

华中科技大学

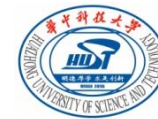
大工程观与复杂工程意识

华中科技大学

李培根

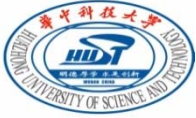
pgli@mail.hust.edu.cn

2015年8月



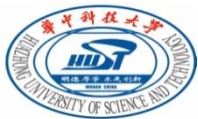
CDIO大纲四个层面：

- 构思 - 设计 - 实现 - 运行 (CDIO learning to do)
- 复杂的工程系统 (技术 learning to know)
- 基于工程环境的现代团队 (技术交流 learning to live together)
- 和有成熟思维的个体 (个人 learning to be)



引言

- ◆ CDIO中希望培养学生具有解决复杂工程问题的能力
- ◆ 复杂工程问题的意识很重要
- ◆ 需要大工程观

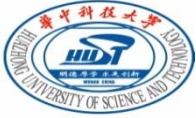


提 纲

一、大工程观

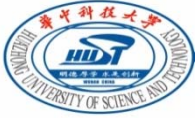
二、复杂工程问题意识

结束语



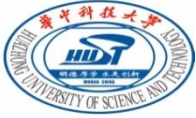
大工程观

- ◆过去的工程师培养，主要致力于培养某一专业（专业面很窄）技术人才。
- ◆虽然也是社会所需，但：
 - 缺少能把握大工程、复杂工程、甚至工程复杂性的人才，
 - 缺少创建新的工程领域的人才，
 - 缺少具有工程战略思维的人才。



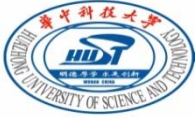
大工程观

- ◆ 未来的卓越工程师，到底应该具备什么样的素养？
- ◆ **大工程观**恰恰是卓越工程师培养的基本和关键问题之一



大工程观

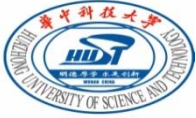
- ◆ 上世纪90年代，时任MIT工学院院长
的Joel Moses提出大工程观（
Engineering with a big E），也是
美国当时有识人士提出“回归工程运
动”的延续。
- ◆ 核心其实是“工程系统学”，——既
是工程技术本身所形成的系统，又是
工程与其相关的非技术因素所形成的
系统。



大工程观

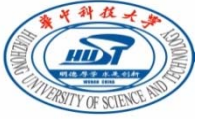
大工程观包括:

- ◆ 宏大或复杂工程视野——对大工程、复杂工程所应该具备的系统认识
- ◆ 多学科视野——从多学科的视角审视
- ◆ 科学与基础理论素养
- ◆ 人文情怀——工程内含的对“人”的关怀
- ◆ 工程组织素养——大工程、复杂工程的组织所必需



大工程观

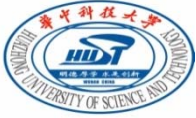
- ◆ 21世纪更多的大工程将被滋生出来,如
 - 为了使聚变能有望在21世纪投入工业应用,已经启动相应的国际科技合作项目ITER。
 - 个性化医疗将成为21世纪对人类健康作出重大贡献的新工程,它将是生命科学、医学、药学、信息科学等共同滋生出来;
 - 资源与环境的重大工程,更是21世纪人类面临的巨大挑战。
- ➔ 需要一大批具有大工程观的工程师及学者的协同努力。



大工程观

◆Space X, 马斯克, 15年12月21日猎鹰九号回收

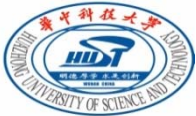




大工程观

Space X

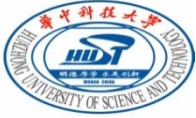
- ◆ 火箭返回着陆范围为十公里。此次试验的着陆精度要求在十米以内，而且是落在海上平台。
- ◆ 其涉及的领域和学科：宇航、通讯、计算机、控制、材料、机械，…等诸多领域。



大工程观

Space X,四个难点:

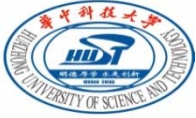
- ◆ 垂直着陆，要控制好火箭姿态。火箭造型细长，落地姿态不正很容易倒下。
- ◆ 火箭发动机除了可重复使用，还要具有推力可调的特性。在不同高度，缓冲发动机的推力要能变化调节。
- ◆ 箭体要采用新型复合材料，在保证较高强度的情况下进一步减轻重量。
- ◆ 回收后只需简单检测维护就能再次发射。



大工程观

小产品有可能见“大”

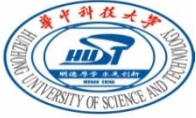
- ◆ 并非一定在实在的大工程中才能体现“大”
- ◆ 小产品完全可能涉及多学科
- ◆ 围绕一个小产品却有一个产业链。如LED，
 - 从学科言，涉及电子、物理、材料、制造、机械等诸多领域；
 - 从产业链言，涉及材料、机械制造、电气、服务等多个行业。



大工程观

大工程观需要宏思维

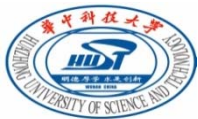
- 指对超越于专业之外的社会、科技、文化等多方面的重大问题的思考及领悟能力
 - 从系统的角度，从时间、空间的大尺度去观察、思考问题
 - 对人类及社会重大问题的关注
 - “工业4.0”和“工业互联网”呈现的宏思维
- “宏思维”能力



大工程观

“工业4.0” 和 “工业互联网” 呈现的 宏思维

- 工程多学科的联系
- 企业内部各种“物”、人、事件之间的联系
- 产业链之间的联系
- 企业与社会
- 难以感知的存在

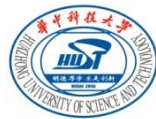


提 纲

一、大工程观

二、复杂工程问题意识

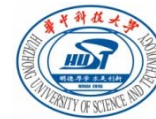
结束语



专业认证

华盛顿协议的毕业生素质要求（2问题分析）：

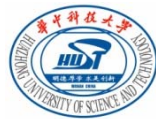
发现、明确表述（或称公式化）、研究文献、并分析**复杂工程问题**，运用数学、自然科学和工程科学的基本原理得出实证性的结论。



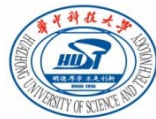
专业认证

华盛顿协议的毕业生素质要求（10沟通交流）：

在**复杂工程活动**中能够与工程界乃至整个社会进行有效的沟通交流，例如能够领会并撰写出效果良好的报告和设计文本，做出效果良好的陈述发言，以及给出和接受明确清晰的指令。

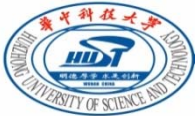


- 复杂性应该主要体现在怎么培养学生解决**复杂问题的意识**
 - 不是加很多知识，甚至加一些课
 - 如果导致片面强调知识的复杂性→ “**让知识淹没智慧**”
 - 知识复杂了，问题复杂了→ “**复杂**” 淹没了学生的智慧。
- 关键要有“复杂问题”意识和视野**



“复杂问题”意识包括：横向&纵向

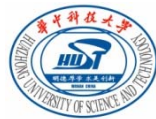
- 纵向——类似CDIO的四个层面
 - 汽车上的杯托，美国学生从市场需求端、用户端想起，调查用户想法，再去设计，还可能要考虑到制造工艺问题，甚至再延伸，产品使用过程中的问题，如维修等。
- 纵向的复杂性从产品流程的角度讲的
- 横向——涉及到多学科、多领域
 - 轴承，涉及到机械、材料、力学、摩擦学等等



复杂工程问题意识

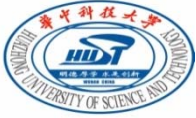
问题视野

- ◆现代专业人员的视野主要不体现在知识上，而是体现在“问题”上。
- ◆大工程观需要学生具有宽广的问题视野
- ◆工程问题的关联



复杂工程问题意识

- ◆ 加拿大学者**乔治·西蒙斯**，**关联主义**:数字时代的一种学习理论 (T 李萍 译. [J] 全球教育展望, 2005, (8))
- ◆ 学习与知识是建立于各种节点之上;
- ◆ 学习是将不同专业节点或信息源连接起来的过程;
- ◆ 学习可能存在于非人的工具设备中;
- ◆ 持续学习的能力比当前知识的掌握更重要;
- ◆ 促进持续学习, 需要培养与保持各种连接;
- ◆ 看出不同领域理念与概念之间联系的能力;
- ◆ 决策本身是一种学习过程 (“**知识的数量会淹没智慧, 选择, 选择, 再选择!**”)

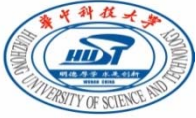


复杂工程问题意识

关联主义

- ◆计算机和网络技术的发展——知识可以通过网络存储、传递和检索
- ◆知识存在于各种复杂的专业节点或信息源中
- ◆主体不必只习惯于记忆知识，可通过网络存储与寻找知识。

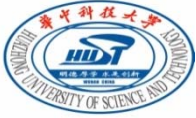
——建立专业节点或信息源的关联成为获取知识的主要途径



复杂工程问题意识

关联主义

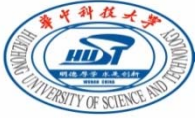
- ◆ 知识量匮乏——评估知识价值的过程存在于学习之中
- ◆ 知识量丰富——重要的是快速评估知识价值
- ◆ 需具备非个人学习的行动能力，即需要学会利用自身知识之外的信息来支持行动。



复杂工程问题意识

关联主义

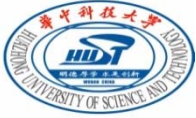
- ◆ “怎样学”与“学什么”正在被“从哪里学”（了解从那里可以找到所需要的知识）所补充
- ◆ 学习不只是内化的个人活动
- ◆ 如何引导学生善于**关联**学科内及学科之间的知识节点或信息源？



复杂工程问题意识

关联——强连接与弱连接

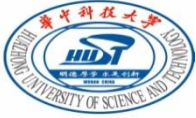
- ◆个人大概有150个联系人，其中强连接约30个，弱连接约120个。
- ◆强连接最有可能是工作搭档，事业伙伴，合作客户。
- ◆弱连接，沟通和互动机会较少，同学、朋友、亲友等等都有可能，就是更多的是由于个人的时间、精力和沟通机会造成。



复杂工程问题意识

关联——内源学习与外源学习

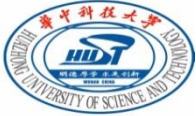
- ◆ 传统学习理论所强调的都是内源学习（内源学习：强调学习发生在个体内部）
- ◆ 外源学习：强调学习发生在个体与组织、组织与组织之间
- ◆ Karen Stephenson: “我把知识存在朋友那里”



复杂工程问题意识

复杂与关联

- ◆并非只适合于重点学校、优秀学生
- ◆在物理世界中感知关联
 - 加工
- ◆在虚拟世界中想象关联
 - 工业数据
- ◆在同学的协同中关联
 - 多学科团队——活的交叉与关联

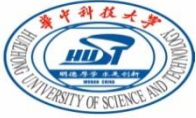


提 纲

一、大工程观

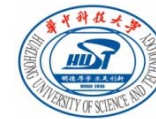
二、复杂工程问题意识

结束语



结语

- ◆ 未来工程师应具备大工程观，既是科技发展的趋势、学科交融的必然，又是社会的需求。
- ◆ 工程教育如何适应这一趋势，其关键之一在于培养学生的大工程观。
- ◆ 大工程观关键在于培养复杂问题意识
- ◆ 关联很重要
- ◆ 关联方式
- ◆ 适合于所有学校
- ◆ 建议在工程专业认证和CDIO中有所导向



華中科技大學

谢 谢!