三维模块化设计体系加速产品开发…

利用 3DMPD 實現 MBD

Jey, Vincent / Berg

从环境差异看产业的三维化深度

(3D 软件系统的应用深度与产业环境升级的因果关系)

三维软件系统(3D CAX: CAD, CAID, CAE, CAM, …)已经大致蓬勃发展了三十年以上了。在今日，早就被广泛地应用在各种商业产品的开发领域之中。但是在你的企业中，3D CAX 发挥预期的功效了吗？3D CAD 系统是现行产品开发流程中的设计核心，还是仅仅是用来取代图纸的绘图工具？

一般企业实施 3D 软件系统的层次

实际的顾问辅导经验显示，由于人员、设备、流程转换需要一定的时间，通常 3D CAX 导入有著一定的过程顺序。下列我们以三个级别来代表不同的实施层次/深度。

[1 - 入门级]　公司内部 2D 和 3D CAD 系统并存，仍然保留以传统产品开发方式为工作主轴，2D、PDF、Office 文档和纸张是主要产品信息保存的依据。

[2 - 成熟级]　工作团队依据自己的 3D 标准作业规范完成工作。企业内部设计部门全面使用 3D CAX 系统，但是协同合作厂商可能尚存在传统作业方式。各部门工作数据不保证源自相同的 3D 模型，产品开发流程中的数据相互连贯性差。

[3 - 进阶级]　企业内外协同厂商皆无传统 2D 系统，产品开发全流程中各部门的工作数据都源自相同的 3D 模型，重要产品开发信息都以 3D 系统形式记录。实现以单一 3D 数据源贯穿规划、设计、分析、测试、制造全流程的产品开发环境。

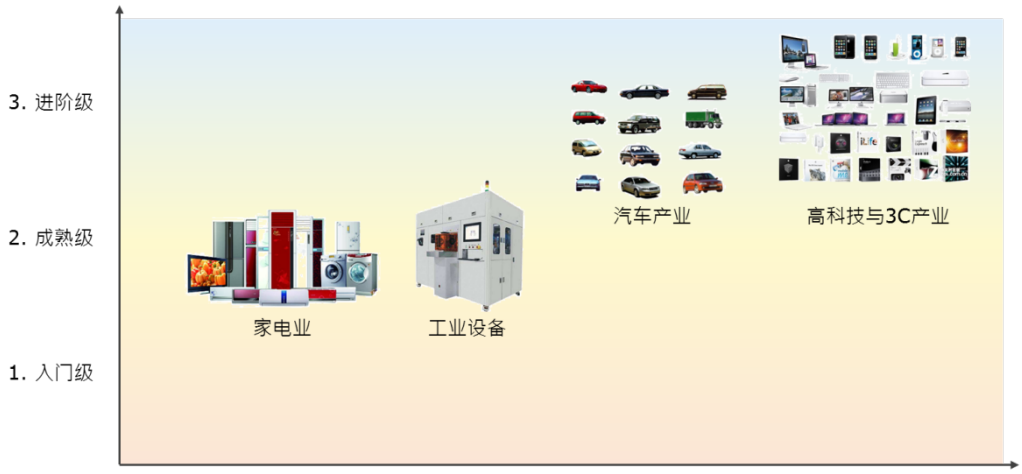
3D 软件系统在各产业间不同的实施深度

访查当今各产业环境，因为人员训练的素质、地域性工业水平的差异和产业本身的特性，3D CAX 在各产业间确实存在著不同的实施深度。除了希望提升研发与产品质量之外，触发各个产业从现有层次上升级的动机也不尽相同。

- 家电产业
  实施深度：1 ~ 2 级
  升级动机：快速工业造型设计、减少模具/生产成本。
- 工业设备
  实施深度：1 ~ 2 级
  升级动机：实现早期分析与验证能力、减少流程下游的设计变更。
- 汽车产业
  实施深度：2 ~ 3 级
  升级动机：实现早期分析与验证能力、缩短内外协同开发环境差距、提升生产自动化程度、降低模具与产线的错误发生率。
- 高科技与 3C 产业

实施深度：2～3 级

升级动机：缩短新产品开发周期、实现虚拟快速工程原型机、贯彻无图面制造工厂、提升生产自动化程度、串连单一数据源的全流程开发环境。



升級到下一階段的挑戰與瓶頸

2D 和 3D 数据本质上的差异

传统的文字或 2D 工具对产品开发数据的记录方式与输出结果多为”示意”的描述。这种数据本身存在许多不够周延的”空洞”，也缺乏详细性与精确性。然而这些信息不足之处，必须仰赖承接数据的人员或设备弥补与真实世界间的落差，才能生成最后的产品。

3D 模型数据则是将产品在真实世界中的几何形状、体积、重量、材料、…等等，产品应具备的各种物理特徵以现代数字技术精确的描述、记录下来。在电脑的虚拟世界中，企业在现实世界要开发的产品已经被真实呈现了。正因为 3D 模型数据它是如此的贴近真实、一丝不苟，任何信息的不周延或是错误都会被检验发现而无法蒙混过关。

走向真 3D 设计的挑战

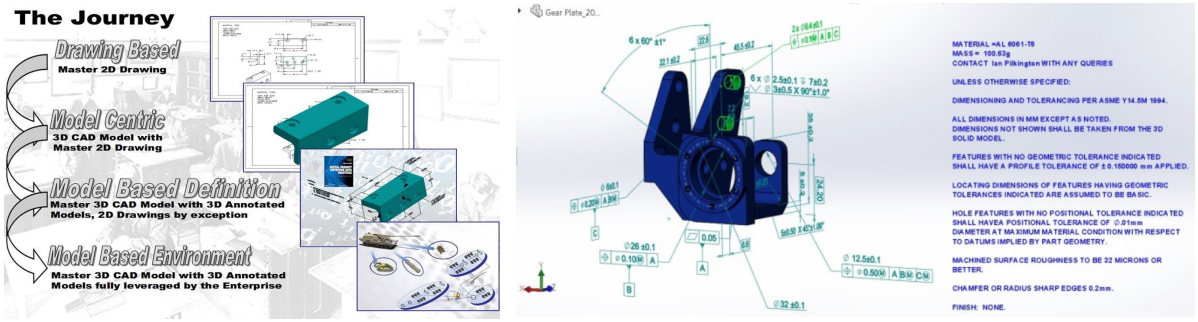
因此，企业由传统方法跨入至”1 - 入门级”将直接面临二大挑战：一、投资先进的系统设备和人员训练，二、必须提升产品数据的严谨度、完整性、精密性和研发质量。

后续由”1-入门级”至”2 - 成熟级”面临的问题，主要是如何全面性推广 3D 模型数据。做到从产品规划、工业设计、详细设计、测试验证到生产制造，企业内各部门移除不够精确、低效率的传统作业方法，将产品开发数据完全改变成 3D 模型数据的目标。

企业最终向上升级至”3 - 进阶级”需要解决的则是工具、方法的协同与集成问题。必须确保 3D 产品开发数据能够在跨部门工作团队之间实时同步更新；这一点也是实现同步工程必须掌握的核心技术。其中信息技术的关键在于使用单一数据源的 3D 模型，才能够实现无失真的信息交换，维持相同 3D 产品数据质量从流程的最上游一路贯穿至终端。

基于三维模型定义的产品开发信息

(由筆者經驗出發，對於 MBD 的理解與詮釋。)



现今的工业产品开发必需集合许多跨部门组织团队、运用多种专业技术与知识。因此，记录产品信息的数据型态和方式将直接决定产品开发的效率。目前由于 3D CAX 的成熟与普及，以三维方式呈现的 MBD (Model Based Definition /基于模型的定义)已经渐渐成为各企业新产品开发信息的主流。

忠实记录产品开发信息

简单来说，以具体的科学模型记录完整的产品定义，利用现代化工业技术完成产品开发，就是 MBD 的具体实践。在 1980 年代电脑三维技术成熟普及之后，工程师开始以三维数字化模型来描述我们的世界。经由 3D 几何的定义，设计者可以在电脑中建立起和真实世界物体一模一样的模型。利用现代化 3D 模型软件系统所建立的模型，几乎已经完全具备真实世界物体的所有物理特性，例如结构、材料、运动、振动、热传、流体、…等特性。因此，3D MBD 方法已被大量应用在工业和商业产品开发、建筑营造、国防与太空科技、医疗产业、…等。

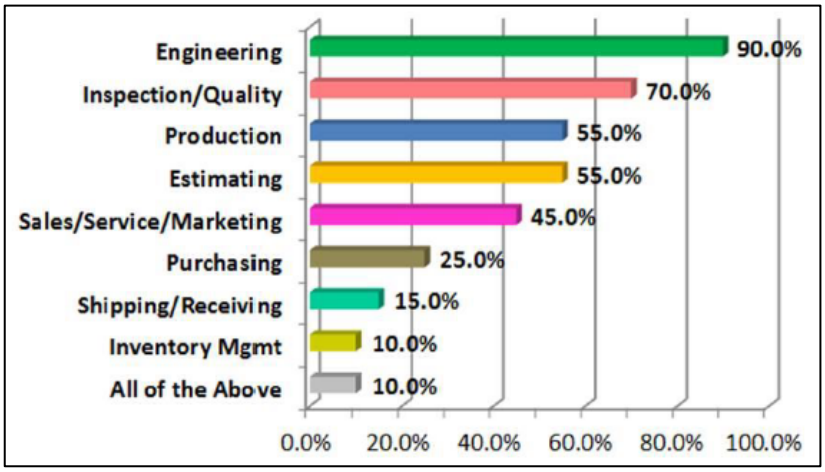
终结传统产品开发问题

真实世界不是 2D 的！由于传统的文字或 2D 信息不但缺乏精确性和完整性，而且众多分散、彼此无关连性的数据，造成在后续的维护、修改、管理方面都很困难。3D 模型数据具有高精确、全关连、完整拟真的特性、消除仰赖人为示意沟通的盲点，正是解决传统产品开发问题的最佳方案。

具备同步工程环境的基石

同步工程的概念，是产品开发流程上下游各专业部门以平行作业模式完成新产品开发。相较于传统一站接一站的循序作业模式，同步工程要求从上游的工业设计到下游的加工制造部门，同时围绕在同一个产品数据信息中心、各部门无时差的交换彼此最新数据来进行开发工作。实际的经验显示，这种平行式的作业模式除了可以将整体开发时程缩减至最短以外，资源运用的效率也高于传统方式。

企业环境必须满足同步工程的前提条件有：跨部门专业团队协同工作能力、产品开发流程上下游工作可同时进行、数据和信息在所有相关部门之间实时共享和更新、具备集成式产品开发项目管理。由于用来实现 MBD 的 3D 模型本身可承载大部分真实世界物体的特性，以及单一数据源可满足跨部门信息实时共享的需求，所以自然就成为实现同步工程的最佳夥伴。



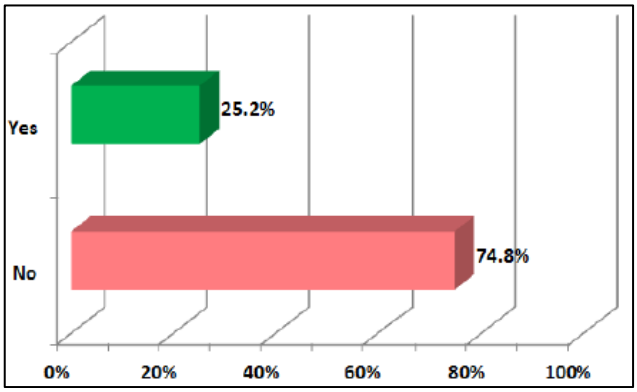
汽车产业中 3D-MBD 在企业各部门中使用的比例

资料来源：AIAG

為什麼 MBD 不易實施？

企业由传统方式转变为 3D MBD 的产品开发流程，不是在一朝一夕就可以完成的改造工程。尤其是转换的过度时期，在新旧流程必须兼顾并行的情况下，无论对设备、人力或技术资

源都是不小的挑战。经常遭遇的问题有：产品开发组织重整遇到阻碍、人员心态和工作习惯改变困难、关键技术和方法论掌握不全、新的工作流程落地不彻底、设备投资成本的回收期太长、…等。对大多数传统产业而言，这些都是导致决策者抱持观望态度、裹足不前的原因。

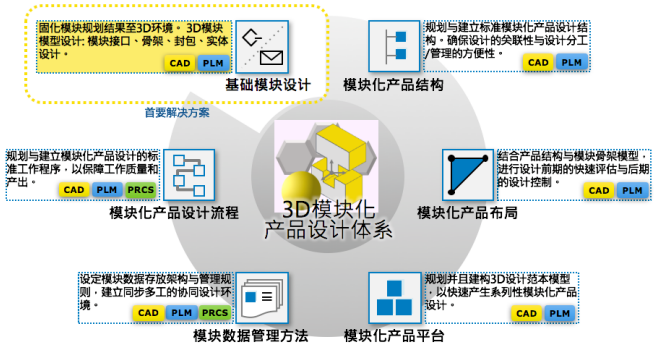


汽车产业目前正在使用 3D-MBD 的企业比例

资料来源：AIAG

3D 模块化产品设计体系(3DMPD)

(导入 3DMPD 對於實現 MBD 願景的重要性)



什麼是 3D 模块化产品设计体系?

Berg Consulting 的 3D 模块化产品设计体系(3DMPD - 3D Modular Product Design)是累积了 20 年国内外的模块化项目经验所提炼出来的实施方法论。3DMPD 以系统化的方法，并且结合 MBD 的概念，帮助客户将模块化的思维实际应用在产品开发上面。

目的與預期效益

3DMPD 的实施作法是将产品设计知识固化在工作环境当中；从设计开发源头稳固产品架构，将模块化的概念和基因植入产品的核心。3DMPD 最终目标在于制订标准产品设计流程，从改变工程人员日常的设计习惯、由内部研发技术的精进来带动研发升级，进而提升企业外在的竞争力。整体而言，实施 3DMPD 具有以下的预期效益：

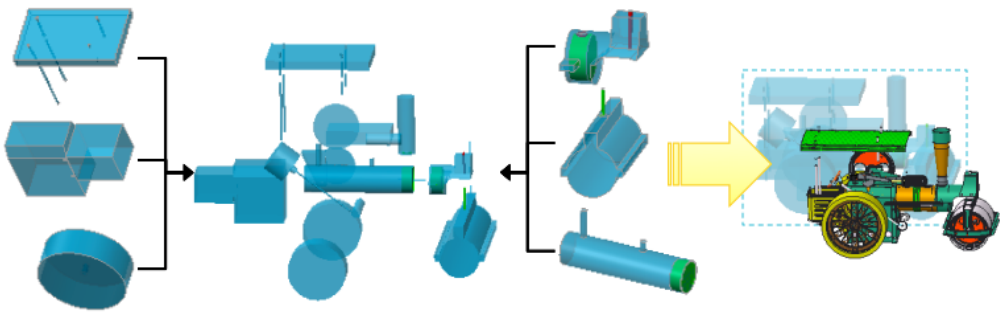
- 以最少的零件料号，创造最多的产品组合。
- 提升产品设计效率，缩短新产品开发周期。
- 经由弹性快速的产品变化，满足客户需求。
- 利用更经济且系统化方法，创造市场价值。

3DMPD 的六大实施方案

从基础模块设计开始，导入模块设计的手法，将模块化规划的接口、实体转变为实际的三维模型。有了模块模型之后，要明确每个模块在产品结构中的位置；因此考虑设计关联性、设计分工与管理，在 CAD 与 PDM 环境制定以模块为单位的标准模块化产品架构。接下来进行全产品阵容布局设计，目的是要确保模块在不同产品间的通用率，并节省未来单一机型开发的前期评估时间。

在完成第一个模块化产品后，接着要思考的是如何能更快速地设计出一系列产品，借由模块化产品平台，研发人员可以借由在平台上切换模块实体，快速完成新机种设计。随着产品的增加，模块模型的数量也随之增大，一个好的模块模型数据库除了可以达到产品设计信息共享与再利用之外，也为同步设计或协同设计奠定良好的基础。

最后将模块化的设计手法固化到产品设计的流程中，明确定义每个节点的工作、产出与负责人，从源头改变研发人员的设计习惯，将模块化的思维真正落实在企业内部，实现以模块化的流程、产生模块化的产品。



实现 3DMPD 的软硬件基本要求

3DMPD 是基于 3D 模型的模块化产品设计与管理方法；在软硬件上的基本要求有：

- 3D 模型的软件系统，如：CATIA, Creo, NX, …。
- 管理 3D 模型数据的 PLM/PDM 系统：如：Enovia, Windchill, Teamcenter, …。

就是实现 MBD 的具体方法

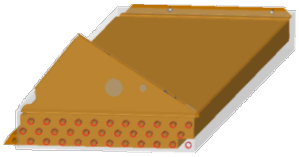
新产品开发是个庞大且复杂的工程，例如一台车的造型在意大利进行造型设计、在韩国进行车身结构设计、在印度进行 CAE 分析…，最后再回到中国大陆生产。在这个过程中会有大量信息产生与交流，需要一个系统化的管理方式来提升产品开发效率。

3DMPD 解决方案分段引导的方式逐步达成阶段目标，避免上述传统 3D MBD 导入常遇到的尝试错误过程，由基础技能布署到高阶应用环境为企业建立一套成功的架构。它除了是一套系统化的模块化产品设计方法，同时更结合了 3D 建模技术、同步工程方法、单一数据源和 MBD 的概念，创造优化的同步工程与协同设计环境。3DMPD 可将模块规划信息与产品开发过程中所产生的信息，如：尺寸信息、空间信息、加工信息、装配信息… 全部整合在 3D 模块模型中。以 3D 模块模型做为载体来记录或传递信息，防止人为沟通的误差、减少数据格式转换的失真，拉近设计与终端产品之间的距离。

3DMPD 除了是一套系统化的模块化产品设计方法，同时更实现了 MBD 的精神，因此，实施 3DMPD 就是企业实现 3D MBD 的具体方法。

3DMPD 案例

1. 世界知名家电大厂 - 模块化空调产品系列

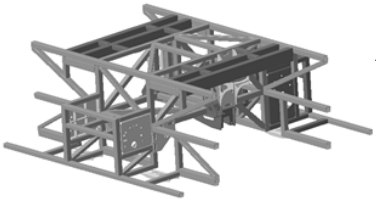


以换热器模块为例，在模块实体模型中记录了零部件尺寸、材质、重量、接口尺寸、空间限制、装配定位点、装配方向、…等信息。

空调产品项目成果

- 年度总开发成本约减少：2 亿元。

2. 国内客车市占第一品牌 - 模块化客车产品系列



以车架模块为例，在模块实体模型中记录了零部件尺寸、材质、重量、接口尺寸、空间限制、焊接位置、装配定位点、装配方向、工艺定位点、…等信息。

客运车项目成果

- 关键配置模块规格降低比例： 65%
- 关键配置模块规格市场覆盖度：81%

公交车项目成果

- 关键配置模块规格降低比例： 64%
- 关键配置模块规格市场覆盖度：85%
- 工时预估降低：6500min/车

参考資料

- Model Based Definition (AIAA2010-3138)
  By Clark Briggs, Gerald Brown, David Siebenaler, James Faoro, Sidney Rowe
- What Is Model-Based Definition?

By Ryan Reid

- Model Based Definition – MBD
  By Model-Based-Enterprise.org
- Model Based Definition – Model Organizational Schema
  MIL-STD-31000A Appendix B