

清华大学本科生考试试题专用纸

考试课程 热力学和传热学基础 期中考试 2021 年 11 月 14 日

班级_____ 姓名_____ 学号_____

一、简要回答下列问题（48 分）

1. （9 分）经典工程热力学也叫可逆热力学，可逆的本质是什么？热力学主要用哪个参数来描述一个过程是可逆还是不可逆？实际的过程都是不可逆的，而工程热力学主要研究可逆过程，你对此有什么看法？
2. （8 分）请简述容积变化功、轴功、技术功和推进功的含义和相互关系。
3. （6 分）某人声称使用新式热力循环和高技术开发出一种新型节能冷柜，在 30°C 室温下，制冷温度为 -40°C 时，制冷系数可以达到 4，请你从热力学角度判断该冷柜是否可能实现？
4. （10 分）请分别在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上画出理想气体等压线、等温线、等熵线和等容线。并在图上标记出满足下列要求的多变过程：(a) 工质升压，升温，且放热；(b) 工质膨胀，降温，且放热。
5. （9 分）在水的 $T-s$ 图上画出朗肯循环过程示意图，并说明水在朗肯循环中依次经历了哪些热力过程。试列举一种提高朗肯循环热效率的方法，并在图上表示出来。

和等容线。并在图上标记出满足下列要求的多变过程：(a) 工质升压，升温，且放热；(b) 工质膨胀，降温，且放热。

5. (9 分) 在水的 $T-s$ 图上画出朗肯循环过程示意图，并说明水在朗肯循环中依次经历了哪些热力过程。试列举一种提高朗肯循环热效率的方法，并在图上表示出来。
6. (6 分) 试用热力学第二定律证明：在 $p-v$ 图上，两条可逆绝热线不可能相交。(提示：可在 $p-v$ 图上做辅助线，采用反证法证明；也可采用其他方法)

二、计算题 (52 分)

7. (18 分) 某人声称已设计成功一种热工设备, 不消耗外功, 可将 65°C 的热水中的 20% 提高到 100°C , 而其余的 80% 降到环境温度 15°C 。

(a) 若水的总质量为 m , 比热容为 c , 试计算上述设备与环境的总换热量 Q 。

(b) 从热力学第二定律分析此设备是否可能?

(c) 若仅从热力学第二定律角度考虑系统可实现性, 则在理想条件下, 65°C 的热水中, 最多百分之多少能变成 100°C 的水?

(提示: 质量为 m 、比热容为 c 的液态水, 温度从 T 变化为 $T+dT$, 其熵变为 $ds = mc \frac{dT}{T}$)

8. (19 分) 已知某循环以空气为工质, 由下列三个可逆过程组成: 状态 1 ($T_1=300\text{ K}$, $v_1=0.861\text{ m}^3/\text{kg}$) 经定温压缩升压到状态 2 ($p_2=400\text{ kPa}$), 接着定压膨胀到状态 3, 然后定容降压回到状态 1, 工质流量 $q=10\text{ kg/s}$ 。已知空气可视为理想气体, 气体常数 $R=287\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, 比热比 $k=1.4$, 定容比热容 $c_v=717.5\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。(提示: 对于理想气体, $du = c_v dT$, $k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_v + R}{c_v}$)

(a) 将状态 1、2、3 及该循环画在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上, 并表示出循环方向;

(b) 计算循环热效率;

(c) 计算循环输出的功率 (单位: kW)。

9. (15 分) 已知某汽轮机进口参数: $p_1=4.0\text{ MPa}$, $t_1=450^{\circ}\text{C}$;

出口参数: $p_2=5\text{ kPa}$; 大气温度: $T_0=298\text{ K}$ 。

(a) 理想状态下, 汽轮机中的热力过程视为可逆, 求出口蒸汽干度 x_2 ;

(b) 实际汽轮机中的热力过程为不可逆。定义:

$$\text{汽轮机相对热效率} = \frac{\text{实际进出口焓降}}{\text{理想进出口焓降}}$$

若实际出口蒸汽干度为 $x_2'=0.9$, 求汽轮机相对热效率和做工能力损失。

8. (19 分) 已知某循环以空气为工质, 由下列三个可逆过程组成: 状态 1 ($T_1=300$ K, $v_1=0.861$ m³/kg) 经定温压缩升压到状态 2 ($p_2=400$ kPa), 接着定压膨胀到状态 3, 然后定容降压回到状态 1, 工质流量 $q=10$ kg/s。已知空气可视为理想气体, 气体常数 $R=287$ J/(kg · K), 比热比 $k=1.4$, 定容比热容 $c_v=717.5$ J/(kg · K)。(提示: 对于理想气体, $du = c_v dT$, $k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_v + R}{c_v}$)

- (a) 将状态 1、2、3 及该循环画在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上, 并表示出循环方向;
- (b) 计算循环热效率;
- (c) 计算循环输出的功率 (单位: kW)。

9. (15 分) 已知某汽轮机进口参数: $p_1=4.0$ MPa, $t_1=450^\circ\text{C}$;

出口参数: $p_2=5$ kPa; 大气温度: $T_0=298$ K。

- (a) 理想状态下, 汽轮机中的热力过程视为可逆, 求出口蒸汽干度 x_2 ;
- (b) 实际汽轮机中的热力过程为不可逆。定义:

$$\text{汽轮机相对热效率} = \frac{\text{实际进出口焓降}}{\text{理想进出口焓降}}$$

若实际出口蒸汽干度为 $x_2'=0.9$, 求汽轮机相对热效率和做工能力损失。

(提示: 孤立系做功能力损失 $\Pi = T_0 \Delta S_{\text{iso}}$, T_0 为环境温度, ΔS_{iso} 为体系熵变)

已知水的热力学性质如下:

压力 (MPa)	温度 ($^\circ\text{C}$)	比焓 (kJ/kg)		比熵 (kJ/(kg · K))	
0.005	32.874	饱和水	饱和蒸汽	饱和水	饱和蒸汽
		137.75	2560.7	0.4762	8.3938
4.0	450	3331.2		6.9386	