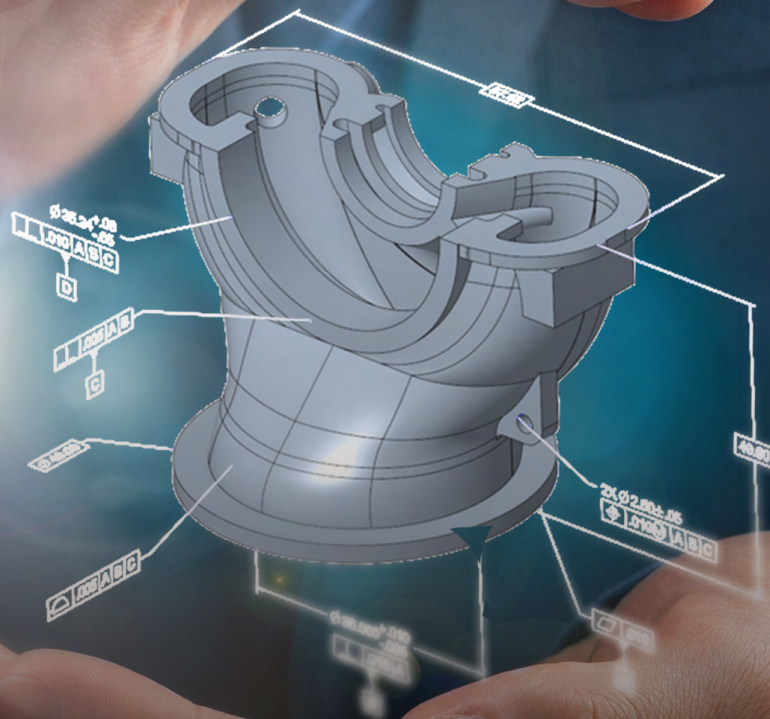




基于模型的定义 (MBD)

利用更高效的流程获得竞争优势

目录

利用 MBD 提升流程效率.....	3
什么是 MBD?	4
优势：加快设计-制造-检查周期	5
不实施 MBD 的风险	6
开始使用 MBD：资源	7
技术资料包 (TDP).....	8
从 MBD 发展到基于模型的企业 (MBE).....	9
Creo 为您的 MBD 解决方案带来的优势.....	10
开始在 Creo 中使用 MBD	12
简化的 MBD 成熟度矩阵.....	13
通过 Creo 持续创新.....	13
备用 MBD 指标.....	14
立即免费试用 Creo!	15



利用 MBD 提升流程效率

通过在产品开发流程中利用基于模型的定义（简称 MBD）的强大功能，您的组织可以实现巨大的优势。MBD 使用 3D 计算机辅助设计 (CAD) 模型作为设计、生产和质量的主要信息来源。

MBD 通过加快工程-制造-检查周期和消除错误，提高了产品质量，降低了成本，缩短了产品上市时间。这就是在产品开发领域出现 MBD 持续增长趋势的原因。亚马逊创始人杰夫·贝索斯（Jeff Bezos）在致股东的一封信中分享了他对强大趋势的看法：“如果对抗趋势，可能就是在对抗未来。拥抱它们，就会一帆风顺。”

人们对 MBD 有很多误解。有些人认为这意味着不需要绘图。其实不然；作为 MBD 的一部分，仍然可以生成绘图。事实上，MBD 使绘图创建流程变得更加轻松。有些人认为，不能与外部供应商一起使用 MBD，因为“绘图属于合

同”。MBD 可确保您获得的产品与订单一致。有些人认为 MBD 太过新颖，不适合采用，或者只是一种时尚。MBD 并非新事物。自 20 世纪 90 年代以来，它就一直存在。它已通过 ANSI、ISO 和美國政府的验证。这是一种经过考验的流程。有些人认为，必须重新组建组织才能实现 MBD 的优势。其实不然。您可以在单个开发项目中开始试点使用 MBD 技术，并在开发时间、成本和质量方面获得近乎立竿见影的效果。

如果所在市场的其他产品开发组织利用了 MBD 的好处，他们就会获得竞争优势。您是否愿意冒着效率降低的风险，而不去研究这些工具如何改变您的方法并实现现代化？

本电子书将解释什么是 MBD、它的优势、如何开始使用 MBD、技术资料包以及组织如何才能发展成为基于模型的企业 (MBE)。您还将了解 Creo 如何为 MBD 提供一个同时包含原生工具和高级工具的完整解决方案。让我们开始吧！

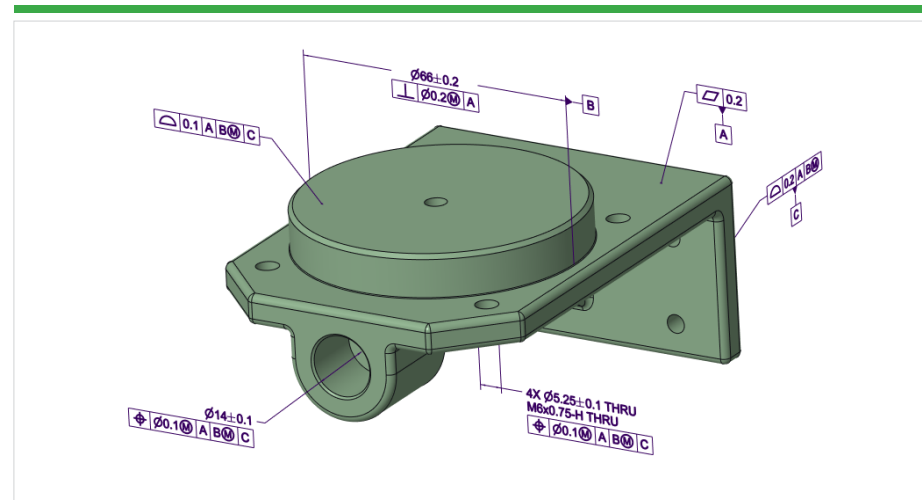
为了帮助人们消除对 MBD 到底是什么的困惑或不确定性，让我们解释一下这个概念。根据 ASME Y14.47《模型组织实践》，MBD 是指：

一种注释模型及相关的数据库，以一种无需绘图即可有效运用的方式来定义产品。

如果一家公司主要使用 2D 绘图作为信息捕获和共享机制，那么他们就是以绘图为中心的。如果一家公司使用 MBD 作为主要机制，那么他们就是以模型为中心的。

绘图和 MBD 模型都能捕获我们所谓的产品和制造信息 (PMI)。这些是制造和检查实体零备件和产品以确保其满足要求所必需的细节。PMI 包括:

- 尺寸
- 几何公差
- 基准特征符号
- 基准目标
- 注解
- 符号
- 表面粗糙度
- 表格



准确的 3D 几何和注释是 MBD 的基础。

“MBD 信息是数字化的，人和机器均可访问，因此制造、质量检查和其他下游供应商均可轻松使用。这有助于实现流程自动化，节省时间，降低成本并消除人为错误。”



– Michael Fridman
产品经理
PTC

优势：加快设计-制造-检查周期

高效创建可交付结果

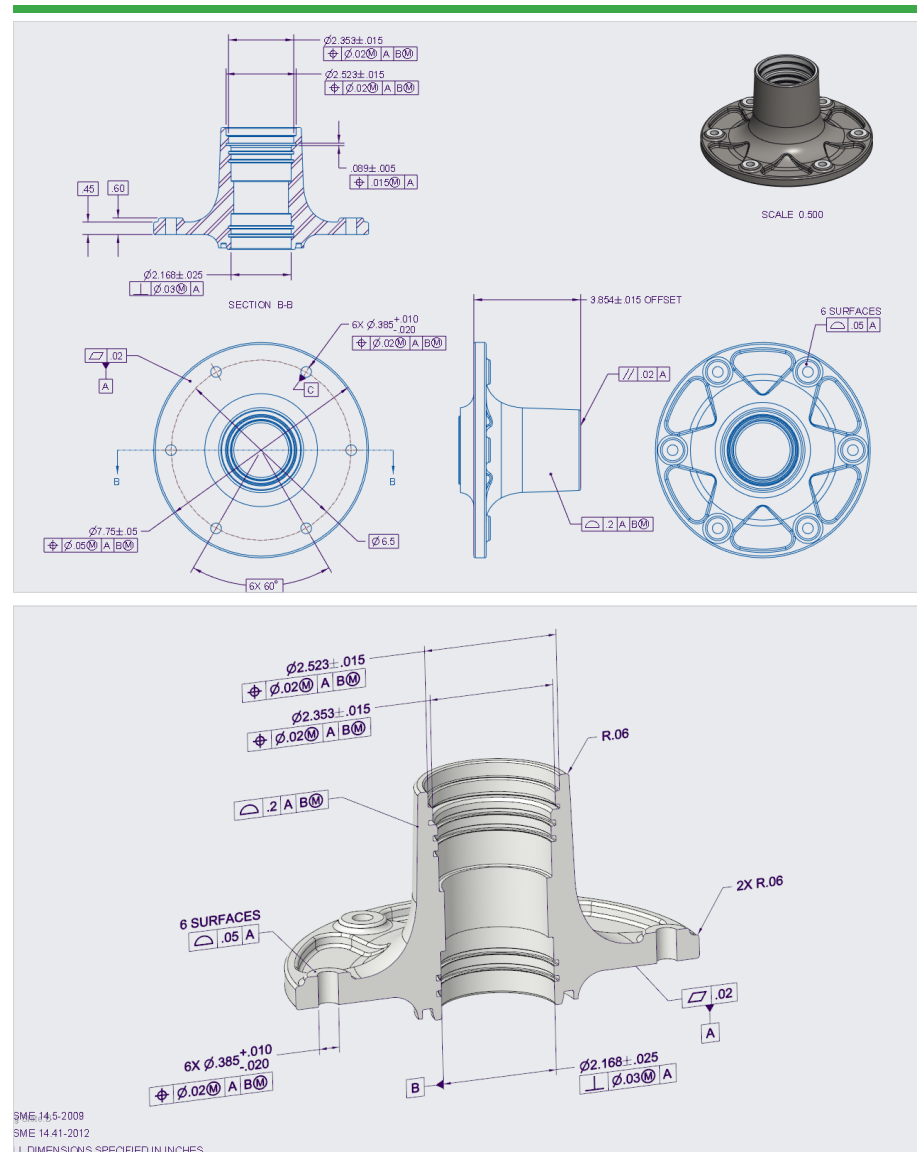
有了 MBD，企业就可以选择不创建 2D 绘图作为可交付结果。创建 2D 绘图的过程既耗时又乏味。工程师创建 3D 模型后，必须创建新的绘图对象，将视图置于页面上，然后用尺寸和其他 PMI（通常已存在于模型中）对绘图进行详细设计。

还必须对传统绘图进行检查，以确保其符合 ANSI 和 ISO 标准的众多要求。此外，公司可能会因为使用 2D 绘图而产生大量开销，包括维护绘图格式和管理额外的数据集。

由于模型已经包含了产品的预期几何形状，因此 MBD 团队也可以选择遵循最简尺寸做法，而不是完整尺寸的绘图。在传统的 2D 工作流和标准中，绘图必须包含制造和检查产品所需的所有尺寸。有了 MBD，工程师和设计者只需包含关键尺寸和公差，既可节省时间又能提高清晰度。

语义参考

通过 MBD 提高效率的关键之一是语义参考。许多类型的 PMI 专门针对零备件几何形状的特定区域，如曲面、边缘和孔。



经注释的 3D 模型可以消除 2D 绘图的解释问题。

示例包括：

- 尺寸可以指定从一个曲面到另一个曲面的距离。
- 几何公差（如曲面轮廓）可定义与所需形状的允许偏差。
- 表面粗糙度符号可指定零备件的允许粗糙度。

MBD 中使用的各种 3D 注释可包含与之相关的几何形状。这些信息称为语义参考。

设计者、审阅者和制造工程师可以查询语义参考，这样当他们选择 3D 注释时，相关的几何形状就会突出显示，反之亦然。需要验证某些质量方面的检查工程师可以突出显示相应的模型元素，并直观地了解应检查的内容。

制造和检查设备（如数控铣床、车床和坐标测量机 (CMM)）也能理解、读取和测量相关的几何参考。语义参考赋予了信息从工程团队向下游供应链流程高效流动的能力。这就是公司实现 MBD 价值的方式。

不实施 MBD 的风险

如果不使用 MBD 会怎样？如果仍然以绘图为中心会发生什么？会有不良影响吗？要回答这个问题，可以考虑执行“现场走动管理 (Gemba Walk)”来检查自己的流程。（现场走动管理是对现有流程进行逐步审查，并与员工交谈，以了解组织的实际运营情况，而不是依赖于对运营情况的假设）。

如果不使用 MBD，您可能正在使用以下方法之一执行制造和供应链操作：

- 如果在内部制造组件，团队很可能依赖单独的 CAD 模型和绘图来配置 CNC 刀具路径、模架、增材制造或其他流程。
- 如果利用外部制造，可能会提供绘图的 PDF 文件和模型的 STEP 文件。
- 在某些情况下，您只向外部供应商提供绘图的 PDF 文件。他们很可能会完全重建您的模型，以执行制造和检查。这种情况在海外制造中尤为常见。

在所有这些情况下，人们都在使用 MBD 自动提供的信息手动配置制造和检查机器。2D 绘图/PDF 很快就会过时。对 2D 绘图的修改（尤其是勾销）不会自动更新到 3D 模型中，进而可能导致质量低下和浪费。

所有这些方法都会浪费时间，并在流程中引入不必要的错误，进而浪费材料、金钱，甚至更多时间。如果有更可靠的方法，您还愿意继续采用容易出错的流程吗？

开始使用 MBD：资源

MBD 已经存在几十年了，因此对于刚开始使用的组织来说，有很多资源可用。以下是一些行业标准，可确保您符合正确实践。

通常情况下，公司不希望向外部供应商发送包含 MBD 的原始 CAD 模型。为了保护知识产权，他们可能将原始 CAD 文件导出为支持 MBD 的 CAD 中性格式，如 STEP AP242。

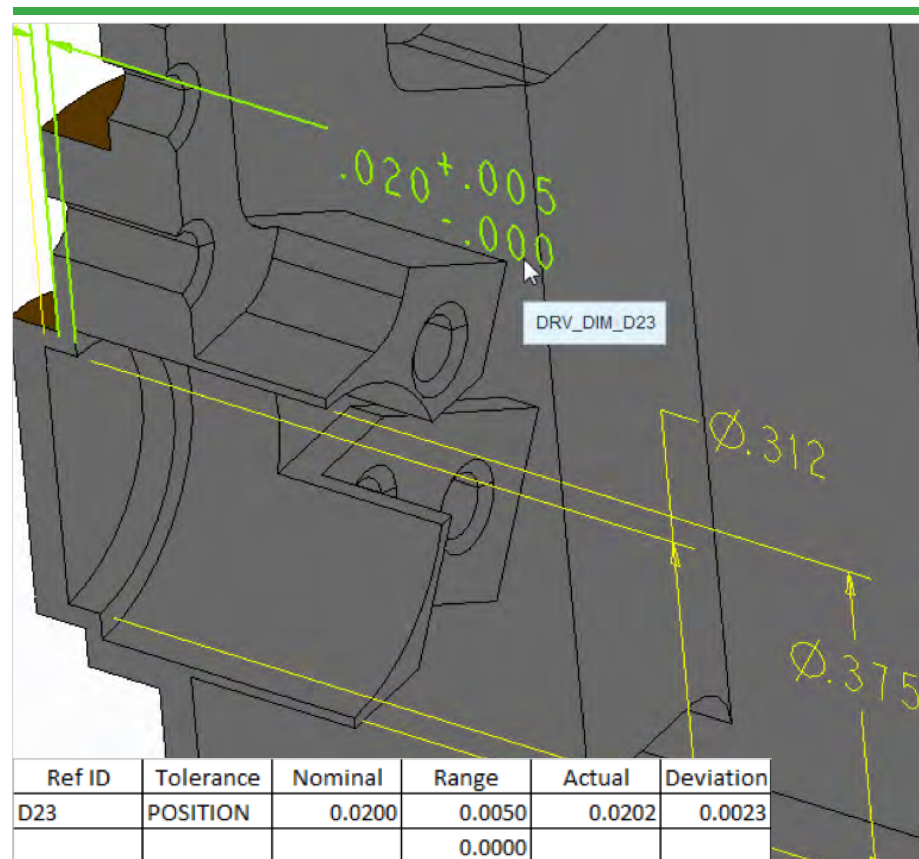
ASME Y14.41：数字化产品定义数据实践规定了为 MBD 准备和修改数据集的要求。该标准可视为“美国”版本。

ISO 16792：技术产品文档。由国际标准化组织发布，可视为国际版本。

MIL-STD-31000：美国政府很早就认识到了 MBD 的优势，从 2009 年开始允许在技术资料包中使用 3D 模型。附录 B 中的 CAD 图像就是在 Creo 中创建的。该军事标准可从多个网站免费获取。

NIST：美国国家标准与技术研究院通过其 MBE PMI 验证和一致性测试项目，为多个 MBD 实施测试案例免费提供了 CAD 模型和 STEP 文件。

PTC 也在此为希望开始使用 MBD 的公司提供了更多资源。



含尺寸验证表结果的 MBE 尺寸模型。

技术资料包 (TDP)

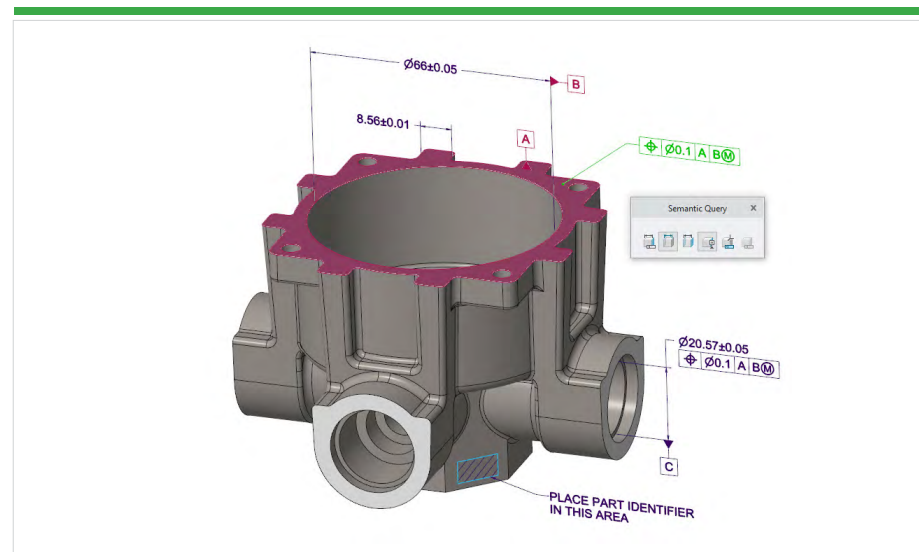
技术资料包 (TDP) 是定义产品的文件集合。它还支持制造、供应链、质量和物流支持活动。技术资料包的一个核心元素是一个或多个 3D 模型，其中包含支持制备和检查所需的产品和制造信息 (PMI)。

TDP 的概念早于 MBD 出现。美国政府早在 1971 年就制定了 TDP 的军事规范。但在 2013 年，美国国防部将 MBD 规定为技术资料包的一项要求。

除了经注释的 3D 模型外，TDP 还可以包含以下电子文件：

- 2D 绘图的 PDF 文件 (MBD 并不意味着“无绘图”)
- 物料清单 (BOM)
- 要求和规格
- 电子和电缆原理图
- 软件文档
- 首件检查 (FAI) 表和其他质量文档

TDP 还可以包含任何其他对贵组织有益的文件，例如与制造流程规划、维护、修理和大修 (MRO) 以及综合保障 (ILS) 相关的文件。TDP 已成为工程定义一个综合的、易于沟通的单一数据来源。



嵌入在 3D MBD 模型之中的语义 PMI。

产品 MBD/ 质量的好坏系于嵌入在 3D MBD 模型之中的 PMI (产品制造信息)。我们的 MBE 愿景是，实现可信赖的产品模型，设法在整个企业内满怀信心地重复使用这些模型。”



– Curtis Brown,
Honeywell FM&T 首席机械工程师

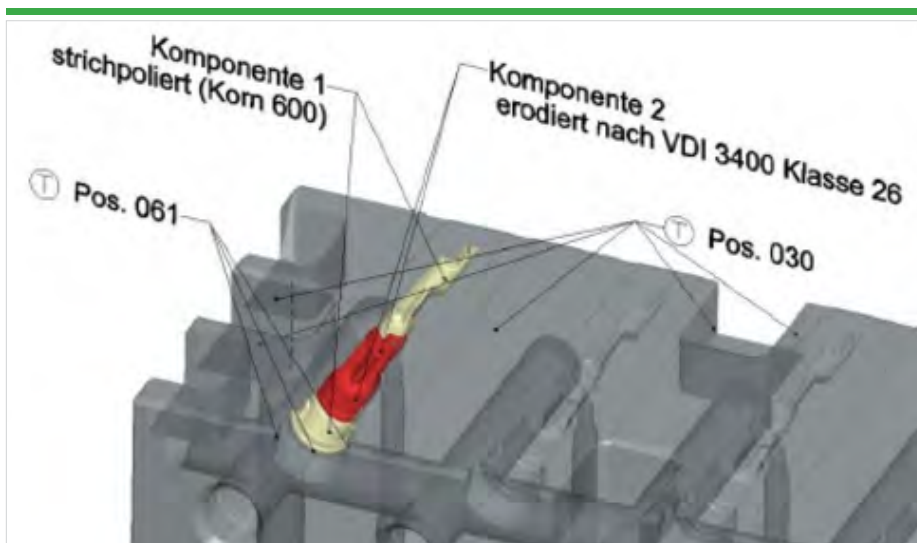
从 MBD 发展到基于模型的企业 (MBE)

如果您听说过 MBD，您可能也听说过另一个术语：MBE，即基于模型的企业。ASME Y14.47 将 MBE 定义为一个出于产品调试、运行、服务和下架的目的而使用基于模型的定义的组织。

它使公司能够实现：

- 更高的流程效率
- 降低成本
- 缩短产品上市时间

MBE 使公司能够实现其产品的数字主线 - 在整个产品生命周期和整个组织中实现工程数据集、其衍生品、生产说明和服务信息的已知配置。



复杂塑料件中的分割线。

美国国防部 (DOD) 工程绘图建模工作组开发了一个能力矩阵，产品开发组织可利用该矩阵评估其 MBE 旅程：

- 第 0 级：以绘图为中心
- 第 1 级：转为以模型为中心，使用中性文件进行制造
- 第 2 级：在制造中使用原生 CAD 模型
- 第 3 级：现在是一个 MBD 组织，使用经注释的模型和轻量化可视项作为可交付结果
- 第 4 级：制造完全集成到流程中
- 第 5 级：随着企业内部整合，您被视为 MBE
- 第 6 级：您的制造、企业内部和企业外部（供应链和客户）实现了整合。您的可交付结果是可通过网络访问的 TDP

从以绘图为中心的组织转变为 MBD 组织，再转变为 MBE，其中涉及到很多因素。认识到 MBE 是一段旅程，而不是终点，会有所帮助。但就像所有伟大的旅程一样，收获是值得的。实现 MBE 可以优化和简化您的核心流程，使您能够大幅提高效率 and 利润。

“我是 MBD 的超级粉丝。MBD 已经不再是炒作，它现在正如日中天，没错，它面临一些障碍，但我们可以克服，这些障碍并不是绊脚石。我们成功地开展了一些测试和试验，并且用文档记录了正面的业务成果和效益。”



– Stephan Prosser, P&G PLM 专家

Creo 为您的 MBD 解决方案带来的优势

虽然大多数主要 CAD 软件包都以某种形式支持 MBD，但许多其他平台需要额外的许可和费用才能为 MBD 创建 3D 注释或导入和导出为标准 STEP AP242 格式。

多年来，Creo 的每个基本许可证都支持 MBD，包括：

- 将模型尺寸自动转换为 3D 注释
- 创建附加的手动、参考和纵坐标尺寸
- 显示内置于所有模型尺寸中的线性和角度公差
- 创建附加 PMI，如几何公差、基准特征符号、基准目标、注解、符号和表面粗糙度
- 在 2D 绘图中将 3D 模型注释显示为细节
- 导入和导出 STEP AP242（以及 AP203 和 AP214 等旧 MBD 格式）
- 语义查询工具，可突出显示 3D 注释的几何参考，反之亦然

“MBD 涉及设计意图的形成、审阅和分析，而 MBE 涉及信息的使用。坚持走 MBD 道路的主要驱动因素是质量成本。我们的试点项目取得了成功，前景十分广阔。”



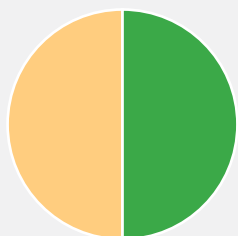
– Chris McKee, Honeywell Aerospace 高级工程支持专家

在考虑 MBD 实施平台时，请询问供应商在创建、导入或导出 MBD 模型时需要哪些额外的许可证。

GD&T Advisor 和 GD&T Advisor Advanced 扩展包

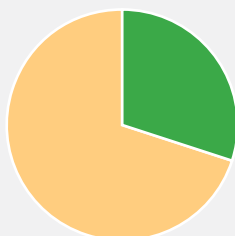
许多设计者和工程师在将几何尺寸和公差标注 (GD&T) 应用到他们的模型时都会遇到困难。这就是 PTC 与 Sigmetrix 合作提供 Creo GD&T Advisor 的原因。该工具可提供专家指导，确保您按照 ASME Y14.5 或 ISO 1101 及其相关标准正确应用 GD&T。GD&T Advisor 可以将应用 GD&T 所需的时间和鼠标点击次数减少达 75%。

优势



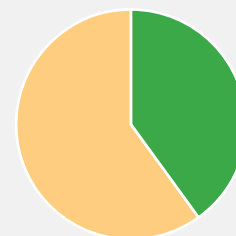
50%

减少原型构建数量



30%

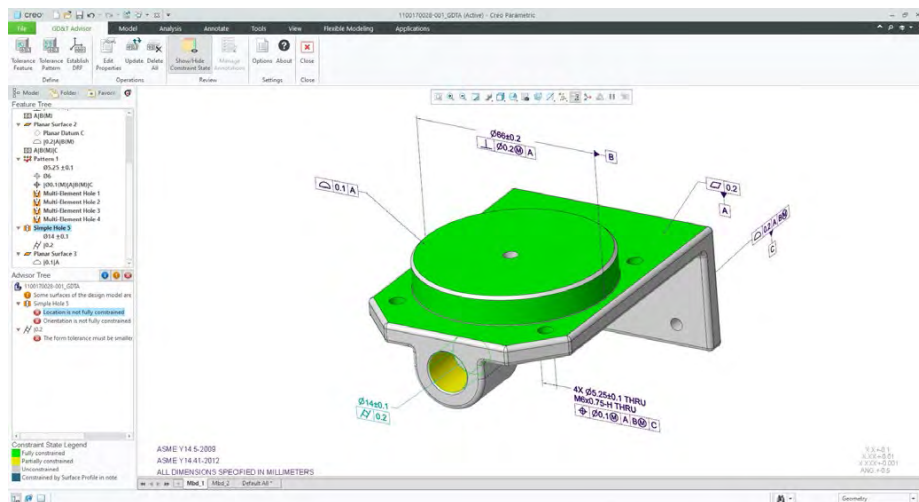
通过使用 3D 模型
减少不符



40%

减少因绘图不准确造成的
不符

资料来源：Aberdeen

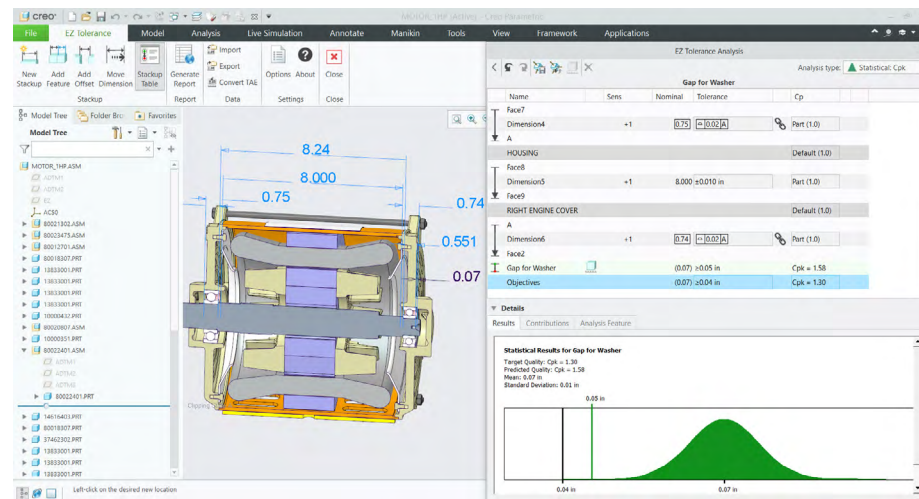


信息丰富的指导性消息指导和培养用户。

GD&T Advisor 可帮助用户创建功能和语法正确的 GD&T。它还能直观地显示语法错误和约束不足的几何形状。直观的帮助信息可指导用户解决与尺寸、几何公差、数值、基准、基准参考框架等相关的错误。它还能帮您管理语义参考，尤其是对于阵列或堆叠的注释，否则您就需要枯燥地收集许多曲面。这些注释可在制作绘图、公差分析等中重用。

EZ Tolerance Analysis

EZ Tolerance Analysis 与 Creo 无缝集成，简化了公差评估，节省了时间，提高了 workflows 效率。通过将公差信息直接嵌入 3D CAD 模型，它支持以模型为中心的产品开发方法，无需传统的 2D 绘图。这使有关各方能够访问更新的公差数据，便于及早发现问题并降低返工风险。



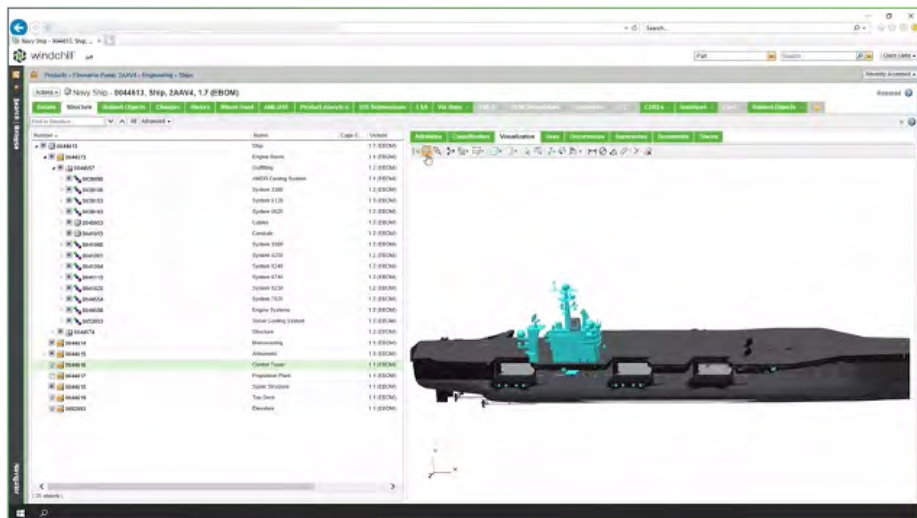
用户可以提高设计精度，简化设计。

此外，EZ Tolerance Analysis 还能自动进行公差评估，确保符合行业标准并提高产品质量。设计和制造团队之间的无缝数据交换简化了 workflow，加强了协作，缩短了产品上市时间。

Windchill

CAD 模型中的 3D 注释可发布在为 PTC 的产品生命周期管理 (PLM) 解决方案 Windchill 生成的可视项中。这样，整个企业甚至外部供应链的用户都可以访问 MBD。

在 Creo 中，您还可以将 MBD 3D 注释及其参数指定为控制特征。在 Windchill 中检查模型时，控制特征将在 PLM 中呈现为业务对象，以支持制造流程规划。这是在整个企业中充分利用工程信息的另一种方式。



可在 Windchill 中发布 Creo 中的 3D 注释，供整个企业和供应链访问。

开始在 Creo 中使用 MBD

如果您的工程师和设计者熟悉标准 2D 生产绘图的创建和详细设计，那么他们很快就能熟练掌握 Creo 中的 MBD。他们只需学习几个新概念：

注释平面定义模型中 3D 注释的方向。它们可以平放在屏幕上，也可以放在相对于模型的预定义平面上（正面、背面、顶部、底部、左侧或右侧），还可以放在模型的平整曲面上。

3D 注释是模型的 PMI，其大部分创建方式与 2D 绘图中相同。3D 注释包括：

- 线性和纵坐标尺寸
- 基准特征符号 (DFS)、几何公差和基准目标
- 注解

- 符号
- 表面粗糙度
- 表格（在 Creo 11 中添加）

组合状态。2D 绘图通常在多个页面上显示多个视图，以减少杂乱并保持所有信息井然有序。在 3D 模型中，我们可以使用“组合状态”来组织 3D 注释，使其清晰易读并符合逻辑。

为了控制零备件和装配件的显示，“组合状态”还包含以下有用的元素：

- 简化的表示法，用于控制装配件中哪些组件可见。
- 横截面，用于查看零备件内部。
- 分解状态，用于显示装配件中的组件如何组合在一起。
- 外观状态，用于显示零备件的不同颜色和纹理。这对解释制备或装配步骤很有帮助。
- 样式状态，用于以线框、隐藏线、无隐藏线、着色或透明形式显示各种组件。为不同的组件配置不同的样式可以为用户增强可视化效果。
- 层状态，用于控制 3D 模型中不同元素的可见性，以便更集中地查看模型组件。
- 方向状态，用于定义模型的特定视图，捕捉模型在特定状态下的方向，这对下游流程非常有用。

可在很短的时间内将这三个简单的概念传授给设计者和工程师。您可以通过 Creo 快速上手使用 MBD。

简化的 MBD 成熟度矩阵

以绘图为中心	以模型为中心	基于模型的定义	基于模型的企业
成熟度 0	成熟度 1	成熟度 2	成熟度 3
2D 绘图为主	2D 绘图为主	3D 模型为主	满载的 3D 模型为主
3D 模型未经验证 3D 模型未受配置控制 2D 绘图为主 2D 绘图对于内部及外部客户来说是主要可交付结果	3D 模型经过验证 3D 模型可以受配置控制 2D 绘图继续作为权威	- 在 3D 注释模型中捕获设计意图 3D 模型经过验证并且受配置控制 - 这些 3D 模型生成的技术数据包 (TDP) 用于有限的下游使用	- 具有关联工件的满载 3D 模型来完整地定义产品 - 配置管理、“富” TDP 的自动创建、归档程序准备就绪 - 富 TDP 直接供所有下游用户使用

通过 Creo 持续创新

每发布一个新版本，PTC 都会增强 Creo 的 MBD 功能。更新版本的一些主要增强功能包括：

表格：从 Creo 11 开始，可在 MBD 中使用表格。可以使用 Creo 表格文件手动创建表格，也可以从 Excel 中导入。表格可以与屏幕齐平放置或放置在注释平面（模型表面）上。

常规轮廓公差：绘图中通常包含一个标准注解，用于指定一个曲面轮廓公差，该公差适用于所有未明确定义轮廓公差的曲面。通过 MBD 中的 GD&T Advisor，您可以定义常规轮廓公差 (GPT)，Creo 将自动收集其所有语义参考。这大大节省了时间，因为设计工程师可以跳过繁琐的数据输入过程，专注于对性能、质量和安全至关重要的几何特征。

标准合规性：Creo 的每个版本都更加符合不断变化的国际绘图标准，包括：

- 根据 ISO 1101:2012、ISO 1101:2017、ASME Y14.5-2009 和 ASME Y14.5-2018 进行语法检查
- 支持 ISO 22081 的常规公差
- 符合 ISO 1101:2017 直线度和线轮廓度几何特征符号要求
- ISO 13715:2017 边缘指示符号和 ISO 21204:2020 过渡符号

符号：简化了放置和编辑符号的工作流，包括更简便的自定义和即时预览。用户还可以将注释与符号和表面粗糙度相关联，将它们作为一组进行处理。

表面粗糙度：提供了符合 ASME Y14.36-2018、ISO 21920:2021 和 ISO 25178:2016 的新图库，以及用于放置和编辑表面粗糙度的更新界面和更简单的工作流，包括针对所有选项和可变文本的单一面板。

焊缝：为焊缝特征自动创建带有语义参考的符号。

GD&T Advisor Advanced：除零备件外，该扩展包现在还支持装配件。该许可证允许用户在 Creo 环境中验证在 GD&T Advisor 之外创建的任何现有 PMI 注释。

PTC 在 Creo 的每个版本中都提供了改进，不断完善和简化 MBD 的实施，以满足希望实现产品开发流程和工作流现代化的公司的需求。您的企业会从这些增强功能中受益吗？

备用 MBD 指标

MBE 的优势：

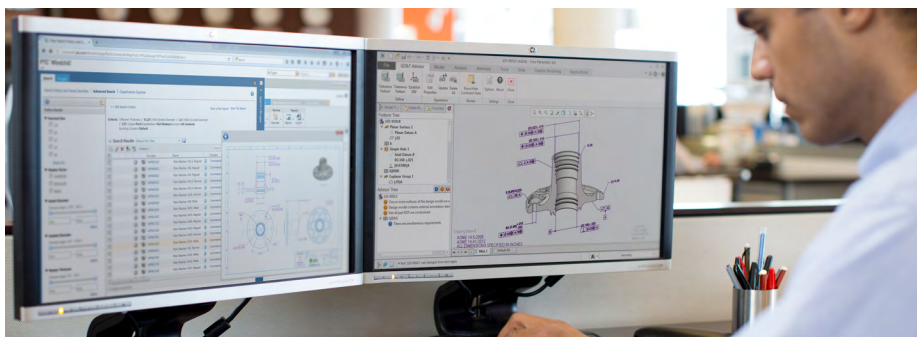
- Jabil 的项目数量增加了 400%
- Vaillant 的首次通过率提高了 53%
- MBDA Missile Systems 的产品开发速度提高了 42%
- Nidec 的低质量成本 (CPQ) 降低了 40%
- Volkswagen 的工业化时间缩短了 25%

资料来源：PLM L200 用例技术销售演示_基于模型的企业（Power Point 演示）

立即免费试用 Creo!

试用 Creo，了解它如何使您的组织受益。通过免费试用 Creo，您不仅可以执行参数化建模和 MBD，还可以执行直接建模、高级自由成型和细分曲面建模、机构、仿真、图片渲染、增强现实等。试用版附带学习资源和嵌入式教程，帮助您快速上手。

立即开始免费试用! >



作者简介

Dave Martin 是一位 Creo、Windchill 和 PTC Mathcad 讲师兼顾问。他曾在亚马逊和 Blue Origin 等多家公司实施或使用 MBD。他运营着 YouTube Creo Parametric 频道，在其中发表了一千多个关于 CAD 和 PLM 的视频。Dave 著有《Creo Parametric 中自上而下的设计》、《Creo Parametric 中的设计意图》和《配置 Creo Parametric》等书籍，这些书籍均可在 amazon.com 上购买。可通过 dmartin@creowindchill.com 联系他。

Creo 的优势

Creo 是一款可帮助您加速产品创新，从而更快打造更优产品的 3D CAD 解决方案。易于学习的 Creo 使用基于模型的方法，让您从产品设计的初始阶段无缝过渡到制造及后续阶段。Creo 将强大、成熟的功能与创成式设计、实时仿真、先进制造、IIoT 和增强现实等新技术相结合，帮助您更快地迭代、降低成本和提高产品质量。Creo 还拥有 SaaS 产品形式，提供了创新的基于云的实时协作工具，以及简化的许可证管理和部署。产品开发领域瞬息万变，Creo 提供了建立竞争优势以及赢得市场份额所需的变革性功能。

© 2024, PTC Inc. 保留所有权利。本文所述信息仅供参考，如有更改，恕不另行通知；这些信息不应被视作 PTC 提供的担保、承诺、条件或要约。PTC、PTC 徽标和所有其他 PTC 产品名称及徽标都是 PTC 和/或其子公司在美国和其他国家/地区的商标或注册商标。所有其他产品或公司名称是其各自所有者的财产。

402841_Creo11_MBD_eBook_0524-cn