

机械与动力工程学院统考硕士大纲

考试科目	热工学
考试形式	闭卷考试，3 小时，满分 150 分
考试 内容 范围	<p style="text-align: center;">工程热力学部分</p> <p>一 基本概念</p> <p>1. 系统： 系统、外界、边界；开口系（控制容积）、闭口系（控制质量）；绝热系；孤立系；简单可压缩系。</p> <p>2. 平衡状态和状态参数： 平衡状态、平衡状态的充要条件；平衡与稳定；状态参数，系统两状态相同的判定；状态参数的特征；强度量与广延量；状态参数图与平衡状态。</p> <p>3. 温度和压力： 温度的物理概念；热力学温标、国际摄氏温标与热力学温标的关系、压力、压力的单位、系统绝对压力、表压力、真空度。</p> <p>4. 状态方程 理想气体的状态方程、气体常数、通用气体常数；范德瓦尔方程、维里方程。</p> <p>5. 准静态过程和可逆过程： 准静态过程、可逆过程；可逆过程与准静态过程关系；可逆过程和准静态过程在状态参数图上的表示。</p> <p>6. 循环： 循环、循环特性、正向循环（动力循环）、逆向循环（制冷循环和热泵循环）；可逆循环；循环的经济性指标。</p> <p>7. 功和热量： 功和热量的定义、特征；可逆过程中的容积变化功（膨胀功或压缩功）及在压容图中的表示；可逆过程的热量及在温熵图中的表示。</p> <p>二 气体的性质</p> <p>1. 理想气体及其混合气的性质： 理想气体、标准状态理想气体的摩尔体积；气体的比热容、理想气体的比定压热容与比定容热容；理想气体比热容比（理想气体的比热容比等于绝热指数）；迈耶公式；理想气体的比定压热容恒大于比定容热容。理想气体的热力学能（亦称内能）与焓、任意过程的热力学能及焓的变化量；理想气体熵变的定义、计算式。 理想气体混合气体、折合分子量、折合气体常数； 质量分数、摩尔分数、体积分数及相互关系；折合分子量和折合气体常数计算。理想气体混合气的分压力定律和分体积定律；利用摩尔分数计算分压力。混合气体的比热容、热力学能、焓及混合气过程的熵变计算式。</p> <p>2. 水和蒸汽的性质： 饱和状态、饱和状态的温度和压力一一对应、克拉贝隆—克劳修斯方程；水定压汽化过程的压容图和温熵图；临界点、饱和液线、饱和干蒸汽线、未饱和液区、湿蒸汽区和过热区、过冷液、饱和液、湿饱和蒸汽、干饱和蒸汽和过热蒸汽；干度、湿饱和蒸气比体积、热力学能、焓及熵的计算；汽化潜热。</p>

3. **湿空气**：湿空气、水蒸气的分压力及干空气分压力；饱和湿空气、湿空气的吸湿能力、使空气达到饱和的途径；绝对湿度、相对湿度、含湿量；湿空气的焓和焓—湿图。

三 气体的热力过程

1. **理想气体的基本热力过程**：多变过程、定压过程、定温过程、定熵过程（可逆绝热过程）、定容过程及过程方程、在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上的表示；理想气体多变过程中热力学能、焓及熵变计算；多变过程中气体的比热容；多变过程中的容积变化功、多变过程中的技术功、多变过程的热量； $p-v$ 图及 $T-s$ 图各参数的变化规律。

2. **水蒸气的基本热力过程**：水蒸气定压过程的热量、水蒸气绝热过程的功、水蒸气定容过程压力和干度变化规律；水蒸气的节流。

3. **湿空气的热力过程**：湿空气加热过程、冷却去湿过程、绝热增湿过程、绝热混合过程、干燥过程的参数、热量和析水量；湿空气节流。

四 热力学基本定律

1. **膨胀功、技术功和流动功**：可逆过程的容积变化功；技术功、技术功的计算及在 $p-v$ 图上表示；内部功、轴功；推动功、流动功。

2. **热力学第一定律的实质及数学表达式**：热力学第一定律基本表述和一般表达式；闭口系第一定律的解析式及在过程、循环和孤立系中的应用；稳流开系第一定律表达式。

3. **热力学第二定律的基本表述**：克劳斯修表述、开尔文表述、孤立系统熵增

4. **卡诺循环和卡诺定理**：卡诺循环的组成、卡诺循环的热效率、卡诺制冷循环的制冷系数和卡诺热泵循环的供暖系数；卡诺定理及其推论。

5. **平均吸（放）热温度和多热源热机的热效率**：系统在可逆过程中的平均吸（放）热温度、多热源可逆循环的热效率和概括性卡诺循环（如斯特林循环）的热效率。

6. **克劳修斯积分和热力学第二定律的数学表达式**：克劳修斯积分不等式和积分等式、热力学第二定律的数学表达式、孤立系统的熵增原理及过程进行判据。

7. **熵和熵方程**：熵的定义、不可逆过程熵变的计算；熵流、熵产；一般开系熵方程、闭口系熵方程、稳态稳流系统熵方程。

8. **作功能力损失与熵产**：热量的可用能、闭口系的作功能力、稳流开系的作功能力、系统作功能力损失和熵产。

五 气体的流动与压缩

1. **喷管内气体的流动**：气体在喷管（或扩压管）内流速变化的压力条件和几何条件；滞止过程、滞止参数；音速、马赫数；临界截面、临界压力、临界温度、临界压力比；喷管内流速和流量分析及计算、背压和背压对收缩喷管及缩放喷管的流速和流量的影响；气体在扩压管中流动；速度系数和能量损失系数及气体在喷管内不可逆流动。

2. **绝热节流**：绝热节流的特征、气体的焦耳—汤姆逊系数、转回温度和转回曲线。

3. 压气机的热力过程：压气机分类和特征；单级活塞式压气机的理论耗功；余隙容积、余隙容积比、容积效率、余隙容积对压气机理论耗功的影响；多级压缩级间冷却及各级的增压比、多级压缩级间冷却耗功计算、活塞式压气机定温效率；叶轮式压气机绝热效率及压气机所需的功。

六 热力循环

1. 循环分析的目的和方法：循环分析的目的和方法；第一定律分析法、第二定律分析法；空气标准假设。

2. 活塞式内燃机循环：活塞式内燃机混合加热理想循环（又称萨巴德循环）构成、循环的特性参数及特性点参数计算；循环热效率及特性参数对热效率的影响分析；活塞式内燃机定压加热理想循环（又称狄塞尔循环）构成、循环的特性参数及特性点参数计算；循环热效率及特性参数对热效率的影响分析；活塞式内燃机定容加热理想循环（又称奥托循环）构成、循环的特性参数及特性点参数计算；循环热效率及特性参数对热效率的影响分析；活塞式内燃机各种理想循环的热力学比较。

3. 燃气轮机装置循环：燃气轮机装置定压加热的理想循环（又称布雷顿循环）的构成、循环增压比、循环增温比、装置热效率计算及分析；燃气轮机装置定压加热的实际循环、压气机绝热效率、燃气轮机的相对内效率、循环内部热效率；回热和回热度；回热的基础上分级压缩、中间冷却和分级膨胀、中间再热。

4. 蒸汽动力装置循环：基本蒸汽动力循环—朗肯循环构成、压容图和温熵图、利用图或表确定各状态点参数、朗肯循环的热效率；蒸汽参数对热效率影响的分析；有摩擦的实际循环、汽轮机的相对内效率、循环内部热效率；理想耗汽率、内部功耗汽率、有效功耗汽率；再热循环构成、压容图和温熵图、利用图或表确定各状态点参数、循环的热效率和分析；抽汽回热循环构成、压容图和温熵图、抽汽量、利用图或表确定各状态点参数、循环的热效率和分析。

5. 制冷装置循环：逆向卡诺循环；制冷量；压缩空气制冷循环构成及温熵图、制冷系数、制冷量与循环增压比关系；回热式压缩空气制冷循环；压缩蒸汽制冷循环构成、温熵图和压焓图、利用图或表确定各状态点参数、制冷系数；制冷剂性质；热泵循环的一般概念。

七 热力学一般关系式及实际气体性质

1. 热力学参数的定义、物理意义及其相互关系：亥姆霍兹函数、吉布斯函数、定压膨胀系数、等温压缩率、温度压力系数。

2. 热力学一般关系式：吉布斯方程，麦克斯韦关系，熵、热力学能、焓及比热容的一般表达式，定容比热与定压比热的普遍关系。

3. 实际气体状态方程及对应态原理：范德瓦尔斯状态方程、压缩因子及其物理意义、对比参数、对应态原理；通用压缩因子图。

传热学部分

一 基本概念

1. **基本传热方式:** 热传导、热对流和热辐射定义和特性
2. **能量表述:** 热能、热流量、热流密度; 辐射力、光谱辐射力、定向辐射力、辐射强度、定向辐射强度等
3. **基本定律:** 傅里叶定律、牛顿冷却公式、斯蒂潘-玻尔兹曼定律、普朗克定律、基尔霍夫定律、维恩位移定律、兰贝特定律等
4. **求解方法:** 热阻分析法、实验法、理论分析法、数值模拟法、集中参数法、比拟法、相似原理(包括量纲分析法和相似分析法)、热网络法、角系数计算的代数分析法
5. **基本参数:** 导热系数、表面传热系数、发射率(黑度)、传热系数、导温系数(热扩散率)、斯蒂潘-玻尔兹曼常数(黑体辐射常数)、吸收比、反射比、透射比、辐射传热系数等
6. **特征数和函数:** 毕渥数、傅里叶数、雷诺数、普朗特数、努赛尔数、格拉晓夫数、斯坦顿数、黑体辐射函数等
7. **热阻:** 导热热阻、对流传热热阻、辐射热阻、传热热阻、污垢热阻、接触热阻
8. **理想研究对象:** 一维无限大平板、半无限大物体、黑体、灰体、白体、透明体、漫射体、镜体等
9. **其它基本概念:** 温度场、温度梯度、稳态传热过程、非稳态传热过程、边界层、对流传热、辐射传热、当量直径、定解条件、内热源、肋效率、肋面总效率、时间常数、非稳态导热的正规状况阶段、非正规状况阶段、特征数方程(实验关联式)、特征长度、定性温度、特征速度、凝结和沸腾及其分类和特点、临界热流密度、温室效应、立体角、角系数、投入辐射、有效辐射、重辐射面、换热器、对数平均温差等

二 稳态热传导的规律及计算

导热基本定律、导热问题的数学描写、典型稳态导热问题的分析解(包括一维导热、肋片、具有内热源的一维导热)。主要包括:

1. 傅立叶定律的基本表达式及其中各物理量的定义、单位及相关概念、边界条件数学描写
2. 利用能量守恒定律和傅立叶定律推导导热微分方程的基本方法
3. 单层和多层面板、圆筒的一维导热问题的计算方法、温度分布曲线的绘制
4. 推导等温截面和变截面肋片的导热微分方程的基本方法及相关概念
5. 肋片增大传热量的条件、肋片内温度分布及表面散热量计算,肋端不绝热时的处理方法。
6. 放置和环境空气中的有内热源物体的一维导热问题的计算方法
7. 导热系数与物体温度的关系、简化笛卡尔坐标系下及圆柱坐标系下的能量守恒方程。
8. 根据给定条件,推导相应的能量守恒方程及边界条件(数学描述)

三 非稳态热传导的计算

非稳态导热的基本概念、集中参数法、典型非稳态导热问题的分析解（包括一维、半无限大物体）。主要包括：

1. 根据给定条件，给出相应的能量守恒方程及边界条件（数学描述）
2. 毕渥数（ Bi ）数和傅里叶数（ Fo ）数的定义及物理意义、 $Bi \rightarrow 0$ 和 $Bi \rightarrow \infty$ 各代表的换热条件、集中参数法的物理意义和应用条件以及温度变化及换热量的计算方法、时间常数的定义及物理意义
3. 非稳态导热的正规状况阶段和非正规状况阶段的物理意义及数学计算上的特点
4. 半无限大物体的物理概念、传热特点、判断条件、第一类边界条件下的温度、导热量计算、吸热系数

四 热传导问题的数值算法

导热问题数值求解基本步骤、节点离散方程的建立及代数方程求解方法、非稳态导热问题的数值解法等。主要包括：

1. 节点、步长、控制容积等基本概念、稳态和非稳态导热过程中节点（包括边界节点）离散方程的建立
2. 两个导热系数不同的物体紧紧贴在一起，不计接触热阻，如何推导接触面节点离散方程。
3. 非稳态导热过程中的显式和隐式差分格式的区别和特点及显式差分格式的稳定性判据。

五 对流传热的理论分析与实验研究基础

对流传热概说、对流换热问题的数学描写、边界层型对流传热问题的数学描写、流体外掠等温平板传热层流分析解及比拟理论。主要包括：

1. 对流换热的分类，影响对流换热的主要物理因素、速度边界层和温度边界层的物理意义和数学定义、对流换热问题的数学描写及推导过程、自然对流和强制对流在数学方程的描述上的本质区别、努赛尔数（ Nu ）、普朗特数（ Pr ）、雷诺数（ Re ）和格拉晓夫数（ Gr ）的定义和物理意义、特征长度和定性温度的选取原则、速度边界层和温度边界层的关系
2. 温度场与表面传热系数的关系、边界层型对流传热问题的数学描写、流体外掠等温平板传热过程计算、比拟理论的基本思想和应用、相似原理定义、相似条件、量纲分析法和相似分析法、根据相似原理建立实验关联式的思路、临界雷诺数、临界距离、湍流动量扩散率和湍流热扩散率及湍流普朗特数的定义

六 单相对流传热的实验关联式

相似原理与量纲分析、相似原理的应用、内部强制对流传热和自然对流传热的实验关联式。主要包括：

1. 管外和管内流动的特点、影响因素、实验关联式建立过程对这些影响因素的考虑和处理方法、当量直径的定义和计算
2. 管内流体速度分布和温度分布的变化特点和分布曲线、表面传热系数（对流换热系数）

及换热量的计算、特征长度和定性温度的确定、临界雷诺数

3. 管槽内层流强制对流传热的特点（尤其是 Nu 的特点）和表面传热系数计算
4. 流体横掠单管和管束时的特点、影响因素、表面传热系数的变化过程及平均表面传热系数的关联式
5. 竖壁附近自然对流的温度分布，速度分布的特点以及表面传热系数的特点、大空间自然对流换热的计算及表面传热系数计算、自模化的定义和特点、自然对流的分类
6. 对流和辐射同时存在时的边界问题处理

七 相变对流传热的计算

凝结模式、膜状凝结分析解及计算关联式、膜状凝结的影响因素及强化措施。沸腾传热模式、大容器沸腾传热的实验关联式介绍、沸腾传热的影响因素及强化措施。主要包括：

1. 膜态凝结和珠状凝结的概念和特点、纯净饱和蒸汽层流膜状凝结换热分析解的基本推导方法及其推导中的最基本假设
2. 影响膜状凝结传热的因素和强化原则和措施
3. 沸腾传热的模式、分类和特点，汽化核心对沸腾传热的影响，池内饱和沸腾曲线、临界热流密度、烧毁点
4. 沸腾传热的影响因素及其强化原则和措施
5. 沸腾换热量的计算

八 热辐射基本定律和物体的辐射特性

1. 热辐射现象的基本概念和特点，多种理想物体的定义和特点、热辐射的光谱特性和容积特性等
2. 黑体辐射相关定律，包括普朗克定律、斯蒂潘-玻尔兹曼定律、维恩位移定律的相关公式和计算应用；兰贝特定律的表述；基尔霍夫定律不同层次的表述；漫灰表面的定义
3. 黑体辐射函数和立体角的公式和计算；黑度（发射率）、实际物体、辐射力、光谱辐射力、定向辐射强度、光谱辐射强度、光谱吸收比、选择性吸收、温室效应、太阳与环境辐射
4. 辐射力和光谱辐射力的关系；定向辐射强度和辐射力的关系；定向辐射强度与定向辐射力的关系
5. 实际物体辐射特性；物体的发射率、吸收率、反射率、穿透率的定义及相互之间的关系；实际物体辐射力、光谱辐射力、定向辐射强度的计算
6. 气体辐射特性、温室效应

九 辐射传热的计算

角系数的定义和性质以及计算、固体表面间辐射传热的计算、热网络法、表面辐射热阻、空间辐射热阻、投入辐射、有效辐射、重辐射面，综合传热分析。主要包括：

1. 角系数的定义及性质、角系数计算的代数分析法、应用角系数的限制条件、做辅助线的

	<p>基本原则</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 有效辐射和投入辐射的概念及如何应用在灰体辐射计算中；多层无限大灰体平板间的辐射换热计算、两表面封闭系统的辐射计算 3. 表面辐射热阻和空间辐射热阻的定义及表达式；重辐射面的概念、重辐射面温度的计算 4. 网络法求解封闭系统内表面间辐射换热；辐射换热的强化和削弱方法 <h3>十 传热过程分析与换热器的热计算</h3> <p>综合传热过程及其分析、表面总传热系数的计算、临界绝缘直径、换热器的定义和类型介绍、对数平均温差、传热基本方程式和热平衡方程式、换热器的设计计算和校核计算、效能、传热单元数、污垢热阻、热量传递过程的控制（强化和削弱）。主要包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 不同传热过程的特点和传热系数计算。 2. 肋效率、肋化系数和肋面总效率的定义和计算；临界热绝缘直径的物理意义及计算 3. 换热器的主要形式；对数平均温差的计算。 4. 换热器热计算的平均温差法和效能-传热单元数法。 5. 间壁式换热器的热设计 6. 污垢热阻的产生及危害，减少污垢热阻的方法 7. 热量传递过程的控制
参考书目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《工程热力学》童钧耕、王丽伟、叶强主编，高等教育出版社，2021年11月第六版，ISBN: 978-7-04-057243-8 2. 《传热学》陶文铨编著，高等教育出版社，2019年7月第五版，ISBN: 978-7-04-051422-3 3. 《工程热力学学习辅导与习题解答》童钧耕主编，高等教育出版社，2017年4月第三版。ISBN: 978-7-04-047517-3 4. 《传热学要点与解题》王秋旺、曾敏编著，西安交通大学出版社，2006年8月第一版，978-7-5605-2258-6
备注	