



既有R-22冷凍冷藏設備換裝 (retrofit) 低GWP值替代品實施規範研究

謝文健

國立勤益科技大學

冷凍空調與能源系副教授

冷凍冷藏與空調設備替代品研討會

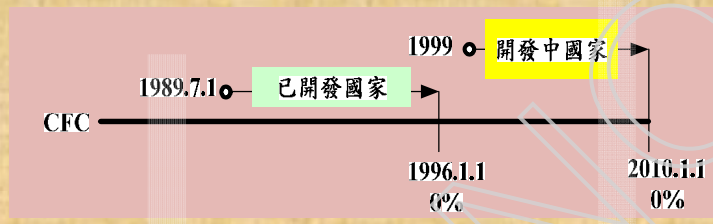
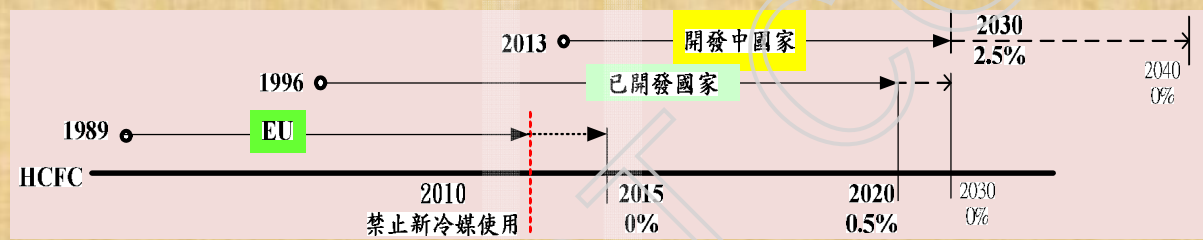
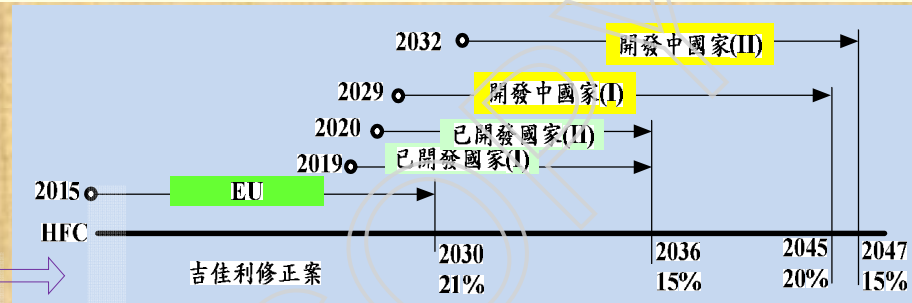


內容

- 冷媒發展與蒙特婁議定書
- R-22在冷凍冷藏的應用
- 冷凍系統換裝考量
- 冷媒的換裝策略
- 效益評估
- 結語

冷媒發展與蒙特婁議定書

EU REGULATION (EC) No 842/2006 → 降低F-Gas 溫室氣體排放
DIRECTIVE 2006/40/EC → MAC GWP < 150 (2017 1.1.)

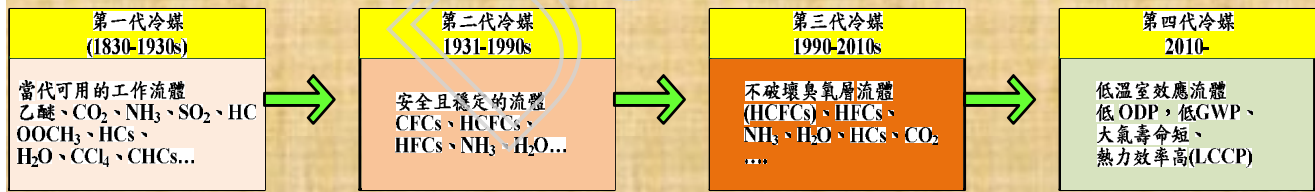


商用冷凍
冷藏系統
GWP < 1500

- 高 GWP HFC 的管制相關法規
- 歐盟 F-Gas REGULATION (EU) No 517/2014
 - 美國 EPA SNAP Final Rule 20、 21
 - 日本 氟利昂排放抑制法 (フロン排出抑制法)
 - 蒙特婁議定書 「吉隆坡修正案」

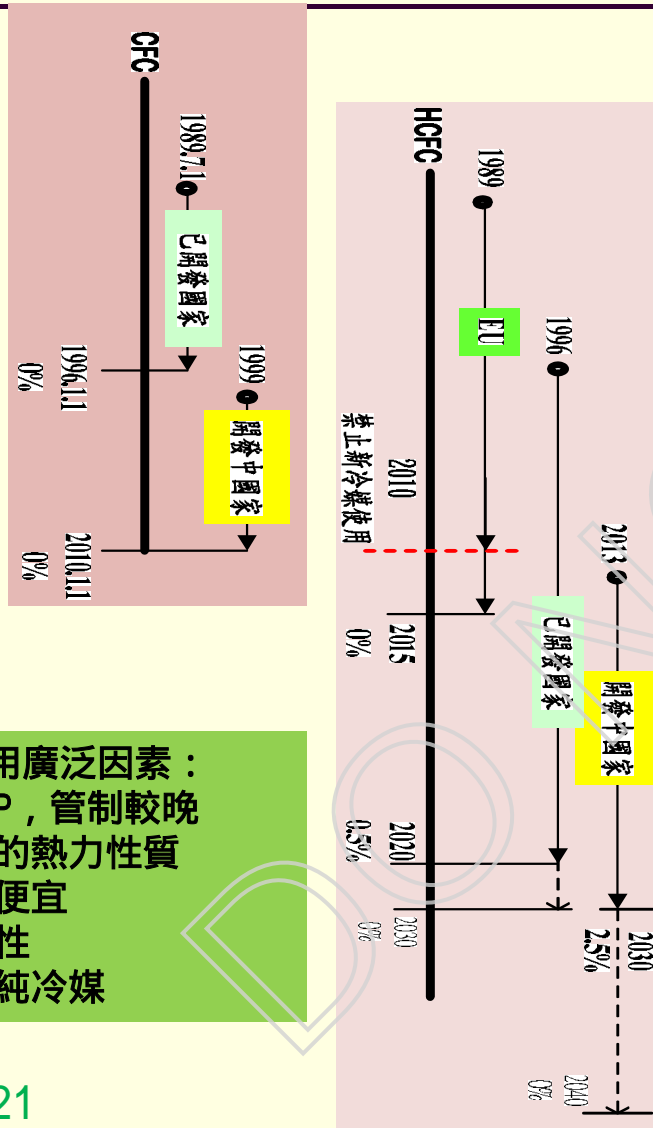
冷凍冷藏
替代冷媒(例)

冷媒	R134A	R404A	R507A	R438A	R427A	R407A	R407F	R407H	R448A	R449A
GWP	1430	3920	3900	2200	2140	2110	1800	1495	1387	1400

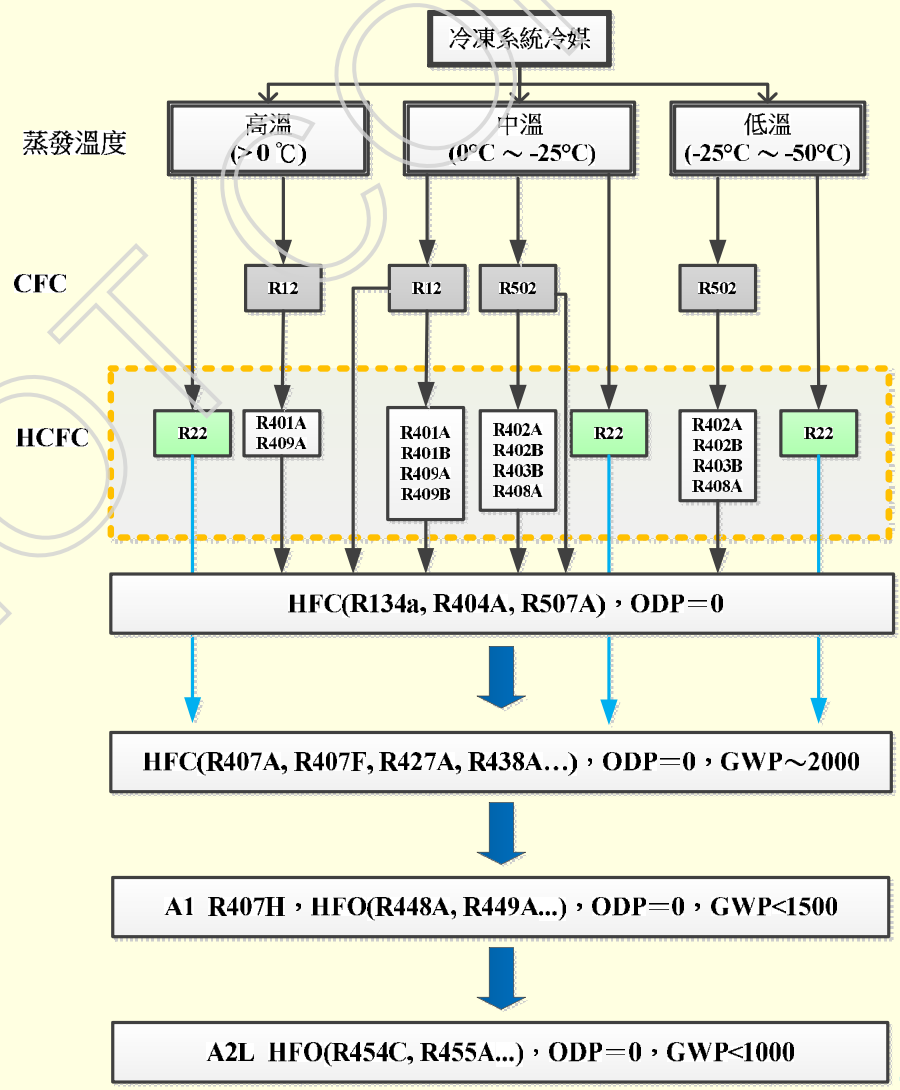


R-22在冷凍冷藏的應用

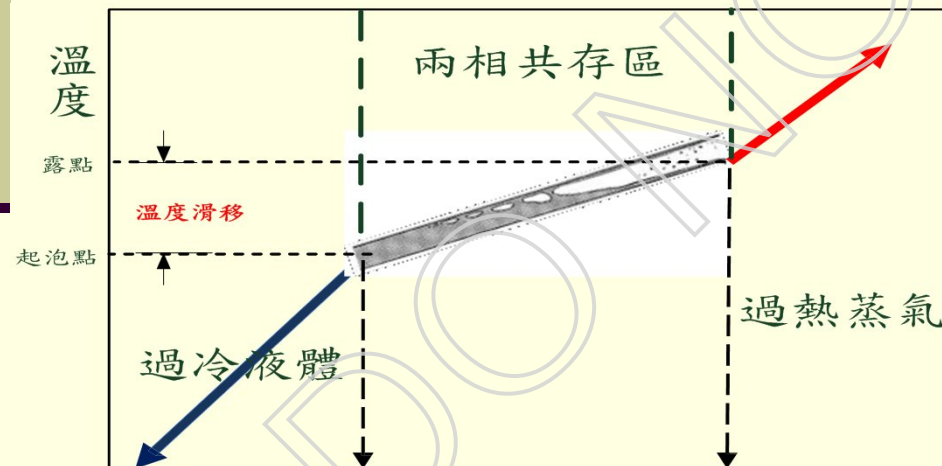
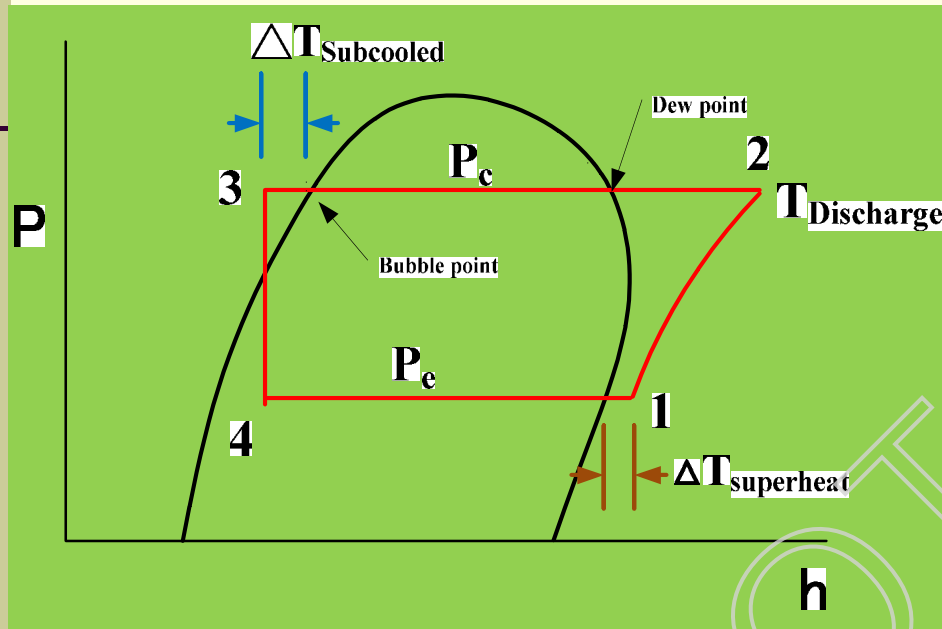
由於CFC與HCFC在管制時程的差異，使R-22 被大量使用在冷凍冷藏設備。



- R22 使用廣泛因素：
- 低ODP，管制較晚
 - 優良的熱力性質
 - 價格便宜
 - 普遍性
 - 單一純冷媒



冷凍系統換裝考量



熱交換器流向：→ 蒸發器，← 冷凝器

- 冷凍油相容性
- 冷凍能力 ($\dot{V} \times v_1 \times (h_1 - h_4)$)
- 壓縮功 ($\dot{V} \times v_1 \times (h_2 - h_1)$)
- 質量流率 ($\dot{V} \times v_1$) → 控制閥
- 吐出溫度 → 冷凍油、閥片
- 溫度滑移影響：
 - 熱交換器能力
 - 冷凝、蒸發溫度
 - 過冷、過熱度計算
- 膨脹裝置：
 - 毛細管、感溫膨脹閥
- 乾燥過濾器，系統清洗
- 壓力控制、高低壓保護
- 橡膠氣密墊片(如維修閥)



常見混合冷媒主要成分特性

運轉條件：

1kW冷凍能力

冷凝溫度：37.8 ，蒸發溫度：-23.3 ，過冷度：8.3 ，過熱度：11.1

編號	R22	R-32	R-125	R-134a	R-143a	R-1234yf	R-1234ze
GWP	1810	675	3500	1430	4470	4	7
蒸發壓力(kPa)	215.6	357.6	297.6	114.8	278.9	131.9	83.6
冷凝壓力(kPa)	1452.9	2348.0	1904.6	957.9	1737.6	962.7	721.6
壓縮比	6.7	6.6	6.4	8.3	6.2	7.3	8.6
冷媒質量流率 (g/s)	5.99	3.76	10.99	6.56	7.19	8.52	7.30
冷媒(液體)體積流率 (cc. /s)	5.10	3.99	9.41	5.51	7.84	7.91	6.35
壓縮機排氣量(L/s)	0.66	0.41	0.62	1.17	0.61	1.17	1.61
吐出溫度()	81.4	106.0	50.3	58.0	58.5	45.3	48.0
COP	3.25	3.09	2.89	3.27	3.05	3.14	3.26
ASHRAE 分類	A1	A2L	A1	A1	A2L	A2L	A2L



R-22替代冷媒

編號	GWP	R-32	R-125	R-134a	R-143a	R-290	R-600a	R-600	R-601a	R-1234-yf	R-1234ze
R-22	1810										
R-134a	1430										
R-404A	3920		44	4	52	HC 增加MO 油相容度					
R-507A	3800		50		50						
R-417A	2300		46.6	50				3.4			
R-422A	3100		85.1	11.5			3.4				
R-422D	2700		65.1	31.5			3.4				
R-424A	2400		50.5	47			0.9	1	0.6		
R-428A	3500		77.5		20	0.6	1.9				
R-434A	3100		63.2	16	18		2.8				
R-438A	2200	8.5	45	44.2				1.7	0.6		
R-427A	2140	15	25	50	10						
R-407A	2110	20	40	40							
R-407F	1800	30	30	40							
R-407C	1700	23	25	52							
R-407H	1495	32.5	15	52.5							
R-448A	1387	26	26	21						20	7
R-449A	1400	24.3	24.7	25.7						25.3	
R-449B	1412	25.2	24.3	27.3						23.2	

A1

A2L

A3

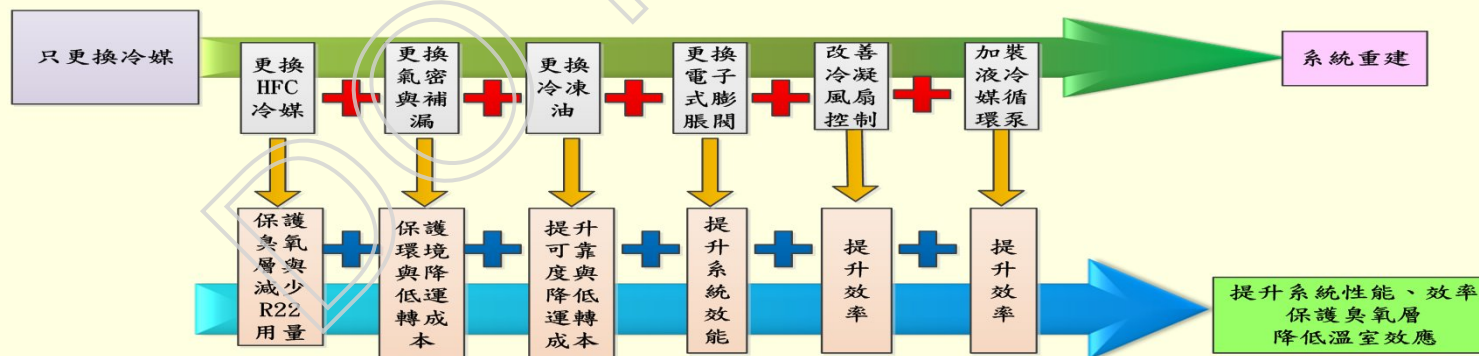
冷媒的換裝策略

- (i). 系統不更換，繼續使用R22冷媒 → 檢修系統、防漏，庫存冷媒
- (ii). 更換冷凍系統與冷媒 → 評估公司的營運，選擇適當的系統
- (iii). 既有系統不做大幅修改下，更換系統相容的R22替代冷媒

設備的冷媒洩漏率

Application	Annual Leakage Rate
Domestic Refrigeration	0.1 - 0.5 %
Stand-Alone Commercial Applications	1 - 10 %
Medium and Large Commercial refrigeration	10 - 30 %
Transport Refrigeration	15 - 50 %
Industrial Refrigeration including Food Processing and Cold Storage	7 - 25 %
Chillers	2 - 15 %
Residential and Commercial A/C, including Heat Pumps	1 - 5 %
Mobile Air Conditioners	10 - 20 %

IPCC Good Practice Guidelines and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (2000)





效益評估

環境效應: TEWI (TOTAL EQUIVALENT WARMING IMPACT)

$$\begin{aligned} \text{TEWI} = & (\text{GWP} \times \text{每年洩漏量} \times \text{使用年限}) \quad \leftarrow \text{直接排放} \\ & + (\text{GWP} \times \text{冷媒充填量} \times [1 - \alpha_{\text{回收係數}}]) \quad \leftarrow \text{回收時排放} \\ & + (\text{使用年限} \times \text{年耗電量(度電)} \times \text{每度電碳排放}) \quad \leftarrow \text{間接排放} \end{aligned}$$

經濟效應:

$$\text{經濟成本} = \text{設備成本} + \text{冷媒成本} + \text{維修成本} + \text{運轉能源費用}$$

由**環境效應**與**經濟效應**綜合考量冷媒的效益 → 生態效益(Eco-efficiency)



結 論

- 冷媒換裝沒有唯一的標準答案，必須考慮法規、設備狀況，公司的營運方針與市場的供需條件。
- 冷媒換裝程序應參考冷媒商、設備商以及自身設備的狀況而定。
- 換裝前建議先做好設備的檢修、防漏與性能驗證程序。
- 確實記錄換裝的過程與換裝後的系統性能作為日後系統調整的依據。



謝謝 聆聽