

穀倉機械化作業之研究

Ⅲ、稻穀倉庫穀溫監視及通風機械自動化操作系統

Study on the Mechanization of Grain Storage System

Ⅲ. Automatic Monitoring and Control of Paddy Temperature During Long-term Storage

國立臺灣大學農業機械系副教授

盧 福 明

Fu-Ming Lu

摘 要

爲促進稻穀倉庫機械通風作業自動化，本研究探討自動化監視記錄谷溫以取代人工非定時測量谷溫之可行性，並研製自動化通風系統以適時降低貯谷溫度，維護品質。

Summary

A microprocessor-based temperature monitoring and control system for a paddy warehouse was developed and evaluated. The system was designed to possess the capabilities to record paddy temperature and actuate aeration fans in a 1200-ton warehouse.

一、前 言

糧食局委託各鄉鎮農會收購保管的稻穀分別貯存於各農會現有谷倉。稻穀進倉後之貯存期長達一年以上。倉貯環境欠佳時，如發生病蟲害，稻穀吸濕回潮程度嚴重等，都易升高谷溫，使貯谷長久處於高溫環境之下。

稻谷保管貯存期間，應防止稻穀發燒、受潮、蟲害和變質等現象。貯谷溫度的高低，一般作爲貯谷品質變化的量測指標。貯谷品質敗壞的原因很多，但以谷溫的影響佔絕大的比重。高谷溫易敗壞貯谷，一般以不超過40°C爲谷溫上限值。

各地農會舊有散裝谷倉之稻穀通風方式大都採用竹箴通風筒，約每隔2到3公尺放置一筒，採自然對流通風方式，另在谷倉內裝設有窗型抽風機，此種小型抽風機配合竹箴通風筒使用時僅可排出倉內谷面上之熱空氣，並不能有效控制谷層間之稻谷

溫度。因此稻穀於長久貯存期間大都維持在35~40°C之高溫狀態之下，若稍疏於翻倉或抽風，易使谷溫超過40°C以上，增加變質米的發生率⁽¹⁾。因之，有效的通風方式如裝設強制式通風機以控制貯谷溫度，在倉貯管理上確具必要性。

近年來新建糧倉中，大都配備有強制式通風裝置用以控制谷溫。據糧食局70年資料指出，此種新建散裝糧倉共計有84座，其中800坪集中型密閉式谷倉18棟，200坪中型半密閉式谷倉66棟，通風機馬力介於2~7.5馬力，每坪谷倉可貯穀7~8公噸。強制式通風方式乃是藉助強力送風機將外界空氣送入谷倉底部通風溝內，空氣由下層稻穀流向上層稻穀，將谷層間熱氣帶出倉外而降低谷倉溫度⁽²⁾。

由於各地集中型密閉式谷倉與中型半密式谷倉所配置的強制式通風機臺數少於全部通風倉個數，因此在輪流通風時必須經過拆裝過程始能移動風機，增加管倉人員的困擾。目前谷倉管理之弱點甚多

，例如農會糧倉管理人員大多缺乏一般性科技常識，也缺少有效的指導與完整之倉貯管理技術資料，因而不能有效的操作機具設備，故大多數通風設備反成備而不用之現象，失掉裝設通風設備的目的。有時因倉容不足造成貯谷量超過設計貯谷量，導致通風設備的功效無法全力發揮，因而影響貯谷溫度與品質。因此，今後在執行有關谷倉設備的更新與機械化上，實有必要配合以自動化操作系統，以減低依靠人工操作機械的程度，藉助自動化作業，提高倉貯機械使用效率^(2,3)。

自動記錄及控制溫度之方式可採用類比法(Analog method)或數值法(Digital method)。早期於微處理機或微電腦未普及之前，大多採用類比法控制方式。類比法不適合多點掃描，資料收集與計算速度慢，改變控制方式時(例如改變溫度上下限)必須改變硬體構造，缺乏彈性。新竹縣湖口鄉農會曾以類比法控制谷倉通風機之啓閉，因只採用單點測溫為控制基準，谷溫代表性較差⁽⁴⁾。數值法則具多點掃描、速度快、不須更換硬體只靠軟體程式即可達到修改控制方式等特性。

二、研究目的

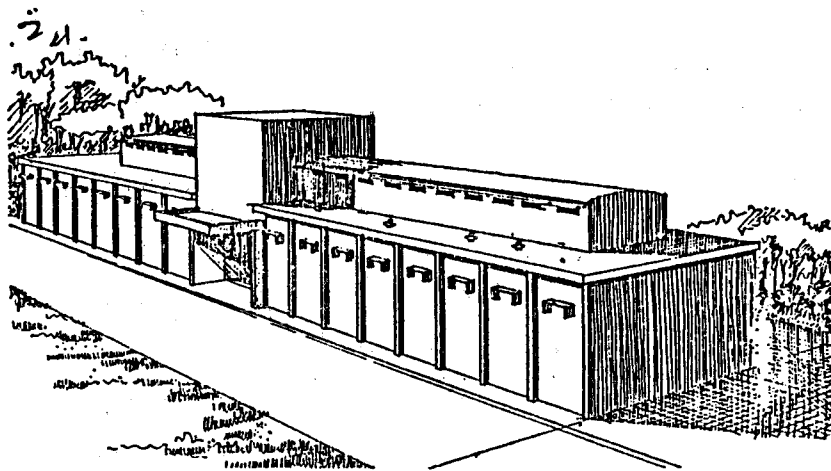


圖1. 新竹鄉新豐鄉農會松柏林倉庫14號鋼筋水泥通風谷倉

以T型熱偶線所製成的探針量測大氣溫濕度及谷溫。溫度探針擺設位置及倉內通風溝如圖2所示。溫度探針埋設於谷層的深度針有上層(谷層面下1公尺)，中層(谷層面下2.5公尺)，下層(谷層面下4公尺)和底層(谷層面下5.5M)。第一種控制方式為使用 KAYE DIGISTRIP II 資料自動記錄及控制器(DATA LOGGER) 連接

由於微處理機日益普及且價廉，溫度記錄及控制已大多採用數值法。本研究目的為(一)促進稻谷倉庫機械作業之自動化，以定時多點準確自動監視記錄谷溫之方式取代人工非定時測定谷溫，並配合谷溫的季節性變化自動執行機動通風作業，以適時降低貯谷溫度，維護品質。(二)探討稻谷倉庫機械通風作業自動化方法，自動化系統穩定性和簡化自動化系統操作方法，研製低成本自動化系統用以減低農會裝設自動化通風系統經費負擔，促進推廣倉貯機械管理自動化。

三、試驗材料及方法

本研究選定新竹縣新豐鄉農會松柏林倉庫第14號鋼筋水泥谷倉為試驗倉。試驗倉座向南化，倉內長29公尺寬11.6公尺，共100坪，貯谷高度6公尺，共貯存70年1期蓬萊谷1123.089公噸，進倉日期為70年8月16日。出倉日期為72年10月下旬到11月上旬。

試驗倉地面下設有三條通風溝，各配備有7.5馬力通風機，靜壓70 mm 水柱，風量100 CMM。鋼筋水泥通風倉如圖1所示，圖1包括兩個各100坪谷倉，本研究所用試驗倉位於圖上右半部。

各點熱偶線，定時記錄溫度變化。平常谷倉沒通風時每1小時自動印出一次溫度資料，試驗通風降低谷溫時每10分鐘自動印出一次溫度資料。印出溫度資料之時間可依需要隨時更改之。

谷倉內所裝置的資料自動記錄及控制器可監視48點溫度。控制通風時，預先設定任一點溫度上限值，當測定點谷溫等於或高於溫度上限值時，該控

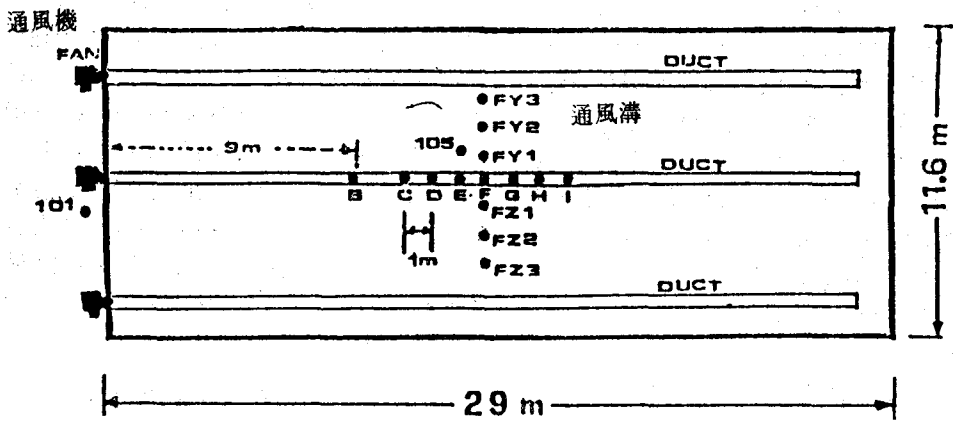


圖 2. 溫度測點位置分佈圖

制器上的繼動器 (Relay)，即自動關閉 (close)，而促動連接於繼動器之馬達控制器，以便啓動風機馬達，進行通風降溫的作業。

在資料自動記錄控制器上，設定谷溫上限值及印出溫度之時間間隔，當谷溫等於或高於上限值，即經由繼動器與馬達控制器之連動而啓動風機開始通風，並記錄開始通風時間與各點谷溫。通風中若谷溫低於谷溫上限值，同樣會經由繼動器與馬達控制器之連動而停止風機，並記錄風機停止時間及各點谷溫值。

於研製低成本自動化系統方面，利用國產微處理機 (宏碁公司 MPF-1P) 為控制主機，配合類比/數值轉換器及多功器，研究低成本小型溫度自動記錄及控制器，包括 10 個測溫點，3 個繼動器 (Relay)。溫度感應子 (Sensor) 為 Analog Device 公司生產之二端點積體電路溫度轉應子

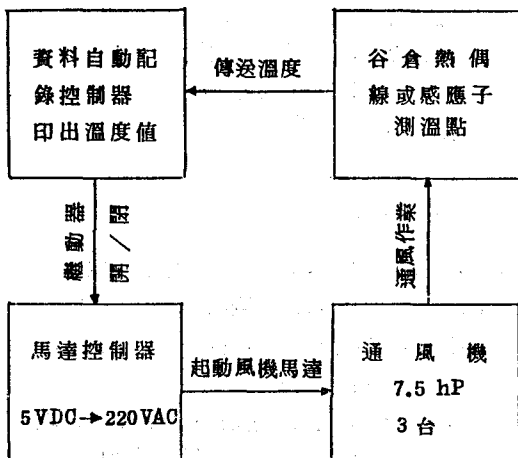


圖 3. 谷倉溫度自動監視與控制方式示意圖

AD590 型 (Two-terminal IC temperature transducer AD 590) 上述兩種控制器具有相同的控制方式及系統流程如圖 3 和圖 4 所示。控制器設備如圖 5 和圖 6 所示。

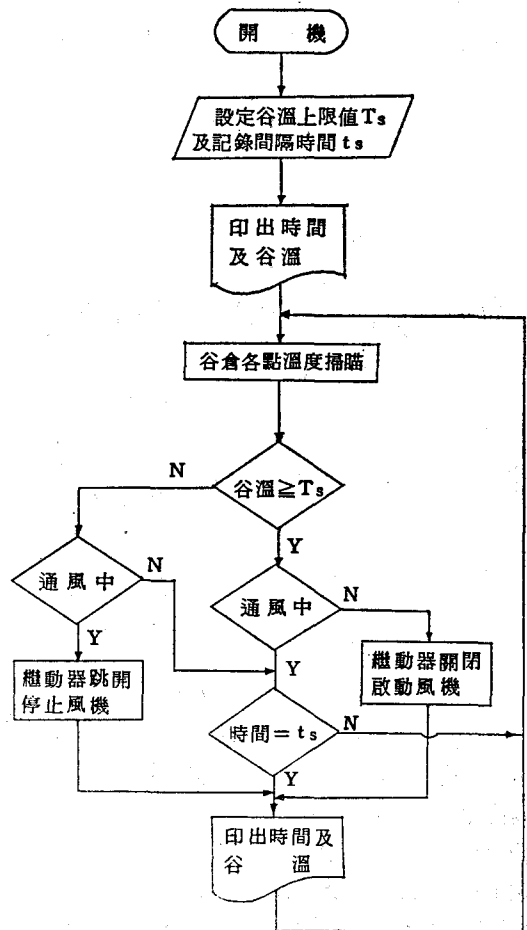


圖 4. 記錄谷溫與控制風機系統流程

四、結果與討論

(一) 強制式通風倉谷溫變化和含水率

於100坪谷倉內取17點量測稻谷溫度，量測位置分別為上、中、下和底層，每層間隔距離1.5公尺。藉助資料自動記錄及控制儀器之定時記錄已取得71年4月到72年5月長達14個月的每小時谷溫資料。藉助儀器的自動定時記錄提供了谷倉溫度變化之完整、正確的資料。月平均谷溫如表1及圖7。每月平均谷溫都低於 38°C ，低於糧食局規定的安全谷溫上限值 40°C 。谷溫超過 35°C 的月份為7、8、9、10和11月，而以8、9和10月間之各點谷溫較高。一般無強制通風的谷倉之上層谷溫在12月到4月間為 $36\sim 40^{\circ}\text{C}$ ⁽¹⁾，而本試驗所用之強制式通風倉在相同月份內的谷溫大都在 36°C 以下。

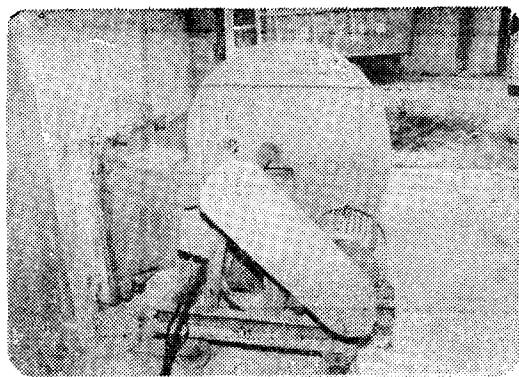
強制通風倉於70年8月16日進倉稻谷總重為1,123,089公斤。於72年10月下旬開始出倉碾製糙米供外銷用，得883,310公斤糙米。經過長達2年2個月的貯存後之碾糙率為78.65%。此碾糙率較之糧食局規定碾糙率77.15%高出1.5%。對農會而言，碾糙率高於規定碾糙率即表示經辦稻谷貯存業務有了盈餘。71年4月2日測定谷倉稻谷含水率平均為9.57%，於72年2月7日測定稻谷含水率平均為9.21%，

使用相對濕度測定棒(VAISALA, HMPIS)插到中層稻谷量測到的谷粒間之空氣相對濕度為40%，谷溫為 35°C ，此一溫濕度所對應的稻谷平衡含水率約為9%，與上述谷倉稻谷含水率值相近。谷粒間空氣相對濕度低導致貯谷含水率偏低。

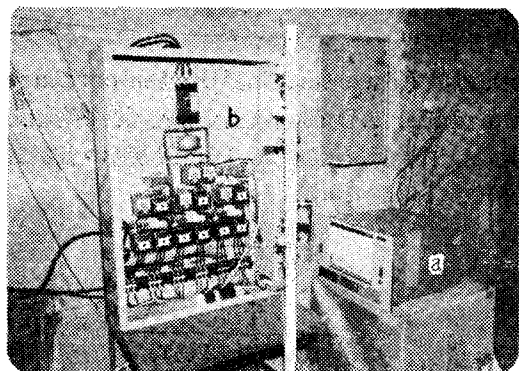
在恒溫恒濕器內，取2公斤的稻谷置於 35°C 和50%相對濕度的環境下，30天之後，稻谷含水率由12.97%減為10.63%。此與該環境下的稻谷平衡含水率相差無幾。 35°C 和52.4%相對濕度時稻谷平衡含水率為10%。

貯藏期間，試驗倉稻谷含水率之變動率甚小，試驗倉稻谷貯存2年2個月之久仍未發生變質損耗，或與稻谷含水率長久處於低值有關。此外，由於施行強制通風維持谷溫在 38°C 以下，避免稻谷發黴變質也是維護貯谷品質之貢獻因素之一。

上中下層的谷溫值以中層偏高。中層位置在谷倉谷面下2.5公尺。裝置自動控制谷溫設備時，宜以中層谷溫的變化做為控制通風的主要依據。強制式通風倉通風下降谷溫效果之探討已見諸於前研究報告⁽²⁾。



(I) 7.5hp 風機



(II) a)資料自動記錄控制器
b)馬達控制器

圖5. 試驗倉風機及自動控制設備

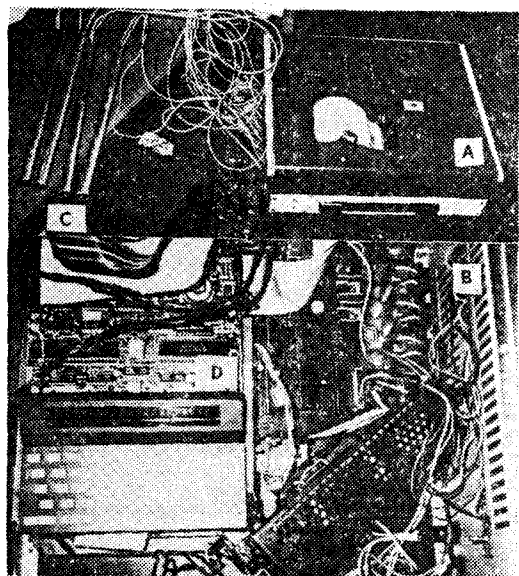


圖6. 小型溫度自動記錄及控制器
(A)外型(B)內部(C)溫度感應子(裝於套管內)
(D)微處理機

表1 新豐鄉農會松柏林倉庫第14號強制式通風倉稻穀溫度月平均值°C

月 份	溫度 測點	倉外 氣溫 101	倉外 大氣 濕度 %	倉內 氣溫 105	B	C	D	E	F	F	F	F	FY3	FY2	FY1	FZ3	FZ2	FZ1	G	H	I
					下 203	上 104	中 204	下 304	上 106	中 206	下 306	底 305	上 108	中 208	下 308	上 109	中 209	下 309	下 311	中 211	上 111
71—	4	18.3	89	18.2	24.0	27.0	26.7	23.5	26.1	26.7	23.4	23.0	26.0	26.3	23.9	27.3	27.3	24.9	23.8	26.7	26.5
	5	25.3	88	25.4	28.6	32.1	30.6	27.9	31.4	30.4	27.6	25.7	31.2	30.5	27.1	33.3	31.7	29.5	28.1	30.5	31.6
	6	25.8	88	25.9	32.9	34.3	32.9	31.5	33.6	32.5	31.2	30.4	33.6	32.7	31.0	35.6	33.6	31.7	31.4	32.6	33.8
	7	28.3	92	30.5	35.5	37.3	36.1	35.3	36.9	35.9	35.1	34.0	36.4	35.7	34.9	37.6	36.1	35.1	35.3	35.8	36.9
	8	28.6	79	29.6	37.2	37.5	36.6	35.6	37.1	36.6	35.0	32.6	36.7	36.2	34.9	37.5	36.6	35.0	35.4	36.6	37.4
	9	27.3	82	28.3	36.6	37.0	37.0	36.4	37.1	37.6	36.0	32.5	37.2	37.2	34.7	36.8	37.3	34.1	36.4	37.7	37.1
	10	24.4	85	24.9	35.0	36.7	36.7	35.7	37.2	36.9	35.6	29.8	37.7	37.4	35.2	36.7	37.0	33.8	35.7	37.0	37.0
	11	22.1	83	22.0	33.8	34.2	33.9	33.8	34.6	33.8	33.8	30.2	35.3	35.6	33.9	34.8	36.1	32.8	33.1	33.7	34.2
	12	17.1	87	17.0	30.6	33.2	33.2	30.2	33.4	32.9	30.3	25.1	33.2	33.4	30.8	33.8	33.9	29.5	30.5	33.1	33.4
72—	1	14.4	87	14.6	28.7	33.1	34.8	28.5	33.7	33.8	28.1	21.2	33.2	32.7	28.9	34.5	32.8	27.7	28.9	33.8	33.3
	2	13.6	90	13.4	26.1	35.4	33.3	25.4	36.3	33.9	24.8	21.1	32.3	33.9	26.5	34.8	34.2	26.6	25.5	34.5	37.4
	3	14.7	90	14.8	27.8	34.8	31.8	28.0	35.6	32.0	27.9	23.0	32.3	30.6	27.8	33.3	31.7	26.9	28.2	30.4	36.1
	4	22.3	86	23.2	28.6	33.1	31.6	27.8	32.9	31.4	27.3	24.1	31.5	30.7	28.0	31.6	31.0	28.1	27.7	30.0	32.3
	5	24.7	90	25.8	32.0	35.2	34.5	31.2	34.9	34.4	30.8	28.3	34.4	33.6	31.0	33.5	33.3	31.5	31.2	34.1	35.3

[註] *溫度資料，為每日上午7~10點之最高溫度值之月平均。

*表內英文字母代表測點距離風機的遠近，第一字母相同者表示測點與風機的縱向距離一樣，請參看圖2。

*上、中、下和底表示測點在谷層的垂直位置，上層（谷層面下1公尺），中層（谷層面下2.5公尺）下層（谷層面下4公尺），底層（谷層面5.5公尺）。

*數字為儀器接點代號。

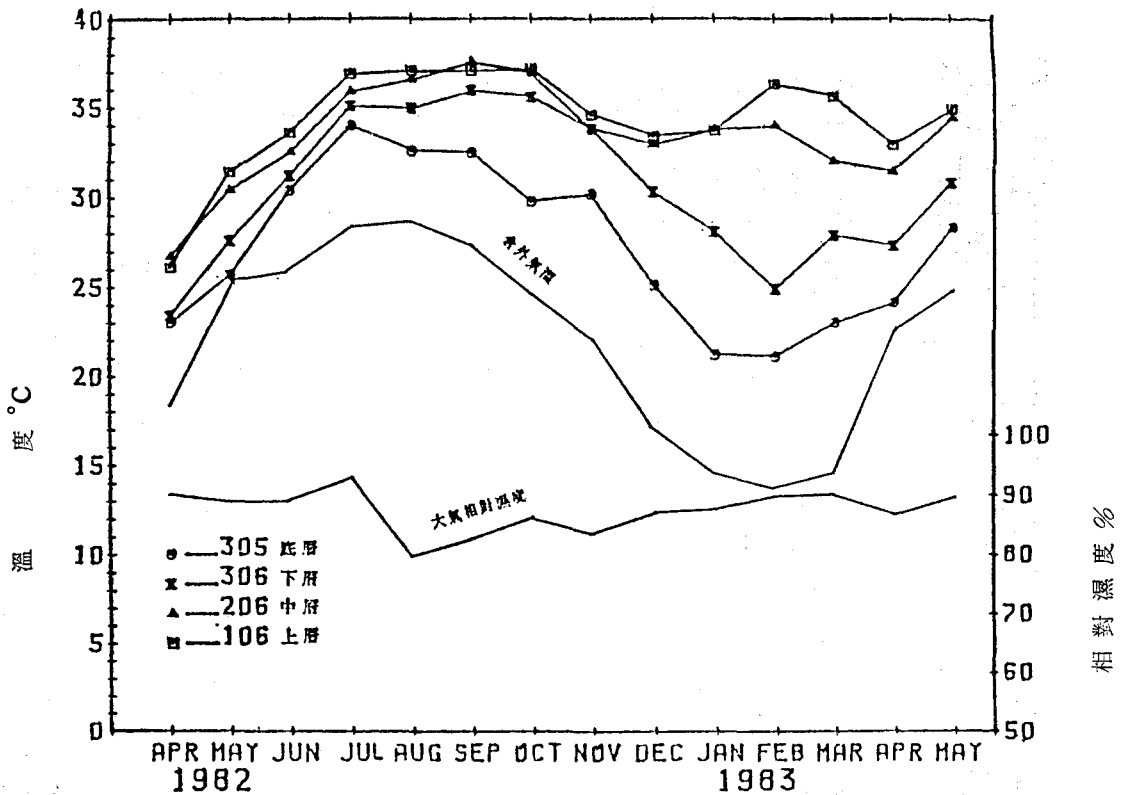


圖 7. 谷倉中央位置上中下底層谷溫和倉內氣溫及倉外氣溫月平均值

(二) 自動控制風機的效果

1. 使用 KAYE DIGISTRIP II 資料自動記錄及控制器

依據圖 4 系統流程圖所設定之記錄與控制谷溫之程序，整套控制系統已可達到定時記錄谷溫及依照設定溫度值的高低來自動開啓或關閉風機的目的。其自動記錄谷溫及啓閉風機之實例如圖 8 所示。

控制風機的谷溫測點為圖 2 中 F 點位置之中層谷溫即儀器測點號碼 206，設定溫度上限為 34°C。圖 8 中測點 206 的谷溫於記錄時間 4:41 時為 33.9°C，一小時後於 5:41 仍是 33.9°C，之後在下一小時印出谷溫時間之前因谷溫已等於 34°C，促使繼動器關閉而啓動風機，並同時記錄下開始通風時間及通風前各點谷溫，並在控制風機的谷溫測點即 206 點的溫度值旁印出☆號，供爾後判斷開始通風時間之用。

只要控制風機的谷溫測點的溫度仍然等於或高於設定溫度，風機即繼續運轉，並且每隔一小時記錄谷溫乙次及印出☆號。但在圖 8 中於 2:26 時，3:26 時和 4:26 時，控制用測點谷溫雖已降到

34°C 以下到達 33.8°C 和 33.7°C，風機仍然繼續運轉直到溫度降為 33.5°C 時才使繼動器啓開而停止風機的運轉並記錄下停止通風時間及溫度。此種停止通風的溫度值與設定值之間的誤差約 0.5°C，或與 T 型熱偶線的測定誤差值及儀器測溫容許誤差值有關，這種誤差屬於一般性，而被認可者。

2. 小型溫度自動記錄及控制器之研製及性能

利用國內生產的微處理機 (microprocessor) 材料所設計研製之低成本自動記錄及控制器如圖 6。使用時，須自微處理機鍵盤鍵入下述資料：

1. 時間 (秒、分、時、日) 存於地址 FA50-FA54
2. 印出溫度間隔時間 (1~99 分鐘) 存於位址 FB00
3. 各點溫度上限值 (0~99°C) 存於位址 FA00~FA09，共計 10 個測點
4. 掃描速度 (1~240 秒) 存於位址 FB10

上述資料貯存於微處理機記憶體 (RAM) 上。在記憶體 (RAM) 位址由 7000~77FF 共 2K 位元 (byte) 預留為應用程式範圍，以供其他控制

日期

0515
100
200
300
400

NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY AGRICULTURAL MACHINERY ENG DEPT -PADDY RICE TEMPERATURE--HSING FONG FARMERS ASSOCIATION BIN 14-1983
 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16
 DEY BULE 1-2.5H 5-1H 8 AIR 9-1H 13-1H 16-1H TOP DRY 21-1H DB-IN-RA V8 1H 2.5H D-AIR CHECK
 WET BULE 2-4H 4-4H 6-2.5H 10-2.5H 14-2.5H 17-2.5H TOP WET 20-2.5H 1.5H EAST -1H WEST-IN CHECK
 DUCT AIR 3-5.5H 7-4H 12-5.5H 11-4H 15-4H 18-4H NORTH AIR 19-4H WALL WALL WATER CHECK
 LU FU-HING
 TEL--02 351-0231 EXT 3245

記錄時間

谷溫測點

記錄時間	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	
04:41:00	26.90 26.90 24.30	32.20 29.40 27.60	DFEN C 31.10	35.80 34.10 30.20	28.10 27.40 27.40	35.40 33.90 29.80		35.20 32.80 30.30	33.90 32.10 30.40	27.90 DFEN C 28.60	35.50 33.70 30.40	28.10 28.50 30.30	34.20 30.80 30.80	DFEN C	26.90 26.90 26.60	26.90	
05:41:00	26.60 26.70 24.50	32.30 29.40 27.60	DFEN C 31.10	35.90 34.20 30.20	27.60 27.10 27.10	35.50 33.90 29.80		35.30 32.90 30.40	33.90 32.20 30.50	27.40 DFEN C 26.90	35.60 33.70 30.60	28.00 28.30 30.40	34.20 30.90 30.90	DFEN C	26.30 26.50 26.70	26.30	
05:46:12A	26.60 26.60 24.30	32.30 29.40 27.60	DFEN C 31.20	35.90 34.20 30.20	27.60 27.20 27.20	35.50 34.00* 29.90		35.30 33.00 30.50	34.00 32.20 30.60	27.30 DFEN C 26.60	35.60 33.70 30.60	28.10 28.40 30.40	34.20 30.90 30.90	DFEN C	26.30 26.60 26.70	26.30	
	$\frac{1}{5}$															$\frac{1}{5}$	
02:26:00	23.60 21.40 25.10	32.10 28.10 25.60	DFEN C 30.20	35.40 33.90 29.70	29.10 25.50 25.50	35.40 33.80* 29.10		35.00 32.90 30.30	34.60 32.40 30.40	27.50 DFEN C 22.40	35.60 33.70 29.80	29.60 30.20 32.10	34.70 31.60	DFEN C	23.30 23.40 23.80	23.30	
03:26:00	23.70 21.70 25.10	32.20 27.90 25.60	DFEN C 30.00	35.40 33.90 29.50	27.70 25.60 25.60	35.40 33.80* 28.90		34.90 33.00 30.00	34.60 32.50 30.30	26.90 DFEN C 22.30	35.60 33.60 29.70	28.70 29.70 31.90	34.70 31.70	DFEN C	23.90 23.90 24.20	23.90	
04:26:00	23.80 22.00 25.30	32.20 27.80 25.80	DFEN C 29.80	35.40 33.80 29.40	27.90 25.80 25.80	35.40 33.70* 28.80		34.80 33.00 28.90	34.60 32.50 30.20	26.90 DFEN C 22.40	35.60 33.50 29.50	28.90 29.80 31.70	34.70 31.60	DFEN C	23.70 23.80 24.20	23.70	
05:21:31	23.70 22.20 25.40	32.20 27.70 26.10	DFEN C 29.70	35.50 33.70 29.20	28.60 26.00 26.00	35.40 33.50 29.70		34.70 32.90 29.80	34.60 32.50 30.10	27.10 DFEN C 22.90	35.60 33.30 29.40	29.30 30.00 31.60	34.60 31.70	DFEN C	23.60 23.80 24.20	23.60	
05:26:00	23.70 22.30 24.70	32.20 27.70 26.00	DFEN C 29.70	35.50 33.60 29.20	27.30 25.90 25.90	35.40 33.40 28.50		34.60 32.80 29.50	34.60 32.40 29.90	26.50 DFEN C 22.70	35.60 33.30 29.30	27.40 29.00 31.40	34.60 31.60	DFEN C	23.20 23.50 24.10	23.20	
06:26:00	24.10 23.10 24.60	32.20 27.70 26.10	DFEN C 29.70	35.50 33.60 29.10	26.70 25.80 25.80	35.30 33.40 29.40		34.40 32.60 29.30	34.60 32.40 30.00	26.20 DFEN C 24.30	35.60 33.30 29.20	26.90 27.40 31.40	34.60 31.60	DFEN C	24.10 24.10 24.40	24.10	

開始通風時間

停止通風時間

圖8. 谷溫自動記錄表範例

及運算之軟體程式之用。本控制器之運轉系統流程如圖3，記錄溫度印表格式如圖9。溫度誤差在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以內，若改用較精密之溫度感應子可提高精確度到 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

試車結果顯示可自動定時記錄溫度及依據設定溫度值自動啓開繼動器來控制外接馬達。開機時，必須依照微處理機啓動方式，逐項鍵入資料後才能開始運轉，其操作方法較繁，將來擬用 ROM 預先貯存多項資料以簡化操作方式。

```
DATE 27
TIME=10:09
CH0 TEMP=25.9
CH1 TEMP=25.4
CH2 TEMP=24.9
CH3 TEMP=25.1
CH4 TEMP=25.2
CH5 TEMP=26.3
CH6 TEMP=25.4
CH7 TEMP=25.8
CH8 TEMP=25.2
CH9 TEMP=26.1
```

圖9 小型溫度自動記錄及控制器印表格式

五、結 論

縱觀整套控制系統已可達到定時記錄谷溫及依照設定溫度值的高低來自動開啓或關閉風機的目的。

本研究用控制方式屬於數值法。第一種機型(KAYE DIGISTRIP II)為進口設備，可掃描48點溫度，成本約新臺幣25萬元。第二種機型以國產微處理機為主機製造而成，可掃描10點溫度，成本約新臺幣10萬元(掃描數仍可再增加到20點)。將來研究方向為尋求開發低成本之谷倉溫度監視

及控制系統以利推廣。

依據研究期間累積之經驗，茲將推廣谷倉溫度記錄及通風作業自動化將遭遇之困難及建議列舉如下：

1. 谷倉所在地電壓不穩定，較常停電，因之電子儀器易受損。
2. 選用操作簡易，穩定性及耐久性優良之控制設備。控制設備應遠離碾米廠或予以適當防塵防潮保護，避免日曬雨淋，並須防止其他電源或電波干擾。
3. 為經濟利用設備，擬採中央控制方式，設立一控制室同時監視多座或全部谷倉之溫度變化。
4. 培養訓練農會倉貯管理有關人員，灌輸自動控制觀念與共識，並授以基礎操作及維護技術。

六、參 考 文 獻

1. 盧福明、陳貽倫 1978。改善稻穀倉庫機械設備之研究。中國農業工程學報 24(1): 28—39。
2. 盧福明 1983。穀倉機械化作業之研究 II。機械強制通風方式控制貯倉稻穀溫度之效果。中國農業工程學報 29(1): 52—61。
3. 蕭介宗 1983。臺灣稻穀倉儲設備之改良研究。中國農業工程學報 29(4): 68—77。
4. 黃俊雄、張長泉、廖銘隆、謝定時、劉廷英。1983。中型穀倉適當通風條件之研究。食品工業發展研究所研究報告第 308 號。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助研究經費並承臺灣省糧食局，新竹縣新豐鄉農會提供試驗用穀倉，試驗期間承臺灣大學農機系林華火先生，曾瑞雄先生，游誠一先生和黃清白同學，及瑞澤企業股份有限公司，明泰電機控制有限公司、和昌碩實業有限公司等之協助，謹此一併致謝。