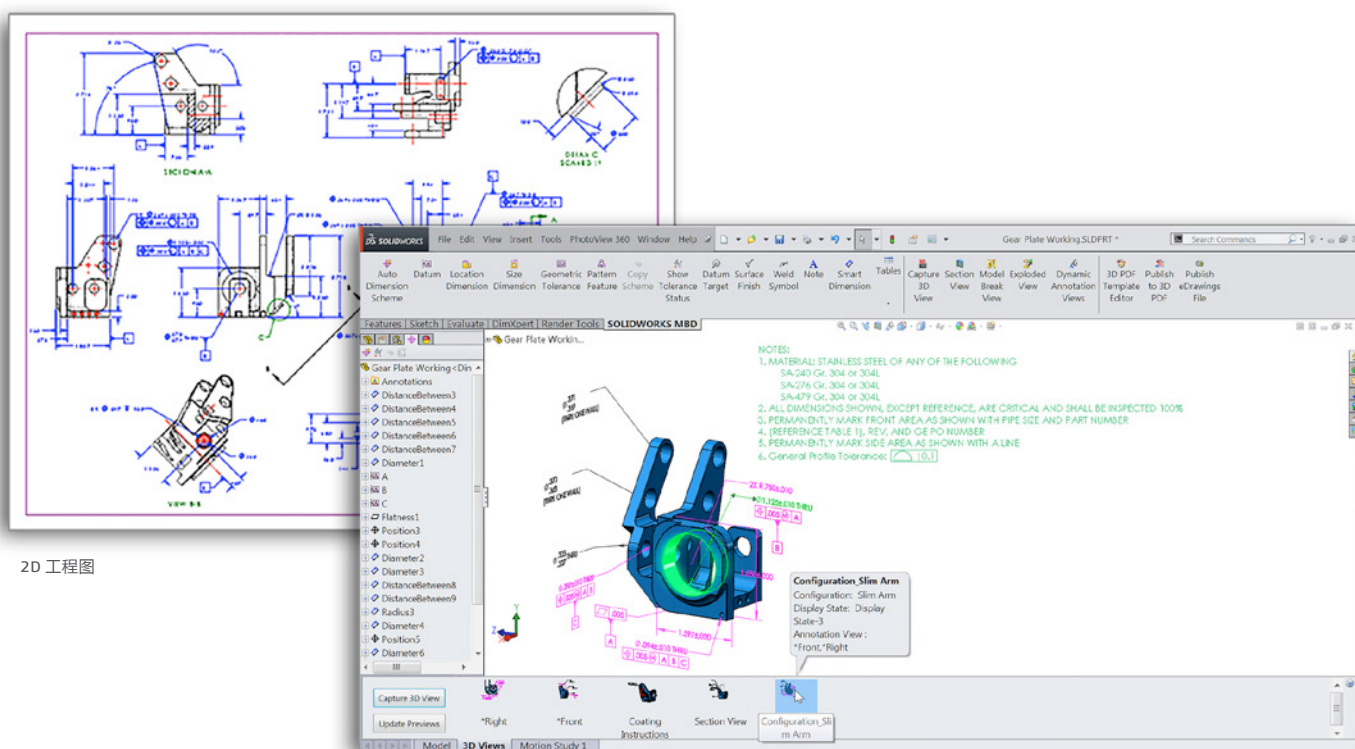


利用基于模型的定义来提高质量、降低成本并增强效率

白皮书



2D 工程图

基于模型的定义

摘要

正如从 2D 设计工具转向 3D CAD 解决方案使产品开发发生了革命性的变化，基于 3D 模型的定义 (MBD) 集成制造技术的出现从根本上实现了生产效率的提高，远远优于使用传统 2D 工程图来驱动制造。MBD 无图纸制造解决方案将 3D 设计的优势拓展到制造当中，包括节省时间和成本（通过改进的、更紧密集成的用于生产的产品和制造信息 (PMI) 交流），以及减少废品/返工、提高准确性和加快产出。SOLIDWORKS® MBD 可以采用更易于理解、信息量更丰富的 3D 数字格式（例如 SOLIDWORKS 零件和装配体、eDrawings 和 3D PDF）来自动生成、组织、自定义和共享生产所需的 PMI 数据，为产品开发和制造生产赋予显著的竞争优势。

基于模型的定义：更高效的无图纸制造方法

当今大多数成功的制造商都已经将产品开发工作从 2D 工具迁移到 3D 设计系统，从而大幅提高了生产效率。3D 技术对设计产生了无可争议的影响，帮助全球公司加快了上市速度、提高了设计的可制造性、避免了不必要的成本，同时推动了更出色的创新。尽管产品开发人员和设计工程师已纷纷采用了 3D 设计并获得了显而易见的好处，但是在将设计发布到内部制造部门或外部生产合作伙伴时，3D CAD 系统的输出仍然有相当一部分变成了 2D 纸质工程图。

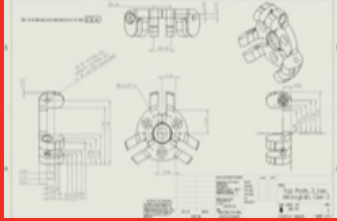
虽然 3D 实体模型更易于理解和直观显示（不需要根据 2D 直线图推测 3D 形状），并且在其文件数据结构中包含了所有必要的产品和制造信息 (PMI)，但是在传达制造所需的全部信息时 2D 工程图仍然是主要手段。尽管 3D 建模加快了产品开发速度，但是继续大范围地使用 2D 工程图来支持生产的现状限制了 3D 技术推动制造发展的可能性。

为什么大多数制造生产中会继续使用 2D 工程图纸呢？因循守旧、抗拒改变固然是一个原因，但是缺乏完整的集成式 3D 无图纸制造解决方案也同样不能忽略。为什么制造商在使用 2D 工程图来支持生产时应该谨慎小心？工程图不能有效地传达所有必要信息（包括基准参考和坐标系、尺寸和公差、材料明细表 (BOM) 和注释、表面粗糙度和焊接技术以及其他各类信息）以制造产品和零部件吗？

答案是就像对产品设计所发挥的作用一样，3D 技术同样能够使制造发生革命性的变化。如果忽略 3D 在制造当中的这一潜力，就像智能手机只用来打电话或网络只用来收发电子邮件一样。MBD 可以更高效、更准确、更经济地将 PMI 集成到 3D 模型中，以帮助传达以往通过 2D 工程图来传达的设计意图，从而发挥 3D 技术在制造方面的潜力。

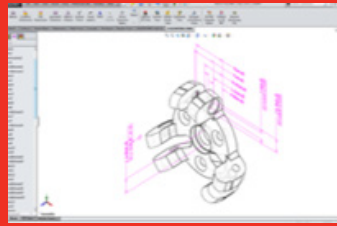
3D 设计工具与数字化查看设备（包括越来越便宜的监视器、笔记本电脑、平板电脑和智能手机）相结合，加上对产品数据管理系统的修订/访问控制，从而真正有机会以更高效的方式利用 3D 模型通过基于模型的定义 (MBD) 来支持制造过程。基于模型的企业 (MBE) 分为以下四个基本阶段：

工程图为中心



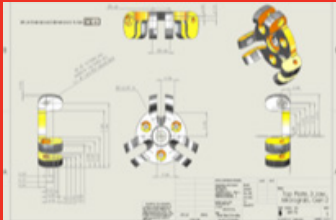
使用 2D 工程图进行设计和制造

MBD



使用 3D 模型进行设计和制造

模型为中心



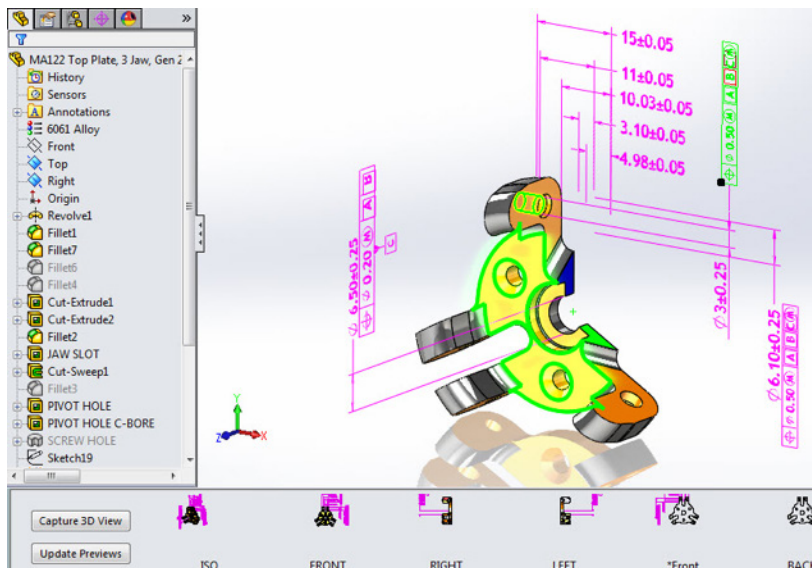
使用 3D 模型进行设计，
但使用 2D 工程图进行制造

MBE



使用 3D 模型进行设计和制造，
同时用于企业内的其他职能

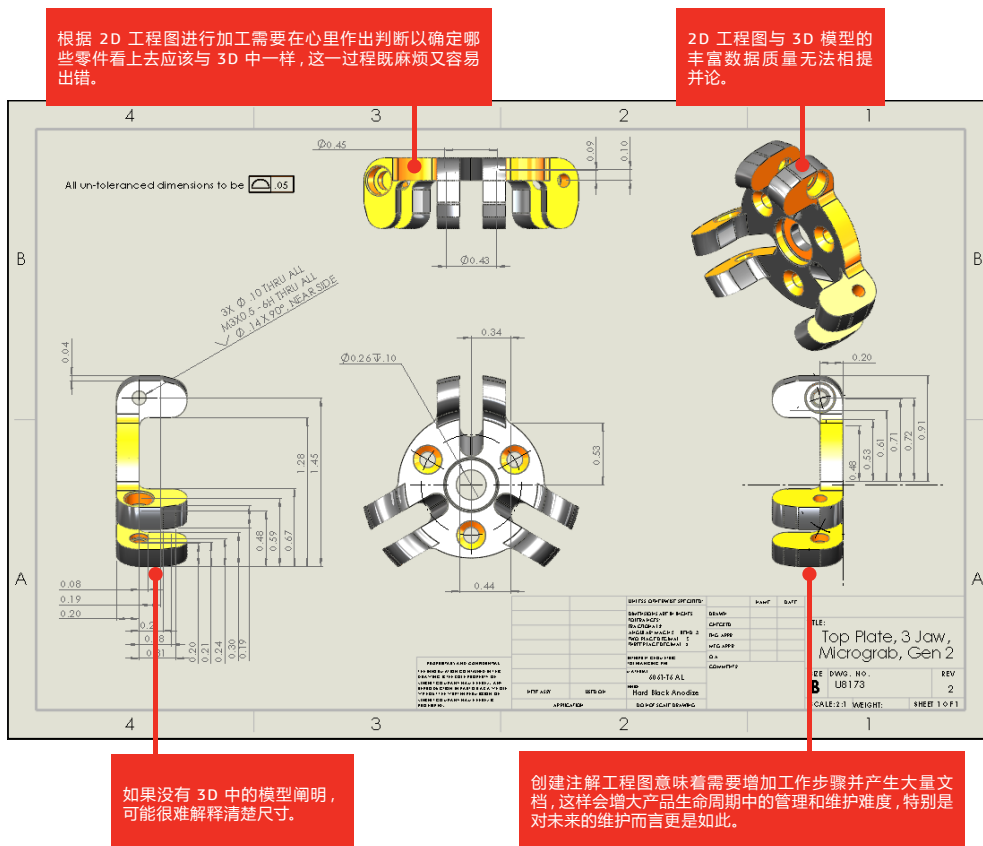
MBD 首先是在航空航天和汽车行业部署（还有本文中介绍的一些有远见的制造商），现在则适用于所有追寻竞争优势的制造业公司。Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 利用其在基于模型的定义解决方案开发方面的领先地位（公司于 1999 年推出了第一款 3D 工程图应用程序 SOLIDWORKS eDrawings，于 2008 年推出了第一款 MBD 尺寸标注工具 DimXpert），于 2015 年发布了第一款完整的集成式无图纸制造解决方案 SOLIDWORKS MBD 软件。



SOLIDWORKS MBD 软件是第一款完整的集成式无图纸制造解决方案，可将 3D 在时间、成本和质量方面的优势带入到生产当中。

2D 制造的不足

为在使用 SOLIDWORKS MBD 软件解决方案转变到无图纸 MBD 驱动制造时充分发挥其潜力，制造商首先必须了解继续维持 2D 工程图现状所存在的局限性。使用纸质 2D 工程图存在多种不利因素，包括加大对时间、资源和成本的需求，还有质量不一致、废品/返工率偏高、不符合新兴行业标准等问题。



2D 工程图生成延长了制造规划的时间

生成 2D 工程图并出详图使制造准备过程增加了冗长的步骤，最终导致上市缓慢。尽管 3D CAD 程序可以自动执行生成 2D 工程图所需完成的某些任务，但是只要设计发生变更或为了方便处理工程变更单 (ECO)，就需要付出额外的时间。在经过多个生产周期之后可能会形成过多的 2D 工程图，其打印、传播、更新和维护也同样需要付出大量时间和人力。简而言之，生成 2D 工程图时需要从 3D 实体模型中抽取并记录 PMI，这一过程很耗时间。

生产 2D 工程图成本较高

根据美国国防部和不同商业供应商进行的研究，在初始生产周期和支持长期产品持续性的过程中，有多达三分之一的工程预算分配给了创建和维护 2D 工程图。这一惊人数字与 2D 工程图所能发挥的作用完全不成比例，更不用说工程图上的所有信息其实在 3D 模型内已经存在。除了创建、细化和更新 2D 工程图所需的人力成本之外，制造企业还需支付大量的印刷、绘图、纸张和存储成本来支持工程图的生成与维护。随后，质量不一致和不必要的废品和返工同样会产生隐性成本。

2D 有可能会造成质量问题

2D 工程图不仅常常难以理解且容易造成误解，还经常会与其相关的 3D 设计不匹配。研究表明，60% 的情况下会出现这种脱节，造成大量下游生产故障、质量不一致和不必要的浪费。尽管每家公司的这一脱节率都各不相同，但是 2D 工程图确实是要求制造商从直观的 3D 中倒退（从 3D 投影到完全细化的 2D 工程图），然后将 2D 展示重建为 3D 以用于生产。这一过程有可能会造成误解或错误，导致出现产品故障、需要在制造当中改造以解决问题，或者造成废品和浪费率上升，这些都会给制造商带来质量问题。

新兴行业标准要求采用 3D 技术

尽管制造商多年以来一直采用 2D 工程图来支持生产，但是一些大企业客户已经开始提出 3D 生产数据的需求，并以此作为业务往来的基本要求。例如，美国国防部已经认可了 MBD 3D 驱动制造的显著优势，于 2013 年发布了 Revision A to Military Standard-31000（军事标准 31000 版本 A），完整定义了其整个供应链中对基于模型的交付物的各种要求，预计在完全采用之后每年将为其节省数亿美元的资金。与此类似，一些大型商业企业也已设定了与 MBD 相关的目标以及循环时间目标。一石激起千层浪，这些趋势在整个供应链内、机器车间里及小型制造企业之间产生了巨大的影响。



...相关案例

Automatic Handling International, Inc. 是全球性自定义处理及包装系统制造商，服务于纸浆和纸张、卫生纸和纸巾、无纺布、玻璃纤维、农业、石材和钢材行业的领先公司。Automatic Handling 以连续的内部和外部改进为己任，帮助其客户提高效率，同时通过最新技术与成熟机器设计相结合来降低成本。

该公司利用开放式 SOLIDWORKS 应用编程接口 (API)、SOLIDWORKS Enterprise PDM (EPDM) 产品数据管理软件和 SOLIDWORKS eDrawings® 文件来实现工作流程自动化、达到自然通用性，并且实现完全无纸化、更高效

的 MBD 制造方法。媒体小组经理 Nathan Pienta 介绍说：“通过使用 SOLIDWORKS API，我们已经在车间的计算机终端上利用 EPDM 将 SOLIDWORKS eDrawings 文件与制造和生产信息指示结合到一起，完全消除了纸质工程图和出差等过程。当工程部门将设计发布到制造部门时，系统会迅速地自动创建 eDrawings、采购单和工作单，以推动生产和装配。”

通过使用开放式 SOLIDWORKS API 来开发其自己的 MBD 制造方法，Automatic Handling International 已将制造发布时间缩短了 80%，在生产过程中将纸质工程图替换为数字 3D 模型，在开发过程中为机械师和制造人员提供支持，并且避免了打印、纸张和管理成本。

无图纸制造的优势

通过无图纸生产，制造商可以在制造生产中获得与 3D 产品开发相同的诸多优势。与从 2D 设计迁移到 3D 设计相比，采用 MBD 制造方法的过渡更为平稳，投资回报 (ROI) 也更快。这是因为以 3D 数字格式提供的信息与 2D 工程图中包含的 PMI 数据相同。3D 更清晰、更便于理解，在生成 MBD 信息并用于生产时也更加高效。此外，通过使用数字设备而不必被成堆的打印纸张所拖累，生产人员还能以电子方式访问 PMI 数据，并且以 3D 方式实际查看要制造的零件或要装配的产品。

使产品更快上市

由于 MBD 可以避免为生产过程生成 2D 工程图，并且通过仅调用关键尺寸及查询剩余部分的模型而减少了反复澄清混乱 2D 工程图和提供详细 PMI 数据所需的时间和人力，因此可以帮助制造商缩短生产周期并加快产品上市。如果在将零件或产品发布到制造过程之后发生设计变更，MBD 生产还可以加速工程变更单 (ECO) 的处理，因此模型变更将在一个主模型中自动更新所有关联的 PMI 数据，而不必更新多个没有关联的文档。无需对不同的工程视图执行手动细节更新，MBD 可以自动完成该流程，从而节省宝贵的时间并保持生产不中断。

降低生产成本

无图纸 MBD 生产有助于降低制造成本。某些成本的节省显而易见，例如降低与 2D 出详图相关的人力成本，以及完全实施数字设备之后节省与打印和维护工程图相关的费用，包括打印、绘图以及纸张费用。其他节省形式则包括提高质量（这样可以减少废品/返工以及保修索赔/退货情况）或降低所购零件的采购成本，因为供应商可以重复利用 3D PMI 而无需为每张 2D 工程图重建 3D 模型，从而降低其成本。MBD 还提供了未来数年内都可以轻松访问的制造信息“数字线程”，从而在产品的整个生命周期内降低其总体维护成本。

提高质量并加速工程变更单处理

MBD 解决了 2D 工程图可能导致质量不一致的局限性。MBD 生产允许快速访问包含制造零件或将其装配为产品所需的全部必要 PMI 数据的详细 3D 视图，从而尽量减少会导致错误、缺陷和现场故障的误解和意外情况。由于使用 MBD 来处理 ECO 的过程非常轻松且顺畅，避免了在 2D 中执行 ECO 时面临限期及预算紧张的窘境，因此更有利于制造商提高质量并迅速作出变更，进而保持更一致的高品质。

符合新标准

在制造商要求将 2D 工程图用于生产的同时，要求以 MBD 格式提供 PMI 数据的新标准和目标也开始涌现。商业公司、政府机构和国际组织正在推动过渡到基于模型的定义。例如，2013 年美国国防部公布了 Military-Standard-31000A（军事标准 31000 版本 A），定义了其整个供应链中基于模型的产品交付物的各种要求。其他适用标准还包括 ASME Y14.41、ISO 16792、DIN ISO 16792 和 GB/T 24734。



...相关案例

当巴西的企业需要定制设计的办公家具和商品展示柜时，他们会找到 Viecei Móveis Ltda.，这是巴西最顶级的定制家具和展示系统制造商，其产品适用于零售和专卖店、饭店和购物广场以及医疗、法律和专业办公室。

该公司利用 SOLIDWORKS API 从 SOLIDWORKS 3D 模型中提取重要的设计和生产信息，然后与其企业资源计划 (ERP) 系统集成到一起。这样，Viecei Móveis 就能通过从关联的 SOLIDWORKS eDrawings 文件中自动提取材料明细表 (BOM)、几何图形、尺寸标注和材料信息来实现钣金折弯和制造自动化，从而避免创建 2D 工程图所需耗费的时间和精力。

Anderson Viecei 说：“从概念设计和工程到制造和装配，产品开发中涉及的每个人都能利用 SOLIDWORKS eDrawings 来实现整个开发流程的可视化。我们的装配部

门不再使用纸质工程图，取而代之的是移动设备，可用于访问 Anderson Viecei 以获取装配所需的零件信息。不仅仅是流程得以加快，控制也得到了加强，使我们能够改进质量并提高产量。”

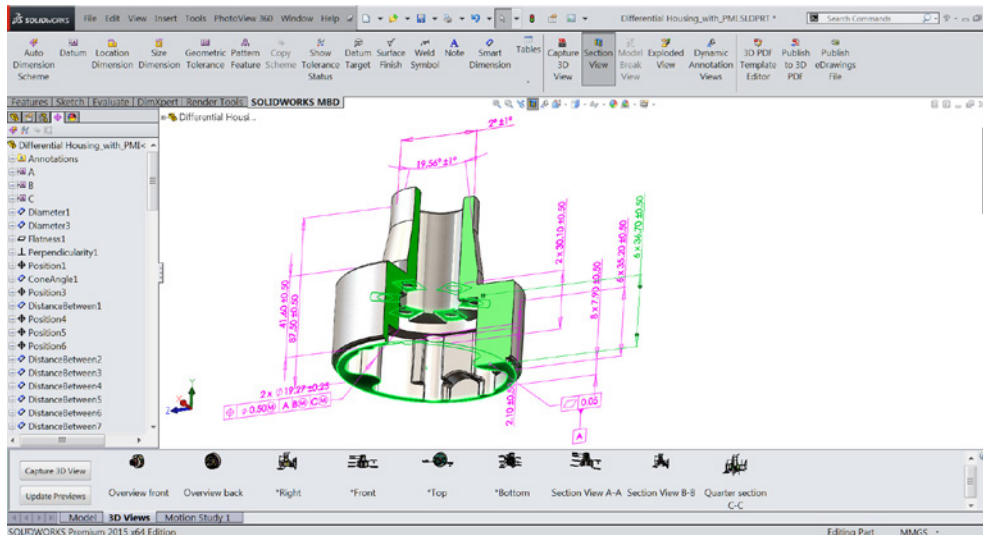
通过使用开放式 SOLIDWORKS API 来开发其自己的 MBD 制造方法，Viecei Móveis 使其上市速度加快 50%，设计周期缩短 30%，废品和返工率降低 50%，并且开发成本降低了 20%。

SOLIDWORKS MBD 软件：将 3D 优势拓展到制造过程

为帮助受益于使用 SOLIDWORKS 3D 设计解决方案来开发产品的制造商们充分利用 3D 技术在质量、成本和效率方面的优势，SOLIDWORKS 发布了 SOLIDWORKS MBD 软件这一用于 SOLIDWORKS CAD 软件的集成式无图纸制造解决方案。SOLIDWORKS MBD 软件的开发兼顾了开发人员与生产人员的需求，使制造商能够以符合标准的 3D 格式来实现 PMI 生产数据定义、组织和发布的自动化。

引领基于模型的定义的发展

在 SOLIDWORKS MBD 无图纸制造解决方案（第一款完整的集成式 MBD CAD 解决方案）的开发中，SOLIDWORKS 继续引领着提供高效 MBD 解决方案的潮流。SOLIDWORKS MBD 软件与其他重要的 MBD 相关解决方案高度一致，包括 SOLIDWORKS eDrawings 软件（首款商业 3D 工程图应用程序）和 DimXpert（首款用于在 3D 中定义产品的 MBD 尺寸标注工具）。SOLIDWORKS MBD 软件在这些工具的基础之上构建，以一种清晰且有条理的方式来组织 3D PMI 数据，例如尺寸、公差和表面粗糙度。



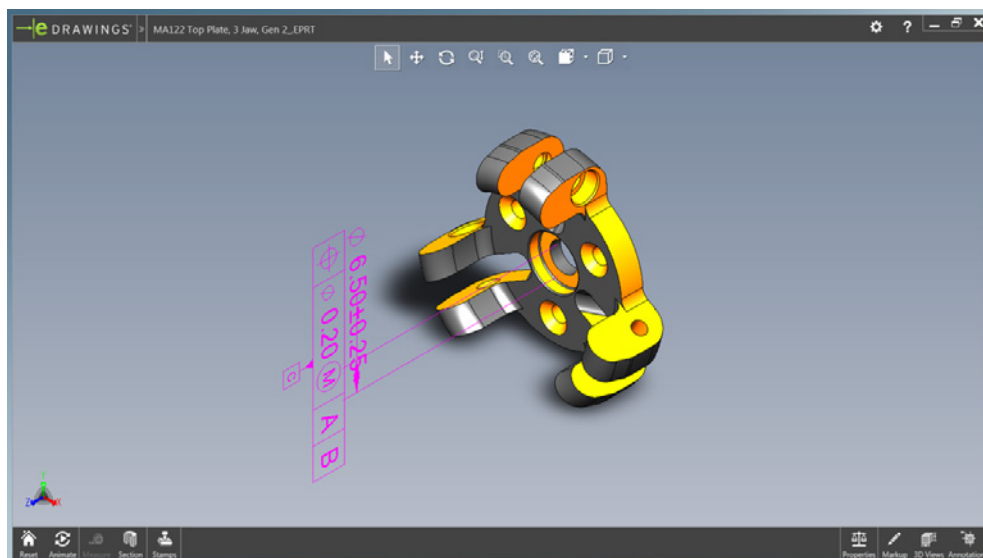
SOLIDWORKS MBD 软件提供了全面的 3D 视图 (2D 详图中传统工程图的 3D 版本), 不仅能够捕获模型位置、方向、缩放比例和注解视图, 还能查看各种设置 (例如横截面和爆炸视图、配置及显示状态), 全部以 3D 呈现。

SOLIDWORKS MBD 软件: 用于 SOLIDWORKS CAD 软件的集成式无图纸制造解决方案

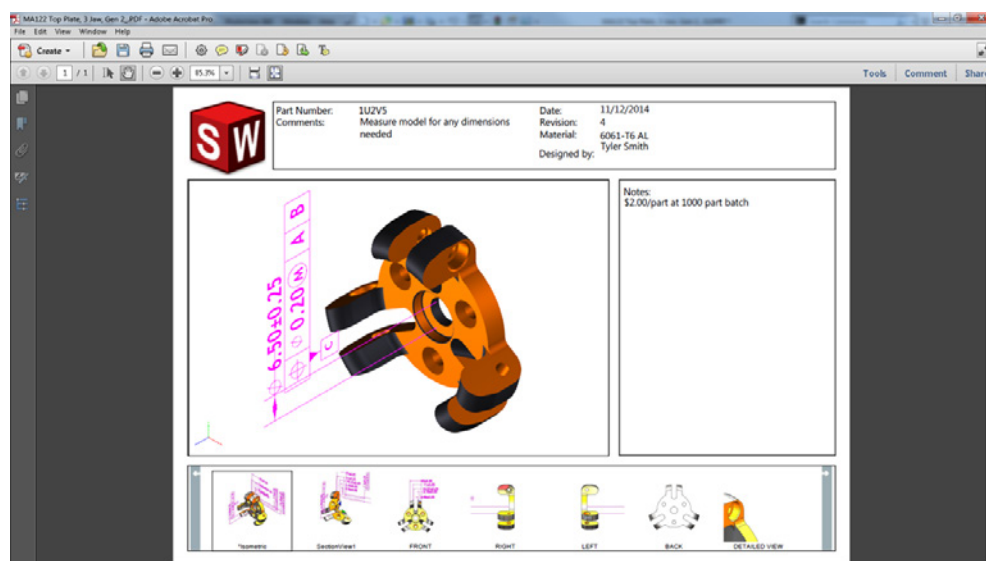
SOLIDWORKS MBD 软件可以帮助制造商更高效地传达用于生产的 PMI 数据, 从而避免与 2D 工程图相关的时间、成本和质量问题。用户可以利用 SOLIDWORKS DimXpert 来定义模型尺寸, 然后使用 SOLIDWORKS MBD 功能来定义、组织和发布包括元属性链接和 3D 视图在内的 PMI 数据, 以符合其自己的制造标准或满足特定部门要求。

SOLIDWORKS MBD 与 SOLIDWORKS CAD 软件的集成沿续了 SOLIDWORKS CAD 用户界面直观的特点。SOLIDWORKS MBD 软件还支持所有主流 3D PMI 输出格式, 包括 SOLIDWORKS CAD 文件、eDrawings 和 3D PDF。用户可以充分利用该软件系列齐全的预定义模板, 或者自定义模板以符合特定交付物要求。用户甚至还可以将 SOLIDWORKS MBD 软件与 SOLIDWORKS 2D 工程图结合使用, 以顺利过渡到 MBD 生产。

SOLIDWORKS MBD 软件可以在所有与生产相关的部门中充分发挥 3D CAD 模型的价值，例如制造、装配运营、质量保证和采购。由于用户可以自定义其 3D 输出模板的许多要素（包括布局、公司或部门徽标；3D 视口和缩略图；文本描述；元属性链接；表格），因此可以调整 PMI 以应对其独特的制造交付物和其他需求，包括从响应招标 (RFP) 或报价 (RFQ) 请求到支持检查报告。除了在 3D 中查看 PMI 之外，生产人员还将能够使用平移、缩放、旋转、测量、剖面和其他大量 3D 工具来查验实际 3D 模型。

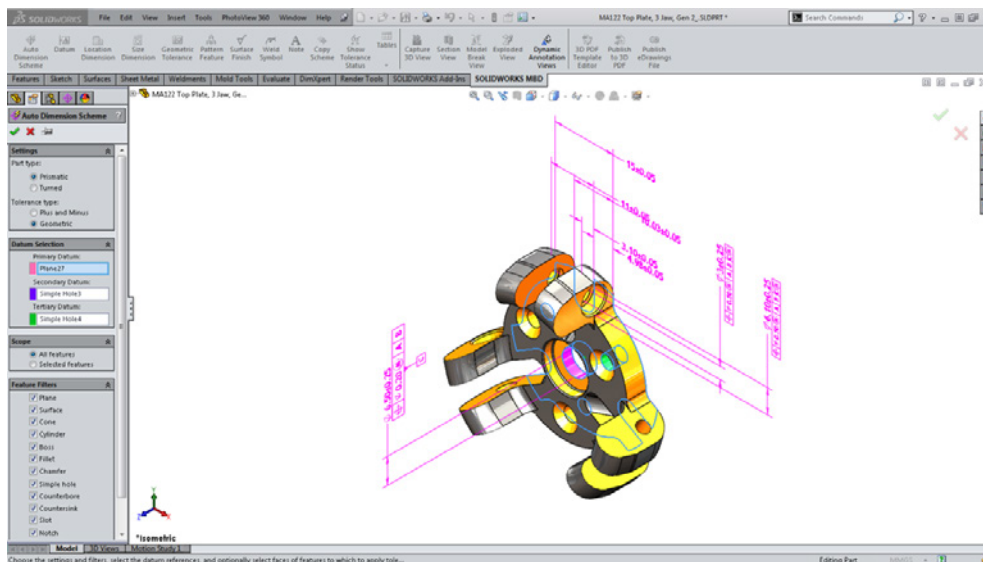


SOLIDWORKS MBD 软件不仅使制造商可以实现 PMI 生产数据定义、组织和自定义的自动化，还允许用户以符合行业标准的领先 3D 格式导出 MBD 数据，包括 SOLIDWORKS CAD 文件、eDrawings 和 3D PDF。



SOLIDWORKS MBD 软件的优势

- 降低采购成本,并通过基于模型的沟通来实现更快的供应商响应。
- 降低切削加工和制造成本。
- 避免清理 2D 工程图所需的时间。
- 缩短创建和维护制造文档所需的时间。
- 减少注解和尺寸数量。
- 减少工程变更。
- 简化 ECO 流程。
- 减少需要审核通过的文件数量。
- 减少错误。
- 消除模型与工程图的差异。
- 直接处理 3D 模型以获得清晰的结果。
- 消除废品和返工。
- 符合新兴行业标准
- 无缝集成公司和/或供应链的现有流程。
 - 导出获得广泛认同的行业格式,包括 3D PDF、eDrawings 和 SOLIDWORKS 文件。
 - SOLIDWORKS 可将 DWG 文件读取到草图或 2D 工程图中,以使用户可以在旧制数据的基础之上构建 3D 模型。
- 节省基于 2D 工程图重新建模零件所浪费的时间。
- 将智能和直观的 3D 数据直接共享并存档到模型、PMI、视图和元属性中,使用户及其供应商无需浪费时间在传统 2D 工程图的基础之上重新建模零件。以更快的速度将现有产品升级到新模型,并且在 3D 数据基础之上更轻松的设计切削加工和夹具。



凭借 SOLIDWORKS DimXpert, 用户可以更轻松地在 3D 空间中定义产品和特征尺寸,从而减少需要管理的文档数量、利用 3D 的直观特性,并且使完全标注的 3D 模型更简洁、更清晰且更易于理解。



...相关案例

吴忠仪表有限责任公司 (WZI) 是工业控制阀产品的全球领先制造商。该公司在其位于中国的工厂内开发控制阀，以供出口到世界各地。

为了将 3D 优势拓展到其运营中的生产环节，WZI 决定在车间内安装触摸屏终端并配备 SOLIDWORKS eDrawings Viewer，利用 MBD 方法来进行制造。

项目经理 Zhang Jingwen 解释说：“SOLIDWORKS 使我们能够以 3D 数字格式在车间内提供产品制造信息。我们将公差和尺寸标注信息嵌入在草图中，并将模型的默认值用于我们极其确定的设计。在出现例外时，我们使用 SOLIDWORKS DimXpert 来添加公差和尺寸标注信息。这种方法实现了制造自动化，而过渡到 SOLIDWORKS 也已在开发和生产两方面取得了成效。”

通过使用 SOLIDWORKS 软件来推动 MBD 制造，WZI 已经实现了生产自动化并加快了生产速度，NC 代码生成时间缩短了 80%，尺寸标注时间缩短了 40%，并且简化了 ECO 的处理，同时完全消除了 2D 任务以及公司对纸质工程图的依赖。

利用 SOLIDWORKS MBD 软件发挥无图纸制造的优势

将 3D 设计的优势拓展到制造过程时，需要一种高效的 MBD 生产解决方案。只要考虑公司在创建、支持和维护 2D 工程图时所耗费的时间、预算和资源，然后想想 2D 制造方法所造成的不准确、异常情况和质量问题。能够自动开发 PMI 数据并以控制更严密的 3D 数字格式来传达这些数据的 3D 解决方案，再得到 3D 可视化、查验和自定义工具的完善，难道不能解决与 2D 工程图相关的这些问题吗？该解决方案能不能让公司更具竞争优势呢？

SOLIDWORKS MBD 无图纸制造解决方案使用户能够充分利用 3D 设计工具与数字查看设备的结合，可以理顺为生产过程准备和交付 PMI 数据的过程，从而在提高质量的同时节省时间和金钱。凭借这一 MBD 解决方案，用户可以更高效地以易于理解的 3D 格式来传达基准参考和坐标系、尺寸和公差、BOM 和注释、表面粗糙度和焊接技术，以及其他类型的各种生产信息。通过 SOLIDWORKS MBD 软件，可以利用 3D 技术来帮助用户让生产规划和制造流程更加现代化，就像使产品开发实现革命性变化一样。

如需详细了解 SOLIDWORKS MBD 软件如何帮助将 3D 优势拓展到制造过程，请访问 www.solidworks.com.cn，或者致电 1 800 693 9000 或 1 81 810 5011。

我们的 3DEXPERIENCE 平台为我们服务于 12 个行业领域的品牌应用程序提供了技术驱动，同时提供了一系列丰富的行业解决方案经验。

3DEXPERIENCE® 公司达索系统为企业和用户提供一个可持续构想创新产品的虚拟空间。本公司全球领先的解决方案转变了产品的设计、生产和支持方式。达索系统协作解决方案促进社会创新，实现了更多通过虚拟世界改善现实世界的可能性。本集团为 140 多个国家/地区、各行各业、不同规模的 190000 多家客户带来价值。更多信息，请访问 www.3ds.com/zh。



亚太地区

Dassault Systèmes
ThinkPark Tower
2-1-1 Osaki,
Shinagawa-ku
东京 141-6020
日本

美洲

Dassault Systèmes
SolidWorks Corporation
175 Wyman Street
Waltham, MA 02451 美国
+1 781 810 5011
generalinfo@solidworks.com

Dassault Systèmes (Shanghai)
Information Technology Co., Ltd.
+86 400-818-0016
infochina@solidworks.com