

中国科学院大学
2020 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题
科目名称：热工基础

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
 2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上一律无效。
 3. 可以使用无字典存储和编程功能的电子计算器。
-

工程热力学

一、问答题（共 25 分，每小题 5 分）

- (1) “平衡态”和“均匀”有什么区别和联系？
- (2) 气体吸热后热力学能一定增加？气体压缩时一定消耗外功？请说明原因。
- (3) 实际气体在哪些情况下可以当作理想气体处理，为什么？
- (4) 熵增原理的意义何在？
- (5) 有一渐缩喷管，若进口前的滞止参数不变，背压从滞止压力逐渐下降到极低压力，问该喷管的出口压力、出口流速和流量将如何变化？

二、是非题（共 10 分，每小题 2 分，对的打“√”，错的打“×”）

- (1) 两条定熵线不能相交。
- (2) 熵增过程即为不可逆过程。
- (3) 工质从状态 1 到状态 2 经历了一个可逆吸热过程或一个不可逆吸热过程，后者的熵增必定大于前者的熵增。
- (4) 对气体加热，其温度一定升高。
- (5) 绝热过程必是定熵过程。

三、（共 10 分）容积为 200L 的容器，装有初始压力为 0.6MPa、初始温度为 35℃ 的氮气。容器上装有压力控制阀，当压力高于 0.8 MPa 时，容器自动打开放气以维持内部压力不超过 0.8MPa。当容器内的氮气被加热到温度为 350℃ 时，共加入了多少热量？（氮气视作理想气体）

四、(共 10 分) 初始压力为 1bar, 初始温度为 30°C 的空气在一管道中流动, 入口速度为 200m/s。若经某一绝热定熵过程达到流速为零的滞止状态, 求定熵滞止状态的温度和压力。已知空气的定压比热为 1 kJ/(kg·K)。

五、(共 10 分) 有人声称设计了一整套热设备, 可将 65°C 热水的 20% 变成 100°C 的高温水, 其余的 80% 将热量传给温度为 15°C 的大气后降到 15°C。已知水的定压比热为 4.18 kJ/(kg·K)。

(1) 请分析这种方案在热力学原理上是否能实现?

(2) 65°C 热水变成 100°C 高温水的极限比率为多少?

六、(共 10 分) 从热力学能源利用的角度, 比较以下两种太阳能利用方案的优劣。

(设两种情况实际接收的太阳能相等, 热机与热泵均理想可逆运行)

(1) 由太阳辐射获取 700°C 的恒温热源, 利用该热源直接供应 60°C 的热水;

(2) 利用太阳辐射获取 700°C 的恒温热源, 由其释放热量驱动一热机做功并将余热排入 60°C 的热水。热机所做的功同时又驱动一热泵, 将热量由 0°C 的环境输送给 60°C 的热水。

传热学

七、名词解释 (共 12 分, 每小题 4 分)

(1) 非稳态导热及其特点

(2) 导热系数和热扩散率

(3) 黑体和灰体

八、简答题 (共 18 分, 每小题 6 分)

(1) 利用温度计套管测量流体温度时如何提高精度?

(2) 写出贝克来数 Pe 、普朗特数 Pr 、雷诺数 Re 的定义式、物理意义以及三者之间的关系。

(3) 空气横掠垂直管束, 沿流动方向增加管排数时, 分析其换热效果如何变化。

九、(共 15 分) 设有一特征尺寸为 L 的任意形状的固态物体, 体积为 V , 表面积为 A , 初始温度为 T_0 。在初始 $t=0$ 时刻, 突然将它置于温度恒为 T_∞ 的流体中 ($T_0 > T_\infty$), 固体与流体间的表面换热系数为 h , 所有物性均恒定。

(1) 根据集总参数法的思想导出物体的过余温度 $\theta = T - T_\infty$ 遵循的关系式。已知 Bi 表示以 L 为特征尺度的毕渥数, Fo 表示傅立叶数。

(2) 假设该物体为直径 1cm 的某实心球, 其物性 $c=0.48\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; $\rho=7753\text{kg}/\text{m}^3$, $\lambda=33\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, $h=24\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。试计算其 Bi 数, 说明采用集总参数法分析的可行性, 计算物体过余温度降至初始过余温度的 50% 所需的时间。

十、(共 15 分) 一套管式换热器, 饱和蒸汽在内管中凝结, 使内管外壁温度保持在 100°C 。初温为 25°C , 质量流量为 2.0 kg/s 的水从套管换热器的环形空间中流过, 换热器外壳绝热良好。环形夹层内管外径为 40 mm , 外管内径为 60 mm , 试确定将水加热到 55°C 时所需的套管长度。已知湍流强制对流加热流体时, $Nu_f = 0.023Re_f^{0.8}Pr_f^{0.4}$; 40°C 水的物性, $\lambda_f=0.635\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, $Pr_f=4.31$, $\mu=653.3\times 10^{-6}\text{Pa}\cdot\text{s}$, $c_p=4174\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。

十一、(共 15 分) 如图, 热线风速仪的测速原理是利用流动的空气冷却电加热的金属丝, 金属丝的最终平衡温度的大小与经过其外表面的风速成一定的关系。如果金属丝的半径为 a , 密度为 ρ , 长度为 L , 电阻值为 R , 通过电流为 I , 比热为 c_p , 热导率为 λ , 其表面对流换热系数为 α , 表面黑度为 ε 。已知环境温度为 T_0 , 试分析:

- (1) 忽略金属丝内部的温差, 求金属丝瞬态温度的时间变化率 dT/dt ;
- (2) 假设金属丝两端的温度等于环境温度, 试建立金属丝三维稳态导热控制方程并列出其边界条件。

