

農產運銷冷鏈設備： 冷藏庫專題

2.冷藏庫的硬體規劃





冷藏庫的硬體規劃

前言

1. 冷藏庫的容量
2. 冷藏庫的熱負荷
3. 庫體
4. 製冷機械的能力





冷藏庫的容量

前言

1. 冷藏庫的堆積
2. 冷藏庫的堆積密度





冷藏庫的熱負荷

前言

1. 冷藏庫的熱負荷分析
2. 產品熱
3. 冷藏庫的總熱負荷





冷藏庫的熱負荷分析

- 冷藏庫日的在降低溫度，所要降低熱的功率稱為熱負荷或熱載。
- 熱負荷的來源：
 - 從庫體傳導侵入的熱
 - 從地板侵入的熱
 - 從庫門開啟侵入的熱
 - 產品熱：呼吸熱（儲藏期間）
 - 產品熱：產品顯熱（冷卻期間）
 - 內部熱：燈具、電動機、堆高機、工作人員



產品熱：產品顯熱

產品降溫所需移除的熱

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

Q ：移出的熱 kj

m ：產品質量 kg

C_p ：產品比熱 kj/kg.K 水的比熱 4.2 kj/kg.K

ΔT ：降溫 K

1 ton 產品降溫 20°C

$$Q = 1000 \times 4.2 \times 20$$

$$Q = 84000 \text{ kj}$$



產品熱：產品顯熱

產品的熱負荷

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t}$$

\dot{Q} ：產品的熱負荷 kW

Q ：移出的熱 kJ

t ：冷卻時間 sec

1 ton 產品降溫 20°C

24hr 降溫 12hr 降溫

$\dot{Q} = 0.97 \text{ kW}$ $\dot{Q} = 1.94 \text{ kW}$

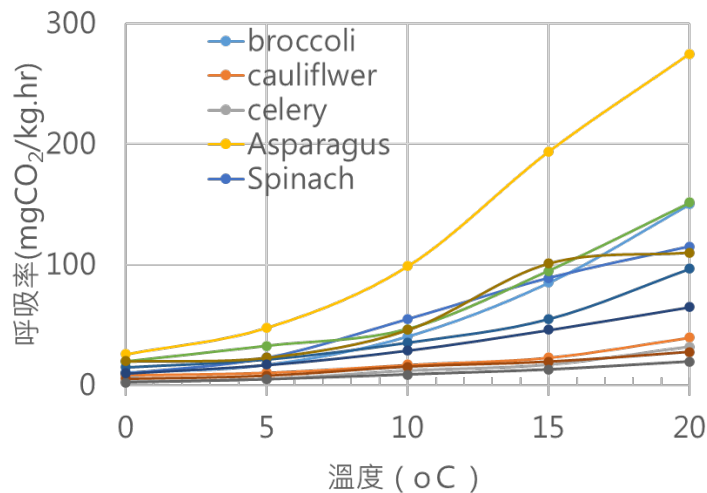


產品熱：呼吸熱

蔬菜的呼吸率：

單位質量蔬菜CO₂的產生速率

mgCO₂/kg.hr



青花菜的熱負荷

1 ton 青花菜的呼吸負荷

| 溫度 (°C) | 呼吸率 | 熱負荷 | 熱負荷 |
|------------|------|-------|------|
| 0 | 10.5 | 2688 | 0.03 |
| 5 | 17 | 4352 | 0.05 |
| 10 | 40.5 | 10368 | 0.12 |
| 15 | 85 | 21760 | 0.25 |
| 20 | 150 | 38400 | 0.44 |



冷藏庫的熱負荷

20坪・3 m高冷藏庫為例
面積：66 m², 體積：198 m³
最大堆積量：45540 kg (45.5 ton)
規劃長：11 m, 寬：6 m
庫門一組：高：2 m, 寬：1.8 m
產品進貨溫度：25°C
產品儲藏溫度：5°C
外界空氣溫度：30°C

以每日更新進貨30%計算
產品熱負荷：15 kW

- 從庫體傳導侵入的熱：1.75 kW
- 從地板侵入的熱：0.4 kW
- 從庫門開啟侵入的熱: 0.6 kW (開啟時間1/10)
- 產品熱：滿倉呼吸熱 0.6 kW
- 產品熱：滿倉產品顯熱 44.5 kW (24hr 完成冷卻)
- 內部熱：
 - 燈具：燈具瓦數x使用時間比
 - 電動機：電動機功率x使用時間比
 - 堆高機:電動機功率x使用時間比
 - 工作人員: 0.27 kW



庫體

前言

1. 庫板厚度
2. 庫板成本分析



長期儲藏庫熱負荷

地面絕緣板材

- 硬質聚胺基甲酸酯泡沫塑料隔熱材料 (PU)
0.026 ~ 0.029 W/m/°C
- 泡沫聚苯乙烯隔熱材料 (PS) 0.034 ~
0.043 W/m/°C

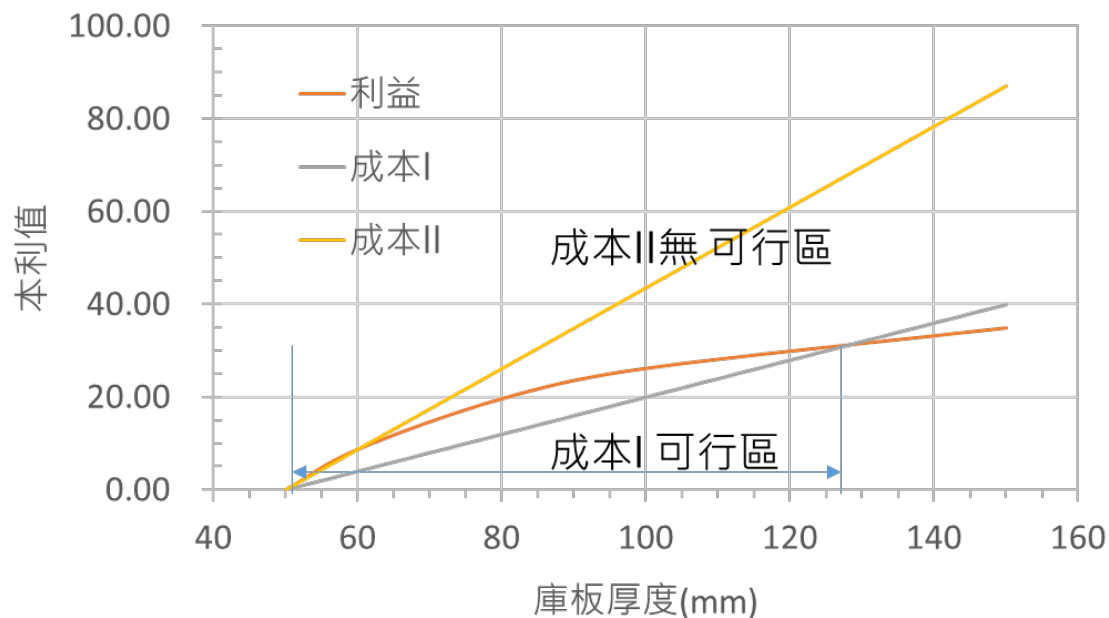
| 厚度 (mm) | 熱通量係數 (W/m ² /°C) | 侵入熱負荷 (kW) | 產品熱負荷 (kW) | 總熱負荷 (kW) |
|------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 50 | 0.58 | 5.22 | 5 | 10.22 |
| 60 | 0.48 | 4.35 | 5 | 9.35 |
| 80 | 0.36 | 3.26 | 5 | 8.26 |
| 100 | 0.29 | 2.61 | 5 | 7.61 |
| 150 | 0.19 | 1.74 | 5 | 6.74 |

100 ton冷藏庫 儲存青花菜
單位儲存量：0.25t/m³
庫體積：400 m³
庫表面積 (包括地板) ：
正方形4m高庫
面積：360m²
產品儲藏溫度：5°C
外界空氣溫度：30°C



庫板投資利益分析

假設價量為線性函數





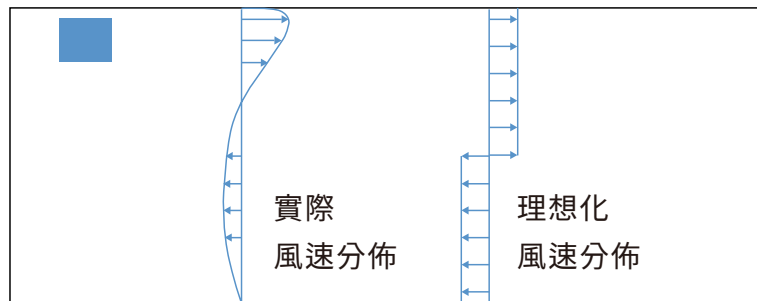
壓縮機的能力

- COP(Coefficient of Performance)製冷性能係數
單位壓縮機作工所能獲得的製冷能力
- EER值(Energy Efficiency Ratio)能源效率比
製冷系統產生單位製冷能力，所需耗用之電力



蒸發器的選用：冷藏庫的通風量

- 冷藏庫的通風量在冷卻期間建議為 $1 \sim 2 \text{ m/s}$ 。
(Ross, 1999)
- 因貨品的堆積很難計算貨品旁空氣的流速，風速為除以面積，風量為蒸發器的總風量，面積通常以空庫垂直於通風方向的截面積的一半（一半為往，另一半為返）當作通風面積。
- 在冷藏庫規劃時以單位重量的通風量估算比較容易。
- 冷卻期間： $3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton}$
- 儲藏期間： $0.6 \sim 1.2 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton}$
(Thompson, 1999)



分享結束 Q&A

