

<p>111 年 07-08 月號</p>			<p>&lt;雙月刊&gt;</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	4
■ 行政院公共工程委員會核備 111 年 07 至 08 月訓練積分課程表	7
■ 環保訊息	9
■ 論述園地	11
以都市代謝分析量化都市發展永續性- 李學姁博士生、林子羿博士後研究員、黃湘瑜碩士、闕蓓德教授	11
傳統初沉污泥發酵作為加強生物去氮除磷之配置-陳伯珍技師	25
■ 徵稿啟事	40
■ 各公會會員大會、理監事會會議紀錄	41

## 主編的話

近期環保署大幅修正「固定污染源自行或委託檢測及申報管理辦法」，為鼓勵公私場所維持良好製程與防制設備操作條件並降低污染減量，修正該法第三條將原公私場所固定污染源定期檢頻率自三級增為五級，該法第十七條即明訂調整檢測頻率級數的情形。另111年6月27日水污染防治法第七條放流水標準執法應注意原則，對於環保主管機關稽查業者，其放流水水質檢測值落於標準限代之應注意範圍(如水質檢測項目限值在300濃度單位以下者，以限值10%為應注意範圍)，此舉有利於提升國內環境稽查作業檢測數據之公信力。

本期論述園地，感謝台大環工所闕蓓德教授的研究團隊，分享「以都市代謝分析量化都市發展永續性」論文寶貴技術知識，眾所周知，**大都市發展與活動的物質流**，對於一個國家環境資源、經濟及永續性之發展，佔有舉足輕重影響地位，惟如何宏觀、跨領域與科學的方法量化分析的研究，為新興且極有價值的研究領域。文章將先說明都市代謝研究發展歷程及評估方法，接著以臺北市為案例，以物質流分析(Material Flow Analysis, MFA)及生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)示範都市代謝分析的評估流程及資料需求，並結合脫鉤指數(Decoupling Index, DI)，進一步探討臺北市邁向永續城市之進展，此分析結果將可作為提升區域資源使用效率、制定廢棄物回收政策及節約能源等決策之參考。

另一篇邀請陳伯珍技師分享「傳統初沉污泥發酵作為加強生物去氮除磷之配置」技術文章。**對於廢水去氮除磷的處理，在在是放流水標準的管制或是國內污水廠設計顧問、操作單位最核心關鍵的議題**。文中介紹現行既設污水處理廠，從傳統初沉進行污泥發酵，可做為廠內自行生產額外碳源/有機酸的方法，對於去氮除磷的難題提供設計可行的優化方向。陳技師特提出五種初沉污泥發酵池配置類型與國外案例，也客觀評析前述配置的優缺點，對於此新興的處理技術也分享關鍵設計和控制參數。初沉污泥發酵是一種經濟有效的方法，可用於生物除磷和除氮的污水處理廠中增加易於生物降解的碳的供應。發酵穩定加強生物除磷機制，並顯著提高了生物營養鹽去除處理程序中的脫硝率。**國內環工代操作大型污水廠或可依此方法評估功能提升改善，優化廢水脫氮除磷處理成本與效能。**

最後，溫馨提醒各位技師先進，撥冗參加全聯會07/17舉辦的「淨零排放轉型商機與挑戰研討會」及07/20於明志科技大學舉辦的第十九屆環境保護與奈米科技研討會，一起學習成長！

## 會務報告

1. 本會與中華民國環境工程技師公會全國聯合會於 6 月 25 日辦理「111 年度企業永續研習課程」已圓滿結束。
2. 本會與中華民國環境工程技師公會全國聯合會於 7 月 17 日辦理「淨零排放轉型商機與挑戰」研討會(視訊課程)，請會員踴躍參加。
3. 明志科技大學訂於 111 年 7 月 20 日辦理「第十九屆環境保護與奈米科技研討會」，本會及中華民國環境工程技師公會全國聯合會為協辦單位，請各位會員踴躍報名。
4. 111 年度會員大會因受疫情影響，延期至 8 月 27 日召開，將於會前一個月發開會通知。
5. 111 度常年會費繳費通知及記事本已於 110 年 11 月 25 日寄出，敬請尚未繳納 111 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
6. 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。
  7. 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。
  8. 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。

## 重要法令

### 行政規則公告

1. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 11 日環署授檢字第 1117102300 號公告，預告訂定「溶出試驗萃出液中砷檢測方法－連續式氫化物原子吸收光譜法 (NIEA R318.13B)」草案。
2. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 11 日環署授檢字第 1117102439C 號公告，預告廢止「事業廢棄物萃出液中總砷檢測方法－連續式氫化砷原子吸收光譜法 (NIEA R318.12C)」。
3. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 11 日環署基字第 1111059530 號公告，預告廢止「一次用外帶飲料杯源頭減量及回收獎勵金實施方式」。
4. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 16 日環署氣字第 1111049389 號函，訂定「淘汰老舊機車換購電動機車溫室氣體減量效益媒合服務作業程序」，自即日生效。
5. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 18 日環署管字第 1111060688 號函，修正「環保集點制度補助作業要點」，自即日生效。
6. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 19 日環署循字第 1111056756 號公告修正「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」部分公告事項及第五項附表二，並自即日生效。
7. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 19 日環署管字第 1111056322 號函，修正「行政院環境保護署人權工作小組設置要點」第 3 點，自即日生效。
8. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 23 日環署水字第 1111059186A 號令，修正「飲用水水質標準」第五條、第五條之一。
9. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 23 日環署氣字第 1111050855 號公告，預告修正「第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」草案，其名稱並修正為「事業應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」。
10. 行政院環境保護署民國 111 年 5 月 30 日環署空字第 1111051927 號公告，預告修正「大型柴油車調修燃油控制系統或加裝空氣污染防制設備補助辦法」草案。
11. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 6 日環署空字第 1111062463 號公告，廢止「第一批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源」，並自即日生效。
12. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 6 日環署空字第 1111062464 號公告，廢止「第二批公私場所應定期檢測及申報之固定污染源」，並自即日生效。
13. 行政院環境保護署 111 年 6 月 6 日環署空字第 1111062465 號公告，廢止「火化場、輪胎裂解製程、電力業汽電共生業燃煤鍋爐、觸媒再生製程、造紙黑液鍋爐、鋁二次冶煉、銅二次冶煉、化學製造氯乙烯製程、固態廢棄物衍生性燃料製程及水泥窯等固定污染源，應每二年定期檢測戴奧辛排放一次」，自即日生效。



14. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 6 日環署空字第 1111060566 號公告，訂定「公私場所應定期檢測及申報之固定污染源」，並自即日生效。
15. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 6 日環署空字第 1111059339 號令，修正「固定污染源自行或委託檢測及申報管理辦法」。
16. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 7 日環署基字第 1111052512 號公告，預告修正「應回收廢棄物稽核認證作業辦法」部分條文草案。
17. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 8 日環署授檢字第 1117103330 號公告，預告訂定「空氣粒狀污染物中元素含量檢測方法－感應耦合電漿原子發射光譜儀法 (NIEA A306.11C)」草案。
18. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 8 日環署授檢字第 1117103309 號公告，預告廢止「空氣粒狀污染物中元素含量檢測方法－感應耦合電漿原子發射光譜法 (NIEA A306.10C)」。
19. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 8 日環署授檢字第 1117103320 號公告，預告訂定「空氣中粒狀污染物之微量元素檢測方法－感應耦合電漿質譜儀法 (NIEA A305.12C)」草案。
20. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 8 日環署授檢字第 1117103304 號公告，預告廢止「空氣中粒狀污染物之微量元素檢測方法－感應耦合電漿質譜儀法 (NIEA A305.11C)」。
21. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 10 日環署基字第 1111076383 號公告，修正「廢機動車輛回收拆解及粉碎分類補貼費用表」，名稱並修正為「廢機動車輛回收拆解、粉碎分類及興建熱能利用廠補貼費用表」，自 111 年 7 月 1 日生效。
22. 行政院環境保護署中華民國 111 年 6 月 13 日環署授檢字第 1117103290 號公告，預告訂定「溶出試驗萃出液中六價鉻檢測方法－比色法 (NIEA R309.13C)」草案。
23. 行政院環境保護署中華民國 111 年 6 月 13 日環署授檢字第 1117103245C 號公告，預告廢止「事業廢棄物萃出液中六價鉻檢測方法－比色法 (NIEA R309.12C)」。
24. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 14 日環署空字第 1111064983A 號令，訂定「總量管制區空氣污染物抵換來源拍賣作業辦法」。
25. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 15 日環署氣字第 1111078365 號函，修正「行政院環境保護署溫室氣體減量成效認可審議會設置要點」，自即日生效。
26. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 16 日環署空字第 1111079646 號公告，預告廢止「機車汰舊換新補助辦法」。
27. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 16 日環署空字第 1111079127 號公告，預告廢止「淘汰二行程機車及新購電動二輪車補助辦法」。
28. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 22 日環署空字第 1111074617 號令，修正「膠帶製造業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」。

29. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 23 日環署授檢字第 1117103669 號公告，預告訂定「排放管道中總氟化物檢測方法－離子選擇電極法（NIEA A458.70C）」草案。
30. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 23 日環署授檢字第 1117103615 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－氣相層析儀火焰離子化偵測器法（NIEA T705.22B）」草案。
31. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 23 日環署授檢字第 1117103667 號公告，預告廢止「毒性化學物質中有機化合物檢測方法－氣相層析儀／火焰離子化偵測器法（NIEA T705.21B）」。
32. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 24 日環署空字第 1111074233 號令，修正「公告場所室內空氣品質檢驗測定管理辦法」第 10 條、第 18 條條文。
33. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 24 日環署授檢字第 1117103800 號公告，預告廢止「空氣中戴奧辛及呔喃採樣方法（NIEA A809.11B）」。
34. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 24 日環署授檢字第 1117103797 號公告，預告訂定「空氣中戴奧辛及呔喃採樣方法（NIEA A809.12B）」草案。
35. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 24 日環署授檢字第 1117103734 號公告，預告廢止「空氣中二氧化硫自動檢驗方法－紫外光螢光法（NIEA A416.13C）」。
36. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 24 日環署循字第 1111083319C 號公告，預告修正「指定公告應置廢棄物專業技術人員之事業」部分公告事項草案。
37. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 24 日環署循字第 1111083319 號公告，預告修正「廢棄物清理專業技術人員管理辦法」第 3 條、第 6 條草案。
38. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 24 日環署循字第 1111083319F 號公告，預告修正「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」第 6 條、第 29 條草案。
39. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 27 日環署空字第 1111079988 號公告，預告修正「大型柴油車汰舊換新補助辦法」部分條文草案。
40. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 27 日環署水字第 1111083788 號函，訂定「水污染防治法第七條放流水標準執法應注意原則」，自 111 年 7 月 1 日生效。
41. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 28 日環署基字第 1111083829 號公告，廢止「一次用外帶飲料杯源頭減量及回收獎勵金實施方式」，自 111 年 7 月 1 日生效。
42. 行政院環境保護署民國 111 年 6 月 30 日環署綜字第 1111084657D 號令，修正「環境影響評估書件審查收費辦法」第 6 條條文及第 2 條附表。

**行政院公共工程委員會核備 111 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	促參投資契約期前終止之爭議解決機制研討會	2022/07/08~ 2022/07/08	中華民國仲裁協會	聯絡人：傅寶源 電話：02-27078672 分機 15 信箱：service@arbitration.org.tw
2	111 年度「中央都市更新基金補助辦理自行實施更新作業暨都市危險及老舊建築物加速重建條例」教育講習【北部場】	2022/07/12~ 2022/07/12	財團法人都市更新研究發展基金會	聯絡人：陳盈汝 電話：2381-8700#5145 信箱：inzu1987@ur.org.tw
3	環境分析技術(第 63 期)講習會-桃園場	2022/07/12~ 2022/07/12	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
4	國家紅火蟻防治訓練課程 11102 期	2022/07/13~ 2022/07/14	台北市景觀工程商業同業公會	聯絡人：魏淑惠 電話：02-23581537 信箱： la.taipei@tplandscape.org.tw
5	環境分析技術(第 63 期)講習會-高雄場	2022/07/15~ 2022/07/15	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
6	淨零排放轉型商機與挑戰研討會	2022/07/17~ 2022/07/17	中華民國環境工程技師公會全國聯合會	聯絡人：范穎卉 電話：02-25507826 信箱：napeeroc@gmail.com
7	第十九屆環境保護與奈米科技研討會	2022/07/20~ 2022/07/20	明志科技大學	聯絡人：范穎卉 電話：02-25550353 信箱：tpeea.win@msa.hinet.net
8	工程法務系列-展延工期索賠探討與案例解析	2022/07/21~ 2022/07/21	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@tcricri.org.tw
9	機電貫穿部之防火封堵解決方案	2022/07/26~ 2022/07/28	喜利得股份有限公司	聯絡人：王威捷 電話：02-6630-0323 信箱：andy.wang@hilti.com
10	111 年度「中央都市更新基金補助辦理自行實施更新作業暨都市危險及老舊建築物加速重建條例」教育講習【南部場】	2022/07/26~ 2022/07/26	財團法人都市更新研究發展基金會	聯絡人：陳盈汝 電話：2381-8700#5145 信箱：inzu1987@ur.org.tw
11	工程法務系列-工程爭議求償及履約管理實務	2022/07/29~ 2022/07/29	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@tcricri.org.tw

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
12	BIM 營造施工模型軟體實務班第 03 期	2022/07/31 ~ 2022/09/04	高雄市土木技師公會	聯絡人：黃佳萍 電話：07-5520279 信箱：kpcea@ms27.hinet.net
13	第 7 屆【近零能耗建築設計師認證班】	2022/08/05~ 2022/08/26	財團法人工業技術研究院	聯絡人：黃小姐 電話：02-2370-1111#609 信箱：AnnieLee@itri.org.tw
14	MT 系統支架介紹與實際案例分享	2022/08/23~ 2022/08/25	喜利得股份有限公司	聯絡人：王威捷 電話：02-6630-0323 信箱：andy.wang@hilti.com



## 環保訊息 (資料來源：行政院環境保護署)

- 111/05/17 【**環保署預告環保專責人員設置及管理辦法修正草案，開放環保可兼任職安與消防專責人員，歡迎各界提供意見**】  
環保署考量職業安全衛生管理人員、防火管理人與環保專責人員的業務內容有密切相關，工廠在實務運作上也將 3 類人員設在同一個部門(環安衛部門)，因此於 111 年 5 月 6 日起陸續預告空氣污染防治、水污染防治、廢棄物清理、毒化物及環境用藥等環保專責(技術)人員設置及管理相關辦法修正草案，使環保、職安與消防專責人員可以互相兼任，以利事業單位人力彈性調度，並有助於預防污染的發生。
- 111/05/19 【**作好淨零基本功環保署公布「溫室氣體排放量盤查作業指引」助企業進行盤查**】  
為陪伴企業作好淨零基本功「碳盤查」，面對未來各式各樣溫室氣體排放規範，環保署今(19)日公布「溫室氣體排放量盤查作業指引」(以下簡稱盤查指引)，提供不同需求者瞭解盤查及執行方法，掌握自身排放情形，並可作為企業進行溫室氣體減量的依循。
- 111/05/19 【**環保署修正「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」部分公告事項及第五項附表二**】  
環保署為配合實務運作管理，加強規範焚化再生粒料使用用途及限制使用地點，修正「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」部分公告事項。
- 111/05/23 【**環保署因應氣候變遷修正發布飲用水水質標準，確保飲用水安全及品質**】  
環保署為因應氣候變遷及極端氣候調適，強化飲用水水質管理，修正發布飲用水水質標準中不影響健康物質之水質項目，以提升穩定供水韌性，並確保飲用水安全及品質。
- 111/05/23 【**環保署預告修正「第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」**】  
溫室氣體排放量盤查為推動溫室氣體減量之重要基礎工作，了解溫室氣體從哪些排放源排放，為什麼會排放以及排放量多少，才能進一步研析可以從哪裡減量。為持續擴大與強化溫室氣體排放源排放量之管理，環保署預告修正「第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」，新增第二批應辦理盤查登錄溫室氣體排放量對象，並將法規名稱修正為「事業應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」。

➤ 111/06/08 【「量少、質精、有效管理」環保署發布固定污染源定檢精進新措施】

環保署於 111 年 6 月 6 日修正發布「固定污染源自行或委託檢測及申報管理辦法」，以「量少、質精及有效管理」為三大修正重點，明定「好學生條款」鼓勵業者做好自我管理，在降低污染排放量同時，給予適度調整定期檢測頻率之誘因，減少非必要檢測數量，另針對少數投機取巧規避主管機關查核的業者，則新增「功能性定期檢測」強制性檢測工具予執法機關使用，同時整合許可證制度之「空氣污染物排放檢測計畫」以提升定期檢測數據品質。

➤ 111/06/22 【鼓勵水性製程及強化揮發性有機物管制修正發布「膠帶製造業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」】

鑑於揮發性有機物為臭氧與細懸浮微粒的前驅物，且為異味污染的主因之一，部分揮發性有機物亦為有害空氣污染物，長期暴露會對人體健康造成影響，為鼓勵膠帶業採用水性製程及強化整體揮發性有機物管制，環保署於 111 年 6 月 22 日修正發布「膠帶製造業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」(以下簡稱本標準)，並自 111 年 7 月 1 日施行，預估 1 年可減少排放揮發性有機物 523 公噸，相當於減少 1 座煉油廠揮發性有機物平均排放量(821 公噸)之 6 成。

➤ 111/06/24 【為讓公告場所室內空氣品質檢測充裕彈性，環保署修正公告場所室內空氣品質檢驗測定辦法第 10 條、第 18 條】

為賦予公告場所室內空氣品質定期檢測充裕彈性，環保署修正公告場所室內空氣品質檢驗測定辦法第 10 條、第 18 條，並自 111 年 7 月 1 日施行，除初次檢測以外之各期檢測，公告場所可提前或延後 3 個月內委託檢測機構辦理定期檢測，給予公告場所合理緩衝，並明定期間之起算點。本項規定修正後，將可提供公告場所更具彈性的定檢排程規劃及實務管理需求，以達簡政便民之效。

➤ 111/6/30 【環保署修正發布「環境影響評估書件審查收費辦法」第六條及第二條附表】

環保署為反映環境影響評估(以下簡稱環評)審查成本，針對表列或自願進行第二階段環境影響評估之開發行為，檢討調整第一階段環境影響說明書之收費費額，並明確化開發行為類別之樣態，爰修正「環境影響評估書件審查收費辦法」。

## 以都市代謝分析量化都市發展永續性

李學姁<sup>1</sup>、林子羿<sup>2</sup>、黃湘瑜<sup>3</sup>、關蓓德<sup>4</sup>

國立臺灣大學環境工程學研究所

<sup>1</sup>博士生、<sup>2</sup>博士後研究員、<sup>3</sup>碩士、<sup>4</sup>教授

### 一、前言

隨著經濟發展及人口攀升，都市漸趨擴張，亦成為食物、水、能源及其他物質消耗的熱點；同時也產生大量廢棄物，直接或間接造成水體及空氣污染、溫室氣體排放與資源損耗等環境負荷。都市代謝 (Urban Metabolism, UM) 為一跨領域的系統化評估架構，藉由都市中物質與能源的進口量、當地生產量，以及出口量，可用以檢視都市系統在社會、環境及經濟因素影響下二者的流動，進一步分析都市系統的能源效率、物質循環、廢棄物管理等績效。近年來因資源善用、溫室氣體減量等永續發展議題持續受到重視，都市代謝可作為都市永續性的檢視方式，故其研究蓬勃發展。

本文章將先說明都市代謝研究發展歷程及評估方法，接著以臺北市為案例，以物質流分析 (Material Flow Analysis, MFA) 及生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) 示範都市代謝分析的評估流程及資料需求，並結合脫鉤指數 (Decoupling Index, DI)，進一步探討臺北市邁向永續城市之進展，此分析結果將可作為提升區域資源使用效率、制定廢棄物回收政策及節約能源等決策之參考。近年永續發展議題受到高度關注，環境工程師從事各項環境設施之規劃設計時，亦需考量都市發展之永續發展目標，本文介紹之都市代謝分析可供參考採用。

### 二、都市代謝發展歷程及評估方法

都市代謝概念為將都市模擬成有機體，都市運轉仿效自然生態系統，在都市中投入物質與能源，促使內部進行作用，而後產生廢棄物，如同生物體之代謝作用。此概念首先由 Wolman (1965) 提出，該研究以一美國百萬人口的城市為研究區域，並以投入產出分析 (input output analysis) 將食物、水資源及燃料使用量與廢棄物及空氣污染排放量轉換成都市人均的進出流，奠定都市系統導向的研究方式。



都市代謝研究中採用適當的模型與評估方法將可提供量化資訊，並協助決策者釐清都市中關鍵能資源耗用議題及研擬因應策略，以實現生態城市(ecocity)之目標。Wolman(1965)所提出的都市代謝理論屬於線性模式，為投入與產出之直線模式；另外，Girardet(1996)提出循環式都市代謝概念，然而此概念尚無法呈現都市代謝系統中各部門之運作關係。因此，Zhang et al. (2009)年提出網絡型都市代謝概念用以分析系統中各部門間能資源投入、轉換、循環、產出等相互作用之關聯，概念圖如圖 1 所示。

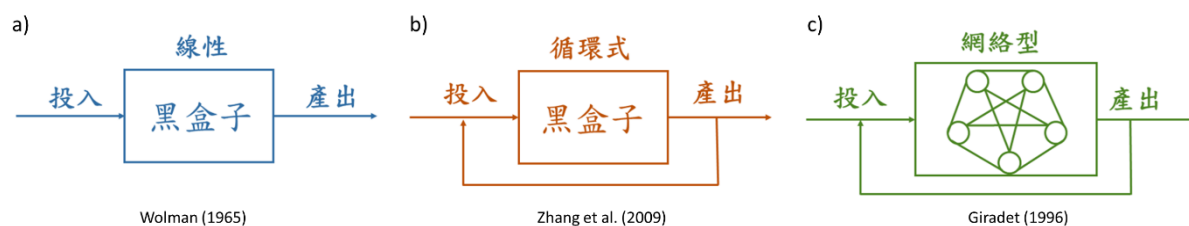


圖 1 都市代謝模型之演進 a) 線性、b) 循環式、c) 網絡型

都市代謝分析常用的評估方法包括：能值分析、投入產出分析、物質流分析、生命週期評估、生態足跡及生態網絡分析等。由於都市發展及其結構的複雜性及多元性，尚未有單一方法可通用於所有類型的都市，以下將說明物質流分析及生命週期評估方法於都市代謝研究之應用：

#### ● 物質流分析

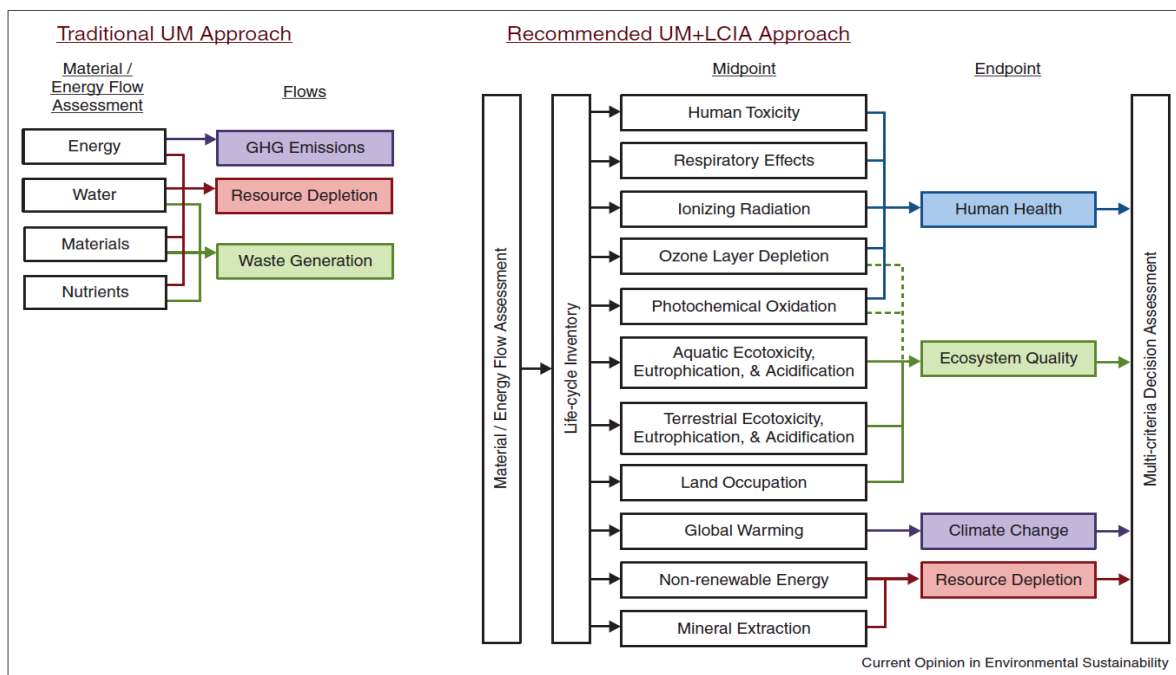
物質流分析為常應用於都市代謝分析之方法。該方法以物理重量或體積量化資源流，將系統視為黑盒子，計算都市各能資源流耗用量得知都市代謝量。因其方便使用及直觀的特性，常作為量化都市代謝效率的重要指標(Kennedy et al. 2015, Rosado et al. 2014)。物質流分析根據系統邊界不同，所採計的盤查項目將有所差異。都市尺度之研究，於能源、水、溫室氣體、廢棄物皆有著墨，材料的複雜度多以鋼筋及水泥用量為盤查標的；但對於都市系統應考量的代謝流選擇，並未有一致的標準。

Hoekman and von Blottnitz(2017)以經濟系統物質流分析(Economy Wide- Material Flow Analysis, EW-MFA)探討南非開普敦於 2013 年的資源流動情形，結果顯示開普敦的資源使用以生物質、化石燃料及建築材料為主；且有大量的物質流經由此城市進出國際貿易市場，可知開普敦為區域貿易的重要交通樞紐。

## ● 生命週期評估

生命週期評估為系統性環境衝擊評估分析方法之一，可用於量化產品或服務於不同生命週期階段，包含原料開採、製造、使用到棄置等階段之環境衝擊。環境衝擊係指產品或服務在各個生命週期階段的能資源使用及污染排放對環境造成的影響。都市代謝生命週期評估 (Urban Metabolism Life Cycle Assessment, UM-LCA) 由 Pincetl et al (2012) 提出，強調在物質流分析、物質平衡、能值分析等方法基礎下，應結合生命週期評估分析都市代謝活動對於人體健康、資源損耗、氣候變遷等面向之影響，將過去都市代謝著重的能源、水、材料、營養鹽及廢棄物流，擴展到危害的衝擊觀點，以利於對衝擊結果進行預防 (圖 2)。

Goldstein et al. (2013) 以都市代謝生命週期評估分析五個國際城市 (北京、開普敦、香港、倫敦與多倫多) 的能資源流，包括居民的食物、建築材料、交通能源等給供都市運作的主要能資源。生命週期評估結果可提供比傳統質量流分析更完整之內容，並可呈現全球暖化潛勢、淡水生態毒性、細懸浮微粒形成、農地佔用等衝擊。若比對都市代謝分析結果與都市經濟發展程度，可發現高度經濟發展的城市，其環境衝擊主要來自個體的消費；而發展中的城市，其環境衝擊則主要來自老舊的基礎建設。



資料來源：Chester et al. (2012)

圖 2 傳統都市代謝分析與都市代謝生命週期評估之比較



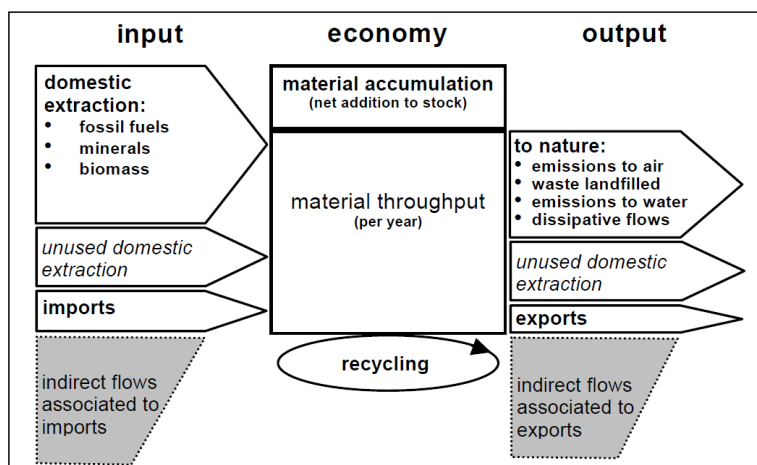
### 三、臺北市都市代謝分析

本研究以臺北市為研究範疇，先以物質流分析呈現臺北市能資源代謝量隨時間之變化，並改進都市代謝物質流分析的盤查項目。接著，將物質流盤查結果應用於生命週期評估，量化都市能資源流所造成的環境衝擊，並辨識主要的衝擊熱點。最後，再以脫鉤指數分析環境與經濟面向之相關性，探討臺北市在維持經濟發展同時，對能資源耗用的依賴程度及其衍生的環境衝擊。

#### (一) 臺北市都市代謝之物質流分析

##### 1. 物質流分析方法

本研究根據歐盟經濟系統物質流分析指引手冊(Eurostat, 2018)，透過盤查臺北市之開採、進口、出口及污染排放量等資料，計算都市代謝之物質消費量(Domestic Material Consumption, DMC)如圖 3 所示。盤查年度為 2006-2017 年，盤查項目則選取指引手冊中 MF.1(生物質)、MF.2(金屬)、MF.3(非金屬)、MF.4(化石燃料)、MF.5(其他產品)及 MF.7(城市污染排放；Domestic Processed Output, DPO)。詳述如下：



資料來源：Eurostat (2001)

圖 3 經濟系統物質流分析架構圖

##### (1) MF.1(生物質)

臺北市產地開採計算方式如下：作物依「農產品生產量值統計」，採計稻米、雜糧、蔬菜、果品及菇類等類別（行政院農業委員會，2019）；堅果、纖維、油料作物之產量則假設為零（行政院農業委員會，2019）；根莖類、豆類、蔬菜、水果之進口代謝流由臺北市蔬菜及水果交易市場批發量扣除臺北市產量而得。

作物殘餘物與作物主要收穫量相關，因此本研究先由收穫指數 (harvest factor) 推算收穫量，再根據回復率 (recovery rate) 計算得出殘餘物量。飼料作物和牧草生物質依行政院農業委員會 (2019) 「禽產品生產量值統計」之牲畜數量和每年餵食攝取量計算粗纖維需求量；而牧草生物質需求量需再扣除從草地取得的飼料作物收穫，以避免重複計算。此外，用於沼氣發電之作物也歸在此生物質類別。而臺北市飼料作物皆假設為外地進口。

臺北市林木流量推估參考「林產品生產量值統計」，以全臺生產值和生產量，進行每單位產值重量 (公斤/元) 換算。活體動物量和動物量之推估則採用糧食供需年報中全臺肉品、乳品、蛋類等國內供給量 (行政院農業委員會，2017)，以人口比例換算臺北市所需。

## (2) MF. 2 (金屬)、MF. 3 (非金屬) 及 MF. 4 (化石燃料)

臺北市自 2006 年起即無礦場營運 (經濟部礦物局，2015)，故金屬、非金屬及化石燃料等礦產生產量皆為零，供給主要仰賴進國內其他縣市及國外進口。金屬主要代謝來源為鐵、非金屬主要代謝來源則為沙及礫，均用於建築，故本研究依全臺和臺北市樓地板面積比例分配，推算臺北市金屬與非金屬流量。

本研究使用全臺國內各項礦產開採量和進口量之加總，依全臺和臺北市人口比例分配，推算臺北市各項礦產流量。出口量之推估則依據全臺出口量，再以臺北市營運中工廠數占全臺營運中工廠數之比例分配 (經濟部統計處，2019)。

## (3) MF. 5 (其他產品)

產品材料組成異質性高，無法明確歸類在以上四大類之代謝流 (Eurostat, 2018)，遂將之獨立為一類別。本研究於此代謝流中主要採計電子機械設備、運輸設備、各項纖維製品等產品。流量計算方式同前 MF. 2 (金屬)、MF. 3 (非金屬) 及 MF. 4 (化石燃料)。

## (4) MF. 7 (城市污染排放)

### ● 氣體排放

排放至大氣的污染物流量採計總懸浮微粒、硫氧化物、氮氧化物、非甲烷碳氫化物、一氧化碳、鉛等主要空氣污染物之排放

及溫室氣體排放。空氣污染物之排放量資料取自行政院環境保護署(2019)；溫室氣體排放量則依據「臺北市溫室氣體排放統計—本市總排放量及人均排放量」(臺北市政府環境保護局，2019)與國家溫室氣體排放清冊(行政院環境保護署，2018)推算。

- 棄置於環境中的廢棄物

此項目係指固體廢棄物被棄置於自然環境中，如未經妥善管理的掩埋場；但不包含合法的衛生掩埋場及燃燒的廢棄物，因燃燒後的污染物排放已列入前項氣體排放中計算(Eurostat, 2018)。臺北市於 2006 年及 2007 年有約 10%以下一般廢棄物以衛生掩埋處置，之後皆以焚化或回收處理，因此棄置於環境中的廢棄物流量為零。

- 水體排放

排放至水體的污染物流量為污水廠放流水水質(臺北市政府工務局，2019)與污水處理量(2012-2017 年)之乘積；2006-2011 年污水處理量以 2012-2017 年臺北市自來水供水量與污水處理量比例之平均值推估。

- 產品的損耗使用

損耗使用的產品包括肥料、堆肥及農藥。有機肥料(糞肥)以牲畜數量乘上每年每頭動物糞肥生產量及乾重係數推得(Eurostat, 2018)。礦物性肥料則以全臺礦物性肥料使用量依臺北市耕地面積占全臺耕地面積之比例分配(行政院農業委員會，2019)。堆肥係由以污泥乾重計之，並假設含水率為 85%；污泥量則參考 2013 年污泥產生量 91.3 公噸/天(內政部營建署，2013)，依污水處理量比例推估其他年度之污泥量。2008 年前之農藥用量取自統計用量，之後為全臺內銷售量依臺北市耕地面積換算。

- 消耗損失

指非故意排放到環境中的物質，通常由於移動和固定污染源的腐蝕、侵蝕，或是運送物品的意外洩漏，並沒有一致方法統計，本研究假設其相關排放已涵蓋在氣體排放(MF7.1)項目中；而意外洩漏排放，依環保署環境事故監控及通報統計表，臺北市發生案例極少，視為可忽略。

## 2. 物質流分析結果

臺北市歷年都市代謝之物質流分析結果如圖 4 所示。臺北市 DMC 主要來自化石燃料，生物質及金屬的於各年度的耗用量差距不大；但非金屬卻有較大的變異，尤以 2009 年及 2010 年的耗用量皆高出全臺平均值（分別為 2600kg 及 1580kg），隨後則逐年遞減。非金屬中以砂礫消耗為大宗，其顯示臺北市新建建物於 2009 年及 2010 年有較高的需求，此投入遂成為都市存量。

由人均污染排放量之結果可發現，氣體排放占 DPO 極高比例。由行政院環境保護署(2018)報告可知，全臺氣體排放以溫室氣體中的二氧化碳為主，排放源則以能源部門最大宗，2015 年能源部門排放占 93.69%，其中能源產業占 60.77%、製造業與營造業占 15.94%、運輸部門占 13.19%。由臺北市的產業結構可推知其溫室氣體排放主要來自於運輸部門。臺北市氣體排放以外之污染排放以固體廢棄物為主。固體廢棄物方面，臺北市自 2007 年起，一般垃圾全面以焚化處理，因此廢棄物排放量整體呈現逐年降低的趨勢。

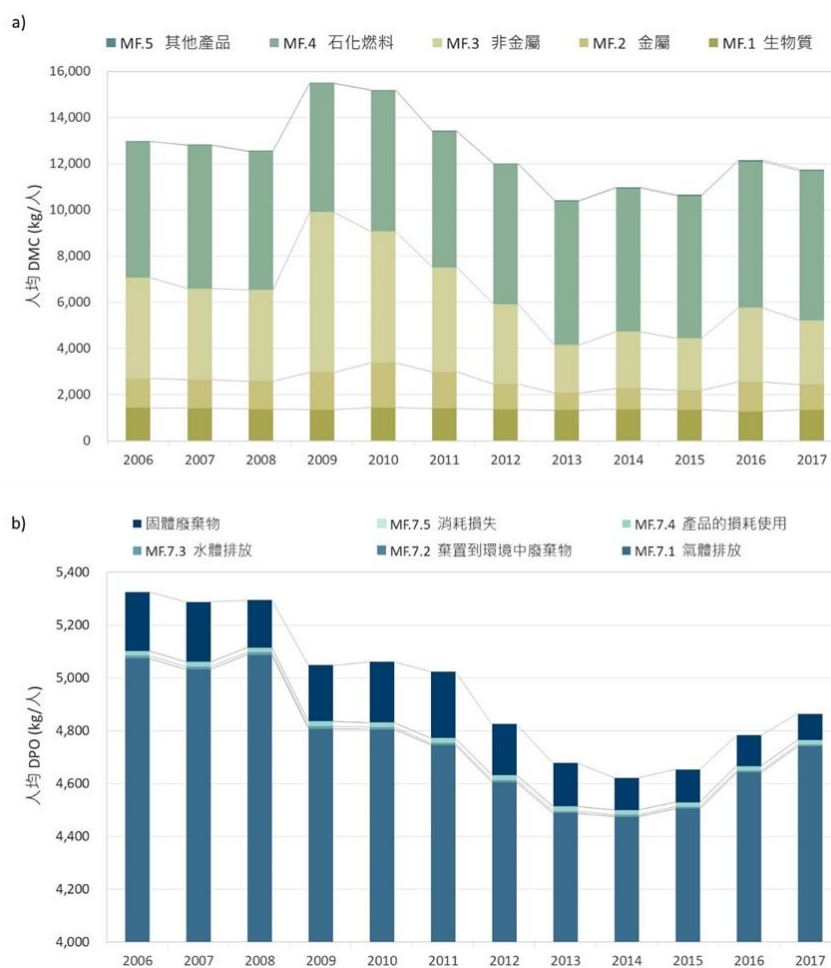


圖 4 臺北市都市代謝之物質流分析 a) 人均 DMC、b) 人均 DPO

## (二)臺北市都市代謝之生命週期評估

### 1. 生命週期評估方法

本研究以臺北市 2015 年之都市代謝為案例，評估臺北市市民每人每年都市代謝之環境衝擊。評估範疇始於資源開採、製造、運輸、使用至廢棄等階段。雖然資源的開採和產品的生產活動皆不在臺北市內，但考量產品製造目的為供給都市居民之需求，因此本研究將上游供應鏈（生產製造階段）納入衝擊評估。

本研究採用前節之都市代謝物質流為盤查清單，導入生命週期評估，以投入流代表國內物質消費 (DMC)，將產地開採量和進口量加總後扣除出口量推算；以排放流代表國內空水廢等污染排放 (DPO)。無法物質平衡部分則視為都市代謝中的存量。選用 Ecoinvent 3 資料庫中最貼近現況之項目將物質流清單轉換為生命週期盤查清單；並以 ReCiPe Endpoint (H) V1.13 衝擊評估模式之階層 (hierarchist) 觀點進行都市代謝衝擊評估。

### 2. 生命週期評估結果

2015 年臺北市人均都市代謝之終點評估結果如圖 5 所示，總衝擊為 2.4 kPt，以資源損害類別衝擊最高，其次為人體健康、生態系統品質之衝擊最低。人體健康損害可反應因污染物排放，導致受影響的族群提早死亡所損失的生命年數及造成殘疾而無法健康活著的生命年數，常以失能調整生命年 (Disability-Adjusted Life Year, DALY) 表示。於 ReCiPe 衝擊評估方法中，人體健康衝擊主要由粒狀污染物排、游離輻射、臭氧層裂解、致癌與非致癌毒性及全球暖化等環境衝擊所致。臺北市人均都市代謝之衝擊熱點為 DPO，主因為二氧化碳排放。



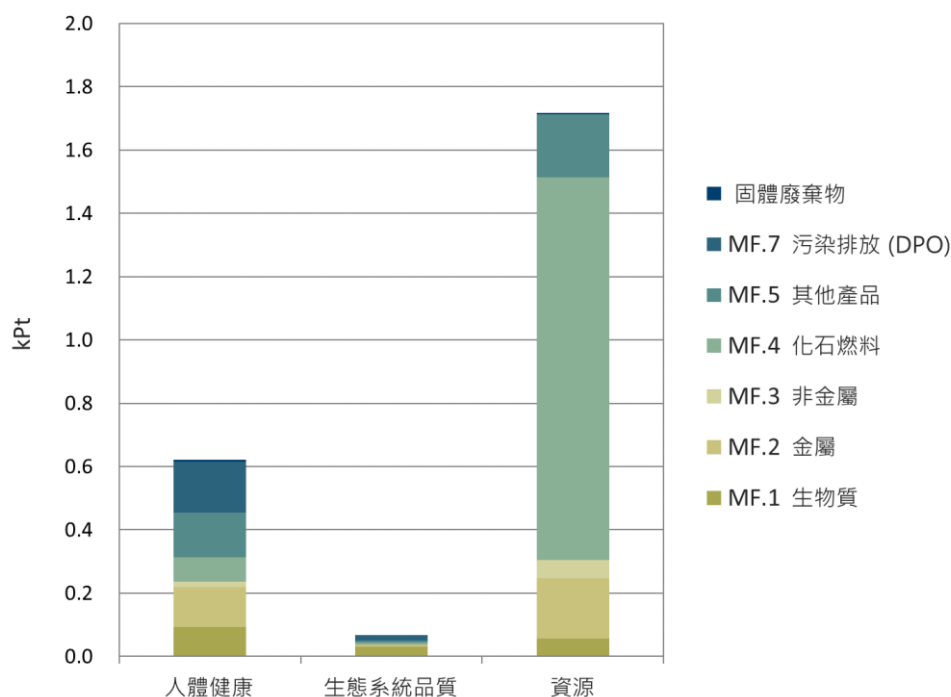


圖 5 臺北市 2015 年人均都市代謝之環境衝擊終點損害結果

生態系統品質損害可反應因污染物排放，導致單位面積內且特定時間區段下物種潛在消失比例，主要由全球暖化、水體酸化/優氧化、陸域酸化/優氧化、海洋毒性、土地佔用及土地變遷等環境衝擊所致。本研究將物質流分析導入生命週期評估時，主要以資源觀點建置清單，即依材料類別建置盤查清單，儘管已包含製造產品時投入能資源之環境衝擊，但未涵蓋額外的加工製造，可能低估此類別之損害。

資源損害之意涵為假設資源短缺時，未來世代要取得資源所需付出的經濟成本，主要為使用礦產及化石燃料等非再生資源所致。臺北市案例的衝擊熱點為化石燃料，此項目於物質流總量亦有較高的佔比(40.7%)。但金屬和其他產品僅分別占總量 5.5%和 0.03%，單位衝擊量卻高於占比較高的生物質和非金屬礦物。此結果顯示使用生命週期評估分析，可避免物質流分析以重量判斷，而忽略對環境衝擊影響較大之代謝流。

### (三) 臺北市都市代謝特徵

本研究進一步以脫鉤指數 (Decoupling Index, DI)，藉由描述經濟驅動力 (driving force) 及環境壓力 (environmental pressure) 間的變動關係 (UNEP, 2011)，以度量臺北市永續發展進程。

## 1. 都市代謝評價指標--脫鉤

脫鉤應用於永續發展之評價可分為資源脫鉤 (resource decoupling) 與環境衝擊脫鉤 (environmental impact decoupling)。資源脫鉤係指減少每單位經濟活動的資源使用率，基於同一經濟產出下，是否使用較少的材料、能源、水及土地資源；而衝擊脫鉤即是增加經濟產出時，減少對環境的負面影響。然大多數的研究僅討論資源使用量的減少，忽略整體系統的環境衝擊趨勢。

有鑒於此，本研究依整體經濟範疇採用物質消費 (DMC) 和環境衝擊分別與國內生產總值 (Gross Domestic Product, GDP) 比較，分析脫鉤趨勢。脫鉤指數計算公式如下：

$$\text{資源消耗或污染排放變動率} \quad \Delta P_t = \frac{(P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}} \quad (\text{式 1})$$

$$\text{經濟成長變動率} \quad \Delta Y_t = \frac{(Y_t - Y_{t-1})}{Y_{t-1}} \quad (\text{式 2})$$

$$\text{都市代謝評價指標 (脫鉤指數)} \quad DI_t = \frac{\Delta P_t}{\Delta Y_t} \quad (\text{式 3})$$

脫鉤指數即為資源消耗或環境衝擊變動率和經濟成長變動率之比值，t 為年份，越低表示較高資源使用效率和低資源依存度。DI ≥ 1 為無脫鉤 (coupling)，經濟成長時，資源消耗和環境衝擊也快速增加；0 < DI < 1 為相對脫鉤，經濟驅動力及環境壓力皆為正成長，但環境壓力成長幅度較小；DI ≤ 0 為絕對脫鉤，經濟驅動力為正成長、環境壓力為負成長。

本研究以 2006 年為基準年，將效益及成本準則的績效值歸為 1，其餘績效值依此比例進行標準化；其中 GDP 屬於效益準則，即績效值越高表示較好；而 DMC 和環境衝擊則屬於成本準則，即績效值越低表示較好。環境衝擊計算使用 2015 年 MFA 之清單組成，依生物質、金屬、非金屬等各年度類別總和之 DMC 計算，各類別之組成比例皆與 2015 年相同，例如：將 2015 年之生物質重量換算其他年度之重量。

## 2. 臺北市都市代謝之脫鉤分析

臺北市都市代謝效益及成本標準化趨勢及脫鉤指數之結果如圖 6 所示。DMC 在 2010-2013 年有脫鉤之現象，但 2013-2016 資源消耗隨經濟逐步成長，呈耦合之情形，直至 2016-2017 年再度呈現脫鉤趨勢。本研究發現，於 2009 年經濟驅動力呈現下降時，物質消費卻是成長

情況，雖然其計算之脫鉤指數為負值，但此為負脫鉤之情形不可作為判定標準，其中以非礦物資源投入為主要變動來源，因為本研究使用樓地板面積推估，可能原因來自於為振興經濟、擴大內需的相關措施，如發放消費券、政府投入公共建設「愛台 12 建設」、臺北市捷運路網計畫；2011 年因中央銀行升息循環及奢侈稅政策，使建商推案轉趨保守，非金屬礦物之消耗亦大幅減低；2015 年產業發展顯示臺灣受風災影響，果菜價格大幅上漲，但在臺北市生物質 DMC 中變化不明顯（臺北市府產業發展局，2019）。

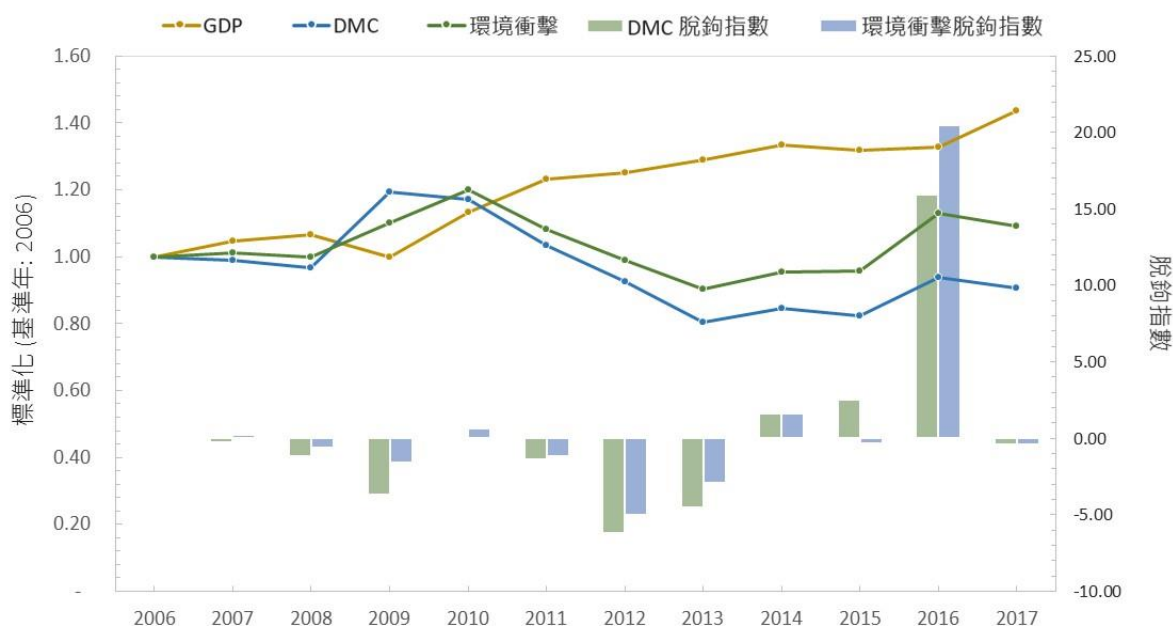


圖 6 臺北市都市代謝效益及成本標準化趨勢及脫鉤指數

從長期趨勢分析，臺北市在 DMC 資源消耗有絕對脫鉤現象，但在環境衝擊卻是相對脫鉤情形，兩者在各年間之變動情形也不一致，可能原因來自使用會造成較大環境衝擊之產品。此結果亦突顯出，分析都市代謝之資源耗用，不可以質量作為單一指標，因為可能在降低資源量之總體消耗時，反而使用造成環境衝擊更大之替代性資源，可藉此指標檢視都市資源之使用政策是否合宜，在採用循環經濟策略時，亦可使用此指標檢視在環境和經濟面的變動關係，而作為發展永續性都市之參考。

## 四、結語

臺北市之長時間尺度脫鉤分析結果顯示，DMC 呈現絕對脫鉤，而環境衝擊為相對脫鉤。兩項指標每年的變動情形也不一致，表示減少資源消耗量不一定也能降低環境衝擊，故不能僅以資源消耗量多寡反映環境衝擊程度。由此可知，為降低 DMC 所採取的替代或補償措施，並未對整體環境更友善，反而有導致環境負荷增加之虞。故 DMC 降低的配套策略與替代物技術，應考量綠色科技、清潔生產、低環境足跡等環境友善思維，方能確實達到永續發展一途。

此外，傳統都市代謝分析方法僅藉由資源代謝及廢棄物代謝量瞭解都市系統的資源耗用與污染物排放情形，而結合生命週期評估更可反應資源耗用與污染排放最終對於都市系統的影響程度，以回顧性觀點探討方案實施之成效或以前瞻性觀點預測決策之效益，提供量化永續性評估 (Chester et al., 2012)。因此，在檢視城市環境與經濟面向關聯時，可使用生命週期評估為工具，以反映資源管理政策對環境之實質影響，才能確實檢視資源消耗和環境衝擊之雙脫鉤情況。近年公部門計畫執行逐漸要求建立執行效益指標，本文以循環經濟之雙脫鉤指標探討都市物質流動，研究結果可做為相關計畫效益指標建立之參考。

## 五、誌謝

本研究承蒙科技部提供經費支援(計畫編號：MOST 107-107-2621-M002-005-1)，方使研究計畫得以順利執行。

## 參考文獻

1. Chester, M., Pincetl, S. and Allenby, B. (2012) Avoiding unintended tradeoffs by integrating life-cycle impact assessment with urban metabolism. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(4), 451-457.
2. Eurostat (2001) Economy-wide material flow accounts and derived indicators- A methodological guide.
3. Eurostat (2018) Economy-wide material flow accounts- Handbook.
4. Girardet, H. (1996) *The Gaia Atlas of cities: New directions for sustainable urban living*. UN-HABITAT: Nairobi, Kenya. ISBN 978-1-85675-097-4.
5. Goldstein, B., Birkved, M., Quitzau, M.-B. and Hauschild, M. (2013) Quantification of urban metabolism through coupling with the life cycle assessment framework: concept development and case study. *Environmental Research Letters*, 8(3) pp. 035024.
6. Hoekman, P. and von Blottnitz, H. (2017) Cape Town's metabolism: Insights from a material flow analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 21(5) pp. 1237-1249.
7. Kennedy, C.A., Stewart, I., Facchini, A., Cersosimo, I., Mele, R., Chen, B., Uda, M., Kansal, A., Chiu, A., Kim, K.G., Dubeux, C., Lebre La Rovere, E., Cunha, B., Pincetl, S., Keirstead, J., Barles, S., Pusaka, S., Gunawan, J., Adegbile, M., Nazariha, M., Hoque, S., Marcotullio, P.J., Gonzalez Otharan, F., Genena, T., Ibrahim, N., Farooqui, R., Cervantes, G. and Sahin, A.D. (2015) Energy and material flows of megacities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(19) pp. 5985-5990.
8. Pincetl, S., Bunje, P. and Holmes, T. (2012) An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes. *Landscape and Urban Planning*, 107(3) pp. 193-202.
9. Rosado, L., Niza, S. and Ferrão, P. (2014) A material flow accounting case study of the lisbon metropolitan area using the urban metabolism analyst model. *Journal of Industrial Ecology*, 18(1) pp. 84-101.



10. UNEP (2011) Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A (ed), UNEP.
11. Wolman, A. (1965) The metabolism of cities. *Scientific American*, 213, 179-190.
12. Zhang, Y., Yang, Z. and Yu, X. (2009) Ecological network and emergy analysis of urban metabolic systems: Model development, and a case study of four Chinese cities. *Ecological Modelling*, 220 (11), 1431-1442.
13. 內政部營建署(2013)，下水污泥處理再利用示範驗證總顧問計畫期中報告。
14. 行政院農業委員會(2017)，糧食供需年報。
15. 行政院農業委員會(2019)，農業統計資料查詢。
16. 行政院環境保護署(2018)，國家溫室氣體排放清冊。
17. 行政院環境保護署(2019)，環保統計查詢網。
18. 經濟部統計處(2019)，工廠校正及營運調查。
19. 經濟部礦物局(2015)，礦業統計年報。
20. 臺北市政府工務局(2019)，污水處理水質水量速報。
21. 臺北市政府產業發展局(2019)，臺北產經動態分析。
22. 臺北市政府環境保護局(2019)，臺北市溫室氣體排放統計。

## 傳統初沉污泥發酵作為加強生物去氮除磷之配置

陳伯珍

淡江大學水環系兼任副教授(退休)

環工技師

### 關鍵詞

初沉污泥發酵、短鏈揮發性脂肪酸 (SCVFA)、生物營養去除 (BNR)、加強生物除磷 (EBPR)、發酵池配置。

### 摘要

國內放流水標準中的總氮及總磷最大限值將於民國 110 年及 113 年趨向嚴格，其中欲符合總氮的排放標準，在生物除氮處理時所應用的脫硝處理流程，亟需進流污水中富含脫硝菌易分解的短鏈碳源，該碳源通常需外購甲醇或醋酸鈉，此不但會造成處理廠額外的費用負擔，該些化學藥劑之運輸、貯存及維護亦需經常留意。至於生物除磷方面，欲加強蓄磷菌 (PAO) 的處理效果，進流污水中需富含蓄磷菌所需的短鏈揮發性脂肪酸 (SCVFA)，常需在污水中補充醋酸等有機酸，此亦會造成處理廠額外的處理費用，故本文特提出由廠內自行生產額外碳源/有機酸的方法。

初沉污泥發酵池是在污水處理廠現場發現的反應池或單元處理程序，其中初沉污泥和污水中存在的複雜顆粒和可溶性基質通過酸化發酵而厭氧分解形成短鏈揮發性脂肪酸. SCVFAs 用於在生物營養去除 (BNR) 過程中培養穩定的蓄磷菌和脫硝菌種群，從而幫助該過程通過生物方式達成低總磷和總氮濃度。在過去的 30 年中，初沉污泥發酵池已在加拿大、美國、歐洲、南非、澳大利亞和紐西蘭的 BNR 污水處理廠中使用。據報導，當發酵池停止使用時，一些具有初沉污泥發酵池的設施即無法以生物處理方式達成其放流水中總磷的限值。本文介紹了以下五種常用的初沉污泥發酵池配置及其優缺點，以及典型的控制特點：1) 活性初步沉澱池；2) 完全混合發酵池；3) 單段靜態發酵池/濃縮池；4) 兩段完全混合發酵池/濃縮池；5) 統一發酵及濃縮 (UFAT) 發酵池。

初沉污泥發酵池運轉的兩個主要控制參數是發酵池固體停留時間 (SRT) 和水力停留時間 (HRT)。發酵池 SRT 通過調整固體存量和污泥廢棄率來控制。通過增加發酵池的 SRT，有利於生長較慢的發酵生物的生長，並產生更複雜的分子和更高的酸。相反的，降低 SRT 有利於生長較快的生物體的生長，從而導致更簡單的生化途徑和乙酸 (acetic acid) 的產生，並在較小程度上產生丙酸 (propionic acid)。添加到發酵池中的每個 VSS 產生的 SCVFA 比例範圍相當廣，從 0.05 到 0.3g-VFA/g-VSS 添加。

## 一、概說

1970 年代後期，在加拿大基洛納水污染控制中心的設計中首次使用專用的側流初沉污泥發酵池進行現場 VFA 生產 (Barnard, 1994 年)。現有的污泥儲槽被改造成重力濃縮池，用於酸發酵，以加強 BNR 處理程序中厭氧區發生的發酵。在運轉初期，富含 VFA 的發酵池上澄液被返回到初步沉澱池的入口，很難確定發酵池在污水廠性能中的重要作用。Oldham 和 Stevens (1984) 改變了管道系統，以便將發酵池上澄液直接排放到生物反應池的厭氧區，這正是設計者的初衷。在隨後的優化研究過程中，通過將發酵池上澄液從一個生物反應池模組切換到另一個，清楚地證明了發酵池上澄液的重要性。從一個 BNR 模組中阻斷上澄液很快導致該模組的出流水磷濃度大幅增加。僅在將上澄液重新引入模組後，才能恢復有效的除磷。當發酵池上澄液在兩個模組之間均勻分配時，污水廠的出流水磷濃度始終保持在 0.25mg/L 以下。

SCVFAs 在 BNR 處理程序中的加強生物除磷 (EBPR) 生物化學中起著至關重要的作用。當 POA 在 BNR 處理程序中依次經歷厭氧和好氧條件時，就會出現穩定的 EBPR。在厭氧條件下，PAO 以聚羥基鏈烷酸酯 (PHA) 的形式吸收並在細胞內儲存 SCVFA，同時將儲存的多磷酸鹽釋放到污水中。多磷酸鹽被水解成正磷酸鹽，隨後在好氧區被吸收，在那裡 POA 利用儲存的 PHA 來恢復它們的多磷酸鹽儲存。發酵池中產生的 SCVFA 的離子化形式（主要是乙酸鹽和丙酸鹽）在維持 BNR 處理程序中的有效 EBPR 方面發揮著重要作用，特別是那些處理沒有足夠天然存在的 SCVFA 以維持可靠和高效 EBPR 的污水的處理程序。當產生的 SCVFA 很容易被 BNR 處理程序的厭氧區的 PAO 獲得時，發酵池在促進 EBPR 方面最有效 (Barnard, 1984; Oldham 和 Stevens, 1984; Barnard, 1994)。

除了除磷外，大多數 BNR 處理廠還需要從污水中去除氮或總氮。脫硝作用通常通過硝化和脫硝來實現。當氮在好氧條件下硝化為硝酸鹽/硝酸鹽時，必須在缺氧條件下通過脫硝還原硝酸鹽，以實現系統生物脫硝。SCVFA 除了在生物除磷中發揮關鍵作用外，這些化合物還是一種高效率、易於生物降解的脫硝碳源。增加流入污水中 SCVFA 的濃度會提高脫硝速率，容許較小的缺氧區並提高處理程序的整體效率。

## 二、傳統初沉污泥發酵池之配置

以下部分描述了五種主要的傳統初沉發酵池配置敘述如下：

### 2.1 活性初步沉澱池(Activated Primary Sedimentation Tanks)

在這種配置中，初沉污泥直接或通過淘洗池連續循環到初沉池入口，這樣發酵污泥毯就可以在沉澱池底部形成(詳圖 1)。一般來說，活性初沉池需要專門設計的初步沉澱池，以保持足夠的污泥毯深度。污泥中產生的 SCVFAs 通過與進流污水混合而被淘洗，並與初沉出水一起輸送到 BNR 處理程序。通過將一部分初沉污泥廢棄到污泥處理系統來控制污泥貯存和污泥毯高度。這種發酵概念首先由 Barnard(1984) 提出。圖 2 為位於南非約翰尼斯堡的 30,000 CMD 污水處理廠，其活性初步沉澱池與 BNR 生物反應池和二沉池相鄰。活性初步沉澱池類型的發酵池中有一種操作模式被稱為交替活性初沉池(詳圖 3)，其中初沉污泥在一個初步沉澱池中保留和發酵，然後泵送到另一個沉澱池進行 SCVFA 淘洗。原污水同一時間在兩個沉澱池中沉降。這種設計被用於南非的 Baviaanspoort 處理廠，並且該過程可容許反向操作 (Randall 等人，1992 年)。

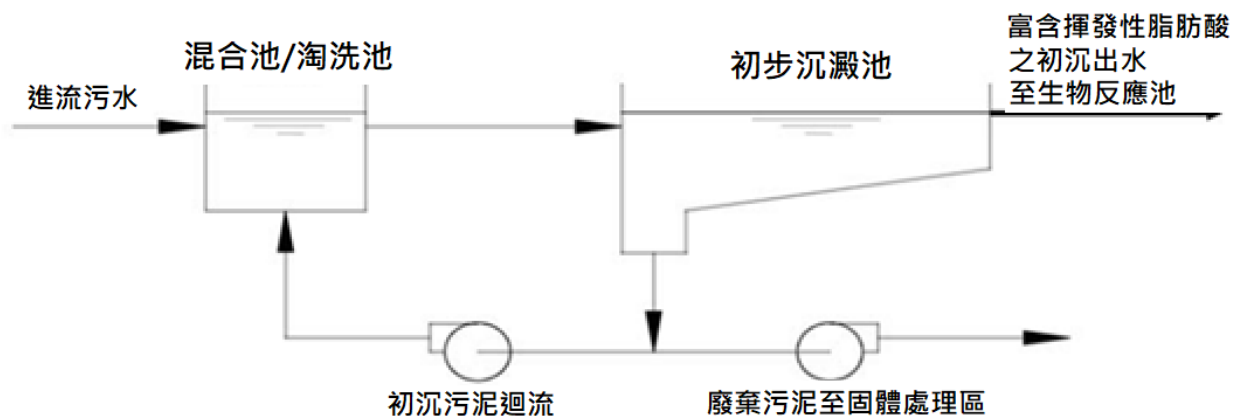


圖 1 活性初步沉澱池配置 (WEF 2006)



圖 2 南非約翰尼斯堡的 30,000 CMD 污水處理廠之活性初步沉澱池

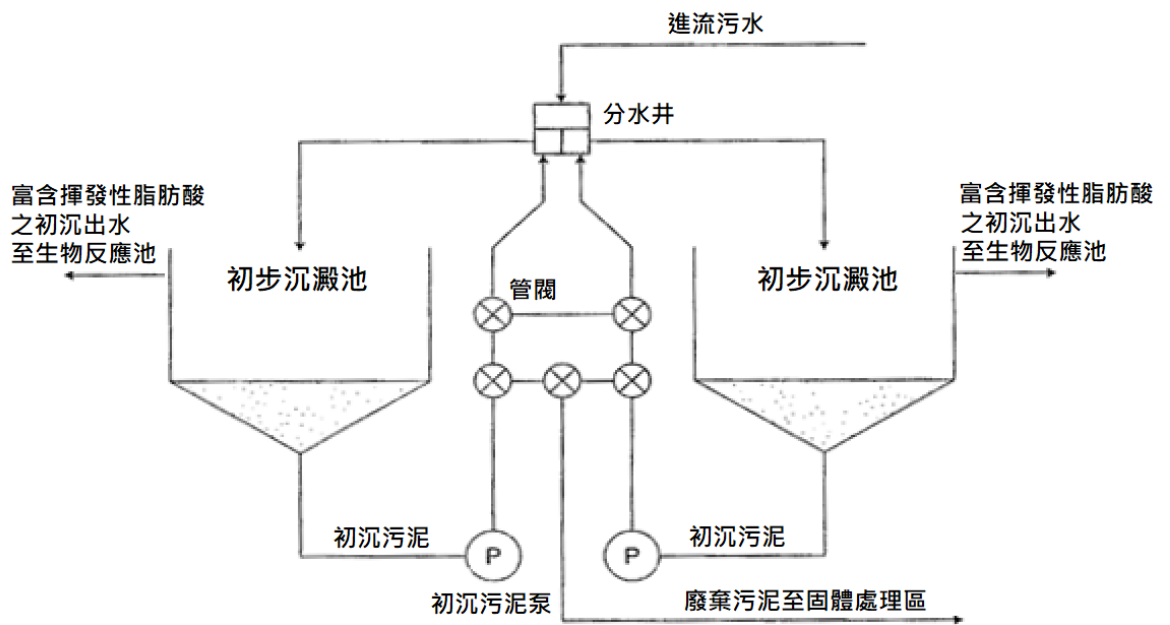


圖 3 交替活性初沉池配置



## 2.2 完全混合發酵池

在這種配置中，初沉污泥被連續泵送到一個機械混合的發酵池中，在那裡進行酸發酵。完全混合發酵池溢流返回到初步沉澱池入口。發酵池中產生的 SCVFAs 通過與進流污水混合進行淘洗，並與初沉出水一起輸送到 BNR 處理程序（詳圖 4）。通過將一部分發酵污泥廢棄到污泥處理系統中來控制發酵池 SRT。發酵池 HRT 可以通過調節整個混合池的容積或通過調節初沉污泥泵送速率來控制。在初步沉澱池中淘洗的 SCVFA 與初沉出流水一起被輸送到 BNR 處理程序。這種發酵池配置首先由 Rabinowitz 等人提出（1987 年）。圖 5 為丹麥 Fredriksvaerk 的 10,000 CMD Melby 污水處理廠，背景是完全混合初沉污泥發酵池。

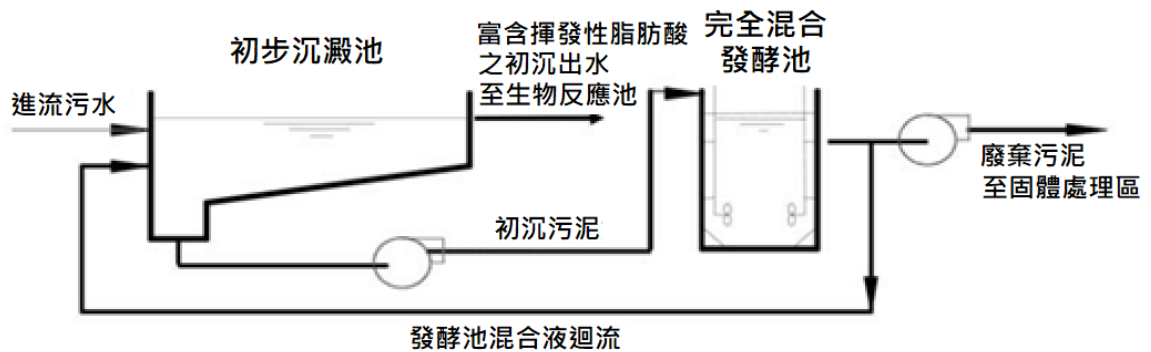


圖 4 完全混合發酵池配置 (WEF 2006)



圖 5 丹麥 Fredriksvaerk Melby 污水處理廠之完全混合初沉污泥發酵池

### 2.3 單段靜態發酵池/濃縮池

這種發酵池配置本質上是一種低負荷重力濃縮池，具有增加的池側水深 (SWD)，以容許發酵污泥貯存積聚在濃縮池底部。初沉污泥被連續泵入濃縮池中心井，並在發酵池/濃縮池中沉澱和濃縮。富含 SCVFA 的上澄液直接輸送到 BNR 生物反應池，在那裡它可以最佳地用於 EPBR 和/或脫硝(詳圖 6)。通常將淘洗水源添加到進流的初沉污泥中，或直接添加到濃縮池，以最大限度地減少污泥毯中硫化物和甲烷的形成，並協助將 SCVFA 輸送到 BNR 生物反應池。通過將濃縮污泥廢棄到污泥處理系統來控制發酵池 SRT 和污泥貯存，以保持污泥毯的目標高度。這種發酵概念於 1980 年代初在不列顛哥倫比亞省的 Kelowna 污水處理廠首次應用(Oldham 和 Stevens, 1984 年)。

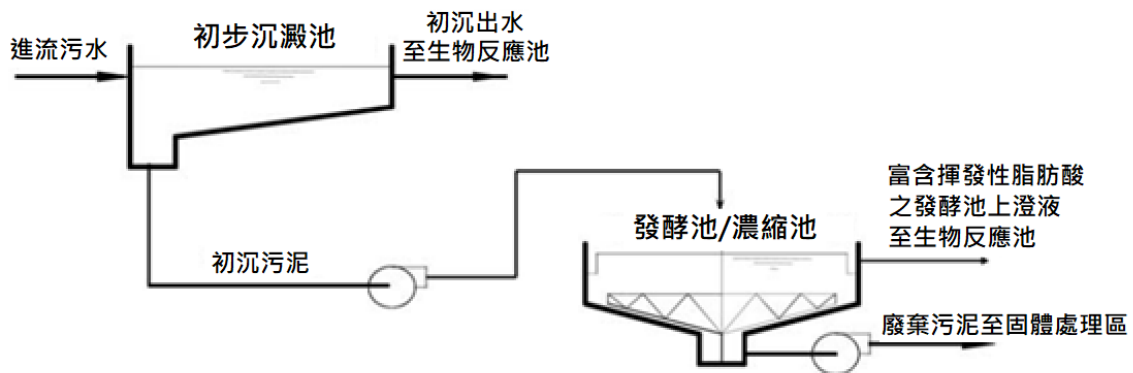


圖 6 單段靜態發酵池/濃縮池配置 (WEF 2006)

圖 7 為加拿大阿爾伯他省 Calgary 100,000 CMD Pine Creek 污水處理廠的單段靜態發酵池/濃縮池，初步沉澱池、BNR 生物反應池和二沉池在背景中。Pine Creek 污水處理廠單段初沉污泥發酵池的建設延遲容許在較長時間內比較有和沒有發酵的 BNR 處理程序的性能。處理廠運轉前 2 年的數據表明，通過初沉污泥發酵，該處理廠能夠可靠地滿足其  $<0.3$  mg/L 的放流水總磷目標。在沒有發酵的情況下，處理廠需要在廠內添加大約 50mg/L 的明礬才能達到相同的放流水總磷水質標準 (Rabinowitz 和 Fries, 2010 年)。



圖 7 加拿大阿爾伯他省 Calgary Pine Creek 污水處理廠之單段靜態發酵池/濃縮池

#### 2.4 兩段完全混合發酵池/濃縮池

這種發酵池配置由一個機械式完全混合池和一個重力濃縮池組成。初沉污泥被連續泵送到混合池，在那裡發生酸發酵。完全混合池溢流至重力濃縮池進行固液分離。濃縮污泥從濃縮池底部不斷循環到完全混合池入口。富含 SCVFA 的濃縮池上澄液直接輸送到 BNR 生物反應池，在那裡它可以被引導到厭氧或缺氧區，以最佳地用於 EPBR 和/或脫硝（詳圖 8）。通常將淘洗水源添加到重力濃縮池入口或濃縮池污泥毯中，以最大限度地減少污泥毯中硫化物和甲烷的形成，並幫助將 SCVFA 輸送到 BNR 生物反應池。發酵池 SRT 和污泥存量通過將一部分濃縮污泥廢棄到污泥處理系統來控制，並保持污泥毯目標高度。這種發酵概念於 1990 年代初首次應用於蒙大拿州的 Kalispell 污水處理廠（Oldham 和 Abraham，1994），隨後被納入加拿大阿爾伯塔省卡爾加里 10,000CMD 的 Bonnybrook 污水處理廠的二級處理廠 C 模組的設計中（詳圖 9）（Fries 等人，1994）。



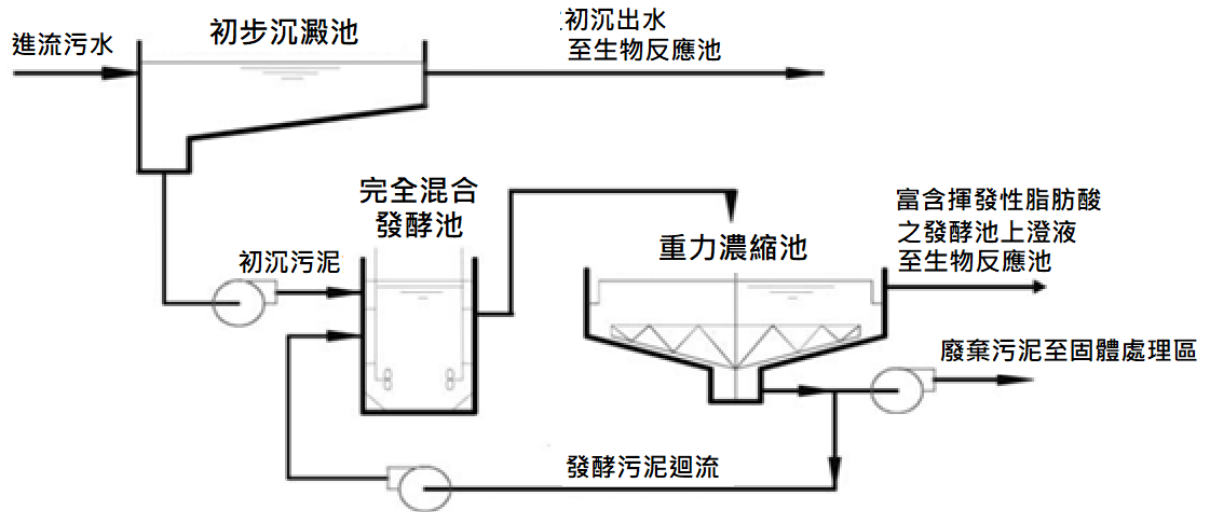


圖 8 兩段完全混合發酵池/濃縮池 (WEF 2006)



圖 9 加拿大阿爾伯他省 Calgary Bonnybrook 污水處理廠之兩段完全混合發酵池/濃縮池

北美大多數的兩段發酵池皆係由一個完全混合池和一個重力濃縮池組成，濃縮的污泥再迴流至完全混合池。然而，目前愛達荷州 90,000 CMD 的 West Boise 污水處理廠正在建造一個新的兩段發酵池，該發酵池係由兩個平行的完全混合發酵池組成，然後採用旋轉鼓式濃縮機做為固液分離。濃縮的污泥沒有迴流至完全混合池，取而代之的是，初沉污泥在既有重力濃縮池中預濃縮至濃度約為 3.0% (以乾固體計)，然後才泵入完全混合池中。

## 2.5 統一發酵及濃縮 (UFAT) 發酵池

這種發酵池配置由兩個串聯的重力濃縮池組成，並由 Baur (2002) 獲得專利。第一個濃縮池係作為發酵池運轉，沉降的固體和上澄液重新組合並導入第二個濃縮池，在那裡發生固液分離 (詳圖 10)。發酵池的 SRT 係通過改變從發酵池底部抽出的濃縮污泥的速率來控制。來自第二個濃縮池的富含 SCVFA 的濃縮池上澄液直接輸送到 BNR 生物反應池，而固體則輸送到污泥處理系統。可以將淘洗水添加到濃縮池中來調節固體以改善污泥沉降和濃縮，並幫助將 SCVFA 輸送到 BNR 生物反應池。圖 11 為美國奧勒岡州波特蘭 Durham 污水處理廠的 UFAT 發酵池。

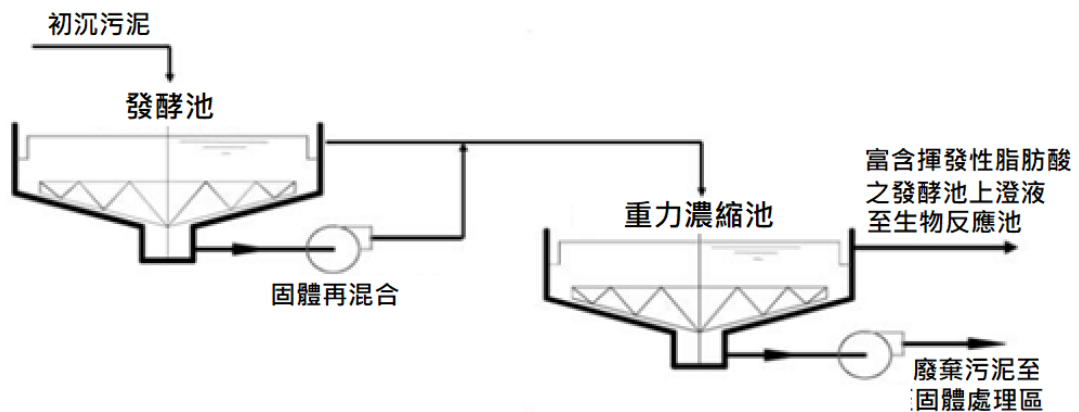


圖 10 統一發酵及濃縮 (UFAT) 發酵池配置 (WEF 2006)



圖 11 美國奧勒岡州波特蘭 Durham 污水處理廠之 UFAT 發酵池



Durham 污水處理廠係通過將該廠的三個初沉污泥重力濃縮池轉換為兩段式 UFAT 處理程序，該處理廠能夠在二級處理過程中實現 EBPR，並消除了一次和二次明礬的添加。UFAT 處理程序由串聯的靜態發酵池和重力濃縮池組成。靜態發酵池底流和上澄液在重力濃縮池上游重新混合。這種再混合完成了兩項任務：它從發酵池污泥毯中淘洗產生的 VFA，並去除捕獲的氣體。與並行運轉的靜態發酵池/濃縮池相比，這提供了更高的 VFA 淨產量，並提供了非常出色的濃縮效果。在夏季月份，UFAT 處理程序將初沉出水 VFA 濃度提高 15 至 20mg/L，從而將 VFA/P 比率保持在 4.0 以上並穩定 EBPR。在營養物去除季節的較冷月份，需要更多的 UFAT 產生的 VFA 來補充低流入的 VFA (Benisch 等人，2009 年)。

### 三、初沉污泥發酵配置的優點和缺點

WERF (2012) 發表了上述每種初沉污泥發酵配置的優點、缺點和控制特點，並表示在表 1 中。

表 1 各種初沉污泥發酵配置的優點、缺點和控制特點

活性初步沉澱池		
優點	缺點	控制特點
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 操作簡單</li> <li>• 不須增加單元程序</li> <li>• 容易加裝在既有設施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 對初步沉澱池的高固體負荷率會導致溢流堰的固體損失。</li> <li>• 難以控制發酵污泥的固體物停留時間。</li> <li>• 難以避免在初沉池中形成甲烷和硫化物可導致汙泥上浮及發臭。</li> <li>• 產生的VFA不能直接排放到生物去氮除磷流程中，而必須在初沉出水中輸送，因此，限制了採用的程序的配置。</li> <li>• 產生的VFA在通過初步沉澱池的過程中可能部分會被剝離或有氧代謝。</li> <li>• 回收初沉污泥會導致污泥中纖維材料和塑料的堆積，從而導致初沉污泥泵和管道堵塞。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 初沉污泥再迴流率</li> <li>• 污泥毯高度</li> <li>• 初沉污泥廢棄率。</li> </ul>

<b>完全混合發酵池</b>		
<p><b>優點:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 操作簡單。</li> <li>• 比較容易控制發酵污泥的SRT和HRT。</li> </ul>	<p><b>缺點:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 產生的SCVFA不能直接排放到BNR處理程序中的特定區域，而必須在初沉出水中輸送，因此限制了BNR處理程序配置的使用。</li> <li>• 產生的VFA可能在通過初步沉澱池時被削除。</li> <li>• 回收初沉污泥會導致纖維材料和塑料的堆積，並且由於混合池的渦流作用而產生“結繩”，這可能會導致初沉污泥泵和迴流管線堵塞。</li> <li>• 可能形成難以去除的穩定浮渣和砂礫層。</li> </ul>	<p><b>控制特點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 初沉污泥泵送速率。</li> <li>• 發酵池容積。</li> <li>• 發酵池MLSS濃度。</li> <li>• 初沉污泥廢棄率。</li> </ul>
<b>單段靜態發酵池/濃縮池</b>		
<p><b>優點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 生產的SCVFA可以直接進入BNR處理程序的厭氧或缺氧區。</li> <li>• 初步沉澱池的固體負荷率沒有增加。</li> <li>• 容許初沉污泥以低濃度排出，從而提高初沉池的溢流率。</li> <li>• 發酵後的初沉污泥濃縮至5%至8%（以乾固體計）。</li> <li>• 僅需單一單元處理程序。</li> </ul>	<p><b>缺點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 濃縮池中的深層污泥毯需要高扭矩攪拌機設備。</li> <li>• 上游未去除的砂礫堆積在濃縮池底部。</li> <li>• 需要淘洗水來提高濃縮度、抑制硫化物/甲烷的產生和沖走SCVFA。</li> <li>• 在一個處理程序中控制分離和VFA生產會使操作複雜化。</li> </ul>	<p><b>控制特點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 初沉污泥泵送速率。</li> <li>• 淘洗水流速，通常由溢流中的ORP測量控制。</li> <li>• 污泥毯高度。</li> <li>• 濃縮污泥廢棄率。</li> <li>• 濃縮污泥固體含量。</li> </ul>

<b>兩段完全混合發酵池/濃縮池</b>		
<p><b>優點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 產生的SCVFA可直接用於BNR處理程序的厭氧或缺氧區。</li> <li>• 初步沉澱池的固體負荷率沒有增加。</li> <li>• 可以對發酵池SRT進行準確的獨立控制。</li> <li>• 發酵後的初沉污泥濃縮至5%至8%（以乾固體計）。</li> </ul>	<p><b>缺點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 在完全混合池中可能形成難以去除的穩定浮渣和砂礫層。</li> <li>• 濃縮污泥的迴流會導致完全混合池中的纖維材料和塑料堆積，並且由於混合池的渦流作用而產生“結繩”，這可能會導致迴流管線堵塞。</li> <li>• 濃縮池固體負荷率取決於完全混合池的MLSS濃度，以及初沉污泥和濃縮污泥的迴流泵送率。</li> <li>• 需要淘洗水來提高濃縮度、抑制硫化物/甲烷的產生和沖走SCVFA。</li> <li>• 深層濃縮污泥毯需要高扭矩攪拌機設備。</li> <li>• 高初沉污泥泵送率和發酵污泥迴流到完全混合池導致濃縮池的高固體負荷率。</li> </ul>	<p><b>控制特點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 初沉污泥泵送速率。</li> <li>• 完全混合池MLSS濃度。</li> <li>• 淘洗水流速，通常由溢流中的ORP測量控制。</li> <li>• 污泥毯高度。</li> <li>• 濃縮污泥迴流率。</li> <li>• 濃縮污泥廢棄率。</li> <li>• 濃縮污泥固體含量。</li> </ul>
<b>統一發酵及濃縮(UFAT)發酵池</b>		
<p><b>優點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一個濃縮池的污泥會分層，較深層有較長的SRT。</li> <li>• 第一個濃縮池的污泥及上澄液的合併，在污泥進入第二濃縮池前會淘洗出短鏈揮發性脂肪酸。</li> <li>• 產生的短鏈揮發性脂肪酸可直接送至去氮除磷處理的厭氧池及缺氧池。</li> <li>• 不會增加對初沉池的固體物負荷率。</li> <li>• 對發酵池可精確控制SRT。</li> <li>• 容許自初沉池排出低濃度初沉污泥，也容許初沉池有較高的溢流率。</li> <li>• 發酵的初沉污泥可濃縮至5-8%(乾固體)。</li> </ul>	<p><b>缺點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 發酵池及濃縮池的深層污泥毯需要高扭矩的攪拌機設備。</li> </ul>	<p><b>控制特點</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一個濃縮池的初沉污泥泵送速率。</li> <li>• 淘洗水流速。</li> <li>• 兩個濃縮池中的污泥毯高度。</li> </ul>

## 四、關鍵設計和控制參數

初沉污泥發酵池的關鍵設計和控制參數如下所述：

### 4.1 固體停留時間

固體停留時間 (SRT) 是初沉污泥發酵系統的關鍵設計參數，因為它決定了將在系統中生長的發酵菌種。如果 SRT 太短，許多發酵菌將被沖出系統，並且不會形成穩定的產酸菌種。相反的，如果 SRT 太長，則會形成大量甲烷生成菌，這將消耗產生的 SCVFA 並產生高度可燃的甲烷氣體。發酵菌的生長速度高度依賴於溫度。出於這個原因，初沉污泥發酵池通常設計為在操作溫度高於 16° C 的夏季月份 SRT 為 3 至 5 天，而在操作溫度低於 15° C 的冬季月份 SRT 為 4 至 8 天。(世界經濟論壇, 2006 年)。

### 4.2 水力停留時間

發酵池水力停留時間 (HRT) 是池槽容積和初沉污泥泵送速率的函數。一般來說，HRT 不是初沉污泥發酵池設計中使用的關鍵參數，但通常用於微調發酵池的操作。完全混合發酵池的 HRT 時間通常在 6 到 12 小時之間，同時處理 4% 到 8% 的進流量。兩段式完全混合發酵池/濃縮池的初沉污泥泵送速率通常較低，約為進流量的 2% 至 4%，因此這兩段式混合池的 HRT 通常在 12 至 24 小時之間。其他發酵池旨在維持系統中特定的污泥儲存量和 SRT。在這些情況下，發酵池的 HRT 也可以通過改變初沉污泥的泵送速率和直接添加到重力濃縮池時的淘洗水速率來控制 (WEF, 2006)。

### 4.3 淘洗水

要注意的是，除了通過顆粒狀的初沉固體轉化為可溶性 SCVFA 所產生的 SCVFA 外，這些 SCVFA 必須從發酵固體中分離出來，並通過淘洗而輸送到 BNR 處理程序。將外部淘洗水排入到發酵池中有助於確保發酵池中產生的大多數 SCVFA 不會最終進入污泥處理流程，而是可用於加強 BNR 處理程序中易於生物降解的碳源。此外，在控制初沉污泥發酵池中甲烷和硫化物的形成，使用富含硝酸鹽的硝化後出流水作為淘洗水非常有效。

### 4.4 初沉污泥發酵池之監控

監測初沉污泥發酵池性能的關鍵參數是發酵池上澄液中的 SCVFA 濃度。這最好通過氣相色譜 (CG) 或高效液相色譜 (HPLC) 進行測量，因為這些方法可提供有關上澄液中存在的單個 SCVFA 濃度的準確信息。蒸餾法是測量總 SCVFA 濃度的合理方法，但在濃度低於 100 mg/L 時往往不準確。

發酵池上澄液中易於生物降解的可溶性 COD 的濃度（通過 ffCOD 測量）提供了 SCVFA 濃度的合理指標。污泥毯中的氧化還原電位可以指示發酵池中厭氧活動的水平，以及是否維持酸發酵或甲烷和硫化物形成的最佳條件。污泥毯的 pH 值可表明 SCVFA 產量良好，但在一定程度上受污水天然鹼度的影響。

初沉污泥發酵池運轉的兩個主要控制參數是發酵池 SRT 和 HRT。發酵池 SRT 通過調整固體存量和廢棄污泥率來控制。通過增加發酵池的 SRT，有利於生長較慢的發酵生物的生長，並產生更複雜的分子和更高的酸。相反的，降低 SRT 有利於生長較快的生物體的生長，從而導致更簡單的生化途徑和乙酸的產生，並在較小程度上產生丙酸。

發酵池 HRT 通過調節初沉污泥和淘洗水的泵送速率來控制。增加 HRT 會增加溶解介質轉化為 SCVFA 的可用時間。如果顆粒的水解不充分，則應增加 HRT。然而，過長的 HRT 會導致產生複雜的分子和高級酸。

## 五、結論

初沉污泥發酵是一種經濟有效的方法，可在設計用於生物除磷和除氮的污水處理廠中增加易於生物降解的碳（主要是 SCVFA 之乙酸和丙酸）的供應。發酵穩定了 EBPR 機制並顯著提高了 BNR 處理程序中的脫硝率。在溫帶氣候的大型處理廠、處理低有機濃度污水的處理廠以及需要滿足嚴格的放流水總磷和總氮限值的處理廠中，發酵池特別具有成本效益。然而，並不是所有的 BNR 處理廠都需要發酵。許多在溫暖乾燥氣候中的處理廠在沒有發酵的情況下仍可運轉良好。在較小的處理廠中，通過添加鐵鹽或鋁鹽或市售乙酸來達到放流水總磷限值可能更經濟。

本文描述的五種發酵池配置構成了所有側流初沉污泥發酵池的基礎。每個發酵池的設計都是獨一無二的，通常是為滿足處理廠的特定要求而量身定製的。隨著新發酵池投入使用，處理廠工作人員應優化裝置的運轉以滿足處理程序的 BNR 要求，並儘量減少氣味、腐蝕、堵塞、浮渣積聚等操作問題。當這些全規模的優化研究變成可用時，設計人員和操作人員始能夠將這些新知識納入未來發酵池的設計和操作中。



## 參考文獻

1. Barry Rabinowitz (2014), Conventional Primary Sludge Fermentation Configurations for Enhancing Biological N&P Removal, WEFTEC 2014, Water Environment Federation

## 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

無

台灣省環境工程技師公會

無