

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

代號：00920
頁次：8-1

等 別：高等考試

類 科：冷凍空調工程技師

科 目：空調工程與設計

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。

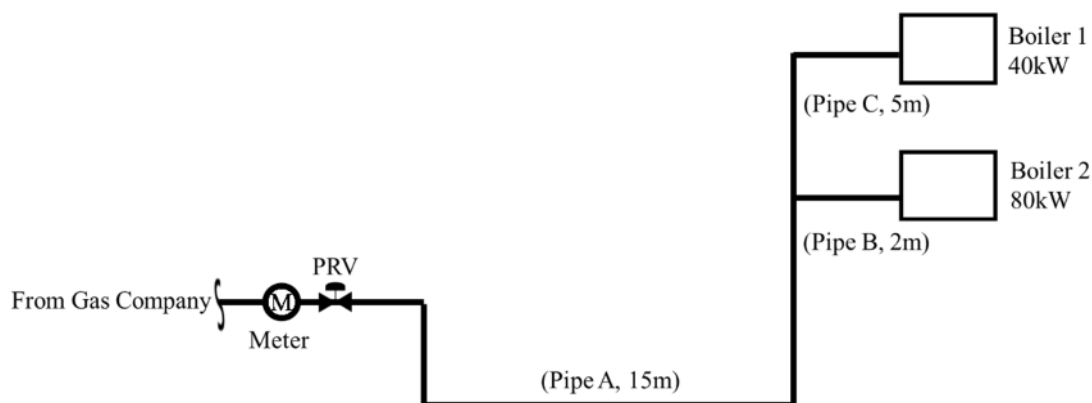
(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

※若計算有需要，請參照附表 A~D。

一、一棟建築物內有由兩個鍋爐供給（如圖一），通過鐵管分配系統以天然氣為燃料。其中鍋爐 1 的輸出為 40 kW，效率為 85%；鍋爐 2 的輸出為 80 kW，效率為 89%。調壓閥設置為以 0.5 psia 的速度供應氣體。假設最大壓降為 0.3 in wg，比重為 0.6，假設天然氣最高的熱值為 10,000 kcal/m³。

(一)請問管道 A、B 和 C 各所需的最小管道直徑是多少？（10 分）

(二)未來因擴廠需求新增一鍋爐 3 以 140 kPa 於 152°C 下產生 0.25 kg/s 的滿載蒸汽且給水系統為鍋爐提供 50°C 的飽和水，效率為 85%，電費為每 1 度 3.1 元，鍋爐 3 每天滿載運行 8 小時。假設鍋爐 3 在此負載下每年運行 250 天，試問單運行此鍋爐 3 所需成本？（10 分）



圖一、鍋爐系統管路圖

二、有一 COP 為 3.2 的熱泵，體積流率 200 LPM 的熱水從 21°C 加熱到 60°C ，熱泵的吸入壓力為 40 psia，排氣壓力為 250 psia，此熱泵安裝在室外，電費為 5 元/度，每月開機 20 天、每天運行 8 小時，假設一大氣壓下及水密度 999.5 kg/m^3 、比熱 $4.186\text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 。

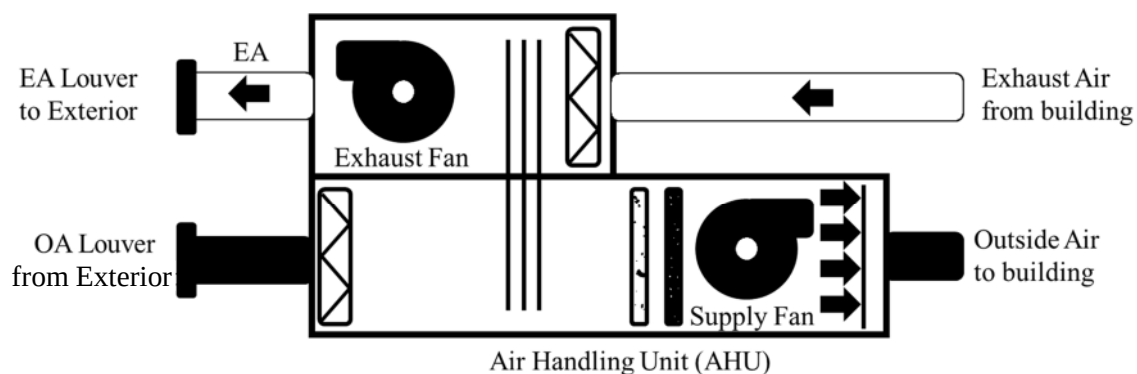
(一)請問架設此熱泵的所耗電費（元/月）為多少？（10 分）

(二)不考慮設置成本與其他額外費用，後續業主想用此熱泵設備取代既有電加熱器，請問與原加熱器相比，架設熱泵後每年節省多少元？（10 分）

三、有一建築物安裝空調箱（Air handling unit）排氣風量為 12,000 CMH、排氣溫度及相對濕度分別為 24.5°C 及 60%，如圖二，空氣通過焓輪交換熱，該設備之焓的有效性為 35%。設計室外空氣條件為 $32.5^{\circ}\text{C DB}/70\%\text{ RH}$ ，入口風量為 20,000 CMH。離開冷卻盤管時的條件為 12°C DB 、 12°C WB 。假設風管皆為圓管且已知摩擦係數為 0.04。一大氣壓下，空氣密度為 1.225 kg/m^3 。

(一)請問冷卻盤管所需的能力（kW）是多少？（10 分）

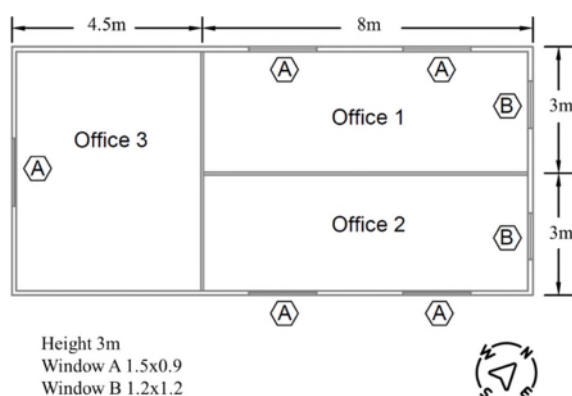
(二)後續透過管路分送進室內，而各室內皆有調節風門（damper）用於控制分歧管道的氣流。其中有一分歧管路設計氣流為 11,000 CMH。此房間管路由長 16 m、直徑 1 m 的圓形管及一個具有 $40\text{ mmH}_2\text{O}$ 壓降的擴散型出風口組成。而調節風門在 100% 開啟時的壓降為 $15\text{ mmH}_2\text{O}$ ，試求風門全開之壓力降與系統全壓降之比例%（Damper Authority %）？（10 分）



圖二、空調箱示意圖

四、有一辦公室位於一層建築物的二樓，簡化後的平面圖資料如下圖三所示，相關設計簡化後參數如下表所示，假設穩態條件下，時間於下午 1 點且為標準溫度和壓力，人員顯熱負荷為 170 W，潛熱負荷為 255 W。（省略考慮樓地板熱負荷、樓上及樓下空調空間問題）試問：

- (一)此樓層的外部熱源之總顯熱負荷（W）為多少？（10 分）
- (二)而後續因應業主需求更改窗戶材質，請問此時的新舊窗戶的負荷量（傳導加輻射）會減少多少（W）？（5 分）
- (三)考慮到未來會有燈具、人員及設備等所產生的內部熱源，預計使用 60 盞 LED 燈發熱總瓦數為 1920 W，人員為 12 人，設備如下表，出風溫度為 12°C DB，室內設計溫濕度為 25°C DB 及 50%RH，室外條件 33°C DB/25°C WB，只考慮內部熱源的出風濕球溫度（°C WB）多少？（5 分）



圖三、簡化後平面圖

表、建築物相關條件表

方位		牆CLTD	窗戶CLTD	屋頂CLTD
NE		12.8	10.8	8
NW		7.8	6	
SE		15.5	12.5	
SW		10.0	8	
牆	$U = 2.604 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$			
窗戶	$U = 4.48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 、 $SC_0^\circ = 0.7$ 、 $SCL: 135.52 \text{ W/m}^2$			
新窗戶	$U = 2.50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 、 $SC_0^\circ = 0.37$ 、 $SCL: 104.72 \text{ W/m}^2$			
屋頂	$U = 1.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$			
設備		數量	顯熱(W)	
電腦		10	300	
咖啡機		2	1000	

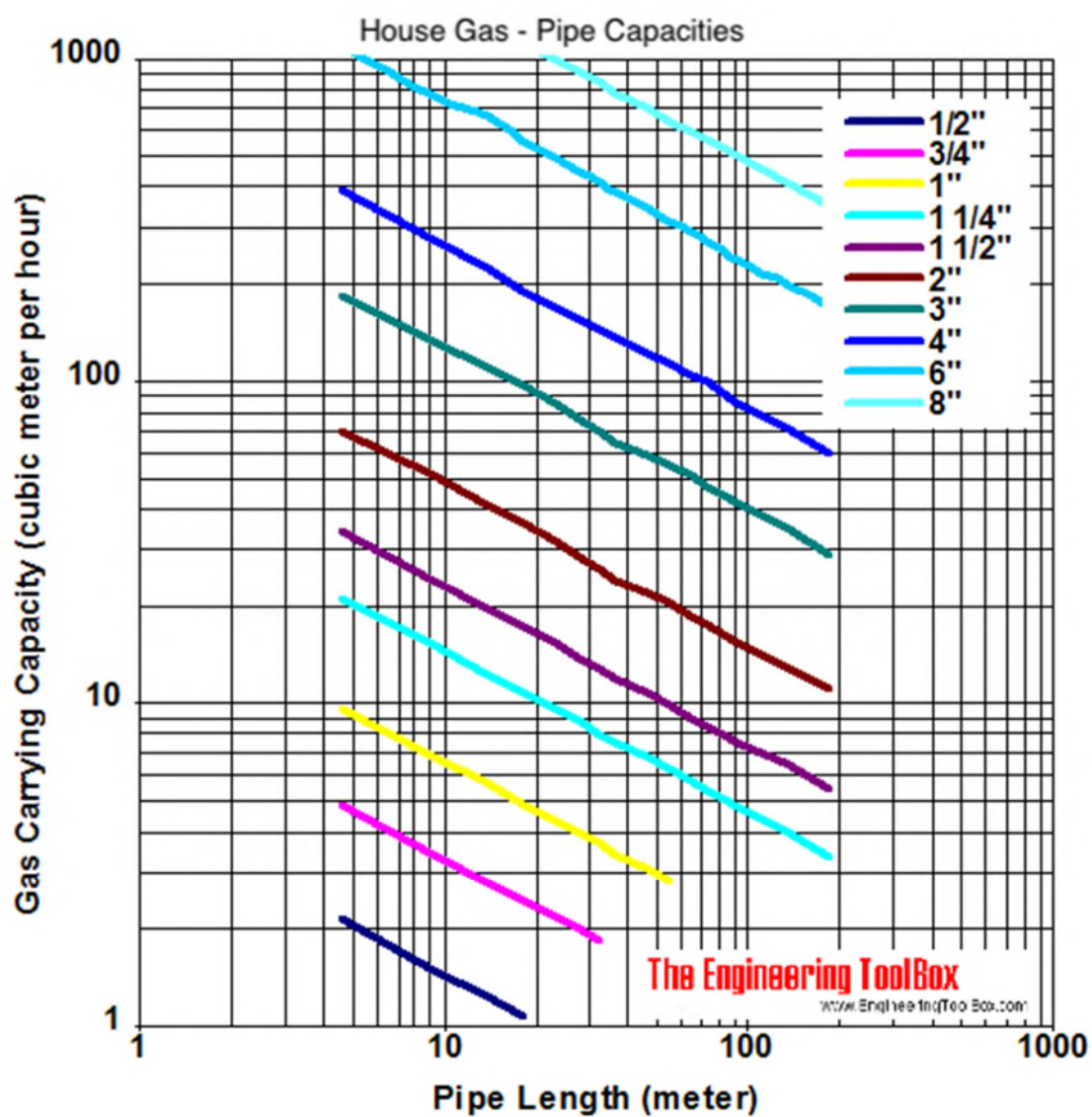
五、一建築物總體積為 6,400 立方公尺，室內需要 40 kW 的總熱負荷，無潛熱負荷，而新鮮外氣條件為 30°C DB/25.5°C WB，假設室內回風保持在 24°C DB/50% RH 的條件回到空調箱內之冷卻盤管前與外氣混合，新鮮外氣與室內回風混合比是 8:2（質量流率比），設備露點溫度（Apparatus Dew Point Temperature）為 9°C。

(一)請問於冷卻盤管旁路係數（Bypass Factor）為多少？（10 分）

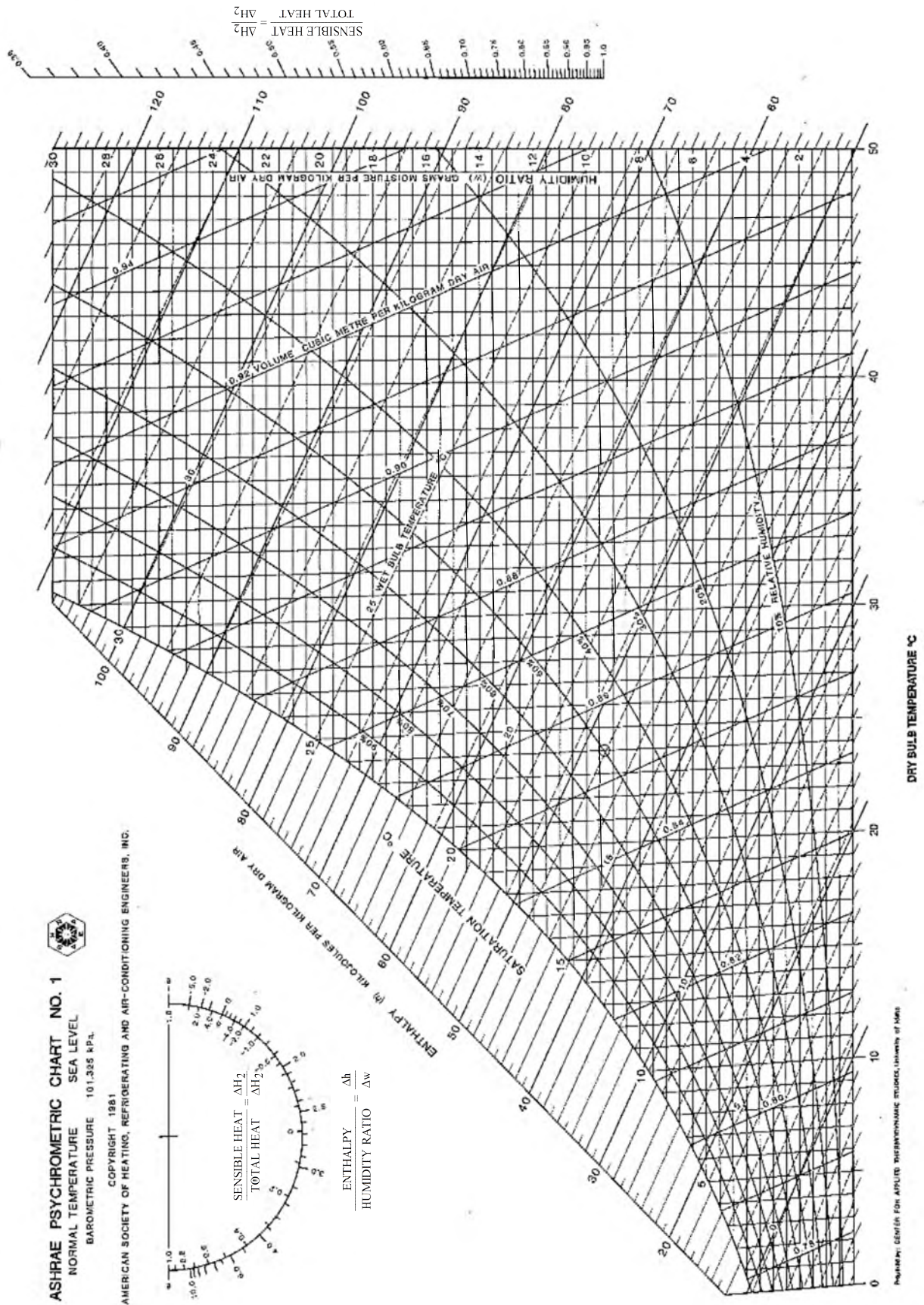
(二)新鮮外氣風量（CMH）為多少？（5 分）

(三)後續因設計考量，將此空調箱改成全外氣供應（總風量不變），且假設冷卻盤管出口條件不變，並且考慮建築物滲透率的影響（Infiltration Rate），滲透率等於每小時換氣 1.5 次，請問由於外部新鮮空氣和滲透引起的總冷卻負荷（kW）是多少？（5 分）

附表 A



附表B



附表C

Compressed Water and Superheated Steam (continued)

0.13 MPa ($t_s = 107.109\text{ }^{\circ}\text{C}$)				$t_s, ^{\circ}\text{C}$	0.14 MPa ($t_s = 109.292\text{ }^{\circ}\text{C}$)				$t_s, ^{\circ}\text{C}$	0.15 MPa ($t_s = 111.349\text{ }^{\circ}\text{C}$)			
v	ρ	h	s		v	ρ	h	s		v	ρ	h	s
1.049 17	953.13	449.19	1.3868	$t_s(\text{L})$	1.050 99	951.49	458.42	1.4110	$t_s(\text{L})$	1.052 73	949.92	467.13	1.4337
1325.3	0.754 53	2686.6	7.2709	$t_s(\text{V})$	1236.6	0.808 69	2690.0	7.2461	$t_s(\text{V})$	1159.3	0.862 60	2693.1	7.2230
1.000 14	999.86	0.09	-0.000 15	0	1.000 14	999.86	0.10	-0.000 15	0	1.000 13	999.87	0.11	-0.000 14
1.000 02	999.98	21.15	0.076 25	5	1.000 01	999.99	21.16	0.076 25	5	1.000 01	999.99	21.17	0.076 25
1.000 28	999.72	42.15	0.151 07	10	1.000 28	999.72	42.16	0.151 07	10	1.000 27	999.73	42.17	0.151 07
1.000 88	999.12	63.10	0.224 44	15	1.000 88	999.12	63.11	0.224 44	15	1.000 88	999.13	63.12	0.224 44
1.001 78	998.22	84.03	0.296 46	20	1.001 78	998.22	84.04	0.296 45	20	1.001 77	998.23	84.05	0.296 45
1.002 95	997.06	104.95	0.367 19	25	1.002 94	997.07	104.96	0.367 19	25	1.002 94	997.07	104.97	0.367 19
1.004 36	995.66	125.85	0.436 72	30	1.004 35	995.67	125.86	0.436 71	30	1.004 35	995.67	125.87	0.436 71
1.005 99	994.05	146.75	0.505 09	35	1.005 99	994.05	146.75	0.505 08	35	1.005 98	994.05	146.76	0.505 08
1.007 83	992.23	167.64	0.572 35	40	1.007 83	992.23	167.65	0.572 35	40	1.007 82	992.24	167.66	0.572 35
1.009 87	990.23	188.54	0.638 56	45	1.009 87	990.23	188.55	0.638 56	45	1.009 86	990.23	188.56	0.638 55
1.012 10	988.05	209.44	0.703 75	50	1.012 09	988.05	209.45	0.703 75	50	1.012 09	988.06	209.46	0.703 74
1.014 50	985.71	230.35	0.767 97	55	1.014 50	985.71	230.36	0.767 96	55	1.014 49	985.71	230.37	0.767 96
1.017 08	983.21	251.27	0.831 23	60	1.017 07	983.21	251.28	0.831 23	60	1.017 07	983.22	251.29	0.831 22
1.019 82	980.56	272.20	0.893 59	65	1.019 82	980.57	272.21	0.893 59	65	1.019 81	980.57	272.22	0.893 58
1.022 73	977.78	293.15	0.955 07	70	1.022 72	977.78	293.15	0.955 07	70	1.022 72	977.79	293.16	0.955 06
1.025 79	974.86	314.10	1.0157	75	1.025 79	974.86	314.11	1.0157	75	1.025 78	974.86	314.12	1.0157
1.029 01	971.80	335.08	1.0755	80	1.029 01	971.81	335.09	1.0755	80	1.029 01	971.81	335.09	1.0755
1.032 39	968.62	356.07	1.1346	85	1.032 39	968.63	356.08	1.1345	85	1.032 38	968.63	356.09	1.1345
1.035 92	965.32	377.09	1.1928	90	1.035 92	965.33	377.09	1.1928	90	1.035 91	965.33	377.10	1.1928
1.039 61	961.90	398.12	1.2504	95	1.039 60	961.91	398.13	1.2504	95	1.039 60	961.91	398.14	1.2503
1.043 45	958.36	419.19	1.3072	100	1.043 44	958.37	419.20	1.3072	100	1.043 44	958.37	419.20	1.3072
1.047 44	954.71	440.28	1.3633	105	1.047 43	954.71	440.29	1.3633	105	1.047 43	954.72	440.30	1.3633
1336.4	0.748 30	2692.7	7.2868	110	1239.1	0.807 04	2691.5	7.2500	110	1.051 58	950.95	461.42	1.4188
1355.3	0.737 82	2703.2	7.3138	115	1256.8	0.795 65	2702.0	7.2773	115	1171.4	0.853 65	2700.8	7.2430
1374.2	0.727 68	2713.5	7.3403	120	1274.5	0.784 65	2712.4	7.3039	120	1188.0	0.841 77	2711.4	7.2699
1393.0	0.717 87	2723.8	7.3663	125	1292.0	0.774 01	2722.8	7.3301	125	1204.4	0.830 28	2721.8	7.2962
1411.7	0.708 36	2734.0	7.3917	130	1309.4	0.763 70	2733.0	7.3557	130	1220.8	0.819 16	2732.1	7.3220
1430.3	0.699 13	2744.1	7.4168	135	1326.8	0.753 70	2743.3	7.3809	135	1237.0	0.808 38	2742.4	7.3473
1448.9	0.690 17	2754.3	7.4414	140	1344.1	0.743 99	2753.4	7.4057	140	1253.3	0.797 92	2752.6	7.3722
1467.4	0.681 47	2764.3	7.4657	145	1361.3	0.734 57	2763.6	7.4300	145	1269.4	0.787 77	2762.8	7.3967
1485.9	0.673 00	2774.4	7.4896	150	1378.5	0.725 40	2773.6	7.4540	150	1285.5	0.777 90	2772.9	7.4208
1504.3	0.664 77	2784.4	7.5132	155	1395.7	0.716 49	2783.7	7.4777	155	1301.6	0.768 31	2783.0	7.4445
1522.7	0.656 75	2794.4	7.5364	160	1412.8	0.707 82	2793.8	7.5010	160	1317.6	0.758 97	2793.1	7.4679
1541.0	0.648 93	2804.4	7.5593	165	1429.9	0.699 37	2803.8	7.5240	165	1333.5	0.749 88	2803.1	7.4910
1559.3	0.641 32	2814.4	7.5819	170	1446.9	0.691 14	2813.8	7.5467	170	1349.5	0.741 03	2813.2	7.5138
1577.6	0.633 89	2824.3	7.6043	175	1463.9	0.683 11	2823.8	7.5691	175	1365.4	0.732 40	2823.2	7.5363
1595.8	0.626 65	2834.3	7.6264	180	1480.9	0.675 28	2833.7	7.5912	180	1381.3	0.723 98	2833.2	7.5585
1614.0	0.619 58	2844.2	7.6482	185	1497.8	0.667 65	2843.7	7.6131	185	1397.1	0.715 77	2843.2	7.5804
1632.2	0.612 68	2854.2	7.6698	190	1514.7	0.660 19	2853.7	7.6347	190	1412.9	0.707 76	2853.2	7.6021
1650.3	0.605 94	2864.1	7.6911	195	1531.6	0.652 91	2863.6	7.6561	195	1428.7	0.699 93	2863.1	7.6235
1668.5	0.599 35	2874.0	7.7122	200	1548.5	0.645 79	2873.6	7.6773	200	1444.5	0.692 29	2873.1	7.6447
1704.7	0.586 62	2893.9	7.7538	210	1582.2	0.632 05	2893.5	7.7189	210	1476.0	0.677 52	2893.0	7.6864
1740.8	0.574 43	2913.8	7.7945	220	1615.8	0.618 90	2913.4	7.7597	220	1507.4	0.663 40	2913.0	7.7272
1776.9	0.562 77	2933.7	7.8344	230	1649.3	0.606 30	2933.3	7.7996	230	1538.8	0.649 88	2932.9	7.7672
1813.0	0.551 58	2953.6	7.8736	240	1682.8	0.594 23	2953.2	7.8389	240	1570.1	0.636 92	2952.9	7.8065
1849.0	0.540 84	2973.5	7.9121	250	1716.3	0.582 65	2973.2	7.8774	250	1601.3	0.624 48	2972.9	7.8451
1884.9	0.530 53	2993.5	7.9499	260	1749.7	0.571 52	2993.2	7.9153	260	1632.5	0.612 54	2992.9	7.8830
1920.8	0.520 61	3013.5	7.9871	270	1783.1	0.560 82	3013.2	7.9525	270	1663.7	0.601 06	3012.9	7.9202
1956.7	0.511 06	3033.6	8.0237	280	1816.4	0.550 52	3033.3	7.9891	280	1694.9	0.590 01	3033.0	7.9569
1992.6	0.501 86	3053.7	8.0597	290	1849.8	0.540 61	3053.4	8.0251	290	1726.0	0.579 37	3053.1	7.9929

附表 D

Saturation (Temperature)

$t, ^\circ\text{C}$	p, MPa	Density, kg/m^3		Enthalpy, kJ/kg			Entropy, $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$			Volume, cm^3/g	
		ρ_L	ρ_V	h_L	h_V	Δh	s_L	s_V	Δs	v_L	v_V
0.01	0.000 611 7	999.79	0.004 855	0.00	2500.9	2500.9	0.000 00	9.1555	9.1555	1.000 21	205 991.
1	0.000 657 1	999.85	0.005 196	4.18	2502.7	2498.6	0.015 26	9.1291	9.1138	1.000 15	192 439.
2	0.000 706 0	999.89	0.005 563	8.39	2504.6	2496.2	0.030 61	9.1027	9.0720	1.000 11	179 758.
3	0.000 758 1	999.92	0.005 952	12.60	2506.4	2493.8	0.045 89	9.0765	9.0306	1.000 08	168 008.
4	0.000 813 5	999.93	0.006 365	16.81	2508.2	2491.4	0.061 10	9.0505	8.9894	1.000 07	157 116.
5	0.000 872 6	999.92	0.006 802	21.02	2510.1	2489.0	0.076 25	9.0248	8.9486	1.000 08	147 011.
6	0.000 935 4	999.89	0.007 266	25.22	2511.9	2486.7	0.091 34	8.9993	8.9080	1.000 11	137 633.
7	0.001 002 1	999.86	0.007 757	29.43	2513.7	2484.3	0.106 37	8.9741	8.8677	1.000 14	128 923.
8	0.001 073 0	999.80	0.008 276	33.63	2515.6	2481.9	0.121 33	8.9491	8.8278	1.000 20	120 829.
9	0.001 148 3	999.74	0.008 826	37.82	2517.4	2479.6	0.136 24	8.9243	8.7881	1.000 26	113 304.
10	0.001 228 2	999.65	0.009 407	42.02	2519.2	2477.2	0.151 09	8.8998	8.7487	1.000 35	106 303.
11	0.001 313 0	999.56	0.010 021	46.22	2521.0	2474.8	0.165 87	8.8754	8.7096	1.000 44	99 787.
12	0.001 402 8	999.45	0.010 670	50.41	2522.9	2472.5	0.180 61	8.8513	8.6707	1.000 55	93 719.
13	0.001 498 1	999.33	0.011 355	54.60	2524.7	2470.1	0.195 28	8.8274	8.6321	1.000 67	88 064.
14	0.001 599 0	999.20	0.012 078	58.79	2526.5	2467.7	0.209 90	8.8037	8.5938	1.000 80	82 793.
15	0.001 705 8	999.06	0.012 841	62.98	2528.3	2465.4	0.224 46	8.7803	8.5558	1.000 94	77 875.
16	0.001 818 8	998.90	0.013 645	67.17	2530.2	2463.0	0.238 97	8.7570	8.5180	1.001 10	73 286.
17	0.001 938 4	998.73	0.014 493	71.36	2532.0	2460.6	0.253 43	8.7339	8.4805	1.001 27	69 001.
18	0.002 064 7	998.55	0.015 385	75.54	2533.8	2458.3	0.267 83	8.7111	8.4433	1.001 45	64 998.
19	0.002 198 3	998.36	0.016 325	79.73	2535.6	2455.9	0.282 18	8.6884	8.4063	1.001 64	61 256.
20	0.002 339 3	998.16	0.017 314	83.91	2537.4	2453.5	0.296 48	8.6660	8.3695	1.001 84	57 757.
21	0.002 488 2	997.95	0.018 354	88.10	2539.3	2451.2	0.310 73	8.6437	8.3330	1.002 05	54 483.
22	0.002 645 3	997.73	0.019 448	92.28	2541.1	2448.8	0.324 93	8.6217	8.2967	1.002 28	51 418.
23	0.002 811 1	997.50	0.020 598	96.46	2542.9	2446.4	0.339 08	8.5998	8.2607	1.002 51	48 548.
24	0.002 985 8	997.25	0.021 806	100.65	2544.7	2444.0	0.353 18	8.5781	8.2250	1.002 75	45 858.
25	0.003 169 9	997.00	0.023 075	104.83	2546.5	2441.7	0.367 22	8.5566	8.1894	1.003 01	43 337.
26	0.003 363 9	996.74	0.024 406	109.01	2548.3	2439.3	0.381 23	8.5353	8.1541	1.003 27	40 973.
27	0.003 568 1	996.47	0.025 804	113.19	2550.1	2436.9	0.395 18	8.5142	8.1191	1.003 54	38 754.
28	0.003 783 1	996.19	0.027 269	117.37	2551.9	2434.6	0.409 08	8.4933	8.0842	1.003 82	36 672.
29	0.004 009 2	995.90	0.028 805	121.55	2553.7	2432.2	0.422 94	8.4725	8.0496	1.004 11	34 716.
30	0.004 247 0	995.61	0.030 415	125.73	2555.5	2429.8	0.436 75	8.4520	8.0152	1.004 41	32 878.
31	0.004 496 9	995.30	0.032 102	129.91	2557.3	2427.4	0.450 52	8.4316	7.9810	1.004 72	31 151.
32	0.004 759 6	994.99	0.033 868	134.09	2559.2	2425.1	0.464 24	8.4113	7.9471	1.005 04	29 526.
33	0.005 035 4	994.66	0.035 717	138.27	2561.0	2422.7	0.477 92	8.3913	7.9134	1.005 37	27 998.
34	0.005 325 1	994.33	0.037 651	142.45	2562.8	2420.3	0.491 55	8.3714	7.8799	1.005 70	26 560.
35	0.005 629 0	993.99	0.039 674	146.63	2564.5	2417.9	0.505 13	8.3517	7.8466	1.006 05	25 205.
36	0.005 947 9	993.64	0.041 790	150.81	2566.3	2415.5	0.518 67	8.3321	7.8135	1.006 40	23 929.
37	0.006 282 3	993.29	0.044 001	154.99	2568.1	2413.1	0.532 17	8.3127	7.7806	1.006 76	22 727.
38	0.006 632 8	992.92	0.046 311	159.17	2569.9	2410.8	0.545 62	8.2935	7.7479	1.007 13	21 593.
39	0.007 000 2	992.55	0.048 723	163.35	2571.7	2408.4	0.559 03	8.2745	7.7154	1.007 50	20 524.
40	0.007 384 9	992.18	0.051 242	167.53	2573.5	2406.0	0.572 40	8.2555	7.6831	1.007 89	19 515.
41	0.007 787 8	991.79	0.053 871	171.71	2575.3	2403.6	0.585 73	8.2368	7.6511	1.008 28	18 563.
42	0.008 209 6	991.40	0.056 614	175.89	2577.1	2401.2	0.599 01	8.2182	7.6192	1.008 68	17 664.
43	0.008 650 8	991.00	0.059 474	180.07	2578.9	2398.8	0.612 25	8.1998	7.5875	1.009 09	16 814.
44	0.009 112 4	990.59	0.062 457	184.25	2580.6	2396.4	0.625 45	8.1815	7.5560	1.009 50	16 011.
45	0.009 595 0	990.17	0.065 565	188.43	2582.4	2394.0	0.638 61	8.1633	7.5247	1.009 92	15 252.
46	0.010 099	989.75	0.068 803	192.62	2584.2	2391.6	0.651 73	8.1453	7.4936	1.010 36	14 534.
47	0.010 627	989.32	0.072 176	196.80	2586.0	2389.2	0.664 81	8.1275	7.4627	1.010 79	13 855.
48	0.011 177	988.89	0.075 688	200.98	2587.8	2386.8	0.677 85	8.1098	7.4320	1.011 24	13 212.
49	0.011 752	988.44	0.079 343	205.16	2589.5	2384.4	0.690 85	8.0922	7.4014	1.011 69	12 603.
50	0.012 352	988.00	0.083 147	209.34	2591.3	2381.9	0.703 81	8.0748	7.3710	1.012 15	12 027.
51	0.012 978	987.54	0.087 103	213.52	2593.1	2379.5	0.716 73	8.0576	7.3408	1.012 62	11 481.
52	0.013 631	987.08	0.091 217	217.71	2594.8	2377.1	0.729 61	8.0404	7.3108	1.013 09	10 963.
53	0.014 312	986.61	0.095 494	221.89	2596.6	2374.7	0.742 45	8.0234	7.2810	1.013 57	10 472.
54	0.015 022	986.14	0.099 938	226.07	2598.3	2372.3	0.755 26	8.0066	7.2513	1.014 06	10 006.