

# 团 体 标 准

T/GZBZ XX—202X

## 华南地区二氧化碳气调储粮技术规程

Technical code of practice for carbon dioxide controlled atmosphere  
in grain storage in South China

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

广州市标准化协会 发布



目 次

前言 ..... III

引言 ..... 1

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 原理 ..... 1

5 设施设备及材料 ..... 2

    5.1 仓房 ..... 2

    5.2 可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备 ..... 2

    5.3 粮仓供气管道 ..... 2

    5.4 粮仓排气管道 ..... 2

    5.5 环流装置 ..... 2

    5.6 二氧化碳检测系统 ..... 2

    5.7 安全防护装备 ..... 2

    5.8 气源 ..... 3

6 操作流程 ..... 3

7 操作要求 ..... 3

    7.1 方案制定 ..... 3

    7.2 充气前准备 ..... 4

    7.3 充气 ..... 5

    7.4 检测、环流 ..... 5

    7.5 补气 ..... 5

    7.6 密闭储藏 ..... 6

    7.7 散气 ..... 6

    7.8 记录 ..... 6

    7.9 安全管理 ..... 6

8 效果评价 ..... 6

    8.1 杀虫效果 ..... 6

    8.2 用气量 ..... 6

9 证实方法 ..... 6

附录 A（资料性） 二氧化碳气调杀虫目标充气量计算表 ..... 8

附录 B（资料性） 二氧化碳气调杀虫记录表 ..... 9

|            |    |
|------------|----|
| 参考文献 ..... | 11 |
|------------|----|

## 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中央储备粮茂名直属库有限公司提出。

本文件由广州市标准化协会归口。

本文件起草单位：中央储备粮茂名直属库有限公司、中国储备粮管理集团有限公司广东分公司、广州市番禺粮食储备有限公司、常州飞云能源设备科技有限公司、河南工业大学。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX。

## 引 言

粮食是人类生存发展的基础，粮食安全是维系国家经济社会稳定的战略基石。党的二十大报告明确提出全方位夯实粮食安全根基的要求，为粮食仓储行业高质量发展指明方向。全球每年因储粮害虫危害造成的损失占总储量的10%~40%，严重威胁粮食安全。

依据相关政策精神，国家大力推广绿色储粮技术。传统化学熏蒸技术（如磷化氢）存在残留污染、害虫抗性增强、破坏臭氧层等问题，应用受限日益严格；而氮气气调储粮则面临设备投资维护成本高、对仓房气密性要求高的问题，且需维持98%浓度不少于28天，实际应用中易因仓房死角导致浓度不达标，使害虫陷入“假死”状态，难以彻底杀虫。

华南地区所在第七储粮生态区，属亚热带季风气候，高温高湿的储粮生态条件加剧害虫滋生，储粮害虫防治难度突出。二氧化碳气调储粮具有绿色无残留、杀虫彻底、对仓房气密性要求低等优势，是国家绿色储粮战略核心推广技术。

近年来，华南多地粮库试点应用该技术，但因缺乏统一规范，设备选型、操作流程等标准不一，制约技术规模化推广。为贯彻国家绿色储粮政策，解决技术应用存在的问题，特制定本标准，明确核心技术要求，构建科学规范的应用体系，为华南地区粮食仓储行业高质量发展提供支撑。

# 华南地区二氧化碳气调储粮技术规程

## 1 范围

本文件规定了二氧化碳气调储粮的原理、设施设备及材料、操作流程、操作要求、效果评价和证实方法。

本文件适用于华南地区散装稻谷、小麦、玉米和大豆等原粮的二氧化碳气调杀虫，其他地区可参照使用。

## 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 2894 安全标志及其使用导则  
GB/T 6052 工业液体二氧化碳  
GB 16556 呼吸防护 自给开路式压缩空气呼吸器  
GB/T 25229 粮油储藏粮仓气密性要求  
GB/T 29890 粮油储藏技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**二氧化碳气调储粮** carbon dioxide controlled atmosphere in grain storage

在气密性良好的粮仓内充入二氧化碳气体，改变仓房及粮堆内气体组成成分，达到防治储粮害虫目的的储粮技术。

[来源：LS/T 1213—2022，3.1]

### 3.2

**可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备** mobile intelligent CO<sub>2</sub> controlled atmosphere pest control equipment

一种通过集成先进化与智能控制技术，把低温高压的液态二氧化碳转化为压力、温度、流量和流速精确可控的气态二氧化碳的移动式设备。

### 3.3

**压力半衰期** half life of pressure

一定条件下，粮仓内外压力差从初始值降低一半的时间。

[来源：LS/T 1213—2022，3.3]

## 4 原理

在气密性良好的粮仓内充入二氧化碳气体,并在一定时间内维持仓房及粮堆内一定的二氧化碳浓度,使粮堆内储粮害虫(卵)细胞酸中毒死亡和新陈代谢受到抑制短时间内死亡。

## 5 设施设备及材料

### 5.1 仓房

#### 5.1.1 基本要求

应符合 GB/T 29890 有关规定。

#### 5.1.2 气密性要求

5.1.2.1 空仓 500 Pa 降至 250 Pa 的压力半衰期大于 300 s。

5.1.2.2 实仓-300 Pa 降至-150 Pa 的压力半衰期大于 180 s。

### 5.2 可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备

5.2.1 可根据仓容选择不同型号的可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备,根据需求充气时可采用“一机一仓、一机两仓或两机四仓”等不同组合方式。

5.2.2 工作压力:出气压力设定范围为 0.2 MPa~0.6 MPa,根据粮堆高度而定。

5.2.3 工作温度:如有需要在低于 25℃ 情况下实施气调作业的,可采用带有温控系统的可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备。华南地区可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备出口气体温度宜控制在 5℃~15℃,其中冬、春季节控制在 5℃~10℃,夏、秋季控制在 10℃~15℃,以控制进仓二氧化碳气体与粮食间的温差,避免出现粮食结露。

### 5.3 粮仓供气管道

对现有仓房供气管道进行改造,满足二氧化碳“下充上排”充气工艺要求,并安装二氧化碳气调快速接头,供气管道和接头应均为不锈钢材质。

### 5.4 粮仓排气管道

膜下气调:排气管道分为充气一侧排气管道和非充气一侧排气管道,均通过仓房环流风机、管道和阀门进行排气。排气管道和阀门均为不锈钢材质。

整仓气调:避免高浓度气体过早排出,可加高排气口位置以减少气源损失。仓内排气口宜设置在粮面 1 m 以上位置。

### 5.5 环流装置

由粮仓供气管道、排气管道及环流风机组成,用于粮仓内气体循环输送。

### 5.6 二氧化碳检测系统

5.6.1 二氧化碳检测系统包括二氧化碳气体检测仪器、气体取样管路等。

5.6.2 气体检测仪器采用二氧化碳浓度电子检测仪,浓度检测范围 0% VOL~99.9% VOL,检测误差 $\leq \pm 2\%$ 。

5.6.3 二氧化碳气体取样管宜使用 PU 管或 PVC 管。

### 5.7 安全防护装备

5.7.1 自给开路式压缩空气呼吸器应符合 GB 16556 的要求。

5.7.2 二氧化碳报警仪:量程:0 ppm~5000 ppm,示值误差: $\leq \pm 3\%FS$ 。



5.8 气源

用于原粮储藏的液体二氧化碳，其质量应符合 GB/T 6052 的规定。

6 操作流程

二氧化碳气调储粮操作流程包括 9 个阶段，流程图如图 1 所示。

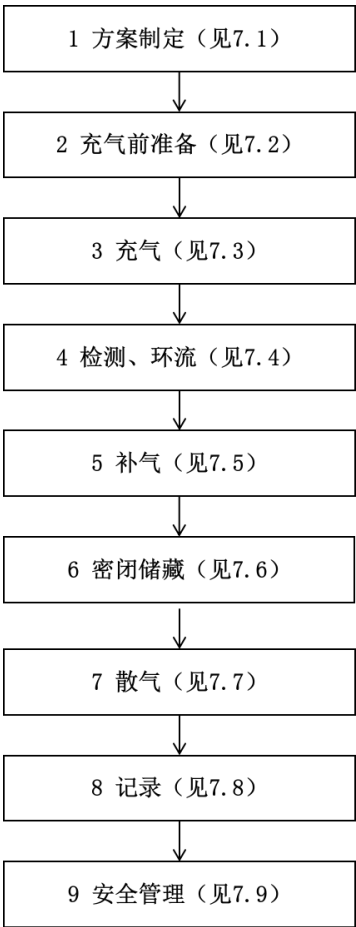


图 1 二氧化碳气调储粮流程图

7 操作要求

7.1 方案制定

- 7.1.1 应根据粮仓害虫、仓房气密性和设施配备等情况，制定二氧化碳气调储粮实施方案，包括粮面覆膜密封、充气时机、人员分工和安全防护等内容。
- 7.1.2 对于五面或六面密封完好的粮堆（垛）、表面覆膜的粮堆，普遍采用膜下气调；对于害虫发生普遍、无表面密封的粮堆，当仓房整体气密性符合要求时也可选择二氧化碳整仓气调。
- 7.1.3 对于需要气调但气密性不足的粮仓或堆（垛），可选择提高充气量或多次补充气体维持二氧化碳气体浓度，以满足完全杀死害虫的要求。

7.1.4 应针对二氧化碳气调制定应急处理预案。

## 7.2 充气前准备

### 7.2.1 浓度监测点布置

粮食入仓完堆后，充气前应至少在仓内布设 11 个二氧化碳浓度检测点：

- a) 房式仓：位于粮堆对角线两个位置和正中间 1 个位置，每个位置布置三层检测点，具体为：上层（堆高 3/4 处）、中层（堆高 1/2 处）、下层（堆高 1/4 处），粮仓空间中部 1 个，排气口 1 个；
- b) 圆筒仓：在粮堆距离仓壁 0.5 m 处垂直均匀分 5 层，每层布一个点，其中最上层检测点和最底部检测点距离粮面、底部均为 0.5 m；在粮堆中心处垂直均匀分布 4 层，每层布一个点，布点位置与靠仓壁位置的点垂直互相错位，粮面中部空间布 1 个检测点，排气口 1 个检测点。

### 7.2.2 密封粮堆

粮面、大门、通风口等位置采用薄膜覆盖密封。

### 7.2.3 气密性

7.2.3.1 对仓内地坪和墙体之间的缝隙用抗压沙浆进行处理；对仓库大门进行内嵌式双压槽处理；对通风口、各种孔洞等进行薄膜密封处理，确保仓房达到一定气密性要求。

7.2.3.2 按照 GB/T 25229，整仓气调采用正压法检测，膜下气调采用负压法检测，气密性均应符合 5.1.2 要求。

### 7.2.4 目标充气量

二氧化碳气调目标充气量按公式（1）计算。

$$M_0 = 1.1 \times c_0 \times (nV_1 + V_2) \times \rho + s \times m \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$M_0$  ——二氧化碳气调目标充气量，单位千克（kg）；

$c_0$  ——目标浓度，按 80%计算；

$n$  ——粮食孔隙度，按稻谷 50%、小麦 45%、玉米 45%和大豆 42%计算；

$V_1$  ——粮堆体积，单位为立方米（ $m^3$ ）；

$V_2$  ——粮堆上部仓房空间体积，单位立方米（ $m^3$ ）；

$\rho$  ——二氧化碳密度，20℃、一个大气压条件下二氧化碳密度为 1.84 kg/ $m^3$ ；

$s$  ——粮食吸附二氧化碳量，0.38 kg/t；

$m$  ——粮食质量，单位吨（t）。

为便于实际应用与现场数据记录，依据上述计算方法编制了目标充气量计算表，详见附录 A。

### 7.2.5 气源准备

槽罐车运送货气源应较目标充气量增加 1000 kg~2000 kg。

### 7.2.6 安装智能装备

将可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备移动到充气仓房附近，检查供气、排气管路及阀门，连接可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备出气口与粮仓供气管道，并接通电源，设定好可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备出口温度、瞬时流量等控制系统有关参数。

### 7.2.7 其它准备

7.2.7.1 准备3套自给开路式压缩空气呼吸器，气瓶达到规定工作压力。将仓房每个门关闭并上锁，并按照GB 2894的规定张贴警示标志。

7.2.7.2 按GB/T 29890的规定检测仓内粮堆害虫密度。

### 7.3 充气

#### 7.3.1 充气时机

害虫密度达到了GB/T 29890规定的一般虫粮害虫密度；或根据粮温变化情况，预测1个月内将达到一般虫粮害虫密度时。

#### 7.3.2 工艺要求

7.3.2.1 采用“下充上排”置换法充气。

7.3.2.2 各检测点二氧化碳浓度维持35%以上的时间 $\geq 15$  d；浓度维持60%以上的时间 $\geq 7$  d；浓度维持80%以上的时间 $\geq 3$  d。

7.3.2.3 单仓二氧化碳充气流量一般控制在 $900 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 以内，随充气时间的延长，充气流量逐渐适当降低，降至最大速度的三分之二即可。粮面气囊高度一般控制在1.5 m以下，待充气即将结束时，气囊可适度充满，但要控制气囊压力，否则仓房四周薄膜有脱落风险。

7.3.2.4 充气过程中的仓内外压力差小于300 Pa。

#### 7.3.3 操作程序

7.3.3.1 打开仓房的进气阀门和排气阀门。

7.3.3.2 连接二氧化碳槽罐车与可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备之间的管道以及环流管道进气口。

7.3.3.3 根据可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备使用要求，接通电源，依次设定好出口温度和瞬时流量。

7.3.3.4 打开二氧化碳槽罐车排液阀门，向汽化器排液，缓慢打开汽化器排气阀门直至全部开启后再回半圈。

7.3.3.5 充气前期一般通过仓房两侧环流管排气口自然排气；待粮面薄膜鼓起且有一定压力时开启背面环流风机强排；若发现粮面薄膜气囊鼓起过快，背面强排不能满足排气需求时，开启仓房正面强排实现两侧同时快速排气。

#### 7.3.4 停止充气

7.3.4.1 根据7.2.4计算二氧化碳气调目标充气用量，当达到目标充气量要求时即可停止充气；或者根据检测环流风机强排出来粮面薄膜内的二氧化碳浓度高低，作为充气是否结束的主要依据。

7.3.4.2 依次关闭二氧化碳槽罐车输液阀门、可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备进液阀门、可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备排液阀门、粮仓进气口阀门、粮仓排气口阀门。

### 7.4 检测、环流

7.4.1 充气后每隔8 h检测一次二氧化碳浓度，48 h后每天检测一次二氧化碳浓度。

7.4.2 充气完成后立即开启环流风机，当粮面上薄膜下二氧化碳浓度达到40%以上时停止环流，在15 d内当浓度下降接近35%时，再次开启环流风机。也可以采用长期开启环流风机模式，满足15 d内浓度达到35%以上要求。

### 7.5 补气

7.5.1 在气调杀虫期间，当粮堆各检测点平均浓度下降到35%时应及时补充二氧化碳气体。平均浓度

降低至 40%即考虑补气。

7.5.2 补气后应及时环流，促进二氧化碳均匀分布，避免分层现象；鉴于害虫一般聚集在粮堆表层，且二氧化碳密度大于空气，可持续环流。

## 7.6 密闭储藏

各检测点二氧化碳浓度维持 35%以上的时间达到 15 d 后，仓内粮食可继续保持密闭状态，让二氧化碳自然衰减。

## 7.7 散气

7.7.1 粮食出仓前，应通风散气，使粮堆内二氧化碳浓度值小于 0.5%。

7.7.2 为防止粮堆结露，或降低储粮温度以提高保鲜效果，当环境温度低于粮温时可适时开窗散气。

## 7.8 记录

应记录二氧化碳气调杀虫浓度检测数据，记录数据表样式见附录 B。

## 7.9 安全管理

7.9.1 操作低温液态二氧化碳供气管路时应戴手套，防止冻伤。操作人员皮肤接触低温液体或低温气体被冻伤时，应及时将受伤部位放入温水中浸泡或冲洗，严重冻伤应迅速到医院治疗。

7.9.2 在二氧化碳充气过程中、正常气调期间，操作人员不应进入仓房内；必要时应做好审批手续，并落实“先通风、再检测、后作业”等要求，确保安全情况下才能进仓。

7.9.3 二氧化碳气调杀虫散气后，检测二氧化碳浓度，当二氧化碳气体浓度小于 0.5%时方可进入粮仓。

7.9.4 操作人员如果出现二氧化碳中毒症状，应立即移送到空气新鲜的地方，保持温暖和安静；如果停止呼吸或表现危险症状，应立即进行人工呼吸急救，及时送医院治疗。

## 8 效果评价

### 8.1 杀虫效果

散气后 3 d 内检测的害虫密度应符合 GB/T 29890 无虫粮的规定。

### 8.2 用气量

8.2.1 稻谷的单位二氧化碳用量应低于 3.0 kg/t，小麦、玉米、大豆的单位用气量应低于 2.5 kg/t。

8.2.2 单位二氧化碳气调用量按公式（2）计算：

$$p = (M_1 + M_2)/m \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$p$  ——单位用气量，单位为千克每吨（kg/t）；

$M_1$ ——充气量，单位为千克（kg）；

$M_2$ ——补气量，单位为千克（kg）；

$m$  ——粮食质量，单位为吨（t）。

## 9 证实方法

9.1 在执行第 7 章规定的各个阶段的程序指示过程中，记录以下内容：

——储粮仓房的密封结构、密封措施及气密性检测结果；

- 可移动式二氧化碳气调杀虫智能装备（含加热系统）、浓度检测设备、安全报警设备的配置、安装及调试情况；
- 入仓粮食的种类、质量（水分、杂质含量）、入仓时间、初始粮温及仓内环境温湿度；
- 二氧化碳充气作业参数（充气流量、浓度调控范围、维持时间）、设备运行时长及能耗数据；
- 气调期间粮情（粮温、品质）、气体浓度的监测频次与数据，及浓度异常、设备故障和安全隐患的处理情况；
- 气调作业结束后粮食品质指标检测结果，出仓时粮温、仓内及环境的温湿度和二氧化碳残留浓度；
- 安全防护措施的执行情况及作业人员防护记录。

9.2 记录保存期限不少于 2 年。

附 录 A  
(资料性)  
二氧化碳气调目标充气量计算表

二氧化碳气调目标充气量计算见表 A. 1。

表 A. 1 二氧化碳气调目标充气量计算表

建表日期： 年 月 日

| 仓号   | 品种 | 二氧化碳目标浓度 (%) | 粮堆孔隙度 (%) | 粮堆体积 (m³) | 粮堆上部仓房空间体积 (m³) | 粮食质量 (t) | 二氧化碳目标充气量 (t) | 二氧化碳实际用量 (t) | 备注               |
|------|----|--------------|-----------|-----------|-----------------|----------|---------------|--------------|------------------|
| MM02 | 稻谷 | 0.75         | 0.50      | 9237      | 1421            | 5081     | 11.93         | 11.80        | 粮面以上空间按 1 m 高度计算 |
|      |    | 0.75         | 0.50      | 9237      | 0               | 5081     | 9.58          |              | 粮面以上空间不计入        |
| MM19 | 小麦 | 0.85         | 0.45      | 4241      | 684             | 4350     | 6.52          | 7.57         | 粮面以上空间按 1 m 高度计算 |
|      |    | 0.85         | 0.45      | 4241      | 0               | 4350     | 5.23          |              | 粮面以上空间不计入        |
| MM20 | 玉米 | 0.80         | 0.45      | 4446      | 684             | 3247     | 5.98          | 6.80         | 粮面以上空间按 1 m 高度计算 |
|      |    | 0.80         | 0.45      | 4446      | 0               | 3247     | 4.77          |              | 粮面以上空间不计入        |
| YJ02 | 玉米 | 0.65         | 0.45      | 10092     | 1740            | 7600     | 11.90         | 11.23        | 粮面以上空间按 1 m 高度计算 |
|      |    | 0.65         | 0.45      | 10092     | 0               | 7600     | 9.41          |              | 粮面以上空间不计入        |
| YJ13 | 玉米 | 0.70         | 0.45      | 4623      | 690             | 2898     | 5.38          | 5.75         | 粮面以上空间按 1 m 高度计算 |
|      |    | 0.70         | 0.45      | 4623      | 0               | 2898     | 4.32          |              | 粮面以上空间不计入        |
| YJ14 | 稻谷 | 0.85         | 0.50      | 5175      | 690             | 3000     | 7.29          | 7.02         | 粮面以上空间按 1 m 高度计算 |
|      |    | 0.85         | 0.50      | 5175      | 0               | 3000     | 6.00          |              | 粮面以上空间不计入        |
| YJ15 | 稻谷 | 0.85         | 0.50      | 5175      | 690             | 3002     | 7.29          | 7.10         | 粮面以上空间按 1 m 高度计算 |
|      |    | 0.85         | 0.50      | 5175      | 0               | 3002     | 6.00          |              | 粮面以上空间不计入        |

附 录 B  
(资料性)  
二氧化碳气调杀虫记录表

二氧化碳气调杀虫记录表格式见表 B.1。

表 B.1 二氧化碳气调杀虫记录表

建表日期： 年 月 日

|                      |                                          |                      |  |                     |  |
|----------------------|------------------------------------------|----------------------|--|---------------------|--|
| 单位名称                 |                                          |                      |  |                     |  |
| 保管员                  |                                          | 联系电话                 |  |                     |  |
| 操作人员                 |                                          |                      |  |                     |  |
| 仓房情况                 |                                          |                      |  |                     |  |
| 仓号                   |                                          | 仓型                   |  | 结构                  |  |
| 密封方法                 |                                          | 测定时间                 |  | 半衰期, s              |  |
| 粮堆体积, m <sup>3</sup> |                                          | 空间体积, m <sup>3</sup> |  | 总体积, m <sup>3</sup> |  |
| 储粮情况                 |                                          |                      |  |                     |  |
| 储粮种类                 |                                          | 储粮数量, t              |  | 粮堆高度, m             |  |
| 生产年度                 |                                          | 入库时间                 |  | 仓内湿度, %             |  |
| 水分, %                |                                          | 杂质, %                |  | 等级                  |  |
| 气温, °C               |                                          | 仓温, °C               |  | 平均粮温, °C            |  |
| 最高粮温, °C             |                                          | 最低粮温, °C             |  | 生虫部位, °C            |  |
| 虫害情况                 |                                          |                      |  |                     |  |
| 密度, 头/kg             |                                          | 发生部位                 |  | 有无试虫笼               |  |
| 害虫种类                 | 头/kg:          头/kg; 头/kg;          头/kg |                      |  |                     |  |
| 用药情况                 | 熏蒸药剂: 防护剂: 其他:                           |                      |  |                     |  |
| 充气情况                 |                                          |                      |  |                     |  |
| 目标浓度, %              |                                          | 单位充气量, kg/t          |  | 总充气量, kg            |  |
| 初次充气, kg             |                                          | 开始时间                 |  | 结束时间                |  |
| 补充气, kg              |                                          | 开始时间                 |  | 结束时间                |  |
|                      |                                          |                      |  |                     |  |
| 散气日期                 |                                          | 散气方式                 |  | 散气时间, d             |  |

表 B.1 二氧化碳气调杀虫记录表（续）

| 效果检查     |  |           |  |
|----------|--|-----------|--|
| 取样检查日期   |  | 活虫数量      |  |
| 虫笼检查日期   |  | 虫笼害虫死亡率，% |  |
| 再次发生害虫日期 |  | 无虫间隔期，d   |  |
| 备注：      |  |           |  |



## 参 考 文 献

- [1] LS/T 1213—2022 二氧化碳气调储粮技术规程
-