《热交换器原理与设计》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Heat exchanger principle and design | **课程代码** | TEPE1029 |
| **课程性质** | 专业必修课程 | **授课对象** | 热能与动力工程等专业 |
| **学 分** | 2学分 | **学 时** | 34学时 |
| **主讲教师** | 邓伟峰 | **修订日期** | 2021.02.14 |
| **指定教材** | 史美中, 王中铮编，热交换器原理与设计，南京-东南大学出版社 2009.6 |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

《热交换器原理与设计》是能源与动力工程专业的主要专业课之一。通过本课程的讲授和各个教学环节，使学生能系统地掌握热交换器热计算的基本原理，掌握管壳式热交换器的设计和计算，初步掌握管壳式热交换器、翅片管式热交换器、板式热交换器、板翅式热交换器以及冷水塔等的设计方法。对换热强化技术、热交换器原理与设计方面的新理论、新技术有所了解，并具备一定的热交换器设计能力。

（二）课程目标：

本课程是为热能与动力工程专业学生开设，学生通过学习本课程能够掌握常用热交换器的工作原理、分析及设计方法。掌握热交换器系统的分析和计算流程及方法。能够从传热角度分析相关实际问题。初步了解国内外热交换器技术的研究现状和发展趋势，了解能源生产、转化和利用的行业技术标准及行业需求动态。能够基于科学原理并采用科学方法对热交换器工程领域中复杂工程问题进行研究，具有团队合作精神或意识和适应发展和不断提升自我的能力，从而增强社会责任感和使命感。

**课程目标1：**熟悉热交换器领域能源高效转化和利用技术的理论前沿和应用背景，贯彻执行节能减排的方针政策和技术路线，掌握热交换器制造新工艺、新方法、先进的控制方法。

1．1 结合国家和地方的方针政策，熟悉与热交换器设计、应用及改造相关的能源利用理论和方法；

1．2 积极围绕国家“节能减排”政策方针，将热交换器设计制造新工艺和新方法用于用能企业的节能技术改造项目，创造较好的社会经济效益。

**课程目标2：**能够基于科学原理并采用科学方法对热交换器领域中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。

2．1能够运用合适的方法对复杂工程问题进行解构和综合分析；

2．2 能够根据实际工程要求对热交换器设计可行的实验方案；

2．3能够独立进行热交换器性能测试实验台搭建并完成正确的数据采集工作。

**课程目标3：**能够在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。

3．1 在热交换器设计与实验工作中能够与团队进行合理的分工协作，并具备高效的沟通交互能力；

3．2在团队中承担独当一面的重要角色，能够对团队的研发工作产生积极的影响。

**课程目标4：**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。

4．1 会用主流设计工具进行实际问题的自主分析，并独立得到有意义的结论；

4．2对热交换器领域的新问题和新发现保持积极的求知欲并具备一定的自我学习及解决问题的能力。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1熟悉热交换器领域能源高效转化和利用技术的理论前沿和应用背景，贯彻执行节能减排的方针政策和技术路线，掌握热交换器制造新工艺、新方法、先进的控制方法。 | 1.1 | 第一章 1.1 研究热交换器的重要性 1.2热交换器的分类 1.3 热交换器设计计算的内容第二章 2.1热计算基本方程式 2.2 平均温差 2.3 传热有效度 2.4热交换器热计算方法的比较 2.5流体流动方式的选择 | 毕业要求2：2-1熟悉与能源生产、转化和利用有关的理论前沿、国家和地方的方针政策 |
| 1.2 | 第一章 1.1 研究热交换器的重要性 1.2热交换器的分类 1.3 热交换器设计计算的内容第二章 2.1热计算基本方程式 2.2 平均温差 2.3 传热有效度 2.4热交换器热计算方法的比较 2.5流体流动方式的选择 | 毕业要求2：2-2在工程实践中贯彻执行节能减排的方针政策和技术路线 |
| 课程目标2能够基于科学原理并采用科学方法对热交换器领域中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。 | 2.1 | 第三章 3.1管壳式热交换器的类型、标准与结构 3.2管壳式热交换器的结构计算 3.3管壳式热交换器的传热计算 3.4管壳式热交换器的流动阻力计算 3.5管壳式热交换器的合理设计 3.6管壳式热交换器的热补偿问题 3.7管壳式热交换器的振动与噪声 第四章 4.1板式热交换器 4.2板翅式热交换器4.3翅片管式热交换器 4.4热管式热交换器第五章 5.1水冷塔 5.2蒸发冷却（冷凝）器 | 毕业要求5：5-1 掌握复杂工程问题的研究方法并理解其适用范围 |
| 2.2 | 第六章 6.1传热特性试验 6.2阻力特性试验 6.3传热强化结垢与腐蚀 | 毕业要求5：5-2 能够基于专业理论设计可行性实验方案 |
| 2.3 | 第六章 6.1传热特性试验 6.2阻力特性试验 6.3传热强化结垢与腐蚀 | 毕业要求5：5-3 能够选用或搭建实验装置安全开展实验并正确采集数据 |
| 课程目标3能够在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。 | 3.1 | 第六章 6.1传热特性试验 6.2阻力特性试验 6.3传热强化结垢与腐蚀 | 毕业要求10：10-1 具有团队合作精神或意识 |
| 3.2 | 第六章 6.1传热特性试验 6.2阻力特性试验 6.3传热强化结垢与腐蚀 | 毕业要求10：10-2能够在团队中承担相应角色 |
| 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。 | 4.1 | 第六章 6.1传热特性试验 6.2阻力特性试验 6.3传热强化结垢与腐蚀 | 毕业要求12：12-1 具有自主学习的意识 |
| 4.2 | 第六章 6.1传热特性试验 6.2阻力特性试验 6.3传热强化结垢与腐蚀 | 毕业要求12：12-2 具有适应发展和不断提升自我的能力 |

**三、教学内容**

**第一章 热交换器原理与设计概述**

1.教学目标

（1）初步了解热交换器对工业生产和居民生活的重要意义

（2）了解热交换器的常用分类及设计计算内容

2.教学重难点

（1）热交换器的重要性

（2）热交换器类型及分类标准

（3）热交换器工作原理举例

3.教学内容

第一节 研究热交换器的重要性

 一、研究热交换器的重要性

 热交换器的定义、应用、基本要求、研究内容

第二节 热交换器的分类

 一、分类简介

 各种分类情况

 二、各种类型的间壁式热交换器

 沉浸式热交换器、喷淋式热交换器、套管式热交换器、管壳式热交换器

第三节 热交换器设计计算的内容

 一、热交换器设计计算的内容

 热计算、结构计算、流动阻力计算、强度计算

4.教学方法

1. 讲授法：课堂对热交换器相关概念和物理原理；
2. 案例法：通过大量的工程案例介绍热交换器中的基本概念与设计计算；

5.教学评价

思考题：

1、为什么要研究热交换器？

2、热交换器主要有哪些类型和结构？

3、热交换器设计计算主要包括哪些内容？

**第二章 热交换器热计算的基本原理**

1.教学目标

（1）掌握热计算基本方程式的应用计算

（2）理解表征流体换热特性的基本参数及表达方法

（3）能够根据实际工况要求选择合适的热交换器

2.教学重难点

（1）传热方程式和热平衡方程式

（2）平均温差的计算与使用条件

（3）传热有效度的概念与计算

（4）冷热流体流动方式的选择依据

3.教学内容

第一节 热计算基本方程式

 一、传热方程式普遍形式

 二、热平衡方程式形式

第二节 平均温差

 一、流体的温度分布

 流体平行流动时的温度分布

 二、顺流和逆流情况下的平均温差

 几个假定、温度变化的指数规律、平均温差计算公式

 三、其他流动方式时的平均温差

 温差修正系数

 四、流体比热或传热系数变化时的平均温差

 积分平均温差、分段计算平均温差

第三节 传热有效度

 一、传热有效度的定义

 传热有效度的定义

 二、顺流和逆流时的传热有效度

 顺流时的传热有效度、逆流时的传热有效度、注意事项

 三、其他流动方式时的传热有效度

 <1-2>型热交换器、两种流体中仅一种有混合的错流式热交换器、其他更为复杂的流型

第四节 热交换器热计算方法的比较

 一、热交换器热计算方法的比较

 平均温差法和传热单元数法的比较

第五节 流体流动方式的选择

 一、顺流和逆流

 传热效果、壁温的比较

 二、混流和错流

 选用混流式热交换器时的注意事项、错流式热交换器的应用

4.教学方法

1. 讲授法：课堂对热交换器相关概念和物理原理；
2. 案例法：通过大量的工程案例介绍热交换器中的基本概念与设计计算；

5.教学评价

思考题：

1、什么叫热交换器的设计计算？什么叫校核计算？

2、热交换器热计算所依据的基本方程是哪些？

3、在进行热交换器的校核计算时，为什么使用传热单元数法较为方便？

**第三章 管壳式热交换器**

1.教学目标

（1）掌握管壳式热交换器的设计与计算方法

（2）掌握管壳式热交换器可靠性校验和设计程序

2.教学重难点

（1）管壳式热交换器的传热计算、结构计算、流阻计算和可靠性设计

（2）管壳式热交换器的一般设计流程

3.教学内容

第一节 管壳式热交换器的类型、标准与结构

 一、类型和标准

 四大类型、GB151-1999

 二、管子在管板上的固定与排列

 固定方法、排列形式、换热管中心距、布管限定圆

 三、管板

 管板的形式、与壳体的连接、厚度

 四、分程隔板

 作用、安装规定

 五、纵向隔板、折流板和支持板

 纵向隔板的作用、数量、折流板的作用、常用形式、间距、材料、安装、支持板的作用

 六、挡管和旁路挡板

 作用、安装位置、数量

 七、防冲板与导流筒

 作用、形式、设置条件

第二节 管壳式热交换器的结构计算

 一、管程流通截面积的计算

 管程流通截面积的计算公式、所需管数、管子长度、管程数以及总管子数的计算

 二、壳体直径的确定

 作图、估算公式、圆整

 三、壳程流通截面积的计算

 纵向隔板和弓形折流板壳程流通截面积的计算

 四、进出口连接管直径的计算

 公式、圆整、接管的要求

第三节 管壳式热交换器的传热计算

 一、传热系数的确定

 选用经验数据、实验测定、通过计算

 二、换热系数的计算

 管内、外换热系数、与换热系数有关的几个问题

 三、壁温的计算

 试算法

第四节 管壳式热交换器的流动阻力计算

 一、管程阻力计算

 沿程阻力、回弯阻力和进、出口连接管阻力

 二、壳程阻力计算

 顺列管束、错列管束、装有弓形折流板的壳程阻力

 三、流路分析法简介

 管路网路图

第五节 管壳式热交换器的合理设计

 一、流体在管路热交换器内流动空间的选择

 选择原则、合理选择

 二、流体温度和终温的确定

 参考数据

 三、管子直径的选择

 选择依据、标准化

 四、流体流动速度的选择

 选择方法

第六节 管壳式热交换器的热补偿问题

 一、热交换器所受的力

 计算壁厚、受力的种类

 二、温差应力

 计算公式、合成应力

 三、拉脱力

 计算公式

 四、热补偿措施

 四方面措施

第七节 管壳式热交换器的振动与噪声

 一、流体诱发振动的原因

 涡流脱离、流体弹性旋转、湍流抖振

 二、振动的预测和预防

 预测判据、防振和减振措施

第八节 管壳式热交换器的设计程序

 一、管壳式热交换器的设计程序

 一般程序、原理框图

4.教学方法

1. 讲授法：课堂对热交换器相关概念和物理原理；
2. 案例法：通过大量的工程案例介绍热交换器中的基本概念与设计计算；

5.教学评价

思考题：

1、常见的特殊自由度有哪些？

2、何为公共约束？

3、基于功能的运动模块有哪些？

**第四章** 高效间壁式热交换器

1.教学目标

（1）掌握各高效间壁式热交换器的设计与计算方法

（2）掌握各高效间壁式热交换器的设计流程及应用场景

2.教学重难点

（1）板式热交换器的传热计算、结构计算、流阻计算和一般设计流程

（2）板翅式热交换器的传热计算、结构计算、流阻计算和一般设计流程

（3）翅片管式热交换器的传热计算、结构计算、流阻计算和一般设计流程

（4）热管式热交换器的传热计算、结构计算、流阻计算和一般设计流程

3.教学内容

第一节 板式热交换器

 一、构造和工作原理

 构造、工作原理

 二、流程组合及传热、压降计算

 流程组合、传热计算、压力损失计算

 三、板式热交换器的热力计算程序设计

 计算程序框图

第二节 板翅式热交换器

 一、构造和工作原理

 基本单元、翅片的作用和形式、整体结构、优缺点

 二、板翅式热交换器的设计计算

 几何尺寸计算、翅片效率和翅片表面总效率、传热量和传热系数计算、换热系数的计

 算、压力损失计算

 三、板翅式热交换器单元尺寸的决定和设计步骤

 单元尺寸的决定、设计步骤

第三节 翅片管式热交换器

 一、构造和工作原理

 构造、工作原理

 二、翅片管的类型和选择

 类型、选择、国产空冷器翅片管

 三、翅片管热交换器的传热计算与阻力计算

 传热量的计算、传热系数的计算、换热系数和压力损失的计算

 四、空冷器的设计

 干式空冷器的几个设计参数、设计程序

第四节 热管式热交换器

 一、热管的组成与工作特性

 热管的组成、热管的工作特性

 二、热管式热交换器的传热计算

 传热计算的基本方程、热管元件各传热环节热阻、对流换热系数的计算、传热系数的计算

 三、热管热交换器的流动阻力计算

 流体横掠光滑管束、流体横掠错排圆芯管

 四、热管热交换器的热管工作安全性校验

 热管工作温度核算、单管热负荷计算、壁温计算

 五、热管热交换器的热力设计

 注意事项

4.教学方法

1. 讲授法：课堂对热交换器相关概念和物理原理；
2. 案例法：通过大量的工程案例介绍热交换器中的基本概念与设计计算；

5.教学评价

思考题：

1、 什么是瞬心？

2、 瞬心有何实际用处？

**第五章 混合式热交换器**

1.教学目标

（1）掌握混合式热交换器的设计与计算方法

（2）掌握混合式热交换器的设计流程及应用场景

2.教学重难点

（1）水冷塔的传热计算、结构计算、流阻计算和一般设计流程

（2）蒸发冷却（冷凝）器的传热计算、结构计算、流阻计算和一般设计流程

3.教学内容

第一节 水冷塔

 一、冷水塔的类型和构造

 类型、构造

 二、冷水塔的工作原理

 工作原理

 三、冷水塔的热力计算

 迈克尔焓差方程、水气热平衡方程、计算冷水塔的基本方程、冷却数的确定

 四、冷水塔的通风阻力计算

 机械通风冷却塔、自然通风冷却塔

 五、冷水塔的设计计算

 出水温度的选取、气象温度的确定、两类计算问题

 第二节 蒸发冷却（冷凝）器

 一、蒸发冷却（冷凝）器的结构和工作原理

 结构、工作原理

4.教学方法

1. 讲授法：课堂对热交换器相关概念和物理原理；
2. 案例法：通过大量的工程案例介绍热交换器中的基本概念与设计计算；

5.教学评价

思考题：

1、冷水塔的工作原理是什么？

2、冷水塔的出水温度如何确定？

3、蒸发冷却器有什么特点？

**第六章 热交换器的试验与研究**

1.教学目标

（1）掌握热交换器传热性能实验原理与设计方案

（2）培养学生独立的实验操作能力与实验数据采集及分析能力

2.教学重难点

（1）传热系数的测定

（2）六组测试原理及方法

（3）结垢与腐蚀

3.教学内容

第一节 传热特性试验

 一、传热系数的测定

 测定原理、实验装置、试验步骤、注意事项、数据整理

 二、对流换热系数的测定

 估算分离法、威尔逊图解法

第二节 阻力特性试验

 一、阻力特性试验

 原理、测定方法

第三节 传热强化结垢与腐蚀

 一、增强传热的基本途径

 3个途径

 二、增强传热的方法

 各种增强传热的方法

 三、热交换器的结垢与腐蚀

 污垢类型及除垢方法、污垢热阻、腐蚀类型及腐蚀测试、腐蚀的防止

4.教学方法

1. 讲授法：课堂对热交换器相关概念和物理原理；
2. 案例法：通过大量的工程案例介绍热交换器中的基本概念与设计计算；
3. 实验法：通过热交换器实验熟悉实际生产中工程案例的设计与实施。

5.教学评价

思考题：

1、如何测定热交换器的传热系数？

2、如何用威尔逊图解法测定热交换器的对流换热系数？

3、如何增加热交换器的传热？

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| 第一章 | 热交换器原理与设计概述 | 2 |
| 第二章 | 热交换器热计算的基本原理 | 4 |
| 第三章 | 管壳式热交换器 | 8 |
| 第四章 | 高效间壁式热交换器 | 14 |
| 第五章 | 混合式热交换器 | 4 |
| 第六章 | 热交换器的试验与研究 | 2 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周次 | 日期 | 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 1 |  | 第一章 热交换器原理与设计概述 | 第一章 1.1 研究热交换器的重要性 1.2热交换器的分类 1.3 热交换器设计计算的内容 | 2 | **作业：**结合学习内容和课后思考题进行复习；**要求：**完成思考题。 |  |
| 2-3 |  | 第二章 热交换器热计算的基本原理 | 第二章 2.1热计算基本方程式 2.2 平均温差 2.3 传热有效度 2.4热交换器热计算方法的比较 2.5流体流动方式的选择 | 4 | **作业：**课后习题2-1至2-5；**要求：**正确完成习题。 |  |
| 4-7 |  | 第三章 管壳式热交换器 | 第三章 3.1管壳式热交换器的类型、标准与结构 3.2管壳式热交换器的结构计算 3.3管壳式热交换器的传热计算 3.4管壳式热交换器的流动阻力计算 3.5管壳式热交换器的合理设计 3.6管壳式热交换器的热补偿问题 3.7管壳式热交换器的振动与噪声 | 8 | **作业：**完成一台管壳式热交换器的课程设计报告**要求：**设计流程合理，计算正确且完整。 |  |
| 8-14 |  | 第四章 高效间壁式热交换器 | 第四章 4.1板式热交换器 4.2板翅式热交换器4.3翅片管式热交换器 4.4热管式热交换器 | 14 | **作业：**调研一种高效间壁式热交换器研究现状及发展趋势并撰写综述小论文；**要求：**文献阅读充分，引用正确，有自己的结论和观点。 |  |
| 15-16 |  | 第五章 混合式热交换器 | 第五章 5.1水冷塔 5.2蒸发冷却（冷凝）器 | 4 | **作业：**分组讨论一种用于工业或者暖通领域的水冷塔设计与应用；**要求：**形成自己独立的观点，并较好的与人进行交流学习 |  |
| 17 |  | 第六章 热交换器的试验与研究 | 第六章 6.1传热特性试验 6.2阻力特性试验 6.3传热强化结垢与腐蚀 | 2 | **作业：**进行热交换器性能实验并完成实验分析报告；**要求：**实验能够操作正确，数据合理 |  |

**教材及参考书目**

1. 秦叔经, 叶文邦等编, 热交换器, 北京-化学工业出版社 2003

2. 钱颂文主编, 热交换器设计手册, 北京-化学工业出版社 2002

3. 钱颂文... [等]编著, 热交换器管束流体力学与传热, 北京-中国石化出版社 2002

4. 朱聘冠编著, 热交换器原理及计算, 北京-清华大学出版社 1987

5. (德) 施林德尔主编, 热交换器设计手册 (共四卷) 北京-机械工业出版社 1989

6. 陆煜, 程林编著, 传热原理与分析, 北京-科学出版社 1997

7. 杨世铭, 陶文铨编著, 传热学, 北京-高等教育出版社 1998

8. 顾维藻等著, 强化传热, 北京-科学出版社 1990.8

9. 阎皓峰, 甘永平编著, 新型热交换器与传热强化 (节能技术丛书), 北京-宇航出版社 1991

10. 林宗虎著, 强化传热及其工程应用 北京-机械工业出版社 1987

11. 钱颂文 ... [等] 编著, 管式热交换器强化传热技术, 北京-化学工业出版社 2003

12. 过增元，黄素逸等著, 场协同原理与强化传热新技术, 北京-中国电力出版社 2004

**七、教学方法**

1. 讲授法：对热交换器的基本理论、原理、计算方法等进行课堂讲授和数学推导，使学生能够理解和掌握这些基础理论和基础知识。

2. 案例教学法：在各类热交换器的应用讲解时，选择相应的工程案例，围绕案例进行传热计算、结构结算和流阻计算讲解，组织学生主动分析。

3. 实验法：通过热交换器传热系数、流阻系数测定以及结垢、腐蚀的演示实验，使学生形成对实际热交换器设计和分析的能力。

 **八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 是否在节能政策导引下，熟练掌握热交换器基础理论与计算方法。 | 课后作业、闭卷笔试 |
| 课程目标2 | 是否能够基于科学原理并采用科学方法对热交换器领域中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。 | 实验作业 |
| 课程目标3 | 是否能够在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。 | 调研报告，小组作业 |
| 课程目标4 | 是否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。 | 课程设计作业 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

平时成绩：20%（平时作业、课堂互动）

期中考试：30%（理论考试）

期末考试：50%（理论考试）

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  **考核占比****课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 25% | 35% | 30% | （例：课程目标1达成度={0.3ｘ平时目标1成绩+0.2ｘ期中目标1成绩+0.5ｘ期末目标1成绩}/目标1总分。按课程考核实际情况描述） |
| 课程目标2 | 35% | 35% | 40% |
| 课程目标3 | 20% | 20% | 20% |
| 课程目标4 | 20% | 10% | 10% |

**（三）评分标准**

| **课程****目标** | **评分标准** |
| --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程****目标1** | 熟练掌握热交换器基础理论与计算方法 | 较熟练掌握热交换器基础理论与计算方法 | 基本掌握热交换器基础理论与计算方法 | 未全面掌握热交换器基础理论与计算方法 | 未掌握热交换器基础理论与计算方法 |
| **课程****目标2** | 能够很好的对热交换器领域中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。 | 能够较好的对热交换器领域中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。 | 能够基本对热交换器领域中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。 | 能够部分对热交换器领域中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。 | 无法对热交换器领域中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。 |
| **课程****目标3** | 能够很好的在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。 | 能够较好的在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。 | 能够基本在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。 | 能够部分在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。 | 无法在团队中扮演好个体、团队成员以及负责人的角色。 |
| **课程****目标4** | 能够很好的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员以及负责人的角色。 | 能够较好的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 | 能够基本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 | 能够部分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 | 无法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 |