

110 年
09-10 月號



〈雙月刊〉

環境工程技師公會會訊

- ◎ 發行人：楊基振
 ◎ 發行所：台灣省環境工程技師公會 (<http://www.tpeea.org.tw>)
 ◎ 協助策劃：中華民國環境工程技師公會全國聯合會
 ◎ 編輯：台灣省環境工程技師公會學術委員會
 ◎ 主編：王志遠
 ◎ 發行地址：台北市長安西路342號4樓之1
 ◎ 電話：02-25550353
 ◎ 傳真：02-25591853

本期要目

	頁次
■ 主編的話	2
■ 會務報告	3
■ 重要法令	4
■ 行政院公共工程委員會核備 110 年 09 至 10 月訓練積分課程表	8
■ 環保訊息	10
■ 論述園地	13
1. 都市污水產能與除氮—厭氧/好氧固定生物工法-陳虹瑤、林正芳	13
2. 燃煤電廠視覺污染改善及 PM _{2.5} 減量技術探討-郭子豪	31
■ 徵稿啟事	48
■ 各公會會員大會、理監事會會議紀錄	49

主編的話

近年國際間最熱門的課題，節能減碳絕對是其中重要的議題之一，如何使地球大氣溫度升高不超過攝氏 2 度，更是大家耳熟能詳的環保話題。台灣身為國際社會的一份子，自然也不能置身事外，政府因而制定了 2050 年淨零排放（NET ZERO）的目標。環境工程技師身為國家技師，如何在推動污水處理、空氣污染防治等環保措施時，亦能同步有效的節能減碳也勢在必行。

因此本次會刊，特請國立臺灣大學環境工程研究所暨中華民國環境工程學會理事長 林正芳教授及陳虹瑤博士，分享「都市污水產能與除氮——厭氧/好氧固定生物工法」的佳作，該文闡示都市污水處理廠做為水資源與能源的產業是環境工程師的使命，說明美國史丹福大學瑪卡地教授研究，以厭氧處理都市污水可以產生淨 0.5 度電/噸污水，其效益遠勝傳統活性污泥法之消耗 0.9 度電/噸污水。因此該研究團隊使用厭氧/好氧固定化微生物載體，免除薄膜過濾及上流式流體化床操作的能源需求，前段的厭氧工法至少消減 80% 以上 COD，相對節省污水處理廠 40% 的曝氣耗電，亦減少廢棄污泥量；好氧固定生物法做為末端處理程序，固定生物板厚度來控制氧氣傳輸層，使在生物板表面進行生物降解及好氧硝化反應，在生物板內層的缺/厭氧區行脫硝反應，達成高效率之反硝化反應。不但提供從事污水處理等技師們寶貴的專業知識與經驗，也反思如何降低污水處理設施的用電量，相當感謝林正芳教授及陳虹瑤博士專業的分享。

第二篇為環興科技股份有限公司郭子豪環境工程技師分享「燃煤電廠視覺污染改善及 PM2.5 減量技術探討」佳作，該文說明國內業者最初為了改善視覺污染而增設 MGGH，透過 ESP 前取熱 wFGD 後加熱，使 ESP 入口煙氣溫度由 150°C 降至 124°C，煙囪排放 72~75°C，即可改善視覺污染，改造後 ESP 入口煙氣溫度仍高於酸露點（約 120°C）以避免腐蝕。然而，本研究檢討國內煤源顯示澳洲煤及俄羅斯煤之灰硫比 >100，印尼煤透過摻配也可達到類似效果，顯示有灰包硫情形可降低腐蝕風險，因此與國內業者合作探討增加取熱，使 ESP 入口煙氣溫度降至 105°C 低於酸露點操作。研究顯示，增加取熱後，除了加熱煙氣改善視覺污染外，更可加熱鍋爐飼水，提高熱效率。此外，由於 ESP 入口煙氣溫度低於酸露點，硫酸液滴冷凝於飛灰以 ESP 去除，而飛灰的比電阻降低，ESP 性能提升，粒狀物排放濃度減少。改造後硫酸液滴濃度可低於 1ppm，粒狀物濃度可低於 10mg/Nm³。

秋意漸涼，先預祝各位技師中秋佳節愉快，闔家平安。

會務報告

1. 本會編撰之「廢(污)水處理設計參數及公式彙編(修訂二版)」草案已於 8 月 24 日 Email 給會員，若有修正或相關建議，敬請於 9 月 30 日前 mail 至公會，俾利彙整後製作定稿本。
2. 公會網站廣告刊登：
 - (1) 費用：
 - 會員(即會員之執業機構、所營公司或受聘公司)：
5,000 元/年；一次繳交 5 年 20,000 元；一次繳交 10 年 37,500 元。
 - 非會員：
6,000 元/年；一次繳交 5 年 24,000 元；一次繳交 10 年 45,000 元。
 - (2) 刊登辦法：
請繳交費用後，將貴公司或事務所之 LOGO(尺寸：288*93)及網址 MAIL 至公會。
3. 會員若有更動執業資料、受聘公司、地址、電話、Email…等相關資料，煩請告知公會以便及時修改檔案。

重要法令

行政規則公告

1. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 1 日環署空字第 1101065329 號令，修正「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」，名稱並修正為「公告場所室內空氣品質檢驗測定管理辦法」。
2. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 2 日環署空字第 1101080167 號令，訂定「行政院環境保護署室內空氣品質自主管理標章推動作業要點」，並自即日起生效。
3. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 6 日環署管字第 1101090146 號函，修正「行政院環境保護署環境保護產品申請審查作業規範」第 7、8 點，自即日起生效。
4. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 7 日環署基字第 1101060117 號公告，修正「照明光源回收清除處理費費率」。
5. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 8 日環署授檢字第 1101003622 號公告，預告「排放管道中總碳氫化合物及非甲烷總碳氫化合物含量自動檢測方法—線上火燄離子化偵測法 (NIEA A723.75B)」草案。
6. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 8 日環署授檢字第 1101003624 號公告，預告廢止「排放管道中總碳氫化合物及非甲烷總碳氫化合物含量自動檢測方法—線上火燄離子化偵測法 (NIEA A723.74B)」。
7. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 9 日環署空字第 1101076861 號令，修正「固定污染源空氣污染物削減量差額認可保留抵換及交易辦法」，名稱並修正為「固定污染源空氣污染物實際削減量差額認可保留抵換及交易辦法」。
8. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 14 日環署基字第 1101063155 號令，修正「廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準」部分條文。
9. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 15 日環署授檢字第 1101003699 號公告，預告「空氣中氯化氫等檢測方法—濾紙捕集／離子層析儀電導度偵測器法 (NIEA A456.10B)」草案。
10. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 15 日環署授檢字第 1101003706 號公告，預告廢止「化學物質檢測方法—無機類定性及定量分析法 (NIEA T102.11C)」。
11. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 15 日環署授檢字第 1101003708 號公告，預告「化學物質檢測方法—無機類定性及定量分析法 (NIEA T102.12C)」草案。

12. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 19 日環署授檢字第 1101003728 號公告，預告廢止「化學物質檢測方法－有機類定性及定量分析法（NIEA T101.11C）」。
13. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 19 日環署授檢字第 1101003730 號公告，預告「化學物質檢測方法－有機類定性及定量分析法（NIEA T101.12C）」草案。
14. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 22 日環署授檢字第 1101003752 號公告，預告廢止「毒性化學物質中鉻酸鹽及重鉻酸鹽類檢測方法（NIEA T305.10B）」。
15. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 22 日環署授檢字第 1101003754 號公告，預告「毒性及關注化學物質中鉻酸鹽及重鉻酸鹽類檢測方法（NIEA T305.11B）」草案。
16. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 23 日環署授檢字第 1101003826 號公告，預告「石油產品硫含量檢測方法－能量分散式 X-射線螢光光譜法（NIEA A443.75C）」草案。
17. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 23 日環署授檢字第 1101003828 號公告，預告廢止「石油產品硫含量檢測方法－能量分散式 X-射線螢光法（NIEA A443.74C）」。
18. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 23 日環署授檢字第 1101003840 號公告，預告「石油產品硫含量檢測方法－波長分散式 X-射線螢光光譜法（NIEA A447.73C）」草案。
19. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 23 日環署授檢字第 1101003841 號公告，預告廢止「石油產品硫含量檢測方法－波長分散式 X-射線螢光法（NIEA A447.72C）」。
20. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 23 日環署授檢字第 1101003846 號公告，預告「石油產品硫含量檢測方法－紫外線螢光光譜法（NIEA A446.72C）」草案。
21. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 23 日環署授檢字第 1101003847 號公告，預告廢止「車用汽、柴油中硫含量檢測方法－紫外線螢光法（NIEA A446.71C）」。
22. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 26 日環署空字第 1101094684 號公告，預告廢止「指定空氣品質惡化預警期間之空氣污染行為」。
23. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 27 日環署空字第 1101079432 號公告，預告「水泥業空氣污染物排放標準」修正草案。

24. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 27 日環署授檢字第 1101003852 號公告，預告廢止「初級固體生質燃料發熱量檢測方法－彈卡計法（NIEA A218.00C）」。
25. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 27 日環署授檢字第 1101003855 號公告，預告「初級固體生質燃料發熱量檢測方法－彈卡計法（NIEA A218.01C）」草案。
26. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 27 日環署授檢字第 1101003865 號公告，預告「免洗餐具中塑膠淋膜含量檢測方法（NIEA M213.00B）」草案。
27. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 27 日環署授檢字第 1101003880 號公告，預告廢止「初級固體生質燃料中硫、氯含量檢測方法（NIEA A219.00C）」。
28. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 27 日環署授檢字第 1101003882 號公告，預告「空氣中細懸浮微粒（PM_{2.5}）檢測方法－自動監測法（NIEA A220.10C）」草案。
29. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 27 日環署授檢字第 1101003884 號公告，預告「初級固體生質燃料中硫、氯含量檢測方法（NIEA A219.01B）」草案。
30. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 30 日環署授檢字第 1101003899 號公告，預告「排放管道及空氣中戴奧辛及呋喃檢測方法－同位素標幟稀釋氣相層析／串聯式質譜儀法（NIEA A817.00B）」草案。
31. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 30 日環署授檢字第 1101003930 號公告，預告「周界空氣中丙烯醯胺等有機化合物檢測方法－液相層析串聯式質譜儀法（NIEA A813.11B）」草案。
32. 行政院環境保護署中華民國 110 年 7 月 30 日環署授檢字第 1101003931 號公告，預告廢止「周界空氣中鄰-苯二酚等有機化合物檢測方法－液相層析串聯式質譜儀法（NIEA A813.10B）」。
33. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 3 日環署授檢字第 1101004099 號公告，預告「土壤採樣方法（NIEA S102.64B）」草案。
34. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 3 日環署授檢字第 1101004100 號公告，預告廢止「土壤採樣方法（NIEA S102.63B）」。
35. 行政院中華民國 110 年 8 月 11 日院授主基法字第 1100201119A 號令，修正「環境教育基金收支保管及運用辦法」第七條、第八條、第十一條。
36. 行政院中華民國 110 年 8 月 12 日院授主基法字第 1100201132A 號令，修正「空氣污染防制基金收支保管及運用辦法」第七條、第八條、第十一條。

37. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 16 日 環署授檢字第 1101004341 號公告，預告廢止「排放管道中總硫氧化物檢測方法－沈澱滴定法（NIEA A405.73A）」。
38. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 16 日環署授檢字第 1101004340 號公告，預告「排放管道中總硫氧化物檢測方法－沈澱滴定法（NIEA A405.74A）」草案。
39. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 18 日環署空字第 1101105703 號公告，預告「空氣品質模式模擬規範」修正草案。
40. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 18 日環署授檢字第 1101004376 號公告，預告「排放管道中粒狀污染物採樣及其濃度之測定方法（NIEA A101.77C）」草案。
41. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 18 日環署授檢字第 1101004377 號公告，預告廢止「排放管道中粒狀污染物採樣及其濃度之測定方法（NIEA A101.76C）」。
42. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 20 日環署化字第 1108200915 號公告，修正「列管關注化學物質及其運作管理事項」，並自即日生效。
43. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 23 日 環署授檢字第 1101004303 號公告，預告「河川、湖泊及水庫水質採樣通則－遙控無人機採樣法（NIEA W110.50C）」草案。
44. 行政院環境保護署中華民國 110 年 8 月 24 日環署空字第 1101112863 號令，修正「餐飲業空氣污染防制設施管理辦法」第四條、第七條。

行政院公共工程委員會核備 110 年 09 至 10 月訓練積分課程表

*本項課程表係轉達工程會核備之積分課程資訊，細節請技師先進洽詢主辦單位

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
1	110 年度綠建築評定小組成員教育訓練(本課程採用視訊教學)	2021/09/09 ~ 2021/09/10	成功大學建築學系	聯絡人：羅子雯 電話：06-2757575#54145 信箱：s8619731@gmail.com
2	GRMC 系列 3-預拌混凝土廠產製實務課題與解決方案	2021/09/11 ~ 2021/09/11	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：陳小姐 電話：02-89195032 信箱：chenmmnu@tcric.org.tw
3	遙測科技應用於國土監測	2021/09/14 ~ 2021/09/14	台灣世曦工程顧問股份有限公司	聯絡人：丁裕興 電話：02-87973567-8840 信箱：ting0204@ceci.com.tw
4	Mobileye 於道路駕駛輔助系統介紹及設施管理應用	2021/09/14 ~ 2021/09/14	財團法人中華顧問工程司	聯絡人：劉崑玉 電話：87325567*1219 信箱：kuny@ceci.org.tw
5	鋼結構塗裝檢查員訓練班	2021/09/14 ~ 2021/09/16	中華民國防蝕工程學會	聯絡人：江淑慈 電話：+886282731575 信箱：anticorr@seed.net.tw
6	工程法務系列-統包工程之專案管理與法律爭議實務	2021/09/15 ~ 2021/09/15	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：楊小姐 電話：02-89195033 信箱：cindy.yang@tcric.org.tw
7	鋼結構塗裝檢查員訓練班操作複習與實作測驗	2021/09/23 ~ 2021/09/23	中華民國防蝕工程學會	聯絡人：江淑慈 電話：+886282731575 信箱：anticorr@seed.net.tw
8	110 年度機電監造人員教育訓練(三)	2021/09/24 ~ 2021/09/24	中興工程顧問股份有限公司	聯絡人：石峻文 電話：27698388 # 20373 信箱：flute@mail.sinotech.com.tw
9	環境分析技術(第60期)講習會「本課程有採用視訊或網路教學」	2021/09/28 ~ 2021/09/28	社團法人中華民國環境分析學會	聯絡人：施侑萱 電話：03-4228621 信箱：ceas@ms22.hinet.net
10	鋼筋探測技術與應用	2021/09/28 ~ 2021/09/28	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com
11	鋼結構塗裝檢查員訓練班	2021/09/28 ~ 2021/09/30	中華民國防蝕工程學會	聯絡人：江淑慈 電話：02-8273-1575 信箱：anticorr@seed.net.tw
12	鋼筋探測技術與應用	2021/09/30 ~ 2021/09/30	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com
13	鋼結構塗裝檢查員訓練班操作複習與實作測驗	2021/10/07 ~ 2021/10/07	中華民國防蝕工程學會	聯絡人：江淑慈 電話：+886282731575 信箱：anticorr@seed.net.tw

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
14	水領袖峰會：無可替代的水價值	2021/10/14 ~ 2021/10/14	財團法人商業發展研究院	聯絡人：葉小姐 電話：0277074933 信箱：wrawater2021@gmail.com
15	防災應變科技臺日交流論壇	2021/10/15 ~ 2021/10/15	台灣水環境再生協會	聯絡人：趙小姐 電話：27772675 信箱：ouyang@twea.org.tw
16	2021 新南向市場水資源價值與商機	2021/10/16 ~ 2021/10/16	台灣水環境再生協會	聯絡人：趙小姐 電話：27772675 信箱：ouyang@twea.org.tw
17	後置植筋的選擇與設計	2021/10/26 ~ 2021/10/26	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com
18	後置植筋的選擇與設計	2021/10/28 ~ 2021/10/28	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com

環保訊息(資料來源：行政院環境保護署)

- 110/07/09 【**環保署修正發布「固定污染源空氣污染物實際削減量差額認可保留抵換及交易辦法」**】

「高屏地區空氣污染物總量管制計畫」自 104 年在高屏地區實施以來，一直存在削減量差額流通性及實際抵換運用等問題。環保署在今(9)日完成了「固定污染源空氣污染物削減量差額認可保留抵換及交易辦法」的修正，名稱並修正為「固定污染源空氣污染物實際削減量差額認可保留抵換及交易辦法」，藉以健全國內總量管制制度的運作，並鼓勵有潛在污染減量空間的業者加強減量。

- 110/07/20 【**老鍋變好鍋 雙管齊下改善老舊鍋爐空污排放**】

環保署為加速老舊鍋爐減少空氣污染排放，自 104 年起連續 6 年與經濟部合作，推動老舊鍋爐改善補助，共列管鍋爐 6,621 座，截至本(110)年 6 月底，已共同出資 14.3 億元，合計改善鍋爐 5,770 座，改善率達 87%。至 109 年底，空氣污染 1 年減少硫氧化物排放 7,138 公噸，減量達 67%，相當於減少 1 座台中電廠 109 年硫氧化物排放量；同時亦 1 年減少二氧化碳排放約 106 萬公噸，相當於 2,717 座大安森林公園的碳吸附量，成效顯著。

- 110/07/27 【**環保署預告「水泥業空氣污染物排放標準」修正草案**】

環保署為減少大型固定污染源空氣污染物排放、鼓勵公私場所提升空氣污染防制設備效能以維護空氣品質、推動資源循環與環境友善共榮政策，預告「水泥業空氣污染物排放標準」(以下簡稱本標準)修正草案。

- 110/08/17 【**媒體報載「嫌中央太寬鬆 北市污水廠放流水氨氮管制自主加嚴」環保署回應說明**】

環保署為降低氨氮進入環境水體及提升河川水體水質，於 106 年 12 月 25 日增訂公共污水下水道系統保護區外之氨氮管制限值。同時為鼓勵公共污水下水道系統收受處理事業廢水、截流水或水肥，以綜合性之廢水水質(包含事業廢水、水肥等)為衡酌基準，並綜合考量全國性實務運作及改善時程，針對流量大於 250 CMD，且許可核准收受事業廢水、截流水或水肥之設計最大量達總廢(污)水最大量 20%以上之既設廠，採兩階段管制，於 110 年為 75 mg/L，113 年為 30 mg/L。臺北市針對收受廢(污)水性質較單純之內湖廠與迪化廠(以民生污水為主)，基於水體保護之需求，採取更為嚴格而有效之管制要求，環保署予以肯定。

➤ 110/08/17 【廢棄物申報從心出發 讓產業揪甘心】

依廢棄物清理法規定，當列管事業產出廢棄物，應透過網路向環保局申報廢棄物產量及流向，但為促進我國事業廢棄物聯單申報作業效率，環保署與業界合作，從心出發，自 108 年起提供四項友善化申報工具，藉此提升事業申報效率及正確性，預計列管中的 4 萬餘家事業皆可受益，環保署呼籲業者選擇合用申報模式，共為環境盡好社會責任。

➤ 110/08/18 【環保署預告「空氣品質模式模擬規範」修正草案】

近年來民眾的環保意識提升，對空氣品質的要求也越來越高，由於空氣品質模式（下稱空品模式）是空氣品質管理的重要工具之一，環保署考量國際間空品模式選用與時俱進，同時為強化新設或變更固定污染源進行空品模式模擬之評估方式並減少爭議，爰預告修正「空氣品質模式模擬規範」。

➤ 110/08/18 【空品惡化防制辦法務實修正，空污問題多面向改善】

有關部分人士反應環保署「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」修正力道不足之意見，環保署說明，這次的修法重點是務實因應空氣品質已較過去幾年改善且預報技術精進，故將應變啟動門檻從空氣品質指標(AQI)大於 200，下修至 150，並超前部署進行應變；另外為使短期空品有更大改善機會，增加汽電共生燃煤機組、鋼鐵業及石化業等大型污染源需降載減排，再參考地方政府實務應變需求，納入大區域上風處縣市共同協力的規範，也授權地方政府可因地制宜制訂移動污染源的應變措施。

➤ 110/08/18 【高雄市和益化學公司林園廠整治場址改善有成 今日公告解除列管】

和益化學工業股份有限公司林園廠土壤及地下水污染整治場址完成整治，土壤污染物「苯」、「總石油碳氫化合物」及地下水污染物「苯」驗證濃度均低於管制標準，環保署依法公告解除土壤及地下水污染整治場址列管。

➤ 110/08/20 【關注化學物質分級管理 新增列管硝酸銨與氫氟酸】

環保署公告新增列管硝酸銨及氫氟酸為具有危害性的關注化學物質，加強管理製造、輸入、販賣、使用、運送及貯存等運作，除須取得核可、申報運作資料、遵循事故預防與緊急應變規定及禁止於網購平臺交易外，也規範市售氫氟酸製成品必須落實標示，預防不當使用而造成意外傷害的發生。

- 110/08/23 【**環保署呼籲全國養豬場落實廚餘高溫蒸煮，勿非法使用廚餘，保護自己也保護我國養豬產業**】
- 為了兼顧養豬產業之需求與發展，全國環保機關已核准 676 家養豬場合法使用廚餘。但為杜絕廚餘成為非洲豬瘟染病風險，仍全力督促養豬場落實廚餘高溫蒸煮作業。根據環保署統計資料，全國環保機關自 108 年 2 月 1 日起強力執行稽查養豬場工作，已稽查 15,153 家次養豬場，期藉此確保廚餘作為養豬飼料之使用安全。
- 110/08/24 【**環保署修正發布「餐飲業空氣污染防制設施管理辦法」**】
- 為因應嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情影響，環保署於本(110)年 8 月 24 日修正發布「餐飲業空氣污染防制設施管理辦法」(下稱本辦法)第 4 條、第 7 條規定，將新設列管餐飲業應符合本辦法規定之期限延至 111 年 1 月 1 日起實施，既存列管餐飲業因配合防疫政策無法於 111 年 2 月 1 日前符合規定者，可提前向直轄市、縣(市)政府申請展延，惟最遲應於 111 年 7 月 1 日符合規定。
- 110/08/31 【**全國垃圾焚化廠處理成效卓著 環保署頒獎表揚**】
- 新冠肺炎(COVID-19)疫情嚴峻，全國垃圾焚化廠作業人員仍堅守崗位處理民眾每日生活產生的垃圾，109 年並貢獻出 34 億度發電量，環保署今(30)日特別舉辦頒獎典禮，由副署長沈志修頒獎，表揚 109 年績優焚化廠及環保局並對全國垃圾焚化處理相關工作人員，致上最深的謝意。
- 110/08/31 【**環保署依規定彙編發布溫室氣體國家報告**】
- 有關外界關切環保署是否有依「溫室氣體減量及管理法」規定編撰「溫室氣體國家報告」，環保署說明如下：
- 「溫室氣體減量及管理法」第 13 條第 2 項及其施行細則第 13 條規定，中央主管機關應每 3 年編撰溫室氣體國家報告，於每 3 年之第 3 年 11 月 30 日前報請行政院核定後，公開於中央主管機關網站。上一版「2018 年溫室氣體國家報告」環保署於 107 年 11 月完成編撰並報行政院核定，目前正進行 2021 年版之編撰作業中，將依規定於今年 11 月 30 日前報行政院，完全依照規定辦理。

論述園地

都市污水產能與除氮—厭氧/好氧固定生物工法

陳虹瑤 林正芳

國立台灣大學環境工程學研究所 - 博士後研究 - 教授

E-mail : haonyao@gmail.com

一、前言

都市污水處理廠採用好氧活性污泥生物處理技術已逾百餘年，活性污泥法因應處理水量，所需的供氧亦大幅提升；雖然現今已有眾多新穎設備與 AI 方法可應用在優化曝氣，但多數污水處理廠其供氧曝氣耗能仍約占廠內總用電量的一半。早期的厭氧生物處理法降解有機物將之轉化為甲烷氣，省去好氧生物曝氣所需的電力消耗，且厭氧生物生長緩慢，生成污泥量低於好氧活性污泥，故而有較低的廢棄污泥量。就處理有機廢污水而言，厭氧生物處理法相較優於好氧生物處理的部分，為可將廢污水中的碳源轉化為氣相甲烷產物並可利用甲烷發電，轉化污水處理程序從大量耗電設施變為淨產能設施，此正是美國史丹福大學厭氧生物處理研究大師瑪卡地教授近年的倡議，將都市污水處理由耗能的活性污泥法翻轉為淨產能的厭氧生物法。

厭氧生物反應並非新技術，且早已被利用於都市污水處理廠廢棄污泥消化減量，除巴西與印尼外，厭氧生物法甚少用在處理都市污水，主因為厭氧污泥需要維持長污泥齡，以及相較活性污泥法須有較長之水力停留時間。另外氣候條件亦是影響因子，以厭氧生物方法處理低強度都市污水的技術發展議題上，整體反應系統必須要提升反應槽厭氧微生物污泥濃度及降低水力停留時間，以因應短時間能夠處理大量生活污水的問題。如近年發展的沉浸式厭氧薄膜生物反應槽(SAnMBR, submerged anaerobic membrane bioreactor)及上流式厭氧薄膜生物反應槽(AFMBR, anaerobic fluidized bed membrane bioreactor)，結合薄膜系統攔截厭氧微生物於反應槽內，達成維持高厭氧微生物濃度，即使在較短暫的水力停留時間亦不致造成微生物流失，此兩種厭氧技術之實驗與試驗過程都獲致高達 95%以上 COD 去除效率及甲烷產率，但薄膜過濾和上流式流體化床操作仍有能源需求，仍有改進的空間，為此本研究團隊以固定生物技術(IBM, immobilized biological method)，固定懸浮態的厭氧微生物成固型平板(或球體)，用工程方式調配厭氧生物濃度且不需額外耗能來操作反應器系統。

厭氧生物方法在實際應用面上，尚存在兩項基本問題有待解決，即殘餘 COD 及氮化物的削減，這是厭氧方法處理生活污水必要的所謂“post treatment (末端處理)”，而好氧固定生物反應器可以產生同步即時降解 COD 及硝化反硝化反應，故可以作為厭氧反應器後最優選的末端處理技術。好氧固定生物系統為將固定化的活性污泥平板或球體置於傳統曝氣槽，配合氧氣傳輸機制，營造平板或球體界面好氧與缺/厭氧梯度環境，達成單槽硝化脫硝反應，進而產生同步去碳及除氮的功能。

為達永續能源及環境的發展，污水處理廠並非單純削減污染物設施，其實更應為一個能資源循環利用設施，轉化水體中的有機物為再利用的能源(甲烷)、氮化物變為氮氣回歸大氣，磷酸鹽再結晶重製為磷肥，將人為活動產生的廢污水，經污水處理設施做最大幅度的轉化處理，回歸河川生態，使水資源與能源生生不息。

二、厭氧固定生物技術

假若厭氧反應系統之水力時間短而厭氧微生物在槽內增長緩慢，此時厭氧微生物質量逐漸流失，造成反應槽內微生物濃度降低，當然影響系統反應效率，反應槽最終將失去處理功能。改善方案為延長反應水力停留時間、設計微生物迴流系統或將懸浮微生物滯留反應槽內，以確保生長緩慢的細菌不致流失，固定生物平板是為維持反應槽內微生物濃度的工藝，厭氧固定生物系統(AnIBM)以固定生物平板維持高厭氧微生物質量濃度，不致因為短的水力停留時間而流失厭氧微生物，經試驗對於溫度變化有衝擊耐受性並可迅速回復穩定，為厭氧固定反應槽的獨特性；本研究團隊改良楊教授(Yang et al., 1988)研發的固定生物方法，以膠體高分子醋酸纖維素作為載體，將混合菌群固定化於模型，固定生物技術以工程方法將生長緩慢的微生物加以固定或包埋，使其可以在水力停留時間較為短暫的連續流反應器內保持微生物體濃度，不流失微生物，可以保持設計之生物反應。高分子醋酸纖維素固化材料有多項特點，包括優良之機械強度、具多孔性以利流體物質傳輸、材料不被微生物細菌分解、不溶解於水、不毒害微生物及具有材料穩定耐久性等，以上述皆為將固定生物工法推廣應用於實際廢污水處理之必要條件。

實驗室之厭氧固定生物反應槽體積為 24 公升 (長 30×寬 20×高 40 公分) (詳圖 1 及圖 2)，外圍設有水浴槽空間以控制槽體溫度，槽內利用隔板及固定生物板(圖 2)使污水上下繞流，填入固定生物板後有效

體積 17 公升，並於系統上方連接檢測器以檢測 pH、DO、ORP 及導電度、溫度，並蒐集氣相產物於氣袋。

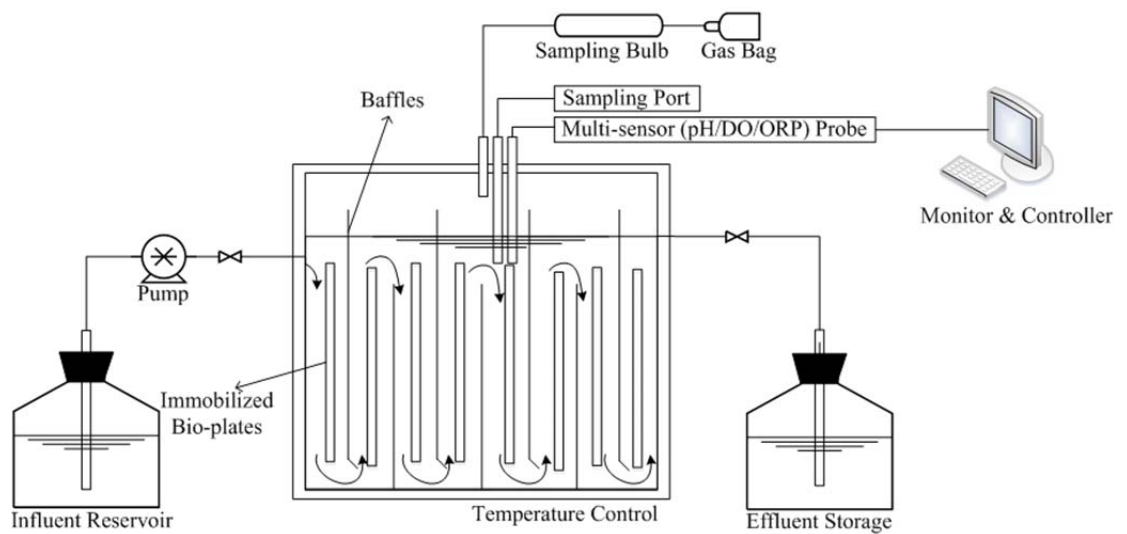


圖 1 AnIBM 反應槽示意圖。

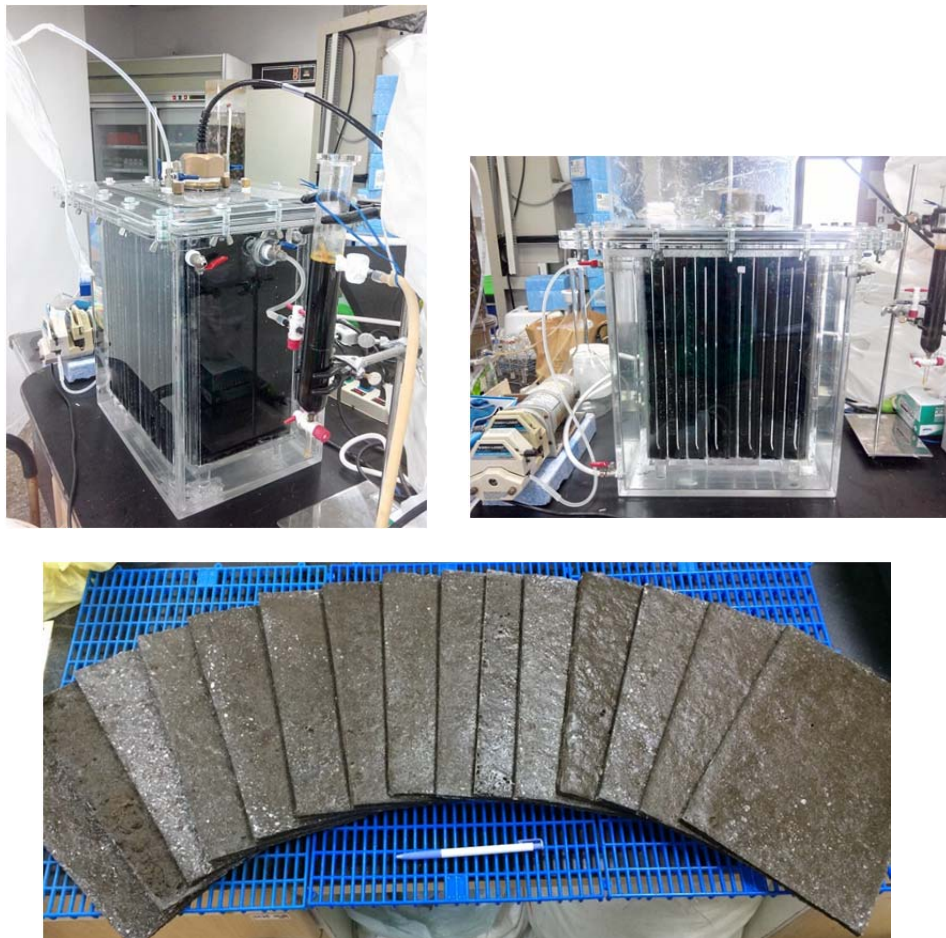


圖 2 AnIBM 反應槽及厭氧固定生物平板

厭氧固定生物系統試驗反應槽內的厭氧微生物菌種取自食品工業廢水處理廠 UASB 反應槽之厭氧污泥(含水率約 80%)進行固定化程序，固定生物平板厭氧微生物濃度為 58 公克/公升（平板體積），平板基本性質整理於表 1。

表 1 厭氧固定生物平板基本性質

項目	值
平均污泥含水率 (%)	~80%
平均固定生物平板體積 (cm ³)	350-450
固定生物平板總體積 (L)	5.5
平板厭氧微生物濃度 (g/L)	58
SRT(day) #	450

$$\#SRT = \frac{\Delta COD \times Q_{in} \times Day \times Y_{cell}}{COD_{SS} \times Q_{out}} = \frac{\Delta COD}{COD_{SS}} \times Y_{cell} \times Day$$

厭氧固定生物系統的水浴控制溫度為攝氏 35° C，控制水力停留時間 16 小時，以脫脂奶粉及厭氧微生物所需營養鹽配製成都市污水，調控進流 TCOD 濃度約為 400 mg/L，系統出流 TCOD 濃度為 46.6 mg/L，去除率約 90%，而氨氮及總氮因厭氧反應無法去除，幾乎與進流濃度相等，此乃厭氧環境無法發生硝化反應，當然無法削減總氮，氣相產物生成甲烷佔 83.4%，溶解性甲烷濃度 3.96 mg/L，總體甲烷回收率 74%，其厭氧固定生物系統進出流水質及氣體組成整理於表 2。

表 2 厭氧固定生物系統進出流、氣體組成

項目	濃度
<i>Influent</i>	
HRT(h)	16
Temperature(°C)	35
TCOD (mg/L)	435±19
SCOD(mg/L)	365±26
NH ₃ -N(mg/L)	28.3
TN(mg/L)	32.1
<i>Effluent</i>	
TCOD (mg/L)	46.6±9.8
SCOD(mg/L)	39.2±9.8
NH ₃ -N(mg/L)	31±1.9
TN(mg/L)	32±2.0
Dis CH ₄ (mg/L)	3.96±0.24
SS (mg/L)	< 7
VFA (mg/L)	1.26±0.46
Formic Acid (mg/L)	N.D.
Acetic Acid (mg/L)	0.151±0.010
Propionic Acid (mg/L)	0.044±0.062
Butyric Acid (mg/L)	0.451±0.175
Pentanoic Acid (mg/L)	0.612±0.212
<i>Gas composition</i>	
CH ₄ (%)	83.4 ± 1.1
CO ₂ (%)	2.4 ± 0.2
N ₂ (%)	14.2 ± 1.2
Gaseous methane production (L CH ₄ /d)	2.13 ± 0.12
Gaseous methane yield (L CH ₄ /g COD _{removed})	0.24 ± 0.01

如在前言中所述，目前以厭氧生物方法研究處理都市污水最為顯著的二個系統為上流式厭氧薄膜生物反應槽 (AFMBR) 及沉浸式厭氧薄膜生物反應槽 (SAnMBR)，二者皆以薄膜設備維持反應槽高微生物濃度；AFMBR 系統將附著厭氧微生物之活性碳以流體動力上流懸浮，後端加設薄膜系統隔離活性碳並過濾出流水使其達水質標準，其中的薄膜過濾與上流式流體化床操作為耗能源之程序；SAnMBR 系統以 MF 膜將厭氧污泥留置反應槽內，末端迴流厭氧污泥，以薄膜系統留滯厭氧污泥並過濾產水以達水質標準，亦是需耗費能量之單元組合。本研究團隊使用的厭氧固定生物技術相較前述兩種方法為另類之厭氧生物工法，係以固定生物技術將懸浮式厭氧微生物固定化，使厭氧微生物以固定平板型式而非懸浮分散型態留置於反應槽內，提高生物質量濃度並使污泥具有之長污泥停留時間 (SRT)，得以在較短暫的水力停留時間內進行厭氧反應處理低強度污水，完全無需擔慮厭氧微生物流失問題。槽內架設隔板綁上經固定化之厭氧微生物，使污水水流形成上下繞流之類柱塞流，可增加厭氧微生物與污水的接觸反應時間。綜合而言，厭氧固定生物技術相較於厭氧薄膜系統，可較節省薄膜操作的能耗及反應槽顆粒載體流體化所需的動力能源。

比較厭氧薄膜系統與厭氧固定生物系統 (詳表 3)，各反應系統在模擬處理低強度都市污水的實驗，配置進流 COD 濃度約 400-500 mg/L，水力停留時間 < 16 小時，各系統 COD 去除率皆可大於 90%，且甲烷回收率皆大於 40%，試驗成果呈現厭氧反應用於模擬處理都市污水的可行性，有效轉換為可利用產能之甲烷，翻轉污水處理設施由耗能變為產能，而厭氧固定生物技術相較於其他厭氧處理技術，不會因較短的水力停留時間而流失厭氧微生物且免除使用薄膜來留置厭氧微生物，並可穩定處理低強度污水，為深具應用潛能的工藝。

表 3 厭氧生物反應系統

厭氧系統	溫度 (°C)	槽體積 (L)	進流組成	HRT (h)	液相 COD		氣相 CH ₄		參考文獻
					COD _{inf} (mg/L)	去除率 (%)	CH ₄ (%)	MRE (%)	
SAnMBR	25-30	6	葡萄糖	12	550	99-94	70	58.6	Huang (2011)
AFMBR	35	3.93	醋酸鈉 丙酸鈉	2.8	513±36	91	86	57.9	Kim (2011)
AnMBR	15	5	奶粉	16	440±68	92±5	-	40-50	Smith (2013)
AnIBM	35	17	脫脂奶粉	16	435±19	90	83	74	本團隊研究 Wu (2017)

三、厭氧末端處理程序—好氧固定生物技術

厭氧生物方法處理都市污水，可以將有機物轉化為甲烷產能，然無助於移除氮化物，在面對加嚴的氮化物放流水標準，實有必要在厭氧程序末端再增設除氮單元及進一步去除殘餘 COD 以提升放流水水質。雖然生物除氮因厭氧氨氧化技術 (ANAMMOX) 而翻轉除氮觀念，且大幅減輕耗能及電子供應者的有機碳需求。然而傳統生物除氮方式之 AO 或 A₂O 以硝化反應去除氨氮，再進行反硝化反應去除總氮仍較適合應用在生活污水環境，不論是 AO 或 A₂O 其運作方式均是將已經硝化的污水回流至缺氧槽以利用進流污水中充足的 COD 做為反硝化碳源；如今污水經厭氧生物處理後，其殘餘 COD 量應該是所剩無多，有可能不夠末端反硝化需求，美國雖有案例以外加甲醇或乙醇方式進行反硝化單元反應，畢竟此舉還是要消耗額外的資源與能源，其作法應不值得鼓勵。是故如何使厭氧處理之末端程序得以有效去除厭氧出流水的總氮及剩餘碳源，是為應用厭氧生物方法處理都市污水的重要課題。

以下先予簡單回顧及復習自然環境中氮循環(如圖 3)及生物硝化與反硝化反應，氮溶於水後可形成銨離子(NH_4^+)，此形態下可被亞硝酸菌或藍綠細菌等微生物吸收轉化為亞硝酸根(NO_2^-)，亞硝酸根再經由硝酸菌(Nitrobacter)轉化為硝酸根(NO_3^-)，以上兩步驟反應稱為硝化作用(Nitrification)，氮元素至此始能為植物根部所吸收進入體內，再經生物體內同化作用(Assimilation)轉化成胺基酸及蛋白質，繼而經由食物鏈維繫動物生命，而當微生物死亡細胞破裂後或細胞自體氧化時，蛋白質腐敗後會將有機氮從微生物體內釋出；另在缺氧環境下，脫硝菌(Denitrifying Bacteria)會利用存於環境中硝酸根還原為亞硝酸根，進一步再還原為一氧化氮(NO)及一氧化二氮(N_2O)，最終轉化為氮氣返回至大氣，此一系列過程稱為脫硝作用(denitrification)。進行硝化作用之微生物可分為兩類，一類為氨氧化細菌(ammonia-oxidizing bacteria, AOB)，另一類為亞硝酸氧化菌(nitrite-oxidizing bacteria, NOB)，硝化作用菌群主要以好氧化學自營性，利用無機碳酸鹽作為生長碳源，並將 NH_4^+-N 或 NO_2^--N 氧化獲得能量，氧氣僅為電子接受者，將無機碳轉化合成生物質量，脫硝反應主要為異營性脫硝菌之作用，異營脫硝需要有機碳源之存在，脫硝菌可利用多種有機碳化合物作為電子供給者，部份自營性菌甚至以硫化物、氫氣作為電子供給者，其他可被脫硝菌使用之碳基質甚多包括甲醇、乙醇、醣類、有機酸、苯甲酸鹽等，而最常用的外部碳源就是甲醇，美國環保署都市污水處理廠反硝化技術手冊即是示範在二沉池後以添加甲醇進行反硝化脫氮。

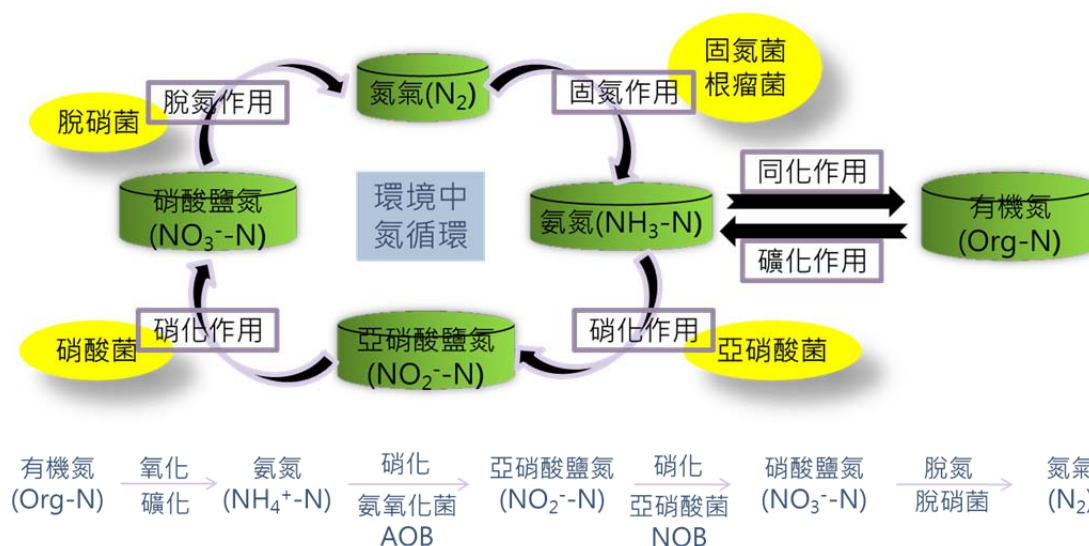
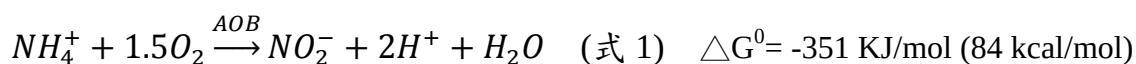
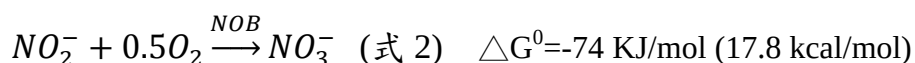


圖 3 環境中氮循環示意

硝化過程中藉著 AOB 與 NOB 菌群間進行複雜的代謝過程以及生物酵素協助催化反應，硝化菌之內膜酵素初始會在細胞質內膜由 AOB 進行氧化反應(如下式 1)，即 $1\text{ g } NH_4^+-N$ 氧化成 NO_2--N 需要 $3.43\text{ g } O_2$ ，產生 84 kcal/mol 能量，在第二步驟硝化反應則是 NOB 利用亞硝酸鹽氮氧化酶將亞硝酸鹽氮氧化成硝酸鹽氮(如下式 2)，即 $1\text{ g } NO_2--N$ 氧化成 NO_3--N 需要 $1.14\text{ g } O_2$ ，產生 17.8 kcal/mol 能量，總硝化反應呈現為式 3，即 $1\text{ g } NH_4^+-N$ 轉化成 NO_3--N 需 $4.57\text{ g } O_2$ 及 7.14 g 鹼度(as $CaCO_3$) (USEPA, 2010)，此外因硝化反應產生 H^+ ，會消耗水中的鹼度(HCO_3^-)，使水體 pH 下降，若未有足夠的鹼度，將因 pH 降低而減緩影響硝化作用。



1 g NH_4^+-N 轉化成 NO_2--N 需氧 3.43 g

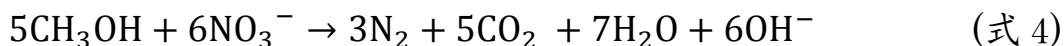


1 g NO_2--N 轉化成 NO_3--N 需氧 1.14 g

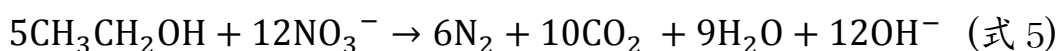


在脫硝反應方面，異營脫硝菌以不同有機碳源進行脫硝作用，由常見的補充碳源列出化學式如下：

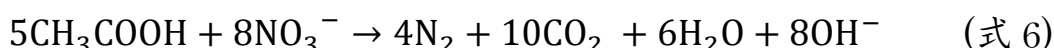
以甲醇為碳源之脫硝反應式



以乙醇為碳源之脫硝反應式



以醋酸為碳源之脫硝反應式



由上述式 4、式 5 及式 6 可得知，每還原 1 mole NO_3^- -N 可生成 1 mole 氫氧根離子，即理論上每還原 1 g NO_3^- -N 將可產生 3.57 g 鹼度 (as CaCO_3)，此外因異營脫硝菌可能利用多種不同碳源，故依據經驗法則處理每 1 g NO_3^- -N 需要 4 g BOD (USEPA, 2010)。

要在厭氧生物處理生活污水後妥善解決氮氮總氮問題，當然厭氧氨氧化法是首選方案，因為 ANAMMOX 無須碳源僅需少量供氧，最適合用在末端處理去除總氮。惟目前尚有難題待解，末端除氮還是要回到生物硝化與反硝化反應，換言之就是 AO 或 A_2O 處理程序，但是末端處理無法再回到複雜的 AO 或 A_2O ，係因其須以大空間來營造缺氧與好氧環境進行反硝化與硝化反應；在自然土壤環境裏有一種現象稱之為同步硝化反硝化 (simultaneously nitrification and denitrification, SND)，地面下的土壤顆粒富含各種微生物，當然也有硝化菌與脫硝菌，土壤顆粒為多孔性介質，表面尚有溶氧分布故可以讓硝化菌將氮氮轉化為硝酸鹽氮，而土壤內層受質傳控制溶氧梯度產生缺氧環境，在充裕碳源前提下，土壤顆粒內層的反硝化菌自然而然將硝酸鹽氮反應為氮分子，此硝化與反硝化同步發生在土壤顆粒的微環境中，故而稱之為同步硝化反硝化 SND。將固定生物板安置在有溶氧的好氧環境中就可以創造出很多相同在土壤環境中的 SND 情境，也就是說好氧固定生物板就是另類的獨立 AO 系統，板與水體接觸界面是好氧環境有利硝化作用，板的內層受質傳控制是缺氧環境有利反硝化作用，此時外部的有機碳源與硝酸鹽氮會在固定生物板內層完成反硝化反應，系統達成微環境的 SND 任務；圖 4 說明好氧固定生物板質量傳輸機制，在生物板表層因氧氣傳輸，可行硝化反應轉化氮氮及生物降解有機物，在生物板內層氧氣擴散限制區，因缺氧/厭氧環境而行脫硝反應，轉化硝酸鹽氮為氮氣逸散，達成好氧環境的總

氮去除；內部實驗測試顯示固定生物板的達西水利傳導係數為 $1 \times 10^{-3} \sim -4$ cm/s，僅需要厚度 1~2 公分就可以發展如圖 4 的傳輸機制。

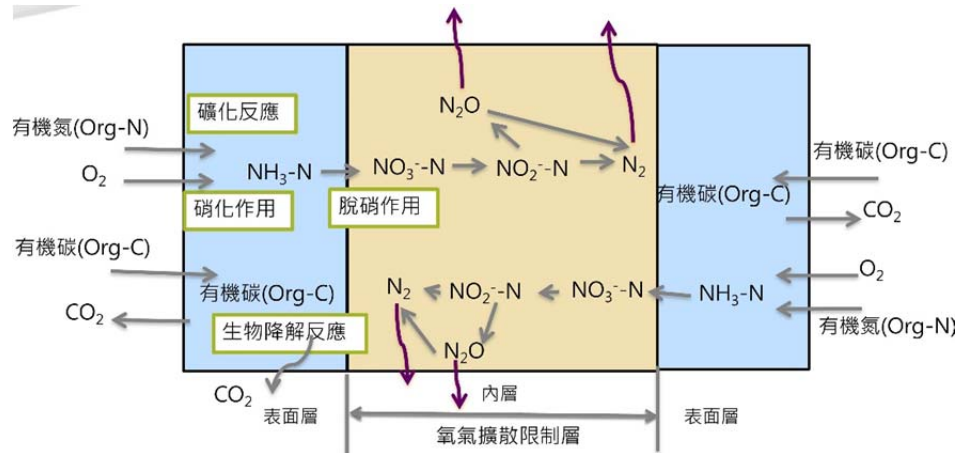


圖 4 IBM 程序質量傳輸機制示意圖 (Chao et al., 2014)

好氧固定生物反應槽(詳圖 5)，其槽體積約 5 公升，容納生物質量濃度約 5,300 mg/L，維持 pH(7-8.5)、溶氧 (1-2 mg/L) 及溫度 25°C，以 IBM 系統及 IBM+AS 系統試驗操作 100 天以上；在好氧 IBM 系統填充固定生物板填充率 8.8%，以曝氣機輸送氧氣；在好氧 IBM+AS 系統填充固定生物板 4.5%，並投入活性污泥約 2,400-2,700 mg/L，槽內以曝氣機提供氧氣，於槽末端架設沉澱池控制污泥迴流。好氧固定生物板製備程序與厭氧固定生物板相同，差別僅在於所使用固定化的污泥種類，經取操作良好的活性污泥固定化製作好氧固定生物板，污泥含水率 90%經換算固定生物板的微生物質量為 60g/L (板的容積)，好氧固定生物板特性列於表 4，製備成型的好氧固定生物板詳圖 6 所示。

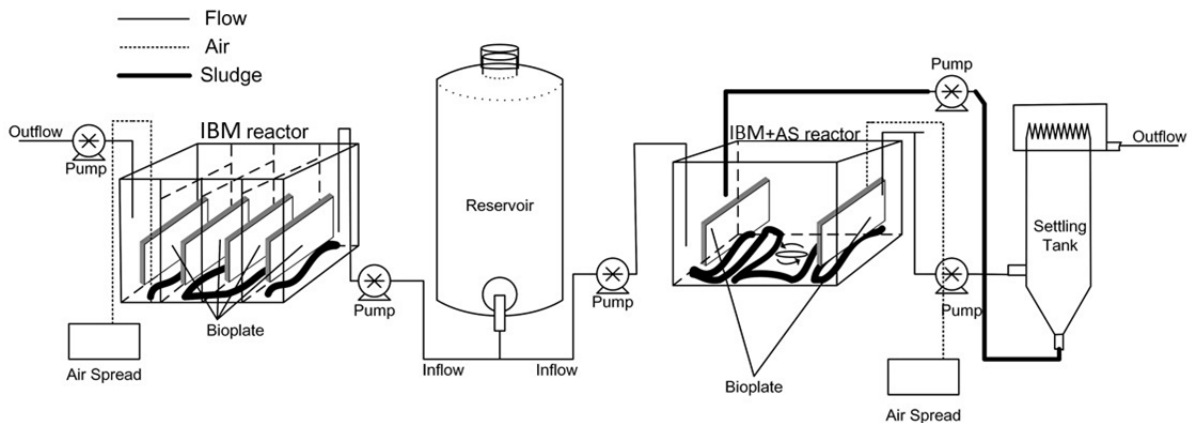


圖 5 好氧固定生物系統裝置圖

表 4 好氧固定生物板基本特性

固定生物板參數	
污泥含水率(%)	90%
固定生物板尺寸(cm)	20 × 30 × 1
污泥與固化劑配比(g/L)	600
平板固定微生物質量(g/板)	36
平板固定微生物質量(g/L)	60
SRT(day)	64.4



圖 6 好氧固定生物板 (A) 側視圖 (B) 俯視圖

作為厭氧處理生活污水程序之末端處理，好氧固定生物系統以同樣的進流(厭氧固定生物反應槽出流)分別進入 IBM 及 IBM+AS 系統，而厭氧反應殘餘的有機物含有揮發性脂肪酸(VFA)、溶解性甲烷及其他小分子有機物或是緩降解有機物，換算 COD 濃度與總氮分別約為 50 mg/L 與 30mg/L，此好氧固定生物系統進出流水質整理於表 5，在相同水力停留時間(HRT 12h)操作下，IBM+AS 系統的出流 COD 濃度及硝化率、總氮去除率都有較 IBM 系統更為穩定的水質。甚至當 IBM+AS 系統的水力停留時間調降至 8 小時，好氧固定生物(IBM+AS)系統的 COD 去除率仍可達 84% 以上、硝化率 99.7% 以上及總氮去除率 63% 以上，這些結果顯示以好氧固定生物方法確實可以獲致優良的末端再處理效果，特別在碳氮比相對微小(COD/TN=1.46)的情境下，末端處理系統竟然可以達到 63% 以上之總氮去除率。

表 5 IBM 和 IBM+AS 系統進出流水與處理效率

	IBM (PR=8.8%)		IBM+AS (PR= 4.5%)	
	HRT= 12 h	HRT= 24 h	HRT=8 h	HRT= 12 h
<i>Influent</i>				
TCOD(mg/L)			46.6±9.8	
TOC(mg/L)			3.98±1.16	
SS(mg/L)			< 7	
VFA (mg/L)			1.26±0.46	
Dis. CH ₄ (mg/L)			3.96±0.24	
NH ₃ -N (mg/L)			31±1.9	
NO ₃ -N (mg/L)			0.44±0.13	
NO ₂ -N(mg/L)			0.29±0.43	
TN (mg/L)			32±2.0	
<i>Effluent</i>				
Process				
Range(day)	1-44	1-40	1-38	2-41
TCOD(mg/L)	12.3±5.9	5.5±1.8	7.45±0.07	6.7±3.7
TOC(mg/L)	2.74±0.33	3.44±0.67	2.65±0.61	1.61±0.36
SS(mg/L)	1.59	-*	-*	2.56
VFA (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dis. CH ₄ (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
NH ₃ -N (mg/L)	0.37 ±0.34	0.05 ± 0.03	0.05 ±0.07	0.07 ± 0.07
NO ₃ -N (mg/L)	13.0± 2.45	10.9 ± 1.98	12.2 ±1.75	12.2 ±1.46
NO ₂ -N(mg/L)	0.06 ±0.04	0.31±0.3	0.04 ±0.1	0.05±0.08
TN (mg/L)	13.4 ±2.62	11.4 ± 1.64	12.3 ±1.88	12.3 ±1.43
NLR(g N/day)	0.195±0.043	0.107±0.009	0.320±0.030	0.200±0.033
<i>Removal</i>				
TCOD Removal(%)	73.6±5.9	88.2±1.8	84±0.07	85.7±3.7
TOC Removal (%)	15.7±12	22.6±16.9	38.7±19.2	52.9±10
Nitrification (%)	98.8 ± 1.1	99.9 ± 0.1	99.7 ±1	99.7 ±0.5
TN Removal (%)	57.9 ± 8.3	65.1 ± 4.9	63.0 ±5.5	61.5 ±4.8
ΔCOD/ΔNO ₃ (mg COD/ mg NO ₃ -N)	1.82	1.93	2.01	2.02

註：平均值 ± 變異值；*無量測。

四、厭氧出流水質有利好氧固定生物除氮

文獻皆有討論及建議進流水之 COD/TN>6 以使脫硝反應較趨完全，亦可滿足好氧菌需求，如果進流水 COD/TN 比例小於 6 的狀況下，常需考量外加碳源提升脫硝效率；而在好氧固定生物處理厭氧反應出流系統裏 COD/TN 僅為 1.46，但系統的總氮去除率仍然可達到 55%以上。

本研究團隊先將厭氧反應出流的 VFA 和溶解性甲烷視作脫硝補充碳源，計算厭氧固定生物系統出流水 COD 補充(詳前表 2)，VFA 濃度 1.26 ± 0.46 mg/L 相當於 2.30 ± 0.86 mg as COD/L，佔 TCOD 的 4.9%；溶解甲烷 (dissolved methane) 濃度 3.96 ± 0.24 mg/L 相當於 15.82 ± 0.96 mg as COD/L，佔 TCOD 的 33.9%，而好氧固定生物系統出流水中，VFA 和溶解性甲烷幾乎未被檢出，顯示如預期般的完全被微生物所利用，當然亦有可能經由氣相揮發，表 6 彙整好氧固定生物系統供給與需求電子數量，由厭氧反應出流的溶解性甲烷及 VFA 提供電子濃度為 $2.27 \text{ mol e}^-/\text{L}$ ；各試驗操作下，計算 1 mole 硝酸鹽脫硝反應轉換為氮氣所需的電子數為 $5 \text{ mol e}^-/\text{L}$ ，對應各試驗 TN 變化量求得需求電子濃度為 6.73–7.63 $\text{mol e}^-/\text{L}$ ，遠大於 VFA 和溶解性甲烷提供的電子數，由厭氧固定生物系統出流，VFA 和溶解性甲烷僅佔 TCOD 比例 38.8%，表示仍有其他可提供電子的有機物被利用於脫硝反應。

表 6 IBM 和 IBM+AS 系統之電子提供量與電子需求量

電子提供端				電子接受端			
有機物項目	$e_{donated}^{\#}$ (e^-/mol)	$\Delta\text{Conc.}$ (mg/L)	提供電子濃度 ($\text{mol e}^-/\text{L}$)	實驗參數	$e_{demand}^{\#}$ (e^-/mol)	$\Delta\text{TN Conc.}$ (mg/L)	總電子需求 量 ($\text{mol e}^-/\text{L}$)
Formic Acid	2	0	0	IBM(PR= 8.8%) HRT=12 hr	5	18.8	6.73
Acetic Acid	8	0.151	0.020	IBM(PR= 8.8%) HRT=24 hr	5	21.4	7.63
Propionic Acid	14	0.044	0.008	IBM+AS(PR=4.5%) HRT=8 hr	5	19.4	6.93
Butyric Acid	20	0.451	0.103	IBM+AS(PR=4.5%) HRT=12 hr	5	19.7	7.05
Pentanoic Acid	26	0.612	0.156				
Methane (CH_4)	8	3.96	1.98				
上述有機物電子提供量總和 ($\text{mol e}^-/\text{L}$)			2.27				

由化學反應式的理論計算，1 mg/L 硝酸鹽的脫硝轉換，需要消耗 2.86 mg/LCOD 來提供電子(詳下式 7) (Fang and Zhou, 1999)，若以 ΔCOD 代表有機物提供之電子數， ΔNO_3 代表脫硝反應需求電子數，則 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例來評比脫硝效率的優劣；以實際試驗結果而言， $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 表脫硝反應的碳源消耗(詳下式 8)， ΔNO_3 來自於脫硝反應的消耗，而 ΔCOD 則包含了脫硝反應所需碳源，即微生物生長所需碳源。

$\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例從不同的角度解讀，從微生物狀態而言，在微生物生長曲線的停滯期微生物生長速率與死亡速率約相等時，其 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例越近 2.86，表示碳源越易為脫硝菌所使用；反之，若 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例增高於理論值，表示除了脫硝菌亦有其他菌種競爭使用碳源。從進流 COD 濃度檢視，碳源豐富的水樣，高濃度 COD 提升微生物的生長，其 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 大於 2.86，但當 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 小於理論值 2.86，則表示水樣的碳源短缺，且系統內有生物內呼吸降解以補足碳源需求。

$$\frac{\Delta\text{COD}}{\Delta\text{NO}_3} = \frac{e^{-\left(\frac{e_{\text{organics}}}{\text{mole}}\right) \times 8 \left(\frac{g\text{O}_2}{e_{\text{oxygen}}}\right)}}{14 \left(\frac{g\text{NO}_3 - \text{N}}{\text{mole}}\right)} \times \frac{5}{e^{-\left(\frac{e_{\text{denitrification}}}{e_{\text{organics}}}\right)}} = 2.86 \quad (\text{式 7})$$

$$\frac{\Delta\text{COD}}{\Delta\text{NO}_3} = \frac{\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}}{\text{TN}_{\text{in}} - \text{TN}_{\text{out}}} = \frac{C_{\text{denitrif.}} + C_{\text{bacterial growth}} - C_{\text{bacterial death}}}{N_{\text{denitrif.}}} \quad (\text{式 8})$$

表 7 為彙整脫硝反應補充碳源的 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ ，常使用的添加碳源甲醇 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比為 5.0-6.2，微生物喜利用的葡萄糖比為 4.2，表示有機物亦使用於好氧菌生長及呼吸作用，所以 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比高於理論 2.86，而厭氧發酵污泥的 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例為 1.6-2.4，相近於本研究團隊 IBM 系統的 1.82-1.93 和 IBM+AS 系統的 2.01-2.02，其 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例相近，但皆低理論比例 2.86，由硝酸鹽降解速率的三階段，推論系統內有生物降解現象(Bolzonell et al., 2001)，也因微生物內呼吸降解提供碳源，導致 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例低於 2.86。

以好氧固定生物技術作為厭氧末端處理程序，除以 VFA、溶解性甲烷及小分子有機物等屬高效用碳源做為脫硝反應之碳源外，微生物降解亦可能補充碳源需求，好氧固定生物技術處理厭氧出流系統之 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 比例 1.82-2.02，在無額外補充碳源操作下之 TN 去除率可達 63%，呈現出好氧固定生物系統的總氮去除優勢。

表 7 補充碳源種類對 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 的影響

補充碳源種類	$\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ (mg COD/ mg $\text{NO}_3\text{-N}$)	文獻
Methanol	5.0-6.2	Bolzonell (2001)
Glucose	4.2	Henze (1991)
Acetate	2.9-3.6	Bolzonell (2001)
Methane (ANME-D*)	0.28	Islas-Lima (2004)
Methane (AME-D*)	7.11	Modin (2007)
Anaerobic fermented sludge	1.6-2.4	Bolzonell (2001)
AnIBM outflow (IBM system)	1.82-1.93	本團隊研究 Chen (2018)
AnIBM outflow (IBM+AS system)	2.01-2.02	本團隊研究 Chen (2018)

Anaerobic methane oxidation coupled to denitrification (ANME-D)
Aerobic methane-oxidation coupled to denitrification (AME-D)

五、碳源補充對好氧固定生物技術之脫硝反應

先前討論是以好氧固定生物技術做為厭氧末端處理的結果，在表 8 中為整理好氧固定生物技術處理實廠都市污水初沉池出水的總氮去除結果，差別在於添加甲醇做為補充碳源之脫硝反應，以 IBM+AS 系統處理實廠都市污水試驗 (Chen et al., 2015)，無任何添加下 $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 即有 2.9-5.55，大於理論值 2.86，表示系統進流水碳源足夠，而在額外添加碳源(甲醇)， $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 提升至 4.67-8.34，充足碳源使 TN_{out} 持續降低，最佳狀態時 TN_{out} 僅剩下 2.5-6.5 mg/L。好氧固定生物技術分別處理實廠都市污水及厭氧固定生物系統出流，原始水樣之進流 COD/TN 分別為 2.92-3.55 和 1.46， $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 分別為 2.90-5.55 和 1.82-2.02；其 TN 去除率為 63-76%和 55-62%，即便進流 COD/TN 低於傳統建議值 6， $\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ 低於理論值 2.86，好氧固定生物系統應用於脫硝反應仍有大範圍的 COD 適應性，當然更充裕的碳源絕對讓區域環境的微 AO 單元有效率的降低出流 TN 濃度而無須動用外掛反硝化設施。

表 8 碳源補充對固定生物技術生物脫硝影響

試驗系統	$\Delta\text{COD}/\Delta\text{NO}_3$ (mg COD/ mg $\text{NO}_3\text{-N}$)	TN out (mg/L)
好氧固定生物處理實廠都市污水(Chen, 2015)		
(SCOD _{in} 200 mg/L, TN _{in} 30 mg/L; 無添加 SCOD _{in} 80 mg/L, TN _{in} 30 mg/L)		
無添加	2.90-5.55	7.3-11
添加碳源	4.67-8.34	4.3-6.5
添加碳源鹼度	5.47-8.24	2.5-5.2
厭氧固定生物系統末端處理程序(Chen, 2018)		
(TCOD _{in} 50 mg/L, TN _{in} 30 mg/L)		
好氧固定生物系統(IBM system)	1.82-1.93	11.4-13.4
好氧固定生物結合活性污泥系統 (IBM+AS system)	2.01-2.02	12.3

六、結語

翻轉都市污水處理廠做為水資源與能源的產業是環境工程師的使命，美國史丹福大學瑪卡地教授研究闡示以厭氧處理都市污水可以產生淨 0.5 度電/噸污水，其效益遠勝傳統活性污泥法為消耗 0.9 度電/噸污水，厭氧工法應用的關鍵因子在於如何留置厭氧微生物於反應器內，瑪卡地教授團隊所開發的 AFMBR 與黃浩勇教授團隊開發的 SAnMBR 系統皆顯示厭氧生物方法成功應用在處理低強度污水，不僅獲得優良水質同時產生甲烷能源。

本研究團隊開發另類厭氧工藝，使用固定化微生物的載體具有優良的機械強度、多孔性可供物質傳輸、不溶於水、不被微生物分解且材料穩定的特質，固定化工法可將生長緩慢的微生物包埋，使其不受水力停留時間影響而流失，厭氧固定生物工法可以免除薄膜過濾及上流式流體化床操作的能源需求，前段的厭氧工法至少消減 80%以上 COD，相對節省污水處理廠 40%的曝氣耗電，亦減少廢棄污泥量，好氧固定生物法做為末端處理程序，以單純曝氣槽建構眾多的區域微 AO 單元，固定生物板厚度來控制氧氣傳輸層，使在生物板表面進行生物降解及好氧硝化反應，在生物板內層的缺/厭氧區行脫硝反應，單片生物板即可進行微區域的同步硝化脫硝反應(SND)，厭氧生物反應後之 COD/TN 雖僅為 1.46，此碳源(經厭氧水解酸化及溶解甲烷)可有效提供脫硝反應所需，達成高效率之反硝化反應。

環境工程師常為處理廢污水達到法規放流標準，而使用任何可以達到此目標的處理方法，任何環保處理技術都無法消滅污染物質，僅能改變物質型態與轉換化學性質，所以使用耗能的熱處理是將固相或液相物質轉成氣相物質，使用化學氧化劑或還原劑僅轉換污染物的型態，最單純的都市生活污水，亦需要消耗電能以供氧氣予生物曝氣槽，很多環保處理技術屬性上變得不僅不環保，反而製造出另一類環境污染物，環境保護與污染防制應該是要從製程源頭減量開始，減少使用資源與能源，減少廢污處理負荷，環境工程師的工藝境界是環境友善技術與綠色技術。

參考文獻

1. Bolzonell, D., Innocent L., Pavan, P. and Cecch, F. (2001) Denitrification potential enhancement by addition of anaerobic fermentation products from the organic fraction of municipal solid waste. *Water Science and Technology*, 44(1), 187-194.
2. Chao, Y.N., Lin, J.H., Ng, K.K., Wu, C.H., Hong, P.K.A., Lin, C.F. (2014) Improving total nitrogen removal in aeration basin retrofitted with entrapped biomass. *Water Science and Technology*, 69(7), 1558-1564.
3. Chen, H.Y., Hong, P.K.A., Yang, P.Y., Ng, K.K., Yang, S.F., Lee, C.H., Lin, C.F. (2015) A pilot study on suspended activated sludge process augmented with immobilized biomass for simultaneous nitrification and denitrification. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 5(2), 157-165.
4. Chen, H.Y., Ng, K.K., Lee, C.H., Chen, T.Y., Hong, P.K.A., Yang, P.Y., Lin, C.F. (2018) Entrapped biomass for removal of organics and total nitrogen from anaerobic reactor effluents. *Bioresource Technology*, 267, 642-649.
5. Fang, H.H.P. and Zhou, G. (1999) Interactions of methanogens and denitrifiers in degradation of phenols. *Journal of Environmental Engineering*, 125(1), 57 - 63.
6. Huang, Z., Ong, S.L. Ng, H.Y. (2011) Submerged anaerobic membrane bioreactor for low-strength wastewater treatment: Effect of HRT and SRT on treatment performance and membrane fouling. *Water Research*. 45(2), 705-713.

7. Henze M. (1991) Capabilities of biological nitrogen removal processes from wastewater. *Water Science and Technology*, 23, 669-679.
8. Islas-Lima, S., Thalasso, F. and Gomez-Hernandez, J. (2004) Evidence of anoxic methane oxidation coupled to denitrification. *Water Research*, 38, 13-16.
9. Kim, J., Kim, K., Ye, H., Lee, E., Shin, C., McCarty, P. L., Bae, J. (2011) Anaerobic fluidized bed membrane bioreactor for wastewater treatment. *Environmental Science and Technology*. 45(2), 576 - 581.
10. Modin, O., Fukushi, K. and Yamamoto, K. (2007) Denitrification with methane as external carbon source. *Water Research*, 41, 2726-2738.
11. Smith, A.L., Skerlos, S.J., Raslin, L. (2013) Psychrophilic anaerobic membrane bioreactor treatment of domestic wastewater". *Water Research*. 47, 1655-1665.
12. US Environmental Protection Agency, (2010) Nutrient Control Design Manual.
13. Wu, P.H., Ng, K.K., Hong, P.K.A., Yang, P.Y., Lin, C.F. (2017) Treatment of low-strength wastewater at mesophilic and psychrophilic conditions using immobilized anaerobic biomass. *Chemical Engineering Journal*, 311, 46-54.
14. Yang, P.Y., Cai, T., Want, M.L. (1988) Immobilized mixed microbial cells for wastewater treatment. *Biological Wastes*, 23(4), 295-312.

燃煤電廠視覺污染改善及 PM_{2.5} 減量技術探討

環境工程技師 郭子豪

環興科技股份有限公司-計畫主任

E-mail : kuoth@mail.sinotech-eng.com

一、前言

燃煤電力設施為了降低硫氧化物排放，通常裝設濕式排煙脫硫 (wFGD)，因此煙囪排放煙氣含飽和水汽 (約 55°C)，遇大氣 (15~30°C) 而冷凝產生白煙，造成視覺污染。若於背光觀察下，則有類似黑煙現象 (圖 1)，衍生細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 排放疑慮。尤其導演齊柏林拍攝之記錄片《看見台灣》於 2013 年上映後，民眾對此議題關注度增加，也造成業者改善的壓力。然而，將煙氣加熱會增加能源耗用而不符合節能減碳趨勢。因此，電力設施推動改造，須兼顧各項因子以取得最佳化 (除白煙、減 PM_{2.5} 及降能耗等)。本文回顧美、日、中等國對於上述議題的改善歷程，並與國內業者合作，於改造前後進行檢測，以理論與實驗數據相互佐證，提供業者調整之參考。此外，也可做為其他行業別改善視覺污染之參考。



圖 1 燃煤電廠煙囪排放白煙情況

二、文獻回顧

(一) 燃煤電力設施視覺污染與能耗問題

(1) 美國業者採用濕煙囪歷程

1970 年代美國《清潔空氣法》修正案要求燃煤電力設施削減二氧化硫的排放，業者多採用石灰石石膏法濕式排煙脫硫 (wFGD) 系統。該系統將煙氣溫度 (55°C) 降至酸露點 (約 120°C) 以下，以濕煙囪排

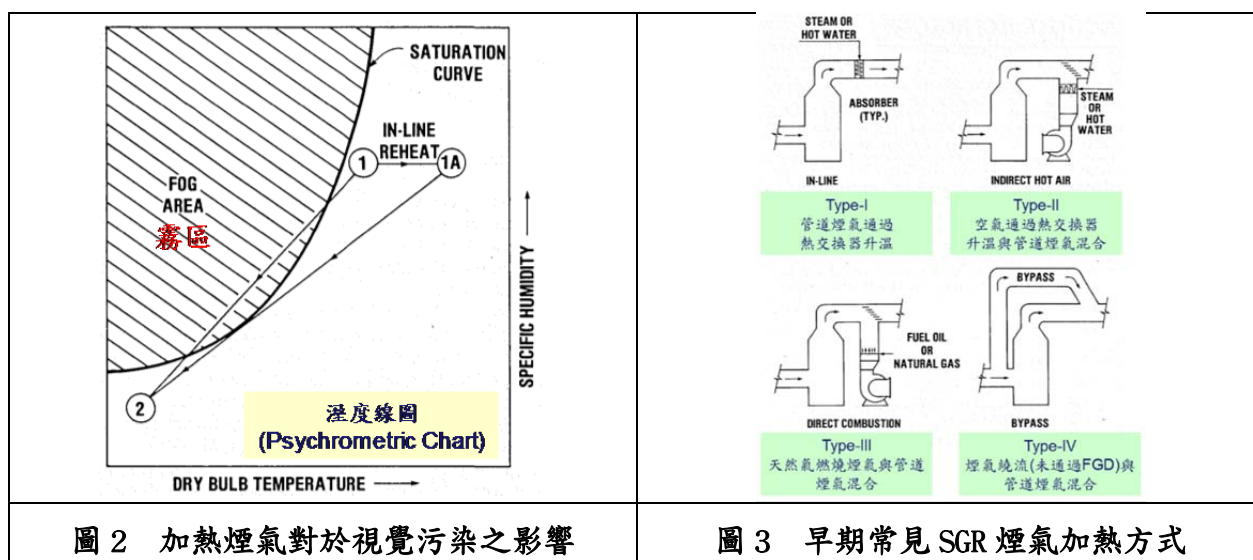
放。由於擔心下游管道系統可能暴露在飽和、富酸環境中，多數業者採用煙氣再熱(Stack Gas Reheat, SGR)來提高煙氣溫度，以乾煙囪排放。到 1980 年代約 82%的 wFGD 設施採用 SGR。

採用 SGR 的主要原因包含：(1)防腐蝕、和(2)環境影響。儘管雖然大部分污染物和腐蝕性元素在 wFGD 中被去除，但 wFGD 出口飽和煙氣通常含有低濃度 SO_3 等酸性氣體。即使 FGD 使用除霧器發揮效果，飽和煙氣中仍有夾帶微量水滴於下游設備凝結，吸收酸性氣體，腐蝕下游設備。SGR 系統用於提高煙氣溫度，蒸發夾帶的水滴，降低腐蝕的可能性。

SGR 的環境影響包含三個面向：污染物擴散、液滴沉降(liquidfallout)和視覺污染。污染物擴散方面，煙氣溫度升高會增加煙氣的浮力，從而降低著地濃度。液滴沉降方面，離開 wFGD 的飽和煙氣包括從除霧器攜帶的液滴，與酸性氣體反應形成酸液滴。酸液滴可能成為凝結核而促進冷凝，於煙氣排出煙囪時造成液滴沉降。SGR 可蒸發離開除霧器的任何夾帶液體，並防止除霧器下游的水蒸汽冷凝，解決液滴沉降問題。視覺污染方面，當飽和煙氣排出時混合較冷的環境空氣，於冷卻時進入濕度圖(圖 2)的霧區而形成可見煙流。通過 SGR 可將煙氣由圖 2 中的(1)移往(1A)，當煙氣降溫至與大氣環境溫度、濕度(2)相同期間能有效避開霧區。然而，當大氣環境濕度越高，溫度越低，則避開霧區所需之增溫也越高。

早期的 SGR 多以額外添加熱能型式，引入熱風混合以提升煙氣溫度，衍生耗能疑慮，常見方式如圖 3 所示。以 Type-II 為例，煙氣經 De- NO_x 設備後由空氣預熱器取熱，原先用於預熱鍋爐飼水，增設 SGR 後部分熱能拉至後端與管道煙氣混合，可將煙氣提升至 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 後排放，雖可避免腐蝕問題，但鍋爐熱效率約降低 0.65%。

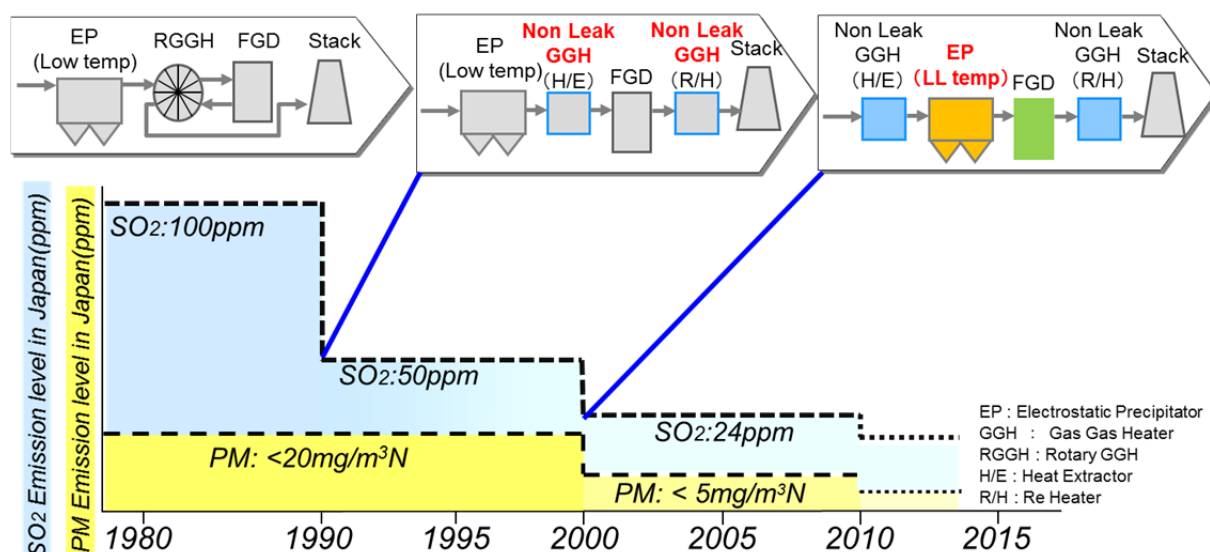
此外，SGR 本身也會有腐蝕阻塞情形，降低系統可靠度。1980 年代後美國部分業者拆除 SGR 設備，另透過降低煙氣流速、採防腐材質等方式，改善原本液滴夾帶、腐蝕等問題。此外，污染物擴散議題則以提高 wFGD 對污染物去除率來達到相同效果。濕煙囪之防腐蝕、污染物擴散、液體沉降皆已解決，相關參數可參考美國電力研究所(EPRI)訂定之濕煙囪設計規範(Wet Stack Design Guide, 1996)。此後，濕煙囪與乾煙囪之主要差異可簡化為濕煙囪視覺污染、及乾煙囪增設 SGR 衍生之耗能問題。



(2) 日本業者採用乾煙囪及 GGH 之發展

日本《大氣污染防治法》對於污染物主要採用排放濃度管制，然而對於硫氧化物則是採用“K 值管制”，限制硫氧化物的落地濃度。為了增加污染物擴散效果，提高有效煙囪高度(實際高度+煙流上升高度)，日本電力設施多採煙氣加熱，以乾煙囪排放。

日本自 1970 年代就開始發展煙氣熱交換器 (Gas-Gas Heater, GGH) 技術，由 ESP 前後端之燃燒煙氣取熱，用於加熱 wFGD 出口煙氣，與早期的 SGR 多以額外添加熱能型式不同，GGH 取熱自煙氣廢熱，而較無耗能疑慮。整理日本 GGH 發展歷程如圖 4。



1970 年代採用旋轉式煙氣熱交換氣 (RGGH) 裝設於靜電集塵器 (ESP) 及 wFGD 之間，wFGD 前端高溫煙氣透過旋轉葉片導熱至 wFGD 出口之低溫煙氣，以提升煙氣排放溫度。然而，RGGH 有洩漏問題，少數未經 wFGD 處理之煙氣經葉片間隙洩漏至 wFGD 後端，增加 SO₂ 排放。1990 年代發展非洩漏式煙氣熱交換氣 (NonLeak GGH)，分為取熱端 (H/E) 與再熱端 (R/H)，並以水作為熱傳媒介，又稱為 MGGH (Media GGH)，MGGH 解決 RGGH 洩漏問題且降低 SO₂ 排放。但 MGGH 運作過程取熱端易發生低溫腐蝕、阻塞問題。2000 年代將取熱端由 ESP 後端移至 ESP 前端，取熱後降低 ESP 操作溫度，由原本 130~150℃ 之低溫 ESP (LESP) 降至 90℃ 低溫 ESP (LLESP)，能有效提升除塵效果，降低粒狀污染物排放。

上述經驗顯示，乾煙囪採用煙氣餘熱並不會衍生耗能疑慮，且 GGH 裝設位置及衍生的 ESP 操作溫度，對於 PM_{2.5} 等粒狀物有影響。

(3) 中國業者濕煙囪排放石膏雨問題

中國為了改善霧霾問題，推動污染減排，如《火電廠大氣污染物排放標準》(GB13223-2011) 規定自 2014 年 7 月 1 日後，二氧化硫由原標準的 400mg/Nm³ 加嚴至 200mg/Nm³。此外，2014 年 9 月發佈之《煤電節能減排升級與改造行動計畫》，提出超低排放，二氧化硫更降為 35 mg/Nm³。

在推動改造過程中，部分業者拆除了原設計之 GGH，由乾煙囪改為濕煙囪。可能因為操作參數偏離原設計條件，上述提及濕煙囪之液滴沉降，以及從除霧器攜帶的富含石膏液滴，自煙囪排放，衍生石膏雨問題，對周邊居民、植物等產生不良影響。由於石膏雨現象，濕煙囪之視覺污染衍生粒狀物排放疑慮。

其後，管制趨勢傾向採用乾煙囪，例如浙江省《燃煤電廠大氣污染物排放標準》(DB33/ 2147—2018)，規定排放煙氣溫度下限，例如採取煙氣加熱技術者，正常工況下排放煙溫應持續穩定達到 75℃ 以上，冬季（每年 11 月至來年 2 月）和重污染預警啟動時排放煙溫應持續穩定達到 78℃ 以上。由於 wFGD 出口約 55℃，故需加熱煙氣溫度 20~23℃ 以上。

採用乾煙囪以後，若仍有石膏雨，則於 GGH 加熱過程中水分蒸發而石膏及酸霧等析出於 GGH 而造成腐蝕結垢降低熱交換效能，因此，理論上增設 GGH 會促使業者調整操作參數以降低石膏雨產生。

(4) 我國 2013 年後增設 GGH 改善視覺污染

我國的台電公司，採用的乾煙囪排放，接近日本想法；民營電力設施於改造前，則採用濕煙囪排放，接近美國想法，詳表 1。由於民營業者於設計階段即採用濕煙囪設計，與中國業者將 GGH 拆除，由乾煙囪改為濕煙囪衍生石膏雨問題的狀況不同。國內民營業者在 2013 年後推動改造，採用 GGH 技術以避免傳統 SGR 的耗能問題。至於 GGH 的取熱端位置，則有 ESP 前後端兩種選擇，其配置會影響 ESP 操作溫度，分別為低溫 ESP (LESP, 130~150°C) 及低低溫 ESP (LLESP, 90°C)。考量 PM_{2.5} 減量效果，業者改造皆將 GGH 增設於 ESP 前端 (LLESP)，且為 MGGH 型式。然而 ESP 入口煙氣溫度則高於 LLESP 之 90°C，ESP 及入口煙氣溫度對粒狀物影響說明如下節。

表 1 國內燃煤電力設施污染防制設備配置

污染防制設備配置	業者
	台電
	民營業者-改造前
	民營業者-改造後

三、燃煤電力設施 ESP 排放粒狀物議題

(一) 傳統 LESP (130~150°C) 之問題與對策

(1) 降低 LESP 入口煙氣溫度可以提高 ESP 性能

ESP 在設計時需考慮多項參數，其中煤炭燒出來飛灰之比電阻是一項重要參數，一般比電阻設計在 $10^7 \sim 10^{10}$ (ohm · cm) 對於 ESP 之除塵效率較佳。因此，透過降低 ESP 入口煙氣溫度，可以降低比電阻，提高 ESP 之性能，如圖 5。

(2) 煤源灰電阻差異影響 ESP 性能

不同煤源之含硫份及飛灰比電阻分布 (ESP@130°C) 如圖 6。中國煤及印尼煤飛灰比電阻約介於 $10^7 \sim 10^{10}$ (ohm · cm)，澳洲煤及俄羅斯煤比電阻較高。當煤源變更，例如中國煤改為澳洲煤後，灰電阻增加，因而 ESP 削減率降低，粒狀物濃度增加。此外，各煤源含硫份及灰電阻並非固定不變，而是會有一定的變動範圍，因此儘管使用相同的煤源，粒狀污染物濃度，也會有不同程度的差異。

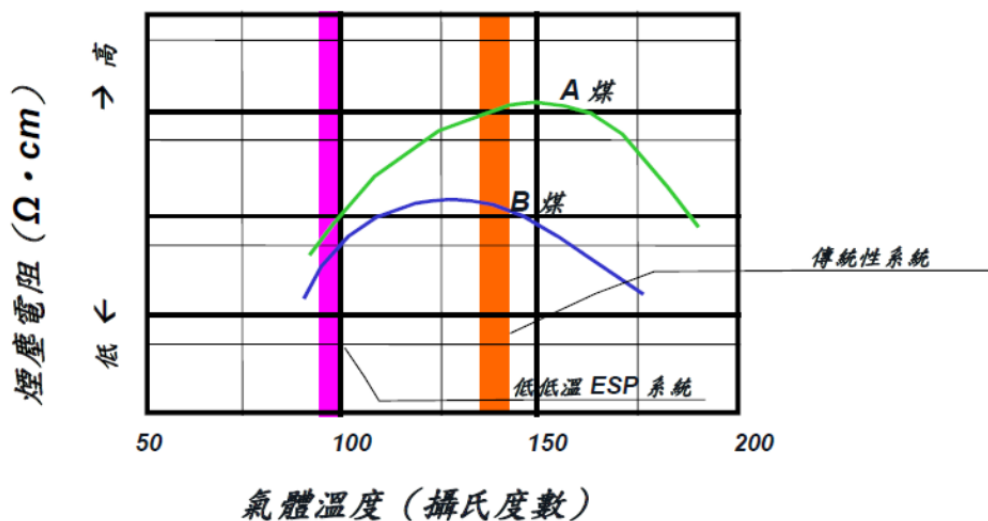


圖 5 ESP 入口煙氣溫度對於比電阻之影響

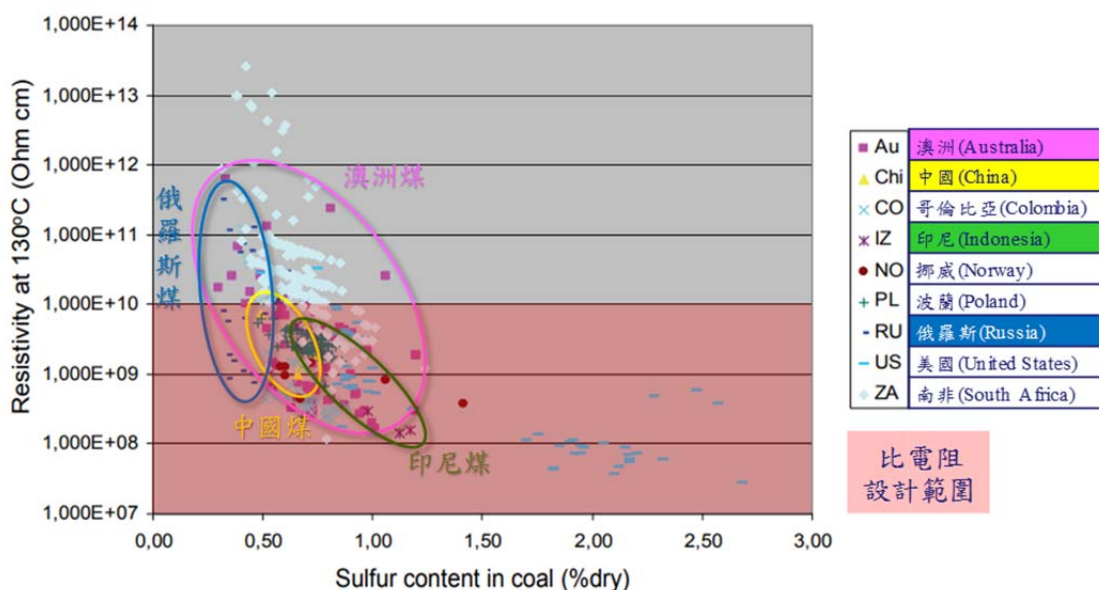


圖 6 不同煤源之含硫份及飛灰比電阻分布 (ESP@130°C)

(3) LESP 入口煙氣溫度必須高於酸露點以避免腐蝕阻塞

煤炭中硫份經燃燒產生 SO_2 及 SO_3 ，而 SO_2 於 SCR 中約 0.5~3.5% 轉化為 SO_3 。煙氣中 SO_3 遇水氣即反應成氣態硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{g})$ ，當煙氣溫度低於酸露點，氣態硫酸開始冷凝成硫酸氣膠，冷凝途徑包括：

- ① 於煙氣中直接冷凝、
- ② 接觸到設備表面後冷凝、
- ③ 冷凝於粉塵上。

酸性硫酸氣膠易造成下游設備腐蝕，與銨鹽反應成硫酸氫銨則會造成阻塞情形，如圖 7。

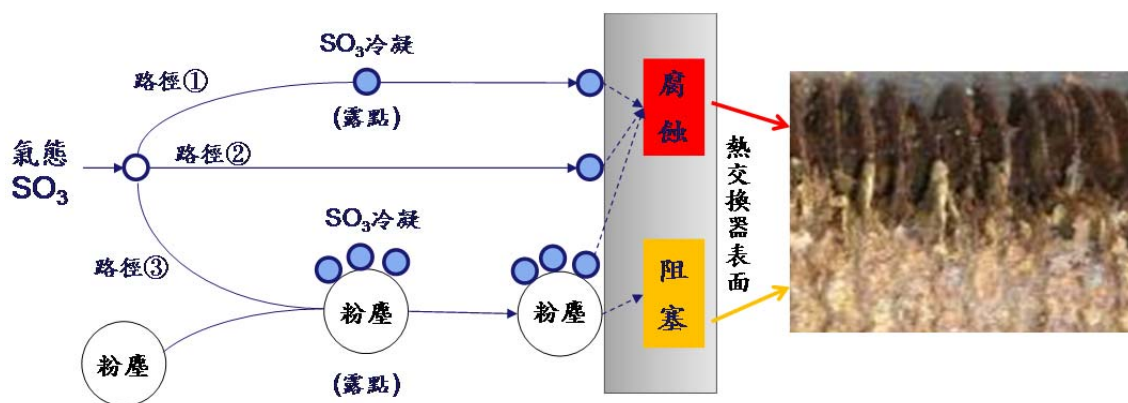


圖 7 燃煤電廠 GGH 取熱器阻塞、腐蝕問題

(4) ESP 入口煙氣溫度低於酸露點的腐蝕潛勢

灰硫比指標係用來判斷低於酸露點操作導致的設備腐蝕潛勢，當灰硫比 >100 表示煙氣中有足夠灰分足以包覆酸性物質，呈現灰包硫現象，可避免腐蝕。簡言之，高灰硫比有利於降低 ESP 入口煙氣溫度，達到取熱更多及粒狀物減量更多之目的，其推估公式(一)如下：

$$C_{D/S} = \frac{C_D}{C_{\text{SO}_3}}, \quad C_{\text{SO}_3} = \frac{\eta_1 \times \eta_2 \times M \times S_{\text{ar}} \times 80}{32} \quad \text{公式(一)}$$

$C_{D/S}$ ：灰硫比， C_D 、 C_{SO_3} ：A/H 前粒狀物濃度及 SO_3 濃度， η_1 ： $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2$ 轉化率 (100%)， η_2 ： $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ 轉化率 (0.5~3.5%)， S_{ar} ：採用煤中之含硫量

(二) 日本業者 ESP 之粒狀物減量經驗

日本自 1990 年代起因應新設機組環評粒狀物標準降至 10 mg/Nm^3 以下，評估技術選項包含 (1) 低溫靜電集塵器 (LLESP, 90°C)；(2) 傳統低溫靜電集塵器 (LESP, 130°C) + 濕式靜電集塵器 (WESP)。除了粒狀物以外，評估指標另包含 SO_3 (硫酸液滴)， SO_3 濃度除了會造成設備腐蝕以外，若穿透防制設備排放，也是燃煤電力設施 $\text{PM}_{2.5}$ 排放的主要成分。評估顯示，上述兩種技術皆能達到粒狀物濃度 $<10 \text{ mg/Nm}^3$ ，LLESP 甚至低於 5 mg/Nm^3 ，兩者硫酸液滴 $< 1 \text{ ppm}$ ，如圖 8。

其後的發展趨勢，多以採用 LLESP 為主，WESP 則是有更嚴格的要求下才會併同 LLESP 使用。透過降低 ESP 操作溫度能有效提升粒狀物去除效率，主要的機制為降溫使煙氣流量減少於 ESP 停留時間增加、降溫使灰電阻降低增加飄移速度等。另因降溫使硫酸氣體轉化為硫酸氣膠而被 LLESP 補集。LLESP 操作低於酸露點 (120°C) 以下，與傳統 ESP 操作於酸露點以上的概念並不相同。上述提及灰硫比指標，用來判斷低於酸露點操作導致的設備腐蝕潛勢，而灰硫比 >100 為 LLESP 必須操作範圍。

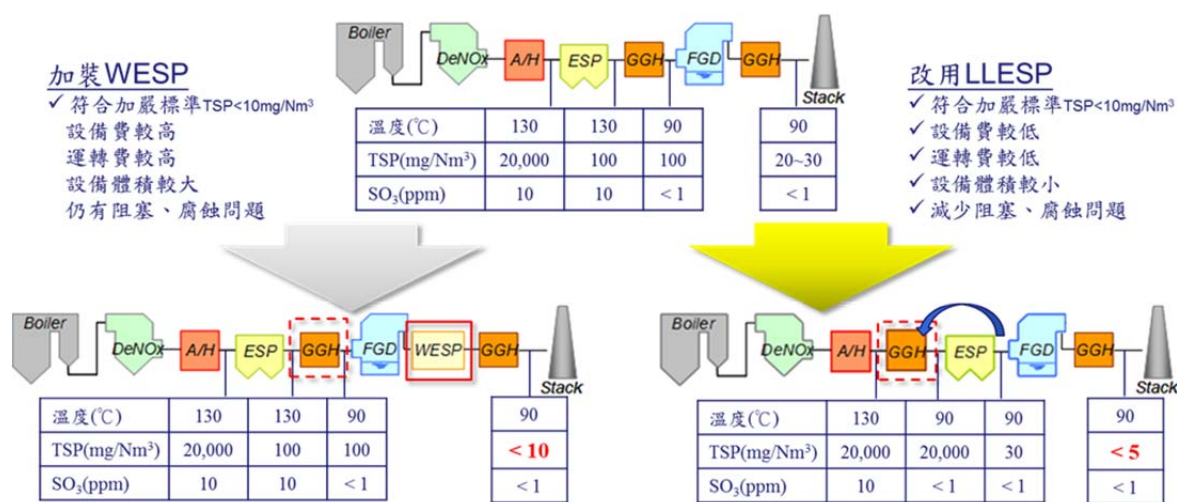


圖 8 日本電力設施粒狀物改善經驗

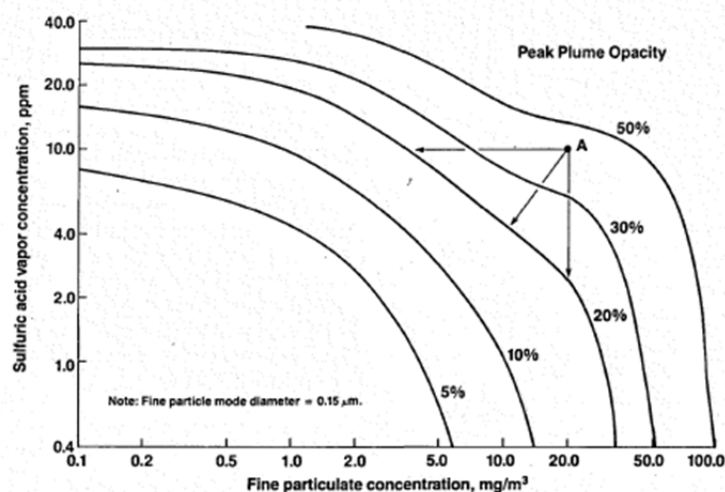
四、研究方法

國內業者推動燃煤電力設施改造，於 ESP 前端增設取熱器，然改造後 ESP 操作溫度高於 LLESP 之 90°C ，甚至高於酸露點 (約 120°C)。因此，有必要檢討國內煤源之灰硫比指標，探討降低 ESP 入口煙氣溫度之可行性。以利在改善視覺污染的同時，達到粒狀物減量的效果。

此外，ESP 入口煙氣溫度，對於粒狀物濃度之影響，也是評估的一部分。上述粒狀物包含硫酸液滴、粒狀污染物 (PM) 及不透光率 (Opacity, OP)，其數據來源及方法如表 2 所示。其中，硫酸液滴及 PM 皆為檢測資料非連續值，故以 OP 連續自動監測數據來補充分析。OP 主要受到 PM_{2.5} 與硫酸液滴濃度影響，可以反應兩者濃度複合影響，如圖 9。

表 2 本研究資料來源及監/檢測方法

污染物	資料來源	監/檢測方法
硫酸液滴	本研究檢測數據	NIEA A441.12B 排放管道中硫酸液滴檢測方法 (103.11.10 公告)
粒狀物	環保署固定源申報資料庫-檢測	NIEA A101.75C 排放管道中粒狀污染物採樣及其濃度之測定方法 (104.7.13 公告)
不透光率 (OP)	環保署連續自動監測設施 (CEMS) 監測數據申報系統	固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法 附錄一、粒狀污染物不透光率監測設施之規範



註：圖中粒狀物之數量中間直徑為 0.15 μ m

圖 9 不透光率等值圖

五、結果與討論

(一) 國內主要煤源煙氣灰硫比評估

依經濟部能源局統計資料，我國煤炭進口來源以澳洲、俄羅斯及印尼為主，以樣品經前述公式(一)推估，澳洲煤及俄羅斯煤之灰硫比 >100 ，印尼煤灰硫比 <100 ，如表 3 所示。可以藉由煤源參配，控制灰硫比 >100 ，降低腐蝕風險。灰硫比顯示，降低 LESP 操作低於酸露點具有可行性。

表 3 國內主要煤源煙氣灰硫比推估結果

煤種	A/H 前端濃度(mg/Nm^3)		灰硫比推估
	粒狀污染物	SO_2	
俄羅斯	~13,000	78.8	~165
印尼	~8,000	87.5	~91
澳洲	~25,000	87.5	~286

(二) 視覺污染改善

(1) 視覺污染改善

民營電力設施增設 GGH 前後，視覺污染比較如圖 10，該廠增設 MGGH 後，排氣溫度由 55°C 上升至 $72\sim 75^\circ\text{C}$ ，視覺污染改善。對照改善前尚未安裝 MGGH 之煙囪排放情形，有顯著差異。

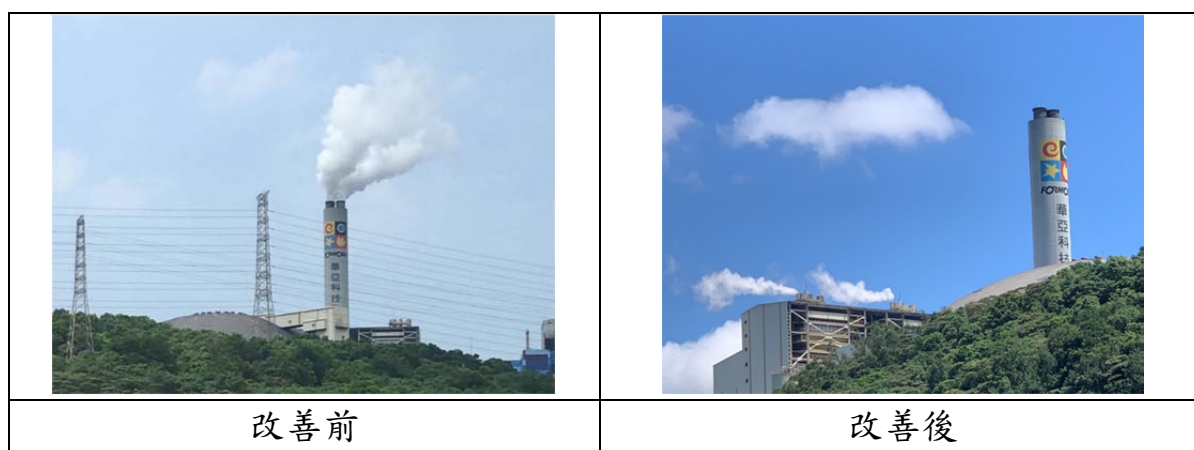


圖 10 增設 MGGH 改善視覺污染案例

(2) 提高熱效率

當大氣環境濕度越高，溫度越低，則避開霧區所需之增溫也越高。上述浙江省《燃煤電廠大氣污染物排放標準》規定，提及正常工況、冬季分別加熱至 75、78℃，也顯示實際增溫得視大氣環境調整。國內案例廠也有視大氣環境而調整者，採用季節性兩段式調控，取熱後除加熱煙氣外，多餘餘熱亦加熱鍋爐飼水，提高熱效率，設備配置如圖 11。

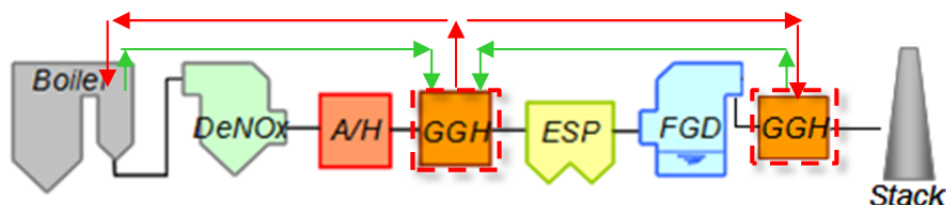


圖 11 鍋爐排煙餘熱回收利用之設備示意圖

考量低溫季節時段(11-4 月)，大氣溫度低且濕度高白煙問題較大，加熱需求較大。高溫季節時段(5-10 月)，台電夏季電價(6~9 月)用電吃緊，節能需求較大，故有不同操作模式。調控作法如下：

- 低溫季節：MGGH 回收餘熱加熱煙氣，煙氣排放溫度達 96℃
- 高溫季節：MGGH 回收餘熱加熱鍋爐飼水後加熱煙氣，達 85℃

濕度線圖標註高溫、低溫季節之煙氣加熱及冷卻之過程如圖 12，高溫季節加熱至 85℃，冷卻至大氣條件 20℃及相對濕度 80%；低溫季節加熱至 96℃，冷卻至大氣條件 15℃及相對濕度 80%，皆可避開霧區，不至於造成視覺污染。經國內業者運作結果，於高溫季節(5-10 月)餘熱可提高鍋爐飼水溫度約 3℃。廠熱效率增加幅度達 0.4%。

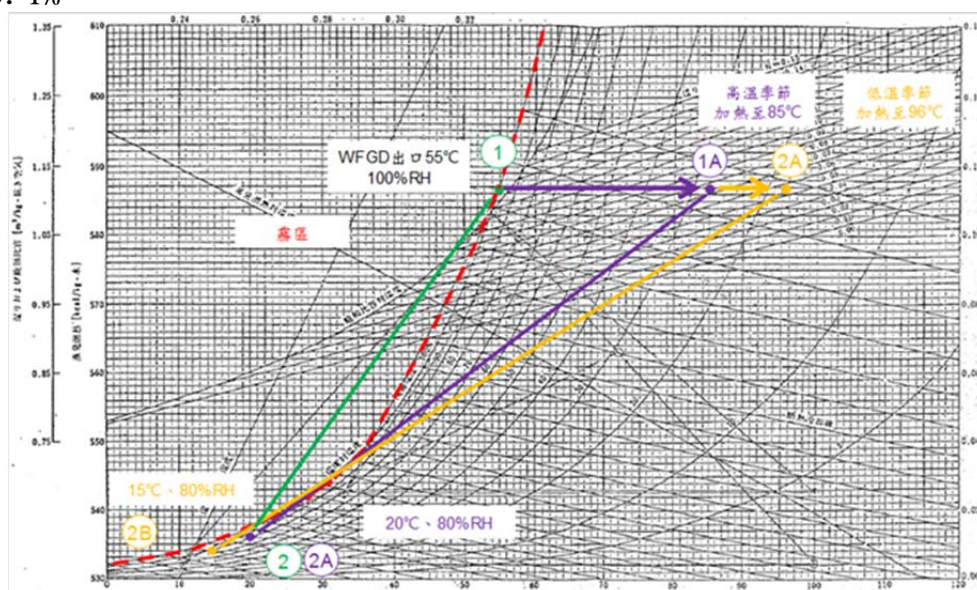


圖 12 高溫、低溫季節之煙氣加熱及冷卻之過程

(三) 粒狀物減量效益

(1) 防制設備對 SO₃(硫酸液滴) 之影響

於國內業者完成部分改造前進行排放管道檢測，以比較改造前後之差異，研究對象及檢討事項如表 4。表中第 1~3 項進行配對比較。其中，第 1 項兩部機組差異為 GGH，可探討 ESP 入口煙氣溫度之影響；第 2 項兩部機組差異為 GGH+WESP，可探討 ESP 入口煙氣溫度及增設 WESP 之影響；第 3 項差異為 WESP，可探討增設 WESP 之影響。ESP 入口煙氣溫度及增設 WESP 之管道硫酸液滴檢測結果如圖 13。

表 4 研究對象及檢討事項一覽表

項次	廠別	機組/管道	防制設備	檢討事項
1	A	1	SCR+ESP+wFGD	GGH 影響
		2	SCR+GGH+ESP+wFGD +GGH	
2	B	1	SCR+ESP+wFGD	GGH+WESP 影響
		2	SCR+GGH+ESP+wFGD+WESP+GGH	
3	C	1	SCR+ ESP+wFGD+WESP(關)	WESP 影響
		1	SCR+ ESP+wFGD+WESP(開)	
4	D	1		ESP 入口 煙氣溫度影響

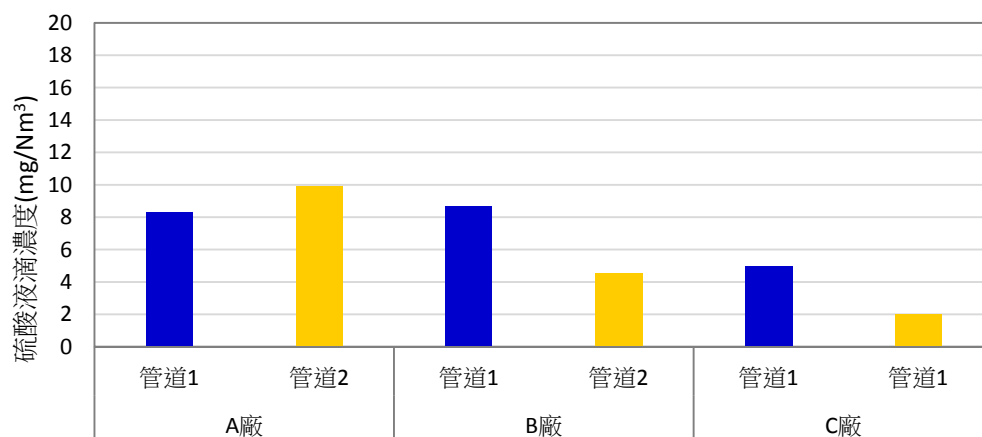


圖 13 ESP 入口煙氣溫度及增設 WESP 之管道硫酸液滴檢測結果

A 廠機組 1 (簡稱 A1) 未裝設 GGH 其 ESP 入口煙氣溫度約 150℃，A2 雖裝設 GGH 降為 124℃，A1 與 A2 之硫酸液滴濃度無顯著差異。B1 未裝設 GGH 其 ESP 入口煙氣溫度約 150℃，B2 裝設 GGH 降為 124℃ 且增設 WESP，其硫酸液滴有顯著減量，由 8.7 mg/Nm³ 降至 4.5 mg/Nm³。C 廠增設 WESP 後，調整 WESP 開關，WESP 關閉及開啟時，硫酸液滴有顯著減量，由 5 mg/Nm³ 降至 2 mg/Nm³。由上述 3 廠檢測數據顯示，ESP 入口煙氣溫度 (124℃) 高於酸露點 (120℃) 對於硫酸液滴的減量效果不顯著，增設 WESP 對於硫酸液滴的減量效果則約有 46~60%。

(2) ESP 入口煙氣溫度對硫酸液滴之影響

進一步探討 ESP 入口煙氣溫度對硫酸液滴之影響，實驗對象為表 4 之第 4 項，調整 D 廠之 GGH 的取熱量，以控制 ESP 入口煙氣溫度，並於 ESP 後端進行檢測，檢測結果如圖 14 所示。

當 ESP 入口煙氣溫度由 150℃ 降至 115~105℃，由於已低於酸露點，因此硫酸液滴濃度有顯著改善，隨著溫度降低，硫酸液滴濃度進一步降低。由於溫度達 115℃ 時，硫酸液滴濃度低於 <1 ppm (約 3.6 mg/Nm³)，其與日本改善經驗效果 (圖 8) 一致。

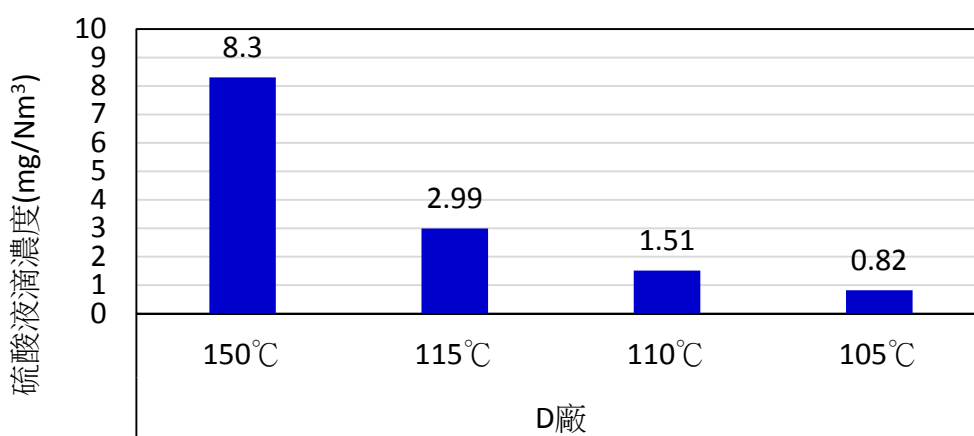


圖 14 ESP 入口煙氣溫度之 ESP 後端硫酸液滴檢測結果

(3) 粒狀污染物 (PM)

整理案例廠歷年粒狀物檢測結果及變化原因檢討如圖 15 所示。圖中將粒狀物濃度變化以三階段表示，三階段以 2006 年及 2016 年作為時間區隔，三階段之粒狀物濃度分別為 15.1 mg/Nm^3 、 25.1 mg/Nm^3 及 8.4 mg/Nm^3 。第二階段 PM 濃度增加的原因，與業者檢討後，認為與煤源變更有關，參考不同煤源之含硫份及飛灰比電阻分布(圖 6)，中國限制煤炭出口後，澳洲煤及俄羅斯煤佔比漸增，比電阻增加，因而 ESP 削減率降低，粒狀物濃度增加。第三階段 PM 濃度降低的原因，則與電力設施改造有關，業者增設 GGH，ESP 入口煙氣溫度降低，比電阻降低，ESP 削減率提高，粒狀物濃度減少。此外，煙氣溫度($105\sim115^\circ\text{C}$)低於酸露點，硫酸液滴冷凝於 PM 一併被 ESP 收集去除，進一步降低粒狀物。

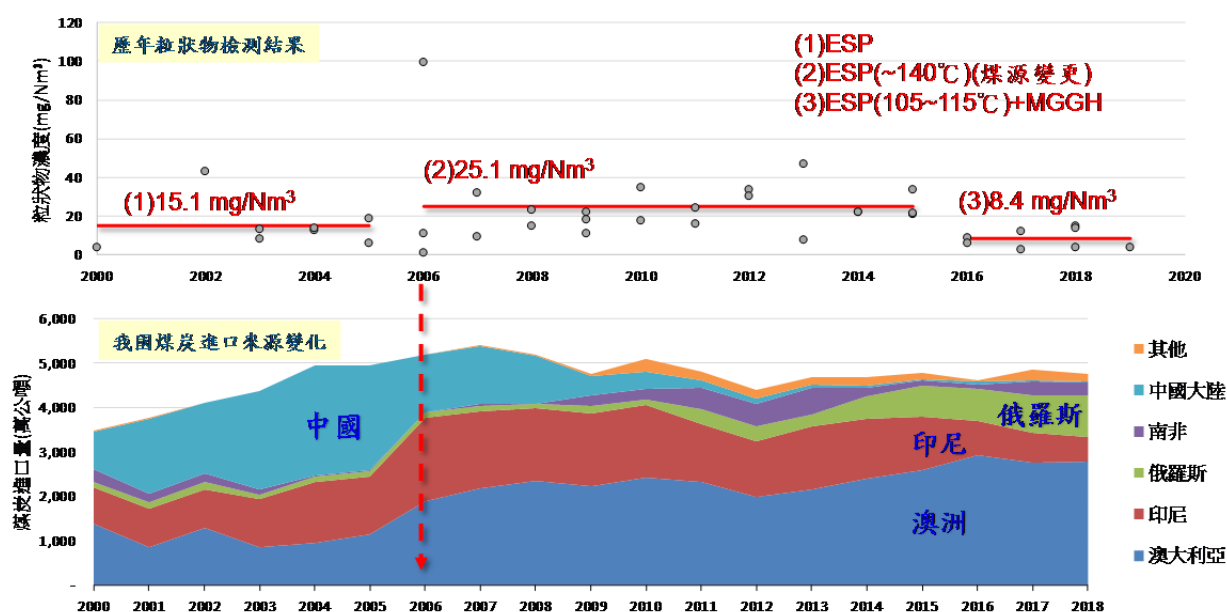


圖 15 案例廠歷年粒狀物檢測結果及變化原因檢討

(4) ESP 入口煙氣溫度對不透光率 (Opacity, OP) 影響-1

案例廠增設 MGGH 後，透過調整 MGGH 開關，觀察裝設於 ESP 後端之 OP 監測數據，如圖 16。該圖橫座標為時間軸，縱座標左側為煙囪出口濃度，右側為 OP。當 MGGH 關閉後，ESP 入口煙氣溫度由 110°C 增為 150°C ，同時段 OP 由 8% 增為 16~18%，煙囪出口溫度約 85°C 降為 55°C ，顯示 ESP 入口煙氣溫度降低有利於 OP 降低。

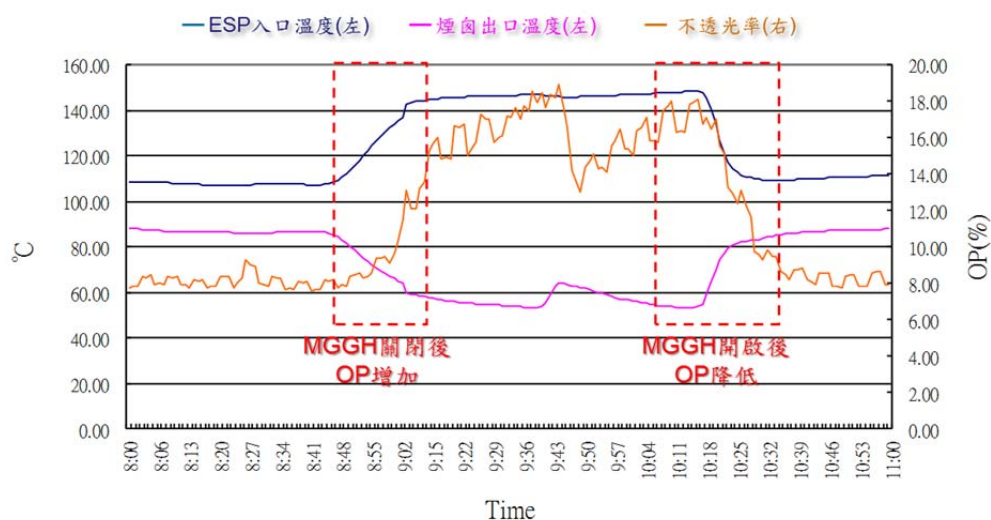


圖 16 案例廠調整 GGH 開關及 ESP 入口煙氣溫度對不透光率影響

(4) ESP 入口煙氣溫度對不透光率 (Opacity, OP) 影響-2

一般認為傳統 LESP (130~150°C) 對於粒狀物的去除不如袋式集塵器，而 LLESP (90°C) 則約與袋式集塵器約相當，ESP 入口煙氣溫度介於兩者間的狀況少有研究。案例廠改造後，其位於排放管道之 OP 監測顯示，已由改造前 105 年 OP 之 10%，降為 107 年改造後 2%，已接近採用袋式集塵器之案例，如圖 17。

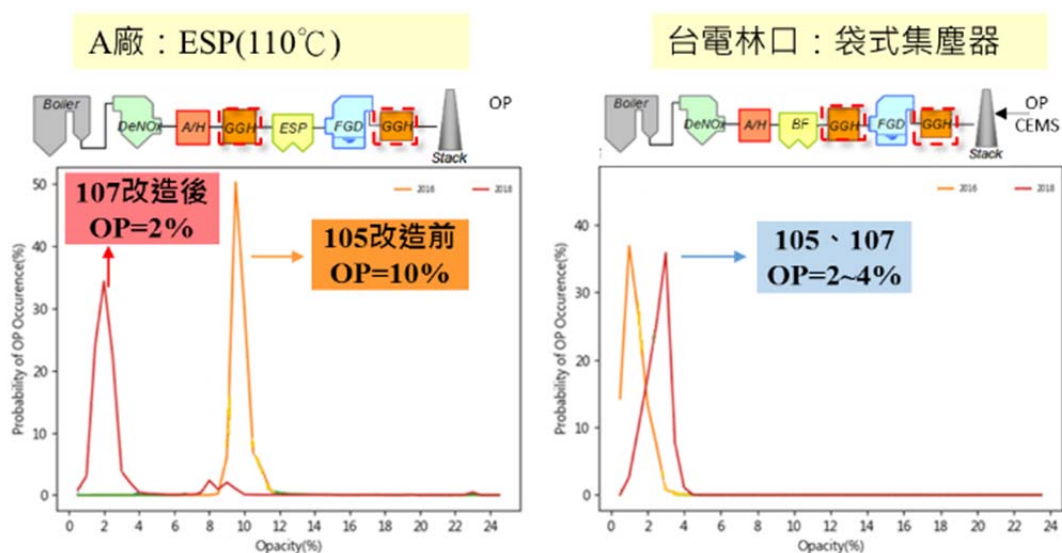


圖 17 案例廠改造前後不透光率發生機率分布圖

六、結論與建議

國內業者最初是為了改善視覺污染而增設 MGGH，透過 ESP 前取熱 wFGD 後加熱，使 ESP 入口煙氣溫度由 150°C 降至 124°C，煙囪排放 72~75°C，即可改善視覺污染，改造後 ESP 入口煙氣溫度仍高於酸露點(約 120°C)以避免腐蝕。然而，本研究檢討國內煤源顯示澳洲煤及俄羅斯煤之灰硫比>100，印尼煤透過參配也可達到類似效果，顯示有灰包硫情形可降低腐蝕風險，因此與業者合作探討增加取熱，使 ESP 入口煙氣溫度降至 105°C 低於酸露點操作，以理論與實驗數據相互佐證，提供業者調整之參考。

研究顯示，增加取熱後，除了加熱煙氣改善視覺污染外，更可加熱鍋爐飼水，提高熱效率。此外，由於 ESP 入口煙氣溫度低於酸露點，硫酸液滴冷凝於飛灰以 ESP 去除，而飛灰的比電阻降低，ESP 性能提升，粒狀物排放濃度減少。改造後硫酸液滴濃度可低於 1ppm，粒狀物濃度可低於 10mg/Nm³。

七、致謝

感謝行政院環保署提供計畫經費。感謝民營電力設施(台塑企業、長春集團等)協助調整操作參數配合檢測作業，及後續數據檢討提供之意見。

參考文獻

1. 「六輕工業區煙囪排放「白煙」是水汽—不會污染環境」，台塑企業總管理處安全衛生環保中心環保管理處。
2. Froelich D.A., and Graves G.M. (1987), Eliminating Reheat from Existing FGD Systems. JAPCA, 37:3, 314-321.
3. Wet Stack Design Guide, EPRI, Palo Alto, CA:1996. TR-107099
4. Revised Wet Stack Design Guide, EPRI, Palo Alto, CA:2012
5. Takanori Nakamoto, Advanced AQCS Technology for Further Emission Control, 2014
6. 翁衛國等，濕法脫硫系統“石膏雨”問題的成因及解決對策，化工進展，2015 年第 34 卷第 1 期。

7. 呂勁毅，火力發電廠專用高性能空污改善方案，MHPS 公司，2018
Taiwan-Japan Clean Coal Technology Workshop, 2018.3.8。
8. Arrondel V., Bacchiega G., and Hamliil M. (2012), The Electrostatic Precipitator External Parameters at the Heart of Dust Collection Efficiency Performance: Coal Characteristics, Combustion Quality and SCR Chemical Process, International Journal of Plasma Science & Technology, Vol. 6, No. 1, p 26-32.
9. 藤島英勝, 清水拓, 土屋喜重, 西田定二, 田中雅 (1994), 低低温 E P 適用による石炭火力用排煙処理システムの合理化設計, 三菱重工技報, 第 31 捲第 4 期, p 247-251。
10. 何毓忠、赵海宝、酈建国等, 低低温电除尘器灰硫比计算及中国煤种分析, 环境工程 (2015) 33 (2) :76-79。
11. Damle A. S., Ensor D. S., and Sparks L. E. (1987), Options for Controlling Condensation Aerosols to Meet Opacity Standards, JAPCA 37, p 925-933.
12. James “Buzz” Reynolds (2009) Wet ESP Control of Fine PM and Condensables, Siemens Environmental Systems & Services, presented at LADCO Workshop, March 24, 2009, <https://www.ladco.org/>
13. 張耀斌 (2018), 「華亞汽電公司燃煤汽電廠友善環境之作為」簡報, 華亞汽電股份有限公司。
14. 經濟部能源局, 能源統計月報,
<https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx>

徵稿啟事

- 一、 本會會訊提供會員及專家學者發表環境領域新知、技術與專業經驗等。
- 二、 專題稿件以環境相關理論與實務、環境法規、環境保護理念之論述為原則，採技術報導或論文等撰寫形式皆可，文長以 8000 字以內為原則，所附圖表或照片應清晰，稿件禁止以公司集體智慧，有著作權、業主版權疑問或抄襲複製等情事，以免觸法。
- 三、 會訊以雙月刊週期出版，出版日期為奇數月 10 日，投稿稿件須於出版日之 15 日以前，以電子檔案寄(送)抵公會。
- 四、 專題稿件稿酬之文字單價為每字新台幣 2 元，原創照片與圖表單價為每幀新台幣 500 元，每篇稿酬以新台幣 12,000 元為上限；特殊專文之稿酬另案處理。
- 五、 本會負有以下權利與義務：(一) 專題稿件之審閱。(二) 提供審閱意見請撰稿者修改或回覆。(三) 決定專題稿件刊登與否。專題稿件之審閱及審閱意見之提供，必要時得請相關專長之專家學者擔任。
- 六、 會訊為專業交流之發佈管道。具名撰稿者刊登之稿件內容，不代表本會的意見或立場。具名撰稿者應遵守智慧財產權等相關法令，以及無條件負擔因其稿件內容刊登所衍生之責任。

各公會會員大會、理監事會會議紀錄

中華民國環境工程技師公會全國聯合會

第 10 屆第 4 次理監事聯席會議紀錄

壹、時間：中華民國 110 年 7 月 29 下午 3 時

貳、地點：視訊會議(Google meet)

參、出席人員：理事—楊基振、林玉青、高信福、姚宗岳、張天益、范綱智、
黃啟明、林清洲、周奮興、徐永郎、曾寶山、范振國、
林永欽、許甫豪

監事—林威安、王朝民、劉劍輝、蕭友琳、黃義雄

肆、缺席人員：(無)

伍、請假人員：理事—王凱中

陸、列席人員：(無)

柒、主持人：楊理事長基振

捌、記錄：范穎卉

玖、報告事項：

一、第 10 屆第 3 次理監事會提案決議執行情形

提案 1	
案由	110 年度會員代表大會名冊(如附件一)提請審議
決議	照案通過
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 2	
案由	追認聘任沈世宏博士及張木彬教授擔任本會顧問
決議	照案通過
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查

二、第 10 屆第 2 次常務理監事會提案決議執行情形

提案 1	
案由	為補助台灣省環境工程技師公會辦理執業技師座談及餐敘，提請討論
決議	補助台灣省環境工程技師公會 8 萬元
提案 2	
案由	委託張世峰先生辦理執業環工技師採訪及撰寫文章報導
決議	照案通過，並請張世峰先生提出詳細執行計畫及報價，經理事會通過後執行
提案 3	
案由	行政院公共工程委員會舉辦「研商提升環境工程技師簽證品質會議」，會中行政院環境保護署建議技師公會自行增辦簽證培訓課程及以抽查方式協助技師核對文件內容，提請討論
決議	依說明段辦理

三、工作報告：

1. 會議：參閱下表

日期	出席者	召開單位	會議名稱
110 年 3 月 25 日	楊理事長基振、 林常務監事威安、 吳慶龍技師	中華民國環境工程技師公會全國聯合會	「環境工程技師查核及裁處作業要點」草案暨「環境工程專業人員職能精進課程」計畫討論會議
110 年 4 月 7 日	楊理事長基振、 林常務監事威安、 吳慶龍技師	中華民國環境工程技師公會全國聯合會	建請環保署修訂「環境工程技師簽證案件查核標準作業程序」暨「環境工程專業人員職能精進課程」計畫草案討論會議
110 年 4 月 12 日	楊理事長基振	行政院環境保護署	109 年度環境工程技師執行水污染簽證業務查核成果交流會議
110 年 5 月 6 日	楊理事長基振	行政院公共工程委員會	研商提升環境工程技師簽證品質會議
110 年 5 月 26 日	高召集人信福	行政院公共工程委員會	第十一屆技師懲戒委員會第 11 次委員會

日期	出席者	召開單位	會議名稱
110 年 6 月 16 日	曾理事寶山	基隆市環境保護局	「南榮河水質提升現地處理及沿岸水環境營造工程」第一次變更設計審查視訊會議
110 年 6 月 17 日	楊理事長基振	行政院公共工程委員會	協助解決工程技術顧問業因疫情衍生公司經營面問題會議

2. 水污核章件數：

110 年共 86 件(截至 3 月 19 日止)

3. 與高雄市環境工程技師公會合辦「110 年度土壤及地下水污染整治技術講習」

壹拾、討論提案：

提案 1・提案人：理事長

案由：110 年 1-6 月收支決算表(如附件一)提請理事會審議、監事會監察。

決議：照案通過。

提案 2・提案人：理事長

案由：委託張世峰先生辦理「環工技師查核問題報導計畫」。

說明：執行契約書如附件二。

決議：照案通過。

壹拾壹、散會

台灣省環境工程技師公會

第 12 屆第 1 次理監事聯席會議紀錄

壹、地 點：視訊會議（Google meet）

貳、時 間：中華民國 110 年 7 月 29 日下午 1 時 30 分

參、出席人員：理事長：楊基振

常務理事：張天益、高信福

理事：劉劍輝、黃義雄、王志遠、許甫豪、范綱智、
陳俊明、徐永郎、黃啓明、周奮興、曾寶山、
廖寶玫

常務監事：林威安

監事：姚宗岳、林清洲、吳昭宏

肆、缺席人員：（無）

伍、請假人員：理事：王凱中

監事：吳慶龍

陸、列席人員：（無）

柒、主持人：理事長

捌、記錄：范穎卉

玖、報告事項

（一）第 12 屆第 1 次理事、監事會提案決議執行情形

提案 1	
案由	110 年度 1 至 3 月經費收支提請審議
決議	照案通過
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 2	
案由	新入會會員名冊提請審核
決議	照案通過
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查

提案 3	
案由	退會會員名冊提請審核
決議	照案通過
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 4	
案由	修訂本會「行政院公共工程委員會採購評選委員及財政部促參甄審委員專家學者推薦辦法」
決議	照案通過，由審查委員會辦理
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 5	
案由	修改公會網站刊登廣告收費辦法，提請討論
決議	由福利委員會執行
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 6	
案由	第 12 屆第 1 次會員大會原提案人黃振倉技師，連署人張美琴技師之提案「建議理監事選舉能採用電子投票，讓每位選舉人能夠按照自己的自由意志進行投票，建立真正的民主選舉制度」。提案說明「採用電子投票可提高投票率，使選出的理監事更具代表性。」，提請討論
決議	由法規委員會研議
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 7	
案由	本會會員人數已達 560 位，且每年大約有 20-30 位技師入會，為避免年度會員大會出席人數未過半造成流會，建議評估會員大會改成會員代表大會
決議	由法規委員會研議
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 8	
案由	建議訂定本會各項工作之執行作業程序，以各委員會之工作為主軸，再細分次工作項目
決議	由各委員會擬定作業程序書，並於下次理事會提出討論
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查

提案 9	
案由	修訂「廢(污)水處理設計參數及公式彙編(修訂一版)」及「廢氣處理設計參數彙編」，提請討論
決議	照說明辦理，並先 mail 給會員針對目前手冊提供修正或增列意見，做為修訂版本參考。如有增加工作項目請高信福技師及江彥雄博士提出經費說明，再提請理事會討論
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查
提案 10	
案由	因應執業技師辦理換照，擬辦理技師換照所需課程之相關教育訓練
決議	依說明 4. 及 5. 辦理
內政部備查	無意見
工程會意見	涉及技師法部分同意備查

(二) 第 12 屆第 1 次常務理監事會提案決議執行情形

提案 1	
案由	有關辦理中華民國環境工程技師公會全國聯合會補助本會 8 萬元辦理執業技師會員之座談及餐敘，提請討論
決議	1. 由福利委員會辦理。 2. 參加對象以水污核章之技師為主。 3. 各地區安排場地及召集由以下委員擔任 (桃園：黃啟明、台中：許甫豪、高雄：黃義雄)
提案 2	
案由	委託張世峰先生辦理環工技師簽證案件查核現況問卷調查及分析
決議	照案通過，並請張世峰先生提出詳細執行計畫及報價，經理事會通過後執行
提案 3	
案由	本會網站廣告收費辦法費用之調整
決議	針對以上說明，再請理事表示意見，若理事過半數同意，請修正理事會會議紀錄。

(三) 會員繳費紀錄---截至 110 年 7 月 15 日止，繳交 110 年度常年會費者 553 人。

(四) 工作報告：

1. 專案計畫

(1) 「110 年度桃園市水污染防治專業技術審查計畫開口合約」

委託單位	桃園市政府環境保護局		
計畫主持人	黃啓明		
合約金額(含稅)		收入(未稅)	支出(未稅)
2,585,000 元		-	91,921 元
日期	內容		
1100507	檢送 4 月份月報		
1100603	新增審查技師 5 名		
1100607	檢送 5 月份月報		
1100706	檢送 6 月份月報		
1100707	審查技師工作共識暨教育訓練講習		
1100716	檢送本季(4-6 月)許可結案案件數量統計明細表，共 35 件		

2. 委託案件

(1) 「107 年度重訴字第 189 號損害賠償事件」廢棄物棄置(掩埋)鑑定案

委託單位	臺灣新竹地方法院		
執行人	徐永郎		
委託金額(含稅)		收入(未稅)	支出(未稅)
3, 778, 000 元		3, 598, 095 元	3, 149, 147 元
1100508	鑑定報告書審查會(第 2 次)		
1100519	檢送鑑定報告書 (含附冊) 一式五份		
1100629	鑑定費出帳, 本案結		

(2) 「聚紡股份有限公司詐欺鑑定案」

委託單位	臺灣高等法院		
執行人	林永欽		
委託金額(含稅)		收入(未稅)	支出(未稅)
-		-	-
1100608	法院來函委託鑑定		
1100702	檢送鑑定計畫書		
1100714	檢送修正後鑑定計畫書及報價單		

(3) 固定污染源操作許可證委託審查

委託單位	南投縣環境保護局	
執行人	范振國	
收入(未稅)		支出(未稅)
744,604 元		628,804 元
1100518	增列協審技師 7 名(呂文奇、林永欽、彭文良、蘇信豪、楊仁泊、林威安、蕭耀斌)	
1100611	增列協審技師 6 名(蔡紀明、陳進財、粘愷峻、李明哲、謝文哲、賴永健)	

(4) 水污染防許可證(文件)委託審查

委託單位	南投縣環境保護局	
執行人	范振國	
收入(未稅)		支出(未稅)
-		-
1100505	檢送委託審查合作意向書」1 式 3 份	

3. 各委員會工作報告

	日期	委託/召開/ 來函單位	事由	說明
審查	1100511	臺南市政府 水利局	協助事業用戶排放事業廢污水水質超標輔導改善-奇美醫療財團法人柳營奇美醫院	黃理事義雄出席
	1100511	臺南市政府 水利局	揚悅旅館股份有限公司排放事業廢污水水質超標輔導改善	黃理事義雄出席
	1100526	臺中市政府	臺中市潭子聚興產業園區「服務中心及污水處理廠工程」細部設計書圖審查	游暉生技師協審
	1100604	內政部土地 重劃工程處	機場捷運 A7 站地區區段徵收公共工程第九標公滯六聯外排水及廢棄物清理工程基本設計階段之必要圖說審查	林常務監事威安協審
	1100607	新竹縣政府	第 17 屆區域計畫非都市土地使用分區及使用地變更專責審議小組	推薦范理事綱智

	日期	委託/召開/ 來函單位	事由	說明
審查	1100608	臺南市政府 水利局	「怡居開發實業股份有限公司－東區竹篙厝段 2357 地號等 1 筆集合住宅新建工程」專用下水道審查	黃理事義雄協審
	1100609	臺南市政府 水利局	研商事業用戶水質超標輔導改善案討論會	黃理事義雄出席
	1100616	新北市政府 水利局	「三重、蘆洲垃圾山移除工程前期規劃計畫(第二次修正)」外業調查成果報告書審查會議	徐理事永郎協審
	1100705	臺南市政府 水利局	「三富地產股份有限公司、台灣糖業股份有限公司－安南區和館段 20-1 地號等 1 筆集合住宅新建工程」專用下水道審查	黃理事義雄協審
	1100709	臺南市政府 水利局	「和發建設股份有限公司－永康區市政段 293、294、295、311、312 地號等 5 筆店鋪、集合住宅新建工程」專用下水道審查	黃理事義雄協審
紀律	1100507	行政院公共 工程委員會	環境工程科技師黃○○技師違失懲戒案研議	姚主任委員宗岳、張委員天益、林委員清洲、楊理事長基振
	1100524	行政院公共 工程委員會	環境工程科技師張○○技師違失懲戒案	吳委員慶龍書審
學術	1100513		110 05-06 會訊	呈層複合土壤(MSL)水質淨化系統處理水庫集水區污染水體案例應用－陳妍樺、張志誠、何嘉浚、李瀚林
				MBR 薄膜生物處理系統於工業區污水處理廠實作運用－高志翔、張志誠

	日期	委託/召開/ 來函單位	事由	說明
學術	1100705		110 07-08 會訊	土壤及地下水污染 的環境鑑識及案例 解析-陳士賢
				AERMOD 在臺灣應用 之實務探討 -曠永銓

壹拾、提案討論

提案 1・ 提案人：理事長

案由：110 年度 1 月至 6 月經費收支提請審議。

說明：如附件一(1 月至 6 月收支決算表、資產負債表及現金出納表)。

決議：照案通過。

提案 2・ 提案人：審查委員會

案由：新入會、退會會員名冊提請理事會審核。

說明：1. 新入會共 6 名，如新入會會員名冊卷宗檔。

2. 退會共 1 名，如退會會員名冊卷宗檔。

決議：照案通過。

提案 3・ 提案人：審查委員會

案由：行政院公共工程委員會及財政部專家學者推薦名冊提請理事會審核。

說明：推薦名單如下，共 8 名。

(曾寶山、張耿榕、劉志仁、吳昭宏、周奮興、林清洲、黃台琪及林威安等 8 位會員)

決議：照案通過。

提案 4・ 提案人：理事長

案由：中華民國環境工程學會年會活動贊助之事宜，提請討論。

說明：如附件二。

決議：出席理事表決超過半數同意贊助 5 萬元。

提案 5・ 提案人：理事長

案由：委託張世峰先生辦理「環工技師查核問題問卷調查計畫」。

說明：執行契約書如附件三。

決議：照案通過。

提案 6・ 提案人：理事長

案由：理監事選舉採用電子投票之可行性。

說明：1. 本會原於 110 年 5 月 1 日第 12 屆第 1 次理事會決議本提案由法規委員會研議，惟因疫情關係，未能召開會議，爰請會務人員洽詢內政部。

2. 依人民團體選舉罷免辦法第 23 條：「人民團體之理事、監事選舉，得於章程訂定採用通訊選舉，並由理事會於預定開票日一個月前召開會議審定會員（會員代表）名冊，依名冊印製及寄送通訊選舉票。」

3. 經電話詢問內政部，電子投票非屬通訊選舉，採用電子投票視為選舉無效。

決議：函詢內政部，理監事選舉採用電子投票是否適用人民團體選舉罷免辦法。

壹拾貳、散會