

2013



注册考试辅导经典系列丛书

注册公用设备工程师执业资格考试 基础考试复习教程及真题详解

(暖通空调、动力 · 下 册)



李洪欣 曹纬浚 | 主编

本书由北京市注册工程师考试辅导班和郑州大学的教师们共同编写，内容紧密结合考试大纲和考试实际，紧跟规范、规程的更新，收录有大量历年真题，并附有答案和详细解析，是注册公用设备工程师（暖通空调、动力）基础考试必备的经典复习用书



人民交通出版社
China Communications Press

注册公用设备工程师执业资格考试 基础考试复习教程及真题详解

(暖通空调、动力 · 下册)

ZHUCE GONGYONG SHEBEI GONGCHENGSHI ZHIYE ZIGE KAOSHI
JICHU KAOSHI FUXI JIAOCHENG JI ZHENTI XIANGJIE



李洪欣 曹伟浚 | 主编



人民交通出版社
China Communications Press

前 言

原建设部(现住房和城乡建设部)和原人事部(现人力资源和社会保障部)从 2003 年起实施注册公用设备工程师(暖通空调、动力)执业资格考试制度。

本教程的编写老师都是本专业有较深造诣的教授和高级工程师,分别来自北京建筑工程学院、北京工业大学、北京交通大学、北京工商大学、郑州大学及北京市建筑设计研究院。为了帮助公用设备工程师们准备考试,教师们根据多年教学实践经验和考生的回馈意见,依据考试大纲和现行教材、规范,为学员们编写了这本教程。本教程的目的是为了指导复习,因此力求简明扼要,联系实际,着重对概念和规范的理解应用,并注意突出重点,是一套值得考生信赖的考前辅导和培训用书。

本教程严格按现行考试大纲编写,并在多年教学实践中不断加以改进。为方便考生复习,本教程分上、下册出版,上册第 1 至第 11 章为上午段公共基础考试内容,并配套《全国勘察设计注册工程师公共基础考试历年真题及详解》一书,考生可用此书多做练习;下册第 12 至第 18 章为下午段专业基础考试内容,所选例题及练习题大多来自真题,并注有年号,考生做题时,可对此部分题多加关注。

(1)在结构设置上,首先对大纲要求的知识点进行精炼阐述,然后辅以典型例题并进行解析,每一小节后附经典练习,并在每一章后提供提示及参考答案。

(2)例题、练习题、模拟题等试题多来自历年真题,考生可在复习、练习过程中熟悉本考试的深度和广度。

(3)全书是对考试大纲内容的精炼,考生通过本书的复习和练习,可在较短时间内完成对考试大纲的理解和掌握。

随后,我们会根据规范、规程的修订和试题的实际情况对教材进行修订。参加本教程编写工作的教师有:第 1 章 1.1~1.8 节吴昌泽;第 1 章 1.9 节范元玮;第 2 章程学平;第 3 章毛怀玲、谢亚勃;第 4 章刘燕;第 5 章钱民刚;第 6 章李兆年;第 7 章、第 8 章许怡生;第 9 章许小重;第 10 章陈向东;第 11 章李魁元;第 12 章沈超;第 13 章张莉红;第 14 章李洪欣;第 15 章马雪纯;第 16 章徐葭;第 17 章沈超;第 18 章李润玮。

祝各位考生考试取得好成绩!

李洪欣
2013 年 1 月

一、注册公用设备工程师(暖通空调、动力)在专业考试之前进行基础考试是和国外接轨的做法。通过基础考试并达到职业实践年限后就可以申请参加专业考试。基础考试是考大学中的基础课程,按考试大纲的安排,上午考试段考 11 科,120 道题,4 个小时,每题 1 分,共 120 分;下午考试段考 7 科,60 道题,4 个小时,每题 2 分,共 120 分;上、下午共 240 分。试题均为 4 选 1 的单选题,平均每题时间上午 2 分钟,下午 4 分钟,因此不会有复杂的论证和计算,主要是检验考生的基本概念和基本知识。考生在复习时不要偏重难度大或过于复杂的知识,而应将复习的注意力主要放在弄清基本概念和基本知识方面。

二、考生在复习本教程之前,应认真阅读“考试大纲”,清楚地了解考试的内容和范围,以便合理制订自己的复习计划。复习时一定要紧扣“考试大纲”的内容,将全面复习与突出重点相结合。着重对“考试大纲”要求掌握的基本概念、基本理论、基本计算方法、计算公式和步骤,以及基本知识的应用等内容有系统、有条理地重点掌握,明白其中的道理和关系,掌握分析问题的方法。同时还应会使用为减少计算工作量或简化、方便计算所制作的表格等。本教程中每章前均有一节“复习指导”,具体说明本章的复习重点、难点和复习中要注意的问题,建议考生认真阅读每章的“复习指导”,参考“复习指导”的意见进行复习。在对基本概念、基本原理和基本知识有一个整体把握的基础上,对每章节的重点、难点进行重点复习和重点掌握。

三、注册公用设备工程师(暖通空调、动力)基础考试上、下午试卷共计 240 分,上、下午不分段计算成绩,这几年及格线都是 55%,也就是说,上、下午试卷总分达到 132 分就可以通过。因此,考生在准备考试时应注意扬长避短。从道理上讲,自己较弱的科目更应该努力复习,但毕竟时间和精力有限,如 2009 年新增加的“信号与信息技术”,据了解,非信息专业的考生大多未学过,短时间内要掌握好比较困难,而“信号与信息技术”总共只有 6 道题,6 分,只占总分的 2.5%,也就是说,即使“信号与信息技术”1 分未得,其他科目也还有 234 分,从 234 分中考 132 分是完全可以做到的。因此考生可以根据考试分科题量、分数分配和自己的具体情况,计划自己的复习重点和主要得分科目。当然一些主要得分科目是不能放松的,如“高等数学”24 题(上午段)24 分,“工程热力学”10 题(下午段)20 分,“传热学”10 题(下午段)20 分,都是不能放松的;其他科目则可根据自己过去对课程的掌握情况有所侧重,争取在自己过去学得好的课程中多得分。

四、在考试拿到试卷时,建议考生不要顺着题序顺次往下做。因为有的题会比较难,有的题不很熟悉,耽误的时间会比较多,以致到最后时间不

够,题做不完,有些题会做但时间来不及,这就太得不偿失了。建议考生将做题过程分为三遍:

(1)首先用 15~20 分钟将题从头到尾看一遍,一是首先解答出自己很熟悉很有把握的题;二是将那些需要稍加思考估计能在平均答题时间里做出的题做个记号。这里说的平均答题时间,是指上午段 4 个小时考 120 道题,平均每题 2 分钟;下午段 4 个小时考 60 道题,平均每题 4 分钟,这个 2 分钟(上午)、4 分钟(下午)就是平均答题时间。将估计在这个时间里能做出来的题做上记号。

(2)第二遍做这些做了记号的题,这些题应该在考试时间里能做完,做完了这些题可以说就考出了考生的基本水平,不管考生基础如何,复习得怎么样,考得如何,至少不会因为题没做完而遗憾了。

(3)这些会做或基本会做的题做完以后,如果还有时间,就做那些需要稍多花费时间的题,能做几个算几个,并适当抽时间检查一下已答题的答案。

(4)考试时间将近结束时,比如还剩 5 分钟要收卷了,这时你就应看看还有多少道题没有答,这些题确实不会了,建议考生也不要放弃。既然是单选,那也不妨估个答案,答对了也是有分的。建议考生回头看看已答题目的答案,A、B、C、D 各有多少,虽然整个卷子四种答案的数量并不一定是平均的,但还是可以这样考虑,看看已答的题 A、B、C、D 中哪个答案最少,然后将不会做没有答的题按这个前边最少的答案通填,这样其中会有 $\frac{1}{4}$ 可能还会多于 $\frac{1}{4}$ 的题能得分,如果考生前边答对的题离及格正好差几分,这样一补充就能及格了。

五、基础考试是不允许带书和资料的,2012 年前,考试时会给每位考生发一本“考试手册”,载有公式和一些数据,考后收回。但从 2012 年起,取消了“考试手册”的配发。据说原因是考生使用不多,事实上也没有更多时间去翻手册。因此一些重要的公式、规定,考生一定要自己记住。

六、本教程每节后均附有习题,并在每章后附有提示及参考答案。建议考生在复习好本教程内容的基础上,多做习题。多做习题能帮助巩固已学的概念、理论、方法和公式等,并能发现自己的不足,哪些地方理解得不正确,哪些地方没有掌握好;同时熟能生巧,提高解题速度。本教程在最后提供了两套模拟试题,建议考生在复习完本教程以后,集中时间,排除干扰,模拟考试气氛,将模拟试题全部做一遍,以接近实战地检验一下自己的复习效果。

复习中若遇到疑问,可发邮件至 544641689@qq.com,我们会尽快回复解答。相信这本教程能帮助大家准备好考试。

最后,祝愿各位考生取得好成绩!

曹纬浚

2013 年 1 月

目 录

12 工程热力学	733
复习指导.....	733
12.1 基本概念.....	733
12.2 准静态过程、可逆过程与不可逆过程	738
12.3 热力学第一定律.....	740
12.4 气体性质.....	746
12.5 理想气体基本热力过程及气体压缩.....	752
12.6 热力学第二定律.....	759
12.7 水蒸气和湿空气.....	763
12.8 气体和蒸气的流动.....	772
12.9 动力循环.....	777
12.10 制冷循环	782
参考答案及提示.....	789
13 传热学	792
复习指导.....	792
13.1 导热理论基础.....	792
13.2 稳态导热.....	797
13.3 非稳态导热.....	804
13.4 导热问题数值解.....	807
13.5 对流换热分析.....	812
13.6 单相流体对流换热及准则方程式.....	820
13.7 凝结与沸腾换热.....	828
13.8 热辐射的基本定律.....	832
13.9 辐射换热计算.....	836
13.10 传热和换热器	843
参考答案及提示.....	847
14 工程流体力学及泵与风机	850
复习指导.....	850
14.1 流体动力学基础.....	850
14.2 相似原理和模型实验方法.....	856
14.3 流动阻力和能量损失.....	861
14.4 管路计算.....	869

14.5	特定流动分析·····	871
14.6	气体射流压力波传播和音速概念·····	878
14.7	泵与风机与网络系统的匹配·····	881
	参考答案及提示·····	887
15	自动控制理论 ·····	889
	复习指导·····	889
15.1	自动控制与自动控制系统的一般概念·····	889
15.2	自动控制系统的数学模型·····	894
15.3	线性系统的分析与设计·····	912
15.4	控制系统的稳定性与对象的调节性能·····	933
15.5	掌握控制系统的误差分析·····	936
15.6	控制系统的综合和校正·····	939
	参考答案及提示·····	950
16	热工测试技术 ·····	952
	复习指导·····	952
16.1	测量技术的基本知识·····	952
16.2	温度的测量·····	960
16.3	湿度的测量·····	971
16.4	压力的测量·····	977
16.5	流速的测量·····	983
16.6	流量的测量·····	987
16.7	液位的测量·····	996
16.8	热流量的测量·····	997
16.9	误差与数据处理·····	998
	参考答案及提示·····	1008
17	机械基础 ·····	1010
	复习指导·····	1010
17.1	概述·····	1010
17.2	平面机构的自由度·····	1013
17.3	平面连杆机构·····	1017
17.4	凸轮机构·····	1022
17.5	螺纹连接·····	1027
17.6	带传动·····	1034
17.7	齿轮机构·····	1045
17.8	轮系·····	1057
17.9	轴·····	1060
17.10	滚动轴承·····	1066
	参考答案及提示·····	1074

18 职业法规 1077

18.1 我国有关基本建设、建筑、城市规划、环保、房地产方面的法律规范 1077

18.2 工程技术人员的职业道德与行为准则 1090

18.3 我国有关动力设备及安全方面的标准与规范 1090

 参考答案及提示 1091

19. 模拟试题..... 1092

参考文献 1157

12 工程热力学

考题配置 单选, 10 题

分数配置 每题 2 分, 共 20 分

复习指导

工程热力学要求掌握热力学基本定律和基本理论, 熟悉工质的基本性质和实际热工装置的基本原理, 学会对工程实际问题进行抽象、简化和以能量方程、熵方程、可用能方程为基础的分析方法。

12.1 基本概念

考试大纲 热力学系统 状态 平衡状态 状态参数 状态公理 状态方程 热力参数及坐标图 功和热量 热力过程 热力循环 单位制

必备基础知识

12.1.1 热力学系统

1) 定义

根据研究问题的需要, 人为地选取一定范围内的物质作为研究对象, 称其为热力学系统, 简称系统。系统以外的物质称为外界。系统与外界的交界面称为边界。边界面的选取可以是真实的、假想的、固定的、运动的, 也可以是这几种边界面的组合。

2) 分类

按热力系统与外界进行质量和能量交换的情况可将热力学系统分为:

(1) 闭口系: 热力学系统与外界无物质交换的系统。由于系统所包含的物质质量保持不变, 亦称之为控制质量系统。对于闭口系, 常用控制质量法来研究。

(2) 开口系: 热力学系统与外界之间有物质交换的系统。开口系统总是取一相对固定的空间, 又称为控制容积系统, 对其常用控制容积法进行研究。

(3) 绝热系: 热力学系统与外界无热量交换的系统。

(4) 孤立系: 热力学系统与外界既无能量交换又无物质交换的系统。

典型例题解析

【例 12-1】 (2008) 闭口热力系统与开口热力系统的区别在于:

- A. 在界面上有、无物质进出热力系
- B. 在界面上与外界有无热量传递

C. 对外界是否做功

D. 在界面上有无功和热量的传递及转换

解 选 A。本题主要考察热力学系统的基本概念。按系统与外界有无物质交换,系统可分为闭口系统和开口系统。闭口系统:系统内外无物质交换;开口系统:系统内外有物质交换。

12.1.2 状态

热力学系统在某一瞬间所呈现的宏观物理状况称为系统的状态。热力状态反映着工质大量分子热运动的平均特点,系统与外界之间能够进行能量交换的根本原因在于两者之间的热力状态存在差异。从热力学的观点出发,状态可以分为平衡状态和非平衡状态两种。

12.1.3 平衡状态

1) 定义

平衡状态是指在没有外界影响(重力场除外)的条件下,系统的宏观性质不随时间变化的状态。

2) 实现平衡的充要条件

系统内部及系统与外界之间各种不平衡势差(力差、温差、化学势差)的消失是系统实现热力平衡状态的充要条件。

在平衡状态时,参数不随时间改变只是现象,不能作为判断是否平衡的条件,只有系统内部及系统与外界之间的一切不平衡势差的消失,才是实现平衡的本质,也是实现平衡的充要条件。

平衡状态具有确定的状态参数,这是平衡状态的特点。

典型例题解析

【例 12-2】 (2009)热力学系统的平衡状态是指:

- A. 系统内部作用力的合力为零,内部均匀一致
- B. 所有广义作用力的合力为零
- C. 无任何不平衡势差,系统参数处处均匀一致,且不随时间变化
- D. 边界上有作用力,系统内部参数均匀一致,且保持不变

解 选 C。本题主要考察平衡状态的概念及实现条件。平衡状态是指在没有外界影响(重力场除外)的条件下,系统的宏观性质不随时间变化的状态。实现平衡的充要条件是系统内部及系统与外界之间不存在各种不平衡势差(力差、温差、化学势差)。因此热力系统的平衡状态应该是无任何不平衡势差,系统参数处处均匀一致而且是稳态的状态。

12.1.4 状态参数

描述系统工质状态的客观物理量称为状态参数。

状态参数的特征如下。

(1) 状态确定,则状态参数也确定;反之,亦然。

(2) 状态参数的积分特征:状态参数的变化量与路径无关,只与初终态有关,而且状态函数

的循环积分为零。

$$\int_1^2 dz = \int_{1,a}^2 dz = \int_{1,b}^2 dz = z_2 - z_1 \quad (12-1)$$

$$\oint dz = 0 \quad (12-2)$$

典型例题解析

【例 12-3】 (2005) 状态参数用来描述热力系统状态特性, 此热力系统应满足:

- A. 系统内部处于热平衡和力平衡
- B. 系统与外界处于热平衡
- C. 系统与外界处于力平衡
- D. 不需要任何条件

解 选 A。本题主要考察状态参数以及平衡状态的基本概念。状态参数的一个重要特征是: 状态确定, 则状态参数也确定, 反之亦然。平衡状态的特点是具有确定的状态参数, 而系统必须达到热平衡和力平衡时才称为平衡状态。

12.1.5 状态公理

状态公理提供了确定热力系统平衡状态所需的独立参数数目的经验规则, 即对于组成一定的物质系统, 若存在几种可逆功(系统进行可逆过程时和外界交换的功量)的作用, 则决定该系统平衡状态的独立状态参数有 $n+1$ 个, 其中“1”是考虑了系统与外界的热交换作用。

根据状态公理, 简单可压缩系统平衡状态的独立参数只有 2 个。原则上, 可以选取可测量参数 p 、 v 和 T 中的任意两个独立参数作为自变量, 其余参数(u 、 h 、 s 等)则为 p 、 v 和 T 的因变量。

12.1.6 状态方程

对于平衡状态下基本状态参数之间, 可以写成 $v=v(p, T)$ 或 $f(p, v, T)=0$ 之间的关系, 称为状态方程式。状态方程式的具体形式取决于工质的性质。

12.1.7 热力参数及坐标图

在热力学中, 常用的有压力(p)、温度(T)、比体积(也称质量体积)(v)、内能(U)、焓(H)和熵(S) 6 个状态参数。状态参数分为广延参数和强度参数。其中, 广延参数是指与系统的质量成正比且可相加的一类状态参数, 如 U 、 H 、 S 等。强度参数是指与系统的质量无关且不可相加的一类状态参数, 如 p 、 T 等。单位质量的广延参数具有强度参数的性质, 称作比参数。

在常用的 6 个状态参数中, 压力 p 、比体积 v 和温度 T 可以直接用仪表测定, 称为基本状态参数。其他的状态参数可以依据这些基本状态参数之间的关系间接导出。

(1) 比体积(也称质量体积) v : 比体积是单位质量的工质所占有的体积, 即 $v=\frac{V}{m}$, 单位为 m^3/kg 。

(2) 压力 p : 压力 p 是指单位面积上承受的垂直作用力。对于气体, 实质上是气体分子运动撞击容器壁面, 在单位面积的容器壁面上所呈现的平均作用力。压力的单位是帕(斯卡)

(Pa),以及千帕(kPa)和兆帕(MPa)。流体的压力常用压力表或真空表来测量。压力表测量的压力为表压力 p_g ,真空表测量的压力为真空度 p_v ,工质的真实压力 p 称为绝对压力。 p_g 、 p_v 及大气压力 p_b 之间的关系为

$$p = p_g + p_b \quad (\text{当 } p > p_b \text{ 时}) \quad (12-3)$$

$$p = p_b - p_v \quad (\text{当 } p < p_b \text{ 时}) \quad (12-4)$$

(3)温度 T :温度是确定一个系统是否与其他系统处于热平衡的状态函数。温度是热平衡的唯一判据。温度的数量表示法称为温标。温标的建立一般需要选定测温物质及其某一物理性质,规定基准点及分度方法。热力学温标,是建立在热力学第二定律基础上而完全不依赖测温物质性质的温标。它采用开尔文(K)作为度量温度的单位,规定水的气、液、固三相平衡共存的状态点(三相点)为基准点,并规定此点的温度为 273.16K。与热力学温度并用的有摄氏温度,以符号 t 表示,其单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。摄氏温度与热力学温度之间的关系为 $t = T - 273.15\text{K}$ 。摄氏温度的零点相当于热力学温度的 273.15K,而且这两种温标的温度间隔完全相同。

对于只有两个独立参数的热力系,可以任选两个参数组成二维平面坐标图来描述被确定的平衡状态,这种坐标图称为状态参数坐标图。经常用到的状态参数坐标图有压容图(p - v 图)和熵焓图(T - s 图)等。利用坐标图进行热力分析,具有直观清晰、简单明了的优点。

典型例题解析

【例 12-4】 (2006)热力学中常用的状态参数有:

- A. 温度、大气压力、比热容、内能、焓、熵等
- B. 温度、表压力、比体积、内能、焓、熵、热量等
- C. 温度、绝对压力、比体积、内能、焓、熵等
- D. 温度、绝对压力、比热容、内能、功等

解 选 C。本题主要考察热力学中常用的状态参数。在热力学中,常用的有压力(p)、温度(T)、比体积(v)、内能(U)、焓(H)和熵(S)6 个状态参数。

【例 12-5】 (2009)表压力、大气压力、真空度和绝对压力中只有:

- A. 大气压力是状态参数
- B. 表压力是状态参数
- C. 绝对压力是状态参数
- D. 真空度是状态参数

解 选 A。本题主要考察热力学中常用的状态参数的概念。只有绝对压力才是真实的压力,因此只有绝对压力才是系统的状态参数。

【例 12-6】 (2011)大气压力为 B ,系统中工质真空压力读数为 p_1 时,系统的真实压力 p 为:

- A. p_1
- B. $B + p_1$
- C. $B - p_1$
- D. $p_1 - B$

解 选 C。本题主要考察大气压力、真空度以及系统真实压力的关系。

12.1.8 功和热量

功量和热量是在热力过程中系统与外界发生的能量交换量,即通过不同的方式交换的能量。能量转换的方式有两种,即做功和传热。

功是系统与外界之间在力差的推动下,通过宏观的有序运动的方式传递的能量。也即是,借做功来传递能量总是和物体的宏观位移有关。

热量是系统与外界之间在温差的推动下,通过微观粒子的无序运动的方式传递的能量,也即是,借传热来传递能量,不需要有物体的宏观移动。

功和热量不是状态参数。只有当系统状态参数发生变化时,才可能有功和热量的传递。所以功和热量的大小不仅与过程的初、终状态有关,而且与过程的性质有关,功和热量都是过程量。热力学中规定,系统对外做功时功取为正,外界对系统做功时功取为负;系统吸热时热量取为正,放热时取为负。

可逆过程的功量和热量分别用 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上的相应面积表示。

12.1.9 热力过程

热力过程是指热力系统从一个状态向另一个状态变化时所经历的全部状态的综合。经典热力学可以描述的是两种理想化的过程:准平衡过程与可逆过程。

12.1.10 热力循环

工质由某一状态出发,经历一系列热力状态变化后,又回到原来初态的封闭热力过程称为热力循环,简称循环。系统实施热力循环的目的是为了实现预期连续的能量转换。按照循环的性质可以分为可逆循环(全部过程均可逆)和不可逆循环(还有不可逆过程的循环)。按照利用目的来分,有正向循环(动力循环)和逆向循环(制冷或热泵循环)。

循环的经济指标用工作系数来表示

$$\text{工作系数} = \frac{\text{得到的收益}}{\text{花费的代价}}$$

动力循环的经济性用循环热效率 η_t 来衡量,即

$$\eta_t = \frac{w}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad (12-5)$$

制冷循环的经济性用制冷系数 ϵ 表示

$$\epsilon = \frac{q_2}{w} = \frac{q_2}{q_1 - q_2}$$

热泵循环的经济性用供热系数 ϵ' 表示

$$\epsilon' = \frac{q_1}{w} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} \quad (12-6)$$

典型例题解析

【例 12-7】(2006)图 12-1 为一热力循环 1—2—3—1 的 $T-s$ 图,该循环的热效率可表示为:

- A. $1 - \frac{2b}{a+b}$ B. $1 - \frac{2b}{a-b}$
C. $1 - \frac{b}{a+b}$ D. $1 - \frac{2a}{a+b}$

解 选 A。本题主要考察动力循环热效率的概念以及在 $T-s$ 图上的标示方法。动力循环热效率计算表达式在 $T-s$ 图上面积关系为:

$$\eta_t = \frac{w}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = \frac{A_{1231}}{A_{12dc1}}$$

经过几何关系计算两个面积并推导可得答案为 A。

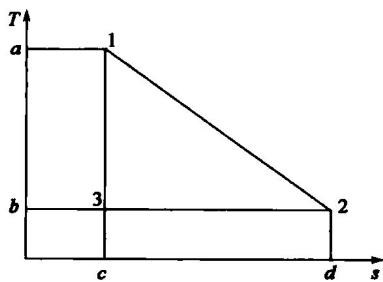


图 12-1

【例 12-8】 (2008) 图 12-1 示循环中工质的吸热量是:

A. $(a-b)(d-c)/2$

B. $(a+b)(d-c)/2$

C. $(a-b)(d+c)/2$

D. $(a+b)(d+c)/2$

解 选 B。本题主要考察动力循环吸热量在 $T-s$ 图上的标示方法。动力循环吸热量在 $T-s$ 图上为 12dcl 所包含的面积,通过计算可知答案为 B。

12.1.11 单位制

热工学中涉及的物理量比较多,采用的单位制有工程单位制、国际单位制等。目前我国国家标准中统一采用国际单位制(SI)。

经典练习

12-1 若已知工质的绝对压力 $p=0.18\text{MPa}$,环境压力 $p_a=0.1\text{MPa}$,则测得的压差为()。

A. 真空 $p_v=0.08\text{MPa}$

B. 表压力 $p_g=0.08\text{MPa}$

C. 真空 $p_v=0.28\text{MPa}$

D. 表压力 $p_g=0.28\text{MPa}$

12-2 可以通过测量直接得到数值的状态参数()。

A. 焓

B. 热力学能

C. 温度

D. 熵

12-3 无质量交换的热力系统称为()。

A. 孤立系统

B. 闭口系统

C. 绝热系统

D. 开口系统

12-4 若工质经历一可逆过程和一不可逆过程,且其初终状态相同,则两过程中工质与外界交换的热量()。

A. 相同

B. 不相同

C. 不确定

D. 与状态无关

12-5 熵是()量。

A. 广延状态参数

B. 强度状态参数

C. 过程量

D. 无法确定

12.2 准静态过程、可逆过程与不可逆过程

考试大纲:准静态过程 可逆过程 不可逆过程

必备基础知识

12.2.1 准静态过程

(1)定义:由一系列连续的平衡状态组成的过程称为准静态过程,也称为准平衡过程。

(2)特点:准静态过程是实际过程进行的足够缓慢的极限情况。这里的“缓慢”是热力学意义上的缓慢,即由不平衡到平衡的弛豫时间远小于过程进行所用的时间,就可以认为足够缓慢。因此,工程上的大多数过程由于热力系统恢复平衡的速度很快,仍可以看作是准静态过程进行分析。

(3)实现条件:推动过程进行的势差无限小,从而保证系统在任意时刻皆无限接近于平衡态。

(4)建立准静态过程的优点:①可以用确定的状态参数变化描述过程;②可以在参数坐标图上用一条连续曲线表示过程。

典型例题解析

【例 12-9】 (2011)准静态是一种热力参数和作用力都有变化的过程,具有特性:

- A. 内部和边界是一起快速变化
- B. 边界上已经达到平衡
- C. 内部状态参数随时处于均匀
- D. 内部参数变化远快于外部作用力变化

解 选 C。本题主要考察准静态过程的特点。准静态过程是在系统与外界的压力差、温差无限小的条件下,系统变化足够缓慢,系统经历一系列无限接近于平衡状态的过程。热力学意义上的“缓慢”是指由不平衡到平衡的弛豫时间远小于过程进行所用的时间,因此内部状态参数均匀,没有势差。

12.2.2 可逆过程与不可逆过程

(1)定义:如果系统完成某一热力过程后,再沿原来路径逆向进行时,能使系统和外界都返回原来状态而不留下任何变化,则这一过程称为可逆过程,否则称为不可逆过程。

(2)可逆过程实现条件:过程应为准平衡过程且过程中无任何耗散效应(摩擦、阻力等),这是实现可逆过程的充要条件。也就是说,无耗散的准平衡过程为可逆过程。准静态过程与可逆过程的区别在于有无耗散损失。一个可逆过程必须同时也是一个准静态过程,反之则不然。

典型例题解析

【例 12-10】 (2009)完成一个热力过程后,满足下述哪个条件时过程可逆?

- A. 沿原路径逆向进行,系统和环境都恢复初态而不留下任何影响
- B. 沿原路径逆向进行,中间可以存在温差和压差,系统和环境都恢复初态
- C. 只要过程反向进行,系统和环境都恢复初态而不留下任何影响
- D. 任意方向进行过程,系统和环境都恢复初态而不留下任何影响

解 选 A。可逆过程的定义“如果系统完成某一热力过程后,再沿原来路径逆向进行时,能使系统和外界都返回原来状态而不留下任何变化,则这一过程称为可逆过程”。

经典练习

12-6 经过一个可逆过程,工质不会恢复原来状态,该说法()。

- A. 正确
- B. 错误
- C. 有一定道理
- D. 不定

12-7 准静态过程中,系统经历的所有状态都接近于()。

- A. 相邻状态
- B. 初状态
- C. 平衡态
- D. 终状态

12-8 系统进行一个过程后,如能使()沿着与原过程相反的方向恢复初态,则这样的过程为可逆过程。

- A. 系统
- B. 外界
- C. 系统和外界
- D. 系统或外界

12-9 当热能和机械能发生转变时,能获得最大可用功的过程是()。

- A. 准静态过程 B. 平衡过程 C. 绝热过程 D. 可逆过程

12.3 热力学第一定律

考试大纲 : 热力学第一定律的实质 热力学能 焓 热力学第一定律在开口系统和闭口系统的表达式 储存能 稳定流动能量方程及其应用

必备基础知识

12.3.1 热力学第一定律的实质

热力学第一定律实质上就是能量守恒与转换定律在热现象中的应用。它确定了热力过程中各种能量在数量上的相互关系。

热力学第一定律表述为:当热能与其他形式的能量相互转换时,能量的总量保持不变。

热力学第一定律是热力学的基本定律,其适用于一切工质和一切热力过程。对于任何系统,各项能量之间的平衡关系一般表示为:

$$\text{进入系统的能量} - \text{离开系统的能量} = \text{系统储能的变化}$$

典型例题解析

【例 12-11】 (2011)热力学第一定律是关于热能与其他形式的能量相互转换的定律,适用于:

- A. 一切工质和一切热力过程 B. 量子级微观粒子的运动过程
C. 工质的可逆或准静态过程 D. 热机循环的一切过程

解 选 A。热力学第一定律是能量守恒定律在热现象中的应用。能量守恒定律适用于一切工质和一切热力过程。

12.3.2 热力学能

能量是物质运动的量度,运动有各种不同形式,相应地应有各种不同的能量,系统储存的能量称为储存能,它有内部储存能和外部储存能。而储存在系统内部的能量叫做内能,又叫做热力学能。它与系统内工质粒子的运动和粒子空间位置有关,是下列各种能量的总和:

- (1)分子热运动形成的内动能,它是温度的函数。
- (2)分子间相互作用形成的内位能,它是质量体积的函数。
- (3)维持一定分子结构的化学能,原子核内部的原子能及电磁场作用下的电磁能等。

热力学能是状态参数,也就是说,若工质从初态 1 变化到终态 2,其内能的变化 ΔU 只与初态、终态有关,而与过程路径无关。工质经循环变化后,内能的变化为零。

典型例题解析

【例 12-12】 (2009)内能是储存于系统物质内部的能量,有多种形式,下列哪一项不属于内能?

A. 分子热运动能

B. 在重力场中的高度势能

C. 分子相互作用势能

D. 原子核内部原子能

解 选 B。本题主要考察内能的定义。重力场中的高度势能是外部能。

12.3.3 焓

在流动过程中,工质携带的能量除内能外,总伴有推动功,所以为工程应用方便起见,把 U 和 pV 组合起来,我们就把这些工质流经一个开口系统时的能量总和叫做焓,用大写字母 H 表示,其表达式为

$$H = U + pV \quad (12-7)$$

在分析开口系统时,因有工质流动,热力学能 U 和推动功 pV 必然同时出现,在此特定情况下,焓可以理解为由于工质流动而携带的,并取决于热力状态参数的能量,即热力学能与推动功之和。在分析闭口系统时,焓只是一个复合状态参数,无明确的物理意义。

12.3.4 热力学第一定律在开口系统和闭口系统的表达式

热力学第一定律应用于控制质量时,其一般表达式为

$$q = \Delta e + w \quad (12-8)$$

对于控制质量闭口系统来说,比较常见的情况是在状态变化过程中,系统的动能和位能的变化为零,或动能和位能的变化与过程中参与能量转换的其他各项能量相比,可以忽略不计。因此,上式中系统总能的变化,也就是热力学能的变化。

闭口系统能量方程的表达式有以下几种形式。

$$1 \text{ kg 工质经历有限过程} \quad q = \Delta u + w \quad (12-9)$$

$$1 \text{ kg 工质经历微元过程} \quad \delta q = du + \delta w \quad (12-10)$$

$$m \text{ kg 工质经历有限过程} \quad Q = \Delta U + W \quad (12-11)$$

$$m \text{ kg 工质经历微元过程} \quad \delta Q = dU + \delta W$$

上述各式,对于闭口系统各种过程(可逆或不可逆过程)及各种工质都适用。

对于可逆过程,因 $\delta w = p dv$, $w = \int_1^2 p dv$, 则以上各式又可表达为以下形式。

$$1 \text{ kg 工质经历有限过程} \quad q = \Delta u + \int_1^2 p dv \quad (12-12)$$

$$1 \text{ kg 工质经历微元过程} \quad \delta q = du + p dv \quad (12-13)$$

$$m \text{ kg 工质经历有限过程} \quad Q = \Delta U + \int_1^2 p dV \quad (12-14)$$

$$m \text{ kg 工质经历微元过程} \quad \delta Q = dU + p dV$$

闭口系统经历一个循环时,由于 $\oint dU = 0$, 所以

$$\oint \delta Q = \oint \delta W \quad (12-15)$$

式(12-15)是系统经历循环时的能量方程,即任一循环的净吸热量与净功量相等。