

瀝青拌合機械的乾燥機對集塵系統的影響

彭文生*

摘要

乾燥機是瀝青拌合機械最主要的機組，也是最大的污染源，本文論及其內部構造之改變可左右熱效率的高低，外部嚴重的滲氣缺點使廢氣含氧量高居不下，應注意節制以節省能源，對燃燒油料、烘烤的砂石、操作的方法，更應設法改善以免傷害袋濾集塵設備的功能及壽命。

一、前言

近年環保意識與日俱增，環保單位對各廠處排放標準的執行也日益嚴格，自瀝青拌合業被列入加強輔導管制的行業後，多數業者已紛紛斥資改善防污設備，廢棄往日慣用之水洗裝置改用目前除塵效率最高的袋濾集塵機，以期合乎排放標準的要求，有些廠家甚至整套換裝全新的進口機械，唯因業內相關技術資訊不足，貿易商也不了解外國機械是否適合國內既存條件，在沒有評估選擇的情形下採購換裝，雖投入高昂的成本，但使用一段時間後即發生不良現象，導致排放濃度失控，濾袋壽命縮短，濾袋機殼及排氣管道嚴重腐蝕等，個人基於此壓力推動下各方請教、探索研習深覺拌合機械的乾燥機其內外構造、熱效率、加熱的砂石級配、使用燃料、廢氣溫度、含氧量等，對拌合廠的污染防治影響頗大，今將自己的心得提出報告，期藉此拋磚引玉，促進同業技術交流、解決困難，也盼望諸位學者先進不吝賜教、提攜指導。

*現任東建建築股份有限公司拌合廠廠長

二、瀝青拌合廠乾燥機簡介

2.1 瀝青拌合機械的組成

瀝青拌合機械以計量拌合的方式可分衡量式與連續式，若以每批次拌合的重量區分則有 0.5噸、1噸、1.5噸、2噸、3噸……等型式，也是業內的俗稱，國內目前所使用的機械幾乎都是衡量式 1噸、1.5噸、2 噸的型式、整套機械之主要機組有砂石儲料槽、輸送帶、乾燥機、熱料提昇機、振篩機、熱料槽、計量器、拌合機、瀝青庫、重油庫、保溫設備、石粉設備、集塵設備、排風機、操作室等組合而成（請參見圖 1）。廠牌大多數為日本製造或日製中古品，其次是仿日的國產品，再其次是西德製，但無論何種廠牌的機械，其生產量的高低及廢氣濃度，均視乾燥機烘烤砂石的情況而定，故乾燥機實為瀝青拌合廠的關鍵機組。

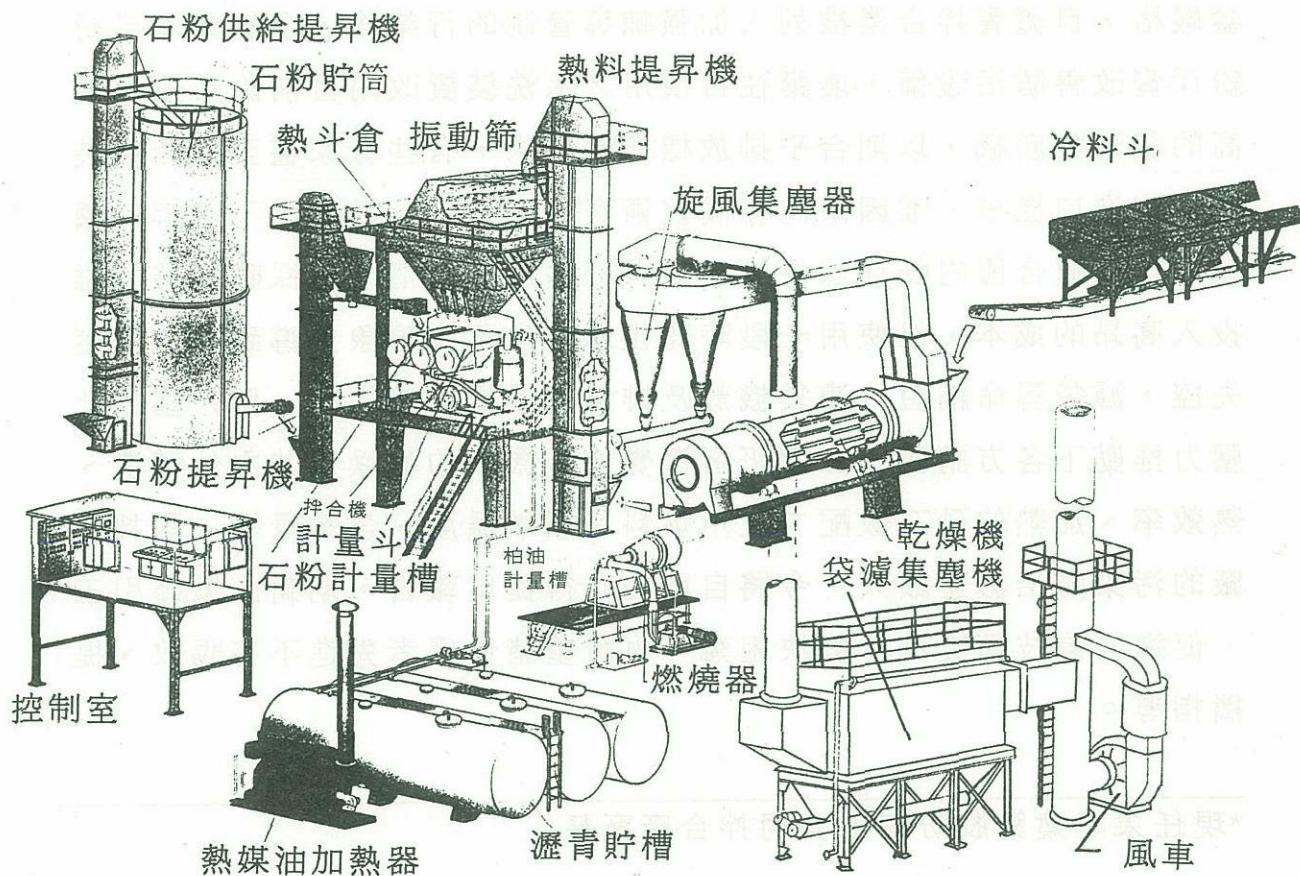


圖 1 瀝青拌合機械配置圖

2.2 乾燥機的功能與構造

乾燥機主要的功能就是將輸入機體的砂石級配，加熱至設定溫度後排出，1~2噸乾燥機其最大乾燥能量為90~180T/H，請參見圖2。乾燥機的機體直徑為1.6~2.2m、長7.5~8.2m，用12mm厚耐熱鐵板製成的圓柱形。砂石進料口高、出料口低約傾斜3°左右，臥置於砂石進料機與熱料提昇機間，機體外緣前後1/4處各裝大滾輪圈1個，下設托輪4組承托機體重量及轉動。中間裝1大齒圈承受減速馬達傳來的旋轉動力，（近年來業者為減低噪音，已改用同步減速馬達直接傳動力給四組托輪，旋轉機體）機體轉速6.2~10rpm，內緣進料口有螺旋推料板將進入乾燥機的砂石料往前推送不致堵塞入口，其前有止逆屏48~72個分成4圈均勻的裝在內緣，可推進及揚散機體內的砂石使均勻受熱，接近熱料出口的一段安裝料刮(flight)12~18個，出口處則有圓槽形的機頭以斜槽與熱料提昇機相接，將加熱後流入機頭的砂石用機體外緣的撥料板撥出，順槽滑入熱料提昇機（請參見圖3）。

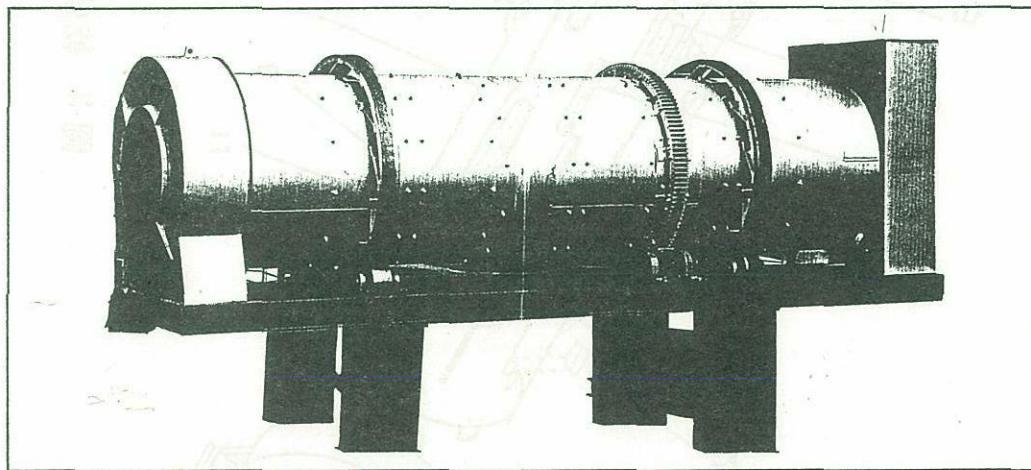


圖2 乾燥機外形圖

序	名稱	序	名稱
1	乾燥機本體	9	前大滾輪圈
2	止逆屏	10	後滾輪固定座
3	止逆屏	11	前滾輪固定座
4	止逆屏	12	大齒輪圈
5	螺旋推料板	13	前機頭
6	料刮	14	後機尾
7	撥料板	15	砂石進料口
8	後大滾輪圈	16	熱米排出口

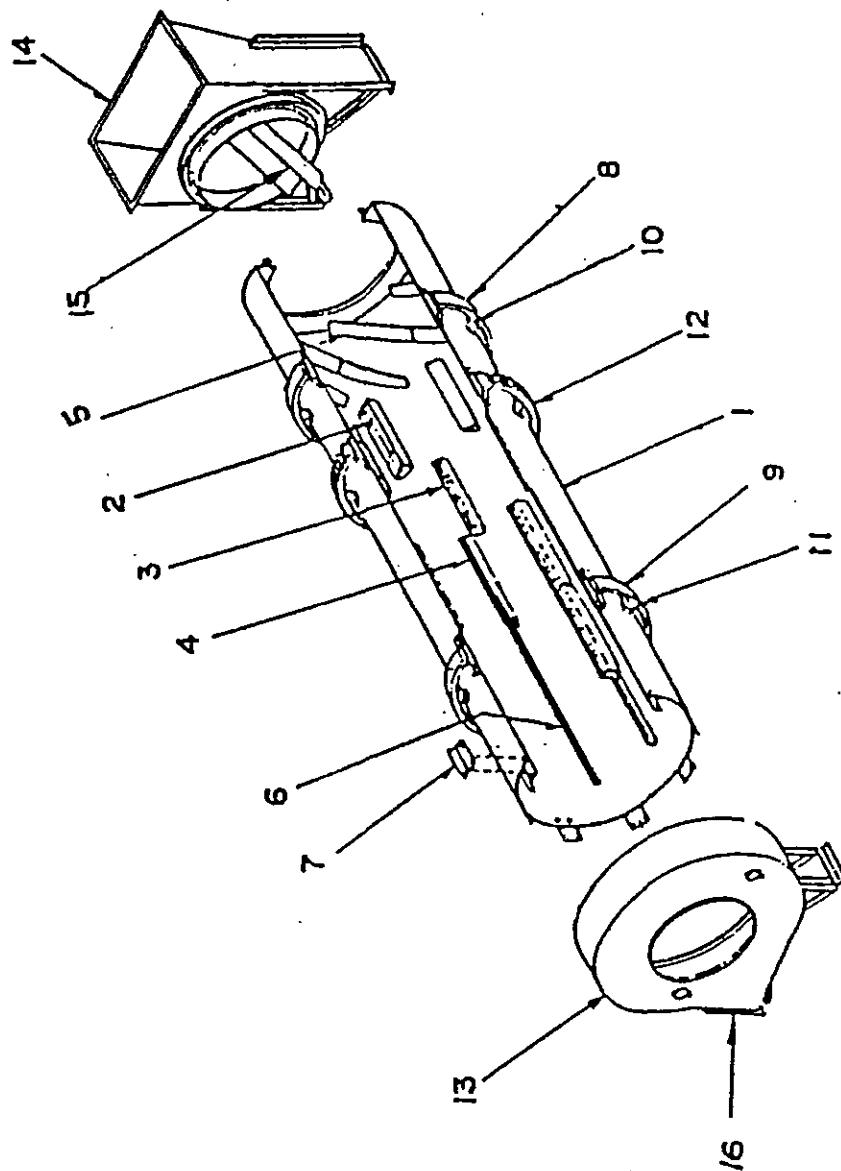


圖 3 乾燥機構造圖

機頭前有大型燃燒器及內敷耐火泥的爐頭設備，爐頭是提高燃燒溫度延長燃燒時間的一種助燃裝置，若使用高壓噴油的S型燃燒器則無爐頭設備，但應採用較佳的油料配合。

近年業內裝有西德拌合機械、其最大特色是乾燥機同時俱備乾燥與篩分兩種功能，並架高安裝在振篩機的位置，機體的大滾輪圈及傳動齒輪均裝在機體兩邊，以便中間覆裝篩網，內部止逆屏改向前傾斜安裝，以保持推進及揚散砂石料的功能，機體最前段是回收料加溫裝置，其他則大同小異。機體外緣焊裝20cm高的螺紋槽數條並覆蓋圓形篩網，以代替省略的振篩機。此種機械因砂石料加熱排出乾燥機後，不須再經熱料提昇機、振篩機的散熱，可減少約20°C的平均熱損，產量會因而提高，又因機組減少，故障也相對減少，唯砂石輸送帶須加長，機台架要粗大，篩網容易堵塞、砂石篩分效率低是它的缺點。

2.3 乾燥機的使用

燃燒器在點燃前應先將排風機、乾燥機、送風機、空壓機等起動、讓濾袋使用前先以乾淨空氣清洗約10~15分鐘，同時也開啓重油預熱器加熱至70~90°C，轉動重油供給泵及循環壓力泵（高壓燃燒器油壓約 30kg/cm^2 ，低壓燃燒器油壓約 3kg/cm^2 ），然後再以瓦斯點火、噴油，使燃燒器著火，在點燃之初砂石料尚未進入乾燥機，火焰應較小較短，可稱為預熱期。此時火焰的熱量部份被爐頭的耐火泥吸收，火焰的熱度約1200°C，耐火泥吸熱後漸變成火紅色，可提高燃燒溫度，協助噴霧不良、燃燒不完全的油滴碳粒延長燃燒，其他部份的熱量則隨廢氣排出，一路預熱管道各處，進入濾袋集塵機時廢氣溫度可高達230°C左右，但時間很短約10分鐘，濾袋外有冷塵餅(dust cake)保護應不致傷及濾布，若操作不當，大火且預熱太久就另當別論。此後砂石料連續進入機體，排風機門及油門漸開，火焰拉長加大約至機體內 $1/3$ 處，熱量被砂石吸收，所排出的廢氣溫度在進入濾袋集塵機時約110°C，排出熱砂石的溫度為170°C左右，連續生產時要盡量避

免時冷時熱的操作，應經常視察重油的壓力及火焰的情形，並配合濾袋集塵機的壓差，排風機的負載及排氣溫度等，以研判集塵濾袋的狀況及因應解決之方法，收工時除立即關閉重油系統外，通風系統應繼續運轉10~15分鐘，以清理剩餘砂石、排除濾袋本體含硫廢氣、清洗濾袋及冷卻乾燥機等，其中應特別注意乾燥機的冷卻，為免變形最好加長空轉時間，停工時應按時檢查止逆屏、料刮、重油濾清器等機件。

三、各相關條件對集塵設備的影響

3.1 構造變化的影響

在砂石進料的質、量及燃燒情況都相同的條件下，乾燥機體的長短、直徑的大小、斜度的高低、轉速的快慢，都可影響砂石吸熱的情形及出口熱料的溫度。若乾燥機在以上條件都不變的情況下，其內部止逆屏的數量、形狀、安裝等將是影響熱效率的關鍵。

由圖4可知，機體內徑圓周每圈裝止逆屏18支，每隔 20° 裝1支共4圈，止逆屏的形狀為□形，屏內的砂石需轉至2點鐘角度才會散完，讓砂石均勻的灑在機體斷面任何部份，砂石與火焰接觸的面積大、次數多，熱效率自然較高。

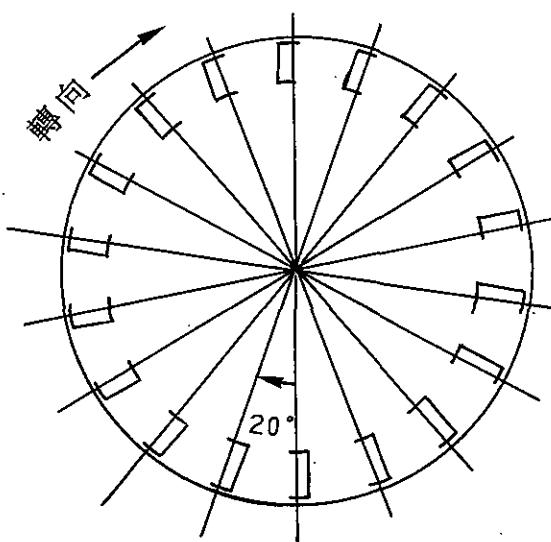


圖4 乾燥機斷面-1

由圖 5 可知，機體內徑圓周每圈裝止逆屏 12 支，每隔 30° 1 支共 4 圈，止逆屏的形狀為 U 形，屏內的砂石轉過 11 點角度時就散完，若從機體斷面的方向看去，可發覺有部份面積砂石無法達到，且濃疏明顯不均，砂石受熱的機會減少，熱效率當然也較低，我國較舊的拌合機械幾乎全是這種構造。

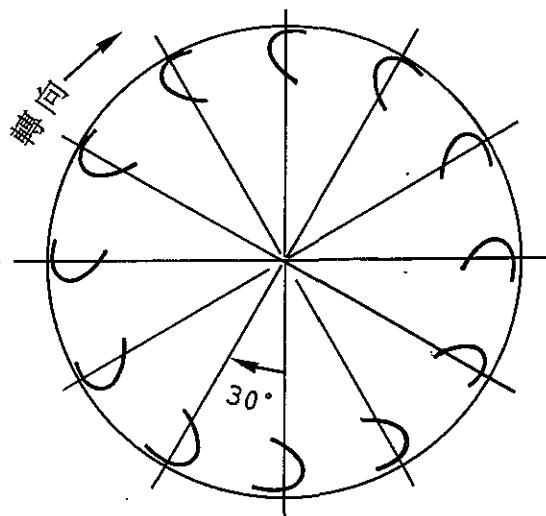


圖 5 乾燥機斷面-2

熱效率越高廢氣溫度越低，低至露點以下就會影響集塵設備及排放濃度，但熱效率太低也會浪費與集塵設備金額相差無幾的燃料費，是否降低熱效率或勤換濾袋，其利弊由業者自行估量取捨。

3.2 砂石級配的影響

瀝青混凝土的製造是將加熱至設定溫度的大石、中石、小石、砂、瀝青及填充料依試驗配比拌合而成，因工地設計條件的不同其混合物級配也不同，我國目前使用的瀝青配比範圍、大多沿用美國瀝青協會訂定的規範、共分八大類（請參見表 1）。常用的是開放級配、粗級配、密級配、細級配、瀝青砂等 5 大類（依序愈前面的類別石料使用量越多、砂料使用量越少），每大類依粒徑的大小又分若干小類。其中瀝青砂及細級配多用於修補、運動場或鄉村道路等交通量較低的

表 1 各種瀝青拌合料粒級配及瀝青用量比較表

拌合料種類	適用層次	每層壓實厚度	通 過 鑽孔量						百 分 率			備註						
			2 1/2 小時	1 1/2 小時	1 小時	3/4 小時 (18.0)	1/2 小時 (12.5)	1/6 小時 (10.0)	4 號 (5.0)	8 號 (2.5)	16 號 (1.25)	30 號 (0.63)	50 號 (0.315)	100 號 (0.160)	200 號 (0.071)	瀝青用品%		
地瀝青碎石式開放級配	I a 底層	7~10 公分	100	35~70	0~15			100	70~100	40~85	5~20			0~3	3.0~4.5	適用於中交通量		
	II b 面層或封層	1.5~2 公分						100	70~100	20~40	5~20			0~4	4.0~5.0	適用於中交通量		
	II c 面底層	2~3.75公分						100	70~100	45~75	20~40	5~20		0~4	4.0~5.0	適用於中交通量		
	II d 底層	2.5~5 公分						100	70~100	30~60	15~35	5~20		0~4	3.0~6.0	適用於中交通量		
	II e 底層	3.75~7.5 公分						100	70~100	25~60	10~39	5~20		0~4	3.0~6.0	適用於中交通量		
粗級配	III a 面層	7.5~10 公分						100	75~100	35~55	20~35	10~22	6~16	4~12	2~8	*3.0~6.0	適用於中交通量	
	III b 面層或整平層	2~3.75公分						100	75~100	60~85	35~55	20~35	10~22	6~16	4~12	2~8	適用於中交通量	
	III c 底層	2.5~5 公分						100	75~100	60~85	30~50	20~35	5~20	3~12	2~8	3.0~6.0	適用於中交通量	
	III d 底層	3.75~7.5 公分						100	75~100	45~70	30~50	20~35	5~20	3~12	2~8	0~4	適用於中或重交通量	
	III e 底層	7.5~10 公分						100	70~100	60~85	40~65	30~50	20~35	5~20	3~12	0~4	適用於中或重交通量	
密級配	IV a 面層	2~3.75公分						100	80~100	55~75	35~50	18~29	13~23	8~16	4~10	*3.5~7.0	適用於各類交通量	
	IV b 面層	2.5~5 公分						100	80~100	70~90	50~70	35~50	18~29	13~23	8~16	4~10	*3.5~7.0	適用於各類交通量
	IV c 面層或底層	3.75~7.5 公分						100	80~100	60~80	48~65	35~50	19~30	13~23	7~15	0~8	*3.5~7.0	適用於各類交通量
	IV d 底層	6~10 公分						100	80~100	55~75	45~62	35~50	19~30	13~23	7~15	0~8	3.5~7.0	適用於各類交通量
	V a 面層	2~3.75公分						100	80~100	65~80	50~65	37~52	25~40	18~30	10~20	3~10	4.0~7.5	適用於重交通量，須特別注意試驗。
細級配	V b 面層或整平層	2.5~5 公分						100	85~100	65~80	50~65	37~52	25~40	18~30	10~20	3~10	4.0~7.5	適用於重交通量，須特別注意試驗。
	VI a 面層	2.5~5 公分						100	85~100	65~78	50~70	35~60	25~48	15~30	6~12	4.5~8.5	適用於重交通量，須特別注意試驗。	
	VI b 面層或整平層	2.5~5 公分						100	85~100	65~80	47~68	30~55	20~40	10~25	3~8	4.5~8.5	適用於重交通量，須特別注意試驗。	
	粗片瀝青砂 VI a 面層	1.3~2.5 公分						100	85~100	80~96	70~89	55~80	30~60	10~35	4~14	7.0~11.0	適用於重交通量，須特別注意試驗。	
細片瀝青砂 VI a 面層	1.3~3.75公分							100	96~100	85~98	70~96	40~78	20~40	8~16	7.5~12.0	適用於重交通量，須特別注意試驗。		

附註：(1)瀝青用量係以瀝青和料之總重量計算。

(2) III a如用液體瀝青或乳化瀝青，瀝青用量為5~7%。 IV a、IV b、IV c如用液體瀝青或乳化瀝青用量為4~10%。

(3) () 括號內數字為CNS386篩號，相當於粒徑大小，單位為mm。

資料來源：2

路面，數量很少。就產量速度而論，單位重量內石料使用百分比越小的越慢，石料使用百分比越高的越快，因短時間的加溫粗顆粒內部吸不到熱量，且粗級配的外部表面積也小，就環保的角度，瀝青拌合廠的硫氧化物，氮氧化物等都易合乎標準，唯有粒狀物的排放問題較多，在乾燥機連續生產中能隨廢氣排出的粒狀物，幾乎都是砂料200#篩以下的顆粒，石料中雖有但比例極少，因此單位產量中用砂量越多則濾袋負擔越大。更換集塵設備時，此為考慮依據之一。

3.3 燃料及水份的影響

3.3.1 燃料

乾燥機在美日歐先進國家使用的燃料是A重油（相當於我國的鍋爐油+普通柴油）、柴油或氣體燃料，其含硫量約在0.7%以下，我國使用的低硫燃料油（相當於日本的C重油），含硫量卻為1.5%，燃油經燃燒氧化後，含硫量在廢氣中最大的影響就是提高露點溫度，在露點以上乾燥時，對金屬毫無腐蝕作用；在露點以下潮濕時，卻能嚴重腐蝕金屬表面。因此美日歐當地瀝青廠排放至濾袋集塵的廢氣溫度在100°C時，就高出露點，同樣設備在我國使用則需130°C以上才屬正常，請參見圖6。

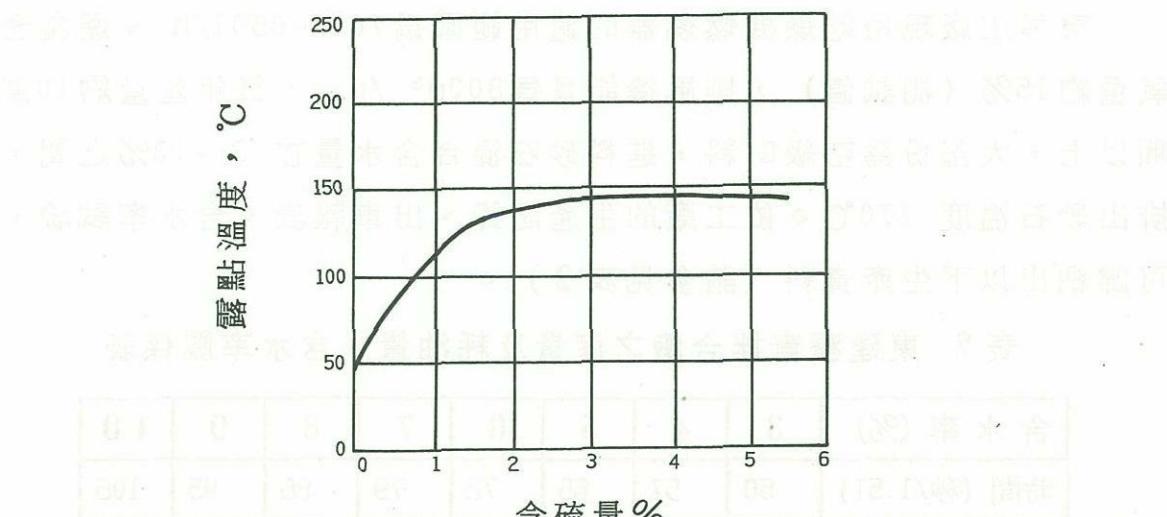


圖 6 含硫量與露點溫度

資料來源：1

3.3.2 水份

瀝青混凝土所使用的砂石依密級配及細級配的配合比例，砂料約佔40~45%，石料約佔55~60%，進廠砂料的含水量約4~16%，石料的含水量約1~6%，混合平均含水量約3~10%左右，我國大多數為6~10%，每噸砂石級配中的水量也在60~100kg之間，這些砂石在乾燥機內烘烤加熱、必須先將水份氣化後通過袋濾集塵機排出。若排氣溫度低至露點(130 °C)以下時，廢氣中的蒸氣將有部份還原為水，水份被附著濾袋的塵餅吸收，造成清除不易、排氣不良等現象。濾袋透氣不良，則必須加強排氣的吸力以保持乾燥機燃燒正常，但也同時提高了粉塵穿透濾布的能力，因此同樣的集塵設備在國內使用，排放濃度必然偏高。

3.4 東建瀝青拌合廠處理含水量、油量與產量的檢討

排風機在定量排氣的情況下，砂石含水的蒸氣佔去部份排氣量使進入乾燥機的空氣減少、為保持重油完全燃燒，單位時間的用油量也須減少，在出口砂石必須定溫的要求下，只能降低進入乾燥機的砂石量，加長每拌合1盤間的空檔時間，單位重量的平均耗油量因而增加。

3.4.1 實例

東建工廠現用乾燥機燃燒器的適用範圍為700~8501/h、煙囪含氧量約15%（測試值），排風機能量為 $800\text{m}^3/\text{min}$ ，每年產量約10萬噸以上，大部份為密級C料，進料砂石混合含水量在3~10%之間，排出砂石溫度170°C。依工廠的生產記錄、出車報表、含水率試驗，可歸納出以下生產資料（請參見表2）。

表2 東建瀝青拌合廠之產量及耗油量、含水率關係表

含水率 (%)	3	4	5	6	7	8	9	10
時間 (秒/1.5T)	50	57	65	72	79	86	95	106
產量 (T/h)	108	94	83	75	68	63	57	51
耗油量 (l/h)	775	760	750	740	730	720	715	710

3.4.2 檢討

1. 依前述及表 2 資料可推算出，各種耗油量下煙囗廢氣，在 100°C 時的合理乾基排放量，請參見表 3。計算過程如下：

$$(1) \text{過剩空氣} = \frac{15}{21-15} = 2.5$$

$$(2) \text{耗油量 (l/min)} \times \text{理論燃燒空氣量 (m}^3/\text{l}) = \text{燃燒空氣量 (m}^3/\text{min})$$

$$(3) (\text{燃燒空氣量} + 2.5 \text{倍的過剩空氣量}) \times \frac{273+100}{273+20} = 100^\circ\text{C 廢氣量}$$

(低硫重油燃燒每 1 公升約需理論燃燒空氣量 11m³)

表 3 各含水率下的合理廢氣量

含水率 (%)	3	4	5	6	7	8	9	10
耗油量 (l/min)	12.9	12.7	12.5	12.3	12.2	12.0	11.9	11.8
燃燒空氣量 (m ³ /min)	142	140	138	135	134	132	131	130
100°C 廢氣量 (m ³ /min)	633	624	615	602	597	588	584	579

2. 由表 2 亦可求出，每分鐘氯化蒸氣在 100°C 時的蒸氣量，請參見表 4。計算過程如下：

$$(1) 1.5\text{噸}/\text{盤} \times \text{含水率} = \text{每盤含水率}$$

$$(2) \text{每盤含水率 (kg)} \times \frac{60\text{s}}{\text{每盤時間 s}} = \text{每分鐘水量 (kg/min)}$$

$$(3) \text{每分鐘水量 (kg/min)} \times 1.244^3 \times \frac{273+100}{273} = 100^\circ\text{C 蒸氣量 (m}^3/\text{min})$$

表 4 各含水率下的蒸氣體積

含水率 (%)	3	4	5	6	7	8	9	10
每盤含水量 (kg/1.5T)	45	60	75	90	105	120	135	150
每分鐘含水量 (kg/min)	54	63	69	75	80	84	85	85
100°C 蒸氣 (m ³ /min)	92	107	117	127	136	143	145	145

3. 東建煙囪廢氣溫度最高可達 120°C ，平常約 110°C 左右，現用排風機能量 $800\text{m}^3/\text{min}$ 應屬適合，操作也很正常，請參見表 5。

表 5 各含水率下的溼基廢氣量

含水率 (%)	3	4	5	6	7	8	9	10
100°C 廢氣 (m^3/min)	633	624	615	602	597	588	584	579
100°C 蒸氣 (m^3/min)	92	107	117	127	136	143	145	145
100°C 煙囪 (m^3/min)	725	731	733	729	733	731	729	724
120°C 煙囪 (m^3/min)	764	770	771	768	772	770	768	763

4. 為易於查對參考，依表 2 繪出東建乾燥機能量及含水率關係圖，請參見圖 7，由圖中可輕易瞭解產量、耗油量、含水量的三角關係。

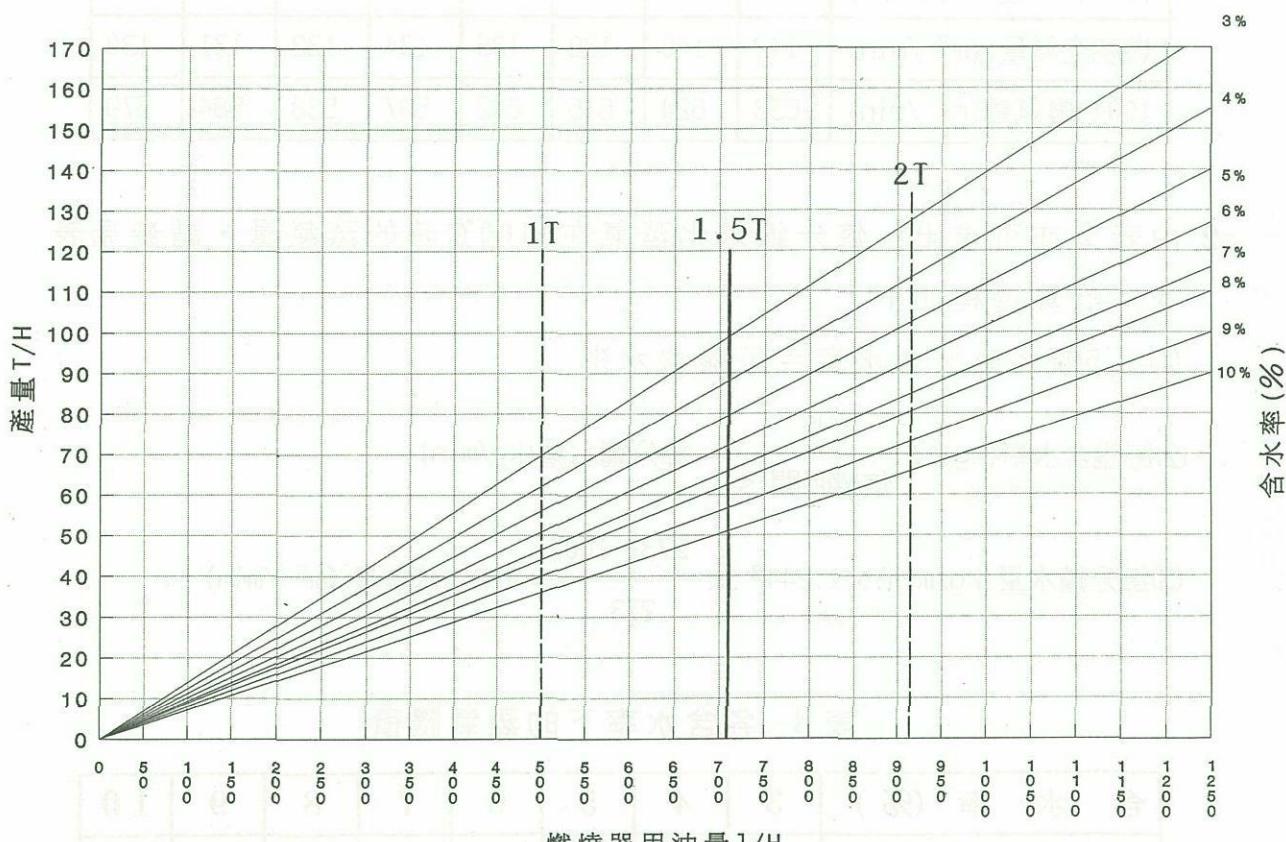


圖 7 乾燥機耗油量，產量及含水率關係圖（非固定油量狀況下）

5. 假設 1T／盤機械所使用的燃燒器適用範圍為 450~600 l/H 或 2T／盤機械所使用的燃燒器適用範圍為 900~1100 l/H，如圖 7 中之虛線，由虛線及含水率斜線的交叉點可找出在該含水率下的產量及適當耗油量。
6. 目前國內各瀝青拌合廠在連續拌合生產時，對燃燒器的耗油量大多使用定量操作方式，請參見圖 8，也就是將火焰的大小固定不變，單以調節進入乾燥機的砂、石量控制成品所需的溫度，此操作法可減少操作員對燃燒情況隨時注意的精力，也適用於新手，但耗油量卻必須設定在進廠砂石含水量最高的預定情況下，以備在高含水量時能完全燃燒，雖須付出產量降低的代價，總比損害濾袋集塵設備值得。

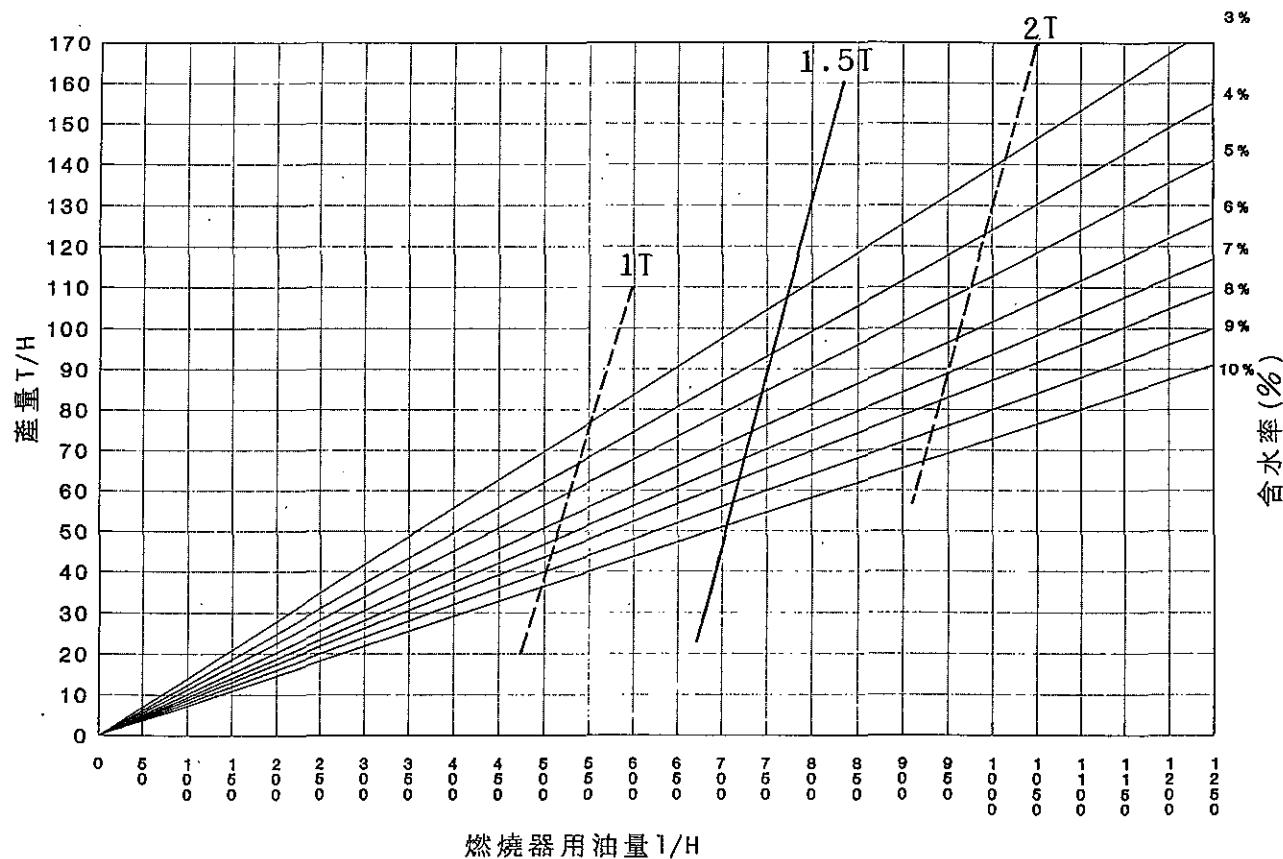


圖 8 乾燥機耗油量，產量及含水率關係圖（固定油量狀況下）

3.5 含氧量及排氣量的影響

3.5.1 機體管道負壓的來源

衡量式瀝青拌合機械是由許多機組組合而成，在生產中為顧慮各

機組的運轉特性，材料輸送的暢通，取樣檢修的便利等需要，在設計製造時，有的地方目前尚不易做到完全密封，必須給予負壓的條件，使不易密閉的各處縫隙、缺口，如熱料提昇機、振篩機、熱料斗閘門、計量斗、拌合機、填充料的輸送計量系統等，不會溢出粉塵，只會吸入空氣，這種負壓條件完全靠排風機透過集塵設備，以強制式排氣產生，使所有與排風機前連通過的管道機體空間，都受其作用，請參見圖 9。

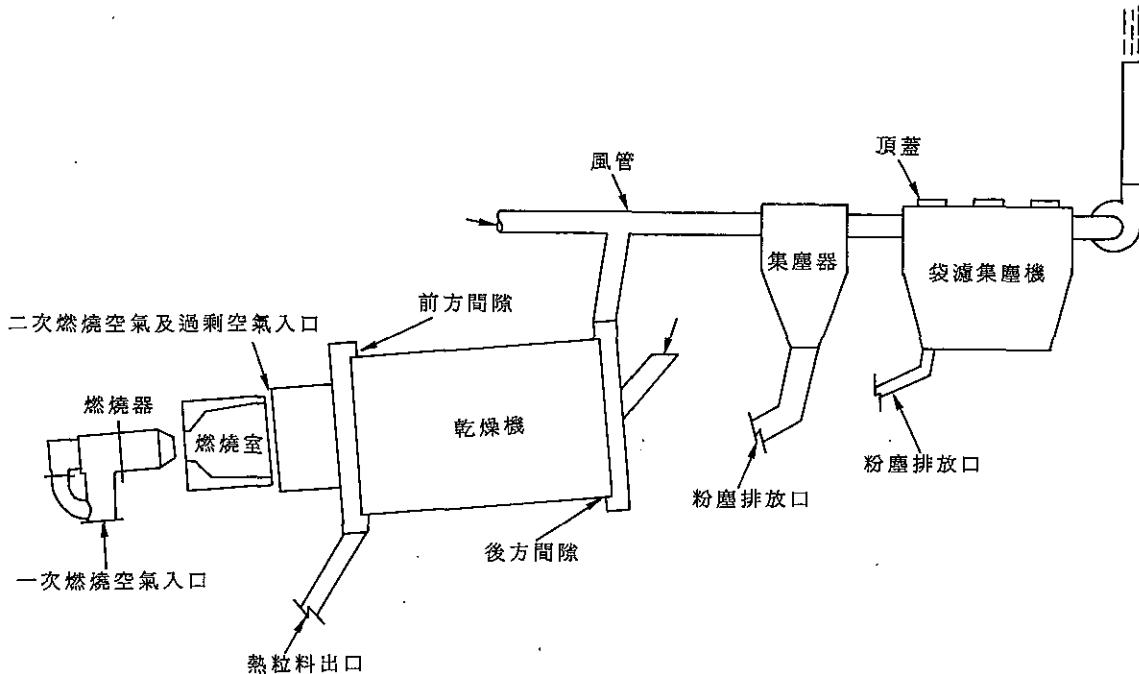


圖 9 拌合機排氣系統示意圖

3.5.2 乾燥機的滲氣情形及測試資料

1. 滲氣情形

乾燥機是瀝青拌合廠產能高低的關鍵，在大量且連續從事砂石加熱工作時，尾部常開的砂石進料口及頭部熱砂石的排料口，都無可避免因排風機傳輸的負壓吸進大量自然空氣，有爐頭設備的燃燒器，在重油燃燒的過程中須延長燃燒的時間及將火焰吸入乾燥機內部，所以除送風機從燃燒器噴出的一次空氣外，還需要從爐頭四周引進大量的二次空氣、三次空氣補助燃燒並使火焰作束狀射入機體內，同時這些引入的冷空氣也對爐頭產生冷卻有不被 1200°C 以上高

溫燒損的保護作用，另有乾燥機旋轉機體與機頭、機尾固定機組間的縫隙也會滲入部份空氣，請參見圖10。

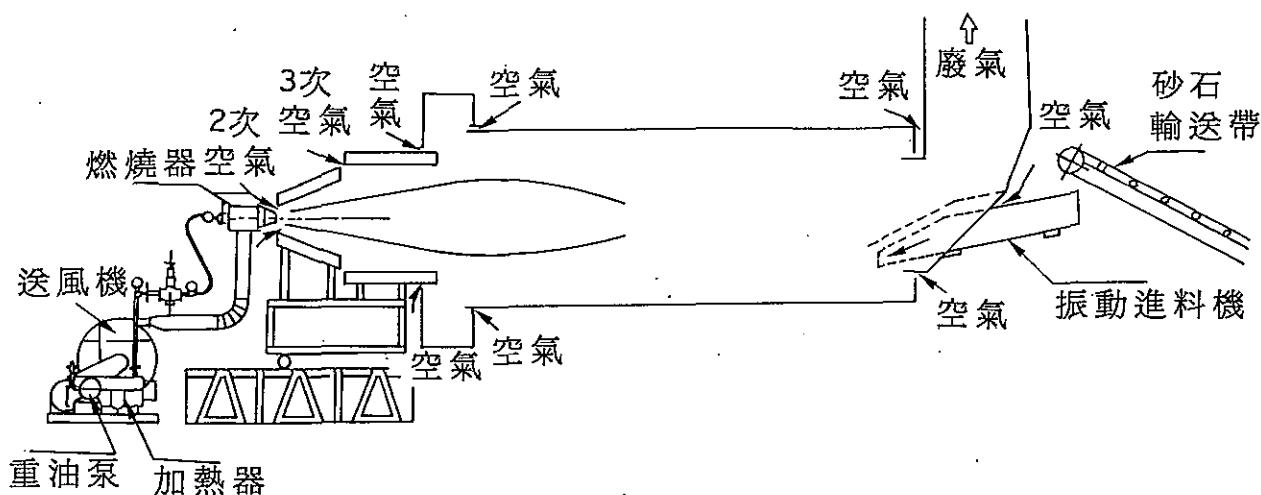


圖10 乾燥機滲氣情況示意圖

2. 測試資料

民國79年東建工廠委託亞太環境公司完成自行評鑑檢測報告，發覺無法達到排放的標準，乃決定拆換原有舊的日本袋濾集塵機，更改粉塵回收流程，並申請工業局污染防治技術服務團輔導，改裝完成啓用後驗收測試如下：煙囪含氧量15.1%（請參見表6），乾燥機含氧量14%（請參見表7）。

3. 僅乾燥機一項的含氧量已高達14%，為求進一步了解乃向技術服務團借用熱線風速儀，分別測試乾燥機各處空隙及防塵風管等處的滲氣量以爲比較，請參見表8。

表 6 煙道測定結果報告書

試 驗 項 目	實測值	單 位	測試方法
粒狀污染物濃度	45.95	mg/Nm ³	環保署公告法
氮 氧 化 物	57.60	ppm	環保署公告法
硫 氧 化 物		ppm	環保署公告法
排放氣體之溫度	118.00	°C	熱偶溫度計
排放氣體之流速	11.71	m/s	熱線風速儀
排放氣體含水率	20.40	%	
氣體組成	CO	0	電極法
	O ₂	15.10	%
	CO ₂	3.9	%
大 氣 壓 力	750	mmHg	

委託單位：中國技術服務社 測定年月日：80.4.12
 受驗單位：東建瀝青廠 採樣點：煙囪

表 7 煙道測定結果報告書

試 驗 項 目	實測值	單 位	測試方法
粒狀污染物濃度	68560.00	mg/Nm ³	環保署公告法
排放氣體之溫度	156.00	°C	熱偶溫度計
排放氣體之流速	15.25	m/s	熱線風速儀
排放氣體含水率	14.00	%	
氣體組成	CO	0.1	電極法
	O ₂	14.00	%
	CO ₂	5.0	%
大 氣 壓 力	740	mmHg	

委託單位：中國技術服務社 測定年月日：80.4.12
 受驗單位：東建瀝青廠 採樣點：旋轉乾燥機

表 8 乾燥機滲氣測定資料

測量位置	滲氣面積 (m ²)	風速 (m/s)	溫度 (°C)	0°C 風量 m ³ /min	備註
1. 爐前孔隙	0.022	5.5	22	6.7	二次空氣補助燃燒火束作用
2. 爐頭進氣處	0.388	6.8	22	146.5	三次空氣補助燃燒火束作用
3. 機頭縫隙	0.048	6	21	16.0	滲入氣體
4. 熱料排出口	0.075	7.8	77	27.4	滲入氣體
5. 機尾縫隙	0.03	12	21	20.1	滲入氣體
6. 砂石進料口	0.28	8.5	21	132.6	滲入氣體
7. 防塵氣管(總)	0.16	7.5	92	53.9	各機組防塵氣罩作用
8. 爐前送風機	規格64m ³ /min×1053mmAq		64		一次燃燒氣體
9. 洗塵空壓機	規格4.8m ³ /min停50秒充氣 20秒		1.37		噴洗濾袋用
合計				468.5m ³ /min	

3.5.3 排氣量及含氧量的合理值

1. 排氣量與含氧量

我國瀝青拌合廠給乾燥機使用的燃料，幾乎清一色為重油，此油所需理論燃燒空氣約 $11\text{m}^3/1,1\text{T} \sim 2\text{T}$ 乾燥機的最大耗油量約 $600 \sim 1100\text{l/h}$ ，其空氣使用量約 $110 \sim 202\text{ m}^3/\text{min}$ 應可滿足燃燒需要，事實上乾燥機的構造及燃燒設備有前節所述的種種因素，使實際進氣量為 1倍燃燒空氣量 + 2倍過剩空氣量 + 0.5倍防塵空氣量，故 120°C 煙函乾基排氣量應在 $516 \sim 948\text{m}^3/\text{min}$ 之間，基於燃燒器使用適用範圍而非最大耗油量，砂石含水率越高油門越小的控制方法，排風機能量的設計不需再加上蒸氣量，主要須配合燃燒器及預留小部份溫變伸縮容量，目前國內大多數瀝青使用的排風機其最大能量，在 100°C 時，1噸的機械約 $560\text{m}^3/\text{min}$ ，1.5噸的機械約 $800\text{m}^3/\text{min}$ ，2噸的機械約 $1050\text{m}^3/\text{min}$ ，且附風門裝置，以便起動時隨油門配合調整，原則上若無特意的加大排風量，同時減小用油量或熄火或風管破損等，含氧量的測試值應在 $15 \pm 1\%$ 左右，若能改用無爐頭設備的高壓噴油燃燒器，則進氣量將為 1倍燃燒空氣量 + 1.5倍過剩空氣量。

+ 0.5倍防塵氣量，排風機能量也可降至 $500\text{m}^3/\text{min} \sim 950\text{m}^3/\text{min}$ ，含氧量值在 $14 \pm 1\%$ 左右，但須特別注意燃燒情況。

2. 原廠資料

請參見表 9，此表為國內使用最多的日工機械技術手冊摘錄，文中明白指出其乾燥機的燃燒器，用 S型高壓噴油燃燒器時廢氣含氧濃度在 $13 \sim 15\%$ 間，用一般AB型低壓噴油燃燒器時，則再提高 $10 \sim 15\%$ ，約在 $15 \sim 17\%$ 間，國內大多使用低壓噴油燃燒器。

表 9 日本製造廠資料

第四次氧化氮排放濃度限制值(全國同一基準)

於1979年 8月10日以前完成之骨材乾燥爐的排放基準限定在 250ppm 以下。但是給予三年時間改善，自1982年起生效。

1979年 8月10日以後之骨材乾燥爐(第11項)，其排放基準規定在 230ppm 以下。但是基本殘存氧氣濃度必須有 16% 。

敝公司乾燥用的燒油爐之 ppm 實測值； NO_x 在 $25 \sim 40\text{ppm}$ ，氧氣濃度在 $13 \sim 15$ 之間(本數值為S型燒油爐、一般的燒油爐則大約提高 $10 \sim 15\%$)。

3.5.4 高含氧量的影響

排放廢氣的含氧量高，就是過剩空氣量太多，其對環保品質，集塵設備的壽命，業者的生產成本等都有負面的影響，原因如下：

1. 提高過濾速度，加強粉塵對濾布的穿透力，造成排放濃度昇高。
2. 使廢氣溫度降低，當廢氣溫度降至露點以下，便造成粉塵黏滯，排氣不良，金屬嚴重腐蝕等。
3. 因粉塵穿透力強使更多粉塵鑽入濾布內，造成壓差昇高，濾袋壽命縮短。
4. 大量熱量隨過剩空氣流失，浪費油電能源，提高生產成本。

高含氧量雖有諸多負面影響，但目前業者使用的灑表拌合機械，正常含氧量均在 $13 \sim 17\%$ 間，若想突破瓶頸大幅降低含氧量，除非發展新機種，現今業者所能努力的只能盡可能的減少滲氣。

四、結論

維護環保人人有責，瀝青拌合業者當然也不願後人，但礙於大環境諸多不利條件的限制，想要超越美日歐也確實心餘力拙，目前在我國燃料含硫率及砂石含水率都偏高的情況下，依外國條件設計的機械與集塵設備，有部份如：原用氣體或柴油為燃料，後改用重油的燃燒器，清洗能力低的濾袋裝置，高氣布比的集塵設備，高熱效率的乾燥機等，這些設備在短時間使用尚難發現太大的異狀，若長期使用將無法適應國內的環境，因此採購或修換時應考慮下列諸點補救建議：

1. 盡量使用乾的砂石料。
2. 選用清洗效果強的，脈動噴洗文氏管濾袋及防水性優的濾布。
3. 加大過濾面積，氣布比減至 $1.5\text{m}/\text{min}$ 以下或更低，以降低過濾速度。
4. 改良回收系統，消除細塵粒停留於設備中，減少濾袋負擔。
5. 在防粉塵溢散的前提下盡量減少滲入空氣，並降低排風機負載。
6. 選用完全適合國內重油的燃燒器。
7. 在燃料含硫率未降低前，不宜使用高熱效率的乾燥機。
8. 加裝外部保溫或其他方法，減緩廢氣溫度的散失。

參考文獻

- (1) 爐用燃油的性質與應用，中國石油股份有限公司，1990.1。
- (2) 林志棟，瀝青混凝土配合設計及其原理，國立中央大學土木工程研究所，1985.9。