

复杂工程问题的理解 与教学实施案例

上海交通大学 陈关龙

CEAA 中国工程教育专业认证协会秘书处
China Engineering Education Accreditation Association Secretariat

评估中心培训资料 版权所有 不得转发

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
- 不是空头理论和玄妙的数学游戏，是源于实践又用于实践的深入的工程原理
- 方案的设计能力是核心，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
- 在课程设计、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，应主动的将工程问题的复杂性融入到教学内容中。
- 强调复杂工程问题有利于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**
- 任何系统总处在特定环境中，并与环境不断地进行物质、能量、信息的交换，系统离不开环境，而且必须适应环境的变化
- 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
- 结合专业工程实践和复杂工程问题解决方案，分析工程对社会、健康、安全、法律以及文化的影响

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
- 对复杂工程问题进行提炼、定义、建模、分析，即“源于工程，又用于工程”，“研究”是工程性研究，不是基础科学的探究
- 从实际工程问题建立合适的抽象模型，并体现出创造性
- 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，涉及科学技术在生产过程中的有效应用，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，理解工程伦理与工程技术价值，工程师社会责任

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，构成了互相作用的关系，相关各方利益不完全一致
- 充分考虑到社会、健康、安全、法律、文化以及环境等非技术因素如何在复杂工程问题解决方案中体现

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
- “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
- 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

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)	综合性					○	○	○
特征 (7)				○		○	○	

工业界需求解决复杂工程问题的能力

➤ 《华盛顿协议》四年本科学士

——复杂工程问题 (Complex)

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》三年大学学历

——广义工程问题 (Broadly-defined)

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》两年专科学

——狭义工程问题 (Well-defined)

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。

工业界需求解决复杂工程问题的能力

■ 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

工业界需求解决复杂工程问题的能力

■ MIT的回归工程实践

- 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

工业界需求解决复杂工程问题的能力

■ 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。

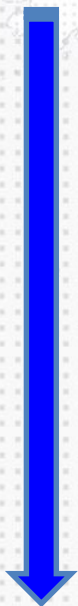
高

工业界需求解决复杂工程问题的能力

■ 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



高

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。

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。

- (1) 必须运用深入的工程原理，经过分析才可能得到解决；
- (4) 不是仅靠常用方法就可以完全解决的；
- (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。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

- 培养解决复杂工程问题能力贯穿于四年本科教育中，基础课、专业基础课和专业课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。
- 工科本科教学中，复杂工程问题在各个教学环节中多存在
- 在课程设计、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

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 教学设计

精馏系统设计方案论证

精馏操作系统年总费用目标函数的建立

精馏系统工艺计算

精馏系统的优化设计

板式精馏塔塔板结构设计

精馏系统辅助设备的设计选型

绘制精馏塔主体装备图

编写设计说明书

CEAA

工程教育专业认证协会秘书处
Engineering Education Accreditation Association Secretariat

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 组织实施

精馏系统设计方案论证

● 查阅设计相关文献资料及数据, 建立技术路线。

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

板式精馏塔塔板结构设计

精馏系统辅助设备的设计选型

绘制精馏塔主体装备图

编写设计说明书

CEAA 中国工程教育专业认证协会秘书处
Engineering Education Accreditation Association Secretariat

评估中心培训资料 版权所有 不得转发

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 组织实施

精馏系统设计方案论证

精馏操作系统年总费用目标函数的建立

●包括精馏塔体的年设备折旧及维修费，冷凝器的年设备折旧及操作费，塔釜的年费用，塔板费用

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。

➤问题相关各方利益不完全一致

精馏系统辅助设备的设计选型

绘制精馏塔主体装备图

编写设计说明书

工程教育专业认证协会秘书处
Engineering Education Accreditation Association Secretariat

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 组织实施

精馏系统设计方案论证

精馏操作系统年总费用目标函数的建立

精馏系统工艺计算

●包括塔径、塔高、回流比、汽液负荷、塔板数计算等
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

精馏系统辅助设备的设计选型

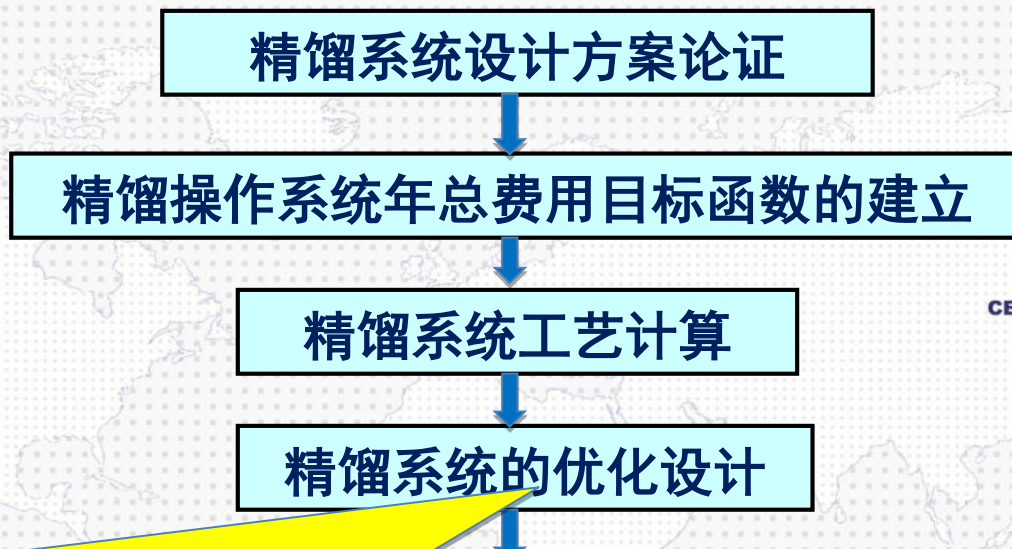
绘制精馏塔主体装备图

编写设计说明书

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 组织实施



●应用单变量优化算法、非线性求根法、三次样条插值法等，编程求解精馏系统目标函数，实现优化设计

5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，选择与使用恰当的现代工程工具和信息技术工具

- 必须运用深入的工程原理，经过分析才可能得到解决
- 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；

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 组织实施

精馏系统设计方案论证

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。

板式精馏塔塔板结构设计

精馏系统辅助设备的设计选型

绘制精馏塔主体装备图

编写设计说明书

工程教育专业认证协会秘书处
Engineering Education Accreditation Association Secretariat

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 组织实施

精馏系统设计方案论证

精馏操作系统年总费用目标函数的建立

● 包括料液泵、回流泵、塔顶冷凝器、塔底再沸器、各汽液管道等设备设计选型

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单元（部件），并能够在设计中考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。

精馏系统辅助设备的设计选型

绘制精馏塔主体装备图

编写设计说明书

工程教育专业认证协会秘书处
Engineering Education Accreditation Association Secretariat

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 组织实施

精馏系统设计方案论证

精馏操作系统年总费用目标函数的建立

精馏系统工艺计算

精馏系统的优化设计

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。

精馏塔主体装备图

编写设计说明书

CEAA 中国工程教育专业认证协会秘书处
Engineering Education Accreditation Association Secretariat

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程设计—乙醇水溶液连续精馏塔优化

➤ 达成评价

毕业要求指标点	比例	优	良	中	差
问题分析2.1: 查阅文献资料	10%	9-10	6-8	3-5	0-2
问题分析2.3: 建立合适的抽象模型, 确定连续精馏塔设计技术路线	10%	9-10	6-8	3-5	0-2
设计/开发解决方案3.2: 设计满足特定需求的料液泵、回流泵等部件	15%	12-15	9-11	6-8	0-5
设计/开发解决方案3.3: 设计中体现创新意识, 考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素	10%	9-10	6-8	3-5	0-2
项目管理11.1: 精馏塔体设计技术经济分析	10%	9-10	6-8	3-5	0-2
沟通10.1: 主体装备图及设计说明书	25%	25-30	18-24	9-17	0-8
沟通10.2: 答辩, 沟通和交流能力	20%	16-20	11-15	6-10	0-5

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程作业一—工程学导论课程论文

➤ 教学设计

工程学导论课程论文

中国已成为制造大国，然而至今还没有成为制造强国。如何从“中国制造”走向“中国创造”，是每一个机械工程专业学生所面临的机遇与挑战。数字化、智能化、精密化、微型化、生命化、生态化是当前机械工程学学科发展的六大趋势。请按2-3人为一组，针对上述某一趋势或某一趋势中的某一项技术，调研国际制造业所取得的成果；运用深入的工程原理，对之进行分析；针对我国装备制造业的现状，提出建设性的建议。完成小论文并制成PPT，在班级报告会上进行8分钟的交流。论文最后须注明所参考的主要外文资料及小组同学的分工。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程作业——工程学导论课程论文

➤ 教学设计与组织实施

工程学导论课程论文

中国已成为制造大
何从“中国制造”走
业学生所面临的机遇
型化、生命化、生态化
是当前机械工程学科发展的六大趋势
。请按2-3人为一组，针对上述某一趋势或某一趋势中的某
一项技术，**调研国际制造业所取得的成果**；运用深入的工程
原理，对之进行分析；针对我国装备制造业的现状，提出建
设性的建议。完成小论文并制成PPT，在班级报告会上进行8
分钟的交流。论文最后须注明所**参考的主要外文资料**及小组
同学的分工。

2. 问题分析：通过文献研究，识别、
表达、分析复杂工程问题

10. 沟通：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

■ 课程作业——工程学导论课程论文

➤ 教学设计与组织实施

工程学导论课程论文

中国工业制造强国，然而至今还没有成为制造强国。如何
何业型
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
造”，是每一个机械工程专
数字化、智能化、精密化、微
机械工程学发展的六大趋势
。请按2-3人为一组，针对上述某一趋势或某一趋势中的某
一项技术，调研国际制造业所取得的成果；
运用深入的工程
原理，对之进行分析；针对我国装备制造业的现状，提出建
设性的建议。完成小论文并制成PPT，在班级报告会上进行8
分钟的交流。论文最后须注明所参考的主要外文资料及小组
同学的分工。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程作业—工程学导论课程论文

➤ 教学设计与组织实施

工程学导论课程论文

中国已成为制造大国，然而至今还没有成为制造强国。如何从

业学生

型化、

。请

一项技术，

原理，对之进行分析；

设性的建议。

完成小论文并制成PPT，在班级报告会上进行8分钟

的交流。论文最后须注明所参考的主要外文资料及小组

同学的分工。

戒工程专

密化、微

六大趋势

势中的某

一项技术，

运用深入的工程

原理，对之进行分析；

完成小论文并制成PPT，在班级报告会上进行8

分钟

的交流。论文最后须注明所参考的主要外文资料及小组

同学的分工。

(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

针对我国装备制造业的现状，提出建

设性的建议。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程作业—工程学导论课程论文

➤ 教学设计与组织实施

工程学导论课程论文

中国已成为制造业学生所面临的型化、生命化、。请按2-3人为

(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

一项技术，调研国际制造业所取得的成果，运用深入的工程原理，对之进行分析；针对我国装备制造业的现状，提出建设性的建议。

完成小论文并制成PPT，在班级报告会上进行8分钟的交流。论文最后须注明所参考的主要外文资料及小组同学的分工。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程作业——工程学导论课程论文

➤ 教学设计与组织实施

工程学导论课程论文

中国已成为制造大国，然而，在从“中国制造”走向“中国创造”的过程中，工程专
业学生所面临的机遇与挑战日益严峻。如
程专
、微
趋势
型化、生命化、生态化。请按照

(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

2-3人为一组，针对上述某一趋势或某一趋势中的某一项技术，调研国际制造业所取得的成果；运用深入的工程原理，对之进行分析；针对我国装备制造业的现状，提出建设性的建议。完成小论文并制成PPT，在班级报告会上进行8分钟的交流。论文最后须注明所参考的主要外文资料及

小组
同学的分工。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 课程作业—工程学导论课程论文

➤ 达成评价

评价内容	比例	优	良	中	差
资料查阅，文献研究	20%	16-20	11-15	6-10	0-5
运用深入的工程原理，经过分析得到结论	30%	25-30	16-24	9-15	0-8
突破常规，创新意识	15%	12-15	9-11	4-8	0-3
国际视野，书面和口头沟通能力	20%	16-20	11-15	6-10	0-5
团队合作和分工	15%	12-15	9-11	4-8	0-3

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 综合实验—齿轮设计、制造与检测

➤ 教学设计与组织实施—齿轮的设计

- ✓ 运用机械设计知识、制造技术基础和工程图学等知识
- ✓ 采用现代设计方法，利用 AutoCAD、CAXA 和 CATIA 等软件
- ✓ 齿轮传动承载能力计算和结构设计
- ✓ 齿轮三维实体造型（虚拟制造），生成二维零件图
- ✓ 齿轮的精度设计

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 综合实验—齿轮设计、制造与检测

➤ 教学设计与组织实施—齿轮的设计

✓ 运用机械设计知识、制造技术基础和工程图学等知识

1. 工程知识：

能够将数学、力学、机械原理、机械设计、工程材料等方面知识，综合用于解决齿轮啮合与传动、齿轮材料与强度、齿轮精度与效率等工程问题。

3. 设计/开发解决方案：

能够针对机械系统速度和力矩的传递要求，合理选择齿轮结构参数、工程材料和加工工艺流程。

✓ 齿轮的精度设计

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 综合实验——齿轮设计、制造与检测

➤ 教学设计与组织实施——齿轮的制造

- ✓ 了解滚齿机结构，传动原理
- ✓ 挂轮的选择与安装
- ✓ 齿坯的安装、定位与调整
- ✓ 观察齿轮加工过程

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 综合实验—齿轮设计、制造与检测

➤ 教学设计与组织实施—齿轮的制造

✓ 了解滚齿机结构、传动原理

4. 研究：

能够基于机械设计原理和机械制造方法，选择加工设备、毛坯材料，设计实验加工程序。

✓ 观察齿轮加工过程

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 综合实验——齿轮设计、制造与检测

➤ 教学设计与组织实施——齿轮的检测

- ✓ 根据齿轮的检测指标，选择仪器，了解仪器的结构，测量原理；
- ✓ 动手测量，数据处理，判定齿轮是否合格；
- ✓ 若不合格，分析产生的原因

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 综合实验—齿轮设计、制造与检测

➤ 教学设计与组织实施—齿轮的检测

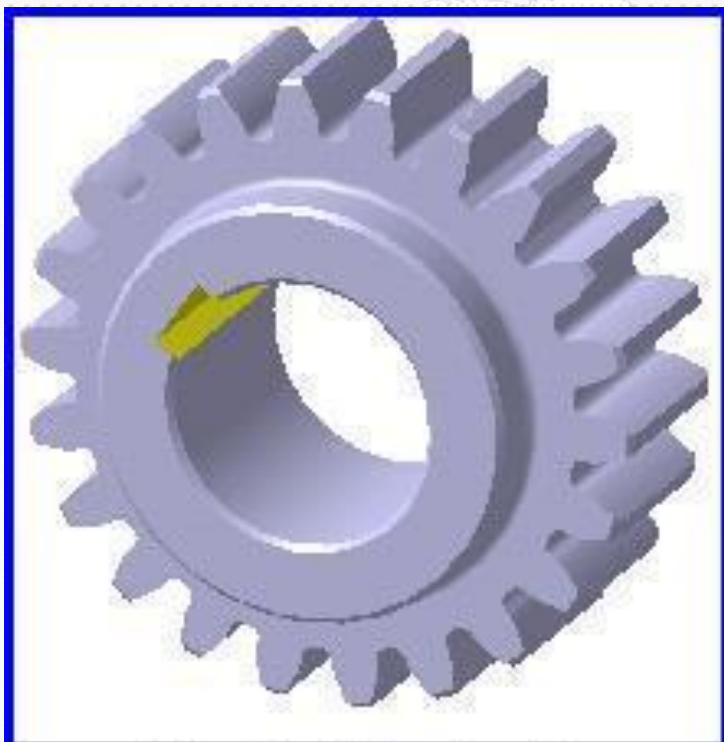
✓ 根据齿轮的检测指标，选择仪器，了解仪器的结构，测

4. 研究： 能够基于齿轮啮合与传动原理对加工的齿轮进行检测，包括设计实验、分析与解释数据、得到齿轮加工精度与传动效率关系的结论。

✓ 若不合格，分析产生的原因

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 齿轮设计、制造与检测综合实验学生成果



设计的齿轮



加工完成的齿轮

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 齿轮设计、制造与检测综合实验学生成果



具备特征：

- (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；
- (7) 具有较高的综合性，包含多个相互关联的子问题。

设计的齿轮

加工完成的齿轮

复杂工程问题的教学设计及组织实施

齿轮设计、制造与检测综合实验的毕业要求达成评价

毕业要求	86-100分	71-85分	51-70分	0-50分
1.3 工程知识 权重0.3	综合运用深入的数学、力学、工程原理，经过详细分析解决齿轮啮合与传动、齿轮精度与效率等工程问题。	较好运用数学、力学、工程原理，经过分析解决齿轮啮合与传动、齿轮精度与效率等工程问题。	运用数学、力学、工程原理，经过分析能解决齿轮啮合与传动、齿轮精度与效率等工程问题，但存在较小缺陷和偏差。	运用数学、力学、工程原理不够全面，分析解决齿轮啮合与传动、齿轮精度与效率等工程问题时存在一定缺陷和偏差。
3.2 设计/开发解决方案 权重0.4	能够针对机械系统速度和力矩的传递要求，设计系统、部件，正确选择齿轮结构参数、工程材料。在建模过程中体现创新意识。	能够针对机械系统速度和力矩的传递要求，设计部件，合理选择齿轮结构参数、工程材料。在设计中有一定创新意识。	能够针对机械系统速度和力矩的传递要求，基本完成部件设计，选择齿轮结构参数和材料总体无偏差。	能够针对机械系统速度和力矩的传递要求，进行部件设计，选择齿轮结构参数和材料，但机械系统某些环节不够完整。
4.3 研究 权重0.3	基于机械工程原理和方法，正确选择设备、材料，加工齿轮精度高，正确分析加工精度与传动效率关系。在综合相互关联子问题时，能处理技术、工程和其它因素相互间可能的冲突。	根据机械工程规范，选择设备、材料，加工齿轮精度较高，能分析加工精度与传动效率关系。在综合问题处理时，能注意技术、工程和其它因素相互间可能的冲突。	在教师指导下，根据规范选择设备、材料，加工齿轮精度一般，能完成加工精度对传动效率影响的分析。能注意技术、工程和其它因素相互间可能的冲突。	基本完成设备、材料选择，加工齿轮存在缺陷。在教师指导下，能注意加工精度对传动效率的影响。处理技术、工程和其它因素相互间可能冲突的能力较差。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 生产实习— 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

■ 生产实习— 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

■ 生产实习— 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
- 生产工艺及物流
- 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

■ 生产实习— 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

■ 生产实习— 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

■ 生产实习— 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

■ 生产实习— 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
- 结合企业实际情况，提出车身轻量化建议

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。

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 生产实习— 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

■ 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

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

查阅文献，设计方案的论证，技术经济分析

井筒、水平、巷道及主要设备的计算选型、布置

采区、工作面巷道布置、参数选择、计算及设备选型

矿井风量、通风阻力计算，技术参数选择，通风机参数计算

针对设计矿井存在的某一安全问题进行详细的分析，提出综合控制技术

绘制设计图纸和撰写设计说明书

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

● 矿井工业广场选择、布置的方法和原则，矿井安全生产条件，煤层赋存状况等

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。

矿井风量、通风阻力计算，技术参数选择，通风机参数计算

针对设计矿井存在的某一安全问题进行详细的分析，提出综合控制技术

绘制设计图纸和撰写设计说明书

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

查阅文献，设计方案的论证，技术经济分析

井筒、风道及主要设备的计算选型、布置

●从技术、经济和环保等角度进行分析比较，确定最佳的设计方案

2. 问题分析：能够运用基本原理，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

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。

- 必须运用深入的工程原理，经过分析才可能得到解决
- 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

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

查阅文献，设计方案的论证，技术经济分析

井筒、水平、巷道及主要设备的计算选型、布置

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，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素

➤ 具有较高的综合性，包含多个相互关联的子问题

绘制设计图纸和撰写设计说明书

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

查阅文献，设计方案的论证，技术经济分析

井筒、水平、巷道及主要设备的计算选型、布置

采区、工作面巷道布置、参数选择、计算及设备选型

5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发与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，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

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

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。

米区、...、参数选择、计算及设备选型

矿井风量、通风阻力计算，技术参数选择，通风机参数计算

针对设计矿井存在的某一安全问题进行详细的分析，提出综合控制技术

绘制设计图纸和撰写设计说明书

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

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不是仅靠常用方法就可以完全解决的

➤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

针对设计矿井存在的某一安全问题进行详细的分析，提出综合控制技术

绘制设计图纸和撰写设计说明书

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 毕业设计—矿井通风与安全设计

矿井通风与安全设计的要求及内容

查阅文献，设计方案的论证，技术经济分析

井筒、水平、巷道及主要设备的计算选型、布置

采区、工作面、井筒布置图、参数选择、计算及设备选型

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。

绘制设计图纸和撰写设计说明书

复杂工程问题的教学设计及组织实施

■ 矿井通风与安全设计毕业设计的毕业要求达成评价

评价内容	导师	评阅	答辩委员会	小计
文献研究、资料收集、信息分析	4	3	2	9
运用数学、自然科学和安全工程科学的基本原理，分析矿井通风与安全工程问题，建立研究方案和技术路线	6	5	6	17
系统、单元（部件）、工艺流程设计	5	4	5	14
设计中考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素	4	3	4	11
技术经济分析	4	3	5	12
突破常规，创新意识	4	2	3	9
论文撰写	8	5		13
答 辩			15	15
小 计	35	25	40	100

A faint world map is visible in the background, rendered in a light gray color with a dotted pattern. A solid blue horizontal bar is positioned across the middle of the slide, containing the text '谢谢!'.

谢谢!