

水洗式加湿器的一些概念澄清

亚翔系统集成科技(苏州)股份有限公司 杨政谕*

摘要 针对目前市面上某公司的技术比较资料,从已知的实测数据与过去经验,探讨该技术比较数据各评比项目的客观性,以增加日后产品选用判断的另外一种参考与思考方向。

关键词 水洗式加湿器

Some Concept Clarification for Air Washer

Yang Zhengyu

Abstract Starting from already known site measurement data and past experience, an investigation would be performed to clarify some potential misunderstanding concept based on the popular comparison table which is proposed by one of air washer maker in the market. The purpose is just to provide another thinking direction and reference while making product selection.

Keywords Air Washer

0 引言

在偶然的机缘里,看见某水洗式加湿器厂商的技术规格比较表,如表1所示。在表1里,提到的对比对象,是“高压喷雾+纸蜂巢型加湿器”。

这样的对比,就商业行为来说,无可厚非。

亚翔公司早在15年前,就投入“高压喷雾+纸蜂巢型加湿器”这样组合的设计、制造、测试的工程产品服务,如图1的简介说明,至今有300多套正在运行中。

就中国字来说,表1里的“高压喷雾+纸蜂巢型加湿器”这几个字确实与亚翔公司所提供的产品服务吻合。

就如同表1里的说明,那是其它公司的性能,表1也没有提说是亚翔公司的产品。

在15年来的经验累积里,亚翔公司不但自己做“高压喷雾+纸蜂巢型加湿器”这样产品,也接触其它日本、德国、奥地利等国外的类似具有水洗及加湿功能的产品,当然也包括内地公司的产品,这接触,除了资料取得外,甚至还有实厂勘查、量测。因为有些客户希望更改他们既有的设备。

在这样的经验基础下,当看到表1里的一些描述时,总觉得少了些什么,总觉得有些相貌该公司可能没有完全看到,而这些没有注意到的地方,可能会是表1的缺憾。

我们也深知,表1里的“其它公司”,本无所指,或许是某个其它公司。

基于以上的认知,没有对号入座的想法,反而只是想将表1里某些缺憾用过去15年来的经验与数据来补足。用实际看到或量测到的资料,实际说明某些表1里没有交代清楚的地方。

其目的很单纯,让这样的产品在选择时,不是一言堂,不是一张技术规格比较表说了算数,当然也不是后面接下来要谈的内容算数。而是想提供业界一个有数据基础的比较参考。让这个产业有着更正向的发展。

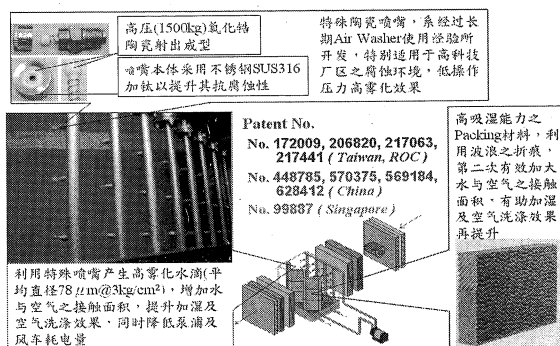


图1 亚翔公司高压喷雾+纸蜂巢型加湿器介绍

* 杨政谕,男,1968年1月生,硕士研究生
215126 苏州工业园区方达街33号
(0512) 67027000
E-mail: cy_yang@lkeng.com.cn
收稿日期:2013-09-25

表 1 双排对喷式水洗式加湿器与高压喷雾+纸蜂巢型加湿器技术对照表

栏目	对排对喷式水洗式加湿器	高压喷雾+纸蜂巢型水洗式加湿器 其他公司	备注
加湿原理	水经水泵增压后，由管路输送到喷头，高压水从特定的不锈钢喷嘴中旋转高速喷出，形成细微的水雾粒子，通过与流动的空气进行热质交换、溶解、凝结和撞击，从而实现对空气洗涤加湿处理。	水经水泵增压后，由管路输送到陶瓷喷头，高压水从喷嘴的特制小孔中旋转喷出，并在空气中雾化，通过与流动的空气进行热湿交换、汽化、凝结，并实现对空气中水溶性化学物质的去除和加湿处理。	
组成部分	水泵、控制系统、管路系统、双排对喷之喷嘴排、顺风板及挡水板。	阀组、水泵，冷凝器、单排雾化喷头，纸蜂巢、过滤器。	
匀流板	采用防溅型 PPTV 材料匀流板。	无匀流板	
控制逻辑	具有完善的控制逻辑及水质控制。	无控制逻辑	
功能段长	2000 mm	1800 mm	
制造成本	1.3 倍	1 倍	以后者作为基数
水洗比	(0.4~0.6) :1	0.1:1	
工作压力	2.8~3.5 BAR	5~6 BAR	
饱和效率	≤95%	≤85%	
洗涤效率	AMC90%; VOC60%; FINE DUST70%; COARSE DIRT80%	AMC60%	在预定的 AMC/VOC 浓度前提下
风速要求	≤3.8 m/s	≤2.8 m/s	一般水洗段风速高达 3.5 m/s
漂水现象	抗风速能力强，无漂水现象	抗风速能力差，加之雾气易透过蜂巢，会漂水。	
喷嘴堵塞	无堵塞	易堵塞	
尘埃产生	无 PARTICLE 产生	有 PARTICLE 产生	纸蜂巢表面固化，会产生白粉。
细菌滋长	难滋长细菌	易滋长细菌	空气中的微生物聚集在纸蜂巢上。
适用场合	洁净空调，大加湿量使用较多	舒适性空调	
维护难易	免维护，过滤器只需清水冲洗	纸蜂巢很难清洁，频繁更换过滤器，喷头易堵塞	
稳定性	有好的稳定性和可靠性	维护项目多，稳定性、可靠性差	
用电量	11 kW	4 kW	以 100000CMH 为例
冷凝器	无需安装和使用	4 kW ~6 kW	1℃~1.5℃温差
挡水板	采用耐高温型 PPTV 材料，寿命 15 年	纸蜂巢寿命 1~3 年不等，需更换，5 万/台/次	纸蜂巢使用数天后需停机干燥一天
风阻	150 Pa	250 Pa	
过滤器	无需更换过滤器	需更换过滤器：最多每两周一次	
冷盘清洗	1.5 倍	1 倍	每两次清洗之间隔时间，以后者为基数
高效寿命	2 倍	1 倍	以后者为基数

1 沿革与基础考虑面

水洗式加湿器，称之为 Air Washer。并不是一项新的工程应用。早在数 10 年前的纺织厂，就已经开始使用它。在欧洲干燥地区的舒适空调里，也有使用它。

更细腻看，应该这样说。早期 Air Washer 是利用等焓加湿的特性，达到加湿并且降温的目的。至于水洗，则是在半导体对气体悬浮污染物日益受到重视后，才开始被注意到的。

在近代高新技术产业的应用里，一开始也是承袭纺织厂的应用概念，使用挡水帘及大水量的喷洒。由于这样的设计概念，空气侧有着较高的压力损失，水侧的扬水泵消耗功率更是吓人，因此，才有陆续的改良型节能产品的出现。

造成这样差异的，主要还是喷嘴的选用，如图 2 所示。

喷嘴	大水型	中水型	小水型
使用液 (L/min)	1.2~0.5	0.8~0.4	0.1~0.05
喷嘴外型			
空气侧流量 (LPM)	10~17.5 @ 1 bar	4~6 @ 3 bar	1.9 @ 3 bar
空气侧压力	不需要	不需要	需要
备注	早期纺织厂使用的型式		亚翔专利产品使用喷嘴

图 2 水洗式加湿器喷嘴选用差异

喷嘴的选用，涉及到总喷水量大小、能耗、水滴大小、气液接触面积、空气阻力、水洗式加湿器长度等等考虑。而这些表现，就整体展现在水洗及加湿与能耗的效能上。

喷嘴选定后，就是如何防止水滴被吹出，采用挡水帘是一个方法，而挡水帘也有多种。采用纸蜂巢也是一个方法。最大的效能差别是对气液接触面积的贡献度以及空气阻力。

2 原理澄清

2.1 水洗与加湿概念说明

水洗与加湿，看起来好像是两回事。其实，这两件工作发生的过程与使用的自然现象都差不多。水洗与加湿，这两个过程所涉及到的，都是物质在空气与水之间的传递与移动。当水洗发生时，我们希望空气中的微量酸碱气体往水中移动；当加湿

发生时，我们希望液态的水变成水蒸汽并顺利加入空气中。

这样的传递与移动，和我们搬东西的那种想怎么搬就怎么搬不同，自然界有自然界自己的规则，不是水喷多就好、也不是水喷少就不好。不是这样决定的，是被质传原理所主导。

2.2 质传原理说明

质传 (mass transfer)，顾名思义，质量传递。就如同前述，这质量，指的就是空气中的微量酸碱气体或水蒸汽。

那这传递是如何发生？哪些因素又会影响传递的行为？

传递的发生，起因于自然界对平等的渴望。也就是，我们熟知的热能由高温往低温流动，把同样的想法，用于质传传递，就是高浓度往低浓度移动，直到两边浓度相同，此时宏观的传递仿若停止（实际不然）。这就是质传传递发生的必要条件与驱动力。

只要浓度上存在着不平等，就能发生。所以，也代表可能愈洗愈脏！

有了驱动力，要提升传递的量，靠的就是接触面积。接触面积愈大，接触机会愈多，这自然的规则会要求高浓度往低浓度移动。

传递的量提升了，还有传递的速率也很重要。这就涉及到混乱度。想想一颗方糖要如何才会比较快速溶解于水中？要搅动！这搅动，就是改善混合的状况。

2.3 水洗式加湿器的设计

坦白说，有喷嘴，能洒水，水洗及加湿就可以依自然原则自动发生。差别在于效果。要达到好的效果，前述的质传原理就应该善用。

驱动力来自于补给水的水质与频度，与水洗式加湿器的结构相关性不大，这里暂且不多说。

接着，就用图 1 来说明，采用雾化喷嘴的原因，是因为雾化后的水滴直径小，想想相同体积的水，洒成 100 颗水滴和 100 000 颗水滴，哪个液汽的接触面积大？由于接触面积变大了，因此，可以降低喷水量。

纸蜂巢的目的又何在？挡水是其一，另外一个作用是二次加大液汽接触面积！

图 1 中纸蜂巢的 W 型，又何故？这不是自找

麻烦,而是利用几何构件来达到混乱!装上均流板,反而坏事!是故意要制造混乱的!至于混乱的代价高不高?后面会用测试数据来说明。

这样的设计,长度可以控制在 1.5 m~1.65 m。

因此,图 1 的结构,是运用质传原理所做的设计,有理论根据的。至于比较表中的冷凝器,不清楚要做什么,图 1 里是没有的,也不需要。

3 效能澄清

3.1 加湿效能

坦白地说,加湿效能,应该说饱和加湿效率,与通过风速有关。图 1 的设计,实测结果如图 3。其实是远>85% 的。

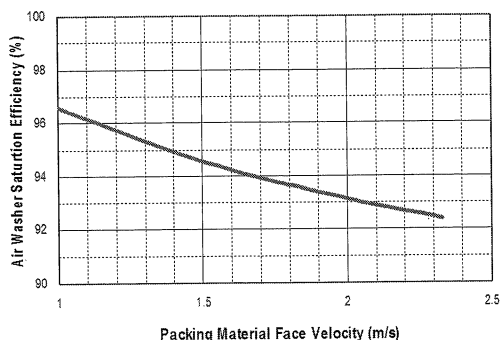


图 3 饱和加湿效率

3.2 能耗

能耗要分成两个部分。

其一,是空气侧的风阻,如图 4 所示。在合理设计的纸蜂巢面风速下,50 Pa 都不到。混乱的代价并不高,但却提升了效能。

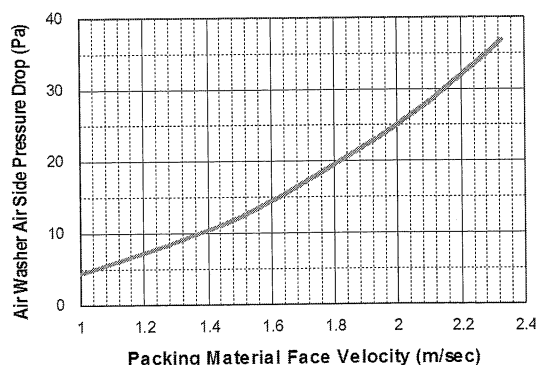


图 4 空气侧的风阻特性

其二,是循环水泵。由于液汽比低,确实耗电不会超过 4 kW。

3.3 水洗效能

项目	系统别	图 1 Air Washer	传统 Air Washer (I)	传统 Air Washer (II)
化学去除率 (%)	酸性气体			
	F ⁻	50.2	67.4	—
	Cl ⁻	42.9	37.3	49.9
	NO ₂ ⁻	91.2	85.2	—
	NO ₃ ⁻	86.1	42.2	33.3
碱性气体	SO ₄ ²⁻	94.7	83.7	91.1
	NH ₄ ⁺	97.9	31.2	80.8
喷水量(液气比)		0.05	0.5	1.17
喷嘴排数		1	2	3

(a) 微量酸碱气体

CAS No	Compound Name	上游浓度 (ug/m ³)	下游浓度 (ug/m ³)	去除效率 (%)
108-88-3	Toluene	71.95	13.26	81.57
105-54-4	Butanoic acid, ethyl ester	2.62	-	~100.00
100-41-4	Ethylbenzene	1.14	-	~100.00
95-47-6	o-Xylene	14.58	3.31	77.29
100-52-7	Benzaldehyde	1.44	-	~100.00
3387-41-5	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	3.52	-	~100.00
13475-82-6	Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13.44	-	~100.00
99-87-6	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	2.64	-	~100.00
104-76-7	1-Hexanol, 2-ethyl-	51.67	-	~100.00
124-18-5	Decane	0.71	-	~100.00
Unknown Compounds		200.04	55.21	72.40
THC		363.76	71.78	80.27

(b) 有机物

图 5 水洗效能比较

所谓 AMC, 含盖很广。图 5 (a) 主要是微量酸碱气体, 仅仅列出当初有测量的物种。而传统水洗, 指的是图 2 大水量系统。有些物种确实不好洗, 尤其当入口浓度偏低时, 不太可能用 90% 一个数字囊括。同时, 水量少, 未必就处于劣势。

至于对有机物的处理能力。这个问题的答案要复杂些。2006 年间, 曾经于某 12" DRAM 厂于同一台但不同时间进行两次测试, 结果却是天南地北。图 5 (b) 为第一次的状况, 但第二次就非常非常地差。但图 5 (b) 已经可以让人感受到, 有机物不是简单地写下 VOC 60% 就算回答了! 而这也正是亚翔对有机物水洗效能三缄其口的原因了! 不是不能或不知, 而是知道它的复杂度及容易让人误解。

整体来说, 要洗有机物, 就必须能够被洗的能被洗下来, 也就是水溶性有机物。但由于组成多变且复杂, 其实几乎没有人会特别强调用水来洗有机物。

4 运行问题澄清

4.1 尘埃产生疑虑

早在 1999 年开发设计第一套水洗式加湿器时, 在决定要使用纸蜂巢板之前, 基于对纸蜂巢板可能发尘的疑虑, 就委请日本的一家空气过滤器制造商协助确认。不仅仅是发尘, 当时连释气

別紙1

試験結果報告<1> ~発塵試験~

1. 目的

CE L d o kからの発塵を調査します。

2. 試験体

- ①CE L d o k
②CE L d o k (抗菌タイプ)

3. 試験方法

CE L d o kをアルミフレームにはめ込んだ試験体(寸法(内寸): 70 H×40 W×55 D)に清浄空気を通風し、以下の条件で発塵量をパーティクルカウンタで測定します。(図1参照)

- (a)乾燥状態で通風したときの発塵量
(b)軽く振動を与えたときの発塵量: (枠を棒で叩いたとき)
(c)水に浸漬した後、通風したときの発塵量

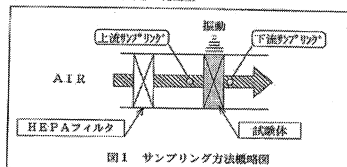


図1 サンプリング方法概略図

4. 結果

発塵試験の結果を表1に示します。

No.	試験条件	表1 発塵量	
		①CE L d o k	②CE L d o k (抗菌タイプ)
1	(a)乾燥時	無し	無し
2	(b)振動時	無し	無し
3	(c)浸漬後	無し	無し

注1) 上、下流とも発塵の発生がなかったため、発塵は「無し」とした。

図6 発生测试结果

(outgassing) 都做实验确认。发尘确认的结果，是不会产生尘的，如图6的报告内容。

当然，由于纸蜂巢板不是在洁净室内生产，全新品肯定会有尘埃，但这是可以在试车阶段，透过喷水冲洗后克服的。

至于纸蜂巢板的表面固化与白粉，应该这么看。如果供应的水是硬水，确实会产生纸蜂巢板表面的固化碳酸钙结晶，但一般要用于水洗，是不会采用硬水的，所以，不会发生。另外一个看法，是没有看清楚，纸蜂巢板是由多片单片波浪板所黏合，所看见的表面固化物，正是固合的胶。

当然，一个更直接反应纸蜂巢板尘埃产生疑虑的是MAU的高效过滤器。在我们客户的使用经验里，高效过滤器的更换周期约2年左右，不知这是否太频繁？不过，MAU的高效过滤器的更换还是因人、因地而异，我们也曾经碰过业主硬是把高效过滤器的压损操到800 Pa，结果造成MAU风机在“跳舞”的情形。因此，高效过滤器的更换周期也只是个参考。

4.2 堵塞问题

雾化型喷嘴，由于喷口相当小，确实容易阻塞。但我们要问，阻塞是坏事？一个号称都不阻塞的设备，其结果就是没人关心，最后，还是阻塞。且看看大水量系统喷头的案例，如图7。就算是大水量那样地冲刷，还是会有垢泥残留。虽然喷口直径为10 mm是不怕阻塞，但对小水量而言，这就无法承受。

但话说回来，不是要洗空气么？虽然不怕阻塞，这样的喷水洗得好么？

这就得回到最根本的问题，运行维护与管理。这会在后面再说明。



图7 大水量喷头污染物情形

4.3 细菌滋长问题

讨论这问题之前，有必要先沟通一个概念。黄石公园的高温都有细菌的存在了，那哪儿没有细菌？水是所有生命所必须的，有水的地方，又能和空气接触，哪儿能没有细菌？

也就是说，不管是哪一种水洗式加湿器，谁都免不了。

比较表所说的细菌滋长，建议应该用生物性污染来称呼或许更恰当，同时，还建议再用两个层面来看，一个是视觉接受度，另外一个嗅觉接受度。而这可接受与不能接受，其实是见仁见智的。

图8中的(a)图，那种黑绿色的物质（如箭头所示），不管是哪一种水洗式加湿器，只要不照顾，一定会出现，但这似乎都普遍被认为正常而被接受，只要没有臭味。而当有臭味发生时，那种恶臭，会令人永生难忘。

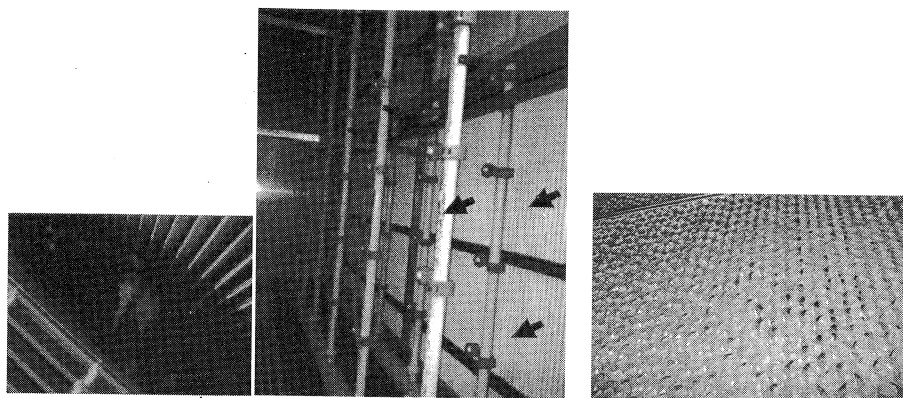
不可讳言，纸蜂巢板确实相对容易地提供微生物生长所需的居住地，此如图8中的(b)图，此时看起来，就视觉接受度而言，就变成不可接受，但也是没有臭味。

但另一方面，亚翔公司提供的正在运行中的300多套“高压喷雾+纸蜂巢型加湿器”中，还是有纸蜂巢干净无比，而且还使用了11年，同时纸蜂巢还没有换过。这样的案例，还不止一例！

同一个设计，在不同地方使用，为什么会有这样的差异？

答案在环境与运行的维护。

所谓环境，是空气中是否有提供充分的养份，特别是有机物；另外一个就是环境中是否有大量的孢子及什么种类的孢子。



(a) 传统式水洗式加湿器

(b) 高压喷雾+纸蜂巢型加湿器

图8 水洗式加湿器的生物性污染

其实, 环境中的孢子才是源头。它来自空气, 以及水源。我们曾经碰过业主屋顶的水洗式加湿器的补给水筒槽都破裂了, 雨水都能渗入, 这时, 所有外界空气中的物种都能进入水洗式加湿器, 在这样情况下, 任何型式的水洗式加湿器都逃不过微生物的攻占与污染。

而所谓运行的维护, 则是是否有有效杜绝孢子进入水洗式加湿器的路径。其中, 初效及中效过滤器是否有好好维护, 就很重要。有些客户会用到中效过滤器下垂到破掉了才要换, 请问, 杜绝效果达到了吗? 另外一个路径, 就是水质管理。

而一个良好的运行维护, 也和喷头堵塞问题息息相关。

这就回到一个抉择, 是要一个依循质传理论所设计的节能、高效的水洗式加湿器? 还是要一个可以让操作者躺着干, 但耗能的水洗式加湿器?

5 结语

为了让老王不寂寞, 特地也在其旁边摆瓜摊。一家叫卖, 总有见树不见林之憾。在其旁助阵, 就是以有根据的事实提出可能缺乏或没有看见之处。

当有一对对照项目与某另外一家其它公司的事实相违时, 这个对照结论, 就不是个结论, 而只是个单方面所看见的事实的说法与描述。

尤其特别之处, 是对水洗式加湿器的根本原理的更深入的了解, 以及善用对原理的了解所做的设计, 可能才是产品开发设计该有的作法。

最后, 不管是哪一种型式的水洗式加湿器, 正确的运行维护的态度, 可能才是抉择后最重要的工作。

至于价格, 各位选瓜者, 您认为呢? 是不是问了才知道呀?

参考文献

- [1] J. D. Seader and Ernest J. Henley, Separation Process Principles[M]. John Wiley & Sons, Inc.1998
- [2] 杨政谕.无尘室外气空调箱水洗设备之基本理论与应用 [G]. 第五届海峡两岸制冷空调技术交流会论文专辑, 2001
- [3] 亚翔系统集成科技(苏州)股份有限公司, 空调箱之水洗及加湿设备, 中国, ZL00246055.6 [P]. 2000.08.08
- [4] 亚翔系统集成科技(苏州)股份有限公司, 空调箱的水幕结构, 中国, ZL200720000460.X [P]. 2007.07.16