

945/91
040439

高等纺织院校教材

丝绸厂供热和空气调节



纺织工业出版社

高等纺织院校教材

丝绸厂供热和空气调节

苏州丝绸工学院
浙江丝绸工学院 编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书根据丝绸生产的特点,对丝绸厂供热和空气调节的基本理论和实践问题作了系统的阐述,主要内容包括热能的发生和输送;对生产车间的空气进行加热、冷却、加湿、去湿和除尘等处理过程及其主要设备和调节方法。同时,对气体的热力学性质、传热学和流体动力学等有关热工基础理论知识,本书也进行了必要的论述。

本书作为高等纺织院校制丝和丝织专业的教材,也可供从事制丝、丝织专业和供热、空气调节专业的技术人员和科学研究人员参考。

责任编辑:王文浩

高等纺织院校教材 丝绸厂供热和空气调节

苏州丝绸工学院 编
浙江丝绸工学院

*

纺织工业出版社出版

(北京阜成路3号)

北京纺织印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

850×1168 毫米 1/32 印张: 18 28/32 插页: 1 字数: 482 千字

1982年1月 第一版第一次印刷

印数: 1—10,200 定价: 2.30元

统一书号: 15041·1091

前 言

《丝绸厂供热和空气调节》课程在高等丝绸院校里是一门专业基础课。它是一门应用科学，是为丝绸工艺生产服务的。

本教材包括两个方面的内容：

一、供热 是从为丝绸生产提供必要的热能这一角度出发，讨论热能的发生和热能的输送。前者主要介绍热能发生器——锅炉的作用、结构、选择、安全运行和小型锅炉房的布置；后者主要介绍热力管道的设计计算和布置原则。

二、空气调节 是从为丝绸生产创造良好的生产环境，保护工人健康，提高产品质量这一角度出发，主要介绍对生产车间的空气进行加热、冷却、加湿、去湿和除尘的空气调节设备，以及调节过程和调节方法。

考虑到供热和空气调节所涉及的知识面比较广，为了加强有关的基础知识，把气体的热力学性质，空气和水蒸气的性质，传热学和流体动力学的基础知识，列为本教材的第一篇。

根据纺织工业部教育司转发教育部关于“新编的大学、高中和中等专业学校教材，一律采用国际单位制，同时根据实际需要，适当介绍或部分并用现有的其它单位制”的指示精神，本教材所涉及的单位全部采用国际单位制，但为了照顾目前的实际用法，把目前使用的工程制单位以并用方式列入〔 〕内或列表对照。考虑到一些国家标准（包括部颁标准）和产品型号的法定性和系列化，有关这些标准和型号中的单位仍采用现有单位制。

本教材由苏州丝绸工学院和浙江丝绸工学院合编。其中，

第一、二、三、四、八、九、十、十一、十二、十三、十四章由苏州丝绸工学院编写，第五、六、七章由浙江丝绸工学院编写。参加编写的同志有吴融如、陈时若、张宗镒等。本教材初稿曾邀请华东纺织工学院、浙江省一轻局丝绸公司、杭州缫丝厂、苏州建筑设计室等单位有关同志共同参加讨论审阅。另外，在教材编写过程中，我们还得到杭州丝绸印染联合厂、北京丝绸厂、苏州市振亚丝织厂、嘉兴丝厂等单位的工程技术人员的热情帮助，在此谨致以衷心的感谢。

由于我们水平所限及时间仓促，缺点在所难免，可能还有错误，热忱欢迎读者批评指正，以便进一步修改提高。

编 者

目 录

第一篇 基础知识

第一章 气体的一般热力性质	(1)
第一节 理想气体和实际气体.....	(2)
第二节 气体的基本状态参数.....	(3)
一、温度.....	(3)
二、压力.....	(5)
三、比容.....	(8)
第三节 理想气体的状态方程式.....	(9)
第四节 混合气体.....	(11)
第五节 热量和比热.....	(14)
第六节 热力学第一定律和焓.....	(16)
第七节 气体的基本热力过程.....	(20)
第八节 热力学第二定律.....	(25)
第九节 气体的流动过程.....	(32)
第二章 空气的物理性质和焓湿图	(35)
第一节 空气的组成及其状态方程式.....	(35)
第二节 空气的饱和状态和饱和水汽压力.....	(38)
第三节 空气的湿度.....	(39)
第四节 空气的焓.....	(42)
第五节 空气的湿球温度和露点温度.....	(43)
第六节 空气的焓湿图及其应用.....	(46)
第七节 空气温湿度的测量.....	(61)
第三章 水蒸气	(73)

第一节	水蒸气的状态方程式·····	(73)
第二节	定压下水蒸气的产生过程·····	(74)
第三节	水蒸气图表·····	(77)
第四节	水蒸气在喷管中的流动·····	(80)
第五节	水蒸气的绝热节流·····	(88)
第四章	流体动力学基础·····	(91)
第一节	流体的基本物理性质·····	(91)
第二节	流体流动方程式·····	(96)
第三节	流体流动方式和雷诺试验·····	(106)
第四节	流体的运动分析·····	(110)
第五节	实际流体在管道内流动时的能量损失计算··	(113)
第五章	传热学基础·····	(118)
第一节	热传导·····	(120)
第二节	对流换热·····	(127)
第三节	热辐射·····	(134)
第四节	复杂换热和传热·····	(138)
第五节	换热器·····	(143)
第六节	热管简介·····	(146)

第二篇 供 热

第六章	锅炉·····	(151)
第一节	锅炉设备的一般知识·····	(151)
第二节	燃料和燃烧设备·····	(159)
第三节	锅炉本体·····	(190)
第四节	锅炉给水·····	(207)
第五节	锅炉的烟风系统·····	(220)
第六节	锅炉附件·····	(223)
第七节	锅炉的安全运行·····	(240)
第八节	锅炉的检验和修理·····	(247)

第九节	锅炉的选择和锅炉房布置	(253)
第七章	管道设计与安装	(257)
第一节	管道材料	(257)
第二节	管道的连接、热补偿和保温	(266)
第三节	管道的水力计算	(274)
第四节	管道的布置	(276)

第三篇 空气调节

第八章	丝绸厂空气调节的必要性	(284)
第一节	温湿度对丝绸生产的影响	(284)
第二节	空气条件对人体健康的影响	(286)
第九章	车间热湿负荷的计算	(291)
第一节	室内、外气象条件	(291)
第二节	建筑物围护结构的传热计算	(293)
第三节	车间散热量、散湿量计算	(297)
第四节	车间热湿负荷的确定	(309)
第五节	空调车间通风量及换气次数计算	(312)
第十章	空气调节设备及其计算	(315)
第一节	空调设备的概述	(315)
第二节	空气与水的热湿交换	(318)
第三节	喷水室的热工计算	(324)
第四节	空气调节室的构件	(332)
第五节	冷源	(348)
第六节	给湿装置	(373)
第十一章	送风方式及通风管道设计	(377)
第一节	丝绸厂送风方式	(377)
第二节	风道材料及面积计算	(382)
第三节	风道阻力计算	(384)
第四节	送风风道设计	(392)

第十二章	通风机和水泵	(411)
第一节	通风机	(411)
第二节	水泵	(438)
第十三章	自然通风、局部排湿和除尘	(447)
第一节	自然通风	(447)
第二节	局部排湿	(459)
第三节	除尘	(463)
第十四章	空气调节设备的调节、管理和测量	(472)
第一节	调节	(472)
一、	人工调节	(473)
二、	自动调节	(483)
第二节	管理	(493)
第三节	测量	(498)
附录		(509)
附录表2-1	空气性质表	(509)
附录表2-2(甲)	温湿度换算表	(516)
附录表2-2(乙)	温湿度换算表	(520)
附录表3-1(甲)	饱和水蒸气表(按温度排列)	(524)
附录表3-1(乙)	饱和水蒸气表(按压力排列)	(532)
附录表9-1	室外空气气象参数表	(535)
附录表9-2	建筑材料的物理性能表	(539)
附录表9-3	建筑物围护结构的传热系数表	(544)
附录表9-4(甲)	太阳辐射强度 J 值表(北京市)	(546)
附录表9-4(乙)	太阳辐射强度 J 值表(武汉市)	(548)
附录表9-4(丙)	太阳辐射强度 J 值表(广州市)	(550)
附录表9-5(甲)	透过玻璃窗太阳辐射强度 J_w 值表(北京市)	(552)
附录表9-5(乙)	透过玻璃窗太阳辐射强度 J_w 值表(武汉市)	(554)

附录表9-5(丙) 透过玻璃窗太阳辐射强度	
J_w 值表 (广州市)	(556)
附录表10-1 JD 型深井水泵性能表	(558)
附录表11-1 局部阻力系数 ξ 值表	(560)
附录表12-1 丝绸厂常用的通风机性能范围及主要 用途表	(570)
附录表12-2 50A11-12 型轴流通风机性能表	(573)
附录表12-3 BA 型离心水泵性能表	(576)
附录表12-4 BL 型离心水泵性能表	(580)
国际制单位与工程制单位换算表	(582)
通风、空气调节工程常用常数表	(585)
基本符号	(586)

第一篇 基础知识

丝绸厂的供热和空气调节问题，归根到底是一个热能的利用和交换问题。它既包括利用加热设备，把热能直接用于生产工艺，对原料或产品进行蒸煮、加热、干燥，也包括为了建立适宜的生产环境和改善工人劳动条件而对空气进行加热、冷却、加湿、去湿的空气调节。所以，能量的转换规律和热量的传递规律是研究的关键，空气和水蒸气则是研究的主要对象。本篇的主要内容就是研究这些规律和对象的性质，为今后学习供热和空气调节提供必要的基础知识。本篇分五章进行：第一章气体的一般热力性质，主要叙述理想气体的状态变化，热量计算，热力学基本定律和能量转换的基本规律；第二、三章主要讨论空气和水蒸气的物理性质；第四章流体动力学基础，主要介绍流体流动方程式和流体流动时的能量转换规律，以及在实际工程中的应用，第五章传热学主要分析和计算有关热量传递方面的问题。

第一章 气体的一般热力性质

研究热能与其它各种能量之间相互转换的科学叫热力学。工程热力学是从宏观上来研究热能和机械能（功）之间的转换规

律，它除了研究参与热、功转换的气体（或蒸汽）的热力性质及这些转换过程的客观规律外，还研究如何使这些过程在最有利的情况下进行。因此，我们有必要首先介绍一些工程热力学中有关的基本知识。当然，针对供热和空气调节工程的特点，我们没有必要研究热变功的热机理论，而主要研究气体、蒸汽、湿空气与热现象有关的热力性质、热量计算、热力学基本定律和能量转换的基本规律。

在工程热力学中，把被隔离出来的物体——研究的对象，称为热力系统（它是指所研究的物体的范围）；把热、功转换过程中的媒介质称为“工质”；并把某一瞬间工质在热力现象方面的总状况称为工质的热力状态，简称“状态”。在供热和空气调节中所要研究的工质将以水蒸气和湿空气为主。本章着重讨论有关气体的热力性质。

第一节 理想气体和实际气体

在研究气体性质时，为了从自然界存在的实际气体的复杂性中抓住其主要矛盾，而使问题合理地简化，通常提出理想气体的概念。

根据近代物质结构学说，气态物质同固态、液态物质一样都是由一个个微小的粒子——分子所组成。这些分子都互相离开着，并处在不断的、无规则的热运动中，彼此时而接近，时而分离；分子间还相互有着吸引力——分子力的作用。如果在研究气体性质时，考虑到分子间吸引力和分子本身的体积这些微观量，则问题非常复杂，为此提出了一种假想的气体：构成这种气体的各分子间没有相互的吸引力，而且分子本身又被视为没有体积的弹性质点，这种假想的气体叫做“理想气体”。虽然自然界中并不存在真正的理想气体，但是对理想气体的这些假定并非是凭空臆造的。在我们工程上常见的气体，如空气、燃气等在一般状态下都

远离液态，分子间距离大大增加，使分子间的吸引力很微小，分子本身体积与所占有的空间相比也很微小，均可以忽略不计，这时的气体性质已经非常接近于理想气体。这样我们可以把自然界中实际存在的、可以忽略分子间相互吸引力及分子本身体积的每一种气体都可称之为“理想气体”。相反，凡是不能将气体分子间的相互吸引力及分子本身体积忽略不计的气体都称为“实际气体”。如锅炉中所产生的水蒸气，它和液态相当接近，应当作为实际气体处理。但是，在压力很低或温度很高的情况下，远离液态的水蒸气（如存在于空气中的水蒸气），则又能当作理想气体来看待。

第二节 气体的基本状态参数

当气体工质在容器中加热或冷却时，其压力、温度、容积等必然引起变化，这说明气体与外界发生能量授受时，它的状态总要发生变化。气体是由不断运动着的大量分子所组成的，我们无法确定每个分子的微观状态，在工程上要知道的是这些大量气体分子运动所产生的总平均效果，即宏观物理量。描写气体所处热力状态的宏观物理量称为热力状态参数，简称“状态参数”，它包括温度、压力、比容、内能、焓和熵等六个参数。其中温度、压力、比容可直接或间接用仪器测量出来，称为基本状态参数；而其余三个参数可由基本状态参数导出，称为导出状态参数。

一、温度

温度是衡量物体冷热程度的参数。根据分子运动理论，温度的本质是分子平移运动平均动能的宏观表现。分子运动得快，平均动能大，则温度就高；反之温度就低。气体分子运动的平均动能与热力学温度之间的关系如下：

$$\frac{mw^2}{2} = BT \quad (1-1)$$

式中： m ——一个分子的质量；
 w ——分子平移运动的均方根速度；
 B ——比例常数；
 T ——热力学温度。

由此可见，分子运动学说揭示了物体冷热程度的本质。

根据式 (1-1) 可知，只有当所有气体分子运动停止时，即分子运动速度 w 为零时，它的温度才为绝对零度。从唯物论的观点，运动是一切物质永恒的属性，因此，分子运动停止的状态——绝对零度，是永远达不到的极限状态。

为了标志温度的高低和保证温度测量的准确一致，就须规定一个衡量温度高低的尺子，称为温度标尺，简称“温标”。目前国际上通用的温标有两种：开尔文温标和摄氏温标。

1. 开尔文温标

根据国际单位制（代号[SI]）规定，温度采用热力学温度的开尔文温标，以符号 T 表示，单位为开尔文（代号开，K）。

热力学温度是选取水的三相点为基本定点，并将其温度定为 273.16K。因此单位开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

除以开尔文表示的热力学温度 (T) 外，也可使用摄氏温度，以符号 t 表示，单位为摄氏度（代号 $^{\circ}\text{C}$ ）。并作出如下定义：

$$t = T - T_0 \quad (1-2)$$

式中， $T_0 = 273.15\text{K}$ 为水的冰点的热力学温度（与水的三相点热力学温度相差 0.01K ）。在一般工程计算上，可近似地采用 $T_0 \approx 273\text{K}$ 。

摄氏度与单位开尔文相等并都可用来表示温度间隔或温差。

2. 摄氏温标

摄氏温标是目前国际上实用的一种温标。它规定：在 1 标准大气压下，纯水的冰点定为 0°C ，纯水的沸点定为 100°C ，两者之间分成 100 等分，每等分为 1°C 。

这里要特别指出，两种摄氏度虽则其大小一样，但有根本区别，前者的摄氏度是以热力学为基础的，而后者是利用水银温度计来显现的。

温度同时也可用以确定热量转移的方向。如果两个物体温度有差异，则热量就从高温物体自发地传至低温物体。如果两物体不发生热量的转移，则它们处于热平衡状态，温度相等。

二、压力

气体的压力是指气体对单位面积容器壁上的垂直作用力。它是气体大量分子撞击容器壁面总的平均结果的宏观物理量。压力（在物理学中称为压强）用符号 P 表示。

对于理想气体而言，则可从理论上推导出压力 P 与分子数及分子平移运动平均动能之间的关系式：

$$P = \frac{2}{3} n \cdot \frac{mw^2}{2} \quad (1-3)$$

式中： n ——分子浓度，即单位容积中的分子数；

$\frac{mw^2}{2}$ ——分子作平移运动的平均动能。

式（1-3）揭示了气体压力与温度之间的内在联系。

压力的单位，根据[SI]制规定采用帕斯卡（代号帕，Pa），它表示每平方米面积上作用 1 牛顿的力，即

$$1 \text{ 帕 (Pa) } = 1 \text{ 牛/米}^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

另外暂时保留压力单位巴（bar）与帕斯卡并用。其关系为

$$1 \text{ 巴 (bar) } = 10^3 \text{ 毫巴 (mbar) } = 10^5 \text{ 帕 (Pa)}$$

在地球表面包围着一层几百公里厚的大气层。大气的重力对地球表面的物体造成一定的压力称为大气压力。大气压力用符号 B 表示，它随地理位置（纬度、海拔等）及气候条件（季节、气温、晴雨等）的变化而变化。在物理学中，把北纬45度海平面上常年平均大气压力定为“标准大气压”：

$$\begin{aligned} 1 \text{ 标准大气压 (atm) } &= 1013.25 \text{ 毫巴 (mbar)} \\ &= 101325 \text{ 帕 (Pa)} \end{aligned}$$

目前我国采用的是工程单位制。工程单位制中压力单位常用的计有公斤力/米² (kgf/m²)、公斤力/厘米² (kgf/cm²)、米水柱 (mH₂O)、毫米水柱 (mmH₂O)、毫米汞柱 (mmHg) 等几种,今后都将被[S1]制中的帕斯卡(Pa)所取代。

各种压力单位的换算关系如表1-1所示。

测量气体的压力可用压力表、真空表和气压表。这些仪器的结构原理是建立在力的平衡上的,最简单的是“U”形液柱压力计,它是用液柱高度产生的静水压力来表示容器中压力的相对值。如图1-1所示液柱的静水压力

$$P_w = \frac{mg}{F} = \frac{\rho \cdot Fh \cdot g}{F} = \rho gh \text{ (帕)} \quad (1-4)$$

式中: h ——液柱高 (米);

F ——液柱截面积 (米²);

ρ ——液体的密度 (公斤/米³);

g ——重力加速度 (米/秒²)。

上式表明,对于一定的液体, ρg 为一定值,所以液柱高度即可反映容器中压力的相对值。此相对值在工程上称为工作压力,以符号 P_w 表示。

图 1-1 用液柱高表

示压力

因此,容器中的气体真正压力 (称为绝对压力) P 应为大气压力 B 和工作压力 P_w 之和,即

$$P = B + P_w \quad (1-5)$$

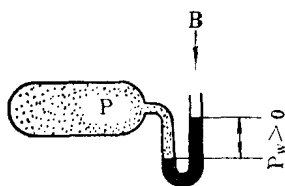


图 1-2a 容器中压力大于
大气压力

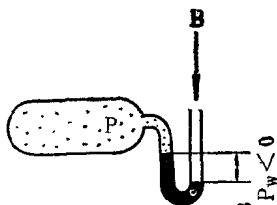


图 1-2b 容器中压力小于
大气压力

表 1-1 各种压力单位的换算表

帕 (Pa)	巴 (bar)	毫 巴 (mbar)	公斤力/米 ² (kgf/m ²) 毫米水柱 (mmH ₂ O)	公斤力/厘米 ² (kgf/cm ²) 工程大气压 (at)	标准大气压 (atm)	毫米汞柱 (mmHg)	磅/平方英寸 (lbs/in ²)
1	1×10^{-5}	1×10^{-3}	1.02×10^{-1}	1.02×10^{-5}	9.87×10^{-6}	7.5×10^{-3}	1.45×10^{-4}
1×10^5	1	1×10^3	1.02×10^4	1.02	9.87×10^{-1}	7.5×10^2	14.5
1×10^2	1×10^{-3}	1	10.2	1.02×10^{-3}	9.87×10^{-4}	7.5×10^{-1}	1.45×10^{-1}
9.81	9.81×10^{-6}	9.81×10^{-2}	1	1×10^{-4}	9.68×10^{-5}	7.356×10^{-2}	1.42×10^{-3}
9.81×10^4	0.981	9.81×10^2	1×10^4	1	0.968	7.356×10^3	14.2
1.01325×10^5	1.01325	1.01325×10^3	1.033×10^4	1.033	1	7.6×10^2	14.7
1.33×10^2	1.33×10^{-3}	1.33	13.6	1.36×10^{-3}	1.316×10^{-3}	1	1.93×10^{-2}
6.89×10^3	6.89×10^{-1}	68.9	7.03×10^3	7.03×10^{-1}	6.8×10^{-1}	51.7	1

注 在工程计算的误差允许范围内, 可取: 1 公斤力/厘米² $\approx$ 1 巴 = 10^5 帕 = 100 千帕 (kPa); 1 毫米水柱 $\approx$ 10 帕。