

8



冷 媒

冷媒在冷凍系統中扮演熱量傳送的角色，如何將低溫空間的熱量移到高溫空間，是一位初學者較疑惑的，但只要充份了解，其壓力與溫度的關係，與冷凍油的溶解性及一些相關的特性，如分子量、比容積、蒸發潛熱、飽和壓力、黏度、比熱、熱傳係數。相信在設計和維修方面可協助解決許多的問題，本冊僅介紹：R-409A、MP-52、R-404A、R-134a、HC-12a、R-22、R-410A、R152a、R407C、R32 等冷媒。

一、冷媒的說明

物質是由分子組成，分子又由原子組成，而冷媒是由C(碳)、H(氫) Cl(氯)、F(氟)原子依一定成份所組成的物質，具有一定的物理性質，如比容積、沸點、壓力等。

8-2 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

1. 冷媒的命名

- (1) $R-(C-1)(H+1)(F)$ → C 原子數減 1 當百位，

氫原子數加 1 當十位，F 原子數當個位

如 $CCl_2F_2 \rightarrow R-(1-1)(0+1)(2) \rightarrow R-12$

如 R-22 化學式 $R-022 \rightarrow CHClF_2$

如 R-134a 化學式 $\rightarrow C_2H_2F_4$

- (2) 冷媒編號 + 90 = 佰位數(C 原子數)，十位數(H 原子數)，個位數(F 原子數)

例如 R-141

$141 + 90 = 231 \quad C_2H_3Cl_2F$

- (3) 同分異構物

C_1 鍵所接原子的分子量總和減去 C_2 鍵所接原子的分子量總和的差值，由小而大依順序以 a.b.c……標示。

例如：

$CHF_2CH_2Cl \quad C_1 = 39 \quad C_2 = 38 \quad C_1 - C_2 = 1 \quad R-142$

$CHClFCH_2F \quad C_1 = 55 \quad C_2 = 21 \quad C_1 - C_2 = 34 \quad R-142a$

$CClF_2CH_3 \quad C_1 = 73 \quad C_2 = 3 \quad C_1 - C_2 = 70 \quad R-142b$

CFC 氟氯碳化合物：R-12、R11、R-502…。

HCFC 氟氯碳氫化合物：R-22、R-408A…。

HFC 氟碳氫化合物：R-134a、R-23、R-404A…。

PFC：R-508B、R-508A…。

HC 碳氫化合物：R-290、R-600、R-600a。

自然冷媒：H₂O、NH₃、CO₂…。

2. 甲烷系類：原子數量為5，剩餘的原子數為氯原子數，如 R-11(1 + 1 = 2) 氯原子數量為3(5-2)，R-22(2 + 2 = 4) 氯原子數量為1(5-4)，R-23(2 + 3 = 5) 氯原子數量為0(5-5)，無氯原子可辨別 R-23 為環保冷媒。
3. 乙烷系類：原子數量為8，剩餘的為氯原子數，如：R-113(1 + 1 + 3 = 5) 氯原子數量為3(8-5)，R-123(1 + 2 + 3 = 6) 氯原子數量為2(8-6)，R-134a(1 + 3 + 4 = 8) 氯原子數量為0(8-8)，可辨別 R-134a 無氯原子為環保冷媒。
4. 無機化合物：如水(H₂O，R-718)、氨(NH₃，R-717)最後兩個數字為分子量，加上700就得出編號。

$$\text{H}_2\text{O} = (1.008 \times 2) + (16 \times 1) = 18 \rightarrow \text{R}-7\boxed{18}$$

5. HC_s類冷媒：主要有乙烷(R-170)、丙烷(R-290)、正丁烷(R-600)、異丁烷(R-600a)、乙烯(R-1150)及丙烯(R-1270)，不僅有較佳的製冷效率，且價格較低與屬於環保的產品。但因有可燃性，而有安全的顧慮，因此在操作維修上需較注意。
6. 溴化合物：如：CBrF₃ 為 R-13B₁，B₁表示有一個溴原子。
7. 共沸冷媒：R-5??，5開頭如R-500、R-502、R-507A、R-508皆是共沸冷媒，其中R-502是由R-115(51.2wt%)、R-22(48.8wt%)所混合的冷媒，具有低壓縮比，吐出溫度低及蒸發潛熱大等優點，冷媒各組成成份在一般使用的溫度範圍內同時氣化，使液態與氣態時比例相同，在冷凝過程等壓過程中飽和氣態變為飽和液態，溫度保持不變，充填冷媒方式與單一冷媒相同，其沸點高於或低於各組成冷媒沸點的特性。

8-4 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

8. 非共沸冷媒： R-4??，4 開頭，如：R-407C 為非共沸冷媒，液態與氣態互換時具不相同的成份組合，因此在蒸發和冷凝過程是一個變溫過程，具有較低的冷凝壓力及較高的蒸發壓力，故可提高性能係數，當冷媒系統運轉或停止時，管路洩漏的是氣體狀態，管路內部的液態冷媒蒸發，此時組合冷媒中沸點較低的冷媒，會蒸發較多，殘留的冷媒比例就會改變，故非共沸冷媒系統氣體管路洩漏，要將殘餘冷媒排放完才可充填，不宜直接補充，如液態管洩漏就不須如此，非共沸冷媒充填冷媒應以液態充填，其沸點在各組成冷媒沸點之間。
9. 近似共沸冷媒：R-410A 與 R-404A 是液態與氣態時比例不相同，僅絲毫的差異。在等壓飽和氣態完全變為飽和液態，溫度在 1°C 以下的變化可謂近似共沸冷媒(滑落溫度<1°C)，處理方式與共沸冷媒相同，但盡量以液態充填。
10. 滑落溫度：單一冷媒等壓的變化時，溫度是不變，也就是在一定壓力範圍下蒸發過程與冷凝過程無溫度差，若是非共沸冷媒在等壓過程冷凝時飽和氣體變成飽和液體，溫度會下降，若在等壓蒸發過程時飽和液體變成飽和氣體，溫度會上升，其溫差就叫作滑落溫度。
11. 其它：冷媒編號最後一個英文字母大小寫，如：R-134a、R-407A，
a--小寫代表單一冷媒，A--大寫代表混合冷媒。單一冷媒(元素分子相同 但其元素間的連結結構不同)
- R-401A 與 R-401B 皆由 R-22、R-152a、R-124 混合而成的冷媒，為了作區別以 A、B 代表沸點溫度的高低，R-401A 與 R-401B 區別是 A 沸點溫度比 B 高。

二、臭氧層破壞指數(ODP)

大氣離地面可分五層：

1. 對流層：距離地面 13 公里研究氣象的一層。
2. 平流層：又稱臭氧層距離地面 13~50 公里保護地球，免受紫外線侵害。
3. 中氣層：距離地面 50~85 公里，其間組成有臭氧，二氧化碳、氮、氮、受輻射線激發產生光化作用，故又稱光化層。
4. 游離層：距離地面 85~550 公里空氣稀薄，溫度漸上升，又稱增溫層。
5. 外氣層：距離地面 550~1000 是大氣最高區域，也是外太空的起點，當紫外線照射在臭氧層(平流層)而產生以下變化後，又維持平衡的狀態。

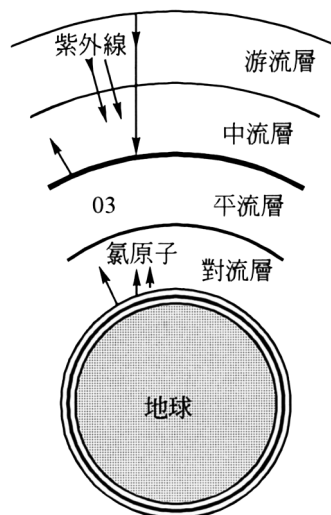
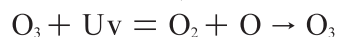
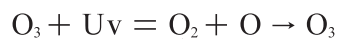


圖 8-1

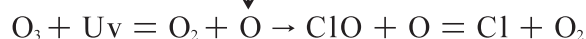
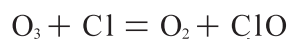
8-6 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)



O_3 ：臭氧 Uv ：紫外線

恢復為 O_3 如此不斷的循環，吸收紫外線後又恢復 O_3 為達到平衡。

當地球對流層氯原子，經長時間(約 10 年)漸漸上升到臭氧層(平流層)而產生以下的反應。



(又被分解出來)

O_2 原會與 O 結合而成 O_3 ，但 ClO 更活躍搶著 O 形成 $Cl + O_2$ ，使 O_3 無法再恢復，而失去平衡。

此時氯原子又被分解出來，繼續破壞下一個臭氧，所以一個氯原子因觸媒作用可以破壞數千個臭氧分子。

被禁止使用的冷媒：有 R-11、R-12、R-113、R-114、R-115 皆含有氯原子，而 R-22($CHClF_2$)也有氯原子為何沒有列入第一批被禁用？因含有氯原子較容易被分解，放入大氣中會被分解為水溶分子和雨水一起回地球表面。

R-134a 不含氯原子，但含氯的氟碳氫化合物，因太安定而造成溫室效應，因此在京都決議書也受到管制，所以冷媒以碳氫化合物及自然冷媒最為環保，如 HC-12a。

溫室效應指數(GWP)

太陽波長，長的紅外線，反射入地面的能量為 96 單位，再連同地球吸收了 18 單位。現人類的破壞，CO₂與懸浮粒子增加，反射能量受影響，熱不平衡、氣象變化難預報、海平面上升.....等災害，溫室效應氣體有二氧化碳佔 83.6%，甲烷佔 8.7%，氧化亞氮佔 6.1%，包括六氟化硫、全氟化碳(perfluorocarbons)和氫碳氟化合物(HFC)的其他氣體則佔 1.6%。

何謂臭氧

臭氧是光學氧化物，閃電或日光照射易在大氣層形成臭氧，顏色是淡藍色，可過濾日光，擋住紫外線，在水中能殺菌，在常溫下體積 100 的水可溶入 45 臭氧，其刺激性高，在 0.03ppm 會損害植物，0.1ppm 增加細菌感染，0.3ppm 刺激呼吸器官，1ppm 意志模糊易致癌，10 ppm 以上會引起噁心、鼻出血、眼睛發炎、嚴重中毒。臭氧層破壞紫外線直接照射到地球使人類易造成白內障，破壞生物細胞中 DNA，增加罹患皮膚癌，降低免疫系統，根據科學家估計，臭氧層每減少 1%，單在美國地區皮膚癌就會增加 1 萬人以上，動植物大量死亡，對整個自然生態將會帶來不良的影響，所以不可不重視。

其實地球不僅受到臭氧層破洞的威脅，如溫室效應的升高、酸雨、海洋污染、熱帶雨林的減少、土壤沙漠化，部份動植物將瀕臨絕種，這些的破壞我們也不能忽視的。

ppm：(百萬分之一)例如 1 立方公尺的空氣，含有 5mg 的臭氧，問多少 ppm？(O 分子量 = 18)



解 O₃分子量 = 3 × 18 = 54

$$\text{ppm} = 5 \times 22.4 / \text{分子量} = 5 \times 22.4 / 54 = 2.07 \text{ ppm}$$

8-8 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

三、冷媒溫度與壓力的關係

冷媒要能將低溫空間的熱量傳到到高溫空間，必需具低蒸發溫度，低冷凝溫度，在一大氣壓力下(14.7psia)，水的沸點是 100℃，吸收 539 kcal/kg，R-12 沸點是 - 29.8℃，吸收 39.7kcal/kg，亦是將蒸發器的壓力控制在 14.7psia(0 psig)，在理想的狀態可製造 - 29.8℃的空間，如此可知要製造多少的溫度空間就必需控制多少蒸發器的壓力，因由於熱傳的損失，所以在設計時冷媒蒸發溫度低於要製冷空間的溫度。如圖 8-2：是一般常用的冷媒在飽和狀態時，壓力與溫度的關係，例如 R-22 冷媒溫度 - 40℃時，在R-22 刻線上點出 - 40℃，垂直往上畫與壓力刻線交點，約 0psig，亦是R-22 冷媒壓力 0 psig，其飽和溫度約 - 40℃左右；可上網下載 DanFoss 提供的 APP「Refrigerant Slider」使用。

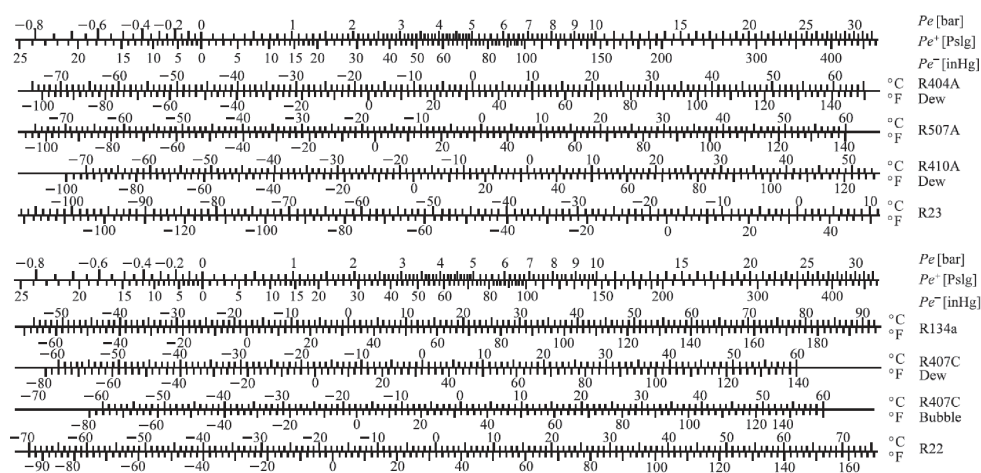


圖 8-2 冷媒溫度與壓力對照表

如知冷媒在冷凝器的溫度或在蒸發器需要的溫度，就可查圖 8-2 知道該系統正常運轉時的高低壓力值，以便判斷充填冷媒量是否適當作為參考，而冷媒在冷凝器的溫度是比週圍空氣高 10~15℃。

蒸發器內的冷媒溫度是比冷卻空間低 5-7℃，再對照其飽和壓力，就可判斷正常運轉時高低壓力值。各設備高低壓力值可參考表 8-1：

表 8-1 各設備高低壓力參考值

設備	冷媒	冷媒℃	高壓 Psig	低壓 Psig
氣冷式冷氣機	R-410A	5℃	380	120
汽車冷氣	R-134a	2℃	200	30
除濕機	R-600a	2℃	50	10
冰飲水機	R-134a	2℃	150	30
冷凍櫃	R-404A	- 25℃	300	20
冷藏櫃	R-134a	- 2℃	150	25

蒸發器管內冷媒溫度與庫溫度差值

用途範圍	建議溫度差
高濕 RH80%以上冷藏庫	2.5~5℃
低濕 RH80%以下冷藏庫	5~10℃
冷凍庫(送風式)	3~7℃
凍結庫(送風式)	3~7℃

8-10 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

四、冷媒與冷凍油的關係

冷媒與冷凍油應考慮溶解性，溶解性佳可協助冷凍油自蒸發器回壓縮機，但在低溫時油因溶入冷媒使黏滯性降低變稀，此時若壓力急速降低，會使冷媒自冷凍油中蒸發起泡，夾帶大量冷凍油而離開曲軸箱，造成潤滑不良。

五、冷媒的特性

1. 分子量(g/mol)：各元素原子量的總和計算方法，

如：R-134a 化學式 $C_2H_2F_4$

$$R-134a \text{ 分子量} = (12.01 \times 2) + (1.008 \times 2) + (19 \times 4) = 102.3$$

例如 R-410A 由 R-32(50 % wt)及 R-125(50 % wt)組成莫耳比約 30 %：70 %，其平均分子量為 $(52.02 \times 0.698) + (120.02 \times 0.302) = 72.58$

C 原子量 = 12.01、H 原子量 = 1.008
Cl 原子量 = 35.46、F 原子量 = 19.00

- (1)理想氣體方程式可以得到 $PM = dRT$ ，

M = 分子量、P = 蒸氣壓力、d = 密度、R = 理想氣體常數、
T = 絕對溫度；

分子量與密度成正比，分子量越小的物質密度也越小，壓力越高，洩漏率越大。如分子量 $R-134A > R-22 > R-23$ 。

- (2)分子量較大者，分子間吸引力較強，沸點(分子分離)就要比較高，反之分子量越小者沸點就要越低。如分子量 $R-134A$ (沸點 $-27^\circ C$) $> R-22$ (沸點 $-45^\circ C$) $> R-23$ (沸點 $-73^\circ C$)，每增一個碳沸點約增高 $20 \sim 30^\circ C$ 。

2. 比體積：單位質量所佔的體積也稱比容或比體積(m^3/kg)，其倒數(kg/m^3)為密度或比重，當液密度小，冷凝器的內容積就要大，會增加冷媒的充填量，氣密度小，壓縮機需較高馬力吸排更多的氣體來維持一定的冷媒質量流率。
3. 蒸發潛熱：低壓液態冷媒進入蒸發器，完全變為氣態所吸收的熱量，因蒸發器有微量的冷凍油及閃蒸的氣體，所以會較理想蒸發潛熱低，冷媒不能單以蒸發潛熱來衡量其效率，是以性能係數 COP 大小來判斷，如氨系統雖蒸發潛熱大，其壓縮功大，與 R-22 冷媒比較起來性能係數是相差不大。
4. 飽和壓力：飽和壓力高，壓縮機之壓縮衝程相對要加大。
5. 黏度：動黏滯性要小，減少磨擦壓降及動力的消耗。
6. 熱傳係數：動黏滯性小，熱傳效果增加，其傳輸熱量的能力將增大，相對的較有明顯的加熱與冷卻現象。
7. 比熱：在液態時比熱要小，排放熱量小，易達到過冷度，在氣態時比熱要大，不然會使吐出口溫度升高，易使冷凍油碳化。
8. 臭氧層破壞指數(ODP)為 0，溫室效應指數(GWP)儘量小。
9. 混合冷媒：依比例混合後，其沸點高於或低於各組成冷媒的沸點可降低壓縮機排氣溫度，非共沸冷媒各組成冷媒，依比例混合後其沸點介於各組成冷媒的沸點之間，高沸點冷媒混合於低沸點冷媒會提高冷凍能力。

8-12 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

表 8-2 主要冷媒之特性表(公制)

冷凍編號	R10	R11	R12	R13	R13B1	R14	R20	R21	R22	R23	R40
化學式	CCl ₄	CCl ₃ F	CCl ₂ F ₂	CClF ₃	CCl ₂ F ₂	CF ₄	CHCl ₃	CHCl ₂ F	CHClF ₂	CHF ₃	CH ₃ Cl
分子量	153.832	137.368	120.914	104.859	148.914	88.005	119.378	102.923	86.469	70.014	50.488
沸點(°C)	76.5	23.85	-29.65	-81.35	-57.75	-127.85	61.75	8.95	-40.75	-82.05	-24.15
熔點(°C)	-22.96	-111.1	-155	-181.1	-168	-184	-63.5	-135	-160	-155	-97.7
臨界溫度(°C)	283.25	198.05	111.8	28.85	67.05	-45.55	263.25	178.45	96.20	25.65	148.1
臨界壓力(kgf/cm ²)	46.5	45.0	42.06	40.0	40.5	38.1	55.8	52.7	50.86	49.4	68.11
臨界體積(cm ³ /mol)											
臨界密度(kg/l)											
飽和蒸氣壓(0°C)(kgf/cm ²)											
蒸發潛熱(0°C)(kcal/kg)											
ρ(0°C)(kg/l)	1.594 (20°)	1.534	1.397	1.118	1.703	1.633*	1.489 (20°)	1.426	1.285	1.029	0.9598
ρ'(0°C)(kg/m ³)											
ρ(25°C)(kg/m ³)		2.481	18.05	133.7	66.17	7.666*	—	3.272	2.21	112.8	6.066
c _p (0°C)(kcal/kg·°C)	0.201	0.207	0.222	0.284	0.186	0.219	0.224	0.144	0.280	0.320	0.369
c _p '(0°C)(kcal/kg·°C)	—	0.133	0.155	0.234	0.118	0.119 (-120°)	—	0.135	0.177	0.397	0.203
c _p (25°C)(kcal/kg·°C)	0.129	0.136	0.143	0.153	0.111	0.166	0.132	0.142	0.154	0.174	0.193
比熱比(氣體 30°C)											
熱傳率 λ(0°C)(10 ⁻³)(kcal/mh·°C)	9.35	8.12	6.75	4.23	4.50	8.10 (-120°)	10.5	9.62	8.63	6.48	15.4
λ'(0°C)(10 ⁻³)(kcal/mh·°C)	—	0.693 (30°)	0.716	0.923	0.685	0.423 (-120°)	—	0.732 (20°)	0.826	1.38	0.809
λ(0°C)(10 ⁻³)(kcal/mh·°C)	1.35	0.535	0.260	0.142	0.214	—	0.705	0.399	0.216	0.169 (-30°)	0.276
η(0°C)(cP)	0.0131 (-120°)	0.0102	0.0118	0.015	0.0149	—	—	0.0107	0.0121	0.150	0.0101
λ'(0°C)(cP)	1.4570	1.374	1.287	1.199 (-73.3°)	1.238	1.151 (-73.3°)	1.4429	1.354	1.264	1.251 (-73.3°)	1.3362
液體屈折率(25°C)	28.2 (-10°)	21.07	11.74	2.62	6.51	14 (-73.3°)	228.5	18	11.5	15	19.5
液體表面張力(0°C)(dyn/cm)	2.228	2.28 (20°)	2.10	1.59	1.95 (20°)	—	4.806 (20°)	5.34 (20°)	6.11	4.70	—
液體導電率(25°C)											
相對絕緣耐力											
氣體(25°C)(N ₂ =1)											
水之溶解度(25°C·latm)	0.097 (10°)	0.011	0.0258	0.009	0.03	0.0015	0.82 (20°)	0.95	0.30	0.10	280cc (16°)
g/100g 水	0.0131	0.011	0.009	—	0.0095	—	—	0.13	0.13	—	—
水及冷媒之溶解度(25°C)											
臭氣	有	微 ether 臭	微 ether 臭	—	微 ether 臭	微 ether 臭	有	有	微 ether 臭	—	有
可燃性(爆發限界)	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	10.7~11.4
毒性分類記號	3	5a	6	(6)	6	(6)	3	4-5	5a	(6)	4

(續前表)

冷媒編號 化學式	R112 (CCl ₂ F ₂)	R113 C ₂ Cl ₃ F ₃	R114 (CClF ₂) ₂	R114B2 C ₂ Br ₂ F ₄	R115 CF ₃ CF ₂ Cl	R116 C ₂ F ₆	R142b CH ₂ CClF ₂	R152a CH ₃ CHF ₂	R216 CH ₃ ClF ₂	RC318 C ₃ F ₈
分子量	203.831	187.376	170.922	259.824	154.467	138.012	100.496	66.050	220.929	200.031
沸點(°C)	92.85	47.65	3.85	47.25	-39.05	-78.15	-9.75	-24.95	35.69	-5.75
熔點(°C)	23.5	-35	-93.9	—	-106.1	-101	-131.1	-117.0	-125.4	-41.4
臨界溫度(°C)	277.9	214.05	145.65	214.55	80.05	-19.65	137.05	113.45	179.99	115.22
臨界壓力(kgf/cm ²)	35.1	34.8	33.2	35.1	32.19	30.4	42.0	45.9	28.0	28.32
臨界密度(kg/l)										
飽和蒸氣壓(0°C)(kgf/cm ²)		0.15	0.89		4.51		1.50	2.73	0.24	0.31
蒸發潛熱(0°C)(kcal/kg)										
密度 ρ (0°C)(kg/l)	1.636	1.621	1.529	2.244	1.399	1.109	1.172	0.9583	1.627	1.593
ρ' (0°C)(kg/m ³)	—	1.229	6.832		35.07		6.882	8.356	2.366	12.03
ρ (25°C)(kg/m ³)										
比 c_p (0°C)(kcal/kg°C)	0.216	0.220	0.228	0.163	0.255		0.298	0.343	0.238	0.253
c_p (0°C)(kcal/kg°C)	(40°)	0.148	0.162		0.177		0.192	0.247	0.163	0.185
c_p (25°C)(kcal/kg°C)		0.148	0.159	0.114	0.170	0.184	0.197	0.245	0.176	0.187
熱 比熱比(氣體 30°C)										
熱 λ (0°C)(10 ⁻³)(kcal/mh°C)	5.79	6.92	6.10	4.46	5.20	3.48	8.08	10.8	10.0	6.35
傳 λ'' (0°C)(10 ⁻³)(kcal/mh°C)	(30°)	—	—	—	—	(-10°)	—	—	—	—
導 λ' (0°C)(10 ⁻³)(kcal/mh°C)										
率 η (0°C)(cP)	1.17	0.939	0.485	0.97	0.260	0.204	0.381	0.219	—	0.542
黏 λ'' (0°C)(cP)	(30°)	—	0.00969	0.0108	—	0.0119	—	—	—	0.0120
度 λ (25°C)(10 ⁻³ P)										(20°)
液體屈折率(25°C)	1.413	1.3557	1.3092	1.367	1.214	1.206	—	1.26	—	—
液體表面張力(0°C)(dyn/cm)		(0°)				(-73.3°)	(20°)			
液體導電率(25°C)	23	17.1	13.78	18	5	16	—	—	—	—
相對絕緣耐力	(30°)	(25°)	(25°)	(-25°)	(25°)	(-73.3°)				
氣體(25°C)(N ₂ =1)	2.52	2.41	2.26	2.34	—	—	—	—	—	—
水之溶解度(25°C·latm)/100g 水	0.12	0.017	0.013	—	0.006	—	—	—	—	—
水及冷媒之溶解度(25°C)/100g 冷媒		0.011	0.009	—	—	—	—	—	—	—
臭氣	—	微 ether 臭	微 ether 臭	—	微 ether 臭	—	微 ether 臭	微 ether 臭	微 ether 臭	微 ether 臭
可燃性爆發限界	無	無	無	無	無	無	9-14.8	5.1-17.1	無	無
毒性分類記號										

註：1. 有打*記號者為冷媒在 1 標準大氣壓力下所標示之值，如有()內數字為攝氏溫度。
 2. 容度 ρ ，比熱 C_p ，熱傳導率 λ 及黏度 η 邊符號之意義如下：'：飽和液、"：飽和氣、1：大氣壓力下之過熱蒸汽、°：理想氣體狀態下之值。
 3. 數字中如有 G 及 L 記號表示氣體及液體之值。
 4. 毒性分類欄之數字為 Underwriter's Laboratory Classification 為準之編號。
 5. 轉載日本冷凍協會資料。

8-14 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

六、冷媒介紹

R12 系統可用 R-409A、MP-52、R134a，冷媒來更換改裝，新安裝的要使用 R-404、R-134a、HC-12a 冷媒替代。

R22 系統可用 R-410A、R-32、R-438a 冷媒替代。以下將對上述的冷媒作個簡單的介紹：

1. **R-23**：為環保冷媒以取代 R-13、R-503 其在一大氣壓力下其沸點 -82.05°C ，一般應用於科技研製和醫療製冷之超低溫冷凍系統，因其冷凝臨界溫度低於 25.65°C ，故常於 R-404A 搭配二元冷凍循環系統製冷，(臨界溫度：當溫度高於 25.65°C ，即時提升到很高壓力也無法將氣體冷凝為液體)，故冷凝點散熱溫度要低於 25.65°C 。
2. **R-152a**：是環保冷媒，在 1 大氣壓力其沸點 -24.7°C ，與礦物油互溶，但因具可燃性，尤其在高壓及充填量多的系統，充填時應依照安全規定，也可加入少量的 R-22 來抑制燃性，一般適用於小型設備，如冰箱、除濕機、飲水機。
3. **R-409A** (FX56)：由 R-22(60%)、R-124(25%)、R-142b(15%)，1 大氣壓力其沸點 -34.2°C ，分子量 97.4，屬非共沸冷媒，適用 R-12 系統快速換裝，與礦物油相溶，假如系統洩漏低於 30%，成份變化不大，只要補充填就可以，如大於 30% 必須全部更換。
4. **R-401C** (MP-52)：由 R-22(33%)、R-124(52%)、R-152A(15%) 一大氣壓力其沸點 -28°C ，屬非共沸冷媒，與 R-12 熱力性質相近，是過渡期用來取代 R-12 系統，更換時不需換冷凍油，換裝手續簡單，

屬非共沸冷媒，又因 R-12 取得不困難，維修人員不會想改裝或直接換裝 R-134a，所以市面上相當少有人會去更換冷媒。

5. **R-404A** (FX70、HP62)：由 R-125(44%)、R-134a(52%)、R-143a(4%)，在 1 大氣壓力其沸點 -46.6°C ，是一種不消耗臭氧的化合物，在中低溫的冷凍應用領域中，可長期性取代 R-22 和 R-502 作冷媒，使用 R-404A 可應用於超市冷凍櫃、展示櫃、冷凍車和冷凍機，R-404A 被規劃為取代 R-502，因礦物油與烷基苯冷凍油只能適用 R-502，無法和 R-404A 互溶，要改換合成油(POE)，以確保正常運轉。R-404A 是屬於近似共沸冷媒，滑落溫度為 0.9°C ，在移瓶或充填儘可能以液態，不要以氣態充灌，避免造成冷媒成份的改變而影響系統。

6. **R-134a**：不破壞臭氧層，在大量的空調與冷藏設備來取代 R-12，R-134a 分子非常小，易洩漏，對水的溶解度較 R-12 高 10 倍，1 大氣壓力其沸點 -26.48°C ，分子量 102.3，屬於 HFC 冷媒。選用冷凍油、密封膠墊、乾燥劑應注意，因不含氯原子，逕由氫原子代替，所以與礦物油的互溶性很差，會將壓縮機吐出的冷凍油積集於蒸發器，壓縮機冷凍油因此而減少，故需裝置油分離器，或採用 POE 或 PAG 冷凍油，R-134a 具很高的溫室效應，是 CO_2 的 420 倍，所以不是完全無污染，將來也會再被真正完全無污染的冷媒取代。

8-16 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

HC-12a 冷媒特性比較表

特 性	冷 媒			
	CHC-12	HFC-134a	HC-12a	HC-22a
大氣中存留時間(年)	130	16	<<1	<<1
地球溫室效用指數 (CO ₂ =1.0)*	7300	1200	8	8
臭氧枯竭指數 (CFC-12=1.0)	1.0	0	0	0
導熱性能 (以 HFC-134a 為基本線)	+8	0	+20-40	+20-40
合用的潤滑油	礦物油	人工合成油	礦物油和人工合成油	礦物油和人工合成油
腐蝕性	是	是	否	否
經氧化而產生的有毒物質	光氣	氟化氫***	無	無
毒性-腐害性(UL 分級)	6	5/6	5	5
長期接觸對身體的影響 (根據實驗室老鼠實驗)	無	睪丸腫瘤***	無	無
短期接觸對健康的危險度	無	可能造成死亡***	無	無
漏氣偵測物	鹵化物	鹵化物	碳氫物	碳氫物
正常的沸點(°F)	- 21	- 15***	- 29°F	- 40°F
臨界溫度(°F)	233.6	214.0	206.3	206.3
在 0 psig 下的燃點溫度 (°F)	不易燃	不易燃**	1490°F/1627°F****	1490°F
在 5 psig 下的燃點溫度 (°F)	不易燃	370°F***	1490°F	1490°F

CFC-12 和 HFC-134a 的資料是取自“非活性冷媒使用於汽車上的研究終結報導”1991 年 11 月由美國能源部 Arthur D. Little 發表，OZ-12 和 HC-12 的資料取自生產公司 MSDS 研究結果。

*二氧化碳相等地球溫室效應，100 年調整時間為範圍。

**在 27.5MPG(Mile per Gallon-每一加倫所跑的英里)CAFE 的標準，每年冷媒散發造成全球溫室效應類似對照。

***取自杜邦(Dupont)有關 HFC-134a 文件

***Simtars 測試，E95/0581 報告，發表於 1995 年 11 月 15 日

Greenpeace 組織贊助使用此碳氫冷媒

7. **R-22**：具有很好的物理化學特性，但因含有一個氯原子，對臭氧層有輕微的破壞作用，於 2030 年將被完全禁用，以提出替代的冷媒有 R-125、R-152a、R-32、R-23、R-143a 之混合冷媒如 R-407C、R-410A。對水的溶性大於 R-12 的 40 倍，遇火焰會產生鹽酸、氫氟酸、光氣(氯化碳質)，會腐蝕金屬零件及線圈。
8. **R-410A**：是由 R-32(50%)、R-125(50%)混合而成的冷媒冷凝壓力比 R-22 高 50%，滑落溫度在 0.17°C 以下，屬近似共沸冷媒熱力特性接近單一冷媒，毒性與燃燒性等級與 R-22 同等，被分類為 A1 低毒性，R-32 具有較強的溶解性、殘渣漂浮在 R-410A 系統，順利在系統中循環，R-410A 氣體比體積比 R-22 小，所需要充填冷媒量較少，壓縮機排氣量可降低，不能與礦物油和烷基苯類混合，需使用聚合酯類 polyester(POE)，在美國大小冷氣機使用 R-410A，日本窗型冷氣機用 R-410A，德國運輸冷凍設備用 R-410A。
9. **R-407C**(Klea66、SUVA9000、FX220)：由 R32(23%，-51.65°C)、R125(25%，-48.14°C)、R134a(52%，-26.07°C)混合而成的冷媒，利用高沸點的 R-134a，使系統在低負載時提高 EER，滑落溫度 5.6°C 屬非共沸冷媒，必須以液態充填方式，確保組成成份比率不變，其冷凍效果及容積效率比 R-22 佳，更換 R-22 系統原先礦物油改為 POE 油乾燥劑、墊片也需更換，由於 R-407C 噪音大，故在窗型冷氣機採用 R-410A，在 3 噸以上的空調設備才採用，如箱型冷氣機、冰水主機，若應用在殼管冰水器或板式蒸發器系統，使用於滿液式蒸發器的系統要特別注意其過熱度需大於蒸發壓力下的滑落溫度。

8-18 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

10. **R-744**：二氧化碳(CO_2) 自然冷媒 $\text{ODP} = 0$ ， $\text{GWP} = 1$ 是真正的環保冷媒臨界溫度 31.1°C ；臨界壓力 75.2 kg/cm^2 ，蒸發潛熱大，氣體比體積小 故可使用較小排氣量的壓縮機，適用各種冷凍油與常用的材料，一般應用於熱水熱泵，國外也漸在大型冷凍冷藏系統使用。
11. **R-417A**：由 50 % R-134a/46.6 % R-125/3.4 % R-600，其中含有少量碳氫化合物 R-600a，無毒，不燃，沸點 -41.8°C 與 R-22 有相近，可直接替換原系統的冷凍油、各零部件相容無需更換。而且，其性能比 R-22 佳。排氣溫度比 R-22 為低，但其製冷量稍低於 R-22，系統洩漏對其性能影響很小其化學性穩定，當洩漏達到原來的 85 % 以上時成份才會有約 5 % 的變化，一般，R-417A 在替代 R-22 熱泵熱水器方面的使用。
12. **R-170**：乙烷 C_2H_6 (R170)，分子量 30.07，沸點 -88.6°C ，臨界溫度 32.3°C ，臨界壓力 $49.8 \text{ kg/cm}^2\text{-g}$ ，臭氧破壞指數(ODP)為 0，溫室效應指數(GWP)為 0.01。主要應用於替代 R-13、R-503，與原系統和潤滑油相容。
13. **R-1270**：丙烯 C_3H_6 (R-1270)分子量 42.08，沸點 -47.7°C ，臨界溫度 91.4°C ，臨界壓力 $47.6 \text{ kg/cm}^2\text{-g}$ ，臭氧破壞指數(ODP)為 0。主要應用於替代 R-502、R-22 製冷劑，與原系統以及潤滑油相容。
14. **R-290**：丙烷屬碳氫化合物，沸點 -42.5°C ，臨界溫度 97.0°C ，分子量為 44.1，分子式結構為 C_3H_8 比空氣重，危險區域僅限於地面 0.75m 以下的空間，其安全規範：
- (1) 元件不允許有火花，
 - (2) 充填量有限制，
 - (3) 製造生產設備和維修場所要有安全設施。

ODP = 0、GWP = 3，最大的缺點是可燃性，已漸漸被使用替代 R134a、R410A，在歐洲及東南亞幾個國家已使用，目前在德國已用在家用熱泵熱水器和空調機。

15. **R-600a**：異丁烷，屬碳氫化合物，沸點 -11.8°C ，臨界溫度 134.98°C ，分子量為 58.12，分子式結構為 C_4H_{10} ，分子量小與水不發生作用微溶於水，性能穩定對金屬無腐蝕作用，溶於冷凍油，R600a 比空氣重很易聚積，無色氣體，其 ODP = 0，GWP = 0，具燃燒性，爆炸極限為 1.9 % ~ 8.4 % (體積比)，當達到或高於此比例時，如遇明火等即刻會引起爆炸，與鋼、紫銅、黃銅、鋁、氯丁橡膠、尼龍和聚四氯乙烯相容，與矽和天然膠故不能用於 R600a 系統，主要應用家用電冰箱及小型商用冷藏櫃。爆炸極限計算如下：

R600a 冷媒之 500 公升電冰箱置放於 2m、3m、2.5m 空間，一晚上全漏完滯留在此空間會不會產生爆炸？

經查其冷媒充填量 78g

R600a 分子量 58(g/mol)

爆炸極限 1.9 % ~ 8.4 % (體積比)

Mol = g/分子量

$78\text{g} = 1.34\text{mol}(78/58)$

空氣分子量 28.9(g/mol)

$2\text{m} \times 3\text{m} \times 2.5\text{m} = 15\text{m}^3$

空氣質量為 $15 \times 1.2(\text{kg}/\text{m}^3) = 18000\text{g}$

Mol = g/分子量

$18000/28.9 = 622.8 \text{ mol}$

體積比： $(1.34/622.8 + 1.34) \times 100 \% = 0.215 \%$ ，未達到爆炸極限。

8-20 ▲ 冷凍空調概論(含丙級學術科題庫解析)

16. **R32**：等熵指數比R410A大，故其飽和壓力與排氣溫度會略高2%；蒸發潛熱大於R410A，所以每單位冷氣能力其冷媒充填量率較少，在ASHRAE 安全等級為A2L(微可燃)，其爆炸極限13.3%~29.3%比R290高(爆炸極限：可燃氣體濃度太低或濃度太高時沒有足夠氧氣燃燒)，於冷氣機安裝時要請合格專業人員，避免施作不當產生高壓導致高溫燃燒爆炸。
17. **R438A**：由HFC-32、HFC-125、HFC-134a、HC-600及HC-601a(8.5/45.0/44.2/1.7/0.6 wt%)混和組成的近似共沸冷媒，替代R22可以在不需要更換原系統的冷凍油的情況下替代，ASHRAE 安全等級為A1(不可燃，毒性低)其飽和壓力溫度與焓特性與R-22類似，不同於R32、R410-A，具有較低的壓縮機排氣溫度和蒸發和冷凝壓力。

七、選擇冷媒應考慮的因素

1. 共沸或非共沸冷媒。
2. 與冷凍油互溶性、洩漏易偵測。
3. 使用的溫度範圍廣，並維持蒸發壓力高於大氣壓為原則。
4. 價格。
5. 效能。
6. 市場使用量。
7. 不破壞臭氧層及無溫室效應，無毒性，無燃性。
8. 低沸點、高臨界點、高氣體比熱、低黏滯性、高熱傳導性、低滑落溫度。
9. 不腐蝕銅及任何金屬，化學性質安定。
10. 不可燃、低毒性。

八、使用冷媒注意事項

1. 大部冷媒雖然不具毒性，但因比空氣重，在密閉或低窪的空間(地下室、船艙)處理冷媒應保持通風，以防維修人員缺氧窒息，分離式冷氣機的安裝也應注意此問題，當單壓一對數台分離式冷氣機，有一室內機冷媒洩漏，可能造成該房間因冷媒濃度過高而缺氧窒息，故要裝冷媒測漏警報器。
2. 處理冷媒應防止凍傷，維修人員需戴護目鏡及防護器具，在沒有任何防護器具處理冷媒時應隨時保持預知危險觀念，如有液態冷媒噴到眼睛，應以常溫不超過 2 % 的無菌的食鹽水沖洗，噴到人體要先用常溫的水沖洗，再將衣服脫掉，如噴到皮膚先塗上油，可降低冷媒蒸發速度，使溫度不會降低太快，並儘速送往醫院，在船上或偏遠地區發生此意外，應以防止受感染為優先處理，再送往醫院。
3. 儲存冷媒容器應保持 80 % 的液位，預留 20 % 為溫度變化時的膨脹空間，在 55℃ 時容量要保持 60 %，HC-12a 儲存冷媒容器，應注意保持 50 % 的液位，儲存空間應保持通風。
4. 冷媒瓶溫度要存放在 52℃ 以下，冷媒直接碰到火燄會產生光氣(Phosgene)，只要 2000-5000ppm 就易致命。
5. 不同的冷媒不可混合使用，除非經過精算，混合後用於特殊系統。
6. 不能與水混合，在高溫催化下會產生氫氟酸，促使冷凍油絕緣特性降低，而形成鍍銅現象侵蝕系統零組件及壓縮機的絕緣線圈。
7. 處理碳氫冷媒時應注意，保持良好的通風，檢測周圍環境氣體濃度及有無火源，檢查維修設備及電源的安全性，將排氣管引至室外，使管路系統內冷媒含量降低至最小。