

张忠杰研究员主持“粮食干燥与绿色仓储”专栏文章之六

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.05.007

唐芳, 付鹏程, 张海洋, 等. 粮食安全储存水分研究进展[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(5): 53-60.

TANG F, FU P C, ZHANG H Y, et al. The research progress on moisture content of grain safe storage[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(5): 53-60.

# 粮食安全储存水分研究进展

唐芳<sup>1,2</sup>, 付鹏程<sup>3</sup>, 张海洋<sup>1,2</sup>, 祁智慧<sup>1,2</sup>, 田琳<sup>1,2</sup>, 雷雨晴<sup>1,2</sup>

(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院 粮食储运研究所, 北京 100037;

2. 粮食储运国家工程研究中心, 北京 100037;

3. 中储粮成都储藏研究院有限公司, 四川 成都 610091)

**摘要:**近年来,随着粮安工程和优质粮食工程的贯彻实施,粮食仓储行业依据不同区域气候条件和粮食品种、储存规模及加工需求,开展了空调控温、谷冷控温控湿、内环流保水控温、气调储粮、虫霉综合防治等多项绿色储粮技术研发应用,有效提升了我国粮食储存安全保障水平。粮食储存安全与水分密切相关,水分过高,可能引起粮食霉菌生长甚至发热,危害储存安全;水分过低,可能影响粮食食用品质和加工品质。在确保粮食储存安全的前提下,科学合理确定粮食安全储存水分,能有力推动“绿色仓储提升行动”,助力节粮减损。研究团队通过十余年的研究和专家论证,结合国内外实际仓储情况,确定了影响粮食安全储存水分的关键指标、检测方法及粮食安全储存的判定依据,系统开展了常规储藏和控温储藏条件下粮食安全储存水分的研究,建立了粮食安全储存水分与温度关系,提出了新形势下区域粮食安全储存水分阈值,可为绿色储粮技术的有效实施提供科技支撑。

**关键词:**粮食; 安全储存水分; 温度; 霉菌生长; 绿色储粮; 节粮减损

**中图分类号:** TS205; S-1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2023)05-0053-08

**网络首发时间:** 2023-09-08 14:51:22

**网络首发地址:** <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20230907.1928.007>

## The Research Progress on Moisture Content of Grain Safe Storage

TANG Fang<sup>1,2</sup>, FU Peng-cheng<sup>3</sup>, ZHANG Hai-yang<sup>1,2</sup>, QI Zhi-hui<sup>1,2</sup>, TIAN Lin<sup>1,2</sup>, LEI Yu-qing<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Grain Storage and Logistics, Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China;

2. National Engineering Research Centre of Grain Storage and Logistics, Beijing 100037, China;

3. China Grain Storage Chengdu Storage Research Institute Co., Ltd, Chengdu, Sichuan 610091, China)

**Abstract:** In recent years, with the implementation of grain safety engineering and high-quality grain engineering, grain storage enterprises have carried out research and application of multiple green grain

收稿日期: 2023-05-19

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(ZX2230)

Supported by: Fundamental Research Funds of the Central Research Institutes (No. ZX2230)

作者简介: 唐芳,女,1978年出生,硕士,副研究员,研究方向为粮食微生物。E-mail: tf@ags.ac.cn

storage technologies such as air conditioning temperature control, grain cooling temperature control and humidity control, internal circulation moisture and temperature control, controlled atmosphere, and comprehensive pest and mold prevention and control based on different regional climate conditions and the storage variety, storage scale, and enterprises processing. These efforts have effectively improved the level of grain storage safety guarantee in China. The safety of grain storage is closely related to moisture content. High moisture content in the grain may cause mold growth or even hotspots, which can endanger the safety of grain storage. On the other hand, low moisture may affect the quality of food consumption and processing. Thus, it is crucial to establish a scientifically and reasonably determined safe storage moisture content of grain under the premise of ensuring the safety of grain storage. This will effectively promote the “green warehousing improvement action” and help save grain to reduce losses. This paper focused on the research process of grain safe storage of moisture in China after more than a decade of research and expert argumentation, key indicators and detection methods that affect the safe storage of grain moisture have been determined, as well as the criteria for determining the safe storage of grain moisture content, in combination with the actual storage situation at home and abroad. Research on the safe storage of grain moisture content in conventional storage and temperature-controlled storage has been systematically carried out, and the relationships between grain moisture content and temperature have been established. The threshold for safe storage of grain moisture content in the region under the new situation has been proposed, which could provide technological support for the formulation of green grain storage related standards.

**Key words:** grain; moisture content of grain safe storage; temperature; mold growth; green grain storage; food saving and loss reduction

影响粮食储藏安全的因素很多，粮食水分含量是最重要的因素之一。但水分含量对粮食储藏稳定的影响又受到储粮相关的环境因素和生物因素的影响<sup>[1-2]</sup>。在我国粮食质量标准中，对主要粮种水分有明确要求，如：籼稻 13.5%、粳稻 14.5%、小麦 12.5%、玉米 14.5%、大豆 13.0%，这些水分是作为粮食交易过程中增扣量的重要依据，而不是粮食安全储存的水分值。1986 年原商业部发布的《粮油储藏技术规范》，明确提出了粮食安全储存水分的概念，但由于我国不同区域储藏的粮食形成的储粮生态系统有明显的差异，一直未制定全国统一的粮食安全储存水分。因缺乏系统研究和基础数据，多数省份以粮食质量标准中水分值作为安全储存水分，只有个别省份根据经验自行制定了本省的安全水分，执行的标准宽严并存，严重影响了各地的粮食安全储存和经济效益。

近年来，我国粮食行业的储粮方式和理念发生了巨大变化。传统储粮技术逐渐向绿色储粮技术转变，管理模式也由粗放型仓储管理向精细化仓储管理发展。在绿色储粮发展思路的指导下，

我国先后开展了空调控温、谷冷控温、内环流控温、气调储粮、虫霉绿色防治等多项绿色储粮技术的研究，应用效果显著，在深入推进优质粮食工程促进粮食产业高质量发展中发挥重要作用。

“十四五”初期国家粮食和物资储备局发布实施优质粮食工程“六大提升行动”，“粮食绿色仓储提升行动”作为重点任务之一，提出了建设一批高标准粮仓，配备先进适用储粮技术，完善绿色储粮功能等措施，持续推动全链条节粮减损，着力推动粮食储备高质量发展。目前，四川、浙江、江苏等省份试点粮库已率先启动绿色仓储提升行动，采取多项措施实现控温储粮条件，为粮食安全储存提供了有力保障。部分粮库在确保储粮安全的前提下，通过申请报备适当提高了粮食储存水分，不仅实现了保质保鲜，还提高了企业经济效益，在实仓环节实现了保质降耗节粮减损。而大部分粮库的粮食储存水分仍参照粮食质量标准中水分执行，在控温等绿色储粮技术条件下，有些粮种储存水分偏低，不利于粮食特别是稻谷的保质保鲜，无法充分发挥绿色仓储的优势。因

此,在全面推进“绿色仓储提升行动”的背景下,急需提出一个科学合理的粮食安全储存水分值,用于指导绿色仓储,确保持续推进行业高质量发展,持续推动节粮减损。

据此,粮食行业科研队伍积极开展粮食安全储存水分相关系列研究工作,共分为三个阶段:一是确定影响粮食安全储存水分的关键指标及其研究方法;二是参考国内外关于粮食安全储存的界定,结合大量实仓检测数据,确定粮食安全储存判定依据;三是针对常规储藏和控温储藏条件,通过实验室模拟储藏研究,确定粮食储存水分、温度与真菌生长的关系,结合国内外粮食储存经验和相关标准,以及我国南北方实仓检测情况,确定粮食安全储存水分与温度的关系。同时,为解决安全水分没有统一标准、宽严并存的问题,国家粮食和物资储备局标准质量中心牵头,向国家标准委申请了《粮食安全储存水分》国家标准并获批立项。

## 1 粮食安全储存水分研究关键指标及其研究方法的确定

由于粮食安全储存水分指标受粮种、原始品质、原始带菌量、环境温度等复杂因素的影响<sup>[3]</sup>,必须通过系统研究,掌握不同地理条件(生态区域)的安全储存水分的相关特性,才能制定出针对不同的粮食储藏特点的粮食安全储存水分标准。“安全水分”的定义,“一定储藏条件下,能够在当地安全度夏而不发热、不霉变的水分含量”,定义中提出的粮食不发热、不霉变,即粮食水分偏高主要引起微生物生长,进一步会引起粮堆霉变发热,严重时产生毒素,造成食品卫生安全隐患<sup>[4]</sup>,因此,经过行业内科研院所、高校及粮油质检机构的专家们多轮研讨,确定粮食安全储存水分研究的关键指标为微生物的生长,这与国外的研究结果是一致的<sup>[5]</sup>。

国内外微生物检测和研究方法的相关研究有很多报道。传统经典的微生物检测方法是平板培养菌落数法,但这一方法对无菌检测条件要求高,需培养5~7天,操作复杂、检测时间长。安全水分的研究需要检测大量的实验室和实仓样品,经

典培养法很难满足研究要求。大部分微生物检测方法是进行间接指标的检测,利用真菌某些特定的化学成分或代谢物质,如细胞壁多糖、麦角甾醇、真菌酶类及一些真菌挥发性物质等的检测<sup>[6]</sup>。储粮真菌孢子计数法是一种借助显微观察的微生物直接检测方法<sup>[7]</sup>。为了明确后续研究采用的方法,有关粮食科研院所、高校及粮油质检系统的专家,经过两天的研究讨论,最终确定对河南工业大学、国家粮食局科学研究院、成都粮食储藏科学研究所三家承担单位提供的微生物检测方法(微生物活性检测<sup>[8]</sup>、麦角甾醇检测<sup>[9]</sup>、储粮真菌孢子检测<sup>[7]</sup>)进行比较分析。并以经典平板培养法为基准方法对三种检测方法进行比对分析。经过两轮为期两个月的实际样品微生物检测结果与经典平板培养法检测结果的比对分析,真菌孢子计数法与经典培养法的相关性最好,检测速度快,由专家论证会确定,真菌孢子计数法为粮食安全储存水分实仓研究的指定方法。

## 2 粮食安全储存判定依据的确定

日常环境中微生物无处不在,常规粮食均带有霉菌,只是带菌量较低,肉眼看不到,也不会对粮食安全造成影响,但当霉菌生长到一定程度时,就会影响到粮食的食用品质,严重的影响粮食食品安全。通常原粮需经过脱壳去麸加工才进入食品环节,对霉菌生长有一定容忍度,但也必须有有限量阈值,确保粮食品质和卫生安全<sup>[10-11]</sup>。因此,参考国内外经验,结合国内实际仓储情况,确定了粮食安全储存水分标准的判定依据。具体如下。

### 2.1 国外霉菌活动对储粮状况的影响及后果

加拿大作为主要粮食生产大国,对农产品的管理相对完善。加拿大为了确保农产品储存质量,出版专著提出储存农产品霉变发热的预防、检测和控制<sup>[12]</sup>,用于指导粮食的安全储存。由国外经验总结可以看出,霉菌活动对储粮状况的影响分为四个阶段,第一阶段,品质变化(色泽、气味、可见霉菌、发芽率、变色、FAV升高);第二阶段,结块(结顶、挂壁);第三阶段:发热(粮温升高);第四阶段:有害物质污染(毒素及致敏物质产生)。见表1。

表1 霉菌生长对储粮的影响及后果<sup>[12]</sup>  
Table 1 Effects and consequences of mold activities on stored products<sup>[12]</sup>

	影响	后果
品质变化	色泽变暗	
	霉味	可能降等级
	可见霉菌	
	发芽率降低	失去种用价值
	胚芽损伤, 变色	降等级
结块	脂肪酸升高	失去加工价值
	挂壁	侧压力不均匀, 部分筒仓坍塌
	结顶或结块	人工清理费用高, 存在操作安全隐患
发热	升温	对粮食质量和仓房结构有损伤, 降等严重失去使用价值
有害物质感染	毒素	导致畜禽中度或拒食, 失去市场价值

粮食的安全储存应该限定在第一阶段品质变化, 若作为食用粮食, 则应该严格控制避免粮食降等级, 即不可出现霉味、异味, 不能出现可见霉菌。

## 2.2 霉菌检出数量对应储粮状况判定界限

以储粮真菌孢子计数法为实仓储粮状况检测方法, 在全国范围开展实仓筛查和跟踪检测实验, 检测粮食水分和真菌生长情况, 结合粮食的品质变化, 确定安全储粮状况判定界限。具体情况如下。

实仓检测实验: 选择20个省区市开展了大规模的实仓筛查和跟踪检测研究。实仓筛查研究: 获取小麦、稻谷、玉米和大豆380多个仓的筛查约15000多个数据, 确定粮食水分与真菌生长情况的关系。实仓跟踪检测研究: 获取小麦、稻谷、玉米145个仓的跟踪检测约30000多个数据, 确定粮食度夏储藏期间粮食水分与真菌生长的关系。通过上述大量实仓粮食水分、真菌生长情况及储粮状况的分析, 将真菌检测情况分为两条控制线(见图1): 一是绝对安全线, 优质(或种用)粮食储存控制线(储粮真菌生长控制线)。粮食籽粒种皮上未检出真菌生长或有少量真菌生长, 但尚未影响粮食的色泽、气味, 品质良好, 可以作为优质粮食或种用粮食高标准储藏的要求, 成品粮大米的储藏安全可按照此控制线执行。二是安全线, 粮食安全储存水分控制线。粮食籽粒种皮上有少量真菌生长, 可能导致籽粒色泽略暗, 粮

食自然香味减弱甚至消失。由于粮粒有种皮保护, 胚乳未受侵染影响, 经脱壳脱糠或脱麸加工后, 不影响食用<sup>[10]</sup>。因此, 在不影响粮食正常食用的情况下, 可定为粮食安全水分控制线。



图1 粮食安全储存控制线  
Fig.1 Control limits for grain safe storage

早期粮食安全储存水分是依据真菌初期生长线确定的。对于小麦, 加工环节部分麦麸会进入到面粉环节, 特别在全谷物全面推广的背景下, 麸皮是全谷物的重要组成部分, 因此, 小麦的安全储存控制线应严格控制真菌生长, 控制在绝对安全线。但对于稻谷储存过于严格, 一方面稻谷有稻壳的保护, 脱壳脱糠后, 对大米的品质几乎没有影响; 另一方面稻谷水分低, 加工过程中易出现爆腰破碎的情况, 严重影响稻谷后续的效益, 因此粮食加工企业反响很大。现阶段优质稻谷均采用控温储藏, 控温能有效提高稻谷储藏的稳定性, 因此补充研究了真菌生长与稻谷品质的关系, 在确保稻谷品质不受影响的前提下, 适当放宽了真菌生长限量, 使稻谷储存控制在安全线。对于玉米, 我国大部分玉米为饲料或工业用粮, 因此, 玉米储存控制在安全线。

需明确一点, 此处考虑的粮食品质变化是由真菌生长导致的变化。此外, 导致粮食质量下降因素不限于粮食水分和微生物生长, 例如低水分的稻谷和玉米, 在高温储藏条件下也会导致脂肪酸值快速上升, 出现不宜存的情况<sup>[13]</sup>, 因此, 评价粮食质量应以核心质量指标为准。

## 3 粮食安全储存水分标准研究

常规储藏和控温储藏是我国粮食储藏的两种主要模式, 因此, 粮食安全储存水分的研究在两种模式下开展。

### 3.1 常规储藏粮食安全储存水分的研究

常规储藏是指在自然气候条件下, 对储藏的粮食采取清洁卫生、自然通风、扒沟翻倒粮面、

定期监测粮情等一般技术处理和常规管理措施的储藏方法。由于只是采取常规措施,粮温受环境影响较大。假设粮温长时间处于霉菌最适生长温度条件下,开展不同水分粮食模拟储藏实验,定期取样检测危害真菌的生长情况。以粮食储藏初期危害真菌灰绿曲霉生长为依据,确定小麦、稻谷、玉米储藏时灰绿曲霉生长临界水分值在13.5%~14.0%之间,大豆在12.0%~12.5%之间。理想状态下,粮食储藏初期危害真菌生长临界水分即是粮食安全储存水分。实际储粮过程中,粮堆水分是动态变化的,可能因水分迁移导致粮堆局部水分升高,因此,粮食安全储藏水分(MC)与真菌生长临界水分(mc)和储粮中水分迁移最大增量值( $\Delta mc$ )有关,当 $MC + \Delta mc \leq mc$ 时,储粮是安全的,否则,是不安全的,由此可得出粮食安全储存水分临界值计算公式为 $MC = mc - \Delta mc$ <sup>[14]</sup>。经过大量的实验室模拟储藏研究和实仓检测,参照粮食安全储存水分计算公式,确定在常规储藏条件下(长时间处于高温环境下),粮食能够保证安全度夏的粮食水分含量分别为小麦12.5%、稻谷13.0%、玉米13.0%和大豆11.0%。这一研究结果与ISO标准中给出的参考值(R.H.%在65%~70%对应的水分含量)基本一致<sup>[15]</sup>。

粮食的安全储存水分与储藏温度密切相关<sup>[12]</sup>。我国地域辽阔,南北方环境温度差异较大,导致粮温差异也较大。结合储粮生态区和温控区域,从保障粮食安全的角度考虑,将第一、二、三储粮生态区划为低温区,第四、五、六储粮生态区划为中温区,第七储粮生态区划为高温区。低温区主要包括东北部分区域、西北和青藏高原地区,冬季极寒气候,低温时间长,粮堆最高粮温通常不超过25℃,粮堆冷源充足,夏季高温时间短,通过内环流容易实现全年低温储藏条件,而有些地区如西藏或黑龙江北部,常规储藏情况下也可实现最高粮温不超过25℃;中温区主要包括华北和华中、华东地区,冬季低温,夏季高温时间较长,粮堆最高粮温通常不超过30℃,冬季可以进行一定程度的蓄冷,通过内环流、空调或谷冷等控温措施,基本可以实现低温或准低温条件储藏;高温区主要为华南高温高湿储粮区,冬季

低温时间短,夏季高温高湿,粮堆最高粮温通常可能达到35℃,最低温度在10℃左右,冬季蓄冷条件不足,储藏期若要提高储粮水分必须采取控温措施。因此,针对常规储藏条件,不同区域度夏期间粮堆平均粮温存在差异,有必要对粮食安全储存水分进行细分。粮堆平均粮温每降低5℃,安全水分值可提高0.5%<sup>[16]</sup>。

对于晚籼稻或粳稻,水分含量对碾米品质和食用品质影响非常大,且晚籼稻和粳稻通常在秋季收获,环境温度和粮温均有降低,稻谷后熟期短,增加了安全储藏系数,因此将晚籼稻和粳稻安全水分提高0.5%。对于小麦,高温基本不会影响品质,所以很少采取控温措施,南方地区粮堆高温持续时间会很长。对照ISO标准中<sup>[15]</sup>,小麦安全储存对应的水分,高温区域25~35℃的温度梯度对应的水分梯度只有0.5%,综合国内外研究结果和国内的实际储粮情况,小麦25~35℃温度梯度对应的水分梯度也调整为0.5%。综合上述研究,最终确定了我国四个主要粮种安全储存水分值,结果见表2。

表2 我国常规储藏粮食安全储存水分值  
Table 2 The moisture content of safe storage of conventional stored grains %

粮层平均 温度最高值/℃	粮食种类				
	小麦	早籼稻	晚籼稻/粳稻	玉米	大豆
25(低温区)	13.0	14.0	14.5	14.0	12.0
30(中温区)	12.7	13.5	14.0	13.5	11.5
35(高温区)	12.5	13.0	13.5	13.0	11.0

由于不同温区内仓房条件或地理位置存在差异,导致粮堆最高粮温也可能存在差异,为了便于粮库仓储人员因地制宜确定适合库区自身条件的水分,因此,粮食安全储存水分值直接与粮堆层平均粮温最高值关联。

### 3.2 控温储藏粮食安全储存水分的研究

控温储藏是指在一定仓储设施设备条件下,对储藏的粮食采用人工干预控温、密闭隔热等技术措施,定期监测粮情并将全仓粮堆平均温度和分层平均温度控制在一定温度范围内的储藏方法。近年来,由于农村种植收获方式、农民交粮习惯发生重大变化,很多地区农户在田间地头就

已经把粮食卖给了经纪人，粮源水分偏高的现象较为常见。粮食收储企业收购偏高水分粮，可以减少烘干，有利于粮源掌控，后续采用低温、准低温储粮，可以减少粮食霉变和虫害，减少熏蒸，还可以提高储粮品质，利于提质增效。因此，采取控温储粮措施，科学合理提高粮食储存水分十分必要。

### 3.2.1 控温储粮技术组合

粮库可根据当地气候和仓储设备条件，采用机械通风、谷物冷却、空调控温、内环流控温等技术或技术组合，实现控温储粮。根据各地储粮经验，控温储粮可以采取如下技术措施，一是低温区开展控温储粮，应在低温季节利用机械通风降温均温，通风后密闭隔热，夏季宜采用内环流控温；二是中温区开展控温储粮，应在低温季节利用机械通风降温均温，春季密闭隔热，夏季宜空调控温及排积热，必要时可使用谷物冷却机进行补冷。三是高温区开展控温储粮，宜采用谷物冷却、空调控温、氮气气调等技术组合。必要时熏蒸杀虫，加强品质检测保安全。

### 3.2.2 控温储粮安全水分的研究

实验室模拟储粮研究，针对小麦、稻谷、玉米 13.5%~16.5%水分范围，大豆 11.5%~14.5%水分范围，设置 0.5%的水分梯度，温度 15~25 °C 范围，设置 5 °C 的温度梯度，开展系列模拟储粮实验，并定期取样检测真菌生长情况。研究不同水分粮食在不同温度下储藏，真菌起始生长时间及随时间真菌生长变化规律<sup>[17-20]</sup>。根据粮食安全储存的真菌生长控制线，分别确定了四个粮种安全度夏的粮食水分值，见表 3。

表 3 不同低温条件粮食安全储存水分值

Table 3 The moisture content values of safe storage of different low-temperature conditions %

粮层平均温度 最高值/°C	粮食种类			
	小麦	稻谷	玉米	大豆
15	14.0	15.0	15.0	13.0
20	13.5	14.5	14.5	12.5
25	13.0	14.0	14.0	12.0

### 3.2.3 控温储粮的实仓验证

实仓验证主要采用“逆向工程”研究方法和

思路。大量收集控温储粮粮情数据进行储粮状况分析，确定控温条件下采用的粮食水分是否安全。针对晚籼稻和粳稻，在早籼稻的基础上适当提高了 0.5%水分，为了确保储藏安全，专门开展了晚籼稻和粳稻的实仓验证。一是根据粮情历史大数据，利用粮情分析软件总结长江中下游流域中晚籼稻和粳稻实仓储藏过程中的粮情变化规律，包括热皮、冷心、不同粮层，不同月份的粮温及变化。分析不同库分月、分仓型、分层粮温变化情况，有针对性地开展实仓调研、验证。二是晚籼稻和粳稻主产区安全储藏合理水分调研、验证。根据“因地制宜、因时制宜、指标明确、过程可控、结果可靠”的原则，在晚籼稻和粳稻主产区，全面调研，现场了解多年来各地入仓、储存水分的实际情况，了解异常粮情发生情况，了解不同水分安全储藏应用的技术措施；对合理储藏水分的研究结论的可靠性、技术措施的有效性及其可操作性征求一线有经验的仓储科长、保管员等意见。

### 3.2.4 控温储粮安全水分值

通过多年来国内外粮食安全储存水分的理论研究，以及大量实仓粮情数据验证，结合粮食品种特性、储粮生态分区、收粮季节差异，兼顾企业管理水平、科技进步等因素，提出控温储粮安全水分值，如表 4。

表 4 控温储粮粮食安全储存水分值

Table 4 The moisture content values of safe storage of temperature controlled storage %

粮层平均温度 最高值/°C	粮食种类				
	小麦	早籼稻	晚籼稻、粳稻	玉米	大豆
15	14.0	15.0	15.5	15.0	13.0
20	13.5	14.5	15.0	14.5	12.5
25	13.0	14.0	14.5	14.0	12.0

## 4 粮食安全储存水分的确定方法

储粮企业在了解仓房密闭隔热效果前提下，明确属于常规储粮还是控温储粮，并依据粮温参照表 2 和表 4，研判对应的粮食安全储存水分值。

首先查看粮堆测温系统数据，按 GB/T 26882.1—2011《粮油储藏 粮情测控系统第 1 部分：通则》中 5.2.7.1 的要求布置温度传感器，水平方向按层

统计粮堆温度，不同层全部有效传感器温度检测结果的平均值。粮堆分层统计平均温度时，确定粮层平均温度最高值。通过查表，确定对应粮种的安全储藏水分值。当粮层平均粮温最高值处于表中的两个温度区间时，按照较高温度数值确定安全储存水分，同时确保储粮安全。

粮食安全储存水分与粮堆温度密切相关。控温储藏条件下，有利于控制粮堆温度，粮食安全储存水分相对稳定；常规储藏条件下，粮堆温度容易受环境影响，应妥善应对粮食安全储存水分的变化。

## 5 新形势下粮食安全储存水分的意义

在国家粮食和物资储备局全面推动“粮食绿色仓储提升行动”，提出建设一批高标准粮仓的新形势下，“粮食安全储存水分”的研究，在确保储粮安全的前提下，充分发挥现代绿色仓储设施的优越性，科学合理的确定了粮食储存水分值，可兼顾粮食收购、储藏、加工等多方利益，利于节能降耗、保质保鲜、衔接收储加工，实现控耗增效、提质增效、协同增效。

### 5.1 节约烘干降水能耗，实现控耗增效

新收获的粮食水分通常在20%以上，特别是北方粮食产区。大部分当年收获的粮食要进入仓储环节，必须经过烘干才能达到收购入仓环节的要求。粮食入仓水分越低，烘干环节能耗就越高。当粮食水分降到15%以后，烘干降水能耗将大幅升高。以稻谷为例，水分从15%降到14%的能耗比16%降到15%的能耗明显升高，烘干时间延长。目前我国大力推进的“绿色仓储提升行动”，大幅提升了控温储藏条件，能够在一定程度上有效抑制虫霉的生长。在确保储粮安全的前提下，合理调整粮食储存水分，可大幅节约干燥环节的降水能耗，实现控耗增效。

### 5.2 利于保水保质保鲜，实现提质增效

通常认为粮食储藏水分越低越好，实际并非如此。过于干燥易导致粮食籽粒破碎，影响粮食的新鲜度、食用品质及加工品质。低水分稻谷加工过程中，碎米明显增加，出米率显著降低，而15%水分的稻谷，不仅出米率明显提高，加工后

大米食味和口感更佳，更受消费者青睐<sup>[21]</sup>。小麦加工必须经过润麦环节加水，着水后平均水分在14.0%以上利于后续研磨脱麸加工<sup>[22]</sup>，初始水分越低，着水量越大，所需润麦时间越长，否则很难保证面粉的加工精度和产品质量。目前大部分地区执行的粮食储藏水分要求与加工环节水分要求存在较大差异。在确保储粮安全的前提下，合理调整粮食储存水分，可在一定程度上减轻加工环节负担，利于保水保质保鲜，实现提质增效。

### 5.3 衔接收储加工需求，实现协同增效

在确保储粮安全的前提下，科学合理确定粮食储存水分，针对收购入仓环节，可有效降低烘干能耗，保水降耗，保质保鲜，衔接加工环节用粮需求，可适当减轻加工环节负担，提升加工品质，节能降耗，充分发挥收储加环节的协同发展，一定程度上避免或减少先降水后增水的操作，大力促进全产业链的节粮减损，保质降耗，实现协同增效。

## 6 展望

合理设置粮食安全储存水分已成为推动行业高质量发展急需解决的问题。多年以来，我国粮食储存水分标准一直处于空白，因此只有部分地区或储粮企业根据经验确定本地或本企业的粮食储存水分，大部分省份则是参照粮食质量国家标准执行。根据经验确定的粮食储存水分，存在安全储存标准尺度不一致的现象。粮食质量国家标准的水分主要用于粮食贸易交割结算依据，不适用于指导粮食的安全储藏，且存在收储加环节无法衔接的现象。在多家科研单位、粮油质检机构及储粮企业的努力下，目前《粮食安全储存水分》国家标准已经完成了科学研究、标准编制和技术审查。期望在粮食行业各部门各单位的协同努力下，《粮食安全储存水分》国家标准的颁布实施，将有效助力粮食绿色仓储提升，高效推动高质量节粮减损。

### 参考文献：

- [1] ZIEGLER V, PARAGINSKI R T, FERREIRA C D. Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on

- grain quality-A review[J]. *Journal of Stored Products Research*, 2021.
- [2] ABY G R, MAIER D E. Advances in techniques for monitoring the quality of stored cereal grains., in: Maier, D.E. (Ed.), *Advances in postharvest management of cereals and grains*[M]. Burley- Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2020.
- [3] WU Z D, ZHANG Q, YIN J, et al. Interactions of multiple biological fields in stored grain ecosystems[J]. *Scientific Reports*, 2020, 10, 1-11.
- [4] AYENI K I, ATANDA O O, KRASKA R, et al. Present status and future perspectives of grain drying and storage practices as a means to reduce mycotoxin exposure in Nigeria[J]. *Food Control*, 2021.
- [5] ARORA D, BRIDGE P, BHATNAGAR D. Fungal biotechnology in agricultural, food, and environmental applications[J]. *The Role Of Spoilage Fungi In Seed Deterioration*, 2003, 20031564.
- [6] FLEURAT-LESSARD F, Integrated management of the risks of stored grain spoilage by seedborne fungi and contamination by storage mould mycotoxins[J]. *Journal of Stored Products Research*, 2017(71): 22-40.
- [7] 国家粮食局. 粮油检验 储粮真菌的检测 孢子计数法: LS/T 6132—2018[S].  
State Administration of Grain. Inspection of grain and oils - Storage fungal examination-Enumeration spores of fungi: LS/T 6132—2018[S].
- [8] 蔡静平. 储粮微生物活性及其应用的研究[J]. *中国粮油学报*, 2004, 19(4): 76-79.  
CAI J P. Studied on microbe activity of stored grains and its application[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2004, 19(4): 76-79.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 粮油检验粮食中麦角甾醇的测定正相高效液相色谱法: GB/T 25221—2010[S].  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization administration. Inspection of grain and oils-Determination of ergosterol in grain-Normal phase high performance liquid chromatography: GB/T 25221—2010[S].
- [10] 唐芳, 欧阳毅, 祁智慧. 基于扫描电镜观察研究真菌孢子检测对稻谷霉变判定[J]. *中国粮油学报*, 2018, 33(4): 122-126.  
TANG F, OU-YANG Y, QI Z H. Determination of fungal spoilage of stored paddy by detecting fungal spores based on scanning electron microscope[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2018, 33(4): 122-126.
- [11] KALETA A, GORNICKI K. Criteria of determination of safe grain storage time-a review[J]. *Advances in Agrophysical Research*, 2013, 32, 295-318.
- [12] MILLS J T. Spoilage and heating of stored agricultural products. Prevention, detection and control[J]. *Minister of Supply and Services*, 1989.
- [13] 刘慧, 周建新, 方勇, 等. 稻谷储藏过程中微生物及品质变化规律研究[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(1): 126-131.  
LIU H, ZHOU J X, FANG Y, et al. Microorganism and quality changes during paddy storage[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2020, 35(1): 126-131.
- [14] 程树峰, 唐芳, 伍松陵. 小麦储藏安全水分的研究[J]. *中国粮油学报*, 2011, 26(1): 88-91.  
CHENG S F, TANG F, WU S L. Study on safe moisture of wheat in storage[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(1): 88-91.
- [15] ISO 6322-1: 1996 Storage of cereals and pulses—Part 1: General recommendations for the keeping of cereals.
- [16] 李兴军. 粮食平衡水分理论与实践[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2022.  
LI X J. Grain equilibrium moisture content theory and practices[M]. Beijing: China Light Industry Press. 2022.
- [17] 唐芳, 程树峰, 张海洋, 等. 稻谷储藏真菌危害早期预测的研究[J]. *粮食储藏*, 2015, 44(1): 24-27+32.  
TANG F, CHENG S F, ZHANG H Y, et al. Early prediction of fungus hazard during paddy storage[J]. *Grain storage*, 2015, 44(1): 24-27+32.
- [18] 欧阳毅, 祁智慧, 李春元, 等. 玉米储藏真菌早期预测的研究[J]. *粮油食品科技*, 2017, 25(5): 52-55.  
OU-YANG Y, QI Z H, LI C Y, et al. Early prediction of fungus hazard during corn storage[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2017, 25(5): 52-55.
- [19] 程树峰, 唐芳, 欧阳毅, 等. 大豆储藏真菌危害早期预测的研究[J]. *中国粮油学报*, 2015, 30(7): 77-80.  
CHENG S F, TANG F, OU-YANG Y, et al. The early prediction of damage of fungus during soybean storage[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2015, 30(7): 77-80.
- [20] 陈畅, 丁伟, 唐芳, 等. 小麦储藏水分、温度和真菌生长危害进程预测[J]. *中国粮油学报*, 2012, 27(5): 5-9+26.  
CHENG C, DING W, TANG F, et al. Study on the changes of moisture content, temperature and forecast of growth and spoilage process of fungi in stored wheat[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2012, 27(5): 5-9+26.
- [21] YADAV B K, JINDAL V K. Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 86: 113-121.
- [22] 杨书林, 惠滢, 张晓双, 等. 润麦技术对小麦粉品质影响的研究进展[J]. *粮油食品科技*, 2022, 30(6): 1-8.  
YANG S L, HUI Y, ZHANG X S, et al. Research progress on effects of wheat tempering technology on flour quality[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2022, 30(6): 1-8. 完

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。