

112年專門職業及技術人員高等考試建築師、
25類科技師（含第二次食品技師）、大地工程
技師考試分階段考試（第二階段考試）
暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

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。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、真空乾燥大量應用於各產業，以咖啡渣乾燥為例，假設有 1000 kg 的咖啡渣，咖啡渣含水率（重量比）為 60%，初始溫度為 25°C，乾燥溫度設計在 48°C，乾燥時間為 10 小時。假設乾燥後的咖啡渣含水率為 0%，製程中的水（水汽）利用冷凝器（Cold Trap）可以進行完全回收，冷凝水溫度為 20°C。採用電加熱器進行加熱，電加熱效率為 95%，系統為理想狀態無熱損失，咖啡渣固體物比熱為 1.66 kJ/kg·K，水比熱為 4.18 kJ/kg·K，水汽化熱為 2260 kJ/kg。請參考附表一回答下列問題：

(一)請繪出真空乾燥的詳細系統圖，並詳述原理與過程。(7 分)

(二)製程所需真空壓力（絕對壓力）為何？(kPa) (6 分)

(三)理論上電加熱器所提供的總乾燥熱能為何？(kJ) (6 分)

(四)理論上冷凝器（Cold Trap）需要的冷凍能力為何？(kcal/hr) (6 分)

附表一 水的液體與飽和蒸汽性質表（此表溫度的單位是°C，壓力的單位是 Torr）

溫度	飽和壓力	溫度	飽和壓力	溫度	飽和壓力
10	9.2122	30	31.855	50	92.647
15	12.794	35	42.221	55	118.23
20	17.546	40	55.392	60	149.61
25	23.776	45	71.968	65	187.83

二、請詳述下列有關冷媒的相關知識：

- (一)請寫出氯氟碳化合物（簡稱 CFCs）的英文全名，並做名詞解釋。（4 分）
- (二)請寫出臭氧層破壞潛能（簡稱 ODP）的英文全名，並做名詞解釋。（4 分）
- (三)請分別寫出自然冷媒 R-717，R-744，R-290，R-600a 的化學式及全球溫暖化潛能（Global Warming Potential, GWP）值。（16 分）

三、自動覆疊式（Auto Cascade）冷凍系統使用單一壓縮機及兩種混和冷媒，在冷凝溫度 37°C 時，蒸發溫度可達到 -60°C 。請回答下列問題：

- (一)該系統可以使用那兩種冷媒進行混和。（4 分）
- (二)請詳細繪製此系統的冷凍循環流程圖（包含元件名稱及管路流程）。（6 分）
- (三)請依據(二)的冷凍循環流程圖詳述自動覆疊式（Auto Cascade）冷凍系統的運作原理及流程。（7 分）
- (四)請依據(二)的冷凍循環流程圖繪製該系統的冷媒循環壓力-焓（p-h diagram）示意圖。（8 分）

四、一個低溫冷凍系統，使用 R404A 冷媒，蒸發溫度（Evaporation Temperature）為 -33°C ，冷凝溫度（Condensation Temperature）為 37°C ，蒸發器過熱度（Superheating Degree）為 5°C ，冷凝器過冷度（Subcooling Degree）為 5°C 。請參考附表二，且在已知壓力-焓值上，可得到四個循環點 $h_1 = 350 \text{ kJ/kg}$ ， $h_2 = 400 \text{ kJ/kg}$ ， $h_3 = 246 \text{ kJ/kg}$ ， $h_4 = 246 \text{ kJ/kg}$ 狀況下，回答下列問題：（假設管路沒有壓損，壓縮機與管路均無熱傳發生）

(一)請計算壓縮比。(3 分)

(二)請計算單位質量所需冷凍功。(kJ/kg) (3 分)

(三)請計算所需要的單位質量所需壓縮功。(kJ/kg) (3 分)

(四)請計算冷凝器所需要的單位質量所需排熱量。(kJ/kg) (3 分)

(五)請計算每冷凍噸的冷媒循環量。(kg/hr) (4 分)

(六)請計算 COP (Coefficient of Performance) 值。(5 分)

(七)請計算每耗功 1kW 可以得到的冷凍能力 (RT)。(5 分)

附表二 R404A 冷媒飽和性質表 (Saturated Properties Table of R404A Refrigerant)

Temperature (K)	Liquid Pressure (bar)	Vapor Pressure (bar)	Liquid Density (kg/m ³)	Vapor Density (kg/m ³)	Liquid Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Entropy (kJ/kg-K)	Vapor Entropy (kJ/kg-K)
210	0.41658	0.39592	1357.4	2.2714	118.31	329.41	0.66266	1.6707
215	0.55101	0.52629	1342.5	2.965	124.46	332.47	0.69155	1.6616
220	0.71804	0.68883	1327.4	3.8158	130.64	335.53	0.71994	1.6534
225	0.92293	0.88879	1312.2	4.8477	136.87	338.57	0.74787	1.6463
230	1.1713	1.1318	1296.8	6.0865	143.15	341.59	0.77537	1.6399
235	1.4693	1.424	1281.1	7.5606	149.48	344.59	0.80249	1.6343
240	1.8232	1.7718	1265.2	9.3009	155.86	347.55	0.82926	1.6294
245	2.2397	2.1817	1249	11.341	162.31	350.48	0.8557	1.625
250	2.7258	2.661	1232.4	13.718	168.82	353.36	0.88186	1.6212
255	3.2888	3.2169	1215.5	16.474	175.4	356.18	0.90775	1.6177
260	3.9363	3.8571	1198.1	19.655	182.07	358.94	0.93341	1.6146
265	4.6763	4.5896	1180.3	23.313	188.81	361.63	0.95886	1.6118
270	5.5168	5.4225	1161.9	27.507	195.64	364.23	0.98415	1.6093
275	6.4664	6.3645	1142.9	32.309	202.58	366.73	1.0093	1.6069
280	7.5338	7.4245	1123.2	37.797	209.62	369.12	1.0343	1.6046
285	8.728	8.6115	1102.7	44.07	216.78	371.39	1.0593	1.6023
290	10.059	9.9353	1081.3	51.243	224.07	373.5	1.0842	1.6
295	11.536	11.406	1058.8	59.462	231.51	375.44	1.1092	1.5975
300	13.169	13.034	1035.1	68.907	239.12	377.18	1.1343	1.5948
305	14.97	14.83	1009.8	79.813	246.93	378.68	1.1595	1.5918
310	16.95	16.806	982.78	92.49	254.96	379.88	1.1849	1.5882
315	19.122	18.975	953.45	107.37	263.26	380.72	1.2108	1.5839
320	21.499	21.351	921.23	125.08	271.9	381.09	1.2372	1.5786
325	24.096	23.95	885.15	146.59	280.96	380.86	1.2644	1.5719
330	26.932	26.789	843.6	173.55	290.62	379.75	1.2929	1.5631
335	30.027	29.893	793.37	209.25	301.18	377.28	1.3235	1.5508
340	33.414	33.299	725.8	262.38	313.48	372.15	1.3586	1.5313