

## 寒区温室型犊牛舍的设计与应用效果

栾冬梅, 齐贺, 赵靖, 张永根<sup>\*</sup>

(东北农业大学动物科学技术学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:** 为了给寒区犊牛提供适宜的生存环境, 该文设计并建造了一种温室型犊牛舍。以传统犊牛舍为对照, 对其温热环境和空气质量进行了测定和评价。结果表明: 在舍外平均气温为 $-17.3^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为68%的条件下, 犊牛岛休息区、温室型犊牛舍和传统犊牛舍内的平均气温分别为 $0.9$ 、 $-0.7$ 和 $-4.5^{\circ}\text{C}$ , 平均相对湿度分别为65%、59%和95%, 平均内表面温度分别为 $5.7$ 、 $0.8$ 和 $-5.9^{\circ}\text{C}$ ; 温室型犊牛舍和传统犊牛舍的 $\text{CO}_2$ 质量浓度分别为 $2\,441$ 和 $3\,096\text{ mg/m}^3$ ,  $\text{NH}_3$ 质量浓度分别为 $0$ 和 $3.9\text{ mg/m}^3$ ,  $1\sim 60\text{ d}$ 犊牛的发病率分别为33.33%和71.43%,  $1\sim 60\text{ d}$ 犊牛的死亡率分别为 $0$ 和28.57%。温室型犊牛舍外围护结构保温隔热性能的提高、通风换气系统的完善、犊牛岛休息区的设置, 缓解了寒区犊牛舍冬季保温与通风换气的矛盾, 为犊牛创造了更加舒适的生存环境, 该研究为高产奶牛的培育奠定了基础。

**关键词:** 农业建筑, 加热效果, 湿度控制, 寒区, 温室型犊牛舍

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.14.025

中图分类号: S811.1; S823

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-14-0195-08

栾冬梅, 齐贺, 赵靖, 等. 寒区温室型犊牛舍的设计与应用效果[J]. 农业工程学报, 2013, 29(14): 195-202.  
Luan Dongmei, Qi He, Zhao Jing, et al. Design and application effect of greenhouse calf barn in cold region[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(14): 195-202. (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

犊牛期是生长发育最强、饲料利用率最高、开发潜力最大的一个时期<sup>[1]</sup>。犊牛作为牛场的后备力量, 其饲养管理的优劣, 不但直接影响牛场的整体经济效益, 而且关系到牛场未来的发展<sup>[2]</sup>。环境是犊牛饲养管理成功与否的关键因素之一, 对犊牛的健康成长至关重要。但是, 黑龙江省大多数犊牛舍冬季的环境都处于阴暗、寒冷、潮湿、空气污浊、垫草湿污的状态。笔者调查发现, 黑龙江省冬季犊牛死亡率达 $10\%\sim 25\%$ , 这给奶牛场带来巨大的经济损失。

20世纪50年代, 欧美等国家就开始利用犊牛岛培育犊牛并取得了显著的效果, 目前已广泛应用。研究表明, 犊牛岛可以为犊牛提供更为舒适的生活环境<sup>[3]</sup>, 使犊牛在哺乳期的死亡率和发病率显著低于传统犊牛舍, 日增质量显著高于传统犊牛舍<sup>[4-6]</sup>。20

世纪90年代, 中国学者分别在山东省、河北省和天津市利用犊牛岛培育犊牛, 也取得了良好的效果, 犊牛的日增质量和成活率都显著提高<sup>[7-9]</sup>。但上述研究所用犊牛岛均为开放式, 其制作材料为木板或高分子聚乙烯, 犊牛岛内的温度与外界气温相近。而且, 试验都是在冬季并非寒冷的地区进行的。犊牛岛在寒冷地区的应用还鲜有报道。陈晨<sup>[10]</sup>针对黑龙江省冬季的气候特点, 采用聚苯乙烯泡沫板作保温材料, 制作了一种密闭型保温犊牛岛。结果表明, 在 $-30\sim -5^{\circ}\text{C}$ 的天气条件下, 犊牛岛内的环境指标和犊牛的生长性能优于传统犊牛舍, 但差异均未达到显著水平。在此基础上, 赵靖等<sup>[11]</sup>对密闭型犊牛岛做了改进, 为犊牛岛增设了运动场, 并将运动场用双层塑料膜覆盖以提高犊牛岛的温度。虽然在平均气温为 $-28.6^{\circ}\text{C}$ 的天气条件下, 犊牛岛休息区的气温达到 $-1.0^{\circ}\text{C}$ , 但由于通风不良, 岛内的相对湿度高达89.3%,  $\text{CO}_2$ 质量浓度也高达 $7\,324\text{ mg/m}^3$ , 而且, 在犊牛岛狭小的空间内进行生产操作较为困难。因此, 寒冷地区犊牛岛的设计仍需改进。

许多学者的研究表明, 利用温室效应建造的塑料暖棚畜舍可以很大程度地提高畜舍的温度, 进而提高家畜的生产性能<sup>[12-14]</sup>。因此, 本次试验改变将犊牛岛设置在舍外的理念, 将开放式犊牛岛设置在采用全方位保温隔热设计的温室型犊牛舍内, 并为其设计完善的通风换气系统, 皆在为

收稿日期: 2013-02-28 修订日期: 2013-06-07

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAD12B05); 国家奶牛产业技术体系(CARS-37)。

作者简介: 栾冬梅(1963—), 女, 黑龙江人, 教授, 博士, 农业工程学会会员(E040500008M)。主要研究方向为畜禽环境管理。哈尔滨 东北农业大学动物科技学院, 150030。Email: ldmneau@163.com

<sup>\*</sup>通信作者: 张永根(1962—), 男, 黑龙江人, 大学教授, 博士, 博导。主要研究方向为反刍动物营养。哈尔滨 东北农业大学动物科技学院, 150030。Email: zhangyonggen@sina.com

寒冷地区冬季犊牛的培育创造一个适宜的环境,以期提高犊牛的健康水平和生产性能,为高产奶牛的培育奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 温室型犊牛舍的设计

温室型犊牛舍的设计包括两部分,即温室型犊牛舍外围护结构的设计和舍内犊牛岛的设计。

#### 1.1.1 温室型犊牛舍

温室型犊牛舍的平面图和立面图见图 1。温室型犊牛舍坐北朝南、向东偏转  $10^\circ$ 。舍长 18.15 m、

宽 6.24 m、檐高 2.55 m、脊高 3.85 m。犊牛舍采用钢架结构。前侧底部为厚 0.24 m、高 1.0 m 的砖结构,上部采用双层塑料膜覆盖,2 层塑料膜之间相距 0.2 m,塑料膜与地面呈  $66^\circ$  夹角。犊牛舍屋顶后坡采用彩钢板中间夹 0.12 m 厚的苯板,屋顶后坡与地面呈  $34^\circ$  夹角。墙体采用无机玻璃钢保温板,即中间是 0.2 m 厚的苯板,两侧是硬度高、防水好、耐腐蚀的 0.5 cm 厚无机玻璃钢(无机玻璃钢是利用锯末、稻壳、以及各种农作物秸秆,加入无机材料,如石粉、河沙、粉煤灰、炉渣等,经特殊工艺加工而成)。

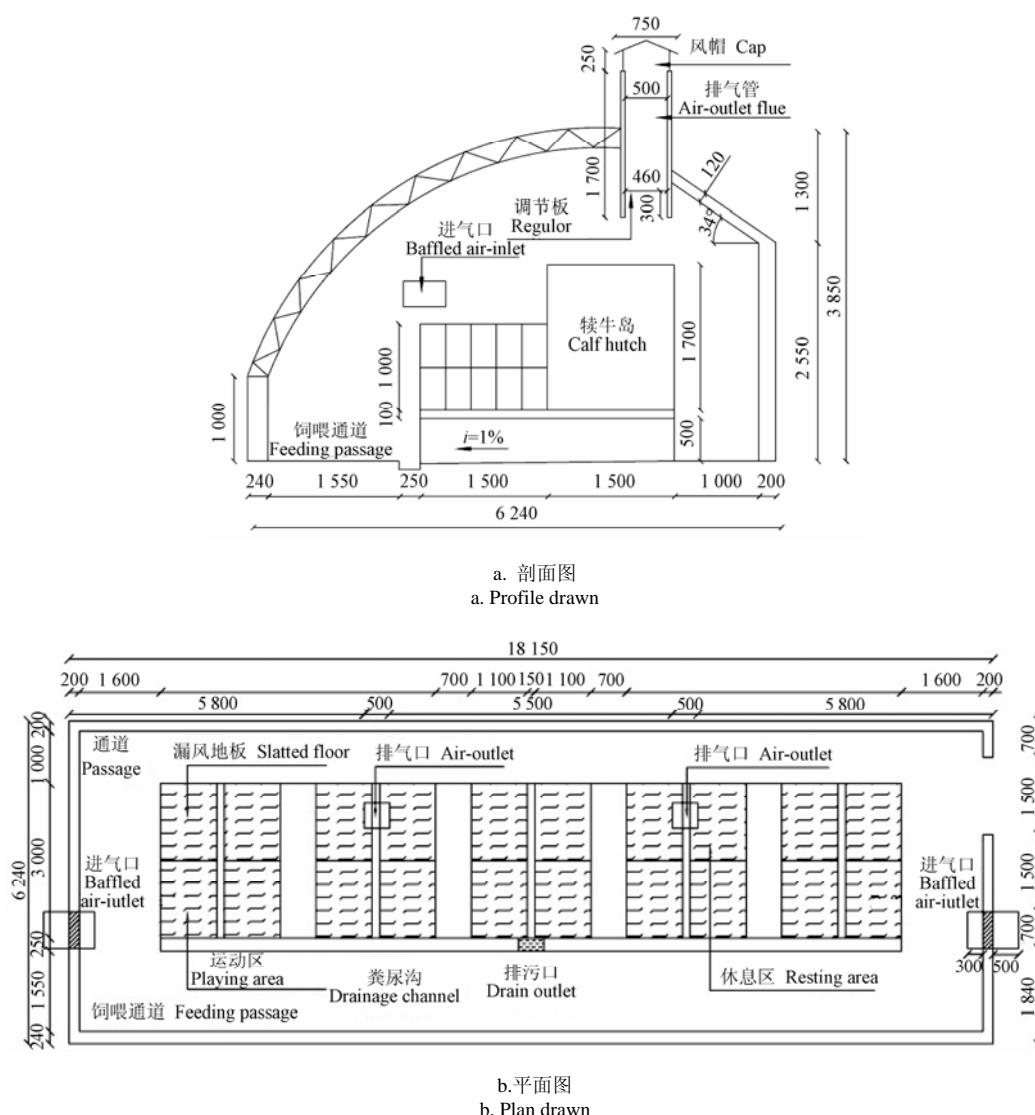


图 1 温室型犊牛舍的剖面图与平面图

Fig.1 Profile and plan of greenhouse calf barn

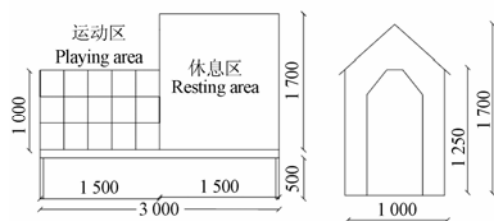
犊牛舍采用流入排出式的自然通风换气系统,即新鲜空气从山墙上的进气管流入、污浊空气从屋脊上的排气管排出。犊牛舍的山墙上各设置 1 个进气管。进气管截面为长方形 ( $0.5\text{ m}\times 0.3\text{ m}$ ),管中心距离地面 1.8 m;墙外的受气口向下弯 0.5 m,进

气管向舍内延伸 0.3 m,管内设调节板。屋脊上设置 2 个排气管。排气管截面呈正方形 ( $0.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ ),上端高出屋脊 0.7 m,下端向舍内延伸 0.8 m;距离排气管下端 0.3 m 设有调节板 ( $0.46\text{ m}\times 0.46\text{ m}$ ,由 5 cm 厚的阳光板制成)。进气管和排气管的框架均

由角钢焊接而成, 管的保温材料是彩钢板中间夹 5 cm 厚的苯板。

### 1.1.2 犊牛岛的设计

犊牛岛剖面图和休息区正面图见图 2。温室型犊牛舍内设置 10 个犊牛岛, 呈单列式布置。犊牛岛由运动区和休息区构成。运动区长 1.5 m、宽 1.1 m, 由 1.0 m 高的铁丝网围成; 前侧设置 2 个直径 0.2 m 的钢筋圆环, 放置奶桶和料桶。犊牛岛休息区长 1.5 m、宽 1.0 m、檐高 1.25 m、脊高 1.7 m。休息区屋顶为双坡式, 由彩钢板中间夹 2.0 cm 厚的苯板制成。墙体为 3.0 cm 厚的无机玻璃钢保温板, 保温板中间是 2.0 cm 厚的苯板, 两侧是 0.5 cm 厚的无机玻璃钢。休息区前端敞开, 阳光可直接射入。休息区和运动区的底部均铺设工程塑料漏缝地板, 地板距离舍内地面 0.5 m。



a. 犊牛岛剖面图  
a. Profile view of calf hutch b. 休息区正面图  
b. Front view of resting area

图 2 犊牛岛剖面图和休息区正面图

Fig.2 Profile view of calf hutch and front view of resting area

### 1.1.3 温室型犊牛舍的环境管理

温室型犊牛舍塑料膜外侧设有保温棉被, 由电动卷帘机控制。晴天时棉帘卷起时间为 08:00~14:30, 阴天时棉帘卷起时间为 10:00~13:00。根据每天的天气情况调整进气管、排气管内调节板的开启时间和角度以控制犊牛舍的通风量, 进而控制犊牛舍内的温度、湿度和空气质量。

### 1.1.4 传统犊牛舍的基本情况

传统犊牛舍为砖混结构, 舍内环境代表了黑龙江省非采暖犊牛舍的现状, 故将其设为对照舍。犊牛舍坐北朝南, 舍长 25 m、宽 12 m、檐高 3.5 m、脊高 5.0 m。屋顶为双坡式, 设有天棚; 天棚木板厚 2 cm, 上敷 15 cm 厚的珍珠岩。墙体为 0.50 m 厚的砖混结构。南墙设有 10 个窗户, 北墙设有 5 个窗户, 均为 2.2 m×1.5 m 的木框单层玻璃窗, 冬季窗户外侧封塑料膜。东西 2 山墙各设 1 个 2.2 m×2.0 m 的木门。犊牛舍未设专用通风管道, 仅靠畜舍外围护结构上的缝隙和开门进行通风换气。舍内犊牛栏呈双列布置。每个犊牛栏长 2.0 m、宽 1.5 m, 用 1.2 m 高的铁丝网围成, 2 栏相距 20 cm。

## 1.2 试验动物与试验方案

选择初生体质量 45 kg 左右的健康荷期坦母犊牛进行试验。犊牛出生后立即清除其口腔及鼻腔内的粘液, 剪断脐带并消毒, 尽快擦干被毛并在 30 min 内饲喂初乳, 称质量后随机放到温室型犊牛舍或传统犊牛舍中。最后, 温室型犊牛舍中有 9 头犊牛, 传统犊牛舍中有 7 头犊牛。经统计分析, 2 组犊牛的初生体质量差异不显著 ( $P>0.05$ )。2 栋舍中犊牛的饲养管理方式相同。

## 1.3 试验时间和地点

温室型犊牛舍和传统犊牛舍均位于哈尔滨市综合牧场的奶牛场。2012 年 12 月 20 日—2013 年 3 月 20 日, 对温室型犊牛舍和传统犊牛舍的使用效果进行了测定, 并于 2012 年 1 月 10 日—2012 年 1 月 17 日 (三九节气), 对犊牛舍的环境进行了全面测定。测定发现, 2012 年 12 月 20 日—2013 年 3 月 20 日, 当地最低气温 -27℃, 最高气温 6.0℃, 平均气温 -13.7℃, 平均相对湿度为 59%。

## 1.4 环境测定指标与方法

### 1.4.1 空气温度和相对湿度的测定

利用温湿度自动记录仪 (LGR-WSD20, 杭州路格科技有限公司, 温度精度  $\pm 0.2\sim\pm 0.5^\circ\text{C}$ , 测量范围 -40~100℃, 湿度精度  $\pm 2\%\sim\pm 3\%$ , 测量范围 0~100%) 测定 2 栋犊牛舍的空气温度和相对湿度。温室型犊牛舍内放置 3 个温湿度记录仪, 其中 1 个放置在犊牛岛运动区内, 代表温室型犊牛舍的温度, 另外 2 个放置在犊牛岛的休息区内, 代表犊牛岛休息区的温度。传统犊牛舍中放置 1 个温湿度记录仪, 位于犊牛舍中心。所有记录仪的探头均位于犊牛背部高度处。温湿度记录仪数据采集的间隔为 1.0 h。

### 1.4.2 内表面温度的测定

在温室型犊牛舍、传统犊牛舍的纵轴上均匀选择 3 个剖面, 每个剖面上均匀布点, 利用红外线测温仪 (CENTER350, 台湾群特科技股份有限公司, 精度  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ , 测量范围 -20~500℃) 测定其内表面温度。温室型犊牛舍每个剖面的测定点为 11 个, 传统犊牛舍为 12 个。在温室型犊牛舍中选择 3 个犊牛岛为测定对象, 在每个犊牛岛的休息区内均匀选择 3 个剖面, 每个剖面均匀选取 8 个点, 测定其内表面温度。表面温度的测定时间为 06:00, 12:00 和 18:00, 连续测定 7 d。

### 1.4.3 有害气体浓度的测定

利用便携式二氧化碳分析仪 (Telair7001, 美国 TELAIRE 公司, 精度  $\pm 50\times 10^{-6}$ , 体积分数测量范围 0~10 000) 测定犊牛舍中  $\text{CO}_2$  浓度。在温室型犊牛舍和传统犊牛舍的长轴上均匀选择 3 个剖

面, 每个剖面的通道上均匀选择 3 个点, 距牛床表面 0.5 m 处测定  $\text{CO}_2$  浓度。利用采样器 (BCY-II, 北京市劳保所科技发展公司) 和  $\text{NH}_3$  检气管 (105SD, 日本光明理化学工业株式会社, 体积分数测量精度  $\pm 0.1$ , 体积分数测量范围 1~20) 测定犊牛舍中  $\text{NH}_3$  浓度, 测定位置与  $\text{CO}_2$  的测定位置相同。有害气体浓度的测定时间为 07:00, 13:00 和 19:00, 连续测定 5 d。

#### 1.4.4 气流速度的测定

采用热球式电风速计 (QDF-2B, 北京市宣武区环境保护仪器厂, 精度  $\pm 0.01$  m/s, 量程 0.05~5 m/s), 在温室型犊牛舍与传统犊牛舍的长轴上分别均匀选择 3 个剖面, 在每个剖面的通道上均匀选择 3 个点, 距离地面 1.2 m 处, 于每日的 07:00, 13:00 和 19:00, 测定气流速度, 连续测定 5 d。

#### 1.5 犊牛体质量的测定及健康状况的观察

犊牛出生后擦干被毛, 用电子秤称量其初生体质量; 30 和 60 d 时, 于早饲前称量犊牛空腹体质量, 并以此计算犊牛的日增质量。

试验期间, 每天观察并记录犊牛的健康状况, 统计 1~60 d 犊牛的发病率和死亡率。

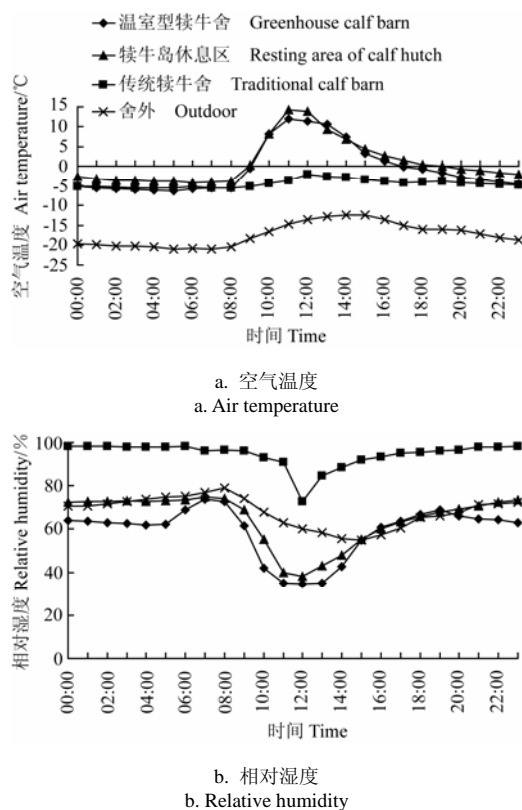
## 2 结果与分析

### 2.1 犊牛舍的温热环境

2012 年 1 月 10 日—2012 年 1 月 17 日, 2 种类型犊牛舍及犊牛岛 24 h 空气温度和相对湿度 (7 d 的平均值) 的变化见图 3。从图 3 可以看出, 2 种类型犊牛舍及犊牛岛休息区的空气温度和空气湿度的变化趋势相近, 而且都随外界的变化而变化。

经计算, 2 种类型犊牛舍及犊牛岛 24 h 空气温度和相对湿度的平均值、最大值和最小值见表 1。由表 1 和图 3 发现, 温室型犊牛舍 24 h 的平均气温比传统犊牛舍高 3.8℃, 其中在 00:00~08:00 时段, 传统犊牛舍平均气温比温室型犊牛舍高 0.4℃, 但 09:00~23:00 时段, 温室型犊牛舍比传统犊牛舍高 6.3℃; 而位于温室型犊牛舍内的犊牛岛休息区, 其

24 h 的气温均高于传统犊牛舍, 平均气温比传统犊牛舍高 5.4℃。此外, 犊牛岛休息区的平均气温比温室型犊牛舍的平均气温也高出 1.6℃, 只有 10:00, 13:00 和 14:00 时, 温室型犊牛舍的气温比犊牛岛休息区高 0.1、1.4 和 0.7℃, 而 24 h 中 87.5% 的时间, 犊牛岛休息区的气温都比温室型犊牛舍高。



注: 数据为 2012 年 1 月 10 日—2012 年 1 月 17 日的平均值。  
Note: Data was mean value from January 10, 2012 to January 17, 2012.

图 3 犊牛舍空气温度与相对湿度的变化

Fig.3 Change of air temperature and air relative humidity in calf barn

温室型犊牛舍和犊牛岛休息区的相对湿度均在 75% 以下, 而传统型犊牛舍除了 12:00~14:00 时相对湿度为 73%~89%, 其他时间的相对湿度均在 90% 以上。此外, 温室型犊牛舍与传统犊牛舍的平均气流速度均为 0.06 m/s, 变化范围分别为 0.05~0.08 和 0.05~0.09 m/s。

表 1 犊牛舍空气温度和相对湿度的平均值、最大值和最小值

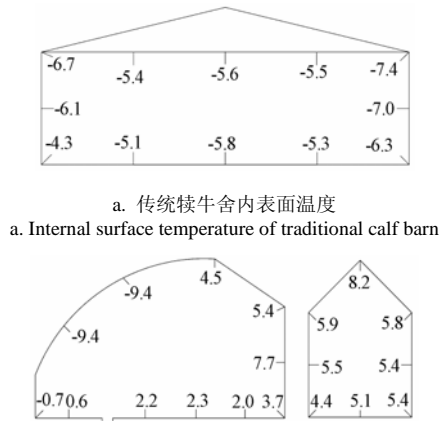
Table 1 Mean, maximum and minimum of air temperature and air relative humidity in calf barn

项目 Items	空气温度 Air temperature/℃			空气湿度 Relative humidity/%		
	平均值 Mean	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	最大值 Max.	最小值 Min.
舍外 Outdoor	-17.3	-12.4	-21.0	68	79	55
传统型犊牛舍 Tradition	-4.5	-2.2	-5.6	95	98	73
温室型犊牛舍 Greenhouse	-0.7	12.0	-6.3	59	74	35
犊牛岛休息区 Calf hutch	0.9	14.3	-4.2	65	75	38

图 4 是 2 种类型犊牛舍及犊牛岛休息区内表面温度的分布。由图 4 可知, 传统犊牛舍的内表面温度最

低, 平均值为 -5.9℃; 温室型犊牛舍内表面温度居中, 平均值为 0.8℃; 犊牛岛休息区的内表面温度最高,

平均值达到 5.7℃。从图 4 还可以发现, 温室型犊牛舍内表面温度相差的特别大, 其中用无机玻璃钢建造的后墙和彩钢板建造的屋顶部位温度较高, 最高温度为 7.7℃, 地面温度次之, 而塑料膜部位的温度较低, 且都在 0 以下, 最低温度为-9.4℃。



a. 传统犊牛舍内表面温度  
a. Internal surface temperature of traditional calf barn

b. 温室型犊牛舍内表面温度  
b. Internal surface temperature of greenhouse calf barn

c. 休息区内表面温度  
c. Internal surface temperature of resting area of calf hutch

注: 数据为 2012 年 1 月 10 日—2012 年 1 月 17 日的平均值。

Note: Data were the mean value from January 10, 2012 to January 17, 2012.

图 4 犊牛舍及犊牛岛休息区的内表面温度

Fig.4 Internal surface temperature of calf barn and resting area of calf hutch

## 2.2 犊牛舍的空气质量

温室型犊牛舍内 07:00、13:00 和 19:00 时均未检测出  $\text{NH}_3$ , 传统犊牛舍的相应值分别为 ( $4.4 \pm 0.27$ )、( $3.2 \pm 0.25$ ) 和 ( $4.1 \pm 0.23$ )  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均值为 3.9  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。经统计分析, 传统犊牛舍中各个时刻  $\text{NH}_3$  的浓度均极显著地高于温室型犊牛舍 ( $P < 0.01$ )。

表 2 是 2 种类型犊牛舍中不同时间  $\text{CO}_2$  的质量浓度。统计分析的结果表明, 07:00 和 13:00 时, 温室型犊牛舍中  $\text{CO}_2$  的质量浓度极显著低于传统犊牛舍 ( $P < 0.01$ ), 19:00 时, 两者的差异达显著水平 ( $P < 0.05$ ), 而且, 2 种类型的犊牛舍中  $\text{CO}_2$  的质量浓度都表现为早晚高、中午低, 温室型犊牛舍和传统犊牛舍  $\text{CO}_2$  质量浓度的平均值分别为 2441 和 3096  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 2.3 犊牛的体质量及健康状况

表 3 是犊牛的初生质量、日增质量、发病率和死亡率。由表 3 可知, 温室型犊牛舍中犊牛 1~30、31~60 及 1~60 d 的日增质量均高于传统犊牛舍, 但均未达到显著水平 ( $P > 0.05$ )。温室型犊牛舍中犊牛 1~60 d 的发病率显著低于传统犊牛舍 ( $P < 0.05$ )、死亡率也显著低于传统犊牛舍 ( $P < 0.1$ )。

表 2 犊牛舍内不同时间  $\text{CO}_2$  和  $\text{NH}_3$  的质量浓度

Table 2  $\text{CO}_2$  concentration and  $\text{NH}_3$  concentration at different monitoring time in calf barn

犊牛舍类型 Type of calf barn	不同测定时间 $\text{CO}_2$ 质量浓度 $\text{CO}_2$ concentration at different monitoring time/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )			不同测定时间 $\text{NH}_3$ 质量浓度 $\text{NH}_3$ concentration at different monitoring time/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )		
	07:00	13:00	19:00	07:00	13:00	19:00
温室型 Greenhouse	2867±91.12 A	1965±274.69 A	2490±439.43 a	0 A	0 A	0 A
传统型 Tradition	3254±180.56 B	2928±315.37 B	3107±264.82 b	4.4±0.27 B	3.2±0.25 B	4.1±0.23 B

注: 同列数字, 不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note: In the same column, values with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ), values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

表 3 犊牛的体质量、日增质量、发病率及死亡率

Table 3 Body weight, daily weight gain, morbidity and mortality of calves

项目 Items	犊牛头数 No. of calf/ 头	体质量 Body weight/kg			日增质量 Daily weight gain/( $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ )			1~60 d 发病头数 Disease incidence /头	1~60 d 发病率 Morbidity /%	1~60 d 死亡数 Death count /头	1~60 d 死亡率 Mortality /%
		0	30 d	60 d	1~30 d	31~60 d	1~60 d				
温室型 Greenhouse	9	43.98±3.24 a	55.38±3.14 a	84.83±3.42 a	392.67±60.33 a	959.63±79.12 a	680.96±56.32 a	3	33.33 a	0	0b
传统型 Tradition	7	46.51±2.03 a	58.80±2.65 a	84.24±2.08 a	362.27±61.32 a	848.00±134.35 a	605.13±66.17 a	5	71.43b	2	28.57 a

注: 同行数据, 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 相同表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

Note: In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), while with the same letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ).

## 3 讨论

### 3.1 两种类型犊牛舍保温隔热性能的分析

对犊牛舍进行环境测定的时间正值三九天气, 试验地点的平均气温为-17.3℃。对此期间温室型犊牛舍和传统犊牛舍空气温度和内表面温度测定值的计算发现, 温室型犊牛舍的平均气温和平均内表

面温度分别比传统犊牛舍高 3.8 和 6.7℃。这些试验结果说明, 温室型犊牛舍的温热环境优于传统犊牛舍, 更适合犊牛的生长发育。试验还发现, 温室型犊牛舍犊牛的发病率和死亡率分别比传统犊牛舍低 38.1 个百分点和 28.57 个百分点, 而且, 有资料表明, 低温会增加犊牛的发病率和死亡率<sup>[15-17]</sup>。这些试验

结果也进一步证明了温室型犊牛舍适宜的温热环境及其产生的良好效果。

温室型犊牛舍适宜的温度环境得益于以下两个方面: 1) 是由于白天时舍前端的塑料膜可以接受大量的太阳辐射热, 舍温升高并在舍内蓄积一定的热量; 2) 是由于其外围护结构良好的保温隔热设计, 降低了舍内热量散失的速度。因此, 温室型犊牛舍的平均气温比传统犊牛舍高出  $3.8^{\circ}\text{C}$ , 并且在 09:00~23:00 时段, 温室型犊牛舍的平均气温更是比传统犊牛舍高出  $6.3^{\circ}\text{C}$ 。但是到了晚上, 由于没有了太阳辐射热, 加上塑料膜覆盖的面积大, 散热多, 使得 00:00~08:00 时段, 温室型犊牛舍的平均气温比传统犊牛舍低了  $0.4^{\circ}\text{C}$ 。

温室型犊牛舍的保温隔热设计包括以下 3 个方面: 1) 是温室型犊牛舍的墙体采用的是无机玻璃钢保温板, 其热阻值高达  $4.02 (\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$ , 而传统犊牛舍的墙体为  $0.50 \text{ m}$  厚的砖混结构, 其热阻值只有  $0.79 (\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$ ; 2) 是温室型犊牛舍的屋顶采用的是彩钢保温板, 其热阻值为  $2.40 (\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$ , 而传统犊牛舍屋顶的热阻值只有  $1.86 (\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$ ; 3) 是温室型犊牛舍采用的是双层塑料膜覆盖, 2 层塑料膜之间相距  $0.2 \text{ m}$ , 中间密封相对静止的空气, 热阻值为  $0.25 (\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$ , 而传统型犊牛舍窗户的热阻值为  $0.17 (\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$ , 而且冬季的大部分时间, 玻璃上面都结了厚厚的霜, 犊牛舍内根本没有直射阳光。有资料表明, 使用双层充气膜的温室, 气温可提高  $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ <sup>[18]</sup>, 双层充气膜的热节省率达  $30\%\sim 40\%$ <sup>[19]</sup>。

### 3.2 两种类型犊牛舍通风换气能力的分析

畜舍空气的质量直接反应了畜舍通风换气的效果。温室型犊牛舍的平均相对湿度为  $59\%$ , 比传统犊牛舍低 36 个百分点, 符合国家标准( $55\%\sim 80\%$ ), 而且,  $\text{NH}_3$  和  $\text{CO}_2$  浓度都低于传统犊牛舍, 且都符合国家相应的标准。这一系列的试验结果都表明, 温室型犊牛舍的通风换气效果优于传统犊牛舍, 这一方面是由于温室型犊牛舍良好的保温隔热设计, 使其有足够的余热用于通风换气, 另一方面是由于温室型犊牛舍通风换气系统的完善设计, 使畜舍能够进行有效的通风换气。

寒冷地区冬季畜舍通风换气的效果主要依赖于舍内余热的多少, 余热越多, 畜舍的通风换气就会越充分。温室型犊牛舍依靠温室效应增加了热量的来源, 依靠良好的保温隔热减少了外围护结构的散热, 依靠漏缝地板和地面  $1\%$  的坡度, 迅速将犊牛的尿液排走, 从而减少了水分蒸发带走的热量, 这一系列的设计使温室型犊牛舍有了更多的余热用于通风换气。而传统犊牛舍由于外围护结构的保温隔热能力不足, 致使平均气温只有  $-4.5^{\circ}\text{C}$ , 根本

没有更多的余热用于通风, 导致舍内空气潮湿、污浊。传统犊牛舍这种低温、高湿的环境, 不但会增加犊牛患皮肤病的概率<sup>[20]</sup>, 还会增加犊牛呼吸道炎症的发生率<sup>[21]</sup>, 并且影响犊牛的免疫机能<sup>[22]</sup>。本次试验也证实, 传统犊牛舍的恶劣环境也导致犊牛的发病率和死亡率高于温室型犊牛舍。

温室型犊牛舍良好的空气质量还有赖于其通风换气系统的完善设计。将进气管设置于山墙的上部, 避免了冷风直接吹向犊牛; 将位于墙体外侧的进气管受气口向下弯  $0.5 \text{ m}$ , 避免了风向、风力对通风量的影响; 将排气管设在屋脊处、排气管上端高出屋脊  $0.7 \text{ m}$  并设有风帽、使进气管与排气管之间高差达  $2.75 \text{ m}$ , 加强了进气管与排气管之间的“烟囱效应”; 采用  $5 \text{ cm}$  厚的苯板作保温材料, 避免了进气管和排气管内表面的结霜; 进气管和排气管内都设置调节板, 实现了根据天气情况有效地控制通风量。通过对进气管、排气管及附属设施的精心设计和施工, 保证了即使在三九天, 畜舍也能进行充分的通风。而传统犊牛舍未设置专用的进、排气管口, 仅靠中午时开门和畜舍的缝隙进行通风换气, 难以将犊牛舍内的水汽和有害气体持续地排出。

### 3.3 犊牛岛使用效果的分析

犊牛一天中大部分时间都处于趴卧的状态<sup>[23]</sup>, 所以, 为犊牛提供一个舒适的休息区对其生长发育非常必要。试验发现, 设置在温室型犊牛舍内的犊牛岛, 为犊牛创造了一个更为舒适的小环境。犊牛岛休息区的平均气温和平均内表面温度分别为  $0.9$  和  $5.7^{\circ}\text{C}$ , 比传统犊牛舍高出  $5.4$  和  $11.6^{\circ}\text{C}$ , 比温室型犊牛舍也高出  $1.6$  和  $4.9^{\circ}\text{C}$ , 这主要是因为犊牛岛休息区采用了保温性能良好的无机玻璃钢保温板和彩钢保温板, 有利于将犊牛的产热保存在犊牛岛休息区。此外, 由于犊牛岛的底部为漏缝地板, 犊牛的尿液很容易渗漏下去, 加上太阳光的直射, 犊牛岛内的垫草始终都很干燥, 一个月才需要彻底更换一次。而传统犊牛舍的牛床为木板, 其上铺设了垫草, 不利于尿液的渗漏, 垫草  $2 \text{ d}$  就需要更换一次, 大大增加了犊牛的饲养成本。更换不及时, 犊牛就趴卧在湿污的牛床上, 对犊牛的健康非常不利。有资料表明, 运动场过于潮湿会减少牛的正常躺卧时间<sup>[24]</sup>。

此外, 因为设置了犊牛岛, 在温室型犊牛舍加大通风量时, 冷空气也不会直接吹袭到犊牛。因此, 温室型犊牛舍内设置犊牛岛既为犊牛提供了更加适宜的温热环境, 也为犊牛提供了干爽、清洁的空气质量。

## 4 结 论

通过对温室型犊牛舍和传统犊牛舍环境指标

的测定得出以下结论:

1) 温室型犊牛舍的平均气温和平均内表面温度分别为 $-0.7$  和  $0.8^{\circ}\text{C}$ , 比传统犊牛舍高出  $3.8$  和  $6.7^{\circ}\text{C}$ , 说明其外围护结构的保温隔热设计满足了寒冷地区冬季的需求;

2) 温室型犊牛舍空气的相对湿度 ( $59\%$ )、氨气 (未检出)、 $\text{CO}_2$  质量浓度 ( $2\,441\text{ mg/m}^3$ ) 均低于传统犊牛舍, 且完全能够满足犊牛的需要, 说明其通风换气系统的设计满足了寒冷地区犊牛的需要;

3) 犊牛岛休息区的平均气温、平均内表面温度分别为  $0.9$  和  $5.7^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度  $65\%$ , 说明温室型犊牛舍内设置犊牛岛, 既为犊牛创造了更加舒适的温热环境, 也避免了进行充分通风时冷风对犊牛的吹袭;

4) 温室型犊牛舍内适宜的温热环境和空气质量环境使  $1\sim 60\text{ d}$  犊牛的发病率和死亡率降为  $33.33\%$  和  $0$ , 而传统犊牛舍却高达  $71.43\%$  和  $28.57\%$ 。

#### [参 考 文 献]

- [1] Lundborg G k, Svensson E C, Oltenacu P A. Herd-level risk factors for infectious diseases in Swedish dairy calves age 0~90 days[J]. *Prev Vet Med*, 2005, 68(2/4): 123—143.
- [2] 付龙, 王树茂, 宋斌, 等. 初生犊牛的饲养管理[J]. *中国畜禽种业*, 2011(3): 81—82.
- [3] Hill T M, G. Bateman II, Aldrich J M, et al. Effects of milk replacers and bedding materials for calves in a cold and naturally ventilated nursery[J]. *Professional Animal Scientist*, 2007, 23(6): 656—664.
- [4] Ertugrul O, Alpan O, Unal N. Growth and survival of Holstein and Brown Swiss calves reared outdoors in individual hutches[J]. *Tropical Animal Health and Production*, 2000, 32(4): 257—266.
- [5] Razzaque M A, Abbas S, AL-Mutawa T, et al. Performance of per-weaned female calves confined in housing and open environment hutches in Kuwait[J]. *Pakistan Vet J*, 2009, 29(1): 1—4.
- [6] Unal N, Ertugrul O, Alpan O. Growth and survival of Simmental calves reared outdoors in individual hutches[J]. *Turk J Vet Anim Sci*, 2001, 25(3): 789—795.
- [7] 祁世荣. 建造“犊牛岛”饲养哺乳犊牛[J]. *山东畜牧兽医*, 1992(4): 22—24.
- [8] 靳胜新, 王国伟. 提高中国荷斯坦犊牛成活率的实验[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 1997(9): 15—16.
- [9] 刘加邦, 律秀岩, 吴金柱. “犊牛岛”育犊技术效益好[J]. *天津畜牧兽医*, 1998(1): 48.
- [10] 陈晨. 北方寒冷地区犊牛岛的设计制作及其使用效果的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007.  
Chen Chen. Design of Calf Hutch and Its Application Effect in Cold North[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2007. (in Chinese with English abstract)
- [11] 赵靖, 于濛, 洪艺珊, 等. 寒区犊牛岛的设计及使用效果初探[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2012(6): 66—68.  
Zhao Jing, Yu Meng, Hong Yishan, et al. Primary investigation on calf hutch's application effects in cold zone[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2012(6): 66—68. (in Chinese with English abstract)
- [12] 董红敏, 刘以连, 杨其长. 北方塑料暖棚饲养禽畜技术[J]. *中国农业气象*, 1993, 1(4): 43—44.
- [13] 陈艳珍. 北方寒冷地区塑料膜保温牛舍的应用分析及改进[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2003(9): 17—18.
- [14] 王思珍, 武迎红, 王维, 等. 北纬  $43^{\circ}$  地区日光暖棚牛舍的设计及其环境评价[J]. *中国畜牧杂志*, 2006, 42(17): 54—56.  
Wang Sizhen, Wu Yinghong, Wang Wei, et al. Design and environmental evaluation of sunlight warm plastic cattle's shed in north latitudinal  $43^{\circ}$  region[J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2006, 42(17): 54—56. (in Chinese with English abstract)
- [15] Godden S M, Fetrow J P, Feirtag J M, et al. Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves[J]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2005, 226(9): 1547—1554.
- [16] Svensson C, Hultgren J, Oltenacu P A. Morbidity in 3—7-month-old dairy calves in south-western Sweden, and risk factors for diarrhoea and respiratory disease[J]. *Preventive Veterinary Medicine*, 2006, 74(2/3): 162—179.
- [17] Nonnecke B J, Foote M R, Miller B L, et al. Effects of chronic environmental cold on growth, health, and select metabolic and immunologic responses of preruminant calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(12): 6134—6143.
- [18] 李以翠. 温室双层充气膜覆盖的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2000.  
Li Yicui. Study on Double-layer Inflated Film Covering in Greenhouse[D]. Beijing: China agricultural university, 2000. (in Chinese with English abstract)
- [19] 马承伟, 苗香雯. 农业生物环境工程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 174—179.
- [20] 栾冬梅, 李士平, 孙黎. 寒冷地区彩钢板奶牛舍内环境的调查[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2004(6): 18—19.
- [21] Collier R J, Dahl G E, Vanbaale M J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle[J]. *Journal of Dairy Science*, 2006, 89(4): 1244—1253.
- [22] 孟祥坤, 曹兵海, 庄宏, 等. 慢性冷应激对西门塔尔杂交犊牛相关指标的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2010, 15(6): 65—70.  
Meng Xiangkun, Cao Binghai, Zhuang Hong, et al. Effects of chronic cold stress on immune of Simmental crossbred calves[J]. *China Agricultural University Journal*, 2010, 15(6): 65—70. (in Chinese with English abstract)

- [23] 刘云祥. 不同蛋白源代乳粉对犊牛健康生长和断奶情况的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.  
Liu Yunxiang. Effect of Different Proteins in Milk Replaces on Healthy Growth and Weaning of Calves[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011. (in Chinese with English abstract)
- [24] 邓利君, 高腾云, 刘伟, 等. 散栏饲养棚式奶牛舍温热环境评价[J]. 农业工程学报, 2006, 22(增刊 2): 100—102.  
Deng Lijun, Gao Tengyun, Liu Wei, et al. Assessment of thermal environment of cow house in free stall barn system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2006, 22(Sup 2): 100—102. (in Chinese with English abstract)

## Design and application effect of greenhouse calf barn in cold region

Luan Dongmei, Qi He, Zhao Jing, Zhang Yonggen\*

(College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to provide a warm, dry and airy environment for calves, a greenhouse barn was designed and constructed. The traditional calf barn was used as controls, thermal environment and air quality were monitored and the application effect was evaluated. The front part of the greenhouse barn was covered with two-layered plastic films with 0.2 meter between the two plastic films. The plastic films made a 66 degree angle with the ground. The roof of the greenhouse calf barn was constructed with two-layered color steel plates, while the space between the steel plates was filled with polystyrene foam board (0.12 m). The wall of the barn was built with two-layered fiber reinforced inorganic board, while the space between the boards was filled with polystyrene foam board (0.20 m). Natural ventilation system was used for greenhouse barn. There were two insulated air-inlet flues on the gable, and two insulated air-outlet flues on the ridge. The top end of the air-outlet flues was 0.7 meter above the ridge and its lower end extended 0.8 meter into the barn. There were ten calf hutches in the barn. The calves were raised individually. The environmental measurements showed that, when outdoor average temperature was  $-17.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  and outdoor relative humidity was 68%, the average temperature and the average internal surface temperature inside the greenhouse calf barn were  $-0.7$  and  $0.8^{\circ}\text{C}$ , respectively, which were  $3.8$  and  $6.7^{\circ}\text{C}$  respectively higher than those in traditional calf barn. This illustrated that the design of heat insulation met the requirement of calf barn in cold regions. The relative humidity in the greenhouse calf barn was 59 %. The ammonia was undetectable. The concentration of carbon dioxide was  $2441\text{ mg/m}^3$  in contrast to 95 %,  $3.9\text{ mg/m}^3$ , and  $3096\text{ mg/m}^3$  in traditional calf barns, respectively. This illustrated that the design of ventilation system met the requirement of calves in cold regions. Average temperature, average internal surface temperature and relative humidity of calf hutch in the greenhouse calf barn were  $0.9^{\circ}\text{C}$ ,  $5.7^{\circ}\text{C}$  and 65%, respectively. These suggest that the calf hutches in greenhouse calf barn not only achieved appropriate ventilation for calf barns during winters, but also provided a draught-free environment for calf. Optimum temperature and good air quality in the greenhouse calf barn reduced the calf morbidity and mortality rates in 0–60-day-old calves to 33.33 % and 0 %, respectively. Compared with the traditional calf barns, the calf morbidity and mortality rates in 0–60-day-old calves were as high as 71.43% and 28.57 %, respectively.

**Key words:** farm buildings, thermal effects, humidity control, cold region, greenhouse calf barn

(责任编辑: 张俊芳)