东南大学

二０一三年攻读硕士学位研究生入学考试试题

一、名词解释

1. 接触热阻
2. 集总参数法
3. 临界绝缘直径
4. 单色辐射力
5. 相似现象

二、建模与简答题

1、二维非稳态无内热源内节点的显式节点方程，并指出其收敛条件

2. 效能和单元数的表达式，并写出$\varepsilon - NTU$的应用
3. 辐射传热的特点，并写出太阳底下打伞不热的原理
4. 不凝结性气体对相变传热的影响
5. 简述空气遇到竖壁时局部表面传热系数的变化

三、计算题

1、一长为 L 的长圆柱内热源为$\dot{\Phi}$，常物性，左端面和侧面都绝热，右端面和温度为t_f的流体接触，表面传热系数为h，求：

（1）写出微分方程和边界条件

（2）温度分布

（3）圆柱内最大温度$t_{\max}$

2、一根长铜管，内径为 13mm，厚度为 3mm，导热系数$\lambda = 398W/(m \cdot K)$。温度为 70℃的水从内管流过，质量流量为 360 Kg/h，出口温度为 90℃，外管浸没在不断流动的温度为 120℃的饱和水中。

（1）求管长

（2）若将管径减半，管长将如何变化

3、两块圆板处于相当于 0 K 的黑体空间中，板一与板二的半径都为 1m，板一的温度为 727℃，发射率为 0.5；板二的温度为 527℃，表面为黑体，且板一对板二的角系数为 0.5。两板背面不参与换热，求：

（1）板一的净辐射量

（2）板一对板二的传热量

（3）画出辐射网络图

4、逆流换热器冷流体为水，流量为 0.6 Kg/s，比热容为 4.2KJ/Kg，温度由 35℃变为 90℃；热流体为油，流量为 0.9 Kg/s，比热容为水的一半，进口温度为 175℃。换热器的换热系数为 425 $W/(m^2 \cdot K)$，求：

（1）换热器的传热面积

（2）换热器的效能

（3）画出温度变化图

2013 年传热学专业课试题解析

一、 名词解释

1、接触热阻：两个名义上相接触的固体表面，实际上接触仅发生在一些离散的面积元上，而未接触的界面之间的间隙充满着空气，热量以导热的方式穿过这种空气层。这种情况与两固体表面真正完全接触相比，增加了附加的传递阻力，称为接触热阻。

2、集中参数法：当固体内部热阻远小于其表面的换热热阻时，固体内部的温度趋于一致，以致可以认为整个固体在同一时刻处于同一温度下，这时所要求解的温度仅是时间的一元函数，而与空间坐标无关。这种忽略物体内部导热热阻的简化分析方法称为集中参数法。

3、临界绝缘直径：对于圆柱换热问题，存在一个临界直径 d_{cr}，若圆柱外径 d 小于 d_{cr} 时，散热量随着 d 的增大而增大；若圆柱外径 d 大于 d_{cr} 时，散热量随着 d 的增大而减小。其中外径在 d_{cr} 处散热量达到最大值，则临界直径 d_{cr} 就是临界绝缘直径。

4、单色辐射力：单位时间单位面积向其上半球空间的所有方向辐射出去的保函波长 λ 在内的单位波长内的能量（其实就是光谱辐射力）。

5、相似现象：对于两个同类的物理现象，如果在相应时刻及相应地点上与现象相关的物理量一一对应成比例，则称此两现象彼此相似。

二、 简答题

1、 $$\rho c\Delta x\Delta y\frac{t_{m,n}^{i+1}-t_{m,n}^{i}}{\Delta\tau}=\lambda(\frac{t_{m-1,n}^{i}-t_{m,n}^{i}}{\Delta x}\Delta y+\frac{t_{m+1,n}^{i}-t_{m,n}^{i}}{\Delta x}\Delta y+\frac{t_{m,n+1}^{i}-t_{m,n}^{i}}{\Delta y}\Delta x+\frac{t_{m,n-1}^{i}-t_{m,n}^{i}}{\Delta y}\Delta x)$$

化简有 $t_{m,n}^{i+1}=F_{ox}(t_{m-1,n}^{i}+t_{m+1,n}^{i})+F_{oy}(t_{m,n+1}^{i}+t_{m,n-1}^{i})+[1-2(F_{ox}+F_{oy})]t_{m,n}^{i}$

收敛条件是：$1-2(F_{ox}+F_{oy})\geq 0$，即 $F_{ox}+F_{oy}\leq\frac{1}{2}$

2、效能：$\varepsilon=\frac{\left(t^{'}-t^{''}\right)_{\max}}{t_1^{'}-t_2^{'}}$，其中分子为冷流体或热流体在换热器中实际温度差值中的大者；分母为流体在换热器中可能发生的最大温度差值。表示换热器的实际换热效果与最大可能换热效果之比。

传热单元数：$NTU=\frac{kA}{(q_m c)_{\min}}$，它是换热器热设计中的一个无量纲参数，在一定意义上可以看成是换热器 kA 值大小的一种度量。

用法：主要用于换热器校核计算及低温换热器的设计计算

3、特点：①热辐射无需任何介质

②热辐射不仅存在能量的转移，还存在能量形式的转换

③黑体的辐射能力与其热力学温度成四次方成比例，因此辐射换热在高温时更重要

④物体的发射和吸收特性不仅与自身温度及表面状况有关，而且还随发射的波长和方向而异，因而更复杂

原理：伞起到了遮热板的作用。在太阳对人的辐射传热过程中，打了伞就相当于加了两个表面辐射热阻和一个空间辐射热阻，大大降低了传热量。

4、(1) 对凝结换热的影响

① 降低了汽液界面蒸汽分压力，即降低了蒸汽饱和温度，从而减小了凝结换热的驱动力

②蒸汽在抵达液膜表面凝结前，需通过扩散的方式才能穿过不凝结性气体，从而增加了传热阻力

(2) 对沸腾换热的影响

不凝结性气体的存在会使沸腾换热得到某种强化。

5、不同流动状态对换热具有决定性影响。层流时，换热热阻完全取决于薄层的厚度。从换热壁面下端开始，随着高度的增加，层流薄层的厚度也逐渐增加。与此相对应，局部表面传热系数 h_x 也随高度增加而减小；高度继续升高时，层流会经过过渡阶段，此时由于流动扰动和混合，局部对流换热系数增大；如果壁面足够高，流体的流动变为湍流，进入湍流时换热系数有所提高；旺盛湍流时的局部表面传热系数几乎是个常数。右图是局部换热系数 h_x 随高度的变化而变化的曲线。

三、计算题

1、(1) 长圆柱左端面和侧面都绝热，可将其看成是一维稳态导热问题

微分方程：$$\frac{d}{dx}(\lambda\frac{dt}{dx})+\dot{\Phi}=0 \quad ①$$

定解条件：$$x=0,\frac{dt}{dx}=0 \quad ②$$

$$x=L,-\lambda\frac{dt}{dx}=h(t-t_f) \quad ③$$

(2) 解上述①②③三个方程联立的方程，得

$$t=\frac{\dot{\Phi}}{2\lambda}(L^2-x^2)+\frac{\dot{\Phi}\delta}{h}+t_f$$

(3) 由 (2) 可知，当 x=0 时，t 最大。即最高温度为

$$t_{\max}=\frac{\dot{\Phi}}{2\lambda}L^2+\frac{\dot{\Phi}\delta}{h}+t_f$$

2、（1）定性温度$t_m=\frac{1}{2}(t_w+t_\infty)=\frac{1}{2}\times(70+90)=80^0C$，由此可查附录四得

$\lambda=67.4\times10^{-2}W/(m\cdot K)$，$v=0.365\times10^{-6}m^2/s$，$\rho=971.8Kg/m^3$，Pr=2.21

$c_p=4.195KJ/\left(Kg\cdot K\right)$

$\mathrm{Re}=\frac{ud}{v}=\frac{4q_m}{\rho\pi d_i v}=\frac{4\times360}{971.8\times3.14\times0.013\times0.365\times10^{-6}\times3600}=27626>10^4$，湍流

查附录一有：$Nu=0.023\mathrm{Re}^{0.8}\mathrm{Pr}^{0.4}=0.023\times27626^{0.8}\times2.21^{0.4}=112.86$

$h_i=\frac{\lambda Nu}{d_i}=\frac{67.4\times10^{-2}\times112.86}{0.013}=5851.36W/(m^2\cdot K)$

总传热量$\Phi=c_pq_m(t_{f2}-t_{f1})=\frac{4.195\times10^3\times360\times(90-70)}{3600}=8390J$

管外走饱和水，可看成是冷凝传热，它比管内强制对流换热剧烈得多，其热阻可忽略不计，则 $\Phi=\frac{t_o-t_m}{\frac{1}{\pi d_i lh}+\frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi\lambda l}}$，从而有

$$l=\frac{t_o-t_m}{\Phi\left(\frac{1}{\pi d_i h}+\frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi\lambda}\right)}=\frac{120-80}{8390\times\left(\frac{1}{3.14\times0.013\times5851.36}+\frac{\ln(19/13)}{2\times3.14\times3}\right)}=1.10m$$

（2）若内径减半，则$d_i=6.5mm$，$d_o=12.5mm$

$\mathrm{Re}'=\frac{4q_m}{\rho\pi d_i' v}=2\mathrm{Re}=55252>10^4$，湍流

查附录一有：$Nu'=0.023\mathrm{Re}^{0.8}\mathrm{Pr}^{0.4}=0.023\times55252^{0.8}\times2.21^{0.4}=196.51$

$h_i'=\frac{\lambda Nu}{d_i'}=\frac{67.4\times10^{-2}\times196.51}{0.0065}=20376.57W/(m^2\cdot K)$

$$l'=\frac{t_o-t_m}{\Phi\left(\frac{1}{\pi d_i' h}+\frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi\lambda}\right)}=\frac{120-80}{8390\times\left(\frac{1}{3.14\times0.0065\times20376.57}+\frac{\ln(12.5/6.5)}{2\times3.14}\right)}=1.79m$$

可见，内径减半管长增大

3、（1）由已知有$X_{1,2}$=0.5，$r_1=r_2=1m$，则$A_1=A_2=3.14m^2$

由 $A_1X_{1,2}$=$A_2X_{2,1}$ 可得 $X_{1,2}=\dfrac{A_2}{A_1}X_{2,1}=0.5$ 则 $X_{1,3}$=0.5， $X_{2,3}=0.5$

对 J_1： $\dfrac{E_{b1}-J_1}{\dfrac{1-\varepsilon_1}{A_1\varepsilon_1}}+\dfrac{E_{b2}-J_1}{\dfrac{1}{A_1X_{1,2}}}+\dfrac{E_{b3}-J_1}{\dfrac{1}{A_1X_{1,3}}}=0$

其中， $E_{b1}=\sigma T_1^4=5.67\times10^{-8}\times(727+273)^4=56700W/m^2$

$E_{b2}=\sigma T_2^4=5.67\times10^{-8}\times(527+273)^4=23224.32W/m^2$

$E_{b3}=\sigma T_2^4=5.67\times10^{-8}\times0^4=0W/m^2$

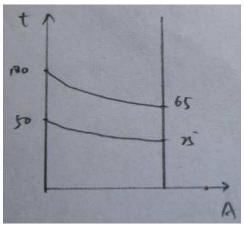
代入方程，可解得 $J_1=34156.08W/m^2$

$$\Phi_1=\frac{E_{b1}-J_1}{\dfrac{1-\varepsilon_1}{A_1\varepsilon_1}}=\frac{56700-34156.08}{\dfrac{1-0.5}{3.14\times0.5}}=70787.91W$$

（2）$\Phi_{1,2}=\dfrac{J_1-E_{b2}}{\dfrac{1}{A_1X_{1,2}}}=\dfrac{34156.08-23224.32}{\dfrac{1}{3.14\times0.5}}=17162.86W$

（3）

4、（1）



由能量守恒：$c_1q_{m1}(t_1^{'}-t_1^{''})=c_2q_{m2}(t_2^{''}-t_2^{'})$

其中， $c_1=\dfrac{c_2}{2}=2.1KJ/Kg$

则 $t_1^{''}=t_1^{'}-\dfrac{c_2q_{m2}(t_2^{''}-t_2^{'})}{c_1q_{m1}}=175-\dfrac{2\times0.6\times(90-35)}{0.9}=101.67$℃

温度变化图如上图所示

$$\Delta t_m=\frac{\Delta t_{\max}-\Delta t_{\min}}{\ln\dfrac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}=\frac{(175-90)-(101.67-35)}{\ln\dfrac{(175-90)}{(101.67-35)}}=75.46\,^0C$$

换热量 $\Phi=c_2q_{m2}(t_2^{''}-t_2^{'})=4.2\times10^3\times0.6\times(90-35)=138600W$

由 $\Phi=kA\Delta t_m$ 可得 $A=\dfrac{\Phi}{k\Delta t_m}=\dfrac{138600}{425\times75.46}=4.323m^2$

（2）$\varepsilon=\dfrac{(t^{'}-t^{''})_{\max}}{t_1^{'}-t_2^{'}}=\dfrac{175-101.67}{175-35}=0.5238$

（3）温度变化图如（1）中所示