

# 商品养护学

(上册)

黑龙江商学院

1983

# 前 言

本书是根据商品检验与养护专业的教学大纲编写的本科教材。为完成商品质量监督检验、商品养护专门技术人才的培养，本专业教材分有《商品检验学》（上、下）、《商品养护学》（上、下）、《日用工业品商品学》、《纺织品商品学》、《商品包装学》，共七册。

本书除供商品检验与养护专业本科使用外，也可供商品检验、商品养护、商品学专业培训班和各级商业部门有关业务人员学习参考。

参加本册编写的有：第一、四篇赵士成、第二篇周学文、第三篇孙友梅、第五、六篇张其锦。书稿编完成后，由张其锦和赵士成作了整理和部分修改。并由李万仁同志主审。

限于水平，本书的错误和缺点在所难免，恳请和欢迎同志们提出批评和意见。

编 者

一九八三年十月

商品养护学是研究储存商品变质规律与养护防腐的学科，随着科学的进步和商品养护实践的发展，商品养护学已经成为一门综合性的应用科学，主要包括仓库通风与空调，商品霉腐与防治，商品虫害与防治，商品锈蚀与防治，商品老化与防老化，化工危险品的安全储存等六部分。

仓库通风与空调主要研究：空气组成和物理性质，及其对商品质量影响，空气状态参数的测定，仓库通风原理及方法，仓库温湿度的调节原理与方法，冷藏与气调、气相养护原理与方法。

商品霉腐与防治主要研究：引起商品霉腐的主要霉菌、细菌、酵母菌，商品霉腐的现象、过程、机理、条件，商品霉腐的检测、防治。

商品虫害与防治主要研究：仓虫种类、特征、鉴别，仓虫食物与商品的关系，仓虫生长繁殖条件，防治机理与方法。

商品锈蚀与防治主要研究：金属锈蚀机理，影响因素，作用过程与特点，常用金属锈蚀特征及检测与防治方法。

商品老化与防老化主要研究：商品属性与老化关系，环境因素对老化的影响，老化的特征、机理、检测、评定和研究方法，商品防老化方法。

化工危险品的安全储存主要研究：危险品的性质，毒、燃、爆、腐蚀、放射性的机理，安全储存、搬运条件和养护方法，防爆、防火、防毒、防灼伤、防放射线的措施。

商品养护学是从商品学中分离出来的一门独立学科，它与商品储存实践紧密相连，也是在商品储存实际的迫切需要下发展起来和总结出来的。它与许多学科相互交叉和渗透，运用数学、物理、化学、高分子化学、生物学、微生物学、昆虫学、腐蚀与防护学、气象学、空气调节、制冷储藏学、金属学、材料学、仪器分析等学科的成就，概念和实验技术。

无论那门学科，都来源于实践而高于实际，商品养护学也是这样，它对储存商品变质规律及养护方法进行的考察和整理，成为理论性的东西。它来源于储存商品的实践，受商品储存实践检验，因此，研究这门学科必须深入到储存商品的实际中去，立足于现实、着眼于未来，发现问题、解决问题、促进学科的发展。

任何一门学科的发展都不是孤立的，相互间存在有机联系。这些学科中有许多营养可以吸收，它们的基础理论与实践技术，为商品养护学的发展可提供基础和研究手段。

科学实践是发展这门学科的重要一环，无论商品变质规律的研究，还是养护方法的研究，都要建立在试验的基础上。要研究商品质量变化的微观信息，以便能快速准确地获得数据，来指导商品养护实践。先进的检测手段，储存环境的人工模拟等实验室建设，也是快速发展这门学科必不可少的。

商品变质造成损失，不仅存在于商品高度集中的商业、外贸、物资等部门，而且存在于工业、农业、国防、基本建设等国民经济各部门，是一个带有普遍性的严重问题。它不仅造成直接的经济损失，而且阻碍各部门的发展，商品养护学的任务是解决储存商品变质问题，减少商品损耗为国民经济各部门的仓储实践服务。

# 目 录

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| 第一篇 仓库通风与空调                       | (1)  |
| 第一章 湿空气                           | (1)  |
| 第一节 湿空气的组成和物理性质                   | (1)  |
| 一、湿空气的组成                          | (1)  |
| 二、湿空气的状态参数                        | (2)  |
| 第二节 湿空气的焓湿图                       | (8)  |
| 一、座标的选定                           | (9)  |
| 二、等温线                             | (9)  |
| 三、等相对湿度线                          | (10) |
| 四、水蒸汽分压线                          | (10) |
| 五、热湿比线                            | (11) |
| 第三节 湿球温度和露点温度                     | (13) |
| 一、湿球温度                            | (13) |
| 二、露点温度                            | (16) |
| 第四节 空气的主要处理过程及其在 <i>i—d</i> 图上的表示 | (17) |
| 一、加热过程                            | (18) |
| 二、冷却过程                            | (19) |
| 三、加湿过程                            | (19) |
| 四、加热加湿过程                          | (20) |
| 五、湿空气的混合                          | (20) |
| 六、角系数的应用                          | (22) |
| 第二章 空气状态参数的测定                     | (24) |

|                        |      |
|------------------------|------|
| 第一节 温度的测定              | (25) |
| 一、液体温度计                | (25) |
| 二、双金属温度计               | (25) |
| 三、热电偶温度计               | (26) |
| 四、电阻温度计                | (27) |
| 五、接点式水银温度计             | (27) |
| 第二节 湿度的测定              | (28) |
| 一、干湿球温度计               | (28) |
| 二、电阻湿度计                | (29) |
| 三、毛发湿度计                | (30) |
| 四、露点湿度计                | (31) |
| 第三节 空气速度和压力的测定         | (31) |
| 一、风速的测定                | (31) |
| 二、风压的测定                | (33) |
| 第三章 湿空气与商品变质的关系        | (35) |
| 第一节 干空气与商品变质的关系        | (35) |
| 一、氧气                   | (35) |
| 二、氮气                   | (38) |
| 三、二氧化碳                 | (39) |
| 第二节 水蒸汽及大气污染成分与商品变质的关系 | (39) |
| 一、水蒸汽                  | (39) |
| 二、大气污染成分               | (45) |
| 第三节 温度及日光照射与商品变质的关系    | (46) |
| 第四章 仓库通风               | (49) |
| 第一节 仓库温湿度的自然变化         | (50) |
| 一、库外潮湿空气侵入库内           | (50) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 二、库房漏水·····            | (50)  |
| 三、库内地面积墙壁表面的散湿·····    | (51)  |
| 四、商品及其包装材料散湿·····      | (51)  |
| 五、库内相对湿度自然变化规律·····    | (51)  |
| 六、太阳辐射热及其对建筑用的热作用····· | (52)  |
| 七、库外温度的影响·····         | (53)  |
| 第二节 自然通风原理与通风量的确定····· | (54)  |
| 一、自然通风原理·····          | (54)  |
| 二、仓库通风量的确定·····        | (60)  |
| 三、自然通风的计算·····         | (62)  |
| 第三节 通风的条件及影响通风因素·····  | (63)  |
| 一、通风降湿的主要条件·····       | (63)  |
| 二、通风增湿主要条件·····        | (64)  |
| 三、通风降湿与增湿的其它条件·····    | (64)  |
| 四、仓房及其环境对通风的影响·····    | (67)  |
| 第四节 温湿度查算图表的绘制与应用····· | (69)  |
| 一、温湿度查算表·····          | (69)  |
| 二、饱和湿度查算表·····         | (76)  |
| 第五章 仓库内湿空气的处理·····     | (78)  |
| 第一节 空气的冷却与加热·····      | (78)  |
| 一、空气的冷却·····           | (78)  |
| 二、空气的加热·····           | (86)  |
| 第二节 空气的去湿与加湿·····      | (88)  |
| 一、空气的去湿·····           | (88)  |
| 二、空气的加湿·····           | (98)  |
| 第三节 气调、气相、冷藏法·····     | (100) |
| 一、气调法·····             | (100) |

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| 二、气相法.....              | (101)        |
| 三、冷藏法.....              | (102)        |
| 第四节 空气的净化.....          | (106)        |
| 一、仓库有害气体的净化.....        | (108)        |
| 二、仓库空气的除尘.....          | (111)        |
| 三、仓库空气的灭菌.....          | (112)        |
| <b>第二篇 商品霉腐与防治.....</b> | <b>(114)</b> |
| 第一章 微生物基础.....          | (114)        |
| 第一节 微生物的概念与命名法.....     | (114)        |
| 一、微生物的概念.....           | (114)        |
| 二、微生物的命名法.....          | (115)        |
| 第二节 霉菌.....             | (116)        |
| 一、霉菌的分类.....            | (117)        |
| 二、霉菌的形态结构.....          | (118)        |
| 第三节 微生物的营养与生长繁殖.....    | (130)        |
| 一、微生物的化学组成.....         | (130)        |
| 二、微生物的营养.....           | (133)        |
| 三、微生物生长繁殖的条件.....       | (137)        |
| 四、微生物生长繁殖的规律.....       | (143)        |
| 第四节 微生物的代谢.....         | (145)        |
| 一、微生物的酶.....            | (146)        |
| 二、微生物的呼吸.....           | (154)        |
| 三、微生物的物质代谢.....         | (158)        |
| 第二章 常见霉腐微生物.....        | (164)        |
| 第一节 毛霉、根霉、犁头霉.....      | (165)        |
| 一、毛霉属.....              | (165)        |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 二、根霉属.....           | (173) |
| 三、犁头霉属.....          | (179) |
| 第二节 曲霉属.....         | (182) |
| 第三节 青霉属.....         | (205) |
| 第四节 其他霉菌.....        | (221) |
| 一、木霉属.....           | (221) |
| 二、枝孢霉属.....          | (225) |
| 三、毛壳菌属.....          | (226) |
| 四、长蠕孢属.....          | (227) |
| 五、匍柄霉属.....          | (228) |
| 六、脉孢菌属.....          | (229) |
| 七、交链孢属.....          | (231) |
| 八、单端孢霉属.....         | (232) |
| 九、复端孢霉属.....         | (233) |
| 十、枝霉属.....           | (234) |
| 十一、胶霉属.....          | (235) |
| 十二、镰刀菌属.....         | (235) |
| 第三章 商品的霉腐.....       | (237) |
| 第一节 引起商品霉腐的主要因素..... | (237) |
| 一、商品霉腐的内在因素.....     | (237) |
| 二、商品霉腐的外界因素.....     | (239) |
| 第二节 商品霉腐机理.....      | (242) |
| 一、商品霉腐的过程.....       | (242) |
| 二、商品霉腐机理.....        | (244) |
| 第三节 常见的易霉腐商品.....    | (249) |
| 一、含纤维素的商品.....       | (249) |
| 二、含蛋白质的非食品商品.....    | (254) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 三、食品.....                 | (256) |
| 第四章 商品霉腐的防治.....          | (261) |
| 第一节 化学药剂防霉腐.....          | (262) |
| 第二节 气相防霉腐.....            | (281) |
| 第三节 气调防霉腐.....            | (283) |
| 第四节 低温冷藏防霉腐.....          | (289) |
| 第五节 干燥防霉腐.....            | (291) |
| 第六节 其他方法防霉腐.....          | (294) |
| 一、电离辐射防霉腐.....            | (294) |
| 二、紫外线杀菌防霉腐.....           | (246) |
| 三、微波、远红外线、激光和高频电场防霉腐..... | (296) |
| 四、化学浆料代替淀粉浆料.....         | (297) |
| 第七节 霉腐商品的救治.....          | (298) |
| 第三篇 商品虫蛀与防治.....          | (301) |
| 仓库害虫的来源                   |       |
| 第一章 昆虫基础.....             | (301) |
| 第一节 昆虫的外部形态.....          | (301) |
| 一、昆虫的头部及其附器.....          | (302) |
| 二、昆虫的胸部及其附器.....          | (306) |
| 三、昆虫的腹部及其附器.....          | (312) |
| 第二节 昆虫的体壁及其生理.....        | (314) |
| 一、体壁的构造.....              | (314) |
| 二、表皮的化学成分.....            | (315) |
| 三、表皮的渗透性.....             | (320) |
| 四、体壁的内突和外突.....           | (321) |

|     |               |       |
|-----|---------------|-------|
| 第三节 | 昆虫的内部构造及其功能   | (322) |
| 一、  | 消化系统及其功能      | (322) |
| 二、  | 呼吸系统及其功能      | (325) |
| 三、  | 循环系统及其功能      | (329) |
| 四、  | 神经系统及其功能      | (332) |
| 五、  | 昆虫的感觉器官       | (335) |
| 第四节 | 昆虫的生殖、生长和发育   | (338) |
| 一、  | 昆虫的生殖器官       | (338) |
| 二、  | 昆虫的生长发育       | (342) |
| 第五节 | 昆虫的分类         | (345) |
| 一、  | 分类            | (345) |
| 二、  | 昆虫的命名及书写法     | (346) |
| 第二章 | 常见的仓库害虫及其生活习性 | (348) |
| 第一节 | 鞘翅目仓虫的生活习性    | (348) |
| 一、  | 皮蠹            | (348) |
| 二、  | 竹蠹            | (355) |
| 三、  | 谷盗            | (358) |
| 四、  | 蛛甲            | (362) |
| 五、  | 窃蠹            | (364) |
| 六、  | 谷蠹            | (365) |
| 七、  | 天牛            | (366) |
| 第二节 | 鳞翅目仓虫的生活习性    | (367) |
| 一、  | 衣蛾            | (367) |
| 二、  | 卷螟            | (368) |
| 第三节 | 其他仓虫生活习性      | (370) |
| 一、  | 衣鱼            | (370) |
| 二、  | 粉螨            | (371) |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 三、书虱·····                   | (372) |
| 四、米扁虫·····                  | (373) |
| 第三章 商品的蛀蚀·····              | (384) |
| 第一节 羊毛蚕丝织品、天然革制品和毛皮的蛀蚀····· | (384) |
| 一、羊毛织品的蛀蚀·····              | (384) |
| 二、蚕丝织品的蛀蚀·····              | (387) |
| 三、皮革制品的蛀蚀·····              | (388) |
| 四、毛皮的蛀蚀·····                | (389) |
| 第二节 化学纤维织品的蛀蚀·····          | (389) |
| 一、粘胶纤维织品的蛀蚀·····            | (390) |
| 二、合成纤维织品的蛀蚀·····            | (391) |
| 第三节 粮食、干制品的蛀蚀·····          | (395) |
| 第四节 肉品的蛀蚀·····              | (401) |
| 第五节 木材的蛀蚀·····              | (403) |
| 第四章 商品防虫蛀·····              | (409) |
| 第一节 物理防治·····               | (409) |
| 一、高温杀虫·····                 | (409) |
| 二、低温杀虫·····                 | (410) |
| 三、电离辐射防治害虫·····             | (411) |
| 第二节 化学防治·····               | (416) |
| 一、氨基甲酸酯类杀虫剂·····            | (417) |
| 二、常用杀虫剂的毒理作用·····           | (421) |
| 三、昆虫对化学药剂的抗性·····           | (422) |
| 第三节 管理技术防治·····             | (426) |
| 第四节 白蚁防治·····               | (427) |
| 第五节 鼠害防治·····               | (433) |

# 第一篇 仓库通风与空调

## 第一章 湿空气

仓库的通风与空调的任务就是创造一个商品储存所需要的空气环境，为此，就要通过各种手段对空气进行种种处理，如加热、冷却、加湿、减湿、净化等，因而首先要了解空气的组成成分以及空气的物理性质，同时还要熟悉反映空气物理性质的焓湿图，并掌握空气处理过程在焓湿图上的表示方法。

### 第一节 湿空气的组成和物理性质

#### 一、湿空气的组成

环绕地球周围的空气层称为大气，通风与空调中提到的空气，都是指的湿空气，简称空气。绝对干燥的空气在自然界是不存在的。

干空气是由氮、氧、氩、二氧化碳、氦和其它微量气体组成的混合气体。各种气体按重量百分比计算时，其含量如下表：

在湿空气中，水蒸气所占的百分比是不稳定的，常常随季节、气候、湿源等各种条件变化而改变。湿空气中水蒸气的含量虽少，但其变化引起湿空气干、湿程度的改变，对储存商品质量变化影响很大，同时，空气中水蒸气含量的变化又会使湿

| 组 成 气 体                 | 百 分 比 (重量) |
|-------------------------|------------|
| 氮 (N <sub>2</sub> )     | 75.55      |
| 氧 (O <sub>2</sub> )     | 23.10      |
| 二氧化碳 (CO <sub>2</sub> ) | 0.05       |
| 稀有气体 (氦、氖、氩)            | 1.30       |

空气的物理性质随之改变。

大气中干空气的组成比例虽然基本不变，但在局部范围内，可能由于某种气体的混入而改变其组成。通风与空调也可以改变局部范围内的干空气组成比例。

此外，大气中还悬浮有灰尘、烟雾、微生物等，它们将影响空气的清洁度。

## 二、湿空气的状态参数

湿空气的物理性质除和它的组成成分有关，还决定于所处的状态，湿空气的状态参数是用来表示湿空气物理性质的一种物理量，常用的状态参数有温度、压力、湿度、密度、焓等。

在热力学中，我们将常温常压（通风与空调属于此范畴）的干空气视为理想气体，存在于湿空气中的水蒸汽，由于存在过热状态，加之压力低，比容大，数量微少，可以近似地当作理想气体来对待，所以，由于空气和水蒸汽组成的湿空气也应遵循理想气体的规律，其状态参数之间的关系，可以应用下列理想气体状态方程式表示：

$$PV = mRT \quad (1, 1)$$

式中:  $P$ —气体的压力  $\text{N/m}^2$ ;  
 $V$ —气体的总容积  $\text{m}^3$ ;  
 $R$ —气体常数取决于空气的性质  $\text{J/kg} \cdot \text{K}$ ;  
 $T$ —气体的热力学温度  $\text{K}$ ;  
 $m$ —气体的总质量  $\text{kg}$ ;

下面分述通风与空调工程中湿空气的几种常见的状态参数。

### (一) 压力

#### 1. 大气压力

地球表面的空气层在单位面积所形成的压力称为大气压力, 它的单位以帕 (Pa) 或千帕 (KPa) 表示。

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$$

除此以外, 大气压力还有多种使用单位, 如气象上习惯以巴 (bar) 或毫巴 (mbar) 表示, 物理上习惯以标准大气压或物理大气压 (atm) 表示。

大气压不是一个定值, 它随着各个地区的海拔高度的不同而存在差异, 同时还随着季节大气的变化而稍有高低。大气压不同, 空气的状态参数也要发生变化, 因此在设计和运行中使用的一些空气参数, 如果不考虑当地的气压大小, 就会造成一定的误差。

在通风和空调中, 空气的压力是用仪表测出的, 但仪表指示的压力不是空气压力的绝对值, 而是当地大气压力的差值, 称之为工作压力 (过去叫表压力), 它不能代表空气压力的真正大小, 只有空气的绝对压力才是空气的一个基本状态参数, 工作压力与绝对压力的关系为:

$$\text{绝对压力} = \text{当地大气压} + \text{工作压力}$$

凡未指明工作压力的均应理解为绝对压力

## 2. 水蒸汽分压力

所谓气体分压力，就是混合气体中各组分气体单独占有混合气体容积，并具有与混合气体相同的温度所产生的压力。道尔顿定律指出：混合气体的总压力等于各组分气体分压力之和，大气既然是由干空气和水蒸气组成，那么大气压力也就必然是水蒸汽分压力和干空气分压力之和，即：

$$P = P_g + P_q \quad (1.2)$$

式中：P—湿空气压力，即大气压力

$P_g$ —干空气的压力

$P_q$ —水蒸汽的分压力

从分子运动论的观点看，气体分子越多，即撞击容器壁的机会愈多，表现出来的压力也就愈高，因此，水蒸汽分压的大小反映了水蒸汽含量的多少。

### (二) 温度

温度是分子动能的宏观结果。为了度量温度的高低，必须有一个公认的标尺，简称“温标”。

一种是表示热力学温度的开尔文温标，简称开氏温标，符号为 T，单位为 K。它是以气体分子热运动平均动能趋于零的温度为起点，定为 OK，以水的三相点温度为定 点，定义为

273.16K，1K 即为水三相点热力学温度的  $\frac{1}{273.16}$ 。

另一种是目前国际上实用的摄氏温标，符号为 t，单位以  $^{\circ}\text{C}$  表示。摄氏温标 1  $^{\circ}\text{C}$  开氏温标 1 K 的间隔是相 等的，两者的关系为：

$$t = T - 273.15 \approx T - 273$$

式中 273.15 是冰点热力学温度。它比水的三相点热力学温度低 0.01K。

由于分子热运动的结果干空气和水蒸汽处于均匀混合状态，所以湿空气的温度，也就是干空气的温度和水蒸汽的温度，即：

$$T = T_g = T_q$$

温度是通风与空调的一个重要参数，当空气受热后其内部动能增加，即表现为温度的升高。

### (三) 绝对湿度与相对湿度

#### 1. 绝对湿度 (Z)

每立方米的湿空气中所含水蒸汽的重量 (公斤) 称为空气的绝对湿度。

绝对湿度使用起来不方便，因为在水蒸汽蒸发或凝结时，湿空气中的水蒸汽质量是变化的，而且湿空气的容积还随温度变化。因此，即使水蒸汽质量不变，由于湿空气容积的改变，绝对湿度将相应的变化，因而不能确切地反应湿空气中水蒸汽量的多少，而干空气在温度和湿度发生变化时其质量不变，含湿度仅随水蒸汽量而变，因此，它可以方便地度量空气中的水蒸汽量。

#### 2. 含湿量 (d)

每公斤干空气所含有的水蒸汽量称为含湿量 (d)，即

$$d = 1000 \frac{m_q}{m_g} \quad \text{g/kg 空气} \quad (1.3)$$

式中： $m_q$ —湿空气中水蒸汽质量，kg；

$m_g$ —湿空气中干空气质量，kg；

在通风与空调中，含湿量和湿度一样，也是重要参数，在空气的加湿、减湿处理过程中都用含湿量来衡量空气中水蒸汽量的变化。

#### 3. 相对湿度