

中国粮油学会团体标准

# 《圆筒仓空调控温储粮技术规范》

(征求意见稿)

## 编制说明

标准编制组

2024年6月

## 一、工作简况

### （一）任务来源

本标准由中国粮油学会提出，由全国粮油标准化技术委员会（SAT/TC 270）归口。具体任务来自中国粮油学会 2021 年公告《关于发布中国粮油学会 2021 年第二批团体标准立项公告的通知》中编号为 21 的《圆筒仓空调控温储粮技术规范》。

### （二）起草单位

标准起草单位包括：广东省储备粮管理集团公司东莞直属库、广东省粮食科学研究所有限公司、广东省储备粮管理集团公司顺德直属库、广东省储备粮管理集团公司韶关直属库、广东省储备粮管理集团公司湛江罗定直属库、广东省储备粮管理集团公司梅州汕头直属库、广东省储备粮管理集团公司珠海中山直属库和广东华南粮食交易中心有限公司常平粮库。

### （三）工作过程

2022 年 1 月-2023 年 12 月，由广东省粮食科学研究所有限公司、广东省储备粮管理集团公司东莞直属库、广东省储备粮管理集团公司顺德直属库、广东省储备粮管理集团公司韶关直属库、广东省储备粮管理集团公司湛江罗定直属库、广东省储备粮管理集团公司梅州汕头直属库、广东省储备粮管理集团公司珠海中山直属库和广东华南粮食交易中心有限公司常平粮库成立标准工作组，启动《圆筒仓空调控温储粮技术规范》制定工作。工作组通过调查研究，收集相关技术资料，确定标准框架和编写原则，完成标准初稿。向归口单位提交立项申请，并开展项目立项专家论证。2024 年 1 月-2024 年 4 月，工作组就标准草案进行讨论完善后形成征求意见稿，并向相关单位征求意见。

## 二、标准编制原则和主要内容的论据

### （一）编制原则

编制“圆筒仓空调控温储粮技术规范”要有先进性、科学性和代表性，同时，又要有较强的可操作性，以提高气控温储粮的社会效益和经济效益。《圆筒仓空调控温储粮技术规范》是圆筒仓实施空调控温技术储藏最基本的技术指导。

### （二）各章节编制说明

#### 1 范围

本文件规定了浅圆仓、立筒仓等圆筒仓应用空调控温储粮的术语和定义、基本要求、空调布置及安装要求、设备调试运行、日常粮情与设备参数检测，以及日常

---

操作管理等。

本文件适用于实施空调控温技术储藏粮食、油料的圆筒仓。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了与粮食储藏密切相关的国家标准和行业标准 10 个，其中 GB 1350 等 4 个标准为强制性国家标准，GB/T 20569 等 5 个标准为推荐性国家标准，LS/T 8014 为行业标准。

## 3 术语和定义

本技术规范适用的术语和定义，包括控温储粮、仓房气密性、压力半衰期、气调仓、空调气密性、圆筒仓、大直径筒仓等。

## 4 基本要求

### 4.1 仓房要求

4.1.1 和 4.1.2 规定了应用空调控温储粮粮仓的基本要求和围护结构保温隔热、气密性等性能。本标准中粮仓的基本要求遵照 GB/T 29890 的要求，围护结构的传热系数和气密性均符合 LS/T 8014 的要求。

### 4.2 入仓粮食要求

4.2.1 规定了粮食无分开。筒仓只能储存一个粮食品种，按管理要求应符合五分开要求。

4.2.2 规定了入仓粮食的质量指标和储存品质指标均符合国家相关粮食质量标准。因为水分和杂质对粮食储藏安全影响很大，因此对其含量做出明确规定。

4.2.3 粮食中如害虫发生较严重，不适宜应用空调控温储藏，因此粮食虫粮等级要求为基本无虫粮。

### 4.3 空调机组要求

规定了空调机组的质量标准，以保证储粮控温效果。空调机组的制冷量应满足： $Q_{冷} \geq 1.3V \times q$ ，以保证能达到目标温度。仓房直径大于 12m 时，空调机的配置数量不宜少于 2 台，以保证仓温的均匀性。

## 5 空调布置及安装要求

### 5.1 布置要求

规定了空调位置、温湿度传感器、进出风口等布置要求，以保证空调控温效果。

### 5.2 安装要求

规定了安装平台、通风管路、风管保温性能、系统气密性等要求，以保证空调机组的正常运行和空调控温效果。

## 6 设备调试运行

6.1、6.2 和 6.3 分别规定了气密性、设备硬件和设备功能测试的流程和结果判定要求等，避免设备出现故障而影响设备运行和控温效果。

## 7 日常粮情检测与设备参数检测

7.1 规定了温湿度检测点设置、检测内容、检测周期要求，以保证空调器控温储藏效果和粮食安全。

7.2 规定了设备用电量、运行时间、冷凝水量等参数检测内容，以及检测周期等要求，以保证设备的正常运转，以及提高空调控温效率和经济效益。

## 8 日常操作与管理

规范了空调控温作业的具体流程，包括空调控温运行前准备、运行操作及要求、作业期间管理要求、空调机组维护和保养内容及周期要求。

### 三、主要试验（或验证）情况分析；

本标准参与单位经过两年的试验，分别在广东省储备粮管理集团有限公司下属的东莞、顺德、罗定、韶关、汕头等直属库和广东华南粮食交易中心有限公司常平粮库开展了大直径筒仓、浅圆仓和立筒仓等圆筒仓的空调控温试验，并对本标准提出的各项指标进行验证，形成了不同圆筒仓的空调控温储粮技术，在实践中规范圆筒仓空调控温储粮技术应用，提高圆筒仓安全储粮技术水平。

#### 3.1 空调对仓温的控制效果

##### 3.1.1 空调控温效果情况



图5 Q21、Q23仓温变化曲线图

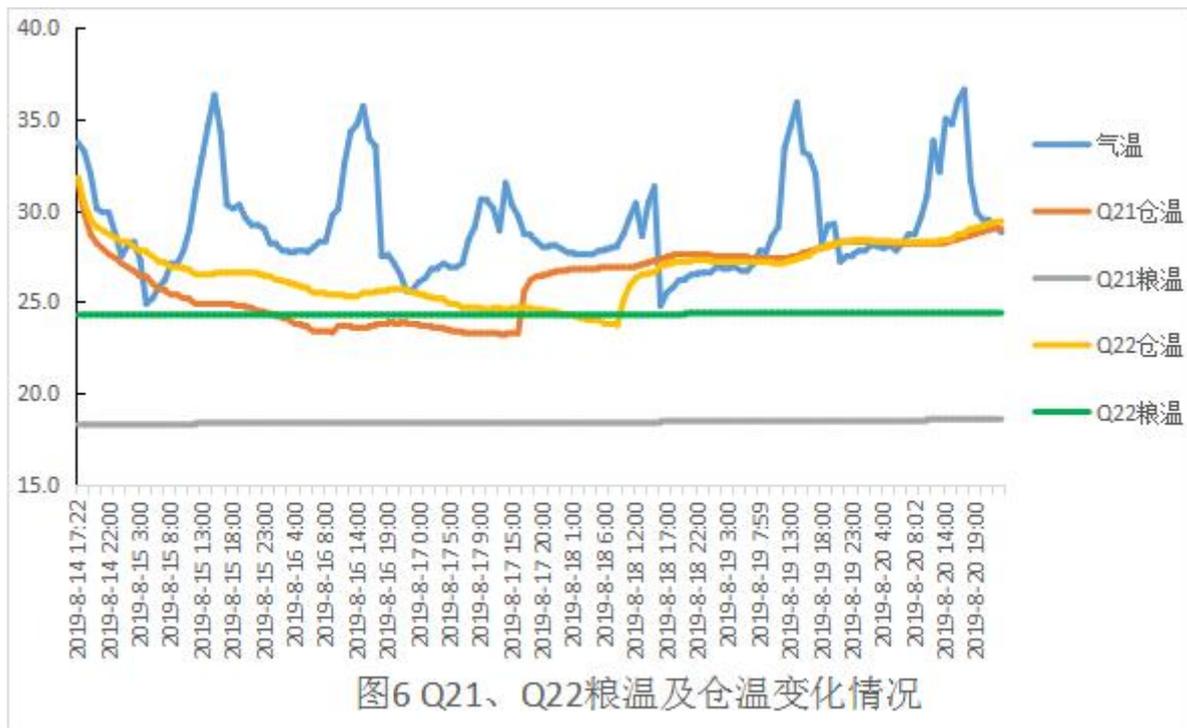


图6 Q21、Q22粮温及仓温变化情况

从图 5 可以看出，5 月 16 日至 5 月 29 日外界气温在 23.0–35℃之间，未开展空调控温的 Q23 仓温在 27.0–34.0℃之间，开展空调控温储粮的 Q21 仓仓温保持在 23–25℃，控温效果良好，达到了预期的控制 25℃的控温目标。5 月 29 日 Q21 仓关闭空调设备，Q21 仓仓温逐渐上升至接近 Q23 仓，并在 5 月 30 日至 6 月 26 日之间随外界气温进行波动。6 月 27 日 Q21 仓再次开启空调设备之后，Q21 仓仓温迅速下降至 25℃以下。从图 6 可以看出，8 月 14 至 8 月 18 日空调控温期间，外界气温在 27–36.6℃之间，Q21、Q22 仓温均能够控制在 25℃以下。可以明显得出，采取空调控温方式能够明显控制仓温保持在 25℃以下。

从图 6 可以看出，Q21 仓温下降速度大于 Q22 仓，且仓温 25℃以下保持时间长于 Q22 仓，其主要原因是 Q22 仓设定温度和实际控制温度未进行校验，造成降温速度较慢。

### 3.1.2 不同空调控温速率对比

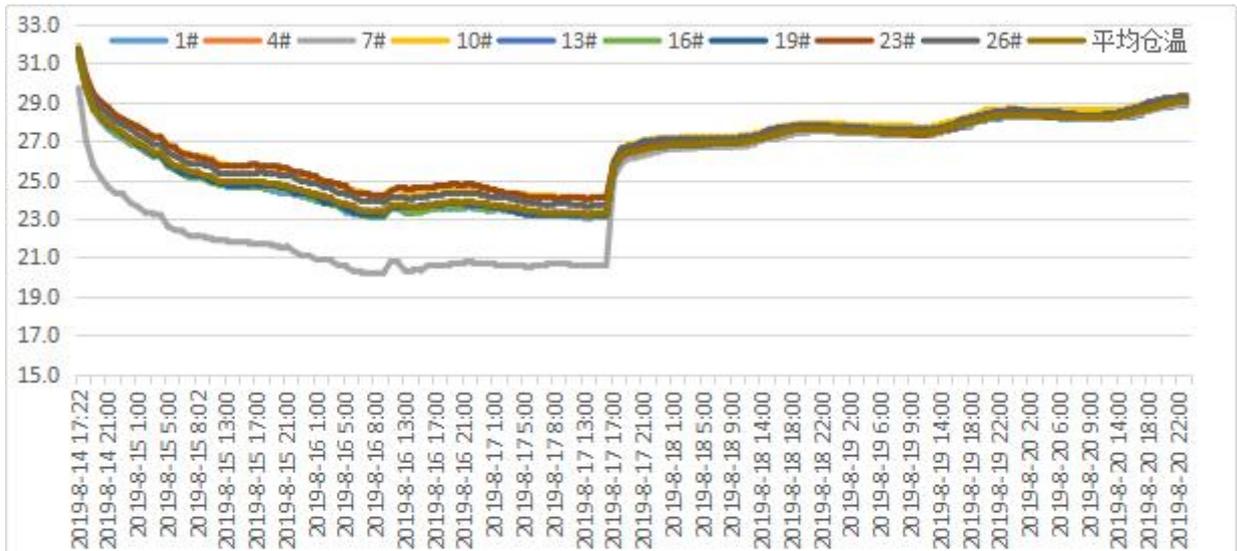


图7 Q21仓不同位置仓温情况

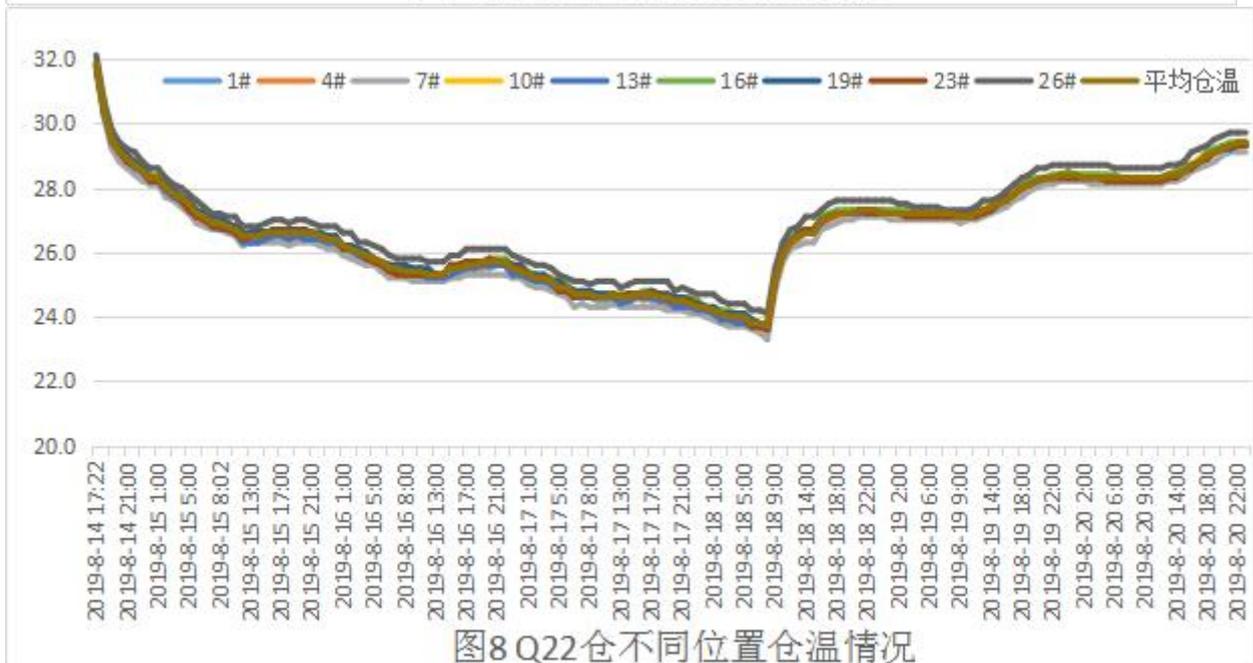


图8 Q22仓不同位置仓温情况

从图7可以看出，Q21仓开启空调后，经过约15小时，仓温降低至目标温度；从图8可以看出，Q22仓开启空调后，经过约40小时，仓温降低至目标温度。Q22仓仓温下降速度较慢，其主要原因是Q22仓装粮高度低，仓内空间体积大，需要的冷源相对较多，同时Q22格力空调实际送风温度未进行修正，设定温度偏高。

从图7可以看出，Q21仓7#测温电缆附近下降速度明显较快，其余各点仓温下降趋势及速度基本一致。主要原因是Q21仓送风机功率较大且粮面较高，7号测温电缆位于空调送风口下方位置，最先受空调冷风影响。从图8可以看出，全仓各点仓温下降趋势及速度基本一致，通风口下方位置仓温下降速度并不明显偏快。主要原

因是 Q22 仓送风机功率较小且粮面较低。可以明显看出，两种空调安装方式均能够满足均匀降低仓温。

### 3.1.3 不同空调安装方式控温均匀性对比

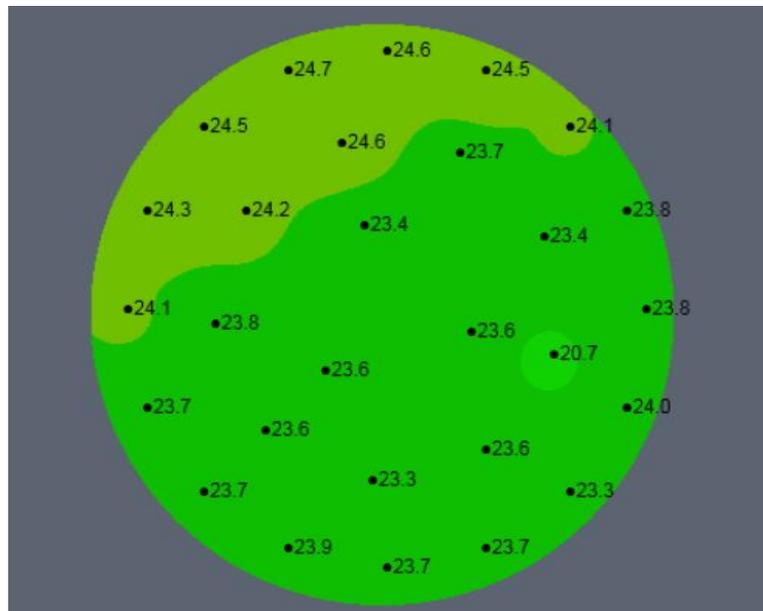


图 9 Q21 仓空调控温云图（仓温）

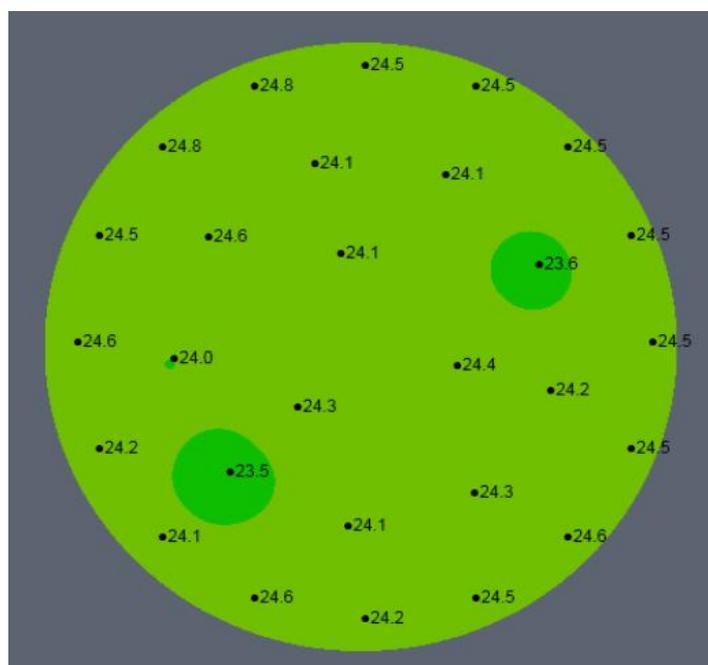


图 10 Q22 仓空调控温云图（仓温）

从图 9 可以看出，Q21 仓 1 台空调控温期间各检测点仓温在 20.7-24.7°C 之间，最低点仓温 20.7°C 位于空调送风口下方位置，仓温较高区域位于空调送风口对面位置，整体上各点仓温基本均衡，满足控温要求。从图 10 可以看出，Q22 仓 2 台空调

控温期间各监测点的仓温在 23.5-24.6℃之间，最低仓温位于空调送风口下方，仓温较高区域位于两送风口连线垂直方向仓周位置，温差最大为 1.1℃。可以明显看出，两种空调安装方式控温均匀性均能够满足控温要求，其中使用两台空调比单独一台均衡性更好。

### 3.2 空调控温对氮气浓度的影响

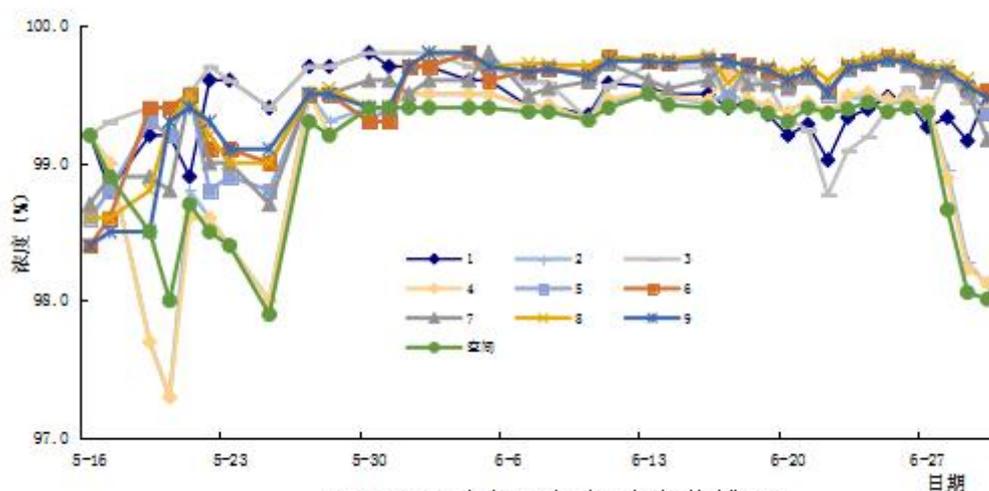
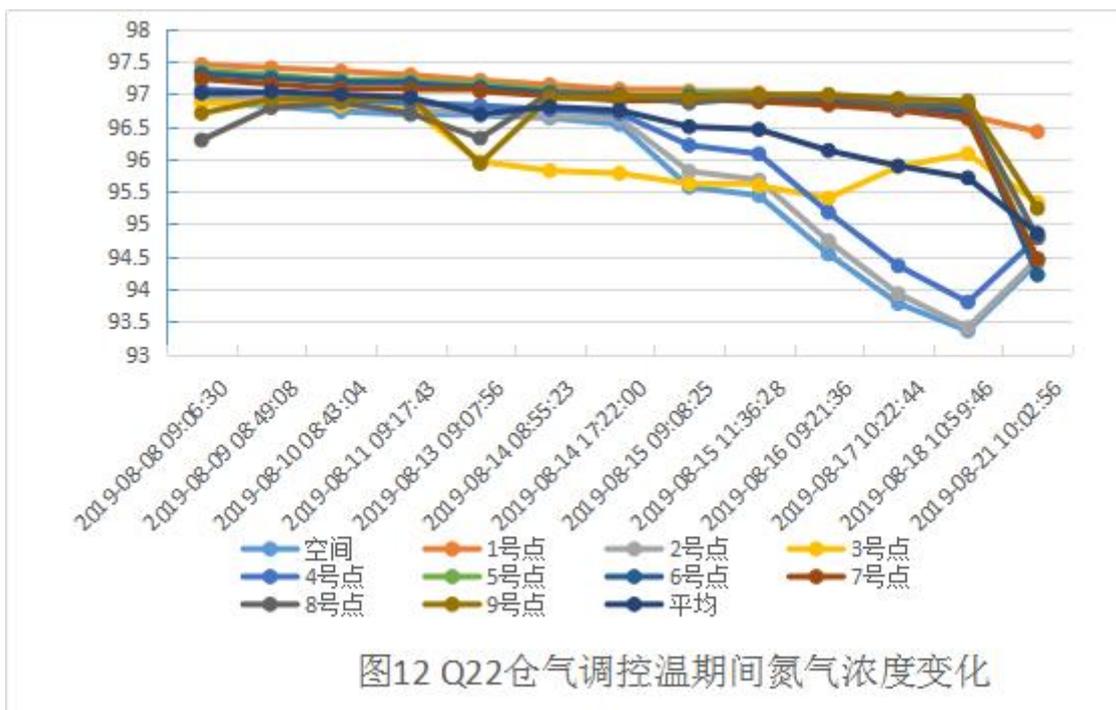
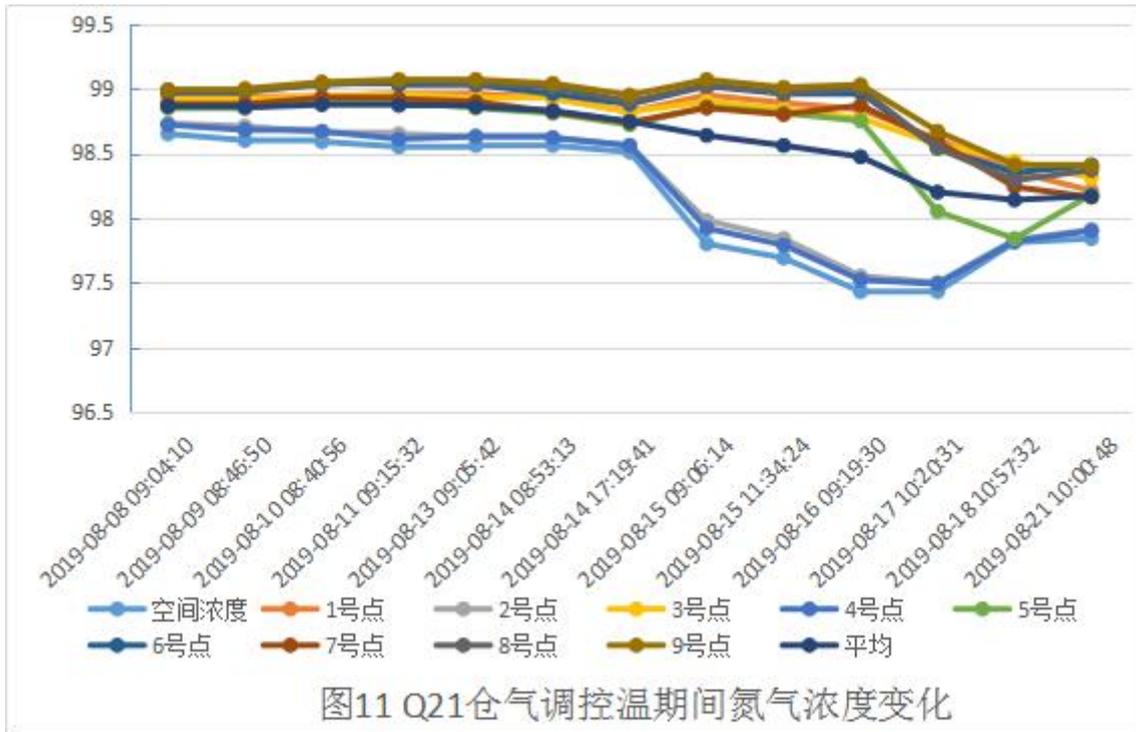


图10 Q21仓气调氮气浓度曲线图

从图 10 可以看出，Q21 仓气调控温期间仓内氮气浓度仍保持在 97%以上，未出现大幅度下降情况。仓内氮气浓度主要下降部位为空间点、环流管道和粮面下 1m 位置，其主要原因是 Q21 仓粮仓专用空调送风风机为外置普通离心风机，风机轴承和送风管存在一定的漏气，在循环制冷过程中影响空调控温机组整体的气密性。



从图 11、图 12 中可以看出，Q21、Q22 仓从 8 月 14 日开启空调后，仓内氮气浓度开始出现下降，其中空间浓度、2#、4#点 N2 浓度出现明显下降，其他点浓度缓慢下降或波动下降，其中 Q21 仓空间从 98.56% 降至 97.43%，浓度降低 1.13%，Q22 仓空间浓度从 96.53% 降至 93.78%，下降了 2.75%。氮气浓度出现下降主要原因是目前浅圆仓空调内机为外置型内机，空调蒸发器（内机）和管道本身不是完全气密，因

此在气调期间开启空调，造成仓内氮气浓度渗漏。其中 Q22 仓控温空调内机为风管机，其蒸发器为非密闭箱体，气密性能差，气调控温期间氮气衰减更加严重。

空调停机后，Q21 仓在 8 月 18 日空间氮气浓度开始小幅回升，Q22 仓在 8 月 21 仓内氮气浓度开始回升；其主要原因为停机后仓内各点氮气浓度进行再平衡。

### 3.3 控温期间的仓房湿度变化



图13 控温期间仓房湿度情况

从图 13 中可以看出，Q21、Q22 仓在 8 月 14 日空调开启后仓房湿度快速下降并维持在 35.5%-47%之间；其中 Q21 仓空调控温期间的仓内湿度在 35.5%-40.2%，Q22 仓在 41.0%-47%。Q21 仓仓内湿度稍低的原因是 Q21 仓空调累计开启时间长，仓内表层粮食水分低，仓内湿度低，同时空调控温期间 Q21 仓仓温低于 Q22 仓，空气中含水量较少。

可以看出，Q21 仓、Q22 仓分别在 8 月 17 日、8 月 18 日空调停机后仓内湿度开始缓慢回升，主要原因是空调停机后仓内湿度和粮堆表层粮食温度和水分重新达到动态平衡；Q21 仓仓湿回升幅度大于 Q22 仓，主要原因是 Q21 经过长时间空调控温，粮食表层水分下降严重，达到动态平衡后仓内湿度也低于 Q22 仓。

### 3.4 空调控温对粮食水分的影响

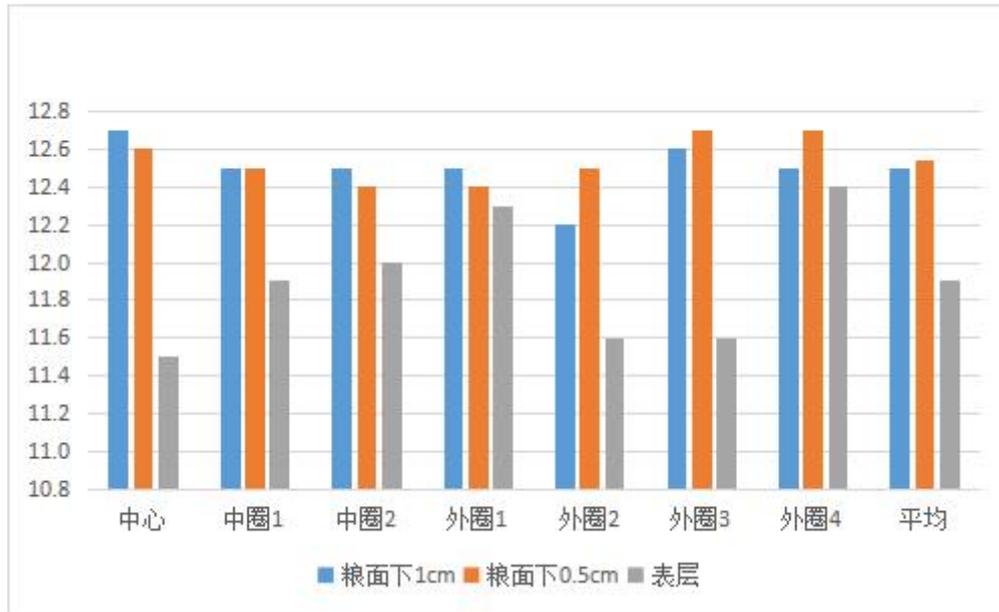


图 14 Q21 仓空调控温期间水分

从图 14 可以看出，Q21 仓空调控温期间，粮面下 0.5cm、粮面下 1m 粮食水分大多在 12.4-12.7%之间。粮食表层水分大多在 12.0%以下，平均水分 11.9%；与粮堆内水分相比降低了 0.6%，其主要原因仓房开启空调期间仓内湿度较小，粮食平衡水分低，致使仓房控温期间表层粮食水分出现明显下降。同时可以看出，粮面下 0.5cm、粮面下 1m 粮食水分下降并不明显，表明空调控温对粮食水分影响有限。

### 3.4 空调控温成本

表 3 Q21 仓空调运行情况表

日期	开机时间	环境温度 (°C)	设定温度 (°C)	仓温 (°C)	累计开机时间	累计能耗 (Kw.h)	单位能耗 (Kw)	备注
8月14日	17:20	33.7	23.0	31.5				开机
8月15日	9:00	24.9-33.7	20.0	25.2	15.8	202.52	12.86	
8月16日	9:21	27.7-36.3	23.0	23.4	24.3	315.89	13.00	
8月17日	9:30	25.6-35.7	23.0	23.3	24.3	250.81	10.32	
8月17日	15:45	28.9-31.5	23.0	23.3	6.3	60.9	9.74	关机

表 4 Q22 仓空调运行情况表

日期	检测时间	环境温度 (°C)	设定温度 (°C)	仓温 (°C)	累计开机时间	累计能耗 (Kw.h)	单位能耗 (Kw)	备注
8月14日	17:20	33.7	23.0	31.8				开机
8月15日	9:00	24.9-33.7	20.0	26.8	15.8	177.64	11.28	
8月16日	9:21	27.7-36.3	23.0	25.4	24.3	228	9.38	
8月17日	9:30	25.6-35.7	23.0	24.6	24.3	216.4	8.91	
8月17日	15:45	28.9-31.5	23.0	24.7	6.3	57.2	9.15	

**表 5 空调控温成本核算情况**

仓号	品种	数量(t)	累计能耗 (Kw. h)	控温时间 (h)	输入制冷功率 (Kw/h)	每小时实际平均能耗 (Kw/h)	每天能耗估算 (Kw. h/d)	吨粮能耗 (Kw. h/d. t)
Q21	玉米	9713.678	830.12	70.6	14.3	11.758	282.194	0.029
Q22	小麦	10000	823.56	87.2	16.0	9.444	226.668	0.023

从表 3、表 4 和图 6 中可以看出，Q21、Q22 仓控温空调单位能耗均随着环境温度的升高而增加，同时且刚开机时的能耗更高。其主要原因刚开始仓内仓温高，空气焓值大，空调降温负荷大。

从表 3、表 4 和表 5 可以看出，Q21 上海云傲粮仓专用控温机组的单位能耗在 9.7-13.0Kw 之间，Q22 仓格力 2 台控温空调的单位小时能耗在 8.7-11.3Kw 之间。可以看出，尽管 Q22 仓格力 2 台控温空调输入制冷功率功率合计 16Kw 大于 Q21 仓上海云傲粮仓专用空调 14.3Kw，但实际运行期间珠海格力控温空调平均单位小时能耗较低。主要原因：一是控温期间 Q21 仓温比 Q22 仓温低 1.3-2.0℃；二是 Q21 为定频空调，Q22 仓为变频空调，变频空调相对更加节能。

从表 5 情况看，采用两种形式空调控温方式，空调控温成本在 226.7-282.2 元/天，吨粮控温成本 0.02-0.03Kw. h/吨. 天，按照电费 0.832 元/Kw. h，每年空调运行控温 150 天计算，每年的空调控温成本为 2.8-3.6 元/吨. 年。

### 3.5 结论和讨论

**3.5.1** 对于直径 25m，空间体积 2000m<sup>3</sup> 左右的浅圆仓，采用一台 12P 粮仓专用控温空调或 2 台 8P 的控温空调在华南地区均能够达到控制仓温在 25.0℃ 以下的控温目标。

**3.5.2** 从空调控温均匀性来看，采用现有的一台 12P 粮仓专用控温空调或 2 台 8P 的控温空调安装方式均能够实现仓内温度分布基本均匀，但相对来说 2 台控温空调出风口比一台空调多，其均匀性也更加好。均匀性主要受出风口个数及位置影响，

---

选择合适的空调机并设计合理的送风系统，有利于仓内温度分布更加均匀。

**3.5.3** 空调控温期间，仓房湿度基本维持在 30%到 54%之间，比未开空调低 20%到 40%，粮面粮食水分下降较为明显，但对粮面下 1m 及以下粮食水分无明显影响。

**3.5.4** 从气调仓空调控温开展情况来看，进行密封设计的粮仓专用空调能减小气调期间控温对仓内氮气浓度的影响。目前安装的控温空调能满足仓内氮气浓度不低于 95%的气调防虫需求，但不能满足气调杀虫期间的控温需求。目前浅圆仓安装的粮仓专用空调或一体式空调主要解决空调防熏蒸问题，对空调的气密性还不够重视，一定程度上影响气调控温储粮技术的推广和使用，下一步重点在浅圆仓控温空调送风管道、气密闸阀门、送风风机密封、排水设计和蒸发器密封等方面进行专门改造，提高控温空调管道和蒸发器的密封性能。

**3.5.5** 随着气温升高空调的运行的能耗逐渐升高，设定的目标温度越低，单位能耗越高。因此设定合理的控温目标有利于在确保粮食品质的情况下降低控温成本。

**3.5.6** 目前控温成本主要是根据设定目标温度自动控温，后期将通过提高仓房气密性、对仓房重点部位进行隔热改造和利用气温较低时段控温等措施，进一步研究降低浅圆仓能耗的方法和措施。

**3.5.7** 关于空调控温保水减损方面，一方面通过调整蒸发冷温度，降低送风温度和蒸发温差值，增大送风的湿度；另一方面通过搜集的冷凝水进行送风端加湿的方案，提高送风的湿度，减少表层粮食的水分损失。

## 四、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

自本标准的编制立项以来，广东省储备粮管理集团公司在下属粮库全面推进空调储粮，实现空调储粮仓容超过 200 万吨，其中圆筒仓占 70%以上，并带动广东省各地粮库广泛应用空调控温储粮技术，目前全省新建或改建应用空调储粮的仓容接近 1000 万吨，推广应用和带动效果显著。

在粤储粮集团，已形成一套空调控温为核心的“一库一策”粮食储存经济运行体系，通过控温空调将仓温控制在 25℃左右，既保障了粮食储存安全，又控制了运行成本。本标准的制定过程中，促进了空调控温储粮技术的大范围应用，同时在一定程度上规范了圆筒仓空调控温储粮技术应用，并取得了显著的经济效益和社会效

---

益。

#### 五、与国际、国外有关法律法规和标准水平的对比分析（一级标题）

我国尚未制定空调控温储粮技术相关的国家标准和行业标准，国际上也未见有同类技术标准，本标准属于首次制定。

#### 六、与现行有关法律、法规和标准的关系

本标准编制在国家正式颁布国家大法前提下，与国家颁布的相关法律、法规以及其他标准不存在任何冲突，主要体现在：一方面设计其他法律法规和标准中含有本标准中的有关内容，本标准未超出或参照执行；另一方面针对行业设计具体情况担忧须规范内容，而其他法律法规或标准中未涉及到，则按本标准执行。

#### 七、重大分歧意见的处理过程及依据

无。

#### 八、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准为推荐性团体标准，并尽快颁布实施。

#### 九、废止现行有关标准的建议

无。

#### 十、涉及专利的有关说明

无。

#### 十一、其他应予以说明的事项

无。

#### 十二、其他格式要求

无。

《圆筒仓空调控温储粮技术规范》标准起草组

2024年6月20日