

KONG TIAO YUN XING GUAN LI

空调运行管理

李中兴 编著

中国建筑工业出版社

空调运行管理

李中兴 编著



中国建筑工业出版社

本书介绍了工业企业空气调节的运行管理，内容包括空调的基本知识；空调系统各个组成部分经常出现的问题及其维护管理经验以及调节运行方法；空调自动控制的基本知识，常用仪表和控制方法等；空调参数的测定调整和空调用制冷系统的运行管理。

本书写得简明扼要，概念清楚，通俗易懂，是一本实用而有价值的新工人培训教材或自学书籍。

本书可供从事空调运行管理的工人和技术人员阅读，有些章节亦可供本专业学生参考。

空调运行管理

李中兴 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市顺义县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：9⁷/₁₆。插页：2 字数：221千字

1982年1月第一版 1984年6月第二次印刷

印数：9,901—24,000册 定价：0.90元

统一书号：15040·4109

序 言

在全国以四个现代化为目标进行新长征的大好形势下，随着各门科学技术的发展，空气调节技术也将被越来越广泛的应用并不断提出新的要求，无疑将需要大批人员来从事空调的运行管理。

空气调节简称空调，在我国近几年才有较大发展，获得广泛采用。它的作用是根据生产工艺和人体舒适条件的要求，创造出相应的气候条件，比如恒温、恒湿、超净等等。离开这些条件，某些产品的生产就无法进行。采用空调可以大大提高劳动生产率和产品合格率，并能使工人在合乎卫生条件的环境中工作。所以空调技术是现代生产中不可缺少的重要措施。

空调运行管理的任务就是向车间提供规定的空气参数，保证空调系统各种设备正常运转，并随着科学技术的发展，不断引用新的仪表和控制方法，以提高空调精度等级。

由于空调的运行管理是一门综合性技术，需要有空调、机械及电气自控等多方面的技术知识，所以管理起来就比较复杂。为适应生产发展的需要，需要有适合空调运行管理人员阅读的书籍和新工人培训教材。为此专门编写了这本《空调运行管理》。全书共分六章，着重介绍了空调系统的组成、设备的维护管理、系统的运行、空调参数自动调节、空气参数的测定调整以及空调用制冷装置的运行管理等方面。使读者阅读后能了解空调运行管理方面有关的全面知

识，以便在实践中能把各个方面有机的联系起来协调一致，进行科学管理。本书力求通俗易懂和系统化，插图尽量形象化。本书基本是作者长期在基层与工人同志一起，进行空调运行管理的经验总结，因此难免有片面性，更兼作者水平有限，论述中肯定会有许多不清楚的地方和缺点错误，恳请读者批评指正。

本书在编写过程中，得到了天津大学暖通教研室的指导和审阅，以及作者所在单位的领导及空调班等许多同志的大力协助和支持，书中插图由曾宪明同志描绘，在此表示衷心感谢。

编 者

1980.5

科技新书目 69—192

统一书号：15040·4109

定 价： 0.80 元

目 录

第一章 空气调节的基本知识	1
§ 1-1 空调的目的意义	1
§ 1-2 空气的组成和状态参数	3
§ 1-3 焓湿图 ($i-d$ 图) 的应用	12
§ 1-4 空气温湿度之间的关系	17
第二章 空调系统的构成及管理	20
§ 2-1 一般结构	20
§ 2-2 风路系统	22
§ 2-3 空气的加热	42
§ 2-4 空气的喷水处理	49
§ 2-5 空气用表面冷却器冷却干燥处理	60
§ 2-6 空气的净化处理	63
§ 2-7 空调系统的消声和减振	70
第三章 空调运行	78
§ 3-1 基本知识	78
§ 3-2 室内温度的调节	86
§ 3-3 室内湿度的调节	88
§ 3-4 室内风量和正压的调节	95
§ 3-5 车间清洁度的保证措施	97
§ 3-6 空调运行管理须知	98
§ 3-7 运行管理制度	103
第四章 空调系统的自动控制	110
§ 4-1 基本概念	110

§ 4-2	空调自动控制系统常用仪表设备	123
§ 4-3	空调系统自动控制环节	147
§ 4-4	调节参数控制点的选择	149
§ 4-5	调节参数给定值的确定	152
§ 4-6	电气接线的一般要求	155
§ 4-7	室内温度的自动控制	158
§ 4-8	送风温度的自动控制	171
§ 4-9	室内相对湿度的自动控制	176
§ 4-10	回水泵自动控制	181
第五章	空调系统的测定和调整	183
§ 5-1	空调参数测定常用仪表	183
§ 5-2	空调参数的测定方法	201
§ 5-3	新建空调系统的调试测定	204
§ 5-4	空调系统运行工况的监督测定	211
§ 5-5	空调控制点参数的校正测定	213
第六章	空调用制冷系统的运行管理	216
§ 6-1	人工制冷基本知识及常见制冷方式	216
§ 6-2	压缩式制冷的工作原理	226
§ 6-3	压缩式制冷的几种制冷循环系统	233
§ 6-4	活塞式压缩制冷系统的操作管理	242
§ 6-5	活塞式压缩制冷系统的运行	268
§ 6-6	制冷系统温度压力的测定	275
§ 6-7	冷冻与空调的配合	277
附录 I	不同温度下饱和空气部分参数表	280
附录 II	相对湿度 (%) 计算表	282
附录 III	空气 $i-d$ 图 ($B=700$ 毫米水银柱)	286
附录 IV	空气温度 (t)、相对湿度 (φ) 与水蒸汽分压力 (e) 关系曲线	287
附录 V	国产部分空气过滤器主要技术性能	289

附录 VI	电阻温度计温度-电阻值对照表	290
附录 VII	部分热电阻技术数据	296
附录 VIII	XC系列配热电阻动圈式仪表一览表	298
附录 IX	部分自动平衡电桥记录仪一览表	300
附录 X	TA系列简易电子调节器一览表	306
主要参考文献		308
附图	氮 $\lg P$ - i 图	
	氟利昂-12 $\lg P$ - i 图	

第一章 空气调节的基本知识

§ 1-1 空调的目的意义

随着科学技术的发展和人类生活水平的提高，人和生产对空气温度、湿度、风速以及清洁度等等都有一定的要求。空气调节工程（简称空调）就是满足这些要求的技术。

在许多工业部门中，比如国防工业、精密仪表、电子工业、纺织工业以及计量、科研等部门，都需要应用空调造成一定的空气条件，来保证生产的正常进行，提高产品质量和合格率，并保证工人的身体健康。象纺织工厂，如果空气不够潮湿，会使纱变脆，产生飞花和断头；空气太潮湿会使纱粘结，不好加工。国防工业和电子工业的某些部门，不仅要求一定的空气温度、湿度，而且对空气的含尘颗粒大小和数量有一定的要求（所谓净化要求）。温湿度不合适会改变材料和设备的性能；含尘量大会使胶片上出现针孔、黑点，会使极小的轴承孔堵塞等，大大影响产品的合格率。

在一些公共建筑中，比如大会堂、宾馆和体育馆等，也都需要空调来维持一定的温湿度（人体感觉舒适的温度大约为 $18\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $40\sim 65\%$ ），并供给足够的新鲜空气。

所谓用空调保持一定的空气条件，就是指把某些空气条件限制在一定范围内，使空气参数稳定在一定的基数上，并不能超过所允许的波动范围。比如精密仪表装配车间，要求

温度为 $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $50 \pm 5\%$ ，洁净度级别为30级，通称 23°C 、 50% 分别为恒温、恒湿基数， $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 5\%$ 为恒温、恒湿精度。上述指标告诉我们，这个车间只允许温度在 $22 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 范围内，相对湿度在 $45 \sim 55\%$ 范围内波动，空气中 $\geq 0.5\mu$ 的灰尘含量只允许每升30粒。

空调基数和精度根据什么选定呢？由于各门工业工艺的不同，对空气参数的要求也不一样，这要根据具体的工艺要求来确定。比如，精密机械加工和精密装配车间，温度要求一般为 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $40 \sim 60\%$ 之间，洁净度要求有的工序为3000级以上；电子工业某些工艺要求温度为 20°C 或 25°C ，精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度一般为 $50 \pm 10\%$ ，洁净度有的工序要求为30级以上；光学仪器工业一般要求温度为 $22 \sim 24^{\circ}\text{C}$ ，精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $40 \sim 60\%$ 之间。对于空调基数的选定是需要全面考虑的，在保证生产要求的前提下，还要考虑工人的健康和节约。比如精密仪表装配工艺，温度基数定为 23°C 比定为 20°C ，对产品并没有什么影响，却对工人健康有利（因为基数高夏季室内外温差减小，对预防患关节炎等有利），并能节省许多空调初投资和运行费用。

保证满足工艺要求的空气条件是不容易的，原因是干扰太多。象在车间内工人和设备以及生产过程中产生热、湿、灰尘等，周围环境、室外大气也会通过门、墙等外围护结构向室内传热散湿（夏天），或吸热吸湿（冬天）。所以，为保证规定的空气参数指标，必须消除干扰，对送入车间的空气根据需要进行加热、加湿、冷却、干燥以及净化等各种处理，然后通过不同的送风方式送入车间。这就是空气调节的具体内容。

在大面积要求空调的厂房，一般采用集中式空调系统（见图1-1），就是对空气的处理集中在专用的机房里，对处理空气用的冷源和热源，也有专门的冷冻站和锅炉房。这样的空调系统就要专门的空调人员进行管理。

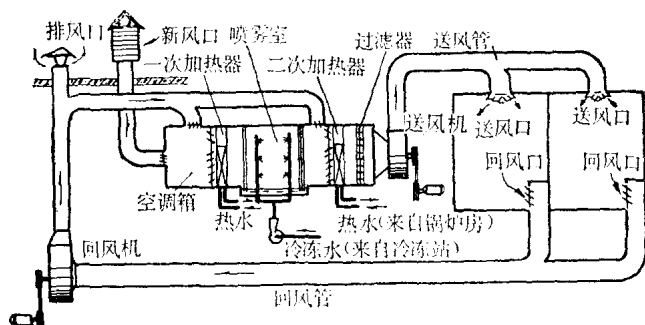


图 1-1 集中式空调系统示意

可见，空调运行管理人员的任务是：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有关的空气参数，从而满足车间对空气参数的要求，同时随着科学技术的发展，不断进行革新，采用新型仪表和调节方法，以提高空调的精度等级。

§ 1-2 空气的组成和状态参数

自然界的空气是由于空气和水蒸汽组成的混合气体，称为湿空气。干空气按重量比由氮（ N_2 ）75.55%、氧（ O_2 ）23.1%、二氧化碳（ CO_2 ）0.05%和稀有气体1.3%组成。另外空气中还含有不同程度的灰尘、微生物、其它气体等杂质。空调中要处理的就是这种含有杂质的湿空气。

空气具有一定的物理性质，它是用一些称为状态参数的物理量来衡量的。例如用“温度”来衡量空气的冷热程度，用“湿度”来衡量空气的潮湿程度等等。跟空调有密切关系的参数有：温度、湿度、压力、容重、热焓等等。现简述如下。

一、空气的压力

1. 大气压力 (B)：地球表面的空气层压在地面单位面积上的重量，称为大气压力，用毫米水银柱或毫巴* 表示。

大气压力随海拔高度、纬度不同而不同，从海平面至高度为1500米范围内，大约每升高12米就降低1毫米水银柱（1.33毫巴）。同一地区因季节、气候等变化而稍有变化，冬季高些，夏季低些，晴天高些，雨天低些等等。通常以纬度 45° 处海平面的平均气压作为标准大气压，其值为760毫米水银柱（约1013毫巴），相当于10333毫米水柱或1.033公斤/厘米²（顺便指出，工程上通常所说的一个气压是指压力值为1公斤/厘米²，称为一工程气压，详见第六章）。

2. 水蒸汽分压力 (e)：湿空气中含有的水蒸汽的压力，称为水蒸汽分压力，单位是毫米水银柱或毫巴。可由下式计算：

$$e = E' - A(t - t')B \quad \text{毫巴} \quad (1-1)$$

式中 e ——水蒸汽分压力（毫巴），

E' ——湿球温度 (t') 时，空气饱和水蒸汽分压力

* 1毫巴 \approx 3/4毫米水银柱。在气象学方面国际上常用毫巴表示气压，而且气压计和气象查算表都是采用毫巴为单位。为借用气象常用表查算水蒸汽分压力和相对湿度，我们也引用毫巴这个单位。一个标准大气压相当于每平方米受到1013231达因的压力，把每平方米受1000达因的压力，称为1毫巴。

(毫巴)；

t ——空气干球温度(°C)；

t' ——空气湿球温度(°C)；

B ——大气压力(毫巴)；

A ——湿度系数，它只与通过湿球温度纱布的风速(v)有关。当气流速度 v 在0.5米/秒以下时(比如百叶箱中干湿球温度计)， $A=0.000795$ ；风速大于1.5米/秒时(比如通风干湿球温度计)， $A=0.000662$ 。

水蒸汽分压力是一个基本参数，其值的大小反映了空气中含水蒸汽的多少。例如空气的水蒸汽分压力为14毫巴就比水蒸汽分压力为10毫巴的空气含水汽量多。它有现成的表格可查(见气象常用表第一号，表中称水蒸汽分压力为绝对湿度)，所以我们在运行中用它来衡量和控制湿度。

二、空气的湿度

1. 绝对湿度(γ_0)：在1米³空气中含有的水蒸汽重量，称为空气的绝对湿度，单位是克/米³或公斤/米³。可按下式

计算：
$$\gamma_0 = 216.7 \frac{e}{T} \text{ 克/米}^3 \quad (1-2)$$

式中 e ——水蒸汽分压力(毫巴)；

T ——空气绝对温度(273+t°C)。

由上式可见，空气的绝对湿度与水蒸汽分压力成正比，水蒸汽分压力越大，就标志着空气中含有的水蒸汽越多。

2. 含湿量(d)：在空气中每一公斤干空气内所含有的水蒸汽的重量，称为含湿量。单位是克/公斤干空气。可按下式计算：

$$d = 623 \frac{e}{B - e} \quad \text{克/公斤干空气。} \quad (1-3)$$

式中 e ——水蒸汽分压力 (毫米水银柱或毫巴)；

B ——大气压力 (毫米水银柱或毫巴)。

由上式可见，当 e 不变时，大气压力越小 (海拔高度越高)， d 越大。这个参数的引出是为设计计算方便。

3. 饱和湿度：空气在一定的温度下，只能容纳一定的水蒸汽量，当在某温度下，一定量的空气含有的水蒸汽达到最大值时，称此时的空气为饱和空气，此时的空气湿度称为饱和湿度。反之，空气中水蒸汽含量未达到最大值时，称为不饱和空气。

饱和湿度下的水蒸汽分压力，称为饱和水蒸汽分压力，以 E 表示；饱和湿度下的绝对湿度，称为饱和绝对湿度，以 γ_{OB} 表示。

空气达到饱和状态时，水分就不再向空气中蒸发，这时人们感觉很潮湿，洗的衣服也晾不干。由于饱和状态与温度有关，在某一温度下是饱和状态的空气，要是把温度升高，它就变成不饱和状态；反之，原来不是饱和状态的空气，当温度下降到某值就会达到饱和状态。饱和水蒸汽分压力 (E) 与温度 (t) 的关系见表1-1。饱和空气的部分状态参数见附录 I。

4. 相对湿度 (φ)：在某一温度下，空气的实际绝对湿度 (γ_a) 与同一温度下饱和绝对湿度 (γ_{OB}) 之比，或者空气实际水蒸汽分压力 (e) 与同一温度下饱和水蒸汽分压力 (E) 之比，叫做相对湿度。即：

$$\varphi = \frac{\gamma_a}{\gamma_{OB}} 100\% = \frac{e}{E} 100\% \quad (1-4)$$

可见，相对湿度表示的是空气中实际含有的水汽量接近饱和状态的程度。绝对湿度 γ_0 或水汽分压力 e 愈大，相对湿度 φ 就愈大，空气就愈潮湿， $\varphi = 100\%$ 就表示空气达到饱和状态。

相对湿度是空调中恒湿要求的衡量指标，它影响生产工艺的正常进行和产品质量。

不同温度下饱和水汽分压力

表 1-1

饱和空气温度 (°C)	饱和水汽分压力 (E)(毫米汞柱)	饱和空气温度 (°C)	饱和水汽分压力 (E)(毫米水银柱)
-20	0.927	35	41.827
-15	1.400	40	54.906
-10	2.093	45	71.391
-5	3.113	50	91.892
0	4.600	55	117.478
5	6.534	60	149.791
10	9.165	65	168.945
15	12.699	70	233.093
20	17.391	80	354.643
25	23.55	90	525.392
30	31.548	100	760.000

三、空气的温度

1. 干球温度：用温度计直接测量出来的空气温度，叫做干球温度。它是表示空气冷热程度的指标。一般用 t 表示的是摄氏温度(°C)，用 T 表示的是绝对温度(°K)。 T 与 t 的关系是：

$$T = 273 + t$$

空气温度的高低，对人的舒适感觉和健康影响很大，过冷过热或冷热变化急剧都会使人感到不舒服，甚至生病。同

样对生产的影响也是很大的，温度的变化直接影响各种材料的性能和生产工艺的正常进行。比如在不同温度下，由于金属的热胀冷缩会改变零件的几何尺寸；在不同的温度下，电阻丝和导线会有不同的电阻值。所以温度超过一定限度就会影响产品质量和仪表精度。因此，为保证产品质量，就需要根据生产工艺和产品的要求，选出自己的温度基数和波动范围。显然空气温度是空调中一个十分重要的参数。

2. 湿球温度 (t')：在温度计的温包上，包上湿润的纱布所测得的温度，叫湿球温度，以 t' 表示，单位 $^{\circ}\text{C}$ 。它是用来与干球温度配合测量空气湿度的。测定方法见图1-2。

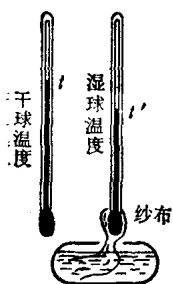


图 1-2 干湿球温度
测空气湿度示意

它的原理是：当空气在不饱和状态下，水就会蒸发到空气中去，水蒸发时是要吸取热量的，这个热量来自纱布周围的空气，这时湿球温度计的读数下降，低于干球温度，当空气对纱布的传热量正好等于蒸发一定水分所需的热量时，湿球温度不再下降，这一最终温度便是要测量的湿球温度。

所以读湿球温度时，一定要有一段稳定时间。

显然，在一定干球温度下，空气的水蒸汽分压力愈小（绝对湿度或相对湿度愈小），表示离饱和状态愈远，其吸湿能力愈大，纱布的水分蒸发量就愈大，吸热就多，湿球温度和干球温度相差愈大。当空气处于饱和状态 ($\varphi = 100\%$) 时，水分就不往空气中蒸发，则干湿球温度相等，即 $t = t'$ ，所以湿球温度永远小于至多等于干球温度。

还要指出的是，湿球纱布周围空气的流动速度对湿球温度读数有一定影响，风速愈大，湿纱布与周围空气热湿交换