

JIFANG KONGTIAO DE YUANLI YU WEIHU



21 世纪高职高专规划教材
高等职业教育规划教材编委会专家审定

机房空调的 原理与维护

主编 孙海华 刘雪春



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

机房空调的原理与维护

主 编 孙海华 刘雪春



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书从通信设备运行环境出发,介绍了通信用机房空调的基础理论知识、系统特点及结构组成、气流组织、实用技术及管理维护等方面的内容。在整体编排上,理论与实践紧密结合。理论以够用为原则,突出通信行业应用特点,增加了水冷空调系统技术介绍;注重将知识与能力相结合,提供了机房空调设计实例、实用技术和经验。

本书介绍通信用机房专用空调,具有通信行业应用的独特性,希望给在行业内工作的工程技术人员、运行管理维护人员提供有益的帮助。

图书在版编目(CIP)数据

机房空调的原理与维护 / 孙海华, 刘雪春主编. --北京: 北京邮电大学出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5635-4271-0

I. ①机… II. ①孙… ②刘… III. ①通信系统—机房—空气调节设备—维修 IV. ①TU831.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 303819 号

书 名: 机房空调的原理与维护

责任著作者: 孙海华 刘雪春 主编

责 任 编 辑: 崔 璐 张珊珊

出 版 发 行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 11

字 数: 283 千字

版 次: 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4271-0

定价: 25.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

互联网已经渗透到了经济与社会活动的各个领域,人们对于网络的依赖程度越来越高。互联网数据中心(Internet Data Center, IDC)是入驻企业、商户或网站服务器群托管的场所,是各种模式电子商务赖以安全运作的基础设施,也是支持企业及其商业联盟、分销商、供应商、客户等实施价值链管理的平台。它的出现为互联网基础设施提供了结构性变革的契机,为企业信息化提供了一条廉价高效的途径。

IDC 机房内服务器运行对供电和环境的要求非常高。本书从通信设备运行环境出发,介绍了通信用机房空调的基础理论知识、气流组织、实用技术及管理维护等方面的内容。在整体编排上,理论方面以够用为原则,突出行业应用特点,增加了水冷空调系统技术,注重将知识与能力相结合,提供了机房空调设计实例。

在编写过程中由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有缺点和错误之处,恳请读者批评指正,以利于我们今后的修改。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 空调器的分类	1
1.2 湿空气的物理性质	5
1.3 通信机房特点及其对环境的要求	12
1.4 机房专用空调与舒适性空调的区别	15
1.5 通信机房专用精密空调特点	18
第 2 章 制冷系统的原理和基本组成	21
2.1 制冷系统的基本原理	21
2.2 机房空调系统的结构	24
2.3 制冷系统主要部件	28
2.3.1 压缩机	28
2.3.2 冷凝器	34
2.3.3 蒸发器	38
2.3.4 节流机构	42
2.4 制冷系统的辅助设备	48
2.5 风路系统	53
2.6 制冷剂	54
第 3 章 精密机房空调水系统	56
3.1 水系统形式	56
3.1.1 开式系统和闭式系统	59
3.1.2 定流量和变流量水系统	59
3.1.3 单级泵定流量水系统	60
3.1.4 单级泵变流量系统	61
3.1.5 双级泵变流量系统	62
3.1.6 同程式和异程式水系统	63
3.2 水系统的设备及其附件	64
3.2.1 水系统的定压装置	64

3.2.2 水系统的其他设备	69
3.3 管道与设备的保温与隔热	72
3.3.1 保温隔热的目的	72
3.3.2 保温隔热的结构与保温材料	72
3.4 循环冷却水的水质处理	73
3.5 冷水机组配置	75
3.6 水管进入机房的保护措施	76
第4章 机房气流组织形式	78
4.1 气流组织的定义	78
4.2 机房级气流组织	78
4.2.1 下送风上回风方式	79
4.2.2 上送风侧回风方式	82
4.2.3 弥漫式送风方式	85
4.3 机架级气流组织	86
4.3.1 机架的排列	86
4.3.2 机架的精确送风	90
4.4 气流分配系统	93
4.5 气流组织设计案例	94
第5章 空调制冷系统的规划	98
5.1 数据中心规划设计对空调制冷系统的要求	98
5.2 设备发热量的组成	102
5.3 数据中心热负荷的组成	103
5.4 数据中心总热负荷的估算	105
5.5 实际算例	107
第6章 空调的维护与管理	111
6.1 风道系统故障	111
6.2 高压告警	112
6.3 低压警报	113
6.4 压缩机超载	114
6.5 加湿系统故障	115
6.6 氟利昂循环管路故障	116
6.7 主电路及控制电路故障	116
6.8 空调器检修(安装)工具和仪器	117

6.9 铜管切割、胀管和扩口	122
6.10 焊接基本知识	125
6.11 检漏技能	130
6.12 排空、加氟、加冷冻油技能	130
6.13 元器件的检测	132
第7章 空调系统节能技术	136
7.1 变频技术节能	137
7.1.1 机房专用空调主机变频技术	137
7.1.2 中央空调系统水泵变频技术	138
7.2 机房专用空调自适应节能控制技术	141
7.3 中央空调水处理技术	144
7.4 机房空调室外机雾化喷淋和冷凝水回收节能技术	150
7.5 机房新风直接引入节能技术	155
7.6 机房新风热交换节能技术	163
参考文献	166

第1章 绪 论

空气调节器简称空调(Air Conditioning, AC),即用控制技术使室内空气的温度、湿度、清洁度、气流速度和噪声达到所需的要求。目的是为了改善环境条件,以满足生活舒适和工艺设备的要求。空调的功能主要有制冷、制热、加湿、除湿和温湿度控制等。温度调节是指增加或减少空气的湿热。湿度调节是指通过调节空气中的水蒸气含量来增加或减少空气的潜热。气流调节是根据需要调节工作或生活环境的空气流速。除尘和污染空气的排除是指滤去空气中的灰尘,消灭空气中的细菌,除去空气中的有害气体,除去它们的臭气。完成这些功能,就要用到空气调节器。

空调系统通常由空气处理设备(包括过滤、加热、冷却、加湿、除湿、消音、流量分配及控制等)、空气输送管道、空气分配装配等组件组成。按使用目的、处理方式和使用场合等不同,可以组成不同形式的空调系统。

1.1 空调器的分类

空调器按室外机冷却方式,可分为水冷型和风冷型。按调温情况,可分为单冷型、热泵型和电热辅助热泵型。

(1) 单冷型:仅用于制冷,适用于夏季较暖或冬季供热充足地区。

(2) 热泵型:具有制热,制冷功能,适用于夏季炎热,冬季寒冷地区。

(3) 电热辅助热泵型:电辅助加热功能一般只应用于大功率柜式空调,机身内增加了电辅助加热部件,确保冬季制热强劲。

为室内人员创造舒适健康环境的空调系统,称为舒适性空调。舒适健康的环境令人精神愉快,精力充沛,工作学习效率提高,有益于身心健康。办公楼、旅馆、商店、影剧院、图书馆、餐厅、体育馆、娱乐场所、候机或候车大厅等建筑中所用的空调都属于舒适空调。由于人的舒适感在一定的空气参数范围内,所以这类空调对温度和湿度波动的控制要求不严格。

根据使用场所和制冷量的不同,舒适性空调可分为窗式空调、分体空调和中央空调。

窗式空调器作为一个整体,制冷范围一般为1 800~5 000 W。它是空调产业前期的代表产品,有结构紧凑、体积小、重量轻、安装方便等特点,适用于卧室、办公室等场所使用。其主要缺点是噪声较大。其外观如图 1-1 所示。

窗式空调器由两部分组成,即空气处理部分和制冷系统部分,系统原理如图 1-2 所示。其空

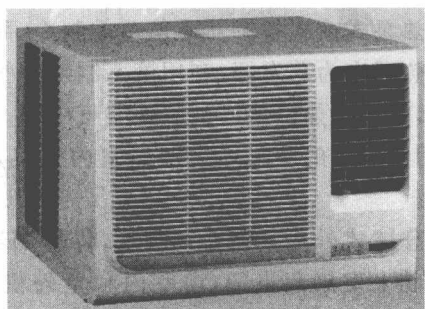


图 1-1 窗式空调

气循环路线如下。

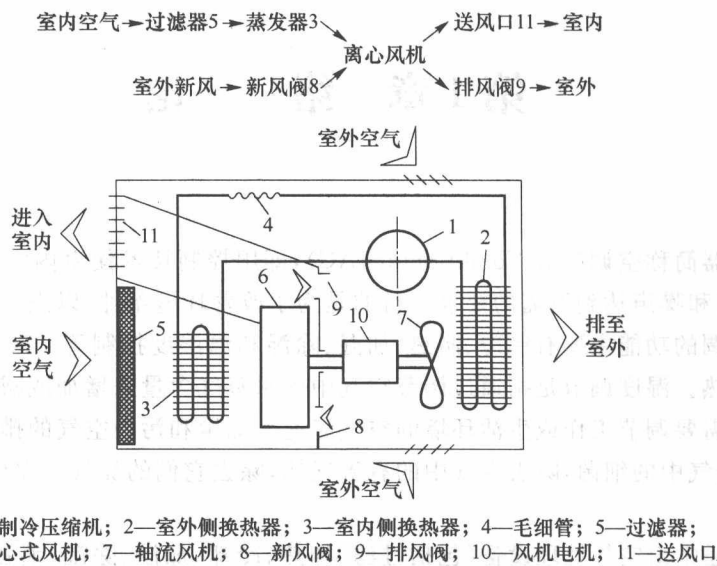


图 1-2 窗式空调器系统原理图

制冷剂循环路线为：压缩机 1→冷凝器 2→毛细管 4→蒸发器 3→压缩机 1。
如果在这种窗式空调器中增加一个四通换向阀，就可组成热泵式空调器，如图 1-3 所示。

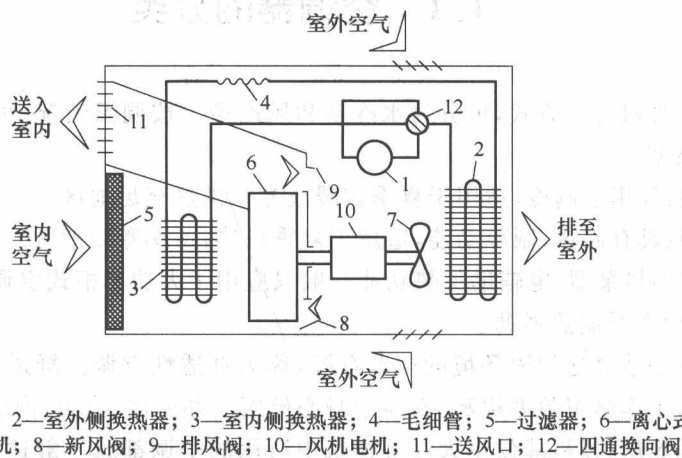


图 1-3 热泵式窗式空调器系统原理图

热泵式窗式空调器不但夏季制冷，而且冬季还可制热。夏季制冷时，通过四通换向阀把室内换热器变为蒸发器，利用液态制冷剂气化直接吸取室内空气的热量，并把室外换热器变为冷凝器，将冷凝热量释放到室外空气中去。冬季制热时，通过四通换向阀把室内换热器变为冷凝器，用制冷剂的冷凝热量加热室内空气，此时把室外换热器变为蒸发器，从室外空气中吸取热量。

分体式外形如图 1-4 所示，将空调器分为室内部分和室外部分。它是在整体式空调器的基础上发展起来的，由室内和室外机组组成，两者通过电缆和管道连接。两组之间的管道采用铜管接头连接，其制冷范围一般为 1 800~9 000 W，其结构图如图 1-5 所示。它的优

点如下。

(1) 压缩机和冷凝器装在室外,离房间较远,降低了噪声,改善了环境,其噪声比窗式空调器低 20 dB 左右。

(2) 安装和检修方便,小修容易,大修可分别拆卸。

(3) 室内机组占地面积小,布置方便,造型美观,可与室内装饰配套。

(4) 增加了冷凝器的传热面积和风量,散热条件比窗式空调器好。

分体式空调器有单冷式和热泵式两种。一般情况下,分体式空调器室内机与室外机之间的距离不大于 5 m 为好,最长不得超过 10 m,室内机与室外机之间的高度差不超过 5 m。

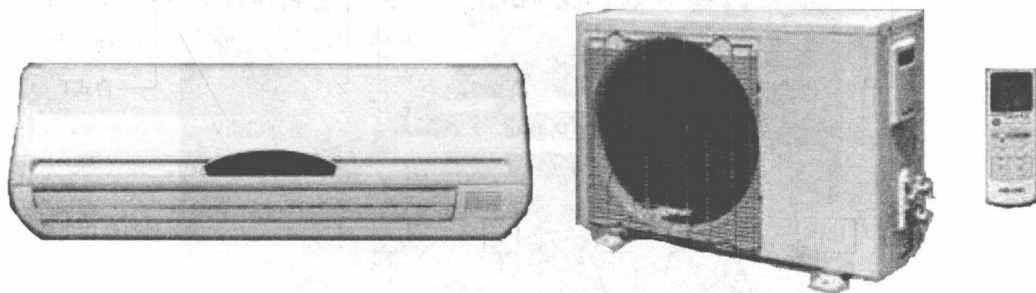


图 1-4 分体式空调外形图

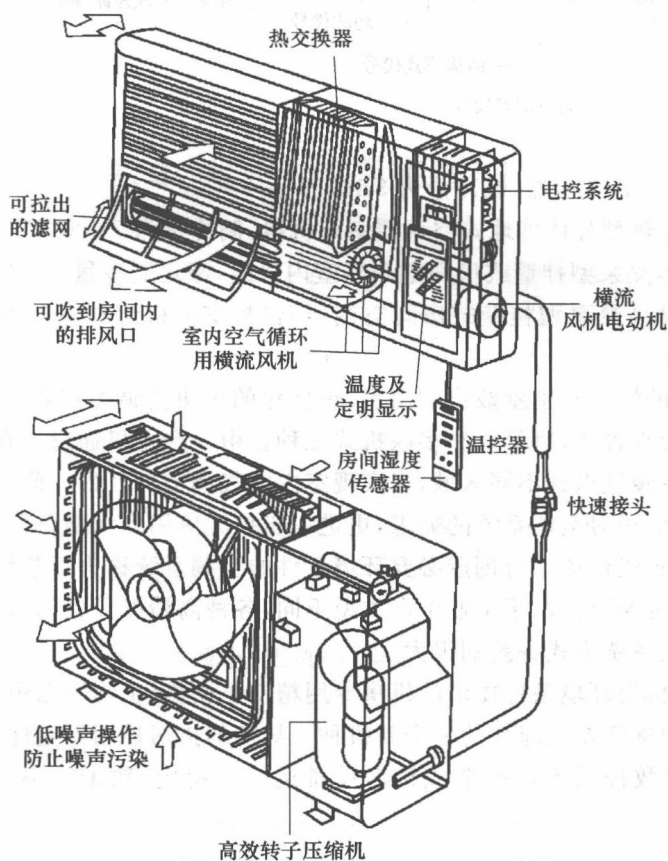
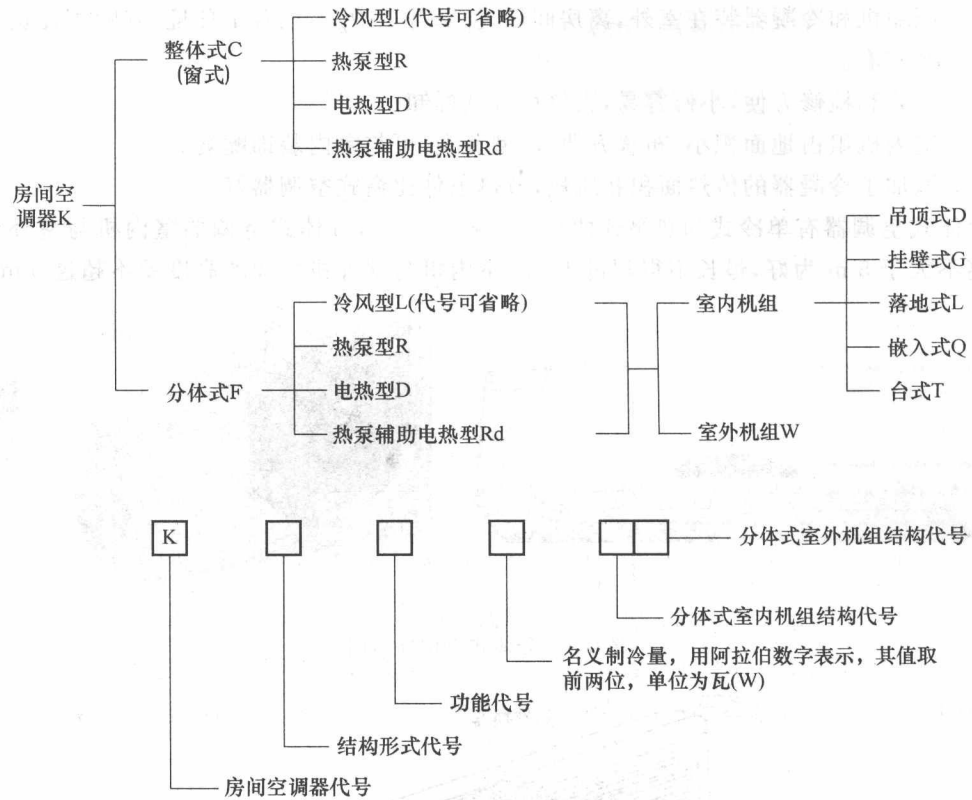


图 1-5 分体式空调结构图

房间空调器的型号表示方法如下。



下面举几个例子。

KC-31:单冷型窗式空调器,制冷量为 3 100 W。

KFD-70LW:电热型分体落地式空调器室外机组,制冷量为 7 000 W。

KFR-28G:分体热泵型挂壁式房间空调器室内机组,额定制冷量为 2 800 W。

KFR-41GW:分体热泵型挂壁式房间空调器(包括室内机组和室外机组),额定制冷量为 4 100 W。

随着住宅面积的增大和别墅数量的增多,小型化的中央空调系统在民用居住建筑的应用也越来越多,可分为水管式、风管式和多联机式三种。由一台主机通过风管或冷热水管连接多个末端出风口,将冷暖气送到不同区域,来实现室内空气调节的目的。此类空调的出现不仅满足了建筑物中小型面积对空调系统的需求,更进一步扩大应用到大型办公建筑中。

为生产工艺过程或设备运行创造必要环境条件的空调系统称为工艺性空调。工作人员的舒适要求有条件时可兼顾。由于工业生产类型不同,各种高精度设备的运行条件也不同,因此工艺性空调的功能、系统形式等差别很大。

能够充分满足机房环境条件要求的机房专用精密空调机(也称恒温恒湿空调,如图 1-6 所示),是在近 30 年中逐渐发展起来的一个新机种。早期的机房使用舒适性空调机时,常常出现由于环境温湿度参数控制不当而造成机房设备运行不稳定,数据传输受干扰,出现静电等问题。

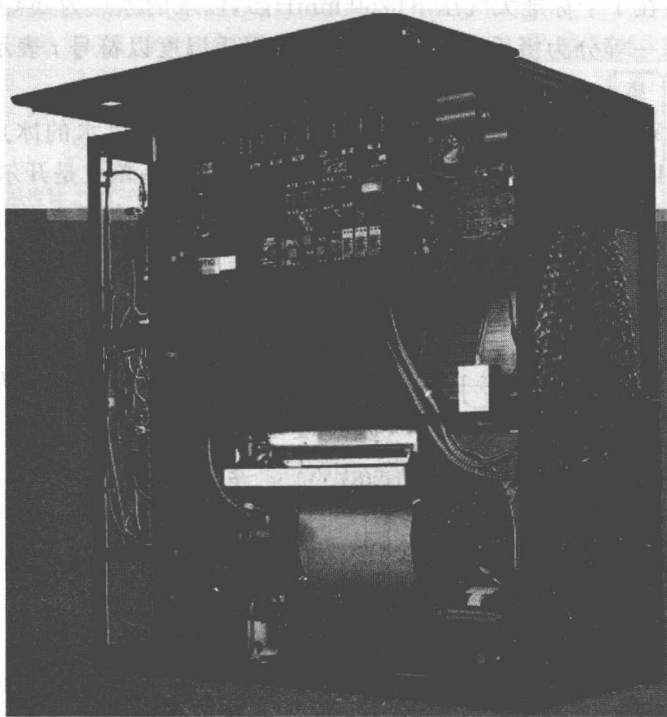


图 1-6 精密空调

1.2 湿空气的物理性质

环绕地球周围的空气称为大气。大气中会有多种气体、水蒸气和污染物质。从大气中除去全部水蒸气和污染物质时,所剩即为干空气。而干空气与水蒸气的混合气体称为湿空气。周围环境内的空气和人们平时所说的“空气”,都是湿空气。在空气中,水蒸气所占的百分比是不稳定的,常随季节、气候、湿源等各种条件的变化而改变,湿空气中水蒸气的含量虽少,但其变化会引起湿空气干、湿程度的改变,进而对人体感觉、产品质量、工艺过程和设备维护等都有直接影响。

干空气的成分主要是氮、氧、氩及其他微量气体,多数成分比较稳定,以体积含量计,氧约占 20.95%,氮约占 78.09%,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。

空气温度低,则密度大,导热系数小,比热小;反之,空气温度高,则密度小,导热系数大,比热大。空调的安装必须具有一定的高度,其目的是利用冷热空气的密度不同,自上而下地进行冷热交换,以达到室内温度下降均匀。

1. 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量,微观上来讲是物体分子热运动的剧烈程度。用来量度物体温度数值的标尺叫温标。目前使用较多的温标有华氏温标($^{\circ}\text{F}$)、摄氏温标($^{\circ}\text{C}$)和热力学温标(K),三种温标的比较如图 1-7 所示。

摄氏温度(℃):在 1 个标准大气压下(760 mmHg),以水的冰点为 0 ℃,沸点为 100 ℃,其间分为 100 等分,每一等分为摄氏 1 度,记作 1 ℃。摄氏温度以符号 t 表示,与此相应的温度计为摄氏温度计。

绝对温度(K):又称开氏温度,是指在一个标准大气压下,以水的冰点为 273 K,沸点为 373 K,其间也分为 100 等分,每一等分为 1 K。以符号 T 表示,单位是开尔文,简称开,符号为 K。当物质温度降到 0 K(即-273 ℃)时,物质分子的热运动完全停止,故此温度又称为绝对零度。

$$T=t+273.15$$

华氏温度(℉):在一个标准大气压下,以水的冰点为 32 ℉,沸点为 212 ℉,其间分为 180 等分,每一等分即为华氏 1 度,记作 1 ℉,符号 F 表示,与此对应的温度计为华氏温度计。

$$F=9/5t+32$$

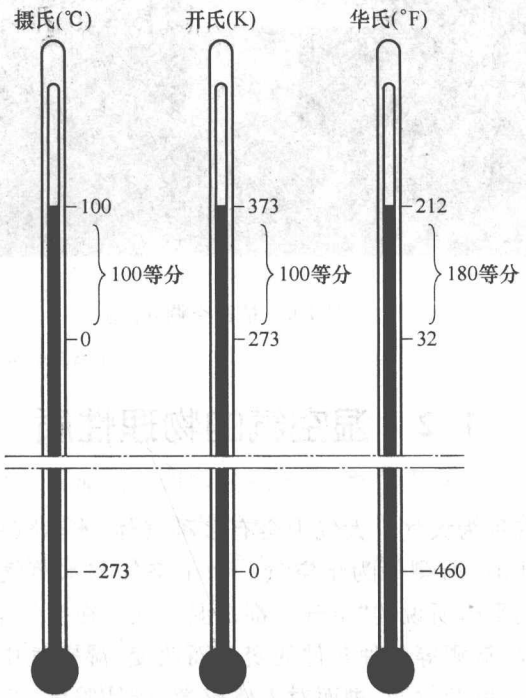


图 1-7 三种常用温标的比较

在温度计的温包上所扎湿纱布后的读数为湿球温度,而未包纱布处于干球状态时的读数为干球温度,干湿球温度计如图 1-8 所示。湿球温度计上的读数反映了湿球纱布上水的温度。如果空气中水蒸气达到饱和状态,则纱布上的水就不会气化,湿球温度计上的读数就与干球温度计上的读数相同;如果空气中的水蒸气未达到饱和状态,则湿球纱布上的水就会不断气化,水气化时需要吸收热量,因此,水温度就会因气化而下降,这时湿球温度低于干球温度。

空气中所含水蒸气越少,则湿球温度就越低,干湿球的温差就越大,反之,干湿球的温差越小,就说明空气越潮湿。

空气在水蒸气含量和气压都不改变的条件下,逐渐降低空气的温度,当空气中所含水蒸气达到饱和状态,开始凝结形成水滴时的温度叫作该空气在一定压力下的露点温度。形象地说,就是空气中的水蒸气变为露珠时候的温度叫露点温度,即当温度降至露点温度以下,湿空气中

便有水滴析出。降温法清除湿空气中的水分,就是利用此原理。

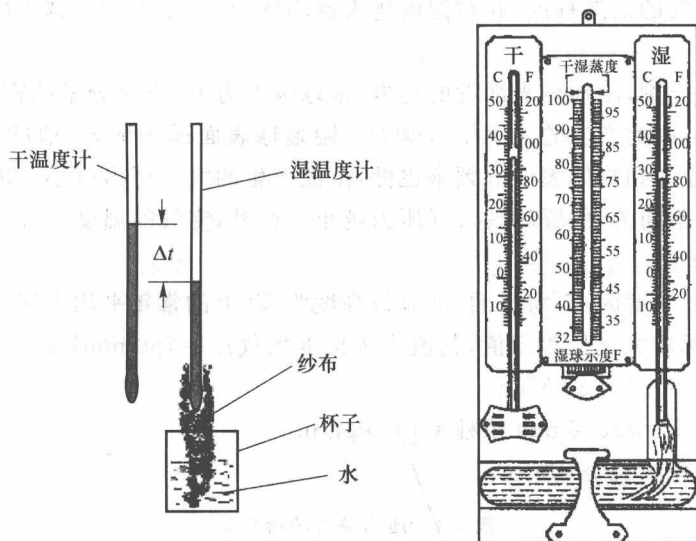


图 1-8 干湿球温度计

露点温度本身是个温度值,可为什么用它可以表示湿度呢?这是因为,当空气中水蒸气已达到饱和时,气温与露点温度相同;当水蒸气未达到饱和时,气温一定高于露点温度。所以露点温度与气温的差值可以表示空气中的水蒸气距离饱和的程度。

空气的露点温度和空气的相对湿度有关。相对湿度越大,露点温度越高,物体表面越容易结露。在黄梅季节,墙壁、地面常出现露水,就是空气中水蒸气大的缘故。

湿空气的露点温度是判断空气是否会结露的依据。

湿空气在接触低于露点温度的物体表面时,接触表面上的空气层被冷却到露点温度,湿空气的相对湿度达到 100%,如果温度继续下降,将有凝结水析出。

2. 湿度

湿度,表示空气干燥程度的物理量。在一定的温度下一定体积的空气里含有的水蒸气越少,则空气越干燥;水蒸气越多,则空气越潮湿。空气中水蒸气的含量通常用含湿量、绝对湿度和相对湿度来表示。

含湿量是湿空气中水蒸气质量(g)与干空气质量(kg)之比值,单位是 g/kg。它较确切地表达了空气中实际含有的水蒸气量。空气的温度越高,它容纳水蒸气的能力就越高。空气中水蒸气的溶解量随温度不同而变化。1 m³ 空气可以在 10℃ 下溶解 9.41 g 水,在 30℃ 下溶解 30.38 g 水。在温度恒定的情况下,空气容纳水蒸气的能力是有限的,单位质量湿空气中水蒸气已达到最大限度,不再有吸湿能力,即不能再接纳水汽,这时的湿空气达到饱和,称为饱和湿空气。

绝对湿度是一定体积的空气中含有的水蒸气的质量,单位是 g/m³。绝对湿度的最大限度是饱和状态下的最高湿度。绝对湿度只有与温度一起才有意义。

相对湿度是湿空气的绝对湿度与其在同温同压时饱和状态的绝对湿度之比,它的值显示水蒸气的饱和度有多高。随着温度的增高,空气中可以容纳的水就越多,也就是说,在同样多的水蒸气的情况下温度升高相对湿度就会降低。因此在提供相对湿度的同时也必须提供温度的数据。

绝对湿度只表示湿空气中实际水蒸气的含量,不能说明该状态下湿空气的饱和程度。相对湿度可以表示空气的潮湿程度,相对湿度越大越潮湿,相对湿度越小越干燥。

3. 压力

由于地心引力作用,距地球表面近的地方,地球吸引力大,空气分子的密集程度高,撞击到物体表面的频率高,由此产生的大气压力就大。距地球表面远的地方,地球吸引力小,空气分子的密集程度低,撞击到物体表面的频率也低,由此产生的大气压力就小。因此在地球上不同高度的大气压力是不同的,位置越高大气压力越小。此外,空气的温度和湿度对大气压力也有影响。

在物理学中,把纬度为 45°海平面(即海拔高度为零)上的常年平均大气压力规定为 1 标准大气压(atm)。此标准大气压为定值,其值为 1 标准大气压=760 mmHg=1.033 工程大气压=1.013 3×10⁵ Pa=0.101 33 MPa。

一个工程大气压=735.6 mm 汞柱=104 kgf/m²

压力单位的换算如表 1-1 所示。

表 1-1 压力单位的换算表

Pa	bar	kgf/m ²	Psi	atm
103	1	1.019 7	14. 5	0. 986 9
98. 07×10 ³	0. 98	1	14. 223	0. 967 8
1. 013×10 ³	1. 013 3	1. 033 3	14. 7	1

地球表面的大气层对地球表面的物体所造成的压力称为大气压力,符号为 B 。

设备内部或某处的真实压力称为绝对压力,符号为 P 。

图 1-9 中,图(a)表示容器中的气体压力(绝对压力) P 比外界大气压力 B 大了 h_1 的液柱高度,高出的这部分压力称为表压力,符号为 P_g 。三者之间的关系为

绝对压力 P =表压力 P_g +大气压力 B

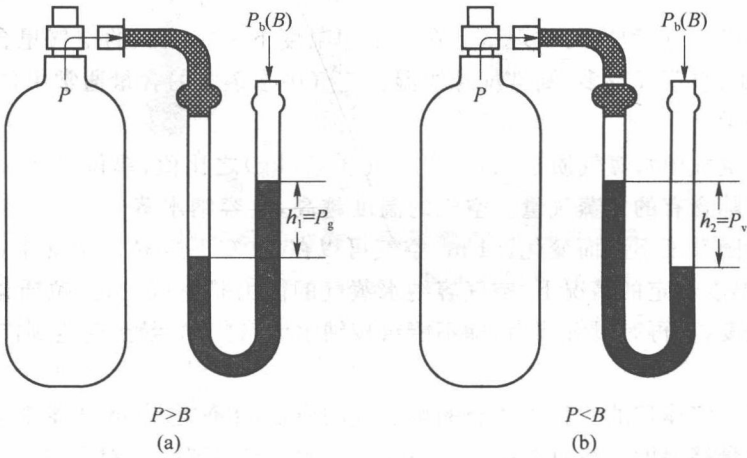


图 1-9 用液柱高度表示容器中压力值

图(b)表示容器中的气体绝对压力 P 比外界大气压力 B 低了 h_2 的液柱高度,这段高度称为真空度,用 P_v 表示,则

绝对压力 P + 真空度 P_v = 大气压力 B

压力和沸点的关系为降低压力能使沸点降低,增加压力能使沸点升高。在空调制冷系统中,用控制制冷剂的蒸发压力来达到要求的蒸发温度,以获得一定的低温。

在选择空调或风机时,常常会遇到静压、动压、全压这三个概念。根据流体力学知识,流体作用在单位面积上所垂直力称为压力。当空气沿风管内壁流动时,其压力可分为静压、动压和全压,单位是 mmHg 或 kg/m^2 或 Pa,我国的法定单位是 Pa。

静压(P_i):由于空气分子不规则运动而撞击于管壁上产生的压力称为静压。空气静压是气体分子对容器壁所施加的压力,它有两个基本性质:一是静压总是垂直并指向作用面,二是静压各向同值。计算时,以绝对真空为计算零点的静压称为绝对静压。以大气压力为零点的静压称为相对静压。空调中的空气静压均指相对静压。静压高于大气压时为正值,低于大气压时为负值。

动压(P_b):指空气流动时产生的压力,只要风管内空气流动就具有一定的动压,其值永远是正的。动压是单位体积风流动所具有的动能,它恒为正具有方向性,它的方向就是风流动的方向。动压 $= 0.5 \times \text{空气密度} \times \text{风速}^2$ 。所说的风速是风机出口处的风速。

全压(P_q):全压是静压和动压的代数和: $P_q = P_i + P_b$ 。全压代表 1 m^3 气体所具有的总能量。若以大气压为计算的起点,它可以是正值,亦可以是负值。

4. 热量

热量是能量的一种形式,是表示物体吸热或放热多少的物理量。热量的单位通常用卡(cal)或千卡也叫大卡(kcal)表示。 1 kcal 即 1 kg 纯水升高或降低 1°C 所吸收或放出的热量。在国际单位制(SI)中,热量经常用焦耳(J)表示。

$$1 \text{ J} = 0.2389 \text{ cal}$$

单位量的物体温度升高或降低 1°C 所吸收或放出的热量,通常用符号 $^\circ\text{C}$ 表示,单位是 $\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

在一定压力下, 1 kg 水升温 1°C 所吸收的热量是 1 kcal ,而空气则为 0.24 kcal 。

物体吸热或放热后,只改变物体的温度,而不改变物体的相态,这种热量称显热。它可以通过温度计进行测量。例如, 1 kg 水从 30°C 加热到 80°C ,水吸热了 209.38 kJ (50 kcal)。计算某一房间的热负荷时,空气温度高于设定温度而产生的热负荷成为显热负荷。

物体吸热或放热时,只改变物体的状态,而物体的温度不变,这种热量称潜热。它不能通过温度计进行测量。例如: 1 kg 100°C 的水改变成 100°C 的水蒸气需吸热 2257.2 kJ ; 1 kg 0°C 的水改变成 0°C 的水蒸气需吸热 2501 kJ 。计算某一房间的热负荷时,空气湿度高于设定湿度而产生的热负荷成为潜热负荷。

某一个房间来说,显热比即该房间的热负荷中显热负荷占总热负荷的百分比。空调性能参数中描述的显热比则表示该空调的制冷能力中,显冷量占总冷量的百分比。一般对某一特定房间进行空调设备选型时,应根据该房间的热负荷的显热比,选择对应显热比制冷能力的空调设备。

在通信机房中,由于专用空调的风量大,而且结构设计上蒸发盘管面积大,因而能实现高显热比。机房专用空调的送风温度一般为 $13 \sim 15^\circ\text{C}$ 。在温度为 $22 \sim 24^\circ\text{C}$ 、湿度为 45% 的环境下,如果此时也没有外部湿量入侵,则机房专用空调基本很少开启除湿功能,因此除湿量很小,显热比很高,在 95% 以上。

传热的方式有三种:传导、对流和辐射,如图 1-10 所示。

热传导,指在物质在无相对位移的情况下,物体内部具有不同温度,或者不同温度的物体直接接触时所发生的热能传递现象。

对流传热,又称热对流,是指由于流体的宏观运动而引起的流体各部分之间发生相对位移,冷热流体相互掺混所引起的热量传递过程。对流传热可分为强迫对流和自然对流。强迫对流,是由于外界作用推动下产生的流体循环流动。自然对流是由于温度不同密度梯度变化,重力作用引起低温高密度流体自上而下流动,高温密度流体自下而上流动。

热辐射,是一种物体用电磁辐射的形式把热能向外散发的传热方式。它不依赖任何外界条件而进行,是在真空中最为有效的传热方式。

不管物质处在何种状态(固态、气态、液态或玻璃态),只要物质有温度(所有物质都有温度),就会以电磁波(也就是,光子)的形式向外辐射能量。这种能量的发射是由于组成物质的原子或分子中电子排列位置的改变所造成的。

实际传热过程一般都不是单一的传热方式,如煮开水过程中,火焰对炉壁的传热,就是辐射、对流和传导的综合,而不同的传热方式则遵循不同的传热规律。为了分析方便,人们在传热研究中把三种传热方式分解开来,然后再加以综合。

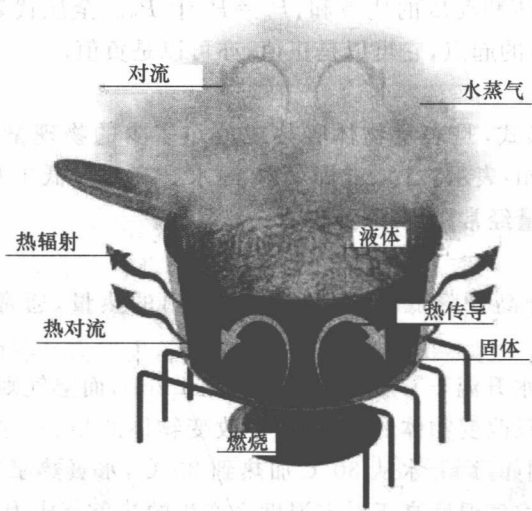


图 1-10 热传导形式

5. 焓

焓,简单讲即表示单位质量的物质所含有的热量。用符号 i 表示,单位是 kJ/kg 。在空调工程中,对空气进行处理时,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,焓差值等于热交换量。在空调过程里,湿空气的状态变化过程,可看成是在定压下进行的,可用变化前后的焓差值来计算空气得到或失去的热量。

1 kg 干空气的焓和 d kg 水蒸气的焓的总和,称为 $(1+d)$ 公斤湿空气的焓。(热力学取 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的干空气和 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水的焓值为零)则湿空气的焓表示如下:

$$i=i_g+d\times i_q \quad \text{kJ/kg 干空气}$$

式中, i 对应 1 kg 干空气的湿空气之焓,单位为 kJ/kg 干空气; i_g, i_q 分别为 1 kg 干空气和 1 kg 水蒸气的焓,单位为 kJ/kg 。而

$$i_g=C_{p.g}\times t$$