

北京工业大学 2019——2020 学年第 1 学期

《工程热力学》期末考试试卷 A 卷答案

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）

- 孤立系统一定是闭口绝热系统，反之，闭口绝热系统一定是孤立系统。
(×)
- 单位千克物体的定压比热大于定容比热，它们的关系满足迈耶公式。(×)
- 气体膨胀时一定对外做功，气体压缩时一定消耗外功。(×)
- 两种理想气体在刚性闭口系统中进行绝热混合，混合后气体的热力学能与混合前相等，但混合后的熵与混合前不等。(√)
- 湿饱和蒸汽的压力与温度一一对应，因此已知湿饱和蒸汽的压力或温度，就可以确定湿饱和蒸汽的状态。(×)

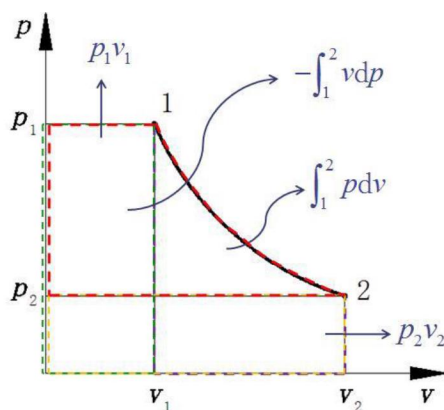
- 6、任何可逆循环的热效率都相等。（×）
- 7、在同一地区，雨天的大气压力比晴天的大气压力低。（√）
- 8、压缩过程需要消耗功，内燃机在燃烧过程前不需要压缩过程。（×）
- 9、干球温度总是大于湿球温度。（×）
- 10、系统熵减少的过程，是放热过程。（×）

得分

二、简答题（共 7 小题，每题 5 分,共 35 分）

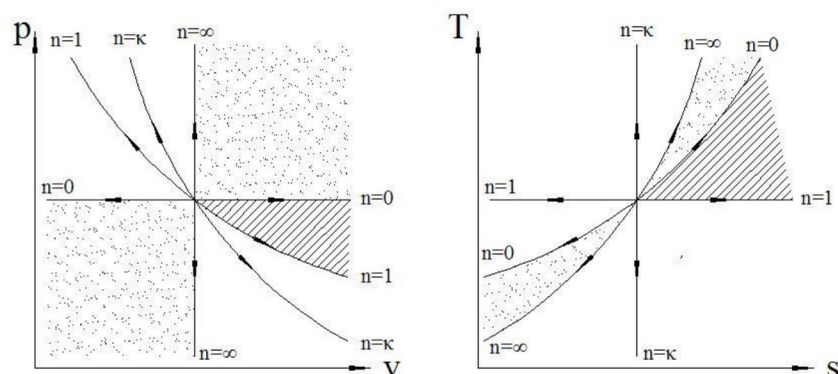
1、简述容积变化功、技术功和流动功之间的关系。

答：容积变化功是指直接由系统容积变化与外界间发生作用而传递的功。技术功是工程中可直接利用的机械能，包括轴功、宏观动能和宏观势能。轴功是指通过旋转轴输出的功。流动功是指开口系统进、出口截面上为推动工质进、出系统所传递的功。稳定流动过程中开口系统的技术功是体积功和流动功的差值。稳定流动过程中开口系统的轴功是工质的容积变化功，在扣除了净推动功以及增加的流动动能、重力位能之后，通过边界输出的功。



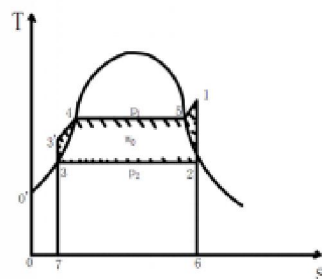
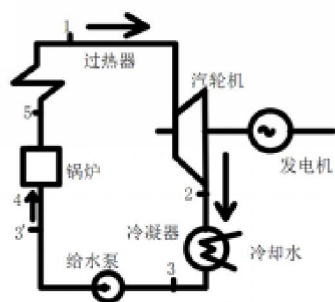
资料由公众号【工大喵】收集整理并免费分享

2、在p-v图和T-s图上画出工质吸热、膨胀同时温度升高的热力过程，并指明过程指数n的范围。



3、简述朗肯循环的工作原理，在T-s图上画出循环的各个过程，并写出热效率的表达式。

答：朗肯循环一般有二个等熵过程、二个等压过程。吸热过程、放热过程为等压过程，膨胀过程为等熵过程。装置由锅炉、过热器、汽轮机、冷凝器、循环水泵组成。饱和水通过锅炉和过热器，变成了过热蒸汽，过热蒸汽通过汽轮机做功，变成低温低压的水蒸汽，然后在冷凝器中放热，变成饱和水，饱和水经过水泵，提高压力。



4、简述湿空气的焓，并写出函数表达式。

答：湿空气的焓是 1kg 干空气的焓和 0.001dkg 水蒸汽的焓的总和。

$$h = h_a + 0.001dh_v$$

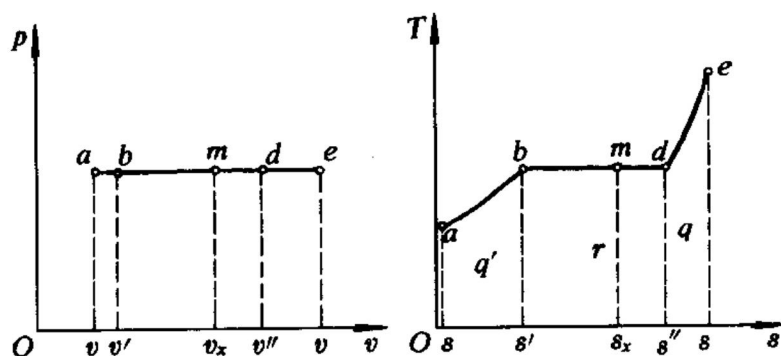
5、简述水蒸气定压加热过程，并在 $p-v$ 图或 $T-s$ 图上画出过程线。

答：当水的初始状态 a 时的压力为 p ，如初始温度低于初始压力 p 所对应的饱和温度，故水处于未饱和水状态。以此为起点，水蒸气定压发生过程主要包括三个阶段：

(1) 预热段：当水受热时，水温升高，比体积略有增加，直到水温升高到压力 p 对应的饱和温度时，全部水变成饱和水；

(2) 气化段：当水继续受热时，水开始气化，逐渐由饱和水转变成饱和水蒸气，未汽化水仍保持饱和水状态。汽化过程中饱和水和水蒸气的温度和压力均保持不变，但两者混合物的比体积快速增加。当饱和水全部转变为饱和水蒸气时即达到干饱和水蒸气状态。该阶段即是定压加热过程，也是定温加热过程。

(3) 过热段：干饱和水蒸气继续加热，水蒸气温度、比体积上升并高于饱和水蒸气的温度和比体积。过热水蒸气的温度与同压力下的饱和温度之差成为水蒸气的过热度。



6、简述制冷系数和制热系数的概念，并分别写出公式表达式。

$$\varepsilon = \frac{\text{制冷量}}{\text{所耗功量}} = \frac{q_2}{w};$$

$$\varepsilon' = \frac{\text{制热量}}{\text{所耗功量}} = \frac{q_1}{w};$$

7、一热机工作在 1000K 和 300K 之间,从高温热源吸热 2000kJ,(1)对外做功 1200 kJ, (2) 对外做功 1500 kJ, 判断这两种情况是否可能。

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{1000} = 70\%;$$

$$\eta_1 = \frac{w}{q_1} = \frac{1200}{2000} = 60\% < \eta_c, \text{可能};$$

$$\eta_2 = \frac{w}{q_1} = \frac{1500}{2000} = 75\% > \eta_c, \text{不可能}。$$

得 分

三、计算题 (共 3 小题, 每题 15 分, 共 45 分)

1、(15 分) 1kg 的空气从初状态 1 ($p_1=0.6\text{MPa}$, $t_1=300^\circ\text{C}$) 定熵膨胀到状态 2, 且 $v_2=3v_1$, 空气由状态 2 继续被定温压缩, 直到 $v_3=v_1$ 。(空气为理想气体, $R_g=0.287\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$)。求: (1) 在 $p-v$ 图上画出热力过程; (2) 1、2、3 点的参数 (p 、 v 、 T); (3) 气体所做的总功; (4) 热力学能 u_{13} 。

解: (2) $p_1=0.6\text{MPa}$, $T_1=573\text{K}$, $v_1=RT_1/p_1=0.27\text{m}^3/\text{kg}$;

$$v_2=3v_1=0.82\text{m}^3/\text{kg};$$

$$p_2 = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{1.4} \times p_1 = \left(\frac{1}{3}\right)^{1.4} \times 0.6 = 0.13\text{MPa}, T_2=p_2v_2/R=369\text{K};$$

$$v_2=v_1=0.27\text{m}^3/\text{kg}, T_3=T_2=369\text{K}, p_3=RT_2/v_3=0.39\text{MPa}.$$

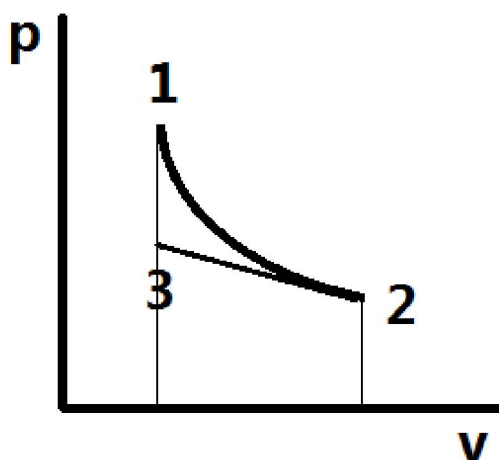
$$(3) w_{13}=w_{12}+w_{23}$$

$$w_{12}=u_1-u_2=c_v(T_1-T_2)=146.37\text{kJ/kg}$$

$$w_{23}=-RT_2\ln(p_3/p_2)=-116.35\text{kJ/kg}$$

$$w_{13}=w_{12}+w_{23}=30.02\text{kJ/kg}$$

$$(4) u_{13}=u_3-u_1=c_v(T_3-T_1)=146.37\text{kJ/kg}$$



资料由公众号【工大喵】收集整理并免费分享

2、(15 分) 1kg 的空气在气轮机中绝热膨胀并对外做功 $W=398\text{kJ/kg}$ (不可逆过程), 已知汽轮机入口空气参数为: $P_1=600\text{kPa}$, $t_1=800^\circ\text{C}$, 汽轮机出口空气压力为 $P_2=100\text{kPa}$ 。设空气为定比热理想气体, $C_p=1.01\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 忽略进出口宏观动能和位能变化。求: (1) 汽轮机出口空气的温度 t_2 ; (2) 空气的熵变; (3) 若环境大气温度 $T_0=300\text{K}$, 这一绝热膨胀过程的做功能力损失。

解: (1) $q=c_v(t_2-t_1)+w$;

$$q=0;$$

$$t_2=t_1-w/c_v=245^\circ\text{C};$$

$$(2) \Delta s_{\text{空气}}=c_p \ln(T_2/T_1)-R \ln(p_2/p_1)=0.21\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$$

$$(3) \Delta s_{\text{iso}}=\Delta s_{\text{空气}}+\Delta s_{\text{设备}}=\Delta s_{\text{空气}}$$

$$(4) \pi=T_0 \times \Delta s_{\text{iso}}=63\text{kJ}/\text{kg}$$

3、(15 分) 搭建一试验台可以对渐缩喷管的性能进行研究, 喷管的入口参数可以调节, 喷管外大气压力保持不变 $P_b=100\text{kPa}$, 喷管出口截面面积为 68cm^2 , 空气气体常数 $R_g=0.287\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$, 临界压力比为 0.528, $\kappa=1.4$ 。求:

(1) 当入口参数为 $P_1=500\text{kPa}$ 、 $t_1=43^\circ\text{C}$ 时, 喷管的空气流量 q_m 是多少?

(2) 当入口参数为 $P_1=150\text{kPa}$ 、 $t_1=43^\circ\text{C}$ 时, 喷管的空气流量 q_m 是多少?

解: (1) $p_1=500\text{kPa}$ 、 $t_1=43^\circ\text{C}$ 时, 此时 $p_c=264\text{kPa}>p_b=100\text{kPa}$,

所以: $p_2=264\text{kPa}$

$$c_2 = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} = 331\text{m/s}, T_2 = T_1 \times \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 267\text{K}$$

$$v_2 = \frac{RT_2}{p_2} = 0.29\text{m}^3/\text{kg}, \quad q_m = \frac{c_2 f_2}{v_2} = 7.75\text{kg/s}$$

(2) $p_1=150\text{kPa}$ 、 $t_1=43^\circ\text{C}$ 时, 此时 $p_c=79\text{kPa}<p_b=100\text{kPa}$,

所以: $p_2=100\text{kPa}$

$$c_2 = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} = 266\text{m/s}, T_2 = T_1 \times \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 285\text{K}$$

$$v_2 = \frac{RT_2}{p_2} = 0.82\text{m}^3/\text{kg}, \quad q_m = \frac{c_2 f_2}{v_2} = 2.21\text{kg/s}$$