

臺灣稻穀倉儲設備之改良研究*

A Study on Improving the Rice Storage System for Taiwan

行政院國家科學發展委員會客座專家
國立臺灣大學農業機械工程學系客座副教授

蕭 介 宗
Jai-tsung Shaw

摘 要

爲了改良臺灣的稻穀倉儲設備，作者建議規劃稻穀倉儲設備成爲高效率稻穀運搬中心，修護或廢棄愈齡倉庫，保持稻穀溫度和濕度的均勻，運搬機械化，及專業化和現代化的管理。

現有的通風設備相當混亂；因此，作者提供一實際通風設計和安裝的參考資料。

Abstract

To improve the rice storage system for Taiwan, the author suggested how to plan a high efficient rice handling center, to repair or discard aged warehouses, to maintain uniform rice temperature and moisture content, to have mechanic handling and to have specialized and modern management.

The existing aeration system is confusing; therefore, the author offered the practical design procedure and the proper installation for reference.

一、引 言

臺灣地區的作物種類繁多，但以產量而言稻穀是僅次於甘蔗年產量約 2,350,000 公噸左右。對於以米食爲主的同胞而言，是不可缺乏的必需品。稻穀倉儲的設備直接影響收穫後稻米的品質和生產者及消費者的權益。

二、文 獻 探 討

根據臺灣省糧食局^{(1)**}的穀類倉庫調查米穀業廠商約 288 家，其中農會佔 285 家，所以大部份稻穀倉庫集中在各地農會。其中多數爲袋裝倉庫約佔總容量的 63.1%，其餘爲散裝倉庫。在袋裝倉庫中以磚造倉庫棟數和容量佔最多，而在散裝倉庫中以鋼筋水泥散裝倉庫在棟數和容量佔的比率較大。

* 本文乃根據參考資料⁽⁵⁾濃縮而得。

** 參考資料號碼。

在散裝倉庫容量從 1974 年 25,200 公噸增加爲 1980 年 468,550 公噸計增加 19 倍之多。

根據糧食局⁽¹⁾的統計，稻穀倉庫棟數佔所有倉儲業約 72.3%，因爲地區分散，所以每棟的容量只有 485 公噸屈居各行業之末。

在農會現有稻穀倉庫之中，二十年以上的倉庫仍然佔有棟數的 42.2% 或佔容量的 29.9%。所以現有稻穀倉庫在倉齡上比其他倉儲業者高。

根據糧食局⁽¹⁾的統計項目，大概可以瞭解現有稻穀倉庫仍然以人工搬運爲主，在進倉時佔 90.9%，但在出倉機械化程度反而提高，人工搬運減爲 64.1%。所以在儲運的機械化仍須努力加強。

對於維持倉庫內溫度和濕度均勻的通風口，根據陳貽倫等⁽²⁾的調查，通風窗與地板面積比值和通風口與地板面積之比值均不高。除了通風窗、地板通風口和牆脚通風口之外，各穀倉之內都擺有竹簾

在倉底爲通風設施。竹箴筒尺寸大小不一，其直徑在 0.2~0.3 公尺者居多，而且其長度都高過穀堆。這些自然通風口，必需配合季風的方向，效果才會良好。實際上，很多倉庫都有建築物的阻擋，自然通風的效果可能不理想。

當稻穀貯於穀倉之前，習慣於在地板上鋪設防潮材料，其材料如穀殼、草袋、稻草等都沒有事先消毒，這些材料很可能成爲貯藏病害的起源。此外，這些材料也被用於倉內牆壁的防潮防熱設施，除了減少倉庫的容積，並可能導致貯藏病害。

三、稻穀倉庫設備改良重點

從上面的資料，我們可以看出稻穀倉庫設備的缺點如下：

1. 倉庫分散，每棟的容量小。
2. 倉庫老舊。
3. 倉庫溫濕度的控制不良。
4. 倉庫設備尚未機械化。
5. 倉庫的管理尚未專業化和現代化。

下列將對這些缺點提出改良的意見。

四、集中型倉庫系統規劃

因爲從事農業報酬的降低，鄉村青年往都市工作，勞力的老化，目前以袋裝爲主，人力運搬爲主的小倉庫，將隨着農業機械化的潮流而消失。機械運搬稻穀，爲減少固定的投資，集中型圓筒散裝倉庫的規劃和設計是必然的途徑。當規劃集中型倉庫系統時，下列的因素需加以考慮⁽⁸⁾：

1. 乾燥機的乾燥量必須能配合水稻聯合收穫機的收穫量。
2. 搬運車的搬運量要能配合田間乾濕、收穫量、乾燥量和卸貨處空間的大小、進出流暢。
3. 卸貨方式的不同，必須預留卸貨的空間。
4. 接貨地點的水位和稻穀是否允許混合，而決定接貨的方式。
5. 升高方式要配合空間的大小、勞力多寡、運搬量、動力來源，和機械的優點。
6. 稻穀的用途而決定乾燥溫度和流程中的乾燥量。
7. 現有和將來的生產量、乾燥量和貯藏量。
8. 現有的機械、倉庫、車輛流通方式和預算經費。

一個良好的倉庫系統，就像一道良好的裝配線，稻穀的流程通暢，不必要的搬運減到最少。在目

前的稻穀倉庫，大部份都沒有乾燥系統，所以對收穫後稻穀的品質要有效的控制，必須加上乾燥系統。

五、改進老舊稻穀倉庫的建議

爲使稻穀倉庫能達到安全貯藏的目的，下列設計條件必須滿足⁽¹¹⁾：

1. 全天候能够抵擋風雨的侵襲；
2. 密閉足夠以完成燻蒸；
3. 裝有可控制的通風系統；
4. 可防止齧齒動物或鳥類的進入；
5. 避免粉塵或殘留物會堆積的突出部份或角落；
6. 爲了避免在穀物上層的高溫，應在屋頂避免光線的進入；
7. 在結構強度上，能够承受風壓和稻穀的橫壓力（特別是散裝時）；
8. 合乎清潔衛生原則。

爲合乎上列稻穀倉庫的基本條件，一些老舊稻穀倉庫必需加以整建，才合乎現代倉庫的條件，方能保持稻穀的品質和減少損耗，其改進建議如下：

1. 屋頂、牆壁和地板龜裂之處，應加以修護；
2. 粉塵或殘留物必須加以清除；
3. 爲維持穀物溫度和濕度的均勻，必須有適當的通風設備；
4. 改良倉庫附近的排水系統；
5. 倉庫漆白色，減少太陽的輻射能；
6. 進倉前加以燻蒸消毒；
7. 若改善工程不理想，此類倉庫應停止使用。

六、改進倉庫內稻穀溫度和濕度的均勻

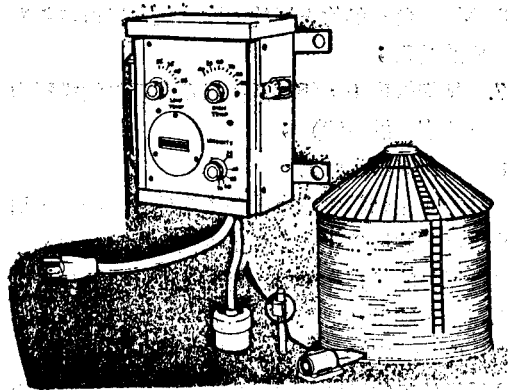
目前糧食局驗收入倉的稻穀主要的條件是含水率低於百分之十三。目前不論是利用太陽乾燥或熱風乾燥的穀溫都可能在 40°C 左右，假如一些農戶在乾燥後，儲存一段時間再繳給糧食局，這些稻穀溫度可能與大氣溫度 20~30°C 平衡。這樣一來，入庫稻穀本身的溫度因來源不同，可能有 20°C 的差異。

同時倉庫，因爲外界溫度的變化，造成穀物間隙空氣的對流，而導致水份的移動而在倉庫的頂部或底部產生水份的冷凝現象。

此外，倉庫因爲局部昆蟲、黴菌和微生物等生熱而產生熱點，當溫度升高時，這些生物的移動，也會產生溫度和濕度的不平均。

針對上列可能導致溫度不均勻的原因，提出改進的方法：

1. 入倉的稻穀除了測定含水率須在百分之十三以下，同時測定穀溫應接近於大氣溫度。
2. 入倉的稻穀含有夾雜物包括發霉的稻穀、昆蟲和真菌的清除和控制，以免將來引發熱源。
3. 裝置稻穀倉庫溫度偵測系統，穀溫升高或穀溫相差大時，引起熱偶線或熱電阻的變化而顯示在記錄器或引起警報，提醒穀倉管理人員的注意或利用溫度控制自動通風如圖一，以達成穀溫 and 濕度的均勻。



圖一 自動通風系統

通風的目的是降低穀溫，均化穀溫，移除異味或薰倉的毒氣和減少翻倉的成本和造成穀物磨損的現象。

因美國南部各州的氣候條件與本省較接近，通風量的標準可採用美國南部的資料每英斗穀物（56 磅玉米，1.245 立方英尺）平倉為 0.05~0.25 CFM，豎倉為 0.05~0.10 CFM^(6,7)。

圖二是長米自然堆積對氣流阻力，如穀物壓實，氣流阻力可能增加百分之四十⁽¹²⁾。若在進倉時設穀物分配器（grain spreader），則氣流阻力可能增加百分之百^(10,13,14)。

假設稻穀儲存的高度是 17 ft，則計算單位截面積的風量為 $0.15 \text{ CFM}/1.245 \text{ ft}^3 \times 17 \text{ ft} = 2.05 \text{ CFM}/\text{ft}^2$ 。從圖二可求出每英尺的風壓降為 0.026 英吋水柱高。若假設 1.0 英吋水柱高的管道設計損失，加上百分之四十由於壓實，則總靜壓為 $0.026 \times 1.4 \times 17 + 1 = 1.619 \text{ in}$ 水柱高。

假如截面積為 $67 \text{ ft} \times 31 \text{ ft} = 2077 \text{ ft}^2$ ，則所需的總風量為 $2.05 \text{ CFM}/\text{ft}^2 \times 2077 \text{ ft}^2 = 4258$

CFM。從表一選用 5HP 的風機在 1.619 英吋水柱高時應足以產生 7948CFM。

為減少管道的損失，在管道的空氣速度應低於 1750ft/min^(8,9)。若風量為 4258 CFM 時，進口管道截面積應至少 $4258/1750 = 2.43 \text{ ft}^2$ ⁽⁷⁾。如圖三所示是實際設計使用的例子⁽⁷⁾。

每一 30 CFM 的風量須要 1ft² 的有孔通風地板⁽⁸⁾，由此可計算所需的百分之十有孔通風地板的面積為 $4258/30 = 142 \text{ ft}^2$ 。設有孔通風地板的寬度為 3ft，則所需的長度為 47ft。豎倉和平倉所需的通風管如圖四和圖五與地板平齊，以便機械化出倉。

當安裝時，屋頂的出風口面積應為入風口的兩倍，同時出風口不應被穀物阻塞如圖六。正當的安排應如圖七的情形。

七、稻穀倉儲設備急需機械化

因稻穀倉庫目前仍以人工搬運袋裝為主，隨著農民生活水準的提高和農村勞力的老化，以機械運搬散裝稻穀，仍為將來必經的途徑。當稻穀倉儲設備走向現代化時，面臨倉容太小的問題，為了減少機械設備的投資，必需繼續走向集中型倉庫。

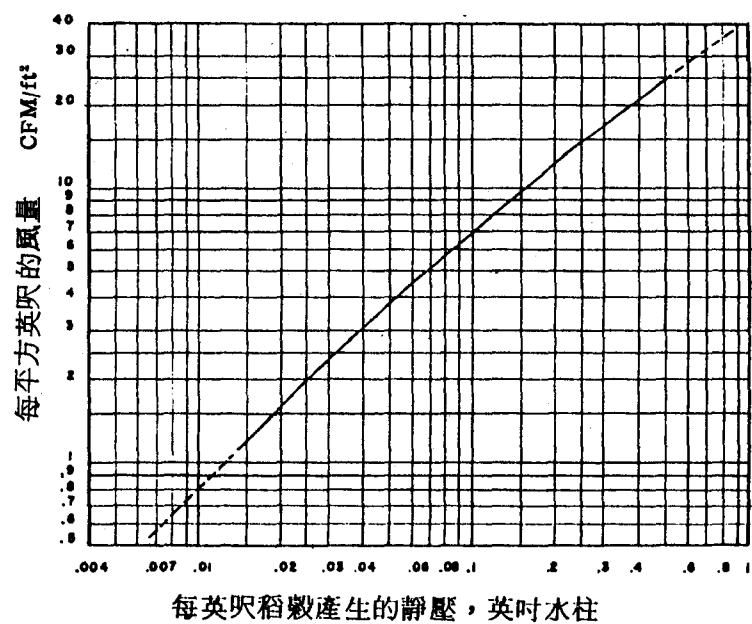
目前集中型的倉庫雖然大部份裝有進倉機械如斗昇機和屋頂皮帶輸送機，但出倉固定輸送機大部份沒有。平倉可裝設如圖八螺旋輸送機或如圖九用於平底堅倉。如此，稻穀入倉和出倉時，都可成為一閉路運搬系統如圖十，節省很多的進出倉勞力。其他機械的選用可以參照運輸量、馬力大小、價格、優點和缺點來決定⁽⁹⁾。

此外，袋裝倉庫改為散裝倉庫時，必需在牆板加強其強度，否則倉庫可能因不能承受稻穀的橫壓而倒塌。

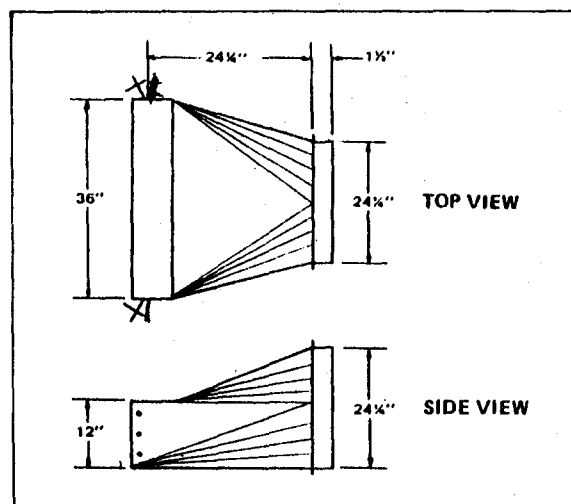
八、稻穀倉庫管理現代化

稻穀貯藏的品質受本身呼吸、溫度、濕度、田間黴菌、細菌、蜘蛛、昆蟲、鳥害、鼠害和管理人員素質的影響，到目前為止，並未發展出可以直接探測稻穀品質的儀器。但間接方法如在稻穀裝設溫濕度監督和控制系統，定期取樣測定其水分含量、發芽率、脂肪酸度、化學成份的變化，病菌和生物的變化都需要有專門技術人員的參與。

此外，政府有關部門應建立有關穀倉設計和操作有關法規，標準和通則。這方面可參照美國國家



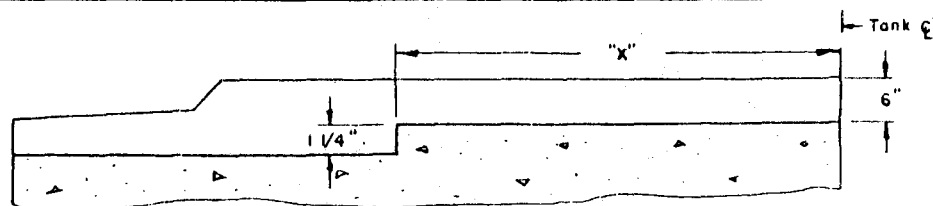
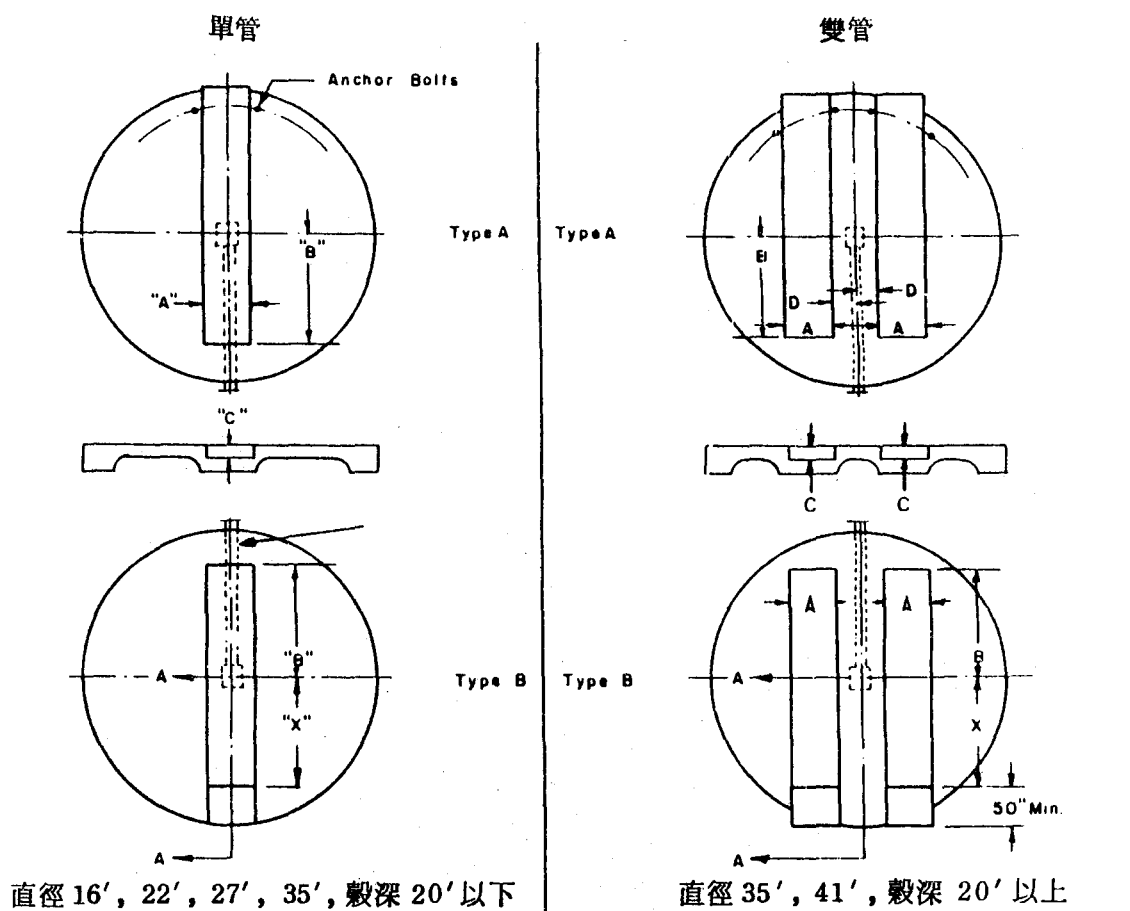
圖二 長米阻力對流量關係當水稻自然堆積時⁽¹²⁾



圖三 風機和地板通風管接頭⁽⁷⁾

風扇直徑	12"	18"	18"	24"	30"	38"	38"	38"	38"	48"	Centrifugal Fans			
H.P.	½	1½	3	5	10 · 13	7½	15	20	25	40	5	10	20	30
R.P.M.	3,450	3,450	3,450	3,450	3,450	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
管道接頭	18%	18% 24%	18% 24%	24" & 30"	30"	38"	38"	38"	38"	48"				
扇頁數目	8	8	8	8	4	14	14	14	14	14				
(靜壓英吋水柱高) 風量 CFM														
¼"	1,907	4,169	5,850	12,100	24,750	18,300	26,300	29,100	32,700	47,000				
½"	1,630	3,812	5,450	11,100	24,400	17,900	25,700	28,450	32,400	46,000				
¾"	1,360	3,440	5,070	10,000	24,050	17,350	25,100	27,700	31,700	45,000				
1"	1,130	3,083	4,700	9,300	23,600	16,850	24,370	27,100	31,100	43,950	7,600	12,600	19,000	20,500
1½"	950	2,800	4,350	8,700	23,250	16,150	23,700	26,400	30,300	42,900				
2"	780	2,522	4,000	8,200	22,700	15,650	23,000	25,800	29,600	41,800				
2½"	610	2,270	3,650	7,670	22,200	15,050	22,300	25,100	28,850	40,650				
3"	462	1,990	3,350	7,102	21,500	14,480	21,600	24,400	28,100	39,500	7,200	11,800	18,000	19,800
3½"	330	1,760	3,050	6,720	20,800	13,800	20,850	23,600	27,300	38,350				
4"	200	1,532	2,730	5,685	20,100	13,060	19,900	22,800	26,250	37,150				
4½"		1,310	2,420	5,100	19,250	12,200	18,900	21,900	24,800	35,850				
5"		1,023	2,070	4,569	18,300	11,300	17,800	20,700	22,300	34,500	6,500	10,800	17,000	19,100
5½"		620	1,720	3,980	17,300	10,100	16,600	19,300	20,400	33,100				
6"			1,360	3,517	16,200	9,300	15,300	17,850	18,800	31,600				
6½"			850	3,000	15,050	8,200	14,200	16,500	17,100	30,000				
7"			520	2,518	13,800	7,320	13,000	15,300	15,700	28,250	5,800	9,800	16,000	18,300
7½"				1,800	12,500	6,300	11,700	14,100	14,400	26,500				
8"				800	10,000	5,550	10,500	12,750	13,000	24,900				
8½"					9,450	4,700	9,200	11,300	11,400	23,450				
9"					8,800	4,120	7,900	9,850	10,000	22,000	4,700	8,800	14,900	17,500
9½"					8,200	3,200	6,800	8,300	8,500	20,450				
10"					7,500	2,520	5,700	6,900	7,300	18,900				
10½"					6,800	2,000	4,800	5,600	6,100	17,250				
11"					6,100	1,480	3,850	4,550	4,900	15,600		7,800	13,200	16,600
11½"					5,300		2,900	3,500	3,900	14,100				
12"					4,400		2,100	2,700	3,000	12,600				
12½"					3,500		1,300	1,850	2,000	11,100				
13"					2,600		500	1,000	1,100	9,500		6,600	11,000	15,800
												4,900	7,800	15,000
														14,100
														13,000
														12,000
														10,700
														8,800

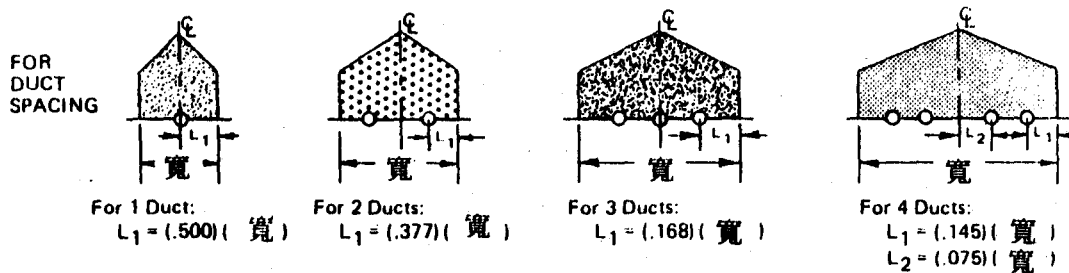
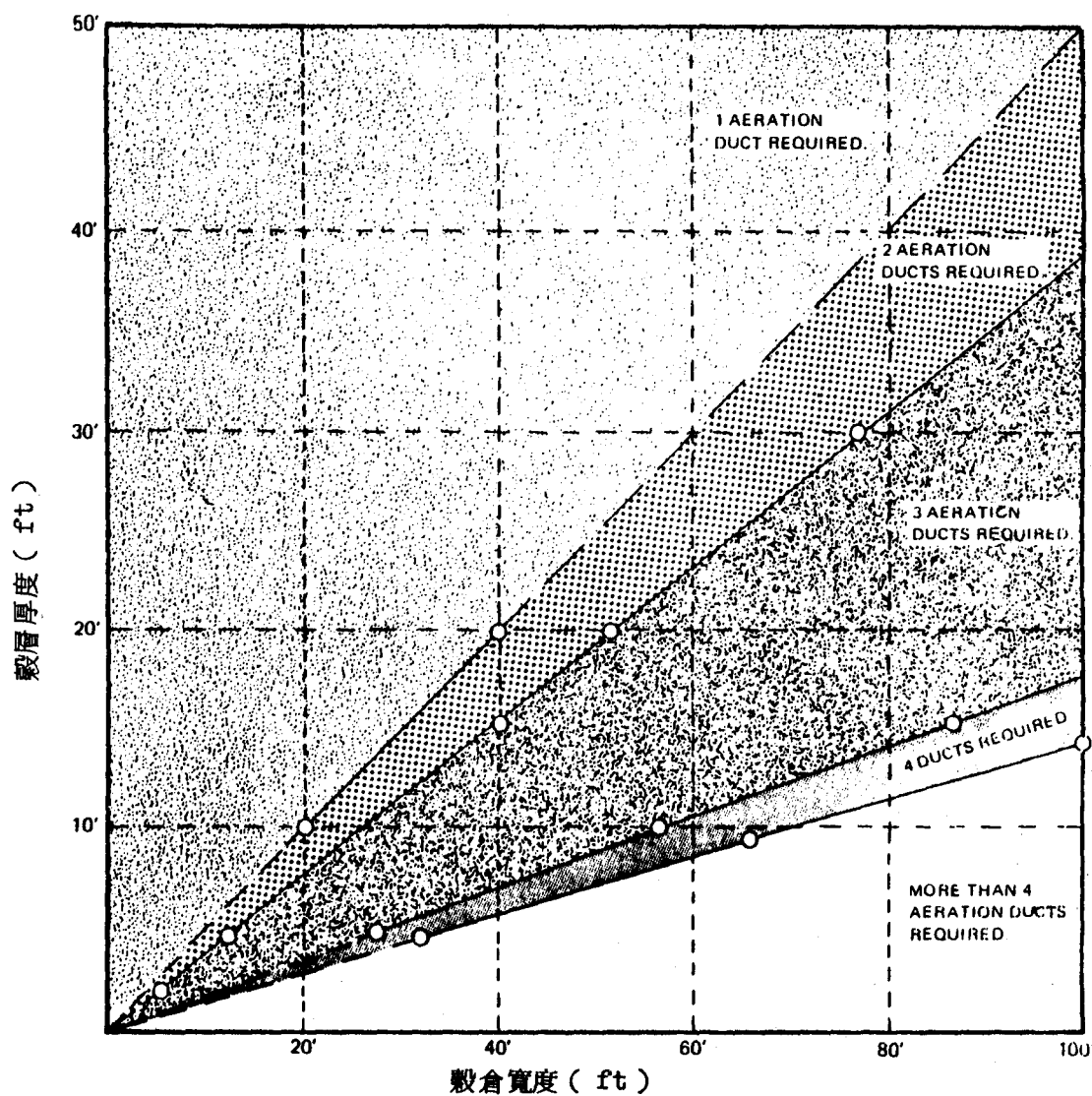
表一 風機性能例子



Section A-A

直徑	單管	雙管	A	B	C	D	X
12'							
16'	✓		3' - 0 1/2"	6' - 1"	6"		4' - 0"
22'	✓		3' - 0 1/2"	7' - 0"	6"		7' - 1"
27'	✓		3' - 0 1/2"	8' - 7"	6"		9' - 6"
35'	✓		3' - 0 1/2"	12' - 5"	6"		13' - 2"
35'		✓	3' - 0 1/2"	13' - 6"	6"	6' - 0"	12' - 1"
41'	✓		3' - 0 1/2"	14' - 9"	6"		16' - 10"
41'		✓	3' - 0 1/2"	15' - 8"	6"	6' - 1"	15' - 11"

圖四 豎倉所需的通風管安排



圖五 平倉所需通風管安排

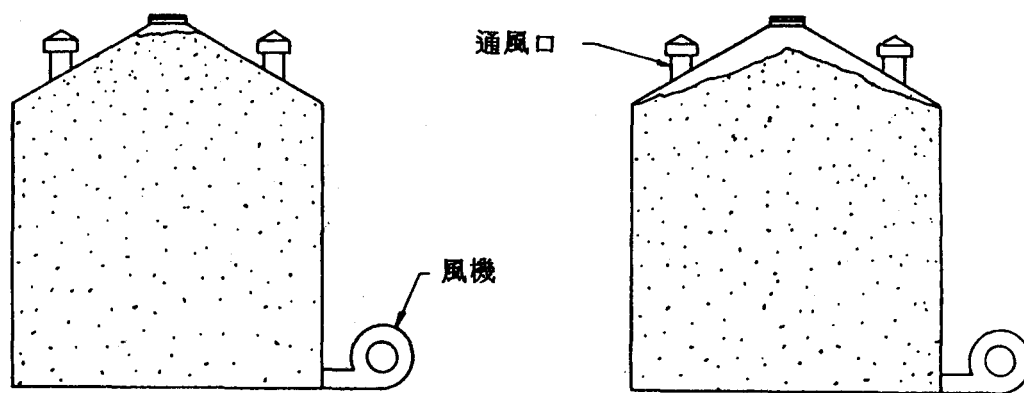


圖 六 通風口阻塞不正當的安裝

圖 七 正當的通風口安裝

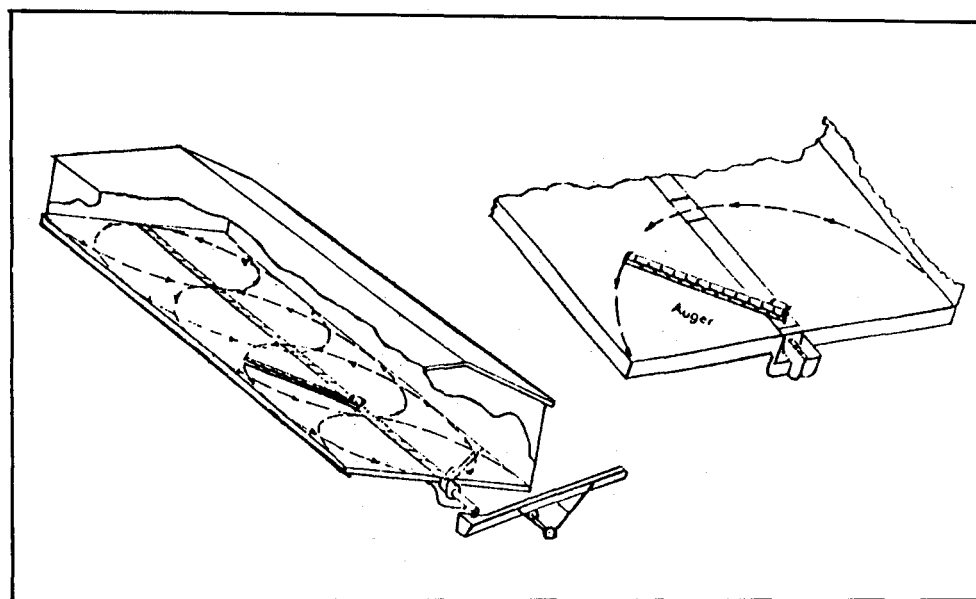
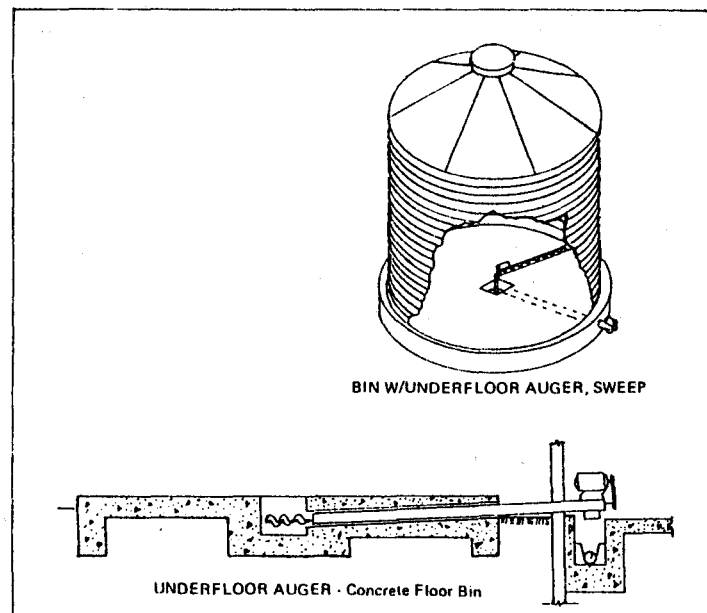
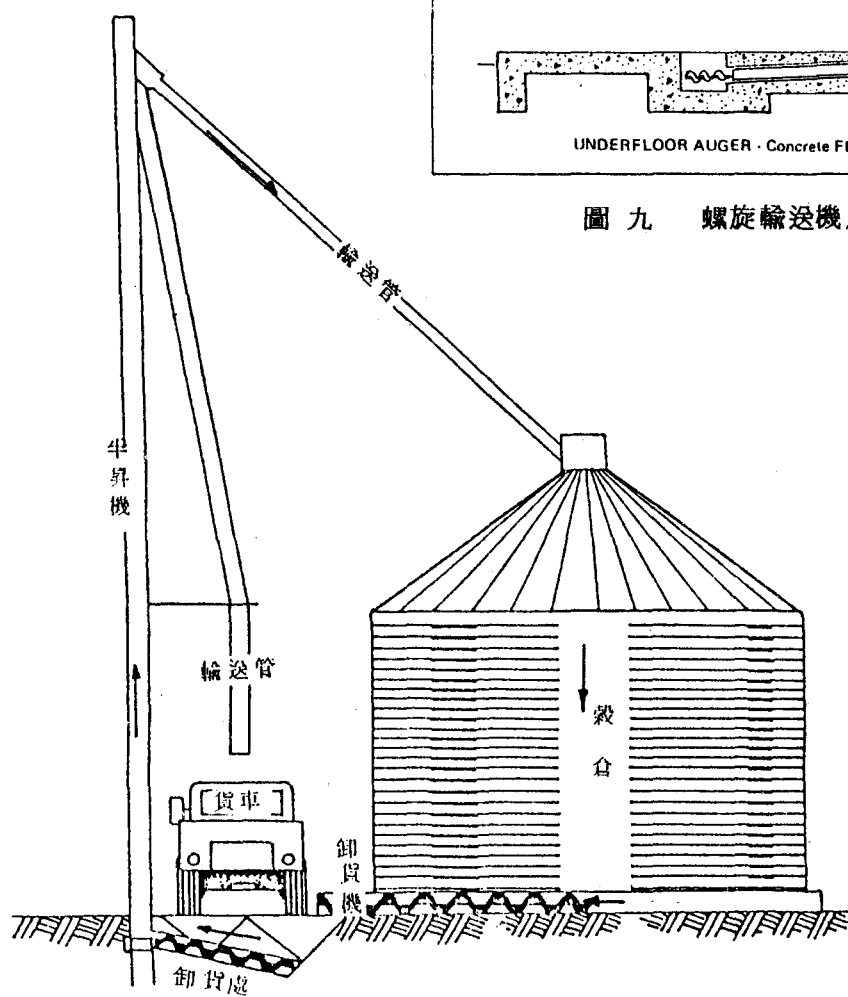


圖 八 螺旋輸送機用於平倉出貨時



圖九 螺旋輸送機用於平底豎倉出貨時



圖十 稻穀閉路運搬系統

火警預防協會 (NFPA) 所訂的指引 (NFPA-61B) 和職業安全健康管理局 (OSHA) 對於樓梯、欄杆、防火設備、電力系統和機械防護所訂的安全規定。在粉塵、機械、電機密集的地方，如何來防止粉塵爆炸，減少生命和財產的損失，是政府有關部門、學術研究和工程專家共同努力的目標。

九、結 論

政府雖然在民國六十八年到七十一年把農業機械化列為十二項建設計畫以推行稻作機械化，在七十一年度結束時每公頃耕耘馬力達 1.17 馬力，整地機械化程度達 95%，插秧 91%，收穫 80%，乾燥 52%⁽⁴⁾。但稻穀倉儲設備的機械化在進倉時為 9.1%和在出倉時為 35.9% (以七十年的調查資料⁽¹⁾) 在整個稻穀機械化的系統過程，並未受到應有的重視。收穫後的稻穀的品質，直接影響以米食為主的國民健康和農民投資於整地、播種、施肥、中耕除草、病蟲害防治、收穫、運搬、空調和儲藏設備的回收。

希望今後在稻穀倉儲設備在系統規劃、改進老舊倉庫、控制倉內溫度和濕度、配合機械化和現代化的管理的改良，能儲藏高品質的稻穀，穩定稻穀的價格，維護生產者和消費者的權益。

十、參 考 資 料

1. 臺灣區穀類倉庫調查報告，1981。臺灣省政府糧食局。
2. 陳貽倫、吳銘塘、葉政秀、盧福明，1977。農會現有穀倉狀況調查研究暨改善提案，中國農工學報 23(1): 28-54。
3. 蕭介宗，1982。穀類運搬空調及儲藏系統之規劃與設計綱要，中國農工學報 28(4):28-32。
4. _____，1983。十二項建設計畫設置農業機械化基金促進農業全面機械化報告，編號(72) 327.624。行政院經濟建設委員會。
5. 蕭介宗，1983。臺灣稻谷倉儲設備之改良研究，農業機械工程學系，臺灣大學。
6. _____，1957. Aeration of grain in commercial storage, Marketing Research Report No.178, United States, Department of Agriculture.
7. _____，1978. Behlen Planning Manual for grain handling and storage systems. Behlen-Wickes Company Limited, Brandon, Manitoba, Canada.
8. _____，1982. Grain conditioning technology. Behlen Manufacturing Company, Columbus, Nebraska, USA.
9. Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema and C.W. Hall. 1974. Drying cereal grain. The AVI Publishing Company, Inc.
10. Friesen, O.H. and H.P. HAMS. 1980. Movement of natural air through grain. Manitoba Agriculture, Winnipeg, Manitoba, Canada.
11. Hall, D.W. 1970. Handling and storage of food grains in tropical and sub-tropical areas. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
12. Shroeder, H.W. and D.L. Calderwood, 1972. Rice storage, Chapter 6 in Rice Chemistry and Technology edited by D.F. Houston. American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, Minnesota, USA.
13. Stephens, L.E. and G.H. Foster. 1978. Bulk properties of wheat and grain sorghum as affected by a mechanical grain spreader. Transaction of the ASAE p. 1217-1218.
14. Stephens, L.E. and G.H. Foster 1976. Grain bulk properties as affected by mechanical grain spreaders Transaction of the ASAE, p. 354-358.

(上接第 58 頁)

4. 使用 SUS 316 耐蝕不銹鋼材料，不產生腐蝕問題。

5. 耐壓設計 10kg/cm^2 ，足夠一般噴洒灌溉使用。

六、誌 謝

本連結式自動混合筒製造過程中，本系助理技

術員林華火先生參與工作，貢獻良多，田間性能試驗由花蓮農田水利會瑞穗工作站站長卓宜鑑先生及全體工作人員協助進行，特誌謝。

七、參 考 文 獻

1. 陳貽倫等：噴灌系統自動液肥混合筒設計製作。農工學報 Vol. 28 No. 3, 1982