

空调运行管理手册

——原理、结构、安装、维修

李金川 编著



上海交通大学出版社

空调运行管理手册

——原理、结构、安装、维修

李金川 编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书全面介绍了各种空调系统的原理、系统、设备与附件;各种系统的运行调节与管理、自控、节能以及运行中常见故障的处理;运行管理规程;设备与附件的维护管理以及有关各种制冷设备与附件的原理、构造、热力分析与计算、运行管理与调整等;还介绍了故障处理与维修以及小型空调机组及房间空调器的选用、使用与维护、修理。内容完整全面。

全书文字流畅,原理部分叙述明白通晓,阐述透彻;运行管理部分内容丰富详尽,经验宝贵,切实可用,有的放矢。全书原理与运行管理是结合讲解的。只有吃透了原理,才能真正运行管理好空调系统与设备。如能切实掌握本书内容,定可使空调系统充分发挥其应有作用而且节能安全。

本书适合于空调运行管理人员、施工安装人员、制冷设备维修工阅读,也可供设计人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

空调运行管理手册:原理、结构、安装、维修/李金川编著. —上海:上海交通大学出版社,2000
ISBN 7-313-02281-6

I.空... II.李... III.空气调节系统-技术手册
IV. TU831.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 47953 号

空调运行管理手册

—原理、结构、安装、维修

李剑川 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

上海锦佳装璜印刷发展公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/32 印张:52.5 插页:16 字数:2217 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷

印数:1~6000

ISBN-313-02281-6/TU·046 定价:70.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

随着我国经济快速、持续的发展和综合国力的不断提高,空气调节(简称空调)技术在国民经济的各个部门中正在发挥着越来越重要的作用。尤其是近年来空调技术的迅速发展和广泛应用,不仅为工农业生产、科学研究、国防建设以及医疗卫生、商业、文化娱乐业提供了必要的环境条件,而且也创造了可观的经济效益。同时,广大人民群众以前可望而不可及的家用空调器已经进入千家万户,给人民群众创造了优越的生活环境,极大地提高了人民的物质文化生活水平。

目前,由于空调技术的广泛应用,遍及各行各业的空调设备越来越多,已经形成了相当数量的从事空调运行管理的人员队伍。同时,随着科学技术的飞速发展,空气调节也由单一的技术而发展成为今天集热力、流力、机械、电工、电子、自动控制、电子计算机等技术于一体的综合性专业技术。这就要求从事空调运行管理的人员适应这一变化,具备上述技术的一些基本知识,使之在日常的运行管理工作中能够运用这些知识指导自己的工作,正确、迅速地处理运行管理中出现的各种问题。在空调的运行管理中,如何保证空调设备处于最佳状态,充分发挥其潜力,在满足工艺条件的前提下,制定合理的运行调节方案,最大限度地减少能量消耗、降低运行费用,创造更好的经济效益,是空调运行管理人员的任务;做好空调设备的管理,在可能条件下,合理地使用新技术、新产品对原有系统进行更新、改造,使空调系统的固定资产不断地增值、升值也是运行管理人员的职责。因此,空调运行管理人员应不断地接受新知识、新技术,提高自身的技术素质是时代的要求,大势所趋,也是保证空调系统安全、可靠、高效运行,满足各种需要的重要措施。

为了帮助从事空调运行管理工作中没有接受过专门培训的工人、干部和管理人员更好地做好自己的工作,为了提高各企事业单位的空调运行管理水平,将笔者多年来在《空调运行管理》专业课程中所讲授的自编教材和备课资料进行整理、加工和补充,并予以结集出版。本书包括中央空调、制冷和小型空调机组及房间空调器三部分内容,共分23章,介绍了空调系统(包括集中式空调系统、风机盘管空调系统、诱导器空调系统、变风量空调系统、单体空调系统及房间空调器等)的组成、自动控制、系统的运行调节、测定调整、设备的维护修理等方面的内容,力求做到通俗易懂、易于接受。由于笔者所接触范围的局限性,加之编者水平有限,书中难免有一定的局限性和不恰当及错误之处,望读者能提出宝贵的意见,以期改正。

本书在编写过程中,从取材、选材、内容安排等各方面均都得到中国建筑工业出版社编审吴文侯老师的大力支持和帮助,并在最后的审查定稿中付出了辛勤的劳动,同时还有周芳、李玲、代雨、向丽、雷风、郑南、李鹏、马明、陈阳、肖永伟、许雷、高丽、董大宇等同志也参与了部分初稿的编写及制图、资料翻译、审校等工作,上海交通大学徐德胜教授、上海市劳动局陈维刚高工对编写作了指导并进行了审校工作。中国建筑工业出版社吴文侯编审、同济大学出版社吴味隆教授为本书的出版做了大量工作,在此一并致以衷心的感谢!还对那些在本书的编写过程中提供过支持和帮助的有关领导及同志表示感谢!

编 者
于 1999 年 5 月

目 录

1 空调基本知识	1	3.4.1 电加热	59
1.1 空调的任务和作用	1	3.4.2 电加热器的运行安全保护	60
1.1.1 概述	1	3.4.3 电加热器运行中注意事项	60
1.1.2 空气环境对人体的影响	1	3.5 水冷式表面冷却器处理空气	61
1.1.3 空气环境与生产的关系	2	3.5.1 水冷式表面冷却器处理空气的过程及 热工特性	62
1.1.4 空调系统的一般组成与基本概念	3	3.5.2 提高表面式换热器传热性能的主要 途径	68
1.1.5 空调运行管理的任务和目标	3	3.5.3 表面冷却器性能测定	68
1.2 空气的性质与湿空气的焓(h)-湿(d)图	4	3.5.4 表面冷却器在运行中应注意的问题	68
1.2.1 空气的组成与状态参数	4	3.6 直接蒸发式表面冷却器与喷水的水冷式表 面冷却器冷却空气	69
1.2.2 湿空气的焓(h)-湿(d)图	5	3.6.1 直接蒸发式表面冷却器	69
2 空调系统	9	3.6.2 表面喷水的水冷式表面冷却器	69
2.1 空调系统的组成	9	3.7 空气的加湿与去湿	69
2.1.1 空气的循环	9	3.7.1 湿度环境的重要性	69
2.1.2 空气的加热	9	3.7.2 空气的加湿处理	70
2.1.3 空气的净化	9	3.7.3 常用的加湿设备	72
2.1.4 空气的降温、去湿和加湿	10	3.7.4 干蒸汽加湿器的管路布置	79
2.1.5 风机	10	3.7.5 喷蒸汽加湿系统运行中注意事项	80
2.1.6 风路系统	10	3.7.6 空气的除湿	80
2.1.7 供冷、供热系统	10	4 空气的净化处理	88
2.1.8 空调系统的调节和控制	10	4.1 室内空气净化的标准	88
2.2 空调系统的分类及特点	10	4.2 大气尘的尘粒特性和含尘量	88
2.2.1 空调系统的分类	10	4.3 空调用空气过滤器的过滤原理及其 主要特性	89
2.2.2 各种空调系统的特点	11	4.3.1 空调用空气过滤器的过滤原理	89
2.3 集中式空调系统的空气处理过程	14	4.3.2 空气过滤器的主要性能指标	90
2.3.1 直流式空调系统	14	4.4 空气过滤器的分类和效率检测方法	91
2.3.2 一次回风式空调系统	15	4.4.1 空气过滤器的分类	91
2.3.3 二次回风式空调系统	17	4.4.2 空气过滤器效率的检验	91
3 空气的热湿处理及设备	19	4.5 空调系统中常用的空气过滤器	92
3.1 空气热湿处理的途径	19	4.5.1 常用空气过滤器	92
3.2 喷水室处理空气	19	4.5.2 常用空气过滤器的技术特性	96
3.2.1 喷水室的结构	19	4.6 空气的除臭、灭菌和离子化	97
3.2.2 喷水室的水系统	24	4.6.1 空气的除臭	97
3.2.3 喷水处理空气的热、湿交换	25	4.6.2 空气的灭菌	99
3.2.4 双级喷水室的特点	28	4.6.3 空气的离子化	100
3.2.5 喷水室处理空气的特点	28	5 空气输送系统及设备	101
3.2.6 喷水室性能的测定和调整	29	5.1 风管	101
3.2.7 喷水室的运行管理	31	5.2 风管内空气流动的阻力	104
3.2.8 喷水室运行中的常见故障及处理	31	5.2.1 摩擦阻力	106
3.3 空气的加热和汽水加热设备	32	5.2.2 局部阻力	111
3.3.1 表面式换热器的种类和构造	32	5.2.3 风管内空气流动的阻力	111
3.3.2 空气加热器的组合和连接	33	5.2.4 风管内空气流动的允许风速	111
3.3.3 常用空气加热器及其传热特性	33	5.3 风管系统的保温及防腐	112
3.3.4 空气加热器加热量的调节方法	40	5.3.1 空调管道和设备的保温	112
3.3.5 空气加热器性能测定与调整	40		
3.3.6 汽水加热系统运行中应注意的问题	41		
3.3.7 汽水加热系统中空气加热器的修补	59		
3.4 电加热器	59		

5.3.2 风管的防腐	115	5.14 风管的维护与修补	184
5.4 空调系统中常用的风机	118	5.14.1 风管的一般维护与清扫	184
5.4.1 离心风机	118	5.14.2 风管的防腐	184
5.4.2 轴流风机	118	5.14.3 风管的修补	184
5.4.3 通风机的名称、型号	118	5.14.4 风管保温层的修补	185
5.4.4 离心通风机的性能	120	6 空调房间的气流组织	186
5.4.5 离心通风机在管路系统中的工作	122	6.1 概述	186
5.4.6 通风机工作的工况调节	122	6.1.1 气流组织的概念	186
5.4.7 通风机的联合工作及其工况分析	123	6.1.2 气流组织的基本方式	186
5.4.8 轴流风机的性能特点	124	6.2 送、回风口处空气的气流流型	188
5.4.9 空调系统中常用的风机及其技术特性	125	6.2.1 送风口处空气的射流	188
5.4.10 电动机基础知识	132	6.2.2 回风口处空气的流动规律	191
5.4.11 三相异步电动机的启动保护与运行	139	6.3 送、回风口的形式	191
5.4.12 电动机的检修与试验	145	6.3.1 送风口的形式	191
5.4.13 电动机运行中常见异常与故障处理	146	6.3.2 回风口的形式	199
5.5 通风、空调管路中的调节分配机构——风管阀门	146	6.4 气流组织	200
5.5.1 常用的风量分配调节阀门	146	6.4.1 侧送风	200
5.5.2 开关阀	149	6.4.2 孔板送风	201
5.5.3 防火阀	151	6.4.3 集中送风	205
5.6 风管系统内的压力分布	156	6.4.4 散流器送风	207
5.6.1 管内流动的伯努利方程	156	6.4.5 条缝形送风	207
5.6.2 管内空气流动的压力变化	157	6.5 气流组织的测定与调整	209
5.6.3 风机和风管系统压力的关系	160	6.5.1 侧送风气流组织的测定与调整	209
5.7 风管系统的阻力	160	6.5.2 散流器送风气流组织的测定与调整	215
5.7.1 常用的风管系统阻力的计算方法	160	6.5.3 孔板送风气流组织的测定与调整	219
5.7.2 风管系统阻力的估算	160	7 空调系统的消声与减振	222
5.7.3 减少风管系统阻力的方法	160	7.1 噪声的基本概念与评价标准	222
5.8 风机的运行	161	7.1.1 噪声和噪声的量度	222
5.8.1 风机的启动	161	7.1.2 噪声的评价	222
5.8.2 风机运行的检查	162	7.1.3 声级计及其使用	224
5.8.3 风机的停运	162	7.1.4 噪声标准	224
5.9 离心风机的运行调节	162	7.2 空调系统的噪声源及噪声的计算	225
5.9.1 改变风管系统的阻力调节	162	7.2.1 单台风机的声功率级	226
5.9.2 改变风机转速的调节方法	162	7.2.2 多台风机共同工作时的声功率级	226
5.10 风机性能的测定	164	7.2.3 风机运行时各频程的声功率级	226
5.10.1 风机性能测定常用仪表	164	7.3 空调系统中常用的消声器	227
5.10.2 风机性能的测定	170	7.3.1 吸声材料	227
5.11 风机运行中常见故障及处理	178	7.3.2 空调系统中常用的消声器	229
5.11.1 风机运行的正常维护	178	7.3.3 对消声器性能的评价	230
5.11.2 风机运行常见故障及处理	179	7.4 空调系统的消声	231
5.12 风机的修理	180	7.4.1 空调系统中噪声的自然衰减和再生	231
5.12.1 风机的一般修理	180	7.4.2 减少空调系统噪声的主要措施	234
5.12.2 风机的大修	181	7.4.3 空调系统中消声器消声量的确定	235
5.13 风机的皮带传动	181	7.5 空调系统的减振	235
5.13.1 常用风机皮带传动的三角胶带的型号、规格	181	7.5.1 概述	235
5.13.2 传动三角胶带长度的计算方法	183	7.5.2 设备减振台座的常用形式及常用减振器	236
5.13.3 三角胶带的更换	183	8 空调的控制系统	239
		8.1 空调系统的自动调节和控制内容	239
		8.1.1 空调系统的自动调节和控制主要内容	239
		8.1.2 空调自动控制中常用的术语	239

8.1.3 空调系统的特性	239	8.10.2 湿度调节系统	323
8.2 空调自控系统的组成及分类	241	8.10.3 空调房间内静压控制	327
8.2.1 空调自动调节的基本组成	241	8.11 空调常用的复杂调节系统自动控制	328
8.2.2 空调自动调节的分类	241	8.11.1 新风补偿调节系统的自动控制	328
8.3 调节器的特性及对调节过程的影响	241	8.11.2 空调的串级控制系统	328
8.3.1 双位式调节器的特性	242	8.11.3 空调的选择调节系统	332
8.3.2 多位式调节器的特性	242	8.11.4 空调的分程控制系统	333
8.3.3 恒速式调节器的特性	242	8.12 空调运行调节常用的其他控制系统	333
8.3.4 比例式调节器的特性	242	8.12.1 可编程控制器(PC)控制的空调 系统	334
8.3.5 比例积分微分(PID)调节器特性	242	8.12.2 单板微型计算机控制的空调系统	344
8.4 敏感元件与变送器的特性	244	8.12.3 可编程控制器与微型计算机组成的集 散控制系统	351
8.4.1 温度传感器的特性	244	8.13 空调系统露点动态特性的测定	351
8.4.2 变送器的特性	245	8.13.1 露点的调节	352
8.5 空调系统对自动调节的要求	245	8.13.2 露点动态特性的测定	352
8.5.1 调节系统的稳定性	245	8.13.3 影响露点调节品质的因素	353
8.5.2 调节系统过渡过程的品质指标	245	8.13.4 露点自动调节系统的调整	353
8.6 空调自动调节系统中常用的温、湿度传感 器和变送器	246	8.13.5 露点调节系统调试后数据的整理	354
8.6.1 自动控制仪表概述	246	8.14 控制系统的调整	354
8.6.2 空调自动调节系统中常用的温度传感 器和变送器	247	8.15 影响二次加热温度调节品质的因素	355
8.6.3 空调自控系统中常用的湿度传感器及 变送器	249	8.16 空调系统运行效果的测定	356
8.7 空调自动调节系统中常用的压力传感器和 变送器	254	8.16.1 测定内容	356
8.7.1 弹性式压力、压差传感器	254	8.16.2 空调系统运行效果的测定	356
8.7.2 电动压力、压差变送器	254	8.16.3 测定数据的整理与分析	357
8.7.3 其他压力、压差变送器	254	9 集中式空调系统的运行调节	359
8.7.4 固定压阻传感器	255	9.1 空调系统的送风量	359
8.7.5 常用压力、压差传感器及变送器	255	9.1.1 空调房间内的冷(热)负荷	359
8.7.6 流量传感器	256	9.1.2 空调房间的送风量和送风状态点的 确定	363
8.8 空调自动调节系统中常用的调节器	256	9.1.3 空调系统中的新风量	365
8.8.1 晶体管位式调节器	256	9.2 空气温度与湿度之间的关系	365
8.8.2 动圈式指示、调节仪	257	9.3 空调运行图	366
8.8.3 P系列简易电子调节器	258	9.4 利用焓(h)-湿(d)图进行空调运行分析	369
8.8.4 自动平衡电桥记录调节仪	259	9.4.1 室外空气状态变化时的运行调节	369
8.8.5 TA系列简易电子调节器	262	9.4.2 室内热、湿负荷变化时的运行调节	372
8.8.6 TS型简易电子式相对湿度调节器	263	9.5 空调房间内温度的调节方法	378
8.8.7 电气式调节器	266	9.6 空调房间内相对湿度的运行调节	381
8.8.8 电—气动调节器	267	9.7 空调系统的分区多工况调节	385
8.8.9 空调自动调节专用仪表	268	9.7.1 空调运行工况划分的原则	385
8.8.10 空调自动调节常用的其他仪表	292	9.7.2 空调系统全年运行工况的划分方法	386
8.8.11 空调自动调节系统中常用的气动 调节器	296	9.7.3 采用水冷式表面冷却器处理空气的空 调系统工况分区方法和运行调节	386
8.9 空调自动调节系统中常用的执行器 及调节机构	297	9.7.4 全年运行的喷淋式集中空调系统分区 多工况运行调节	396
8.9.1 电动执行、调节机构	297	9.7.5 直接蒸发式表冷器集中空调系统 运行调节	404
8.9.2 气动执行、调节机构	312	9.7.6 集中式空调系统分区多工况运行 的监控	406
8.9.3 执行调节机构的调整	318	9.8 空调房间内静压的调节和室内工艺变更时 风量的调整	406
8.10 空调自动调节系统中常用的简单 调节系统	319	9.8.1 空调房间内静压的调节	406
8.10.1 温度调节系统	319		

9.8.2 空调房间内工艺变更时风量的调整 方法	407	12 变风量空调系统的运行调节与管理	449
9.9 空调系统运行工况的测定	410	12.1 概述	449
9.9.1 空调系统运行工况测定内容	410	12.2 变风量空调系统的分类	450
9.9.2 测点的布置	410	12.2.1 单风道简易变风量系统(包括节流型 和旁通型)	450
9.9.3 数据的整理与分析	411	12.2.2 周边热水采暖和变风量的组合 系统	450
9.9.4 空调设备性能的测定与数据的 整理分析	411	12.2.3 周边定风量和内区变风量的组合 系统	450
10 诱导器空调系统的运行管理	413	12.2.4 再热式或双风道变风量系统	451
10.1 诱导器空调系统的构成与工作原理	413	12.2.5 有单区定风量的变风量系统	451
10.1.1 诱导器及诱导器空调系统的组成及 工作原理	413	12.2.6 室内设置热水采暖的变风量系统	451
10.1.2 “全空气”诱导器空调系统的空气 处理过程	414	12.3 变风量末端装置	454
10.1.3 “空气—水”诱导器空调系统的空 气处理过程	414	12.3.1 变风量末端装置的主要功能	454
10.1.4 诱导器系统的优缺点及适用条件	416	12.3.2 变风量末端装置的种类	454
10.2 常用诱导器及运行工况	417	12.4 变风量末端装置与风管及风口的 连接方式	462
10.2.1 目前国内主要的诱导器	417	12.4.1 变风量空调系统所使用的送、回风口 形式	462
10.2.2 诱导器的运行工况	422	12.4.2 变风量末端装置与送风口的连接 方式	463
10.3 诱导器空调系统的运行调节方式	422	12.5 变风量空调系统的运行分析	463
10.3.1 空调房间冷负荷的分析及克服 干扰的方法	423	12.5.1 单风道变风量空调系统的运行 分析	463
10.3.2 “全空气”诱导器系统的运行调节	423	12.5.2 双风道变风量空调系统的运行 分析	464
11 风机盘管空调系统的运行与管理	427	12.5.3 变风量空调系统室内相对湿度的 分析	465
11.1 风机盘管空调系统的原理和构造	427	12.6 变风量空调系统中使用的风机和 风量控制	466
11.2 风机盘管空调系统的特点	429	12.6.1 变风量空调系统的自动控制特点	466
11.3 风机盘管空调系统的新风供给方式	429	12.6.2 变风量末端装置的控制	466
11.4 风机盘管空调的水系统	435	12.6.3 系统的静压控制	467
11.4.1 双水管、三水管和四水管系统	436	12.6.4 送、回风机的平衡控制	471
11.4.2 开式和闭式水系统	438	12.6.5 系统的最小新风量控制	471
11.4.3 异程式和同程式水系统	438	12.6.6 调速电动机	472
11.4.4 空调的闭式水系统	438	12.7 变风量空调系统的运行管理	479
11.5 风机盘管空调系统的运行调节	439	12.7.1 变风量空调系统的全年运行调节	479
11.5.1 风机盘管机组的局部调节方法	439	12.7.2 变风量空调系统的运行管理	481
11.5.2 风机盘管机组的变水量调节	440	13 净化空调系统的运行管理	483
11.5.3 风机盘管空调系统的全年运行 调节	441	13.1 洁净技术的发展和洁净室的建立	483
11.6 风机盘管机组的温控	442	13.2 洁净度标准	484
11.6.1 温控器	442	13.2.1 中国标准	484
11.6.2 风机盘管机组的控制	443	13.2.2 美国联邦标准	484
11.6.3 风机盘管机组的集中控制	445	13.2.3 其他有关标准	486
11.6.4 风机盘管机组的遥控	445	13.3 洁净室的类型	487
11.7 风机盘管空调系统的维护管理	446	13.3.1 洁净室的分类	487
11.7.1 空气过滤器的清洗和更换	446	13.3.2 洁净室常用的气流组织形式	488
11.7.2 水温控制	446	13.3.3 生物洁净室	494
11.7.3 盘管换热器的维护	447	13.4 净化空调系统的基本形式及气流组织	496
11.7.4 盘管机组风机的维护	447	13.4.1 净化空调系统的基本形式	496
11.7.5 定期清理滴水盘	447	13.4.2 集中式净化空调系统	497
11.7.6 盘管空调系统中管道及阀门的 保温和排污	447		
11.7.7 风机盘管机组常见故障及处理	447		

13.4.3 分散式净化空调系统	499	失调	536
13.4.4 洁净隧道的特点	500	14.2.1 由于空调系统运行中机器露点温度 过高,导致空调房间内相对湿度的 过大	536
13.5 净化空调系统中的过滤器	502	14.2.2 空调系统在运行中,由于送风气流中 夹带水滴过多而导致空调房间内相 对湿度的失调	536
13.6 净化空调系统、洁净室的运行管理	502	14.2.3 由于空调系统的漏风过大而导致空调 房间内相对湿度失控	537
13.6.1 保证洁净室内要求的空气温度和 相对湿度	502	14.2.4 喷蒸汽加湿系统运行中容易造成空调 房间内湿度过大的几个问题	537
13.6.2 保证洁净室内洁净度的措施	502	14.2.5 挡水板过水量较大而造成空调房间内 相对湿度的超标	539
13.6.3 洁净室内洁净度的检测及检测数 据的评价	510	14.2.6 由 TH 湿度传感器、TSA 湿度调节器 和电动双通调节阀组成的喷蒸汽加湿 控制系统运行中出现的故障	540
13.6.4 净化空调系统中送风机与循环风机、 值班风机的作用	517	14.2.7 送风口结露与空调房间内的湿度	542
13.6.5 净化空调系统中空气过滤器的 更换	517	14.2.8 由于空调房间保温层做得不好,使屋 面板室内侧结露的问题	542
13.7 洁净室、净化空调系统的节能运行	525	14.2.9 由于喷水室(或喷蒸汽加湿系统)的停 运而造成湿度的失调	543
13.7.1 减少系统的送风量	526	14.2.10 空调房间内夏季温度偏低、相对湿度 偏高的处理	544
13.7.2 改变洁净室要求的温、湿度基数	526	14.3 室内静压控制中常见故障的处理	544
13.7.3 减少排风量	526	14.3.1 双风机空调系统运行中室内静压异常 的处理	544
13.7.4 适当降低洁净室内的静压值	527	14.3.2 单风机空调系统室内静压异常的原因 及处理方法	544
13.7.5 采用低阻力空气过滤器	527	14.3.3 采用余压阀控制空调房间内静压的空 调系统,由于余压阀的故障而导致室 内静压的失控	545
13.7.6 非工作时间采用值班风机运行,关闭 系统中的送、回风机	527	14.3.4 由于压力调节器(如 YEJ121 膜盒式 压力调节器)的故障而引起空调房间 内静压的失控	545
13.7.7 在设置循环风机的净化空调系统中 的节能	527	14.4 设备故障	545
13.7.8 尽量减少由于风机、电动机的温升 而消耗处理空气的能量	527	14.4.1 空调器内大量积水而不能从其排水口 顺利排出的原因	545
13.7.9 减少净化空调系统和空调器的漏 风量	527	14.4.2 空调系统在运行中,送风管路产生喘 振的原因及处理	546
13.8 高温高湿季节及低温低湿季节净化空调系 统的停机处理	527	14.4.3 空调器内的水冷式表面冷却器在冬 季运行时冻裂的原因及对策	547
14 集中空调系统运行调节常见故障及处理	530	14.4.4 关于空调系统在送风气流中夹带颗粒 或片状污物的问题	548
14.1 运行中的温度失调	530	14.4.5 在正常情况下,空调系统中的送、回风 机无法启动	548
14.1.1 作为二次加热的蒸汽加热器工作 不正常	530	14.4.6 空调系统在运行中,从空调器、风管、 检查门或过滤器安装框架等处发出哨 叫声的原因及处理	548
14.1.2 空调房间内温度梯度过大,而使空 调区内的温度过低	532	14.4.7 采用蒸汽加热的空调系统,空调系统 停止运行后,在空调房间一切正常条件 下,房间内散发出焦糊味的原因	548
14.1.3 气流组织遭到破坏	533	15 空调系统运行中的节能	550
14.1.4 洁净室内的温度逐时等温升高	533		
14.1.5 空调房间内工艺变更后的温度 失调	534		
14.1.6 空调系统的漏风量过大,将会严重影 响空调房间内的温度和相对湿度	534		
14.1.7 由于空调房间内温、湿度敏感元件安 装位置不当而造成室内(或空调区)的 温、湿度失调	535		
14.1.8 由于空调系统中热交换器性能下降而 导致空调房间内温、湿度失调	535		
14.1.9 处于供冷(热)水干管的末端由于形 成气塞而使换热器无法正常工作	535		
14.1.10 由于水冷式表面冷却器进出管连 接不合理而导致空气处理效果的 下降	536		
14.2 空调系统运行中,房间内相对湿度的			

15.1 概述	550	17.5 设备的折旧	574
15.2 空调系统运行中的节能措施	550	17.5.1 固定资产的计价	574
15.2.1 合理的空气处理方案	550	17.5.2 固定资产的折旧	575
15.2.2 合理地降低空调房间内的温度、湿度标准	551	17.5.3 设备折旧的计算方法	575
15.2.3 合理利用新风	552	17.6 设备的报废	575
15.2.4 防止空调房间内夏季过冷和冬季过热	552	17.6.1 设备报废的条件	575
15.2.5 加大空调系统的送风温差,减少空调系统的送风量	553	17.6.2 设备报废的审批	576
15.2.6 尽量避免使用电加热器	553	17.6.3 报废设备的处理	576
15.2.7 减少系统运行的漏风量	553	18 空调系统的年运行费用	577
15.2.8 做好设备及冷、热管路的保温,以减少能量的过多耗费	553	18.1 空调系统运行的年固定费	577
15.2.9 提高供冷水的初温	553	18.2 能源消耗费	577
15.2.10 改变空调设备启动、停止时间,在预冷和预热时停止使用新风	553	18.3 设备使用寿命的周转费	577
15.2.11 实现空调运行管理的自动化	554	18.4 设备的维护、修理费	578
15.3 蓄冷	554	18.5 空调系统运行的年度消耗器材更换费	578
15.3.1 水蓄冷空调系统	554	18.6 空调运行管理人员的工资及劳动保护费	578
15.3.2 冰蓄冷	554	19 常用人工制冷基本原理及制冷方式	579
15.4 能量回收	555	19.1 概述	579
15.4.1 空气—空气全热(或显热)换热器	555	19.2 制冷常用术语和状态参数	579
15.4.2 热管式换热器	559	19.2.1 物质的形态和形态变化	579
15.5 加强设备的运行管理	560	19.2.2 常用术语和状态参数	580
15.5.1 充分发挥设备的效能,使其在最高效率点运行	560	19.2.3 热力学定律及热量传递方式	582
15.5.2 做好电动机的运行节能	560	19.3 人工制冷基本原理及常用人工制冷方式	583
16 空调系统的运行管理规程	563	19.3.1 蒸气压缩式制冷	583
16.1 空调系统运行操作规程的制定方法与内容	563	19.3.2 溴化锂吸收式制冷	584
16.1.1 空调系统运行操作规程制定的目的	563	19.3.3 蒸汽喷射式制冷	584
16.1.2 制定运行操作规程的原则	563	20 蒸气压缩式制冷	585
16.1.3 运行操作规程包括的内容	563	20.1 蒸气压缩式制冷的基本原理	585
16.1.4 运行操作中主要问题的规定(对于集中式空调系统和单体式空调系统)	563	20.2 蒸气压缩式制冷机的基本构造和工作原理	586
16.2 运行安全规程	564	20.2.1 活塞式制冷压缩机的基本构造和工作原理	586
16.3 运行值班人员的岗位责任制	565	20.2.2 螺杆式制冷压缩机的基本构造和工作原理	598
16.4 交接班制度	565	20.2.3 离心式制冷压缩机的基本构造和工作原理	601
16.5 巡视检查制度	566	20.3 制冷剂、载冷剂和润滑油	607
16.6 空调系统的调试须知	566	20.3.1 常用制冷剂及其性质	607
17 设备的维护管理	567	20.3.2 载冷剂	608
17.1 设备管理的基础资料	567	20.3.3 润滑油	608
17.2 设备的使用与维护	567	20.4 单级蒸气压缩制冷循环的热力分析	609
17.2.1 设备的使用	567	20.4.1 单级蒸气压缩制冷循环在压-焓图($\lg p-h$)上的表示方法	609
17.2.2 设备的维护	568	20.4.2 单级压缩制冷理论循环的热力计算	610
17.3 设备的修理	569	20.4.3 单级蒸气压缩制冷循环中工作参数的确定	611
17.3.1 空调设备修理的分类和方法	569	20.4.4 影响单级蒸气压缩制冷系统制冷量的主要因素	611
17.3.2 设备修理的复杂系数	570	20.5 制冷系统中的其他设备	612
17.3.3 通风设备的大修内容	573	20.5.1 冷凝器	612
17.4 设备的安全运行及设备事故	574		

20.5.2 蒸发器	615	21.1.1 溴化锂二元溶液的特性	695
20.5.3 油分离器与集油器	618	21.1.2 溴化锂二元溶液的热力状态图	696
20.5.4 干燥过滤器	621	21.2 溴化锂吸收式制冷原理	698
20.5.5 循环冷却水系统及设备	621	21.2.1 单效溴化锂吸收式制冷机的制冷原理	698
20.6 制冷系统中的调节控制器件	624	21.2.2 双效溴化锂吸收式制冷机的制冷原理	702
20.6.1 截止阀及手动调节阀	624	21.3 溴化锂吸收式制冷机的型式与结构	704
20.6.2 浮球调节阀	627	21.3.1 溴化锂吸收式制冷机的型式	704
20.6.3 热力膨胀阀与毛细管	627	21.3.2 溴化锂吸收式制冷机的主机设备的结构	705
20.6.4 电磁阀	629	21.3.3 溴化锂吸收式制冷机的附属设备	707
20.6.5 主阀与恒压阀	630	21.3.4 溴化锂吸收式制冷机的安全装置	710
20.6.6 油压及高低压继电器	632	21.3.5 溴化锂吸收式制冷机的自动抽气装置	712
20.6.7 温度继电器	634	21.4 溴化锂吸收式制冷机组的试运行	713
20.7 制冷系统及试运转	635	21.4.1 系统的气密性试验	713
20.7.1 制冷系统	635	21.4.2 溴化锂吸收式制冷机组的清洗和溶液的灌注	714
20.7.2 冷水机组	635	21.4.3 系统运转状态的调试	715
20.7.3 活塞式压缩制冷系统的试运转	638	21.5 溴化锂吸收式制冷系统的运行操作	718
20.7.4 螺杆式压缩制冷系统的试运转	641	21.5.1 水系统	718
20.7.5 离心式制冷系统的试运转	644	21.5.2 蒸汽系统	718
20.8 制冷系统的运行管理	648	21.5.3 机组系统	718
20.8.1 制冷系统运行操作规程的制定	648	21.6 溴化锂吸收式制冷机组的运行管理	721
20.8.2 活塞式压缩制冷系统的运行	649	21.6.1 运行操作规程的制定	721
20.8.3 螺杆式压缩制冷系统的运行	653	21.6.2 溴化锂吸收式制冷机组正常运转中的操作	723
20.8.4 离心式制冷系统的运行	654	21.6.3 外部条件的保证及附属设备的管理	723
20.9 制冷系统的运行调整	656	21.7 溴化锂吸收式制冷机组运行中常见故障与突发性故障的处理	725
20.9.1 活塞式压缩制冷系统的运行调整	656	21.7.1 机组运行中常见故障及处理	725
20.9.2 螺杆式压缩制冷系统的运行调整	658	21.7.2 机组运行中突发性故障的处理	729
20.9.3 离心式制冷机组的运行调节	660	21.8 溴化锂吸收式制冷机的性能变化	731
20.10 制冷系统运行中常见故障和突发性故障的处理	665	21.8.1 外部条件的变化对机组性能的影响	731
20.10.1 活塞式压缩制冷系统运行中常见故障及突发性故障的处理	665	21.8.2 不凝性气体对溴冷机组性能的影响	736
20.10.2 螺杆式压缩制冷系统运行中常见故障及突发性故障的处理	668	21.8.3 提高溴冷机组性能的措施	736
20.10.3 离心式制冷系统运行中常见故障及突发性故障的处理	671	21.9 溴化锂吸收式制冷系统的自动控制	738
20.11 制冷系统中的安全技术	675	21.9.1 冷量的自动调节	738
20.11.1 制冷系统中的安全装置	675	21.9.2 附属设备的自动控制	741
20.11.2 制冷系统的安全运行	677	21.9.3 自动安全保护系统	742
20.11.3 制冷剂的贮存和使用	678	21.9.4 溴冷机组的启动、运行程序及停机程序	743
20.11.4 制冷系统运行中的人身安全和紧急救护	678	21.10 溴化锂吸收式制冷系统中的设备维护、保养与检修	745
20.12 制冷系统的维护和检修	679	21.10.1 溴冷机组的停机保养	745
20.12.1 活塞式制冷压缩机的维护与检修	680	21.10.2 制冷机组的检修	747
20.12.2 螺杆式制冷压缩机的维护、保养与检修	681	21.10.3 屏蔽泵的检修	752
20.12.3 离心式制冷机组的维护与检修	684	21.10.4 辅助设备的保养与检修	753
20.12.4 蒸发器、冷凝器的维护与修理	688		
20.12.5 制冷系统中阀件的修理	689		
20.12.6 冷却塔的维护修理	691		
21 溴化锂吸收式制冷	695		
21.1 溴化锂二元溶液的特性及其热力状态图	695		

21.11 设备的防腐与水质处理	756	23.2.3 柜式空调器的使用	791
21.11.1 设备的防腐	756	23.2.4 柜式空调器的故障与排除	792
21.11.2 循环冷却水的水质处理	756	23.3 房间空调器的使用与维护	794
21.12 溴化锂溶液的性质与再生	757	23.3.1 房间空调器的种类、功能及性能特点、 主要技术参数	794
21.12.1 溴化锂溶液的性质	757	23.3.2 房间空调器的结构及工作原理	799
21.12.2 溴化锂溶液的再生	757	23.3.3 房间空调器常见故障与处理	809
22 制冷与空调的联合运行	759	23.3.4 房间空调器的一般检修	814
22.1 制冷系统的运行准备	759	附录 1 常用符号表	823
22.2 制冷系统的提前运行	760	附录 2 常用图例	824
22.3 供冷参数的确定	761	附录 3 图例中常用文字符号说明	825
22.4 制冷与空调联合运行的管理	761	附图 1 湿空气焓湿图(大气压 1013.25mbar、 10 ⁵ Pa、760mmHg)	插页
23 小型空调机组及房间空调器的使用、维护 与修理	763	附图 2 湿空气焓湿图(大气压 993.25mbar、 10 ⁵ Pa、745mmHg)	插页
23.1 恒温恒湿空调机的结构与工作原理	763	附图 3 R-11 的 lg p - h 图	插页
23.1.1 恒温恒湿机的结构特点	763	附图 4 R-12 的 lg p - h 图	插页
23.1.2 恒温恒湿机组的运行、维护、保养 与检修	770	附图 5 R-13 的 lg p - h 图	插页
23.1.3 电子计算机房专用空调机组的特点、 使用与维护	777	附图 6 R-22 的 lg p - h 图	插页
23.2 柜式空调器的使用与保养	780	附图 7 R-717 的 lg p - h 图	插页
23.2.1 柜式空调器的特点及选用	780	附图 8 溴化锂溶液 h - ξ 图	插页
23.2.2 柜式空调器的安装与调试	791	主要参考资料	826

1 空调基本知识

1.1 空调的任务和作用

1.1.1 概述

随着科学技术和国民经济的迅速发展,空气调节(即空调)在工农业生产、科学研究和国防建设等各个方面得到了广泛的应用,同时空调技术的发展和运用又有助于工农业生产、科学研究和国防建设事业的飞速发展。

所谓空气调节,就是通过采用一定的技术手段,对生产、科学研究等所需要的空气环境进行调节和控制。生产过程和科学实验等所要求控制的空气环境,通常指在某一特定空间内,对其空气的温度、湿度、洁净度和流动速度(所谓“四度”)通过调节和控制使其达到并保持在一定范围内以满足工艺过程、人体舒适的要求。在现代技术条件下,除上面提到对“四度”的调节和控制外,有些还要对空间内的空气压力、成分、气味以及噪声等进行调节和控制。总之,采用一切必要的技术手段,创造和保持满足一定要求的空气环境,就是空气调节的任务。

空调对国民经济的发展和对人民物质生活水平的提高有着重要作用。它不仅对各种工业生产过程的稳定进行和保证产品的质量及数量有重要作用,而且对提高劳动生产率、保护人体健康、创造舒适的工作和生活环境也具有重要意义。目前,在精密机械和仪器的制造业、电子工业、纺织工业、化工冶金工业、航空航天技术、医药卫生、近代农业以及随着对外开放,旅游业的蓬勃发展而兴建的公共设施与民用建筑中,如大会堂、图书馆、博物馆、医院、学校和大型商场、宾馆、酒店、展览馆、办公大楼、游乐场、体育馆等国民经济的各个方面,空调对经济的发展和繁荣日益显示出其重要作用。如地处上海最繁华的南京东路的全国最大服装零售商店——上海时装公司,其5200m²的营业面积1994年安装了集中式空调系统,使用空调后年营业额由8000万元上升到2.4亿元。夏季未开空调的日营业额仅为17万元,而开空调后的日营业额则高达124万元,由此可形成鲜明对比,也可看出空调的应用在其经营的效益上起到了不可低估的作用。因此,使用空调后的高效益使空调的一次投资费用迅速收回,而且其运行费用也显得微不足道。

1.1.2 空气环境对人体的影响

我们知道,人体是依靠从食物中获取能量来弥补由于活动所消耗的能量,并将人体内多余的能量以热量的形式排至体外,以保持人体能量的平衡,使人体维持一个恒定的体温。健康人的体温变动很小,在较恒定的体温情况下,人体的散热必须和人体内新陈代谢过程中产生的热量相平衡,新陈代谢产生的热量主要由人体的健康状况及劳动强度等因素所决定。当人体的能量达到平

衡,人就会感到舒服,否则人会感到不舒服。人体的散热是随着新陈代谢而不断进行的。

人体向空气中散热主要有四种方式:传导、对流、辐射和汗液的蒸发。其中传导可忽略。通常人体散热的比例为:蒸发散热量占20%~25%,辐射散热量占40%~50%,对流散热量占20%~30%,同时这三种散热方式的比例是随着环境的空气条件变化而变化。对流和辐射是靠环境的温度与人体表面温度之差而形成热量的传递,而蒸发则是靠人体表面汗液的蒸发和呼吸所带走的热量来维持人体能量的平衡。如果人体内多余的热量散不出去,则必将积存于体内,以致破坏人体内的能量平衡,使人感到不舒服,甚至会生病,由于环境温度的过低,导致人体散热量过大,也同样会破坏人体的热平衡,使人感到难受。

通常,人体有一定的生理自动调节能力来保持正常体温,如气温较低,皮肤的温度也随之降低,则体内与体表温差增加,此时血管将会收缩,体表热阻增加,散热损失减小;反之如气温较高,皮肤温度增加,体内与体表温差降低,此时血管将会扩张,体表热阻减小,散热量增加。但这时人体表面的对流和辐射散热量将随周围环境温度的提高而减小,为了维持体内的平衡,人体通过自身的调节加强汗液的蒸发,增加人体向外的散热。

影响人体的热平衡,即舒适感的因素有:环境的空气温度、湿度,人体所处环境中空气的流动速度以及人体所处空间内各内表面及其他物体表面的温度。其中前三项为空气条件。在一定温度条件下,空气相对湿度的大小,表示空气中水蒸气含量接近饱和的程度。相对湿度越高,空气中水蒸气分压力越大,人体汗液的蒸发量越小,因而蒸发散热量越少,即使空气温度不高也会使人感到闷热、难受。在相同条件下如果相对湿度越低,汗液的蒸发就越快,蒸发散热量也越大,严重时会使人体缺水、嘴唇干裂。因此,空气相对湿度的高低则主要影响人体蒸发散热量。人体周围空气的流动速度是影响人体对流和蒸发散热的主要因素之一。气流速度较大时,由于提高了对流换热系数和传湿系数,使对流和蒸发散热增强,增加了人体的冷感觉,如果气流速度较小时,降低了对流换热系数和传湿系数,使对流和蒸发散热减少,因而使人体增加了热的感觉;当周围环境温度高于人体温度,周围环境将向人体传递对流热和辐射热,使人体内部的热量散发将会依靠多消耗汗液的蒸发来弥补对流和辐射热量散发的不足,否则人体的散热情况与上述相反,即周围环境温度过低,人体散发热量过多,又会使人产生冷的感觉,过高时,人体散热困难,会产生热的感觉。当人体接受外界热量多,导致体内多余热量难以全部散出时,多余的热量将会积存于人体内,导致体温上升,人体将会由于热量平衡的破坏而感到不舒服,以致生病。周围表面温度决定着人体辐射散热的强度,在同样室内空气条件下,房间内

各壁面温度较高时,对人体增加热感觉,表面温度低,则会增加冷感觉。

对于人体、从生理角度上所谓舒适就是人体与环境能进行正常的热量和湿量传递。通常反映人体舒适与否的首先是冷热感觉,人感觉过冷或过热都是不舒服的。舒适的环境条件使人精神愉快,精力集中,从而能确保人们在工作、学习中能顺利进行和达到较高效率。

因此,在分析空气环境中温度、相对湿度对人体的影响后,国家定出了一个兼顾各方面条件的室内舒适性空调的空气参数标准。表 1-1 即为《采暖通风与空气调节设计规范》对舒适性空调室内设计参数规定的数值。

表 1-1 舒适性空调室内空气参数设计标准

	温度(℃)	相对湿度(%)	风速(m/s)
夏季	24~28	40~65	<0.3
冬季	18~22	40~60	<0.2

1.1.3 空气环境与生产的关系

随着经济的发展,社会生产对其环境标准提出了越来越高的要求。对于某些行业或部门,生活环境条件决定着产品的质量和数量,因此成为生产的一个决定因素。如电子工业、仪表工业、精密机械工业、合成纤维工业以及有关的工业生产过程和有关科学实验的研究过程所需的控制室、计量室、计算机房等。除了对环境空气的温度、相对湿度、气流速度和洁净度有较严格要求外,同时还规定了环境空气温度、湿度和气流速度的波动范围。

1. 空气环境与计量

在机械制造和机械加工工业中,广泛地使用着各种量具,尤其是用来作为各种尺寸的测量,已成为机械制造、科学研究、试验工作中不可缺少的环节。对标准计量器具的鉴定、精密零件的测量和普通量具的修复等工作均必须在特定的空气环境中进行。要保证计量工作的准确性,除了量具本身误差和偶然误差及视差外,环境温度对其精度的影响也是相当大的。

如果在计量的测量中忽视了空气环境对它的影响,即使最好的测量器具,测量结果也会有微小误差。在影响测量准确性的因素中,环境空气的温度对其影响为最大。这主要是由于大部分计量器具都是由金属材料制成的,而金属材料的热胀冷缩特性是相当显著的。尽管对一般零件的测量影响并不太大,但对于精度较高的零件和产品,其影响是不可忽视的。同时由于环境空气温度的大幅度波动,也会引起零件本身尺寸的变化,由各种零件的不同尺寸误差而组装起来的机械设备其累积误差可能就是不允许的。因此计量室内空气温度的相对稳定是保证测量准确性的重要条件之一。

如一铝制工件被测尺寸为 500mm,其加工后温度为 40℃,环境温度(量具的温度)为 15℃。其工件的线胀系数为 24×10^{-6} ,量具为钢制且膨胀系数为 9.5×10^{-6} ,此条件下的测量误差经过计算为 0.264mm。而同一制品、同一量具,仅当温度均衡时,即被测件与标准温度(20℃)之差和量具与标准温度之差相等时,或者说被测件与量

具温度相等时,则测量误差经计算为 $-36.25 \mu\text{m}$ 。

由于量具(仪器)均是精密件,如果产生锈蚀,则其精度将会遭到破坏。对于钢制品,在空气相对湿度为 70% 的环境中很容易锈蚀,而在相对湿度为 30% 的环境中则很难锈蚀。因此对于计量室除对空气的温度应控制在一定范围之内外,同时也要求相对湿度控制在一定范围内。

2. 空气环境与机械制造

在机械制造的精密铸造中,由于采用中温蜡料,其熔点为 74.5℃,软化点很低,超过 27℃ 时将会变形。如室温在 27~30℃ 时其变形量为 0.8mm 左右,当室温达到 31~32℃ 时其变形量可达 1.2mm 左右。因此,对于精密铸造的环境温度应有一定的控制范围,一般在 18~23℃。室温的过高和过低都将会产生不利的影响,如温度大于 23℃,蜡模将会随温度的升高而变软,使测量和除屑都比较困难。同时由于压模、联模的温度也随室温升高而升高,使零件表面晶粒过大,失去光滑性,造成修补的困难。另一方面加长了零件的凝固时间,降低了生产率。如果室温低于 18℃,又将会使零件变脆,强度下降,校正时会出现裂纹,甚至碎裂。温度过高又会使涂料液因粘度改变而报废,温度过低又不能满足产品的干燥时间,使壳型强度大大下降。除此之外,对空气的相对湿度也有一定要求。

随着精密机械加工工业的发展,出现了一大批精密机床,而这些精密机床往往都有精密轴承,轴系间的配合尺寸往往以 μm 为计量单位。由于环境温度的变化直接引起配合间隙的变化,而配合间隙的改变又必然对设备的磨损状况造成严重的影响。

在某些生产过程中,由于精密零件的精度要求很高,其制造误差也以 μm 计。在生产中,往往由于温度的微量变化而引起制造精度的超差,甚至造成报废。因此在机械的精密加工中,对环境的空气温度和湿度应有一定的要求。

3. 空气环境与电子工业

随着现代技术的迅猛发展,电子工业在国民经济和建设中占有举足轻重的地位。电子工业的生产对空气环境不仅有一定的温度和湿度范围要求,而且对空气中含尘颗粒的大小和数量也有严格要求。空气中含尘颗粒的大小和数量若超出要求,将会导致外延工序结晶的不完全,而且会在外延层上发生异常的突起,影响感光质量,出现光剂不良而不能形成清晰的图形。由于灰尘的侵入又会造成半导体产品的性能不稳定,如果灰尘是导电体,又会造成短路,使产品特性恶化。

4. 空气环境与其他工业的关系

纺织工业虽然对生产过程的温度要求并不严格,但对环境的相对湿度有一定的要求。如果在生产过程中湿度太大,会使经纬线粘在一起,影响产品质量,降低生产率。如果湿度过小,就会使纤维失去弹性,容易断线。

在印刷工业中,空气的相对湿度如果从 70% 变化到 80% 就会使印出的彩色图像变形、失真而报废。

在农业技术中,良种的储存、蔬菜温室的建立都离不开对环境空气温、湿度的控制。

此外,在科研中的环境实验室,如常温低湿、高低温

实验室、低温低湿、湿热室、地面模拟高空实验室等都需要用空调技术解决。在大型机械工厂中的材料试验,标准热工仪表的校正,光剂等工艺过程均要保证一定的空气环境。

1.1.4 空调系统的一般组成与基本概念

1. 空调系统的一般组成

为了达到空调的目的,发挥空调的作用,就必须有对空气进行处理和调节的措施和方法,一般空气调节的基本措施,要求其系统的结构组成应包括以下几个部分。

(1) 采风部分。空调系统必须采用一部分室外的新鲜空气,即新风。新风的取入量主要由空调系统的服务用途和卫生要求来决定。如果空调房间产生大量的有毒有害或放射性物质,不允许使室内空气循环使用,则必须在系统的运行中全部采用新风,而有些空调系统则要采用部分回风和部分新风运行。新风的采入口一般设置在周围不受污染影响的地方,这些新风采入口和空调系统的新风管道及新风滤尘装置构成了系统的进风部分。

(2) 空气的过滤部分。空调系统的新风进入空气处理装置,一般都要经过一次预过滤器,去除空气中较大的灰尘颗粒。这部分空气的净化处理到何种程度,由空调系统所担负的工艺条件所决定。一般的空调系统设有两级空气过滤器,即一级空气预过滤器和一级中效空气过滤器。根据过滤能力的大小,过滤效率的高低,过滤器分为初效过滤器、中效过滤器、亚高效过滤器和高效过滤器及超高效空气过滤器(有时对亚高效、高效和超高效空气过滤器统称为高效过滤器)。

(3) 空气的热湿处理部分。对空气进行加热、加湿和降温、去湿,将有关的处理过程组合在一起,称为空调系统的空气热、湿处理部分。在对空气进行热、湿处理过程中,有采用表面式空气换热器(在表面式换热器内通过热水或水蒸气的称为表面式空气加热器,简称空气汽水加热器,在表面式换热器内通过低温冷水或制冷剂的称为水冷式表面冷却器和直接蒸发式表面冷却器),也有采用喷淋冷水或热水的喷水室,还有采用直接喷水蒸气的处理方法,以实现空气的热、湿处理过程。

(4) 空气的输送和分配、控制部分。空调系统中的风机和送、回风管道称为空气的输送部分,风道中的调节风阀、蝶阀、防火阀、启动阀及风口等称为空气的分配、控制部分。风机是空调系统的最主要噪声源,为了保证空调房间内的噪声达到要求的标准,常在空调系统的送、回风管上安装消声器。有的空调系统设置一台风机,此风机既起送风作用,又起回风作用,此种系统称为单风机系统;有的空调系统设置两台风机,一台为送风机,一台为回风机,称为双风机系统。空调系统中的风机和风管一般都需要保温,防止能量的无益消耗。

(5) 空调系统的冷热源。空调系统的冷源一般分为天然冷源和人工冷源。天然冷源一般指地下深井水,人工冷源一般是指利用人工制冷的方式来获得的,它包括蒸汽压缩式制冷、吸收式制冷以及蒸汽喷射式制冷等多种形式。

空调系统的热源也有自然和人工两种,自然热源一

般指太阳能和地热能,人工热源指以煤、石油、煤气等做燃料的蒸汽和热水。也有直接利用电热的,但不经济,同时又受到供电不足的制约。

由上述组成部分构成的空调系统称为集中式空调系统(又称为全空气系统)。这种系统在工业上使用得较多,也是最基本的方式。其特点是空气处理设备集中于空气处理室,冷热源也大多集中在一起,处理后的空气用风道分送到各空调房间,因而系统便于集中管理和维护。

如果将上述空气处理设备和制冷机、风机等组合在一起成为一种整体的机组,称为空调机组。采用空调机组的空调系统又称为局部式空调系统。它可以直接将此机组设在要求空调的房间内,对其进行空气调节。也可以置于相邻房间用风管与被调房间连接。此种方式灵活、移动方便。

具有集中处理新风的新风处理机组和风管、同时又在各空调房间内设有局部处理装置(称为末端装置。如诱导器、风机盘管等)的空调系统称为半集中式空调系统。

2. 有关基本概念

空调区域:空调房间内部离墙、地面、顶棚一定距离内的空调有效区称为空调区域。空调区域的范围由送风方式、气流组织、室内热源、设备的高低及工艺要求等因素所确定。通常说的空调区域是指离外墙 0.5m,地面 0.3m 至高于精密设备 0.3~0.5m 范围内的空间。

全室性空调:整个房间采取空调技术措施的称为全室性空调。

局部性空调:在一般房间内的局部区域采取的空调措施称为局部性空调。

空调房间的室内温、湿度基数:空调房间内根据不同的工艺要求等所确定的空气温度和相对湿度值。

空调精度即空调房间内温、湿度允许波动范围。在要求空调的区域内,设一个或几个测温、测湿点,在要求的持续时间内所示的空气温、湿度值与室内设定的温、湿度的最大偏差值。

静态温度偏差:空调区域内控制点较长时间内实际温度的平均值与空调室温基数的最大偏差(双位控制),或控制点较长时间内实际温度的稳定值和空调室温基数的偏差(等速和比例积分控制)称静态温度偏差。

动态温度偏差:空调区域内控制点的最大波幅(双位控制)或控制点的实际温度偏离稳定温度的最大偏差(等速和比例积分控制)称动态温度偏差。

区域温差:空调区域内工件旁温度最高(或最低)测点和控制点之间的温差。

1.1.5 空调运行管理的任务和目标

空调的应用尽管可以提高工业产品的质量和工作人员的工作效率,改善人们的生活环境。但投资的昂贵,能量消耗的惊人,运行费用的居高不下,成为目前难于普及的障碍。

空调从全空气系统发展到目前的空气—水系统(如风机盘管系统),是为了节省建筑空间、设备材料和便于控制,以便做到既降低了建设投资,又降低了运行费用。从定风量空调系统发展到目前变风量空调系统,是

从运行中降低能量的消耗,节约运行费用方面考虑的。工业发达国家用于空调的电能消耗已占全国所耗电能的20%~30%。在科威特,空调用电占年高峰用电量的近70%,预计还将以每年7%~10%的速度增长。因而,在世界性能源危机的今天,降低空调工程的一次投资和运行能量的消耗,减少运行费用成为世界各国同行关注的问题。能量的回收,区域供热和供冷,太阳能和地热等天然能源的开发和利用,为空调的应用和发展开辟了广阔的前景。自动化技术的发展和计算机技术在空调控制方面的应用,使空调系统的运行采用最佳空气调节处理方案成为可能,为最大限度地发挥空调设备能力,降低能量的消耗,减少运行费用提供了有利条件。

根据空调房间内工作人员的多少及其活动量,设备的运转状态及生产工艺过程中的热、湿和灰尘散发量的多少和稳定程序,通过房间门、窗及外围护结构的热量传递对房间内空气参数的干扰,结合空调系统的特点和室内外空气状态,制定合理的、最佳的运行调节方案,是空调运行管理人员的首要职责;保证空调系统各种设备和自动控制系统的正常运转,监督和测试空调系统中的有关空气参数,以满足空调房间对空气参数的要求,则是空调运行管理人员所必须做到的;根据空调系统中各运转设备及换热设备、空气过滤设备等的状态制定维护、检修计划并付诸实施,以延长设备使用寿命,则是空调运行管理人员必不可少的工作内容;随着各种技术的发展,确定空调系统更新、改造方案,采用新型的调节设备和方法,合理地最大限度地降低运行耗能量和运行费用,又是空调运行管理人员所不容推辞的任务之一。

1.2 空气的性质与湿空气的焓(h)-湿(d)图

1.2.1 空气的组成与状态参数

1. 湿空气的组成

人们日常接触的无论是室内空气或室外空气,都是含有水蒸气的空气,即湿空气。湿空气是由两个部分:干空气和水蒸气所组成。绝对的干空气(即绝对不含水蒸气的空气)在自然界几乎是不存在的。在空调系统中所处理的空气均为湿空气,因此在以后所提到的空气中,凡未加特殊说明的均指湿空气。干空气是一种包含有多种气体的混合物,其主要成分是氮(N_2)和氧(O_2),此外还有氩(Ar)、二氧化碳(CO_2)、氖(Ne)、氦(He)等十多种微量稀有气体组成。干空气中各组成成分是比较稳定的。按所占体积的百分数表示,氮(N_2)占78%,氧(O_2)占21%,其他所有气体占1%。

湿空气中水蒸气的含量是比较少的,它来源于地球表面江、河、湖、海水面的蒸发,各种生物的新陈代谢过程以及生产工艺过程。在湿空气中水蒸气所占的百分比是不稳定的,它时常随着海拔、地区、季节、气候、湿源等各种条件而变化,尽管湿空气中水蒸气的含量较少,但它对湿空气的状态变化影响极大。由于它可以引起湿空气干、湿程度的变化,并且对人体的舒适、产品的质量、工艺

过程和设备的维护产生直接影响。

2. 湿空气的状态参数

在空调的运行管理中往往要涉及到湿空气的状态参数和状态变化等问题。湿空气的物理性质也是由它的组成成分和所处的状态决定的。

湿空气的状态通常是用压力、温度、相对湿度、含湿量及焓等参数来描述和度量,这些参数称为湿空气的状态参数。

(1) 压力 p 。流体作用于单位面积上的垂直作用力叫做压强。在工程上人们往往习惯于把压强称为压力。在空调工程中一般所提到的压力均指压强。

大气压力:大气层对地面所产生的压力称为大气压力。以纬度45°海平面上,空气温度为0℃时测得的平均压力等于760mmHg,即 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$,称为一个标准大气压或物理大气压,用atm来表示,即 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。大气压力随所在地区海拔高度的增加而略为降低,就是在同一地区,也会因季节、天气的变化而有所不同。如洛阳地区夏季大气压为741mmHg,而冬季则为757mmHg。

一般在工程上不用物理大气压,而把 1.0 kgf/cm^2 称为工程大气压,用at表示。即:

$$1 \text{ at} = 10 \text{ mH}_2\text{O} \approx 10^4 \text{ mmH}_2\text{O} = 9.807 \times 10^4 \text{ Pa}$$

在气象工作中还经常用到的一个压力单位为“毫巴”,即1毫巴 $= 1 \times 10^{-3} \text{ bar}$,且有:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1.0333 \text{ kgf/cm}^2 \approx 1013.6 \text{ mbar}$$

大气压力的数值可以用气压计测得。我国各地的大气压力可从有关资料中查得。但由于我国幅员辽阔,沿海和高原地区大气压力相差很大。以夏季为例,北京大气压为751mmHg,上海大气压为754mmHg,拉萨为489mmHg。

水蒸气分压力:大气是由干空气和水蒸气组成的混合气体,因此大气压应为干空气分压力与水蒸气分压力之和。而且空气中的水蒸气与干空气处于均匀混合状态,占有相同的体积和具有相同的温度。空气中水蒸气的含量越多,其分压力就越大。在一定的温度条件下,湿空气中的水蒸气含量达到极限值时,称湿空气处于饱和状态,此时的空气称为饱和空气,此时的水蒸气分压力称为饱和水蒸气分压力。饱和水蒸气的分压力值取决于其所处状态的温度。

(2) 温度。空气的温度是表示空气的冷热程度。要确定空气的温度就必须先确定衡量空气温度的温标。目前国际上通常使用的温标有下列三种。

1) 摄氏温标:在标准大气压力下,将纯水的冰点定为摄氏0℃,纯水的沸点定为100℃,在冰点和沸点之间划分为100等份,每一等份为1℃,用 t 表示。

2) 绝对温标:又称国际温标,用 T 表示。单位符号为K(开尔文)。在一个标准大气压力下,将-273.15℃作为绝对温标的零度,将纯水的冰点定为273.15K,沸点定为373.15K。

绝对温标与摄氏温标的关系:

$$T = 273.15 + t, \quad K$$

近似计算时,可认为: $T = 273 + t \quad K$

3) 华氏温标:在西方国家中,如英、美等国习惯采用华氏温标。用符号 t 表示,单位 $^{\circ}\text{F}$,在一个标准大气压下,纯水的冰点和沸点分别为 32°F 和 212°F 。华氏温度与摄氏温度之间的换算关系为:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)。$$

(3) 湿度。湿空气中水蒸气含量的多少用湿度表示,有以下几种表示方法。

1) 绝对湿度:单位容积(1m^3)湿空气中含有水蒸气的质量称为湿空气的绝对湿度。单位是: g/m^3 或 kg/m^3 。

2) 含湿量:单位重量的干空气中所含水蒸气的量。用 x 表示。单位为 kg/kg 或 g/kg 。

如果 1kg 湿空气中水蒸气的含量为 d ,则其中干空气的含量则应为: $(1-d)\text{kg}$ 。

当大气压力一定时,湿空气中水蒸气分压力的大小取决于含湿量,空气中水蒸气分压力愈大,则其含湿量也愈大;如果其中含湿量不变,水蒸气的分压力将随大气压力的增加而上升,随大气压力的减小而下降。

3) 饱和湿度:空气在一定的温度条件下只能容纳一定的水蒸气量,当所容纳的水蒸气量达到最大值时的空气称为饱和空气,此时的湿度称为饱和湿度。反之,空气中水蒸气含量未达到最大值时,称为未饱和空气。

空气达到饱和状态时,水分就不会再向空气中蒸发,这时人们就会感到潮湿,洗晒的衣服也不易晾干。空气的饱和状态与温度有关,如将某一温度条件下处于饱和状态的空气的温度升高,它将会变为未饱和空气。同样,如将某一温度条件下处于未饱和状态的空气的温度降到某一温度值时,它则会变为饱和空气。

4) 相对湿度:在同温度条件下,湿空气中所含水蒸气分压力与饱和水蒸气分压力的比;或者说在同温度条件下,湿空气的含湿量与饱和状态时含湿量的比值称为空气的相对湿度。用 ϕ 表示。空气的相对湿度则表示空气中水蒸气含量接近饱和时的程度。

在同温度条件下,空气的相对湿度越大,则空气中水蒸气的含量也越大,环境就显得越潮湿,置于空气中的水就越不容易蒸发;反之,相对湿度越小,空气中水蒸气含量就越少,环境就越干燥,吸湿能力就越大。

(4) 焓。空气的焓是指空气所含的热量。即 1kg 干空气所含有的热量与 1kg 干空气中所含有水蒸气的热量之和,称为空气的焓。用 h 表示。即:

$$h = 1.005t + d(2500 + 1.84t), \text{kJ/kg} \quad (1-1)$$

$$[h = 0.24t + d(597.3 + 0.44t)], \text{kcal/kg}]$$

式中 t ——空气的温度, $^{\circ}\text{C}$;

d ——空气含湿量, kg/kg 或 g/kg 。

由上式可知,空气的热焓值是由空气的温度和含湿量所决定。在上式中 $1.005t + 1.84t \cdot d$ 称为空气的显热量,因为它是以空气的温度形式表现出来的,由空气的温度所决定;在实际的显热计算时,由于空气的含湿量 d 往往比较小,因而常略去后一项,而只用于空气的含热量 $1.005t$ 作为湿空气的显热量。上式中的 $2500d$ 项称为空气的潜热,它是空气中水蒸气本身所具有的热量,仅随

空气的含湿量的变化而变化,而与其温度无关,表示水蒸发时所需要的热量,因此称为潜热。只有在空气中的水蒸气凝结时才放出此项的热量。

(5) 湿球温度 t_w 。在空调的运行检测中,要经常使用一种干、湿球温度计。它是由两支温度计或两个其他的温度传感元件(如 TH 干、湿球信号发生器),其中一支的感温包上裹上脱脂棉纱布(如图 1-1),纱布的下端浸

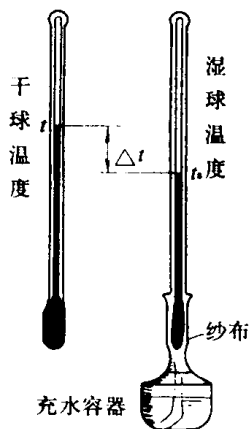


图 1-1 干、湿球温度计

入装有蒸馏水的小玻璃杯中,在毛细作用下,纱布经常处于润湿状态,将此温度计称为湿球温度计。在稳定的情况下,即空气与纱布的水热湿交换达到平衡时,所测得的温度值即为空气的湿球温度。由于湿球上水分的蒸发吸热,湿球表面的空气层温度下降,因而湿球温度一般总是低于同空气状态条件下的干球温度。干球温度与湿球温度之差称为干湿球温度差,它的大小取决于空气的相对湿度,空气越干燥,即相对湿度越小,其干湿球温度差也越大,相对湿度越大,干湿球温度差也越小。如果干、湿球温度值相等,则说明空气已处于饱和状态,即相对湿度 $\phi = 100\%$ 。经过湿球的空气流速大小对湿球温度的测定值的准确性有较大影响。实践证明,当风速在 $2.5 \sim 4.0\text{m/s}$ 时,由于湿纱布与周围空气进行热湿交换比较充分,测量误差就小得多。

(6) 露点温度 t_l 。由前面我们已经知道:空气的饱和含湿量随着空气温度的下降而减少,如果对某一温度条件下的未饱和空气进行冷却降温处理,且使其本身的含湿量保持不变,使空气达到饱和状态时的温度称为露点温度。如果空气继续冷却降温,其中的水蒸气将会凝结而从空气中析出,因此露点温度可以看作是空气结露与否的临界温度。它取决于空气中含湿量的多少。无论空气的温度高低,只要其含湿量相等,则它们的露点温度是一样的。

1.2.2 湿空气的焓(h)-湿(d)图

1. 湿空气的焓(h)-湿(d)图的组成

空气的许多状态参数都是有机地联系在一起的,为了更好地表达它们之间的相互关系,以便于在空调的运行中方便地对空气处理方式进行分析和采取必要的措施,计算能量的消耗,制定运行方案,使用一种表达这些