

清华大学本科生考试试题专用纸 A

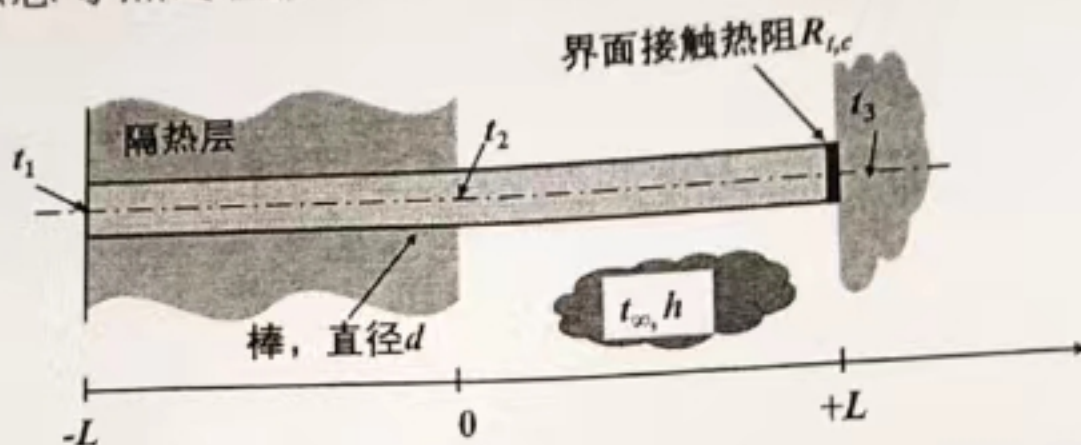
考试课程 热力学与传热学基础 期末考试

2021 年 1 月 5 日

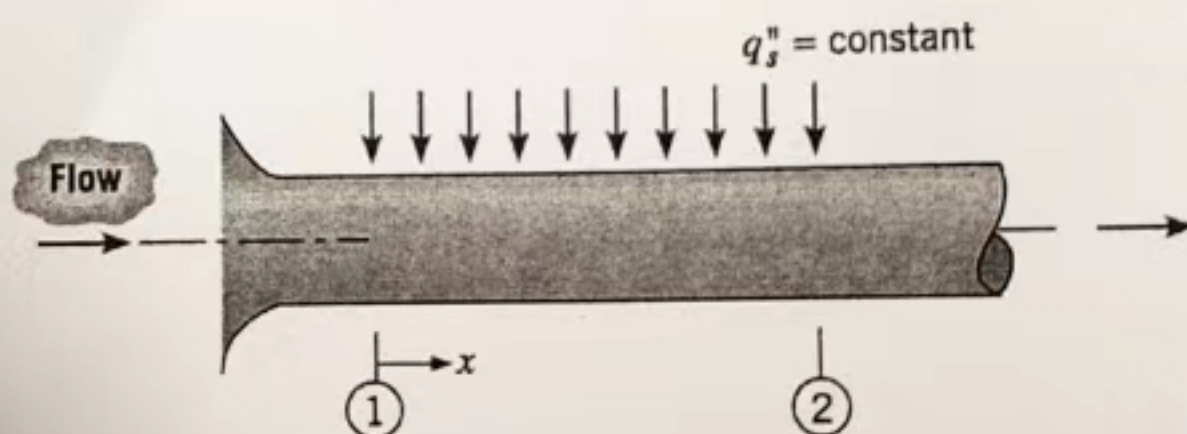
班级 姓名 学号

一、简要回答下列问题 (50 分)

1. 考虑一根直径为 d 的棒，其热导率为 λ ，长度为 $2L$ ($L > 10d$)，棒的 $-L \leq x \leq 0$ 区间处于理想绝热状态，剩下的 $0 < x \leq +L$ 之间的部分与流体之间进行对流 (t_∞, h)。棒的左端处于温度 t_1 ，另一端与温度为 t_3 的热沉之间有界面接触热阻 $R_{t,c}$ 。假定 $t_1 > t_3 > t_\infty$ ，在 $t-x$ 坐标系中画出稳态导热时温度分布的示意图并指出其主要特征。(10 分)



2. 考虑圆管内的流动过程，流体在加热段 (①和②之间) 受到恒热流 q_s'' 加热。



(1) 对于以下两种情况，画出壁面温度 $T_s(x)$ 和流体平均温度 $T_m(x)$ 沿着加热段 x 的变化趋势。对情况 A，从进口①开始，流体流动边界层和热边界层均已充分发展，对情况 B，边界层没有充分发展。(12 分)

(2) 假设两种情况的流量、热流 q_s'' 和入口平均温度 T_{m1} 均相同，则 A 和 B 两种情况对应的出口平均温度关系是大于，小于还是等于？简述理由。(8 分)

3. 简要画出大空间沸腾换热的沸腾曲线，简述大空间沸腾换热的主要过程与机理。并解释为什么当把一滴水滴到一块赤热的铁板上时，水滴会在板面上浮动，而且可以维持相当一段时间不被汽化掉。(12 分)

4. 什么是灰体？实际物体的辐射特性与灰体有什么区别？(8 分)

二、计算题 (50 分)

1. 在用稳态平板法测定固体材料导热系数的装置中, 试件做成圆形平板, 平行放置于冷、热两表面之间。已知试件直径 $d=150\text{ mm}$, 通过试件的热流量 $Q=60\text{ W}$, 热电偶测得热表面的温度 $t_1=180^\circ\text{C}$, 冷表面的温度 $t_2=30^\circ\text{C}$ 。检查发现, 由于安装不好, 试件和冷、热表面之间均存在相当于 0.1 mm 厚空气隙的接触热阻。试问: 如果不考虑接触热阻得到的试件导热系数有多大的误差? (10 分)

已知空气导热系数 $\lambda_{a1} = 0.0378\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $\lambda_{a2} = 0.0267\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

2. 将一个直径为 12 mm 的钢球加热到 1150 K , 然后慢慢冷却到 400 K 进行退火。冷却过程在周围的空气中进行, 空气温度 $T_\infty=325\text{ K}$ 、对流换热系数 $h=20\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$; 假设钢球的导热系数 $\lambda=40\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, 密度 $\rho=7800\text{ kg/m}^3$, 比热容 $c=600\text{ J/(K}\cdot\text{kg)}$ 。求冷却过程所需要的时间。(15 分)

3. (15 分) 如图 1 所示的三个黑表面, 其中圆面 A_1 相比面 A_2 或面 A_3 为小。圆柱体高 2 m , 直径 3 m 。

(1) 计算角系数 $X_{1,3}$;

(2) 若 A_1 为 0.05 m^2 , T_1 为 1000 K 和 T_3 为 500 K , 求由表面 A_1 至 A_3 的净辐射热交换。

(已知: 微圆面 dA_1 和与它平行、直径为 D 的圆面积 A_2 , 两者距离为 L 时, 微圆面 dA_1 与圆面积 A_2 的辐射角系数 $X_{dA_1,A_2} = \frac{D^2}{4L^2 + D^2}$)

4. (20 分) 如图 2 所示, 对一涡轮叶片采用速度 $u_1=160\text{ m/s}$ 的 1150°C 高温空气加热, 该叶片特征长度为 $L_1=40\text{ mm}$ 。为保持叶片表面温度为 800°C , 在叶片内部采用冷却剂进行冷却, 此时测得某点*处热流密度为 $q_1=95000\text{ W/m}^2$ 。求:

(1) 若增大冷却剂用量, 使得叶片表面温度维持在 700°C , *处点热流密度 $q_1'=?$

(2) 若 1150°C 高温空气以速度 $u_2=80\text{ m/s}$ 加热另一特征长度为 $L_2=80\text{ mm}$ 的叶片, 叶片表面温度被冷却剂冷却保持在 800°C 。此时*处点热流密度 $q_2=?$

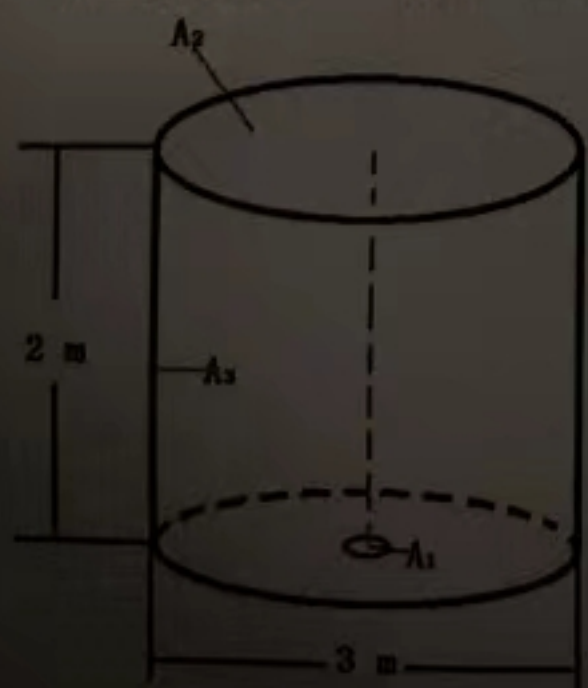


图 1. 题 3 示意图

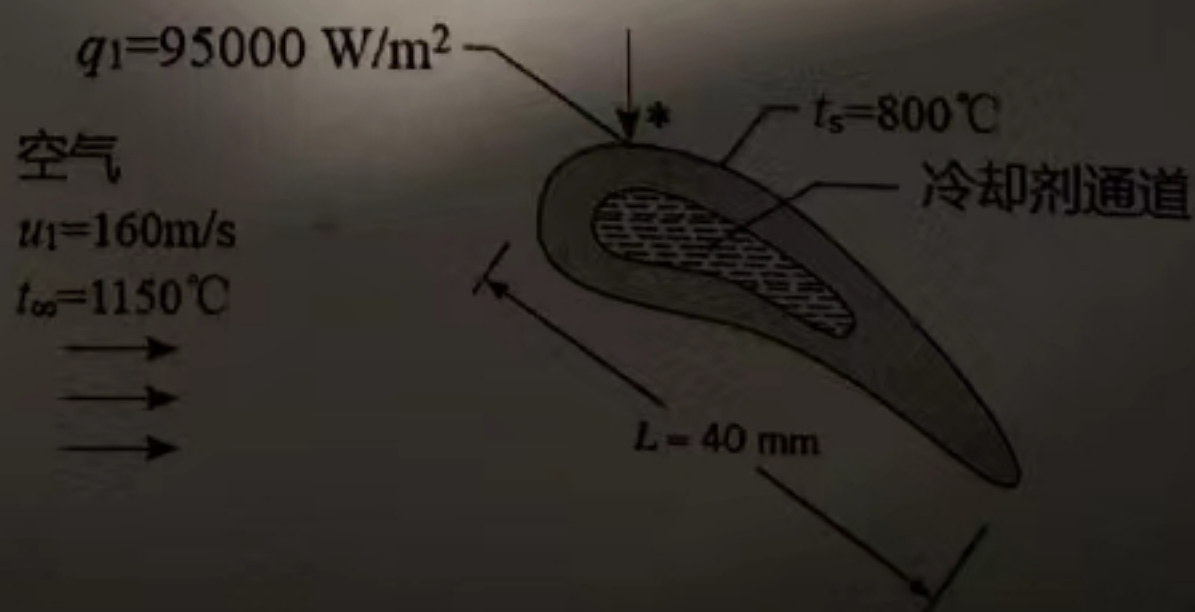


图 2. 题 4 示意图