



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY



空间科学与技术学院
School of Aerospace Science and Technology

工程概论

—— 工程方法论





西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY



空间科学与技术学院
School of Aerospace Science and Technology

工程概论



什么是成功的工程？



成功工程的特点

- **达到预定的要求：**符合**预定质量**、**使用寿命**、**使用功能**和**工作指标**等要求
- **具有良好的效益：**在达到质量要求前提下，实现**效益最大化**
- **符合预定时间：**工程在立项时已经确认了完成时间，需在**预定的时间**内完成



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY



空间科学与技术学院
School of Aerospace Science and Technology

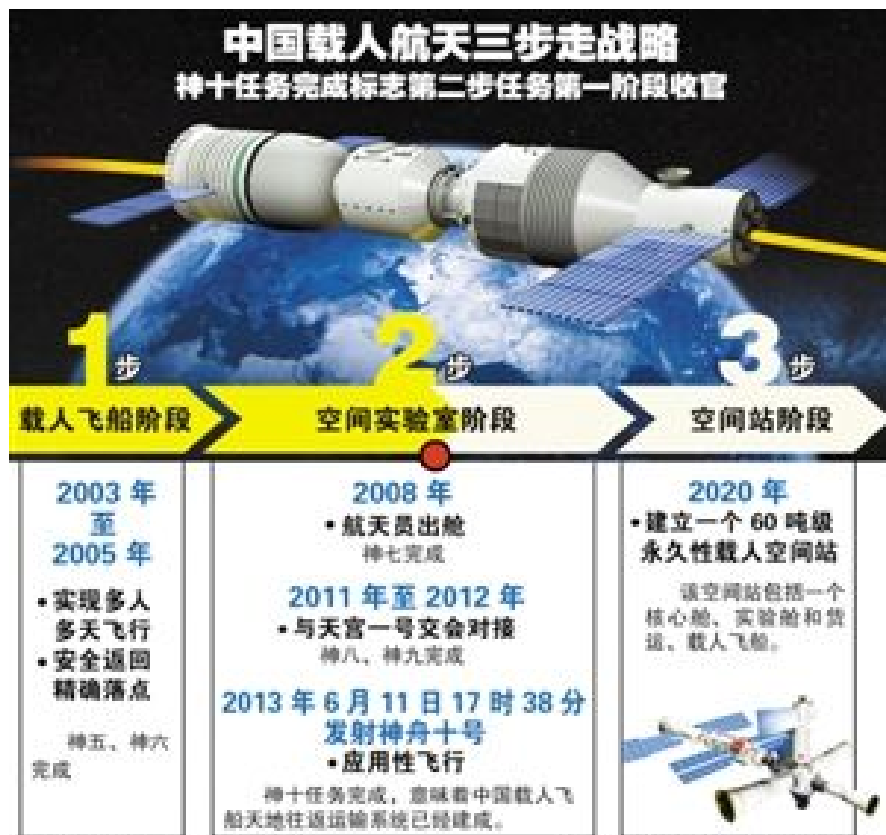
工程概论



我国的填海工程



越南的填海工程



信息来源：中国载人航天工程网

中新社 2013 年 6 月 11 日张寒制图



课后作业：评论2000年后国外的航天工程发展状况



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY



空间科学与技术学院
School of Aerospace Science and Technology

工程概论



工程是怎样实现的？



举例：飞行器工程研究

总体设计

空气动力学

结构力学

电气系统

飞行控制

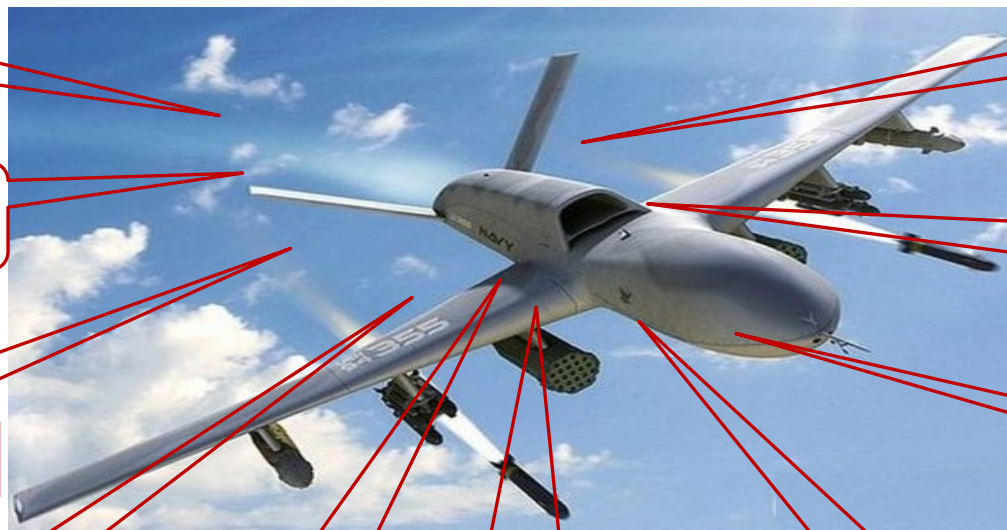
航空发动机

指挥控制

集成制造技术

任务载荷

数据链路





系统规划---该飞行器长什么样

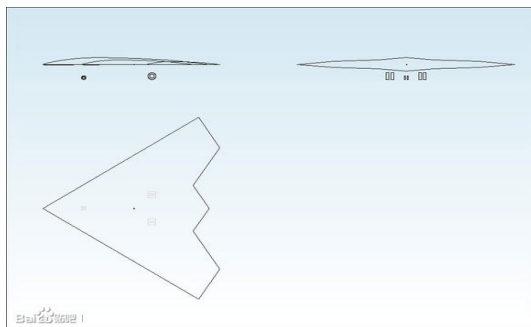
确定外形：根据需求（突防为主，隐形为主，集群为主等）确定飞行器气动外形

团队---空气动力学专业，结构和强度专业，飞行控制专业。

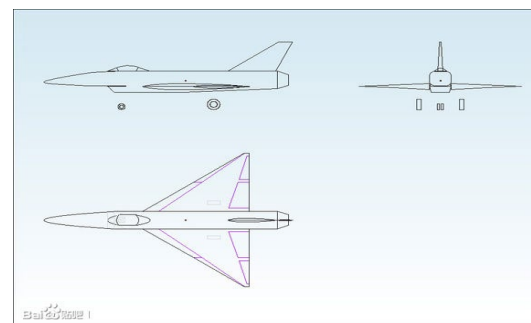
输出---某外形飞行器的运动方程，外形结构设计。

环境---超算中心（刀片式图站），风洞（亚音速、超音速），图站。

概念



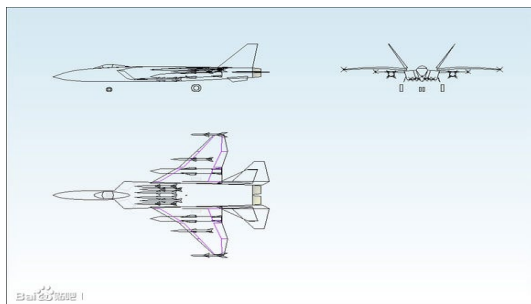
迭代



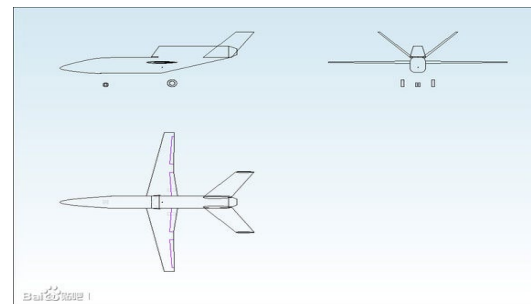
迭代



具体



迭代

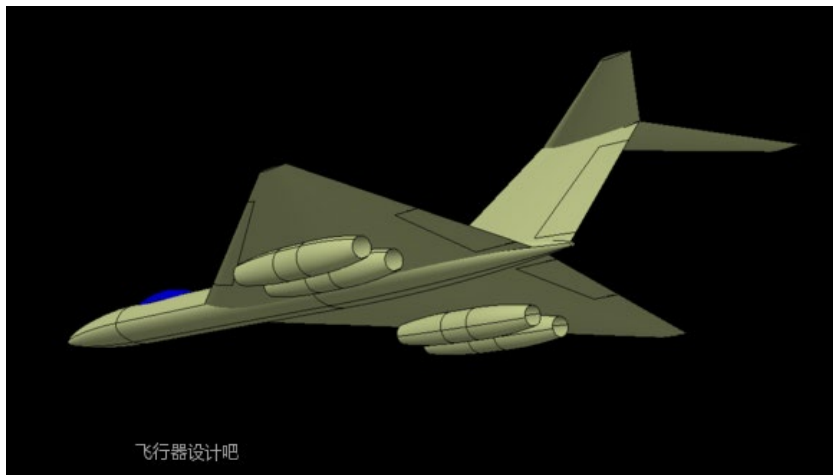




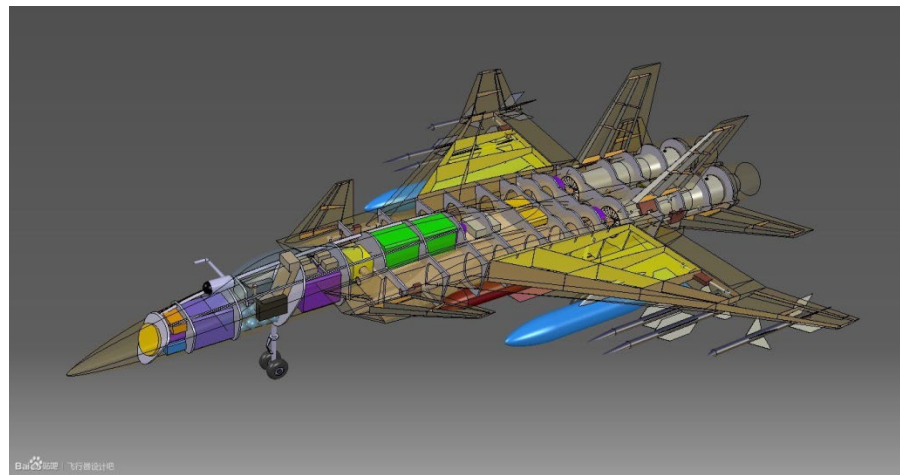
研究设计阶段---结构设计

飞机外形设计是指机翼、尾翼和机身等部件主要集合参数的确定。新型飞行器研制过程中要经过反复的修改与试验才能确定，其中包括用CFD软件模拟分析和模型风洞吹风试验。

飞机结构设计时，机身要考虑设备安装空间、进气道的空间、传力路线。机翼厚度和平面尺寸要保证能装必须够量的燃油。重要的是考虑机身强度设计。



外观皮肤



骨骼



研究设计阶段2---功能化---该飞行器能干什么、怎么干

确定功能（能干什么）： 飞行---突防，巡航，格斗，编队，自主攻击等；

作业---光电侦察、射频侦察/干扰、攻击导引等。

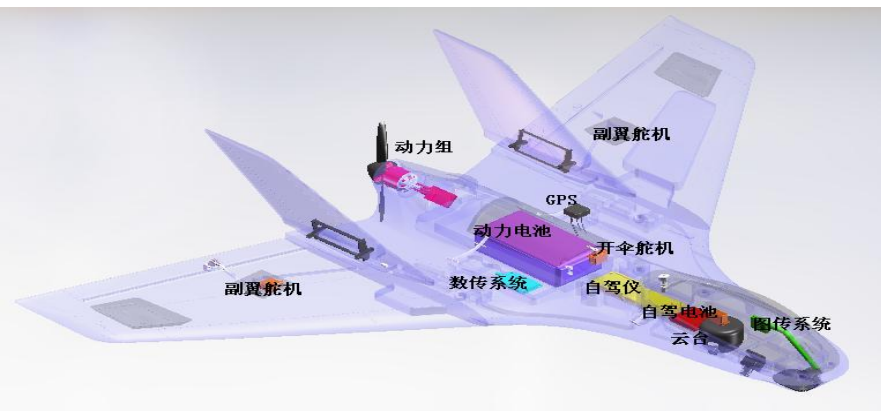
分解需求（怎么干）： 不求单设备技术的顶尖性，但求系统总体的合理性

能干什么

- 飞控系统设计要求---设计满足起飞、巡航、任务、回收功能的控制律；
- 导航系统设计要求---设计满足位置功能的导航律；
- 飞行策略设计要求---设计通信可靠性策略、应急策略、余度切换策略等。

怎么干

- 航电系统设计要求---设计满足重量、功耗要求的电气设备（含软件）、电网系统等；
- 动力系统设计要求---设计动力系统、动力控制系统等
- 数据链设备设计要求---根据通信距离、频段、定位需求设计设备
- 计算机控制系统设计要求---GCS（指挥控制系统）设计、LCS（发射控制系统）设计
- 任务载荷设计要求--- 光电视频、遥感、 图像处理等。



机体、飞控、任务载荷、动力系统

发射控制系统



GCS指挥控制系统、数据链测控系统



制造生产/过程管理/实验验证---该飞行器干的怎么样

系统集成：系统组装和集成

制定验证方案：原则---将一切问题消灭在地面上。

静态测试---测试系统可靠性工作性能（硬件可靠性、软件可靠性、机械安装的准确性）

动态测试---发动机试车状态下系统可靠性（油路工作可靠性、发动机控制可靠性）

仿真测试---测试系统控制律、制导律、导航律（油路工作可靠性、发动机控制可靠性）

科研试飞---测试实物飞行性能，并根据飞行数据优化控制律、导航律和制导律。



集成



测试



试飞



产业化---该飞行器怎么量产

技术状态管理：

设计资料保存：包括图纸、设计文档、设计文件、软件源代码、
软件可执行文件的归类 and 保存。

标准化：包括图纸模板、文档的模板、软件代码模板等

出入库：设计资料借阅（设计传承）、调用（外协生产）。

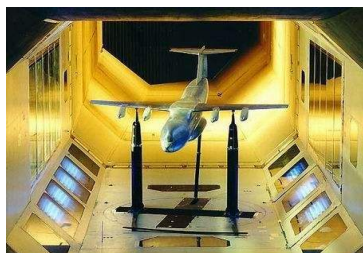
环境需求---服务器。

人员需求---资料管理类人员。

外协厂家的管理：外协厂家的管理和交付产品的验收等。



钢架厂房+航吊



风洞



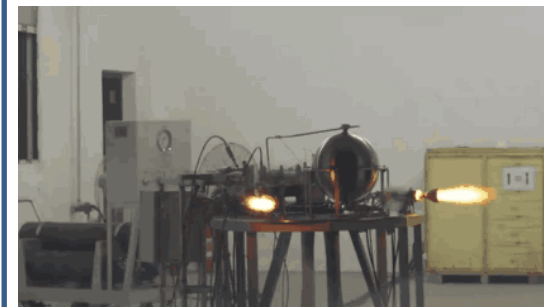
静态联试



户外试车



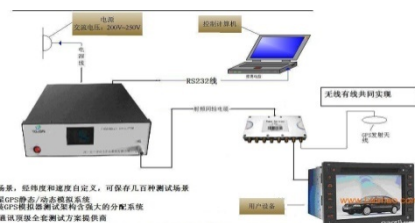
外场飞行



发动机试车间



半实物仿真



卫星导航仿真系统



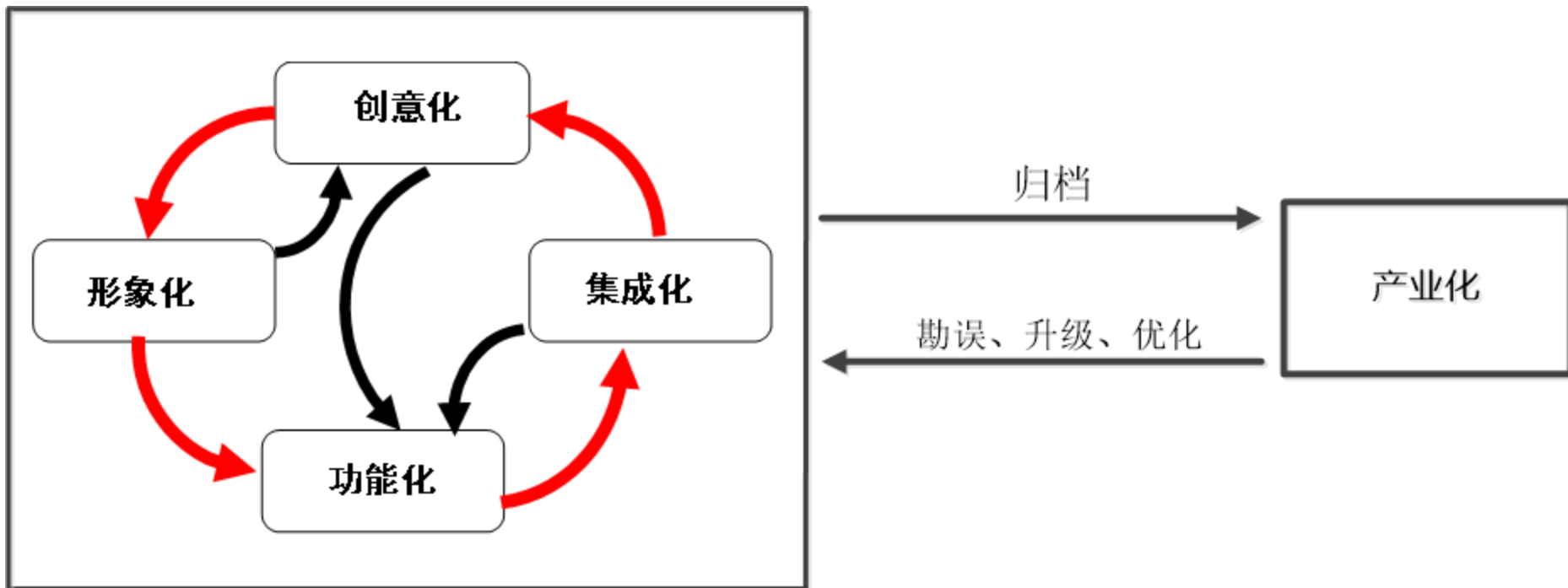
制导控制半实物仿真



舵机加载台/
大气压力仿真台



飞行器工程实现的抽象过程



红色：每循环一圈，意味着一个新型的飞行器技术状态固化了



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY



空间科学与技术学院
School of Aerospace Science and Technology

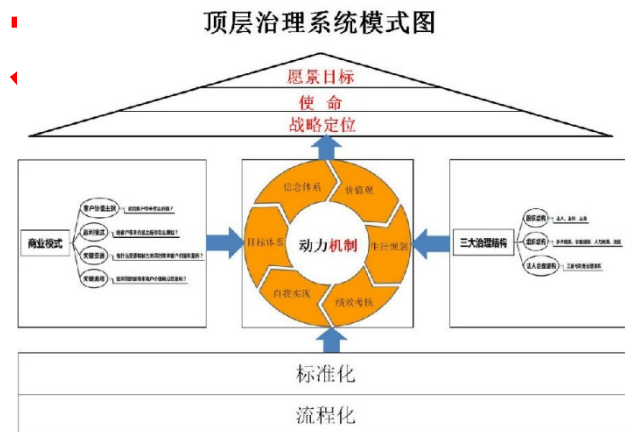
工程概论



工程实现用到哪些思维方法？



系统工程的思维



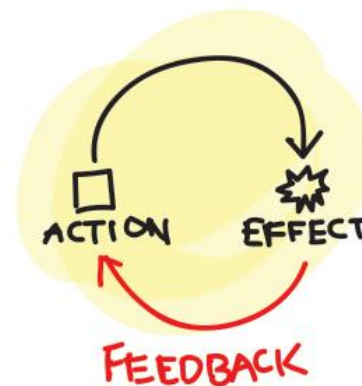
整体性和系统性



多种方法综合运用



总体最优观点

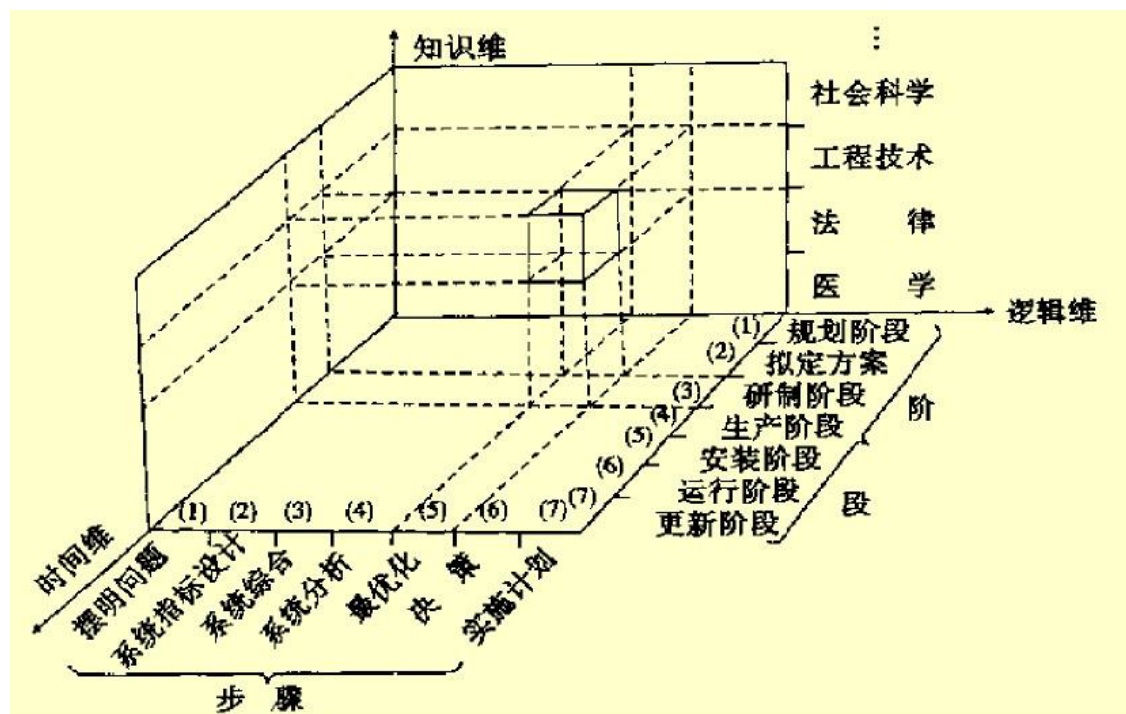


问题反馈与实施修正



系统工程方法论

霍尔三维方法



时间维：表示系统工程的工作阶段和进程

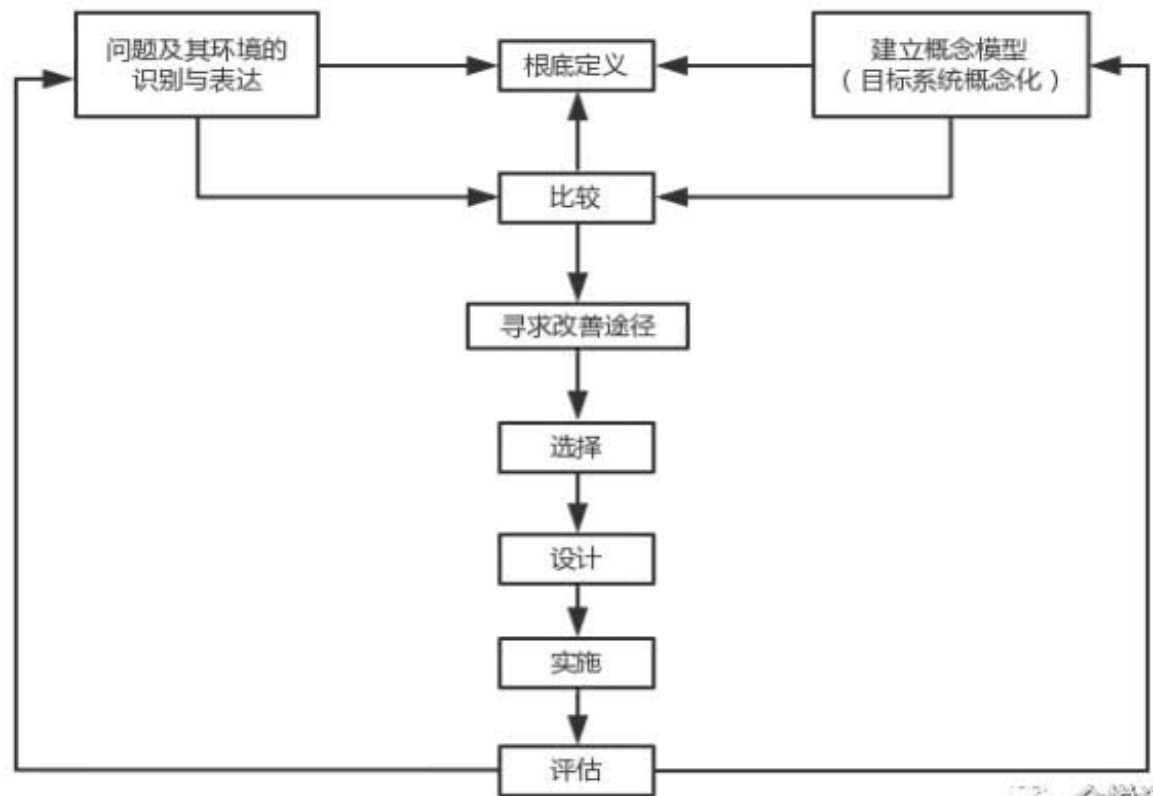
逻辑维：表示每个阶段的工作步骤

知识维：表示系统工程所需的专业知识



系统工程方法论

切克兰德方法论



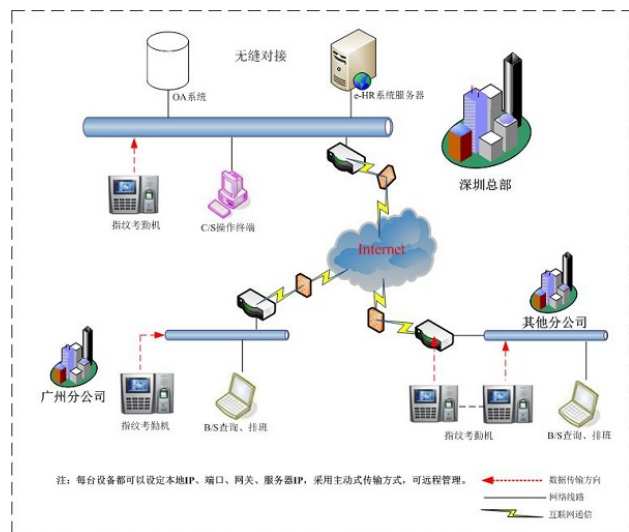
众悦记

用途：解决软系统工程的思维方法

核心思想：通过试错法反复对对系统进行调整和优化



系统工程方法论的局限性



硬系统方法论特点：

研究起点（研究目标）**相对明确**
研究过程相对客观**人为**因素较少
易于通过**模型**进行设计



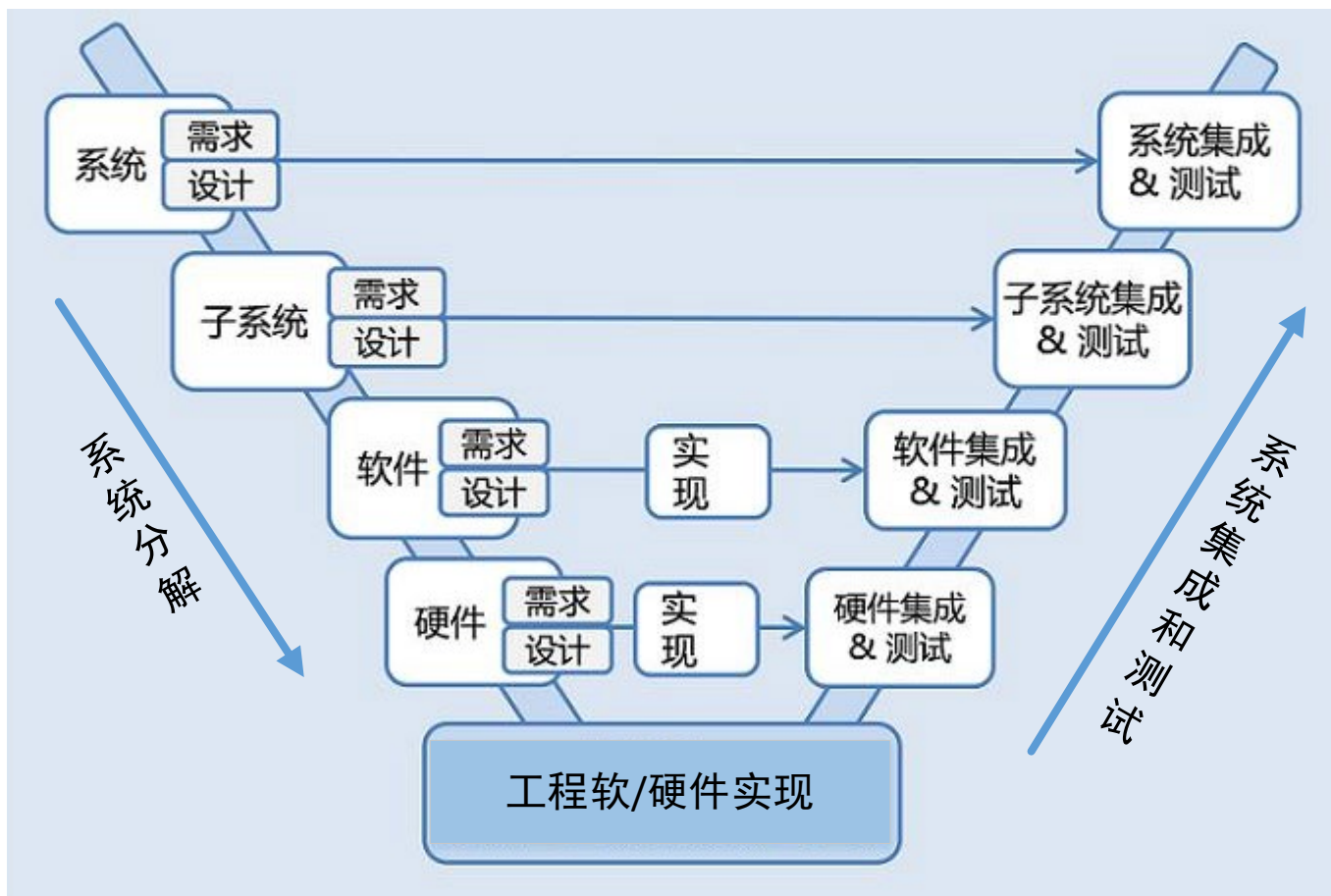
软系统方法论特点：

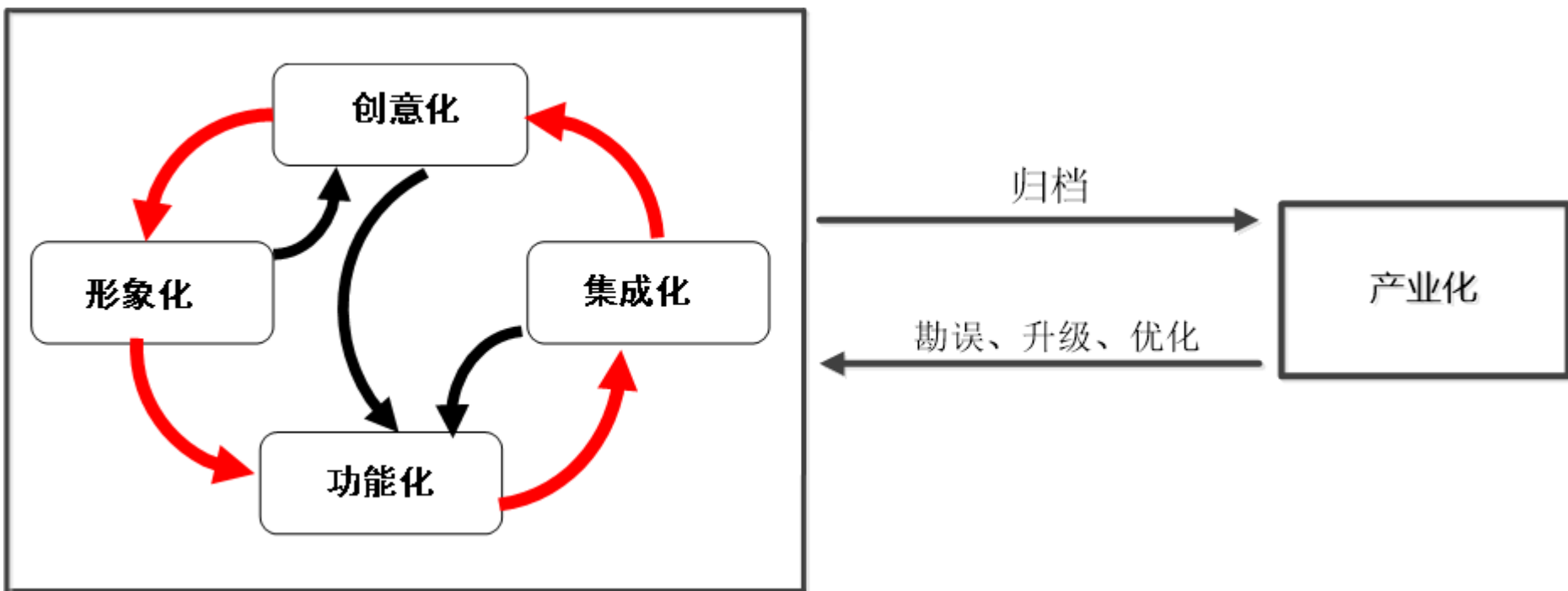
研究起点（研究目标）**不太明确**
研究过程相对客观**人为**参与较多
多元化需求较多



系统工程实现过程

软硬系统统筹考虑



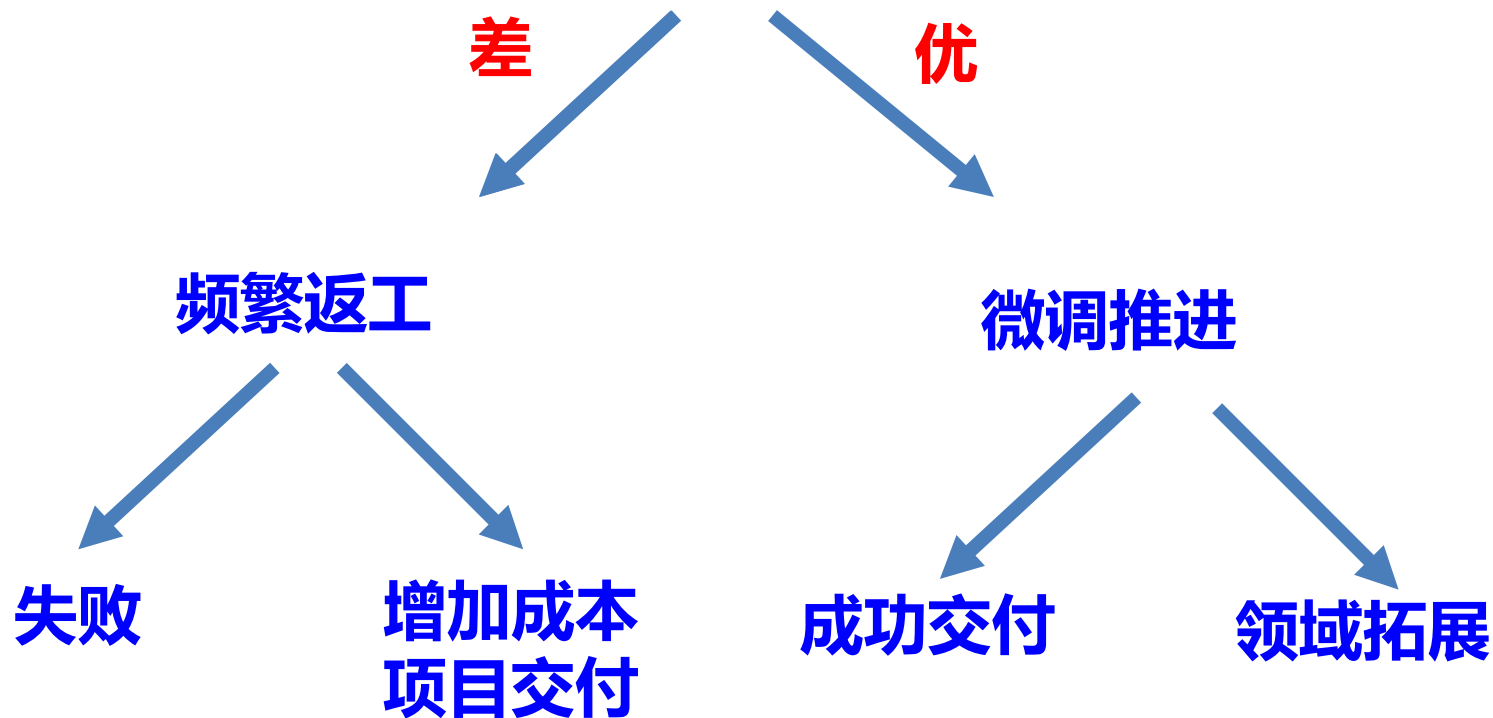




用什么方法能提高 工程的成功率？

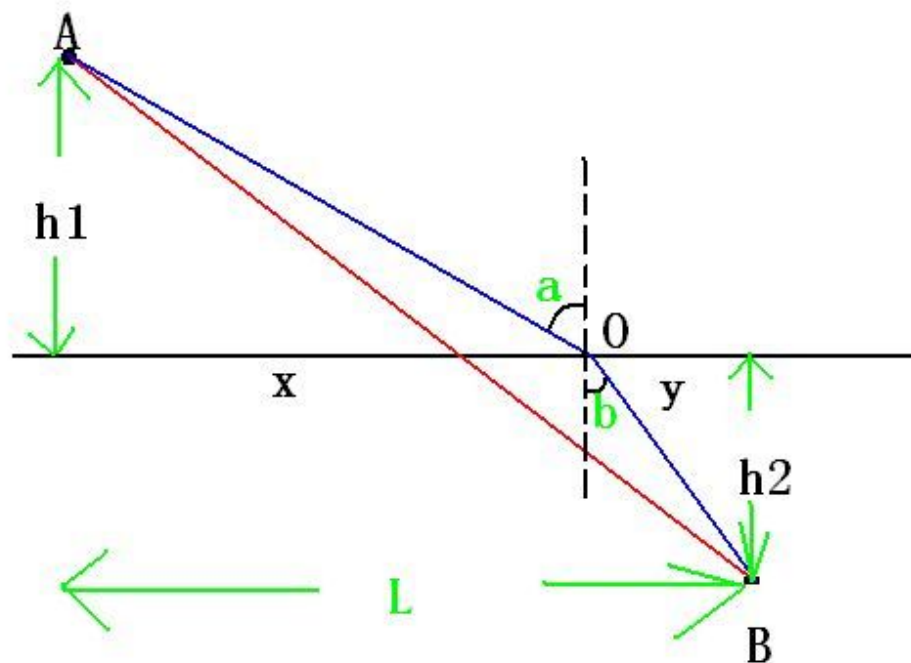


立项与规划





**举例：求从起始点A到终端B
效率最高的途径**



1, 青铜段位

直线最短，效率最高

2, 白银/黄金段位

耗费比: $h1 > h2$, 则尽可能缩短 $h1$ 区域的路径, 延长 $h2$ 区域的路径。同理 $h1 < h2$ 反之。

3, 钻石/荣耀段位

怎样创造出 $h1 \gg h2$ 的环境, 在 $h1$ 中增加人力成本, 在 $h2$ 中增加设备成本, 获得总效率的最大值。



工程

个性
问题



系统

共性
问题

系统/工程定义

钱学森：系统工程是组织管理的技术，研究对象及其复杂，系统工程就是针对该对象的**规划、研究、设计、实验**的科学方法。

下节课：如何合理的规划工程---系统分析法