

新世代冷媒發展現況

氟氯碳化物(CFC) 中的氯會破壞臭氧層，因此已首先被停用，而 HCFCs(氫氯氟烴) 的 ODP 雖低於 CFC，但同時擁有極高的 GWP。目前在歐洲、北美、日本、澳大利亞等國，HCFC(如 R22) 已被 HFC(氫氟碳化合物) 所取代；R134a、R410A、R410C 和 R407C 在全球大部分地區已成為主要冷媒。然而，儘管 HFC 氣體的 ODP 為零，但仍有相當高的 GWP；未來要減少溫室效應仍須減少 HFC 用量，朝低 GWP 氣體的 HC(碳氫化合物) 或 HFOs(氫氟烯烴化合物) 發展。目前提出的替代冷媒，大致可分為純質冷媒與混合冷媒兩大類。例如 R-744(二氧化碳)、R-717(氨)、HFC- 32、R-290(丙烷)、R-600a(異丁烷) 等為純質冷媒，而 R-407C、R-410A 等為混合冷媒。混合冷媒分為共沸(azeotropic) 與非共沸(zeotropic) 兩類。共沸混合冷媒在蒸發或冷凝過程時，其溫度壓力關係與純冷媒一樣維持定值；而非共沸混合冷媒在定壓的蒸發或冷凝過程中，則存在一定的溫差。R-407C 的組成為 HFC-32/HFC-125/HFC-134a (23/25/52 wt. %)，為非共沸(Zeotropic) 冷媒。R-410A 的組成為 HFC-32/HFC-125(50/50 wt. %)，為近似共沸冷媒。

Larminat and Wang (2017) 探討冷媒的發展趨勢，表 1 為各冷媒的臨界溫度、GWP 和安全等級，以臨界溫度由小而大依序向下排列。為了減緩全球暖化，輕度可燃的冷媒已逐漸被接受。表 1 最右欄為安全等級，毒性標示為 A、B，冷媒的濃度在 400ppm 以下的為沒有毒性則屬於 A 類，若有明顯毒性則屬於 B 類。冷媒的易燃性則用 1、2、2L、3 表示，1 為不可燃，3 為高可燃性。R-717(氨)、R-290(丙烷) 為自然界存在的自然冷媒，被考慮作為 R22 替代冷媒，但因為氨的毒性與丙烷的易燃性而在使用上受到限制。安全(A1 等級) 的 410A 目前已用來取代一部份 R22 的應用，成為小型空調市場上的主流冷媒，但其 GWP 高達(1900)，其主要成分之一的 HFC-32 與較新的混合冷媒 452B、454B、446A、447B 的臨界溫度與 410A 接近，雖為可燃(A2L 等級) 但 GWP 比 410A 小一半以上。

R134a 的替代冷媒包括 HFO-1234ze、HFO-1234yf，兩者 GWP 都小於 1 但都屬 A2L 可燃等級；另外有共沸混和冷媒 R513A(R134a 44%+R1234yf 56%)、R515A (R1234ze 88%+R227ea12%)，有安全上(A1) 的優勢，但 GWP 約 400~500。此外，R152a 的臨界點接近 R-1234ze 但可燃性(A2) 較低，GWP 也不高(138)；簡良翰與潘俊宏(2017) 的實驗研究顯示 R152a 的蒸發熱傳性能優於 R134a；因此也可考慮作為 R134a 的替代冷媒。HCFC-123 為離心式冰水機所使用之高效低壓冷媒，其臨界溫度達 183.7oC 常溫下之壓力低於一大氣壓，可取代之冷媒 R154A 為 R1336mzz/1130E(74.7/25.3 wt%) 之混合冷媒，與 R123 之安全等級同為 B1，但 GWP(1.7) 較低。

表 1 冷媒之臨界溫度、GWP 及安全等級

ASHRAE 冷媒編號	臨界溫度 TC(°C)	GWP 100 (AR5)	安全等級
410A	71.3	1,900	A1
32	78.1	677	A2L
452B	79.7	680	A2L
454B	80.9	470	A2L
447B	81.3	710	A2L
459A	81.5	461	A2L
446A	84.2	460	A2L
407C	86.0	1,600	A1
454C	88.5	150	A2L
444B	92.1	300	A2L
1234yf	94.7	<1	A2L
22	96.1	1,780	A1
290	96.7	0	A3
513A	97.7	570	A1
134a	101.1	1,300	A1
227ea	101.8	3,350	A1
450A	105.6	550	A1
515A	108.7	400	A1
1234zeE	109.4	<1	A2L
152a	113.3	138	A2
245fa	154.0	1030	B1
1233zdE	165.6	1	A1
1336mzzZ	171.3	2	A1
123	183.7	79	B1
514A	197.4	1.7	B1