

中国粮食商业协会团体标准
《稻谷加工镉风险预警技术规范》

编制说明

北京工商大学

2023 年 4 月

《稻谷加工镉风险预警技术规范》

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

《稻谷加工镉风险预警技术规范》来源于“十三五”国家重点研发计划项目，所属课题为“粮食主要污染物污染水平评价及风险预警”。

本标准由北京工商大学提出，由中国粮食商业协会归口，起草单位包括北京工商大学、南京财经大学、中粮(江西)米业有限公司、中粮营养健康研究院有限公司、南京师范大学。

2. 目的意义

稻谷是我国三大主粮之一，近几年产量稳定在 2 亿吨以上，约占全球稻谷产量的 30%，排名全球第一。然而，稻谷在种植过程中易富集土壤中的镉，致其超标事件频发。若食用镉超标大米会导致不可逆的肾脏功能损伤，还会导致骨骼中钙的流失，造成骨折和关节疼，严重危害人类健康。尤其中国传统饮食习惯中大米比例远高于西方，这使我国大米镉污染的危害更为突出。

尽管大部分大米生产厂家严格按照《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762-2017)规定的镉限量 0.2 mg/kg 收储稻谷原粮，但最终成品大米的合格与否与大米加工过程有着直接的关系。镉含量在稻谷加工过程中不是稳定不变的，清理、砻谷、碾米、色选、抛光等工序均可一定程度降低镉的含量。因此，找到稻谷加工的关键节点，并及时对该节点物料进行风险预警，再根据合理建议积极调整加工工序，可预防成品大米的镉含量超标，保障粮食安全。

本规范通过对稻谷加工过程中各加工节点风险信息的全面收集，确定了对镉含量影响较大的关键加工环节，并对该节点物料风险预警等级进行分级且给出后续加工建议，有助于生产厂家根据风险预警等级判断成品大米的潜在镉超标风险，并进一步积极调整加工策略加以避免，风险预警方法简便易行，适宜在大米生产厂家推广应用。

3. 主要工作过程

主持单位和协作单位共同完成标准的制定，主要包括以下几个阶段：

(1) 资料收集与访谈调研：2022 年 7-12 月，工作组对国标、行标、团标、地标、CAC、ISO 等标准全面收集，并在中国知网、Web of Science 等进行了文献检索，对搜集到的资料进行了分析研究；工作组成员经过多次分析讨论，并在充分结合企业自检和送检结果的基础之上，确定了本标准需要规定的大米加工镉预警的关键节点，由此确定了本标准的框架内容；在此基础上，工作组对企业的稻谷加工生产线中不同加工节点物料进行取样及镉定量分析，进一步确定本标准中关键加工节点的合理性，以及检测方法的可操作性；此外，通过对工作组企业从业人员进行深度访谈，丰富和细化了标准的具体框架结构及详细内容。

表 1. 本标准采用和参照的标准汇总

类型	名称	
国家标准	GB 1350-2009 稻谷	采用
	GB/T 1354-2018 大米	采用
	GB 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量	采用
	GB 5009.15-2014 食品安全国家标准 食品中镉的测定	采用
	GB/T 5491-1985 粮食、油料检验 扦样、分样法	采用
	GB/T 8875-2008 粮油术语 碾米工业	采用
	GB 13078-2017 饲料卫生标准	采用
	GB/T 13082-2021 饲料中镉的测定	采用
	GB 13122-2016 食品安全国家标准 谷物加工卫生规范	采用
	GB 14881-2013 食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范	采用
	GB/T 26630-2011 大米加工企业良好操作规范	采用
	GB/T 18810-2002 糙米	参照
	GB/T 17891-2017 优质稻谷	参照
	GB/T 21015-2007 稻谷干燥技术规范	参照
行业标准	LS/T 3247-2017 中国好粮油 大米	参照
	LS/T 1218-2017 中国好粮油 生产质量控制规范	参照
	SN/T 4838-2017 进出口商品质量安全风险预警管理技术规范	参照
	SN/T 4839-2017 进出口商品质量安全信息风险评估方法 基于贝叶斯定理的移动加权平均模型	参照
	SN/T 4599-2016 进出口食品风险监控工作样品规范性描述要求	参照
团体标准	T/CCOA 8-2020 稻米质量安全管理与溯源技术规范	参照
	T/CCOA 41-2021 大米适度加工技术规范	参照
地方标准	DB42/T 1853-2022 稻米控镉生产技术规程	参照
CAC	CAC/RCP 77-2017 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Arsenic Contamination in Rice	参照
ISO	ISO 7301-2011 Rice — Specification	参照

(2)起草标准初稿：2023 年 1-2 月，尽管不同品种稻谷加工工序有所差异，

但也存在一些共性，依据参照标准、文献以及工作组企业的经验，在充分讨论的基础上，对关键加工节点进行了提炼确定，初步构建了稻谷加工的风险预警体系，并对风险预警阈值进行了计算，形成标准初稿。

(3) 形成征求意见稿：2023年3月，工作组对标准初稿进行研究讨论和反复修订，尤其是针对关键节点的选择、预警方法进行了深入研究和探讨，依据多种方案对标准中的方法进行了验证及优化。接下来，工作组将修订后的标准向具有代表性的生产企业进行了多方意见征集，以确保标准具有实用性和广泛适用性。基于前期反馈结果，工作组继续对标准进行修改和完善，最终形成了本标准的征求意见稿。

二、标准编制原则和确定标准的主要内容

1. 确定团体标准主要内容

本标准遵循 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》及稻谷原料及加工方法，确立了稻谷加工镉风险预警体系，规定了稻谷加工关键节点镉的数据采集、预警分级、预警发布的要求，描述了稻谷加工镉风险预警的方法。适用于大米生产企业对稻谷加工过程中镉的风险预警，并根据评价结果进行危害物风险控制。其主要内容包括：

(1) 封面：按中国粮食商业协会团体标准对封面的格式要求编写。

(2) 前言：按国标规定的格式编写。前言表明，①本标准的提出单位为北京工商大学，②本标准的归口单位为中国出入境检验检疫协会；③本标准的起草单位为北京工商大学、南京财经大学、中粮(江西)米业有限公司、中粮营养健康研究院有限公司、南京师范大学。

(3) 标准主体内容：包括范围、规范性引用文件、术语和定义、风险预警等级划分要求、稻谷加工和数据采集要求、稻谷加工风险预警的方法、风险预警发布。

2. 术语和定义

本标准的术语和定义参照了 GB 1350《稻谷》、GB/T 1354《大米》、GB/T 8875《粮油名词术语 碾米工业》、GB/22515《粮油名词术语 粮食、油料及其加工产品》等相关类似名称，同时考虑到稻谷加工未规定的术语，因此限定了以下术语：

风险预警、关键节点、预警阈值。

3. 风险预警等级划分要求

选择稻谷原粮（以糙米计）、成品大米、稻壳、米糠等稻谷加工关键节点。其中稻谷原粮（以糙米计）、稻壳、米糠分为 5 个风险预警等级，从低到高分别为“低”、“中低”、“中”、“中高”、“高”；成品大米分为 3 个风险预警等级，从低到高分别为“低”、“中”、“高”。每个关键节点的风险预警等级均设置对应的镉含量要求，以及后续加工及利用建议。

以下为稻谷不同节点物料中镉的预警阈值确定方法：

根据 N 个稻谷样本的 M 个工艺环节的镉测量值

$$\begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{N1} & \cdots & X_{NM} \end{bmatrix},$$

求取各环节镉的样本均值和方差

$$\bar{X}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ij}, j = 1, \dots, M,$$

$$S_j^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_j)^2, j = 1, \dots, M$$

再按样本均值和方差计算各环节的镉概率密度函数 (pdf) 和累积概率函数 (cdf)。

如图 1-2 所示为糙米中镉的概率密度函数和累积概率函数。

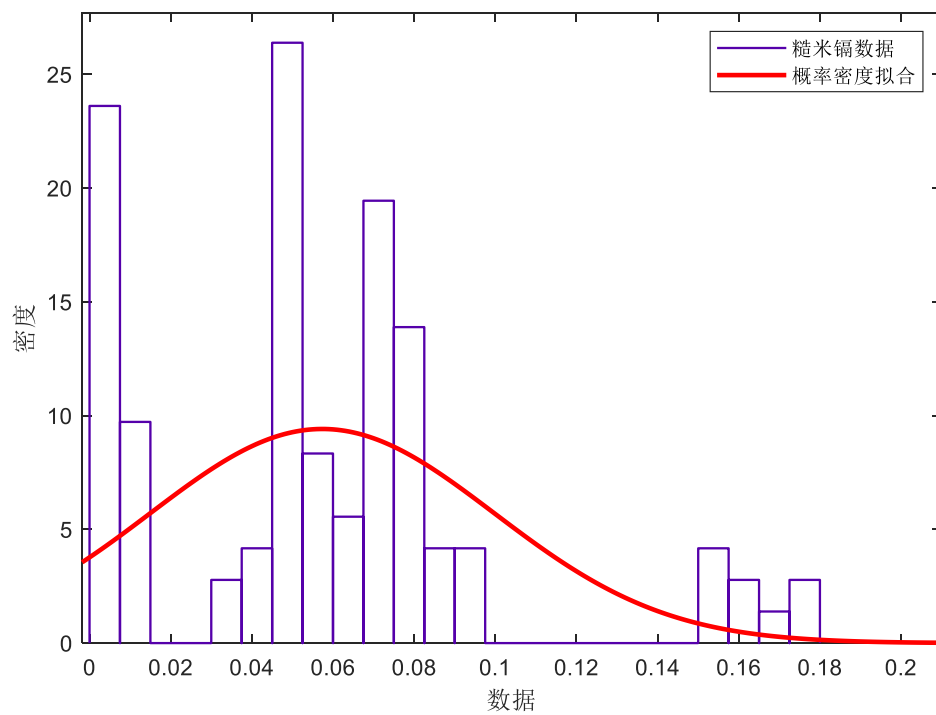


图 1 糙米中镉的概率密度函数

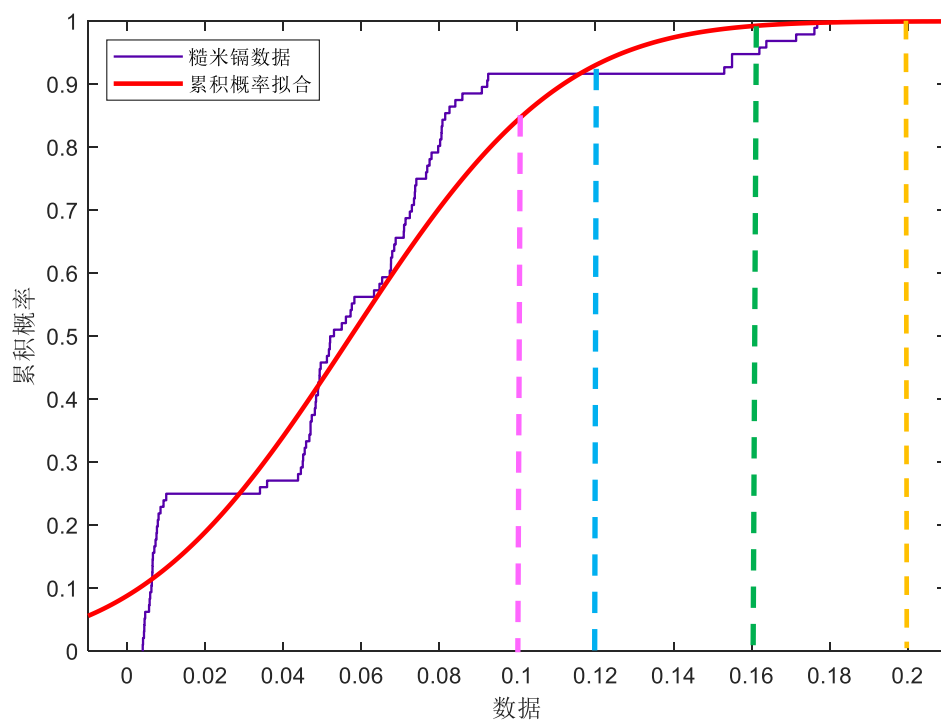


图 2 糙米中镉的累积概率函数

取糙米中镉含量为国标 0.20 mg/kg 时，作为糙米中镉的高风险预警阈值，如图 2 中橙色虚线所示，此时的累积概率 $p = 0.9995$ ；

由此倒推糙米中镉含量在累积概率为 $99\% * p = 0.9895$ 时的取值，即 0.16 mg/kg ，作为糙米中镉的中高风险预警阈值，如图 2 中绿色虚线所示；

再由此倒推糙米中镉含量在累积概率为 $95\% * p = 0.9495$ 时的取值，即 0.12 mg/kg ，作为糙米中镉的中风险预警阈值，如图 2 中蓝色虚线所示；

最后由此倒推糙米中镉含量在累积概率为 $89\% * p = 0.8895$ 时的取值，即 0.10 mg/kg ，作为糙米镉的中低风险预警阈值，如图 2 中粉色虚线所示。

图 3 和图 4 所示为成品大米中镉的概率密度函数和累积概率函数。

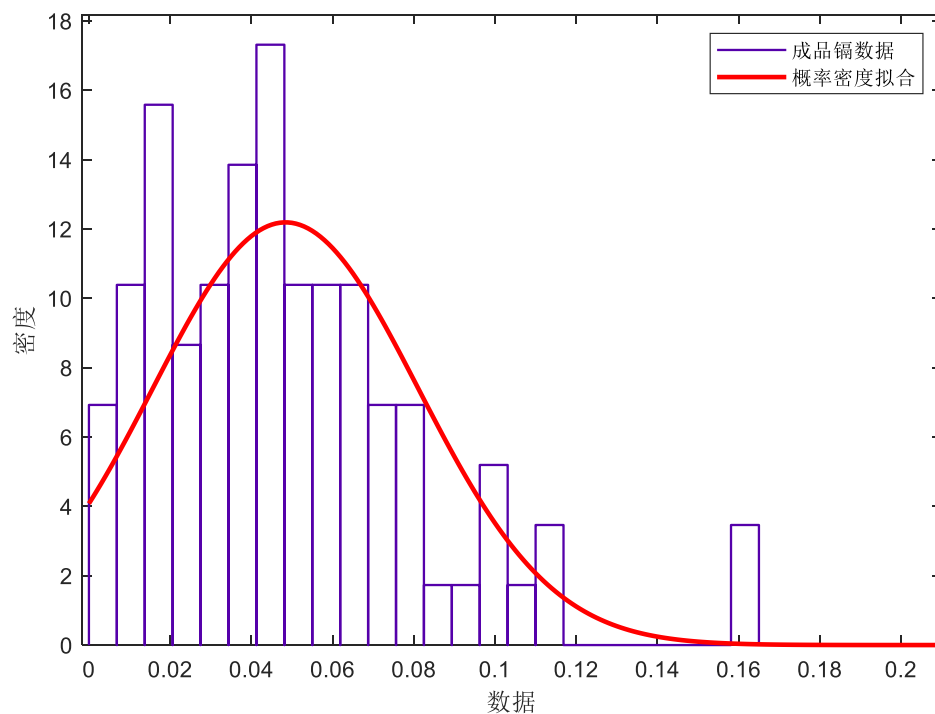


图 3. 糙米中镉的概率密度函数

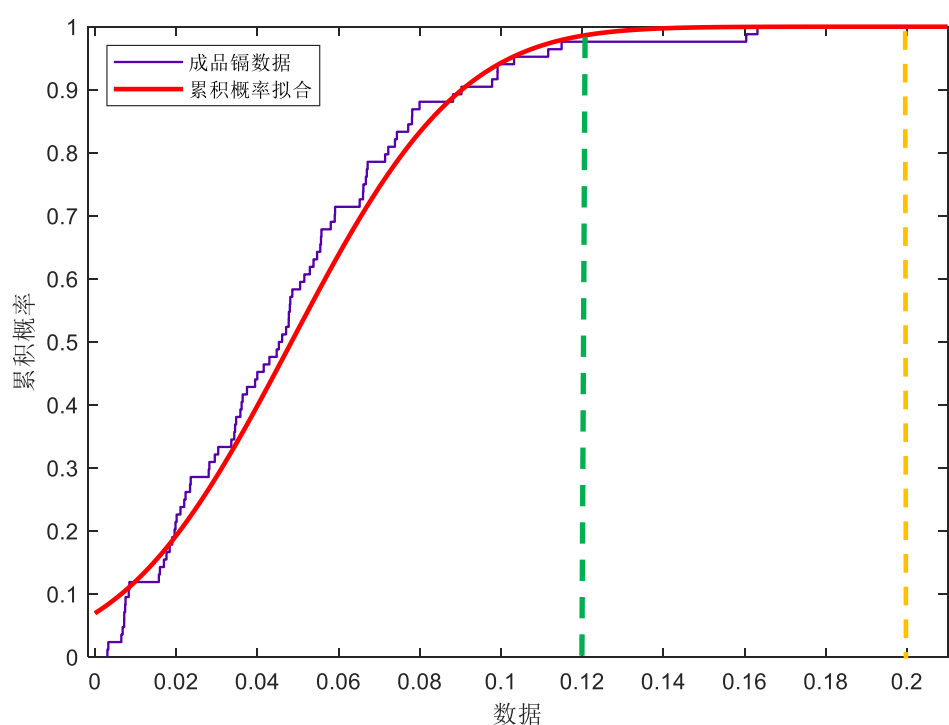


图 4. 糙米中镉的概率密度函数

取成品大米中镉含量为国标 0.20 mg/kg 时，作为成品大米镉的高风险预警阈值，如图 4 中橙色虚线所示，此时的累积概率 $p = 0.9999$ ；

由此倒推成品大米中镉含量在累积概率为 $99\% \times p = 0.9895$ 时的取值，即 0.12 mg/kg，作为成品大米中镉的中风险预警阈值，如图 4 中绿色虚线所示。

图 5-6 所示为稻壳中镉的概率密度函数和累积概率函数。

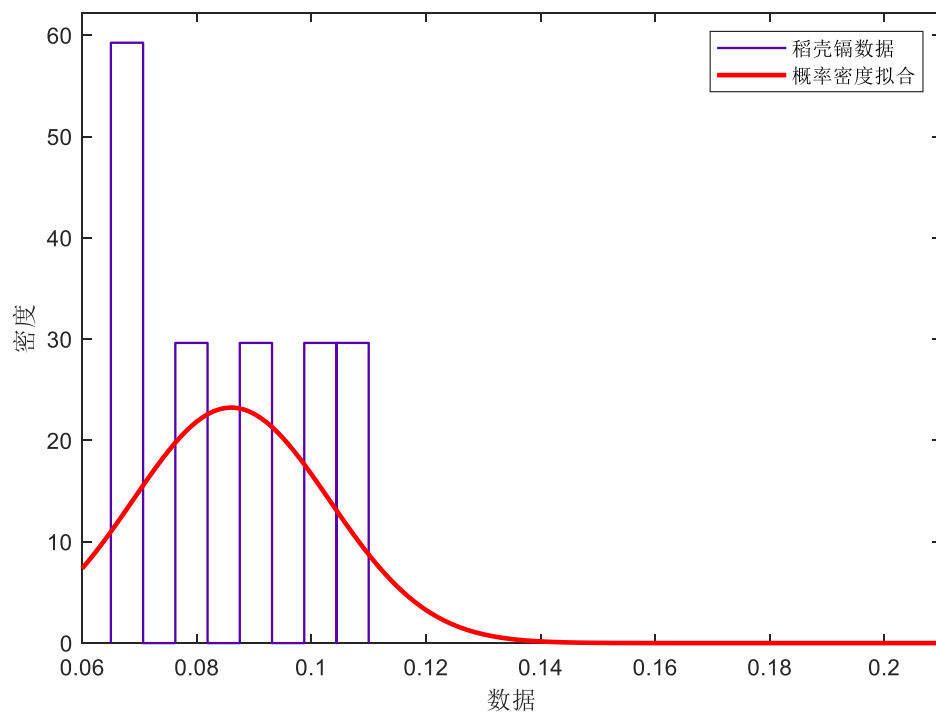


图 5. 稻壳中镉的概率密度函数

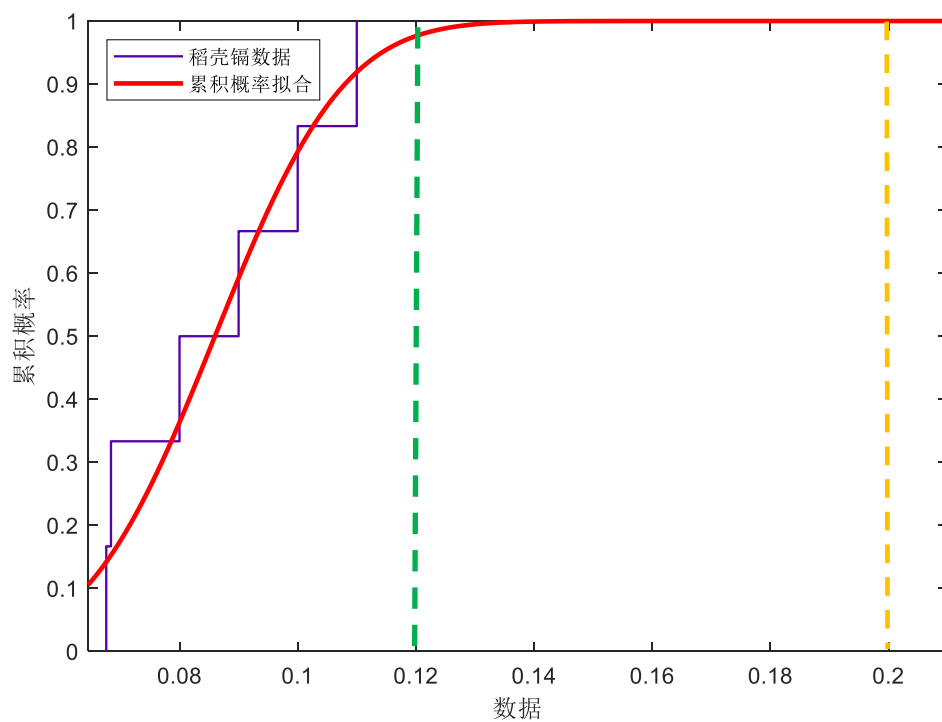


图 6. 稻壳中镉的概率密度函数

取稻壳中镉含量为国标 0.20 mg/kg 时，作为稻壳中镉的中风险预警阈值，如图 6 中橙色虚线所示，此时的累积概率 $p = 0.9999$ ；

由此倒推稻壳中镉含量在累积概率为 $99\% * p = 0.9895$ 时的取值，即 0.12 mg/kg，作为稻壳中镉的中低风险预警阈值，如图 6 中绿色虚线所示。

图 7-8 所示为米糠中镉的概率密度函数和累积概率函数。

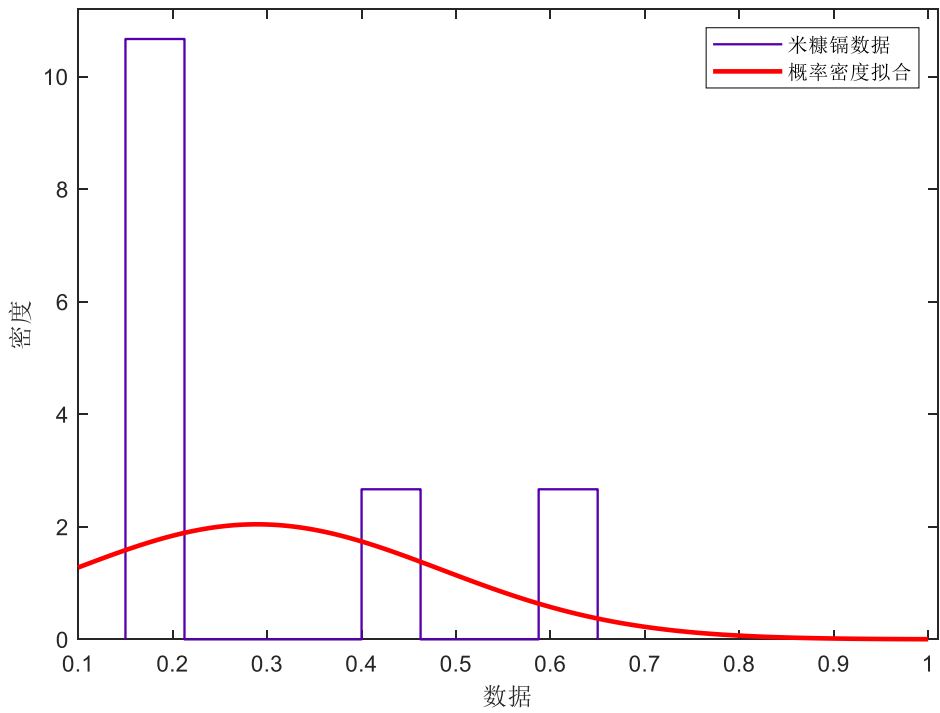


图 7. 米糠中镉的概率密度函数

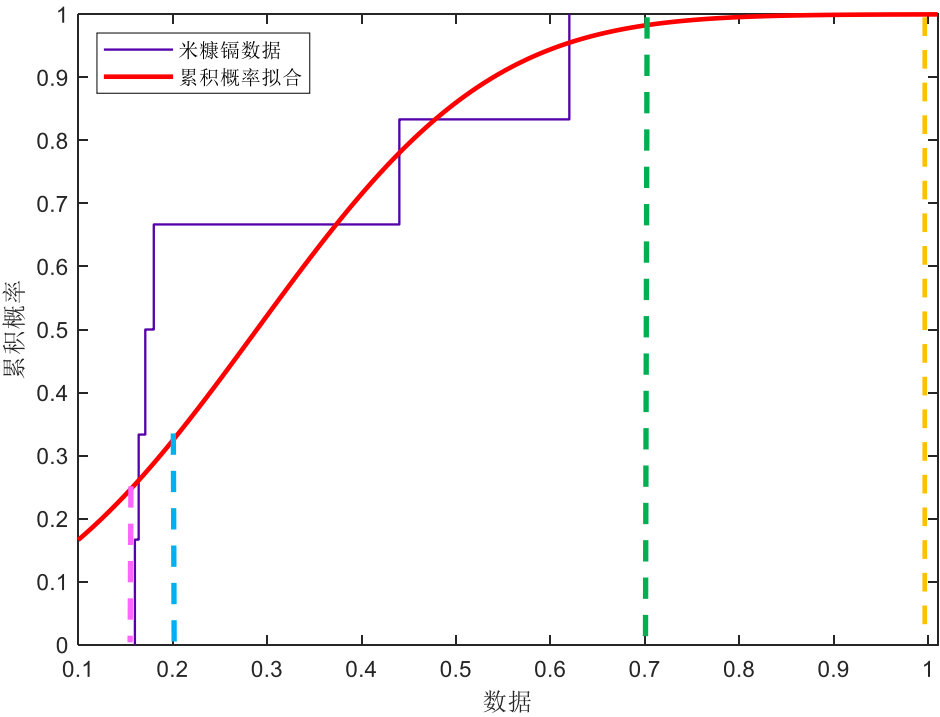


图 8. 米糠中镉的概率密度函数

取米糠中镉含量为国标 0.20 mg/kg 时，作为米糠中镉的中风险预警阈值，如图 8 中蓝色虚线所示，此时的累积概率 $p = 0.32$ ；

由此倒推米糠中镉含量在累积概率为 $80\% * p = 0.25$ 时的取值，即 0.16 mg/kg，作为米糠镉的中低风险预警阈值，如图 8 中粉色虚线所示。

再由此倒推米糠中镉含量在累积概率为 $3.1 * p = 0.99$ 时的取值，即 1.00 mg/kg，作为糙米中镉的高风险预警阈值，如图 8 中橙色虚线所示；

最后由此倒推米糠中镉含量在累积概率为 $3 * p = 0.98$ 时的取值，即 0.70 mg/kg，作为糙米中镉的中高风险预警阈值，如图 8 中粉色虚线所示。

4. 稻谷加工和数据采集要求

分为“生产设备”、“取样”和“检测方法”三个部分。为使预警过程获得结果具有一致性，生产设备和设施应满足 GB 14881 中规定的基本要求。取样点并非越多越好，充分考虑加工过程中各个节点物料的采集难度、适用性和可靠性，最终确定稻谷原粮（以糙米计）、成品大米、稻壳和米糠作为关键节点，用于取样分析其中的镉含量。检验方法明确各个关键节点物料的检测应参照 GB 5009.15 和 GB/T 13082 规定的方法，其中稻谷原粮（以糙米计）和成品大米参照标准 GB 5009.15，稻壳和米糠参照标准 GB 5009.15 或 GB/T 13082，由此获得的检测数据具有可比性。

5. 稻谷加工风险预警的方法

根据稻谷加工过程及其镉含量的变化，绘制风险预警流程图。其中关键节点为稻谷原粮（以糙米计）、成品大米、稻壳和米糠。以稻谷原粮为例，测定糙米中镉的含量。若 < 0.10 mg/kg，则为低风险预警等级，该原粮安全性较强，在后期无需进行镉含量的检测，工序可选性较强，可生产大米，也可生产糙米；若 ≥ 0.20 mg/kg，则为高风险预警等级，应对其拒收；若 $0.10 \sim < 0.20$ ，可进入碾米工段，但应进一步细分，若 $0.10 \sim < 0.13$ ，则为中低风险预警等级，建议碾米 1~2 道，若 $0.13 \sim < 0.16$ ，则为中风险预警等级，建议碾米 2~3 道，若 $0.16 \sim < 0.20$ ，则为中高风险预警等级，建议碾米 3~4 道。其他关键节点预警方法同上。对稻谷加工关键节点中镉含量的风险预警，有助于指导稻谷加工过程，在保障产品质量安全的情况下节粮减损。

6. 风险预警发布

风险预警发布一共分为两步，首先进行风险预警响应，参照风险预警流程图采取相应的措施。接下来对中低、中、中高、高风险预警等级节点物料中的镉进行含量检测，若满足低风险的要求，则该节点预警予以解除。

三、主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

本标准的制定多重社会经济效益。在国家层面上，有助于强化粮油安全，实现稳产保供；在行业层面上，有助于资源合理配置，即实现行业间资源的有效分配和优化利用；在企业层面上，有助于创造更多的经济效益。以上这些均可使普通民众得到更好的粮油供应保障，从而增强其获得感、幸福感和安全感。

四、采用国际标准的程度及水平，与现行有关法律法规和强制性标准的关系

本标准未采用国际标准，本标准与国家已颁布的相关法律法规以及强制性标准不存在任何冲突。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

《稻谷加工镉风险预警技术规范》团体标准起草工作组

2023 年 4 月