

第08章 生产系统结构与战略

第一节 生产系统结构

一、生产线布置的基本形式

- 生产线布置解决的是生产系统的结构形式问题。
- 首要目标：使厂房、设备、工作地、物流等的配置及供应达到最佳安排，使物料流动最快、费用最小、搬运量最少、搬运时间最短。
- 其次，使操作者、管理者获得操作上、安全上、生理上和心理上的满足感。
- 三类基本布置：工艺式、对象式和固定式。

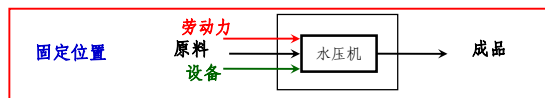
(一) 工艺式布置

- 按照生产工艺性质来布置车间、工段或小组，同种类型的工艺设备集中在一起。
- 优点：易于充分利用生产设备，比较灵活，能适应不同品种的产品，适合小批量生产；
- 缺点：搬运路线长，搬运量大；在制品多，管理复杂，不适合大批量生产。

(二) 对象式布置

- 又称产品式布置，将生产某种产品的设备集中在一起形成生产线，不同生产线的工艺过程封闭，不用跨其它生产线就能独立产出产品。
- 优点：物流运输少，缩短生产周期，简化管理；
- 缺点：产品改变时，难以快速变化，不适合多品种小批量。

(三) 固定式布置



- 在**固定位置**投入材料、设备、劳动力后，通过生产过程转换就输出成品。
- 一般大型设备的制造，如水压机等冲压设备的制造，以及大型航空航天产品的装配、大型轮船制造等都属于固定式布置，

2019/04/18

4

(四) 成组布置

- 成组布置 (group technology layout, GT) 介于工艺式和对象式布置之间。
- 基于成组技术和零件族概念，把使用频率高的机器集成成组。
- 目的是对单件小批生产进行组织，提高设备利用率、减少物流时间，以达到大批量生产的效果。
- 具有高效和柔性的特征，一般用于品种数量、批量中等、以及品种较多但批量较小的产品生产。

2019/04/18

5

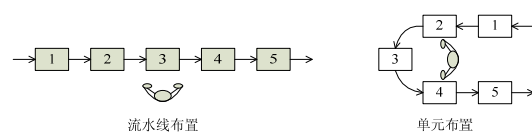
二、制造系统集成

(一) 单元制造

- 也称柔性制造单元 (Flexible Manufacturing Center, FMC)，是把完成一组**相似零件**的所有或极大部分加工工序的多种机床组成机床群，**操作工人是多面手**，以此为单元，再在其周围配置其它必要设备。

2019/04/18

6



- 单元制造环境下，工人能同时操作不同种类的设备，移动距离短，同一制造单元能加工的产品种类比流水线更多。
- 单元制造是JIT生产/精益生产的重要模块，需要企业具有高素质、操作过多种设备的工人队伍，对员工能力要求较高。

2019/04/18

7

（二）柔性制造系统

- 柔性制造系统（Flexible Manufacturing System, FMS），是从单元布置的基础上进一步发展而成的。
- 在相似零件组的加工工序相同时，利用传送带或梁性搬运装置、工业机器人将基本机器群联结起来并保持一定柔性。
- 单元制造是集成了某一组相似零件的制造，而柔性制造系统是集成了多个相似零件组，集成度更高。

2019/04/18

8

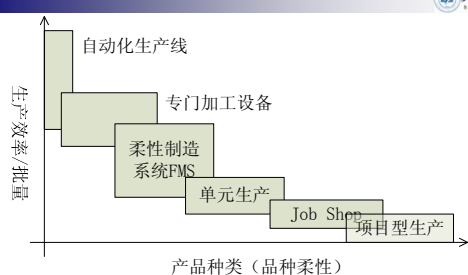
- “柔性制造系统”其实并不比多个制造单元组成的系统更“柔”。

- 虽然FMS称作“柔性”制造系统，但实际上，它针对产品族作了进一步的定置与整合，其制造效率提高了，但生产的零件种类数可能反倒下降了；

- 用能够生产的产品的种类代表“柔性”，而以单位产出量作为制造效率，各类生产系统比较如下图：

2019/04/18

9



- 产品种类上最“柔”的是Job Shop（单件小批）和项目型生产，但效率最高的是自动化生产线。其余类型处于中间。

2019/04/18

10

（三）计算机集成制造系统（CIMS）

- 美国学者约瑟夫·哈林顿认为（1973）：
 - 第一，企业的各经营环节（设计、管理、制造等）不可分割，需统一考虑；
 - 第二，整个经营过程实质上是一个信息的采集、加工和传递的处理过程。
- 因此他提出了计算机集成制造（computer integrated manufacturing, CIM）的概念：

2019/04/18

11

- **计算机集成制造**：借助计算机软硬件，综合运用现代管理、制造、信息、自动化、系统工程技术，将企业生产全部过程中有关人、技术、管理三要素及其信息流与物流有机集成并优化运行，以实现产品高质、低耗、上市快，从而使企业赢得市场竞争。
- 实现上述目标的制造系统，称为 **计算机集成制造系统**（computer integrated manufacturing system, CIMS）。

2019/04/18

12

- **计算机集成制造系统**一般包括四个子系统：
 - 管理信息分系统-MIS
 - 技术信息分系统-CAD、CAPP、NCP等
 - 制造自动化分系统-CAM
 - 计算机辅助质量管理分系统-CAQ。
- 这四个系统实现从“订单-设计-工艺-计划-制造-装配-运输”的一系列物质运动和信息交流的计算机集成制造系统CIMS。
- 进一步的发展，又包含了决策管理系统以及业务处理系统等。

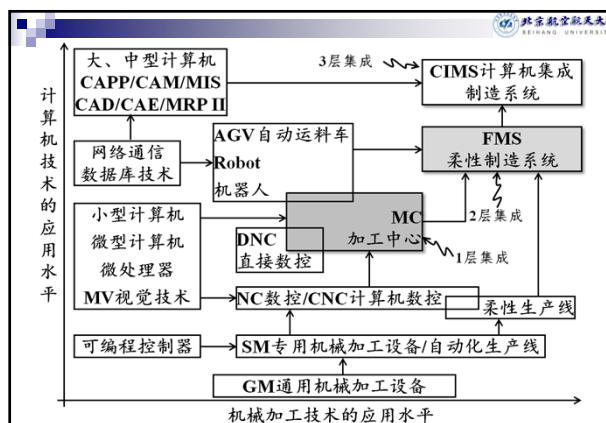
2019/04/18

13

- 实际上，CIMS的设想过于宏大，在现实中，并没有哪个生产系统达到了完美的CIMS水平。
- 但CIMS代表了机械加工技术和信息技术的最高形式的集成。
- 从传统机械加工→数控机床→制造单元→柔性制造系统→ CIMS系统的演进，表明了现代制造系统的产生，是水平不断提升的机械制造技术和信息技术不断融合的结果：

2019/04/18

14



2019/04/18

15

三、生产管理方式与客户定制分离点

(一) 生产管理方式

两种方式：备货生产（make-to-stock, MTS）和按单生产（make-to-order, MTO）。

□ **备货型生产**：根据需求预测，生产并储备产品库存，等待顾客购买，称为**推式生产**（push）。

■ 优点：能瞬间满足顾客需求。

■ 缺点：需要付出库存管理成本；若需求预测不准确，则会造成生产过剩或不足。

2019/04/18

16

□ **按订单生产**：拿到顾客订单之后才根据订单需求开始生产，称为**拉式生产**（pull）；

■ 优点：生产的产品一般都能卖出去而不会过剩。

■ 缺点：顾客需要等待一段时间，若顾客不耐烦等待，则可能失去订单。

MTS: 工序1 → 工序2 → 工序3 → 成品库存

MTO: 零部件原材料 → 工序1 → 工序2 → 工序3 → 订单 → 产品

2019/04/18

17

(二) 客户定制分离点

■ 考虑一个按订单为客户装配产品的生产线：

□ 接到顾客订单后，生产线启动装配，因此在装配点下游，即从装配点到成品，企业采用**按单生产**的**拉式生产**模式；

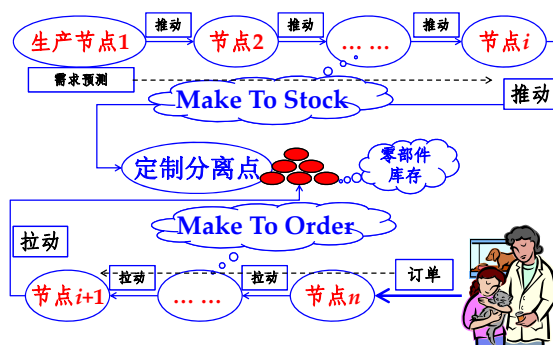
□ 而在装配点上游，企业须提前储备原材料、零部件而形成库存，以备随时按单装配为成品；

□ 所以，在装配点的上游，生产线采取的是**备货型**的**推式生产**。

2019/04/18

18

■ 推/拉过程的过渡点，称为**客户定制分离点**：



2019/04/18

19

■ 之所以叫做“客户定制分离点”，是因为该点后的生产是按照顾客要求进行“定制”的。

- 例：计算机制造商预测未来需求，准备一批不同规格的CPU、内存、显卡、主板、机箱、显示屏，这是“备货生产”过程；
- 当顾客到达时候，可以选配不同的CPU、显示屏等等，组装不同的计算机，这就是“按单生产”的定制过程。
- 上述各零、配件的备货点就是**客户定制分离点**。
- 分离点越靠上游，定制能力越强，反之越弱。

2019/04/18 20

第二节 竞争优势与生产战略

一、产品竞争战略

- 成功的生产战略要保证产品在某些特性上取得竞争优势，并以此赢得客户订单。

（一）赢得订单标准

1、两类产品特性

- 订单资格要素（order qualifier）
- 订单赢得要素（order winner）。

2019/04/18 21

□ （1）订单资格要素

- 订单资格要素是指允许一家企业的产品参与市场竞争的资格筛选标准，一般包括：品种、质量、数量、价格、服务、交付。
 - 产品达到该标准，就有可能通过提供产品而使顾客满意，从而存活于市场，此时的产品水平为顾客满意水平，称产品达到了立足市场标准（market qualifying criteria, MQC）。
 - 当产品只达到立足市场标准MQC时，企业在非对抗环境下，可以立足于市场。但是，一旦遇到竞争，将不能保证赢得订单。

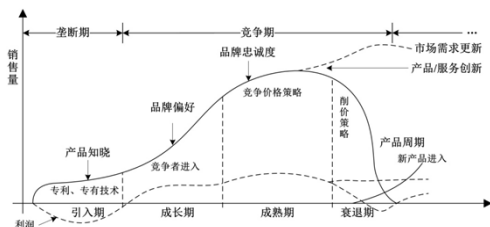
2019/04/18 22

□ （2）订单赢得要素

- 订单赢得要素是指企业的产品区别于其他企业产品或服务的评价标准，达到该标准的产品将不仅能使用户满意，而且使用户感到快乐从而夺取其他竞争对手的订单，我们称产品达到了赢得订单标准（order winning criteria, OWC）。
 - 只有达到赢得订单标准OWC时，企业才能在竞争中显出优于其他产品的性能，获取竞争优势。
 - 赢得订单标准OWC是企业竞争存活的条件之一，产品竞争战略就关注以什么要素赢得竞争优势。

2019/04/18 23

2、产品生命周期和OWC决策



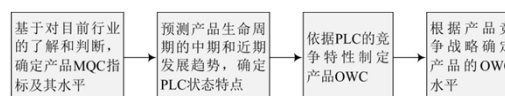
- 产品从进入市场、市场成长、市场成熟、市场饱和直到退出市场的全过程称为产品生命周期 (product life cycle, PLC)，市场对产品的要求并非一成不变。

2019/04/18

24

- 赢得订单标准OWC（包括立足市场标准MQC）在产品的全寿命周期内会变化。

- 曾经达到OWC水准的产品，变成仅仅满足MQC水准，甚至连MQC都达不到而被淘汰，直到出现新的产品，在新的需求标准下又展开新一轮的竞争。
- 在进行产品的OWC决策时，根据PLC不同时间点的不同特点，预测市场对OWC的综合要求。



2019/04/18

25

(二) 产品的通用竞争战略

- 产品竞争的基本方法，就是在赢得订单要素上取得优势。
- 在长期的企业实践中，人们总结出了一些常用的产品竞争战略，称为通用竞争策略，包括：
 - 成本领先战略
 - 差异化战略
 - 集中化战略

2019/04/18

26

1、成本领先战略

- 也称为低成本战略，是指企业通过有效途径降低成本，使其全部成本低于竞争对手的成本，甚至达到同行业中最低，从而获取竞争优势。
- 有五种途径实现低成本战略：
 - 简化产品型成本领先战略
 - 改进设计型成本领先战略
 - 材料节约型成本领先战略
 - 人工费用降低型成本领先战略
 - 生产创新及自动化型成本领先战略。

2019/04/18

27

2、差异化战略

- 差异化战略是使自己的产品与竞争对手的产品有明显区别，形成与众不同的特点而夺取竞争优势；
- 核心是取得某种对顾客有价值的独特性。
- 四种基本途径：
 - 产品差异化战略
 - 服务差异化战略
 - 人事差异化战略
 - 形象差异化战略

2019/04/18

28

3、集中化战略

- 也称为聚焦战略，是指企业的经营活动集中于某一特定的购买者集团、产品线的某一部分或某一地域市场；核心是瞄准某个特定的用户群体、某细分的产品线或某个细分市场。
- 基本方式包括：
 - 产品线集中化战略
 - 顾客集中化战略
 - 地区集中化战略
 - 低占有率集中化战略

2019/04/18

29

三种竞争战略的关系

- 低成本和差异化，本身就是竞争优势的表现。
- 但集中化只是一种战略形式，是为了获得竞争优势而采用的手段或途径。在这种策略下，还必需通过集中攻取某特定市场而获得低成本优势，或因集中而获得别具一格的特点（差异化）从而表现出竞争优势。

战略目标	战略优势	
	低成本	独特性/差异化
整个产业范围	成本领先战略	差异化战略
特定细分市场	成本集中化/成本聚焦	别具一格集中化/差异化聚焦

2019/04/18

30

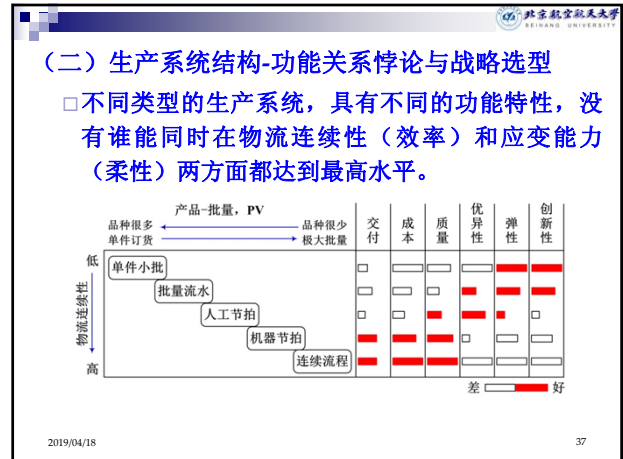
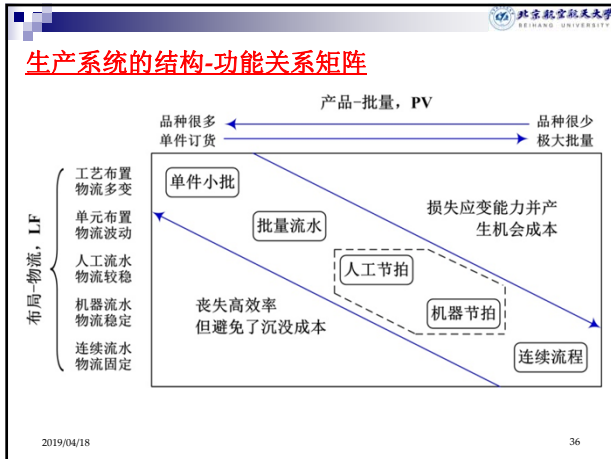
二、生产战略的决策过程

（一）订单要素

- 生产战略所关心的产品订单要素：
 - (1) 交付 (Delivery)：及时性、准确性
 - (2) 成本 (Cost)：高性价比
 - (3) 质量 (Qualification)：质量标准
 - (4) 优异性 (Performance)：do things other products cannot
 - (5) 弹性 (Flexibility)：数量/批量弹性
 - (6) 创新性 (Innovation)：新产品、种类变化

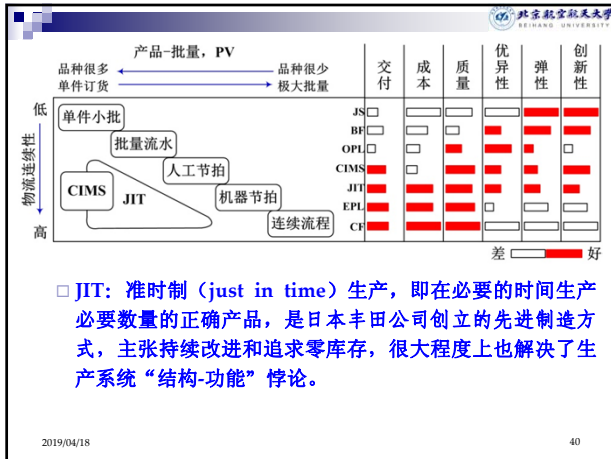
2019/04/18

31



- 单一生产类型只能满足有限的功能要求
- 获得高效率会以丧失柔性为代价，而若获得高水平的柔性，则会损失效率；效率与柔性难以两全，称为生产系统的“结构-功能”悖论。
- 建造和管理生产系统的难点
- (1) 没有任何一种生产系统能在订单要素的六个方面都达到最优（结构-功能悖论）；
 - (2) 没有任何一种管理方法能适合上述所有种类的生产系统。
- 2019/04/18 38

- 四、世界级制造**
- (一) CIMS与JIT**
- 由于“结构-功能”悖论，当产品特性要求生产系统在相悖不和的两类功能指标：效率和柔性上都达到较高水平时，这种匹配关系就很难维系。
 - 一些高级制造系统，如CIMS、JIT，实现高效率的同时，还能保持相当的应变能力，在一定程度上解决了“结构-功能”悖论，被称为**世界级制造系统**（World Class Manufacturing, WCM）。
- 2019/04/18 39



北京航空航天大学 BEIHANG UNIVERSITY

CIMS和JIT的对比

- 成本方面: JIT投资较小, CIMS依赖大投入的高端信息和制造技术, 因此JIT系统在投资成本方面占优;
- 风险方面: JIT投资成本较小, 因而其风险小于CIMS;
- 创新能力: CIMS大量运用高技术, 因此一般会强于JIT系统;
- 动态改善: JIT是一种“轻量级”投资的生产系统, 加之其“持续改进”的核心理念, 因此在动态改善方面JIT优于CIMS。

2019/04/18 41

北京航空航天大学 BEIHANG UNIVERSITY

(二) 大规模定制/大量定制

- 在大量生产的同时实现多品种变化, 且能根据顾客需求进行产品的模块化配置, 就实现了大规模定制 (Mass customization) 生产。
- 大规模定制生产系统要求对产品按其功能进行划分并采用**模块化设计**, 顾客可以根据自身需求对模块进行选择 and 组合从而构成“不同”的产品。
 - 大规模定制是生产系统表现出的一种能力, 其本身不一定完全由世界级制造系统JIT或CIMS来实现, 但大规模定制生产系统, 都具有世界级制造的特点: 快速反应、创新、持续改进, 精益生产方式等。

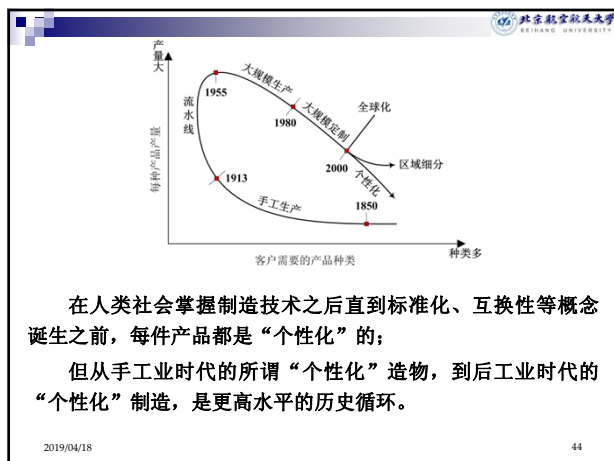
2019/04/18 42

北京航空航天大学 BEIHANG UNIVERSITY

(三) 个性化制造/个性化定制

- 个性化 (individuation) 制造: 用户参与产品设计, 根据其性格、喜好、脾气、文化背景等因素, 为自己设计制造“独一无二”的产品。
 - 个性化生产比定制生产更进一步, 将用户个人的特性、喜好融合在产品设计和制造中, 在理论上能产出无穷多种类的产品, 而每种产品只为一个顾客所制造。
 - 典型行业: 定制服装生产。

2019/04/18 43



第三节 绿色制造战略

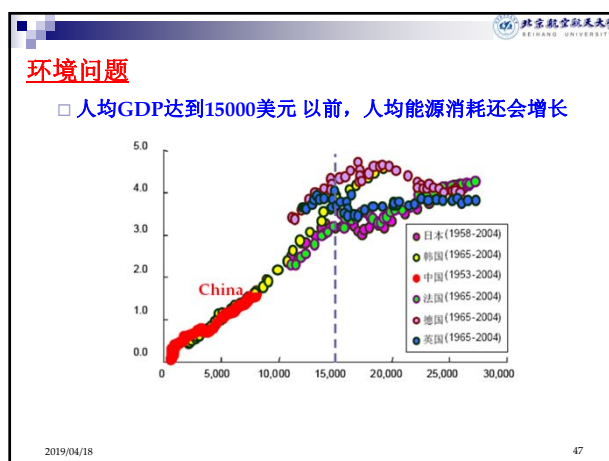
一、全球环境与绿色制造

- 地球大气CO₂含量：
 - 公元1000年，280ppm → 2008年，430ppm
- CO₂排放总量：
 - 1890年，总量25亿吨
 - 1950年，总量90亿吨
 - 2010年390亿吨：134亿吨直接源于产品制造，200亿吨与工业品的制造和使用间接相关。

中国能耗现状

- 中国一次能耗占全球20%，2013年单位GDP能耗为0.74吨标准煤/万元，为世界平均水平2.5倍*。
- 按“十二五”规划，2015年单位GDP能耗相对2010年要下降16%。
- 2011-2013年单位GDP能耗累计下降8.88%；
- 2014年，单位GDP能耗降低了4.6%。
- 2015年基本达到了目标。

* 中国单位GDP能耗约是德国和日本的5倍，美国的3倍。



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

高能耗高排放的影响

- 温室效应
- 环境破坏
- 有害物质
- 人均寿命
-

2019/04/18 48

北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

尾气


- Currie and Walker²⁰¹¹, 宾州和新泽西州电子收费缓解收费站拥堵, 减少尾气排放。
 - 婴儿早产率: 降低10.8%
 - 婴儿体重过低的比率: 降低11.8%!



2019/04/18 49

北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

悬浮颗粒物 vs. 寿命



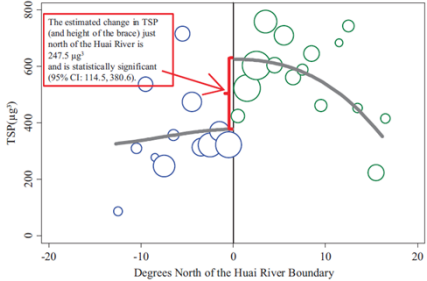
秦岭-淮河分界
南北空气不同?

- 天然试验场:
户籍制度
南北取暖制度不同
取暖方式

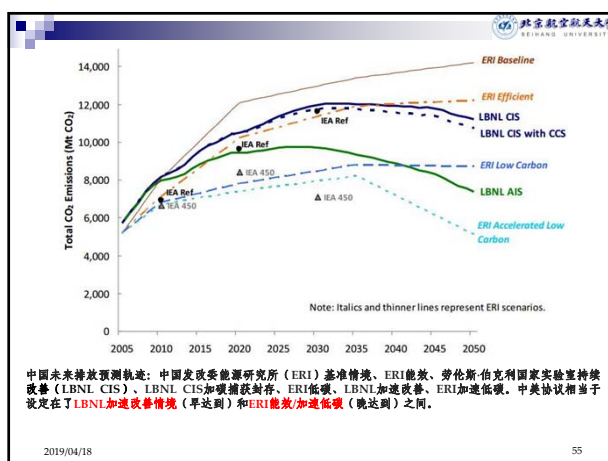
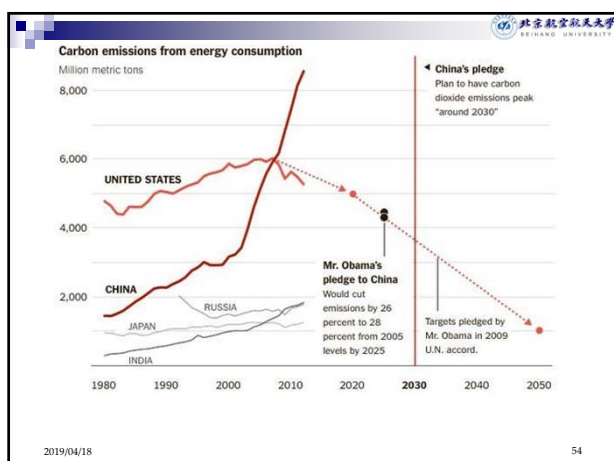
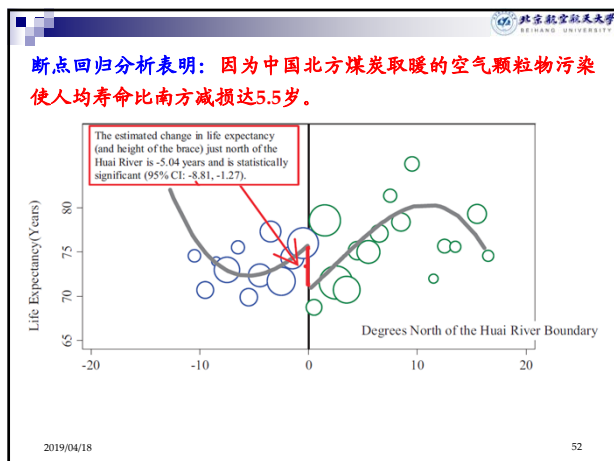
2019/04/18 50

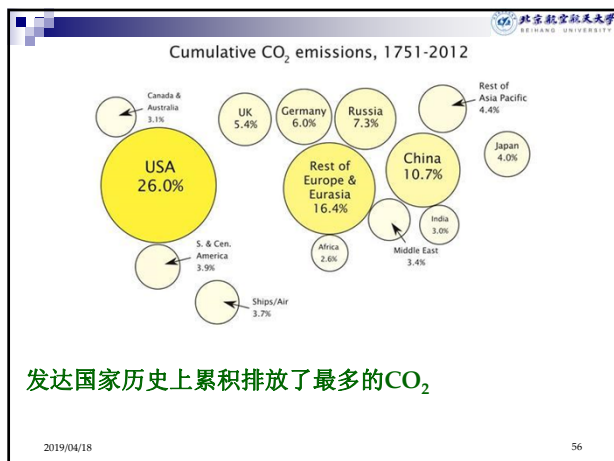
北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

MIT和清华、北大(2013)的联合研究表明, 烧煤取暖使中国北方的空气总悬浮颗粒物明显高于南方。



2019/04/18 51





- 20世纪末，美国制造工程师学会提出了绿色制造（green manufacturing）。
 - 绿色制造综合考虑环境影响和资源利用效率，目标是尽量降低产品全生命周期过程（设计、制造、包装、运输、使用到报废和回收处理）的环境影响，提升资源和废弃物的利用率，对废弃物进行无害化处理，使系统的经济效益和全社会总体效益达到最优，实现制造业可持续发展。
- 2019/04/18 57

二、绿色产品设计与绿色制造技术

（一）绿色产品及其设计

- 绿色产品（green product），也称为环境意识产品（environmental conscious product, ECP），就是在其全生命周期过程中，符合环保要求，对生态环境影响较少或者无害，生产及使用过程中的能耗低、资源利用率高，能够进行回收再利用的产品。

- 绿色产品设计，是在产品设计过程及其全生命周期中，满足基本功能要求、质量要求、成本要求的同时，将产品的环境属性要求（可拆卸、可回收、可维护、可重用）融入到设计中，充分协调优化各设计要素，力图将产品及其制造过程的环境污染和资源消耗降到最低，产品及其部件做到可回收、可循环和可再利用。
 - 绿色产品设计是实施绿色制造战略的基础和起点。
- 主要技术和方法包括：面向可回收的设计、面向可拆卸的技术、生命周期评估技术等。

（二）绿色制造的技术、方法与管理体制

- 1、绿色设计
- 2、绿色生产工艺
- 3、绿色材料选择
- 4、绿色包装技术
- 5、产品回收
- 6、绿色标准与管理体制

三、绿色制造战略

- 绿色制造是企业的一项长期战略，需从产品的全生命周期分析入手，考虑绿色技术的先进性和前瞻性，最终在全局高度达到绿色环保的目标；
 - 全生命周期评估
 - 前瞻性
 - 全局性
 - 影响因素：政治（环保法规、碳关税、碳交易政策）、社会（绿色生活、绿色出行、绿色消费等）。

■ 全寿命周期评估：汽油车vs.纯电动汽车

- 汽油车全寿命周期能耗约3.2MJ/km；温室气体排放总量约236g/km*。
- 纯电动汽车（煤电）全寿命周期能耗约2.3MJ/km；温室气体排放约208g/km*。

*清华大学，2013年研究数据。

2019/04/18

62

第四节 全球化战略

一、全球化与全球竞争

- 信息全球化
- 交通全球化
- 经济全球化
- 政治全球化
- 全球化使得企业必须考虑自己在全球制造网络中的位置，结合自身的技术特长、发展愿景、优势劣势、竞争压力，制定企业竞争的全球战略。

二、全球战略及其目标与手段

- 全球战略又称全球化战略，一般是指跨国公司基于全球视野的考量，利用不同国家和地区的**区位优势**（如成本、技术、人力资源优势等），把价值链上的各个环节和职能加以分散和配置，使它们有机地结合起来，实行综合一体化经营，努力降低生产经营成本，以期获得长期、稳定的全球竞争优势，实现最大化的全球效率。

- **总目标**：在分布于多个国家的业务基础上取得最大经济收益，而不是仅局限于国际业务活动中一时一地的得失。

- 优点在于能集中力量在全球范围内建立公司统一的竞争优势，表现在：

- （1）可将生产经营设施安排在最有利的国家内，对他们的战略行动统一协调；
- （2）位于不同国家的业务联动，及时转移技术开发、管理创新的成果，更充分地利用公司的核心竞争力；
- （3）可以选择在最有利的地区挑战竞争对手，便于公司建立持久的竞争优势。

□ 跨国公司进入全球市场的三类策略

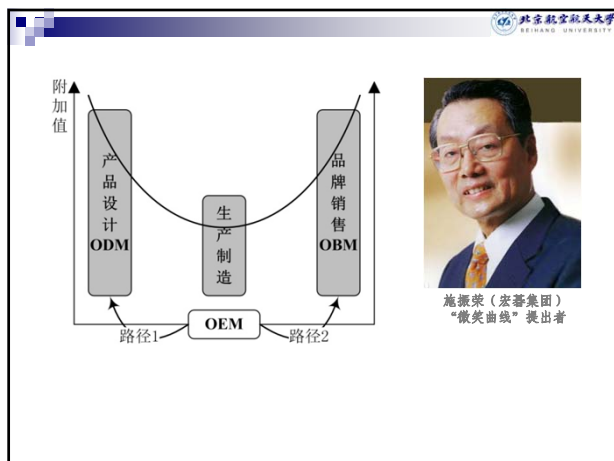
- 第一类，是在目的国寻找销售代理，纯粹通过贸易出口，使自己的产品杀入新市场。
- 第二类是通过收购当地的业务关联企业，以自身的技术和管理优势对所收购企业做运营提升，借助其原有销售渠道迅速占领当地市场。
- 第三类是通过在当地投资建厂，以自身能力构造全新的本地生产系统，制造和销售自己的产品。
- 后两类方式，能提升东道国的国内生产总值，促进其经济发展，因而是各国政府比较欢迎的方式。

三、中国制造业的全球地位与发展战略

- 制造业价值链可粗分为三大环节

- 产品研发与设计：**原始设计制造商**（original design manufacturer, ODM）
- 生产加工：**原始设备制造商**（original equipment manufacturer, OEM）
- 品牌与销售：**原始品牌制造商**（original brand manufacturer, OBM）。

- 三者的利润率呈现U型曲线（也称“微笑曲线”）的形式。



中国制造业以“体量”重新问鼎世界

- 1820年前后，中国制造业产值世界占比第一（约20%），此后一路下滑，1950年前后达到最低。
- 2010年，中国制造业产值达到1.923万亿美元，占全球制造业总额的19.4%，重新成为世界第一制造业大国。
- 整体而言，中国制造业目前仍然处在产业链较低端，只是在个别领域逐渐形成了分享高端超额利润的能力，如某些重型装备制造领域、轨道交通领域、航天领域等。

《中国制造2025》——中国版工业4.0

- 中国政府在2015年发布了《中国制造2025》，提出了花三十年建设制造强国的“三步走”战略。
 - 第一步，围绕创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展、人才为本等关键环节，以及先进制造、高端装备等重点领域，加快制造业转型升级、提升技术水平与核心竞争能力，到2025年从制造大国**迈入制造强国行列**。
 - 第二步，到2035年达到**世界制造强国阵营中等水平**。
 - 第三步，到新中国成立100年时，综合实力进入**世界制造强国前列**。

本章小结

- 生产系统基本结构
- 制造系统集成
- 推式生产 vs. 拉式生产和客户定制分离点
- 产品竞争战略
- 基本生产类型
- 结构-功能矩阵与生产系统战略构造
- 世界级制造系统
- 绿色制造与全球化战略
- 中国制造2025