

空调系统运行 管理技术

KONGTIAO XITONG YUNXING GUANLI JISHU

张林华 曲云霞 编著



中国建筑工业出版社

空调系统运行管理技术

张林华 曲云霞 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

空调系统运行管理技术/张林华, 曲云霞编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 12
ISBN 978-7-112-20240-9

I. ①空… II. ①张… ②曲… III. ①集中空气调节系统-运行 IV. ①TU831.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 316405 号

责任编辑: 张文胜

责任设计: 李志立

责任校对: 焦 乐 党 蕾

空调系统运行管理技术

张林华 曲云霞 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22 字数: 535 千字

2016 年 12 月第一版 2016 年 12 月第一次印刷

定价: 50.00 元

ISBN 978-7-112-20240-9
(29727)

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)

前 言

随着经济和社会的发展,空调系统已被广泛应用于工业及民用建筑中。为确保空调系统安全正常运行,系统的维护保养和运行管理十分必要。基于此目的,作者于2003年编写了《中央空调维护保养实用技术》一书。十几年来,我国建筑节能标准不断提高,空调系统相关标准规范不断修订和完善,适用于节能建筑的空调系统形式也有了更多选择。为适应这种变化,有必要重新编写相关内容。本书与当前中央空调系统的现状和发展紧密结合,内容更新、更实用。

空调系统运行管理技术是一门集制冷技术、空气调节技术、水处理技术、控制技术及运行管理知识为一体的专业性很强的技术,本书力求做到系统性、综合性和实用性,以便多层次读者参考。

全书共分十一章,第一章为空气调节的基本概念和常用设备;第二、三、四章为空调系统分类及冷源形式;第五章为空调冷源机组维护保养;第六章介绍了空调系统用水的水质指标和标准;第七章为空调水系统类型及设备;第八、九章为空调水系统中污垢、腐蚀和微生物产生的机理以及它们的控制及清洗方法;第十、十一章为空调风系统运行调节和风系统的清洗与保养。

本书由张林华、曲云霞、满意、刘吉营编著。感谢山东省“特色名校工程”及科技发展计划(2012GGX10416)对本书出版的支持,感谢多位研究生对部分章节文稿的录入工作。由于作者水平有限,错误和不妥之处在所难免,望读者不吝赐教。

张林华 曲云霞
2016年12月

目 录

第一章 空气调节的基本概念及常用设备	1
第一节 空气调节的概念	1
第二节 空气的焓湿图及应用	4
第三节 中央空调热处理设备	8
第四节 中央空调湿处理设备	11
第五节 中央空调空气净化设备	19
第六节 中央空调空气的输送与分配设备	32
第七节 中央空调系统消声设备	38
第二章 中央空调系统类型	41
第一节 中央空调系统的分类	41
第二节 集中式中央空调系统	42
第三节 半集中式中央空调系统	50
第三章 新型中央空调系统	58
第一节 多联机中央空调系统	58
第二节 地源热泵中央空调系统	65
第三节 污水源热泵中央空调系统	78
第四节 水环热泵中央空调系统	82
第四章 中央空调系统冷热源	89
第一节 中央空调系统冷热源分类	89
第二节 制冷剂、载冷剂和润滑油	93
第三节 活塞式冷水机组	101
第四节 螺杆式冷水机组	106
第五节 离心式冷水机组	111
第六节 模块化冷水机组	116
第七节 溴化锂吸收式冷水机组	120
第八节 水源热泵机组	129
第五章 中央空调冷热源机组的维护及保养	135
第一节 蒸汽压缩式系统的密封性试验和制冷剂充灌	135

第二节	系统中空气和水分的排除与润滑油添加	139
第三节	中央空调冷热源系统的调试	141
第四节	冷热源设备的运行管理	143
第五节	冷热源设备的维护和保养	150
第六节	冷热源设备的故障分析及处理	183
第六章	中央空调水质指标	198
第一节	水中杂质及水质指标	198
第二节	硬度及碱度	202
第三节	水中污垢的危害	204
第四节	中央空调水质标准	209
第七章	中央空调的水系统及主要设备	213
第一节	中央空调水系统的类型及特点	213
第二节	冷却水系统及设备	214
第三节	冷冻水系统及设备	224
第八章	中央空调的水质处理	231
第一节	中央空调冷冻水的水质处理	231
第二节	空调冷却水中的沉积物及其控制	235
第三节	空调冷却水中的金属腐蚀及其控制	239
第四节	空调冷却水中的微生物及其控制	255
第九章	中央空调水系统的清洗和辅助设备保养	268
第一节	中央空调水系统的清洗方法	268
第二节	循环水系统停机化学清洗的程序	270
第三节	循环水系统化学清洗药剂	273
第四节	循环水系统不停机清洗	286
第五节	制冷剂系统的化学清洗	288
第六节	冷却塔与循环水泵的维护保养	289
第七节	中央空调水系统的膜清洗与胶球清洗技术	298
第八节	中央空调清洗实例	304
第十章	中央空调风系统的运行	310
第一节	中央空调风系统主要设备	310
第二节	中央空调风系统的测定	311
第三节	中央空调风系统的调整	317
第四节	中央空调风系统的使用与操作	321

第十一章 中央空调风系统的污染与维护保养..... 325

第一节 中央空调风系统污染..... 325

第二节 中央空调风道清洗与保养..... 329

第三节 中央空调风系统设备的维护和保养..... 334

第四节 中央空调风系统的故障分析与处理..... 338

参考文献..... 346

第一章 空气调节的基本概念及常用设备

第一节 空气调节的概念

一、空气调节的定义

空气调节就是指在某一特定空间内,对空气的温度、湿度、空气的流动速度及清洁度等进行人工调节,以满足工艺生产过程和人体舒适的要求。现代技术的发展有时还要求对空气的压力、成分、气味及噪声等进行调节与控制。因此,采用现代技术手段,创造并保持满足一定要求的空气环境,乃是空气调节的任务。

通常用两组指标来规定室内空调参数,即空调基数和空调精度。空调基数是指空调房间所要求的基准温度和相对湿度。空调精度是指在空调区域内,在工件附近所设测温(或相对湿度)点,在要求的持续时间内,所测的空气温度(或相对湿度)偏离室内温湿度基数的最大值。例如,某空调房间温度夏季室内参数为 $t_n = 26 \pm 1^\circ\text{C}$, $\varphi_n = 50 \pm 10\%$,则表示空调房间的温度基数为 26°C 、湿度基数为 50% ,空调温度精度为 $\Delta t = \pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度精度为 $\Delta \varphi = \pm 10\%$,即空调房间的温度应在 $25 \sim 27^\circ\text{C}$ 之间,相对湿度应在 $40\% \sim 60\%$ 之间。只要在这个范围内,空调系统的运行就是合格的。

根据空调系统服务的对象不同,可分为舒适性空调和工艺性空调。前者主要从舒适感出发,确定室内温湿度设计标准,对空调精度无严格要求;后者主要满足工艺过程对温湿度的要求,同时兼顾人体的卫生要求。

二、湿空气的物理性质

创造满足人类生产、生活和科学实验所要求的空气环境是空气调节的任务。湿空气是空气环境的主题又是空气调节的处理对象,因此熟悉湿空气的物理性质及焓湿图是掌握空气调节技术的必要基础。

(一) 湿空气的组成

大气是由干空气和一定量的水蒸气混合而成的,称其为湿空气。干空气的成分主要是氮、氧、氩、二氧化碳及其他微量气体;多数成分比较稳定,少数随季节变化有所波动,但从总体上可将干空气作为一个稳定的混合物来看待。

在湿空气中水蒸气的含量虽少,通常只占空气质量比的千分之几到千分之二十几,但其变化较大。它随季节、天气、水汽的来源情况而经常变化,而且对空气环境的干燥和潮湿程度有重要影响。随着水蒸气量的变化,湿空气的物理性质随之改变。

(二) 湿空气的物理性质

湿空气的物理性质除和它的组成成分有关外,还取决于它所处的状态。湿空气的状态

通常可用压力、温度、湿度、比容、焓值等参数来表示，这些参数均称为湿空气的状态参数。

1. 压力

(1) 大气压力

地球表面的空气层在单位面积上所形成的压力称为大气压力，它的单位用帕（Pa）或千帕（kPa）表示。常用的压力单位有三种：工程制单位（非法定计量单位），kgf/cm²；国际制单位，帕（Pa）或千帕（kPa）；液柱高单位（非法定计量单位），毫米汞柱（mmHg）或毫米水柱（mmH₂O）。除此之外，大气压还有许多使用单位，如气象上习惯以巴或毫巴表示，物理上习惯以大气压或物理大气压表示，上述各单位之间的关系见表 1-1。

大气压力换算表 表 1-1

帕(Pa)	千帕(kPa)	巴(bar)	毫巴(mbar)	物理大气压(atm)	毫米汞柱(mmHg)
1	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻²	9.86923×10 ⁻⁶	7.50062×10 ⁻³
10 ³	1	10 ⁻²	10	9.86923×10 ⁻³	7.50062
10 ⁵	10 ²	1	10 ³	9.86923×10 ⁻¹	7.50062×10 ²
10 ²	10 ⁻¹	10 ⁻³	1	9.86923×10 ⁻⁴	0.750062×10 ⁻¹
101325	101.325	1.01325	1013.25	1	760
133.332	0.133332	1.33×10 ⁻³	1.33332	1.31579×10 ⁻³	1

大气压力不是一个定值，它随着各个地区海拔高度的不同而存在差异，同时还随着季节、天气的变化而稍有高低。我国自东向西，随着海拔高度的增加，大气压力逐渐降低。例如，上海市的海拔高度 4.5m，夏季大气压力为 1005mbar，冬季为 1025mbar；而西部青藏高原的西宁市海拔 2261.2m，夏季压力为 773mbar，冬季压力为 775mbar，气压比沿海城市低很多。

在空调系统中，空气的压力是用仪表测出的，但仪表指示的压力不是空气压力的绝对值，而是与当地大气压力的差值，称之为工作压力或表压力。工作压力与绝对压力的关系为：

空气的绝对压力=当地大气压+工作压力

(2) 水蒸气分压力

正如空气是由干空气和水蒸气两部分组成一样，空气的压力也是由于干空气的压力和水蒸气的分压力组成的。即

$p = p_g + p_q$

式中 p_g ——干空气的分压力；

p_q ——水蒸气的分压力。

空气中水蒸气是由水蒸发而来的，在一定温度下，如果水蒸发越多，空气中的水蒸气就越多，水蒸气的分压力就越大，所以水蒸气的分压力是反映空气所含水蒸气量的一个指标，也是空调技术中常用的一个参数。

2. 温度

温度是描述空气冷热程度的物理量。为了度量温度的高低，必须有一个公认的标尺，简称温标。常用的温标有三种：摄氏温标、华氏温标和绝对温标（又叫热力学温标或开氏

温标)。

摄氏温标用符号 t 表示，单位是 $^{\circ}\text{C}$ ；华氏温标用符号 t_{F} 表示，单位是 $^{\circ}\text{F}$ （华氏温标为非法定计量单位）；绝对温标用符号 T 表示，单位是 K 。

三种温标间的换算关系如下：

$$T=t+273$$

$$t=T-273$$

$$t_{\text{F}}=\frac{9}{5}\times t+32$$

$$t=\frac{9}{5}\times (t_{\text{F}}-32)$$

因为水蒸气均匀混合在干空气中，所以用温度计所测得的空气温度既是干空气的温度，又是水蒸气的温度。

3. 湿度

空气湿度就是指空气中含有的水蒸气量的多少，常用的表示方法有绝对湿度、相对湿度和含湿量。

绝对湿度就是指单位体积空气中含有的水蒸气质量 (kg/m^3)，但绝对湿度用起来并不方便，因为在水分蒸发和凝结时，湿空气中的水蒸气量是变化的，而且湿空气的容积还随温度而变。因此，即使水蒸气质量不变，由于湿空气容积的改变，绝对湿度也将发生变化，因而绝对湿度不能准确地反映湿空气中水蒸气的含量多少，在工程中很少用。

在一定的温度下，湿空气所含的水蒸气量有一个最大限度，超过这一限度，多余的水蒸气就会从湿空气中凝结出来，这种含有最大限度水蒸气量的湿空气称为饱和空气。饱和空气所具有水蒸气分压力和含湿量，叫该温度下湿空气的饱和水蒸气分压力和饱和含湿量。如果温度发生变化，它们也将相应发生变化。相对湿度就是空气中水蒸气分压力和同温度下饱和水蒸气分压力之比，用 φ 表示：

$$\varphi=\frac{P_{\text{q}}}{P_{\text{qb}}}\times 100\%$$

式中 P_{q} ——湿空气中水蒸气的分压力；

P_{qb} ——同温度下饱和水蒸气分压力。

相对湿度 φ 表明了空气中水蒸气的含量接近饱和的程度。显然， φ 值越小，表明空气越干燥，吸收水分的能力越强； φ 值越大，表明空气越潮湿，吸收水分的能力越弱。相对湿度的取值范围在 $0\sim 100\%$ 之间， $\varphi=0$ 为干空气， $\varphi=100\%$ 为饱和空气。因此只要知道了 φ 值的大小，即可得知空气的干湿程度，从而判断是否对空气进行加湿。

含湿量指每千克干空气中所含有的水蒸气质量，用符号 d 表示，单位是 $\text{g}/\text{kg}_{\text{干空气}}$ 或 $\text{kg}/\text{kg}_{\text{干空气}}$ ，即：

$$d=\frac{m_{\text{q}}}{m_{\text{g}}}=0.622\frac{P_{\text{q}}}{B-P_{\text{q}}}\quad \text{kg}/\text{kg}_{\text{干空气}}$$

式中 m_{q} ——湿空气中水蒸气质量， kg ；

m_{g} ——湿空气中干空气质量， kg ；

B ——当地大气压力， Pa ；

P_{q} ——水蒸气分压力， Pa 。

在空气调节中，含湿量是用来反映对空气进行加湿或减湿处理过程中水蒸气量的增减情况的。之所以用 1kg 干空气作为标准，是因为对空气进行加湿或减湿处理时，干空气的质量是保持不变的，仅水蒸气含量发生变化，所以在空调工程计算中，常用含湿量的变化来表达加湿和减湿程度。

4. 焓

空气的焓值是指空气含有的总热量。1kg 干空气的焓和 d kg 水蒸气焓的总和称为湿空气的焓，用符号 h 表示。在空调工程中，湿空气的状态经常发生变化，常需要确定状态变化过程中热量的交换量。例如对空气进行加热或冷却时，常需要确定空气所吸收或放出的热量。在压力不变的情况下，空气的焓差值等于热交换量。在空调过程中，湿空气的状态变化可看成是在定压下进行的，所以能够用湿空气状态变化前后的焓差值来计算空气得到或失去的热量。

5. 密度和比容

单位容积空气所具有的质量称为空气的密度，常用符号 ρ 表示，单位是 kg/m^3 。而单位质量的空气所占有的容积称为空气的比容，常用符号 ν 表示，单位是 m^3/kg 。两者互为倒数，因此只能视为一个状态参数。湿空气为干空气与水蒸气的混合物，两者混合占有相同的体积，因此空气的密度为干空气的密度和水蒸气的密度之和。

第二节 空气的焓湿图及应用

一、焓湿图的组成

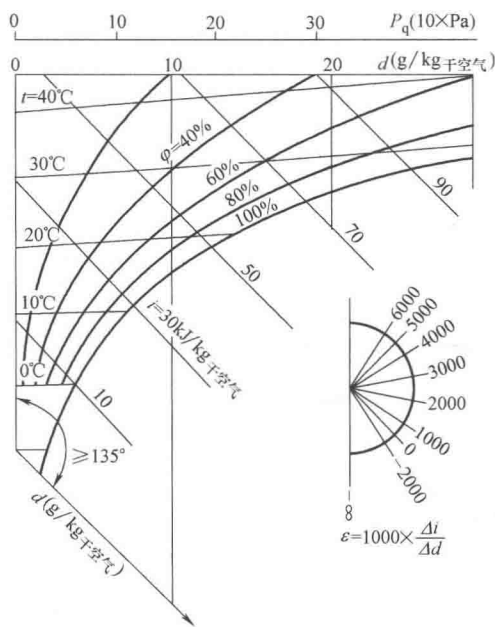


图 1-1 湿空气的焓湿图

在上一节中，介绍了空气的主要状态参数，如温度、压力、含湿量、相对湿度、焓值、水蒸气分压力及密度。其中温度、含湿量和大气压力为基本参数，它们决定了空气的状态参数，并由此可计算出其余的空气状态参数。但这些计算是相当繁琐的，为了避免繁琐的计算，人们把一定大气压下空气参数间的关系用线算图表示出来，这就是焓湿图，也称 $h-d$ 图。焓湿图既能表达空气的状态参数，也能表达空气状态的各种变化过程。

焓湿图有多种形式，我国目前使用的是以焓和含湿量为纵横坐标的焓湿图（见图 1-1）。为了使图面开阔，线条清晰，两坐标轴之间的夹角为 135° 。图 1-1 中，除了两个坐标轴以外，还有等温线、等相对湿度线、水蒸气分压力线和热湿比线。因此，焓湿图主

要由等焓线、等含湿量线、等温线、等相对湿度线、水蒸气分压力线和热湿比线组成。

等焓线是一组与纵坐标成 135° 夹角的相互平行的斜线，每条斜线代表一焓值且每条线上各点的焓值都相等。

等含湿量线是一组垂直于水平轴的直线，每条线代表一含湿量且每条线上各点的含湿量值都相等。

等温线是一组斜线，每条线代表一温度且每条线上各点的温度值都相等，但这些等温线之间彼此并不平行，温度越高等温线斜率越大。在空调范围（ $-10\sim 40^\circ\text{C}$ ）内，温度对等温线斜率的影响并不明显，所以等温线又近似平行。

等相对湿度线是一组向上延伸的发散型曲线，每条线代表一相对湿度且每条线上各点的相对湿度相等。 $\varphi=100\%$ 曲线称为饱和空气状态线，该曲线把焓湿图分为两部分；曲线上方为空气的未饱和部分；曲线的下方为过饱和状态部分，过饱和状态的空气是不稳定的，往往出现凝露部分，形成水雾，故这部分也称为雾状区。

当大气压力一定时，水蒸气分压力与含湿量为——对应关系，也即水蒸气分压力取决于含湿量，因此可在水平 d 轴的上方设一水平线，标上含湿量对应的水蒸气分压力即可。等水蒸气分压力线与等含湿量线平行。

在空调过程中，被处理的空气常常是由一个状态变为另一个状态。在整个过程中，为了说明空气状态变化的方向和特征，常用状态变化前后焓差和含湿量差的比值来表示，称为热湿比 ϵ ，又名角系数。斜率与起始位置无关，因此起始状态不同的空气只要斜率相同，其变化过程线必定相互平行。根据这一特性，就可以在焓湿图上以任意点为中心作出一系列不同值的热湿比线。实际应用时，只需把等值的热湿比线平移到空气状态点，就可绘出该空气状态的变化过程了。

二、湿球温度和露点温度

（一）湿球温度

湿球温度的概念在空气调节中至关重要。在理论上，湿球温度是在定压绝热条件下，空气与水直接接触时达到稳定热湿平衡时的绝热饱和温度。实际工程中，湿球温度是通过干湿球温度计测量出来的。干湿球温度计是由两个相同的温度计组成的，它的构造如图 1-2 所示。使用时放在通风处，其中一个放在空气中直接测量，测得的温度称为干球温度；另一个温度计的感温部分用湿纱布包裹起来，纱布下端放在水槽里，水槽里盛满水，测得的温度称为湿球温度，用符号 t_s 表示。

湿球温度的形成过程是由于纱布上的水分不断蒸发，湿球表面形成一层很薄的饱和空气层，当达到稳定时，这层饱和空气的温度就是湿球温度。这时，空气传给水的热量又全部由水蒸气返回空气中，所以湿球温度的形成可近似认为是一个等焓过程。求湿球温度的方法就是沿等焓线下行与 $\varphi=100\%$ 饱和线的交点所对应的温度即为湿球温度 t_s 。（见图 1-3）。

【例 1-1】 在标准大气压下，空气的温度 $t=35^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\varphi=40\%$ ，求空气的湿球温度。

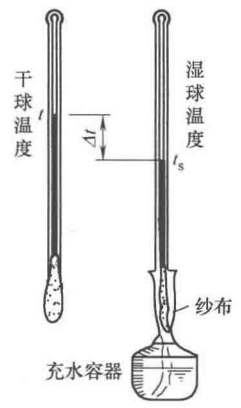


图 1-2 干湿球温度计

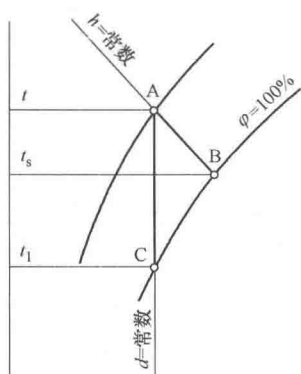


图 1-3 空气的湿球温度和露点温度

解：首先根据 $t=35^{\circ}\text{C}$ ， $\varphi=40\%$ 的交点，确定出空气的状态点 A，过 A 点沿等焓线与 $\varphi=100\%$ 的交点相交于 B 点，B 点对应的温度即为 A 点所对应的湿球温度，查 $h-d$ 图得到 $t_s=23.9^{\circ}\text{C}$ 。

(二) 露点温度

在一定温度下，饱和空气有一个容纳水蒸气的极限值，这个值会随着温度的降低而减少。利用这一原理，可以通过降温的方法，使不饱和空气达到饱和，再由饱和空气凝结出水珠，即结露。在结露之前，空气的含湿量保持不变。因此，把一定大气压下，湿空气在含湿量 d 不变的情况下，冷却到饱和时（相对湿度 $\varphi=100\%$ ）所对应的温度，称为露点温度，并用符号 t_l 表示。

在 $h-d$ 图上（见图 1-3），A 状态湿空气的露点温度即由 A 点沿等 d 线向下与 $\varphi=100\%$ 线交点的温度。显然，当湿空气被冷却时，只要湿空气的温度大于或等于露点温度，则不会出现结露现象。因此湿空气的露点温度也是判断是否结露的判据。

三、焓湿图的应用

焓湿图不仅能确定空气的状态参数，还能显示空气状态的变化过程，并能方便地求得两种或多种湿空气的混合状态点。

(一) 空气状态参数的确定

焓湿图上的每一个点都代表了空气的状态，只要已知焓值 h 、含湿量 d 、温度 t 、相对湿度 φ 中的任意两个参数，即可利用焓湿图确定其他参数。

(二) 空气状态变化过程在焓湿图上的表示

空气的处理过程主要包括空气的加热、冷却、加湿、减湿四种处理方法，如图 1-4 所示。

1. 等湿加热过程

在空调中，常用电加热器或热水（蒸汽）加热器来处理空气。当空气经过加热器时，空气的温度升高，但含湿量没有发生变化，因此空气状态呈等湿升温过程，即处理过程如图 1-4 中 A-B 所示。

2. 等湿冷却过程

用表面冷却器或蒸发器冷却空气时，如果表冷器或蒸发器的表面温度低于所处理空气的温度，但又高于空气的露点温度，就可以使湿空气冷却降温但不结露，空气的含湿量仍保持不变，这个过程就称为等湿冷却过程，处理过程如图 1-4 中 A-C 所示。

3. 减湿冷却过程。

用表面冷却器或蒸发器冷却空气时，如果表冷器或蒸发器的表面温度低于所处理空气的露点温度，则空气的温度下降，并有水蒸气凝结，因此空气的含湿量降低。此过程称为减湿冷却过程，如图 1-4 中 A-G 所示。

4. 等温加湿过程。

在冬季，室外大气的含湿量一般比室内空气低，为了保证相对湿度要求，往往要对空

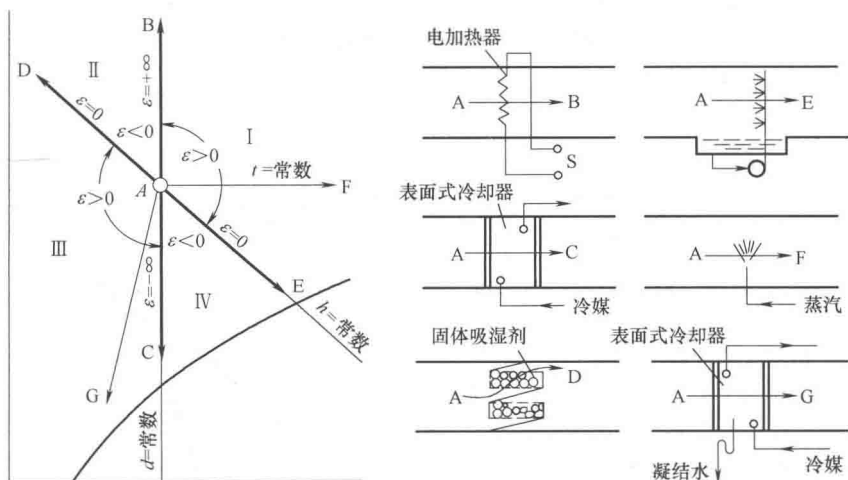


图 1-4 几种典型的空气处理过程

气进行加湿。等温加湿可以通过向空气中喷水蒸气而实现。当向空气中喷水蒸气以后，空气的含湿量增加，但温度近似保持不变。处理过程如图 1-4 中 A-F 所示。

5. 等焓加湿过程。

在某些集中空调系统中，常采用喷水室喷循环水对空气进行加湿处理。在此过程中，空气的温度降低，相对湿度增加，但空气的焓值近似保持不变。处理过程如图 1-4 中 A-E 所示。

6. 等焓减湿过程。

用固体吸湿剂（硅胶或氯化钙）处理空气时，空气中的水蒸气被吸附，含湿量降低，而水蒸气凝结所放出的汽化热使得空气的温度升高，所以空气的焓值基本保持不变。处理过程如图 1-4 中 A-D 所示。

（三）确定不同状态空气的混合状态

在集中空调系统中，为了节约能量，常采用空调房间的一部分空气作为回风，与室外新风或集中处理后空气进行混合。利用焓湿图即可确定混合以后的空气状态参数。

现有状态为 A 的空气和状态为 B 的空气混合，其质量分别为 G_A 和 G_B ，混合后空气的质量为 $(G_A + G_B)$ ，现在分析混合后空气的状态点 C 的状态参数 h_c 、 d_c 。在混合过程中，如果与外界没有热湿交换，则混合前后空气的热量和含湿量保持不变，即：

$$G_A h_B + G_B h_B = (G_A + G_B) h_c$$

$$G_A d_B + G_B d_B = (G_A + G_B) d_c$$

根据以上两式，可得

$$\frac{G_A}{G_B} = \frac{h_C - h_B}{h_A - h_C} = \frac{d_C - d_B}{d_A - d_C}$$

$$\frac{h_C - h_B}{d_C - d_B} = \frac{h_A - h_C}{d_A - d_C}$$

在 $h-d$ 图上（见图 1-5）A、B 为两个状态点，C 为混合状态点，根据上式可知，直线 AC 与直线 CB

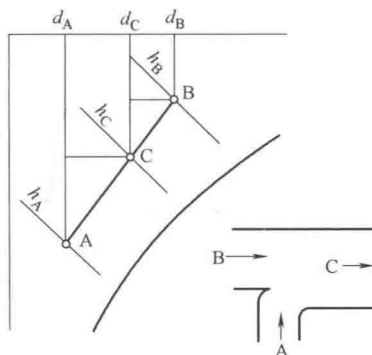


图 1-5 两种状态空气的混合

的斜率相同，而且两线段的长度之比与混合点的空气质量成反比，这说明混合点 C 必在直线 AB 的连线上。若已知要混合的空气状态的质量和状态参数，即可通过焓湿图确定混合后的空气状态参数。

第三节 中央空调热处理设备

中央空调系统中最常用的热处理设备主要有表面式空气换热器和电加热器两种。

一、表面式空气换热器

表面式换热器是对空气进行加热和冷却的设备，水和空气通过壁面进行热交换。表面式空气换热器因具有构造简单、占地少、水质要求不高，水系统阻力小等优点，已成为常用的空气处理设备。表面式换热器包括空气加热器和表面冷却器两类。前者用热水或蒸汽作热媒，后者以冷水或制冷剂作冷媒。因此，表面式空气换热器既能对空气进行加热，又能对空气进行减湿和冷却处理。

(一) 表面式换热器的构造

表面式换热器有光管式和肋管式两种。光管式表面换热器由于传热效率低已很少应用。肋管式表面换热器由管子和肋片构成，见图 1-6。

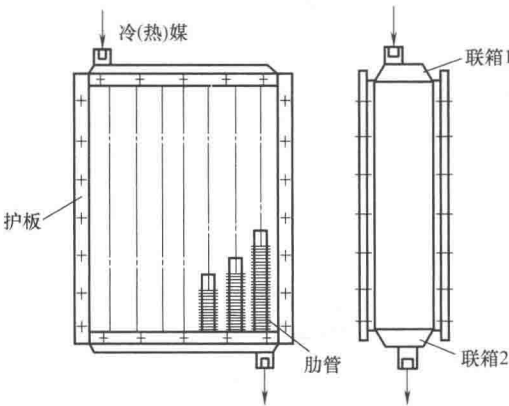


图 1-6 肋管式换热器

为了使表面换热器性能稳定，应力求使管子与肋片间接触紧密，减小接触热阻，并保证长久使用后也不会松动。

根据加工方法不同，肋片管又分为绕片管、串片管、镶片管和轧片管。

将铜带或钢带用绕片机紧紧地缠绕在管子上可制成皱折式绕片管 [见图 1-7 (a)]。皱折的存在既增加了肋片与管子间的接触面积，又增加了空气流过时的扰动性，因而能提高传热系数。但是，皱折的存在也增加了空气阻力，而且容易积灰，不便清理。为了消除肋片与管子接触处的

间隙，可将这种换热器浸镀锌、锡。浸镀锌、锡还能防止金属生锈。

有的绕片管不带皱折，它们是用延展性好的铝带绕在钢管上制成 [见图 1-7 (b)]。

将事先冲好管孔的肋片与管束串在一起，经过胀管后可制成串片管 [见图 1-7 (c)]。串片管生产的机械化程度可以很高，现在大批铜管铝片的表面式换热器均用此法生产。

将金属带绕有螺旋槽管子的槽内，再经挤压，使金属带紧密的镶嵌在槽内，可制成镶片管。

用轧片机在铜管或铝管外面轧出肋片便成了轧片管 [见图 1-7 (d)]。由于轧片管的肋片和管子是一个整体，没有缝隙，所以传热性能更好，但是轧片管的肋片不能太高，管壁不能太薄。

图 1-7 (e) 所示的二次翻边片可进一步强化管外侧的热交换系数, 并可提高胀管的质量。

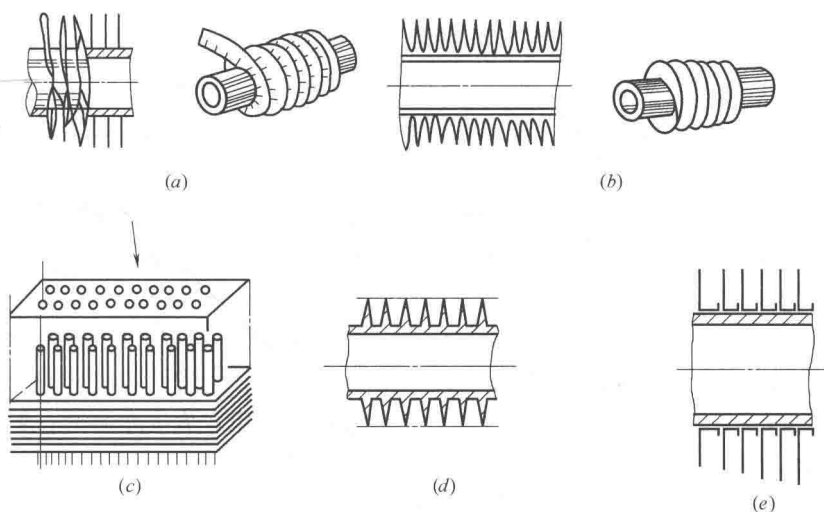


图 1-7 各种肋片管式换热器的构造

(二) 表面式换热器的安装

表面式换热器可以垂直安装, 也可以水平安装。但是, 以蒸汽作热媒的空气加热器最好不要水平安装, 以免聚集凝结水而影响传热性能。此外, 垂直安装的表冷器必须使肋片处于垂直位置, 否则将因肋片上积水而增加空气阻力。

由于表冷器工作时, 表面上常有凝结水产生, 所以在它们下部应装滴水盘和排水管 (见图 1-8)。

按空气流动方向来说, 表面式换热器可以并联, 也可以串联, 或者既有串联又有并联。到底采用什么样的组合方式, 应按通过的空气量的多少和需要的换热量大小来决定。一般是通过空气量多时采用并联, 需要空气温升 (或温降) 大时采用串联。

用蒸汽作热媒时, 各台换热器的蒸汽管只能并联, 而用水作热媒或冷媒时各台换热器的水管串联、并联皆可。通常的做法是相对于空气来说并联的换热器其冷热媒管路也应并联, 串联的换热器其冷热媒管路也应串联。管路串联可以增加水流速, 有利于水力工况的稳定和提高传热系数, 但系统阻力有所增加。为了使冷热媒与空气间有较大的温差, 最好让空气与冷热媒之间按逆交叉流型流动, 即进水管路与空气出口应在同一侧。

冷热两用的表面式换热器 (如风机盘管), 热媒宜用热水, 且水温应小于或等于 65°C , 以免管内结垢使传热系数下降。

为了便于使用和维修, 冷热媒管路上应设阀门、压力表和温度计。在蒸汽加热器的管

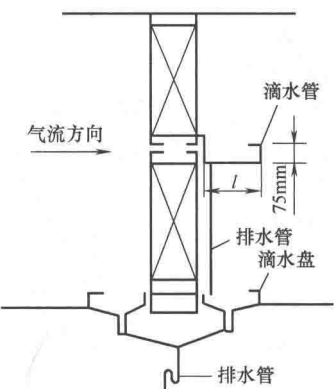


图 1-8 滴水盘与排水管的安装

路上还应设蒸汽压力调节阀和疏水器。为了保证换热器正常工作，在水系统的最高点应设排空气装置，而在最低点应设泄水和排污阀门。

二、电加热器

(一) 电加热器的种类

采用电加热器对空气进行加热是除表面式加热器之外常采用的一种方法。电加热器是通过电阻丝将电能转化为热能来加热空气的设备。它具有结构紧凑、加热均匀、热量稳定、控制方便等优点。但由于电加热器是利用高品位能源，所以只宜在一部分空调机组和小型空调系统中采用。在恒温精度要求较高的大型空调系统中，也常用电加热器控制局部或作末级加热器使用。

电加热器又分为裸线式和管式。抽屉式电加热器是一种常用的裸线式电加热器（见图 1-9）。裸线式电加热器加热迅速、惰性小、机构简单，但易断线和漏电，安全性差，所以使用时必须有可靠的接地装置，并应与风机连锁运行，以免发生安全事故。管式电加热器由管状电热元件组成。这种电热元件是将金属丝装在特制的金属套管中，中间填充导热性好的电绝缘材料。管式电加热器加热均匀、热量稳定、经久耐用、安全性好，可直接装在风道内，但其惰性较大，结构复杂。

PTC 发热体是利用 PTC 陶瓷发热元件与波纹铝管组成的（见图 1-10），该发热体由镀锌外压板、不锈钢波纹状弹簧片、镀锌内压板、单层铝散热件、PTC 发热片、双层铝散热件、镀镍铜电极端子和 PPS 高温塑胶电极护套等几部分所组成。采用 U 形波纹状散热片使其热效率明显提高，且综合利用胶粘和机械式的优点，并充分考虑 PTC 发热件在工况时的各种发热、电现象，其结合力强，导热、散热性能优良，效率高，安全可靠。热阻小、换热效率高、不燃烧、安全可靠，是一种自动恒温、省电的电加热器。

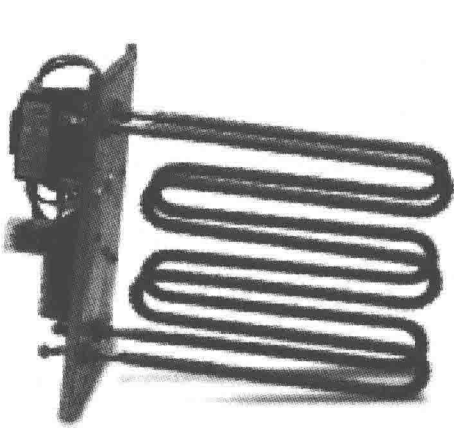


图 1-9 抽屉式电加热器

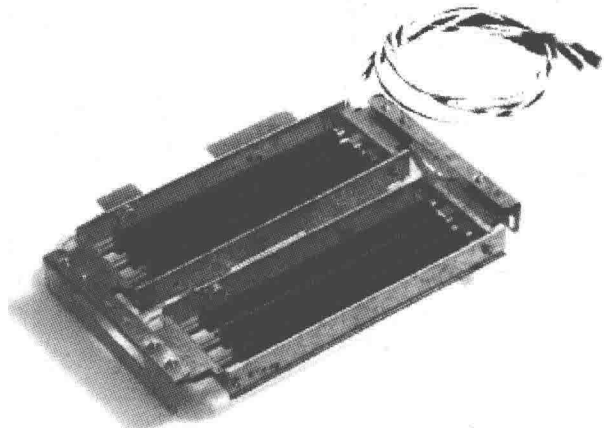


图 1-10 PTC 发热体电加热器

(二) 电加热器的运行管理

电加热器运行正常与否，直接影响室内温湿度和整个系统的安全。因此必须加强管理，运行时应注意以下问题：

(1) 电加热器断路。由于施工的疏忽，电源和电加热器的联线——多芯电缆往往接错