

礮谷機之研究

II. 農會碾米廠作業性能調查分析

Study on the Rice Milling

II. Investigation of the Efficiency of Local Rice Mills

臺灣大學農業工程系講師

農復會技正兼中興大學農經研究所副教授

盧福明

Fu-ming Lu

黃欽榮

Chin-rong Huang

一、前 言

臺灣每年稻谷產量約 320 萬噸，其中四分之一量由糧食局委託各地農會代為貯存及加工業務。農會碾米廠加工碾米時的稻谷其貯存期間大都超過一年以上，品質已較新谷為差而且各地農會之碾米機械大都陳舊，半數以上之礮谷機械之機齡在 20 年以上，碾製加工久藏之稻谷難免會影響加工效率。據中興大學調查之結果於民國六十年全省農會稻谷加工廠計有 404 個，依興建年期分，民國 30 年以前佔 22.64%，民國 31 年至 35 年佔 7.55%，民國 36 年至 40 年佔 5.66%，民國 41 年至 45 年佔 15.09%，民國 46 年至 50 年佔 18.8%，民國 51 年至 55 年佔 13.21%，民國 56 年至 60 年佔 16.98%⁽¹⁾。雖然近年來已由政府糧政機關輔導各地農會換新碾米設備，但各地農會碾米機械機齡在 10 年以內者所佔比率仍未超過半數。

本省目前之碾米方式及其設備可算是古老行業之一，因循傳統較多，在研究發展或更新設備之研究方面略呈停滯。如果新造碾米機械本身仍然抄襲舊有者，則陳舊機械效率較新機械為低之論未必全然可信，但陳舊機械在操作方面及維修方面必須經常給予高度注意始可維持機械效率。許多農會因碾米機陳舊，每年需花費可觀之修理費約新臺幣七萬元左右。有關農會碾米機械之調查，在過去大都僅止於成本之分析，鮮有論述針對碾米機械構造，由工程觀點來調查碾米機械之效率。本文目的即從調查農會碾米機械構造之資料來探討新舊碾米機械之異同點及其效率之比較，以供今後興建新碾米廠時之參考。

二、碾米機械設備與流程

目前各農會碾米機械大都利用摩擦脫稈方式。稻谷流經兩只不同轉速橡膠滾筒之間隙，靠谷粒與外界

之摩擦作用除去稻殼⁽²⁾。使用篩選法及風選法以分離糙米粒與其他雜物，如糠、谷殼、不良谷、屑米、草梗、石礫等。

碾米廠之機械設備一般可分為三大單元，即(1)稻谷選別部(2)礮谷機(3)糙米選別部。送碾之稻谷先經由稻谷選別部分離出草梗斷穗、石礫、土塵、不良谷(二槽)，然後稻谷流入礮谷機兩只滾筒間隙。脫稈後之混合物包括糙米粒、未碾谷、谷殼、糠等再由箕式昇降機送往糙米選別部，分離出之糙米粒即可裝袋貯存或逕行再加工碾製白米。糙米選別部可細分為糙米粗選部及糙米精選部，分別由兩套箕式昇降機供給物料。糙米精選部可分離出屑米(斷碎米粒)，減少裝袋糙米含雜物之比率，圖 1. 為典型之碾米廠之設備流程圖。

選別裝置大都利用長方形平面篩網配合風鼓的使用。為增加篩選效率，間有使用能前後或左右振動之振動篩。礮谷機之兩只滾筒之直徑相同者稱同徑滾筒，相異者稱異徑滾筒。稻谷或糙米等物料大都由箕式昇降機提升到碾米廠頂端部位，再靠重力流入各選別篩及風鼓。在碾米廠內一般都裝設有吸塵管經由旋風分離筒吸出碾米過程中所產生之塵埃。礮谷後之副產物一般有粗糠，谷殼、屑米等。

三、調查方法

因購置年期與地理環境之差異，各地農會碾米廠之礮谷加工能力、碾率、副產物之回收量等也因而有所差別。本調查目的為探討比較機齡不同之碾米機械之構造及其作業性能。受調查之機械機齡在一年以內者有羅東、寶山、霧峯、二水、朴子、草屯、美濃等七處鄉鎮農會，機齡在 20~30 年者有瑞芳、新埔、溪州、竹塘、楠梓等五處鄉鎮農會，機齡在 30~40 年者有大園、大城、烏日、荊桐等四處鄉鎮農會，機齡在

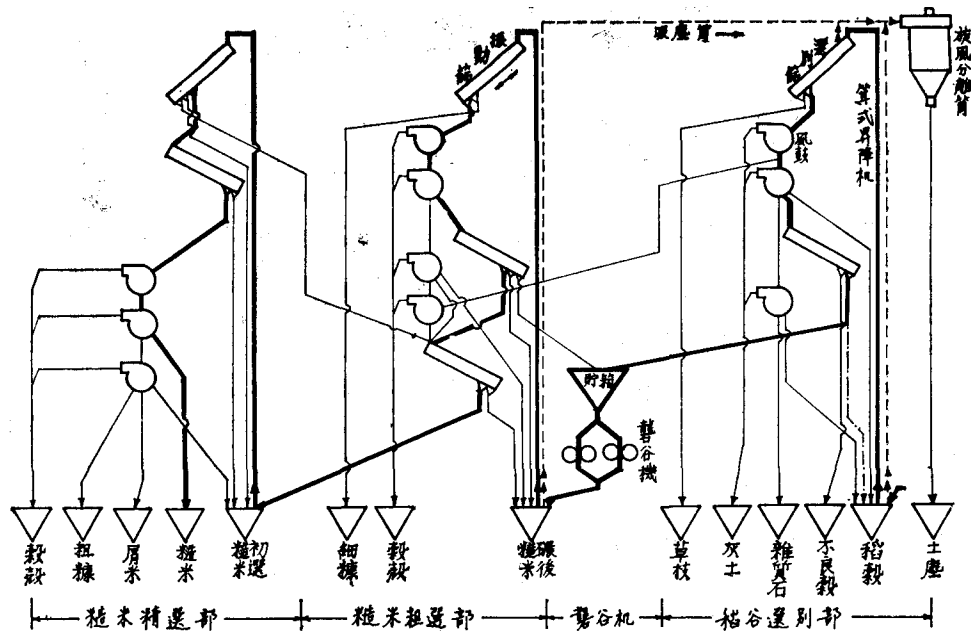


圖1. 典型碾米廠設備流程 (粗線代表加工稻谷之主要流程)

40年以上者有五結、鹿港、田尾、安定、歸仁、蘆洲、蘆竹、香山、土庫、里港、內埔、南投等12處鄉鎮農會，全部調查農會數計有28家分散於全省西部各地方。調查時間由65年7月12日到8月7日。調查時由臺灣大學農業工程系選派調查人員分赴各鄉鎮農會當場監督加工稻穀，測定碾率，每小時加工能力並調查廠房設備。受測之谷子以64年1期蓬萊谷為主其貯存期間約一年左右，每次之加工稻穀量至少為3公噸。因農會情況特殊不能提供64年1期蓬萊谷時則改以64年1期在萊谷測定之。結果分析中有關碾米效率之統計只包括加工蓬萊谷部份，以避免因加工不同稻穀品種所導致之偏差。測定時之稻穀含水率介於11~13%之間，平均含水率為12.43%，稻穀比重介於5.0~5.5公斤/公斗，平均比重為5.33公斤/公斗，各農會之調查資料見附表1所示。

四、調查結果之分析

以下將從碾米機械之作業效率，廠房設備和綜合現象等三項來討論。

(一) 碾米機械之效率

比較不同機齡之碾米機械之平均碾率和加工能力之結果以機齡在1年內者即新建碾米廠具有最高之碾率78.62%及最大之加工能力每馬力每小時可加工266公斤之糙米；機齡在40年以上者之碾率為78.14%，但其加工能力僅198公斤/馬力小時。機齡20~30年

和30~40年者之碾率較低，但其加工能力都比40年以上機齡者為高。結果分析指出，陳舊機械如40年以上機齡之碾率約高於20~40年機齡之碾率，推測是40年以上者具備較多個數之篩網和風鼓(見表3)，因而提高選別效率所致。影響碾率之因子屬於稻谷本身者一般包括稻谷品種、含水率、貯存期限等；屬於碾米機械部份有滾筒尺寸，滾筒間隙與轉速，滾筒橡膠品質及篩選風選機之效率等，此部分受到機械之新舊與保養維護之優劣之影響較大。本調查資料僅能提出新碾米廠具較高碾率之事實，並不圖證明所有新機械都比舊機械具有較高之碾率，碾米之效率如表1所示。

表1：新舊碾米機械效率之比較

| 項 目 | 機 齡 | | | |
|--------------------|-------|--------|--------|-------|
| | 1年以內 | 20~30年 | 30~40年 | 40年以上 |
| 調 查 臺 數 | 7 | 5 | 4 | 12 |
| 百 分 率 | 25.00 | 17.86 | 14.29 | 42.85 |
| 平 均 碾 率 | 78.62 | 77.06 | 77.21 | 78.17 |
| 平均加工能力 (公斤糙米/馬力小時) | 266 | 218 | 242 | 198 |

※註：只計蓬萊谷之加工碾率及加工能力

碾米廠總馬力數大時，其加工能力也較大，其關係如圖2所示，機齡較久者雖然馬力數大，但其加工能力不見得高。馬力最小者為蘆洲農會，僅5馬力，

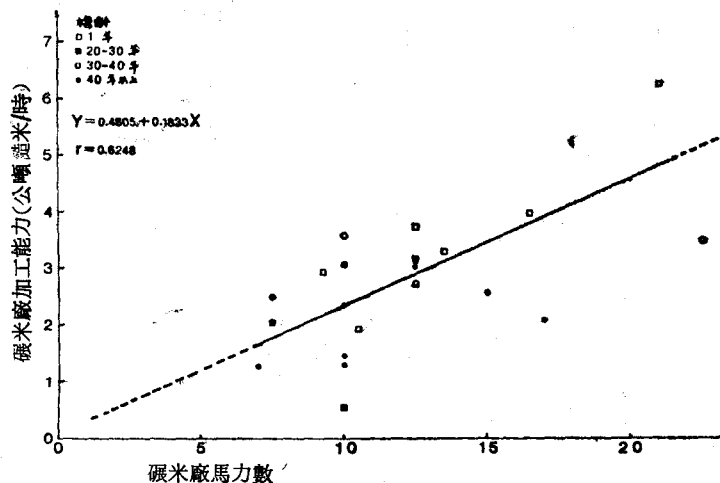


圖2. 碾米廠馬力數與加工能力之關係

其加工能力為 999.8 公斤/小時（再萊糙米）。馬力最大者為草屯農會，高達 21 馬力，其加工能力為 6234 公斤/小時（蓬萊糙米）。

加工稻谷時所產生之灰塵如不能有效的利用吸塵設備排出廠外，將造成廠房內部之嚴重空氣污染，依據廠內灰塵量予人之忍受情形將廠內空氣清潔度分為

良劣二類如表 2 所示。調查結果顯示有 19 家佔調查農會數之 67.86% 之廠房內空氣較污濁，其中有 11 家是機齡超過 40 年者。陳舊碾米設備大都缺少吸塵設備，即使有此設備也因年久失修而無吸塵作用。加工時容易漏出塵埃之部位為進稻谷槽，礱谷機及選別篩。若此等設備之封閉性低時，塵埃即易溢出充塞廠房內。

表2. 加工稻谷時廠內空氣良劣之碾米廠佔有率

| 機 廠房內 空氣污染情形 | 機 齡 | | | | 總 數 | 百 分 率 |
|--------------------|------|--------|--------|-------|-----|-------|
| | 一年以內 | 20~30年 | 30~40年 | 40年以上 | | |
| 劣 | 2 | 4 | 2 | 11 | 19 | 68% |
| 良 | 5 | 1 | 2 | 1 | 9 | 32% |

現有碾米廠於加工稻谷時，稻谷或糙米流經各設備單元之途徑並未能全部加以封閉，而裝設吸塵管之位置僅只是進谷槽，礱谷機及一兩組篩網處，碾米廠內一般具有 6 組篩網。吸塵管若不能有效排出所有塵埃則粉塵將從未封閉之構造單元之中，例如從篩網處漏出充滿廠內。廠內空氣污染嚴重時間接的影響廠內作業人員工作效率並增加保養修護之困難。

屑米與碎米之間收率高時，即可提高碾米時副產物之收入，調查結果指出機齡在一年以內者屑碎米之間收率佔加工稻谷量之 0.44%，20~30 年者佔 0.33%，30~40 年佔 0.29%，40 年以上者佔 0.39%。至於糠與不良谷等副產物則因各農會碾米設備之不同與加工稻谷性質之差異而存有很大之差別。調查結果指出副產物中，糠、不良谷和屑米與碎米所佔之比率平均各為加工稻谷重量之 1.03%，0.62% 和 0.46%。

(二) 廠房設備

碾米廠主要設備之調查結果如表 3 所示。

表 3 顯示出機齡在一年以內之碾米機械具有較高碾率，加工能力及馬力數，且廠房面積佔地較少 (51.82 平方公尺即 15.7 坪)，廠房高度也較低 (9.87 公尺)。廠房高度係由廠房地面量至箕式升降機頂端之高度。在不降低碾米效率之前提下能減少廠房面積及高度即可有效的利用建築用地與空間而可減少建築經費。

碾米廠之篩網組數一般有 6 組，每組具有一層或兩層 (上下) 網面，網目數介於 4~6 目。表 3 指出新舊碾米廠之篩網組數與風鼓數目之差異較小，但新廠房具有減少篩網組數，增加風鼓數之趨勢，也即較新碾米機械有增加利用風鼓作選別工作之趨勢。新建碾米機械之粗選糙米部具有較多之風鼓 (5 組)，與較大篩網面積 (4.41 平方公尺，只計頂層面積)，篩

表3. 不同機齡之碾米廠設備之比較

| 機齡 | 臺數 | 碾率(%) | 每加工能力(公斤/小時) | 平均總馬力(hp) | 廠房面積(m ²) | 廠房高度(m) | 篩網數(組) | 風鼓數(個) | 碎米率(%) | 稻選別部 | | 糙米選部 | | 精米選部 | | 篩面積總計(m ²) |
|-------|----|-------|--------------|-----------|-----------------------|---------|--------|--------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|------------------------|
| | | | | | | | | | | 篩面積(m ²) | 風鼓數(個) | 篩面積(m ²) | 風鼓數(個) | 篩面積(m ²) | 風鼓數(個) | |
| 一年以內 | 7 | 78.62 | 266 | 14.55 | 51.82 | 9.87 | 6.6 | 8.8 | 0.44 | 0.78 | 2.6 | 4.41 | 15.0 | 2.56 | 2.2 | 7.75 |
| 20~30 | 5 | 77.06 | 218 | 10.0 | 43.98 | 8.37 | 6.5 | 5.8 | 0.53 | 1.26 | 1.75 | 3.90 | 2.5 | 2.21 | 1.5 | 7.37 |
| 30~40 | 4 | 77.21 | 242 | 15.0 | 85.20 | 10.28 | 6.3 | 8.7 | 0.29 | 1.84 | 3.67 | 2.73 | 2.67 | 3.78 | 2 | 8.35 |
| 40年以上 | 12 | 78.17 | 198 | 11.3 | 61.34 | 10.12 | 7.4 | 7.0 | 0.39 | 1.00 | 2.33 | 3.66 | 2.22 | 2.72 | 2 | 7.38 |
| 總平均 | | 77.77 | 231 | 12.71 | 60.59 | 9.66 | 6.7 | 7.58 | 0.41 | 1.22 | 2.58 | 3.68 | 3.10 | 2.82 | 1.93 | 7.71 |

〔註1〕篩面積只計各組篩網上層之面積

〔註2〕本表所列碾率，每小時加工能力和碎米率係加工蓬萊谷之結果，蘆洲、南投、鹿港、溪洲、大城、霧峯等六鄉鎮農會係取用在萊谷測定，故其碾米資料不計入本表統計。

網與風鼓多時，糙米與副產物之分離效率較高。

各碾米廠所裝設之篩網組數與風鼓數所佔之百分率如表4、表5所示。

表4. 裝設不同篩網組數之碾米廠佔有率

| 項目 | 總篩網組數 | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 碾米廠個數 | 1 | 5 | 7 | 4 | 6 | 2 | 2 | |
| 百分率% | 3.7 | 18.52 | 25.93 | 14.81 | 22.22 | 7.41 | 7.41 | |

表5. 裝設不同風鼓數之碾米廠佔有率

| 項目 | 總風鼓數 | | | | | | | | | |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 碾米廠個數 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 6 | 2 | 0 | 1 |
| 百分率 | 3.57 | 7.14 | 10.71 | 10.71 | 17.86 | 17.86 | 21.44 | 7.14 | 0 | 3.57 |

碾米廠裝有6組篩網與9個風鼓者各佔調查碾米廠數之25.93%和21.44%。半數以上之碾米廠安裝有6~8組篩網與7~9個風鼓。表3指出新建碾米廠具有6.6組篩網與8.8個風鼓而機齡在40年以上者具有7.4組篩網與7個風鼓。

稻谷選別部，糙米粗選部與糙米精選部所裝設之篩網組數與風鼓數之配置情形如表6所示，稻谷選別

部只備有一組篩網者佔調查碾米廠總數之62.96%。風鼓數與篩網數分佈比例最大者分別為在稻谷選別部1組篩網與3個風鼓；在糙米粗選部3組篩網與2個風鼓；在糙米精選部2組篩網與2個風鼓。

表6. 選別部配置有不同個數之篩網與風鼓之碾米廠佔有率

| 選別部 | 個數 | 篩及風鼓 | | | | | | | 合計 |
|-------|----|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 稻谷選別部 | 篩 | 0 | 62.96 | 29.63 | 3.70 | 3.70 | 0 | 0 | 100 |
| | 風鼓 | 3.57 | 21.43 | 25.00 | 35.71 | 10.71 | 3.58 | 0 | 100 |
| 糙米粗選部 | 篩 | 0 | 3.70 | 22.22 | 74.08 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | 風鼓 | 0 | 3.57 | 50.00 | 21.43 | 21.43 | 0 | 3.57 | 100 |
| 糙米精選部 | 篩 | 0 | 11.11 | 59.26 | 18.52 | 7.41 | 3.70 | 0 | 100 |
| | 風鼓 | 0 | 17.86 | 64.30 | 17.86 | 0 | 0 | 0 | 100 |

受調查之28家農會碾米廠之礱谷機滾筒有59% (26家) 是同徑滾筒；有41% (18家) 是異徑滾筒。碾米廠使用2組滾筒者佔57% (16家)。以使用2組10' × 10' 滾筒為例其平均加工能力為252公斤(蓬萊糙米)/馬力小時。使用1組滾筒者佔43% (12家)，以使用10' × 10' 滾筒為例其平均加工能力為210公斤(蓬萊糙米)/馬力小時。雖然滾筒組數增加一倍，其加工能力僅增加20%，其原因似為碾米廠之機構

如箕式昇降機之輸送量或稻谷、糙米流經篩網之面積並沒有比例增加造成物料流通路徑不够寬大之現象，導致加工物料同輸量之增加使得物料流動速率配合不上因增加滾筒時所可增加之加工量。

依照碾谷機橡膠滾筒尺寸分類，有 46.43% 之碾米廠採用 10"×10" 滾筒裝置，使用各種滾筒尺寸之碾米廠數如表 7 所示。

表 7. 採用各種碾谷機滾筒尺寸之碾米廠佔有率

| 滾筒尺寸 項 目 | 10"×10" | 10×9" 10"×9½" | 9"×7" 9½"×7½" | 7"×7" 7½"×7½" |
|-------------|---------|------------------|------------------|------------------|
| 碾米廠數 | 13 | 6 | 5 | 4 |
| 百分率 | 46.43 | 21.42 | 17.86 | 14.29 |

更換新滾筒之間距以加工稻谷量衡量時，在 50 公噸以內者佔 4.5%，50~100 公噸者佔 63.7%，100~150 公噸者佔 22.8%，150 公噸以上者佔 9%。

依據碾米廠使用之總馬力數來分類之結果如表 8 所示，使用動力在 13 馬力以上者佔 32.15%，其加工能力也較大。

表 8. 裝備不同馬力之碾米廠佔有率

| 總馬力數 項 目 | 5~8hp | 9~10hp | 11~13hp | 13hp以上 |
|------------------|-------|--------|---------|--------|
| 碾米廠數 | 4 | 8 | 7 | 9 |
| 百分率 | 14.28 | 28.57 | 25.00 | 32.15 |
| 加工能力 (公斤糙米/時) | 1630 | 2148 | 3219 | 3555 |

(三)綜合現象

所調查之 28 家農會中，除少數幾座是新建的碾米設備外，其餘的碾米廠機件設備都過於陳舊，馬力不足，時生故障，亟待更新。而大部份農會的財政狀況不足敷付此鉅額費用，皆盼有關單位能酌情予以補助更新。

較舊之碾米機械設備之碾率與加工能力都偏低，糧食局給予碾米加工費用目前為蓬萊糙米每公噸 152 元，在萊糙米每公噸 172 元。仍不足加工時所需人工費與電費及設備修理之開支。因每年碾米時間並不長，農會一般皆無固定經費雇請一長期技工維護機件。而臨時技工又不諳機件性能，無法做周詳的維護，易於導致碾米機效能之降低。而每碾米一次，機件即

需加以調整，糧食局委託農會碾米時間皆斷斷續續，未能一次大量碾完，相對的會造成加工成本之提高，所以碾米加工作業往往造成農會供銷部虧損原因之一，各農會皆盼糧食局能提高稻谷加工費。

糧食局每年所訂的碾率雖不很高，但其舉行試碾之谷子大都是稻谷進谷後不久之新谷，具有較大之比重，而農會實際加工稻谷時屬貯存達一年以上之谷子，經過長期貯存後，品質變化與蛀蟲之影響往往使碾率降低到核定之碾率以下，且碾出之糙米品質也較差，此也是農會加工稻谷虧損之一因。在一加工能力每小時 3 公噸糙米之碾米廠每天加工 8 小時，若碾率由 75% 降為 74%，則將損失 320 公斤糙米，若每公斤糙米價值 15 元計算，則每加工 8 小時將損失 4800 元，即加工稻谷時每一公噸糙米產量將損失 200 元。提高碾率為一不可忽視之問題，其方法可從更新陳舊碾米設備，和縮短加工稻谷之貯存期間或改善現有倉貯方法等方面着手。

副產物谷殼在以往可當燃料出售，增加農會收入，但近年來國民生活水準提高，農民普遍使用液化瓦斯代替燃燒谷殼，是故每次加工稻谷時，往往谷殼堆積如山，甚至堵塞碾米廠鼓風機出風口而影響作業之進行，處理谷殼還得請工人清理搬運，增加經費支出。每公噸稻谷加工後約可產生 200 公斤的谷殼。

舊式碾米廠皆使用單一大馬力馬達經由皮帶傳達動力到各單元。新建碾米廠將動力分開分別使用數個馬達供給箕式昇降機、風鼓、振動篩所需要之動力，傳動皮帶較短，佔空間較小。

一般農會之谷倉與碾米廠間缺乏輸送機械，加工稻谷時仍得雇工搬運稻谷，而配備有皮帶輸送機之碾米廠，其輸送道地基低，遇雨天時較易浸水而停用。空氣輸送機輸送量大但耗電量也大，且若除塵設備不良時反而容易污染廠房，使用空氣輸送機時應設法配置一套除塵設備。

一般陳舊碾米廠吸塵設備奇差，甚至有些機房無吸塵設備或已廢棄不用，致使碾米廠積塵嚴重，工作進行時灰塵滿天，通風不良，不但影響碾米廠工人健康甚鉅，亦危害附近住家的安寧與衛生。

五、結 論

- (1) 機齡在 20 年以上之碾米廠之加工能力與碾率都較新建者為低且舊碾米廠加工時塵埃之污染較嚴重。
- (2) 新建碾米廠馬力數較大，佔地面積與廠房高度都較 20 年以上機齡者為小。 ——下轉第 71 頁——