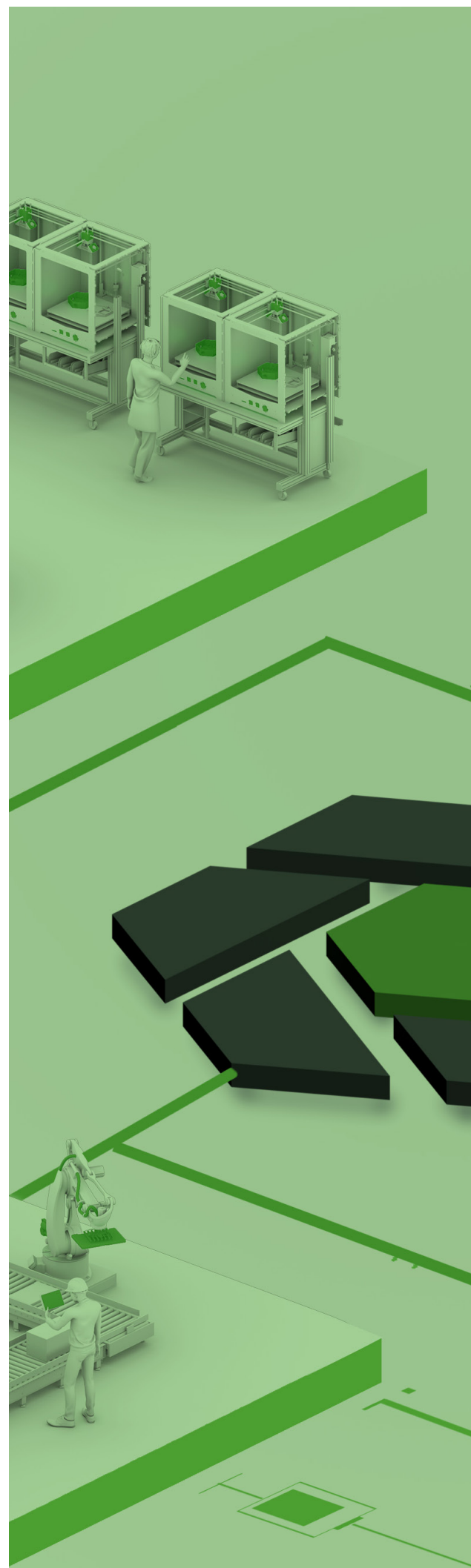




PLM 和 ERP： 在现代制造业 中扮演的角色

白皮书



序言

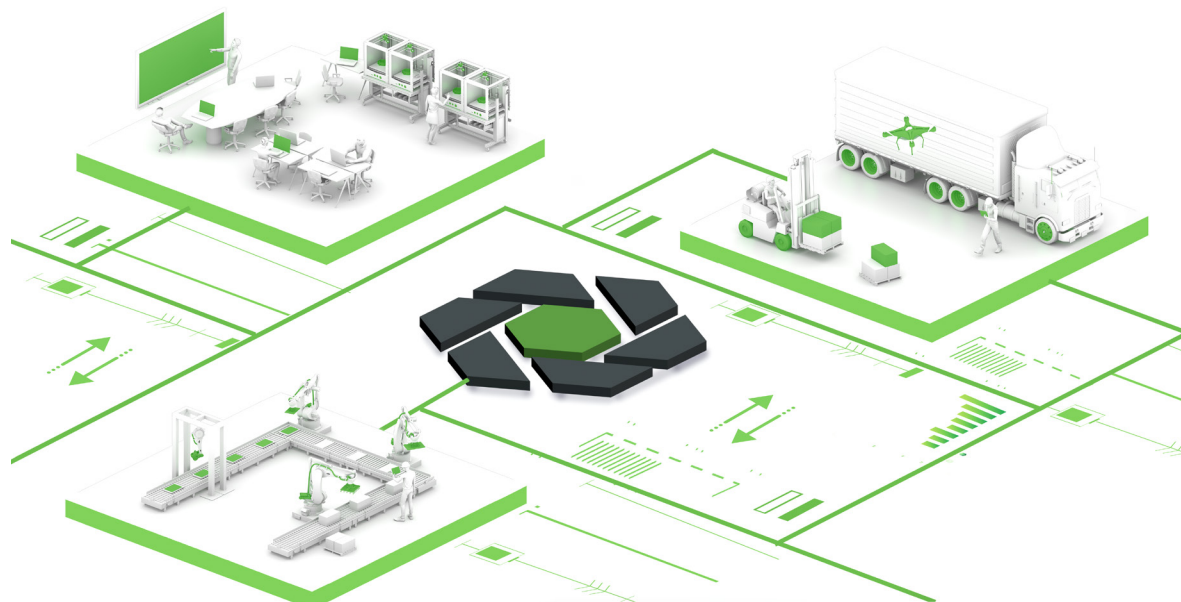
“

一流公司拥有贯穿 PLM 和 ERP 系统的流程的可能性要高 1.5 倍

Aberdeen Research

在当今充满挑战的环境中，仅仅设计最好的产品还不够。您必须让设计师、制造和服务规划人员以及其他支持角色（如供应商、物流和工厂规划人员）能够随时随地进行工作。他们必须能灵活地管理供应链中断，敏捷且迅速地制造更多的产品变型，并继续为各地的产品提供服务。公司做对了就会得到回报，出了问题就会受到惩罚。领先的公司从最初的产品构思阶段到制造、设备连接和现场服务，一直在协调其人员、流程和工具。他们正在让相应领域的用户在熟悉的环境中访问产品和企业数据。但是，将工程与工厂和供应链凝聚起来很复杂、成本很高，而且通常对用户不友好。用户可能很难访问信息，并且各个系统无法相互通信。

在本文中，我们将重点关注制造业的两个支柱，即产品生命周期管理 (PLM) 和企业资源计划 (ERP)。我们将讨论最佳实践 / 方法，以及集成它们的开箱即用型软件，以保证数据一致性和高质量。这将帮助您掌控产能提升并消除一些最大的错误。即使工程设计、采购和制造人员分布在全球各地并在家办公，他们也可以同时工作，从而节省时间、降低成本、提高产品质量并加快产品上市速度。



历史回顾

在上世纪九十年代初，制造商开始认识到，在整个企业内仅采用一套软件很有好处，这套软件要能够将企业的所有重要职能范围整合起来，包括运营、分发、物流、库存、运输、人力资源和会计等。此类套件（现在称为 ERP）的供应商承诺能改善业务运作协调性，改善计划的编制和企业生产力，提高效率，以及改善可见性和控制能力。大型制造商迅速采用了 ERP 解决方案，如 SAP、JD Edwards、PeopleSoft、Baan、MAPICS、Oracle Manufacturing、Microsoft Dynamics AX 等。McKinsey Quarterly 的数据表明，在上世纪九十年代，公司在 ERP 解决方案上的投资就已超过 3000 亿美元。

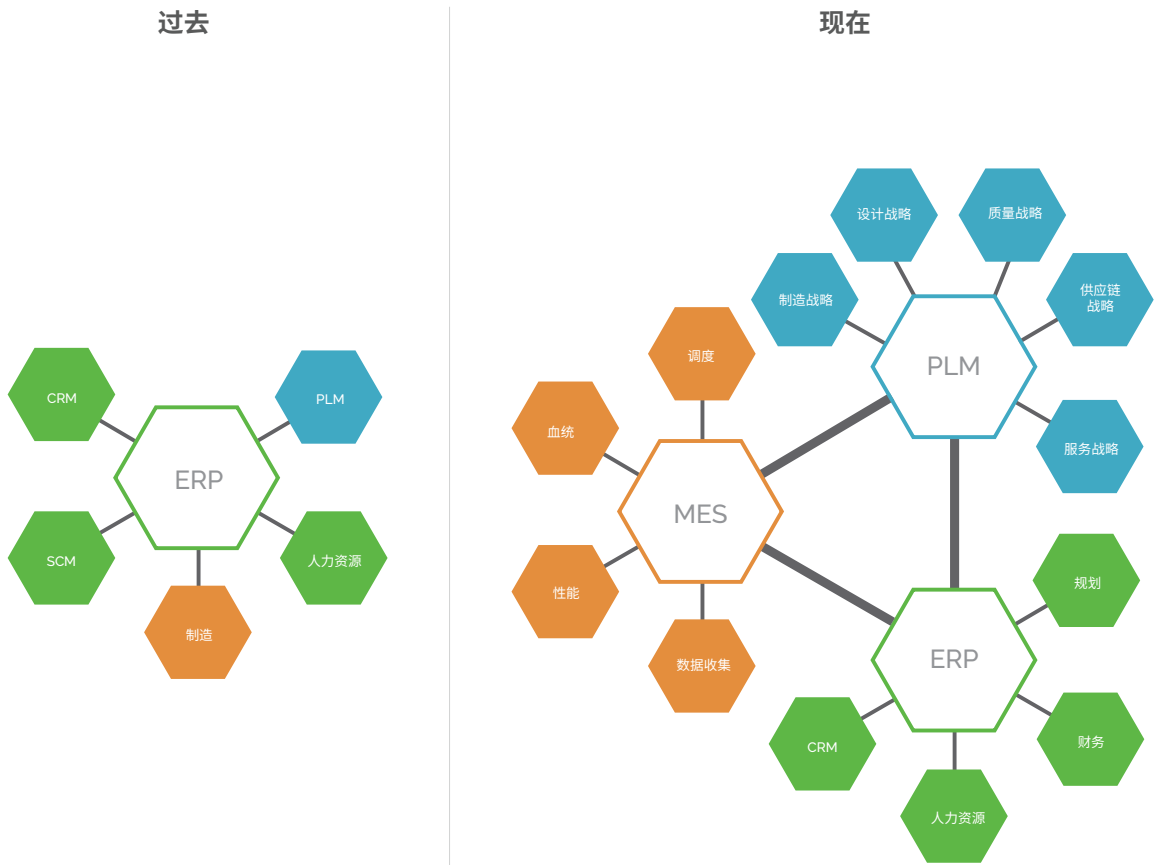
在这些公司采用 ERP 解决方案来提高制造供应链效率的同时，PTC 和其他与 CAD/CAM 相关的供应商预见到了同样影响深远的商机。随着各行各业纷纷采用 CAD 工具，制造商开始产生巨量的复杂、不断变化的设计数据 - 它们希望将这些数据提供给供应商和全球各地的合作伙伴使用。

最初，产品数据管理 (PDM) 能有效地掌控产品设计信息。之后，为了更好地管理工程流程，PLM 应运而生，它通过基于 Web 的应用程序改善了分散在全球各地的供应链中的工作流程。人们认识到，可以改变工程数据的用途，使其满足企业内部和外部的需求，从而帮助优化产品设计、缩短产品上市时间和简化下游流程，如制造和服务。这种认识最终转变为产品开发方式。

如今，全球各地的公司都在使用 PLM，以便利用在产品设计中产生的数据来加速创新及提高生产力和效率 - 不仅在工程部门中这样做，而且还在所有涉及到产品开发的辅助职能和下游职能（产品开发、制造和服务规划）中都这样做。PLM 数字化与工业物联网 (IIOT) 平台相结合，使公司能够更好地了解所定义和计划的流程在工厂车间的执行情况，以实现持续改进。PLM 还利用 IIOT 连接性以及 PLM 中产品或流程的数字映射，帮助了解设计和生产的产品在现场的性能情况。

不断扩大的 PLM 作用范围

由于 ERP/MES（制造执行系统）和 PLM 起源于不同的专业，具有不同的目标，而且演变速度也不同，因此，直到最近为止，它们一直都是差别很大的两种技术。但是，这两个在以前互不相干的领域正逐渐拉近彼此间的距离。如今，为了实现工业 4.0 革命的承诺，制造商需要进行数字化转型。ERP/MES 和 PLM 都是制造业的支柱。ERP 系统始终依赖于 PLM 提供的产品信息和制造计划可交付成果 (制造物料清单 (mBOM)、流程计划、工作说明、3D 可视化、数控 (NC) 和增材制造 (AM) 文件等)，以至于一些 ERP/MES 供应商开始将 PLM 功能整合到其产品中，或者构建有助于更好地集成 PLM 的接口。其目标是，帮助客户了解产品设计或制造规划决策对其他方面的影响，例如对销售预测和人力资源规划的影响。与此同时，PLM 供应商看到 PLM 对企业的价值已发展到超出设计工程部门之外，原因是，对许多制造商而言，PLM 在协作和加速创新方面的长处已作为战略优势和重要的成本节约来源显现出来。

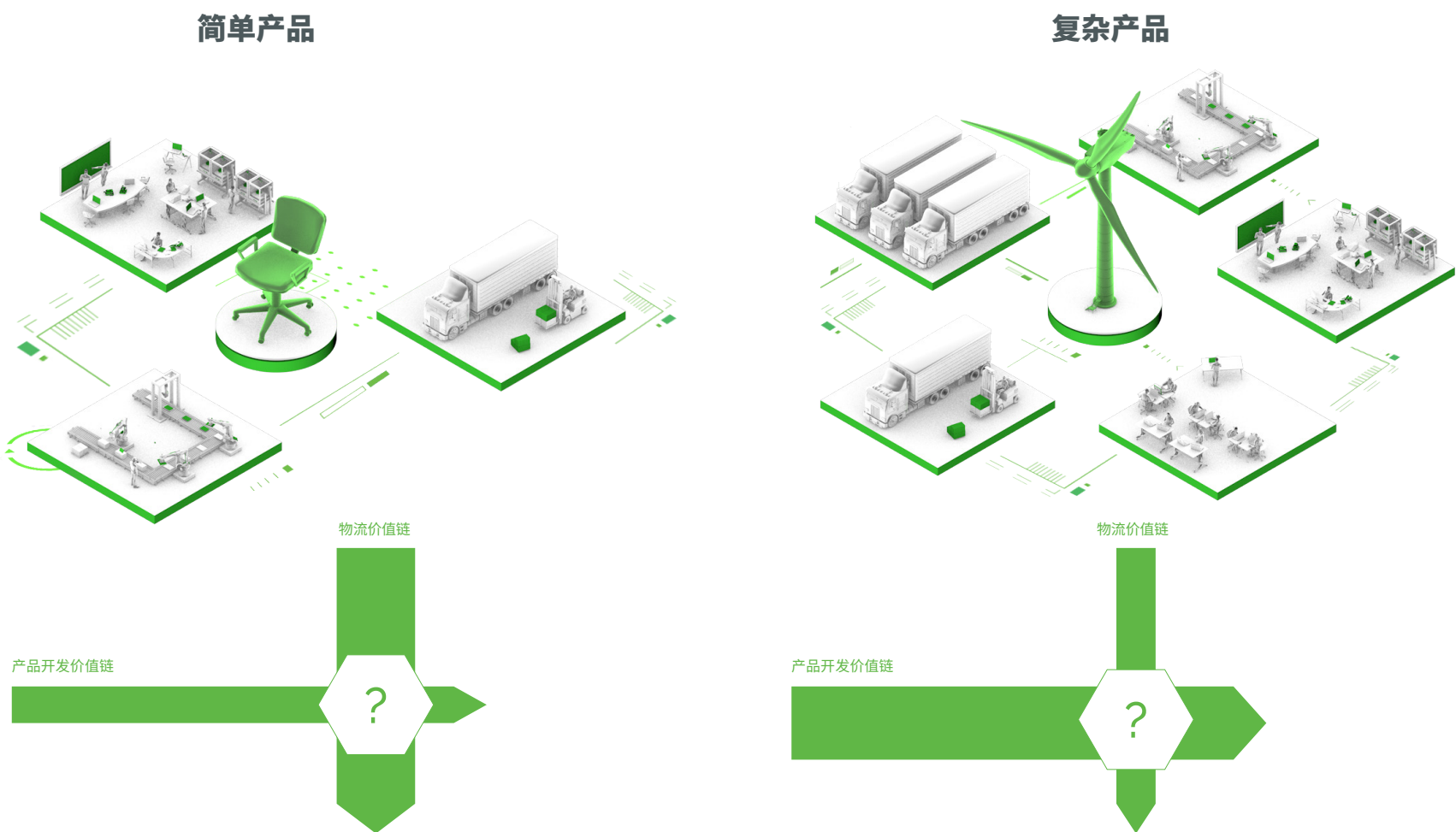


PLM、ERP 和 MES 的角色

IDC 分析师 Jeffrey Hojlo 和 Kevin Prouty 在 2019 年新产品开发和引进 (NPDI) 数字化转型计划 Scape 中表示：“过去十年来，多个行业的制造商投入了大量时间来合理化、净化和统一产品开发、工程和研发；供应链和制造；以及服务规划和执行中的数据。下一步是通过 NPDI 流程将这些领域联系起来，以更快地响应需求、市场、价值和创新要求，并建立信息和分析的闭环，从而推动更快地执行变更，更有效地创新，并确保实现高水平的产品、资产、供应链、制造和服务质量。”

随着 PLM 的定义与其影响一起扩大，许多制造商都不清楚如何制定和实施相关的战略，以使其公司能够从 ERP/MES 和 PLM 中获得最大的好处。PTC 认为两者都扮演着重要的角色，而且，这两个角色的正确协调和调整可以带来的价值比其中任何一个所能带来的都要大。

复杂性打造差异化优势



价值链
为了适当地协调 PLM 和 ERP 中的跨系统流程，客户需要同时调查产品 / 制造流程的开发价值链和物流价值链。产品越复杂，设计、制造和服务计划过程就越复杂。例如，制造手表或轴承时，产品存在很大的可变性，制造过程也更加复杂。在这些情况下，与物流价值链相比，产品 / 流程开发链重要得多。因此，应在 PLM 中处理设计、制造和服务战略，确保数字连续性和关联性，并促进良好的企业协作。

制造业如今面临的挑战


要了解 ERP/MES 和 PLM 各自扮演的角色和长处，首先看看公司试图通过使用这两个解决方案来解决的重大挑战会很有帮助。这些挑战包括必须：

- 提高工作效率
- 提高资产利用率
- 开发出成本更低、质量更高的产品
- 缩短产能提升时间
- 增加产品的数量和品种，同时不会提高成本和延误交货时间表
- 提供满足客户要求的产品
- 协调分散在全球、不同的跨职能开发团队的工作
- 支持并加速创新
- 遵守企业的标准和程序
- 在整个企业中实施企业的新举措
- 确保合规性
- 支持可持续发展新举措

ERP/MES 和 PLM 都能且应该在克服这些挑战的过程中扮演重要角色，不过，了解它们各自的长处很重要。为此，您必须首先了解它们的不同起源。

ERP 的 DNA

ERP 是针对“自动化孤岛”问题而开发的。许多公司已经部署了各种独立的部门级软件产品，这些产品并未集成。缺乏集成严重降低了业务运营的效率，特别是在供应链管理方面，原因是，仅当原材料数据顺畅、可靠地从一个职能范围流动到另一个时，才能成功实施此类管理。没有这种集成，企业就无法正确规划和调度资源，从而导致整个供应链出现一系列问题：零件和成品的库存过高和过低、采购困难、制造排程问题、订单履行和分配问题等等。



ERP 提供企业级解决方案，可覆盖并连接所有重要的营运职能和部门，从而满足了市场上的重大需求。这种关联使制造商能够集成其制造和供应链流程，以减少延误和提高效率。ERP 系统专门用于推动可进行财务审核的交易，如采购、制造、销售和服务。这就是 ERP 的主要价值来源。

ERP 解决方案从会计软件产品发展而来，它主要关注实物资产和材料的流动；这种“DNA”反映在 ERP 解决方案的特性和要求中。ERP 解决方案在管理重复性事务时的表现特别好。此外，由于 ERP 解决方案设计为进行生产规划和核算，因此，它只需要生产所必需的信息。例如，如果某割草机制造商向引擎供应商购买完全装配好的割草机引擎，则它的 ERP 解决方案并不需要知道该引擎包含的各个元件的所有细节。对 ERP 解决方案来说，该引擎是一个单一零件。ERP 解决方案无需更多细节就能非常好地执行其规划和核算功能。

由于 ERP 具有以上特性和要求，因此，它在执行和优化涉及到明确定义的实物资产的制造和分发过程时特别有效。不过，从 ERP 的一般特性可以看出，它在管理设计变更方面的效率低于 PLM，并且不适合执行那些涉及到较为无形但在战略上更重要的资产的企业活动，这些资产包括通常包含在产品数据和产品物料清单 (BOM) 中的知识资产等。


ERP 的一般特性包括：

- 专注于执行
- 重复性事务
- 库存 / 订单生命周期
- 受控、明确定义的业务流程
- 扁平的 BOM
- BOM 到采购的零件 / 组件级别
- 正式版本
- 以控制为主旨
- 专注于订单 / 供应 / 要求
- 刚性数据模型
- 结构化的数据
- 分层的数据关系
- 数据挖掘
- 基于文本并包含一些静态的 2D 和 3D 图像

PLM 的 DNA

产品设计企业一直努力地在分散于全球的团队（包含内部和外部成员）中管理、同步和共享越来越复杂和互相依存的 CAD 文件，而且这种需求日渐强烈，最终催生了 PLM。它们需要强大的工具，以使团体能够有效地进行协作，另外还需要一些超越 PDM 的功能，以用作产品设计的“数据仓库”。PLM 可让产品工程师设计产品，以及重新设计产品以优化设计方案，而且，随着 Internet 的出现，还使全球各地的工程师能够实时地协同实现该目标。

产品开发解决方案的供应商（他们中大部分都具有 CAD 软件背景）陆续开发了解决方案，以使供应链分散在全球各地的制造商能更好地开展协作，这就引发了新的需求。供应商认识到，必须捕捉和不断更新在产品开发过程中产生的所有数据，并将它们转换为可用的格式，以供所有团队成员使用。由于设计本质上是一个反复进行的过程，而且由许多机械、电气和软件元件组成的产品非常复杂，因此，这些企业的产品数据仓库必须足够有效和灵活以链接多个数据层，另外还必须足够可靠和高效以支持频繁的更改。



此外，为了实现低成本的外包和利用新出现的市场商机，产品开发在性质上已变得真正的全球化，因此，供应商必须迎合客户对更多产品配置的要求，并且能够管理在日渐复杂的产品结构中使用的多个 CAD 系统。如今，为了满足工业 4.0 或智能制造计划目标，PLM 解决方案已扩展到制造和服务规划领域。PLM 是数字化转型的中坚力量，创建了从设计过程到下游再到生产的产品数据的数字主线。

在为全球化工程团队提供这些功能的过程中，解决方案供应商还认识到，在整个设计周期中捕捉的数字化产品数据对于上游流程和未来的设计工作具有巨大的价值。此外，他们正在开发的 PLM 模式可同时充当平台和引擎，以指导整个产品开发过程以及制造和服务规划过程。

这些解决方案还能让管理人员清楚了解产品开发过程，从而使他们能够在产品生命周期的早期作出更明智的决策。

在产品交付生产和量产之后，修改产品设计的成本非常高。与之相比，如果能够在早期（即产品在 PLM 系统中处于数字化状态时）修改产品设计，则可以节约巨大的成本。

随着时间的过去，PLM 已发展成为一个灵活的动态环境，擅长于管理来自不同来源的产品知识和数据，而且还使整个企业都能访问这些知识和数据。

PLM 系统专门用于工程工件的协同迭代，如 CAD 设计、BOM（eBOM、mBOM、sBOM 等）、流程计划和工作说明。通过产品数据的数字主线，PLM 正在为下一代产品和制造流程实现数字映射。

通过捕捉和综合在整个设计和工程过程中产生的大量复杂、不同的数据，PLM 可让用户更好地了解创新、协作及其相关功能，以及帮助用户做好这些方面的工作。

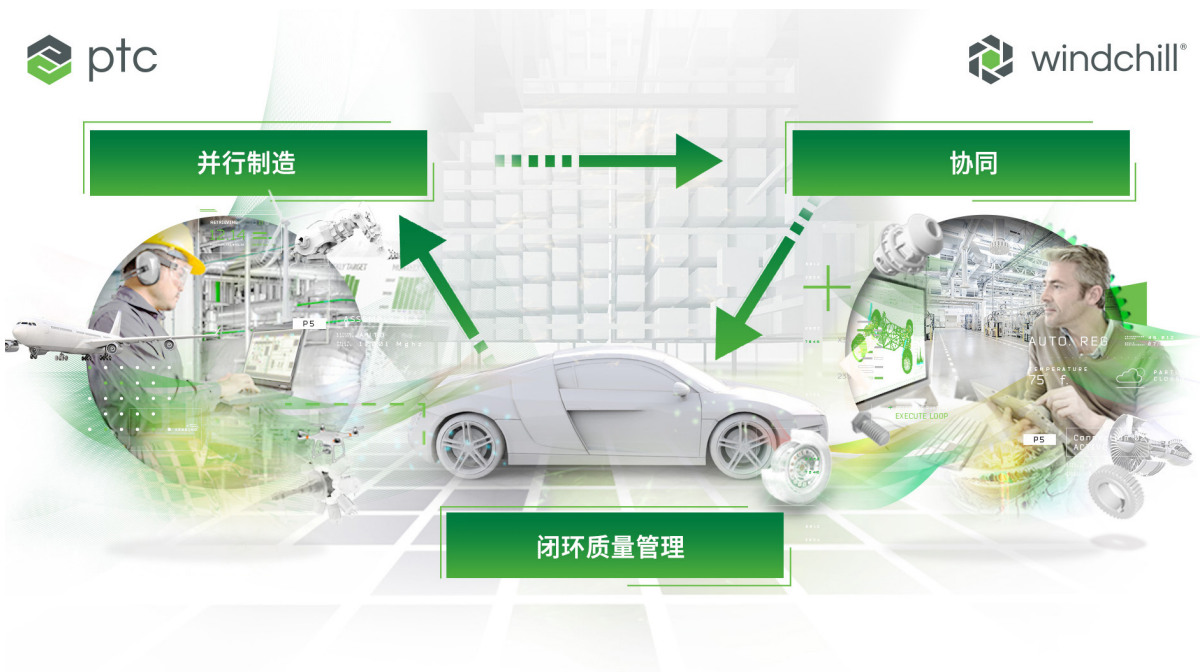
在 PLM 系统中的产品、资源和流程处于数字化状态的同时，能够尽早规划和验证制造流程变化，可以节省大量成本并缩短生产准备时间。

PLM 的一般特性包括：

- 专注于创新
- 创建、设计、迭代和修订
- 动态变更管理，具有整个产品生命周期的可见性
- 规范而又灵活的设计过程
- 完整的 BOM 管理 (在一个产品结构中组合了 MCAD、ECAD 和软件数据)，覆盖设计的 BOM、计划的 BOM、维护的 BOM 和制造的 BOM
- 完整产品结构到元件或原材料级别
- 产品和过程的迭代、修订和决策历史记录
- 以速度和可控的创造力为主旨
- 专注于设计/要求/配置/项目/项目群
- 用于文档、结构化和非结构化信息、元数据的灵活数据结构
- 质量管理：不合格项、CAPA、风险和可靠性管理 (预测、FRACAS、FMEA、故障树分析等)
- 制造可交付成果：数控 (NC)、增材制造 (AM)、工作说明、工具设计
- 复杂的设计关系；动态相关、网状的数据关系
- 知识搜索和检索；几何结构搜索、3D 可视化，动画，增强、虚拟和混合现实数据。

PLM 给 ERP 客户带来什么

对于成功部署了 ERP 的制造公司，由于迭代性工程数据的复杂性和动态性，产品和制造流程开发的许多方面仍在 ERP 之外进行。PLM 解决方案既是设计工程等流程的基地，也是相关职能部门（如制造、质量、采购和服务）所在地。PLM 允许所有这些角色同时工作，在生产开始前协作解决问题，从而节省时间和费用，提高产品质量。

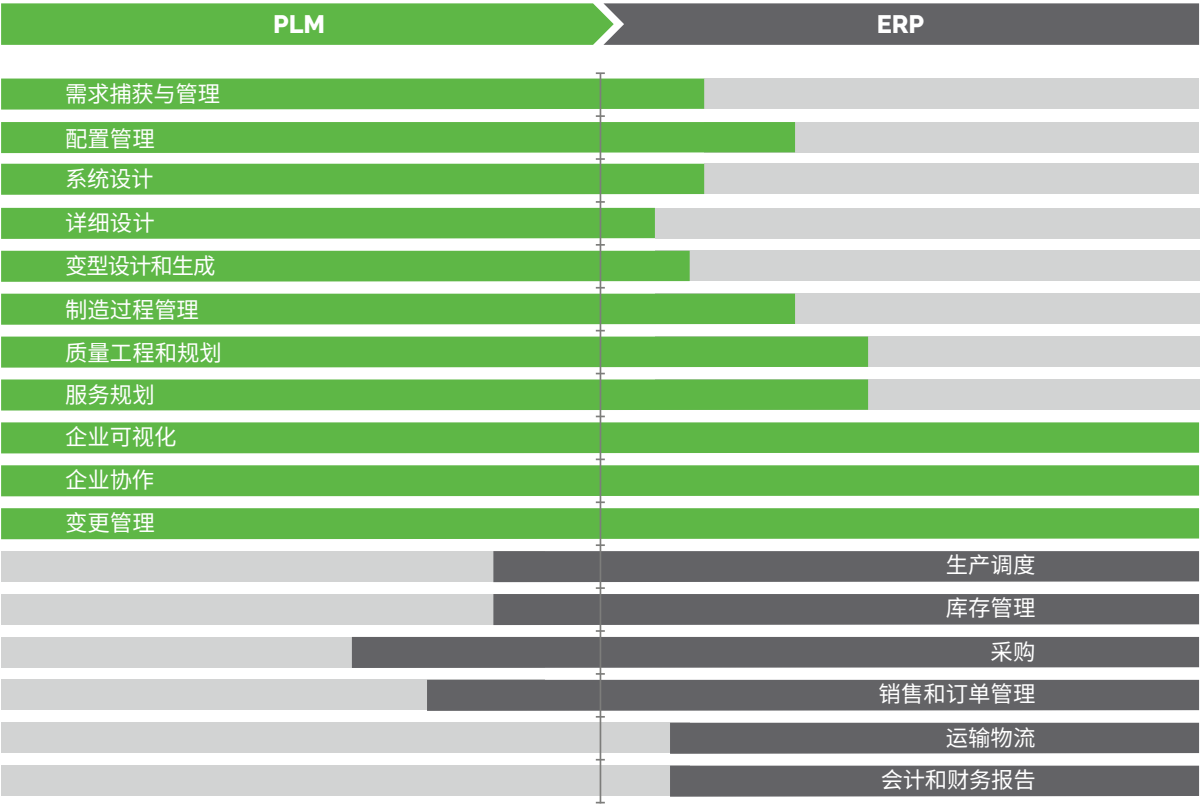


数字主线由 PLM 管理和协调

PLM 为 ERP 客户带来的另一个主要好处是，能够通过确保设计与工厂中的制造交付成果之间的关联性，在设计与工厂之间拥有并维护数字主线。

PLM 如何与 ERP 配合工作并改进它

在传统上，ERP 解决方案必须等到产品设计和流程计划定义最终确定后，才能与下游职能部门或供应商共享信息。通过使公司能够开发和维护从 PLM 到 ERP 的产品和制造流程数字主线，公司将获得简化的程序和流程，以及下游生产系统中的高质量数据。



分配 ERP 和 PLM 流程与职责，尤其关注 PLM

将 PLM 系统和 ERP 系统集成起来为何很有好处？


PLM 与 ERP 的集成能够将重要的上游和下游流程以及数据关联起来，而这些流程和数
据分散在传统上使用不同企业系统的不同用户组之间。结果是：

理想的集成环境提供了双向框架和可靠的闭环事务管理。从而支持发布 ERP 所需的所

- 闭环质量管理:制造部门使用源自 PLM 的准确且最新的工件, 如 mBOM、sBOM、流程计划和工作说明。而工程部门从工厂和现场服务部门接收不合格项和问题反馈
- 数据驱动的设计:工程部门利用工厂和现场性能数据来指导设计决策

有 PLM 可交付成果，以便运行物料需求计划（简称 MRP）流程。需要根据 PLM 中相
应的已发布数据, 在 ERP 中无缝创建这些可交付成果（mBOM、流程计划和处理资源），
无需人工干预。

这种集成还应确保在下游流程中进行咨询所需的 PLM 信息（但不是运行 MRP 所必需
的信息）可以及时访问并且是最新的，而无需在 ERP 中复制它们供下游使用。例如，
2D 工程图、3D 模型、制造（NC 和 AM）文件、工作说明以及任何相关文档都属于这
种信息。反过来，理想的集成还应确保在上游流程中进行咨询所需的 ERP 信息（但不
是 PLM 流程所必需的信息）也可以及时访问并且是最新的，而无需在 PLM 中复制它
们供上游使用。例如，可能影响设计的库存水平或项目成本或 PLM 中发起的更改都属
于这种信息。



总之，最佳的集成应允许信息从一个系统传输到另一个系统，并确保一个系统中的信息管理始终集成到另一个系统中。它还应允许在数据驻留的地方使用数据，而无需复制到其他系统中，同时确保数据在访问时是相关的和最新的。同样，一定要注意仅对执行工作流程和计算所需的相关数据进行同步。

PLM/ERP 集成不断取得进展

如今，许多制造商正在集成 PLM 和 ERP，以提高效率和产品质量。虽然这些制造商最初的动机可能是想消除重新输入数据的低效率及其可能造成的人为错误，但它们获得的好处远不止这两点。制造商还能够确保 PLM 系统捕捉到的 BOM 数据和支持性产品开发数据可供需要此数据的所有职能部门使用。此外，由于 PLM 系统还可以提供路由选择和制造过程计划，因此，重要的上游和下游流程能关联在一起，并且变得更高效和更有成效。

对于大多数制造商，问题应该是如何最有效地实施和集成这两种解决方案？选择适合企业的正确 ERP 和 PLM 系统非常重要，而且，制造商不应为了全面取得这两个系统的价值而损害其优点。在产品和流程计划开发以及生产过程不再作为孤岛实施，并且 PLM 和 ERP 的功能部署在无缝、端到端的解决方案中时，价值就开始浮现出来。

通过正确实施 ERP 和 PLM 的集成，公司可以不断顺畅地进行重大的创新（例如开发出新的和更有特色的产品）以及持续的业务创新（例如不断降低成本和改善质量）。

集成的 ERP 和 PLM 系统帮助在整个创新范围内提供价值，同时为现代化的制造企业提供所需的持续控制能力。这种集成可以带来巨大的竞争优势，因为它推动了敏捷制造的发展，从而使制造商能够快速、自信地充分利用每一个重要的市场商机。

在选择 PLM 和 ERP 系统时，制造商应认真考虑集成能力。他们应该关注实现了前述两种集成的 PLM 和 ERP 系统（将数据从一个系统传输到另一个系统，允许系统在数据驻留处使用数据）。

PTC 精心打造的 Windchill PLM 有助于简化流程和数据与下游系统（如 ERP 和 MES）的集成。以下是 Windchill PLM 提供的主要集成功能：这些功能使制造商可以轻松地将 Windchill 集成到下游系统，如下例所述：

Windchill 企业系统集成 (ESI) 模块是一个整体解决方案，用于将 Windchill 中创作的可交付成果发布到 SAP 和 Oracle Manufacturing（BOM、ECN、文档、工程图、CAD、NC、工作说明、流程计划、控制特征、处理资源）。

Nidec Global Appliance 是最大的制冷压缩机制造商，它们通过将 Windchill 与 SAP 集成在一起，显著减少了重复工作。在集成之前，开发人员必须将他们的工作输入到彼此隔离的 Windchill 和 SAP 系统中，从而使工作量加倍，并增加了出错的可能性。SAP 中的数据与 Windchill 中的不同。事实来源是哪一个？尽管这在各项目团队的层面并没有造成混乱，但它在企业层面上是失败的，因为缺乏流程控制、供应商控制和检查 / 测试治理，导致了产品上市进一步推迟。例如，适合插入某个单一部件的位置可能有两个，或者单个装配步骤可能会使用两个不同的零件。现在，由于 BOM 和相关工作说明是一致的，因此设计可以无缝地从开发阶段过渡到生产阶段。

Vaillant Group 是供暖、通风和空调 (HVAC) 领域的全球市场和技术领导者，该公司通过 Windchill 的 ESI 自动将产品数据（包括制造 BOM）传输到 SAP。Windchill 和 SAP MDG-M 提供的工作流功能可实现自动和透明的跨系统变更状态跟踪。自动生成关键功能，如预定义规则。在 SAP 和 Windchill 之间进行集成之前，50% 的第一批实体样品需要返工。实施后，Windchill 批准和 SAP 批准之间具有硬链接，在开始批量生产时不会出现偏差。此外，从 2019 年 1 月到 12 月，平均流程运行时间缩短了 25%！

ERP Connector 允许 Windchill 客户与 SAP 或 Oracle Manufacturing 以外的任何其他下游系统（如 Microsoft Dynamics Ax）建立连接，或者挂载客户的现有中间件，从而开始协调 Windchill 数据向其他系统的发布。

Yamazaki Mazak Corporation 是全球机床生产行业的领导者，在 2019 年更换了原有的 CAD 和 PLM 软件，以强化其关键的内部运营活动，使设计、工程和制造部门能够使用自有工具和 Microsoft Dynamics 无缝工作。其目标是减少在制品库存量、制造提前期和间接流程。

ThingWorx Navigate 应用程序允许下游系统（如 ERP 或 MES）中的用户访问 Windchill 数据，而无需将数据传输或复制到另一个系统中，从而确保每次需要时都能获得最新信息。

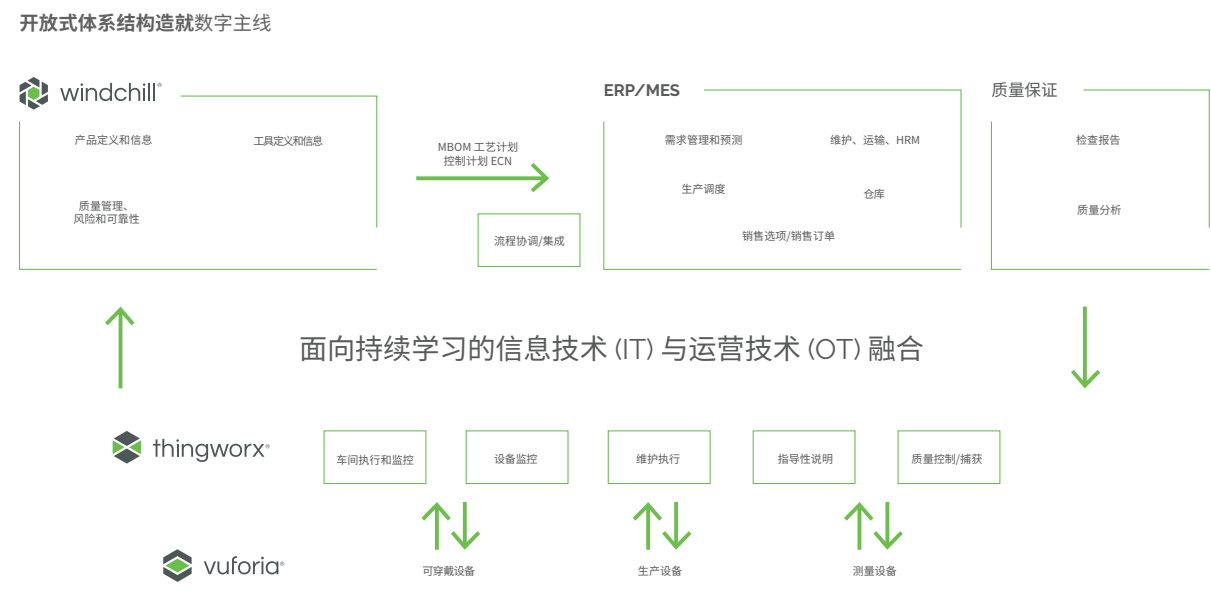
Bosch Rexroth 是一家全球驱动和控制技术制造商，该公司创建了一个简单的用户界面，将直接从 SAP 加载的零件清单与 Windchill 中存储的信息（扭矩、压力等）组合在一起，包括一个支持选择、突出显示、注释和动画的交互式 3D 模型。

ThingWorx Operator Advisor 应用程序是一款专用的应用程序，它允许用户从 Windchill 访问工作说明，确保车间始终具有基于 3D 的、详实的、最新的工作说明以及来自 ERP 或 MES 系统的工作订单信息。

VCST 是一家世界级的汽车动力传动系和制动零件供应商，它利用 ThingWorx Operator Advisor 应用程序进行车间工作执行与监视、设备监视、维护执行、质量控制 / 捕获，以及提供与主数据管理相关联的 PLM/ERP/MES 体验的指导性说明。

RESTful API 提供了一些现代 Web 服务 /API，需要从外部系统（如 ERP 或 MES）将 Windchill 中的数据用于任何所需用例的 Windchill 客户可以使用它们。

这些功能使制造商可以轻松地集成 Windchill, 如下例所述：



以下是 Windchill PLM 和 ThingWorx 平台在进行上述集成时可以实现的重要用例：

- **将已发布的 PLM 内容与 ERP/MES 同步。**ERP 需要一些源自 PLM 的内容来执行其事务。制造资源计划部门需要零件、mBOM、流程计划和工艺路线信息。服务采购部门需要服务物料清单 (sBOM)。
- **ERP 用户可以查看 PLM/IoT 信息来指导决策。**ERP/MES不需要存储此内容来驱动工作流程逻辑, 可以直接从 PLM/IoT 访问它, 特别是对于动态可视化 (例如工厂和服务人员需要工作说明和传感器读数)。
- **PLM 用户可以查看 ERP 信息来指导决策。**PLM 不需要存储此内容来驱动工作流程逻辑, 可以直接从 ERP 访问访问它 (例如工程师访问零件成本和数量信息)。
- **将 IoT 内容与 ERP 的资产管理系统同步。**资产管理系统是资产事件的记录系统, 这些事件可能源自 ThingWorx 应用程序或通过 ThingWorx 进行报告的互联设备。

利用 ERP 和 PLM 实现数字主线

从一开始，Windchill 就被设计成首个提供了与 ERP 和 MES 等系统进行高度集成所需开放性的、基于 Web 的 PLM 解决方案。ERP 客户应能在 Windchill PLM 中找到一个系统，该系统将为现有的 ERP 和 MES 解决方案提供补充，帮助您在有新产品或变更时掌控产能提升。通过 Windchill 与 SAP 和 Oracle Manufacturing 的开箱即用型集成，可连接到任何其他类型 ERP 或 MES 解决方案的接口，以及与 PTC IIOT ThingWorx 平台的集成，您可以创建一个从设计到车间和反方向的数字主线。

有关更多信息，请访问 <https://www.ptc.com/cn/technologies/plm>。



PTC, Inc.

2020 年 8 月
版权所有 © PTC, Inc.
www.ptc.com/cn