

2018年CDIO工程教育联盟年会
暨新工科建设实施路径研讨会

从“应用理科”到“新工科”

王义遒
(北京大学)

2018.03.31 成都信息工程大学

班门弄斧

诚惶诚恐

内 容

- “新工科” 何以为 “新” ？
- 北大建设新型工科的早期尝试
- “理” \ “工” 文化之别
- “理” \ “工” 内涵之别，工科的 “基因”
- 融合——新工科的教育实践层面
- 需求创新——瞻望未来的思考

“新工科”何以为“新”？

从新经济需求教育部提出的五个“新”方向

- 新理念
- 新结构
- 新模式
- 新质量
- 新体系

对应于经济

新结构

劳动密集到创新型国家

新技术

智造\AI\3D打印\机器人

新产业

信息\航天\生物\精准医学

新业态

互联网+\物联网\智联网

新模式

制造+服务\服务+服务\定制

已成当下高等教育热点

但其内容\意涵\落实\运作尚待研究讨论

“新工科”何以为“新”？

新时代新经济——建设“新工科”的依据

- 世界科技解决发展趋势和**国家**新时代新经济社会文化国防发展的需要（含学生需求）已较明：
一带一路，中国制造2025，互联网+，工业4.0，第四次工业革命……
- 世界和**我国**教育发展规律、历史与趋势大众到普及
- 我国高等教育郁积与当下存在的**问题**不适应\一律综合
- 认知科学与教学技术发展提供的可能(**方法**)

建设新工科三种方式

- 按新产业要求,会同产业研究部门从头建设
- 按“新”目标要求改造提升原有工科专业
原工科何以为“旧”？不知“旧”焉有“新”？
“新”生于“旧”继承“旧”，“革新”与“守正”
- 从综合大学应用理科，通过联合协作衍生

北大建设新型工科的早期尝试

- 1952年院系调整,北大定位为文理基础学科“综合大学”，只搞基础与理论科学，
后果：
 1. 北大一再被批判“理论脱离实际”
 2. 北大科研经费远低于工科大学，学校自由支配经费捉襟见肘
- 谋自身发展：“**扬长补短**” “**新型综合大学**”
上世纪 80年代末、90年代初北大学科规划
有选择地建设若干新型工科

北大建设新型工科的早期尝试

- 北大决心在国家工业化中做出更大贡献
争取在国民经济与国防建设中获取项目
- 从基础理科到应用理科——再到工程学科：
1955/56: 计算数学\半导体物理\核物理化学
1958系: 无线电电子学\技术物理\地球物理
“文革”将应用理科改为按产品设置专业
可控硅、雷达、频标、中草药.....

北大建设新型工科的早期尝试

- 上世纪80年代建设文理工结合的科研中心
管理科学中心、环境科学中心、
信息科学中心、材料科学中心（未成\分散）
后：石油天然气中心、中国经济研究中心
- 90年代：提出新型工科、设置新专业：
分子工程\工程科学\结构工程\生物工程...
院系改名，带有“工程”，冀图在一个院系内统筹基础、应用、工程技术、开发、生产（CDIO）
- 开设新技术、新产业公司方正、青鸟.....

北大建设新型工科的早期尝试

- 新世纪：北大建立了“信息与工程学部”，
已成立“工学院”，正筹建农学院
系：材料科学与工程、工业工程与管理
航空航天工程、力学与工程科学
能源与资源工程、生物医学工程
- 其他可授“工”学位：信息科学技术学院、
软件与微电子学院、环境科学与工程学院
化学与分子工程学院、建筑与景观设计学
院……真正如何做到“工”尚可研究！

北大建设新型工科的早期尝试

上世纪90年代，目标并未完全达到

- 实现了应用研究和开发项目与经费的增长
- 开创了部分科技产业、取得少许经济补益
- 科研基本态势未变，校内意见分歧 不该办企业

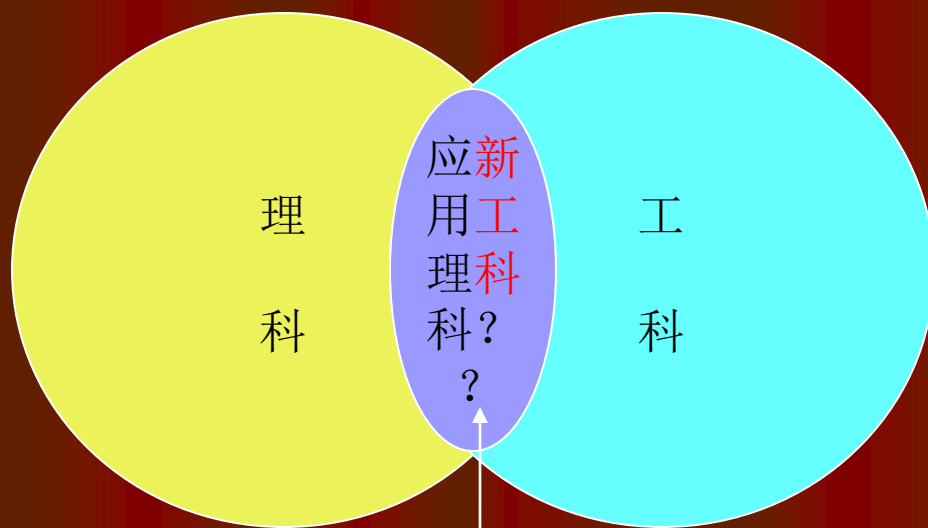
原因

- **文化之别**：求真与求善，两种亚文化，含
体制机制：教育目标、价值判断、整体氛围
- **内涵之别**：对“工程”的人文科技内涵不清

“理” \ “工” 文化之别

如何从“应用理科”到“新工科”？

钱学森：基础科学 $\leftrightarrow$ 技术科学 $\leftrightarrow$ 工程技术



非理非工，亦理亦工？

“理” \ “工” 文化之别

“理”：数学与自然科学基础学科为主

任务：认识自然、认识世界
事物内在机构、联系、因果、规律

回答：是什么_{概念}、有什么_{存在}、为什么_{因果}、
能什么_{人的认知极限}？

精神：求是\求真，“只问是非，不计利害”

“理” \ “工” 文化之别

“工” 为改造自然、改造世界 一般说源于拿破仑战争需要

“工程就是创造有用的人造物” 赫尔伯特·西蒙

满足人对有用物的需求——工程基因 人的因素大

回答：做什么、怎么做？

精神：求善\求力、人的福祉、计利害得失

“理” \ “工” 文化之别

两种亚文化

“理” 科学满足人的精神需求——求是\求真
求真：“我思故我在” 笛卡尔

满足精神需求——往往也通过“物”——对少数人有价值的特种“物”
不管对美好生活是否“有用”

“工” 满足所有人的物质需求——求善\求力
求力：“知识就是力量” 培根

“应用理科” 有定向性，追求“有用”

“理” \ “工” 文化之别

两种亚文化造成之其他差别

- 学风、校风：务虚\务实，自由\纪律
- 体制、机制：教育目标、价值取向
- 人员、设施：技术员工、实习场所
- 整体结构：院系结构、机构设置等

“理”\“工”文化之别

问 题——两种亚文化是否相容？

- 一校、一院之内能否做到文化的多元性？
- “求真” “求善”， “是非” “利害”
是否兼容？
- 两种文化的冲突似乎是当下大学的重头戏

“理” \ “工” 文化之别

- “真善美” 本身是一致与和谐的：
原始创新可能“无用” 原理 相对论\量子论\基因
“无用之用是为大用” 颠覆性技术之源
- 科学技术是面双刃剑：福祉与灾害
求善、求力追求有用，可能走向反面！
- 在“科教强国” 共同目标下可以相容！

“理”\“工”文化之别

大学两种文化共存之关键

- 多元文化的构建与协同——关键在体\机制
- 大学仍需“无用之学”和“无为而治”
国家需投资无经济产出的昂贵庞大设施
- 并非每个单位（院系所）\每个人都能兼顾
大量单位和人员只重单元亚文化与专长
- 集成融合的关键在于大学体制机制
以及大学文化本身的深沉性与包容性

“理” \ “工” 内涵之别， 工科的“基因”

“工”里必含“理”：

“工”依靠自然科学基本原理与规律

“理”未必含“工”？

是——“理”依靠“器”、“物”

否——器物不是“理”的内在成分

“理”是源，“工”是流_{非必}，流域远比源宽广

“理” \ “工” 内涵之别， 工科的“基因”

- “理”的基因——创造知识——发现、发明
对象：现象、原理、理论、规律
主要方法：分析、推理、演绎
- “工”的基因——创造有用物——发明制造
对象：人造物、改造自然物、服务
主要方法：综合、经验、试错、平衡制约

“理” \ “工” 内涵之别， 工科的“基因”

“新工科”的辅助基因：

- 人的需求：有用、美、舒适、方便.....
- 经济\投入产出\利益最大\组织管理

人文

- 从构思、设想到“成物”：设计\图形\模型
- 从零部件到系统：整合\组织，达到功能

专业

- “新经济” “新产业” 之新：信息、生命、AI

“中国制造2025” \ “互联网+” \ “工业4.0”

技模

“理” \ “工” 内涵之别， 工科的“基因”

“工科”的必要内涵

- 从设想、概念成为“物”的**设计**手段

设计要将“人工物”的各种用途与性能等因素都“综合”起来，在给定**约束条件**下创造出为实现对人“有用”的“目标物”尽可能的最佳方案

以前物理成为应用物理必须加“机械制图”或“画法几何”课.....

y

- 从零部件到实现整件:如机械设计\系统结构
或与其相类似的课程

“理” \ “工” 内涵之别， 工科的“基因”

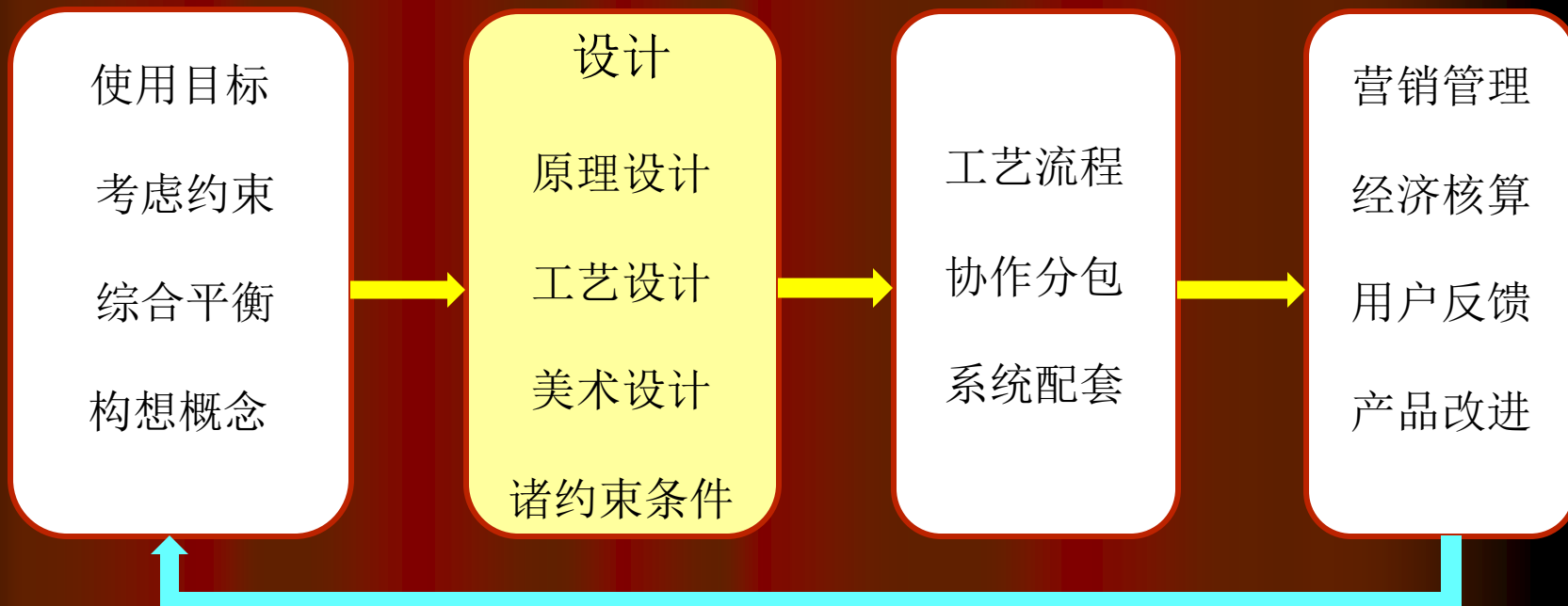
设计的多源性——约束条件

- 材料可得性、工艺可行性，求最佳配置
- 经济合理性：投入产出、成本质量
- 发展理念：创新\协调、绿色、开放、共享
- 人性要求：美观、舒适、方便、合乎个性
- 社会法制：知识产权、伦理正义

“理”\“工” 内涵之别， 工科的“基因”

构想——设计——实现——运行(CDIO)

创新：另辟蹊径



“理”\“工” 内涵之别， 工科的“基因”

美国的教训

“20世纪以来自然科学几乎将人工物科学从专业学院课程中驱逐出去的做法的确使人啼笑皆非。工程学院逐渐变成了数理学院，医学院变成了生物科学学院，商学院变成了有限数学学院。”

赫尔伯特·西蒙：《人工科学：复杂性面面观》，国情

我们不能重蹈此覆辙！

“理” \ “工” 内涵之别， 工科的“基因”

“工科”有比“理科”
更多的人文、管理因素与内容！

符合“人为，为人”的“文化”定义 费孝通

工科更具人性化！

融合——新工科的教育实践层面

我个人对新经济的理解：

在**市场经济**、充分利用**科技创新**条件下
全球范围内**分工融合**，实现资源最佳配置
产业链强调“**产业内分工**”“**产品内分工**”
互利共享、合作共赢生产关系大变化

人类命运共同体

各显其能，各尽其能，融合共享，联合共赢，强强联合，竞争胜出

融合——新工科的教育实践层面

- 教育上“新工科”核心在“融合”

与新经济产业链配合，海尔提倡“人单合一”即“融合”
产品个性化与交叉融合、全球化分工合作、协调共享

- “融”：个体中多种元素有机化合，→“化”

- “合”：不同个体组织在一起，形成合力

联合\结合\集合\组合\整合\综合\合作：

文理工管、官产学研、交叉复合、师生结合
理实结合、校企协作、中外合作、本研联读
校际联合、互联网+.....

融合——新工科的教育实践层面

- “合” 优势：“强强联合”，
教育上如何做到每一元素(基础)皆强？

$$1+1>2$$

 无法显示该图片。

“弱弱联合” 皆输 $1+1<2$ ，甚至 $1+1=0$
关键在如何做强 “1”

融合——新工科的教育实践层面

- 本科要求培养“全才”面面俱到不现实
文理工管齐备、理论实践、复合交叉 难！
- 与其学生个体“合”，不如产业链“合”！
- 新工科人才要**分层、分类、分段**培养：
需求有侧重：一线\设计\研发\组织\经营
自动化、智能化、个性化生产，机器人操作
产业链都有分工汽车整合、纠错编码（ECC）DNA荧光测序法

融合——构建新工科的教育实践层面

- 梅贻琦：“工学院毕业的人才，对于此一工程与彼一工程之间，对于工的理论 与工的技术之间，对于物的道理与人的道理之间，都应当充分了解，虽不能游刃有余，最少在这种错综复杂的情景之中，可以有最低限度的周旋的能力。唯有这种分子才能有组织工业的力量，才能成为国家目前最迫切需要的工业建设的领袖，...只有工学院可提供”
- 美国某些工学院课程体系与理科(物理)相差无几，搞研发得心应手

关键在于：能“融”且“专”

- 专业课中渗透人文精神——教师的要求
- 通识教育：“三观”\尊重人\责任心,能“融” 人单合一

融合——新工科的教育实践层面

教学：以学生为中心，“自主学习”\“融”

- 做强教育的根本——**自主学习** 应对任何发质变化
- 自主学习的关键——**态度**，对未知变已知的迫切要求（需求）：虚心、尊重“知”
- 学习的**核心要素**——**沟通**不仅人、交流、合作
- 沟通的基本工具——语言\文字\数学符号\计算机\网络\未来智能工具

融合——新工科的教育实践层面

- 学习的核心内容——思维方法
- 每一种特殊学科与技术有其思维方法
精益求精是科学技术的思维方法，而不是产业营销方法
后者在于性价比，取得最大利润
- 学习最重要的思维方法：
逻辑思维，将碎片化知识成系统，可应用
形象思维或发散思维异想天开、奇思妙想
批判性思维，知旧—创新；基础是前者

融合——新工科的教育实践层面

设置“新工科”大学的必备设施 能力来自实践！

- 相关专业实验室、试验场地、研发基地
- 必要的科研项目、课题、工艺技术与产品
- 创新孵化基地、组织与孵化活动
- 社会协同，校所、校企共组基地\孵化器

融合——新工科的教育实践层面

“学产研”之“合”与实践训练、协同教育

国务院办公厅《关于深化产教融合的若干意见》（2017年12月5日）
规定了三十条指导思想和具体措施

学校：要将学科专业体系与产业链和创新链对接，要大力发展和支持一批适应新一轮科技革命和产业变革，以及新经济发展和促进社会繁荣、国家安全的学科专业。
要严格实行“专业预警和退出机制”。

企业：在育人中发挥“重要主体作用”。采取“引企驻校、引校进企、校企一体”等方式健全学生到企业实习实训制度
骨干企业与学校共同组建产教融合集团（联盟）。

建立“学产结合”、“协同育人”的“双主体”机制

融合——新工科的教育实践层面

学校整体是一个全面育人的大平台

课外各种实践活动、师生、生生交流

“在哈佛，我常听人说，学生们从相互间学到的东西比从教师那里学到的东西还要多。……我把它看成是对一个巨大的、多样化的、经过精心挑选的、才能出众的学生群体的赞美，它给每个成员提供了个人成长的无与伦比的机会”

鲁索夫斯基

皮尔·盖茨：印度理工学院是一所创造奇迹的学校

美国列为全球500强企业中10位CEO印度籍，硅谷1/3工程师来自印度，7%CEO,微软、谷歌CEO；哈佛、芝加哥商学院院长

需求创新——瞻望未来的思考

- 人类的发展在于不断推出新的合理需求
- “文化自信是一个国家、一个民族发展中更基本、更深沉、更持久的力量”习近平
- 中国人将把优秀传统文化中“天人合一”、“自强不息”、“天下大同”等元素融入世界文明，为人类提高新需求——需求创新
- “新工科”建设将为此做出贡献！

需求创新——瞻望未来的思考

当机器代替双手、代替逻辑头脑：

未来需要什么？**创造需求！**

仰望天空——为天地立心，

脚踏实地——为生民立命！

谢谢大家！

