

仓库

温湿度的科学管理

金盾出版社

仓库温湿度的科学管理

滕立新 编著

金盾出版社

内 容 提 要

本书从我国各类物资仓库的实际出发,通俗地介绍了仓库温湿度科学管理的基础知识,温湿度监测仪器的使用,温湿度变化规律及温湿度控制、调节的基本管理方法和手段,对国内外仓库温湿度自控方面的内容也作了较系统的介绍。本书内容较新,取材丰富,理论与实践联系较紧,可作为各类仓库管理人员学习的教材,也可供院校有关专业师生参考。

仓库温湿度的科学管理

滕立新 编著

金盾出版社出版

(北京复外翠微路22号)

三二〇九工厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

开本: 32 印张: $6\frac{1}{2}$ 字数: 142千字

1985年12月第1版 1985年12月第1次印刷

印数: 1—10,500

统一书号: 15308·27 定价: 1.20元

前 言

仓库温湿度管理是一项专业性很强的技术工作，是各类仓库管理人员必须掌握的知识之一。温湿度管理在各类仓库管理中占有重要地位。它的理论基础以及在仓库中的实际应用，随着国民经济和科学技术的发展，正在不断地完善、提高。

多年来，由于人们对仓库温湿度管理工作重视程度不够，致使这项工作处于较落后的状态。仓库管理人员中，中青年所占比例大，多数未经专业训练，加之目前国内专门论述仓库温湿度管理方面的书籍匮乏。因此，笔者编写了此书，作为仓库管理人员业务学习和培训温湿度管理人员时使用，同时也可供院校有关专业师生学习参考。

在编写本书过程中，笔者力求从我国仓库的实际出发，在内容的编排以及深度、广度等方面尽量考虑到仓库管理人员实际使用的需要。在文字上力求做到通俗易懂。书稿完成后，承蒙北方交通大学金若楠教授、天津财经学院田桂林副教授、中国铁道学会《物资科学管理》杂志社梅德富总编辑提出修改意见并终审定稿。新疆大学朱长富副教授、北方交通大学李振讲师也为本书的完稿给予了帮助。书中全部插图由张麟英同志绘制。在此一并表示衷心谢忱。

笔者的水平有限，编写时间仓促，可供参考的资料较少，错误遗漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1985年6月

目 录

绪 论	(1)
第一章 空气的物理性质和状态参数	(3)
第一节 空气的物理性质	(3)
第二节 空气的状态参数	(4)
第三节 利用焓湿图确定空气的状态参数	(14)
第四节 温湿度查算表的应用	(18)
第五节 气象常用表的查算方法	(20)
第二章 库存物资与温湿度的关系	(22)
第一节 专用术语简介	(22)
第二节 金属器材与温湿度的关系	(26)
第三节 化纤、棉皮制品与温湿度的关系	(29)
第四节 药材储存与温湿度的关系	(30)
第五节 粮食储存与温湿度的关系	(31)
第六节 弹药储存与温湿度的关系	(33)
第七节 档案文件与温湿度的关系	(34)
第八节 橡胶制品与温湿度的关系	(35)
第九节 塑料制品与温湿度的关系	(36)
第十节 食糖储存与温湿度的关系	(37)
第十一节 霉腐微生物与温湿度的关系	(39)
第三章 自然环境及库内温湿度变化规律	(41)
第一节 我国的气候特征	(41)
第二节 我国温湿度的分布情况	(45)

第三节	温湿度的变化规律	(47)
第四节	库房内温湿度的变化规律	(52)
第五节	库房潮湿原因分析	(54)
第四章	温湿度监测仪器及设置	(57)
第一节	温度测量仪器和监测	(57)
第二节	湿度测量仪器和监测	(63)
第三节	大气压力表 (计) 的正确使用	(75)
第四节	风与测定风速的仪器	(79)
第五节	温湿度测量仪器的设置	(81)
第六节	温湿度的观测和登记	(83)
第五章	仓库温湿度的局部控制	(86)
第一节	仓库温湿度调节的一般方法	(86)
第二节	仓库的隔热降温	(89)
第三节	地下库防潮法	(94)
第六章	仓库通风控湿	(100)
第一节	仓库通风的方式	(100)
第二节	通风控湿的条件	(102)
第三节	自然通风控湿的作用原理	(105)
第四节	五种典型气候类型自然通风 控湿条件的可行性分析	(110)
第五节	自然通风控湿的影响因素	(112)
第六节	地下仓库自然通风控湿的条件	(113)
第七节	自然通风降湿的时机和实施办法	(117)
第八节	仓库升温通风降湿	(119)
第七章	物资的苦垫、封垛及封库	(122)
第一节	物资的苦垫	(122)
第二节	封垛和封库	(124)

第三节	常用密封包装材料	(128)
第四节	空气幕	(131)
第五节	梅雨季节的温湿度管理	(132)
第八章	吸湿剂控湿	(134)
第一节	氯化钙降湿	(134)
第二节	氯化钙的吸湿方法	(137)
第三节	氯化钙的再生	(143)
第四节	硅胶吸湿	(146)
第五节	其它常用吸湿剂	(147)
第九章	去湿机控湿	(148)
第一节	冷冻去湿机降湿	(149)
第二节	氯化锂转轮去湿机	(155)
第三节	三甘醇去湿机	(158)
第十章	空调机及控制装置概述	(162)
第一节	空调机的类型	(163)
第二节	冷(热)风机	(163)
第三节	恒温恒湿机	(170)
第四节	空调机的选用	(171)
第五节	温湿度自动调节系统	(174)
附录		
附表 1	饱和空气性质表	(184)
附表 2	温度换算表	(187)
附表 3	温湿度查对表	(188)

绪 论

我国目前约有数万座不同类型的物资仓库，分布在不同的气候区域内。多变的气候条件，会给库存物资造成不同程度的损害。影响储存物资质量的因素很多，但其主要因素都与温湿度有密切关系。无论是军工专用物资，还是通用物资都是如此。因此，探求仓库温湿度的科学管理是一项重要课题。仓库温湿度管理，就是通过仓库管理人员的努力，控制和调节库内的温湿度，使之符合库存物资保管条件的要求，以保证库存物资在储存过程中不发生质变现象，或使这种质变现象降低到最低限度。

物资在储存过程中，总是处于一定的气候环境内。各种物资按照其本身的特性，对温湿度都有一定的要求。由于物资的性质不同，它们所要求的温湿度也不同。然而，大气温湿度是呈周期性或非周期性变化的，库内温湿度又间接地受大气温湿度变化的影响，这就使库内空气温湿度与库存物资保管条件所要求的温湿度往往发生不相符合的情况。遇有这种情况时，仓库管理人员如不及时调节库内温湿度，就会促使库存物资发生锈蚀、霉变、潮解溶化等现象，从而造成库存物资原有使用价值降低，严重时还会使库存物资报废。

在物资的储存过程中，温度对库存物资的质量有很大影响。一般物资在适宜的温度范围内，其性能都比较稳定，但当温度升高或降低到一定程度时，就会促使物资性质产生明显变化而影响其质量。如橡胶制品在高温下，其老化变质的

现象就比温度较低的情况下严重。湿度的大小对库存物资的影响也很大。如金属材料，在一定温度条件下，当相对湿度超过一定值时，金属的腐蚀就加重，反之在低湿情况下，腐蚀就很轻微。温湿度对其它库存物资的变质现象，根据其本身的特点，都有一定程度的影响。

因此，作为一个仓库管理人员，必须熟练地掌握各种库存物资的特性、大气温湿度和库内温湿度的变化规律及有关仓库温湿度管理方面的基础知识。一旦库内温湿度发生变化，就可采取适当的措施进行局部控制，使之符合库存物资的保管条件。在仓库温湿度管理中，必须定期对库内外温湿度进行监测，摸清仓库所在地区的温湿度变化规律，积累一定的气象资料，同时掌握控制库内湿度的一些常用的方法和手段，以便为搞好仓库湿度的科学管理打下良好的基础。

总之，仓库的温湿度管理，对保证物资的安全储存和质量完好具有重要意义。不论通过何种途径，其最终目的就是要使库内的温湿度符合库存物资保管要求。在这个前提下，要充分认识库内局部小气候控制对保管好库存物资的作用，自觉地对库存物资环境实施最有效的控制和调节。

第一章 空气的物理性质 和状态参数

第一节 空气的物理性质

仓库温湿度管理，就是对库内空气进行控制和调节，如降湿、降温、加温等，以适应库存物资对环境的要求。作为一个仓库管理人员，应该对空气的成分和它的物理性质有所了解，并且有明确的概念，以便管好仓库。

包围在地球表面的空气层称为大气层，由多种气体组合而成。在通常情况下，除水蒸气外，其余的气体都有一定的比例。它们的组成成分如表1—1所示。

表1—1 空气的成分

气 体 名 称	重 量 百 分 比 (%)	体 积 百 分 比 (%)
氮	75.55	78.13
氧	23.10	20.90
二 氧 化 碳	0.05	0.03
稀 有 气 体	1.30	0.94

这种具有一定比例、不含水蒸气的空气称为“干空气”。事实上，“干空气”在自然界中是不存在的。因为地球表面有

海洋、湖泊、江河等,必然有大量水分蒸发成水蒸气,进入大气中去。实际的空气,总是或多或少地含有一定数量的水蒸气,我们称这种空气为“湿空气”,或简称为“空气”,即:

(湿)空气 = 干空气 + 水蒸气

空气中水蒸气所占比例虽然不大,但它的绝对值是经常变化的(随季节、气候和产生水蒸气的来源等因素而变化),夏季和冬季要相差好几倍。空气中水蒸气的多少(通常理解为空气的潮湿程度),对库存物资有很大影响。从仓库温湿度管理角度来讲,空气的潮湿程度是我们十分关心的问题,因此,在讨论空气组成时,很有必要强调一下。

另外还要注意,空气中的氧是人类生存所必需的,在生理卫生上对氧含量有一定要求。在有些特殊的库房,由于二氧化碳含量的不断增加,到了一定的程度就会影响库房保管人员的健康。因此,单从这点上讲,必须不断地用库外空气来更换库内的污浊空气,以保证人员的健康。

第二节 空气的状态参数

空气具有一系列物理性质,通常用一些物理量来描述,例如压力、温度等。这些物理量称为状态参数。空气的状态参数有好多个,但与温湿度管理有关的主要有以下几个。

一、空气的压力

流体(包括气体和液体)在单位面积上所受到的垂直作用力,称为压力强度,习惯上简称为压强。

1. 大气压力。包围着地球表面上的大气层对地面产生

的压力，称为大气压力，通常用毫米水银(汞)柱来表示。

在纬度45°处的海平面上，温度为0℃时，所测得的平均大气的压力，等于760毫米水银柱，以此作为一个标准大气压或物理大气压。大气压力随着所在地区海拔高度的增高而略有降低。一般情况，在海平面附近平均每升高12米，大气压力就要降低约1毫米水银柱。另外，在同一高度地区，大气压力还随着季节和天气的晴雨变化而稍有增减。

在气象上，大气压强的单位采用毫巴(mb)。“毫巴”是“巴”的千分之一，1巴等于 10^6 达因/厘米²，1毫巴相当于3/4毫米水银柱(mmHg)。

各种压力计算单位的换算关系如下：

1 工程大气压 = 1 公斤/厘米² = 735.6 毫米水银柱
= 980.6 毫巴。

1 标准大气压 = 760 毫米水银柱 = 1.0333 公斤/厘米²
= 1013.6 毫巴。

大气压力的数值可用气压计测得。我国各地的大气压力可从有关规范中查得。由于我国幅员辽阔，沿海和高原地区的大气压力相差很大。例如夏季，北京为751毫米水银柱，上海为754毫米水银柱，而拉萨则为489毫米水银柱。很明显，由于地区不同，大气压力也不同。因此，在不同地区进行温湿度管理时，要注意当地的大气压力。

2. 水蒸气分压力。由空气中水汽所产生的压力，称为水蒸气分压力。大气是由干空气和水蒸气组成的混合体。根据物理学上道尔顿分压定律可知，大气压力应等于干空气分压力与水蒸气分压力之和，习惯上人们把水蒸气分压力简称为水汽压。

空气中的水蒸气占有与干空气相同的体积，它的温度等

于空气的温度。显然，空气中水蒸气的含量越多，它的压力也越大。因此水汽压的大小，也是衡量空气中湿度的一个指标。在温湿度管理中，经常用到这个参数。它的单位通常用与水汽压相平衡的毫米水银柱高度表示，或用单位毫巴表示。

3. 饱和水蒸气压力。在一定温度下，空气中水汽达到最大含量时称为饱和。空气达到饱和时的水汽压称为饱和水汽压（E）。温度愈高，空气中所能容纳的水汽量愈多，故饱和水汽压随温度的升高而很快地增大，如表1—2。饱和水汽压除与温度有关外，还与物态、蒸发面和形状、液体的浓度等因素有关。

二、空气的温度

温度是表示物体冷热程度的物理量。空气的温度表示空气的冷热程度，在气象学上称为气温，即大气的温度。目前国际上常用的温度表示法，有摄氏温度、华氏温度和绝对温度等。

1. 摄氏温度。在标准大气压下，纯水的冰点定为 0°C ，沸点定为 100°C 。冰点、沸点之间分为100等分，每等分为 1°C 。

2. 绝对温度。是热力学使用的温度指标，以纯水在标准大气压下的冰点为 273.15°K ，沸点为 373.15°K 。冰点、沸点之间分为100等分，每等分为 1°K 。

绝对温度与摄氏温度的关系为：

$$T = 273.15 + t$$

式中：T——绝对温度

t——摄氏温度

实际工作中一般取 $T = 273 + t$

表1—2

温度与饱和水汽压的关系

温度 ℃	饱和水汽压		饱和水汽量 克/米 ³	温度 ℃	饱和水汽压		饱和水汽量 克/米 ³
	毫 米	毫 巴			毫 米	毫 巴	
-10	2.143	2.875	2.36	18	15.477	20.635	15.38
-9	2.340	3.120	2.56	19	16.477	21.969	16.31
-8	2.509	3.345	2.73	20	17.533	23.377	17.30
-7	2.712	3.616	2.94	21	18.650	24.866	18.34
-6	2.928	3.904	3.16	22	19.827	26.435	19.44
-5	3.158	4.211	3.40	23	21.068	28.090	20.59
-4	3.404	4.539	3.65	24	22.377	29.835	21.79
-3	3.669	4.892	3.93	25	23.756	31.674	23.06
-2	3.952	5.269	4.21	26	25.209	33.611	24.39
-1	4.256	5.675	4.52	27	26.739	35.651	25.78
0	4.579	6.105	4.84	28	28.349	37.778	27.24
1	4.926	6.568	5.19	29	30.043	40.056	28.77
2	5.294	7.058	5.56	30	31.824	42.431	30.38
3	5.685	7.580	5.95	31	33.695	44.926	32.06
4	6.101	8.134	6.37	32	35.663	47.549	33.82
5	6.543	8.724	6.80	33	37.729	50.169	35.67
6	7.013	9.350	7.27	34	39.898	50.304	37.59
7	7.513	10.017	7.75	35	42.175	56.232	39.61
8	8.045	10.726	8.27	36	44.563	59.416	41.72
9	8.609	11.478	8.82	37	47.063	62.749	43.91
10	9.209	12.278	9.40	38	49.692	66.254	46.22
11	9.844	13.125	10.02	39	52.442	69.921	48.63
12	10.518	14.024	10.67	40	55.324	73.763	51.13
13	11.231	14.974	11.35	41	58.340	77.783	53.75
14	11.987	15.962	12.08	42	61.500	81.998	56.48
15	12.788	17.050	12.84	43	64.800	86.398	59.32
16	13.634	18.178	13.64	44	68.260	91.011	62.30
17	14.503	19.373	14.49	45	71.880	95.838	65.39

3. 华氏温度。把纯水的冰点定为 32°F ，沸点定为 212°F 。在冰点和沸点之间分为180等分，每等分为华氏1度，单位符号为 $(^{\circ}\text{F})$ 。摄氏温度和华氏温度的换算关系为：

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

式中： $t^{\circ}\text{C}$ ——摄氏温度

$t^{\circ}\text{F}$ ——华氏温度

我国在气象上和温湿度管理中通常使用摄氏温度。在仓库温湿度管理中，温度是一个很重要的参数，它对库存物资的质量变化影响很大。

三、空气的温度

湿度是说明空气中含有水蒸气数量多少的尺度，通常有以下几种表示方法：

1. 绝对湿度。在一立方米空气中含有水蒸气的重量称为空气的绝对湿度，用 a 表示，单位是克/米³或公斤/米³，绝对湿度实际就是水汽密度（单位体积中的水汽质量称为密度）。根据气态方程，可导出绝对湿度的数学表达式。气体的状态方程为： $PV = RT$ (1-1)

对于水汽来说，式中 P 为水汽压，令 $P = e$ ，单位毫巴。 V 为比容（单位质量水汽所占的体积称为比容）， V 与水汽密度 a 互为倒数，即 $V = \frac{1}{a}$ 。 R 为水汽比例常数，记作 R_w 。 T 为绝对温度，所以(1-1)式可写为：

$$e \frac{1}{a} = R_w T$$

$$a = \frac{e}{R_w T} \quad (1-2)$$

(1—2) 式为绝对湿度表达式, 若将 (1—2) 式中的 e 以达因/厘米² 表示 ($1 \text{ mb} = 10^3 \text{ 达因/厘米}^2$), $R_w = 4.6 \times 10^6 \text{ 尔格/克} \cdot \text{度}$, $T = 273 (1 + \alpha t)$

α ——气体膨胀系数

$$\alpha = \frac{1}{273}$$

t = 空气温度 $^{\circ}\text{C}$

代入, 则可得到绝对湿度与水汽压的简单关系式:

$$\begin{aligned} a &= \frac{10^3 e}{4.6 \times 10^6 \times 273 (1 + \alpha t)} \\ &= 0.795 \times 10^{-6} \frac{e}{1 + \alpha t} \text{ 克/厘米}^3 \\ &\approx 0.8 \times 10^{-6} \frac{e}{1 + \alpha t} \text{ 克/厘米}^3 \\ &\approx 0.8 \frac{e}{1 + \alpha t} \text{ 克/米}^3 \end{aligned} \quad (1-3)$$

如 e 以毫米水银柱为单位, 则需将 e 化为毫巴代入 (1—3) 式, 1 毫米水银柱等于 $4/3$ 毫巴则:

$$a = 0.8 \frac{4/3 e}{1 + \alpha t} = 1.06 \frac{e}{1 + \alpha t} \text{ 克/米}^3 \quad (1-4)$$

当 $t = 16.4^{\circ}\text{C}$ 时

$$\frac{1.06}{1 + \alpha t} = \frac{1.06}{1 + (1/273 \times 16.4)} \approx 1$$

则 $a = e$

由此可见, 绝对湿度以克/米³ 为单位, 水汽压以毫米水银柱 (mmHg) 为单位, $t = 16.4^{\circ}\text{C}$ 时, 绝对湿度和水汽压数值上相等。绝对湿度直接测量比较困难, 由 (1—4) 式的关系, 可以用毫米水银柱为单位的水汽压近似地表示绝对湿度, 在中纬度地区产生的误差并不大。

利用 (1—3) 式可以进行克/米³和毫巴的互算。利用 (1—4) 式可以进行克/米³和毫米水银柱的互算。

例：某库内温度为 20°C，绝对湿度为 10.5 毫巴，相当于绝对湿度多少克/米³？

$$a = \frac{0.8e}{1 + \alpha t} = \frac{0.8 \times 10.5}{1 + \left(\frac{1}{273} \times 20\right)} = 7.74 \text{ (克/米}^3\text{)}$$

2. 含湿量。在湿空气中，与一公斤干空气混合在一起的水蒸气重量，称为空气的含湿量，用 d 表示，单位为克/公斤·干空气。

$$d = \frac{G_q}{G_g} \quad (1-5)$$

式中： d ——空气的含湿量， G_q ——水蒸气重量， G_g ——干空气的重量

在干空气重为 1 公斤的情况下，湿空气的重量应是 $1 + \frac{d}{1000}$ 公斤。在一定的温度和压力下，湿空气中干空气的重量和水蒸气含量的多少，与它们分压力的大小有关。根据理论推导，含湿量可按下式计算：

$$d = 622 \frac{P_q}{P_g} = 622 \frac{P_q}{P_0 - p_q} \text{ 克/公斤} \cdot \text{干空气} \quad (1-6)$$

式中： p_q ——水蒸气的分压力 (mmHg)

p_g ——干空气的分压力 (mmHg)

P_0 ——大气压力 (mmHg)

我们可以由 (1—5) 式看出，在一定大气压力下 ($P_0 = \text{常数}$)，空气的含湿量 d 与水蒸气分压力 P_q 有关。在仓库温湿度管理中含湿量是一个比较重要的参数。要注意的是，空气的含湿量指的是水蒸气而不是水。有的人误认为空气