

更新观念 深化改革  
提高人才培养质量和效率

---

蒋宗礼

[jiangzl@bjut.edu.cn](mailto:jiangzl@bjut.edu.cn)

010-67392397

# 更新观念 深化改革 提高人才培养质量和效率

---

基本形势

几个问题

聚焦复杂

产出导向

引导探索

持续改进

# 中国高等教育迈入新的发展阶段

□ 邓小平(1975年9月26日谈话)

■ 我们有个危机，可能发生在**教育部门**，把整个现代化水平**拖住了**。……**靠空讲不能实现现代化，必须有知识，有人才**

□ 习近平“2018.5.2视察北京大学的讲话”(对高教4个重大论断之一)

■ **走内涵式发展道路**是我国高等教育发展的必由之路

□ 刘延东

■ 巩固本科教学的基础地位；全面提高人才培养**质量**，以**质量**文化营造良好环境，推动三大先进教育理念

□ 陈宝生

■ “**以本为本**”；“**四个回归**”；建设**质量文化**，引领**质量发展**

□ 回归常识：学生要**刻苦读书**学习，合理“增负”，提升学业挑战度

□ 回归本分：老师是**第一身份**，教书是**第一工作**，上课是**第一责任**

■ “认认真真培养自己、稀里马虎培养学生”一去不复返了

# 教育部积极推进落实

---

- 重视人才培养、重视质量、已经成为世界高等教育的共识和趋势
  - 2006年哈佛大学哈瑞·刘易斯发表《失去灵魂的卓越》
- 依法依规从严治校从本科开始，要用雷霆手段、铁的纪律、坚强意志来治理整顿本科教学秩序
- 坚决取消“清考”制度，让即将毕业的学生有危机感，让刚入学的学生有压力感，让学校的校长和老师有责任感
- 全面梳理教育评价，扭转不科学的教育评价导向

# 教育部积极推进落实

## □ 本科教育新的“三大纪律、八项注意”

1. 不抓本科教育的高校不是合格的高校
2. 不重视本科教育的校长不是合格的校长
3. 不参与本科教育的教授不是合格的教授
1. 高校领导注意力要首先在本科聚焦，
2. 教师精力要首先在本科集中，
3. 学校资源要首先在本科配置，
4. 条件要首先在本科使用，
5. 教学方法和激励机制要首先在本科创新，
6. 竞争力和教学质量要首先在本科显现，
7. 发展战略和办学理念要首先在本科实践，
8. 核心价值体系要首先在本科确立。

## 工程教育认证起着引领作用

- 2018年6月12日教育部以“我国近千专业进入全球工程教育‘第一方阵’”为题，转发评估中心和认证协会的通告。864个专业光荣上榜
- 明确指出，
  - 通过认证专业的毕业生在《华盛顿协议》相关国家和地区申请工程师执业资格或申请研究生学位时，将享有当地毕业生同等待遇，为中国工科学生走向世界提供了国际统一的‘通行证’

更加重视认证工作

给认证树立了更高的权威性

进一步强调认证对于专业建设和改革的引领作用

# 目前通过认证的专业总体情况

## □ 工程教育专业认证目前覆盖21个专业类

	专业类	认证专业数		专业类	认证专业数
1	机械类	120	12	地质类	28
2	仪器类	35	13	矿业类	37
3	材料类	68	14	纺织类	5
4	电气类	36	15	交通运输类	29
5	电子信息类	53	16	核工程类	1
6	自动化类	37	17	农业工程类	7
7	计算机类	64	18	环境科学与工程类	43
8	土木类	92	19	食品科学与工程类	21
9	水利类	38	20	安全科学与工程类	30
10	测绘类	25	21	生物工程类	5
11	化工与制药类	72		合计	846

## □ 计划2020实现所有专业大类全覆盖

## □ 全面构建专业类三级认证体系

# 更新观念 深化改革 提高人才培养质量和效率

---

基本形势

几个问题

聚焦复杂

产出导向

引导探索

持续改进

# 一类没有得到重视的问题

- **培养目标**：专业期望把学生培养成什么样的人？清楚吗？
  - 合理吗？达成情况如何？合理性和达成情况评价了吗？
- **毕业要求**：学生毕业时要掌握什么、具备什么？明确吗？
  - 支撑有效吗？达成了吗？达成度是多少？评价有效吗？
- **课程体系**：有什么样的课程体系支持毕业要求的达成？
  - 合理吗？支撑关系明确吗？支撑有效吗？
- 国家对培养目标、毕业要求、课程体系基本要求是什么？
- **课程教学**：教师在选择教学内容、开展的教学活动时如何考虑这些问题的？能够**具体地**说出一、二、三吗？
  - 学生知道教学目标吗？知道教学目标和毕业要求达成的关系吗？
  - 课程教学目标达成了吗？达成度是多少？评价是有效的吗？
- .....

我们非常熟悉

也清楚

高等数学

大学物理

商务英语

模拟法庭

电算基础

程序设计

数字电路

课程设计

微机原理

法律概要

企业建模

教学实习

精算概论

国际商务

普通心理学

社会实践

社会保障

微观经济

.....

毕业设计

.....

我们也都知道

云计算

物联网

现代设计

计算化学

生物信息学

多媒体设计

毒理学

狱政管理

法学前沿

.....

# 但是，我们很少知道

学科形态

能力构成

知识取向

学科特点

根本问题

学科方法

问题空间

知识体系

## 很少知道，很少有意识地关注

它们和人才培养是什么关系？和我们讲授的课程有什么关系？……

实际上，它们对提高专业人才培养的效率和质量非常重要，是教育从CBE走向OBE的必须关注的

# 更新观念 深化改革 提高人才培养质量和效率

---

基本形势

几个问题

聚焦复杂

产出导向

引导探索

持续改进

# 本科教育和专科教育的确切差异

学得深一些

问题杂一些

做得难一些

规模大一些

要求高一些

创新多一些

- 不止“一点”吧？
- “一些”比“一点”描述更准确？
- “一点”、“一些”又是“多少”？
- “一本”、“二本”、“三本”的区别也是“一点”、“一些”？
- 这种类似“少许”、“适量”的“模糊”带来的是什么？
- 无论是“几本”，都是“本”，不能找借口偏离本科定位

# 本科教育聚焦“复杂”

---

## □ 国际等效的专科、本科工程教育基本定位

### ■ 两年制专科生：解决狭义工程问题

□ 广泛的实践操作性流程和实践工作

□ 衔接技术工人

### ■ 三年制专科生：解决广义工程问题

□ 确定及应用工程流程、程序、系统和方法

□ 衔接技术员

### ■ 本科生：解决复杂工程问题

□ 通过基于原理的分析和设计，解决复杂问题

□ 衔接工程师

# 本科教育聚焦“复杂”

- 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。

# 本科教育聚焦

WK2: (数学与计算机): 适用于本专业所属学科的、用于支撑分析和建模的、以概念为基础的数学、数值分析、统计学及计算机与信息科学的通识内容

## 复杂工程问题

### 本质

① 必须运用**深入**的工程**原理**经过**分析**才可能解决;

② 需求涉及多方面的技术、工程和其它因素, 并可能相互有一定冲突;

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**;

④ 不是仅靠常用方法就可以完全解决的;

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;

⑥ 问题相关各方利益不完全一致;

⑦ 具有较高的**综合性**, 包含多个相互关联的子问题。

### 表象

**规模、难度、复杂度、创新性**

# 本科教育聚焦“复杂”

- 强调宽厚的理论基础(深入的工程原理)
  - 基础理论和专门知识
- 强调应用基本理论解决问题能力的培养
  - 理论与实践相结合, 基于理论开展实践(经过分析)
  - 解决复杂工程问题, 必须追求理论指导下的、高水平“动脑”指挥的“动手”实践
- 强调科学设计教学内容和追求(合适的内容和案例)
- 强调融入社会、融入整体(面向全工程周期)
  - 关心社会、人文、经济、管理、伦理、道德、环境、法律

# 本科教育聚焦“复杂”

分解落实学生解决“复杂工程问题”能力的培养

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.



容  
幼  
介  
容  
幼  
价

具体参考：蒋宗礼. 本科工程教育：聚焦学生解决复杂工程问题能力的培养. 中国大学教学 2016年第11期, 27-30, 84

# 《培养计算机类专业学生解决复杂工程问题的能力》

清华大学出版社.2018年7月(ISBN 978-7-302-50384-2) 60.7万字

## 第1章 计算机类专业本科人才培养基本定位

## 第2章 计算机类专业本科教学质量国家标准及要点

## 第3章 数学与自然科学类课程

高等数学、线性代数、概率论与数理统计、数值分析、大学物理、离散数学

## 第4章 专业类基础类课程

程序设计基础、数据结构、计算机组成、编译原理、操作系统、数据库系统、计算机网络、软件工程

## 第5章 专业基础与专业课程

人工智能、体系结构、算法设计与分析、数字电路与逻辑设计、形式语言与自动机、大数据技术数据挖掘、云计算技术、软件体系结构、软件过程与管理、互联网协议分析与设计

## 第5章 专业基础与专业课程(续)

物联网通信技术、物联网控制技术、物联网应用系统分析、信息安全数学基础、网络与通信安全、信息安全导论、分布式系统导论

## 第6章 课程设计

程序设计基础、数据结构与算法、计算机组成、编译原理、体系结构、操作系统、数据库、计算机网络、物联网感知设计、物联网应用系统综合实践、网络安全、信息安全综合实践、嵌入式系统、软件工程综合设计、工程设计与

## 第7章 实习实训

内容、要求与安排、考核与成绩评定

## 第8章 毕业设计

基本要求、毕业设计选题示例

## 第9章 工程与伦理概要

## 第10章 教学质量保障体系

# 本科教育聚焦“复杂”

例1. 按照支持解决“复杂工程问题”毕业要求达成的需要，安排理论课程内容

- 强调课程内容突出**深入的工程原理**，而不是简单地知道、简单地套用，简单地计算等
  - 避免“知难而退”
- 要包含相应的**思想和方法**，同时给学生提供解决问题的锻炼机会——以便用于设计、分析、实现
  - 知识载体所载之精髓
- 要有**充分的分析**内容，促使学生掌握分析的基本方法，形成分析意识，养成分析习惯，学会分析，能得到有效结论
  - 唤醒知识的灵魂，使深奥的知识活起来
- 强调的是能力，知识为载体，不能因为追求更多更深的知识而忽略效果——Outcome

在设计教学内容和要求中体现复杂工程问题的一些特征

# 本科教育聚焦“复杂”

例2. 按照支持解决“复杂工程问题”毕业要求达成的需要，进行理论教学评价

- ① 保证课程“产出”结果判定的合理性
  - ✓ 考卷设计：按照教学大纲规定的内容进行考核
  - ✓ 毕业要求达成评价基础数据，该数据出了问题，一切免谈
- ② 成绩评定要全面体现该课程的目标要求(所支持的所有毕业要求指标点)达成情况的评价
  - ✓ 相应计分能够体现相应毕业要求达成度评价之需
  - ✓ 防止实验成绩、平时成绩“作用”的异化
- ③ 摆脱简单的“概念解释、填空、单选、多选、判断对错、简述、简答……”等为主的考核
- ④ 避免简单追求及格率，年间考题重复的问题(含实际重复)

在教学评价(考核)中体现复杂工程问题的一些特征

# 本科教育聚焦“复杂”

例3：按照支持解决“复杂工程问题”毕业要求达成的需要，安排实践教学内容

- ① 恰当的**载体**。使学生经历复杂工程(系统)构建，构建过程中体现知识、技术、方法的综合应用
  - 基础软/硬件、应用软/硬件系统，毕业设计选题
- ② 构成**体系**，要从简单到复杂，从小规模到大规模
- ③ 实践教学与理论教学**有机结合**，追求理论指导下的实践：设计、实现、分析(别忘了**实验设计**)
- ④ 能够有效地促使学生进一步掌握深入的工程原理，结合工程实际，避免简单的为了实践而实践
- ⑤ 给学生**创造机会**：协作、沟通、表达、组织

在教学内容和过程中体现复杂工程问题的一些特征

# 更新观念 深化改革 提高人才培养质量和效率

---

基本形势

几个问题

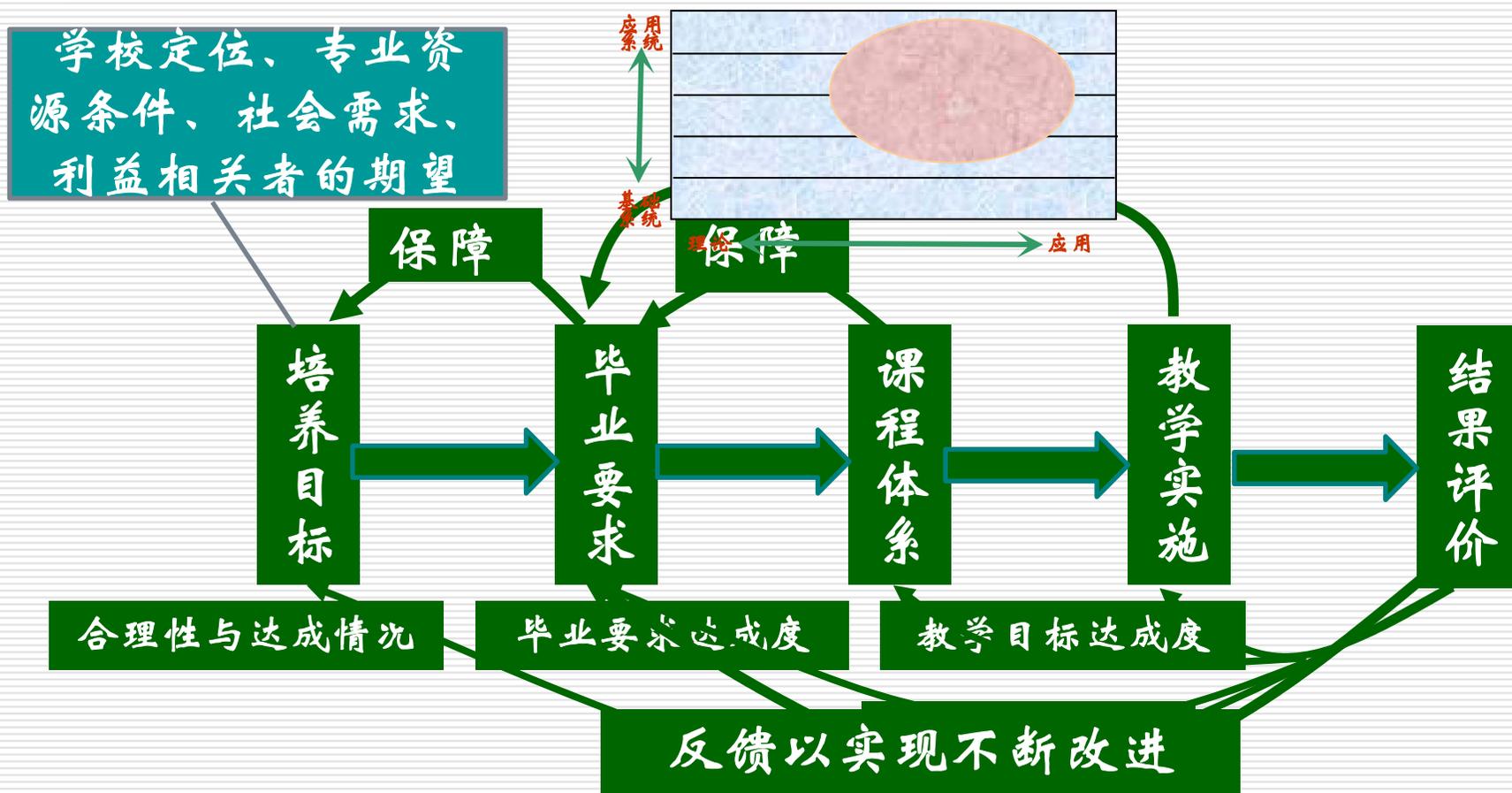
聚焦复杂

产出导向

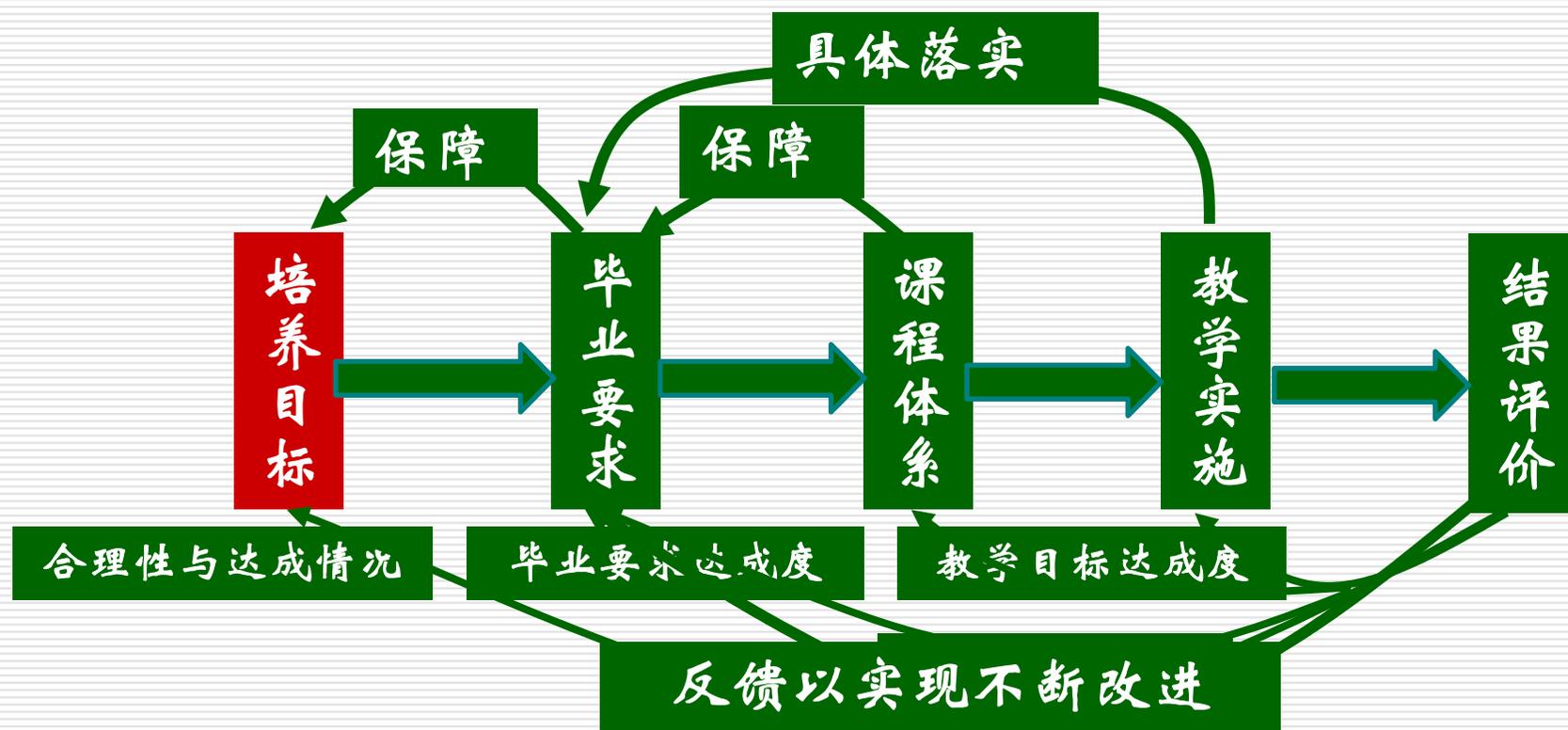
引导探索

持续改进

必须充分认识专业及其主干学科，以先进的教育理念系统设计培养体系，并按照设计实施教育教学活动，并对结果进行评价



# 瞄准产出系统设计 & 实施培养方案



# 准确的培养目标

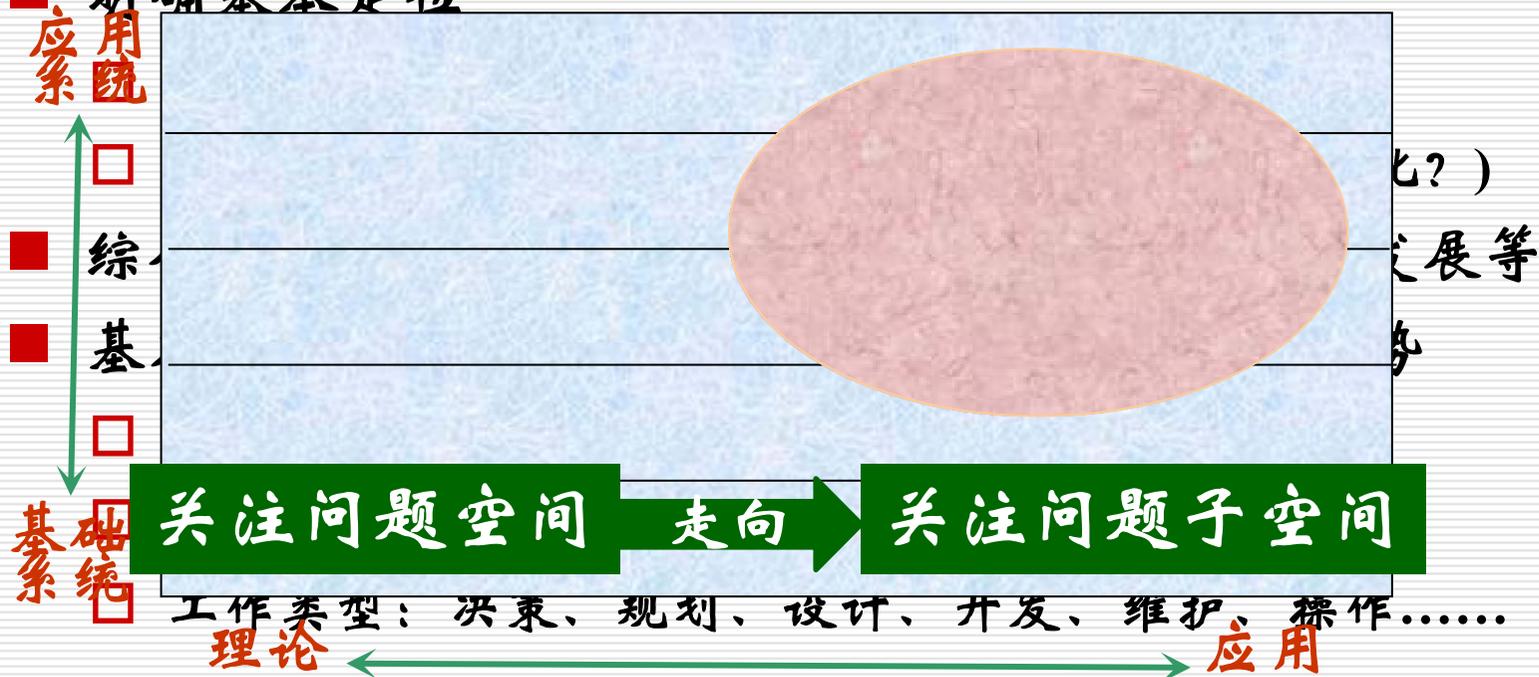
- 公开的：师生等利益相关者知晓
  - 利益相关者“关心”“理解”“共识”的目标
- 符合学校的基本定位，体现自身特点
  - 学校特点、学科特点、教师和学生擅长
- 适应社会经济发展需要
  - 不是整个社会对“该专业”人才的宏观需求
  - 而是指定范围对“本专业点”培养人才的具体需求
- 是目标，起“制导”作用
  - 不是口号，不是华丽的词藻，不是对优秀生的期望
  - 是师生日常努力的

毕业生适宜到科研、教育、企事业、技术和行政管理部门从事教学、科学研究，工程开发……，继续攻读……硕士学位的具有创新、创业能力的国际化高级……人才

# 准确的培养目标

- 学生毕业后5年左右到底具备什么样的能力，能够解决什么样的问题：**强调问题子空间，不是问题空间**

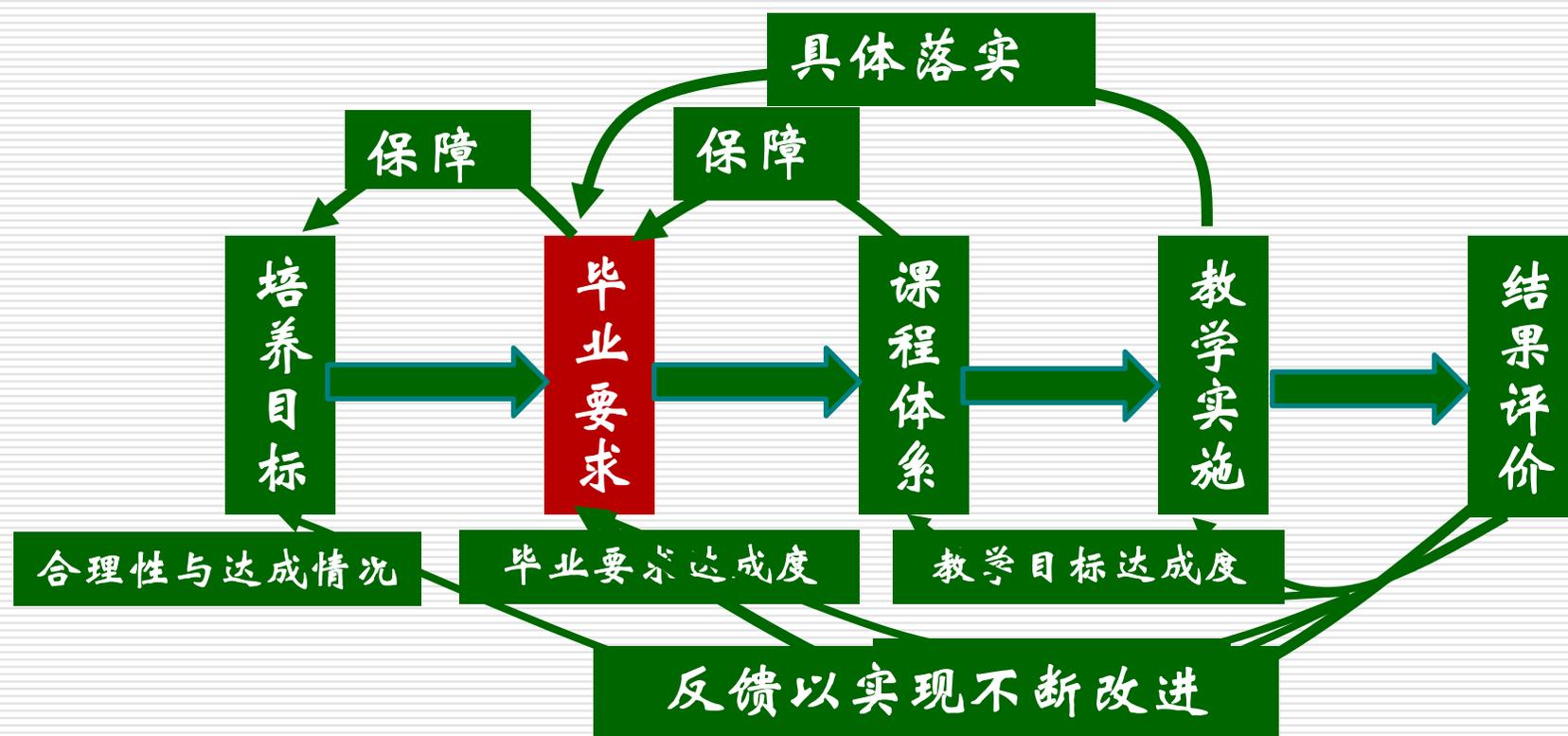
## ■ 明确基本定位



# 准确的培养目标

- 毕业要求简单综合：把毕业要求的12条，合并为6-7条
- 基本叙述+几个子目标(两者并不等价)
  - ✓ 培养.....工程能力和创新精神突出、竞争能力和可持续发展能力强的应用型高级工程技术专门人才
  - ✓ 1. ...素质高； 2. ...基础扎实； 3.沟通交流...； 4. ...
- 毕业时的目标+5年后的预期
- 叙述多处都不一样
- 例如(多目标):
  - 本专业培养具有从事**计算机科学研究、系统设计、开发、维护软、硬件及其应用系统**的高素质**应用型工程技术人才**.....。本专业毕业生毕业5年后
    - 在企业单位工作的学生，经过5年的实践锻炼，发展成为企业的技术骨干或项目管理人才，.....
    - 读研究生的学生.....在科研院所、.....工作，具有独立从事计算机科学研究的能力，能在科学或专门技术上取得创新性成果。
    - .....

# 瞄准产出系统设计实施培养方案



# 毕业要求保证培养目标的实现

## 培养目标与毕业要求(培养规格)匹配

	要求1	要求2	要求3	.....	.....	要求m
服务社会	√				√	
工程开发		√	√			√
设计方案	√				√	
.....						
继续学习	√	√				√

科学研究  
领军人才

按照目前的理解，需要有另一套方案来支撑

# 毕业要求覆盖国家标准

毕业要求必须覆盖国家有关标准要求

	要求1	要求2	要求3	.....	.....	要求m
标准第1条	√					
标准第2条			√			√
标准第3条	√				√	
.....						
标准第12条		√				

# 国家标准

1. 工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础知识和工程知识应用于解决工程问题。
2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程知识对问题进行分析和建模。
3. 设计/开发解决方案：能够设计满足特定需求且具有创新性的解决方案。
4. 研究：能够进行文献研究、实验和数据分析，以支持工程决策。
5. 使用现代信息技术工具：能够使用现代信息技术工具进行工程设计和分析。
6. 工程与社会：能够理解工程对社会、环境和可持续发展的影响。
7. 环境和可持续发展：能够理解工程对环境和社会可持续发展的影响。
8. 职业规范：能够遵守职业道德和职业规范，履行社会责任。
9. 个人和团队：能够与他人合作，在团队中发挥积极作用。
10. 沟通：能够进行有效的沟通，包括口头、书面和图形交流。
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。

必须保证知识面和“掌握”的深度

- 懂得、会用恰当描述语言
- 能够解释相关基本原理
- 能描述问题和过程(含建模)
- 能基于描述进行推理、分析
- 能用基本方法和技能求解问题

不是基本知识输入  
不是基础  
而是基础

掌握分析方法，充分利用相关信息，开展基于原理的分析是工程开发的基础

- 会用分析基本方法
- 能进行程序与算法分析
- 能识别与分析系统关键问题
- 能进行参考文献综合分析
- 能提取主要矛盾并进行折衷处理

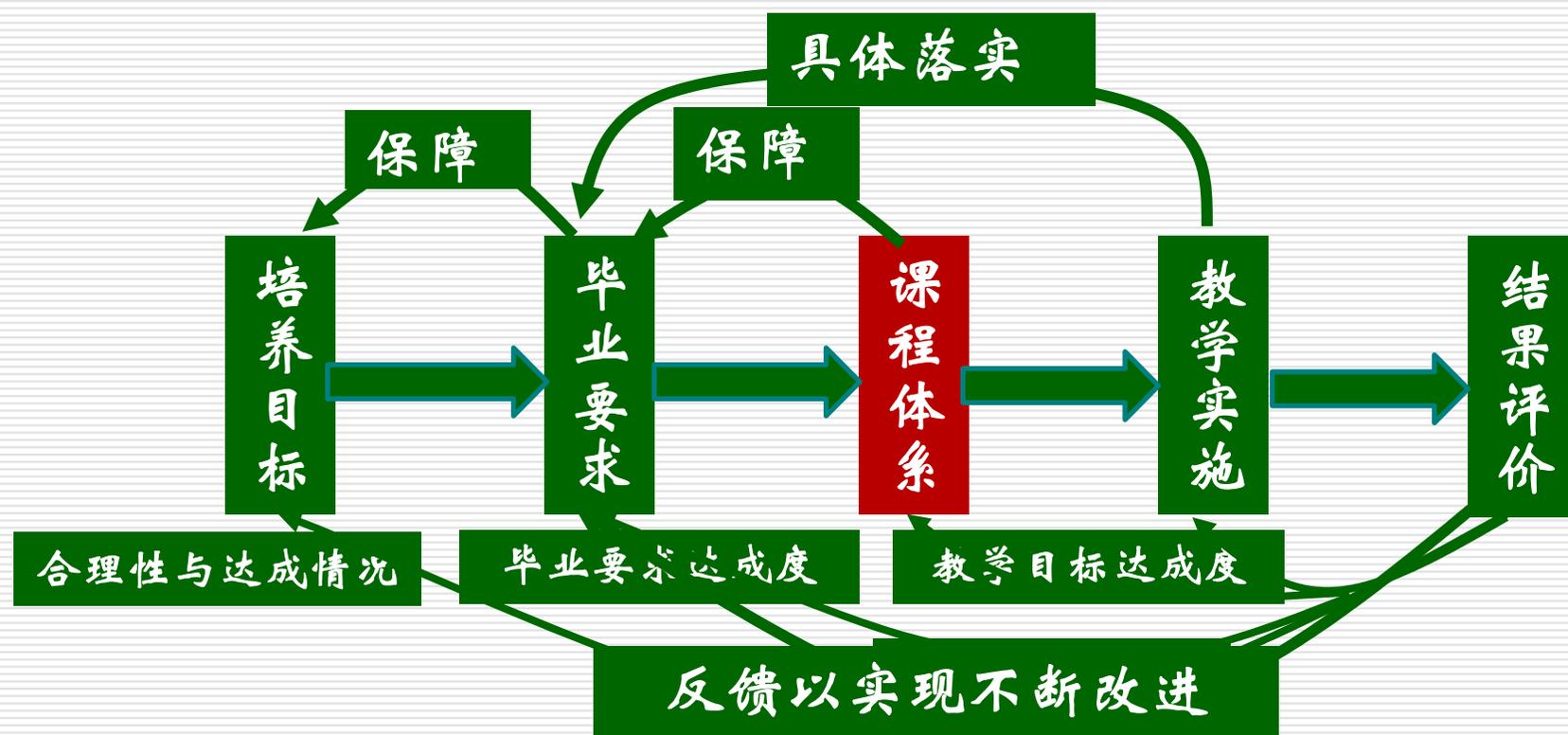
既然如此，教子的基本内容是什么？  
我们的课该如何上？

统、单元(部件)化以及环境等

数  
信  
方  
响。  
规

报告和设计文稿  
沟通和交流。

# 瞄准产出系统设计实施培养方案



# 课程体系框架要求

## □ 基本架构

- 人文社科类约(≥) 15%，数学与自然科学类约(≥) 15%，实践约(≥) 20%，学科基础知识和专业知识约(≥) 30%

## □ 内容要求

- ① 人文社会科学类使学生在从事工程设计时考虑经济、环境、法律、伦理等各种制约因素
- ② 数学和自然科学使学生掌握理论和实验方法,为学生表述工程问题、选择恰当数学模型、进行分析推理奠定基础
- ③ 学科基础类体现数学和自然科学应用能力的培养
- ④ 专业类课程、实践环节体现系统设计和实施能力培养

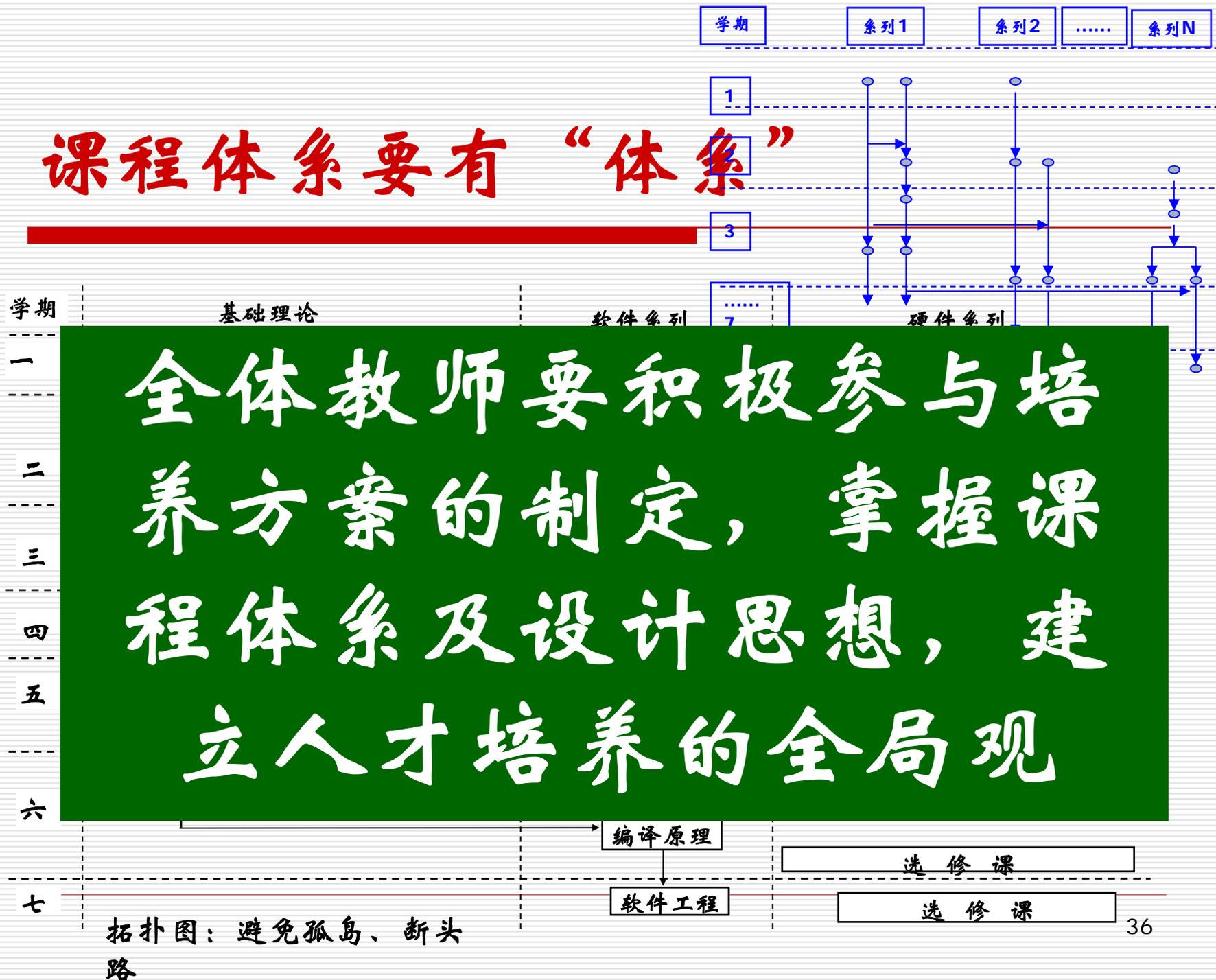
# 课程体系支撑毕业要求达成

将毕业要求达成任务分解到具体教学活动

	毕业要求1			毕业要求2			...	毕业要求m		
<p>分解毕业要求在于指导其<b>有效落实</b>和<b>恰当评价</b></p> <p><b>说的=做的=结果</b>：各门课教学需要保证其所支撑的毕业要求指标点的达成，且考核(对学生学习成果的评价)能反映对相应指标点达成的实际贡献度</p> <p>.....</p>										
教学活动1			√	√				√		√

H——高、M——中、L——低

# 课程体系要有“体系”



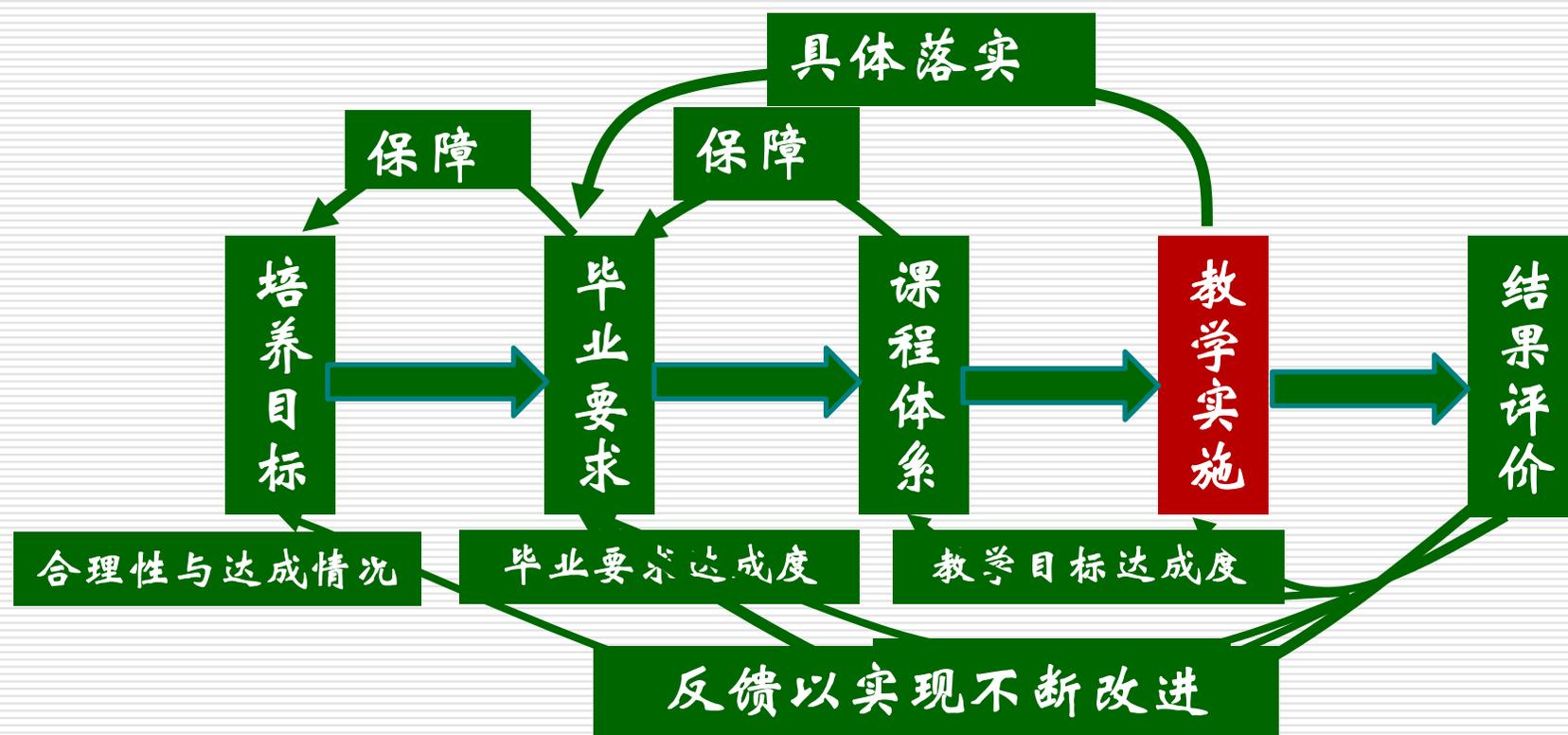
全体教师要积极参与培养方案的制定, 掌握课程体系及设计思想, 建立人才培养的全局观

拓扑图: 避免孤岛、断头路

# 课程体系布局合理

学期	系列1	.....	系列N	小计	重点课 门数	重点课 学时		
	满足前导 后续关系		适应能力 导向教育		平衡课程 分量分布			
.....								
	先修不仅 仅是知识	基础 知识	+	基本 技能	+	基本 方法	+	认知 能力 <small>修养、意识</small>

# 瞄准产出系统设计 & 实施培养方案



# 瞄准产出设计教学内容

完整的专业教育内容体系：不仅仅有知识

技术

基本技术、基本工具、新技术、新工具

法学  
学科方

学科形态

抽象

科学型

理论

工程

应用型

设计

基本方法

数学方法

系统方法

核心概念

绑定	大问题	复杂性	概念和形式模型	一致性和完备性
效率	演化		抽象层次	按空间排序
重用	安全性		折衷与决策	按时间排序

识基  
体本  
系知

知识领域

DS, AL, AR, CN, IM, NC, IS, OS, PL, SDF, SE, SF.....

培养不同类型人才，强调不同学科形态的内容<sup>39</sup>

# 相适应的教学大纲

## 1. 课程目标：拟达到的教学目标，包括明确本课程支撑毕业要求哪些指标点的达成

- 目标1：……基础理论之一，能够培养学生解决难度较大的问题，处理复杂系统的设计与实现的能力。（支持毕业要求1.1）
- ……

## 2. 课程的主要教学内容(知识、问题求解思想、方法……)

- 以系统的总体结构设计为线索，引导学生站到编译系统的高度上去考虑问题、划分功能模块，重温自顶向下、自底向上设计、模块化等基本方法，了解“工具”的开发与利用。
- ……要使学生进一步学习如何建立模型，如何基于所建立的模型去进行问题的求解等
- ……递归求解、求解模型……、系统设计、自顶向下、自底向上等方法评价与选择。
- ……典型的基于模型进行问题的求解，而且它们的处理必须基于最基本的编译理论……
- ……语义分析也包括自底向上的和自顶向下的分析方法。语义描述对形式化的追求、根据目标代码结构设计语义动作的目标驱动的设计思想和方法，语义动作的嵌入。……
- ……属性的提出，实际上是对翻译“目标”和获得的“中间信息”等的抽象，也算是一种新的抽象模型……
- ……
- 实验设计

## 3. 相适应的教学方法

## 4. 课程考核内容及方式(体现对毕业要求指标点达成的支撑)——不是60分万岁！仅有<sup>40</sup>概念、填空、判断对错、简答、简述的考题是不够的。



# 相适应的课程目标

## ——传统描述

• 系  
业  
建  
科  
用  
进

**增强理论结合实际能力，鼓励探索未知，获得更多的“顶峰体验”** (难题突破、未知探明、自信树立)

**培养算法设计与实现能力；从整体到局部、从局部到整体，提升系统能力** (系统视角、系统结构、系统把握)

**修养“问题、形式化描述、计算机化”问题求解习惯，推进从“实例计算”到“类计算”和“模型计算”的跨越**

**掌握程序变换基本思想、问题描述和处理方法**  
(自顶向下、自底向上、逐步求精、递归求解、目标驱动、问题的抽象与形式化描述、算法设计与实现、数据结构的选择与使用、系统构建、模块化)

**掌握终生受用的基本思想与方法，在系统级上再认识程序和算法，提升计算机问题求解水平，增强系统能力，体验实现自动计算乐趣**

# 相适应的课程目标

## ——与毕业要求相关联表达

- 目标1，使学生掌握职业生涯中反复用到的基础理论和基本方法，以用于解决难度较大的问题，处理复杂系统的设计与实现。对于毕业要求1.1达成**提供支撑**。
- 目标2，培养学生选择适当的模型，以形式化的方法去描述语言及其翻译子系统，将它们用于系统的设计与实现的能力。对于毕业要求1.4的达成**提供支撑**。
- 目标3，强化学生数字化、算法、模块化等专业核心意识，对自顶向下、自底向上、递归求解、模块化等典型方法的掌握，培养其包括功能划分、多模块协调、形式化描述、程序实现等在内的复杂系统设计实现能力。对于毕业要求3.3的达成**提供支撑**。

# 相适应的课程目标

## ——与毕业要求相关联

- 目标4，使学生经历复杂系统的设计与实现，培养其对多种方法、工具、环境的比较、评价和选择能力。方法选择：选择实现词法、语法分析的方法；实现途径选择：直接设计实现、使用某种自动生成工具设计实现(自学)；工具与环境选择：使用的开发语言和环境；比较与评价：在组间相互评价中锻炼评价能力。对毕业要求5.2达成提供一定的支撑
- 目标5，通过按组完成系统设计与实现培养学生团队协作能力。学生需要在分工、设计、实现、口头和书面报告等环节中相互协调、相互配合。对毕业要求9.1达成提供一定的支撑
- 目标6，通过实验系统设计实现过程中组内讨论，验收过程中的报告撰写、陈述发言等，培养专业相关的表达能力。对毕业要求10.1达成提供一定的支撑。

# 相适应的教学内容

## ——相适应的教学大纲

### □ 教学内容——编译原理之词法分析

- 词法分析器的功能、输入/输出、文法描述、状态图，词法分析器的实现，如何用正则文法、正则表达式、有穷状态自动机描述单词。**(知识)**
- 如何依据这些“描述模型”实现系统。使学生掌握有穷状态自动机这一设计“模型”，感受形式化、模型化描述的威力，体验形式化描述和模型建立对自动化的重要意义。**(思想与方法)**
- 词法分析器的自动生成技术。引导学生查找资料，自我学习、扩展，使学生进一步感受形式化、模型化描述的魅力，体验形式化描述和模型建立对自动计算的重要意义。**(思想与方法)**
- 重点：……状态转移图的构造，……实现词法分析器。
- 难点：词法的RG表示、RE表示、FA表示，它们之间的转换。

# 相适应的教学内容

## ——相适应的教学大纲

### □ 教学内容——编译原理之语法分析

- .....自顶向下、自底向上的分析、递归求解、求解模型的建立与描述、系统设计、算法设计与实现等方法评价与选择等。
- 重点：自顶向下分析的**基本思想**，预测分析器总体结构，预测分析表的构造，递归下降分析法**基本思想**，简单算术表达式的递归下降分析器。自底向上分析的**基本思想**，算符优先分析法的**基本思想**。LR分析器的**基本构造思想**，LR分析算法，规范句型活前缀及其识别器——DFA，LR(0)分析表的构造，SLR(1)分析表的构造。
- 难点：FIRST和FOLLOW集的**求法**，对它们的**理解**以及在构造LL(1)分析表时的**使用**。递归子程序法中如何**体现分析**的结果。求FIRSTOP和LASTOP，算符优先关系的确定，算符优先分析表的构造，素短语与最左素短语的概念，LR(0)项目集规范族，规范句型活前缀及其与句柄的**关系**。

# 相适应的教学内容

## ——相适应的教学大纲

### □ 教学内容——自动机理论之正则语言的性质

- 正则语言泵引理的证明及其应用；正则语言对并、乘积、闭包、补、交的封闭性及其证明。**(知识与思想)**
- Myhill-Nerode定理与FA的极小化：右不变的等价关系、 $R_M$ 的右不变性，Myhill-Nerode定理的证明与应用；DFA的极小化及其思想与方法。**(知识与思想)**
- 通过正则语言不同的描述模型，研究正则语言的性质。在研究中，面对相应的问题，在所给的5种等价模型中，选择最恰当的描述模型实现问题的求解。同时，使学生们知道，建立模型不仅可以描述一类对象，而且可以用来发现一类对象的性质。**(思想与方法)**
- 重点：正则语言的泵引理及其应用，正则语言的封闭性。
- 难点：Myhill-Nerode定理的证明及其理解。

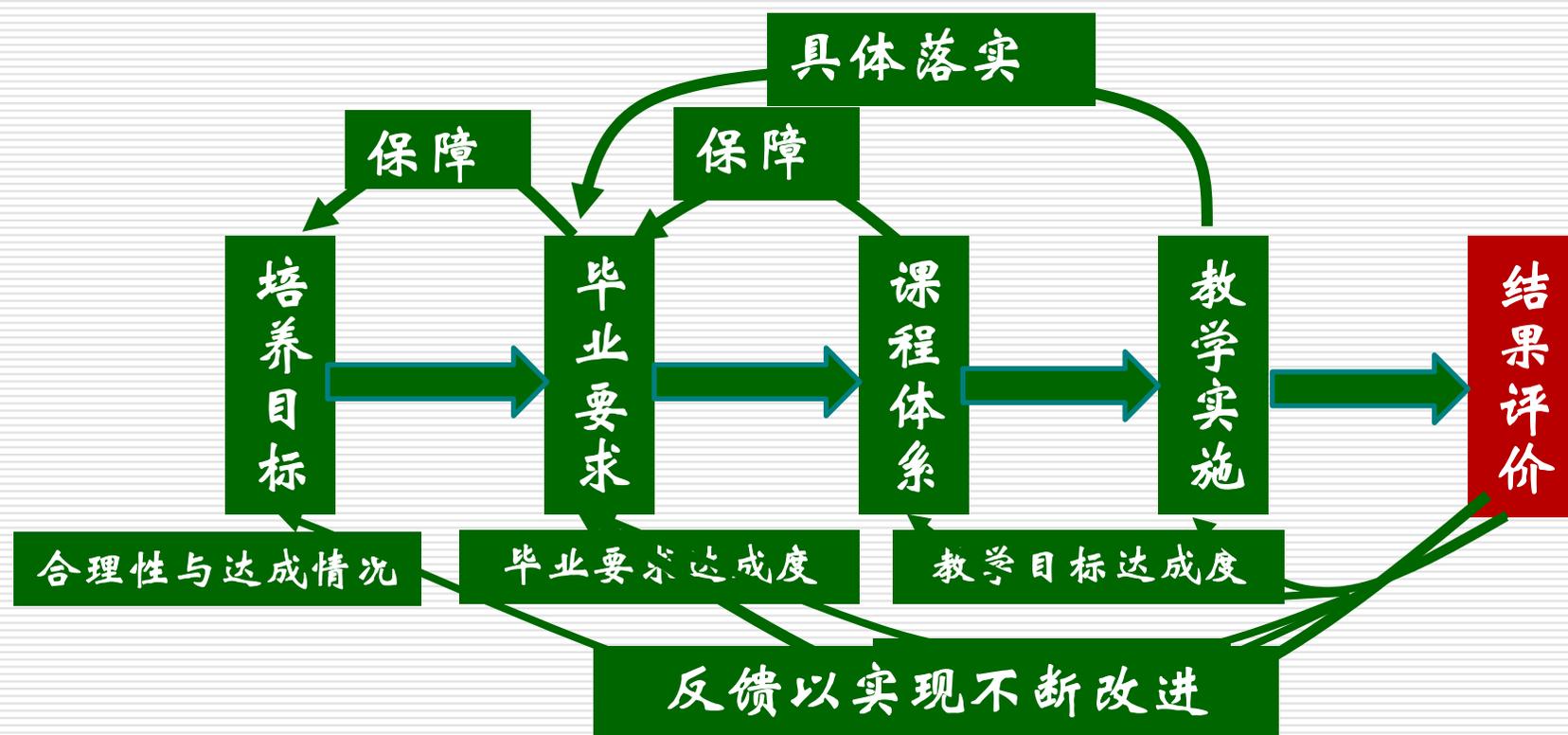
# 相适应的教学内容

## ——相适应的教学大纲

### □ 教学内容——自动机理论之下推自动机

- 下推自动机模型(PDA)及其建立, 模型之间的等价变换的**思想与方法**, 下推自动机与上下文无关文法的等价变换的**思想与方法**。进一步学习了解**模型计算**。
- 下推自动机的基本定义, 即时描述, 用终态接受的语言和用空栈接受的语言; 下推自动机的构造举例。确定的下推自动机。
- 用终态接受和用空栈接受的**等价性**; 下推自动机是上下文无关语言的**接受器**; 构造与给定的上下文无关文法(GNF)等价的下推自动机, **构造**与给定的下推自动机等价的上下文无关文法。
- **重点**: 下推自动机的**基本定义**及其**构造方法**, 下推自动机是CFL的等价描述。
- **难点**: 根据下推自动机的构造CFG。

# 瞄准产出系统设计及实施培养方案



# 面向产出的内部质量监控机制

## ——课程教学目标达成评价

- 简称为**教学目标**或者**课程目标**
- **达成评价的目的**
  - 是课程教学落实OBE的体现之一，需要分别评价各个目标的达成情况，为课程教学的改进提供依据
  - 为毕业要求的达成评价提供有效的基础数据
  - 注意：评价教学目标的达成情况，不是直接评价毕业要求指标点的达成情况，不要混为一谈
- **要明确具体**
  - 明确具体的教学目标，它们便于实现和衡量
  - 与课程的教学内容密切相关，不是照抄指标点
  - 可以有多个

# 面向产出的内部质量监控机制

## ——课程教学目标达成评价

### □ 清晰关联毕业要求指标点

- 教学目标必须体现培养方案设计中赋予课程的任务
- 教学目标不能超越课程的教学内容
- 每个教学目标体现明确的毕业要求指标点
- 尽量使每个教学目标对应一个毕业要求指标点
  - 教学目标与毕业要求指标点不应该双向全对应

### □ 具体达成评价

- 学生的学习成绩体现教学目标的达成情况
  - 基础是瞄准各个教学目标达成评价设计“考题”
- 教师完成的教学目标达成评价结果被认可后方可用于毕业要求的达成评价

# 面向产出的内部质量监控机制

## ——课程教学目标达成评价

瞄准目标达成度的判定，设计对学习结果的评价

题号	一	二	三	四	五	六
满分	15	16	8	12	34	15
内容	综合分析	方法比较	文法设计	实例分析	语法分析设计	语义分析设计

判定课程目标达成度，为毕业要求达成度评价提供有效数据

课程目标	对应测试	总分值	人均得分	达成度
1	一、二、四	43	$12.5+14.2+10.7=37.4$	87.0
	作业、测试	200	$88.4+90.5=178.9$	89.5
2	三、四、五、六	69	$5.0+10.7+24.6+10.7=51.0$	74.0
3	五、六	49	$24.6+10.7=35.3$	72.0
	实验、作业、测试	300	$84.4+88.4+90.5=273.3$	87.8
4	实验	100	84.4	84.4
5	实验	100	84.4	84.4
6	实验	100	84.4	84.4

注意平时成绩的形成性评价作用及其预警等作用

# 面向产出的内部质量监控机制

## ——课程教学目标达成评价

1. 目标1(支持毕业要求1.1): 达成度 $(87.0\%+89.5\%)/2=88.3\%$ , 表明本班学生对课程的基本知识掌握比较好。.....。
2. 目标2(支持毕业要求1.4): 达成度为**74.0%**。由于学生对形式化、建模等要求更高的理论知识和相应的修养不够, .....尤其是要求比较高的实验班学生来说, 需要进一步加强。
3. 目标3(支持毕业要求3.3): 理论层面的设计与实现, 达成度显示为**72.0%**, 考虑到“实践”, 其达成度 $(72.0\%+91.1\%)/2=81.6\%$ 。....., 实践能力相对更强是北工大计算机专业学生的特点。.....要想更上一层楼, 对“基础理论”的掌握程度应该进一步提高, .....

# 面向产出的内部质量监控机制

## ——毕业要求达成评价

### 毕业要求1：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

指标点	相关教学活动	考核方式	达成度评价周期及最近评价结果	达成度(2011)
1.懂得恰当描述语言……	高数、物理、线代、离散、DB	书面考试	评价周期:2年; 评价人:教学委员会指定教授2人;评价依据:试题及考试成绩表;按年级试卷抽样(好中差各选试卷5份)。按年级学生作业抽样(随机抽1/10学生)	90%
2.能针对复杂计算系统和过程选择或建立适当的描述模型	离散、编译、OS、DB	书面考试 上机考核		88%
3.能对复杂计算系统设计方案和模型的正确性进行评价并得出结论	高数、离散、概率、网络、DB	书面考试、实验验收		85%
4.能运用数学与自然科学及有关知识对复杂计算系统的解决途径进行分析、改进	离散、数据结构与算法、编译、毕设	书面考试、实验验收		79%
5.具有数字化、算法、模块化与层次化等核心专业意识	程序设计、组成原理、数据结构与算法、OS	书面考试、实验验收		84%

# 面向产出的内部质量监控机制

——毕业要求达成评价:任务分配

毕业要求i	课程1	课程2	课程3	课程4	课程5	.....	$\sum$ 目标值
指标点1	0.3	0.5			0.2		1.0
指标点2		0.4	0.3	0.3			1.0
指标点3	0.5		0.2			0.3	1.0
.....							1.0

分解毕业要求，确定课程对指标点的理想支持度

# 面向产出的内部质量监控机制

——毕业要求达成评价：完成情况

k	期望	评价值				课程教学目标、达成途径和评价依据等
		2008年	2011年	2014年	结果	
指标点4.1能独立完成实验方案设计	0.30	$25/30*0.3$ $=0.83*0.3$ $=0.25$	$28/35*0.3$ $=0.8*0.3$ $=0.24$	$27/30*0.3$ $=0.9*0.3$ $=0.27$	0.24	<p>教学目标：培养学生选择和设计实验方案的能力。</p> <p>达成途径：通过预习课，讲授实验设计的方法，并要求学生实验前，自行设计并提交实验方案。</p> <p>评价依据：实验预习报告、考试试卷(分值)</p> <p>评价方式：评估实验计划的质量，给出成绩。</p>
指标点4.3正确操作实验装置，安全开展实验	0.50	$34/42*0.5$ $=0.81*0.5$ $=0.41$	$32/40*0.5$ $=0.8*0.5$ $=0.40$	$33/40*0.5$ $=0.82*0.5$ $=0.41$	0.40	<p>教学目标：培养学生的安全意识和实验动手能力</p> <p>达成途径：传授安全操作规程，强化安全环保意识</p> <p>评价依据：实验表现</p> <p>评价方式：评估学生安全意识，实验动手能力，给出成绩</p>
指标点4.4正确采集、整理实验数据。	0.50	$24/27*0.5$ $=0.89*0.5$ $=0.45$	$23/25*0.5$ $=0.92*0.5$ $=0.46$	$27/30*0.5$ $=0.90*0.5$ $=0.45$	0.45	<p>教学目标：培养学生采集和处理实验数据的能力</p> <p>达成途径：要求学生记录、整理实验数据，对实验结果进行必要的关联。</p> <p>评价依据：实验报告</p> <p>评价方法：评估实验数据采集正确性，数据关联的合理性</p>
指标点4.6能对实验结果进行分析、解释	0.30	0.24	0.23	0.26	0.23	.....
指标点9.2能与团队成员合作共事，分担任务	0.20	0.16	0.17	0.18	0.16	<p>教学目标：培养学生团队合作能力</p> <p>达成途径：要求以团队的形式，分组合作完成试验任务</p> <p>评价依据：实验表现</p> <p>评价方法：根据表现评估学生的沟通合作能力，责任意识</p>

# 面向产出的内部质量监控机制

——毕业要求达成评价：评价结果

毕业要求i	课程1	课程2	课程3	课程4	课程5	.....	$r_{ik}$ $\sum$ 评价结果
指标点1	0.21	0.45			0.23		0.89
指标点2		0.32	0.26	0.23			0.81
指标点3	0.50		0.17			0.23	0.90
.....							
毕业要求i达成度 $r_i$							0.81

# 面向产出的内部质量监控机制

——毕业要求达成评价：不同的方法

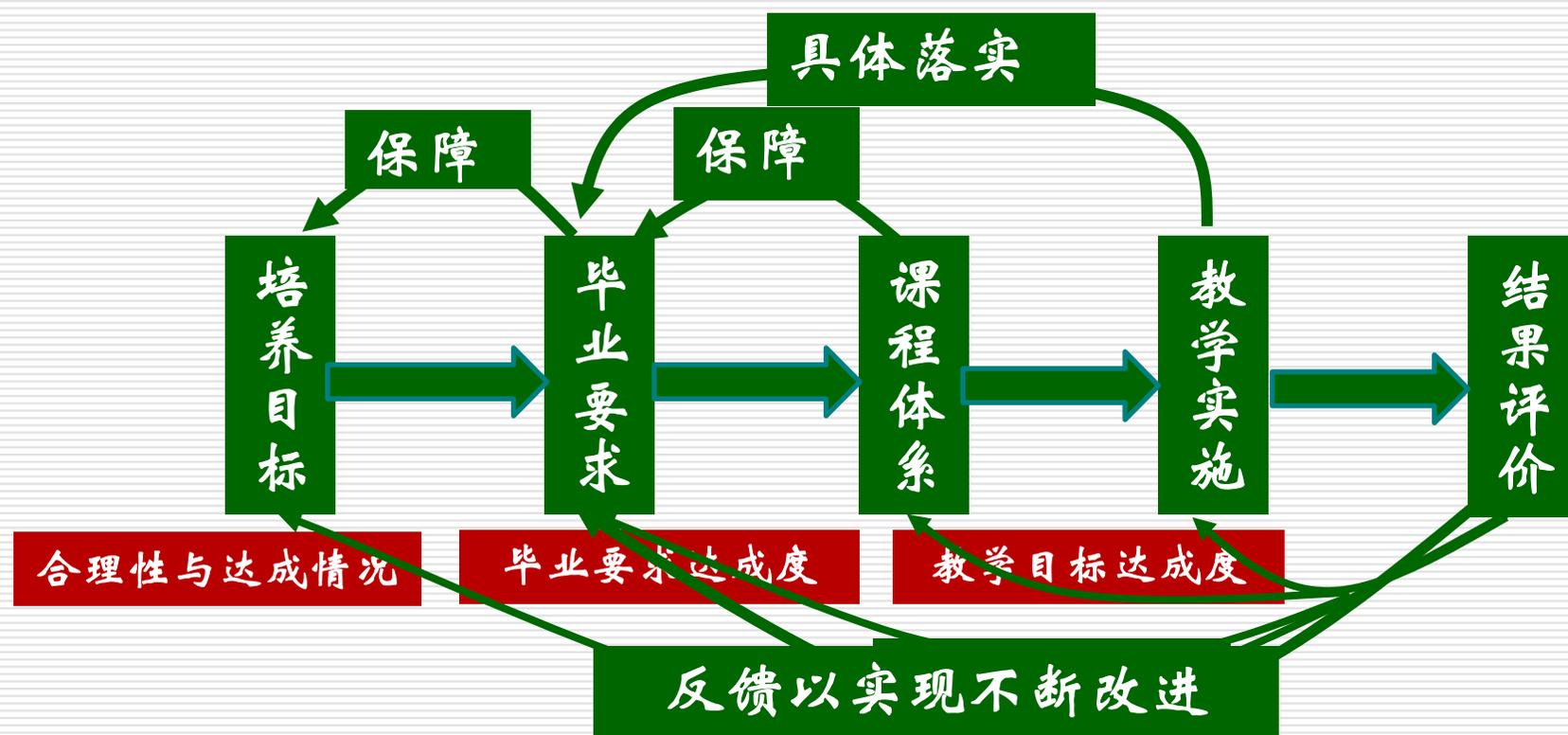
问卷调查法

指标点	对各点的认同度					毕业生的表现				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.能将数学……表述										
……										
5.具有……专业意识										
……	…		…							
	绝对不认同、不认同、一般认同、基本认同、非常认同					绝对不满意、不满意、一般满意、基本满意、非常满意				

评价法

团队合作	开展研究并获取数据	满足承担责任	能共享信息	能倾听意见
张三	4	3	4	4
李四	5	4	4	5
王五	4	3	4	3
……	…		…	
非常不满意、不满意、基本满意、满意、非常满意(每级有明确定义)				

# 瞄准产出系统设计实施培养方案



# 站在人才培养的高度上

## 制定培养方案

面向：实际和未来(社会、学科、学生)

摆脱：自身束缚(专业知识、专业教育认识)

专业束缚(跨专业、防半边“人”——非工具)

条件束缚(因人设课、因设备设课)

保证培养方案的科学性，通过课程教学  
达成毕业要求，保证培养目标的实现

# 站在人才培养的高度上

## 开展课程教学

摆脱：课程为本、教师为本、教材为本  
瞄准毕业要求的达成，科学施教  
以知识为载体，实现思想方法的  
传授，培养学生的专业基本能力和探  
索未知的强烈意识和能力

提高教学活动的效率，保证面向  
毕业要求的课程教学目标的达成

# 更新观念 深化改革 提高人才培养质量和效率

---

基本形势

几个问题

聚焦复杂

产出导向

引导探索

持续改进

# 研究型教学做支撑



- 把教学活动组织成师生的共同研究活动
- 引导学生学习知识和方法、体验其精髓，在学习大师们的思维过程中培养学生探索未知，解决实际问题的能力
  - 教师：讲课模拟“精化后”的、更理性的知识发现过程，再现“知识的发现过程中大师的创新思维”
  - 学生：感受“顶峰体验”。知识的创新过程、大师们的理性思维，在学习知识中吸取更丰富的营养。体验大师们的人格、品德魅力

# 研究型教学做支撑

——引导学生设计描述模型

定义\*.\* 文法G为一个四元组, $G = (V, T, P, S)$

- T: 终结符(Terminal)集,  $\forall a \in T$ , a叫做终结符;
- V: 非终结符(Variable)集,  $\forall A \in V$ , A叫做非终结符, 又叫做语法范畴, 这里 $T \cap V = \Phi$ ;
- S: 开始符号(Start Symbol),  $S \in V$ , 至少在某个产生式左侧出现一次;
- P: 产生式(Product)集合,  $\forall \alpha \rightarrow \beta \in P$ , 称为产生式, 也可称为定义式, 读作:  $\alpha$ 定义为 $\beta$ 。其中 $\alpha \in (T \cup V)^+$ , 且 $\alpha$ 中至少有V中元素的一个出现。 $\beta \in (T \cup V)^*$ 。 $\alpha$ 称为产生式 $\alpha \rightarrow \beta$ 的左部(Left Part),  $\beta$ 称为产生式 $\alpha \rightarrow \beta$ 的右部(Right Part)

# 研究型教学做支撑

——引导学生设计描述模型

□ 考虑简单算术表达式的表示：中缀形式递归定义  
写成式子

表达式是表达式加上项

$\langle \text{表达式} \rangle \rightarrow \langle \text{表达式} \rangle + \langle \text{项} \rangle$

表达式是项

$\langle \text{表达式} \rangle \rightarrow \langle \text{项} \rangle$

项是项乘以因子

$\langle \text{项} \rangle \rightarrow \langle \text{项} \rangle * \langle \text{因子} \rangle$

项是因子

$\langle \text{项} \rangle \rightarrow \langle \text{因子} \rangle$

因子是加括号的表达式

$\langle \text{因子} \rangle \rightarrow (\langle \text{表达式} \rangle)$

因子是标识符(id)

$\langle \text{因子} \rangle \rightarrow \text{标识符}$

# 研究型教学做支撑

——引导学生设计描述模型

- 考虑简单算术表达式的表示：中缀形式递归定义  
进一步符号化 写成式子

$$E \rightarrow E + T$$

$$\langle \text{表达式} \rangle \rightarrow \langle \text{表达式} \rangle + \langle \text{项} \rangle$$

$$E \rightarrow T$$

$$\langle \text{表达式} \rangle \rightarrow \langle \text{项} \rangle$$

$$T \rightarrow T * F$$

$$\langle \text{项} \rangle \rightarrow \langle \text{项} \rangle * \langle \text{因子} \rangle$$

$$T \rightarrow F$$

$$\langle \text{项} \rangle \rightarrow \langle \text{因子} \rangle$$

$$F \rightarrow (E)$$

$$\langle \text{因子} \rangle \rightarrow (\langle \text{表达式} \rangle)$$

$$F \rightarrow \text{id}$$

$$\langle \text{因子} \rangle \rightarrow \text{标识符}$$

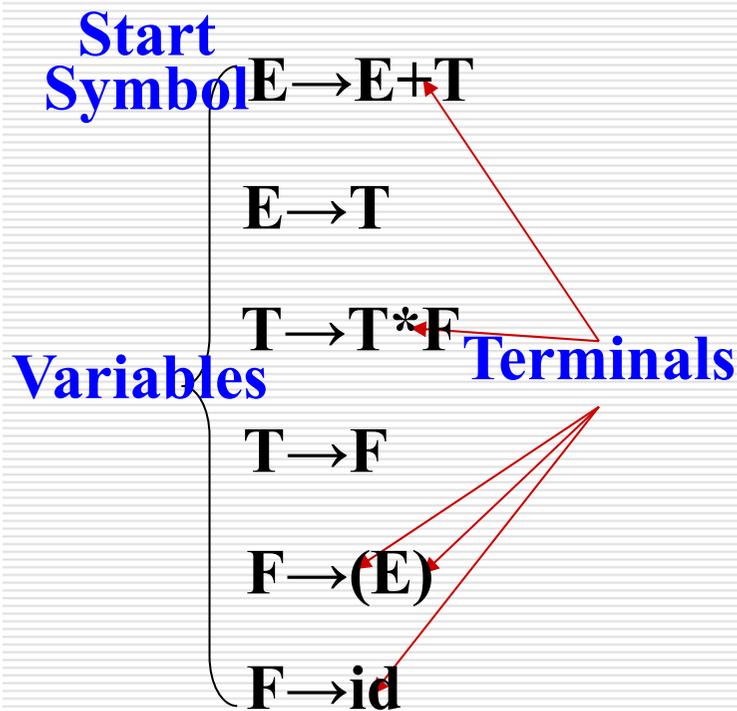
# 研究型教学做支撑

——引导学生设计描述模型

□ 考虑简单算术表达式的表示：中缀形式递归定义

进一步符号化

建立描述模型



定义 \* 文法  $G$  为一个四元组,  $G = (V, T, P, S)$

$V$ : 非终结符 (Variable) 集,  $\forall A \in V$ ,  $A$  叫做非终结符, 又叫做语法范畴;

$T$ : 终结符 (Terminal) 集,  $\forall a \in T$ ,  $a$  叫做终结符, 这里  $T \cap V = \Phi$ ;

$S$ : 开始符号 (Start Symbol),  $S \in V$ , 至少在某个产生式左侧出现一次;

$P$ : 产生式 (Product) 集合,  $\forall \alpha \rightarrow \beta \in P$ , 称为产生式, 也可称为定义式, 读作:  $\alpha$  定义为  $\beta$ 。其中  $\alpha \in (T \cup V)^+$ , 且  $\alpha$  中至少有  $V$  中元素的一个出现。  $\beta \in (T \cup V)^*$ 。  $\alpha$  称为产生式  $\alpha \rightarrow \beta$  的左部 (Left Part),  $\beta$  称为产生式  $\alpha \rightarrow \beta$  的右部 (Right Part)

# 研究型教学做支撑

——引导学生基于模型设计解决案例

LR分析法

理论很强的方法

规范句型

规范句型活前缀

项目

后继项目

项目集闭包( $\epsilon$ -闭包)

初始项目

项目集间的转移

识别所有规范句型活前缀的DFA

编译原理

Compiler Principles and Techniques

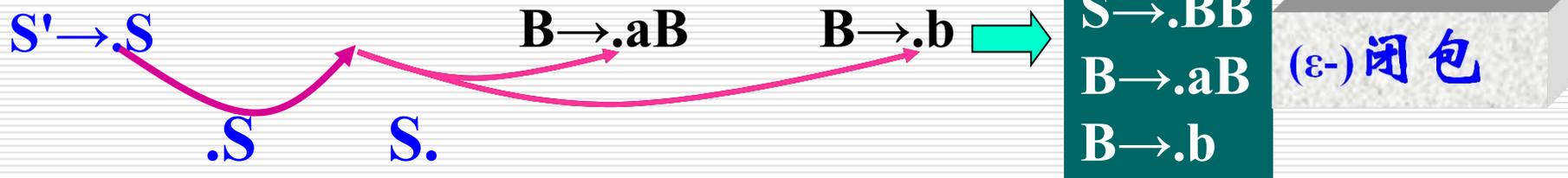
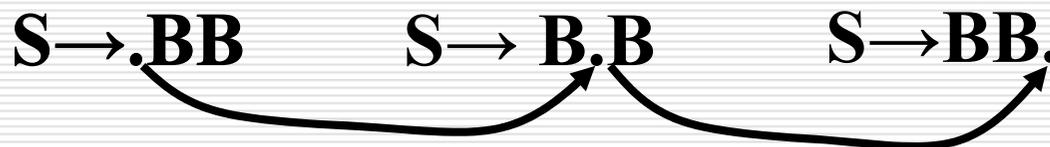
蒋宗礼 姜守旭 编著

举例

(1)  $S \rightarrow BB$

(2)  $B \rightarrow aB$

(3)  $B \rightarrow b$



□ 文法是语言的形式化描述，为实现分析的自动化提供了很好的基础，基于此描述，实现对分析进程的刻画，解决句柄识别问题

□ 添加  $S' \rightarrow S$  :  $S' \rightarrow \cdot S$  (分析开始),  $S' \rightarrow S \cdot$  (分析成功)

努力提高师资队伍对教育精细化的适应性

# 更新观念 深化改革 提高人才培养质量和效率

---

基本形势

几个问题

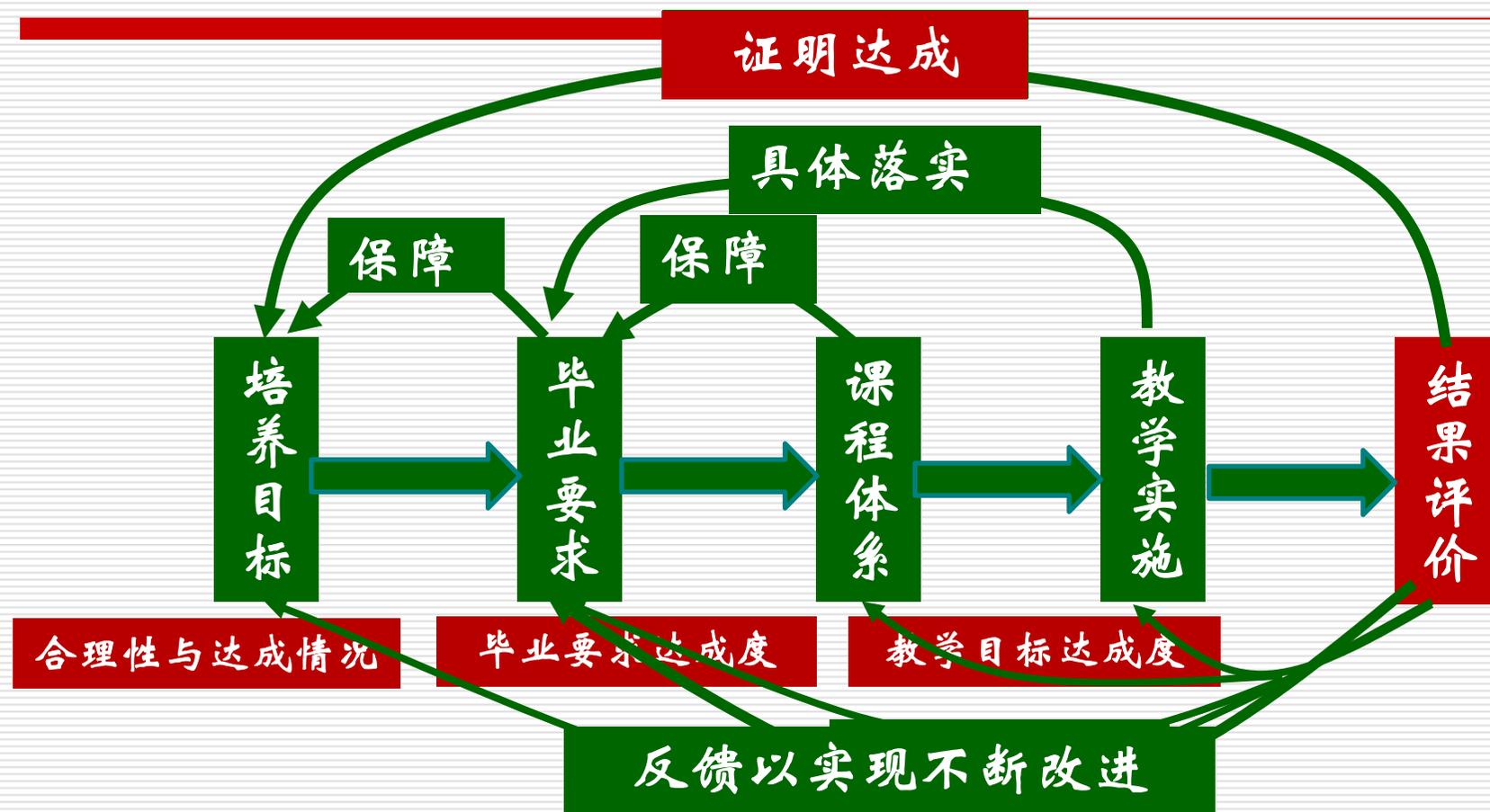
聚焦复杂

产出导向

引导探索

持续改进

# 瞄准产出系统设计 & 实施培养方案



# 持续改进3大机制

---

## □ 建立面向产出的内部质量监控机制

- 保证课程体系的合理性
- 监控教学过程质量
- 通过与毕业要求指标点相关的**教学目标的达成评价**保证毕业要求达成
- 根据教学目标达成评价和其它恰当方式获得的有效数据，进行**毕业要求的达成评价**

## □ 毕业生跟踪反馈与社会评价机制

- 对培养目标的达成情况进行定期分析

## □ 强调：服务于改进的评价和基于评价的改进

---

# 机制是保障

## □ 必须构成完善的机制

- 没有可靠的机制，不能保证“可持续地改  
是一次改进，偶然难以变成必然

机制完善  
持续有效

机制是针对**特定目的**而制定的一套**规范的处理流程**，同时对于该流程涉及的相关**人员**以及各自承担的**角色**有**明确的定义**

特定目标

处理流程

人员机构

角色任务

明确规定

# 评价是基础

数据合理  
分析到位

## □ 必须追求准确的评价

- 评价什么——对象
- 评价标准——依据
- 谁评价——合适的评价者
- 评价方法——有效的方法，不同类型的对象用不同的方法
- 评价周期——恰当的周期
- 评价数据获取——针对性原始数据的合理搜集(例如，培养目标的合理性与达成情况分析)
- 评价数据分析——合理、深入的分析

# 改进是目的

## □ 必须基于评价进行改进

有根有据  
据评而改

### ■ 基于评价的改

□ 不可凭感觉、凭经验改、不能一听意见就改

□ 改不等于改进

### ■ 对分析结果合理使用的决策

### ■ 再次强调：合理的评价数据是保障

□ 没有对评价信息的深入分析与决策，有可能是盲目的改

□ 必须对评价数据有深入合理的分析，并有明确的分析结论

# 成果是追求

面向产出  
追求效果

## □ 必须面向产出实施改进

- 强调真正的效果
  - 特别是学生身上体现出来的效果
- 改进课程教学：根据课程目标达成分析结果改进
  - 教学方式方法、教学内容、内容组织、考核方式、考核指向、评价方式……
- 改进毕业要求：根据毕业要求达成分析结果改进
  - 调整毕业要求(包括指标点分解)
  - 调整教学活动：对教学活动提出新要求、更换支撑教学活动、调整培养方案
- 改进培养目标：基于合理性评价和达成情况评价结果
  - 调整培养目标

# 课程教学改进

---

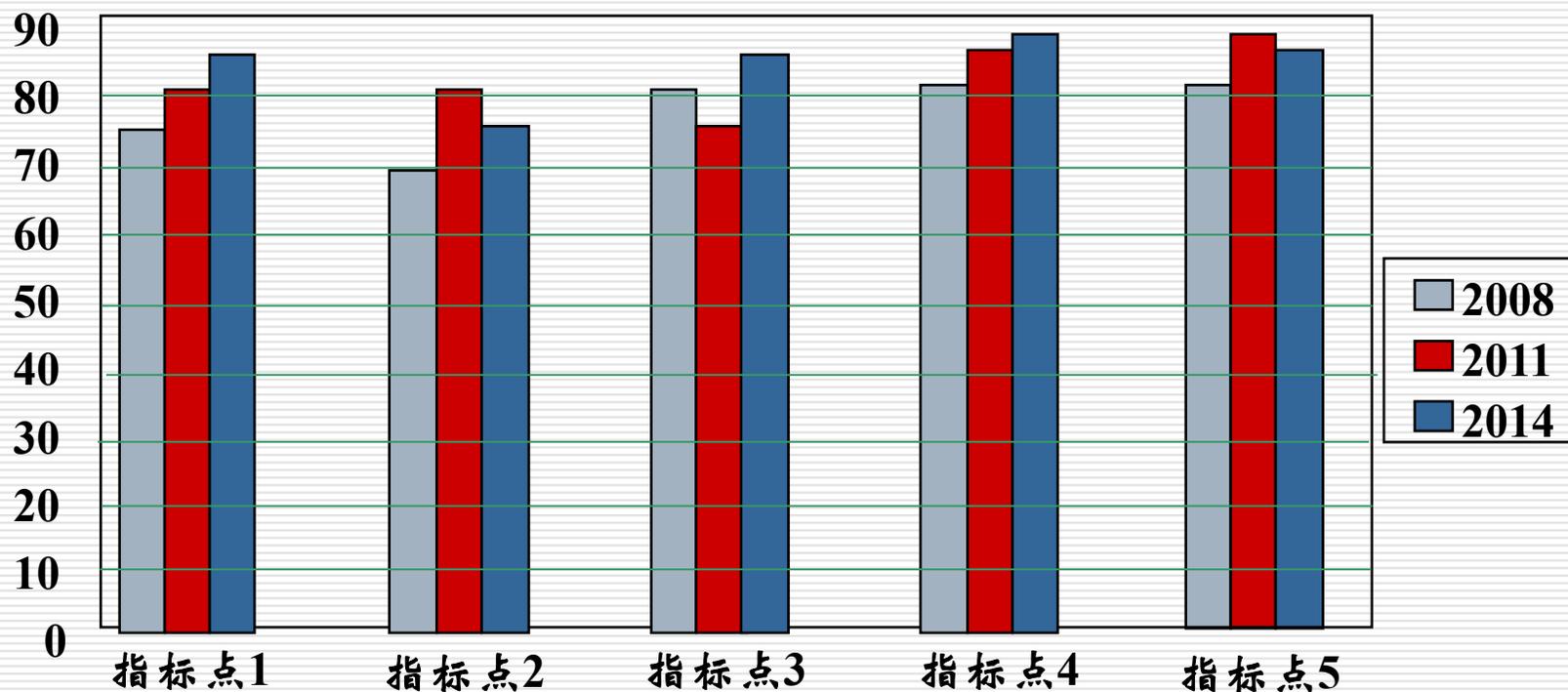
## □ 对评价结果进行深入分析

- 目标2(支持毕业要求1.4): 达成度为74.0%。表明学生对形式化、建模等要求更高的理论知识和相应的修养不够.....
- 课程目标3(支持毕业要求3.3): 理论层面的设计与实现, 达成度显示为72.0%, 对“基础理论”的掌握程度应该进一步提高, .....

## □ 基于分析结果提出改进方案

1. 强化练习, 提高成(大)才意识, 多途径(优秀校友、美国.....)启发学生, 提高对基础理论的重视度.....
2. 改进教学方法.....
3. 进一步强调相适应的“学科形态”, 优化重点内容.....
4. 与相其他课程的教师交流, 形成合力

# 毕业要求改进



- 相关教学活动的再评估与调整——任务分配准确性
- 培养方案中教学活动设置调整——体系有效性

## 结束语

更新教育观念，系统地规划和实施人才培养，要求每位教师把自己的教学活动置于整个体系中，高标准严格要求，高质量、高水平地完成自己肩负的任务，培养高质量、高水平的人才。

蒋宗礼

[jiangzl@bjut.edu.cn](mailto:jiangzl@bjut.edu.cn)

010-67392397

---

谢谢大家