

農產加工工程

譯者：彭 錦 樵

主譯者：國立編譯館

農產加工工程

譯者：彭 錦 樵

主譯者：國立編譯館

大中國圖書公司印行

原 版 序

農產加工工程可定義爲：農產品在農場上或靠當地之企業界所執行之一切加工的活動過程，而農民可從中獲得一些利潤；更明確地說，任何農場上或原產地之一切活動，足以維持農產品之品質，或改變農產品之外形或特性者，均可稱爲農產加工工程。而此加工過程之執行，使得精美的農產品數量增加，而可以促進田間農產品之栽培，以提高農產品之產量。另外，亦由於加工過程而提高農產品之品質，減少其生產成本，且可增加農民之淨經濟價值。

以下所列即爲農產加工工程之一些活動過程：

穀物 (grain)、種子 (seed)、核果 (nuts)、棉花 (cotton)、水果 (fruits)、蔬菜 (vegetables)、花生 (peanuts)、蛋類 (eggs) 等之清洗 (cleaning)、分類 (sorting)、分級 (grading) 與處理 (treating)。

穀物、種子、秣料 (forage)、胡桃、煙草 (tobacco)、水果、蔬菜、牛奶 (milk)、蛇麻 (hops)、蛋類等之乾燥 (drying) 與脫水 (dehydrating)。

動物飼料 (animal feeds)、肥料 (fertilizers) 等之研磨 (grinding) 與混合 (mixing)。

高粱 (sorghum)、甘蔗 (sugar cane)、稻米 (rice) 等之研磨 (milling)。

水果與蔬菜之裝罐 (canning)。

水果與蔬菜之包裝 (packing)。

ii 農產加工工程

肉類 (meat) 與家禽類 (poultry) 剛屠宰後用一束緊之包裝 (dressing) 。

水果、蔬菜與肉類之冷凍 (freezing) 。

農產品 (products) 之貯藏 (storage) 與輸送 (transportation) 。

其他諸如：流質之牛奶 (fluid milk)、奶油 (butter)、乾酪 (cheese)、冰淇淋 (ice cream)、蜂蜜 (honey)、糖蜜 (molasses)、薄荷 (mint)、松脂 (turpentine)、纖維性作物 (fiber crops) 等之處理過程亦是加工工程所包含之範圍。

加工工程工作包括一系列之事件或單元操作 (unit operations)。許多單元操作常常使用在一個以上之加工作業上，例如：物質之輸送、清洗與分類、乾燥等。書中所列之許多裝置與方法步驟，在農產加工工程中非常重要，但是它們在一般農業工程 (agricultural engineering) 的課程中却未詳加討論，例如：風扇、熱傳遞、儀器、工作之簡化等。在農產加工工程中，最重要的單元操作、加工過程、設備裝置及工作方法步驟等，如下所示：

減積 (Size reduction)

清洗與分類 (Cleaning and sorting)

乾燥與脫水 (Drying and dehydration)

蒸發濃縮 (Concentration by evaporation)

冷凍 (Refrigeration)

混合 (Mixing)

物料之處理 (Materials handling)

空氣調節 (Air conditioning)

蒸氣產生與使用 (Steam generation and use)

熱傳遞 (Heat transfer)

泵與風扇 (Pumps and fans)

工廠配置 (Plant layout)

工作之簡化 (Work simplification)

儀器及其應用 (Instrumentation)

本教科書主要乃為輔助教導學生，使他們在農產加工工程基本原理方面有所增益，故須假設學生已具備微積分、基本熱力學、甚至熱力工程方面之知識。雖然大部份學生都已修過流體力學，但是本書依然包含一章有關於流體力學之綜合複習，另外有一章則為流量之測定，當我們工作時，例如流體流過多孔介質之問題，可參考課本所提之內容予以解決。同樣地，許多學生可能已經以經濟性之方法來處理有關農業成本問題，然而我們依然編列一章成本之分析；我們深信，對於一個操作，我們所建立的成本分析方法步驟，對工程師而言是非常有用的。本書中之內容，儘可能的從最基本之觀念準備起。只可惜一些主題（例如：清洗、選別、工廠之配置等。）之探討不夠嚴密；更甚者，其他主題也只是概略性地來探討，因為我們覺得農業工程師在應用方面應比設計方面更感興趣。

我們建議教師於講授這些單元操作之課程時，能與當地之加工活動相配合，使得這些課程如果基於企業上的需要而發展時，學生們能勝任處理更多的工作。我們推薦學生們多去使用工程手冊以及去找有關的參考資料。書中之問題，乃是地區性之典型問題，且針對學生之所須來挑選的。後面之附錄部份，在實際工程問題中，工程師可作為參考資料之來源，但它主要的目的乃為了幫助解答問題。

在此，對於工業界、大學裡和聯邦政府中所有對書中圖片曾經關照奔波的辛勞者致以萬分謝意，由於篇幅有限，無法在此一一列出其芳名，深感抱歉！對以下之贊助者，我們亦深致萬分之謝意！Dr. R. M. Barnes, University of California (Los Angeles); Prof. J.

C. Hempstead, Iowa State College; Dr. R. G. Folsom, University of Michigan, Ann Arbor, Mich.; Ronald Banton, A. T. Farrell and Co.; Hill Shepardson, Hart Carter Co.; A. J. Bouey, Westinghouse Corp.; Gilbert T. Bowman, Pittsburgh Equitable Meter Division, Rockwell Manufacturing Co.; Frank Maytham, Link-Belt Co.; E. C. Meyer, Minneapolis-Honeywell Regulator Co.; and Waldo H. Kliever, Clevite Brush Development Co.

福格生基金會 (The Ferguson Foundation) 提供寶貴之資料與同意一些珍貴圖片之公開，代表此基金會之 Mr. Harold E. Pinches，其對我們之鼓勵與建議，亦於此特別致謝，我們更希望加州大學 (Davis 分校) 能在研究計畫之發展上予以支援且提供更多的資料以便研究開發。

1954 年 12 月 S. M. Henderson.

R. L. Perry.

再 版 序

本書初版之印行提出許多基本機構方面之發展及關於農產加工工程之有效應用。本次再版更竭所能將此主要之相關資料囊括入內，不但加入新近之參考資料，並且提出若干補充問題，以求本書更為實用。

我們推薦教師於講授此單元加工操作之課程時，能依其當地之情形提供適當的資料給同學，且積極地要求同學們要多去查閱參考資料及其他之有關文獻等。問題之設計有難易程度之分，要使之更廣泛與實用，然而教師可針對當地之實際需要及其目的而設計更多的題目。

1966年6月 S. M. Henderson.

R. L. Perry.

三 版 序

1966 年本書之再版提出了許多關於農產加工工程方面科技之發展與研究改良，參考資料之增訂反應出其間之改變。這些改變能增進本書之利用價值，但本書之架構無甚改變，故在本質上而言亦無大的變化。

過去十年中食品工程已與農產加工工程互相連貫且一致了，且彼此之關係密切。初版中有關於食品工程範圍之架構，目的在於增進工程師之工作能力和提高工作效率。作者深信本書能於此蒸蒸日上之食品工程領域中被普遍地使用，且在更廣泛之農產加工工程領域中為人所探討。

為了方便起見，工程界中必須走向公制之單位，在附錄中加入了一則單位換算，以便換算之需。

1976 年 4 月 S. M. Henderson.

R. L. Perry.

方 序

農產品收穫後，必須迅速地加以適當之處理、包裝、貯藏或經過加工製造，不但可保持農產品之原來優良品質、減少耗損，且因加工製造，改變農產品之本來形貌，以提高其貯運能力及利用價值。凡此種種之執行活動，均賴以現代科技之應用及工程之估算與施行，以達到保持農產品之優良品質，及降低貯運之成本，增加農產品加工後之利用價值，以提高農民原料生產及製造業者經營之經濟效益，故農產加工工程已成為現代農業經營農產加工上極重要之應用科技。

農產加工工程是將農產品以工業化之加工製造，有計畫地依一定之加工程序，生產出品質齊一之加工品，以應市場之要求。雖然農產加工品之種類繁多，原料之生產環境條件及加工製造之客觀條件亦隨各國開發程度，所採用之加工工程及技術應用可有差異，但所採用之加工工程原理及所施行之單元操作是相同的。我國農產加工雖已有了悠久的歷史，但多為傳統性小規模之企業經營。為了農產加工業之升級，配合國內外市場之需求，農產加工更需加工工程來升高層次。

本書原著者韓德遜與培利都是美國加州大學農產加工工程之權威教授，故其原文之內容材料豐富，章節分明，對各種加工工程及單元操作介紹清楚，並附有圖表，使初學者更能體會瞭解，各章首頁列有代號說明，章末列有參考文獻及問題習作，俾使學生學到工程之評估及運算之能力。彭錦樵先生現執教於國立中興大學農業機械系，由於他對農產加工工程深有研究及積多年之教學經驗，選擇此書，以流暢而切實之中文譯述，辭意清楚，符合原意，為國內農產加工工程極好之

ii 農產加工工程

中文教科書，使初學者容易吸收新知，亦提供國內農產加工業界在加工工程方面獲得寶貴之參考資料。茲為鼓勵青年教師多貢獻於工程科學之譯著工作，爰特為序，藉以共勉之！

國立臺灣大學教授方祖達謹識

中華民國七十四年八月

譯 者 序

世界人口日益增加，糧食問題逐日嚴重，農業問題更受重視。農業生產之最主要的農產品，必需經過許多單元性加工操作，以提高農產品之商品價值、減低生產成本、增加農產品之美味、滿足人類口腹之慾等。然而農產品自收穫後之處理過程，及其所需求機械設備等，農業工程人員，尤其是農業機械人員仍應予以繼續之研究。

時值政府積極倡導食品科技、拓展農產品外銷、爭取外匯之際、有關農產品加工之許多問題更不容忽視。環觀國內各大專院校，尚無農產品加工工程之中文書本問世，本人有鑑於此，特將 Henderson 與 Perry 所著之 Agricultural Process Engineering（農產加工工程）一書予以翻譯，本書只是對有關農產加工所涉及之工程及機械、工廠設計、成本分析等作一概略之敘述，堪稱為一本概論性質之書籍，對於有志研究農產加工工程及食品工程、食品科學等人員，實為一最基本之參考資料。

譯者才疏學淺，於教學研究之餘，抽空翻譯，疏漏之處，在所難免，尚請先進不吝賜教，則感激不盡！本譯著，承黃主任陽仁教授、陳孝祖、李廣武教授等之鼓勵，奚同熙、江耀宗、謝禮丞、林祖生、錢淑英等同學幫忙整理資料，吳良坤先生、溫純鴛、溫美鸞小姐等人，繕稿始克完成，又蒙國立臺灣大學園藝系方祖達教授在百忙中予以簽正，謹於此一併致最高之謝忱！

彭錦樵 謹識于

國立中興大學農業機械工程學系

中華民國七十四年八月

農產加工工程

目 錄

第一章 工程的認識	1
未確定事物的評估	3
理想化的狀況	4
偏 差	4
誤 差	7
經濟學	8
第二章 流體力學	9
術 語	9
基本觀念	10
2-1 流體的分類	10
2-2 分析原則	11
機械能之平衡	14
2-3 位 能	14
2-4 壓力能	14
2-5 速度能	15

2-6 全部液體之能量·····	15
流體流動的特性·····	18
2-7 線流及紊流·····	18
2-8 速度分佈·····	18
2-9 雷諾數·····	19
2-10 黏 度·····	21
2-11 黏度的因次·····	21
2-12 非牛頓流體·····	24
摩擦損失·····	27
2-13 達西公式·····	27
2-14 摩擦係數圖·····	27
2-15 管件的阻力·····	30
2-16 由於速度突然改變所造成的能量損失·····	31
2-17 熱交換器中的壓力落差·····	32
2-18 在農產品上之壓力降·····	33
2-19 多孔網的壓力損失·····	36
2-20 岐管系統的設計·····	37
2-21 可壓縮性誤差·····	39
2-22 適宜的流率·····	39
粒狀物質之流動·····	40
2-23 流 率·····	40
2-24 靜置角·····	40
2-25 摩擦係數·····	41
參考文獻·····	42
問 題·····	43

第三章 流體之測定	45
術 語	45
壓力與速度之測量	46
3-1 壓力之觀測	46
靜壓力	48
3-2 通 論	48
壓力計	50
3-3 液體壓力計	50
3-4 布頓管	55
3-5 膜片測壓計	55
3-6 節流計	56
流速之測定	56
3-7 皮托管	56
3-8 文氏計(文氏管)	59
3-9 孔口計	62
3-10 轉葉風速計	63
3-11 搖動葉測定計	64
低速度之測定	64
3-12 凱達溫度計	66
3-13 熱線風速計	66
3-14 熱線風速計的特性	68
3-15 熱電偶風速計	69
3-16 熱電偶風速計之特性	70
3-17 湯姆斯流速計	70
3-18 混合物法	71

3-19 氯化銨	72
流量之測定	73
氣體流量計	74
3-20 風箱計 (伸縮管)	75
3-21 其他的氣體流量計	75
液體流量計	76
3-22 活塞式流量計	76
3-23 圓盤式及圓柱式流量計	77
3-24 螺旋槳式流量計	78
3-25 浮標流量計	78
參考文獻	82
問 題	83

第四章 泵 85

術 語	85
4-1 性能的評估	86
泵的型式	87
4-2 迴轉式泵	87
4-3 噴射式泵	89
4-4 空氣式提昇裝置	91
4-5 離心式泵	92
4-6 性能，測試及評價	97
4-7 再生式輪機泵	99
4-8 迴轉式泵的性能	101
4-9 多段作用	102
4-10 離心式泵之定律	102

4-11 系統中之泵性能·····	107
4-12 粘滯性·····	108
參考文獻·····	109
問 題·····	109
第五章 風 扇·····	111
術 語·····	111
5-1 軸流式或螺旋槳式風扇·····	112
5-2 螺旋槳式風扇·····	112
5-3 軸流式風扇·····	114
5-4 試管軸向型風扇·····	114
5-5 翼翅軸向型風扇·····	114
5-6 離心式或徑流式風扇·····	114
5-7 前向彎曲式翼片型風扇·····	116
5-8 徑端直線式或雙重彎曲式翼片型風扇·····	117
5-9 後向彎曲式翼片型風扇·····	117
風扇理論·····	117
5-10 截流式或切線式風扇·····	119
性 能·····	120
5-11 軸流式風扇·····	120
5-12 前向彎曲式翼片型風扇·····	121
5-13 後向彎曲離心式風扇·····	122
5-14 後向彎曲式翼片型風扇·····	123
5-15 組合彎曲式翼片型風扇·····	123
5-16 影響選擇風扇的因素·····	124
5-17 風扇的選擇·····	126
5-18 一般之性能·····	127

5-19 串聯及並聯的風扇.....130

5-20 壓縮效應.....132

參考文獻.....134

問 題.....134

第六章 減積操作.....137

術 語.....137

尺寸特性.....138

6-1 篩.....139

6-2 粗細係數.....142

6-3 磨碎飼料之價值.....143

6-4 尺寸關係.....145

6-5 所需能量.....148

減積操作程序.....151

6-6 切 斷.....151

6-7 擠 壓.....151

6-8 剪 切.....152

減積裝置.....152

6-9 錘研機.....152

6-10 磨減機.....154

6-11 壓碎機.....156

性能特性.....159

6-12 產品的均勻度.....159

6-13 所需動力.....160

6-14 溫度之提升.....162

混 合.....163