



兰州理工大学

Lanzhou University of Technology

石油化工学院

教 案

2013 ~ 2014 学 年 春 季 学 期

部门名称

过程装备与控制工程系

课程名称

传热学

授课班级

过程装备与控制工程 11 级

主讲教师

余建平/姚淑婷

职 称

高工/助教

兰州理工大学石油化工学院制

《传热学》教学大纲

(Heat transfer)

撰写人：卢小平 审核人：陈叔平

一、大纲说明

本大纲根据热能与动力工程专业 2010 年培养计划制订。

课程编号：303225

学时学分：32 学时，2 学分

先修课程：高等数学、大学物理

适合专业：热能与动力工程类

开课学院：石油化工学院

二、课程性质和任务

传热学是研究在温差作用下热能传递规律的科学。由于在现代各个生产领域中所遇到的大多数技术问题，乃至自然界中的许多现象都与热能的传递有关，而且几乎任何一种形式的能量最终都是以热能的形式耗散于环境及宇宙之中，因此研究热能的传递、转换与控制的传热学是大多数工科专业的一门重要的技术基础课程。通过本课程的学习，应使学生获得一定的热量传递规律的基础知识，具备分析工程传热问题的基本能力，掌握计算工程传热问题的基本方法，并具有相应的计算能力。

三、主要教学内容

(一) 绪论

- 1、热量传递的三种基本方式。
- 2、传热过程和传热系数。
- 3、傅里叶定律的热力学基础及局限性。

(二) 导热基本定律及稳态导热

- 1、导热基本定律和导热微分方程式。
- 2、通过平壁、圆筒壁、球壳和其他变截面物体的导热。
- 3、通过肋片的导热。
- 4、具有内热源的导热及多维导热。

(三) 非稳态导热

- 1、非稳态导热的基本概念。
- 2、集总参数法。
- 3、一维、二维、三维非稳态导热的求解。

(四) 导热问题的数值解法

- 1、导热问题数值求解的基本思路及节点离散方程的建立和求解。
- 2、稳态导热问题的数值解法。

(五) 对流换热

- 1、牛顿冷却公式、影响对流换热的因素。
- 2、流动边界层、热边界层概念。

- 3、相似性质、相似准则、相似准则间的关系、判别相似的条件。
- 4、对流换热的量纲分析法。
- 5、管槽内强迫对流换热、外掠圆管强迫对流换热、自然对流换热。

(六) 辐射换热

- 1、热辐射的基本概念及热辐射的本质。
- 2、黑体辐射的基本概念及基本定律。
- 3、实际物体辐射和吸收的基本概念及基尔霍夫定律。
- 4、角系数定义、角系数的相对性、角系数的完整性、角系数的计算、黑体间辐射换热的计算。
- 5、有效辐射、表面热阻、空间热阻的概念、特殊放置的两灰体表面间的辐射换热、辐射屏、复杂系统的辐射换热的计算。

四、教学基本要求

(一) 熟练掌握导热基本定律及一维稳态导热问题的分析计算；了解非稳态导热过程的特点，掌握非稳态导热问题的计算方法；能用有限差分法求解二维稳态导热问题及一维非稳态导热问题。

(二) 深刻理解牛顿冷却公式和速度边界层及温度边界层概念；掌握对流换热问题的理论解法和实验解法；了解膜状凝结和沸腾换热的特点及计算方法。

(三) 理解热辐射的本质及有关热辐射的概念和基本定律；理解角系数和有效辐射的概念，熟练应用网络法求解辐射换热问题。了解气体辐射的特点。

(四) 理解传热过程，能够用热阻的概念进行分析和计算。

五、参考学时分配

序号	课 程 主 要 内 容	学 时		
		讲授	实验(实践)	上机
1	绪论	2		
2	导热基本定律及稳态导热	7		
3	非稳态导热	4		
4	导热问题的数值解法	4		
5	对流换热	7		
6	辐射换热	8		
合 计		32		

六、教材及参考书

- [1] 《传热学》第3版 杨世铭 陶文铨编著 高等教育出版社 1998.
- [2] 《传热学典型题解析及自测题》 朱惠人编著 西北工业大学出版社 2002.

七、考核方式

本课程的考核方式为综合测评。

石油化工学院 教 案

【课程概况】

课程名称	传热学		授课专业	过程装备 与控制工程	课程班	过程装备与 控制工程11 级 1 班、2 班、3 班
课程编号	303225					
课程类型	必修课	公共基础课（ ）；学科基础课（√）；专业课（ ）				
	选修课	限选课（ ）；任选课（ ）；跨专业选修课（ ）				
授课方式	课堂讲授(√)；实践课()		考核方式	考试（ ）；综合测评（√）		
课程教学 总学时数	32		学 分 数	2		
学时分配	课堂讲授 32 学时； 实践 0 学时					
教材与参 考资料	教材	于承训主编.《工程传热学》，西南交通大学出版社，1990.				
	参考书	[1]杨世铭等，《传热学》第四版，高等教育出版社，2006. [2]邬田华，王晓墨，许国良，等.《工程传热学》，华中科技大学出版社，2011.				
课程性质 和任务	《传热学》是研究在温差作用下热能传递规律的科学，是大多数工科专业的一门重要技术基础课程。通过本课程的学习，应使学生获得一定的热量传递规律的基础知识，具备分析工程传热问题的基本能力，掌握计算工程传热问题的基本方法，并能够解决相应的传热问题。					
课程教学 目的要求	1. 熟悉热量传递的过程与方法，能够用热阻的概念进行分析和计算。 2. 掌握三种热量传递方式下温度场及热流量的计算方法，能够熟练应用导热基本定律求解一维稳态导热问题。 3. 掌握对流换热问题的理论解法和实验解法。 4. 熟练应用网络法求解辐射换热问题。 5. 了解传热学的发展应用，理解非稳态导热过程、牛顿冷却公式、速度边界层、温度边界层、热辐射等有关概念和基本定律。					
学生特点 分析	《传热学》是过程装备与控制工程专业大三学生的一门专业选修课程，讲课过程中，需结合日常生活中的传热现象，注重培养学生的学习兴趣及主动性；同时列举化工设备中常见的传热问题，建立学生专业概念及意识，为后期专业理论课程的学习作好充分的思想准备和知识准备。					
授课教师	余建平/姚淑婷	职 称	高工/助教	系别	过程装备与控制工程系	
授课时间	2013~2014 学年 春季 学期，周 四 第 2 大节(2 学时)；教室：西教 2-104					

《传热学》教案

课 次	第 5 次课	课时安排	2 学时
授课题目 (章、节 或主题)	第二章 导热基本定律及稳态导热 2.6 通过肋片的稳态导热		
授 课 方 式	理论课 (√); 讨论课 (); 实验课 (); 习题课 (); 其他 ()		
教学目的 及要求	掌握: 不考虑肋顶部的肋片导热计算; 肋片效率及其影响因素。 熟悉: 几种常见的肋片形式, 肋片导热特点及其作用。 了解: 基于微元体法应用能量守恒建立肋片导热微分方程的思想。		
教学重点 与难点	重点: 不考虑肋顶部的肋片导热计算; 肋片效率及其影响因素	采取措施: 通过例题熟练肋片温度分布及散热量的计算, 并结合实例讨论影响肋片效率的因素	
	难点: 肋片导热分析	采取措施: 简要复习基于微元体法根据能量守恒及傅里叶定律建立热平衡式, 导出导热问题完整数学描述的一般步骤及思路, 并在黑板上推导重要公式	
教学过程与内容			教学设计与手段
<p>➤ 问题导入 (10 分钟)</p> <p>以暖气片为例, 引导学生思考增大其散热量的措施, 进而引入肋片, 并举例说明肋片在化工换热设备及实际生活中的应用。</p> <p>➤ 新课教学 (85 分钟)</p> <p>2.6.1 肋片基本概念 (15 分钟)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、延展表面 2、肋片定义 3、常见肋片的结构: 矩形、三角形、环肋等 4、肋片的作用及导热特点 <p>由肋片导热特点, 提出两个问题:</p> <p>(1) 肋片内温度沿导热热流传递的方向如何变化? 通过肋片的散热量有多少?</p> <p>(2) 肋片材料导热系数、尺寸有无要求? 肋片应加装在暖气片</p>			<p>借助多媒体图片说明肋片工业应用及生活中常见的几种肋片形式</p> <p>举例: 狗伸舌头、教室里的暖气片</p> <p>围绕提出的两个问题, 展开新内容的学习</p>

<p>的哪一侧？肋片增强换热效果如何？</p> <p>2.6.2 等截面直肋的稳态导热分析（40 分钟）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、导热微分方程 2、导热微分方程求解 3、肋片温度分布及散热量 <p>（1）肋片内温度分布；（2）散热量</p> <p>2.6.3 肋片效率（30 分钟）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、肋片效率定义 2、肋片效率的影响因素 3、讨论 <p>1) 为了增大暖气片换热，应该在哪一侧加装肋片？对肋片的导热系数有无要求？肋片的选用由哪些因素决定？</p> <p>2) 在太空辐射中，为什么选择三角形肋片作为航天器散热器？</p> 4、例题 <p>试用所学传热学知识说明用温度计套管测量流体温度时如何提高测温精度。</p> <p>➤ 第二章 小结（5 分钟）</p>	<p>简要复习导热问题的完整数学描述，强调建立微分方程的思想和步骤</p> <p>以曲线图的形式反映肋片内的温度分布</p> <p>结合实例说明提高肋片效率的方法</p> <p>及时小结，巩固复习</p>
主 板 书 内 容	副 板 书 内 容
<p>2.6 通过肋片的稳态导热</p> <p>一、基本概念</p> <p> 延展表面、肋片</p> <p>二、等截面直肋导热分析</p> <p>1. 导热微分方程</p> $\lambda A \frac{d^2 t}{dx^2} = hP(t - t_f) \rightarrow \lambda = C_1, A = C_2$ <p>微分方程： $\frac{d^2 t}{dx^2} - \frac{hP}{\lambda A}(t - t_f) = 0$</p> <p>边界条件： $x = 0, t = t_0$； $x = H, -\lambda \frac{dt}{dx} = 0$</p> <p>求解：令 $\theta = t - t_f$， $m = \sqrt{\frac{hP}{\lambda A}}$ → 微分方程： $\frac{d^2 \theta}{dx^2} = m^2 \theta$</p> <p>→ 边界条件： $x = 0, \theta = \theta_0 = t_0 - t_f$； $x = H, \frac{d\theta}{dx} = 0$</p>	<p>$P = 2(l + \delta) = 2l + 2\delta$</p> <p>换热四个面：</p> $Pdx = 2l dx + 2\delta dx$ $c_1 = \frac{\theta_0}{1 + e^{2mH}} = \frac{\theta_0 e^{-mH}}{e^{-mH} + e^{mH}}$ $c_2 = \frac{\theta_0 e^{2mH}}{1 + e^{2mH}} = \frac{\theta_0 e^{mH}}{e^{-mH} + e^{mH}}$ $\theta = c_1 e^{mx} + c_2 e^{-mx}$ $chx = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$ $shx = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$ $thx = \frac{shx}{chx} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$

$$\theta = \frac{\theta_0 e^{mx}}{1 + e^{2mH}} + \frac{\theta_0 e^{2mH} e^{-mx}}{1 + e^{2mH}} = \frac{\theta_0 e^{-m(H-x)} + \theta_0 e^{m(H-x)}}{e^{-mH} + e^{mH}} = \theta_0 \frac{\text{ch}[m(H-x)]}{\text{ch}(mH)}$$

2、肋片内温度分布

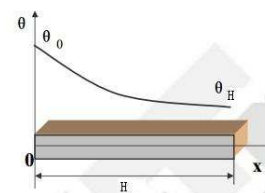
$$\frac{\theta}{\theta_0} = \frac{e^{-m(H-x)} + e^{m(H-x)}}{e^{-mH} + e^{mH}} = \frac{\text{ch}[m(H-x)]}{\text{ch}(mH)}, \quad \theta = \frac{\text{ch}[m(H-x)]}{\text{ch}(mH)} \theta_0$$

3、散热量

$$\begin{aligned} \Phi &= -\lambda A \left(\frac{d\theta}{dx} \right)_{x=0} = -\lambda A \theta_0 \frac{1}{\text{ch}(mH)} \text{sh}[m(H-x)](-m) \Big|_{x=0} \\ &= \lambda A \theta_0 m \frac{\text{sh}(mH)}{\text{ch}(mH)} = \lambda A \theta_0 m \text{th}(mH) = \frac{hP}{m} \theta_0 \text{th}(mH) \end{aligned}$$

三、肋片效率

等截面直肋: $\eta_f = \frac{\Phi}{\Phi_0} = \frac{\frac{hP}{m} \theta_0 \text{th}(mH)}{hPH\theta_0} = \frac{\text{th}(mH)}{mH}, \quad \Phi < \Phi_0 \Rightarrow \eta_f < 1$



$$P = 2(l + \delta) = 2l + 2\delta$$

$$PH = 2lH + 2\delta H$$

对流换热面积:

$$hPH(t_0 - t_f) = h(2lH + 2\delta H)(t_0 - t_f)$$

讨论、练习、作业

无

课后小结

以学生熟悉的暖气片为例，通过讨论与思考的方式说明增大传热面积可以提高换热量，进而引入肋片，讲解肋片概念、特点、结构形式等，降低了学生的对新知识的陌生感；并举例说明工业生产以及实际生活中存在的肋片增大传热量的例子，引起学生学习兴趣。

以暖气片为例，提出两个问题，针对问题学习肋片的导热分析及肋片效率内容，并以暖气片为例，说明选择加装肋片时肋片材料、尺寸、加装位置等要求，逐层深入，学生较易理解。