

北京工业大学 2020——2021 学年第 1 学期

《工程热力学》期末考试试卷 A 卷

考试说明：考试时间：95 分钟；考试方式：闭卷；适用专业：建筑环境与能源应用工程

承诺：

本人已学习了《北京工业大学考场规则》和《北京工业大学学生违纪处分条例》，承诺在考试过程中自觉遵守有关规定，服从监考教师管理，诚信考试，做到不违纪、不作弊、不替考。若有违反，愿接受相应的处分。

承诺人： _____ **学号：** _____ **班号：** _____

.....
注：本试卷共 3 大题，共 8 页，满分 100 分，考试时必须使用卷后附加的统一答题纸和草稿纸。

卷面成绩汇总表（阅卷教师填写）

题号	一	二	三	总成绩
满分				
得分				

得分

一、是非题，对的划“√”，错的划“×”（共 10 小题，每题 2 分，共 20 分）

- 1、湿空气的露点温度一定小于湿球温度。（ × ）
- 2、实际过程都是不可逆的，所以熵不变的过程是不可能发生的。（ × ）
- 3、当热力过程的初、终状态确定时，热量和功量就可以确定。（ × ）
- 4、水蒸气在定温过程前后温度不变（ $\Delta T=0$ ），则其热力学能也不变（ $\Delta u=0$ ）。
（ × ）
- 5、使用渐缩喷管无法使气流达到音速。（ × ）
- 6、混合气体的热力学能是温度的单值函数。（ × ）
- 7、可逆过程一定是准静态过程，但准静态过程不一定是可逆过程。（ √ ）
- 8、只要室外大气未达到 0°C ，凉在室外的湿衣服不会结冰。（ × ）

资料由公众号【工大喵】收集整理并免费分享

9、实际气体的压缩因子可以等于 1。(√)

10、系统向外界放出热量，其温度一定降低。(×)

得 分

二、简答题 (共 7 小题, 每题 5 分, 共 35 分)

1、某远洋货船真空造水设备的真空度为 0.0917MPa, 当地大气压力为 0.1013MPa, 当航行至另一海域, 其真空度变为 0.0874 MPa, 而当地大气压力变为 0.097 MPa。试问该真空造水设备的绝对压力有无变化, 为什么?

答: 无变化。因为 A 地和 B 地的造水设备绝对压力相等。 $p_A = p_{b,A} - p_{v,A} = 0.1013 - 0.0917 = 0.0096 \text{ MPa}$, $p_B = p_{b,B} - p_{v,B} = 0.097 - 0.0874 = 0.0096 \text{ MPa}$

2、铁棒一端浸入冰水混合物中, 另一端浸入沸水中, 经过一段时间, 铁棒各点温度保持稳定, 试问: 铁棒是否处于平衡状态? 为什么?

答: 否。此过程为稳态导热过程, 内部温度不均匀, 所以铁棒处于稳定的非平衡状态。

3、什么是制冷系数和制热系数，写出相应的表达式。

(1) 制冷系数指制冷量与电耗量之比， $\varepsilon = \frac{q_2}{w}$

(2) 制热系数指制热量与电耗量之比， $\varepsilon' = \frac{q_1}{w}$

4、水的汽化潜热是否是常数？如果是常数，其值为多少？如果不是常数，随温度有什么变化规律？

答：水的汽化潜热不是常数。随着温度的提高，汽化潜热逐渐缩小，达到临界温度时汽化潜热等于零。

5、试说明什么是第一代永动机和第二代永动机，它们与热力学定律有什么关系？

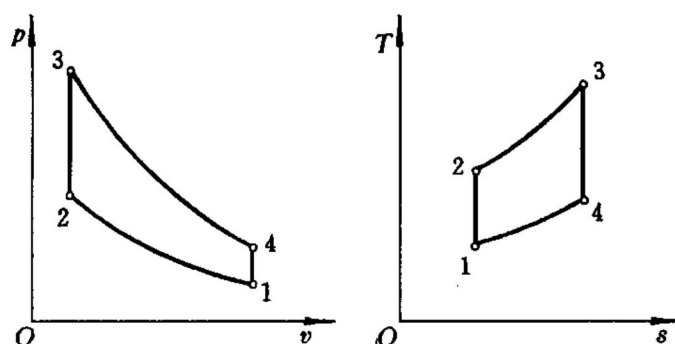
答：第一类永动机指的是：没有持续热量的输入，系统就可以作功。与热力学第一定律矛盾。
第二类永动机指的是：单一热源的热量可以完全变成功。与热力学第二定律矛盾。

6、系统熵变、熵产和熵流三者之间的关系如何？三者的物理含义是什么。

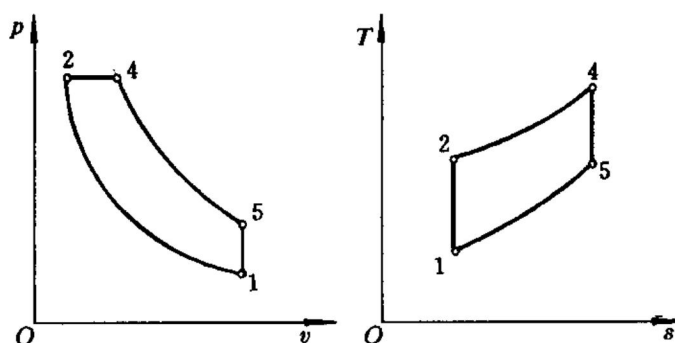
答：在一个热力系统中，熵的变化可分为熵流和熵产。熵流 ds_f 可正、可负、可为零；熵产 ds_g 只能为正，或为零。熵流表明系统与外界换热（无论可逆与否）引起的系统熵变，系统吸热为正，放热为负，过程绝热为零。熵产是不可逆因素造成的系统熵的增加，即不可逆性对系统熵变的“贡献”，熵产只能是正值，极限情况（可逆过程）为零。

7、简述内燃机定容加热过程或者定压加热过程的工作原理，并在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上画出循环的各个过程。

(1) 定容加热循环：由绝热压缩过程 1-2、定容加热过程 2-3、绝热膨胀过程 3-4 以及定容加热过程 4-1 四个可逆过程构成的活塞内燃机理想循环，也称奥托循环。该循环的主要特征在于加热过程为定容过程。



(2) 定压加热循环：由绝热压缩过程 1-2、定压加热过程 2-3、绝热膨胀过程 3-4 以及定容加热过程 4-1 四个可逆过程构成的活塞内燃机理想循环，也称狄塞尔循环。该循环的主要特征在于加热过程为定压过程。



得分

三、计算题 (共 3 小题, 每题 15 分, 共 45 分)

1、(15 分) 空气在刚性容器内被可逆压缩, 压缩前压力为 0.1MPa, 温度为 300K, 压缩后压力为 0.8MPa, 如果压缩分别经定温、绝热和 $n=1.2$ 的多变过程, 试求三种压缩过程中每 kg 空气压缩所耗的技术功、压缩后温度及熵变, 并在 $T-s$ 图上表示三个过程。设空气 $\kappa=1.4$, $c_p=1.004 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。

解: (1) 求各点参数

$$\text{点 } 1: p_1 = 0.1 \text{ MPa}, \quad T_1 = 300 \text{ K}, \quad v_1 = \frac{R_g T_1}{p_1} = 0.86 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{点 } 2_T: p_2 = 0.8 \text{ MPa}, \quad T_2 = T_1 = 300 \text{ K}, \quad v_2 = \frac{R_g T_2}{p_2} = 0.11 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{点 } 2_s: p_2 = 0.8 \text{ MPa}, \quad T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 543 \text{ K}, \quad v_2 = \frac{R_g T_2}{p_2} = 0.20 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{点 } 2_n: p_2 = 0.8 \text{ MPa}, \quad T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 424 \text{ K}, \quad v_2 = \frac{R_g T_2}{p_2} = 0.15 \text{ m}^3/\text{kg}$$

(2) 求技术功

$$w_{sT} = - \int_1^{2_T} v dp = RT_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = -179 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{ss} = h_1 - h_2 = \frac{\kappa R}{\kappa - 1} (T_1 - T_2) = -244 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{sn} = - \int_1^{2_n} v dp = \frac{nR}{n-1} (T_1 - T_2) = -213 \text{ kJ/kg}$$

(3) 求熵变

$$\Delta S_{12_T} = -R \ln \frac{p_2}{p_1} = -596 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$$

$$\Delta S_{12_s} = 0$$



资料由公众号【工大喵】收集整理并免费分享

$$\Delta S_{12_n} = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1} = -251 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

2、(15 分) 1kg 空气进行不可逆绝热压缩,由 $p_1=0.1\text{MPa}$, $T_1=300\text{K}$ 增加到 0.3MPa 。不可逆压缩过程所消耗的功是可逆过程的 1.1 倍,试求压缩终了时的温度及空气熵的变化。(已知空气的气体常数为 $287\text{J/(kg} \cdot \text{K)}$, 比热比 $\kappa=1.4$)

解: 进行可逆过程时 $T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 300 \times (3)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 410\text{K}$

$$w = -\Delta u = -\frac{Rg}{\kappa-1} (T_2 - T_1) = -\frac{287}{0.4} (410 - 300) = -78.925 \text{ kJ/kg}$$

进行不可逆过程时 $w' = 1.1w = -86.8175 \text{ kJ/kg}$

$q=0=\Delta u+w$, 则 $\Delta u = -w' = 86.8175 \text{ kJ/kg} = c_v(T_2' - T_1)$

$$\text{故 } T_2' = \frac{\Delta u}{c_v} + T_1 = \frac{\Delta u}{Rg} (\kappa - 1) + T_1 = \frac{86.8175}{0.287} \times 0.4 + 300 = 421\text{K}$$

$$\Delta s = c_p \ln \frac{T_2'}{T_1} - Rg \ln \frac{p_2}{p_1} = 1004 \times \ln \frac{421}{300} - 287 \ln 3 = 24.9 \text{ J/kgK}$$

3、(15 分) 渐缩喷管进口空气的压力 $p_1=2.5\text{MPa}$, 温度 $t_1=80^\circ\text{C}$, 流速 $c_1=50\text{m/s}$, 喷管背压 $p_b=1.5\text{MPa}$ 。(1) 求喷管出口的气流速度 c_2 , 状态参数 v_2 及 T_2 。如喷管出口截面积 $f_2=1\text{cm}^2$, 求质量流量;(2) 如果喷管的背压变成 $p_b=0.1\text{MPa}$, 求此时渐缩喷管出口流速及质量流量各为多少?(空气为双原子气体, 空气的气体常数为 $287\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, $\kappa=1.4$, 临界压力比为 0.528 , $c_p=1.004\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。)

$$\text{解: (1) 滞止压力 } T_0 = T_1 + \frac{c_1^2}{2c_p} = (273+80) + \frac{50^2}{2 \times 1004} = 354.24\text{K}$$

$$\text{滞止压力 } p_0 = p_1 \left(\frac{T_0}{T_1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 2.5 \times \left(\frac{354.24}{353} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}} = 2.53\text{MPa}$$

$$p_c = \beta p_0 = 0.528 \times 2.5 = 1.336\text{MPa} < p_b = 1.5\text{MPa}$$

所以渐缩喷管出口压力 $p_2 = p_b = 1.5\text{MPa}$

$$\text{出口流速 } c_2 = \sqrt{2 \frac{\kappa}{\kappa-1} R_g T_0 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} = 314.22\text{m/s}$$

$$T_2 = T_0 \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 305\text{K}$$

$$v_2 = \frac{R_g T_2}{p_2} = 0.058356\text{m}^3/\text{kg}$$

$$(2) p_c = \beta p_0 = 0.528 \times 2.5 = 1.336\text{MPa} > p_b = 0.1\text{MPa}$$

所以渐缩喷管出口压力 $p_2 = p_c = \beta p_0 = 0.528 \times 2.5 = 1.336\text{MPa}$

$$\text{出口流速 } c_2 = \sqrt{2 \frac{\kappa}{\kappa-1} R_g T_0 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} = 344.53\text{ m/s}$$

$$T_2 = T_0 \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 295.155\text{K}$$

$$v_2 = \frac{R_g T_2}{p_2} = 0.063405\text{m}^3/\text{kg}$$

资料由公众号【工大喵】收集整理并免费分享

$$\text{质量流量 } q_m = \frac{c_2 \cdot f}{v_2} = \frac{344.53 \times 1 \times 10^{-4}}{0.063405} = 0.543 \text{ kg / s}$$