

北京市教育科学“十三五”规划课题(CDDB19163)的阶段成果
中国高等教育学会2020年专项课题(2020SZYB08)的阶段成果

新工科建设——

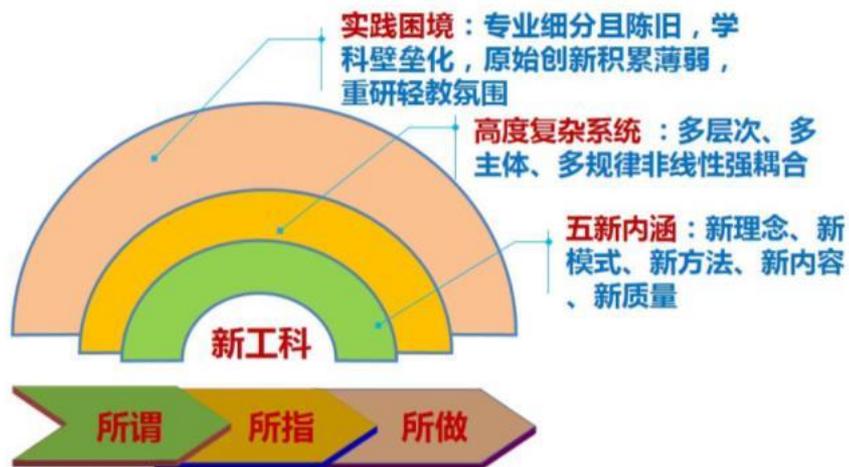
数字时代高等工程教育的识变、求变、应变

胡福文

2020年

新工科建设形势喜人，但要警惕 Changing without changes (变而不化) ‘陷阱’

- **标志进展1**：机器人工程、智能制造工程、物联网工程、数据科学与大数据、虚拟现实技术、人工智能等一大批新工科专业获批建设，进入进入**实质性的发展建设阶段**。
- **标志进展2**：产学研合作协同育人、现代产业学院、未来技术学院等新工科模式，正积极探索、生动实践
- **警惕 Changing without changes (变而不化) ‘陷阱**：认知行动热度逐级递减效应”模仿堆砌同构现象”换汤不换药”新瓶装旧酒”建设碎片化”新制度供给滞后不足”等问题仍普遍存在，极有可能消解新工科变革的势能，**延迟变革速度，影响变革成效**。



报告大纲

一 识变：时代背景、时代特征、知识生产、国家定位、教育对象

二 求变：工厂模式、线性形态、学生新定位、教师3.0

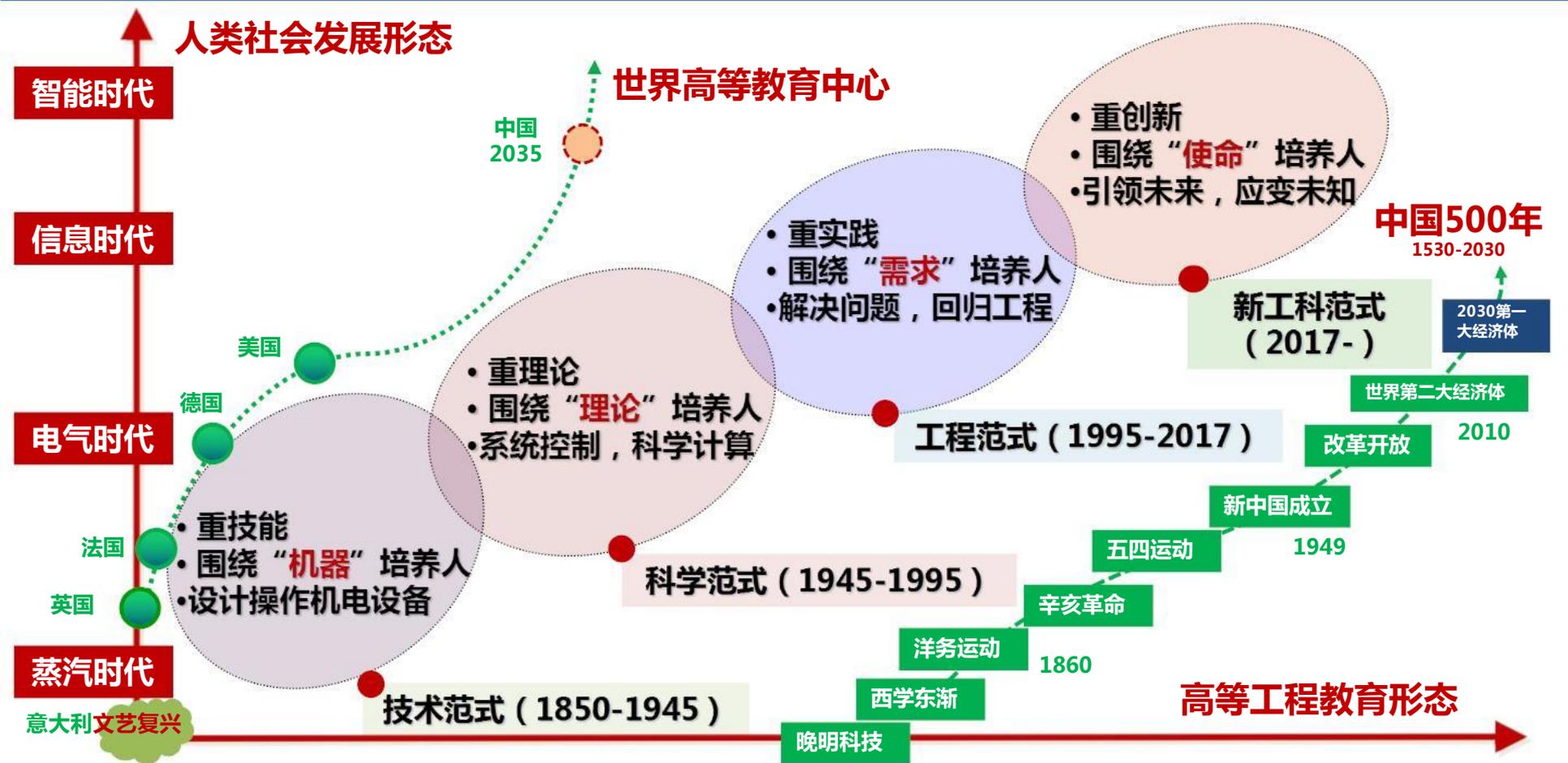
三 应变：国外新模式、教师大赛、变革奇点、个人实践探索

一、识变：时代背景、时代特征、知识生产、国家定位、教育对象

只明变易，易堕断见；只明不易，易堕常见。须知变易元是不易，不易即在变易，双离断常二见，名为正见，此即简易也。

——马一浮（中国）

一识变：**中国文明崛起**是新一轮“千年未有之大变局”的**最大变量**：规模效应、标准演变、范式变化。
 新工科建设要在大变局、大时代、大未来中，定位定向、劈浪前行。



一识变：“What We Know About the Future Is that We Don't Know About the Future”，未来人才的基本特征是快速应变能力，因此新工科要培养“柔性体”人才而不是“刚体”人才



Low Volatility	High Volatility
Low Uncertainty	High Uncertainty
Low Complexity	High Complexity
Low Ambiguity	High Ambiguity

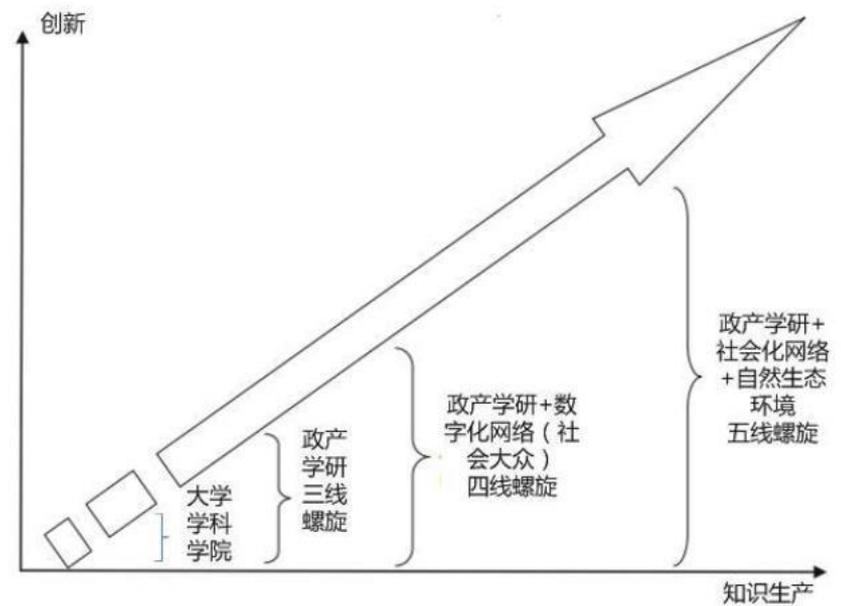
- 脑科学、量子计算通讯、区块链、物联网、大数据、人工智能、3D打印、软体机器人及设备、航空航天等技术领域取得颠覆性突破应用。（（德）克劳斯·施瓦布著《第四次工业革命》）
- 未来15年，**50%**的岗位被AI取代。（李开复）
- 美国现有职业中有**47%**容易被自动化发展取代。（牛津大学研究员Carl Frey和Michael Osborne）
- 在2030年前，**30%**的工作都将进行自动化革新，全世界范围内37.5亿工人都或因新兴科技而受到冲击。（麦肯锡）
- 当前市场上最热门的工作**10年前并不存在**。（世界经济论坛“人力资本指数”）
- **65%**现在的学生将从事现在不存在的工作。（美国经济学家凯西·戴维森（Cathy Davidson））
- 今天的美国学生在40岁之前大约会有**10到14份工作**。（美国劳工部）

一识变：知识生产模式快速演进，开放协同的无边界创新生态网络加速创新涌现。塑造新的知识生产模式，发展新知识，需要与时俱进建立科学的知识观。

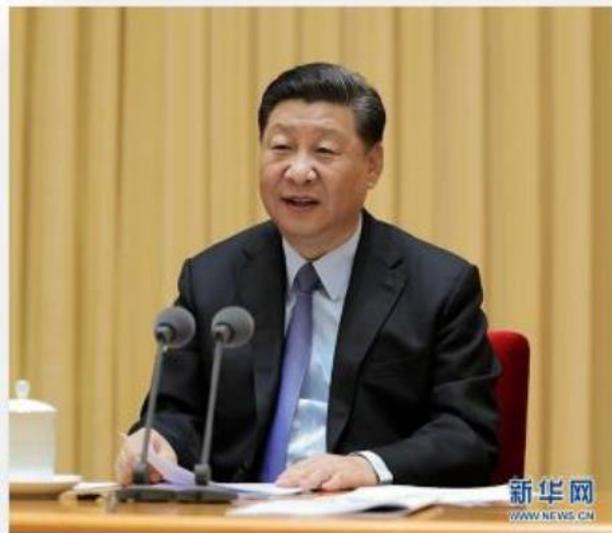
- **古典拉丁语消失的教训**：语法1000多年不变，强调**准确、严谨、完整**，傲慢抵制新词汇，贵族化、高门槛，华而不实，日益脱离大众需求，错失了成为世界通用语言的宝贵机遇。
- **世界一流大学的经验**：麻省理工大学抓住二战机遇，围绕**国家战略需求**，迈向**一流**；二战时斯坦福大学自命清高，错过机遇，但是后来大力推动政产学合作，**创建硅谷**，摆脱平庸。
- **现代科学产生以来，中国在知识生产领域贡献相对落后**，长期跟踪模仿学习，**严重缺乏独特的知识观**。

Table 1. A selective comparison of Mode 1 and Mode 2 knowledge.

Priority	Mode 1	Mode 2
Philosophical foundation	Primarily logical positivism	Primarily pragmatism
Knowledge Producers	University researchers	Researchers, evaluators, practitioners & others
Dominant Discourse	From research in the disciplines	From design & development in external settings to all partner organizations & social network members
Researcher Standpoint	Impartial, distanced, & value-free	Invested, engaged, & value-committed
Time Required to Develop Useful Knowledge	Many years, perhaps decades	Immediate production
Key Knowledge Warrants	Validity, reliability, & generalizability	Instrumental value, possibly context-dependent
Role System	Researchers as knowledge generators & disseminators; practitioners as consumers	Faculty, practitioners, & other stakeholders are co-researchers
Locus for Signature Pedagogy	Primarily in place-based higher education curriculum	Higher education & external organizations
Knowledge Dissemination & Transport System	Broadcast models (e.g., journal articles, books, websites)	Partnership systems, social networks, blogs, meetings
Boundary-crossing Intermediaries	University faculty & staff members	Practicing professionals & faculty
Host Organization and Network Hub	Universities	External organizations, including state/provincial governmental agencies
Professional Associations' Roles	Sponsor academic & professional journals; research-to-practice briefs	Training, technical assistance, & social networking to develop adaptive competence in professionals & data-informed organizational learning



一识变：基础教育是教育强国 **量变**阶段，高等教育是教育强国 **质变**阶段，是社会扩大再生产（新人+新知识）的 **中枢**”。高等教育的定位从基础支撑平台到**战略引领力量**。



中国教育“新三步走”战略

- 到2022年，加快教育现代化，建设教育强国的**关键期**
- 到2035年，总体实现教育现代化，建成教育强国，进入世界第一方阵前列的**决胜期**
- 到本世纪中叶，建成社会主义现代化强国，实现中华民族伟大复兴的**达成期**

高等教育：中国第一个百年目标的基础支撑平台
中国第二个百年目标的战略引领力量

一识变：教育对象像我们，但不是我们！我们生活在物理空间+梦想世界之中，而青年一代生活在赛博空间（Cyber+Physical）+梦想世界之中。

- 数字土著、网络原住民，已经是大学生的主体。
- 大脑有可塑性，可编程。大脑能随着环境的变化而变化，这是生长发育的结果，也是学习的结果。
- 学生与数字技术的持续互动改变了大脑的结构。



- 学我认为重要的；学有意思的；
- 怎样才能高效学习？
- 我好像并没有收获到很多/很大？！

二、求变：工厂模式、线性形态、学生新定位、教师3.0

距离已经消失，要么创新，要么死亡。

——托马斯·彼得斯（美国）

二求变：Industrial model has been and still is the source of myriad problems.



- 没有人愿意驾驶采用100年前的技术制造的汽车；没有人愿意接受采用100年医学知识的手术治病方案。
- As educators, we know that the industrial model has been and still is the source of myriad problems both for us and our students.
- It is time to reinvent the factories that charade as schools—and the schools that charade as factories.

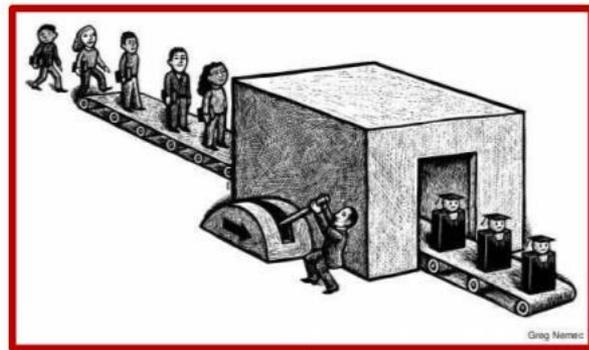
二求变 : *It's time to close the industrial (or factory) model of education, and to shift from a mechanistic (linear) view to a living-systems (nonlinear) view*

貌似平等的教育，
但是不公平的教育

非常低的组织成本，
但是导致人才荒废

聚焦平均水平学生的
最大化发展

基于学时的线性学习形态



无法提供个性化、以
学生为中心的教育培养
方案

不适合培养具有创新能
力、发展知识的人才

统计学上，无法提升变
得更加“优秀”的比例

培养大纲

课程课时

教室

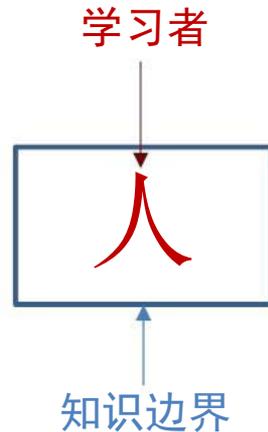
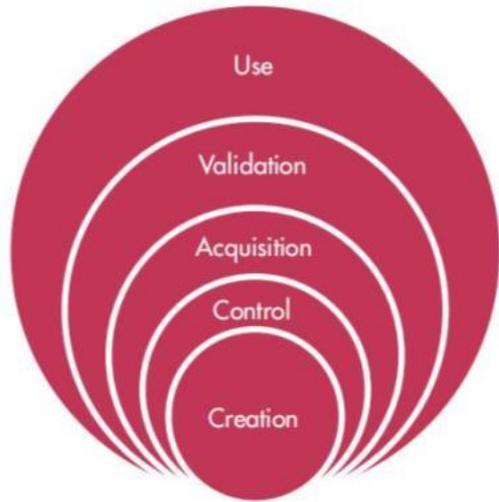
教师

教材

学生

二求变：重新定义学生和知识的关系，以学为本

- 2015, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 《Rethinking education: towards a global common good?》: The world is changing – education must also change. Deep transformation calls for new forms of education to foster the competencies that societies and economies need, today and tomorrow.
- Discussions about education and learning in today's changing world need to go beyond the process of acquiring, validating and using knowledge: They must also address the fundamental issues of the creation and control of knowledge.



知识为本

以学生为本

囚 → 央

二求变：数字化时代下**教师3.0**：角色**变革**和职业**进化**

- 数字化时代，教师**绝不是**直播带货（讲授知识）‘的**十八线主播**’，这么简单。
- 虽说教育的**传道授业解惑”“立德树人**’的本质没有变，但教师的职业内涵需要进化升级。
- 信息时代教师3.0：引领学生发展的**导航员**，设计学习方案的**设计师**，生产学习产品的**工程师**，核心是生产‘**数字化产品（课程/项目）**’。



农耕时代：教师1.0

经史子集
读书为主，辅讲答疑；小众范围
无产品，迭代周期>百年



工业时代：教师2.0

教材教案PPT
传授知识，辅助答疑；流水班级
半个产品：迭代周期>10年



A 天津大学 李刚教授 生物电子医学
抗疫期间，电子类课程的教学神器：



A 华中科技大学 何岭松 工程测试
六周网课结束了，由于学生无法回校，硬件相关的自制脉搏波测试系统实验取消。这是本周某学生完成的最后一个作业，音乐信号的实时滤波。本课程学生的信号分析理论学的如何不好说，但体验式学习让
A 复旦大学 谢锡麟



网上的板书——基于图示化的阐述

一种挺好的选择👍

信息时代：教师3.0

数字化的Project或Subject
应用知识，发展知识；网络社群
数字化产品：快速迭代，品牌流量

三、应变：国外实践、教师大赛、变革奇点、实践案例、新工科内涵与形态

教育技巧的必要特征之一就是要有**随机应变能力**。有了这种品质，教师才可能**避免刻板及公式化**，才能估量此时此地的情况和特点，从而找到适当手段。

——安·谢·马卡连柯（前苏联）

三应变：2018年MIT发布《全球一流工程教育发展的现状》指出，工程教育进入了快速根本性变革时期，最好的工程教育不限于世界一流研究型大学，新竞争者将为未来工程教育建立新标准。

表1 “现任引领机构”与“未来引领机构”的基本情况

类别	具体情况	排名前10的机构	特征
现任引领机构	22个国家的81所机构	欧林工学院、麻省理工学院、斯坦福大学、奥尔堡大学、代尔夫特理工大学、伦敦大学学院、普渡大学、新加坡国立大学、剑桥大学、查尔莫斯理工大学	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公认的国际形象； 2. 广泛的社会参与和教育合作； 3. 小规模、精英化教育； 4. 特色化的教学方法。
未来引领机构	27个国家的98所机构	新加坡科技设计大学、欧林工学院、伦敦大学学院、智利天主教大学工程学院、IRE ^① 、新加坡国立大学、代尔夫特理工大学、查尔斯特大学、清华、亚利桑那州立大学	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采用统一性、系统性的教育方式； 2. 采用新的教育模式； 3. 改革与发展在很大程度上受到区域的影响并受其制约。

- **新加坡科技设计大学**：推行以设计中心的“4D”学习方法，“1D”指单一课程驱动的设计项目，“2D”指多课程知识驱动的设计项目，“3D”指基于新课程对前期1D或2D项目的迭代改进“再设计”项目，“4D”指学生主导的课外学科竞赛项目、创新创业项目等。这些项目贯穿于8个学期，到毕业时，**每个学生都将参加20-30个实质性的设计项目**。
- **澳大利亚查尔斯特大学工学院**：五年半的本硕一体项目，积极探索**在线学习、基于项目的学习和基于工作的学习**相融合的教学方法，其中校内学习18个月需要完成一系列的具有挑选性的项目，剩余的四年校外工作学习，而**所有的工程技术知识均通过可以随时访问的在线学习完成**。
- **美国欧林工学院**：开发“欧林三角（工程学/数理/人文）”课程体系，**24门课程中21门都是基于项目的课程**，毕业设计均是企业主导的实际课题。

三应变：全国高校教师” 3D/VR/AR/AI数字化虚拟仿真“教学创新大赛应时而生

- 2019年11月1日-2日，全国高校教师教学创新大赛3D/VR/AR数字化虚拟仿真主题赛总决赛在南京和中国高等教育博览会同步成功举办。（全国高等院校工程应用技术教师大赛第五届，赛项第一届。）
- 2019参赛数据：共计 29个省，201所院校，256个院系，394个团队报名参赛，决赛一等奖20项。
- 2020年11月8日-10日，预计在长沙与中国高等教育博览会同步举办



三应变：3D动力推出云平台，联通“四创”，打造**数字价值新生态**！

- 新灵兽实验室：强大的Web 3D引擎，近百万的数据模型，H5编辑器.....



三应变：2020新冠疫情，教学形态变革的奇点不期而至



- 全国1454所高校，103万教师，107万门课程，1775万大学生，开展了在线教学，开启了教学组织形态的范式变革，迈向数字化转型的新征程。
- 历史坐标中，此次变革的系统性、一致性、颠覆性，史无前例，影响深远。教育变革开启双循环模式：变革教育为了创造变化（主动变革）VS 在不确定性变化中变革教育（适应性变革）。

三应变：基于六位一体模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建



- 文化基础: 工程文化+创客文化
- 动力机制: 教师主导+学生主体
- 组织形态: 混合式学习+基于项目的学习
- 项目内容: 入门基础+复杂任务+前沿引领
- 平台支撑: 新课程+学科竞赛+毕设
- 评价机制: 结果导向+涌现反馈
- 理论基础: 非线性动力学+复杂自适应系统

■先后荣获北方工业大学教学成果奖一等奖、北京市高等教育教学成果奖二等奖、2019 CDIO 亚洲区域会议优秀成果奖等奖项，中国教育报等媒体广泛报道。

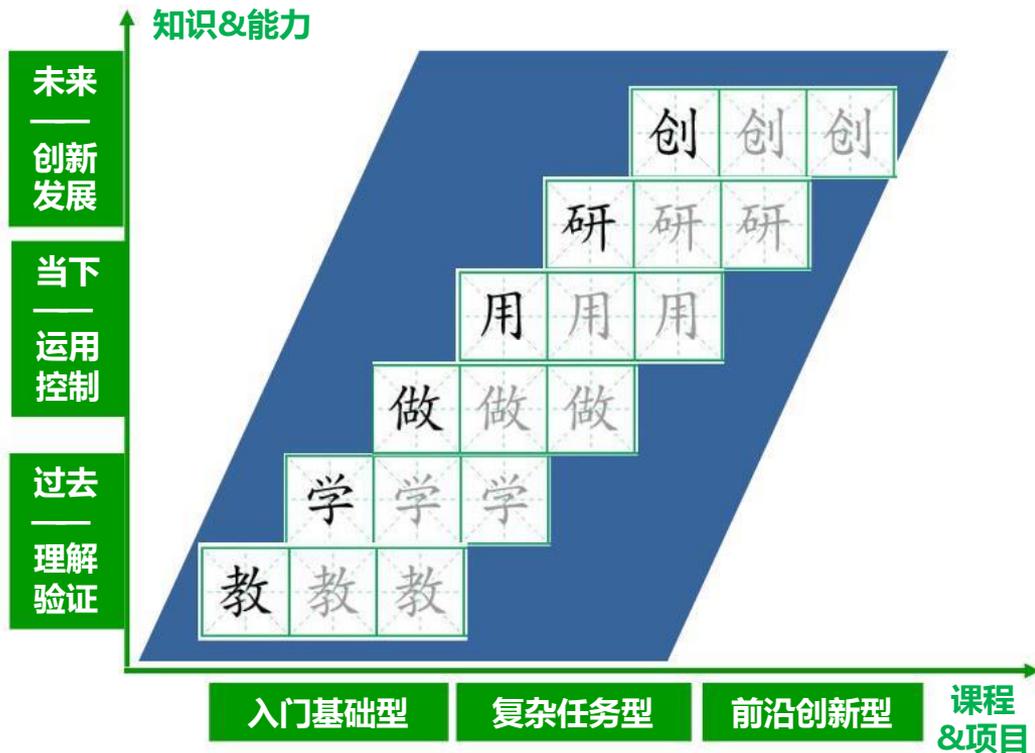
三应变：基于六位一体模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建



解耦

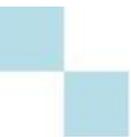


耦合



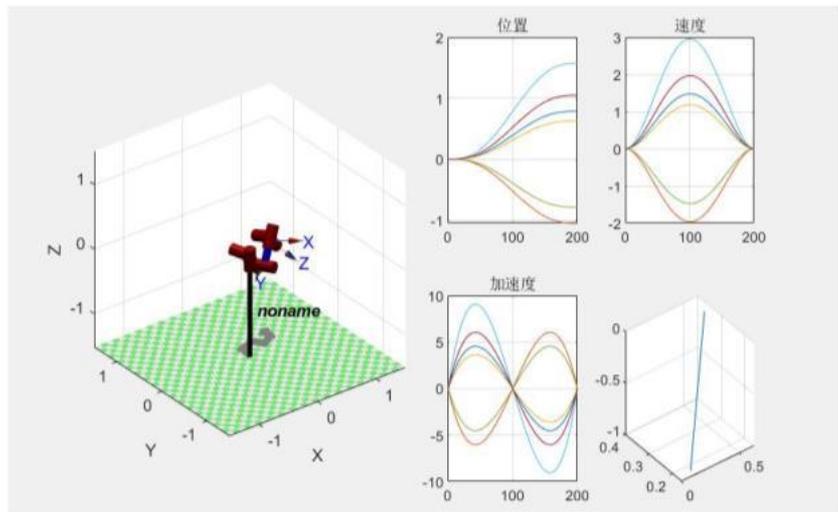
- 六位一体'动力学模型（耦合）

- 六位一体'动力学模型（解耦）

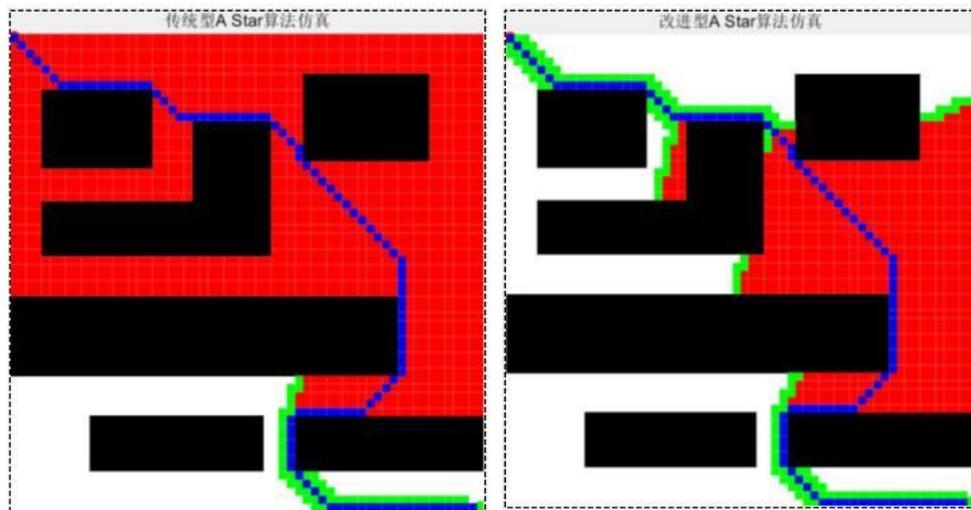


三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- 入门级、基础型Project&Subject：机器人学基础、智能机器人基础
- 重点培养学生的基础知识、基础能力
- 基于模型的 (Model-based learning) 学习：概念、原理、算法、仿真、分析



● 机械臂轨迹规划



● 移动机器人轨迹规划

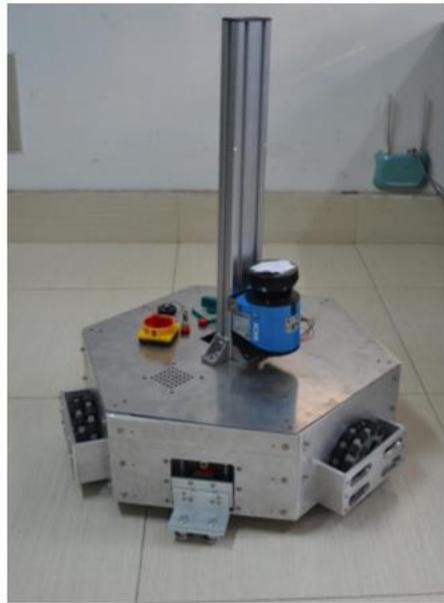
三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- 入门级、基础型Project&Subject：机器人学基础、智能机器人基础
- 重点培养学生的基础知识、基础能力
- 基于项目的验证（Project-based validating），从设计→制作→编程控制全流程的智能车竞赛



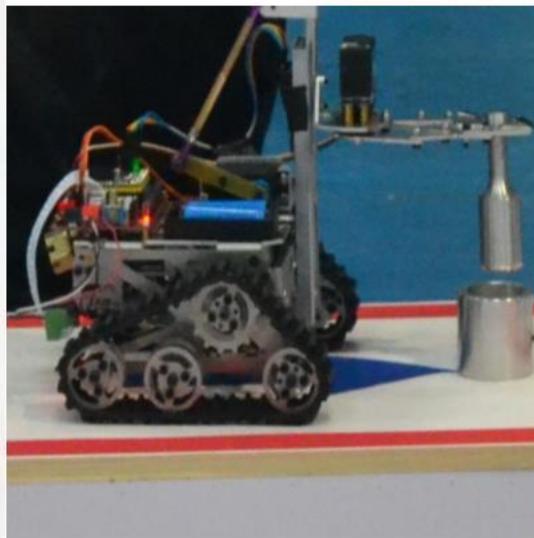
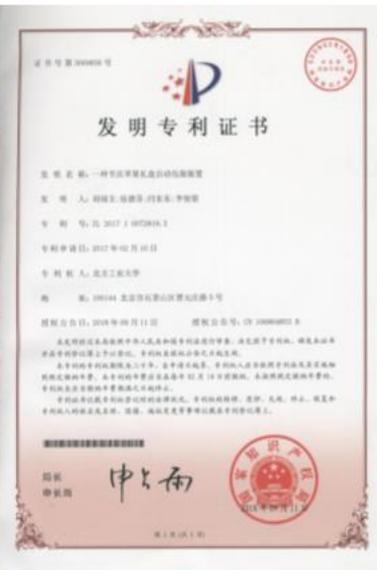
三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- **复杂任务、系统应用型Project&Subject**：自主设计、做出样机、赛场PK应用
- 重点培养学生综合运用知识、系统集成开发、创造性解决复杂问题的能力
- 基于复杂任务的创新（**Complex tasks-based creation**），带领学生自主研制了羽毛球机器人、绿色消毒机器人、自动包装机器人等一批原创型教育竞赛机器人，已获国家发明专利9项



三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- **复杂任务、系统应用型Project&Subject**：自主设计、做出样机、赛场PK应用
- **重点培养学生综合运用知识、系统集成开发、创造性解决复杂问题的能力**
- **基于复杂任务的创新 (Complex tasks-based creation)**，带领学生自主研制了羽毛球机器人、绿色消毒机器人、自动包装机器人等一批原创型教育竞赛机器人，已获批国家发明专利9项



三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- **复杂任务、系统应用型Project&Subject**：自主设计、做出样机、赛场PK应用
- 重点培养学生综合运用知识、系统集成开发、创造性解决复杂问题的能力
- 基于复杂任务的创新（**Complex tasks-based creation**），EOW绿色消毒智能机器人自主导航系统设计[J].机械设计与制造,2020(02):275-278.（中文核心）。2017年样机研制成功，国内少有的消毒机器人公开研究成果。



中国机器人峰会

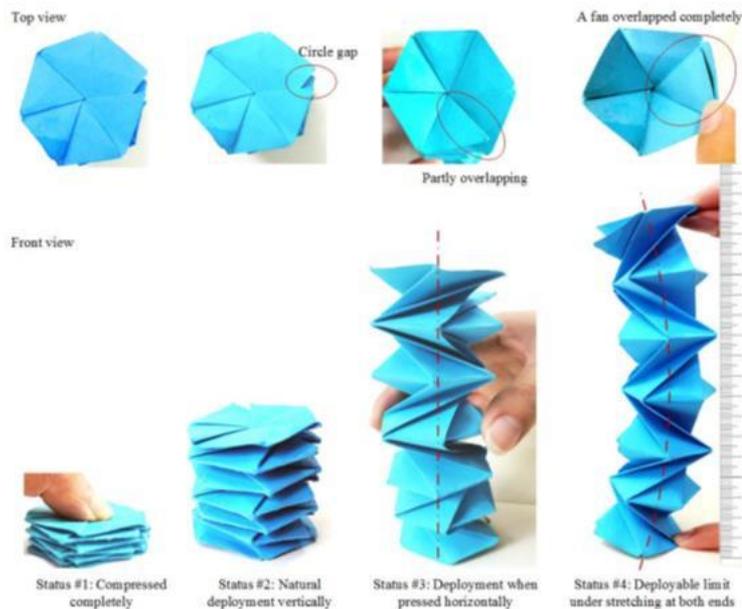


中国工程机器人
大赛一等奖

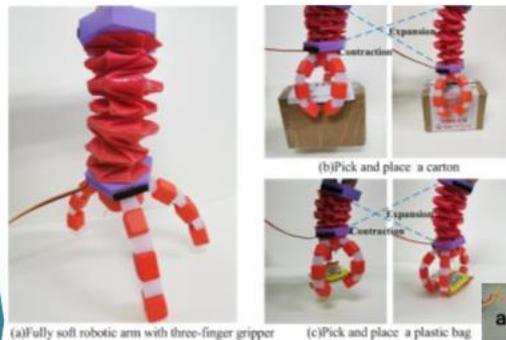


三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- 以前沿理论为引领的轻量化、低成本、创新型Project&Subject
- 重点培养学生知识发展创新、前沿探索创新的能力
- 超越边界的研究密集型创新 (Research-intensified innovation) : Origami spring inspired metamaterials and robots: an attempt at fully programmable robotics. Science progress, 2020, 103(3) : 1-19. (SCI收录) (超材料+3D打印+折纸=全编程软体机器人)



艺术 + 技术 + 理论

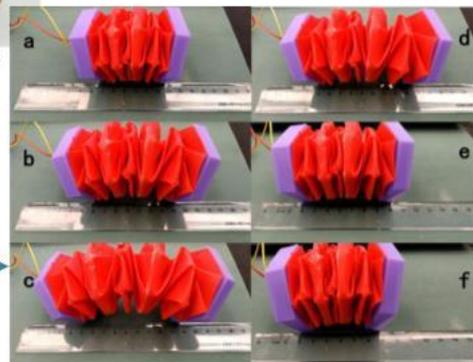


① 大压缩比伸缩效应

伸缩肌肉

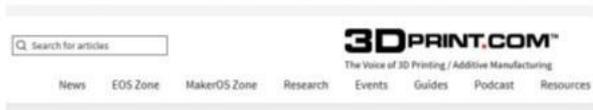
② 厚纸折叠致弯效应

波动步态



三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- 以前沿理论为引领的轻量化、低成本、创新型Project&Subject
- 重点培养学生知识发展创新、前沿探索创新的能力
- 超越边界的研究密集型创新 (Research-intensified innovation) : Origami spring inspired metamaterials and robots: an attempt at fully programmable robotics. Science progress, 2020, 103(3) : 1-19. (SCI收录) (超材料+3D打印+折纸=全编程软体机器人)



DoE Awards \$800,000 to 3D Printed Microreactor Project

A microreactor is a small container with two important components: a stir bar to mix chemical samples, and a thin needle for spraying and ionizing the samples for analysis with...

3D Printing
September 16, 2020 • By Sarah Saunders



Origami Inspires 3D Printed Soft Robotics

Researchers from China have been inspired by origami structures and materials, leading them to the more complex development of robotics, as presented in the recently published "Origami spring-inspired metamaterials and..."

3D Printing • 4D Printing • Robotics
September 16, 2020 • By Bridget O'Neal



Low-Cost SLA 3D Printing Democratizes Scale Modeling

With the advent of affordable stereolithography (SLA) and digital light processing (DLP) printers like the Anycubic Photon and Elegoo Mars, the average consumer now has access to technology that, up...

3D Printing • 3D Software
September 16, 2020 • By Anthony Schilling



Fundamental VR is Challenging Traditional Medical Training in the



3DPOD Episode 35: Todd Grimm, T.A. Grimm & Associates



What Does the Siemens Nexa3D Partnership Mean for 3D Printing?

国际仿生工程学会

江雷院士、董智超 (PNAS)：仿猪草茎结构表面可在潮湿环境中连续收集和捕...

周五 16:43

科幻电影画面成真，美军首次采用四足仿生机器人

我国科学家开发3D打印软体机器人，仿生机器人成为可能！

昨天 19:34

十年磨一剑 (Nature)：仿生涂原有望实现大规模制造

哈工大何刚、赵雅鑫/PSU程睿宇：室温烧结监测人体健康的可穿戴电子

学会动态 申请入会 关于我们

3D打印网·中国3D打印行业门户网站

中国3D打印网 www.3Ddayin.net

3D打印新闻 3D打印报价 3D打印原理 3D打印材料 3D打印机 3D打印应用 3D建模教程 3D打印案例 3D打印软件 3D打印服务 3D打印展会 3D打印论坛 3D打印招聘 3D打印外包 3D打印维修 3D打印设备 3D打印方案

请输入关键词 搜索

Friction 中国科技期刊卓越行动计划领军期刊 Springer

3D打印丝网制造用于再生医学研究的支架

中国3D打印网9月19日讯，丝蛋白仅用于制作传统的支架结构，而且这种具有生物相容性的天然蛋白质材料其外观更复杂。该团队使用3D打印技术制造了更复杂的支架结构。(详情)

我国科学家受折纸启发开发3D打印软体机器人

中国3D打印网9月17日讯，来自中国的研究人员受到折纸结构的启发，使他们的团队能够制造出机器人版本，如图中所示的“折纸机器人”材料和机器人；完全可编程。(详情)

·德卡机器人+激光识别，Fraunhofer·父母的器，是帮孩子识别内心真正的·Wabtec和康宁在铁路3D打印设备上合·K8 激光3D打印机：激光扫描，精·Fraunhofer ICTS开发多材料喷射3D·LNL科学家确定3D打印中颗粒形成·分析引伸法，智能阻挠生长吗？·全新3D打印 让孩子玩出最大脑·美国国防部授予爱默生大学80万美·Fraunhofer ICTS开发多材料喷射3D·访问Creality创始人陈睿对话3D Pr·3D打印丝网制造用于再生医学研究的·低温生物3D打印通过增加血管生成·黄旭华成功将神经传感器药物输送系统

国内动态 更多

国外快速 更多

新闻人物 更多

我国科学家受折纸启发开发3D打印软体机器人 中国3D打印网9月17日讯，来自中国的研究人员受到折纸...

黄旭华成功将神经传感器药物输送系统 中国3D打印网9月14日讯，由研...

访问Creality创始人陈睿对话3D Print 中国3D打印网9月19日讯，3D打...

三应变：基于“六位一体”模型的《新形态智能机器人》新工科课程构建

- 以前沿理论为引领的轻量化、低成本、创新型Project&Subject
- 重点培养学生知识发展创新、前沿探索创新的能力
- 超越边界的研究密集型创新 (Research-intensified innovation) : A 3D Printed Paper-Based Thermally Driven Soft Robotic Gripper Inspired by Cabbage. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 20(11), 1915-1928.(SCI收录) (植物仿生+3D打印+可降解形状记忆聚合物=软体夹持器)



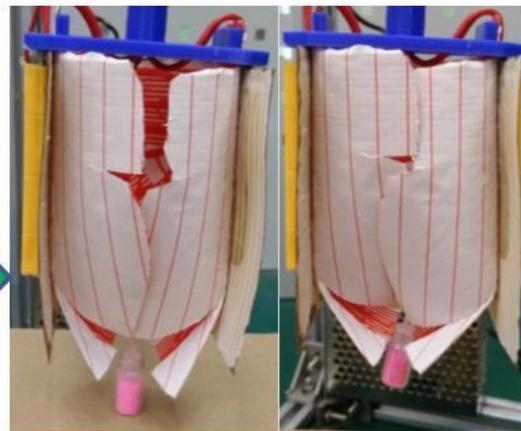
结球甘蓝的卷曲包络机制

结构
仿生



3D打印热塑性形状记忆聚合物

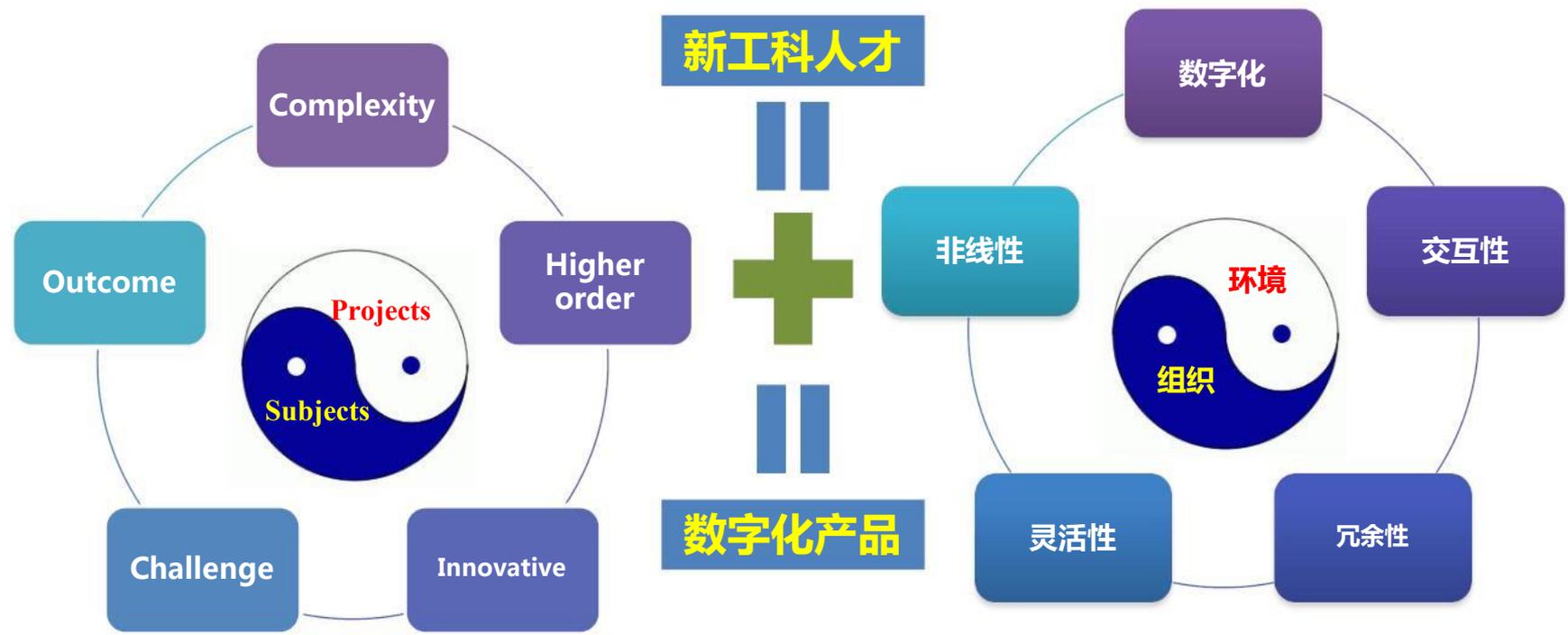
热驱
控制



3D打印纸基热驱软体夹持器

三应变：新工科的内涵与形态，一体推进、不可偏废

- 新工科Project&Subject**内涵**特征：复杂性、高阶性、创新性、挑战度、有效度
- 新工科Project&Subject**形态**特征：非线性、数字化、高冗余、灵活性、交互性



千万教师积极站在时代变革的巨浪之上，识变、求变、应变！

MOTION
LEADERSHIP



变革是一个充满不确定性的旅程，而不是一张蓝图。教师是教育变革和社会进步的动力。

—— 迈克尔·富兰(加拿大)

致 谢

祝愿大家生活愉快、万事如意！