

# 面向21世纪职场的工程人才培养思考： 创新创业教育

查建中

北京交通大学教授

联合国教科文组织产学合作教席主持人

联合国教科文组织教育信息化研究所董事

“面向先进制造的高等工程教育变革”国际会议  
暨2016年科教发展战略国际研讨会  
2016年10月28日，浙江大学

1

## 报告内容

- 人力资源市场的供给侧结构性改革 - Why
- 面向21世纪职场工程人才培养范式 - What
- 工程教育改革战略 - How

2

## 人力资源市场的供给侧改革

### 1. 供需脱节，需求不明 - 大到国家、小到学校

2010年联合国教科文组织（UNESCO）发表了“工程：面向发展的挑战、挑战和机遇”报告。这份380页的报告提出尖锐的问题：

“一个国家需要多少工程师？需要培养多少工程师才能满足这一需求？如果培养更多工程师可以促进发展吗？需要培养什么类型的工程师？什么层次和水平？...发展中国家和最不发达国家拥有足够的工程师吗？抑或他们正在培养足够多工程师但是大量人才外流导致无法发展、无法减贫、无法应对气候变化带来的主要问题？上述问题对全球发展会带来什么后果？对教育政策制定、高等工程教育以及中小学的科学教育意味着什么？全球工程师、决策者、规划人员、援助者以及如UNESCO这样的国际机构和组织应当如何应对？”

“越来越多的国家的持续增长的人群急切并强烈地质问这样的问题，但得到的回应是这些问题加上事实上更为复杂的相关问题无法被简单直接回答，这是因为惊人的部分原因源于缺乏国家和国际层面的工程统计数据 and 数据指标，而这些数据和指标对于回答这些问题是必要的”。<sup>3</sup>

## 人力资源市场的供给侧结构性改革

### 需求不明 UNESCO 调查全球各国工程需求

2016年UNESCO总部专门立项来做这件事，作为每两年一次连续十年序列的第二部工程学报告的主题

该重大项目的设立

(1) 研究何种数据指标能反映工程工程人才的需求和培养 (2) 根据这些数据指标收集工程数据，以反映全球和各成员国工程专业职场的人才真实需求，工科学生在工程领域就业数量和质量的情况

(3) 在此数据统计的基础上进行分析，提出建设工程能力的政策建议。

**宏观中观微观数据是办好工程教育和工程教育的重要基础**

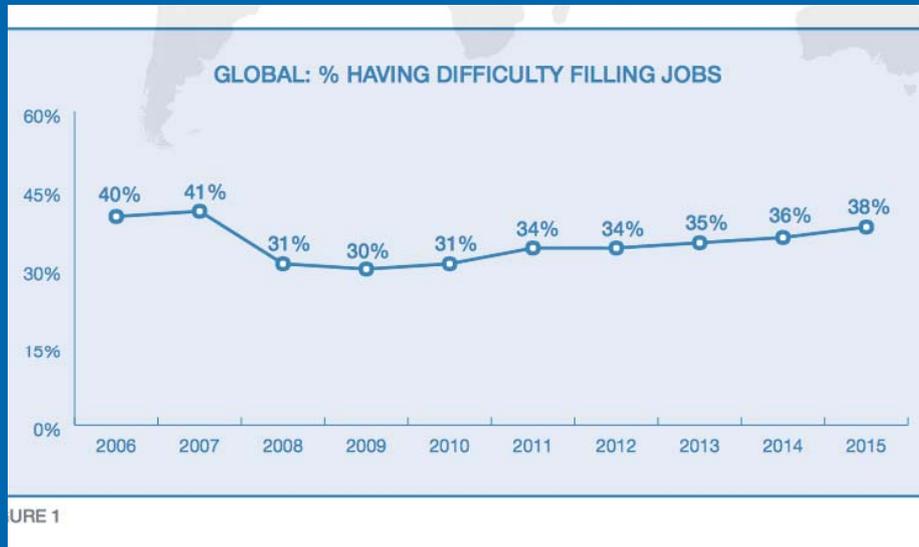
## 人力资源市场的供给侧结构性改革

- ✓ 供需脱节，供方不了解需方的真实需求
- ✓ 低质产能过剩（就业难），优质供给不足（求才难）
- ✓ 供方闭门造车，自娱自乐；需方坐等其成
- ✓ 教育评价体系和资源分配学术导向，轻视忽视面向职场专业教育
- ✓ 工程教育转型和升级
  - 转型 - 重新审慎定位，不适当要转向：适应社会和学生终身职业生涯发展需要（以“应用型”人才为主，其中包括“学术型”人才）
  - 升级 - 方向正确，提升人才培养质量和层次（对应职场层次）

## Manpower 2015年 产业人才缺口调查 - 各国比例



## 十年人才平均缺口对比



## 全球“人才荒”

### 全球：雇主最难填补的十大职位

- 1 | 技术工匠
- 2 | 销售代表
- 3 | 工程师
- 4 | 技术人员
- 5 | 驾驶员
- 6 | 管理层/高级管理人员
- 7 | 会计/财务人员
- 8 | 秘书、个人助理、行政助理及办公室职员
- 9 | IT人员
- 10 | 生产作业操作工/机器操作人员

✓2015年调查 42国41000公司，38%完不成招聘计划；技术工匠位于十大缺口人才之首

✓高中低各层专业技术人才都缺

✓缺口人才相关专业教育的层次：

✓中职：1, 5, 10 (5.3 / 3)

✓高职：2, 4, 7, 8, 9

(6.0 / 5)

✓本科：2, 3, 6, 7, 8, 9

(5.8 / 6)

相关性排序：本科(0.97)、高职(1.2)、中职(1.77)

# 工程人才短缺十年来位于前四位



GLOBAL: TOP JOBS EMPLOYERS ARE HAVING DIFFICULTY FILLING 2006-2015

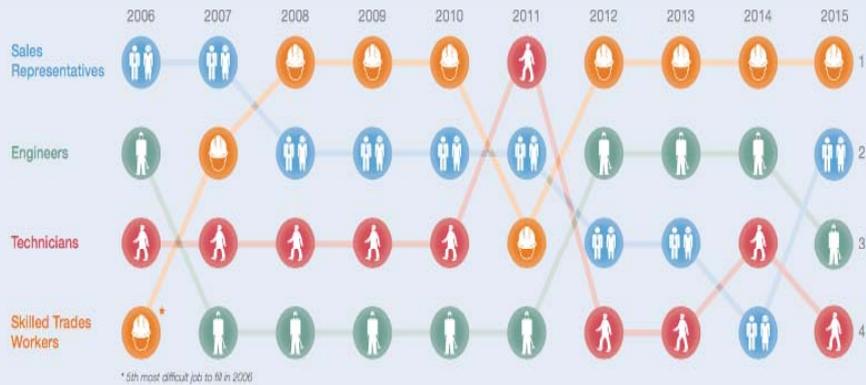


FIGURE 3

# 中国企业缺乏的前十种人才



中国大陆  
雇主最难填补的10大职位

- 1 | 技术人员
- 2 | 销售代表
- 3 | 销售经理
- 4 | 管理层/高级管理人员
- 5 | 工人
- 6 | 技术工匠
- 7 | 工程师
- 8 | IT人员
- 9 | 生产作业操作工/机器操作人员
- 10 | 研发人员

全球: 雇主最难填补的十大职位

- 1 | 技术工匠
- 2 | 销售代表
- 3 | 工程师
- 4 | 技术人员
- 5 | 驾驶员
- 6 | 管理层/高级管理人员
- 7 | 会计/财务人员
- 8 | 秘书、个人助理、行政助理及办公室职员
- 9 | IT人员
- 10 | 生产作业操作工/机器操作人员

及发达国家情况不一样，  
中国特色：反映产业转型  
对高端人才需求的变化

层次人才都包括  
才的相关专业教育层次

6, 9 (6.6 / 3)  
: 1, 2, 8 (3.7 / 3)  
, 3, 4, 7, 8 (4.8 / 5)  
4, 7, 10 (7.0 / 3)  
本科 (0.96)、高职 (1.23)、中职  
研究生 (2.3)

Inc. (美国万宝盛华公司) 2013 - 2015

## 招聘人才困难原因



### TOP 5 KEY REASONS FOR DIFFICULTY FILLING JOBS



1. 缺乏足够应聘者 (35%)
2. 缺乏专业技术能力 (34%)
3. 缺乏经验 (22%)
4. 缺乏软技能 (17%)

## 各国大学毕业生就业难！！



- ✓根据全美大学与雇主协会的统计，2007年毕业的大学生毕业时51%已有工作，2008年下降到26%，2009年骤减到19.5%。也就是说，2009年的大学毕业生，每五个人中，找到工作的还不到一人。
- ✓根据日本经济新闻的报道，2012年大学本科的就业率是63.9%。日本新设“专业大学”类型高校以解决就业和人力资源短缺问题
- ✓路透社认为，毕业生失业人数上升反映出经济不景气，英国经济今年年初刚走出数十年来最严重的衰退。就业最差的3个专业分别是计算机、传媒和工程学，未就业学生比率分别为17%、14%和13%。英国政府和高校重视学生就业，就业率是高校评价体系的重要指标之一。

## UNESCO报告（1972年）



- 早在1972年，联合国教科文组织国际教育发展委员会提供的研究报告《学会生存：教育世界的今天和明天》就归纳了新的现象——**社会拒绝使用学校的毕业生**：部分社会正在开始拒绝系统化教育所产生的成果，这在人类历史上还是第一次。  
.....当这种体系所授予的资格和技术不能满足社会的要求时，这些社会组织便拒绝接受这些毕业生。

**专业教育与社会需求脱节！！**

来源：Edgar Faure, etc. "Learning to be: The world of education today and tomorrow", UNESCO, 1972

## 什么是引发人力资源市场悖论的主要原因？

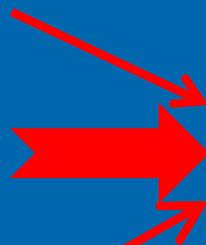


- 教育落后于社会和产业的发展速度
- 教育与社会和产业的需求脱节

## 怎么满足关键利益相关者的需求？



- 学生求职就业需求
- 产业雇用称职人才需求
- 国家人力资源需求



**职场需求！**

**必须发展面向职场的专业教育！**

## 何为“专业教育”？



- ✓ 直接满足未来职场对成批专业人才的需求（质 + 量）
- ✓ 目标在于培养学生具有职业生涯的素质、能力、知识和技能并具备求职竞争力
- ✓ 满足国家对于各类专业人才需要以发展社会和经济

专业层次包括中职、高职、本科、硕士、博士教育  
专业内容涵盖：理、工、农、医、法、商、文秘、管理、师范、军事等等

职业经理人、职业军人、职业外交家、职业司机、职业演员、职业画家、职业作家、职业革命家...（职业水准、规范、道德、标准、责任、地位、待遇...）

## 何为“面向职场”？

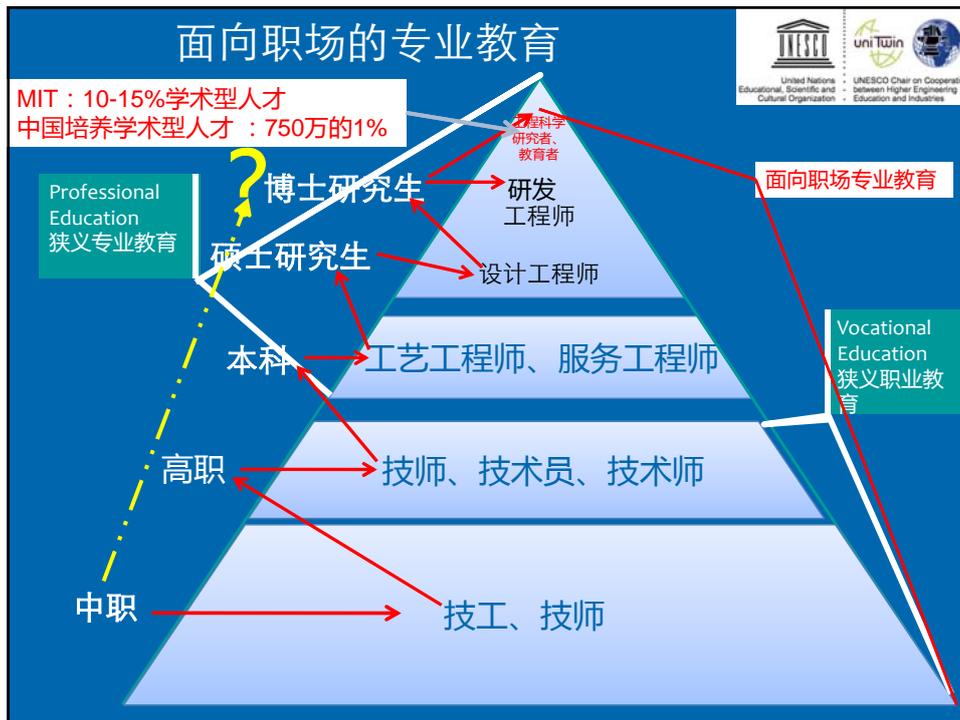


- ✓满足职场需求（未来、人才素质能力、创新知识）
- ✓融入职场文化（顾客至上、服务到底、持续改进、创新、面向问题解决、团队合作、有效沟通）
- ✓利用职场资源（专家、硬件、软件）
- ✓接受职场检验（实习生质量、专业评估、毕业生职场表现）

## 各层各类专业教育的共性



- ✓面向职场需求(市场驱动)：人才层次、类型、数量、质量标准由职场需求决定
- ✓产学合作（办学机制）：培养目标、职场文化环境、教学资源（师资、职场环境）、评价检验
- ✓职业性和专业性的统一：基于职业性的专业教育
- ✓素质教育和专业教育的统一：全人教育
- ✓理论和实践的统一：理实融合，知行合一，做中学
- ✓前瞻性：面向未来职场的需求，超前引领
- ✓教学过程：以学生为中心、基于项目团队合作的主动学习；师生利用先进教育科技（ICT工具）
- ✓科教融合：把科研和教学融合在一个过程中



United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization  
UNESCO Chair on Cooperation between Higher Engineering Education and Industries

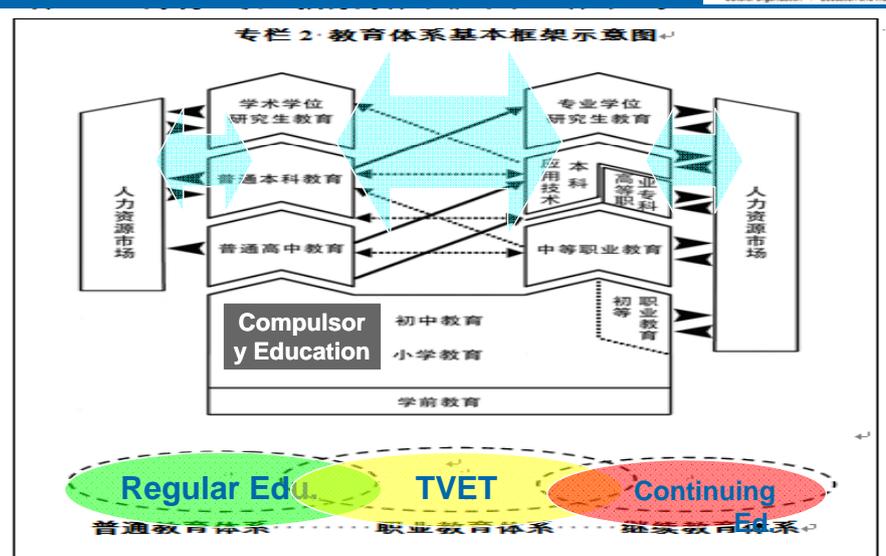
黄炎培先生早年在“大职业教育系统观”中指出，“初中毕业后入分科高中，毕业后就业或实习一年有条件再入所习同科的大专院校，毕业后任职；如有进一步发展可能，再入所习同科之研究院，谓之专科一贯，学习互进。这样培养出的人，才具有真才实学，与恃资格名位者完全不同。”

# 世界现代职业教育如何发展？



- ✓ UNESCO把技术与职业教育 (TVET) 定义为面向职场需求培养人才的一类教育，从基本技能到高等技术和专业
- ✓ 2012年上海TVET宣言：把TVET从传授一技之长使青年就业转向面向终身职业生涯的专业教育；
- ✓ 2015年TVET大会：淡化职业教育和普通教育的界限。
- ✓ 美国将TVET改为Career & Technical Education & Training (1998)
- ✓ 澳大利亚RMIT、台湾成功大学 (亚洲14)、台湾科技大学 (亚洲21) 等研究型大学都从职教发展而来并始终包括职业教育层次
- ✓ 加拿大滑铁卢大学 (国际前100) 等研究型大学都实施产学研合作办学、做中学、工学交替、职业导向的教育模式

## 面对着同一个人力资源市场的专业教育



出处：熊建辉 - 新时期高等教育改革创新的政策视角

## 榜样的力量 - 国家示范校



- ✓ 109所国家示范高职院校（大专层次）
- ✓ 37所国家示范软件学院（本科+研究生层次，全部建在985、211大学）

结论：

- ✓ 在理念、目标、机制、模式和方法论上全面展示了**面向职场的专业教育**的共性和结果。能够满足，
  - 学生成为高素质职业人才并高质量就业
  - 产业获得合格的专业人才
  - 国家建立创新社会所需人力资源
- ✓ 证明了**面向职场的专业教育**的生命力和可行性
- ✓ 可以向各层次各类型专业教育起到示范作用

## 目标的确定



(1) 满足社会对专业人才的需求-工程师摇篮

**按照职场的能力标准提供合格的工程人才（卓越工程师计划）**

(2) 满足学生职业生涯发展的需求-职业导向

**使学生具有就业的竞争力（国际）**

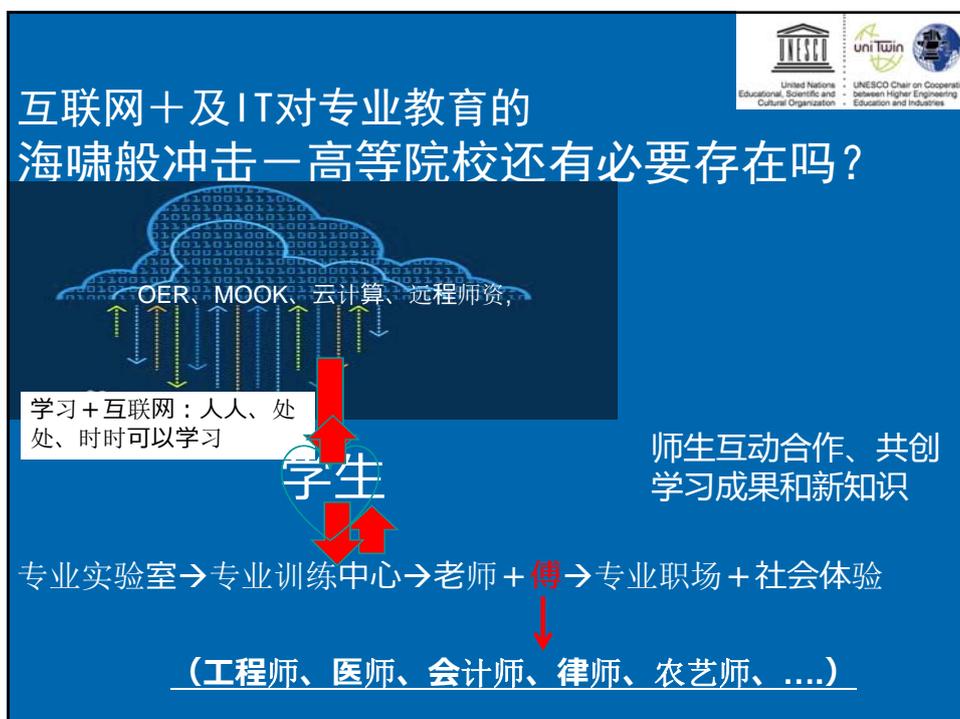
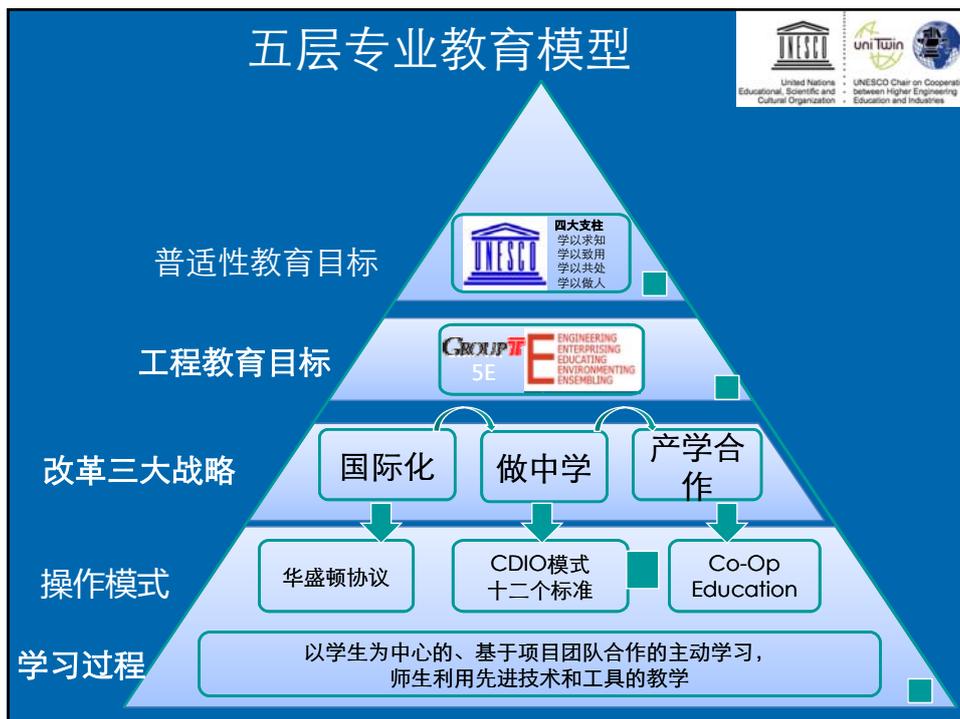
(3) 满足建立“创新国家”的国家目标-人才强国

**充分发掘大学生的创新潜力**

新加坡南洋理工学院：Innovation

13年教育：高效率、优效果





## 专业教育的颠覆性改变



### ➤ 三个中心的转变

- 以教师为中心 → 以学生为中心
- 以课堂为中心 → 以练场为中心
- 以知识为中心 → 以项目为中心

金工教研室 → 实习工厂 → 工程实训中心 → 创客空间 → 跨学科创新、创业教育平台 → 以学生为中心、利用IT工具、基于项目的主动学习平台（教研室主任主管 → 中心主任主管 → 教学副校长主管）

17

## 面向中国制造2025的人才观



基本方针：“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、**人才为本**”

基本原则：“市场主导、政府引导，立足当前、着眼长远，整体推进、重点突破，自主发展、开放合作”

人才战略？

17

## 面向中国制造2025的人才观



### 五大工程

- 1.制造业创新中心（工业技术研究基地）建设工程
- 2.智能制造工程
- 3.工业强基工程
- 4.绿色制造工程
- 5.高端装备创新工程
- 1.或6：人才工程？

17

## 面向中国制造2025的人才观



### ➤ 十大领域

1. 新一代信息技术产业
2. 高档数控机床和机器人
3. 航空航天装备
4. 海洋工程装备及高技术船舶
5. 先进轨道交通装备
6. 节能与新能源汽车
7. 电力装备
8. 农机装备
9. 新材料
10. 生物医药及高性能医疗器械

举国建设  
人力资源  
领域！

18

## 中国30年成功改革的关键 是解放生产力



- 农业：把土地经营权还给农民
- 工业：把市场经营权还给企业家

18

## 中国教育成功改革的关键 将是

把学习（选择权、课堂和  
时间）还给学生  
以学生为中心的教育



18

“用昨天的方法教今天的学生  
就会剥夺了他们的明天”

—杜威

**必须不间断地改革、改进教育！**

联合国教科文组织产学合作教席

谢谢!  
Q&A

# 产业对人才的质量需求

美国波音公司提供

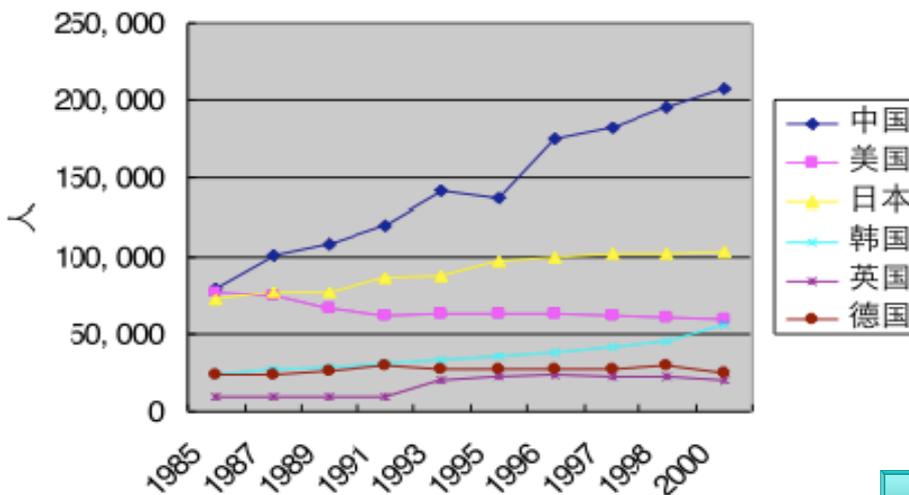


- 较好掌握**工程科学基础知识**
- 较好了解**设计和制造流程**
- 具有**复合学科和系统的观点**
- 基本了解**工程职场非专业的知识**（经济学、商务、历史、环境、顾客及社会需求）
- 较好的**沟通能力**（写作、口头交流、图形、理解别人）
- 高**道德水准**
- 批判性、创新的**思维能力**，既能独立思考，又能博采众家之长
- 具有自信和能力去**适应多变快变的环境**
- 具有**终身学习**的愿望和求知欲
- 深刻了解**团队工作**的重要性及具备能力

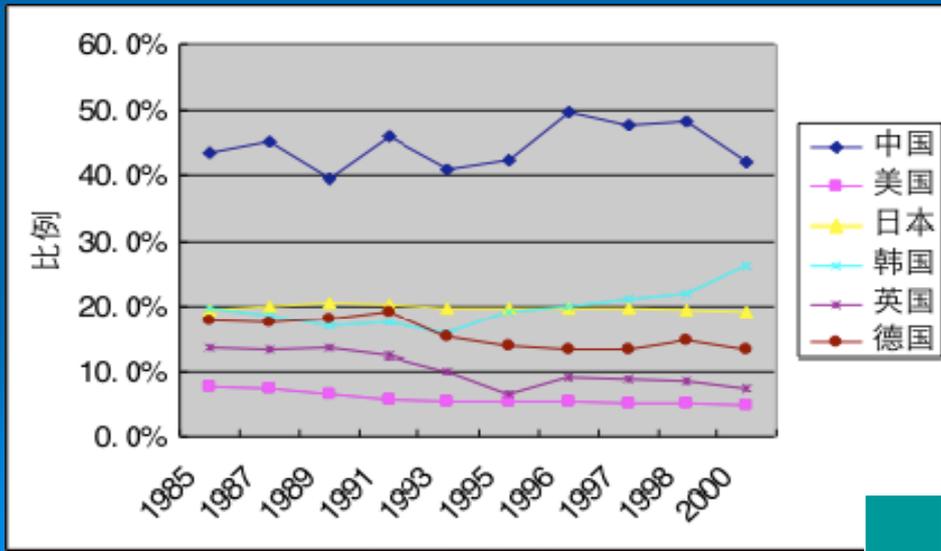
## 面向21世纪的企业家型工程师

10

# 国内外获得工程学士学位数量对比



## 国内外获得工程学士学位比例



## 适合聘用的人才占申请者百分比

如果贵公司需要100人，在100个具有适当学位的申请者中你们能聘用到多少称职的人

地区	国家	工程师	金融/会计	通才
中欧和东欧	匈牙利	50	50	30
	捷克	50	40	20
	波兰	50	30	15
	俄国	10	20	10
亚洲	马来西亚	35	25	20
	印度	25	15	10
	菲律宾	20	30	25
	中国	10	15	3
拉美	墨西哥 <sup>2</sup>	20	25	11
南美	巴西	13	13	8

1. Suitability rates empirically based on 83 interviews with human-resources (HR) professionals working in countries shown.

2. Mexico is the only country where interview results were adjusted to 20% (from 42%) for engineers and to 25% (from 35%) for finance/accounting employees-since interview base was thinner and risk of misunderstandings high.

Source: Interviews with HR managers, HR agencies, and heads of global-resourcing centers; McKinsey Global Institute analysis

## 各国工程师达到国际标准比例



适合为跨国公司工作的职业工程师人数  
单位：千（2003）

中国的职业工程师总人数是美国的  
两倍多.....但只有10%是合适的



出处：Michael E. Porter, "THE COMPETITIVENESS INDEX: WHERE AMERICA STANDS", Council on competitiveness

20

## 专业教育发展战略之一：产学合作



形成完整的人才培养链

- 产业需求决定专业教育培养目标
- 将职场文化环境引入教育全过程（师资、课程设置、教学内容和方法、评价...）
- 产业要把培养人才作为战略目标和己任
- 学校文化和产业文化的融合—既分工、又合作
- 政府、产业、教育、学生、家庭共同努力

这是全社会的责任！

光靠教育界培养不出完整的人才！

31

## 合作教育的好处

### 学校受益

- 吸引好学生，扩大招生
- 学生从工作单位返校后带来活力
- 合格的毕业生成为社会重要的生力军
- 增强大学知名度和良好声誉
- 就教学质量和课程设置合理性得到雇主及时反馈
- 了解产业当前研发信息，进一步发展教育和研究
- 加强学校和产业科研合作及技术转移

### 学生受益

- 丰富的全面教育，学以致用
- 适用的就业技能训练，切合实际的就业观念
- 全面了解各种工作性质以利于今后择业
- 具备专业人士的成熟和自尊
- 有实践经验简历，求职技巧，人际关系网
- 经济报酬（平均5000—10000/人年，贷款人数少半）
- 职业道德和社会责任心的培养
- 高就业率和就业质量

## 雇主受益

- 每年源源不断的来自不同学科的新鲜“血液”
- 可以在合作教育工作中表现良好的申请者中挑选雇员
- 可以雇用学生从事期限不等的工作
- 低成本方法来考察未来员工——延长的面试
- 靠雇用合作教育学生来满足短期人力需求
- 更有效使用雇员，使雇员在指导学生过程中提高学生带来热情及大量新观念方法，给单位积极影响
- 减少招聘和雇佣成本

## 代价

- 大大提高学校管理的复杂性
- 提高教学成本（20%）
- 管理成本（11.9M. + 8M. CAD）
- 政府政策的配合（税收、强制性实习..）
- 政府教育经费的增加
- 企业管理复杂性
- 学校、政府、企业、学生、社会间的协调和共同努力

## 几点建议

- 学校首先要考虑能为企业解决什么问题，带来什么利益
- 产学合作必须以市场利益为纽带，双赢。
- 利用企业中介机构形成市场化产学合作机制
- 每个企业平均接受三个以下学生
- 学校要把中小微企业与大企业一样作为战略伙伴关系来经营
- 政府应提供政策积极支持产学合作教育（立法、财政）

## 专业教育发展战略之三： 做中学

- 做中学：杜威提出的学习方法论
- 基于项目的学习：专业教育的教学方法论
- CDIO：“基于目标的教育（OBE）” “基于项目的学习”的一种模式
- Conceive（构思）、Design（设计）、Implement（实施）、Operate（操作）代表项目生命全周期
- ✓ 为什么CDIO？职场上专业人员的工作和职责

# CDIO的12项标准

## --最佳实践工作方法



1. CDIO 关联原则
2. CDIO 的教学目标结果
3. 集成课程设置
4. 工程概论
5. 设计-制作经验
6. CDIO 的工作环境
7. 集成化教学过程
8. 主动学习
9. 教师的CDIO能力
10. 教师的教学能力
11. 学生CDIO 能力评价
12. CDIO 项目评价

34

## 标准1 工程教育的环境

### Context , NOT Content

- 以CDIO的实践做载体把工程师职场环境作为工程教育的环境；  
英文单词离开了语境没有确定的意义  
脱离职场环境的教学缺乏工程意义
- “专业不对口”的教训：强调了“专业内容”，而不是“职场环境”；脱离环境的内容是缺乏意义的
- 结合工程实践，但仍是“通识教育” - 能力本位
- 工程教育要结合工程职场环境（产学合作）



35

## 工程职场文化环境的不变特征

- 以客户的需求为本
- 提供市场完整的产品和服务
- 持续创新和改进
- 着重问题的解决，强调跨学科合作
- 与他人共事
- 有效地沟通
- 在现有资源和条件下把事做成

36

## 工程职场文化环境的新特征

- 从征服环境到保护治理环境
- 全球化和国际竞争
- 工程活动的分散化
- 以人为本：服务和产品个性化
- 终身学习、在线学习
- 就业第一天就创造价值

37

## 标准2：CDIO的教学大纲 Learning Outcomes



- 明确、具体化的教学结果（包括各种能力、素质、技能和学科知识）
- 符合专业培养目标
- 为教育利益各方所确认（产业、学生、教师）
- 可用于课程体系设计和教学计划制定的依据
- 作为学生学习结果评价的标准
- 大纲的每一项要量化（Benchmarking）
- OBE的Outcomes来自职场和专业需求

38

## CDIO 教学大纲



### 1.0 技术知识与推理 (Learn to know)

- ┆ 基础科学知识
- ┆ 核心工程基础知识
- ┆ 高等工程基础知识

### 2.0 个人能力和素质 (Learn to be)

- ┆ 工程推理和问题求解
- ┆ 实验和知识创新
- ┆ 系统化思维
- ┆ 个人能力与素质
- ┆ 工程能力与素质

### 3.0 团队合作与沟通能力 (Learn to live together)

- ┆ 多学科团队合作
- ┆ 交流沟通能力
- ┆ 外语交流能力

### 4.0 在企业和社会的CDIO实践 (Learn to do)

- ┆ 外部与社会的关联、企业与业务的关联、工程系统构思、设计、制作、运

行

39

## CDIO 教学大纲

- 第三层教学大纲
- 还有一到两层的细节
- 合理性
- 完整性
- 评审
- 课程设计和学生评价的基础

<b>1 TECHNICAL KNOWLEDGE AND REASONING</b> <b>1.1 FUNDAMENTALS OF UNDERSTANDING</b> <b>1.2 CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL CONCEPTS</b> <b>1.3 ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE</b> <b>2 PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTITUDES</b> <b>2.1 PROFESSIONAL RESPONSIBILITY AND ETHICAL DECISIONS</b> <b>2.2.1 Problem Identification and Formulation</b> <b>2.2.2 Analysis</b> <b>2.2.3 Formulation and Solution Analysis</b> <b>2.2.4 Analysis with Uncertainty</b> <b>2.2.5 Solution and Recommendation</b> <b>2.2.6 Implementation and Recommendation</b> <b>2.2.7 Communication</b> <b>2.2.8 Survey of Past and Present Practice</b> <b>2.2.9 Professional Integrity</b> <b>2.2.10 Engineering Tools and Software</b> <b>2.3 SYSTEMS THINKING</b> <b>2.3.1 Thinking Holistically</b> <b>2.3.2 Navigation and Interaction in Systems</b> <b>2.3.3 Prioritisation and Focus</b> <b>2.3.4 Tradeoffs, Judgment and Behavior in Decision</b> <b>2.4 PERSONAL SKILLS AND ATTITUDES</b> <b>2.4.1 Initiative and Willingness to Take Risks</b> <b>2.4.2 Persistence and Flexibility</b> <b>2.4.3 Creative Thinking</b> <b>2.4.4 Critical Thinking</b> <b>2.4.5 Assessment of Own Personal Knowledge, Skills, and Attitudes</b> <b>2.4.6 Goal Setting and Learning Activities</b> <b>2.4.7 Time and Resource Management</b> <b>2.6 PROFESSIONAL SKILLS AND ATTITUDES</b> <b>2.6.1 Professional Ethics, Integrity, Responsibility and Accountability</b> <b>2.6.2 Professional Behavior</b> <b>2.6.3 Proactively Planning for One's Career</b> <b>2.6.4 Being a Member of World of Engineer</b> <b>3 INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION</b> <b>3.1 TEAMWORK</b> <b>3.1.1 Forming Effective Teams</b> <b>3.1.2 Team Operation</b> <b>3.1.3 Team Growth and Evolution</b> <b>3.1.4 Leadership</b> <b>3.1.5 Technical Teaming</b> <b>3.2 COMMUNICATION</b> <b>3.2.1 Communication Strategy</b> <b>3.2.2 Communication Structure</b> <b>3.2.3 Written Communication</b> <b>3.2.4 Electronic/Multimedia Communication</b> <b>3.2.5 Graphical Communication</b> <b>3.2.6 Oral Presentation and Interpersonal Communication</b>	<b>2.5 COMMUNICATION IN FOREIGN LANGUAGES</b> <b>2.5.1 English</b> <b>2.5.2 Languages within the European Union</b> <b>2.5.3 Languages outside the European Union</b> <b>4 COLLABORATION, INNOVATION, ENTREPRENEURSHIP AND COMMUNITY SERVICE IN THE MULTIDISCIPLINARY AND INTERDISCIPLINARY CONTEXT</b> <b>4.1 ENTREPRENEURIAL AND SOCIETAL CONTEXT</b> <b>4.1.1 Roles and Responsibilities of Engineers</b> <b>4.1.2 The Impact of Engineering on Society</b> <b>4.1.3 Societal Implications of Engineering</b> <b>4.1.4 The Historical and Cultural Context</b> <b>4.1.5 Contemporary Issues and Solutions</b> <b>4.1.6 Entrepreneurial Ethical Perspectives</b> <b>4.2 ENTREPRENEURIAL AND SOCIETAL CONTEXT</b> <b>4.2.1 Approaching Multidisciplinary, Collaborative, Interdisciplinary, Cross and Transdisciplinary</b> <b>4.2.2 Intellectual Property</b> <b>4.2.3 Working Effectively in Organizations</b> <b>4.3 COLLABORATION AND ENTREPRENEURSHIP</b> <b>4.3.1 Building a Team: Goals and Responsibilities</b> <b>4.3.2 Building a Team: Concept and Architecture</b> <b>4.3.3 Roleplay of Roles and Creating a Safe Culture</b> <b>4.3.4 Developing Project Management</b> <b>4.4 DESIGNING</b> <b>4.4.1 The Design Process</b> <b>4.4.2 The Design Process: Planning and Approaches</b> <b>4.4.3 Influence of Knowledge in Design</b> <b>4.4.4 Designing Design</b> <b>4.4.5 Interdisciplinary Design</b> <b>4.4.6 Multi-objective Design</b> <b>4.5 IMPLEMENTING</b> <b>4.5.1 Designing the Implementation Process</b> <b>4.5.2 Hardware Manufacturing Process</b> <b>4.5.3 Software Implementation Process</b> <b>4.5.4 Hardware Software Integration</b> <b>4.5.5 Test, Validation, Verification and Certification</b> <b>4.5.6 Implementation Management</b> <b>4.6 OPERATING</b> <b>4.6.1 Designing and Optimizing Operations</b> <b>4.6.2 Training and Operations</b> <b>4.6.3 Sustaining the System Lifecycle</b> <b>4.6.4 System Improvement and Evolution</b> <b>4.6.5 Deprecial and Life-End Issues</b> <b>4.6.6 Operations Management</b>
--	---

## 团队合作能力的具体内容(共28条)

### 3.1 团队协作

#### 3.1.1 组成有效的团队

- 3.1.1.1 确定团体形成的阶段及其生命周期
- 3.1.1.2 确定任务和团队的进展
- 3.1.1.3 确定团队角色和责任
- 3.1.1.4 分析团队成员的目标、需求和特征 工作风格、文化差异
- 3.1.1.5 分析团队的优势和弱势
- 3.1.1.6 研讨团队的机密性、责任性和主动性的标准

#### 3.1.2 团队运作

- 3.1.2.1 选择目标和工作日程
- 3.1.2.2 策划和促成有效的会议
- 3.1.2.3 执行团队的基本原则
- 3.1.2.4 实施有效的沟通 积极聆听、提供、获得信息及合作、
- 3.1.2.5 做出积极和有效的反馈
- 3.1.2.6 完成项目的规划、安排和执行
- 3.1.2.7 提出问题的解决方案 创新和决策
- 3.1.2.8 进行冲突的协调和解决

## 团队合作能力28项（续）

### 3.1.3 团队成长和发展

- 3.1.3.1 确定反馈、评估和自我评估的策略
- 3.1.3.2 确定有助于团队维系和发展的技能
- 3.1.3.3 确定有助于团队成员个人发展的技能
- 3.1.3.4 决定团队沟通和写作的策略

### 3.1.4 领导能力

- 3.1.4.1 确定团队的长期目标和短期目标
- 3.1.4.2 实施团队的过程管理
- 3.1.4.3 执行领导能力和指导风格（引导、训练、支持、委派）
- 3.1.4.4 确定激励方式（鼓励、示范、认可等）
- 3.1.4.5 代表团队，面向外界
- 3.1.4.6 提出指导和建议

### 3.1.5 技术协作

- 3.1.5.1 在不同类型团队工作：
  - 3.1.5.1.1 跨学科团队（包括非工程工程的学科）
  - 3.1.5.1.2 小型团队和大型团队
  - 3.1.5.1.3 远程的、分布的电子网络环境
- 3.1.5.2 与团队成员的技术合作

42

## 标准3：集成化课程体系设计

- 课程设计要同时支持
  1. 学科性知识课程
  2. 个人/人际/产品-流程-系统建造能力
- 围绕CDIO项目**关联**学科知识
- 问题
  - 教师缺乏全局目标：不了解课程在全局中的作用、地位；不了解职场的要求
  - 教师缺乏团队合作：不了解别人的工作
  - 设计过程缺乏产业专家和学生的参与

43

# 教学效率/效果举例

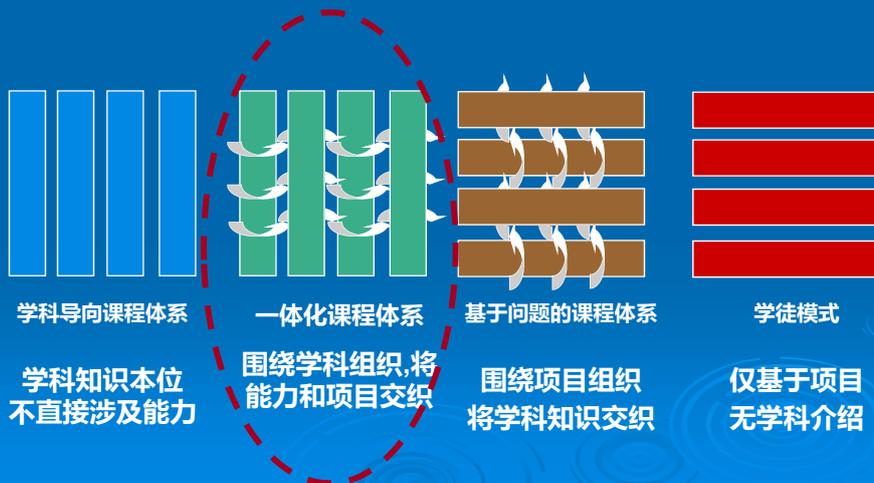
- 机原 天大 82年 80学时 课堂讲授为主 ( 90% )  
UB 83年 36学时 课堂20 实验16
- 机械设计基础 =机原+机零  
中国 128学时 课堂96、实验32 ( 原理性实验 )  
MIT 72学时 课堂讲课36 ( 包括学生口头报告、讨论 )、实验36 ( 12 project )
- 问题：学科导向、追求知识系统完备、“精益求精”  
( 比例尺例子 )

只问老师教了多少，不问学生用到多少；  
只管学生会不会考，不管学生会不会用。  
学科壁垒，投入多、收效少，资源浪费

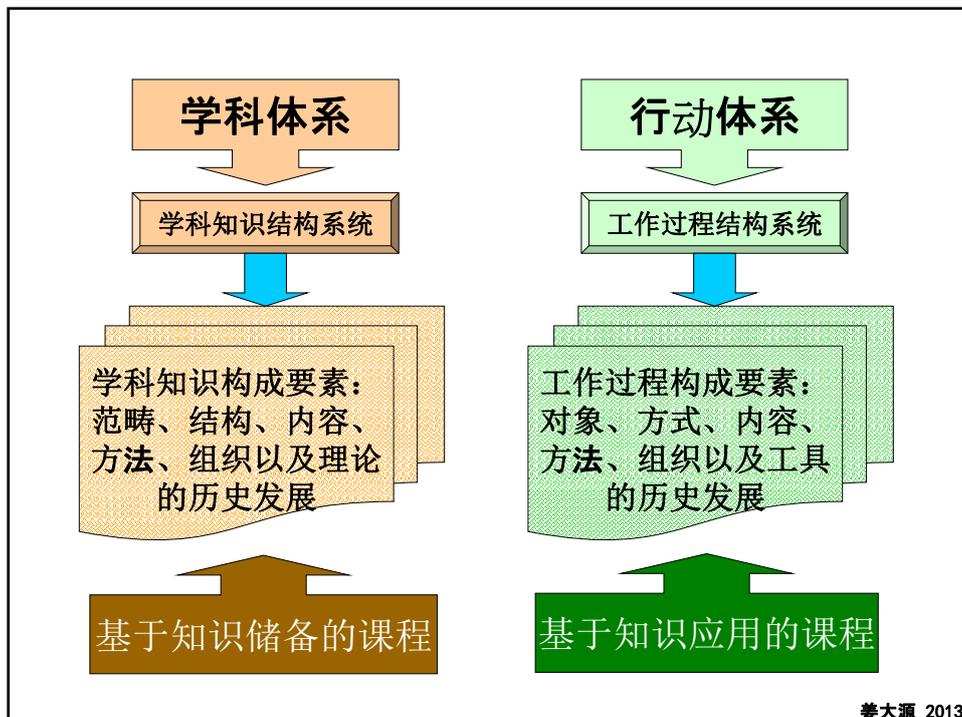
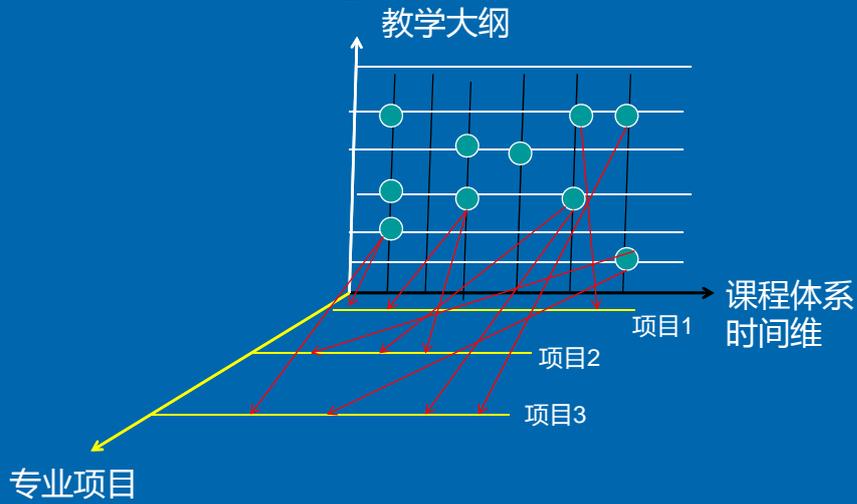


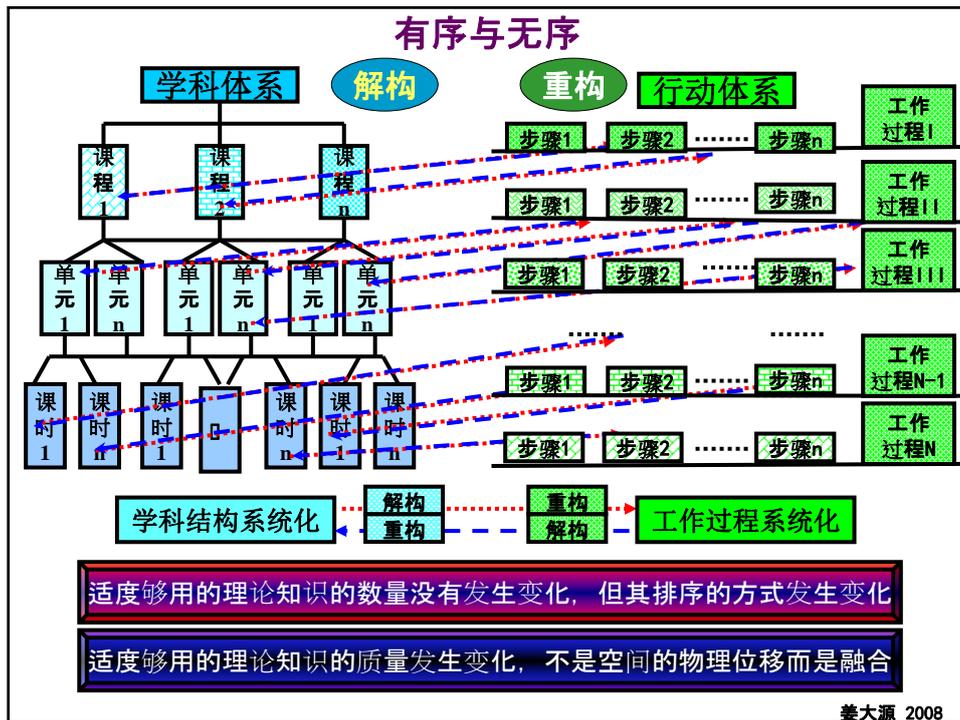
# 课程体系模式

(学科垂直走向; 项目水平走向.)



# 教学大纲、课程体系、专业项目的三维空间





## 基于项目学习：EPITECH案例

- 完全没有传统的基于学科课程体系的课堂教学
- 2年：提供经典项目。学生通过经典项目学习掌握软件工程的基础知识和技能
- 2年：顶岗完成企业开发项目，做中学。学生分组实践企业工程问题求解、设计和开发
- 1年：根据企业近期中期研发计划或学生兴趣从事创新项目的研发工作
- 教师辅导、指导：集中讲解普遍性关键知识，个别现场指导项目实施中的问题
- 毕业生就业质量高：高于法国平均工资20%；30%学生创业
- 学制5年，每年学费8000欧元，生源充足优秀；此模式扩大到欧洲、北美、非洲

## 标准4: 工程概论课

- 提供工程职场实践的框架结构，论及产品和系统构建，介绍产业需要的基本的个人和人际能力
- 描述工程师的任务和责任，如何使用工程知识完成任务；现场了解工程师的工作和环境
- 学生分组实践简单工程问题求解和设计
- 引起学生对工程的兴趣并加强学习工程的动机
- 学生了解学习的目标成果，开始开发CDIO技能

45

## 标准5：设计-制作实践课程

- 课程设置包括“设计-制作”实践项目
- 基础层次和高级层次的项目
- 从概念设计开始，经历产品设计和实现阶段
- 应用工程科学知识设计产品和制作产品的能力
- 要成为教学计划的一部分
- 要涉及一门以上的课程，要求课程之间的关联
- 纳入教学计划，要求每个学生都执行

46

## 标准6：CDIO 学习 / 实践空间

- 支持和鼓励CDIO模式：产品-系统构建、工程知识和社会群体经验
- 教室、报告厅、工程实践场地、实验室：学生边做边学、各组之间互动、互学
- 要根据条件就现有教学场地加以改造
- 使学生接触使用各种现代工程工具（硬件、软件、仪器、设备）
- 自主设计、制造、检验产品和系统，以开发能力、学习知识和培养工作态度
- 原则：学生为中心、人人可用、良好界面、互动

## 标准7：集成化学习 / 实践过程

- 将理论学习和专业实践集成在一个时间过程中，双重利用学生的学习时间

工作过程学习化，学习过程工作化

- 教师在讲授工程理论同时向学生示范工程师CDIO工作的榜样

## 标准8：主动学习的教学法

- 基于主动经验型学习方法的教与学
- 学生主动思考、求解问题，尽少被动接受信息
- 主动学习方法：分组讨论、辩论、演示、提问、学习后反馈
- 经验型学习：设计-制造项目、仿真、模拟、案例研究
- 听中学/看中学/做中学：主动思考和动手操作-深入学习知识，学会自学，养成终身学习的习惯
- 教师应在概念关联和新的应用上帮助学生
- 大多数教师应采用主动学习方法授课

## 标准9：教师CDIO能力

- 教师加强个人/团队合作/CDIO能力
- 在专业的职场实践中开发这些能力
- 措施：
  - 利用学术假到工业界去工作；
  - 与产业界专家在科研和教学项目中合作
  - 把专业职场经验作为聘用和提升教师的条件
  - 大学中适当的工专业开发活动
- **教师应成为学生心目中的职场专家的榜样！！**

## 标准10：加强教师教学能力

- 集成化学习经验（7）、主动学习方法（8）、评价学生学习结果（11）
- 支持教师的校内外教学方法交流活动
- 聘用有教学能力的教师，评估教师强调教学能力
- 为CDIO教师提供资源，教师应保证必要的投入
- 教师应在教学法和评价方法上称职
- 要通过考察和自我评价，用文件形式确认

52

## 标准11：CDIO能力评价

- 采用不同的方法来衡量学生的能力（笔试、口试、学生表现的考察、评分、学生反映、论文、学生互评和自评等）
- CDIO方法必须有有效的评价过程来衡量能力高低
- 不同能力的评价需要有不同的方法  
掌握工程知识能力的评价：笔试和口试  
“设计-建造”能力的评价：考察、记录方式
- 产业界对学生专业实践效果的评价

53

## 标准12：CDIO专业的评估

- 以持续改进为目的，向所有利益相关者报告评估结果
- 专业评估：基于证据的评判，以专业目标（Outcomes）为标准
- 证据包括：职场需求分析、课程评估、教师反馈、入学和毕业访谈、校外评价报告、毕业生跟踪、雇主反馈
- 要引入关键利益相关者：定期报告证据，并基于反馈意见决定改进计划
- 评估的关键：衡量专业达到目标的效果及效率；分析问题及产生根源以期改进
- 健全文档（证据、改进）、数据驱动、多种方法采样

## 大学毕业生的能力和素质

- 西交大工业设计系李乐山教授十年调查改革工作
- 毕业生人文素质问题调查
  - 6个行业200多个企业；60项人文素质
  - 所有被调查的企业认为大学生在60项指标都不及格
  - 建筑业认为合格率峰值为20%
  - 制造业、金融业、服务业认为是10%
  - IT业认为只有0.5-0.7%；一些企业认为< 0.5%
- 结论
  - 就业困难的根本原因
  - 企业招聘竞争激烈的主要原因和焦点所在

# 60项素质、能力



谦卑、适应能力、不自我中心、忠诚、不受诱惑、吃苦、活动经验、爱竞争、不嫉妒、朴素、合作能力、实践能力、不叛逆、不浮躁、解决问题能力、生活经验、理论知识够用、自迫、主动、懂事、不脆弱、自主性强、不自私自利、对待长者、全局性、承受压力能力、无进攻性、忠厚、安于现状、动手能力、干与钱、不爱报复、节俭、合作、自律、不猜疑、金钱第一、干事麻利、善良、能干、领导能力、喜欢攀比、责任感、理解能力、自省、推理能力、快速反应能力、独立思考能力、交流能力、发现问题能力、友好相处、喜欢学习、是否爱交流、观察能力、孝敬、诚信、创新能力、执行能力、表达能力、理性



表1: 60条人文素质表。

序号	因素	企业评价 值	企业期望	学生评价	家长评价
1	谦卑	1.79	8.24	8.93	4.64
2	适应能力	1.79	9.76	9.76	5.83
3	不自我中心	1.90	9.29	8.57	4.89
4	忠诚	1.90	8.21	8.81	8.81
5	不受诱惑	2.03	8.46	7.50	6.90
56	诚信	5.00	9.64	9.64	6.07
57	创新能力	5.25	8.81	8.69	6.98
58	执行能力	5.71	9.04	9.04	7.39
59	表达能力	6.19	9.17	8.10	8.46
60	理性	6.43	8.46	8.57	5.96
	总平均分	3.51	8.90	8.66	6.59

## 典型案例



### 加拿大滑铁卢大学

#### Co-op Education的一面旗帜

- 51年实践 Co-op Education (1957-2008 )
- 50%学生 ( 10000 ) 参加，每四个月在学校和工业界之间切换, 3000多个企业合作伙伴
- 高就业率：97.6%就业率，91.1%永久性职位，全国平均77.9% )
- 加拿大最有创造性的大学、最受产业界欢迎的大学 ( Bill Gates) ；世界一流大学

58

## 北京交通大学软件学院

(国家示范性软件学院)

- 理念：建立面向市场的开放式教育体系--  
学生参与、企业参与、国外参与
- 培养目标：面向企业需求的应用型国际化软件工程师
- 机制：产学合作教学指导委员会
- 课程设置：产业的需求+学生的反馈意见+技术发展  
—> 紧跟市场、灵活调整工程方向和课程设置  
—> 贴近市场需求, 满足学生求职需要
- 师资队伍：  
多元化-校外兼职教师70% ( 国际、企业 )  
聘任制-社会招聘 ( 管理11/15，教师53+23/84 )

59

- 实践教学：34个协议实习、实训基地（一年实习期），300企业合作伙伴（1000学生）
- 基于项目的学习-着重能力培养：软件设计与开发能力，工程组织与管理能力，外语应用与沟通能力，自学能力及创新能力，团队合作能力
- 国际化：按国际标准培养；英语授课，优秀国际课程（卡内基梅隆大学）、优秀国际师资，国际产学合作，双语课程18门（占50%）；以用为主的英语学习（学习、沟通、谈判）
- 高就业率：100%（自主创业，最高年薪26万）
- 企业评价：工程能力强、英语使用能力强、敬业
- 获教育部特色工程资助240万（10所示范软件学院）

## 苏州工业园区职业技术学院 (国家示范性高职院校)

- “亲商”：企业的需要，我们的目标
- 培养达到跨国公司标准的应用性人才
- 董事会超过一半的企业成员，为学校发展谋策/决策
- 订单式培养，满足产业需求；项目导入法学习，硬技能（科技、工程能力）+ 软技能（沟通、团队工作、诚信、敬业）
- 师资队伍（来自产业60%，平均工龄7年；双师70%，鼓励在产业兼职-访问工程师）
- “做中学”：企业实训（国内外1年），校内生产性实习（教学工厂：动漫，精密制造）

- 高就业率

一次就业率97%以上

90%在长三角地区制造中心包括著名跨国公司

10%实习期在国外培训

80%工作两年后成为骨干（线长、班组长、技术员、工程师、培训师）

- 学校文化与企业文化融合: ISO9000认证

- 成为国家示范职业学院

园区企业需要人首先想到IVT

## 美国大学教育ROI

扣除普通高中生30年工资后的具有最好的30年投资回报的美国学校

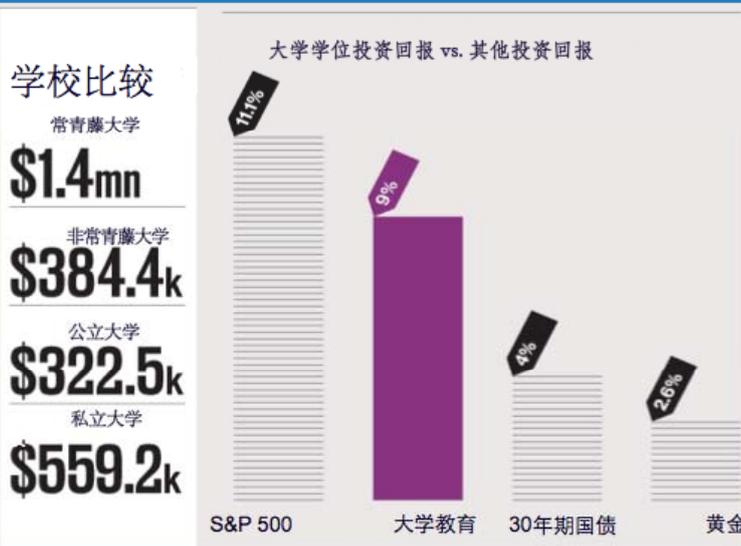
学校	总成本	投资回报
1. 麻省理工学院	\$189,300	\$1,688,000
2. 加州理工学院	181,100	1,644,000
3. 哈佛大学	189,600	1,631,000
4. 哈佛燕京学社	187,700	1,627,000
5. 达特茅斯学院	188,400	1,587,000
6. 斯坦福大学	191,800	1,565,000
7. 普林斯顿大学	187,700	1,517,000
8. 耶鲁大学	194,200	1,392,000
9. 圣母大学	181,900	1,384,000
10. 宾夕法尼亚大学	191,300	1,361,000

\*调研数据

三十年投资回报是在扣除学习费用后，大学毕业生的收入与高中毕业生收入在1980到2009年30年间之差。调研中考虑了学生没毕业的情况。公立学校投资回报的计算同时使用了州内学费和州外学费；公立学校的数字包含了这两者。总学习费用包括了学费加上大多数学生读书期间的其它费用。

参考：Louis Lavelle. College Degrees Get an Audit. Bloomberg Businessweek, June 28 –July 4, 2010, 65.

## 美国500所大学教育30年投资回报统计



参考：Louis Lavelle. College Degrees Get an Audit. Bloomberg Businessweek, June 28 –July 4, 2010, P.4.

## UNESCO四个支柱教育目标



学会求知 (Learn to know) :学习知识、学会学习

学会做事 (Learn to do) : 学以致用、解决问题

学会共处 (Learn to live together) : 与人共处、与自然共处

学会做人 (Learn to be) : 社会道德、责任感

学会改变 (Learn to Change) : 与时俱进; 适应变化的环境

## 5E工程教育目标（鲁汶大学Group T）



### Engineering

创新：设计、制造、持续改进、精益求精（创新教育是21世纪每个公民需要的基本素质—美国政府报告：Engineering in K-12 Education）

### Enterprising

创业：主人翁态度、愿景、使命、创新、经营、管理、成本、团队合作...

### Educating

培育：培育自己：终身学习；培育他人：交流 / 沟通 / 传播

### Environmenting

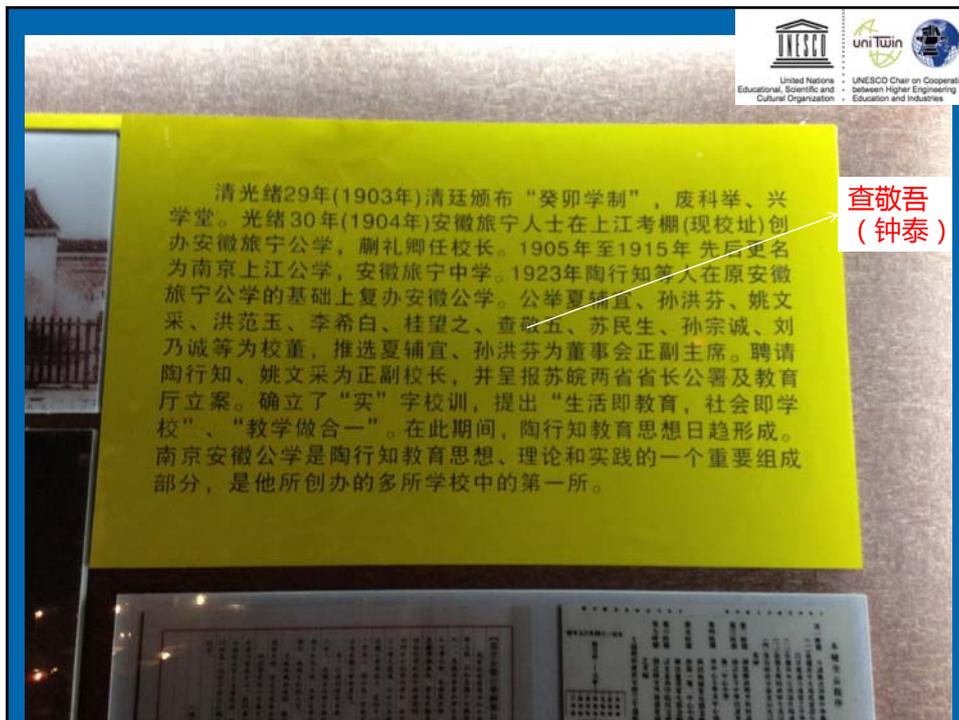
适应环境：多元文化融合；自然环境保护 / 资源合理使用

### Ensembling

天人合一：职业道德、社会责任

## 南京三中陶行知纪念馆



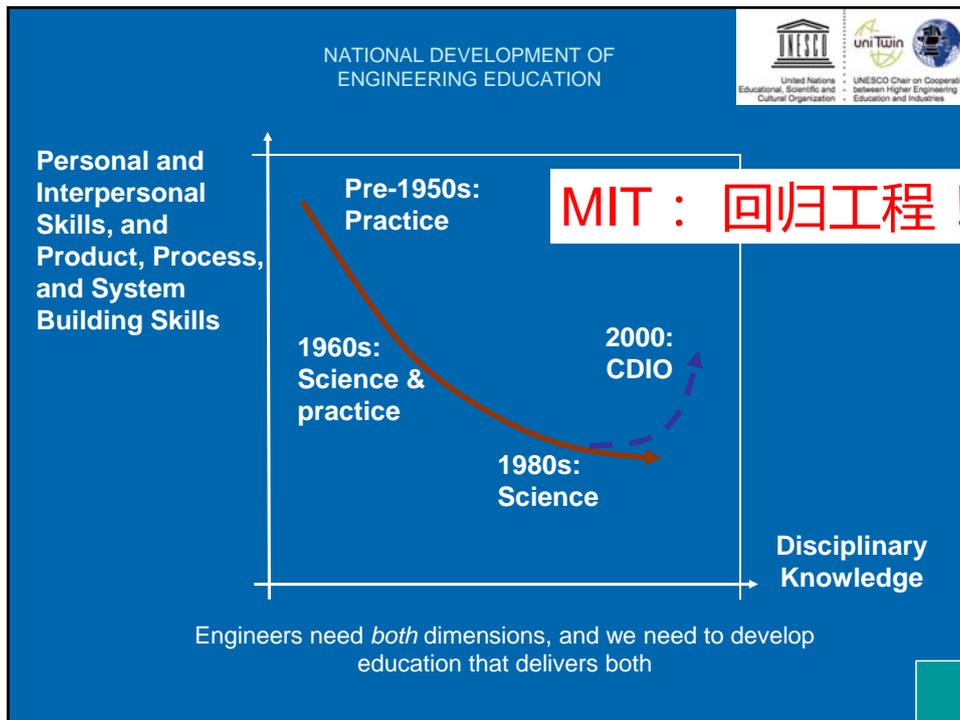


## 创新教育

- ✓ 实践在先（基于项目、问题导向、社会实践、需求驱动）
- ✓ 理论基础（做中学、跨学科）
- ✓ 批判性思维（独立思考、杜绝盲从；基于证据的思辨；敢于质疑 / 挑战习俗、权威、书本、现成的结论；多问个为什么？）

陶知行題

1928年陶校长对全校师生作理论演讲时认为，认识过程是“行—知—行”也就是“行以求知，知更行。”他用形象的话说：“行动是老子，知识是儿子，创造是孙子。”表现了他的教育思想。1934年7月陶行知先生正式宣布把他的名字“知行”改为“行知”。



## 美国麻省乌斯特工学院 Worcester Polytechnic Institute

- 建于1864年， 是美国第三所私立技术大学（RPI, MIT）
- 初衷是培养工程师将军用技术转为民用
- 学校定位在应用导向的研究和教育
- 深信“用中学”的最佳教育理念
- 3,000 本科生, ~1,000 研究生, 220 教授, 70% 工科
- 曾是新英格兰地区名列第一的学校， 全国排名55左右

## 基于项目的教育

### Project based education



- 1973开始特色教育的战略规划
  - 人文背景的课程
  - 技术沟通能力培养
  - 解决工程实际问题能力
  - 创新、集成和实现能力
  - 团队工作和领导力
- 基于项目的教育
  - 充分性（不强调知识的完备性，强调完成项目的完整性）
  - IQP（跨专业领域的项目）
  - MQP（专业学位项目）
- 七周学期制 - 便于完成工程项目、学习紧凑
- 被美国ABET工程认证采用为工科学生设计实践标准
- 全球化教育
  - 经济全球化，制造业外包，研发国际化
  - 工程师需要多元文化知识、在不同地域、与不同文化背景的同事工作；在全球建立项目中心

## Industry leaders



- Norton company – Saint Gobain
- Wyman Gorden
- Otis
- Morgan Construction
- Early aviation industry
  - Pratt & Whitney and GE Aircraft Engines

## Outstanding alumni



- The First Commercial Radio Station 首个商用无线电广播站
- Negative Feedback Theory 负反馈理论
- Stainless Steel 不锈钢
- The Parallel-Wire Strand System for Suspension Bridges
  
- Internal Grinding Machine for Engine Manufacture 发动机缸体内圆磨床
- Area Rule of High-Speed Aircraft Design 高速飞机设计原理
- The First Liquid-Fueled Rocket 首枚液态燃料火箭
- Airbag Safety System 安全气囊系统
  
- First Unbreakable Cryptosystem
- The Catalytic Converter
- Traffic Engineering
- The First Portable Drug Infusion Pump

## Outstanding alumni



- The engineer who ran the Trans-Siberian Railway.
- The man who built one of the world's first automobiles.
- The nation's first traffic engineer.
- The inventor of one of the first practical time clocks.
- The supervisor of one of the greatest water supply projects of all time.
- A cartoonist for Harper's and the New York Herald.
- The inventor of rock wool.
- The founder of Alden, Pa.
- A developer of sulphur drugs.
- The designer of the first airplane to cross the Atlantic Ocean.
- The classifier of more than 1,000 new species of plants and animals.
- The founder of one of the earliest and most successful study-at-home programs.
- The attorney who defended Sacco and Vanzetti.
- A governor of Connecticut.
- The general who was President Truman's eyes and ears in Korea.
- Winners of the Academy Award and the Emmy.

## 创业教育：目标是什么？



- 创业教育（Enterprising Education）是每个专业人才终身职业生涯发展的需要
- 目的在于培养企业家精神、素质、能力、态度（从学习时期开始）
- Entrepreneurship ≠ Ownership（“企业家精神”不等同于“企业家”，更不是“老板”）
- 21世纪的工程师—企业家型工程师

## 二十一世纪的工程师—企业家型工程师（WPI论文1996）



- **19世纪和20世纪上半叶：专业型工程师 - 实践能力强；开始科学数学建模**
- **20世纪下半叶：科学型工程师 - 精通科学数学，逐步加入设计和交流沟通训练**
- **21世纪：企业家型工程师**
  - 无所不知——能迅速找到有关任务的信息，并知道怎样评价和处理这些信息。创新型工程师必须能够将信息转化为知识。
  - 无所不能——掌握工程专业的基本要素，以便能够快速判断需要做什么，迅速获得所需工具，并能熟练使用这些工具。
  - 能与任何地方的任何人合作——具有沟通技巧、团队合作能力，理解全局以及现实的问题以有效地与其他人合作。
  - 具有想象力，并能将梦想变成现实——具有企业家的创业精神，想象力和管理技能，能够识别需求、提出新的解决方案、并一竿子插到底。

## 美国麻省乌斯特工学院 Worcester Polytechnic Institute



- 建于1864年，是美国第三所私立技术大学（RPI, MIT）；3,000 本科生, ~1,000 研究生, 220 教授，70% 工科
- 曾是新英格兰地区名列第一的学校，全国排名55左右
- 初衷是培养工程师把军用技术转为民用
- 学校定位在**应用导向的研究和教育**
- 深信**“做中学”**的最佳教育理念；1970 年代开始“基于项目的教育”
- 本科毕业生平均起薪6万美元（美国4.5万）；校友职场十年后平均工资全美第一

## 基于项目的教育

### Project based education



- 1973开始特色教育的战略规划
  - 人文背景的课程
  - 技术沟通能力培养
  - 解决工程实际问题能力
  - 创新、集成和实现能力
  - 团队工作和领导力
- 基于项目的教育
  - 充分性（不强调知识的完备性，强调完成项目的完整性）
  - IQP（跨专业领域的项目）
  - MQP（专业学位项目）
- 七周学期制 - 便于完成工程项目、学习紧凑
- 被美国ABET专业认证采用为工科学生设计实践标准
- 全球化教育
  - 经济全球化，制造业外包，研发国际化
  - 工程师需要多元文化知识、在不同地域、与不同文化背景的同事工作；在全球建立项目中心

## Industry leaders

- Norton company – Saint Gobain
- Wyman Gorden
- Otis
- Morgan Construction
- Early aviation industry
  - Pratt & Whitney and GE Aircraft Engines

## Outstanding alumni

- The First Commercial Radio Station 首个商用无线电广播站
- Negative Feedback Theory 负反馈理论
- Stainless Steel 不锈钢
- The Parallel-Wire Strand System for Suspension Bridges
  
- Internal Grinding Machine for Engine Manufacture 发动机缸体内圆磨床
- Area Rule of High-Speed Aircraft Design 高速飞机设计原理
- The First Liquid-Fueled Rocket 首枚液态燃料火箭
- Airbag Safety System 安全气囊系统
  
- First Unbreakable Cryptosystem
- The Catalytic Converter
- Traffic Engineering
- The First Portable Drug Infusion Pump

## Outstanding alumni

- The engineer who ran the Trans-Siberian Railway.
- The man who built one of the world's first automobiles.
- The nation's first traffic engineer.
- The inventor of one of the first practical time clocks.
- The supervisor of one of the greatest water supply projects of all time.
- A cartoonist for Harper's and the New York Herald.
- The inventor of rock wool.
- The founder of Alden, Pa.
- A developer of sulpha drugs.
- The designer of the first airplane to cross the Atlantic Ocean.
- The classifier of more than 1,000 new species of plants and animals.
- The founder of one of the earliest and most successful study-at-home programs.
- The attorney who defended Sacco and Vanzetti.
- A governor of Connecticut.
- The general who was President Truman's eyes and ears in Korea.
- Winners of the Academy Award and the Emmy.