



执业资格考试丛书

全国勘察设计 注册公用设备工程师 专业基础考试 复习教程

(暖通空调专业)

哈尔滨工业大学
东北林业大学 合编
哈尔滨理工大学



中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

全国勘察设计注册公用设备工程师 专业基础考试复习教程

(暖通空调专业)

哈尔滨工业大学
东北林业大学 合编
哈尔滨理工大学

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

全国勘察设计注册公用设备工程师专业基础考试复习教程/东北林业大学合编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006
(执业资格考试丛书暖通空调专业)
ISBN 7-112-08167-X

I. 全... II. ①哈... ②东... ③哈... III. ①城市公用设施-工程师-资格考核-自学参考资料②采暖设备-建筑设计-工程师-资格考核-自学参考资料③通风设备-建筑设计-工程师-资格考核-自学参考资料④空气调节设备-建筑设计-工程师-资格考核-自学参考资料 IV. TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 021070 号

本书是专门为全国注册公用设备工程师(暖通空调)执业资格基础考试编写的复习教材, 包括流体力学、传热学和工程热力学三大部分。本书以考试大纲中对流体力学、传热学和工程热力学的具体要求为依据, 以注册公用设备工程师应掌握的专业基础知识为重点, 力求做到理论性和实用性为一体, 知识和能力辩证统一。

* * *

责任编辑: 姚荣华
责任设计: 赵明霞
责任校对: 董纪丽 刘 梅

执业资格考试丛书
全国勘察设计注册公用设备工程师专业基础考试复习教程
(暖通空调专业)

哈尔滨工业大学
东北林业大学 合编
哈尔滨理工大学

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
新华书店经销
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版
北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 45 1/4 字数: 1095 千字
2006 年 4 月第一版 2006 年 4 月第一次印刷
印数: 1—4 000 册 定价: 85.00 元

ISBN 7-112-08167-X
(14121)

版权所有 翻印必究
如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>
网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

本书是专为全国注册公用设备工程师（暖通空调）执业资格基础考试编写的复习教材，包括流体力学、传热学和工程热力学三大部分。本复习教材以《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调专业基础考试大纲》中对流体力学、传热学和工程热力学的具体内容要求为依据，以注册公用设备工程师应掌握的专业基础理论知识为重点，各章均配有相应的思考题和习题，力求做到融理论性和实用性为一体、知识和能力辩证统一。

各部分编写者姓名及所在单位如下：

第一部分：流体力学

编写单位：哈尔滨工业大学

共 15 章，参加编写人员有伍悦滨、王芳、曹慧哲、朱蒙生。

第二部分：传热学

编写单位：哈尔滨工业大学、东北林业大学

共 11 章，参加编写人员有赵华、展长虹。

第三部分：工程热力学

编写单位：哈尔滨理工大学

共 10 章，参加编写人员有刘伟军、李九如。

本复习教材为首次编写，由于时间仓促且编者水平有限，书中疏漏和不妥之处恳请各位读者、专家批评指正。

主要符号表

符号	物 理 量	常 用 单 位
A	温度振幅	开(K)
A	表面积	米 ² (m ²)
a	热扩散率	米 ² /秒(m ² /s)
B	大气压强	牛顿/米 ² (N/m ²);帕(Pa);千克/(米·秒 ²)[kg/(m·s ²)]
C	辐射系数	瓦/(米 ² ·开 ⁴)[W/(m ² ·K ⁴)];[J/(m ² ·s·K ⁴)]
$\bar{C}_A$	组分 A 的质量浓度	摩尔/米 ³ (mol/m ³)
c	比热容	焦耳/(千克·开)[J/(kg·K)]
c'	体积比热容	焦耳/(标米 ³ ·开)[J/(Nm ³ ·K)]
D	质扩散率	米 ² /秒(m ² /s)
d	直径	米(m);毫米(mm)
E	辐射力	瓦/米 ² (W/m ²)
f	摩擦系数	
G	投射辐射	瓦/米 ² (W/m ²)
g	重力加速度	米/秒 ² (m/s ²)
H	焓	焦耳/千克(J/kg)
H	高度	米;毫米(m;mm)
h	对流换热表面传热系数	瓦/(米 ² ·开)[W/(m ² ·K)]
h_D	对流质交换表面传质系数	米/秒(m/s)
I	辐射强度	瓦/(米 ² ·球面度)[W/(m ² ·sr)]
J	有效辐射	瓦/米 ² (W/m ²)
k	传热系数	瓦/(米 ² ·开)[W/(m ² ·K)]
l	长度	米(m)
M	质流量	千克/秒(kg/s)
M	质量	千克(kg)
m	质流密度	千克/(米 ² ·秒)[kg/(m ² ·s)]
NTU	传热单元数	
P	功率	瓦(W);焦耳/秒(J/s)
p	压强	帕(Pa);牛顿/米 ² (N/m ²);千克/(米·秒 ²)[kg/(m·s ²)]
Q	热量	焦耳(J)
q	热流密度	瓦/米 ² (W/m ²)
R	热阻	米 ² ·开/瓦(m ² ·K/W)
r	半径	米;毫米(m;mm)
r	汽化潜热	焦耳/千克(J/kg)
S	距离	米(m)
T	热力学温度	开尔文(K)
t	摄氏温度	度(°C)

续表

符号	物 理 量	常 用 单 位
U	周边长度	米(m)
u	速度	米/秒(m/s)
V	容积	米 ³ (m ³)
v	速度	米/秒(m/s)
w	速度	米/秒(m/s)
X	角系数	
Z	周期	秒;时(s;h)
α	吸收率	
α	体积膨胀系数	1/开(1/K)
β	肋化系数	
δ	厚度	米(m)
Δ	差值	
ε	发射率	
ε	换热器效能	
η	效率	
Θ	无量纲过余温度	
θ	过余温度	开(K)
λ	导热系数	瓦/(米·开)[W/(m·K)]
μ	分子量	
μ	动力黏度	牛顿·秒/米 ² [N·s/m ²];千克/(秒·米)[kg/(s·m)]
ν	运动黏度	米 ² /秒(m ² /s)
ξ	延迟时间	秒;时(s;h)
ρ	密度	千克/米 ³ (kg/m ³)
ρ	质量浓度	千克/米 ³ (kg/m ³)
ρ	反射率	
τ	透射率	
τ	时间	秒(s);时(h)
τ	剪应力	牛顿/米 ² (N/m ²)
Φ	热流量	焦耳/秒(J/s);瓦(W)
ω	角速度	弧度/秒(rad/s)

相似准则名称

$$Bi = \frac{hl}{\lambda} \text{——毕渥准则} (\lambda \text{ 为固体的导热系数})$$

$$Co = h \left[\frac{\lambda^3 \rho^2 g}{\mu^2} \right]^{-1/3} \text{——凝结准则}$$

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2} \text{——傅里叶准则}$$

$$Ga = \frac{gl^3}{\nu^2} \text{——伽利略准则}$$

$$Gr = \frac{gl^3 \alpha \Delta t}{\nu^2} \text{——格拉晓夫准则}$$

$$Le = \frac{a}{D} \text{——刘伊斯准则}$$

$$Nu = \frac{hl}{\lambda} \text{——努谢尔特准则} (\lambda \text{ 为流体的导热系数})$$

$$Pr = \frac{\nu}{a} \text{——普朗特准则}$$

$$Pe = Re \cdot Pr = \frac{ul}{a} \text{——贝克利准则}$$

$$Ra = Gr \cdot Pr \text{——瑞利准则}$$

$$Re = \frac{ul}{\nu} \text{——雷诺准则}$$

$$Sc = \frac{\nu}{D} \text{——施米特准则}$$

$$Sh = \frac{h_D l}{D} \text{——宣乌特准则}$$

$$St = \frac{Nu}{Pe \cdot Pr} = \frac{h}{uc_p \rho} \text{——斯坦登准则}$$

$$St_c = \frac{Sh}{Re \cdot Sc} = \frac{h_D}{u} \text{——质交换斯坦登准则}$$

主要注角符号

f —流体 (Fluid)

w —壁面 (Wall)

c —临界 (Critical)

e —当量, 等效 (Equivalent)

s —饱和 (Saturation)

m —平均 (Mean)

$\min$ —最小 (Minimum)

$\max$ —最大 (Maximum)

此外本书还使用基本符号作注角, 如对流换热热阻 R_h 等。

A 面积, m^2

c_f 流速, m/s

c 比热 (质量比热), $J/(kg \cdot K)$;
浓度, mol/m^3

c_p 定压比热, $J/(kg \cdot K)$

c_v 定容比热, $J/(kg \cdot K)$

C_m 摩尔比热, $J/(mol \cdot K)$

$C_{p,m}$ 摩尔定压比热, $J/(mol \cdot K)$

$C_{v,m}$ 摩尔定容比热, $J/(mol \cdot K)$

d 耗汽率, kg/J ;

含湿量, kg/kg (干空气)

E 总能 (储存能), J

E_k 宏观动能, J

E_p 宏观位能, J

F 力, N

H 焓, J

H_m 摩尔焓, J/mol

M 摩尔质量, kg/mol

Ma	马赫数		分数)
M_r	相对分子质量	x_i	摩尔分数
M_{eq}	平均(折合)摩尔质量, kg/mol	z	压缩因子
n	多变指数; 物质的量, mol	α	抽汽量, kg; 离解度
p	绝对压力, Pa	α_v	体膨胀系数
p_0	大气环境压力, Pa	γ	质量比热比(比热比); 相变潜热(汽化潜热), J/kg
p_b	大气环境压力, 背压力, Pa	ε	制冷系数; 压缩比
p_e	表压力, Pa	ε'	供暖系数
p_i	分压力, Pa	η_c	卡诺循环热效率
p_s	饱和压力, Pa	$\eta_{c,s}$	压气机绝热效率
P_v	真空度, 湿空气中水蒸气分压力, Pa	η_T	蒸汽轮机、燃气轮机的相对内效率
Q	热量, J	η	循环热效率
q_m	质量流量, kg/s	κ	等熵指数
q_v	体积流量, m ³ /s	κ_T	等温压缩率
R	通用气体常数, J/(mol·K)	λ	升压比
R_g	气体常数, J/(kg·K)	π	压力比(增压比)
$R_{g,eq}$	平均(折合)气体常数, J/(kg·K)	v_{cr}	临界压力比
S	熵, J/K	ρ	密度, kg/m ³ ; 预胀比
S_g	熵产, J/K	σ	回热度
S_i	热(熵流), J/K	φ	相对湿度; 喷管速度系数
T	热力学温度, K	φ_i	体积分数
T_i	转回温度, K	下脚标	
t	摄氏温度, °C	a	空气中干空气的参数
T_w	湿球温度, °C	c	卡诺循环; 冷库参数
U	内能, J	C	压气机
V	体积, m ³	cr	临界点参数; 临界流动状况参数
v	比体积, m ³ /kg	CV	控制体积
V_m	摩尔体积, m ³ /mol	in	进口参数
W	膨胀功, J	iso	孤立系统
W_{net}	循环净功, J	m	物质的量
W_i	内部功, J	s	饱和参数; 相平衡参数
W_s	轴功, J	out	出口参数
W_t	技术功, J	v	湿空气中水蒸气的物理量
W_u	有用功, J	0	环境的参数; 滞止参数
w_i	质量分数		
χ	干度(专指湿蒸汽中饱和干蒸汽的质量		

目 录

主要符号表

第一部分 流体力学

第 1 章 绪论	3
1.1 流体力学概述	3
1.1.1 流体力学的研究对象	3
1.1.2 连续介质模型	3
1.1.3 流体力学的研究方法	3
1.2 作用在流体上的力	4
1.2.1 表面力	4
1.2.2 质量力	4
1.3 流体的主要物理性质	5
1.3.1 惯性	5
1.3.2 黏滞性	5
1.3.3 压缩性和热胀性	8
1.3.4 表面张力特性	9
1.3.5 汽化压强	10
思考题	10
选择题	10
习题	11
第 2 章 流体静力学	12
2.1 静止流体中压强的特性	12
2.2 流体平衡微分方程	13
2.2.1 流体平衡微分方程	13
2.2.2 平衡微分方程的全微分式	14
2.2.3 等压面	14
2.3 重力场中流体静压强的分布规律	15
2.3.1 液体静力学基本方程	15
2.3.2 气体静压强的计算	15
2.3.3 压强的度量	15
2.3.4 水头、液柱高度和能量守恒	17
2.3.5 压强的计量单位	17
2.4 液体作用在平面上的总压力	18
2.4.1 解析法	18
2.4.2 图算法	20

2.5 液体作用在曲面上的总压力	21
2.5.1 曲线上的总压力	21
2.5.2 压力体	22
2.5.3 液体作用在潜体和浮体上的总压力	22
思考题	24
选择题	24
习题	26
第3章 流体运动学	28
3.1 流体运动的描述方法	28
3.1.1 拉格朗日法	28
3.1.2 欧拉法	29
3.2 欧拉法的基本概念	30
3.2.1 流动的分类	30
3.2.2 流线	31
3.2.3 元流和总流	33
3.2.4 流量和断面平均流速	34
3.3 连续性方程	35
3.3.1 连续性微分方程	35
3.3.2 连续性微分方程对总流的积分	36
3.4 流体微团运动的分析	37
3.4.1 微团运动的分解	37
3.4.2 有旋运动(有涡流)和无旋运动(无涡流)	38
思考题	39
选择题	39
习题	40
第4章 流体动力学基础	42
4.1 理想流体运动微分方程	42
4.2 元流的伯努利方程	43
4.2.1 理想流体运动微分方程的伯努利积分	44
4.2.2 理想流体元流伯努利方程的物理意义和几何意义	44
4.2.3 实际流体元流的伯努利方程	45
4.3 实际流体总流的伯努利方程	45
4.3.1 总流的伯努利方程	45
4.3.2 总流伯努利方程的应用条件和应用方法	48
4.3.3 有能量输入或输出的伯努利方程	49
4.3.4 两断面间有合流或分流的伯努利方程	50
4.3.5 恒定气体总流的伯努利方程	50
4.4 总流的动量方程和动量矩方程	53
4.4.1 总流的动量方程	53
4.4.2 总流的动量矩方程	57
4.5 恒定平面势流	58

4.5.1 速度势 (流速势)	58
4.5.2 流函数	60
4.5.3 流网及其特征	62
4.5.4 几种简单的平面势流	63
4.5.5 势流叠加	68
思考题	69
选择题	69
习题	71
第5章 量纲分析和相似原理	73
5.1 量纲分析的意义和量纲和谐原理	73
5.1.1 量纲的概念	73
5.1.2 无量纲量	74
5.1.3 量纲和谐原理	74
5.2 量纲分析法	75
5.2.1 瑞利法	75
5.2.2 π 定理	76
5.2.3 量纲分析方法的讨论	79
5.3 相似理论基础	80
5.3.1 相似概念	80
5.3.2 相似准则	81
5.4 相似定理	83
5.4.1 相似正定理	83
5.4.2 相似逆定理	84
5.4.3 相似第三定理	84
5.5 模型实验	85
5.5.1 模型律的选择	85
5.5.2 模型设计	86
思考题	88
选择题	88
习题	89
第6章 流动阻力和能量损失	90
6.1 流动阻力和能量损失的分类	90
6.1.1 能量损失的分类	90
6.1.2 能量损失的计算公式	91
6.2 实际流体的两种流动状态	91
6.2.1 两种流态	91
6.2.2 流态的判别准则——临界雷诺数	93
6.3 均匀流动方程式	95
6.3.1 均匀流动方程式	95
6.3.2 圆管过流断面上切应力分布	96
6.3.3 阻力速度	96

6.4	圆管中的层流运动	96
6.4.1	流动特征	97
6.4.2	流速分布	97
6.4.3	圆管层流沿程水头损失的计算	98
6.5	紊流理论基础	99
6.5.1	层流向紊流的转变	99
6.5.2	紊流运动的特征和时均法	100
6.5.3	紊流的半经验理论	101
6.5.4	黏性底层	104
6.6	圆管紊流中的沿程水头损失	104
6.6.1	尼古拉兹实验	104
6.6.2	流速分布	107
6.6.3	λ 的半经验公式	108
6.6.4	工业管道和柯列勃洛克 (Colebrook) 公式	109
6.6.5	沿程阻力系数 λ 的经验公式	110
6.7	非圆管的沿程水头损失	112
6.7.1	水力半径 R	113
6.7.2	当量直径 d_e	113
6.7.3	非圆通道雷诺数	114
6.7.4	非圆管的沿程水头损失	114
6.8	局部水头损失	115
6.8.1	局部损失的一般分析	115
6.8.2	几种典型的局部阻力系数	116
6.8.3	局部阻力之间的相互干扰	121
6.8.4	减少局部阻力的措施	121
6.9	恒定总流水头线的绘制	122
6.9.1	总水头线和测压管水头线	122
6.9.2	总压线和全压线	124
	思考题	129
	选择题	129
	习题	131
第7章	边界层和绕流运动	133
7.1	边界层的基本概念	133
7.2	边界层动量方程	135
7.3	曲面边界层的分离现象与卡门涡街	137
7.3.1	曲面边界层的分离现象	137
7.3.2	卡门涡街	138
7.4	绕流阻力和升力	138
7.4.1	绕流阻力的一般分析	138
7.4.2	悬浮速度	140
7.4.3	绕流升力的一般概念	140

思考题	141
习题	141
第 8 章 不可压缩流体的管道流动	143
8.1 孔口出流	143
8.1.1 薄壁小孔口恒定自由出流	143
8.1.2 孔口淹没出流	145
8.1.3 孔口的变水头出流	146
8.2 管嘴出流	148
8.2.1 圆柱形外管嘴恒定出流	148
8.2.2 收缩断面的真空	148
8.2.3 圆柱形外管嘴的正常工作条件	149
8.2.4 其他类型的管嘴出流	149
8.3 简单管道	150
8.3.1 简单短管的水力计算	150
8.3.2 简单长管的水力计算	154
8.4 复杂管道	155
8.4.1 串联管道	155
8.4.2 并联管道	156
8.4.3 沿程均匀泄流管道	157
8.5 管网水力计算基础	159
8.5.1 枝状管网	159
8.5.2 环状管网	161
8.5.3 水击现象	163
思考题	163
选择题	163
习题	165
第 9 章 明渠均匀流	167
9.1 概述	167
9.1.1 明渠流动的特点	167
9.1.2 明渠的分类	168
9.2 明渠均匀流的特征及其形成条件	169
9.2.1 明渠均匀流的特征	169
9.2.2 明渠均匀流的形成条件	169
9.3 明渠均匀流的水力计算	170
9.3.1 明渠均匀流的水力计算公式	170
9.3.2 明渠过流断面的几何要素	171
9.3.3 明渠水力最优断面和允许流速	172
9.3.4 明渠均匀流水力计算的基本问题	174
9.4 无压圆管均匀流	175
9.4.1 无压圆管均匀流的特征	176
9.4.2 过流断面的几何要素	176

9.4.3	无压圆管的水力计算	177
9.4.4	输水性能最优充满度	177
9.4.5	最大设计充满度、允许流速	177
	思考题	178
	选择题	178
	习题	179
第 10 章	渗流	180
10.1	渗流的基本概念	180
10.1.1	水在土层中的状态	180
10.1.2	土层的渗流特性与岩土分类	180
10.1.3	渗流模型	181
10.1.4	渗流的分类	181
10.1.5	流速水头的处理	181
10.2	渗流基本定律	181
10.2.1	达西定律	182
10.2.2	达西定律的适用范围	182
10.2.3	渗透系数的确定	182
10.2.4	无压恒定渐变渗流的基本公式	184
10.3	井和集水廊道的渗流计算	184
10.3.1	普通完整井	184
10.3.2	自流完整井	186
10.3.3	集水廊道	186
10.3.4	大口井	187
	思考题	188
	选择题	188
	习题	188
第 11 章	气体紊流射流	190
11.1	气体自由射流的结构与特征	190
11.1.1	射流的结构	190
11.1.2	射流的基本特征	190
11.2	圆断面射流的运动分析	192
11.2.1	主体段轴心速度 u_m	192
11.2.2	主体段断面流量 Q	193
11.2.3	主体段断面平均流速 v_1	193
11.2.4	主体段质量平均流速 v_2	193
11.2.5	起始段核心长度 s_n 及核心收缩角 θ	194
11.2.6	起始段流量 Q	194
11.2.7	起始段断面平均流速 v_1	194
11.2.8	起始段质量平均流速 v_2	194
11.2.9	公式小结	195
11.3	温差射流与浓差射流	196

11.3.1	温差射流的基本特征	196
11.3.2	圆断面温差射流运动分析	196
11.3.3	温差、浓差射流公式小结	198
11.4	旋转射流	199
11.4.1	旋转射流概述	199
11.4.2	旋转射流的流速分布	200
11.4.3	旋转射流的压强分布	200
11.4.4	旋转强度	200
11.4.5	无因次流量 Q/Q_0 及 Q_h/Q_0	201
11.5	有限空间射流	202
11.5.1	射流结构	202
11.5.2	动力特征	203
11.5.3	半经验公式	203
11.5.4	末端涡流区	204
	思考题	205
	习题	205
第 12 章	一元气体动力学基础	206
12.1	理想气体一元恒定流动基本方程	206
12.1.1	连续性方程	206
12.1.2	状态方程	206
12.1.3	动量方程	206
12.1.4	能量方程	207
12.1.5	理想气体过程方程	207
12.2	音速和马赫数	208
12.2.1	音速	208
12.2.2	马赫数	209
12.2.3	滞止参数	210
12.2.4	气流按不可压缩处理的限度	212
12.3	变截面喷管中的等熵流动	213
12.3.1	流动参数与截面积的关系	213
12.3.2	通过收缩喷管的最大流量	215
12.4	可压缩气体管道流动	216
12.4.1	等温流动	216
12.4.2	绝热流动	220
	思考题	223
	选择题	223
	习题	223
第 13 章	流动要素量测	225
13.1	压强量测	225
13.1.1	连通器原理	225
13.1.2	压强量测仪器	225

13.2 流量量测	228
13.2.1 总压管	228
13.2.2 应用毕托 (Pitot) 管测量点流速	229
13.2.3 圆柱体测速管	230
13.2.4 其他流速量测仪器	230
13.3 流量量测	232
13.3.1 体积流量计	233
13.3.2 文丘里流量计	233
13.3.3 孔板流量计与喷嘴流量计	234
13.3.4 非压差式流量量测仪器	235
13.4 流动显示与全流场测速法	236
13.4.1 流场显示的示踪法	236
13.4.2 现代图像处理技术	236
思考题	237
选择题	237
习题	237
第 14 章 泵与风机的理论基础	239
14.1 泵与风机的分类及应用	239
14.1.1 叶片式泵与风机	239
14.1.2 容积式泵与风机	240
14.1.3 其他类型的泵与风机	241
14.2 离心式泵与风机的构造特点及性能参数	241
14.2.1 离心式泵的基本构造	241
14.2.2 离心式风机的基本构造	244
14.2.3 离心式泵与风机的性能参数	245
14.3 离心式泵与风机的基本方程——欧拉方程	246
14.3.1 流体在叶轮中的运动	246
14.3.2 欧拉方程	247
14.3.3 叶片片数有限对欧拉方程的修正	248
14.3.4 理论扬程 H_T 的组成	249
14.4 叶型对离心式泵与风机性能的影响	250
14.4.1 叶型对理论扬程 H_T 大小的影响	250
14.4.2 叶型对理论扬程 H_T 组成的影响	251
14.5 离心式泵与风机的理论和实际特性曲线	252
14.5.1 泵与风机的理论特性曲线	252
14.5.2 泵与风机的损失与效率	253
14.5.3 泵与风机的实际特性曲线	255
14.5.4 泵与风机实际特性曲线的试验测定	257
14.6 相似律和比转数	257
14.6.1 相似条件	257
14.6.2 相似律	258

14.6.3 相似律的应用	259
14.6.4 比转数	261
14.6.5 比转数的意义	262
14.7 泵与风机的选择性能曲线图和性能参数表	263
14.7.1 泵与风机的通用性能曲线图	263
14.7.2 风机的选择性能曲线图和性能参数表	263
14.7.3 泵的综合性能曲线图和性能参数表	265
14.8 轴流式泵与风机	266
14.8.1 轴流式泵与风机的构造及工作原理	266
14.8.2 轴流式泵与风机性能曲线的特点	266
思考题	267
习题	267
第15章 泵与风机的工作分析	268
15.1 管路特性曲线和工作点	268
15.1.1 管路特性方程和特性曲线	268
15.1.2 泵或风机的工作点	269
15.2 泵或风机的联合工作	270
15.2.1 并联工作	270
15.2.2 串联工作	272
15.3 泵与风机的工况调节	272
15.3.1 改变管路特性曲线的调节方法	273
15.3.2 改变泵或风机特性曲线的调节方法	273
15.3.3 轴流式泵与风机的调节	276
15.4 泵与风机的选择、安装和运行	278
15.4.1 泵的气蚀与安装高度	278
15.4.2 泵与风机的选择	281
15.4.3 泵与风机和管路系统的连接	283
15.4.4 泵与风机的启动与运行	284
15.5 管道内的压力分布	285
15.5.1 液体管道内的压力分布	285
15.5.2 气体管道压力分布图	287
思考题	288
习题	289
参考文献	290

第二部分 传 热 学

绪论	293
0.1 传热的基本方式	293
0.1.1 热传导	293
0.1.2 热对流	293
0.1.3 热辐射	294