

# 如何理解和评价 “解决复杂工程问题”

上海交通大学 陈关龙

# 复杂工程问题的特征

解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

解决复杂工程问题能力的达成评价

# 复杂工程问题的特征

解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

解决复杂工程问题能力的达成评价

# 复杂工程问题的特征

## ■ 德国“工业4.0”战略

- “工业4.0”是以智能制造为主导的第四次工业革命。
- 旨在通过充分利用信息通讯技术和网络空间虚拟系统——信息-物理融合系统（Cyber-Physical System, CPS）相结合的手段，将制造业向智能化转型。
- “工业4.0”战略将建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式，并会产生各种新的活动领域和合作形式，改变创造新价值的过程，重组产业链分工。

# 复杂工程问题的特征

## ■ 德国“工业4.0”战略

### ■ Industry 4.0

#### ——德国高科技战略计划首位

“工业4.0” 研究项目由德国联邦教研部与联邦经济技术部联手资助，在德国工程院、弗劳恩霍夫协会、西门子公司等德国学术界和产业界的建议和推动下形成，并已上升为国家级战略。德国联邦政府投入达2亿欧元。



NATIONAL ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING



SIEMENS



# 复杂工程问题的特征

## ■ SIEMENS Factory 智能化工厂



➤ 德国巴伐利亚州东部城市 Ambeng 的西门子工厂经25年的数字化发展，自动化运作程度已征经达到75%，其1150名员工主要从事计算机操作和生产流程的监控

- ✓ 产能提高8倍
- ✓ 75%的自动化运作
- ✓ 1000个不同的产品
- ✓ 每天采集数据超5000万个
- ✓ 产品合格率99.9988%
- ✓ 每月生产100万件Simatic产品
- ✓ 每年服务全球60000个客户

# 复杂工程问题的特征

## 通用公司对工程师的能力要求

### 设计开发能力—工程方案制定与验证

低

- ✓ 在指导下完成工程方案的制定与验证。
- ✓ 独立完成零部件工程改进方案的制定与验证。
- ✓ 独立完成零部件/子系统新工程方案的制定与验证，保证优良的工程交付质量。
- ✓ 指导团队完成子系统新工程方的制定与验证，能够结合客户需求在性能、成本及可靠性之间找到平衡点。
- ✓ 指导团队完成大型系统或多个交错型系统，在开发前期就能够结合客户需求在性能、成本及可靠性之间找到平衡点，得到较佳方案，并具备制定持续改进方案的能力。
- ✓ 主导新技术和创新项目研究，并实现技术突破。

高

# 复杂工程问题的特征

## ■ 毕业要求关于复杂工程问题的条目

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、自然科学基本原理，并通过文献研究，识别、表达、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，考虑法律、健康、安全、文化、社会以及环境等因素。
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。
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。



# 复杂工程问题的特征

**“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）必须运用深入的工程原理，经过分析才可能得到解决
- （2）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工程实践的标准和规范中
- （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

# 复杂工程问题的特征

## ■ 复杂工程问题属性



# 复杂工程问题的特征

## ■ 必须运用深入的工程原理经过分析才可能得到

### 解决——知识深度

- 从“掌握”知识提升为“应用”知识
- 在课程设计、综合练习、综合实验、毕业设计、科技训练等教学环节中，应用哪些基本原理分析复杂工程问题
- 强调复杂工程问题避免工程教育的科学化倾向

# 复杂工程问题的特征

- **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——矛盾与冲突**
- 设计针对复杂工程问题的解决方案，应包含系统的构成、总成和部件、工艺流程和加工方法等。
- 各技术与工程因素的相互关系决定整体性，要设法明确这些因素间的关系，可能的冲突

# 复杂工程问题的特征

- 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——分析深度
- “研究”是工程性研究，不是基础科学的探究，即“源于工程，又用于工程”
- 对复杂工程问题进行提炼、定义、建模、分析
- 体现创新意识不能超越对本科生的要求

# 复杂工程问题的特征

- **不是仅靠常用方法就可以完全解决的** —— **多方案的选择与决策**
- 传统的工程方法已经难以应付复杂的工程活动和工程系统，出现了一些新思路和新方法，存在多方案的选择和决策问题
- 单独一个学科无法解决复杂的工程问题，团队应有多学科背景
- 团队合作中的分工与协同、参与和分享、信任与尊重、一定的国际视野、跨文化沟通和交流

# 复杂工程问题的特征

- **问题中涉及的因素没有完全包含在专业标准和规范中——突破现有准则**
- 复杂工程问题是一个受多种因素制约的复杂体系, 包括组织管理、经济、健康、安全、法律以及文化等要素, 现有专业标准和规范不可能完全包含所有因素
- 为了解决复杂工程问题, 要寻求改变现有方式和方法的途径, 导致革新和变革
- 在突破现有准则过程中, 理解工程技术的价值与工程伦理准则, 工程师在科技活动和工程实践中如何实践道德规范等

# 复杂工程问题的特征

## ■ 问题相关各方利益不完全一致——冲突与协调

- 工程规模越大，复杂程度越高，与社会、经济、产业、环境以及伦理价值观念的相互关系也越来越紧密
- 工程的实施和运行，都会对自然生态系统和社会产生一定的影响，相关各方利益不完全一致，工程的生态观，生态伦理对工程的新挑战



# 复杂工程问题的特征

## ■ 具有较高的综合性，包含多个相互关联的子问题

### ——依存与关联

- 系统各组成部分之间相互联系，相互依赖，相互制约，相互作用
- 综合考虑复杂工程问题的各部分各因素，从关联中寻找规律
- “信息综合”而不是信息堆砌，文献研究、资料收集、信息分析，为解决复杂工程问题提供思路和借鉴

# 复杂工程问题的特征

	毕业要求							
	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	6. 工程与社会	7. 环境和可持续发展	10. 沟通
特征 (1)	●	●	●	●	●	●	●	●
特征 (2)	涉及多方面技术、工程和其它因素			○	运用深入的工程原理			
特征 (3)				○	○			
特征 (4)	常用方法不能完全解决			○	○	建立合适的抽象模型		
特征 (5)						○	○	○
特征 (6)						○	○	○
特征 (7)	综合性			○		○	○	

# 复杂工程问题的特征

解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

解决复杂工程问题能力的达成评价

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ MIT的回归工程实践

- 二战后工业界对MIT现行工程教育不满
- ✓ 重视科学基础但工程训练薄弱
- ✓ 重视科学研究但开发能力薄弱
- ✓ 知识领域偏窄
- ✓ 培育人才适合进入Ph. D. 学位学习，而不面向工业界
- 大工程概念下的工程：Engineering with Big E.
- 不削弱基本科学教学和工程科学基础教育
- 加强大概念下的工程实践：设计、制造、控制、工程管理、环境、市场、伦理

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 大一就提供培养解决复杂工程问题能力的教学实践

- 使用一流设备的机会，进入试验室、图书馆、研究室和音乐厅的机会
- 选择和改变专业方向的机会
- 与各种不同背景、文化、经历的人相互接触的机会
- 从大一开始，要求学生口头和书面表达他们工作成果的能力
- 学生需要开拓知识面以激发原创性思维和独立的能力，并发现自然科学、社会科学以及人文科学之间的关系
- 提供实习机会以使将探索性学习转化为实践经验

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 大一就提供培养解决复杂工程问题能力的教学实践

- 以一个工程复杂问题为中心，组成有学生、教师 and 研究生助教构成的学习研究小组
- 为学生安排两到三门课程，由教授们一起计划并安排这套课程
- 如果可能将这些课程融合进新生研讨班
- 鼓励学生在选择一个专业前尽可能学习高中阶段未曾接触的知识领域

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 解决复杂工程问题能力的实现是一个动态形成的过程

- 培养解决复杂工程问题能力贯穿于四年本科教育中，数学与自然科学类课程、工程基础类课程、专业基础类课程和专业类课程多应对解决复杂工程问题能力的培养承担责任并作出贡献。
- 后续教学环节的设计应基于前序环节的达成效果进行规划
- 形成完整四学年的毕业能力实现拓扑图

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 解决复杂工程问题能力的实现是一个动态形成的过程

专业类课程

专业基础类课程

工程基础类课程

数学与自然科学类课程

- 《华盛顿协议》——复杂工程问题  
能够将数学、自然科学、工程基础和专业知  
识用于解决复杂工程问题
- 《悉尼协议》——广义工程问题  
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
- 《都柏林协议》——狭义工程问题  
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。

➤ .....

课程体系：与本专业毕业要求相适应的  
数学与自然科学类课程占总学分15%。



# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 解决复杂工程问题能力的实现是一个动态形成的过程

专业类课程

专业类课程应能体现系统设计和实现能力的培养

专业基础类课程

工程基础类课程和专业基础类课程能体现数学和自然科学在本专业应用能力培养

工程基础类课程

数学与自然科学类课程

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 机械工程课程体系

固体力学

### 工程实践模块：

使用现代工具，对复杂工程问题的预测与模拟，设计实验、分析与解释数据，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，考虑法律、健康、安全、文化、社会以及环境等因素，与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流

热—流体

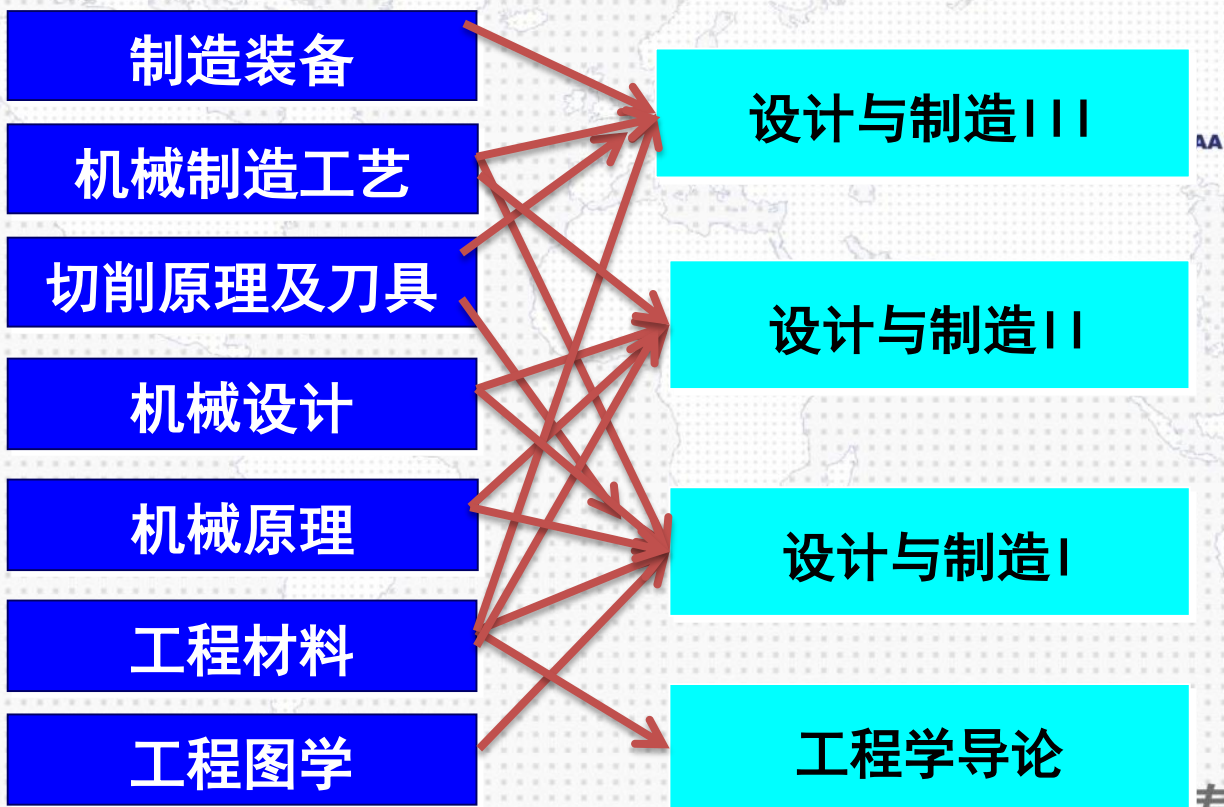
### 工程理论模块：

能够将数学、自然科学、工程基础用于解决复杂工程问题，识别、表达、分析复杂工程问题，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

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 机械工程“设计与制造”系列课程

- 面向现代产品的全生命周期特点，突破了传统课程上的分隔，整合了相关课程的知识体系与能力培养模式



专注于  
具体课  
程、局  
部知识

从系统全  
局角度培  
养学生综  
合能力，  
强调毕业  
要求达成  
贯穿解决  
复杂工程  
问题的能  
力培养

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 机械工程“设计与制造”系列课程

课程主要知识

工程 学 导 论	工程师的职责与挑战
	科技交流的方式与规范
	工程设计的概念和流程
	制造的基本概念和流程

设计 与 制 造I	工程设计的方法和工具
	设计表达和工程制图方法
	加工和材料的基本知识
	生产图样的理解和绘制
三维造型与软件应用	

设计 与 制 造II	常用机构的基本特性和设计方法
	机械系统的力学分析
	通用零件的基本特性和设计方法
	机械设计的要求、方法和步骤
机械系统的加工、装配及调试	

设计 与 制 造III	产品设计与开发的流程与组织
	多种跨学科任务的协调设计
	专利与知识产权保护
	产品设计与开发中的经济问题
工业设计的过程管理	



工程认知和  
工程思维



简单产品  
设计与开发



机构系统  
设计与开发



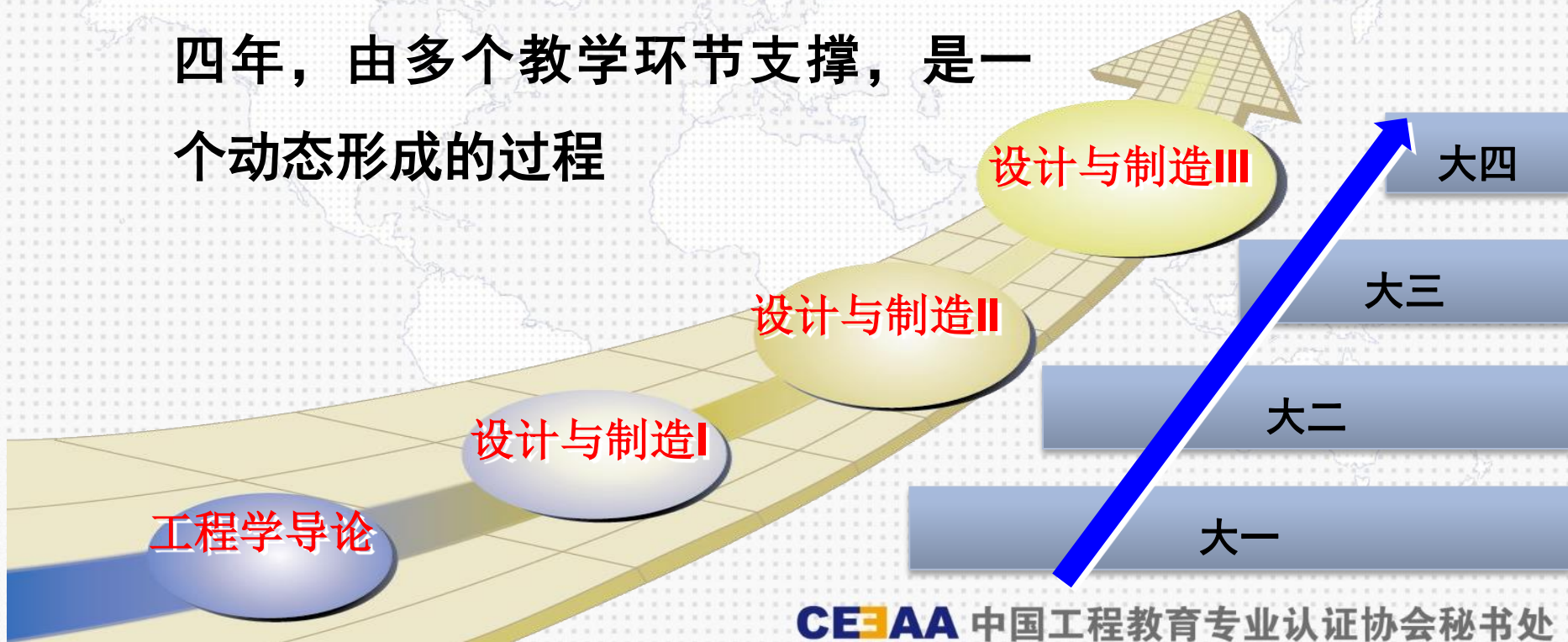
复合机电系统  
设计与开发

课程目标

# 解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

## ■ 机械工程“设计与制造”系列课程

- 学生解决复杂工程问题能力的培养是循序渐进，综合集成，贯穿大学四年，由多个教学环节支撑，是一个动态形成的过程



# 复杂工程问题的特征

解决复杂工程问题能力的培养贯穿本科四年

解决复杂工程问题能力的达成评价

# 解决复杂工程问题能力的达成评价

## ■ 复杂工程问题在本科各个教学环节中多存在

➤ 在课程教学、课程设计、课程作业、综合练习、综合实验、生产实习、毕业设计、科技训练等教学环节中，应主动将工程问题的复杂性融入到教学内容中，对解决复杂工程问题进行：

- ✓ 教学设计
- ✓ 组织实施
- ✓ 达成评价

# 解决复杂工程问题能力的达成评价

## ■案例1—《机械原理》课程

### ➤ 课程简介

- ✓ 机械类专业的一门主干技术基础课，培养学生机械系统方案创新能力
- ✓ 课程内容包括机构运动设计、机械的动力设计、机械系统方案设计等，介绍机械系统方案设计过程、设计思想、设计理论与方法
- ✓ **主要知识点为：**
  - 机构组成原理，常用机构的类型、特点、功能和运动设计方法
  - 机构的组合方式，组合机构的类型及功能，以及组合机构的设计
  - 机械动力学、机械平衡
  - 机械系统方案设计方法，包括机械执行系统的方案设计、传动系统方案设计、原动机的选择等



# 解决复杂工程问题能力的达成评价

## ■案例1—《机械原理》课程

经ABET认证专业该课程对毕业能力培养的贡献度		评分
(a)	数学、科学和工程知识的原理和运用的能力	4
(b)	设计和操作实验，以及分析和解释数据的能力	4
(c)	集成系统开发能力	0
(d)	在多学科交叉的团队中发挥自己的能力	0
(e)	识别、分析和解决机械工程问题的能力	4
(f)	理解职业责任的能力	2
(g)	在写作与口头表达方面进行有效沟通的能力	2
(h)	充分认识工程解决方案在全球社会环境中所发挥的作用	2
(i)	终生学习	2
(j)	把握当代热点问题	2
(k)	运用工程技术和原理，包括对模型等现代工具的使用	3

# 解决复杂工程问题能力的达成评价

## ■案例 1A—XX专业《机械原理》课程

### ➤ 课程目标：

主要有机构的结构分析、运动分析和动力分析、常用机构设计的基本理论和方法等几个主要部分。课程培养目标：

- 1) 具有理论联系实际的风气和一定设计实践能力和创新精神
- 2) 掌握机构分析、机构设计和机械系统运动方案设计的基本理论、基本知识和基本技能，具有一般机械系统运动方案设计的能力
- 3) 具有机械系统运动简图的绘制和计算机辅助机构分析和设计能力
- 4) 掌握机械性能测试的原理和方法，机械拆装、测绘与分析的步骤与方法
- 5) 了解机构设计的新理论、新方法及发展趋势

# 解决复杂工程问题能力的达成评价

## ■案例 1A—XX专业《机械原理》课程

### ➤ 主要教学内容：

包括绪论、机构的结构分析，平面机构的运动分析，平面机构的力分析，机械的效率和自锁，机械的平衡，机械的运转及其速度波动的调节，连杆机构及其设计，凸轮机构及其设计，齿轮机构及其设计，齿轮系及其设计，其他常用机构，工业机器人机构及其设计和机械传动系统方案的设计

### ➤ 课程考核方法笔试：平时成绩30%+期末考试成绩70%

## 传统的基于CBE的《机械原理》课程大纲

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 1A—XX专业《机械原理》课程

### ➤ 对应支撑的毕业要求（新添加的）

- 2.3 能够应用数学、自然科学和机械工程科学的基本原理对复杂工程问题进行提炼、定义、建模、分析和评价
- 3.2 了解机械工程前沿现状和发展趋势，掌握基本创新方法，在解决复杂工程问题中具有追求创新的态度和意识
- 3.4 能够根据明确的需求，设计出针对复杂工程问题的解决方案，并能够考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素
- 4.1 能够综合运用所学科学原理，针对复杂工程问题，设计合适的研究方案，并建立合适的数学模型，确定模型参数

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 1A—XX专业《机械原理》课程

- 解决复杂工程问题能力的达成评价流程
- 将每项毕业要求均细分为若干指标点，根据某指标点对毕业要求的支撑强度，确定各指标点的权重系数，最终获得指标点对应毕业要求的权重系数矩阵

### 照抄毕业要求达成度评价指导手册

- 对课程达成度进行评价，要求任课老师申报教学活动对指标点支撑的合理性，并确定数据收集原则，任课老师根据教学大纲和教学目标，确定教学目标与指标点的对应关系，对本课程教学目标达成度进行分析
- 在所有教学活动的达成度评价价值计算完成后，即可结合所有指标点与教学活动权重系数矩阵，计算出各毕业要求指标点的达成度评价价值

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 1A—XX专业《机械原理》课程

### ➤ 解决复杂工程问题能力的达成评价结果

毕业要求	2问题分析			3设计/开发解决方案				4研究		
指标点	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3
权重系数			0.15		0.15		0.2	0.15		
课程评价值			0.73		0.73		0.73	0.73		
指标点达成度 评价值			0.1095		0.1095		0.146	0.1095		

◆评价的依据——平时成绩30%+期末考试成绩70%，未作任何区分

◆评价的内容——无法对应和支撑

◆评价的过程——一个简单的计算机程序运算

◆评价的结果——不可信，无说服力

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 1B—XX专业《机械原理》课程

### ➤ 课程目标

1. 掌握各种基本机构及由它们组成的机械系统的基本特性、设计原理和设计方法；
2. 掌握机构系统模型建立、分析求解和设计方案论证的理论及方法，具有基本的机械系统方案设计能力，以及分析和解决工程实践问题的创新意识和创新设计能力；
3. 引导学生应用现代设计方法和先进设计软件进行机构的建模、分析、设计与仿真，逐步具有应用先进设计工具解决工程实际问题的能力；
4. 掌握机构性能研究及检测的实验方法，获得实验设计和实验技能的基本训练；
5. 在项目研究过程中培养和锻炼学生的研究能力、表达能力和团队合作精神及在团队中发挥作用的能力。

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 1B—XX专业《机械原理》课程

### ➤《机械原理》课程目标与毕业要求对应关系

毕业要求	毕业要求指标点	课程目标
1、自然科学基础、工程基础与专业知识	1.3具有解决车辆系统复杂工程问题的专业基础知识	课程目标1
4、工程设计与开发	4.1能够对车辆系统复杂工程问题进行分析和提炼，设计解决方案并对可行性进行初步分析与论证。	课程目标2
5、实验设计与分析	5.1运用基本原理和实验方法，开展车辆系统复杂工程问题的设计实验研究	课程目标4
6、现代工程方法与手段应用	6.1具备应用设计、测试、制造和仿真分析等软硬件能力，理解其局限性	课程目标3
7、团队合作与协调	7.2能够在多学科背景下的团队中根据需要承担相应的责任	课程目标5



# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 1B—XX专业《机械原理》课程

### ➤《机械原理》课程考核环节

考核环节	建议分值	考核/评价细则	对应的课程目标
作业	10	(1) 主要考核学生对每章节知识点的复习、理解和掌握程度 (2) 每次作业按10分制单独评分，取各次成绩的平均值作为此环节的最终成绩	1、2
实验	10	(1) 根据每个实验的实验情况和实验报告质量单独评分，满分10分 (2) 取各次实验成绩的平均值作为此环节的最终成绩。	4
项目研究	15	(1) 考查应用所学知识及应用先进设计工具解决工程问题的实践能力、口头和文字表达能力以及团队合作能力 (2) 教师根据选题、设计文稿、程序、报告和答辩情况评分	2、3、5
考试	65	(1) 分阶段考试和期末考试，卷面成绩100分，分别以卷面成绩的15%和50%计入课程总评成绩 (2) 考核平面连杆机构设计、凸轮机构设计、齿轮机构设计、齿轮系传动比计算、机构自由度计算，力分析、机构平衡与速度波动调节等内容。调节考试题型为：分析题、作图题、机构设计题、计算题和简答题等。建议对应课程目标1和目标2的试题比例分别为40%和60%	1、2

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## 《机械原理》课程项目研究——压片机的方案设计与机构分析



课程目标  
5

1 压片机设计要求分析

2 压片机的功能分解及运动功能拟定

3 压片机运动循环图设计

4 压片机运动方案设计

5 各执行机构的尺度设计

6 执行机构的运动学分析及仿真

7 编写项目研究报告

课程目标 2

课程目标 3

CEAEE 工程教育专业认证协会秘书处

China Engineering Education Accreditation Association Secretariat

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## 《机械原理》课程项目研究——压片机的方案设计与机构分析

➤ 通过对设计要求的分析，确定压片机的总功能要求，形成设计任务书；组成研究小组，明确分工与责任。

课程目标5. 在项目研究过程中培养和锻炼学生的研究能力、团队合作精神。

1-压片机设计要求分析

压片机的功能分解及运动功能拟定

压片机运动循环图设计

压片机运动方案设计

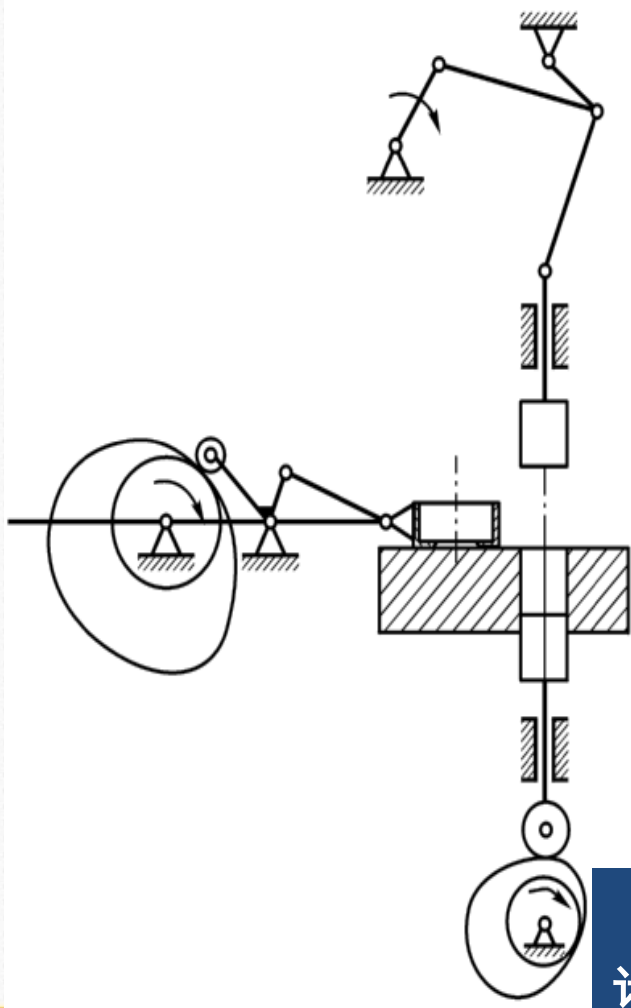
各执行机构的尺度设计

执行机构的运动学分析及仿真

编写项目研究报告

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## 《机械原理》课程项目研究——压片机的方案设计与机构分析



析

功能拟定

设计

设计

设计

及仿真

➤ 压片工艺过程分析、压片功能分解、拟定工作原理、分析实现各工艺动作能采用执行机构的运动形态

➤ 根据工艺动作确定上、下冲头和料筛动作的先后顺序和配合关系，进行送料、上冲头、下冲头动作的协调设计

➤ 根据上、下冲头和送料机构的动作要求及运动规律进行机构的型综合，拟定运动方案并进行对比和选择。

课程目标2. 掌握机构系统模型建立、分析求解和设计方案论证的理论及方法，具有机械系统方案设计能力，分析和解决工程实践问题的创新意识和创新设计能力。

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 《机械原理》课程项目研究——压片机的方案设计与机构分析

压片机设计要求分析

压片机的功能分解及运动功能拟定

压片机运动循环图设计

压片机运动方案设计

5-各执行机构的尺度设计

6-执行机构的运动学分析及仿真

编写项目研究报告

课程目标3. 引导学生应用现代设计方法和先进设计软件进行机构的建模、分析、设计与仿真，逐步具有应用先进设计工具解决工程实际问题的能力。

➤ 对已选定方案中的送料机构、上冲头机构和下冲头机构的运动尺寸和凸轮轮廓曲线进行设计，绘制机构运动简图。

➤ 仿真分析各个机构的位移、速度和加速度，完成运动模拟和结果分析。

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## 《机械原理》课程项目研究——压片机的方案设计与机构分析

压片机设计要求分析

压片机的功能分解及运动功能拟定

压片机运动循环图设计

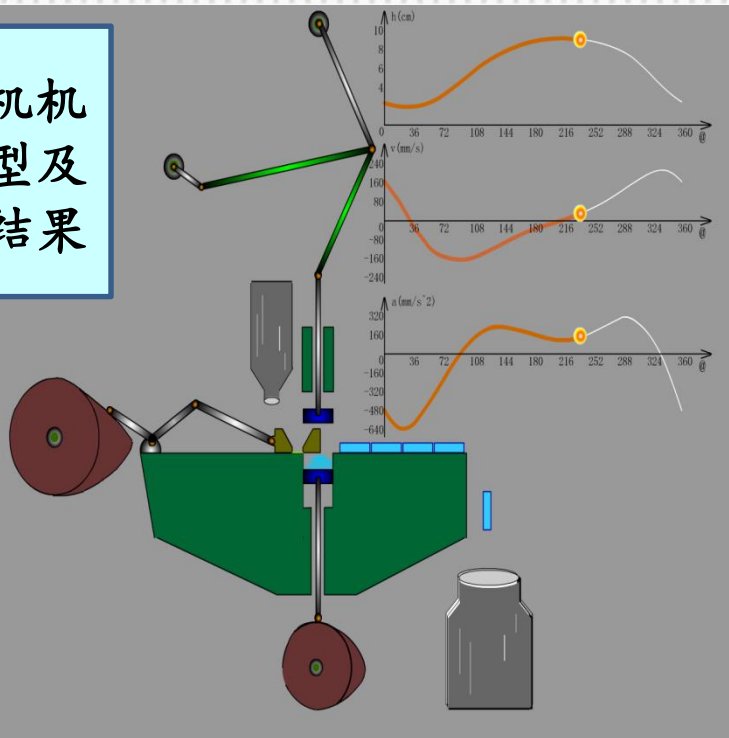
压片机运动方案设计

各执行机构的尺度设计

执行机构的运动学分析及仿真

7-编写项目研究报告

压片机机构模型及仿真结果



➤ 撰写研究报告，进行小组汇报与答辩

课程目标5. 在项目研究过程中培养和锻炼学生的研究能力、团队合作精神。

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 《机械原理》课程项目研究教学环节的达成度评价

毕业要求指标点	课程目标	比例	优	良	合格	不合格
4、工程设计与开发：能够对机械类工程问题进行分析 and 提炼。	2. 掌握机构系统模型建立、分析求解和设计方案论证的理论及方法，具有基本的机械系统方案设计能力，以及分析和解决工程实践问题的创新意识和创新设计能力。	50%	[6.8-7.5]	[5.5-6.8)	[4.5-5.5)	[0-4.5)
6、现代工程方法与手段应用：具备应用设计、测试、制造和仿真分析等软硬件能力，理解其局限性。	3. 引导学生应用现代设计方法和先进设计软件进行机构的建模、分析、设计与仿真，逐步具有应用先进设计工具解决工程实际问题的能力。	30%	[4-4.5]	[3.2-4)	[2.7-3.2)	[0-2.7)
7、团队合作与协调：能够在多学科背景下的团队中根据需要承担相应的责任	5. 在项目研究过程中培养和锻炼学生的研究能力、表达能力和团队合作精神及在团队中发挥作用的能力。	20%	[2.7-3]	[2.3-2.7)	[1.8-2.3)	[0-1.8)

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 2A —XX专业生产实习

### ➤ 主要内容

- ✓入厂安全教育
- ✓生产车间典型工艺流程的讲解与剖析
- ✓教学方式：讲授与现场实习

### ➤ 实习单位

- ✓XX电机集团有限公司、XX机器集团有限公司、XX钻石刀具股份有限公司、XX宇航股份有限公司等6家，每家2天左右(参观实习)

### ➤ 考核方法

- ✓学生实习表现、现场笔记、生产实习报告
- ✓由教师给出优、良、中、及格与不及格等级



# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 2A —XX专业生产实习

### ➤ 对应支撑的毕业要求（13个指标点）

- 2.1 通过理论与实践相结合的系统学习，能够识别复杂工程问题中所涉及的数学、自然科学和工程科学的相关理论知识
- 3.1 完成课程练习、课程设计、专业课程设计、生产实习、毕业实习和毕业设计等教学环节，掌握新产品、新工艺、新技术和新设备研究、开发的基本流程
- 3.2 了解机械工程前沿现状和发展趋势，掌握基本创新方法，在解决复杂工程问题中具有追求创新的态度和意识
- 3.4 能够根据明确的需求，设计出针对复杂工程问题的解决方案，并能够考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 2A —XX专业生产实习

### ➤ 对应支撑的毕业要求（13个指标点）

- 6.1 了解机械工程专业相关的历史和文化背景，能够正确认识机械工程对客观世界和社会的相互关系和影响。熟悉机械工程专业在生产、设计、研究与开发、环境保护和可持续发展方面的方针、政策、法规
- 6.2 能够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
- 7.1 了解专业工程实践活动对生态环境的影响，能充分考虑工程活动与环境保护的冲突问题
- 7.2 了解机械工程对人类社会可持续发展影响，认识环境问题对机械工程发展的影响，树立绿色制造的理念

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 2A —XX专业生产实习

### ➤ 对应支撑的毕业要求（13个指标点）

- 8.2 理解工程技术的社会价值以及工程师的社会责任，自觉遵守工程师职业道德和行为规范。
- 9.1 通过实验、实习、课程设计、生产实习、毕业实习、毕业设计等教学环节，了解工程问题的多学科技术背景特点，合理处理个人与团队的关系，按照明确的需求承担系统设计周期中的基本任务
- 11.1 掌握从事机械工程实践活动所需的经济学、管理学和项目管理等相关知识
- 11.2 了解复杂工程问题多制约因素的相互作用，能将工程管理原理与经济决策方法应用于解决方案
- 12.2 具有终生教育的意识和继续学习的能力，能够不断适应机械工程行业的发展

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■案例 2A —XX专业生产实习

### ➤ 解决复杂工程问题能力的达成评价结果

指标点	2.1	3.1	3.2	3.4	6.1	6.2	7.1	7.2	8.2	9.1	11.1	11.2	12.1
权重系数	0.2	0.2	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
评价值	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
指标点达成度评价值	0.168	0.168	0.21	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168

◆评价的依据—优、良、中、及格与不及格五级实习成绩

◆评价的内容—无法对应和支撑毕业要求13个指标点

◆评价值—全部为0.84，无任何区分度

◆评价的结果—不可信，无说服力

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

- 教学设计—学校教师和企业专家共同制定生产实习计划
- ✓ 企业专家介绍企业基本情况。
- ✓ 考查整车厂的生产组织及生产过程。
- ✓ 学生分组深入冲压、焊装、总装三个车间，在企业工程师指导下深入工艺实习
- ✓ 与企业工程师交流
- ✓ 典型零部件和总成的制造原理和工艺流程，车身用材和结构
- ✓ 专题研究：车身轻量化
- ✓ 撰写生产实习报告
- ✓ 答辩

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

### ➤ 组织实施

#### ✓ 企业专家介绍企业基本情况：

- 研发体系、质量体系、生产制造体系、平台战略思路
- 企业的发展战略、可持续发展、企业文化、价值观
- 产品的市场定位、营销服务体系

6. 工程与社会：能够基于汽车工程相关背景知识分析、评价车辆工程实践对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。

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

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

### ➤ 组织实施

#### ✓ 考查整车厂生产组织及生产过程

- 多品种柔性生产线
- 生产流程及物流
- 机器人及自动化装备的应用



4. 研究：能够基于所学的科学原理和专业知识，采用科学方法对车轿制造工程实践问题进行研究

(2) 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

(7) 具有较高的综合性，包含多个相互关联的子问题

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

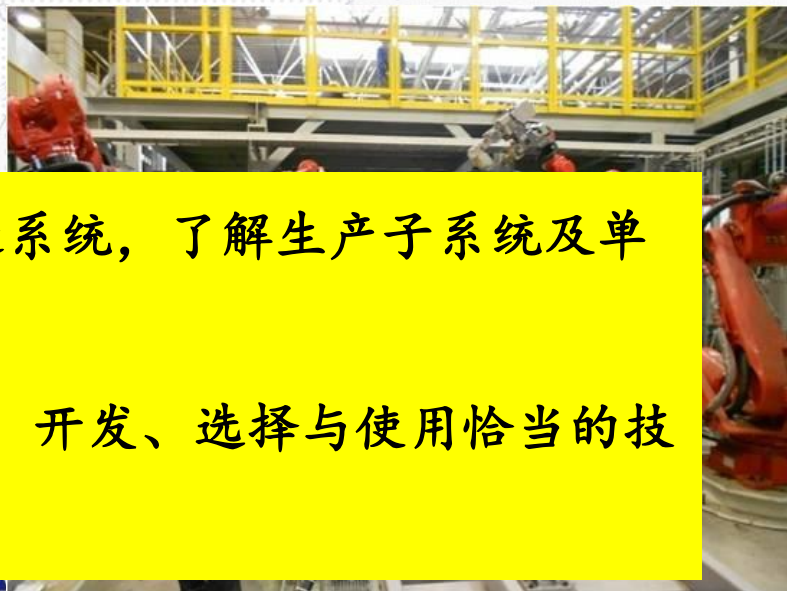
### ➤ 组织实施

✓ 学生分组深入冲压、焊装、总装三个车间，在企业工程师指导下深入工艺实习。

- 深入了解车辆的构造、性能和特点
- 先进生产技术在轿车制造上的应用
- 轿车制造的信息化及智能化

3. 设计/开发解决方案：能够针对轿车制造系统，了解生产子系统及单元（部件）的生产工艺流程

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





# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

### ➤ 组织实施

### ✓ 与企业工程师交流

- 现代工程师所需的知识、能力、素质
- 工程师的职业道德、社会责任
- 职业规划、终身学习

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。

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。

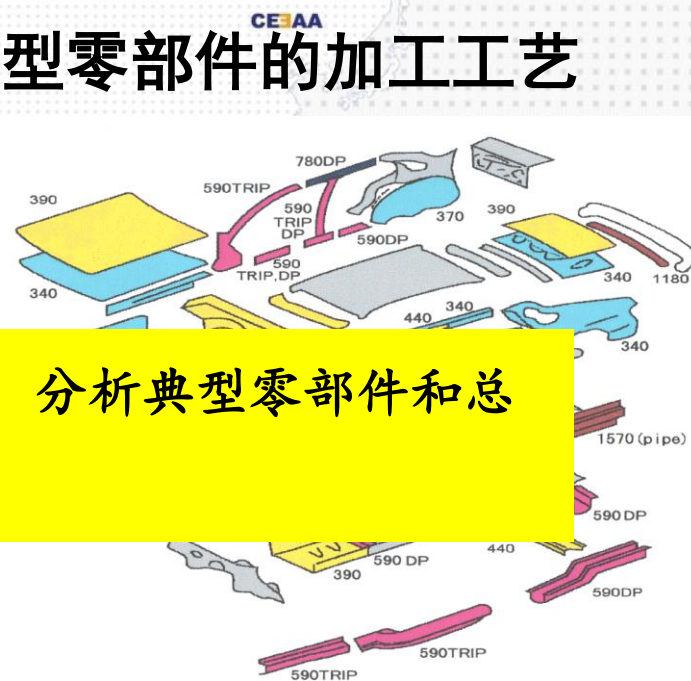
# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

### ➤ 组织实施

### ✓ 典型零部件和总成的制造原理和工艺流程

- 车身用材和结构
- 根据成型和连接的基本原理，分析典型零部件的加工工艺
- 车身焊装和精度控制



2. 问题分析：能够材料成型与控制基本原理，分析典型零部件和总成的成型和连接工艺流程

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

### ➤ 组织实施

#### ✓ 专题研究：车身轻量化

- 汽车的轻量化与节能和环保的关系
- 查阅相关文献和资料，分析汽车轻量化的国际前沿动态和发展趋势

CEAA  
轿车重量减轻10%

2. 问题分析：能够应用数学、自然科学基本原理，并通过文献研究，识别、表达、分析汽车的轻量化问题

6. 工程与社会：能够基于工程相关背景知识进行合理分析，评价汽车的轻量化解决方案对社会、健康、安全、法律，并理解应承担的责任。

减少排放

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B— X X 汽车整车厂生产实习

### ➤ 组织实施

### ✓ 撰写生产实习报告

### ✓ 答辩

10. 沟通：能够就现代汽车制造生产组织及生产过程中的工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写实习报告、陈述发言。具备一定的国际视野。

# 复杂工程问题的教学设计及组织实施

## ■ 案例 2B--X X 汽车整车厂生产实习达成评价

评价内容	实习日志	实习报告	企业评价	答辩	小计
企业研发、质保、制造体系	3	4	2	2	11
生产组织及生产过程，典型零部件和总成的制造原理和工艺流程	3	4	2	2	11
典型零部件的加工工艺、车身焊装和精度控制	3	4	2	2	11
汽车的轻量化研究		15	10	5	30
汽车工程对社会、健康、安全、法律及文化的影响	3	4		2	9
工程师职业道德、社会责任	3	4	4	3	14
厂纪厂规、团队合作			10	4	14
小 计	15	35	30	20	100

A faint, dotted world map is visible in the background of the slide. A solid blue horizontal bar is positioned across the middle of the slide, containing the text '谢谢!'.

# 谢谢!