



过程设备机械设计基础

主讲：付 尧

电话：64252096

email: fuyao@ecust.edu.cn

学习资料及论坛: www.chenjj.org



第一章 绪论

主要内容

1. 过程工程和过程设备

2. 过程设备的分类

3. 过程设备的基本要求

4. 过程设备的基本内容

5. 本课程的学习方法



中国制造业现状

- ◆ 按产量计算，2010年中国已经超过美国成为全球**第一大制造国**（中国制造产出占全球的19.8%，美国为19.4%）。这次夺回冠军位置终结美国110年的把守，而中国上一次称冠还是在19世纪。
- ◆ 虽然中国在世界制造业总产出领域的比重超过美国，但当前中国的制造业仍以**加工业为主**，在衡量一国制造业强盛与否的重要指标——**装备制造制造业**领域，中国仍与发达制造业国家存在较大差距。
- ◆ 合成氨、尿素、乙烯等过程装置尚无法真正做到完全自主制造。



制造业的划分

按照“技术特征” 可将制造业分为两类：

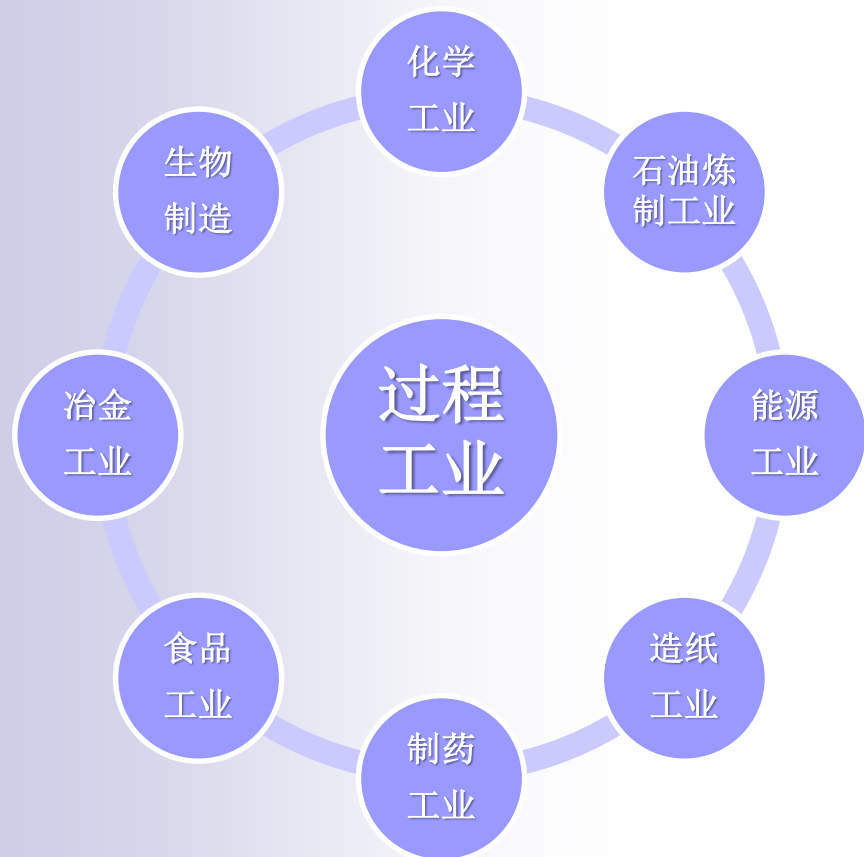
- ◆ 一类是以物质的化学、物理和生物转化，生成新的物质产品或转化物质的结构形态，多为流程性材料产品，产品计量不计件，连续操作，生产环节具有一定的不可分性，**可统称为过程工业（过程制造业）**，如涉及化学资源和矿产资源利用的产业（石油化工、冶金）等；
- ◆ 另一类是以物件的加工和组装为核心的产业，根据机械电子原理加工零件并装配成产品，但不改变物质的内在结构，仅改变大小和形状，产品计件不计量，多为非连续操作，这类工业**可统称为装备制造业**。

过程制造业为装备制造业提供原材料，同时装备制造业为过程制造业提供制造装备



1.1 过程工程和过程设备

- 过程工业：指以改变物料的化学和物理性能为主要目标的加工业。



特点：连续性

过程：将原材料制备成产品的一系列物理、化学或生物的加工处理步骤



1.1 过程工程和过程设备

按大行业分的过程工业	包含在其他大行业中的过程工业
食品加工工业	金属表面处理及热处理业
食品制造业	铸件制造业
造纸及纸制品业	粉末冶金制品业
印刷业	绝缘制品业
石油加工及炼焦业	集成电路制造业(部分生产环节)
化学原料及化学制品业	电子元件制造业(部分生产环节)
医药制造业	烟叶复烤业
化学纤维制造业	纤维原料初步加工业
橡胶制品业	棉纺印染业
塑料制品业	毛染整业
非金属矿物制造业	丝印染业
黑色金属冶炼及压延加工业	火力发电业
有色金属冶金及压延加工业	煤气生产业
	自来水生产业

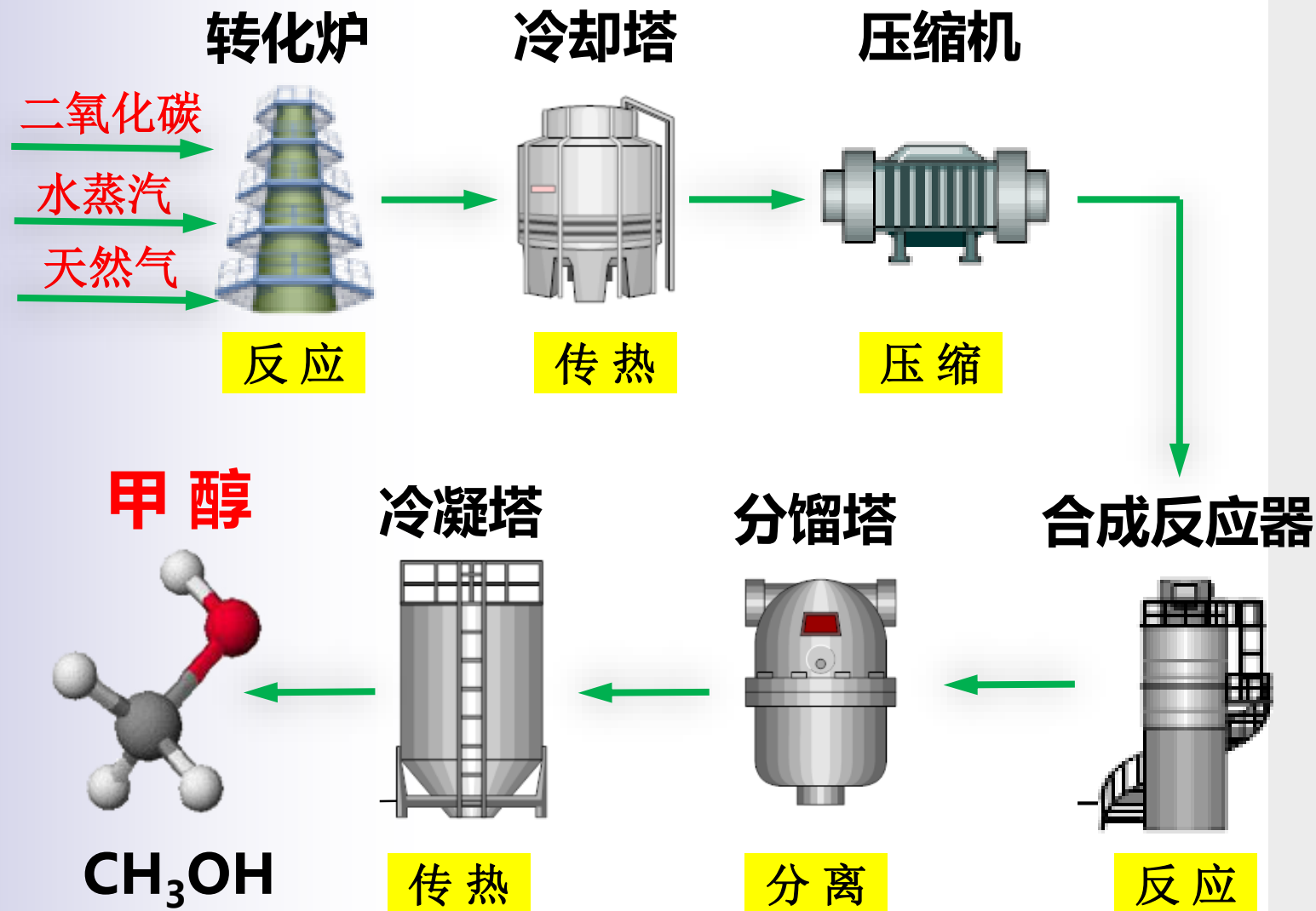


过程工程学科

- **过程工程**：通过提升过程工业中的共性问题而形成的；
- 以化学工程的基本理论和方法向材料、冶金、生物、环境以及能源等过程工业领域渗透而形成的**新兴交叉学科**；
- 研究的核心内容：
 - 物质流的传递与转化
 - 能量流的传递与转化
 - 信息流的传递与转化

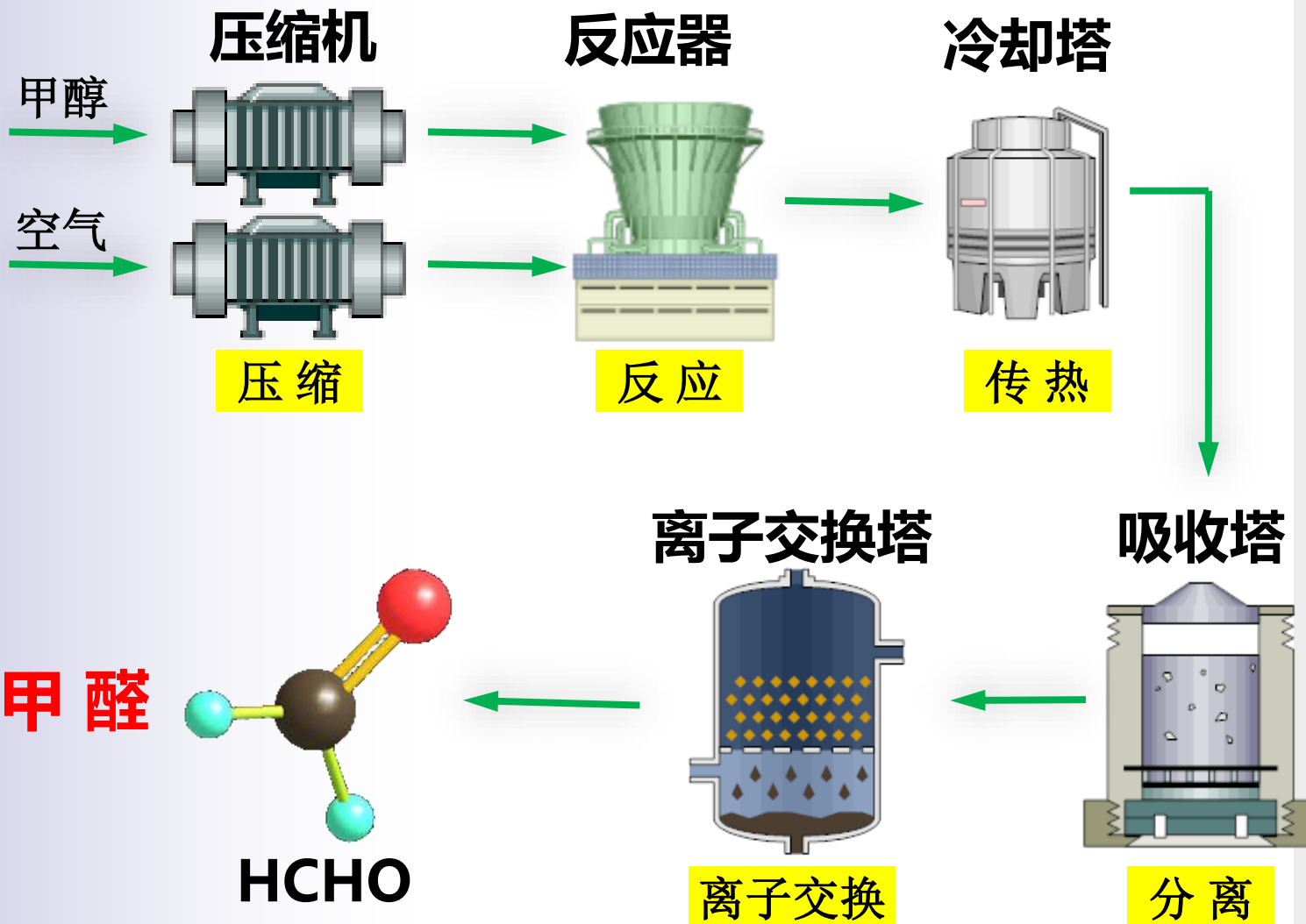


典型化工流程——甲醇合成





典型化工流程——甲醛合成

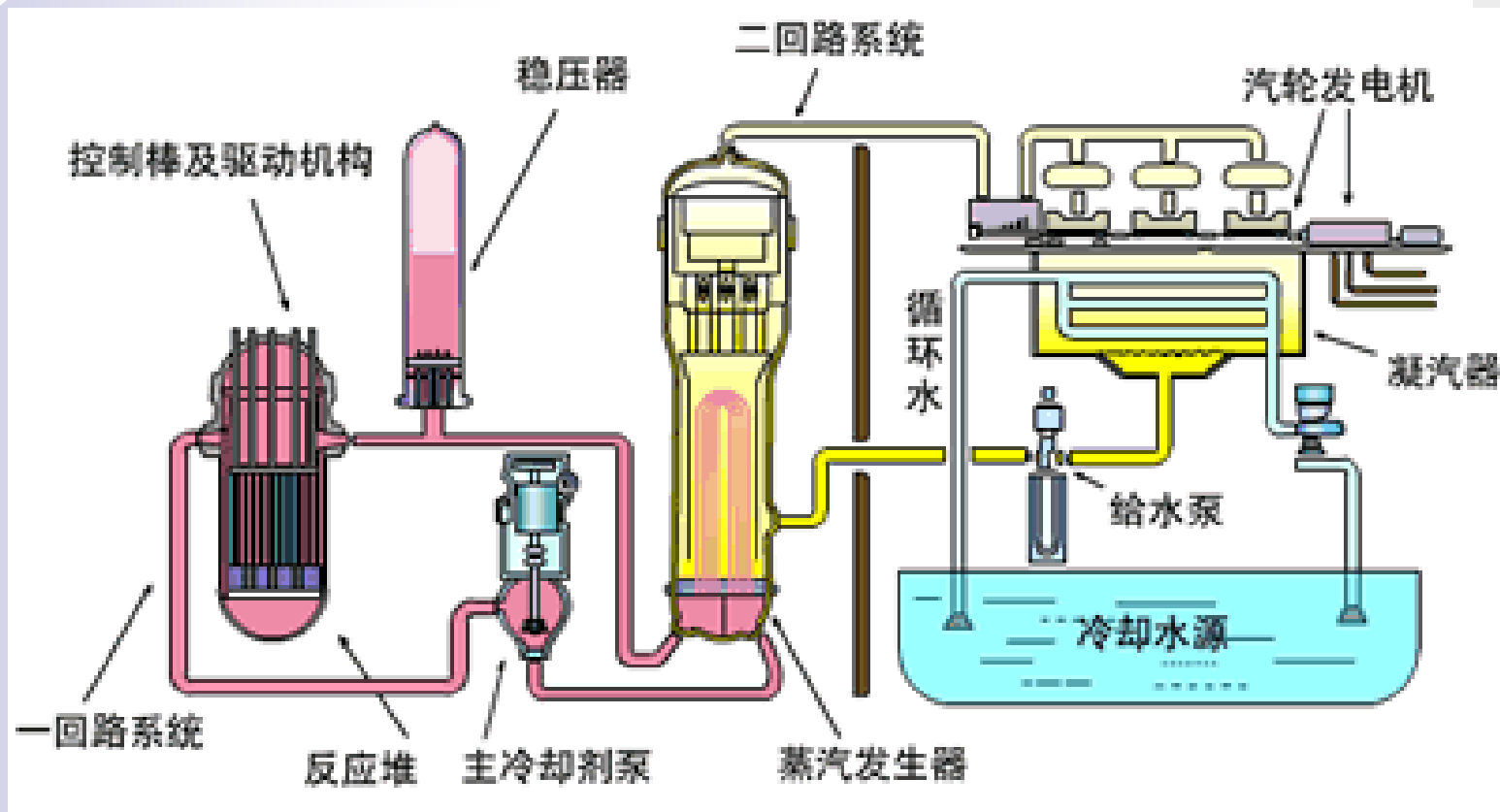


地沟油的提纯



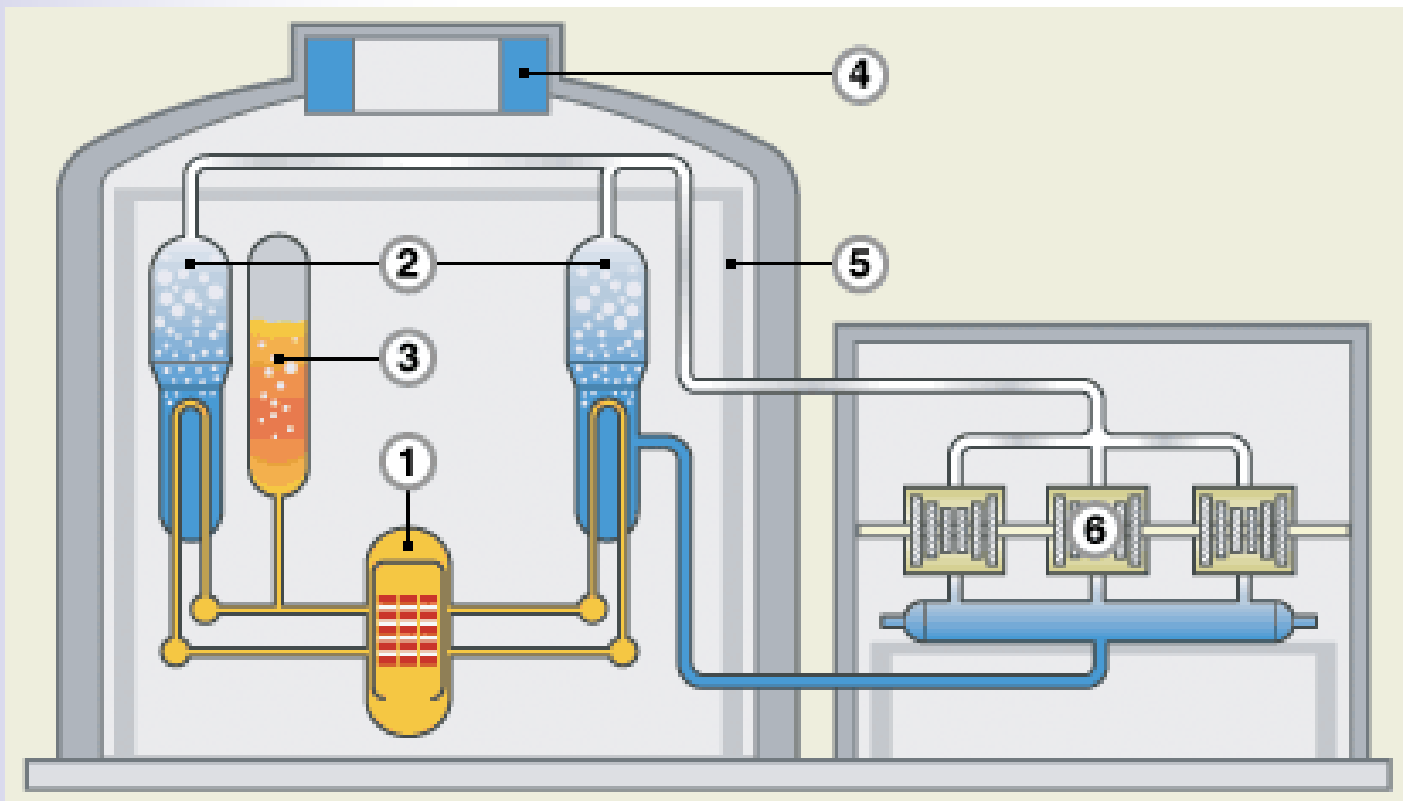


压水堆(pressurized water reactor)原理图



福岛核电站事故：主泵断电导致一回路冷却失效，堆芯熔融，核物质泄露。

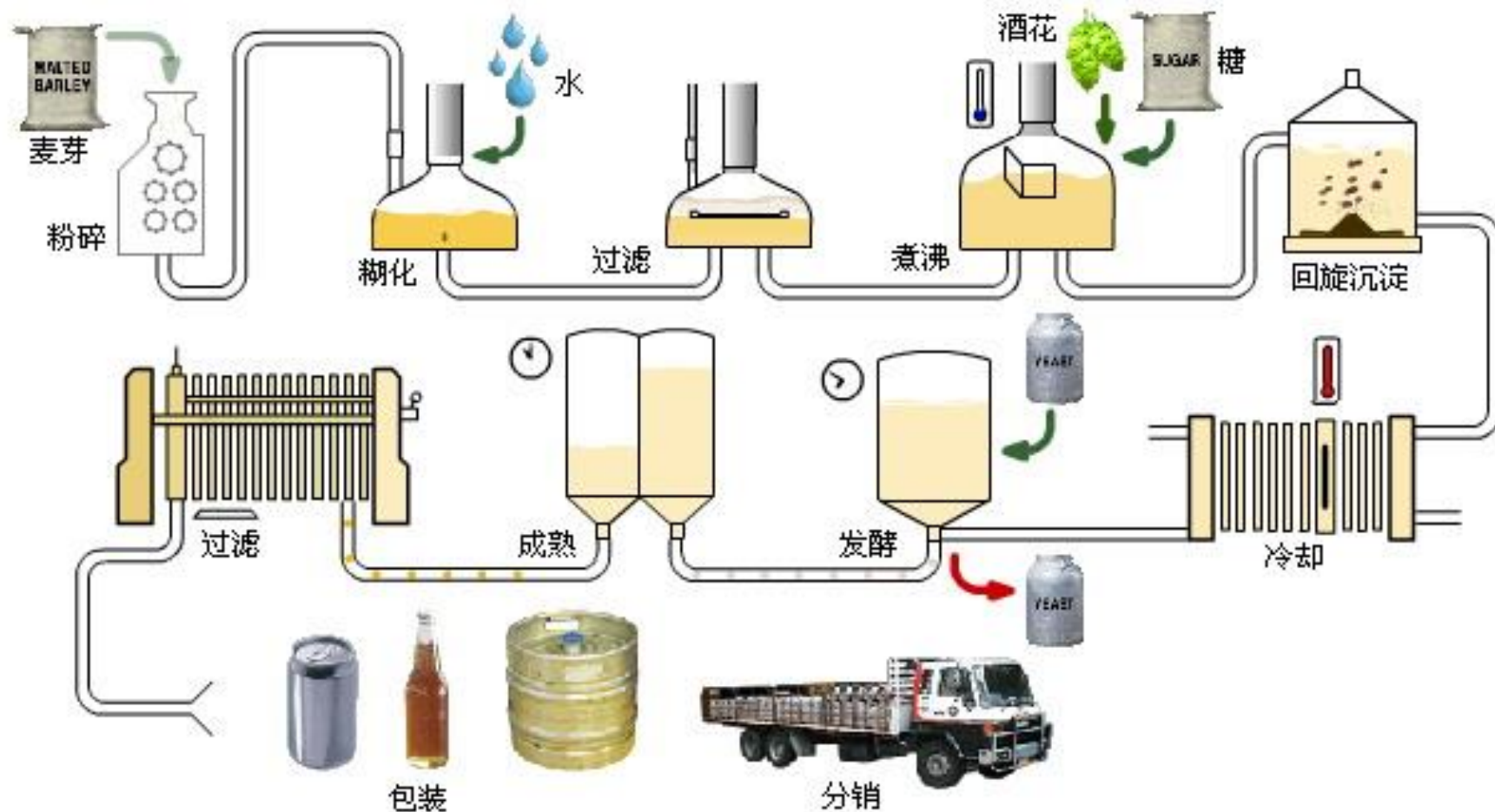
AP1000三代核电技术



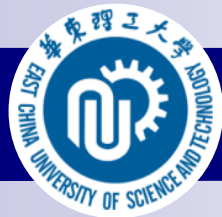
1. 反应堆芯
2. 蒸汽发生器
3. 稳压器

4. 被动冷却水箱
5. 金属保护罩
6. 涡轮机

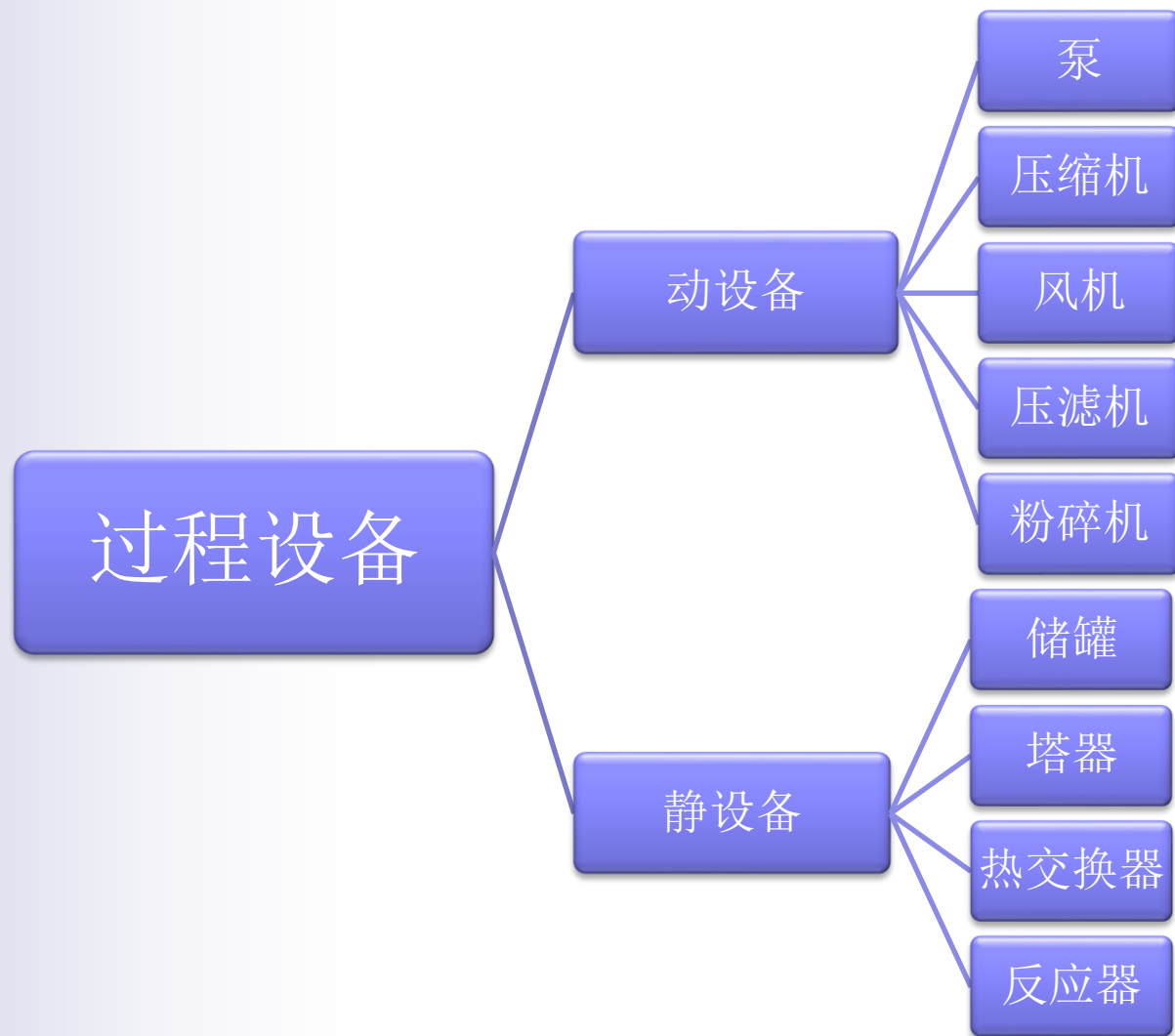
啤酒的加工



啤酒的加工



1.2 过程设备的分类





1.2 过程设备的分类

过程设备

反应设备

搅拌釜
流化床
管式
固定床
塔式

输送设备

固体输送
流体输送
液：泵
气：压缩机

分离设备

固 - 固
液 - 液
气 - 气
固 - 液
固 - 气
液 - 气

传热设备

混合式
蓄热式
间壁式
结晶器
蒸发器
干燥设备

粉碎设备

机械
气流粉碎
化学粉碎
破碎
磨碎
超细磨碎

加热炉

类似加热
设备：
温度高，
燃料燃烧
火焰传热



典型过程设备



加氢反应器



核反应堆



高压杀菌釜

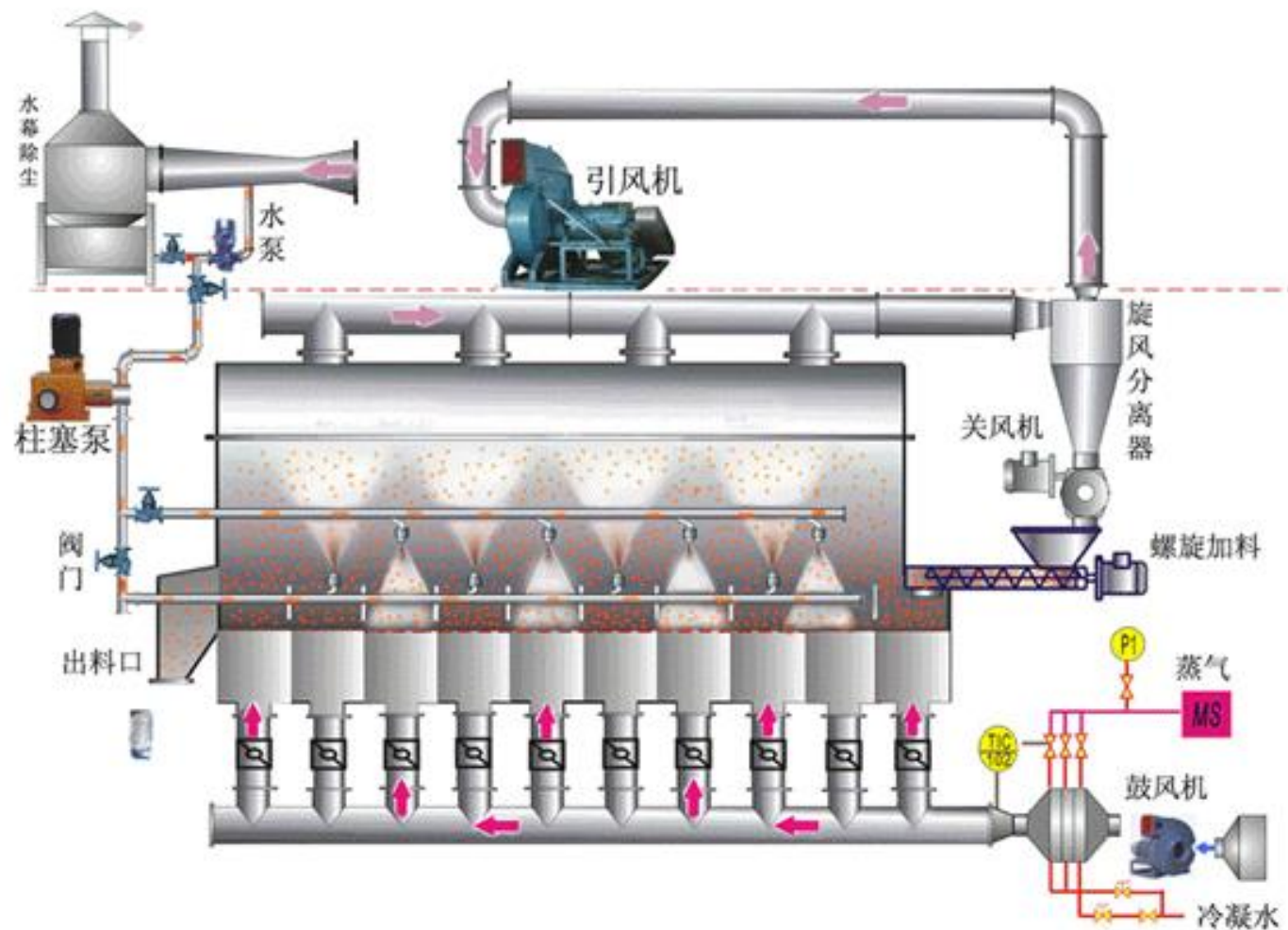


超临界萃取装置

1.2 过程工程和过程设备

将过程设备通过管道连接起来

过程装备





1.3 过程设备的基本要求

■ 经济技术指标

- **单位生产能力：**设备在单位时间、单位容积内处理物料的数量。
- **消耗系数：**生产每单位质量或单位体积产品所需消耗的原材料及能量。
- **设备价格**
- **管理费用：**包括劳动工资、维护和检修费用等。
- **产品总成本：**生产中一切经济效果的综合反应



1.3 过程设备的基本要求

■ 结构上的要求

- **强度：** 设备在载荷的作用下抵抗破坏的能力。
- **刚度：** 构件在外力作用下保持原来形状的能力。
- **耐久性：** 根据所要求的使用年限来决定。
- **密封性：** 防止物料的泄露。
- **节约材料和制造方便**
- **运输与安装方便**
- **运转性能好**



1.3 过程设备的基本要求

2003年冬，重庆开县中石油川东北气田罗家寨16号井发生井喷事故，剧毒硫化氢夺走了**243**条人命，4000多人中毒就医，10万人疏散。按照当地政府的统计数据，此次井喷直接经济损失达6432.31万元。

事故调查专家组的专家鉴定报告表明：2003年12月21日下钻的钻具组合中，有关人员去掉回压阀，是导致井喷失控的直接原因。





1.3 过程设备的基本要求

2005年11月13日中石油吉林石化公司双苯厂苯胺装置发生爆炸着火事故。事故共造成造成6人死亡，2人重伤，21人轻伤。事故发生后，疏散群众达1万多人。事故造成的污染使哈尔滨市停水三天。





1.3 过程设备的基本要求

2010年7月16日中石油大连大孤山新港码头一储油罐输油管线发生起火爆炸事故。由于储油罐与输油管线之间阀门被烧化，油路无法切断，1500吨油泄漏入海，430余平方公里海面污染





1.3 过程设备的基本要求

2017年8月17日，中石油大连石化公司重油催化裂化车间原料泵密封失效，引发火灾。火灾出动118台消防车、两艘消防舰艇、600名消防官兵。造成了严重的环境影响和社会影响。

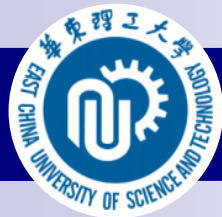




1.3 过程设备的基本要求

经查，此次事故的直接原因是大连石化公司第二联合车间催化装置分馏单元原料油泵驱动端轴承损坏，导致原料油泵剧烈振动，造成密封波纹管多处断裂，引起油料泄漏着火。

- 载荷过大
- 安装不良（非直线性）力矩载荷
- 异物侵入、进水
- 润滑不良、润滑剂不合适
- 轴承游隙不适当。
- 轴承箱精度不好，轴承箱的刚性不均，轴的挠度大
- 生锈、侵蚀点、擦伤
- 压痕（表面变形现象）



1.3 过程设备的基本要求

常见的失效形式



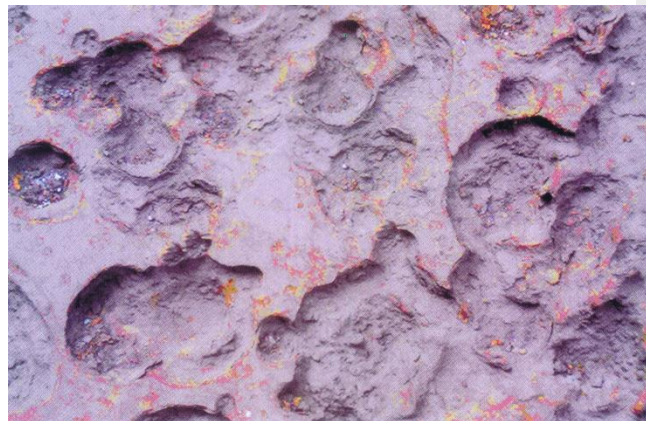
薄壁容器韧性断裂



厚壁容器脆性断裂



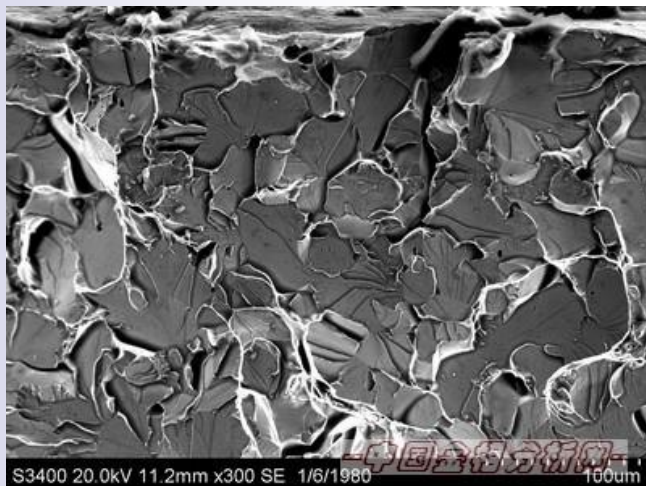
外压失稳



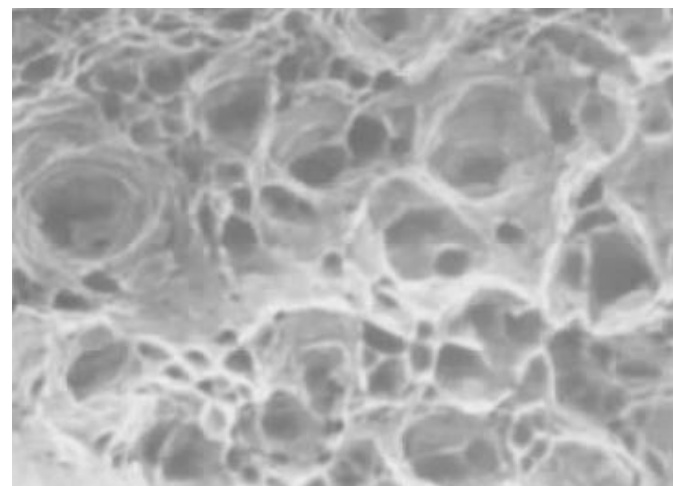
表面腐蚀



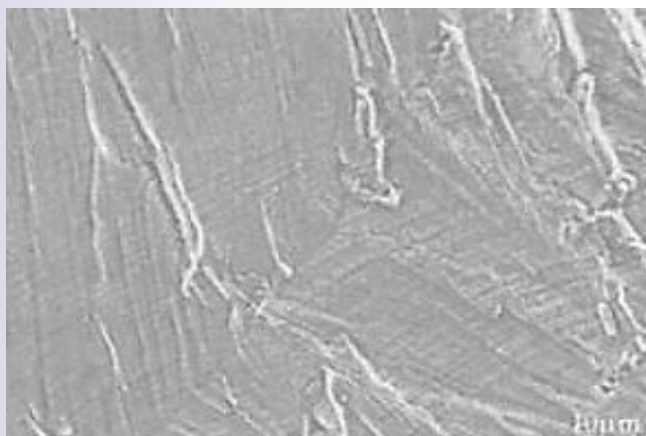
1.3 过程设备的基本要求



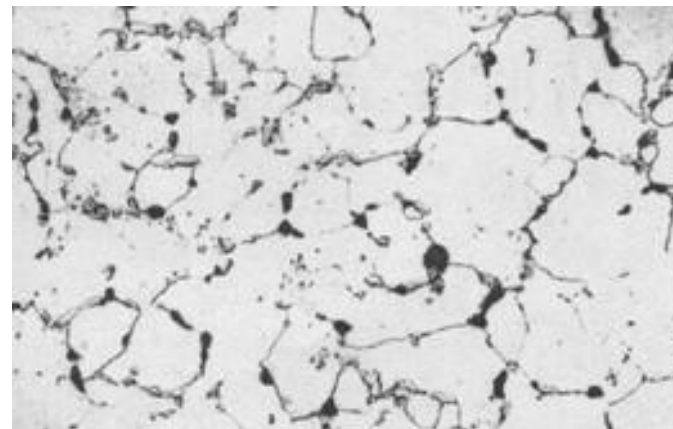
解理断裂—脆性断裂



韧窝—韧性断裂



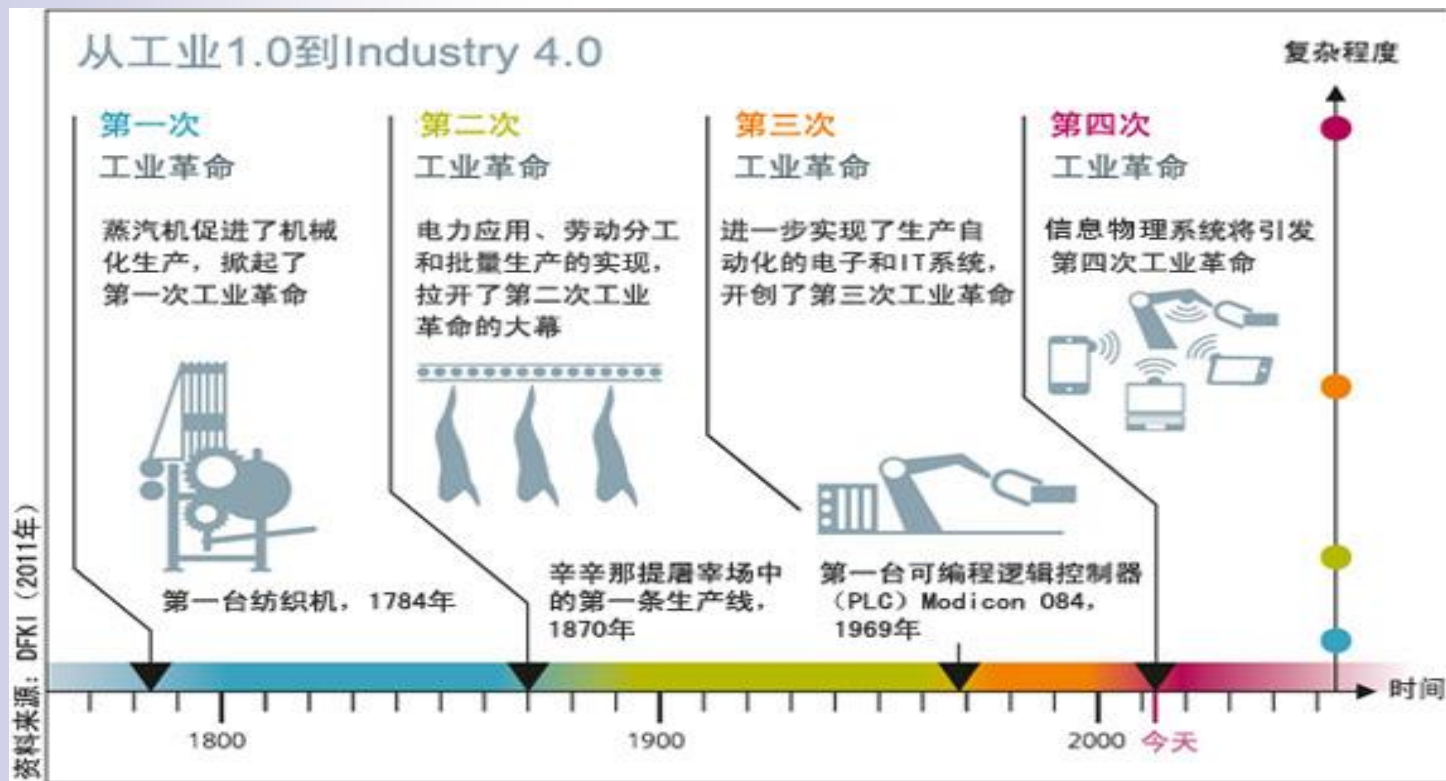
疲劳灰纹



晶界孔洞

1.4 过程工业面临的机遇与挑战

“**工业4.0**”是德国联邦教研部与联邦经济技术部在**2013年**汉诺威工业博览会上提出的概念。它提出继蒸汽机的应用、规模化生产和电子信息技术等三次工业革命后，人类将迎来以信息物理融合系统(CPS)为基础，以生产高度数字化、网络化、机器自组织为标志的第四次工业革命。





工业4.0”三大主题：

- **“智能工厂”**，重点研究智能化生产系统及过程，以及网络化分布式生产设施的实现；
- **“智能生产”**，主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互动以及3D技术在工业生产过程中的应用等。
- **“智能物流”**，主要通过互联网、物联网、务联网，整合物流资源，充分发挥现有物流资源供应方的效率，而需求方，则能够快速获得服务匹配，得到物流支持

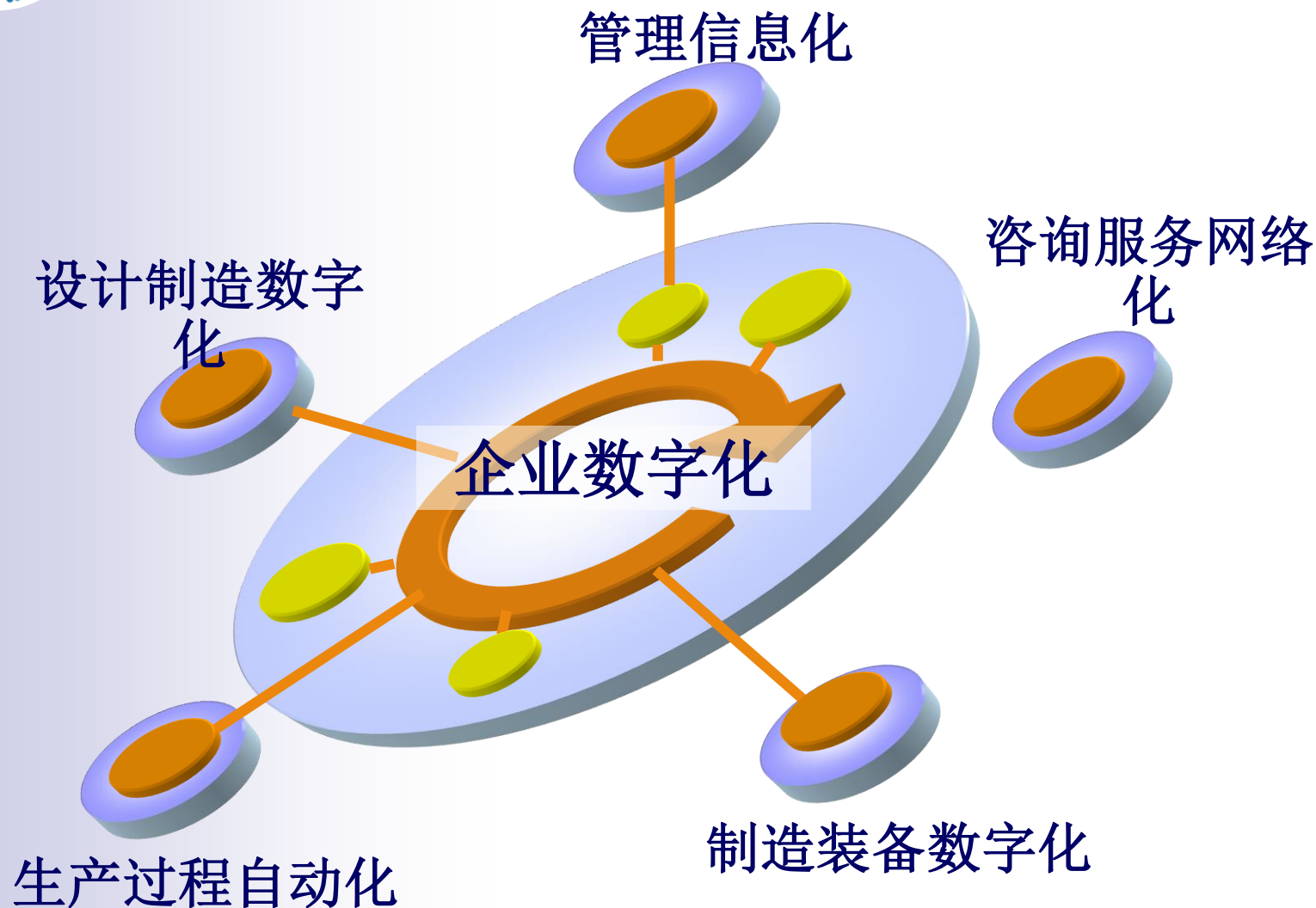
“务联网”是指要与制造任务关联起来，包括企业的工艺流程、制造或者售后服务，对制造任务和社会资源都进行调度和计划。

“务联网”突破了工厂和车间的概念，这才是德国工业4.0最先进的地方，即充分利用社会创新资源。

我国工业4.0是以智能制造为主的第四次工业革命，将传统制造技术与互联网技术结合，实现信息化与自动化高度融合，形成智能化的生产制造，是我国迈向制造强国的强劲驱动力。



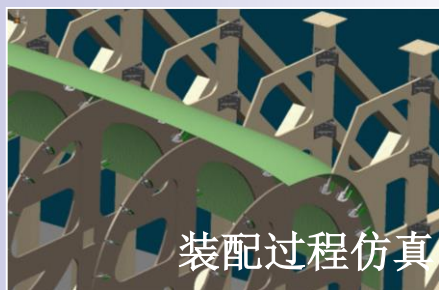
企业信息化



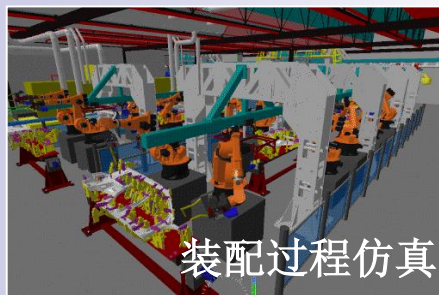


设计数字化

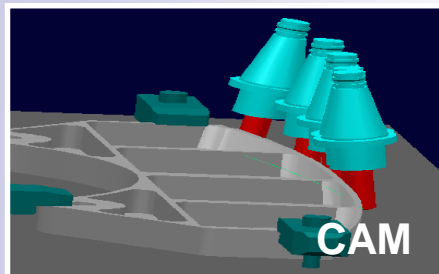
通过实现产品设计手段与设计过程的数字化和智能化，缩短产品开发周期，提高企业的产品创新能力。



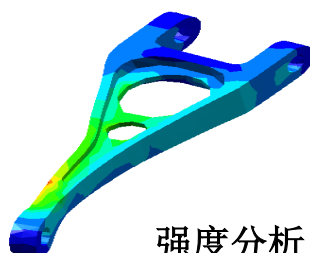
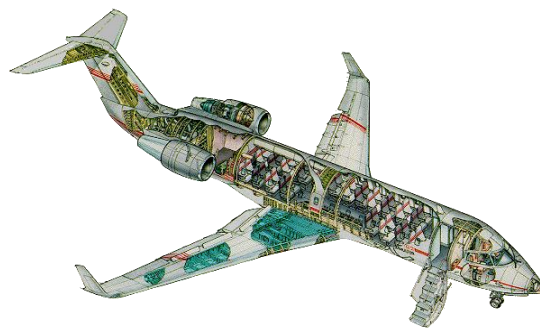
装配过程仿真



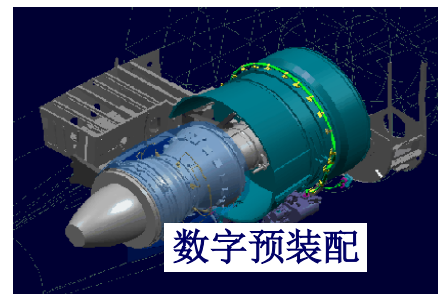
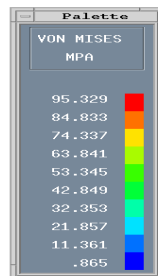
装配过程仿真



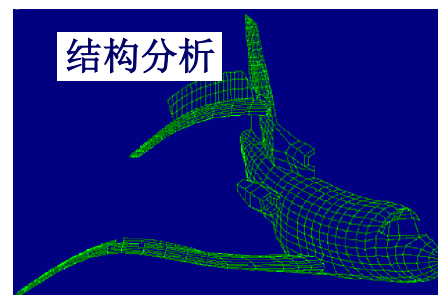
CAM



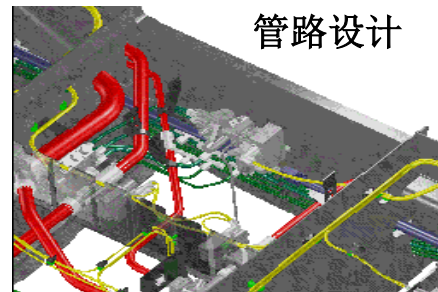
强度分析



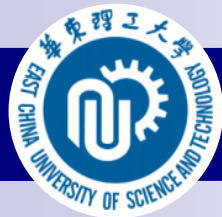
数字预装配



结构分析

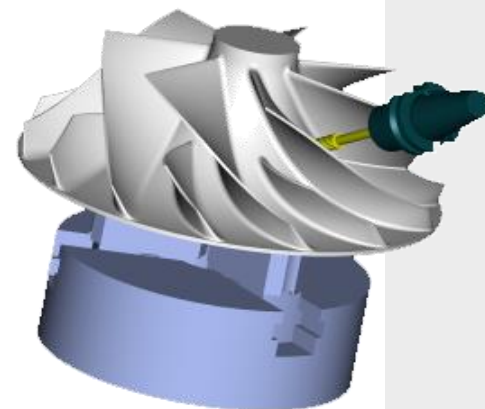


管路设计



制造数字化

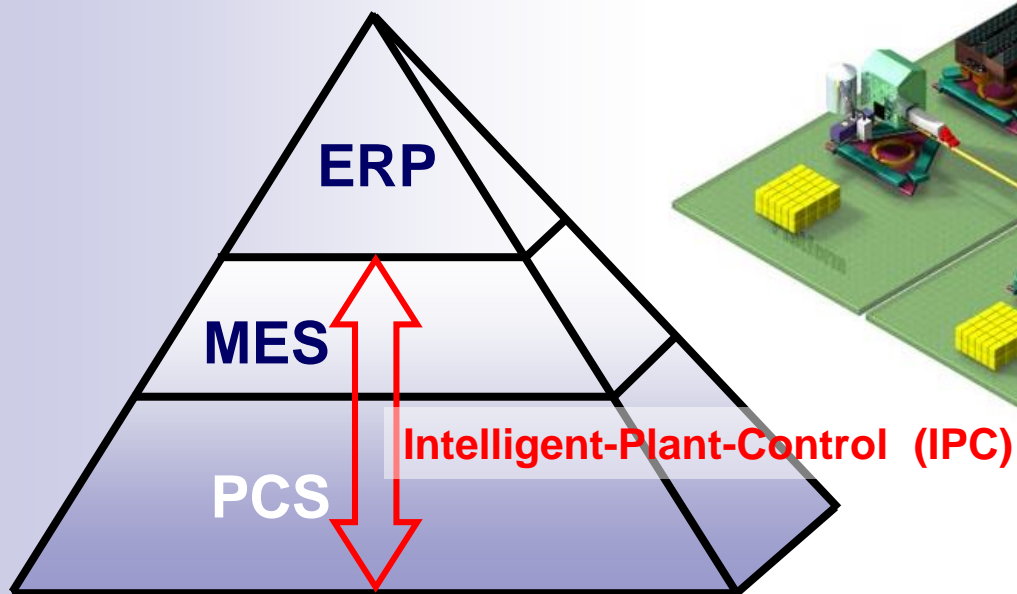
通过实现制造装备的数字化、自动化和精密化，提高产品的精度和加工装配的效率。



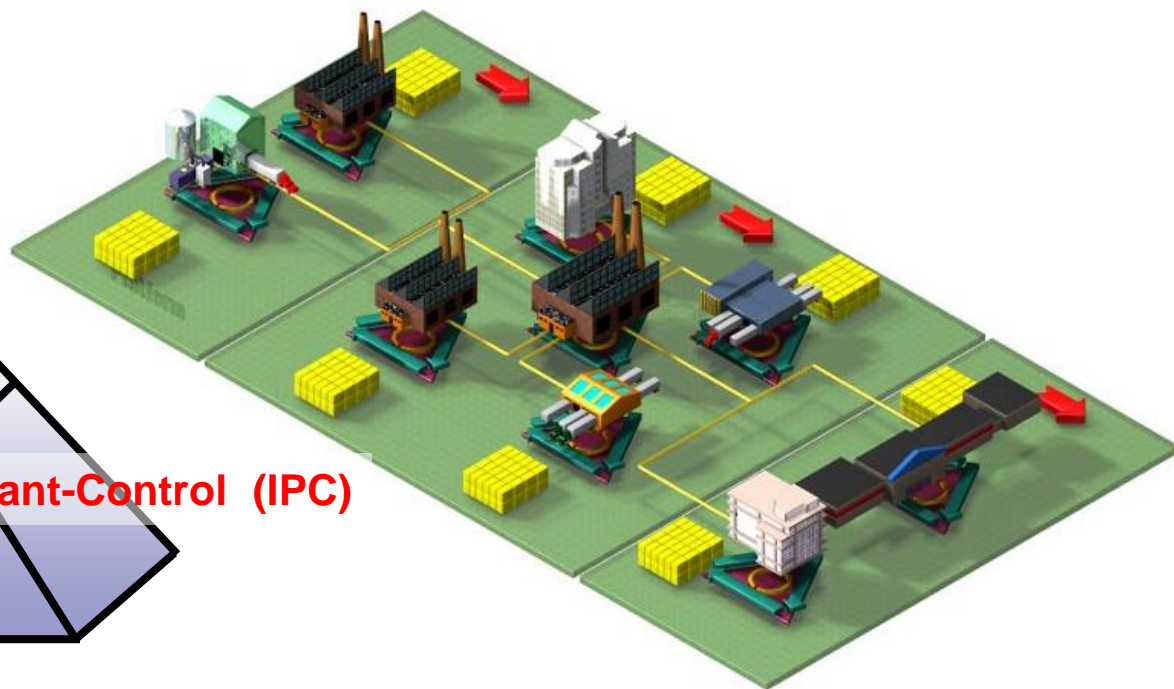


生产过程数字化

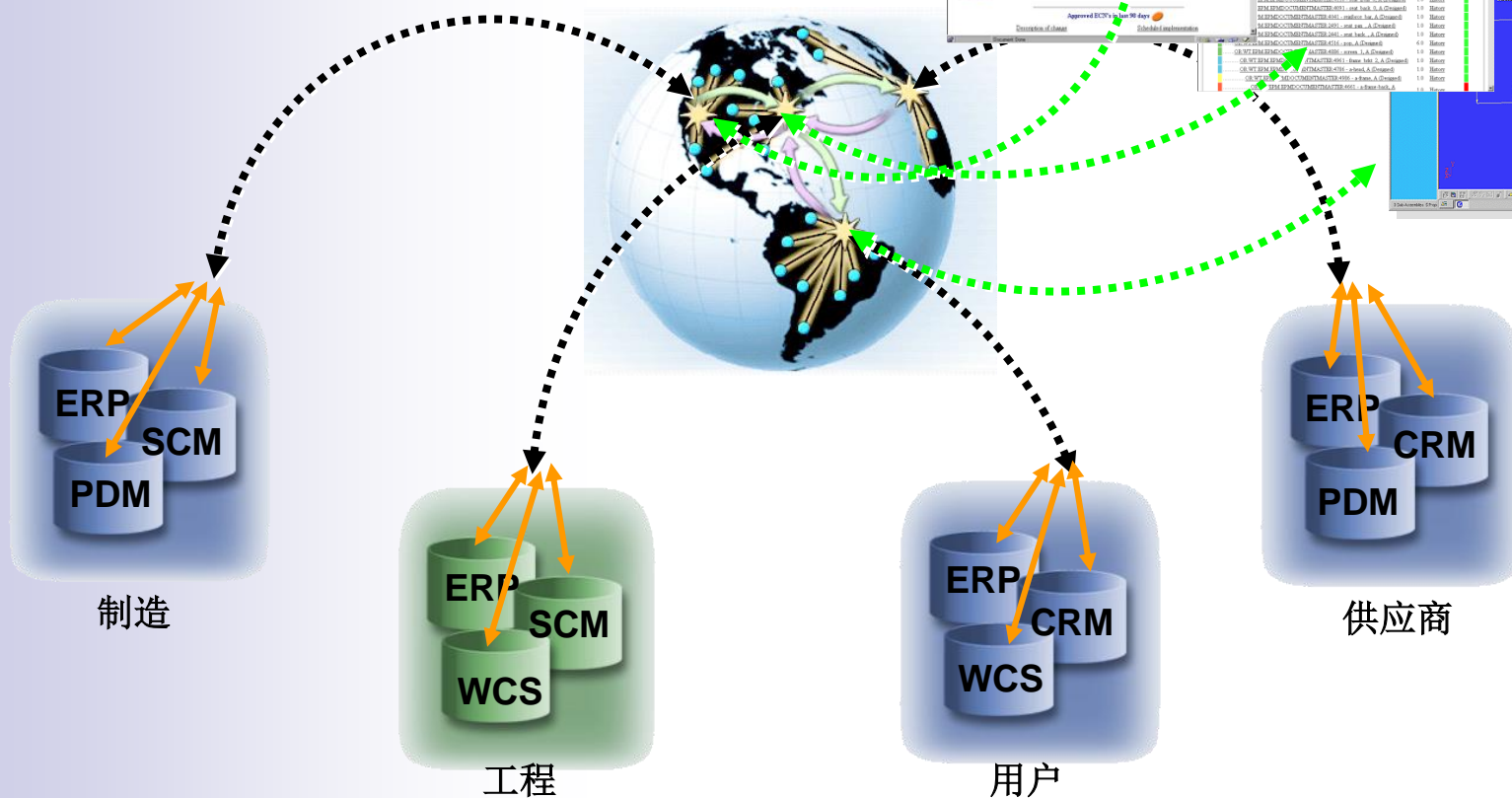
通过实现生产过程控制的数字化、自动化和智能化，提高企业生产过程自动化水平。



流程工业



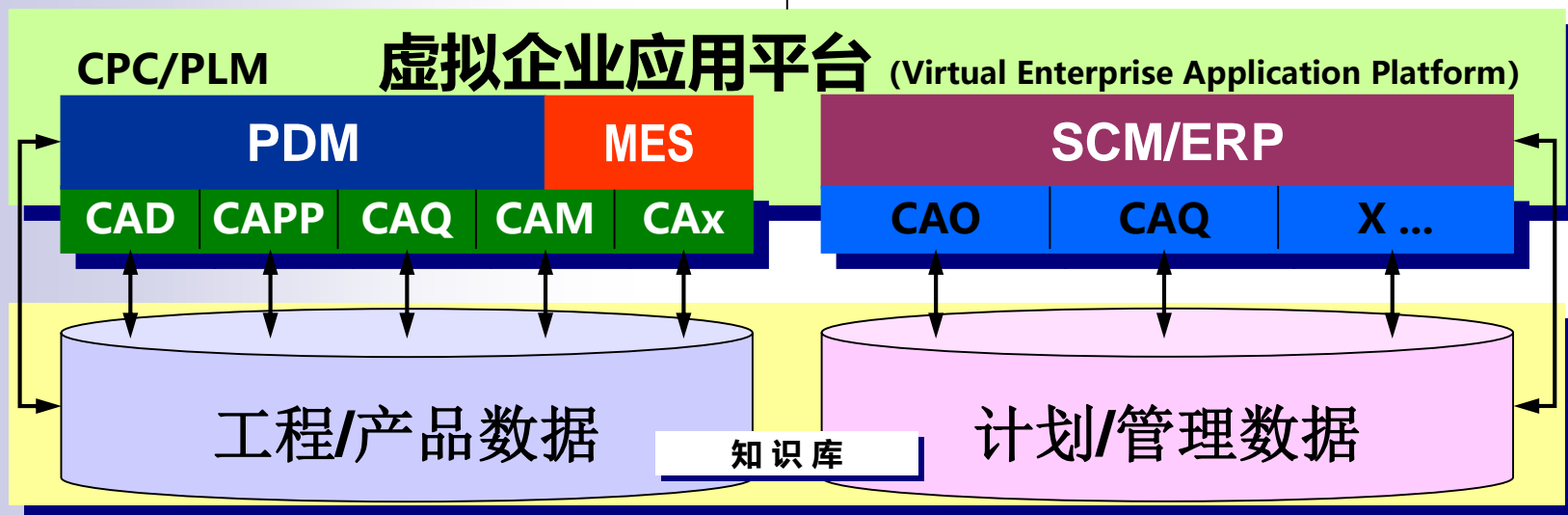
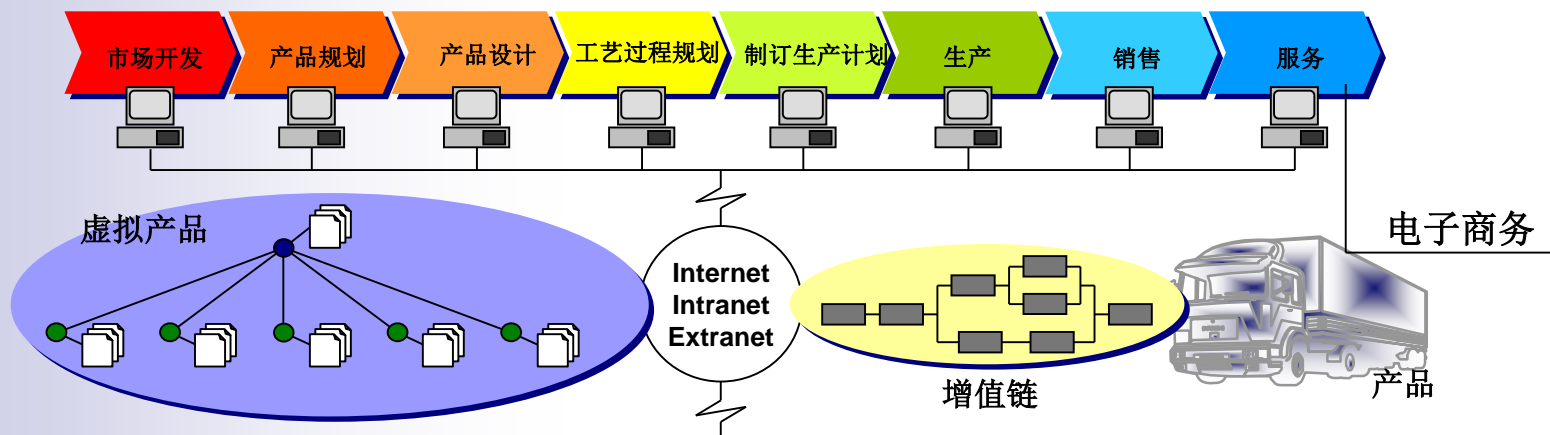
离散制造业





企业数字化

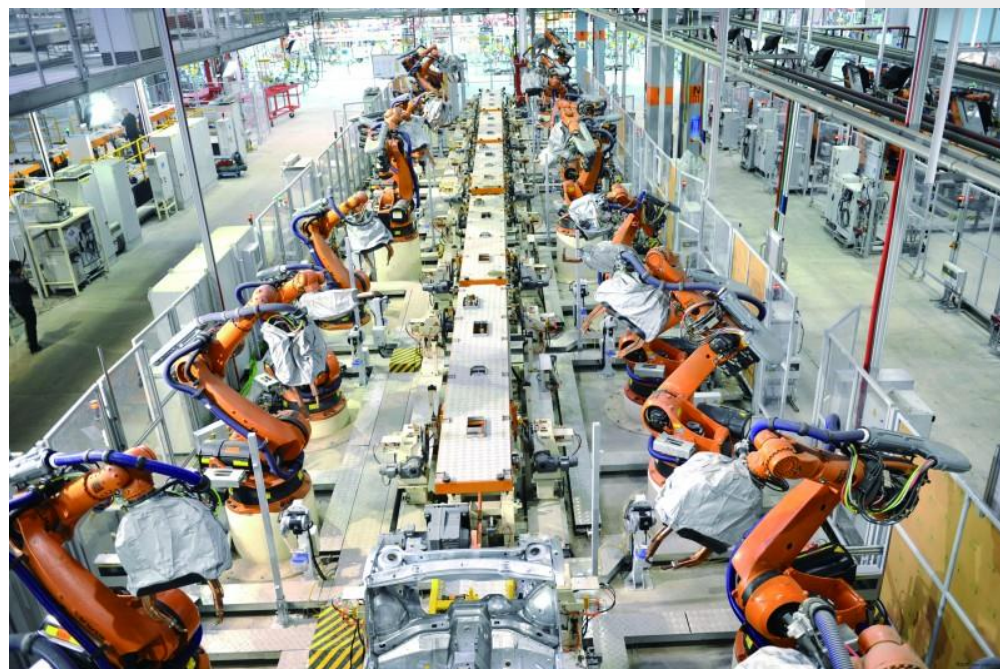
在设计、制造装备、生产过程和经营管理数字化的基础上，通过实现全球化环境下企业内外部资源的集成和最佳利用，促进制造企业的业务过程、组织结构与产品结构的调整，提高我国企业、区域和行业的竞争能力。



网络技术

单机智能设备

数字化智能工厂





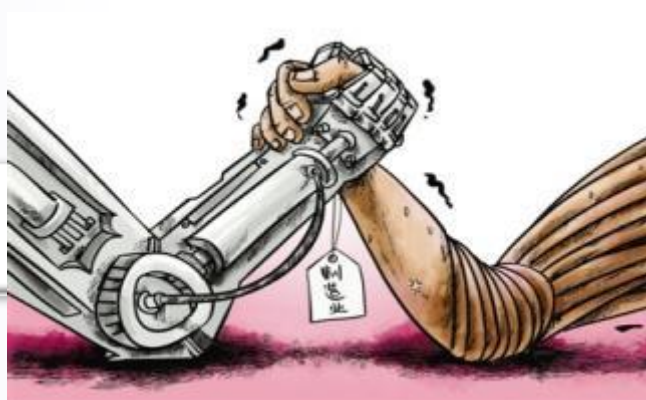
智能工厂案例：西门子安贝格自动化工厂-工业4.0





全球制造业发展趋势

未来制造业挑战



制造业三项关键技术

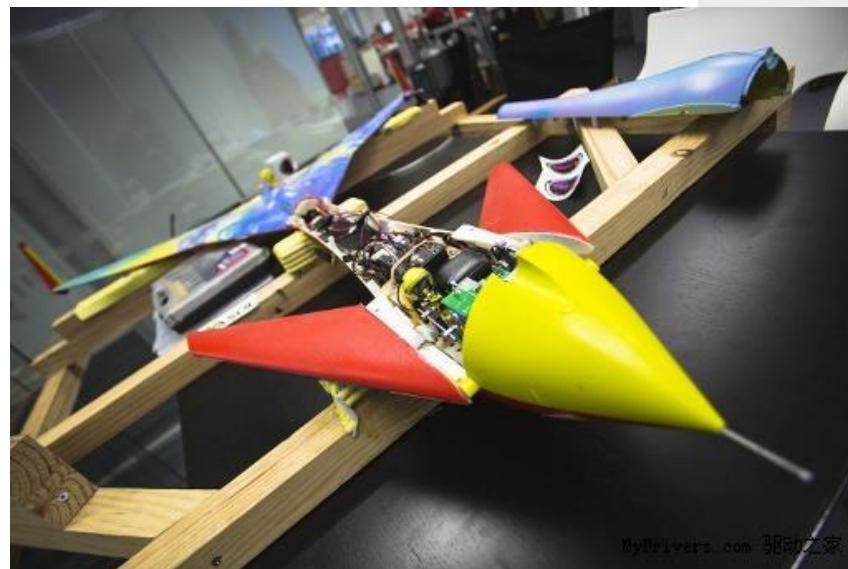
- 新一轮工业革命呼唤着机器人发展
- 劳动力成本不断上升加速机器人需求
- 新技术进步提升机器人性能
- 客户化定制依赖于机器人制造

- **生产方式：**数字化制造
- **生产决策：**人工智能
- **生产工具：**智能机器人

互联网+工业4.0+智能制造

3D打印火箭

- 英国的一个业余团队利用3D打印技术自己制造了一枚重3公斤的火箭，用装满氦的巨型气球把火箭提升到2万米高空，装置在火箭里的全球定位系统启动火箭引擎，火箭喷射速度达到每小时1610公里。之后，火箭上的自动驾驶系统引导火箭返回地球。
- 他们将这个项目称作“Low Orbit Helium Assisted Navigator”，低轨道氦辅助导航，缩写“LOHAN” 罗汉

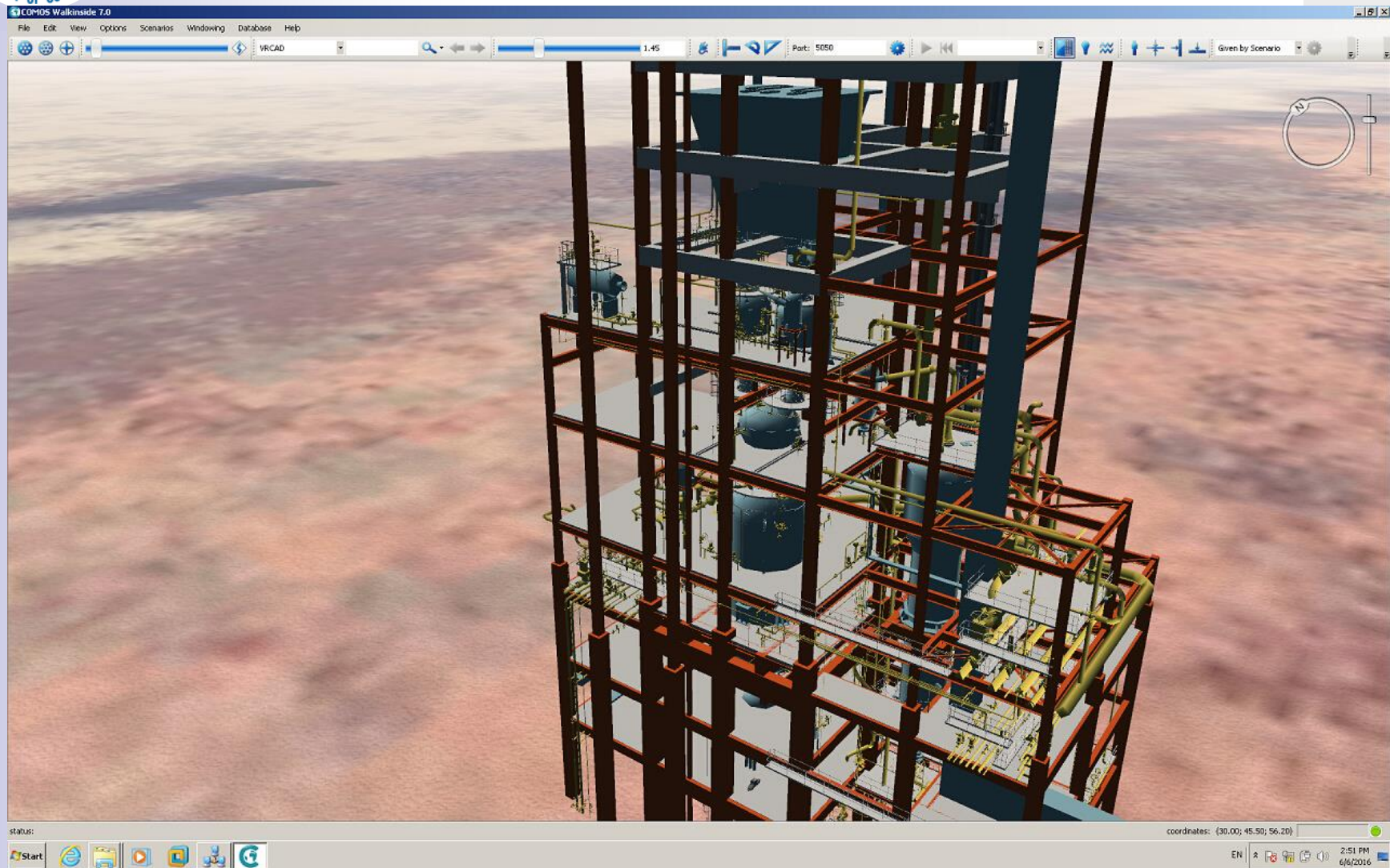


- 世界上第一款3D打印汽车
Urbee 2, Urbee 2是一款搭载混合动力的三轮车, 由车身后置的独轮驱动。在城市中行驶时, Urbee 2由电力驱动, 内置7.6kWh电量, 两个前轮由一对36伏特的电动马达驱动, 可提供6kW的巡航动力, 最高动力12kW。电力驱动行驶里程可达64公里。当电力不足时, 则切换到内燃机来驱动发电机给电池供电。
- 美国LocalMotors公司设计制造的“Strati”的小巧两座家用汽车





过程工业4.0案例



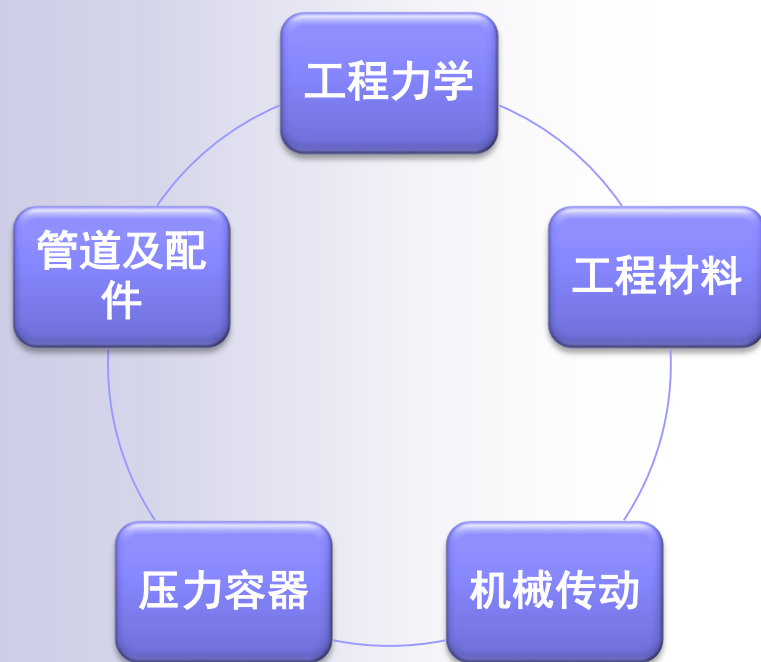
赛鼎与西门子合作，打造煤化工领域的数字化企业



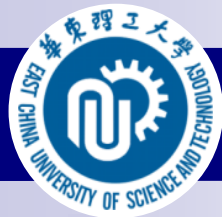
- 对于过程工业来说，生产连续性强，流程规范，产品唯一，原料稳定，生产过程伴随着物理和化学变化，这就导致工艺对产品质量的影响非常大。
- 离散制造的数字化经验无法套用，过程工业正面临着前所未有的压力。如何整合工厂生命周期内高度碎片化的数据库？如何利用数据来保证高效工程，以及节能、安全的工厂运行？



1.5 本课程的教学内容



- **工程力学基础：第1 - 6章**
- **化工设备常用材料：第7章**
- **设备防腐蚀的基础知识：第7章**
- **压力容器基础知识：第8章**
- **设备零部件基础知识：第8章**

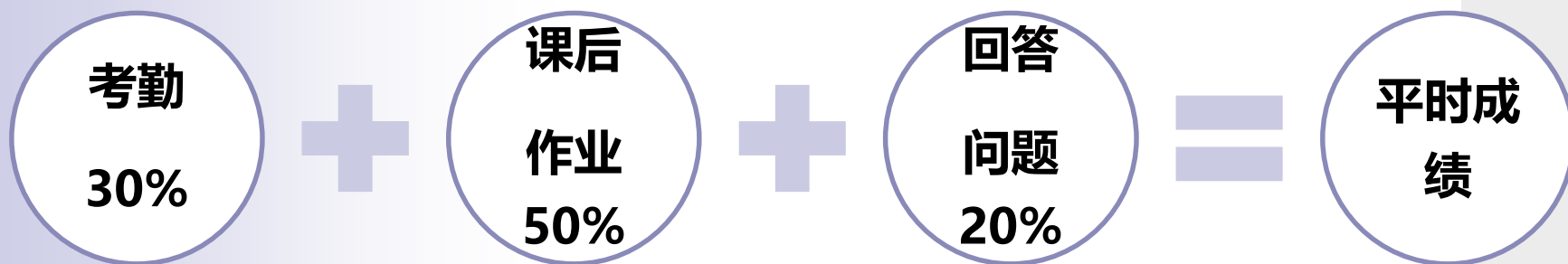


1.5 本课程的学习方法

- 切忌死记硬背，要学会方法，融会贯通。
- 课前预习，课后复习。
- 完成一定数量的习题。



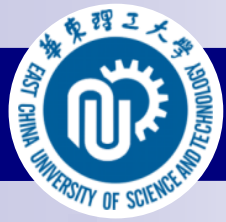
课程要求





思考题

- ✓ **何为过程工业？工艺过程和过程设备间存在何种关系？**
- ✓ **常见化工过程设备有哪几类？**
- ✓ **从结构考虑，对过程设备有哪些基本要求？**
- ✓ **理解过程设备应包含哪些基础知识？**



Thanks for your attention!

