工程认知、产教融合、弹性教学支撑

纪阳 北京邮电大学
信息技术新工科产学研联盟
工程专业认知与创新素质培养工作委员会 主任

背景

- 信息技术新工科产学研联盟
  - 信息技术新工科产学研联盟，简称：新工科联盟，成立于2017年11月，是由中国软件行业协会与国内部分高校、科研院所、行业企业联合组建，并得到了**教育部高等教育司，工信部信息化和软件服务业司、人事教育**司的大力支持。
- 联盟职能
  - 探索建立**面向产业需求**的产学研科技创新体系，打造**产学研深度融合**的生态环境，**创建面向产业需求的人才培养范式**，形成**信息产业创新人才**的评价体系，引领我国软件和信息技术服务业跨越发展。

2018年1月13日，信息技术新工科产学研联盟工程专业认知与创新素质培养工作委员会成立，100+大学参与

信息技术新工科产学研联盟

联盟首批工作委员会名单

编号	工委名称	主任	牵头高校	支持企业
E01	工程专业认知与创新素质培养工作委员会	纪 阳	北京邮电大学	美科科技等
E02	系统能力推进工作委员会	刘卫东	清华大学	龙芯中科
E03	实践课程与实训平台建设工作委员会	柳栋桢	浙江大学	网易
F01	通用能力评测工作委员会	吕卫锋	北京航空航天大学	
F02	大学生竞赛工作委员会	蒋宗礼	北京工业大学	

提纲

- 新工科时代为什么要进行工程认知教育？——工程教育史的视角
- 产教融合应该向何种方向进行融合？——从工程认知教育角度
- 工程认知教育中为什么要进行弹性教学支撑？——从学习者为中心的角度
- 微信小程序+云开发的教育价值在哪里？——从工程认知与创新素质培养的角度

新工科时代为什么要进行工程认知教育？

——工程教育史的视角

今天工程教育正处在“转型”或“改革”、“重塑”、“再造”的历史时期，正在经历着工程教育史上第二次“转换范式”的革命——二次革命。

技术范式

工程即**技术**，是艺术、技艺、技巧、技能技术的应用。

科学范式

工程即**科学**，是科学的一个分支，是科学原理的应用。

工程范式

工程是一种**专门的职业**，（从事该职业的人）借助由学习、体验和实践得到的数学与自然科学知识并结合判断，用以经济有效地开发利用材料与自然力的途径，使之造福人类。

幼童期--青少年期--成人期

paradigm shift

摘自浙江大学王沛民教授的《疫情后的工程教育：挑战与对策》

工程教育范式的历史因素

技术范式

背景：为了适应农业经济时代和工业经济时代初期简单生产和工艺创新的需要。

特征：**重视工程实践**，强调技术应用和实践操作，以培养现场工程师为目标。

1940年之前

科学范式

背景：二战期间科学技术对创新产生巨大影响力，但工程师普遍缺乏科学方面的严格训练，难以将科学原理应用于产品创新。

特征：**重视数学和科学**、强调工程科学和理论分析，工程师的培养模式与科学家的培养模式趋于雷同。

20世纪40年代------

工程范式

背景：在科学范式下培养的工程师很难应付社会发展变化产生的技术、市场、文化等融合的复杂性问题。

特征：**注重实践的同时追求理论与实践的平衡**，注重学生知识、素质、能力的协调发展，倡导工程教育的系统性和整体性。

20世纪90年代——

MIT：实学兴邦的典范

Our Revolution

ASEE PRISM, May 1994

Charles Vest（1990—2004年MIT校长）

MIT再造工程教育的4点主张：

1. 必须坚决回归到工程实践的根本
2. 重构课程计划并增添工程新内容
3. 接受工程设计和实践的完整训练
4. 增加人文社会科学素养开拓眼界

秉承MIT办学宗旨：教学、研究与关注现实世界的问题相结合

Return to Engineering

回归工程实践，回归工程综合，回归工程创造

摘自浙江大学王沛民教授的《疫情后的工程教育：挑战与对策》

例子：CDIO

12条标准

- **标准1 以CDIO 为基本环境**

学校使命和专业目标在什么程度上反映了CDIO的理念，即把产品、过程或系统的开发
环境？

技术知识和能力的教学实践在多大程度上以产品、过程或系统的生产周期作为工程教育的框

- **标准2 学习目标**

从具体学习成果看，基本个人能力、人际能力和对产品、过程和系统的构建能力在多大程度上
相关者的检验？

专业利益相关者是怎样参与学生必需达到的各种能力和水平标准的制定的？

- **标准3 一体化教学计划**

培养计划的设计在什么程度上做到了各学科之间相互支撑，并明确地将基本个人能力、
能力的培养融于其中？

- **标准4 工程导论**

个人能力、人际能力和对产品、过程和系统的构建能力是如何反映在培养计划中的？

工程导论在多大的程度上激发了学生在相应核心工程领域的应用方面的兴趣和动力？

- **标准5 设计-实现经验**

培养计划是否包含至少两个设计-实现经历(其中一个为基本水平，一个为高级水平)？

在课内外活动中学生有多少机会参与产品、过程和系统的构思、设计、实施和运行？

CDIO——MIT工程教育教学改革最具标志性的成果。

2004年,在“大工程观”理念的牵引下,MIT和瑞典皇家工学院、瑞典查尔姆斯理工大学、瑞典林雪平大学联合创立了“CDIO”工程教育模式.CDIO分别代表构思(Conceive)、设计(Design)、实施(Implement)和运行(Operate)。
通过理念、课程与教学改革、工作坊活动以及评估流程，CDIO模式解决了工程教育中的一些冲突问题，使得工程教育各方面能够与实际工程需要相契合。

标准4 工程导论

个人能力、人际能力和对产品、过程和系统的构建能力是如何反映在培养计划中的？
工程导论在多大的程度上激发了学生在相应核心工程领域的应用方面的**兴趣和动力**？

回归工程：回归工程实践的本源

Engineering as Practice

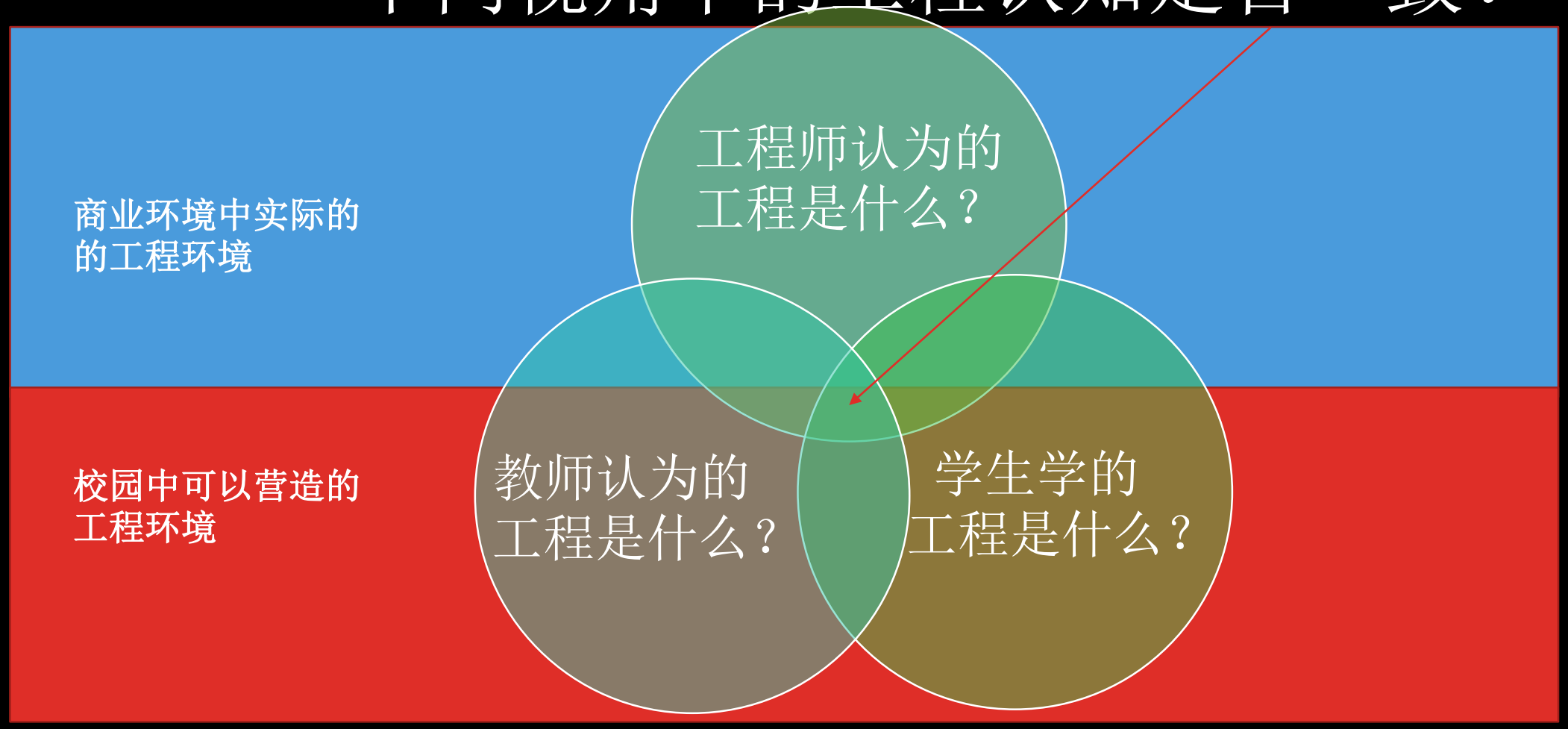
实践性是马克思主义哲学的基本特性之一，也是工程哲学的一个基本范畴。提出回归工程实践，首先是要解决好几个明确认知：

- 工程活动到底是做事的实践活动还是写文章的科学理论活动或人文情感活动?
- 工程知识体到底如何构成？纯粹显性知识构成，还是显性知识和隐性知识（经验与直觉等）构成?
- 工程职业到底是一般的普通职业（trades, vocation），还是特殊的专门职业（profession）？

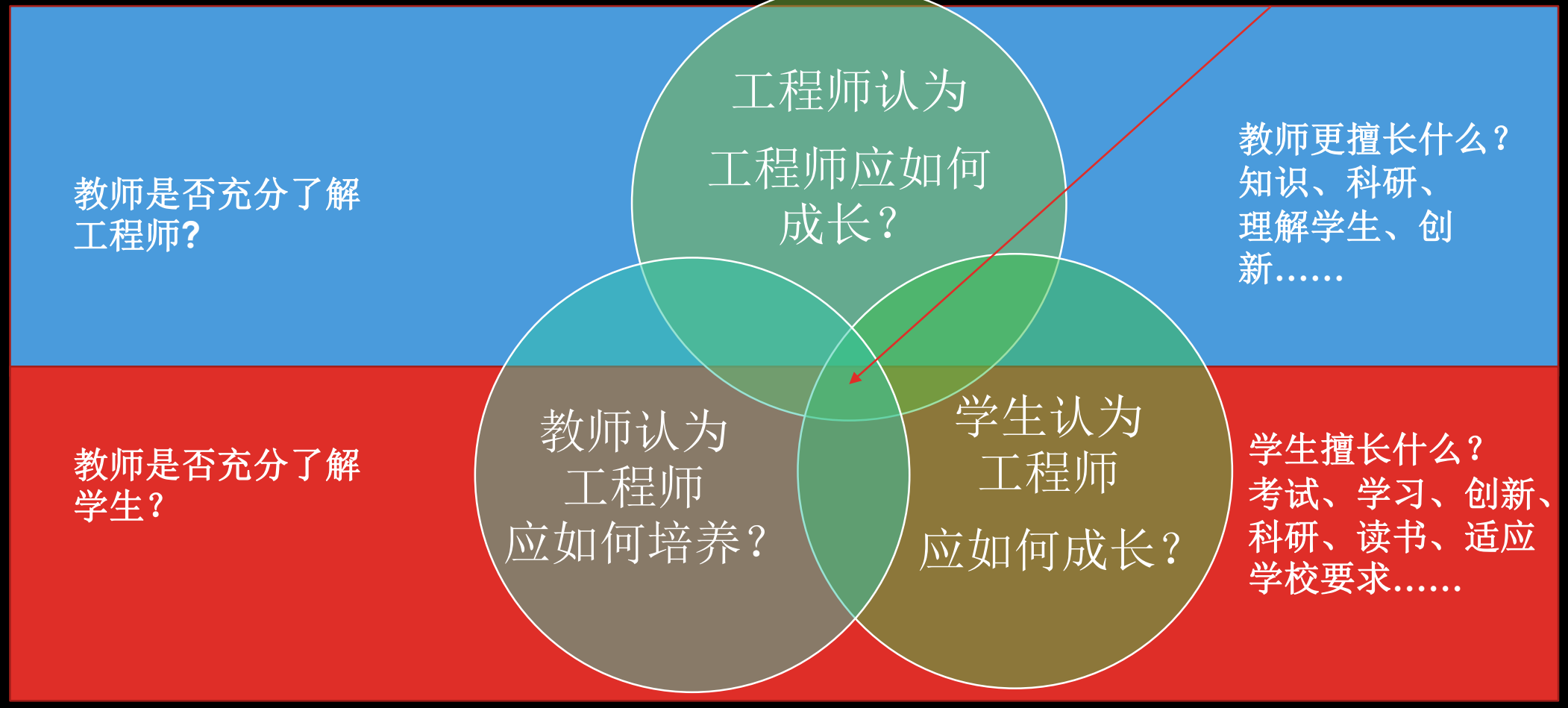
工程实践，指的是工程师作为专业工作者进行的的工程专业实践。为此，工程教育要使学习者为日后从事的工程职业做好足够的训练与准备。

摘自浙江大学王沛民教授的《疫情后的工程教育：挑战与对策》

不同视角下的工程认知是否一致？



对于成长路径的理解也不相同



期待的工程认知

- 大工程观

  学生需要在一开始理解真正的工程，意味着实践、设计、综合、与社会的联系、与行业的联系、与科学技术的联系、与社会演化的联系……，而非仅仅是与科学的联系，或与技术的联系。

- 成长与创新素养培育相结合

  学生需要在一开始就意识到，自己需要面向自己的成长，在实践中学习，面向未来的工程创新，进行跨学科的协作，在创新中学习。

教育者—回归实践的推进者

- 工科的教师是否有企业的经历？
  - 大量的教师都是本科到博士、再到博士毕业都在大学任教，没有接触过企业与实际工程。
- 工科的主战场在工程还是科研？
  - 研究型大学的教师心里认为的主战场可能还是在科研吧。
- 工程是Paperwork还是Dirty Hand in Field Work？
  - 工程师对工程的整体成败负责，理论研究仅对工程局部问题上的观点负责，教师擅长后者。

产教融合应该向何种方向进行融合？

——从工程认知教育角度

知识配置观的教育模式将受到挑战

- 高等工程教育正面临如何应对快速变化的产 业环境对教育的挑战。
  - 有些人认为应该积极跟进产业界的发展，设立新的专业，让学生能够学到最新技术以适应产业需求。
  - 另外一些人主张应该让学生学习原有的基础知识，跟进产业变化看似美好，实则蕴含风险。学生入学时热点在Ａ，毕业时热点可能是Ｂ，学生的发展前途得不到保证。
  - 但它们其实可以被归结为是同一类“知识配置型”思维，即如果我们给学生配置了相关的知识，学生就能够解决相关的问题；如果我们没有配置相关的知识，学生就无法解决与之相关的问题。

知识配置观：实践置后

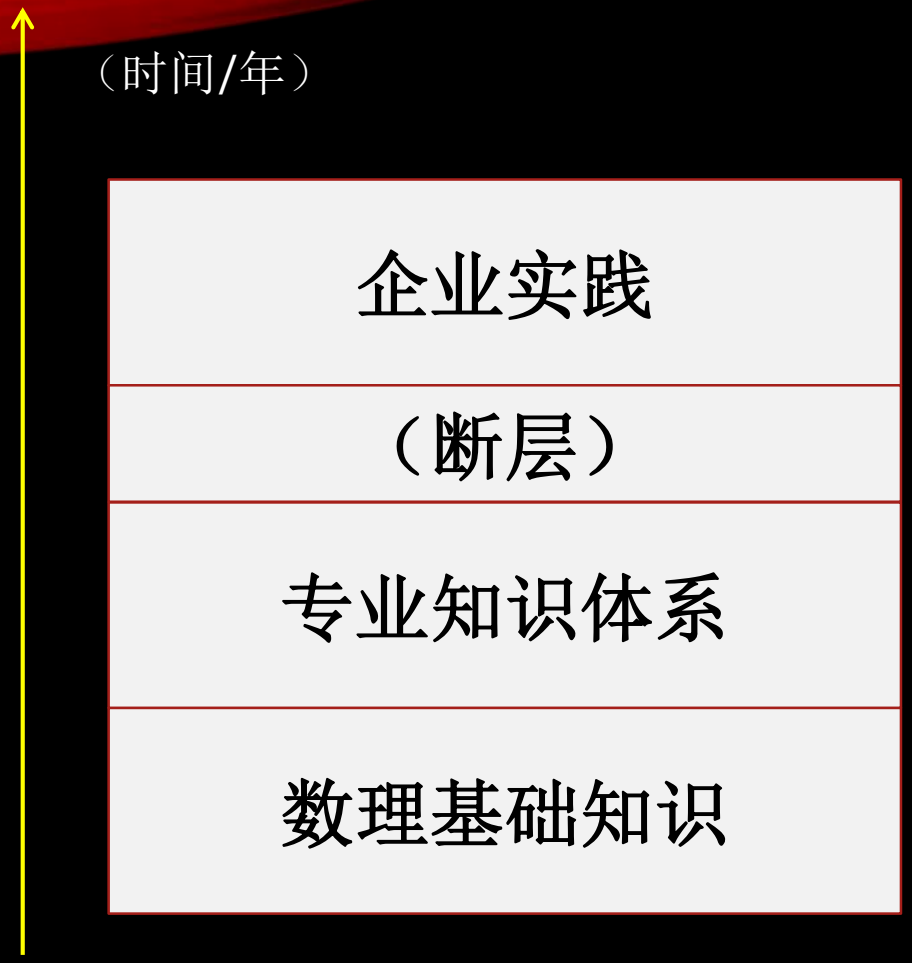
（时间/年）

企业实践
（断层）
专业知识体系
数理基础知识

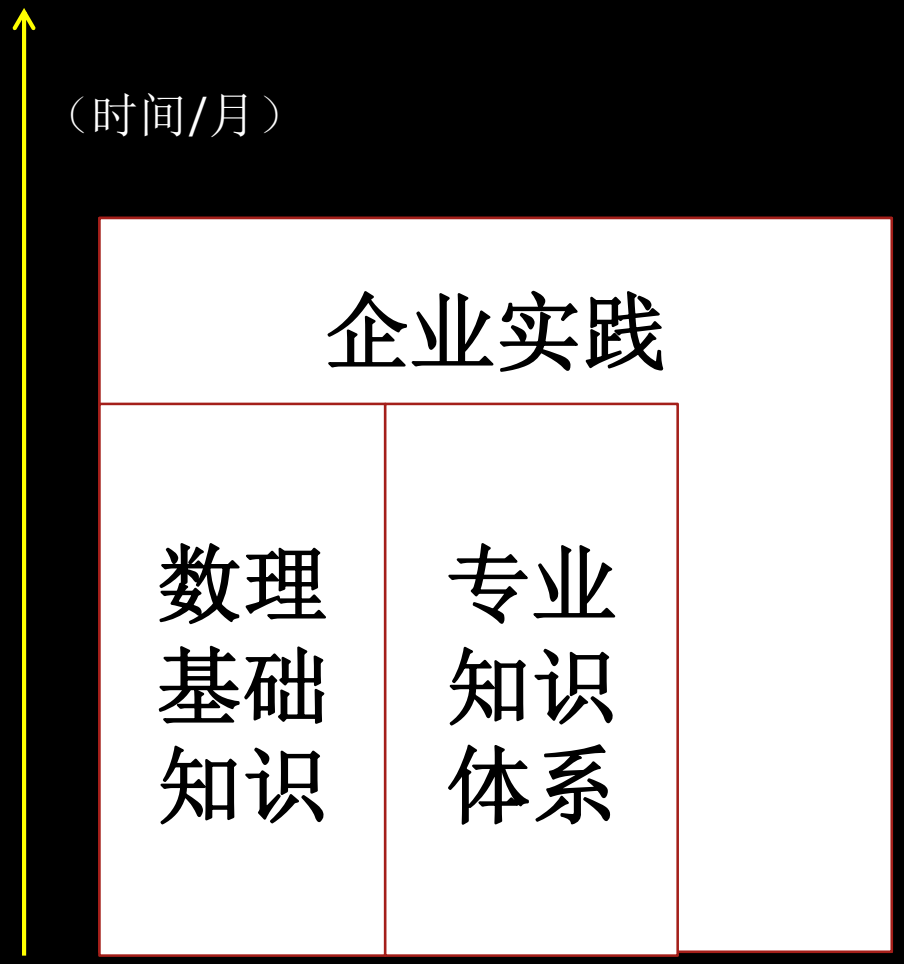
“知识配置观”下的
教学实践模式

弊端

- 过于高估了大学专业知识体系与企业实践的衔接能力。
- 过于高估了学生的记忆力。
- 反馈 周期过长。学生无法在大学期间对自己的学习和发展进行必要的调整。



“知识配置观”下的
教学实践模式

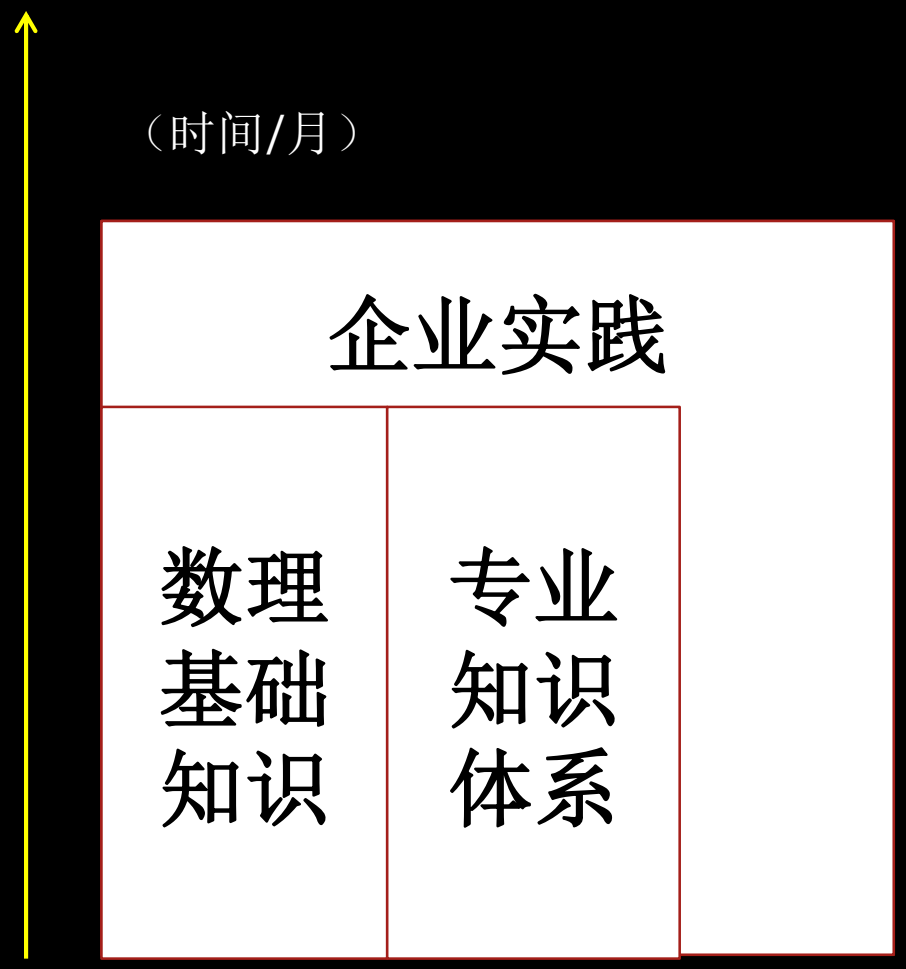


“适变能力观”下的
教学实践模式

适变能力观：实践前置

观念不同

- 接触企业实践提前，不懂也不怕。
- “产业环境是什么样的”、“接触到不懂后怎么办”、“刚刚学到的这些理论在工程 实践中是怎么运用的”、“下一波产业创新焦点应该 在什么方 向”、“我应该如何面向未来趋势进行创 新”等等，**才是真正需要学习的事情。**



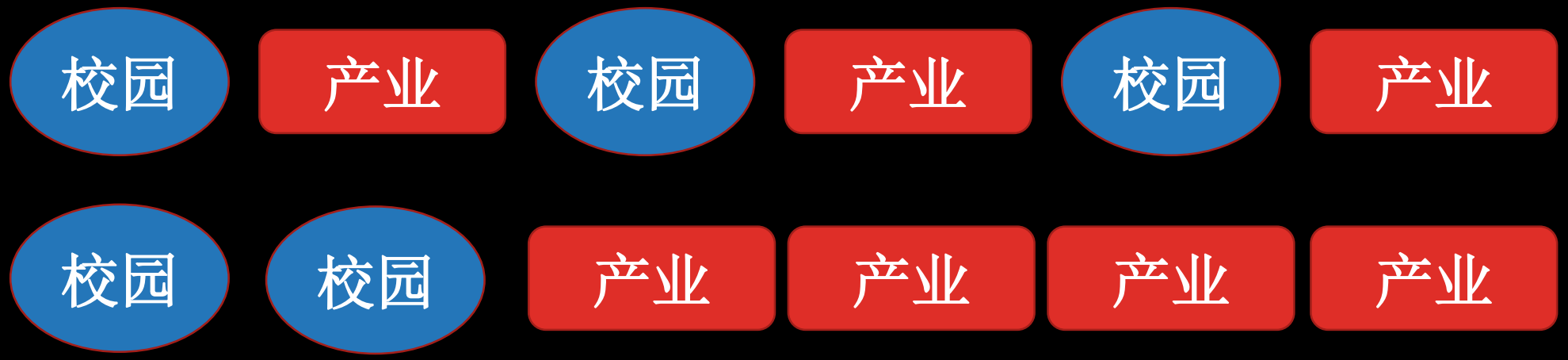
“适变能力观”下的教学实践模式

适变能力观下，产教融合的课程模式

- 学生接触企业实践的机会提前了
  - 这里的企业实践并非是指去企业实地考察的暑期实践活动等类项目， 而是**接触到当前产业界真正推进的研发活动，甚至参与进去。**
  - 例如，在信息领域，现在有大量的开源项目、开放API、开放文档和开发者社群，学生通过搜索引擎就能够很容易找到一线工程师的所思所想和经验总结。所以，教师在教学中进行一些课程设计就可以非常便捷的实现这种衔接，并且远比大多数走马观花浮于表面的企业参观要好。
  - 在课程之中让学生理解这些实践的目的，是为了让学生能够将基础知识、专业知识和企业实 践在几个月的时间周期内进行反复迭代的综合， 通过各种各样的探索活动，不断发现他们之间的丰富联系。
  - 由于这样的反馈可以在大学四年内进行多次，学生的自我塑造过程就容易进行得比较充分，实践能力会得到提升，而基础知识的掌握也会在不断的运用中变得更加灵活。

产教如何融合是一个普遍的难点

- 国外有一些大学尝试更为混合的模式



不同思路

如何将理论模型与产业实践关联起来

- 知识配置观
  - 工程教育应当迎合专业知识配置。
  - 旧专业不适应时代需求，新专业需要新的知识布局。
- 适变能力观
  - 工程教育应当指向能力的发展。
  - 产业与技术会一直变化，学生在学校的时候，应当学习如何适应产业的变化。

如何面向变化的产业环境，提升素养能力

- 挑战
  - 一度热门的专业可能不热了，怎么办？
  - 一度热门的技术可能不热了，怎么办？
- 挑战
  - 学生的学习观念需要调整，怎么调？
  - 学习环境需要进行重新设计，如何设计？

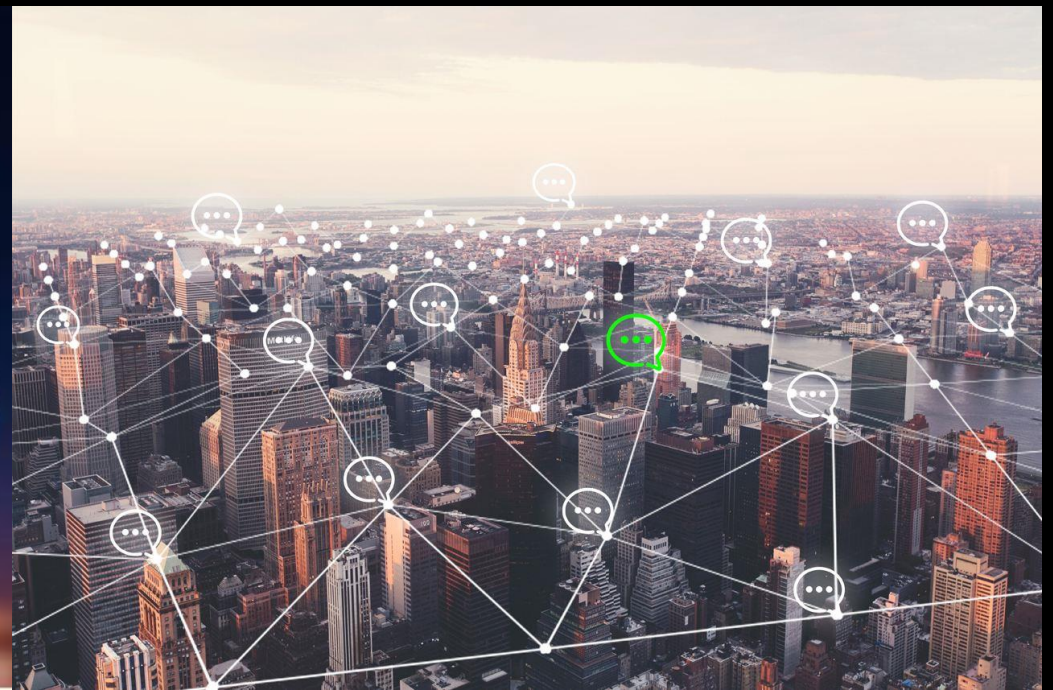
知识交融变化速度加快的时代，热点更新频次变快。

微信小程序+云开发的教育价值在哪里？

——从工程认知的角度

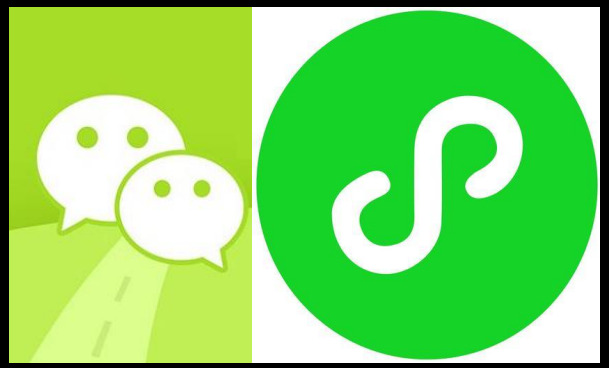
小程序、大未来

- 微信小程序的本质：随身化的、无处不在的信息服务
- 微信小程序的创新属性：5G-6G时代的生活创新引擎
- 微信小程序的工程教育属性：触达各类真实生活工作场景、各类用户、可不断演化



微信小程序+云开发的工程认知属性

- 真实，E-CDIO-KS全过程
- 可扩展
- 资源广泛，生态资源充裕
- 可跨平台、入门门槛低
- 零成本
- 学生熟悉，容易感兴趣
- 随身实验室
- 闭环容易
- 工程效果可验证



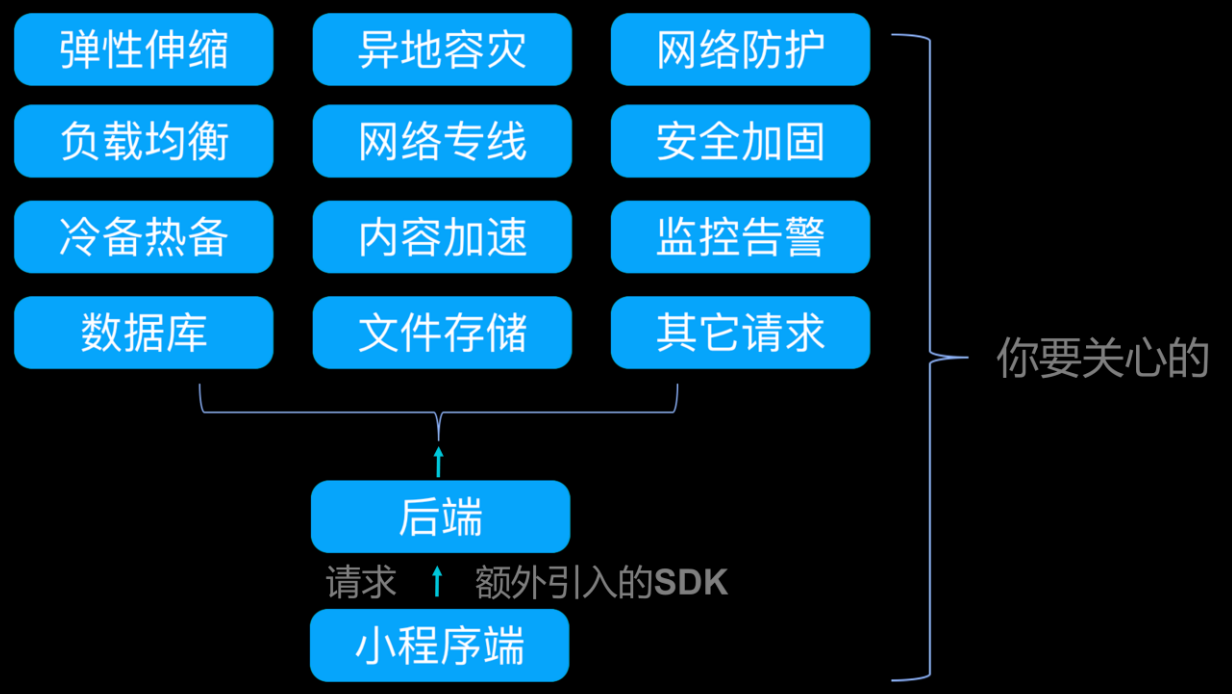
技术学习成本低

- 所见即所得，易入门
- 海量资源
- 海量支撑环境

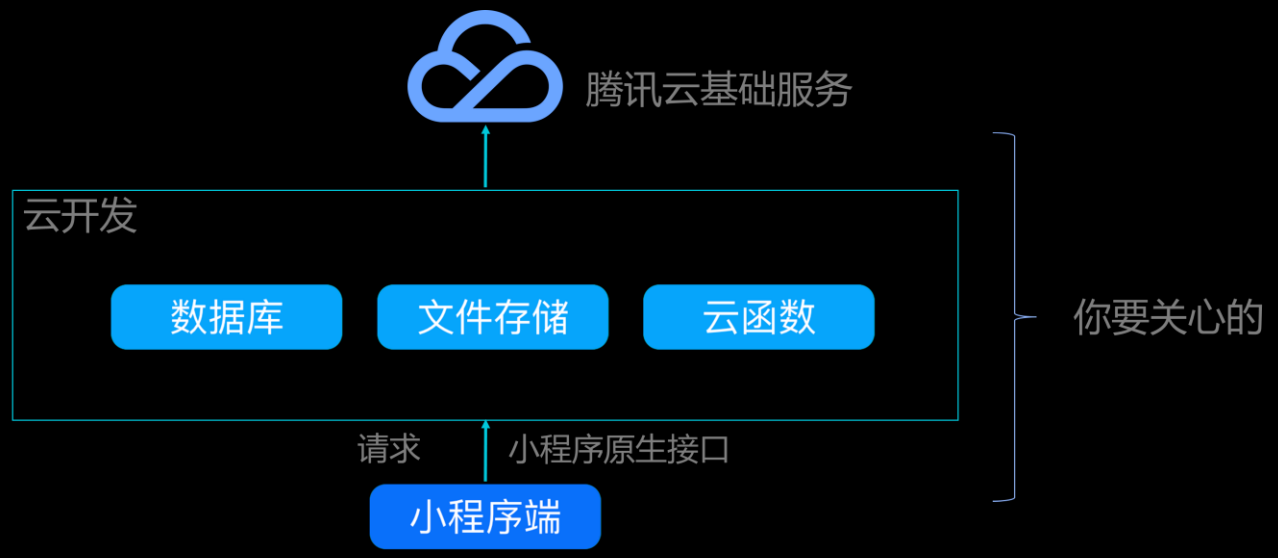
JavaScript

- JS语言，前后端全栈
- 应用驱动，使得开发极度简单化的趋势明显

云开发：服务器端的开发变得简单了



传统开发模式



云开发模式

开发者只需要关注与业务有关的核心技术问题

校园内接触工程的其他选择

- 开源硬件
  - 有开发者社区的支持。爱好者社区。
  - 硬件的调试入门更难，需要资金投入。
  - 直接应用的场景受限，工程感在原型层级还可以。
- 校园实验室
  - 实验室的管理，学生并不是可以随便接触到实验室。
  - 直接应用的场景受限，技术感有。工程方面，在实施方面可以提供帮助，产品交付则困难。

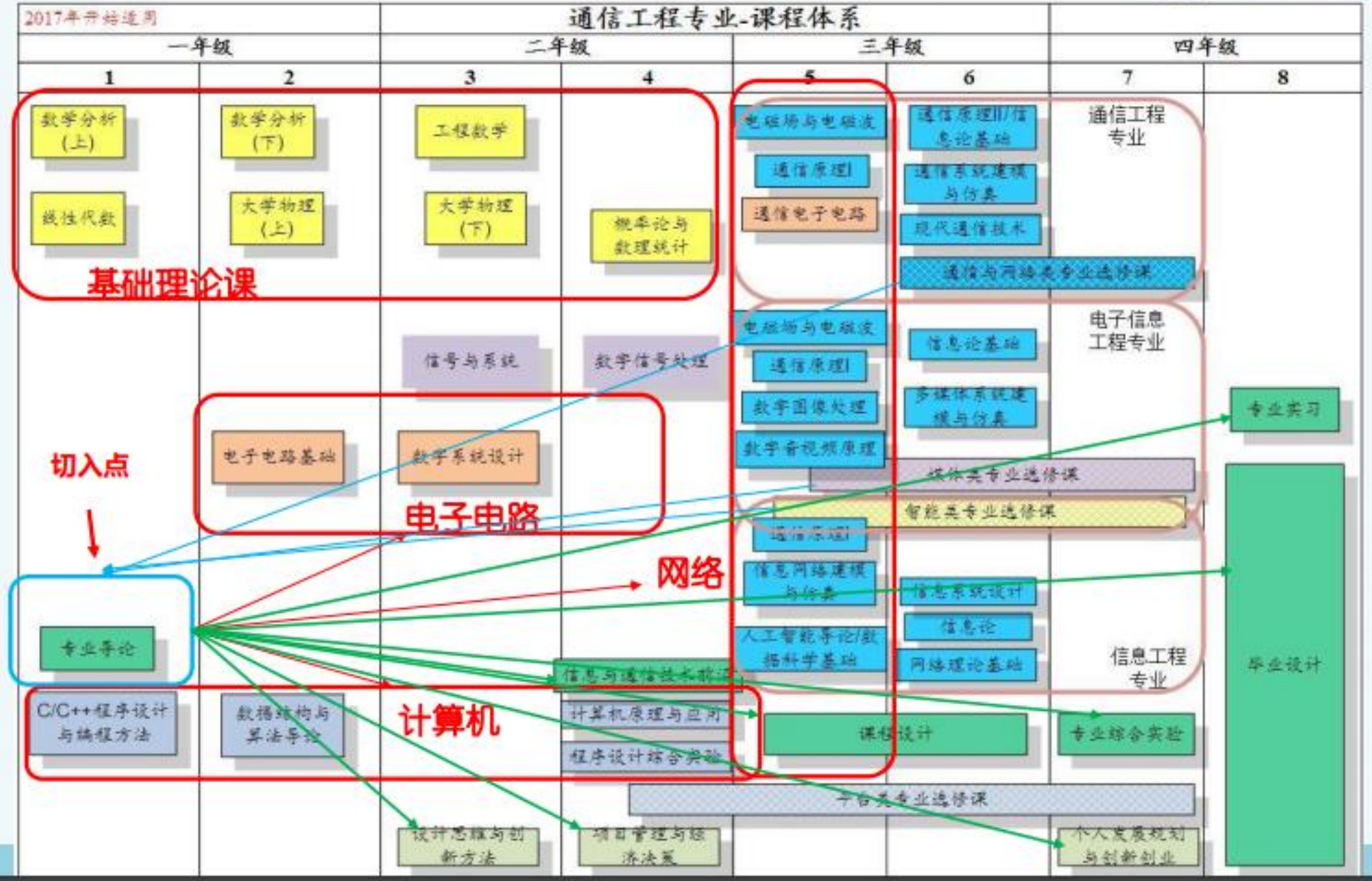
工程认知教育中为什么要进行弹性教学支撑？

——从学习者为中心的角度

工程认知及创新素质培养是一个“汇聚引导型”训练内容

北京郵電大學 Beijing University of Posts and Telecommunications

四年的课程知识体系



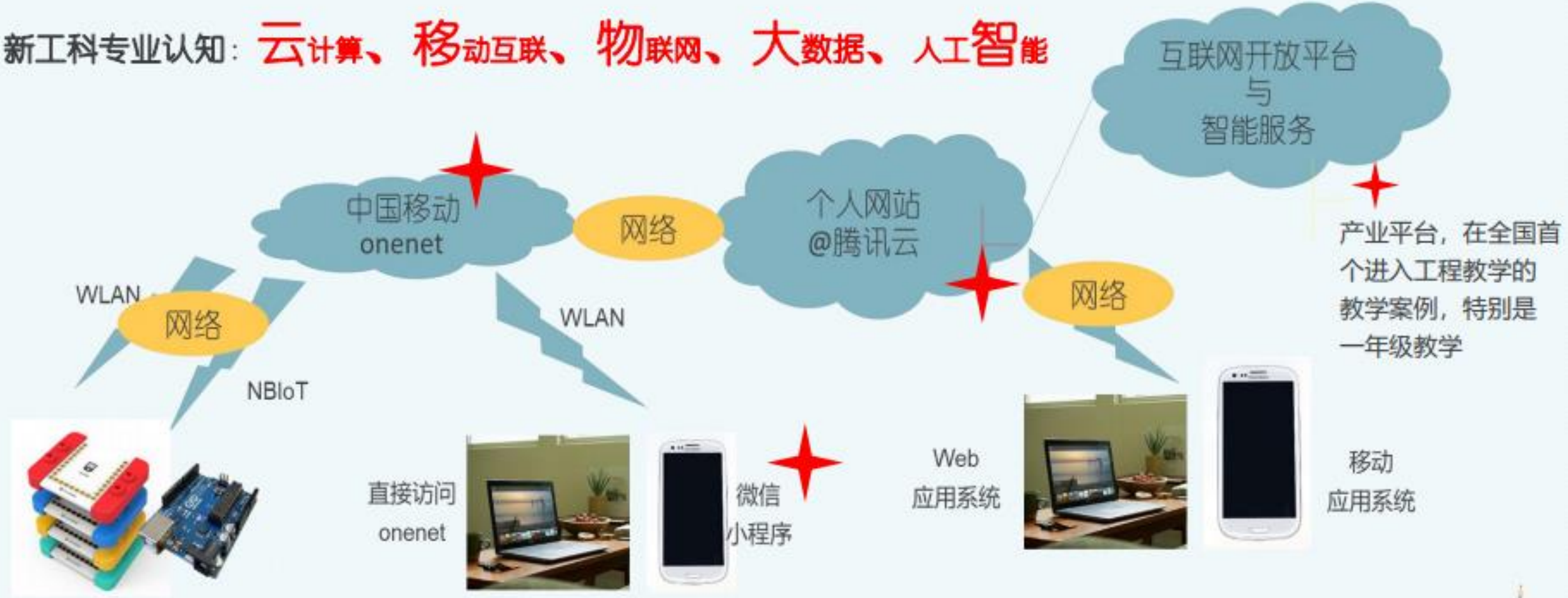
在实践探索中认知

体验式的做中学

动手搭建端到端信息与通信系统@大一第一学期
2017年教学改革进入课程体系

北京郵電大學
Beijing University of Posts and Telecommunications

新工科专业认知：云计算、移动互联、物联网、大数据、人工智能



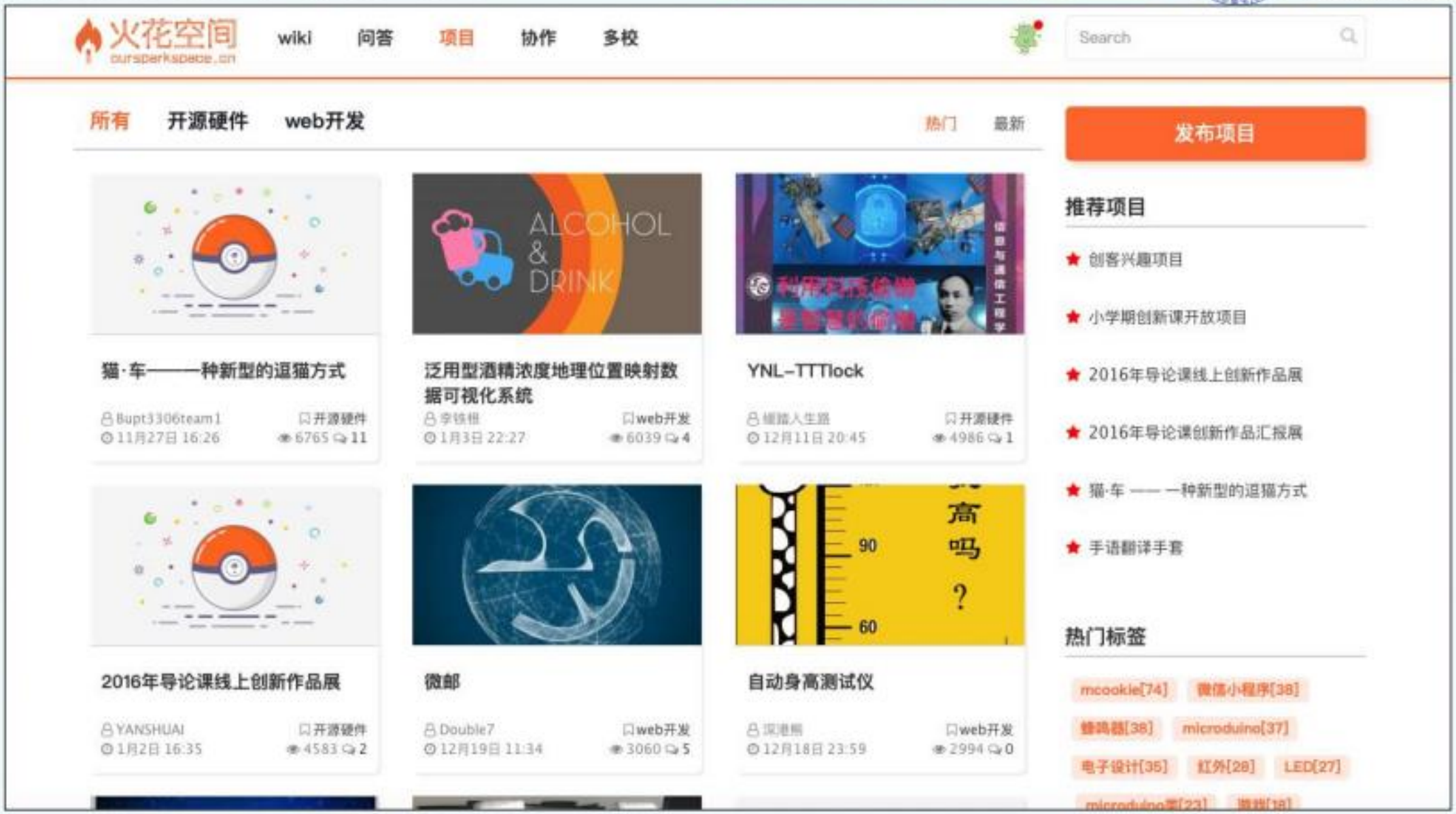
实验环境：腾讯云+微信小程序+手机电脑+ ……
硬件为：OneNet+Arduino/mcookie+…，可以发到学生手上，随时随地进行调试和学习

开源共享，回馈社区

900多个开源的创新项目 @ 火花空间

https://www.oursparkspace.cn/?page_id=432

北京郵電大學 Beijing University of Posts and Telecommunications



学习方法/教育方法

北京郵電大學
Beijing University of Posts and Telecommunications

秋季学期

创客社团

最简端到端

复杂工程端到端

创客马拉松

听课 → 实验 → - - - 听课 → 实验 → 创新

创新作品展

共5周基础实验

共4周进阶实验

共3-4周组队创新与工程环境模拟

春季学期

创客马拉松

创客社团

创新项目

持续改进

工具认知
器材认知
技能认知
学科认知
自学认知
团队合作认知

系统认知

工程认知

学科认知
探究能力发展
沟通能力发展
创新认知

工程师意识发展
创新素质发展
项目式学习
设计思维

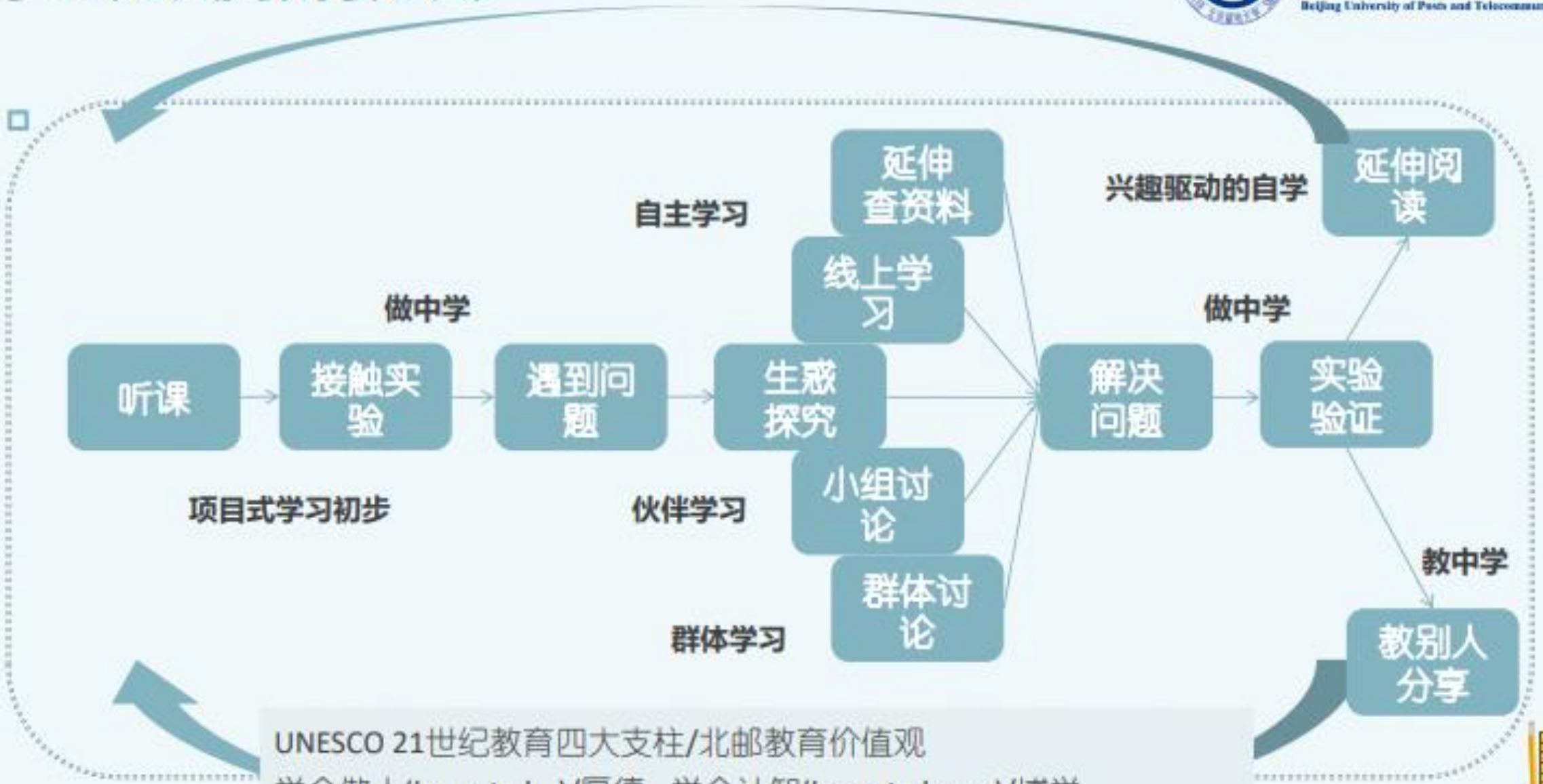
电路、计算机、网络

大系统

电路、计算机、网络

大系统

学习方法/教育方法



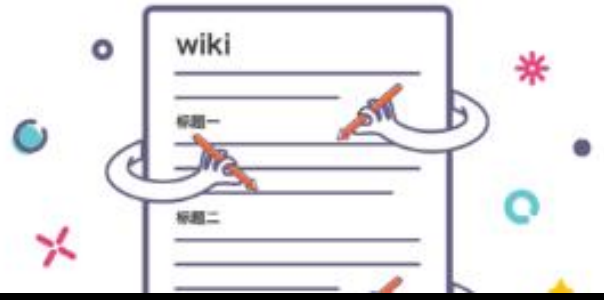
UNESCO 21世纪教育四大支柱/北邮教育价值观

学会做人(learn to be)/厚德、学会认知(learn to know)/博学

学会做事(learn to do) /敬业、学会共处(learn to live together)/乐群

火花空间
oursparkspace.cn

wiki 问答 项目 协作 注册 登录 Search



热门Wiki

【导论实验课】导论实验课

【导论实验课】Unit1：开源硬件与Web编程入门

【导论实验课】Unit2：计算机和微机实验

【导论实验课】Unit3：电路基础实验

开心

协作

开创

表达

教师教学观的调整

- 大工程观

  学生需要在一开始理解真正的工程，意味着实践、设计、综合、与社会的联系、与行业的联系、与科学技术的联系、与社会演化的联系……，而非仅仅是与科学的联系，或与技术的联系。

- 成长与创新素养培育相结合

  学生需要在一开始就意识到，自己需要面向自己的成长，在实践中学习，面向未来的工程创新，进行跨学科的协作，在创新中学习。

- 教师需要解决的不仅仅是课程内容

  教师需要构建的是一个环境，以及正确的工程价值观，以及鼓励成长的氛围。

工程认知

- 学生需要
  - 在工程中认知工程
  - 在创新中理解创新
  - 在学习尚未展开之前自主学习
- 教师需要
  - 为学生提供环境
  - 为学生提供适度的挑战
  - 引导学生自主学习、适应环境

教师困境：个性化

- 如何激发主动性
  - 如何避免教的多、学的少
  - 如何引导学生学，给多大难度
  - 如何设计学习活动
  - 如何帮助学生解决遇到的各种问题

不单纯是学生怎么学的问题

- 如何平衡多样性？
  - 学生学习风格与能力多样性
  - 学生学习兴趣多样性
  - 工程情境多样性
  - 未来发展路径与前途的多样性

不单纯是老师怎么教的问题

弹性学习支撑：学习环境构建

- 面向适变能力的教育并非意味着全部让学生自学，教师完全不提供任何支持。
- 恰恰相反，在学习模式转换的开始阶段，教师需要作更多的工作来帮助学生完成这种自主探索能力与习惯的养成，例如营造学习氛围，激发学习兴趣，选择合适 难度的探索目标，引导学生掌握梳理知识体系的方法等等。
- 与传统教学方式相比，这种学习模式 最大的差异性在于强调探索，而既然是探索就有可能超出预定的边界，遇 到各种各样的新问题。

探索之旅：弹性学习

- 弹性学习：
  - 规定最低目标
  - 规定一定要有所发展
  - 发展的方向、发展的程度是自定义的

- 如果将工程认知导论课类比为一次探索知识丛林奥秘的探险之旅，学生类比为旅行者，那么教师其实就是当地的引路者。引路者所提供的服务，就是我们所要讨论的支撑。

- 如果没有支撑，仅靠自己，大量零基础大一新生基本上无法完成这 样复杂的学习任务。如果全部依赖于外部支撑力 量，没有培养自己的探索能力，也必然无法到达探险之旅中的各个奇美景点。

弹性学习支撑：支撑者

- 同学
- 搜索引擎
- 助教
- 教师
- 大神
- 业界的大神
- 大量的视频教学资源
- 跨校园的学习者
- 比赛中的队友、竞争者

多维度的弹性支撑体系

同学们

同学们

在线实验
视频课程

宿舍

社会

宿舍创客空间
创客马拉松

现在的导论课

同届大神

多触点的创客教育环境

在线虚拟
仿真试验

原先的导论课

同学们

实验室

答疑考评

课程策划与协调

授课

课堂

同学们

助教/同届大神

QQ群、论坛

企业
学长

创客社团
创客项目展示

同学们

同学们

课程之后，同学们仍然拥有自己的一套体系，可以让课程的成果继续得到自由的发展。

同学们可以参加创客马拉松，领略更多创客文化。

让学到的东西能够应用、能够拓展。学生能力也得到提升。

课堂、宿舍、论坛、实验室、创客空间、创客社团构成了一个多触点的创客教育环境，能够提升教育效率，也为后续教育活动提供了一个平台。

弹性支撑：回答问题的模式

- 零基础新生有大量的问题
- 教师和助教也有各种各样的回答模式
  - 秒回、必回、不回、直接回答、启发式回答、反问式回答、研讨式回 答、请其他人回答、总结常见问题并发布
- 弹性：
  - 不同回答方式的支撑力度是不 一样的。
  - 所以从学生一侧能够感受到支撑，但这种支撑是**弹性**的，有时候可以依赖，有时候仅能借力，**学生必须发展出自身的力量**才能实现自己的探索目标。

举例

最初阶段

- 新生进入到新领域，面对的是大量的“拦路羊”问题，连安装软件 配置环境都有可能需要人指导。如果遇到问题， 是连如何提问题的 能力都 没 有 的。
- 新生彼此陌 生，也没有形成相互讨论交流的习惯和氛围。容 易遇到完全没有思路的迷惘而停滞几十分钟，如 果不能及时解决问题，学生就容易产生沮丧的心 理。

这就需 要 答 疑 团 队 拥 有 高 度 的 同 理 心 和 耐 心，来帮助他们建立最初的基本概念和集体氛围。 秒回、必回、直接回。。。

深入阶段

- 随着实验学习的深入，学生遇到的问题也日益复 杂。
- 如果没有掌握一些调试分析方法，并对系统 形成一定程度的理解，就根本无法解决遇到的问 题。

这个时候，就需要一步步探讨调试策略，分析阶段性的反馈信息，表现为一种研讨式的回答。
不回、启发式回答、反问式回答、研讨式回答……

总结

- 理解工程的本来目的
- 反思教师的育人使命
- 揣摩学生的成长状态
- 提供新颖的育人方法
- 寻求创新的融合理念

推动新工科建设

先从工程认知与创新素质培养开始

从工程中认识工程
在创新中认知创新
在学习没有完全展开之前自主学习
勇于探索勇于试错

谢谢聆听

再次感谢腾讯云提供一个很好的交流平台