

現有雜糧倉儲設備之工程分析

Engineering Analysis of Existing Handling Facilities for Grains and Feeds

臺大農機系教授

臺大農機系教授

臺大農機系技士

農機中心助理

蕭 介 宗

張 漢 聖

賈 精 石

陳 士 根

Jai-tsung Shaw

Hang-Sun Chang

Jing-Shyr Jea

Shih-ken Chen

摘 要

本文針對全省雜糧倉儲設備進行抽樣調查，分析各項運送機械、通風機械之使用狀況及效率；了解其他各項附屬相關機械之使用狀況；及建議其在安全管理上應改善的缺失。

斗昇機之國產和進口數目相當，皮帶厚度在 7 到 9 mm 之間，皮帶寬度大於 200mm，皮帶速度有 78.9% 大於 140m/min，裝有螺絲調整皮帶張力裝置，鐵斗和不足之洩爆口。其設計馬力小於 30hp，而平均動力之運轉率為 58.5%。

鏈式運送機大部份是國產品，刮板高度在 30 到 50mm，刮板寬度在 200 到 300mm，鏈速低於 50m/min，其設計馬力小於 20hp，而平均動力之運轉率為 56.3%。

螺旋運送機多為國產品，標準螺旋，螺徑在 200 到 400 mm，軸徑 70 到 90mm，轉速在 50 到 180 rpm。其設計馬力以 5hp 佔 76%，而平均動力之運轉率為 58.5%。

國產壓式通風機普遍，在 200mm-aq 之風壓下，風量在 200 CMM。其設計馬力不超過 20hp，而平均動力之運轉率為 61.5%。

倉筒之尺寸以直徑 7 到 8 公尺，高度 20 到 30 公尺者佔較大比率，各廠倉筒之數量均不超過 20 個。

大多設有集塵器，而其中使用旋風式集塵器 (Cyclone) 者佔 77.8%。設有磁鐵分離機、選別機、磅秤、及測溢系統者佔 66.7% 以上；而大多數未裝穀物高度指示器。

建議安全管理應特別注意各部份設備之密閉防止粉塵飛揚，裝設適宜之集塵器；採用防塵防爆型電氣設備，應用塑膠料斗，加裝防止塵爆及火災自動抑制系統，設置溫度探測器及消防警報系統。

ABSTRACT

The objectives of this paper were to investigate the domestic existing handling facilities for grains and feeds, analyze the utilization and efficiency of conveyors and aeration fans, understand the utilization of the related ancillary machinery, and to suggest the improvement of safety.

Bucket elevators about 50% of domestics were equipped with 7 to 9mm thick belts, above 200mm belt widths, 78.9% of belt speeds

above 140m/min, manually adjusted screw takeups, iron buckets, and not enough venting area for dust explosion. The average measured operation horsepower of bucket elevators was about 56.5% of the designed which was normally less than 30 hp.

Most domestic chain conveyors were with 30 to 50mm flight heights, 200 to 300mm flight widths, chain speeds less than 50m/min. Their average measured operation horsepower was about 56.3% of the designed which was normally less than 20 hp.

Most domestic screw conveyors had standard pitch, 200 to 400mm screw diameters, 70 to 90mm shaft diameters, and 50 to 180 rpm. The average measured operation horsepower was about 58.5% of the installed 5 horsepower which was about 76%.

Most domestic aeration fans were used to draw air upward through the grain. Under the static pressure 200mm-aq. they could deliver 200CMM. The average measured operation horsepower was about 61.5% of the installed which was normally less than 200hp.

The size of grain tanks were most 7 to 8 meters in diameter and 20 to 30 meters in height. Each company had normally less than 20 tanks.

Most dust collectors were cyclone separators which have had 77.8%. About 66.7% of companies had magnetic separators, sorters, scales, and overflow detectors. However, there were short of grain level indicators.

For safety, beware of covering equipment for preventing dusting, installing proper dust collectors, adapting dustproof electric appliances, utilizing plastic buckets, installing inerting or suppression systems, and installing temperature detectors and fire alarm system.

一、前言

本省穀倉，依據臺灣區穀類倉庫調查報告（1987），鋼筋水泥圓筒倉庫有 260棟，鋼皮圓筒倉庫有204棟，合計圓筒倉共有464棟。其中倉齡在10年以上者有 230棟，佔49.6%，這些倉庫及其附屬設備使用情形是否適當值得探討。而縱使倉齡在10年以下者，其設計與使用情況是否合宜，亦值得研究，以期建立基本工程資料，提供將來興建新設備及廠商改進現有倉儲設備之參考。

倉儲設備，除穀倉之外，主要包括進出倉使用之各類運送機如斗昇機、帶式運送機、鏈式運送機、螺旋運送機及氣力運送機；維持穀物品質之通風機；及其他相關機械如選別機、磁鐵分離機、穀物高度指示器、磅秤、集塵系統及測溫系統等。

上述設備之基礎理論概念，雖有相關文獻可供參考，然因各廠商營運情況各異，於是在臺灣區雜糧發展基金會之資助下，由財團法人農業機械化研究發展中心主辦，並由臺灣大學農業機械工程學系支援人力及儀器設備，進行全省各主要圓筒倉庫之抽樣調查與分析。

二、文獻探討

2.1 運送機之選擇

各類運送機之選擇，常根據運送量、需要馬力、價格高低及優缺點之多寡等來決定使用何種機械，依據蕭（1982）曾提供螺旋式、鏈式、斗昇式、帶式和氣力式運送機之運送量、需用馬力、價格、優點和缺點之比較一覽表。依據沈（1981），運送機之選擇可根據運送物之特性，如粉、粒、塊、摩

耗性、腐蝕性，附着性，箱、袋裝，溫度，水平，垂直位置，傾斜角度和運送速度來選擇最合適之運送機。

2.2 斗昇機

依據沈 (1981)，由斗之連結方式，常用斗昇機可分為帶式及鏈式兩種，以輸送物的種類來分別時，帶式斗昇機常為粉狀和粒狀的運送物所採用，因此，穀物的垂直輸送當以帶式為宜。而運送速度在60m/min 以上者多採用帶式，40m/min 以下則多採用鏈式。

根據 Biorn (1982)，斗昇機之皮帶和鏈條之張力調整可以使用重力式自動調整裝置，但小型斗昇機實際上大都採用螺旋式人工調整裝置。

Biorn (1982) 鼓勵採用塑膠 (Urethane) 製的斗子，理由是其需要較少的保養，具有較長的壽命，減少機殼與料斗摩擦產生可能導致塵爆引燃源之火花，但價格較昂貴。

根據 Biorn (1982) 之研究，皮帶速率約134 m/min 之低速斗昇機，可使得每一個斗內之穀物包含粉塵得以整體排出，結果會大量減少斗昇機內穀物粉塵之濃度，減少斗昇機爆炸之危險。

根據 Bolz (1958) 一般作為估算運送量斗之滿載率約在60~75%之間，假設滿載率為75%，運送能量可以下式估算之。

$$Q = \frac{45 \text{ VMS}}{d} \quad (2-1)$$

而滿載率為66.7%時則為

$$Q = \frac{40 \text{ VMS}}{d} \quad (2-2a)$$

式中 Q = 運輸量，噸/小時

V = 斗之容積，立方公尺

S = 皮帶速率，公尺/分

M = 穀物密度，公斤/立方公尺

d = 斗距，公厘

而依據沈 (1983)，鏈式斗昇機之運送能量則可以下式求得

$$Q = \frac{V \cdot S \cdot r \cdot \eta \cdot 60,000}{d} \quad (2-2b)$$

式中 r = 穀物密度，噸/m³ (玉米為0.7353)

n = 滿載率，60~80%

Q、V、S、d 如上式定義

根據 Biorn (1982)，斗昇機是初次塵爆產

生的地方，故最需要裝設洩爆口，常用的方法是將頂蓋部份直接垂直洩放到外面，典型的洩爆面積等於向上部份之截面積。若加上洩爆側板及頂部洩爆蓋板也可以減少對外殼之損害。而 Gillis (1982) 推薦每6.1立方公尺需要一平方公尺之洩爆面積。

根據沈 (1983)，斗昇機所用之馬達馬力數可以由下列公式估算之。式 (2-3) 包括預估機械效率60%，式 (2-4) 機械效率為66%。

$$\text{間隔斗型: } H_p = \frac{Q \times H}{150} \quad (2-3)$$

$$\text{誘導排出型: } H_p = \frac{H \times Q}{165} \quad (2-4)$$

式中 H = 垂直運送距離，公尺

Q = 運送量，噸/小時

2.3 鏈式運送機

根據沈 (1983)，鏈式運送機所用鏈條，乃依水平、傾斜、及垂直等不同運送路徑、運送物及運送量等來決定採用何種配件。又在決定鏈輪轉速上，其最高轉速為鏈條節距與鏈輪齒數的函數。使用短節距的鏈條而使用齒數較多的鏈輪時，則鏈條的速度可以達 100m/min 之程度。而根據 Henderson & Perry (1976)，鏈式運送機用於穀物運送時，其常用速度介於 23~38m/min。

依據沈 (1983)，鏈式運送機之運送能量可以式 (2-5) 估算。

$$Q = 60 \text{ SA} \phi r \quad (2-5)$$

式中 Q = 運送量，噸/小時

S = 鏈條速度，公尺/分

φ = 容積係數

A = 截面積，平方公尺

r = 運送穀物的密度，噸/立方公尺 (玉米為 0.735噸/立方公尺；小麥為0.784噸/立方公尺)

又根據 Henderson & Perry (1976)，鏈式運送機之驅動馬力為空轉、水平運送及垂直運送所需馬力之和，可以式 (2-6) 估算之

$$H_p = \frac{14.5 \text{ SLeWeFe} + 121.3 \text{ Q (LFm+H)}}{33,000} \quad (2-6)$$

式中 S = 鏈條速度，公尺/分

Le = 運送帶之水平投射長度，公尺

We = 鏈條與刮板之單位重量，公斤/公尺

Fe = 鏈條與鏈槽之摩擦係數，如軟鋼對軟鋼為0.57

Q = 運送量，噸／小時

L = 水平運送距離，公尺

Fm = 穀物對鏈槽之摩擦係數，如對鐵板為
0.35~0.4，取0.4計算

H = 垂直運送距離，公尺

此外，根據沈 (1981)，馬力亦可以下式估算

Hp =

$$\frac{KS (16.7 \times Fm \times L \times Q \div S + 0.2 \times Fe \times We \times L}{4500 \times \eta} + 16.7 \times H \times Q \div S \quad (2-7)$$

式中K = 實驗係數，一般取 1.2

η = 電動機械效率，取 0.8

S, Fm, L, Q, Fe, We, H 等如式 (2-6) 之定義。

2.4 螺旋運送機

根據蕭 (1986)，標準型的螺旋輸送機其螺旋距與其外徑相當；然為了適合各種不同的用途，常在螺距和葉片上做不同的變化，以達特殊功能的目的。

而依 ASAE Engineering Practice: Ep 389.1 (Standards 1990) 中所提之設計標準，螺旋運送機之最經濟螺距應等於其螺外徑；節距小於 0.9 倍或大於 1.5 倍外徑者均應避免。而軸徑之使用雖依螺葉型式而定，但一般以不小於 1/5 外徑為原則。

在間隙方面，依沈 (1981)，一般使用之螺旋運送機其螺葉與槽之間隙約為 3~5 mm。

根據沈 (1981)，在決定轉速時，當轉速 (N) 超過限度，則因為運送物和葉片之間的相互運動將趨於困難，運送物要跟着葉片來轉動，螺葉將失去效果而前進運動也就不可能了，所以 N 一般是介於 50~180 rpm。

根據 Henderson & Perry (1976)，估算螺旋運送機之水平輸送量，一般以下式估算之：

$$Q = KM \left[\frac{D_2 - d^2}{214 \times 10^6} \times \text{rpm} \times P \right] \quad (2-8)$$

式中 Q = 輸送量，噸／小時

K = 滿載率，0.3~0.5 (估算時 K 值定為 0.4)

D = 螺旋直徑，公厘

d = 軸直徑，公厘

P = 螺距，公厘

rpm = 每分鐘之轉數

M = 穀物密度，公斤／立方公尺

另依據沈 (1981)，其運送量可由下式估算：

$$Q = 60 \cdot r \cdot \phi \cdot \frac{\pi D^2}{4 \times 10^9} \cdot P \cdot \text{rpm} \quad (2-9)$$

式中 r = 穀物密度，噸／立方公尺

ϕ = 剖面效率，0.25~0.5 (穀物採用 0.45)

D = 螺旋直徑，mm

P = 節距，mm

rpm = 每分鐘轉速

依據沈 (1981)，螺旋運送機之驅動馬力可由下式估算：

$$Hp = \frac{KQL}{270} \pm \frac{QH}{270} \quad (2-10)$$

式中 K = 實驗係數，穀物為 1.2

Q = 運送量，噸／小時

L = 運送機長度，公尺

H = 運送機昇程，公尺

2.5 通風機

通風機型式大概可分為吸式與壓式兩類，根據 Holman (1966) 或張 (1981)，因美國南部各州的氣候與本省較為接近，故通風之標準可以採用其資料，供圓筒倉應用者為每英斗穀物 (1 級品玉米 56 磅，1.245 立方英尺) 之通風量為 1/30 至 1/10 cfm，相當於每公噸穀物之通風量約為 0.037~0.111 CMM。由單倉總容量，可進一步求得總風量，再利用倉庫之截面積求得單位面積的風量，便可由 ASAE Data D272-2 (Standards 1990) 查得穀物對氣流之阻力即壓降，再乘以穀層高度即可估算總壓降。

根據 Hall (1980)，總風量與總壓降求得後便可利用下列公式估計風機所需之流體馬力：

$$Hp = \frac{\text{總壓降 (in 水柱高)} \times \text{總風量 (cfm)}}{6350} \quad (2-11)$$

風機之馬達馬力約為上式 (2-11) 估算之流體馬力之兩倍。

2.6 相關機械

2.6.1 集塵系統

一般常用的集塵器有旋風式分離機 (Cyclone) 及濾袋式集塵器 (Bag Filter)。前者係依照旋風原理，使空氣自切線方向，流入集塵器，由於離心

力之作用，一部份的塵粒沈降到底部而分離的機構，其效果並非百分之百，一部分塵粒仍會被氣流帶出。後者則由一組濾袋構成，藉敲打濾袋以清除積塵。必須定期除塵，以免減低集塵效率。

2.6.2 磁鐵分離機

根據沈(1983)，磁鐵分離機乃是將鐵屑等物質從穀物分離出來。一般有懸吊式及運送機式兩種磁分離器。

2.7 安全與管理

根據朱(1986)，穀物裝卸及作業中難免有粉塵之發生，如再因管理上疏失，機械、電器或障礙而引起火花、火焰或引燃源，再與適當濃度之塵雲相遇即可能發生穀倉塵爆。

據 Albertson (1980)，穀倉塵爆問題之所以產生，係由於穀倉沒有適當的除塵設計，甚或完全沒有此類設備，加之廠房的清潔、管理效果不佳所致。另一方面，有許多穀物處理場為了應付需要，每星期七天均以繼夜工作，絲毫沒有停工保養機器、清理廠房及整修的時間，此均為塵爆的主因。

三、調查項目與方法

3.1 調查項目

- 一、各圓筒倉之基本資料，包括廠商名稱、倉庫型式，直徑、高度、數量、進出倉能量、每倉容量及穀物流程。
- 二、斗昇機之基本資料，包括皮帶（或鏈條）結構，皮帶輪（或鏈輪）之直徑，調整裝置，轉速，料斗之結構，斗距，運輸穀物種類、密度，運送能量及高度，洩爆口之尺寸、數量及面積，使用電壓、電流、馬力數，及製造廠商等。
- 三、鏈式運送機之基本資料，包括刮板之結構、板距，清掃器之結構，單位重量，運送距離，運送能量，使用之電壓、電流及馬力數，及製造廠商等。
- 四、螺旋運送機之基本資料，包括螺葉型式，螺距，直徑，軸徑，螺葉與機殼之間空隙，轉速，運送距離，運送能量，使用電壓、電流及馬力數，及製造廠商等。
- 五、風機之基本資料，包括風量，風壓，通風型式，使用電壓、電流及馬力數，製造廠商，及管道設計等。
- 六、其他要項，包括集塵系統及相關機械之磁鐵分

離機、選別機、磅秤、測溫系統及高度指示器等項。

- 七、安全管理基本資料，包括處理穀物設備，如斗昇機、運送機，工作機房、倉筒及其上下通道、控制室及集塵器等之維護，以及一般設施如電氣設備、靜電處理、電焊、氣焊、使用壓縮空氣、清潔維護、消防設施及廠倉建築之管理情形。

3.2 調查方法

本調查對全省擁有雜糧倉儲設備之廠商先以書面問卷，然後再依廠商之意願，抽樣實施現場訪問及測定，計有效樣本21家，調查所用的儀器微靜壓和風速計，轉速計，電流計、皮尺、電壓計等，詳見蕭等(1988)。

3.3 運轉率

為了解動力之使用情形，在各運送機運轉時用電流計和電壓計測量電壓和電流，以下式估計輸出馬力

$$\text{輸出馬力} = \frac{\text{電壓 (伏特)} \times \text{電流 (安培)}}{740} \quad (3-1)$$

運送機之運轉率之定義如下：

$$\text{運轉率} = \frac{\text{輸出馬力}}{\text{設計馬力}} \times 100\% \quad (3-2)$$

上式之設計馬力來自現場調查馬達之標示馬力，此馬力與廠牌，不同之運送機，運送量，運送速度等有關，較用式(2-1)到式(2-11)來估計馬力略高，詳細資料參看蕭等(1988)之專題研究報告。

四、結果與討論

參與廠商計有21家包括斗昇機76部，鏈式運送機205部，螺旋運送機25部，氣力運送機1部，通風機92部及安全管理資料20份。各廠各種資料詳細結果請參看蕭等(1988)之現有倉儲設備工程分析專題報告，僅挑其中一部份之代表性表格說明如下：

表1是A廠之斗昇之基本資料表，包括皮帶厚度，皮帶寬度，皮帶與機殼之距離，皮帶之連結方式，皮帶輪之直徑和轉速，輸送速度，入料方式，輸送穀物，輸送能量，輸送高度，洩爆口，外殼面積，洩爆面積，電壓，電流，馬力，運轉率和製造廠商。估算輸送能量以式(2-2a)計算之，1和2組之估算與設計能量非常接近，而3組則有偏差。

表 1 A 廠 斗 昇 機 基 本 資 料 表

廠 商		A					廠		
分 類	組 號	編 號		1	2	3			
皮	厚 度	mm		E1-E4	E5-E6	E7			
	寬 度	mm		8.0	8.0	8.0			
	機 殼 距 離	mm		280	280	280			
帶	連 接 方 式			40	40	40			
皮	上 輪 直 徑	mm		疊 接	疊 接	疊 接			
帶	下 輪 直 徑	mm		1220	1216	1480			
輪	調 整 裝 置	mm		750	745	800			
轉 速		rpm		螺 絲	螺 絲	螺 絲			
輸 送 速 度		m/min		55	55	39			
料	材 質	m³		210	200	180			
斗	容 積	mm		鐵	鐵	鐵			
入 料 方 式	斗 距			0.00352	0.00352	0.00352			
輸 送	種 類	m³		230	230	230			
穀 物	密 度	kg/m³		上 昇	上 昇	上 昇			
輸 送	設 計	噸/小時		玉 米、高 粱	玉 米、高 粱	玉 米、高 粱			
能 量	估 算	噸/小時		735.3	735.3	735.3			
輸 送 高 度		m		95	95	50			
洩 爆 口	尺 寸	mm		94.5	90.0	81.0			
外 殼 面 積	數 量	個		36.0	39.3	39.3			
洩 爆 面 積	位 置*			300×300	300×300	300×300			
電 壓		m²		6	6	6			
電 流	設 計	m²		1,2,2,1	1,2,2,1	1,2,2,1			
馬 力	推 薦	m²		0.11	0.11	0.11			
運 轉 率 ****		Volt		0.54	0.54	0.54			
製 造 廠 商		Amp		1.38	1.50	1.50			
		Hp		440	440	440			
		Hp		17.0	25.0	8.8			
		Hp		25.0	30.0	20.0			
		Hp		22.8	24.9	13.1			
		Hp		10.0	14.7	5.2			
		%		40.1	49.3	26.0			
				國 產	國 產	國 產			

註： *頂底各 1 個，4 個在中央 2，2 對稱

**依 2-3 式計算之

***輸出馬力 = 電壓 × 電流 / 740

****運轉率 = 輸出馬力 / 設計馬力 × 100%

表 2 A 廠 鏈 式 運 送 機 基 本 資 料 表

廠 商			A																		廠									
分 類	組 號			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19								
	編 號			C1-C3	C4-C5	C6-C7	C8	C9	C10- C12	C13- C14	C15	C16- C17	C18- C20	C21- C22	C23	C24- C25	C26	C27	C28	C29	C30- C33	C34								
刮 板	高 度	mm	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	220	175								
	寬 度	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300								
	板 距	mm	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	200	152									
清 掃 器	高 度	mm	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	240	195								
	寬 度	mm	315	315	315	315	315	315	315	315	265	265	265	265	265	265	265	315	315	405	315									
單位重量		kg/m	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	13.1	13.1	27.4	21.0									
輸送速度		m/min	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	42.0	42.0	34.0	40.0	34.0	34.0	34.0	29.5	29.5	27.0	28.1	28.1	38.0	30.0									
輸送距離		m	67.0	61.5	40.0	52.0	28.5	61.1	56.0	25.0	61.8	67.0	61.5	20.0	57.6	61.8	15.0	21.5	51.0	10.4	5.0									
輸送高度		m	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	8.7	7.7									
穀 層	寬 度	mm	315	315	315	315	315	315	315	315	265	265	265	265	265	265	265	315	315	405	315									
	深 度	mm	200	200	200	200	200	210	200	200	140	100	100	140	140	130	130	160	160	180	180									
輸 送 能 量	設 計	噸／小時	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75	75	75	50	50	50	30	30	100	50									
	估 算	噸／小時	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	122.6	116.7	94.5	65.5	39.8	39.8	55.7	48.3	44.9	41.0	62.5	62.5	122.2	75.1									
電 壓 電 流		Volt	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	445									
		Amp	24.0	25.0	15.0	23.0	12.0	39.0	39.0	15.0	17.0	21.0	20.0	7.5	12.5	13.0	8.0	7.0	15.0	21.0	9.0									
馬 力	設 計	Hp	30.0	30.0	20.0	30.0	15.0	30.0	30.0	20.0	25.0	25.0	25.0	10.0	20.0	20.0	10.0	7.5	20.0	30.0	15.0									
	估算 (1)*	Hp	26.3	24.1	15.7	20.4	11.2	26.4	24.2	9.8	22.0	22.0	20.2	6.6	14.5	15.5	3.6	4.4	10.5	11.3	3.9									
	估算 (2)**	Hp	17.3	15.9	10.3	13.4	7.4	17.4	16.0	6.5	14.6	14.5	13.3	4.3	9.6	10.3	2.4	2.9	7.0	7.4	2.6									
	輸 出***	Hp	14.2	14.7	8.8	13.6	7.1	23.0	23.0	8.8	10.0	12.4	11.8	4.4	7.4	7.7	4.7	4.1	8.8	12.4	5.3									
運 轉 率***		%	47.2	49.2	44.2	45.2	47.2	76.7	76.7	44.2	40.1	49.5	47.2	44.2	36.9	38.3	47.2	55.0	44.2	41.3	35.4									
製造廠商			國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產									

註：*馬力估算(1)由式 (2-7) 計算之

**馬力估算(2)由式 (2-6) 計算之

***輸出馬力=電壓×電流/740

****運轉率=輸出馬力/設計馬力×100%

表 3 A 廠螺旋運送機基本資料表

廠 商		A 廠										
分 類	組 號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	編號		S1-S2	S3-S4	S5	S6-S9	S10-S11	S12	S13	S14	S15	S16
螺葉型式			標準型	標準型	標準型	標準型	標準型	標準型	標準型	標準型	標準型	標準型
螺 距	mm		400	400	400	350	350	400	400	350	450	230
螺旋直徑	mm		400	400	400	350	350	400	400	350	450	230
軸 徑	mm		75	75	75	75	75	75	75	75	78	52
空 隙	mm		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
轉 速	rpm		120.0	120.0	120.0	88.2	130.0	93.4	93.4	90.0	88.3	99.0
輸送速度	m/min		150.8	150.8	150.8	97.0	142.9	117.4	117.4	99.0	124.8	71.5
輸送距離	m		6.9	7.2	7.5	39.5	6.9	7.5	12.5	7.5	×	×
輸送高度	m		×	×	×	×	×	×	×	×	35	35
輸 送	設計	噸/小時	100	100	100	100	75	75	75	50	100	15
能 量	估算	噸/小時	103.3	103.3	103.3	50.3	74.2	80.4	80.4	51.3	108.8	15.9
電 壓		Volt	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440
電 流		Amp	3.5	5.0	3.0	7.0	3.5	7.0	12.0	3.0	6.0	6.5
馬	設計	hp	5	5	5	5	5	5	15	5	7.5	7.5
力	估算	hp	3.1	3.2	3.3	17.6	2.3	2.5	4.2	1.7	13.0	1.9
	輸出	hp	2.1	2.9	1.8	4.1	2.1	4.1	7.1	1.8	3.5	3.8
運 轉 率		%	41.3	59.0	35.4	82.6	41.3	82.6	47.2	35.4	47.2	51.1
製造廠商			國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產	國產

表 4 A 廠通風機基本資料表

廠 商			A 廠			
分 類	編 號		1	2	3	4
	數 量		11	11	16	16
風 量	設 計	cmm	422	204	422	204
	估 算	cmm	40-122	40-122	40-122	40-122
靜 壓	設 計	mm-aq	125	30	125	30
	估 算	mm-aq	19-60	19-60	19-60	19-60
通 風 型 式			壓 式	吸 式	壓 式	吸 式
電 壓		Volt	440	440	440	440
電 流		Amp	17	4.5	19	3
馬	設 計	hp	15	5	20	3
力	估 算	hp	0.3-2.6	0.3-2.6	0.3-2.6	0.3-2.6
	輸 出	hp	10.0	2.7	11.2	1.8
運 轉 率		%	66.8	53.1	56.0	59.0
製 造 廠			國 產	國 產	國 產	國 產

表 5 集塵系統及其他相關機械基本資料表

廠 商		集 塵 系 統		相 關 機 械				
		Bag	Cyclone	磁分離機	選 別 機	磅 秤	測溫系統	高度指式器
A	廠		*	*	*	*	*	*
B	廠		*	*	*	*	*	
C	廠	*	*	*	*	*	*	
D	廠	*	*	*	*	*		
E	廠	*	*	*	*	*		
F	廠		*	*	*	*	*	
G	廠							
H	廠		*	*	*	*	*	
I	廠		*	*	*	*	*	
J	廠		*	*	*	*	*	
K	廠	*		*	*	*		
L	廠		*		*	*		
M	廠		*	*	*	*		
N	廠					*	*	
O	廠			*			*	*
P	廠			*				
Q	廠		*	*	*	*	*	
R	廠					*	*	*
S	廠		*	*			*	*
T	廠			*		*	*	
U	廠		*	*	*		*	*

組 1 和 2 做為進倉，組 3 做為出倉，其設計能量可能配合飼料加工廠之加工能量，其各部構造與組 1 和 2 相似，可能斗昇機為量產製造，較高的輸送能量可藉調整馬達轉數（或輸送速度）或在穀物流程加裝暫存筒，做間歇式之運轉，不影響加工流程，以（2-3）式估算之馬力與設計馬力相比，可見承建國產廠商採用相當保守的設計以（3-1）式估算輸出馬力是在正常運轉所需馬力，也可證明以式（2-3）估算之動力已考慮馬達在啟動時需要較大電流之合理餘度。以式（3-2）計算此三部斗昇機之運轉率介於26%到49.2之間。

表 2 是 A 廠之鏈式運送機之基本資料表，包括刮板之高度、寬度、板距，清掃器之高度和寬度，單位重量，輸送速度，輸送距離，輸送高度，穀層之寬度和深度，輸送能量，電壓，電流，馬力，運轉率和製造廠等項。輸送速度介於 27~42m/min 之間，與 Henderson 和 Perry (1976) 所推薦之速度接近，以（2-5）式估算之輸送能量除第 6 組較高外，其餘皆較低，以（2-7）式估算馬力(1)與設計馬力相比，設計馬力均顯偏高。19組之平均運轉率為45.8%。

表 3 是 A 廠之螺旋運送機基本資料，包括螺葉

表 6 倉 筒 基 本 資 料

廠 商		倉 庫 型 式		尺 寸		倉 庫 數 量		進 出 倉 容 量		主倉容量
		鋼筋混凝土	鐵 皮	直 徑	高 度	主 倉	副 倉	進 倉	出 倉	
				m	m	個	個	噸/小時	噸/小時	噸
A	廠	*		10.0	24.8	39	22	400	100	1100
B	廠	*		8.0	21.7	13	6	120	40	700
C	廠	*		8.0	40.0	20	12	400	400	1600
D	廠	*		8.0	40.0	10	4	125	125	1600
E	廠	*		8.0	30.0	8	3	250	250	1000
F	廠	*		8.0	30.0	12	5	120	60	930
G	廠		*	11.0	12.0	6	—	75	45	950
H	廠	*		10.0	32.0	13	—	75	50	1225
I	廠	*		6.8	23.3	16	6	50	32	500
J	廠	*		8.0	24.0	20	12	60	60	1000
K	廠	*		6.8	29.0	24	10	300	100	700
L	廠	*		8.0	21.0	8	3	70	70	700
M	廠	*		6.0	26.4	20	8	60	50	550
N	廠	*		11.0	20.0	2	1	40	40	900
O	廠		*	10.5	14.0	6	—	60	30	1000
P	廠		*	14.5	13.9	2	—	50	42	1000
Q	廠	*		9.0	22.5	12	5	50	30	900
R	廠	*		6.0	23.4	18	8	80	50	500
S	廠	*		7.0	22.5	8	2	60	20	500
T	廠	*		8.0	24.0	16	7	100	60	800
U	廠	*		8.5	40.0	56	39	1200	960	1200

型式，螺距，螺旋直徑，軸徑，空隙，轉速，輸送速度，輸送距離，輸送高度，輸送能量，電壓，電流，馬力，運轉率，和製造廠商。在此10組16條螺旋運送機均為標準螺旋；直徑在230mm~450mm；僅 4、5、8 和 10 組軸徑均大於 $\frac{1}{2}$ 外徑合乎 ASAE 之標準；轉速介於 88~130rpm 之間在沈 (1981) 推薦 50~180rpm 範圍內。以式 (2-8) 估算之輸送能量與設計能量相近。以式 (2-10) 估算馬力與設計馬力特別在組 4、7、8、9 和 10 相差甚大。16條螺運機之平均運轉率為51.9%，且均為

國產品。

表 4 為 A 廠通風機之基本資料，包括風量、靜壓、通風型式，電壓，電流，馬力，運轉率，壓式與吸式風機各27部，根據 2.5節所述，若僅考慮通過穀層的壓降，估算靜壓為 19~60mm-aq，但此 27組風機是用於39個主倉和22個副倉之通風，因此設計上必須考慮風機與通風倉之間之管路損失，所以設計靜壓和風量必須提高，以式 (2-11) 估算馬力與設計馬力之相差，亦同上述原因。平均運轉率為58.5%，且均為國產品。

表 5 為 21 家參與廠商之其他相關設備之調查資料表，包括集塵系統、磁鐵分離機、選別機、磅秤、測溫系統、高度指示器等，打*號表示具有這些設備。

表 6 為 21 家參與廠商之倉筒基本資料，包括倉庫型式、尺寸、倉庫數量、進出倉容量和主倉容量等。

五、結 論

針對全省現有雜糧倉儲設備之廠商進行書面問卷調查，再依其回覆之狀況及接受訪問之意願抽樣進行現場訪問核對、測定和分析。有效樣本計 21 家，包括斗昇機 76 部，鏈式運送機 205 部，螺旋運送機 25 部，氣力運送機 1 部，通風機 92 部及安全管理資料 20 份。將主要結論分段敘述如下：

分析 21 家廠商之倉庫型式，鋼筋混凝土倉有 18 棟，鋼皮倉則只有 3 棟。直徑以 7~8 公尺之最多，約佔 38%，高度則以 20~30 公尺佔 62% 最多。而各廠所擁有之主倉個數以 20 個以下佔大多數，比例為 85.7%，其中一廠所擁有之倉庫最多，此因其為一單純倉儲公司，有別於一般加工廠；另一方面使用鋼皮倉之廠商多半規模較小，其倉庫亦較少。副倉數目則隨主倉之排列不同而有不同，鋼筋混凝土倉大多有副倉，而鋼皮倉則無。主倉容量以 700 噸以下及 900~1100 噸之間各佔 33%。

斗昇機方面共計 76 條，其中只一廠一條為鏈式其餘均為帶式，可見帶式較為普遍。皮帶厚度以 7~9mm 之間佔 72% 最多，皮帶寬度在 200mm 以下之小型皮帶較少外，其餘分佈平均，其中却又以 200~300mm 佔 37% 較多；皮帶連接方式仍以疊接佔有 70%，而硫化熔接方式佔 30%；皮帶邊緣與機殼距離以 31~50mm 佔大多數（佔 68.4%），而除了一廠 2 條之 125mm 之外，其餘均不符合 Biorn (1982) 之理想設計間隙；皮帶輪直徑以 500~1000 mm 之間佔 45%；調整裝置仍以螺絲固定方式來調整皮帶鬆緊佔 92%；運送速度在 140mm/min 以上者佔了 79%，顯示大多數斗昇機均未符合 Biorn (1982) 之理想慢速設計；運送高度在 20~40 公尺之間佔 75%；一般廠商多以塑膠料斗磨損大為由而仍使用鐵斗佔 77.6%，而其容積方面以 0.006 立方公尺以下之小型料斗佔 71%；入料方式只有一廠採取下降時進料，其餘為上昇給料；83% 斗昇機均設有洩爆口，然其設計洩爆面積與推薦面積與體積之

比率在 0.2 以下者有 66%；設計馬力以 10~30Hp 及 50Hp 以上此二區間最多，共佔 81.6%，為運送機械中消耗馬力數最大者；運轉率一般在 40%~80% 之間；國產製造廠商佔有率為 58%。鏈式運送機共計 205 條。其中刮板高度在 30~50mm 之間佔有 72.7%；刮板寬度在 200~300mm 之間者佔 43.4%；附件中加裝有清掃器者只佔 33%；合於穀物運送常用速度者（23~38m/min）約佔 51% 左右；運送距離以 20 公尺以下之距離運送佔 48% 較多；一般均只作水平運送佔 90%；使用馬力以 20Hp 以下佔 69%；運轉率平均 56.3%，分佈區間以 40~50 及 70~80% 為較多者，共佔 53.2%；製造廠商以國產為大多數，佔 74.6%。

螺旋運送機方面計 25 條。其中除了一廠使用非標準型之螺葉外，餘皆為標準型。螺距及螺旋直徑幾乎都在 200~400mm 之間，軸徑以 70~90mm 佔 60% 為最多，其中軸徑之設計達外徑 1/5 以上者佔 40%，螺葉與外殼間隙方面，只有 3 條（12%）合於沈（1981）所提之標準（3~5mm），其餘以 10mm 佔 68% 較多；轉速在 90rpm 以下幾佔一半，均合於沈（1981）所提之標準（50~180rpm）；運送距離一般不超過 20 公尺（佔 82%），以水平運送為主；使用馬力以 5Hp 以下佔大多數（76%）；運轉率以 40~50% 與 70% 以上二區間佔較多數（68%）；製造廠商國產佔 92%。

通風機共計 92 部，由於大多數廠商並不重視通風設備，有 17 部設計資料無法查得。設計風量方面，在 200CMM 以上者似乎佔大多數（74.7%），但其中有 54 部為同一廠所有，而與建議風量相較，這些設計值在適當範圍者有 8 部，佔 10.7%，過高則有 64 部，佔 85.3%，偏低者則只有 3 部，佔 4%。可見大多數廠商均未考慮實際需要而採用高風量之設計。風壓之有效樣本 72 件其中設計值在 200 mm-aq 以下者有 57 部，佔 76%（但其中一廠佔 54 部），與估算值相比，適中者有 18 部佔 25%，而其餘之大多數均為過高，有 54 部，佔 75%，可見在設計風機時，幾乎所有廠商均為保守設計；在風機之型式方面，吸式有 34 部，佔 40%，壓式則較多有 58 部，佔 60%；設計馬力一般低於 20Hp，佔 93.5%，消耗馬力在斗昇機及鏈式運送機之下，却比螺旋運送機要高；運轉率 50~60% 佔 49%；製造廠商以國內廠商佔大多數，有 79.3%。在其他相關項目方面，設計有集塵系統者有 15 家，佔 71.4%，而其中裝

設濾袋式集塵器 (Bag Filter) 的佔22.2%，而旋風式 (Cyclone) 者佔77.8%，大多仍以旋風式集塵系統為主；相關機械中，設有磁鐵分離機者有17家，佔81%；有選別機者14家，佔66.7%；有磅秤者16家，佔76.6%；有測溫系統者14家，佔66.7%；而裝設高度指示器者只有5家，佔23.8%；在這些廠商中，裝設這些附屬機械三項（含）以上者有17家，佔81%；使用鋼皮倉之一廠甚至未設置任何相關機械，另一同屬鋼皮倉之另一廠亦只設有磁鐵分離器，可見使用鋼皮倉者均屬小廠，故使用這些附屬機械較少。

在安全管理方面需要改進之共同點為卸坑應防止粉塵飛揚，易生粉塵之運送機及其他設備應加裝適當而有效之集塵裝置；各項電氣設備使用防塵防爆型，斗昇機使用非金屬料斗取代鐵斗，斗昇機內加裝防止塵爆及火災自動抑制系統，控制室應防止粉塵進入，易生高熱處及多粉塵區設置溫度探測器，設置消防警報系統，和員工制服盡可能採用防靜電性材料。

參 考 文 獻

1. _____, 1987。臺灣區穀類倉庫調查報告，倉儲叢書第24輯。臺灣區雜糧發展基金會。
2. 朱永康，1986。穀倉塵爆災變及預防方法簡介。穀倉安全管理講習班第七期講義，臺灣區雜糧發展基金會。
3. 沈頌文，1981。輸送機計算法。啓學出版社。
4. 沈頌文，1983。輸送機的理論與計算。徐氏基金會。
5. 張森富，1981。進口玉米儲存方法試驗調查。倉儲叢書第六輯，臺灣區雜糧發展基金會。
6. 蕭介宗，1982。穀類運搬空調和儲存系統之規劃與設計綱要。中國農業工程學報第28卷第4期，28~32頁。
7. 蕭介宗，1986。穀倉設備原理與操作方法。穀倉安全管理講習班第七期講義，臺灣區雜糧發展基金會。
8. 蕭介宗、張漢聖、賈精石、陳士根，1988。現有倉儲設備工程分析 (225頁)，財團法人農業機械化研究發展中心研究報告。
9. Anon, 1990, P212, ASAE Engineering Practice EP389-1, Standards 1990. American Society of Agricultural Engineers, U.S.A.
10. Anon, 1990. P371, ASAE Data D272-2, Resistance to Airflow of Grains And Seeds (Shedd's data), Standards 1990. American Society of Agricultural Engineers.
11. Albertson, J. E. 1980. P. 7, 穀倉之火災及爆炸情況，穀倉安全及防止塵爆資料輯要。臺灣區雜糧發展基金會。
12. Biorn, D. R. 1982. P. 97, 斗昇機之設計，使用與安全，穀倉防爆設計實引。倉儲叢書第11輯，臺灣區雜糧發展基金會。
13. Bolz, H. A. 1958. Section 24, Elevating Conveyors, Materials Handling Handbook, John Wiley & Sons, New York, U.S.A.
14. Gillis, J. P. 1982. P. 360, 斗昇機之洩爆與抑爆，穀倉防爆設計實引。倉儲叢書第11輯，臺灣區雜糧發展基金會。
15. Hall C. W. 1980. Drying and Storage of Agricultural Crops. The AVI Publishing Co. Connecticut, U.S.A.
16. Henderson, S.M. & R.L. Perry. 1976. Agricultural Process Engineering. 3rd Edition. The Avi Publishing Co., Connecticut, U.S.A.
17. Holman, L.E. 1966. Aeration of Grain in Commercial Storages. Marketing Research Report No. 178. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture.

收稿日期：民國79年 7月26日

修正日期：民國79年 9月19日

接受日期：民國79年11月 5日