



第一篇 空調加濕技術概論

第一章 加濕工程基本概述

加濕即指提高空氣之含水率，即在空氣中加入水份以提高空氣濕度的一種方法。換言之，即是將液態水汽化成為空氣的組成成份。通稱“空氣加濕”。

一. 加濕工程之基本用詞

在進入加濕工程概念前，須先了解相關的專有名詞如下：

1. **空氣之組成：** 一般所謂空氣，是一種氣態混合物，包括了氮，氧，二氧化碳，水蒸汽（濕度），幾種惰性氣體，以及少量臭氧與微粒固體物質，其有時亦被稱作恆久大氣物質。所有其中附著物質，不屬於空氣本質之內，均稱為污染物。而水蒸汽（濕度）為氣體，與空氣同樣佔有空間體積。

空氣中水蒸汽的含量則隨著地區及氣候條件而不同，故大氣濕度在接近水大量聚集處最高（如下雨前後），而乾燥處則較低（如沙漠區），因此在自然狀況下，所有空氣皆含有一定量之水蒸汽故實際上並無所謂的乾空氣（Dry Air）存在。然而，乾空氣之概念在簡化濕度計算上是非常有用的。

水蒸汽較乾空氣為輕，分子量約為其 5 分之 3，當強制暖濕空氣從上頭送至一空間時，應留意此一特性。看得到的水霧，如天上的雲，都是由超微粒水滴（非水蒸汽）所組成，既然水重於空氣為何雲朵不會掉下來呢？原因是雲中的每一超微粒水滴均被一層薄水蒸汽包圍起來，這層薄水蒸汽正提供足以讓水滴停留在空中所需之浮力。

就 HVAC 工程設計而言，空氣僅被視為由乾空氣和水蒸汽兩成份所組成。乾空氣（Dry Air）主要由氮（約 78% 體積）及氧（約 20.9%）組成，剩下為二氧化碳及其它稀有氣體，氫，氬，氫等共同所組成。乾空氣由於比熱很低約 $0.3105 \sim 0.3210 \text{ kcal/m}^3\text{C}$ ，而 1m^3 之空氣約重 1.28kg 。所以，熱焓比較不隨空氣溫度升降變化。然而，水蒸汽卻是與溫度變化息息相關，甚至包括到相的改變（凝結成液態及固態），因為水的比熱為 $1\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$ ，蒸發潛熱為 586kcal/kg （在 20°C 一大氣壓下）。在這種相的變化，即有很大的能量轉換牽涉其中。這種變化的度量以及對各種空調問題的處理，工程師有兩項基本定律可以遵循著熱力學與空氣濕度測定法（測濕學）。熱力學是對熱能轉換及受其影響特質之研究，測濕學是對大氣狀況，尤其是與空氣相混之水份的測量與研究。

2. **道爾頓分壓定律：** 意指

- A. 混合物中之任一氣體之分壓與該氣體單獨充滿於相同空中之壓力相等
- B. 混合物之總壓力等於各組氣體壓力之總和（ $P_a = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$ ）。
- C. 水蒸汽（濕度）為氣體，與乾空氣同樣佔有相同的空間體積，所以空氣為氣體及水蒸汽之物性混合物故同樣遵守道爾頓分壓定律。



3. **焓濕圖 (Psychrometric)**: 又稱 空氣線圖 是一份介由熱力學繪製，作圖而成。便於有關水蒸汽及溫度變化之各種空調問題以作圖方式，簡單的得到解答。
4. **相對濕度 (Relative Humidity)**: 在一定溫度及壓力下，要描述空氣是乾性或濕性時，所使用之名詞。相對濕度，此一單位表示出一固定溫度下，空氣中存在之水份量對空氣中可以存在之水份量的比例，一般用百分比表示。
5. **絕對濕度 (Absolute Humidity)**: 濕度的一種表示方式。即每公斤質量的空氣中所含的水蒸汽質量。常用單位為 kgW/kgA。
6. **濕度比 (Humidity Ratio)**: 濕空氣中單位質量的乾空氣裏所含的水份質量。有時亦稱為比濕度 (Specific Humidity)。常用單位為 kg/kg Dry Air。
7. **含水率 (Specific Humidity)**: 又稱比濕度。濕空氣中水蒸汽質量與乾空氣質量之此值 - (皆以公斤 (Kg) 為單位)，所以單位為 kg/Kg 乾空氣。
8. **乾球溫度 (Dry Bulb Temperature)**: 空氣之乾球 (DB) 溫度為普通的乾球溫度計所量之溫度。當量測空氣之 DB 溫度時，應遮住溫度計之感溫球以降低直接輻射熱之影響。
9. **濕球溫度 (Wet Bulb Temperature)**: 濕球 (WB) 溫度為濕球溫度計所量之溫度，濕球溫度計為一般之溫度計將感溫球以濕紗布或濕囊包覆而成之溫度計。欲由濕球溫度計讀到準確值，須以清潔水浸濕紗布，並且在 DB 溫度下達近於飽和狀態，且蕊週圍之空氣流速需保持 5 到 10 米/秒 (m/s) 之間實際使用在靜止空氣中時，可在溫度計之上端用絞鏈旋轉以模擬所要求之流速。當空氣愈乾燥，蒸發水份產生的冷卻效果愈多，因此濕球溫度就會愈低。
10. **平均輻射溫度 (Mean Radiant Temperature)** 環境的平均黑體溫度，其數值為黑體表面的均勻溫度，在該溫度下，其表面的輻射強度與所觀察的平均強度相等。
11. **露點 (Dew- Point)**: 當溫度降低時，氣體混合物中水蒸汽開始凝結的溫度。
12. **露點溫度 (Dew- Point Temperature)**: 露點溫度為一種對應於濕度比例及一定水份空氣線圖之飽和溫度。換言之即水份在—表面開始凝結之表面溫度。空氣愈濕，露點溫度愈高。反之空氣愈乾，露點溫度愈低。
13. **結露**: 空氣處於非常潮濕狀態，即成為相對濕度 100% 之飽和空氣。此狀態下的空氣，只要溫度下降即可看見水滴產生的變化。此種現象稱為結露，俗稱“冒汗”。剛開始結露的溫度，亦稱為空氣的露點溫度。例如：從冷藏或冷凍庫取出冰水果或汽水罐，罐子表面出現凝結水珠，此即為結露；由於罐子周圍潮濕空氣被急速冷卻至露點溫度，水珠因而附著於冰冷的罐子表面。
14. **蒸汽的移動**: 水蒸汽為一種氣體，亦遵循標準氣體相關定律。如道爾頓分壓定律—氣體混合物之總壓力，為各單獨氣體壓力之總和。此代表在水蒸汽與乾空氣混合物中，水蒸汽有其獨立之蒸汽壓力，並會由較高壓力區向較低壓力區移動。此種移動不受空氣移動影響，但會在相同移動方向時加速達成。這種特性可利用在設計大空間加濕系



統，或具有一組以上空氣分配系統時。此外，移動速度會受到兩區域間之壓差影響，壓差愈大，移動速率愈快。這一點在設計供建築物或建築物內部空間之加濕系統時至為重要。因為在使用具有防水建築材料時，須詳加考慮，以免水份損失或於結構或隔間材料形成結露，造成對材料之傷害。

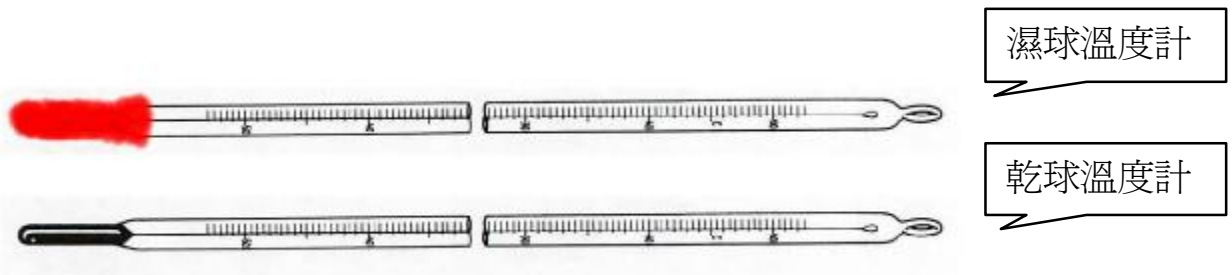
15. **潛熱 (Latent Heat)**： “潛”代表“隱藏”，HVAC 的用法是指“相變化”，即溶化或凝固或蒸發(產生水蒸汽)時，溫度不改變下的能量變化。對水而言，溶融需要每公斤 80Kcal，蒸發需要每公斤 539Kcal。這些數值是在海平面大氣壓力為準，若壓力改變，其值亦不同。每種物質有不同潛熱烓。
16. **顯熱 (Sensible Heat)**： “顯”代表“可感覺”。HVAC 用法上，代表改變溫度所需之熱量。此種變化可藉溫度計“感覺”或測出。
17. **比熱 (Specific Heat)**： 指的是每單位質量溫度變化一度所需熱量。常用單位為 BTU/Lb，每磅 BTU 數(華氏)；或 Kcal/Kg 每公斤仟卡數(攝氏)。水的比熱為 1Kcal/Kg。

二. 加濕工程之濕度量測

空氣中水份含量是以濕度計測量。濕度計型式甚多，主要為乾濕球溫度計，露點濕度計，尺寸變化濕度計，電導度感知器，電解式與重力式濕度計。各種型式各有其對不同應用之優點，且幾乎是以完全不同原理設計而成。

1. **乾濕球溫度計 (Psychrometers)**： 乾濕球溫度計能在 0°C 到 260°C 溫度使用，為一種最常用來測量建築物室內、外界空氣、及空氣風管濕度的方法。

其主要包括兩個溫度感知器；其中一個為乾球，而另一個為以棉織物或棉花等吸水材料包覆之濕球。在使用時，該吸水材料必須為潤濕狀態，而空氣以每秒鐘 5~10 公尺流通過。由此產生之揮發作用，而將感知器冷卻，使溫度降低，此溫度稱為熱動態濕球溫度。



手搖式乾濕球溫度計原理相同，由兩個溫度計併列在一隻特殊架上，並附有轉環之把手使其可輕易旋轉。並非利用流動空氣冷卻濕球，而是當感溫球上的紗布上的清水飽和後，將其快速在空氣中旋轉約一分鐘後，再讀取 DB 及 WB 溫度計上的值。此過程需重複數次以記錄最低 WB 溫度值。此種設計在結凍以下溫度甚難達到正確效果。



2. **露點濕度計 (Dew-Point Hygrometers)**：此種設計適用在工業製程自動系統之高溫研究或遠端監控。其係利用一面鏡子或任何其它一種明亮表面，易於在其表面觀察到露點形成者。此表面材料以各種不同設計方式冷卻。而以在表面上形成可觀察到露點之最高溫度訂為露點溫度再利用此露點溫度製作圖表，得到空氣中的相對濕度。
3. **尺寸變化濕度計 (Dimensional Change Hygrometers)**：此種設計最常用在空氣近乎不動或滯留的清況，其原理為利用某些感知材料所含水份變化產生之膨脹或收縮，例如木材，人類毛髮，以及合成物如尼龍。這種設計顯然在校正上有嚴重缺點，但因其能藉連續以筆及旋轉紙盤紀錄而直接得知相對濕度，或立刻以表上數字看出，故仍常利用。這裏所用原理亦應用在濕度控制器，藉由電機開關促成或中止循環空調或加濕設備。
4. **導電性感知器 (Electrical Conductivity Sensors)**：此種裝置對濕度變化呈現高敏感性，但僅侷限在濕度較低情況。許多物質隨相對濕度變化而吸收或放出水份，因此具有相對應之電阻抗改變。導電性感知器即利用此種特性，量測在一個包括此種物質線路，因濕度改變而產生之電阻變化。譬如，在塑膠板上貼上梳子狀的純金箔膜之極板，表面上塗佈鹼性鋰；當周圍空氣的相對濕度一改變，電極間的電阻值即會改變。
5. **電解質濕度計 (Electrolytic Hygrometers)**：電解質濕度計中，空氣通過內含高效乾燥劑（通常為五氧化磷）之瓶中，使水份被吸收，並成電解質。在空氣流量不變情況下，電解所需電流可直接解釋成相關濕度程度。
6. **重力式濕度計 (Gravimeter Hygrometers)**：這是一種花費甚高的量具，操作時必須極度謹慎，並配合特殊設備，從一已知大氣量抽出一小部分來稱重，由此求出濕度。
7. **遠紅外線吸收濕度計 (Infrared Absorption Hygrometer)**：為一花費頗高的量具，相當靈敏但需配合特殊設備來取得精密之量測。濕度之測量是利用特定光源經過濾波玻璃產生特定波長之光波來照射被測物體，再將被測物體反射或穿透出來的波長與照射前之特定波長作比較後來取得濕度。
8. **α 射線濕度計**：這是一種花費更高之濕度量具與遠紅外線式相當，一般使用於微量水份偵測。其優點，放射源使用長效性所以反應快速，敏感度高，準確性高，適合直接在生產線上使用；缺點，設備昂貴，有放射線顧慮。



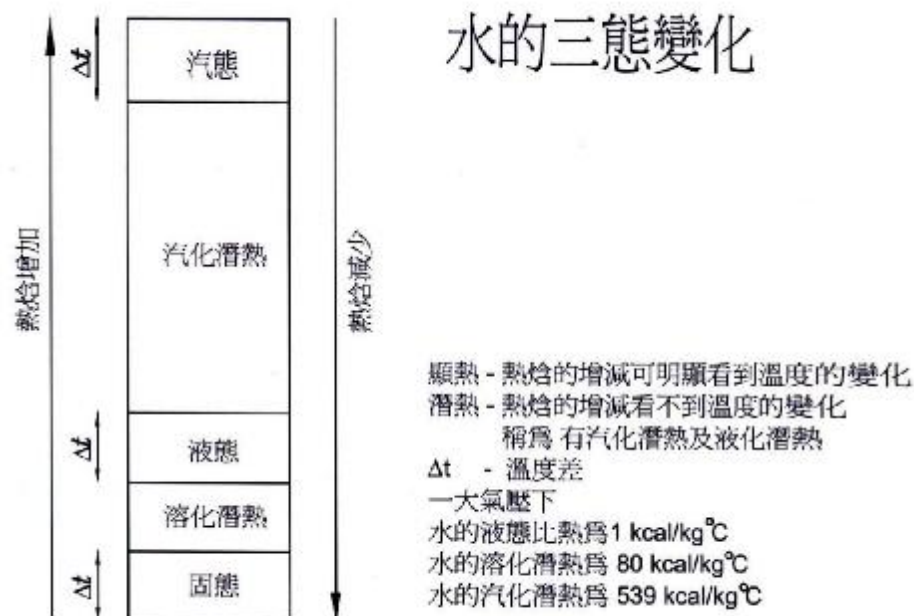
三. 水的三態變化

水是一種普遍存在於地球的物質，無色、無味、無毒，會因溫度的不同而產生固態、液態、汽態等不同的三態變化。如下圖示。

在理想的狀態下，水在 0°C 時即結成冰變成固態，此時比重較小。當我們將冰塊加熱時，溫度並沒有馬上上升而仍維持在 0°C ，須吸收 80 kcal/kg 之溶化潛熱後，才會慢慢變成 0°C 之水，在這之間即形成固、液二態共存的狀態。

而當液態水完全變成 0°C 飽和水時，每加入 1 仟卡(kcal)的熱量會使 1 公斤 (kg) 的水升高 1°C ，繼續加熱使水的溫度逐漸上升，持續注入之熱焓會使水溫升高到 100°C 。從 0°C 的水到 100°C 的水之間的溫度變化過程，稱作“顯熱”(顯明而可見的熱)，可在溫度計顯示出來。水的比熱為 1 kcal/kg ，即將 1 公斤質量的水升高 1°C 需要 1 kcal 的熱量。

在 1 大氣壓力下，當液態水溫達到 100°C 時，水開始沸騰，稱為沸點。再繼續提供熱量，但水溫並不會升高，水逐漸變為氣體而發生相的變化(由液體轉變成氣體)，此即為水的蒸發潛熱現象(吸收熱量但無法在溫度計上看到溫度變化的現象)。蒸發潛熱之熱量非常巨大，有 539 kcal/kg ，約為顯熱 (100 kcal/kg) 部份的 5.4 倍。





四． 認識飽和蒸汽表

觀察接下來幾頁所附之飽和水物理特性表，飽和蒸汽表，飽和蒸汽之溫度、比容積、熱焓與壓力關係圖形表、與熱能改變圖表，我們可以輕易的發現如下幾個特點：

1. 蒸汽之全熱量等於顯熱量＋潛熱量。
2. 壓力愈高，溫度亦愈高，但全熱量的增幅卻隨壓力增加而變小。
3. 負壓(真空)之下，蒸汽溫度的降幅很大。
4. 壓力愈高，顯熱愈多，但熱量的增幅卻變小。
5. 壓力愈高，潛熱愈少，但熱量的降幅卻變小。
6. 壓力愈高，單位體積愈小，比容積愈小。

瞭解水的三態變化及蒸汽之壓力、溫度、比容積、熱焓的相對應關係和特性，即能輕易的，安全的，有效率的，充分的應用水或飽和蒸汽來加濕了。

飽 和 蒸 汽 表

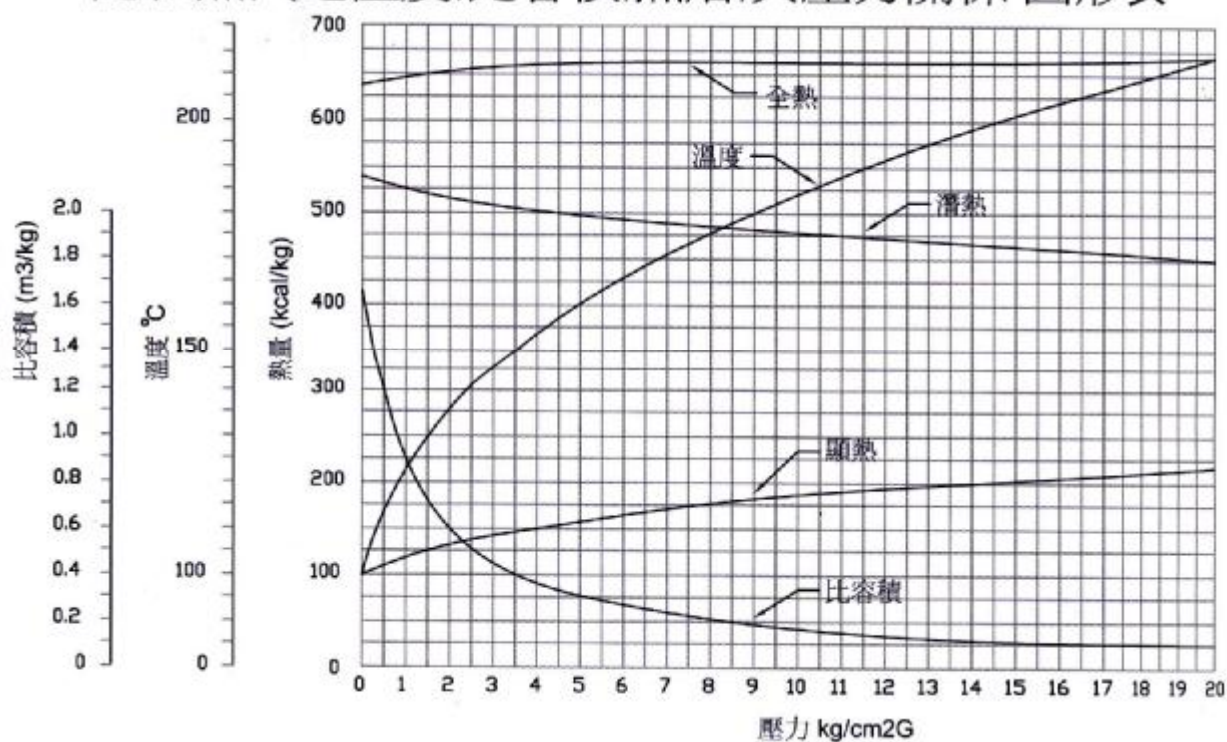
蒸汽錶 壓力 kg/cm ² G	絕對壓 力 kg/cm ² A	飽和溫 度 ℃	比容積 m ³ /kg	顯熱量 kcal/kg	潛熱量 kcal/kg	全熱 kcal/kg
	0.50	80.86	3.30001	80.855	550.94	631.79
	0.80	92.99	2.12544	93.034	543.48	636.51
0.0	1.03323	100.00	1.67300	100.092	539.06	639.15
1.0	2.033	120.13	0.898089	120.445	525.90	646.35
2.0	3.033	133.25	0.610505	133.796	516.88	650.68
3.0	4.033	143.22	0.467181	144.005	509.74	653.75
4.0	5.033	151.36	0.381516	152.386	503.71	656.10
5.0	6.033	158.29	0.319704	159.559	498.43	657.99
6.0	7.033	164.19	0.277617	165.696	493.80	659.50
7.0	8.033	169.78	0.243796	171.526	489.32	660.85
8.0	9.033	174.69	0.218080	176.671	485.29	661.95
9.0	10.033	179.18	0.197334	181.401	481.77	662.93
10.0	11.033	183.33	0.180218	185.793	477.98	663.77
11.0	12.033	187.20	0.165853	189.897	474.60	664.50



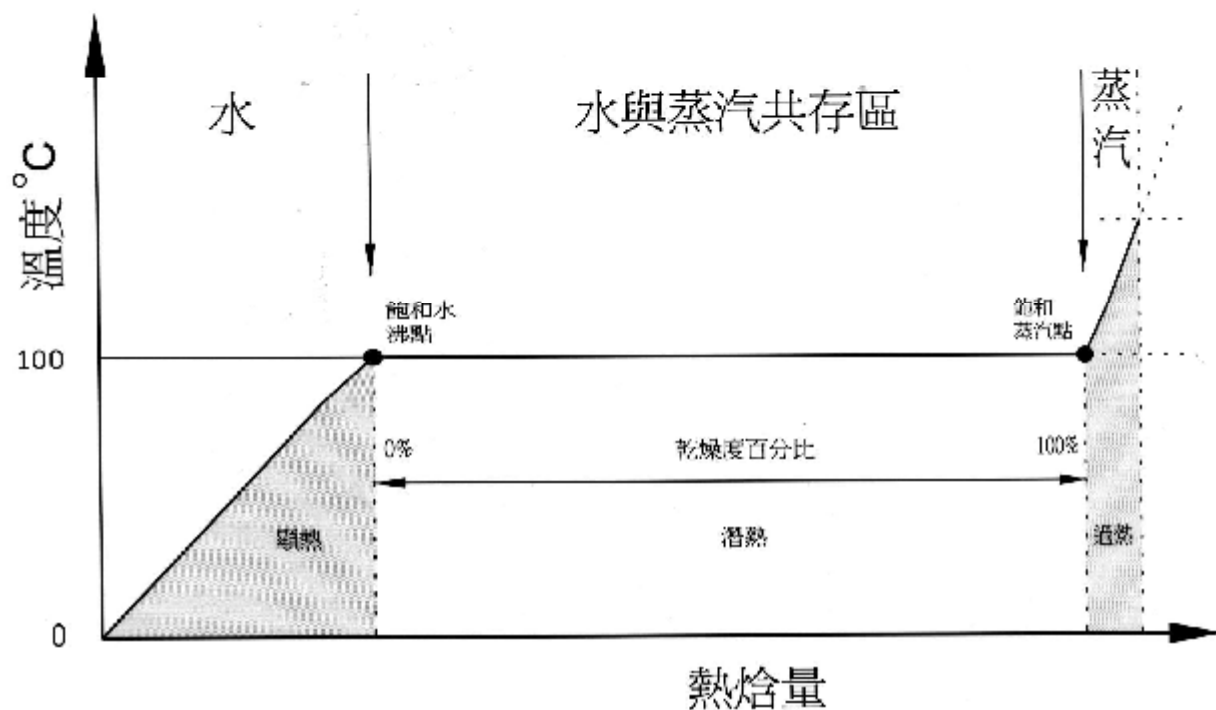
飽和水蒸汽物理特性表

溫度 ℃	絕對壓力 kpa p	比容積 Vg m³/kg	顯熱 hi kcal/kg	潛熱 hig kcal/kg	全熱 hg kcal/kg	溫度 ℃	絕對壓力 kpa p	比容積 Vg m³/kg	顯熱 hi kcal/kg	潛熱 hig kcal/kg	全熱 hg kcal/kg
0	0.6112	206.143	-0.01	597.42	597.41	47	10.6250	13.858	47.01	570.75	617.76
1	0.6571	192.456	1.00	596.85	597.85	48	11.1754	13.215	48.01	570.18	618.19
2	0.7060	179.770	2.00	596.29	598.29	49	11.7502	12.606	49.01	569.60	618.61
3	0.7581	168.027	3.01	595.72	598.73	50	12.3503	12.029	50.01	569.03	619.04
4	0.8135	157.138	4.02	595.15	599.17	90	70.1820	2.3591	80.51	545.24	625.75
5	0.8725	147.033	5.02	594.59	599.61	91	72.8900	2.7700	91.08	544.62	635.70
6	0.9353	137.654	6.02	594.02	600.04	92	75.6850	2.1983	92.08	544.01	636.09
7	1.0020	128.948	7.03	592.99	600.02	93	78.5670	2.1227	93.09	543.39	636.48
8	1.0729	120.851	8.03	592.89	600.92	94	81.5430	2.0502	94.09	542.77	636.86
9	1.1481	113.327	9.03	592.32	601.35	95	84.6090	1.9806	95.10	542.14	637.24
10	1.2280	106.329	10.04	591.76	601.80	96	87.7710	1.9138	96.10	541.52	637.62
11	1.3128	99.808	11.04	591.19	602.23	97	91.0330	1.8496	97.11	540.89	638.00
12	1.4026	93.741	12.04	590.63	602.67	98	94.3940	1.7879	98.12	540.27	638.39
13	1.4979	88.085	13.02	590.07	603.09	99	97.8530	1.7287	99.13	539.64	638.77
14	1.5987	82.813	14.04	589.50	603.54	100	101.4200	1.6718	100.13	539.01	639.14
15	1.7055	77.896	15.04	588.94	603.98	101	105.0950	1.6171	101.14	538.38	639.52
16	1.8185	73.306	16.04	588.37	604.41	102	108.8770	1.5645	102.15	537.74	639.89
17	1.9380	69.021	17.04	587.81	604.85	103	112.7730	1.5139	103.16	537.11	640.27
18	2.0643	65.016	18.04	587.25	605.29	104	116.7820	1.4652	104.17	536.47	640.64
19	2.1979	61.273	19.04	586.68	605.72	105	120.9080	1.4184	105.18	535.83	641.01
20	2.3389	57.773	20.04	586.12	606.16	106	125.1550	1.3733	106.18	535.19	641.37
21	2.4878	54.498	21.04	585.55	606.59	107	129.5240	1.3300	107.20	534.55	641.75
22	2.6448	51.433	22.04	584.99	607.03	108	134.0150	1.2882	108.21	533.91	642.12
23	2.8105	48.561	23.04	584.42	607.46	109	138.6350	1.2480	109.22	533.26	642.48
24	2.9852	45.871	24.04	583.86	607.90	110	143.3900	1.2093	110.23	532.61	642.84
25	3.1693	43.350	25.04	583.29	608.33	111	148.2710	1.1720	111.24	531.97	643.21
26	3.3633	40.984	26.04	582.73	608.77	112	153.2890	1.1361	112.25	531.32	643.57
27	3.5674	38.765	27.04	582.16	609.20	113	158.4470	1.1014	113.26	530.66	643.92
28	3.7823	36.682	28.04	581.59	609.63	114	163.7900	1.0680	114.27	530.01	644.28
29	4.0084	34.726	29.03	581.02	610.05	115	169.1920	1.0359	115.29	529.35	644.64
30	4.2462	32.887	30.03	580.46	610.49	116	174.7860	1.0048	116.30	528.70	645.00
31	4.4961	31.159	31.03	579.89	610.92	117	180.5300	0.9749	117.31	528.03	645.34
32	4.7586	29.535	32.03	579.32	611.35	118	186.4200	0.9460	118.33	527.37	645.70
33	5.0345	28.006	33.03	578.76	611.79	119	192.4760	0.9181	119.34	526.71	646.05
34	5.3242	26.566	34.03	578.19	612.22	120	198.6880	0.8912	120.36	526.04	646.40
35	5.6280	25.212	35.03	577.62	612.65	122	211.6030	0.8402	122.39	524.71	647.10
36	5.9468	23.936	36.02	577.05	613.07	124	225.1980	0.7926	124.42	523.36	647.78
37	6.2812	22.733	37.02	576.48	613.50	126	239.4960	0.7482	126.45	522.00	648.45
38	6.6315	21.599	38.02	575.91	613.93	128	254.5180	0.7068	128.49	520.64	649.13
39	6.9988	20.530	39.02	575.34	614.36	130	270.3060	0.6680	130.53	519.27	649.80
40	7.3838	19.520	40.02	574.77	614.79	132	286.8710	0.6318	132.57	517.89	650.46
41	7.7866	18.567	41.02	574.19	615.21	134	304.2510	0.5979	134.61	516.50	651.11
42	8.2081	17.668	42.02	573.62	615.64	136	322.4790	0.5662	136.65	515.09	651.74
43	8.6495	16.818	43.01	573.05	616.06	138	341.5680	0.5364	138.70	513.68	652.38
44	9.1110	16.015	44.01	572.48	616.49	140	361.5720	0.5085	140.75	512.26	653.01
45	9.5935	15.256	45.01	571.90	616.91	142	382.5030	0.4823	142.80	510.83	653.63
46	10.0982	14.537	46.01	571.33	617.34						

飽和蒸汽之溫度,比容積,熱焓,與壓力關係 圖形表



熱能改變圖 - 飽和水, 蒸汽, 過熱蒸汽





第二章 濕度與生活

一. 控制濕度之重要性及空氣加濕的目的

正確控制濕度之重要性及空氣加濕主要目的是為防止因空氣之相對濕度太低對人體或周遭環境造成直接或間接的不利影響。較理想之相對濕度為 40~60%RH。其重要性及可能之加濕目的列舉如下：

1. **提昇生活舒適感及健康：** 適當的空氣相對濕度可增加生活舒適感及增進身體健康。而空氣之相對濕度過低會造成皮膚乾裂及騷癢現象。
2. **防止產生靜電現象：** 一般來說，空氣相對濕度低於 40%RH 時會產生靜電現象。
3. **改善並增進傷口癒合速度：** 空氣之相對濕度過低時，手術傷口易因皮膚的水份蒸發而造成傷口癒合緩慢和不良。
4. **配合環境測試或溫室的需要：** 人工氣候室需控制空氣的溫度及相對濕度，以利各種濕度條件下進行環境試驗。
5. **防止纖維乾裂：** 空氣相對濕度太低時，會造成纖維製品的纖維乾裂而影響產品品質及生產效率。
6. **減低成本及增加利潤：** 當室溫略高且空氣乾燥，會讓人感覺不舒服，通常此環境是多種細菌之溫床會引起員工感冒、喉嚨痛，並間接影響產能；但如果調整濕度至適中，非但可降低室內溫度並且不會影響員工之工作環境舒適程度和產能。但從生產力提高和病假率降低所增加之利益來衡量，空氣加濕不失為一可行方式。
7. **消除或避免異味：** 已被驗證，嗅覺敏感度會因相對濕度升高而變低，甚至到嗅不出味道的程度；如果一密閉式空間之相對濕度高於周圍之相對濕度，則空間內之異味會加快消失；但具揮發或蒸發性物質則例外，如油漆....等等。
8. **改善音波傳送：** 音波穿透空氣之傳送品質會受相對濕度高低及傳送頻率所影響；傳送音波最佳濕度環境為 40~50%相對濕度，而 15~20%相對濕度則無法傳送音波；然而傳送音波頻率愈高，受相對濕度的影響愈小。

二. 給水

水是一種天然溶劑，因此水很容易溶解各種物質。水質也因時因地而異，如下雨時，大氣中的氧、二氧化硫、及其他物質即會溶解於水中，故雨水一般均為微酸性；但當雨水滲入地下時，又溶解各種礦物質及不純物，使其性質又不同。

加濕即是將水加入空氣中，而水中的不純物會影響加濕後的空氣品質。如：



1. **鈣鹽 / 鎂鹽 / 矽酸鹽：**

- | 會生成水垢且部份具有腐蝕性。
- | 會將加濕器之噴嘴堵塞並進入空調系統內。
- | 使電熱棒或電極棒結垢，降低熱傳效率。
- | 使電極式加濕器之排水堵塞。
- | 效率降低....等等影響。

2. **有機物 / 油脂：**

- | 使爐水產生發泡現象(Foaming)。
- | 嚴重時會造成”汽水共騰”現象(Carry Over)。

3. **二氧化硫 / 氧氣：**

- | 使水產生酸性，進而使設備發生腐蝕現象，因而降低使用壽命。

※ 因此，高品質之空調加濕必須先要求所使用之補給水品質，再選擇適當之加濕器。

三. 那些地方需要加濕

台灣地處亞熱帶，大氣條件一般來說屬於高溫高熱氣候型態，只有在冬天才需要進行加濕，夏秋兩季加濕則為少見。冬天雖然會有低濕造成不舒服的時候，但通常維持不久，所以一般家庭及辦公室雖未設置加濕設備，但一般會裝置冷氣空調設備。

台灣夏秋雨季的空氣，常為高溫多濕的空氣，容易給人濕黏不舒適的感覺；因此必須開冷氣空調來降低溫度及濕度。而高溫高濕的空氣通過低溫的空氣冷卻器會被急速冷卻而結露，空氣中的水份凝結成水滴而與空氣分離，並經水管排出，再利用空氣冷卻器達成降低溫度及減輕的目的；也由於如此一直循環的減濕作用，常將室內之濕度降至太低，所以大部份冷房都需要再做加濕動作。

台灣冬季的空氣在低溫氣候及暖房條件下，而有相當低的濕度；俗稱“乾渴空氣”。此時喉部、鼻子等會乾乾的並感覺到有點寒意，很容易引起感冒；另皮膚及嘴唇容易乾裂，塵土也容易飛揚影響空氣品質...等等缺點。所以在一些場所，維持特定相對濕度是非常重要的。常見配置加濕器的地方約略如下：

1. **醫院、手術室、加護病房：** 適當的濕度控制可增加病人身心舒適感，並促進傷口癒合速度。通常政府或相關單位針對醫院不同區域之空調環境都有規範或限制，如下附表參考：

醫院區域	溫 度	相對濕度	
		最 低	最 高
復健室	24℃	50%	60%
手術房	20~24℃	50%	60%
產 房	21~24℃	50%	60%
加護病房	22~26℃	30%	60%
嬰兒房	24℃	30%	60%
放射室	22~24℃	40%	50%
電腦室	22~24℃	30%	45%
一般病房	24℃	30%	60%



一般採用蒸汽直接加濕，因蒸汽為高溫殺菌過之氣體、無細菌存在，但需非常留意加濕系統不能有滴水或結露現象，防止成為病媒溫床。現有各大醫院均有設計及安裝加濕設備，但常有風管滴水孳菌等現象及無適當維護技術能力，所以大多以因效果不佳或無法改善而以停用收場，實在可惜。最佳加濕設備，建議使用快速吸收式分佈器型加濕系統，並選購適當尺寸及適當 CV 值之比例式控制閥，方可完美配合。

2. **檢驗或環境測試機構：** 廣泛應用於消費產品之檢驗，分 2 大類。

A. **耐候性測試：** 包括單獨溫度、濕度、腐蝕、或菌類測試；或前述不同組合之測試。

B. **動力測試：** 含振動、電擊、加速、輻射、或加壓測試。

一般多用途之實驗室通常有較大範圍的溫度(2~85°C)和相對濕度(2~98%)，以配合不同檢驗環境之需要。由於溫度與濕度需要調節的範圍很大，所以建議採購個別的蒸汽產生器與分佈器，便於作更精確之控制。當檢驗環境須為高溫高濕時，可直接取用鍋爐蒸汽但需配備靈敏之控制系統，以便能快速及準確的回應控制指令。若須在指定之濕度環境裏作測試，則需可調節式控制系統。如室內有大量熱源產生，則可考慮使用水霧加濕，如水洗式加濕器..等，但須考慮水質的處理以防雜質污染。普通檢測機構若不需要精準的濕度控制，則可選用普通電極式蒸汽加濕器，較便宜且功能不差。不論選擇那種加濕系統，須留意其產生之蒸汽是否為純淨、無污染、無化學成份、以及是否不會滴水(免孳生細菌)；才能確保檢驗結果之準確性及可信度。

3. **無塵室、電子廠、半導體廠：** 空氣加濕可防止因空氣相對濕度太低而產生靜電現象，此靜電可能導致生產設備當機及產品不良率升高。**無塵室：** 廣泛用於電子廠、半導體廠、及電腦室。一般控制在恆溫 22°C 左右，所以需要常年空調及溫濕度控制以防靜電、冷凝結露、腐蝕、纖維破裂、及工作人員不適感。由於相對濕度在 60%以上，會有腐蝕現象；而 40%以下則會有靜電現象。所以通常零件在進入無塵室前，需要保持在特定溫度和濕度環境裏，以防止進入無塵室內由溫差造成之冷凝結露讓零件受潮損壞；或產生靜電易使灰塵雜質附著在零件上影響品質功能。因蒸汽須純淨無其它雜質，建議選用純水作為補給水之加濕器，如純水電熱蒸汽加濕器、比例式二相流超音波加濕器、蒸汽對蒸汽產生器...等等。而避免選用鍋爐加濕器、一般水霧加濕器、或電極式蒸汽加濕器。因其所產生之蒸汽非 100%純淨。而選用純水為補給水時須確保加濕系統之材質結構能夠抗純水腐蝕。並注意空調箱或風管內會不會有潮濕問題，避免成為細菌溫床。

4. **電腦室、磁帶磁片等保存室：** 需常年保持適當溫度與濕度，以確保運作正常、使用壽命、並避免寶貴資料受損或不完整。一般電腦室維持在 22°C 及 45%相對濕度左右；存放磁帶、磁片、色帶、紙等的地方亦同。如電腦設備硬體有裝風扇或冷空氣作散熱，須留意空氣中之相對濕度不能高於 80%，不然某些零件會受損，尤其是金銀製品。某些情況下可回收冷盤管排放之乾淨冷凝水再導入蒸汽產生器作補給水。蒸汽來源可選用可產生無礦物質及雜質之純淨蒸汽鍋爐或蒸汽產生器。一般通過冷盤管後之空氣會呈相對濕度 90%以上，須配合能快速吸收蒸汽之分佈器，以防止蒸汽在風管或空調箱內產生冷凝和滴水現象。較大之加濕系統應考慮加裝除水板，同時須確定霧氣和灰塵不會被帶至電腦室及磁帶磁片等保存室。



5. **圖書館、美術、博物館：**空氣加濕可防止因空調空氣相對濕度太低造成收藏品的纖維乾裂而毀損。館內許多無價手稿、書籍、藝術品、超微軟片、磁帶等等，如沒有存放在有適當溫濕控制的空間裏，很容易有嚴重損害；唯適合上列物件之環境為較低溫，往往令人不適。一般館內紙類收藏品之相對濕度下限為 40%；而如超微軟片、磁帶等等要防止變乾變硬之下限則為 36%；有機性收藏品則須較低溫環境。另一方面，館內收藏品通常在展示間與儲藏室之間輪替，應注意即使在有溫濕控制之環境裏，如牆外之熱傳導或切換燈光之輻射熱仍然會使收藏品之表面溫度改變而有水份蒸發現象並損及收藏品之結構；再者當收藏品從較低溫之儲藏室轉移至較高溫展示間時，收藏品之表面溫度漸漸上升，此時內部濕氣會漸漸浮在表面上凝結，形成濕氣轉移現象，此現象會加速收藏品老壞程度。建議之館內溫濕度如下：

館內平均：	20~22°C, 47%±2%
檔案區：	12~18°C, 45%±2%
藝術品儲藏室：	17~22°C, 48%±2%
有機性收藏品：	4.5~10°C, 48%

6. **紙廠、紡織廠：**空氣加濕可防止因空氣相對濕度太低而造成物料之纖維乾裂及靜電，進而導致生產製程不順及產品品質不良。建議之溫濕度如下：

原物料或半成品區：	21~24°C, 56%±1%
成品區：	21~24°C, 45%±2%
測試檢驗區：	22~23°C, 50%±1%

7. **食品廠：**一般食品業如，糖果、蛋糕及麵包等之製程和儲存均需要防止因空氣相對濕度太低所造成之食品龜裂現象。加濕系統應用須確保用純淨水加濕、無污染、不滴水、能杜絕細菌孳生，以符合衛生標準、保障消費者、及維持商譽。

8. **療養機構：**適當的濕度控制可增加舒適感，減少異味，及避免產生靜電..等。常見之療養機構依服務範圍可大約分 3 類：

- 復健中心：**一般為手術後病人須作物理治療等等來恢復健康；且需要專業人員協助及照顧；含蓋各年齡層；治療期約不超過 3 個月。
- 安養中心：**一般為老年人且無能力照顧自己，如不良於行或身心有障礙者；平均年齡在 65 歲左右；需醫護和看護人員照顧所有生活起居；為期約數月或數年之久。
- 養老中心：**一般為上了年紀，但身體健康、可活動自如及照顧自己，與人溝通亦無障礙；體力稍差，應付日常起居、打理瑣事，稍嫌吃力；通常不需要專業醫護人員照料；停留期約達數年。

總括來說，療養機構收容的對象平均年齡比較大、體力較弱。需要最佳的溫度(約 24°C)和略潮之相對濕度(約 40~60%)環境；僅類似浴室地方溫濕度須略高約 27°C 和 50%，旨在防止體內水份過度蒸發、減少皮膚相關疾病、減少異味、減少靜電...等等。採用之加濕系統應不滴水，以防止潮濕的地方孳生病源。



四. 選擇加濕方法的考量點

選用加濕方法之主要考量點列舉如下，

1. 低設置成本。
2. 低運轉成本。
3. 節約能源。
4. 較小設備體積、較高加濕量。
5. 低維修成本。
6. 與現有資源結合，如用現有鍋爐當動力來源取代電力、或利用現有純水設備省去一般水處理費用……等。
7. 不滴水、不結露。

產業應用選擇蒸汽加濕之主要原因有：

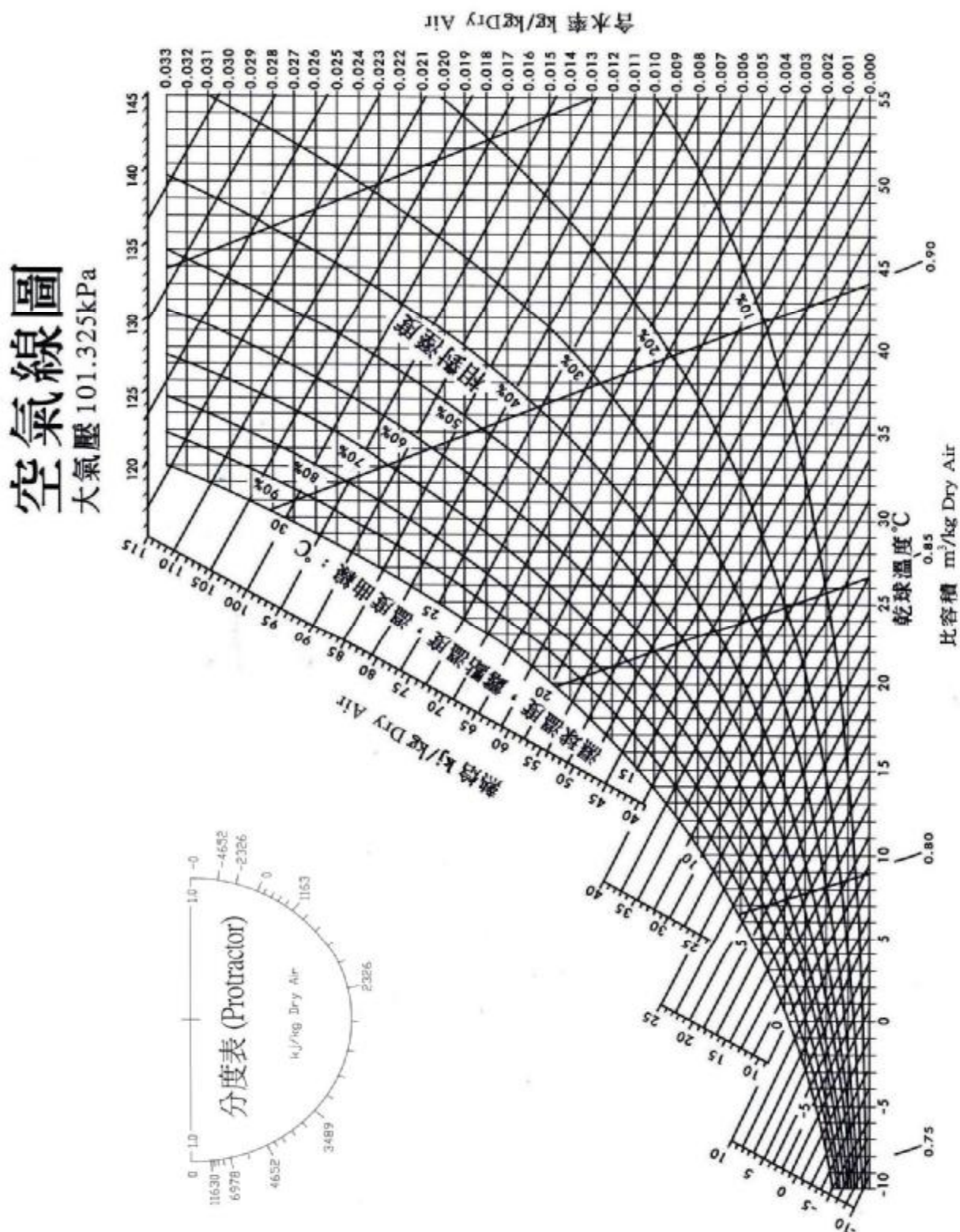
1. 蒸氣加濕量大，可達較高之相對濕度。
 2. 吸收效率高。
 3. 完全殺菌。
 4. 加濕控制容易、等焓加濕、反應迅速。
 5. 外表簡單、乾淨、美觀……等。
- ※ 醫院均選擇採用蒸汽加濕，主要考量點即是蒸汽加濕具完全殺菌功能。
- ※ 若以控制閥來調節蒸汽量，則控制閥之口徑選擇及其喉部孔徑 CV 值大小的選定至為重要。

產業應用選擇水霧加濕之主要原因有：

1. 噴霧加濕時為等焓加濕，可大幅降低室溫，節省大量冰水機能源負載。
2. 安裝簡單、維護容易。
3. 設置成本較低。
4. 加濕器機台耗電量低。
5. 安全。

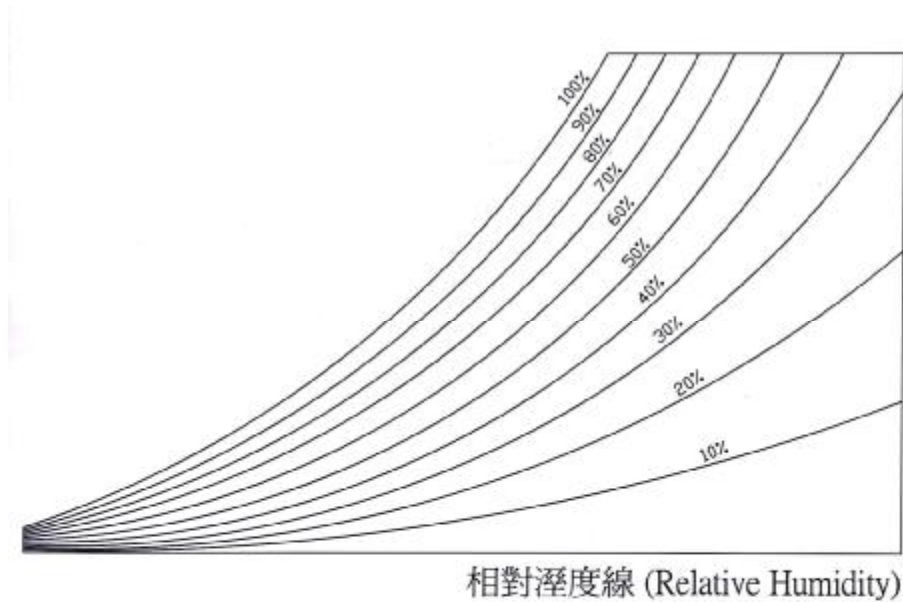
第三章 空氣線圖簡述

空氣圖表僅用線形即能簡單明瞭地將空氣中之濕度、熱焓量、與乾濕球溫度間之差異及變化顯現出來；勿須透過繁複的數學公式計算。簡略說明如下：

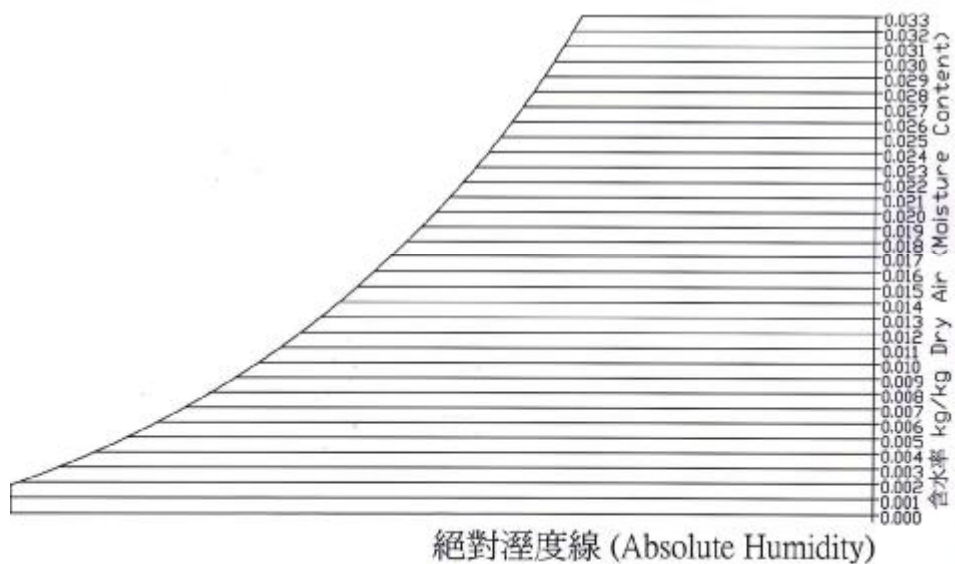


空氣圖表 (Psychrometric Chart)

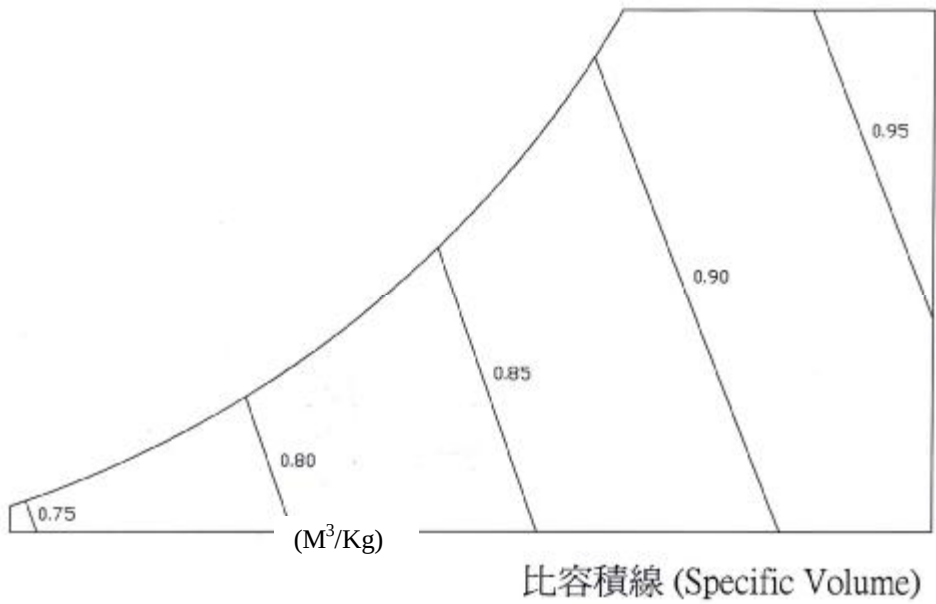
1. **相對濕度線 (RH-Relative Humidity)**：從左下方往右上方，單位為%RH 是指某體積內空氣之實際水蒸汽分壓與在相同溫度和體積下之飽和水蒸汽百分比；標示值從 10% 到 100%；標示間距為 10%RH；最高 100%表示相對濕度達到百分之百飽和。



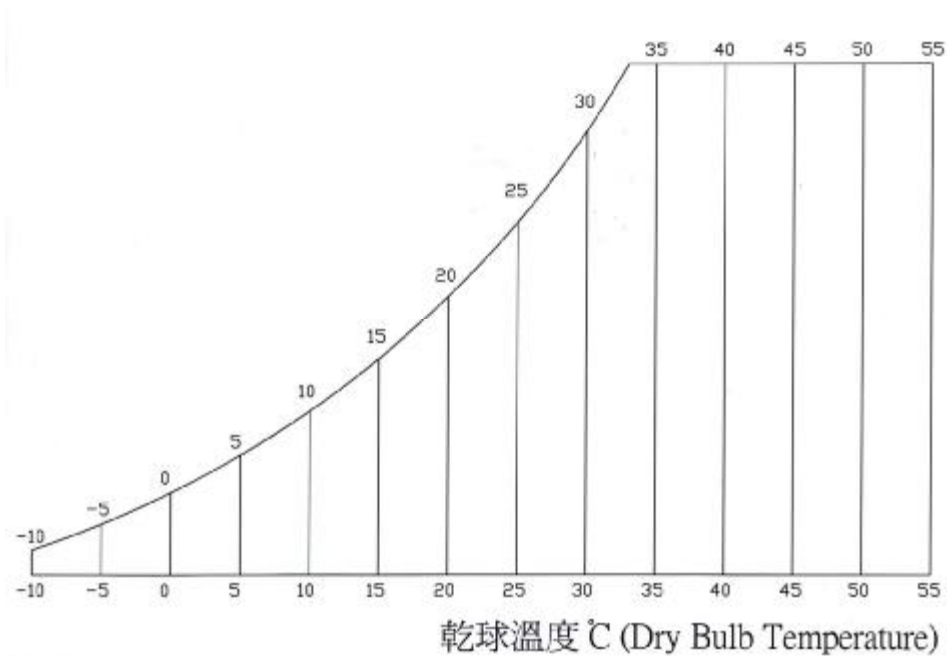
2. **絕對濕度線 (AH-Absolute Humidity)**：又稱比濕度線、為水平線；單位為 kg/kg Dry Air 是指每公斤質量乾空氣有多少公斤之水蒸汽；標示出水蒸汽之質量從 0.000 到 0.033 kg/kg；標示間距為 0.001 kg/kg。



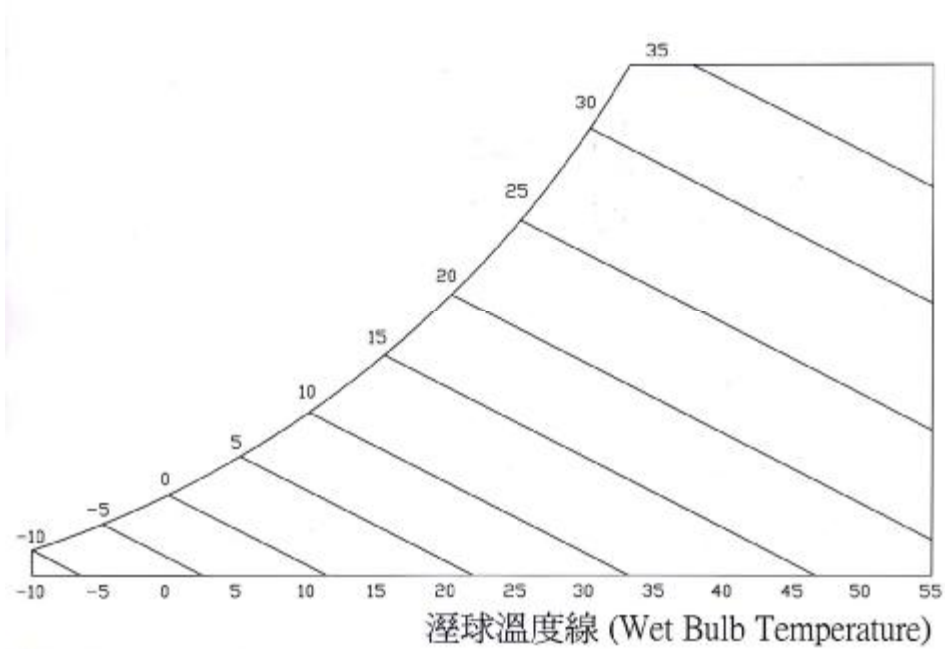
3. **比容積線 (Specific Volume)**：左上右下斜線；單位為 m^3/kg Dry Air 是指每公斤乾空氣有多少米立方的體積；標示值從 0.75 到 $0.95 \text{ m}^3/\text{kg}$ ；標示間距為 $0.05 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。



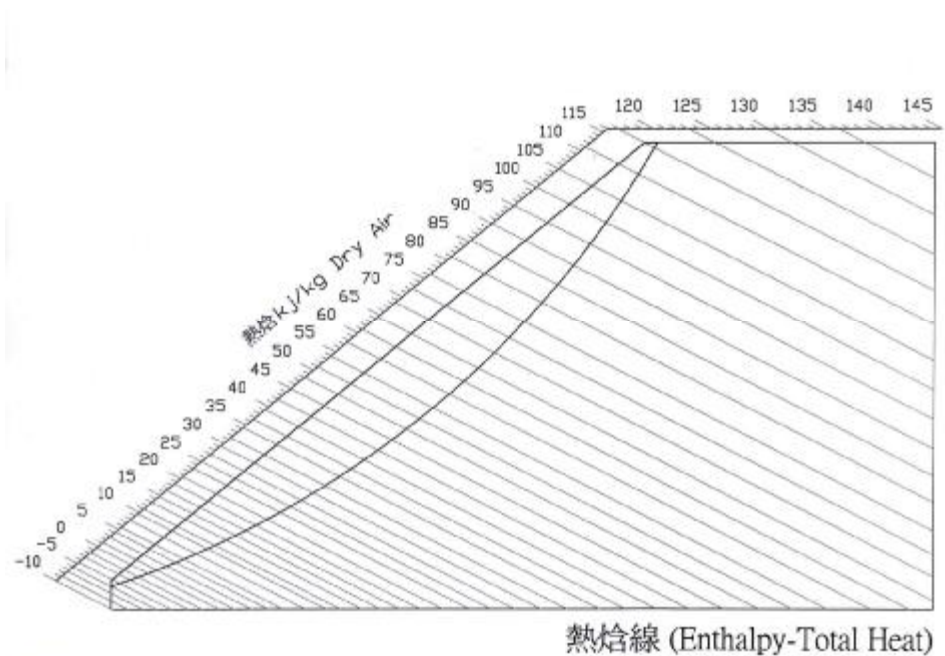
4. **乾球溫度線 (Dry Ball Temperature)**：為垂直線；標示值從 -10°C 到 55°C ；標示間距為 5°C 。



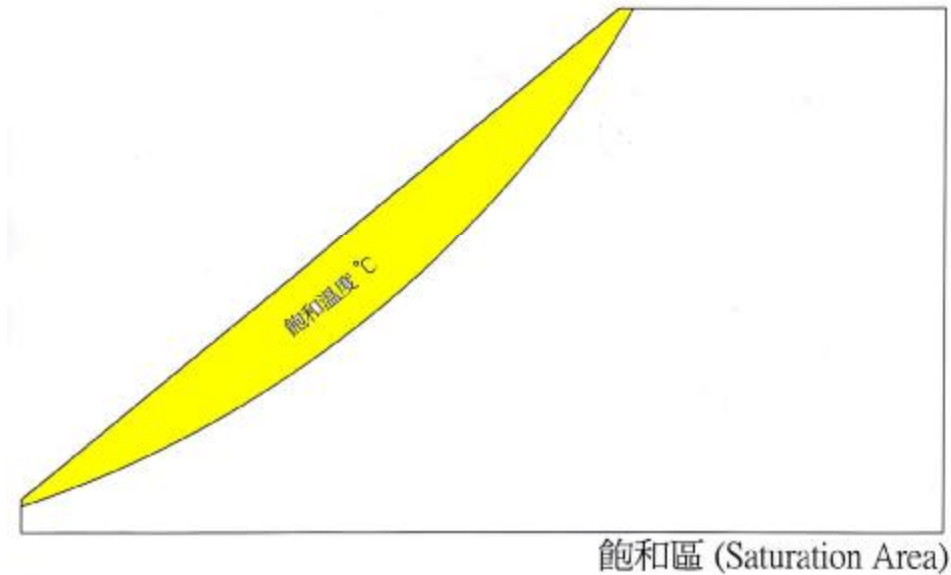
5. 濕球溫度線 (Wet Ball Temperature)：為左上右下斜線；標示值從 -10°C 到 55°C ；標示間距為 5°C 。



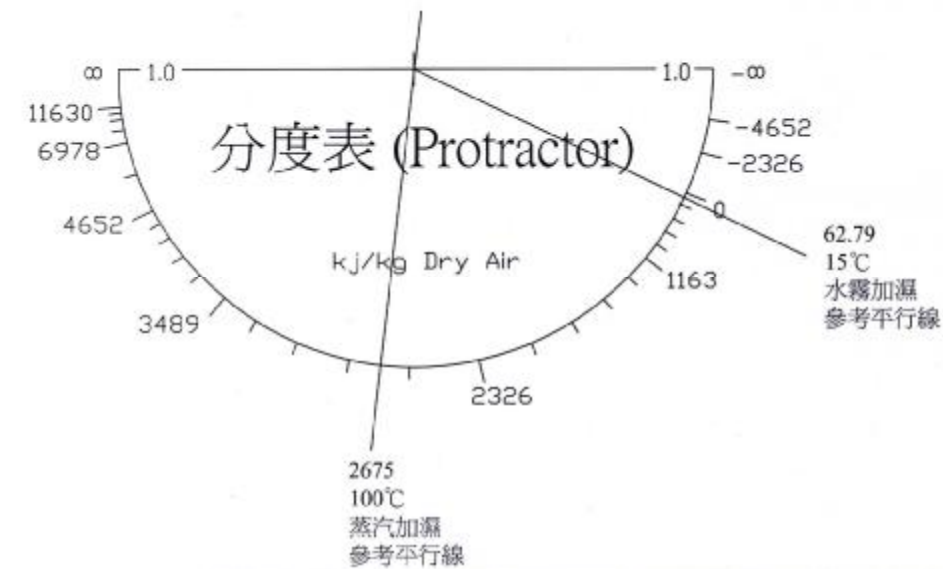
6. 熱焓線 (Enthalpy – Total Heat)：即指全熱線；單位為 kJ/kg Dry Air 是指每公斤乾空氣有多少熱焓量；為左上右下斜線；標示值從 -10 到 145 kJ/kg ；標示間距為 5 kJ/kg 。



7. 100%**飽和區** (Saturation Region)：指空氣中之水蒸汽分壓達到最大值；通常呈霧狀；此區域之右邊曲線為露點曲線(Dew Point Line)。



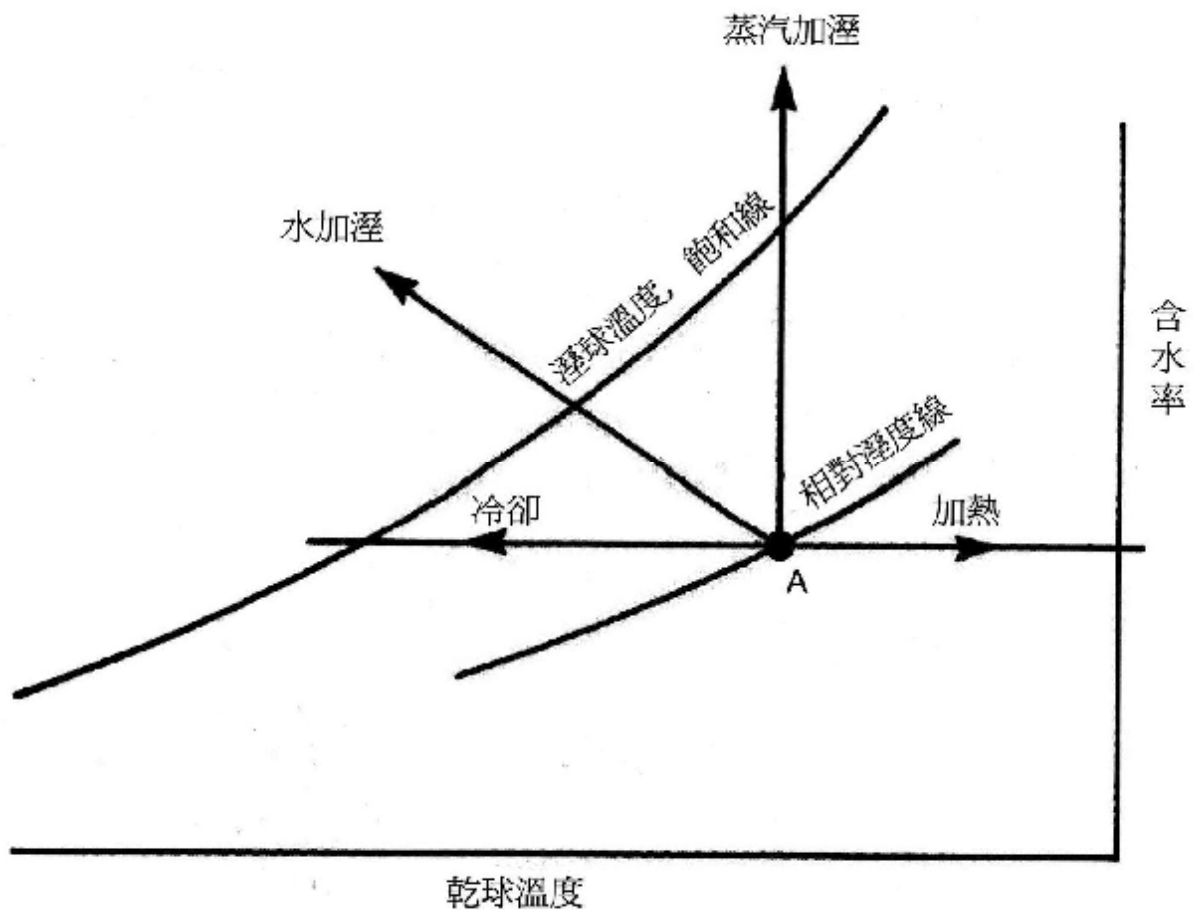
8. **分度計** (Protractor)：單位 kJ/kg Dry Air 是指每公斤乾空氣有多少熱焓量；為半圓形；標示值從 $-\infty$ 到 ∞ 。



分度表

9. 變化走向圖：以 A 點為例，簡介如下

- Ⅰ 假設其他條件不變，只有乾球溫度變化時：當溫度升高，則往 A 點右側水平移動；溫度下降，則往 A 點左側水平移動。
- Ⅱ 假設其他條件不變，使用水霧加濕方式時：會隨沿 A 點左側上方之等熱焓線方向走，因水霧加濕為等焓加濕。
- Ⅲ 假設其他條件不變，使用蒸汽加濕方式時：會由 A 點垂直往上方走，因蒸汽加濕為等溫加濕。



大氣曲線之走向圖



第四章 空氣加濕之技術層面

一. 水的蒸發

為液態水蒸發為汽態水的現象；亦即液態水吸收水的蒸發潛熱能量後，轉換為氣態水的相態變化和熱焓量變化(參考如下附表)。

水熱焓表

溫度 (°C)	蒸汽錶壓 psi G	顯熱 hi (kj/kg)	潛熱 hig (kj/kg)	全熱	
				Kcal/kg	hg (kj/kg)
0		0	2500	598	2500
22		92	2449	607	2541
23		96	2446	608	2542
60		251	2358	624	2609
100	0	419	2256	639	2675
105	3.3	440	2243	641	2683
110	6.6	461	2230	643	2691
115	10	482	2216	645	2698
120	14.3	503	2202	646	2705
130	25	546	2174	650	2720

註：1 BTU = 2.326 kj/hr，1 kj/kg = 0.239 kcal/kg

* 在常溫時，水的顯熱熱焓約為全熱熱焓的 3~4%，所佔比例非常小。

* 在 100°C 時，全熱熱焓大於常溫 23°C 之熱焓約 133kj；為 23°C 時，全熱的 $(133\text{kj} / 2542\text{kj}) \times 100\% = 5\%$ ，所佔比例也非常小。



二. 計算蒸汽加濕之加濕量及溫度變化

舉例：

假設在空氣流量 6000 CMH、空氣乾球溫度 23.89°C、相對濕度 10%的外氣條件下。以錶壓 10 PSI 的飽和蒸汽進行空氣加濕到相對濕度 55%。試求蒸汽消耗量及空氣乾球溫度的變化。

解說：

1. 查前頁“水熱焓表”得錶壓 10 PSI 的飽和蒸汽，熱焓約為 2698 Kj/Kg(顯熱+潛熱)。
2. 對照如下所附圖-1“蒸汽加濕於大氣曲線圖之變化”得到乾球溫度 23.89°C 及相對濕度 10%之交會點為 A。並且由左上方的分度表中，通過中心點 P 及熱焓點 Q (645 Kcal/Kg) 畫一直線 R。
3. 通過點 A，畫一直線 S 並與 R 線平行。從線 S 上找出與相對濕度 55%曲線相交處，標為點 B。由點 B 得空氣乾球溫度為 25.33°C，而空氣加濕後溫度變化由 A 點 23.89°C 到 B 點 25.33°C，所以溫度上升 1.44°C。
4. 由點 A 得空氣含水率為 0.0018 kg/kg.dry air
由點 B 得空氣含水率為 0.011 kg/kg.dry air
點 A 與 B 之含水率差則為：
 $0.011 - 0.0018 = 0.0092 \text{ kg/kg.dry air}$

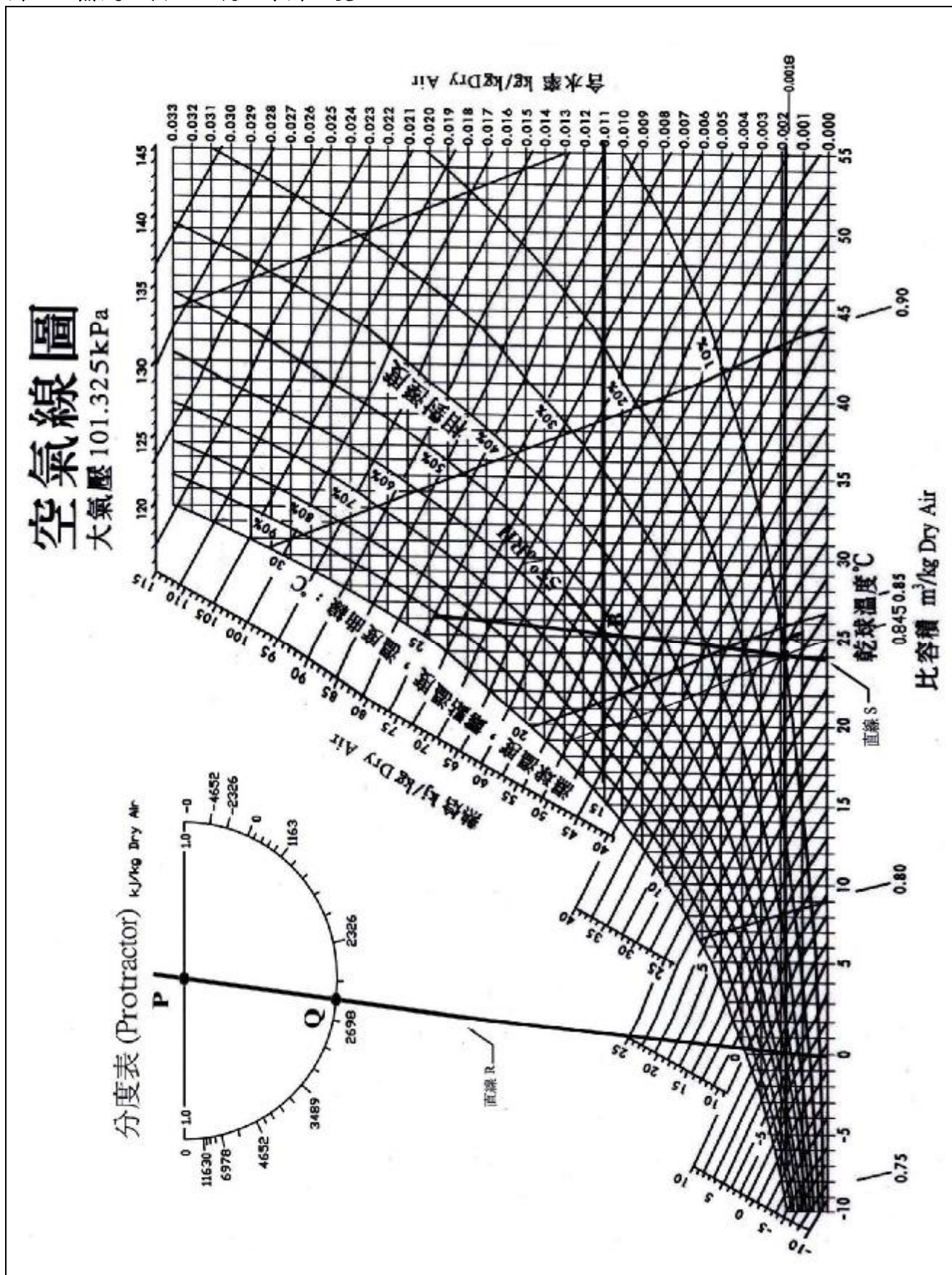
$$\begin{aligned}\text{空氣量} &= 6000 \text{ M}^3\text{Hr} \div 0.845 \text{ M}^3/\text{kg.dry air} \\ &= 7100 \text{ kg.dry air/Hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{加濕量} &= 7100 \text{ kg.dry air/Hr} \times 0.0092 \text{ kg/kg.dry air} \\ &= 65.3 \text{ kg/hr}\end{aligned}$$

高壓空氣會自然地往低壓區方向流動。假設空氣流經的地方，比如像門、窗、排水出口..等等，沒有適當的隔熱和防腐蝕保護，依照高溫高壓往低溫低壓流動的特性和溫差影響，容易結露進而產生冷凝水，會侵蝕附近沒有防水防蝕之機器設備使其易於故障和縮短使用年限；其他像室內的鋼製支架或天花板等等，在靠近高溫蒸汽或低溫冰水管路這邊應妥善做好隔熱與防水防蝕措施，因其都為良好的導熱體。若做好隔熱防蝕工作非但能確保設備使用壽命，尚可減少熱流失、水份流失、及能源浪費。

隔熱抗蝕措施，比如裝設雙層或多層玻璃門窗、邊縫用焊接方式、噴隔熱漆或裝鋁鉑板..等等；亦或者可裝設“可設定自動調整濕度控制器”來代替，此控制器會依室外溫度來自動調整室內所需之相對濕度設定值，藉以防止門窗等地方結露。

圖-1：蒸汽加濕於大氣曲線圖之變化





三．加濕效率

在一相同空氣溫度、流量下，能夠在最短吸收距離達到最高之含水率，其加濕效率最高。就理論上推斷，當然蒸汽加濕之效率較高，因為蒸汽含有大量之熱焓值，所以加濕時可將濕度一直提升到相當高點。即含水率達到相當高的含水率。但水霧加濕就不同了，因為水本身所含熱焓極少，所以加濕時因水分蒸發需吸收大量的熱焓，會使空氣溫度降低，當空氣溫度降低時，空氣的最大含水率也同時降低。因此，在沒有輔助熱源情況下，水霧加濕之加濕效率相對較差。另外，不論是二相流體超音波或電子式超音波加濕所能提供霧化粒子有多小，其水的本質結構不改變，水還是水仍需吸收大量之熱焓才可以汽化，若無熱焓提供終會再一次於空調箱或風管中結露，不可不慎。

四．加濕方法基本分類：加濕方法基本分成兩大類

1. **蒸汽加濕：**一般而言，蒸汽加濕工程之水蒸汽屬高溫蒸汽，略高於常溫氣態水的全熱。所以空氣經蒸汽加濕後，全熱會略微增加，因此空間的乾球溫度會提高 1~2°C。由於空氣的乾球溫度提高有限，所以蒸汽加濕又稱“等溫加濕”。

蒸汽產生器內之液態水經加熱而汽化為飽和水蒸汽後，水蒸汽經由蒸汽分佈器直接分佈於空調箱或風管中。然後，水蒸汽與空氣完全充分混合而為空氣吸收達到加濕目的，即提高了空氣含水率。

- a. **蒸汽產生器：**有多種型式，列舉如下：

- 瓦斯/燃油/電熱之蒸汽鍋爐
- 低壓電熱蒸汽產生器 - 電極式或電熱式之蒸汽產生器
- 工業等級蒸汽對純水蒸汽產生器
- 高溫熱水對純水蒸汽產生器

上列之個別說明，請參照“蒸汽加濕系統簡介”之“蒸汽產生器”部份。

- b. **蒸汽加濕之分佈器：**即探討如何提供低壓百分之百的乾飽和蒸汽及如何以最有效率並均勻的與空氣混合，並在最短時間及距離被吸收。蒸汽遇到冷空氣會馬上放出熱量即變成冷凝水，所以蒸汽加濕工程即是要噴出飽和乾蒸汽而不是一般蒸汽與水的混合液。如何提供乾飽和蒸汽並均勻分佈就非常的重要。方法有：

- **高效率汽水分離器：**利用離心力及地心引力原理製造之旋風分離式汽水分離器或利用牛頓第一運動定律製造之隔板式汽水分離器，將蒸汽乾度提高。高速運動的水珠經撞擊因而動能降低受地心引力影響向下流動，並經排水疏水器排出，而乾燥的蒸汽(氣體)則繼續往下游移動，因而提高其蒸汽(氣體)乾度。一般可將 99% 10 microns 以上之固體或液體濾除。
- **長型塑鋼噴嘴：**加長型之塑鋼噴嘴只噴出分佈管中間較乾燥之蒸汽，塑鋼製其熱傳效率較低，不易有凝結發生。分佈器內分配管再加以汽水分離裝置，蒸汽及冷凝水分開引導，以提供分佈管較高品質之蒸汽。
- **夾套式單管蒸汽加濕分佈器：**將單管式蒸汽分佈器於內或外加置套管並引進較高溫之蒸汽，以蒸汽預熱或加熱分佈管來達到噴出較乾加濕效果之蒸汽。但，由於分佈管數少，噴嘴極少，用在小量加濕效果尚可，而中量加濕以上即不適合使用。
- **多噴頭設計：**以極多數量的噴嘴作高密度組合設計。將單位噴嘴噴出之蒸汽量降到最低、微小化，而噴嘴數量增加到最多、極大化。所以其分佈之效果由一直線的噴霧變成整個面積的噴霧，其效率即可提高非常多倍。



- ※ 綜合以上各點即可設計出最優良最有效率之加濕分佈器，可使蒸汽在最短距離為空氣所吸收。
- ※ 分佈器是加濕效果的執行者，必須慎重選擇疏忽不得，雖然為一般加濕器之附加配件，但成敗均在此一地方，不得不特別考量。

2. **水霧加濕：**主要是將噴嘴或超音波震盪器所霧化之小顆粒水滴，分佈於空調箱或風管中而與空氣混合。此小水滴會以熱交換方式吸收空氣顯熱並轉化為水的蒸發潛熱（約為 584.3 Kcal/kg Dry Air at 23°C），最後小水滴會化為氣態水成為空氣的成份之一，而空氣乾球溫度則會大幅下降。

在水霧加濕過程中，水的汽化潛熱來自空氣顯熱，又常溫液態水的熱焓量相對於氣態水之熱焓量是很小的，空氣在水霧加濕後空氣總熱焓幾乎維持不變。所以液態水汽化的熱焓對於空氣總熱焓之增加貢獻不大；因此水霧加濕又稱“等焓加濕”。

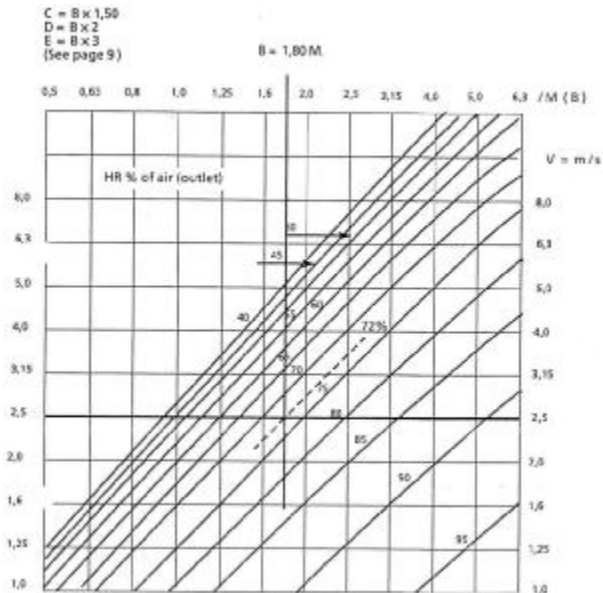
室溫若處於高溫低濕時，例如沙漠地區，可使用水霧加濕方法來提高空氣濕度並降低空氣溫度，具節省能源優點；但室溫若處於低溫低濕時，例如冬天，則須先預熱空氣，大幅提高空氣之乾球溫度進而增加空氣熱焓量，才能以水霧加濕達到空氣加濕目的，使空氣達到最適含水率。因為空氣溫度低，其傳熱效能差，水珠需汽化時間變得比較長、吸收距離也長，若沒有足夠的熱焓，則水珠便會愈來愈大因而結露，所以在使用水霧加濕時，需注意有無足夠之熱焓提供及吸收距離。在冬季，若無適當之廢熱來源而必須仰賴電熱來提高溫度(熱焓)，如此不但無法節約能源，更形浪費能源，應用時須多加考量這個問題及相關成本。

水霧加濕除了要注意提高空氣熱焓以外，尚有三個重點：

1. 吸收距離是否足夠長。
2. 水珠顆粒大小及噴頭分佈配置是否恰當。
3. 可否比例式控制加濕量。

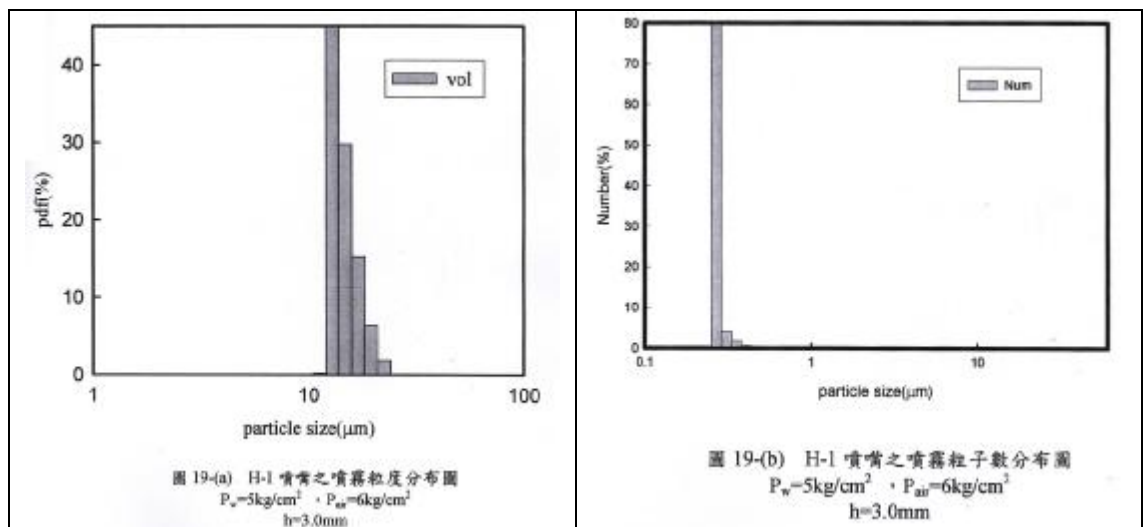
- ※ **吸收距離：**蒸汽加濕所稱之吸收距離為噴嘴噴出到第一個阻礙物而不結霧的距離；而水霧加濕所稱之吸收距離為噴嘴到除水板或第一個阻礙物，所能提供經設計的出風濕度之距離。兩者含義不同，需特別注意。

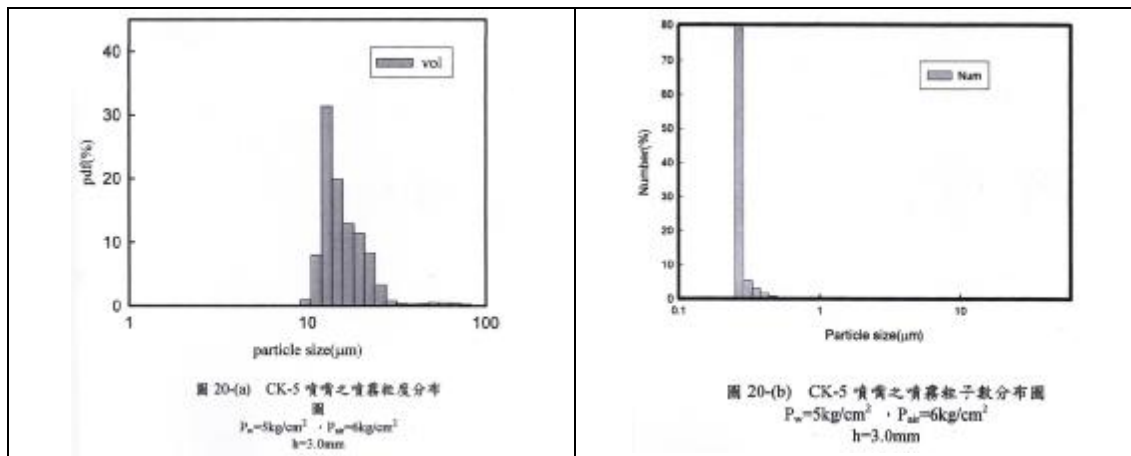
- ◆ **吸收距離預留是否足夠長：**水霧加濕之吸收距離是以控制空調箱出風濕度而設計，即如要求 72% 濕度，由已知風量計算出風速，再從下面所附參考圖查，由 72% 濕度與風速之交叉點往上找出 1.8M 即為其吸收距離。所以需要預留 1.8M 長之空間，但是噴霧器製造之水珠顆粒有大有小，小的顆粒在 1.8M 內即被吸收，但是較大之顆粒則被除水板或阻礙物給阻擋濾除，所以即使增加再多的水到空氣中也無法提高濕度，亦即不能應付高於設計值之濕度。



容積粒徑粒子數平均分佈圖 D_{32} 與粒徑粒子數量分佈圖 D_{10}

- ◆ **水珠顆粒大小及分佈配置：**水珠顆粒大小決定被吸收量，所以水霧加濕之重點即是水霧中顆粒的大小與分佈。也之所以一定要有 ”數量容積 (Particle Diameter) 分佈圖” 以茲比較，如下所附參考圖。其中以容積粒徑粒子數分佈圖較粒徑粒子數量分佈圖來得重要及實際，因為 1 顆 100 Microns 水珠，其吸收時間是 10 Microns 水珠的 $10^2=100$ 倍，所以一定要看其容積表比較準確。一般廠商所提供的一定是粒徑粒子數量分佈圖，因為小顆粒佔有率很高，顯現出來的圖表很漂亮；但如要求提供容積 (Volume) 粒徑粒子數平均分佈圖時，不是無法提供、就是效果不佳的圖表 (分佈不均勻)。





- ◆ **可否比例式控制加濕量：**比例式輸出控制對水霧加濕是一種考驗，一般廠商均聲稱可接受 4~20 mA 或 2~10V 之比例控制訊號，但深入瞭解其結構設計後，則發現其加濕輸出並非比例式，而是 On-Off 式控制。由於 On-Off 式之控制方式無法達到現代精密之空調控制要求(這點非常重要)，所以如果碰到可接受比例訊號的儀器或設備，就號稱可做比例式輸出功率時，不論是蒸汽加濕或水霧加濕，必須詳加了解以免被誤導。

第五章 蒸汽加湿系统简介

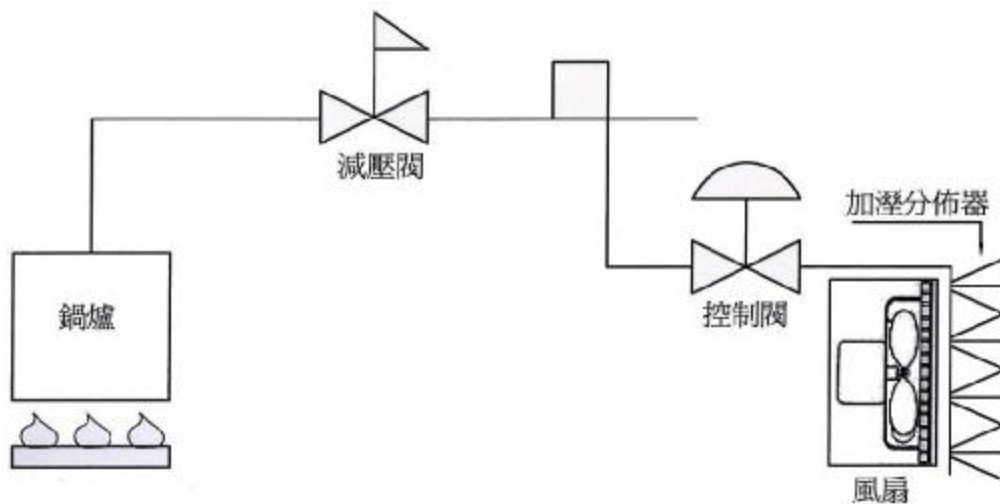
蒸汽加湿器主要由蒸汽产生器及蒸汽分佈器两部份所组成，分别概述如下：

一. 蒸汽产生器：

1. 蒸汽锅炉加湿系统 (Steam Boiler)：

使用电热、燃油或瓦斯为加热热源。将液态水加热至 $1\sim 10\text{ kg/cm}^2\text{G}$ 压力之饱和水蒸汽后，再经减压站将蒸汽减压至 $7\sim 25\text{PSI}$ ，再由分佈器将蒸汽均匀散佈於空调箱或风管中进行空气加湿。

由于此本系统一般使用碳钢制之锅炉内筒体及配合软水给水。但为了防止内筒体及管线腐蚀，均会加入少量之化学脱氧剂、清罐剂等等，使炉水保持碱性(PH值约 $9\sim 11$)。炉水不断蒸发产生蒸汽，而将不纯物遗留下来；炉水中的不纯物，如油脂、溶解盐及化学药品残留物等，不断愈积愈多及沉殿浓缩后，会结成水垢或产生泡沫等现象。若控制不良，还会形成“汽水共腾”现象(Carry Over)，让炉水、甚至杂质等一起进入蒸汽管路，造成整个蒸汽系统的污染。因此在较高等级之空调加湿系统，就不可以使用软水作为补给水，而须使用纯水，炉体及蒸汽配管亦须改为不锈钢，以减少不纯物之产生。而此系统用以调节蒸汽流量之控制阀，其接续口尺寸及其内喉部 CV 值的筛选便非常重要。CV 值过大，会使阀门处于非常低之开度或动作频繁而无法控制；CV 值过小，则无法达到较大之需求，使湿度偏低。

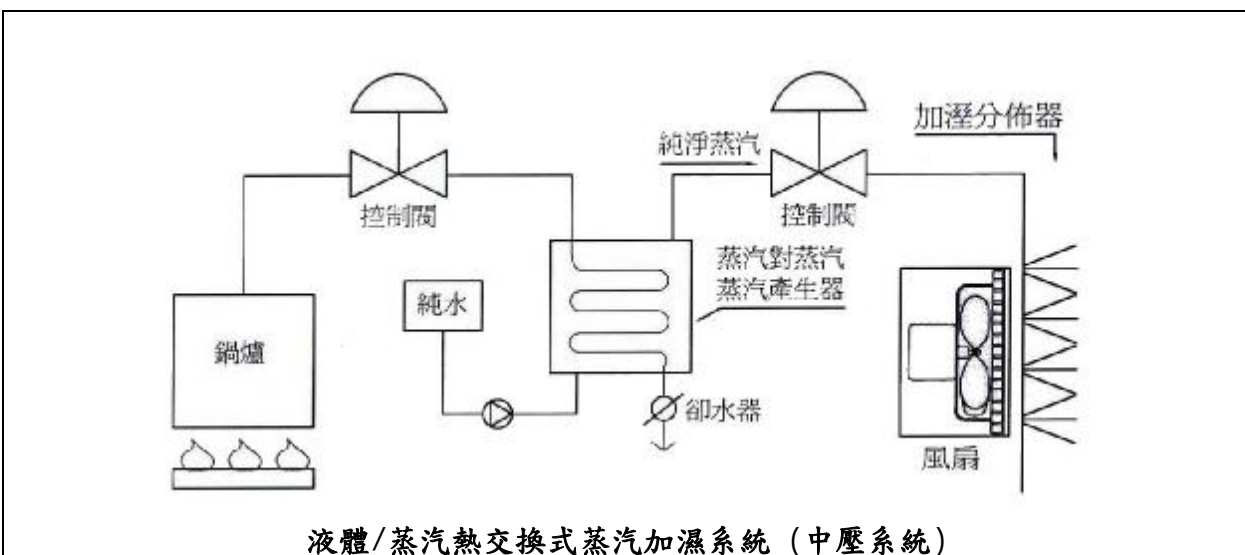
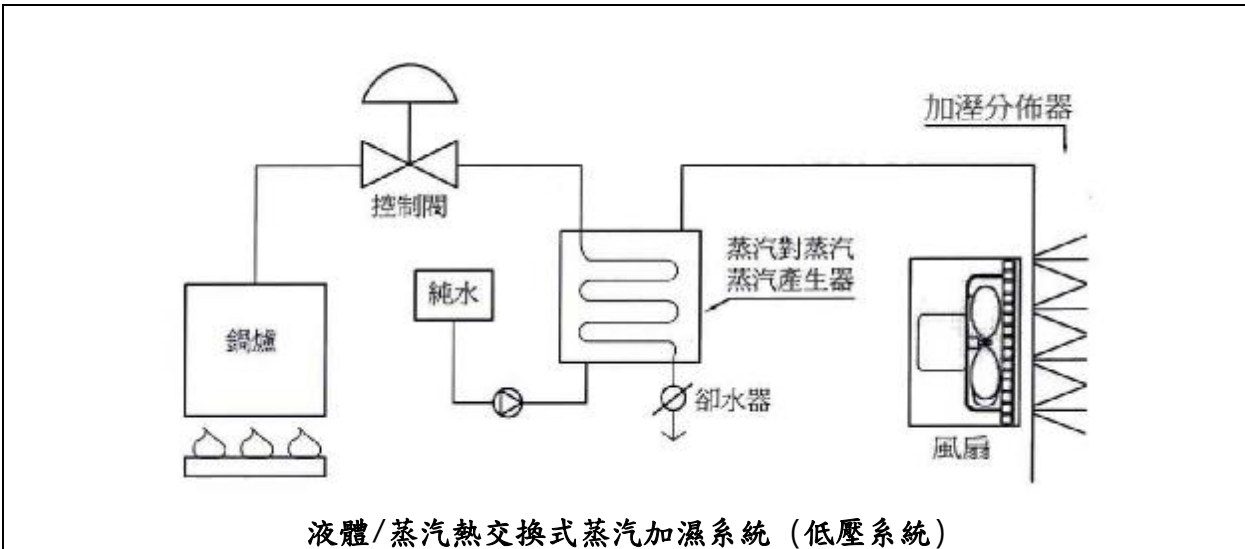


蒸汽锅炉加湿系统

2. 液體/蒸汽熱交換式蒸汽加濕系統 (Liquid/Steam to Steam Humidification System) :

使用高溫液體(熱水)或工業級蒸汽，藉熱交換方式將純水(R0/DI)加熱蒸發為乾淨蒸汽後，再由分佈器將蒸汽均勻散佈於空調箱或風管中進行空氣加濕。為了防止蒸汽鍋爐產生不純物而汙染蒸汽品質及影響空調潔淨等級，可利用原有之高溫蒸汽或熱水經過管殼式或板式之熱交換器，來產生低壓之二次純淨蒸汽作為空調加濕。此種系統應用於原既設有或須應用高壓蒸汽鍋爐、高溫之熱水鍋爐或有高溫之回收廢熱之場合較適宜，否則即形成雙重投資。

此系統分中壓及低壓二種。中壓系統產生之二次純淨蒸汽，經分配槽供給數個空調箱使用，途經流量控制閥等，再到加濕分佈器；由於蒸汽壓力較高，相關配備較多所以設備購置成本也高很多。低壓系統產生之二次純淨蒸汽，直接配送到空調加濕分佈器上使用，而純淨蒸汽流量控制在於供給熱源之控制上；由於純淨蒸汽壓力較低，管路設計較簡單，所以控制較容易，設備購置成本亦較低。



3. 電熱式蒸汽加濕系統 (Electric Steam Humidification)：

使用電阻通電產生之熱能將純水加熱產生水蒸汽後，再由分佈器將蒸汽散佈於空調箱或風管中進行空氣加濕。

特點：

- Ⅰ 金屬製蓄水槽：不銹鋼 316 以上材質製作，耐超純水腐蝕、可清洗、使用壽命長。
- Ⅰ 電熱棒：INCOLOY 英高鎳合金製電熱棒，耐超純水腐蝕、耐高溫、熱傳導性良好、可清洗、使用壽命長。

電熱式加濕器為使用高電壓、高電流之電器設備，電器安全不可掉以輕心。因此短路、過電流、漏電開關一定要裝置，且為必要配置，但大多數製造商為求降低成本，而無此項標準裝置。為什麼一定要裝置漏電開關？電熱棒損壞的原因有二，斷路和短路。分析如下：

- Ⅰ 斷路：斷路時，完全不通電也不漏電，所以不會造成危害。
- Ⅰ 短路或漏電(絕緣電阻偏低)：發生之原因，可區分為下列幾種：
 - 2 因電熱絲熔斷造成漏電或短路，會浪費電能及熔毀電熱外殼，甚至型成機械過熱。
 - 2 因水氣進入絕緣耐熱之氧化鎂粉內使其受潮，絕緣阻抗慢慢降低。輕者，形成電能浪費；重者，造成人員感電或整組機台損毀。

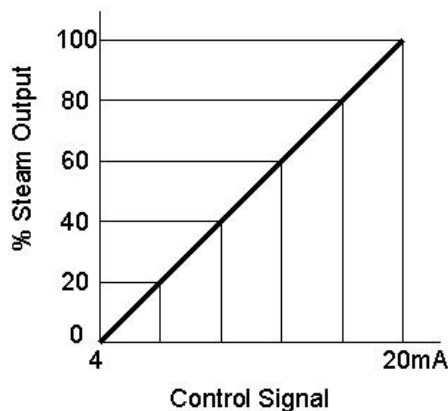
電阻式加熱棒在業界應用非常廣泛，材料的選擇須合乎使用場所標準，品質才有保障，使用壽命也才會長。下圖為僅裝置保險絲之電熱管的損壞情況，看了令人觸目驚心。除了電熱管損壞以外，也會影響電源之供應品質造成巨大損失，也可能影響人員安全。基於安全考量為預防危害之發生，最好之解決辦法即是安裝漏電、過載、短路開關，防範於未然。



控制部份，因科技的日新月異，已由過去的 on-off control，steps control，time - proportion control (時間比例式)，再演進為 linear proportional control (線性比例式控制)可作準確度達 $\pm 1\%RH$ 以內之控制要求，符合現階段時代的使用者對溫濕度作精確控制的高標準要求。



- I On-Off Control：類似電源開關的一種最簡易控制方式，接受訊號即開(關)，無訊號即關(開)，無法作精確控制，訊號變化快速則電磁接觸器壽命不長。
- I Steps Control：將 On-Off Control 加以改良成二段式，三段式，四段式...等等。將全關到全開的動作分成數個等分，以提供控制精確度及提高接觸器的使用壽命。
- I Time - Proportion Control：輸入控制訊號經可程式控制器運算，將電磁接觸器動作時間累積延長，並將第一段電磁接觸器設定成比例式控制。但二，三，四段為 On-Off 控制，即輸出 0~25%功率時可為比例式輸出，但 25%以上即為 On-Off 控制。第一段電磁接觸器動作頻頻，雖經時間延遲作動但相對壽命短很多。
- I Linear Proportional Control：利用相位式 SCR 切割相角輸出 0~100%線性比例功率特性。第一組電熱由 SCR 控制但其他各組仍由電磁接觸器作 On-Off 控制，再經 PLC 可程式控制器內的精確計算分割使輸出功率達成為 0~100%線性的功率輸出。

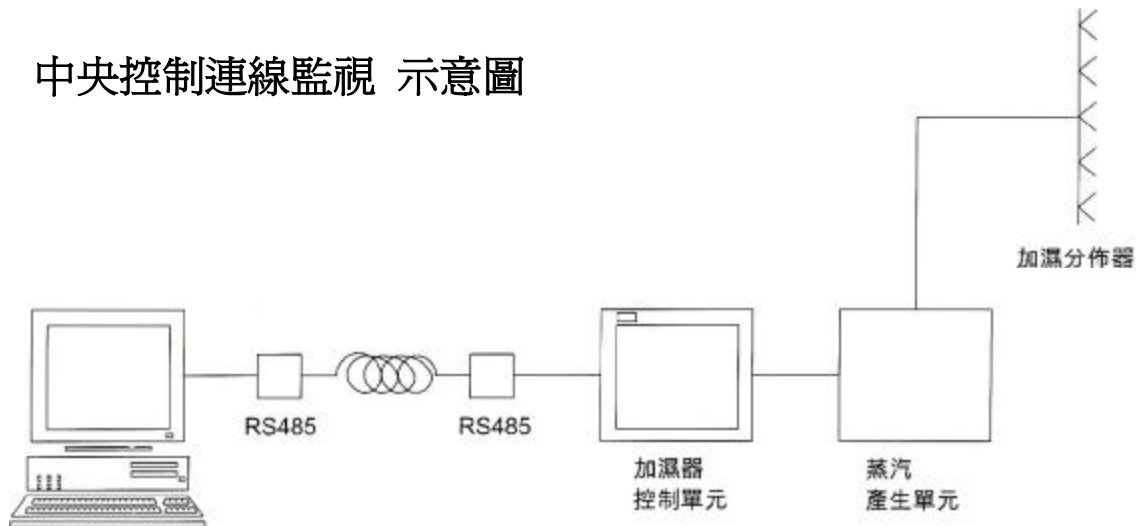


0~100%線性比例功率輸出

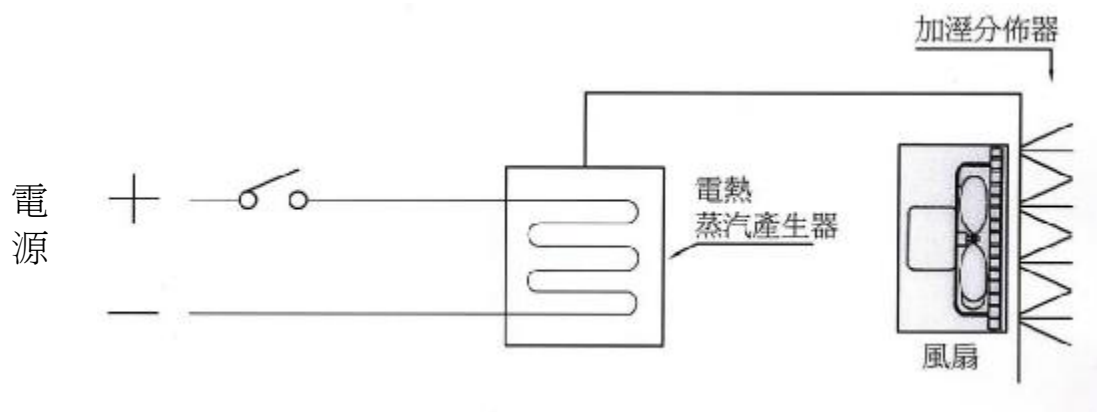
早期所用的 7 段線 LED 顯示螢幕，僅能以數字表示。後來進步到二排數字 LCD 顯示，但其任何錯誤或操作訊息均以數字表示，所以不易瞭解。現今有大尺寸 LCD 觸控顯示螢幕，採人性化設計、親和性佳、直讀式、免翻譯、任何訊息不遺漏，讓工程師們輕易上手，減少學習時間及維修成本。

大型中央空調都有獨立之中央監控室，而所有機台運轉訊息的接收及控制均於控制室內執行完成。因此優良的加濕器必須能提供中控室相對需要的資訊，若僅只接收中控室指令作全部運轉而無法回饋現況訊息是不夠的；就像畜牧業一樣，須時常到現場觀看實際情況並加以照料，才有好的回收；所以加濕器與中控室之間若有雙向交流管道就非常符合現階段科技廠之需求，可利用 RS232 或 RS485 序列埠當其溝通管線，使中控室的操作人員能對實際現場情況瞭然於胸，譬如：所下達之控制指令是否已完全執行完成、各個機台作業現況...等等。

中央控制連線監視 示意圖



不同時代有不同的需求，科技的進步及競爭合作，如何將設備功能運用到盡善進美、符合人性需求，將是製造廠與使用單位最大的挑戰。

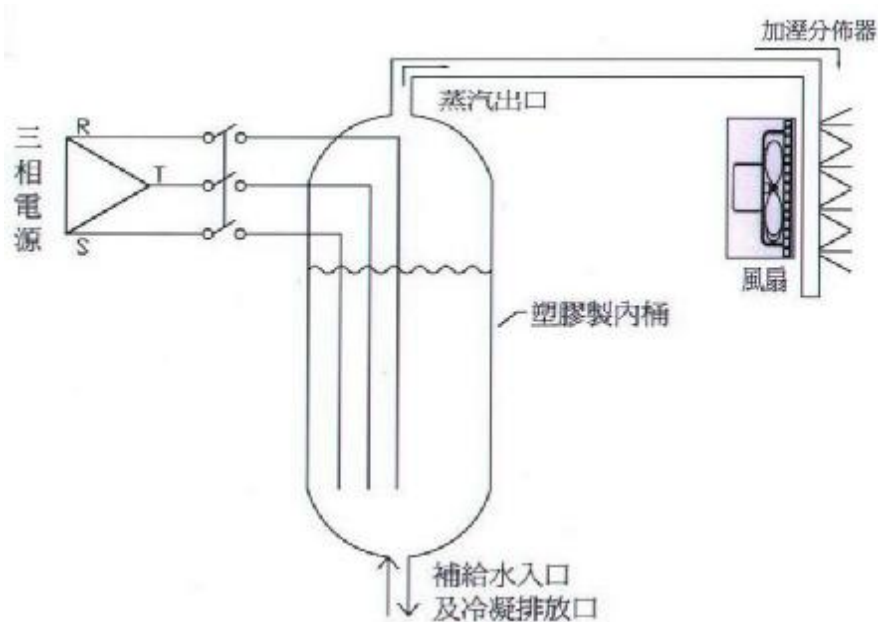


電熱式加濕系統

4. 電極式加濕系統 (Electrode Steam Humidification System):

使用電極棒插入水中，藉通電後水中離子移動所產生之熱能將水加熱蒸發為水蒸汽後，再由分佈器將蒸汽散佈於空調箱或風管中進行空氣加濕。僅可使用於一般水，不可用於純水，亦不建議用於陰陽離子交換的軟水。

電極式加濕器為一般工業等級加濕器，一種最簡單的結構設計。由三片不銹鋼板或網當電極，一個銅棒當高液位指示，射出成型的耐熱塑膠筒，功能清楚的電磁接觸器及簡單的控制線路組合而成。

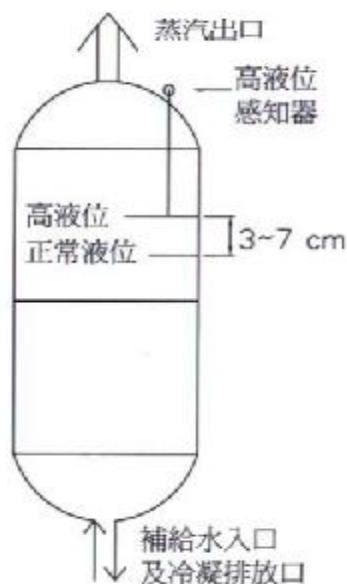


電極式加濕系統

特點：

- I **非金屬之儲水筒：**電極板沉浸在水中，通電後，電流會經由水而導電至桶身。若使用金屬製筒身，會有漏電危險，所以塑膠筒體只要有破裂就不能再使用。塑膠筒體在受熱後會慢慢裂化，所以筒體為消耗品，需在運轉一段時間後更換，在台灣地區最長約 2~3 年須更換。

電極式加濕器之工作液位如圖示約 3~7 公分。



電極式加濕器之操作液位

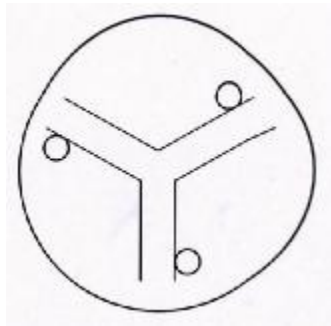
l **電極板**：只要是導電材質即可，可為不銹鋼、銅、碳鋼...等等均可。但一般以不銹鋼為標準。

n 自來水的電導度約為 100~300 $\mu\Omega$ (微西門)。

n 如要增加蒸汽產生量，只要增加金屬板與液体之接觸面積即可。

n 輸出功率(kw)與電流(I)成正比；輸出功率(kw)與電阻(R)成反比。

n 電極在通電後，電在水中快速移動產生熱能，相對的極板會慢慢解離，形成氧化鐵，水中之雜質及不純物快速增加，水的顏色也由無色變成棕紅色。最後由於雜質濃度升高及離子太多，使極板間產生低電阻、形成閃光，此時蒸汽產生量會減少很多，雖然提供相同之功率但達不到實際產生量，這個時候就必須要整組更換新品或拆下維修。所以，電極式均有設置排放閥以降低水中雜質(TDS)含量以延長壽命。而排放量為產氣量的 $1/10 \sim 1$ 倍左右，會損失部份熱能，因為排放的水均為高溫熱水。雖然如此，往往實務上在運轉約 7~30 天即須作更換或清洗維修，因此在實際使用電能效率上低於電熱式加濕器。



電極板



電極板 - 結垢圖

l **控制部份**：電極式蒸汽加濕器為求降低售價，所以控制也較簡單。一般均以電磁接觸器以 on-off 方式控制電力輸出，因此無法做線性比例式輸出。且無總電源開關及保險絲，而直接將電源強加在電磁接觸器之一次側，二次側則直接接在電極板上。所以，當盛水桶漏水時必會引起漏電之危害，使用上不可不慎。

電極式蒸汽加濕器一般利用水位來控制輸出量，以一比流器來決定水位及輸出百分比，但受限於正常操作水位與高液位相差約 7 公分水位高度，水位差過小的情況來作比例式控制輸出是非常困難。唯一可達成比例式輸出的方法是將電磁接觸器更換為 SSR 固態邏輯電驛或 SCR 電力調整器。

電極式加濕器對環境的危害

l 電極板為金屬板製成為求導電效率、提高使用壽命及易於清潔保養，會使用不銹鋼 Stainless Steel 為板材。不銹鋼的主要成份為：碳 C，矽 Si，錳 Mn，磷 P，硫 S，鉻 Cr，鉬 Mo，鎳 Ni，銅 Cu，其中之金屬成份經導電解離後沉積桶底，經過運轉定時排水及清潔而排放到兩水管路就會造成環境重金屬污染，對環境危害極大，不可不慎選及注意後續處理。



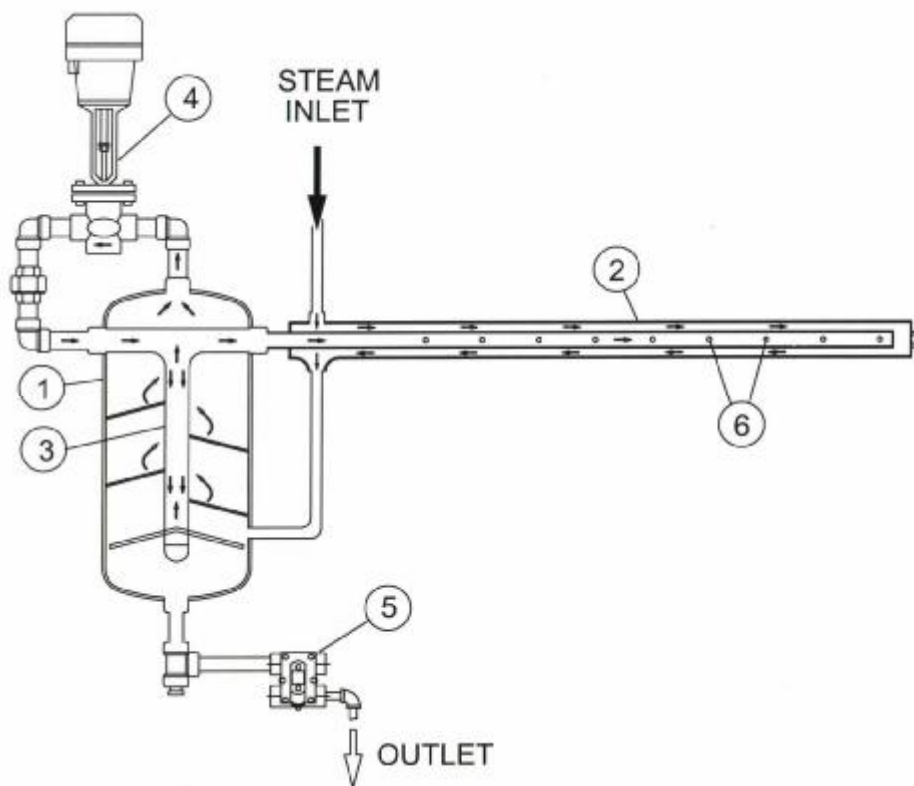
二. 加濕器 電熱式與電極式 比較表

項 目	Best A/V Ultra-Steamer, 電熱式	Others, 電熱式	Others, 電極式
1 顯示螢幕	6" LCD 觸控螢幕	2cm LCD 顯示螢幕	無 或 選項配備。
2 無熔絲主電源斷路器	標準	端子台	端子台 或 無
3 分路電源開關具備防 止漏電、過電流、短路 三功能及快速保險絲	標準配備	僅使用保險絲	無 (亦無保險絲)
4 輸出功率顯示	有	無	無
5 輸出蒸汽量顯示	有	無	無
6 耗電量顯示	有	有	無
7 加濕累積總量顯示	有	無	無
8 累積運轉耗電量顯示	有	無	無
9 電流錶	有	無	無
10 電壓錶	有	無	無
11 加熱槽材質	316L 不銹鋼	304 或 316 不銹鋼	塑膠 + FRP
12 加熱槽保溫	20 mm 高溫泡棉	非標準配備	無
13 加熱棒材質	INCOLOY (英高鎳)	INCOLOY (英高鎳)	304 S.S.
14 加熱槽溫度顯示	自動偵測顯示	無	無
15 預熱功能	有	無	無
16 RS232 通訊模組	標準一個	選項	無
17 控制箱	標準防水防塵(IP65F)	標準工業控制箱	工業控制箱
18 控制箱體積	體積較大	體積大	體積小
19 電熱控制式	第一段線性控制 3 相相位式 SCR	ON-OFF 電磁接觸器控制	ON-OFF 電磁接觸器控制
20 控制比率性	標準 0~100%等比例式線 性控制	時間比例式控制 或 ON-OFF 控制	ON-OFF 控制 或 多段式控制
21 控制訊號	4~20mA 或 2~10V 或其它 訊號	4~20mA 或 2~10V	4~20mA 或 2~10V 2, 3, 4 段 on-off 控制
22 安全防護措施 過熱保護	* 過熱保護開關 * PT-100 溫度感應顯示 及保護	過熱保護開關	無
23 液位控制	304 不銹鋼 浮球開關	浮球開關	電極棒
24 補給水閥	304 不銹鋼 浮球閥	浮球閥	電磁閥
25 排水	使用純水, 不需排放	使用純水, 不需排放	排水量大於 1/10 產氣量
26 清潔時間	不需要	不需要	使用 7~30 天清潔一次
27 加熱槽使用壽命	非常長	非常長	須常更換
28 電熱棒使用壽命	非常長	非常長	1. 分可清洗式及丟棄 式加熱筒 2. 連續使用 7~90 天
29 蒸汽產生量	單台最大 268 KG/HR, 可並聯 4 台一起運轉, 最大 1072 KG/HR	單台最大 129 KG/HR	單台最大 136 KG/HR
30 濕度精確度	± 1%	± 2~5%	± 5%
31 購置成本	高	較高	便宜
32 維護成本	非常低	低	非常高
33 交貨期限	30~40 天	45 天	30~45 天

三．蒸汽分佈器

1. 單管蒸汽喷射式 (Steam Injection Humidifier) :

- A. 配合蒸汽鍋爐加濕系統使用(須 2 psi 以上)。
- B. 於加濕管上均勻開孔供蒸汽噴出分佈於空氣中。
- C. 一般會用具有保溫套管設計以降低非飽和蒸汽或凝結水的噴出。
- D. 可應用於小量加濕。
- E. 加濕吸收距離較長(數公尺)
- F. 蒸汽分佈較不均勻、加濕效率低。
- G. 蒸汽噴出方向與空氣流向相反。
- H. 噴射孔較少。以 1M x 1M 之空調箱為例，約只有 24 – 26 個噴射孔，孔間距離 38mm。
- I. 可配合高溫溫度開關以避免濕蒸汽或水直接噴出。



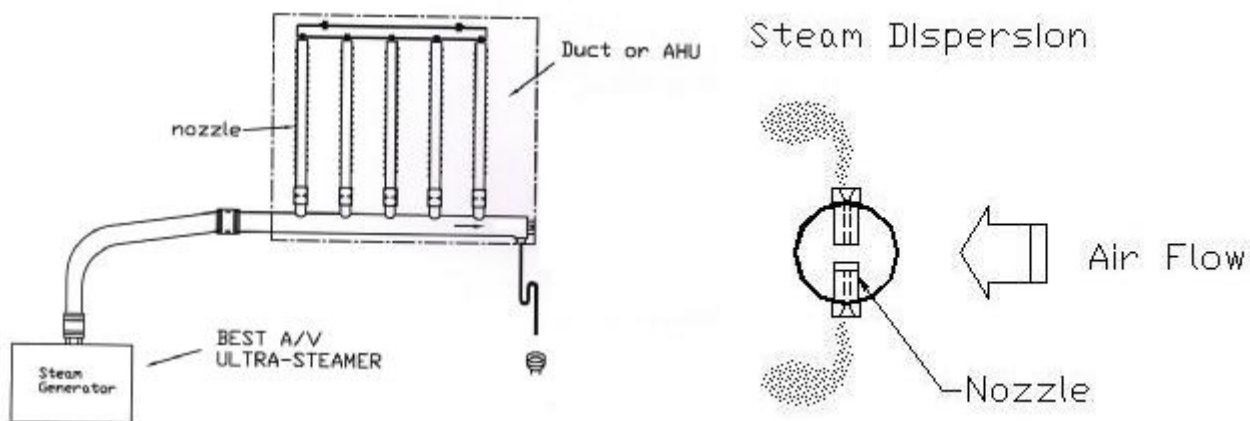
包含:

1. 蒸汽乾燥器
2. 外夾套式加濕分佈管
3. 噴嘴管再熱器
4. 不銹鋼電動控制閥
5. 不銹鋼蒸汽卻水器
6. 蒸汽噴嘴
7. 高溫乾燥蒸汽作動器(選購配件)

高溫乾燥蒸汽作動器配合電動控制閥，以確保蒸汽來源之品質。並配合乾燥器及長型塑鋼噴嘴，使噴出之蒸汽為 100% 乾燥之蒸汽。

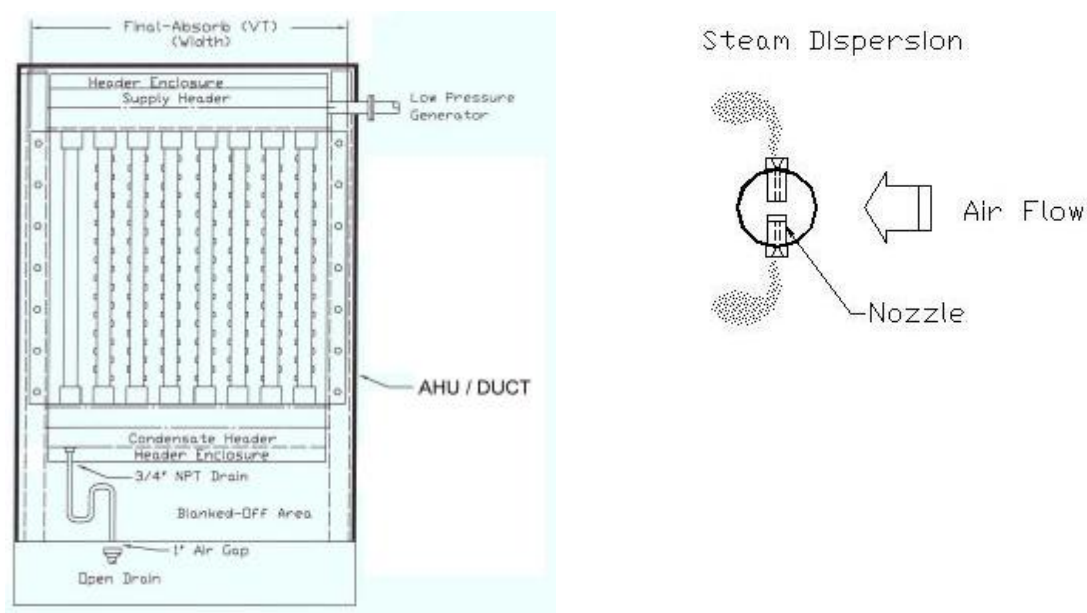
2. 快速吸收式蒸汽加湿分佈器 (Quick-Absorb Humidifier) :

- A. 可配合高低壓蒸汽系統使用。
- B. 由一蒸汽分佈管及多根加湿分佈管組合而成。
- C. 加湿量大。加湿吸收距離較短。
- D. 蒸汽分佈較佳、加湿效率高。
- E. 蒸汽噴出方向與空氣流向呈 90° 角。
- F. 噴射孔非常多。以 1M x 1M 之空調箱為例，約有 670 個噴射孔。



3. 超級吸收式蒸汽加湿分佈器 (Final-Absorb Humidifier) :

- A. 可配合高低壓蒸汽系統使用。
- B. 由蒸汽管、冷凝集水管、多根加湿管、及固定框架組合而成。
- C. 加湿量大。加湿吸收距離較短。可短至 500mm 以下。最適合於加湿距離受限時使用。
- D. 蒸汽分佈較佳、加湿效率高。
- E. 蒸汽噴出方向與空氣流向呈 90° 角。
- F. 噴射孔非常多。以 1M x 1M 之空調箱為例，約有 670 個噴射孔。
- G. 價位高。較美觀、堅固、及安裝容易。





四．選擇蒸汽分佈器的考量點

一般均依蒸汽來源(高低壓)、加濕量大小、加濕距離長短、及預算等因素來選用不同型式的蒸汽分佈器。唯選購前應對下列特性再做篩選，以期找到好的蒸汽分佈器：

1. **加濕能力：**即加濕分佈器所能提供的最大加濕量必需能夠滿足所需加濕量，並取 30% 以上之安全係數，以備系統彈性需求。
2. **不滴水、不噴水：**良好的加濕分佈器必須具有自動排除蒸汽冷凝水及不會噴出冷凝水的標準設計。
3. **高吸收效率(較短的加濕吸收距離)：**
蒸汽加濕吸收距離是指 "不濕距離"，意指蒸汽從分佈器噴出後，部份蒸汽因空氣冷卻效果，冷凝為霧狀小水珠，同時空氣乾球溫度也略微升高，經空氣流動一段距離後，霧狀小水珠吸收空氣熱量又汽化為氣態水，最後水霧看不見及碰到第一個障礙物而不凝結為水露的距離稱之為加濕距離。此段距離愈短，蒸氣愈快被空氣完全吸收，效率愈好。相對的，所要求的分佈器要能更密更均勻的將蒸汽平均分佈於空調箱中，且噴出之蒸汽需能保證為 100%乾飽和蒸汽。

註：

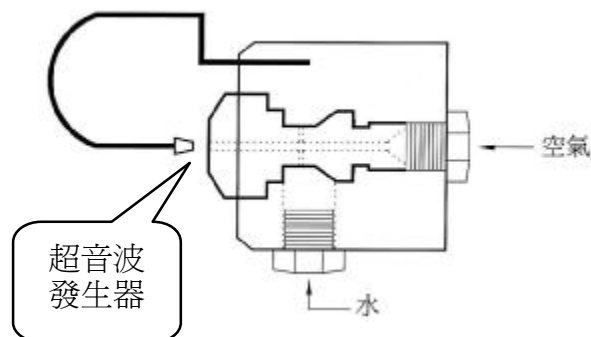
- ※ 蒸氣加濕距離除了受空氣溫度、相對濕度、空氣流速及蒸汽分佈情形等因子的影響外；亦強烈受到加濕分佈器的設計型式影響。
- ※ 不濕距離不等於 HEPA 不濕。由於 HEPA 高效過濾器，其過濾效果非常好(達 99.97 以上)，所以水份若未完全被空氣所吸收，HEPA 還是會濕。
- ※ 由控制閥控制蒸汽加濕量之設計，可於此閥前端之汽水分離器下方排水處加裝一個溫度開關並調整其設定值到蒸汽飽和溫度，再與控制閥作連動，以確保控制閥運作時，其二次側為飽和蒸汽。

第六章 水霧加濕器

一. 工業上常見的“水霧加濕器”：茲概略說明如下：

1. **超音波二相流噴霧加濕器**：乃使用高壓空氣經過文式管，將水霧化。水經過霧化腔(或共振腔)為第一次霧化；再經出口噴出並垂直撞擊置於前端之音波共振器，為第二次霧化；第二次霧化產生之高頻音波與共振腔間利用音波反射原理，增強音波之能量，並利用此一超音波能量打破水珠內聚力，使水珠分散成更多量的細小微水珠，易於被空氣吸收。若無超音波共振裝置，一般無法產生大量 5~10 微米(μ)之細小水珠。但撞擊後產生之大量微小化之水滴，也會產生一部份較大之水珠，所以需於加濕器後側加裝除水裝置。而其加濕能力則無限制，但需消耗大量空氣能源。

若使用於高溫低濕之狀態，噴水加濕會使溫度降低、含水率提高，可大幅降低冷凍機之負載成本。但若於低溫低濕時使用，則恰好相反；因為必須利用電熱或其他熱源將空氣溫度大幅提高(熱焓提高)以後再加濕，才能達到所需求濕度，甚至需要二次加熱；反而比蒸汽加濕消耗更多能源更不經濟，因為其需要大量之壓縮空氣能源；除非可以找到有高溫廢熱當其熱源，以遞減其空氣能源費用。



2. **超音波震盪加濕器**：乃使用超音波震盪器將水震盪化為水霧後，經風扇吹出分佈於空氣中，水霧與空氣作熱交換，吸收空氣的顯熱後，水霧汽化為氣態水並成為空氣一部份，而提高空氣含水率及達到空氣加濕目的。應用範圍包括空間加濕、風管/空調箱加濕、冷藏庫/櫃加濕、溫室加濕等領域。單機加濕能力較小，適用於小空間小量加濕。
3. **高壓水霧加濕器**：利用 $100 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 之超高水壓，再經霧化噴嘴噴出，取得 10~20 微米(μ)之霧化水珠。由於噴霧顆粒較大，需求之吸收距離較長，比較適合用於大空間加濕。
4. **空氣洗滌機(水洗式)**：相較於其他各種水霧加濕方法，此方法設計較複雜也比較貴，一般只用於大型的中央空調，如公家機構，工業大樓，商業大樓，大型工廠....等等。需要有專業及豐富經驗之員工負責頻繁的保養維修工作。加濕僅為此項產品之附屬功能，此產品的主要功能為過濾及淨化空氣、冷卻空氣、及除濕。分下列幾種基本型式：
 - I **噴灑式**：外來空氣經過本體底部之水槽，接著透過擋風板來均勻風量後，再通過成網狀佈陣的噴嘴所噴出之”水霧簾幕”來提高空氣相對濕度，最後再過一道除水



板過濾雜質及排除水珠，加濕過後的空氣才由出口送出。須有馬達將水槽和噴頭間的水作循環性運用，水位不夠時自動補水。

- | **噴霧式**：將噴嘴平均分佈，利用高壓水經噴嘴霧化成較小之水珠，易於與空氣接觸，因而提高空氣含水率。
- | **細胞式**：整體結構大致與**噴灑式**相同，除了去掉噴頭而改用玻璃製、金屬製、或天然之纖維做成之細胞狀堤岸，將水導至細胞狀堤岸上方向下流成小瀑布，讓流經的空氣提高濕度。

※ 應用程序不同處，包含：

- | 補給水：一般水 沒加熱 或 加熱過。
- | 補給水：一般水 冷卻過。
- | 空氣預先過濾。
- | 空氣預熱。
- | 空氣加濕後，再加熱。

※ 優缺點及注意事項：

- | 需要有專業及豐富經驗之員工來操作運轉。
- | 若使用在接近冰點氣候環境，須有防結冰保護設備。
- | 機台佔用空間不大，但可處理大量空氣加濕作業。
- | 補給水雖循環使用，但因換水頻率要求亦高，以防空氣過於污濁，應考量水源是否充足及水費成本是否會過高等問題。
- | 可作精確控制，但須加裝整合性佳之控制系統，所費不貲。
- | 若有廢熱氣供以利用，可節省相當多之能源費用。
- | 多灰塵及髒空氣須先過濾後再作加濕程序。
- | 機台內可能生苔蘚及細菌，需經常保養維修及作氯氣消毒處理。
- | 風車之馬力需求較一般大很多。

5. **蒸發式冷卻器**：構造設計與前項**空氣洗滌機之細胞式**大致相同，也只用於大型的中央空調，加濕功能亦只是副產品。

※ 應用程序不同處，包含：

- | 空氣預熱。
- | 空氣預先過濾。
- | 整合性風車。

※ 優缺點及注意事項：

- | 需要有專業及豐富經驗之員工來保養維修。
- | 機台佔用空間不大，但可處理大量空氣加濕作業。
- | 補給水雖循環使用，但因換水頻率要求亦高，以防空氣過於污濁，應考量水源是

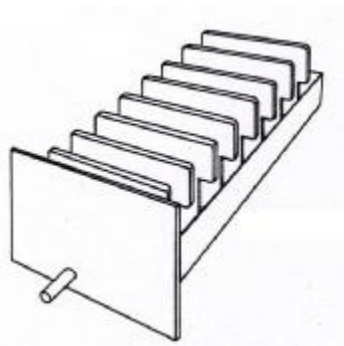
否充足及水費成本是否會過高等問題。

- | 若有廢熱氣供以利用，可節省相當多之能源費用。
- | 機台內可能生苔蘚及細菌，需經常保養維修及作氣消毒處理。
- | 風車之馬力需求較一般大很多。

6. **淺盤水蒸發板**：乃利用底部淺盤盛水，數片蒸發板垂直插入淺盤中，蒸發板底部浸水，上部則在空中，且蒸發板間作平行排放，形成數個通道讓空氣流過，使水蒸發部分與空氣結合完成加濕動作。

※ 優缺點及注意事項：

- | 加濕量小，限用於小空間系統，如一般住家及小辦公室.....等等。
- | 通常用於低加濕量及低預算加濕工程，如一般住家及小辦公室。
- | 須具方便性，能容易使用及取得。
- | 淺盤易結垢，使容量變小，須經常清潔或替換。
- | 機台內可能生苔蘚及細菌，需經常保養維修及消毒。



7. **水霧化旋轉盤（離心式水霧加濕器）**：一般直接將機台放在需要加濕之空間內，水不夠就手動加水；也有自動給水型專給小型中央空調用。此產品乃利用一快速旋轉盤持續加少量的水，水在高速旋轉下應用離心力將高速水膜撞擊隔板，使水珠霧化，任其自然飄出水霧。雖然量較少但顆粒較細；或可利用風扇將水霧吹出，缺點是有很多大顆粒水珠會被一同吹出。

※ 優缺點及注意事項：

- | 價格便宜，使用壽命長，但加濕量小，體積略嫌大一些，結構設計粗糙。限用於小空間系統，如一般住家及小型植物保濕...等等。
- | 水中雜質須小心過濾及清除，不然會被高速的噴出捲入空氣中而成為灰塵，嚴重影響加濕品質。
- | 當用於風管時，須配備有除水板及集水盤。
- | 當水霧噴出後，應注意避免噴到任何阻礙物，譬如：樑柱、機台等等，防止冷凝現象。

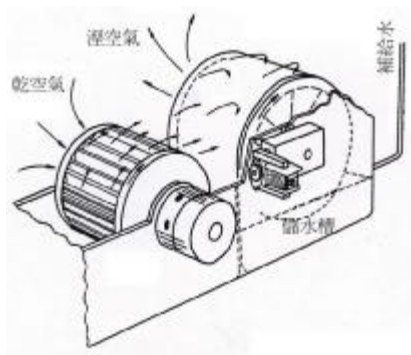
- l 水霧蒸發量(加濕量)取決於：
 - n 水滴之大小：越小越細，但水量亦越少
 - n 空氣溫度：越高越好
- l 若有廢熱氣可供利用，可節省相當多之能源費用。
- l 設備容易污髒，須擺放在容易清洗維護的地方，並且避免排水不良或水四處飛濺形成積水現象。
- l 機台內外皆可能生苔蘚及細菌，需經常保養維修及消毒。



8. **加濕輸送帶或旋轉輪：**為將輸送帶或轉輪直接放在水槽上，只底部略為浸在水中，轉動時浸水潮濕部份的表面與吹過來的風接觸時會起熱焓交換現象，達到增加空氣濕度目的。

※ 優缺點及注意事項：

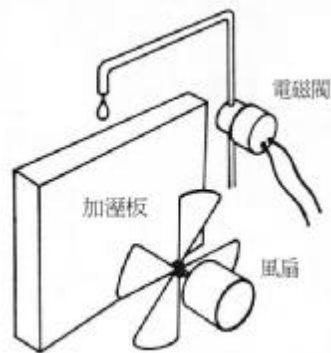
- l 價格便宜，使用壽命短，加濕量小，適用於小空間加濕需求系統，譬如：住家、小辦公室..等等。
- l 水中雜質容易使由於旋轉帶或旋轉輪產生結垢現象；缺點是需要經常清洗更換，優點是不易被空氣帶走而成為有害灰塵。
- l 機台內可能生苔蘚及細菌，需經常保養維修及消毒。
- l 設備容易污髒及結垢，須擺放在容易清洗維護及更換的地方。
- l 沒辦法做到精確濕度控制程度。



9. **固定滴水式加濕板：**為利用一可持續滴水管線，滴下之水珠直接潤濕置於下方之可透氣板塊使其保持潮濕，藉由風車或風扇將空氣強制往此濕板塊吹送，使空氣與潮濕表面接觸做熱焓轉換，達到加濕目的。

※ 優缺點及注意事項：

- ┌ 價格便宜，使用壽命短，加濕量小，適用於小空間加濕需求系統，譬如：住家、小辦公室..等等。
- ┌ 結構簡單，容易維修。
- ┌ 水資源浪費：因需持續滴水來潤濕板塊，造成浪費及增加成本。
- ┌ 可用熱水作為補給水，來增加加濕量，但相對地會造成能源浪費，除非有廢熱氣可供利用。
- ┌ 設備容易污穢及結垢，須擺放在容易清洗維護及更換的地方，並需要定期更換設備，維修成本高。
- ┌ 機台內可能生苔蘚及細菌，需經常保養維修及消毒。
- ┌ 不易做到精確之濕度控制，除非有整合性的風量控制系統。



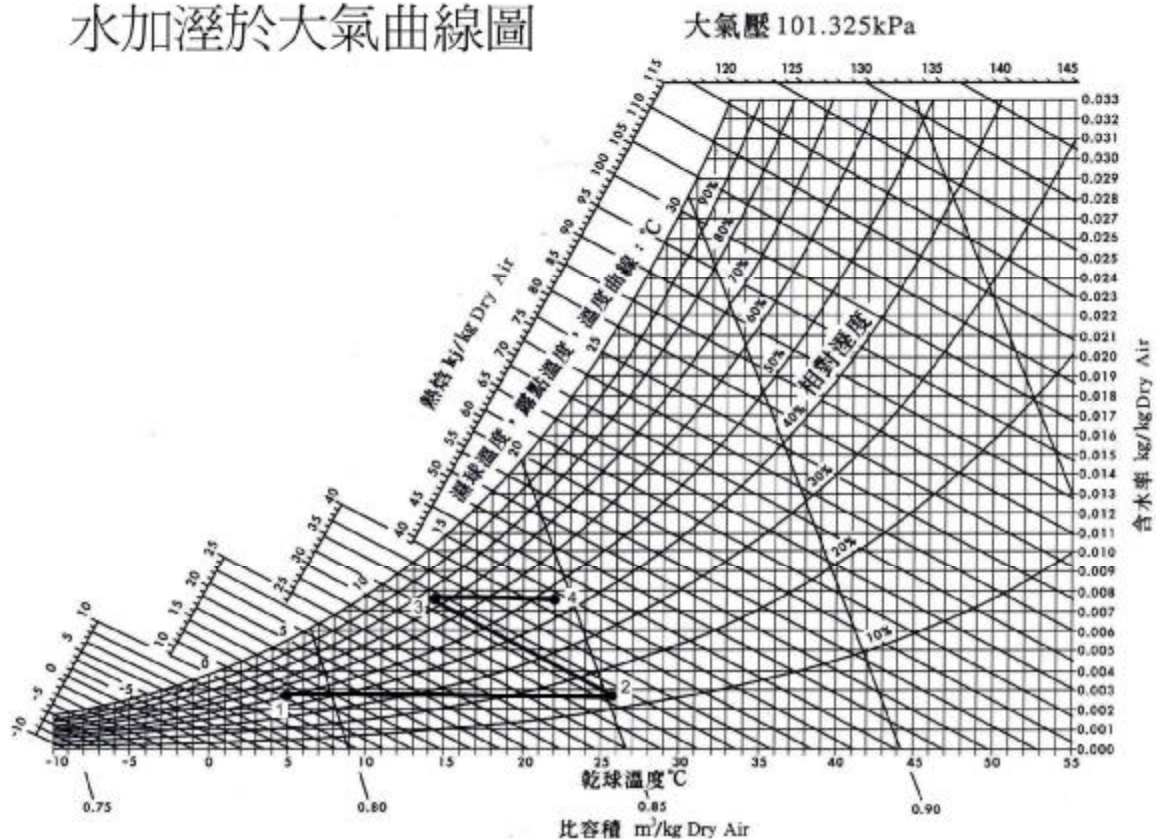
※ 高加濕效率之特性為，單位加濕量高加濕吸收距離短，和高的相對濕度；而一般加濕工程應用上，往往需要在短距離及高空氣流速之環境下於空調箱或風管內完成加濕程序，因而受限於空間及高濕要求。所以慎選加濕器及加濕方法便為非常重要課題。

二. 水霧加濕的方法

夏天高溫高濕，利用空氣調節進行降溫及除濕；冬天則可能會出現低溫低濕的氣候，特別是大陸冷高壓南下時會帶來又乾又冷的空氣，此時空氣調節便需要進行空氣加熱及加濕。工程應用上，冬天應用水霧加濕時，外氣需先預熱至 26~35°C 或更高，經水霧加濕後再二次加溫才送入潔淨室內，達到潔淨室恆溫恆濕的要求。冬天空氣加濕的程序說明可參見下列所附“水霧加濕程序表”及“水霧加濕於大氣曲線圖”。

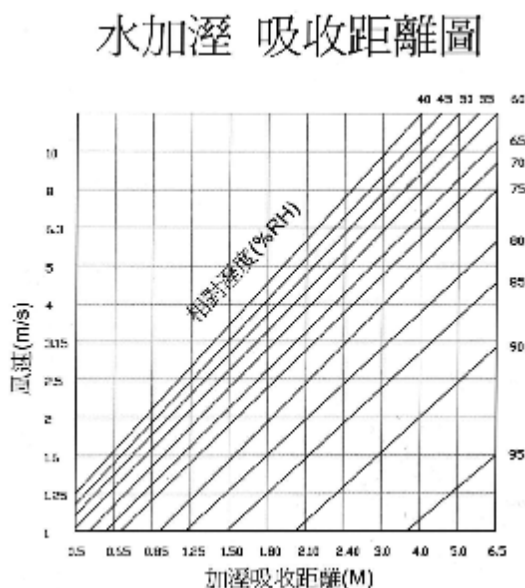
加 濕 程 序 表	說 明
5°C DB, 50%RH ↓ 空氣預熱 26~35°C ↓ 水霧加濕 14.5°C, 72%RH ↓ 再加熱空氣 送至潔淨室 潔淨室設計條件 22°C, 45%RH	1. 假設外氣條件 2. 提高空氣乾球溫度，增加空氣熱焓，空氣相對濕度因而降低。 3. 將水霧加濕器所產生之霧化小水珠，直接分佈於空氣中進行加濕。水分子吸收大量之潛熱焓而汽化，再與空氣完全混合，因而提高空氣含水率，使溫度大幅降低。 4. 將低溫高濕之空氣再一次加熱，使達到設定溫度，以利恆溫控制。

水加溼於大氣曲線圖



三. 水霧加濕之應用考量

1. **水滴霧化方式**：水滴霧化的作用乃為增加水滴與空氣接觸的面積，提高小水滴與空氣的熱交換效率，以達成提高加濕效率及縮短加濕吸收距離的目的。目前台灣電子資訊產業使用水霧加濕器的水霧化方式主要有超音波二相流噴霧加濕器及超音波震盪加濕器等二種。
2. **加濕能力(量)**：加濕能力即加濕器是否可提供足夠的水量，可能的影響因子為加濕器水滴霧化之顆粒大小(水滴霧化能力)，分佈情形及水霧化量。
3. **水霧加濕距離**：水霧加濕距離受水滴霧化顆粒大小分佈情形、空氣溫度、空氣流速、及空氣相對濕度等因子的影響。較簡易的找出水霧加濕距離的長短，可由空氣流速及空氣加濕後的相對濕度，可由下圖求得。



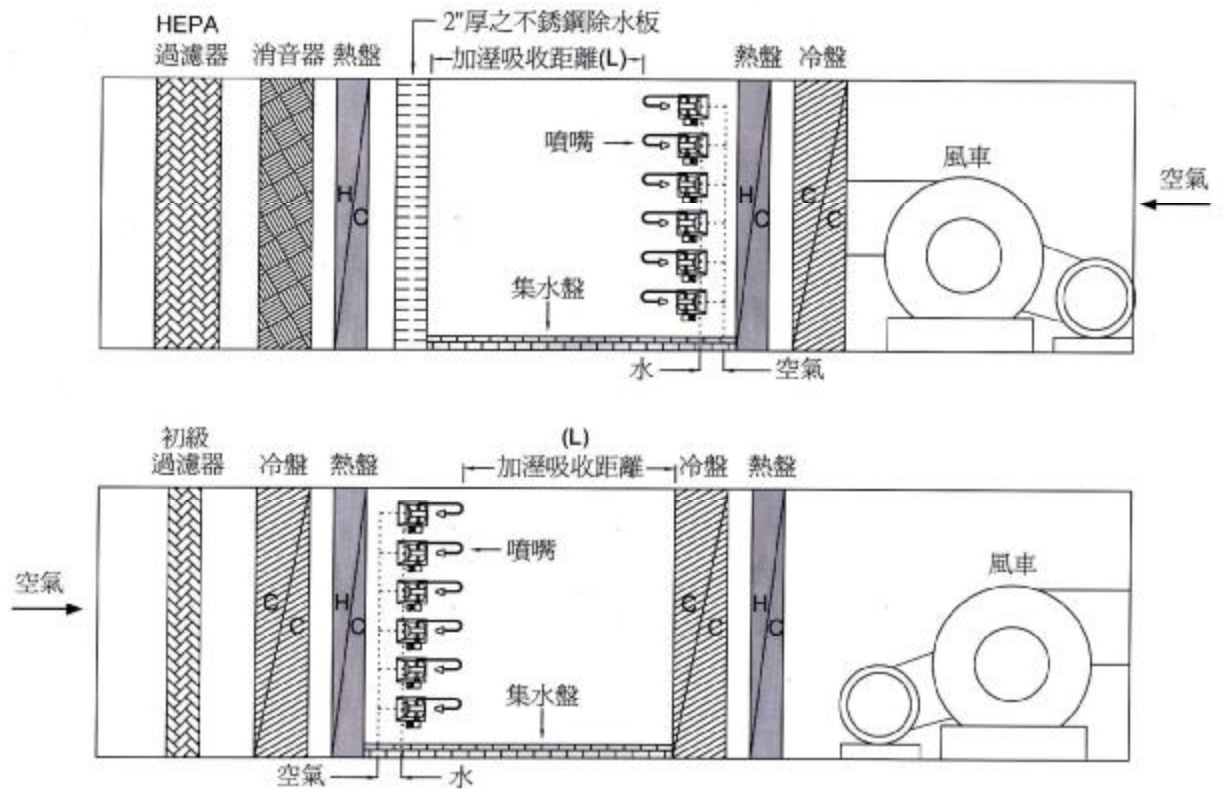
※ 空氣溫度條件：18~24℃

4. **空氣預熱能力**：冬天低溫低濕環境下，外氣空調箱使用水霧加濕方式調節外氣，必需考慮熱排對空氣的預熱能力及是否有足夠的揮發吸收距離，否則難以達成空氣加濕目的。
 - a. 如空氣熱焓不足，即使霧化水珠顆粒再細、吸收距離再長，亦無法汽化。最終將結露於空調箱及風管中。
 - b. 參考上圖，如吸收距離不足，多餘的水珠將被阻礙物阻擋而結露於阻礙物上面而無法汽化，造成噴水量愈多結露愈多，甚至造成整條風管滴水，而相對濕度卻無法提高之窘況。如果空調箱及風管長期處於潮濕情況下，容易孳生細菌而成為病菌溫床，並使輸送出之空氣含有大量有害病菌，因而造成危害。

四．水霧加濕系統

1. **超音波二相流噴霧加濕系統**：可於風管及空調箱內加濕，或於空間直接進行空氣加濕。
可參見下面所附配置圖。

空調箱水加溼 配置圖



2. **超音波震盪加濕系統**：可於風管及空調箱內加濕，或於空間直接進行空氣加濕，但安裝空間較大。



五. 水霧加濕系統設計實例

1. 設計條件：

外氣量：100,000 CMH
 假設外氣條件：5°C DB，50%RH
 潔淨室設計條件：22°C，45%RH
 空調箱尺寸：1200mm(W) x 1000mm(H)
 空氣流速：2.5 m/sec

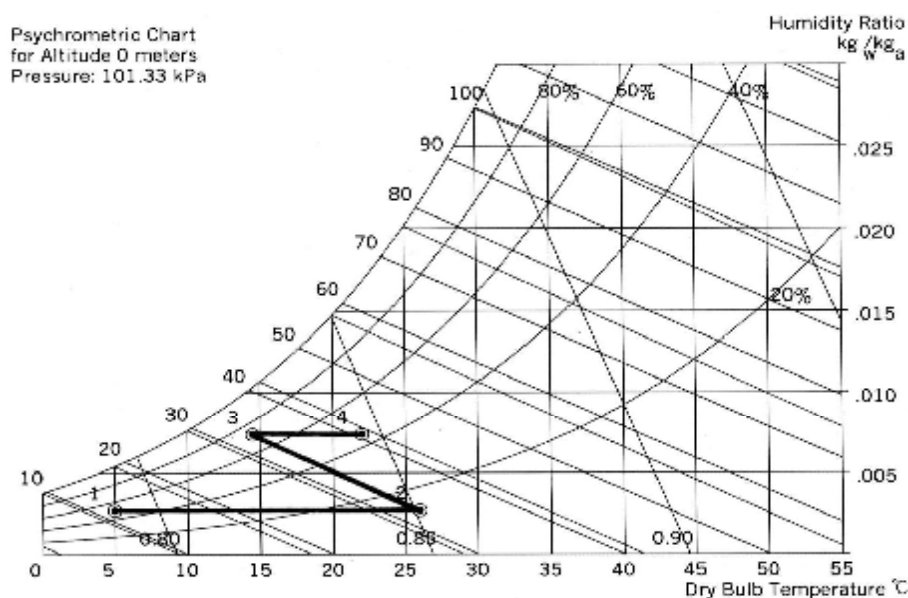
2. 加濕量計算：

外氣空氣含水率：5°CDB 與 50%RH = 0.00270 kg/kg DA
 潔淨室空氣含水率：22°C，45%RH = 0.00742 kg/kg DA
 空氣含水率差異： $= 0.00742 - 0.00270 = 0.00472$ kg/kg DA
 空氣量： $= 100,000 \text{ M}^3/\text{Hr} \div (0.79+0.85) \div 2 \text{ M}^3/\text{kgDA} = 121,951 \text{ kg/hr DA}$
 加濕量： $= 121,951 \text{ kg/hr DA} \times 0.00472 \text{ kg/kg DA} = 575.6 \text{ kg/hr}$

3. 水霧加濕系統設計：

潔淨室設計條件：22°C，45%RH 之空氣含水率約同於 72%RH，11°C
 (如下圖示之點 3)。

外氣預熱及水霧加濕：
 | 外氣 5°CDB 及 50%RH (如下圖示之點 1)
 | 外氣先預熱至 26°CDB(如下圖示之點 2)
 | 水霧加濕提高含水率至 72%RH，14.5°CDB(如下圖示之點 3)
 空氣加濕後：
 | 二次加熱再送至潔淨室，空氣乾球溫度上升至 22°CDB，相對濕度則下降至 45%RH(如下圖示之點 4)

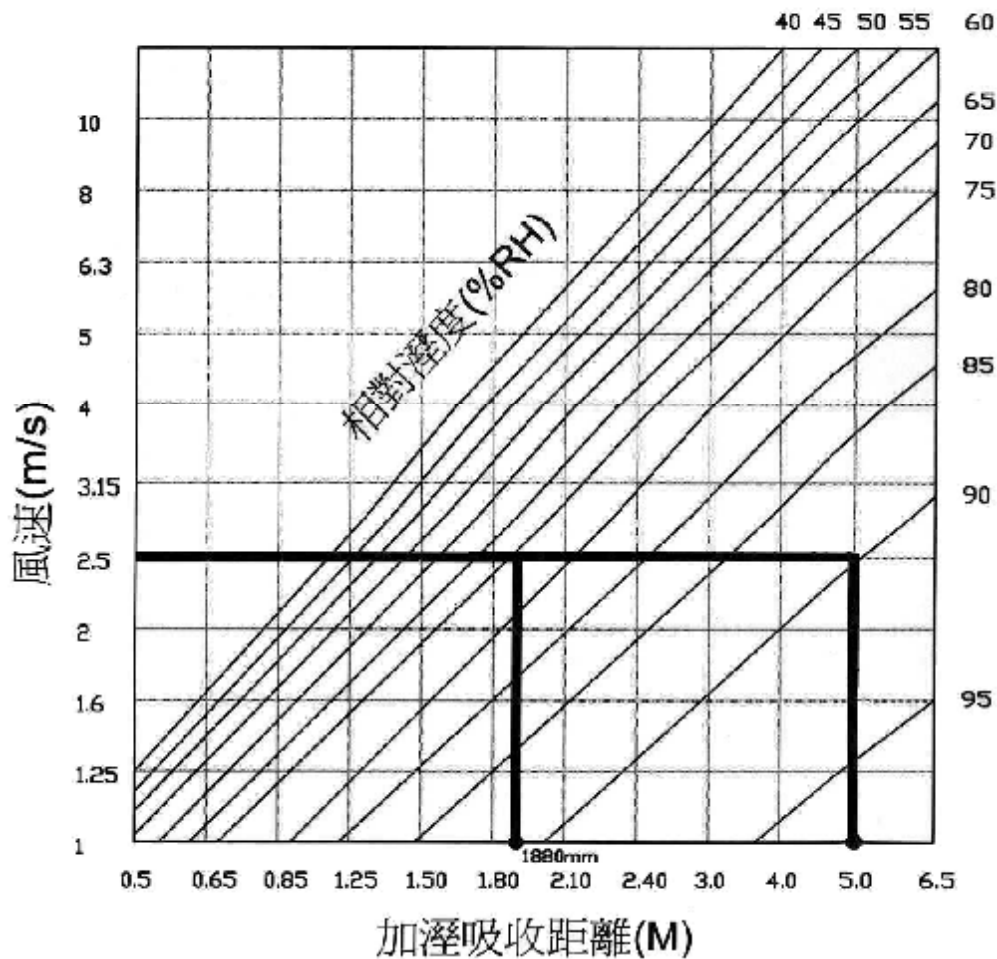


State Point Data

State Point	Dry Bulb °Cdb	Wet Bulb °Cwb	Dew Point °Cdp	Relative Humidity %RH	Humidity Ratio kgw/kgd	Specific Volume m³/kg	Enthalpy kJ/kg
1	5.00	1.33	-4.10	50.00	0.00270	0.79	11.78
2	26.00	11.62	-4.11	12.97	0.00270	0.88	32.88
3	14.50	11.67	9.45	72.00	0.00742	0.82	33.24
4	22.00	14.64	9.47	45.00	0.00742	0.85	40.86

4. **水霧加濕吸收距離：**依空氣流速 2.5m/sec 及假設空氣經水霧加濕至 72%RH 二項條件，由下圖得知水霧加濕吸收距離需求為 1880mm。此 1880mm 為可使送風空氣達到 72%RH，假若送風之濕度為 90%RH 則加濕吸收段距離需求為 5000mm。

水加溼 吸收距離圖



5. **水霧加濕後段設計：**一般均會加一個除水板，以濾除未汽化之水份，以防後段的設備附著大量水珠或造成風管滴水。使用電子式超音波或二相流超音波加濕器所產生之水霧，無論如何的微小，仍舊為液態的水珠，需經過流暢的熱焓轉換才能變成汽態水。這熱能的轉換需要一定的時間及一定的熱焓，缺一不可。所以在加濕前須先預熱空氣以提高可轉換之熱能，而需求愈高的送風濕度，就要愈長的蒸發時間即愈長的吸收距離。



六. 蒸汽加濕器 與 水霧加濕器 比較表

項 目		蒸汽加濕器		水霧加濕器	
1	物理特性	等溫加濕		等焓加濕	
2	溫度變化	加濕時乾球溫度略微上升		加濕時乾球溫度隨等焓線下降	
3	吸收距離	短，依分佈器的結構而定。 可達60公分		長，最短可達1.5公尺， 但需加裝除水板	
4	耗電量	電熱式	電極式	二相流體 超音波噴霧	電能超音波 震盪噴霧
		大	大	小	小
5	其它輔助能源	無	無	需高壓空氣 需預熱較高溫度 空氣能源	需預熱較高溫度 空氣能源
6	單台加濕能力	268 KG/HR 可並聯	136 KG/HR 可並聯	無限制	1~18 KG/HR
7	使用水質要求	純水 或 軟水	一般水	5 μ 過濾水 或 去離子水	純水
8	加濕輸出控制性	等比例式 或 On-Off	On-Off 或 多段式	On-Off 或 比例式	On-Off
9	預熱空氣溫度	低於出風口需求溫度 1~2°C		高於出風口需求溫度，需求相 對濕度愈高，溫度亦愈高。	
10	購置成本 (60 kg/hr 以下)	高	低	高	高
11	購置成本 (90 kg/hr 以上)	高	低	低 (加濕量愈大， 相對成本比較低)	高
12	維護成本	低	非常高 需定期清潔 及更換內筒	低	低
13	運轉成本	高 (高耗電成本)	高 (高耗電成本)	高 (含壓縮空氣及 預熱空氣能源)	高 含預熱空氣能源
14	控制訊號	4~20 mA 2~10 V	4~20 mA 2~10 V On-Off	4~20 mA 2~10 V On-Off	4~20 mA On-Off