

广东省绿色储粮技术指南

(气调储粮、控温储粮)

编制单位：郑州中粮科研设计院有限公司

目 录

前 言.....	1
1 绿色储粮的定义和范围.....	2
2 气调储粮.....	2
2.1 定义.....	2
2.2 设施基本要求.....	3
2.3 操作使用.....	4
2.4 系统维护.....	10
2.5 安全生产.....	11
3 控温储粮.....	13
3.1 定义和分类.....	13
3.2 基本要求.....	14
3.4 空调控温.....	18
3.5 谷物冷却机降温.....	23
附录 A.....	31

前 言

本指南主要用于指导广东地区粮食仓房采用绿色储粮技术进行散装原粮储藏作业，内容主要规定了采用绿色储粮技术进行粮食储藏作业时，仓房的基本要求、相应设备系统的配置、系统的操作使用、维护以及安全生产等方面的内容。

1 绿色储粮的定义和范围

1.1 绿色储粮是以可持续发展理论为指导，以储粮生态学为理论基础，在粮食储藏过程中，以调控储粮生态因子为主要手段，以达到降低化学药剂污染，延缓粮食劣变，确保粮食安全、卫生的综合性防治方法。

1.2 本指南规定了散装原粮气调、控温两项绿色储粮技术的使用条件、设备要求、设备操作与管理、系统维护及安全生产等内容。本指南适用于保温性能或气密性能达到相应要求的粮仓。

1.3 选用适合当地情况的节能设备及根据现场气候条件、仓房条件、设备配置等具体情况，适时选用有利于节能降耗的保粮措施，采用新工艺、新技术、新材料、新能源等，使得动力能耗有节约的储粮手段，也属于绿色储粮。

2 气调储粮

2.1 定义

2.1.1 我省气调储粮主要采用氮气气调方式，本指南只涉及氮气气调储粮操作。

2.1.2 气调仓，即可以调节仓内气体组分的仓房。

2.1.3 氮气气调储粮，即向粮堆中通入氮气，降低粮堆内氧气浓度，达到防治储粮害虫、抑制有害应氧微生物、抑制粮食呼吸、延缓粮食品质下降等目的的储粮技术。

2.1.4 制氮设备，即在常温下将空气中的氮气分离出来的设备，分离工艺包括变压吸附和膜分离。

2.1.5 供气系统，即完成向粮堆输送氮气的系统。由制氮设备、储气罐、输气管道、进仓管道、控制阀、粮堆内分配管道、环流（强排）风机、流量计、压力表等组成。

2.1.6 浓度检测系统，即用于测定仓内不同位置的气体含量的系统，由检测装置、取样装置、气体采集管路、取样阀等组成。

2.1.7 粮面气囊，即当粮堆表面覆膜，充氮气时形成的储气空间。

2.2 设施基本要求

2.2.1 气密性要求。用于气调的仓房，浅圆仓及大直径筒仓整仓密闭的半衰期（500pa 降到 250pa）不应小于 10min。其它形式的仓房整仓密闭的半衰期（500pa 降到 250pa）不应小于 6min，若达不到 6min 的要求，则可采取仓内薄膜密封粮堆的方法，要求薄膜密封的粮堆气密性（-300pa~-150pa）不小于 3min。

2.2.2 设备要求

2.2.2.1 常用制氮设备有 PSA 变压吸附制氮设备和膜分离制氮设备，两者对比详见附录 A。

2.2.2.2 变压吸附制氮设备符合《变压吸附制氧、制氮设备》

(JB/T 6427) 的相关要求。

2.2.2.3 空气呼吸器符合《自给开路式压缩空气呼吸器》(GB/T 16556) 的相关要求。

2.2.2.4 氧浓度报警仪符合《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》(GB 12358) 的相关要求。

2.2.3 制氮机房应具有良好的通风、排水、排热功能。

2.3 操作使用

2.3.1 操作使用流程: 制定方案→系统检查→系统完善→充气操作→实时监测→散气

2.3.2 充气原则

2.3.2.1 气调工艺

2.3.2.1.1 气调杀虫。虫口密度达到一般虫粮及以上等级时, 应及时充气杀虫, 达到防治目的后, 可根据情况, 确定是否补气。

2.3.2.1.2 气调防虫。基本无虫粮, 上层平均粮温超过 20℃时开始充气防虫, 氮气浓度低于工艺浓度时, 应及时补气。

2.3.2.1.3 气调储藏。基本无虫粮, 上层平均粮温超过 25℃时开始充气储藏, 氮气浓度低于工艺浓度时, 应及时补气。

2.3.2.1.4 对新入仓的局部水分偏高的粮食, 宜在水分平衡、粮情稳定后充气。

2.3.2.2 工艺浓度

2.3.2.2.1 气调杀虫，维持氮气浓度 98%以上，保持时间与粮温、虫种和虫态有关，一般应保持 30 天以上。

2.3.2.2.2 气调防虫期间，维持氮气浓度不低于 95%。

2.3.2.2.3 气调储藏期间，维持氮气浓度 90%~95%。

2.3.2.3 种子粮或对发芽率有要求的粮不宜用气调技术储藏。

2.3.3 制定实施方案。内容包括气调储粮规模、人员和任务分工、气密性处理、充气仓房和时间、氮气浓度和保持时间、数据检测、安全生产、应急防护等。

2.3.4 系统检查。粮食入仓前，对仓房查漏补漏，达到《粮油储藏技术规范》（GB/T 29890）第 6.2.1 条~6.2.3 条的相关要求；粮食入仓前，检测空仓气密性，记录 500Pa 气密性半衰期；气调充气前，检测实仓气密性，查漏补漏，使气密性达到相关规范要求；气密性检测方法见《二氧化碳气调储粮技术规程》（LS/T 1213）附录 A。

2.3.5 充气操作

2.3.5.1 准备工作

2.3.5.1.1 实施负责人应掌握氮气气调的基本理论知识，能够组织和指导气调作业。

2.3.5.1.2 操作人员应熟悉气密性处理和安全防护及检测设备使用方法，能熟练操作制氮设备。

2.3.5.1.3 入仓作业时应安排 1 名以上负责安全防护的人员。

2.3.5.1.4 开启待充气粮仓的进气和排气阀门，关闭不充气粮仓的进气阀门。检查供气管道、进仓阀门开关情况、仓房密闭等是否准备妥当。供气管道不漏气，所有阀门开关正确并锁定。

2.3.5.1.5 检查制氮设备是否放置平稳、现场供电是否符合电气安全操作规程；检查制氮机房的通风和排水情况，保证通畅。

2.3.5.1.6 氮气浓度检测仪使用前应校正，长期不用时应放在阴凉干燥处。

2.3.5.1.7 检查安全防护装置（如空气呼吸器等）是否齐全、有效。

2.3.5.1.8 密闭仓房，每个仓门应加锁并按《安全标志及其使用导则》（GB 2894）的规定张贴警示标志。

2.3.5.1.9 按设计图纸布置氮气浓度检测点，若图纸无要求，则按如下原则布置。

a)平房仓。在粮面密闭前布置测气点。在仓房对角线上分别离两角 7m、3m 以及仓房中间 3 个位置（参见图 2.1），每个位置不同粮层深度布置 3 个检测点：粮堆上层（堆高 3/4 处）、中层（堆高 1/2 处）、下层（堆高 1/4 处），粮面上仓房中部气囊内 1 个点，气体取样管宜为管径 4mm 的耐压软管，埋入粮堆的取样管应带取样头，取样箱内应标示取样

管编号。

b)浅圆仓。在粮食入仓前后分别布置测气点。入仓前，在每个出料口布置一个检测点；入仓后，分别在中心、1/2半径、距仓壁0.5m设三个检测点，每个点三层，上层在粮面下0.5m，下层在扦样器可送达的深度，中层在上下层中间位置，空间浓度检测点设在粮面中心上方1m位置，其它同平房仓。

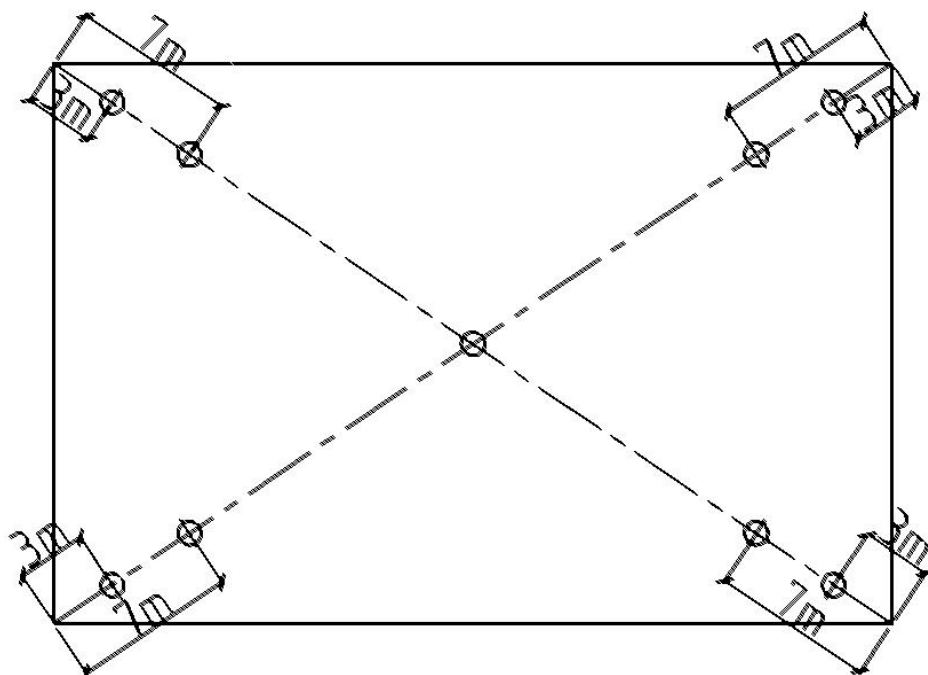


图 2.1 平房仓测气点平面位置图

2.3.5.2 充气

2.3.5.2.1 按使用说明书开启制氮设备，调节氮气输出流量对目标仓房充气。

2.3.5.2.2 根据制氮设备的可调节能力（空压机和冷干机余量、

空气净化处理状况、吸附塔的高径比和分子筛），充气初始阶段，以可调节的最低浓度和最大流量充气。对于气调杀虫，当仓房排气浓度达到 95% 时，调节变压吸附制氮设备出口浓度为 99% 左右或膜分离设备出口浓度为 98% 左右，当仓房排气浓度达到 97% 时，调节变压吸附制氮设备出口浓度为 99.5% 左右或膜分离设备出口浓度为 99% 左右。

2.3.5.2.3 充气期间应防止薄膜破裂或脱落。

2.3.5.2.4 每一阶段充气结束后，实时调节氮气浓度。

2.3.5.2.5 充气完成后，先关闭排气阀门（进仓阀门），再关闭制氮设备，最后关闭进气阀门。

2.3.5.2.6 充气方式

a) 连续充气。从粮堆上部充气，粮面薄膜鼓起时，从地上笼风道口排气，排气氮气浓度大于 85% 的富氮空气可通入条件允许的其它仓；持续充气，若排气浓度达到小于目标浓度 3% ~ 5% 时，停止充气，开启环流风机，均匀粮堆内浓度，当检测点浓度差 $\leq 2\%$ 时，停止环流。根据仓内浓度情况，重复上述过程，使粮堆氮气浓度达到目标浓度。若使用气囊则继续充气，使气囊隆起。

b) 间断充气。从粮堆上部充气，地上笼风道口不排气，薄膜鼓起后，停止充气，8h ~ 12h 后测量浓度，若浓度分布不均匀，则开启环流风机，均匀粮堆内浓度，从地上笼风道

口排气，排气氮气浓度大于 85%的富氮空气可通入条件允许的其它仓；重复上述过程，逐步提高仓内氮气浓度至目标浓度后继续充气，使气囊隆起。

c)环流降氧。膜分离制氮设备可采用该工艺，从粮堆上部充气，地上笼风道口不排气，薄膜鼓起后，将制氮设备的空气源采集口与机械通风口相连，抽取粮堆和气囊内的富氮空气，制氮设备将富氮空气中的氮和氧分离，氮气通过进仓管道充入粮面气囊。气囊消失时，停止环流；重复上述过程，粮堆内的氮气浓度达到目标浓度后继续充气，使气囊隆起。

2.3.5.2.7 当粮堆氮气浓度接近目标浓度时，根据粮仓大小以及制氮设备产量每 2h ~ 8h 检测一次各检测点氮气浓度，检测结果填入记录表，分析氧气置换效率。

2.3.5.3 尾气利用

2.3.5.3.1 当仓内氮气浓度达到 85%以上时，在充分分析后可开展尾气利用以降低气调成本。

2.3.5.3.2 不同粮食品种之间不能进行尾气利用。

2.3.5.3.3 尾气利用应注意仓房粮食是否发热，如有较大面积发热现象，不建议利用该仓尾气。

2.3.6 气调期间的监测

2.3.6.1 新粮气调可能出现粮情不稳定（如粮温不正常），保管员应根据具体情况进仓检查。

2.3.6.2 气调防治期间，定期检测粮堆氮气浓度，检测结果填入记录表，分析氮气衰减与气密性的关系。

2.3.6.3 气调储藏期间，一般每半个月入仓检查气囊是否漏气、气囊鼓起情况，气囊内有无结露。

2.3.7 散气

2.3.7.1 秋季防结露通风前，粮面揭膜，可采用自然通风散气，实施冬季通风降低粮温。

2.3.7.2 粮食出仓前，可采用机械通风散气，使粮堆内氧气浓度不小于 19.5%。

2.3.7.3 粮面揭膜后，折叠好的薄膜应妥善存放。

2.3.8 根据用电量、人工和气密处理费用等，计算吨粮成本，评价气调储粮的经济性；充气前、气调期间、散气后按《粮油储藏技术规范》（GB/T 29890）的要求检查储粮害虫，记录害虫防治情况，评价气调害虫防治效果；充氮前和散气后按《稻谷储存品质判定规则》（GB/T 20569）、《玉米储存品质判定规则》（GB/T 20570）、《小麦储存品质判定规则》（GB/T 20571）规定的指标检测粮食品质，评价气调储粮效果。

2.4 系统维护

2.4.1 设备日常维护。制氮系统的维护主要包括空压机、冷干机、过滤器、制氮主机的维护。空压机的日常维护主要是

经常检查空压机储气罐的排污口是否堵塞，散热孔处是否有遮拦；冷干机的散热器应经常清扫；过滤器的排污口应经常检查是否堵塞；制氮机消音器的排气口应经常检查是否畅通。所有设备外观均应保持清洁、干净，经常用湿布或中性肥皂水擦洗。

必须保证进入吸附塔的压缩空气为洁净的空气，否则容易引起分子筛中毒。

电器箱内应经常清扫灰尘（注意先切断电源）并检查后面板各插头，确保良好，否则应及时修复。

2.4.2 设备周期性维护

风冷式冷干机的周期性维护主要是定期吹扫，清洗排污口；水冷式冷干机主要是定期清洗水冷凝器，以防水垢沉淀堵塞。

过滤器的周期性维护主要是根据过滤器的使用状况定期更换滤芯。如发现过滤器的压力差过大，应及时更换滤芯。

过滤器的活性炭应一年更换一次（正常使用条件下）。

2.5 安全生产

2.5.1 气调作业时，仓房和制氮机房外应按《安全标志及其使用导则》（GB 2894）的有关规定设置安全标志。

2.5.2 制氮设备使用压缩空气，整个制氮系统中气体均带压，具有冲击能量，设备安装、调试、操作维修时必须注意安全，

不得近距离面对气体。非专业人员或未经许可，不得动用系统中管路阀门、压力表等部件。内部拆卸时，必须确认其内压力为零。不得移动、任意调校安全设施（安全阀等）。

2.5.3 使用 220V 电源的设备不得使用 380V 电源，必须有接地保护，避免发生短路。非专业人员或未经许可不得动用制氮系统中的电路电器。

2.5.4 制氮系统附近严禁烟火。

2.5.5 专人负责氧气浓度检测仪和报警仪、空气呼吸器等安全保护仪器设备的管理、维修、维护。

2.5.6 空气呼吸器有效使用时间不小于 30min。

2.5.7 空气呼吸器压力表宜具有夜视功能。

2.5.8 应配置与空气呼吸器配套的充气泵 1 台。

2.5.9 单人、酒后、健康状况不佳者以及无关人员禁止进入气调仓，供气和排气阀门禁止擅自操作。

2.5.10 气调储粮期间，宜减少进仓，进仓检查应按《缺氧危险作业操作规程》（GB 8958）的相关规定，携带氧气浓度报警仪和佩戴空气呼吸器。

2.5.11 进仓前和离开时应清点人数。进入气囊内作业，应有 3 人及以上，2 人进入粮堆气囊内作业，1 人留在气囊外封闭进人孔及进行安全值勤、递送工具、接应人员进出等工作。

2.5.12 膜内作业时，应随时注意空气呼吸器储气罐的压力，

当压力低于 5MPa 时应立即出仓，撤离现场；紧急情况下，用自带小刀划破薄膜避险。

2.5.13 作业人员与安全防护人员应保持有效联络，安全防护人员不得离岗。

2.5.14 如果人员出现缺氧现象，应立即展开急救并及时报 120。

2.5.15 根据当地市场监督管理部门相关规定，对气调系统的罐体及管道进行备案，取得验收合格报告后方可使用；生产作业时应由专业的压力容器作业员和管道巡检员进行操作；需要检修、维护时，应由持有压力容器维修资质的企业或持有压力容器特种作业许可证的相关人员完成相关工作。

3. 控温储粮

3.1 定义和分类

3.1.1 根据储粮温度要求，粮食仓房分为控温仓和常温仓，其中控温仓又分为中温仓（平均粮温保持在 25℃及以下、局部最高粮温不超过 30℃的粮食仓房）、准低温仓（平均粮温保持在 20℃及以下、局部最高粮温不超过 25℃的粮食仓房）、低温仓（平均粮温保持在 15℃及以下、局部最高粮温不超过 20℃的粮食仓房）。

3.1.2 控温方式有整仓降温、粮面控温、局部降温等。

3.1.3 常见的控温设备有谷物冷却机、空调、风机等。空调

有普通空调和专用空调。普通空调指没有对粉尘及熏蒸气体有专门保护措施 of 通用空调，一般为分体式，不建议采用此类空调。专用空调指针对储粮特点，对粉尘及熏蒸气体有专门预防措施的空调，并有保持水分功能，一般为一体式，可用于中温仓、准低温仓及低温仓。一般宜选用专用空调用于粮仓控温。

3.2 基本要求

3.2.1 仓房仓体完好，具有良好的隔热、密闭、防潮性能。仓房门、风道口、设备连接口等密闭不漏风，仓房应配置有粮情检测系统。仓盖的传热系数应不大于 $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ，墙体和窗户等孔洞的传热系数应不大于 $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

3.3 机械通风降温

3.3.1 系统配置

3.3.1.1 粮食仓房均应配置机械通风系统。

3.3.1.2 粮仓机械通风系统包括通风风机、供风导管、通风管道、粮堆、通风操作控制系统等。

3.3.1.3 通风风机包括粮面上的轴流风机、仓底通风风机、环流风机、单管通风机、多管通风机等。

3.3.1.4 粮面以上空间的通风一般使用粮面上的轴流风机，排出空间积热，降低粮面温度。粮面上轴流风机可以是排风式，也可以是双向式。

3.3.1.5 粮堆降温使用仓底通风风机，可以是压入式通风，也可以是吸出式通风。通风模式有地槽通风、地上笼通风、横向通风；若采用横向通风，广东地区仓房跨度建议不超过24m。

3.3.2 操作使用

3.3.2.1 根据广东地区的气候条件，储粮通风一般在冬季进行，建议在11月下旬到1月中旬，尽量在春节前进行。宜分两次进行，分别为11月下旬至12月初、12月底至1月中旬期间，通风应彻底。条件许可时，亦可采用机械通风与自然通风相结合的方式通风。

3.3.2.2 通风降温时，建议优先采用粮面上轴流风机或仓底通风口处轴流风机进行通风降温作业，以达到节能降耗的目的。出现紧急粮情时，可利用大功率离心风机或谷物冷却机进行通风作业。

3.3.2.3 通风前准备

3.3.2.3.1 装粮前，通风盖板或地上笼安装应牢固，确保装粮后通风道内不漏入粮食。如有风量调节阀，可通过风量调节阀调节各支风道的风量均匀。

3.3.2.3.2 测定粮食的温度、水分以及大气的温度、湿度，按照《储粮机械通风技术规程》（LS/T 1202）的规定判断能否通风，并制定通风方案。

3.3.2.3.3 根据通风方式的要求打开或关闭门窗。

3.3.2.3.4 移动式风机与风道口的联接应采用软连接，连接应牢固、密封。应尽可能缩短仓外风管长度，必要时在仓外风管和空气分配装置上包敷保温材料。

3.3.2.3.5 开启通风机前，应确认通风机底座平稳。通风机开启后，应确认扇叶转向正确。

3.3.2.4 通风过程的操作注意事项

3.3.2.4.1 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。不得直接并联或串联使用。

3.3.2.4.2 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，确保整仓粮温的均匀性。

3.3.2.4.3 降温通风时，应检查有无结露现象。如发现结露现象，应继续通风并加强粮仓顶部的空气流通，使结露现象逐步消失。

3.3.2.4.4 采取一次降温通风时，应考虑气温与粮温的关系。当温差过大时，应连续通风，不得时开时停，以免造成仓内结露。

3.3.2.5 通风期间检测粮食水分、温度的时间和要求

3.3.2.5.1 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《储粮机械通风技术规程》（LS/T 1202）中的规定判断是否继续通风；

b)水分：每个阶段通风结束后，按照有关规定分层设点检测粮食水分。

3.3.2.5.2 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《储粮机械通风技术规程》（LS/T 1202）中的规定判断是否继续通风；

b)水分：每 8 个小时分层定点测定一次。

3.3.2.6 通风结束后，应立即关闭粮仓进出口、进风口和排气口，并及时做好防潮、隔热和密闭处理。

3.3.3 系统维护

3.3.3.1 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。

3.3.3.2 日常定期检查轴承、风机叶轮等易磨损部位的情况。如有过度磨损，应及时更换。

3.3.4 安全生产

3.3.4.1 采用吸出式通风作业的，通风机出风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

板改变气流方向，并设警示牌。

3.3.4.2 启动前应关闭进风或出风闸门。

3.3.4.3 电机升温过高、设备振动剧烈或有异常声响时应立即停机检修。

3.3.4.4 经常检查轴承温升。

3.3.4.5 不允许在运转中对通风机及电器设备进行检修。

3.3.4.6 检查风机进出口和风管连接处，发现漏风现象，应及时修补。

3.4 空调控温

3.4.1 系统配置

3.4.1.1 平房仓跨度大于 24m 时，要在仓房两侧布置空调；跨度不大于 24m 时可以单侧布置。为降低电耗，单侧布置时宜布置于仓房背阴面。

3.4.1.2 平房仓空调布置时，若选用专用空调，安装位置应均布；专用空调采用风管均风时，相邻出风口间距应不大于 10m，靠近山墙的出风口距离山墙应不大于 8m；若选用普通空调，相邻室内机间距应不大于 15m，靠近山墙的室内机距离山墙应不大于 10m。当空调布置在仓房两侧时，至少其中一侧应满足上述间距要求，其余室内机安装位置均布，宜采用对向交错布置。

3.4.1.3 浅圆仓和立筒仓的空调室内机应均匀布置于仓壁内侧

上，并注意排水，排水不得滴在粮面上。普通空调相邻空调室内机直线间距应不大于 15m；专用空调相邻出风口直线间距应不大于 10m。

3.4.2 操作使用

3.4.2.1 运行前准备

3.4.2.1.1 检查粮情并正确处理。若发生储粮害虫，应先杀虫；若存在局部高温点，且因局部水分、杂质过高引起，应采用翻倒粮面或局部通风等方法处理。

3.4.2.1.2 采用隔热材料封堵仓房门窗、轴流风机和通风口等孔洞，并用塑料薄膜等材料密闭。

3.4.2.1.3 清理空调附近灰尘、杂物。拆除空调室内机、出风口的密封薄膜，清理表面和内部灰尘。

3.4.2.1.4 试运行空调，如有故障应进行维修或更换。

3.4.2.2 运行模式要求

3.4.2.2.1 密闭仓房后，开启空调，设定好温度和自动制冷运行模式，控制仓温及表层粮温。应水平送风，不得直吹粮面和房顶，防止结露。

3.4.2.2.2 为降低空调运行能耗，应综合考虑储粮质量、表层粮温和当地气温情况，合理确定控温目标；空调运行期间，应减少仓房门窗的开启次数和时间，减少仓内照明和其它用电设备的使用。

3.4.2.2.3 当采用机械通风降温可将仓温控制在目标温度时，应优先选择机械通风。

3.4.2.2.4 在实现控温目标的前提下，宜安装时控开关，选择夜间电价低、空调制冷效率高的时段自动运行，以降低运行成本。

3.4.2.2.5 秋冬季节采用通风降温技术蓄冷，春季采用隔热技术保冷，尽量缩短夏季空调运行时间。

3.4.2.3 运行技术参数要求

3.4.2.3.1 当仓内空间温度高于粮食的目标温度时，应密闭仓房进行空调控温，空调设定温度宜为目标温度 - 0℃ ~ 5℃之间。综合环境温度、粮温、电耗、粮食水分、仓房隔热性、气密性及粮面隔热压盖等因素，可适当调整空调的设定温度。但空调的设定温度不宜低于 12℃或高于 25℃。

3.4.2.3.2 因客观原因导致空调停止运行，使仓内空间温度或粮堆表层温度超过控温目标 8℃以上，再次开启时应分阶段降温，降温幅度建议设定为 4℃ ~ 5℃，降温期间应由专人观察降温情况，发现粮面结露或空调表面滴水，应调升空调的设定温度，降低阶段降温幅度。在确定空间温度、湿度和表层粮温不再降低后，再进行下一阶段降温。

3.4.2.3.3 尽量避免为节省用电而人为等到粮堆表层粮温高于控温目标后，再使用空调降温。

3.4.2.3.4 空调运行期间，如果粮温快速升高，当上层粮食温度普遍高于控制温度 5℃时，应暂时停止空调控温作业，改用谷物冷却机或移动式大功率风管送风式空调，进行上行式冷却通风，通风作业应符合《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》（GB/T 29374）规定。

3.4.2.3.5 当春初秋末夜晚及冬季室外气温低于空调设定温度时，应停止空调控温储粮作业，改用机械通风及轴流风机通风排热等方式控制粮温升高。

3.4.3 系统维护

3.4.3.1 每年空调运行前，应检查进出风口是否有杂物堵塞，检查室内机的过滤网等部件是否有污染物沉积，如有灰尘、储粮害虫、虫尸及虫网等，应清理干净。室外机灰尘过多时，应请专业人员清洗。

3.4.3.2 每年空调运行前，检查连接管线的包扎及保温棉是否老化，电线及排水管是否完好，固定支架是否严重腐蚀，如果存在问题，应修复。

3.4.3.3 定期请专业人员对空调及电路进行检查，更换老化的元件，补充制冷剂，使空调能够正常运行。

3.4.3.4 磷化氢熏蒸前，应采取有效措施将空调与熏蒸环境隔离，避免磷化氢气体腐蚀空调内金属部件，宜采用双槽双膜密封室内机。

3.4.3.5 空调长期不用或粮食进出仓作业前，待机体内部干燥后，应采用塑料薄膜等材料密封室内机和室外机，防止灰尘、害虫等进入设备内影响其性能。

3.4.3.6 空调的维护和保养还应符合使用说明书的要求。

3.4.4 安全生产

3.4.4.1 空调应可靠接地。

3.4.4.2 空调运行前要确保电源插头插牢，运行期间严禁拔掉电源插头、损坏电线或使用非指定电线、与其它设备共用插座、使用接长软线等不当操作。

3.4.4.3 定期检查空调各部分的运行状况，如发现不运转、不制冷、制冷不足、烧焦味等异常情况，应立即关闭电源开关，进行专业维修。

3.4.4.4 空调运行期间停电，应关闭电源开关。

3.4.4.5 雷电天气应停止运行空调，并关闭电源开关。

3.4.4.6 清理空调时，应关闭空调开关及电源开关。

3.4.4.7 低温季节停止使用空调时或熏蒸作业前应关闭电源开关。

3.4.4.8 仓内有室内机时，仓房内应配置灭火器。

3.4.4.9 在进出仓及清扫作业致使仓内产生大量灰尘的情况下，严禁开启空调器。

3.4.4.10 空调器的安全要求还应符合《家用和类似用途空调

器安装规范》（GB 17790）和使用说明书的要求。

3.4.4.11 在空调安全操作、使用及维修过程中，除以上具体要求外，还应遵守国家、行业及其他相关安全卫生法规、标准等。

3.5 谷物冷却机降温

3.5.1 谷物冷却机为粮食降温专用设备，应符合《谷物冷却机》（GB/T 18835）的要求。有相应的操作说明书、维修保养手册等。设备操作应遵循《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》（GB/T 29374）的规定。谷物冷却机优先选用变频式，并根据当地实际情况，选用适合的换热源方式（风冷、水冷、浅层地能），以达到节能降耗的目的。

3.5.2 根据广东地区的气候条件，新入仓粮食温度偏高的情况下，建议用谷物冷却机通风至粮温降到安全温度以下。

3.5.3 谷物冷却机低温储粮作业管理包括冷却通风前的准备、设备操作与管理、冷却通风过程中的检测项目和要求、检测粮食温度与水分的间隔时间和结束冷却通风的条件、冷却通风的作业要求以及冷却通风结束后的管理。

3.5.3.1 冷却通风前的准备

3.5.3.1.1 使用前熟读说明书，熟悉开关、按钮等各项操作，了解谷物冷却机工作的基本原理和结构，掌握操作方法。

3.5.3.1.2 确定谷物冷却机在仓房的布置方式及使用数量。根

据仓房类型、风网布置、设备条件、粮食种类、粮堆体积、冷却作业目的等确定。

3.5.3.1.3 测定通风前仓内温度、湿度、粮温、粮食水分及大气温度和相对湿度。

3.5.3.1.4 根据粮情、仓房条件和低温储粮要求，确定粮食冷却目标及通入仓内冷风的温度和湿度。冷风温度一般应比目标温度低 $1^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ ；冷风湿度应按操作说明书的设定，亦可按《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规程》（GB/T 29374）的规定设定。

3.5.3.1.5 检查设备各连接部位有无松动和损坏，制冷剂有无泄露，液位是否符合运行要求；检查进风口过滤网、冷凝器散热片是否清洁畅通等。

3.5.3.1.6 检查电源电压，其范围应在 (380 ± 38) V 之内。

3.5.3.1.7 检查谷物冷却机接入电源的相位，不得出现相位错误。严禁改动谷物冷却机内部的电源接线。每次连接电源均应检查相位。

3.5.3.1.8 谷物冷却机应按仓房风网设置与进风口联接，可采用一机一口或一机多口。用送风管连接谷物冷却机出风口与仓房进风口并确保接口及风管不漏风。如采用硬风管连接，其质量（重量）不能由设备的出风口承载。在仓房多个进风口之间安装的连接风管应配有空气分配装置。为避免风管的

冷量损失，应尽可能缩短风管长度。接风管和空气分配装置上必要时包敷保温材料。

3.5.3.1.9 在仓房进风口的连接风管上应开设有冷空气温度、湿度检查孔。在仓内空气分配器上方应布置若干粮食水分检测的固定取样点。

3.5.3.1.10 根据谷物冷却机通风风量和环境风向等有选择地、适量地打开仓房排气窗口，以便仓内热空气能顺畅排出。

3.5.3.1.11 谷物冷却机配备有 U 型测压管时，U 型测压管内应注入清水到规定位置。

3.5.3.1.12 在谷冷作业前，对通风效果不佳的区域布置 PVC 通风辅助管。

3.5.3.2 设备操作与管理

3.5.3.2.1 风冷机组现场接好风管和电源后即可启动，水冷机组需要连接水管，启动冷却水水泵系统，运行正常后方可启动机组。

3.5.3.2.2 谷物冷却机出风温度的设置不宜低于 10℃。

3.5.3.2.3 不允许向仓内送入高于粮食温度的空气，以防粮食结露引起霉变。当采用不同温度分阶段冷却通风时，不允许后阶段通风温度高于前阶段。

3.5.3.2.4 按照设备操作说明书的要求，对谷物冷却机进行预热、设定参数后启动运行。

3.5.3.2.5 谷物冷却机启动后约 30min 达到稳定状态，在此期间应注意观察谷物冷却机的运行情况。设备启动后，应保持运行 15min 后方可停机。停机再启动的时间间隔不应少于 10min。

3.5.3.2.6 由于仓内粮食温度、水分的变化不同，应及时调整设备出风温度、湿度参数，按《粮油储藏 谷物冷却机应用技术规范》（GB/T 29374）的要求设定。

3.5.3.2.7 当气温较低粮温较高时，冷却通风初期可能会造成仓房顶部或墙壁甚至粮堆表层结露，应继续低温通风并且加强仓房顶部空气流通，直至结露消失。

3.5.3.3 冷却通风过程中的检测项目和要求

3.5.3.3.1 冷却通风过程中至少每 2h 检测一次设备出风口冷空气的温度、湿度。如发现与设定温度的差值大于 1℃或与设定湿度的差值大于 6%，应检查谷物冷却机的自控调节情况及环境温度、湿度变化情况。无法及时纠正过大偏差而设备又无法自动停机时，应人为调整或停机检查原因。

3.5.3.3.2 为了解粮堆通风均匀情况，必要时可对粮堆表观风速进行测量。

3.5.3.3.3 应按《粮油储藏技术规范》（GB/T 29890）规定定时对粮食温度、水分进行检测。在特殊部位，如粮温和水分最高和最低处、通风死角区、杂质聚集区和通风管道附近等

应适当增加检测点。

3.5.3.4 检测粮食温度、水分的间隔时间和结束冷却通风的条件

3.5.3.4.1 保持水分冷却通风：每 6h ~ 12h 测定一次温度，在通风开始、中期和结束后检测水分。粮情变化较快时可适当增加检测次数。在分阶段冷却时，每个阶段通风结束后，应按照有关规定分层设点全面检测粮食水分。

当平均粮温降到预定值，冷却界面已移出粮堆上层（距粮堆表面大约深 30cm 处的粮温不应高于预定值 3℃），粮堆高度方向温度梯度 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 粮层厚度时，即可结束冷却通风。

3.5.3.4.2 降低水分冷却通风：每 6h ~ 12h 测定一次温度；每 12h 分层定点检测一次水分。

当储粮平均温度和水分达到预定值、粮堆高度方向温度梯度 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 粮层厚度、粮堆高度方向水分梯度 $\leq 0.5\%/\text{m}$ 粮层厚度时，即可结束降水冷却通风。同时按照有关规定分层设点全面检测粮食水分。

3.5.3.4.3 调质冷却通风：调质冷却通风的增水量不应超过低温安全储粮水分的范围，并应在粮食加工前进行。

每 12h 至少测定一次粮温；根据调质冷却通风要求，每隔 8h 分层定点检测一次水分。在采用分阶段控湿冷却时，每个阶段通风结束后对粮食水分进行一次分层定点检测。

当储粮平均温度和水分达到预定值（不得超过低温安全储粮水分值），粮堆高度方向温度梯度 $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 粮层厚度、粮堆高度方向水分梯度 $\leq 0.5\%/\text{m}$ 粮层厚度时，即可结束调质冷却通风。同时按照有关规定分层设点全面检测粮食水分。

3.5.3.5 冷却通风的作业要求

3.5.3.5.1 需要低温储藏的粮食，粮食入仓后尽快完成初冷作业。安全水分粮初冷作业宜将粮温降低至 $12^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ ，半安全水分粮应将粮温降低至 $10^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$ 。在粮温回升至 $17^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 时宜进行复冷作业。

3.5.3.5.2 冷却通风作业应尽量在高温天气到来之前完成。高温季节需要进行冷却通风作业时，应尽量选择夜间或其他有利的气候条件进行。

3.5.3.5.3 对发热或水分偏高粮食，或粮堆温度梯度、水分梯度较大时，应及时进行冷却通风降温或平衡温度处理。

3.5.3.5.4 由于条件限制不能一次性完成整仓冷却时，可采用分区段冷却通风降温作业，但相邻区段之间不能出现结露的情况。

3.5.3.5.5 在低温季节，应首先利用自然低温条件进行机械通风降温。通风条件应符合《储粮机械通风技术规程》（LS/T 1202）的有关规定。

3.5.3.5.6 低温储粮的温度和安全水分具有相对性。冷却通风

作业应本着安全、经济、有效的原则，根据当地的气候条件、仓房和粮食状况具体实施。

3.5.3.6 冷却通风结束后的管理

3.5.3.6.1 冷却通风结束后，应立即拆除风管，关闭仓房进风口、窗门、排气口，并及时做好防潮、隔热和密闭处理。对所有通风口、窗户加装保温板，窗户、大门用薄膜密闭。

3.5.3.6.2 粮面宜加盖塑料薄膜，有条件时宜加盖隔热材料。隔热材料应对粮食无污染，同时具有良好的阻热性、阻燃性及经济性。

3.5.3.6.3 当设备使用完毕后，应按使用说明书要求进行维护保养、妥善保管。

3.5.3.6.4 评估本次冷却通风作业的单位能耗和成本并记录。

3.5.3.6.5 完成谷冷后的仓房在密闭期间除了日常的虫害检查外，还要重点观察仓内的湿度，当仓内湿度超过80%时要全面检查粮面是否有局部水分偏高、结露、生霉等异常粮情，发现异常及时处理。

3.5.4 设备应由专人负责保养、维修。制冷系统管路严禁用手推拉或承受其它外力，以免造成制冷剂泄漏。维护保养人员应具有相关专业知识和操作技能，并认真阅读使用说明书。

3.5.5 安全生产

3.5.5.1 谷物冷却机宜平稳摆放在背阴处平整坚实的地面上，

避免设备运行时产生异常振动，避免整机特别是电控柜受阳光直接照射。

3.5.5.2 设备移动时应避免剧烈颠簸，车辆牵引速度不应超过5km/h。

3.5.5.3 设备电缆不允许碾压，不宜在地面拖拽，避免造成事故。

3.5.5.4 谷物冷却机运行中要对制冷剂流动情况、冷凝水排放、电源电压和设备电流、出风温度和湿度、风压和过滤网及仓房排气窗口的开启等情况进行检查，发现问题及时处理。

3.5.5.5 设备报警或自动停机时，应按设备提示查清原因，排除故障，重新启动；通风作业时，当设备出现出风温度、湿度或压力异常、电机温度过高、设备振动剧烈、制冷剂泄露等故障时应立即停机检修；不允许在设备运行状态下进行维修。

3.5.5.6 谷物冷却机不允许串联使用。

3.5.5.7 为保证谷冷通风的效率，谷物冷却机一般应避免在高温高湿环境下工作，必应在炎热天气下工作时，应尽可能使工作状态下的设备避免阳光直晒。

3.5.5.8 禁止在大雨及雷电气候环境工作。如果必须在雨天使用时，应保护好设备的电器控制箱，不得有水流入箱内，否则将造成电器短路，引发重大设备事故。

附录 A

PSA 变压吸附制氮及膜分离制氮工艺性能比较

序号	比较项目	PSA 变压吸附制氮	膜分离制氮
1	空气分离原理	相同压力下，氧气比氮气更易被吸附。	相同压力下，氧气渗透率高于氮气。
2	制氮特点	常温、制氮过程的吸附-均压-解吸-吸附过程压力波动。	常温、压缩空气在膜组件中连续通过，无应循环切换。氮气压力稳定。
4	操作压力 MPa	0.85	1.3
5	操作温度 ℃	≤45	40 ~ 50
6	启动时间	≤40 min	≤5 min
7	制取氮气最大纯度 φ/%	≤99.99%	≤99.9%
8	空气中氮气提取率 φ/%	制取纯度 99.99% 时，同等体积空气中氮气的提取率 17%，纯度 99.9% 氮气 32%，纯度 99% 氮气 42.1%，纯度 97% 氮气 50%。	纯度 99.9% 氮气 15%，纯度 99% 氮气 33%，纯度 97% 氮气 48%。
9	制氮能力 (最大) /m ³ .h ⁻¹	纯度 99.99% 同等体积空气中氮气产量为 700，纯度 99.9% 氮气 1500，纯度 99% 氮气 2500，纯度 97% 氮气 2500。	纯度 99.9% 氮气 300，纯度 99% 氮气 600，纯度 97% 氮气 800，纯度 95% 氮气 1000。

序号	比较项目	PSA 变压吸附制氮	膜分离制氮
10	主要设备	空气压缩机、过滤器、干燥机、吸附塔、氮气缓冲罐。	空气压缩机、过滤器、干燥机、电加热器、膜组件。
11	相对投资	1	>1.5

上表分析如下：

1.制氮速度：相对于变压吸附式制氮，膜分离制氮产氮气速度较快，启动时间短。

2.氮气提取率：当氮气纯度体积分数 $\leq 97\%$ 时，PSA 变压吸附和膜分离制氮工艺的氮气提取率基本相当；当氮气纯度体积分数 $>99\%$ 时，膜分离制氮工艺氮提取率急剧降低。

3.操作压力：制取相同体积及纯度的氮气，PSA 变压吸附制氮压力要求 0.85MPa ，而膜分离制氮压力要求较高，为 1.3MPa 。2 种制氮工艺主要能耗在空气压缩机，故当制取氮气纯度较高时，膜分离制氮所应空气压缩机规模大，功率高，总单位能耗最高，PSA 变压吸附制氮较低。

4.设备投资和维护：膜分离制氮与 PSA 变压吸附制氮相比，制取相同体积及纯度的氮气，所应空气量大，压比高，压缩机规模大，对应的空气净化组件(过滤器、干燥机、除油器等)比 PSA 变压吸附大，投资高，且制氮核心部件的膜组件的成本也高于 PSA 吸附塔。因此，PSA 变压吸附制氮投资较低，维护成本也相对较低。

综合对比如下：

对比	PSA 变压吸附制氮	膜分离制氮
优点	制氮纯度高(可达到99.999%)、能耗低、价格低、维护成本低。	占地少、噪音低、易安装，能快速启动停车。
缺点	设备噪声大，设备中阀门多，切换频繁，每年每只阀门应开关几十万次，阀门的质量影响设备的可靠性。	设备相对耗能高，投资大，膜组件更换成本高，维护费用高，适用于氮气纯度较低的情况(≤99.5%)。