

家畜三维体表信息获取技术规范

Technical Specification for 3D Surface Information Acquisition of Livestock

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体原则	1
5 采集设备要求	1
6 采集环境要求	2
7 采集方案	3
8 数据质量控制	5
9 数据预处理	6
10 体表信息获取	7
11 测量结果评估	9
参 考 文 献	10

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》的规定起草。

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。

本文件由陕西省农业农村厅提出并归口。

本文件起草单位：西北农林科技大学、陕西微牧云信息科技有限公司。

本文件主要起草人：王美丽、乔永亮、李书琴、李梅、毛锐、王子蕴、周世卫、李聪、王小龙、陈玉林。

本文件由西北农林科技大学负责解释。

本标准首次发布

联系信息如下：

单位：西北农林科技大学

联系人：王美丽

联系方式：180 9252 9712

联系地址：陕西省杨凌示范区西北农林科技大学信息工程学院

邮编：712100

家畜三维体表信息获取技术规范

1 范围

本文件规范了家畜三维体表信息获取的总体原则、采集设备与环境要求、采集方案、数据质量保障措施、数据预处理流程、体表数据获取及其测量结果的评估方法。

本文件适用于农业畜牧业中家畜体表尺寸和体重的测量。

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/T 39111-2020 牙颌模型三维扫描仪技术要求

NY/T 1236-2006 绵、山羊生产性能测定技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 标定板 Calibration Target

带有固定间距图案阵列，用于相机标定物理对象的平板。通常呈现为棋盘格或圆点阵列等特定图案。

3.2 点云 Point Cloud

由三维空间中大量不规则分布的点组成的，用于表示物体的表面形态或三维结构的数据集合。

3.3 深度图像 Depth Image

用于表示场景中相应位置到相机的距离或深度的图像像素值。通常用三维空间中的物体和表面形状表示。

3.4 相机参数 Camera Parameters

用于精确测量空间、校正图像的，描述相机成像特性的一组参数。

3.5 深度学习 Deep Learning

基于深层神经网络模型和方法的机器学习。

4 总体原则

4.1 规范性

数据采集和处理流程应统一、一致。

4.2 适应性

设备应能在常见养殖环境中稳定运行。

4.3 数据准确性和可靠性

数据处理流程应严谨，体表信息采集应精确、稳定。

5 采集设备要求

5.1 彩色相机

5.1.1 图像分辨率

数字相机的图像分辨率应不低于 1280×720 。特定应用场景中，如需要高精度的体表测量，宜使用分辨率不应低于 1920×1080 的高分辨率相机。

5.1.2 镜头质量

镜头应能确保图像清晰、锐利，减少畸变和色差。焦距范围应能满足从不同距离和角度拍摄要求。

5.1.3 光圈和快门控制

相机光圈和快门速度应可调节。应能根据不同的光照条件控制曝光量，图像亮度、对比度应均匀。

5.1.4 机身防抖

相机应具备机身防抖功能。

5.2 深度相机

5.2.1 设备类型

宜使用能获取准确深度信息的，用结构光或飞行时间技术的高性能深度相机。

5.2.2 深度分辨率

应不低于 512×512 ，能捕捉家畜细微轮廓和形状变化。

5.2.3 深度范围

应具备在不同距离拍摄家畜的适当测量范围。

5.2.4 同步采集

应能够与彩色相机同步工作，以同步获取彩色图像及其对应的深度信息。

5.2.5 帧率

应具备在不同光照条件下，稳定、精准、连续、流畅地捕捉家畜动态信息的高帧率(≥ 15 FPS)和良好的光照适应性。

5.3 三维扫描仪

应符合GB/T 39111-2020要求。具备较高的精度和分辨率，能在较短的时间内完成目标扫描。扫描范围应能够覆盖家畜整体，并具有不同环境(如室内、室外、强光、弱光等)条件下对不同颜色的适应性。

6 采集环境要求

6.1 光照条件

应有良好的自然光照或均匀的人工照明，避免阳光直射或产生阴影。

6.2 背景干扰

背景颜色应与家畜体色形成鲜明对比。如用白色背景布拍摄黑色或花色复杂(如花斑、杂色)的家畜。

6.3 采集时间

宜为早晨或下午，避免在中午阳光直射时拍摄。

6.4 空间宽敞

拍摄环境应有足够的空间供家畜自由活动，减少外界影响。

6.5 噪音控制

环境噪音应控制在不妨碍家畜自然行为的范围内。

6.6 设备稳定性

应可稳定固定相机设备，减少因震动引起的模糊。

6.7 角度覆盖

应可在不同位置、多角度捕捉家畜的所有关键体表特征。

6.8 数据冗余

宜对同一家畜多次拍摄，增加数据冗余性。

7 采集方案

7.1 彩色相机采集

7.1.1 设备准备

7.1.1.1 相机

选用满足采集要求的彩色相机。所有相机应可通过硬件触发器或统一的软件控制，同时采集数据。

7.1.1.2 辅助设备

准备相机固定三脚架，与家畜的体色对比鲜明的背景布。

7.1.1.3 标定板

标定板大小（方格边长）应根据家畜体尺和拍摄距离确定。标定板应平整、不易变形、有较好的反光性，棋盘格图案应能在不同光照条件下清晰识别。

7.1.1.4 采集通道

可用围栏搭建。地面应保持平坦，长度依实际情况确定，宽度应能让家畜自然行走。应有足够的空间调整家畜姿态，并在合适的位置（标定板放置处和拍摄区域）停留。

7.1.2 家畜准备

7.1.2.1 清洁身体

拍摄前，应保证家畜身体表面干净整洁，没有泥土、粪便等污染物。

7.1.2.2 姿态调整

由熟悉家畜习性的饲养员用食物或轻柔动作引导家畜，保持自然站立姿势，四肢均匀分布，身体正直。将家畜喜欢的饲料放在合适的位置，使其头部抬起，身体伸展。

7.1.3 图像拍摄

7.1.3.1 拍摄角度

从家畜的正前方、正后方、正上方和侧面（包括左侧和右侧），每个方向拍摄多张照片。

- a) 侧面拍摄时，相机镜头应与家畜身体的中轴线保持平行。
- b) 正前方和正后方拍摄时，相机镜头应垂直于家畜的身体平面。
- c) 正上方拍摄，应用脚手架搭建稳固的拍摄平台，或者专用升高设备提升相机位置。拍摄高度应根据家畜大小和拍摄范围确定，应能完整拍摄家畜整个身体轮廓。相机镜头应垂直向下，图像中家畜身体比例不应失真，应能够清晰看到背部、颈部等关键部位的形状和尺寸关系。

7.1.3.2 拍摄距离

根据家畜的大小和相机镜头焦距调整。应保证家畜完整呈现在图像画面中并占据画面大部分空间，避免图像变形。

7.1.3.3 相机标定

将标定板放置在家畜站立位置附近，保证标定板能够完整呈现在图像中。拍摄家畜图像之前和之后，应在相机位置和参数（如焦距、光圈等）不变的情况下，分别拍摄标定板的图像。

7.1.3.4 拍摄

在完成相机标定后，移除标定板，保持相机位置和参数不变，按照7.1.3.1和7.1.3.2的要求拍摄家畜各角度的图像。确保每次拍摄时家畜保持自然站立姿势，避免遮挡关键身体部位（如四肢、背部、腹部等）。

7.1.3.5 异常处理

若家畜出现焦躁或移动，应暂停拍摄，通过饲养员安抚或调整环境（如提供饲料）恢复平静后重试。

7.2 深度相机采集

深度相机采集的设备准备、家畜准备和图像拍摄要求按照7.1执行，并需额外满足5.2的设备要求。

7.3 三维扫描仪采集

7.3.1 设备准备

三维扫描仪应配备金属支架搭建的稳定扫描平台，或用专用动物扫描台。平台高度和大小应根据家畜站立和保持稳定姿势调整高度和角度。家畜身体特定位置的标记点（如果扫描仪需要）颜色，应与家畜体色有明显区分，并具有良好的反光特性。

7.3.2 扫描

7.3.2.1 预扫描

开启三维扫描仪，预扫确定扫描范围和家畜在扫描空间中的大致位置。如果使用标记，应在家畜身体的关键部位（如肩胛等）粘贴标记点，并在扫描仪软件中识别、定位标记点。

7.3.2.2 多角度扫描

分别从家畜的正前方、正后方、侧面（左右两侧）、斜上方和斜下方等多角度扫描。扫描时，应根据扫描仪有效扫描距离适当调整其与家畜身体的距离。

7.3.2.3 异常处理

与7.1.3.5一致。

8 数据质量控制

8.1 图像质量

8.1.1 检查图像完整性

8.1.1.1 家畜图像

检查每张图像是否清晰完整地包含了家畜的身体部分，是否存在部分身体被遮挡的现象，尾巴、四肢等关键部位在图像中是否清晰可见。发现有遮挡现象的，应对照拍摄记录，判断是由于家畜自身姿势变化，还是拍摄环境（如采集通道围栏、背景布褶皱等）造成的。如是前者，应引导调整家畜姿势后重新拍摄；如是后者，应重新调整拍摄环境后重新拍摄。

8.1.1.2 标定板

彩色图像，应检查标定板颜色是否正常、有无光照产生的反光或影响棋盘格图案的阴影；深度图像，应检查标定板的深度数据与实际放置情况是否相符。

8.1.2 评估清晰度

8.1.2.1 彩色图像

放大图像，检查家畜身体轮廓等细节部分能够清晰分辨、是否存在模糊区域，分析出现模糊情况的原因。因相机抖动造成的，应检查、固定拍摄设备；因对焦不准造成的，应重新调整相机焦距后重新拍摄；因家畜运动导致的模糊，可适当缩短曝光时间或者引导家畜保持静止。

8.1.2.2 深度图像

查看深度图像中家畜身体不同部位的深度边界是否清晰，有无明显的锯齿状或跳跃式变化。如深度值不清晰、环境中有强光反射、有灰尘颗粒等。应清洁相机镜头、调整拍摄环境的光线条件后重新拍摄。

8.1.3 验证数据一致性

验证同一拍摄角度和距离下的多组彩色图像和深度图像中，家畜的身体长度是否相同、通过像素计算的长度比例是否相似、相同身体部位在不同图像中的深度图像值差异是否在合理范围内。出现不一致的，应检查相机的同步设置或重新评估拍摄的准确性。

8.1.4 检查色彩和深度准确性

8.1.4.1 色彩

检查彩色图像的颜色是否准确还原了家畜真实体色和拍摄环境颜色。如果色彩不准确，应调整相机白平衡或改善光照条件后，重新拍摄。

8.1.4.2 深度

对比测量深度图像中物体距离与实际测量的物体距离。如深度值与实际值偏差较大，应重新校准深度相机，检查分辨率、帧率、深度测量范围等参数设置是否正确。

8.2 点云质量控制

8.2.1 检查点云完整性

检查点云数据是否完整覆盖家畜身体，尤其是如胸部和背部等关键部位。如有未覆盖的区域，应补充扫描，或调整角度扫描。

8.2.2 评估点云密度

应所有关键部位密度，尤其是精细测量所需的区域具有足够的点密度。

8.2.3 验证点云一致性

对比多次扫描的点云数据，验证相同区域、同一个关键点在不同扫描数据中坐标点云的一致性。如较大偏差，应重新采集。

8.2.4 校验点云精度

测量点云中标定板或已知尺寸物体的几何尺寸，验证点云数据精度。如果测量尺寸与实际偏差较大，应重新校准三维扫描仪分辨率、扫描速度、激光强度等。重新采集

9 数据预处理

9.1 彩色相机数据

9.1.1 图像裁剪

基于阈值分割（如家畜体色与背景颜色有明显差异，可设定合适的颜色阈值区分）、边缘检测（利用家畜身体轮廓的边缘信息，从背景中分割出来）等方法，去除图像中与家畜体尺测量无关的背景部分。

9.1.2 图像对齐

以家畜某个特定特征点（如头部中心、身体中轴线的某个固定位置等）为基准，通过旋转、平移等变换，使不同角度的图像在空间位置上相对一致。

9.1.3 图像增强

拉伸图像直方图，改善图像对比度，明显呈现家畜身体各部分细节。

9.1.4 图像去噪

用中值滤波（对于椒盐噪声有较好的去除效果）、高斯滤波（适合处理高斯噪声）等滤波技术来去除图像噪声。

9.2 深度相机数据

9.2.1 对齐深度信息

用相机内外参数校正和对齐彩色图像和深度图像，使每个像素点在彩色图像和深度图中位置一致。

9.2.2 去除噪声点

用滤波算法（如中值滤波或双边滤波）去除深度图中的噪声点。

9.2.3 填补缺失区域

用插值方法（如最近邻插值或双线性插值）填补缺失区域。

9.3 三维扫描仪数据

9.3.1 去除冗余点

每个体素仅保留一个点或按照一定采样策略（随机、均匀、基于曲率等）抽取部分点，去除冗余点。

9.3.2 去除背景点

利用聚类分析或深度学习方法去除不属于主要簇（家畜）的点或不符合空间分布规律的点。

9.3.3 去除噪声点

通过统计分析点与邻域点距离分布或基于半径滤波，去除偏差大或球体内点数量过少的噪声点。

9.4 数据存储

彩色相机数据推荐存储为TIFF、JPEG或PNG格式；深度图像采用PNG、EXR格式保存深度值；三维扫描仪数据以ASTM E57标准点云（PLY、OBJ）存储。

10 三维体表信息获取

10.1 参数测量

参数测量定义与NY/T 1236-2006一致。

- d) 体高：肩胛最高点到地面的垂直距离。
- e) 体长：由胸突到坐骨结节后端的直线距离。
- f) 胸围：由肩胛后端绕胸一周的长度。
- g) 胸宽：肩胛最宽处左右两侧的直线距离。
- h) 胸深：肩胛最高处到胸突的直线距离。
- i) 腰角宽：两侧腰角外缘间的直线距离。
- j) 十字部高：左前肢管骨最细处的水平周长。
- k) 管围：左前肢管骨最细处的水平周长。
- l) 体重：家畜身体所具有的重量。

10.2 测量计算

10.2.1 彩色图像测量

10.2.1.1 特征点提取与标注

确定家畜体尺，如肩胛、胸突、坐骨结节等测量关键特征点。人工标注或利用计算机视觉算法自动提取。

- a) 自动提取时, 可用机器学习或深度学习算法, 如训练卷积神经网络模型, 利用大量标注好的基础图像训练, 使模型能够准确识别特征点位置。
- b) 计算图像中特征点之间的距离差异, 验证不同角度拍摄的图像中的同一特征点空间位置的一致性。
- c) 差异超出预设阈值的, 应重新检查并准确提取特征点或标注, 并检查特征点之间的距离和空间关系是否符合家畜的生理结构。

10.2.1.2 计算体尺数据

利用图像中已知标定板上棋盘格边长, 测量图像像素长度, 计算每个像素对应的实际长度。根据特征点在图像中的像素距离, 计算出家畜肩高、体长、胸围等实际体尺数据。

10.2.1.3 估算体重

得出体尺数据后, 选择合适的体尺体重回归方程, 估算家畜体重。如体尺和体重之间呈现近似线性关系, 可使用线性回归模型。如体尺和体重之间关系非线性, 可通过观察数据分布形态、绘制散点图并拟合不同曲线初步判断, 再通过模型拟合优度检验 (如决定系数 R^2) 选择最优模型。

10.2.2 深度图像测量

10.2.2.1 特征点提取与标注

方法同10.2.1.1。

10.2.2.2 计算体尺数据

用相机内参 (如焦距、主点坐标) 和外参 (相机的旋转和平移矩阵) 坐标转换深度图像信息, 从图像坐标系转换为相机坐标系, 得出关键点在三维空间中的坐标, 获取家畜身体各部分的三维形态。结合关键点的空间位置, 推算出家畜的体长、体高等参数。

10.2.2.3 估算体重

参照10.2.1.3, 利用体尺直接回归获得体重; 或利用对齐后的彩色图像及深度图像四通道数据, 用深度学习模型 (如卷积神经网络或其他适合回归的网络) 直接预测体重。通过大规模数据集训练, 使模型有效捕捉家畜外部形态特征, 推算体重。

10.2.3 三维扫描仪测量

10.2.3.1 提取与标注特征点

确定家畜体尺测量所需的肩胛、胸突、坐骨结节等关键特征点, 人工标注或者利用计算机视觉算法, 通过点云特征提取算法 (如法线估计、曲率分析等) 或通过深度学习模型自动提取。

10.2.3.2 计算体尺数据

测量体长、胸宽、臀宽等直线距离参数, 计算关键点之间的欧氏距离; 测量体高、十字部高等参数, 获取对应关键点中代表垂直于地面方向的坐标轴坐标; 测量胸围、管围等围度参数, 采用点云切片拟合法, 提取出切片上的点云数据, 再通过曲线拟合算法计算出围度周长。

10.2.3.3 估算体重

参照10.2.1.3，利用体尺直接回归获得体重；或是利用点云数据通过深度学习模型（如PointNet或其他适合回归的网络），通过大规模数据集训练，使模型能够有效捕捉家畜外部形态特征并推算体重。

11 测量结果评估

采用以下三种误差评估指标，评估家畜三维体表信息获取结果的准确性：

- a) 平均绝对误差（MAE, Mean Absolute Error）：评估测量值与真实值之间的平均绝对差异。
- b) 平均绝对百分比误差（MAPE, Mean Absolute Percentage Error）：评估测量值与真实值之间的平均百分比误差。
- c) 均方根误差（RMSE, Root Mean Square Error）：评估测量值与真实值之间的均方根差异。

参 考 文 献

- [1] GB/T 24734.1-2009 技术产品文件 数字化产品定义数据通则 第1部分：术语和定义
- [2] NY/T 1236-2006 绵、山羊生产性能测定技术规范
- [3] GB/T 36185-2018 新疆山羊
- [4] GB/T 23698-2023 三维扫描人体测量方法的一般要求
- [5] GB/T 41923.2-2022 机械产品三维工艺设计 第2部分：通用要求
- [6] GB/T 39111-2020 牙颌模型三维扫描仪技术要求