

<p>109 年 05-06 月號</p>			<p>&lt;雙月刊&gt;</p>
---------------------------	---	--	--------------------

## 環境工程技師公會會訊

- ◎ 發行人：范綱智
- ◎ 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：周奮興
- ◎ 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	4
■ 重要法令	5
■ 行政院公共工程委員會核備 109 年 05 至 06 月訓練積分課程表	8
■ 環保訊息	10
■ 論述園地	13
1. 廢塑膠熱裂解科技永續發展綠能工廠投資計畫日處理量能 30 公噸為例 -楊仁泊	13
2. 掩埋場活化工程選別與效能評估-張名毅	30
■ 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

艾倫·麥克阿瑟基金會於 2014 年發布的「邁向循環經濟」報告指出，「循環經濟」是透過設計具備可恢復性及再生性的產業系統，以循環再生取代生命周期結束的概念，重新定義產品和服務，同時最大幅度地減少廢棄物對環境帶來的負面影響。國際管理諮詢顧問公司埃森哲 (Accenture) 則將循環經濟歸納為五種可供運作的商業模式：

- 一、提供再生能源、可生物分解或可完全回收的原物料。
- 二、回收將被廢棄的產品或是副產品中可用的資源、能源。
- 三、透過維修、升級和轉售，以延長產品或零組件的使用期限。
- 四、透過平台共用產品以提高使用率。
- 五、消費者使用功能，廠商保留所有權以有效循環再用。

根據環保署統計資料，我國自然資源不足，7 成仰賴國外進口，金屬礦 (100%)、非金屬礦 (23.5%)、化石燃料 (99.8%) 與生物質 (66.1%) 均來自進口。又因我國地理條件限制，環境承載能力有限，為使資源有效循環利用，減少廢棄物產生與環境負荷，環保署於 107 年核定「107 至 109 年資源回收再利用推動計畫」，由生產、消費、廢棄物管理及二次料市場等四大面向訂定 12 項推動策略，並請各目的事業主管機關協助提報共 93 項推動措施，共同推動資源循環，並以塑膠、金屬、營建廢棄物、廚餘作為優先推動項目。而在技術推動架構，則包括有機生物資源、有機化學資源、非金屬殘渣資源、金屬資源循環等重點工作，並建立相關推動平台及智庫。

經濟部工業局則已協助產業界建立循環經濟的推展基礎，並持續精進與落實。例如：2001 年廢棄物清理法授權經濟部辦理工業廢棄物再利用之審查與管理，使得工業廢棄物的再利用率從 2002 年的 56% 提升至 2018 年達 80%，並帶動資源再生產業/技術發展，於 2018 年產值已達 723.4 億元。而根據世界經濟論壇 (WEF) 報導指出，預估循環經濟至 2020 年前可創造 10 萬個工作機會，到 2025 年將為全球帶來 1 兆美元的產值，將加速企業邁向循環經濟的創新發展。

本期會訊就以循環經濟為主題，特邀請百歲環境科技股份有限公司總經理楊仁泊技師以「廢塑膠熱裂解科技永續發展綠能工廠投資計畫-日處量能 30T 為例」主題撰文，介紹國內自行研發的連續式熱裂解處理廢塑膠技術及實務商業運作案例，提供國內業界參考。另邀請尚竑工程顧問有限公司負責人張名毅技師，以「掩埋場活化工程選別與效能評估」為題，闡述「循環型掩埋場」的概念，說明如何選擇適當舊有掩埋場辦理挖除及活化工程，以再生利用掩埋空間，並解決掩埋容量不足的問題。以上兩篇專文，期能給予關心循環經濟議題的技師先進們更多相關具價值的商業模式資訊。

本期會訊編輯之際，適逢新冠肺炎疫情肆虐全球，已超過 210 萬例確診，死亡人數近 15 萬人，影響經濟、民生至鉅，所幸台灣在疫情指揮中心、

醫療體系及全民的共同努力下，尚防疫得宜。敬祝大家”沒事”，天佑台灣!!

## 會務報告

1. 109 度常年會費繳費通知及記事本已於 108 年 10 月 24 日寄出，敬請尚未繳納 109 年度常年會費(金額 4,000 元)的會員儘速繳納。公會帳戶(戶名：台灣省環境工程技師公會)如下：
  - (1) 郵局劃撥帳號：18091292
  - (2) 銀行匯款資料：台灣企銀(050) 營業部 01012241581
2. 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 109 年 3 月 6 日環署授檢字第 1091000905 號函公告，預告廢止「地下儲槽系統管線密閉測試檢測方法－氮氣加壓測漏法 (NIEA M202.11C)」。
2. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 6 日環署授檢字第 1091000901 號函公告，預告訂定「儲槽系統管線密閉測試檢測方法－氮氣加壓測漏法 (NIEA M202.12C)」草案。
3. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 6 日環署授檢字第 1091000903 號函公告，預告廢止「地下儲槽密閉測試檢測方法－氮氣加壓測漏法 (NIEA M201.11C)」。
4. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 10 日環署空字第 1090017800 號函公告，「加油站儲油槽及石化製程重質液取樣連接系統不適用『揮發性有機物空氣污染管制及排放標準』規定」，自即日停止適用。
5. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 10 日環署空字第 1090017800 號函公告，「行政院環境保護署補助設置真空輔助式油槍油氣回收設備執行要點」，自即日停止適用。
6. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 10 日環署空字第 1090017800 號函公告，「進口使用中汽油汽車之進口地區、廠牌、車型年、抽驗比例及適用期間 (93.08.23.修正)」，自即日停止適用。
7. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 10 日環署空字第 1090017800 號函公告，「進口國外低污染使用中汽油汽車之進口地區、廠牌、車型、車型年、抽驗比率、逐車檢測方式及適用期間」，自即日停止適用。
8. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 10 日環署空字第 1090017800 號函公告，「電動二輪車電池交換系統共通電池審驗規範」，自即日停止適用。
9. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 10 日環署空字第 1090017800 號函公告，「電動自行車及電動輔助自行車鋰電池安全審驗規範」，自即日停止適用。
10. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 10 日環署空字第 1090017800 號函公告，「含有蒙特婁議定書列管化學品三氟一溴甲烷、二氟一氯一溴甲烷或四氟二溴乙烷之海龍藥劑滅火器禁止輸入」，自即日停止適用。
11. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 16 日環署授檢字第 1091001371 號函公告，預告訂定「化學物質檢測方法－無機類定性及定量分析法 (NIEA T102.11C)」草案。
12. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 16 日環署廢字第 1090019448 號函公告，預告修正「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」部分條文及第 2 條附表草案。

13. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 16 日環署授檢字第 1091001402 號函公告，預告訂定「化學物質檢測方法—一氧化二氮定性分析法(NIEA T104.10C)」草案。
14. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 16 日環署授檢字第 1091001369 號函公告，預告廢止「化學物質檢測方法—無機類定性及定量分析法(NIEA T102.10C)」。
15. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 20 日環署空字第 1090019185 號函令，修正「車用汽柴油成分管制標準」，名稱並修正為「移動污染源燃料成分管制標準」。
16. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 23 日環署空字第 1090020218 號函公告，訂定「公私場所固定污染源應符合混燒比例及成分標準之燃料」，並自即日起生效。
17. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 23 日環署空字第 1090020262 號函令，訂定「公私場所固定污染源燃料混燒比例及成分標準」。
18. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 23 日環署空字第 1090020214 號函令，修正「生煤、石油焦或其他易致空氣污染之物質販賣或使用許可證管理辦法」，名稱並修正為「易致空氣污染之物質使用許可證管理辦法」。
19. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 27 日環署空字第 1090022033 號函公告，廢止「含硫量超過百分之〇·五之液體燃料，供固定污染源使用者，為易致空氣污染之物質」，並自即日起生效。
20. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 27 日環署空字第 1090021988 號函公告，廢止「公私場所固定污染源引擎使用之液體燃料超過限值或種類者，為易致空氣污染之物質」，並自即日起生效。
21. 行政院環境保護署中華民國 109 年 3 月 27 日環署空字第 1090021917 號函公告，修正「柴油汽車黑煙排放不透光率檢測方法及程序」，並自中華民國一百零九年十月一日起生效。
22. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 8 日環署主字第 1090024627 號函令，修正「行政院環境保護署環境品質諮詢委員會組織規程」第四條。
23. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 8 日環署空字第 1090024568 號函令，修正「固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法」。
24. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 15 日環署空字第 1090026472 號函公告，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」。
25. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 16 日環署空字第 1090028233 號函公告，預告修正「煉鋼業電弧爐戴奧辛管制及排放標準」草案。
26. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 21 日環署空字第 1090028247 號函令，修正「空氣污染防制法施行細則」。

27. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 23 日環署空字第 1090030390 號函公告，預告修正「柴油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法」第 5 條之 1 草案。
28. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 24 日環署訓字第 1098000221B 號函令，修正「環境保護專責及技術人員合格證書規費收費標準」第一條。
29. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 24 日環署管字第 1090030752 號函公告，預告修正「行政院環境保護署公害糾紛督導處理小組組織規程」第 3 條、第 7 條、第 9 條草案。
30. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 28 日環署空字第 1090029958 號函公告，廢止「取得『山林田野引火燃燒許可』從事燃燒者，免依空氣污染防治法處罰」，並自即日生效。
31. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 28 日環署授檢字第 1091002155 號函公告，預告廢止「水中氮氮檢測方法－氮選擇性電極法（NIEA W446.52C）」。
32. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 28 日環署授檢字第 1091002157 號函公告，預告訂定「水中氮氮檢測方法－氮選擇性電極法（NIEA W446.53C）」草案。
33. 行政院環境保護署中華民國 109 年 4 月 30 日環署化字第 1098000227A 號函令，訂定「毒性及關注化學物質聯防組織設立計畫作業辦法」。
34. 行政院環境保護署中華民國 109 年 5 月 5 日環署檢字第 1098000234 號函令，修正「環境檢驗測定機構違反環保法規罰鍰額度裁罰準則」第一條、第二條。
35. 行政院環境保護署中華民國 109 年 5 月 5 日環署空字第 1090032687 號函公告，廢止「高級柴油依其銷售量，向銷售者或進口者徵收空氣污染防治費」，並自即日生效。

**行政院公共工程委員會核備 109 年 05 至 06 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	鐵路建設技術培訓-鐵路潛盾隧道環片結構設計	2020/05/15 ~ 2020/05/15	台灣世曦工程顧問股份有限公司	聯絡人：丁裕興 電話：02-8797-3567-8840 信箱：ting0204@ceci.com.tw
2	地質安全評估及水土保育分析軟體應用班第 01 期	2020/05/16 ~ 2020/06/06	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
3	鋼結構施工技術與品管訓練班	2020/05/16 ~ 2020/05/30	台灣省土木技師公會	聯絡人：許素梅 電話：02-89613968*142 信箱：may@twce.org.tw
4	機電工程系列-機水電工程界面施工常見缺失研討實務	2020/05/21 ~ 2020/05/21	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
5	結構工程系列-建築物安全鑑定及維修補強工程實務	2020/05/22 ~ 2020/05/22	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
6	PROFIS Engineering 進階設計實例操作	2020/05/26 ~ 2020/05/26	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡宜霖 電話：0918579920 信箱：ilin.tsai@hilti.com
7	工程法務系列-公共工程竣工與逾期罰款之爭議及預防實務	2020/05/28 ~ 2020/05/28	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：陳小姐 電話：02-89195032 信箱：chenmmnu@tcricri.org.tw
8	PROFIS Engineering 進階設計實例操作	2020/05/28 ~ 2020/05/28	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡宜霖 電話：0918579920 信箱：ilin.tsai@hilti.com
9	技師講習-職業法規	2020/05/28 ~ 2020/05/28	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
10	技師講習-工程倫理	2020/05/28 ~ 2020/05/28	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
11	技師講習-主系統	2020/05/28 ~ 2020/05/28	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
12	LEED V4 GA 國際綠建築認證班	2020/05/28 ~ 2020/05/29	綠矩整合有限公司	聯絡人：吳依蓁 電話：0437013619 信箱：jennywu@greenmatrixes.com
13	工程法務系列-工程施工中所生之損鄰、職災及廠商無法履約之因應策略	2020/05/29 ~ 2020/05/29	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：陳小姐 電話：02-89195032 信箱：chenmmnu@tcricri.org.tw
14	開挖及擋土支撐工程與分析實務訓練班第 01 期	2020/06/01 ~ 2020/06/29	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



序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
15	土地開發及商機 解析實務班第 01 期	2020/06/02 ~ 2020/06/30	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
16	鋼結構塗裝檢查 員訓練班	2020/06/09 ~ 2020/06/11	中華民國防蝕工程學會	聯絡人：吳慧真 電話：02-8273-1575 信箱：anticorr@seed.net.tw
17	臺北市危老重建 推動師專業人員 培訓講習訓練班	2020/06/13 ~ 2020/06/13	社團法人臺北市自行實 施都市更新發展協會	聯絡人：林景棋 電話：02-27252796 信箱：urdatapei@gmail.com
18	臺北市危老重建 推動師專業人員 培訓講習訓練班	2020/06/14 ~ 2020/06/14	社團法人臺北市自行實 施都市更新發展協會	聯絡人：林景棋 電話：02-27252796 信箱：urdatapei@gmail.com
19	後置錨栓的理論 與應用	2020/06/16 ~ 2020/06/16	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡宜霖 電話：0918579920 信箱：ilin.tsai@hilti.com
20	鋼結構塗裝檢查 員訓練班操作複 習與實作測驗	2020/06/18 ~ 2020/06/18	國防蝕工程學會	聯絡人：吳慧真 電話：02-8273-1575 信箱：anticorr@seed.net.tw
21	後置錨栓的理論 與應用	2020/06/18 ~ 2020/06/18	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡宜霖 電話：0918579920 信箱：ilin.tsai@hilti.com
22	臺北市危老重建 推動師專業人員 培訓講習訓練班	2020/06/21 ~ 2020/06/21	社團法人臺北市自行實 施都市更新發展協會	聯絡人：林景棋 電話：02-27252796 信箱：urdatapei@gmail.com
23	技師講習-工程 倫理	2020/06/29 ~ 2020/06/29	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
24	技師講習-職業 法規	2020/06/29 ~ 2020/06/29	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
25	技師講習-工程 倫理	2020/06/29 ~ 2020/06/29		聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
26	技師講習-主系 統	2020/06/29 ~ 2020/06/29	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
27	結構工程系列- 建築物耐風設計 規範講習	2020/07/03 ~ 2020/07/03	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@tcrci.org.tw
28	EXCEL 應用技巧 (二)	2020/07/09 ~ 2020/07/10	台灣世職工程顧問股份 有限公司	聯絡人：丁裕興 電話：02-87973567-8840 信箱：ting0204@ceci.com.tw

## 環保訊息 (資料來源：行政院環境保護署)

- 109/03/16 【**環保署預告修正「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」部分條文及第 2 條附表**】  
為強化推動資源循環再利用，環保署預告修正「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」部分條文及第 2 條附表。
- 109/03/23 【**環保署訂定發布「公私場所固定污染源燃料混燒比例及成分標準」**】  
環保署於 109 年 3 月 23 日訂定發布「公私場所固定污染源燃料混燒比例及成分標準」(以下簡稱燃料標準)，依新修正空氣污染防治法第 28 條第 2 項授權，針對燃料源頭管制訂定一致性規範，包括生煤、燃料用油、石油焦、初級固體生質燃料等成分標準，以及廢棄物再利用燃料混燒比例限制，將作為審核機關審查固定污染源燃料使用許可證的審酌依據，除強化源頭管制外，亦可簡化申請程序，並搭配末端排放須符合各行業別排放標準，增強管制力度以減少空氣污染物排放。
- 109/03/23 【**環保署預告修正「鍋爐空氣污染物排放標準」草案、「改造或汰換鍋爐補助辦法」草案**】  
因應部分業者目前改善鍋爐空氣污染物排放的時程及實際狀況，多為反映遭遇事故、蒸汽或氣體燃料管線施工工期較長，或氣體燃料供氣作業較長等不可抗力因素之影響，以及對於備用鍋爐適用之空氣污染排放標準疑慮，爰「鍋爐空氣污染物排放標準」擬增訂展延改善期限之規定，及明確規範備用鍋爐之空氣污染物排放標準管理方式，以減少業者於鍋爐改善推動困難上之衝擊。
- 109/03/25 【**防疫升級！環署結合地方政府成立防疫消毒大隊**】  
新冠肺炎疫情持續，居家隔離及檢疫人數持續增加，環保署與 22 個縣市環保局於今(25)日正式成立防疫消毒大隊，中央與地方合力防疫，就民眾出入頻繁的戶外公共場所環境加強消毒工作，重點區域包括：交通場站(捷運、火車、公車及計程車招呼站)、大型營業場所(百貨賣場、電影院、健身房等)、人潮聚集民生熱點(超市、市場及商圈等)、學校及民眾洽公機關等場所周邊環境。環保署表示，各環保局均重視本次防疫消毒工作，除提升督導層級，也將每日回報消毒成果，以確保民眾安全；統計全國消毒大隊參與人數達 3,030 人，投入相關消毒機具 1,060 臺、消毒車輛 342 輛。

- 109/03/27 **【環保署修正公告「柴油汽車黑煙排放不透光率檢測方法及程序」自 109 年 10 月 1 日起施行大氣空氣】**  
環保署今（24）日修正公告「柴油汽車黑煙排放不透光率檢測方法及程序」（以下簡稱本方法），由於我國柴油車輛均係由國外進口或國外原廠授權於國內組裝，故黑煙檢測方法現仍為柴油車污染管制查核的主要方法。為簡化流程及縮短檢驗時間，參考目前國際間執行方法，修正本方法與世界先進國家一致。
- 109/04/08 **【環保署再次修正發布「固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法】**  
為持續強化固定污染源連續自動監測設施 (CEMS) 監測管理制度，環保署於 109 年 4 月 8 日再次修正發布「固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法」（以下簡稱本辦法），提升監測數據之品質與可靠度，強化查核管制措施，俾使污染源管控及監測管理制度更臻完善。
- 109/04/21 **【環保署修正發布「空氣污染防制法施行細則】**  
環保署於 109 年 4 月 21 日修正發布「空氣污染防制法施行細則」（以下簡稱本細則），本次是配合 107 年 8 月 1 日修正公布的空氣污染防制法（以下簡稱空污法）及參考歷年解釋與實務運作情形而進行修正，補充解釋空污法相關規定，使規範事項更加明確，以利於主管機關執行及業者遵循。
- 109/04/23 **【環保署預告「鼓勵公民營機構興建營運垃圾焚化廠作業辦法」第 27 條修正草案】**  
「鼓勵公民營機構興建營運垃圾焚化廠作業辦法」因應公民營廢棄物清除處理機構管理輔導辦法 91 年 10 月 09 日廢止，將本條所列法規名稱修正為「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」，爰擬具本條修正草案。
- 109/04/27 **【杜絕高噪音車輛 環保署多管齊下 維護環境安寧】**  
針對近日媒體報導查處高噪音車輛擾寧問題一節，環保署表示，為強化管制高噪音車輛，該署已陸續推動「源頭」排氣管認證、「使用端」雲端防再改標籤及「末端」環警監大執法等三面向管制策略，結合中央與地方管制量能，多管齊下以達全面防制效果，還給民眾一個安寧的環境。

➤ 109/04/30 【環保署發布「毒性及關注化學物質聯防組織設立計畫作業辦法」】

環保署依 108 年 1 月 16 日修正公布之「毒性及關注化學物質管理法」(以下稱本法) 第 38 條第 2 項規定，發布「毒性及關注化學物質聯防組織設立計畫作業辦法」。

➤ 109/04/30 【不讓港區成為防制缺口！環保署專案處理卸貨污染】

進口水泥熟料等逸散性物質於港區卸貨時，往往因空氣污染疏於防制造成民眾陳情及媒體報導，因此，環保署特別於 108 年秋冬空品不良季節時，要求港務公司於水泥熟料船進港前主動通報環保單位，環保署及環保局則加強派員進港查核，期間共執行 40 次專案稽查，並查獲 3 件裝卸揚塵污染，皆已依違反空氣污染防制法第 32 條告發處分，且與過往媒體報導港區水泥熟料裝卸逸散相比，污染情形已有明顯改善。

## 論述園地

# 廢塑膠熱裂解科技永續發展綠能工廠投資計畫 日處理量能 30 公噸為例

百歲環境科技股份有限公司 執業技師 楊仁泊

## 一、前言

廢塑膠 (PSW) 處理方式大致可分為掩埋 (Lanfilling)、機械處理回收 (Mechanical recycling)、生物處理回收 (Biological recycling) 以及熱化學處理回收 (Thermo-chemical recycling) 等四類，而在熱化學處理回收更可區分為解聚合 (Depolymerization)、熱裂解 (Pyrolysis) 以及氣化 (Gasification) 等三種 (S. M. Al-Salem, 2019)。雖然國內廢塑膠回收儼然已成為日常生活例行性公式，且 108 年塑膠及橡膠製品之執行機關資源回收量已達到 64.2 萬公噸 (環保署環保統計查詢網)，不過卻仍面臨無法回收再利用之廢標籤以及廢塑膠袋等後續處理問題，僅能依賴焚化回收熱能方式作為過渡時期處理手段。過去以衛生掩埋或焚化處理這些有機廢棄物，乃屬於資源物之錯置處理 (Muralikrishna and Manickam, 2017)，現處講究循環經濟 (Circular Economy) 時代，應將這些錯置處理之有機廢棄物等資源物，導向上述三種熱化學處理回收 (解聚合、熱裂解以及氣化) 方式，以提升環境效益並迎合國際潮流環境永續發展之趨勢。

廢塑膠熱裂解之處理技術不但具備適合無法回收廢塑膠處理、處理效率高、佔地面積小、符合綠能發展節能減碳循環經濟潮流以及熱裂解再生燃料油可供農/漁民使用等 5 大特色 (楊仁泊等, 2017)，對於解決國內海漂垃圾處理問題以及掩埋場活化後廢塑膠無法處理等困擾，可提供一個有效解決之處理方案。本文乃以國內自行研發先進之連續式熱裂解處理廢塑膠 (簡稱本技術)，評析廢塑膠熱裂解科技永續發展綠能產油工廠 (簡稱廢塑膠綠能產油工廠) 之投資計畫 (Klinghoffer and Castaldi, 2013)，以日處理廢塑膠量能 30 公噸為例，提供國內業界參考。

## 二、廢塑膠 (PSW) 熱裂解生產再生燃料油

### (一) 廢塑膠熱裂解產油流程

1. 嚴格管控廢塑膠來源，啟動篩選廢塑膠來源機制，以保障未來產出再生燃料油品質。
2. 清運車輛將承載廢塑膠進廠後貯存於廠內廢塑膠堆置場區。
3. 先經過破碎機前處理後，經過粉碎機處理，再導入加熱壓出機生產廢塑膠顆粒，同時產生大量廢水。
4. 將廢塑膠顆粒以輸送帶送入熱裂解反應爐內，再進行無氧熱裂解處理程序，其流程如圖 1 所示。
5. 廢塑膠熱裂解處理擬以碳黑製造程序進行碳黑主要產品製造，其碳黑製造程序流程亦如圖 1。
6. 倘以每日熱裂解處理廢塑膠 30 公噸，一年工作 330 天，則每年可處理 9,900 公噸廢塑膠，將產出 4,129 公秉之再生燃料油以及 1,980 公噸碳黑(如表 1)。

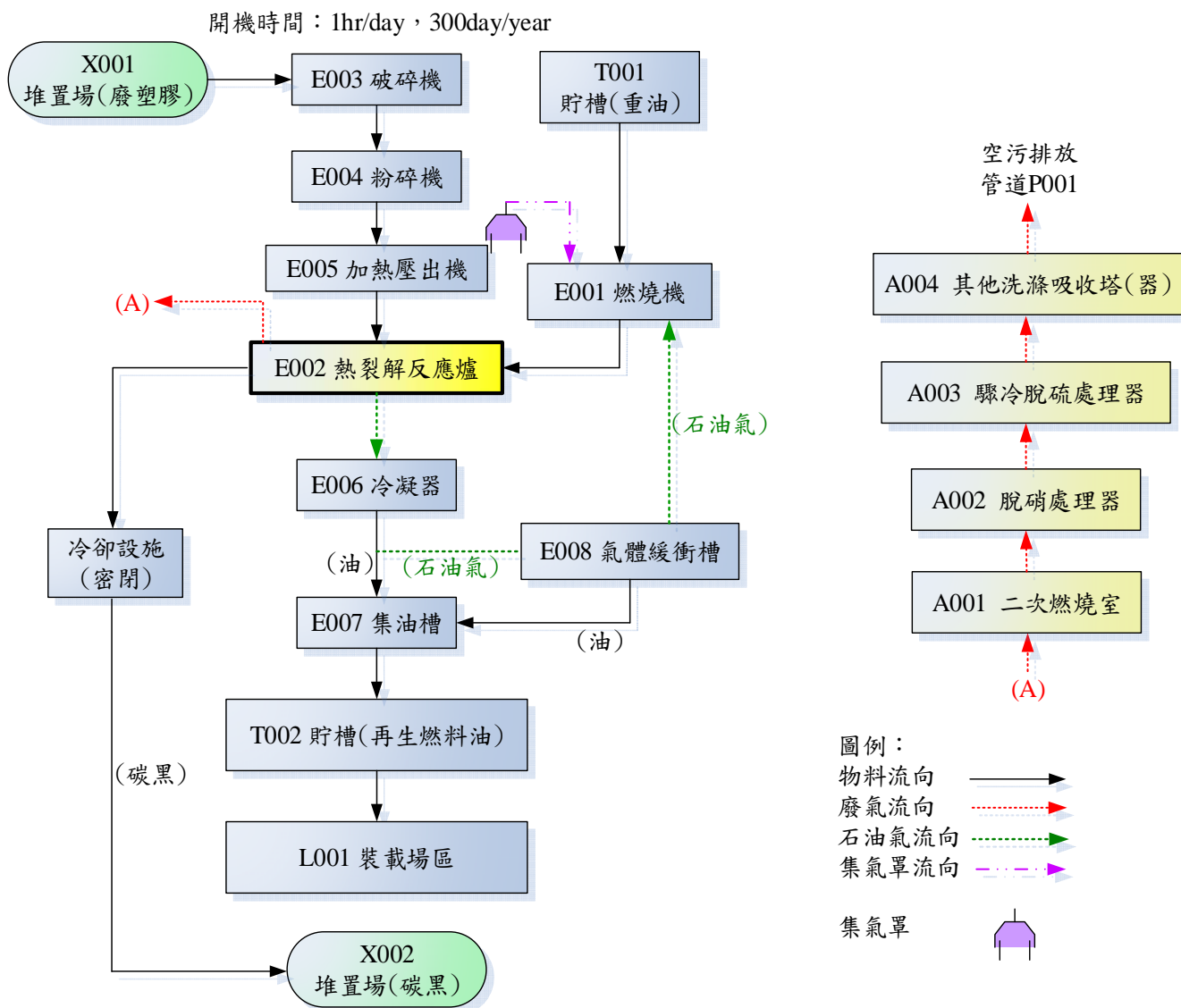


圖 1、廢塑膠熱裂解產出碳黑製造程序流程圖

表 1、廢塑膠熱裂解產物比較表

原料	比例	數量	產物	比例	重量	比重	產量
廢塑膠	100 %	9,900 Ton/year	再生燃料油	40% (35~45%)	3,960 Ton/年	0.9591 kg/L	4,129 KL/年
			石油氣	20% (15~25)	1,980 Ton/年	1.025 kg/M <sup>3</sup>	1,932 M <sup>3</sup> /年
			碳黑	20% (15~25)	1,980 Ton/年	—	—
			水	20% (15~25%)	1,980 Ton/年	1 kg/L	1,980 M <sup>3</sup> /年

## (二) 空氣污染防治設備

本技術乃每日處理廢塑膠量為 30 公噸，主要造成環境污染類別屬於空氣污染防治，有關其污染防治流程如圖 2 所示。茲將各空污處理設備列舉說明如后。

### 1. A001 二次燃燒室

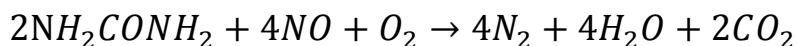
(1) 將熱裂解爐內產出廢氣以二次燃燒室進行高溫廢棄處理，使得廢氣中 VOCs 能燃燒完全氧化。

(2) 廢氣處理量 100 M<sup>3</sup>/min，二次燃燒室溫度 1,180 °C。

### 2. A002 脫硝處理器

(1) 採用選擇性非觸媒還原反應 (Selective Non-Catalytic Reduction, SNCR)，亦即在無觸媒的作用下，藉由注入一種含氨基的還原劑，如尿素 [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] 水溶液，在適合脫硝反應的“溫度窗口” (1,400 ~ 2,000 °F 或 760~1,090 °C) 內噴入還原劑，將煙氣中的氮氧化物還原為無害的 N<sub>2</sub> 及 H<sub>2</sub>O。

(2) NO 與尿素 (NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>) 反應式如下：



(3) 建議最佳反應溫度區間為 980~1,038 °C，反應區滯留時間越長脫硝效率越高。

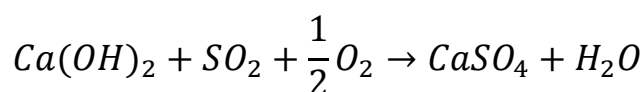
(4) 影響 SNCR 反應的因子有溫度、停留時間、混合效果，脫硝反應停滯時間 (≧2.5 sec)。

### 3. A003 驟冷脫硫處理器

(1) 採用急速冷卻方式先將高溫廢氣降溫後，再以噴入石灰水 [Ca(OH)<sub>2</sub>] 進一步與廢氣中硫氧化物 (SO<sub>x</sub>) 反應，以去除 SO<sub>x</sub>。

(2) 燃燒後脫硫，又稱煙氣脫硫 (Flue gas desulfurization，簡稱 FGD)。

(3) 半乾式脫硫，SO<sub>2</sub> 與 Ca(OH)<sub>2</sub> 反應式如下：



(4) 驟冷廢氣溫度後，於約 370 °C 再噴入 Ca(OH)<sub>2</sub>，使得產生上述反應。



#### 4. A004 其他洗滌、吸收塔(器)

- (1) 原理即藉由氣液兩相接觸之氣體吸收程序，將氣體中之溶質吸收輸送至液體內部，可處理廢氣中之粒狀物，同時亦可去除廢氣中所含之氣態污染物。
- (2) (2) 洗滌液則由製程中產生之廢水經由處理後再利用做為洗滌使用，洗滌液再處理後繼續循環使用。
- (3) (3) 洗滌液流率 800 L/min，廢氣入口溫度 120 °C，用電量 15 度/時，廢氣處理量 100 M<sup>3</sup>/min。

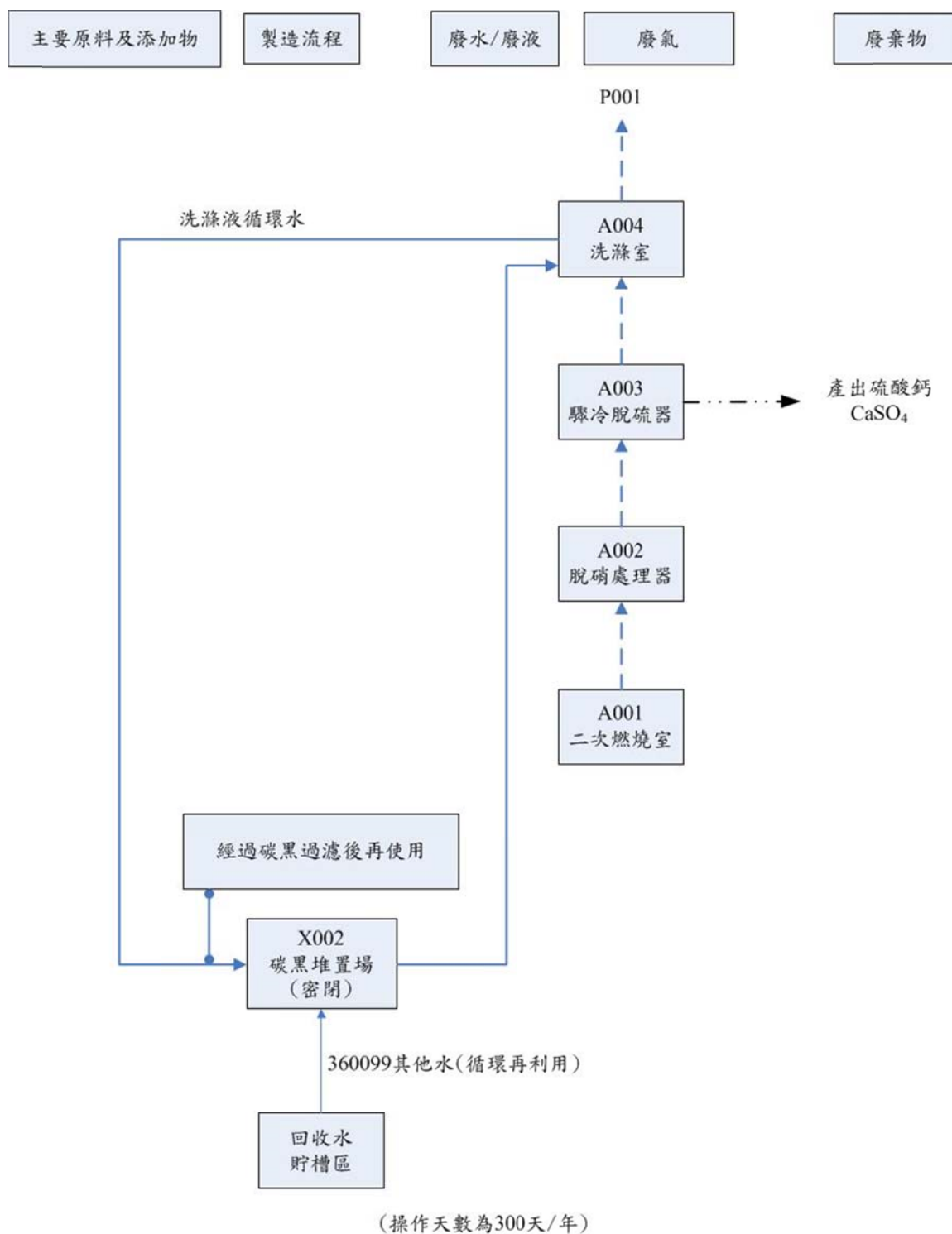


圖 2、空氣污染防制設備處理流程圖

### (三) 檢測報告分析

本連續式進料多管式裂解系統係為國內專利之台灣區授權，核心機組均由國內廠商自行製作，執行熱裂解設備組裝各式人才均具備五年以上豐富經驗。本技術所產出再生燃料油、中油低硫重油以及台塑化輕裂燃料油等三種不同油品，經與國家標準 CNS K5025 進行基本物化特性比較，可得到如表 2 結果，顯示本技術所生產之燃料油密度比台塑化輕裂燃料油來得低，亦即油品較輕，比較容易燃燒。本技術所產出之碳黑，戴奧辛及呋喃檢測分析結果為 0.005 ngI-TEQ/g，其他重金屬(汞、砷、硒、鉛、鉻、銻、鋇、鎘等 8 種)含量檢測結果亦相當低，此與事先進行篩選及控管廢塑膠來源有很大關聯。

表 2、裂解油與其他油品物化特性比較表

試驗項目	國家標準 CNS K5025	中油 低硫重油	台塑化輕 裂燃料油	本技術 裂解油
閃火點，最小值， $^{\circ}\text{C}$	60	100~160	72	40
動粘度， $50^{\circ}\text{C}$ ，最大值	<638	80/424	7.13	3.3
殘碳量，最大值，wt.%	15	15	7.25	3.4
流動點，最大值， $^{\circ}\text{C}$	21	15	-40	-10
含水量，最大值，Vol%	0.5	0.5	0.11	0.16
水份及沈澱物，最大值，Vol%	1.0	1.0	0.11	0.30
含硫量，最大值，wt.%	0.5	<0.5	0.114	0.09
密度， $15^{\circ}\text{C}$ ，kg/L	—	0.92~0.95	1.015	0.875
熱值，kcal/kg	—	—	—	10,500

### 三、投資成本

底下以每日處理廢塑膠量 30 噸之熱裂解廠，進行投資成本估算，每年處理量約達 9,900 公噸，而廠房所需土地面積約為 800 坪。設廠投資所需經費主要涵蓋規劃設計與各式許可申請費用約需新台幣 142.4 萬元；熱裂解製油設備費用(包括：能源設備、資源化設備、附屬設備費、自動控制設備以及設備安裝等)約需 7,755.6 萬元；熱裂解污染防治設施費用約需 1,102.5 萬元；其他設備費用(包括：破碎機、粉碎機、加熱壓出機、冷卻設施、入料斗、輸送帶、鏟裝車、堆高機以及電子式地磅等)約需 1,459.5 萬元；工廠(含廠房)修繕費用約需 800.0 萬元；消防(含工安衛生)設施費用約需 490.0 萬元；試車費用約需 50.0 萬元；教育訓練費用約需 100.0 萬元以及其他管理費用約 100.0 萬元。經初步概估後總投資成本約為新台幣 12,000.0 萬元(含稅)整(詳見表 3 所示)，其中廠房承租費用係以每年承租計算，將編列在每年營運操作費用內。而機具設備購置費用之明細，詳見表 4 項次一~三，總計(一+二+三)含稅金額合計約為 10,318 (=7,755.6+1,102.5+ 1,459.5)萬元。

表 3、廢塑膠綠能產油工廠總投資成本

項 目	金 額 (新台幣：含稅萬元)	備 註
一、熱裂解製油設備費用	7,755.6	廠房土地係以租賃方式計算。
二、熱裂解污染防治設施費用	1,102.5	
三、其他設備費用	1,459.5	
四、規劃設計與各類許可申請費用	142.4	
五、工廠(含廠房)修繕費用	800.0	
六、消防設施費用	490.0	
七、試車費用	50.0	
八、教育訓練費用	100.0	
九、其他管理費用	100.0	
合 計	12,000.0	(含稅)

表 4、本技術所需機具設備購置費用一覽表

項次	項目	數量	單位	單價	金額 (新台幣：萬元)	備註
一、	熱裂解製油設備	1	套	\$7,386	\$7,386	(未稅)
1.	裂解管區(SUS310 無縫管)	1	組	\$715	\$715	
2.	燃燒機系統(200 萬大卡)	1	組	\$504	\$504	
3.	火箱(SS400)	1	組	\$263	\$263	
4.	火箱用可鑄性耐火泥陶瓷棉	1	組	\$375	\$375	
5.	燃燒室	1	組	\$165	\$165	
6.	燃燒適用耐火磚&陶瓷棉	1	組	\$135	\$135	
7.	排渣槽	1	組	\$150	\$150	
8.	油蠟沉降桶(SUS316)	1	組	\$175	\$175	
9.	火箱保溫蓋板(SUS316)	1	組	\$375	\$375	
10.	裂解附屬設備	1	式	\$375	\$375	含萬向聯軸器、軸承、軸心等
11.	預熱進料螺旋器	1	組	\$80	\$80	
12.	裂解相關馬達(2HP-5HP)	1	式	\$125	\$125	
13.	油蠟沉降桶螺旋 4.5m×50mm	1	式	\$90	\$90	
14.	油氣冷凝槽(SUS316)	1	式	\$140	\$140	
15.	油氣煙道配管	1	式	\$65	\$65	
16.	變頻器(3HP~40HP)	1	式	\$40	\$40	
17.	進料系統進料機(含磅秤系統)	1	式	\$75	\$75	
18.	煙道洗滌室 150 平方公尺	1	式	\$70	\$70	
19.	煙道風車 40HP	1	式	\$15	\$15	
20.	煙囪直徑 700mm×13mm	1	式	\$15	\$15	
21.	油水分離室 30 平方公尺	1	式	\$30	\$30	
22.	油水分離(桶)槽	1	式	\$20	\$20	
23.	煙道冷凝系統	1	式	\$60	\$60	
24.	進料系統進料螺旋 SS400	1	式	\$100	\$100	
25.	油水分離沉澱桶	1	式	\$25	\$25	
26.	酸水儲存桶	1	式	\$20	\$20	
27.	排渣系統螺旋 SUS304	1	式	\$100	\$100	
28.	軟件系統	1	式	\$585	\$585	包含物聯網資料接收即時處理系統

項次	項目	數量	單位	單價	金額 (新台幣：萬元)	備註
29.	機電系統	1	式	\$460	\$460	
30.	配電系統	1	式	\$420	\$420	
31.	控制室隔間 50 平方公尺	1	式	\$160	\$160	
32.	配電工資	120	天	NT:10000 /天	\$120	
33.	其他機械五金材料	1	式	\$75	\$75	
34.	其他土木水泥五金材料	1	式	\$65	\$65	
35.	機械組立工資	240	天	NT50000 /天	\$1,200	
<b>二、</b>	<b>熱裂解污染防治設施</b>	<b>1</b>	<b>式</b>	<b>\$1,050</b>	<b>\$1,050</b>	<b>(未稅)</b>
1.	水處理加藥系統	1	式	\$30	\$30	
2.	冷卻水調整系統	1	式	\$320	\$320	
3.	脫硝處理器	1	式	\$250	\$250	
4.	脫硫處理器	1	式	\$280	\$280	
5.	集氣罩(含管線)	1	式	\$20	\$20	
6.	噪音防制系統	1	式	\$150	\$150	
<b>三、</b>	<b>其他設備</b>	<b>1</b>	<b>式</b>	<b>\$1,390</b>	<b>\$1,390</b>	<b>(未稅)</b>
1.	破碎機	1	部	\$300	\$300	
2.	粉碎機	1	部	\$250	\$250	
3.	加熱壓出機	1	部	\$350	\$350	
4.	冷卻設施	1	式	\$180	\$180	
5.	入料斗	1	式	\$15	\$15	
6.	輸送帶	1	式	\$45	\$45	
7.	鏟裝車	1	部	\$70	\$70	
8.	堆高機	1	部	\$60	\$60	
9.	電子式地磅	1	部	\$120	\$120	
總計(一+二+三)					\$9,826	(未稅)
總計(一+二+三)					\$10,318	(含稅)

茲將每年營運操作成本估算整理如表 6。計算參數包括：每年處理廢塑膠量 9,900 公噸、每年操作日數為 300 天、每天操作 24 小時、18 名員工(含廠長、工安衛等管理人員與現場操作員)以及處理機械設備購置費為新台幣 9,826 萬元(未稅)。每年營運操作成本包括營運維護成本以及折舊成本。

在營運維護成本方面：每年承租廠房費用約需新台幣 300 萬元；人事費用每年約需 1,080 萬元(以每人平均每年 60 萬元計算)；辦公室設備購置費約需 50 萬元；水電費約需 200 萬元(含稅)；機械設備維修與環保維護費約需 206 萬元(含稅)；行政管理費約需 108 萬元；合計每年營運維護成本約需 1,944 萬元。

在折舊成本方面：因廠房係以每年承租方式，故無此方面衍生成本，主要以熱裂解相關設備購置費用之折舊為主。機械設備倘以折現率 5% 進行試算，且分 20 年進行攤提，每年可得到機械設備折舊成本約為 828 萬元；故每年折舊成本約需 828 萬元。

綜合上述，總計廢塑膠熱裂解產出再生燃料油每年之營運操作成本約為 2,772 萬元(換算每公噸處理單位成本約為 2,800 元)。其中每年營運維護成本約需 1,944 萬元(1,964 元/公噸)；每年折舊成本約需 828 萬元(836 元/公噸)。

表 6、廢塑膠綠能產油工廠每年營運操作成本

項次	項目	數據			說明
一、基本資料					
(一)	年處理量	9,900			每天處理廢塑膠 30 公噸、每月處理 825 公噸廢塑膠
(二)	年營運日數	330			每年 12 個月共計營運 330 天
(三)	人員編制	18			含廠長 1 人、副廠長 1 人、業務員 1 人、專責技術及安全管理員 3 人、行政管理人員 2 人、機械設備操作人員 6 人(三班制)、維修人員 4 人
(四)	處理機械設備購置	9,826			包括：裂解製油設備、熱裂解污染防治設施以及其他設備等費用
二、營運成本		(萬元/年)	百分比(%)	元/T	
(一)	營運維護成本				
1.	廠房租賃費	300	10.8	303	地坪面積為 800 坪，以每月租金 25 萬元計算

項次	項目	數據			說明
2.	人事費	1,080	39.0	1,091	以每人平均每年 60 萬元計算
3.	辦公室設備購置費(含稅)	50	1.8	51	以平均每年購置電腦、印表機、傳真機、電話、辦公桌椅...等 50 萬元
4.	水電費(含稅)	200	7.2	202	每度電 4 元
5.	機械設備維修與環保維護費(含稅)	206	7.4	208	以處理機械設備購置費之 2% 計算,且含廢(污)水委外處理及環保檢測等相關環保支出費用
6.	行政管理費	108	3.9	109	以二、(一) 2.之 10% 計算,含勞保、健保、勞退金、出差費、員工福利、行政費用等
營運維護成本小計(含稅)		1,944	70.1	1,964	
(二)	折舊成本	折現率 $i=5\%$			攤提年數 (n) , 攤提係數 $(CRF)=i*(1+i)^n/[(1+i)^n-1]$ , 年攤提 費用=[機械設備]或[廠房]購置費 *CRF
	機械設備 (攤提年數: 20 年)	828	29.9	836	
折舊成本小計(含稅)		828	29.9	836	
三、營運成本合計(含稅)		2,772	100.0	2,800	二、營運成本之(一)+(二)
四、營業收入[每年廢塑膠處理費+售油收入+碳黑收入]		7,898		7,978	營業收入包括: 每年廢棄物處理收入約量約 3,465 萬元, 販賣再生燃料油收入約 4,334 萬元, 販賣碳黑收入約 99 萬元, 得到每年總收入約 7,898 萬元
五、營業毛利(四-三)		5,126		5,178	=營業收入-營運成本

## 四、投資報酬率

### (一) 每年收入估算

每年操作營運收入估算如表 7 所示, 收入來源主要可分為廢塑膠處理費、再生燃料油品販賣以及碳黑販賣等三部份。廢塑膠處理費收入方面, 每公噸處理費平均為新台幣 3,500 元, 因每年共計處理 9,900 公噸, 故每年處理費收入約為 3,465 萬元; 燃料油販賣收入方面, 計算乃以將生產 4,129 (公乘) 之再生燃料油, 再以每公升再生燃料油販賣 10.497 元, 販賣燃料油收入所得約 4,334 萬元; 碳黑販賣收入方面, 碳黑年產量為 1,980 公噸, 每公噸販售 500 元, 每年販賣碳黑收入為 99 萬元。總計本廠之每年收入約為 7,898 (=3,465+4,334+99) 萬元。



表 7、廢塑膠綠能產油工廠每年收入費用

項 目	金 額 (新台幣：萬元)	說 明
一、廢塑膠處理費	3,465	每日處理 30 公噸，年處理量為 9,900 噸，平均每公噸處理費 3,500 元
二、綠能(燃料油)販賣	4,334	熱裂解每公噸廢塑膠，將產生 0.40 公噸(35~45%)再生燃料油，再生燃料油年產量 3,960 公噸，再生燃料油比重 0.9591(公噸/kL)，故年可生產再生燃料油產量 4,129 公秉(kL)；每公升(L)可販賣 10.497 元，販賣燃料油收入約 4,334 萬元
三、碳黑販賣	99	熱裂解每公噸廢塑膠，將產生 0.20 公噸(15~35%)碳黑，碳黑年產量 1,980 公噸，每公噸販售 500 元，每年販賣碳黑收入為 99 萬元
四、營業收入[-+二+三]	7,898	

## (二) 投資報酬率估算

廠房土地係以承租方式計算，故成本之投資報酬率計算如后。

$$\begin{aligned} \text{每年淨利潤} &= \text{每年營運收入} - \text{每年營運成本} \\ &= 7,898 \text{ 萬元} - 2,772 \text{ 萬元} \\ &= 5,126 \text{ 萬元} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{投資報酬率} &= \text{每年淨利潤} \div \text{總投資成本} \times 100 \% \\ &= 5,126 \text{ 萬元} \div 12,000 \text{ 萬元} \times 100 \% \\ &= 42.7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{回本年限} &= 12,000 \text{ 萬元} \div 5,126 \text{ 萬元} \\ &= 2.34 \text{ 年} \\ &= 2 \text{ 年 } 4 \text{ 個月} \end{aligned}$$

## 五、設廠進度評估

有關工程分項進度內容，主要包括：(1)以廢塑膠(廢棄物代碼：R-0201)再利用方式提出申請，(2)提出空污設置許可申請，(3)提出廢清書(或變更)申請，(4)熱裂解設備訂製及進廠組裝，(5)試運轉計畫書(含教育訓練)，(6)提出空污操作許可申請，(7)正式營運(直接生產販賣)。

施工時程規劃方面，預計分為兩個階段執行，第一階段先以再利用身分檢核方式申請廢塑膠(R-0201)再利用，亦即係以既有工廠登記證方式提出申請，同時提出空污設置許可至審查修正完成，預估均約需 6~7 個月時間可完成；且同時提出廢清書(或變更)申請約需 3 個月時間。此期間前 3 個月為設備訂製期，一旦完成廢清書(或變更)許可申請後可立即進行設備組裝至完成空機測試約需 8 個月時間(含配電 4 個月)，其中 3~4 個月時間與跟前申請再利用身分檢核以及空污設置許可時間重疊；且此時段後 1 個月可同時進行試運轉計畫書申請，此階段試運轉約需 3~4 個月時間；完成試運轉後再提出操作許可申請至審查修正完成，預計約需 4 個月時間。故從申請送件至廢塑膠正式再利用營運操作時程約需 17 個月時間，預計將於第 18 個月可順利正式運轉營運，有關廢塑膠綠能產油工廠設廠申請作業，各工項期程之預定工作進度詳表 8 所示。

表 8、廢塑膠綠能產油工廠設廠申請作業工項期程

項目名稱	月份																		
	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月	第 9 月	第 10 月	第 11 月	第 12 月	第 13 月	第 14 月	第 15 月	第 16 月	第 17 月	第 18 月	
◎總計畫完成申請																			
1.以再利用方式提出申請(含審查修正)																			
2.提出空污設置許可申請																			
3.提出廢清書(或變更)申請																			
4.設備訂製及進廠組裝																			
5.試運轉計畫書																			
6.操作許可申請(含審查修正)																			
7.正式營運																			

## 六、結論

本技術所有硬體設備組裝、核心機組流程控管以及操作營運管理能力等方面，均在國內生產且能自主掌握，並無受外國廠商限制之疑慮。且本技術乃屬於領先國際之連續式進料熱裂解處理廢塑膠的方式，不同於市面上已商業化批次式模組，且已發展至每條生產線處理規模能夠達到每日連續 24 小時處理廢塑膠 50~80 公噸水準。本計畫所需投入總投資成本約為新台幣 12,000 萬元(含稅)整，主要包括機具設備購置費，未稅金額為 9,826 萬元(含稅金額為 10,318 萬元)。未來每年操作營運，在廢塑膠處理方面，每年處理費收入約 3,465 萬元(以每公噸處理費為 3,500 元計)；燃料油販賣方面，每年將生產 4,129 (公秉)之再生燃料油，販賣燃料油收入約 4,334 萬元(以每公升販賣 10.497 元計)；碳黑收入方面，碳黑年產量為 1,980 公噸，每年販賣碳黑收入為 99 萬元(以每公噸販售 500 元計)。故總計未來每年總收入約為 7,898 萬元。扣除每年之營運操作成本約 2,772 萬元，得到每年淨利潤為 5,126 萬元，換算投報率約為 42.7%，亦即約 2 年 4 個月即可回本，加上前申請階段預估約需 1 年 6 個月時間辦理，故所需回本時間約需 3 年 10 個月期程。

## 七、參考文獻

1. 環保署環保統計查詢網(<https://stat.epa.gov.tw/>)。
2. 台灣中油股份有限公司油品行銷事業部(<https://web.cpc.com.tw/>)。
3. 楊仁泊、劉耀仁，臺灣熱裂解處理廢塑膠再利用製油技術介紹，經濟部工業局工業污染防治第 141 期，2017 年 11 月，pp. 77-95。
4. Al-Salem, S.M., *Plastics to Energy (Fuel, Chemicals, and Sustainability Implications)*, William Andrew (Elsevier), US, 2019. ISBN: 978-0-12-813140-4.
5. Muralikrishna, I.V. and Manickam, V., *Environmental Management (Science and Engineering for Industry)*, Butterworth-Heinemann (Elsevier), US, 2017. BSP, ISBN: 978-0-12-811989-1.
6. Klinghoffer, N.B. and Castaldi, M.J., *Waste to energy conversion technology*, Woodhead, UK, 2013, ISBN:978-0-85709-011-9 (print).

## 掩埋場活化工程選別與效能評估

尚竑工程顧問有限公司 執業技師 張名毅

### 一、前言

目前國內公有衛生掩埋場營運現況，因垃圾焚化底渣全面朝再利用處理，而一般垃圾也朝全分類及焚化目標邁進，故進場種類主要為飛灰穩定化物或作為暫置垃圾及災害廢棄物等用途。原設置之掩埋場容積會隨時間逐漸減少不敷使用，亟需規劃新的掩埋容積以因應，但要另覓合法土地新闢掩埋場卻因民意抗爭實屬不易，故環保署於 101 年「垃圾處理政策環評說明書」提出垃圾掩埋場挖除再生活化之政策，提供地方政府紓緩掩埋場容積不足及新闢不易等問題，同時提升國內天然災害廢棄物應變量能。

有鑒於早期掩埋物多為未經資源回收分類之生垃圾，其所含可燃物及資源回收物均甚可觀，故若能夠予以重新開挖並進行篩分分類，將其中可燃性廢棄物送往焚化廠焚化處理，金屬物、資源回收物、土石或已分解腐熟之腐質土等再予回收利用，並整建掩埋設施再生掩埋空間，待未來相關廢棄物再利用技術成熟後，可再次挖除掩埋物進行資源循環利用，成為兼具多項優點之「循環型掩埋場」。

### 二、掩埋場垃圾挖除及土地活化應執行內容

掩埋場之挖除篩分及活化再生利用，因事涉前開工程、技術、財務、社經等諸多層面之關鍵課題考量，甚為複雜，故應由各縣(市)政府本諸地方主管機關權責，並視其所屬轄區內垃圾掩埋實際需求及後續土地利用計畫，自行檢討評估決定其擬辦理挖除篩分之垃圾掩埋場場址，並研提相關執行計畫、發包辦理方式與後續土地利用規劃等內容。

依據環保署垃圾處理政策評估說明書之第(二)部分-垃圾掩埋場挖除再生活化，建議地方政府在擇定掩埋場以及後續辦理活化工程時，應執行內容包含背景資料收集確認、研擬執行計畫、篩分技術選用及相關配套措施等如表 1 及圖 1 所示。

## (一) 背景資料收集確認

為辦理垃圾掩埋場之挖除篩分及再生活化，首要之務當為充分掌握場址背景資料，供為後續作業依據。相關資料包括：

1. 土地權屬及可使用期限：用地為私有地或公有地，其使用權取得方式為徵收、價購或租用，如為租用方式，則須注意契約使用方式及期限問題，需先釐清以利掩埋場活化後長久循環使用。
2. 場區面積、容積及使用情形：應確認場區總面積及掩埋容積，以及其是否有分期分區使用情形；仍持續使用中者，應包括已使用面積及掩埋體積，以及剩餘尚未使用面積及掩埋容積，以利瞭解及評估挖除數量及可活化再生之掩埋容積。

表 1 掩埋場垃圾挖除及土地活化應執行內容參考表

項目	內容	項目	內容
背景資料收集確認	1. 土地權屬及可使用期限 2. 場區面積、容積及使用情形 3. 掩埋物種類及分布情形 4. 預計封閉時間 5. 場址環境、地形地質現況 6. 貯存結構物及污防設施現況 7. 環境監測結果 8. 未來使用計畫	篩分技術選用	1. 必要之篩分分類技術 如：粗篩、磁選、破碎、風選、人工分選 2. 進階之篩分分類技術 如：多段篩分、粉碎、水洗 (及廢水處理)
研擬執行計畫	1. 地形測量及地質鑽探 2. 試坑開挖及採樣分析 3. 工程規劃設計 (1) 開挖方式及程序 (2) 篩分產物類別及去處 (3) 防災及防污措施 (4) 環境監測計畫 4. 工期及工程費估算	相關配套措施	1. 分選後土石通路規劃 2. 相關法令規定研修 3. 研擬替代去化方案 4. 財務分析 5. 成本效益分析 6. 辦理模式評析

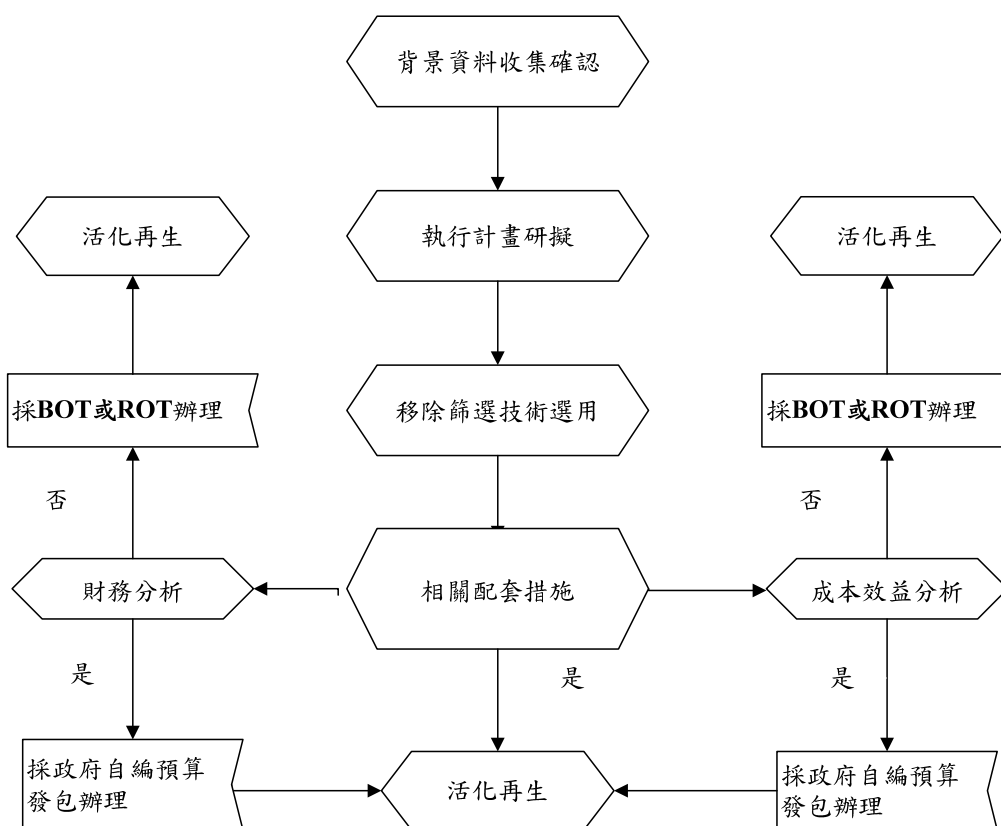


圖 1 掩埋場垃圾挖除及土地活化再生評估流程

3. 掩埋物種類及分布情形：應掌握掩埋廢棄物之種類為一般垃圾或包含事業廢棄物、焚化灰渣(底渣及飛灰穩定化衍生物)等；並應瞭解各類廢棄物於掩埋場之分布情形，於垂直方向是否有明顯隨埋齡不同呈現分層分布現象(例如：下層為垃圾、上層為灰渣)；於水平方向是否有分期分區掩埋不同廢棄物之情形(例如：灰渣掩埋區與垃圾掩埋區有明顯區隔)，以利規劃爾後之開挖篩分計畫。
4. 預計封閉時間：依據開發當時向周遭民眾或辦理環評作業之承諾，掩埋場常訂有預計封閉時間，故應確知其啟用及預計封閉時間，供為評估其是否辦理挖除篩分與再生活化之因素。若為已封閉場址或雖尚仍使用中、然曾承諾預定封閉時間者，辦理活化前需與民意溝通取得，以順利推動辦理。
5. 場址環境、地形地質現況：應充分瞭解場址所在區位之環境現況及地形地質條件，若有位於環境敏感區位(如：土石流危險區、水源保護區等)之可能，則不宜考量辦理活化再生利用。



6. 貯存結構物及污防設施現況：既有掩埋場之貯存結構物(如：土堤、擋土牆等)及相關污染防治設施(如滲出水收集處理設施等)現況，作為整建工程設計規劃之參考依據。
7. 環境監測結果：場址如有辦理營運期間之環境監測計畫，應收集分析其監測結果，以瞭解是否有污染土壤及地下水、放流水承受水體之情形，後續辦理活化工程時及活化後營運應加強污染防治措施。  
另如確定已有土壤及地下水污染情形，則應依據「土壤及地下水污染整治法」辦理後續場址管制及整治作業，不應考量再辦理挖除篩分及再生活化。
8. 未來使用計畫：若將活化後空間用於掩埋飛灰固化物，主管機關對該場飽和後已有具體之未來使用計畫(如：植生綠化作為公園、清潔隊停車場等)，則可納入活化工程評估及規劃項目，以收事半功倍之效。若定位為循環型掩埋場，更需於活化前將進場廢棄物種類等管制及操作規範等使用計畫制定完成，以利未來場內掩埋空間可循環再利用。

## (二) 研擬執行計畫

確定掩埋場土地及掩埋種類等背景資料適合辦理活化工程後，接續評估下列項目：

1. 地形測量及地質鑽探：確認場區範圍及計算掩埋面積與地表以上之掩埋體積，搭配地質鑽探之鑽心土層分布資料，據以推測及估算地表以下之掩埋體積，以及概略瞭解掩埋廢棄物種類與分布。
2. 試坑開挖及採樣分析：按地質鑽探為點狀之地層探測方式，不易掌握全貌，故必要時得配合掩埋場場區現況特性開挖處處試坑，同時進行廢棄物之採樣分析，以瞭解其外觀性狀、物理組成及化學性質，並搭配前述測量及鑽探所得資訊，據以推估各類廢棄物之掩埋數量、體積及分布。
3. 工程規劃設計：於掌握各類廢棄物之掩埋數量、體積及分布後，即據以辦理挖除、篩分及再生活化工程規劃設計，其成果應包括如下項目：

### (1) 工區整體規劃

為執行移除篩分及再生活化工程，掩埋場區應有完整之功能分區布置及施作程序之整體規劃，包括篩分分類機具作業區域、足夠之篩分後產物(土石、廢棄物、資源物)貯存區域、臨時排水溝渠及滯洪沉砂池等施工中安全措施、防塵網及滲出水收集處理系統等污染防治設施、監工房舍等。

同時應規劃分期分區開挖，避免一次大規模開挖造成過大裸露面，以免難以控制臭味、揚塵及雨水淋洗生成大量垃圾滲出水等，造成環境污染。

### (2) 開挖方式及程序

因應不同掩埋場之特性及目的，其開挖方式及程序亦應有不同規劃考量，包含係將所有掩埋物全部挖除篩分、抑或僅移除地表(或特定高程)以上部份之掩埋物、或係全面同時進行開挖、或配合場區地形或掩埋分區(高程)，採小規模分期分區單體式開挖篩分移除。

### (3) 篩分產物類別及去處

參考以往垃圾掩埋場移除篩分計畫案例，經開挖後篩分產物大致分為：土石(或包含腐質土)、可燃物、資源回收物等 3 大類，其餘則佔少數，其中可燃物及土石為最大宗，故應預為規劃安排其去處，以免因通路不暢造成場內過量貯存堆置，致影響後續作業甚至造成污染。

### (4) 防災及防污措施

掩埋場於施工開挖期間，應事先規劃及設置必要之防災及污染防治設施。應包括必要之場區排水溝渠、滯洪沉砂池等，如遇颱風豪雨季節時，尚應加強開挖面及產物貯存區之不透水布覆蓋與夯實作業，以免因雨沖刷崩塌流失釀災或造成污染。至於防污措施則至少應包括場區內滲出污水收集處理系統、防塵網等設施，並於施工開挖及篩分主要區域加強灑水抑制揚塵，同時得考量噴灑除臭劑以降低臭味影響。

### (5) 環境監測計畫

於執行移除篩分期間亦應同時辦理環境監測計畫，並與開挖施工前之環境監測數據相比較，以確保充分掌握施工期間對於各環境

界質之影響程度，並供評估前項相關污染防治設(措)施之成效，據以檢討改善。

4. 工期及工程費估算：經完成前述相關工程規劃設計工作後，相關挖除篩分、活化工程量體規模已然成形，即得以具體估算所需工程費及工期，供為推動作業辦理所需。

### (三) 相關配套措施

參考以往辦理經驗，亦應注意視需要同時辦理下列行政、法令及財務等其他層面事項，包含：

1. 分選後土石通路規劃：分選後土石加嚴品管把關，以提高土資場接收意願外，並應於研擬計畫初期即多方聯繫接洽可能使用之對象，妥予規劃下游通路，避免僅侷限於少數廠家，以免受其限制。
2. 相關法令規定研修：基於掩埋場挖除分選之土石仍屬再生資源，應積極鼓勵推動其再利用，故建議或可洽請農委會衡酌考量對使用於觀景植物、行道樹或園藝植物等非食用植物，酌予放寬其相關品質標準限值要求，俾利開拓土石再利用出路。此外，目前國內溝泥溝土亦含有相當豐富之有機質，如臺北市將溝泥溝土製成再生土供居民作為交換資源回收物之獎勵品，故肥料法規修訂不易之情況下，可考慮結合掩埋場移除之腐質土與溝泥溝土或廚餘堆肥依不同比例混合，增加去處而達減量之效益。
3. 研擬替代去化方案：基於掩埋場活化工程為縣(市)政府主辦，故篩分後產物出處除仰賴廠商外，縣(市)政府亦應積極研擬替代去化方案，以利萬一土石產物去化通路不順時，尚得自力解決，不致因無法去化造成工程停擺命運。初步檢討可行之去化途徑依序包括：
  - (1) 場區內暫存堆置，供日後作為回填覆土或造景用土方，如為後者並以區內挖填平衡、外運量減至最低為原則。
  - (2) 外運至其他掩埋場作為備用覆土土方使用。
  - (3) 協調所在縣(市)其他公共工程優先使用。惟須解決施工規範材料標準規定及原訂合約履約計量計價問題，故建議以納入新辦工程之招標文件規定，後續之處理較為單純。

- (4) 協調所在縣(市)工務機關於轄區內使用。例如：防風林或行道樹覆土、破損路面坑洞回填修補等，惟除須取得使用機關同意外，尚須有適當及足夠貯存空間以利調度。

#### (四) 財務分析

基於政府機關財政日益拮据，故推動垃圾掩埋場移除篩分、活化再生計畫，除辦理工程規劃設計外，亦應適時進行財務分析，並透過適當開發辦理模式設計，儘量尋求開發計畫自償之可能性。

### 三、掩埋物篩分技術選用

參考相關掩埋場挖除篩分活化案例經驗，必要之技術大致均包括：前處理-粗篩(分離大型物)及破碎(碎解大型物)，篩分技術-磁選(分離鐵金屬)、風選(分離輕質可燃物)、人工分選(分離資源物、廢棄物及土石)等單元，各項篩分機具其選用評估因子及目的整理如表 2，各機具優缺點則如表 3 所示。

而進階之篩分技術，以目前執行經驗顯示，於分選後土石及可燃廢棄物仍有以下問題：

1. 土石:部份活化案雖訂有純度 95%(濕基)規定，然仍有異味及明顯夾雜廢棄物情形，致下游土資場等單位接收意願低落，造成場區內長期堆置無法去化問題。
2. 可焚化廢棄物：部分案例訂有純度 85%(濕基)規定，然廢棄物多為塑膠袋內包覆或夾雜土砂，致衍生認定爭議，並造成焚化底渣數量倍增，增加後續再利用成本。

解決之道應在於提升分選後產物品質要求，例如土石純度規定提升至 97~98%(濕基)、可焚化廢棄物純度規定提升至 85~90%(濕基)，以促使承包商提高處理等級，增加多段篩分、粉碎等單元設備，甚至必要時增設水洗單元及其廢水處理設備，以提高下游接收意願，解決出路問題。當然其所需工程預算亦應適度因應調高以反映廠商操作營運成本。

表 2 掩埋場移除之垃圾前處理技術

類別	技術特徵	機具選用 考量評估因子	目的
前處理 破碎	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 利用機械性外力，諸如壓擠、撕裂、剪切、拉伸等物理行為，將較大顆粒組織細碎成細粒。</li> <li>➢ 一般粉碎機之粉碎比在 3~10 之間(餵料粒徑與產品粒徑比值)，因此常需要數段大小程度不同之粉碎機組合，分階段達成設計值。</li> <li>➢ 常採用之粗破碎機機型可分類型破碎機及偏心破碎機；中、細粉碎機型則分成錐型破碎機、轉輪破碎機、衝擊破碎機；適用軟性及韌性材料之破碎機則有剪斷破碎機、複合切斷式破碎機、振動磨機、球磨機及棒磨機。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 破碎材料特性及破碎後特性要求(粒徑)。</li> <li>➢ 進料方式(連續或間歇)及操作特性。</li> <li>➢ 材料貯放與輸送設備之需求。</li> <li>➢ 場地限制。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 減容。</li> <li>➢ 提高分選效率及成效。</li> <li>➢ 增加比表面積，以利提升處理效率。</li> <li>➢ 調整粒徑，以利回收再利用。</li> </ul>
	<p>磁性選別</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 利用磁性差，分類鐵與非鐵物質。</li> <li>➢ 物料重量尺寸與金屬特性會影響篩分效果。</li> <li>➢ 依磁鐵相對廢棄物輸送位置差異，可區分為滑輪式、懸筒式與皮帶式3種。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 廢棄物之性質(顆粒大小、形狀、比重、水分含量、粒徑分佈等)。</li> <li>➢ 設計參數與各分選設備之分離效率。</li> <li>➢ 操作特性。</li> <li>➢ 場址限制。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 有利後續資源回收進行。</li> <li>➢ 降低處理負荷，提高處理效率。</li> <li>➢ 選出有害物質，減少二次公害。</li> </ul>
	<p>風力選別</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 利用比重差及其對氣流抵抗力不同，使其在相對氣流中產生落下距離差異，以達分離目的。物料性質(尺寸、重量、凝聚性)為影響篩分因素。</li> <li>➢ 依設備構造可分豎槽型、彎曲管道型、水平式、空氣刀型、震盪型及旋轉型六種。</li> <li>➢ 該技術通常另配置旋風集塵器，收集風選後排氣所挾帶之粉塵雜質。</li> </ul>		
	<p>人工分選</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 以人力方式將挖出掩埋物進行分類，惟處理量大時有不勝負荷之虞，亦有衛生安全之顧慮。</li> </ul>		

表 3 篩分機具功能及優缺點彙整表

篩分機具 項目	振動 篩分機	轉筒 篩分機	磁選機	風選機	破碎設備	輸送帶
設備功能	應用篩網孔徑之不同，將廢棄物按尺寸大小分離。	可由廢棄物中分離出數種不同粒徑之物質。	主要將廢棄物中之鐵、金、銅等金屬含鐵物分離。	藉由風力將不同廢棄物加以分類，可將廢棄物中之紙、木、竹、塑膠、輕質物分離。	主要係將廢棄物破碎處理，其目的為：減容、分選、增加表面積比、調整粒徑。	用以傳輸之廢棄物至各個分選處理單元。
優缺點	可篩分不同直徑砂石；非砂石性物質篩分效果不佳。	可分出不同比重物質；噪音稍大。	可篩出磁性物質；非磁性物質無法篩分。	可篩分出較輕物質；需有適當防護措施避免空氣污染。	可將大形物先破碎以利後續篩分；噪音稍大。	自動化輸送，可減少人工及搬運機械；半固定式，調整不易。
操作難易度	容易	容易	容易	普通	容易	容易

#### 四、國內掩埋場活化工程執行經驗分享

##### (一) 活化工程應注意事項及建議改善方式

參考國內掩埋場活化案例，包含地方政府自辦活化工程-臺北市內湖山掩埋場、新北市金山區掩埋場、屏東縣枋寮區域場、以及臺東縣(臺東市建農場、卑南鄉場及關山鎮區域場)與環保署補助臺南市城西場、高雄市路竹區場及嘉義縣民雄鄉場等執行經驗，針對活化工程常見問題或應注意事項，彙整提出行政面及施工現場之建議改善方式於表 4。

表 4 活化工程應注意事項彙整表

項次	應注意事項	建議執行方式
1.行政面		
招標方式	應考量承攬廠商之實務經驗為優先，避免影響活化工程施工作品質及進度	<p>1.活化工程標案建議採用異質性最有利標方式辦理，遴選合格廠商，再進行比價，雖然本方式前置作業較長，如此可遴選出有經驗廠商辦理活化工程。</p> <p>2.因工程金額達巨額採購，採用「巨額採購特定資格」及「分區分段施工及驗收」等方式，掌控工程品質及期程。</p> <p>3.工程採統包方式辦理，廠商可立即調整篩分方式或施工順序因應解決施工過程遭遇問題，使活化工程執行更具效率。</p>
招標規範	工程計價方式	建議依挖除容積而非挖除重量為計價方式較適宜，因重量會受含泥量及含水率影響。
篩分物採樣方式	採樣方式僅訂定檢驗作業以每 5,000 公噸抽驗 1 次；篩分後可燃物每 1,000 公噸採樣檢測 1 次，樣品採集是否具有代表性有疑慮	建議採樣方式參考環保署環境檢驗所公告之「一般廢棄物（垃圾）採樣方法」，每次至少採 200-300 公斤後以四分法縮分取得最終樣品，以客觀取得代表性樣品。
篩分物採樣頻率	抽驗檢測篩分物次數落後（路竹場）	訂定篩分物（腐質土及可燃物）檢驗頻率及採樣數量，抽驗頻率應落實及採樣數量應具代表性，以確保篩分物品質。
可燃物純度規範	不得含有卵礫石及超過 15%（重量）之砂土，容易無法達到焚化廠進場要求而須重新進行篩分	建議可燃物檢驗方式參考環保署環境檢驗所公告之「一般廢棄物（垃圾）採樣方法」，以濕基組成計算可燃物比例做為純度標準，以確實符合焚化廠進場規範。
工程文件紀錄管理	主辦機關加強督導	建議主辦機關工程發包前即成立督導組織，不定期督導監造及承攬廠商是否落實相關品管作業。
	材料送審應名列種類及數量	材料送審管制總表中應明訂送審種類及數量，而不是以「一式」表示，如打包設備應包括包膜，而不是僅有審查機械設備而已。
	資料數據量化及檢驗不合格	1.自主檢查表中有標準量化者，盡量避免僅填寫符合，應於檢查時記錄實測值，以利判讀。

項次	應注意事項	建議執行方式
	之後續處理方式	2. 篩分物之檢查結果若不合格，應記錄不合格品的量及後續處置方式，以利主辦機關追蹤。
	計畫書審查期程及內容管理	1. 三大計畫書應於開工前即核定，送審計畫書應加強期程管理，避免尚未通過審查，影響工程進度或導致現場直接使用未審查之材料，不符合程序。 2. 建議審查分項施工計畫時，應注意廠商所提設備、規格及功率是否符合篩分廠所需，以免造成篩分效率不佳使工程延宕。
	整建工程	1. 監造單位應落實整建工程之邊坡及底層夯實度之抽驗工作。 2. 整建工程之廠商不透水布搭接自主檢查表及真空罩測試統計表，應登載標準值，並將檢測數據與標準值比對，而非僅登載符合字樣。
2. 活化工程		
開挖區與暫置區管理	安全問題	開挖現場宜加強邊坡保護及四周安全圍籬及護欄措施、設置警示牌等。
	防塵及防崩塌措施	挖除物堆置區高度控管，且因鬆方關係，遇雨易有崩塌及滑落風險，除覆蓋防塵網抑制飛散外，應加強巡視是否有崩塌之虞。
場區積水	積水問題	1. 開挖區積水久未退，且開挖深度在 1.5 公尺以上，應設擋土支撐、邊坡保護或張設防護網之設施。 2. 挖除區開挖後衍生之積水問題，建議需先經前處理後再作為場抑制揚塵使用，以免衍生臭味問題。 3. 落實場區污水收集及處理措施，善用原有污水處理廠，若原設施功能損壞，建議優先進行污水處理廠設備修繕。 4. 整建工程之邊坡洩水坡度需確實，避免積水問題。
篩分量能及品質	篩分設備量能不足，無法達到設計值導致進度落後	視廢棄物特性，調整篩分機具數量及效能；如塑膠類相當多，則需調整風選機數量或效能；如原設計廢棄物鬆實比與實際開挖（鬆實比約 1.7）差距甚大，造成原規劃暫置空間不足及初期挖運功率分析與現況不符，影響工程進度，需靠提升篩分量能解決。
	篩分物品質不佳	1. 挖除之垃圾因含沙量或含水率高，降低篩分率，應於天候佳時加強垃圾曝曬以降低含水率，並調整機具或流程以確保輕質可燃物的分選效能。 2. 廠商落實加強品管自主檢查，監造單位加強抽驗，以避免目視即可見已篩分完可燃物中含水率或泥沙含量太高，腐質土中可燃物（如塑膠）偏高問題。 3. 分選完之土石方大小粒徑若差異很大，從細沙到大塊石頭



項次	應注意事項	建議執行方式
		之等級，將降低其再利用範圍；當可燃物中含土量仍偏高，建議增加該分選單元之分選效率或採二次分選，以符合焚化廠進場之要求。
篩分物暫置及管理	空間不足、篩分物無區隔、防崩措施等	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 篩分物暫存空間不足，應增加外運焚化廠處理或資源回收之頻率，並妥善規劃將不同類篩分物作區隔及保護，避免遇雨容易又混合一起。</li> <li>2. 篩分效能會影響可燃物去化及現場堆置配置、動線，承攬廠商應依現況彈性調整篩分流程配置，以達到最佳篩分效能。</li> <li>3. 篩分之腐質土由實方轉為鬆方，使體積增加，若全部不外運將佔置未來掩埋空間及影響現場堆置配置、動線，建議擬訂場內及場外去化管道，如作為場內覆土使用，或外運進行再利用。</li> <li>4. 篩分廠除了分類腐質土、可燃物外，應針對其他分類廢棄物如廢輪胎、金屬類、營建廢棄物等作有效區隔，避免工地現場凌亂，無法提升效率。</li> <li>5. 腐質土暫置區建議以覆蓋塵網覆蓋，並加強防止崩落措施。</li> <li>6. 可燃物暫置應注意悶燒問題。</li> </ol>
	篩分可燃物壓縮打包減容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 篩分後之可燃性物質經壓縮、打包後，以減容方式進行貯存，應確認打包膠膜材質是否會因焚化產生有害污染物質。</li> <li>2. 建議監造單位加強抽驗打包機功率、壓縮比、密度、膜厚等參數，以避免打包後產生後續垃圾的堆置的困難度。</li> </ol>
施工安全	施工過程應注意事項	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 現場留有未拆解鋼筋，易有刺穿危險，建議加保護套或拆解分類以維現場工人安全。</li> <li>2. 施工現場電線應避免直接放置地上，建議應高予以架高以防感電。</li> <li>3. 廠內爬梯依職業安全衛生設施規則第三十六條：四、有墜落之虞之場所，應置備高度七十五公分以上之堅固扶手。在作業上認有必要時，得在必要之範圍內設置活動扶手。</li> <li>4. 職業安全告示牌應每日更新，依實際現況填寫以瞭解當天施工及安全注意事項。</li> <li>5. 挖土機及運土車作業時有翻落、表土崩塌等危害，應注意行經路徑並以鋪設鋼板等方式整理工作場所，以預防翻倒、翻落。</li> <li>6. 施工現場交通警告等設施不足，如圍籬及護欄無警示燈；工區車輛進出口應有交通引導人員，避免影響道路交通。</li> <li>7. 人工檢選平台應加強防護措施，如手套、高差 2 公尺以上</li> </ol>

項次	應注意事項	建議執行方式
		墜落防止措施等。
整建工程	沼氣管等污染防制措施等設置	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 沼氣管建議以石籠固定，以防傾倒影響排氣功能。</li> <li>2. 若污水井設計低於掩埋面，未來掩埋高程高於污水井時應防阻塞。</li> <li>3. 不透水布邊坡搭接時應避免橫向搭接，以防拉力過大造成脫落，建議以縱向搭接為宜。</li> <li>4. 不透水布除了真空罩實驗，建議應針對施作時檢驗接縫強度及寬度，以確保搭接強度符合現況所需。</li> <li>5. 若活化工程未挖至底部，後續於鋪設不透水布時應確認原有底層之夯實度是否足夠並需訂定夯實標準，以防超出不透水布抗拉強度、伸長率範圍。</li> </ol>

## (二) 執行活化工程建議作業流程

活化工程最關鍵在於篩分作業，而篩分作業的成效好壞主要影響因子為前置垃圾組成調查作業與機具的選擇，國外的篩分機具多樣化，設計有其理論依據，如振動篩的孔徑、振動頻率、斜度等參數值得國內設備商或製造商借鏡，若能於篩分過程再引進如彈跳分選系統、光學分選系統等，將會大大提高產物的純度，相對地，需考量活化工程經濟效益，以取得最佳單元配置，彙整圖 2 之活化工程建議作業流程供後續辦理參考。

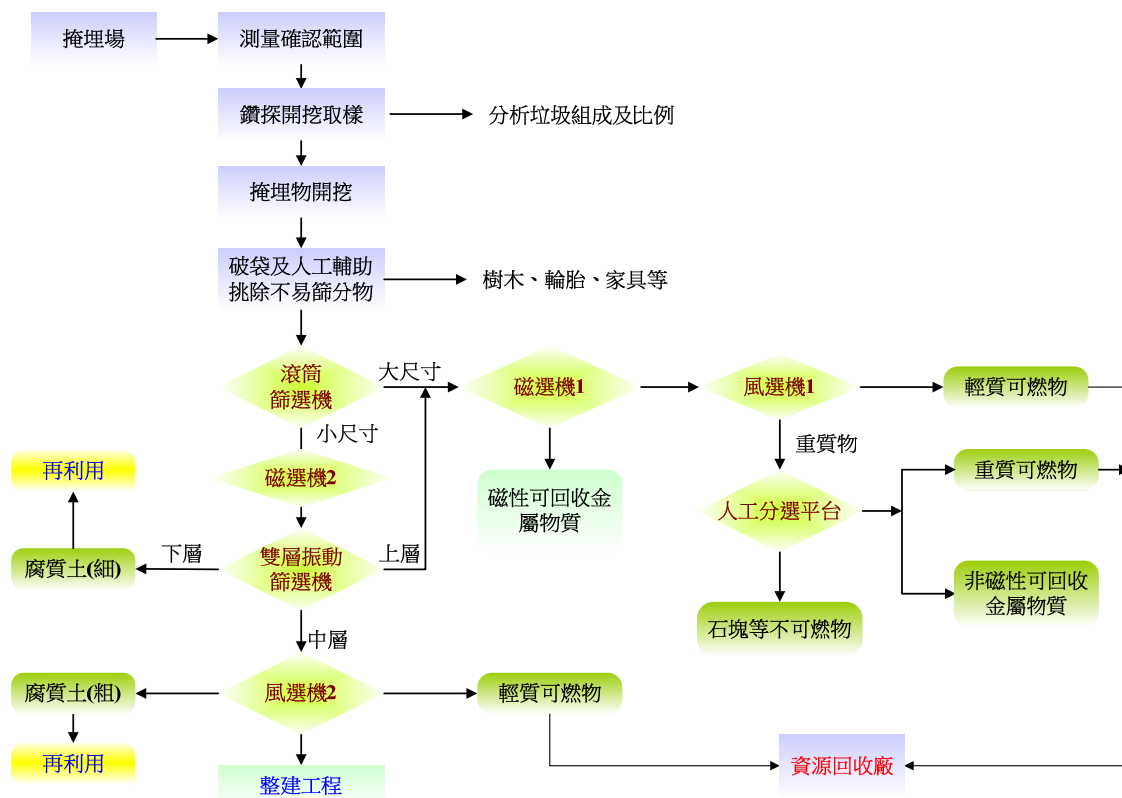


圖 2 掩埋場活化工程參考流程

### (三) 活化工程挖掘及篩分計價方式

活化工程主要目標為掩埋空間，故廢棄物挖掘驗收計價方式，建議以測量施工前與施工後收方體積，核算總挖方量（立方公尺），並作為廢棄物篩分總量驗收之依據。

### (四) 篩分物純度及檢驗方式

篩分物主要分成三大類：資源回收物、可燃物及腐質土，目前國內辦理之活化場要求三類分類物質規範大同小異，如表 5 所示，部分場次參考「一般廢棄物（垃圾）採樣方法」將垃圾分選物細分為 12 個子類別如表 6，以利規範可燃物及腐質土之純度。

以下為參考國內 3 場辦理活化工程針對篩分物之標準及檢測方式後，建議辦理活化工程時對篩分前及篩分成品純度與檢驗作業之注意事項供參考：

1. 採樣方式依環保署環境檢驗所公告「一般廢棄物（垃圾）採樣方法」（NIEAR124.00C）程序執行。

2. 篩分前檢測頻率及項目：篩分前每 5,000 公噸進行 (1) 含水率檢測-參考規範值<30%；(2) 廢棄物毒性特性溶出程序 TCLP 試驗。
3. 篩分可燃物純度：可燃物純度以一般廢棄物(垃圾)採樣方法分類，以可燃類濕基重量除各類濕基總重比率，參考規範 $\geq 85\%$ ，每 1,000 公噸檢測一次。
4. 篩分腐質土純度以一般廢棄物(垃圾)採樣方法分類，以其他不可燃物(陶瓷、磚、瓦..)及石頭及土砂(含 5mm 以下及土石)濕基重量除各類濕基總重比率，參考規範 $\geq 85\%$ ，每 1,000 公噸檢測一次。
5. 篩分物堆置需足夠腹地，並覆蓋防塵網避免篩分物逸散，並定期消毒以維持環境整潔。
6. 若活化工程暫置區域腹地足夠，建議無須進行壓縮、打包減容，而壓縮、打包減容之規範條件，城西場規範 (1) 壓縮打包後成品檢驗標準壓縮率須達 60%；(2) 覆膜率至少須 50%以上；(3) 膠膜標準-A. 膠膜單層厚度(含) 20  $\mu\text{m}$  以上，單層寬度(含) 500mm 以上；B. 膠膜為 PE 材質，每卷長度至少 300m 以上；C. 拉力斷裂強度 30MPa 以上(符合 ISO527-3 檢測標準)；D. 斷裂伸長率 450%以上(符合 ISO527-4 檢測標準)；E. 落球衝擊強度 300g 以上(符合 ASTM D1709 檢測標準)；(4) 壓縮方塊規格概略為長 1~1.2m、寬 1~1.2m、高 0.8~1.5m，以便於搬運裝載，打包後不得有散落、滲漏)，經查驗為不合格之成品，須重新解壓再製作。惟本計畫現勘發現因露天堆置導致 PE 材質包膜脆化而破損，建議監造單位應依照契約規範，加強抽驗膠膜及打包後成品尺寸，不符合規範即重新打包，以避免打包後產生不易堆疊的問題。

表 5 辦理活化場一般篩分物質標準

篩分物項目	分類物質
資源回收物	鋁箔包、塑膠容器、發泡塑膠容器、廢鐵（罐）、廢鋁（罐）、玻璃容器、平板玻璃、玻璃杯、HDPE 不透水布、HDPE 滲出水收集桶、HDPE 滲出水收集管
	廢鐵（罐）、廢鋁（罐）、金屬
可燃物	不可回收紙類/塑膠類、纖維布類、各類木材、不可回收塑膠類、皮革、橡膠類
腐質土（含不可燃物）	腐質土、不可回收金屬類、不可回收玻璃類、陶瓷類、石頭及土壤

表 6 辦理活化場垃圾篩分選物建議類別

序號	項目	序號	項目	序號	項目
1	紙類	5	塑膠類	9	非金屬類
2	纖維布類	6	皮革橡膠類	10	玻璃類（可回收）
3	木竹稻草類	7	其他	11	其他不可燃物（陶瓷、磚、瓦...）
4	廚餘類	8	鐵金屬類	12	石頭及土砂（含 5mm 以下及土石）

## 五、結語

新設置掩埋場實屬不易，選擇適當舊有掩埋場辦理挖除及活化工程，以再生利用掩埋空間可解決掩埋容量不足問題，工程主辦機關宜參考國內已完成或現正執行掩埋場活化工程之案例經驗，充分做好行政面準備及執行技術面評估規劃作業，以提升活化工程篩分效率、篩分物去化無虞及維護施工現場環境管理品質。

## 六、參考文獻

1. 行政院公共工程委員會，工程施工綱要規範。
2. 行政院環境保護署，2009，提昇環保設施處理一般廢棄物再生技術委託專案工作計畫。
3. 行政院環境保護署，2010，98 年度公有一般廢棄物處理設施營運管理監控及輔導改善委託專案工作計畫書。
4. 行政院環境保護署，2011，垃圾處理政策評估說明書。
5. 行政院環境保護署，2013，102 至 104 年度公有一般廢棄物處理設施營運管理監控及輔導改善委託專案工作計畫(102 年度，第 1 年)。
6. 行政院環境保護署，2015，102 至 104 年度公有一般廢棄物處理設施營運管理監控及輔導改善委託專案工作計畫(104 年度，第 2 年)。
7. 行政院環境保護署，2018，107 年垃圾焚化廠及公有掩埋場營運督導查核委託專案工作計畫。
8. SDB, Inc., "Cinder Lake Landfill Feasibility Study", 2015. 09. 04.

## 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