

# 中国工程教育认证标准： 背景、理念及运用原则

陈道蓄

中国工程教育认证协会  
结论审议委员会、学术委员会  
计算机专业认证分委员会  
2014年12月10日 广东汕头..

# 报告内容

- ▶ “产出导向”：究竟有什么不同？
- ▶ 华盛顿协议究竟要求什么样的产出？
- ▶ 工程教育认证标准执行的若干原则
- ▶ 毕业要求：该如何证明达成？
- ▶ 结束语

# 产出导向 - 究竟有什么不同: 教育评价

## ▶ 投入+过程

- 经费投入、师资队伍、办学条件
- 教学实施过程、教学管理机制

教得怎么样?

## ▶ 基于产出

- 对学生的培养目标与毕业要求是否明确
- 设定的目标与要求是否达成

学得怎么样?

# 究竟有什么不同：教学计划和实施

## ▶ 基于课程

- 教学计划的核心是确定要上哪些课程，而确定哪些课程的根据是对于该学科的“理解”
- 教学实施过程是安排上“好”每门课
- 教学评估是评价每门课上得怎么样



“内容”  
决定内容

## ▶ 基于产出

- 教学的目的是使得毕业生达到一定的能力要求
- 教学计划要明确反映对毕业要求的支撑
- 上“好”课就是有效的完成相应的“支撑”任务
- 逐项评估毕业要求是否达成



“需求”  
决定内容

# 基于产出：标准与特色可兼得

- ▶ 质量的核心是标准
- ▶ 办学“办出特色”是学校的追求

问题：两者矛盾吗？

- ▶ 基于产出的教育理念
  - 毕业要求指得是能力，而不是单纯的知识
  - 要求必须符合标准
  - 相应的知识载体与能力实现途径可以充分发挥特色

# “产出”的“实质等效”

有能力在多样化，包括首次遇到的环境和情景下使用知识

培养学生使之能够：

- 掌握深入的工程技术基本原理，并能用于工程实践；
- 在创建和处理新产品、新过程、新系统中发挥主导作用；
- 理解研究和技术发展对社会的重要的战略性的影响

个人的能力、态度加上人际沟通能力

我们的社会进步在很大程度上以来科学家与工程师的贡献，但技术发展必须与社会责任相匹配，必须有利于社会的可持续发展

# “产出”的“实质等效”

培养学生使之能够：

- 掌握深入的工程技术基本原理
- 在创建和处理新产品
- 理解研究和

有能力在多次遇到的环境中

Educating students as well-rounded engineers who understand how to **Conceive-Design-Implement-Operate** complex, value-added engineering products, processes, and systems in a modern, teambased environment.

我们的社会贡献，但技术于社会的可

科学家与工程师的社会责任相匹配，必须有利于

性的影响

个人的能力、态度加上人际沟通能力

等作用；

# 如何将能力表述至“可衡量”

- ▶ 能力的知识基础；
  - 与能力相联系，而不是“为知识而知识”
- ▶ 能够“干什么”
  - 解决问题
- ▶ 可区分的“层次”
  - 问题或活动的“复杂”程度是区分的关键
  - 相互可比

# 华盛顿协议要求本科提供下列知识

- ▶ **WK1:** (自然科学) A systematic, theory-based understanding of the natural sciences applicable to the discipline
- ▶ **WK2:** (数学与计算机) Conceptually-based mathematics, numerical analysis, statistics and formal aspects of computer and information science to support analysis and modelling applicable to the discipline
- ▶ **WK3:** (工程基础) A systematic, theory-based formulation of engineering fundamentals required in the engineering discipline
- ▶ **WK4:** (专业知识与前沿) Engineering specialist knowledge that provides theoretical frameworks and bodies of knowledge for the accepted practice areas in the engineering discipline; much is at the forefront of the discipline.

# 华盛顿协议要求本科提供下列知识 (续)

- ▶ **WK5:** (工程设计) Knowledge that supports engineering design in a practice area
- ▶ **WK6:** (实践技术知识) Knowledge of engineering practice (technology) in the practice areas in the engineering discipline
- ▶ **WK7:** (工程与社会) Comprehension of the role of engineering in society and identified issues in engineering practice in the discipline: ethics and the professional responsibility of an engineer to public safety; the impacts of engineering activity: economic, social, cultural, environmental and sustainability
- ▶ **WK8:** (研究基础) Engagement with selected knowledge in the research literature of the discipline

# 华盛顿协议：实质等效的参考框架之一： Graduate Attribute Profiles

- ▶ **WA1:** Apply knowledge of mathematics, natural science, engineering fundamentals and an engineering specialization as specified in WK1 to WK4 respectively to the solution of complex engineering problems. (工程知识)
- ▶ **WA2:** Identify, formulate, research literature and analyse complex engineering problems reaching substantiated conclusions using first principles of mathematics, natural sciences and engineering sciences. (WK1 to WK4) (问题分析：分析的复杂程度)
- ▶ **WA3:** Design solutions for complex engineering problems and design systems, components or processes that meet specified needs with appropriate consideration for public health and safety, cultural, societal, and environmental considerations. (WK5) (设计与开发解决方案：广度与独特性)

# Graduate Attribute Profiles (续)

- ▶ **WA4:** Conduct investigations of complex problems using research-based knowledge (WK8) and research methods including design of experiments, analysis and interpretation of data, and synthesis of information to provide valid conclusions. (调研：广度与深度)
- ▶ **WA5:** Create, select and apply appropriate techniques, resources, and modern engineering and IT tools, including prediction and modelling, to complex engineering problems, with an understanding of the limitations. (WK6) (现代工具的使用：对适用性理解的深度)
- ▶ **WA6:** Apply reasoning informed by contextual knowledge to assess societal, health, safety, legal and cultural issues and the consequent responsibilities relevant to professional engineering practice and solutions to complex engineering problems. (WK7) (工程与社会：知识与责任的层次)
- ▶ **WA7:** Understand and evaluate the sustainability and impact of professional engineering work in the solution of complex engineering problems in societal and environmental contexts. (WK7) (环境和可持续发展：问题性质)

# Graduate Attribute Profiles (续)

- ▶ **WA8:** Apply ethical principles and commit to professional ethics and responsibilities and norms of engineering practice. (WK7) (伦理：理解与运用的层次)
- ▶ **WA9:** Function effectively as an individual, and as a member or leader in diverse teams and in multi-disciplinary settings. (个人与团队工作：在多样化团队中的角色)
- ▶ **WA10:** Communicate effectively on complex engineering activities with the engineering community and with society at large, such as being able to comprehend and write effective reports and design documentation, make effective presentations, and give and receive clear instructions. (沟通：执行不同类型活动时沟通的层次)
- ▶ **WA11:** Demonstrate knowledge and understanding of engineering management principles and economic decision-making and apply these to one's own work, as a member and leader in a team, to manage projects and in multidisciplinary environments. (项目管理和财务：不同类型活动中所需管理层次)
- ▶ **WA12:** Recognize the need for, and have the preparation and ability to engage in independent and life-long learning in the broadest context of technological change. (终身学习：所作的准备以及学习深度)

# 怎么才算“复杂”？ - 复杂工程问题

- ▶ 复杂工程问题是指满足EA1并满足部分其它特征的问题：
  - **WP1:** Cannot be resolved without in-depth engineering knowledge at the level of one or more of WK3, WK4, WK5, WK6 or WK8 which allows a fundamentals-based, first principles analytical approach （问题深度）
  - **WP2:** Involve wide-ranging or conflicting technical, engineering and other issues （涉及广泛并可能相互冲突的因素）
  - **WP3:** Have no obvious solution and require abstract thinking, originality in analysis to formulate suitable models （需要分析的深度）
  - **WP4:** Involve infrequently encountered issues （低熟悉度）
  - **WP5:** Are outside problems encompassed by standards and codes of practice for professional engineering （非标准问题）
  - **WP6:** Involve diverse groups of stakeholders with widely varying needs （相关利益方多样化）
  - **WP7:** Are high level problems including many component parts or sub-problems （多个部分相互依赖）

# 怎么才算“复杂”？ - 复杂工程活动

- ▶ 复杂工程活动是指具有以下全部或部分特征的工程活动：
  - **EA1**: Involve the use of diverse resources (and for this purpose resources includes people, money, equipment, materials, information and technologies)(涉及多项资源)
  - **EA2**: Require resolution of significant problems arising from interactions between wide-ranging or conflicting technical, engineering or other issues, (涉及多方面可能冲突的因素)
  - **EA3**: Involve creative use of engineering principles and research-based knowledge in novel ways. (涉及创新)
  - **EA4**: Have significant consequences in a range of contexts, characterized by difficulty of prediction and mitigation (涉及复杂后果)
  - **EA5**: Can extend beyond previous experiences by applying principles-based approaches (超越经验)

# 明确层次差别很关键

## ▶ 示例1：设计能力 - 针对复杂实际问题创造性地与系统的开发有效并可持续使用的解决方案

- 第1层：能承担设计任务，针对给定的设计问题给出直观的解决方案
- 第2层：能够采用系统方法针对给定问题给出解决方案，按照明确的特定需求承担系统设计周期中的基本任务
- 第3层：在一定的指导下完成整个设计周期任务
- 第4层：针对简略的需求表述，能够有效的完成整个设计周期任务，并满足功能与性能需求或满足相应技术规范
- 第5层：能够领导并完成整个设计周期任务，满足用户的需求。

本科

专科

# 明确层次差别很关键(续)

- ▶ 示例2：工程/信息技术专门能力 - 能够针对复杂度不同的工程/信息技术问题，有效深入地应用工具、方法、技术、原理以及概念框架
  - 第1层：对本领域的基本知识、原理、基本问题与工作环境有所理解
  - 第2层：针对明确需求能完成常规的专业任务，并能在常规条件下熟练运用原理与工具
  - 第3层：能在一定指导下解决涉及面广泛的复杂问题
  - 第4层：能利用专业知识解决复杂的系统工程问题，并表现出自主性与创造性
  - 第5层：主持解决复杂的系统问题

**注意：**

这一套写法可比我们惯常的  
“...型，...型，...型的一流人  
才”要明确得多了！

**悖论：**似乎实现“一流”  
比达到“合格”更容易！

# 产出与认证标准

- ▶ 华盛顿协议提出的graduate attribute profile不是认证标准，而是各成员国制定标准的参考框架。

The quality of a programme depends not only on the stated objectives and attributes to be assessed but also on the programme design, resources committed to the programme, the teaching and learning process and assessment of students, including confirmation that the graduate attributes are satisfied. The Accords therefore base the judgement of the substantial equivalence of programmes accredited by signatories on both the Graduate Attributes and the best practice indicators for evaluating programme quality listed in the Accords' Rules and Procedures.

# 华盛顿协议对标准的要求

- ▶ The criteria for accreditation/recognition include requirements for:
  - A suitable environment to deliver the programme (教学环境)
  - Adequate leadership of the programme (管理水平)
  - Suitably qualified engineering practitioners teaching in the programme (工程实践者参与教学)
  - An engineering curriculum providing a broad basis for engineering practice (工程课程体系)
  - Appropriate entry and progression standards (准入与进阶标准)
  - Adequate human, physical and financial resources to support the programme (支撑条件)

中国工程教育认证标准：  
支持基于产出的教育评价

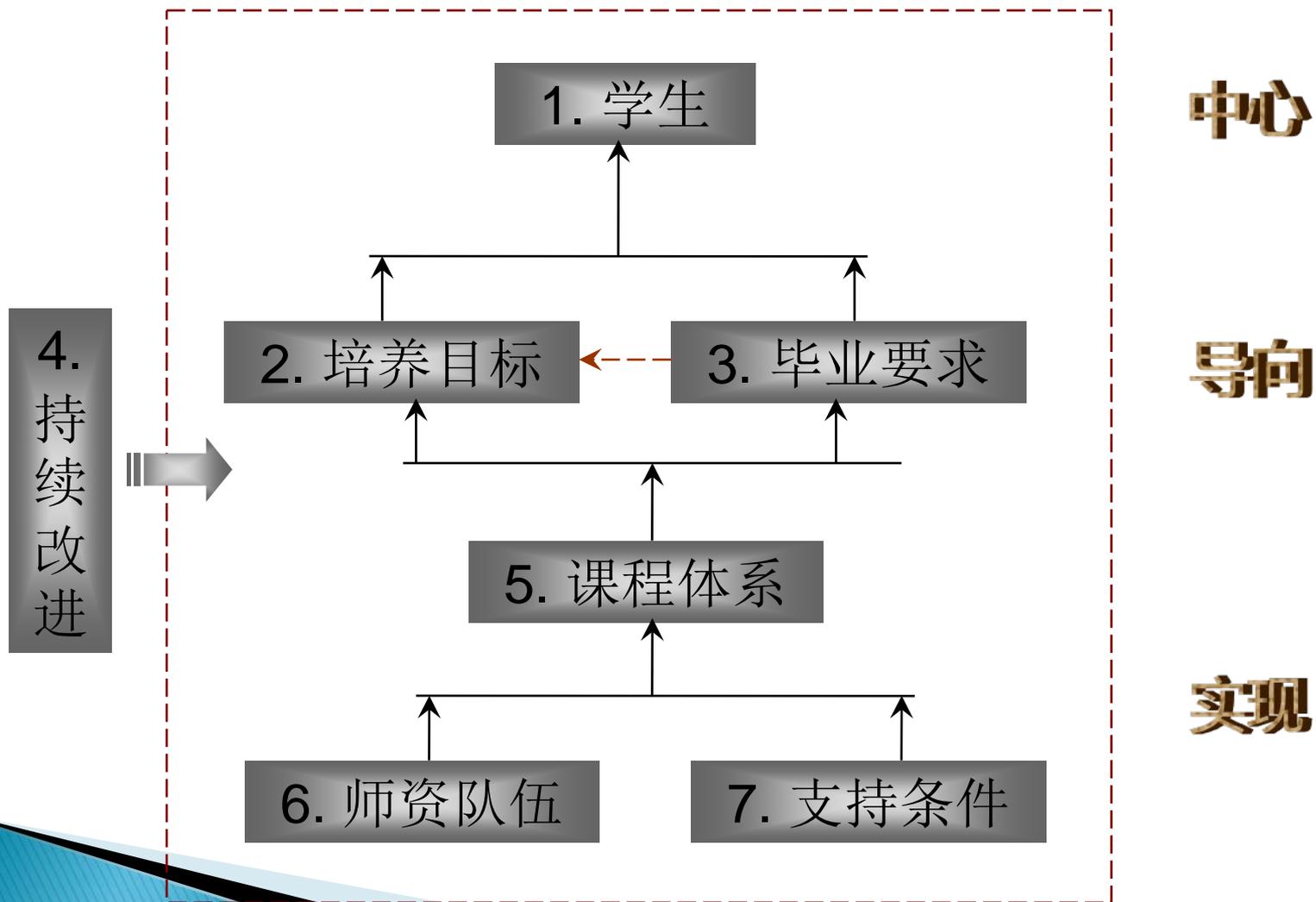
# 认证标准体现实质等效性要求

- ▶ 合理的培养目标
- ▶ 明确的出口要求
- ▶ 完备的内容覆盖
- ▶ 足够的条件支撑
- ▶ **可靠的实施效果**

- 专家评价的关键点
- 针对全体合格毕业生

形式上，采用国际通用的结构：  
通用标准+ 可嵌入的专业补充标准模块

# 认证标准的基本逻辑



# 标准体现的基于产出的认证的核心理念

## — 以学生为中心

- ▶ 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。

# 标准体现基于产出的认证的核心理念

## — 目标导向

- ▶ 分别表述培养目标与毕业要求有利于对目标的达成度进行评价，也能更好的体现国际实质等效的要求。
- ▶ 毕业要求的达成支撑培养目标的达成。
  - 被认证专业必须通过举证证明可以期望每个合格毕业生达成目标要求。
- ▶ 目标与毕业要求必须对日常教学活动起导向作用，并有利于每个承担教学任务的人明确责任。
- ▶ 对毕业要求与培养目标达成度的评价必须分解为学生整个学习过程中的全程跟踪与进程式评估。

# 标准体现基于产出的认证的核心理念

## — 持续改进

- ▶ 教学管理制度的建立是为了持续改进。
- ▶ 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。
- ▶ 持续改进的实现有赖于有效的质量监控与反馈机制。
- ▶ 每个教师在持续改进中均承担责任。
- ▶ 持续改进的效果是通过学生表现来体现的。

# 运用标准：针对性原则

- ▶ 学校的自评工作目的是判定标准中每一条要求是否达成，如果认定为达成，则给出足以证明该结论的相关材料。
- ▶ 自评报告指导书中对于自评报告正文以及附录要求的内容是基本的证明材料，这些材料的用途仅限于证明目标的达成，不应用于一般意义上的“水平”评价。
- ▶ 认证专家工作过程中的任何判断应该与认证标准的某项要求相关。
- ▶ 对于认证标准中提到的所有内容应能作出明确的是否达成以及达成情况的判定。
- ▶ 如果认定为达成，应能说明判定的依据；如认为未达成或者有弱点或关注点，应能提出与标准直接相关的理由。
- ▶ 在现场考查时不应该涉及与认证标准达成判定无关的内容。
- ▶ 考查点以及提出的问题应有针对性，有利于对自评报告审阅时难以确定的达成状况作出判断。

# 运用标准：合格性原则

- ▶ **整个认证工作只是判定标准要求是否达成，不进行任何水平评价与横向比较**（下述项的累加没有意义）

**P:** 是指该项标准项的要求已经达成，被认证方针对此项达成所提供的证明材料是明确的，可信的。

**Pc:** 是指该项标准项目目前达到了要求，但是其涉及的一些因素在下一次认证之前有可能发生负面的变化，可能导致不能达成标准要求，应给以足够的关注并采取一定措施。

**Pw:** 是指该项标准项达到了基本要求，但在某个环节或者条件支撑方面存在弱点，这些弱点会对学生（或者部分学生）达到预期有负面影响。

**F:** 是指被认证方无法提供可信的材料证明该项标准项的要求已达成。

**只要有一项判定为F，则认证结果为不合格。**

# 注意：

- 1， 各项独立判定是否达成；
- 2， 标志性成果在达成判定中没有意义。

# 运用标准：一致性原则

- ▶ 自评报告提供的材料、认证过程中发现的问题与认证结论必须一致
  - 所谓“一致”，是基于认证标准的“一致”。
  - 一致性的基础是材料的具体，自评报告不应该从宏观上进行表述，不应该仅罗列“标志性成果”；专家的判断应该基于具体的原始材料，而不是宏观的定性描述。

# 如何证明达到标准要求

以第3项“毕业要求”为例。

# 标准内容——毕业要求

- ▶ **专业必须通过评价证明所培养的毕业生达到如下要求：**
  1. 具有人文社会科学素养、社会责任感和工程职业道德
  2. 具有运用工程工作所需的相关数学、自然科学以及经济和管理知识的能力
  3. 具有应用工程基础知识和本专业的基本理论知识解决问题的能力，具有系统的工程实践学习经历；了解本专业的前沿发展现状和趋势
  4. 具备设计和实施工程实验的能力，并能够对实验结果进行分析
  5. 掌握基本的创新方法，具有追求创新的态度和意识；具有综合运用理论和技术手段设计系统和过程的能力，设计过程中能够考虑经济、环境、法律、安全、健康、伦理等制约因素

# 标准内容——毕业要求(续)

## ▶ 专业必须通过评价证明所培养的毕业生达到如下要求:

6. 掌握文献检索、资料查询及运用现代信息技术获取相关信息的基本方法
7. 了解与本专业相关的职业和行业的生产、设计、研究与开发、环境保护和可持续发展等方面的方针、政策和法律、法规，能正确认识工程对于客观世界和社会的影响
8. 具有一定的组织管理能力、表达能力和人际交往能力以及在团队中发挥作用的能力
9. 对终身学习有正确的认识，具有不断学习和适应发展的能力
10. 具有国际视野和跨文化的交流、竞争与合作能力

# 整个教学活动体现outcome-based

## ▶ 能否回答以下问题：

- “毕业要求”中的每一项具体体现在哪些方面，每个方面要求到什么程度？
- 我们为了达成这样的要求，安排了什么教学过程（活动）
- 每个过程（活动）是否有明确的责任人，他/她是否理解究竟要求做到什么？
- 相关的过程（活动）是如何实施的，如何考核学生是否达到了要求？
- 是否定期对这些过程（活动）进行评价，根据什么来评价，评价结果如何？

# 毕业要求项的分解

- ▶ 为什么需要分解到“指标点”
  - 真正理解毕业要求的含义；
  - 有利于教学任务的分配；
  - [最重要的]从“不可衡量”到“可衡量”
- ▶ 分解的基本原则
  - 背景：针对candidate engineer的需要
  - 内容：每个专业可能不一样，分解的角度也可以不一样；基本要求反映相关要求的“本质”
  - 粒度：可以对应到（一般不超过）3-4门左右的课程

# 示例之一：毕业要求-2

- ▶ 具有运用工程工作所需的相关数学、自然科学以及经济和管理知识的能力
  - 能够将数学与自然科学的基本概念运用到工程问题的适当表述之中
  - 能够针对一个系统或者过程选择一种数学模型，并达到适当的正确性和可用性要求
  - 能够针对模型的正确性进行严谨的推理，并能给出解
  - 能从数学与自然科学角度对解决途径进行分析，试图改进
  - 理解工程活动中涉及的重要经济与管理因素

# 示例之二：毕业要求-5

- ▶ 掌握基本的创新方法，具有追求创新的态度和意识；具有综合运用理论和技术手段设计系统和过程的能力，设计过程中能够综合考虑经济、环境、法律、安全、健康、伦理等制约因素
  - 了解本专业相关领域技术发展历史上重大突破的背景与影响
  - 有意愿并能够针对特定解决方案发现问题，提出问题并就改进的可能性进行初步分析
  - 能够就一个设计任务清晰地描述需求
  - 能识别完成所承担任务面临的各种制约条件，并得出可接受的指标
  - 能够完成设计的全过程，并满足多种制约条件
  - 能够分析并阐明自己的设计的合理性，包括考虑非技术因素

## 示例之二：毕业要求-5（另一种角度）

- ▶ 掌握基本的创新方法，具有追求创新的态度和意识；具有综合运用理论和技术手段设计系统和过程的能力，设计过程中能够综合考虑经济、环境、法律、安全、健康、伦理等制约因素
  - 了解计算机技术发展历史上重大突破的背景与影响
  - 有意愿并能够针对特定解决方案发现问题，提出问题并就改进的可能性进行初步分析
  - 具备足够的工程设计基础能力
  - 能够有效地实施单体设计
  - 能够有效的实施系统设计
  - 能够有效地实施工程设计，包括考虑各种非技术因素
  - 在设计中体现出创新能力

# 示例之三：毕业要求-10

- ▶ 具有国际视野和跨文化的交流、竞争与合作能力
  - 至少掌握一门外语，具有应用能力
  - 对本专业相关技术领域及其相关行业的国际状况有基本了解
  - 能够就与本专业相关的当前热点问题（以软件工程专业为例：全球化、服务外包、信息安全与隐私、绿色计算等）发表自己的想法

# “产出”与“课程”如何对应

- ▶ 产出的每一个指标点对应一个或若干个“课程”
  - 不考虑“间接”的；
  - 可以给每个“课程”分配“实现”方式（例如：讲课、实践、测试），以及合理的“权重”（每个指标点对应项的总权数等于1）
  - 让相关教师有足够的理解。
- ▶ 每个“课程”可能支持一个或者若干个指标点的达成
  - 课程计划能反映相应的要求；
  - 教学内容和方式支持相关的能力目标；
  - 考试内容以及不同部分的分配与承担的支撑任务相匹配。

# 自我评估与评价

- ▶ 对学生的考试与考核不是“产出”达成度评价的全部，甚至也不是“课程”评价的全部。
- ▶ “课程”评价
  - 对学生的考核提供基础数据；
  - 是否体现了对相关指标点支撑的要求；
  - 如果对上述问题的回答是肯定的，才能以学生成绩来判断指标点达成情况。
- ▶ “产出”目标达成度评价
  - 以相关课程评价结果为基础
  - 采用合理的计算方法。

# 示例：从“产出”到“课程”

- ▶ 能够有效的实施系统设计（以软件工程专业为例）：
  - 课程1：系统分析与设计，授课为主，权重20%；系统概念的建立，系统方法初步，…
  - 课程2：授课+模拟系统实现，权重20%+20%，可选
    - 操作系统：支撑平台系统技术为主
    - 数据库系统：数据应用系统技术为主
  - 课程3：授课+模拟系统实现，权重15%+15%，可选
    - 人机交互系统设计：侧重系统的应用环境因素
    - 嵌入式系统：侧重系统的硬件平台
  - 课程4：毕业论文，评价，权重10%

# 示例：课程实施与评价

- ▶ 数据库系统：支撑以下毕业要求指标点的达成
  - 1，毕业要求3，指标点4：理解系统的概念及其在信息技术领域的主要体现：基于数据应用的系统概念，相关内容：数据模型
  - 2，毕业要求5，指标点4：能够有效地进行系统设计：基于数据应用的系统设计与实现，内容：数据库系统设计原理、方法和模块集成，课程设计
  - 3，毕业要求8，指标点4，5：能够在团队中有效的发挥成员和领导的作用：评价，内容：课程设计
  - 4，毕业要求9，指标点3：表现出自我学习的能力和成效，评价；内容：熟悉一些主流的数据库开发平台，并在课程设计中应用
- ▶ 课程考核：
  - 书面考试：内容与分值的分布：1：45%；2：65%
  - 课程设计：2：80%；3：10%；4：10%

# 示例：毕业要求达成度评估

- ▶ 毕业要求5，指标点4（能够有效地进行系统设计）
  - 基础：课程评估
    - 确认相关课程确实能够实现对本指标点的支撑
    - 对学生考试/考核成绩的统计处理，得到每一个课程活动对本指标点支撑的目标达成值（注意目标值计算的合理性：合格的含义是“面向全体学生”）
  - 计算：
    - 根据上述目标值加权求和
    - $\text{课1} \times 0.2 + (\text{课2.1} + \text{课2.2}) \times 0.2 + (\text{课3.1} + \text{课3.2}) \times 0.15 + \text{课4} \times 0.1$
  - 结论：
    - 根据预先设定的达成度合格分数（例如：75），判定“达成”或“未达成”

# “量化的指标” vs. “量化的证据”

- ▶ Outcome-based教育评价的关键是评判标准的要求是否**达成**；
  - 中国工程教育认证标准中关于毕业要求的表述是“非量化”的
  - “非量化”并非具有“无限弹性”
  - 证明达成的证据应该是尽可能量化的（“用数据说话”）
  - 有效的证据是：对于评判“达成”的过程的清晰表述**以及**详尽的评判结果数据。

# 结束语：我们的主要差距

- ▶ 我们做了很多事情，但是：
  - 不一定清楚“为什么”要做
  - 不一定清楚做的“怎么样”
  
- ▶ 我们希望达到的状态：
  - 每个老师都很清楚“我的课程”服务于什么毕业要求；
  - 课程内容能相对明确地对应所支撑的要求；
  - 专业知道每个老师是否达成了他/她所承担的目标任务，并且是有确实的证据。

# 谢谢各位！ 欢迎提问！

陈道蓄 南京大学 [cdx@nju.edu.cn](mailto:cdx@nju.edu.cn)