

現行台灣傳統式雞舍飼養環境溫度控制評估與改善設計

撰文/曾家緹·孫詠苓·陳佳堃·曾子彝

前言

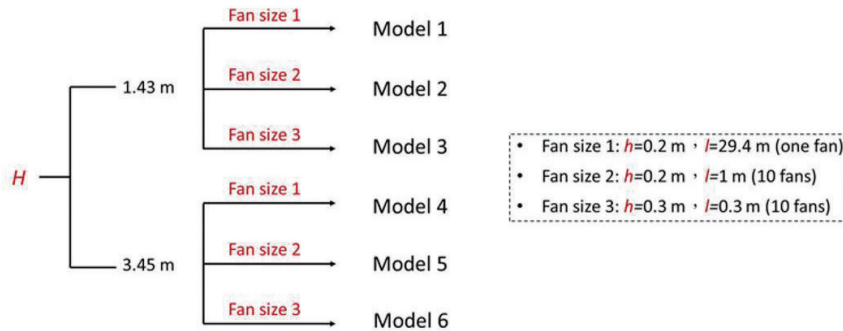
雞舍內的氣流、速度和溫度會影響雞隻的健康，而雞舍熱環境條件的優劣決定雞隻的產蛋表現。台灣等熱帶和亞熱帶地區的農業生產所面臨的挑戰為高溫對於蛋雞的負面影響，目前台灣主要蛋雞飼養方式分為三種，分別為傳統式、高床式及水簾式雞舍，根據 2017 年台灣家禽統計手冊資料，蛋雞場仍以傳統式雞舍的飼養佔八成以上為大宗。因此研究的目的為以傳統式雞舍的重新設計來提供雞隻理想的溫度生活環境，達成保障動物福利、提升蛋類食品安全，以及人類動物共享健康 (One Health) 的目標。

傳統式雞舍為一層樓的開放式建築，其內部設有一排排三層式雞籠，我們以代表我國蛋雞舍多數養殖型態的傳統式雞舍作為雞舍內環境模擬研究的物理模型基礎，結合實地訪查，採用分區側向通風的策略，開發了六種不同風扇控制的改良模型，藉由計算流體力學方法 (Computational Fluid Dynamics, CFD) 進行模擬，發現這樣的改良模型確實能夠有效降低雞舍內部的高溫，再搭配研究所建立具可信度的抽氣速度 - 雞籠平均環境溫度迴歸方程式，調整風扇風速來下降雞籠環境溫度，解決的現行台灣雞農夏天的最大挑戰。

台灣雞舍現況

傳統雞舍多是以開放式空間為主，飼養環境容易有外來鳥類飛入，而且溫濕度直接與外界環境室相同，很容易受外在環境影響。另一種高床式雞舍多為兩層樓的半開放式鐵皮建築，一樓作為堆放雞隻排泄物使用，二樓則為飼養蛋雞的空間，目的是讓雞隻的排洩物直接落到一樓，與二樓的飼養區有所區隔，易於維護飼養區內的環境衛生，亦有利於雞糞的堆肥再利用，雞舍內部為一排排的三層式 V 型雞籠，兩座雞籠間留有走道。高床式的機械化程度高，飼料的輸送與雞蛋的收集可自動化處理，甚至可直接串連到蛋的分級與洗選設備，對人力的需求大幅降低。傳統飼養環境通常為使用格子籠（約將約 3~4 隻母雞關在籠子裡），這樣的飼養環境易造成雞隻熱緊迫問題。

什麼是熱緊迫？當任何因素，讓動物體處於一個熱的產生過多而超過熱的排除速度時，體溫就會上升，熱緊迫就可能產生。雞隻熱緊迫主要臨床症狀是口渴增加、減少飼料消耗量、減少產蛋量、腿和翅膀伸展、喘息、顏面潮紅、步態不穩、虛脫，甚至休克或昏迷死亡。雞隻所產生的體熱，通常約有 75% 是經由傳導、對流、與輻射而散發，但其散發速率受環境氣溫所影響。一般雞隻適合的生長溫



圖一 六種不同模式說明

度為 13-24°C，當氣溫涼爽時，此三種散熱方式之效果良好；但當氣溫接近或等於體溫時 (41-42°C)，其效果極微。而暴露於高溫條件下的家禽具有很高的生產損失風險，在嚴重危急的情況下甚至可能導致動物死亡，一般雞隻的正常體溫為 41.6°C 但雞隻身體並無汗腺較難快速去除多餘體熱，傳統高密度的飼養加上台灣夏季月均溫可達 30°C，更容易產生熱緊迫。

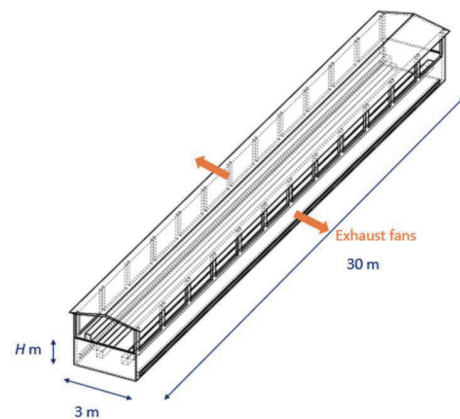
現行為了改善熱緊迫問題，會在雞舍屋頂配置電風扇作為通風使用，一般半開放雞舍的通風多使用自然通風搭配機械通風。但根據我們實地測量溫度，發現仍有雞籠溫度分布不平均的問題，代表此種降溫策略效果仍有限。

研究成果

本研究以目前雞舍結構為基礎，去嘗試各種不同通風模式 (例如：抽氣速度、風扇型態、安裝位置…等) 結合運算流體力學技術。目標為了解在不同配置時，各別的流程結構及溫度分布情形，並建立速度與溫度之間的相關性，做為參考。

(一) 改良模型建立與溫度控制

CFD 數值模擬是利用流體力學的基本原理，按照禽畜舍的實際尺寸條件建立數學物理模型，並確定合理的邊界條件，模擬計算區域內氣流的速度、溫度、壓力、空氣污染物濃度場等，來預測和評估區域內的環境質量。CFD 法的優點為能得到解決實



圖二 改良雞舍結構示意圖

際和假設的氣流問題，近年此技術已經廣泛應用於農業領域，能夠優化通風系統並在分析氣流和每種動物設施的熱交換間發揮重要作用。

我們的雞舍固定為 30 公尺長，設計了兩種雞舍進風處高度 H ，搭配三種不同尺寸的側面抽氣風扇，在多孔性材質模型下模擬分析六種傳統式雞舍改良模型 (圖一)。最後探討六種不同模型雞舍中流場及溫度的分布，比較雞籠環境溫度的降溫效果。

以下為模型運算後的結果：

將六種模型在各速度下的三層雞籠平均環境溫度整理成表一，可以看出模型 1、4 的雞籠平均環境溫度最低，模型 3 為最高溫。在相同 H (進風處高度) 下，風扇尺寸 1 的降溫效果最佳，其次是風扇尺寸 2，而風扇尺寸 3 最差。

表一 六種模型在各速度下三層雞籠的平均環境溫度

速度(m/s)	模型1 (°C)	模型2(°C)	模型3 (°C)	模型4(°C)	模型5 (°C)	模型6(°C)
v= 0.5	36.17	37.2	37.67	36.2	37.03	37.47
v= 1	35.83	36.57	37.3	35.9	36.4	37.1
v= 2	35.6	36.03	36.73	35.6	36	36.5
v= 3	35.4	35.93	36.37	35.4	35.9	36.2
v= 4	35.37	35.8	36.17	35.2	35.8	36.07
v= 5	35.1	35.7	36.07	35.1	35.7	36
v= 6	35	35.3	36	35	35.6	35.9

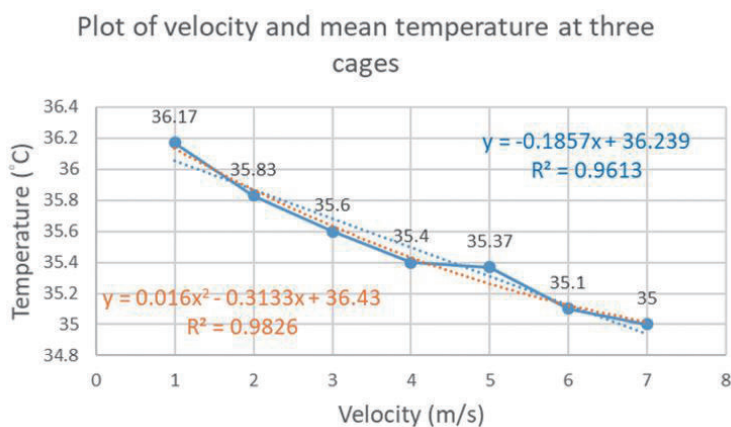
(二) 迴歸方程式

為了滿足雞隻正常生產所需的溫度環境，雞舍可採取研究設計的改良式模型，搭配研究所建立具可信度的抽氣速度 - 雞籠平均環境溫度迴歸方程式，調整風扇風速來下降雞籠環境溫度。舉模型 1 為例，利用模擬的結果，自變項為速度，依變項為溫度所建立的迴歸方程式決定係數 (coefficient of determination, R²) 大於 0.9，代表在一定的抽氣速度範圍下，雞籠環境溫度的高低會受到速度大小直線關係影響。顯示出利用雞舍抽氣速度來推測雞籠平均環境溫度，應具相當可信度。

(三) 成果應用

運用本研究的結果，在建造新雞舍或欲修繕現有雞舍時可依需求參考不同風扇安裝位置及搭配建立的溫度 - 速度方程式，可以抽氣速度來預測溫度控制範圍。以運算結果來看，整段式風機的降溫效果較分為 10 個風扇的效果佳，但由於整段式風機設計其建造的工程難度且控制較為困難，建置與營運成本略高於其他設計。若雞舍的營建資本額足夠，可採用模型 5；預算上有限制的話則可參考模型 2 的結構設計。

目前畜牧農產業仍專注於動物產生疾病後藥物



圖三 模型1溫度-速度迴歸方程式

的開發，但以公衛的角度切入，從源頭介入改善才能真正使動物與人類共享健康。本研究為雞舍的結構優化提供了初步的參考依據。

本研究提供了新型態的通風模式，以科學化的角度來安排合理的風扇位置，相較於現行的通風方法能將溫度控制在合適的範圍。我們利用現代化的技術，以有效的通風策略解決雞舍高溫的問題，以實現更好的公共衛生結果。

人類對動物蛋白質之需求主要來源即肉品及蛋品。隨著人口增加，2017 年全球雞蛋產量約達 1.45 兆顆，國內產量則達 75 億顆，皆達歷年新高。根據農委會農業統計資料，國人對於雞蛋之需求在這 50 年來出現大幅增加，1955 年雞蛋需求約為每人每年平均 30 顆，2017 年每人每年需求量已超過 320 顆，成長超過十倍，可見國人食用蛋的頻率極高。

人類食用雞隻所生產的雞蛋，食物在動物和人類之間流通，為了使這之間的關係獲得有效的控制，需要採取必要的手段。雞舍的環境條件和人類、雞隻的健康衛生品質有明確的關係。將核心重點放在源頭，也就是動物每天所處環境的改善，才能有效地預防動物、人類的疾病和人畜共通傳染病。雞舍環境的改善能加強對於農民與雞隻健康衛生情況的監控能力，有助於糧食供應上的安全，促進人類與動物的健康衛生。

目前臺灣在家禽飼養上仍以傳統飼養方式為主，因此較難保有完整生產紀錄且疾病控制不易，而低機械化及自動化使整體產業鏈智慧化程度有限，無法有效、穩定提升產能與良率。若是傳統小型雞舍不升級改變，三至五年內勢必會被市場淘汰。面對臺灣地狹人稠、未來貿易國際化衝擊以及食安問題導致上百萬顆雞蛋下架銷毀等挑戰，政府及相關農業組織應該輔導占比多數的傳統小農產業升級。

欲升級並智慧化蛋雞產業，可選擇水簾密閉式雞舍作為飼養方式。水簾式雞舍為一氣密性良好的鐵皮建築，因為使用水簾降溫系統須保持良好的氣密程度。其密閉性佳的特性，相較於傳統開放式雞舍在環境控制上不僅可以免於受自然溫度影響還能夠透過調整水簾系統將舍內溫溼度控制在理想的範圍；在疾病控制方面，因屬密閉系統所以隔離效果良好，以環境控制影響農業品質的角度來看，是最合適的選擇。除此之外，舍內機械化程度相當高，母雞產下雞蛋後直到洗選的過程都能夠全自動化。唯智慧水簾式雞舍整體造價相對高昂，在成本有限的考量下優先改善傳統雞舍不失為一種選擇。AqBIO

曾家緹 國立臺灣大學 環境與職業與健康科學研究所
 孫詠苓 國立臺灣大學 環境與職業與健康科學研究所
 陳佳莛 國立臺灣大學 環境與職業與健康科學研究所
 曾子舜 國家高速網路計算中心 研究員

參考文獻

1. 李盼、譚中岳 (2019)。全球蛋雞產業政策、市場及科技發展趨勢。農業生技產業季刊，57，6-8。
2. Abid, M., Wajid, H. A., Khan, N. D., Akhtar, S., Zahid, M. A., & Usman, M. (2013). *Optimization of ventilation system for existing environmentally controlled poultry sheds in Pakistan*. World Applied Sciences, 24, 1221-1233.
3. Bousfield, B., & Brown, R. (2011). *One World One Health. Veterinary Bulletin Agriculture*, 1(7).
4. Bustamante, E., García-Diego, F. J., Calvet, S., Estellés, F., Beltrán, P., Hospitaler, A., & Torres, A. G. (2013). *Exploring ventilation efficiency in poultry buildings The validation of computational fluid dynamics (CFD) in a cross-mechanically ventilated broiler farm*. Energies, 6, 2605-2623.
5. Council of Agriculture. (2017). COA Annual Report. Retrieved From <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx>.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations(2017). Retrieved From <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
7. Guerra-Galdo E.H., Sanz, S. C., Barber, F. E., & López-Jiménez, P. A. (2015). *CFD model for ventilation assessment in poultry houses with different distribution of windows*. Energy and Environment, 6(5), 411-424.
8. Norton, T., Kettlewell, P., & Mitchell, M. (2013). *A computational analysis of a fully-stocked dual-mode ventilated livestock vehicle during ferry transportation*. Comp. Electr. Agric, 93, 217-228.
9. Rojano, F., Bournet, P. E., Hassouna, M., Robin, P., Kacira, M., & Choi, C. Y. (2015). *Modelling heat and mass transfer of a broiler house using computational fluid dynamics*. Biosys. Eng., 136, 25-38