



中华人民共和国粮食行业标准

LS/T 1226—2022

粮库智能通风控制系统

Intelligent ventilation system for grain storage facility

2022-07-18 发布

2023-01-18 实施

国家粮食和物资储备局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 数据采集技术要求	2
5 智能通风控制系统硬件技术要求	3
6 智能通风控制系统软件技术要求	5
7 通风控制技术要求	7
附录 A (资料性) 智能通风控制系统软件数据结构	9
附录 B (资料性) 通风控制条件	11
参考文献	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由国家粮食和物资储备局提出。

本文件由全国粮油标准化技术委员会(SAC/TC 270)归口。

本文件起草单位：河南工业大学、成都比斯特科技有限责任公司、国家粮食和物资储备局科学研究院、中储粮成都储藏研究院有限公司、安徽建筑大学、山东鲁粮集团有限公司。

本文件主要起草人：甄彤、吕宗旺、丁伟、林荣华、邬昌荣、祝玉华、赵会义、赵小军、薛德军、李智慧、肖勋、赫振方、吴建军、马海华、陈卫东、王艳艳、葛宏义、肖乐、孙福艳、闫磊、许德刚、杨卫东、李歆。

粮库智能通风控制系统

1 范围

本文件规定了粮库智能通风控制系统的数据采集、系统硬件和软件功能、通风控制技术要求等。
本文件适用于散装原粮储藏过程中的通风智能控制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3482 电子设备雷击试验方法

GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第 1 部分:通用要求

GB/T 9813 微型计算机通用规范

LS/T 1202 储粮机械通风技术规程

LS/T 1707.2 粮食信息分类与编码 粮食仓储 第 2 部分:粮情检测分类与代码

LS/T 1809 粮油储藏 粮情测控通用技术要求

LS/T 1810 粮油储藏 粮情测控分机技术要求

LS/T 1812 粮油储藏 粮情测控信息交换接口协议技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能通风 intelligent ventilation

根据通风目的和通风控制数学模型,自动检测粮情和判断通风条件,自动捕捉通风时机,自动控制通风设备与设施的开启和关停的通风方式。

3.2

智能通风硬件设备 hardware devices of intelligent ventilation system

完成智能通风的执行机构和电器设备,主要由传感器、测温电缆、风机、执行机构、自动通风口、自动通风窗、检测主机、测控模块或一体化测控终端(智能测控终端)和上位机等组成。

3.3

执行机构 actuator

安装于现场,通过机械行程运动打开/关闭通风窗(通风口)的装置。

3.4

测控模块 measure-control module

具有根据上位机指令控制相关设备、设施并反馈设备、设施工作状态功能的集成电路装置。

3.5

自动通风口 automatic ventilation duct

通过执行机构和控制装置,能自动打开/关闭的通风口。

3.6

自动通风窗 automatic ventilation window

通过执行机构和控制装置,能自动打开/关闭的通风窗。

3.7

智能通风控制系统软件 automatic control software for intelligent ventilation system

为实现智能通风控制系统的数据检测、显示、数据分析、数据存储、报表打印、智能决策和设备控制等功能而编写的所有程序、规则和相关文档的集合。

3.8

智能决策 intelligent decision

根据仓房类型、风网类型、风机类型、工作方式、粮情、露点温度、储粮生态区域等一系列决策变量,自动判断出适合当前条件的最佳通风目的与通风方式的决策功能。

3.9

通风控制数学模型 mathematical model of ventilation control

判断通风开始、停止(暂停)作业的所有关系条件的集合。

4 数据采集技术要求

4.1 数据类型

4.1.1 粮情数据包括气温、气湿、仓温、仓湿、粮温、粮堆湿度、粮食水分、进(出)风温湿度等。

4.1.2 气象数据包括气压、风速、风向、天气实时情况与雨雪量等。

4.1.3 通风设备实时运行状态包括通信状态、位置状态、故障信息等。

4.1.4 粮情测控系统数据格式及接口应符合 LS/T 1812 的规定。

4.2 数据采集

4.2.1 库区气温湿传感器布置不少于1个检测点,仓(廩间)温湿传感器布置不少于1个检测点,其他检测点及部署按 LS/T 1809 执行。

4.2.2 每仓(廩间)通风设备实时运行状态采集包括所有能自动控制的轴流风机、混流风机、离心风机、自动通风窗、自动轴流机窗、自动通风口的实时运行状态。

4.2.3 每仓(廩间)自动通风口内配置不少于1个温湿度传感器以检测进(出)风温湿度,每仓(廩间)自动轴流机窗内配置不少于1个温湿度传感器以检测进(出)风温湿度。

4.3 数据获取技术要求

4.3.1 智能通风控制系统的数据采用实时数据。

4.3.2 粮情数据由粮情测控系统实时采集。

4.3.3 粮食水分实时数据由人工输入或由粮情测控系统提供。

4.3.4 通风设备状态数据由通风控制系统实时采集。

4.4 采集频率技术要求

4.4.1 粮温、粮食水分和粮堆湿度采集频率不小于1次/30 min。

4.4.2 仓温、仓湿、气温、气湿、进(出)风温湿度和气象数据采集频率不小于1次/5 min。

4.4.3 通风设备状态采集频率不小于 1 次/5 min。

4.5 数据分析

4.5.1 分析内容

4.5.1.1 数据真实性和准确性分析。剔除错误数据、异常数据、虚假数据,筛选有效数据。

4.5.1.2 通风条件及效果分析。根据有效数据,确定通风条件,判断通风效果。

4.5.2 分析方法

4.5.2.1 数据真实性和准确性分析由智能通风控制系统软件自动完成。

4.5.2.2 数据真实性分析采用对比分析法,包括历史数据对比、温度梯度对比。

4.5.2.3 数据准确性分析采用重复分析法,包括漂移度对比、人工检测对比。

4.5.2.4 通风条件及效果分析由智能通风控制系统软件自动完成。

4.5.2.5 数据分析结果可辅以人工确认。

5 智能通风控制系统硬件技术要求

5.1 系统组成

智能通风控制系统的硬件组成部分,主要由传感器、测温电缆、风机、执行机构、自动通风口、自动通风窗、检测主机、测控模块或一体化测控终端(智能测控终端)和上位机等组成。

5.2 上位机

5.2.1 符合 GB/T 9813 要求的工业控制计算机或商用计算机。支持 24 h 不间断工作。

5.2.2 外部断电后,UPS 电源继续供电,上位机能自动关机以保护设备安全与软件运行安全。

5.2.3 具备定时自动关机、定时自动开机的功能。

5.2.4 能与小型气象站通信,获取气温、气湿、气压、风速、风向和雨雪情况及雨量。

5.3 检测主机

5.3.1 具有与上位机和测控模块或一体化测控终端(智能测控终端)双向通信功能,通信协议符合 LS/T 1812 的技术要求,具有防雷功能。

5.3.2 支持粮情检测、智能通风系统设备控制与实时运行状态检测、环流系统设备控制与实时运行状态检测、制冷设备控制与实时运行状态检测、气调系统控制与实时运行状态检测。

5.4 测控模块

5.4.1 包含通信模块、温湿度检测模块、信号检测模块、设备自动控制模块、用电安全保护部分等。

5.4.2 自动控制轴流风机、混流风机、离心风机、自动通风窗、自动轴流机窗、自动通风口等设备并获取该设备实时运行状态。

5.4.3 为智能通风控制系统软件提供统一的控制硬件接口、统一的通信协议标准。

5.4.4 可为智能通风控制系统软件提供准确的仓温、仓湿、气温和气湿实时数据。

5.4.5 通信接口为 RS232、RS485 或其他现场总线。

5.4.6 输出、输入控制点数应满足控制需要,可扩展。

5.4.7 输出或输入响应时间不大于 1 s。

5.4.8 具有信号互锁、顺序输出、延时控制等可编程功能。

5.5 一体化测控终端(智能测控终端)

5.5.1 复杂智能通风控制系统,每个仓(廒间)原则上设置 1 台一体化测控终端(智能测控终端),根据仓型大小及控制对象数量。也可每个仓(廒间)前后各设置 1 台一体化测控终端(智能测控终端),不再安装检测主机和测控模块。

5.5.2 具备 5.3、5.4 规定的检测主机和测控模块的功能要求,符合 GB 4793.1 规定的安全要求。

5.5.3 可采用现场集中控制或现场分散(总线)式控制。

5.5.4 应有通风设备与设施运行状态指示。

5.5.5 具备现场手动和自动操作功能,应有手动与自动转换按钮。

5.5.6 控制柜柜体应为 304 不锈钢材质,304 不锈钢材质壳体壁厚不低于 1.5 mm,柜体应为双层门,内门具有绝缘保护措施且符合 GB 4793.1 规定的安全要求,外壳防护等级 IP54 以上,符合 GB 4208 的规定要求。

5.5.7 应有设备过压、过流、过热、漏电、高温、抗凝冻保护装置。安全防护等级要求与抗干扰性要求应符合 LS/T 1810 的要求。

5.5.8 具备逻辑顺序控制能力。对于同位置的轴流机窗与轴流风机:打开轴流机窗且成功后,再启动轴流风机;停机轴流风机且成功后,再关闭轴流机窗。对于同位置的嵌入式混流风机与通风口:打开通风口且成功后,再启动混流风机;停机混流风机且成功后,再关闭通风口。对于同位置的移动式离心风机(或混流风机)与通风口:通风口保持打开状态,移动式离心风机(或混流风机)再启动。

5.5.9 具备的扩展功能应包括:

- 虫、气、粮食数量、能耗检测功能。
- 智能控制仓内照明、检测仓门实时状态的功能。
- 自动控制环流风机、环流管道电动阀并检测实时运行状态的功能。
- 自动控制空调或谷冷机并检测实时运行状态的功能。
- 自动控制充气电动阀、排气电动阀、废气回收电动阀并检测实时运行状态的功能。

5.5.10 应具备良好的安全保护能力和接地保护措施。符合 GB/T 3482 规定的测试要求。

5.6 自动执行机构

5.6.1 自动执行机构传动方式为气动、液压、电动或绳式牵引等。

5.6.2 要求具备手动/自动控制一体化能力,遇通信故障、电气故障、停电故障时,可手动开关通风口或通风窗。

5.7 风机

5.7.1 风机的要求及配置参照 LS/T 1202。

5.7.2 排积热通风单位风量应在仓内空间空气置换效率为 4 次/h~8 次/h。

5.7.3 高寒干燥储粮区、低温干燥储粮区、低温高湿储粮区、中温干燥储粮区机械通风主要采用仓墙轴流风机。风机数量根据储粮生态条件选择 2 台~4 台。

5.7.4 中温高湿储粮区、中温低湿储粮区机械通风降温可采用中压大风量风机。

5.7.5 高温高湿储粮区机械通风降温可采用中压大风量风机。

5.8 自动通风窗(自动轴流机窗)

5.8.1 执行机构参照 5.6。

5.8.2 开启和关闭能及时到位,并有限位保护和信号反馈装置。

5.8.3 自动通风窗开启角度不小于 100°,自动轴流机窗开启角度不小于 90°。

5.8.4 自动通风窗(自动轴流机窗)控制数量应满足全仓通风和仓间排积热需求。

5.8.5 具备隔热密闭要求。

5.9 自动通风口

5.9.1 执行机构参照 5.6。

5.9.2 开启和关闭能及时到位,并有限位保护和信号反馈装置。

5.9.3 房式仓自动通风口开启角度不小于 100° ,筒仓顶部自动通风口开启角度不小于 90° 。

5.9.4 房式仓自动通风口自动开启或关闭的时间不大于 30 s,筒仓顶部自动通风口自动开启或关闭的时间不大于 60 s。

5.9.5 具备隔热密闭要求。

6 智能通风控制系统软件技术要求

6.1 通风目的管理

6.1.1 能适应机械通风的不同功能作用划分,参照 LS/T 1202。

6.1.2 能适应不同的风网类型,包括竖向通风系统、横向通风系统。

6.1.3 能适应不同的风机种类,包括轴流风机、混流风机、离心风机。

6.1.4 能适应不同的风机工作方式,包括吸出式通风、压入式通风。

6.1.5 能进行通风目的属性管理,包括从属关系(如竖向通风全仓降温分为上行式通风和下行式通风,全仓降温通风可分为顺温差降温和逆温差保水降温)、决策属性(如同级优选模型匹配、通风目的的真伪性等)、关联属性(如通风目的与数学控制模型对应管理、通风目的与作业策略对应管理)。

6.2 设备管控

6.2.1 具备新增、修改、删除自动通风设备(轴流风机、混流风机、离心风机、自动通风窗、自动轴流机窗、自动通风口)的功能。

6.2.2 具备管理自动通风设备属性(受控的测控模块号、受控的自动控制单元号、设备编号、设备类型、设备名称、安装位置、额定交流电流、额定转速、额定功率、额定风量、摩擦升温能力、工作方式等)的功能。

6.2.3 具备创建新设备种类,不需要重新软件开发即可扩容自动化设备种类的功能。

6.2.4 具备打开/关闭自动通风窗、自动轴流机窗、自动通风口、轴流风机、混流风机、离心风机并监测实时运行状态的功能。

6.2.5 具备按照设备间的控制逻辑顺序自动控制自动通风设备的功能。

6.2.5.1 自动轴流机窗开优先,开到位后再启动轴流风机;轴流风机关优先,确认停机后再关闭自动轴流机窗。

6.2.5.2 自动通风口开优先,开到位后再启动内置混流风机;内置混流风机关优先,确认停机后再关闭自动通风口。

6.2.5.3 通风口始终开到位状态,启动/停机离心风机。

6.2.6 具备批量控制自动通风设备的功能。

6.2.7 具备设备禁止操作设置的功能。

6.2.8 具备集中管理具有自动化控制功能的通风设施设备、环流设备、制冷设备、气调设备,达到协作控制的功能。

6.2.9 具备分时控制多个仓房通风设施设备的功能。

6.2.10 具备异常天气紧急停机和短信或移动应用 APP 通知功能。

6.2.11 具备设施设备状态异常报警功能。

6.3 作业策略管理

6.3.1 具备通风前控制环流设备、制冷设备、气调设备等与智能通风冲突的设备的功能。

6.3.2 具备控制适合数量的自动通风设备实现通风作业的功能。

6.3.3 具备控制适合数量的自动通风设备停止(暂停)通风的功能。

6.3.4 依据仓型、设备种类、设备安装位置、设备数量,后台程序自动配置全仓通风的作业策略的功能。

6.3.5 软件界面具备人工配置不同通风目的作业策略的功能。

6.4 自动控制流程

6.4.1 提供智能决策依据的功能,包括仓房类型、风网类型、风机类型、工作方式、粮情、露点温度、储粮生态区域等。

6.4.2 具备通风前关闭具有自动化控制功能的环流设备、制冷设备和气调设备的功能。

6.4.3 具备根据智能决策结果、实时粮情、设置参数和通风控制数学模型,自动判断能否开始通风作业的功能。

6.4.4 具备根据作业策略控制通风设备(或执行机构),开始通风作业的功能。

6.4.5 具备通风作业过程中获取实时粮情和设置参数,依据通风控制数学模型自动判断能否继续通风作业的功能。

6.4.6 具备不能继续通风时根据作业策略,控制通风设备(或执行机构),停止(暂停)通风的功能。

6.5 通风控制数学模型

6.5.1 数学模型中的控制参数采用开放性设置,用户能进行修改。

6.5.2 数学模型能适应不同的储粮生态区域。

6.5.3 数学模型涵盖温差控制、湿度控制、结露控制等方式。

6.5.4 通风控制条件见附录 B。

6.6 定时通风作业

6.6.1 具备用户选择通风目的和调用作业策略的功能。

6.6.2 具备用户配置通风作业时间段的功能。

6.6.3 具备用户配置开始通风作业和停止通风作业的控制条件,控制条件能满足温差控制、湿度控制、结露控制等方面的配置的功能。

6.7 通风数据管理

6.7.1 数据分析

6.7.1.1 具备分时分析多个仓房粮情数据的功能。

6.7.1.2 根据粮情有效数据,判断通风作业条件满足与否。

6.7.1.3 通风条件判定及效果分析由智能通风控制软件自动完成。

6.7.2 数值计算

6.7.2.1 软件能自动计算、显示空气绝对湿含量、湿空气焓值、湿空气比容、空气露点。

6.7.2.2 软件宜具备自动计算、显示粮食水分减量、单位能耗等辅助功能。

6.7.3 数据存储与检索

6.7.3.1 具备存储实时数据的功能。

6.7.3.2 具备检索实时和历史数据的功能。

6.7.4 数据统计和显示

6.7.4.1 全程记录通风数据,包括实时粮情、条件性判断结果、开始通风时间、停止通风时间、工作设备数量等。

6.7.4.2 具备统计通风时间、通风次数、单位能耗、水分增减等功能。

6.7.4.3 具备自动分析通风效果的功能。

6.7.4.4 具备显示、打印实时数据、通风作业记录卡和图表的功能。

6.7.5 其他

6.7.5.1 按 LS/T 1707.2 的规定,采用统一的标准数据结构,见附录 A。

6.7.5.2 具备单机运行和网络运行功能。

7 通风控制技术要求

7.1 控制方式

7.1.1 要求自动控制,且应具备现场手动辅助控制功能。

7.1.2 根据建设需求采用集中式控制或分散式控制。

7.2 通信方式

7.2.1 测控模块或一体化测控终端(智能测控终端)与上位机间的通信可采用无线通信或有线通信。

7.2.2 现场集中式控制,测控模块或一体化测控终端(智能测控终端)与设备之间宜采用有线通信方式。

7.2.3 现场分散式控制,测控模块或一体化测控终端(智能测控终端)与设备之间宜采用总线式或无线通信方式。

7.3 安全要求

7.3.1 供电系统应有良好的接地及漏电保护。

7.3.2 传动机构应有安全防护装置及良好的防尘、防雨、防冻措施,有线控制应注意防鼠害。

7.3.3 具备有效的防雷措施。

7.4 硬件状态

7.4.1 不同通风方式硬件设备状态表

见表 1。

表 1 不同通风方式硬件设备状态表

通风方式		设备状态		
		窗户	通风口	风机
自然通风降低表层粮温		开	关	关
机械通风降低 整仓粮温	轴流风机	关	开	开
	通风口风机	开	开	开
排积热通风		远端开	关	开

7.4.2 硬件设备控制逻辑秩序表

见表 2。

表 2 硬件设备控制逻辑秩序表

通风方式		设备启动逻辑秩序
自然通风降低表层粮温	开始通风	开窗户、窗户开启到位、开风机、风机开启
	结束通风	关风机、风机关闭、关窗户、窗户关闭到位
轴流风机通风降低整仓粮温	开始通风	关闭窗户、窗户关闭到位、开通风口、通风口开启到位、开风机
	结束通风	关风机、风机关闭、关通风口、通风口关闭到位
仓底通风口风机通风降低 整仓粮温	开始通风	开窗户、窗户开启到位、开风机、风机开启
	结束通风	关风机、风机关闭、关窗户、窗户关闭到位
排积热通风	开始通风	开窗户、窗户开启到位、开风机、风机开启
	结束通风	关风机、风机关闭、关窗户、窗户关闭到位

附录 A

(资料性)

智能通风控制系统软件数据结构

A.1 范围

本附录规定了通风自动控制系统数据交换的数据项名称、数据项类型、长度及计量单位等内容。

A.2 数据结构内容

A.2.1 数据项类型

字符型用 C 表示；日期型用 D 表示；数字型用 N 表示。

A.2.2 数据项长度

数据项长度以字节为单位。日期型的数据项长度若为长日期，其长度以实际数据库规定的长度为准。

A.2.3 通风自动控制系统的数据结构

仓房基本信息、粮食种类、仓房类型、仓房布点信息、粮情检测数据、通风状况等数据结构见 GB/T 26882.3。

通风自动控制系统数据结构如表 A.1 所示。

表 A.1 通风自动控制系统的数据结构

序号	数据项名称	数据项类型	数据项长度	计量单位	符号码	说明
1	通风阶段数据统计	—	—	—	VentStageDataCount	—
1.1	通风目的	C	4	—	Ventend	通风目的(降温、降水、排积热)
1.2	通风方式	C	4	—	VentType	—
1.3	统计时间	D	长日期	—	CountTime	该次统计日期及时间，格式为“YYYY-MM-DD hh: nn: ss”，即“###年-##月-##日##时:##分:##秒”
1.4	通风开始时间	D	长日期	—	VentBeginTime	该次通风开始日期及时间，格式为“YYYY-MM-DD hh: nn: ss”，即“###年-##月-##日##时:##分:##秒”
1.5	通风结束时间	D	长日期	—	VentEndTime	该次通风结束日期及时间，格式为“YYYY-MM-DD hh: nn: ss”，即“###年-##月-##日##时:##分:##秒”
1.6	本次通风时间	N	8	min	TheVentNum	本次通风时间
1.7	累计通风时间	N	8	min	TotalVentTime	累计通风时间

表 A.1 通风自动控制系统的数据结构（续）

序号	数据项名称	数据项类型	数据项长度	计量单位	符号码	说明
1.8	累计通风次数	N	4	次	TotalVentNum	累计通风次数
1.9	仓内温度	N	4	℃	StoreInsideTemp	仓内空气温度
1.10	仓内相对湿度	N	4	%	StoreInsideRelaHumi	仓内空气相对湿度
1.11	仓内绝对湿度	N	4	g/m ³	StoreInsideAbsoHumi	仓内空气绝对湿度
1.12	环境温度	N	4	℃	EnvTemp	环境空气温度
1.13	环境相对湿度	N	4	%	EnvRelaHumi	环境空气相对湿度
1.14	环境绝对湿度	N	4	g/m ³	EnvAbsoHumi	环境空气绝对湿度
1.15	进风口温度	N	4	℃	EnterTemp	进风口空气温度
1.16	进风口相对湿度	N	4	%	EnterRelaHumi	进风口空气相对湿度
1.17	进风口绝对湿度	N	4	g/m ³	EnterAbsoHumi	进风口空气绝对湿度
1.18	出风口温度	N	4	℃	OutTemp	出风口空气温度
1.19	出风口相对湿度	N	4	%	OutRelaHumi	出风口空气相对湿度
1.20	出风口绝对湿度	N	4	g/m ³	OutAbsoHumi	出风口空气绝对湿度
1.21	拱顶温度	N	4	℃	VaultTemp	拱顶内空气温度
1.22	第几层平均粮温	N	4	℃	AvgTemp_x	某层平均粮温
2	系统参数	—	—	—	SystemParam	—
2.1	数据检测频率	N	4	s	TestSeparate	定义两次检测的间隔时间
2.2	数据分析频率	N	4	s	AnalyseSeparate	定义两次分析的间隔时间
2.3	数据保存频率	N	4	s	SaveSeparate	定义两次保存的间隔时间
2.4	允许通风环境温度	N	4	℃	EnvTempCond	允许通风的环境温度
2.5	允许通风环境湿度	N	4	%	EnvHumiCond	允许通风的环境相对湿度
2.6	相邻粮层平均温度差	N	4	℃	GrainTempDiffer	允许通风的相邻粮层平均温度差值
2.7	全仓平均粮温	N	4	℃	AvgGrainTemp	允许通风的全仓平均粮温
2.8	仓房温差	N	4	℃	StoreTempDiffer	允许通风的仓房空间与环境的温度差值
2.9	拱顶温差	N	4	℃	VaultTempDiffer	允许通风的拱顶与环境的温度差值
3	通风设备	—	—	—	VentDevice	—
3.1	设备类型	C	4	—	DeviceType	设备类型包括通风窗、通风口、通风风机、谷物冷却机、加热装置等
3.2	设备功率	N	4	W	DevicePower	—
3.2	设备功率	N	4	W	DevicePower	—
3.3	设备开启端口号	N	4	—	DeviceStartNo	在控制模块中设备开启的端口号
3.4	设备关停端口号	N	4	—	DeviceStopNo	在控制模块中设备关停的端口号
3.5	设备状态	N	1	—	DeviceStatus	设备实时运行状态

附 录 B

(资料性)

通风控制条件

B.1 降温通风

根据降温通风的气流方向和目的,满足表 B.1 中允许降温通风的所有条件时,可以开始降温通风;当通风过程中大气温度与粮堆平均温度的差值小于或等于表 B.1 中允许暂停通风的差值时,暂时停止通风,通风条件满足时继续通风;当满足表 B.1 中结束降温通风的所有条件时,可以结束降温通风。降温通风操作条件见表 B.1。

表 B.1 机械降温通风的操作条件

条件类型	通风模式	允许通风条件	暂停通风的条件	结束通风的条件
温度条件	所有模式	$t_{\text{粮}} > T_{\text{目标}}$ $t_{\text{粮}} - t_{\text{气}} > \Delta T_{\text{初始}}$	$t_{\text{粮}} - t_{\text{气}} \leq \Delta T_{\text{停止}}$	$t_{\text{粮}} \leq T_{\text{目标}}$ $t_{\text{出}} - t_{\text{进}} \leq \Delta T_{\text{极差}}$ 层间温度梯度 $\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$
结露条件	上行通风	$t_{\text{粮下}} > t_{\text{气露}}$		
	下行通风	$t_{\text{粮上}} > t_{\text{气露}}$		
	横向通风	$t_{\text{粮低}} > t_{\text{气露}}$		
湿度条件	降温降水	$P_{\text{气湿}} < \text{ARH}_{\text{解吸}}$		粮堆水分梯度 $\leq 0.3\%/\text{m}$ $W_{\text{出}} - W_{\text{进}} \leq \Delta W$
	降温保水	$P_{\text{气湿}} \geq k \cdot \text{ARH}_{\text{解吸}}$		
<div>注：$t_{\text{粮}}$——粮堆平均温度； $t_{\text{气}}$——大气温度； $t_{\text{进}}, t_{\text{出}}$——进气和出气层粮温； $t_{\text{粮上}}, t_{\text{粮下}}, t_{\text{粮低}}$——粮堆上层平均粮温、粮堆下层平均粮温及粮堆水平截面最低粮温层的粮温； $t_{\text{气露}}$——大气露点温度； $P_{\text{气湿}}$——即时大气绝对湿度； $\text{ARH}_{\text{解吸}}$——即时粮温下的粮堆平衡解吸绝对湿度； $W_{\text{进}}, W_{\text{出}}$——结束通风时粮堆气流进和出气截面水分； $\Delta T_{\text{初始}}$——允许通风的粮温与大气温差； $T_{\text{目标}}$——通风需要达到的目标粮温； $\Delta T_{\text{停止}}$——停止或结束通风的粮温与大气温差； $\Delta T_{\text{极差}}$——结束通风时进气和出气层粮堆温差； ΔW——结束通风时粮堆进气和出气层水分差； k——保水通风湿度控制系数, $k = 0.7 \sim 1$, k 值越接近 1 保水效果越好。</div>				

表 B.1 中各项参数推荐值见表 B.2。

表 B.2 不同储粮生态区域降温通风控制参数推荐值

生态区	$\Delta T_{\text{初始}}$	$T_{\text{目标}}$	$\Delta T_{\text{停止}}$	k	$\Delta T_{\text{极差}}$		ΔW
					平房仓 竖向/横向	浅圆仓 立筒库	平房仓、浅圆仓、立筒库
第一、二、三区	8℃	-5~0℃	4℃	≥ 0.7	3/5℃	10℃	1.5%
第四区	8℃	0~5℃	4℃	≥ 0.8	3/5℃	10℃	1.5%
第五区	8℃	≤ 10 ℃	4℃	≥ 0.85	3/5℃	10℃	1.5%
第六区	6℃	≤ 10 ℃	3℃	≥ 0.85	3/5℃	10℃	1.5%
第七区	6℃	≤ 15 ℃	3℃	≥ 0.9	3/5℃	10℃	1.5%

B.2 降水通风

粮食水分高于当地储粮安全水分,需进行机械降水通风时,操作条件应符合表 B.3 规定。

表 B.3 机械降水通风的操作条件

	允许通风条件	通风结束条件
温度条件	$t_{\text{粮}} > t_{\text{气露}}$	粮堆温度梯度 ≤ 1 ℃/m
湿度条件	$P_{\text{气湿}} < \text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$	干燥区前沿移出粮堆 且水分梯度 $\leq 0.5\%$ /m
<p>注: $t_{\text{粮}}$ ——粮堆平均温度; $t_{\text{气露}}$ ——大气露点温度; $P_{\text{气湿}}$ ——即时大气绝对湿度,单位为毫米汞柱(mmHg); $\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$ ——按粮食水分减 1 个百分点后的水分值和即时粮温(即时大气温度)值所查得的平衡绝对湿度(mmHg)。</p>		

$\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$ 采用即时大气温度查定,当大气温度高于平均粮温时,按照气温查得的 $\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$ 大于按照粮温查得的 $\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$, 不满足 $P_{\text{气湿}} < \text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$; 但当大气温度低于粮温时,按照气温查得的 $\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$ 小于按照粮温查得的 $\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$, 满足 $P_{\text{气湿}} < \text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$ 。因此,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(mmHg)适合于气温等于或小于粮温的降水通风。

例如:大气温度 $t_{\text{气}} = 25$ ℃,大气相对湿度为 50%,小麦粮堆平均粮温 $t_{\text{粮}} = 15$ ℃,水分为 12.5%。查得大气绝对湿度 $P_{\text{气湿}} = 11.9$ mmHg,大气露点温度 $t_{\text{气露}} = 14$ ℃。满足温度条件: $t_{\text{粮}} > t_{\text{气露}}$ 。

a) 按照即时平均粮温 15℃和小麦水分减 1%为 11.5%,查得此时小麦粮堆的平衡绝对湿度 $\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%} = 6.1$ mmHg。

因为 $P_{\text{气湿}} > \text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$,所以不能进行降水通风。

b) 按照即时大气温度 25℃和小麦水分减 1%为 11.5%,查得此时小麦粮堆的平衡绝对湿度 $\text{ARH}_{\text{解吸}-1\%} = 12.6$ mmHg。

因为 $P_{\text{气湿}} < \text{ARH}_{\text{解吸}-1\%}$,所以可以进行降水通风。

可见,按照即时大气温度判断降水通风条件时,由于气温高于粮温时查得的平衡绝对湿度较高,以此得出允许降水通风是错误的。

B.3 防结露通风

防结露通风应符合表 B.4 规定。

表 B.4 防结露通风的操作条件

条件类型	通风模式	允许通风条件	暂停通风的条件	结束通风的条件
温度条件	所有模式	$t_{\text{粮}} > T_{\text{目标}}$ $t_{\text{粮}} - t_{\text{气}} > \Delta T_{\text{初始}}$	$t_{\text{粮}} - t_{\text{气}} \leq \Delta T_{\text{停止}}$	$t_{\text{粮}} \leq T_{\text{目标}}$ $t_{\text{出}} - t_{\text{进}} \leq \Delta T_{\text{极差}}$ 层间温度梯度 $\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$
结露条件	上行通风	$t_{\text{粮下}} > t_{\text{气露}}$		冷却峰面移出粮堆
	下行通风	$t_{\text{粮上}} > t_{\text{气露}}$		
	横向通风	$t_{\text{仓}} - t_{\text{膜下露点}} \leq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 第七区 $t_{\text{仓}} - t_{\text{膜下露点}} \leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{粮低}} > t_{\text{气露}}$		
湿度条件	所有模式	无		粮堆水分梯度 $\leq 0.3\text{ } \%/ \text{m}$ $W_{\text{出}} - W_{\text{进}} \leq \Delta W$
注： $t_{\text{仓}}$ —— 仓内空间温度($^{\circ}\text{C}$)； $t_{\text{膜下露点}}$ —— 粮面膜下粮温对应的露点温度($^{\circ}\text{C}$)； $t_{\text{粮}}$ —— 粮堆平均温度($^{\circ}\text{C}$)； $t_{\text{气}}$ —— 大气温度； $t_{\text{进}}, t_{\text{出}}$ —— 进气和出气层粮温； $t_{\text{粮上}}, t_{\text{粮下}}, t_{\text{粮低}}$ —— 粮堆上层平均粮温、粮堆下层平均粮温及粮堆水平截面最低粮温层的粮温； $t_{\text{气露}}$ —— 大气露点温度； $T_{\text{目标}}$ —— 通风需要达到的目标粮温； $\Delta T_{\text{初始}}$ —— 允许通风的粮温与大气温差； $\Delta T_{\text{停止}}$ —— 停止或结束通风的粮温与大气温差； $\Delta T_{\text{极差}}$ —— 结束通风时进气和出气层粮堆温差； $W_{\text{进}}, W_{\text{出}}$ —— 结束通风时粮堆气流进和出气截面水分； ΔW —— 结束通风时粮堆进气和出气层水分差。				

全国储粮生态区域分为 7 个区域,不同储粮生态区域防结露通风控制参数推荐值见表 B.5。

表 B.5 不同储粮生态区域防结露通风控制参数推荐值

生态区	$\Delta T_{\text{初始}}$	$T_{\text{目标}}$	$\Delta T_{\text{停止}}$	$\Delta T_{\text{极差}}$		ΔW
				平房仓 竖向/横向	浅圆仓 立筒库	平房仓、浅圆仓、 立筒库
第一、二、三区	6 $^{\circ}\text{C}$	-5~0 $^{\circ}\text{C}$	3 $^{\circ}\text{C}$	3/5 $^{\circ}\text{C}$	10 $^{\circ}\text{C}$	1.5%
第四区	6 $^{\circ}\text{C}$	0~5 $^{\circ}\text{C}$	3 $^{\circ}\text{C}$	3/5 $^{\circ}\text{C}$	10 $^{\circ}\text{C}$	1.5%
第五区	6 $^{\circ}\text{C}$	$\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	3 $^{\circ}\text{C}$	3/5 $^{\circ}\text{C}$	10 $^{\circ}\text{C}$	1.5%
第六区	4 $^{\circ}\text{C}$	$\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	2 $^{\circ}\text{C}$	3/5 $^{\circ}\text{C}$	10 $^{\circ}\text{C}$	1.5%
第七区	4 $^{\circ}\text{C}$	$\leq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$	2 $^{\circ}\text{C}$	3/5 $^{\circ}\text{C}$	10 $^{\circ}\text{C}$	1.5%

B.4 排积热通风

实施排积热通风作业时,参考以下条件:

开始通风条件为第一、二、三、四生态储粮区: $t_{\text{仓}}-t_{\text{气}}\geqslant 3\text{ }^{\circ}\text{C}$;第五、六、七生态储粮区: $t_{\text{仓}}-t_{\text{气}}\geqslant 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
结束通风条件: $t_{\text{仓}}-t_{\text{气}}<1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注: $t_{\text{仓}}$ 、 $t_{\text{气}}$ 分别为仓温和大气温度($^{\circ}\text{C}$)。

B.5 调质通风

调质通风只能利用温湿度合适的自然空气并应在粮食出仓前1个月内进行通风操作。利用自然空气进行调质通风时,应符合表B.6规定。

表 B.6 自然空气调质通风的操作条件

	允许通风条件	通风结束条件
温度条件	$t_{\text{粮}}-2\text{ }^{\circ}\text{C}\leqslant t_{\text{气}}\leqslant 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	粮堆温度梯度 $\leqslant 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$
湿度条件	$P_{\text{气湿}}>\text{ARH}_{\text{吸附}+1\%}$	粮堆水分 $<$ 安全水分 且水份梯度 $\leqslant 0.5\%/m$
<p>注:$P_{\text{气湿}}$——即时大气绝对湿度,单位为毫米汞柱(mmHg); $\text{ARH}_{\text{吸附}+1\%}$——即时粮温和粮食水分增加1%条件下的粮堆吸附平衡绝对湿度(mmHg); $t_{\text{粮}}$——粮堆平均温度($^{\circ}\text{C}$); $t_{\text{气}}$——大气温度。</p>		

参 考 文 献

- [1] GB/T 29890 粮油储藏技术规范
 - [2] GB/T 26881 粮油储藏 通风自动控制系统基本要求
 - [3] GB/T 26882.3 粮油储藏 粮情测控系统 第3部分:软件
 - [4] Q/ZCL T11 智能通风技术规范
-