

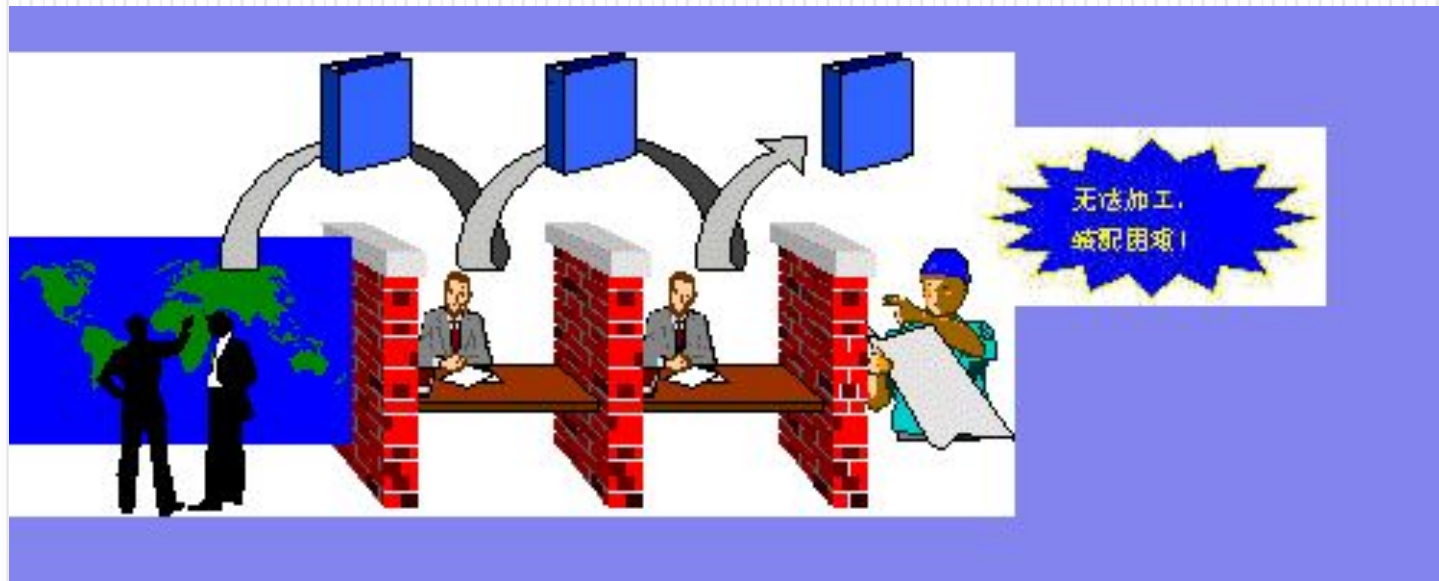
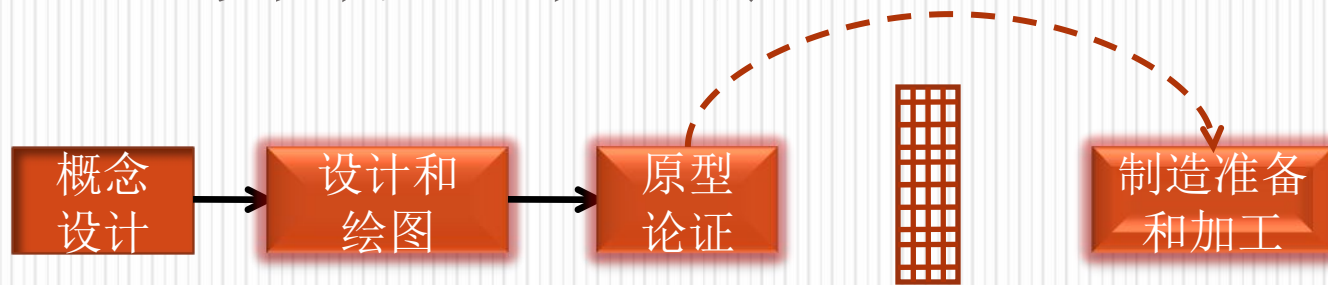


南 华 大 学
机电类创新训练中心

先进制造生产模式

第一节 并行工程技术

一、并行工程的产生



传统的产品开发模式是串行的：产品设计→工艺设计→计划调度→生产制造。
设计工程师与制造工程师之间互相不了解，互相不交往，中间有如隔了一堵墙。

传统产品开发模式存在的缺点

- ❧ 部门之间信息共享存在障碍；
- ❧ 操作流程的串行实行，使得设计早期不能全面考虑产品生命周期中的各种因素，不能综合考虑产品的可制造性、可装配性和质量可靠性等因素，导致产品质量不能达到最优；
- ❧ 各部门对产品开发的独立修改导致产品开发出现各种反复，总体开发时间延长；
- ❧ 基于图样以手工设计为主，设计表达存在二义性，缺少先进的计算机平台，不足以支持协同化产品开发。

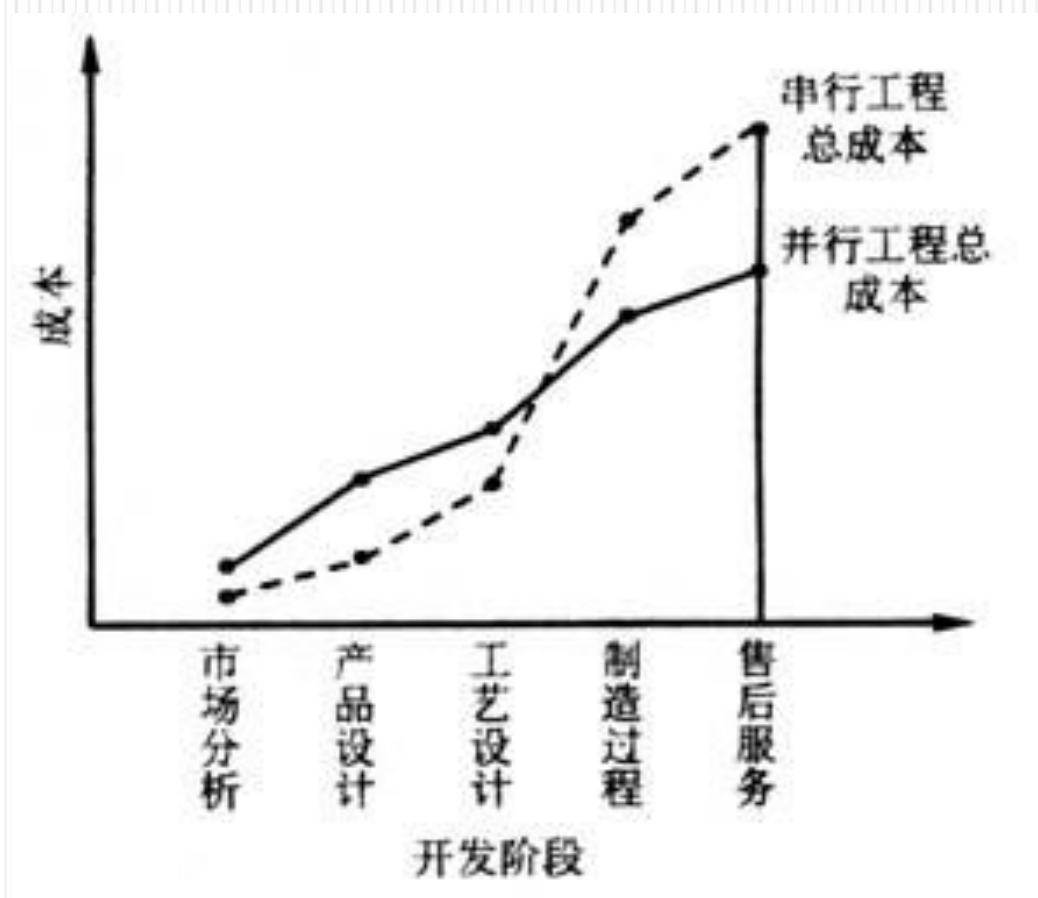
并行工程产生的背景要求：

- ❧ 全球化市场要求企业必须改变经营策略：提高产品开发能力、增强市场开拓能力，但传统产品开发模式已不能满足市场竞争要求。
- ❧ 并行工程是一种企业组织、管理和运行的先进设计、制造模式；采用多学科团队和并行过程集成化开发模式。
- ❧ 并行工程把传统的制造技术与计算机 技术、系统工程技术和自动化技术相结合，在产品开发的早期阶段全面考虑产品生命周期中的各种因素，力争使产品开发能够一次获得成功。从而缩短产品开发周 期、提高产品质量、降低产品成本。

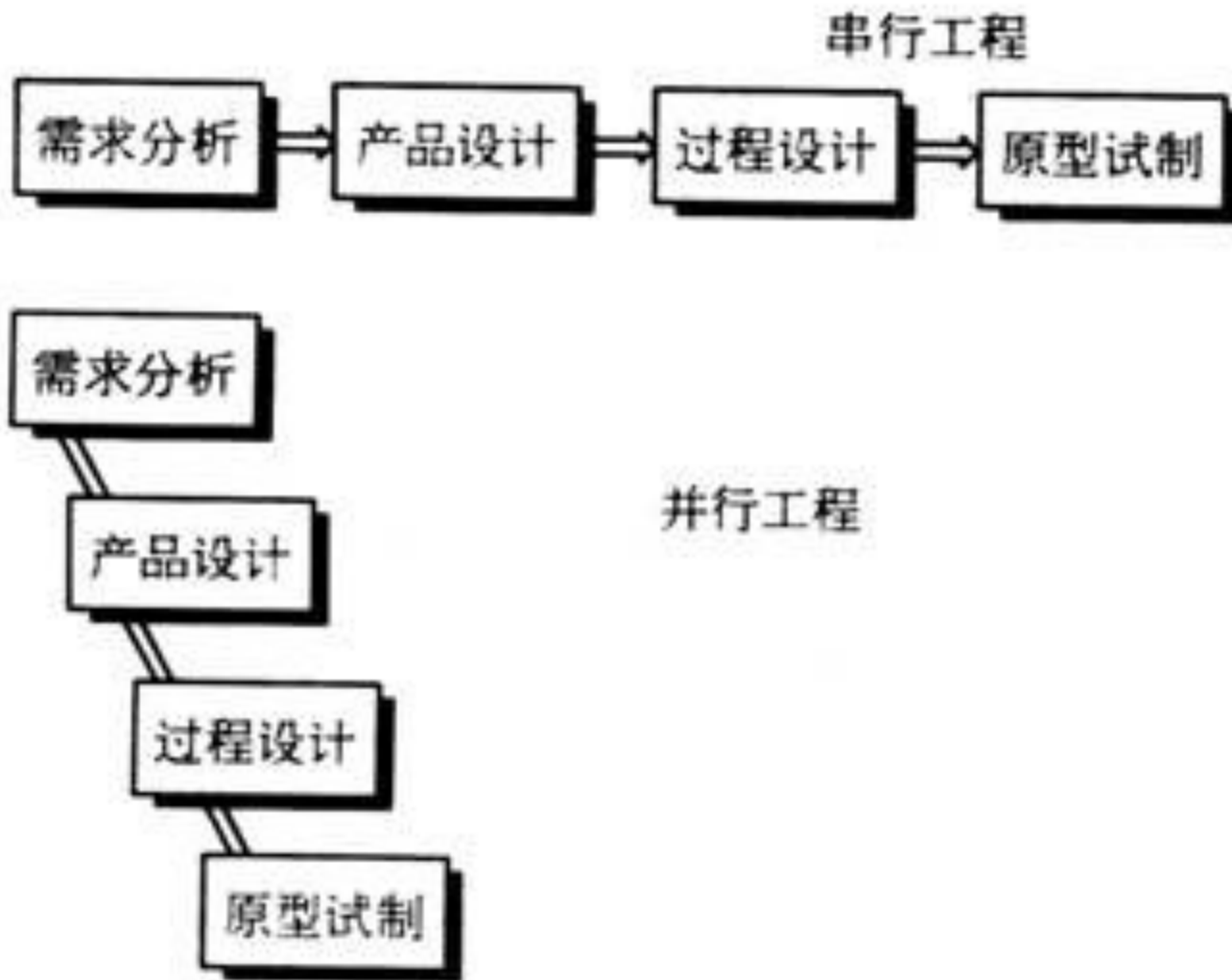
并行工程(Concurrent Engineering,CE)产生和发展历史

- ❧ 美国国防先进研究计划局 (DARPA) 1987 年12月举行了并行工程专题研讨会, 提出了发展并行工程的 DICE计划 (DARPA's Initiative in CE)。
- ❧ 同时, 美国防御分析研究所IDA (Institute of Defense Analyses) 对 CE及其用于武器系统的可行性进行调查研究, 88年公布了著名的R-388研究报告, 明确提出了并行工程的思想。
- ❧ 1988年DARPA发出了并行工程倡议, 西弗吉尼亚大学设立了并行工程研究中心, 许多大 软件公司、计算机公司开始对支持并行工程的工具软件及集成框架进行开发。
- ❧ CE在国际上引起各国的高度重视, 其思想被更多的企业及产品开发 人员接受和采纳, 各国政府也加大支持并行工程技术开发力度。
- ❧ 并行工程已在一批国际著名 企业中获得成功应用, 如波音、洛克希德、雷诺、通用电气等均采用并行工程技术来开发自己的产品, 取得显著效益。

CE与串行工程产品开发成本比较



串、并行产品开发过程对比



二、并行工程的定义

并行工程 CE 是**对产品及其相关过程（包括制造过程和支持过程）进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式**。这种工作模式力图使开发人员从一开始就考虑到产品全生命周期中的各种因素，包括**质量、成本、进度及用户需求**。

二、并行工程的运行特性

——（1）并行特性

- CE的最大特点是把时间上有先有后的作业过程转变为同时考虑和尽可能同时（或并行）处理的过程；
- 在产品的设计阶段就并行地考虑了产品整个产品生命周期中的所有因素，研制周期将明显地缩短。这样设计出来的产品不仅具有良好的性能，而且易于制造、检验和维护。

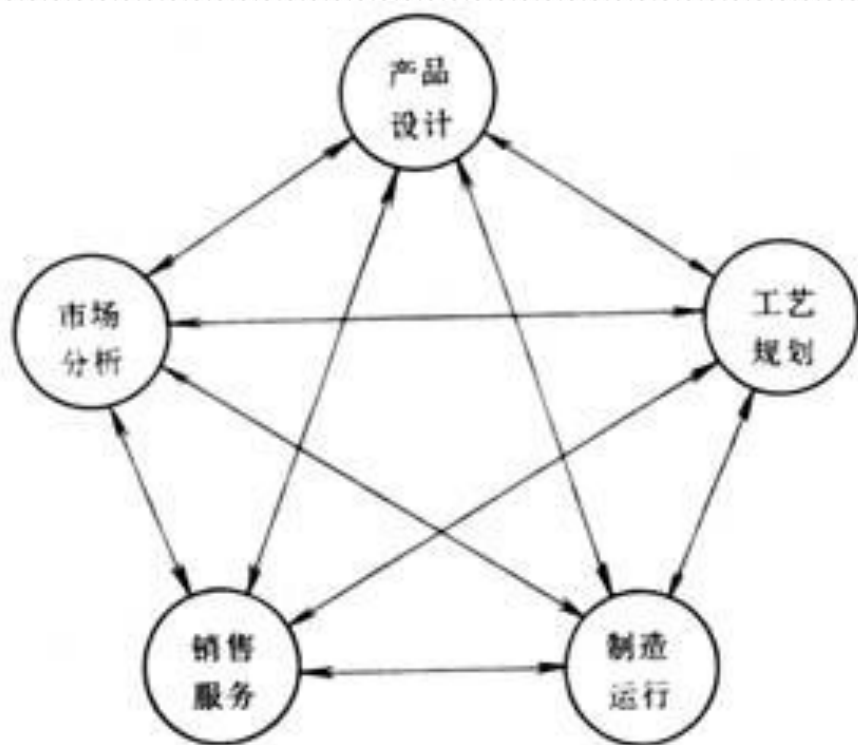
二、并行工程的运行特性

——（2）整体特性

- ✎ **CE**认为，制造系统（包括制造过程）是一个有机的整体，在空间中似乎相互独立的各个制造过程和知识处理单元之间，实质上都存在着不可分割的内在联系。
- ✎ **CE**强调全局性的考虑问题，即产品研制者从一开始就考虑到产品整个生命周期中的所有因素。
- ✎ 并行工程追求的是整体最优。有时为保证整体最优，甚至可能不得不牺牲局部的利益。

二、并行工程的运行特性

制造系统各个环节的内在联系



二、并行工程的运行特性

——（3）协同特性

并行工程特别强调设计群体的协同工作（*Team work*）：

- 1) **多功能的协同组织机构：***CE*根据任务和项目需要，组织多功能工作小组，小组成员由设计、工艺、制造和支持（质量、销售、采购、服务等）的不同部门、不同学科代表组成。工作小组有自己的责、权、利，工作计划和目标，成员之间使用相同术语和共同信息资源工具，协同完成共同任务。
- 2) **协同的设计思想：***CE*强调一体化、并行地进行产品及其相关过程的协同设计，尤其注意早期概念设计阶段的并行和协调。
- 3) **协同的效率：***CE*特别强调“ $1+1>2$ ”的思想，力求排除传统串行模式中各个部门间的壁垒，使各个相关部门协调一致的工作，利用群体的力量提高整体效益，强调“工”字钢带来的三块钢板的协调强度。

二、并行工程的运行特性

——（4）集成特性

CE是一种系统集成方法，具有人员、信息、功能、技术的集成特性。

①**人员集成**：管理者、设计者、制造者、支持者以至用户集成为一个协调的整体。

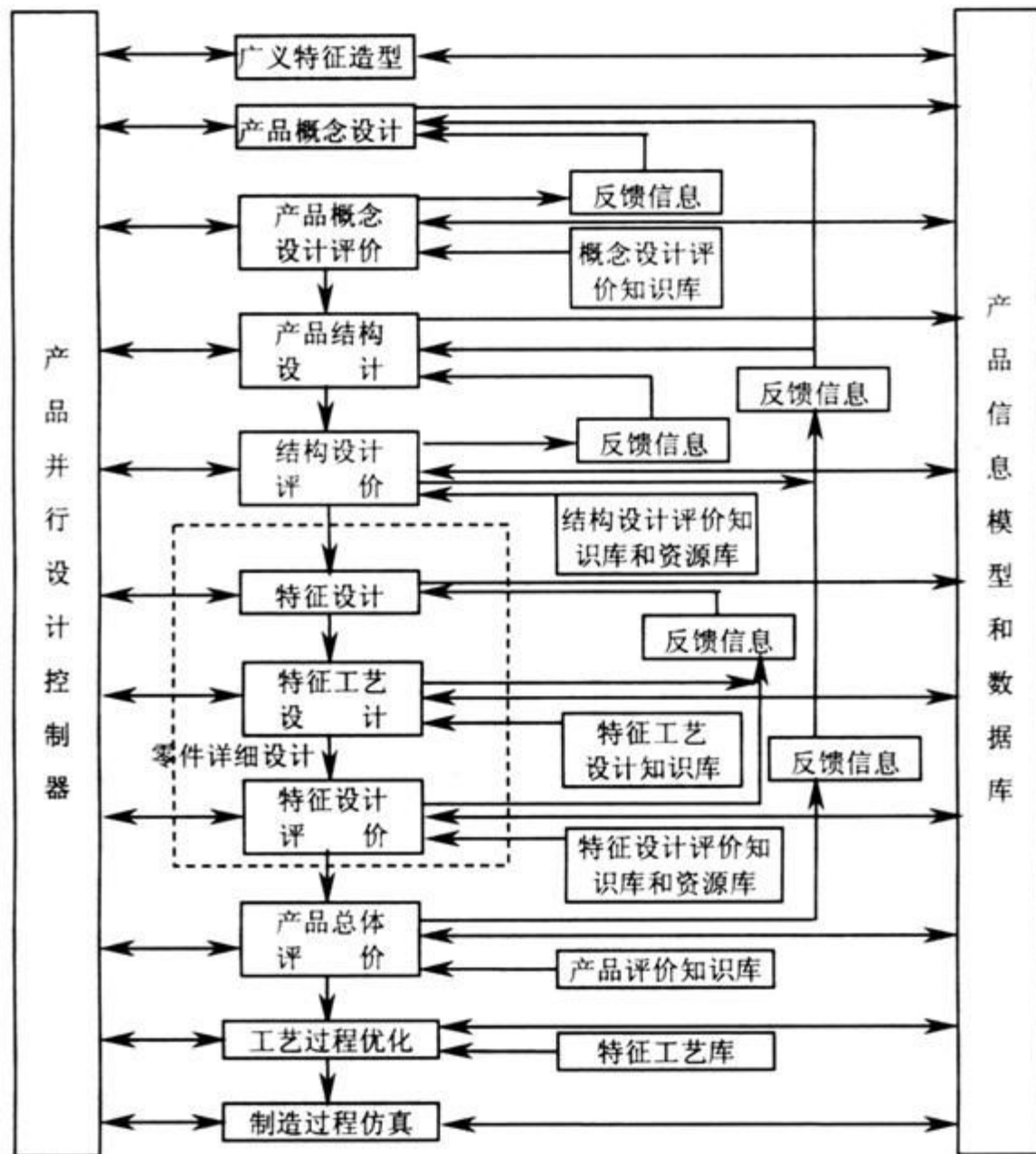
②**信息集成**：产品全生命周期中各类信息的获取、表示、表现和操作工具的集成和统一管理。

③**功能集成**：产品全生命周期中企业内各部门功能集成，以及产品开发企业与外部协作企业间功能的集成。

④**技术集成**：产品开发全过程中涉及的多学科知识以及各种技术、方法的集成，形成集成的知识库、方法库。

三、并行工程的体系结构

- (1) 产品概念设计：对产品设计要求进行分组描述和表述，并对方案优选、批量、类型、可制造性和可装配性评价，选出最佳方案，指导概念设计。
 - (2) 结构设计及其评价：将产品概念设计获得的最佳方案结构化，对各种方案进行评价和决策。选择最佳结构设计方案或提供反馈信息，指导产品的概念设计和结构设计。
 - (3) 详细设计及其评价：根据结构设计方案对零部件进行详细设计，并对其可制造性进行评价，即时反馈修改信息，指导特征设计，实现了特征 / 工艺并行设计。
 - (4) 产品总体性能评价：该阶段产品信息较完善，对产品的功能、性能、可制造性和成本等采用价值工程方法进行总体评价、提出反馈信息。
- 最后必须进行工艺过程优化，对零件的实际加工过程进行仿真。



三、并行工程的关键技术

- (1) 过程管理与集成技术：包括过程建模、过程管理、过程评估、过程分析和过程集成。
- (2) 团队：由传统部门制或专业组变成项目为主的多功能集成产品开发团队 (Integrated Product Team, IPT)。
- (3) 协同工作环境：产品开发由分布在异地的采用异种计算机软件工作的多学科小组完成的。具体关键技术包括约束管理技术、冲突仲裁技术、多智能体技术、*CSCW (Computer-Supported Cooperative Work)* 技术等。
- (4) *DFX*：*DFX*是*CE*的关键使能技术。*X*代表产品生命周期中的各项活动。应用较多的是*DFA*（面向装配设计）和*DFM*（面向制造设计）。
- (5) *PDM*：产品数据管理（*Product Data Management*）集成和管理产品所有相关数据及其相关过程。*PDM*能在数据的创建、更改及审核的同时跟踪监视数据的存取，确保产品数据的完整性、一致性及正确性，保证每个参与设计的人员都能即时地得到正确数据，使产品设计返回率达到最

四、并行工程的应用实例——波音公司

自 1991年起，在波音767—X系列产品上采用了：

- ① 按飞机部件组成两百多个IPT；
- ② 改进产品开发流程；
- ③ 采用DFA / DFM等工具；
- ④ 利用巨型机支持 的PDM系统辅助并行设计；
- ⑤ 大量应用CAD/CAM技术，做到无图样生产；
- ⑥ 仿真技术与虚拟现实技术等CE的方法和技术。

获得了以下显著效益：

- ①提高设计质量，极大地减少了早期生产中的设计更改；
- ②缩短产品研制周期，优化设计过程；
- ③减少报废和返工率，降低制造成本。

四、并行工程的应用实例——波音公司

波音公司在767—X飞机的开发中，全面应用CAD/CAM系统作为基本设计工具，在计算机上设计出所有零件的三维图形，并进行数字化预装配，获得早期的设计反馈，便于及时了解设计的完整性、可靠性、可维修性、可生产性和可操作性。同时，数字化设计文件可以被后续设计部门共享，从而在制造前获得反馈，减少设计更改。总结为：

- (1) 100%数字化产品设计
- (2) 3D实体数字化整机预装配
- (3) 并行产品设计（CPD）

四、并行工程的应用实例——瑞士ABB

自1992年起，在火车运输系统上采用：

- ① 建立支持CE的计算机系统；
- ② 可互操作的网络系统；
- ③ 组织设计和制造过程的团队；
- ④ 统一的产品数据定义模型；
- ⑤ 应用仿真技术等CE的方法和技术。

获得效益如下：

- ① 过去从签订合同到交货需3~4年，现在仅用3~18个月；
- ② 对东南亚的用户，能在12个月以内交货；
- ③ 整个产品开发周期缩短25%~33%。

四、并行工程的应用实例——日本横河HP

自1984至1990年，在高精度测量设备上，采用了：

- ① 开发制造生产网络（MPN）；
- ② 网络化计算环境；
- ③ 实时的全局工程数据库等CE的方法和技术。

获得效益为：

- ① 新产品上市周期缩短30%；
- ② 技术部门生产率上升30%；
- ③ 总体生产能力增加30%。

四、并行工程的应用实例——中国长峰科技集团

1995年起，在复杂系统产品（机械与电子）开发中，采用：

- ①建立并行设计、制造与管理的集成环境；
- ②组建多层次的集成产品开发团队；
- ③改进现有产品开发流程；
- ④应用各类CAX / DFX工具；
- ⑤动态管理和跟踪项目的进展，实施PDM；
- ⑥应用并行工程集成框架技术等CE的方法和技术。

获得效益为：

- ①总体方案设计周期压缩60%，工程绘图周期从1~2个月下降到2~3周。工艺检查周期减少50%，更改反馈次数降低50%，工艺规划时间减少30%，工装准备周期减少30%，数控加工编码与调试周期减少50%；
- ②毛坯成品率由原来的30%~50%提高到70%~80%；
- ③降低产品成本20%；
- ④培养了一支人才队伍，为并行工程在我国全面实施应用奠定了基础。

四、并行工程的应用实例——齐齐哈尔车辆厂

自1998年起，在铁路货车的生产中，采用了：

- ①组建产品开发中心，组织设计、工艺、制造团队；
- ②实现产品开发过程管理及项目协调管理；
- ③基于PDM实现产品数据的集成化管理；
- ④基于STEP标准实现CAD/CAPP集成；
- ⑤采用结构强度分析、刚度分析及动力学分析工具；
- ⑥建立产品报价系统等CE的方法和技术

获得效益为：

- ①缩短产品开发周期30%~40%；
- ②减少产品试制次数和试制费用，每年可节约试制费500万元；
- ③提高产品质量水平，增加出口量，每年可多获利润1250万元。

第二节

敏捷制造

一、敏捷制造产生的背景

- ❧ 1970—80年代，美国制造业一度成为美国经济严重衰退的重要因素之一。
- ❧ 20世纪80年代，西德和日本高质量产品大量推向美国市场，迫使美国制造策略由注重成本转向产品质量。
- ❧ 90年代，产品更新换代加快，市场竞争加剧，靠降低成本、提高质量还难以以赢得市场竞争，还必须缩短产品开发周期。当时美国汽车更新换代的速度已经比日本慢了一倍以上，速度 成为美国制造商关注的重心。
- ❧ “一个国家要生活得好，必须生产得好”。
- ❧ 美国政府为重新夺回美国制造业的世界领先地位，把制造业发展战略目标瞄向21世纪。美国通用汽车和Leigh大学的Iacocca研究所在国防部的资助下，组织了百余家公司，耗资50万美元，花费1000人日，分析研究400多篇优秀报告后，提出《21世纪制造企业战略》的报告。
- ❧ 88年在这份报告中首次提出敏捷制造的新概念。90年向社会半公开后，立即受到世界各国的重视。92年美国政府将敏捷制造作为21世纪制造战

二、敏捷制造的定义

- ✎ 在《21世纪制造企业发展战略》报告中，并没有给敏捷制造一个确切的定义，但专家们都强调，针对21世纪市场竞争的特点，制造业不仅要灵活多变地满足用户对产品多样性的要求，而且新产品必须能快速上市。
- ✎ “美国机械工程师学会”（ASME）主办的“机械工程”杂志94年刊中，对敏捷制造做了如下定义：“敏捷制造就是指制造系统在满足低成本和高质量的同时，对变幻莫测的市场需求的快速反应”。

敏捷制造企业的敏捷能力

- ① **市场快速反应能力：** 判断和预见市场变化并快速反应的能力。
- ② **竞争力：** 企业获得生产力、效率和有效参与竞争所需的技能。
- ③ **柔性：** 以同样设备与人员生产不同产品或实现不同目标的能力。
- ④ **快速：** 以最短时间执行任务（如产品开发、制造、供货等）的能力。
- ⑤ **企业策略上的敏捷性：** 企业针对竞争规则及手段变化、新竞争对手出现、国家政策法规变化、社会形态变化等快速反应的能力。
- ⑥ **企业日常运行的敏捷性：** 企业对影响其日常运行的各种变化，如用户对产品规格、配置及售后服务要求的变化、用户定货量和供货时间的变化、原料供货出现问题及设备出现故障等做出快速反应的能力。

三、敏捷制造的组成

敏捷制造是在全球范围内企业和市场的集成， 目标是将企业、商业、学校、行政部门、金融等行业都用网络进行连通，形成一个与生活、制造、服务等密切相关的 网络，实现面向网络的设计，面向网络的制造，面向网络的销售，面向网络的服务。

在这种意义下敏捷制造应有两个方面的重要组成，即：敏捷制造的基础结构和敏捷的虚拟企业。

敏捷制造的基础结构为形成虚拟企业提供环境和条件。

敏捷的虚拟企业是实现对市场不可预期变化的响应。

1、敏捷制造的基础结构

- I. **物理基础结构：**是指虚拟企业运行所必须的厂房、设备、实施、运输、资源等必要的物理条件，是指一个国家乃至全球的范围内的物理设施。
- II. **法律基础结构：**是指有关国家关于虚拟企业的法律和政策条文。它应规定出如何组织一个法律上承认的虚拟企业，如何交易，利益如何分享，如何纳税，虚拟企业破产后如何还债，解散后如何善后，人员如何流动等
- III. **社会基础结构：**虚拟企业要能够生存和发展，还必须有社会环境的支持。虚拟企业的解散和重组、人员的流动是非常自然的事，这些都需要社会来提供职业培训、职业介绍的服务环境。
- IV. **信息基础结构：**这是指敏捷制造的信息支持环境，包括能提供各种服务网点、中介机构等一切为虚拟企业服务的信息服务手段。

2、敏捷的虚拟企业

敏捷制造的核心是虚拟企业VE (Virtual Enterprise)，即为把不同企业不同地点的工厂或车间重新组织、协调工作的一个临时的团体。虚拟企业的组织结构如下：

(1) 核心层：由新产品设计与开发企业构成。核心层企业之间的关系是共同分担成本与风险，分享利润。

(2) 紧密层：由专用零部件生产及总装企业构成，这一层企业按照合同要求相互配合，合同与核心层代表签订，负责按合同要求生产与装配。

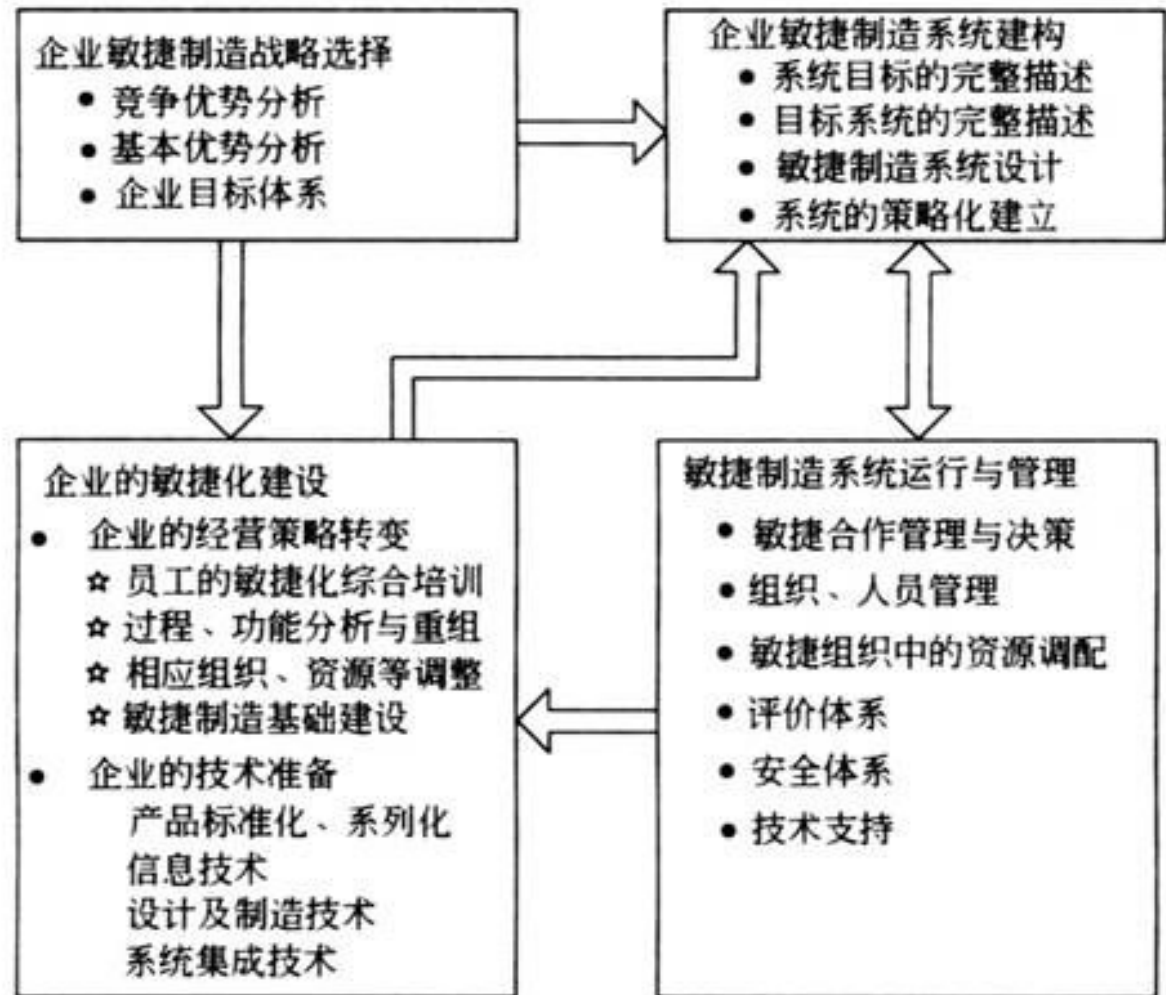
(3) 松散层：由通用标准零部件生产企业组成，以市场形式提供标准化、通用化零部件或按合同进行生产。

四、敏捷制造实施模式

一般包括四部分：

- 1、企业敏捷制造战略选择
- 2、企业的敏捷化建设
- 3、敏捷制造系统的建构
- 4、敏捷制造系统的运行与管理

虚拟企业的敏捷制造实施过程



企业的敏捷化建设

主要包括：企业经营策略的相应转变和相关的技术准备。前者是功能、过程、组织、人员、信息、资源等的相应转变与调整；后者包括一个技术体系，企业可以根据需要发展该技术体系中的某些关键技术。企业经营策略包括以下内容。

(1) 员工的敏捷化综合培训

(2) 企业的过程、功能分析与重组

(3) 相应的组织、人员、信息、资源、功能等的调整

(4) 敏捷制造综合基础的建设

敏捷制造系统的建构

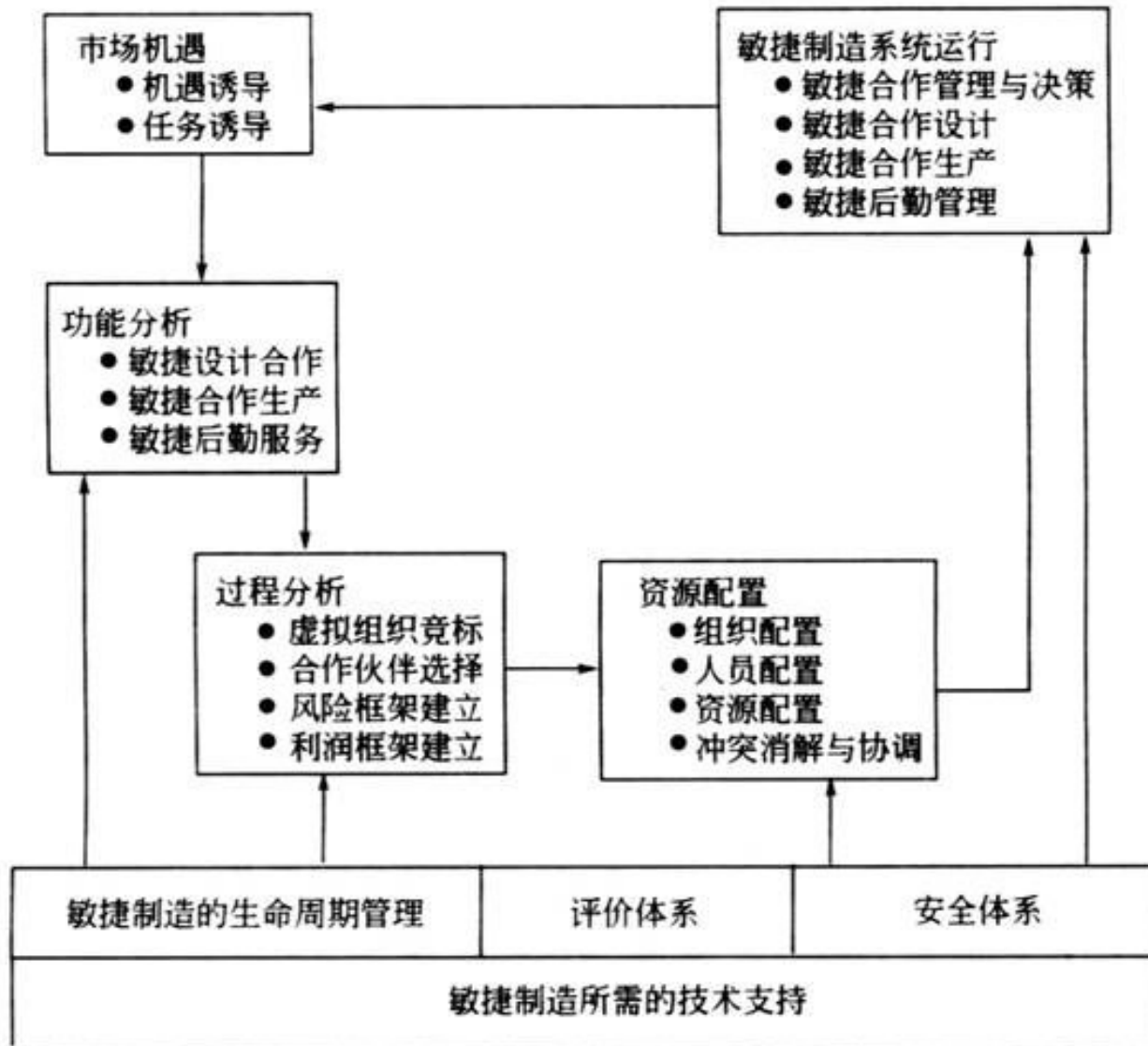
可分为方案设计和方案实施。

- I. 方案设计: 首先完整描述企业敏捷制造目标体系与系统，再确定实现方法与技术手段，建立完整的方案。设计方案分为基本框架系统设计和实例化两个阶段，前者解决基本技术经济分析，建立核心的、可扩展的系统参考模型和框架系统方案，后者则根据项目和竞标结果，形成在企业战略合作关系上具有较长生命周期，在项目合作上具有较灵活和快速变化的生命周期的具体系统。
- II. 方案实施: 对敏捷制造系统实施方案进行空间上、时间上、逻辑上的细化，要经过方案设计、方案实施、运行与评价、方案改进、再实施的循环提高过程，逐步实施，不断改进。

敏捷制造系统的运行与管理

鉴于敏捷制造系统运行的复杂性，应当在敏捷制造方法论的指导下，对系统的功能、过程、组织、人员、信息、资源、利润框架等进行综合管理。系统运行管理的主要内容有系统的描述与分析方法、决策、管理方法、评价体系、保证体系、安全体系、技术支持等。

捷制造系统运行的一种模式



第三节

智 能 制 造

一、智能制造的提出

- ❧ 20世纪70年代开始，发达国家为了追求廉价劳动力，将制造业逐渐移向发展中国家，引起本国技术力量向其他行业的转移，同时发展中国家专业人才又严重短缺，其结果制约了制造业的发展。因此，制造业希望减少对人类智慧的依赖，以解决人才供应的矛盾。智能制造正是适应这种情况而得以发展的。
- ❧ 世界各国的制造业趋向于全球化，制造、经营活动、开发研究等都在向多国化发展。为了有效地进行国际间信息交换及世界先进制造技术共享，各国企业都希望以统一方式来交换信息和数据。必须开发出一个快速有效的信息交换工具，创建并促进一个全球化的公共标准来实现这一目标。
- ❧ 先进的计算机技术和制造技术向产品、工艺及系统的设计和管理人员提出了新的挑战，传统的设计和管理方法不能有效地解决现代制造系统中所出现的问题，这就促使我们通过集成传统制造技术、计算机技术与人工智能等技术，发展一种新型的制造模式——智能制造。

二、智能制造的定义

智能制造（**Intelligent Manufacturing, IM**）是一种由**智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统**，它在制造过程中能进行智能活动，诸如分析、推理、判断、构思和决策等。通过人与智能机器的合作共事，去**扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动**。它把制造自动化的概念更新，扩展到**柔性化、智能化和高度集成化**。

三、智能制造系统的特征

1、自组织能力：IMS的一个重要标志。

是指IMS中的各种智能设备，能够按照工作任务的要求，自行集结成一种最合适的结构，并按照最优的方式运行。完成任务以后，该结构随即自行解散。

2、自律能力：使整个制造系统有抗干扰、自适应和容错能力。

即搜集与理解环境信息和自身的信息，并进行分析判断和规划自身行为的能力。IMS能根据周围环境和自身作业状况的信息进行监测和处理，并根据处理结果自行调整控制策略，以采用最佳行动方案。

三、智能制造系统的特征

3、学习能力和自我维护能力：使系统能自我优化并适应各种复杂环境。

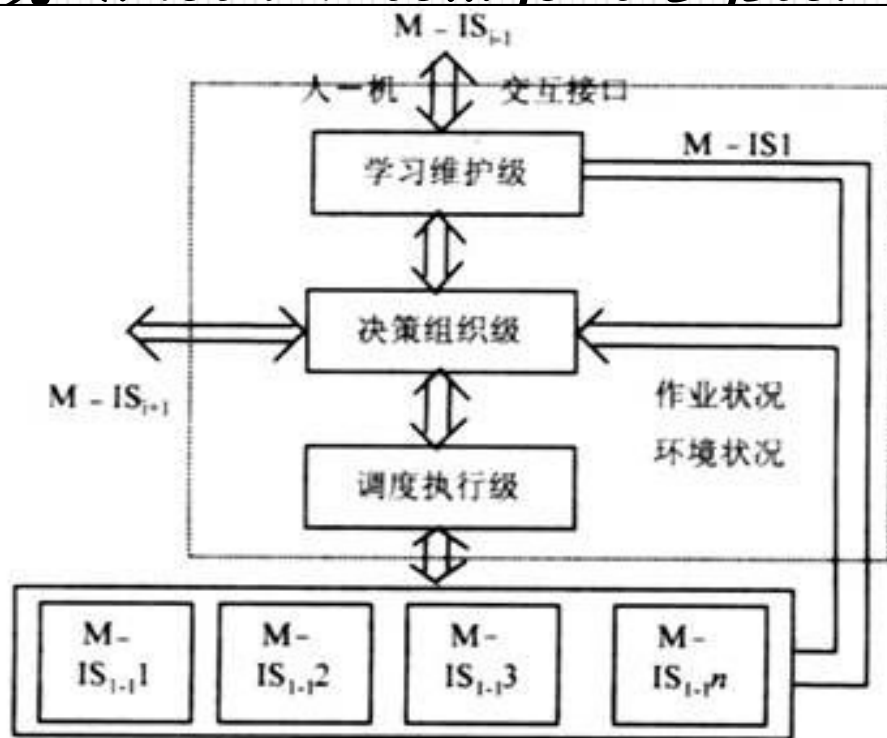
IMS能以原有专家知识为基础，在实践中不断学习，完善系统知识库，删除库中有误的知识，使知识库趋向最优。同时还能对系统故障进行自我诊断、排除和修复。

4、人机一体化：是一种混合智能。

一方面突出人在制造系统中的核心地位，同时，在智能机器的配合下，更好地发挥人的潜能，使人机之间表现出一种平等共事、相互“理解”、相互协作的关系，使二者在不同的层次上各显其能，相辅相成。

四、智能制造系统的构成及典型结构

*IMS*是一个复杂的智能系统，是由各种智能子系统按层次递阶组成，构成智能递阶层次模型。该模型最基本的结构称为元智能系统（*Meta-Intelligent System, M-IS*）。



五、智能制造系统的主要支撑技术

1、人工智能技术

2、并行工程

并行工程应用于*IMS*中，将最大限度地减少产品设计的盲目性和设计的重复性。

3、虚拟制造技术

虚拟制造技术应用于*IMS*，为并行工程提供必要的保证

。

4、信息网络技术

是制造过程的系统和各个环节“智能集成”化的支撑。信息网络是制造信息及知识流动的通道。

第四节

绿 色 制 造

一、绿色制造的提出

- ❧ 环境、资源、人口是当今社会面临的三大主要问题。最有效地利用资源和最低限度地产生废弃物，是当前世界环境问题的治本之道。
- ❧ 制造业是将可用资源（包括能源）通过制造过程，转化为可供人们使用和利用的工业品或生活消费品的产业，它在将制造资源转变为产品的制造过程中和产品的使用和处理过程中，同时产生的废弃物是制造业对环境污染的主要根源。
- ❧ 20世纪飞速发展的工业技术使人类现在已面临环境污染、生态破坏和资源短缺的危机。美国能源部报告预测：全球能源消耗未来20年将增加 60%，造成全球环境污染排放物的70%以上来自制造业，它们每年产生约55亿吨无害废物和7亿吨有害废物，报废产品的数量则更是惊人。

绿色制造 (Green Manufacturing) 的定义

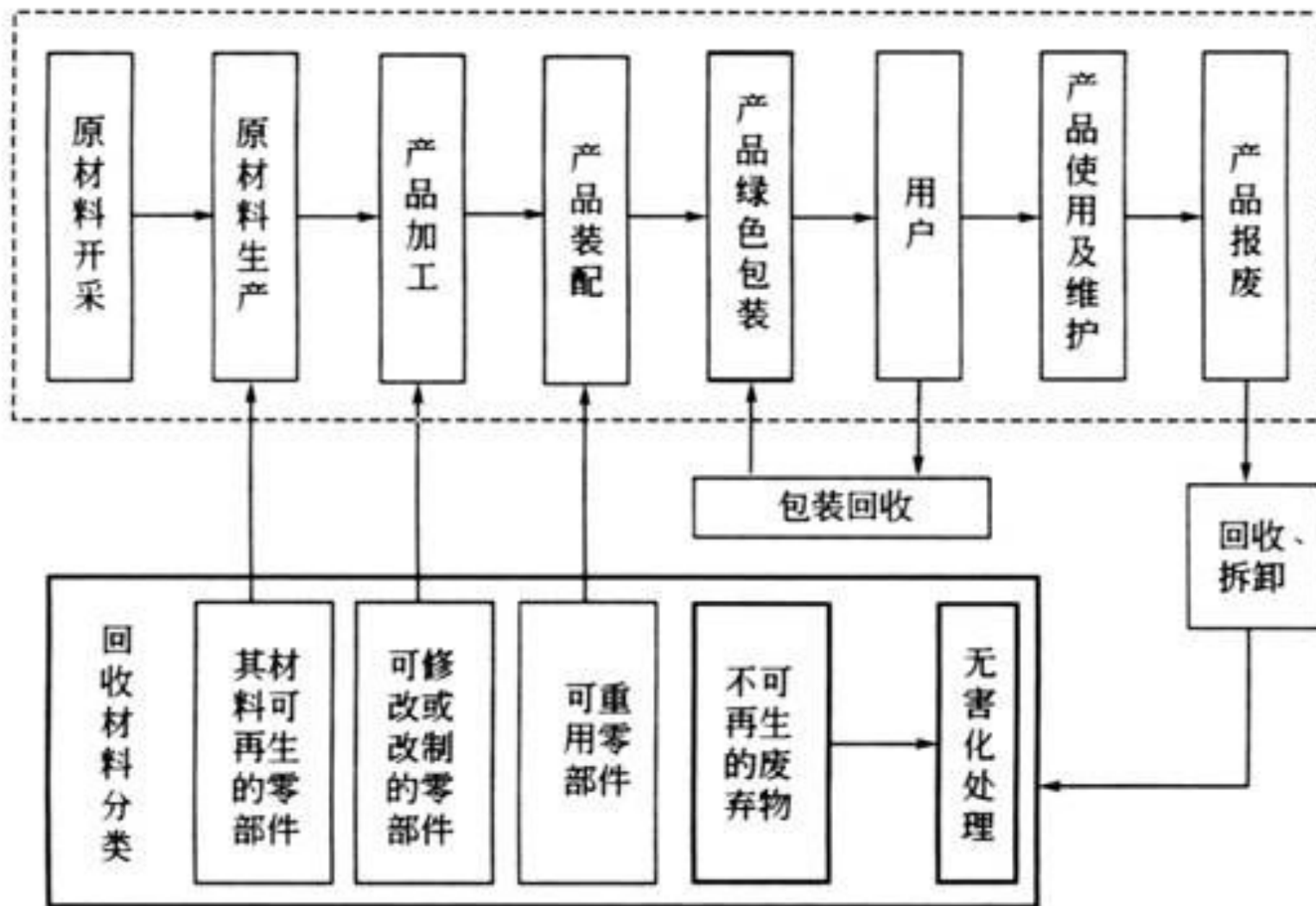
GM 又称 **环境意识制造 ECM** (Environmentally Conscious Manufacturing) 和 **面向环境的制造 MFE** (Manufacturing For Environment);

是指在保证产品功能、质量、成本的前提下, 综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式, 其目标是使得产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品生命周期中, 对 环境的负面影响最小, 资源效率最高, 并使 企业经济效益和社会效益协调优化。这里的环境包含了自然生态环境、社会系统和人类健康等因素。

绿色制造的特点

- ① **系统性：** 除保证一般制造系统功能外，还要保证环境污染为最小。
- ② **突出预防性：** 对产品生产过程进行综合预防污染的战略，强调以预防为主，使废弃物最小化或消失于生产过程中。
- ③ **保持适合性：** 必须结合企业产品的特点和工艺要求，使绿色制造目标符合区域生产经营发展的需要，又不损害生态环境和保持自然资源潜力。
- ④ **符合经济性：** 通过绿色制造，可节省原材料和能源的消耗，降低废弃物处理处置费用，降低生产成本，增强市场竞争力。
- ⑤ **注意有效性和动态性：** 绿色制造从“末端治理”转向对产品 & 生产过程的连续控制，使污染物产生最少化或消失于生产过程之中，综合利用再生资源 and 能源、 物料的循环利用技术。

传统制造与绿色制造的物流



绿色制造的主要研究内容

I. 绿色设计技术

II. 绿色制造工艺

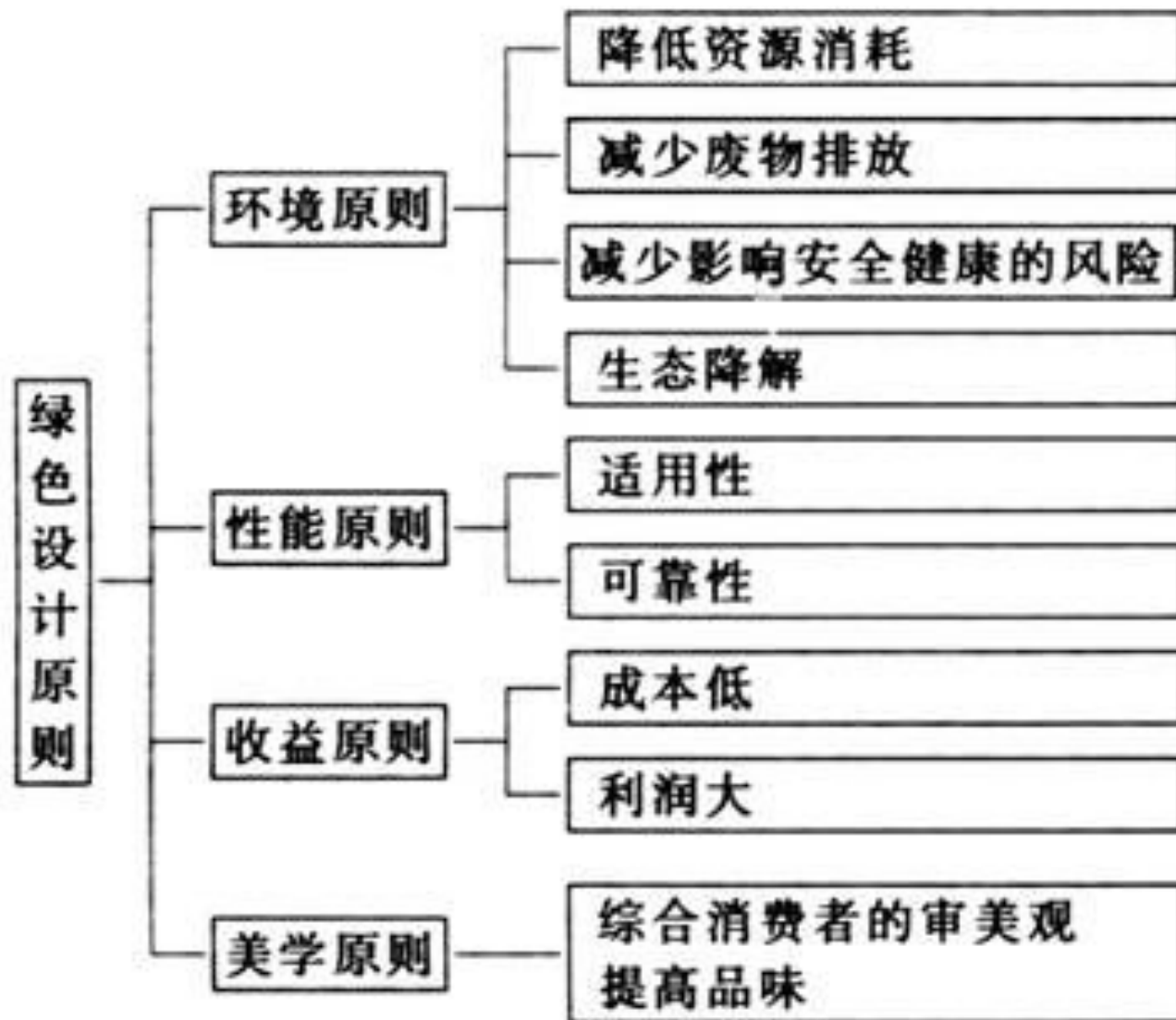
III. 绿色包装技术

IV. 绿色制造系统

绿色设计技术

- ❧ GD也称面向环境的设计：是系统地考虑环境影响并集成到产品最初设计过程中的技术和方法。要求在满足产品的功能、质量和成本的同时，优化各有关设计因素，使 产品在整个生命周期过程中对环境的影响减少到最小。
- ❧ 所关心的目标除传统设计的基本目标外，还有两个：一是防止影响环境的废弃物产生；二是良好的材料管理。也就是说，避免废弃物产生，用再造加工技术或废弃物管理方法协调产品设计，使零件或材料在产品达到寿命周期时，以最高的附加值回收并重复利用。
- ❧ 与传统设计的区别：要求设计人员在设计构思阶段就要把降低能耗、易于拆卸、再生利用和保护生态环境与保证产品的性能、质量、寿命、成本的要求列为同等设计目标，并保证在生产过程中能够顺利实施。

绿色设计的设计原则



产品绿色设计的主要内容

⇕ 绿色材料的选择

⇕ 面向拆卸设计

⇕ 回收性设计

⇕ 面向制造和装配设计

⇕ 绿色产品的长寿命设计

⇅ 产品的绿色材料(Green Material)选择

- ✧ 又称环境协调材料 (Environmental Conscious Material)，是指具有良好使用性能，并对资源和能源消耗少，对生态与环境污染小，有利于人类健康，再生利用率高或可降解循环利用，在制备、使用、废弃直至 再生循环利用的整个过程中，都与环境协调共存的一大类材料。选材时不仅要考虑产品的使用、性能要求，更要考虑材料对环境的影响，应尽可能选用无毒、无污染、易回收、可再用或易降解的材料。如用可降解的快餐纸盒代替不易降解的塑料餐具。
- ✧ GM选择是一个系统性和综合性很强的复杂问题。美国卡耐基梅龙大学Rosy提出了一种将环境因素融入材料选择的方法，该方法在满足功能、几何形状、材料等特性和环境等需求的基础上，使零件的成本最低。

⇅ 面向拆卸设计 DFD (Design For Disassembly)

- ⑧ 是指在设计时将可拆卸性作为结构设计的一个评价准则，使设计的产品易于拆卸，不同材料可以很方便地分离，以利于循环再用、再生或降解。
对于应用多种不同材料的复杂产品，只有通过产品拆卸和分类才能较彻底地进行材料回收和零部件的再循环利用。
- ⑧ 拆卸设计的设计准则有：
 - ① 拆卸量最少准则：包括零件合并原则、减少零件所用材料种类原则、材料相容性原则、有害材料集成原则等。
 - ② 结构可拆卸准则：包括采用易于拆卸或未破坏的连接方法、紧固件最少原则、简化拆卸运动原则等。
 - ③ 拆卸易于操作准则：包括单纯材料零件原则、废液排泄原则、便于抓取原则、非刚性零件原则等。
 - ④ 易于分离准则：包括一次表面原则、便于识别原则、零部件标准化原则、模块化设计原则等。
 - ⑤ 产品结构的可预估性准则：包括避免将易老化或易腐蚀的材料与需要拆卸、回收的材料零件组合并防止要拆卸的零件被污染和腐蚀等。

⇅ 回收性设计

⑧ 也称面向回收设计DFR (Design For Recovering & Recycling)，是指在产品绿色设计的初期就充分考虑产品的各种材料组分的回收再利用可能性、回收处理方法及工艺（再生、降解等）、回收费用等与产品回收有关的一系列问题，从而达到精简回收处理过程、减少资源浪费、对环境无污染或少污染的设计目的的绿色设计方法。

⑧ DFR主要原则可归纳如下：

- ⑧ 避免使用有害或对环境有不良影响的材料；
- ⑧ 减少材料的种类；
- ⑧ 避免使用与循环利用过程不相兼容的材料或零件；
- ⑧ 按兼容性组织材料；
- ⑧ 允许使用可重用的零部件；
- ⑧ 使用不需特殊工具的连接件；
- ⑧ 鼓励用户进行循环利用。

⇅ 面向制造和装配设计

产品的面向制造（*Design For Manufacturing*，*DFM*）和面向装配设计（*Design For Assembly*，*DFA*）是产品更容易制造和装配，并且是在制造和装配过程中对环境无污染或少污染、所需能源和资源更少的一种设计方法。

。

⇅产品的长寿命设计

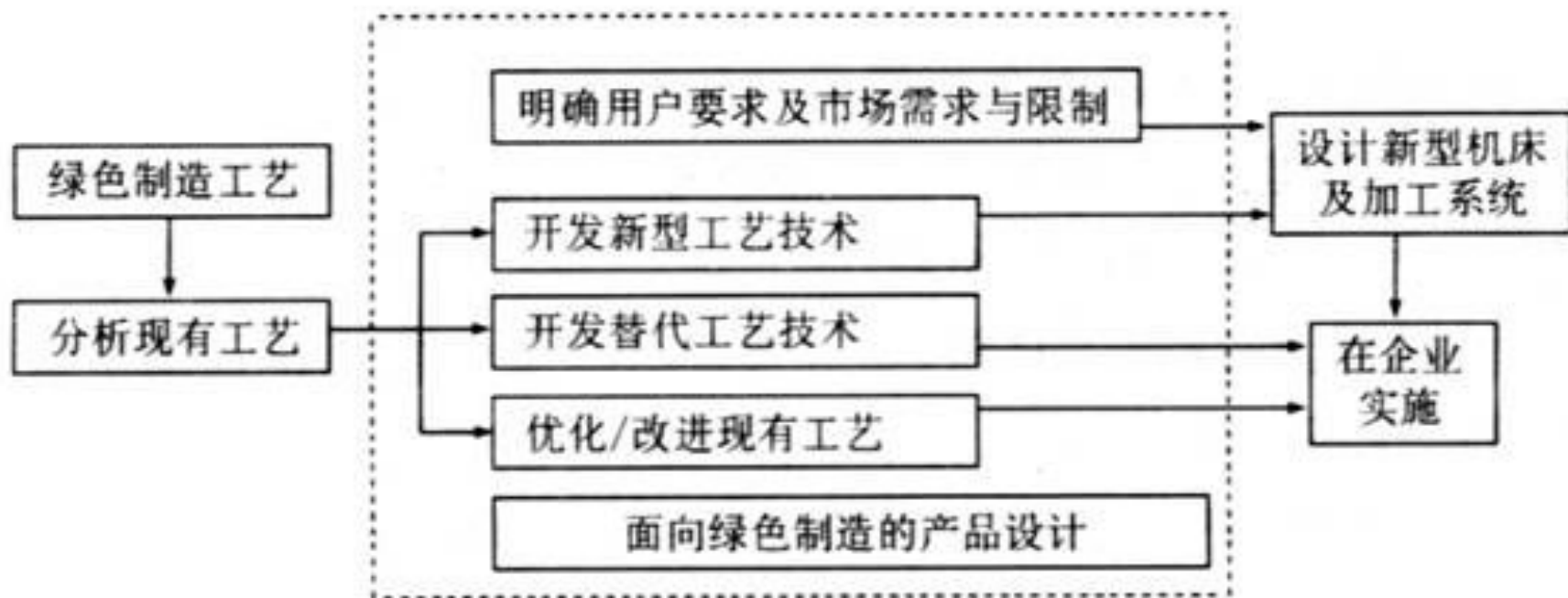
产品的长寿命设计。产品的长寿命设计是指对产品功能和经济性进行分析的基础上，采用各种先进的设计理论和工具，使设计出的产品能满足当前和将来相当长一段时间内的市场需求。它并非一味地延长产品的生命期，而是利用模块化设计、开放性设计、可维修性设计、可重构性设计和技术预测等设计理论和方法，最大限度地减少产品过时、节约资源、减轻环境的压力。

绿色制造工艺

⇧ 是指在产品加工过程中，采用既能提高经济效益，又能减少环境影响的工艺技术。是实现绿色制造的重要环节。它要求在提高生产效率的同时，必须减少或消除废弃物的产生和有毒有害材料的用量，改善劳动条件，保护操作者的健康，并能生产出安全、可靠、对环境无害的产品。绿色工艺涉及诸多内容，如零件加工的绿色工艺、表面处理的绿色工艺、干式加工等。

⇧ 绿色工艺要从技术入手，尽量研究和采用物料和能源消耗少、废弃物少、对环境污染小的工艺方案和工艺路线。如零件的绿色制造工艺主要包括加工工艺顺序、加工参数优化，绿色切削液、绿色润滑剂的使用，热处理、金属成形（铸造、熔炼）、表面喷漆中的绿色工艺以及环境影响评估。

绿色制造工艺的开发策略



简单介绍干式加工

随着刀具材料、涂层技术等的发展，干式加工的研究和应用已成为加工领域的新热点。近年来，美国在制造业广泛采用了干式加工。在欧洲已有一半的企业采用了干切削加工技术，尤其在德国，应用更为广泛。

- 1) 干式车削加工。关键问题是选择适合干式车削的刀具（如涂层刀具、PCBN、聚合金刚石等）、改进刀具几何形状和确定干式车削加工条件。在适宜的切削条件下，可提高刀具寿命，降低切削温度。
- 2) 干式滚切加工。关键技术包括：提高滚切速度、快速排屑技术和开发高性能的高速滚刀等。如滚削汽车变速箱中的普通齿轮，用硬质合金滚刀进行干滚削，与高速钢湿滚削相比，加工费用降低了44%，加工时间缩短了48%，滚刀寿命提高了6倍。加工质量可与普通滚齿加工工艺相媲美。
- 3) 干式磨削加工。磨削加工时，使用油基磨削液，在磨削过程中会产生油气烟雾，造成周围作业环境的恶化，同时磨削液后期处理既费时、成本又高。改善这种局面的方法就是采用干式磨削或新型磨削方式。

简单介绍绿色切削液

为了延长切削液的使用寿命，降低废弃切削液处理费用，遵循以下原则：

- 1) 做好切削液的使用过程记录。如刀具使用寿命，工件表面粗糙度，加工生产率，停机更换刀具、清理所耗时间，废弃切削液和回收切削液数量。
- 2) 用科学方法确定不同切削条件的切削液配方，实现切削液配方标准化。
- 3) 选择高质量的切削液或具有兼容特性的切削液，保证切削液固有的物理、化学特性。
- 4) 在切削液的循环使用中，始终保持切削液浓度和 PH 值的稳定。
- 5) 采取有效防护措施，规范操作使用程序，防止切削液被工作环境或人为地污染。
- 6) 建立切削液循环使用系统，及时清除切削液中的污染物和杂质。
- 7) 避免过量使用切削液杀菌剂，以免降低切削液的使用寿命，并可能产生二次污染。
- 8) 无毒、无害化处理废弃切削液。

绿色包装技术

产品绿色包装的基本原则是要符合“**3R1D**”，即：

- ①**减量化 (Reduce)**：减少包装材料消耗。由“求新、求异”的消费理念转向简洁包装，这样既降低成本，减少废弃物处置费用，又减少环境污染和减轻消费者负担。
- ②**重新使用 (Reuse)**：应尽量选择可重新利用的包装材料，多次使用，减少资源消耗。
- ③**循环再生 (Recycle)**：包装应尽可能选择可回收、无毒、无害的材料，如EPS、聚苯乙烯产品等。
- ④**可降解 (Degradable)**：尽量选择易于降解材料。

绿色包装技术研究的内容

∞ 包装材料

∞ 包装结构

∞ 包装废弃物回收处理

包装材料

绿色包装材料研制开发是实现绿色包装的关键。包括：

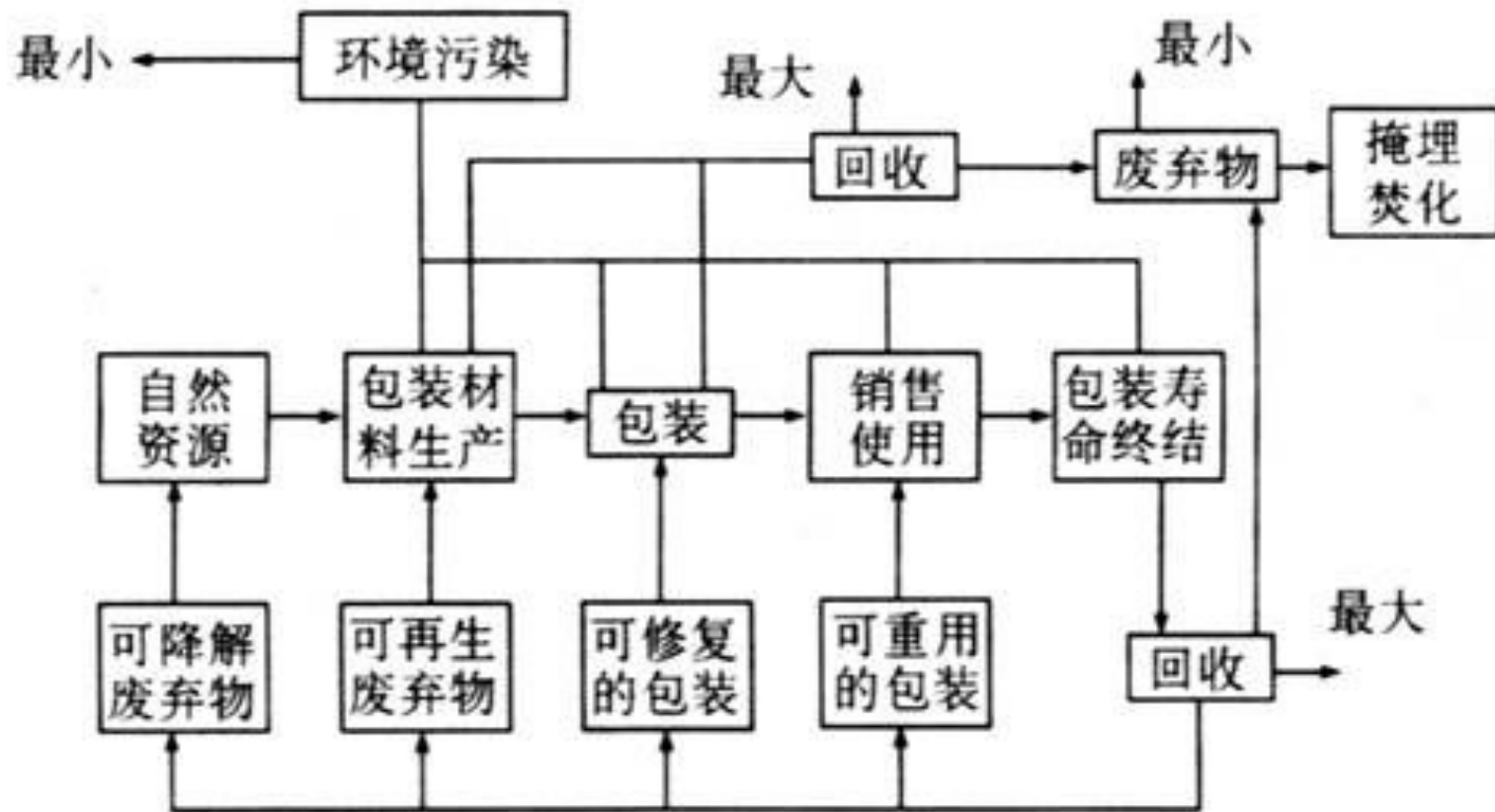
- ①轻量化、薄型化、无氟化、高性能的包装材料。
- ②重复再用和再生的材料。
- ③可食性包装材料：具有原料丰富齐全，可以食用，对人体无害甚至有利，并有一定强度等特点，如淀粉、蛋白质、植物纤维和其他天然材料。
- ④可降解包装材料：是指在特定时间内造成性能损失的特定环境下，其化学结构发生变化的一种塑料。一般分为生物降解塑料、生物分裂塑料、光降解塑料和生物 / 光双降解塑料。
- ⑤天然生物包装材料：如纸、木材、竹材、麻类制品、柳条、芦苇以及农作物茎秆、稻草、麦秸等，易分解，不污染生态，可资源再生，成本低。
- ⑥大力发展纸包装。探索用芦苇、竹子、甘蔗、棉杆、麦秸代替木材造纸，扩大造纸木材树种和利用丫材、废弃材和加工剩余材，以扩大原料来源。

包装结构

在保证实现产品包装基本功能的基础上，从产品生命周期全过程考虑，应改革过度包装，发展适度包装，尽量减少使用包装材料，降低包装成本，节约包装材料资源，减少包装材料废弃物的产生量。

包装废弃物回收

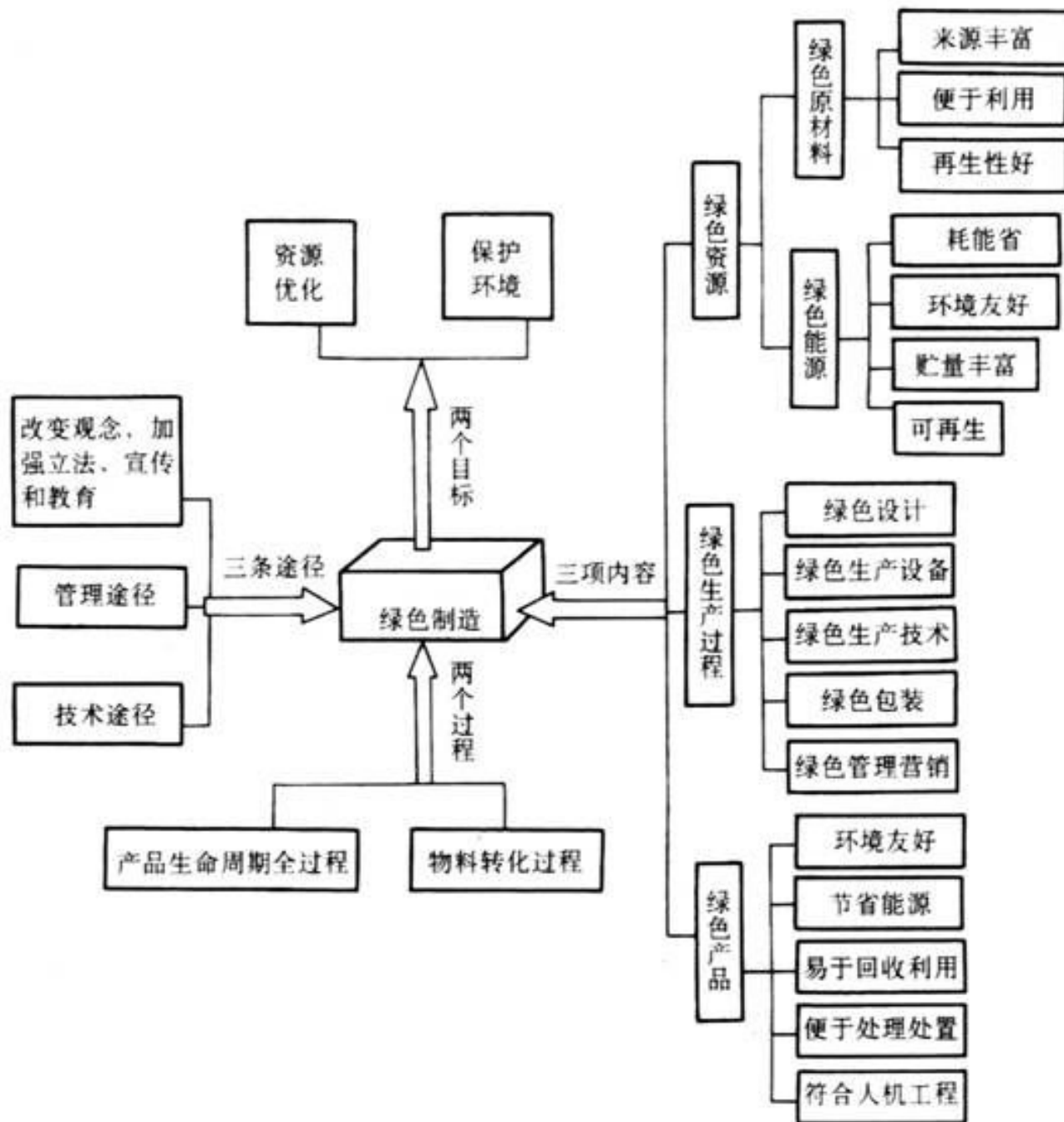
包括可直接重用的包装、可修复的包装、可再生的废弃物、可降解的废弃物、只能被填埋焚化处理的废弃物等。



绿色制造系统

体系结构包括：

- ∞ 两个层次的全过程控制
- ∞ 三项具体内容
- ∞ 两个实现目标
- ∞ 三条实现途径



1) 两个层次的全过程控制

∞ 是指在具体的制造过程即物料转化过程和在包括构思、设计、制造、装配、包装、运输、销售、服务、报废回收环节的产品生命周期全过程中，充分考虑资源和环境问题，实现最大限度地优化利用资源和减少环境污染。

2) 三项具体内容

∞ 即用绿色材料、绿色能源，经过绿色的生产过程（绿色设计、绿色工艺技术、绿色生产设备、绿色包装、绿色管理等），生产出绿色产品。

①**绿色能源**：在产品生命周期全过程中尽量节约能源、资源，使其得到最大限度的利用。或者以安全、可靠和取之不尽的能源为基础，如太阳能、风能、地热能、海洋能、氢能等。

②**绿色生产过程**：指将绿色产品的构思转化为最终产品的所有过程的综合。主要包括绿色设计与绿色材料、绿色工艺技术、绿色生产设备、绿色包装、绿色营销、绿色管理等。

③**绿色产品**：在生命周期全程中符合特定的环境保护要求，对人体无害，对环境无影响或影响极小；结构简单而不降低功能，消耗原材料少而不影响寿命；制造使用过程中消耗能源少而不影响效率；使用寿命完结时，零部件或者能翻新、回收、重用，或能安全地处理掉。

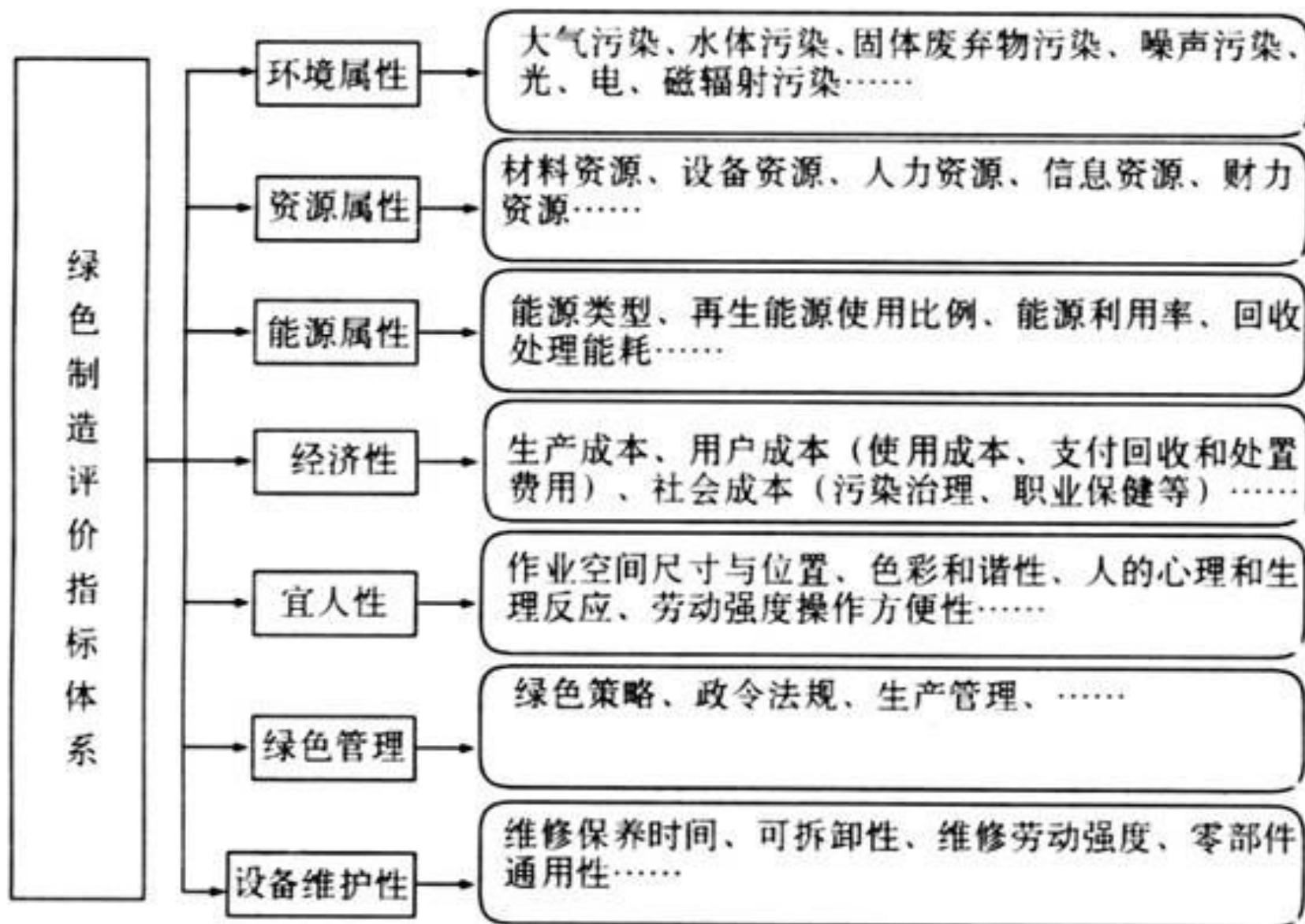
3) 两个实现目标

绿色制造的两个目标是资源优化利用和环境保护。这两个目标的实现是在产品设计和制造过程中，始终按照绿色制造的三个内容要求，设计产品及其制造系统和制造环境，对绿色制造的两个过程进行全过程最优控制，合理配置资源，最大限度地发挥制造系统的效用，利用不同技术途径，最终实现节约资源保护环境的绿色制造目标要求。

4) 三条实现途径

- 一、改变观念，树立良好的环境保护意识，并体现在具体行动上，可通过立法、宣传教育来实现；
- 二、加强管理，利用市场机制和法律手段，促进绿色技术、绿色产品的发展和延伸；
- 三、针对具体产品，采取技术措施，即采用绿色设计和绿色制造工艺，建立产品绿色程度评价机制等，解决所出现的问题。

绿色制造系统的评价系统



绿色制造的发展趋势

★ 全球化

★ 社会化

★ 集成化

★ 并行化

★ 智能化

★ 产业化

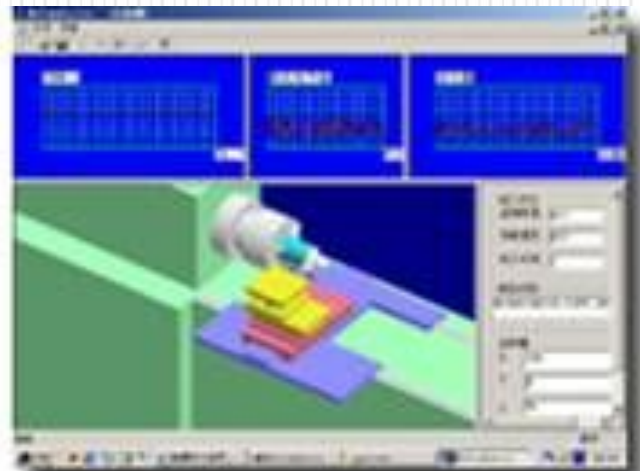
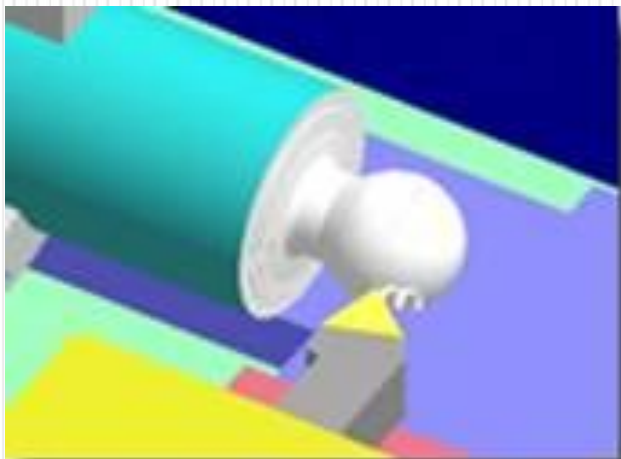
第五节

虚 拟 制 造

虚拟制造 V/M (Virtual Manufacturing) 的定义

- ❧ 美国于93年提出的一种全新制造体系和模式，以软件形式模拟产品设计与制造全过程，无需研制样机，实现了产品的无纸化设计。是增强产品开发敏捷性、快速满足市场多元化需求的有效途径。
- ❧ 由于VM基本上不消耗资源和能量，也不生产实际产品，而是产品的设计、开发与实现过程在计算机上的本质实现。
- ❧ 目前还没有统一的定义。总的来说，VM就是利用**仿真与虚拟现实技术**，在高性能计算机及高速网络的支持下，采用**群组协同工作**，通过模型来模拟和预测产品功能、性能及可加工性等各方面可能存在的问题，实现产品制造的本质过程。包括产品的设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检测等，并进行过程管理和

虚拟制造 VM



虚拟制造的特点

- a) VM是实际制造过程在计算机上的映射和本质表现。
- b) 通过计算机虚拟模型来模拟和预估产品功能、性能及可加工性等各方面可能存在的问题，提高人的预测和决策水平，使制造技术不再主要依赖于经验。
- c) 产品设计与制造是在虚拟环境下进行的：在计算机上进行产品设计、制造、测试，设计人员或用户可“进入”虚拟制造环境检验其设计、加工、装配 和操作，不依赖于传统的原型样机的反复修改；还可将已开发的产品（部件）存放在计算机里，根据用户需求或市场变化快速改变设计，大幅度压缩新品开发时间，提高质量，降低成本。
- d) 可使分布在不同地点、不同部门的不同专业人员在同一个产品模型上协同工作，相互交流，信息共享，减少大量的文档生成及其传递的时间和误差，使产品开发以快捷、优质、低耗响应市场。

虚拟制造的关键技术

∞ 虚拟现实技术

∞ 虚拟设计技术

∞ 可制造性评价

虚拟现实技术VR (*Virtual reality*)

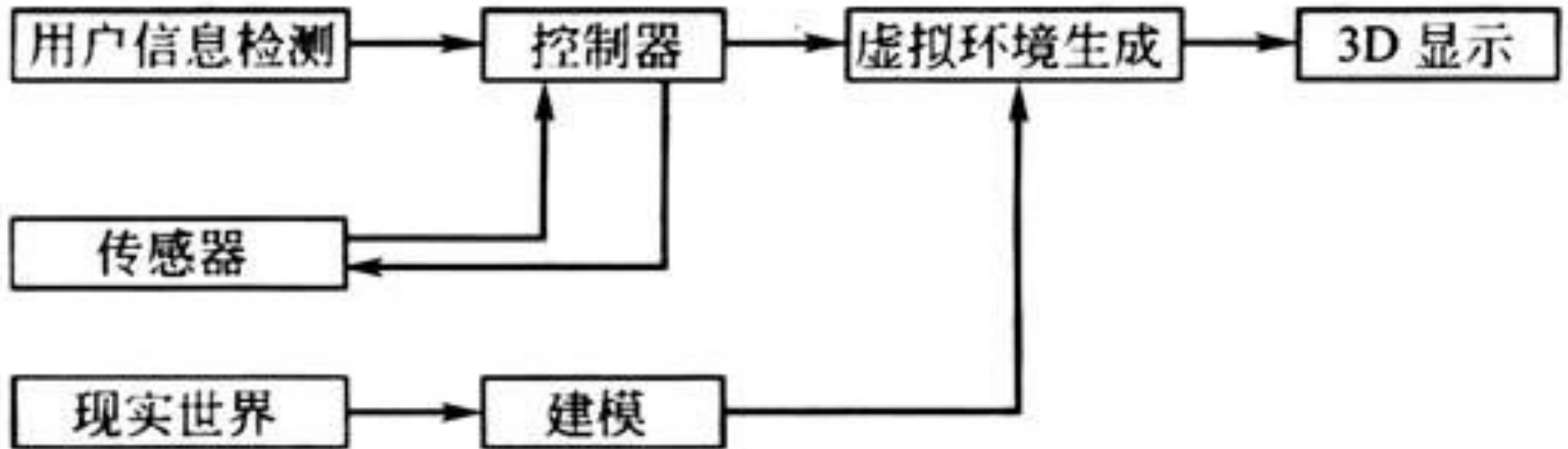
是在计算机图形学、计算机仿真技术、人机接口技术、多媒体技术以及传感器技术基础上发展起来的一门交叉技术。由计算机直接把视觉、听觉和触觉等多种信息合成，并提示给人的感觉器官，在人的周围生成一个三维的虚拟环境，从而把人、现实世界和虚拟空间结合起来融为一体，相互间进行信息的交流和反馈的技术。VR又被称为幻境或灵境技术。

虚拟现实技术的特征

- ①**多感知性**。除了视觉感知外，还有听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知，甚至包括味觉感知、嗅觉感知等。理想的虚拟现实就是应该具有人所具有的几乎所有的感知功能。
- ②**沉浸感**。又称临场感、存在感，是指用户感到作为主角存在于虚拟环境中的真实程度。用户使用交互设备，便可将自己置身于虚拟环境中，成为虚拟环境中的一部分。用户在虚拟环境中，一切感觉都是那么逼真，有一种身临其境的感觉。
- ③**交互性**。在虚拟环境中，操作者能够对虚拟环境中的对象进行操作，并且操作的结果能够反过来被操作者准确地、真实地感觉到。用户通过自身的语言、身体运动或动作等自然技能，就能对虚拟环境中的对象进行考察或操作。
- ④**在虚拟环境中，对象的行为是自主的**，是程序自动完成的，要让操作者感到虚拟环境中的各种生物是有“生命的”和“自主的”，而各种非生物是“可操作的”，其行为符合各种物理规律。

虚拟现实系统的结构

- ❧ 由图形系统及各种接口设备组成。用来产生虚拟环境并提供沉浸感觉，以及交互性操作的计算机系统称为虚拟现实系统VRS (*Virtual Reality System*)。利用 VRS可以对真实世界进行动态模拟，通过用户的交互输入，并及时按输出修改虚拟环境，使人产生身临其境的沉浸感觉。虚拟现实技术是VM的关键技术之一。



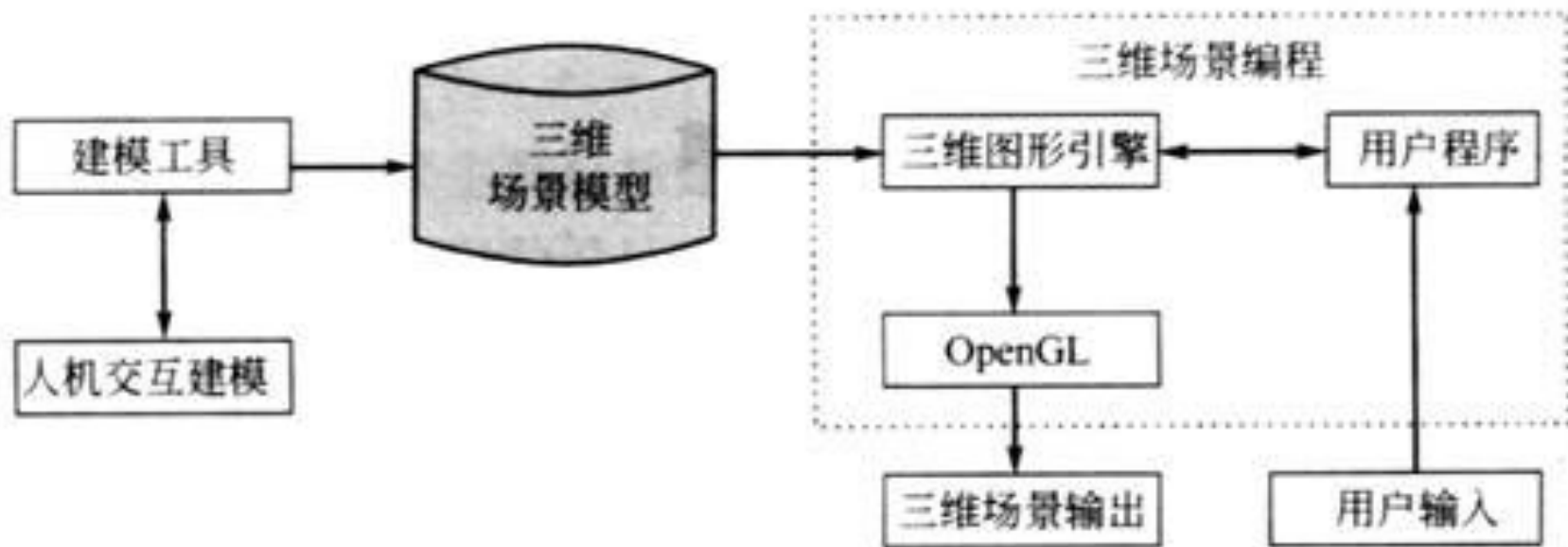
虚拟现实技术的应用

- ✧ 在军事、航天等高科技领域以及娱乐等方面获得成功的应用。例如用于宇航员、飞行员训练的座舱系统、战场实时演练系统（虚拟战场）等。
- ✧ 虚拟现实系统在产品设计与制造过程中同样具有重要的应用，可大大提高产品的技术水平，例如波音 777 飞机的设计、福特汽车外形设计与碰撞实验等。

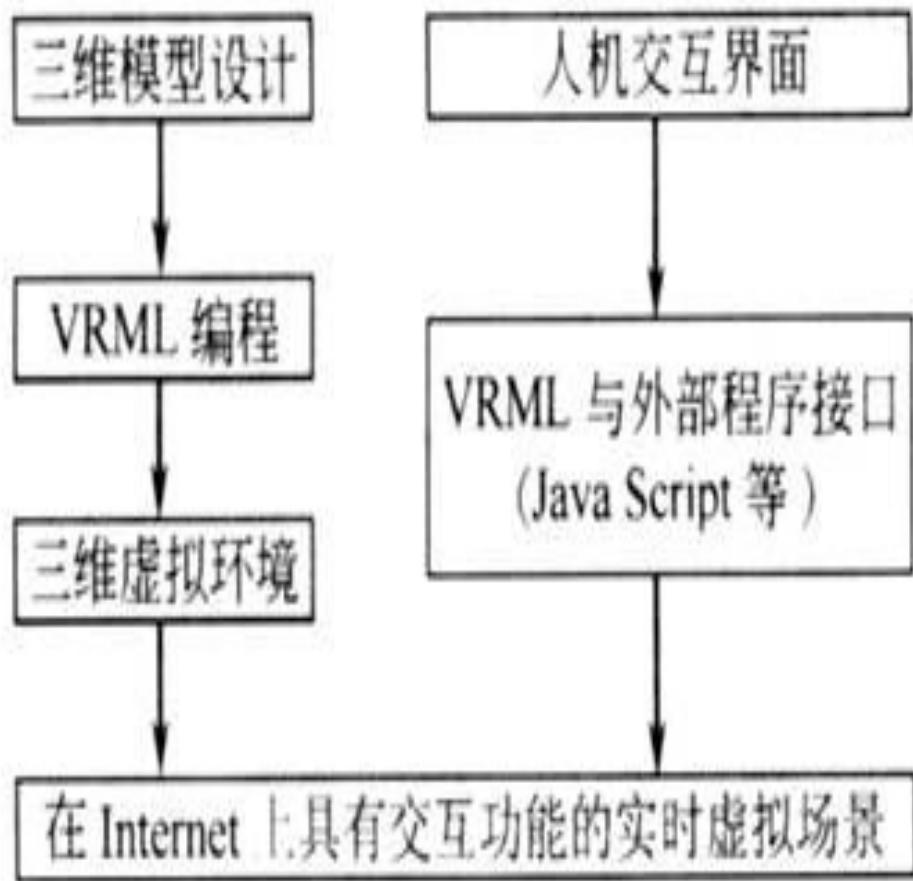
虚拟设计VD技术

- ❧ 建模技术虚拟设计的核心问题之一是建立产品数据模型问题。
- ❧ 产品建模技术主要有基于OpenGL的建模技术与基于VRML的建模技术。

基于OpenGL的几何建模



基于VRML的虚拟制造单元建模



VRML构造的是动态虚拟场景，但它不是三维建模工具。对于复杂的模型，可以运用三维建模软件（如Pro/E、SolidWorks等）设计出三维模型，并输出格式为VRML的文件。再通过VRML编程实现虚拟制造单元的虚拟场景。

虚拟设计之加工过程仿真

通过产品加工过程仿真可以达到以下几个目的：

- ①采用加工件的实体模型和机床模型来模拟加工过程，刀具沿设计的轨迹切除工件上的材料，可很容易地检验出刀具运动轨迹是否合理；
- ②根据正常实际加工的各参数，设定虚拟加工过程，通过加工过程中表现出的各现象（如振颤、表面粗糙度、尺寸精度、刀具磨损等）验证加工参数的设置是否合理；
- ③验证设计的合理性。产品设计的合理性、可加工性、加工方法和机床的选用、加工过程中可能出现的加工缺陷等，有时在设计时是不容易发现和确定的，必须经过仿真和分析。产品的结构设计不合理，可能产生无法加工、或者加工精度无法保证、或者必须采用特种加工，增加了加工成本和加工周期。通过仿真，可以预先发现问题，采取修改设计或其他措施，保证工期和产品质量。

虚拟设计之产品装配仿真

- ↑ 也称虚拟装配（*Virtual Assembly*），是在虚拟现实、产品建模基础上，通过分析及预测模型、装配与制造规划等手段进行与装配相关的工程决策。
- ↑ 机械产品无数零件要装配在一起，其配合设计、可装配性是设计人员常常出现的错误，虚拟装配可解决零件间静态干涉问题，也可在虚拟环境中以爆炸视图的形式把各装配件独立拆散，方便设计人员的检查。
- ↑ 采用虚拟装配技术可以在设计阶段就进行验证，保证设计的合理性与精确性。

∞虚拟装配∞



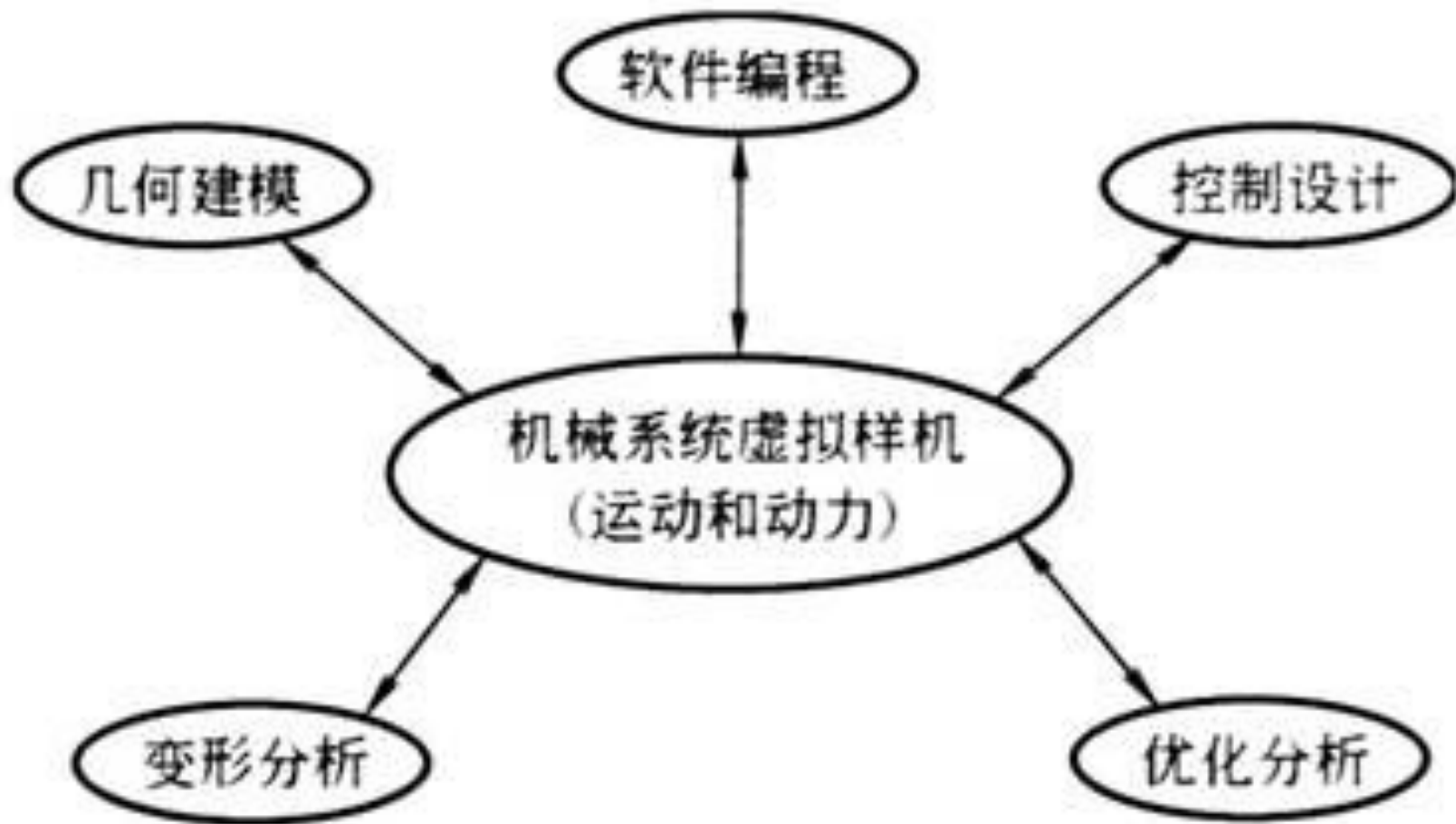
虚拟设计之产品运动仿真

- ✎ 对于如汽车的发动机、传动系统、刹车系统等这类具有运动机构的零部件，采用虚拟装配技术，还不能保证运动机构的设计完全合乎要求，如各相关零件的动作是否协调、运动过程是否有干涉等，这就需要进行产品的运动仿真。
- ✎ 虚拟运动仿真可使“虚拟产品”在计算机中按设计功能进行各种运动，根据其运动过程检查出机构间的动态干涉问题，得到指定构件或指定点的位移、速度、加速度等参数的连续变化的数据以及相关图形，最终可以准确地预测机构可能出现的问题，为改进设计提供准确的依据。

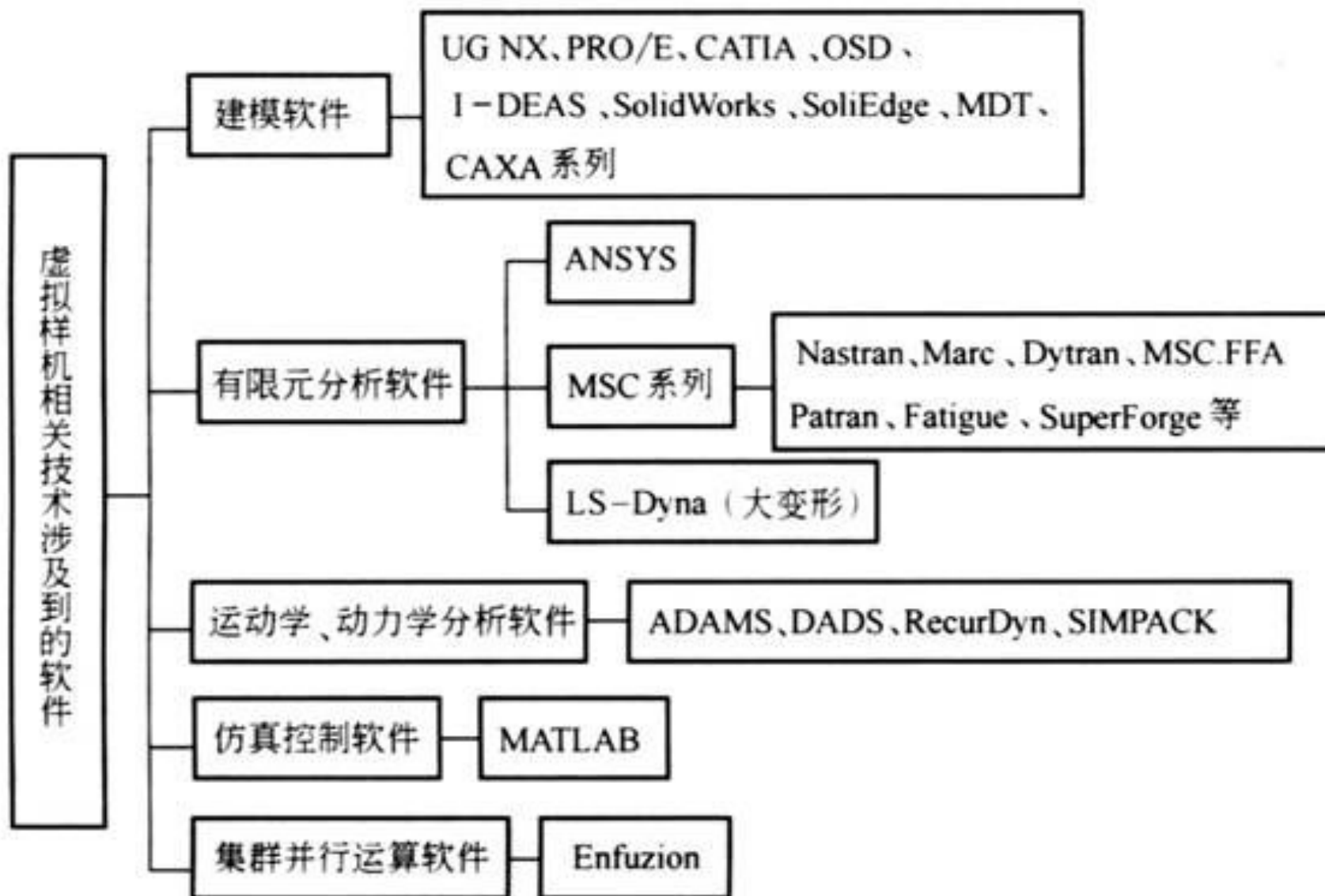
虚拟设计之虚拟样机技术

- ❁ 虚拟样机技术是指在产品设计开发过程中，把虚拟产品建模技术（CAD）与分析技术（CAE）相结合，针对产品在投入使用后的各种工况进行动态仿真分析，预测产品整体性能，从而改进产品设计，提高产品性能。
- ❁ 虚拟样机是实际产品在计算机上的表示，又称为数字化样机。本质上是一种模拟仿真，涉及多体系统运动学、动力学建模理论及其技术实现，是基于先进的建模技术、多领域仿真、信息管理、交互式用户界面和虚拟现实技术等的应用技术。

虚拟样机及其相关技术



虚拟样机的部分典型软件



可制造性评价

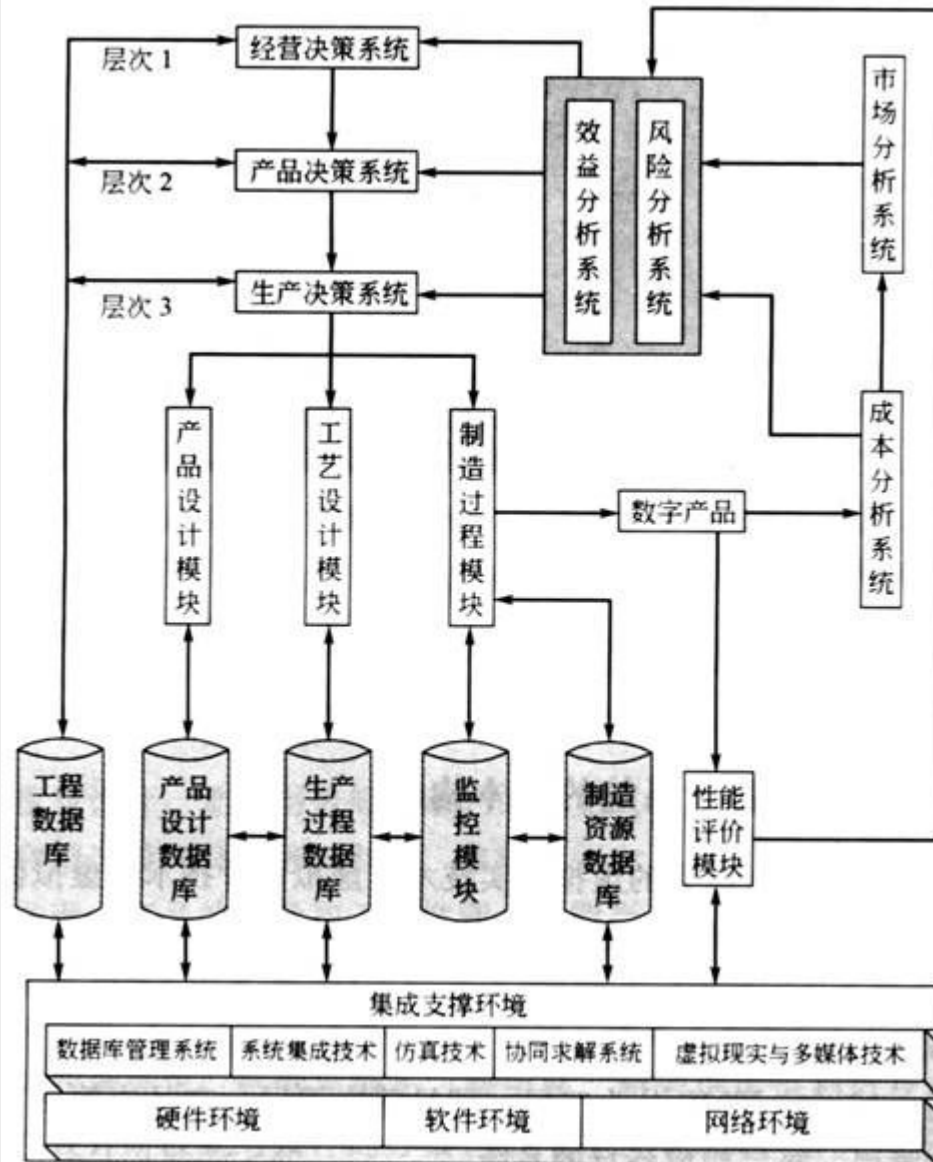
包括对**技术可行性、加工成本、产品质量和生产效率**等的评估，评价方法可分为两类：**基于规则的方法**和**基于方案的方法**。

前者即直接根据评判规则，通过对设计属性的评测来给可制造性定级；后者即对一个或多个制造方案，借助于成本和时间等标准来检测是否可行或寻求最佳方案。

由于产品开发涉及的影响因素非常多，影响过程又复杂，所以建立适用于全制造过程的、精确可靠的产品评价体系是虚拟制造一个较为困难的问题。

虚拟制造系统VMS的体系结构

虚拟制造系统
(Virtual
Manufacturing
System) 的体系
结构由三层构成
，即经营决策层
、产品决策层和
生产决策层。



VMS体系结构各层作用

- ① 经营决策层：根据用户需求和市场信息、本企业资源及技术条件等，做出生产产品的种类、规模、性能、规格等决策。
- ② 产品决策层：根据上层，做出产品总体方案决策，并对其性能做出初步评价，对其成本做出初步预估。
- ③ 生产决策层：根据上层决策和企业人力、物力及技术资源与水平等情况，做出产品开发计划、生产任务规划、生产调度计划等决策，并在计算机上实现其制造过程，生产出数字产品。通过对数字产品的工作过程仿真，对产品性能做出合理的评价。通过对数字产品的构成和形成过程进行分析，做出产品成本的分析报告。综合各方面的因素，对产品投产的风险和效益做出评价。

上述三个层次的决策是在统一的软、硬件支持环境下，协同工作，求得全局最优的决策。

虚拟设计系统的开发环境

⌚ 开发环境

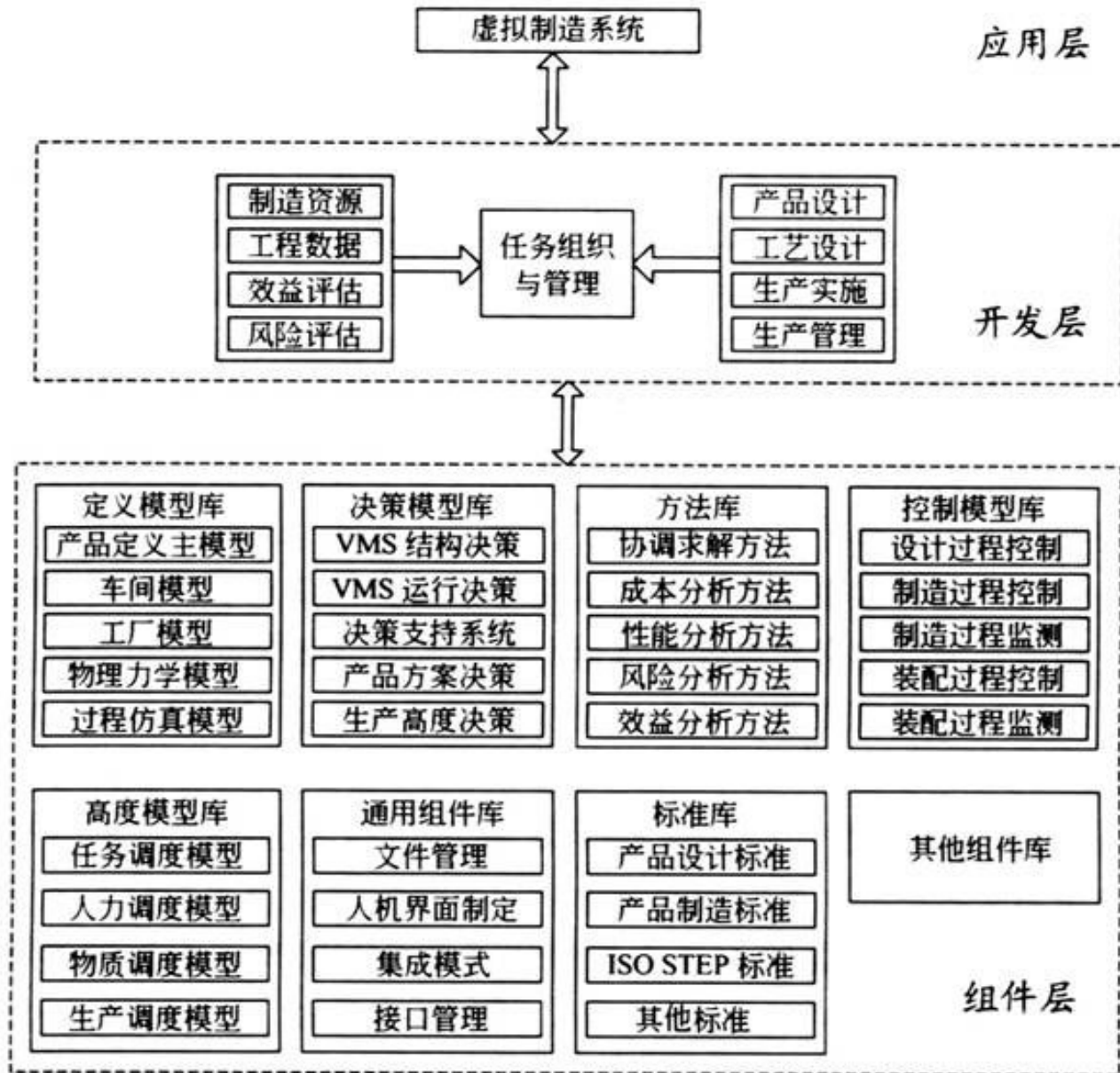
分为三个

层次：

⌚ 组件层、

开发层和

应用层



三个层次的具体作用

- (1) **应用层：** 根据市场变化、用户需求，通过下面的开发层面构造的特定虚拟制造系统，进行实际运行与考核。
- (2) **开发层：** 建造虚拟制造系统的集成开发环境，提供建造虚拟制造系统所用到的各种手段、工具和方法，完成虚拟制造系统中的产品设计、工艺设计、生产组织与管理、生产实施、效益及风险评估等。
- (3) **组件层：** 提供用于描述制造活动及其对象的各种组件及模型。

组件层的组成部分：

- 1) 定义模型库：提供用于定义虚拟制造系统所需的各个组成部分的定义模型，按VMS的要求进行选取。
- 2) 决策模型库：提供建造与运行VMS的各种决策模型。
- 3) 方法库：提供建造与运行VMS所需的各种方法。
- 4) 控制模型库：提供运行VMS所需的各种控制模型。
- 5) 调度模型库：提供运行VMS所需的各种调度模型。
- 6) 通用组件库：提供VMS的通用组件。
- 7) 标准库：提供建立VMS所需的各种标准。

虚拟制造技术的实用——波音777



波音公司在研制 777时，全面实现了VM技术。它采用CATIA软件进行产品的数字化建模，并利用CAE软件对飞机的零部件进行结构性能分析，其产品设计制造工 程师在虚拟现实环境中操纵模拟样机，检验产品的各项性能指标。整机设计、部件测试、整机装配以及各种环境下的试飞均是在计算机上完成的，其整机实现 100%数字化设计，成为世界上首架以三维无纸化方式设计出来的一次研制试飞成功的飞机，而且其开发周期也从过去的8年时间缩短到了5年，成本降低了 25%。

虚拟制造技术的实用



克莱斯勒（Chrysler）与IBM合作开发的虚拟制造环境用于其新型车的研制，在样车生产之前，发现其定位系统的控制及其他许多设计缺陷，缩短了研制周期。由于实施了虚拟产品开发策略，福特（Ford）和克莱斯勒（Chrysler）汽车公司将他们新型汽车的开发周期由36个月缩短至24个月。



我国成都飞机工业公司研制的超七飞机，全面采用数字化设计，建立了全机结构数字化样机，并实现了并行设计制造和研制流程的数字化管理。利用CATIA、UG等软件对超七飞机230余项零部件进行结构设计、工艺模型设计、数控程序设计、虚拟加工仿真和数控加工。

虚拟制造技术的实用

目前，VM技术应用效果比较明显的领域有：

- ✌ 产品外形设计、
- ✌ 产品布局设计、
- ✌ 产品运动学和动力学仿真、
- ✌ 热加工工艺模拟、
- ✌ 加工过程仿真、
- ✌ 产品装配仿真、
- ✌ 虚拟样机与产品工作性能评测、
- ✌ 产品广告与漫游、
- ✌ 企业生产过程仿真与优化、
- ✌ 虚拟企业的可合作性仿真与优化等。

第六节

精良生产


一、精良生产提出的背景

- ❧ 随着市场需求从单一化向多样化的转变，制成品的生产方式也从单品种、大批量的流水生产方式转向多品种、小批量的方向。
- ❧ 为顺应时代要求，日本丰田汽车公司首创精良生产，作为多品种、小批量混合生产条件下的高质量、低消耗生产方式。
- ❧ 这种生产方式综合了单件生产与大批量生产方式的优点，使工人、设备投资、厂房以及开发新产品的时间等一切投入都大为减少，而生产出的产品品种和质量却更多更好。
- ❧ 其实质是在产品的开发、生产过程中，通过项目组和生产小组把各方面的人集成在一起，把生产、检验与维修等场地集成在一起，通过相应措施做到：零部件协作厂、销售商和用户的集成；去除生产过程中一切不产生附加价值的活动投资，简化生产过程和组织机构；以最大限度的精简，获取最大效益；以整体优化观点，使企业具有更好的适应市场变化的能力。这种生产方式到 20 世纪 60 年代已成熟，从而不仅使丰田汽车成为世界上效率最高、品质最好的汽车制造企业，而且使整个日本汽车工业达到今天的世界领先水平。

一、精良生产提出的背景

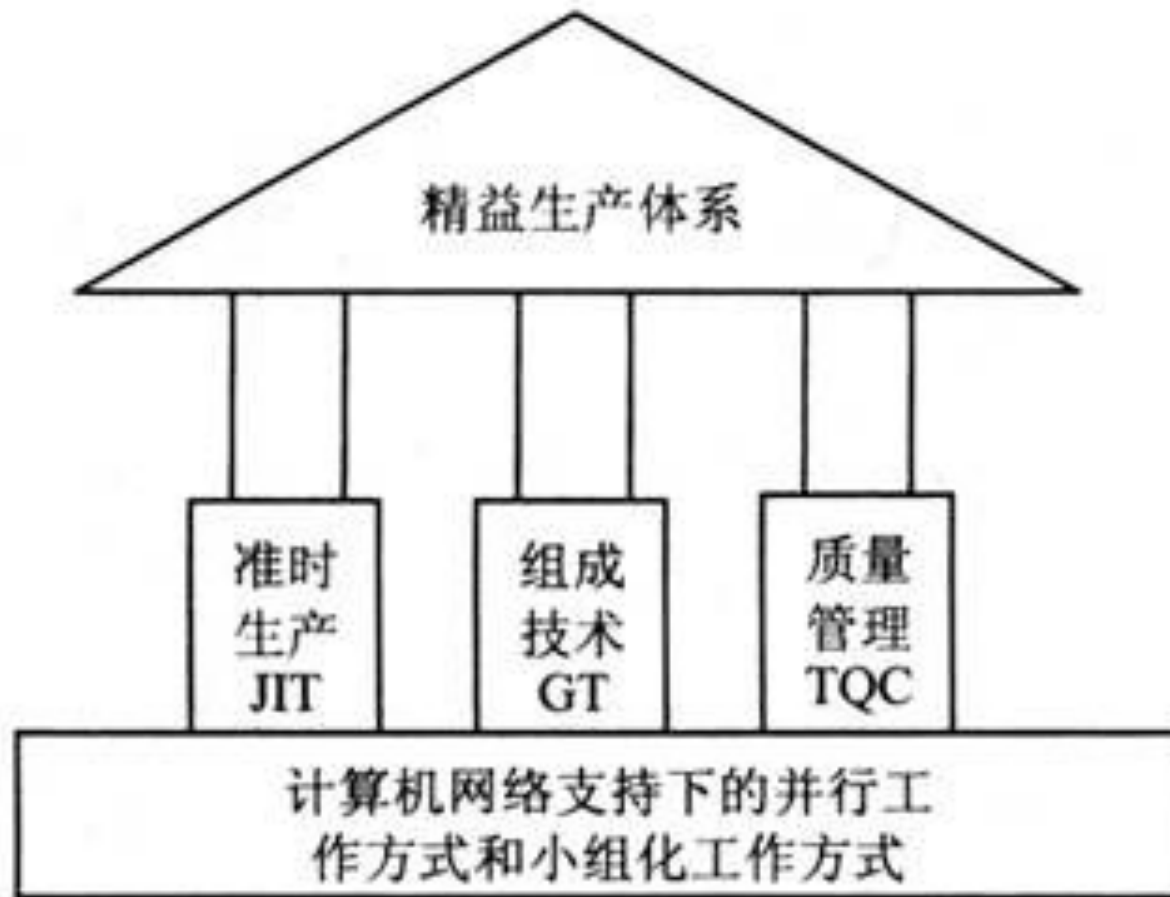
- ❧ 1985年初，美国麻省理工学院成立了一个名为“国际机动车辆计划IMVP (*International Motor Vehicle Program*)”的专门机构，历时5年对美国、日本以及一些西欧国家的汽车工业进行全面、深刻地对比调查研究。结果表明，造成日本与美国以及西欧各国在汽车工业发展上的差距不在于企业的自动化程度的高低、生产批量的大小、产品类型的多少，其根本原因在于生产方式的不同。日本之所以能在汽车工业上取得今天这样地位，就是因为它采用了由丰田汽车公司创造的新生产方式。并首次在《*The Machine That Changed the World*》一书中提出了精良生产LP (*Lean Production*) 概念。其实指的就是丰田生产方式，它总结了日本推广应用丰田生产方式的精髓。
- ❧ 精良生产方式引起了欧美等发达国家以及许多发展中国家的极大兴趣。美国和德国率先引进精良生产方式。我国第一汽车制造厂等企业也进行了推广应用，初步取得了成效。

二、精良生产的含义

 所谓精良生产，就是有效地运用现代先进制造技术和管理技术成就，以整体优化的观点，以社会需求为依据，以发挥人的因素为根本，有效配置和合理使用企业资源，把产品形成全过程的诸要素进行优化组合，以必要的劳动，确保在必要的时间内，按照必要的数量，生产必要的零部件，达到杜绝超量生产，消除无效劳动和浪费，降低成本、提高产品质量，用最少的投入，实现最大的产出，最大限度地为企业谋求利益的一种新型生产方式。

三、精良生产的体系结构及其特点

如果把精良生产体系看作为一幢大厦，基础就是在计算机网络支持下的CE和小组化工作方式，大厦的支柱就是JIT、GT和TQC，精良生产是屋顶。



1、强调人的作用——以人为中心

- A.** 在精良生产企业中，所有工作人员都是企业的主人和终身雇员，不能随意淘汰，雇员被看作是企业最重要的资产，把雇员看得比机器更重要。
- B.** 扩大雇员及其小组的独立自主权，减少决策和解决问题过程中不必要的上传下达。在精良生产中，生产线上每一个工人在生产出现故障时都有权让一个工区的生产停下来，并立即与小组人员一起查找故障原因，做出决策，解决问题，消除故障。是以人为中心，工人在生产中享有充分自主权。
- C.** 职工是多面手，公司各部门间人员密切合作，并与协作户、销售商友好合作。通过培训等方式创造条件使其扩大知识面，提高技能，培养雇员作为多面手的工作能力。创造工作条件和施加工作压力双管齐下，将任务和责任最大限度地托付给生产线上的工人。

2、以简化为手段

∞ 简化是实现精良生产的核心办法和手段。

- (1) 简化组织机构和产品开发过程：
- (2) 简化与协作厂的关系：
- (3) 简化生产过程，减少非生产性费用：
- (4) 简化生产检验环节：

3、以尽善尽美为最终目标

✧ 精良生产所追求的是“尽善尽美”，即在提高企业整体效益方针的指导下，通过持续不断地系统结构、人员组织、运行方式和市场供求等方面的变革，使生产系统能很快适应用户需求而不断变化，精简生产过程中一切无用、多余的东西，在所需要的精确时间内，高质量地生产所需数量的产品，实现零缺陷（Zero Defects）、零准备（Zero Set-up Time）、零库存（Zero Inventories）、零搬运（Zero Handling）、零故障停机（Zero Breakdowns）、零提前量（Zero Lead Time）和批量为一（Lot Size of One）。

精良生产的核心内容是准时制生产 (Just in time, JIT)。

✿ 准时制的核心就是及时，在一个物流系统中，原材料准确（适量）无误（及时）地提供给加工单元（或加工线），零部件准确无误地提供给装配线。这就是说所提供的零件必须是不多不少，不是次品而是合格品，不是别的而正是所需要的，而且提供的时间不早也不晚。对于制造系统来说，这肯定是一种苛刻的要求，但这正是准时制生产追求的目标。