



第三篇 超音波二相流噴霧加濕器



BEST A/V SYSTEMS

比例式超音波二相流噴霧加濕系統

Proportional Control Ultra-Sonic Final-Fog® Humidifier

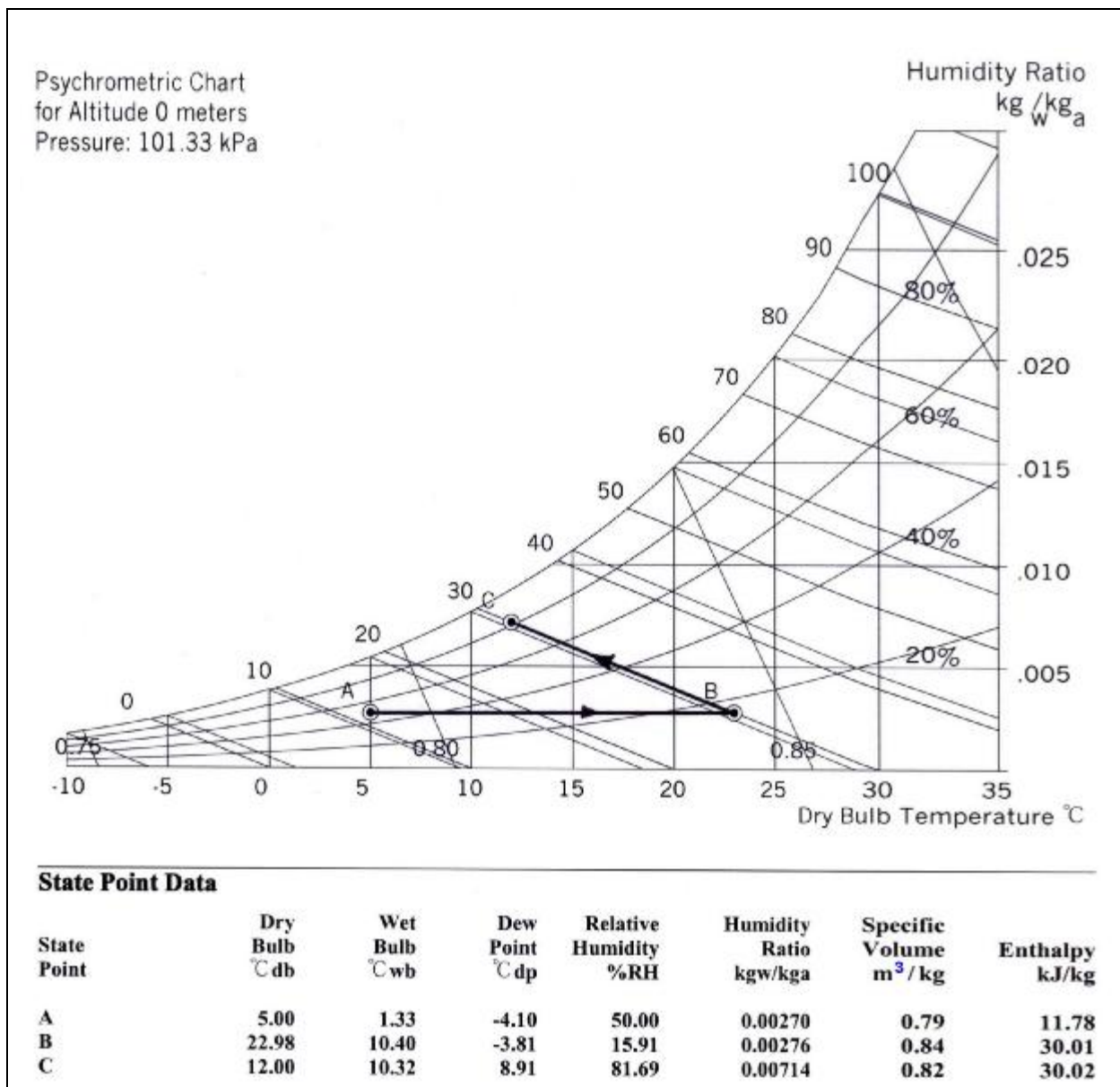
一、水霧加濕 概述

水霧加濕即是直接利用常溫水並藉由技術方法，直接提高空氣含水率的一種方式。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直接混合。此小水滴會以直接熱交換方式大量吸收空氣中的顯熱 (水的蒸發潛熱約為 584.3 kcal/kg Dry Air at 23°C；而空氣的熱焓僅有 29.86 kJ/kg 即 7.13 kcal/kg Dry Air at 23°C @15.52%RH)，最後小水滴會氣化為氣態水成為空氣的一部份，而空氣乾球溫度則因熱焓大量被水吸收而大幅下降。由大氣圖可知，每增加 10%RH 相對濕度可降低溫度 1.0~3.0°C。因此，水霧加濕可降低大量冷氣負載來減少電力消耗，即省錢。

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」。

如圖 1.1，A 點將 5°C @50%RH 加熱到 B 點 23°C，此時之熱焓由 11.43 kJ/kg 上升到 29.98 kJ/kg，再由 B 點以 15°C 之水霧直接加濕到 82.84%RH，很明顯的溫度由 23°C 大幅下降到 12°C，其熱焓由 29.98 kJ/kg 上升到 30.18 kJ/kg 並無多少變化。另若計算其增加之熱焓值可由含水率差乘以水之熱焓得到，如 $(0.0072 - 0.00275) \text{kJ/kg} \times 15 \text{kcal/kg} \times 4.186 \text{kJ/kcal} = 0.28067 \text{kJ/kg}$ ，再與 23°C 時之熱焓相比，約為 106：1。所佔比例非常小，影響不大。由上例可知為什麼水霧加濕又稱為等焓加濕。

圖 1.1



外氣溫度若處於高溫低濕時，例如沙漠地區，可使用水霧加濕方法來提高空氣濕度並可大幅降低空氣溫度以提高生活舒適度，具有節省能源優點，因此非常適合應用於半導體廠、紡織廠、化纖廠、水果及蔬菜冷藏...等等需要大量加濕且需低溫高濕之環境。但外氣溫度若處於低溫低濕時，例如台灣的冬天，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，才能再以水霧加濕的方法達到提高空氣濕度的目的，使空氣達到最適含水率因為空氣溫度低，其熱焓量低，所以傳熱效能差，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相對需求吸收距離。因此，若無適當之廢熱來源而必須完全仰賴電能加熱來提高空氣溫度(熱焓)時，則不但無法節約能源，反而將更形浪費能源及成本支出，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，尚有四個重點：

1. 吸收距離是否預留足夠空間。
2. 水珠顆粒大小。

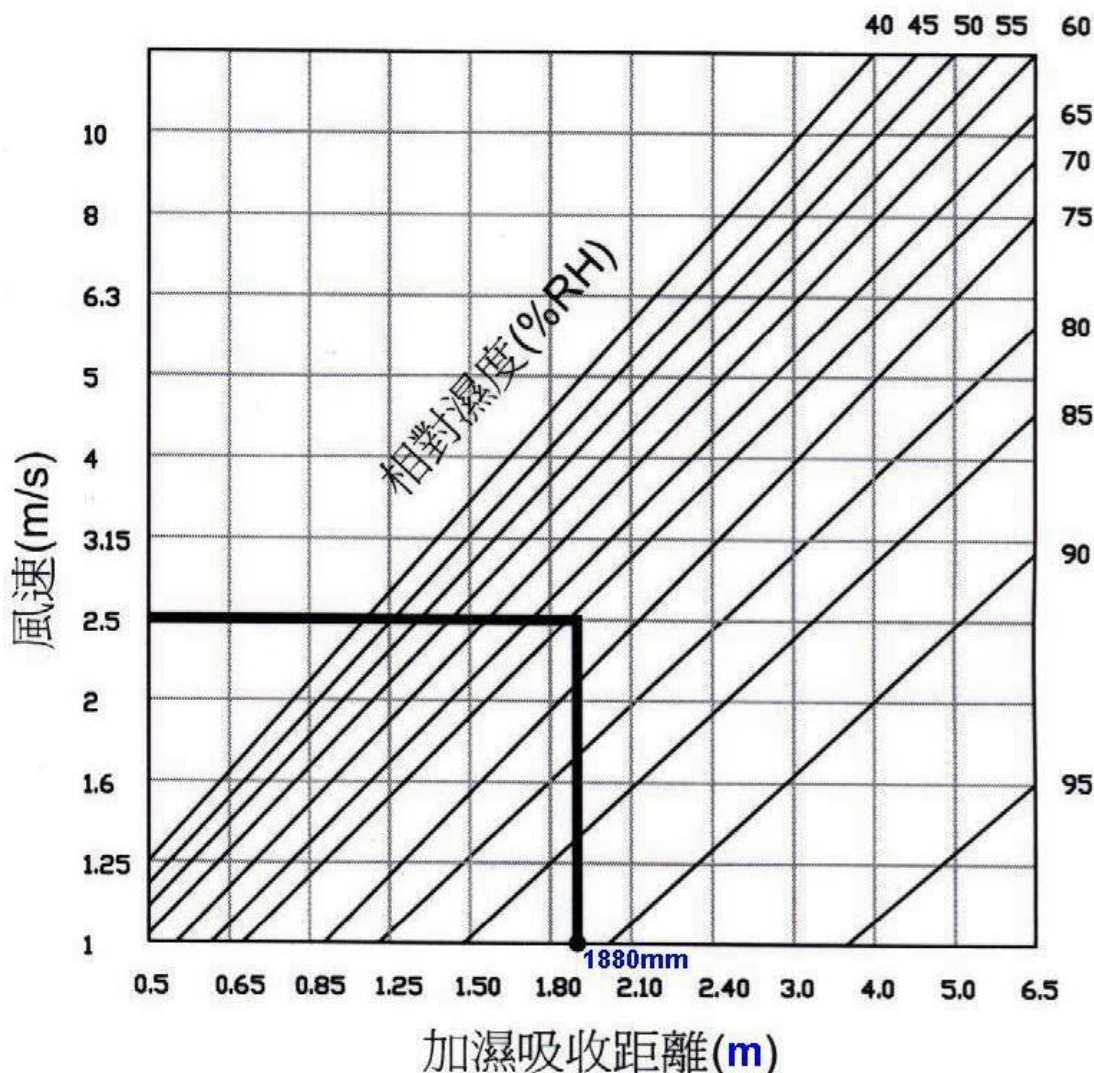
3. 噴嘴分佈配置是否恰當。
4. 可否比例式控制加濕量。

※ **吸收距離**：蒸汽加濕所稱之吸收距離為噴嘴出口到第一個阻礙物而不結霧的直線距離；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，所需求的出風濕度之最短直線距離。兩者含義不同，需特別注意。

1. 吸收距離是否預留足夠空間：

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，由已知風量及空調箱截面積可計算出風速，如 2.5m/s。如圖 1.2 由 72% 濕度與風速之交叉點往下找出 1.88m 即為其吸收距離。所以需要預留 1.88m 長之空間以利水珠蒸發成汽態水，但是噴霧器製造之水珠顆粒有大有小，小的顆粒在 1.88m 內即被空氣吸收，但是較大之顆粒則被計劃安裝於後段之除水板或阻礙物給阻擋濾除，所以即使增加再多的霧化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。

圖 1.2 水霧加濕 吸收距離圖





2.除水板：

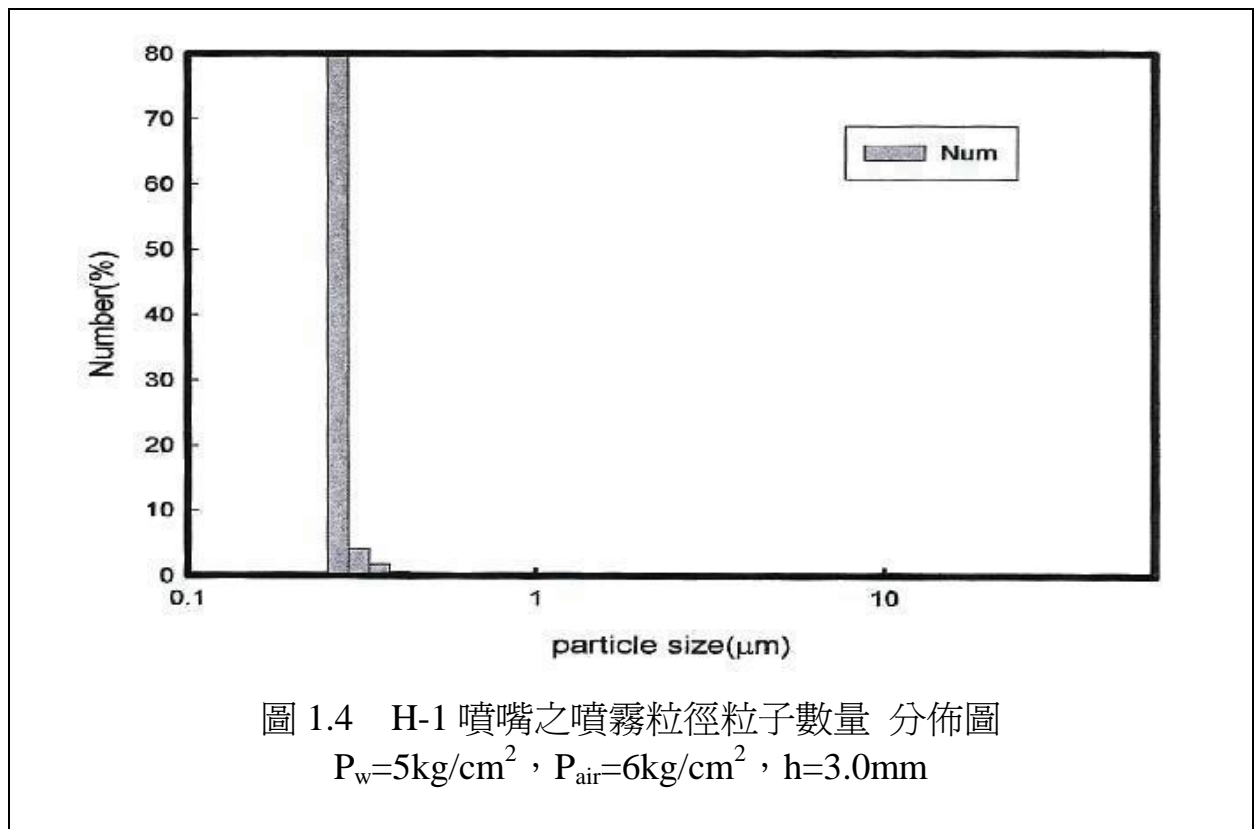
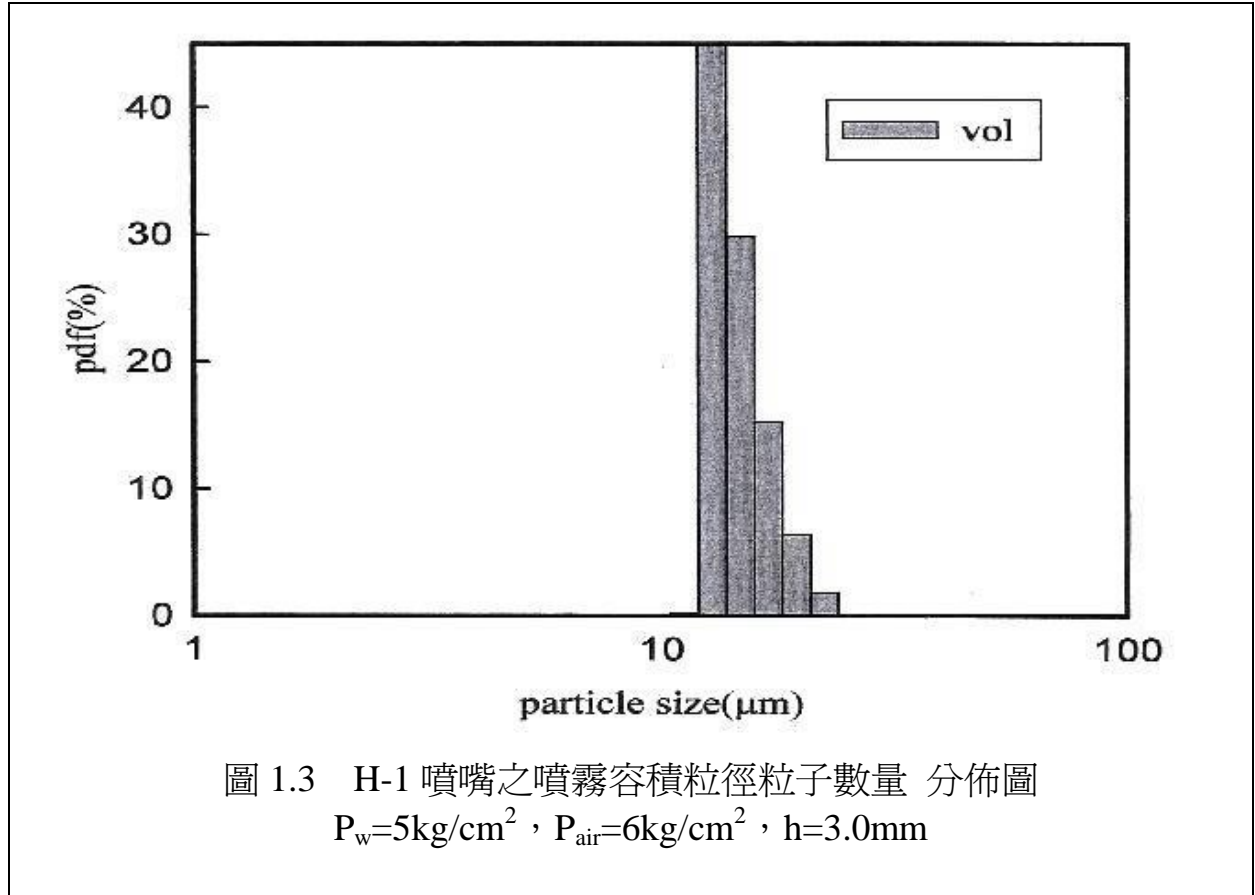
除水板主要目的為將較大顆粒的水珠濾除。一般分為板狀或網狀，作前後間隔或多層排列。主要利用牛頓第一運動定律(慣性定律)將水珠的動能降低以阻擋撞擊或吸附方式使水珠附著於板片上或網板上，再加以道引排除。為何在水霧加濕設計上需加以安置除水板；而蒸汽加濕系統沒有呢？因為水霧化再小還是水，在物理特性上需要一定的能量轉換才能變成汽態水(能量不滅定律)，所以需要一些時間來完成此一能量轉換。因此時間乘以風速即等於距離。當水珠顆粒愈小則距離愈短，水珠愈大則距離愈長，其相差距離為水珠直徑比之立方倍數除以表面積(D_{32})。為防止水珠在風管中結露、滴水，所以在加濕器後一段距離必須加以除水板以濾除水霧中之較大顆粒水珠，以防止空調設備後段結露造成危害。

3.水珠顆粒大小及分佈配置：

水珠顆粒大小決定被吸收速度，所以水霧加濕之重點即是水霧中顆粒的體積大小與分佈。也之所以一定要有「容積粒徑粒子數平均分佈圖」以茲比較即 D_{32} ，如下所附參考圖。其中以容積分佈圖較粒子數量分佈圖來得重要及實際。液滴蒸發之主要影響因子為：

1. 液滴之體積大小： $V = 4 \pi r^3 \div 3$
2. 熱傳面積大小： $S = 4 \pi r^2$

在其他條件不變下，1 顆 100 Microns(微米)水珠，其體積為 1 微米水珠的 1,000,000 倍，而面積為 1 微米水珠的 10,000 倍。相乘除的結果 100 微米水珠之吸收距離即為 1 微米水珠的 100 倍，差異極大，為求短的吸收距離就必須得到較小之霧化粒子。由此可知，影響水珠蒸發的因子為水珠與空氣接觸面積大小，所以一定要看其容積分佈圖表才比較準確。一般廠商所提供的一定是粒徑粒子數量分佈圖即 D_{10} ，因為小顆粒佔有率很高，而大顆粒佔有率很少，因為其以百分比來表示，所以無法在圖表上顯示出來。因此，顯現出來的圖表很漂亮；但如要求提供容積(Volume)粒徑粒子數量分佈圖，不是無法提供、就是效果不佳的圖表。如附圖 1.3，1.4 均為同一資料但為何差異如此之大，非常值得詳加解說。圖 1.4 為粒徑粒子數量分佈圖可看出 Particle size 均介於 0.1~1.0 微米間，但圖 1.3 噴霧容積粒徑粒子數分佈圖則顯示容積介於 10~100 微米。那是因為在圖 1.4 有大顆粒子，但因數量很少，在圖中無法顯示出來，所以看不到。但如經立方倍再除以平方倍以後就顯現出來了，整個分佈向右大幅偏移，由此可以知道，僅提供 Particle Size 的粒徑粒子數量分佈圖是較無意義的，亦無法真正判定液滴蒸發成氣體所需時間及噴頭品質的好壞。





4. 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，必須詳加了解，以免被誤導。

爲什麼說比例式輸出控制對水霧加濕是一種考驗？如常用之電子式超音波，其所依靠的即是利用頻率振盪子來產生固定高頻率之音波，使水在水的表面產生高頻之撞擊，因而產生水霧。太高頻或低頻其產生量均會減少，一般而言，頻率愈高，粒徑愈小，但水霧量也愈小，因此通常都以固定的高頻率爲其產生方式。

超音波二相流噴霧其最佳霧化效率在空氣壓力大於水壓約 $1.0 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ 左右。空氣壓力若太高，則水霧量變得很少，效率較低，因爲空氣佔據了大部份的流體通道，並阻礙了水流；因而水量會隨著空氣壓力愈高而減少，甚至沒有水霧噴出。空氣壓力若太低，則霧化效果非常差。所以，僅靠控制水量來作比例控制是不夠的，如何以簡便的程序及設備來達成空氣壓力與水壓成固定壓差及水流比例式控制輸出，則變得相當重要。

6. 粒徑粒子數量分佈圖(D₁₀)：

以百分比柱狀圖表示，意指在一定時間所偵測到之粒子數量以其粒徑大小做一相對百分比粒狀圖表示，也由於是以百分比表示。所以，當粒徑較大且數量少於 1% 之粒徑，便無法在圖上顯示出來，對追求加濕效果的空調工業來說，其對加濕效果的影響相當大，造成使用者在設計上的盲點，無法滿足水霧加濕系統設計之需求。當粒子數少而粒徑大時，其整體體積比例則會放大許多。因爲，體積相差是以立方倍來計算的。一顆 100 微米的水珠體積是 1 微米的 1,000,000 倍。所以，對二相流超音波加濕器之噴霧效果認定應以容積與面積相關之容積粒徑粒子數平均分佈圖% 爲基準。

6 容積粒徑粒子數平均分佈圖(D₃₂)：

以百分比柱狀圖表示，又稱爲液滴蒸發之平均粒徑(D₃₂)：意指在一定時間所偵測出之所有粒子數的體積除以表面積分佈圖。此圖較能表達液體蒸發成氣體的時間比較圖。體積愈大，蒸發時間愈長；體積愈小，蒸發時間愈短。水珠以球體形狀與空氣做熱的傳遞，所以其熱傳的效果即爲體積與面積的對比關係。