

畜牧場及堆肥場臭味之控制技術

周明顯*¹

摘要

畜牧場及禽畜糞堆肥場臭味多屬逸散性，易隨氣流飄散，干擾附近民眾嗅覺，常引起陳情抗議事件。為此，國內近年來積極投入相關臭味改善之執行及研究工作。本文就畜牧場及堆肥場臭味源、濃度、臭味強度等作一概述，次敘述臭味控制技術及近年案例。

畜牧場臭味主要來自畜舍糞便之堆積、糞便處理設施。現行主要臭味控制方法為：(1)牧場管理；(2)採用密閉式水簾式禽畜舍，抽排氣以水霧洗滌，降低臭氣濃度；(3)周界噴灑芬多精稀釋乳液，以彌除臭味；(4)豬糞渣貯場圍封，抽排氣注入活性污泥曝氣池中。

堆場臭味主要來自翻堆。現行主要臭味控制方法為生物滴濾塔法、生物濾床法、酸洗法、糞便快速乾燥法等，多可減除陳情抗議事件。

在技術展望方面，畜牧場及禽畜糞堆肥場全部圍封抽氣使成負壓，抽排氣以生物濾床或化學洗滌除臭為將來趨勢。

關鍵詞：畜牧場除臭、堆肥場除臭、噴霧洗滌、生物濾床、化學洗滌、彌臭

一、前言

豬雞牛等畜牧場及禽畜糞堆肥場臭味多來自腐敗的飼料、禽畜身體、糞尿收集及處理場所等，成分為硫化物、氮化物、及含氧碳氫化合物等。由於臭味多屬逸散性，易隨氣流飄散，致干擾附近民眾嗅覺，除引起民眾抱怨外，亦常引起抗議事件，為地方環保及農政單位亟需克服之問題。為此，國內主管單位及學術機構近年來積極投入相關臭味改善之執行及研究。

本文先就牧場及堆肥場臭味源、濃度、臭味強度等作一概述，次敘述臭味控制技術及近年案例，最後作一展望，以供參考。

¹ 國立中山大學環境工程研究所

二、牧場及堆肥場臭味源、濃度、臭味強度

(一)養豬場臭味成分及濃度

依美國環保署研究報告(Lee Wilson and Associates, 1996)，養豬場臭味成分多達 168 種，概分為有機酸(異丁酸、甲基丁酸、正戊酸、正己酸、正癸酸)、石碳酸類、氨、胺(甲胺、乙胺、丁二胺、戊二胺)、硫化物(硫化氫、甲硫醇、乙硫醇)。氨濃度與臭味強度之相關性大，故一般以氨濃度高低代表養豬場臭味強弱。該研究報告亦指出，臭味為氣狀、蒸氣、氣膠、粉塵狀，積存經年之畜糞為養豬場主要臭味源。

羅中恆等(1995)測定豬舍現場氨氣濃度，最高為集糞槽上方的 11.3 ± 1.9 ppm，其次為豬欄旁 4.7 ± 1.4 ppm，最低則是豬舍門口低於檢測下限值 2.6 ppm。其他臭味方面，依同一研究，採自新鮮和腐敗豬糞尿之空氣樣品，及豬場集糞槽、豬欄旁和豬舍門口不同環境中的空氣樣品中，有超過一百種以上的揮發性有機物質，包括：硫化物、氯化物、有機酸、石碳酸、含氧碳氫化合物、苯類、烷烯類，濃度從 0.73-1,700 微克/立方公尺($\mu\text{g}/\text{m}^3$)不等，以戊酸、己酸、己醇、酚、甲苯等為主。

另外，周明顯等(2004c)現場調查資料顯示，養豬場臭味以氨為主，集糞溝及糞尿固液分離設施為主要臭味源(氨 2-20 ppm)，豬舍周圍為次要臭味源(氨 0-5 ppm)；厭氣發酵池則溢出硫化氫。

(二)養雞場臭味成分及濃度

周明顯等(2004c)現場調查資料顯示，養雞場臭味以氨及甲胺為主，蛋雞舍糞堆、雞糞曬乾場及密閉式雞舍排風口為主要臭味源(氨 5-20 ppm、甲胺 6-48 ppm)，雞舍下風臭味濃度稍低(氨 3 ppm、甲胺 9-11 ppm)。

(三)禽畜糞堆肥場臭味成分及濃度

周明顯等(2004c)現場調查資料顯示，堆肥場臭味以氨及甲胺為主，原料區及發酵風乾區為主要臭味源(氨 10-108 ppm、甲胺 15-250 ppm)，臭氣濃度 130-550 (以乾淨空氣稀釋 130-550 倍後，約有一半民眾可聞得異味)。

(四)畜牧場臭味濃度

依固定污染源空氣污染物排放標準，牧場及堆肥場周界需小於工業區及農業區臭氣濃度 50 之標準。

依 95 及 96 年度針對國內畜牧場周界臭氣濃度調查(周明顯等，2006；周明顯及張章堂，2007)，286 場次(豬 128 場、雞 158 場)臭味氣體濃度彙整統計結果如下：豬場方面，全天之 P80(累計 80%場次)與 P50(累計 50%場次)分別為 75

與 16，白天之 P80 與 P50 分別為 43 與 8，清晨及夜間之 P80 與 P50 分別為 145 與 50。雞場方面，全天之 P80 與 P50 分別為 53 與 25，白天之 P80 與 P50 分別為 47 與 15，清晨及夜間之 P80 與 P50 分別為 65 與 35。豬、雞場合併統計，全天之 P80 與 P50 分別為 55 與 24，白天之 P80 與 P50 分別為 45 與 12，清晨及夜間之 P80 與 P50 分別為 115 與 40。

上述數據顯示於清晨及夜間，豬、雞場下風臭味易超過濃度 50 之標準。

三、畜牧場臭味控制技術

在養雞及養豬場臭味防治方面，依研究報告(周明顯，2000；周明顯等，2004a-c；周明顯，2005；周明顯等，2005；周明顯等，2006a；周明顯及張章堂，2007、2008；蕭庭訓，2005、2007、2008)，現行主要方法如下：(1)牧場管理；(2)採用密閉式水簾式禽畜舍，抽排氣以水霧洗滌，降低臭氣濃度；(3)周界噴灑 1/5,000-1/10,000 稀釋之芬多精(天然樟腦油或香茅油)稀釋乳液，以瀟除臭味；(4)豬糞渣貯場圍封，抽排氣注入活性污泥曝氣池中。然而，除第(4)種方法外，氨氣之去除效果有限，尤其是氨氣排放量較大之雞糞曬乾場、密閉式養雞場排氣。概述如下：

(一)牧場管理

1 飼料管理

飼料管理臭味防制方法如表 1 所示。廚餘蒸煮排氣一般含臭酸味，可將排氣收集後，經冷卻、酸洗(去除氨及胺)、鹼洗(去除硫化氫、硫醇及有機酸)後排放。

添加乳酸菌或酵素於飼料中可增加飼料消化利用率，及抑制糞尿臭味。如每噸飼料添加約 1 kg 添加劑(約台幣 40-100 元)，可有 50%之臭味減除效果。

表 1 飼料管理臭味防制方法(周明顯等，2005)

分類	方法	臭味防制原理
1.廚餘處理	使用密封容器收集及貯運，及早以高壓鍋加熱殺菌，排氣以焚化或化學洗滌除臭	<ul style="list-style-type: none"> ●加熱防止廚餘酸腐及殺菌，排氣以鍋爐焚化或用化學洗滌除臭，洗滌水排入污水場處理。 ●廚餘再與乾料混合供飼以調整養分並吸收臭味。
2.供飼方式	限飼	●避免剩餘飼料腐臭，提高飼料利用效率。
3.添加細菌	添加乳酸菌於飼料中	●乳酸菌可抑制腸內惡臭產生菌。
4.添加酵素抑制劑	添加酵素抑制劑於飼料中	●阻斷尿素藉尿素分解酵素產生氨，減少尿中氨含量以抑制惡臭。

2 畜舍改良

畜舍改良臭味防制方法如表 2 所示。防止臭氣風揚及持續逸出為畜舍改良臭味防制重點。禽畜舍改半密閉式，抽排氣再經洗滌及芬多精彌臭等措施，可去除大部分厭惡性臭味。

表 2 畜舍改良臭味防制方法(周明顯等，2005)

分類	方法	臭味防制原理
1.植樹	畜舍周圍植樟樹或密林	<ul style="list-style-type: none"> ●減少臭味之風揚擴散； ●樟樹散發芬多精彌臭。
2.強制換氣及抽排氣洗滌處理	畜舍改半密閉式，設抽氣設施(每小時換氣量為畜舍內容積之四倍以上)；抽排氣以化學或生物洗滌法處理	<ul style="list-style-type: none"> ●由畜舍屋頂抽氣形成負壓，臭味不致逸散； ●抽排氣中氨、硫化氫、甲硫醇、甲胺類、脂肪酸、醛等，可以二段式化學洗滌法或生物洗滌法處理；洗滌排氣尚可噴入芬多精彌臭。
3.強制換氣及抽排氣除塵處理	雞舍改半密閉式，抽排氣除塵處理	<ul style="list-style-type: none"> ●雞舍抽氣形成負壓，臭味不致逸散； ●抽排氣中含有異味之飼料塵粒，經除塵可去除大部分惡臭；排氣尚可噴入芬多精彌臭。

3 糞尿管理

糞尿管理臭味防制方法主要為迅速移除糞尿及減低糞尿含水量，如表 3 所示。增加糞水溝之斜度及將其加蓋可防制積糞腐敗及臭氣逸出。

表 3 糞尿管理臭味防制方法(周明顯等，2005)

分類	方法	臭味防制原理
1.自動集糞	使用自動糞尿收集設備	<ul style="list-style-type: none"> ●使糞尿不致長期積存而能迅速處理，以避免臭味產生； ●大規模畜殖場適用。
2.糞尿共同處理	糞尿以管線或運輸車輛集中共同處理	<ul style="list-style-type: none"> ●避免分散性之多量小規模臭味源； ●一般適用於雞糞處理。
3.舍內糞尿分離	使用條狀地板，使糞尿分離	<ul style="list-style-type: none"> ●減低糞便含水量，降低發酵臭； ●糞尿混合時，易形成厭氣發酵而產生氨、甲胺類、硫化氫、低級脂肪酸及其他腐臭味。
4.保持糞尿乾燥	糞尿混合鋸木屑、稻草、稻殼粉	<ul style="list-style-type: none"> ●豬牛糞尿混合鋸木屑 20%或鋸木屑 10%及稻殼粉 10%，可減低初期臭味並利於乾燥。

(二)噴水霧除臭技術

蕭庭訓(2005)調查報告顯示，水簾式豬舍抽風機出口臭氣濃度在 43-175 間，平均為 83；經噴水霧控制後，臭氣濃度可降至 25-118 間，平均為 59。另外，開

放式豬舍窗口未噴水霧及噴水霧後，臭氣濃度分別為 71-175 (平均 115)及 65-109 (平均 87)。(表 4、圖 1)

蕭庭訓(2007)於水簾式肉雞舍風扇出口處，架設遮陽網並安裝噴霧設備，探討遮陽網及噴霧處理對粉塵、三甲胺((CH₃)₃N)、氨濃度及臭味之去除效果。結果顯示。氨、三甲胺與粉塵量經過遮陽網搭配噴霧(0.7 mm 霧粒)設施可降低 47、43 與 39 %，臭味亦可降低 46 %。(圖 2)

蕭庭訓(2008)利用「空氣污染防治設施」新型專利，架設於水簾式豬舍風扇出口處，該設施由遮陽網及微霧粒之噴霧器組成，於肉豬體重 90-120 kg 時，進行噴霧試驗，噴霧時間為 60 分鐘，在風扇出口處測定氨氣、三甲胺(CH₃)₃N、臭氣，結果如表 5 所示。豬舍風扇出口氨氣濃度以噴霧處理(1.19 ± 0.92 ppm)顯著低於無噴霧 (3.75 ± 2.31 ppm)；三甲基胺經噴霧處理濃度為 1.38 ± 0.99 ppm 較無處理 2.55 ± 1.50 ppm 為低；臭氣濃度以噴霧處理(49.7 ± 7.0)低於無處理(60.2 ± 48.5)。氨氣、三甲胺及臭氣經噴霧處理比無處理分別可去除 68、46 及 17%。該新型專利應用於開放式豬場，於周界架設遮陽網搭配噴霧設施，視風向於下風周界，進行噴霧亦可去除部分空氣污染物，初步結果顯示對臭氣、氨氣、三甲基胺、硫化氫等空氣污染物去除率分別為 18.6、52.0、48.2 與 17.0%。

陳俊明(1997)研究以「循環遮光網噴嘴水洗處理法」去除水簾式肉雞舍排氣臭味，現場測試結果顯示，當遮光網距風扇 5 公尺，風扇轉速 430 rpm 時，量得除塵效率為 84%，但未完全解決臭味問題。

表 4 豬舍排氣噴霧處理除臭效果(蕭庭訓，2005)

	水簾式養豬場抽風機出口臭氣			開放式豬舍窗口臭氣		
	噴霧前濃度	噴霧後濃度	去除率	噴霧前濃度	噴霧後濃度	去除率
範圍	43-175	25-118		71-175	65-109	
平均	83	59	29%	115	87	24%

表 5 豬舍風扇出口處經噴霧處理之空氣污染物濃度(蕭庭訓，2008)

臭味濃度		處理	樣品數	最小	平均	最大	標準差
氨	濃度(ppm)	未噴霧	25	1.0	3.75	9.0	2.31
		噴霧	20	0	1.19	2.5	0.92
	去除率				68%		
三甲胺	濃度(ppm)	未噴霧	25	1.0	2.55	5.5	1.50
		噴霧	20	0	1.38	3.0	0.99
	去除率				46%		
臭味	稀釋倍數	未噴霧	5	21	60	145	49
		噴霧	3	45	50	55	7
	去除率				17%		



圖 1 豬舍排氣窗口除臭水霧管及防塵網(屏東縣九如鄉某養豬場)



圖 2 水簾式雞舍排氣噴霧除臭及防塵網(台南縣歸仁鄉某養雞場)

(三) 芬多精彌臭技術

由於畜牧場臭味多屬逸散性，不易收集處理。為減低氨及糞臭干擾，於牧場周界噴灑芬多精以彌除臭味之方式已證明有效(圖 3)。本法施用於 500-2,000 頭之養豬場，貯槽、噴霧機、噴霧管線等設置費用約 50,000-150,000 元。芬多精多用天然樟腦油，以 0.2 公升樟腦油加 0.066 公升沙拉脫為乳化劑，混勻後加水至約 2 公升使成乳液，再倒入 1,000 公升清水中稀釋，成為 5,000 倍稀釋之芬多精噴劑。此 1,000 公升噴劑之成本約 44 元(0.2 公升樟腦油約 40 元、0.066 公升沙拉脫約 3.3 元)，對 500-2,000 頭之養豬場，每日噴用 6 小時，該 1,000 公升噴劑可用 1-2 天。(周明顯，2000；周明顯等，2005)

周明顯及張章堂(2007)針對部分已有設置噴霧除臭之場家，進行除臭系統啟動前後之臭味濃度變化效率評估：第一類為芬多精噴霧，進行此評估者有 3 場(豬 1 場、雞 2 場)。未經芬多精噴霧除臭時，其下風臭味濃度範圍為 10 - 60；經芬多精噴霧除臭後，其下風臭味濃度有均 < 10，顯示芬多精噴霧除臭確實可針對畜牧場臭味物質有效彌除。第二類進行水霧除臭評估者有養豬場 2 場，下風臭味濃度範圍為 < 10 - 47，經噴水霧除臭後，其下風臭味濃度均 < 10，對中低臭味濃度

以噴水霧亦可有效除臭。

周明顯及張章堂(2008)現勘一密閉水簾抽氣雞舍，現勘時雞齡約 2 週，雞舍排氣口氨濃度約 4.0 ppm，噴灑 1/5000 樟腦油及沐浴乳稀釋劑後，排氣口氨濃度降至 1.5 ppm，排氣轉為愉人之芳香味。



新竹縣新豐鄉某養雞場



彰化縣北斗鎮某養雞場

圖 3 牧場周界噴灑芬多精彌除臭味

(四)豬糞渣貯場抽排氣注入活性污泥曝氣池

豬糞尿固液分離機及糞渣貯放場之臭氣強度高。本案例(周明顯，2005)選定高雄縣路竹鄉某牧場之糞尿處理部份進行除臭試驗工作。除臭方法為將固液分離機及糞渣貯放場圍封後，利用鼓風機將臭氣抽出，並注入廢水場中之活性污泥單元，進行除臭(圖 4)。據畜牧場洪先生表示，該場之臭味問題主要來自固液分離機及糞渣貯放場，未圍封前常遭附近居民抱怨，經改善後臭味已明顯去除。檢測結果得知，臭氣引入活性污泥曝氣池(曝氣深度 80 cm)中進行除臭，曝出的氣體臭味與未引入臭氣前並無差異。臭氣濃度在 3-8 間(法定值為 50 以下)，氨濃度在 1.2 ppm 以下。

四、堆肥場臭味控制技術

(一)堆肥實場臭味控制技術

在堆肥場排氣控制實務方面，主要氨排放及臭味控制方法為生物滴濾塔法、生物濾床法、酸洗法、糞便快速乾燥法等，概述如下：

1.生物滴濾塔法

新竹縣一農牧場附設禽畜堆肥場逸散性臭味引起下風民眾抱怨，本案以排氣除臭生物滴濾塔解決其臭味問題。堆肥場包括二原料區、一醱酵區、一成品倉庫區，室內空間平均高度約 5 公尺，總面積約 3,000 平方公尺。本研究以每月處理水份 25%之原料雞糞 70 噸、面積為 3000 平方公尺之雞糞堆肥場為對象，建立一

填充 PVC 斜板(比表面積 $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$) 體積為 108 m^3 之生物滴濾塔(圖 5)，以處理該堆肥場抽排氣風量 $84\text{-}425 \text{ m}^3/\text{min}$ 之含氮堆肥臭氣。經約 246 天的試驗結果，獲致下列結論：在進氣流量為 $84\text{-}186 \text{ m}^3/\text{min}$ 、85% 磷酸每 2-3 日添加量 0.69 kg 、循環水每日排放量 0.36 m^3 及循環水每日補充量為 0.4 m^3 之操作條件下，長期試驗結果顯示滴濾塔可將進氣氨濃度 $3.5\text{-}76.6 \text{ ppm}$ (平均 21.3 ppm) 處理至 $0\text{-}22.0 \text{ ppm}$ (平均 2.9 ppm)，其平均去除率約為 86.4%。系統之氨氮平均硝化率 62%。滴濾塔循環水 pH 值的改變，對抽排氣中氨之去除率影響頗鉅。當循環水 $\text{pH} \leq 6.80$ 時，氨氣去除率可大於 90%；當循環水 $\text{pH} \geq 7.33$ 時，氨氣去除率則低於 22%。經濟評估顯示：(1) 本除臭滴濾塔及管線設施設置費用 200 萬；(2) 每 $1,000 \text{ m}^3$ 排氣需 85% 磷酸 0.0023 kg (NT\$ 0.069)、電力 1.50 kWh (NT\$ 3.0)；(3) 較其他除臭方法經濟。(周明顯等，1999、2000；王嘉禧，2007)



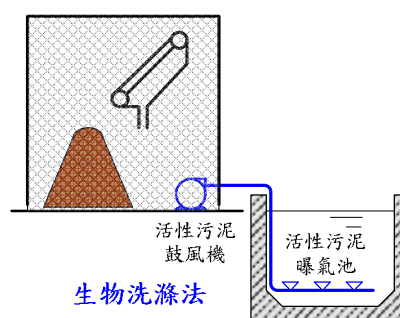
圍封前



圍封後



檢測曝氣池排氣臭味濃度



系統示意

圖 4 豬糞渣貯場抽排氣注入活性污泥曝氣池(周明顯，2005)

2. 生物濾床法

雲林縣一廚餘堆肥場每日處理廚餘約 20 噸。廚餘混以木屑(廢棧板、漂流木、木箱壓碎，約廚餘重量之 20%)，在 $60\text{-}75^\circ\text{C}$ 發酵約 20-30 天。所得堆肥重量約為原料之 30%，即約 $7.2 \text{ 噸}/\text{天}$ 。該堆肥場排氣以生物濾床除臭，濾床面積約 $6 \text{ m} \times 80 \text{ m} = 480 \text{ m}^2$ ，濾料底部為埋置於 30 cm 厚礫石之多孔散氣管，濾料由下而上由木屑(30 cm 厚)、堆肥(5 cm 厚)、煤底灰(10 cm 厚)等構成一層，共二層。氣體採上流式，空塔流速為 $0.26\text{-}0.30 \text{ m}/\text{min}$ ，進氣量為 $125\text{-}144 \text{ m}^3/\text{min}$ ，濾料上方有噴水調濕設施。該濾床可將進氣之氨由 52 ppm 去除至 3 ppm (去除率 94%)，甲胺由 150 ppm 去除至 20 ppm (去除率 87%)。(周明顯等，2004c)

3. 酸洗法

桃園縣一堆肥場以雞糞、牛糞、木屑、食品廠廢水生物污泥、紙漿廠回收短纖維、中藥渣為堆肥原料。該堆肥場排氣以洗滌塔(250 m³/min 臭氣洗滌塔，2 座)除臭((圖 6)。取樣當時循環水之 pH=8.64，pH 未維持於 6.5 之適當值，氨及甲胺類之去除率僅達約 62%。循環水須加硫酸，以 pH 控制器控制於 pH=6.5，以利吸收氨及甲胺類臭味。(周明顯等，2004c)

雲林縣某綜合堆肥場以雞糞、豬糞、農產廢棄物為原料，每月原料進料量約 500 公噸(水分 50-60%)，製成堆肥約 250 公噸(水分<35%)。由於原設木屑床脫臭設施失效，致臭味飄散至場外民宅，引發臭味陳請問題。參考圖 7，該場排氣以房屋型化學洗滌塔 1 座除臭，造價約 40 萬。處理臭氣量約 1,400 立方公尺/分鐘，洗滌水加硫酸將 pH 調整至小於 6.5，以利吸收氨及甲胺類臭味。檢測結果顯示，排氣中氨及胺濃度可分別由 20 及 90 ppm 去除至 4 及 7 ppm，臭味可由 74 處理至 24。(周明顯等，2005)

台南縣養雞場 A 飼養蛋雞 50,000 隻，雞糞堆肥排氣處理系統如圖 8 所示。高速堆肥機排氣以鼓風機(1.4 m³/min，2 馬力，2 部)抽出，曝入約 2.0 m³之稀硫酸水溶液(pH 3.0-6.5，以 pH 控制器控制添加 30% 硫酸)洗滌除臭。洗滌排氣再與堆肥機圍封抽排氣合併，以填充式洗滌塔酸洗(pH 3-6)後排放。檢測結果顯示，排氣中氨濃度可由 200 ppm (堆肥機)及 10 ppm (堆肥機圍封) (平均 19 ppm)去除至 0-4 ppm，排氣臭味濃度可處理至 10。排除之洗滌液含硫酸銨，菜農及筍農主動取用作為液肥。(周明顯及張章堂，2008)

4. 糞便快速乾燥法

台南縣養雞場 B 飼養肉雞 120,000 隻，雞舍為密閉水簾抽氣式，雞糞由輸送帶連續輸出，不含墊料。原濕雞糞直接堆肥，致逸散出大量含氨臭氣。該場曾以酸洗法除氨，然因硫酸添加過量致洗滌房腐蝕至不堪使用。2008 年起業主購置二部 1.5m³容積之乾燥機，設定於 102°C，將雞糞在 6-12 小時乾燥至水份約 30%，再將乾燥雞糞與堆肥半成品混合堆放，如此可大幅降翻堆臭味強度，其原理如圖 8 所示，乾燥機排氣進一步以鹼洗去除脂肪酸及硫臭。該堆肥場因此解決其臭氣排放遭民眾陳請困擾。(周明顯及張章堂，2008)

上述堆肥場除臭設施雖可達降低民眾陳情次數並達氨氣排放量減除目的，然其餘臭味仍無法完全去除。

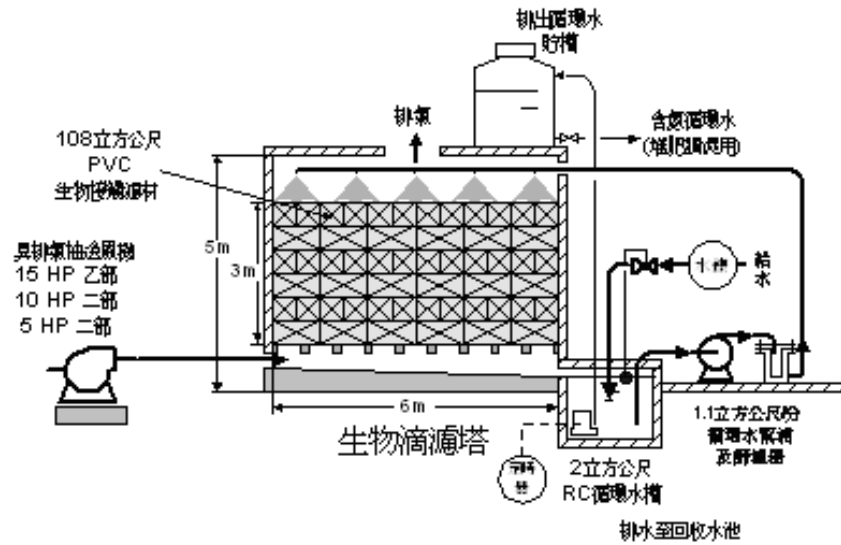


圖 5：新竹縣某堆肥場排氣處理生物滴濾塔(周明顯等，1999、2000)

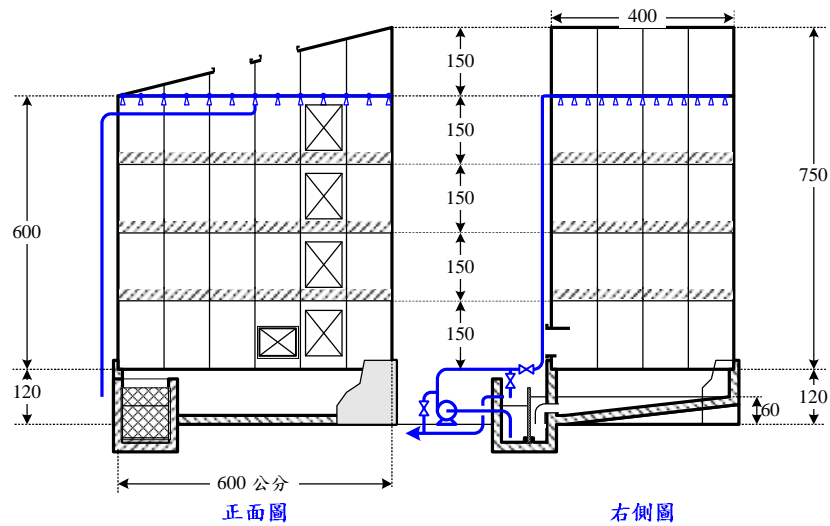


圖 6：桃園縣某堆肥場排氣填充洗滌塔(周明顯等，2004c)

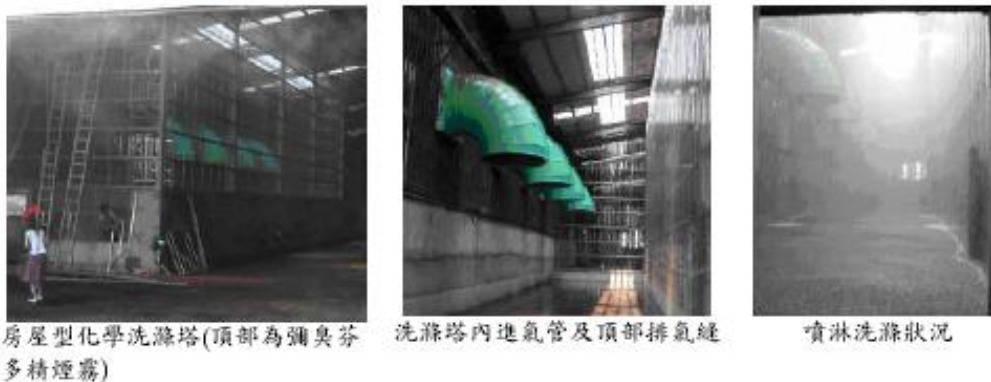


圖 7：雲林縣某堆肥場排氣洗滌房(周明顯等，2005)

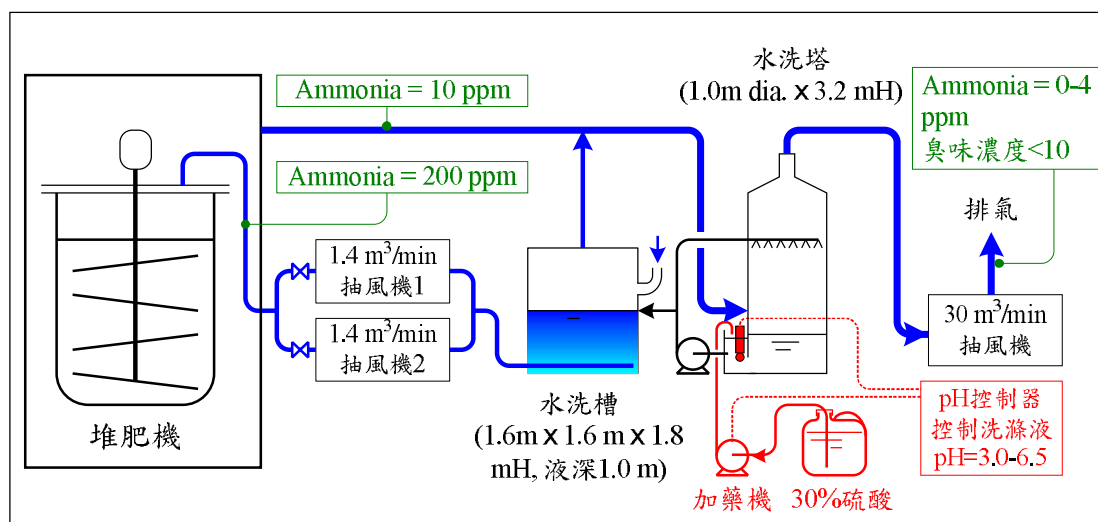


圖 8：雞糞堆肥排氣酸洗系統(台南縣養雞場 A) (周明顯及張章堂，2008)

(二)堆肥臭味控制技術研發

有關禽畜糞及廚餘堆肥排氣控制及氨去除研究，概述如下：

1.生物洗滌法

張吉龍(2005)進行「以活性污泥池曝氣洗滌法處理含豬糞堆肥排氣臭味之研究」，研究主要將豬糞堆肥臭氣注入活性污泥曝氣槽內，進行其除臭效果試驗。實驗設備為一直徑 0.2 m、深度 1.2 m 之圓柱體活性污泥槽及一木製堆肥發酵箱 ($1.0\text{ m}^L \times 0.6\text{ m}^W \times 0.6\text{ m}^H$) 構成。曝氣液深為 0.2-1.2 m，曝氣流量為 2-20 L/min (相當於每 min 通入每 m^3 活性污泥混合液之曝氣量為 0.16-0.50 m^3/min ，曝氣強度為 0.16-0.50 $\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{min}$ 或 0.16-0.50 vvm)。結果顯示：(1)在系統穩定下，液位高度 0.6 m 時，進氣指標性臭味(氨及胺分別為 18-50 及 180-250 ppm)有 80% 以上之去除率。(2)堆肥發酵期間產生臭味的濃度變化，受發酵溫度、腐熟度極大的影響；環境溫度變化、活性污泥槽內溫度及 pH 值是影響臭味去除率之主要原因。活性污泥溫度 25°C 以上，有利微生物之成長及有機物之氧化，對氨及胺之去除率為 85-95%；但若低於 15°C ，則不利於微生物之臭味去除功能，去除率降為 50-60%。

2.蛇木屑生物濾床法

施亞儒(2006)進行「以蛇木屑生物滴濾塔處理廚餘堆肥排氣臭味之研究」，研究以實驗室規模之蛇木屑生物滴濾塔(內尺寸 $0.3\text{ m} \times 0.3\text{ m} \times 1.6\text{ m}$ ，內填高 1 m 蛇木屑(比表面積為 218 m^2))處理廚餘堆肥排氣，氣體流量為 22-64 m^3/hr 。生物膜之液相營養源，分別以生活污水處理廠放流水與自來水調配奶粉進行研究。以生活污水場放流水為營養源的長期操作研究結果顯示，在液氣流量比(L/G)為 0.003，氣體經滴濾塔濾層之空塔停留時間(EBRT)為 15 秒之操作下，濾層可將進氣之氨由 0.5-5 ppm 去除至 0 ppm，胺由 1-15 ppm 去除至 0 ppm。以奶粉為營養源的研究結果顯示，奶粉添加量為 25 mg/L，在 $L/G=0.002$ 之操作條件下，以

EBRT=7 秒之操作處理效果最佳，進氣臭味濃度為 13,000 時，臭味去除率可達 99.7%。以清水添加奶粉為補充水之操作結果較以學校生活污水場放流水為補充水之處理效果較佳。

王嘉禧(2007)及 Chou and Wang (2007)進行「以生物滴濾塔及生物濾床處理排氣中氨之特性研究」，研究利用固定膜式生物反應器(生物濾床及生物滴濾塔)進行氨氣處理特性研究。生物濾床之研究設備由一組上下二層濾床、一套待試氣體供應系統及一套營養鹽供應系統組成。每層濾床尺寸為 $40\text{ cm}^W \times 40\text{ cm}^L \times 70\text{ cm}^H$ ，內填 40 cm 高經活性污泥植種之蛇木屑。110 天的操作試驗結果顯示，大部分的氨氣於第一層生物濾床處被去除，去除效率隨氣體空塔停留時間(EBRT)的增加而提升。系統負荷為 $5.4\text{ g N kg}^{-1}\text{ 乾基濾料 d}^{-1}$ 時，可完全去除之入口氨氣濃度為 20-120 ppm。生物滴濾塔之研究設備則由二座串連滴濾塔、一套循環水系統及一套待試氣體供應系統所組成。每座滴濾塔尺寸為 $20\text{ cm}^D \times 200\text{ cm}^H$ ，內填 125 cm 高之焦炭(平均粒徑 3 cm，比表面積 $150\text{ m}^2\text{ m}^{-3}$)。試驗結果顯示，以石化廢水廠之硝化污泥進行生物膜之植種，馴養所需時間大約一個月。經 187 天長期操作結果顯示，EBRT 為 7.25 s、循環水/氣體流量比為 7.7 L m^{-3} 和循環水 pH 為 6.5 之操作條件下，可將入口氨氣濃度 230 ppm 去除至 4.0 ppm。系統體積負荷低於 $7.37\text{ g NH}_3\text{-N m}^{-3}\text{ hr}^{-1}$ 時，在未添加葡萄糖當作碳源的情況下，系統仍可為維持 98% 之氨氣去除率和 94% 之硝化率。然而，當系統體積負荷達 $13.1\text{ g NH}_3\text{-N m}^{-3}\text{ hr}^{-1}$ 時，因碳源缺乏及循環水中銨離子及亞硝酸離子累積的緣故，造成氨氣去除率及系統硝化率逐漸降低。

3.化學洗滌法

周明顯等(2006b)發展一經濟有效之化學洗滌技術，以處理日益增加之廚餘堆肥廠排氣。本研究以廚餘：膨鬆劑(木材刨屑或枯葉)：植種(堆肥)之原料配比平均值 90:4.5:5.5 自行製作廚餘堆肥及供試臭氣。結果顯示發酵溫度在 32-55°C 間，發酵及臭味產生期間約六週，排氣中氨及胺最高濃度可分別達 700 及 1,000 ppm，硫醇及硫化氫可分別達 53 及 1 ppm，臭氣濃度最高為 23,000，臭氣濃度與硫醇濃度為正相關。

以「酸氣串聯鹼液洗滌法」處理供試臭氣，顯示適當操作條件為：(1)酸氣洗滌液 pH 控制於 6.6，總餘氯控制於 100-200 mg/L；(2)鹼洗液之 pH 控制於 8.6-10。依本條件，酸氣洗滌液可分別將氨及胺由 30-130 及 50-333 ppm 去除至 0 ppm，鹼洗液主要為除有機酸及除氯，排氣均嗅不出特性廚餘臭味物質，雖有氣味，但帶著淡淡青草味，令試驗者滿意。折算處理每 $1,000\text{ m}^3$ 之含氨 30 ppm 排氣，藥費為 NT\$ 18.7。

以「酸氣串聯鹼性硫代硫酸鈉溶液洗滌法」處理供試臭氣，在(1)酸氣洗滌液之 pH 控制於 6.4-6.6，總餘氯控制於 100-200 mg/L；(2)鹼性硫代硫酸鈉洗滌液 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 添加濃度合計 2,000 mg/L)之 pH 控制於 8.5-9.0 之操作條件下，酸

氣洗滌液可分別將進氣之氨及胺由 10-30 及 10-80 ppm 去除至 0 ppm，排氣中均嗅不出臭味物質，令試驗者滿意。折算處理每 1,000 m³ 之含氨 30 ppm 排氣，藥費為 NT\$ 75.0。

上述試驗均以實驗室配製之氨氣或自製堆肥排氣為處理對象，其中施亞儒(2006)進行之「以蛇木屑生物滴濾塔處理廚餘堆肥排氣臭味之研究」效果良好且經濟，可經實場試驗後擴展應用於現場。

五、結論及展望

畜牧場臭味控制技術水準現況尚無法防制臭味逸出，除良好牧場管理外，鄰近居民之既有及新設畜舍宜改為密閉水簾畜舍，堆肥場需密閉，抽排氣宜改為先進之生物滴濾塔，以去除氨及糞臭，或使用待開發之酸洗除氨配合臭氧去除糞臭。

六、參考文獻

王嘉禧(2007)，以生物滴濾塔及生物濾床處理排氣中氨之特性研究，國立中山大學環境工程研究所博士論文，民國 96 年 6 月，國立中山大學環境工程研究所。

周明顯、吳中興、王嘉禧(1999)，雞糞堆肥場排氣除臭生物滴濾塔操作性能研究，pp.720-724，第十六屆空氣污染控制技術研討會論文集，中華民國環境工程學會。

周明顯、王嘉禧、黑正明(2000)，畜牧污染處理及資源化之研究：(1)雞糞堆肥場排氣除臭用生物滴濾塔操作性能研究、(2)人造有機產品除臭效能測試，農委會八十九年度委託研究報告。

周明顯等(2004a)，養豬場臭味防治與固體排泄物收集自動化系統之研發，農委會專題計畫研究報告(93 農科-6.1.2-牧-U1)。

周明顯、張仁瑞、謝祝欽、毛義方(2004b)，事業臭味防制技術及管制策略之探討：臭味源及污染現況調查，2004 永續發展科技與政策研討會論文集 pp. D17-39，國科會永續發展研究推動委員會、台大環工所，台北市。

周明顯等(2004c)，事業臭味防制技術及管制策略之探討：臭味源及污染現況調查，國科會永續發展研究推動委員會九十三年度委託研究報告(NSC 93-EPA-Z-110-002)。

周明顯 (2005)，環保禽畜舍之技術研發，農委會專題計畫研究報告(94 農科-8.1.1-牧-U1)。

周明顯、黃柏仁、張筱瑜(2005)，畜牧場及堆肥場臭味控制技術手冊，農委會專題計畫研究報告(94-農管-4.10-牧-04)。

周明顯、張章堂、高銘木(2006a)，畜牧場臭味標準檢討與研究，行政院農業委員會委託辦理研究報告 95 農科-9.1.1-牧-U1(3)，2006。

周明顯等(2006b)，小型污染源臭味及揮發性有機物污染防治技術之研發與推廣，國科會永續發展研究推動委員會九十四年度委託研究報告(NSC

94-EPA-Z-110-002-)。

周明顯、張章堂(2007)，畜牧場臭味標準檢討與研究，行政院農業委員會委託辦理研究報告 96 農科-10.1.1-牧-U1(7)，2007。

周明顯、張章堂(2008)，畜牧場臭味發生源臭味強度評估與污染防制技術評估，行政院農業委員會委託辦理研究(執行中)，97農科-10.1.1-牧-U1(6)，2008。

施亞儒(2006)，以蛇木屑生物滴濾塔處理廚餘堆肥排氣臭味之研究，國立中山大學環境工程研究所碩士論文，民國 95 年 6 月，國立中山大學環境工程研究所。

陳俊明(1997)，水簾式肉雞舍空氣污染防治之基礎研究，中興大學農機系。

張吉龍(2005)，以活性污泥池曝氣洗滌法處理含豬糞堆肥排氣臭味之研究，國立中山大學環境工程研究所碩士論文，民國 94 年 6 月，國立中山大學環境工程研究所。

羅中恆、劉惠群、吳繼芳、郭偉明(1995)，豬場空氣中臭味污染物質的特性研究，中華農學會報，新第 172 期，139-153 頁，1995。

蕭庭訓(2005)，畜牧場及堆肥場臭味污染防治處理技術，南投縣環保局畜牧場臭味防治輔導談會講義，2005 年 2 月。

蕭庭訓(2007)，水簾式畜禽舍粉塵及臭味控制，行政院農業委員會，
<http://kminter.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=84707&ctNode=2154&mp=101>
(2007/09/21)。

蕭庭訓(2008)，豬舍臭味改善方法之介紹，行政院農業委員會，
www.coa.gov.tw/view.php?showtype=pda&catid=10335 - 2008/07/04。

Chou, M. S. and Chia-Hsi Wang (2007): Elimination of Ammonia in Air Stream by a Fern-Chip Biofilter, *Environmental Engineering Science*, 24 (10).

Lee Wilson and Associates (1996): Swine CAFO Odors: Guidance for Environmental Impact Assessment, *Prepared for U.S. Environmental Agency, Region 6, Dallas, Texas, Contract No. 68-D3-0412* (Joe Swick, Work Assign Manager), U. S. EPA.