



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

工程教育认证标准**关键指标**解读

申功璋 2017年5月5日





工程教育认证标准体系与理念



工程教育认证申请书的要求



标准关键指标解读



工程教育认证标准体系与理念



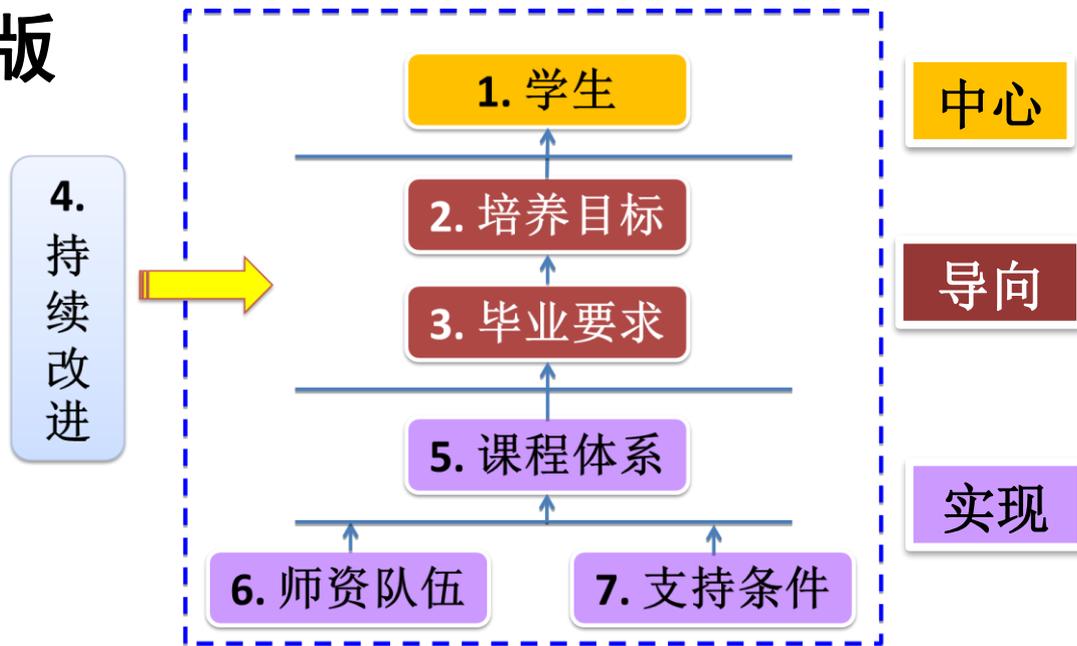
工程教育认证申请书的要求



标准关键指标解读



2015版



■认证标准，贯彻“以人为本”评价理念，以“**成果导向教育(OBE)**”为指导思想，以“**工程专业执业**”为目标，“**以学生为中心**”制订。

■通用标准+专业补充标准

■以“**学生**”为中心，以“**培养目标**”与“**毕业要求**”为导向，通过“**课程体系**”、“**师资队伍**”与“**支持条件**”支撑“**毕业要求**”达成，进而支撑“**培养目标**”达成，实施内/外部评价反馈的“**持续改进**”体系。



■ **理解认证成果导向的理念**——成果导向教育 (Outcome based education , OBE) : OBE是指 , 教学设计和教学实施的目标是学生通过教育过程最后所取得的学习成果(Learning outcomes)。

◆ **OBE强调下列5个问题 :**

- 我们想**让学生取得**的学习成果是什么 ? (**目标**)
- 我们**为什么要**让学生取得这样的学习成果 ? (**需求**)
- 我们**如何有效**地帮助学生取得这些学习成果 ? (**过程**)
- 我们**如何知道**学生已经取得了这些学习成果 ? (**评价**)
- 我们**如何保障**学生能够取得了这些学习成果 ? (**改进**)

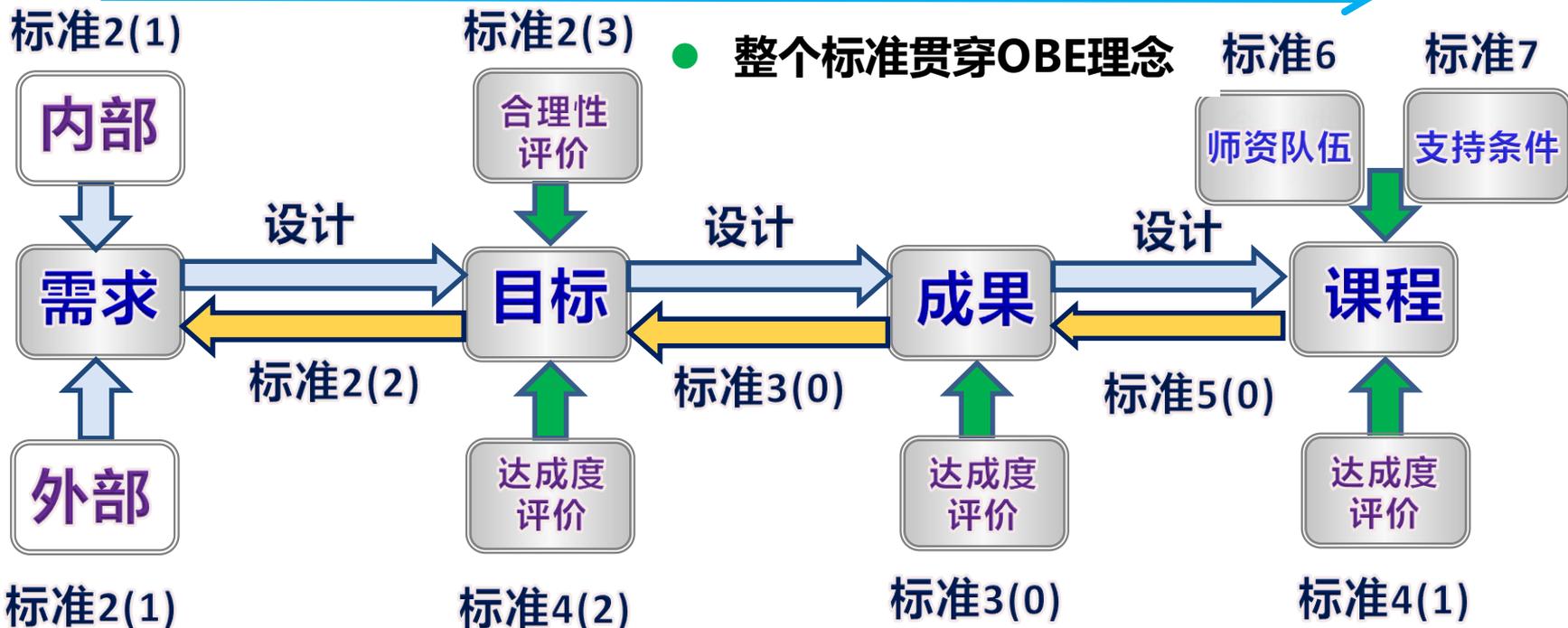
OBE理念理解不到位 , 课程导向影响依然存在。

课程导向 : 从学科出发 , 强调知识的系统性。

成果导向 : 从需求出发 , 强调学生的学习成果。



反 向 设 计



正 向 施 工



■理解认证**以学生为中心**的理念——

◆教学设计(**教**什么)、教学过程(**怎么教**)、教学评价(**教**得如何), 传统的以**教师为中心**。

◆教学设计(**学**什么)、教学过程(**怎么学**)、教学评价(**学**得如何), **以学生为中心**。

◆标准中具体体现以学生为中心内涵

- 目标围绕学生的培养。
- 内容根据对学生的期望而设计。
- 判断师资与其它支撑条件的原则是: 是否有利于学生达成预期目标?
- 评价的焦点是对学生表现的评价。
- 必须考虑全体学生。



■ 持续性质量改进文化的基本特征

- ◆ 将**适应变化**作为质量改进的基准点
- ◆ 将质量的持续**改进过程**作为高质量控制的着力点
- ◆ 将质量**改进放在整个工程社会的大视野中**，即涉及学生/家长、企业和工业界、政府和社会——**开放性**

■ 标准体现持续改进主要内容

- ◆ **教学管理制度的建立**是为了持续改进(标准4-1)
- ◆ **常态性的评估与评价**是改进的基础——对每一个常规教学活动进行评估(标准4-1)。
- ◆ 持续改进的实现有赖于**有效的质量监控与反馈机制**(标准4)
- ◆ 每个**教师在持续改进中均承担责任**(标准6-5)
- ◆ 持续改进的**效果**是通过**学生表现**来体现的(标准1)



■ 工程教育认证2015版标准与传统培养方案的区别

	传统培养方案	工程教育认证2015版标准
培养目标	概括毕业时应掌握的知识、能力与素质；能从事哪几类岗位；期许成为何人才。	培养目标是 对该专业毕业生在毕业后5年左右能够达到的职业和专业成就的总体描述 。培养目标不再反映毕业要求。
培养规格 (毕业要求)	“培养规格”是“培养目标”的具体化，相当于工程教育认证“毕业要求”，按 知识、能力、素质三要素 描述。	按 专业水平、专业能力、社会能力 三要素描述，2015版“毕业要求”明确指向“ 解决复杂工程问题 ”。
课程体系	侧重以 知识领域与知识点为核心 构建课程体系。	强调根据毕业要求，按照基于学习成果导向反向设计， 以能力为核心 构建课程体系。
教学大纲	以教师的视角 按照了解/理解/掌握不同要求制定课程知识领域与知识点，强调知识体系系统性。	大纲应具备的功能： 对毕业要求的支撑关系；对毕业要求达成的教学设计；评估方法；对教学管理要求；师生教学契约 。以 学生的视角 ，通过教学内容、教学方法、多种考核方法，使学生获得相应的能力，达到相应的毕业要求。



工程教育认证标准体系与理念



工程教育认证申请书的要求



标准关键指标解读



工程教育认证申请书（2016版）

三、专业的培养目标和毕业要求

1. 培养目标和毕业要求

本专业的培养目标和毕业要求的原文，无须展开说明。

2. 毕业要求对培养目标的支撑

本专业毕业要求对培养目标的支撑关系，可用矩阵图或其他适当形式说明。

3. 课程体系对毕业要求的支撑

本专业课程体系对毕业要求的支撑关系，可用矩阵图或其他适当形式说明。

4. 毕业要求达成度评价

本专业毕业要求达成度评价的机制，包括评价方法、数据来源、评价机构、评价周期、结果反馈等，并任选1-2项毕业要求项举例说明评价实施情况。



工程教育认证标准体系与理念



工程教育认证申请书的要求



标准关键指标解读



为什么要明确区分培养目标和毕业要求



毕业要求指向解决复杂工程问题



毕业要求反向设计课程体系



毕业要求达成度评价



基于产出的课程教学



其他主要评价指标及其关系



为什么要明确区分培养目标和毕业要求



毕业要求指向解决复杂工程问题



毕业要求反向设计课程体系



毕业要求达成度评价



基于产出的课程教学



其他主要评价指标及其关系



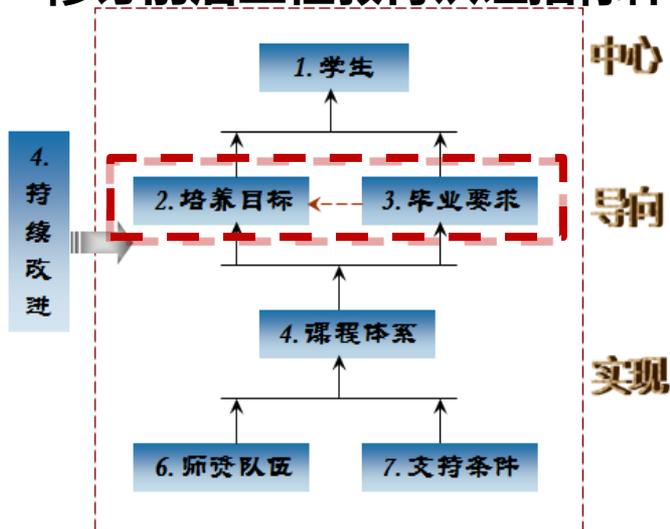
■ 修订前后标准明确区分“培养目标”和“毕业要求”对比表

	修订后2015版	修订前2014版
说明	培养目标：培养目标是对该专业毕业生在毕业后5年左右能够达到的职业和专业成就的总体描述。	培养目标：培养目标是对该专业毕业生在毕业后5年左右能够达到的职业和专业成就的总体描述， 同时还应包括学生毕业时的要求 。培养目标要适应社会经济发展。
学生	3. 对学生在整个学习过程中的表现进行跟踪与评估，并通过形成性评价保证学生毕业时达到毕业要求。	3. 专业必须对学生在整个学习过程中的表现进行跟踪与评估， 以保证学生毕业时达到毕业要求，毕业后具有社会适应能力与就业竞争力，进而达到培养目标的要求 ；并通过记录进程式评价的过程和效果证明学生能力的达成。
培养目标	2. 培养目标应能反映学生毕业后5年左右在社会与专业领域预期能够取得的成就	2. 培养目标 应包括学生毕业时的要求 ，还应能反映学生毕业后5年左右在社会与专业领域预期能够取得的成就。
持续改进	1. 专业建立教学过程质量监控机制。各主要教学环节有明确的质量要求， 通过教学环节、过程监控和质量评价促进毕业要求的达成 ；定期进行课程体系设置和教学质量的评价。	1. 专业应建立教学过程质量监控机制。各主要教学环节有明确的质量要求， 通过课程教学和评价方法促进达成培养目标 ；定期进行课程体系设置和教学质量的评价。
课程体系	课程设置能 支持毕业要求的达成 ，课程体系设计有企业或行业专家参与。课程体系必须包括： 1. 与本专业 毕业要求 相适应的数学与自然科学类课程（至少占总学分的15%） 2. 符合本专业 毕业要求 的工程基础类课程、专业基础类课程与专业类课程（至少占总学分的30%），工程基础类课程和专业基础类课程应能体现数学和自然科学在本专业应用能力培养，专业类课程应能体现系统设计和实现能力的培养；	课程设置应能 支持培养目标的达成 ，课程体系设计应有企业或行业专家参与。课程体系必须包括： 1. 与本专业 培养目标 相适应的数学与自然科学类课程（至少占总学分的15%）； 2. 符合本专业 培养目标 的工程基础类课程、专业基础类课程与专业类课程（至少占总学分的30%），工程基础类课程和专业基础类课程应能体现数学和自然科学在本专业应用能力培养，专业类课程应能体现系统设计和实现能力的培养；
师资队伍	5. 教师必须明确他们在教学质量提升过程中的责任，不断改进工作。	5. 教师必须明确他们在教学质量提升过程中的责任，不断改进工作， 满足培养目标要求 。
支持条件	5. 学校能够提供达成 毕业要求 所必需的基础设施，包括为学生的实践活动、创新活动提供有效支持。 6. 学校的教学管理与服务规范，能有效地支持专业 毕业要求 的达成。	5. 学校能够提供达成 培养目标 所必需的基础设施，包括为学生的实践活动、创新活动提供有效支持。 6. 学校的教学管理与服务规范，能有效地支持专业 培养目标 的达成。

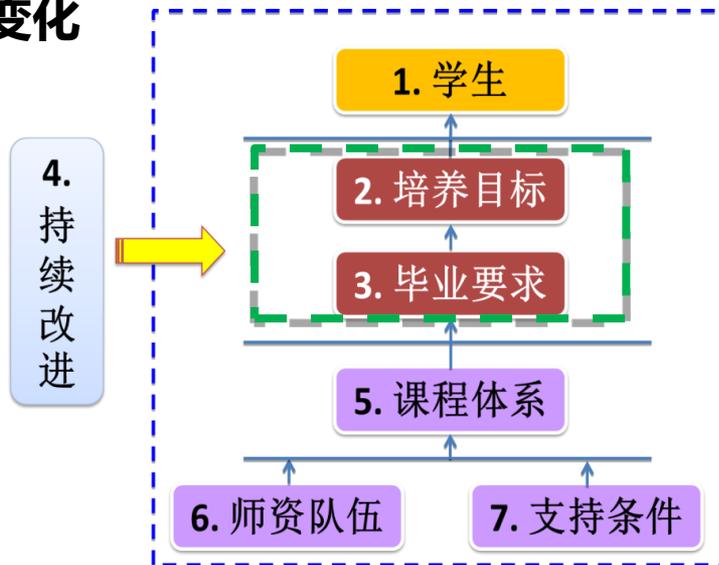
◆ **结论1：所有校内教学活动支撑毕业要求达成，培养目标不再反映毕业时要求——使本科培养的目标任务更加便于落实和评价。**



■ 修订前后工程教育认证指标体系逻辑关系的变化



◆ 2014版培养目标是该专业毕业生在毕业后5年左右能够达到的职业和专业成就的总体描述，同时还应包括学生毕业时的要求。二者反映并列与层次结合。



◆ 修订后2015版，进一步明确毕业要求支撑培养目标，二者只反映层次关系。

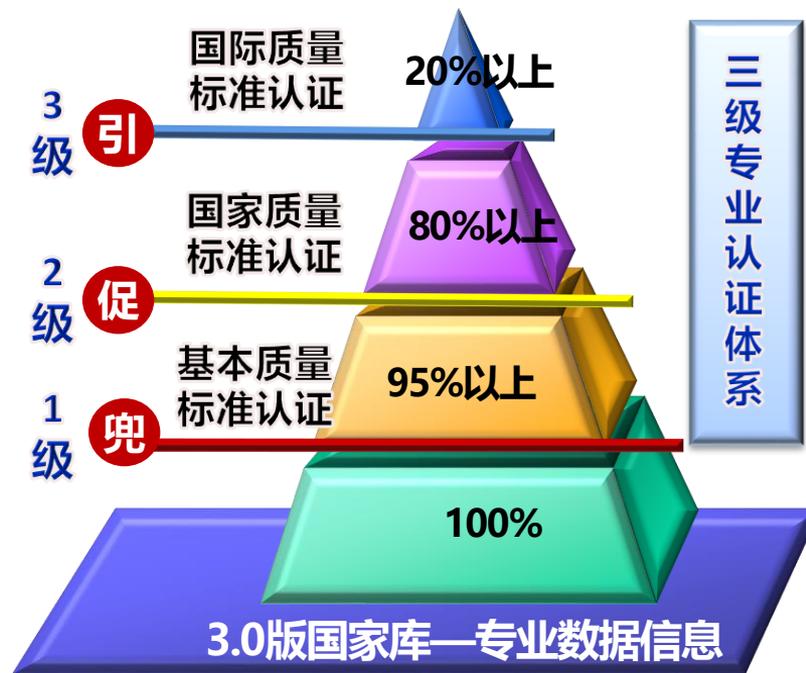
◆ 结论2：培养目标不再反映毕业要求，能更加明确地刻画毕业生在毕业后五年左右能够达到的职业和专业成就，评价学生毕业后可持续发展的能力(适应性与前瞻性)，这也与当前倡导的通适教育（做人 与基础）的理念一致。



一、为什么要明确区分培养目标和毕业要求

■培养目标如何定位 “该专业毕业生在毕业后5年左右能够达到的职业和专业成就的总体描述”

- ◆ **国家要求**：按照中国专业认证三级体系，工程教育认证是国际质量标准认证，仅20%以上工程专业有资格参加认证。
- ◆ **目前现状**：中国大部分行业还没有建立国际互认注册工程师制度，教育工作者缺乏动力，没有意识要为支撑其资质能力的基础，建立相应的毕业要求及其课程体系。
- ◆ **借鉴国际**：从国际工程联盟（International Engineering Alliance, IEA）工程教育与工程师互认体系看
 - 只有建立与注册工程师制度相衔接的工程教育认证体系
 - 促进国际互认，才能提升我国工程技术人员国际竞争力



◆ **结论3**：工程教育认证体系与注册工程师制度相衔接的**桥梁**——培养目标，其**参照**注册工程师资质能力的要求，才能逐渐与国际“工程师互认”内涵实质等效，也有利于我国今后国际“工程教育互认”与“工程师互认”之间衔接。



■ 培养目标和毕业要求区别与联系^[8]

	培养目标	毕业要求
定义	专业毕业生在 毕业后5年左右 能够达到的职业和专业成就的总体描述	对学生 毕业时 所应该掌握的知识和能力的具体描述，包括学生通过本专业学习所掌握的技能、知识和能力。
定位	注册工程师 水平	工程师毛坯 水平
制定依据	外部需求 ，包括国家、社会、用人单位和学生/家长的要求与期望； 内部需求 ，包括学校办学定位、人才培养定位及培养质量追求。	主要是 培养目标 (按 OBE 理念培养目标 反向设计 毕业要求)
内涵	学生“ 能做什么 ”	学生“ 能有什么 ”
关系	实施 ：毕业要求支撑培养目标(“ 能做什么 ”主要取决于“ 能有什么 ”)	
描述	只能 相对宏观 ——由于毕业生走入工作岗位后，除了学校的培养基础外，更重要的是他自身的努力及机遇， 因素复杂 ，只能 通过调查从教育统计学的宏观视角 ，描述学生“能做什么”。	必须 相对具体 ——描述学生“能有什么”，只有列出 具体的毕业要求 (包括分解的 指标点)才能便于 反向设计与落实可操作的教学活动及其评价 。



■ 培养目标的框架与内容要求

◆ 培养定位(学生毕业后5年左右)

● 内涵(中国特色)

➤ 职业特征

➤ 专业领域

➤ 人才定位

● 参考案例——XX大学XX专业培养定位

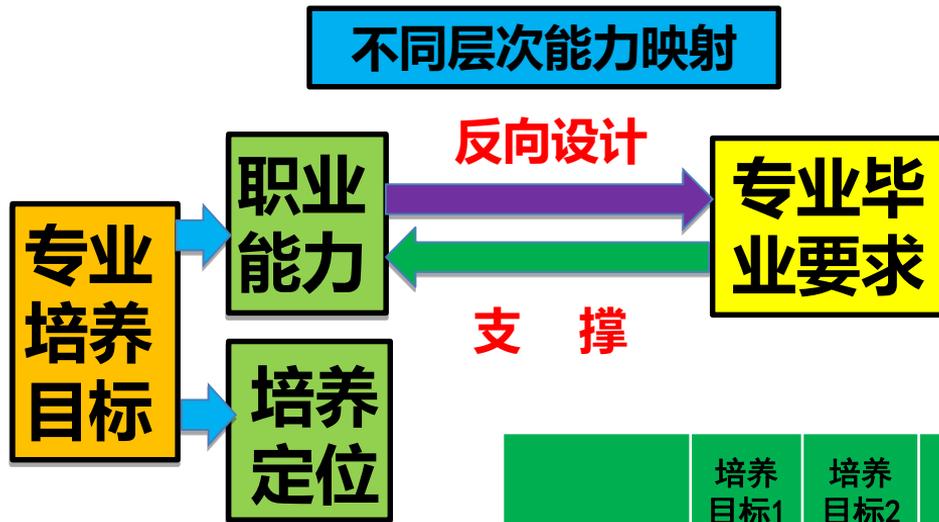
具有“**全球视野、系统思维、协同创新**”能力，胜任**世界多样性和快速变化挑战的xxxx工程领域的工程师与优秀专业人才**，胜任未来工程职业工作或者研究生继续深造提高。

说明：这个定位是**国家一带一路等走出去战略的需求与目标**，尽管目前做不到，但需要经过一轮或二轮认证努力做到。



职业能力——毕业要求支撑培养目标部分的内容——描述的原则与具体要求

- **概述性描述要求**——
可分解若干具体点、
精炼的相当于**注册工
程师**水平的非技术/
技术类能力的要求。



- 国内大部分工程专业无注册工程师制度，
目前可参照国外注册工程师关键特性描述。

	培养目标1	培养目标2	.....
毕业要求1			
毕业要求2			
.....			



➤ 未来工程资质知识工程体系——关键特性与能力要求^[1]

- ✓ 2013年美国国家工程师协会针对36类工程师,提出通用的13个关键特性与30个能力。注意:当时此文声明不要求正式作为标准,但**2016已正式变成通用标准**。
- ✓ 不同类型的工程师要求侧重面不一,可适当选取。
- ✓ 今天的工程师一定需要继承过去成功的工程师特性,也面临着独特的变革和挑战,需要保持和扩展以下相关的**13关键特性** :

技术类关键特性

非技术类关键特性

1、分析与实践	2、在设计上注重完整性和细节
3、创意和创新	4、交流
5、关于科学和数学的应用知识	6、精通所选领域的工程和熟悉相关技术领域
7、熟悉商务和管理方面的知识	8、领导能力,有能力影响项目在战略、战术、策略、程序和其他角色的改变
9、专业和积极的态度	10、在全球范围内,了解社会和历史因素
11、了解并符合相关法律、法规、标准和规范	12、取得工程师执照,并且熟知工程规范及其专业操守
13、致力于终身学习	



✓ 未来工程师资质的30个能力要求

基本或基础能力		1、数学	2、自然科学	3、人文社会科学
技术能力	4、制造业/建筑业	5、设计	6、工程经济	7、工程科学
	8、工程工具	9、实验	10、问题的识别和解决	11、质量控制和质量保证
	12、风险、可靠性和不确定性	13、安全	14、社会影响	15、系统工程
	16、运行和维护	17、可持续发展和环境影响	18、技术广度	19、技术深度
非技术能力	20、工程业务	21、沟通	22、伦理责任	23、全球认知和意识
	24、领导能力	25、工程法律	26、终身学习	27、专业素质
	28、项目管理	29、公共政策与工程	30、团队合作精神	

✓英国注册工程师资质能力^[2]

✓日本工程师资质能力^[3]

结论：一个合格的工程师，技术类能力当然重要，但非技术类能力更重要。

通常非技术类能力条目数(3-4) >> 技术类能力条目数(1-2)



● 根据国际工程联盟毕业生素质与职业能力的要求，明确工程师的“复杂工程活动范畴”与毕业生“解决复杂工程问题范畴”的不同层次

解决问题范畴：在毕业生素质和职业能力的双重背景下		工程活动范畴	
属性	复杂工程问题	属性	复杂活动
知识要求的深度	如不具备深厚的工程知识（以基本原理为基础的、体现基本原则的分析方法）则无法解决	导言	复杂活动 是指具有下列部分或全部特点的活动或项目
冲突要求的范围	涉及广泛的，或相互冲突的技术、工程及其他因素	资源范围	涉及多种多样的资源的利用 （包括人员、资金、设备、原材料、信息和技术）
分析需要的深度	没有明显的解决方法，需要通过抽象的、富有创造性的分析以建立合适的模型	交互程度	需要解决重大问题 ，这些问题是由于广泛的或相互冲突的技术、工程或其他问题相互影响而产生的
问题的熟悉度	涉及不太常见的问题	创新性	以 创新的方式 创造性地运用工程原理和研究性知识
适用准则的程度	属于专业工程实践标准及准则涵盖范围之外的问题	对社会和环境的影响	产生 难以预计且难以缓解的重大影响
利益相关者参与程度及其冲突要求的程度	涉及多种不同的利益相关者群体，有非常多样的需求	熟悉度	需要采用基于原理的方法， 超越已有的经验 。
依存关系	属于高水平问题，包含许多组成部分或子问题		
此外，职业能力的背景下：			
影响	在一系列背景环境下均产生重大影响		
判断	在决策中需要判断		



● 明确工程师与毕业生非技术类要求的不同层次

➤ 例：工程伦理与职业担当

毕业要求8.
职业规范



工程师伦理基本纲领(对人关系及价值基准对应表)

指标点 8-3:
理解工程伦理的核心理念,了解工程师的职业性质和责任,在工程实践中能自觉遵守职业道德和规范,具有法律意识。

对人关系	价值基准 (7原则)	伦理纲领条文
“工程师” 对 “公众”	公众优先原则	1、确保公众利益：工程师必须最优先考虑公众的安全、健康、福利
	可持续性原则	2、确保可持续性发展：工程师必须努力做到保护地球环境，确保未来子孙生存社会的可持续性发展。
“工程师” 对 “业务对象”	有能性原则	3、重视有能性：工程师必须开展自己力所能及范围内的业务，不参与不确信的业务。
	真实性原则	4、确保真实性：工程师必须根据事实，客观地使用信息，进行报告、说明或发表。
	诚实性原则	5、公正、诚实地履行：工程师必须根据公正的分析和判断，诚实地履行被委托的业务。 6、保密：无正当理由，工程师不得泄露或盗用业务上获得的机密。
	正当性原则	7、维持信誉：工程师必须维持工程师风度，不得有欺骗，接受不当报酬等失信行为。
“工程师” 对 “工程师”	专职原则	8、互相协助：工程师必须相互信赖，尊重对方，相互协助。 9、遵守法规等：工程师必须遵守业务面向的地区法律法规，遵守其文化价值。 10、持续钻研：工程师必须努力增强专业技术力，提高技术与社会相交领域的知识，同时注意培养人才。



例：项目管理与工程经济

某校毕业要求指标三级指标(教学要求内容)

毕业要求	指标点 (2级指标)	教学要点 (3级指标)
11. 项目管理：理解并掌握工程方面项目管理和经济决策的基本知识和基本方法，并能够应用于多学科环境的工程实践中。	11.1理解并把握工程项目管理、经济决策的整体架构；	①分析、确定系统目标、功能、结构；②分析、确定合理的系统技术性能指标；③确定系统规模和开发内容；④选择、设计、优化系统技术路线；⑤系统开发管理；⑥工程项目技术经济分析。
	11.2理解工程项目的时间及成本管理、质量及风险管理、以及人力资源管理，并应用于多学科环境的工程实践中；	①工程项目的具体活动界定，活动排序，时间估计，进度安排及时间控制；②工程项目的资源配置，成本、费用预算以及费用控制；③项目采购计划，采购与资源选择以及合同管理；④项目质量规划，质量控制和质量保证；⑤项目不确定因素分析，风险识别，风险量化，制订对策和风险控制；⑥项目组织规划、团队建设、人员选聘；⑦为确保项目信息的合理收集和传输所需的沟通规划，信息传输和进度报告。
	11.3理解并把握工程项目安全管理。	①工程项目实施过程的安全规范认知；②工程项目实施过程安全意识；③工程项目的安全措施与执行要求。



未来工程师资质的30个能力要求		
名称	内涵	能力举例
项目管理	项目管理是作为知识，技能，工具的应用，并满足项目要求的技术。 项目管理是工程组织为客户提供优质的产品和在线服务及预期的预算范围。 项目管理是一项具有挑战性、应用性很广的项目，是一项重要的工程功能。	<ul style="list-style-type: none"> ●分析项目和制定有效的策略，在启动项目开始，分规划，执行，监控，控制和结束五个阶段； ●制定项目计划文件； ●确定独立的工作任务和编制项目的各部分预算； ●比较各种设计方案的优劣； ●指导一个或多个团队的项目工作； ●使用适当工具监控项目进度和费用
	经济分析的使用是工程设计过程的基础。在评估和比较设计方案时，工程师需要评估初始资本成本，每年的经营、维护和维修的成本，并定期更换设备或其他组件的成本。设计方案通常具有不同的资本和运营成本，工程经济分析用于设计过程，比较供选方案，这种分析有助于确保成本最低的优化设计。一旦选定设计方案，工程师通常会参与进一步定义项目经济性，项目总成本估算，项目或产品相关的风险的识别和经济量化。	<ul style="list-style-type: none"> ●准备初始投资和年运行，维护，维修的详细的成本估算，并对项目或部分项目的重置成本； ●计算投资回报率，目前的价值和/或具有初始投资和年运行，维护，修理项目的年度成本和效益，和更换的费用使用适当的利息，折扣，和预期的通货膨胀率； ●识别和量化与项目或产品相关的经济风险； ●以现值或年度成本为基础比较各种设计方案有不同的成本曲线。

● 根据对培养目标调研结果及培养定位，参照上述工程师能力关键词构建。



◆参考案例1：普渡大学机械工程学院培养目标及毕业要求

●详细描述型——培养目标：学生在毕业后的几年，致力于：

1、发现

- **主动拥抱**在工程行业和政府组织实践的**领导角色**（包括传统的和新兴的技术领域）。
- 为了推进技术、促进创新，必须开展研究和发展跨学科（研究生学习或行业），以便**在全球经济中成功竞争**。
- 用他们解决工程问题的技巧，以减少传统的职业途径（例如，应用专利法律，医学，商业，初创企业，工程教育，公共政策，等等）。

2、学习

- 积极参与专业持续发展的机会（会议、讲习班、短期课程、研究生教育等）。
- 在不断变化的全球企业中，更新和调整他们的核心知识和能力。
- 发展新的知识和技能，追求新的职业机会。

3、服务

- 担任工程专业的大使，帮助其他人对工程有激情。
- 交流和应用知识，创造新的机会，**推动我们的社会和解决各种技术和社会问题**。
- 推进创业投资和培育支持可持续经济发展的活动，**以提高地区、国家和世界人民的生活质量**。



● 普渡大学机械工程学院本科学生学习成果

愿景：普渡大学的工程师将准备以领导角色
应对全球、技术、经济和第二十一世纪的社会挑战。

策略：我们将提供教育经验，培养学生的知识、能力和素质，使他们能够确定需求，并考虑经济、社会和文化等因素构建有效的解决方案。

能力

- B1 领导
- B2 团队合作
- B3 沟通
- B4 决策
- B5 认识和管理变革
- B6 有效地在不同的和多元文化的环境中工作
- B7 有效地在全球工程专业工作
- B8 综合工程，商业和社会观点

知识领域

- A1 科学与数学
- A2 工程基础
- A3 分析技能
- A4 实验技能
- A5 开放式设计和解决问题的能力
- A6 工程内部和外部的多学科研究
- A7 综合分析，问题解决，与设计技巧

品质

- C1 创新
- C2 强烈的职业道德
- C3 在全球、社会、知识和技术背景下道德责任
- C4 适应不断变化的环境
- C5 创业和创业
- C6 好奇心和持续不断的学习者

在普渡大学工程本科教育的三大支柱



◆ 参考案例2：2013年美国科罗拉多州立大学电气工程专业自评报告 专业技能

● 概要描述型——培养目标 职业素养

- 鉴定、分析、制定和解决与他们的专业职位相关的工程问题，独立和团队工作环境
- 以重要的法律、伦理、监管、社会、环境和经济等方面宽广的系统视角管理多学科的项目
- 与同事、专业的客户和公众有效沟通
- 在终身学习、专业发展和领导能力上表现出担当和进步

● 本科电气工程专业毕业生将有：

- 应用数学、科学和工程知识的能力
- 设计和进行实验的能力，以及分析和解释数据的能力
- 有能力设计一个系统，组件或过程，在现实的制约，如经济，环境，社会需求，健康和安全的可制造性，和可持续性
- 一种多学科小组的能力
- 识别、制定和解决工程问题的能力
- 对专业和道德责任的理解
- 有效沟通的能力
- 广泛的教育，有必要了解工程解决方案在全球，经济，环境和社会背景的影响
- 承认有必要，并有能力进行终身学习
- 对当代问题的认识
- 使用技术、技能和现代工程工具所必需的技能。

该培养目标特点：无专业名称，基本是非技术类工程师能力要求。国外教育观点是将专业教育看作教学载体，更重视所形成的能力。



◆ 参考案例：xx大学 xx专业培养目标描述

- 培养定位：具有“**全球视野、系统思维、协同创新**”能力，胜任**世界多样性和快速变化**挑战的xxxx工程领域的**工程师与优秀专业人才**，胜任未来工程职业工作或者研究生继续深造提高。
- **概述性描述——职业能力**：
 - 通晓国际规则，具有文化包容和跨文化协同能力
 - 在xx工程领域具有系统思维、多学科知识交叉融合和迁移能力
 - 在xx工程领域具备创新性解决不确定环境下复杂工程项目能力
 - 具有工程伦理道德责任和尊重社会价值的的能力
 - 具备组织及协作领导能力，具有批判和反思能力
- ◆ **注意点**：在认证**初级阶段**，由于还没有要求**必须**与国际接轨，况且我国绝大多数工程专业类**尚缺注册工程师制度**，因而，**暂时**只须在深入调查研究的基础上形成调查分析报告，以支撑其描述要求即可。



◆ 参考案例：xx大学xxxx 工程专业的培养目标

- **培养定位**——本专业致力于培养适应社会与经济发展需要的xxxx 工程专业及相关领域的**工程师**
- **概要描述型**——**职业能力**

本专业毕业生毕业后五年内达到以下目标：

- 能够适应现代XXXX 工程技术发展，融会贯通工程数理基本知识和XXXX工程专业知识，能对复杂工程项目提供系统性的解决方案。
- 能够跟踪XXXX 工程及相关领域的前沿技术，具备的一定工程创新能力，能运用现代工具从事本领域相关产品的设计、开发和生产的能力。
- 具备社会责任感，理解并坚守职业道德规范，综合考虑法律、环境与可持续性发展等因素影响，在工程实践中能坚持公众利益优先。
- 具备健康的身心和良好的人文科学素养，拥有团队精神、有效的沟通、表达能力和工程项目管理的能力。
- 具有全球化意识和国际视野，能够积极主动适应不断变化的国内外形势和环境，拥有自主的、终生的学习习惯和能力。



为什么要明确区分培养目标和毕业要求



毕业要求指向解决复杂工程问题



毕业要求反向设计课程体系



毕业要求达成度评价



基于产出的课程教学



其他主要评价指标及其关系



指标

标准正文

专业必须有明确、公开的毕业要求，毕业要求能支撑培养目标的达成。**专业通过评价证明毕业要求的达成。**专业制定的毕业要求完全覆盖以下内容：

- 1. 工程知识：**能够将数学、自然科学、工程基础和专业知**识用于解决复杂工程问题。**
- 2. 问题分析：**能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究**分析复杂工程问题**，以获得有效结论。
- 3. 设计/开发解决方案：**能够设计**针对复杂工程问题的解决方案**，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。
- 4. 研究：**能够基于科学原理并采用科学方法**对复杂工程问题进行研究**，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。
- 5. 使用现代工具：**能够**针对复杂工程问题**，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。
- 6. 工程与社会：**能够基于工程相关背景知识进行合理分析，评价专业工程实践和**复杂工程问题解决方案**对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。
- 7. 环境和可持续发展：**能够理解和评价**针对复杂工程问题**的工程实践对环境、社会可持续发展的影响。
- 8. 职业规范：**具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在工程实践中理解并**遵守工程职业道德和规范，履行责任。**
- 9. 个人和团队：**能够在**多学科背景下**的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。
- 10. 沟通：**能够就**复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流**，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。并具备一定的国际视野，能够在跨文化背景下进行沟通和交流。
- 11. 项目管理：**理解并掌握工程管理原理与经济决策方法，并能**在多学科环境中应用。**
- 12. 终身学习：**具有**自主学习和终身学习的意识**，有不断学习和适应发展的能力。

毕业要求



■ 华盛顿协议标准为什么提出本科毕业生应具有解决复杂工程问题能力—2009年才提出，2013版才被认同。

◆ 适应第三/四次工业革命的需要

- 2011, 杰里米·里夫金：**第三次工业革命** 新经济模式如何改变世界，互联网和可再生能源
- 2013, 乌尔里希·森德勒：**工业4.0**，人类将迎来以信息物理融合系统(CPS)为基础，以生产高度数字化、网络化、机器自组织为标志的第四次工业革命。
- **挑战：缺乏跨学科、理解全局，能领导和负责一个复杂技术系统开发的教育**

◆ 区别于《悉尼协议》和《都柏林协议》

	对《华盛顿协议》毕业生 ——工程师	对《悉尼协议》毕业生 ——工程技术专家	对《都柏林协议》毕业生 ——工程技术人员
工程知识	能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于 解决复杂工程问题 。	能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于 确定及应用工程流程、程序、系统和方法 。	能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于 广泛的实践操作性流程和实践工作 。
职业能力要求	复杂工程问题	广义工程问题	狭义工程问题



“复杂工程问题”特征

参照《华盛顿协议》要求，详细界定“复杂工程问题”必须具备下述特征（1），同时具备下述特征（2）-（7）的部分或全部：

（1）CP1：**必须运用深入的工程原理经过分析才可能得到解决**（基于深入原理）

（2）CP2：需求涉及多方面的技术与工程因素，并可能相互有一定冲突（**协同攻关**）

（3）CP3：需要通过建立合适的抽象模型才能解决，在建模过程中需要体现出创造性（**建模求解**）

（4）CP4：不是仅靠常用方法就可以完全解决的（**需新方法和现代工具**）

（5）CP5：问题中涉及的因素可能没有完全包含在专业标准和规范中（**不确定与创新思维**）

（6）CP6：问题相关各方利益不完全一致（**利益冲突**）

（7）CP7：具有较高的综合性，包含多个相互关联的子问题（**综合性**）



核心
分析与运用

特征
工程问题的复杂



“复杂工程问题”特征分析^[5]

特征分析

CP1：必须运用深入的工程原理经过分析才可能得到解决

CP2：需求涉及多方面的技术与工程因素，并可能相互有一定冲突

CP3：需要通过建立合适的抽象模型才能解决，在建模过程中需要体现出创造性

CP4：不是仅靠常用方法就可以完全解决的

CP5：问题中涉及的因素可能没有完全包含在专业标准和规范中

CP6：问题相关各方利益不完全一致

CP7：具有较高的综合性，包含多个相互关联的子问题

内涵

□要求**知识面广**，包括系统的工程原理知识(WK3)、处于前沿的工程专业知识(WK4)、工程设计知识(WK5)、工程实践知识(WK6)或了解学科研究文献的知识(WK8)。

□对知识的要求并非**简单的“掌握”**，而是要**“运用”**知识的原理。
□知识不能**“简单地”套用**，而是要对知识**“深入”**的应用。

□对问题的解决不能**“照搬方法”**，而要**“经过分析”**

□工程问题的复杂性必须**综合**考虑包括**技术、工程**等多方面的因素，直接关系到其有效的解决。

□工程问题内部各要素间可能**存在矛盾与冲突**，需要找到解决矛盾的突破口，在解决矛盾与冲突的过程中解决复杂工程问题

□复杂工程问题往往**没有显而易见的解决方案**。

□根据任务目标要求理清复杂工程问题的内部要素和外部联系。
□运用**抽象思维和原创性分析**对复杂工程问题进行界定、分析和提炼，形成适合分析和解决复杂工程问题的**模型**。

□建模的思路、手段和方法需要**突破现有的局限，突出创新性**。

□解决复杂工程问题要突破方法和学科上的思维定势，需要有**新思路和新方法**，存在多种解决复杂工程问题方案和途径；需要**多学科知识、方法和手段的综合运用**。故**多学科领域的团队合作**成为解决复杂工程问题的常态。

□日益复杂的工程问题受到**多因素制约**，可能涉及生态平衡、自然和谐、健康安全、工程伦理、经济发展等，这些因素会**超越现有的专业标准和规范**所包含内容。

□解决这些复杂工程问题要**突破现有方式、方法和手段**，寻求解决思路、途径和方法的变革

□现有标准和规范的变革，要注重工程伦理准则和职业道德规范。

□复杂工程问题涉及社会社区规划、生态环境保护、相关行业利益、地区经济发展以及价值观念认同等**多方面的利益**，其不协调和冲突将成为常态。

□协调并处理各方的利益诉求，需要**把握主要矛盾，寻求平衡点**。

□复杂工程问题具备**复杂系统的特征**。

□要处理好各局部子系统与总体的关系，**实现整体目标要求**为出发点处理好各局部之间的关系。



■ 毕业要求与复杂工程问题之间的逻辑关系

- 从**教育**的角度，毕业要求的12条，反映了工程问题的**基本特征**。
- 从**产出**的角度，毕业要求的12条，是**以学生为载体**，通过工程问题**有机联系起来**。
- “复杂工程问题”是**实现毕业要求的背景**；毕业要求**内容通过复杂工程问题来实现**。

毕业要求	从现代复杂工程研发的视角	从学生的角度反映其能力特征
1.工程知识 2.问题分析 3.设计/开发解决方案 4.研究 5.使用现代工具 11.项目管理	面向内/外部技术/非技术问题， 模拟解决现代复杂工程问题的研发步骤能力。	学生 能 做什么？反映的是学生的专业知识、技能和学以致用能力
6.工程与社会 7.环境和可持续发展 8.职业规范	面向外部的非技术类问题， 理解与评价 现代复杂工程对其影响的能力。	学生 该 做什么？反映学生的道德价值取向，社会责任和人文关怀
9.个人和团队 10.沟通 12.终身学习	面向从事解决复杂工程问题毕业生应具有 的社会能力 。	学生 会 做什么？反映学生应具备的综合素质和职业发展能力



- **复杂技术问题与复杂工程问题——一些专业的误区，认为技术复杂就是复杂工程问题。注意：本科毕业生定位仍然是创新意识。**
- ◆ **科学、技术与工程——区别与联系**
 - **科学**：人们探索各种自然/社会现象和人体本身的活动。
 - **技术**：人们改变客观物体形状、成分和性能的方法和手段，改变的目的是为人所用。
 - **工程**：人们运用科学理论和技术手段，利用现有资源创造出新的物体并创造出财富的活动。
- ◆ **对工程问题，要考虑专业技术因素，还要考虑非技术的因素**
 - 包括**法律、健康、安全、文化、社会以及环境**等因素，考虑**市场、客户需求**的满足，强调对已有技术的重复使用，强调**技术的继承性**，考虑研发、生产、运营全过程的**低成本**，要着重考虑新技术的**可靠性**。



■ 本科毕业生具有解决“复杂工程问题”能力的内涵——

- ◆ **归纳、建模、分析问题的能力**——考虑了技术因素和非技术性因素，从深入的基本原理出发进行建模、分析，并得出结论
- ◆ **系统性分析问题的能力**——关注系统多模块之间的关系，什么是最协调的。不能只关注单一指标最优
- ◆ **工程决策能力**——平衡不同相关方的利益，需求不一致时的决策能力



为什么要明确区分培养目标和毕业要求



毕业要求指向解决复杂工程问题



毕业要求反向设计课程体系



毕业要求达成度评价



基于产出的课程教学



其他主要评价指标及其关系



标准4.0课程设置应能支持毕业要求的达成，课程体系设计应有企业或行业专家参与。

■ 毕业要求对原有课程体系的挑战

◆ 始终将解决复杂工程问题作为大背景。

◆ 专业能力的培养：不能停留在知识和概念的层次上，整体解决问题的能力要求更突出，专业课程要从单纯按照内容分工向按照能力培养的协同与分工转变。

◆ 非专业能力的培养：针对性更强，更具体，要从“无形”向“有形”转变。

◆ 以统一的观点和视角看理论课程与试验课程以及实践环节。



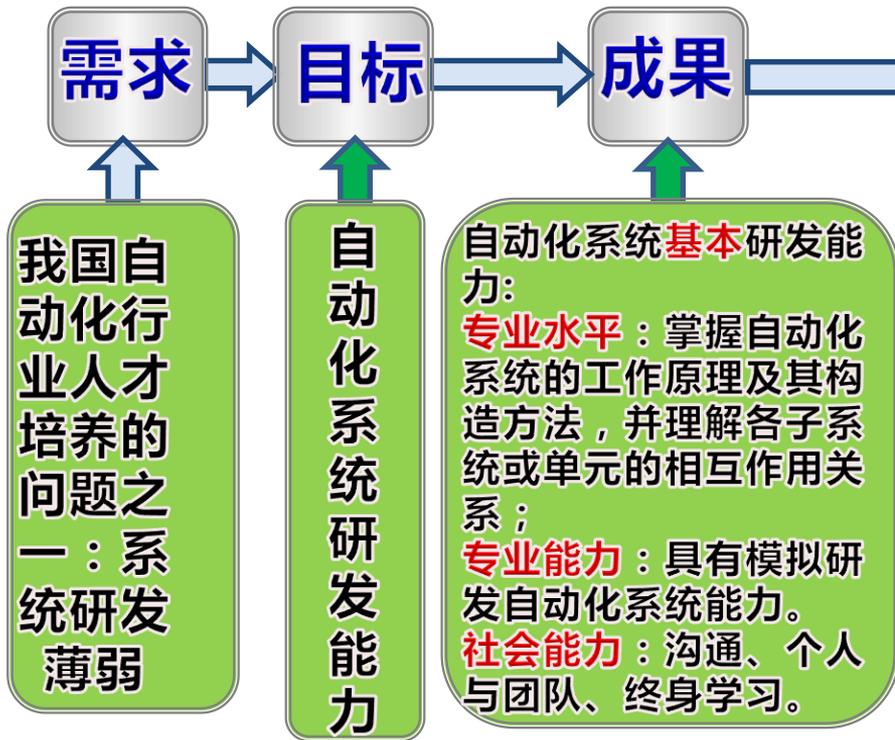
■ 对策——按OBE理念重构课程体系

◆ 本科毕业生具有解决“复杂工程问题”能力定位与教学设计

- 其定位需要强调不是探索现代工程问题，应以现代成熟的复杂工程问题为教学背景。
- 根据培养目标能**从事复杂工程活动能力要求**，反向设计**能解决复杂工程问题能力的毕业要求**，进而反向设计课程体系，分解为培养学生专业各子能力的课程群(包括领域的课程设计与综合实践)，培养工程“综合、实践”能力是本科阶段毕业生**具有创新意识的基础**；
- 而最终**综合性实践环节**，应模拟现代成熟的复杂工程为背景，进行**典型化**，即只考虑主要的工程指标及主要的工程约束，包括运行环境、经济、法律、标准等，**成为可操作的教学设计**，就象珍珠链一样，能将各种子能力串起来**获得初步综合提升**。



按OBE思想构建课程体系案例



综合实践环节:具有模拟自动化工程系统基本研发能力

工程基础与专业(含实验)

- 1、设置机械系列课程，具有机械设计与应用初步能力
- 2、设置电子系列课程，具有电子设计与应用初步能力
- 3、设置控制系列课程，具有控制设计与应用初步能力
- 4、设置传感系列课程，具有传感选型与应用初步能力
- 5、设置计算机系列课程，具有计算机应用与软件编程初步能力

公共基础(人文科学、数学、自然科学)(含实验/实践)



目标任务——模型智能车以摄像头、红外二极管或者电磁感应传感器为感应手段，通过CPU计算驱动模型车在具有多种元素的道路环境中行驶，以速度取胜，以少发生错误为前提。

跨学科团队协作

不同专业学生
不同一级学科
指导老师



机械

车模调整
转向设计

电气

电机/舵机驱动、
电路设计

仪器

光电管、电感、摄像头、陀螺仪、码盘等传感器，虚拟仪器

电子、计算机、控制

信号处理、模式识别、智能控制、软件工程、嵌入式系统、通讯

多学科综合

运动性能

路径规划

路径识别

控制参数
实时调整

机械、电子电气、控制、传感、计算机多学科综合

符合毕业要求第9条“个人与团队”

构思

设计

实施

运行

方案制订

系统设计

硬件制作

系统组装

次年7月全国
预赛
次年8月全国
决赛

技术交流

器件采购

理论研究

软件设计

系统调试

仿真计算

技术规范要求

撰写技术报告

符合毕业要求第10条“沟通”

符合毕业要求1-5、11-12条
借鉴“CDIO”的理念，学生历时9个月业余时间，经历从构思、设计、实施、运行研发全过程。

必修综合实践环节----模型智能车竞赛教学活动

竞赛赛

光电组

摄像头组

电磁组

每年11月
报名

创意赛

命题创作



1、必须运用深入的工程原理经过分析才可能得到解决

道路识别——必须深入分析道路元素特征才能设计有针对性的识别方案。

机械——只有清楚认识运动稳定性和加速特性才能挖掘车辆速度潜力。

电路——在基本模拟/数字电路基础上，在智能车中遇到的都是更加实际的、非理想电路的问题，如：

- 模拟放大电路如何从环境噪声背景中提取有效信号；
- 模数转换电路如何获得足够的信噪比；
- 控制电路如何抑制电机驱动电路的干扰；
- 在数字图像处理中如何对环境光的变化自适应。
- 学生能够灵活应用相关基本知识原理，学会阅读英文原版芯片手册等大量资料，部分学生尝试阅读学术文献。



控制算法——必须清楚认识道路元素组合特征和机械特性才能设计合理的控制方案。

使用现代工具——竞赛是一个跨学科的工程设计竞赛，需要组队掌握多种现代工具（测量仪器、CAD）。

- 掌握基于模型的CAD方法：如电路建模仿真PSPICE、MultiSIM；机械结构设计ProE、AutoCAD；图形算法模拟计算Matlab等。
- 开发：硬件包括基础示波器、信号发生器，到嵌入式MCU调试使用JTAG、BDM，以及软件集成开发环境IDE、GCC工具链等等。
- 成绩较好的队伍，开发软件模拟的算法验证平台，在基于VC/VB的软件“虚拟车”验证基础算法。



2、需要涉及多方面的技术、工程和其它因素，并可能相互有一定冲突

综合性——

- 涉及机械结构、信号分析、控制理论、电路设计等多方面的理论技术；竞赛所需要的稳定性、适应性等要求；
- 涉及到经费、制版、调试电路等具体问题；
- 赛道的现场光学环境、摩擦力等工程问题；
- 对于追求更快速度的队伍还要考虑车辆的配重、悬挂，考虑赛道切弯等。

相互冲突的多个因素——

- 行驶速度和稳定性、道路识别鲁棒性和复杂性等；
- 经费与控制效果、元器件等之间、控制的精确性与速度之间、光学条件和摩擦系数等与控制的鲁棒性等之间均有冲突。



3、需要通过建立合适的**抽象模型**才能解决，在建模过程中需要体现出创造性

- 对于两轮车，是必须建立足够好的数学模型，车模才能控制好。
- 在图像识别过程中，也有建模问题，模式识别问题等。
- 控制过程本身是基于模型的控制过程。

4、**不是仅靠常用方法就可以解决的**

- 不连续道路线和路口的道路元素的识别必须依靠某种策略。
- 弯道等环境要求利用道路宽度以提高速度。
- 舵机等机械性能以及电感传感器的温度系数需做大量实验寻找规律和最佳工作点。
- 一支普通的队伍，面临传感器、控制器、车模等有各自的差异性，数模混合的机电一体电路调试复杂性，从而带来程序调试过程的独特性，因此也一定会遇到独特的问题，需要用不寻常的方法进行调试和解决。
- 追求高速的队伍，需要有独特方法以适应不同光学环境、摩擦系数和障碍躲避等。



5、问题中涉及的因素可能没有完全包含在专业标准和规范中

- 本科教学，讲授的控制都是线性系统，理想条件下的控制问题。而对于车模的控制，一定存在各种类型的非线性，加到电机上的控制量与实际获得的速度之间一定不是线性的，从而带来的控制方案一定是存在非线性控制问题，以及面对这样的非线性控制问题的线性化过程。
- 车模在高速运动过程中，所采集的图像一定有各种非标准情况，对于图像的处理过程也一定有其独特的方法。尤其在考虑速度要求和处理器能力限制的情况下，图像的处理过程一定是被简化过的，非标的。



6、问题相关各方利益不完全一致

- 系统识别的精度与控制的需求有矛盾，车模的运行精度与速度有矛盾，车模的稳定性与速度有矛盾，为了稳定可能需要车模尽可能重些，而为了速度可能需要车模尽可能轻些。
- 电池的重量与容量之间有矛盾，电池重意味着可提供的电能更多，需要充电的次数更少，但对于车模的运行就形成了过大的负担。

7、具有较高的**综合性**，包含多个相互关联的子问题

- 前面提到的各个学科知识的综合性。
- 系统包含了多个相互关联控制系统、检测系统、车身结构、驱动系统或者说行走系统等。
- ◆ 目前情况下，“毕业设计(论文)”说明学生具有解决复杂工程问题能力不具有可操作性。



为什么要明确区分培养目标和毕业要求



毕业要求指向解决复杂工程问题



毕业要求反向设计课程体系



毕业要求达成度评价



基于产出的课程教学



其他主要评价指标及其关系



0.专业必须有明确、公开的毕业要求, 毕业要求应能支撑培养目标的达成。专业应通过评价证明毕业要求的达成。专业制定的毕业要求应完全覆盖以下内容：

■列出本专业学生的毕业要求——

◆“毕业要求” 应从学生的角度反映其能力特征(对应的通用标准毕业要求12条)

◆本专业学生的毕业要求必须完全覆盖通用标准毕业要求12项基本要求

●从体系架构上体现了通用标准毕业要求，并具有专业特色。

●从关键词上体现了与通用标准毕业要求内涵一致性。

●聚焦“复杂工程问题”的解决。

●尤其注意通用标准毕业要求中非技术类标准要求。

◆用矩阵图的方式说明毕业要求如何支撑培养目标的实现。

	培养目标1	培养目标2
毕业要求1			
毕业要求2			
.....			



■ 毕业要求达成度评价

◆ 必要性

- 专业认证工作的核心要求
- 明确教师责任，明确教学环节的要求
- 明晰学生学习要求
- 专业持续改进工作

◆ 内涵

- 毕业要求评价——由专业所有教师和管理人员通过使用一定评估方法，评估自己负责毕业要求达成情况（积累数据的评估过程），再经过对所有评估数据分析、比较、综合，得出毕业要求达成情况（评价）。评价是确定学生毕业要求所达到“如何好”的程度。
- 评价目的——检查情况，找出差距，发现问题，促进改进
- 评价功能——诊断功能、导向功能、发展功能、管理功能

◆ 描述毕业要求达成评价的方法和机制

- 评价基于教学活动对每位学生的考试或考核数据



- 评价方法是指由这些数据综合分析得出某项毕业要求指标点达成与否的规则。若采用不同的方法对不同项进行评价，应分别描述，并说明每种方法适用范围。
- **定性与定量相结合**的毕业要求达成度评价方法：

	直接评价方法	间接评价方法
内涵	通过直接观察或检查成效来评价毕业要求及分解指标点的达成情况，包括学习成果、考试成绩、课堂表现、作业等，测出学生能力达成程度	多为意见调查或自我陈述，包括访谈、问卷调查等，来间接推估学生学习成果
具体方法	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 考试（口试或面试）/测验成绩分析法（测试蓝图：Test Blue Print） ◆ 实验或实践表现评价法（评价尺规：Rubrics） ◆ 第三方专业证书考试成绩测量法 ◆ 专题报告审查（评价尺规：Rubrics） ◆ 实习单位的考核评价（评价尺规：Rubrics） 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 毕业校友的跟踪与调查（评价尺规：Rubrics；或评分表） ◆ 雇主对毕业校友的工作满意度调查（评价尺规：Rubrics） ◆ 校友毕业后的成长自评（评价尺规：Rubrics） ◆ 学生学习经验问卷调查（评价尺规：Rubrics）

- 评价机制指基础数据来源及其合理性评判，按照上述固定规则进行评价的过程、周期、各环节负责人。



◆ 毕业要求指标点的科学分解

● **分解目的**——将毕业要求表达成具有**可衡量、导向性、有逻辑关系、有专业特点**的指标点

(performance indicators), 引导教师有针对性的教学, 引导学生有目的学习。

● **分解要求**——

➤ 指标点对应的教学活动**复盖了毕业要求**。

➤ 教学环节上**可操作**: 设计学生将能学到的行为和技能的教学情境对应的**3-5个教学环节**。

指标点的分解	内涵
可衡量性	教师在课堂上可观察、可教学, 教学效果可检测、可考核、可评价 学生在作业、试卷、报告、论文等学习成果中可表达
导向性	指标点应该是动词引导的表现形式, 以指导学生做什么? 如何做? (明晰对学生的期望) 指标点的表述应能指导教师如何教? 如何检测? 如何评价? (明晰教学的目标)
逻辑性	该毕业要求达成的内在逻辑关系 (解决问题的步骤, 逻辑关系、组织表达) ——从理解基本概念开始, 循序渐进, 形成基本能力、综合能力的不同层次
专业特点	体现专业工程问题的特殊性和复杂性, 用指标点引导师生聚焦专业复杂工程问题教与学。
非技术性指标	应遵循可衡量、导向性、有逻辑、有专业特色的原则



● 指标点分解对课程教学的导向作用

- 指标点分解对**课程目标制定**的导向作用
- 指标点分解对**教学方法改革**的导向作用
- 指标点分解对**考核内容设计**的导向作用

◆ 以列表方式证明专业所列的各项要求可以证明被达到。

● 针对每一项要求提供以下信息：

- 对专业列出的**每一项**毕业要求，均要分别给出单独的上图式样的表格。
- 表中相关教学活动一般为面向全体学生的核心公共必修课程。

关于*项毕业要求达成的评价内容与过程

指标点	相关教学活动	学生考核方式	达成度评价方法	达成度评价周期及最近两次的评价时间	最近两次的的评价结果	形成的记录文档
指标点*1	课程1					
	课程2					
	课程3					
指标点*2	课程2					
	课程4					
	课程5					
...					
...						



为什么要明确区分培养目标和毕业要求



毕业要求指向解决复杂工程问题



毕业要求反向设计课程体系



毕业要求达成度评价



基于产出的课程教学



其他主要评价指标及其关系



课程教学大纲的制订



制定怎样的课程目标才能对毕业要求形成支撑



怎样的课程才能实现对毕业要求的支撑



课程怎样才能有效证明对毕业要求的支撑



课程教学大纲的制订



制定怎样的课程目标才能对毕业要求形成支撑



怎样的课程才能实现对毕业要求的支撑



课程怎样才能有效证明对毕业要求的支撑



■ 制定课程教学大纲的重要性

- ◆ 是落实基于产出的课程教学要求的规范性文件；
- ◆ 是达到认证毕业要求最根本、最基础性的工作；
- ◆ 是任课教师与管理者理解培养目标与毕业要求水平与程度的重要标志之一。

■ 课程教学大纲的制定要求

- ◆ 对毕业要求指标点的支撑关系。
- ◆ 对毕业要求达成的教学设计。
- ◆ 评估方法。
- ◆ 对教学管理要求。
- ◆ 师生教学契约



■ 参考示例----课程教学大纲的提纲与要求(1)

1、课程基本情况

- 课程代码：
- 课程中英文名称：
- 开课学期：
- 学分/学时：
- 课程类别：必/限/任；通识/学科基础/专业基础/专业方向。
- 适用专业/开课对象：XXX专业（方向），X年级本科生。
- 先修/后修课程：
- 开课单位
- 团队负责人：XXX 责任教授：XXX 执笔人：XXX 核准院长：XXX



■ 参考示例----课程大纲教学的提纲与要求(2)

2、课程教学大纲

●**课程性质、目的和教学目标**：课程名称主题词的定义及内涵；在人才培养中的地位与性质及主要内容；指明学生需掌握知识与能力及其应达到的水平。明确本课程**教学目标(知识与能力)重点符合标准哪几条毕业要求指标点。**

●**教学内容、基本要求及学时分配**：**按本课程达到所涉及的毕业要求列出主要教学内容与基本要求（了解/理解/掌握/综合能力），对所涉及的毕业要求指标点要重点体现在具体的教学要求中；基于工程实践正向/逆向问题理念设计实验/工程实践。**

●**教学方法**：体现“**学生主体、教师主导**”教学思想，可通过教学的“**互动、团队合作、自主、开放**”等多种形式，采用**整合思维研究、探究式学习、融合学习、基于问题的教学、基于项目的学习、案例学习、专题讨论**等教学方法。



■ 参考示例----课程教学大纲的提纲与要求(3)

- 课内外教学环节及基本要求**：应具体说明课程的理论与实践、课内与课外、讲授（含周时数）与讨论（含次个数），**本课程各类教学先后修关系**等安排，指明实验个数、名称及其主要内容等。
- 考核内容及方式**(课程计划的学习成果与毕业要求比较)：**按“讲一、练二、考三”教学理念**（注：培养自学/终身学习能力），内容要体现标准技术类/非技术类的毕业要求考核；平时/期末多种考核方式(**口试/笔试/大作业/实验；个人/团队**等)体现标准非技术类的毕业要求。
- 教材与参考资料**：指明至少两本并排序，书名、作者、出版社、出版日期等；**若干参考文献/调研报告/工程案例资料/实验任务书**等等。

在附录中提供所有课程教学大纲。



■ 参考示例：成果导向的《人机工程学》具体教学大纲（摘要）

课程内容标准

依照工程相关的专业认证标准，ABET要求，工程安全专业毕业生除了要表现出在其他学科方面的能力以外，还必须要证明其人机工程学方面的能力，才可以获得工程安全专业学士学位。工程安全专业毕业生必需满足以下要求：

- 1) 掌握全球及社会背景下的时事知识；
- 2) 懂得道德及职业责任；
- 3) 具备在多学科团队中发挥作用的能力；
- 4) 具备分析/解读数据的能力；
- 5) 具备将数学和科学知识实际应用的能力；
- 6) 具备参与、鉴定及评估危险条件/实践的能力；
- 7) 具备研发危险控制方案设计、方法、过程和实践的能力。

([具体见摘要全文](#))



课程教学大纲的制订



制定怎样的课程目标才能对毕业要求形成支撑



怎样的课程才能实现对毕业要求的支撑



课程怎样才能有效证明对毕业要求的支撑



- 课程目标与毕业要求指标点**有明确的对应关系**，且能**支撑**专业能力矩阵中的要求；
- 课程目标表述要**足够明确**，要足以“**导向**”课程教学过程。
- 课程目标应**分解细化**，并能落实到相应教学章节，确实让教师和学生“**能懂**”，确实**可以判定**是否达成。
- 以教学大纲形式**固化**---保证执行的规范化。



课程体系与毕业要求的关联度矩阵

	毕业要求1			.....	毕业要求12			权重 Σ
	1.1	1.2	.....		12.1	12.2	.....
教学活动1	0.3	0.3			0.4	0		1
教学活动2	.....	.....			.....	.....		1
教学活动3	.....	.....			.....	.....		1
.....	.....	.....			.....	.....		1

注：表中教学活动包括：课程、实践环节、训练等；根据每个教学活动与各项毕业要求指标点关联度的高低用权重表示，其 Σ 为1。此矩阵应由专业制定培养方案小组专家与教学活动负责人共同研究确定。

- ◆ 此表与教学大纲中要求的指标点一致，表达了每个教学活动支撑毕业要求的完备性，是课程评价的基础。
- ◆ 从教育学统计角度，毕业要求达成度评价只需每个指标点要求2-3个最重要的教学活动进行评价。目前教学状态下，毕业要求达成度评价中的强关联教学活动应是此表的子集。



■课程目标的制定依据

课程名称	1.工程知识				2.问题分析				3.设计/开发					4.研究				5.现代工具			6.工程社会			7.环境		8.职业规范			9.个人和团队			10.沟通		11.项目管理		12.终身学习		
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	8.1	8.2	8.3	9.1	9.2	9.3	10.1	10.2	11.1	11.2	12.1	12.2	
电工电子技术			√																√							√		√										
机械设计基础		√	√																																			
无机化学														√												√		√										
机械课程设计									√	√			√						√																			
材料科学基础				√	√									√	√		√																				√	
材料科学基础实验								√							√		√																					
材料工程基础		√	√		√	√	√			√															√													
材料工程基础实验						√	√			√										√																		
项目管理																												√	√	√	√		√	√				
工程设计训练									√	√	√	√	√						√		√	√							√									
岗位实习																					√			√	√													
毕业论文							√	√						√	√	√	√														√	√					√	



◆ 《材料工程基础》课程目标的制定依据

毕业要求	指标点	材料工程基础	材料工程基础实验
1.工程知识	1-2 能针对一个系统或过程,建立数学模型或原理方程,并利用恰当的边界条件求解. 1-3 能够运用原理方程和工程知识,针对材料生产单元装备进行复杂工程问题分析	M	
2.问题分析	2-1 能够分析材料合成与制备过程中的工程问题,识别和判断影响产品质量的关键因素; 2-2 能够运用工程知识分析窑炉系统复杂工况,揭示材料生产过程中相关问题; 2-3 能结合文献研究,对复杂工程问题的影响因素进行分析论证,寻求可替代的解决方案认识到解决方案的多样性	H	M
3.设计/开发解决方案	3-2 能够针对任务需要,进行单元装备设计和工艺计算。	L	L
5.使用现代工具	5-1 能够针对产品生产质量问题,选择与使用恰当的技术、现代工程工具和信息技术工具包括复杂工程问题的预测与模拟,并能够理解其局限性。		L
7.环境和可持续发展	7-2 能对材料生产和应用项目或实体,评价资源和能源利用效率,判断材料生产及应用过程对人类和环境造成损害。	L	



◆课程目标的制定

毕业要求	指标点	《材料工程基础》 课程目标	《材料工程基础实验》 课程目标
1.工程知识	1-2 能针对一个系统或过程,建立数学模型或原理方程,并利用恰当的边界条件求解。 1-3 能够运用原理方程和工程知识,针对材料生产单元装备进行复杂工程问题分析。	<ul style="list-style-type: none"> 能推导流体力学、传热传质基本方程,并能根据工程实际求解模型; 能结合工程问题,运用相似理论和量纲分析法推导准数,并利用准数方程分析窑炉内流体流动现象。 	
2.问题分析	2-1 能够分析材料合成与制备过程中的工程问题,识别和判断影响产品质量的关键因素; 2-2 能够运用工程知识分析窑炉系统复杂工况,揭示材料生产过程中相关问题; 2-3 能结合文献研究,对复杂工程问题的影响因素进行分析论证,寻求可替代的解决方案,认识到解决方案的多样性	<ul style="list-style-type: none"> 能运用工程研究方法分析窑炉复杂工况,发现影响生产的关键因素; 能运用工程基础理论分析窑炉内流场特点,揭示传热传质规律; 能结合文献研究,针对窑炉节能减排,提出解决方案。 	<ul style="list-style-type: none"> 掌握流体、压力、温度测试方法,能设计实验方案,测得管路阻力等参数; 能分析影响窑体导热性能的相关因素,寻求改善方案。
3.设计/开发	3-2 能够针对任务需要,进行单元装备设计和工艺计算。	<ul style="list-style-type: none"> 能根据窑炉设计需要,完成热工计算; 	<ul style="list-style-type: none"> 能分析煤的燃烧特性,评价煤的品质
5.使用现代工具	5-1 能够针对产品生产质量问题,选择与使用恰当的技术、现代工程工具和信息技术工具,包括复杂工程问题的预测与模拟,并能够理解其局限性。		<ul style="list-style-type: none"> 能运用Fluent软件,模拟管道内混合流体流动状态,分析流场分布,获得有效结论。
7.环境和可持续发展	7-2 能对材料生产和应用项目或实体,评价资源和能源利用效率,判断材料生产及应用过程对人类和环境造成损害。	<ul style="list-style-type: none"> 熟悉行业减排政策和燃烧污染物控制技术,建立节能环保意识。 	



◆ 课程目标的表述

《材料工程基础》课程目标

- 1、能推导流体力学、传热传质基本方程，并能根据工程实际求解模型；**（支撑毕业要求1-2指标点）**
- 2、能结合工程问题，运用相似理论和量纲分析法推导准数,并利用准数方程分析窑炉内流体流动现象。**（支撑毕业要求1-3指标点）**
- 3、能运用工程研究方法分析窑炉复杂工况，发现影响生产的关键因素；**（支撑毕业要求2-1指标点）**
- 4、能运用工程基础理论分析窑炉内流场特点，揭示传热传质规律；**（支撑毕业要求2-2指标点）**
- 5、能结合文献研究，针对窑炉节能减排，提出解决方案。**（支撑毕业要求2-3指标点）**
- 6、能根据窑炉设计需要，完成热工计算；**（支撑毕业要求3-2指标点）**
- 7.熟悉行业减排政策和燃烧污染物控制技术，建立节能环保意识。**（支撑毕业要求7-2指标点）**

《材料工程基础实验》课程目标

- 1.掌握流体、压力、温度测试方法，能设计实验方案，测得管路阻力等参数。**（支撑毕业要求2-1指标点）**
- 2.能分析影响窑体导热性能的相关因素。**（支撑毕业要求2-3指标点）**
- 3.分析燃料（煤）的燃烧特性，评价煤的品质，为材料生产中煤的选择、窑炉设计提供依据。**（支撑毕业要求3-2指标点）**
- 4.能运用Fluent流体计算软件，模拟研究管道内混合流体流动状态，进行流场分布分析，获得有效结论。**（支撑毕业要求5-3指标点）**



课程教学大纲的制订



制定怎样的课程目标才能对毕业要求形成支撑



怎样的课程才能实现对毕业要求的支撑



课程怎样才能有效证明对毕业要求的支撑



■关键点：调动学生“学”，而且要确保“学到”

多模式“教”

- 基于问题的教学方法
- 基于项目的教学方法
- 案例教学法
- 探究式教学法
- “翻转课堂”

全过程“评”

- 网上学习，测评
- 作业质量
- 交流与讨论
- 阶段考试
- 终结考试



■教学设计原则

- ◆ 所有的课程目标均应有适当的教学内容支撑；
- ◆ 课程中知识、能力要求，必须完全覆盖课程目标中的专业能力要求；
- ◆ 教学方式的选择应服务课程目标实现
- ◆ 解决几个关键问题：

能力培养如何贯穿于整个课程教学活动中？

基础课程如何培养分析问题能力？

专业课程如何提供足够机会让学生“解决问题”？



课程教学大纲的制订



制定怎样的课程目标才能对毕业要求形成支撑



怎样的课程才能实现对毕业要求的支撑



课程怎样才能有效证明对毕业要求的支撑



■ 有效的课程考核

- ◆ 有完整的过程考核，能促进学生“学”
- ◆ 多维度的考核方式
- ◆ 考试能有效考量学生学习目标的实现程度
- ◆ 各考核环节均有明确的合格标准

■ 完善的课程评价

- ◆ 学生定期评“学”
- ◆ 老师定期评“学”
- ◆ 课程目标达成评价
- ◆ 有效的持续改进



缺乏评分标准是目前的主要问题！

评分标准本身具有**导向性**，对学生完成学习任务具有指导意义。 ---
---**学生学习的指挥棒。**

缺乏基于过程的评分标准---影响对**学习过程的“导向性”**，导致
“学”与“不学”、“做”与“不做”区别不大。

缺乏合理的基于目标考核的试卷标准---考试没有难度，影响考核对
能力验证的“有效性”，不能支持目标评价。

“被迫”追求及格率，不遵守评分标准，没了“合格底线”，影响
学习评价的“公平性”、“合理性”。

把握“合格标准”是关键，是工程认证合格“底线”。



■ 课程目标达成度评价

◆ “评价合理性”是评价的基础，没有合理性，评价无意义

◆ 课程能力达成度评价的方法是多种多样的

◆ 完全定量的评价方法不见得是科学的

◆ 如果课程是按能力进行考核的，课程目标达成度评价相对比较容易。

● XX学生X项能力达成度：

$$X\text{项能力达成度} = \text{该项能力得分} / \text{该项能力的额定值}$$



◆ 电工电子实习 课程考核合理性确认表

课程支撑的指标点		确认对应的课程教学目标	达成途径			评价依据		
			实验	作业	考试	操作评价	实习报告	大设计或大作业
2-1	能够分析材料合成与制备过程中的工程问题，识别和判断影响产品质量的关键因素	掌握焊接技术基本理论、基本知识和基本技能；会合理使用、维护普通电烙铁，熟练进行焊接与拆焊。	1、焊接模块练习 2、电路板的焊接	模块一 模块四		焊接操作	√	
		能识别常用电子元器件的外形与符号，正确读出所标注的参数；知道各类电子元器件的用途、使用方法、结构和基本原理；会用万用表检测常用电子元器件。	电路板的装配	模块二 模块三		装配操作	√	
		掌握常用电工元器件的原理，了解其用途、相关符号与参数，能读懂相关电路；掌握常用电工工具的使用方法；掌握导线的连接、压接与恢复绝缘的方法，在网孔板上安装一个简单的照明、插座电路。	居家电路的安装	模块五		居家电路安装	√	
2-3	能结合文献研究，对复杂工程问题的影响因素进行分析论证，寻求可替代的解决方案，认识到解决方案的多样性	学会查阅芯片资料；学会画原理图、装配图和接线图；高质量完成电路制作，学会排查电路故障；为产品设计并制作一个美观使用的外观，掌握手锯、台钻、砂轮机、锉刀、剥线钳、凿子、热熔胶枪等工具的使用。	电子产品的设计与制作	模块四 模块六		数据测试、功能测试、外形制作	√	√

考核结果分析：.....

课程评价依据的合理性确认

合理：√； 不合理：



◆ 电工与电子实习 课程目标达成评价表

班级	****	班级学生人数	36	样本数	35
----	------	--------	----	-----	----

毕业要求达成情况

指标点	毕业要求指标点内容	课程教学目标	评价依据	对应指标点评价		
				分值 (A)	平均成绩 (B)	评价值
2-1	能够分析材料合成与制备过程中的工程问题, 识别和判断影响产品质量的关键因素	掌握焊接技术基本理论、基本知识和基本技能; 会合理使用、维护普通电烙铁, 熟练进行焊接与拆焊。 能识别常用电子元器件的外形与符号, 正确读出所标注的参数; 知道各类电子元器件的用途、使用方法、结构和基本原理; 会用万用表检测常用电子元器件。 掌握常用电工元器件的原理, 了解其用途、相关符号与参数, 能读懂相关电路; 掌握常用电工工具的使用方法; 掌握导线的连接、压接与恢复绝缘的方法, 在网孔板上安装一个简单的照明、插座电路。	焊接操作	10	8.8	0.87
			装配操作	10	9.3	
			接口制作	10	8.7	
			居家电路操作	10	9.0	
			作业2	15	12.1	
2-3	能结合文献研究, 对复杂工程问题的影响因素进行分析论证, 寻求可替代的解决方案, 认识到解决方案的多样性	学会查阅芯片资料; 学会画原理图、装配图和接线图; 高质量完成电路制作, 学会排查电路故障; 为产品设计并制作一个美观使用的外观, 掌握手锯、台钻、砂轮机、锉刀、剥线钳、凿子、热熔胶枪等工具的使用。	数据测试	20	17.7	0.85
			功能调试			
			外形制作	10	8.8	
			作业	30	24.6	



——美国加州大学洛杉矶分校副校长Cindy Fan教授

“单声道” 的课堂教学模式是掣肘（chè zhǒu）一流本科教育质量的**最大短板**。

课堂教学 **“五重境界说”**：沉默(Silence)
回答(Answer)，**互动交流**(Dialogue)，**提问**
质疑(Critical)和**辩论**（Debate）。

中国一流大学与世界一流大学的质量差距很可能就在**“单声道”**的课堂教学模式上。





为什么要明确区分培养目标和毕业要求



毕业要求指向解决复杂工程问题



毕业要求反向设计课程体系



毕业要求达成度评价



基于产出的课程教学



其他主要评价指标及其关系



形成性评价与学生能力达成跟踪评估



培养目标合理性评价与培养目标达成评价



各种评价之间的关系



形成性评价与学生能力达成跟踪评估



培养目标合理性评价与培养目标达成评价



各种评价之间的关系



■ 评估与评价

	评估	评价
定义	是指确定、收集和准备评价所需资料和数据的过程和手段。	是对评估过程中所收集到的资料和证据进行解释和判定的过程。
操作者	任课/指导教师，答辩小组等	第三方，例：教学指导委员会等

■ 标准1.3 对学生在整个学习过程中的表现进行**跟踪与评估**，并通过**记录形成性评价**保证学生毕业时达到毕业要求。

- ◆ **机制**：简要介绍学院/专业主要负责此项工作的机构、人员与职责。
- ◆ **方法**：列表描述专业对学生学习表现跟踪与评估的目标、方法、内容，列出主要教学环节评估方式。
- ◆ **判断**：描述专业如何判断跟踪评估的结果能够有效地反映学生毕业要求的达成情况（包括技术类、非技术类教学环节）。
- ◆ **结果**：提供调研反馈信息**(课程或实践环节的考试的结果、非专业技术性教学环节中**学生**表现)**佐证毕业要求的达成情况。提供近3年的学生毕业和就业的信息，分析毕业生的就业竞争力、职业走向和升学能力



■ 形成性评价

- ◆ 也称**过程评价**，一般以学习过程中的一项或几项指标为评价点，采用及时反馈并根据学生个体的差异进行有针对性的矫正。主要目的是为了**发现每个学生的潜质**。对未达到要求的学生及时地发现问题并予以有步骤的矫正，对已经达标的学生进行强化和鼓励，从而实现全体学生的学习成果。
- ◆ 形成性评价主要通过：形成性测验；辅之以日常作业和评估者的观察；经过测验未达到要求，即在测验中的准确率未达到80%(可依据规定的标准而定)，应采取适当的改进措施。

表 学生学习表现评估方式

学校建立了全过程的学生学习评估体系，制定了《课程考核管理办法》、《本科生毕业设计（论文）工作的若干规定》、《学院课程规范》等文件，针对课堂学习环节、实践环节、毕业设计环节给出了多种考核方法和考核标准——**形成性评价的基础**。

评估项目	评估方法	评估人
课堂学习	出勤率、课堂提问、作业、研究报告、平时测验、期末考试考查、综合成绩评定	任课老师
课程实验	实验准备、实验设计（设计性试验）、实验表现、实验报告	实验指导教师，任课教师
课程设计	设计表现、组内互评、设计报告、图纸质量、答辩、综合成绩评定	指导老师
工程训练	实习过程中的表现、实习报告、考试、综合成绩评定	指导老师
认识实习	实习过程中的表现、实习日记、实习报告、综合成绩评定	带队老师负责组织
生产实习	实习过程中的表现、实习报告、答辩、综合成绩评定	答辩小组
毕业设计	由学院和专业统一组织对学生毕业设计的开题、中期检查、论文评审和毕业设计答辩； 指导教师按照进程进行阶段性考查 ；毕业设计成绩由指导教师给定成绩、论文评阅成绩和毕业设计答辩成绩按评价标准综合给出	指导教师、评阅教师、答辩小组
科研科创	各种课外科技竞赛等创新实践活动，包括挑战杯、机器人大赛、机械创新设计大赛等， 由各自相应组织对学生进行学科知识、工程能力、项目管理、团队合作等各方面进行成绩评定和考核	根据具体情况，由各自负责人给出具体评价。



■ 学生能力达成跟踪评估

评估目标	评估方式及内容	评估人	评估周期	形成的记录文档	
专业水平与专业能力	1.工程知识	相关基础课和专业理论课、实验、课程 设计、毕业设计等各种评估方式	任课教师 指导教师	作业随时评阅，考试每学期一至两次，毕设随 时指导并在结束时评价，实验随时评价	作业、试卷、实验报告、课 程设计报告、毕业论文。
	2.问题分析	.....	.....	.....	.....
	3.设计/开发解决方案	.....	.....	.....	.....
	4.研究	.....	.....	.....	.....
	5.使用现代工具	.....	.....	.....	.....
	11.项目管理	.....	.....	.....	.....
社会能力	6.工程与社会	.....	.....	.....	.....
	7.环境和可持续发展	.....	.....	.....	.....
	8.职业规范	.....	.....	.....	.....
	9.个人和团队	.....	.....	.....	.....
	10.沟通	.....	.....	.....	.....
	12.终身学习	.....	.....	.....	.....

附注1：评估目标可以按照“社会能力”、“专业水平”、“专业能力”分类，这里主要是描述基本评估机制和方法，具体毕业要求的达成度评价在第3项“毕业要求”部分详细描述。评估内容主要指评估基于的数据内容及来源。

附注2：评估方式应该包括考试以及其它对学生能力与水平评价定性/定量方式,并说明如何确认这些方式及其结果能反映毕业要求。



形成性评价与学生能力达成跟踪评估



培养目标合理性评价与培养目标达成评价



各种评价之间的关系



■ 标准

2 培养目标（3）**定期评价培养目标的合理性**并根据评价结果对培养目标进行修订，评价与修订过程有行业或企业专家参与。

4 持续改进（2）**建立毕业生跟踪反馈机制**以及有高等教育系统以外有关各方参与的社会评价机制，**对培养目标是否达成进行定期评价**。

■ 培养目标评价的目的

- ◆ 培养目标是人才培养之源，是基于OBE理念反向设计的第一关，评价定位与目标内涵是否合理极其重要。
- ◆ 根据合理性评价的结果，结合各种发展变化，适当调整培养目标；或者通过达成度评价发现某些不足的问题，需要调整毕业要求/课程体系/课程设置。
- ◆ 通过持续改进，促进专业不断使学生/家长、企业和工业界、政府和社会各方满意。



■ 培养目标合理性评价与培养目标达成评价内容侧重点

◆ 培养目标合理性评价重点是**目标与需求的吻合度**(标准2.3条)

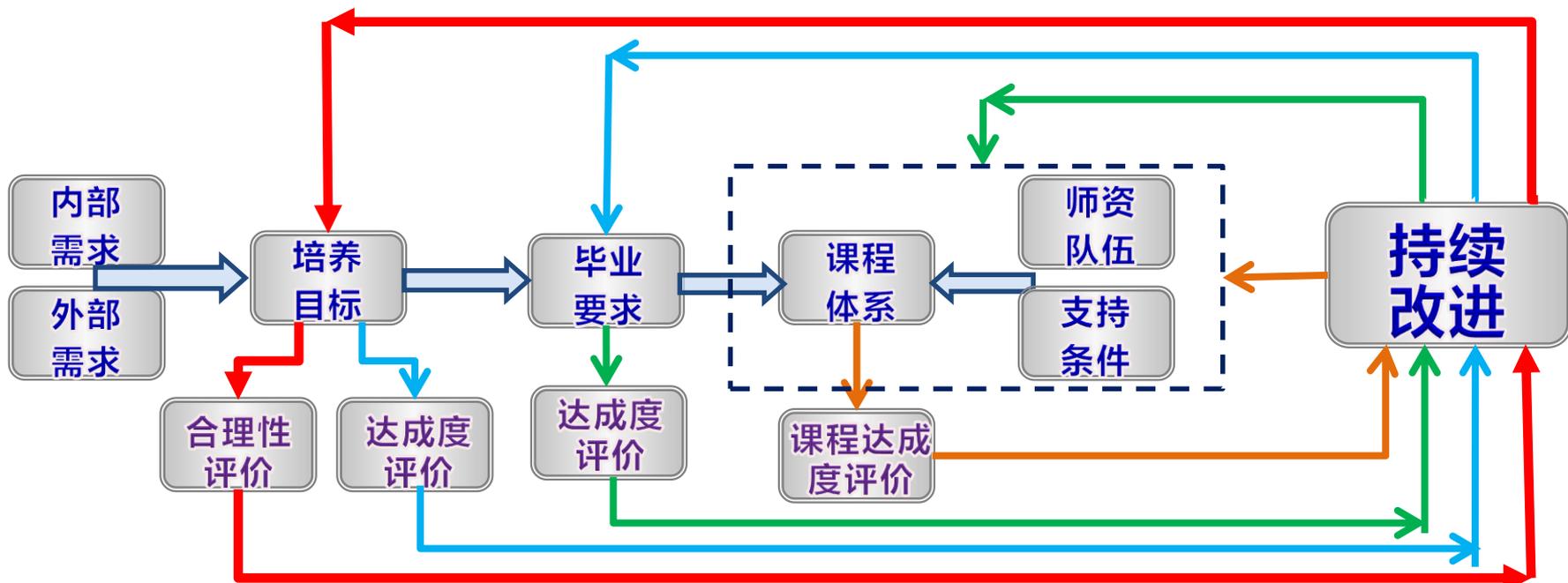
- 国家与地区发展与变化的需求
- 行业与企业发展与变化的需求
- 全球化趋势的需求
- 学校定位与专业发展变化需求
- 在校生/家长期许评价
- 教师评价
- 毕业生毕业5年左右情况评价
- 用人单位评价

◆ 培养目标达成评价重点是**目标与就业岗位情况的吻合度**(标准4.2条)

- 毕业生毕业5年左右情况自我评价
- 用人单位评价



- ◆ 培养目标合理性评价属于对已定培养目标是否符合发展趋势评价，是对需求变化的持续改进——培养目标；
- ◆ 培养目标达成度评价属于对已定培养目标满意度评价，是对已有培养目标达成不足的持续改进——毕业要求及课程体系等。





■ 新概念下培养目标，**首要任务**如何制定2015版的培养目标(解决鸡与蛋先后之争)

◆ 拟定培养目标初稿

- **建议1**：可根据专业自身对毕业生在主流行业的了解，根据制定培养目标总体要求，参照注册工程师资质的能力要求拟定。
- **建议2**：在参照美国国家工程师协会未来工程师13个关键能力调查(毕业5年左右毕业生、用人单位)基础上拟定。

◆ 根据培养目标初稿进行调查问卷设计，为了提高调查的有效性，建议具体培养目标要设计二级指标，增强被调查对象的可操作性。调查问卷设计根据不同对象应包括相应的培养目标认同评价各种要素。

◆ 对各类调查进行统计与分析，形成调查报告，修订培养目标初稿，专业讨论定稿。



◆ 参考案例：xx大学 xxxx专业制定培养目标问卷调查样例(5-非常认同；4-认同；3-基本认同；2-基本不认同；1-非常不认同)

拟定培养目标	培养目标二级指标	对培养目标的认同度评价				
		5	4	3	2	1
1：能够适应现代xxxx技术发展，融会贯通工程数理基本知识和xxxx工程专业知识，能对复杂工程项目提供系统性的解决方案。	1.1 具有扎实的工程数理基础和xxxx工程专业知识。					
	1.2具有多学科交叉融合能力。					
	1.3具有对xxxx复杂工程问题的理解、分析、综合、比较、概括、抽象、推理、论证和判断能力。					
	1.4能敏锐洞察工程问题的本质。					
	1.5能提出xxxx复杂工程问题系统科学的整体解决方案。					
2：能够跟踪xxxx工程及相关领域的前沿技术，具备一定的工程创新能力，能运用现代工具从事本领域相关产品的设计、开发和生产的能力。	2.1掌握工程的方法及工具、实验手段。					
	2.2具备利用科学技术资源的能力。					
	2.3具有解决专业和非专业问题的能力。					
	2.4能够跟踪xxxx工程及相关领域的前沿技术，具有现实工程中的创新能力。					
3：具备社会责任感，理解并坚守职业道德规范，综合考虑法律、环境与可持续性发展等因素影响，在工程实践中能坚持公众利益优先。	3.1尊重不同社会价值。					
	3.2通晓行业规则和与本专业相关国际惯例。					
	3.3具有强烈的职业道德。					
	3.4 能承担社会、知识和环境背景下的道德责任。					
	3.5在工程实践中能坚持公众利益优先。					
4：具备健康的身心 and 良好的人文科学素养，拥有团队精神、有效的沟通、表达能力和工程项目管理的能力。	4.1具备多元文化素养，有较强的跨文化交流能力和理解能力。					
	4.2能迅速获取和拥有国际合作伙伴、国际专业组织及网络、国际社会各种资源。					
	4.3融入、领导及带动团队开展协同创新，组织和开展项目实施的能力。					
	4.4具备与专家及非专家的交流能力和实施可持续性发展的能力。					
	4.5融入到职业环境的能力。					
5：具有全球化意识和国际视野，能够积极主动适应不断变化的国内外形势和环境，拥有自主的、终生的学习习惯和能力。	5.1具有适应不断变化的国际环境和形势的能力。					
	5.2具有全球化的意识和国际视野。					
	5.3具有持续学习和自我发展能力。					

该调查问卷培养目标二级指标能深刻反映每一条培养目标的内涵，尤其体现了国际化的各方面要求，增强了调查的有效性。



■ 培养目标合理性（认同度）评价培养目标达成度（满意度） 评价的评价方法举例说明

- ◆ 调查对象：用人单位和毕业5年左右毕业生
- ◆ 评价周期：一般为4年
- ◆ 评价方法
 - 培养目标认可度（达成度）用1~5分表示，其中1分表示非常不认同(非常不满意)，……，5分表示非常认同(非常满意)。
 - 调查对象对本专业培养目标的认同度值取基于人数的加权平均值，即

$$\text{认同度（达成度）值} = \frac{\sum \text{分值} \times \text{相应人数}}{\sum \text{人数}}$$



案例：用人单位与毕业生关于培养目标认同度的统计表

仅用人单位与毕业生关于培养目标认同度问卷调查说明合理性评价不完备。

	毕业五年左右 毕业生的培养目标	用人单位评价					毕业生自我评价					
		5	4	3	2	1	认同度	5	4	3	2	1	认同度
1	具有可持续发展的价值观和社会责任感，坚守执业规范；											
2	具有在xxx关联领域、行业和技术体系内，较熟练进行项目分析、设计与开发的专业能力；											
3	具有良好的团队交流和一定的领导能力，能够组织和实施xxx关联领域的项目；											
4	具有终身学习的追求和能力，具有国际视野持续适应不断变化的自然环境和社会环境；											
5	具有健强体魄和稳定心理素质、能够负担未来几十年的社会重任。											

直接用概述型具体培养目标进行评价，评价结果难以与毕业要求区分不同层次



形成性评价与学生能力达成跟踪评估



培养目标合理性评价与培养目标达成评价



各种评价之间的关系



■ 培养目标的评价与毕业要求的达成度评价比较

评价名称	培养目标的评价		毕业要求的达成度评价
	合理性	达成度	
评价对象	毕业五年左右主流行业毕业生、用人单位调查		获学士学位学生 支撑毕业要求 核心教学活动
	国家与地区发展、行业与企业 发展、全球化趋势、学校定位 与专业发展等变化的需求 在校生/家长期许评价教师评价		
评价周期	一般4年		一般2-4年
评价方法	定性		定量与定性相结合



■ 课程评价与毕业要求达成度评价比较

评价名称	毕业要求的达成度评价	课程目标达成度评价
内涵	跟踪某届学生的学习轨迹对毕业要求进行达成度评价，证明学生的能力是否达成	从课程的视角对学生的学习效果进行评价，证明课程对指标点的贡献是否达成。
评价对象	认证期内的某届获学士学位毕业生	修读该课程的全体学生
评价目的	发现学生能力短板，改进培养方案	发现教学短板，改进课程质量
评价周期	一般2-4年	一般1-2年
评价方法	定性与定量相结合	定性与定量相结合

■ 特别注意：

- ◆ 仅仅做定量评价一定是不科学的，必须定性与定量相结合才科学。
- ◆ 评价的目的是为了持续改进，而不是为评价而评价。



- **工程专业如何迎接新工业革命的挑战，如何适应与定位？**
 - ◆ 教育模式由传统的“科学教育”转变到“工程教育”模式
 - ◆ 课程体系呈现跨学科特色
 - ◆ 解决复杂工程问题由单纯技术转变为模拟现代复杂工程产品
 - ◆
- **以贯彻工程教育专业认证标准为抓手，促进工程专业质量国际实质等效**
 - ◆ 广泛宣传和深刻认识以学生为中心、突出目标导向原则和持续改进机制三大理念，溶化在管理者与任课教师的血液中
 - ◆ 根据第三/四次工业革命的需求，按照认证学习成果导向原则，以毕业要求能力为核心做好课程体系顶层设计



◆ 面向“解决复杂工程问题”提出的挑战

- 审查学生具有解决复杂工程问题的能力，一定必须用课程群的教学设计回答才行，并通过“课程设计与综合实验”最终体现复杂工程问题的特征。
- 目前情况下，“毕业设计(论文)”说明学生具有解决复杂工程问题能力不具有可操作性。
- 初级阶段：通过课程群教学，最终“课程设计与综合实验”的对象应模拟现代工业产品，初步符合复杂工程问题特征，基本达到学生具有解决复杂工程问题的能力，并已有强有力的持续改进措施，强化“课程设计与综合实验”的硬件条件建设及符合复杂工程问题特征的教学设计。
- 课程设计及综合实验如何建设
- 师资队伍如何建设



◆ 如何用新标准去审视已执行的培养方案的问题

● 按照2015版认证标准要求，制定的“培养目标”与“毕业要求”应该主要**审视已完整执行过的培养方案中的“课程体系（教学计划）”**，是否“**基本达到（即存在现实问题是正常的，但无F项）**”了标准，若是，就进入现场考查阶段；若否，应持续改进几年后再进。由于概念与内涵差别较大，审视传统培养方案中的“培养目标”和“培养规格”已没有意义，而作为历史也没有任何改动的必要。

● 注意：新制定的“培养目标”与“毕业要求”应体现在最新制定的培养方案中，以体现持续改进；在修订培养目标部分，要按照历史的本来面目说明不同概念定义下的“培养目标”如何持续改进的。



- ◆ 专业认证初级阶段 **“形似”的底线——“面向产出”的内部评价机制**
- 形成从以仅 **“评教”** 向 **“评学”** 与 **“评教”** 结合过渡到以 **“评学”** 为主评价机制
- 课程是学校教学的基本活动，针对毕业要求的**课程评价机制**是**内部质量保障的核心**，毕业要求达成度评价的基础数据必须来自合理的课程评价。
- **专业质量保障机制**满足认证要求的**底线**：专业是否真正理解并建立了毕业要求达成与专业持续改进的内在关系，并有机制推进面向产出的质量保障？
表现在：
 - 保障机制是否真正建立？人员、责任、制度、方法
 - 质量监控的观测点是否面向产出？
 - 目标达成度评价的依据是否面向产出？
 - 持续改进的依据是否源于面向产出的评价结果？



工程教育认证从“形似”走向“神似”

至少需要1-2代人的艰苦努力

工程教育认证

永远在路上



- [1] Engineering Body of Knowledge , Prepared by the Licensure and Qualifications for Practice , Committee of the National Society of Professional Engineers , first edition, 2013.
- [2] UK STANDARD FOR PROFESSIONAL ENGINEERING COMPETENCE--Engineering Technician, Incorporated Engineer and Chartered Engineer Standard , Third edition, 2014.
- [3] 日本工程师制度情况介绍 , 中国科协国际联络部 , 2012.
- [4] xx中法工程师学院报告
- [5] 林健 , 如何理解和解决复杂工程问题——基于华盛顿协议的界定和要求 , 高等工程教育研究 , 2016第五期。
- [6] 李茂国 , 面向新工业革命的工程人才培养模式改革趋势 , 高等工程教育研究 , 2016第五期。
- [7] 引用若干自评报告
- [8] 李志义校长报告
- [9] 谢峻林教授报告



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

本讲座引用及参考

多位领导与专家的材料，

一併衷心感谢！

不妥之处请批评指正！

本材料请勿网上外传！