

同等学力人员申请硕士学位

动力工程及工程热物理学科综合水平

全国统一考试大纲

国务院学位委员会办公室

# 考试大纲

## 第一章 高等工程热力学

### 第一节 基本概念

- 一、热力学的研究方法
- 二、热力学系统和工质
- 三、热力学状态与热力学平衡
- 四、热力学第零定律与温标
- 五、状态参数、状态公理与状态方程
- 六、过程与循环

### 第二节 热力学第一定律

- 一、热力学第一定律的实质
- 二、系统的储存能
- 三、功和热量
- 四、闭口系统能量方程
- 五、开口系统能量方程
- 六、稳定流动能量方程
- 七、能量方程的应用

### 第三节 熵与热力学第二定律

- 一、热力学第二定律的实质与表述
- 二、卡诺循环与卡诺定理，热力学温标

本大纲分五章编写，第一章为高等工程热力学，第二章为高等流体力学，第三章为高等传热学，第四章为动力工程基础知识，第五章为动力机械专门知识。第一章至第四章是对考生的共同要求，凡本一级学科的硕士学位申请者均需复习。第五章分成五节，它们是除工程热物理二级学科以外的其他五个二级学科(热能工程、动力机械及工程、流体机械及工程、制冷及低温工程、化工过程机械)的专门知识，而工程热物理二级学科的专门知识在第一章、第三章中用\*号标出，考生可根据自身的具体情况选择本大纲的一个二级学科专门知识进行复习。

三、克劳修斯不等式

四、熵

五、不可逆过程熵的变化

六、孤立系统熵增原理

七、熵方程

八、有效能

第四节 热力学微分关系式

一、研究热力学微分关系式的目的

二、特征函数与麦克斯韦方程

三、热力学能、焓和熵的微分关系式

四、比热容的微分方程

五、克拉贝龙方程和焦耳-汤姆逊系数

第五节 气体与蒸气的性质

一、纯物质的  $p-v-T$  热力学面

二、理想气体的性质与热力过程

三、实际气体对理想气体性质的偏离

四、实际气体状态方程

五、对比态原理与通用压缩因子图

六、气液相变，蒸气的定压发生过程

七、纯物质的热力性质表

八、蒸气的热力过程

第六节 理想混合气体与湿空气

一、混合气体的成分

二、理想混合气体的参数计算

三、湿空气

第七节 化学热力学基础

一、基本概念

二、热力学第一定律在化学反应系统中的应用

### 三、化学平衡

#### \*四、热力学第三定律和绝对熵

### 第八节 溶液的性质与气液相平衡基础

#### 一、概述

#### 二、复相系的平衡条件

#### 三、相律

#### \*四、理想溶液与稀溶液

#### \*五、二元溶液的气液相平衡图

## 第二章 高等流体力学

### 第一节 正交曲线坐标系和笛卡尔张量

#### 一、正交曲线坐标系

##### 1.曲线坐标系

##### 2.拉梅系数

##### 3.单位矢量对坐标的偏导数

##### 4.梯度、散度、旋度、拉普拉斯算子等在正交曲线坐标系中的表达式

#### 二、笛卡尔张量初步

##### 1.张量

##### 2.指标表示法和符号约定

##### 3.二阶张量

##### 4.并矢

##### 5.二阶张量的代数运算

##### 6.张量的微分运算

##### 7.各向同性张量

### 第二节 流体力学的基本概念

#### 一、描述流体运动的两种方法

##### 1.拉格朗日法

## 2. 欧拉法

### 二、物质导数

### 三、速度分解定理

#### 1. 刚体运动的速度分解

#### 2. 流体运动的速度分解

### 四、变形速度张量

#### 1. 正应变速度分量和剪切应变速度分量

#### 2. 相对体积膨胀率

#### 3. 正交曲线坐标系下应变速度张量各分量的表达式

### 五、应力张量

#### 1. 应力

#### 2. 应力张量

#### 3. 理想流体和静止流体的应力张量

### 六、本构方程

#### 1. 牛顿内摩擦定律

#### 2. 本构方程——广义牛顿定律

#### 3. 本构方程的分量式

### 七、涡旋运动的基本概念

#### 1. 涡旋

#### 2. 涡线、涡面和涡管

#### 3. 涡通量和速度环量、斯托克斯定理

#### 4. 涡旋的运动学性质

## 第三节 流体力学基本方程组

### 一、雷诺输运定理

### 二、连续方程

#### 1. 积分形式的连续方程

#### 2. 微分形式的连续方程

#### 3. 直角坐标系和曲线坐标系中的表达式

### 三、运动方程

- 1.积分形式的运动方程
- 2.微分形式的运动方程
- 3.直角坐标系和曲线坐标系中的表达式

### 四、能量方程

- 1.积分形式的能量方程
- 2.微分形式的能量方程
- 3.直角坐标系和曲线坐标系中的表达式

### 五、流体力学方程组和边界条件

- 1.流体力学方程组
- 2.两介质界面处的边界条件

### 第四节 流体的涡旋运动

#### 一、涡量的动力学方程

#### 二、凯尔文定理和拉格朗日定理

- 1.凯尔文定理
- 2.拉格朗日定理

#### 三、涡线及涡管强度保持定理

- 1.涡线保持定理
- 2.涡管强度保持定理

#### 四、涡旋场和散度场感应的速度场

- 1.给定速度的散度场的无旋流动
- 2.给定速度的涡旋场的不可压缩流动
- 3.同时给定速度的散度场和旋度场的流动

#### 五、空间线涡感应的速度场

### 第五节 理想不可压缩流体无旋运动

#### 一、方程组及其基本性质

- 1.方程组
- 2.势函数及无旋运动的性质

## 二、不可压缩流体平面的无旋运动

1.流函数、势函数及复位势

2.基本流动

3.圆柱绕流

4.虚像法

5.保角变换法

6.茹柯夫斯基翼型绕流

## 三、理想不可压缩流体定常无旋轴对称运动

1.轴对称运动及其流函数

2.基本流动

3.圆球的绕流问题

## 第六节 粘性不可压缩流体运动

### 一、基本方程组和性质

1.粘性不可压缩均质流体的基本方程组

2.柱坐标系和球坐标系下粘性不可压缩均质流体的运动方程

3.初始条件和边界条件

4.粘性流体运动的一般性质

### 二、层流流动的准确解

1.无限长柱形通道内的定常运动

2.圆管内的定常流动

3.两平行平板间的定常流动

4.两同心旋转圆柱间的定常流动

### 三、低雷诺数流动——层流流动的近似解

1.斯托克斯流动

2.奥森流动

### 四、层流边界层

1.普朗特边界层方程

2.脱体现象

3.平板边界层精确解

4.平板边界层近似解

五、层流向湍流的过渡及层流稳定性

1.圆管流动的过渡

2.壁面边界层流动的过渡

3.层流稳定性理论

六、雷诺方程、雷诺应力

1.雷诺平均

2.雷诺方程

3.雷诺应力

4.湍流脉动动能方程和平均动能方程

七、模式理论

八、平板湍流边界层

1.湍流边界层方程组

2.无界固壁上的湍流速度分布

3.运用动量积分关系式求解平板湍流边界层

第七节 气体动力学基础

一、基本方程组

二、小扰动波在可压缩流体中的传播

1.小扰动波在静止流体中的传播

2.音速

3.可压缩定常流动中小扰动的传播

三、有限振幅波的传播

1.特征线和黎曼不变量

2.简单波

3.激波的产生

四、正激波

1.正激波前后物理量之间的关系

- 2.普朗特公式
- 3.激波绝热曲线
- 4.正激波前、后滞止物理量的变化

## 五、一维定常等熵流动

- 1.基本方程
- 2.速度变化和截面积变化的关系
- 3.任意形状管道内的等熵流动

## 六、平面可压缩定常势流方程及其线性化

- 1.基本方程
  - 2.平面无旋流动的小扰动理论
- ## 七、薄翼亚音速流动的相似律

- 1.仿射变换
- 2.戈泰特法则
- 3.普朗特—葛劳渥法则

## 第三章 高等传热学

要求：掌握热传导、对流换热和辐射换热的基本理论及分析求解方法，传热强化的原则和手段。

### 第一节 热传导（导热）

#### 一、热传导的理论基础

- （一）热传导的基本定律（各向同性材料、\*各向异性材料）
- （二）热传导的控制方程
- \*（三）不同正交坐标系中的热传导方程
- （四）边界条件
- （五）求解热传导问题的方法

#### 二、非稳态热传导问题的分析解

- （一）非稳态热传导的基本概念
- （二）一维非稳态热传导问题

1.有限区域内的一维非稳态导热（无限大平板、无限长圆柱体）

2.无界区域内的一维非稳态导热

（1）无限大物体中的非稳态导热

（2）半无限大物体中的非稳态导热（给定表面温度条件、\*给定表面热流条件、\*周期性变化边界条件）

（三）多维非稳态热传导问题

三、多维稳态热传导问题的分析解

（一）无内热源的多维稳态问题

（二）有内热源的多维稳态问题

四、线性非齐次热传导问题（有内热源且边界条件非齐次，非齐次项与时间无关）

第二节 对流换热

一、对流换热的基本方程

（一）质量守恒定律和连续性方程

（二）动量守恒定律和动量方程

（三）能量守恒定律和能量方程

（四）定解条件

二、对流换热的边界层微分方程组

（一）流动边界层和温度边界层

（二）边界层微分方程组

（三）边界层方程的数学和物理性质

三、非耦合外部层流边界层的换热

（一）外掠平壁层流边界层对流换热的相似解

\*（二）外掠楔形物体对流换热的相似解

四、通道内非耦合层流边界层的换热

（一）基本概念

（二）圆管内层流充分发展段的对流换热

\*（三）圆管内热起始段的换热

## 五、自然对流换热

- (一) 自然对流边界层微分方程组
- (二) 竖壁层流自然对流换热的相似解

## 第三节 辐射换热

### 一、热辐射的特点及应用

- (一) 热辐射的特点
- (二) 热辐射的应用及其重要性
- (三) 热辐射的复杂性

### 二、固体表面的辐射特性

- (一) 黑体辐射
- (二) 非黑体表面的发射和吸收特性
- (三) 基尔霍夫定律
- (四) 表面的反射比
- (五) 吸收比  $\alpha$ 、发射率  $\varepsilon$  和反射比  $\rho$  的关系

### 三、辐射角系数

- (一) 角系数的基本定义方程
- (二) 计算角系数的代数分析法

### 四、表面间的辐射换热

- (一) 黑体表面间的辐射换热
- (二) 求解多个有限漫灰表面辐射换热的一般方法
- (三) 微元漫灰表面间的辐射换热计算

### 五、存在其他换热方式的辐射换热

- (一) 辐射与导热的耦合换热
- (二) 辐射与对流的耦合换热
- \* (三) 辐射与导热、对流耦合的换热

### \*六、吸收性介质的辐射换热

- (一) 吸收性介质辐射的特点
- (二) 吸收性介质辐射强度的不变性

(三) 吸收性介质光谱减弱系数和光学厚度

(四) 射线穿过吸收介质时的减弱与增强

#### 第四节 传热强化

一、传热强化的原则

二、传热强化的途径

三、传热强化常用的方法和工程应用

(一) 单相流体对流换热的强化

(二) 相变对流换热的强化 (凝结换热、沸腾换热)

### 第四章 动力工程基础知识

#### 第一节 环境保护

一、意义和重要性

环境保护作为动力工程科技工作者必备的基础知识的必要性 人类发展史上环境变迁的各阶段 人口增长和工业污染对环境的影响 可持续发展战略在治理环境方面的重要意义 中国21世纪议程后工业化社会中环境的前景 环境问题从局部性到全球性,从影响部分人民健康到影响全人类生存和全球经济的转化 各种类型的国家对环境问题的责任、认识和再认识 对“先建设再治理”论点的批判 可持续发展战略的定义和阐释 中国自2000年起贯彻可持续发展战略以及“九五”期间如何过渡的决策

二、各种污染和生态环境问题

大气质量国家标准的内容介绍 气体中污染物浓度的单位换算 大气污染物综合排放标准 排放浓度限值和排放量限值 火电厂大气污染物排放标准 锅炉大气污染物排放标准 中国对汽车污染排放控制实施的加大力度 烟囱排放和尾气中污染物浓度单位的换算 二氧化硫的来源和严重性 二氧化硫对人类健康的影响 二氧化硫所形成硫酸气溶胶的危害 二氧化硫对植物和所致腐蚀的危害 一氧化碳对人体健康的影响 一氧化碳的来源和自然净化 烃 甲烷

苯并(a)芘 二恶英 氮氧化物的来源 氧化二氮作为温室气体的危害 各种燃烧设备氮氧化物排放的比较 二氧化氮的危害 微粒(烟尘或总悬浮颗粒) 飘尘(可吸入颗粒) 二氧化硫和可吸入颗粒之间的协同作用 含铅汽油引起的可吸入颗粒及其危害 可吸入颗粒在微粒污染中的发展趋向 光化学烟雾的生成和危害 酸雨 中国酸雨的地理分布 酸雨对湖泊、森林、建筑、古迹、钢材腐蚀和人类健康的影响 臭氧层的破坏 臭氧在地面和平流层中的不同作用 臭氧层耗竭后对皮肤癌和生态等的影响 引起臭氧层破坏的氯氟烃、哈龙、氧化亚氮和飞机排放氮氧化物 国际上为防止臭氧层破坏所作的努力 温室效应和全球变暖 二氧化碳、氯氟烃、臭氧、氧化亚氮和甲烷作为温室气体引起全球变暖的机理 海平面上升及其引起的后果 温度带和降水带的可能移动 我国南部洪涝和西北内陆干旱增加的可能性 国际上对温室气体排放的限制呼吁和我国的观点 发达国家应尽的历史和当前的责任 污染物在大气中的弥散 大气环流的影响 产生逆温层的原因(辐射逆温、海岸逆温、地形逆温) 抬升 噪声 声压 声强 声压级 分贝数 两种声波叠加的效果 分贝(A)数 噪声的危害和我国对它的控制 噪声的控制 消声器 其他污染和环境问题(水体污染和水资源短缺 固体废弃物) 垃圾处理 焚烧法的优点(减量化、资源化和无害化) 焚烧法面临的困难 危险废弃物转移的危害和查禁 生物多样性

### 三、可持续发展战略所要求的动力工程技术发展

能源消耗的预测 弹性系数 我国环境容量已受到污染物排放总量的威胁 各种技术方案的探讨 中国对酸雨控制区和二氧化硫污染控制区的规定和加大控制力度 各种烟气脱硫和脱硝方案的探讨

## 第二节 燃烧

### 一、总论

化石燃料和矿物燃料的辨异 燃烧在热能动力中的地位 燃烧和气体的关系 不同燃料发热量的换算 标准煤 世界和我国的能源消

耗的特点 世界和我国的煤炭储量 世界和我国的能源发展前景 我国的其他能源 节能对保护环境的作用 我国可持续发展战略对节能的要求 燃烧过程的各种环节 温度、湍流和时间——燃烧三要素

## 二、化学平衡与化学热力学

化学计量空气量 空气—燃料当量比（过量空气系数） 过剩空气（贫燃料混合物）对燃烧的作用 最佳过量空气系数 燃气轮机循环中对燃气轮机入口温度的限制 最佳过量空气系数和此入口温度的矛盾 三次风 蒸汽燃气联合循环装置在这方面的优越性 燃烧可逆反应的化学平衡 高温离解 平衡常数 温度、压强和组分浓度对化学平衡的影响 吕·查德里反抗原则 化学反应中的吉布斯自由能变化 化学平衡与吉布斯自由能左右相等的关系 二氧化硫与三氧化硫转化的可逆反应 燃烧化学反应的最大功 燃料电池可利用最大功将化学能直接转换成电能 燃料电池效率的极限值

## 三、化学动力学

化学反应速度 质量作用定律 反应常数 阿累尼乌斯定律及其物理解释 活化能 化学反应进程内化学反应速度的变化 链式反应 孕育时间 压强对化学反应速度的影响 高原低气压对燃烧速度的影响

## 四、湍流输运和分子扩散

各级标尺湍动的起源、串级分裂和湍动能传递以及耗竭消亡 各级标尺湍动和同一级标尺的不均匀性的关系 湍动与旋涡的孪生 最小湍动标尺 能量在串级分裂传递以至消亡过程中的演变 颗粒表面所获氧的扩散过程 颗粒和气体之间的相对速度的作用 传质和传热的比拟 施密特数 路易斯数 圆球颗粒表面的传质规律 相对速度为零时的传质努塞尔数、传质系数和氧的质量流量 气流的初始流动图谱的数值模拟 自由射流 扩展角 沿中心线的最大速度变化、过剩温度变化和质量流率变化 射程 旋流射流 回流区

湍动特性 贴壁 有限空间内的射流 平行射流和相交射流及其湍动能 衰减特性差异 后期混合 颗粒自由沉降 终端沉降速度 松弛时间

## 五、着火和火焰稳定性

研究着火方法总论 着火温度概念的作用和缺陷 自发着火 孕育时间 强迫着火 火焰传播 爆震（爆燃）和缓燃 层流火焰传播速度（正常传播速度）的机理、随空气—燃料当量比的变化关系 火焰传播范围 淬熄距离 汽油机活塞与缸壁间隙对烃污染物的影响 湍流火焰传播速度机理简述 湍流标尺的影响 煤气喷灯的火焰稳定问题 一次风的作用 一次风率 扩散火焰 脱火 回火 点火环的作用 煤气燃烧器的预混程度 湍流扩散 火焰的强化 全预混式燃烧器的特性 无焰燃烧器 隧道式燃烧器的火焰稳定 发光、半发光和不发光火焰的起因和选择 缩孔的作用 旋流式燃烧器及角置切向炉中的煤气燃烧 平流燃烧器 天然气和空气流的混合 稳焰的各种方法 影响稳焰的各因素 叶轮稳焰器叶轮中的一次风

## 六、燃油的雾化和汽化

各种雾化方法 SMD（索太尔平均粒径） 油滴在周围没有火焰面和存在有火焰面时的汽化机理 扩散火焰燃烧和发光性 直径平方直线定律 燃尽时间与粒径平方的比例关系 影响雾化质量的因素

## 七、煤粉和油雾炬的燃烧

油雾炬燃烧时的氧运输 煤粉燃烧中的挥发分 挥发分对煤的分类和判断燃烧的作用 煤的燃烧特性测定（热天平等） 异相反应 动力控制和扩散控制 影响煤粉燃烧的其他因素 直径平方直线定律 空气—燃料当量比的影响 高原低气压对煤粉炉燃尽的影响 煤粉气流着火受煤粉浓度的影响 关于挥发分在着火阶段中所起空气—燃料当量比作用的讨论 煤粉着火后二次风的合理组织 氮氧化物在各阶段中的生成

## 八、燃煤技术的发展

煤转化的重要前景 火床、煤粉和流化床三大类气化炉 焦油、飞灰、硫和氮氧化物的治理技术简述

## 九、火床

煤气爆炸 森林火灾 建筑物火灾 油罐火灾 扬沸

### 第三节 可靠性

#### 一、可靠性的名词术语及定义

##### （一）可靠性

- 1.可靠性的定义
- 2.可靠性的特征量
- 3.可靠度的观测值

##### （二）失效（故障）

- 1.失效的定义
- 2.失效的特征量
- 3.观测值
- 4.失效的类型（按时间划分）

##### （三）寿命

- 1.寿命的定义
- 2.寿命的特征量
- 3.平均寿命的观测值

##### （四）维修性与有效性

- 1.定义
- 2.特征量
- 3.观测值

#### 二、随机变量与概率分布

##### （一）随机变量和概率的基本概念

- 1.随机事件
- 2.随机变量
- 3.概率

## （二）概率的运算法则

1. 互斥事件与独立事件
2. 互补定理
3. 加法定理
4. 乘法定理

## （三）概率分布的基本概念

1. 母体与样本（子样）
2. 置信度与自由度
3. 均值与方差

## （四）可靠性技术中常用的分布函数

1. 正态分布（高斯分布）
  - （1）数学表达式
  - （2）特点
  - （3）正态分布函数的均值与标准离差
  - （4）正态概率积分表
2. 指数分布
  - （1）数学表达式
  - （2）指数分布的各种可靠性特征量
  - （3）特点
3. 威布尔分布
  - （1）数学表达式
  - （2）特点

## 三、可靠性试验与数据处理

- （一）可靠性试验的目的和分类
- （二）指数型分布的寿命试验

1. 基本概念
2. 寿命试验的类型：定时截尾与定数截尾试验；有替换与无替换试验。

3.总试验时间

4.平均寿命的点估计

5.平均寿命的区间估计

(1) 基本概念

(2) 置信区间上、下限的确定

(三) 分布函数的假设检验

1.基本概念

2. $\chi^2$  检验

四、可靠性预测

(一) 基本概念

1.定义

2.系统与分系统(元件)

3.系统的类型

(二) 系统可靠度计算

1.串联系统

(1) 定义

(2) 数学模型

(3) 特点

2.并联系统

(1) 定义

(2) 数学模型

(3) 特点

(三) 可靠性预测的步骤、方法

五、可靠性指标的分配

(一) 基本概念

1.定义

2.目的

3.与可靠性预测的关系

#### 4.分配方法

(二) 平均分配法

(三) 相对失效率比分配法

(四) 最小费用分配法

#### 六、动力工程中机械强度的可靠性设计

(一) 基本概念

1.机械强度可靠性设计的特点

2.采用正态分布函数的原因

3.正态分布函数的代数运算

(1) 计算公式

(2) 示例

(二) 应力与强度的“干涉”理论

1.机械强度设计中的可靠度概念

2.强度和应力均为正态分布时的可靠度计算

3.标准正态分布函数

4.联结方程

(三) 零件的可靠性设计

1.受拉、压载荷零件的可靠性设计

2.受复合载荷零件的可靠性设计

3.受均布载荷简支梁的可靠性设计

4.压力容器的可靠性设计

(1) 压力容器设计的特点

(2) 计算方法

#### 第四节 测试技术

考试要求：要求考生系统掌握能源工程与动力工程测试技术的基本理论、基本知识和基本技能，并能运用所学知识分析、解决实际工程测量问题。

考试范围：测试技术中有关测量方法及误差分析、转速测量、力、

位移测量及其常用传感器、温度测量、压力测量、流体速度测量、流量检测及仪表、功率测量、振动及噪声测量等部分。

能力要求：考题要求能反映考生以下几个方面的能力水平。

1.测试技术中最主要的基本概念、基本知识和基本技能的掌握程度。

2.对测试技术中的实际问题作出综合分析、判断的能力，运用基本理论与基本知识分析解决实际问题的能力。例如测试方案的确定，测试方法及装置的选择，基本分析与计算。

## 一、测量误差分析

### （一）测量误差

- 1.误差的定义、来源及分类
- 2.测量精度的衡量标准，均方误差
- 3.测量结果最佳值及贝塞尔公式
- 4.间接测量中的误差传递
- 5.测量误差的计算处理

### （二）测量仪表的技术指标

- 1.测量仪表的精度
- 2.测量装置的静态特性

## 二、电子计数式转速测量仪表

- 1.转速测量中的常用传感器
- 2.传感器的匹配电路和数字式频率计

## 三、力、位移测量及其常用传感器

### （一）测力系统中的电阻应变式传感器

- 1.金属电阻应变片
- 2.半导体应变片
- 3.应变片的测量电路

### （二）位移测量系统中的几种传感器

## 四、温度测量

- (一) 温度的基本概念
- (二) 温度传感器
- 1.玻璃管液体温度计
- 2.热电偶
- 3.热电偶的冷端温度补偿
- 4.电阻温度传感器
- (三) 热电偶与热电阻的配套测温仪表
- (四) 测温仪表的校验
- (五) 特殊的温度测量技术
- 1.低温测量
- 2.气流温度测量
- 五、压力测量
- (一) 压力传感器
- (二) 压电式压力传感器的测量电路
- (三) 压电式压力传感器应用中的一些问题
- 六、流体速度的测量
- (一) 测压管测速原理
- (二) 热线风速仪
- 1.热线与热膜探头
- 2.热线风速仪的两种工作方式
- (三) 激光多普勒测速技术
- 七、流量检测及仪表
- (一) 节流式流量计
- (二) 标准节流装置的选型
- (三) 涡轮流量计
- (四) 超声波流量计
- (五) 涡街流量计
- 八、功率测量系统

## （一）吸收型测功器

1.水力测功器

2.电力测功器

3.电涡流测功器

## （二）传递型测功器（扭矩仪）

## 九、振动测量

### （一）振动传感器

1.加速度型振动传感器

2.位移型振动传感器

3.速度型振动传感器

### （二）振动测量仪器

1. 测振仪

2.频谱分析仪

## 十、噪声测量

### （一）基本概念

1.定义与概念

2.声的物理量度

3.噪声的主观量度响度和响度级

4.噪声的合成原理及计算方法

### （二）噪声测量仪器声级计

### （三）噪声测量方法

## 第五章 动力机械专门知识

### 第一节 热能工程

#### 一、工作过程和热工性能

##### （一）我国火电技术的前景

我国电力工业的成就和特点 我国火电的方针——优化火电结构  
降低煤耗 减少污染排放 调峰

## （二）大容量电站锅炉

超临界参数的意义 汽水循环方式发展的回顾和展望 变压运行水冷壁管屏的当前主要型式 传热恶化（膜态沸腾和干涸） 超临界锅炉的壁温升高 质量流速和内螺纹管的影响

## （三）炉膛和燃烧器

大型煤粉炉的主要种类及其性能比较 100 MW 循环流化床炉的试点

## （四）制粉系统

双进双出球磨机 双轴向串联式粗粉分离器 可调式煤粉分配器

## （五）辅机

大型风机运行可靠性的提高 各种除尘器的比较

## （六）燃烧设备的性能

对大型锅炉燃烧设备的全方位要求 切向炉的热偏差 我国电站锅炉炉膛燃烧性能设计的研究 炉膛流动、燃烧、传热过程的数值模拟

## （七）工业锅炉

总体发展方向 配煤 火床炉的改进 烟气脱硫

## （八）热水锅炉

气体腐蚀 结垢 真空相变热水锅炉

## （九）余热锅炉

意义 石油化工的急冷换热器 钢铁工业余热锅炉的意义、设计特点和难点 燃气轮机装置余热锅炉

## （十）垃圾焚烧炉

垃圾焚烧炉对垃圾发热量的要求 垃圾焚烧炉的主要型式 斜推炉排和流化床炉

## （十一）锅炉性能试验

我国的电站锅炉性能试验规程和工业锅炉热工试验规范及两者差别 正平衡和反平衡法的选用 我国电站锅炉性能试验规程与外国

标准的差别 20°C卡和国际蒸汽表卡的差异及现行我国国家标准  
有关法定单位的正确使用

## 二、结构、强度和振动

### （一）锅炉的计算方法

锅炉技术中流行的设计计算方法及其各自目的 性能设计和机械设计

### （二）耐热钢和钢的低周疲劳

开发超临界机组对耐热钢的要求 我国现有和亟待掌握的耐热钢  
低周疲劳及其对锅筒寿命的影响

### （三）卡门涡列振动

横掠气流绕流过圆管的卡门涡列 管箱共振 发生振动的其他场合

## 三、系统、控制和运行

### （一）动力系统的总体优化

系统工程知识的应用 有效能（焓）概念的应用 热动力系统的  
匹配 各种发电机组并列运行时负荷分配的优化 “窄点”概念在传  
热中的应用 锅炉尾部受热面空气预热器双级布置和排烟温度优  
化中窄点的应用 磁流体发电的意义和评价联产技术 复合式动力  
机械 各种技术途径在总能系统优化中的价值和前景

### （二）大型火电机组的启动系统和旁路系统

启动系统的作用 旁路系统的作用

### （三）可用率

备用机组的价值 非计划停运 可用率 初期故障 澡盆曲线

### （四）电站锅炉的运行和故障

我国能源利用中的合理配置和有序运输 锅炉设计中对煤种适应  
性的合理要求 煤种多变煤质下降对锅炉运行的严重影响 不投油  
最小稳定负荷 四管爆破及其原因 炉膛灭火爆炸起因 吹扫对保  
障安全的重要性 煤粉仓及制粉系统爆炸 积粉的防止 锅筒的缺

陷运行中对锅筒上下壁温差的监督 锅筒裂纹 低周疲劳和疲劳寿命的关系 其他常见故障

### （五）自动控制

自动检测 自动保护 燃烧器管理系统的功能 吹扫和主燃料跳闸动作的条件 火焰检测的重要性 顺序控制 自动调节 单元机组协调控制 负荷分配功能的实施 锅炉自动调节系统在单元机组协调控制中的地位和作用 自动调节技术的若干发展

### （六）工厂动力

工厂动力系统的范畴 节能和环保要求的贯彻 联产的前景 工厂动力中的重要管理指标（单项能耗和综合能耗、单位产品能耗和单位产值能耗） 锅炉的单项能耗 各项能源消耗的折算（当量值和等价值） 设备热平衡 车间热平衡

## 第二节 动力机械及工程

要求了解内燃机工作过程的基本理论；掌握内燃机的指示性能指标、有效性能指标和机械效率三者的关系；掌握平均有效压力、有效功率、升功率、有效热效率、有效燃油消耗率、过量空气系数、充量系数的定义和表达式；了解内燃机实际循环与理论循环的差异、内燃机燃料的基本特性、内燃机缸内工作过程热力学基本模型；掌握内燃机充量更换的基本原则、内燃机增压（中冷）技术的优势及主要的形式、二冲程内燃机换气的形式和主要评价指标、扫气系数和给气比的定义；了解内燃机缸内气体流动的形式、燃烧过程的划分、燃烧室的主要形式和特点以及放热规律的表达形式；掌握对压燃式内燃机燃料供给与调节的要求、影响喷油过程的主要因素、点燃式内燃机电控汽油喷射的优越性；掌握内燃机有害排放物 CO、HC、NO<sub>x</sub>、PM 的生成机理和主要影响因素以及内燃机排放控制的主要措施；掌握内燃机负荷特性、速度特性、万有特性的定义以及内燃机功率标定和标准大气状态条件。

掌握涡轮级的组成及轮机的工作过程；能熟练地掌握和运用级的速度三角形；熟练地在焓熵图上画出级内的热力膨胀过程，准确地表示出动、静叶进出口的状态点及各自的等熵过程和实际过程；熟悉反动度、轮周效率、冲动级、反动级的定义和表达式；掌握最佳速度比的意义；熟悉叶栅中的能量损失、涡轮级内损失的定义；了解简单径向平衡方程的简化条件及推导过程；熟悉长叶片的几种扭曲规律；了解多级透平的特点以及重热过程；掌握在涡轮变工况中，弗留盖尔公式的表述及物理意义，涡轮的外特性，相似工况与相似准则；了解并掌握压气机基元级的理论功、基元级的速度三角形、基元级的增压原理、反动度以及压气机的流量特性、压气机的通用特性线、压气机的喘振、气流的失速、防喘措施的基本概念及其意义、作用；了解燃烧室的主要参数和要求，掌握燃气轮机性能分析的基本指标。

### 第三节 流体机械及工程

#### 一、流体机械的基本方程及基本概念

- 1.叶轮的速度三角形
- 2.欧拉方程
- 3.能量方程
- 4.伯努利方程
- 5.连续方程
- 6.状态方程
- 7.级中的压缩过程与压缩功
- 8.级的总耗功及效率
- 9.滞止温度、滞止压力、总焓
- 10.级效率
- 11.流量与流量系数
- 12.能量与能量损失系数
- 13.轴向旋涡

14. 滑移系数、周速系数

15. 预旋

16. 气蚀

17. 反作用度

二、流体机械级中的能量损失

1. 摩擦损失

2. 分离损失

3. 二次流损失

4. 尾迹损失

5. 泄漏损失

6. 轮阻损失

7.  $Re$  和  $Ma$  数对流动损失的影响

8. 级的性能曲线

三、相似理论及其在流体机械中的应用

1. 相似理论及相似准则

2. 相似模化设计

3. 性能换算

四、离心式及轴流式流体机械的基本级

1. 离心式流体机械

2. 轴流式流体机械的组成及基元级概念

3. 多级流体机械

五、流体机械的性能曲线及调节

1. 级匹配与流体机械性能曲线

2. 流体机械与管网联合工作

3. 流体机械的串并联运行

4. 流体机械的调节与节能

六、流体机械内部流动的数值模拟

1. N-S 方程、计算流体力学方法及紊流模型

## 2. 两类相对流面理论及流线曲率法

### 第四节 制冷与低温工程

#### 一、制冷的定义及制冷方法

##### (一) 制冷的定义

##### (二) 制冷方法

蒸气压缩式制冷，蒸气吸收式制冷，蒸气喷射式制冷，吸附制冷，热电制冷，磁制冷，涡流管制冷，空气膨胀制冷，电化学制冷。

#### 二、蒸气压缩式制冷循环

##### (一) 几个专用术语

##### (二) 单级蒸气压缩式制冷循环

#### 1. 特点及工作过程

#### 2. $p-h$ 图（压力—比焓图）

$p-h$  图上的临界点，饱和蒸气线，饱和液态线，气相区，两相区，液相区，等压线，等比焓线，等比熵线，等温线，等干度线，等比体积线。

#### 3. 理论制冷循环

特点，热力计算。

#### 4. 实际制冷循环

实际制冷循环的特点，各种因素对实际制冷循环性能的影响。

5. 蒸发温度和冷凝温度变化对单级蒸气压缩式制冷机性能的影响。

#### 6. 制冷剂和载冷剂

制冷剂的种类，性能，环境影响指标（ODP、GWP），混合制冷剂，载冷剂。

##### (三) 双级压缩制冷循环

#### 1. 一级节流、中间完全冷却的双级压缩制冷循环

流程，热力计算。

2.一级节流、中间不完全冷却的双级压缩制冷循环流程，热力计算。

3.双级压缩制冷循环的中间压力确定

(四)复叠式制冷循环

流程，热力计算，复叠式制冷机的膨胀容器及启动。

三、吸收式制冷机

(一)  $h$ - $\xi$  图 (两组分体系的比焓-质量分数图)

(二)溴化锂吸收式制冷机

制冷剂 (水)，吸收剂 (溴化锂溶液)。

1.单效溴化锂吸收式制冷机

理想工作过程，循环倍率，放气范围，热力计算，传热计算，影响吸收式制冷机性能的因素。

2.两效溴化锂吸收式制冷机

工作过程，串联流程，并联流程。

3.提高溴化锂吸收式制冷机性能的途径

(三)氨-水吸收式制冷机

制冷剂 (氨)，吸收剂 (氨-水溶液)，氨-水吸收式制冷机的流程。

四、热电制冷

(一)热电效应

西伯克效应，帕尔帖效应。

(二)组成热电制冷器的基本元件及其制冷特性  
电偶，制冷量，消耗的电功率，性能系数。

(三)影响热电制冷器性能的因素

电压，电流，材料，结构和制造工艺。

(四)多级热电制冷器

采用原因，多级热电制冷器的连接方式。

(五)热电制冷器热端冷却系统

液体冷却，空气冷却。

## 五、蒸发器和冷凝器

### （一）蒸发器

#### 1.干式蒸发器

冷却液体型，冷却空气型。

#### 2.再循环式蒸发器

#### 3.满液式蒸发器

### （二）冷凝器

#### 1.空气冷却式冷凝器

自然对流空气冷却式，强制通风空气冷却式。

#### 2.水冷式冷凝器

壳管式（立式、卧式），壳—盘管式，套管式，蒸发式；水冷式冷凝器的冷却水系统。

## 六、热力膨胀阀、电子膨胀阀和毛细管

### （一）热力膨胀阀

内平衡式热力膨胀阀，外平衡式热力膨胀阀。

### （二）电子膨胀阀

电磁式电子膨胀阀，电动式电子膨胀阀。

### （三）毛细管

## 七、小型制冷装置

### （一）冷藏冷冻箱（家用电冰箱）

#### 1.制冷系统

#### 2.温度控制及除霜

人工除霜，半自动除霜，自动除霜。

### （二）空调器

窗式空调器，分体式空调器，柜式空调器。

### （三）食品展示柜（陈列柜）

集中供冷的展示柜，带冷凝机组的展示柜。

## 八、容积式制冷压缩机

### （一）往复式活塞式制冷压缩机

#### 1. 压缩机工作的蒸发温度范围

#### 2. 压缩机的气缸布置

卧式、立式和角度式。

#### 3. 压缩机按密封方式分类

开启式，封闭式（全封闭式，半封闭式）。

#### 4. 热力过程

##### ①几个名词术语

活塞的上止点及下止点，活塞行程，气缸工作容积，余隙容积，相对余隙容积。

##### ②单级制冷压缩机的理论循环

理论循环的假设，构成理论循环的三个过程。

##### ③单级制冷压缩机的实际循环

实际循环考虑的因素，构成实际循环的四个过程。

##### ④制冷压缩机的输气量和容积效率

质量输气量，容积输气量，容积效率，容积系数，压力系数，温度系数，泄漏系数。

##### ⑤压缩机的功率和效率

压缩机功率和效率的主要术语，影响各种效率的因素。

#### 5. 压缩机惯性力的平衡

单缸压缩机的惯性力平衡，立式两缸压缩机的惯性力平衡，角度式压缩机的惯性力平衡。

### （二）回转式制冷压缩机

#### 1. 双螺杆式制冷压缩机

#### 2. 滚动转子式制冷压缩机

#### 3. 滑片式制冷压缩机

#### 4. 涡旋式制冷压缩机

## 九、低温下气体的液化

### (一) 低温工质的性质

主要低温工质在低温下的物理、化学性质。

### (二) 气体液化时获得低温方法

1. 气体绝热节流和绝热膨胀
2. 气体绝热节流和绝热膨胀降温的范围，以及降温程度与参数的关系

### (三) 气体液化循环

1. 可逆理论液化循环及液化最小功
2. 基本空气液化循环及循环的性能指标
3. 循环参数对性能指标的影响
4. 氦、氢液化循环的特点

## 第五节 化工过程机械

### 一、化工容器设计

#### (一) 概述

1. 化工容器的特点及分类
2. 化工容器设计的基本要求
3. 压力容器的质量保证
4. 容器材料
5. 在役检验与控制
6. 压力容器规范
7. 压力容器的缺陷评定

#### (二) 压力容器设计力学基础

1. 回转壳体的无矩理论
2. 圆柱壳轴对称问题的有矩理论及应用
3. 薄板理论基础
4. 厚壁圆筒的弹性应力分析

#### (三) 中、低压容器设计

1.内压薄壁容器的设计计算

2.封头

3.法兰

#### (四) 高压容器设计

1.高压容器特点

2.筒体结构形式及设计造型

3.厚壁圆筒的弹塑性应力分析

4.单层厚壁圆筒的位移表达式

5.高压筒体失效及强度计算

6.高压容器密封结构

#### (五) 外压容器设计

1.临界压力

2.均匀侧向外压容器的临界压力计算

3.轴向受压圆筒的临界压力

4.非弹性失稳的工程计算

5.外压圆筒的设计计算

6.加强圈的设计

7.外压封头和法兰计算

#### (六) 压力容器的总体设计问题

1.结构不连续应力问题

2.开孔及补强设计

3.卧式容器支座设计

4.结构设计问题

5.容器的焊接结构设计

#### (七) 化工容器设计新技术

1.分析设计规范

2.疲劳设计

3.防脆断设计

## 二、换热器

### （一）换热器概述

- 1.换热器分类
- 2.换热器设计要求
- 3.换热器设计计算内容

### （二）换热器的传热计算

- 1.换热器传热计算基本方程
- 2.平均温差
- 3.传热系数
- 4.传热计算方法

### （三）间壁式换热器

- 1.管壳式换热器
- 2.螺旋板式换热器
- 3.板式换热器
- 4.板翅式换热器
- 5.翅片管式换热器
- 6.热管换热器

### （四）混合式换热器

- 1.冷却塔
- 2.喷射式换热器

### （五）蓄热式换热器

### （六）传热的强化

- 1.增强传热的基本途径
- 2.提高传热系数的基本方法
- 3.结垢与腐蚀

## 三、离心压缩机与离心泵

### （一）压缩机喘振

- 1.发生喘振的机理

2.喘振的危害

3.防喘振的措施

(二) 离心泵汽蚀

1.离心泵发生汽蚀的机理

2.汽蚀的危害

3.汽蚀余量与汽蚀判别式

4.提高抗汽蚀性能的措施

四、往复式流体机械

(一) 往复式流体机械缸内工作过程与分析

1.缸内工作过程

2.缸内工作循环分析

(二) 往复式流体机械吸入、排出阀门的经济性与可靠性

五、离心机

(一) 离心机的基本原理及结构模式

1.离心沉降

2.离心过滤

(二) 离心机的分离因数

(三) 离心机的生产能力

六、搅拌机

(一) 混合原理

(二) 标准构形搅拌机及几何尺寸

(三) 搅拌机的功率