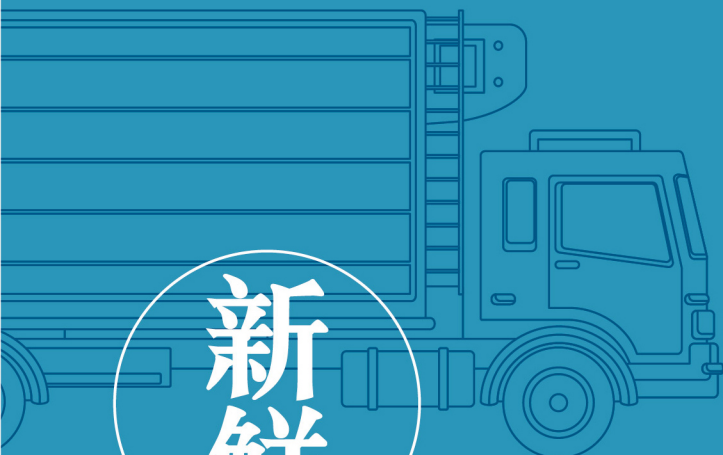
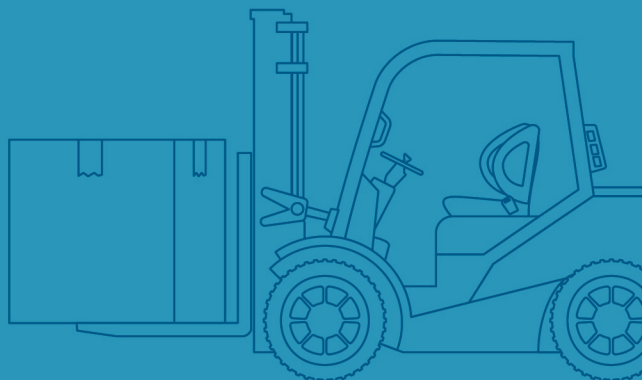
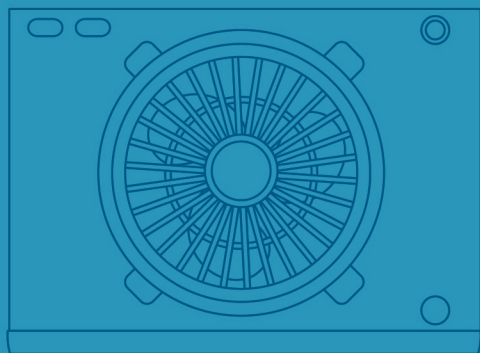
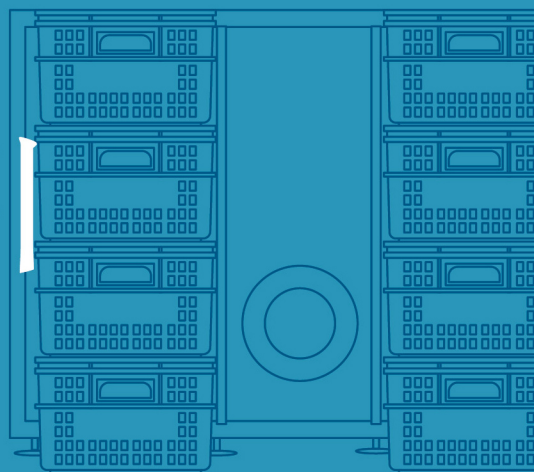


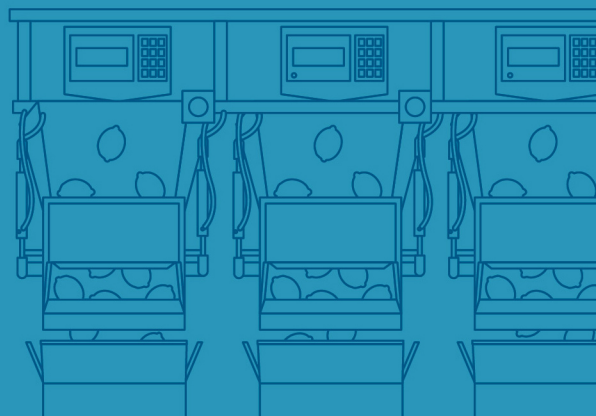
蔬果冷鏈 常見設備指引

Fruit and Vegetable Cold Chain
Equipment Guide



新鮮

預冷 X 冷藏 X 加工



目錄

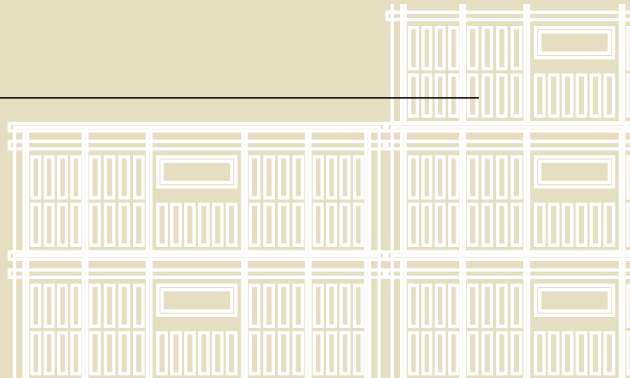
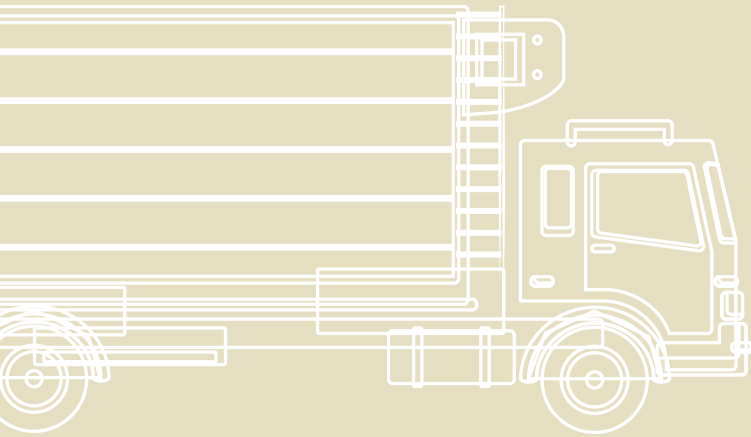
第一章	前 言	2
第二章	蔬 果運銷冷鏈的物流程序	6
第三章	預 冷設備	
	第一節 室冷	17
	第二節 壓差預冷	22
	第三節 冰冷	29
	第四節 水冷	38
	第五節 真空預冷	47
第四章	低 溫場域設備	
	第一節 低溫作業室	58
	第二節 蔬果冷藏庫	66
	第三節 蔬果凍結設備與冷凍庫	78
	第四節 採後處理檢疫場	88
	第五節 低溫物流場	96
	第六節 批發市場低溫作業設備	105
	第七節 蔬果冷藏車	114
第五章	加 工處理場設備	
	第一節 集貨與生鮮包裝處理場	123
	第二節 截切包裝場	137
	第三節 冷凍農產品加工場	148



第一章

前言

Introduction



臺灣農產品種類多元且品質優良，深受國內外消費者的喜愛，但大多數農產品都有不耐儲運、容易受損、易腐敗等特性，貯運過程損耗常高達 15 至 25%，不僅造成產銷各階段的損失，也降低消費者對產品的信任。解決的關鍵就在於建立從生產端到消費端都可維持合適低溫環境的保鮮冷鏈物流。

冷鏈指的是易腐食品或需溫控的產品，從生產端運送至消費端皆維持產品在低溫環境，以確保食品安全與品質之「低溫物流系統」。過去臺灣農業著眼於國內產銷，在東西最長距離 144 公里、南北最長距離僅約 394 公里的情況下，相對較為忽略冷鏈的建置。近年伴隨農產品販售通路逐漸由農產品批發市場、販運商等傳統通路，轉移至量販店、超市等大型實體通路及電子商務通路，加上異常氣候造成農產品穩定供應愈加困難，如何確保各節點作業流程維持保鮮、低損耗，成為農產品運銷的重要課題。

再者，根據 Report Ocean 於 2022 年 3 月發表的報告，全球冷鏈產業規模預估複合年均成長率達 14.7%，預估自 2021 年 318 億 8,000 萬美元，至 2030 年達 792 億 7,000 萬美元。主要成長因素包含：全球極端氣候強化對溫度控制之需求、各國政府強化投入冷鏈基礎建設、業者與消費者愈加重視食品損耗，新興市場愈加提高對於溫控產品之需求等。另一方面，由於冷鏈設施（備）投資金額高昂，需透過標準化以降低建置及應用成本，方能鼓勵業者持續投入。同時，基於淨零排放之國際趨勢，傳統耗能的冷鏈設施（備）亦需有效轉型，產業方能持續成長。

農產品銷售不論為直銷、外銷、共同運銷或加工等任何型態，均需確保各階段產品的品質、新鮮及安全，再加上隨著生活水準逐漸提高，依據行政院主計總處統計，2022 年人均 GDP 達 32,625 美元，消費者對飲食的要求已經從「吃得起」、「吃得飽」逐漸轉變為「吃得健康」、「吃得安心」，對產品的品質、安全及營養價值等要求日益提升，因此，導入冷鏈物流已為全球產業發展趨勢，需要政府及民間業者公私協力加速布建完整冷鏈物流體系。

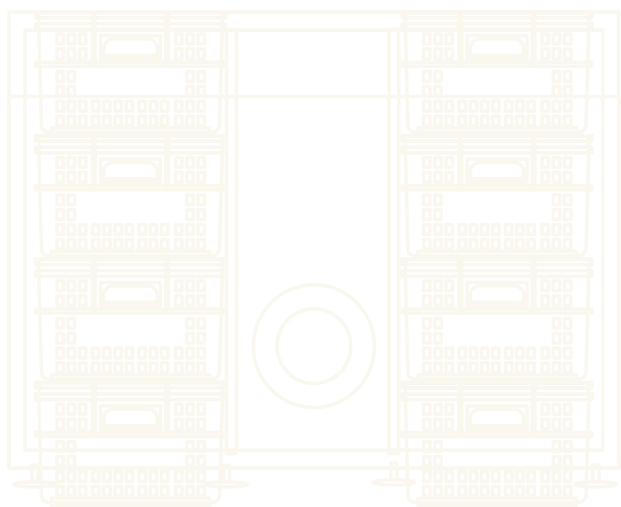
「溫度」是影響蔬果品質的重要因子，呼吸作用以及環境因素皆會造成農產品品質劣化，常見的問題包含：於田間採收時曝曬於高溫環境下、採收後以一般無遮陰貨車運送至集貨場、集貨或分級包裝於開放且無空調設施的空間進行，與冷藏庫空間不足，並於盛產期包裝後之成品疊放在常溫空間等，皆會造成溫度大

幅度變化。以鳳梨為例，臺灣鳳梨產季是 2 至 7 月，在 5 月時臺灣氣溫已達近 30°C，若缺乏整體採後處理與冷鏈物流，則難以推動外銷日本市場之目標。另一方面，冷鏈並非愈冷愈好，同樣以鳳梨出口日本為例，最初設定 11 至 13°C 溫控，但在上架超市回溫至 20°C 的過程中，反倒產生「黑心」的問題。

農產品冷鏈物流除了溫度控制之外，觀察日本等冷鏈先進國家，可發現精準化、效率化、友善環境亦成為推動重點。除了將濕度、氧及二氧化碳濃度、乙烯等其他影響農產品保鮮要素納入管理，並藉由導入 IoT、AI 等技術提高物流透明化、效率化，進而改善勞動條件、職場作業環境。最後，應用標準化裝載農產品之容器，以及研發環境友善包裝資材等，以有效降低對環境的損害。

伴隨全球化的不斷進展和市場需求的多樣化，冷鏈物流不僅是臺灣農業現代化的重要一環，更是推動臺灣農產品邁向國際市場的關鍵動力。通過有效的冷鏈管理，我們不僅能夠提高農產品的品質和儲架壽命，還能夠最大化地滿足消費者對新鮮、高品質農產品的需求。臺灣冷鏈物流的持續創新和升級，將為農產品開拓更廣闊的國際市場，並進一步鞏固臺灣在全球農業領域的領導地位。

為了促進國內蔬果產業鏈各環節業者合理建置合適的冷鏈設備，本指引邀請各界專家撰文說明蔬果冷鏈物流流程、蔬果冷鏈設備的原理與成效，期能對於推動農糧領域冷鏈物流升級有所助益，並透過提高冷鏈物流管理品質，進而強化產銷鏈自我品質控管之能力，提供消費者安全又高品質的新鮮蔬果。




參考資料

- 行政院新聞傳播處 (2022/1/27)。重要政策：推動農產品全國冷鏈物流。<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/6f9674d7-8f60-48bd-a791-f6dc3c75d18d> (擷取日期：2023/12/19)
- 林淑絲、林恒生、李孟寰 (2023)。保障農產品新鮮品質，建置區域冷鏈物流中心。《農政與農情》，(362)，59-61。
- 林鈴娜、林孟克、馮詩蘋、黃靖嵐、李翎竹 (2020)。農糧產品冷鏈產業發展趨勢與人才需求研析。《農政與農情》，(334)，67-73。
- 徐惠瑩、李雅蕓 (2022)。農產品冷鏈物流政策推動與發展。《臺中區農業改良場特刊》，(147)，63-68。
- 陳吉仲口述、葉小慧採訪整理 (2023)。建構現代化農產冷鏈體系，用好品質結合加工提高農民所得。《豐年》，73(2)，16-23。

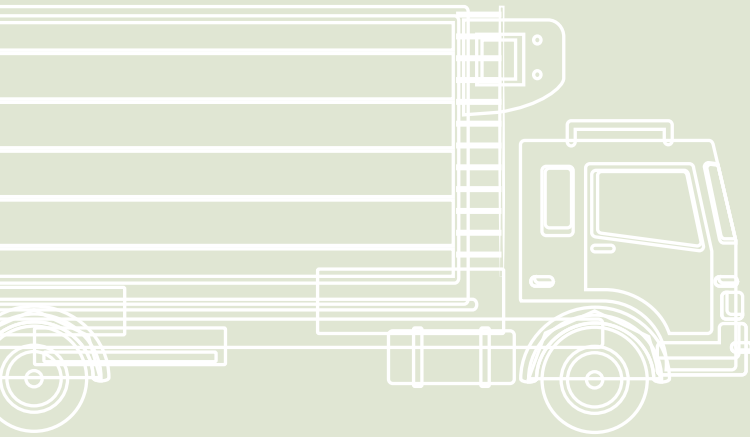


第二章

蔬果運銷冷鏈的 物流程序



Cold Chain Logistics for Fruits and Vegetables Marketing



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



概述

農產品相對於其他商品具有很多獨特的地方，大體而言是季節性而容易腐敗的商品，其個體還具有品種的差異，更細微的又因與自然環境互動，而有地理與生物等變異產生，是一種非常不均一的商品。在消費上更因消費者的生活文化、傳統情感與感官體驗等而有不一樣的消費需求，農產的運銷與商品的行銷具有許多差異。

農產運銷是農產品分配與銷售的過程

從農場（田間）的出貨到消費者手上的所有程序，在實體作業上分為收穫後處理、儲藏、運輸、以及交易等，其背後還隱含著產品開發、市場選定、價格形成以及資金調度等，來促成生產者最大利益的各種作為。運銷的目的是在使農產品能以適當的品質、正確的數量，即時送達適宜的消費地，以獲得最佳的利益。

農產運銷學是一門在農業經濟學上發展得很完整的專業學門，但教科書偏重於商品與價格的形成與交易等經濟行為，僅有少數書籍論及運銷實務，關於農產運銷設施、設備與技術等內容更是這些專業書籍所未涵蓋，僅在《台灣農產運銷發展史》內曾有部分敘述。

另一方面，如美國農業部的農業運銷局（Agricultural marketing service, AMS）內設有運銷技術相關的部門，提供硬體與系統作業的研究輔導，工程技術亦為農產運銷重要的一環。

農產品採後處理

農產品採後處理是指從農產品收穫到市場出售，甚至到消費者手中，此過程中的所有活動。包括採收、分選、清潔、包裝、貯藏、運輸和貨架銷售等環節。採後處理的目標是最大限度地保持農產品的質地、品質和營養價值，同時減少損耗與廢棄物的產生。農產採後處理過程是食品供應鏈效率和食品安全的關鍵。

運籌

運籌 (logistics) 是商品在供應鏈中規劃、實施和控制，以及相關的資訊和服務的活動，以滿足客戶需求並實現有效的資源管理。運籌涉及多個環節，包括採購、運輸、倉儲、分銷、庫存管理、訂單處理以及與供應商和客戶的協調。其目標是確保貨物和資訊在正確的時間、正確的地點，以及正確的狀態下到達目的地，以降低成本、提高效率並滿足客戶需求。

Logistics 一詞本源於二次大戰期間軍事上的後勤支援業務，後來此系統性的作業被運用到商品的供銷，在日本原來翻譯成「物流」，臺灣業界也沿用。「物流」字面意義為物料的流通 (physical material handling)，此僅為 logistics 一部份，在日文裡現在大都使用片假名拼音為外來語「ロジスティクス」，中文也因而有建議使用「運籌」替代「物流」。

「供應鏈管理 (supply chain management)」是對採購、生產、分銷和客戶服務進行策略性協調，以優化商品從供應者到客戶間實體貨物、資訊和服務流動，目的在增加流通效率、降低成本和提高客戶滿意度，此定義與運籌非常相似。目前，供應鏈管理、運籌、物流常混用，但物流則常用於實體物品的流通。

農產運銷實務

農產運銷實務是一個多面體，涉及不同領域與層面，農產運銷學探討農業經濟行為與運銷組織與政策；農產品採後處理尋求保持品質的最佳方法；供應鏈管理系統提高流通效率等，都是運銷實務上所運用的內涵。

近年來商品交易熱絡，貨品流通管道暢通，供應鏈管理與貨運物流系統建立漸為完整，但基於農產品在農業經濟與產品品質的特性，農產運銷交互考慮上述技術綜合為一個獨立與完整的技術體系。農產品低溫運銷可以減少產品在通路上的風險，維持其商業價值，但低溫運銷設備在不同節點使用的種類與需求，因經營上的差異與邊際利潤的獲得等因素考量而大有差異。

農產運銷通路系統

包裝是農產運銷最主要的程序之一，沒有包裝就無法形成當今的農產通路形態。農產運銷通路系統由許多運銷節點構成，每個節點幾乎都在做包裝作業，更因為包裝而提高節點之間的運輸效率。包裝具有保護產品、便於保鮮等防護性功能，但更重要的是藉由形成交易上的單位，進而產生區分與識別。此外，更因為包裝的保護，發展出截切蔬果產品，使得消費選購更加便利與多元。

農產品包裝在運銷的功能上可分為：從田間收穫輸送到下一個運銷節點的「輸送包裝」；方便運輸與交易的「運銷包裝」；以消費量為單位，可以是供應超市購買者的小包裝，或團體膳食的業務大包裝的「消費包裝」。另外，除了單一種產品的「單位包裝」之外，也有聚集不同產品或形式包裝，以方便配送及銷售的「集合包裝」。例如：將運送到同一買家不同產品，裹包在同一棧板上，或裝入大容量的包裝容器，甚至貨櫃。

農產運銷通路系統是連結生產者與消費者的網路，由於農產運銷的多元化網路如同蜘蛛網一樣的複雜交錯。系統的兩端分別是生產者與消費者，生產者為田間生產的農民，目前大多組成產銷班以方便輔導與營運；消費者可分為家庭消費者與大宗消費戶。首先，家庭消費者其採購量少而規格、品項複雜，大都採購於零售市場、超級市場、量販店或超級商店。其次，大宗消費戶，如軍隊、學校、工廠、公司等團體膳食供應者，或餐廳、飯店等此類較大量而有計畫的採購的使用者，其需求常經物流中心供應。

由生產到消費之間的運銷通路結構如第 13 頁圖所示，運銷網路交錯複雜，為便於閱讀，除最主要通路外，其他改以編號的對接表示。如經由消費地批發市場 (21) 交易到終端消費地的販售點超級商店 (31)、超級市場貨量販店 (32)，以及零售市場 (33)，目前還是蔬果運銷的主要通道。

田間收穫的產品由產銷班 (01) 直接寄送，或經由農企業與農會及合作社場的共同運銷，在產地販運處理場 (13) 集運到消費地的批發市場 (21) 進行拍賣，販運商 (15) 也可以到產銷班 (01)、產地批發市場 (14) 集貨後送交消費地批發市場 (21)。但平行的承銷人、行口 (25) 也可以直接從販運商 (15)

以議價購得產地的蔬果，再進入消費地經與零批商（34）的買賣送往零售市場。超市、量販店（32）的興起，在消費地產生供應超市、超商貨架的消費地包裝處理場（23），將大型的運銷包裝改成消費包裝上架販售，或更進而生產截切處理的蔬果產品。

截切蔬果產品原為方便團體膳食備餐，逐漸的也被一般消費者以小包裝採購，尤其超商的截切水果販賣業績明顯的成長。由於臺灣運銷通路短，消費地的包裝處理場（23）工作已經大量的移往產地的集貨包裝場（11）與截切蔬果場（12）。

消費地的包裝處理場原料主要來自消費地的批發市場（21），但大規模者也漸漸直接從產地進貨，原料種類多，方便包裝成多種可供選擇的消費產品，但運銷途徑長、成本高。反之，產地的包裝處理廠（11、12）原料種類變化少，但接近產地是其優點。蔬果直銷是新興的管道，新冠肺炎疫情更促進其銷售量，透過網路平臺的媒介、宅配系統（E）的配送，產地與消費地的連結更直接。

超市與量販店（32）的興起引進物流中心（22）的營運觀念，除超市與量販店系統的物流中心外，不同經營形式的生鮮物流中心（22）還可以供應超商或大量消費戶。在作業形式上，集貨處理場和物流中心有著功能上的差別，但有些逐漸的結合為一體。以臺北農產運銷公司為例，除批發市場業務外還有包裝處理與超市物流中心的功能。更隨著連鎖超市、超商店面遍佈全國，生產地與消費地的區分漸漸淡化，消費地物流中心更為區域化，農產運銷的產與銷更為扁平。超級市場的地區物流中心與產地集貨包裝場、截切蔬果場的結合案例陸續出現。

農產運銷節點的作業程序

無可否認農產運銷是一種物流，物流中心的觀念可以運用在各個運銷的節點上。農產運銷的產品容易劣變，採後處理的技術必須考慮每一個運銷節點的作業，製冷設備運用於收穫產品溫度的降低及保存於低溫，更是減少損失與維持於高價品質的有效手段。物流中心主要作業為進貨、儲藏（產品倉儲）、揀貨、流通加工（常只改包裝、貼標籤等）、驗貨（確認出貨的質與量）、包裝（通常是出貨的集合棧板堆積或捆包）。

在商品的物流中心通常以配送作業為主，依據功能可分為：庫存物流中心（distribution center）以依訂單理貨揀貨以方便配送為主；越庫物流中心（transfer center）為減少庫存而達到進出平衡的揀貨配送中心；加工中心（processing center）以加工作業為主，但加工產品必需再進行配送，常稱為加工物流中心（processing distribution center）。一般商品的加工常指包裝上的加工處理，但農產品加工物流中心的作業則更為複雜。

第 13 至 15 頁表格為農產運銷各主要節點的特性，每一節點有其物流作業的特性。田間收穫處理看似無物流中心設施，但仍可以用物流作業分析其流程。田間收穫處理是一種庫存物流中心，以網室生產短期葉菜為例：田區依據銷售計畫規劃生產（進貨）；將蔬菜短期的分期收穫具有產品暫存的功能（儲藏）；收穫是依據訂單揀貨；在田間以約略的單位重量用橡皮圈束綁（流通加工）；束綁的同時去除不合格的葉片，並計算完成的數量（驗貨），最後進入輸送用的塑膠籃框（包裝）方便運送至集貨包裝場。在作業各階段必須考慮收穫後的處理原則，從出貨計畫進行採前管理，收穫時避免機械損傷，在清晨、蔭網下收穫，收穫後的產品及時送往集貨包裝場以室冷或壓差預冷冷卻，作為後續包裝加工之用，或以室冷、水冷等降溫後進入運銷通道。在美國萵苣、抱子甘藍、青花菜、花椰菜、西洋芹以及莓果類，以至鳳梨等果品常用人工以收穫輔助機械在田間包裝，完成後送至服務業性質的預冷處理場預冷後進行運銷。近年雲林地區專業提供葉菜真空預冷的服務業已經建立成功的商業模式。

在農產運銷上，典型的庫存物流中心另有進口蔬果的物流中心，以貨櫃進貨，冷藏庫倉儲等待出貨，依訂單揀貨貼標將運銷包裝改為銷售包裝，依訂單驗貨確認出貨數量與品質，棧板堆積捆包出貨。低溫運銷的進口農產品在冷藏庫與低溫作業區維持安全品溫，有些產品還可以藉催熟處理達到最佳的消費成熟度。

農會、合作社場或農企業共同運銷的集貨場作業是一種越庫物流中心，即無倉庫的物流中心，且很少改變包裝。至於產地或消費地的批發市場都是一種越庫物流中心的形態，但市場的作業重點在於交易，而在物流作業中產生所有權轉變。因越庫物流中心無物流加工作業，在採後處理的重點上為避免搬運碰撞損傷，低溫環境避免產品熱損，以及迅速作業降低產品壽命為害風險。

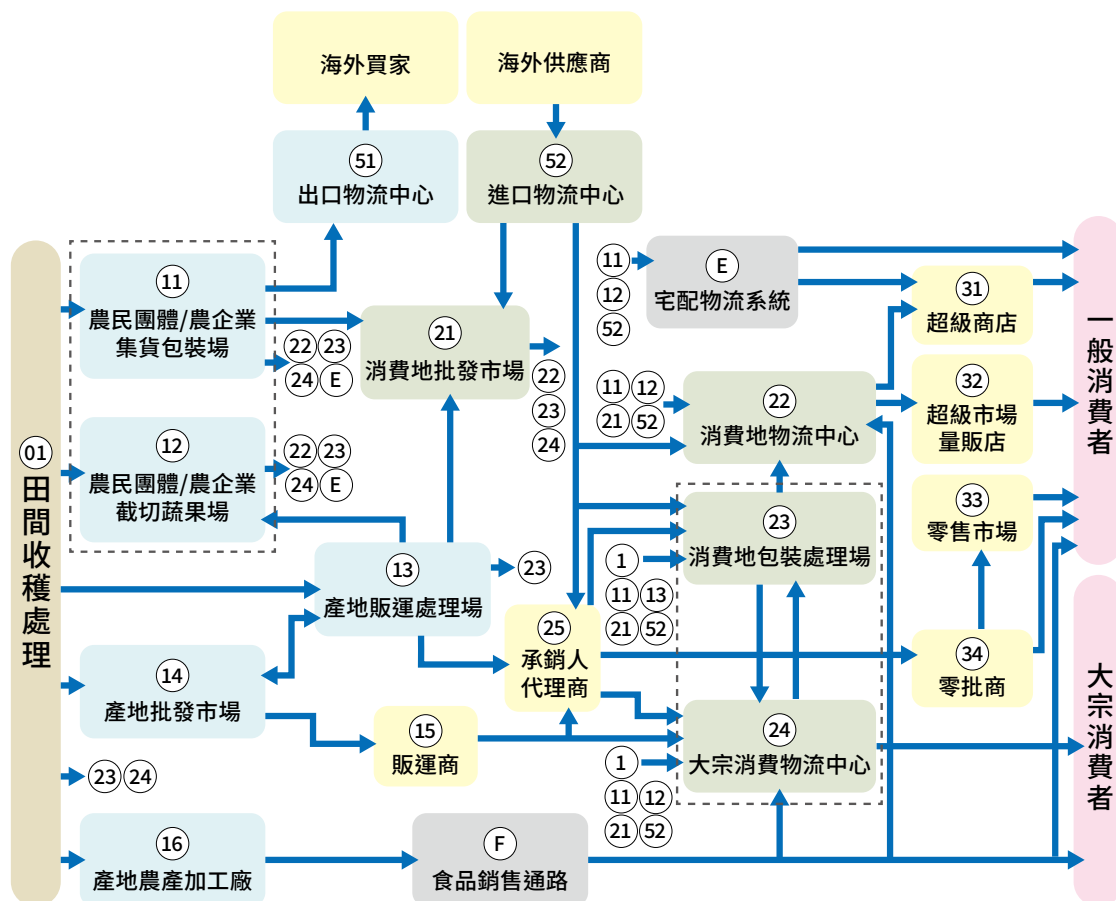
產地與消費地的集貨包裝場與截切蔬果場常在同一場域（合稱包裝處理場），處理的程序約略相同，只是貨源與區位不同。在經營管理上屬於加工物流中心，產品加工的比重較大。包裝場進行消費性包裝，原料經過暫存、清洗、選別、預冷、分級、包裝、產品暫存、揀貨、驗貨出貨。各種產品程序與處理次序稍有不同，不良品的去除、機械傷害的減少、正確品溫的保持是低溫運銷作業的要點，在包裝場域常備各種預冷設備、低溫作業區以及分別作為原料與成品暫存的冷藏庫。為維持供貨穩定，蔬果長期低溫儲藏也是包裝場業者的經營項目之一。截切處理場除包裝場的程序外，去除不可食用的部分與正確形狀尺寸的切割，是產製截切蔬果程序的要點。截切產品的衛生管理更是絕對的必要，除環境與處理媒體的微生物控制，低溫的作業環境是常用的手段。

低溫運銷的連結靠著冷藏車，目前供應超級市場與超級商店的通路已普遍使用冷藏車，批發市場通路的運銷冷藏車與批發市場的低溫場域建置是今後農產運銷冷鏈成長的方向。雖批發市場通路較少使用冷藏車，但前端的產地預冷早開始進行，去除田間餘熱後，晚間低溫下的運輸還可保持其品質。農產品各有不同的溫度耐受性，低溫運銷作業宜以降低風險為出發點，以投資報酬為考量，而非簡單全程保持低溫。

參考資料

- 許文富 (2012)。 *農產運銷學*。新北市：正中書局。
- 陳新友、李淦 (1965)。 *農產運銷學*。 *農會業務經營要覽*。臺灣：農林廳農會訓練課本編纂委員會。
- 台灣農產運銷發展史編輯委員會 (2016)。 *台灣農產運銷發展史*。臺北市：財團法人中正農業科技社會公益基金會。

農產運銷體系



田間

運銷節點	供應單位	銷售單位	經營或處理單位	主要功能與特點
① 收穫處理點	生產者	集貨包裝場 截切蔬菜場 產地批發市場 消費地批發市場 契約供應 消費地批發市場 消費地物流中心 消費地包裝處理場 大宗消費物流中心 宅配物流系統	生產者	- 運銷的第一個節點 - 田間作業設備簡單 - 產品計量化的開始 - 以維持正確品質為主 - 產銷班以契約供應消費地 - 產銷班以宅配供應消費者

產地

運銷節點	供應單位	銷售單位	經營或處理單位	主要功能與特點
⑪ 集貨包裝場	生產者	消費地批發市場 消費地物流中心 消費地包裝處理場 大宗消費物流中心 宅配物流系統	農民組織： 農會 合作社場 農企業	- 原料與產品冷藏庫 - 分級、選別與包裝作業 - 整合大型包裝、子母包裝供共同運銷 - 超市、量販店小包裝 - 大宗消費戶大型包裝
⑫ 截切蔬果場	生產者	消費地物流中心 消費地包裝處理場 大宗消費物流中心 宅配物流系統	農民組織： 農會 合作社場 農企業	- 原料與農產品冷藏庫 - 截切加工設備 - 超市、量販店、超商小包裝 - 大宗消費戶大型包裝
⑬ 販運處理場	生產者	承銷人 行口	販運商	- 冷藏設備 - 部份有預冷設備
⑭ 產地 批發市場	生產者 販運商	販運商	中央 / 地方 政府	- 供應者陳售區域 - 販運商理貨區域 - 販運商暫存冷藏庫
⑯ 農產加工廠	生產者	食品銷售通路	加工業者	- 生產者依據加工業者收購規格交貨
⑮ 出口 物流中心	產地 集貨包裝場	國外買家	合作社場 貿易商	- 出口檢疫驗貨區 - 蒸熱處理設備 - 低溫檢疫設備
⑰ 宅配 物流系統	生產者 集貨包裝場 截切蔬果場 蔬果進口業者	宅配物流中心	宅配收貨點	- 宅配通路的開始 - 依據寄送契約作業 - 交寄冷藏貨品冷藏庫 - 宅配通路有其常溫、低溫物流中心、配送點、運輸工具等物流設施與機具

消費地

運銷節點	供應單位	銷售單位	經營或處理單位	主要功能與特點
②1 消費地 批發市場	產地集貨包裝場 產地販運商處理場 販運商	消費地包裝處理場 零售市場	中央 / 地方 政府	<ul style="list-style-type: none"> - 農產品進入消費地的主要通道 - 以拍賣為主要交易，但預約議價交易日益增多
②2 消費地 物流中心	產地集貨包裝場 產地截切蔬果場	超商、超市	企業主	<ul style="list-style-type: none"> - 超商與超市生鮮產品的主要供應者 - 蔬果生鮮產品大都以越庫管理經營
②3 消費地 包裝處理場	產地集貨包裝場 產地截切蔬果場 消費地批發市場 產地契約供應 進口物流中心 販運商	超商、超市物流中心 大宗消費物流中心	企業主	<ul style="list-style-type: none"> - 以大宗進貨進行分裝與小包裝作業 - 部分場域具有截切處理場 - 包裝處理場常與大宗消費物流中心合併經營
②4 大宗消費 物流中心	產地集貨包裝場 產地截切蔬果場 消費地批發市場 產地契約供應 進口物流中心 販運商	大宗消費戶	企業主	<ul style="list-style-type: none"> - 大宗消費戶的供應者 - 常與消費地包裝處理場合併經營
⑤2 進口 物流中心	海外供應商	超市、超商物流中心 大宗消費物流中心	企業主	<ul style="list-style-type: none"> - 進口蔬果的供應者 - 經營方式比較近似一般商品物流中心 - 通常為低溫物流中心
⑤ 宅配系統	宅配物流中心	消費者	企業主 宅配配銷點	<ul style="list-style-type: none"> - 消費者在超商或配送點領貨 - 宅配到家

延伸閱讀影片

■ 農產品運銷系列課程 – 冷鏈設施（備）線上課程

- 農產品低溫運銷基本觀念：本課程介紹農產品運銷系統中進行的各種作業，以及所需的冷鏈設備，藉以了解冷鏈對農產品的重要性與劣變風險。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/156/attend>

測驗

1. () 以下何者不是物流中心的主要作業程序？ A. 預冷作業。 B. 進貨與儲藏。 C. 流通加工。 D. 包裝與出貨。
2. () 以下何者是農產品運銷通路的管道上的節點（團體）？ A. 傳統市場。 B. 超商、超市與量販店。 C. 餐廳與團膳。 D. 宅配物流。 E. 以上皆是。
3. () 有關「產地、消費地機構及消費地市場」之敘述，以下何者錯誤？ A. 消費地物流中心專門服務餐廳、團膳及大宗消費者。 B. 產地批發市場大都透過販運商將產品運銷出去。 C. 消費地機構涵蓋消費地批發市場、消費地物流中心、消費地包裝處理場及大宗消費物流中心。 D. 產地農產運銷團體主要由農民團體、農企業、批發市場及販運商組成。

1. (A) 2. (E) 3. (A)

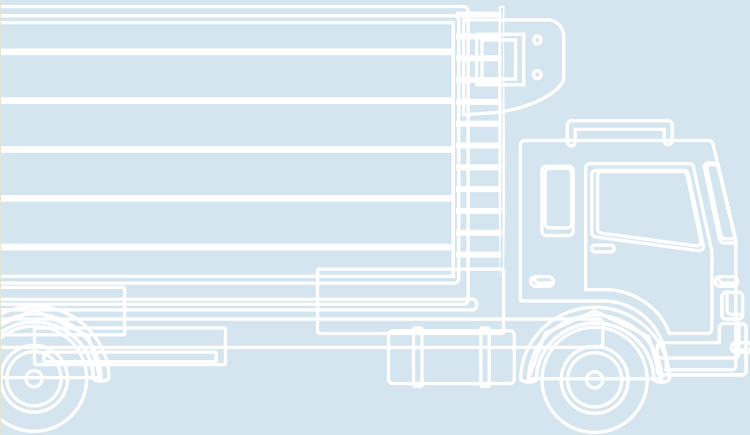


第三章 預冷設備

第一節

室冷

Room Cooling



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

室冷 (room cooling) 是利用冷藏庫的降溫能力來冷卻進庫的農產品，以消除農園產品田間餘熱，盡快達到冷藏溫度，並進一步避免呼吸熱所造成的溫度上升，以致危害農園產品的品質。室冷是農產品最常用的冷卻方法，和低溫儲藏相似，但目的著重在快速的降溫，故會使用能提供較大負荷的冷藏庫，且庫內的冷風風速較大。

應用範疇

適用於各種可以冷藏的產品，優點為不需要特別的裝置，只需要在冷藏庫規劃設計時，考慮提供足夠的製冷機械能力與預冷所需的空間；缺點為冷卻緩慢，在產品進庫時增加排列，與預冷後儲藏空間調整的作業。

運作機制

冷藏庫的製冷系統都有降低產品溫度的功能，但機組大小的選配常以應付經常性負荷為目標，選用過大的機組會產生投資的浪費。但選用過小的機組，在不能冷卻進庫大量的產品時，庫內空氣溫度會上升，熱空氣對貯藏中已冷卻的產品加熱，並且產生冷凝水於低溫的貯藏產品表面，容易造成產品的變質或腐爛。

室冷法使用冷藏庫，但冷藏庫的製冷機組功能要能提供足夠的製冷能力使預冷的產品在預定時間內降到預期的溫度，同時所使用的高送風量蒸發器，或增設的輔助風扇在預冷產品周圍能產生快速的氣流，來移除產品所傳遞出來的熱。室冷過程應使產品能充分暴露在冷卻氣流中，因此室冷環境要有足夠的空間，提供空氣通路與流暢的氣流。快速的氣流可能促進產品水分的蒸散，冷卻氣流適當的加濕，可以避免此損失。

設備種類

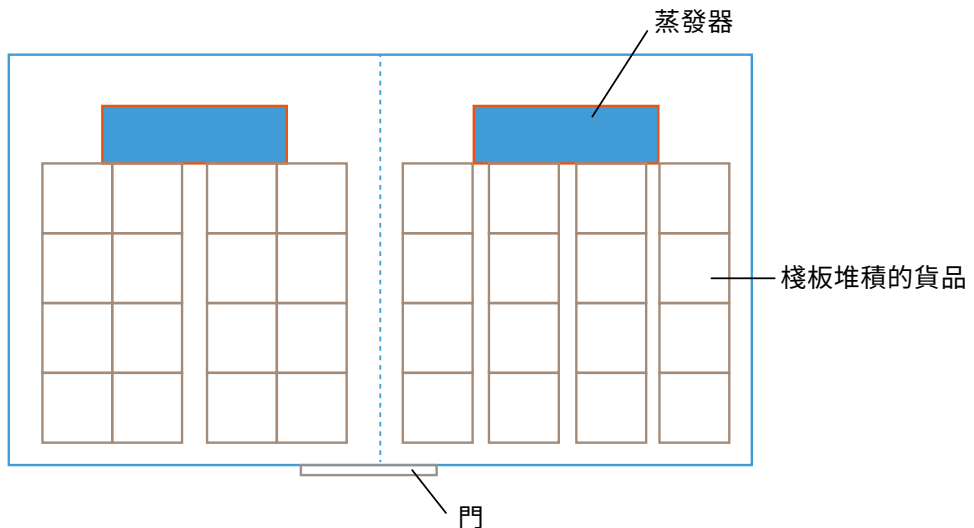
室冷法使用冷藏庫通常沒有特定或商品化的必需機械，但在冷藏庫的規劃上必須能使產品產生快速冷卻的功效，設置的形式與功能可以分為下列三種：

■ 獨立式室冷庫

設立與儲藏冷藏庫分離的獨立室冷庫，提供有利於快速冷卻的環境。這種用法降溫速率最大，但不使用時成為閒置空間，不過無預冷需求時仍可作為儲藏用冷藏庫。

■ 冷藏庫內的室冷區

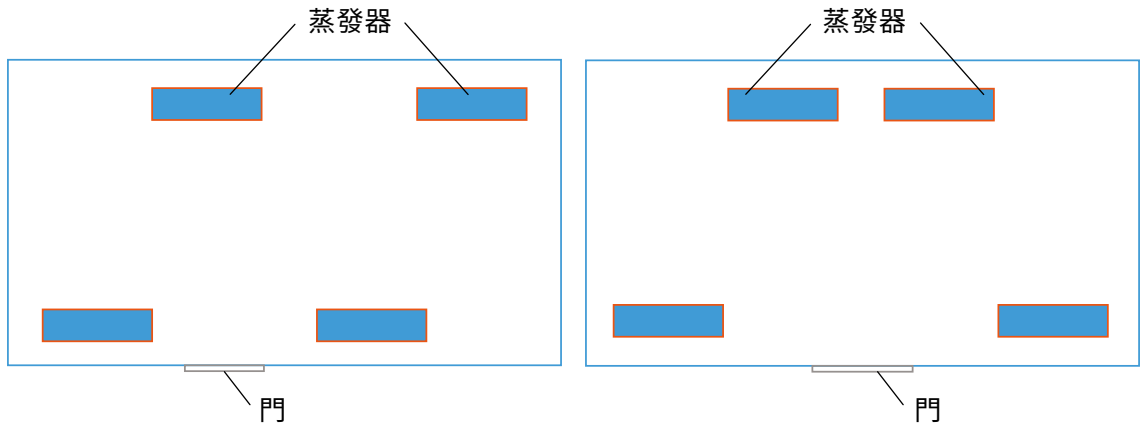
在冷藏庫內劃定特定的區域，區隔為預冷區，在預冷完成時將產品移入冷藏區，或在冷藏庫內劃分區域，依序分區進貨進行預冷，完成預冷後就地冷藏。這種用法較為經濟實用。



冷藏庫內可以分區為冷藏區（左）室冷區（右），交互變換使用，預冷後的產品可以後續進行冷藏，分區可以使用塑膠隔簾。在運用實務上預冷完成後不須調整成如左圖示的冷藏模式（來源：李允中；經重製）

■ 兼具預冷與冷藏功用的冷藏庫

先預冷再進行貯藏，冷藏庫在全庫進貨後，以高速的氣流預冷產品，完成預冷後降低風速進行冷藏。



冷藏庫蒸發器宜分配成數個較小單位裝設，若排成一列太擁擠，可分置於兩側。多組的蒸發器可以交互開啟，增加冷卻控制彈性。（來源：李允中；經重製）

作業要點

■ 選用適當的包裝容器

多格籃等塑膠容器，規格整齊側面有足夠開口是室冷的適當的容器。紙箱容器要有適當的開口，最好開口面積率能達 5% 以上，且能產生對合，形成氣流。若長期貯藏產品採取室冷預冷，必須考慮紙箱因吸濕而使強度遞減。

■ 產品在容器內

容器愈大、距離接觸冷風愈遠的產品降溫愈慢，宜降低容器內產品的擺放密度。使用拖盤的產品，若拖盤間空氣可以流通交換，將有利於產品的降溫。

■ 容器的堆疊

容器堆積距離牆面至少 10 cm，容器至少有一面可以和冷風接觸，容器間盡可能留 5 cm 以上的風道。使用棧板堆積，棧板可以提供地面回風的通路有助於產品降溫，容器在棧板堆積時中間宜留有可通風的天井。容器的堆積高度宜低於蒸發器出風口下沿 15 cm 以上，以利冷風出風。蒸發器底下保持淨空，以作為回風道。

■ 冷卻負荷

室冷冷藏庫必須加大機組的製冷能力，其冷卻能力常以一批需預冷產品，在 24 小時降溫至儲藏溫度所需的平均製冷能力，為負荷設計的準則。若為設置室冷區的冷藏庫，在室冷區增加蒸發器以符合製冷與風量的能力需求，並以塑膠簾幕或絕熱性柔性材料隔離預冷區與儲藏區，以減少熱干擾。兼具預冷與冷藏功用的冷藏庫所增設的蒸發器在儲藏其間可以交互開關使用。室冷通風庫內風速宜在 2 m/s 的範圍附近，若以室冷產品量估算約為 3 CMM/ton (CMM：m³/min)。

■ 濕度控制

室冷的風速較大容易產生失水，在室冷期間所使用的蒸發器出風口應加裝微霧粒噴頭，適度提高空氣濕度，以減少濕度下降所產生的失水。

■ 室冷法的優缺點

室冷法是投資最小的方法，但因為其降溫緩慢，且必須留有適當的通風道，在作業上會增加困難。但是若場域有足夠的冷藏庫空間，且預冷速度需求時間壓力不高，把握室冷作業原則，作為產品的預冷其功效仍為顯著。

■ 外銷鳳梨集貨包裝場

若集貨包裝到裝車若有 24 小時的餘裕時間，因鳳梨所需的儲運溫度較高，室冷方法尚為可行。

參考資料

-
- 林棟樑 (2001)。蔬果預冷保鮮技術。臺南區農業改良場技術專刊，(115)，1-18。
 - Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire, R. F., and Crisosto, C. H. (1998). *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers*. University of California, ANR Publication.

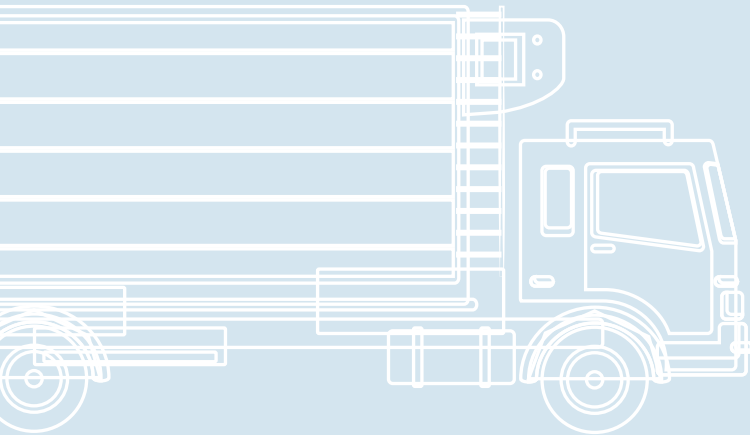


第三章 預冷設備

第二節

壓差預冷

Pressure Cooling



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

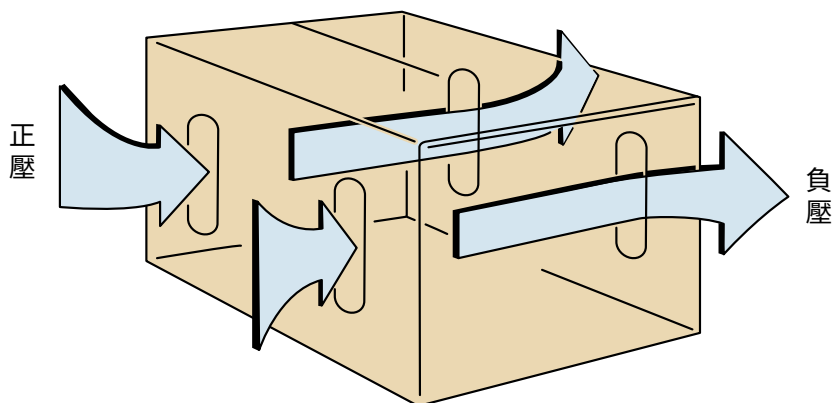
壓差預冷 (pressure cooling)，又稱為強制通風冷卻 (forced-air cooling)，壓差預冷是室冷法的一種特殊形式，運用風扇吸引氣流進出包裝容器，以加速容器內產品的降溫。壓差預冷可以使用產品的種類廣泛，所需的設備僅有壓差風扇和引導氣流的風道設計，但包裝容器需考量氣流通過的可能與均勻性。

應用範疇

適用於多數容器內的農產品，使用室冷法冷卻的產品皆可以使用。壓差預冷法僅優於室冷法，但設備簡單廉價，在規模上、經濟上，品質維持上，不適合使用其他預冷方法的產品都可以使用。但和室冷一樣的限制，容易產生寒害的產品應考慮其預冷溫度，因冷卻的快速，寒害的生成可能更嚴重。

運作機制

壓差預冷原理為透過抽風扇產生負壓，迫使冷藏庫內的冷空氣進入包裝容器內，通過產品周圍並帶走熱量，達到加速降溫的效果。氣流進出容器促進容器內產品與外界的熱交換，空氣通過產品表面增加氣流速度，加快產品表面的對流熱傳遞，同時也增加產品表面的水分蒸散產生蒸發冷卻效果。

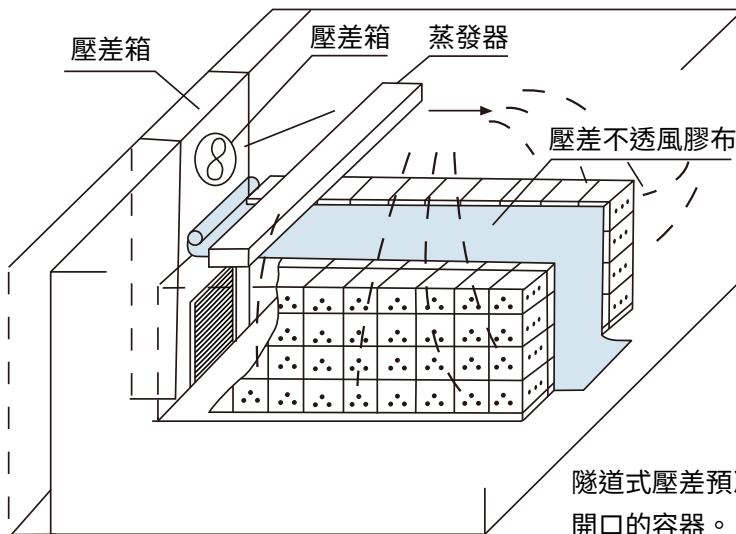


壓差預冷運作機制。(來源：李允中；經重製)

設備種類

■ 隧道式壓差預冷

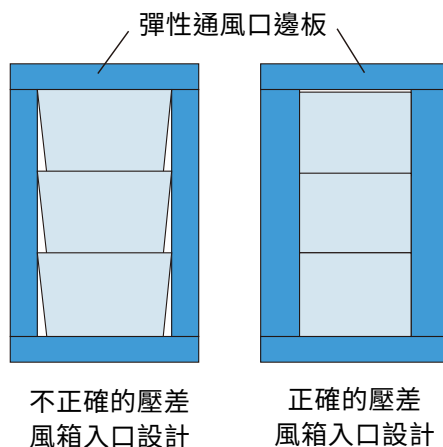
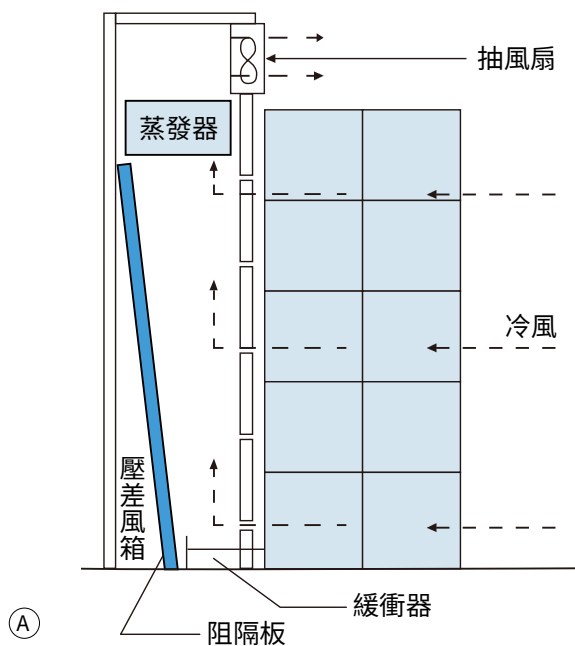
將多層包裝箱平行對稱堆疊兩排於冷藏庫，以兩排的中間為通風道，風道上用帆布遮蓋密閉形成隧道，一端開口裝置吸引風扇抽風。風扇吸引將使隧道產生負壓，在容器兩側形成壓差產生氣流。棧板堆積的容器也可以棧板為單位堆積排列，使用與上述原理相同的方法進行壓差通風，但因為處理量與單位內通風距離加大，阻力增加而必須選用高壓且大風量的風扇。壓差預冷可使用形狀方正的多格籃，或具有適當的通風孔的紙箱。隧道式壓差預冷作業需要使用方整的容器，整齊排列以防止洩漏，作業較為費時，且各容器宜有相同的裝載量，以均勻分配風量，並需要裝滿防止頂部空間形成通風短路，導致通風效率低下或不均勻。



隧道式壓差預冷示意圖，此方法適用側方前後對應開口的容器。(來源：Thompson, 1998；經重製)

■ 冷牆式壓差預冷

可用於少量與無法完整棧板堆積的產品，例如切花等。單行的包裝容器排列在透空牆上，操作時包裝箱沿著牆壁堆積，將箱子的通風孔對準透空牆板的孔隙，牆上的孔隙須小到足夠使透空牆內外壓力差大於箱子內外的壓力差，如此操作時通過箱子的風量才不會因位置改變，且沒有調氣閥亦可操作。各容器宜有相同的裝載量，以均勻分配風量，並需要裝滿防止頂部空間形成通風短路。容器方整性的需求不及隧道式嚴格。



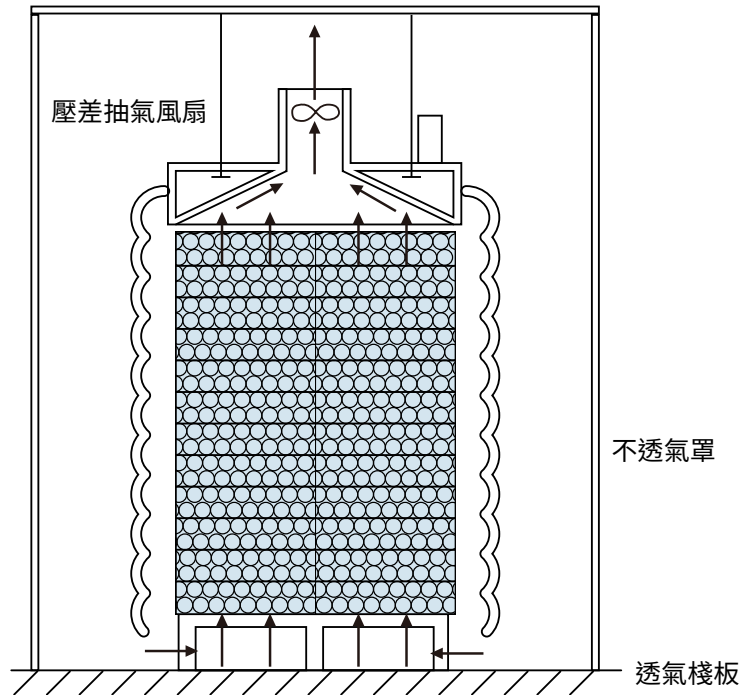
A. 國產式無透空牆板壓差預冷機。(來源：Thompson, 1998；經重製)

B. 無透空牆板壓差預冷機通風口邊板設計要點。(來源：李允中；經重製)

■ 頂吸式壓差預冷

運作規模彈性大，適合國內中、小型規模的集貨場。應用於紙箱包裝後的農產品，其紙箱上蓋與底部需有垂直方向對應的開孔，貨品包裝後堆疊成柱狀於棧板上，保持各層紙箱的上下底開孔可連續通透，並將整個棧板的貨品置入壓差預冷設備的風罩底下。風罩四周有下垂帆布可以圍繞密封產品堆的側面開孔。開啟頂部的風扇抽風時產生產品堆內負壓，使冷藏庫中的冷空氣經由棧板孔隙進入最

底層紙箱，經由上下對應開孔垂直通往上層紙箱，再由風罩頂部的風扇將空氣抽出，並將箱內的熱氣帶走。頂吸式壓差預冷可處理不同裝滿程度的容器，而不會有上端氣流短路或各容器內風量不同的風險，但頂吸式壓差預冷通過產品的風道較長，阻力較大，需使用高壓且大風量的風扇，在頂部設計吸風罩，以期通過產品的風量均勻分布。



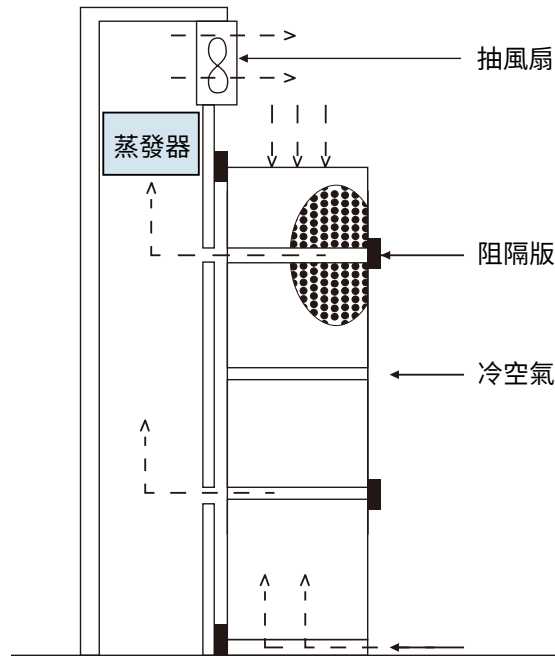
壓差預冷裝置示意圖，此方法適用上下對應開孔的平底容器。（來源：黃肇家、徐敏記、林妤姍，2020；經重製）

■ 蛇形通道式壓差預冷

用於底部開孔的木箱包裝上，堆高機操作的側邊底部開孔是用來作為空氣進出的通道，木箱緊靠透空牆板，以偶數層堆積，偶數層木箱底部側邊開孔對準牆上通風孔。蛇形式預冷對庫內空間利用率高，但需要特殊包裝容器，且較為少見，常見於美國的核果包裝處理場。

■ 儲藏庫壓差預冷

馬鈴薯或甘藷的大型儲藏庫，以預先隔間或排列的通道和阻隔裝置，引導氣流通過產品，可以用在進庫時的預冷與儲藏時的通風冷卻。



蛇形式壓差預冷示意圖，此方法是用底部開空的墊高容器。(來源：Thompson, 1998；經重製)

作業要點

■ 簡易壓差預冷設備

壓差預冷若不精確的考慮效率，只要找一個風扇，依圖排列裝設就可以作業，從經驗逐步改善處理量，以達到較佳的操作條件。

■ 壓差預冷設備商品

商品應提供使用風扇的性能曲線，裝置可以量測 1 Pa^1 的微壓差計，經由壓差值與風扇性能曲線可以計算出風量，壓差預冷的風量應該在 1 至 2 l/kg/sec 。隧道式預冷若風量不足，應減短隧道長度或堆疊高度；冷牆式預冷則可以減少處理容器的堆疊高度，但若隧道的負壓不足 2 Pa ，則表示有洩漏的地方，應先填塞再進行預冷作業。

¹ 壓力表上常用單位，一大氣壓為 105 Pa (帕)。

■ 隧道式預冷產品堆疊

隧道式預冷的中間隧道應維持 1.5 至 2 倍產品容器牆寬度，容器牆和外部牆面應該維持 2 倍產品容器牆寬度。

■ 預冷時間

如洋香瓜等體積較大的產品，前後的預冷速度差異較小，不同位置洋香瓜果實中心的熱量移除所需時間相近。然而體積小或表面積大的果實或葉菜類，則差異很大，操作者需注意最不易降溫位置的產品已經降溫，才移除棧板，結束作業。

■ 減少失水

產品初始溫度太高會造成較多的失水，早晨或夜晚採收可使產品溫度較低，如果要在田間暫時停留，產品必須遮陰，或是採收後儘快進行預冷。有些產品包裝前先部份降溫，包裝後再完全降溫，在包裝時應儘量減少回溫情形，以減少失水。

蒸散係數很大的產品如葉菜類，可先淋水後再預冷，可防減少失水。其次，加濕可增加紙箱的水分，防止產品預冷後紙箱自產品中吸水。

參考資料

-
- 林棟樑 (2001)。蔬菜預冷保鮮技術。臺南區農業改良場技術專刊，(115)，1-18。
 - 黃肇家、徐敏記、林妤姍 (2020)。頂吸式壓差預冷設施。中華民國專利公報 TWM592654U。
 - 林棟樑 (1999)。蔬菜壓差預冷技術。臺南區農業專訊，(30)，15-19。https://book.tndais.gov.tw/Magazine/mag30-4.htm (擷取日期：2023/6/13)
 - 農業部 (2021)。壓差預冷。農業主題館。https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=42617 (擷取日期：2023/6/13)
 - 陳思如 (2022/9/17)。即刻降溫才耐放！外銷鳳梨集貨場導入壓差預冷技術 穩定貯後品質。農傳媒。https://www.agriharvest.tw/archives/87248 (擷取日期：2023/6/13)
 - Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire, R. F., and Crisosto, C. H. (1998). *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers*. University of California, ANR Publication.

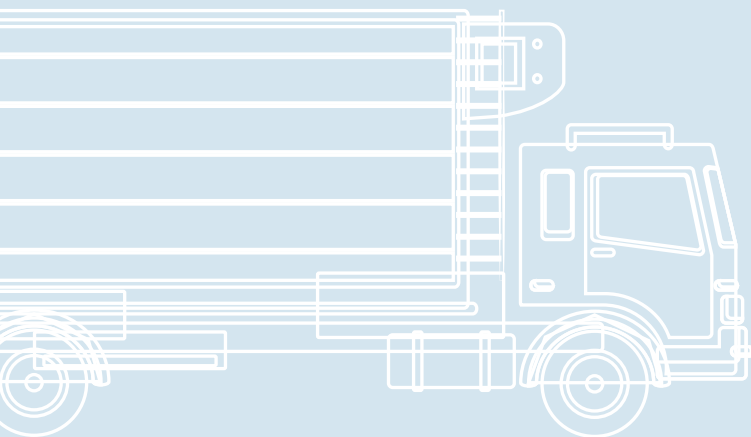


第三章 預冷設備

第三節

冰冷

Icing



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

冰冷 (icing) 的冷卻媒介是固態的水，也就是冰，運用冰融解吸收產品的熱，以降低產品的溫度，或吸收環境侵入的熱。冰的融解時可以保持於融解溫度，且單位重量冰的融解潛熱是水上升 1°C 顯熱的 80 倍，可以用小量的冰吸收大量的熱。

冰是隨行冷卻，冰的融解可以在運輸過程繼續吸熱，並保持或降低產品溫度，在英文裡稱為包裝冰冷 (package icing)。因為冰不流動，冰對產品的降溫必須靠著融冰的水或周遭的冷空氣，冰冷對於產品的降溫速率低於水冷，但高於任何以空氣為冷卻媒體的冷卻方法，而冰的保冷對產品低溫的維持是其特點。

應用範疇

冰是很好的吸熱降溫媒體，但冰的融解產生液態的水，水的流出以及在產品表面的殘留，限制冰冷的使用。冰冷可以用於胡蘿蔔、西洋芹等根莖菜類，青花菜、朝鮮薊、甜玉米等花果菜類，以及小規模運輸的豆類。在臺灣普遍用於芹菜、莧菜等耐水蔬菜（水菜），曾有嘗試用於短期葉菜類與豇豆，其運銷都有顯著的成效。寒害、冰水的去處、容器的防水性、有效容量的降低，是應用冰冷必須考慮的限制因素與缺點。

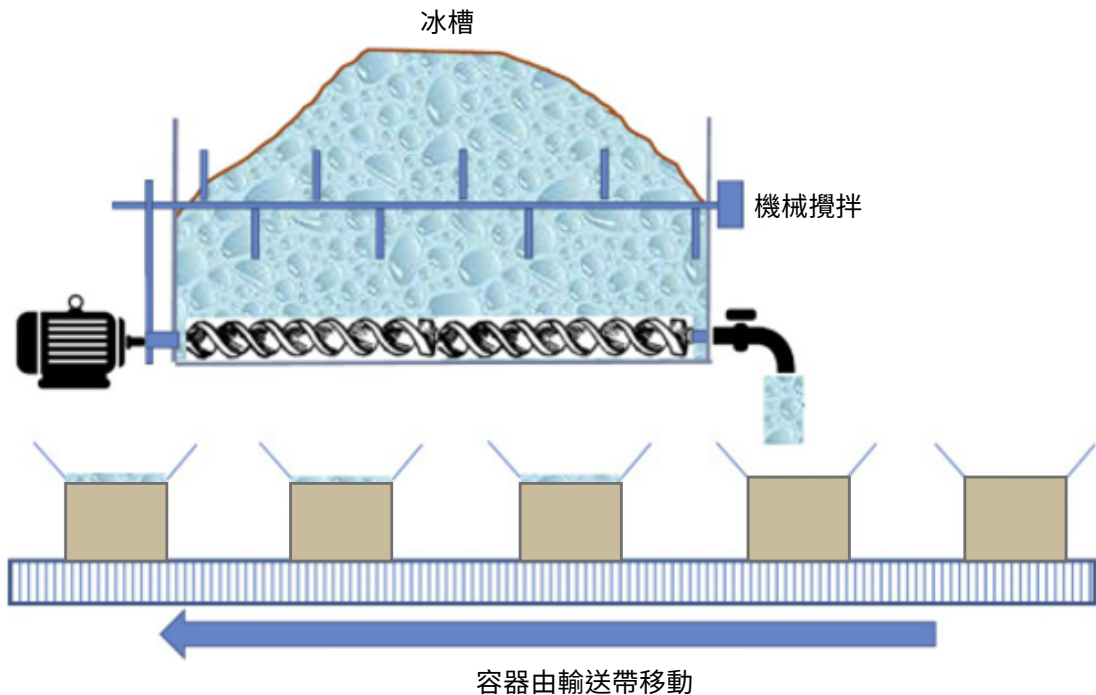
運作機制

理想的冰冷是一種接觸傳導冷卻，有很高的熱傳導速率，但是冰吸熱融解後，和產品間就有空隙，熱的傳遞機制變為對流，熱傳遞速率變低。若是冰的融解量有限，產生的間隙小，又因冰面仍維持冰的融解溫度 0°C，所能產生的熱傳效果佳；若冰的融解漸多，熱傳效果隨之下降。以絕熱平衡計算，產品每降低 1°C 需使用產品重 1/80 重量的冰，即 1 kg 產品要降低 4°C 需要 0.05 kg 的冰。

使用融冰來冷卻或保冷的作業方法：

■ 覆冰

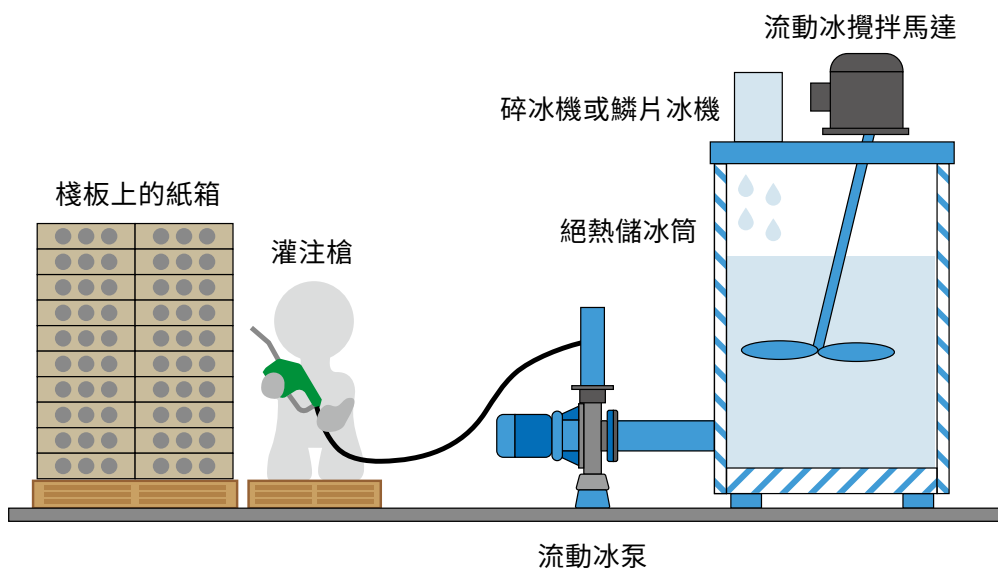
使用碎冰覆蓋於產品上面，最簡單的覆冰是產品裝好後，將碎冰壓鋪於頂層在封箱。冰層與產品距離愈近效果愈佳，距離冰層遠的底部因降溫不足，加上升溫的冰水浸泡可能產生負面效應。層層產品、層層覆冰的方法，可以增加冷卻的效果與溫度的均勻度，但增加作業的複雜性與裝箱時間。小規模的覆冰作業都是使用人工，作業速度慢。目前雖有連續的機械式覆冰機，但要有相當的處理量規模才會達到經濟的運作。



碎冰的自動覆冰作業示意圖。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)

■ 流動冰

流動冰 (liquid ice) 是小顆粒碎冰和水的均勻混合物，冰的粒徑與冰 / 水比適當時，可以使用冰水泵抽送穩定流動。流動冰可以如流水流到產品各位置的間隙，碎冰被阻擋而堆積在產品表面並逐漸充滿整個空隙，輔助碎冰流動的冰水則滲出。冰封的過程部分碎冰融化，維持冰水的低溫約 0°C ，流經產品可以產生水冷效果，堆積在產品的碎冰融解生成傳導性的冷卻效果，冰封的產品在冰殼的保護逐漸降溫到 0°C ，並維持於高濕的 0°C 環境。



流動冰灌注作業示意圖。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)

■ 容器冰

容器冰是在園區採收時或產品運銷時的冷卻方法，使用塑膠容器裝水結冰。將容器冰和產品適當排列安置，藉由冰的融解吸熱冷卻產品，但融解的冰水仍封於容器裡而不會產生漫流的缺點。使用的容器可以是重複使用的容器，常製造成片狀方便放置，因容器必須回收，僅使用於田區到包裝場間。一次使用的容器為使用過的飲料寶特瓶，常用於送往批發市場的產品，使用過可以丟棄。容器冰的應用始於低溫物流的保冷箱，以絕緣（保冷）容器內放置塑膠容器裝填的共晶溶液，因共晶溶液有不同溫度的冰點，而可製作成不同溫層的保冷箱。蔬果運銷鮮少使用低於 0°C 的溫度，使用的結冰容器內裝水即可，不必使用市販的各種製冷溶液。

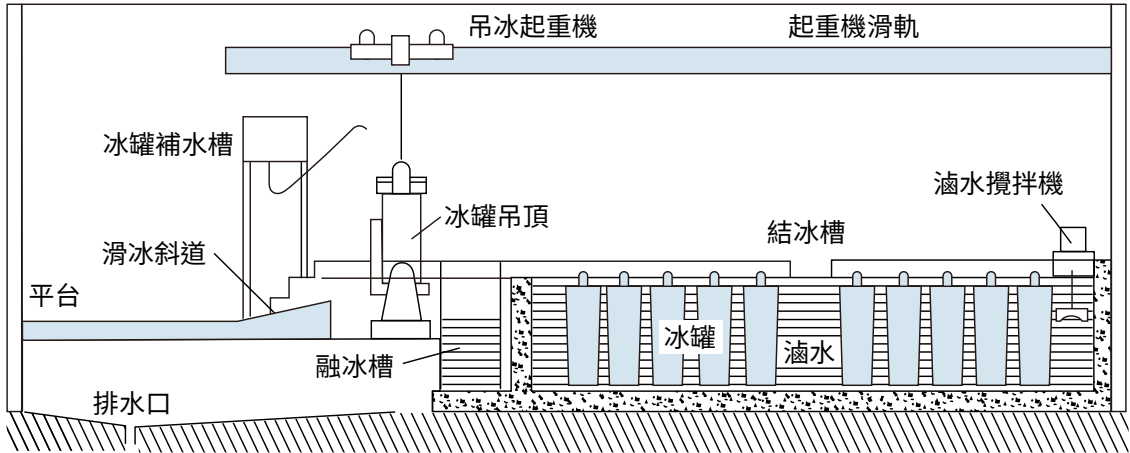
設備種類

冰冷必須選擇經濟而適當的設備，根據獲得冰的方式分為下列方法：

■ 製冰場碎冰

製冰場製作的塊冰經粉碎機減小體積，製冰場碎冰產品可能有不同大小尺寸可以選擇，以約 1 至 2 cm 多角粒冰為佳。冰粒過小容易融解損失，過大則不容

易鋪密於產品之上。碎冰常需於製冰場購買，或製冰場以大型塑膠桶供應，運輸供給上較為麻煩。



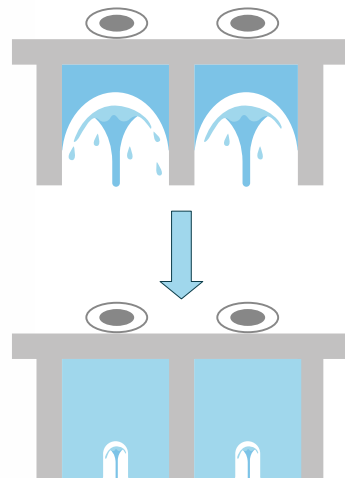
製冰場設備示意圖。(來源：Myers, 1981；經重製)



製冰場塊冰碾碎，常用於蔬菜的覆冰以作為低溫運輸之用。(來源：李允中)

■ 商用製冰機

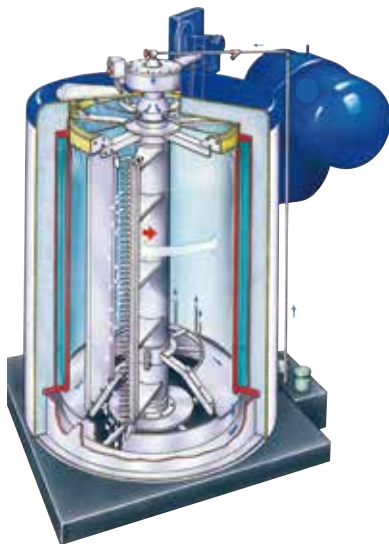
商用製冰機主要是提供餐飲業使用的塊冰或短圓柱冰，若用於冰冷，冰塊尺寸過大，再經過粉碎效果較佳，但會增加作業設備與加工費用。使用於製造冰水，融解速率較慢，需投入較多冰塊，故用於溫度維持較佳。商品機通常以一天製冰量為規格，如 350 kg/day。商用製冰機有氣冷與水冷製冷系統，大型者多為水冷，預算中需加入冷卻水塔費用。



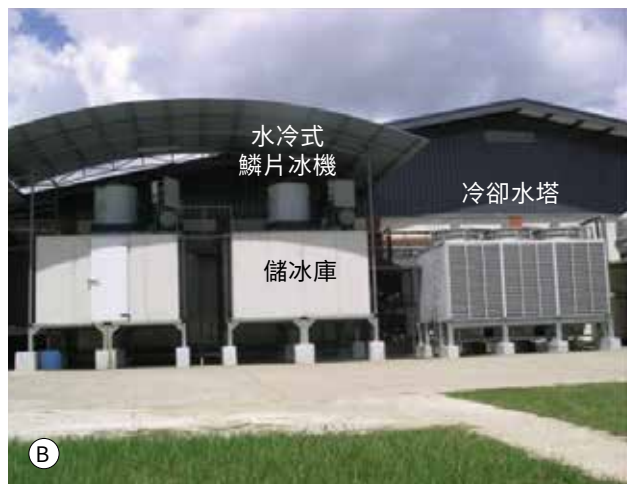
商用角冰機與其製冰方法，小規模的預冷作業可以使用，但其能源效率 EER 較低，約只有 0.5。（來源：台灣星崎股份有限公司，2024/1/16；經重製）

■ 鱗片冰製冰機

鱗片冰製冰機是一種特別的刮面熱交換器，有光滑的圓筒內面，筒外為蒸發的冷媒，在筒內噴水結一層薄冰，最後由刮刀刮下。鱗片冰製冰機的能量效率很高，EER 約 1.0。商用機型產能約為數百公斤 / 日，產業用為公噸 / 日，鱗片冰機常附有儲冰庫，可使用離峰用電生產。製冷機組分為氣冷與水冷。



A



B

A. 鱗片冰機的示意圖。（來源：North Star, 2019；經重製）

B. 產量較大常設置組合式冷藏庫作為儲冰之用。（來源：開拓冷凍工業股份有限公司，2024/1/16；經重製）

■ 流動冰機

流動冰機以鱗片冰機製冰，於冰水筒內加水攪拌成細小顆粒，在適當的冰水比例下以冰水泵抽送，灌注於容器內。國外流動冰機大多為大型機器，最近有國產小型機出現，使用案例：單箱作業，40 公升保麗龍箱，青花菜重 6.5 kg/ 箱，冰重 18.5 kg/ 箱，灌注後總重 25 kg/ 箱，灌注時間 <25 秒 / 箱；多箱作業，棧板堆積防水 pp 箱 40 個內裝青花菜，由上注滿所需時間 13.4 分鐘。（平均 20 秒 / 箱）。



- A. 國產流動冰機與其灌注作業。
- B. 紙箱內的灌注效果。
- C. 青花菜包冰的狀態。（來源：洪滉祐）

■ 冰泥機

冰泥機亦為刮面熱交換器，和鱗片冰製冰機相似，在筒面結冰時用刮刀刮下，但同時在筒內加水和鹽攪拌混合，因鹽防止冰粒體積變大，如此可以得到流動性很好的均勻冰泥，機器的能量效率很高，但冰泥含鹽不適合使用於蔬果，大都用於水產品。

■ 容器冰製冰方式

用各種容器裝水於冷凍庫結冰，若要較大量快速製造，可使用商用的臥式冰櫃內裝滷水攪拌，放入水容器凍結。

作業要點

■ 冷卻使用

使用冰來冷卻農產品，其冷卻速率低於冰水冷卻，可以冰冷的農產品大都可以水冷，應考慮使用水冷來加快降溫。

■ 覆冰作業

覆冰必須壓密，可以降低冰層的融解速率，並有效的利用冰來維持容器內溫度。部分農產品直接接觸冰容易產生寒害，可使用紙來隔絕。

■ 流動冰使用

流動冰灌注時可以同時有淋水冷卻的效果，但通常無法達到預冷終溫，可預先使用水冷，有效的降低產品溫度至儲藏或運銷溫度。流動冰使用於運銷時必需考慮產品的裝填量，以留下適當的空間填充流動冰。使用於低溫儲藏時，冷藏庫溫度應設定為 0°C 或 -1 至 -2°C，以保持冰封不會融解，但冰與產品接觸面仍約為 0°C。

■ 運銷容器

使用覆冰或流動冰都需使用耐水容器如：耐水 PP 箱、保麗龍箱、塑膠袋內襯紙箱，塑膠袋內襯塑膠籃框等，使用流動冰的容器需考慮充裝時冰水流通的路徑。

■ 運銷使用

使用覆冰或流動冰於運銷容器內運輸，因為水冷的冷卻效率高，建議產品先使用水冷，再加冰於容器內，可以降低冰的使用量。

參考資料

- 台灣星崎股份有限公司 (n.d.)。大角冰 35kg 製冰機。 <http://www.hoshizaki.com.tw/goods.php?act=view&no=86> (擷取日期：2024/1/16)。
- 開拓冷凍工業股份有限公司 (n.d.)。鱗片式製冰機。 <https://www.pointer-ref.com.tw/flake-ice-maker.html> (擷取日期：2024/1/16)。
- Elansari, A. M., Fenton, D. L., and Callahan, C. W. (2019). Chapter 6-Pre Cooling. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. Duxford, UK: Woodhead Publishing.
- Myers, M. (1981). Planning and Engineering Data 1. Fresh Fish Handling. *FAO Fisheries Circular*, (735).
- North Star. (2019). *Flake Ice Makers*. <https://www.northstarice.com/uploads/pdf/2019-brochure-flakeicemakers.pdf>
- Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire, R. F., and Crisosto, C. H. (1998). *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers*. University of California, ANR Publication.

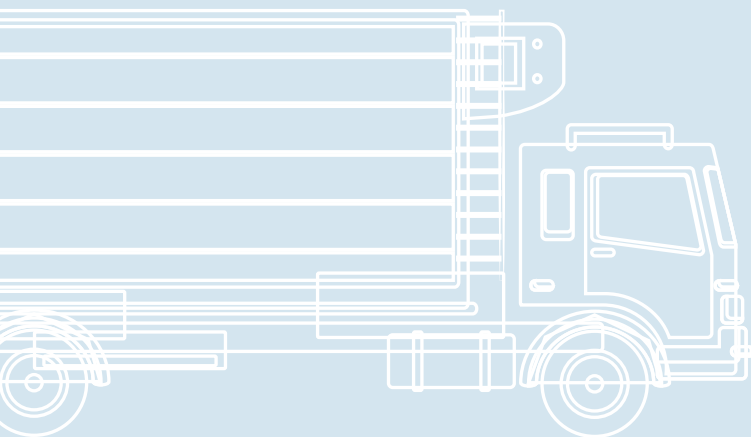


第三章 預冷設備

第四節

水冷

Hydro Cooling



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

水冷 (hydro-cooling) 的冷卻媒體是液態的水，水具有高比熱與高密度的特性，吸熱後溫度上升少，再者，水容易流動，方便帶走所吸收的熱，由這兩個特性讓低溫的流水可以和產品表面維持大的溫度差，產生很好的熱傳效果。

用低溫水清洗也具有因溫度差造成水冷的效果，但清洗用水會被污染而需要部分更新。水冷的降溫速率比以空氣為媒體冷卻得快，也比冰冷降溫快。

水冷法是唯一不會產生失水的預冷方法，但水冷使產品吸水亦可能對產品產生傷害。水冷容易產生產品傷口的感染造成腐爛，預冷後的殘餘水在溫度上升時，容易促進細菌增殖而腐敗產品。水冷常使用近於 0°C 的冷卻水俗稱冰水，文章中將保持用這個通用的名詞。

應用範疇

在國外水冷普遍使用於核果類、仁果類、瓜果類以及亞熱帶水果的預冷，在蔬菜中甜玉米的水冷是普遍的例子，其他還有蘆筍、青花菜等。臺灣處於熱帶與亞熱帶，田間菌相複雜、菌數濃度高，容易感染。生鮮產品除根莖類外較少使用水冷，竹筍、茭白筍的冰水預冷最為成功，在研究中有使用於青花菜預冷的案例。

出口日本的檢疫作業蒸熱處理的荔枝、芒果，處理後中心溫度高達約 46°C，淋水式的冰水冷卻是前置的預冷作業。而加工品因緊接著後續的加工程序，使用水冷的事例更多。

運作機制

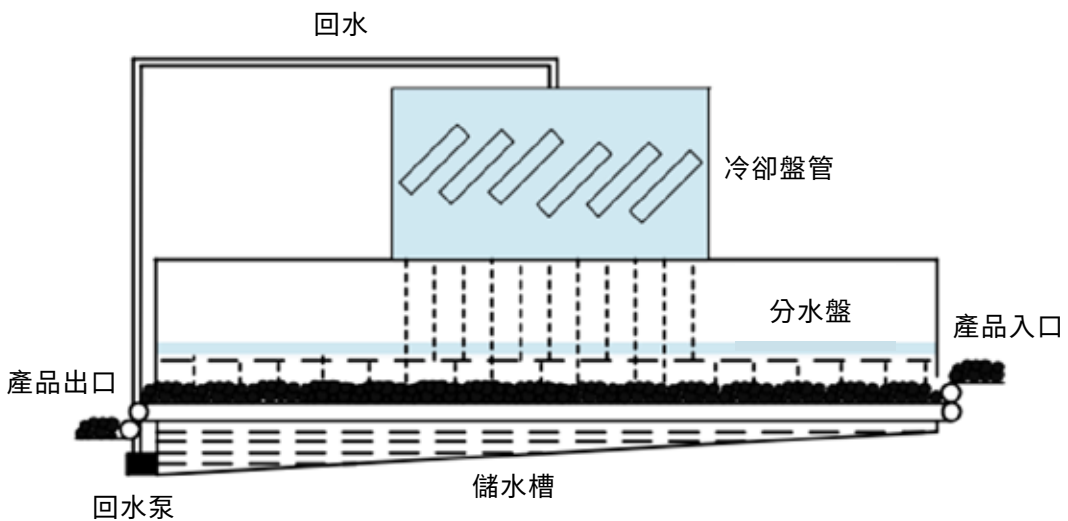
水的比熱與比重比空氣高，用水冷卻農園產品時所能吸收的熱比同體積的空氣高很多，雖然水的流動阻力比氣流大，但基於前面的優點，水冷比空氣冷卻快且效率高，水的流動可以接觸到農園產品的表面，吸熱並藉流動移除產品的熱達到預冷的目的。

水冷應用可以規劃為批式或連續式的操作，批式水冷作業間歇，較需人力操作；連續式比較容易自動化，但使用規模大才會達到經濟操作。連續式冷卻必需考慮產品的冷卻速度，若產品的冷卻速度過慢，將需使用很長的冷卻通道而形成龐大的處理設備，投資浩大。水冷依據不同的作業方式可做下列分類：

■ 個體產品的水冷

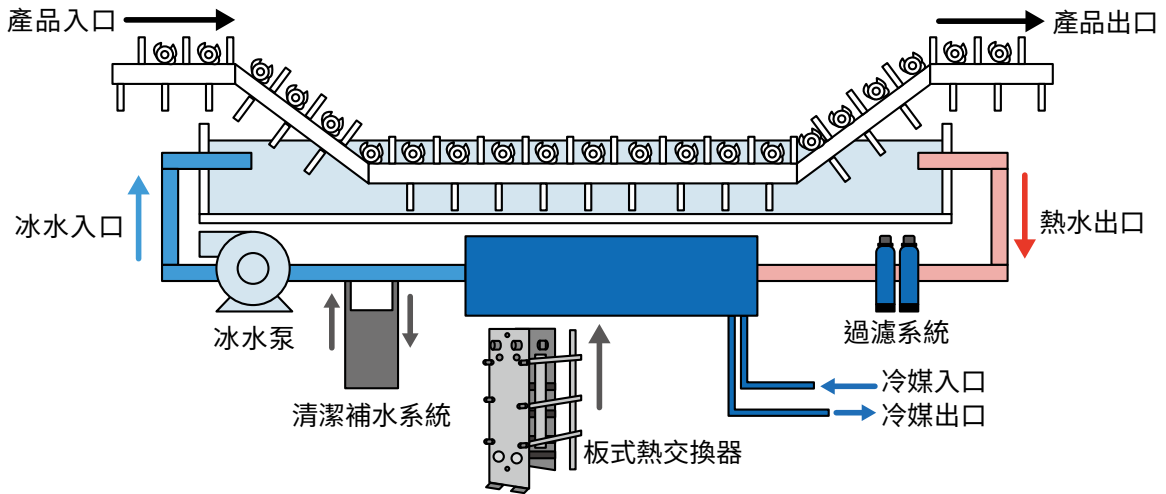
個體產品的水冷設備使用於加工產品較多，常兼具清洗與冷卻效果，以連續操作為主，有冷卻後再加工或截切加工後冷卻等不同使用方法。

1. 淋水式：鬆散分佈的產品置於輸送帶上前進，上有高壓噴頭噴水，以強力大量的水柱清洗冷卻產品。例如：蘆筍、胡蘿蔔以及小型瓜果類等產品的冷卻。



連續淋水式個體水冷機示意圖。（來源：Elansari et al., 2019；經重製）

2. 浸水式：截切後產品浸泡於冷卻水中，經由水流帶動清洗並產生冷卻，流動常有機械式或氣流式攪拌，增快產品表面水的流速來增加清洗冷卻效果，使用於截切產品時，裝置有除渣機構，清除破碎產品或附著的昆蟲與異物，例如：截切蔬菜的清洗冷卻。浸水式也可以做批式操作，小規模的綠竹筍水冷，可以將綠竹筍倒入冰水槽浸水冷卻浸水冷卻，降溫後取出。

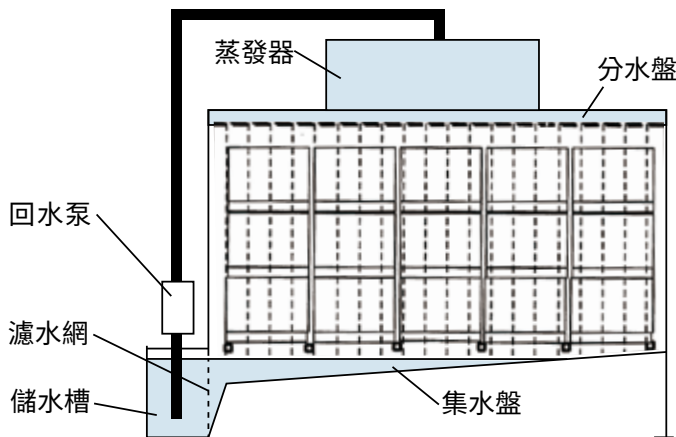


連續浸水式個體水冷機示意圖。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)

■ 容器包裝產品的水冷

容器包裝產品的水冷，將產品裝入多孔的耐水包裝箱，冷水進入箱內與產品接觸降溫，因為冷卻時間較長，以批式處理為多，其形式可分為：

1. 淋水式：大量的冷水經由密集的出水孔流入包裝容器，淋水法較容易產生產品表面的水流動，流動速度決定降溫速度。淋水式批式設備常設置有輸送帶方便進出料。表皮脆弱的產品如小果番茄等，可能會受淋水衝擊而受害，不適合使用。淋水式水冷的使用，例如：美國慣用甜玉米的水冷，早期有連續式的水冷機，但目前以批式作業為主流；澳洲的青花菜在冰冷儲藏前亦使用批式的淋水預冷，臺灣也有使用淋水預冷降溫後儲藏試驗成功的案例。



批式淋水式包裝蔬果水冷機示意圖。(來源：Thompson et al., 1998；經重製)



淋水式預冷設備的作業。(來源：Southwest VA Farmer's Market，2024/1/16)

2. 浸水式：將裝有產品的多孔耐水包裝箱直接浸泡在冰水槽內，因冰水進入容器內不容易流出，設備中常裝置氣流或水流的循環來促進容器內溫度升高的冰水流出。竹筍等大型產品都使用批式的浸水作業，而小果番茄等直徑小的產品可以使用連續式的浸水作業，散裝葉菜降溫容易，但裝箱後冰水不容易淋入，可使用浸水式，但必需靠浸入後提出反覆作業，讓升溫的冰水能夠被置換。1992年斗南鎮農會曾設置儲冰式水冷機以降溫竹筍。



八里區農會使用的鮮筍浸水式預冷設備。(來源：劉懿萱，2023/12/3)

設備種類

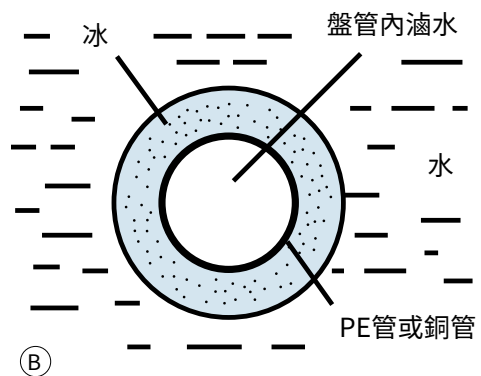
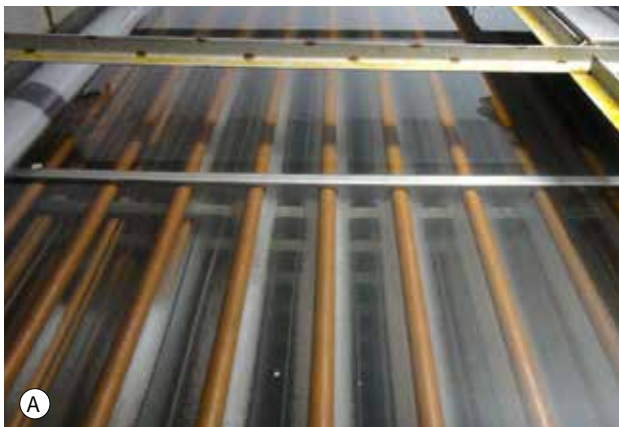
根據冷水產生方式，可分為：

■ 冰水機

水系統的空調是使用冰水機來生產冰水降溫，市面上有很多不同大小規格的冰水機，但空調所需的冰水溫度大都在 15°C 以上，且因避免冰水機蒸發器的冰水管結凍，製冷溫度常設定為 5 至 7°C。這些設定條件產生的冰水對水冷而言時常太高，若非有避免寒害而必須使用較高溫度的冰水冷卻，一般空調用的冰水機不適合直接採用於水冷作業。

■ 盤管儲冰水機

低溫冰水產生必需仰賴融冰維持，保持冰水槽中有適量的凝結冰是維持冰水溫度的重點。冰的產生可以靠滷水機，滷水機與冰水機的外型相似，有些廠商為使用適合低溫的冷媒而選用不同的壓縮機。滷水機冷媒膨脹吸熱冷卻加有氯化鈣或乙二醇的滷水，溶質的加入使滷水在低於 0°C 不結冰。低溫滷水流經盤管，可將盤管外的冰水結冰，環繞於盤管，此用法稱為盤管儲冰。盤管可設置於冰水槽內，提供冰水供水冷之用，或是直接設於浸水式水冷的處理槽內，保持浸水槽內的低溫。

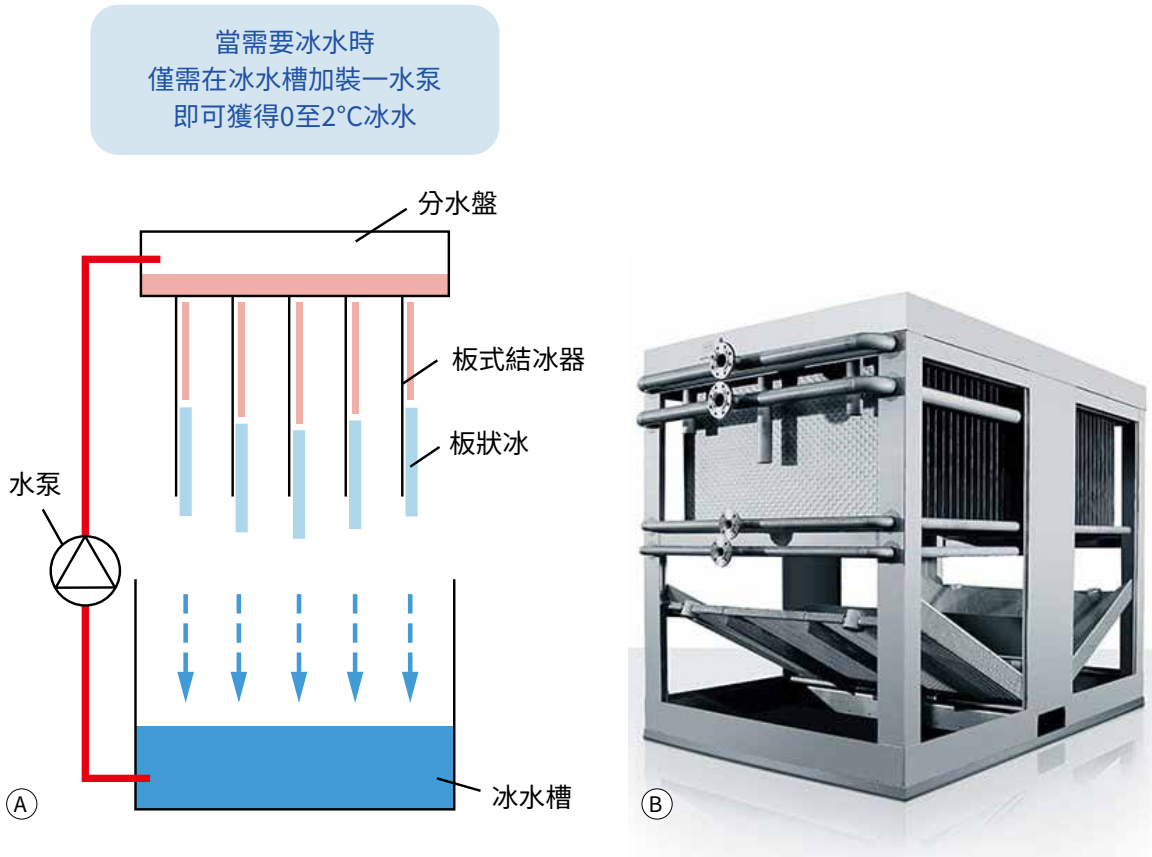


A. 盤管儲冰的水冷系統，可以用於產生水冷用的冰水。（來源：友賀工程，2024/1/16）

B. 盤管結冰儲冰的機制示意圖。（來源：Ho and Hui, n.d.；經重製）

■ 板冰儲冰水冷機

使用板式製冰機連續製造板狀冰塊落入冰水槽儲存，並冷卻儲內冰水。



- A. 板冰製冰機運作機制示意圖。(來源：開拓冷凍工業股份有限公司，2024/1/16；經重製)
- B. 板式製冰機的冰塊落入冰水槽，使用於水冷預冷的冰水製造。(來源：Omega Thermo Products Group, 2024/1/16)

■ 碎冰儲冰水冷

與盤管儲冰冷卻的原理相同，但使用製冰機產生各種型式的冰來產生冰水，並維持冰水溫度。碎冰產生的製冰機請參考冰冷的章節。碎冰可以預先或連續不停產生，儲藏於保冷的儲冰庫，依需求量供應，供應方法可用人工剷冰或機械輸送。

作業要點

■ 水溫控制

水冷應保持整體冰水的溫度低於冷卻終溫 3°C，使用碎冰水冷，在浮冰區其理論溫度為 0°C，高於此溫度 3°C 以上，即表示放入產品量過大，必須增多碎冰的投入。使用循環冷卻的冰水，應定時檢查出水溫度。以絕熱平衡計算，產品每降低 1°C 需使用產品重 1/80 重量的冰。即 1 kg 產品要降低 4°C 需要 0.05 kg 的冰，以此數據可以計算碎冰儲冰水冷 0°C 的水所需補充的碎冰量。

■ 水質控制

使用加氯處理避免冰水成為細菌的溫床，維持有效氯（次氯酸鈉水溶液中所有具有氧化的次氯酸與次氯酸根離子之總和）在 200 ppm，水質稍微酸性 pH 約為 6.5。加氯的方法可由調整酸鹼值添加次氯酸鈉、電解食鹽、電解食品級鹽酸等方法，依使用量經濟選用。冰的融解、水的替換以及產品的清潔消毒都會使有效氯量減少，或改變水質的酸鹼度，水冷用冰水要隨時監測以確保水質安全。

■ 水量的需求

以冰水不換水浸水預冷（不考慮降溫速度），所需要冰水的重量至少約為 5 倍以上，為保持產品與冰水間的溫度差，其需求應大於 50 倍以上。國外手冊容器包裝淋水式所需水量約為 5 至 17 l/m².sec，所需水量產品堆積高度增高而增多。簡單的評估方式是，在頂部容其內產品 1/4 冷卻時，底部出水溫度大於冷卻終溫 5°C，即必須增加水量，或減少堆積高度。

■ 確定冰水的流動

水冷必須靠水的流動來帶走產品的熱，容器包裝產品的淋水冷卻，選用正確的開口，不使冰水淤積滯留箱內。浸水式則要有適當的水流攪動設計，讓冰水可以置換容器內已經升溫的水。

■ 機械傷害的避免

淋水式冷卻法使用大量的水柱，水柱出口應盡量接近產品，減少重力產生，避免水柱沖量的增加而容易傷及產品。

■ 水冷產品的保冷

水冷產品上面常有殘留水，在產品溫度上升時，水是細菌最佳的溫床。水冷產品必須在冷卻後維持低溫，以確保安全。

參考資料

- 友賀工程 (n.d.)。儲冰系統及製程冷卻。 <http://www.utec.com.tw/ice-bank> (擷取日期：2024/1/16)。
- 林棟樑 (2001)。蔬果預冷保鮮技術。 *臺南區農業改良場技術專刊*，(115)，1-18。
- 開拓冷凍工業股份有限公司 (n.d.)。片狀式製冰機。 <https://www.pointer-ref.com.tw/ice-storage-device-chip-ice-machine-stainless-steel-ice-is-chip-ice-chiller-.html> (擷取日期：2024/1/16)。
- 劉懿萱 (2023/12/3)。八里綠竹筍保存期短一度滯銷 農會引進設備延長保鮮。 *經濟日報*。 <https://money.udn.com/money/story/5613/7615274> (擷取日期：2024/1/16)。
- Elansari, A. M., Fenton, D. L., and Callahan, C. W. (2019). Chapter 6-Pre Cooling. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. Duxford, UK: Woodhead Publishing.
- Ho, B. P. L., and Hui, S.C. (n.d.). *MEBS6008 Environmental Services II* [lecture note].
- Omega Thermo Products Group. (n.d.). *Industrial Ice Machine*. Retrieved 2024/1/16, from <https://www.omegathermoproducts.com/ice-machines> Publication.
- Southwest VA Farmers' Market. (n.d.). *Hydro-Cooling*. Retrieved 2024/1/16, from <https://swvafarmersmarket.org/hydro-cooling/>
- Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire, R. F., and Crisosto, C. H. (1998). *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers*. University of California, ANR Publication.

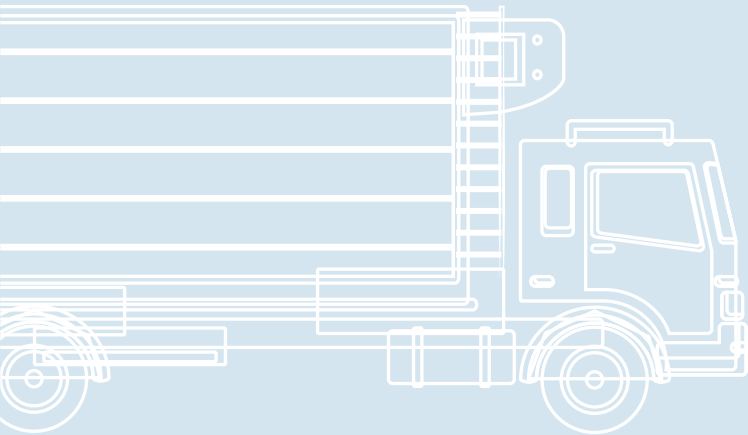


第三章 預冷設備

第五節

真空預冷

Vacuum Cooling

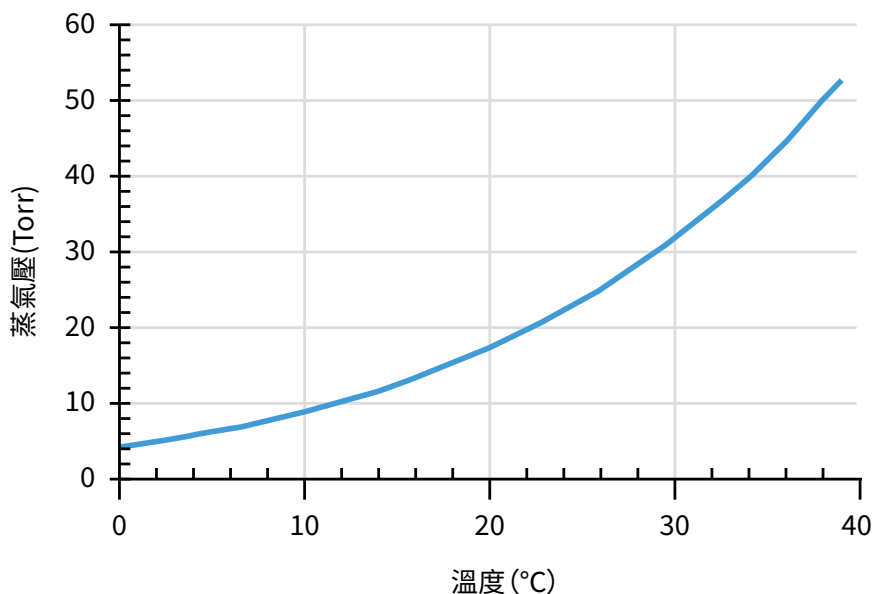


財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

真空預冷 (vacuum cooling) 是利用產品表面的水分蒸發來降低產品溫度，對應於產品溫度，產品表面的水具有一個對應的蒸汽壓，在減壓的外在環境下，若壓力降低至產品表面蒸汽壓以下，產品表面的水即吸熱迅速沸騰蒸發，而對產品產生快速的降溫。真空預冷是不需要冷卻媒體的預冷方式，冷卻迅速但需要特別的設備，購置金額龐大。



不同溫度下水的蒸汽壓力。(來源：李允中；經重製)

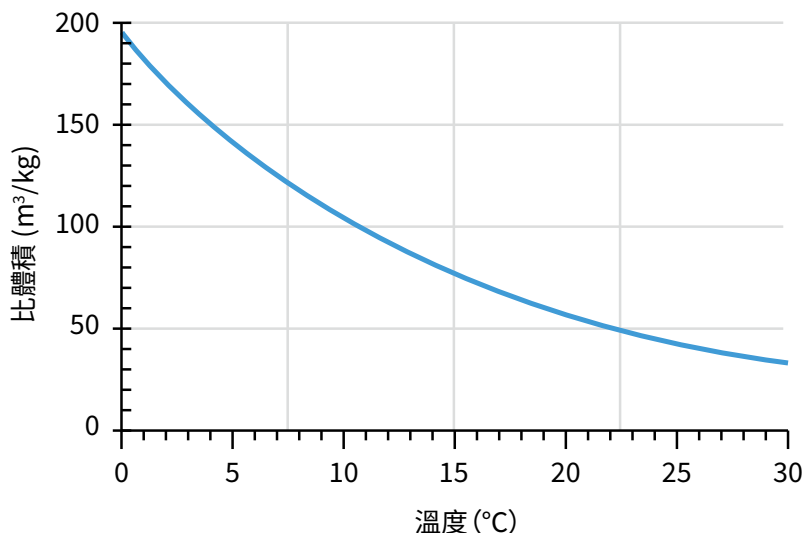
應用範疇

真空預冷適合表面積與體積比大的農產品，例如：葉菜類、香草作物、質地疏鬆的產品如洋菇等菇類，與玉米穗、青花菜、白花菜等。在有些包裝場真空冷卻也用來蒸發產品表面水分，以方便安全儲藏，如：日本北海道的胡蘿蔔包裝場。只要包裝袋不是完全密封，包裝的蔬果產品仍可以用真空冷卻。

運作機制

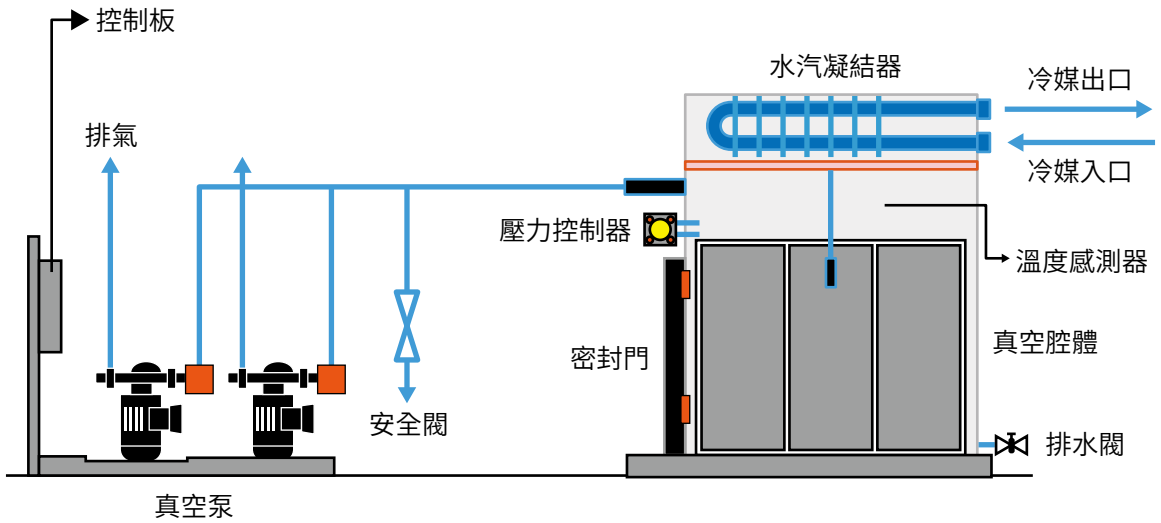
真空預冷是一種蒸發冷卻，水的蒸發潛熱是 2,257 kJ/kg，蒸發 0.01 kg 的水可以讓 1 kg 的水降溫約 5°C。水在正常氣壓（760 Torr²）下的沸點為 100°C，降壓可以降低水的沸點溫度，若將壓力約降到 1/32 的大氣壓（約 24 Torr），25°C 的水即可沸騰而讓水溫下降。因為需要低壓的作業環境，真空冷卻首先必需有一個氣密耐壓的真空腔體，以及抽氣系統（真空泵）。真空泵的功能是將腔體內的空氣抽出，腔體內空氣變成稀薄（密度降低）而使壓力降低。在真空腔體內農產品的水還沒有蒸發時，真空泵抽到的只是乾空氣。若有一批葉菜溫度為 25°C，在其沸騰的壓力下，1 kg 水的蒸發後體積約 44 m³，在此低壓下，真空泵將同時抽到稀薄的空氣和大量的水汽，使壓力的降低變困難。

真空預冷系統裡設置有水汽凝結器，可以將農產品蒸發出來的水蒸汽凝結，如此真空泵將只抽取乾空氣，使降壓程序繼續進行。水汽的凝結靠著低溫的熱交換器表面積，拿走水的凝結熱，真空預冷設備有一套製冷系統。一個真空預冷系統包括真空腔體、水汽凝結器與其製冷系統和真空泵，以及可以方便大量農產品進出腔體的機械輸送設備。



水蒸汽在沸騰溫度下的比體積。（單位重量的體積）（來源：李允中；經重製）

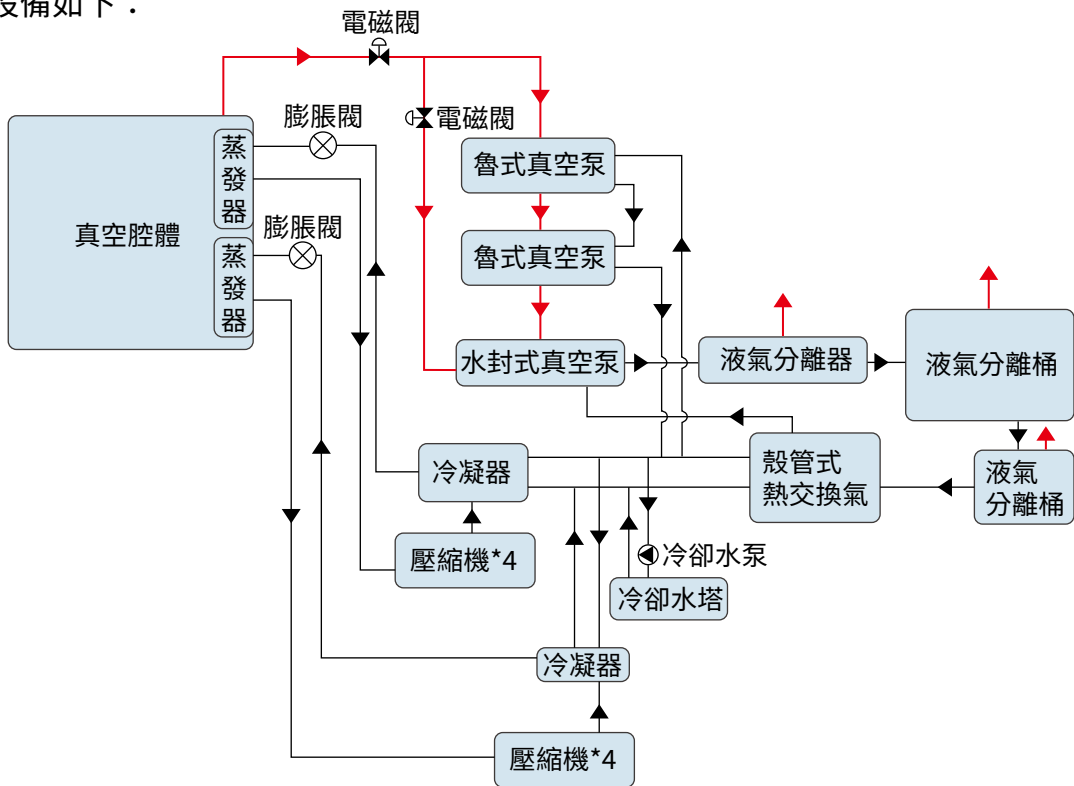
² 常用的真空壓力表示單位為 Torr（托），1 Torr（托）即表示一毫米水銀柱的壓力（1 mmHg）。



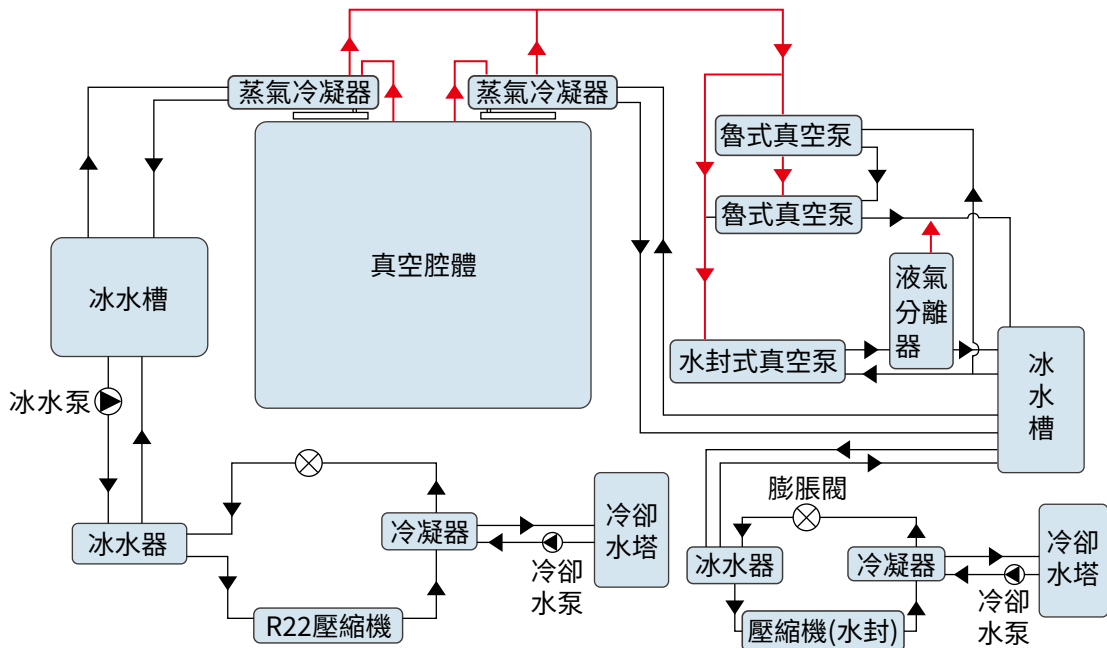
真空預冷系統的主要機件。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)

設備種類

真空預冷設備可依據其使用的製冷系統分為滷水式與冷媒直膨式兩類，其主要設備如下：



滷水式真空預冷系統。(來源：雷鵬魁，2022；經重製)



直膨式真空預冷系統。（來源：雷鵬魁，2022；經重製）

■ 真空腔體

密閉的耐壓腔體，真空預冷常設定需要降低至約 5 Torr 的真空壓（0°C 水的沸點溫度），真空腔體必需能耐 1 大氣壓的外壓。腔體通常採框架的薄殼結構設計，框架強度支撐薄殼受壓時不會過度凹陷產生永久變形，失敗的腔體設計常出現框架強度不足的彎曲，與框架斷面設計不當所產生的皺曲。真空預冷設備在作業後，任何的一種目視可以察覺的變形都是嚴重的錯誤設計。真空預冷作業時腔體內外壓力差約為 1 大氣壓，腔體上的任何縫隙都會產生大量的空氣洩漏，增加真空泵的負荷，甚至發生降壓困難。

■ 製冷系統

製冷系統移除水汽凝結熱，常用的有下列系統：

1. 滷水式製冷系統：滷水式製冷系統或稱為二次冷媒系統，使用冷媒直膨系統將大量的滷水降溫，以提供水汽凝結器使用。系統比冷媒直膨系統機械設備增加熱交換器、滷水槽與滷水泵及所需管路與控制設備，因此購置費用較高，所需的維護費用亦增加，但滷水式製冷系統提供容易的水汽凝結溫度調整，使用滷水槽可以作為儲冷之用，因此減小製冷機組能量，且方便處理真空預冷的大量集中負荷。

2. 冷媒直膨式製冷系統：冷媒直膨式製冷系統較滷水式購置費用與維護費用低，但因真空預冷作業負荷變動激烈，難以控制水汽凝結器的正確溫度，常造成凝結器結冰，若除冰不當，連續操作時效率會陸續降低。為處理真空冷卻大量的集中負荷需要，必需使用較大的機組，且不容易達成調整水汽凝結溫度與儲冷的需求。

真空預冷設備的製冷系統可以使用氣冷或水冷系統，可以考量場域的環境特性來選用。

■ 水汽凝結器

真空預冷的水汽凝結器為製冷系統的蒸發器，為應付真空冷卻時快速產生的水蒸汽凝結，水汽凝結器的凝結表面積要很大，常用的有下列兩種：

1. 鰭片式熱交換器：鰭片式熱交換器使用鰭片增加水汽凝結的表面積，因使用的管路較細，冷媒或滷水的通過阻力較大，但鰭片式熱交換器容易裝設於腔體內部直接凝結水蒸汽，使真空泵的管力阻力降低，加速降壓與降溫速率。
2. 管殼式熱交換器：容易設計使用效率較高而經濟的熱交換器，但缺點是必須裝置於腔體之外。



- A. 真空預冷系統用以凝結水蒸汽的鰭片式熱交換器（箭頭所指）。
- B. 真空預冷系統用以凝結水蒸汽的管殼式熱交換器（箭頭所指）。（來源：李允中）

■ 真空泵

真空泵是真空預冷系統的心臟，真空泵的能力決定真空預冷的作業速度。常用的真空泵如下：

1. 水封式真空泵器：水封式真空泵使用水來密封真空室，水的蒸汽壓隨溫度上升增高，真空泵作業的摩擦力使水封的水溫上升，而造成真空泵的效率下降。正確的使用水封式真空泵必需設置水冷系統，以保持水封水的低溫。水封泵的最低使用壓力受水蒸汽壓限制，單獨使用水封泵無法達到真空預冷設備所需的低壓，必需設置機械的壓縮泵（前級泵），常用的為魯氏泵，以一段壓縮或兩段壓縮來達到目的，這些前級泵的動力消耗很大。水封泵的優點是真空作業時空氣中的水汽可直接和水封水混合，因此對於水汽凝結器的性能要求較低。



A. 真空預冷系統用水封泵系統，箭頭所指由上而下依序為前級魯氏泵，後級魯氏泵，水封泵。
B. 水封泵的冰水槽。（來源：李允中）

2. 油封式真空泵：使用真空油封和真空室的真空泵沒有水蒸汽壓的限制，容易達到作業所需的壓力，但水汽和真空油的混合會破壞油的品質。油封式真空泵的購置費用較高，但可以不使用前級泵，或僅使用單段前級泵。

3. 無油真空泵：是比較新式的真空泵，且價格逐漸可接受。沒有油封式真空泵的缺點，可以不使用前級泵，或僅使用單段前級泵。



真空預冷系統用無油真空泵（箭頭所指）。（來源：李允中）

■ 輸送機械

真空預冷系統處理的農產品重量都以公噸計算，必需使用棧板作業，堆高機與機械式輸送器是作業所必需，以後者作業速度與安全性較高。

◎ 作業要點

■ 蒸汽壓的表示與水的飽和蒸汽壓

真空預冷設備的操作必需監控真空壓力的儀表，一大氣壓力為 760 Torr（托），常設的真空預冷終點壓力約為 0°C 的水蒸汽壓 5 Torr（托）。預冷終點壓力約 650 Pa（帕），或稱一大氣壓為 100 bar（巴），預冷終點壓力約 650 mbar（毫巴）。

■ 真空冷卻與失水

純水的蒸發冷卻每降低 5°C，會有 1% 的重量損失，農產品雖非純水但其數值相近。若要避免蒸散損失可以預先淋水補充，補充水要能附著在產品表面或吸附於產品之間才有效。一次能附著的水量有限，可以在冷卻中在腔體內噴灑冷水，但噴水的溫度所對應的蒸汽壓需要低於腔體內的壓力，且水中必需加氯（參考水冷章節）以避免感染。噴水需控制其量，不可多量流出於產品箱之外。

■ 真空預冷的限制與後續作業

真空預冷只是表面快速的冷卻，但產品內部的降溫仍是仰賴熱傳導機制受產品性質影響，體積大、深度大的產品冷卻速度改變有限。農產品結構不均，各部分冷卻速率不同，有柄的蔬菜如甘藍、青花菜、花椰菜等可以使用真空預冷，快速將容易產生呼吸熱的部分降溫，再以冷藏庫室冷繼續冷卻。

■ 柔弱蔬菜的真空預冷

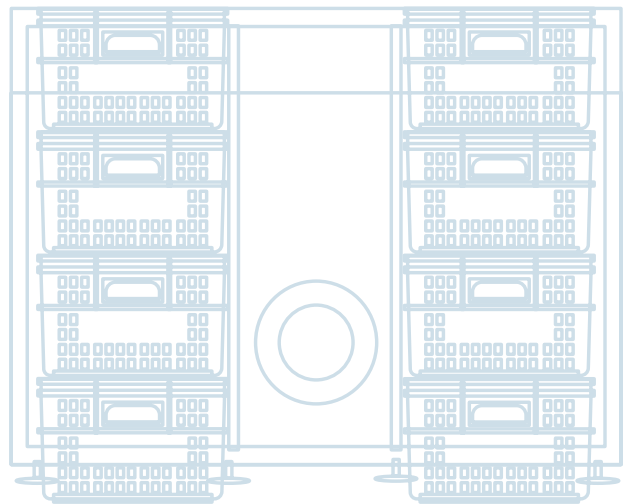
真空預冷的抽氣速度通常不會造成組織與細胞的破裂，但因為細胞間隙空氣的流出還是會有組織改變的效應，葉菜的傷痕在真空預冷的過程容易產生水浸狀的組織，微小的腐爛與傷痕也可能有類似的狀況。

■ 冷卻溫度的控制

真空預冷的最終溫度受停機壓力與水汽凝結氣溫度影響，對於不同的最終冷卻溫度的控制，應考量水汽凝結器溫度的調整。真空預冷完成開腔門前，必需先通入空氣作真空的破壞，此時大量的空氣湧入，空氣分子的摩擦生熱使腔體內空氣上升而影響產品溫度，避免冷卻處理小量產品，大量高溫的空氣容易使產品溫度升高。

■ 真空冷卻系統的營運

真空預冷設備的造價昂貴，使用電力多，必需啟用較大的電力容量。此種設備必需以大量的處理量來分攤固定成本。真空預冷設備不適合單一社場使用，代工式的營業在經濟效益上較為合宜。



參考資料

-
- 林棟樑 (2001)。蔬果預冷保鮮技術。臺南區農業改良場技術專刊，(115)，1-18。
 - 雷鵬魁 (2022)。財團法人農業科技研究院委託研究報告：真空預冷設備與集貨包裝場冷藏庫規格標準。臺北市：財團法人農業機械化研究發展中心。
 - Elansari, A. M., Fenton, D. L., and Callahan, C. W. (2019). Chapter 6-Pre Cooling. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. Duxford, UK: Woodhead Publishing.
 - Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire, R. F., and Crisosto, C. H. (1998). *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers*. University of California, ANR Publication.

延伸閱讀影片

■ 農產品運銷系列課程 – 冷鏈設施（備）線上課程

1. 預冷技術的基礎知識：本課程介紹預冷技術的基礎知識，包括溫度與降溫時間的關係，冷期、質量平均溫度點的意義，並了解熱傳的原理與基本觀念。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/155/attend>

2. 製冷原理與機械設備：本課程介紹製冷原理與基本定義，了解熱與功的轉換，並逐一介紹製冷系統中冷媒、壓縮機、冷凝器及蒸發器的原理與類型，以及使用這些設備的常見問題。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/154/attend>

3. 冷藏庫與室冷：冷藏庫為農產低溫運銷中最重要的冷鏈設備，本課程介紹冷藏庫功能與形式、庫體設備、冷藏庫的儲存容量與堆積方式，並透過計算負荷來做冷藏庫的規劃，以及說明溫濕度控制的重要，最後介紹冷藏庫作為預冷設備使用時的操作方式。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/153/attend>

4. 常見的農園產品預冷設備：本課程介紹預冷的定義、原理及目的，並逐一說明常見的預冷方式：壓差預冷、水冷、冰冷及真空預冷的設備與其運用方式。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/151/attend>

5. 壓差預冷設備與作業：本課程介紹壓差預冷原理、不同型式的壓差預冷設備、操作壓差預冷設備時應注意事項，並討論壓差預冷常見問題、壓差預冷的基本實驗設備，最後透過荔枝採後處理現場影片作為壓差預冷應用實例。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/150/attend>

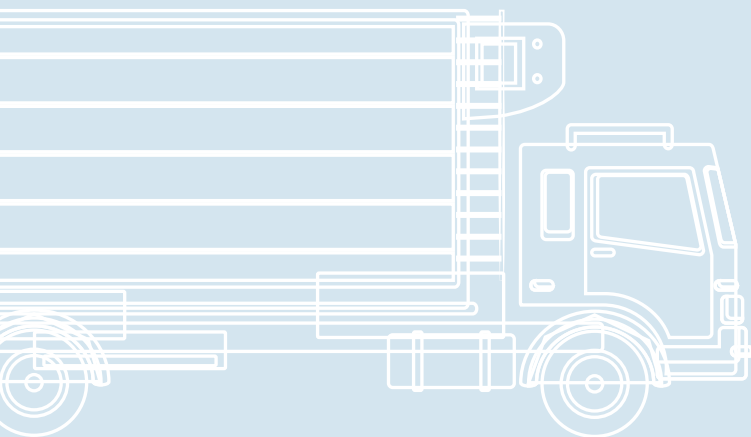


第四章 低溫場域設備

第一節

低溫作業室

Low-temperature Operating Room



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



定義與使用目的

農產運銷的作業室泛指運銷過程清洗、前處理、選別、包裝或是截切處理包裝的工作空間。維持低溫的作業環境可以延伸產品進作業室前預冷生成的低溫，或使未預冷產品散熱以降低呼吸率，維持良好品質。

應用範疇

低溫作業室的範圍很廣，從集貨包裝場至截切蔬果包裝皆可能使用，但目的與目標各有不同。園區的集貨場目標在讓產品容易散熱，防止產生高溫環境危害產品。包裝蔬果的場域從清洗、前處理至選別區，通常還是保持良好通風，預冷以後進入包裝區，依據產品預冷溫度的不同而有 15 至 20°C 的低溫作業室，目的主要減緩產品升溫，防止產品表面產生冷凝水。截切蔬果包裝場，蔬果原料在截切前後常用冰水處理而降溫，在包裝區除了保持產品的低溫，且可降低微生物滋生，在業界使用 5 至 15°C 溫度不等。

運作機制

通風冷卻在以散熱為主的場域如集貨與前處理場域等，礙於使用製冷系統冷卻不容易經濟實施，而以通風減少熱淤積於環境。通風並非僅使用風扇讓風流動，而是如何引進比場域溫度低的外界空氣。常會將室內空氣流動，促進人體皮膚汗水蒸發使工作者感到舒適，誤為此環境有利於產品降溫，實際上此種蒸發冷卻，對於產品不具明顯效果。

低溫的作業場域主要還是靠製冷系統，與冷藏庫或空調系統相似處是都在移除熱負荷，蔬果運銷處理場域的原料與產品及搬運人員機具進出頻繁，低溫作業區主要負荷常是隨熱空氣進入的侵入熱，其次為人員的呼吸及散發的熱。

作業區應把握一般作業區、準清潔作業區及清潔作業區的劃分原則，以減少交叉污染，對於截切包裝場尤為重要，蔬果包裝場低溫作業區通常為準清潔區等級的包裝區。

低溫作業室工程包括兩個部分，作業室隔間工程與製冷系統工程。

■ 隔間工程

低溫作業室的隔間包含地板、庫板隔間、人員與物料出入門，低溫作業室是盡可能密閉空間以減少熱侵入，同時防止動物、昆蟲以及塵土等污染物侵入，截切作業室更須符合衛生作業要求。

1. 牆面工程：低溫作業區因保冷的需求而建議使用冷藏庫庫板間隔，正確選用庫板以方便清潔衛生管理。庫板使用不鏽鋼或白色、淺色保護層的表面，作業區內結構支柱應以庫板材料包覆。庫板與地板接縫必需密合，以使用彎曲接縫（cove）為佳。天花板使用與庫板相同材質的庫板以方便清洗，避免長黴或剝落。
2. 門：低溫作業區經常有人員、原料與產品進出，單純人員進出使用單扇門，搬運機具的出入口使用冷藏庫用拉門、塑膠垂簾、空氣簾幕等，依需求單獨或組合使用。
3. 地板：低溫作業區的低溫溫度與土壤溫度差距較小，而不做冷藏庫規格的地板絕熱。地面應平亮而不滑，保持有 1/100 以上的斜度以利排水。排水系統應暢通，溝底應有適當之圓弧，溝面有足夠開孔且易於清潔的溝蓋，排水出口應有防止病媒侵入的設施，並有避免溝水倒灌及臭氣產生。常用為水泥地板，水泥地板是在水泥毛胚上進行粉光或使用自流平水泥。
 - (1) 粉光：水泥地板毛胚上鋪一層較細緻的水泥，並用拍漿機或手工抹平。粉光後表面光滑，面強度仍低，無法避免龜裂、起砂等問題。
 - (2) 自平流水泥：高流動性的特殊水泥，水泥漿可以流動成水平面，再以耙子或抹刀推平即可。強度高於粉光施作的水泥地面，施工容易，費用比粉光低，但無法形成斜度的排水地面。
4. 地板表面處理：水泥地板有毛細孔不具防水性，且容易因吸附而變色，表面處理有密封處理與滲透處理。
 - (1) 密封處理：以表面塗料密封水泥地板的表面毛細孔，環氧樹脂（EPOXY）塗料還有防止水泥地板起砂、龜裂的功能，地板具有耐磨、耐重壓、彈性佳且耐酸鹼等特性，為最常用的作業區水泥地板表面處

理方法，但較容易被尖銳物品刮傷，有環氧樹脂改良而成的塗料，耐磨度與質感都比環氧樹脂地板更佳。聚氨酯（PU）是介於橡膠與塑膠之間的化學材料，與底材的負著性良好，韌性佳、耐老化、防腐蝕，也是常用的表面密封材料。

- (2) 滲透處理：滲透處理以硬化滲入水泥地板進行化學反應，目前硬化劑是以鈉基、鉀基和鋰基矽酸鹽類為主，鋰基固化劑所需時間較長的滲透時間，但硬化效果及抗磨、抗裂的強度較高。以二氧化矽膠體為固化劑的處理，其強度高且表面光滑稱作「拋光混凝土」。滲透硬化處理的優點是不會脫落。

■ 製冷系統工程

低溫作業室使用與空調相似的製冷系統，在密閉與工作人員較多的區域，除人員產生的熱負荷外必須考慮外氣換氣。所使用的製冷系統以規模與環境特性選擇，其差異很大，其種類詳見下節。

設備種類

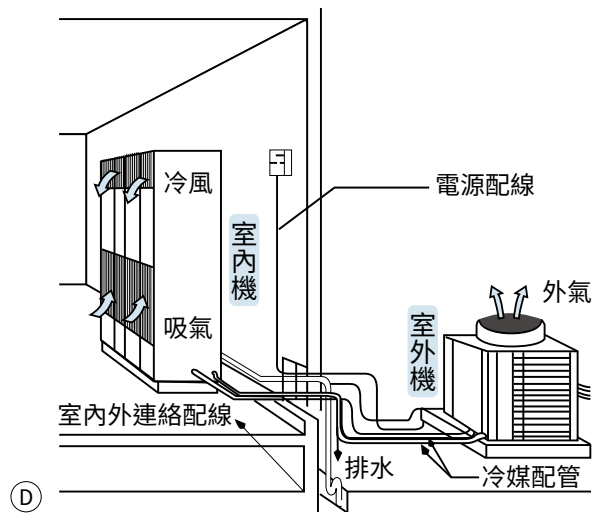
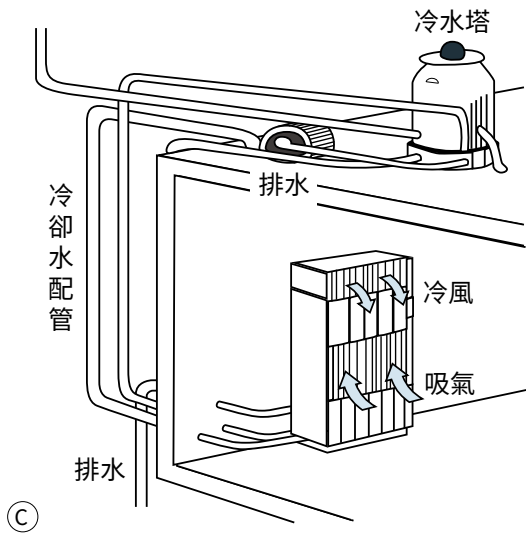
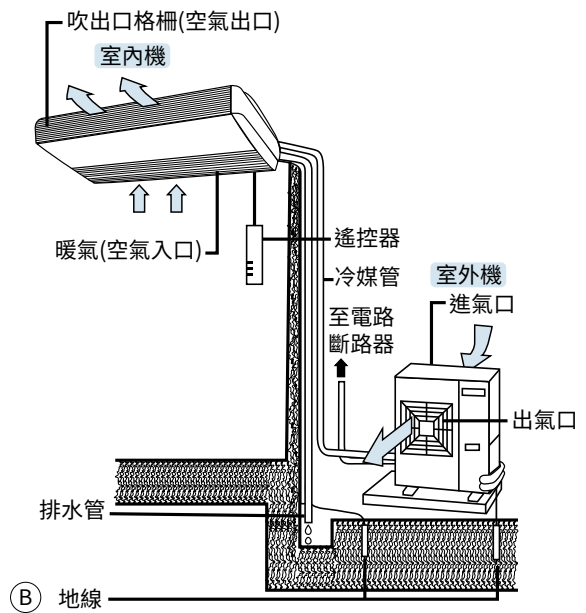
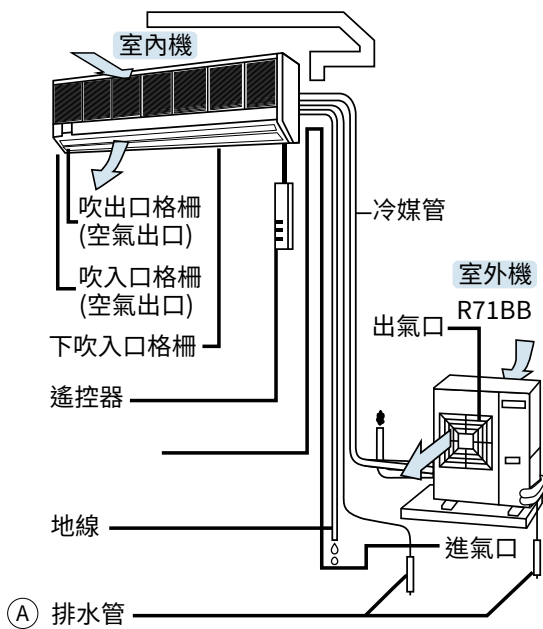
低溫作業室的主要的環境設備有燈具與空調機具。

■ 燈具

天花板設置照明燈具，照明設施宜使用吸頂式或隱藏式以防積塵。一般作業區檯面照度 100 至 200 Lux，目視檢查選別區 600 至 1300 Lux，加工作業區 400 至 600 Lux，包裝區 500 至 800 Lux。（1 Lux = 1 米燭）

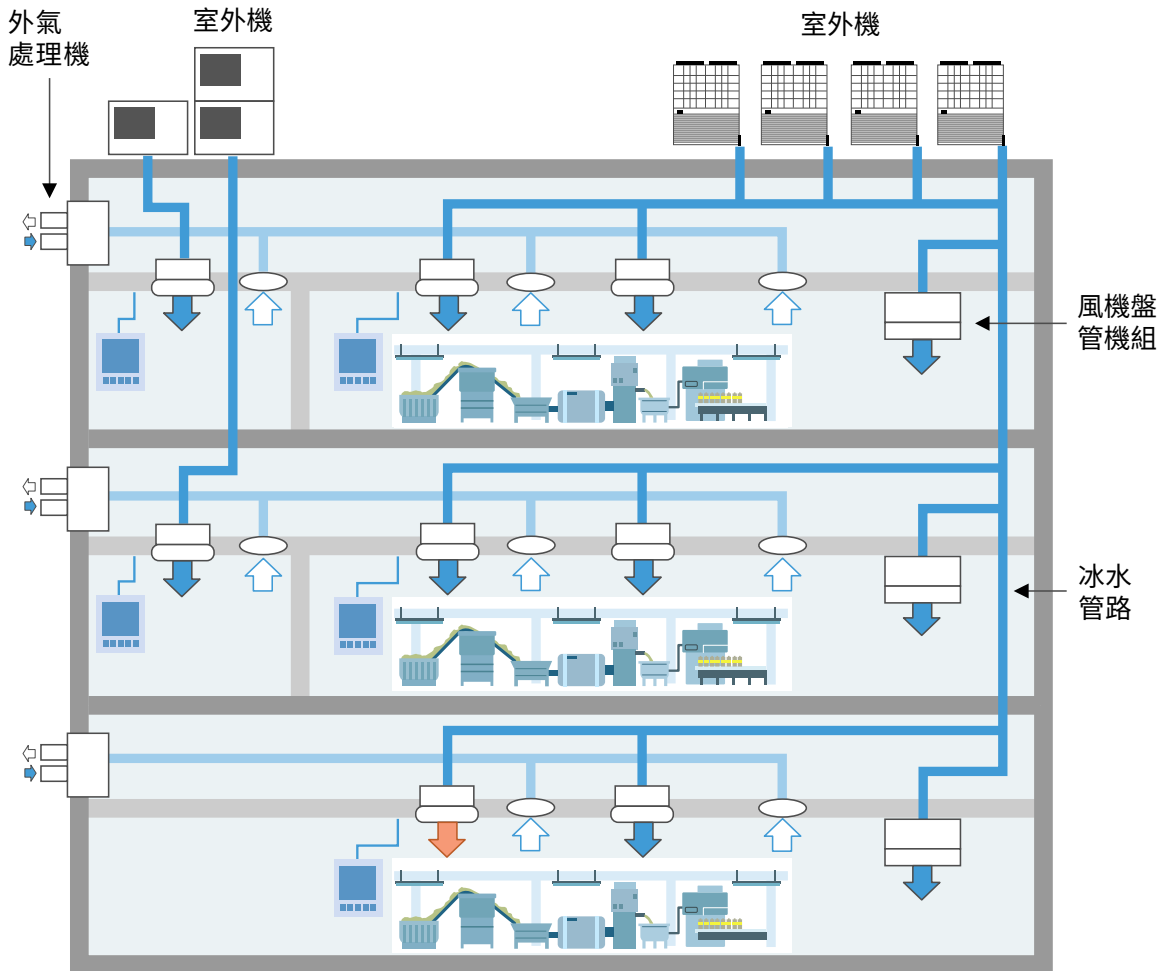
■ 空調機具

1. 分離式冷氣機：分離式冷氣機與家庭用的冷氣機相似，其裝置與使用要點亦相似，適合小型的作業區域。
2. 箱型冷氣機：箱型冷氣機是將落地的空調箱設置於作業室內，箱型冷氣有氣冷式，其壓縮機組設於室外；水冷式則將機組裝於室內，以後者較為節能，但冷卻水塔的維護較為複雜頻繁。箱型冷氣機可以裝設風管，使冷風均勻分佈於作業室，並且避免強風的吹出。



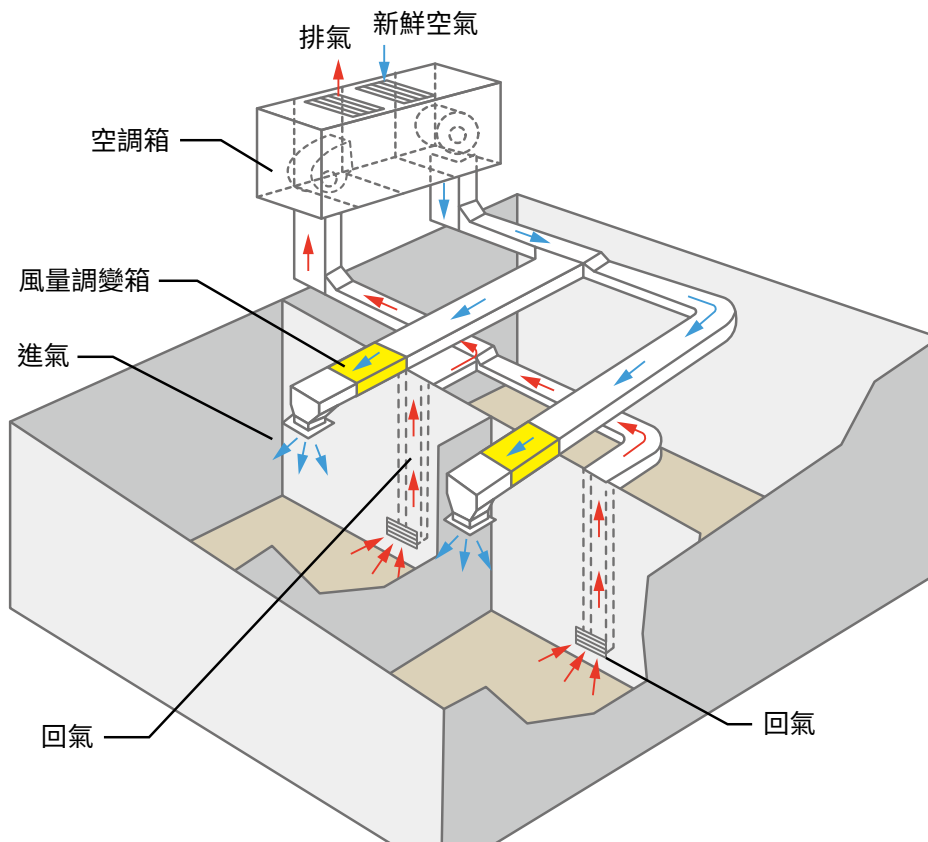
- A. 分離式冷氣機，壁掛式室內機。
- B. 分離式冷氣機，懸吊式室內機。
- C. 水冷式箱型冷氣機。
- D. 氣冷式箱型冷氣機。（來源：蕭明哲、沈志秋，2021；經重製）

3. 中央式水系統：中央式水系統使用冰水機，低溫之冰水泵送至各區域，以嵌入式或吊掛式的風機盤管機組來冷卻室內溫度。使用二次冷媒的場域，此種空調系統常與冷凍系統的機組並用，設置適合空調溫度的冰水槽，或以冷凍系統的高溫回水作為空調冰水使用，以提高能量運用效率。



中央式水系統。（來源：Renesas Electronics Corporation, 2024/1/16；經重製）

4. 區域式風管系統：中央空調系統有集中使用空調箱與風管，冷氣由風管輸送至各區域，回氣再由空調箱冷卻，空調箱可使用冷媒直膨的蒸發器或冰水的熱交換器冷卻熱空氣。大面積的低溫作業室有使用區域式風管系統，各區域分設空調箱，以避免回風複雜或困難。



區域式風管系統。(來源：SkillCat Inc., 2021/8/24；經重製)

作業要點

■ 作業溫度

依據「優良農產品生鮮截切蔬果項目驗證基準」，「製品運輸時，冷藏品溫應維持在凍結點以上、7°C以下。冷凍品溫應能維持在-18°C以下。」此規定為產品出場運輸溫度，並非製程中產品必須維持的溫度。製程中的產品可能高於輸送溫度，但完成後必須在冷藏庫或使用適當預冷方法降溫至輸送溫度以下，始能出貨運輸。

加工作業為工作人員參與作業的空間，作業溫度影響人員的身心健康，一般而言 15°C為較可以接受的站立、手部作業工作者的工作溫度。截切蔬果是生鮮原料經清洗、截切、包裝、冷藏程序的產品，在製程中為降低微生物感染，以及達到產品最終溫度常用 0 至 5°C的清水清洗。因而，有業者建議截切蔬果加工環境應保持在約 10°C，包裝室更應降低至 5°C。

實務上仍可以考慮 10 至 15°C 的作業區溫度，對於清洗已經降溫的產品表面可能升溫，但靠後續室冷可以降低補償。清潔區的微生物感染管控主要靠衛生管理，而非降低溫度。縮短已降溫產品在包裝區停留的時間，是減少產品升溫的主要方法，產品升溫由表面開始，輕微的表面升溫，其降溫速度很快。

■ 風管

低溫作業室面積大通風量小，冷風不容易分佈到室內的各角落。而且，高速的氣流會讓工作者感到不適。使用風管分配可以降低出風流速，並將冷風遍及全室。除硬質的管路外，現在更有柔性管路，出風速度更慢，且施工容易。使用風管的空調系統，風管避免設於作業區生產線之正上方，以防止灰塵及凝結水掉落。

■ 節能

低溫作業區常會有物料的進出，由進出通道混入的熱空氣是低溫作業區的一大熱負荷，使用快速捲簾門、條簾等阻隔通道可以減少熱氣的侵入。

■ 環境清潔維護

環境清潔以降低微生物的滋生，低溫作業區的維護工作在減少廢棄物與其碎屑等污染，清除固體污染源，定期以合乎食安的清潔劑清洗。牆面的冷凝水滴在作業結束後必需藉由通風乾燥，以避免微生物滋長。

參考資料

- 蕭明哲、沈志秋 (2021)。《空調設備 (第 4 版)》。臺灣：全華圖書。
- Renesas Electronics Corporation. (n.d.). *HVAC Systems*. Retrieved 2024/1/16, from <https://www.renesas.com/us/en/application/industrial/building-home-automation/hvac-systems>
- SkillCat Inc. (2021/8/24). *Air Handling Unit: Complete Explanation - Part 1*. Retrieved 2024/1/16, from <https://www.skillcatapp.com/post/air-handling-unit-complete-explanation-part-1>

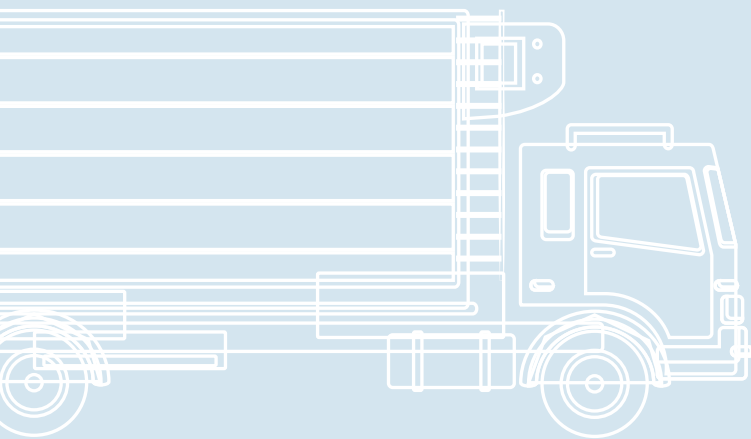


第四章 低溫場域設備

第二節

蔬果冷藏庫

Vegetable and Fruit Cold Storage



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

蔬果冷藏庫普遍存在於低溫運銷過程的各個階段，是運銷冷鏈中最基本的一個元素。由於其使用的多元性，冷藏庫的大小與形式種類繁多，儘管如此其基本原理都相同。冷藏庫是提供製冷系統作業的空間，藉由冷凍機械的作業移除冷藏庫內的熱，以維持庫內溫度的固定。移除冷藏庫的環境熱，因而降低產品溫度，以避免因高溫所產生的品質危害風險，並藉由低溫的維持，在短期或長期保持產品的品質。

應用範疇

蔬果冷藏庫是蔬果運銷冷鏈最基本但也是最重要的設備，冷藏庫是蔬果原料暫時到長期儲存的空間，也是產品在販售前所停留的低溫環境，更重要的冷藏庫是壓差預冷與室冷作業所使用的設備。

運作機制

冷藏庫體是一個絕熱的邊界，將環境分隔成低溫的庫內與高溫的外界，藉由製冷機械的作用將庫內的熱轉移到庫外。機械製冷是一個熱力循環，應用機械動力對冷媒做功，在循環中吸收低溫環境的熱轉移到高溫環境排出。機械製冷不是製冷可以選用的唯一途徑，但卻是蔬果運銷冷鏈中，最主流的製冷方法。

冷媒由液態變成氣態會吸熱，反之放熱時冷媒會從氣態變成液態，製冷機械的作用是利用冷媒在不同溫度與壓力下，氣態與液態的變化產生吸熱與放熱的效應，這些過程周而復始地進行稱為製冷循環，執行這個循環的機械組件組成製冷系統。

製冷系統中的機械組件為冷媒壓縮機及兩組熱交換器，包括冷凝器、蒸發器與膨脹閥。蒸發器裝置於冷藏庫內吸收熱使冷媒氣化，經壓縮機壓縮成高溫高壓的冷媒，由冷藏庫外的冷凝器排熱，而冷凝成液態的高壓冷媒，再經膨脹閥控制到低壓的蒸發器氣化，膨脹閥控制冷媒的流量與蒸發的壓力，以得到不同的溫度。

以製冷系統的熱交換方法有下列分類方法：

■ 氣冷式與水冷式製冷系統

理論上蒸發器低溫吸收熱量加上與壓縮機作功的能量，等於冷凝器的排熱量，冷凝器的排熱嚴重影響製冷作業的能力。以風扇吸引大量空氣來冷卻高溫高壓冷媒為氣冷式，中小型系統有足夠空間，通風容易時常採用。大型冷藏庫則常使用水冷式冷凝器，機體緊密較不佔空間，但需在室外設置冷卻水塔以蒸發冷卻冷凝水，冷卻水塔的維護保養較氣冷式冷凝器複雜。

■ 鰭片式與裸管熱交換器

鰭片式熱交換器在流過冷媒的銅管外裝設鋁製的鰭片，以增加熱交換面積，設置風扇加快通過熱交換器的傳熱效率與熱交換的空氣量，分為懸掛式與頂吸式。

裸管熱交換器沒有鰭片，只靠管表面積熱交換，而需要很多的管子，佈滿冷藏庫的天花板。裸管管內體積很多使用直膨式設計，使用冷媒過多不經濟，大多使用二次冷媒系統（滷水）。整庫的面積很大、使用管路過長容易溫差過大，正確設計分路非常重要。裸管蒸發器原為冷凍庫使用設計，使用期間讓冷凝水結冰於管上不除冰。但使用於冷藏庫時，冷凝水不結冰而滴落，通常以排水槽收集。使用裸管蒸發器的冷藏庫靠自然對流與輻射熱傳，且後者常超過一半份量，但排水槽會遮蔽輻射熱傳，嚴重降低其降溫能力。

■ 直膨式與二次冷媒空氣熱交換器

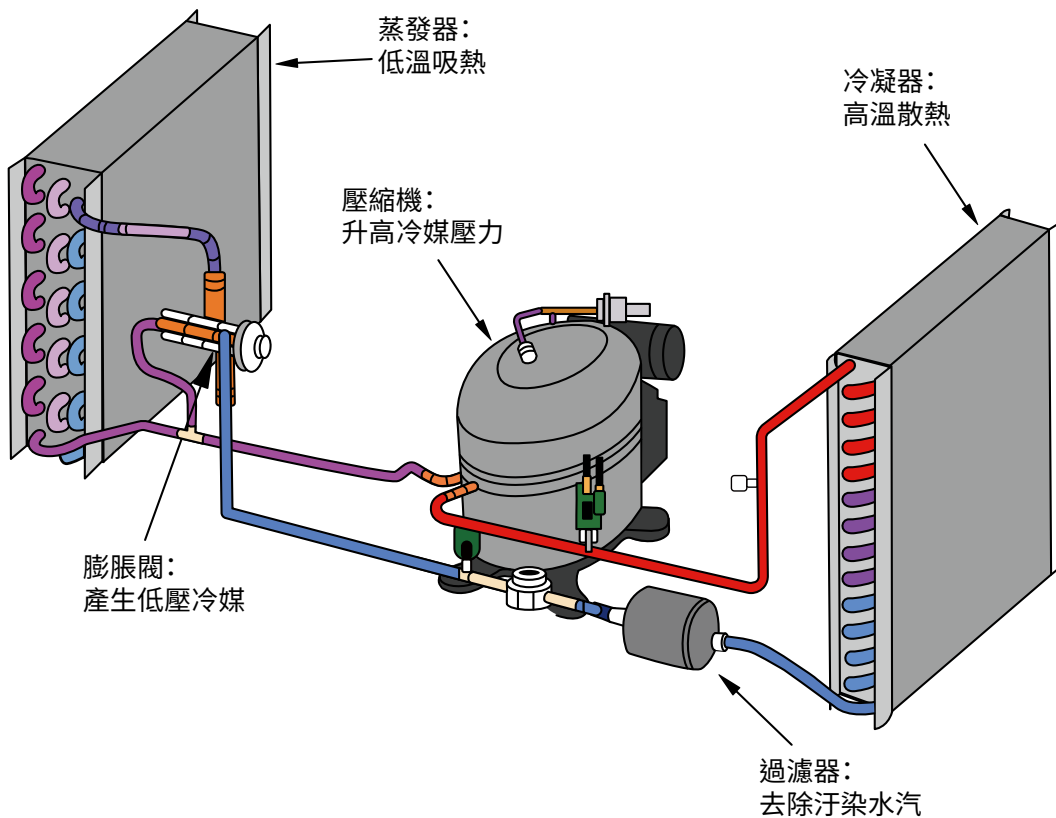
設置於冷藏庫內和庫內空氣熱交換的鰭片式熱交換器，依冷媒使用可分為直膨式與二次冷媒空氣熱交換器。直膨式空氣熱交換器內液體冷媒直接氣化，過程可保持固定蒸發溫度，但因膨脹閥控制作業複雜，在不同負荷下蒸發溫度產生變動，使冷藏庫溫濕度較難正確控制。

二次冷媒空氣熱交換器內流動的是在滷水機由冷媒蒸發製造的低溫滷水，滷水溫度控制容易，較穩定保持冷藏庫內的溫濕度。二次冷媒空氣熱交換設備較複雜，大多使用在較大型的冷藏庫系統。

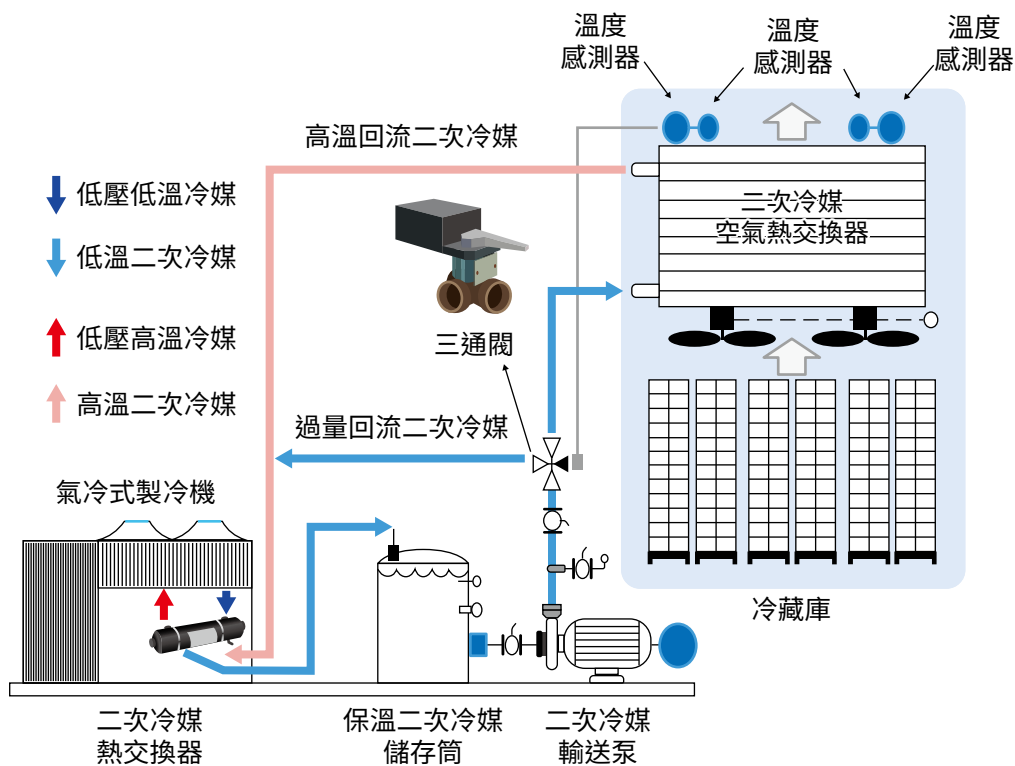
二次冷媒系統優點：

1. 作業能力調節容易，可以應付大量的負荷變化。
2. 縮短膨脹冷媒的高低壓管路，減少所需的昂貴銅管。
3. 壓縮機系統管路損失小。
4. 系統維修容易，降低固定與使用成本。
5. 膨脹冷媒損失少，減少補充費用。
6. 可以使用各種形式的儲能設計，平衡尖峰電力負荷降低電費負擔。

但系統的缺點是二次冷媒系統材料費較多、滷水流量較大，輸送動力消耗較多。再者，無機滷水具腐蝕性、有機滷水容易氧化，使用防範的添加物亦會增加成本。



直膨式製冷系統的主要機件。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)



二次冷媒製冷系統的主要機件。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)

■ 壓縮機的種類

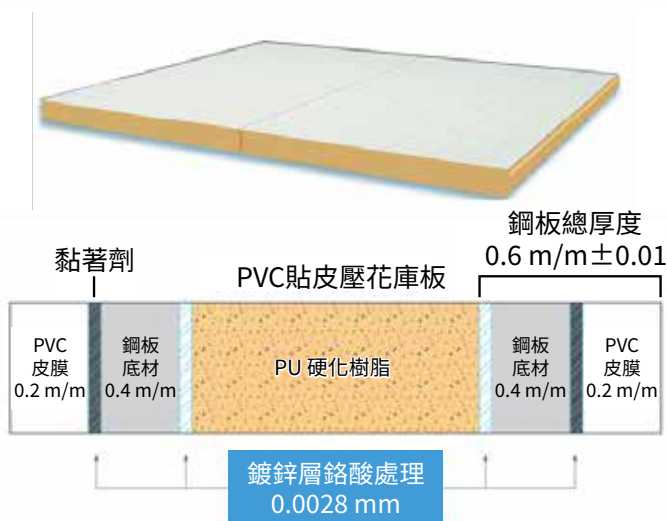
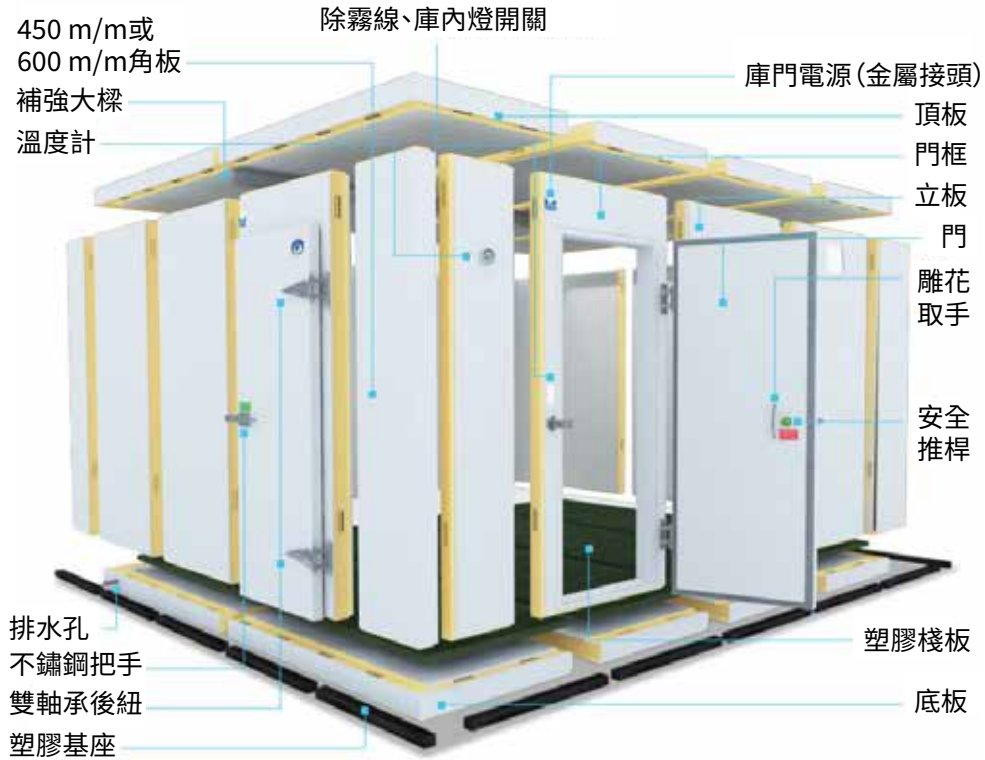
可以使用於冷藏庫的壓縮機型式很多，依據大小規模包括全密閉往復式壓縮機、窩捲式壓縮機、半密閉式壓縮機、螺旋式壓縮機、離心式壓縮機等。大型壓縮機效率較高，整場可依規模與使用負載的變動，規劃集合使用數個壓縮機。壓縮機有分定速與變頻式壓縮機，後者可隨負載變化改變轉速，使用動力較為經濟，但價格較高，宜採取部分使用。

冷藏庫體隔絕外界的高溫，保持庫內的低溫，庫體可分組合式與 RC 結構式。

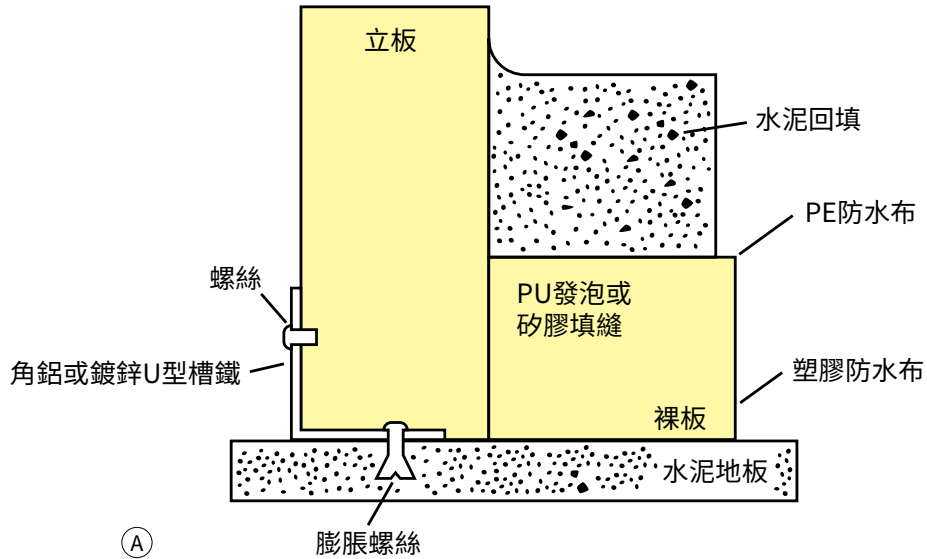
■ 組合式冷藏庫

組合式冷藏庫是由各種制式的庫板組合而成，設置彈性高，已成為蔬果運銷社場使用的主要冷藏庫。冷藏庫體由 PU 發泡熱絕緣庫板構成，庫板的外層是提供結構的 PVC 塗層鋼板或不鏽鋼板。冷藏庫的庫板厚度約在 50 mm 至 150 mm 左右，庫板愈厚絕緣愈好，但價格變貴。

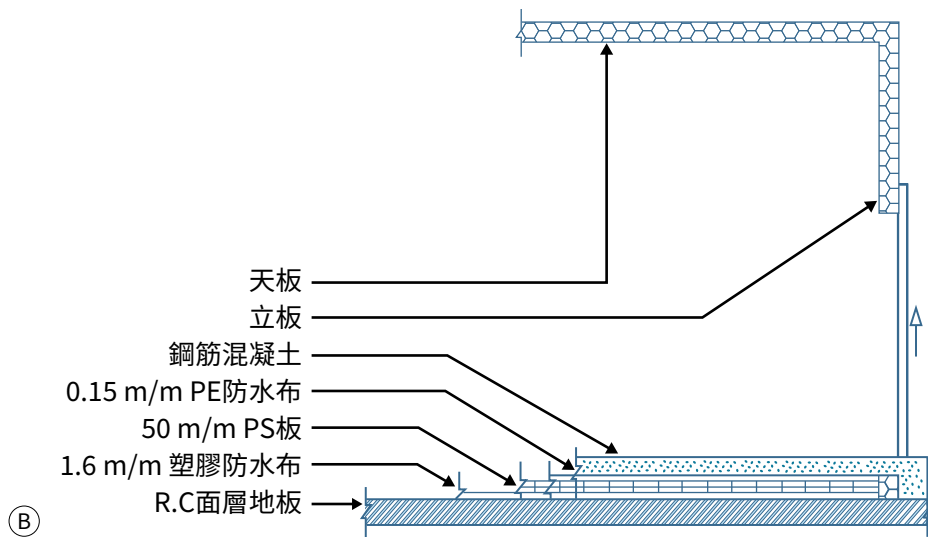
輕型組合式冷藏庫以底板鋪設於塑膠基架上，若有搬運機具或是堆高機進入作業，則需在平坦而結構良好的鋼筋混泥土地板，鋪設防水布，硬質 PU 或 PS 板絕熱，在鋪上鋼筋混凝土鋪面以及塗上 PU 地面保護層。地面絕緣對樓層上設置的冷藏庫尤為重要，不良的絕緣會使地板下面的天花板冒汗。



組合式冷藏庫的結構與使用的庫板。(來源：景揚冷凍設備工業股份有限公司，2024/1/16；經重製)



(A)



(B)

A. 硬質聚胺基甲酸酯泡沫塑料隔熱材料。

B. 泡沫聚苯乙烯隔熱材料。（來源：景揚冷凍設備工業股份有限公司，2024/1/16；經重製）

■ RC 結構式冷藏庫

原指在 RC 結構的建築內，以固定的牆面中間夾絕熱材（100 至 150 mm 發泡 PS 板）所構成的冷藏庫。這種 RC 結構冷藏庫，所看到的光滑牆面，裡面為絕緣材與塑膠布防潮層。近 30 年來 RC 結構冷藏庫大都直接在牆面噴塗發泡 PU，但這種施工 PU 表面並無防潮層或鋼板保護，年久絕熱品質日益下降。

設備種類

冷藏庫依據使用目的不同所需移除熱的種類與數量差異很大，為保障產品的品質對溫濕度的要求有所不同。冷藏庫目的在降低溫度，所要降低熱的功率稱為熱負荷。熱負荷來自產品的顯熱（降溫期間為主）、呼吸熱（儲藏期間為主），以及各種形式傳入的熱，由庫體內外溫差、從庫板與地板侵入、庫門開啟滲入，以及來自內部的發熱體，包括燈具、電動機、堆高機、工作人員，而在冷藏物品上各有其最佳的儲藏溫度與濕度。

以下提供七種冷藏庫型態說明，供社場建置參考。

■ 預冷冷藏庫

預冷冷藏庫主要是快速移除產品的顯熱，其製冷能力必須足夠才能如期完成預冷工作，因靠著快速氣流降溫，產品容易產生脫濕，在庫內常以加濕器維持高濕的氣流。設計不當的預冷冷藏庫在開始作業時，庫內溫度急遽上升且不容易降低到預設溫度。在冷藏庫裡的預冷分為室冷與壓差預冷，其需求可以參考壓差預冷及室冷章節。

■ 高濕冷藏庫

葉菜類產品必須維持高濕的儲藏環境以避免脫水萎凋，高濕冷藏庫設計以大面積的空氣熱交換器，與溫差小的熱交換器表面，來減少空氣水分的凝結脫除，而非大量的噴水加濕。高濕冷藏庫必需維持溫度的低度波動，以避免空氣中的水汽凝結。

■ 長期儲藏冷藏庫

甘藍、結球白菜與胡蘿蔔等長期儲藏使用的冷藏庫，常會保持產品容許的最高濕度，並以最低空氣流動速度來降低產品的水分蒸散，因此常有使用裸管式的空氣熱交換器，其成本高效率低，使用風管低風量的的直膨式熱交換器也是長期儲藏冷藏庫的可行選擇。

■ 低濕冷藏庫

洋蔥約儲藏於 0 至 4°C，相對濕度 55% 至 65%。洋蔥冷藏庫以更低溫的空氣熱交換器表面，來使水汽凝結保持庫內的低濕，但因低溫會造成水汽結霜於熱交換器鰭片間，要靠加熱除霜。國內洋蔥收穫常在雨季，缺乏田間癒傷的條件，洋蔥冷藏庫可以設置加熱系統來進行癒傷。目前臺灣業界普遍使用噸袋裝洋蔥儲藏，日韓等國都普遍使用鐵絲籠比較容易進行庫內癒傷，且在儲藏時較不會有死角。

■ 薯類冷藏庫

國內甘藷儲藏少有先行癒傷，以致腐爛嚴重。薯類冷藏庫與洋蔥冷藏庫構造類似，癒傷後甘藷儲藏相對濕度可高達 92%，而使用大面積低溫差的熱交換器。

■ 催熟冷藏庫

香蕉催熟為大家所熟悉，由於流通的速度變快，國外現在普遍開始使用催熟技術於許多有後熟現象的水果，以最佳成熟度供應市場需求。催熟庫設計良好通風，可加熱與冷卻做不同溫濕度控制，以及乙烯濃度的控制，在構造上類似壓差預冷設備。

■ 物流冷藏庫

因應果蔬產品快速流通，在蔬果運銷場域開始有設置方便出貨的冷藏庫，此種冷藏庫設置各種不同型式的貨架，有效利用空間、準確控制庫存，使用搬運機具以達到產品快速進出。





- A. 大型冷藏庫蒸發器的排列，長期儲存用冷藏庫為避免強風產生的脫濕。（來源：Elansari et al., 2019）
- B. 使用風管分配，可以降低通風的風速。（來源：Elansari et al., 2019）
- C. 國內常用裸管式蒸發器，為防止冷凝水滴下而設置排水槽，使熱傳遞速率大幅降低。（來源：Elansari et al., 2019）
- D. 在長期儲藏的冷藏庫巧固架的堆積常多達 4 層，堆疊高度愈高，作業速度愈慢，危險性也增高。（來源：李允中）
- E. 高層的堆積以固定貨架較為適當。（來源：Madhu, 2017）

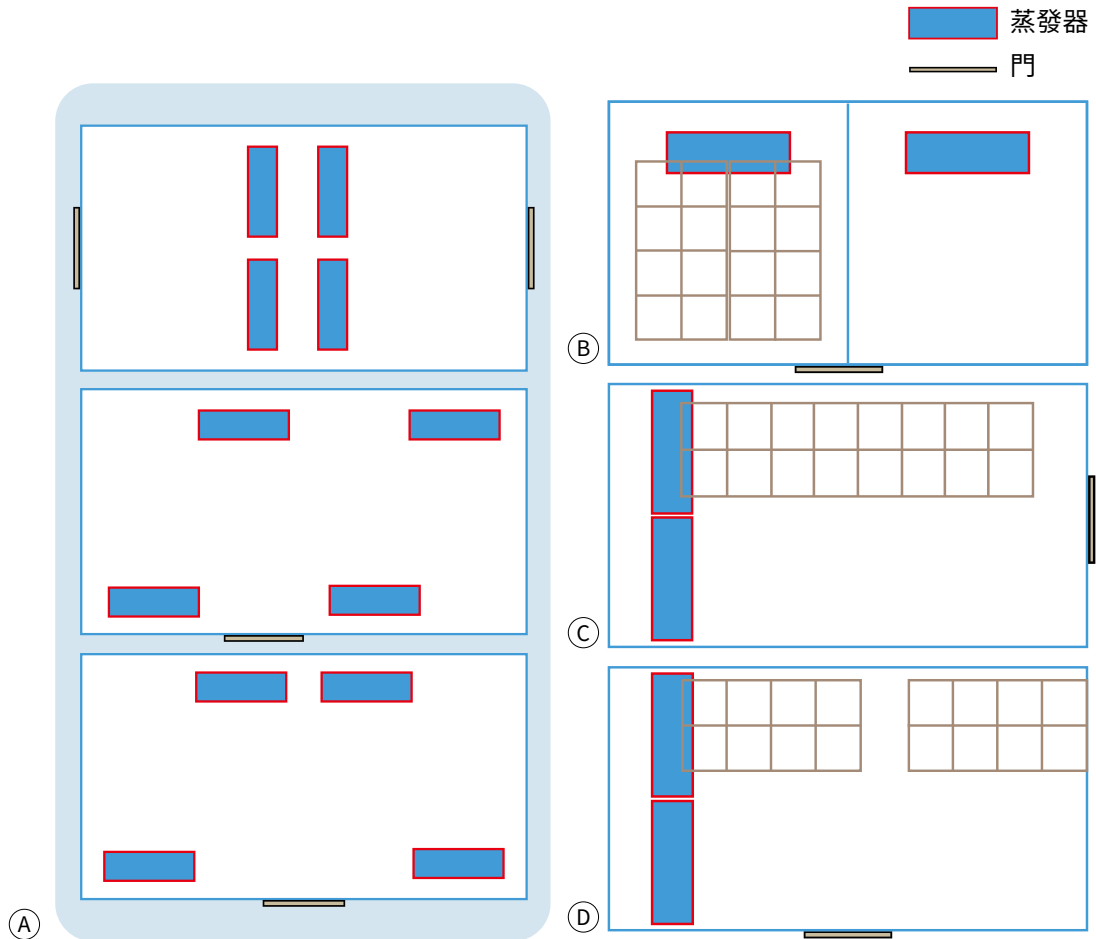
作業要點

冷藏庫的設置與使用應注意下列要點：

■ 冷藏庫的位置與形狀

在場域裡冷藏庫位置的選定應避免日曬，集中設置方便冷媒管路的安排，並且容易將壓縮機集合共用，提高運轉效率。冷藏庫形狀維持矩形，避免產生氣流

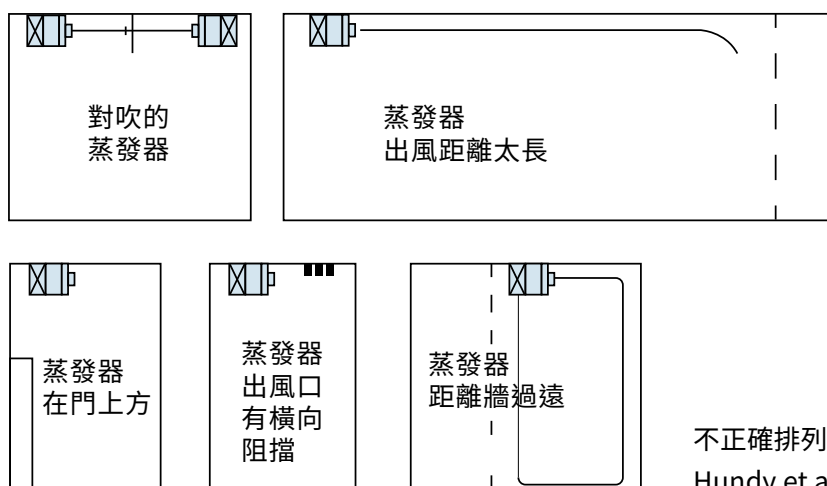
死角，尺寸必須考慮蒸發器安排的方便與限制。庫門位置的選定除方便進出，更重要的是要考慮到冷藏庫使用時物品的排列。冷藏庫面積要考慮搬運機具使用的方便，但不宜過大失去冷藏量變動的彈性。



- A. 冷藏庫蒸發器的排列以往常固定於同一面牆，近年常有不同的排列方式，可以因地制宜，但要符合氣流通暢平均，蒸發器維修方便的原則。
- B. 為案例中較佳的排列。
- C. 受制於門的位置，將蒸發器排於短邊，兩蒸發器間隔過小，妨礙維修。
- D. 門的位置與蒸發器的排列不合，不容易合理堆積貨品。（來源：李允中；經重製）

■ 蒸發器排列

蒸發器的風扇有其回風的有效距離，通常約為 8 至 10 m，避免蒸發器對吹，產生亂流。蒸發器必須有足夠的間隔距離，貨品的堆積高度不得妨礙蒸發器的出風。



不正確排列的蒸發器。(來源：Hundy et al., 2016；經重製)

■ 冷藏庫加濕

水霧的加濕可以增加冷藏庫的濕度，水霧的顆粒必須小到能迅速蒸散，若冷藏庫起霧則已經有過多的懸浮水滴，高濕的空氣通過蒸發器會冷凝，損失蒸發器對空氣的熱交換能力，懸浮的水滴會增加蒸發器的負荷。

■ 作業容量考量

冷藏庫高度可以增加冷藏庫的容量，以巧固架堆積其高度為 2 至 3 層，長期儲藏的冷藏庫可以堆積到 4 層。更高的冷藏庫必須使用貨架，貨架的使用增加堆積高度，但必須留有堆高機的通道，減少使用面積。

參考資料

- 景揚冷凍設備工業股份有限公司 (n.d.)。 <http://www.jinyang.com.tw/> (擷取日期：2024/1/16)。
- Elansari, A. M., Fenton, D. L., and Callahan, C. W. (2019). Chapter 6-Pre Cooling. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. Duxford, UK: Woodhead Publishing.
- Hundy, G. F., Trott, A. R., and Welch, T. C. (2016). *Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps (Fifth ed.)*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- Madhu, S. (2017/6/26). *Cold Storages as Shops –A Game Changer?* Centre for Public Policy Research. <https://www.cppr.in/centre-for-comparative-studies/cold-storages-as-shops-a-game-changer>



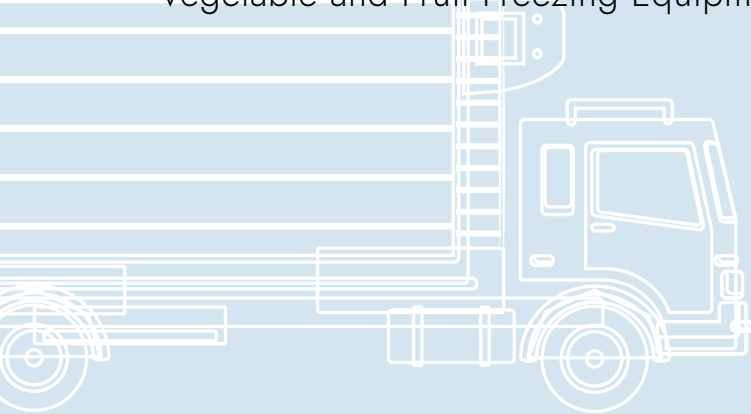
第四章 低溫場域設備

第三節

蔬果凍結設備 與冷凍庫



Vegetable and Fruit Freezing Equipment and Freezer



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

冷凍蔬果產品可以有 8 個月至 1 年的保存期，適合蔬果在收穫尖峰期加工儲藏，再分銷於全年使用。近年來農產凍結設備技術發達，產品解凍時可以保持很好的品質，在餐飲業使用冷凍蔬果比生鮮原料更容易掌控，使用量因而日益增多。在消費者產品上，冷凍蔬果產品可以被當作健康的冰品，而增多一些利基。另外，冷凍水果可以作為店面調製販售的果汁飲料或茶飲的材料，是個新興而有潛力的產品。生鮮蔬果運銷上，配合冷凍產品的生產，有利產銷的掌控，但冷凍產品的生產設備投資浩大，需優先考量提高稼動率、分擔固定成本。另外，冷凍蔬果生產歸類為食品工廠，在運銷場域上增設必須先評估其適法性。

應用範疇

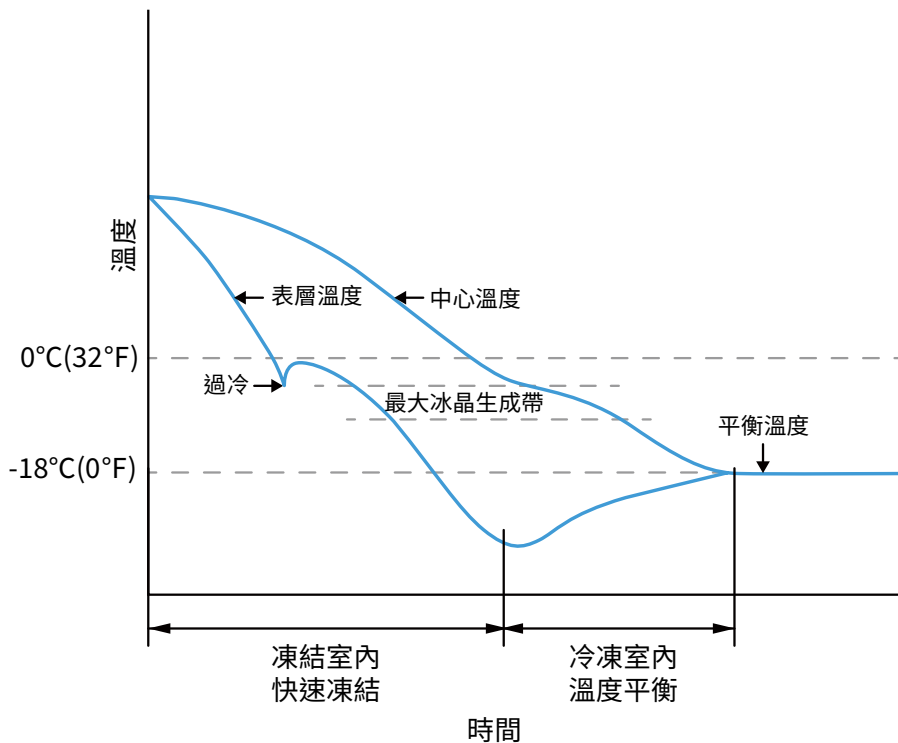
甜玉米與青花菜因其品質劣化迅速且保存不易，是最常見的兩種冷凍蔬菜，其他適合冷凍加工的蔬菜有蘿蔔、胡蘿蔔、毛豆、四季豆、豌豆仁、花椰菜、蒔類、芋及菠菜等，這些蔬菜大都先加工成適當的尺寸，部分是熟化後冷凍。冷凍水果近年來在臺灣的開發很多，鳳梨、鳳梨釋迦、西瓜、洋香瓜、芒果、草莓、荔枝、葡萄等，除後兩者外，都需經過削皮與切割的作業。冷凍水果為即食產品，生產過程衛生要求很高。

運作機制

冷凍蔬果將產品水分凍結，低溫與僅存低量的游離水讓微生物無法滋長，低溫同時也抑制酵素的活性而保持產品品質。各種蔬果產品都有其凍結溫度，此附近的溫度帶稱為最大冰晶生成帶，產品降溫到這個區域，水開始結冰形成冰晶，並且冰的體積繼續擴大。凍結需要移除產品內水分的融解熱，凍結使用的溫度愈低，融解熱移除的速度愈快，產品在最大冰晶生成帶停留的時間愈短，產品內所產生的冰晶愈小。冰晶形成於細胞間隙時，冰晶的成長會吸引細胞內可游離水分轉移；冰若形成於細胞內時，因冰晶成長體積膨脹將使細胞破裂，兩種現象都會促使冰晶解凍時水分由產品分離滴出，而讓產品無法恢復凍結前的外觀與質感。

降低冷風溫度，加快冷風速度，以及其他可以提高產品表面熱傳速率的方法，如接觸凍結與自然冷媒（氮氣、二氧化碳）、沸騰接觸等，都是可以讓產品凍結時，溫度通過最大冰晶生成帶時間縮短的方法。

冷凍蔬果產品在儲藏時的變化雖不及冷藏生鮮品複雜，但儲藏溫度的升高易使冰晶重組變大，溫度的變動更會讓問題變得嚴重。冷凍品在冷凍庫內接觸低溫而濕度極低的冷空氣，仍會有水分蒸散損失而使表面脫水變質。在凍結時於產品表面噴水形成一個結冰膜稱為冰衣，冰衣可以保護產品使水分不再蒸散損失。



產品凍結過程溫度變化。（來源：IIR, 1986；經重製）

設備種類

蔬果冷凍加工場主要的冷凍設備有快速凍結設備與冷凍庫，產品放置於冷藏庫雖可凍結，但其所耗費的時間很長，結冰的冰晶大而品質不佳，且占據大量的冷凍作業空間，因而有各種不同的快速凍結設備出現。

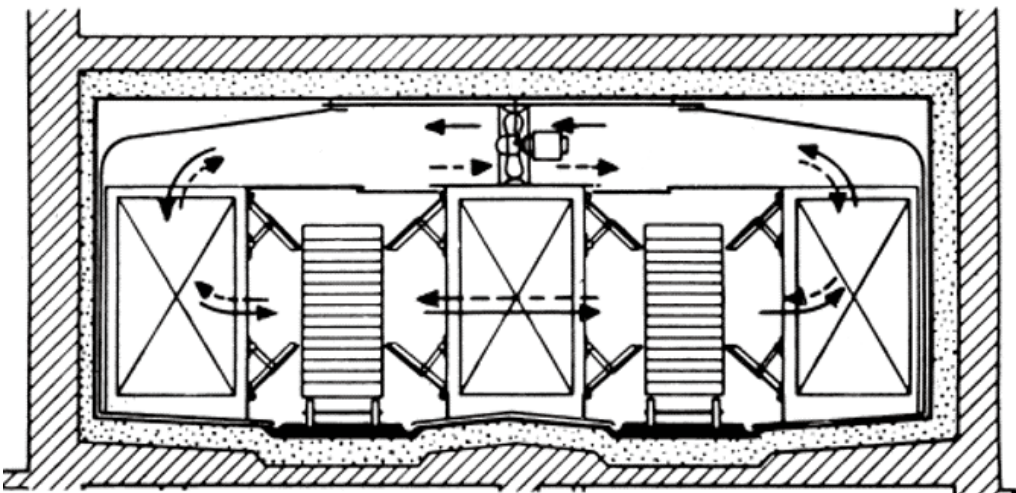
業界常使用 IQF (individual quick freezing) 一詞，意指凍結過程快速且產品不會結塊的凍結方法。IQF 不是指某一種特別的凍結機械，而是泛指可以產生這種效果的各種凍結機械。快速的低溫凍結產生較小的冰晶在產品內，且低溫使產品表面的結冰不容易因接觸而連結成長，讓各單一產品連結成塊狀。機器有批式與連續操作的型式，凍結時間長的产品適合用批式。

产品在凍結機內停留的長短時間稱為滯留時間，产品的大小、凍結的快慢，影響产品在機器內的滯留時間，最佳的操作是滯留時間剛好等於凍結所需時間。連續作業的機器，進出料的速度決定滯留時間的長短，而機器內的使用面積決定機器單位時間的處理量。需要凍結時間長的产品，進出料速度變慢，機器內要有更大的凍結作業面積，才會有足夠的處理速度。

■ 強風凍結

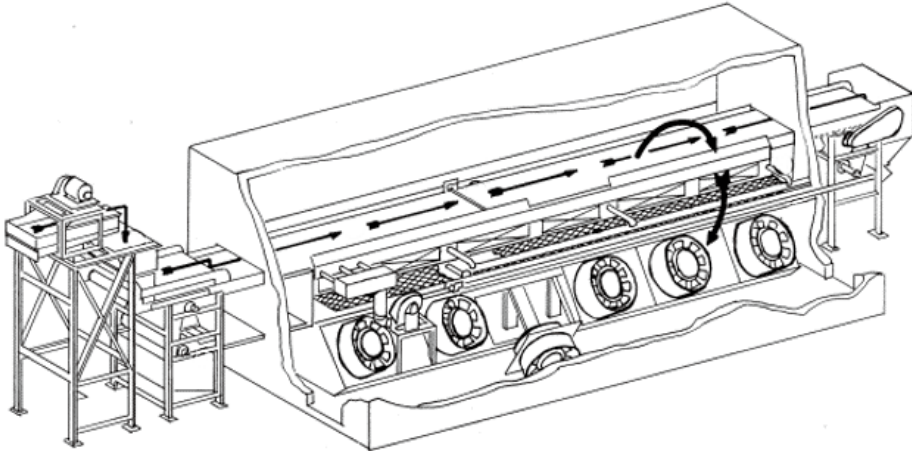
以各種不同流向的高速冷風吹過產品，讓产品快速凍結為基本原理。不同型式的凍結機冷風流向不一，產生效果不同。

1. 隧道凍結機 (tunnel freezers)：多層的产品拖盤有間隔的疊積在快速氣流的風道凍結，風道氣流的出風回風設計使氣流是否流暢，決定機器的優劣。風道有長短不同的規格，短的稱為批式凍結機 (batch freezers)。



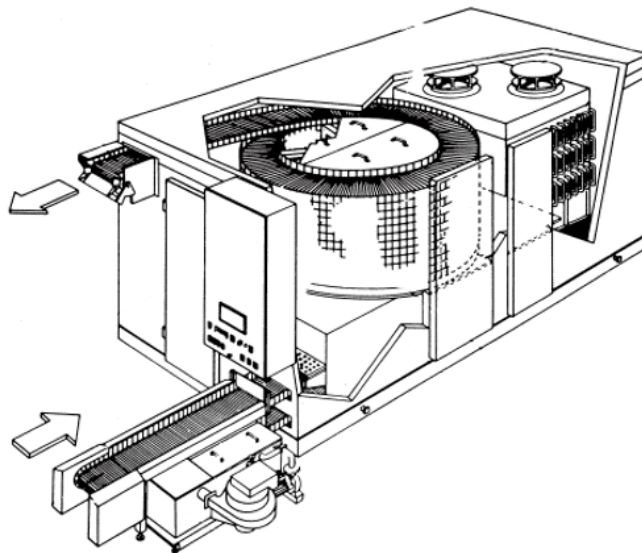
隧道凍結機示意圖。(來源：IIR, 1986；經重製)

2. 直輸送帶凍結機 (belt freezers)：產品放置於水平移動、狹長且多孔目的直輸送帶，冷風經過孔目與輸送帶垂直方向吹過產品。直輸送帶凍結機適合使用各種不同形狀的小體積產品，風速快慢決定凍結速度。需要長滯留時間的產品，所需輸送帶長度很長，或作業面積很大。



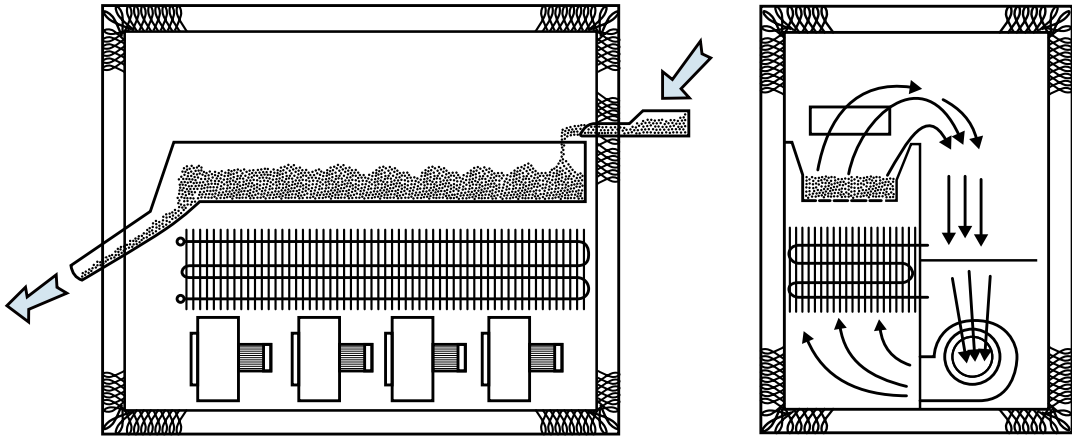
直輸送帶凍結機示意圖。(來源：IIR, 1986；經重製)

3. 螺旋輸送帶凍結機 (spiral belt freezers)：將直的輸送帶改為螺旋運動，將作業空間立體化，氣流方向為水平，可以處理凍結時間需要較長的產品。



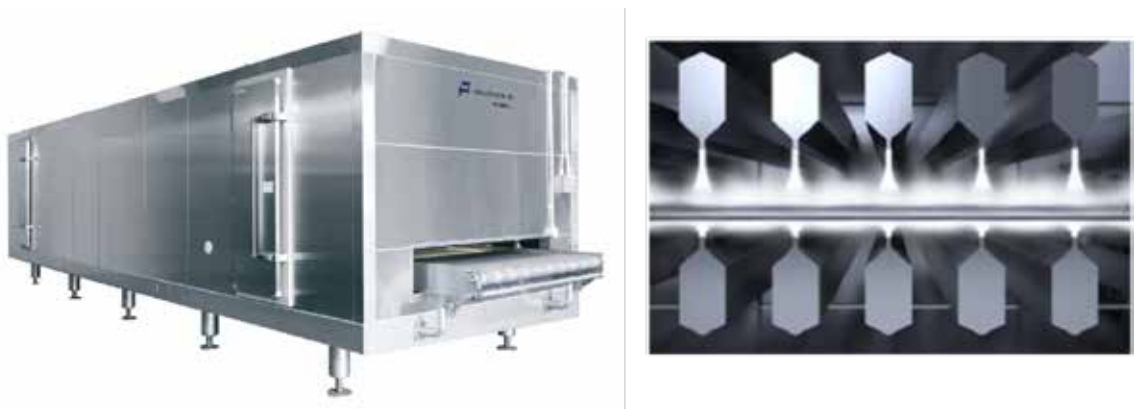
環狀輸送帶凍結機示意圖。(來源：IIR, 1986；經重製)

4. 浮動床凍結機 (fluidized bed freezers)：結構類似直輸送帶凍結機，風速更大使產品浮動，加速凍結並避免結塊。甜玉米粒與豌豆最為常用，適合體積不大的顆粒產品結實的果丁、青花菜等，有些設計有震動輸送器輔助分散進料。



浮動床凍結機示意圖。(來源：IIR, 1986；經重製)

5. 衝擊凍結機 (impingement freezers)：氣流方向和輸送帶平面垂直向下衝向產品，以高速衝擊氣流增加表面熱傳速率，部分機器設計上下兩方向的氣流。

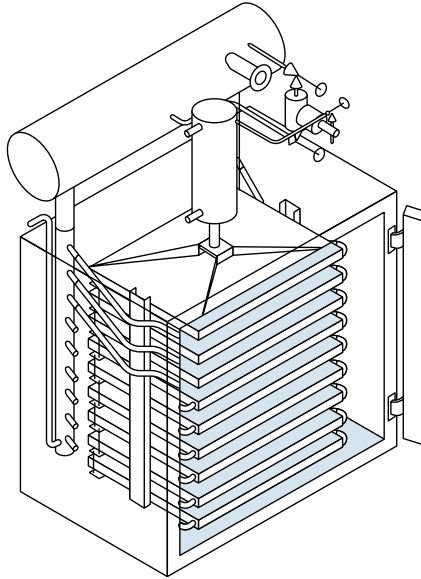


衝擊凍結機與其內部強風管。(來源：フードテクノエンジニアリング株式会社，2024/1/16)

■ 接觸式凍結

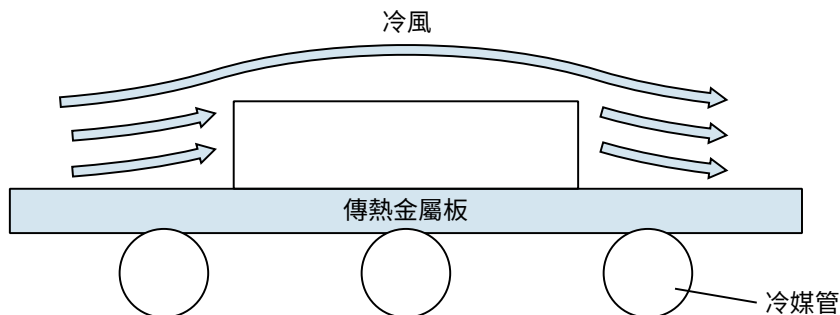
1. 與固體面接觸

- (1) 板式凍結機 (plates freezers)：將產品夾於由冷媒冷卻的平板之間，平板和產品緊密接觸，以傳導機制冷卻，傳熱速率高。但限於機械結構，商品機設計的兩板間距離最小約為 25 mm，無法處理更薄的產品。



接觸式凍結機示意圖。(來源：IIR, 1986；經重製)

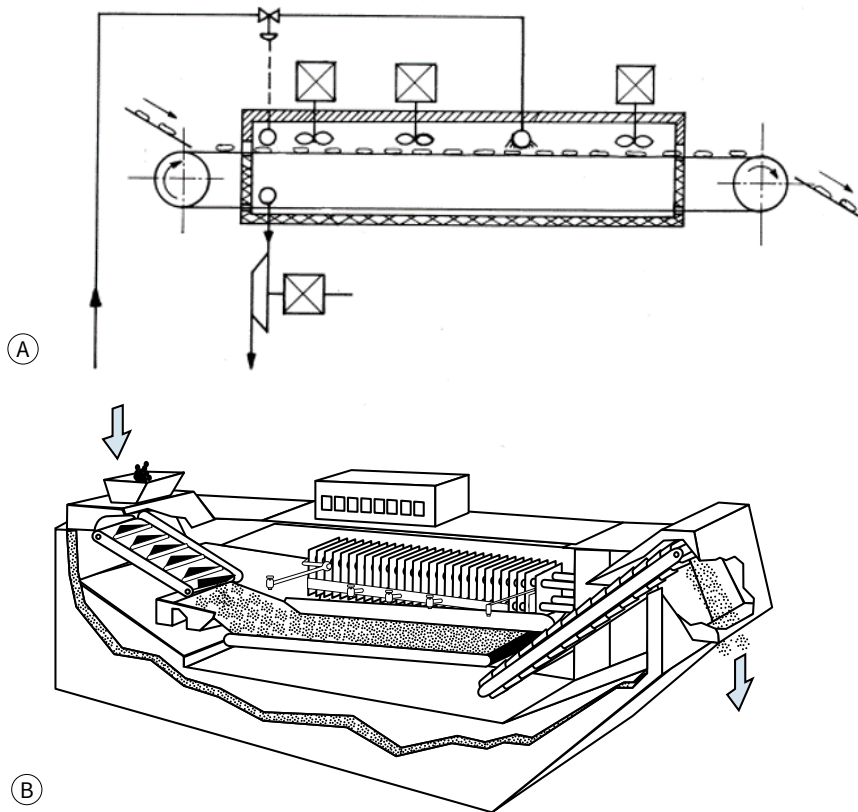
- (2) 半接觸式凍結機 (single plate freezers)：產品只有一面接觸凍結平板，另一面則由高速氣流冷卻，可以處理厚度較薄，而不能使用雙板式接觸凍結機的產品。另有連續式的接觸式凍結機，冷凍板上以連續循環拖動的耐冷輸送帶通過，帶上放置產品，產品一面以接觸的熱傳導凍結，另一面則靠高速的冷氣流，其機制和半接觸式凍結機相似。



半接觸式凍結機示意圖。(來源：李允中；經重製)

2. 與沸騰製冷液體接觸：極低溫凍結機 (cryogenic freezers)

- (1) 衝擊式極低溫凍結機 (cryogenic impingement freezers)：壓縮氮氣或二氧化碳成液體，液態氣體的沸點非常低，在連續輸送或固定的產品上直接噴液化氣體可以達到快速凍結的效果。常壓氮氣的沸點 -195°C ，二氧化碳的三相點壓力很高，常壓噴出的液態二氧化碳部分氣化，大部分會形成細小的乾冰黏附在產品表面，常壓固態二氧化碳的昇華溫度為 -78.5°C 。
- (2) 浸漬式極低溫凍結機 (cryogenic immersion freezers)：將產品直接浸入液態冷媒中凍結。通常和機械式的凍結機並用，產品在極低溫下凍結出硬殼形成保護殼，再用強風凍結。極低溫凍結機沒有機械式凍結機的製冷系統，購置成本低，且無需負擔基本電費，對於限定季節使用的運轉有利，但液態氮或二氧化碳是消耗品，且凍結溫度低要考慮產品表面對低溫的耐受程度。



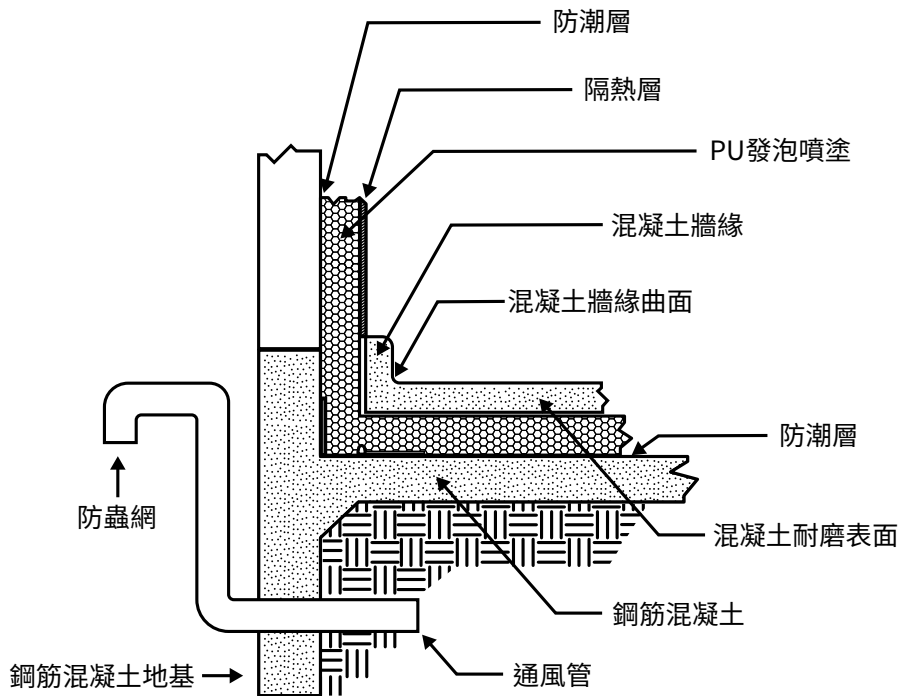
A. 衝擊式極低溫凍結機示意圖。

B. 浸漬式極低溫凍結機示意圖。(來源：IIR, 1986；經重製)

■ 冷凍庫

冷藏庫和冷凍庫基本原理相同，冷凍庫有更厚的絕熱庫板、較低的蒸發壓力，庫內蒸發器或冷風熱交換器的鰭片間距較大且一定結冰，需用電熱或熱氣除霜，除霜的排水要用加熱管路流出。熱氣除霜是用熱泵原理以高溫高壓冷媒由蒸發器銅管加熱，熱較不會逸散到庫內，電熱有較多的熱散熱到庫內，造成庫內空氣溫度上升。冷藏庫地板的絕熱很重要，通常裝設通風管引進外氣以防土壤凍結。

高層冷藏庫絕熱不良，冷凝水會造成地板潮濕，或下層天花板的冷凝。冷媒直膨式的蒸發器因冷凍庫與冷藏庫設定蒸發溫度不同，冷凍庫無法用溫度開關設定來當作冷藏庫用。由於蒸發溫度過低而使冷藏時空氣中的水在蒸發器上結冰，產品因而脫水，若以加濕器補充，會產生大量的結冰。使用二次冷媒的系統，若可以供給不同溫度的滷水，可以將空氣熱交換器依冷凍或冷藏目的設定成不同溫層，但熱交換器的面積要以需求最大者設計。裸管式的熱交換器在冷凍庫使用問題較少，冷凝水結冰在裸管上，滴水的問題較不常發生，但裸管上的厚冰會降低熱傳效率。若裸管距離不足，而使冰柱連結成塊，問題會更嚴重。



冷凍庫地面土壤裝置通風管以外界空氣防止土壤凍結，組合式冷凍庫若有地板基架可以不用設置，但要考慮冷凝水的排出。（來源：SPFA, 2004；經重製）

作業要點

■ 連續式與批式的使用

凍結需要時間，產品愈薄所需時間愈少，連續式的凍結機適用凍結時間在 5 至 15 分鐘的產品，若產品凍結時間過長，連續式的凍結機處理能力變得很小，相對的在進出料口的能量損失增多，比較適合使用批式凍結機。

■ 氣流方向

凍結機械的使用應考慮氣流方向是否流暢，直輸送帶凍結機空氣流向由輸送帶面經空隙向上流動，或在輸送帶上擺放拖盤，進行盤內產品的凍結，冷氣流容易受拖盤阻隔，這種使用拖盤的凍結狀況較適合使用半接觸式或衝擊式凍結機。

■ 冷氣的外洩

冷凍庫的溫度在冰點以下，侵入空氣的濕氣將結冰，產生地板積冰，作業人員與機具容易產生工安意外。庫內牆面與天花板長期厚層結冰，促使庫體表面損壞。

■ 使用時注意要點

冷凍品的儲架壽命較長，作業人員在冷凍庫內較不靈活且停留時間縮短。對於貨品的管理容易疏忽，應有良好的儲藏管理制度，以避免遺漏出庫的產品。

參考資料

- フードテクノエンジニアリング株式会社 (n.d.)。 <https://foodtechno-eng.co.jp/> (擷取日期：2024/1/16)。
- International Institute of Refrigeration. (1986). *Recommendations for The Processing and Handling of Frozen Foods (Third ed.)*. France: International Institute of Refrigeration.
- Spray Polyurethane Foam Alliance. (2004). *Spray Polyurethane Foam Systems for Cold Storage Facilities Operating Between -40°C and +10°C*. USA: Spray Polyurethane Foam Alliance.



第四章 低溫場域設備

第四節

採後處理 檢疫場



Post-harvest Quarantine Facilities



國立臺灣大學園藝暨景觀學系
吳俊達 副教授

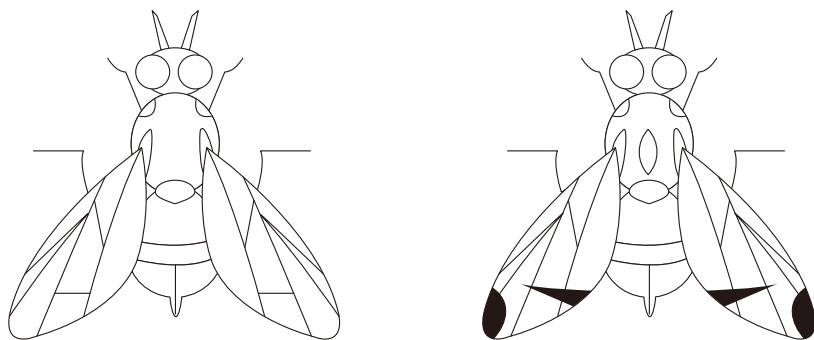


使用目的

昆蟲危害對採收的園產品而言，除了會造成直接損耗、品質劣變外，也會間接形成傷口利於病害感染孳生。此外，蟲害問題也不僅限於對產品本身的傷害，且會擴及進出口防疫問題。檢疫 (quarantine) 是一個國家為保護其農業生產環境，防堵危險性的病蟲害入侵，所採取的必要法規防治措施。因此，檢疫害蟲可能會成為重要的非關稅貿易障礙，影響園產品可行銷的市場。

檢疫害蟲疫區所生產的特定寄主農產品，經過與進口國談判及提供足夠的滅蟲處理試驗證據，進口國會有條件同意經過核定完全滅蟲處理程序的該項產品輸入。這些為了防止蟲害隨產品的出口而傳佈到其他非疫區所做的特定處理就稱為檢疫處理 (quarantine treatment) 或滅蟲處理 (disinfestation)。

重要的檢疫害蟲如果實蠅科 (Tephritidae) 的東方果實蠅 (oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel)、瓜實蠅 (melon fly, *Bactrocera cucurbitae* Coquillett)、地中海果實蠅 (Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* Wiedemann) 等果實蠅類害蟲，因其寄主範圍寬廣，包括大多數的瓜、果類作物，一旦傳入對園藝產業會造成巨大衝擊，所以特別受到美、日等尚未感染果實蠅國家的重視。另外，危害蘋果、梨、桃、李等重要溫帶薔薇科果樹的蠹蛾 (codling moth, *Cydia pomonella* L.)，在歐美均有發生，但臺灣卻尚未出現，因此我國要求歐美國進口的蘋果需要針對蠹蛾做適當的滅蟲處理。



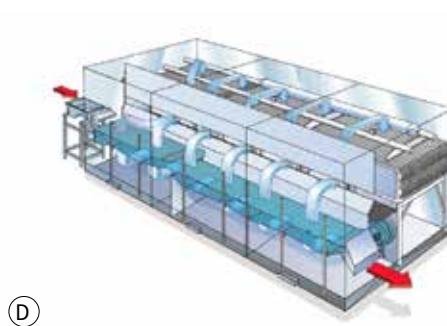
左圖為東方果實蠅，右圖為瓜實蠅。(來源：莊益源；經重製)

設備種類

各國所頒布園產品的檢疫處理技術，是針對某種產品品項與特定害蟲所發展，以完全殺滅該檢疫害蟲及蟲卵，有效防止該蟲害傳佈。國產鮮果實外銷檢疫殺蟲處理條件，可參考農業部動植物防疫檢疫署網頁公告。以下是目前常用的幾種檢疫處理的設備：

■ 燻蒸處理 Fumigation treatment

以揮發性殺蟲藥劑在密閉空間中處理園產品，以達到殺蟲的目的。常使用的燻蒸殺蟲藥劑如溴化甲烷（methyl bromide）、磷化氫（phosphine, PH_3 ）、氰酸（hydrogen cyanide, HCN）。例如鳳梨外銷到澳大利亞，需要經過溴化甲烷燻蒸 2 小時始可輸出。



燻蒸檢疫處理設施

- A. 氣瓶室。
- B. 燻蒸庫內部。
- C. 貨櫃載入燻蒸庫。
- D. 燻蒸作業處理。（來源：吳俊達）

■ 低溫處理 Cold treatment

園產品貯放於低於特定低溫中一定時間，以殺死害蟲及蟲卵。例如棗外銷日本的低溫處理條件為果實中心溫度 1.2°C 以下連續 14 天，而外銷韓國之低溫處理條件則為 1.0°C 以下連續 12 天。



低溫檢疫處理庫設施

- A. 溫度探針。
 - B. 低溫檢疫庫。
 - C. 低溫檢疫處理進行門禁管制。
- (來源：吳俊達)

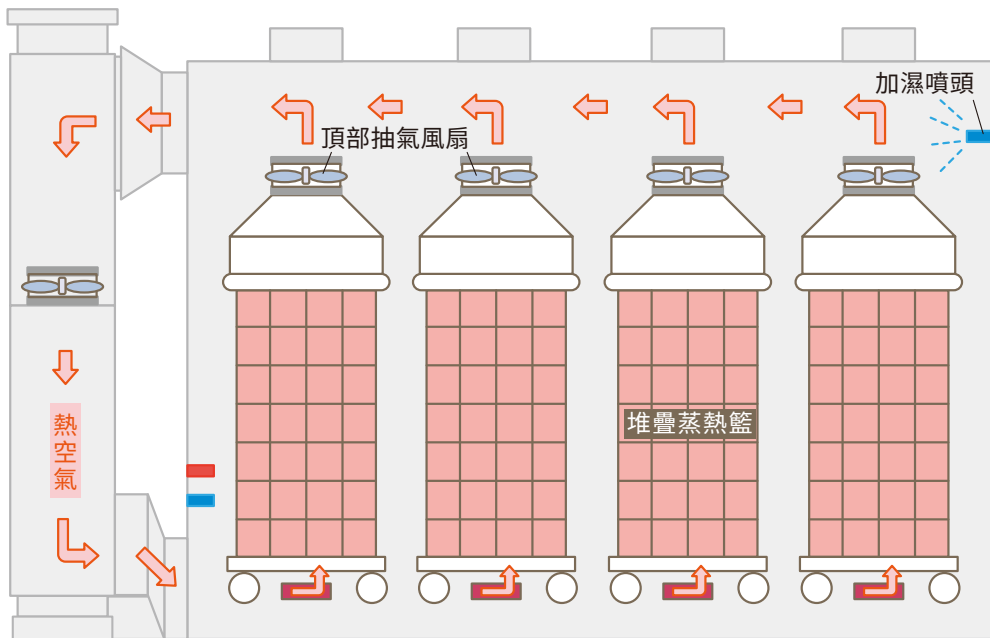


低溫檢疫處理貨櫃

- D. 溫度探針。
 - E. 溫度探針使用前溫度校正一。
 - F. 溫度探針使用前溫度校正二。
- (來源：吳俊達)

■ 蒸熱處理 Vapor heat treatment

園產品經濕熱空氣加熱到特定中心溫度，維持一定時間，以殺死害蟲及蟲卵。例如國產「愛文」和「海頓」芒果外銷日本、韓國檢疫處理，是在飽和濕度的熱空氣中加熱至果心溫度到達 46.5°C 以上，連續達 30 分鐘，再冷卻至 30°C。



蒸熱檢疫處理設施示意圖。(來源：吳俊達；經重製)



蒸熱檢疫處理設施

- A. 蒸熱庫外觀。
- B. 蒸熱庫內的加濕噴頭。
- C. 蒸熱籃。(來源：吳俊達)





蒸熱檢疫處理設施

- D. 蒸熱籃堆疊樣式。
- E. 頂部抽氣風扇。
- F. 蒸熱處理作業情形。
- G. 蒸熱後灑水冷卻設施。
- H. 蒸熱後風吹冷卻設施。（來源：吳俊達）

國際常見殺蟲檢疫處理，尚有溫湯處理（hot water immersion）及輻照處理（ionizing radiation），但目前我國園產品並沒有採用這兩種檢疫技術的品項。

應用範疇

我國為東方果實蠅與瓜實蠅疫區，其寄生主作物要外銷到非疫區國家，往往需要經過進口國核可的檢疫處理流程，才能出口進入該市場。

運作機制

燻蒸檢疫處理是利用揮發性殺蟲藥劑，穿透到園產品組織內部毒殺所附帶的害蟲，屬於化學性殺蟲處理，有藥劑殘留問題。低溫檢疫處理則是利用長時間暴露在低溫，以殺滅產品所附帶的檢疫害蟲；而蒸熱處理是利用高溫殺死園產品所帶的昆蟲，兩者同屬物理性殺蟲處理，沒有藥劑殘留問題。這些處理技術運用激烈措施，達到消滅產品所附帶檢疫害蟲的目的，但對園產品品質造成的傷害，必須是消費者仍能接受的範圍，才有商品價值。

作業要點

■ 燻蒸處理 Fumigation treatment

燻蒸藥劑劑量會因園產品處理當下的中心溫度而異，可由防檢署網頁資料獲得。一般而言，園產品品溫愈低，處理藥劑劑量需要愈高，乃因為低溫會使藥劑穿透性變差，且昆蟲在低溫代謝較慢，吸入藥劑量較少所致。

由於燻蒸檢疫處理具有操作容易、處理時間短、便宜之優點，很長一段時間，植物檢疫處理作業都是以藥劑燻蒸為主，溴化甲烷為重要的使用藥劑。但溴化甲烷燻蒸檢疫處理除了危害環境（破壞臭氧層）與食品安全（藥劑殘留）問題外，對植物組織也具有毒性，容易造成植物組織藥害（phytotoxicity）而導致品質劣變，甚至喪失商品價值。燻蒸藥害發生，受到藥劑種類、濃度、暴露時間、同批處理園產品量（load factor）、燻蒸時與之後的環境條件（溫度、濕度、通氣、氣體組成）影響，在較低溫、高濕環境燻蒸，藥害程度較輕微（Forney and Houck, 1994）。此外，園產品品種、成熟度、生理狀態也和溴化甲烷敏感度有關（Forney and Houck, 1994）。藥害徵狀包括變色（尤其是表皮變色）、壞疽斑塊、異味、加速老化腐損速度，通常在處理後 1 至 3 週才會顯現，徵狀發展速度視溫度及其他貯藏因子而異。

■ 低溫處理 Cold treatment

量測園產品中心溫度的溫度探針與紀錄器，需要是經官方認證核可的設備。低溫檢疫處理條件，殺蟲處理溫度愈高，所需時間就需要愈久，而不符產業實用

價值，因此，處理溫度都在 3°C 以下。大致而言，溫度約在 1°C，園產品中心溫度達到指定溫度後，需要持續處理 14 天左右。由於多數的熱帶、亞熱帶原生作物屬於寒害敏感型產品，低溫檢疫處理條件往往會導致寒害，故適用的熱帶、亞熱帶園產品品項相對有限。

■ 蒸熱處理 Vapor heat treatment

蒸熱檢疫處理條件是 40 至 50°C，相對濕度 90% 以上。需要在相對濕度接近飽和的高濕度狀態下進行。因此，蒸熱庫在檢疫處理過程會以噴頭噴水，以提高蒸熱庫內相對濕度至接近飽和程度。需要高濕度的原因，與達到提升導熱效率有關。

參考資料

- 莊益源 (2006)。認識瓜實蠅及東方果實蠅與田間綜合防治。農業知識入口網。https://kmweb.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=variety&id=52197 (擷取日期：2024/2/7)。
- 陳素琴 (2022)。主要外銷國家水果檢疫規定與檢疫處理條件。主要果樹外銷作業與處理專書，30-47 頁。
- 黃偉峻 (2013)。熱處理在園產品採後處理之應用。臺中區農情月刊，171 頁。https://kmweb.coa.gov.tw/knowledgebase.php?func=2&type=2&id=286598 (擷取日期：2023/7/31)。
- Forney, C. F., and Houck, L. G. (1994). Chemical Treatments. In R. E. Paull and J. W. Armstrong (Eds.), *Insect Pests and Fresh Horticultural Products: Treatments and Responses* (pp.139-162). Wallingford, UK: Centre for Agriculture and Bioscience International.

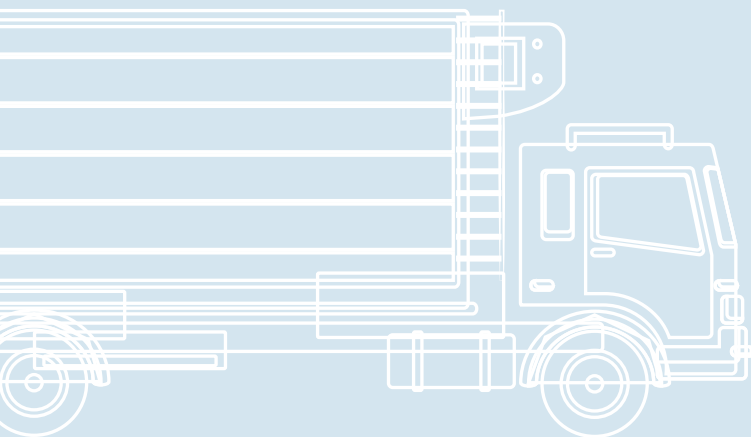


第四章 低溫場域設備

第五節

低溫物流場

Cold Chain Logistics Facility



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

物流場或規模較大的集貨場稱為物流中心（distribution center），常以運輸業的觀點被翻譯為配送中心，但其真正的意義是提供有效控制貨品，由源頭到消費地流通的場域設施。農產運銷上的各節點都可以視為一種物流場（中心），在節點上供方來貨，經由有效率的處理後送達銷方。而低溫物流場（中心）是有低溫環境的上述場域，在此物流是指狹義的場域內物料搬動。

應用範疇

農產運銷冷鏈上的低溫物流場（中心），其中以集貨包裝場與截切蔬果包裝場最為常見。本章討論此等場域的低溫物流設備，至於其作業流程與作業設備，請分別參考相關章節。

運作機制

集貨或截切蔬果包裝場作業包括原料進貨、前處理、加工作業、包裝作業、成品出貨。進貨場所主要作業為卸貨與原料暫存；出貨場所則進行成品暫存、理貨、揀貨、出貨等工作。此類的低溫物流場皆有暫存冷藏庫與裝卸區（loading bays）。

暫存冷藏庫內的貨品周轉快速，存貨管理很重要，常需要先進先出，但有時還必需處理殘貨，存放較長時間。簡單的暫存冷藏庫是以平面分區管理，所需要的使用面積很大。在時間與空間應用上更有效率的暫存冷藏庫則設置貨架（racks），以棧板作業並使用倉儲管理系統（warehouse management system, WMS）。

裝卸區通常是指定的區域空間，車輛在此停車並進行裝卸。在農產運銷場域的裝卸區是進貨與出貨的轉運空間，可能為地面空間，或為方便對接運銷車輛裝卸農產品，而有高層設計裝卸碼頭（loading docks）。裝卸碼頭對外應方便車輛的運轉與暫停；對內要有足夠的空間提供進出貨農產品的轉置。其連結必需考慮高度的對接以順利進出農產品，以及門戶開閉的迅速、方便與安全。裝卸碼頭

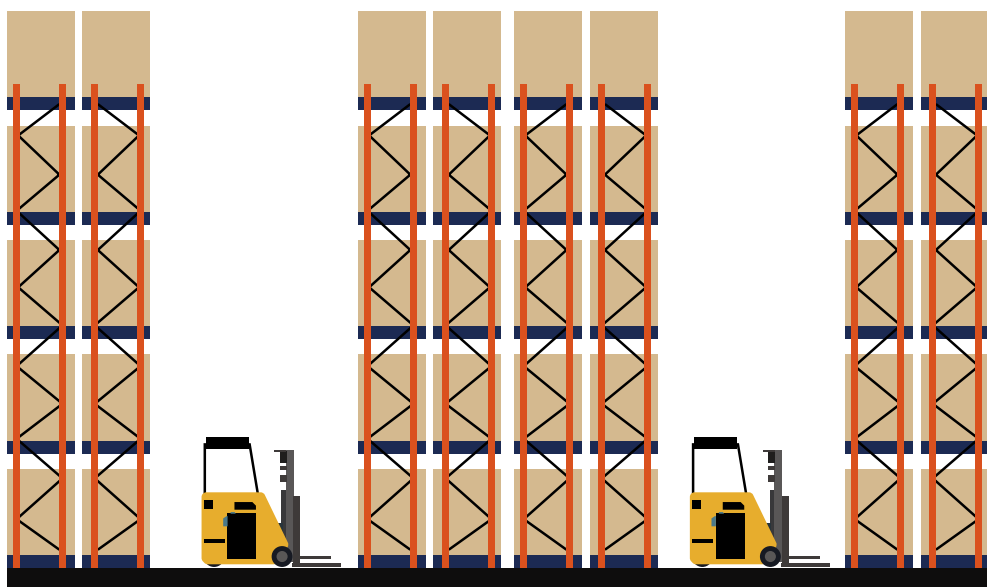
區的轉置空間用於農產品進出作業的緩衝，在出貨作業常做為揀貨後貨品分區排列堆積，以便迅速正確的裝載。

在低溫運銷中裝卸區（碼頭）與冷藏庫連結的空間常規劃成低溫環境來保持貨品的品溫，有稱為預冷區，但此預冷與本書中所討論的預冷不盡相同。在常溫運銷預冷區的溫度設定介於冷藏溫度與外界溫度之間，在進出貨時避免外界空氣直接進入冷藏庫，產生溫度的波動與水汽的凝結；在出貨時則逐步升高農產品表面溫度，以避免空氣中的濕空氣凝結於農產品表面；在運銷中則必需設定為接近運輸溫度，以減少貨品升溫增加冷藏車的製冷負荷。

設備種類

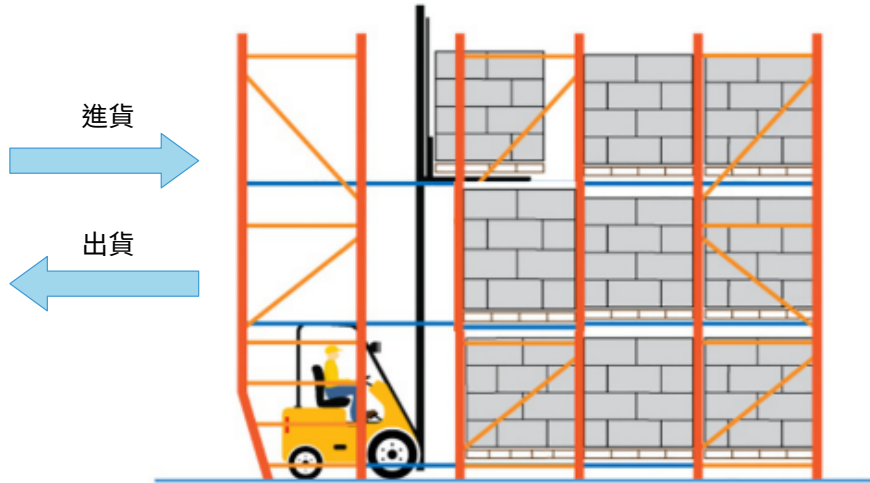
■ 為有效利用空間暫存冷藏庫常使用的貨架

1. 選擇式貨架（selective racks）：貨架使用水平橫樑和垂直框架裝設出多層的單一棧板深度（single-deep）的儲存位置，每一棧板可以獨立存取，適用於高周轉存貨。因單一棧板深度貨架車道佔據較多空間，而有雙棧板深度貨架（double-deep racks）的設計。



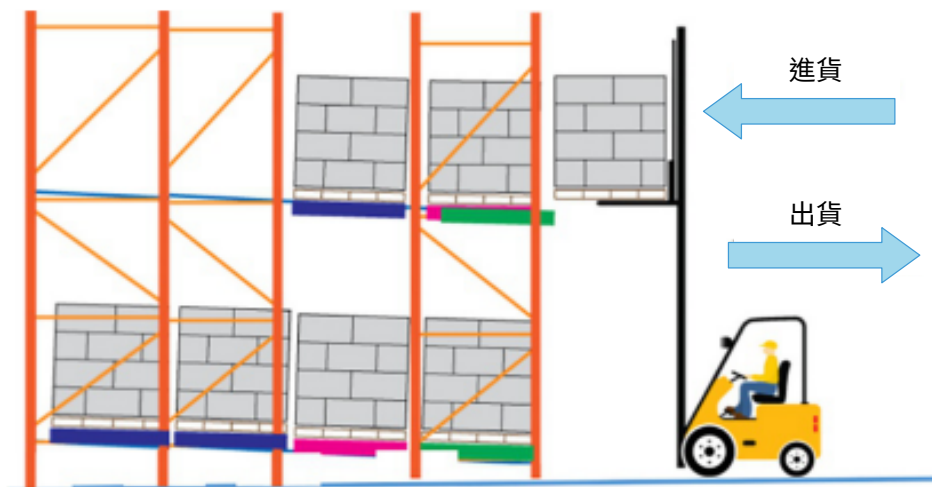
雙棧板深度選擇式貨架示意圖。（來源：Mets Logistics Incorporated, 2024/1/16；經重製）

2. 駛入式貨架 (drive-in racks)：專為高密度存儲設計，必需採用後進先出 (last-in-first-out, LIFO) 的庫存輪換方式。堆高機可以駛入貨架以存放棧板，適用於存儲大的相同產品。



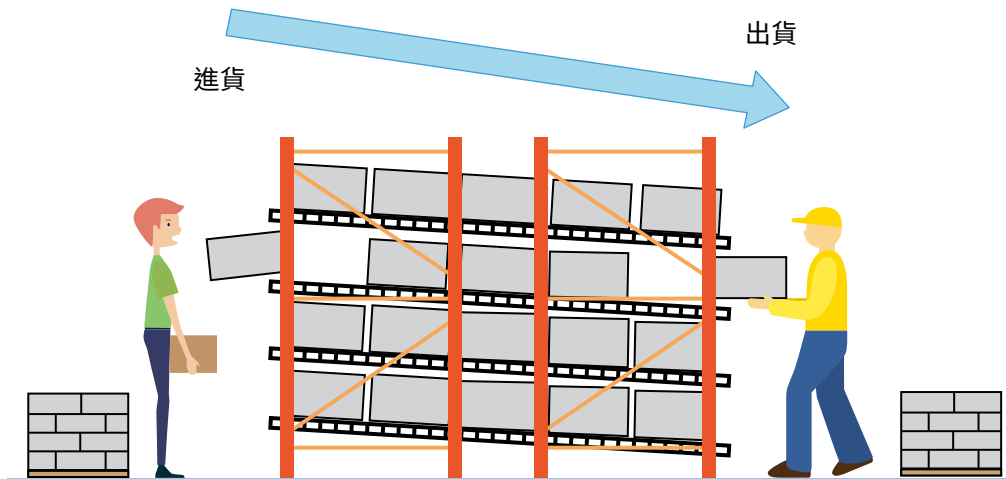
駛入式貨架示意圖。(來源：REB Storage Systems International, 2024/1/16；經重製)

3. 後擠式貨架 (push-back racks)：採用後進先出 (LIFO) 系統，使用沿斜軌道滑動的托板。第一堆棧板裝入後，當加入新棧板時，拖板向後滑動使現有棧板後退讓出存放位置，取出時則相反作業，此系統可以大大的提高存儲密度。



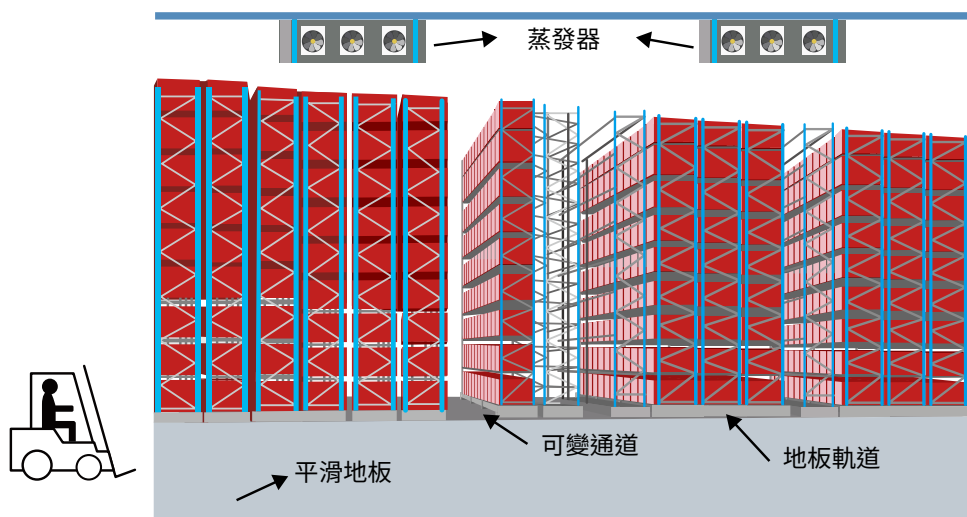
後擠式貨架示意圖。(來源：REB Storage Systems International, 2024/1/16；經重製)

4. 重力滑動貨架（gravity flow racks）：利用重力將棧板物品從裝載側移至卸載側。它們適用於高密度、高周轉的存儲，常用於揀貨作業系統。



重力滑動式貨架，圖示左側為補貨員，右側為揀貨員，進行揀貨作業。（來源：REB Storage Systems International, 2024/1/16；經重製）

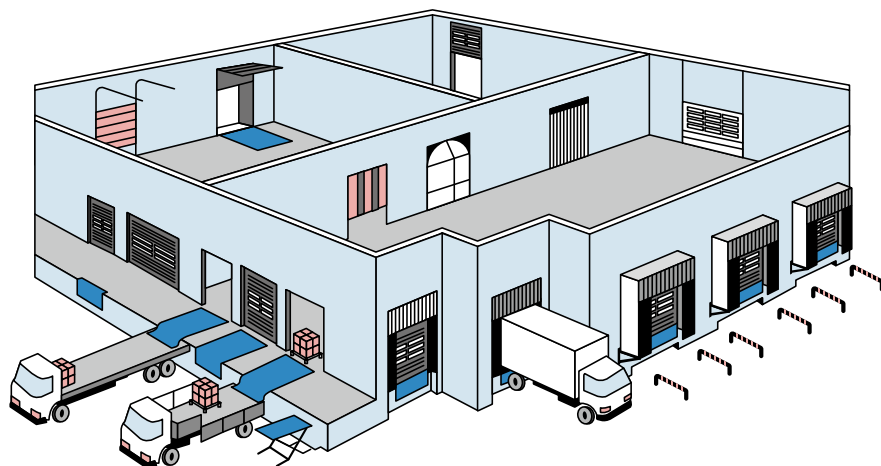
5. 移動貨架（mobile racks）：移動貨架的底座安裝在輪子或軌道上，貨架可以在水平方向移動。這種類型的貨架可以藉由壓縮通道來最大化存儲容量。



移動貨架，重直貨架可以左右移動，以留出堆高機作業巷道。（來源：Elansari et al., 2019；經重製）

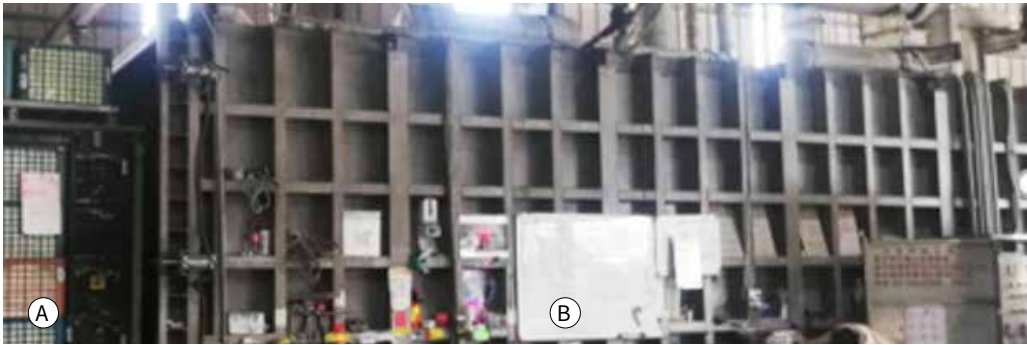
6. 自動存儲和檢索系統（automated storage and retrieval systems, AS/RS）：AS/RS 包括由電腦控制的系統與自動裝卸機械，可以自動檢索和存取特定位置的物品，提供空間的高效利用。適用於高輸送量的配送中心，或是租賃營業的冷藏庫。

■ 裝卸區的物流相關設備



物流場裝卸區的物流作業相關設備。（來源：Helpiks Org., 2024/1/16；經重製）

1. 高程（水平高度）差異的對接：裝卸區與車輛車廂平面高度的差異，兩者間可以設置各種型式的坡道來對接。
 - (1) 固定坡道（permanent ramp）：以土木結構設置的坡道。
 - (2) 機械坡道（mechanical ramps）：金屬坡道以機械或油氣壓機構升舉一端，以對接車廂平面高度。
 - (3) 碼頭水平調整器（dock levelers）：嵌入碼頭地板以機械、油氣壓機構調整成不同斜度的平面，彌合裝卸區和卡車貨箱之間的高度差，方便平穩安全的裝卸。
 - (4) 垂直收納水平調整器（vertical storing dock levelers）：可以垂直收納的碼頭水平調整器，可以避免嵌入碼頭的土木施工，並減少低溫卸貨碼頭由水平調整器金屬平面的侵入熱。
 - (5) 碼頭升降平台（dock lift tables）：以機械或油氣壓機構升降保持水平的檯面來對接檯面與車廂平面，或抬高中小型車輛讓車廂與碼頭平面對接。



©

A. 門外視角的碼頭水平調節器。(來源：McGuire, 2024/1/16)

B. 門內視角的重直收納水平調節器正進行水平搭接冷藏車廂地板的作業。(來源：McGuire, 2024/1/16)

C. 碼頭水平調整器的作業程序。(來源：Steril Dock Products, 2024/1/16；經重製)

2. 密合車廂與碼頭間間隙

碼頭接板與碼頭橋板 (dock plates and dock boards)：可移動的金屬結構板用來彌補車廂與碼頭間間隙，並可以調整碼頭與車廂地板小幅度的高程差，接板是比較輕量而結構簡單的橋板。

3. 碼頭門戶

- (1) 碼頭雨遮 (dock shelters)：碼頭進出門戶外上方的頂棚，可以遮蔽部分車廂，作為裝卸時的保護。
- (2) 碼頭門 (dock doors)：碼頭門提供進出門戶的快速安全的關閉，常見為滑昇門 (sectional overhead doors) 是利用兩側軌升降的片

狀門。鐵捲門（rolling doors）利用捲動升降的窄鐵板條門與快速捲簾門（high speed doors）合成織物的捲簾門。

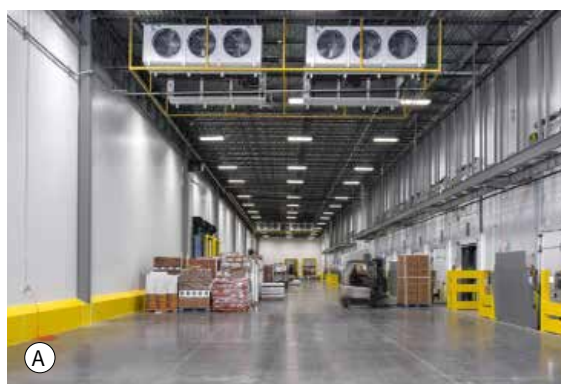
(3) 碼頭密封（dock seals）：軟性材質結構在貨車周圍形成密封，讓外界空氣交換最小化，保護貨物免受外部環境的影響。

4. 其他保護性的輔助機具

保護輔具提高貨車與貨品安全，如：碼頭緩衝器、安全欄杆、車輪楔、指示燈、照明燈與控制板。

■ 製冷系統

低溫裝卸區提供貨品出貨的冷鏈接合，進入出貨準備區的貨品都已經完成降溫，低溫裝卸區的製冷負荷來自人員、車輛與燈具，以及從熱絕緣與門戶的洩漏傳入的熱。保持卸貨區絕熱壁構造的完整，碼頭密封的閉合是最重要的要求。為避免外氣洩入產生凝結水，低溫裝卸區可設置換氣裝置，引進外氣產生正壓。



A. 低溫物流場的出貨準備室，使用側吸式蒸發器，出貨準備區通常狹長，蒸發器以吊掛較為合適。
B. 低溫物流場的出貨準備室，使用頂吸式蒸發器。（來源：Yahia, 2019）

作業要點

1. 物流講求效率，效率的提升有賴於資訊管理系統的協助。
2. 集貨與截切包裝場都是生產型的物流場，所生產或轉運的貨品以及使用棧板都適合應用條碼系統管理，結合企業資源計劃（ERP）系統的出貨管理，在存入暫存冷藏庫時即完成理貨。

3. 利用暫存冷藏庫的區域或貨架管理，有次序的儲放預備出貨的產品，以達成迅速出貨。
4. 低溫裝卸區溫度最好能維持產品出貨溫度，但礙於人員作業的舒適性，可能稍高於出貨溫度。應藉由資訊管理系統減少貨品在出貨準備區的停留時間，以維護產品安全。
5. 設計良好的低溫裝卸區熱負荷很小，但使用的空間很大，蒸發器的能量通常還是需要很大，使用前可以快速降溫，但實際作業時熱負荷不大，此時蒸發器可以交互使用。
6. 低溫裝卸區區域廣大，使用前的降溫負載大，進出貨作業結束後宜保持密閉，僅作少量的外氣交換，以節省能源耗費。

參考資料


- Elansari, A. M., Fenton, D. L., and Callahan, C. W. (2019). Chapter 6-Pre Cooling. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. Duxford, UK: Woodhead Publishing.
- Helpiks Org. (n.d.). *Перегрузочные (доковые) системы* . Retrieved 2024/1/16, from <https://helpiks.org/9-61042.html>
- McGuire. (n.d.). Retrieved 2024/1/16, from <https://www.wbmcguire.com/>
- Mets Logistics Incorporated. (n.d.). Retrieved 2024/1/16, from <https://metslogistics.com/Home/Home>
- REB Storage Systems International. (n.d.). Retrieved 2024/1/16, from <https://rebstorage.com/>
- Steril Dock Products. (n.d.). Retrieved 2024/1/16, from <https://steril-dockproducts.com/en/>
- Yahia, E. M. (2019). Chapter 1-Introduction. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. Duxford, UK: Woodhead Publishing.



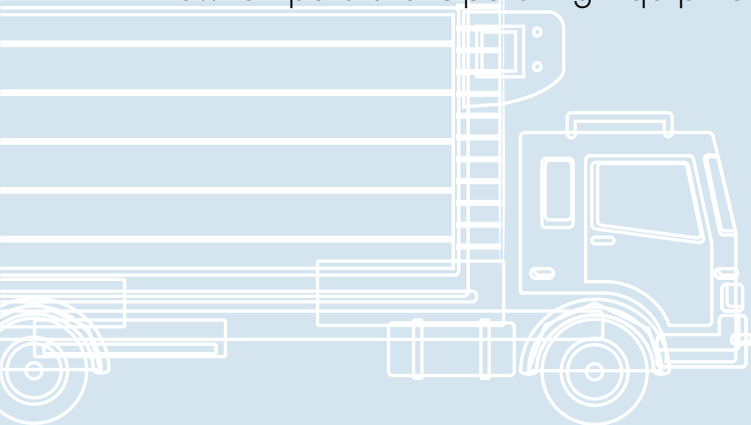
第四章 低溫場域設備

第六節

批發市場 低溫作業設備



Low-temperature Operating Equipment for Wholesale Market



臺北農產運銷股份有限公司



果菜批發市場導入冷鏈設施的必要性

果菜批發市場作為農產品重要交易平台，發揮了迅速集貨與分貨的功能。由於果菜具易腐性，且產銷雙方均零星而分散，批發市場提供廣大的交易場所及各種服務，達成零星果菜迅速從產地集中並分散至消費端的功能。每天由全國各地送貨至北農的貨車多達五百部以上，果菜種類有一、二百種，承銷人、零售商及有關業者進出有數千人，且需上千車次的貨車將果菜運出，因此必須有寬廣的場地及完善的交通條件，才能使營運作業順暢。為提高農產品品質及運銷效率，需有良好的場地與設備，包含卸貨碼頭、低溫卸貨拍賣區、冷藏庫及物流中心等設施。

臺北農產運銷股份有限公司（以下簡稱北農）經營第一果菜批發市場及第二果菜批發市場（以下簡稱一市及二市），為全國最具規模及價格指標性的果菜交易平臺，其中批發市場近十年之果菜交易總量每年平均約 66 萬公噸，蔬菜佔交易總量 69.5%、水果佔 31.5%，共同運銷佔比約 7 成；此外，另有供應大臺北連鎖超市的營業系統「二市果菜包裝物流中心」，年供應量約 2.2 萬噸。

目前臺灣蔬果產地已逐漸建置維護蔬果品質之預冷設施，北農身為批發市場龍頭，率先升級批發市場冷鏈設備，介接冷鏈物流新觀念與設備，建置全國第一個低溫卸貨拍賣專區，減少農產品至消費者前的運銷損耗，藉此完成農產品冷鏈物流最後一哩路。批發市場導入冷鏈設施的原因說明如下：

■ 臺灣蔬果採用冷鏈之運銷情形

國內蔬菜購買通路中其中 7 成營業額來自傳統市場，其次為超市通路占比近 2 成（林恒生等，2020）。供應超市之蔬果已完全採用冷鏈，惟批發市場到貨之蔬果仍以常溫為主。

■ 批發市場現代化轉型之必要性

臺灣夏季炎熱且多雨，蔬果常溫貯運時損耗極大，產地供應單位已有冷鏈相關設施可維持農產品品質，惟批發市場因無低溫貯放空間，將導致斷鏈情形產生致使農產品品質受到影響。此外，直銷通路興起與疫情迫使消費模式改變，加速

批發市場現代化步伐，建構臺灣蔬果冷鏈物流體系，由北農引導示範，促使各批發市場跟進，以完善臺灣蔬果冷鏈最後一哩路。

■ 批發市場建置及改善冷鏈設施之目標

1. 為解決過往批發市場因交易環境悶熱、無低溫環境抑制到貨蔬果後熟作用，不利維持品質，造成損耗情況，北農分別於一、二市設置蔬菜及水果的低溫卸貨區。
2. 因應現代化蔬果物流服務需求，物流中心配銷角色重要性提升，北農改善果菜包裝物流中心低溫設備老舊及耗能情形，汰換為效率高之冷藏庫機組並設置能源管理系統，搭配用電量紀錄管理以利大數據分析，提升節能效益。

建 構臺北果菜批發市場低溫冷鏈設施

為維護大臺北地區蔬果供應品質，銜接產地做好採後處理，並以低溫運輸蔬果至臺北，北農積極建置批發市場的低溫冷鏈設施，包含設置一、二市低溫卸貨區及低溫卸貨碼頭，將冷藏庫及物流中心更新為高效節能之製冷系統等，以確保蔬果從田間採收到通路之品質及新鮮度，透過冷鏈加值農產品價值。臺北果菜批發市場低溫設施及說明如下：

■ 批發市場低溫卸貨與拍賣區

拍賣場設置獨立空調區域，提供低溫拍賣場域，提升蔬果品質。

1. 一市（中繼批發市場）低溫卸貨區（共 348 坪）
 - (1) 目前正值改建期間，為銜接未來新建市場低溫冷鏈規劃，現中繼市場亦設置低溫卸貨區，以供拍賣及預約交易之預冷低溫蔬果暫存，延長蔬果保鮮期，提高產品價值。
 - (2) 設置蔬菜區（224 坪）及水果區（124 坪）二獨立區域為 15 至 18°C 低溫卸貨區。

2. 二市低溫卸貨區（共 566 坪）

- (1) 設置 566 坪低溫卸貨區及拍賣區，以作為水果及蔬菜卸貨區，兩區之間未明確劃分界線，方便機動調整使用空間。
- (2) 拍賣場挑高且區域面積大，為能提高製冷效率，以中央冰水式空調系統，水冷高效率變頻主機搭配大型冷風機裝置，以送回風達到全室降溫功能。

■ 批發市場冷藏庫

北農作為消費地批發市場，每日貨品的集貨及配銷速度快，且交易量龐大，承銷業者在購得商品後，不一定能在單日內全部銷售完畢，故需有空間儲藏貨品，保鮮蔬果，延長運銷壽命。一、二市場皆有建置冷藏倉儲（庫），優先提供承銷業者購置蔬果後暫存倉儲流通用，並另設有因應颱風時期蔬果需求遽增之備存庫。此外，冷藏倉儲（庫）亦依照蔬菜與果品儲藏特性，以「蔬菜庫」及「水果庫」分別管理，供承銷商按實際儲藏需求使用，如 1 至 3°C 可存放青花菜、萵苣、青江菜等蔬菜類；果品則可存放藍莓、番石榴、荔枝等，將蔬果依照適宜低溫冷藏環境貯放，可確保及維持蔬果新鮮品質，減少耗損。

1. 一市（中繼批發市場）冷藏庫面積共計約 702.7 坪，蔬菜庫共 12 庫、水果庫共 9 庫，供承銷人租借使用。
2. 二市地下一樓之冷藏庫面積共計約 978 坪，蔬菜庫共 10 庫、水果庫共 15 庫，供承銷人租借使用。冷藏庫由大通庫改為小坪數庫房，可各別溫控，提高冷藏效率，維持產品品質，並改善通道設置快速捲門、防撞設施，方便省力化的設備進出冷藏庫，提升作業效率，以符合批發市場端冷鏈物流需求。
3. 防颱（調度）庫：北農配合夏季季節性防颱，以及中央地方主管機關執行蔬菜調節供應緩和價格波動計畫等，於一市、二市各設置一防颱庫，作為蔬菜冰存購貯之倉庫，冰存品項包括甘藍、包心白菜等，以穩定蔬果供應與交易價格。

■ 果菜低溫物流中心

二市果菜低溫物流中心（以下簡稱物流中心）滿足大臺北地區連鎖超市通路、餐廳及團膳通路之蔬果需求，相較於一般蔬果物流中心，北農作為全國最大蔬果交易平台，肩負著供應消費者充足且安全安心之蔬果、協助農友拓展蔬果通路之社會責任，透過物流中心的通路搭建，協助拍賣市場提供更符合都會消費趨勢的蔬果供應，同時拍賣市場也扮演著物流中心的後勤供給角色。

目前物流中心具備集貨、包裝（具備合格之產銷履歷及有機認證包裝場作業區）、分揀貨、通路配送等功能，全程於低溫環境下作業，112年起將逐步規劃電子揀貨設備及倉儲管理系統，提升冷鏈環境下的作業效率，減少損耗、延長商品貯架壽命。

物流中心內部冷鏈設施涵蓋冷藏庫、有機蔬果物流專區、蔬果作業區、成品出貨區與包材庫。

另設置低溫卸貨碼頭，為低溫卸貨區，搭配保溫滑昇門，前空間設置阻隔冷氣外洩門封之氣密式，搭配產地運送蔬果的冷鏈物流車輛，確保進出貨物時冷氣不外洩，維持蔬果新鮮度。裝卸貨全程皆保持在 15 至 18°C 之低溫環境下進行，讓蔬果進貨後能直接透過貨梯直送物流中心之果菜包裝作業區，完備蔬果運輸冷鏈流程，保持蔬果品質並降低損耗。



低溫卸貨碼頭。（來源：臺北農產運銷股份有限公司）

批發市場冷鏈之未來發展

■ 攜手產地供應單位，共同維繫蔬果品質

由於蔬果保鮮期短，若產地有冷鏈庫存機能，將可有效延長蔬果保鮮期限。推動產地落實採後處理、分級包裝標準化及棧板化，將能使冷鏈達最大效益，作為推動蔬果低溫運銷的基礎。

園產品從田間採收後便會不斷衰老，透過「採後處理」可延緩園產品老化，維持蔬果新鮮狀態及品質，進一步擴大供應範圍、延長供應時間。採後處理技術涵蓋田間到消費地的每個環節，從田間採收、採後預冷與保鮮處理、分級加工、包裝、儲藏、運送、配送，最後至市場銷售，每階段皆須依據蔬果的特性，遵循採後處理技術相關準則，以確保產品的品質與鮮度。

而「分級包裝」乃農產品運銷之重要基礎，農產品因其生物特性造就每一棵植株的獨特性，最終產出不同品質的蔬果。但面對逐漸以消費需求為核心的生產趨勢，種出消費者需 / 想要的農產品，才能讓農產品具備進入商業競爭環境的資格，為此，必須依據市場消費型態，與時俱進地制定及修訂「分級包裝」標準，北農依據農產品在批發市場的交易需求及消費趨勢，逐年修訂各蔬果品項之分級包裝標準，發行紙本手冊並於線上網站更新相關規範，提供供應單位及農友們參考使用。

「分級」是依照蔬果品種特徵、消費需求特性，以品質、大小規格進行分類，並以此為基準決定農產品的通路市場。國內目前蔬果分級制度從好至劣大致區分為特、優、良三個標準等級，按同一品種農產品的成熟度、形體、色澤、質地、病蟲害及其他傷害情況等條件進行分類，可避免蔬果的價值被低估，且在整件品質統一的狀況下，提升產品誠信，增加整體收益。若一箱特級品的蔬果未落實分級，混雜優級或良級品，承銷人為避免採購到損耗成本高的貨件會翻箱觸摸查看，稍不留神可能損害蔬果品質，也間接影響成交價格和供應單位的品牌信譽。北農為了讓產銷雙方在共信互利的基礎上進行交易，推動蔬果單層式精緻包裝，同時箱面上預留開口面積，讓蔬果品質一覽無遺、減少人為觸摸翻動，承銷人拍賣看貨時更有效率，農友辛苦照顧的蔬果品質亦能受到保護賣出好價格。

北農每日平均約有 2,300 噸蔬果進場交易，而大部分蔬果皆以人力一箱箱搬卸至拍賣區。為能在有限時間內處理龐大的進貨蔬果，且因應市場上勞動力愈漸短缺，機械化裝卸貨件是必然的趨勢，故「分級包裝標準化及棧板化」就發揮至關重要的功能。採用棧板可提高進場卸貨效率，減省 10 至 20% 因人力搬卸所造成的蔬果損耗，提升蔬果價值，顯見落實分級包裝不僅能降低耗損，亦有機會提高蔬果價格。

此外，北農亦已引進符合棧板排列的「新式摺疊籃」（以下簡稱摺疊籃），該摺疊籃具備規格標準化之特性，利於未來自動化物流管理、機械倉儲及冷鏈物流推動，搭配採後預冷及冷鏈物流，將可提升農產品到市場之整體品質，建立全程冷鏈供應體系。摺疊籃相較紙箱堅固、好收納、可重複使用，不僅環保且能降低包材成本，不易受到國際紙漿價格波動影響，並能取代紙箱，降低一次性使用之垃圾產生。



- A. 搭配分級包裝之規格化及棧板化，購置電動堆高機及電動拖板車等冷鏈物流暨機械化設備，提升搬卸貨效率。
- B. 新式摺疊籃搭配棧板卸貨至低溫卸貨區。（來源：臺北農產運銷股份有限公司）

總結而言：（一）良好的採後處理，可大幅延長農產品貯架壽命。如產地出貨之蔬果進行採後處理，搭配全程冷鏈配送，可增加貯架壽命；（二）產地供應單位落實採後處理、分級包裝標準化及棧板化，為推動蔬果低溫運銷的重要基礎；（三）搭配分級包裝之規格化及棧板化，購置冷鏈物流暨機械化設備如電動堆高機、站駕式電動拖板車、步行式電動拖板車，可提升搬卸貨效率；（四）導入新

式摺疊籃框，可減少回收空籃之腹地空間，亦能節省運費，並取代紙箱、降低使用一次性包材，減少資源浪費及碳排放，朝 2050 年淨零碳排邁進，以友善環境、永續環保為目標；（五）產地可持續以穩定之費用取得新式摺疊籃，搭配採後預冷及冷鏈物流提升農產品到貨品質，建立農產品全冷鏈供應體系；（六）規格化新式摺疊籃容器供應，提升市場整體到貨品質，利於未來自動化物流管理、機械倉儲及冷鏈物流推動。

■ 低溫運銷穩定到貨品質品規，提升蔬果預約交易

落實冷鏈物流，提升產品品質，將可提升預約交易發展，提供另一種不同於拍賣的交易模式。相較於傳統拍賣，預約交易能依照蔬果品質及市場需求，在拍賣價格形成前與消費端談得更好的價格，更能反映商品價值。且透過預約交易模式，將可更彈性的依照商品需求及特性，適時適地的進行配送，不須與其他貨品搶在拍賣時間進場，除去排隊與等待時間，更能保證銷售時的產品品質，進而提升產品價格。

預約交易的基礎來自落實分級包裝，讓業者僅需看樣品或從線上即可採購；而產地設置冷鏈設施與否來自通路要求及銷售價格的穩定性，因此批發市場推動低溫運銷，更適合用於預約交易之貨品，在低溫冷鏈的保障下，更可確保產品的品質及價格穩定。蔬果預約交易之優勢及北農目前執行狀況說明如下：

1. 透過推動預約交易，承銷人在拍賣前議定價格並取走貨品，降低市場同時入場人流量，提升拍賣交易效率，減輕現場人力負擔的同時也減少群聚風險。
2. 線上預約交易平台，承銷人在家即可完成下單，貨品從產地直送，提高交易效率，買賣更方便。
3. 提升產地落實農產品之分級、規格化包裝，提高承銷人預約交易意願，進而保證價格的穩定性。
4. 擴增批發市場預約交易統計介面，提高交易效率，減輕現場人力負擔。

■ 新建之第一果菜批發市場未來具備低溫運銷功能

新市場之地上建物共 6 層樓高，未來預計設置超過 3,000 坪之冷藏庫、約

3,000 坪之自動化、智慧化低溫物流中心（內含截切場）、總計 1,800 坪左右的低溫卸貨區等農產品冷鏈物流相關設備及設施，將更滿足承銷業者對冷藏庫租用需求，以及因應未來冷鏈需求持續增加之趨勢、消費市場型態的改變，擴充備足低溫卸貨區面積，迎接從產地到批發市場，乃至銷售端全程冷鏈的未來願景。

未來具備低溫運銷條件之第一及第二果菜批發市場，將發揮批發市場低溫冷鏈物流體系最佳效能：

1. 批發市場：完成第一、二果菜批發市場冷鏈物流最後一哩路，銜接全國蔬果冷鏈物流系統，卸貨於拍賣場冷鏈物流區域，全程保持 15 至 18°C；並導入機械化運輸設備，提升物流效率、蔬果品質、拍賣價格及農民收益，成為全國批發市場示範點。
2. 果菜低溫物流中心：物流中心除滿足大臺北地區連鎖超市通路、餐廳及團膳之蔬果需求外，在社會層面上，更扮演風災時期調節供貨的角色，在批發市場入場菜量大時購買儲藏與供給，以穩定市場通路購買需求；而當夏季菜價上漲時，亦備妥貨源供應通路平衡市場價格。此外，果菜物流中心銷售之蔬果為符合現代消費趨勢，則以小包裝出貨為主，更貼近消費者購物習慣。未來亦將規劃販賣截切蔬果，提供通路更優質且方便的新鮮蔬果食材。
3. 宣導供應單位做好採收後之預冷作業，並以冷藏車運送蔬果至批發市場，經由卸貨區冷鏈設施及物流中心低溫環境之升級，確保從田間採收到通路流程蔬果品質，堅持完善的低溫環境。

新建第一果菜批發市場依據未來果菜運銷趨勢及環保永續方向，建置符合智慧建築指標，打造成為東南亞最具現代化、環保節能、智慧化的批發市場。

參考資料

- 林恒生、楊承運、彭士芳 (2020)。國內蔬果供需調查結果與蔬果鮮品之冷鏈物流體系需求現況。《農政與農情》，342，35-41。<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=2511671> (擷取日期：2023/8/15)

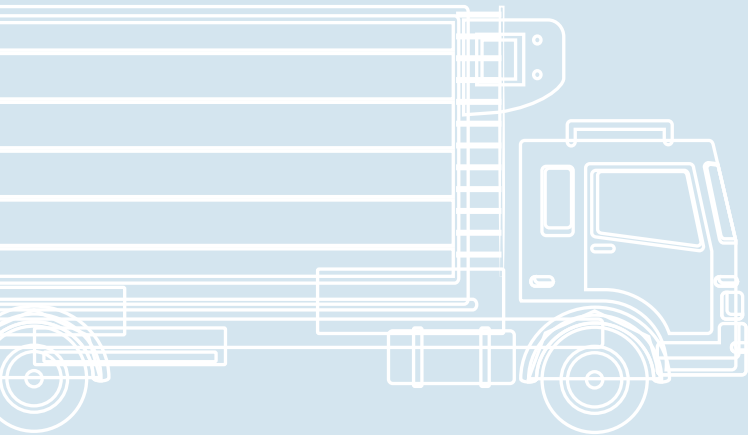


第四章 低溫場域設備

第七節

蔬果冷藏車

Refrigerated Vehicle for Produce



財團法人農業機械化研究發展中心
李允中 研究員



使用概況與特點

蔬果冷藏車是低溫蔬果的運輸車輛，低溫運銷產品必需要有一個能維持低溫的環境，以確保產品溫度在輸送過程不會升溫而劣化其品質。車輛運行沒有固定電源可以提供製冷機械的電力，需仰賴車輛行駛的引擎或隨車備置的引擎、發電機、蓄電池與電動機組等，來供給製冷功能。限於車輛的載重，其所能提供的製冷能力有限，冷藏車車廂空間狹小，且為提高載運量，產品堆疊較緊密而不容易在車廂內繼續降溫，因此蔬果冷藏車製冷系統的規劃裝設，主要以各種侵入熱的排除為考量。

應用範疇

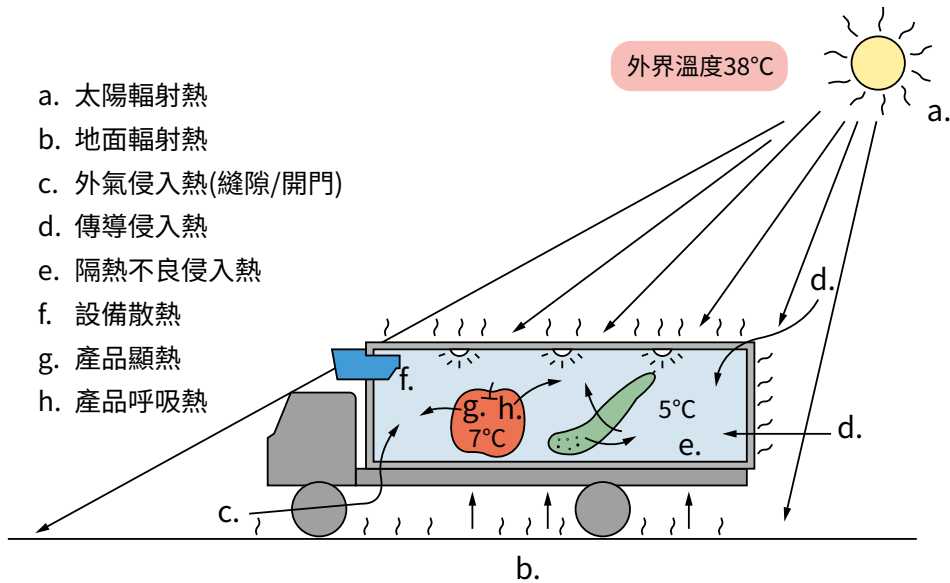
蔬果冷藏車運用於已經降溫的蔬果產品在運輸過程的溫度維持，而非降低產品溫度的工具。蔬果產品除本身的顯熱，另外還會產生呼吸熱，但呼吸熱的產生速率隨品溫降低而減小，冷藏車運輸的蔬果產品，其溫度應盡量降低呼吸熱，才不會在運輸途中升高產品溫度造成為害。

運作機制

若產品的呼吸速率低，在運輸途中沒有熱傳入產品，產品的溫度就不會上升。冷藏車使用密閉的絕熱車體來隔絕熱的侵入，淺色的車體反射由陽光與地面漫射的輻射熱；使用高熱傳阻力的車體板減少環境與車廂內溫度差異所產生的傳導熱；緊密的車廂與門縫阻止由空氣流動帶入的熱。熱的侵入過程會加熱絕緣車體，新的車體比熱小不容易蓄積熱，但經水汽或水滲入絕緣層的空隙後，絕緣層的水會蓄積大量的熱，而使絕緣層處於高溫狀態，成為危害產品的熱源。

進出貨開車廂門是不可避免的，藉由減少開門與設置條簾或空氣簾，可以降低熱空氣的侵入。各種途徑進入車廂內的熱將加熱車廂內的空氣，由熱空氣再傳熱給車廂內的產品。製冷系統的蒸發器是表面低溫的熱交換器，藉由風扇的循環降低車廂內的空氣溫度，但風扇也會發熱，增加製冷系統的負荷，更嚴重的是冷藏車因空間所限常使用較小的蒸發器，而必須設定較低的冷媒蒸發溫度，來提高

熱交換量，又有開門入襲的熱空氣帶入的水汽，容易造成結霜在低溫的蒸發器鰭片上，結霜促使蒸發器的熱交換功能急遽降低而需要加熱除霜，除霜停止後蒸發器對車廂內空氣進行熱交換，甚至加熱車廂內的空氣。水汽在蒸發器的結霜不但耗費蒸發器對空氣的降溫能力，同時亦加熱於空氣，而避免空氣侵入是一個亟需防範的重點。



冷藏車的熱負荷。(來源：李允中；經重製)

冷藏車是由承載與運輸的貨車，防止熱侵入的車體板、門板等，以及其移除侵入熱的製冷系統三個主要部分所組成，為對於運輸途中的掌握與產品的監控，現在具規模的使用者常裝置雲端監控系統，針對各要項分述如下：

■ 貨車

貨車是冷藏車最重要的主體，冷藏車可以視為一個特化的冷藏庫架設在貨車上，貨車除擔任承載、運輸外，更重要的是貨車提供製冷系統的動力。貨車是法定交通工具，冷藏車的設置必須符合車輛型式規格的法規，和道路交通安全上的要求。

依貨車動力與結構法規上訂有該貨車的總重量與尺寸的限制。總重量扣除車體重則為載重量，但一般貨車型錄上的車體重並未包括冷藏車體板重、製冷機組重與其他附屬裝置的重量，冷藏車的實際載重量更受到限縮。蔬果產品相較於工業產品密地較低，冷藏車廂的內部體積（容積）往往成為承載量的限制因子，粗估為每 m^3 僅有 0.1 至 0.2 公噸（T），但車廂容積愈大此數值趨大。

■ 冷藏車廂體

冷藏車廂體由車體板分前板、側板、頂板與底板，以及後側的門板所構成。

1. 車體板構造與規格：目前幾乎全數的車體都是使用與冷藏庫庫板相似的發泡 PU 車體板，車體外面常以塗裝的鋼板、鋁板或玻璃纖維板為面板，中間為發泡 PU 絕熱層。少數有使用與保麗龍相同材質但較為細緻，結構強度較高的發泡 PS 絕熱層，內部面板則以不鏽鋼板居多。底板建議以凹槽板或 T 型溝板為佳，以方便冷風回風。車體板以厚度規格常見的 50 mm 用於冷藏車，100 mm 用於冷凍車。
2. 車廂門板：車體後側為門板，門板以向外的雙開門為多，在側板上為方便前端貨品進出可酌量增加單開門。以配送為主的中小型冷藏車，在歐洲常有在兩側板上設置拉門，車廂內裝有貨架方便小量取貨。因應沒有升高月台的碼頭裝卸，後門板外可加裝油壓控制的折疊式升降尾門，但此尾門重量高達 500 公斤，大幅減少載貨重量。



A. 小型卡車與箱型車之經濟型冷凍機。（來源：聯倡股份有限公司，2024/1/16）



B. 冷藏車折疊式升降尾門。（來源：盧佛青，2019/5/30）

■ 製冷系統

冷藏車所裝置的製冷系統所需的能力稱為能力係數，一般冷藏車的設計值約為 125 至 150 W/m³，這應該是最低的製冷能力要求，製冷機械廠商各有不同系列的製冷系統，有些系列主打較大型冷藏車，其能力係數達 225 W/m³。冷藏車的製冷系統一樣具備壓縮機、冷凝器、膨脹閥與蒸發器，但其機型有特殊設計的因應。

1. 壓縮機：中小型冷藏車與汽車冷氣使用相同的搖晃板（wobble plate）壓縮機，由中心軸旋轉的傾斜圓盤板推動環狀排列汽缸的活塞，此型的壓縮機設計緊湊，在適當轉速下效率高，但不適合高轉速運轉，且噪音大。較好取代的機種是渦卷式壓縮機，但價格較為昂貴。在傳動上也和汽車冷氣一樣由行車引擎帶動，消耗部分車輛行走使用的動力，而且作業受行駛速度影響。大型冷藏車使用獨立引擎的壓縮機，或由電動機帶動。
2. 冷凝器：冷凝器是製冷系統的散熱元件，散熱的好壞嚴重影響系統效率。冷藏車的冷凝器設置於駕駛室頂或冷藏車車體的前端（鼻端），藉由車型的氣流提高散熱效率。
3. 膨脹閥：冷藏車製冷系統的膨脹閥較少被察覺注意，但它的選用決定蒸發器的蒸發溫度範圍，即冷藏車使用的溫層。因冷藏車承載的產品最佳儲藏溫度差異大，無法逐一設定，但相對而言產品在冷藏車停留時間約為 1 至 3 小時，在不發生寒害前提下的低溫皆可使用，常用的設定溫度如 -5°C 膨脹溫度提供冷藏車使用， -25°C 膨脹溫度提供冷凍車使用。
4. 蒸發器：蒸發器是冷藏車降溫的主體，藉由蒸發器風扇產生循環流動的氣流來移除冷藏車廂內的熱。

■ 監測系統

冷藏車可以採用無線通訊與低耗電技術的物聯網感測裝置，結合行動通訊與雲端系統平台，達到全程監測、即時通知與應變，以控制並維持產品品質在最適狀態。車輛運輸途中可藉由 GPS 定位及時回報，以作為車輛的管制。

設 備 種 類

以下分類的目的在方便農產運銷單位選用合適的冷藏車。

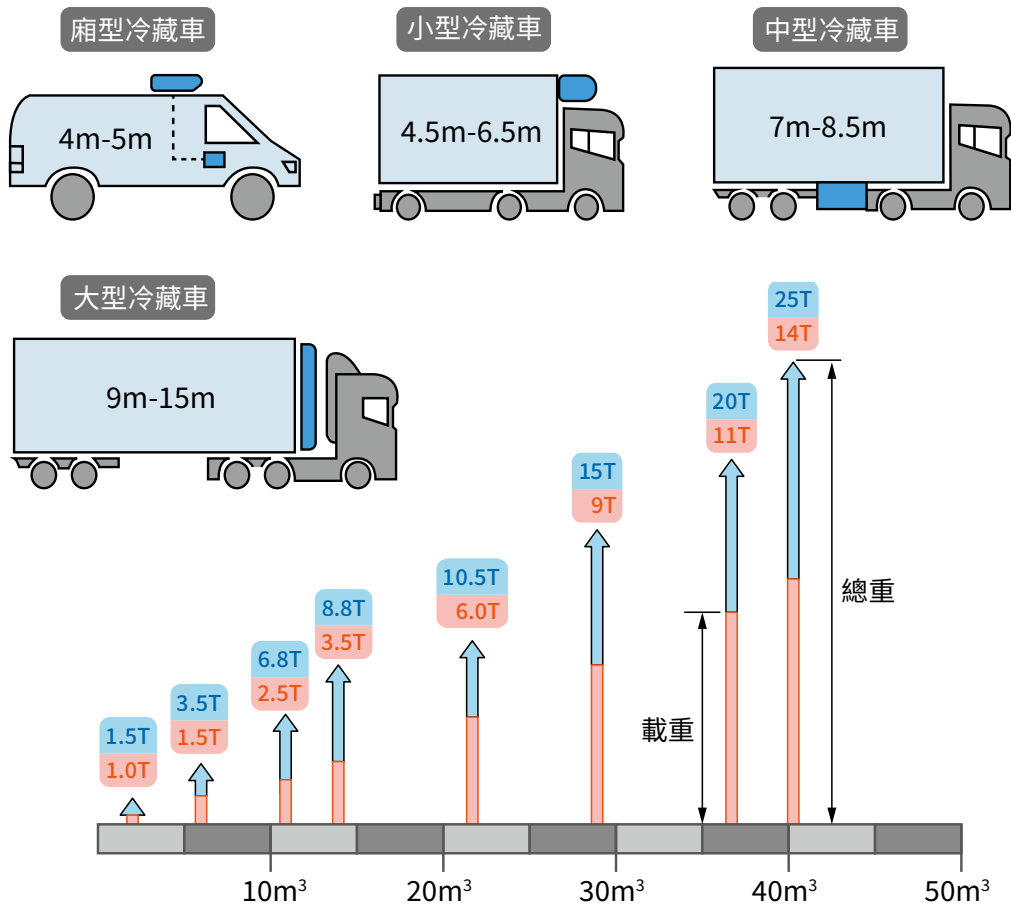
■ 以使用溫層分類

低溫運輸車輛依據溫層分為保冷車、冷藏車，冷凍車。保冷車只有絕熱車體，不具製冷機組。食品安全法規定義低溫食品包括冷凍食品（食品中心溫度須維

持在 -18°C 以下) 和冷藏食品 (食品中心溫度須維持在 7°C 以下, 凍結點以上) 。習慣上以 0°C 為界分為冷凍車與冷藏車。

■ 以車型分類

1. 廂型冷藏車 (reefer van) : 車廂與冷藏空間一體, 為配送用的小型冷藏車。
2. 冷藏貨車 (reefer truck) : 由貨車車架承載的冷藏車廂, 車輛載重量 (包括冷藏車廂體與製冷機組) 從 2 至 26 公噸不等。5 公噸以下的冷藏車用於配送, 5 至 10 公噸適合中短距離的點對點運輸, 10 至 26 公噸者大都用於長距離的低溫運銷。
3. 冷藏拖車 (reefer Trailer) : 由曳引車 (拖車頭) 與冷藏拖車構成, 兩者可以分離, 駕駛需要拖車駕照, 為運輸業使用。



冷藏車的車型。(來源: 李允中; 經重製)

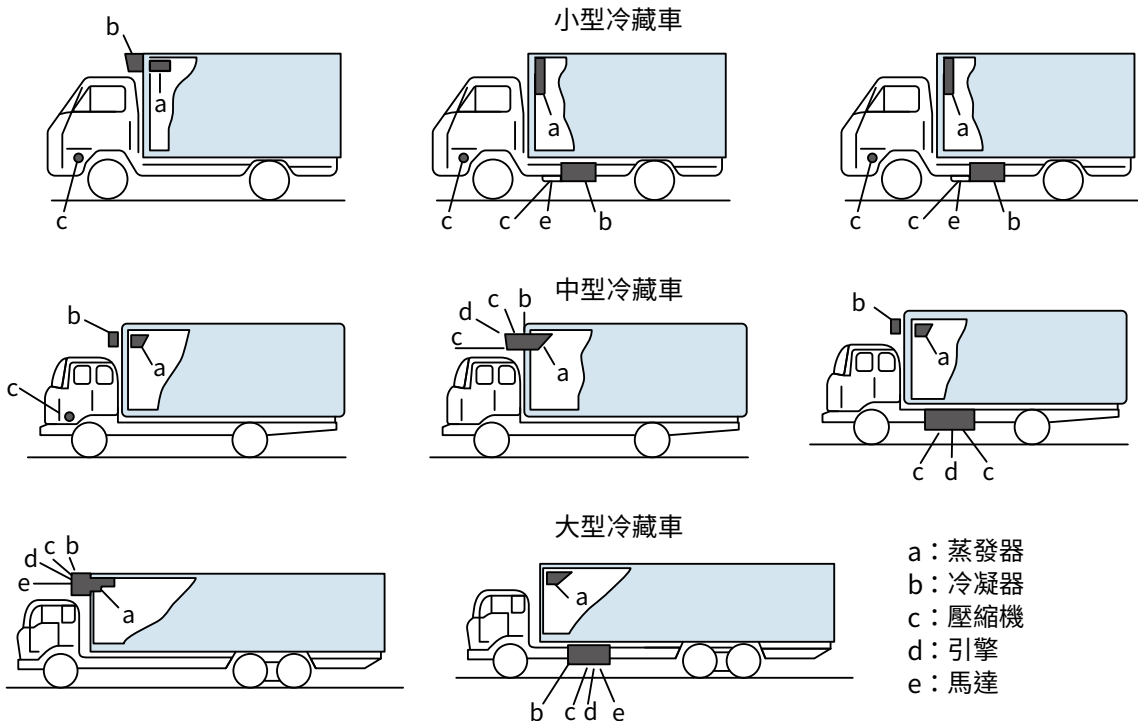
■ 以製冷方法分類

冷藏車依使用之冷凍裝置可分為下列各類：

1. 機械式冷藏車：裝設冷媒壓縮機之冷藏車。
2. 蓄冷式冷藏車：使用共晶板（eutectic plate）冷卻，大都用於配送車。
3. 液氮式冷藏車：在保冷車內噴射液態氮，利用液態氮吸熱來冷卻。
4. 其他：使用冰或乾冰的冷藏車。

■ 以壓縮機動力源分類

中小型冷藏車的壓縮機由車輛行駛引擎帶動，較大型者使用獨立引擎。又有由行駛引擎帶動發電機充電於車輛電池，用電來運轉電動機傳動到壓縮機，近年來更有單獨使用的充電電池。車輛停車時沒有動力源供給壓縮機，可以使用車外的電源運轉電動機。使用獨立引擎為動力源者不受車輛是否行駛影響，但停車運轉時要注意廢氣的排放。



各類型蔬果冷藏車的動力與機件配置位置圖。（來源：李允中；經重製）

作業要點

■ 冷藏車的預冷

冷藏車的製冷機組較小，且冷藏車體的表面積與體積比較大，通常要將車體降溫需要約 30 分鐘。使用冷藏車之前需要先預冷，待冷藏車體冷卻後在裝載，裝載時若非在低溫，內部車廂體板容易有冷卻水凝結。

■ 冷藏車的裝載

冷藏車裝載最好與低溫的裝載月台對接，裝載時製冷機組應停機，以免吸入外界的熱空氣。裝載完成再開製冷機組，運轉 30 至 60 分鐘後，做第一次的除霜。

■ 冷藏車的冷氣循環

貨品裝載需留有頂部空間以作為通風道，靠近蒸發器出風口位置時常溫度太低，可以部分覆蓋絕熱材料避免低溫對蔬果產生的寒害。大型冷藏車內部的車廂頂可以用塑膠布等軟性材料，作為風管延伸至超過車廂長度的一半。

■ 開門的侵入熱

冷藏車開門時大量熱空氣快速侵入，常需較長時間冷卻。避免開門，縮短開門時間。在門上裝置條簾或空氣簾以減少熱氣侵入。在使用上因配送需要經常開門的冷藏車，應使用較高能量的製冷系統。

參考資料

- 李允中 (1989)。低溫運輸設備。張炳陽等編，*生鮮食品低溫運銷設備*。新竹：食品工業發展研究所。
- 盧佛青 (2019/5/30)。KYOKUTO 極東開發全新輕量化自動升降尾門 Power Gate GII 1000/GIII 1000 在日本發售！*商業車誌*。http://www.cvn.com.tw/cgi-bin/news.cgi?b905005950005 (擷取日期：2024/1/16)。
- 聯倡股份有限公司 (n.d.)。冷藏冷凍車。https://upc88.web66.com.tw/web/NMD?postId=466793 (擷取日期：2024/1/16)。

延伸閱讀影片

■ 農產品運銷系列課程 – 冷鏈設施（備）線上課程

1. 冷鏈中的低溫環境設備：本課程介紹冷鏈中常見的低溫環境設備，與冷鏈設備常用的環境溫度調節系統，並以低溫蔬果包裝場、低溫截切蔬菜包裝場及低溫批發市場，說明環境溫度調節系統的應用實例。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/152/attend>

2. 農產運銷批發市場冷鏈設備：本課程以日本農產批發市場為主軸，介紹批發市場類型、功能、相關人員、日本政府推行的冷鏈計畫，以 8 個日本批發市場作為案例，說明其應用的冷鏈設備。並以日本較新式的福岡中央批發市場青果市場作為規劃案例，解析其所應用的建築與設備，最後說明批發市場常用的區域隔間結構。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/149/attend>

■ 農產品運銷系列課程 – 採後處理線上課程

1. 農產品冷鏈管理基本原則：本課程介紹冷鏈原理的介紹、農產品系統的主要變化和趨勢、為何需要冷鏈、冷鏈需求成長的原因、各國冷鏈應用情況、冷鏈技術的實地應用、冷鏈貯藏的問題。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/91/attend>



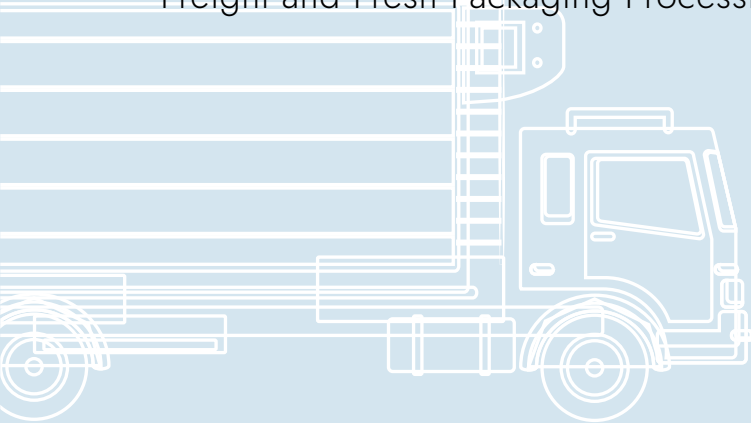
第五章 加工處理場設備

第一節

集貨與 生鮮包裝處理場



Freight and Fresh Packaging Processing Facility



國立屏東科技大學農園生產系
梁佑慎 教授



使用目的

清理 (washing and cleaning) 包括清洗 (washing) 與整理 (triming) ，目的在於清除污垢 (土壤或灰塵) 、產品表面殘留之農藥、病原菌及蟲害以及果實本身之果蠟 (以利人工上蠟) ，保持產品清潔衛生，維持產品品質。

設備種類

機械清洗根據原料耐壓耐摩擦程度、組織之表面狀態以及汙染程度之不同，可採用不同清洗機械。常用之清洗機械有以下幾種：

■ 輪軸刷式清洗機

輪軸刷式清洗機由一對上下配置、轉動速度不同之輪軸組成，輪軸上裝有毛刷或海綿狀橡皮刷，依靠水和毛刷清洗外型較不複雜之蔬果種類，還可除去根菜類之根毛，清洗胡蘿蔔、蘿蔔時之效率可達 1500 至 3000 kg/h。

■ 滾筒式清洗機

滾筒式清洗機由一個網狀旋轉之圓筒組成，依靠蔬菜在筒中來回滾動相互摩擦清洗。



胡蘿蔔水洗毛刷清洗作業。(來源：梁佑慎)

■ 剝皮清洗機

剝皮清洗機以快速輪子為主要零件，旋轉 2 次就可完成剝皮或清洗。洋蔥剝皮時使用壓縮空氣吹入蔥皮之孔隙，旋轉時把皮剝下。胡蘿蔔、山藥清洗時則以水作為介質。

■ 噴射式清洗機

蔬菜放在網狀輸送帶上，在輸送過程中受到高壓水沖洗，這種機械用於清洗形狀不規則之蔬菜。

■ 超聲波清洗裝置

由設置在水中之高頻震源產生壓力，使蔬菜表皮上之污垢脫落，適用於葉菜等形狀複雜之蔬菜。若在裝置底部安裝壓縮空氣噴管，通過壓縮空氣，可進一步增強清洗效果。

■ 空壓機

利用空壓機強力風壓直接對著蔬果表面噴吹，清除果實表面和果梗凹陷處的灰塵、髒污和蟲體，主要應用於外表具有凹陷構造不易清潔之果實產品。

■ 乾式輪軸刷式輸送帶

部分蔬果產品不適合水洗，利用乾式輪軸刷附載於輸送帶上，利用毛刷清潔產品表面，並配合風扇吹除灰塵達到清潔之目的。



A. 鳳梨釋迦果實利用空壓機噴吹清理作業。

B. 鳳梨果實空壓機噴吹清理作業。（來源：梁佑慎）



柑橘類輸送帶軟質毛刷清理機。（來源：梁佑慎）

應用範疇

蔬果之清洗方法分為手工清洗和機械清洗。手工清洗較適合易受損傷之果實，如楊梅、櫻桃或草莓等，簡單且易操作，節省設備成本，適用於任何種類之產品，但勞動力大，無法連續作業，效率低。機械清洗效率高，是自動化生產之主要清洗手段。

運作機制

■ 清潔

1. 清洗之方法可分為浸水及沖洗（可添加低濃度之氯或抑菌劑）或乾刷及濕洗。
2. 蔬果清洗時，於水中添加化學抑菌劑可增強清洗效果。
3. 目前常用之抑菌劑有氯化物（次氯酸鹽、氯氣、二氧化氯等）和臭氧等，均為廣效性降解塊之抑菌材料，可根據實際情況加以選用。
4. 不適合水洗之產品，可藉由空壓機噴吹表面灰塵或蟲體，或藉由軟質毛刷刮除表面灰塵髒物。



葉菜類集貨場清洗整理作業。（來源：梁佑慎）

■ 整理方法與程度

1. 青果類

- (1) 果萼處剪斷。
- (2) 果柄切口需平整光滑。
- (3) 香蕉分把後立即放入池水中。

2. 蔬果類

- (1) 葉菜類其黃葉、老葉、腐爛葉要完全去除，帶根之蔬菜如芹菜、蔥蒜等，需將鬚根剪短。
- (2) 花果菜類，如番茄、苦瓜、絲瓜、茄等，需將果梗及果蒂剪平；花椰菜梗，留長 10 公分並修剪齊一；青花菜不留外葉，莖長留 15 公分。
- (3) 根莖菜類，蘿蔔葉部留 8 公分以下；胡蘿蔔葉部完全切除；球莖甘藍保留頂部葉柄約 5 公分；大心芥菜留 1/3 的葉片，莖基部約 2/3 的老葉完全切除；嫩莖萵苣留頂部約 1/5 的葉片，其餘莖基部葉片完全切除。

3. 切花類

- (1) 莖基部或花梗基部切口需平整。
- (2) 莖基部葉片應去除（約 10 公分），例如菊、玫瑰。

作業要點

1. 近年來一些去汙能力強之脂肪酸系列清潔劑如單酸甘油酯、蔗糖脂肪酸酯等也應用於生產上，清洗時必須使水流動或原料震動和摩擦，以提高清洗效果。
2. 蔬果原料清洗過程中應注意清洗用水之清潔，並適時更換，必要時可加入殺菌劑，以防止病原菌之交叉感染。
3. 清洗對於去除汁液（例如芒果）、泥土（例如胡蘿蔔）和灰塵（例如香蕉），使用乾淨的水是必不可少的，否則真菌和細菌可能會增加。



A. 香蕉切口乳汁沉澱與清理池。

B. 清洗抑菌風乾作業系統。（來源：梁佑慎）

參考資料

- 謝江漢、鍾克修 (1992)。《園產處理與加工》。臺北：地景企業股份有限公司。
- 饒景萍 (2009)。《園藝產品貯運學》。北京：科學出版社。
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., and Joyce, D. C. (2007). *Postharvest - An Introduction to The Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. New South Wales: University of New South Wales Press Ltd.

選別

使用目的

選別主要是將不符合鮮食市場需求的產品剔除，包括病蟲害、發育不良、成熟度不足或過熟、機械損傷、不美觀之產品。

設備種類

目前選別作業主要以人工選別操作為主，因人工操作靈敏度、輕巧度和準度是機械選別無法取代，但隨著 AI 智慧機械的發展，應有機會逐漸取代人工。

應用範疇

選別作業可於田間或集貨包裝場進行。田間選別因作業環境不良，作業時間短，選別效率較差；集貨包裝場選別因有選別台且作業環境明亮，選別效率較佳。

運作機制

利用明亮的選別作業環境，以人工選別進行產品外觀判斷，針對農園產品外觀進行病蟲害有無、發育成熟度、機械損傷和其他影響消費者喜好之外觀判斷，以符合市場與消費需求。

作業要點

1. 作業環境要明亮，由於人工選別以眼睛進行外觀判斷，若環境昏暗則影響作業人員的判斷，且導致作業人員眼力疲勞，無法長時間操作。故集貨包裝之選別作業區要有明亮的照明。
2. 選別檯的作業高度須配合操作人員，以方便長時間站立或坐的高度為主，選別作業檯不宜太高或太低。

3. 輸送帶作業檯之輸送速度須適當，根據作業檯上的作業人員與輸送帶上貨量而定，以免輸送帶速度太快，影響選別效果。
4. 大部分的選別作業於分級之前進行，少部分因外銷或預冷後包裝作業時，可再進行二次選別的操作，剔除不良產品。



- A. B. 選別作業環境要明亮清潔且照明充足。
- C. 作業檯高度以操作人員操作方便為主。
- D. 作業平臺需有保護墊避免產品擦壓傷，作業人員注意衛生安全。（來源：梁佑慎）

分級

使用目的

由於蔬果在生長發育過程中受到外在環境和內在生物等多種因素影響，即使在同一株樹上之果實或同一塊地上生產之蔬菜外觀和風味等品質表現都不一樣，導致採收時大小混雜、良莠不齊。為使產品標準化、規格一致，便於包裝、貯藏、運輸和銷售，藉由分級使產品品質等級明確，實現等級與價格對等之目的。

設備種類

分級方法可分為人工分級與機械分級。人工分級主要是藉由目視或借助分級板，按顏色、大小將產品分為若干等級。其優點為能夠最大限度地降低機械性傷害，缺點為工作效率低，級別篩選誤差可能較大。機械分級之優點為工作效率高，且目前多採用微電腦控制，精準度高，誤差小。

■ 重量分級

根據產品重量進行分級機械，廣泛應用於水果和蔬菜的分級，將各別的產品單獨裝入載台上利用砝碼或微電腦計量。另有，利用扣重方式快速計量的重量分級機，此須配合人工操作。

■ 大小分級

大小分級機主要利用果實橫徑或縱徑長短進行分級，適用於表皮結實不易受傷或加工用產品。此類分級機結構相對簡單、故障較少、工作效率高，但針對果形不整齊之產品容易產生誤差。

■ 圖像視分級系統

系統由 CCD 鏡頭、檢損裝置、輸送帶、微電腦及電器控制器等元件組成。可針對產品外觀形狀；重量和內部品質進行判斷，應用上具有精準和穩定特性，且可同時判斷外觀重量、大小、顏色，以及內部機械損傷、可溶性固形物等特性。搭配微電腦選別功能，將選別分級同時完成。



- A. 語音分級機適用特殊果形之產品。
 B. 洋蔥球徑大小分級機。
 C. 微電腦重量分級系統。（來源：梁佑慎）

應用範疇

依據產品特性利用不同的分級模式，大部分的水果和瓜果類產品利用大小、重量和顏色等標準進行分級；切花則利用花徑長度、花徑大小、花梗上的小花數量、分叉支數和葉片大小等進行分級；蔬菜因種類繁多，分級標準多元，葉菜類較少進行分級作業，花菜則根據花球完整性、花球大小、花球重量、小花開放程度等。

運作機制

根據產品外觀特性使用不同的分級方式，水果產品與蔬菜瓜果類、根莖類可利用機械分級方式，切花和部分蔬菜產品則利用人工分級為主。



小黃瓜人工分級作業。（來源：梁佑慎）

作業要點

1. 由於部分蔬果產品生產具有季節性，分級機械使用後閒置一段時間，產季開始前與結束後的分級機械保養十分重要，卻也常被忽略。建議分級機械需要定期保養清潔，以維持最佳準確度。
2. 機械分級因輸送帶的滾動或載台上的滾落而具有衝擊力，容易造成蔬果產品的機械性損傷，故建議產品在分級機滾動或滾落過程接觸區塊增加保護軟墊或泡棉，降低蔬果產品滾落的衝擊力道，減少機械損傷。
3. 利用載台進行重量分級時，應確保每個載台上只有 1 個產品，避免因載台上放置 2 個以上的果實造成重量分級判斷錯誤，可以利用人工輔助確保載台上產品數量。
4. 分級機械系統皆須定期進行校正作業，因機械長期運轉震動造成分級精確度失準，故須定期進行校正作業，以確保準確度。

使用目的

部分種類水果因成熟度或轉色不一致，影響銷售品質。為此利用人工添加乙烯或乙烯類似物於貯藏環境中，促使水果後熟一致，果皮退綠轉色均一，達到色澤和品質一致的商業品質。

設備種類

■ 碳化鈣

碳化鈣 (CaC_2) 俗稱電石。當塊狀的碳化鈣與水或空氣中水蒸汽反應會產生乙炔，乙炔在與果實進行乙烯反應，促進果實的後熟。主要應用於木瓜、芒果、香蕉等更年性果實催熟。唯高濃度的乙炔會有易燃閃爆現象，須注意使用安全。

■ 益收 (Ethphon)

2-氯乙基磷酸 (2-chloro ethylphosphonic acid) 為一種能夠釋放乙烯的溶液，使用相對方便。當益收加水稀釋後呈現中性或微鹼性時會迅速釋放乙烯氣體。

■ 乙烯產生器

利用純酒精 (90% 以上) 加熱到 400°C 以上，利用氧化鋁作為催化劑製備，將酒精脫水產生乙烯氣體，促進果實後熟或轉色。可根據催熟庫大小置入適量的酒精進行乙烯氣體生成。

■ 精密乙烯催熟庫

利用具有良好氣密與隔熱設計之催熟庫，內裝有風扇、溫控設備、濕度控制器及釋放乙烯與換氣通道。風扇之設計必須具備有每分鐘交換整個催熟庫容積空氣的能力，使乙烯氣體能與產品均勻接觸。



A



B



C

A. 木瓜利用碳化鈣催熟處理。
B. 簡易催熟庫。
C. 乙烯產生器。(來源：梁佑慎；C 經重製)

應用範疇

針對更年性果實如香蕉、芒果、木瓜等，採收時尚未後熟，所以須在上市銷售前進行催熟處理以達到符合市場需求的品質，又或是非更年性的柑橘類，採摘後退綠不均須利用外加乙烯促進轉色，達到符合消費者的需求。

運作機制

更年性果實後熟反應與非更年性果實退綠都是由乙烯反應引起，自然情況下果實可內生乙烯啟動相關反應。為符合商業操作則利用外加乙烯方式，誘使果實啟動後熟，使成熟度不均一的果實能後熟一致，果實退綠轉色均一。植物體的乙烯反應可由乙烯、丙烯、乙炔、丁烯、乙醇等氣體誘導啟動，但乙烯的效率最佳。

作業要點

1. 碳化鈣：一般利用透氣佳的紙類包覆 2 至 3 塊 50 元硬幣大小的塊狀碳化鈣，於果實裝箱時放入催熟；若為催熟庫催熟，則建議以催熟果實重量的 1% 為碳化鈣用量，加入適當水量，因庫內累積大量乙炔須注意安全，避免火花氣爆。一般電石的用量約為 100g 處理 10 公斤果實。
2. 益收 (ethphon)：一般商業益收生產素產品的有效濃度約為 39%。應用於催熟時，視催熟環境溫度使用 1500 至 4000 mg/kg 益收濃度，溫度愈低則濃度愈高才能達到效果。益收溶液配置後，均勻的噴灑在果實上，使其後熟一致，轉色均勻。配置好的溶液應盡速使用，建議在 3 小時內使用完畢，避免失效。
3. 乙烯產生器：乙烯產生器為目前商業催熟最常應用的設備，利用冷藏庫配合乙烯產生器即可當作催熟庫使用。根據產品特性使用乙烯濃度，通常在 1 至 5000ppm 之間。乙烯產生器作動時，添加 90% 以上純度之酒精，催化溫度應為 400 至 450°C，需添加適量的氧化鋁進行催化。
4. 精密乙烯催熟庫：大規模、經常性作業場域應配備精密乙烯催熟庫，乙烯來源可利用乙烯氣體鋼瓶或乙烯產生器，配合良好的空氣流通設計，使乙烯可與反應產品均勻接觸，後熟和催色效果優於其他作業方式。
5. 催熟與催色效果受催熟溫度、相對濕度和使用乙烯濃度影響，同時乙烯或乙烯類似物處理 24 小時後，應進行適當的換氣，將乙烯氣體移除導入外在空氣，避免氧氣濃度過低或二氧化碳濃度太高造成逆境傷害。

參考資料

- 謝江漢、鍾克修 (1992)。《園產處理與加工》。臺北：地景企業股份有限公司。
- 趙麗芹 (2005)。《園藝產品貯藏加工學》。北京：中國輕工業出版社。

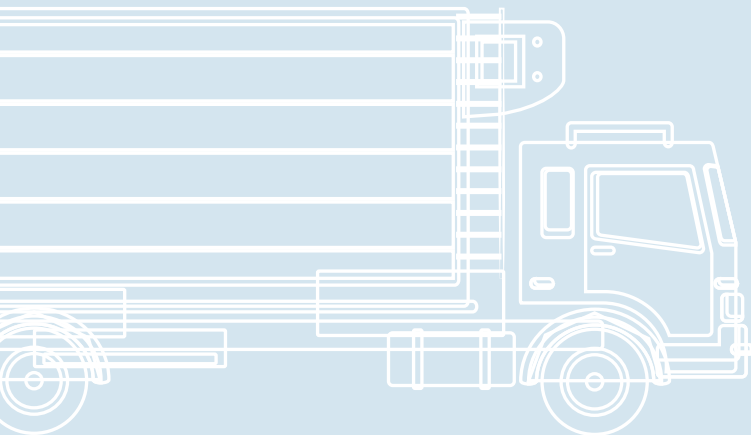


第五章 加工處理場設備

第二節

截切包裝場

Trimming and Packaging Facility



財團法人台灣優良農產品發展協會
楊聰賢 副執行長



場域範圍與功能

截切包裝場泛指從事各類蔬果採收後之選別、修整、截切、清洗、瀝乾去水後包裝之生鮮截切蔬果產品的場域。但依產品特性，未經截切之芽菜或僅去蒂、去皮之蔬果亦可包括在內。

截切蔬果產品大多是以生鮮、方便使用和均衡飲食為訴求。由於產品在製作時已先行將蔬果不適食用的部分去除，留在產地做堆肥或其他再利用，因此又符合減廢減碳的農業永續經營概念。截切蔬果產品主要分為兩大類，包括：

1. 非供即食須進一步加熱烹調處理的截切蔬菜（如提供食品加工廠、餐廳、醫院、學校午餐等團體膳食單位的業務用包裝產品，和提供家庭用的小包裝產品）。
2. 可供即食的生菜沙拉、截切水果及熟食用生菜沙拉等。

兩者主要的差異在於製造過程中對於截切蔬果產品微生物的控制，尤其是對於蔬果本身所帶進來之病原菌的控制。非供即食者，由於食用前還會有加熱烹調處理，故對於微生物的控制比較沒有要求；而可供即食者，由於食用前已不再進行任何可殺死微生物之處理，所以對於產品微生物的控制就要很小心，所以製程中通常會在清洗步驟中增加去除病原菌和降低微生物的處理。

場域作業流程

截切包裝場場域依其產製產品之作業流程一般規劃為：原料進場驗收區、預冷區、原料冷藏庫、原料前處理區（包括選別，修整，去蒂、皮、外葉或梗等不適食用者，或截切前清洗）、截切區、清洗區、包裝區和成品冷藏庫等，另外為了確保產品之品質及衛生安全，也會增加品管檢驗室的設置。

常見非供即食的截切蔬菜之作業流程，使用設備和衛生管理的清潔度區分，如下圖 A。另外，常見可供即食的截切水果之作業流程，使用設備和衛生管理的清潔度區分，如下圖 B。兩者主要的差異在於非供即食的葉菜類一般是先截切再清洗，而可供即食的水果類因組織含水和糖分多，通常則是先清洗外表後再去皮截切、不去皮截切，或不去皮也不截切即進行後續作業，如圖 A 與圖 B 中紅

Ⓐ

非供即食的截切蔬菜作業流程範例



Ⓑ

可供即食的截切水果作業流程範例



(來源：楊聰賢；經重製)

色線段標註。因此，兩者在作業環境的衛生管理和區隔方式，以及製程中的清洗作業也會有所不同。常見可供即食的截切蔬果於第二清洗槽中會添加含氯清潔消毒劑，並於第三清洗槽再以乾淨的水漂洗去除，以確保產品符合食品衛生法規可供即食食品的衛生標準。衛生福利部訂有「食品用洗潔劑衛生標準」，其附表二「用於清洗食品之主要消毒成分」明訂殘留濃度需在「總有效氯 1ppm 以下」。

另外，為了能有效地進行場域的維護和衛生管理，通常會依各個區域作業特徵及產品型態之清潔程度要求不同，加以有效區隔及管理。一般可區分成一般作業區、準清潔作業區、清潔作業區及週邊設施區。各區所包括的流程或區域大致歸類如下：

1. 一般作業區：原材料驗收區、預冷區、原材料前處理區（包括：選別、修整、截切前清洗）、外包裝區、成品冷藏庫、原料冷藏庫及資材倉庫。
2. 準清潔作業區：非供即食截切蔬菜清洗、離心去水、包裝區；或可供即食的截切後生菜沙拉之清洗區域；或可供即食截切水果原料的清洗區域。
3. 清潔作業區：可供即食產品（如生菜沙拉，熟食用生菜沙拉）內包裝區。
4. 週邊設施區：非直接處理產品之作業區域，例如品管（檢驗）室、更衣室、洗手消毒室、機電室、廁所及辦公室等。

場域使用設備

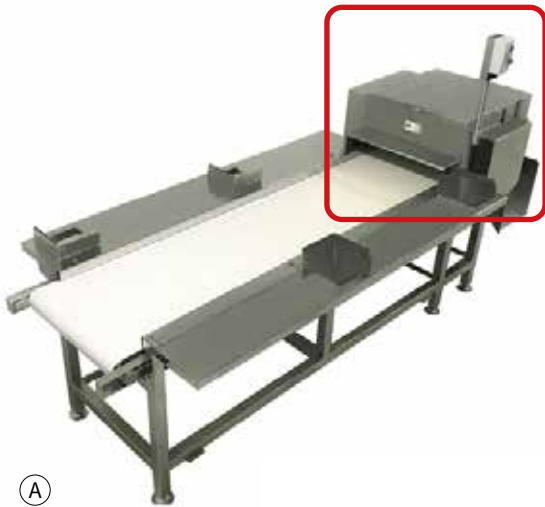
隨著蔬果特性（包括形狀，組織軟硬程度，是否需去皮，以及表皮是否具纖毛等），以及可食用部位的不同，截切蔬果包裝場前處理區進行之加工步驟和後續使用之截切設備、刀具以及清洗設備等就會有很大的差異。

■ 預冷設備

截切蔬果場的預冷作業使用之設備與使用目的均與「集貨與生鮮包裝處理場」大致相同，請參考本指引中「集貨與生鮮包裝處理場」內有關預冷設備之說明。

■ 截切設備

1. 使用目的：蔬菜截切設備使用的目的是將原料蔬菜依產品可食用部位及所設定規格裁切成絲丁條片或塊等形狀的設備，主要是為了方便後續之清洗與食用。由於水果本身外觀形狀、大小，是否去皮去籽等特性的差異，以及所設定規格的不同，大多還是採取人員手工裁切方式進行。
2. 設備種類及應用範疇：常見的截切設備有輪刀機（亦稱滾刀機）和盤狀切菜機兩種如下圖 A 和圖 B 所示。輪刀機，係由一組圓形刀片組成，如圖 C，大多依固定間隔排列，比較專一適用於葉菜類，強調切出來的葉菜規格一致且可大量處理，快速裁切。盤狀切菜機常設計成可適用於葉菜、瓜果和根莖類等，且可依據不同產品、尺寸切割需求，配置切絲、切片或切塊刀組，適用範圍較廣。



(A)



(B)



(C)

- A. 輪刀機（標註紅色線框）。
- B. 盤狀切菜機（標註紅色線框）。
- C. 輪刀機的切菜刀組。（來源：景宏食品機械工業有限公司，2024/1/16；A、B 經重製）

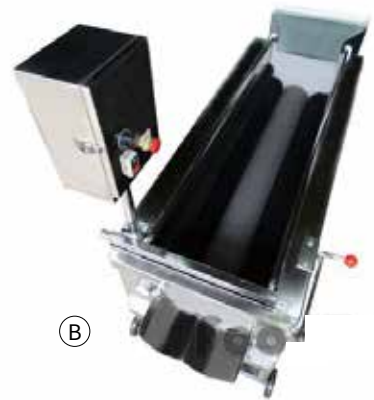
3. 運用機制及作業要點：蔬菜截切設備通常具有強大的切割能力和高效的生產能力，其運作原理是通過旋轉刀片或刀盤來將蔬菜切成所需的形狀和大小。一些蔬菜截切機具有可調節的切割模式，可以根據需要調整切割厚度和形狀，也常應用於各種食品加工工廠，如冷凍食品加工廠、罐頭食品生產廠等。此外，一些蔬菜截切設備還具有安全設計，如防護罩和安全開關，以確保操作人員的安全。使用蔬菜截切機時應該遵循機械製造廠商所提供的操作手冊上的指示，並注意安全操作。

■ 清洗設備

1. 使用目的：截切蔬果清洗設備使用的目的在於清除蔬果表面的污染和殘留物，包括沙土、雜草、蟲體或蟲卵等，以及蔬菜切割後切口殘留的組織液，以確保產品的衛生安全。
2. 設備的種類及應用範疇：如同截切設備，截切蔬果的清洗設備也有很多種，不過基本上大都是結合高壓噴水、毛刷、強制渦流或翻動，以及流水清洗等功能，並配合輸送帶輸送達到連續清洗截切蔬果的目的。常見的截切蔬果清洗設備大致可以分成批式和連續式兩大類。
 - (1) 批式的清洗設備大多是配合人工輔助作業設計成三槽式清洗槽，如下圖 A 所示。適用於各類蔬果，少量多樣化的清洗，有些根莖類經削皮切塊後的洗淨則多採用單槽式；通常會結合強制送風產生的氣泡，或者是連續式的水流繞動，來強化清洗效果，同時避免截切的蔬果組織受傷。
 - (2) 連續式的則有軟毛刷清洗機、高壓噴水水流式清洗機、多槽式翻動清洗機等。
 - A. 軟毛刷清洗機，如下圖 B 所示，適用於根莖類產品如馬鈴薯、胡蘿蔔、芋頭、甜菜根等以及瓜果類如彩椒、小黃瓜、水果等的外部清洗。一般配置 4 支或 5 支滾軸，滾軸上可配置塗有金鋼砂（碳化矽）或軟式刷毛，若配置塗有金鋼砂（碳化矽）者，則兼具去皮的功能。
 - B. 高壓噴水水流式清洗機，如下圖 C 所示，通常設計為三槽式：第 1 槽預洗；第 2 槽加清潔劑或不加清潔劑清洗；第 3 槽則再進 1 步漂洗，對於添加清潔劑清洗的作業流程，第 3 槽的漂洗尤為重要。為了確保截切後蔬果的洗淨效果，通常會在水槽上方加設噴水洗淨裝

置，另在底部加裝可產生氣泡或渦流的設計，使產品在水中溫和翻轉和充份洗淨。

- C. 各別洗槽之間利用輸送帶傳送截切或未經截切的蔬果來達到連續清洗效果，然為避免各水槽間的交叉汙染，通常會在輸送帶上方加設高壓噴頭裝置，除強化清洗效果外，也可以去除前一水槽清洗時附著於產品上較不潔的水，以確保後續清洗水槽水質的潔淨。
- D. 此外，為達連續洗淨同時確保清洗水質的潔淨，通常會在水槽側邊設置懸浮物過濾槽，漂浮物可從側邊過濾槽排出。而洗淨槽底部也會配置過濾槽，將清洗下來質量較重之泥沙、小石頭、沉澱物等從底部的排水管集中排出，以防止沙粒返回到洗淨槽的水流中。
- E. 多槽式翻動清洗機，如下圖 D 所示，可依需求設計成雙槽、3 槽、4 槽、5 槽或 6 槽，利用強力渦流循環水來達到清洗效果，適用於各類截切蔬果批次量多段式洗滌。各槽的清洗水是獨立的，後槽用水可排向前槽使用，以節省用水。



- A. 批示清洗設備。
- B. 軟毛刷清洗設備。
- C. 高壓噴水水流式清洗機。
- D. 四槽式多功能蔬果洗淨機。（來源：景宏食品機械工業有限公司，2024/1/16；經重製）

設施規劃要點

■ 依作業流程不同清潔度要求進行區隔

截切包裝場產製提供消費者食用的產品，故其場域的規劃基本上需要考量如何確保所產品的衛生安全，避免產品於產製過程中受到污染，因此在場域規劃時建議依照作業流程清潔度要求的不同先進行區隔，如本篇「場域作業流程」中說明。

■ 場域人流和物流動線

1. 物料動線：從一般作業區→準清潔作業區→清潔作業區→成品冷藏庫。
2. 人員動線：理想狀況是從清潔作業區→準清潔作業區→一般作業區。

■ 用水和排水

1. 截切包裝場產製過程中會使用到大量的水，依據食品法規規定，可能與食品接觸的水或冰塊或清洗機械設備的水均應符合飲用水標準，因此用水的來源需要慎選，並於後續實際生產時定期監測。
2. 截切包裝場產製過程中還會排放出大量含有菜渣和有機質的水，因此在規劃場域時，應同時考量場域內水溝設置的位置，並加設菜渣收集柵欄，排水流向，排放水收集處理位置，以及是否需進一步處理再排放，和排出的水不得汙染到灌溉用水等。排水溝的設計、數量和排水方向應能迅速將水排出。
3. 排水的方向儘量和人員的動線一致。

■ 進氣與排氣

1. 截切包裝場產製過程中由於會使用到大量的水，因此空氣中會有大量的水氣（潮濕），尤其是進行截切蔬果清洗區域，應儘速排出，所以規劃時建議配合產能設計進氣與排氣裝置。
2. 進氣的空氣動線也應儘量與人員動線一致。

整體設施規劃時還應考慮作業人員之出入、休息、如廁等動線，以及廢棄物

之暫存地點與搬出動線。儘量避免人員可以很自然地從一個區域移動到另一個區域，可以在中間設置門扉、回旋門、遮牆、空氣簾、潔塵間等緩衝室。

除了前述於場域設置初期即應重點規劃清楚外，其餘場域硬體設施的要求如下：

1. 應有足以容納各項設備及作業人員操作之空間。
2. 一般作業區之作業檯面照度應在 110 米燭光以上；準清潔作業區作業檯面則應在 220 米燭光以上；照度以距地板 110 公分處所讀之值為準；照明設施宜使用吸頂式或隱藏式以防積塵。
3. 地面應平而不滑，並應有 1/100 以上的斜度以利排水；若使用地磚者其接合處之隙縫宜用不透水材質補平，以防積水及污垢產生。
4. 排水系統應暢通，溝底應有適當之圓弧，排水出口應有防止病媒侵入的設施，並有避免溝水倒灌及臭氣產生，且不得在溝內裝設任何配管，其排水方向應由（準）清潔作業區流向一般作業區，排水斜度宜在 1/100 以上。
5. （準）清潔作業區之屋頂若為力霸或 A 型架構者，應加設平滑易清洗之天花板；若使用鋼筋混凝土構築者，室內屋頂應平坦無隙縫。
6. 空調風管、配管不得設於（準）清潔作業區生產線之正上方，否則應有適當的防止灰塵及凝結水掉落的設施。
7. （準）清潔作業區域樓板或天花板應使用白色或淺色防水且易清掃之材料構築，不得有長黴或成片剝落的情形；（準）清潔作業區生產線曝露之正上方亦不得有結露現象。
8. （準）清潔作業區牆壁、支柱面應為白色或淺色，離地面至少一公尺以內之部分應使用非吸收性、不透水且易於清洗之材質構築，其表面應平滑無裂縫且經常保持清潔。其與地面接合處宜有圓弧（曲率半徑 5 公分）設計，以避免積水。
9. 通風及排氣應良好，通風口及排氣口應保持清潔，且應有防病媒侵入措施。
10. 蓄水池（塔）應保持清潔每年至少清洗消毒一次，並製成紀錄。

11. 門、窗、換氣口及其他對外界開放的地方，應具有防止病媒侵入之設施；進出通道應使用可關閉之門扉或空氣簾。
12. 作業流程配置應順暢，不得有交叉污染情形。
13. (準) 清潔作業區應放置酒精噴壺，以利員工定時消毒手部，並加以標示清楚以防誤用。
14. 倉儲設備：依原料、半成品及成品等性質之不同，應設置原物料倉庫及低溫倉庫（冷藏庫或凍藏庫）。
 - (1) 應有足夠空間及適當設施分類存放，並明顯標示。
 - (2) 庫內應設置足夠之棧板或貨架，儲存之物料應離牆且離地 5 公分以上，並保持清潔。
 - (3) 應有防止病媒侵入之設施。
15. 蔬果原料倉儲
 - (1) 冷藏庫應有使製品之中心溫度保持於 7°C 以下，凍結點以上的功能，冷凍庫溫度應能使產品溫度保持於 -18°C 以下之能力。
 - (2) 應裝設可顯示庫內溫度之溫度顯示器或溫度自動記錄儀。
 - (3) 低溫倉庫應裝設緊急警報器或逃生裝置，以利倉儲人員於緊急狀況下使用。
 - (4) 應備有緊急供電設施（發電機），以供停電時低溫倉庫使用。
16. 洗手消毒室
 - (1) 應於 (準) 清潔作業區之入口處單獨設置，以利員工進入作業場所時洗手使用，員工應經洗手消毒後方可進入作業場所。
 - (2) 洗手設施應採用腳踏式、電眼式或臂動式水龍頭、液體洗潔劑、烘乾機或擦手紙巾等設施。應設置泡鞋池並應設置泡鞋池或同等功能之潔淨鞋底設施，在設置泡鞋池時，若使用含氯消毒劑，有效餘氯濃度應維持在 200ppm 以上。洗手台應使用非吸收性、不生銹之材質構築。
 - (3) 應於洗手台上方明顯處標示正確且易懂之洗手方法。
17. 更衣室
 - (1) 應於洗手消毒室附近適當位置單獨設置，且應男女分開，以利員工更衣和換鞋。

- (2) 更衣室空間應足夠並有適當照明及良好之通風，且有可照全身之更衣鏡、潔塵刷，數量足夠之個人用衣物櫃及鞋架，並保持清潔。

18. 廁所

- (1) 應於廠區內適當位置設置數量足夠之廁所，男女分開以利員工使用，且應與作業場所隔離。
- (2) 廁所之門扉應能關閉，不得正面開向作業區，且應有適當之洗手、通風設備及防蟲、防鼠設施。
- (3) 應採沖水式，並採用不透水、易洗不納垢之材料建造。
- (4) 污染源（化糞池）應與水井（源）距離 15 公尺以上。
- (5) 應有「如廁後應洗手」的標語。

參考資料

- 景宏食品機械工業有限公司 (n.d.)。 <https://www.foodtec.com.tw/tw> (擷取日期：2024/1/16)。
- 賴滋漢、賴業超 (2009)。 *食品科技辭典*。臺中：富林出版社。



第五章 加工處理場設備

第三節


冷凍農產品 加工場



Frozen Agricultural Product Processing Facility



財團法人台灣優良農產品發展協會
楊聰賢 副執行長



場域範圍與功能

冷凍農產品加工場泛指從事以各類蔬果為原料，經清洗、選別、截切、殺菁（或不殺菁）等前處理，或再經輕度醃漬、調糖或鹽等加工作業，並經「急速凍結」，再包裝成產品的場域。

冷凍農產品強調採用「急速凍結」方式來製造，主要是因急速凍結的產品在水→冰（即液體變成固體）的過程中快速地通過「最大冰晶生成帶」（zone of maximum ice crystal formation，在冷凍曲線之 -1 至 -5°C 之溫度範圍內，食品或農產品中大部分的水急結成冰，稱為最大冰晶生成帶），最大限度地減少農產品中的水在凍結過程中產生大顆粒的冰結晶破壞組織，並保存住農產品原有的風味、質地和營養價值。急速冷凍與緩慢冷凍的差異如下圖 A、圖 B 所示。



正常的組織。

結凍後細胞組織內產生細小冰晶，受損程度低。

結凍後組織內產生大冰晶，受損程度高。

A. 液態氮凍結、急速凍結、常規緩慢凍結過程食品或農產品之溫度 / 時間變動關係圖。（來源：辰光能源科技有限公司，2024/1/16；經重製）

B. 急速冷凍與緩慢冷凍所形成之冰結晶對於細胞破壞情形的比較圖。（來源：日本冷凍食品協會，2024/1/16；經重製）

所謂冷凍即是將水變成冰，涉及水的固體、液體和氣體間三相變化的熱力學和動力學，冰變成水需要從外界吸收加熱，反之水變成冰則是需要利用冷媒將水的潛熱（即水所含的潛在能量）帶走才能完成。

水在變成冰的過程中會先產生晶核，然後晶核周圍的水再附著上去形成冰晶，若產品在最大冰晶生成帶停留的時間較久（如第 149 頁圖 A 中的緩慢凍結曲線），即水的潛熱被帶走的速度較慢，則水以液體型態再繼續附著到冰晶上，形成更大的冰結晶，破壞了細胞結構。其主要的原因之一是水由液體的狀態變成固態的冰時，其密度變小，體積增加 10%，如果大的冰結晶形成在細胞膜附近，就很可能破壞細胞結構，最終影響冷凍品的品質，因此製作品質優良的冷凍農產品就需要採用急速凍結技術。

冷凍農產品主張「3F」，即冷凍製造、冷凍儲存和冷凍陳列販售，和截切農產品都是以新鮮、方便使用為訴求，因此為確保農產品的鮮度，農民經常需要在太陽還未升起前就要完成採收，然後迅速送至冷凍加工場域進行加工。另外，由於農產品經冷凍製造後均維持在 -18°C 以下的冷凍條件，微生物無法生長，化學反應速率降到非常低，細胞代謝反應延遲，因可以讓農產品保存更久，進而達到調節產銷失衡，擴大產品流通範圍和應用性等功能，同時提升了農產品的附加價值。

場域作業流程

冷凍農產品之作業流程包括：原料進場驗收、預冷、前處理（包括選別，修整，去蒂、皮、外葉或梗等不適食用者或截切前清洗）、截切、清洗、殺菁、冷卻、急速凍結、包裝和入冷凍庫凍藏。其中是否殺菁、截切，以及是截切後再清洗，或只是清洗後再截切，則是依產品特性而有所調整。

冷凍農產品和截切農產品作業流程中最大的差異是「冷凍農產品多了殺菁和急速凍結的步驟」。所謂的殺菁是一種預煮處理，主要應用於蔬果加工，以抑制蔬果中的酵素，減少蔬果在加工和後續儲存過程中變色、變味問題。一般冷凍蔬菜會經過殺菁處理，而冷凍水果則不經殺菁處理。

殺菁作業可以使用熱水或蒸氣，溫度為 82°C 至 93°C ，持續 30 秒至 5 分鐘。

也有資料記載為 90 至 98°C，2 至 10 分鐘，可能是因所處理產品規格大小不同所致。

農產品經過殺菁處理後，其組織或多或少會變軟，再加上後續凍結產生冰結晶的破壞，很難保有生鮮農產品原有的鮮脆口感，因此在製作冷凍農產品時，原料、成熟度等的選擇就變得很重要，這也正是市售常見的冷凍蔬菜大多是組織結構較不易被破壞的根莖類、豆類等的原因。而一些高水分含量的新鮮農產品，如葉菜類與水果之水分大多是 95% 以上，就不見得全都適合加工成保持原來新鮮型態的冷凍品來行銷，除非考量改變或轉換該冷凍農產品之烹調、應用與食用方式。

例如冷凍蔬菜經過殺菁處理，已有 8 分熟度，使用時無須解凍，直接以凍結狀態簡單復熱即可食用，所以炒菜時使用的冷凍原料，大多是在要起鍋階段才加入拌炒即可，甚至還可以運用殺菁的加熱步驟，製造出無須復熱，稍微解凍即可食用的產品，如市售標註「即食」冷凍毛豆。另外，冷凍水果除了稍微解凍直接食用外，則常應用於果醬、果凍、冰淇淋、霜淇淋生產或其他烘焙食品的頂飾等。

場域使用設備

冷凍農產品加工場會使用到的設備與截切農產品場類似，包括預冷、截切，以及清洗設備等，最主要的差異是冷凍農場品場域還會使用到殺菁設備、急速凍結設備和凍藏庫等。

由於急速凍結設備的投資成本高，因此準備投入冷凍農產品之生產製造前，建議至少先要做好冷凍蔬果產品的經營規劃，包括品項的選擇，原料來源的穩定性，批次生產量能，以及產品的行銷等，再來進行急速凍結設備的選擇，和場域設施的規劃，如此運作起來會比較順暢。

例如選擇批次量產出大的急速凍結設備，雖然可以降低每單位產出的設備投資成本，但就需要有足夠穩定的原料來源支撐，和較大空間的成品或半成品凍藏庫；而批次量產出小的急速凍結設備，可能就比較適合於多樣化生產附加價值高且高單價的品項。

■ 殺菁設備

1. 使用目的：殺菁的主要目的為破壞蔬果組織中可能改變其風味、色澤的酵素之活性，由於一般是以熱處理，所以也兼具殺死微生物，尤其是病原菌，確保產品之衛生安全的效果，但可能使組織軟化和維生素 C 流失。
2. 設備種類及應用範疇
 - (1) 殺菁方法一般分為熱水殺菁、蒸氣處理或微波瞬間加熱處理。不過目前國內使用於冷凍農產品，是以熱水殺菁設備為主，可能是因為加熱的溫度和時間參數比較好控制，且穩定。
 - (2) 熱水殺菁設備與清洗機相似，大多是雙槽水流式，其中 1 槽是熱水殺菁槽設置加熱管線，使水溫能維持在所設定的高溫；另 1 槽則是冷卻槽，設置冰水管線或加冰塊，以確保高溫殺菁過的農產原料能夠迅速冷卻後再送入後續的急速凍結設備進行凍結。
 - (3) 為了避免經過殺菁處於高溫的蔬果馬上接觸冰水可能導致的皺縮或組織塌陷，也有將冷卻設計成 2 或 3 槽式，第 1 槽以常溫水先緩和降溫一段，再進入第 2 槽的冰水降至適合進入急速凍結設備的溫度。

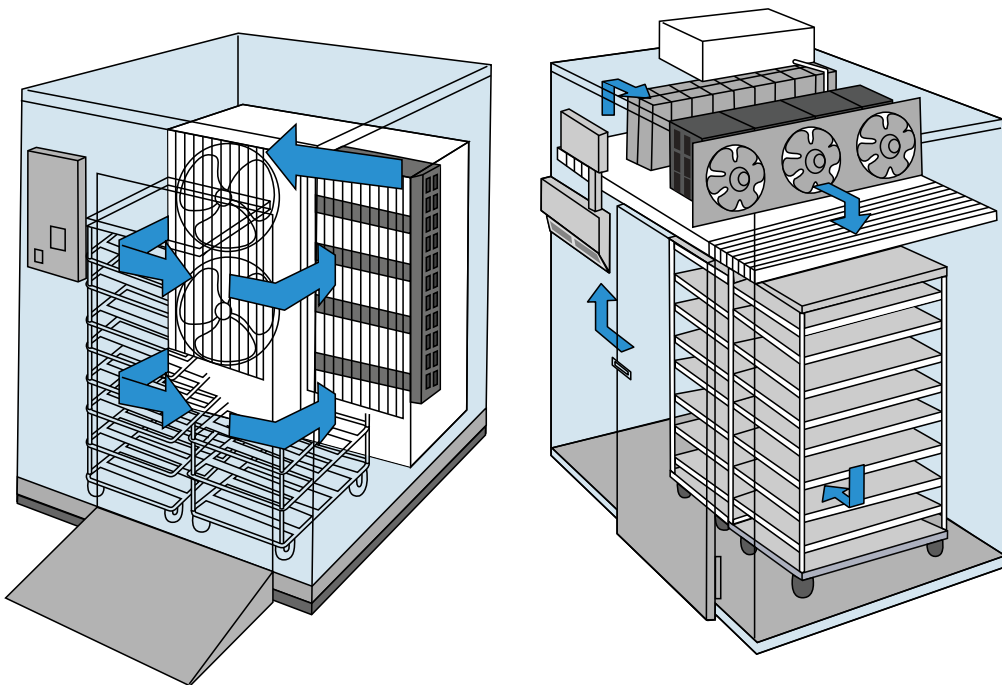
■ 急速凍結設備

1. 使用目的：
 - (1) 急速凍結設備使用的目的在於將清洗過的農產品以 -35 至 -40°C 的低溫，在 30 分鐘至 1 小時內凍結至 -18°C 以下的冷凍狀態，避免其處在「最大冰晶生成帶」（約為 -1 至 -5°C ）的時間過久產生過大的冰結晶而破壞了農產品的品質。
 - (2) 急速凍結 (quick-frozen) 是形容食品或農產品冷凍時的凍結速率，以便於與緩慢凍結有所區別。而一般常說的 IQF 則是 individual quick freezing 的縮寫，翻譯為「個別急速冷凍」，常用來形容可以大量凍結體積小、可個別分開的產品之急速凍結方式。
2. 設備種類及應用範疇：急速冷凍設備可以依其特性有多種分類方式，例如以生產模式可分為「批式」或「連續式」，若依凍結產品與冷媒是否接觸又可分為「直接接觸式」或「間接接觸式」凍結方式。一般冷凍農產品加工場常用的大多是透過冷媒將空氣降溫，再以低溫空氣和待凍

結農產品接觸，將產品潛熱帶走使產品凍結的間接冷凍法。常見的設備包括強風冷凍機、隧道式連續急速凍結設備、連續式螺旋帶急速凍結設備等三大類。

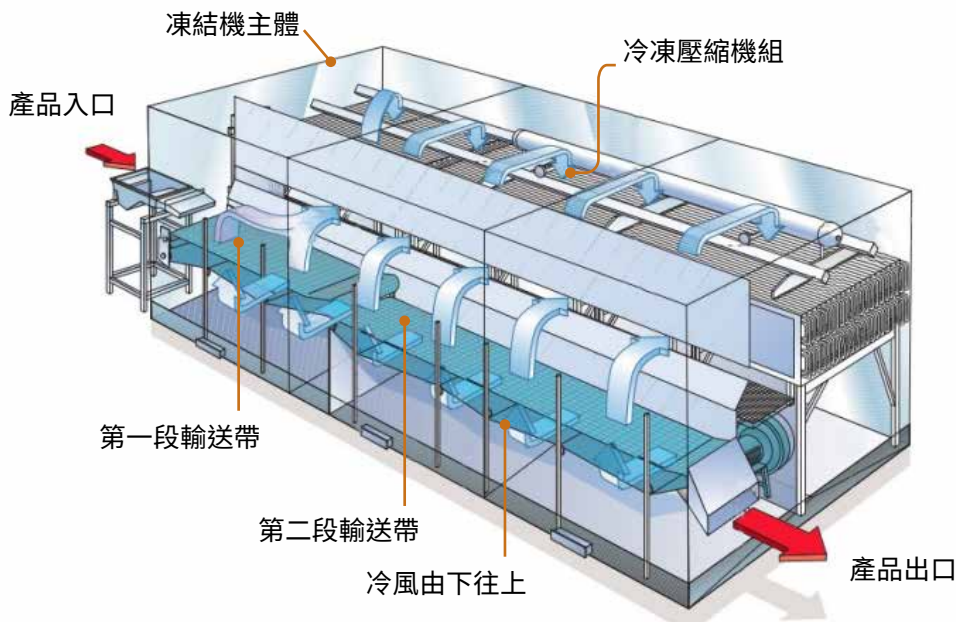
(1) 強風冷凍設備 (air blast freezers)

- A. 強風冷凍設備一般為批式，箱型，也有人以急速凍結庫（機）簡稱之，其基本結構如下圖所示，主要包括隔熱材料建構的凍結室、冷凍壓縮機、風扇，和承載待凍結品的托盤、多層架或推車。藉由風扇強風帶動低溫空氣迅速通過待凍品的表面將熱能帶走，達到急速凍結的目的地。
- B. 由於強風冷凍設備之凍結室中的氣流較無法與待凍結品之表面完全接觸，導致被凍結產品表面傳熱效率降低，凍結時間拉長。但是其凍結室容積大小可彈性設計，甚至有設計成隧道型式可容納多臺推車的機種，或是多臺容積小的凍結機組合運用，可適用於處理各式大小農產品，處理量大也較不受限制。此外，此設備之投資成本相對低於其他急速凍結設備，因此廣泛應用於各種農產品加工。



強風冷凍機示意圖。（來源：通用冷凍設備有限公司官網，2024/1/16；經重製）

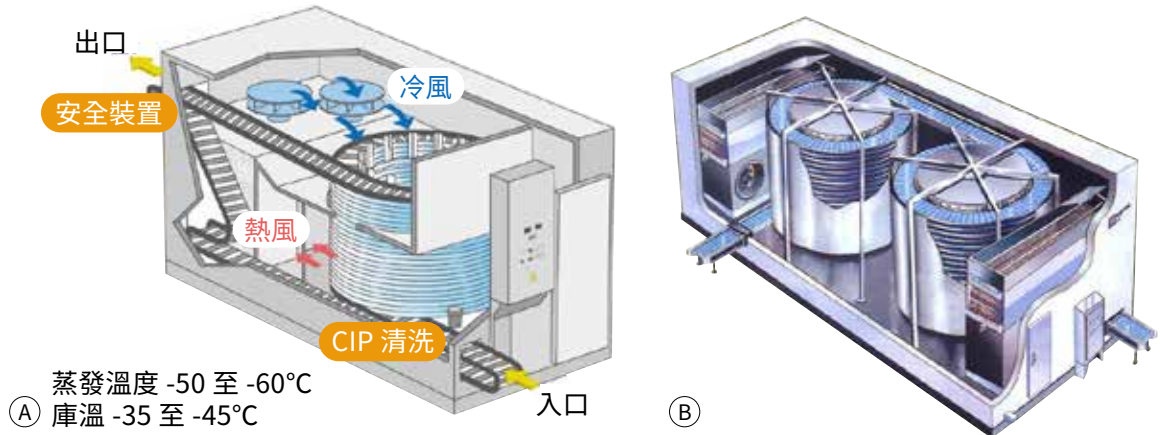
- C. 除了前述強風冷凍機的基本結構外，為了改善冷風循環或凍結速率，以降低凍結過程中冰晶對細胞的破壞，也可以在基本結構上加以調整或增加一些冷空氣導流功能設計，其中較為特殊的是日本 ABI. 株式會社所開發的 CAS (Cells Alive System, 細胞活存系統) 技術。CAS 技術是利用「交變磁場」，使待凍結品細胞組織內的水分子整齊排列在原來的位址並振動，防止水分子的移動聚結和冰晶的變大，以形成更細緻的冰晶，進而能使待凍結品之細胞壁和細胞膜維持在完整的狀態下凍結。CAS 產生器早期即是加設在強風冷凍庫設備上，應用於水產品的冷凍保鮮，目前已發展成可加設於各式急速凍結設備，且應用性也拓展到農產品、畜產品和調理食品等各個食品領域，甚至是食品以外的醫療、天文和地質研究上。
- D. 目前國內已有業者引進 CAS 急速凍結機初期應用於水產加工品，目前也拓展應用至調理食品，據了解使用效果良好。
- (2) 隧道式連續急速凍結機 (belt freezers)
- A. 隧道式連續急速凍結設備的基本結構，如下圖所示，主要由凍結機主體、冷凍壓縮機、風扇、傳送產品的網狀或多孔輸送帶組成。其中使用之風扇屬強力送風型，因此被凍結的小片或顆粒狀的蔬果在輸送帶傳送時很容易因強風帶動而個別分散和漂浮或跳動，因此也有人將此設備稱之為浮動床式急速凍結設備 (fluidized bed freezers)，或是 IQF 設備，或直接以 IQF 簡稱之。
- B. 使用此設備時，待凍品由產品入口處投入，經由輸送帶傳送導入急速凍結隧道，而冷凍壓縮機產生的冷風則由輸送帶下方往上吹送強制通過輸送帶上待凍品的表面而將潛熱帶走，最終將產品凍結，再由產品出口處移出進行後續的包裝作業。
- C. 此設備的優點是可廣泛的應用於各類農水畜產品，凍結速率佳，價格合理，因此最被產業接受和使用。惟其缺點是設備體積較大，佔空間，且相對耗能，另外產品在凍結初期，容易因強力風速而產生凍乾現象，進而影響蔬果品質。針對前述缺點，許多冷凍機械設備業者已推出各式調整或改良式的產品，包括分階段凍結、冷風循環應用等。



隧道式急速凍結圖示。(來源：Focus Technology Co., Ltd, 2024/1/16；經重製)

(3) 螺旋式連續急速凍結設備 (spiral belt freezers)

- A. 「螺旋式連續急速凍結設備」可以說是「隧道式連續急速凍結設備」的改良款，其結構如下圖 A 所示，主要是由凍結機主體、冷凍壓縮機，空氣循環系統和一條圍繞著旋轉滾筒橫向彎曲的輸送帶組成。冷風是採由上往下循環吹拂，庫內溫度變化小，節省凍結時間，大幅增加產品冷凍效果，確保食品各部位均勻和冷空氣接觸，降低產品滾動擠壓變形問題，在不影響產品結構及口味下，達到保持鮮度的要求。
- B. 這種類型的設計是利用場地空間高度，在較小的地面空間內最大化承載冷凍品之輸送帶的表面積，凍結大量產品的高效率凍結裝置，可廣泛的應用於各式農水畜產品和調理食品。另外，由於只使用一條輸送帶，減少了轉運點中的產品損壞，應用性廣，特別適合需要輕柔處理和相對較長時間凍結的產品。惟單鏈的凍結機凍結產品時，原料入口和產品出口，一上一下，造成製造流程安排不順暢，因此後續業者也開發出雙螺旋式的設備，如下圖 B 所示，其原料入口和產品出口在同一高度。



- A. 單螺旋式急速凍結機。(來源：創美工業股份有限公司，2024/1/16)
 B. 雙螺旋式急速凍結機。(來源：嘉士達國際企業有限公司，2024/1/16)

設施規劃要點

冷凍農產加工場域設施應依加工作業流程及衛生要求，以及所產製產品是否為即食，或是需要加熱才可食用等特性，加以規劃，一般區分為：一般作業區、準清潔作業區、清潔作業區及周邊設施區。各作業區宜使用實體牆面或庫板適當的有效區隔，以確保產品的衛生安全品質，同時能有效地進行場域的維護和衛生管理。

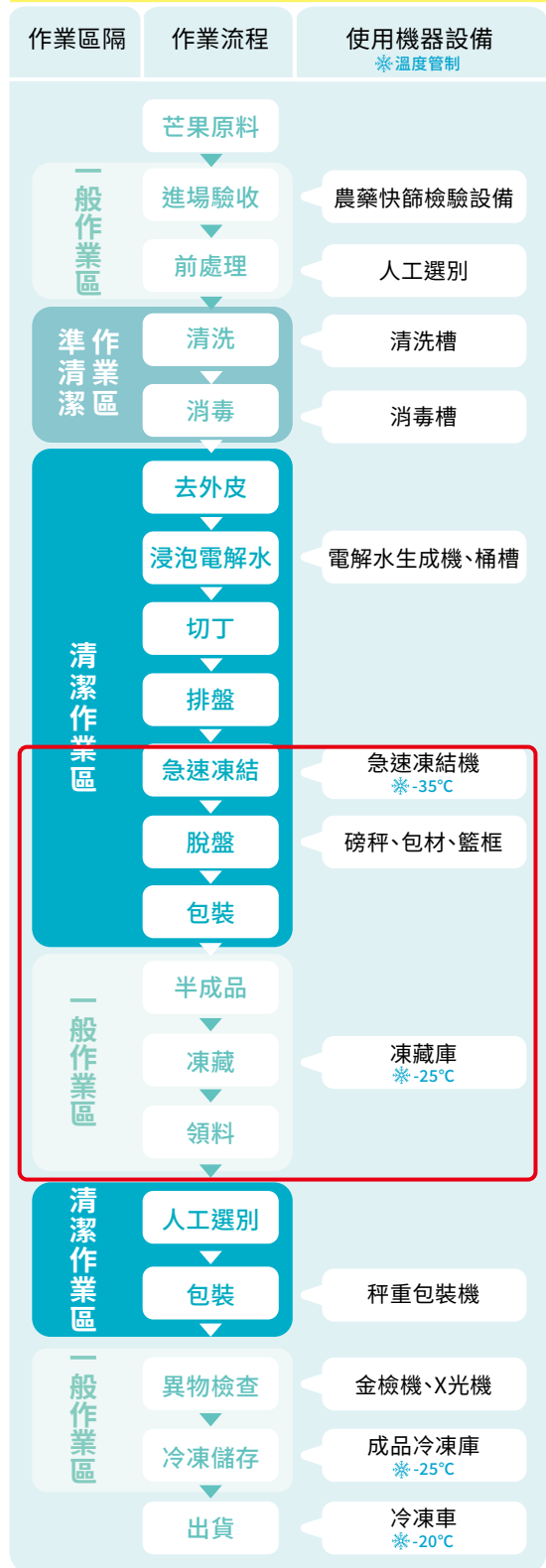
1. 一般作業區：原料進貨區、驗收區、原料前處理區（包括選別、修整、截切前清洗等）、外包裝區、成品凍藏庫及物料倉庫等。
2. 準清潔作業區：非供即食冷凍蔬菜之清洗、截切、殺菁，或可供即食冷凍水果的清洗區域。
3. 清潔作業區：非供即食冷凍蔬菜殺菁後冷卻、急速凍結、半成品包裝和成品包裝區；可供即食冷凍水果去皮、截切、急速凍結和成品包裝等。
4. 週邊設施區：非直接處理產品之作業區域，例如品管（檢驗）室、更衣室、洗手消毒室、機電室、廁所及辦公室等。

有關冷凍毛豆及冷凍芒果之加工流程和清潔度區分分別如下圖 A、圖 B 所示。

① 冷凍毛豆作業流程·使用設備和清潔度區分範例



② 冷凍芒果作業流程·使用設備和清潔度區分範例



(來源：楊聰賢；經重製)

冷凍蔬菜因需經過殺菁的加熱處理，故可控制殺菁作業的溫度及時間，製作出僅需簡單復熱食用，或者是解凍即可食用的產品。因此，將殺菁作業規劃在準清潔作業區，而殺菁後的冷卻至包裝作業則應規劃為清潔作業區，進行環境的空氣品質和人員、設備的衛生管理，以避免交叉污染，影響產品的衛生安全，如圖 A 所示。而冷凍水果大多是供應消費者直接食用者，其製程中又無加熱的殺菌作業，故在其製作流程的清洗步驟之後到包裝階段就應規劃在清潔區，如圖 B 所示。

另外，由於蔬果原料大多有產季量產特性，因此冷凍蔬果產品大多是在產季產量大時完成凍結的製作，先行批量大包裝（即「假包裝」）凍藏於 -25°C 以下的凍藏庫，之後再依訂單或顧客要求，陸續取出進行商品化小包裝，故其製程中有 2 段包裝作業，如右圖中橘線標示部分。

■ 場域人流和物流動線

1. 物料動線：從一般作業區→準清潔作業區→清潔作業區→成品冷凍庫。但對於採用假包裝作業的蔬果，由於其凍藏庫屬於一般作業區，而包裝區又是清潔作業區，故會在包裝室前設置一個緩衝區，開一進一出的門，原料由 A 門送入後，關上門，包裝人員再由另一個 B 門將產品移入包裝區進行作業。
2. 人員動線：理想狀況是從清潔作業區→準清潔作業區→一般作業區。但因設施土地形狀、大小，或機械設備排列順序等因素，而在各區或者兩區中間設置人員的進出口及洗手消毒設施，以避免人員的交叉汙染。

■ 用水和排水

1. 冷凍蔬果產製過程中一定會使用到大量的水，依據食品法規規定，可能與食品接觸的水或冰塊或清洗機械設備的水，均應符合飲用水標準，因此用水的來源需要慎選，並於後續實際生產時定期監測。
2. 冷凍蔬果產製過程中還會排放出大量含有菜渣、果皮等有機廢棄物和水，因此在規劃場域時應同時考量場域內排水溝設置的位置並加設菜渣收集欄柵，排水流向，排放水收集處理位置，以及是否需進一步處理再排放，和排出的水不得汙染到灌溉用水等。排水溝的設計、數量和排水

方向應能迅速將水排出。

3. 排水的方向儘量和人員的動線一致。

■ 進氣與排氣

1. 冷凍蔬果產製過程中由於會使用到大量的水，因此空氣中會有大量的水氣（潮濕），尤其是進行蔬果清洗區域。另外，殺菁作業也會產生大量的熱蒸氣，均應盡速排出，所以規劃時建議配合產能設計進氣與排氣裝置，並於殺菁作業區上方加設蒸氣排風管。
2. 進氣的空氣動線也應儘量與人員動線一致。

整體設施規劃時，還應考慮人員作業中臨時之出入、如廁、休息等動線，以及廢棄物之暫存地點與搬出動線。儘量避免人員可以很自然地從一個區域移動到另一個區域，可以在中間設置門扉、回旋門、遮牆、空氣簾、潔塵間、緩衝室等。

除了前述於場域設置初期即應規劃清楚，其餘硬體設施的要求如下：

1. 應有足以容納各項設備及作業人員操作之空間。
2. 一般作業區之作業檯面照度應在 110 米燭光以上；準清潔作業區作業檯面則應在 220 米燭光以上。照度以距地板 110 公分處所讀之值為準，照明設施宜使用吸頂式或隱藏式，以防積塵。
3. 地面、排水溝應平而不滑，並應有 1/100 以上的斜度以利排水。若使用地磚者其接合處之隙縫，宜用不透水材質補平，以防積水及污垢產生。
4. 排水系統應暢通，溝底應有適當之圓弧，排水出口應有防止病媒侵入的設施，並有避免溝水倒灌及臭氣產生，且不得在溝內裝設任何配管，其排水方向應由（準）清潔作業區流向一般作業區，排水斜度宜在 1/100 以上。
5. （準）清潔作業區之屋頂若為力霸或 A 型架構者，應加設平滑易清洗之天花板；若使用鋼筋混凝土構築者，室內屋頂應平坦無隙縫。
6. 空調風管、配管不得設於（準）清潔作業區生產線之正上方，否則應有適當的防止灰塵及凝結水掉落的設施。

7. (準) 清潔作業區域樓板或天花板，應使用白色或淺色防水且易清掃之材料構築，不得有長黴或成片剝落的情形；(準) 清潔作業區生產線曝露之正上方，亦不得有結露現象。
8. (準) 清潔作業區牆壁、支柱面應為白色或淺色，離地面至少一公尺以內之部份應使用非吸收性、不透水且易於清洗之材質構築，其表面應平滑無裂縫且經常保持清潔。其與地面接合處宜有圓弧（曲率半徑 5 公分）設計，以避免積水。
9. 通風及排氣應良好，通風口及排氣口應保持清潔，且應有防病媒侵入措施。
10. 蓄水池（塔）應保持清潔每年至少清洗消毒一次，並作成紀錄。
11. 門、窗、換氣口及其他對外界開放的地方，應具有防止病媒侵入之設施；進出通道應使用可關閉之門扉或空氣簾。
12. 作業流程配置應順暢，不得有交叉污染情形。
13. (準) 清潔作業區應放置酒精噴壺，以利員工定時消毒手部，並加以標示清楚以防誤用。
14. 倉儲設備：依原料、半成品及成品等性質之不同，應設置原物料倉庫及低溫倉庫（冷藏庫或凍藏庫）。
 - (1) 應有足夠空間及適當設施分類存放，並明顯標示。
 - (2) 庫內應設置足夠之棧板或貨架，儲存之物料應離牆且離地 5 公分以上，並保持清潔。
 - (3) 應有防止病媒侵入之設施。
 - (4) 倉儲物品應有存量紀錄；產品出廠亦應有出貨紀錄，內容包括批號、出貨時間、交貨對象及產品數量等。
 - (5) 低溫倉儲：
 - A. 凍藏庫應能保持成品之品溫低於 -18°C 以下，冷風溫度應可維持在 -20°C 以下；冷藏庫則應能維持品溫低於 7°C 以下，冷風溫度應可維持在 0°C 以下。冷風溫度的均一性應在 1°C 以內。
 - B. 地面、內壁及天花板應用不透水性材質平坦製作，且易於清理或消毒者。

- C. 低溫倉庫應設置各類原料或成品擺放位置平面圖，以利作業人員儲存及出貨能依先進先出之方式作業。
- D. 應裝設可顯示庫內溫度之溫度指示計及每日進行溫度記錄，並應裝設溫度自動控制器或警示溫度異常變動之自動警報設備，並與機電室相連，隨時掌控低溫倉庫之溫度。
- E. 低溫倉庫應裝設緊急警報器，以利倉儲人員於緊急狀況下使用。

(6) 洗手消毒室

- A. 應於（準）清潔作業區之入口處單獨設置，以利員工進入作業場所時洗手使用，員工應經洗手消毒後方可進入作業場所。
- B. 洗手設施應採用腳踏式、電眼式或臂動式水龍頭、液體洗潔劑、烘乾機或擦手紙巾等設施；並應設置泡鞋池或同等功能之潔淨鞋底設施；在設置泡鞋池時，若使用含氯消毒劑，有效餘氯濃度應維持在 200ppm 以上。洗手台應使用非吸收性、不生鏽之材質構築。
- C. 應於洗手台上方明顯處標示正確且易懂之洗手方法。

(7) 更衣室

- A. 應於洗手消毒室附近適當位置單獨設置，且應男女分開，以利員工更衣和換鞋。
- B. 更衣室空間應足夠並有適當照明及良好之通風，且有可照全身之更衣鏡、潔塵刷，數量足夠之個人用衣物櫃及鞋架，並保持清潔。

(8) 廁所

- A. 應於場區內適當位置設置數量足夠之廁所，男女分開以利員工使用，且應與作業場所隔離。
- B. 廁所之門扉應能關閉，不得正面開向作業區，且應有適當之洗手、通風設備及防蟲、防鼠設施。
- C. 應採沖水式，並採用不透水、易洗不納垢之材料建造。
- D. 污染源（化糞池）應與水井（源）距離 15 公尺以上。
- E. 應有「如廁後應洗手」的標語。

延伸閱讀影片

■ 農產品運銷系列課程 – 冷鏈設施（備）線上課程

1. 冷鏈設備的投資可行性分析：本課程介紹冷鏈設備成本在經濟與投資層面的考量。以結球萵苣包裝機的作業為例來計算成本，了解運銷設備的電費計算方式；以真空預冷機為例，試算用電與其使用成本。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/148/attend>

■ 農產品運銷系列課程 – 採後處理線上課程

1. 採收後處理技術概論：本課程介紹園產品採收後的各種處理工作，且針對新鮮的產品，利用何種保鮮技術，包括預冷、催熟、癒傷處理等方式，使其到消費者手中時仍可維持一定的新鮮度，且維持產品之外觀與品質。



<https://www.smarttkplus.com/lesson/90/attend>

參考資料

- 日本冷凍食品協會 (n.d.)。 <https://www.reishokukyo.or.jp/> (擷取日期：2024/1/16)。
- 辰光能源科技有限公司 (n.d.)。 <https://sunshine-new.com/> (擷取日期：2024/1/16)。
- 通用冷凍設備有限公司 (n.d.)。 <http://www.freezer.com.tw/> (擷取日期：2024/1/16)。
- 創美工業股份有限公司 (n.d.)。 <https://www.foodsmachinery.com/zh-TW/index/index.html> (擷取日期：2024/1/16)。
- 嘉士達國際企業有限公司 (n.d.)。 <http://www.justco.com.tw/> (擷取日期：2024/1/16)。
- Focus Technology Co., Ltd. (n.d.). *Fluidized IQF Tunnel Freezer*. Retrieved 2024/1/16, from <https://yantaiguangwei.en.made-in-china.com/product/WFNtQirhZBkP/China-Fluidized-IQF-Tunnel-Freezer.html>

書名：蔬果冷鏈常見設備指引

出版者：農業部農糧署

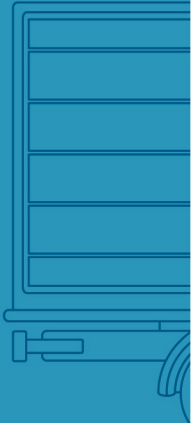
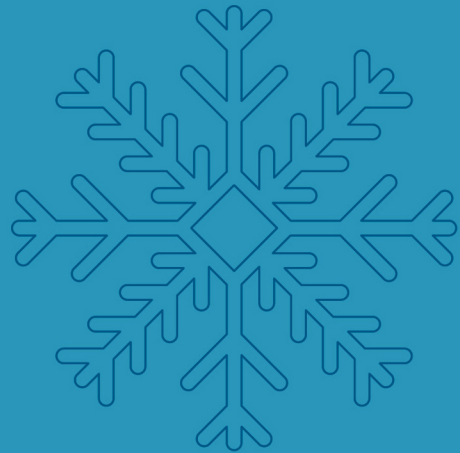
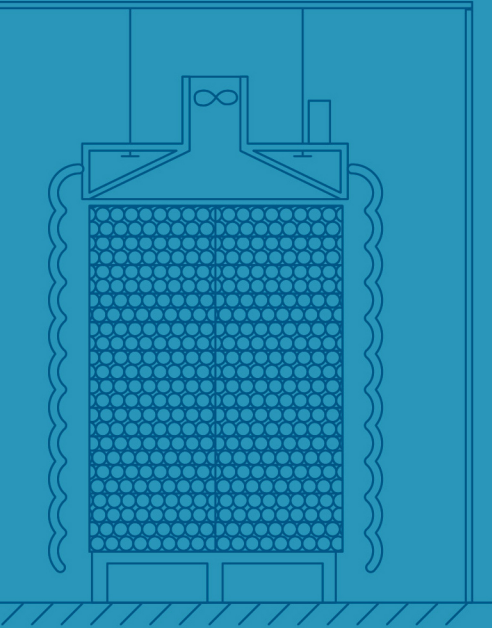
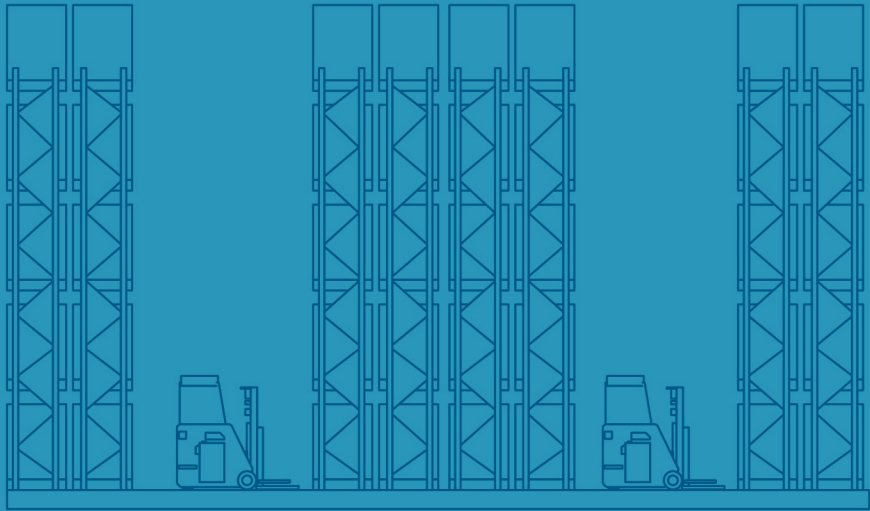
主編：社團法人台灣農業科技資源運籌管理學會

作者群：李允中、吳俊達、梁佑慎、楊聰賢、
臺北農產運銷股份有限公司

地址：南投縣南投市光華路 8 號

電話：(049)233-2380

出版年月：中華民國 113 年 2 月



農業部農糧署
AGRICULTURE AND FOOD AGENCY,
MINISTRY OF AGRICULTURE



台灣農業科技資源運籌管理學會
Taiwan Agricultural Science and Technology Resources Logistics Management Association