

## 间歇通风策略在西北地区夏季蛋鸡舍应用效果

陈辰<sup>1,2,3</sup>, 王阳<sup>1,2,3</sup>, 彭海青<sup>1,2,3</sup>, 李保明<sup>1,2,3\*</sup>, 万代富<sup>4</sup>, 李德义<sup>5</sup>, 郑炜超<sup>1,2,3</sup>

(1. 农业农村部设施农业工程重点实验室, 北京 100083; 2. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083;  
3. 北京市畜禽健康养殖环境工程技术研究中心, 北京 100083; 4. 福康源禽业责任有限公司, 乌鲁木齐 830001;  
5. 新疆牧丰伟业机械制造有限公司, 昌吉 831100)

**摘要:** 在中国西北地区夏季蛋鸡养殖中, 由于昼夜温差大, 需对蛋鸡舍的通风换气量进行频繁调整以适应环境变化。在连续通风策略下, 对风机运转数量的调整常导致舍内负压值的较大波动, 并且难以实时准确地通过进风口来调控舍内负压水平, 导致舍内温度波动大、热环境分布不均匀。为探究间歇通风策略在西北地区夏季蛋鸡舍的应用效果, 该研究在两栋不同进风模式的商品代蛋鸡舍进行试验。通过对两栋鸡舍内温湿度、风速及内外压差的连续监测, 对比间歇通风和连续通风策略下, 侧墙小窗进风及纵向通风鸡舍内的热环境分布, 并对风机的间歇调控策略进行分析。结果表明: 间歇通风策略下, 侧墙小窗进风和纵向通风鸡舍内的平均温度波动分别为 0.6、0.7 °C, 水平方向最大温差分别为 0.3、5.2 °C; 连续通风策略下, 侧墙小窗进风和纵向通风鸡舍内的平均温度波动分别为 1.2、1.0 °C, 水平方向最大温差分别为 0.8、4.7 °C。开启风机数量相同时, 两栋鸡舍内外压差和风速均不随通风策略的改变而发生变化, 侧墙小窗进风鸡舍风机相对山墙至风机排风端的内外压差由 17 Pa 增大至 19 Pa, 纵向通风鸡舍相对山墙处舍内外压差为 11 Pa; 侧墙小窗进风鸡舍平均进风风速和走道平均风速分别为 3.30、0.49 m/s, 与纵向通风鸡舍相比分别提高 1.86、0.12 m/s。综合间歇和连续通风策略下两栋鸡舍内热环境情况, 间歇通风策略应用于西北地区夏季蛋鸡舍可有效降低舍内温度波动并维持舍内外压差水平的稳定, 间歇通风策略更适用于侧墙小窗进风式鸡舍, 可提高舍内温度分布均匀性。

**关键词:** 环境控制; 风速; 通风策略; 温差; 热应激; 压差

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202402087

中图分类号: S831.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2024)-18-0184-10

陈辰, 王阳, 彭海青, 等. 间歇通风策略在西北地区夏季蛋鸡舍应用效果[J]. 农业工程学报, 2024, 40(18): 184-193. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202402087 <http://www.tcsae.org>  
CHEN Chen, WANG Yang, PENG Haiqing, et al. Evaluating the intermittent ventilation of summer poultry house in Northwest China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2024, 40(18): 184-193. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202402087 <http://www.tcsae.org>

### 0 引言

均匀稳定的舍内热环境对蛋鸡健康生长和生产至关重要<sup>[1-2]</sup>, 通风系统是调控改善舍内热环境的主要措施<sup>[3-7]</sup>, 合理的通风策略是提高通风效率的主要方式<sup>[8]</sup>。通过调整风机运转数量或运行频率实现通风量动态调控的连续通风策略在中国蛋鸡养殖中较为普遍<sup>[9]</sup>, 该方式改变舍内外压差, 影响舍内气流分布<sup>[10-11]</sup>。但由于中国西北地区属于典型的温带大陆性气候, 夏季昼夜温差大<sup>[12]</sup>, 蛋鸡舍采用湿帘降温会导致通风量减少, 导致舍内纵向温差增大、进风口局部降温过量的问题<sup>[13-15]</sup>, 致使鸡只生产性能下降<sup>[16-17]</sup>。

为解决温带大陆性气候地区风机连续运行策略下蛋

鸡舍内热环境波动大、通风效率低的问题, 国内外学者已开展了许多研究。ZHAO等<sup>[18]</sup>研究表明通过转变风机运行状态可有效改变舍内热环境; NIU等<sup>[19]</sup>研究发现间歇通风能够避免过度通风并降低通风能耗; CAO等<sup>[8]</sup>认为最佳的间歇通风策略应保证风机的最短间歇时间, 以维持环境稳定性并满足风机耐用性的要求。间歇通风策略通过风机频繁启停来排出舍内热量并减少风机运行时长, 风机的启停由舍内温度控制, 舍内温度高于目标温度时启动风机。间歇通风策略是提高通风效率并保证舍内外压差稳定的有效方式, 在冬季和春秋过渡季节的蛋鸡舍环控中具有较好的效果<sup>[20]</sup>。中国多数地区夏季高温高湿的环境对湿帘降温效率产生不利影响, 导致蛋鸡舍对通风量的需求显著增加, 因此为保证舍内降温效果, 间歇通风策略在夏季蛋鸡养殖中应用较少。

中国西北地区干燥的气候条件为湿帘降温系统提供了高效的运行环境<sup>[21-23]</sup>, 这为间歇通风策略在西北地区夏季蛋鸡舍的应用提供了基础。由于间歇通风策略下风机运行和间歇时间对于舍内热环境分布有较大的影响<sup>[24]</sup>, 对间歇通风策略在西北地区夏季蛋鸡舍的应用效果进行研究, 对于该通风策略在夏季蛋鸡舍环控的推广应用具有重要意义。

收稿日期: 2024-02-26 修订日期: 2024-08-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(32272925); 国家现代农业产业技术体系(蛋鸡)专项(CARS-40); 中央高校基本科研业务费专项(2024TC051)

作者简介: 陈辰, 研究方向为设施养殖过程控制与环境。

Email: chenc153338@163.com

\*通信作者: 李保明, 教授, 博士生导师, 研究方向为环境畜禽设施养殖工艺与环境控制。Email: libm@cau.edu.cn

本研究以侧墙小窗进风和山墙纵向通风模式的两栋商品代蛋鸡舍作为研究对象, 通过对热环境的连续监测, 比较了间歇与连续通风策略下两栋鸡舍内温、湿度分布情况, 探究了舍内不同位置的风速和舍内外压差情况, 并对间歇调控策略进行了讨论, 以期为夏季蛋鸡舍间歇通风策略的设计提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 地理位置及气候情况

试验鸡场位于新疆维吾尔自治区阿克苏地区温宿县柯柯牙镇 (80°16'E、41°22'N), 该地区夏季高温干燥, 夏季最高温可超过 38 °C, 昼夜温差可达 15 °C 以上。

### 1.2 试验鸡舍

试验鸡舍为温宿县光明养殖有限责任公司的 1、2 号商品代蛋鸡舍, 分别饲养罗曼褐蛋鸡 20 000、26 300 只。两栋鸡舍采用不同的进风模式, 1 号蛋鸡舍为纵向通风模式, 2 号蛋鸡舍为侧墙小窗进风模式。为满足通风量需求, 试验期间不同时段通风策略发生变化。采用间歇通风策略时, 风机启停阈值温度分别为 25.3、25.0 °C。1 号蛋鸡舍在 00:00—08:00 (北京时间, 下同) 时段采用间歇通风, 08:00 后由于舍外温度升高, 舍内温度快速上升, 风机连续运行至 24:00; 2 号蛋鸡舍在 00:00—13:30 和 21:00—24:00 时段采用间歇通风, 13:30—21:00 时段为连续通风, 以下称 1 号舍为对照舍 (control house, CH), 2 号舍为试验舍 (experimental house, EH)。两舍均为南北走向, 长 83 m、宽 12.6 m、檐高 4.1 m、脊高 5.2 m; 均为 4 层半阶梯式笼养、3 列 4 走道布置; 均采用行车喂料、刮粪板清粪、乳头式饮水器; 风机安装于南侧山墙, 型号及安装数量均相同 (四川某设备公司 50 型轴流风机, 额定风量 43 500 m<sup>3</sup>/h, 10 台)。

试验期间两鸡舍均开启 4 台风机, 试验舍和对照舍平均每只鸡通风量分别为 4.33 和 4.93 m<sup>3</sup>/h。试验舍和对照舍湿帘水泵启动阈值温度分别设定为 20.0、25.0 °C, 舍外温度高于阈值温度时, 湿帘水泵开始周期性上水; 试验舍东西两侧纵墙上各安装 19 个进风小窗, 小窗尺寸 0.6 m×0.3 m (长×宽); 两纵墙外设置有湿帘缓冲间, 每侧缓冲间的外墙安装 16 块湿帘, 单块尺寸 1.0 m×3.0 m×0.1 m (长×宽×厚度), 如图 1a 所示; 对照舍在排风机对面山墙的两侧纵墙上设有湿帘缓冲间, 每侧缓冲间各安装一块 11 m×2.0 m×0.1 m (长×宽×厚度) 的湿帘, 内侧进风口处各安装 11 m×1 m (长×宽) 的导流板, 如图 1c 所示。

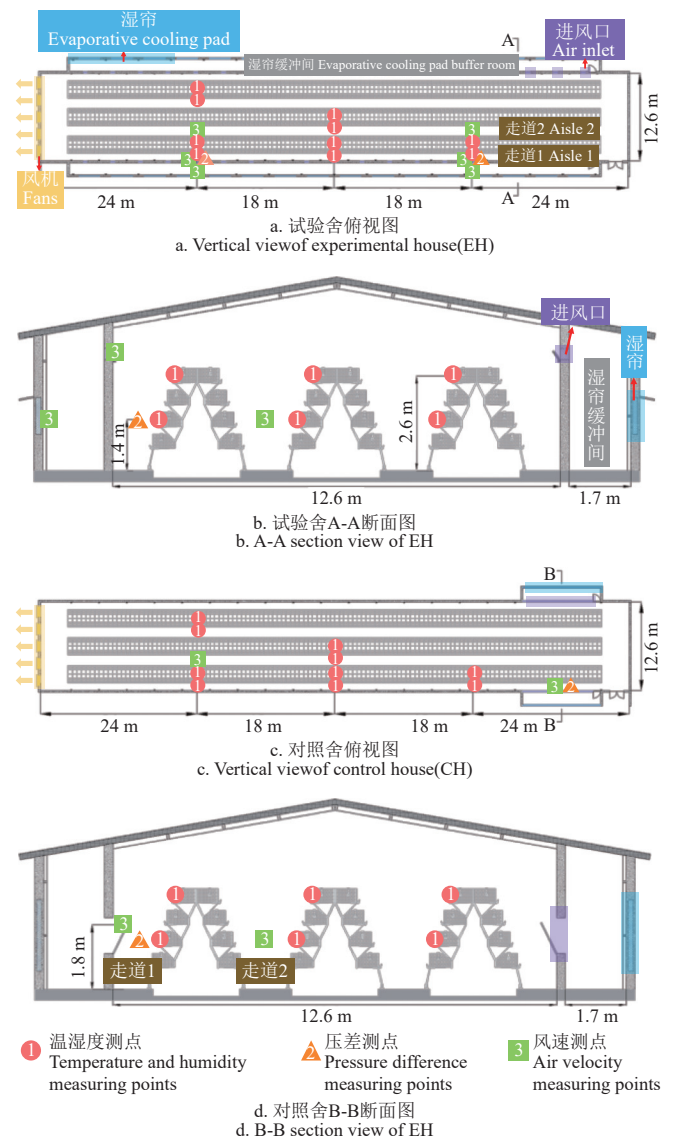
### 1.3 试验方法

于 2023 年 7 月 10 日至 2023 年 7 月 14 日对试验舍和对照舍内温度、湿度、压差和风速等进行连续测试。试验预试期 1 d, 预试期监测鸡舍内温热环境变化大致规律, 确定舍内温热环境监测方案; 正试期 4 d, 按照方案进行连续测试。

#### 1.3.1 温湿度测试

舍内外温湿度数据使用 HOBO U23-001 型温湿度采

集记录仪 (美国 Onset HOBO 公司, 量程: -40.0~70.0 °C、0~100%, 精度: ±0.18 °C、±2.5%) 自动采集, 每 10 s 采集储存一次。舍外 2 个温湿度测点布置于两栋鸡舍之间。舍内温湿度测点布置如图 1 所示, 水平方向上, 分别在距离风机相对侧山墙 24、42、60 m 断面布置测点, 测定舍内前、中、后部的温湿度状况, 下文分别以舍内前、中、后部表示; 垂直方向上, 分别在距离地面 1.4、2.6 m 的 2 层和 4 层笼具高度布置测点, 下文以 H2、H4 表示; 对照舍与试验舍内测点布置位置一致, 每个舍内设 10 个测点。



注: 温湿度测点分别距离风机相对侧山墙 24、42、60 m 处, 试验舍进风口的风速点位于侧墙进风口的中间位置。  
Note: Temperature and humidity measuring points were located at 24, 42, and 60 m from the opposite side of the fans, and the air velocity point of the air inlet in EH was located in the middle of the side wall inlets.

图 1 试验舍和对照舍测点布置示意图  
Fig.1 Schematic of measuring points location in experimental house and control house

#### 1.3.2 压差及风速测试

压差及风速数据使用农业农村部设施农业工程重点

实验室自制的电源管理单元(采用 PrimAtue 压力传感器,德国 FSM 公司,0~100 Pa,±1 Pa; EE650 风速传感器,奥地利益加义公司,0~10 m/s,±0.2 m/s)通过无线传输方式在线监测,每 1 s 记录一次。由于鸡舍内外压差会影响进风风速,从而影响舍内气流分布,因此对于采用侧墙小窗进风模式的试验舍,压差测点分别布置在前、后部断面的走道 1 距地面 1.4 m 高度处,如图 1b 所示;风速测点分别布置在前、后部断面上的进风小窗隔网、缓冲间湿帘 1.4 m 高度和走道 2 的 1.4 m 高度处,分别测定侧墙小窗进风风速、过帘风速和走道风速。对于采用纵向通风的对照舍,由于仅有无风机端山墙的进风口,因此压差测点布置在靠近导流板 1.4 m 高度处,风速测点布置在导流板中间部位 1.8 m 高度和后部断面上走道 2 的 1.4 m 高度处,如图 1d 所示。

### 1.3.3 数据统计分析

为更准确地了解 2 种通风策略下蛋鸡舍内温湿度情况,选取昼夜温差最大的 7 月 12 日全天的温湿度数据分析,温湿度数据呈现方式为平均值±标准差,  $P < 0.05$  为差异性显著。按 4 h 为一段将全天数据划分为 6 个时间段(00:00—04:00、04:00—08:00、08:00—12:00、12:00—16:00、16:00—20:00、20:00—24:00)以更好地反映舍内温湿度的波动特征及变化趋势。分别计算 7 月 12 日全天及每个时段(4 h)整舍平均温湿度、不同测点位置温湿度的最高与最低的差值作为整舍和不同测点位置的温湿度波动值,并计算 6 个时段的均值;分别计算全天及 6 个时段的两栋鸡舍内水平方向(前中部、中后部、前后部)及垂直方向(H2、H4)的温湿度差。

通过两栋鸡舍间歇和连续通风策略下各时段的温湿度波动和温湿度差的平均值来计算两栋鸡舍在间歇和连续两种通风策略下的整舍温湿度波动值和温湿度差。试验舍间歇时段为 00:00—04:00、04:00—08:00、08:00—12:00,连续通风时段为 16:00—20:00;对照舍间歇时段为 00:00—04:00 和 04:00—08:00,连续时段为 08:00—12:00、12:00—16:00、16:00—20:00、20:00—24:00。

通过 7 月 12 日两栋鸡舍全天的内外压差值来判断内外压差是否受不同通风策略影响,并对比试验舍前后部的压差数据。为具体分析蛋鸡舍内外压差及风速情况,对风机间歇和运行时间进行讨论,并保证风机启停周期的完整展现,选取湿帘上水期间舍外高温时段(12:00—12:35)及低温时段(22:00—22:35)各 35 min 的压差和风速数据,对照舍选取相同时间段的数据。以风机稳定运行时的压差作为舍内外压差水平;以风速数据的平均值作为两栋鸡舍的风速水平。使用 Excel、SPSS 及 Origin 软件进行数据分析及绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 舍内外平均温湿度及舍内温湿度分布情况

舍外温湿度测试结果如图 2 所示。7 月 12 日舍外平均温度、相对湿度分别为  $(25.7 \pm 1.29) ^\circ\text{C}$ 、 $55.3\% \pm 3.50\%$ ,温度、相对湿度波动范围分别为  $17.2 \sim 34.1 ^\circ\text{C}$ 、 $30.4\% \sim$

$81.5\%$ ,最低气温和最高相对湿度出现在 05:00(北京时间),最高气温和最低相对湿度出现在 16:30(北京时间),昼夜温差最大为  $16.9 ^\circ\text{C}$ 。由于舍外温度变化,试验舍、对照舍的湿帘分别于 09:00—24:00、10:30—23:00 期间保持上水。

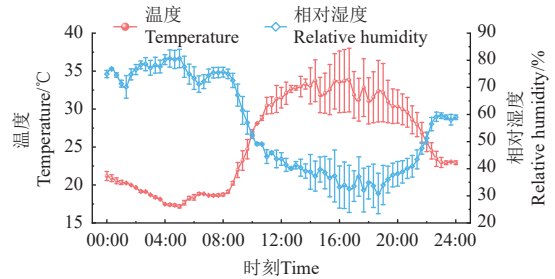


图 2 7 月 12 日舍外环境温湿度变化

Fig.2 Variation of temperature and humidity outside the poultry house on 12 July

7 月 12 日试验舍与对照舍内平均温度、相对湿度测试结果如图 3 所示。试验舍与对照舍全天平均温度、相对湿度分别为  $(25.3 \pm 0.65) ^\circ\text{C}$ 、 $65.8\% \pm 1.92\%$ ;  $(26.5 \pm 2.03) ^\circ\text{C}$ 、 $62.7\% \pm 3.03\%$ ,温度和相对湿度波动范围分别为  $24.7 \sim 26.2 ^\circ\text{C}$ 、 $58.2\% \sim 71.5\%$ ;  $25.4 \sim 27.6 ^\circ\text{C}$ 、 $55.6\% \sim 70.0\%$ 。两舍内温度均随舍外温度的波动而变化,试验舍内温度的平均波动幅度小于对照舍。试验舍全天平均温度最高为  $26.2 ^\circ\text{C}$ ,小于  $26.0 ^\circ\text{C}$  和  $26.0 \sim 26.2 ^\circ\text{C}$  占比分别为 92.4%、7.6%;对照舍全天平均温度最高为  $27.6 ^\circ\text{C}$ ,小于  $26.0 ^\circ\text{C}$ 、 $26.0 \sim 27.0 ^\circ\text{C}$  及  $27.0 ^\circ\text{C}$  以上 3 区间占比分别为 28.2%、49.3%、22.4%。

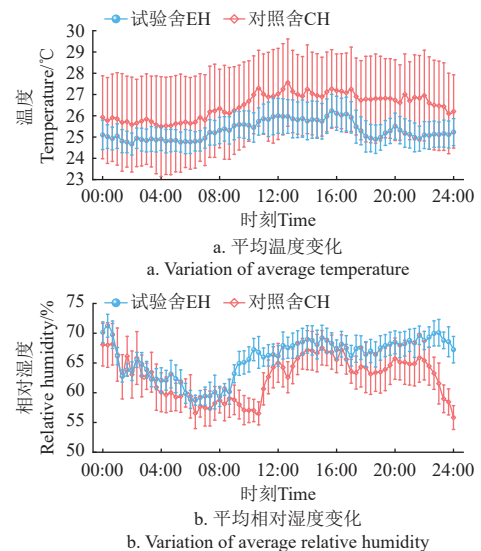


图 3 7 月 12 日试验舍与对照舍内平均温湿度变化

Fig.3 Variation of average temperature and humidity in two poultry houses on 12 July

两舍水平和垂直方向上温度和相对湿度情况见表 1、图 4 和图 5。水平方向上,试验舍前、中、后部的温度与相对湿度差异不显著 ( $P > 0.05$ ),前部温度最高、相对湿度最低,中部温度最低、相对湿度最高,水平最大温差为  $0.4 ^\circ\text{C}$ ;对照舍前、中、后部温度差异显著

( $P < 0.05$ )，前、中部相对湿度差异显著 ( $P < 0.05$ )，水平最大温差为 4.9 °C。试验舍的水平温差小于对照舍，是由于对照舍进风口处安装有导流板，使得前部温度最低，入舍气流在风机作用下由前部向风机端运动，鸡只产热在后部积累，由前部至后部温度逐渐升高，相对湿度相应降低。垂直方向上，两栋鸡舍 H2 和 H4 的温度及

相对湿度差异均不显著 ( $P > 0.05$ )，这一结果与 WANG 等<sup>[25]</sup>的研究不同，可能是由于笼具高度存在差异导致。试验舍不同位置全天最高温度均保持在 27.0 °C 以下，对照舍后部全天温度始终高于 28.0 °C。ALDAWOOD 等<sup>[26]</sup>研究认为在 28.0 °C 的环境中鸡只会产生轻度热应激，由此可知，本试验中对照舍后部鸡只可能会受热应激影响。

表 1 7 月 12 日两舍水平与垂直方向平均温度和相对湿度

Table 1 Average temperature and relative humidity in horizontal and vertical direction of two poultry houses on 12 July

方向 Direction	位置 Location	试验舍 EH		对照舍 CH	
		温度 Temperature/°C	相对湿度 Relative humidity/%	温度 Temperature/°C	相对湿度 Relative humidity/%
水平 Horizontal	前部	25.5±0.52 a	64.6±3.18 a	24.1±0.84 c	66.2±3.86 a
	中部	25.1±0.43 a	66.5±3.56 a	26.3±0.45 b	61.9±3.70 b
	后部	25.3±0.41 a	66.5±3.42 a	29.0±0.53 a	60.0±3.00 b
垂直 Vertical	H2	25.5±0.44 a	64.9±3.40 a	26.5±0.52 a	61.9±3.70 a
	H4	25.1±0.43 a	66.8±3.33 a	26.4±0.66 a	63.5±3.28 a

注：H2 和 H4 代表第 2 层和 4 层笼具高度布置测点；相同小写字母表示同一方向上不同位置数据差异不显著 ( $P > 0.05$ )，不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。Note: H2 and H4 stand for the measuring points representing the heights of second and fourth layers of cages, respectively, and have the same meaning in the following figures and tables. The same lowercase letter indicates no significant difference in data at different locations in one direction ( $P > 0.05$ ), while different lowercase letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

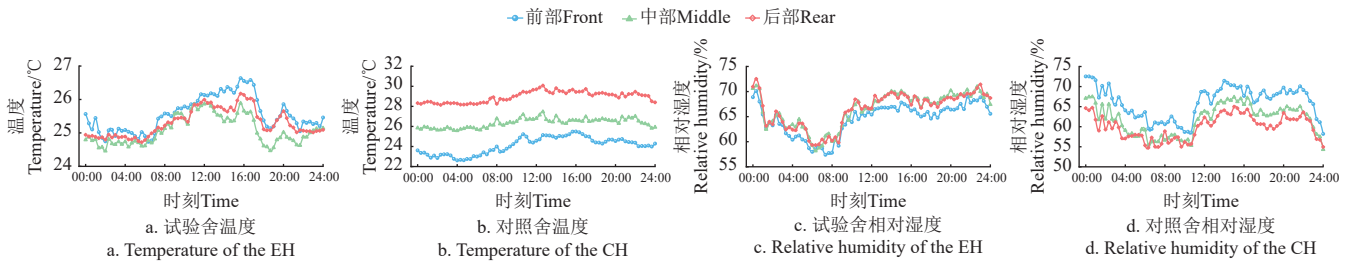


图 4 7 月 12 日两舍水平方向温湿度变化

Fig.4 Variation of temperature and humidity in the horizontal direction of the two poultry houses on 12 July

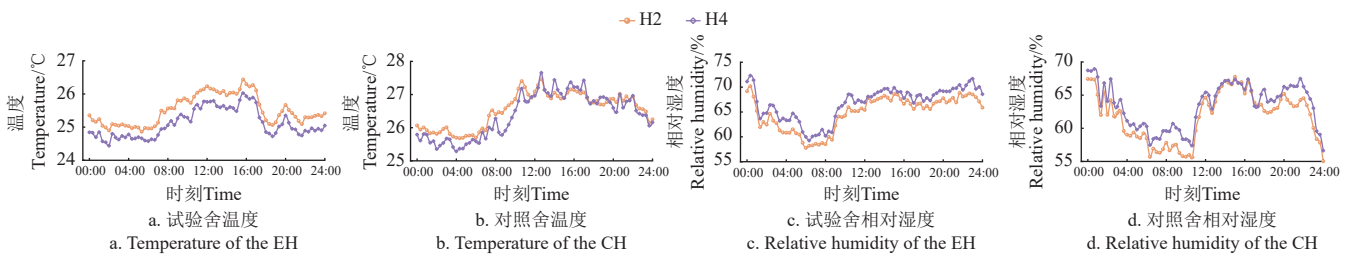


图 5 7 月 12 日两舍垂直方向温湿度变化

Fig.5 Variation of temperature and humidity in the vertical direction of the two poultry houses on 12 July

2.2 舍内温湿度波动及温湿度差

7 月 12 日不同时段两舍内温度波动情况见表 2。间歇通风策略下，试验舍和对照舍整舍平均温度的波动分别为 0.6、0.7 °C；连续通风策略下分别为 1.2、1.0 °C。采用间歇通风策略时，试验舍整舍平均温度波动小于对照舍，是由于试验舍进风口安装于侧墙，与对照舍相比进风更为均匀；采用连续通风策略时，试验舍整舍温度波动大于对照舍，是由于 16:00—20:00 时段舍外温度较高，导致鸡舍整体热负荷增大，在湿帘降温系统作用下，试验舍内不同位置的温度均发生变化，相比之下对照舍中、后部降温效果并不明显，使得整舍平均温度变化较小。两栋鸡舍在间歇通风策略下的温度稳定性均优于连续通风，主要是由于舍内平均温度降低至阈值后风机停止运行，有效避免了过度通风。

水平方向上试验舍前、中、后部各时段温度波动平均

值分别为 0.9、0.8、0.7 °C；对照舍分别为 1.3、1.1、0.9 °C。垂直方向上试验舍的 H2 和 H4 各时段温度波动平均值分别为 0.7、0.8 °C；对照舍分别为 0.8、1.0 °C。由于 08:00—12:00 时段湿帘开始上水，试验舍中、后部的温度波动相对于 04:00—08:00 时段均有所增大，而前部波动基本保持不变。这一现象表明试验舍前部降温效果相较于中、后部更差，这可能与试验舍远离风机端的第 1 个小窗安装位置有关，冷空气在风机作用下向风机端运动并逐渐下降，导致舍内前部鸡笼高度处冷空气相对于中后部较少。

不同时段两栋鸡舍不同位置湿度波动情况见表 3。间歇通风策略下，试验舍与对照舍整舍平均相对湿度波动分别为 8.4、8.6 个百分点；连续通风策略下分别为 3.1、8.2 个百分点。间歇通风策略下两栋鸡舍整舍的平均湿度波动高于采用连续通风策略时，是由于舍内湿度波动幅度主要受湿帘上水状态影响。试验舍平均湿度波动小于

对照舍,这与温度波动情况一致。水平方向上试验舍前、中、后部各时段湿度波动的平均值分别为6.8、7.3、6.7个百分点;对照舍分别为9.4、9.2、8.3个百分点。对照舍的湿空气由前部进风口进入舍内,在排出鸡舍过程中不断与舍内热空气发生热交换,因此湿度波动前部最大,

后部最小。垂直方向上试验舍的H2和H4湿度各时段湿度波动的平均值分别为6.3、8.6个百分点;对照舍分别为6.6、8.7个百分点。由于试验舍湿帘上水状态在00:00—04:00和08:00—12:00时段发生改变,这两个时段试验舍内湿度波动大于其他时段。

表2 7月12日两舍不同时段不同位置温度波动

Table 2 Temperature variation at different positions in each period of two poultry houses on 12 July

°C

时间段 Period	试验舍 EH							对照舍 CH						
	通风策略 Ventilation strategy	整舍 Whole house	前部 Front	中部 Middle	后部 Rear	H2	H4	通风策略 Ventilation strategy	整舍 Whole house	前部 Front	中部 Middle	后部 Rear	H2	H4
全天 Whole day	IV+CV	1.6	2.0	1.6	1.5	1.6	1.7	IV+CV	2.2	3.1	2.0	2.1	2.0	2.4
00:00—04:00	IV	0.4	0.8	0.5	0.2	0.5	0.5	IV	0.5	1.1	0.6	0.5	0.4	0.7
04:00—08:00	IV	0.6	0.9	0.7	0.6	0.7	0.6	IV	0.9	1.5	1.2	0.9	1.0	1.0
08:00—12:00	IV	0.8	0.8	0.9	1.0	0.7	0.9	CV	1.4	2.1	1.3	1.4	1.2	1.7
12:00—16:00	IV+CV	0.5	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	CV	0.8	1.0	1.3	0.8	0.7	0.8
16:00—20:00	CV	1.2	1.5	1.2	1.1	1.2	1.2	CV	0.7	1.2	0.7	0.7	0.6	0.9
20:00—24:00	IV+CV	0.7	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	CV	0.9	0.9	1.2	1.1	0.9	1.0

注: IV表示该时段采用间歇通风, CV表示该时段采用连续通风, IV+CV表示在该时段内通风策略发生改变。

Note: IV and CV stand for intermittent ventilation and continuous ventilation, respectively. IV+CV indicates that ventilation strategy changed during that time period. These abbreviations have the same meaning in the following tables.

表3 7月12日两舍不同时段不同位置湿度波动

Table 3 Humidity variation at different positions in each period of two poultry houses on 12 July

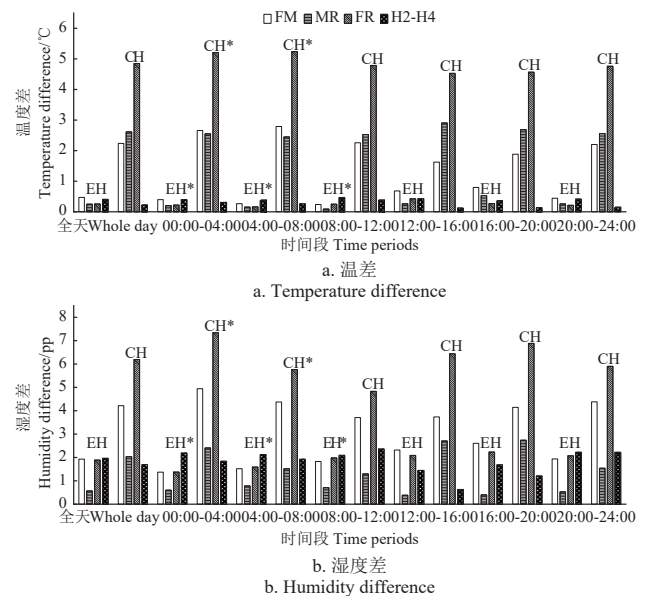
pp

时间段 Period	试验舍 EH							对照舍 CH						
	通风策略 Ventilation strategy	整舍 Whole house	前部 Front	中部 Middle	后部 Rear	H2	H4	通风策略 Ventilation strategy	整舍 Whole house	前部 Front	中部 Middle	后部 Rear	H2	H4
全天 Whole day	IV+CV	13.3	13.9	15.1	14.4	13.2	14.0	IV+CV	14.4	17.1	15.7	13.5	14.4	14.5
00:00—04:00	IV	9.8	10.6	11.4	10.9	10.0	10.7	IV	10.3	11.5	11.6	9.4	10.1	10.6
04:00—08:00	IV	5.3	6.0	6.9	6.5	5.1	6.5	IV	6.9	8.8	7.2	6.3	6.3	8.1
08:00—12:00	IV	10.1	9.0	12.4	10.6	10.5	10.0	CV	9.5	11.3	9.3	9.3	11.0	8.8
12:00—16:00	IV+CV	3.7	4.0	4.8	4.4	4.0	4.0	CV	6.8	6.4	8.5	8.1	7.0	7.2
16:00—20:00	CV	3.1	5.5	3.5	3.6	4.1	3.8	CV	5.0	5.0	6.6	6.0	5.6	5.4
20:00—24:00	IV+CV	4.0	5.4	4.7	4.4	4.3	4.6	CV	11.3	13.4	12.0	10.7	11.4	11.9

注: pp为百分点。下同。

Note: pp stands for percentage point, the same below.

不同时段舍内温湿度差情况如图6所示。水平方向上,间歇通风策略下试验舍和对照舍的最大温差分别为0.3、5.2 °C,连续通风策略下分别为0.8、4.7 °C;间歇通风策略下试验舍和对照舍最大湿度差分别为1.7、6.6个百分点;连续通风策略下分别为2.6、6.0个百分点。间歇通风策略有效减小了试验舍内水平温湿度差异,但在对照舍中导致了相反的结果。这一现象可归因于对照舍的前部进风口处冷风集中,而后部积累的热量难以有效排出。垂直方向上,试验舍在间歇和连续通风策略下最大温差均为0.4 °C,最大湿度差分别为1.6、1.9个百分点;对照舍在两种通风策略下最大温差均为0.3 °C,最大湿度差分别为2.1、1.6个百分点。结果表明风机的不同运行策略并未改善舍内垂直方向的温湿度差异,这主要受限于鸡舍的纵向气流组织、进风口的位置及笼具结构。试验舍2、4层笼具高度测点间的温差略大于对照舍,这与WANG等<sup>[25]</sup>研究中侧墙小窗进风鸡舍能减小垂直方向温差的结论相悖。本研究中,试验舍的进风口位置较高,冷空气由侧墙小窗进入与舍内热空气混合并下降,而上下层笼具间的挡粪板阻碍了空气的流动,导致4层笼具高度处降温效果优于2层,从而产生了上述的差异。



注: FM、MR和FR分别表示鸡舍内前部与中部、中部与后部以及前部与后部之间的差异; \*表示鸡舍在该时段采用间歇通风策略。

Note: FM, MR and FR stand for the difference between the front and middle, middle and rear, and front and rear of the poultry houses, respectively; \* indicates the ventilation strategy of the poultry house was intermittent ventilation in that time period.

图6 7月12日不同时段两舍内温度差和湿度差情况  
Fig.6 Temperature and humidity difference in two poultry houses at different periods on 12 July

### 2.3 舍内外压差情况

7月12日两栋鸡舍全天压差情况如图7所示。在风机运行数量一致的情况下,两栋鸡舍内外压差并未因通风策略的调整而改变。采用间歇通风策略时,两栋鸡舍内与湿帘缓冲间的压差均呈现出规律性变化。风机启动初期,空气在风机作用下快速排出,舍内形成较大的负压状态;随进风与排气逐渐达成动态平衡,风机运行趋于稳定,内外压差随之减小;风机停止运行时内外压差降至零。对照舍与湿帘缓冲间的压差及其降低幅度均小于试验舍,这主要归因于对照舍的总进风面积(17.60 m<sup>2</sup>)大于试验舍(6.84 m<sup>2</sup>)。试验舍后部压差测点因为更靠近风机区域,空气流速较高,根据伯努利原理,该区域的内外压差大于前部。夜间由于鸡只活动减少,舍内环境较白天更稳定,两舍的压差波动均小于白天。

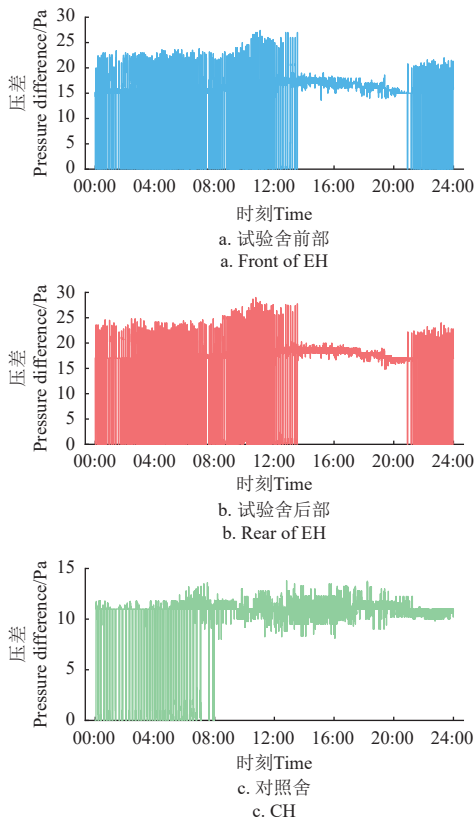


图7 7月12日试验舍与对照舍全天压差情况  
Fig.7 Pressure difference between the poultry houses and evaporative cooling pad buffer room on 12 July

7月12日两栋鸡舍中午和夜晚时段压差变化情况如图8所示。中午和夜晚时段试验舍风机启停次数分别为4、5次,这一变化主要受舍外温度变化的影响,夜间时段舍外温度较低,导致舍内通风需求减小,因此在运行风机数量相同时,单次降温所需时间较中午时段有所缩短。中午12:00—12:35时段,风机启动初期试验舍内前、后部与缓冲间压差分别可达28、29 Pa,稳定运行后分别降至17、19 Pa;由于夜间舍内与缓冲间温差减小,热压差降低,夜晚22:00—22:35时前、后部与缓冲间压差分别可达23、24 Pa;稳定运行后分别降至15、17 Pa,

均略小于中午时段。对照舍在中午和夜晚两时段与湿帘缓冲间的压差始终维持在11 Pa左右,未出现夜间降低的情况是由于对照舍单个进风口面积大,使得对照舍前部与缓冲间的温差较小。鸡舍的内外静压差决定了进风速度,进而影响舍内气流和热环境分布<sup>[27]</sup>,舍内外压差过大会影响风机运行性能,导致通风效率降低<sup>[11]</sup>,压差过低则会导致入舍冷空气动力不足。本研究中,通过调控风机运转状态,确保了在两栋鸡舍在风机稳定运行时内外压差均保持10~25 Pa之间,从而有利于维持鸡舍内环境的稳定与舒适。

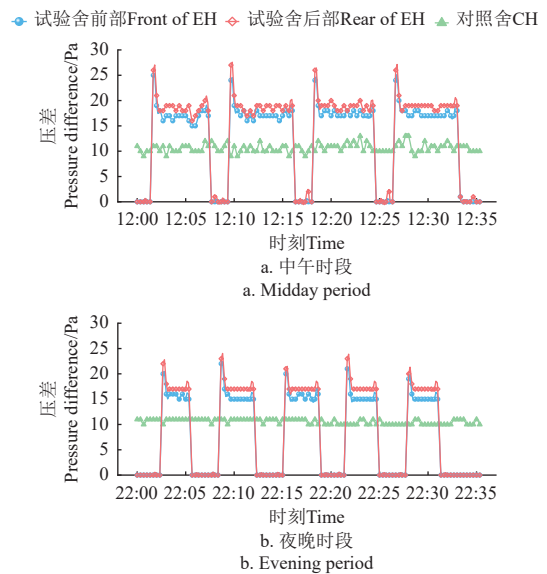


图8 7月12日中午和夜间时段两舍内外压差情况  
Fig.8 Pressure difference between inside and outside at midday and evening period of the two poultry houses on 12 July

### 2.4 舍内风速情况

7月12日中午和夜间时段两栋鸡舍风速情况如图9所示。12:00—12:35时段试验舍前、后部侧墙小窗平均进风风速分别为3.32、3.39 m/s;在22:00—22:35时段分别为3.42、3.05 m/s,两时段对照舍平均进风风速分别为1.52、1.35 m/s,显著低于试验舍,这主要是由于试验舍单个进风口面积较小所致。12:00—12:35时段试验舍前、后部平均过帘风速分别为0.31、0.20 m/s;22:00—22:35时段分别为0.28、0.15 m/s。尽管试验舍后部内外压差大于前部,但进风风速和过帘风速并未完全遵循这一规律,这表明在进风口大小及开启角度均相同的情况下,进风风速不仅由内外压差决定,还受到舍内设施设备布局的影响。因此通过优化舍内的设施设备布局,可以减少入舍气流的阻碍。

12:00—12:35时段试验舍前、后部断面处走道平均风速分别为0.28、0.54 m/s;22:00—22:35时段分别为0.31、0.43 m/s,两时段对照舍后部断面处走道平均风速分别为0.45、0.28 m/s。试验舍内,冷空气在风机有向下偏斜的流动趋势,导致后部断面处走道风速大于前部<sup>[14]</sup>。在鸡舍的同一断面上的风速分布存在显著差异,对照舍的空气更倾向于由笼具上部空间向风机端运动,而试验

舍 1.4 m 高度的冷空气相较于对照舍更多, 使得试验舍进风及后部走道风速较对照舍分别提高了 1.86、0.12 m/s。但两栋鸡舍走道风速仍小于 1.00 m/s。BABADI 等<sup>[28]</sup> 研

究认为在高温天气中蛋鸡舍内风速应达到 1.50 m/s 以上才能有效缓解鸡只热应激, 本研究中两栋鸡舍的走道风速均未达到这一水平, 但均不存在严重热应激。

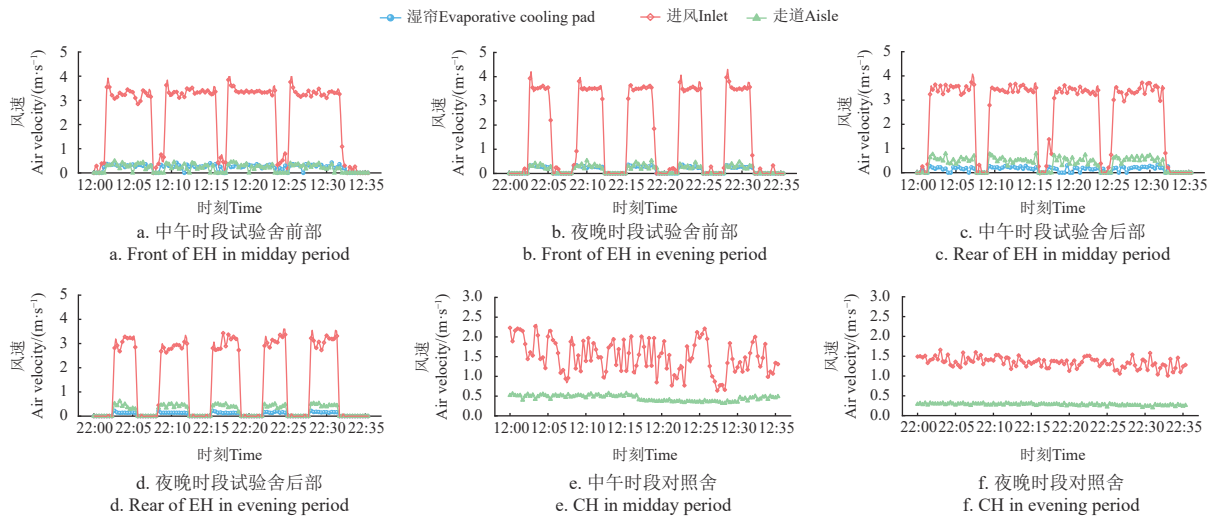


图9 7月12日试验舍和对照舍风速情况

Fig.9 Air velocity at experimental and control house on 12 July

### 3 讨论

本研究通过改变风机的运行状态以应对不同时段蛋鸡舍的不同通风量需求, 有效避免了通过改变风机运转数量或运行频率所造成的舍内外压差波动问题。结合间歇及连续通风策略下两栋鸡舍内热环境情况, 采用间歇通风策略能有效降低整舍平均温度的波动, 并在侧墙小窗进风鸡舍中有效减小水平温差。然而该策略应用于纵向通风鸡舍会导致水平方向温差增大。间歇通风策略依据舍内温度对风机运行状态进行调控, 但纵向通风鸡舍由于前后温差较大, 平均温度难以准确反映舍内的实际温度情况, 易导致舍内局部温度异常。侧墙小窗进风鸡舍在水平方向上的温度分布均匀, 温度传感器所获得的数据能准确反映整舍的温度状况, 从而能够更为精准地对风机的间歇运行状态进行调整。因此, 在温带大陆性气候地区, 间歇通风策略更适用于侧墙小窗进风模式鸡舍。

在传统的冬季和春秋过渡季节蛋鸡舍间歇通风管理中, 风机的运行时间通常被设为固定值以满足舍内通风需求。本研究中由于夏季蛋鸡舍通风量变化更大, 通过舍内温度来动态控制风机运行状态可有效提高通风效率。随着舍外温度的变化, 试验舍风机的单次运行及间歇周期也发生了明显变化(图8)。在中午时段, 由于舍外温度升高, 为有效排除舍内热量, 风机平均单次运行时间延长至 6 min 30 s, 单次间歇时间缩短至 1 min 40 s; 而夜晚时段情况与之相反, 由于舍外温度降低, 该时段风机单次运行时间缩减至 3 min 10 s, 单次间歇时间延长至 2 min 50 s。CAO 等<sup>[8]</sup> 研究认为风机间歇时间过短会导致风机的耐用性急剧恶化, 因此建议风机的间歇时间最少为 3 min, 然而本研究中风机间歇时间均无法满足这一要求。因此尽管当前间歇通风策略使得风机的运行总时长缩短, 但可能会对风机寿命产生影响, 从而产生设

备维修和更换等额外成本。

风机启停阈值温度的设定是确保间歇通风策略高效运行的关键, 它直接决定风机间歇周期的合理性。不合理的阈值温度设定, 可能会导致间歇通风策略的效果差于连续通风。提高风机的启动温度虽能增加风机的间歇时间, 但可能导致舍内温度升高, 对蛋鸡的生产性能产生不利影响; 相反, 降低风机停止温度会为鸡只提供更为适宜的环境, 但可能会超出通风系统的极限降温能力。风机启停的上、下限间隔过大可能导致风机单次运行时间过长, 加剧舍内温度的波动; 间隔过小则会导致风机启停过于频繁, 影响设备寿命与运行效率。因此针对间歇通风策略进行优化时, 建议根据全天各时间段舍外温度情况来动态设定不同的风机启停温度, 从而提高通风系统的效率以平衡舍内热环境稳定性和风机耐用性的需求。

西北地区夏季的高温干燥、昼夜温差大的气候为间歇通风策略在蛋鸡舍中的应用奠定了基础。本研究中, 间歇通风策略在西北地区蛋鸡舍夏季环控中的应用可在减少风机运行时长同时保证舍内适宜的热环境, 为降低中国西北地区夏季蛋鸡舍环控成本提供了可能性。然而对于中国其他夏季高湿度、昼夜温差相对较小地区, 该策略的适用性有待进一步验证。并且考虑到西北地区蛋鸡养殖规模较小, 而中国其他地区高密度叠层笼养较为普遍<sup>[5]</sup>, 饲养规模可达 5~10 万只每栋<sup>[29]</sup>, 鸡舍内部产生的热量及通风需求相应增加, 所需风机数量也随之增多, 采用间歇通风策略以减少风机运行时间, 有望在大规模养殖环境中实现更高的经济效益。但不同养殖模式和规模下的蛋鸡舍, 由于建筑结构、鸡只散热量及风机性能的不同, 间歇通风策略的效能也会有所差异。因此, 深入探究间歇通风策略在不同养殖模式和规模下的成本效益, 将是未来研究的一个重要方向。

## 4 结 论

1) 间歇通风策略应用于西北地区夏季蛋鸡舍可满足由舍外温度变化导致的通风量变化的需求, 避免局部过度通风并维持舍内外压差稳定。

2) 间歇通风策略应用于西北地区夏季蛋鸡舍可减小舍内温度波动, 湿度波动主要受湿帘上水状况影响。试验舍、对照舍在风机间歇和连续运行时整舍温度波动分别为 0.6、0.7 °C; 1.2、1.0 °C; 试验舍与对照舍整舍湿度波动分别为 8.4、8.6 个百分点; 3.1、8.2 个百分点。

3) 间歇通风策略更适用于侧墙小窗进风式鸡舍, 可减小水平方向温湿度差, 应用于纵向通风鸡舍会增大水平方向温湿度差。试验舍、对照舍在风机间歇和连续运行时水平方向最大温差分别为 0.3、5.2 °C; 0.8、4.7 °C。

4) 运行风机数量相同的情况下, 舍内外压差和风速不随通风策略的改变而改变。试验舍由前部至后部内外压差由 17 Pa 增大 19 Pa, 对照舍内外压差为 11 Pa。试验舍平均进风风速和后部断面处走道平均风速比对照舍分别提高了 1.86、0.12 m/s。

本研究表明间歇通风策略在中国西北地区夏季蛋鸡舍推广应用具有可行性, 但因试验周期及测试环境限制, 该通风策略下鸡只的产蛋率、饲料转化率及笼内风速情况还需要进一步开展研究。

### [参 考 文 献]

- [1] 杜欣怡, 滕光辉, 杜晓冬, 等. 基于雷达图的蛋鸡舍综合环境舒适度评价及应用[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(15): 202-209.  
DU Xinyi, TENG Guanghui, DU Xiaodong, et al. Comprehensive evaluation of environmental comfort in layer poultry house using radar graph[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2020, 36(15): 202-209. (in Chinese with English abstract)
- [2] KIM D, LEE K. An update on heat stress in laying hens[J]. *World's Poultry Science Journal*, 2023, 79(4): 689-712.
- [3] 王朝元, 马晓春, 党昊昱, 等. 严寒地区混合垂直通风猪舍环境质量评价[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(11): 204-211.  
WANG Chaoyuan, MA Xiaochun, DANG Haoyu, et al. Evaluating the indoor environment quality of pig house with hybrid ventilation system in the severe cold region[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2024, 40(11): 204-211. (in Chinese with English abstract)
- [4] 迟宇, 郭艳娇, 冯涵, 等. 采用多源信息融合的妊娠猪舍环境质量评价方法[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(18): 212-221.  
CHI Yu, GUO Yanjiao, FENG Han, et al. Environmental quality evaluation method for swine gestation barns based on multi-source information fusion[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2022, 38(18): 212-221. (in Chinese with English abstract)
- [5] 李保明, 王阳, 郑炜超, 等. 中国规模化养鸡环境控制关键技术与设施设备研究进展[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(16): 212-221.  
LI Baoming, WANG Yang, ZHENG Weichao, et al. Research progress in environmental control key technologies, facilities and equipment for laying hen production in China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2020, 36(16): 212-221. (in Chinese with English abstract)
- [6] 龙沈飞, 王汐琳, 吴竞, 等. 定量机械通风对华南地区哺乳猪舍环境和母猪繁殖性能的影响[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(增刊): 250-256.  
LONG Shenfei, WANG Xilin, WU Jing, et al. Effects of quantitative mechanical ventilation on the environmental quality of the lactating house and reproductive performance of sows in South China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2022, 38(Suppl.): 250-256. (in Chinese with English abstract)
- [7] ELGHARDOUF N, LAHLOUH I, ELAKKARY A, et al. Towards modelling, and analysis of differential pressure and air velocity in a mechanical ventilation poultry house: Application for hot climates[J]. *Heliyon*, 2023, 9(1): 12936.
- [8] CAO Z, AN Y, WANG Y, et al. Energy consumption of intermittent ventilation strategies of different air distribution modes for indoor pollutant removal[J]. *Journal of Building Engineering*, 2023, 69: 106242.
- [9] SHIN H, KWAK Y, JO S, et al. Development of an optimal mechanical ventilation system control strategy based on weather forecasting data for outdoor air cooling in livestock housing[J]. *Energy*, 2023, 268: 126649.
- [10] WANG X, LI J, WU J, et al. Numerical simulation of the placement of exhaust fans in a tunnel-ventilated layer house during the fall[J]. *Transactions of the ASABE*, 2021, 64(6): 1955-1966.
- [11] 申仲健, 吴中红, 张锦瑞, 等. 新风过滤和排风除臭装置条件下楼房猪舍夏季环境监测[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(11): 215-222.  
SHEN Zhongjian, WU Zhonghong, ZHANG Jinrui, et al. Environmental monitoring of a multi-floor pig building under the condition equipped with fresh air filters and exhaust deodorization devices in summer[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2022, 38(11): 215-222. (in Chinese with English abstract)
- [12] 徐鑫, 李洁, 姜曙光, 等. 新疆农村被动式太阳房夏季不同降温控制模式的降温效果[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(14): 198-204.  
XU Xin, LI Jie, JIANG Shuguang, et al. Cooling effect of passive solar house with different cooling control modes

- during summer in rural areas of Xinjiang[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2019, 35(14): 198-204. (in Chinese with English abstract)
- [13] LI B, WANG Y, RONG L, et al. Research progress on animal environment and welfare[J]. *Animal Research and One Health*, 2023, 1(1): 78-91.
- [14] 王阳, 郑炜超, 李绚阳, 等. 西北地区纵墙湿帘山墙排风系统改善夏季蛋鸡舍内热环境[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(21): 202-207.  
WANG Yang, ZHENG Weichao, LI Xuanyang, et al. Vertical walls-evaporative cooling pad and gable-exhaust-air-ventilation system improving poultry house thermal environment in Northwest region of China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2018, 34(21): 202-207. (in Chinese with English abstract)
- [15] COSTANTINO A, FABRIZIO E, BIGLIA A, et al. Energy use for climate control of animal houses: the state of the art in Europe[J]. *Energy Procedia*, 2016, 101: 184-191.
- [16] KIM H, RYU C, LEE S, et al. Effects of heat stress on the laying performance, egg quality, and physiological response of laying hens[J]. *Animals*, 2024, 14(7): 1076.
- [17] TONG X, HONG S, ZHAO L. Using CFD simulations to develop an upward airflow displacement ventilation system for manure-belt layer houses to improve the indoor environment[J]. *Biosystems Engineering*, 2019, 178: 294-308.
- [18] ZHAO Y, XIN H, LI L. Modelling and validating the indoor environment and supplemental heat requirement during ventilation shutdown (VSD) for rapid depopulation of hens and turkeys[J]. *Biosystems Engineering*, 2019, 184: 130-141.
- [19] NIU D, ZHANG S. Outdoor thermal condition based-segmented intermittent demand-controlled ventilation for constant-air-volume system[J]. *Building and Environment*, 2023, 244: 110815.
- [20] 李宗刚, 李保明, 郑炜超. 半阶梯式笼养蛋种鸡舍冬季日间空气污染物排放特征[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(13): 220-226.  
LI Zonggang, LI Baoming, ZHENG Weichao. Characters of airborne contaminants emission from half stair-step cage breeding hen house during winter daytime[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2017, 33(13): 220-226. (in Chinese with English abstract)
- [21] HUI X, LI B, XIN H, et al. New control strategy against temperature sudden-drop in the initial stage of pad cooling process in poultry houses[J]. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2018, 11(1): 66-73.
- [22] 梁超, 尹欢欢, 李保明, 等. 蛋鸡舍热湿环境参数全年逐时动态预测模型[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(8): 229-235.  
LIANG Chao, YIN Huanhuan, LI Baoming, et al. Hourly model for predicting year-round temperature and relative humidity of the environment in laying hen houses[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2021, 37(8): 229-235. (in Chinese with English abstract)
- [23] 谢苗苗, 李华龙, 詹凯. 基于多元数据的夏季鸡舍环境质量评价及其对产蛋性能的影响[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(8): 188-197.  
XIE Miaomiao, LI Hualong, ZHAN Kai. Environmental quality evaluation of layer house in summer based on multivariate data and its impact on production performance[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2024, 40(8): 188-197. (in Chinese with English abstract)
- [24] 王悦, 杨金凤, 薛文涛, 等. 规模化笼养蛋鸡舍冬季氨气和颗粒物排放特征研究[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(23): 170-178.  
WANG Yue, YANG Jinfeng, XUE Wentao, et al. Study of ammonia and particulate matter emission characteristics from large-scale cage layer house in winter[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2018, 34(23): 170-178. (in Chinese with English abstract)
- [25] WANG Y, ZHENG W, TONG Q, et al. Reducing dust deposition and temperature fluctuations in the laying hen houses of Northwest China using a surge chamber[J]. *Biosystems Engineering*, 2018, 175: 206-218.
- [26] ALDAWOOD A, ALTAMIMI H. Acute phase proteins, endocrine and productive responses of laying hens to heat stress[J]. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2022, 46(4): 582-591.
- [27] 丁涛, 邱绵靖, 刘志伟, 等. 前置导叶对畜禽舍轴流风机性能的影响[J]. *农业工程学报*, 2023, 39(14): 80-88.  
DING Tao, QIU Mianjing, LIU Zhiwei, et al. Influence of inlet guide vane on the performance of axial fan for livestock and poultry farming[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2023, 39(14): 80-88. (in Chinese with English abstract)
- [28] BABADI K, KHORASANIZADEH H, AGHAEI A. CFD modeling of air flow, humidity, CO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> distributions in a caged laying hen house with tunnel ventilation system[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2022, 193: 106677.
- [29] 袁正东, 王阳, 李保明. 单栋 20 万只叠层笼养蛋鸡舍夏季环境监测评估及建议[J]. *中国家禽*, 2022, 44(7): 70-76.  
YUAN Zhengdong, WANG Yang, LI Baoming. Environmental monitoring, assessment and suggestion for stacking caged layer house with 200 000 hens in summer[J]. *China Poultry*, 2022, 44(7): 70-76. (in Chinese with English abstract)

## Evaluating the intermittent ventilation of summer poultry house in Northwest China

CHEN Chen<sup>1,2,3</sup>, WANG Yang<sup>1,2,3</sup>, PENG Haiqing<sup>1,2,3</sup>, LI Baoming<sup>1,2,3\*</sup>, WAN Daifu<sup>4</sup>,  
LI Deyi<sup>5</sup>, ZHENG Weichao<sup>1,2,3</sup>

(1. Key Laboratory of Agricultural Engineering in Structure and Environment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100083, China; 2. College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 3. Beijing Engineering Research Center for Livestock and Poultry Healthy Environment, Beijing 100083, China; 4. Fukang Yuan Poultry Co., Ltd., Urumchi 830001, China; 5. Xinjiang Mufengweiye Machinery Manufacturing Co., Ltd., Changji 831100, China)

**Abstract:** Heat stress has posed a significant threat to the laying hens inside the poultry houses in the Northwest region of China. Significant non-uniformities can be found in the thermal distribution and temperature variations in summer. The ventilation system has been the primary measure to regulate the thermal environment in the poultry houses. Excellent airflow arrangement and ventilation strategies are essential for the ventilation efficiency. Still, the continuous operation of fans can inevitably generate the excessive local cold air, thereby wasting the electrical energy for the high cost of environmental control. Alternatively, intermittent ventilation can serve as an efficient way to improve ventilation effectiveness with energy saving. However, it is notably limited to applying to the summer poultry houses so far. In this study, a novel intermittent ventilation was introduced to alleviate the significant temperature fluctuations and ensure the high stability of the thermal environment in the summer poultry houses. According to the internal air temperature, the fan operations were performed on the conventional tunnel-ventilated poultry houses (control house, CH) and sidewall inlets poultry houses (experimental house, EH). Specifically, the fans were regulated, when the temperature exceeded the upper limit. Once the temperature dropped below the lower limit temperature, the fans were deactivated simultaneously, which was different from the continuous operations of fans throughout the summer. The thermal environment was monitored in the operation periods of intermittent ventilation. The environmental conditions inside the poultry houses were also evaluated. The results revealed that the average internal temperatures of experimental and control poultry houses were 25.3 and 26.5 °C, respectively, under the same external environmental temperatures; While the average relative humidity were 65.8% and 62.7%, respectively. The temperature fluctuations during the EH and CH's intermittent and continuous ventilation were 0.6 and 0.7 °C, 1.2 and 1.0 °C, respectively. The maximal difference of temperature in the horizontal direction of EH and CH were 0.3 and 5.2, 0.8 and 4.7 °C, respectively. Temperature variations were assessed in the four-hour intervals. The EH consistently demonstrated more minor temperature fluctuations than the CH when the fans were operated intermittently. The horizontal temperature difference was less than that in the continuous operation in EH. There was no difference in pressure and air velocity under the intermittent and continuous ventilation in the same number of fans. The pressure difference between the interior and the evaporative cooling pad buffer room increased from 17 to 19 Pa from the fan opposite wall to the fan. Average air velocity at the sidewall inlets and along the aisles in the EH were 3.30 and 0.49 m/s, respectively, which were higher by 1.86 and 0.12 m/s, compared with the CH. Therefore, the intermittent ventilation was suitable for the sidewall inlets, to improve the thermal environment within the poultry house significantly. There was great potential for widespread adoption in the Northwest region of China in the summer. The lifespan of the fan was extended for the maximal economic benefits. The intermittent operation times of fans should be determined according to the local climate, poultry houses' ventilation requirements and the poultry houses' size. This finding can provide a foundational reference for designing and adjusting the intermittent ventilation in summer poultry houses in the Northwest region of China.

**Keywords:** environmental control; air velocity; ventilation strategy; temperature difference; heat stress; pressure difference