

ICS  
CCS

# T/HNSPXH

河南省食品科学技术学会团体标准

T/HNSPXH XXX—XXXX

## 3D 打印淀粉基食品精度标定

Accuracy calibration of starch-based food in 3D printing

征求意见稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

河南省食品科学技术学会 发布



## 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》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由河南省食品科学技术学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 3D 打印淀粉基食品精度标定

## 1 范围

本文件规定了3D打印淀粉基食品制品外形尺寸精度标定的术语和定义、仪器设备、试样、测试模型与打印条件、检验程序、检验步骤、结果计算与表述、精度标定、报告和注意事项。

本文件适用于以淀粉或其衍生物为主要基料，经调配、糊化或复配形成可挤出物料，并采用材料挤出式3D打印方式制备的淀粉基食品打印制品外形尺寸精度标定。

## 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，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB 5009.3 食品安全国家标准 食品中水分的测定

GB/T 21389 游标、带表和数显卡尺

GB/T 35022 增材制造 主要特性和测试方法 零件和粉末原材料

GB/T 35351 增材制造 术语

GB/T 45210 增材制造 标准测试件 增材制造系统几何成形能力评估

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 淀粉基食品 3D 打印制品 starch-based 3D printed food product

以淀粉或其衍生物为主要基料，经调配、糊化或复配形成可挤出物料，并通过材料挤出式3D打印获得的食品成形体。

### 3.2 精度标定 accuracy calibration

在规定测试条件下，通过测量打印制品关键尺寸并计算其与设计模型对应尺寸的一致程度，对打印制品外形尺寸精度进行判定和表述的过程。

### 3.3 打印可行性 printability

在规定设备、材料状态和工艺条件下，物料能够连续、均匀挤出，并经逐层沉积后形成可测量目标结构的能力。打印可行性是开展精度标定的前提条件，不作为尺寸精度等级。

### 3.4 打印尺寸精度 printing dimensional accuracy

在规定打印条件下，打印制品实测关键尺寸与设计模型对应尺寸的一致程度。

### 3.5 单向尺寸精度 one-direction dimensional accuracy

打印制品在长度、宽度或高度方向的实测平均尺寸与设计尺寸的一致程度。

### 3.6 平均尺寸精度 average dimensional accuracy

长度、宽度和高度三个方向单向尺寸精度的算术平均值。

### 3.7 固型尺寸保持率 dimensional retention after setting

打印制品经规定放置、冷却、固化、熟化或其他后处理后，关键尺寸相对于打印完成后初始尺寸的保持程度。

## 4 仪器设备

### 4.1 3D 打印设备

材料挤出式食品 3D 打印设备，应能够设定或记录喷嘴直径、层高、打印速度、挤出流量、打印温度、平台温度、填充密度、填充方式、切片软件版本等参数。试验前应确认喷嘴无堵塞，平台调平正常，温控和挤出系统运行稳定。

### 4.2 尺寸测量器具

分辨力不低于 0.01 mm 的游标卡尺、带表卡尺、数显卡尺或等效测量装置。游标卡尺、带表卡尺和数显卡尺的技术要求应符合 GB/T 21389 的规定。

### 4.3 水分测定设备

用于试样水分测定的干燥箱、分析天平、称量瓶、干燥器或其他等效设备，应符合 GB 5009.3 相应方法要求。

### 4.4 辅助测试设备

需要记录流变参数时，可采用流变仪测定储能模量  $G'$ 、损耗模量  $G''$  或表观黏度等指标。流变测试结果用于说明试样状态和复现条件，不作为打印尺寸精度等级的直接判定依据。

## 5 试样

试样应为同一配方、同一调配批次、同一预处理方式和同一含水状态下制备的淀粉基可挤出物料。试样应混合均匀，无明显结块、分层、集中气泡或颗粒堵塞风险。

标定前应测定试样水分含量。水分含量以湿基质量分数表示，按 GB 5009.3 规定的方法测定。同一标定批次试样水分含量波动宜控制在 $\pm 1.0\%$ 以内；超过该范围时，应重新调配或分别进行标定。

## 6 测试模型与打印条件

基准测试模型宜采用长方体模型，设计尺寸为长30 mm、宽30 mm、高10 mm。模型设计、制备和几何测量记录可参照GB/T 45210中标准测试件用于几何成形能力评估的思路。

采用基准模型进行标定时，推荐打印条件为：喷嘴直径0.84 mm，层高0.60 mm，首层层高0.80 mm，填充密度50%，填充方式为直线型，打印速度25 mm/s，打印温度35 °C。如实际产品需采用其他模型或参数，应在试验报告中完整记录，不得与基准模型结果合并判定。

## 7 检验程序

3D打印淀粉基食品制品外形尺寸精度标定检验程序见图1。

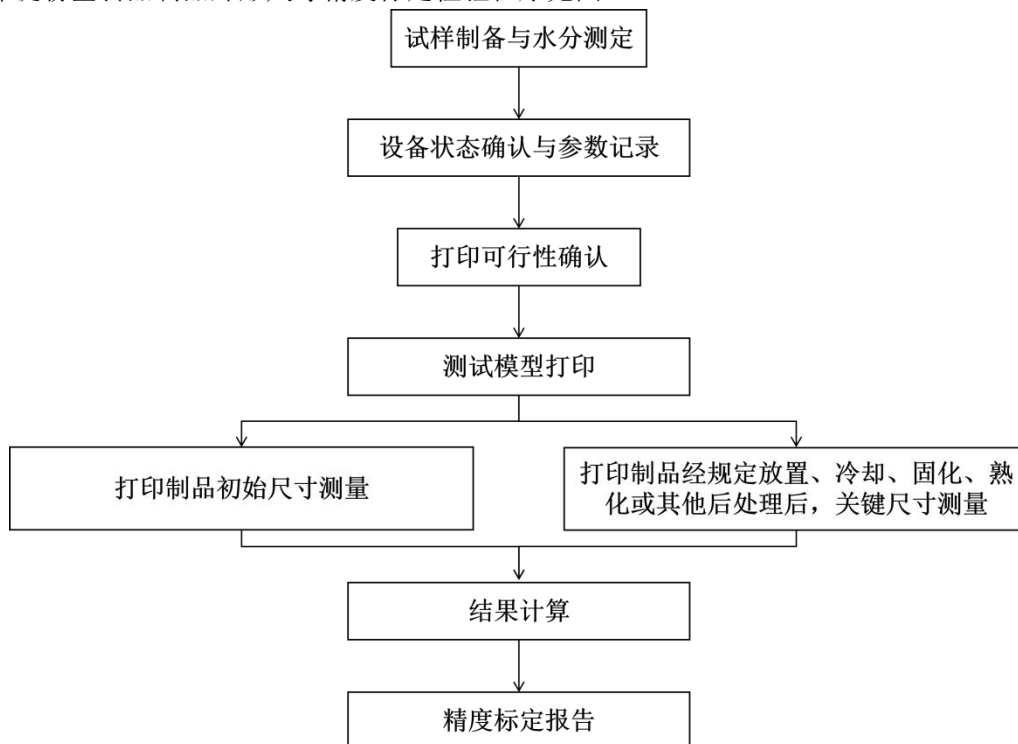


图1 3D打印淀粉基食品制品外形尺寸精度标定检验程序

## 8 检验步骤

### 8.1 试样制备

按确定配方和预处理方式制备试样，充分混匀后装入打印料筒，排除明显气泡。记录试样编号、主要原料、配方比例、预处理条件、水分含量和装料温度。

## 8.2 设备状态确认

按试验要求安装喷嘴并完成平台调平，设定切片参数和打印参数。记录设备型号、喷嘴直径、切片软件版本、层高、打印速度、挤出流量、填充密度、填充方式、打印温度和平台温度。

## 8.3 打印可行性确认

正式标定前可进行连续挤出和单层线条预打印。物料应能连续挤出，线条无明显断裂、喷涌、严重拖尾或堵塞，层间沉积后能形成可测量结构。不能满足上述条件时，记录为：不具备打印可行性，不进行尺寸精度等级标定。

## 8.4 打印测试

按第6章规定的测试模型和打印条件进行打印。同一标定条件下应至少打印3个独立试样作为平行样。每个平行样应单独打印并编号，打印过程中如发生中断、堵塞、明显塌陷或人为干预，应记录异常情况；必要时重新打印。

## 8.5 测量点位

每个试样的长度、宽度和高度均应进行不少于5个点位的测量。长度和宽度测量宜在制品上表面、中部和下表面相对位置布点；高度测量宜在四角及中心位置布点。对非长方体专用模型，应根据其关键尺寸建立固定测量点位，并在试验报告中说明。

## 8.6 初始尺寸测量

打印完成后应在规定时间内测量初始尺寸。采用基准模型时，宜在打印完成后2 min内完成长度、宽度和高度测量。测量时应避免挤压样品导致变形。

## 8.7 固型尺寸测量

需要评价后处理尺寸保持情况时，在规定放置、冷却、固化、熟化或其他后处理完成后，按相同点位再次测量长度、宽度和高度，并记录后处理方式、温度、时间和测量时点。

## 8.8 辅助指标记录

可记录表面状态、边缘完整性、层间偏移、流变参数等辅助信息。表面粗糙、边缘毛刺和高度损失等现象应作为成形稳定性描述，不直接替代尺寸精度计算结果。

# 9 结果计算与表述

## 9.1 单向尺寸精度

在打印后立即使用游标卡尺（JS20-1，德清盛泰芯电子科技有限公司）对打印成品的长、宽、高进行测量。计算其在关键尺寸上的相对误差百分比，按式（1）计算：

$$A_i = [1 - \frac{|D_i - D_{0i}|}{D_{0i}}] \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$A_i$ ——第  $i$  方向的单向尺寸精度，单位为百分比（%）；

$D_i$ ——第  $i$  方向实测尺寸的算术平均值，单位为毫米（mm）；

$D_{0i}$ ——第  $i$  方向设计尺寸，单位为毫米（mm）；

$i$ ——长度  $L$ 、宽度  $W$  或高度  $H$ 。

## 9.2 平均尺寸精度

平均尺寸精度测试要求同9.1，按式（2）计算：

$$A = \frac{(A_L + A_W + A_H)}{3} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$A$ ——平均尺寸精度，单位为百分比（%）；

$A_L$ 、 $A_W$ 、 $A_H$ ——长度、宽度和高度方向的单向尺寸精度，单位为百分比（%）。

## 9.3 固型尺寸保持率

固型或后处理后的单向尺寸保持率按式（3）计算：

$$R_i = [1 - \frac{|D_{ai} - D_{bi}|}{D_{bi}}] \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$R_i$ ——第 $i$ 方向的固型尺寸保持率，单位为百分比（%）；

$D_{ai}$ ——固型或后处理后第 $i$ 方向实测尺寸的算术平均值，单位为毫米（mm）；

$D_{bi}$ ——打印完成后第 $i$ 方向初始实测尺寸的算术平均值，单位为毫米（mm）。

平均固型尺寸保持率按式（4）计算：

$$R = \frac{(R_L + R_W + R_H)}{3} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

$R$ ——平均固型尺寸保持率，单位为百分比（%）；

$R_L$ 、 $R_W$ 、 $R_H$ ——长度、宽度和高度方向的单向尺寸保持率，单位为百分比（%）。

#### 9.4 结果表述

检验结果应表述为：在××模型、××配方、××水分含量、××打印参数条件下，样品平均尺寸精度为××%，判定为××精度打印；长度、宽度和高度方向单向尺寸精度分别为××%、××%和××%。”如开展固型尺寸保持率测定，应同时表述固型或后处理条件、固型尺寸保持率和对应等级。

### 10 精度标定

#### 10.1 打印尺寸精度等级

打印制品尺寸精度等级按表1进行标定。

表1 淀粉基食品3D打印制品尺寸精度等级标定

标定等级	平均尺寸精度 A/%	单向尺寸精度要求	结果表述
高精度打印	$A \geq 98.0$	$A_L$ 、 $A_W$ 、 $A_H$ 均 $\geq 95.0$	尺寸偏差小，三向尺寸保持一致
中精度打印	$90.0 \leq A < 98.0$	$A_L$ 、 $A_W$ 、 $A_H$ 均 $\geq 85.0$	尺寸偏差可接受，但至少一项未达到高精度要求
低精度打印	$A < 90.0$ ，或任一单向尺寸精度 $< 85.0$	具备打印可行性且可完成关键尺寸测量	尺寸偏差较大，应结合配方或工艺参数优化
不予标定	—	不具备打印可行性，或断裂、堵塞、严重变形导致无法完成关键尺寸测量	记录原因，不给出尺寸精度等级

当平均尺寸精度与单向尺寸精度对应等级不一致时，应按较低等级判定。不同试样平行测定结果应以平均值表示，并报告标准偏差。

#### 10.2 固型尺寸保持率等级

需要评价固型或后处理尺寸保持情况时，按表2进行标定。

表2 淀粉基食品3D打印制品固型尺寸保持率等级标定

标定等级	平均固型尺寸保持率 R/%	单向尺寸保持率要求	结果表述
高保持率	$R \geq 95.0$	$R_L$ 、 $R_W$ 、 $R_H$ 均 $\geq 90.0$	固型或后处理后尺寸变化小
中保持率	$90.0 \leq R < 95.0$	$R_L$ 、 $R_W$ 、 $R_H$ 均 $\geq 85.0$	固型或后处理后存在一定尺寸变化
低保持率	$R < 90.0$ ，或任一单向尺寸保持率 $< 85.0$	—	固型或后处理后尺寸变化较明显

## 11 报告

报告应至少包括下列内容，相关测试项目和结果记录可参考 GB/T 35022 的测试报告要求：

- a) 样品名称、配方类型、主要淀粉来源、预处理方式和水分含量；
- b) 3D 打印设备型号、喷嘴直径、切片软件版本、层高、打印速度、挤出流量、填充密度、填充方式、打印温度、平台温度和环境条件；
- c) 测试模型、设计尺寸、测量器具、测量时间、测量点位和平行样数量；
- d) 长度、宽度和高度方向的实测尺寸、单向尺寸精度、平均尺寸精度、标准偏差和精度等级；
- e) 如开展固型或后处理测量，应记录后处理条件、固型尺寸保持率及等级；
- f) 打印可行性、异常情况、表面状态、层间偏移及其他必要说明；
- g) 试验日期、试验人员和审核人员。

## 12 注意事项

标定过程中应保持试样温度、含水状态和打印环境相对稳定，避免因水分蒸发、回生、凝胶结构变化或温度波动造成结果偏差。

测量软质或高含水打印制品时，应轻触测量面，避免卡尺施力导致样品压缩变形。必要时可采用非接触式测量方法，并在试验报告中说明。

发生堵头、断料、严重拖尾、样品滑移、平台粘附异常或人工干预时，应记录异常情况；影响尺寸测量时，该试样结果不应纳入等级判定。

标准中给出的基准模型和推荐打印条件用于方法统一和结果比对。用于特定产品研发、过程控制或企业内部质量评价时，可在固定模型和固定参数条件下建立相应产品的标定方案，并在报告中明确适用边界。

---