

贮粮机械通风技术



ZHULIANG JIXIE TONGFENG JISHU

王立 魏清国 编著

江苏科学技术出版社

463904



W90463904Q

贮粮机械通风技术

王立 魏清国 编著



贮粮机械通风技术

王立 魏清国 编著

江苏轻工出版社

南京

开本 787×1092毫米 1/32 插页 1 印张 0.69

字数 210,000 印数 1—12,000 册

1980年12月第1版 1980年12月第1次印刷

江苏科学技术出版社

机械通风技术

贮粮机械通风技术

王立 魏清国 编著

出版、发行：江苏科学技术出版社

印 刷：句容县江南印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 插页1 印张：9.69

字数：210,600 印数：1—15,000 册

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

ISBN 7—5345—0821—5

TH—29

定价：3.20元



W90463904Q

前 言

贮粮机械通风技术近几年来在我国有了较大的发展。实践证明对于夏季进仓的高温粮，如小麦，早、中稻，高粱和油菜籽等，进入秋、冬季节，应用机械通风可以及时降低粮温，防止粮面结露，避免进行深翻粮面和倒仓作业，可有效地抑制虫霉危害，减少虫害防治用药量，从而既能保证贮粮安全，又能大大节省保管费用，减轻劳动强度，改进贮粮品质。

对于晚秋进仓的高水分玉米和晚稻，应用机械通风，除可抑制发热，延缓贮藏期之外，还可利用环境空气，有效地降低它们的水分，从而可取代春季晾晒，减少连续性烘干机的处理量，达到减少费用、节约劳力和改善谷物品质的目的。因此，这项技术深受广大保粮职工欢迎，但目前由于缺乏系统、可靠的技术材料，在推广应用中还存在不少问题，使其效果受到影响，甚至造成不必要的浪费。

本书详细收集国内外贮粮机械通风技术的最新资料。除介绍粮食贮藏和通风基础知识外，着重阐明机械通风干燥和冷却粮食的原理，介绍适用于不同仓型（房仓、圆仓、立筒仓）的贮粮机械通风布置方法、型式，降低粮温、水分的设计要求和典型范例，以及测试仪器的结构、原理、使用方法，并介绍不同用途机械通风系统的操作管理和注意事项。

本书可作为有关大专院校教材，也可作为粮食中等专业学校参考教材，以及职工学校的粮食贮藏专业和在职干部培训的教学参考书，同时也是从事粮食贮藏科研、教学和实

际工作者的学习用书。

贮粮机械通风在我国尚属一项有待进一步研究的新技术，至今国内在这方面深入试验不多，以及受编著者水平所限，书中存在缺点和错误在所难免，欢迎读者予以指正。

编著者

1989年5月

目 录

第一章 通风基础知识.....	1
第一节 湿空气与湿焓图.....	1
第二节 湿焓图的应用.....	5
第三节 空气流动.....	16
第二章 粮食贮藏基础知识.....	42
第一节 粮食物理特性.....	42
第二节 粮食水分和平衡水分.....	50
第三章 机械通风降低粮温.....	70
第一节 概述.....	70
第二节 通风系统设计.....	76
第三节 通风装置结构与布置形式.....	104
第四节 机械通风降低粮温系统.....	112
第四章 机械通风干燥粮食.....	188
第一节 概述.....	188
第二节 确定堆高和选择单位气流量.....	191
第三节 确定通风系统静压.....	194
第四节 通风机选择.....	205
第五节 机械通风干燥稻谷和玉米.....	220
第六节 通风干燥时间的计算.....	230
第七节 操作管理和注意事项.....	239

第五章 设计计算实例..... 241

第一节 机械通风降低粮温系统计算实例..... 241

第二节 机械通风干燥谷物系统计算实例..... 248

第六章 测量仪器..... 263

第一节 干湿计..... 263

第二节 测量压力仪器..... 265

第三节 风速表..... 276

第一章 通风基础知识

通风可以改变粮仓或粮堆内的空气性质，使粮食品质免受损坏，从而可以延长粮食安全储藏期。通风是一种通过控制储粮环境达到安全保粮的经济、有效方法。为了掌握这项保粮技术，首先必须了解和掌握空气性质和有关通风方面的基础知识。

第一节 湿空气与湿焓图

空气是干空气和水蒸气的混合物，所以空气本身就是湿空气。为了研究湿空气与谷物之间湿热交换过程，首先要了解湿空气的特性。表示湿空气特性的参数有：湿空气的温度、相对湿度、湿含量、热焓量、比容、湿球温度、露点等。

1. 湿焓图

湿焓图（见图1-1）又称湿度计算图，它是包含反应空气特性参数的一组曲线。这些曲线是根据各参数的函数关系绘制而成的，共有：干球温度线、湿球温度线、湿含量线、热焓量线、相对湿度线、露点温度线（饱和温度线）及比容线等。

应用湿焓图可以计算湿空气湿热交换过程。当已知湿空气的任何两个特性参数（如干球温度和相对湿度，或干球温度和湿含量等），就可以从图上找出它的状态点，当状态点找出后，其它参数则可确定。

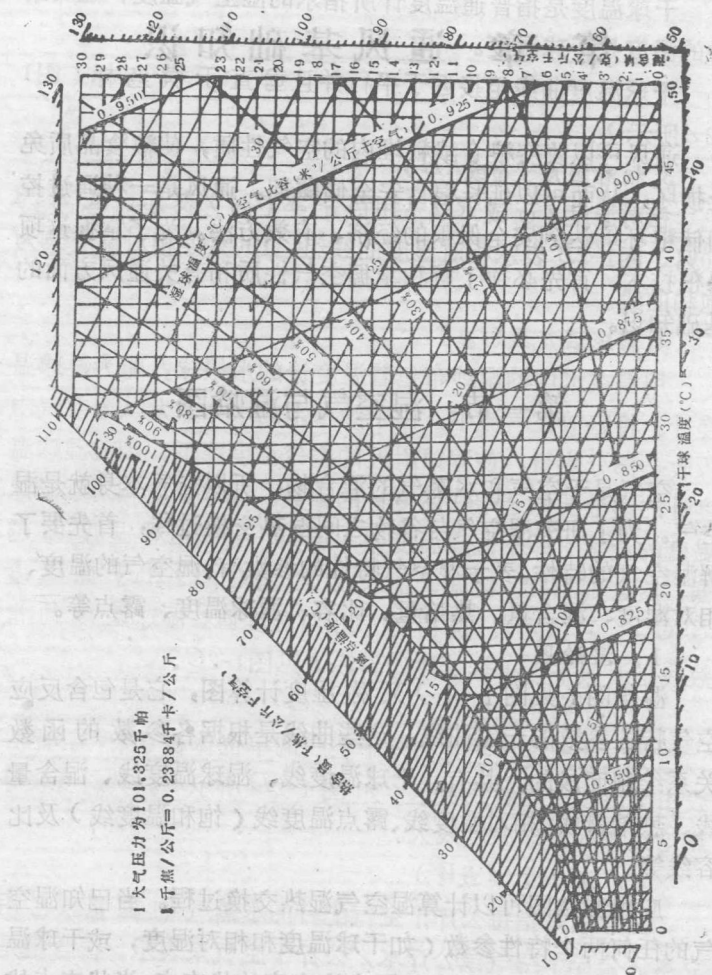


图 1-1 湿焓图

2. 干球温度线 ($t_{干}$)

干球温度是指普通温度计所指示的湿空气温度，通常所讲的温度是干球温度。

干球温度曲线组接近于平行并且垂直于横坐标 (图1-2A所示)。

3. 相对湿度 (φ 或 RH)

相对湿度 (φ 或 RH) 用百分率 (%) 表示。区间为10%，图1-2B表示相对湿度曲线组。100%等相对湿度线为饱和曲线。

4. 湿球温度线 ($t_{湿}$)

用浸在水中的湿纱布包着温度计的水银球，即为湿球温度计。将它放在气流中，由于纱布上的水分蒸发从湿空气中吸收一部分热量，使湿球附近的空气温度降低，因此湿球温度计的读数要低于干球温度计的读数。湿球温度相对于干球温度的读数 (即干湿球温度差) 越大，空气相对湿度即越低，反之则相反。已知干湿球温度差 ($^{\circ}C$) 和干球温度 ($^{\circ}C$)，可依附表1查得空气相对湿度值。湿球温度的常数线是近似平行于热焓线的斜线 (见图1-2C)。

5. 空气的比容 (v)

空气的比容是指每公斤干空气的单位体积 ($米^3$)。比容线由湿焓图上的斜线表示 (如图1-2D所示)。其斜度较等热焓线和等湿球温度线大。

6. 湿含量 (d 或 W)

湿含量是指每公斤干空气配合的水蒸气的重量。它用克水/公斤干空气或公斤水/公斤干空气来表示。湿含量是水平且互相平行的直线 (见图1-2E)。

7. 热焓量(h 或 I)

干空气与水蒸气之混合物的热能含量称为热焓量。它以

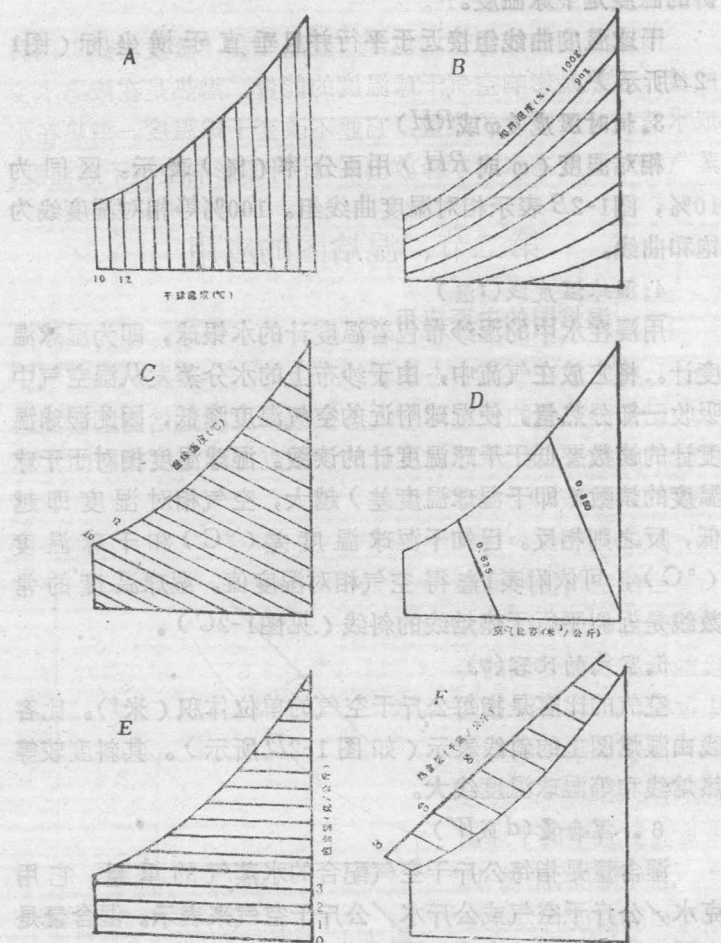


图1-2 湿焓图说明

千卡/公斤干空气或千焦/公斤干空气(1千卡/公斤=4.1868千焦/公斤; 1千焦/公斤=0.23884千卡/公斤)为单位。热焓线见图1-2F。

湿空气的热能含量, 包含“显热”和“蒸发潜热”两种能量。显热是影响空气干球温度的能量, 潜热是在液态水变成水蒸气时所吸收的热量, 它并不改变干球温度。潜热在水蒸气凝结成液态水时才释放出来, 此时即影响空气干球温度。

第二节 湿焓图的应用

一、湿焓图的主要应用

1. 确定湿空气的状态参数

已知湿空气的任意两个状态参数, 可在湿焓图上找到该湿空气的状态点, 从而就可以从该图查得湿空气状态的其它参数(如图1-3)。

2. 湿空气的加热或冷却

当使空气接触高温表面受到的加热过程或接触低温表面受到的冷却过程, 可利用湿焓图中平行于水平轴的直线表示(见图1-4)。其结果是湿空气中的干球温度、湿球温度、热焓、比容与相对湿度将发生变化, 但其湿含量和露点

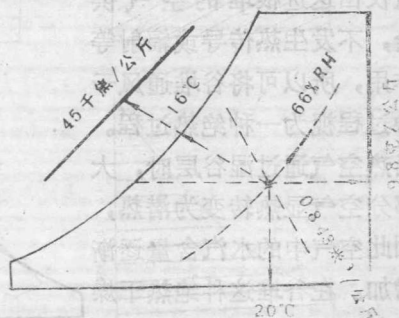


图 1-3 确定湿空气的状态参数

温度等则维持不变。

3. 增湿性加热

当湿空气带有增湿性加热时，其干球温度增加（如图 1-5），湿含量也增加，热焓量及其它参数都随之变化。

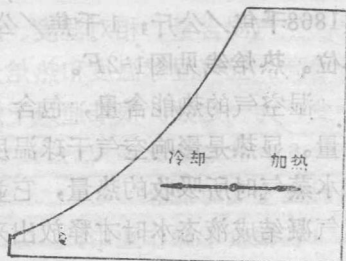


图1-4 湿空气的加热或冷却

4. 减湿性冷却

当湿空气减湿性冷却时，首先干球温度下降，直到露点后，湿含量和干球温度同时下降，其它参数均有所变化（如图 1-6）。

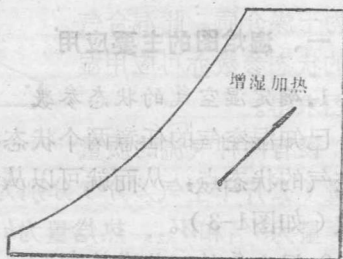


图1-5 增湿性加热

5. 粮堆通风干燥

粮堆在通风干燥过程中，谷物水分蒸发所需的热量仅由送进粮堆的空气供给，不发生热传导或辐射等作用，所以可将谷堆通风干燥过程视为一种绝热过程。当热空气通过湿谷层时，大部分空气显热转变为潜热，因此空气中的水汽含量逐渐增加。在谷堆这种绝热干燥过程进行中，空气温度（干球温度）将逐渐降低。相

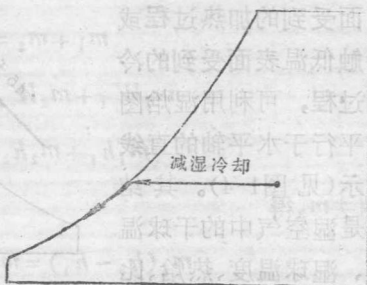


图1-6 减湿性冷却

反，空气湿含量、相对湿度、水蒸气压力与露点温度等均将增高。空气湿球温度和热焓量在此绝热干燥过程中则保持不变，为一定数。粮堆通风干燥过程如图1-7所示。

6. 状态参数不同的两种湿空气的混合

在粮食干燥作业中，往往用两种不同温度、流量和湿含量的空气相混合作为干燥介质。此混合气体的状态参数亦可应用湿焓图求得。

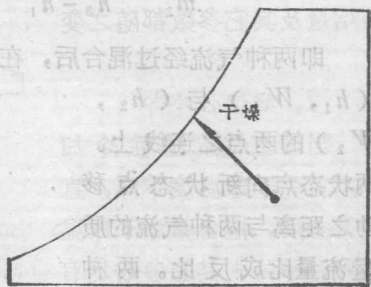


图1-7 粮堆通风干燥过程

设有两种气流的质量流量（公斤干空气/分）分别为 m_1 和 m_2 ，温度为 T_1 和 T_2 ，湿含量为 W_1 和 W_2 ，热焓量为 h_1 和 h_2 ，混合后气体的质量流量为 m_3 ，温度为 T_3 ，湿含量为 W_3 ，热焓量为 h_3 ，则其参数关系为

$$m_1 + m_2 = m_3$$

$$m_1 W_1 + m_2 W_2 = m_3 W_3$$

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = m_3 h_3$$

消去 m_3 得

$$m_1 (h_3 - h_1) = m_2 (h_2 - h_3)$$

$$m_1 (W_3 - W_1) = m_2 (W_2 - W_3)$$

因此

$$\frac{h_3 - h_1}{W_3 - W_1} = \frac{h_2 - h_3}{W_2 - W_3}$$

重新组合则得

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1}$$

即两种气流经过混合后，在湿焐图上其状态点应落在 (h_1, W_1) 与 (h_2, W_2) 的两点之连线上。两状态点向新状态点移动之距离与两种气流的质量流量比成反比。两种气流的混合过程如图 1-8 所示。

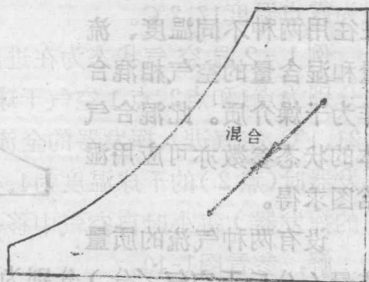


图1-8 两种气流混合过程

二、湿焐图应用举例

例 1-1 已知湿空气干球温度为 29.4°C ，湿球温度为 21.1°C ，大气压力为 760 毫米汞柱。试利用湿焐图确定该湿空气的状态点，并找出其相应各参数。

解：依 $t_{\text{干}} = 29.4^{\circ}\text{C}$ ， $t_{\text{湿}} = 21.1^{\circ}\text{C}$ ，在湿焐图上找到湿空气状态点 A (见图 1-9)。

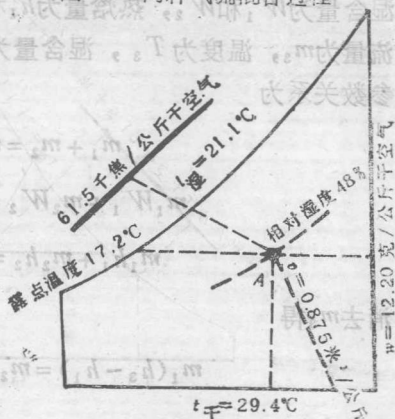


图1-9 确定湿空气状态点

同时可查出以下各参数值:

- (1) 湿含量 $W = 12.20$ 克/公斤干空气;
- (2) 热焓量 $h = 61.5$ 千焦/公斤干空气;
- (3) 比容 $v = 0.875$ 米³/公斤干空气;
- (4) 相对湿度 $RH = 48\%$;
- (5) 沿等湿含量线向左与100%相对湿度线的相交点,即为露点温度17.2℃。

例1-2 湿空气状态为在进出制冷机的挥发器前后之变化分别为点1和点2。点1空气干球温度为29.40℃,湿球温度为21.1℃,空气进入挥发器的全流量为28.3米³/分;空气离开挥发器时(点2)的干球温度为4.4℃;则该除湿机(相当制冷机的挥发器)每小时自空气中移去的热量和水分为多少?

解: 参看图1-10。

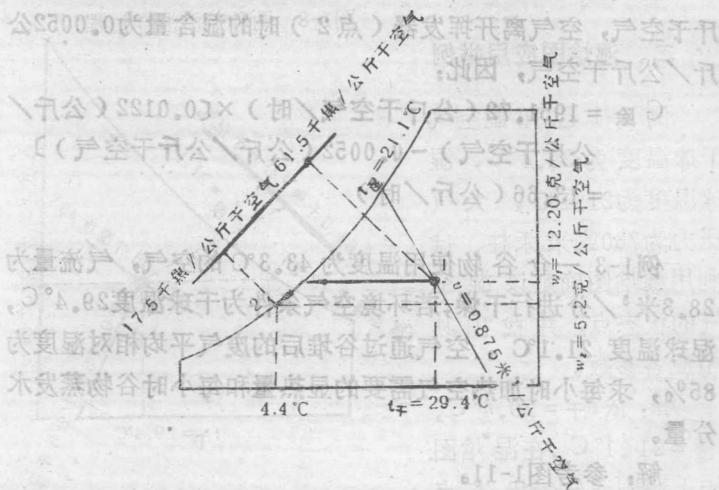


图 1-10 例2 图解

(1) 求空气质量流速

依空气进入挥发器前(点1)之 $t_{\text{干}} = 29.4^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{湿}} = 21.1^{\circ}\text{C}$ 先在湿焓图上找出空气比容 $v = 0.87\text{米}^3/\text{公斤干空气}$, 则空气之质量流速为 $= 28.3(\text{米}^3/\text{分}) \times 60(\text{分}/\text{时}) \div 0.87(\text{米}^3/\text{公斤干空气}) = 1951.72\text{公斤干空气}/\text{时}$

(2) 求自空气中移去的热量

空气进入挥发器前(点1)之热焓量为 $61.5\text{千焦}/\text{公斤干空气}$, 空气离开挥发器(点2)之热焓量为 $17.5\text{千焦}/\text{公斤干空气}$, 则自空气中移去的热量为

$$Q_{\text{除}} = 1951.72\text{公斤干空气}/\text{时} \times [61.5(\text{千焦}/\text{公斤干空气}) - 17.5(\text{千焦}/\text{公斤干空气})] = 85875.68\text{千焦}/\text{时}$$

(3) 求自空气中移去的凝结水重量

空气进入挥发器前(点1)的湿含量为 $0.0122\text{公斤}/\text{公斤干空气}$, 空气离开挥发器(点2)时的湿含量为 $0.0052\text{公斤}/\text{公斤干空气}$, 因此:

$$\begin{aligned} G_{\text{除}} &= 1951.72(\text{公斤干空气}/\text{时}) \times [0.0122(\text{公斤}/\text{公斤干空气}) - 0.0052(\text{公斤}/\text{公斤干空气})] \\ &= 13.66(\text{公斤}/\text{时}) \end{aligned}$$

例1-3 一仓 谷物使用温度为 43.3°C 的空气, 气流量为 $28.3\text{米}^3/\text{分}$ 进行干燥, 若环境空气条件为干球温度 29.4°C , 湿球温度 21.1°C , 空气通过谷堆后的废气平均相对湿度为85%, 求每小时加热空气需要的显热量和每小时谷物蒸发水分量。

解: 参考图1-11。

(1) 先在湿焓图上找出 $t_{\text{干}} = 29.4^{\circ}\text{C}$ 和 $t_{\text{湿}} = 21.1^{\circ}\text{C}$ 的