

<p>112 年 07-08 月號</p>			<p><雙月刊></p>
---------------------------	---	--	--------------------

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：曾寶山
- ◎ 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	6
■ 行政院公共工程委員會核備 112 年 07 至 08 月訓練積分課程表	10
■ 環保訊息	12
■ 論述園地	17
污泥好氧消化槽的去氮除磷-蔣守銘技師、陳伯珍技師	17
臭氧產生技術的概述與應用-黃振倉技師	38
■ 徵稿啟事	47
■ 各公會會員大會、理監事會會議紀錄	48

主編的話

本次公會於6月10日召開第12屆第3次會員大會，親自出席會員達6成參與會員大會，已圓滿結束，相當感謝技師們長期對公會的支持與肯定。本次學術園地邀稿兩篇：

第一篇為-蔣守銘、陳伯珍技師分享「污泥好氧消化槽的去氮除磷」，本篇以文獻回顧的方式，介紹污水處理廠之廢棄污泥在污泥好氧消化槽中以週期性缺氧/好氧操作，或是分開設置缺氧區及好氧區，再配合污泥濃縮等方法，達成去除污泥中氮磷營養鹽之目的，作者以” Sludge Stabilization Sustainability of Aerobic Digestion Processes” (Woo, 2014)，闡述好氧消化的去氮硝化脫氮的機制，包括溶氧條件、Ph值、溫度及碳氮比等條件得宜，方能使參與脫硝作用的異營菌實現良好的脫硝效果，若想要同時進行硝化和脫硝，就必須考量更多的系統設計與控制。對於，好氧消化要能去氮除磷，主要的技術在於系統中好氧與缺氧環境的控制方法，而若要使系統更為優化，則還需要加入污泥濃縮，且生物處理程序宜應具備好氧、厭氧和缺氧區域，促進硝化和脫硝過程，才能達成脫氮除磷的效果。文中並Fruitland、Union Rome及 McFarland Creek等污水廠實務運行情形做為案例說明。

第二篇為-黃振倉技師分享「臭氧產生技術的概述與應用」，臭氧技術的應用相當廣泛，包括水處理、空氣淨化、食品處理及醫療應用，文中介紹臭氧人工產生各種技術中，以較為經濟的無聲放電法為市場常用臭氧設備，並分「板式」、「玻璃管式」及「渦輪式」3種臭氧產生技術的機制介紹，對於知名臭氧產生器生產廠牌、各型式臭氧機規格及其應用領域，均有詳盡介紹說明。

會務報告

1. 112 年度會員大會已於 6 月 10 日圓滿結束。
2. 112 年度常年會費繳費通知及記事本已於 111 年 11 月 9 日寄出，敬請尚未繳納 112 年度常年會費（金額 4,000 元）之會員儘速繳納。
公會匯款資訊如下：
 - 戶名：台灣省環境工程技師公會
 - 銀行匯款資料：台灣企銀(050)營業部 帳號：01012241581
 - 郵局劃撥帳號：18091292
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。
4. 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。
5. 會訊廣告刊登：
 - (1) 費用：8,000 元/期
 - (2) 刊登辦法：
請繳交費用後，將投放廣告內容 PDF 檔(尺寸：A4 紙) MAIL 至公會。

更正本會 11205-06 會訊第 35 頁

原文：「導電度與總溶解固體物(TDS)之比值一般約為 0.6~0.7，但因水質特性不同仍會有不同的比值，惟理論上 TDS 的值不會大於導電度，且導電度與 TDS 呈正相關。」

修正為：「總溶解固體物(TDS；mg/L)與導電度(μ mho/cm)之比值一般約為 0.6~0.7，但因水質特性不同仍會有不同的比值，惟理論上 TDS 的值不會大於導電度，且導電度與 TDS 呈正相關。」

第 12 屆第 3 次會員大會暨餐敘活動



圖-1



圖-2



圖-3



圖-4



圖-5



圖-6



圖-7



圖-8



圖-9



圖-10



圖-11



圖-12



圖-13

重要法令

行政規則公告

1. 民國 112 年 5 月 3 日總統華總一義字第 11200036341 號令，增訂環境影響評估法第 16-2 條條文。
2. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 3 日環署基字第 1121038915 號函，訂定「循環杯借用服務業者營運補助要點」，自即日生效。
3. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 4 日環署空字第 1121046800 號公告，修正「公私場所應定期檢測及申報之固定污染源」公告事項第四項及第一項附表二、附表三、附表四、附表五，並自即日生效。
4. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 4 日環署空字第 1121046799 號令，修正「半導體製造業空氣污染管制及排放標準」。
5. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 8 日環署空字第 1121045578 號公告，預告「三級防制區既存固定污染源應削減污染物排放量準則」修正草案。
6. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 8 日環署空字第 1121047591 號公告，預告修正「固定污染源最佳可行控制技術」公告事項第二項附表一草案。
7. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 19 日環署基字第 1121053468 號公告，修正「物品或其包裝容器及其應負回收清除處理責任之業者範圍」公告事項第七項、第八項、第十二項及第一項表一，除另定施行日期者外，自即日生效。
8. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 19 日環署土字第 1121055410 號函，訂定「土壤及地下水污染改善貸款信用保證實施要點」，自即日生效。
9. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 23 日環署化字第 1128108619 號公告，修正「行政院環境保護署所主管災害緊急應變警報訊號之種類、內容、樣式、方法及其發布時機」，並自即日生效。
10. 民國 112 年 5 月 24 日總統華總一義字第 11200043181 號令，制定環境部組織法並公布全文 8 條；施行日期，由行政院以命令定之。
11. 民國 112 年 5 月 24 日總統華總一義字第 11200043191 號令，制定環境部氣候變遷署組織法並公布全文 6 條；施行日期，由行政院以命令定之。
12. 民國 112 年 5 月 24 日總統華總一義字第 11200043231 號令，制定國家環境研究院組織法並公布全文 7 條；施行日期，由行政院以命令定之。
13. 民國 112 年 5 月 24 日總統華總一義字第 11200043211 號令，制定環境部化學物質管理署組織法並公布全文 6 條；施行日期，由行政院以命令定之。
14. 民國 112 年 5 月 24 日總統華總一義字第 11200043201 號令，制定環境部資源循環署組織法並公布全文 6 條；施行日期，由行政院以命令定之。

15. 民國 112 年 5 月 24 日總統華總一義字第 11200043221 號令，制定環境部環境管理署組織法並公布全文 6 條；施行日期，由行政院以命令定之。
16. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127104071 號公告，預告訂定「揮發性有機物含量檢測方法－重量法 (NIEA M701.01C)」草案。
17. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127103488 號公告，預告訂定「水中導電度測定方法－導電度計法 (NIEA W203.52C)」草案。
18. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127104085 號公告，預告訂定「毒性及關注化學物質中有機化合物檢測方法－氣相層析質譜儀法 (NIEA T706.25B)」草案。
19. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127104073 號公告，預告廢止「揮發性總有機物檢測方法－重量法 (NIEA M701.00C)」。
20. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127104077 號公告，預告廢止「有機磷農藥檢測方法－毛細管柱氣相層析法 (NIEA R610.21C)」。
21. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127104100 號公告，預告廢止「毒性化學物質中有機化合物檢測方法－氣相層析質譜儀法 (NIEA T706.24B)」。
22. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127104076 號公告，預告訂定「事業廢棄物萃出液中有機磷農藥檢測方法－氣相層析儀法 (NIEA R610.22C)」草案。
23. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 30 日環署授檢字第 1127103490 號公告，預告廢止「水中導電度測定方法－導電度計法 (NIEA W203.51B)」。
24. 行政院環境保護署民國 112 年 5 月 31 日環署氣籌字第 1129100952 號公告，修正「事業應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」，名稱並修正為「事業應盤查登錄及查驗溫室氣體排放量之排放源」，自即日生效。
25. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 8 日環署空字第 1121064905 號函，訂定「行政院環境保護署指定驗證機構執行影像判煙系統驗證工作審查作業要點」，自即日生效。
26. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 14 日環署空字第 1121064054D 號令，修正「固定污染源空氣污染物排放標準」第二條、第三條條文。
27. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 19 日環署循字第 1121062270 號公告，預告修正「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第 4 條之 1、第 29 條草案。

28. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 19 日環署授檢字第 1127104656 號公告，廢止「有機類化學物質檢測方法一定性及定量分析法 (NIEA T101.12C)」，並自中華民國一百一十二年十月十五日生效。
29. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 21 日環署氣籌字第 1129102009 號公告，預告修正「溫室氣體排放量盤查登錄管理辦法」草案。
30. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 27 日環署綜字第 1121073431 號令，核釋「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第 28 條第 1 項第 12 款有關營建混合物資源分類處理場或裝潢修繕廢棄物分類處理場之相關規定，自即日生效。
31. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 27 日環署授檢字第 1127104811 號公告，廢止「毒性化學物質中有機化合物檢測方法—樣品製備法 (NIEA T704.23B)」，自 112 年 10 月 15 日生效。
32. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 27 日環署授檢字第 1127104807 號公告，訂定「毒性及關注化學物質中有機化合物檢測方法—樣品製備法 (NIEA T704.24B)」，並自中華民國一百一十二年十月十五日生效。
33. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 28 日環署基字第 1121075113 號令，111 年 4 月 28 日訂定公告之「一次用飲料杯限制使用對象及實施方式」公告事項 3 第 1 款有關雲林縣飲料店不得提供塑膠一次用飲料杯實施日期，自 112 年 11 月 1 日施行。
34. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 28 日環署授檢字第 1127104911 號公告，預告廢止「機動車輛行駛噪音量測方法—影像輔助法 (NIEA P211.80B)」。
35. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 28 日環署授檢字第 1127104914 號公告，預告訂定「機動車輛行駛噪音量測方法—影像輔助法 (NIEA P211.81B)」草案。
36. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 28 日環署循字第 1121072053 號公告，預告「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」第 4 條附表修正草案。
37. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 29 日環署基字第 1121070544 號公告，修正「免洗餐具限制使用對象及實施方式」公告事項第二項，並自中華民國一百一十二年八月一日生效。
38. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 29 日環署水字第 1121075018 號公告，預告修正「水污染防治措施計畫及許可申請審查管理辦法」第 45 條、第 49 條之 1 草案。
39. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 29 日環署氣籌字第 1129101833 號公告，預告訂定「溫室氣體自願減量專案管理辦法」草案。

40. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121074384 號令，修正「移動污染源空氣污染物排放標準」。
41. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121072845 號公告，修正「使用中汽車之認定及檢驗實施方式」，並自中華民國一百一十二年七月一日生效。
42. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121075396 號公告，訂定「汽油及替代清潔燃料引擎汽車實施排放空氣污染物定期檢驗之對象、區域、頻率及期限」，並自中華民國一百一十二年七月一日生效。
43. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121075275 號公告，訂定「柴油及替代清潔燃料引擎汽車實施排放空氣污染物定期檢驗之對象、區域、頻率及期限」，並自中華民國一百一十三年一月一日生效。
44. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121069411 號令，修正「違反噪音管制法案件裁罰基準」，並自即日生效。
45. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121074072 號令，修正「交通工具排放空氣污染物檢驗及處理辦法」，名稱並修正為「交通工具排放空氣污染物檢驗處理及委託辦法」。
46. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121075966 號令，訂定「汽油及替代清潔燃料引擎汽車排放空氣污染物檢驗站設置及管理辦法」。
47. 行政院環境保護署民國 112 年 6 月 30 日環署空字第 1121069718 號公告，修正「固定污染源空氣污染防制費收費費率」，並自中華民國一百一十二年七月一日生效。

行政院公共工程委員會核備 112 年 07 至 08 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	翻轉/重生 都市更新研討會	2023/07/07 ~ 2023/07/07	財團法人都市更新研究發展基金會	聯絡人：陳盈汝 電話：02-23818700#5145 信箱：inzu1987@ur.org.tw
2	台電 345kV 松湖~大安及深美~大安輸電線電纜洞道工程參訪	2023/07/07 ~ 2023/07/07	中華民國隧道協會	聯絡人：林淑琪 電話：02-29291962 信箱：ctta.tw@msa.hinet.net
3	第十六期大地工程薪傳講座-潛感和災害分析-以山崩為例	2023/07/08 ~ 2023/07/08	中華民國大地工程技師公會	聯絡人：謝美玲 電話：02-27820022#21 信箱：show@apollootech.com.tw
4	PMP®國際專案管理師培訓班	2023/07/08 ~ 2023/08/19	中興工程顧問社	聯絡人：褚琴琴 電話：02-87919198#453 信箱：cherry@sinotech.org.tw
5	AMPP CP3 陰極保護技師訓練課程	2023/07/10 ~ 2023/07/14	中華民國防蝕工程學會	聯絡人：吳慧真 電話：02-82731575 信箱：anticorr@seed.net.tw
6	112 年度技師簽證品質提升宣導會(臺中場)	2023/07/11 ~ 2023/07/11	行政院環保署管考處	聯絡人：黃小姐 電話：02-26220473 信箱：greenlive427@gmail.com
7	機電工程系列-建築物機水電監工實務	2023/07/12 ~ 2023/07/12	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：胡小姐 電話：02-89195094 信箱：vicky@tcri.org.tw
8	【淨零建築與建築能效評估制度推廣說明會與工作坊】- 台北市場次	2023/07/12 ~ 2023/07/12	財團法人台灣建築中心	聯絡人：洪千鎔 電話：02-86676111#166 信箱：nita@tabc.org.tw
9	3D 列印混凝土創新研究技術研討會	2023/07/13 ~ 2023/07/13	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：李小姐 電話：02-89195042 信箱：tcri309@tcri.org.tw
10	112 年度技師簽證品質提升宣導會(臺北場)	2023/07/13 ~ 2023/07/13	行政院環保署管考處	聯絡人：黃小姐 電話：02-26220473 信箱：greenlive427@gmail.com
11	離岸風力發電技術指引說明會	2023/07/13 ~ 2023/07/13	國立臺北科技大學	聯絡人：陳佳恩 電話：02-27712171#2651 信箱：jjaenchen@ntut.edu.tw
12	112 年度綠建築推廣講習會-中部場	2023/07/14 ~ 2023/07/14	社團法人台灣綠建築發展協會	聯絡人：陳志豪 電話：02-86676111#181 信箱：heroyohoho@taiwangbc.org.tw
13	第 22 屆公共工程金質獎專案管理得獎專案分享研討會	2023/07/14 ~ 2023/07/14	社團法人中國工程師學會	聯絡人：梁愛倫 電話：02-23925128#12 信箱：secretariat@cie.org.tw

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
14	2023 職業安全研討會：工程法律解析	2023/07/15 ~ 2023/07/15	中華民國工程法律學會	聯絡人：林文馨 電話：07-3814526#15205 信箱：cscltw0411@gmail.com
15	臺中市都市更新教育訓練人才培訓課程【初階培訓課程】梯次 B	2023/07/15 ~ 2023/07/16	財團法人都市更新研究發展基金會	聯絡人：陳盈汝 電話：02-2381-8700#5145 信箱：inzu1987@ur.org.tw
16	建築智慧化創新技術研討暨推廣說明會(一)台北場次	2023/07/18 ~ 2023/07/18	工業技術研究院產業學院	聯絡人：張綾珂 電話：03-5913797 信箱：lingkochang@itri.org.tw
17	環境分析技術(第 67 期)講習會-高雄場	2023/07/18 ~ 2023/07/18	社團法人中華民國環境分析學會	聯絡人：施侑萱 電話：03-5207581 信箱：ceas@ms22.hinet.net
18	112 年度技師簽證品質提升宣導會(高雄場)	2023/07/18 ~ 2023/07/18	行政院環保署管考處	聯絡人：黃小姐 電話：02-26220473 信箱：greenlive427@gmail.com
19	工程法務系列-公共工程辦理採購刑事責任分析及檢調約談實務解析	2023/07/18 ~ 2023/07/18	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@tcri.org.tw
20	112 年公路橋檢測人員培訓_初訓課程(2 日視訊+1 日實體)	2023/07/18 ~ 2023/07/20	財團法人中華顧問工程司	聯絡人：林伯勳 電話：02-87325567#1216 信箱：stephane@ceci.org.tw
21	營建業減碳 ESG 發展藍圖研討會	2023/07/19 ~ 2023/07/19	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：蘇祐萱 電話：02-89195089 信箱：fanny@tcri.org.tw
22	環境分析技術(第 67 期)講習會-臺北場	2023/07/20 ~ 2023/07/20	社團法人中華民國環境分析學會	聯絡人：施侑萱 電話：03-5207581 信箱：ceas@ms22.hinet.net
23	【淨零建築與建築能效評估制度推廣說明會與工作坊】-屏東縣場次	2023/07/20 ~ 2023/07/20	財團法人台灣建築中心	聯絡人：張天譽 電話：02-86676111#159 信箱：yuc1031@tabc.org.tw
24	機電工程系列-五大管線及消檢申請作業流程實務	2023/07/20 ~ 2023/07/20	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：胡小姐 電話：02-89195094 信箱：vicky@tcri.org.tw
25	WELLAP 國際健康建築專業顧問線上輔導班	2023/07/20 ~ 2023/07/21	綠矩整合有限公司	聯絡人：吳依蓁 電話：04-23218867 信箱： jennywu@greenmatrixes.com
26	112 年度綠建築推廣講習會-南部場	2023/07/21 ~ 2023/07/21	社團法人台灣綠建築發展協會	聯絡人：陳志豪 電話：02- 86676111#181 信箱： heroyohoho@taiwangbc.org.tw

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
27	建築智慧化創新技術 研討暨推廣說明會 (二) 高雄場	2023/07/21 ~ 2023/07/21	工業技術研究院產業 學院	聯絡人：張綾珂 電話：03-5913797 信箱：lingkochang@itri.org.tw
28	Oracle Primavera P6 基 礎課程(台中班)	2023/07/21 ~ 2023/08/05	台灣世曦工程顧問股 份有限公司	聯絡人：丁裕興 電話：02-879735678840 信箱：ting0204@ceci.com.tw
29	【淨零建築與建築能 效評估制度推廣說明 會與工作坊】 - 澎湖 場次	2023/07/27 ~ 2023/07/27	財團法人台灣建築中 心	聯絡人：張天譽 電話：02-86676111#159 信箱：yuc1031@tabc.org.tw
30	112「公共工程經費電 腦估價系統」PCCES 4.3	2023/07/27 ~ 2023/07/28	滕嘉企業社	聯絡人：梁韶芸 電話：02-27088090 信箱：yilinp@ms44.url.com.tw
31	臺中市都市更新教育 訓練人才培訓課程【初 階培訓課程】梯次 C	2023/07/27 ~ 2023/07/28	財團法人都市更新研 究發展基金會	聯絡人：陳盈汝 電話：02-23818700#5145 信箱：inzu1987@ur.org.tw
32	政府採購契約變更研 習營	2023/07/28 ~ 2023/07/28	中興工程顧問社	聯絡人：褚琴琴 電話：02-87919198#453 信箱：cherry@sinotech.org.tw
33	工程法務系列-工期展 延及費用補償之理論 與爭訟實務兼論鑑定 程序	2023/07/28 ~ 2023/07/28	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@tcri.org.tw
34	國土資訊系統工程地 質探勘資料庫技師訓 練活動課程	2023/07/31 ~ 2023/07/31	經濟部中央地質調查 所	聯絡人：謝小姐 電話：02-23452177 信箱：geotech@ycgis.net
35	112 年公路橋檢測人 員培訓_回訓課程(1 日 視訊+1 日實體)	2023/08/01 ~ 2023/08/03	財團法人中華顧問工 程司	聯絡人：林伯勳 電話：02-87325567#1216 信箱：stephane@ceci.org.tw
36	馬達及其變頻驅動流 體系統之節能技術	2023/08/03 ~ 2023/08/10	財團法人中衛發展中 心	聯絡人：劉小姐 電話：02-87726001#108 信箱：c1212@csd.org.tw
37	第十六期大地工程薪 傳講座-活動斷層調查 與設計地震評估	2023/08/05 ~ 2023/08/05	中華民國大地工程技 師公會	聯絡人：謝美玲 電話：02-2782-0022#21 信箱：pgea@pgea.org.tw
38	建築智慧化創新技術 研討暨推廣說明會 (三) 台中場	2023/08/08 ~ 2023/08/08	工業技術研究院產業 學院	聯絡人：張綾珂 電話：03-5913797 信箱：lingkochang@itri.org.tw
39	國土資訊系統工程地 質探勘資料庫技師訓 練活動課程	2023/08/24 ~ 2023/08/24	經濟部中央地質調查 所	聯絡人：謝小姐 電話：02-23452177 信箱：geotech@ycgis.net

環保訊息(資料來源：行政院環境保護署)

- 112/05/02 **【環保署預告修正「環境教育人員認證及管理辦法」】**
環境教育人員認證及管理辦法於 100 年 6 月 22 日訂定發布後，曾於 102 年 10 月 17 日及 111 年 4 月 14 日修正，為鼓勵民眾持續投入環境教育推展，並因應實務需要簡政便民，調整人員認證及管理作業，故修正本辦法草案。
- 112/05/04 **【「務實、自主及精準管理」 環保署修法推動半導體產業減污共利】**
環保署於 112 年 5 月 4 日修正發布「半導體製造業空氣污染管制及排放標準」，以「務實、自主及精準管理」三項原則，增訂新設製程排放標準、改變全廠總排放量管制為個別排放管道濃度管制、強化自主監測及簡化定期檢測、修正目前管制上遭遇之問題，以促使新建廠房或新設製程選擇污染排放較低或防制效能較佳之設備，提高業者自主管理誘因，兼顧產業發展與空污防制，落實空氣污染排放精準管理。
- 112/05/05 **【總統公布環評法增訂第十六條之二條文】**
環境影響評估法增訂第十六條之二條文，立法院於 112 年 4 月 14 日三讀通過，112 年 5 月 3 日經總統以 112 年 5 月 3 日華總一義字第 11200036341 號令公布。本次增訂第十六條之二條文係為國土資源有效運用及考量環境保護與經濟開發衡平之意旨，爰針對已公告審查結論之環境影響說明書、評估書或環境現況差異分析及對策檢討報告，增訂其開發行為許可文件遭目的事業主管機關廢止後，環境影響說明書、評估書或環境現況差異分析及對策檢討報告審查結論亦應失其效力，且溯及既往之規定。
- 112/05/05 **【碳費徵收專款專用，審慎規劃並進行經濟影響評估】**
媒體報導碳費徵收牽動通貨膨脹，環保署今日強調碳費徵收現正審慎規劃中，對於各界關切徵收碳費可能造成的衝擊，環保署今年同步進行碳費徵收與支用之整體經濟影響評估，以促進溫室氣體實質減量同時兼顧整體經濟發展。

- 112/05/08 **【環保署預告「三級防制區既存固定污染源削減污染物排放量準則」修正草案及「固定污染源最佳可行控制技術」修正草案】**
環保署於 112 年 5 月 8 日預告「三級防制區既存固定污染源削減污染物排放量準則」修正草案及「固定污染源最佳可行控制技術」修正草案，規劃透過源頭管制塗料揮發性有機物含量、規範集氣設備型態及管末管制排放規定，以技術可行方式，減少揮發性有機物排放，保護民眾健康及改善空氣品質。
- 112/05/09 **【立法院三讀通過「環境部組織法」全面擔負起環境治理責任】**
今(9)日三讀通過環境部及三級機關(構)相關組織法，環保署將改制為環境部，同時成立氣候變遷署、資源循環署、環境管理署、化學物質管理署等四個三級機關以及國家環境研究院。
- 112/05/12 **【公開接受各界推薦行政院環境保護署環境教育認證審查會第 7 屆委員】**
環保署自即日起至 112 年 6 月 5 日止公開接受法人、機關、環保公益團體等推薦專家學者擔任環境教育認證審查會第 7 屆委員，任期自 112 年 7 月 15 日至 114 年 7 月 14 日止，計 2 年。
- 112/05/18 **【環保署自願減量推動策略專家論壇 各界對談納入修法】**
環保署於今(18)日召開「溫室氣體自願減量推動策略專家論壇」，由沈志修副署長主持，與國內 4 位專精於溫室氣體自願減量的專家學者，就國際自願減量發展機制、我國推動自願減量的情形與未來修正方向進行深度對談。該署刻正訂定氣候變遷因應法相關子法，與會者建言將納入修法。
- 112/05/24 **【防漂綠 穩健推動碳交易】**
近期各界對於碳定價、碳交易等高度關注，有許多不同的看法及想像，其中包括推動碳交易可能產生漂綠的疑慮。對此，環保署表示我國分階段徵收碳費，同時鼓勵事業執行自願減量專案，對於減量額度抵換交易有把關機制，讓碳交易是減碳助力而非漂綠。
- 112/05/24 **【環保署第 15 屆環評委員遴選開跑，公開接受各界推薦！】**
環保署第 14 屆環境影響評估審查委員會(下稱環評委員會)委員即將於 112 年 7 月 31 日任期屆滿，為銜接第 15 屆環評委員會任務，環保署自即日起至 112 年 6 月 7 日止公開接受法人、機關、大專院校(含學院、系所)、學術研究機構、團體推薦專家學者擔任第 15 屆環評委員會委員。

- 112/06/06 【**環保署設減碳專線 解答你的碳焦慮**】
鑒於各界對減碳議題有諸多討論及疑義，環保署除了建立「氣候公民對話平台」提供各項資訊，今日宣布設立「減碳專線」及電子信箱，企業或民眾對於氣候變遷因應法以及減碳相關議題，可以電話或電子郵件詢問，專人為你解答，不要碳焦慮！
- 112/06/12 【**環保署建置離岸風電環評審查基準，在符合環境保護要求下，有效率地協助推動綠電開發**】
因應我國能源政策推動再生能源之發展目標，環保署已建立相關行政措施，提升環評審查效率，在符合環境保護要求下，推動綠電開發。至於各界關切之環評審查效率，環保署已具體提出 6 個月至 1 年內完成環評審查之目標，並啟動相關行政作業之精進措施，包括初審審查意見完整提出逐次收斂、初審會議原則不超過 3 次等。
- 112/06/19 【**環保署預告修正「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第四條之一、第二十九條草案**】
環保署為配合實務運作，加強建築物拆除產出石綿瓦廢棄物貯存、清除及處理之管理，另配合公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法已刪除「清理機構」規定，預告修正「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第四條之一、第二十九條草案。
- 112/06/21 【**環保署預告「溫室氣體排放量盤查登錄管理辦法」修正草案**】
氣候變遷因應法於 112 年 2 月 15 日修正公布，為落實盤查與查驗分級管理精神，環保署預告「溫室氣體排放量盤查登錄管理辦法」修正草案，計有 15 條。各界如有相關建言者，可於本草案預告期間或公聽會時提出建言，使相關規範更臻完備。
- 112/06/28 【**環保署預告修正「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」第 4 條附表**】
為推動產業界及工程單位優先使用玻璃再生粒料為原料，明確廢塑膠再生油品原料再利用管理方式，及確保廚餘堆肥過程之環境衛生與堆肥產品品質，經參考各中央目的事業主管機關再利用管理方式等規定，環保署預告修正「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」第 4 條附表，以達到事業廢棄物再利用用途多元化及擴展廚餘作為有機肥料用途之目的，俾符再利用管理實務需求。

- 112/06/29 **【環保署預告修正「水污染防治措施計畫及許可申請審查管理辦法」】**
環保署為完備核發機關受理事業或污水下水道系統申請、變更或展延水污染防治措施計畫或許可證（文件）相關管制規定及推動各類環保許可整合業務，預告修正「水污染防治措施計畫及許可申請審查管理辦法」。
- 112/06/29 **【環保署預告「溫室氣體自願減量專案管理辦法」草案】**
為促進淨零排放目標之達成，環保署依據氣候變遷因應法第 25 條規定，研擬「溫室氣體自願減量專案管理辦法」草案，並進行預告，廣徵各界意見。環保署表示，溫室氣體減量需要多管齊下，本次草案精神係為鼓勵事業及各級政府執行自願減量專案，如：提升能源效率、節約能源等措施，藉此擴大溫室氣體減量種類、對象及範圍；執行自願減量專案者取得減量額度後可移轉或交易，形成減量誘因機制。
- 112/06/30 **【擴大空污排放差別費率，強化減排誘因 環保署公告修正「固定污染源空氣污染防制費收費費率」】**
為持續推動空氣品質不良季節污染排放減量，環保署於 112 年 6 月 30 日公告修正「固定污染源空氣污染防制費收費費率」，並自 112 年 7 月 1 日生效。修正內容包含擴大季節性費率差距，修正廢氣燃燒塔費率計算方式，調整戴奧辛、重金屬及有害揮發性有機物（VOCs）費率，並新開徵 3 種有害 VOCs 空污費，期透過強化經濟誘因，提高傳統及有害空氣污染物減量效益，預期每年可再減少約 9 千公噸之空氣污染物排放。

污泥好氧消化槽的去氮除磷

蔣守銘¹、陳伯珍²

¹²環境工程技師

²淡江大學水環系兼任副教授退休

摘要

本文以文獻回顧的方式，介紹污水處理廠之廢棄污泥在污泥好氧消化槽中以週期性缺氧/好氧操作，或是分開設置缺氧區及好氧區，再配合污泥濃縮等方法，達成去除污泥中氮磷營養鹽之目的，其處理後的澄清液能與污水二級處理水混合進入消毒槽後放流，而仍能符合嚴格的氮、磷等放流水標準。且此污泥處理程序除了具有長期卓越的處理效果，又能夠降低操作成本與總成本，達到污水處理廠永續經營的成效。此方法可用於污水處理廠功能提升時，既有好氧消化系統或污泥濃縮系統改善的參考，亦可做為厭氧消化污泥的後續處理。

關鍵詞

好氧消化、厭氧消化、後好氧消化、薄膜濃縮、營養鹽、側流水

一、概說

近年來水污染防治法規逐步加強對於放流水中氮、磷等營養鹽的管制，國內各污水處理廠也因應此要求，而視廠內情況逐步改善。本文將以文獻回顧的方式，針對在污泥處理程序中處理氮、磷等營養鹽的新發展，提供若干訊息，以供參考。

目前國內各個污水處理廠所產生的污泥，在減量處理程序方面，以濃縮(60 座)及脫水(72 座)佔大多數，而在穩定處理程序方面，則以好氧消化與厭氧消化居多，其中計有 20 座污水處理廠使用好氧消化，其實際平均日污水處理總量約為 94,000 CMD，脫水污泥總量(濕重)約為 8,600 噸/年；另有 12 座處理廠使用厭氧消化，其實際平均日污水處理總量約為 2,199,000 CMD，脫水污泥總量(濕重)約為 51,100 噸/年，詳見表 1。

表 1 國內污水處理廠污泥穩定處理程序方式統計表

好氧消化處理			厭氧消化處理		
廠名	實際平均日 污水處理量 (CMD)	脫水污泥 量(濕重) (噸/年)	廠名	實際平均日 污水處理量 (CMD)	脫水污泥量 (濕重) (噸/年)
復興鄉都市 計畫區水資 源回收中心	209	3.38	淡水水資源 回收中心	50,665	2,252.19
石門水資源 回收中心	3,322	427.85	八里污水處 理廠	1,148,217	15,068.03
大溪水資源 回收中心	4,830	682.66	迪化污水處 理廠	454,478	7,248.14
楊梅水資源 回收中心	4,249	747.00	桃園北區水 資源回收中 心	59,479	5,118.56
文青水園水 資源中心	3,087	103.40	福田水資源 回收中心	108,810	6,698.00
石岡壩水資 源回收中心	5,303	57.86	安平水資源 回收中心	137,925	4,700.21
台中港特定 區水資源回 收中心	4,527	974.12	安南水資源 回收中心	8,325	747.61
柳營區水資 源回收中心	3,722	137.46	楠梓污水處 理廠	32,441	2,397.54
大樹污水處 理廠	3,508	385.00	鳳山水資源 中心	82,807	4,628.64
旗美污水處 理廠	2,847	228.00	臨海水資源 中心	52,573	0.00
岡山橋頭污 水處理廠	10,133	1,049.09	羅東地區水 資源回收中 心	22,693	0.00
竹東水資源 回收中心	7,269	480.83	六塊厝污水 處理廠	40,889	2,268.60

好氧消化處理			厭氧消化處理		
竹南頭份水資源回收中心	13,965	2,197.00			
鹿港福興水資源回收中心	4,936	0.00			
溪頭污水處理廠	634	53.68			
斗六市水資源回收中心	9,183	812.89			
台東市水資源回收中心	538	0.00			
和平島水資源回收中心	10,019	193.40			
嘉義市水資源回收中心	1,448	0.00			
擎天水資源回收中心	195	76.00			
總計	93,924	8,609.62	總計	2,199,302	51,127.52

資料來源：內政部營建署，111 年 11 月

濃縮、脫水的處理程序無法降低污泥及側流水(side stream)¹中的營養鹽，好氧及厭氧消化程序的側流水中，營養鹽的濃度也很高。這些含高濃度營養鹽的側流水，往往佔了污水處理廠處理營養鹽中相當高的比例，有時候也成為放流水營養鹽超標的原因。下文將介紹一些好氧消化技術的新發展、污泥好氧消化的去氮除磷，以及厭氧消化設施後面增設後好氧消化(post-aerobic digestion, PAD)，除了對於污泥營養鹽的去除具有相當好的效果，也討論最具效率的設計與操作，以符合現今節能減碳的趨勢。

¹ 側流水(side stream)係污水處理廠中回流到液體處理系列的生物固體處理所產生的任何污水水流，側流水的例子計有來自濃縮/脫水操作的濾液和來自消化過程的上澄液。

二、內容

以處理量來說，污泥佔污水的比例並不高，但是其處理流程及最終處置的費用卻很高，近年來國內污泥處置的費用不斷上升，對於污水處理廠的經營也造成壓力，而這一點即使是土地廣大的美國，也不遑多讓，推估美國污泥處理及處置佔污水處理總成本的 57%，而全美市鎮污水處理廠使用最多的污泥穩定處理程序是好氧消化，其中大多數的處理量 <5MGD(~19,000CMD)，厭氧消化廠數約是好氧消化的 1/2，但處理量大，流程複雜(Woo, 2014)，這一點倒與台灣的情況(詳見表 1)相近。而就學術或實務上來說，厭氧消化方面的綜合研究相較於好氧消化似乎較多，以下整理近來關於污泥好氧消化方面的幾篇文獻供參考。

1. 污泥好氧消化

Bryen Woo 在他的論文” Sludge Stabilization Sustainability of Aerobic Digestion Processes” (Woo, 2014)中，首先說明什麼是好氧消化。好氧消化是一種有機固體穩定過程，它為微生物提供有限的氧氣，以促進有機物的氧化，並將其轉化為二氧化碳和水。過程中使用的微生物是中溫兼性細菌，這意味著它們在 20°C 和 37°C 之間的溫度下茁壯成長，並在好氧(存在氧氣)、缺氧(沒有氧氣但存在硝酸氮)和厭氧(不存在氧氣或硝酸氮)條件下都可以存活。許多人經常將好氧消化過程與活性污泥過程混淆，雖然類似於促進微生物生長，並在通常為 2 mg/L 或更高的高溶解氧(DO)條件下運行的活性污泥液體處理過程，但好氧消化過程是在低 DO 條件下運行的腐敗過程。好氧消化系統的溶解氧通常在 0.5 mg/L 到 1.0 mg/L 之間，以促進微生物競爭有限的氧氣供應。且即便溶氧低到 0.3 mg/L，也不會對降低揮發性有機物或減少病原菌的能力產生不利影響，反倒是溶氧太高時會導致 pH 值降低，對中溫菌來說反而是可能有害的，因為嗜溫細菌對 pH 條件敏感。微生物在競爭溶氧時，需要消耗部分細胞質作為能量來維持細胞生存，可消耗的細胞質佔細胞的 75~80%，其餘則是由不可生物降解的惰性和有機化合物組成，這個過程係屬於內生呼吸期(endogenous respiration)的一種程序，是實現生物質或揮發性固體破壞的方式。

為什麼溶氧太高對污泥好氧消化程序不利？Bryen Woo(Woo, 2014)認為好氧消化利用微生物分解有機物，係基於一階動力學反應來作用，並有三個主要的處理程序，分別是生物質降解、硝化作用和脫硝作用。在生物質破壞過程中，微生物利用氧氣產生二氧化碳、水和碳酸氫銨(一種鹼度形式)等副產物。如果提供超出生物質破壞所需的額外氧氣，則會

發生硝化過程。在硝化過程中，銨轉化為硝酸氮，同時產生兩摩爾酸度 (H^+) 並損失兩摩爾鹼度。如果在硝化過程發生後繼續提供氧氣，酸的產生將繼續導致較低的 pH 值並破壞鹼度以中和酸，最終系統中對 pH 很敏感的微生物將因此而死亡。

為了防止過多的酸積累，污泥好氧消化必須進行脫硝過程。脫硝作用是通過兼性異營微生物，將硝酸氮還原成氮氣。實現脫硝需要三個條件：1) 異營菌，2) 硝酸氮作為微生物代謝和氧化有機物的能源，3) 有機物作為異營菌食物來源。碳源在脫硝過程中非常重要，根據經驗，實現完全脫氮需要 6:1 的碳氮比。好氧消化過程中的脫硝可以通過週期式的停止曝氣來實現，從而導致不存在氧氣，改以硝酸氮作為電子接受者來氧化生物質。當在好氧消化過程中完成脫硝時，硝酸氮會轉化為氮氣，系統在脫硝過程中則會產生二氧化碳、鹼度和水，這些反應的化學方程式詳見表 2。由 Woo 的討論可知，若只考量去除有機物或生物質的好氧消化，嚴格的溶氧控制是必須的，而若想要在污泥好氧消化程序中同時進行硝化和脫硝，就必須考量更多的系統設計與控制。

表 2 好氧消化的化學計量方程式

程序	方程式
好氧消化生物質分解	$C_5H_7NO_2 + 5O_2 = 4CO_2 + H_2O + NH_4HCO_3$
硝化	$NH_4^+ + 2O_2 = H_2O + 2H^+ + NO_3^-$
硝化生物質分解	$C_5H_7NO_2 + 7O_2 = 5CO_2 + 3H_2O + H^+ + NO_3^-$
脫硝	$C_5H_7NO_2 + 4NO_3^- + H_2O = NH_4^+ + 5HCO_3^- + 2N_2$
完整的硝化與脫硝	$C_5H_7NO_2 + 5.75O_2 = 5CO_2 + 3.5H_2O + 0.5N_2$

資料來源：Woo, 2014

2. 好氧消化的去氮除磷與濃縮

Woo (2014) 認為，好氧消化要能去氮除磷，主要的技術在於系統中好氧與缺氧環境的控制方法，而若要使系統更為優化，則還需要加入污泥濃縮。要做到去氮除磷，首先需使好氧消化過程具備好氧、厭氧和缺氧區域，以促進硝化和脫硝過程得以進行。這是從生物學上達到總氮去除所必需的，並且可以通過圖 1 在好氧消化槽週期性的啟動和停止曝氣、圖 2 好氧消化槽設置分開的厭氧或缺氧池槽(無濃縮)、以及圖 3 好氧消化槽設置分開的厭氧或缺氧池槽(有濃縮)等方式來達成。圖 4 顯示了缺氧週期對脫水濾液中總氮的影響。

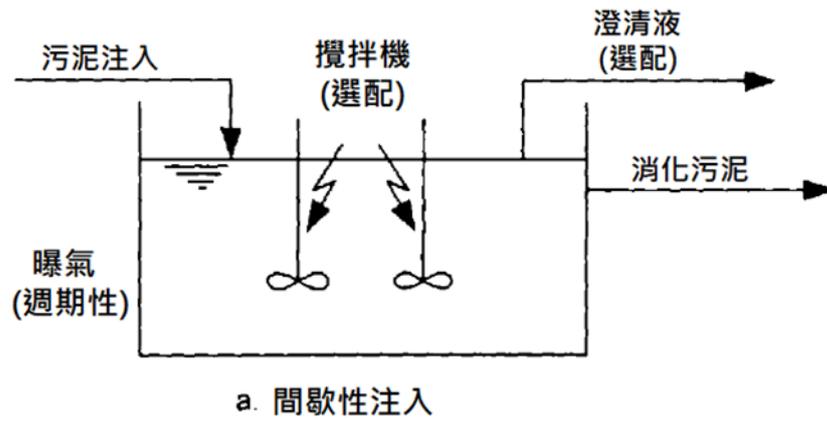


圖 1 好氧消化槽週期性的啟動和停止曝氣

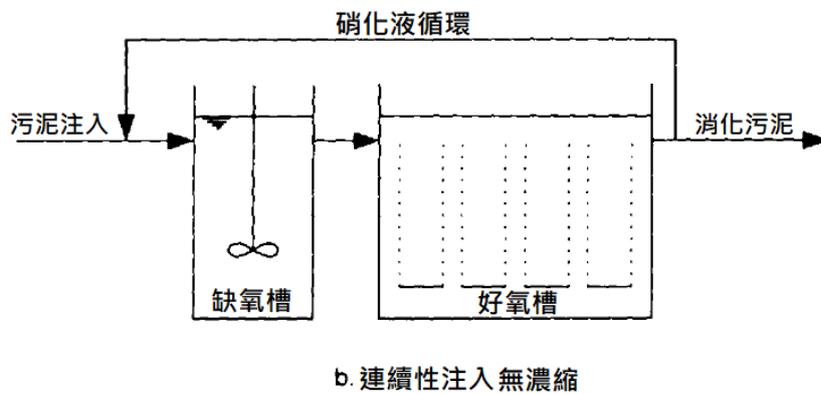


圖 2 好氧消化槽分開設置缺氧槽及好氧槽(無濃縮)

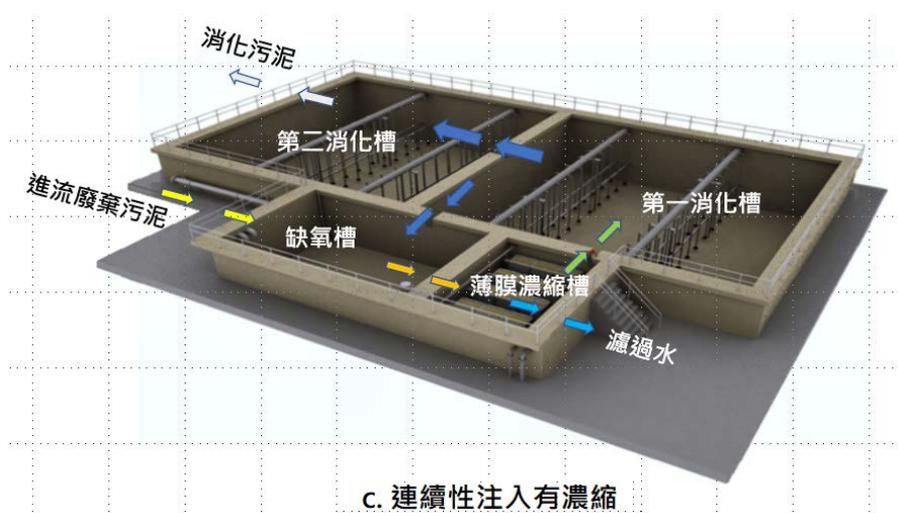
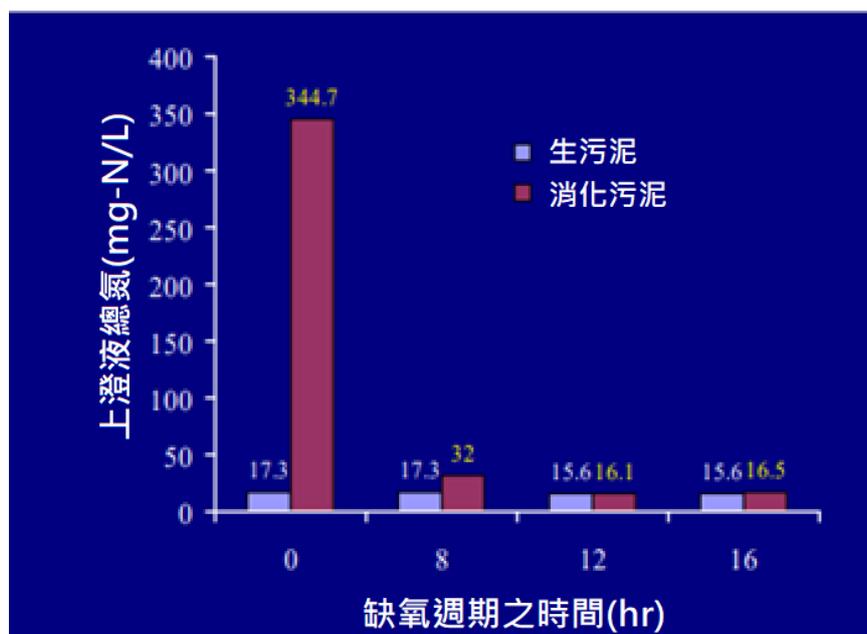


圖 3 好氧消化槽分開設置缺氧槽及好氧槽(有濃縮)



資料來源：Woo, 2014

圖 4 缺氧週期對脫水濾液中總氮的影響

與除氮相比，好氧消化系統的生物除磷程序更具挑戰性和複雜性，首先要注意磷係由以下三種形式組成：正磷酸鹽、多磷酸鹽和有機磷。磷通常不溶於水，但污水中通常可發現到水溶性磷酸鹽。在酸性條件存在 H^+ 離子時，磷酸鹽(PO_4^{3-})可以轉化為磷酸氫鹽(HPO_4^{2-})、磷酸二氫鹽($H_2PO_4^-$)和磷酸(H_3PO_4)的水溶液形式。無機磷的溶解由 pH 控制，並使用酸解離平衡常數(pKa)進行描述。磷酸是三價的，因此磷酸氫鹽、磷酸二氫鹽和磷酸的 pKa 值分別為 12.7、7.2 和 2.12。在 12.7 和 7.2 之間的 pH 條件下，磷酸氫鹽和磷酸二氫鹽種類最多，它們可以與鈣、鈉和鎂等礦物質形成化學鍵。這些礦物質和水性磷酸鹽物質結合的化學鍵，其沉澱物可去除溶液中的磷並停留在固體中。但在酸性環境中磷酸是主要存在的型態，不易與陽離子結合，此時磷就會留存在溶液中。故 Woo 認為，控制良好的好氧硝化和缺氧脫硝反應，將 pH 維持在 6.5~7.4，可以避免無機磷溶解到水溶液中，無機磷沉降物的溶解可以由物理和化學條件來控制，其中最重要的就是 pH，當 pH 在 4~6 的時候，會明顯促進無機磷的溶解釋出。

蓄磷菌(PAO)在沒有氧和硝酸氮的時候，會儲存生物處理中普遍的能量來源—含碳化合物，儲存含碳化合物時會釋出聚磷，若好氧消化槽之外有一個獨立的缺氧區域，廢棄活性污泥先流入缺氧區，提供新鮮的碳源給蓄磷菌，那麼當其中的硝酸氮耗盡時，蓄磷菌就會釋放聚磷；接下來在好氧消化槽中，當其儲存的碳消耗掉了，可以讓蓄磷菌持續生長

並攝取之前釋出的聚磷，這些磷會保存在污泥固體物之中而與水溶液分離排出，此時好氧消化—薄膜濃縮污泥的濾出液(permeate)中所含的磷濃度將顯著降低。這種行為與蓄磷菌習為人知的新陳代謝方式相符合，之所以最終磷的濃度會降低，是因為在缺氧環境中微生物的生長速率比在好氧環境中減低約 40%，故當蓄磷菌進入好氧消化槽後生長速率顯著提升，而能攝取並去除水溶液中比釋出的更大量的磷(Van Haandel & Van der Lubbe, 2007)。

當好氧消化系統中的微生物因內生呼吸而逐漸衰敗，蓄磷菌也一樣而會釋放出有機磷到水溶液中，表 3 展示出蓄磷菌與活性污泥系統微生物各自的關鍵特徵數據。由表 3 可知，蓄磷菌的衰敗率約為非蓄磷菌的 1/6，一般來說生物質(biomass)中非蓄磷菌的量為蓄磷菌的兩倍，但非蓄磷菌所蓄積的多磷酸只有蓄磷菌的 1/15，因此液體中蓄磷菌衰敗量既不多，非蓄磷菌也不會釋出大量有機磷，故可以得到結論是即便蓄磷菌衰敗，在液相中也不至於釋出大量有機磷。

表 3 20°C 時蓄磷菌與活性污泥一般異營菌(非蓄磷菌)的關鍵特徵值比較

參數	蓄磷菌PAO	非蓄磷菌 Non-PAO	單位
多磷含量 (Polyphosphorus content)	0.38	0.025	mg P .mg ⁻¹ VSS
衰敗常數(Decay constant)	0.04	0.24	d ⁻¹
細胞內分解殘留物 (Endogeneous Residue)	0.25	0.20	(-)
細胞內分解殘留物中磷含量 (P-fraction end..Residue)	0.025	0.025	mg P .mg ⁻¹ X _e
揮發性及總懸浮固體量比例 (Ratio VSS/TSS)	0.46	0.80	mg VSS .mg ⁻¹ TSS
脫硝分量(Denitrifying fraction)	0.6~1.0	1.0	(-)
脫硝率(Denitrification rate)	0.10/0.08	0.10/0.08	mg N .mg ⁻¹ X _a .d ⁻¹
厭氧釋磷(Anaer. Phosphate release)	0.05	—	mg P .mg ⁻¹ COD

資料來源：Woo, 2014

好氧消化程序能夠使三種形式磷的釋放最小化，且同時在污水及污泥處理單元使用好氧和缺氧去除營養鹽，可避免放流水中氮和磷的濃度偏高。其中的好氧消化去除氮與磷，就是要降低側流水中的氮和磷。所謂的側流水指的是處理廠中從生物性固體物處理單元流回污水液體處理單元的水流，如薄膜濾過液、脫水濾液或消化槽上澄液。一個具備生物去除營養鹽功能(biological nutrient removal, BNR)的污水處理廠，若是放流水中營養鹽濃度偏高，往往都是因為污泥處理側流水中的高營養鹽濃度造成的，常見的情況是側流水中含有進流總氮的 15~20%及總磷的 20~30%，如佛州 Clearwater 的 Marshall Street 水回收處理廠中的厭氧消化設施脫水濾液中含有 51mg/L 總磷，就是污水進流總磷量的 30%，側流水中的營養鹽常造成污水處理廠生物去除營養鹽的大問題。

相較於好氧消化，厭氧消化並沒有好氧區域，生物可分解的有機物會先被分解成揮發性脂肪酸(Volatile Fatty Acids, VFAs)並會促進蓄磷菌釋出磷，而因沒有好氧區域進行硝化作用，蓄磷菌也不會攝取釋出的磷，使得厭氧消化的側流水中含有高濃度的氮和磷。厭氧消化污泥脫水濾液回流中的氮濃度可以達到 900~1,500 mg/L as N 或更高，這足以使放流水中平均日氮濃度增加 3~5 mg/L。表 4 和表 5 分別展示厭氧消化和未經去氮除磷的好氧消化側流水中的氮和磷濃度值。

下文將先討論污泥濃縮，以利了解選用不同的濃縮方式，在技術上對於去氮除磷及好氧消化系統的影響，之後則介紹一些好氧消化案例。

表 4 厭氧消化系統上澄液水質特性

參數	平均值範圍(mg/L)
懸浮固體(SS)	143~2,205
總凱式氮(TKN)	306~1,144
氨氮(NH ₃ -N)	253~853
總磷酸以磷表示(Total PO ₄ -P)	63~143

資料來源：Woo, 2014

表 5 好氧消化系統上澄液水質特性

參數	平均值範圍(mg/L)	典型數值(mg/L)
懸浮固體(SS)	46~11,500	3,400
總凱式氮(TKN)	10~400	170
總磷(Total Phosphorus)	19~241	100
總溶解磷(Total Dissolved Phosphorus)	2.5~64	25

資料來源：Woo, 2014

Woo(2014)認為，一般來說在好氧消化系統有四種方式進行污泥濃縮，分別是污泥靜置析離(decanting)、重力濃縮、機械式濃縮、與浸沒式平板膜。污泥靜置析離讓污泥沉降並將上澄液排出，因其簡單且設置成本低廉，成為最常見的一種方式，也是傳統好氧消化系統使用的污泥濃縮方式。但這種方式不夠穩定，濃縮效果也比其他方法差，其濃縮效果僅視污泥的沉降性而定，尤其是若進流只有沉降性不佳的廢棄活性污泥時，其濃縮效果會更為糟糕。典型的廢棄活性污泥中固體物乾重只有 0.8%，初步沉降後則可以濃縮到 1.3%。但是不良的濃縮效果會導致好氧消化系統的 SRT 降低、分解揮發性固體物的效果也降低、增加能源消耗和污泥處置的費用、並需用更大的容積才能達成預期的處理效果。傳統好氧消化系統的另一個缺點則是因使用簡單的污泥靜置析離，其中並無曝氣，長時間未曝氣可能使得蓄磷菌得以產生，並釋放出大量磷在上澄液中，上澄液中也因沉降效果不佳而同時含有大量懸浮固體物。

其次是一個類似二級沉降槽的重力濃縮槽，其優點是這種方法對於操作人員來說是較易上手的傳統污水處理技術，其濃縮效果比污泥靜置析離好一點，濃縮後總固體物濃度可達 2~3%；其缺點則與傳統使用重力靜置析離的好氧消化方法類同。

另一種污泥預濃縮技術是機械式濃縮設備，如旋轉鼓式濃縮機(Rotary Drum Thickener, RDT)或重力帶濾濃縮機(Gravity Belt Thickener, GBT)。旋轉鼓式濃縮機使用包含了污泥調理用的聚合物(polymer)加藥設備及可旋轉的圓柱形篩，聚合物與進流的廢棄生物污泥等稀污泥在混合鼓中攪拌混合，調理完成後的污泥流入旋轉篩，在此膠凝的污泥與水分離，濃縮污泥隨著旋轉篩轉動挪移到鼓的終點後排出，分離的水則經由篩孔再一次的固液分離後排出。重力帶濾濃縮機則包含了污泥調理設備及重力濾帶，濾帶是以變速機帶動一系列的滾輪來驅動，污泥調理後流

入位於重力帶濾濃縮機一端的進流污泥盒，以使污泥均勻分布在濾帶的整個寬度上，水經由濾帶排出，濃縮污泥則隨著濾帶移動到重力帶濾濃縮機的出口端，移動的污泥會經過好幾組似犁的葉片，以使污泥中的水更順利排出，最後當污泥排出後濾帶將進行清洗，是為重力帶濾濃縮機的運轉循環。機械式濃縮設備的優點是濃縮效果良好，濃縮後污泥固體物濃度可達 4~8%，且能耗低，又是操作人員較易上手的傳統污水處理技術；但其缺點則是因需要設置聚合物加藥設備以及建造使機械式濃縮設備不受外界環境影響的建築物，使其設置成本較高。且要注意設備的啟動、清潔維護與關閉等需要的時間將增加操作成本，還有水中溶氧降低導致的氧氣質傳與混合攪拌效率下降，這些狀況常都與經聚合物調理後污泥黏滯度加大有關。

最後一個污泥濃縮技術是浸沒式的平板膜。此設備除了以薄膜生物反應器(membrane bioreactor, MBR)用於污水處理，濃縮後的固體物濃度一般來說是 1%，也可以用在好氧消化處理系統，好氧消化污泥則可以提高到 4%。污水在此以浸沒式薄膜單元(submerged membrane unit, SMU)過濾後流出，可稱為濾過液(permeate)，能做到這樣是因為一組位於薄膜單元底部的粗氣泡散氣盤製造了真空梯度，讓污水能夠從污泥中經薄膜被過濾出來。污泥被留在濃縮槽中，濾過液則以螺旋泵浦(progressive cavity pump)或離心泵浦加壓輸送至污水的前段處理(head works)或消毒區。散氣盤能沖刷薄膜平板，這很重要因為薄膜的過濾效能很大程度受到薄膜表面生物膜生長的影響，生物膜是生長聚集在薄膜平板表面的微生物，散氣盤氣泡流的沖刷能控制生物膜的厚度，進而能避免產生生物垢(biological fouling)，且生物膜也成為第二層的過濾膜，降低濾過液中的總懸浮固體物，散氣盤出來的空氣也提供了微生物持續分解有機物所需的氧。

平板膜法雖然是一種較獨特的污泥濃縮方法，但也有許多優點，能夠一天 24 小時持續穩定的將污泥濃縮到 4% 濃度，而不用像機械式濃縮需要加入聚合物，或像污泥靜置析離法或重力濃縮法需要較多的人工加以觀察留意，也就是說操作維護成本比機械式濃縮法低。另一個優點是會產出水質較佳的濾過液，在良好設計及操作的好氧消化系統，經過膜處理的濾過液中，總氮和磷的含量都已經降低到很小，因為安放浸沒式薄膜單元的槽體中持續曝氣，不會有厭氧的小區域，磷酸蓄積菌就不會如污泥靜置析離或重力濃縮方法般在槽中釋放大量的磷，濾過液甚至可以直些回流到污水處理系統的消毒單元。

膜濃縮法的缺點首先是污泥必須先以 2mm 的孔隙過濾以保護設備，其次平板膜法只能處理廢棄活性污泥或二級處理污泥，由於含有大量生物可分解的有機物，在膜上很容易就快速生成生物垢(biological fouling)，再者雖然這個技術在操作上不需要很多的檢視，但畢竟是一個新的技術，操作人員常會對它心懷恐懼。最大的缺點則是這個方法的初設費用相較於其他方法來說比較高，且污水處理廠在選擇技術時，初設費用通常都是極重要的一個因素。但若從污水處理廠整個設計年期約 15~20 年，整個生命週期的初設費加上操作維護費來看，以美國馬里蘭州的 Fruitland 污水處理廠為例，薄膜法相較於機械式濃縮和重力濃縮法的總費用最低，因為其操作維護成本較機械式濃縮法低 40%，也比重力濃縮法低 19%。

將污泥濃縮加入好氧消化系統，不論是從經濟或處理程序的角度，都有實質上的優點。以處理程序來說，首先是用較小的消化槽容積就可以達到 USEPA 的 B 類污泥穩定化標準；其次是即使在寒冷的氣候中，這種系統比較能保留熱，使得系統對於揮發性有機物的去除效果較佳，去除有機物是放熱反應，熱量又釋出到周遭的系統中，使得系統對寒冷氣候的抵抗能力較佳；再者濃縮可以讓既有的槽體儲存更多的污泥，空間的利用也更佳。

3. 好氧消化案例介紹

由前述討論中可知，結合濃縮與具備好氧與缺氧環境的去氮除磷，良好的好氧消化系統具有操作成本低、營養鹽去除能力佳等優點，這些優點可以藉由一些案例來具體展現。

就濃縮而言，經濟上的優點可以 Fruitland 污水處理廠為例來說明，並比較未裝設污泥濃縮設施前、後的操作數據。濃縮可以降低需處理的污泥體積，池槽容積需求比較小，使此部分土建的初設費較低，對廢棄活性污泥來說，濃縮是降低好氧消化槽容積需求的常見做法；其次因有濃縮設備的污泥處理體積與池槽容積較低，需要的空氣量也較低，能源需求量因此比較少。以處理未濃縮的廢棄活性污泥，固體物濃度小於 2% 來說，不僅空氣需求量較高，且加入消化槽的空氣有相當多都未被利用而排出，造成能源的浪費，但若濃縮到固體物濃度約 3%，處理程序需要的空氣量與槽內混合需要的空氣量就相差不大，大幅減少用在非生物處理需求的空氣量。

與 Fruitland 污水處理廠在改善前，沒有濃縮的污泥好氧消化系統比較，未濃縮的好氧消化處理後污泥固體物濃度約 1.5%，造成後續的污泥

濃縮脫水單元的負荷較重，若處理量增加將無法負荷，且好氧消化的揮發性固體物去除率只有約 10%；但若先將污泥濃縮至 3%，好氧消化的揮發性固體物去除率將提高到約 42%，若統計包括電費、化學品費用、人力費用與污泥處置等的操作費用，將比未裝設污泥預濃縮的系統，每年節省 66,000 美元。在 Fruitland 污水處理廠的案例研究中，污泥濃縮從處理量和固體物負荷兩方面，改善了揮發性固體物去除率和污泥停留時間，因而也減少了脫水設備的處理量、操作時間與 polymer 的使用量與費用。(Woo, 2014)

俄亥俄州 Union Rome 污水處理廠是使用薄膜法進行污泥濃縮改善的另一個案例，改善前其帶濾式脫水設備每週要操作 5 天，改善後處理量及操作頻率都下降，變成每 2.5 個月操作 3 天，且處理同樣數量的污泥，需要的 polymer 加藥量降低 40%，每年減少費用 3,000 美元以上；污泥掩埋處置的數量也降低 50%，每年減少費用 58,000 美元以上。(Woo, 2014)

還有一個案例是俄亥俄州 Chargin Falls 的 McFarland Creek 污水處理廠，薄膜濃縮設備將進入好氧消化的污泥固體物濃度由 2% 提高到 4%，污泥處置和 polymer 藥品費都降低約 41%，且薄膜安裝在既有的槽體內，提高了污泥的 SRT，因而處理後得以符合 USEPA 的 B 類污泥穩定化標準，處理後的污泥可用於土壤而不須掩埋，大幅降低了 20% 的操作成本。(Woo, 2014)

若沒有污泥脫水設備而需要將消化後的污泥載運到其他處理廠或直接掩埋時，污泥濃縮可以降低污泥的固體物容積，降低昂貴的燃料費、運費和處理處置費用。例如紐約州 Suffolk 郡的 Woodside 污水處理廠，從 2006 年 1 月到 2008 年 2 月間每年要載運 1,110,000 加侖的液體污泥到位於 Bergen Point 的中央污水處理設施，每年的載運費費用超過 100,000 美元。而在安裝了薄膜濃縮設備後，污泥固體物濃度提升到 3.5%，載運費費用降低了 57%，約每年 60,000 美元。(Woo, 2014)

為了達成污泥的營養鹽去除，在好氧消化系統中設置缺氧與好氧區域具有經濟上的優點，首先是能夠以生物方法去除部分的氮和磷，而不需要在污水處理單元中添加化學藥品，同時也不至於使放流水的營養鹽濃度因側流水而大幅上升。使用加藥來去除氮和磷以符合放流水標準將花費大量金錢，且增加污泥產量與負荷。鋁和鐵的藥品常被用來去除磷，脫硝程序則常使用甲醇或 Micro-C 作為碳源，但加藥可以增加污泥產量達 40%。如馬里蘭州 Upper Marlboro 的 Western Branch 污水處理廠，為了達成國家汙染排放削減體系(NPDES)的要求，放流水月平均總磷必須

小於 1 mg/L，月平均總氮必須小於 3 mg/L，Western Branch 污水處理廠使用生物處理除氮，以及化學加藥除磷，每年的藥品費達美金 107,000 元，脫硝程序加入的甲醇每年約需 425,000 元，加藥導致污泥處置費用增加達 32,400 到 372,000 美元，雖然側流水中營養鹽數值都遠低於表 5 的一般情況，但操作費用相當高。俄亥俄州的 Union Rome 污水處理廠採用一個好氧消化槽、一個薄膜濃縮槽和一個缺氧槽，其回流中總氮 <0.1 mg/L，總磷 <5 mg/L。這些例子的側流水中營養鹽數值都遠低於表 5 的一般情況。(Woo, 2014)

密西根 Dundee 的 Dundee 污水處理廠自 2003 開始功能提升，原因是承受水體水質超過聯邦水質標準，而需要降低污水廠排放限值，Dundee 廠功能提升的處理量由 2003 年的實際處理量 0.75 mgd，增加到平均日處理量 2 mgd 或尖峰日處理量 4 mgd，而 2006 年的實際處理量為 1.5 mgd。本廠改善方案在污水部分係採用 MBR，但是大量使用既有槽體，原有的 SBR 槽被用作生物曝氣槽，並在旁邊新建一座 MBR 槽。污泥處理則使用平板薄膜預濃縮的好氧消化(PAD-K)系統作為污泥濃縮設備，並增設一個薄膜濃縮槽(MBT)與兩個好氧消化槽，每一個好氧消化設備都能單獨與 MBT 形成一個穩態的循環迴路，詳圖 5。MBT 每天操作時間為 8~24 小時，視 MBR 的污泥廢棄率而定，操作的時候好氧消化系統持續進行濃縮、硝化與脫硝，其中硝化/脫硝由氧化還原電位計進行控制，硝化的時候鼓風機啟動，脫硝的時候鼓風機則停止運轉。當第一個消化槽與 MBT 形成回路時，第二個消化槽獨立繼續操作，以得到更高的揮發性有機物去除及更進一步降低病原菌，來符合 Class B 類污泥的要求。Class B 污泥的準則是實際的揮發性固體物降低比率至少為 38%，及 20°C 時污泥標準攝氧率小於 1.5 mgO₂/小時/克總固體物，此外 Class B 準則還要求降低致病菌量，包括糞便大腸菌密度應小於 2,000,000 MPN/g 總固體物乾重。實際運轉的結果是 MBT 系統中產出的濾出液，也就是側流水中 TSS <2 mg/L，總氮 <0.12 mg/L，總硝酸氮 <3 mg/L，總磷 <7 mg/L，都符合國家汙染削減體系的許可值，能夠直接與 MBR 出流水混合後進入消毒單元再排放(Mendez & Bailey, 2018)。

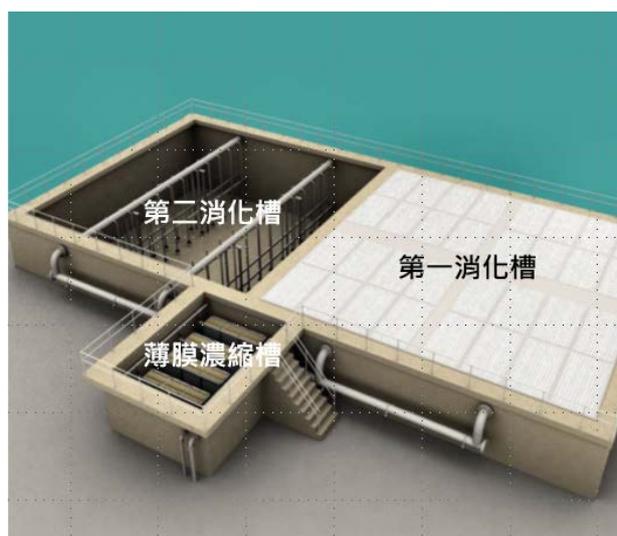


圖 5 美國密西根州 Dundee 污水處理廠污泥好氧消化系統

Dundee 污水廠功能提升的第二個目標是降低污泥清運為一年 2 次，由於改善前系統缺乏足夠的儲存容量來保存整個冬天產生的污泥。PAD-K 污泥處理程序可顯著的提高既有消化槽的儲存能力，將 MBT 整合到消化程序中，可不斷地降低消化槽中儲存的污泥量。減少污泥體積後污泥可在較短時間內脫水，降低了脫水設備的操作時間及污泥處置費用。PAD-K 程序的設計是在當 4.5°C 時能將廢棄污泥的固體物濃度由 3% 濃縮到 5%，故能將消化槽的固體物停留時間由 120 天大幅度增加到 180 天。總結年度節省的污泥處理費用，在 2003 年到 2005 年前幾個月，由於缺乏儲存空間，帶濾式脫水機使用頻繁，進流量為 0.75 mgd，年度污泥操作費用為 56,880 元；到了 2005 年底及 2006 年整年，PAD-K 系統完工開始操作後，年度操作費用大幅降低，2006 年進流量為 1.5 mgd，污泥操作費用卻降低為 32,739 元(Mendez & Bailey, 2018)。

另外位於俄亥俄州 Bainbridge Township 的 McFarland Creek 污水處理廠則是因為區域發展污水量增加，要擴充處理容量 50%。其功能提升將處理水量由 1.2 mgd 增加到 1.8 mgd，並僅使用既有的槽體與處理廠土地，因而可以降低建造費用與時間。此處的設計採用兩階段 MBR 程序，分別是缺氧區和 MBR 區，將既有的兩個曝氣槽轉變為兩個缺氧區與四個薄膜槽。使用 PAD-K 系統加入處理廠的方式是在兩個既有消化槽內建造新的薄膜濃縮系統，濃縮、消化、硝化與脫硝都在任一座消化槽內分別進行，這套系統是設計可以在 10~12°C 下操作，且在第一個消化槽內固體物濃度為 2.5~3%，第二座消化槽內則固體物濃度可達 3.5~4%，並能符合 Class B 的要求目標，並降低 20% 的污泥處置費用。這個處理廠的消化槽可以串聯式操作，也可以並聯式操作，端視處理廠及脫水循環的負荷

率而定，使用 PAD-K 系統，處理廠實際操作後，得到超乎要求的每立方公尺固體物處理費用降低 41%，polymer 藥品費用降低 41%，以及污泥處置費用降低 41%。在 Dundee 和 McFarland 兩個案例中，PAD-K 程序可提升既有消化槽的運用容量，顯著改善了能耗、污泥操作成本及最終營養鹽的控制，使污泥處理系統出流水能直接與 MBR 出流水混合放流 (Mendez & Bailey, 2018)。

4. 好氧消化設計與永續經營

好氧消化系統關於系統設計與永續性的面向，與適當的攪拌和曝氣息息相關，Woo(2014)也提出了一些建議如下。好氧消化系統的槽內曝氣也提供了攪拌混合的功能，曝氣與攪拌混合的參數彼此之間交互相關，系統中的微生物有賴溶氧進行有機物的新陳代謝，若氧的傳送不足，系統操作效率就不好，則系統是非常沒有效率的，特別是消化前設有濃縮前處理的系統，當污泥越濃或黏滯度越高，適當的混合攪拌會越困難，氧傳送也會越不容易，可說攪拌混合和曝氣是好氧消化系統的核心。

依據 Environmental Dynamics International，好氧消化曝氣系統的設計，需要有足夠的資料來評估許多項因子，下面列出一些必須要評估的因子：

- 反應槽的深度
- 散氣器的形式和效率：粗氣泡、中等尺寸氣泡或細氣泡？
- 散氣器在反應槽內的配置幾何
- 曝氣槽的能耗程度(kg/m²)
- 反應槽的有機負荷：進流污泥的類型、濃度(mg/L)、總固體物負荷(kg/day)
- 曝氣要應用的程序：延長曝氣？污泥儲存槽？好氧消化？或活性污泥？
- 廠址海拔高度
- 污水溫度
- 散氣器的浸水深度
- 反應槽中需要維持的溶氧濃度

由表 2 的計量方程式可以求取微生物活動所需的氧量，由計量方程式計算好氧消化加上完整的硝化與脫硝的理論需氧量為：

- 微生物(biomass, C₅H₇NO₂)的分子量 = 113 g/mol
- 氧(O₂)的分子量 = 32 g/mol

$$(1 \text{ kg biomass}) \times (1000 \text{ g/kg}) \times (1 \text{ mol}/113\text{g}) \times (7 \text{ molO}_2/1\text{mol biomass}) \times (32 \text{ g/mol}) \times (1 \text{ kg}/1000\text{g}) = 1.98 \text{ kgO}_2$$

故每分解 1 kg 的 biomass 達到完整的硝化和脫硝程序，需要約 1.98 kg 的氧氣，氧的需求量在設計好氧消化系統時需要加以考量。

粗氣泡和細氣泡散氣器都普遍被用在好氧消化系統，來供應微生物分解有機物時所需的氧氣，重要的是要知道氧氣的需求量。對於好氧程序如好氧消化，需要考量兩種氧的需求量，分別是實際需氧量(Actual Oxygen Requirement, AOR)和標準需氧量(Standard Oxygen Requirement, SOR)，SOR 是以基於標準溫度(20°C)和標準壓力(1033.6 g/cm²)下計算的需氧量，需要注意的是 AOR 總是大於 SOR，因此曝氣設備時應該基於 AOR 來設計，AOR 和 SOR 的單位是每天每單位體積的氧氣公斤數。Sanitaire 是美國一家有 45 年製造和安裝散氣器經驗的公司，具有污水生物處理曝氣槽、污泥儲存槽及好氧消化槽等曝氣的豐富經驗，並發展出廣受污水處理業界接受的曝氣設計指引，其設計指引提供了基礎理論方法來計算各種不同廠址條件下的 AOR，以及將 AOR 換算成 SOR 的計算方法，其廣為接受的 AOR 與 SOR 換算公式如下：

$$\text{AOR} = \text{SOR} \times \alpha \times [(\beta \times (P_f/P_s) \times \text{Csat}_T - \text{DO}_f) \div \text{Csat}_{20}] \times \theta^{T-20}$$

其中

AOR = 實際氧需求量

SOR = 標準氧需求量

α = 污水與自來水的質傳係數比值，典型的值約為 0.5~0.6，最大可到 0.7

β = 污水飽和溶氧校正參數，典型的值為 0.95

P_f = 廠址的大氣壓力

P_s = 標準狀況的大氣壓力

T = 污水溫度

Csat_T = 在污水溫度與特定曝氣設備浸水深條件下的飽和溶氧

Csat_{20} = 標準狀況下的飽和溶氧

θ = 污水的溫度校正因子，典型值是 1.024

由上面的公式可知 AOR 是一個與廠址相關的因子，而除了廠址的高程與溫度外，還與 Beta 值、Alpha 值、溶氧及曝氣設備浸水深條件下的飽和溶氧等相關。好氧消化的空氣供應設備是由鼓風機將空氣經由散氣器，將空氣中的氧傳送給微生物，其 AOR 與 SOR 的比值也可以由公式求得，此比值可用來決定好氧消化的鼓風機每分鐘要供應多少標準立方呎的空氣給反應槽，如以下的公式：

$$\text{Airflow} = [(2\text{kg O}_2)/(\text{kg VS destroyed})] \times [(\text{kg VS destroyed})/\text{day}] \div [\gamma_{\text{oxygen}} \times 0.2315 \times \text{OTE} \times (\text{AOR}:\text{SOR}) \times (1440\text{min}/\text{day})]$$

其中

Airflow = 供應到散氣器的空氣流量，單位為標準立方公尺/分鐘(scmm)

2 kg O₂ per kg VS Destroyed = 微生物分解揮發性固體物所需的氧氣量

γ_{oxygen} = 氧的比重，1.22 kg/m³

0.2315 = 氧在大氣中的重量百分比

OTE = 曝氣系統的氧傳效率，通常粗氣泡散氣器是每呎浸水深 0.75%，
細氣泡散氣器是每呎浸水深 2%

AOR:SOR = AOR 與 SOR 的比值

好氧消化系統的空氣需求量在設計時要考量兩種，一種是微生物分解有機固體物所需的空氣量，如上面公式之 Airflow 所示，稱為程序空氣(process air)；另一種是混合攪拌所需要的空氣量，為 20~40 scfm/1000 ft³ (Metcalf and Eddy, 1991)。由於微生物的活動主要發生在好氧消化的第一階段或系統第一個好氧消化槽內，揮發性固體物的分解是時間—溫度的函數，廢棄活性污泥的消化在前 10 天會有較高的攝氧率，故通常第一階段或第一個槽內會依照程序空氣的需求量來設計，第一階段或第一槽之後就依照混合攪拌的空氣量需求來設計。正確的選擇包括 Alpha 等參數，對於系統操作具有極大的影響(Woo, 2014)。

5. 後好氧消化

後好氧消化(post-aerobic-digestion, PAD)是近來發展出的先進消化程序，在厭氧消化後設置好氧消化，最重要的理由就是能降低側流水中所含的氮，而不需要補充碳源或鹼度，並能降低揮發性固體物、減少惡臭等。其主要的問題則是此流程及其泡沫會產生大量的生物反應熱，但此問題已經可以用工程方法或操作控制加以克服(Heidi Bauer, 2016)

斯波坎縣(Spokane)區域水回收設施在 2011 年設置了一套 PAD(圖 6)，藉此達成營養物去除的要求，包括放流水月平均總氮濃度 10 mg/L 的限制。

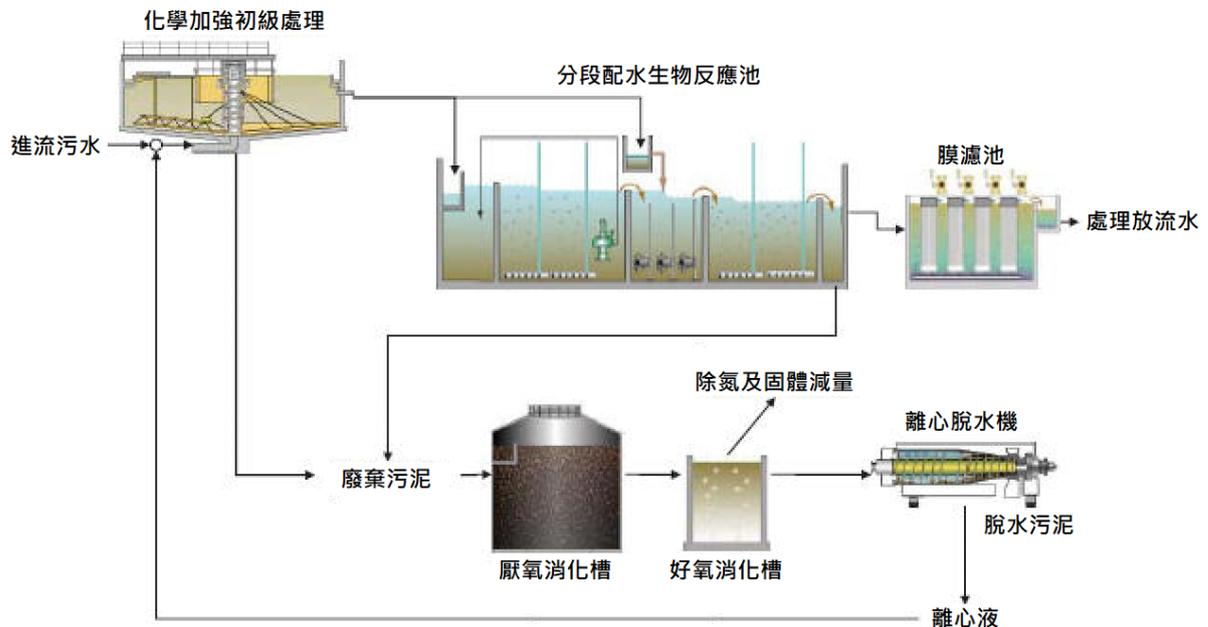


圖 6 具備後好氧消化設施的斯波坎縣區域水回收設施處理程序

丹佛(Denver)大都會污水回收區的北部處理廠也在 2016 年秋季設置了 PAD，主要的目的同樣是要達成營養物去除標準的規範，包括日平均總氮濃度 10 mg/L，並能降低污泥運棄的費用，具備成本效益，該廠生產的污泥通常需載運 30~60 哩的距離，到私人或地方政府設置的土壤掩埋場。

三、結論

1. 雖然固體物相較於水，只佔了污水中一小部分，但污水處理廠中的污泥處理卻非常重要，每年都導致了很高的費用支出。雖然在美國大多數的污水污泥使用厭氧消化系統處理，好氧消化系統卻仍是主要的污泥穩定處理單元，且污泥穩定又佔了污水處理廠操作費用中很大的一部分，因此所謂污水處理廠處理程序的永續性，指的是處理程序具有長期卓越的處理效果，又要能夠有可觀的經濟效益，即是一件很重要的事。

2. 本文討論經由好氧與缺氧操作，以達成於污泥處理單元中去除營養鹽的方法，以及污泥濃縮的效益，這些好氧消化系統處理效果的改善，能夠減少生物固體物處理及脫水單元的固體物負荷，進一步降低放流水中來自這些單元的固體物與營養鹽負荷，也能改善污水處理廠其他處理流程，如污水生物處理單元的處理效果。除了這些卓越的處理效果外，資料也顯示這些最佳化技術還能得到實質的經濟效益，包括降低污泥最終處置成本、降低能耗成本、減少操作維護費用、化學品消耗費用，以及為了建造新的處理單元所花費的資本支出，這些都構成污泥處理單元永續經營重要的部分。
3. 影響好氧消化系統處理效果的關鍵是曝氣與攪拌混合系統設計，過往的研究已經指出，好氧消化系統處理高固體物濃度(>20,000 mg/L)時的許多缺點，都來自氧傳送效率與攪拌混合不佳等問題。但如果曝氣設施設計得恰當，像是選用了適當的 alpha 值，好氧消化系統就能夠即使處理高達 45,000 mg/L 的污泥固體物濃度，也能達到永續性的揮發性固體物去除率，以及 pH 值與氮、磷等的良好控制。
4. 後好氧消化可去除厭氧消化槽出流水中 99% 的氨氮，而不需要補充碳源或鹼度。整體考量能耗、化學品使用及生物固體物污泥產出等因素，以後好氧消化方法處理側流水的年度淨能源費用，低於其他處理方法，費用的節省主要來自後好氧消化能分解揮發性固體物，因而能顯著降低污泥運棄費用。

參考文獻

1. 內政部營建署(111 年 11 月)，中華民國 110 年度污水下水道統計要覽。
2. Mendez E. & Bailey E.(2018) Digestion Dilemma, Water & Wastes Digest
3. Metcalf & Eddy, Inc. (1991) Wastewater Treatment Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Third Edition, McGraw-Hill Companies, Inc., New York
4. Woo, Bryen (2014) Sludge Stabilization Sustainability of Aerobic Digestion Processes, Graduate Degree Thesis, UC Fullerton.
5. USEPA (2007) Wastewater Technology Fact Sheet - Side Stream Nutrient Removal.
6. Van Haandel, A. and Van der Lubbe, J. (2007) Wastewater Treatment Design and Optimization of Activated Sludge Systems, Model of Biological Phosphorus Removal 5.1.3.
7. Heidi Bauer et al. Two Powerful Sidestream Treatment Technologies Battle To Be The Best, Water Online | May 31, 2016
8. OVIVO Aerobic Digestion for the 21st Century

臭氧產生技術的概述與應用

黃振倉

黎明興技術顧問股份有限公司-執業技師

Email : cthuang5601@gmail.com

一、臭氧的來源及其對人體的影響

(一) 自然界的臭氧來源

自然界的臭氧主要存在於距離地球表面 20~30 公里平流層下部的臭氧層中，其濃度約 50 ppm。它能吸收對人體有害的紫外線。在大氣層中，氧分子會因為到高能量輻射的照射而分解為氧原子(O)，而氧原子與另一氧分子結合，即生成臭氧。臭氧產生後又會與氧原子、氯或其他活性物質反應而分解消失，藉由這種反覆不斷的生成和消失，而使得臭氧濃度於臭氧層內維持在一定的均衡狀態；臭氧層具有吸收太陽光中大部分的紫外線，起到保護地球表面生物不受紫外線侵害之功能。大自然產生臭氧的地方除了臭氧層外，就屬瀑布區、海邊及森林區最多，原因是太陽光的紫外線被小水滴聚光後，將水滴內的氧氣轉變為臭氧；下雨天打雷時，也會產生臭氧。

(二) 臭氧濃度對人體的影響

地表大氣中的臭氧濃度，在夏天天氣好的時候約為 0.001~0.003 ppm；對身體有益的森林浴、臭氧浴大致為 0.004~0.006 ppm；人類能夠感覺到臭氧的異臭濃度大致為 0.01~0.015 ppm，臭氧會與空氣中各種物質反應而消失，當感覺到異臭的臭氧濃度時，表示能夠與臭氧反應的空氣中物質全部不存在，只有臭氧殘留在空間中，我們才會聞到異臭。空氣中臭氧濃度對人體之負面影響的說明，請參見表 T-1。

高濃度臭氧對人體健康具有極大影響，但是只要使用方法正確，臭氧則是完全無害的氣體，它對於室內空間的消毒，食品的殺菌以及人類身體均能提供許多好處。雷雨後的爽快感，即是拜臭氧之賜；此時請儘量深呼吸，必定會覺得神清氣爽。

表 T-1 空氣中臭氧濃度對人體之負面影響

臭氧濃度 (ppm)	對人體之影響
0.01~0.015	正常人類的嗅覺閾值。
0.06	對於慢性肺部疾病患者的換氣能力沒有影響。
0.1	對於正常人類而言，會感覺不快；對於大部分的人而言，會形成鼻咽喉的刺激。
0.1~0.3	氣喘患者的氣喘發作次數增加。
0.23	長時間暴露其中的勞動者，其慢性支氣管炎的發生率增加。
0.6~0.8	胸痛、咳嗽、呼吸道受阻、呼吸困難、肺的氣體交換能力減弱。
0.5~1.0	呼吸障礙、氧氣消耗量減少；天竺鼠的壽命縮短。
1~2	產生疲勞感、頭重、頭痛、上部氣道乾燥。
5~10	呼吸困難、肺水腫、脈搏跳動次數增加、體痛、麻痺、昏睡。
15~20	因為肺水腫而有死亡的風險；小動物在 2 小時內會死亡。
50	1 小時內危及生命。
1,000 以上	數分鐘內死亡。

資料來源：臭氧療法，王上久 (2000)。

二、臭氧人工產生技術概要

臭氧產生的人工方法包括：紫外線法、電解法、無聲放電法等數種方式。紫外線法較為簡單，臭氧產生濃度較低，消耗電力為無聲放電量的數十倍；電解法能夠得到的濃度較高，但耗電量仍大；目前一般使用較經濟的無聲放電法；無聲放電法又分為「板式」、「玻璃管式」及「渦輪式」3 種，以下即針對此 3 種臭氧產生技術的機制簡要說明如下：

(一) 板式無聲放電法

板式無聲放電法 (Plate Silent Discharge method)，係利用高電壓作用在平板狀電極上，形成一種稱為無聲放電的電漿體，進而產生臭氧，其基本原理和運作過程如下：

1. 結構：板式無聲放電法主要由兩塊平行排列的金屬電極組成，之間有一個間隙。

2. 高電壓施加：將高電壓施加在電極上，通常在數千伏至數萬伏的範圍內。這種高電壓能夠在電極間產生強電場。
3. 電漿放電：當高電壓施加到一定程度時，在電極間的間隙中形成一種稱為無聲放電的電漿體。這種電漿體在無聲的情況下進行放電，並具有較低的電流。
4. 臭氧生成：無聲放電產生的電漿體能夠使氧氣(O₂)分解成單原子氧(O)和自由基。這些單原子氧和自由基最終會與其他氧分子結合形成臭氧(O₃)。

板式無聲放電法相比於傳統的紫外線法，具有一些優點，例如生成效率高、濃度調節容易、無需添加化學劑等。它廣泛應用於臭氧產生器、空氣淨化器、水處理系統等領域，以提供臭氧的消毒、氧化和除臭等功能。

(二) 玻璃管式無聲放電法

玻璃管式無聲放電法(Glass Tube Silent Discharge method)是一種用於人工產生臭氧的方法。它利用一個玻璃管或玻璃管電極系統，通過在其中施加高電壓，產生無聲放電並生成臭氧，其基本原理和運作過程如下：

1. 結構：玻璃管式無聲放電法包括一個玻璃管，其中包含一個或多個電極。電極可以是金屬線或塗有導電材料的玻璃電極。
2. 高電壓施加：通常在玻璃管的兩端施加高電壓，形成一個電場。電場的強度取決於施加的電壓和玻璃管的幾何形狀。
3. 無聲放電：在高電壓作用下，玻璃管中的氣體(通常是氧氣或氧氣與其他氣體的混合物)產生無聲放電。無聲放電通常發生在電極與玻璃管之間的小間隙中，而不是在玻璃管內部。
4. 臭氧生成：無聲放電產生的電漿體使氧氣分解成單原子氧和自由基，進而與其他氧分子結合形成臭氧。

玻璃管式無聲放電法常用於小型臭氧產生器和一些特定的應用中。其優點包括體積小、結構簡單、操作方便。然而，該方法的臭氧產生效率相對較低，並且在長時間操作時可能需要冷卻系統以避免過熱。

(三) 渦輪式無聲放電法

渦輪式無聲放電法(Turbulent Silent Discharge method)是一種用於人工產生臭氧的方法。它利用一個渦輪式反應器，通過在其中施加高電壓，使氧氣產生無聲放電並生成臭氧，其基本原理和運作過程如下：

1. 結構：玻璃管式無聲放電法包括一個玻璃管，其中包含一個或多個電極。電極可以是金屬線或塗有導電材料的玻璃電極。
2. 高電壓施加：通常在玻璃管的兩端施加高電壓，形成一個電場。電場的強度取決於施加的電壓和玻璃管的幾何形狀。
3. 無聲放電：在高電壓作用下，玻璃管中的氣體(通常是氧氣或氧氣與其他氣體的混合物)產生無聲放電。無聲放電通常發生在電極與玻璃管之間的小間隙中，而不是在玻璃管內部。
4. 臭氧生成：無聲放電產生的電漿體使氧氣分解成單原子氧和自由基，進而與其他氧分子結合形成臭氧。

渦輪式無聲放電法具有臭氧產生效率高、臭氧濃度較高、機械結構簡單等優點。它被廣泛應用於工業和環境領域，例如臭氧產生器、空氣淨化器、水處理系統等，以提供臭氧的消毒、氧化和除臭功能。

三、知名臭氧產生器生產廠牌及其應用領域

- (一) Ozonia：Ozonia 是一家瑞士公司(歸屬 Veolia 集團)，專注於臭氧技術和設備。他們提供各種應用領域的臭氧產生器，包括水處理、空氣淨化、食品加工等。
- (二) Wedeco：Wedeco 是一家屬於美國 Xylem Inc.旗下的公司，專門從事水和廢水處理技術。他們提供臭氧系統和設備，用於水和廢水處理中的消毒和氧化過程。
- (三) Oxyzone：Oxyzone 是一家位於澳洲的公司，專注於臭氧和氧氣系統的研發和製造。他們提供各種規模的臭氧產生器和相關設備，涵蓋多個應用領域。
- (四) Primozone：Primozone 是一家屬於挪威 Westfal-Larsen 旗下的公司，專注於高效能臭氧解決方案。他們開發和製造先進的臭氧產生器和臭氧系統，適用於水和空氣處理。

(五) ClearWater Tech：ClearWater Tech 是一家美國公司，提供臭氧和紫外線技術的水和空氣處理解決方案。他們提供各種規模的臭氧產生器和相關設備，適用於不同的應用場景。

以上各家著名臭氧產生器及系統商的詳細介紹，請參閱資料來源所附網址。放電管臭氧產生器是西門子公司於 1857 年所發明，且已被應用於各個領域；臭氧用量最大的應用領域是在水處理和污染控制方面，以下是幾個主要的應用領域：

- (一) 飲用水處理：臭氧被廣泛應用於飲用水處理廠，用於去除水中的有機物、有害微生物、異味和顏色。臭氧能有效地氧化和分解有機污染物，同時也能殺滅細菌、病毒和其他微生物。
- (二) 工業廢水處理：臭氧也被用於處理各種工業廢水，例如化學廢水、紡織廢水、造紙廢水等。它可以氧化和降解廢水中的有機物和色素，同時消滅有害微生物。
- (三) 游泳池和水療中心：臭氧用於游泳池和水療中心的水處理，以消除水中的有機物、氯消毒副產物和細菌。相比傳統的氯消毒，臭氧處理可以減少有害物質的形成，同時提供更清潔和健康的游泳環境。
- (四) 空氣/氣體淨化：臭氧可以被用於空氣和氣體淨化，用於去除揮發性有機化合物 (VOC)、異味和空氣中的細菌、病毒等。它可以將這些污染物氧化分解，從而改善室內和工業環境的空氣品質。
- (五) 污水處理和回收：臭氧可以用於污水處理和回收系統，以去除有機物、氮和磷等污染物。它可以幫助改善污水的水質，同時促進水資源的回收和再利用。

四、日本臭氧產生器與相關技術及其應用

Ecodesign 是創立於西元 2000 年，位於日本埼玉縣的臭氧產生器專業生產工廠；由於日本地理位置及社會環境接近台灣，茲將 Ecodesign 公司已經商業化的臭氧產生器、臭氧水產生器、臭氧濃度計及臭氧分解裝置(Ozone Killer)產品簡單介紹如後：

(一) 臭氧產生器：

Ecodesign 公司所生產的臭氧產生器主要有研究用及工業用兩款，各機型的最大臭氧產生量從 20ppm~200 g/m³，高濃度機型進料為氧氣，低濃度機型則為室內空氣即可；機器的冷卻方式有三種，外部水冷式/內部水冷式及空氣冷卻式，詳細內容請參考表 T-2。

(二) 臭氧水產生器：

臭氧水產生器是採用專利技術將臭氧迅速溶於水中，1 分鐘內即可生成穩定濃度與流量的臭氧水，濃度最大可達 100 ppm，流量可達 60 L/min；適用於半導體、FPD 等製造過程中的精密清洗，功率為 1~5 KW；圖 1 是各種不同濃度臭氧水的應用工項，請參閱！

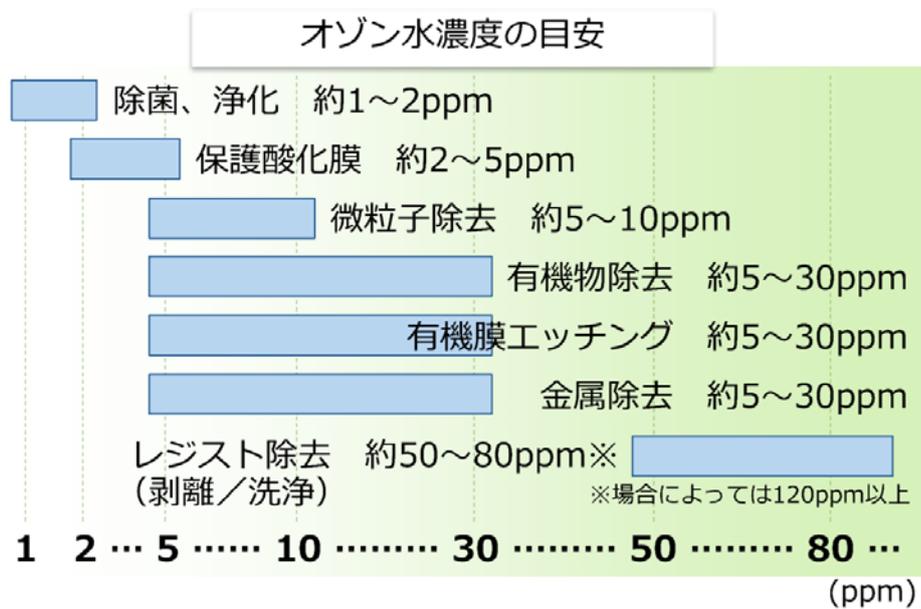


圖 1 各種不同濃度臭氧水的應用工項

表 T-2 各型臭氧產生器規格說明

機型	照片	最大臭氧產生量 (最大臭氧濃度)	冷卻方式 (功率)	流量計	壓力計
Labozon 40 LOG-LC40G		40 g/h > 200 g/m ³ (以氧氣進料)	外部水冷 (800W)	有	有
Labozon 15 LOG-LC15G		15 g/h > 200 g/m ³ (以氧氣進料)	外部水冷 (400W)	有	有
Fabozon 5 FOG-AC5G		5 g/h > 70 g/m ³ (以氧氣進料)	氣冷 (150W)	有	有
Fabozon 40 FOG-RC40G		40 g/h > 180 g/m ³ (以氧氣進料)	內部水冷 (NA)	有	有
Fabozon 15 FOG-RC15G		15 g/h > 180 g/m ³ (以氧氣進料)	內部水冷 (NA)	有	有
ED-OG-AP1		2 g/h (以室內空氣進料)	空氣冷卻 (120W)	有	無
ED-OG-L7		0~20 ppm	空氣冷卻 (12W)	有	無

註：整理自 Ecodesign 公司網址。

(三) 臭氧濃度計：

臭氧濃度計採用紫外線吸收方式進行量測，並配備壓力及溫度補償功能，可分為 3 種用途，第 1 種是作為環境臭氧濃度監測，第 2 及第 3 種則是分別監測管線中的臭氧氣體濃度與液體中的臭氧濃度。環境臭氧濃度計的量測範圍 0.000~0.500 ppm (最小指示值 0.001 ppm)；管線中的臭氧氣體濃度計的量測範圍 0~3000 g/m³(N)。

(四) 臭氧分解裝置：

臭氧分解裝置中有可以處理大風量型的，其與活性碳不同，沒有爆炸的風險，內部採用接觸效率優異的蜂窩結構，藉由通過添加鈹的氧化錳催化劑將臭氧分解；小型分解裝置可使用流量在 0~30 L/min 之間，不需要額外電源。

五、綜合結果

臭氧(Ozone)技術在適當的環境和濃度下，在注意正確使用和控制方法的情形下，確實存在一些潛在的好處，以下即是臭氧技術帶來的好處之綜和說明：

- (一) 水處理：臭氧在水處理中廣泛應用。它可以用作消毒劑，比傳統的氯消毒更快速高效，並且不會留下有害的化學物質殘留與污泥。臭氧還可以去除水中的有機物、氣味和顏色，改善水質。
- (二) 空氣淨化：臭氧能夠氧化分解空氣中的有機污染物和異味物質，淨化空氣。因此，在一些特定場合，如有異味或空氣污染問題的環境中，臭氧產生器可以用於空氣淨化。
- (三) 食品處理：臭氧在食品工業中用於食品處理和保存。它可以殺滅細菌、真菌和寄生蟲，延長食品的保鮮期，並防止食品變質。
- (四) 醫療應用：臭氧在醫療領域有一些應用。它可以用於治療一些皮膚問題，如傷口感染和燒傷。此外，臭氧療法還被用於一些慢性疾病的輔助治療，如關節炎和慢性咳嗽。

臭氧除了以上優點之外，還具有快速的反應速率，可以在短時間內對目標污染物進行處理和分解。這使得臭氧在一些需要快速淨化的場合具有優勢。臭氧是一種存在於自然界中的物質，在適當使用 and 控制的條件下，可以是一種環保的淨化和消毒方法。它不會產生有害的副產物，不會對環境造成長期污染。

參考文獻

1. 王上久，「全方位健康新概念：臭氧療法」，安立出版(2000)。
2. 劉雪卿譯/村田洋介著，「臭氧(O₃)健康法」，正義出版(2001)。
3. <https://www.watertechnologies.com/products/disinfection-oxidation/ozonization-ozone-systems>
4. <https://www.xylem.com/en-us/brands/wedeco/>
5. <http://www.oxyzone.com.au/>
6. <https://www.primozone.com/>
7. <https://www.cwtozone.com/>
8. <https://www.ecodesign-labo.jp/list/>

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

中華民國環境工程技師公會全國聯合會

第 11 屆第 1 次會員代表大會會議紀錄

- 壹、時間：中華民國 112 年 6 月 10 日（星期六）12 時 50 分
- 貳、地點：臺大醫院國際會議中心 401 廳（台北市徐州路 2 號）
- 參、列席指導：（無）
- 肆、出席人員：應到 57 人，實到 46 人
（親自出席 41 人，委託出席 5 人）
- 伍、大會主席：楊理事長基振
- 陸、提案討論：

提案 1・ 提案人：理事會

案由：111 年度收支決算表（如附件一），提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 2・ 提案人：理事會

案由：111 年度資產負債表（如附件二），提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 3・ 提案人：理事會

案由：111 年度現金出納表（如附件三），提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 4・ 提案人：理事會

案由：111 年度基金收支表（如附件四），提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 5・ 提案人：理事會

案由：112 年度收支預算表（如附件五），提請審議。

大會決議：照案通過。

柒、理監事選舉

一、選舉方式：依據人民團體選舉罷免法採無記名連記法投票，理事可圈選至多 15 人，監事可圈選至多 5 人。

二、選舉過程：

理事選舉-發票：龔瑋、監票：林清洲、唱票：蕭友琳、記票：范振國。

監事選舉-發票：龔瑋、監票：林威安、唱票：周奮興、記票：曾寶山。

三、選舉結果：

1. 理事：

選舉人出席 46 位(含委託出席 5 位)，領票數 45 張，投(開)票數 44 張，有效票 44 張，無效票 0 張。

當選理事(依得票數順序)：

黃啓明 44 票、林威安 44 票、張天益 43 票、范綱智 43 票、周奮興 43 票、林永欽 43 票、黃福全 42 票、黃義雄 41 票、徐永郎 41 票、王朝民 41 票、劉敏信 41 票、余崇聖 41 票、許甫豪 40 票、蕭友琳 40 票、張耿榕 39 票，共 15 人。

候補理事：無。

2. 監事：

選舉人出席 46 位(含委託出席 5 位)，領票數 45 張，投(開)票數 44 張，有效票 44 張，無效票 0 張。

當選監事(依得票數順序)：

楊基振 44 票、高信福 43 票、曾寶山 43 票、林清洲 43 票、范振國 41 票，共 5 人。

候補監事：無。

捌、散會

台灣省環境工程技師公會

台灣省環境工程技師公會

第 12 屆第 3 次會員大會會議紀錄

- 壹、時間：中華民國 112 年 6 月 10 日下午 2 時 30 分
- 貳、地點：臺大醫院國際會議中心 401 廳(台北市徐州路 2 號)
- 參、研討會：從環境工程到跨領域技術整合應用
(中華民國環境工程學會-林理事長財富)
- 肆、列席指導：(無)
- 伍、出席人員：應到 568 人，實到 302 人
(親自出席 231 人，委託出席 71 人)
- 陸、大會主席：楊理事長基振
- 柒、大會貴賓：行政院環境保護署沈常務副署長志修
- 捌、提案討論：

提案 1 • 提案人：理事會

案由：111 年度收支決算表(如附件一)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 2 • 提案人：理事會

案由：111 年度資產負債表(如附件二)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 3 • 提案人：理事會

案由：111 年度現金出納表(如附件三)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 4 • 提案人：理事會

案由：111 年度基金收支表(如附件四)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 5 · 提案人：理事會

案由：111 年度財產目錄(如附件五)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 6 · 提案人：理事會

案由：112 年度收支預算表(如附件六)，提請審議。

大會決議：照案通過。

玖、臨時動議

提案 1 · 提案人：曾寶山技師 連署人：王志遠技師

案由：建議公會提供實惠紀念品或禮金。

說明：公會近年由於技師會員的支持與努力使公會業務有所成長，為凝聚技師向心力及鼓勵會員參與會員大會，建議比照往年提供實惠紀念品或禮金。

辦法：請理事會研議。

大會決議：交由理事會提案討論。

提案 2 · 提案人：陳伯珍技師 連署人：朱鵬技師

案由：建議製作技師徽章或類似標章發送會員。

說明：日本的每個律師都會有一個由日本律師聯合會核發的金色徽章，稱為「天平葵花章」，可配戴在上衣外套上，證明其律師的身份，而我們的環工技師公會是否也可仿效，發送每位入會技師一個徽章，以便技師執行各種任務，如：教學、簡報、演講、鑑定或審查時，能代表環工專業身份；或是各技師在各種場合相遇時，彼此可藉由別在衣服上的徽章，辨認出對方的環工技師身份。

辦法：請理事會研議。

大會決議：交由理事會提案討論。

壹拾、散會