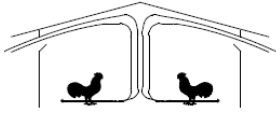




The University of Georgia

College of Agricultural and Environmental Sciences  
Cooperative Extension



## Poultry Housing Tips

### 變頻風扇可顯著減少電費

29 卷 6 期

2017



圖(一)、Skov 55 英吋變速風扇(BlueFan)



圖(二)、傳統 1990 年代 48 英吋斜壁風扇

決定一個排氣風扇用電量的因素並非馬達的大小，而是風扇葉片轉動的速度。扇葉轉動的速度增加帶動更大量的空氣流動，但用電量也連帶愈高。因此，單單改變風扇傳動皮帶輪大小就可以改變扇葉轉速，進而調整流動的風量及風扇用電量。

$$\begin{aligned} \text{cfm}_2 \text{ (立方英尺/分鐘)} &= \text{扇葉轉速}_2 / \text{扇葉轉速}_1 \times \text{cfm}_1 \\ &= 480 / 400 \times 20,000 \\ &= 1.2 \times 20,000 \text{ cfm} \\ &= 24,000 \text{ cfm} \end{aligned}$$

有趣的是雖然流動風量與葉扇轉速呈等比例增加，用電量與葉扇轉速之間卻是呈指數型增加。若葉扇轉速增加 20%，風扇產生之風量也會增加約 20%。舉上述例子，若將一具每分鐘 400 轉且每分鐘移動 20,000

Learning for Life  
Agriculture and Natural Resources · Family and Consumer Sciences · 4-H Youth  
ugaextension.com

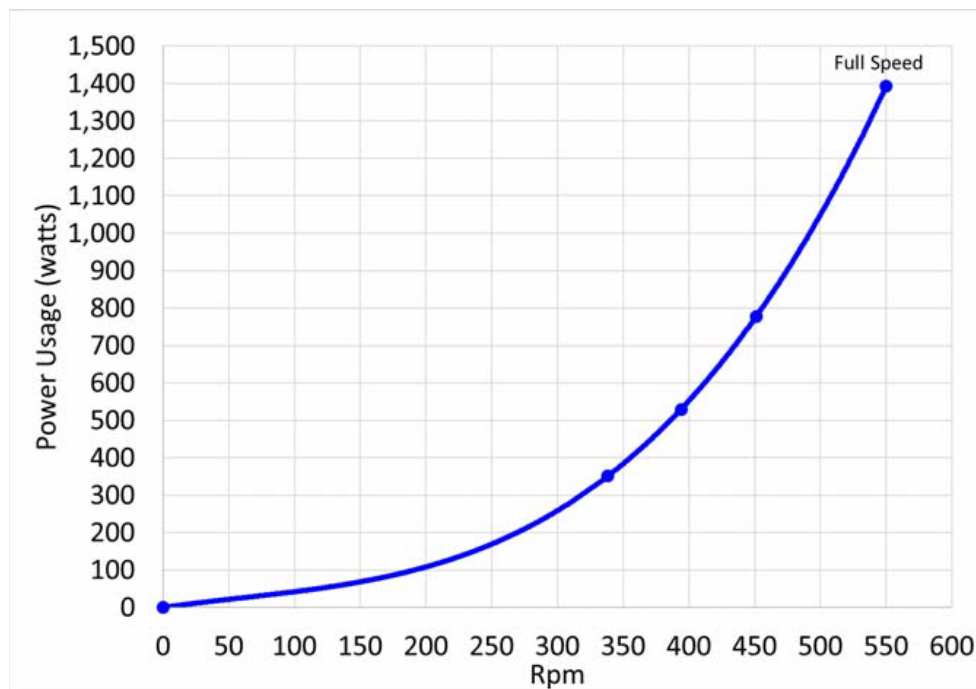
An Equal Opportunity/Affirmative Action Institution

立方英尺的風扇改裝上一個更大的傳動皮帶輪使扇葉轉速提升至每分鐘 480 轉(提升 20%)，則風量也會增加至每分鐘 24,000 立方英尺(提升 20%)。

$$\begin{aligned} \text{功率}_2 &= (\text{葉扇轉速}_2 / \text{葉扇轉速}_1)^3 \times \text{功率}_1 \\ &= (480/400)^3 \times 1,000 \text{ 瓦} \\ &= 1.73 \times 1,000 \text{ 瓦} \\ &= 1,730 \text{ 瓦} \end{aligned}$$

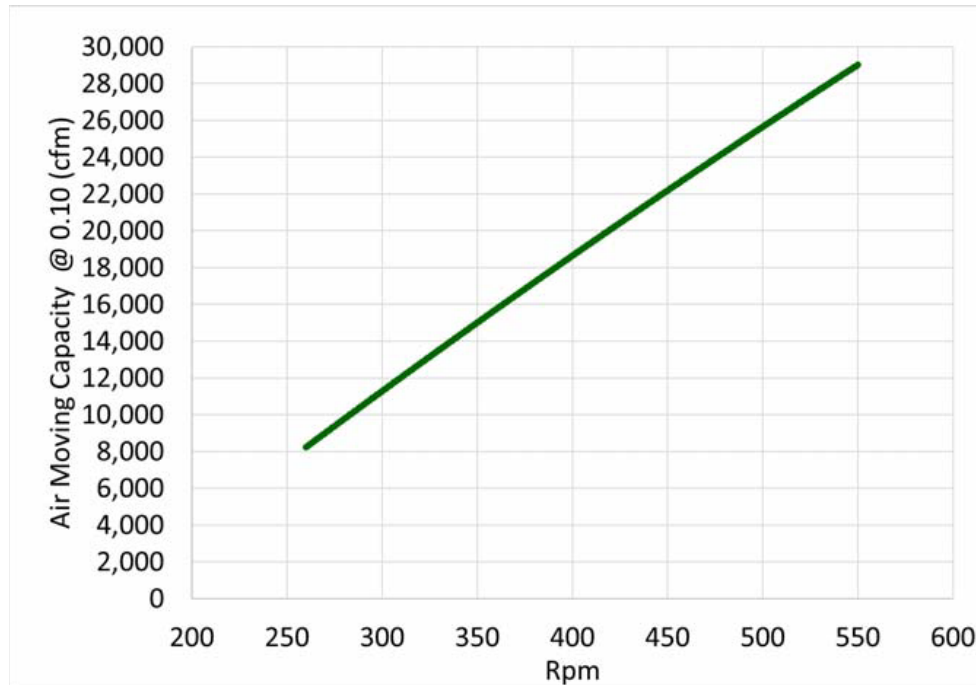
由於用電量與葉扇轉速之間呈指數關係，小幅度增加扇葉轉速即會大大增加風扇用電量。如上述舉例，同一具每分鐘 400 轉、功率 1,000 瓦的風扇(風量每分鐘 20,000 立方英尺)，若改裝轉速每分鐘 480 轉風扇(提升 20%)，用電量會增加近兩倍至 1,730 瓦！這就是為什麼我們不應為了增加風扇排風量而改裝更大的傳動皮帶輪。雖然替換傳動皮帶輪的花費短期來說安裝額外風扇低，但增加 20%排風量所換來的卻是將近提升兩倍的用電量，長久下來所花的費用更多。

雖然提升風速並不是明智的做法，相反地降低風扇轉速卻能帶來極大的省電效果。依前述例子做舉例，減低 20%風扇轉速會使的排風量從每分鐘 20,000 立方英尺減少為每分鐘 16,000 立方英尺，但用電量卻會減少將近一半(512 瓦)。由上述例子可知風扇轉速減少愈多可以更大幅度的減低用電量。



圖(三)、風扇用電量與扇葉轉速關係圖

圖三以一具 55 吋 Skov BlueFan-DA1700-5 變頻風扇為例說明用電量與扇葉轉速間的關係。該風扇在全速運轉的情況下用電量約 1,400 瓦，當扇葉轉速由每分鐘 550 轉降至 450 轉時雖然僅減少約 20%的轉速，卻減少將近一半的用電量(780 瓦)。當轉速降到每分鐘 340 轉時，用電量又更明顯的減少了(350 瓦)。扇葉轉速減少 38%，用電量則大大減少 65%，如此的用電量和一具 18 吋 1/3 匹馬力的循環扇相同。



圖(四)、風扇排風量與扇葉轉速關係圖

圖四顯示 Skov BlueFan 風扇排風量與扇葉轉速間的線性關係。當扇葉轉速每分鐘 550 轉，靜壓 0.10 英寸水柱時風扇的排風量約為每分鐘 29,000 立方英尺。風速減少 20% 後排風量減少約 24% 至每分鐘 22,000 立方英尺。扇葉轉速降低至每分鐘 340 轉（減少 38%）後排風量則減少 52% 至每分鐘 14,000 立方英尺。由於風扇是在靜壓 0.10 英寸水柱而非無靜壓的環境下運轉，因此實際上風扇的排風量與扇葉轉速間的比例關係非 1:1。變頻風扇很大的一個特點就是當扇葉轉速變慢，風扇在高靜壓環境下的排風量也會顯著的減少。即使轉速僅減少 20%，若是在高靜壓的環境下（如 0.15 英寸水柱）運轉的話排風量也可能減少 50% 以上，因此使用變頻風扇時需要注意若扇葉轉速減少太多可能導致風扇本身因壓力不足而無法開啟扇門。

雖然初期可能很難理解，但從節能的角度來看，同一時間以低速運轉多具風扇比高速運轉少量風扇來的節省能源。決定電費多寡的並非運轉風扇的數量，而是風扇運轉的速度。例如同時以全速運轉 3 具 BlueFan 風扇排風量可達每分鐘 87,000 立方英尺（29,000 cfm @ 0.10 X 3），用電量約 4,200 瓦（1,400 瓦 X 3），但若同時以轉速每分鐘 375 轉（約全速 68%）運轉 5 具 BlueFans 風扇，排風量和 3 具全速 BlueFans 相同，用電量卻減少近 50% 至 2,250 瓦（450 瓦 X 5）。雖然越多風扇運轉，用電量卻減少了。

我們最近針對使用變頻風扇如何減少風扇用電量開始新的研究。研究地點坐落於喬治亞州西北方的一個種雞場，該種雞場內共有兩棟雞舍。雞舍於 1990 年代中期建造，長 150 公尺、寬 12 公尺（40' X 500'），兩側使用帆布，雞舍內架設 8 具 48 吋斜壁風扇與 6 具 36 吋側牆排風扇（圖二）。實驗組雞舍改裝 6 具 55 吋 Skov BlueFan 變頻風扇並留 4 具原本的 48 吋風扇備用（圖一），對照組則保留原本 8 具 48 吋風扇。每具變頻風扇均連接一個能將轉速調整於 60-100% 之間的變速裝置（圖五）。風扇本身由雞舍內之 Chorettime C2 環控設備系統，Skov 本身具備控制箱，當環控系統送出開/關訊號後，Skov 控制箱則再將訊號傳至各個風扇的變速裝置（圖六）。





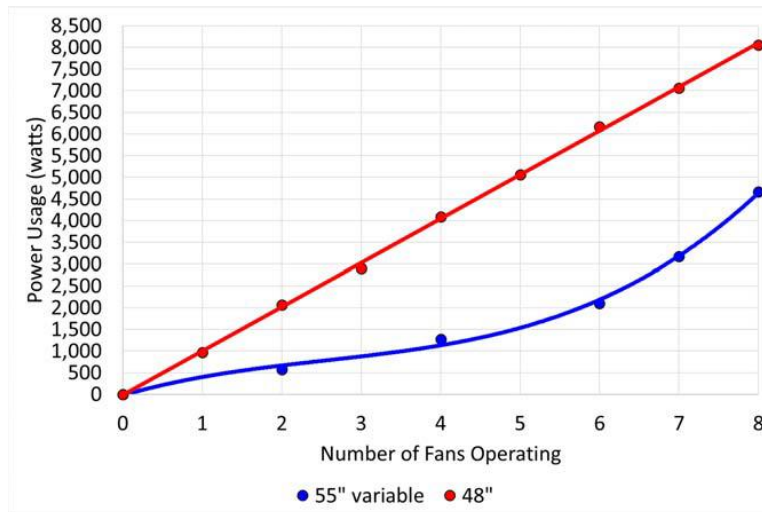
圖(五)、55 吋變頻風扇與變速裝置(風扇上方)



圖(六)、Choretime 環控系統與 Skov fan 介面(藍箱)、電表(左方)

該六具 55 吋變頻風扇初始轉速均調整至每分鐘 340 轉(68%全速)，使每一具變頻風扇之排風量和原本的 48 吋風扇相當。這樣的調整是為了當實驗組雞舍環控系統啟動一具排風扇時，其排風量和對照組雞舍的 48 吋風扇相同。當環控系統啟動第七具風扇時，實驗組的 6 具變頻風扇轉速則同時增加至排風量和對照組運轉 7 具 48 吋排風扇相同之轉速(每分鐘 395 轉，71%全速)。同理，當環控系統啟動第 8 具風扇時，實驗組雞舍變頻風扇則再增加轉速至排風量和 8 具 48 吋排風扇相同之轉速(每分鐘 450 轉，82%全速)。

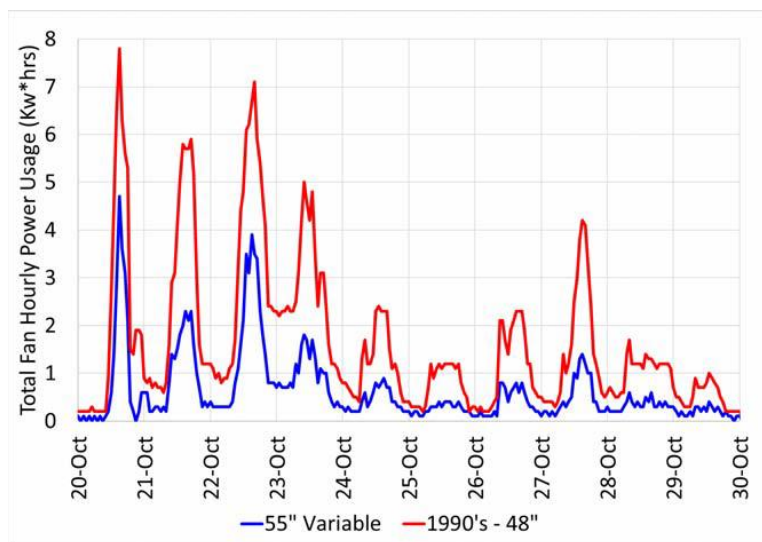
對照組雞舍 8 具 48 吋風扇全速運轉或實驗組 6 具變頻風扇運轉於全速之 82%情形下，中央墊料區測得之風速均約每分鐘 14.4 公尺 (480 英尺/分鐘)，架高區外側風速均約每分鐘 90 公尺 (300 英尺/分鐘)。儘管 6 具 55 吋 BlueFan 全速運轉時排風量可以增加 30%，環控系統僅在雞舍溫度過高的情況下才會提高轉速。本實驗的目的在和現有風扇相同排風量的條件下使用新型風扇評估其節能效果，並非利用新型風扇提升雞舍內風速。



圖(五)、風扇總用電量與運轉風扇數量關係圖

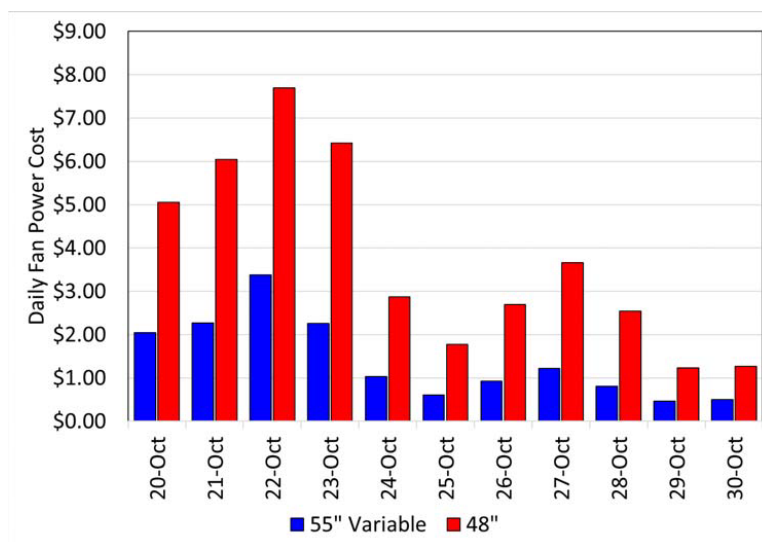
圖五圖說明通風扇總用電量與運轉風扇數量間的關係圖。對照組雞舍內 8 具 48 吋風扇用電量均為約 1,000 瓦/具。相較之下實驗組雞舍變頻風扇用電量則稍顯複雜，6 具變頻風扇之初始轉速設定為全速運轉的 68%，此設定目的是為了讓變頻風扇與對照組雞舍內 48 吋風扇間有相同的排風量。在這樣的設定下變頻風扇的

用電量為 350 瓦，比 48 吋風扇的 1,000 瓦減少 65%。當環控系統啟動對照組的第 7 具 48 吋風扇時，實驗組雞舍 6 具變頻風扇同時將轉速提升至產生的排風量約等於 1 具 48 吋風扇產生的排風量，提升轉速後每具變頻風扇的用電量約為 530 瓦。當對照組雞舍環控系統啟動第 8 具風扇時實驗組變頻風扇轉速則再次提升，提升後用電量為 740 瓦。雖然變頻風扇的用電量增加，但重點是僅有 6 具變頻風扇在運轉，因此風扇總用電量明顯的比對照組雞舍更低。當環控系統啟動對照組第 7 具 48 吋風扇時總用電量為 7,000 瓦，實驗組雞舍則減少了 55%至 3,180 瓦 (530 瓦 X 6)；當環控系統啟動對照組第 8 具 48 吋風扇時總用電量為 8,000 瓦，實驗組雞舍總用電量約為 4,320 瓦，較對照組少 46%。



圖(六)、風扇每小時用電量

實驗組與對照組每具風扇均裝設一獨立電表，電表連接至數據紀錄系統而系統設定每 15 分鐘記錄一次用電量。圖六中可見種雞場雞舍進雞後 10 日之風扇每小時總用電量。圖七為兩棟雞舍每日運轉風扇之成本 (電費假設為 0.1 美金/kWh)。取決於對照組風扇每日運轉數量，實驗組雞舍變頻風扇總用電量節省約 46% 至 65% 不等。雖然目前仍為實驗初期之結果，藉此機會我們可以瞭解為何越來越多人對於使用變頻風扇達到節能效果感興趣。



圖(七)、風扇每日運轉成本 (0.1 美金/kWh)

基於變頻風扇潛在節能效果，未來興建或改建的雞舍勢必會裝設變頻風扇。但在變為常態前仍有需多問題需要被探討：

- 1) 經濟條件 - 現有的變頻風扇及相關的控制系統價格高昂，售價約為傳統風扇之兩到三倍。
- 2) 壽命/可靠性 - 變頻風扇需要控速系統，若系統失效則幾乎無法達到變頻的效果。
- 3) 控制系統 - 現階段並非所有環控系統都能夠輕易被修改成同時控制大量的變頻風扇。
- 4) 變頻風扇理想數量 - 當變頻風扇全速運轉時節能效果有限，若要達到節能的效果則需要架設足夠的變頻風扇。風扇數量越多，需要全速運轉的時間越少，節能效果越明顯，但初始成本也越高。
- 5) 與現代風扇間的比較 - 本實驗檢視之對照組風扇與近代新型風扇相比較為老舊及更耗電，因此現代化風扇與變頻風扇間的差異需要另外再探討。

上述和後續其他的問題都會在本實驗進行過程和我們其他關於變頻風扇的實驗中持續作探討。

Michael Czarick  
Extension Engineer  
(706) 542-9041  
[mczarick@uga.edu](mailto:mczarick@uga.edu)

Brian Fairchild  
Extension Poultry Scientist  
(706) 542-9133  
[brianf@uga.edu](mailto:brianf@uga.edu)