

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

果蔬采后无损分选智能识别系统

技术规范

Technical specifications for intelligent identification
system for post-harvest non-destructive sorting of fruits and vegetables

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国农业机械工业协会
中国农业机械学会 发布

目 录

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 无损.....	1
3.2 智能.....	1
3.3 识别系统或整机产品.....	1
3.4 称重模块.....	2
3.5 视觉模块.....	2
3.5.1 效果表.....	2
3.5.2 验收表.....	2
3.5.3 量化表.....	3
3.6 内检模块.....	3
4 分选准确度.....	3
4.1 称重模块准确度.....	3
4.2 视觉模块准确度.....	4
4.2.1 标准参照与验收操作表.....	4
4.2.2 单一病症识别准确度.....	7
4.2.3 多病症识别准确度.....	8
4.3 内检模块准确度.....	9
4.3.1 糖度.....	9
4.3.2 内部品质瑕疵.....	9

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》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的提出和发布单位不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业机械工业协会和中国农业机械学会联合提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：深圳市道创智能创新科技有限公司、深圳市现代农业装备研究院、深圳市农业科技促进中心、深圳市中达瑞和科技有限公司。

本文件主要起草人：左阳、……（起草人待补充）。

本文件为首次发布。

果蔬采后无损分选智能识别系统 技术规范

1 范围

本标准规定了果蔬采后无损分选智能识别系统的相关术语和定义、规定了针对果蔬内外部品质的指标（如瑕疵类型）与等级、以及用于量化这些指标的基本参数、试验方法、检验规则与步骤、及其他对于系统果蔬智能识别准确性的要求。从而为智能分选产品或系统的使用者提供衡量本产品或系统准确度的判定标准。

本标准适用于针对果蔬表面颜色与瑕疵、重量与尺寸、内部品质（如糖度、病变等）。

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，仅该日期的对应版本适用于本文件；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。

DG/T 048—2022 农业机械推广鉴定大纲 果品分级机

3 术语和定义

DG/T 048—2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 无损

指的是在分选果蔬时，在确保果蔬不会受到损伤或伤害的情况下进行分选。也可以被称为“非破坏性测试”。在无损分选过程中，果蔬被处理和归类而不会受到伤害或损坏。这样可以确保果蔬品质更好，更有市场价值。此外，无损分选技术还可以减少食品浪费，提高果蔬的使用率。

3.2 智能

“智能”通常指的是在分选果蔬时使用人工智能技术或其他先进的计算机技术，对果蔬进行准确的分类和分选。传统的“机械式分选机”通常被认为是非智能的。智能分选机使用高分辨度相机、光谱仪、称重传感器等硬件和高效的算法处理软件，以实时获取果蔬的内外部信息和特征，并将这些信息与事先训练好的分类模型进行比对和分析，最终将果蔬分为不同的类别。智能分选机还可以自动调整其参数以适应不同的果蔬品种和环境。这种自动化、智能化的果蔬分选技术可以提高工作效率和准确性，减少成本和资源浪费。

3.3 识别系统或整机产品

“识别系统或整机产品”通常指用于自动扫描和识别果蔬品种、大小、颜色、瑕疵等特征的完整系统或机器。该系统通常由多个关键部件组成，包括高分辨率相机、光谱仪、称

重传感器、光源、数据处理模组等。整个果蔬识别过程是由这些关键部件共同协作实现的。整机产品可能包括所有的关键部件，并已组装成一个成为整体机器产品。此外，系统或整机产品通常包括自动控制软件和人机交互界面，以方便用户实现人机交互、数据管理和报告生成。整机产品的设计和制造需要考虑各种果蔬品种的识别特征并确保准确性和可靠性，并符合各种环保标准和安全标准。整机产品是提高果蔬制造业的生产效率和果蔬品质的重要设备。

3.4 称重模块

称重模块是智能分选机的一个主要组成部分之一，用于测量果蔬的重量。通常，称重模块包括称重传感器，搭载传感器的机械结构、以及控制器等电子元器件等。在果蔬分选过程中，称重模块可以测量每个果蔬的重量，并将数据与预设的重量标准等级进行比较。如果果蔬的重量符合某一等级，则该果蔬将被识别和分选到相应等级。

3.5 视觉模块

视觉模块是智能分选机的一个主要组成部分之一，用于捕捉并分析果蔬图像。视觉模块通常包括一个或多个高分辨率相机和相关的光源、镜头、传感器、控制器和处理器等电子部件，以及承载这些部件的机械结构。在分选过程中，相机通过拍摄果蔬的图像，将其传输到图像处理器进行处理和分析。图像处理器使用先进的算法和人工智能技术对果蔬的特征进行分析，例如果蔬的大小、形状、颜色、纹理、瑕疵等，以确定果蔬的品质和是否符合相关的规格要求。根据图像处理结果，果蔬被分为不同的等级，并自动分类和分选。

3.5.1 效果表

用以衡量视觉模块准确度的表格之一。其作用是为了具象化用户能从视觉角度直接来看到的智能系统或整机产品的视觉模型分选效果。

3.5.2 验收表

用以衡量视觉模块准确度的表格之一。其作用是为了以数据化的方式来呈现智能系统或整机产品的视觉分选准确度水平，同时，该表还用于确定视觉算法的基线和后续进行准确度的进一步优化。

3.5.2.1 基线

基线的概念是作为算法提升的参照物而存在的，相当于一个基础模型，可以以此为基准来比较对模型的改进是否有效。

3.5.2.2 算法

人工智能语境下，指一组用于 AI、神经网络或其他机器的规则或指令，目的是帮助其学习和理解设计者的目的，并实现设计者建立算法的工作目的。

3.5.2.3 模型

算法模型是用于分析和处理果蔬信息（图像、光谱或其他形式的信息）以获得准确判定的数学模型。算法模型可以有各种形式，这些算法模型通常会通过大量输入的果蔬照片、光谱信号等形式的信息来训练，以便能够准确地识别果蔬的特征。

3.5.3 量化表

用以衡量视觉模块准确度的表格之一。其作用是为了将果蔬标准中的定性表述确定为定量表述，将用户的分选需求进行一个较为精准的量化，该表的构成与 3.5.1 效果表一致，是效果表的量化表述。量化表是让智能系统或整机产品准确理解标准和识别分选对应果蔬的关键依据。

3.6 内检模块

内检模块是智能分选机的一个重要组成部分，用于检测果蔬的糖度等指标、以及内部缺陷（如霉心、干水）等质量问题。内检模块通常包括打光结构如光源（如卤素灯）、收光结构（如光纤头）、信号处理器（如光谱仪）等传感器、控制器、处理器和其他相关设备。通过采用先进的近红外光谱等技术，可以获取果蔬的内部品质信息。根据采集到的信息，内检模块可以对果蔬进行判定，并将其按照设定好的糖度、霉心和干水等内部品质标准，将果蔬分类到对应的标准类别。内检模块采用无损式检测，可以在不破坏果蔬的情况下完成高效、大批量的果蔬分选。

4 分选准确度

4.1 称重模块准确度

准备 1 个直径在 65~75mm 的圆球，重量在 100~200g 之间，用天平测量圆球三次，取平均值记为该圆球实际质量 M。将准备好的圆球稳定放置在果托上，经过设备的称重模块检测后，进入到分级出口，重复此操作 10 次，记录重量值 M_i ($i=1、2、3 \dots 10$)，计算 10 个重量数据的平均值 \bar{x} ，即式（1）。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} M_i}{n} \dots \dots \dots (1)$$

式（1）中：

\bar{X}	—— 圆球多次通过称重模块计算出的重量平均值，单位为克（g），按式（2）计算。
M_i	——圆球第 i 次通过称重模块获取的重量。单位为克（g）。

然后根据 \bar{x} 和 M 的差值绝对值来确定具体误差。即式（2）。

$$X = |\bar{X} - M| \dots \dots \dots (2)$$

式（2）中：

X	—— 称重模块的准确度，以误差大小来表述，单位为克（g）。
M	—— 天平测量三次取平均得出的圆球实际质量，单位为克（g）。
\bar{X}	—— 圆球多次通过称重模块计算出的重量平均值，单位为克（g），按式（2）计算。

称重模块的准确度按照以上操作和式（2）计算出的误差大小来确定，即 X。例如：误差 $X \leq 2.0$ ，代表重量误差在 $\pm 2g$ 以内。

4.2 视觉模块准确度

针对智能系统或整机产品，本标准提供了两种不同精细度的视觉模块准确度衡量和验收方式，即单一病症识别准确度与多病症识别准确度。

同时，衡量视觉模块准确度之前，需确定好该品种果蔬的标准参照和验收操作表。

4.2.1 标准参照与验收操作表

因果蔬品种众多，为清晰表述，本标准选定柑橘类的沃柑为参照，下述表格与操作均以沃柑作为示例。

4.2.1.1 效果表（例）

效果表展现的是用户可用肉眼看出的视觉瑕疵等级区分度，通常为一种定性表述。如表 1 示例：

表 1 视觉瑕疵等级区分表

瑕疵名称	等级			
	A	B	C	D
花皮	允许面积小于大拇指头大小的小花皮	只有一个面的花皮	只有一个面没有花皮	没有一个面是干净的
溃疡	允许不大于芝麻点大小的溃疡	允许不大于绿豆大小的溃疡	允许不大于黄豆大小的溃疡	超过黄豆大小的溃疡
磕碰伤	不能有	不能有	轻微，面积比较小，指甲宽度的划痕	伤到果肉，果皮内层白色部分已经暴露出来，或者变黑老痕
粗皮	小粗	中粗	大粗	特粗
太阳斑	不能有	轻微	中等	严重

其中，瑕疵名称 为用户所界定的各种视觉瑕疵类型。等级 为该品种果蔬需要被分成的等级，在同一行中，亦可代表着同一种视觉瑕疵的严重程度。

在实际分选生产实践中，一个果蔬的等级判定通常是由表面最严重的一个瑕疵定义的。例如：有个果子有某个症状表现为 B，其余所有症状表现都是 A，那么这个果子会被分为 B。

4.2.1.2 验收表（例）

验收表展现的是用户对目标智能系统或整机产品进行验收测试的结果，如表 2 示例：

表 2 验收表

类型	被分到 A 果	被分到 B 果	被分到 C 果	被分到 D 果
本身是 A 果				
本身是 B 果				
本身是 C 果				
本身是 D 果				

验收测试完成后，用户根据结果填写验收表，如表 3 示例：

表 3 用户验收表

单位为：个

类型	被分到 A 果	被分到 B 果	被分到 C 果	被分到 D 果
本身是 A 果	/	5	无	无
本身是 B 果	2	/	1	无
本身是 C 果	无	3	/	2
本身是 D 果	无	无	1	/

其位于对角线的表格，代表着正确分类，无需分析，故用 / 表示。

表格中具体数字为错误分到另一个等级的果子数量。如无错分，即填写无。

4.2.1.3 量化表（例）

量化表配合效果表使用。其目的是将效果表中关于视觉瑕疵的定性表述，以定量的方式（如大小、比例等数据）转化为算法可以理解的方案配置。如表 4 示例：

表 4 量化表

瑕疵名称	等级			
	A	B	C	D
花皮	最大单面的总花皮面积<1.4%	最大单面的总花皮面积<5.5%	最大单面的总花皮面积<40%	最大单面的总花皮面积>40%
溃疡	最大单面的总溃疡面积<0.4%	最大单面的总溃疡面积<0.8%	最大单面的总溃疡面积<1.2%	最大单面的总溃疡面积>1.2%
磕碰伤	最大单面的总创伤面积<0.6%	最大单面的总创伤面积<1.3%	最大单面的总创伤面积<3%	最大单面的总创伤面积>3%
粗皮	最大单面的总粗皮面积<25%, 程度<35%	最大单面的总粗皮面积<40%, 程度<65%	最大单面的总粗皮面积<80%, 程度<97%	最大单面的总粗皮面积 80%, 程度>97%
太阳斑	最大单面的总灼伤面积<0.8%	最大单面的总灼伤面积<1.5%	最大单面的总灼伤面积 4.5%	最大单面的总灼伤面积>4.5%

用户使用量化表之前，应首先确认效果表的等级和标准，进而根据效果表，对每种瑕疵类型在不同等级中的表现进行量化确认。

4.2.2 单一病症识别准确度

此种方式适用于衡量智能系统或整机产品对于某一特定视觉瑕疵的识别能力。

4.2.2.1 原料标准

为准确判定智能系统或整机产品的准确度，用于测试的果蔬原料在尺寸上应尽量保持均质，即用于测定的果蔬尺寸应为该品种常规尺寸且相互间最大果径差值控制在 5mm 以内。

4.2.2.2 验收与衡量步骤

针对 4.2.1.1 效果表中某一种视觉瑕疵，准备存在该种病症瑕疵的果蔬 Z（通常为 50）个。以沃柑为例，瑕疵种类可选如：花皮果 50 个或溃疡果 50 个等，以及 Y（通常为 50）个

无明显视觉瑕疵的优质果蔬。

(1) 在分选机上设置针对该种视觉瑕疵的分选方案，方案设置为瑕疵果与优质果两个分级出口；

(2) 开启分选机，将 Z 个单独病症果子跟 Y 个优质果充分混合，并从分选机第一道工序上料，将果蔬分选到对应出口。分选完毕后，进行人工检查，将所有分选到错误出口的果子挑出后进行计数，得到误识别个数 X；

(3) 该智能系统或整机产品针对单一病症识别准确度 W 用式 (3) 计算：

$$W = (1 - \frac{X}{Z + Y}) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

4.2.3 多病症识别准确度

此种方式适用于衡量智能系统或整机产品对于特定果蔬品类、满足用户视觉分选需求的全部视觉瑕疵标准的识别能力。

4.2.3.1 原料标准

为准确判定智能系统或整机产品的准确度，用于测试的果蔬原料在尺寸上应尽量保持均质，即用于测定的果蔬尺寸应为该品种常规尺寸且相互间最大果径差值控制在 5mm 以内。

4.2.3.2 验收与衡量步骤

(1) 对 4.2.1.1 效果表中所有的视觉瑕疵，准备存在该等病症瑕疵的果蔬 E（通常为 100 以上）个，其中，各种病症果蔬占比尽可能相同；

(2) 在分选机上设置针对每种视觉瑕疵的分选方案，每个出口对应一个分级标准（如效果表中所示四种等级）；

(3) 开启分选机，将 E 个果子充分混合，并从分选机第一道工序上料，将果蔬分选到对应出口。分选完毕后，进行人工检查，将每个等级误识别（如，第 1 等级果品，如 A 级果被误识别到其他种类；第 2 等级果品，如 B 级果被误识别到其他种类……第 n 等级果品被误识别到其他种类）的果子分别挑出后进行计数，得到第 n 等级误识别个数总数 F_n ；

(4) 该智能系统或整机产品针对多病症识别在第 n 等级的准确度 G_n 用式 (4) 计算：

$$G_n = \left(1 - \frac{F_n}{E}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

(5) 进一步地，在每种等级误识别个数 F_n 中，还可根据 4.2.1.2 验收表，进行判定该等级误识别到每一种标准的详细比例。

4.3 内检模块准确度

4.3.1 糖度

此部分适用于衡量智能系统或整机产品对于果蔬糖度指标的识别能力。

4.3.1.1 原料标准

为准确判定智能系统或整机产品的准确度,用于测试的果蔬原料在尺寸应尽量保持均质,即用于测定的果蔬尺寸应为该品种常规尺寸且相互间最大果径差值控制在 5mm 以内,无腐烂、冰冻等明显影响品质的情况。

4.3.1.2 验收衡量步骤

- (1) 取待测糖度的果蔬数量 n 个(数量越多越好,建议不少于 20 个即 $n \geq 20$)。果蔬原料规格符合 4.3.1.2 要求的规定。并对待测果蔬进行编号,在不影响果蔬性状的前提下,在果蔬表面使用水性笔标注编号 i ,方便后续对应识别。
- (2) 将设备开机,设置糖度等级分选方案。
- (3) 将待测果蔬按照编号顺序 i (编号 $i=1、2、3\cdots n$)放到分选设备上,依次通过内部检测模块进行识别,将其分选到方案设置对应的出口。重复以上过程 10 次,次数记为 j (次数 $j=1、2、3\cdots 10$)。
- (4) 记录每个果子被机器或模块识别的糖度数值,第 i 个果子第 j 次在设备中被识别的糖度值为 A_{ij} 。
- (5) 按照编号依次对第 i 个待测果蔬的有效部位均匀取样,进行榨汁,并将所榨取液体摇匀。如待测果蔬不易榨汁,可在一个果品的不同有效部位取样,并将取样液体混合。
- (6) 将充分混合的待测液体使用滴定式糖度测试仪进行检测,得到第 i 个果品的实际糖度值 B_i 。
- (7) 该智能系统或整机产品的糖度判定准确度 C 可用式(5)衡量:

$$C = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{ij} - B_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (5)$$

4.3.2 内部品质瑕疵

此部分适用于衡量智能系统或整机产品对于果蔬内部品质瑕疵(如霉心、干水、内部病变等)的识别能力。

4.3.2.1 原料标准

为准确判定智能系统或整机产品的准确度,用于测试的果蔬原料在尺寸上应尽量保持均质,即用于测定的果蔬尺寸应为该品种常规尺寸且相互间最大果径差值控制在 5mm 以内,无腐烂、冰冻等明显影响品质的情况。

4.3.2.2 验收步骤

- (1) 取待测内部品质瑕疵的果蔬数量 n 个(数量越多越好,建议不少于 100 个即 $n \geq 100$)。果蔬原料规格符合 4.3.2.2 要求的规定。
- (2) 将设备开机,根据待测指标实际需求,设置内部品质瑕疵等级分选方案。等级数量以 i ($i = 1、2、3 \dots k$) 表示。(如在霉心等级中,一种常用的方案为 3 种等级,即 $i = 3$ 。第 1 等级可代表正常果,第 2 等级可代表轻度霉心,第 3 等级可代表重度霉心。)
- (3) 将待测的 n 个果蔬从设备前端上料,通过内部检测模块,按照配置的等级分选方案将待测果蔬分选至对应出口。在配置的方案中的第 i 个等级即与出口 m ($m = 1、2 \dots k$) 一一对应。
- (4) 将分选至出口 m 的果蔬取出,进行破损式(如对半切开)检验,判断分选至该出口的所有果子的真实等级 i ,并将其数量记为 S_{mi} ,填写在如表 5 验收表中:

表 5 验收表

等级区分	属于等级 1 的数量 (以正常果为例)	属于等级 2 的数量 (以轻度霉心为例)	属于等级 k 的数量 (以重度霉心为例)
出口 1 (正常果)	S11	S12	S1k
出口 2 (以轻度霉心为例)	S21	S22	S2k
.....
出口 k (以重度霉心为例)	Sk1	Sk2	Skk

其中，在出口 m 中，经过破损式验证确实属于等级 i （此时 $i = m$ ）的果蔬数量记为 S_{mm} 。

该智能系统或整机产品在第 m 出口的判定准确度 D_m 可用式（6）衡量：

$$D_m = \frac{S_{mm}}{\sum_{i=1}^k S_{mi}} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$
