



中华人民共和国粮食行业标准

LS/T 1202—2002

储粮机械通风技术规程

Technical regulation of aeration for grain storage

2002-05-13 发布

2002-06-01 实施

前 言

本标准是在原商业部 1991 年发布的《机械通风储粮技术规程(试行)》基础上制定的。

本标准代替原商业部 1991 年发布的《机械通风储粮技术规程(试行)》。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为规范性附录。

本标准由国家粮食局提出并归口。

本标准负责起草单位:国家粮食局粮食行政管理司;参加起草单位:南京经济学院、郑州工程学院、国家粮食局成都粮食储藏科学研究所、辽宁粮食科学研究所、云南粮油科学研究所、安徽省粮食局、中国粮油学会。

本标准主要起草人:杨国峰、赵思孟、杨进、姚平、曹毅、李福君、于英威。

储粮机械通风技术规程

1 范围

本标准规定了储粮机械通风的功能、分类、技术条件、操作条件和操作与管理。

本标准适用于各类原粮、油料及非粉类成品粮、半成品粮等储藏过程中的机械通风。

注：本标准涉及粮仓建设方面的内容，应符合国家有关标准、规范。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

LS/T 1201—2002 磷化氢环流熏蒸技术规程

中华人民共和国商业部(87)商储(粮)字第7号《粮油储藏技术规范(试行)》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

储粮机械通风 aeration for grain storage

一定条件的外界气体在通风机产生的压力差作用下沿着粮堆中的空隙穿过粮层，从而改变粮堆内气体介质的参数，调整粮堆温度、湿度等，达到使粮食安全储藏或改善加工工艺品质的目的。

3.2

单位通风量 airflow rate

每小时每吨粮食的通风体积量，用 q 表示，单位为立方米每小时吨 [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{t})$]。

3.3

总通风量 total airflow

单位时间内通过通风系统的空气总体积量，用 Q_{a} 表示，单位为立方米每小时 (m^3/h)。

3.4

通风系统总阻力 total resistance of aeration system

气流通过通风系统时所产生的压力损失，用 H_{a} 表示，单位为帕斯卡 (Pa)。

3.5

空气途径比 air path ration

空气穿过粮层到达粮面的最长路径与最短路径之比，用 K 表示。

4 储粮机械通风的功能

储粮机械通风的功能包括降温通风、降水通风、调质通风和其他功能通风。

4.1 降温通风

降低储粮的温度，主要用于：

- 在低温季节进行通风降低粮温；
- 处理发热粮或高温粮；

c) 降低机械烘干后粮食温度。

4.2 降水通风

降低粮食含水率,提高储粮稳定性。

4.3 调质通风

在粮食加工前,向粮堆内通入高湿度的空气,适当调整粮食水分,以改善粮食加工工艺品质。

4.4 其他功能通风

- a) 平衡粮堆温度、湿度,防止或消除水分转移、分层和结露;
- b) 预防高水分粮发热;
- c) 进行环流熏蒸;
- d) 排除粮堆内异味或实施熏蒸后的散气;
- e) 在高温季节排除仓内空间积热。

5 储粮机械通风的分类

5.1 按通风的范围分类

5.1.1 整体通风

对独立储粮单元(货位)的整体进行通风。

5.1.2 局部通风

对独立储粮单元(货位)的局部进行通风。

5.2 按风网的型式分类

5.2.1 地槽通风系统

粮仓(货位)地坪之下建有固定槽形通风道的通风系统,适用于整体通风。

5.2.2 地上笼通风系统

粮仓(货位)地坪之上敷设笼形通风道的通风系统,适用于整体通风。

5.2.3 移动式通风系统

5.2.3.1 单管通风系统

小型通风机与单个扦插式通风管配套,插入粮堆内进行通风的系统,适用于局部通风或应急通风。

5.2.3.2 多管通风系统

一台通风机带有多个扦插式通风管,插入粮堆内进行通风的系统,适用于局部通风或应急通风。

5.2.4 箱式通风系统

在粮堆内预埋箱型空气分配器的负压通风系统,应结合粮面揭膜方法或配置导风管,适用于小型房式仓的局部通风或整体通风。

5.2.5 径向通风系统

筒状空气分配器竖置于粮堆中央,顶端封闭,使气流沿径向流动的通风系统,适用于筒式仓或粮囤通风。

5.2.6 夹底通风系统

粮仓底部设全开孔底板的通风系统,适用于小型粮仓的整体通风。

5.3 按送风方式分类

5.3.1 压入式通风

通风机正压送风,主要适用于降水通风和粮堆的中、上层发热降温通风。

5.3.2 吸出式通风

通风机负压吸风,主要适用于降温通风、调质通风、预防结露通风等。

5.3.3 压入与吸出相结合式通风

a) 在粮堆风网中,空气输入端由通风机正压送风,空气输出端由另一台通风机负压吸风,适用于粮层较厚、阻力较大的场合通风;

- b) 在通风过程中,一个通风阶段采用压入式通风,另一阶段采用吸出式通风,适用于粮层较厚或水分不易平衡条件下的通风。

5.3.4 环流通风

通风机的空气输入和输出端,分别与粮堆风网的空气输出端和输入端相联接的循环通风系统,适用于环流熏蒸和谷物冷却机冷却通风。

5.4 按气流方向分类

5.4.1 上行式通风

外界空气从底部进入粮堆向上流动,穿过粮层后排出仓外的通风。

5.4.2 下行式通风

外界空气从粮堆表面进入粮堆向下流动,穿过粮层后,由仓底风道排出仓外的通风。

5.4.3 横流式通风

外界空气从粮堆一侧横流穿过整个或部分粮堆后进入另一侧,再排出仓外的通风。适用于仓房跨度小于 15 m 的通风。

5.5 按空气温度调节方式分类

5.5.1 自然空气通风

外界空气不经调节直接送入粮堆的通风。

5.5.2 加热空气通风

外界空气经适当加热升温后送入粮堆的通风,主要适用于降水通风。

5.5.3 冷却空气通风

外界空气经机械制冷后送入粮堆的通风。

5.6 按储粮堆装形式分类

a) 包装粮堆机械通风;

b) 散装粮堆机械通风。

5.7 按通风机械设备类型分类

5.7.1 离心式通风机通风

适用于风网阻力较大状态下的通风。

5.7.2 轴流式通风机通风

适用于风网阻力较小状态下的通风。其中排风扇通风,适用于低风压低速降温通风。

5.7.3 混流式通风机通风

适用于风网阻力适中状态下的通风,其风机压力大于轴流式通风机压力。

5.7.4 谷物冷却机通风

适用于环境空气温湿度较高时的冷却通风。

6 储粮机械通风系统的技术要求

储粮机械通风系统由粮堆、仓房、风网、通风机以及操作控制设备等组成。

6.1 风网设计的基本要求

6.1.1 风道布置应能满足均匀、有效通风的要求,风网工艺宜简单,阻力小。风网中的弯头应采用多环节形式,避免使用直角弯头,弯头的弯曲半径不小于风管直径的 1.5 倍。风网中应尽可能减少弯头、三通等管件的数目。

6.1.2 空气分配系统向粮堆内送风应均匀,风机静压应能克服通风系统的总阻力,通入粮堆的风量应能满足通风目的(降温、降水、调质等)的需要。排风扇与风道进风口不能在同侧。

6.1.3 风道应能承受粮食和机械设备的载荷。通风设备应安全可靠,操作简便。

6.2 风网主要技术参数

6.2.1 总通风量

总通风量 Q_G 由式(1)计算:

$$Q_G = qG = q \cdot V \cdot r \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- Q_G ——总通风量,单位为立方米每小时(m^3/h);
 q ——单位通风量,单位为立方米每小时吨 $[m^3/(h \cdot t)]$;
 G ——粮食的质量,单位为吨(t);
 V ——粮堆的体积,单位为立方米(m^3);
 r ——粮食的容重,单位为吨每立方米(t/m^3)。

6.2.2 单位通风量

6.2.2.1 以降水为主要目的的通风应根据粮食水分不同,选择不低于表1所列最低单位通风量。

表1 最低单位通风量表

粮食水分/%	14	16	18	20
最低单位通风量/ $[m^3/(h \cdot t)]$	25	30	40	60

6.2.2.2 以降温为主要目的的通风推荐选用以下单位通风量:

- a) 房式仓或较矮圆仓通风: $q < 20 m^3/(h \cdot t)$;
 其中低风压缓速降温通风(排风扇通风): $q < 8 m^3/(h \cdot t)$;
 b) 浅圆仓通风: $q < 12 m^3/(h \cdot t)$;
 c) 立筒仓通风: $q < 10 m^3/(h \cdot t)$ 。

6.2.2.3 环流熏蒸通风推荐选用单位风量: $q < 3 m^3/(h \cdot t)$ 。

6.2.3 风道风速

6.2.3.1 主风道风速

主风道风速 v_{\pm} 由式(2)计算:

$$v_{\pm} = \frac{Q_{\pm}}{3600F_{\pm}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- v_{\pm} ——主风道风速,单位为米每秒(m/s);
 Q_{\pm} ——通过主风道的风量,单位为立方米每小时(m^3/h);
 F_{\pm} ——主风道的横截面积,单位为平方米(m^2)。
 主风道风速应控制在12 m/s以下,最大不超过15 m/s。

6.2.3.2 支风道风速

支风道风速 $v_{\text{支}}$ 由式(3)计算:

$$v_{\text{支}} = \frac{Q_{\text{支}}}{3600F_{\text{支}}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- $v_{\text{支}}$ ——支风道风速,单位为米每秒(m/s);
 $Q_{\text{支}}$ ——通过支风道的风量,单位为立方米每小时(m^3/h);
 $F_{\text{支}}$ ——支风道的横截面积,单位为平方米(m^2)。
 支风道风速应控制在6 m/s以下,最大不超过9 m/s。

6.2.4 空气分配器(包括箱式通风的空气分配箱)风速

空气分配器风速 $v_{\text{分}}$ 由式(4)计算:

$$v_{\text{分}} = \frac{Q_{\text{分}}}{3600F_{\text{分}}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$v_{分}$ ——空气分配器风速,单位为米每秒(m/s);

$Q_{分}$ ——通过分配器的风量,单位为立方米每小时(m^3/h);

$F_{分}$ ——分配器开孔面的表面积,单位为平方米(m^2)。

分配器表观风速推荐在 0.1 m/s~0.15 m/s,最大不超过 0.3 m/s。

6.2.5 通风系统总阻力

6.2.5.1 通风系统总阻力主要包括风道阻力、分配器阻力和粮层阻力,由式(5)计算:

$$H_{总} = H_{粮层} + H_{分配器} + H_{风道} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$H_{总}$ ——通风系统总阻力,单位为帕斯卡(Pa);

$H_{风道}$ ——风道阻力,单位为帕斯卡(Pa);

$H_{分配器}$ ——分配器阻力,单位为帕斯卡(Pa);

$H_{粮层}$ ——粮层阻力,单位为帕斯卡(Pa)。

6.2.5.2 散装粮食 $H_{粮层}$ 的计算方法见附录 A。

6.2.5.3 $H_{风道}$ 不宜大于 100 Pa。

6.2.5.4 $H_{分配器}$ 不宜大于 50 Pa。

6.2.5.5 降水通风和调质通风的 $H_{总}$ 不宜大于 1 000 Pa。

6.2.5.6 降温通风的 $H_{总}$ 可由表 2 确定。

表 2 降温通风的 $H_{总}$ 表

堆粮高度/m	通风系统总阻力 $H_{总}$ /Pa
≤6	≤750
≤15	≤2 000
≤20	≤2 400

6.2.5.7 其他通风可参照降温通风选用。

6.2.6 空气途径比

6.2.6.1 降温通风的空气途径比 $K_{降}$ 宜在 1.5~1.8 之间,不宜大于 1.8。

6.2.6.2 降水通风的空气途径比 $K_{水}$ 宜在 1.2~1.5 之间,不宜大于 1.5。

6.2.7 风道长度

地槽、地上笼通风道单程长度不宜超过 25 m。

6.2.8 通风道间距

通风道间距按式(6)计算:

$$L = 2h(K - 1) \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

L ——通风道间距,单位为米(m);

h ——粮层厚度,单位为米(m);

K ——空气途径比。

通风道间距不宜超过 6 m,边侧通风道与侧墙间距不大于 0.5 L。

6.2.9 空气分配器

6.2.9.1 与粮食直接接触的空气分配器,孔板上的通气孔最大尺寸以不漏粮为限。

6.2.9.2 空气分配器应能承受粮食的压力载荷,地槽式风道上的空气分配器还应能承受输送机通过时产生的动静载荷。

6.2.9.3 地槽式风道上的空气分配器开孔率不小于 25%。风道上的空气分配器间隔布置时,分配器间

距不宜大于风道间距,分配器上可增设空气分配网罩,以避免粮粒堵塞孔板,并使气流分配趋于均匀。

6.3 通风机的选择要求

6.3.1 通风机的主要参数

6.3.1.1 通风机的风量

通风机的风量由式(7)计算:

$$Q_{\text{风机}} = S_1 \cdot Q_{\text{单}}' \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$Q_{\text{风机}}$ ——通风机的风量,单位为立方米每小时(m^3/h);

S_1 ——风量系数, $S_1=1.10\sim 1.16$;

$Q_{\text{单}}'$ ——单台通风机计算风量,单位为立方米每小时(m^3/h)。

6.3.1.2 通风机的风压

通风机的风压由式(8)计算:

$$H_{\text{风机}} = S_2 \cdot H_{\text{总}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$H_{\text{风机}}$ ——通风机的风压,单位为帕斯卡(Pa);

S_2 ——风压系数, $S_2=1.1\sim 1.2$ 。

如果风机不是在标准状态(大气压力 101.3 kPa,温度 20℃,相对湿度 50%)下工作,则风机的风压按式(9)计算:

$$H = \frac{\rho}{1.2} H_{\text{风机}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

H ——实际工作状态下的风机风压,单位为帕斯卡(Pa);

1.2——标准状态下的空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

ρ ——实际工作状态下的空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

ρ 由式(10)计算:

$$\rho = 1.293 \times \frac{273}{273 + t} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

t ——空气温度,单位为摄氏度(℃)。

6.3.2 通风机的特性要求

6.3.2.1 所选通风机在额定转速下,由 $Q_{\text{风机}}$ 和 $H_{\text{风机}}$ 确定的工作点应在该通风机标称的工作区间内,并应尽量接近全压效率较高的工作区间中段。

6.3.2.2 所选通风机总效率 $\eta_{\text{总}}$ 应不低于 75%。通风机总效率由式(11)计算:

$$\eta_{\text{总}} = \eta_{\text{风机}} \cdot \eta_{\text{传动}} = \frac{Q_{\text{实}} \cdot H_{\text{实}}}{1\,000 \cdot 3\,600N} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$\eta_{\text{总}}$ ——通风机总效率,%;

$\eta_{\text{风机}}$ ——通风机全压效率,%;

$\eta_{\text{传动}}$ ——机械传动效率,%;

$Q_{\text{实}}$ ——实际测定出的通风机风量,单位为立方米每小时(m^3/h);

$H_{\text{实}}$ ——实际测定出的通风机风压,单位为帕斯卡(Pa);

N ——电动机输入的有功功率,单位为千瓦(kW)。

6.3.3 通风机的的工作环境

- 6.3.3.1 通风机工作环境的温度、含尘、场所等条件应符合所选通风机允许的范围。
 6.3.3.2 通风机工作场所所有防爆、隔爆要求的,所选用通风机应符合有关防爆要求。
 6.3.3.3 用于环流熏蒸的通风机和通风系统应符合 LS/T 1201—2002 的要求。

6.3.4 通风机附件的配置

6.3.4.1 扩散管与收缩管

扩散管与收缩管用于通风机与风道或风道与风道的联结,根据工艺要求设计。采取吸出式通风的扩散管或收缩管(包括等径联接管),应使用强度较高不易变形的材料制作。

6.3.4.2 安全防护网或防护罩

6.3.4.2.1 进行压入式通风作业时,应在通风机进风口安装防护网,设计选择防护网时应尽可能减少空气通过的阻力。

6.3.4.2.2 通风机与电动机采用带式传动的,应在其传动部分设防护罩。

6.3.5 供电线路和配电、启动设备

通风机供电线路和配电、启动设备应按照有关电气安装规范配置,并应保证电气接地完好、可靠。

7 机械通风的操作条件

7.1 降温通风的条件

7.1.1 允许降温通风的条件

7.1.1.1 粮食水分高于当地储粮安全水分进行降温通风时,应符合下列规定。

7.1.1.1.1 允许降温通风的温度条件:

开始通风时: $t_2 - t_1 \geq 8^\circ\text{C}$ (亚热带地区: $t_2 - t_1 \geq 6^\circ\text{C}$);

通风进行时: $t_2 - t_1 > 4^\circ\text{C}$ (亚热带地区: $t_2 - t_1 > 3^\circ\text{C}$)。

t_2 ——粮堆平均温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

t_1 ——仓外大气温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

7.1.1.1.2 允许降温通风的湿度条件:

可按两种方法确定降温通风的湿度条件。

第一种方法:

$$P_{s2} \geq P_{s1}$$

P_{s2} ——即时粮温下的粮食平衡绝对湿度[水蒸气分压,单位为毫米汞柱(mmHg)],粮食平衡绝对湿度的查定方法见附录 B 中的 B.1;

P_{s1} ——即时大气绝对湿度[水蒸气分压,单位为毫米汞柱(mmHg)],大气绝对湿度的查定方法见附录 B 中的 B.1。

注:1 mmHg=0.133 kPa。

第二种方法:

$$\text{RH}_2 \geq \text{RH}_1$$

RH_2 ——粮堆的平衡相对湿度,%,查定方法见附录 B 中的 B.2;

RH_1 ——粮堆温度下空气相对湿度,%,查定方法见附录 B 中的 B.2。

7.1.1.2 粮食水分不高于当地储粮安全水分进行降温通风时,应符合 7.1.1.1.1 的规定,对湿度条件不作要求。

7.1.2 结束降温通风的条件

符合以下条件即应结束降温通风作业:

a) $t_2 - t_1 \leq 4^\circ\text{C}$ (亚热带地区 $t_2 - t_1 \leq 3^\circ\text{C}$);

b) 粮堆温度梯度 $\leq 1^\circ\text{C}/\text{m}$ 粮层厚度,粮堆上层与下层温度差:房式仓 $\leq 3^\circ\text{C}$,浅圆仓一般不大于

10°C ;

c) 粮堆水分梯度 $\leq 0.3\%$ 水分/m 粮层厚度,粮堆上层与下层水分差 $\leq 1.5\%$ 。

7.2 降水通风的条件

7.2.1 降水通风时粮食水分不应超过以下值:

- 早稻谷:16%(亚热带地区:15%);
- 晚稻谷:18%;
- 玉米:20%(亚热带地区:16%);
- 小麦:16%;
- 大豆:18%;
- 油菜籽:10%。

7.2.2 允许降水通风的条件

7.2.2.1 允许降水通风的温度条件:

$$t_2 > t_{L1}$$

t_2 ——粮堆平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_{L1} ——大气露点温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$),大气露点温度的查定方法见附录 B 中的 B.1;

7.2.2.2 允许降水通风的湿度条件:

$$P_{s21} > P_{s1}$$

P_{s21} ——按粮食水分减一个百分点后的水分值和即时大气温度值所查得的平衡绝对湿度,单位为毫米汞柱(mmHg);

P_{s1} ——即时大气绝对湿度,单位为毫米汞柱(mmHg)。

7.2.3 结束降水通风的条件

符合以下规定即应结束降水通风作业:

- 底层压入式通风时,干燥区前沿移出粮面;底层吸出式通风时,干燥区前沿移出粮堆底面;
- 粮堆水分梯度 $\leq 0.5\%$ 水分/m 粮层厚度;
- 粮堆温度梯度 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 粮层厚度。

7.2.4 机械通风以降水为主要目的时,粮堆高度不宜大于 3 m。

7.3 调质通风的条件

7.3.1 允许调质通风的条件

7.3.1.1 允许调质通风的温度条件:

$$a) \quad t_2 > t_{L1}$$

t_2 ——粮堆平均温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

t_{L1} ——大气露点温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

b) 通风后粮堆最高温度不得超过该批粮食增加水分后的安全储存温度。

7.3.1.2 允许调质通风的湿度条件:

$$P_{s22} < P_{s1}$$

P_{s22} ——按粮食水分增加 2.5 个百分点后的水分值和即时大气温度值所查得的平衡绝对湿度,单位为毫米汞柱(mmHg);

P_{s1} ——即时大气绝对湿度,单位为毫米汞柱(mmHg)。

7.3.2 结束调质通风的条件

符合以下规定即应结束调质通风作业:

- 粮堆水分达到预期值——但不得超过安全储存水分;
- 粮堆水分梯度 $\leq 0.5\%$ 水分/m 粮层厚度;
- 粮堆温度梯度 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 粮层厚度。

7.3.3 调质通风宜在粮食加工前进行,粮堆高度一般不宜大于3 m。

8 机械通风的操作与管理

8.1 通风前的准备工作

- 8.1.1 粮食入仓前要全面检查通风系统是否完好,通风道内不得有积水和异物;地上笼通风道的衔接部位要牢固缝合,装粮后风网内不得漏入粮食。
- 8.1.2 采用“一机多风道”的平房仓机械通风系统,应安装风量调节阀,装粮前将各支风道的风量调节均匀。
- 8.1.3 在粮食入仓过程中,要采取减少自动分级的措施,并随时检查通风道在粮食入仓过程中的完好情况,粮食入仓结束后要平整粮面。
- 8.1.4 首次通风前,应对风网送风均匀性和通风机工作状态进行测定。
- 8.1.5 测定粮食的温度、水分以及大气的温度、湿度,并按照7.1、7.2、7.3的规定和附录B给出的方法,判断能否通风。
- 8.1.6 风机与风道口的联接应使用软连接,其连接要牢固、密封;防止通风机反转;采用移动式通风机进行作业时,通风机应放置平稳。
- 8.1.7 根据通风方式的要求打开或关闭门窗,以便于气体的交换,减少通风时仓体的压力载荷或防止气流短路(气流不经过粮堆)。
- 8.1.8 采取揭膜方法进行机械通风时,在通风前应将薄膜覆盖于粮面上,通风机运转后,要检查薄膜的完好情况,对查出的漏气孔隙要及时贴补。
- 8.1.9 在冷却通风的仓外连接管道部分应采取隔热保温措施。

8.2 通风过程的操作与管理

- 8.2.1 机械通风系统的机械和电器的使用管理按现行相关标准和规定执行。
- 8.2.2 多台通风机同时使用时,应逐台单独启动,待运转正常后再启动另一台,严禁几台通风机同时启动;用于储粮通风作业的通风机不允许直接并联或串联使用。
- 8.2.3 采取吸出式通风作业的,其通风机出口要避免直接朝向易损建筑物和人行通道,必要时在通风机出口处安装散风板以改变气流方向。
- 8.2.4 设备自动停机时,应先查清原因,待故障排除后再重新启动;电机升温过高或设备振动剧烈时应立即停机检修;不允许在运转中对通风机及电器设备进行检修。
- 8.2.5 在通风过程中,应随时检查记录各部位粮温变化。对通风后粮温不下降或下降缓慢的死角部位,应采取插入导风管、使用单管或多管通风机组等有效处理方法对其进行散热降温处理,以确保全仓粮温的均匀性。
- 8.2.6 冬季机械通风降温时,若出现粮面或局部结露现象,应继续通风,必要时辅以粮面或粮堆局部翻动,使结露现象逐步消失。
- 8.2.7 箱式通风应采用吸出式通风方式,揭膜要从距风机最远处开始,每次揭膜距离不超过2m,并采取埋设导风管和开侧孔的方法以减少通风死角。
- 8.2.8 在通风过程中,操作管理人员应加强对粮情和设备运行情况的巡回监测,发现问题及时处理。

8.3 通风过程的检查要求

- 8.3.1 通风过程中应对门窗的打开和关闭、通风机的运转和揭膜的完成情况进行检查;采取吸出式通风还应经常观察通风机出口是否有异物或粮粒被吸出,发现问题要及时停机处理。
- 8.3.2 通风开始前、通风进行时和通风结束后的粮情检测项目、测点和取样点的布置均按《粮油储藏技术规范(试行)》中的有关规定执行。
- 8.3.3 检测粮食水分、温度的时间和要求
- 8.3.3.1 降温通风

- a) 温度:每4个小时至少测定一次,并根据粮温、粮食水分、大气温度、大气湿度的变化,按照7.1规定条件判定是否继续通风;
- b) 水分:每个阶段通风结束以后应按照有关规定分层设点检测粮食水分。

8.3.3.2 降水通风

- a) 温度:每8个小时至少测定一次,并根据粮温、粮食水分、大气温度、大气湿度的变化,按照7.2规定条件判定是否继续通风;
- b) 水分:每8个小时分层定点测定一次。

8.3.3.3 调质通风

- a) 温度:每4个小时至少测定一次,并根据粮温、粮食水分、大气温度、大气湿度的变化,按照7.3规定条件判定是否继续通风;
- b) 水分:每隔8个小时测定一次。

8.4 通风结束后的管理

- 8.4.1 关闭门窗,用防潮、隔热物料封闭风道口,在气温回升前做好粮堆的隔热密封工作。
- 8.4.2 通风结束后对移动式通风设备应进行检修、保养和防腐处理并妥善保管,以备再用。
- 8.4.3 按附录C的方法评估本次通风的单位能耗,并按表C.1的格式详细填写《储粮机械通风作业记录卡》。

8.5 对操作管理人员的要求

- 8.5.1 机械通风的操作管理人员应具有一定的机电设备使用、维修和储粮机械通风专业知识,经培训考核合格后方可上岗,并保持相对稳定。
- 8.5.2 机械通风操作管理人员的培训考核工作应根据国家粮食局有关规定,由省级粮食部门组织进行,操作管理人员经考核合格后发给“储粮机械通风操作许可证”。

附 录 A
(规范性附录)
散装粮食的粮层阻力计算方法

A.1 粮层阻力计算公式按式(A.1)计算:

$$H_{\text{粮层}} = 9.8ah(v_{\text{粮面}})^b \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$H_{\text{粮层}}$ ——粮层阻力,单位为帕斯卡(Pa);

a 、 b ——根据粮食种类而变化的系数,见表 A.1;

h ——粮层厚度,单位为米(m);

$v_{\text{粮面}}$ ——粮面表现风速,宜在 0.01 m/s~0.10 m/s 之间,单位为米每秒(m/s)。

表 A.1 粮种系数表

粮种	a	b
小麦	681.399	1.321
玉米	414.04	1.484
稻谷	484.17	1.334
大米	1014.129	1.269
大豆	287.514	1.384
大麦	534.708	1.273
花生	280.414	1.481

A.2 压紧粮堆的粮层阻力,应根据压紧程度,将公式计算所得粮层阻力数值乘以压紧系数 ϕ , ϕ 值一般为 1.30~1.55。

附录 B
(规范性附录)

绝对湿度、相对湿度、露点和空气饱和和水气量查定方法

B.1 湿度与露点的查定方法

图 B.1 为湿度与露点查定示意图。图中纵坐标为绝对湿度 P_s [水蒸气分压, 单位为毫米汞柱 (mmHg)], 横坐标为温度 t (°C); 曲线 P_b 为大气饱和和绝对湿度曲线 (即相对湿度 $RH=100\%$ 的曲线); 其他成组曲线为不同水分含量的粮食的平衡绝对湿度曲线。

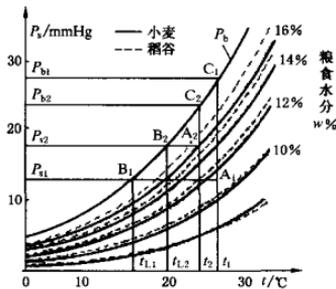


图 B.1 湿度与露点查定示意图

B.1.1 大气绝对湿度与大气露点温度的查定方法

a) 求大气绝对湿度 P_{s1} :

已知大气温度为 t_1 (°C), 相对湿度为 RH_1 ;

在图 B.1 横坐标上引温度等于 t_1 的垂线, 与饱和和绝对湿度曲线 P_b 相交于 C_1 , 过 C_1 点作横坐标的平行线, 与纵坐标交点的坐标值即为温度为 t_1 时的大气饱和和绝对湿度 P_{b1} (mmHg); 大气的绝对湿度 P_{s1} 为: $P_{s1} = P_{b1} \cdot RH_1$;

b) 求大气露点温度 t_{L1} :

在图 B.1 纵坐标上引绝对湿度为 P_{s1} 的直线, 与饱和和绝对湿度曲线 P_b 相交于 B_1 点, 过 B_1 点引横坐标的垂线, 其交点的坐标值即为大气的露点温度 t_{L1} (°C);

c) 求大气状态点:

图 B.1 中温度等于 t_1 的直线与绝对湿度等于 P_{s1} 的直线相交于 A_1 点, 即为此时的大气状态点。

大气状态点、大气绝对湿度和大气露点温度亦可通过图 B.2 直接查出: 在图 B.2 横坐标上引温度

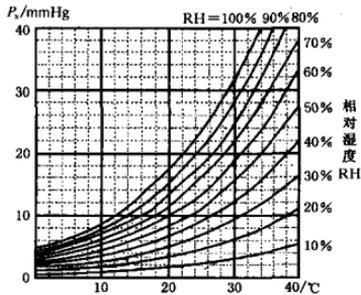


图 B.2 相对湿度绝对湿度换算图

等于 t_1 的垂线,与相对湿度等于 RH_1 的曲线的交点(相当于图 B.1 中的 A_1 点)即为大气状态点;过该点作横坐标的平行线,与纵坐标交点的坐标值即为大气绝对湿度 P_{a1} ;过该平行线与 $RH=100\%$ 的曲线(相当于图 B.1 中的曲线 P_b)的交点(相当于图 B.1 中的 B_1 点)作横坐标的垂线,与横坐标交点的坐标值即为大气露点温度 t_{L1} 。

B.1.2 粮堆的平衡绝对湿度、平衡相对湿度与粮堆露点温度的查定方法

a) 粮堆平衡绝对湿度 P_{a2} 和粮堆状态点:

已知粮堆温度为 t_2 ,粮食水分为 $w\%$:

在图 B.1 横坐标上引温度为 t_2 的垂线,与粮食水分为 $w\%$ (例如图中为水分 16% 的小麦)的平衡绝对湿度曲线相交于 A_2 点, A_2 点即为粮堆状态点;过 A_2 点作横坐标的平行线,与纵坐标交点的坐标值即为粮食的平衡绝对湿度 P_{a2} (mmHg)。

b) 求粮堆的平衡相对湿度 RH_2 :

在图 B.1 横坐标上引温度为 t_2 的垂线,与大气饱和绝对湿度曲线 P_b 相交于 C_2 点,过 C_2 点作横坐标的平行线,与纵坐标交点的坐标值为温度等于 t_2 时的大气饱和绝对湿度 P_{b2} (mmHg),此时粮堆的平衡相对湿度 RH_2 即为:

$$RH_2(\%) = \frac{P_{a2}}{P_{b2}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

c) 求粮堆的露点温度 t_{L2} :

在图 B.1 纵坐标上引绝对湿度等于 P_{a2} 的垂线,与大气饱和绝对湿度曲线 P_b 相交于 B_2 点,过 B_2 点作横坐标的垂线,与横坐标的交点的坐标值即为此时粮堆的露点温度 t_{L2} ($^{\circ}C$)。

B.1.3 不同的粮食品种应选用不同的平衡绝对湿度曲线图作为查定依据,小麦、玉米、稻谷、大米和大豆的平衡绝对湿度曲线图分别见图 B.3~图 B.6。其他品种的粮食可参照类似品种查定。

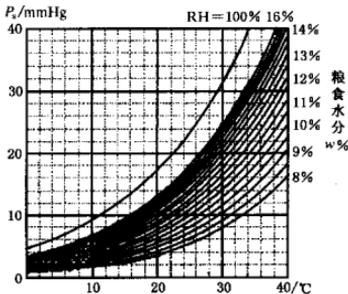


图 B.3 小麦平衡绝对湿度曲线图

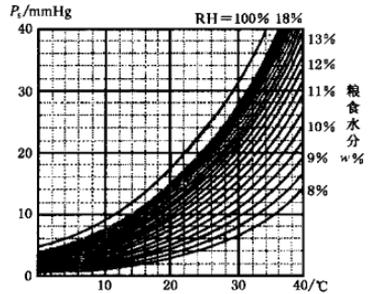


图 B.4 玉米平衡绝对湿度曲线图

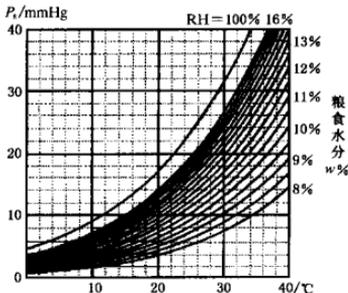


图 B.5 稻谷平衡绝对湿度曲线图

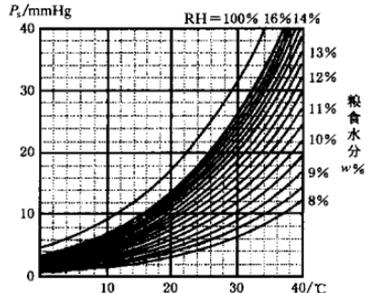


图 B.6 大米平衡绝对湿度曲线图

B.2 粮堆的平衡相对湿度 $RH_2(\%)$ 和空气的饱和水气量查定方法B.2.1 粮堆的平衡相对湿度 $RH_2(\%)$

粮堆的平衡相对湿度 $RH_2(\%)$ 可根据表 B.1 查定。

表 B.1 各种温度、相对湿度下不同粮食的平衡水分/%

粮种	粮温 ℃	在以下空气相对湿度($RH_2, \%$)下粮食的平衡水分/%																	
		解 吸									吸 附								
		20	30	40	50	60	70	80	90	20	30	40	50	60	70	80	90		
小麦	35	7.2	8.5	9.9	11.3	12.6	14.1	16.1	19.2	5.6	6.9	8.3	9.7	11.3	13.0	14.9	19.2		
稻谷	35	7.0	8.6	9.9	11.2	12.6	14.1	15.6	18.1	6.2	7.5	8.8	10.0	11.5	12.9	14.7	17.6		
大米	35	7.6	9.1	10.5	11.8	13.2	14.4	16.1	18.5	7.0	8.3	9.6	10.8	12.2	13.5	15.2	18.0		
玉米	35	7.5	8.9	10.2	11.6	12.9	14.3	16.2	19.0	6.5	7.6	8.8	10.1	11.6	13.2	15.6	19.1		
大豆	35	5.0	5.9	6.8	8.1	9.8	12.0	15.8	22.6	4.0	5.1	6.3	7.9	9.7	12.0	15.8	22.6		
小麦	30	7.6	8.9	10.3	11.7	13.1	14.6	16.5	19.7	5.9	7.2	8.6	10.1	11.6	13.3	15.2	19.5		
稻谷	30	7.4	9.0	10.4	11.7	13.0	14.5	16.0	18.5	6.5	7.8	9.0	10.3	11.7	13.1	14.9	17.8		
大米	30	8.0	9.6	10.8	12.2	13.5	14.8	16.5	18.8	7.2	8.6	9.8	11.1	12.4	13.8	15.5	18.2		
玉米	30	7.9	9.3	10.6	12.0	13.3	14.7	16.6	19.4	6.7	7.8	9.0	10.3	11.9	13.4	15.8	19.3		
大豆	30	5.3	6.2	7.2	8.4	10.1	12.4	16.1	22.9	4.4	5.4	6.5	8.1	9.9	12.2	16.1	23.0		
小麦	25	8.0	9.4	10.8	12.1	13.5	15.0	16.9	20.1	6.2	7.5	8.9	10.3	11.9	13.6	15.5	19.8		
稻谷	25	7.8	9.4	10.8	12.1	13.5	14.9	16.5	19.0	6.7	8.0	9.2	10.5	11.9	13.4	15.2	18.1		
大米	25	8.4	9.9	11.2	12.6	13.9	15.2	16.8	19.2	7.5	8.8	10.1	11.4	12.7	14.1	15.8	18.5		
玉米	25	8.3	9.7	11.0	12.3	13.7	15.1	16.9	19.8	6.9	8.1	9.3	10.6	12.1	13.7	16.1	19.6		
大豆	25	5.6	6.5	7.5	8.7	10.5	12.7	16.4	23.2	4.6	5.5	6.7	8.3	10.1	12.4	16.3	23.4		
小麦	20	8.5	9.8	11.2	12.6	13.9	15.5	17.4	20.5	6.5	7.8	9.2	10.7	12.2	13.9	15.8	20.1		
稻谷	20	8.2	9.8	11.2	12.5	13.9	15.4	16.9	19.4	6.9	8.2	9.4	10.7	12.2	13.6	15.4	18.3		
大米	20	8.8	10.3	11.6	12.9	14.3	15.5	17.2	19.5	7.7	9.1	10.4	11.6	12.9	14.3	16.0	18.7		
玉米	20	8.6	10.0	11.4	12.7	14.0	15.5	17.3	20.2	7.2	8.3	9.5	10.9	12.4	14.0	16.3	19.8		
大豆	20	6.0	6.9	8.0	9.1	10.9	13.0	16.7	23.5	4.7	5.7	6.9	8.5	10.3	12.6	16.5	23.6		
小麦	15	8.9	10.3	11.6	13.0	14.4	15.9	17.8	21.0	6.8	8.1	9.5	11.0	12.5	14.2	16.2	20.4		
稻谷	15	8.6	10.2	11.6	12.9	14.3	15.7	17.3	19.8	7.1	8.4	9.6	11.0	12.4	13.8	15.6	18.5		
大米	15	9.2	10.7	12.0	13.3	14.6	15.9	17.6	20.0	8.0	9.4	10.6	11.9	13.2	14.6	16.3	19.0		
玉米	15	8.9	10.3	11.7	13.0	14.3	15.8	17.7	20.5	7.4	8.6	9.8	11.1	12.6	14.2	16.7	20.1		
大豆	15	6.2	7.2	8.2	9.4	11.2	13.3	17.1	23.9	5.0	6.0	7.2	8.7	10.6	12.9	16.7	23.8		
小麦	10	9.4	10.7	12.1	13.4	14.8	16.3	18.3	21.4	7.1	8.4	9.8	11.3	12.8	14.5	16.5	20.7		
稻谷	10	9.1	10.6	12.1	13.4	14.7	16.2	17.8	20.2	7.4	8.7	9.9	11.2	12.6	14.1	15.9	18.8		
大米	10	9.6	11.1	12.4	13.7	15.0	16.3	18.0	20.4	8.3	9.6	10.9	12.1	13.4	14.8	16.6	19.3		
玉米	10	9.4	10.8	12.1	13.5	14.8	16.2	18.1	20.9	7.7	8.8	10.1	11.4	12.9	14.4	16.9	20.4		

表 B.1(续)

粮种	粮温 ℃	在以下空气相对湿度(RH ₂ ,%)下粮食的平衡水分/%															
		解 吸								吸 附							
		20	30	40	50	60	70	80	90	20	30	40	50	60	70	80	90
大豆	10	6.6	7.6	8.5	9.7	11.5	13.7	17.4	24.2	5.2	6.2	7.4	8.9	10.8	13.1	16.9	24.0
小麦	5	9.8	11.1	12.5	13.9	15.2	16.7	18.7	21.9	7.4	8.7	10.1	11.6	13.1	14.8	16.8	21.0
稻谷	5	9.5	11.1	12.5	13.8	15.2	16.6	18.1	20.7	7.6	8.9	10.1	11.4	12.9	14.3	16.1	19.0
大米	5	9.9	11.5	12.8	14.1	15.4	16.7	18.4	20.7	8.5	9.9	11.1	12.4	13.7	15.1	16.8	19.6
玉米	5	9.8	11.2	12.5	13.9	15.2	16.6	18.4	21.3	7.9	9.1	10.3	11.6	13.1	14.7	17.1	20.6
大豆	5	6.9	7.9	8.9	10.1	11.8	14.0	17.7	24.5	5.4	6.4	7.6	9.2	11.0	13.3	17.2	24.2
小麦	0	10.2	11.6	13.0	14.3	15.7	17.2	19.1	22.3	7.7	9.0	10.4	11.9	13.4	15.1	17.1	21.3
稻谷	0	9.9	11.5	12.9	14.2	15.6	17.1	18.6	21.1	7.8	9.1	10.4	11.7	13.1	14.6	16.4	19.3
大米	0	10.4	11.8	13.1	14.5	15.8	17.1	18.8	21.1	8.7	10.1	11.4	12.6	14.0	15.4	17.1	19.8
玉米	0	10.2	11.5	12.9	14.2	15.6	17.0	18.8	21.7	8.2	9.3	10.5	11.9	13.4	15.0	17.4	20.9
大豆	0	7.3	8.2	9.2	10.4	12.2	14.4	18.0	24.9	5.6	6.6	7.8	9.4	11.2	13.5	17.4	24.4

B.2.2 粮堆温度下空气的相对湿度 RH₁(%)

粮堆温度下空气的相对湿度 RH₁ 由式(B.2)计算:

$$RH_1 = \frac{\text{仓外温度下大气饱和水气量} \times \text{仓外大气相对湿度} \%}{\text{粮堆温度下空气的饱和水气量}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

仓外温度下大气的饱和水气量和粮堆温度下空气的饱和水气量见表 B.2。

表 B.2 不同温度的大气和空气的饱和水气量

温度 ℃	饱和水气量 g/m ³						
-10	2.363	3	5.922	16	13.504	29	28.447
-9	2.548	4	6.330	17	14.338	30	30.036
-8	2.741	5	6.761	18	15.217	31	31.702
-7	2.949	6	7.219	19	16.143	32	33.446
-6	3.171	7	7.703	20	17.117	33	35.272
-5	3.407	8	8.215	21	18.142	34	37.183
-4	3.658	9	8.857	22	19.220	35	39.183
-3	3.926	10	9.329	23	20.353	36	41.274
-2	4.211	11	9.934	24	21.544	37	43.461
-1	4.513	12	10.574	25	22.795	38	45.746
0	4.835	13	11.249	26	24.108	39	48.133
1	5.176	14	11.961	27	25.486	40	50.625
2	5.536	15	12.712	28	26.931		

附录 C

(规范性附录)

机械通风的单位能耗评估方法

C.1 降温通风的单位能耗

C.1.1 降温通风的单位能耗可用式(C.1)计算,其值越小,效率越高:

$$E_t = \frac{\Sigma W_t}{(t_{初} - t_{终})G} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

 E_t ——降低粮温的单位能耗,单位为千瓦小时每吨摄氏度 $[\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})]$; ΣW_t ——降温通风实际累计耗电量,单位为千瓦小时 $(\text{kW} \cdot \text{h})$; $t_{初}$ ——通风前粮堆平均温度,单位为摄氏度 $(^\circ\text{C})$; $t_{终}$ ——通风结束后 24 h 粮堆平均温度,单位为摄氏度 $(^\circ\text{C})$; G ——被通风的粮食质量,单位为吨 (t) 。

C.1.2 降温通风的单位能耗要求:

- 地槽通风: $E_t \leq 0.075 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$;
- 地上笼通风: $E_t \leq 0.04 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$;
- 单管、多管通风: $E_t \leq 0.10 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$;
- 箱式通风: $E_t \leq 0.08 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$;
- 低压缓速降温通风(风扇式通风): $E_t \leq 0.01 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$;
- 冷却通风: $E_t \leq 0.8 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

C.2 降水通风的单位能耗

C.2.1 降水通风的单位能耗可用式(C.2)计算,其值越小,效率越高:

$$E_w = \frac{\Sigma W_w}{(w_{初} - w_{终})} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

 E_w ——降低粮食水分的单位能耗,单位为千瓦小时每百分之一水分吨 $[\text{kW} \cdot \text{h}/(1\% \text{水分} \cdot \text{t})]$; ΣW_w ——降水通风实际累计耗电量,单位为千瓦小时 $(\text{kW} \cdot \text{h})$; $w_{初}$ ——降水通风前粮堆的平均水分, %; $w_{终}$ ——降水通风结束后 48 h 粮堆平均水分, %。

C.2.2 降水通风的单位能耗要求:

- 玉米降水: $E_w \leq 2.0 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1\% \text{水分} \cdot \text{t})$;
- 稻谷降水: $E_w \leq 2.5 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1\% \text{水分} \cdot \text{t})$;
- 大豆降水: $E_w \leq 2.5 \text{ kW} \cdot \text{h}/(1\% \text{水分} \cdot \text{t})$ 。

C.3 调质通风的单位能耗

调质通风的单位能耗可用式(C.3)计算,其值越小,效率越高:

$$E_w = \frac{\Sigma W_w}{(w_{终} - w_{初})} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

E_w ——调质增加粮食水分的单位能耗,单位为千瓦时每百分之一水分吨[$\text{kW} \cdot \text{h}/(1\% \text{水分} \cdot \text{t})$];

ΣW_w ——调质通风实际累计耗电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

$w_{\text{初}}$ ——调质通风前粮堆平均水分,%;

$w_{\text{终}}$ ——调质通风结束后 48 h 粮堆平均水分,%。

表 C.1 储粮机械通风作业记录卡

省(市) 县(市) 库(站) 仓(货位)号

仓型				尺寸		
粮食种类				数量/t		
通风目的				实际装粮高度/m		
风机类型及型号				送风方式(吸/压)		
风网总阻力/Pa				气流(上行/下行)		
总风量/(m^3/h)				单位通风量/[$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{t})$]		
风机功率/kW						
粮面表观风速/(m/s)				理论值:		
				测试值:		
风网布置	地槽或地上笼				开始通风时间	
	地槽或地上笼尺寸				停机时间	
	空气途径比				结束通风时间	
	孔板开孔率				累计通风时间/h	
通风时参数		最高值	最低值	平均值	粮温和水分最大梯度/ $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 粮层厚度和 $\%/\text{m}$ 粮层厚度]	
大气温度/ $^{\circ}\text{C}$						
大气湿度/RH%						
粮食温度 $^{\circ}\text{C}$	通风前					
	通风后					
粮食水分 %	通风前					
	通风后					
总耗电/ $\text{kW} \cdot \text{h}$				单位能耗/[$\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot \text{t})$]		
操作人(签章)				负责人(签章)		
备注						