例如 GES 或 STEP）交换信息，但这种方法十分耗时、不可预测、容易发生错误，并且不能提供 CAD 和分析模型之间的双向相关性。在两者之间建立直接接口是最佳的选择。仅当 CAD 软件是基于特征的、参数化的、完全关联的实体建模工具时，集成设计分析软件包才能发挥良好的作用。利用这些类型的 CAD 系统，设计工程师可以暂时隐藏不重要的几何特征（而不是永久删除它们），并可以利用 CAD 模型的参数特性轻松地比较不同的设计配置。在真正集成的系统中，CAD 软件成为分析应用程序的主程序。这样，不但可以进行快速的设计分析迭代，同时可以大大缩短培训时间，因为所有几何体功能都在熟悉的 CAD 软件包中执行（一般来说，这是设计分析中最耗时的部分）

设计分析软件应该易于使用，同时应该允许用户介入。集成设计分析软件应该为用户提供控制网格化、单元类型和顺序、理想化方案和所需求解方法的功能。虽然在大多数情况下用户可以接受高级设计分析软件提供的默认选择，但用户还是应该能够在需要或者想要介入时控制具体的分析任务。

设计分析软件应该提供优秀的自动网格生成工具和快速求解工具。有限单元网格的质量是产生精确分析结果的基础，而快速求解工具则是及时生成分析结果的重要因素。兼备优秀的自动网格生成工具和快速的求解工具，可以减少甚至消除在生成网格前的几何体准备工作的需求即使大型的 CAD 模型都可以使用快速自动网格生成工具和快速求解工具来生成网格和求解。



“与我们以前使用的方法相比，COSMOS 的最大优势在于时间的节约。它的速度非常快，并且易于使用。我们能够运行20次分析，以便发现问题所在并解决问题。”

Fanuc Robotics
NA 高级工程师 Don
Bartlett

图5

设计分析软件应该能够执行大多数常见类型的分析。分析系统应该具有多强大的功能？工程师有时候会尝试选择一个能够处理所有可能的分析类型的分析软件包。这样，无论将来需要何种功能，都能够满足。

如果使用者是接受过良好培训的分析人员，高端分析软件包可以发挥很好的作用，但在产品开发过程中与CAD 结合使用时，高端分析软件包的效果较差。制造商更愿意寻找最有可能解决他们的绝大多数需求的软件包，而不愿意选择功能最强大的分析软件。

在大多数设计分析并行过程中执行的分析类型包括：

- 线性应力分析
- 接触应力分析
- 频率模型分析
- 稳态热力分析
- 失稳分析

集成设计分析系统应该支持这些类型的分析，并且能够让用户选择在以后添加更高级的分析功能。例如，如果偶尔某个项目要求更高级类型的分析（例如非线性分析或动态分析）但该分析过于复杂，设计工程师无法实现设计过程，在这种情况下，就需要更高级类型的分析功能。安排经过良好培训的分析人员来处理复杂分析是非常明智的。要求进行更高级的分析时，集成设计分析软件包能够帮助设计工程师和分析人员实现相互之间的数据交换，而不需要重建或转换模型。因此，在理论上，集成设计分析软件包可以作为大规模分析工作的一部分。

设计分析软件还应该集成用于将设计意图传达给产品开发部门中的其他成员的工具。分析软件包还应该提供能够有效地、简洁明了地呈现结果的工具。自动生成报告和结果的功能使任何人都无须使用分析软件，在标准的办公环境软件中即可查看分析结果。结果文件应该以标准图形格式创建，例如.html（Internet 图形）和.avi（动画）。用户应该能够访问和使用分析专门技术和资源。设计分析软件包是否提供了独立于软件供应商的在线帮助系统、电话技术支持以及用户组和顾问的访问？评估和选择设计分析系统的最后一项考虑因素是成本。设计分析软件不应该过于昂贵，无论是许可证成本、实施成本，还是培训成本。但是，价格不应成为唯一的考虑因素。在许多情况下，购买不合适的软件花费的成本远远超过了在购买价格上节约的成本。同时，还应该考虑预期的投资回报率。

价格稍微贵一些的软件包在使用中所实现的成本节约收益，很有可能远远超出在采购价格上节约的成本。

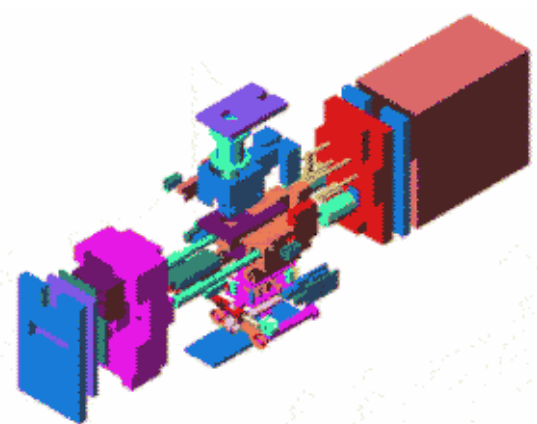


图6

SANDIA National Laboratories

（山迪亚国家实验室）以前使用某个竞争对手的分析产品时，花费了五个月的时间但只实现了90%的目标。转而使用COSMOS软件后，SANDIA National Laboratories能够在一周内完成对一个由306个零件组成的极其复杂的实体模型的分析。

概括来说，评估和选择设计分析系统时，应考虑以下因素：

CAD 系统应该：

- 是基于特征的、参数化的、完全关联的实体建模工具
- 能够创建所有几何体以执行CAD 和分析功能
- 能够在设计和分析模型之间切换，同时保持几何体的链

设计分析软件包应该：

- 与基于特征的、参数化的、完全关联的实体建模工具相集成
- 能够最大限度地减少具体分析任务中用户介入的需求，但必须为用户提供在必要时控制分任务的工具
- 集成高级网格生成工具和快速求解工具选项
- 能够处理所有常见类型的分析，例如静态、频率、失稳、接触和热力
- 能够进行扩展，以便与分析人员使用的高端分析软件包相结合
- 集成用于将设计意图传达给产品开发部门中的其他成员的工具
- 能够提供良好的用户支持

-价格合理 将主流分析集成到设计周期中是制造商迈出的重要一步。许多公司已经完成了这一转变，并在实施过程中获得了业务、工程和生产效率方面的收益。