

# 羊只形态参数无应激测量系统设计与试验

张丽娜<sup>1,2</sup> 杨建宁<sup>1</sup> 武佩<sup>1</sup> 宣传忠<sup>1</sup> 韩丁<sup>1,3</sup> 王晶<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学机电工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古师范大学物理与电子信息学院, 呼和浩特 010022;  
3. 内蒙古大学电子信息工程学院, 呼和浩特 010021)

**摘要:** 为解决羊只体尺、体质量参数传统测量方法依靠人工完成、工作量大、对羊的体位要求高、易引发人畜共患病、对羊有应激等问题, 设计了羊只形态参数无应激测量系统, 包括个体识别、体位限制、体质量称量、视觉图像采集、自动测控硬件系统构架及软件程序开发, 应用通用的 Modbus 协议及虚拟仪器技术构建系统。对内蒙古某肉羊养殖基地小尾寒羊的现场试验表明, 该系统可以在羊只无应激的条件下, 自动完成形态参数的采集, 既为后期的形态评价提供了全面的数据, 又实现了羊只的福利化养殖, 同时避免了人畜共患病。

**关键词:** 羊只形态; 体尺; 体质量; 无应激测量; 系统设计

**中图分类号:** S818.5; TP391      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-1298(2016)11-0307-09

## Design and Experiment of Non-stress Measuring System for Sheep's Conformation Parameters

Zhang Li'na<sup>1,2</sup> Yang Jianning<sup>1</sup> Wu Pei<sup>1</sup> Xuan Chuanzhong<sup>1</sup> Han Ding<sup>1,3</sup> Wang Jing<sup>1</sup>

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China  
2. College of Physics and Electronic Information Science, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China  
3. College of Electronics and Information Engineering, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China)

**Abstract:** The parameters of body size and weight in sheep's conformation appraisal can reflect its growth development, production performance and genetic characteristics. However, the present way of determining these parameters is normally by manual, e. g. , the sheep has to stand on a flat place with correct posture when measuring the body size with measuring stick, tape measure etc. , the sheep has to be tied up or hung up on the scales when weighting, which has the shortcomings of causing the stress reaction of the sheep. This paper was trying to develop a non-stress method for determining the sheep's conformation parameters. A non-stress measuring system for sheep's conformation parameters based on machine vision technology was presented, including the design of the measuring device, the architecture of the monitoring controlling hardware and the software program. The common Modbus protocol and virtual instrument technology were used to build the system. Experimental results showed that the new method could ease the livestock measuring workload greatly and overcome the limitations of manual measurement, which was especially suitable for the current situations of feeding sheep in intensive and large-scale way, and suitable for the trend in developing and applying the technologies of information and sensor in livestock industry. It provided a basis for improvement of the rational management and welfare production in sheep breeding since it prevented the animal's stress reactions and anthroponozoonosis, which was an ideal method in conformation parameters measurement for livestock. Furthermore, the research results can be extended to other industries, such as the pig industry, and have broad significance.

**Key words:** sheep's conformation; body size; body weight; non-stress measurement; system design

收稿日期: 2016-02-05    修回日期: 2016-05-24

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(61461042、11364029)和内蒙古“草原英才”产业创新人才团队项目(内组通字[2014]27号)

**作者简介:** 张丽娜(1980—),女,博士生,内蒙古师范大学副教授,主要从事农业工程测试与控制研究,E-mail: linanazhang@126.com

**通信作者:** 武佩(1965—),男,教授,博士生导师,主要从事农业工程测试与控制研究,E-mail: jdwupei@163.com

引言

羊肉较猪肉和牛肉的脂肪、胆固醇含量少,随着健康意识的增强和消费能力的提升,羊肉的消费量大幅攀升,养羊业也随之得到了长足发展,规模化、集约化舍饲养殖成为趋势<sup>[1]</sup>,深入的科学研究和精细化的养殖也逐步渗透到养羊业。

研究表明<sup>[2]</sup>基于羊只形态参数(体尺、体质量)的形态评价能够反映羊只的生长发育状况以及各部位之间相对发育关系,可作为衡量羊只生长发育的主要指标,可以评估羊只生长发育特性、遗传特性;可起到指导羊只的选育,或改善其某些特征,或补偿羊群的弱点,或预测未来羊群的性能<sup>[3]</sup>;还可对养羊场涉及的品种鉴别和分类提供方法、评估羊只的生长速度、饲料利用率和胴体品质<sup>[4]</sup>以及预测活羊体质量等<sup>[5-8]</sup>,因此,基于体尺、体质量的形态评价对养羊业的羊只优良品种选育并正常发育具有十分重要的意义。

然而,目前羊只形态参数的测量大都靠人工来完成,不仅测量工作量大,对羊只的站姿要求高,且需要直接接触羊体,羊的应激反应大,也增加了人畜共患病的传播几率。因此,设计羊只形态参数无应激、无接触测量系统,对推动羊的精细养殖及福利化养殖很有意义。

本文通过设计体位限定装置、体质量自动监测装置、视觉图像自动采集装置,并应用 RFID 技术、Modbus 协议、虚拟仪器技术及数字图像处理技术,实现羊只形态参数的无应激、无接触测量。

1 基于体尺、体质量的羊只形态评价现状及其参数获取技术适应性分析

1.1 基于体尺、体质量的羊只形态评价

羊只形态用于描述羊只在空间尺度上表达的状态,内容集中于基于体尺的生长发育特性、体尺与生长发育间相关关系及体尺参数的遗传性能研究。由于以上的形态值不能直接通过度量得到,而能直接度量的参数只有家畜表型值,因此,常通过表型参数间接评价形态,形态评价时通常将体质量作为评价依据或目标。

在中国,周代出现《相马经》和《相牛经》等著作,秦汉以后出现《相羊经》等,即通过家畜外貌估测其生产性能和体质类型,并广泛应用于家畜鉴定、买卖和选育。早期的评定通常由经验丰富的专家进行主观的体型外貌评分,即根据肉眼观察,从形态上看是否满足主观的理想。后来出现了 2 种比较客观的评定方法,一种是与基于解剖学定义的畜种理想

体尺相对照进行评定,另一种方法是给身体的各个部位评分,但这 2 种方法都有一定的主观性。20 世纪 70 年代提出利用线性描述方法对家畜进行外貌评定,即体型线性评定,该方法具有完全客观、可重复性,更能体现家畜的遗传特性<sup>[9]</sup>,是目前普遍采用的方法。

同时,为了使体型评定更加客观,要求早上空腹时进行体尺测量,常用测量工具包括测仗、圆形测定器、测角计和卷尺等<sup>[10]</sup>,常用的体质量测量工具包括秤或磅秤。

1.2 羊只形态评价中常选用的体尺指标

在形态评价中常选用的体尺指标为长、宽、高和围度 4 类指标(图 1)。

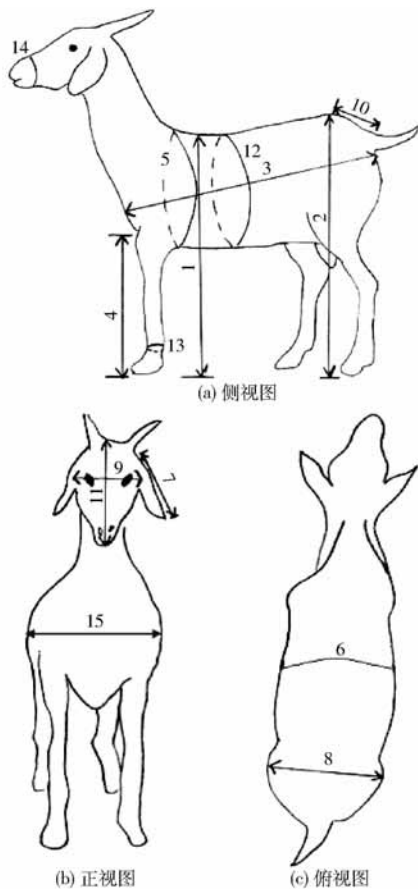


图 1 羊体尺测量参数示意图

Fig. 1 Diagram of measuring parameters in body size of sheep

1. 体高 2. 臀高 3. 体长 4. 胸高 5. 胸围 6. 腰角宽 7. 耳长 8. 臀端宽 9. 头宽 10. 尻长 11. 头长 12. 腹围 13. 管围 14. 鼻口部周长 15. 胸宽

其中头部参数被用来作为品种、产地及品种间关系的指标。

而在某些区域,如北非地区的西亚到突尼斯<sup>[11]</sup>,肥尾羊是主要的绵羊品种,其尾部的生长是羔羊生长的重要指标,基于羊尾数据的形态评价主要测量参数如图 2 所示。

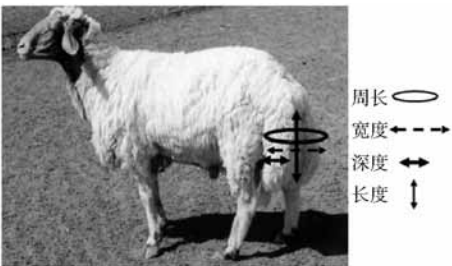


图 2 羊尾参数图示

Fig. 2 Diagram of measuring parameters in tail of sheep

1.3 羊只形态参数测量的技术现状及适应性分析

1.3.1 羊只形态参数测量方法及技术现状

测量羊只体尺参数时,要求羊站立在平坦的地面,姿势要端正。一人固定羊,另一人进行测量并记录,如图 3 所示。

这样的体尺测量方式,不仅测量工作量大,对羊的站姿要求高,且需要直接接触羊体,羊的应激反应大,对羊产生严重的不良影响,如生产性能下降、发病,甚至死亡,影响个体羊及羊群的生长发育,羊的应激反应同时降低了测量精度。另外,人与羊的直接接触,也增加了人畜共患病的传播几率。



图 3 人工测量羊只体尺参数示意图

Fig. 3 Photo of manual measurement of sheep's body size parameters

随着自动化技术、信息与传感技术的进步,促进了羊只体尺无应激测量的发展。如 JOHN<sup>[12]</sup>研究了基于光学和声学设备(超声波)测定动物骨骼构造特征的系统和方法;也有基于 X 光影像技术的骨骼尺寸测定。然而,超声波虽然具有较好的方向性、测距也具有较高的精确度,但超声成像依然无法实现无接触式测量;X 光具有较好的穿透物质的能力,但有破坏细胞作用,对试验环境要求较高。目前基于光学原理的计算机视觉技术在动物体尺测量中的应用较多,如表 1 所示<sup>[13-20]</sup>。

表 1 基于机器视觉技术的动物体尺测量应用成果

Tab. 1 Measurement on body size of livestock based on machine vision technology

| 对象   | 系统方案                                                                               | 获取图像              | 环境设置                                                                     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 肉牛   | 由图像获取装置在自然条件下人工拍摄,图像存储于彩色 CCD 相机,后通过 USB 接口传入计算机                                   | 俯视图<br>侧视图        | 图像获取中,选取直径为 16 cm 的圆形白色纸盘为图形标记                                           |
| 牛、猪  | 由摄像装置和定位设备构成,接近传感器自动触发图像采集(可见光谱相机、红外相机)、存储                                         | 左视图<br>右视图<br>俯视图 | 配置照明设备,围栏采用黑色钢缆                                                          |
| 奶牛   | 由摄像装置和定位设备构成,以 ATmega32 作为下位机,上位机使用 LabVIEW 编程,通过彩色 CCD 摄像机自动采集图像并存储               | 前视图<br>后视图<br>侧视图 | 图像在图像采集室采集,采集室没有屋顶,并且四面墙安装透光孔,取景范围内背景、背景物设为蓝色                            |
| 奶牛乳头 | 由图像采集装置和乳头限制装置构成,由能够同时开启 LED 背景照明的按钮触发超级视频图形阵列摄像机拍照,通过平板计算机 USB 2.0 连接相机,实现图像的自动存储 | 侧视图               | 设置 LED 背景照明条件                                                            |
| 奶牛   | 在相对开放的空间中,阳光直射或遮挡两种情况下,采用 Xtion PRO 型深度摄像头人工采集图像                                   | 随机部位图             | 鉴于直射阳光包含的近红外光对测量引起的干扰,考虑在室内或遮阳条件下采集数据;奶牛身体的不同部位对近红外有吸收作用,考虑在测量中调整采集设备的位姿 |
| 羊    | 由摄像装置和定位设备构成,使用 CCD 广角摄像机人工拍摄图像                                                    | 俯视图<br>侧视图        | 自然光照条件                                                                   |
| 猪    | 在饮水区上方,并排平行放置两台摄像机,使用无线射频电子耳标自动触发采集图像                                              | 俯视图               | 在饮水区设置限位栏杆,一次仅允许一头猪进入饮水                                                  |
| 猪    | 由计算机控制系统和检测装置构成,体质量称量采用电子动物秤,由上位机控制图像的采集与处理                                        | 俯视图<br>侧视图        | 提供矩形结构的 LED 灯作为光源                                                        |

体质量测量一般也在早晨空腹进行,用台秤或磅秤测得其质量,将羊蹄绑起来,然后放在秤上称;或抱着羊称,然后减去自身质量;或挂称,如图 4a 所示。然而,在羊只称量过程中保定困难,为此包鹏甲

等<sup>[21]</sup>设计了专门的保定装置。此外,上述测量方式工作量大、效率低、羊的应激反应大,需人与羊的直接接触。随着中国实施草原禁牧轮牧、退耕还草还林及粮改饲等政策,养羊业的集约化、规模化设施养

殖成为趋势,研发的福利化养殖设备正被采用,如图 4b 所示。

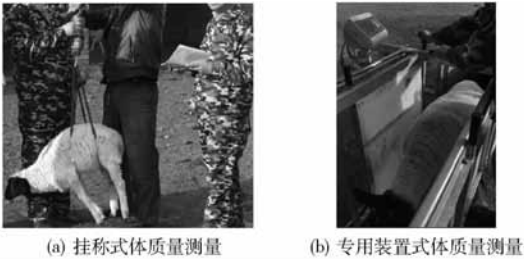


图 4 羊只体质量测量方式

Fig. 4 Measurement methods of sheep's body weight

1.3.2 基于视觉技术的羊只形态参数测量适应性分析

为了获取丰富的体尺数据用于羊只的形态评价,获取羊只正侧面、正前方、正后方、正上方等高质量图像是基础,同时也是后续数据处理与分析的前提条件。羊只作为活体测量对象,体位在空间中具有不确定性;羊的群居行为很强<sup>[22]</sup>,熟悉的个体间易形成小群体,对基于视觉技术的形态参数测量提出了挑战。

在文献[23]中可以看到,基于视觉技术的体尺大体可区分为限制性空间的体尺测量与相对开放式空间的体尺测量。相对开放式空间中的体尺测量装置简单、成本低,但给多方位同时检测图像带来困难;开放式空间的体尺测量也对待测对象的生活习性 or 生活条件提出相应的要求,要求待测对象独立活动或单独处于试验区;同时开放式空间对不同测量设备有相应的测量环境要求。与开放式空间的体尺测量相比,限制性空间即通过建立结构化限位专用装置,将活体确定在特定空间相对稳定的位置,继而使用事先部署在装置上的测量设备对感兴趣测点进行线性测量,可以方便地同时获取羊只的多方位图像,具有较好的通用性。从羊只的生活特性及集约化养羊的现实条件出发,限制性空间的体尺测量具有更好的适应性。

2 无应激测量系统硬件设计

2.1 系统硬件需求分析

以无应激测量目标,避免外界过多的干扰为出发点设计形态评价参数测量系统,系统应包含如下结构:

- (1) 过道:鉴于羊常以小团体的形式活动,在羊只进入测量装置前,通过狭窄过道使羊以单列方式依次进入测量系统。
- (2) 个体自动识别:通过 RFID(Radio frequency identification)射频耳标阅读器,实时识别羊只。

- (3) 称量装置:可以称量活体体质量。
- (4) 体位限定装置及其自动控制:将活体羊限定在有限的空间,并使用电动机实现自动依次开、关入口和出口。
- (5) 图像采集装置:多角度图像自动采集。
- (6) 系统控制及数据存储。

为了获取羊只形态评价中常用的体尺参数(体高、臀高、体长、胸高、腰角宽、臀端宽、胸宽等),通常认为可通过采集羊只正侧面、正上方的图像,即通过 2 个视角的图像构建物体的三维轮廓。因此,在很多机器视觉体尺测量文献中描述家畜的体尺计算是在侧视图、俯视图基础上获得的。此理论是在平行投影理论下成立的。相机所遵循的是以“小孔成像”为基础的“透镜成像”原理,因此正侧面、正上方的图像在理想状态下(相机轴线处于测量对象中心)获取被测对象的区域如图 5a 所示。当相机轴线偏离对象中心时,相机获取的正侧面、正上方的图像区域如图 5b 所示。

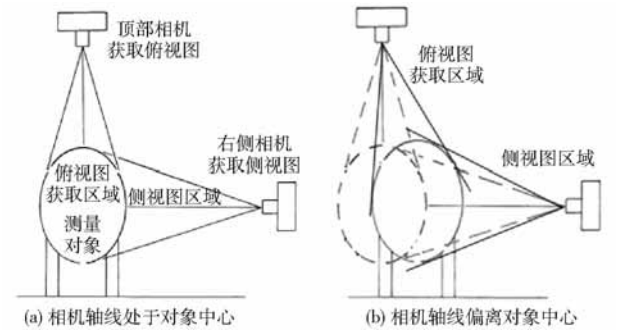


图 5 相机轴线位置对图像获取区域的影响

Fig. 5 Effect of camera axis position on image acquisition area

由图 5 可知,通过俯视图、侧视图获取羊只体尺参数存在技术上的缺陷。为弥补活体羊在测量过程中由体位非对称中心引起的数据误差,在本测量系统中设计 3 组相机:顶部相机、右侧相机和左侧相机,以正交方式安装,通过左、右侧相机数据互补,提高形态参数测量精度。

体质量则考虑在羊只相对稳定时获取数据,因此,将称量设备与体位限定装置耦合在一起。

2.2 测量装置设计

羊只形态评价的无应激测量装置包括计算机数据采集与处理单元、图像采集单元、体质量获取单元、体位限定单元、羊只个体识别单元及过道。其中图像采集单元、体质量获取单元、体位限定单元、羊只个体识别单元及过道的具体结构如图 6 所示。

以内蒙古地区良种肉羊——苏尼特羊、巴美肉羊的体尺参数为例,育成苏尼特母羊体长(69.00 ± 2.81) cm、体高(66.40 ± 1.12) cm、胸宽(20.00 ±

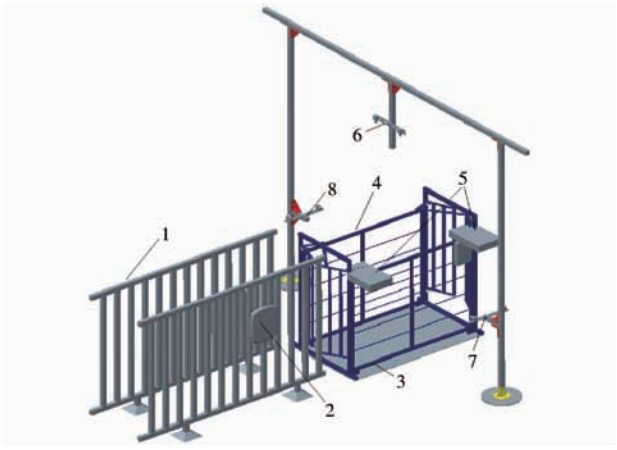


图 6 羊只形态参数无应激测量装置

Fig. 6 Non-stress measuring device of sheep's shape appraisal parameters

1. 过道 2. RFID 耳标识读者 3. 动物电子秤 4. 体位限定装置 (蓝色) 5. 入口、出口开门、关门电动机 6. 顶部相机安装支架 7. 右侧相机安装支架 8. 左侧相机安装支架

1.53) cm, 育成苏尼特羯羊体长(68.30 ± 2.07) cm、体高(65.90 ± 1.95) cm、胸宽(20.05 ± 2.00) cm<sup>[24]</sup>; 12 月龄巴美肉羊体长(85 ± 5) cm, 体高(75 ± 5) cm<sup>[25]</sup>。根据以上体尺数据并留出冗余, 将体位限定装置设定为左右距离为 65 cm, 高度为 110 cm, 入口与出口间的距离为 140 cm, 为了便于后期图像处理, 将体位限定装置涂为蓝色; 相机以光轴垂直于被摄物体平面方式使用螺栓安装在相机支架上, 相机安装支架通过角连接架与主体支架连接, 主体支架采用 6060 欧标单槽工业铝型材, 角连接架使用 T 型螺栓与主体支架自动定位锁紧, 该连接方式也使得相机的位置可根据羊只类型(羔羊、成年羊)的体型调整位置。主体支架的宽度与高度由相机、镜头参数确定, 相机焦距与物距的关系式为

$$\frac{f}{W_d} = \frac{\frac{H_i}{H_0}}{1 + \frac{H_i}{H_0}} \tag{1}$$

式中  $f$ ——相机焦距, mm  
 $W_d$ ——物距, mm  
 $H_0$ ——视野的高度, mm  
 $H_i$ ——相机有效成像面的高度, 即传感器像面的大小, mm

已知相机感光面积  $S_s$ (mm)、镜头焦距  $F_l$ (mm) 及镜头最小物距  $D_{\min}$ (mm), 则最小视野  $F_{\min}$  计算式为

$$F_{\min} = S_s F_l / D_{\min} \tag{2}$$

依据式(1)、(2), 选用 CCD 相机传感器 1/3" (4.8 mm × 3.6 mm)、分辨率 1 280 像素 × 960 像素, 镜头选用焦距 5 mm、最小物距 10 mm, 则测量精度为 4.8 × (10/5) / 1 280 = 0.007 5 mm。在此参数下,

测量视野宽度 1 400 mm 的对象时, 物距为 1 463 mm。因此, 主体支架的理论长度为 1 463 + 1 463 + 650 = 3 576 mm, 理论高度为 1 463 + 800 = 2 263 mm。因此, 在考虑冗余的前提下, 将支架设计为 3 600 mm × 2 300 mm。

2.3 形态评价参数无应激测量系统构架

基于羊只形态参数无应激测量装置构架的测量系统如图 7 所示。

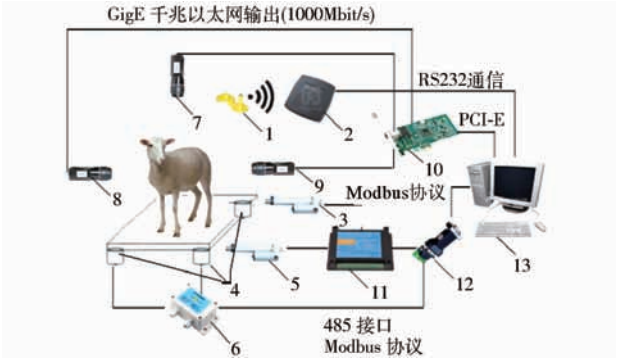


图 7 测控系统构架

Fig. 7 Architecture of measurement and control system

1. RFID 动物电子耳标 2. RFID 耳标识读者 3. 入口 24 V 推杆电动机 4. 称量传感器 5. 出口 24 V 推杆电动机 6. 称量传感器变送器 7. 顶部相机 8. 左侧相机 9. 右侧相机 10. 千兆高速数字图像采集卡 11. 数采控制器 12. RS - 232/RS - 485 转换器 13. 计算机

耳标选用北京瑞佰创科技有限公司 RBC - ET11 型低频(13.56 MHz)电子耳标, 符合 ISO11784/5 FDX - B 动物识别国际标准; 耳标识读者选用与耳标配套的 RBC - A04 型远距离 ISO11784/11785 阅读器, 读取距离为 45 cm(±10%); 24 V 推杆电动机选用无锡宏霸机电设备有限公司的 HB - DJ806 24 V 型直流微型电动推杆, 行程 100 mm, 最大负载 1 200 N; 称量传感器选用 SOC - A 型悬臂梁称量测力传感器, 量程 200 kg, 输出灵敏度 2.0 ± 0.01 mV/V; 称量变送器选用 JY - DAM1000, 其支持 5 点标定, 24 位高分辨率 AD, 全量程 0.003% 非线性, 支持标准 Modbus - RTU 协议; 相机选用 MV - EM120C 型小型千兆网工业相机, 最高分辨率 1 280 像素 × 960 像素, CCD 传感器 1/3" (4.8 mm × 3.6 mm), 帧率 40 f/s; 镜头选用 COMPUTAR\_H0514 - MP2 工业镜头, 焦距 5 mm, 口径比 1:1.4, 最小物距 0.1 m; 选用 MV - GigE 型四网口千兆高速数字相机采集卡, 通过 PCI - E 总线将图像同步传递到计算机; 推杆电动机的动作状态由计算机给定, 控制信号通过 JY - DAM0808 型继电器控制卡传送, 该卡采用 485 接口, 支持标准 Modbus RTU 协议; 利用 RS485 多点双向通信特性, 将 DAM1000 与 DAM0808 地址分别设置为 1、2, 挂接到 RS232 - RS485 转换器, 由



根据实际情况手动点击对应控件实现门禁管理、参数测量、数据入库及数据查询等操作。

4 羊只形态参数无应激测量系统测试

为了检验参数测量系统的可靠性、实用性,在内蒙古农业大学海流图肉羊养殖基地进行试验。养殖基地位于内蒙古呼和浩特市土左旗北什轴乡海流村境内,地理坐标为东经 111°22'30"、北纬 40°41'30",是中国-加拿大可持续农业科技创新示范项目的肉羊业科技创新示范基地。

测试对象为小尾寒羊。首先人工测量羊只的体尺参数,测量时确保羊站立在平坦的地方,一人固定羊,以确保姿势端正,另一人使用卷尺进行测量并记录数据,分别测量体高、臀高、腰角宽和臀宽,每个参数均测 3 次,取平均值。而后诱导羊只进入测量装置,采用无应激测量系统获取羊只的俯视图、左视图及右视图。为验证无应激测量系统的准确性,试验时对同一只羊分 4 次,每次每一视图连拍 5 幅图像,每一视图共采集 20 幅图像,经过图像预处理、图像分割、图像聚类、粒子填充与过滤,获得羊体轮廓图像后,测量体尺。获取的轮廓及体尺测点如图 10 所示。

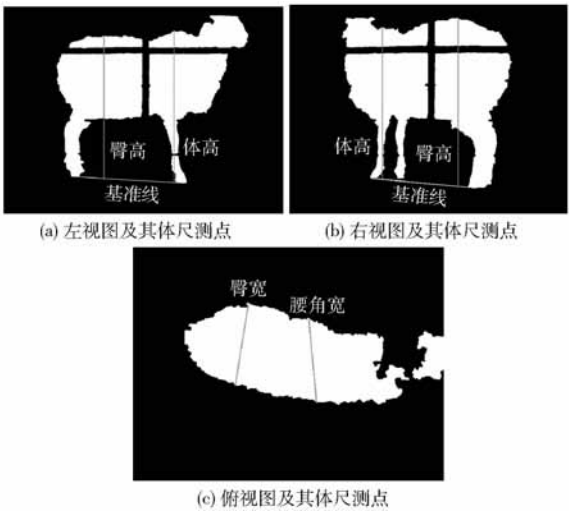


图 10 羊只轮廓及其体尺测点

Fig. 10 Sheep contours and body measurement key points

从图像中获取的体高、臀高体尺数据见表 2。

对于左视图、右视图,根据围栏对称中心处栏杆在图像中的像素点及已知的栏杆高度,确定羊只实际体高与臀高,俯视图根据与羊体高接近处围栏在图像中的像素点及已知的栏杆长度换算腰角宽、臀宽。测量数据见表 3。

表 2 从图像获取的体尺测量参数

Tab. 2 Sheep body parameters obtained from images

| 视图  |  | 羊只站姿                                       | 体尺/像素 (均值 ± 标准差) |             |
|-----|--|--------------------------------------------|------------------|-------------|
|     |  |                                            | 体高               | 臀高          |
| 左视图 |  | 臀部靠近相机方向,胸部远离相机方向,头部扭向相机,低头转向抬头态           | 652 ± 3. 58      | 745 ± 3. 21 |
|     |  | 臀部靠近相机方向,头部远离相机方向,背部中线为直线,低头态              | 672 ± 1. 79      | 776 ± 2. 97 |
|     |  | 臀部靠近相机方向,胸部远离相机方向,头部扭向相机,抬头态               | 687 ± 3. 08      | 735 ± 5. 13 |
|     |  | 臀部靠近相机方向,头部远离相机方向,背部中线为直线,抬头态              | 675 ± 2. 95      | 782 ± 2. 12 |
| 右视图 |  | 胸部、臀部远离相机方向,背部中线为直线,低头转抬头中                 | 652 ± 3. 11      | 690 ± 2. 49 |
|     |  | 臀部远离相机方向,胸部靠近相机方向,背部中线为直线,昂头态              | 690 ± 2. 39      | 684 ± 3. 91 |
|     |  | 臀部远离相机方向,胸部次远离相机方向,头部扭向远离相机方向,低头态          | 661 ± 3. 36      | 671 ± 2. 97 |
|     |  | 臀部远离相机方向,胸部次远离相机方向,头部扭向靠近相机方向,低头远离相机方向转抬头态 | 644 ± 2. 07      | 664 ± 2. 18 |

注:站姿数据来源于连拍图像及视频数据的人工分析

表 3 实测值与图像获取参数值对比

Tab. 3 Comparison of sheep body parameters obtained from image processing and measurement

| 参数  | 人工测量值/<br>cm | 单视角测量值/<br>cm | 两视角平均值/<br>cm |
|-----|--------------|---------------|---------------|
| 体高  | 80           | 77. 18(左)     | 79. 43        |
|     |              | 81. 67(右)     |               |
| 臀高  | 83           | 78. 18(左)     | 83. 39        |
|     |              | 78. 60(右)     |               |
| 腰角宽 | 33           | 33. 32        |               |
| 臀宽  | 36           | 35. 83        |               |

5 测试结果分析与讨论

测试结果表明,系统可以实现羊只的无应激形态参数测量,同时数据也显示,羊只在围栏中的运动会影响测量数据的准确性,采用多次测量后取平均的方式可降低测量误差。同时也发现了一些设计中存在的问题:

(1)羊通常协同游走、采食、躺卧,行进中前后相继,这样的生活习性使得羊只极易相随,尽管装置设计了狭窄过道,以使羊以单列方式依次进入测量



系统,但当彼此相随时,在自动测量模式下,容易发生两只羊同时进入体位限制装置,或后羊被夹在入口门禁处。因此,在实测时需要操作员在入口处人为干预。人为干预不仅工作量大,人与羊直接接触,还对羊引入应激。可将装置的狭窄过道部分加长,并在过道部分设计转角,从而达到自然区分前后羊的目的。

(2)设计中将耳标阅读器安装在过道的侧壁外侧。实测结果表明,由于 13.56 MHz RFID 无线射频识别电子标签在通信过程中经常出现金属干扰,导致耳标读取失败,这是因为电子标签在阅读器发出的信号作用下激发感应出的交变电磁场很容易受到金属的涡流衰减作用而使信号强度减弱。为此,可将阅读器安装在过道的侧壁内侧,并设计非金属保护罩。

另外,可进一步对系统加以改进,以拓展系统的应用能力:

(1)添加基本信息数据库,如羊只性别、月龄、

品种等,实现羊只实测信息动态与基本信息数据匹配,以便后期的数据挖掘。

(2)在该系统的基础上,在出口处增加分栏出口,根据体质量信息自动对羊只分栏管理,以提高羊只精细化养殖程度。

(3)为了避免光照对后期图像处理的影响,可在装置上安装光照传感器及补光设施,以提高图像质量。

6 结 论

(1)系统的无应激测量是活体形态参数测量的理想方式,为养羊业提供了合理管理和福利化生产的思路。该研究成果也可推广到养猪等行业,具有普遍意义。

(2)针对应用对称理论而引出的测量数据误差,提出通过左、右侧对称相机进行数据校正,具有较好的实用价值,提高了形态参数测量精度。

参 考 文 献

1 内蒙古自治区统计局. 2014 年内蒙古统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2014.

2 张帆,颜亭玉,杨佐君,等. 多元统计分析方法在羊体质量与体尺研究中的应用[J]. 北京农学院学报,2012,27(4):16-19.  
ZHANG Fan, YAN Tingyu, YANG Zuojun, et al. Application of multivariate statistical analysis methods on ovine body size and body weight[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2012,27(4):16-19. (in Chinese)

3 JANSSENS S, VANDEPITTE W. Genetic parameters for body measurements and linear type traits in Belgian Bleu du Maine, Suffolk and Texel sheep[J]. Small Ruminant Research, 2004,54(1-2):13-24.

4 WYNN P C, THWAITES C J. The relative growth and development of the carcass tissues of Merino and crossbred rams and wethers[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1981,32(6):947-956.

5 AZIZ M A, SHARABY M A. Collinearity as a problem in predicting body weight from body dimensions of Najidi sheep in Saudi Arabia[J]. Small Ruminant Research, 1993,12(2):117-124.

6 MOHAMMED I D, AMIN J D. Estimating body weight from morphometric measurements of Sahel (Borno White) goats[J]. Small Ruminant Research, 1997,24(1):1-5.

7 VARADE P K, ALI S Z. Body measurements of sheep in field conditions[J]. The Indian Journal of Small Ruminants, 1999,5(2):59-61.

8 ATTA M, KHIDIR OAE. Use of heart girth, wither height and scapuloischial length for prediction of liveweight of Nilotic sheep[J]. Small Ruminant Research, 2004,55(1-3):233-237.

9 THOMPSON J R, LEE K L, FREEMAN A E. Evaluation of a linear type appraisal system for Holstein cattle[J]. Journal of Dairy Science, 1983,66(2):325-331.

10 刘守仁. 养羊学[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1996.

11 MOHAMED Ben Hamouda, NAZIHA Atti. Comparison of growth curves of lamb fat tail measurements and their relationship with body weight in Babarine sheep[J]. Small Ruminant Research, 2011,95(2-3):120-127.

12 JOHN C. System and method for measuring animals:US, 8036429[P]. 2011-10-11.

13 张海亮. 基于 Web 的肉牛图像识别及图像信息管理系统的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2003.  
ZHANG Hailiang. Identification research of cattle by computer vision and information management system based on Web[D]. Yangling: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry,2003. (in Chinese)

14 KRIESEL S. Apparatus and methods for the volumetric and dimensional measurement of livestock: US, 7214128 [P]. 2007-05-08.

15 闫震,钱东平,王东平,等. 奶牛体型评定三维图像同步采集系统[J]. 农业机械学报,2009,40(2):175-179.  
YAN Zhen, QIAN Dongping, WANG Dongping, et al. 3D synchronization imaging system for linear appraisal of dairy cow conformation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(2):175-179. (in Chinese)

16 ZWERTVAEGHER I, BAERT J, VANGELYTE J, et al. Objective measuring technique for teat dimensions of dairy cows[J]. Biosystems Engineering, 2011,110(2):206-212.

17 郭浩,王鹏,马钦,等. 基于深度图像的奶牛体型评定指标获取技术[J]. 农业机械学报,2013,44(增刊1):273-276.



GUO Hao, WANG Peng, MA Qin, et al. Acquisition of appraisal traits for dairy cow based on depth image[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(Supp. 1):273 – 276,229. (in Chinese)

18 朱林,张温,李琦,等. 基于嵌入式机器视觉的羊体体征测量系统[J]. 计算机测量与控制,2014,22(8):2396 – 2398,2408. ZHU Lin, ZHANG Wen, LI Qi, et al. Measuring system of sheep body size based on embedded machine vision[J]. Computer Measurement & Control, 2014,22(8):2396 – 2398,2408. (in Chinese)

19 李卓,杜晓东,毛涛涛,等. 基于深度图像的猪体尺检测系统[J]. 农业机械学报,2016, 47(3):311 – 318. LI Zhuo, DU Xiaodong, MAO Taotao, et al. A pig dimension detection system based on depth image[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(3):311 – 318. (in Chinese)

20 田芳,彭彦昆. 生猪肉产量预测的非接触实时在线机器视觉系统[J]. 农业工程学报,2016,32(2):230 – 235. TIAN Fang, PENG Yankun. Machine vision system of nondestructive real-time prediction of live-pig meat yield [J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(2): 230 – 235. (in Chinese)

21 包鹏甲,裴杰,王宏博,等. 一种羊用野外称重保定装置:中国,201420110553[P]. 2014 – 10 – 29.

22 赵有璋. 羊生产学[M]. 北京:中国农业出版社,2005.

23 张丽娜,武佩,宣传忠,等. 羊只体尺参数测量及其形态评价研究进展[J]. 农业工程学报,2016,32(增刊 1):190 – 197. ZHANG Lina, WU Pei, XUAN Chuanzhong, et al. Advances in body size measurement and conformation appraisal for sheep[J]. Transactions of the CSAE, 2016,32(Supp. 1):190 – 197. (in Chinese)

24 苏德斯琴,毕力格巴特,阿日贡其布日,等. 苏尼特羊育成羊屠宰性能研究[J]. 畜牧与饲料科学,2014,35(3):20 – 22.

25 苏琳,马晓冰,刘树军,等. 不同月龄巴美肉羊生长发育的研究[J]. 食品工业,2014,35(4):240 – 242.

26 上海恩艾仪器有限公司. 手把手教你在 LabVIEW 下使用 OPC. [EB/OL] (2012 – 11 – 21) [2016 – 02 – 05]. <http://www.ni.com/tutorial/7450/zhs/>.

(上接第 306 页)

14 王廷江,杨丽珊. 规模化奶牛场舍内环境监控系统设计[J]. 农机化研究,2015(2):210 – 213. WANG Tingjiang, YANG Lishan. Design of monitoring system for environment of large scale dairy farm in the shed[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2015(2):210 – 213. (in Chinese)

15 韩静,王熙,刘超,等. 基于 PLC 的规模化养牛场无线智能环境采控系统研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2016,28(1):88 – 92. HAN Jing, WANG Xi, LIU Chao, et al. Research on automatic wireless smart environmental controller based on PLC in large-scale cattle farm[J]. Journal of Heilongjiangbayi Agricultural University,2016,28(1):88 – 92. (in Chinese)

16 王玲,邹小昱,刘思瑶,等. 基于 RFID 与 ZigBee 的羊场养殖信息管理系统[J]. 农业机械学报,2014,45(9):247 – 253. WANG Ling, ZOU Xiaoyu, LIU Siyao, et al. Development of handheld terminal for sheep breeding information management based on RFID and ZigBee[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(9):247 – 253. (in Chinese)

17 陈长伦,何建波,刘伟,等. 电化学式气体传感器的研究进展[J]. 传感器世界,2004,10(4):11 – 15. CHEN Changlun, HE Jianbo, LIU Wei, et al. Research progress of electrochemical gas sensor[J]. Sensor World,2004,10(4):11 – 15. (in Chinese)

18 霍晓静. 基于物联网的奶牛场数字化管理关键技术研究[D]. 保定:河北农业大学,2014. HUO Xiaojing. The key techniques for dairy farm digital management based on internet of things [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei,2014. (in Chinese)

19 孟秀玉,曹巨江,田海滨. 组态王 SQL 数据库技术在滴丸罐装控制系统中的应用[J]. 机械设计与制造,2009(8):84 – 86. MENG Xiuyu, CAO Jujiang, TIAN Haibin. Application of kingview SQL database technology in pilule filling control system[J]. Machinery Design & Manufacture,2009(8):84 – 86. (in Chinese)

20 孔云,廖寅,资芸,等. 基于微信公众平台的图书馆移动信息服务研究[J]. 情报杂志,2013, 32(9):167 – 170. KONG Yun, LIAO Yin, ZI Yun, et al. Research of library mobile information service based on weixinpublic account[J]. Journal of Intelligence, 2013, 32(9):167 – 170. (in Chinese)