

101年專門職業及技術人員高等考試建築師、技師、第2次
食品技師考試暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

代號：00910 全一張
(正面)

等 別：高等考試
類 科：冷凍空調工程技師
科 目：冷凍工程與設計
考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

一、HCFC-22 冷媒在歐盟、美國、日本等國均已禁止使用於新設備，而我國亦已於 100 年起禁止 7.1 kW 以下 HCFC-22 冷媒窗（分離）型空調的生產與進口，試說明 HCFC-22 冷媒的禁用原因，在冷凍空調產業的應用範圍，禁用後對冷凍空調產業造成的問題以及產業所需的因應對策。（25 分）

二、一 9 kW 加熱能力的二氧化碳熱泵熱水系統以超臨界循環運轉，系統高壓操作在 10 MPa，低壓操作在 4 MPa，熱水系統冷媒出口溫度設定在 35°C，熱水入口溫度 30°C、出口 50°C，蒸發器出口冷媒為飽和狀態，系統裝置有吸入口熱交換器，其有效度為 0.6。假設等熵壓縮、等焓膨脹，過程忽略壓損與熱損。已知水的定壓比熱 $C_p = 4.182 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ 。請繪此 CO_2 熱泵熱水系統的管路與莫里耳 (P-H) 示意圖，及在圖中標示相對應位置，並試求：(一)熱水系統水流量必須有多少 kg/hr？(二)熱泵冷媒流量必須有多少 kg/hr？(三)此 CO_2 熱水系統的理論加熱性能係數 (COP)？(四)二氧化碳冷媒除了本例超臨界的冷凍循環外，另舉兩例不同的二氧化碳冷媒冷凍循環應用。（25 分）

表一 R-744 飽和性質表

R-744 - Carbon Dioxide Saturation Properties (Pressure Table)									
Pres.	Temp	Specific Vol (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)			Entropy (kJ/kg K)		
MPa	Deg. C	vf	vg	hf	hfg	hg	sf	sfg	sg
3.5	0.16	0.001079	0.010189	200.39	230.41	430.80	1.0014	0.8430	1.8444
3.6	1.23	0.001087	0.009848	203.02	227.13	430.15	1.0106	0.8278	1.8384
3.7	2.28	0.001095	0.009524	205.62	223.85	429.47	1.0196	0.8128	1.8324
3.8	3.30	0.001103	0.009215	208.19	220.57	428.76	1.0286	0.7978	1.8264
3.9	4.31	0.001111	0.008921	210.74	217.28	428.02	1.0374	0.7830	1.8204
4.0	5.30	0.001119	0.008640	213.27	213.98	427.25	1.0461	0.7684	1.8145
4.1	6.27	0.001127	0.008372	215.78	210.66	426.44	1.0547	0.7539	1.8086
4.2	7.22	0.001135	0.008114	218.28	207.33	425.61	1.0632	0.7395	1.8027
4.3	8.16	0.001144	0.007868	220.75	203.99	424.74	1.0716	0.7251	1.7967
4.4	9.08	0.001152	0.007631	223.22	200.62	423.84	1.0799	0.7109	1.7908
4.5	9.98	0.001161	0.007404	225.68	197.22	422.90	1.0882	0.6966	1.7848
4.6	10.87	0.001170	0.007185	228.12	193.81	421.93	1.0964	0.6824	1.7788
4.7	11.74	0.001179	0.006974	230.56	190.36	420.92	1.1046	0.6682	1.7728
4.8	12.60	0.001189	0.006770	233.00	186.88	419.88	1.1127	0.6540	1.7667
4.9	13.45	0.001199	0.006573	235.43	183.36	418.79	1.1208	0.6398	1.7606
6.5	25.44	0.001421	0.004027	276.72	116.12	392.84	1.2547	0.3889	1.6436
6.6	26.11	0.001444	0.003885	279.76	110.51	390.27	1.2644	0.3692	1.6336
6.7	26.77	0.001469	0.003742	282.95	104.52	387.47	1.2745	0.3485	1.6230
6.8	27.41	0.001497	0.003597	286.32	98.050	384.37	1.2852	0.3263	1.6115
6.9	28.05	0.001529	0.003446	289.93	90.970	380.90	1.2967	0.3021	1.5988
7.0	28.68	0.001567	0.003289	293.88	83.030	376.91	1.3093	0.2751	1.5844
7.1	29.30	0.001613	0.003120	298.35	73.810	372.16	1.3236	0.2440	1.5676
7.2	29.92	0.001675	0.002927	303.71	62.410	366.12	1.3407	0.2060	1.5467
7.3	30.52	0.001774	0.002680	311.12	46.060	357.18	1.3646	0.1517	1.5163
7.377	30.98	0.002139	0.002139	332.25	0.000	332.25	1.4336	0.0000	1.4336

表二 R-744 過熱蒸氣表

壓力	4MPa (Sat. Temp. 5.30 deg C)			10MPa		
Temp.	Specific Vol	Enthalpy	Entropy	Specific Vol	Enthalpy	Entropy
deg C	[m^3/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg K]	[m^3/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg K]
Sat.	0.00864	427.25	1.8145	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-
10	0.009224	436.55	1.8477	0.001086	218.06	1.0396
20	0.010257	452.99	1.9047	0.001168	242.70	1.1251
30	0.011141	467.15	1.9523	0.001296	271.62	1.2220
40	0.011939	480.10	1.9943	0.001591	313.04	1.3563
50	0.012681	492.31	2.0327	0.002602	384.07	1.5795
60	0.013382	504.02	2.0684	0.003449	425.02	1.7045
70	0.014053	515.39	2.1020	0.004036	450.65	1.7804
80	0.014699	526.51	2.1339	0.004513	470.85	1.8384
90	0.015326	537.45	2.1645	0.004928	488.31	1.8872
100	0.015937	548.26	2.1939	0.005303	504.14	1.9302
110	0.016534	558.97	2.2222	0.005651	518.88	1.9692
120	0.017120	569.62	2.2496	0.005977	532.86	2.0052
130	0.017695	580.22	2.2763	0.006287	546.28	2.0389
140	0.018263	590.80	2.3022	0.006584	559.28	2.0708
150	0.018823	601.35	2.3274	0.006870	571.95	2.1011
160	0.019376	611.90	2.3521	0.007147	584.37	2.1301
170	0.019924	622.46	2.3762	0.007416	596.58	2.1580

(請接背面)

101年專門職業及技術人員高等考試建築師、技師、第2次
食品技師考試暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

代號：00910 全一張
(背面)

等 別：高等考試
類 科：冷凍空調工程技師
科 目：冷凍工程與設計

三、在設計冷凍系統時，液冷媒管尺寸的設計，通常其摩擦壓降小於 1 K，請說明液管尺寸對冷凍系統的影響。如果有一R410A冷凍系統，其蒸發溫度-5°C，冷凝溫度40°C，冷凍能力 17 kW，其液管當量長度 25 m，其中 8 m為上升管，配管要求摩擦壓降小於 1 K，求在此條件下的液管最小管徑 (mm)？及系統所需的最小過冷度為何 (K)？(g = 9.8 m/s²) (25 分)

附表一

R410A, Liquid Lines (40°C), Capacities (kW)		
line Size Type L Copper, OD, mm	Velocity = 0.5m/s	$\Delta t=0.02K/m$ $\Delta P=1179Pa/m$
12	6.2	14.3
15	10.1	27.2
18	15.4	47.3
22	23.5	83.0
28	39.3	163.7
35	62.2	299.6
42	91.3	495.7
54	153.7	982.0
67	238.2	1746.4
79	332.2	2695.2
105	592.9	5744.4

附註:

1. 表中冷凍能力為 kW

Δp =每當量長度壓降，Pa/m

Δt =相對應的飽和溫度變化，K/m。

2. 計算其他飽和溫度變化 Δt 與當量長度 Le 的液管能力

$$\text{液管能力} = \text{表示能力} \left[\frac{\text{表示 } Le \times \text{實際 } \Delta t}{\text{實際 } Le \times \text{表示 } \Delta t} \right]^{0.55}。$$

3. 計算其他能力與當量長度 Le 的飽和溫度變化

$$\Delta t = \text{表示 } \Delta t \left(\frac{\text{實際 } Le}{\text{表示 } Le} \right) \times \left(\frac{\text{實際能力}}{\text{表示能力}} \right)^{1.8}。$$

4. 液管能力(kW)是根據 40°C 液溫與-5°C 蒸發溫度。

附表二

R410A	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase
Temperature	Pressure	Pressure	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy
(°C)	(kPa)	(kPa)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)
35	2144.9	2138.5	1005.1	88.851	257.22	426.03
36	2198.9	2192.4	999.32	91.55	259.01	425.92
37	2254	2247.4	993.47	94.338	260.82	425.79
38	2310.2	2303.5	987.52	97.218	262.65	425.63
39	2367.4	2360.5	981.48	100.2	264.48	425.46
40	2425.6	2418.7	975.33	103.27	266.33	425.26
41	2485	2477.9	969.08	106.46	268.2	425.04
42	2545.4	2538.3	962.72	109.76	270.08	424.79
43	2607	2599.8	956.23	113.18	271.98	424.52
44	2669.7	2662.4	949.62	116.72	273.9	424.21
45	2733.5	2726.1	942.88	120.4	275.84	423.88

(Source: 2006 ASHRAE Handbook—Refrigeration (SI))

四、離心式冷媒壓縮機常用在大型空調冰水系統，設計冰水系統必須了解離心式冷媒壓縮機的特性，請繪壓頭-流量圖 (H-Q) 說明造成離心式冷媒壓縮機喘震的原因及其造成的現象？一般離心式冷媒壓縮機的容量控制有：入口導葉片、變頻、熱氣旁通、可變擴壓器與 ON/OFF 等方式，試說明這些控制的原理與其優缺點？當設計冰水系統時，如何根據空調設計條件選用這些主機控制功能以達到系統的最佳設計要求？(25 分)