



基于模型的开发在地面无人系统应用

苏波

兵器地面无人平台研发中心

2019年5月



地面无人系统 UGS (Unmanned Ground System) / 移动机器人

任何能够在地面上移动，并进行承载、运输物资（或人员），但不搭载操控人员的物理系统。

-US Naval Command Control and Ocean Surveillance Center

能感知环境并与环境交互、能自主行驶的地面移动机器设备。

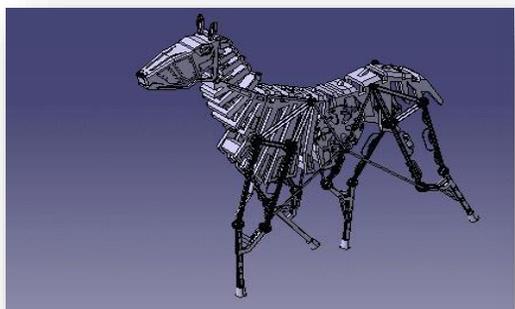
-US University of South Florida



UGS 发展的动力-两个动力源

动力之一：人类对美好未来的追求和梦想/美好

木牛流马-漫步太空-仿生机器人为生活添彩



动力之二：试图赢得战争的手段/沉重

德国的歌利亚-美国、俄罗斯无人战斗系统



UGS 发展的需求-四类需求



危险 (Dangerous)
-代替有人系统



困难 (Difficult)
-人员不易到达的区域



肮脏 (Dirty)
-无法忍受的环境



枯燥 (Dull)
-单调和艰苦的环境

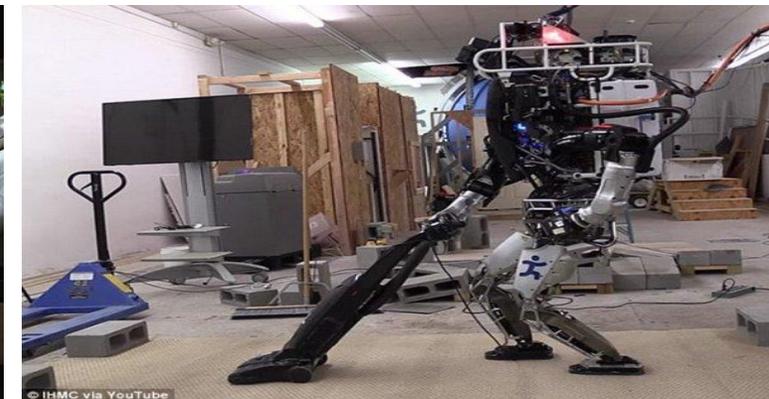
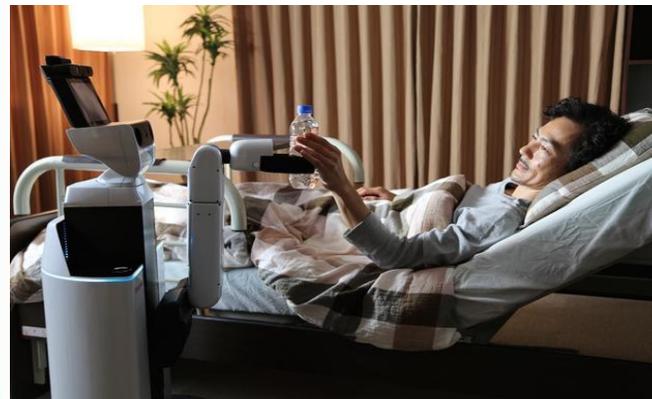
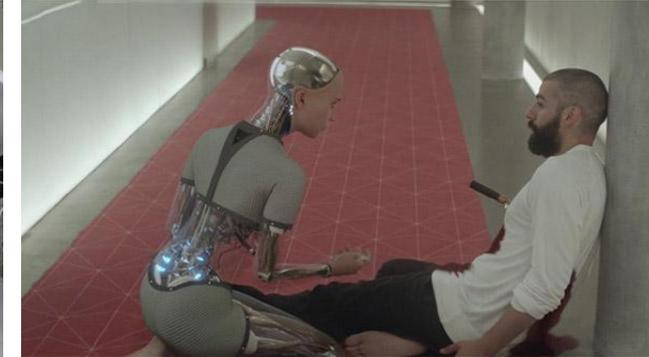
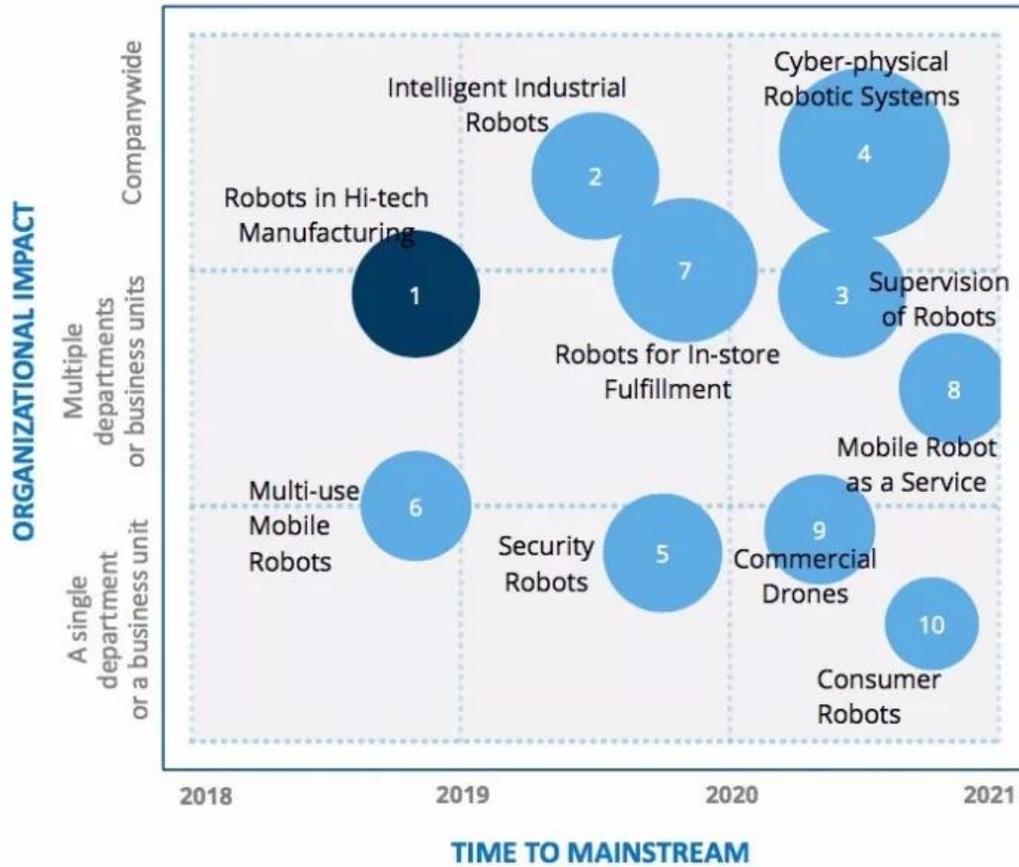
- 用于战争的战斗机器人系统
- 用于安防的排爆机器人系统
- 用于救灾的抢险机器人系统
- 用于消防的救火机器人系统
- 用于爆破机器人系统
- 用于探险机器人系统
-

- 星球探测机器人系统
- 极地科学考察机器人系统
- 无人区作业机器人系统
- 极寒、极热地区作业机器人
-

- 下水道作业机器人系统
- 排污作业机器人系统
- 防化作业机器人系统
- 农田施肥机器人系统
- 核电站作业机器人系统
-

- 安保巡逻机器人
- 站岗值守机器人
- 家庭陪护机器人
- 生产作业机器人
- 无人驾驶车辆
-

地面无人系统领域风起云涌，每天都有新的机器人诞生



国际数据中心对世界机器人发展趋势预测

Prediction of International Data Center

发展速度之快已经让人感到不安：



埃隆·马斯克

几年后，机器人将快速移动，我们需要使用闪光灯才能看清它……

第一代：四轮马车

约公元前2000年，黑海附近大草原的几个部落带着马来到底格里斯—幼发拉底河流域，开始用马来拉有轮子的车。



第二代：汽车和作战战斗辆

1915年，世界第一辆坦克在英国福斯特工厂制造出来，英国海军则针对其可笑的外形开玩笑地叫它“水柜”，按照英文发音就是“TANK”。了



第三代：地面无人系统

2005年，美国公布FCS计划中，首次提出采用三种类型的小型地面无人车作为地面无人作战单位，是现代地面无人平台起源。



未来：……

2050年，有专家指出，机器人与人类将同场踢世界杯，输赢不一定？



4千年

1百年

10-20

从现在开始二十年，真正进入“地面无人系统”的启蒙时代



- 汽车
- 坦克



- 辅助驾驶汽车
- 地面无人战车



- 无人驾驶车
- 战场机器人



- 陆空两用分离式交通系统
- 变形金刚



1885



2012



2018



2025

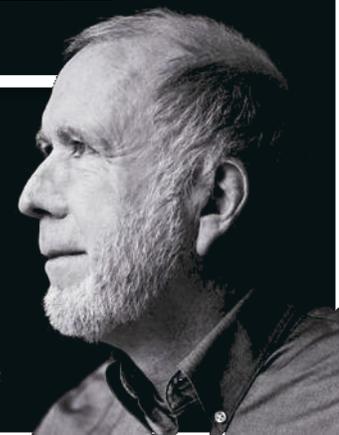
机器人时代突破的不仅仅是技术：

改变战争规则和生活方式 ➡ 世界格局

——凯文·凯利 《通向未来的12个必然趋势》



开始



UVC兵器地面无人平台研发中心是一个专业的地面无人系统研究机构

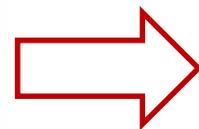


兵器地面无人平台研发中心 成立于2014年6月

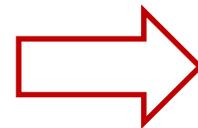
- 地面无人系统领域的专业研究部门
- 以国防技术和产品研发为核心使命
- 对民用领域抱有美好的愿景

现有员工63人（含外聘员工10人）。其中：

- 特聘中国工程院院士1人。
- 国家中组部海外千人计划专家2人。
- 集团公司首席专家1人。
- 博士、博士后18人。
- 海外留学归国人才7人。


“中、俄、芬、德”国际机器人技术联合体



中国无人系统院士（专家）工作站



研制国防装备和社会生活所需的各种移动机器人

- 建立地面无人系统的基础理论体系
- 探索科学高效的研究方法 ⇨ MBSE探索
- 获得关键技术解决途径

报告提纲

一、地面无人系统研究概况

功能特点和对基于模型的系统工程方法的紧迫需求

二、MBSE应用实践和探讨

已经开展的部分工作时间，未来的期望目标



第一部分：地面无人系统发展概况

功能特点及对MBSE的紧迫需求

- 视听觉感知、规划、控制专项研究
- 军用无人平台启动

1990-2000

- 无人行走专项研究
- 启动了探月工程

2001-2005

- 五大技术群全面研究
- 自主系统和协同启动

2006-2010

- 按系列、按类型、按功能体系化研究
- 面向装备项目启动

2011-2017



UVC (兵器地面无人平台研发中心) 在地面无人系统的一些探索



系统复杂，通过物理样机验证和迭代投入大



2011-2012-2013-2014-2015-2016



时间6年、经费1亿、信心.....

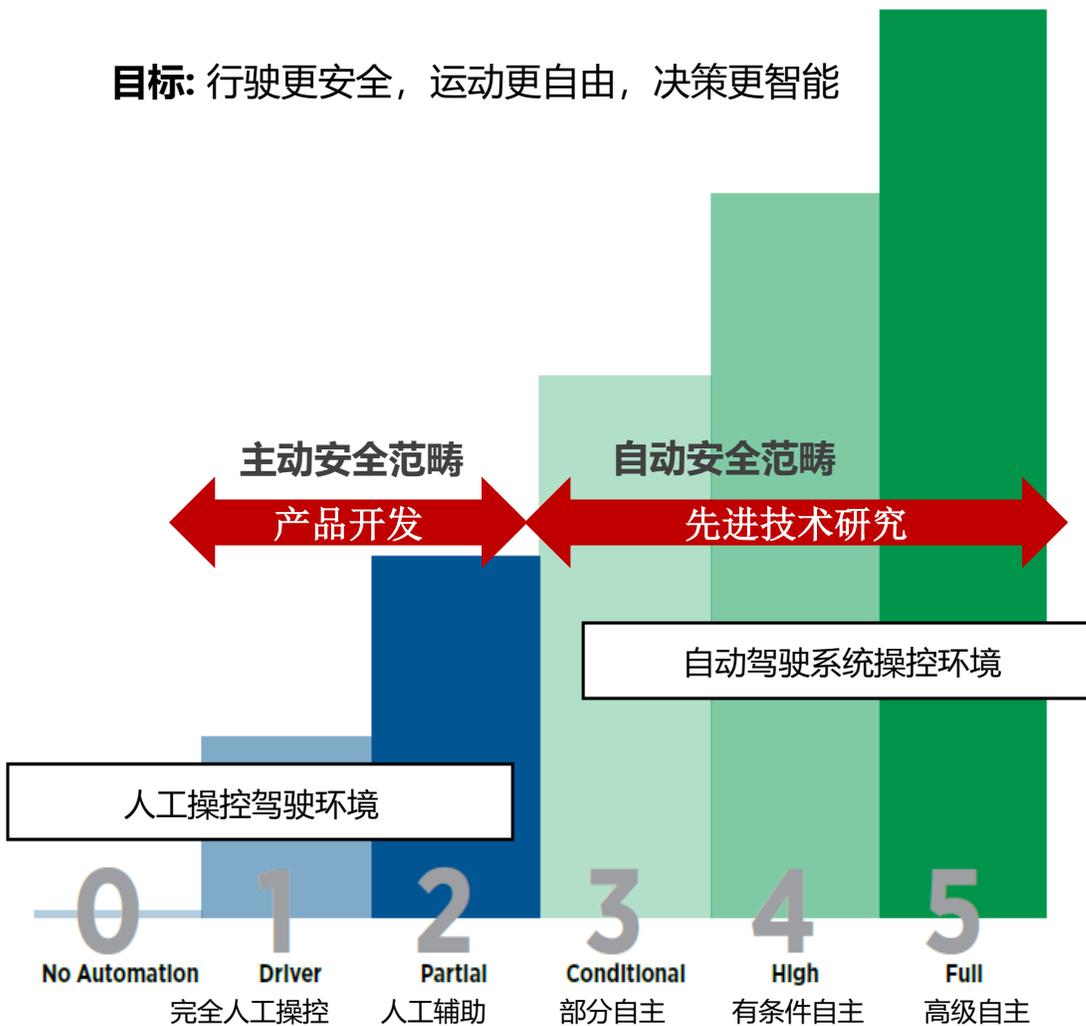
新技术多、耦合紧密，需要反复多次迭代优化



样机改进周期长，意味着技术迭代速度缓慢！

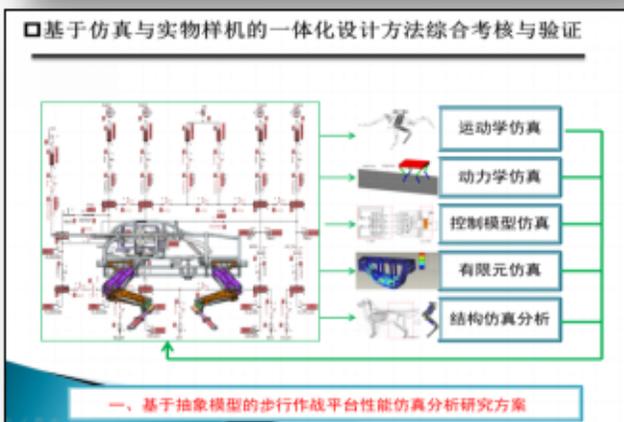
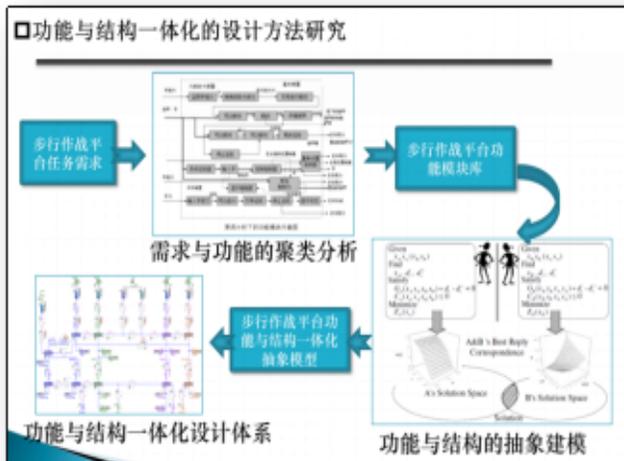
由于安全和法规等约束，缺少物理迭代环境

目标: 行驶更安全, 运动更自由, 决策更智能

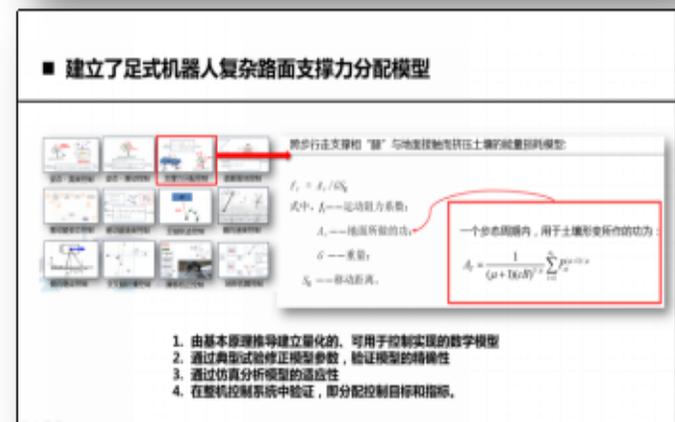


完全自主

探索基于模型的系统工程MBSE



基于模型解决功能结构一体化问题

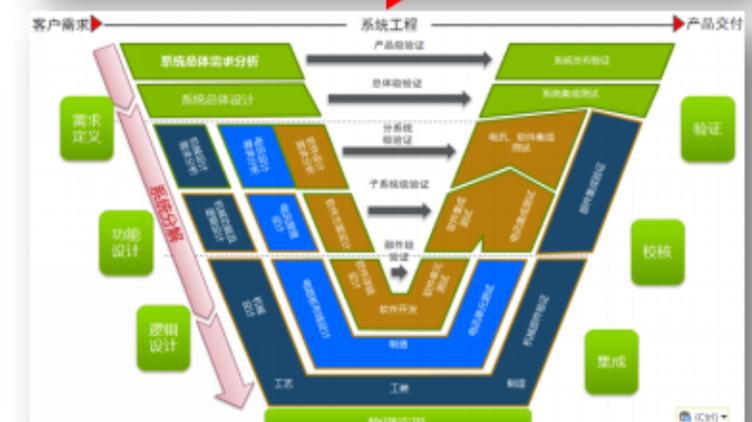


基于模型解决车辆和足式机器人行走问题

地面无人平台研发基础条件建设项目建议书

中国兵器工业集团第一研究院
二〇一六年四月

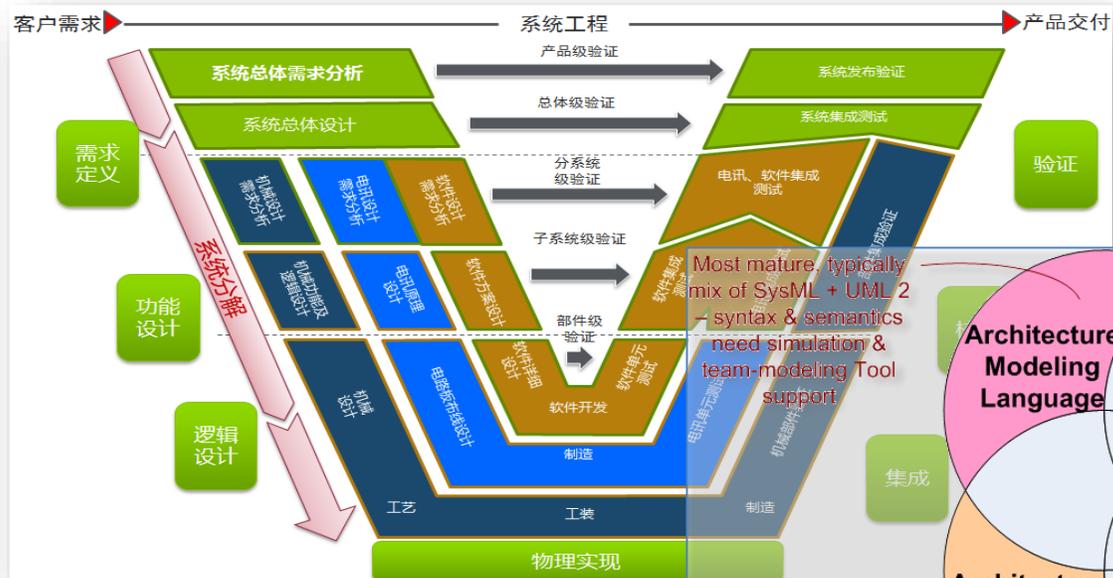
1.1 项目背景	1
1.2 项目意义	2
1.3 项目主要目标	3
2. 建设内容	4
2.1 建设目标	5
2.2 建设内容	6
2.3 建设规模	7
2.4 建设周期	8
2.5 建设地点	9
2.6 建设资金来源	10
2.7 建设资金筹措	11
2.8 建设资金到位	12
2.9 建设资金到位	13
2.10 建设资金到位	14
2.11 建设资金到位	15
2.12 建设资金到位	16
2.13 建设资金到位	17
2.14 建设资金到位	18
2.15 建设资金到位	19
2.16 建设资金到位	20
2.17 建设资金到位	21
2.18 建设资金到位	22
2.19 建设资金到位	23
2.20 建设资金到位	24
2.21 建设资金到位	25
2.22 建设资金到位	26
2.23 建设资金到位	27
2.24 建设资金到位	28
2.25 建设资金到位	29
2.26 建设资金到位	30
2.27 建设资金到位	31
2.28 建设资金到位	32
2.29 建设资金到位	33
2.30 建设资金到位	34
2.31 建设资金到位	35
2.32 建设资金到位	36
2.33 建设资金到位	37
2.34 建设资金到位	38
2.35 建设资金到位	39
2.36 建设资金到位	40
2.37 建设资金到位	41
2.38 建设资金到位	42
2.39 建设资金到位	43
2.40 建设资金到位	44
2.41 建设资金到位	45
2.42 建设资金到位	46
2.43 建设资金到位	47
2.44 建设资金到位	48
2.45 建设资金到位	49
2.46 建设资金到位	50
2.47 建设资金到位	51
2.48 建设资金到位	52
2.49 建设资金到位	53
2.50 建设资金到位	54
2.51 建设资金到位	55
2.52 建设资金到位	56
2.53 建设资金到位	57
2.54 建设资金到位	58
2.55 建设资金到位	59
2.56 建设资金到位	60
2.57 建设资金到位	61
2.58 建设资金到位	62
2.59 建设资金到位	63
2.60 建设资金到位	64
2.61 建设资金到位	65
2.62 建设资金到位	66
2.63 建设资金到位	67
2.64 建设资金到位	68
2.65 建设资金到位	69
2.66 建设资金到位	70
2.67 建设资金到位	71
2.68 建设资金到位	72
2.69 建设资金到位	73
2.70 建设资金到位	74
2.71 建设资金到位	75
2.72 建设资金到位	76
2.73 建设资金到位	77
2.74 建设资金到位	78
2.75 建设资金到位	79
2.76 建设资金到位	80
2.77 建设资金到位	81
2.78 建设资金到位	82
2.79 建设资金到位	83
2.80 建设资金到位	84
2.81 建设资金到位	85
2.82 建设资金到位	86
2.83 建设资金到位	87
2.84 建设资金到位	88
2.85 建设资金到位	89
2.86 建设资金到位	90
2.87 建设资金到位	91
2.88 建设资金到位	92
2.89 建设资金到位	93
2.90 建设资金到位	94
2.91 建设资金到位	95
2.92 建设资金到位	96
2.93 建设资金到位	97
2.94 建设资金到位	98
2.95 建设资金到位	99
2.96 建设资金到位	100



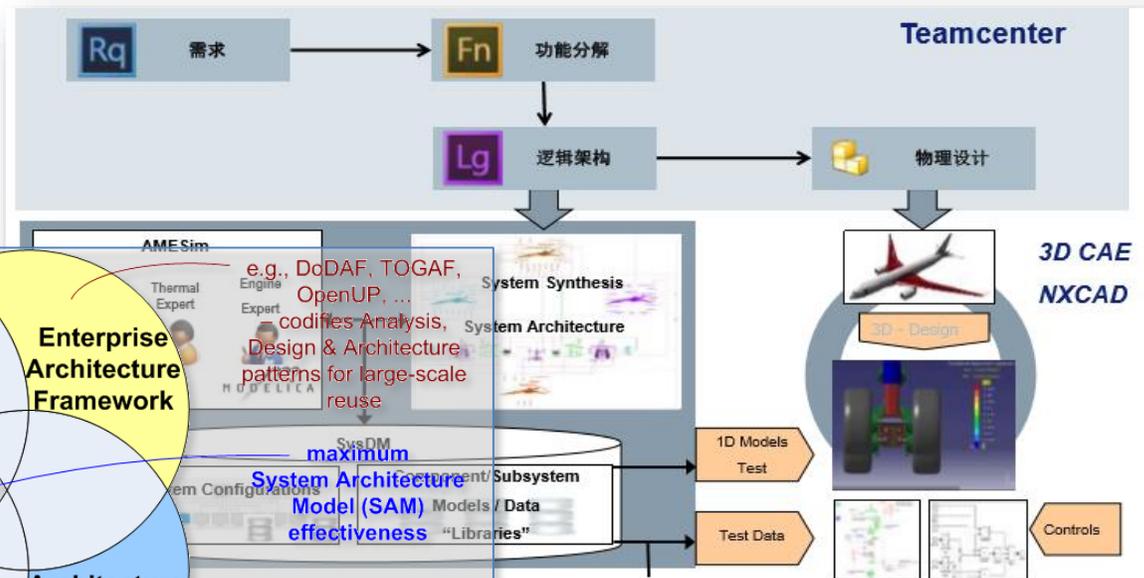
基于模型在地面无人系统研发中发挥作用

第二部分：MBSE在地面无人系统应用探讨

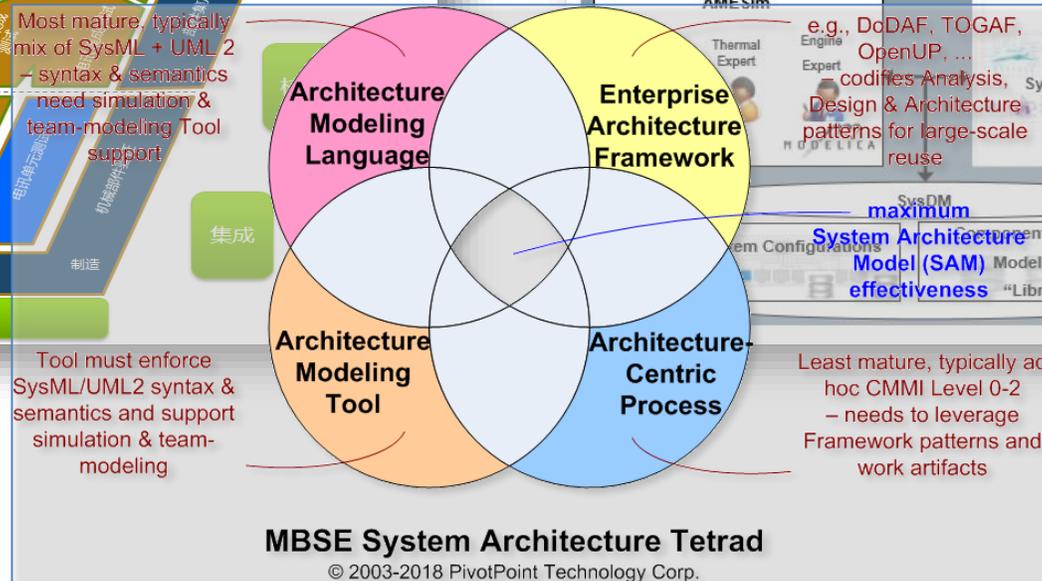
从何处入手?哪些可借鉴经验?



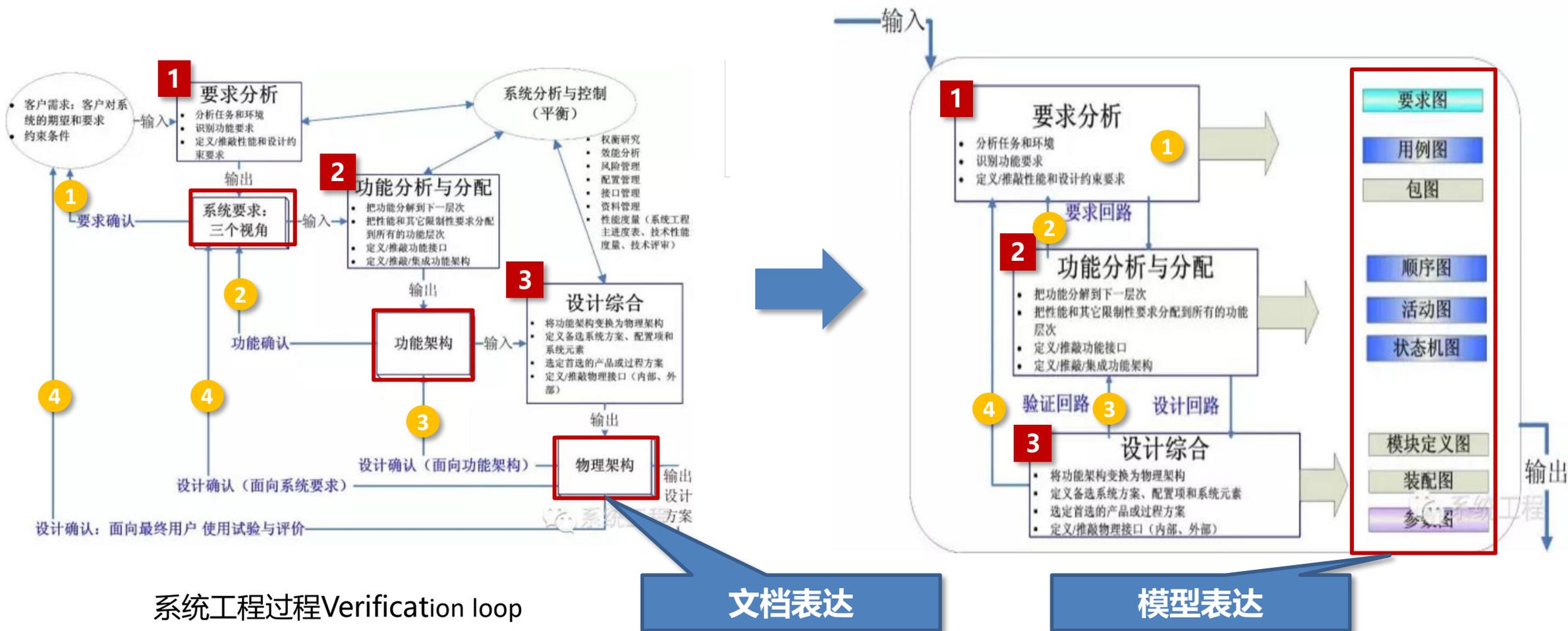
NASA在航天器设计



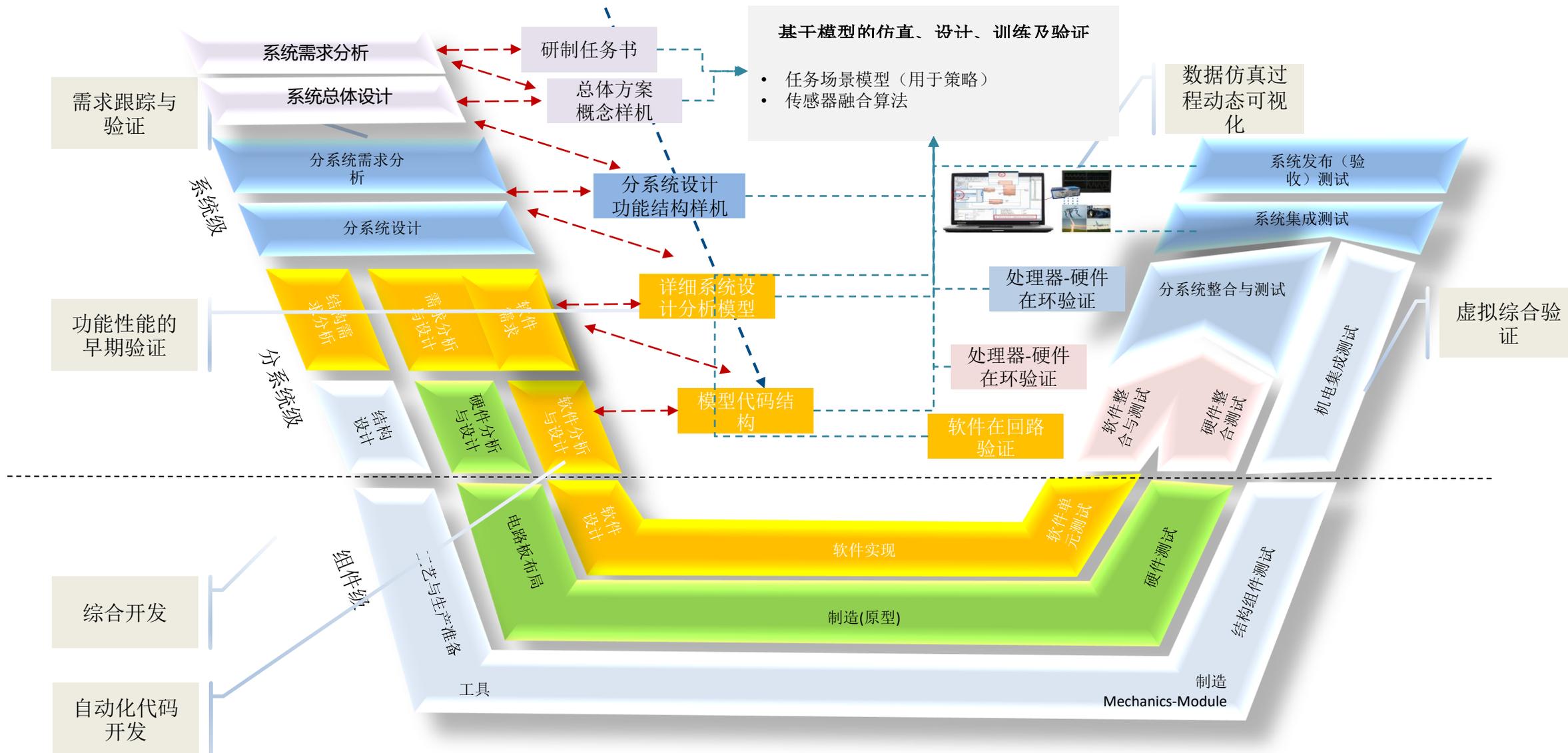
NREC的机器人设计



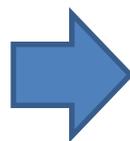
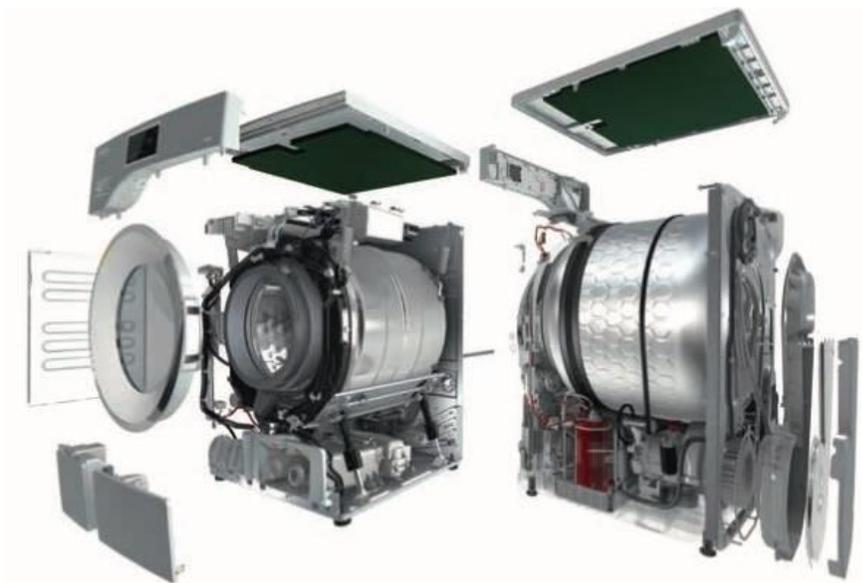
相似基本需求一：从文档表达到模型表达



相似基本需求二：可传递的迭代优化



不同的需求一：非大型项目之系统工程



- 目标清晰：一轮物理样机、一次成功
- 降低错误成本：在前期设计中暴露尽可能多的风险

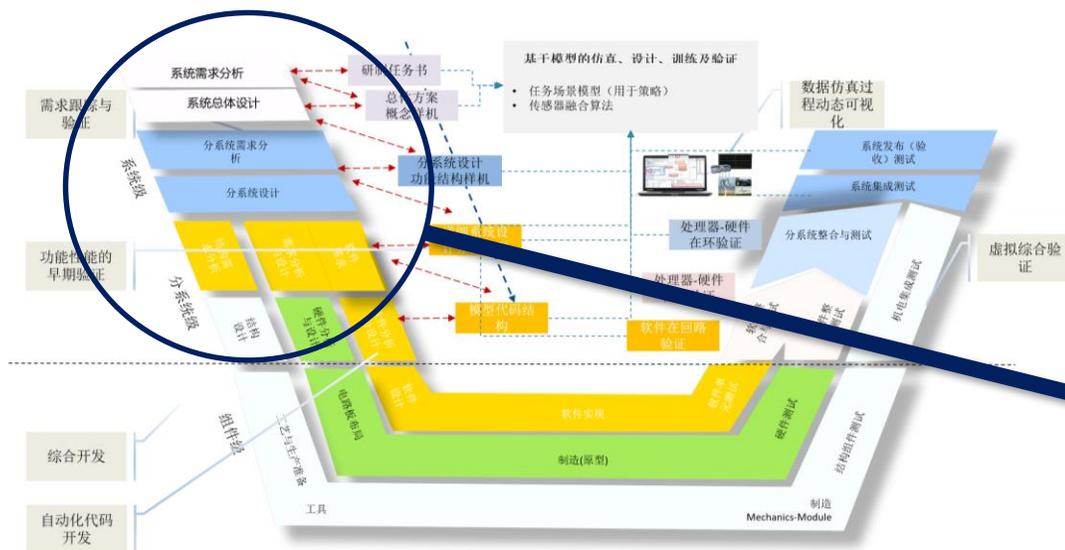
- 目标也需要迭代优化：需要试错
- 加工提速：原理样机的加工成本与时间成本需要平衡

每一次完整迭代之后产生的“经验”的传递

不同的需求二：研究类项目的系统工程

设计类项目的系统工程：

- 以设计为核心的需求驱动
- 由分系统和部件逐层保障成功



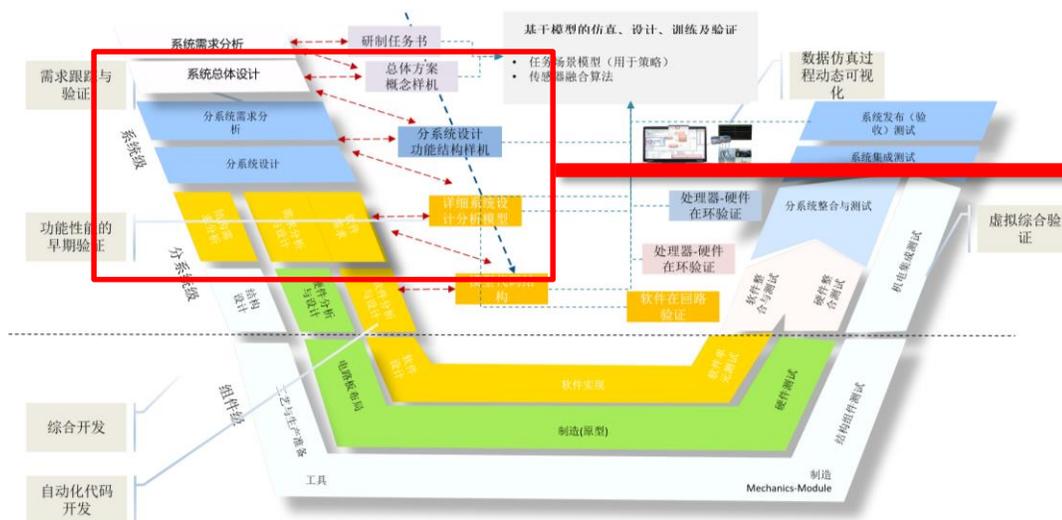
系统需求模型

分系统需求模型

部件需求模型

- 迭代：不断优化产品的需求
- 传递：清晰分解到下一级分系统

不同的特殊需求二：研究类项目的系统工程



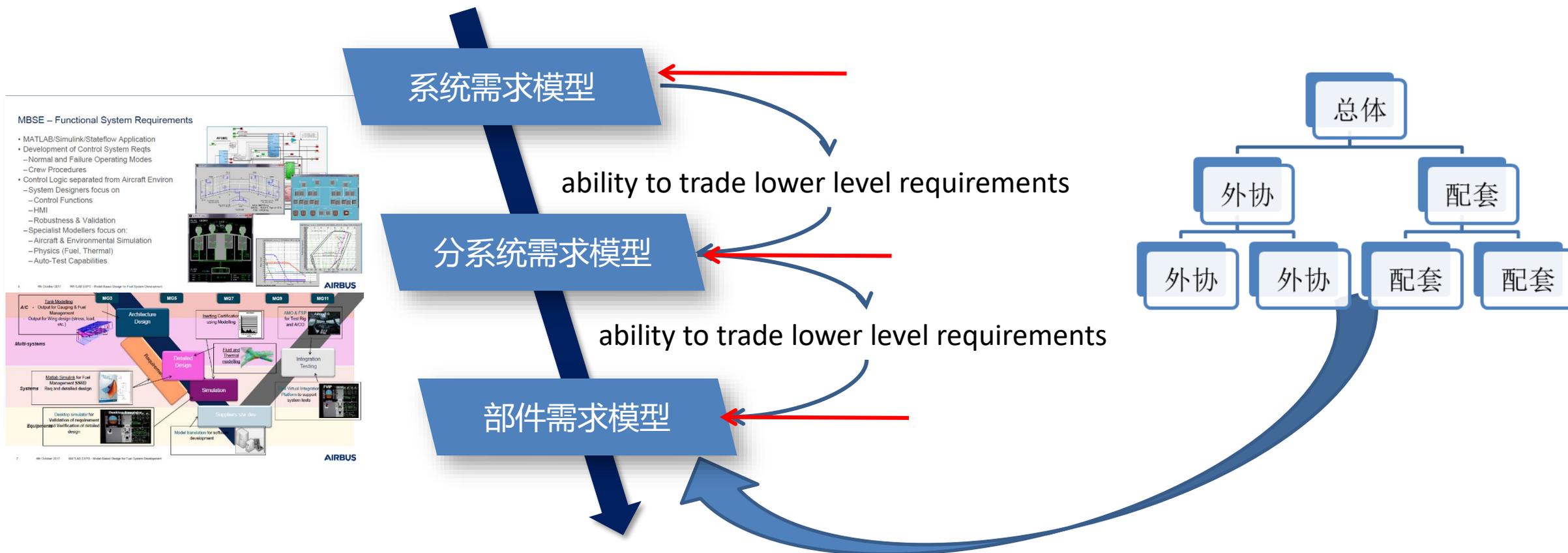
系统需求模型

关键参数模型

关键参数模型

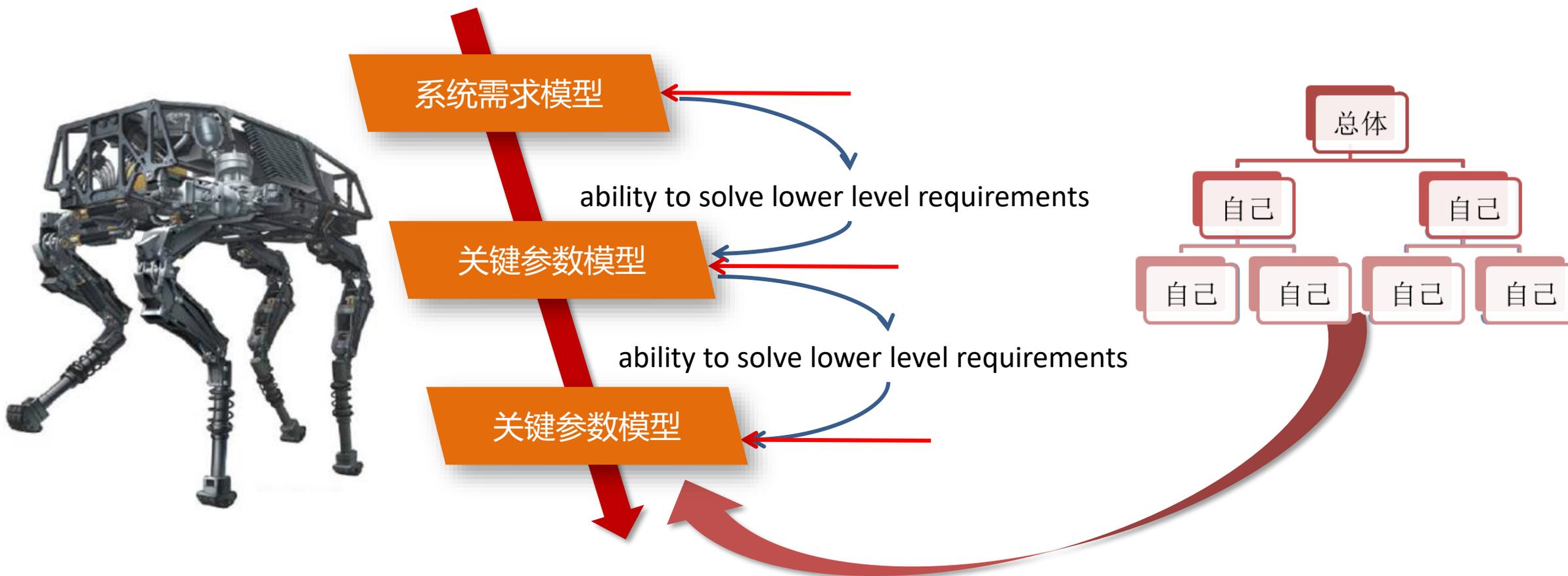
- 以研究为核心的关键参数驱动
- 推动分系统和部件创新，弱化低层需求

不同的需求三：协作配套关系简单的系统工程



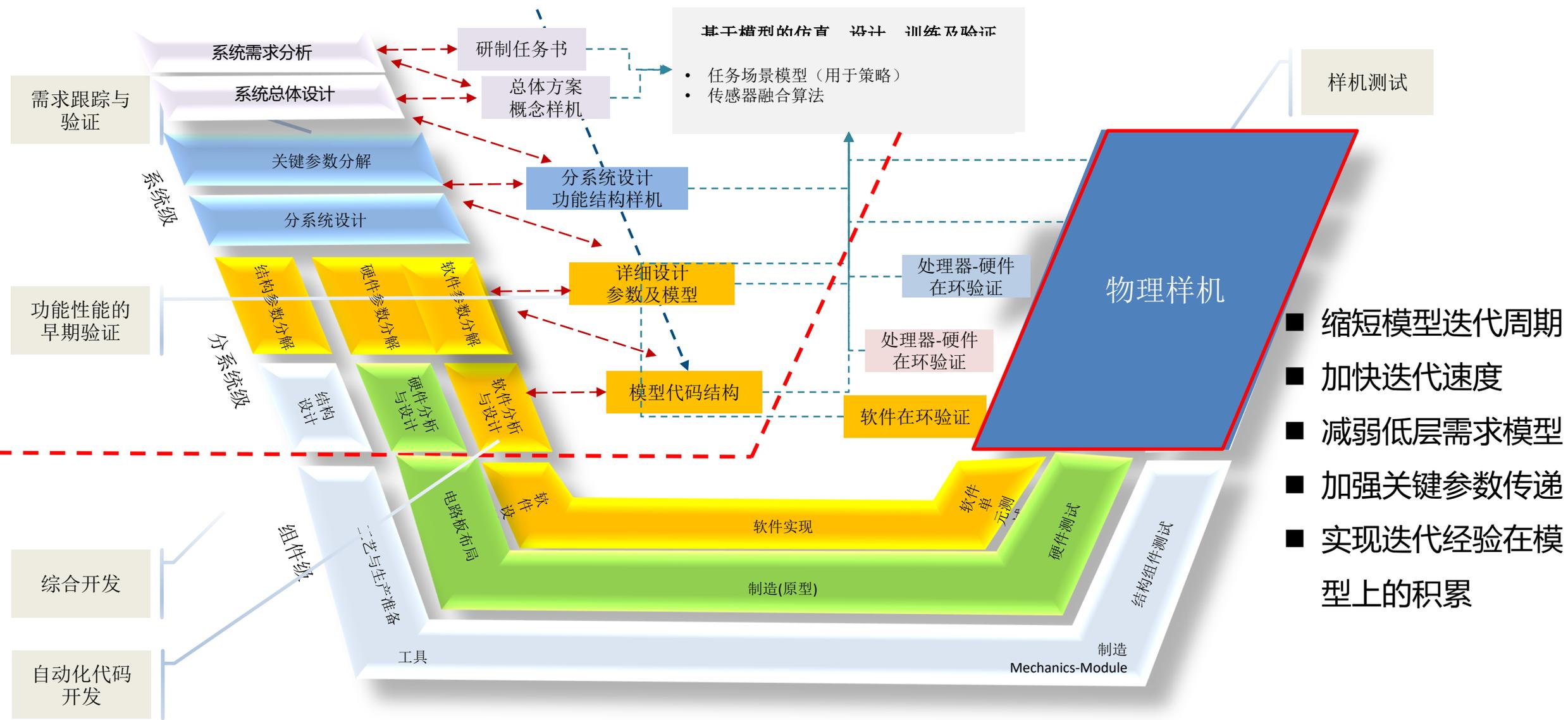
大工程总体单位只关注顶层需求（Level 2），对于低层次的Level 3和Level 4需求往往通过外协的方式进行分包，所以需要制定若干标准、规范，促使配套协作伙伴按照统一框架执行。

不同的需求三：协作配套关系简单的系统工程

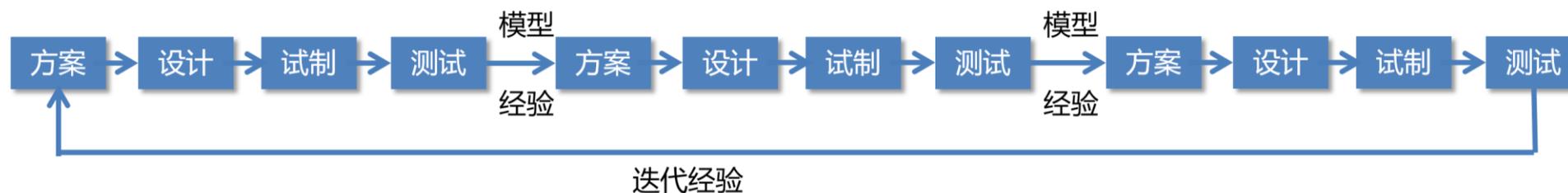
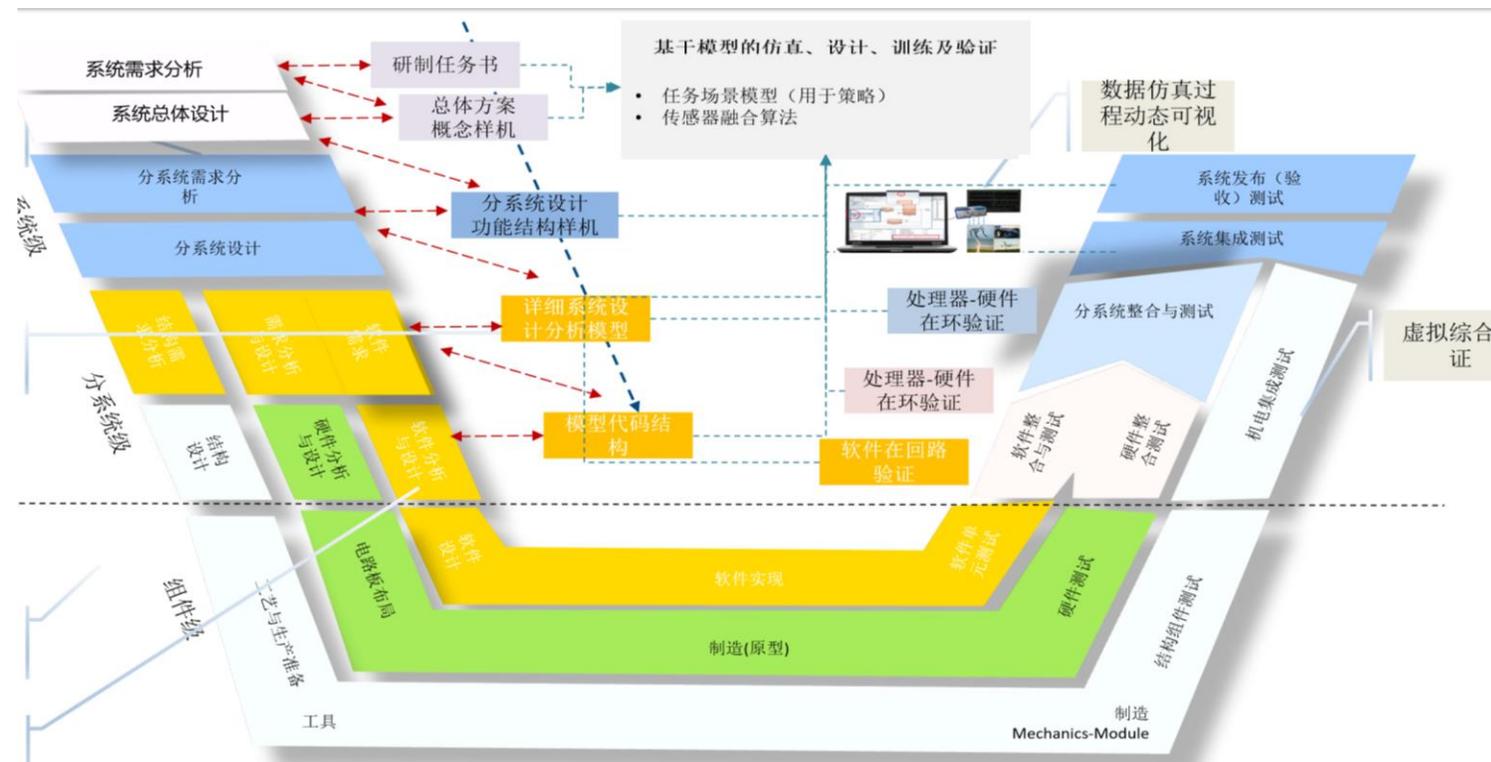
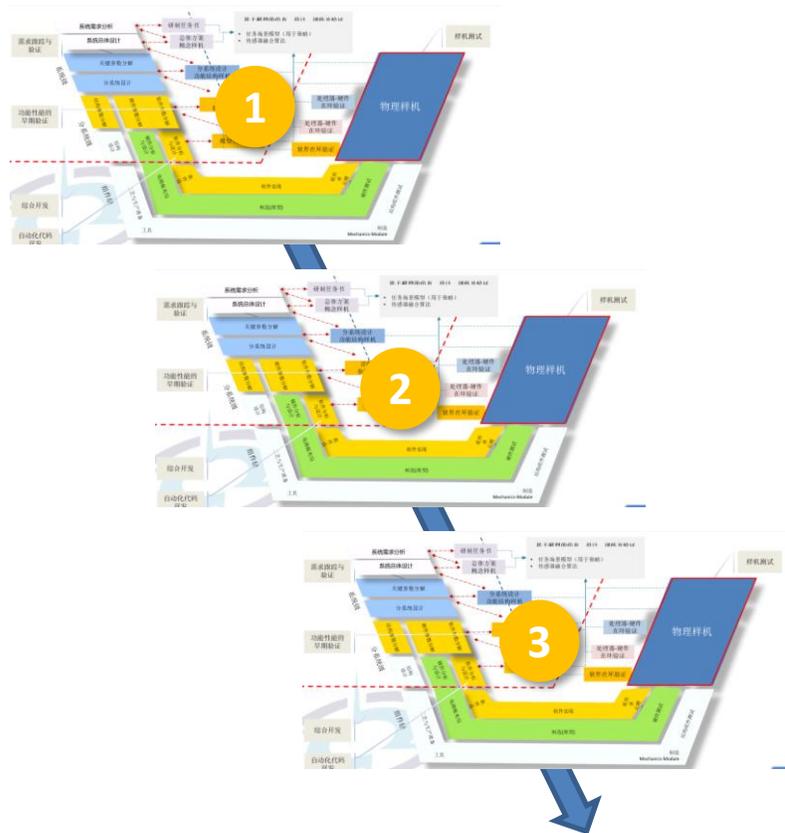


地面无人系统协作配套体系尚未形成，依靠借鉴其他领域的技术和经验开展研究，主要是引进技术方法和理念，转化和应用。

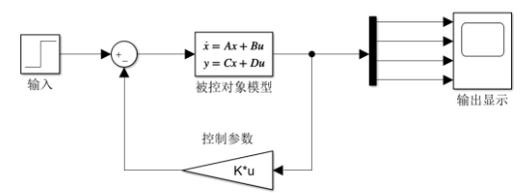
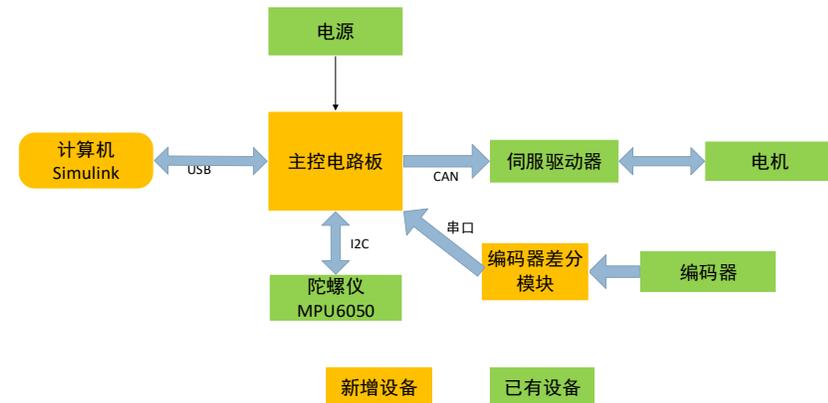
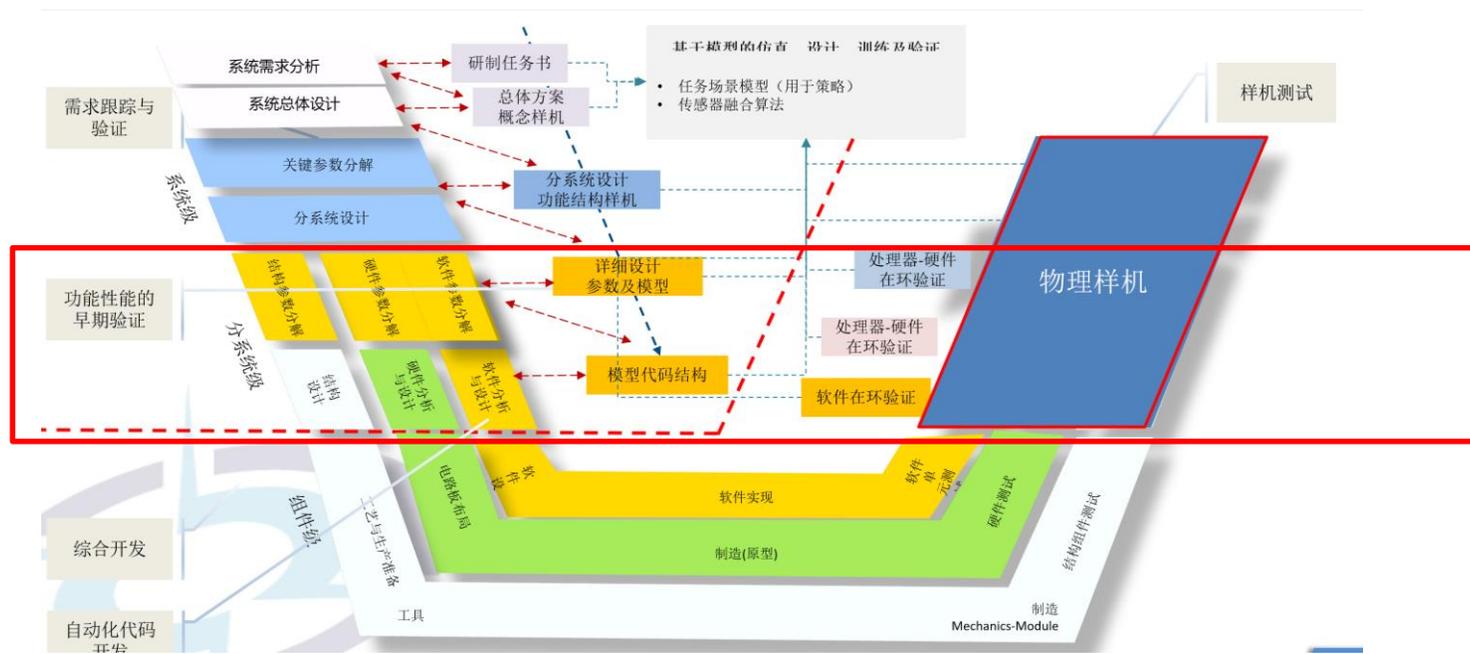
探索地面无人系统的MBSE应用方法



在相同的研发周期内完成三轮迭代

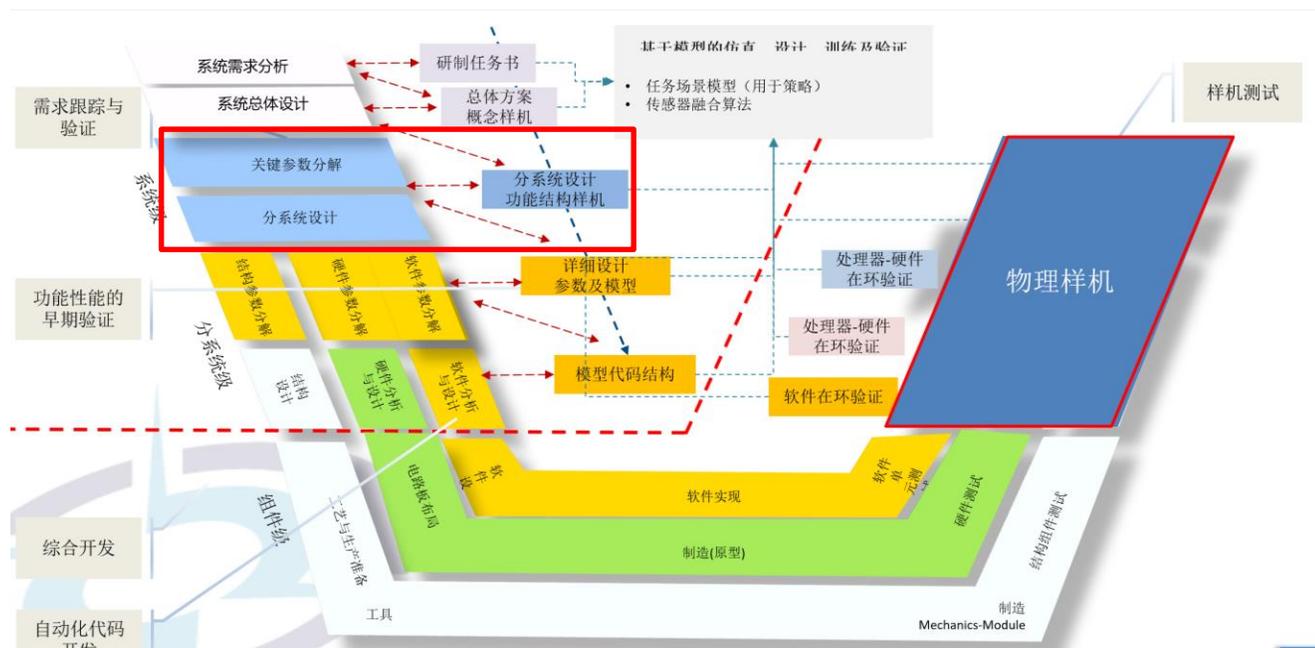


典型应用探索：安保机器人基于模型的代码自动生成

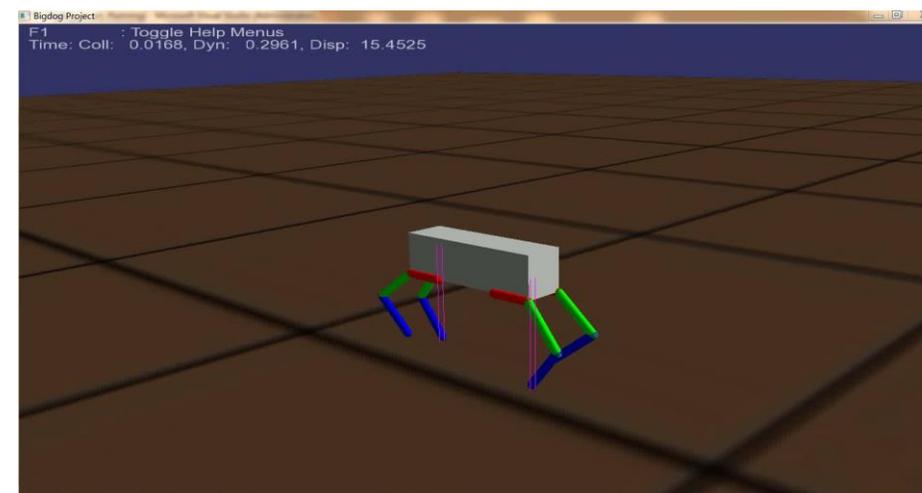
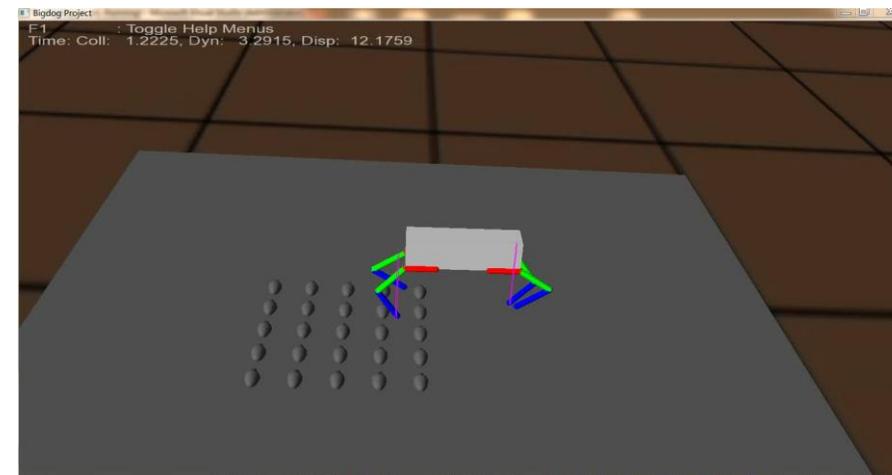


- **方案设计：**基于模型的平衡车机电联合仿真、算法仿真验证
- **实现：**模型自动生成代码
- **测试：**Simulink 上位机通过无线传输对平衡车进行指令控制，并接收平衡车动态数据进行数据分析

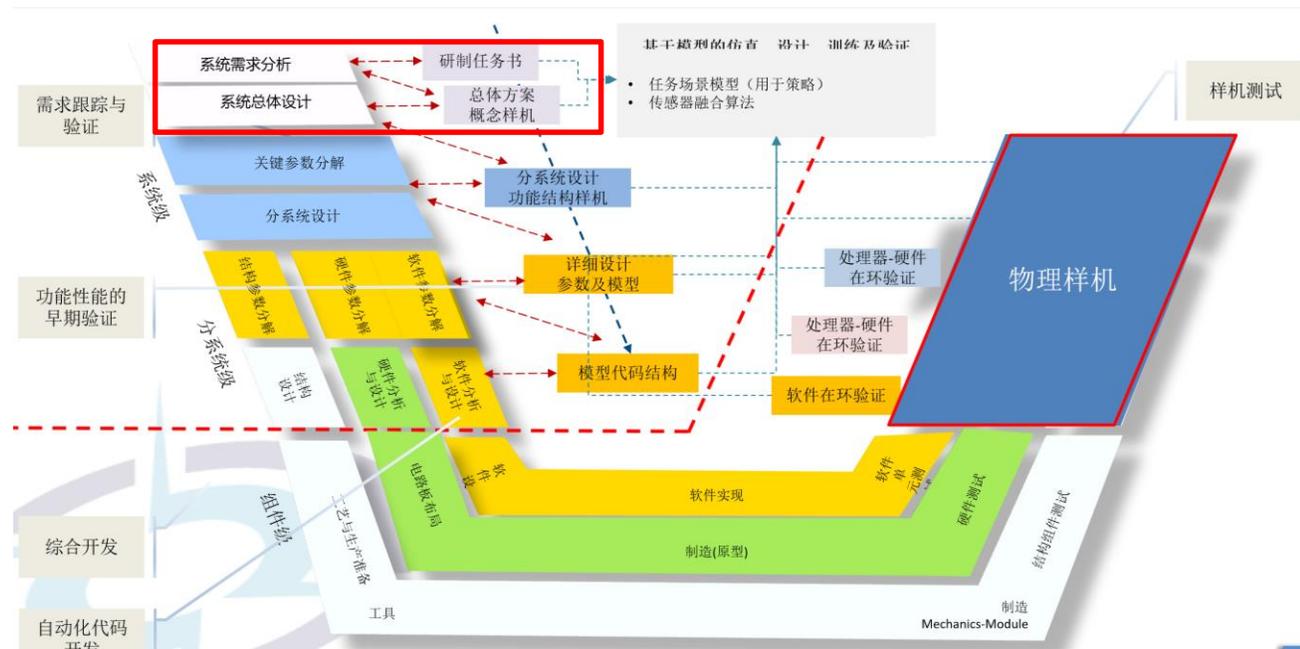
典型应用探索：四足仿生机器人建模



为MBSE做好准备

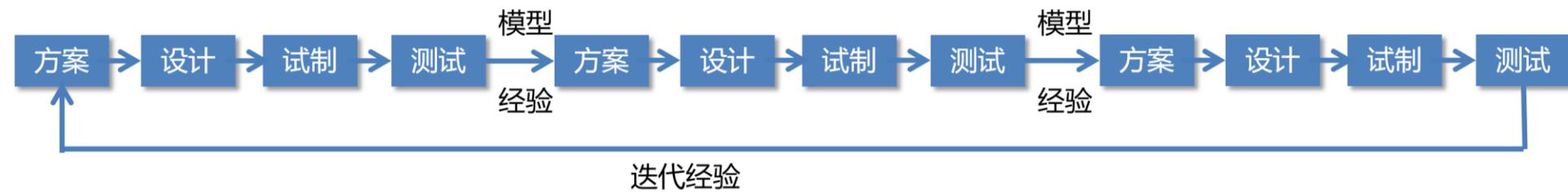


需要关注和重点解决的问题



- 通过模型进行经验传递
- 通过样机加速迭代验证

- 需求分析建模与关键参数建模
- 多轮样机模型的传递与经验积累
- 工具箱匹配与软件接口定义



谢谢您聆听!



- 兵器地面无人平台研发中心
- 中国无人系统院士（专家）工作站
- “中、俄、芬、德” 四国机器人技术联合体

