

小型稻穀乾燥機之改善及 太陽能源之利用研究

A Study on the Improvement of Small-Sized Rice Driers by Using Solar Energy

臺大農業機械系副教授

馮 丁 樹

Din-Sue Fon

Summary

Application of solar energy on grain drying is of a simple procedure using air as the working medium. Usually a satisfactory result on heat collecting can be obtained in this respect without a need of cares much in the construction of the insulation materials.

Purpose of this study is to design some of solar collectors or heat collecting devices that can be applied on the present small-sized rice driers in Taiwan. There are two types of driers of this range used now, namely, the circulating and the box-type driers. Farmers who bought the circulating type driers usually have to build a machinery shed for them. We then design a solar collector incorporated with the machinery shed and directly supply the heated air to the drier. The collector efficiency can reach 50% and the temperature increase can be 15°C in an average.

An improvement on the box-type drier has been done by designing several models of transparent tents covering on the drier in order to obtain a greenhouse effect in operation. The main frame of the polyethylene tents is made of steel tubes. Air is drawn into the drier by suction and heated by the ground, the surface of the box and a piece of black cloth covering on top of the grain. Collector efficiency in this case can reach 50-70%.

近兩年來，石油的價格雖有止漲回跌的趨勢，但是由於全世界的油源存量有限，其潛在之漲因仍然存在。尤其中東的政局一旦風吹草動，則隨時有觸發油價再度攀升之可能。尋找其他替代能源，應

是當今一代時時警覺之問題。

數年前，太陽能被認為極富潛力之替代能源，歐美各國紛紛投入大筆研究經費，冀能在實用上有所突破。雖然目前各國研究方針已稍改變，然太陽

能在農業方面之應用，仍有其不可忽視之潛力。尤其在穀物乾燥方面，則更具價值。

在我國，太陽能用於乾燥穀物，事實上早已行之千年，且廣泛為農民所利用。以目前本省之情形為例，雖然火力乾燥機推廣經年，部份農民亦因而貸款購得此等機械。惟實際上，收穫季節若遇晴天時，農民仍寧可捨火力乾燥機不用，改用傳統日晒法。由此可見，太陽能之應用，對農民而言，乃是根深蒂固之事。

傳統日晒法，直接利用太陽能，其最大優點在於無需支付昂貴之燃料費用。但人力之浪費仍然存在，尤其在南部一期收穫期間，屢遭遇午後陣雨（即所謂之西北雨），常需很多的人力於短暫的時間內完成收集、覆蓋之工作。平常時間，亦需要一、兩個工人經常作翻動之工作。在炎炎夏日裏，甚為辛苦。因此，如何利用日晒法之優點，並克服人力上短缺之問題，則是本研究之目的。

研究目的：

就目前推廣中之小型循環式與箱式乾燥機進行改良或重新設計，使其保留原機之型狀，但能攝取太陽能為熱源，以減低或避免燃油方面之消費。

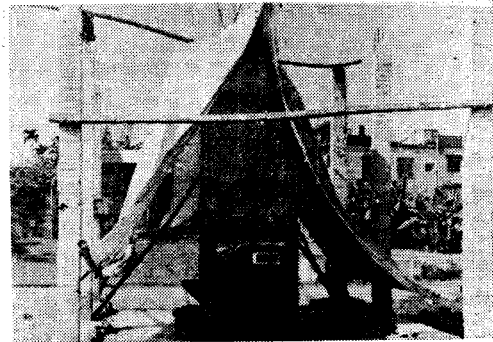
構想與作法：

改善之構想因機種之不同，可分為兩大部份：

一、循環型乾燥機：

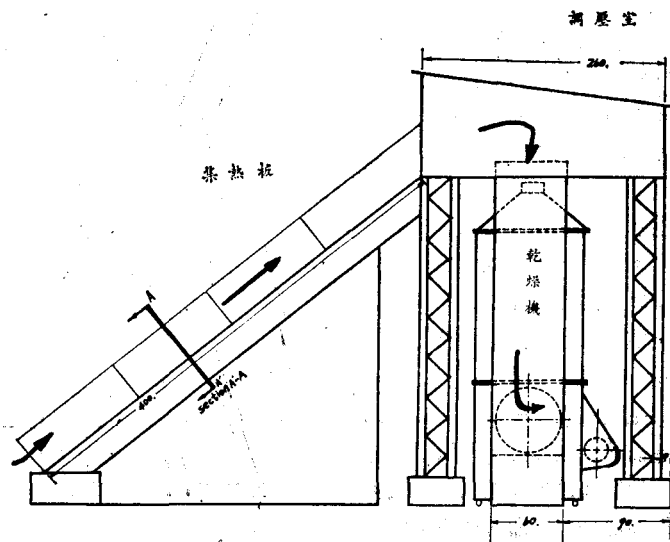
大凡購買循環式乾燥機之農民，通常仍須花費十餘萬元之經費建造廠棚（見圖一），否則必需把

乾燥機移至室內，與住家合併。新建之遮棚均屬力壩式，比一般平房為高。故若能利用循環式乾燥機本身所需之力壩棚架加以改良，使其既能發揮遮棚之功效，又能直接利用太陽能為乾燥熱源，而其所需額外經費又不高，應屬一舉數得之事。

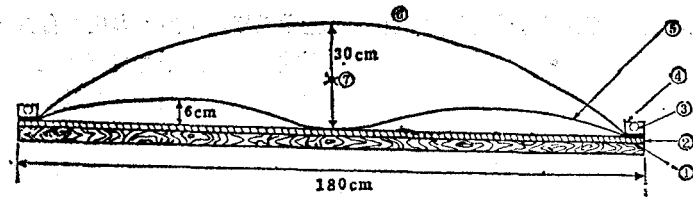


圖一、循環式乾燥機之廠棚（建造中，攝於屏東）

針對此項觀念，本研究乃以遮棚為改良對象。設計後的遮棚結構如圖二所示。整個房架分為兩部份，傾斜面為集熱器，與地面約成 45 度，方向向南；屋頂部份則作為集風路，但仍兼有集熱之效果，整個房屋結構由力壩鋼架所組成。傾斜面分成三條風道，每道之橫剖面如圖三所示。斜面總面積有 6.2 坪（長 3.8 米，寬 5.4 米），合計 20 平方米。底層為 1 公分厚之夾板，其上鋪以 0.5 公分厚之 PE 發泡層以為絕熱之用。集熱板為 1 厘米厚之鍍鋅鐵板，上噴以平光漆，以增加其集熱效能。集熱



圖二、循環式乾燥機集熱棚之剖面

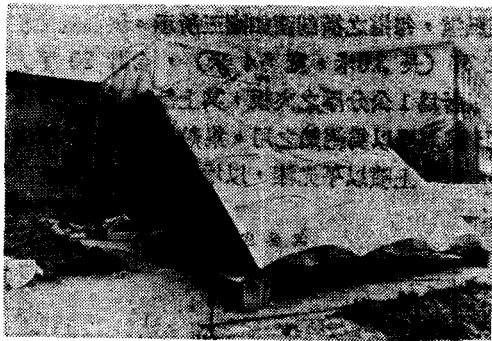


- ①：1公分三合板 ②：P. E. 發泡棉
 ③：橡皮軟管 ④：槽形鐵
 ⑤：1厘米厚鍍鋅板（塗黑平光漆）
 ⑥：196 長扁鐵，上鋪P. V. C. 透明布

圖三、集熱器 A-A' (圖二) 之橫斷面 (單風路)

板彎成弧形，使其與合板間構成最高約有六公分之間隙。為產生溫室效應，集熱板上層採用 PVC 透明塑膠布作為覆蓋，以構成風路。塑膠布係利用扁鐵彎成弧型架空，弧型鐵兩端分別以 U 型槽鐵固定於鋅板上。塑膠布覆蓋於扁鐵上，在槽鐵處，再用適合於槽孔之橡皮軟管將塑膠布壓入槽鐵內固定。因此，只要掀開橡皮軟管，塑膠布隨即可卸下，裝換十分方便。

依據上述設計，實際模型建於舟山路臺大農機系內。其外表實際結構如圖四所示。



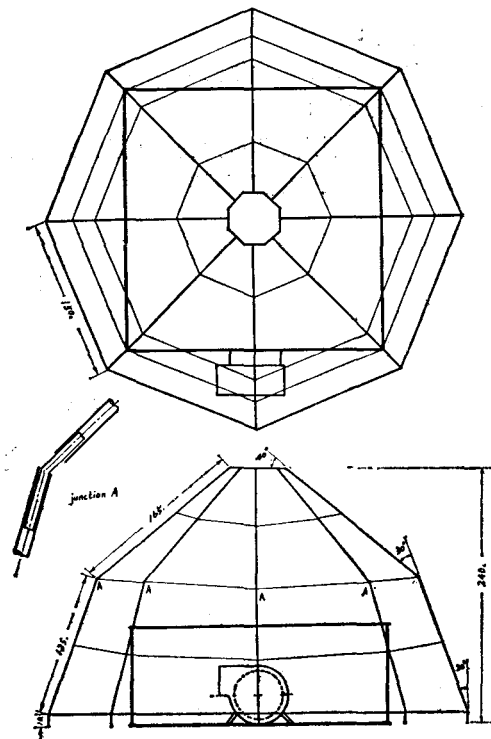
圖四、循環式乾燥機改良遮棚為取熱裝置後之外貌。

由整體設計看，空氣自底部進入集熱器，經集熱器加熱後收集於頂層。再經由一台抽氣扇將熱氣往下送至乾燥機之入口處。因此，乾燥機本身之火爐仍可進行輔助加熱，使熱風達到設定之溫度。

二、箱式乾燥機之改良

箱式乾燥機之改良主要在利用塑膠布配合不同支架，以獲得溫室效應而將空氣加熱。乾燥機本身仍維持其箱式結構，但送風機之方向改以吸引式，使新鮮空氣經各吸熱片加熱後，先通入穀層，廢氣則由風機抽至室外。

塑膠帳篷均為透明且是活動式，不用時可摺疊收藏，以供下次使用。此次設計之塑膠帳篷共有三套，其一為八掛帳，其結構圖如圖五，支架為圓鐵管接成，收裝甚為容易，惟塑膠布本身需分由八片高溫熱壓接合，較不容易自行縫製。此種型式構造簡單，堅固，且無方向性。頗適合於方型之乾燥箱。其實際模型如圖六。集熱板包括乾燥箱、地板與稻穀上所蓋覆之黑布等。空氣自四週底緣進入，經穀層後，再由一 $\frac{1}{2}$ 之離心式抽出室外。帳篷一端有重疊縫，以為進出倉之用。

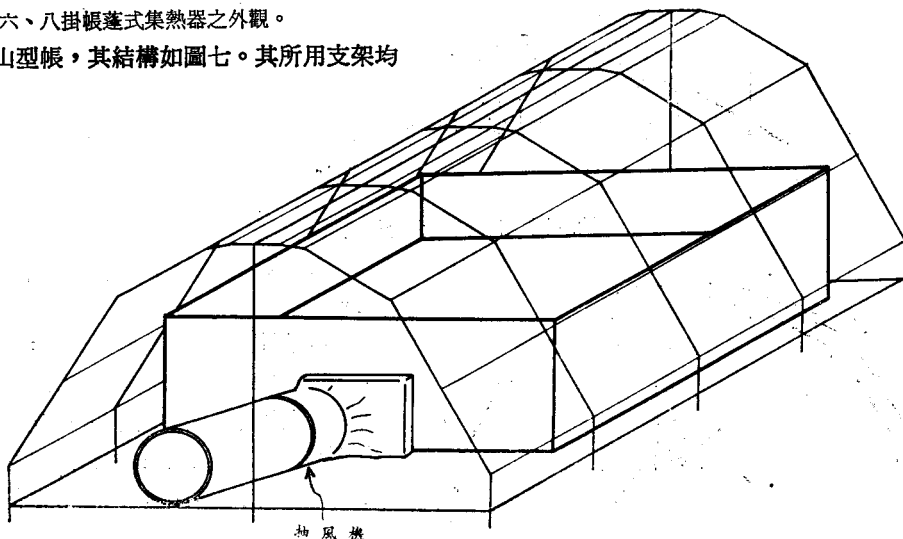


圖五、八掛式塑膠帳蓬之上視與側視圖，中方型者為箱式乾燥機



圖六、八掛帳蓬式集熱器之外觀。

其二為山型帳，其結構如圖七。其所用支架均



圖七、塑膠集熱帳蓬之透視圖

長約在 80~100 公分間，接合法如圖十所示。不需任何螺絲固定，裝卸約十分鐘即可，一人可為之，不需任何工具，非常方便。透明塑膠布為整片式，不需縫製成特殊形狀。在兩長端緣則鑲有小孔，以尼龍繩穿入兩端之各孔洞，即可收束兩端。整個帳亦分成前後兩截，可隨時移開或併攏，以利進出倉，其外觀如圖十一。

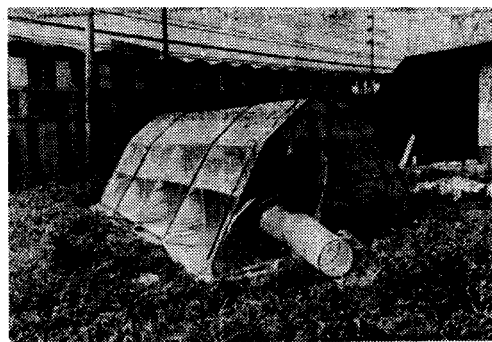
三種型式之集熱帳蓬均可應用於現有之各型箱式乾燥機上，勿須對乾燥機本身作任何更動。應用時位置之選擇相當重要，茲將有關細節歸納如下：

1. 地點應擇空曠平坦處，並且儘量終日能接受陽光。
2. 排水容易，不可有積水現象。
3. 以水泥地面或柏油路面為佳。

設置時，地面若甚潮濕，可先在地面上鋪一層隔水帆布，以阻絕水源。各材料物面均以黑色為佳。乾燥箱最好以南北向為佳，風機位置在北方。濕穀放入穀箱鋪平後，上面應蓋一層透氣性甚高之黑

為一吋槽型鐵彎折而成，故甚為堅固。帳架分前後兩半部，可以分別挪移至他處，以利進出倉。塑膠布則依該型式剪裁，兩端分別有拉鍊作為開口，以利人員進出。惟此型製作費用較高，且縫口處容易破裂，為其缺點。所用風機為軸流式，以 $\frac{1}{2}$ 馬力之馬達帶動。其外觀如圖八。

第三種為圓筒帳。圓筒帳高度較高，人可在帳內活動。其結構如圖九。圓筒帳之橫切面為半圓型，其骨架均為直徑 1.5 公分之鐵管彎折而成，其管

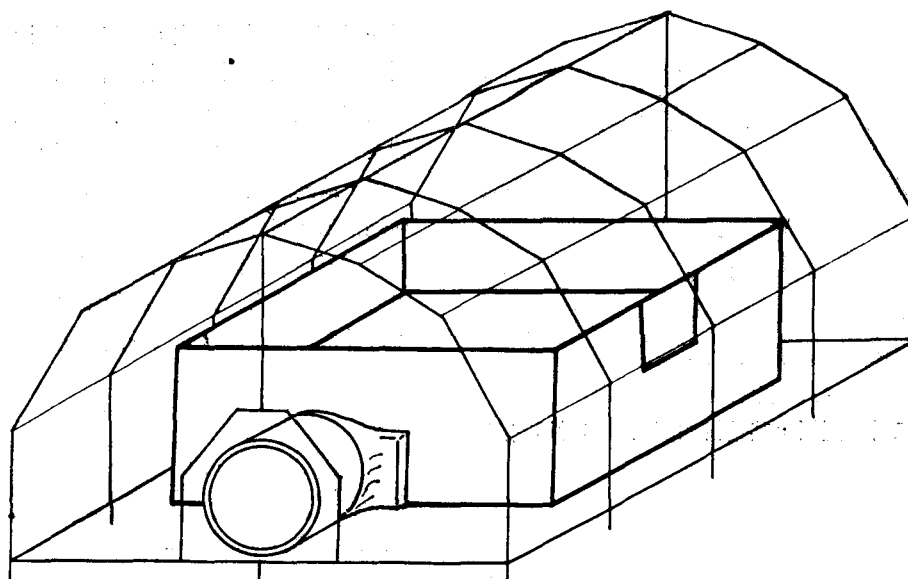


圖八、山型帳集熱器之外貌。

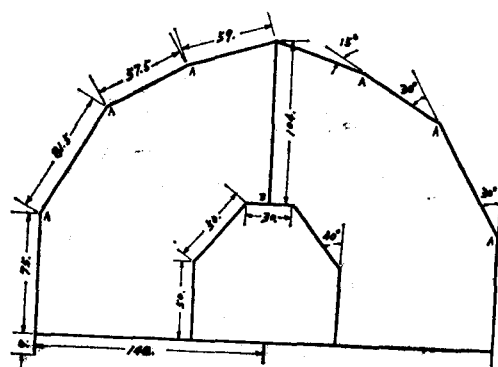
色粗布，作為吸熱之用。穀箱四周最好貼上一層保麗龍以茲絕熱，保麗龍表面則塗上黑色塗料。作為集熱板。塑膠布本身要求不必很氣密，若有破洞，可以膠帶黏補，以免進一步碎裂。

空氣之方向係採用抽吸之方式，使室內產生某程度之負壓，其優點為：

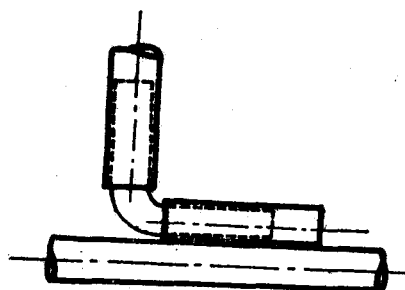
1. 帳蓬本身之氣密要求，不必過份嚴格。
2. 進入帳蓬之空氣，無外洩之虞，熱效率提高



圖九、圓筒塑膠集熱帳蓬之透視圖



junction A



junction B

圖十、圓筒塑膠帳之側面圖(上)與接合法(下)

3. 負壓之存在，使整個帳蓬緊附地面，無懼風雨。

4. 空氣自邊緣進入，有經帳外之地面預熱之效果。

5. 可利用黑布覆於穀物表面，增加吸熱能力。

此種方式惟一缺點則是無法利用風扇與馬達本身所發散之熱量。此項熱量一般可提高空氣之溫度約 1°C 左右。在此型式之集熱帳蓬中，新鮮空氣自帳蓬四周近地面處進入，然後經過帳內之地面，穀箱四周之黑色表面，最後經穀層上面之黑布加熱，之後，通過穀層進行乾燥，廢氣再由風機抽離帳外。

因此，風機可為軸流型或離心式者，動力約在 $\frac{1}{2}$ HP 即可。舊式之風機，因與燃燒器合併，風路阻力較大，故約需 1HP。



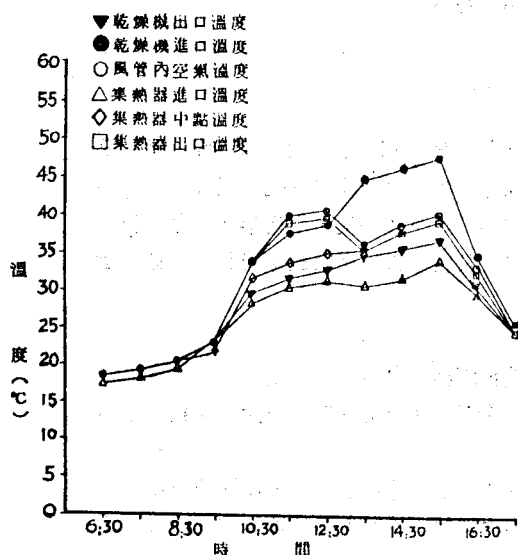
圖十一、圓筒式集熱器之外貌。

試驗分析

一、循環式乾燥機：

利用此種傾斜板集熱器，其所收集熱量之多寡依太陽日射量之高低而定。日射量以正午為最高，

故熱風溫度也愈高。圖十二爲六十九年三月廿一日所測定之熱風溫度變化情形。在正午時間，熱風溫度高達 50°C 左右。平均言，白日裏約可獲得高於常溫約左右 15°C 之熱風。以此溫度進行稻穀乾燥，雖然乾燥速率會有降低之情形，但穀物乾後之品質則將預期性地提高。故若非在緊急搶救情況下，以此項溫度乾燥堪稱足夠，不必再以燃燒爐輔助加熱，夜晚若欲繼續乾燥，則可啓動燃燒爐。



圖十二、六十九年三月二十二日循環式機內空氣溫度與戶外溫度之比較。

根據試驗資料顯示，此種集熱器之集熱效率約在 45~50% 左右。依本省北部氣象局之測定，每年六、七月之平均日射量約爲 0.4 仟卡/平方公分計算，此 20 平方米之集熱面積每日約可收集四公升之等值柴油。估計約可節省 23% 之燃油消耗。

二、箱式乾燥機

箱式乾燥機方面則曾配合山型集熱帳於六十九年七月四日前往臺中實地試驗。濕穀共計一千公斤，含水率計由 18.5% 乾減至 11% 共計 23 小時（包括晚間連續通風）。乾燥期間不用任何輔助油料，乾減率平均每小時爲 0.32%，若僅計及白天，則乾減率每小時達 0.63%，與一般箱式乾燥機之性能並無二致。根據此次試驗，熱風溫度（黑布下之位置）最高可達 45°C ，約比常溫高 10°C 左右。此項溫度對於箱式乾燥機言，是最適於乾燥之溫度。

據實驗結果，輕胴裂增加率爲 6.3%，但重胴裂最高則達 22%。雖比傳統箱型者略低，但離標準仍高，故將來仍有必要合併雙向通風之乾燥方式

，使穀層上下水分分佈更爲均勻，並減少胴裂率之增加。

在集熱效率方面，其範圍約在 50% 至 70% 之間，依一日之時分而不同，據實驗，在晴朗之天氣裏，其熱效率以正午至二時間爲最高，其餘時分則逐漸降低。

結 論

太陽能作爲熱源應用於乾燥機方面，是最直接且最方便的方法。在不必過份強化絕熱材質之情況下，仍可獲得相當滿意之集熱效率。本文針對目前現有之循環式與箱式乾燥機加以改善，以不破壞原來乾燥機之設計爲原則，加裝太陽能取熱裝置，使其在晴天時間能很經濟地利用太陽能源。

循環型乾燥機方面，係利用其本身所需之遮棚改良成爲集熱裝置，進入乾燥機之空氣必須先經集熱器加熱，然後經風機抽送入乾燥機內，乾燥穀物，利用此方式取熱，在晴天時辰，空氣溫度可提升 15°C 左右。

箱式乾燥機之改良，主要針對透明塑膠帳篷之型式進行設計，其特點是利用價廉之黑布覆蓋於稻穀上替代取熱板。空氣經過黑布即受加熱。塑膠帳篷之目的在產生溫室效應，增加集熱功能，同時可兼爲遮雨之用。在南部西北雨極頻繁之地區，頗爲適用。此種收集器之效率約在 50% 至 70% 之間，乾燥之時間與一般晒穀之速度大略相同。

由本研究提出之太陽取熱裝置，所費不多，且大體上簡單易行；而且效率亦相當良好，應可供推廣，使乾燥機械化因能源之節省而進入另一新紀元。

誌 謝

本研究係依農發會 68(AMF)-6.1-009(b)B 計劃進行，並蒙曾瑞雄、周楚洋、林文輝、張經正等諸位先生協助，謹致謝意。

參 考 資 料

1. G. H. Foster & R. M. Peart Solar Grain Drying—Progress & Potential USDA Agriculture Information Bulletin No. 401 Nov., 1976.
2. J. A. Duffie & W. A. Beckman Solar Energy Thermal Processes John Wiley & sons 1974.
3. Richard Merrill Energy Primer Portola Institute, Inc 1978.

（文轉第 106 頁）