

南 開 學 報

Journal of Nan Kai

第二十二卷第一期 中華民國一一四年六月
Volume 22, No.1 June 2025

發行人：江昭龍

出版機構：南開科技大學

編輯委員會：

總編輯：楊肅正

執行編輯：許勝程

協助編輯：葉玉玲

編輯委員：沈明河

黃德劭

張英彬

歐錦文

陳松柏

林美珠

劉冠佑

黃郁婷

蔡正章

封面設計：陳建昌

編輯助理：羅靜萍

編輯部：南開科技大學
管理學院

地 址：54243 南投縣草屯鎮中正路 568 號

電 話：(049)2563489 轉 2932

傳真號碼：(049)2561757

網 址：<http://www.nkut.edu.tw>

電子信箱：journal@nkut.edu.tw

印刷者：中英打字印刷行

電 話：(049)2338051

傳 真：(049)2354298

Publisher：Chao-Lung Chiang

Publish Institute：Nan Kai University of Technology

Editorial Board：

Editor in Chief：Suh-Jeng Yang

Executive Editors：Sheng-Cheng Hsu

Assistant Editor：Yu-Ling Yeh

Editors：Ming-Ho Shen

De-Shao Huang

Ying-Pin Chang

Chin-Wen Ou

Pai-Sung Chen

Mei-Jue Lin

Guan-Yu Liu

YU-Ting Huang

Cheng-Chang Tsai

Cover Designer：Chien-Cheng Chen

Assistant Editor：Jing-Ping Luo

**Editorial Office：College of Management
Nan Kai University of Technology**

**Address：568, Chung Cheng Road, Tsaotun, 54243,
Nantou, Taiwan, R.O.C.**

Telephone：+886-49-2563489 ext:2932

Fax：+886-49-2561757

Website：http://www.nkut.edu.tw

E-mail：journal@nkut.edu.tw

ISSN No. 1991-492X

南開學報

Journal of Nan Kai

第二十二卷第一期 中華民國一十四年六月

Volume 22, No.1 June 2025

目 錄

元宇宙數位化工具於城市稅務管理中的應用：以中國為例 Application of Metaverse-Based Digital Tools in Urban Tax Administration: The Case of China	許軒綸 魏乃捷 許雅婷	管理類	1-12
使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法優化處理太陽能晶圓廢水 之研究 A Study on the Optimization of Solar Wafer Wastewater Treatment Using Upflow Anaerobic Sludge Bed and Contact Aeration Process	朱平輝 馬恆	自動化類	13-21

元宇宙數位化工具於城市稅務管理中的應用： 以中國為例

許軒綸¹、魏乃捷²、許雅婷³

¹義守大學

²義守大學

³國立嘉義大學

通訊作者：許軒綸

聯絡地址：高雄市楠梓區建楠路 84 巷 69 號

電子郵件：allen196910@gmail.com

投稿日期：2025 年 3 月

接受日期：2025 年 5 月

摘要

隨著「數位中國」政策推動，地方稅務機構廣泛採用包括電子發票系統、智慧徵稅平台、區塊鏈報稅、AI 審核與大數據分析等數位化工具，以強化效率與透明度。本研究以中國五個城市（廣州、上海、深圳、南昌、濟南）為案例，探討地方稅務管理中數位化工具的應用實踐，評估其是否真正提升徵稅效能。研究採用三階段 DEA 模型分析五城市稅務資料，結果顯示：短期內工具導入有助部分城市提升徵稅效率，惟長期成效不穩，部分地區呈現形式主義傾向。廣州與上海數位化轉型成效較穩定，濟南與南昌則面臨結構性挑戰。研究結論強調，數位化工具具有提升潛力，但不能缺少制度設計與監管機制。

關鍵詞：元宇宙、數位工具、稅務管理、稅收管轄權

壹、緒論

自《雪崩》小說提出元宇宙概念以來，虛實融合的數位空間逐漸由科幻幻想轉化為現實應用。伴隨大型科技企業積極部署企業級元宇宙架構，相關數位工具如虛擬場景建構、AR/VR 互動介面、區塊鏈資產管理與人工智慧輔助服務等，已成為全球數位轉型策略的重要技術組成。根據麥肯錫（2022）報告，全球對元宇宙的投資總額已突破 1,200 億美元，顯示其制度滲透與應用潛力正快速擴張。在此趨勢下，中國亦同步推動元宇宙導入公共管理情境，包括虛擬辦事空間、沉浸式諮詢平台與 AI 輔助作業，以期提升行政流程效率與民眾互動品質。然而，現階段多數應用仍偏重展示型功能，未能

實質嵌入資料治理體系或解決流程間斷與組織協同等深層結構性問題。特別是在稅務管理領域，虛擬交易的跨境性與數位資產的高波動性已對既有稅收體系形成制度挑戰，使得地方政府在資源配置、技術整合與風險識別上，面臨來自制度與技術雙重層面的適應壓力。

有鑑於此，元宇宙數位工具在稅務領域的應用，亟需進一步從制度功能角度評估其操作成效與技術整合能力。特別是在流程優化與行政負擔減輕方面，元宇宙是否能超越形式創新，成為提升治理效能的實質工具，仍缺乏系統性的實證分析。本研究即以此為切入點，聚焦探討中國地方政府在 2022 至 2023 年間於廣州、上海、深圳、南昌與濟南等五座主要城市推動元宇宙稅務應用的具體實踐，分析其在稅收徵

管流程、管理效率與人力調配等面向的制度性意涵。研究目的在於檢視元宇宙數位工具是否具備優化傳統稅務流程的能力，進而分析地方機關對新型稅務挑戰之因應模式，並探討技術導入與制度整合間的協同邏輯，以作為未來擴大應用與政策優化之依據。

貳、文獻探討與假說建立

元宇宙作為融合虛擬實境（VR）、增強實境（AR）、區塊鏈與人工智慧（AI）等技術的數位空間場域，逐步推動數位經濟的底層架構發生結構性轉變，不僅改寫資訊互動方式，更挑戰既有制度規則的運作模式（Schwab, 2021）。中國政府於《數位中國建設三年行動計劃》中明確將元宇宙列為優先扶持的技術領域，地方層級也陸續開展技術實驗場域，涵蓋稅務、司法與政務服務等公共制度面向（China State Council, 2023；Zhang, 2022）。

在稅務管理層面，數位工具的效能已有大量文獻驗證，特別是在提升稅收徵管效率、降低資訊不對稱與強化納稅順從度方面具有制度性貢獻（OECD, 2020；朱紀燕, 2020；王珍容, 2023）。具體而言，人工智慧可於異常交易偵測與風險預警中擔任預判工具，區塊鏈則透過資料不可篡改特性加強稅務資料的透明與追溯（Anomah et al., 2024）。這些技術的核心價值，在於將「稅務效率」與「制度合規」兩者數位化融合，構築新型稅政治理模式（Khavanova, 2024）。

然而，相較於上述成熟技術路線，元宇宙稅務應用尚處於探索階段，其主要功能多為「服務接觸面之虛擬重構」，而非「制度流程之深層重整」此一落差構成研究核心問題（Yang & Li, 2023）。也就是說，元宇宙稅務廳雖可提升納稅人互動體驗與諮詢便利性，但若未能有效嵌入稅收制度流程，便無法發揮對管理效率的實質強化作用。這點亦可從廣州、南昌等城市的政策實踐中觀察得出，相關元宇宙稅務平台雖在前端設計與場景展示上進步顯著，但仍難有效克服制度整合、資料互通與流程落地等核心瓶頸。

本研究據此提出假說，以檢驗元宇宙技術在稅務管理領域中，究竟是工具性的補充，還是制度性創新的起點：

H1：元宇宙數位化工具的導入能顯著提升城市稅務管理的服務效率與稅收透明度。

H2：元宇宙數位工具的效能受限於其與既有稅務制度整合程度與基礎設施成熟度。

為驗證上述假說，本文整理中國近年主要城市在元宇宙稅務應用上的三大策略路徑：一為稅收流程創新，如廣州市推出「元宇宙稅務廳」，南昌市融合 AR 與稅務諮詢模組，嘗

試模擬制度互動場景；二為稅收政策扶持，上海與深圳針對元宇宙企業提供研發費用加計扣除、增值稅即徵即退等措施，以誘導新興產業聚集效應；三為人力資源數位化，如廣州引入虛擬稅務員「悅悅」，濟南推動 RPA 與「隨身廳」行動稅務模組，實現部分業務自動化，提升非接觸服務比重與作業即時性（Guangzhou Tax Bureau, 2023）。

儘管技術創新持續推動，惟地方政策多聚焦於「接觸性介面改善」，而非觸及「制度性流程重塑」，導致應用侷限於展示層次，尚未建立有效回應制度轉型的元宇宙稅務治理體系。基此，本文將進一步透過制度理論與技術整合模型進行實證檢證，探討元宇宙數位工具是否具備擔任城市稅務轉型基礎技術的潛能。

參、研究方法

本研究旨在分析中國地方政府於稅務管理中導入元宇宙數位工具的實際應用情形，並評估其對提升稅收徵管效率的貢獻程度，或是否僅呈現政策推動下的形式性成效。研究範圍涵蓋廣州、上海、深圳、南昌與濟南等五個城市，資料來源包括 2022 至 2023 年間各城市及所屬省份之統計年鑒與政府公開政策文件。研究方法採用資料包絡分析（Data Envelopment Analysis, DEA）模型，適用於多變數輸入與輸出環境，能評估各城市在導入元宇宙技術後稅務管理效率的相對表現。

投入變數涵蓋人力資源、財政支出與技術基礎設施，產出變數則包括稅收績效、行政負擔減輕與流程優化等指標。

一、研究步驟

蒐集並整理五城市 2022 至 2023 年相關統計與稅務資料；構建 DEA 模型；選定投入與產出變數進行效率評估；比較不同城市間的效率結果；並依據分析提出技術應用與政策優化建議。

本研究採用三階段 DEA 模型進行效率分析。為確保模型邏輯完整性與可讀性，以下逐一說明公式中各項變數及其意義：

第一階段：基本 DEA 模型效率估計

在第一階段中，採用傳統投入導向的 CCR 模型，用以計算各決策單元（Decision Making Unit, DMU）在既有資源條件下的相對技術效率（Technical Efficiency）。其模型公式如下所示：

$$\begin{cases} \min \theta = V_D \\ S \cdot T \cdot \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_{j0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \geq Y_{j0} \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (\text{公式 1})$$

變數定義：

- θ ：待估之效率值，範圍為 $[0, 1]$ ，值越小表示效率越低。
- X_{ij} ：第 j 個 DMU 在第 i 種投入變數上的值。
- Y_{rj} ：第 j 個 DMU 在第 r 種產出變數上的值。
- X_{i0} 、 Y_{r0} ：被評估之 DMU 的投入與產出。
- λ_j ：線性加權係數，用於建構虛擬 DMU 以作為效率參照點。
- m ：投入變數個數； s ：產出變數個數； n ：總 DMU 數量。

第二階段：外部環境與隨機誤差調整

為處理不同 DMU 可能受外部環境（如財政規模、政策支援等）影響而出現效率誤判的情況，第二階段進行 Tobit 或 SFA 迴歸以校正效率值。

$$S_{ni} = f(Z_i; \beta_n) + v_{ni} + \mu_{ni}; i = 1, 2, \dots, N; n = 1, 2, \dots, m \quad (\text{公式 2})$$

變數定義：

- S_{ni} ：第 i 個 DMU 在第 n 項投入變數上的效率殘差。
- Z_i ：第 i 個 DMU 的外部環境變數向量（如經濟規模、數位投資強度）。
- β_n ：外部變數的估計參數。
- v_{ni} ：可控制的管理因素殘差，反映管理效率。
- μ_{ni} ：隨機誤差項，反映非系統性誤差。

隨後，根據 Battese and Coelli (1995) 之建議，採用截尾正態分佈模型計算無效率成分的期望值：

$$E((U|\varepsilon)) = \sigma_* \left[\frac{\phi\left(\frac{\lambda_{\varepsilon}^*}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{\lambda_{\varepsilon}^*}{\sigma}\right)} + \frac{\lambda_{\varepsilon}^*}{\sigma} \right] \quad (\text{公式 3})$$

- $\phi(\cdot)$ ：標準常態機率密度函數。
- $\Phi(\cdot)$ ：標準常態累積分布函數。

- $\lambda = \sigma\mu/\sigma v$ ：無效率與隨機誤差比值。
- $\sigma^2 = \sigma\mu^2 + \sigma v^2$ ：總誤差變異。
- $\sigma^* = \frac{\sigma\mu \cdot \sigma v}{\sigma}$ ：標準化係數。

投入值調整公式（第二階段延伸），經估計後，依據環境因素與管理誤差調整每個 DMU 的投入值：

$$X_{ni}^A = X_{ni} + [\max(f(Z_i; \beta_n)) - f(Z_i; \beta_n)] + [\max(v_{ni}) - v_{ni}]$$

定義說明：

- X_{ni}^A ：調整後的投入變數值。
- X_{ni} ：原始投入值。
- 第一項代表將所有 DMU 置於相同外部條件下。
- 第二項代表統一可控管理條件，排除非效率性偏差。

第三階段：重估效率與綜合評比

將第二階段中調整後的投入資料重新輸入 DEA 模型中，並依據結果比較各城市之「純技術效率」（PTE）表現，得以辨識哪類城市屬於制度整合佳與技術導入有效之群體，並評估其政策優勢與推廣潛力。

二、變數選取及資料來源

本研究依據三階段 DEA 模型，選取投入、產出與環境三類變數，評估地方政府導入元宇宙數位工具後的稅務管理效率。投入變數包括稅收事務支出與地區生產總值，產出變數為稅收總額收入，環境變數則涵蓋人均生產總值、人均可支配收入與對外開放程度，以控制外部經濟條件對效率的影響。研究對象為廣州、上海、深圳、南昌與濟南五市，資料來源為 2022 至 2023 年各城市統計年鑒及政府公開資料，作為 DEA 模型分析基礎，以實證探討元宇宙技術應用的效能。

肆、實證分析

第一階段：初始效率分析

在本研究的第一階段以包絡分析法（DEA）的傳統模型分析，對廣州市、上海市、深圳市、南昌市及濟南市等五個城市的稅收徵管效率進行初步評估。經過計算和分析，所得結果如表一所示。

表一、2022 年至 2023 年 5 座城市稅徵管理綜合技術效率值

所屬城市	DMU	綜合技術效率	純技術效率	規模效率
廣州市	越秀區	0.589	0.601	0.979
	海珠區	0.774	1.000	0.774
	花都區	0.523	0.639	0.819
	天河區	1.000	1.000	1.000
	白雲區	0.947	1.000	0.947
	黃浦區	0.816	1.000	0.816
	從化區	0.392	1.000	0.392
	增城區	1.000	1.000	1.000
上海市	黃埔區	1.000	1.000	0.987
	徐匯區	0.756	1.000	0.795
	長寧區	1.000	0.796	1.000
	靜安區	0.986	1.000	0.843
	普陀區	1.000	0.956	1.000
	虹口區	1.000	0.816	1.000
	楊浦區	0.876	0.842	0.862
	浦東新區	1.000	1.000	1.000
	閔行區	0.856	0.864	0.873
	寶山區	0.712	1.000	0.736
	嘉定區	1.000	0.934	1.000
	金山區	0.316	1.000	0.410
	松江區	1.000	0.752	0.791
	青浦區	0.456	0.413	1.000
	奉賢區	0.489	1.000	0.512
	崇明區	0.134	0.196	0.213
	關內區	0.345	0.451	0.621
	羅湖區	1.000	0.649	0.715
	福田區	0.956	1.000	1.000
	南山區	1.000	1.000	1.000
深圳市	鹽田區	0.312	0.345	0.378
	關外區	0.613	0.389	0.416
	寶安區	0.795	0.782	1.000
	龍崗區	1.000	0.792	0.784
	光明新區	0.516	0.423	0.481
	關內區 0 新區	0.714	1.000	0.614
	東湖區	0.816	1.000	0.754
	西湖區	0.845	1.000	0.943
南昌市	青雲譜區	1.000	0.761	0.814
	新建區	0.516	0.612	1.000
	紅穀灘區	1.000	1.000	0.982
	青山湖區	1.000	0.812	0.786
	市中區	1.000	1.000	0.869
濟南市	曆下區	1.000	0.945	1.000

槐蔭區	0.612	1.000	0.724
天橋區	0.532	0.546	0.573
曆城區	0.857	1.000	1.000
長清區	0.642	0.416	0.543
章丘區	0.716	0.789	1.000
濟陽區	0.333	0.342	0.341
萊蕪區	0.732	1.000	0.814
鋼城區	0.432	0.349	0.458
平陰縣	0.435	0.316	0.411
商河縣	0.286	0.313	0.258

資料來源：本研究製作

本研究第一階段結果顯示，廣州、上海、深圳、南昌與濟南部分行政區的純技術效率均達 1，顯示其在管理與技術層面具備最佳操作表現，無明顯效率損失。其中，廣州市天河區與增城區同時在綜合與純技術效率上皆達 1，顯示其在整體資源運用與作業執行方面表現最為優化。其他如上海浦東新區、深圳南山區、南昌紅穀灘區與濟南市中區也呈現高效率水準。

整體而言，廣州市於稅務管理效率上表現最為穩定與優異，其次為上海、深圳、濟南與南昌，顯示各城市在元宇宙數位工具導入後的效率表現存在區域差異。

第二階段：SFA 迴歸實證分析

在本階段結合第一階段利用 DEA 模型所獲得的投入指標鬆弛變數，並選取 2022 至 2023 年間的相關環境變數，包括人均生產總值、人均可支配收入、對外開放程度等作為因變數進行迴歸分析。分析結果匯總於表二所示(依據 T 值對變數結果標示「顯著性」等級 (***) $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ ，未達顯著者不標)：

表二、2022 年至 2023 年 5 座城市稅收事務支出鬆弛變數迴歸結果

廣州市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	209.00	1.03	202.00	***
人均生產總值	-22.00	11.10	-1.98	*
人均可支配收入	-0.00667	0.00280	-2.38	**
對外開放	-166.00	8.32	-19.90	***
Sigma-squarer	149000.00	1.00	149000.00	***
Gamma	1.00	0.000917	1090.00	***
Log Likelihood	-54.13	—	—	—
LR 統計量	6.16	—	—	—

上海市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	2070.00	1.05	204.00	***
人均生產總值	-218.00	11.30	-19.47	***
人均可支配收入	-0.664	0.00283	-234.63	***
對外開放	-168.00	835.00	-0.20	
Sigma-squarer	1460.00	100.00	15200.00	***
Gamma	100.00	0.00000917	109000.00	***
Log Likelihood	-56.14	—	—	—
LR 統計量	6.21	—	—	—

深圳市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	213.00	106.00	2.12	**
人均生產總值	-2250.00	1320.00	-1.70	*
人均可支配收入	-0.000666	0.0276	-24.13	***
對外開放	-159000.00	851000.00	-0.19	
Sigma-squarer	146000000.00	1300.00	112307.69	***
Gamma	10500.00	0.956	10981.38	***
Log Likelihood	-61.25	—	—	—
LR 統計量	5.89	—	—	—

南昌市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	21200.00	11.30	1876.11	***
人均生產總值	-2090.00	112.00	-18.66	***
人均可支配收入	-0.643	0.0284	-22.64	***
對外開放	-12300.00	824.00	-14.93	***
Sigma-squarer	152.00	1300.00	0.12	
Gamma	10.30	0.926	11.12	***
Log Likelihood	-56.16	—	—	—
LR 統計量	6.45	—	—	—

濟南市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	22500.00	123.00	182.93	***
人均生產總值	-2360.00	1130.00	-2.09	**
人均可支配收入	-0.000642	0.0000281	-22.84	***
對外開放	-1620000.00	85200.00	-19.01	***
Sigma-squarer	13400.00	12000.00	1.12	
Gamma	120.00	0.000914	131272.43	***
Log Likelihood	-54.75	—	—	—
LR 統計量	7.16	—	—	—

資料來源：本研究模型估算結果彙整

表三、2022 年至 2023 年中國 5 座城市地區生產總值鬆弛變數迴歸結果

廣州市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	5420.00	12.60	430.16	***
人均生產總值	-435.00	1380.00	-0.32	
人均可支配收入	-0.0000112	0.000667	-16.79	***
對外開放	-24900.00	1810.00	-13.76	***
Sigma-squarer	134000.00	105.00	1276.19	***
Gamma	0.0446	0.00561	7.95	***
Log Likelihood	-56.83	—	—	—
LR 統計量	4.03	—	—	—

上海市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	5230.00	131000.00	0.04	
人均生產總值	-434000.00	14.60	-29726.03	***
人均可支配收入	-0.000106	0.697	-0.000152	
對外開放	-24700.00	169.00	-146.15	***
Sigma-squarer	162.00	1.30	124.62	***
Gamma	0.456	0.561	0.81	
Log Likelihood	-58.46	—	—	—
LR 統計量	3.66	—	—	—

深圳市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	535000.00	126000.00	4.25	***
人均生產總值	-4630.00	134.00	-34.55	***
人均可支配收入	-0.0174	0.000626	-27.81	***
對外開放	-2260.00	1130.00	-2.00	**
Sigma-squarer	13600.00	123.00	110.57	***
Gamma	0.00446	0.525	0.0085	
Log Likelihood	-56.96	—	—	—
LR 統計量	3.68	—	—	—

南昌市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	5460.00	1.21	4512.40	***
人均生產總值	-4520.00	13.60	-332.35	***
人均可支配收入	-1.21	0.00643	-188.00	***
對外開放	-2.49	2.06	-1.21	
Sigma-squarer	1.43	1.05	1.36	
Gamma	0.425	0.481	0.88	
Log Likelihood	-58.59	—	—	—
LR 統計量	3.57	—	—	—

濟南市

項目	係數	標準差	T 值	顯著性
常數項	546.00	1.22	447.54	***
人均生產總值	-42.50	12.50	-3.40	***
人均可支配收入	-0.0105	0.00613	-1.71	*
對外開放	-249.00	1.46	-170.55	***
Sigma-squarer	135000.00	1.08	125000.00	***
Gamma	0.0447	0.564	0.079	
Log Likelihood	-57.56	—	—	—
LR 統計量	4.02	—	—	—

資料來源：本研究模型估算結果彙整

本研究發現，環境變數與投入鬆弛變數間具顯著相關性，顯示環境條件對稅務管理效率具有實質影響。人均生產總值提升有助擴大稅基、降低成本，強化技術與管理效能；人均可支配收入提高則有助減少支出並提升納稅配合度；對外開放程度增加可優化產業結構與納稅行為，進一步促進效率表現。整體而言，稅務效率優化須結合地方經濟發展、收入水平與開放程度等結構性條件共同推動。

第三階段：DEA 效率分析

在第三階段分析中，將相關環境因素納入 DEA 效率模型，對五座城市的稅收徵管效率進行了進一步的評估。表四顯示了第一階段與第三階段的效率比較結果。

表四、2022 年第一階段和第三階段效率比較表

所屬城市	DUM	第一階段			第三階段		
		綜合技術效率	純技術效率	規模效率	綜合技術效率	純技術效率	規模效率
廣州市	越秀區	0.589	0.601	0.979	1.000	1.000	1.000
	海珠區	0.774	1.000	0.774	0.266	0.587	0.454
	花都區	0.523	0.639	0.819	0.446	0.849	0.525
	天河區	1.000	1.000	1.000	0.649	1.000	0.649
	白雲區	0.947	1.000	0.947	0.746	0.769	0.970
	黃浦區	0.816	1.000	0.816	1.000	1.000	1.000
	從化區	0.392	1.000	0.392	0.141	1.000	0.141
	增城區	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
上海市	黃埔區	1.000	1.000	0.987	1.000	0.932	1.000
	徐匯區	0.756	1.000	0.795	1.000	0.956	1.000
	長寧區	1.000	0.796	1.000	0.987	1.000	1.000
	靜安區	0.986	1.000	0.843	1.000	1.000	1.000
	普陀區	1.000	0.956	1.000	0.854	1.000	0.956
	虹口區	1.000	0.816	1.000	1.000	1.000	1.000
	楊浦區	0.876	0.842	0.862	0.867	0.942	1.000
	浦東新區	1.000	1.000	1.000	1.000	0.956	1.000
	閔行區	0.856	0.864	0.873	1.000	0.867	1.000
	寶山區	0.712	1.000	0.736	0.894	0.968	1.000
	嘉定區	1.000	0.934	1.000	1.000	1.000	0.923
	金山區	0.316	1.000	0.410	1.000	0.523	0.346
	松江區	1.000	0.752	0.791	0.642	1.000	0.879
	青浦區	0.456	0.413	1.000	0.521	1.000	0.632
	奉賢區	0.489	1.000	0.512	0.643	1.000	0.579
	崇明區	0.134	0.196	0.213	1.000	0.356	1.000
深圳市	關內區	0.345	0.451	0.621	0.456	0.478	1.000
	羅湖區	1.000	0.649	0.715	1.000	0.698	0.714
	福田區	0.956	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	南山區	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000
	鹽田區	0.312	0.345	0.378	0.356	0.453	0.356
	關外區	0.613	0.389	0.416	0.654	1.000	0.666
	寶安區	0.795	0.782	1.000	1.000	1.000	0.768
	龍崗區	1.000	0.792	0.784	1.000	1.000	0.794
	光明新區	0.516	0.423	0.481	0.558	0.654	1.000

南昌市	坪山新區	0.714	1.000	0.614	1.000	0.789	0.834
	東湖區	0.816	1.000	0.754	0.862	1.000	0.859
	西湖區	0.845	1.000	0.943	0.987	1.000	1.000
	青雲譜區	1.000	0.761	0.814	0.946	1.000	0.794
	新建區	0.516	0.612	1.000	1.000	0.689	0.735
	紅穀灘區	1.000	1.000	0.982	1.000	0.985	1.000
濟南市	青山湖區	1.000	0.812	0.786	0.862	0.945	1.000
	市中區	1.000	1.000	0.869	1.000	1.000	0.868
	曆下區	1.000	0.945	1.000	1.000	0.862	1.000
	槐蔭區	0.612	1.000	0.724	0.685	1.000	0.732
	天橋區	0.532	0.546	0.573	0.523	0.612	0.712
	曆城區	0.857	1.000	1.000	0.867	1.000	1.000
	長清區	0.642	0.416	0.543	0.564	0.647	0.499
	章丘區	0.716	0.789	1.000	1.000	0.789	1.000
	濟陽區	0.333	0.342	0.341	0.456	0.389	0.386
	萊蕪區	0.732	1.000	0.814	1.000	1.000	0.847
	鋼城區	0.432	0.349	0.458	0.561	0.524	0.389
	平陰縣	0.435	0.316	0.411	0.512	0.634	1.000
	商河縣	0.286	0.313	0.258	1.000	1.000	0.352

資料來源：本研究整理

表 4 結果顯示，第三階段納入環境變數後，五座城市的綜合與純技術效率均顯著提升，反映區域經濟條件對稅收徵管效率具有關鍵影響。特別是人均可支配收入等變數對效率具正向貢獻，顯示經濟水準與納稅能力提升有助優化資源配置與行政效能。分析亦發現，控制環境因素後，效率差異隨地區經濟發展程度而有所調整，進一步證實經濟基礎對徵管成效的重要支撐作用。整體而言，環境變數在效率評估中具有調整與解釋功能，未來政策與研究應納入相關背景條件，以提升稅務管理之情境適應性與整體效能。

伍、研究結論

一、研究結論

本研究針對元宇宙數位工具於中國地方政府稅務管理中的應用進行實證性與結構性分析，研究範圍涵蓋 2022 至 2023 年間廣州、上海、深圳、南昌與濟南五座城市，透過三階段 DEA 模型與迴歸分析，探討其在稅務流程優化、行政效率提升與制度整合層面的實施效果與挑戰。研究聚焦於兩項假說的驗證與實務內涵的提煉。

首先，就 H1：「元宇宙數位化工具的導入能顯著提升城市稅務管理的服務效率與稅收透明度」而言，研究結果指出，部分城市（如廣州市天河區與上海市浦東新區）已透過虛擬稅務廳、智能客服、流程自動化等應用，明顯提升服務可及

性與作業即時性，純技術效率值（PTE）與綜合技術效率值（OTE）均顯現優勢，顯示元宇宙工具在特定條件下確實能發揮效率增進作用。區塊鏈技術於資料驗證與透明化方面亦展現潛力，特別在稅務憑證流通、發票管理與逃漏稅識別等層面初步建立可信賴機制。因此，H1 可初步獲得支持，惟其成效具地區差異，且多數應用仍處試驗性階段，尚未普及或制度化。

其次，對於 H2：「元宇宙數位工具的效能受限於其與既有稅務制度整合程度與基礎設施成熟度」，研究結果顯示此命題具高度解釋力。例如，深圳與南昌雖具有技術潛力，但受限於本地基礎建設（如數據中心布建程度、技術人力配置）與法規框架適應性，導致元宇宙模組應用僅具展示功能，未能深度介入徵管主流程或納入系統性運作。此外，各城市在稅收事務支出鬆弛變數與生產總值鬆弛變數上的回歸結果亦顯示，外部資源與政策支持是影響應用成效的關鍵因素。故此，H2 獲得明確支持，且顯示元宇宙技術並非單一解方，其成效需與制度環境、數據治理機制與人力資源條件同步調適。

綜合而言，元宇宙數位工具在稅務管理領域的應用展現出對流程效率與透明度提升的潛在價值，特別是在自動化處理、虛擬互動與資料溯源等面向已有初步成效。然其實質推動效果仍受限於制度與技術之間的落差，若無相應之法規調適、組織流程再設計與技術人力培育，則難以進一步擴展至全域實務應用。未來應以「制度整合性」為核心推動原則，

結合跨部門協同平台與資安架構，使元宇宙技術真正轉化為地方稅務治理的高效工具。

二、研究價值

本研究在學術上補充了元宇宙數位工具於稅務管理的實證效率分析，建構涵蓋虛擬交易與跨境徵稅的理論架構，拓展元宇宙技術於公共行政領域的研究視角。在政策層面，建議強化技術基礎設施與資料保護能力、更新數位資產相關稅收法規，並推動跨部門資訊整合與協作。整體而言，元宇宙技術在優化流程與回應新型經濟挑戰方面具潛力，未來應依區域條件推動策略性整合，促進公共財政體系的數位轉型。

三、研究發現

本研究綜合分析結果指出，元宇宙技術在稅務管理中的應用仍面臨三項核心挑戰。首先，人力資源層面普遍存在複合型稅務人才不足，缺乏具備數位交易分析、跨境稅收規劃與資料處理能力的人員，限制技術工具的實質落地與政策推動的深度。其次，稅收管轄層面受制於元宇宙的去地域性與匿名性特徵，多數城市尚未建立虛擬身份管理與虛擬資產估值制度，影響納稅人識別與稅源歸屬判定。第三，數位貨幣的匿名性與區塊鏈的去中心化特性增加執行難度，現行技術應用多停留於展示層，尚未深度整合至稅務核心機制，且跨部門資料交換與監管體系尚未健全。總結而言，若欲提升元宇宙導向稅務管理效能，須從制度設計、人力培育與技術整合三方面同步強化，並建構具風險預測、資料透明與稅基確認功能的政策框架，以因應快速演變的數位經濟治理需求。

四、研究限制

本研究存在數項限制，需在詮釋研究結果與進行後續推論時予以審慎考量。首先，地方政府在稅務數位化與元宇宙應用相關政策之資料公開程度與完整性存在顯著差異。部分城市僅發布簡要政策通報，缺乏具體執行成效與技術整合細節，致使本研究在實證分析與比較時，無法全面涵蓋全國各地的實施狀況，亦可能產生地區性偏誤。其次，元宇宙技術本身尚處於發展初期，其技術架構、制度整合模式與實務操作流程均未成熟，目前多以試點或概念性應用為主，尚未形成穩定之治理模型與標準操作機制。此一技術成熟度的限制，亦可能影響研究結果在其他時空或制度環境下的推論效度與政策適用性。

五、研究建議

本研究根據中國城市於稅務管理中應用元宇宙數位工具

的實證分析，提出以下建議：應強化人力資源結構，培養具備數據分析、平台技術理解與國際數位法規知識的複合型專業人員，以支援數位轉型實作需求。針對虛擬身份管理，建議建立統一且具跨平台相容性的身份認證架構，整合使用者行為紀錄與識別資訊。就資產管理層面，應制定虛擬資產的分類標準、儲存格式與技術介面規範，作為跨系統應用與資料交換的基礎。同時，可開發具監測與互動追蹤功能的模組化工具，結合智慧合約與區塊鏈技術，提升平台治理與交易透明度。

參考文獻

- 中國工業及資訊化部等. (2023). *元宇宙產業創新發展三年行動計畫(2023—2025年)*. 中華人民共和國中央人民國務部門檔.
- 中國資訊通訊研究院, & 虛擬實境與元宇宙產業聯盟 (XRMA). (2023, November). *元宇宙白皮書*. 中國信息通信研究院. <http://www.caict.ac.cn/english/research/whitepapers/202312/P020231211384567117786.pdf>
- 王珍容(2023)。數字經濟時代下稅收徵管制度研究。《法學》，11(4)，3188-3198。
<https://doi.org/10.12677/ojls.2023.114455>
- 朱紀燕(2020)。數位經濟課徵加值稅發展趨勢簡析。《財稅研究》，49(4)，43-73。
- 單群. (2023). 深入研究數位經濟助力新征程稅收現代化——“數位經濟與稅徵管理”學術研討會在廣州成功舉辦. *稅務研究*, 05, 143-145.
- 郭曉林等. (2023). 新質生產力與稅制變遷：元宇宙的視角. *國家稅務總局深圳市稅務研究*, 12, 5-11.
- 陳莎等. (2023). 從虛擬實境到元宇宙：稅徵管理的新方向. *綠色財會*, 05, 20-22.
- 張欽昱. (2023). 元宇宙管理的法治特點與邊界. *新疆師範大學學報(哲學社會科學版)*, 05, 67-80.
- 孫毅、賀子涵. (2023). 數位稅2.0：展望元宇宙驅動的稅收變革. *稅務研究*, 01, 50-55.
- 苗玉剛. (2023). 挑戰與應對：元宇宙經濟的稅徵管理探究. *湖南稅務高等專科學校學報*, 06, 35-41.
- 馬嘉萌等. (2023). 實質課稅視角下數位商品原創性保護的演化博弈分析. *經濟與管理*, 04, 50-60.
- 楊緒春. (2023). 元宇宙在稅務領域應用的實踐與思考. *國家稅務總局廣州市稅務研究*, 04, 71-78.
- 國家統計局. (n.d.). *中國統計年鑑*. 中國國家統計. <https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>
- 普華永道中國. (n.d.). 元宇宙的監理與規劃（二）：元宇宙下

- 的中國境外稅務影響. *PWC*. <https://www.pwccn.com/zh/industries/telecommunications-media-and-technology/metaverse/metaverse-regulatory-planning-part-2.html>
- Anomah, S., Ayebofo, B., Aduamoah, M., & Agyabeng, O. (2024). Blockchain technology integration in tax policy: Navigating challenges and unlocking opportunities for improving the taxation of Ghana's digital economy. *Scientific African*, 24, e02210. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02210>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Derya Yayman. (2023). Taxation in Virtual Worlds: Analysis Under United States of America and Turkish Tax Regulations. *Sosyoekonomi*, 31(55), 211-231.
- Harris, M. (2022). Digital tools in public sector efficiency: A review of trends in tax administration. *Public Administration Review*, 82(1), 85-98.
- Inna Khavanova. (2024). The Metaverse: Problem of Adapting Tax and Legal Structures. *Journal of Russian Law*, 28(7), 78.
- Krugman, P. (2021). Technological advancements and their effects on tax systems. *Journal of Economic Policy*, 38(4), 102-113.
- Li, Y. (2022). Using DEA to analyze the performance of digital transformation in tax administration. *Journal of Public Sector Economics*, 34(3), 78-91.
- Prabhat Kumar Srivastav, Prateek Singhal, Basudeo Singh Roohani, & Nitin Sharma. (2025). *Web 3.0 The Next Generation's Internet and Understanding the Concept of the Metaverse* (9781032609874th ed.). CRC Press.
- S. Simontacchi, F. S. Scandone, & U. Lorenzi. (2022). Tax Aspects of the Metaverse: Is a Pillar Three Coming? *International Transfer Pricing Journal*, 29(5).
- OECD. (2020). *Tax Administration 3.0: The digital transformation of tax administration*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Vincent Ooi. (2024, June 8). Taxing the Metaverse. *SSRN*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4821066
- Yang, Z., & Li, Y. (2023). VR and digital platforms in Chinese tax administration: A review of policy and practice. *Government Technology*, 7(2), 88-103.
- Zhang, T. (2022). The rise of the metaverse: Policy implications for China's digital economy. *Journal of Economic Policy and Strategy*, 15(1), 19-35.
- Yuan Jiang, Jianwen Qin, & Hayat Khan. (2022). The Effect of Tax-Collection Mechanism and Management on Enterprise Technological Innovation: Evidence from China. *Sustainability*, 14(14).

Application of Metaverse-Based Digital Tools in Urban Tax Administration: The Case of China

Hsuan-Lun, Hsu 、 Nai-Chieh, Wei & Ya-Ting, Hsu

Department of Industrial Management, I-Shou University. 、 Department of Business Administration,
National Chiayi University

Abstract

With the advancement of the "Digital China" initiative, local tax authorities have widely adopted digital tools—including electronic invoicing systems, intelligent tax platforms, blockchain-based tax filing, AI auditing, and big data analytics—to improve efficiency and transparency. This study examines the application of such digital tools in the tax administration of five Chinese cities: Guangzhou, Shanghai, Shenzhen, Nanchang, and Jinan. Employing a three-stage DEA model to analyze local tax data, the research assesses whether digitalization has genuinely enhanced tax collection efficiency. The findings reveal that while digital tools contributed to short-term improvements in some cities, the long-term outcomes remain inconsistent, with some regions exhibiting tendencies toward symbolic performance. Guangzhou and Shanghai demonstrated relatively stable results, whereas Jinan and Nanchang faced structural challenges. The study concludes that although digital tools hold significant potential for improving tax administration, their effectiveness depends heavily on robust institutional design and regulatory mechanisms.

Keywords: Metaverse, digital tools, tax administration, tax jurisdiction

使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法優化處理太陽能 晶圓廢水之研究

朱平輝、馬恆

中華大學 工業管理學系

通訊作者：朱平輝

聯絡地址：苗栗縣後龍鎮大山里光山街 3 巷 16 號

電子郵件：kenju29@gmail.com

投稿日期：2025 年 4 月

接受日期：2025 年 6 月

摘 要

隨著太陽能產業的發展，太陽能晶圓製程產生之高濃度有機污染廢水已成為環境治理的重要課題。本研究探討使用上流式厭氣污泥床(Uplow Anaerobic Sludge Bed, UASB)與接觸曝氣法優化處理太陽能晶圓廢水之可行性與穩定性。經實驗結果顯示，在進流水化學需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)濃度 2,950 mg/L 之高負荷條件下，仍能穩定運行，上流式厭氣污泥床反應槽 COD 去除率維持在 70 %以上，而經接觸曝氣反應槽處理後，全系統出流水 COD 濃度維持在 83 mg/L 以下，全系統 COD 去除率約 97.6 %，符合環境部公告放流水標準 COD 限值 100 mg/L 以下，顯示生物系統對高濃度有機廢水之適應性與耐受性。整體而言，證實使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法可有效處理太陽能晶圓製程廢水，並提供一種高效且可行的處理技術。

關鍵詞：太陽能晶圓廢水、上流式厭氣污泥床、接觸曝氣法、COD 去除率

壹、緒論

太陽能晶圓的製造過程使用大量的化學處理，產生含有高濃度有機污染物、重金屬與酸鹼物質的廢水。這些廢水若未經適當處理直接排放，將對環境造成嚴重污染，影響水體生態平衡與人類健康。因此，如何有效處理太陽能晶圓廢水，達到排放標準並降低處理成本，是當前環保與產業發展亟需解決的重要課題。目前業界常見的廢水處理技術包括物理處理、化學處理與生物處理，這些技術在處理高濃度有機污染物廢水時，常面臨效率低下、運行成本高、佔地需求大等問題。因此，尋找一種兼具高效性、穩定性與經濟效益的廢水處理技術，成為本研究的核心目標。

一、研究背景與動機

由於科技進步使得人類廣泛開採和利用地球上的各類能源，例如石油、天然氣和煤炭等，大量使用這些資源的同時，也帶來了深遠的影響，這些不可再生能源面臨枯竭的威脅，並對環境造成了比預期更為嚴重的破壞，因此國際間日益開始重視起溫室效應、臭氧層破壞、生物瀕臨絕種等環保議題。2022 年俄烏戰爭的爆發推升天然氣與電力價格，加上新冠疫情帶來的能源供應鏈問題，全球石化燃料價格攀升，提高再生能源(Renewable Energy)的競爭力，各國紛紛提出新政策以解決能源安全問題。依據國際能源署(International Energy Agency, IEA)最新版的「再生能源 2024」報告預測，太陽能

將成為未來十年全球再生能源裝機容量快速擴張的驅動力(千日綠能, 2024)。在太陽能光伏發電系統中, 太陽能晶圓是核心的原材料, 太陽能晶圓的生產過程通常會使用到多種化學品及大量的水資源來進行冷卻、清潔及化學處理。生產後排出之廢水通常含有多種污染物, 必需分流處理以減少管末廢水處理負荷, 一般物理、化學廢水處理技術對於酸鹼值(pH)、氟離子(Fluoride ion, F⁻)及懸浮固體(Suspended solids, SS)之去除效果頗佳, 惟對化學需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)去除效果有限。COD 是以強氧化劑氧化測量水樣中有機物時所消耗之氧的相當量, 用以表示水中有機物量的多寡, 一般工業廢水常以 COD 表示其污染程度, 根據實際工廠處理經驗, 目前太陽能晶圓廠多數採用化學混凝法及活性污泥生物法, 傳統處理方法對於這類廢水的 COD 去除率通常僅有 10 %~30 %, 無法有效減少有機污染物, 導致未經適當處理的廢水若直接排放, 將對水體和生態環境造成嚴重危害, 還會增加後續公司治理的難度和成本。

二、研究目的

本研究針對太陽能晶圓製程所產生的高濃度 COD 有機廢水, 使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法之兩階段生物處理系統進行模組化實廠試驗。期望透過以下目標, 驗證使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法之高效能與適用性, 進而為太陽能產業廢水處理提供技術支持:

製程廢水特性: 分析廢水 COD 濃度與製程原物料之間的關聯性, 可以更準確瞭解污染來源, 製程使用有機原物料或添加劑導致廢水中 COD 濃度偏高, 如替換低污染原物料, 將能有效降低廢水污染負荷, 為後續的污染治理提供方向與技術支持。

處理技術去除效率比較: 為評估使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法生物處理系統在有機廢水中 COD 濃度去除效率, 本研究將與其他常見的物理、化學、生物處理技術進行比較分析, 評估其優勢與限制。

系統處理能力評估: 評估使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法生物處理系統對不同 COD 濃度廢水的處理能力, 並進一步探討系統在高負荷運行條件下的穩定性與效能。

三、相關理論及研究

廢水處理技術主要包括物理、化學與生物處理法, 各種技術在不同類型廢水處理上的應用與優缺點已廣為研究。其中, 上流式厭氣污泥床反應器因其具有高有機負荷處理能力、污泥停留時間長、污泥產生量低等優勢, 被廣泛應用於高濃度有機廢水處理。然而, 單獨使用厭氣處理仍可能面臨去除效率受限、產氣效率下降等挑戰, 因此, 結合後續好氧處理

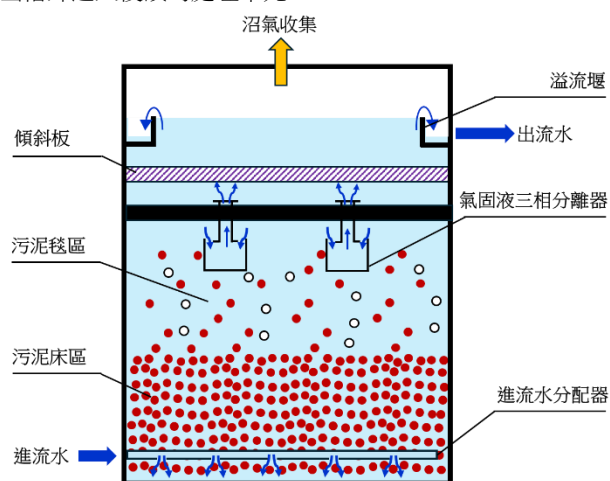
(如接觸曝氣法)以進一步降解有機污染物, 成為一種具發展潛力的技術組合。本節將回顧與本研究相關的文獻, 透過文獻探討, 進一步分析本研究所採用的上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法在處理太陽能晶圓廢水之可行性與技術優勢, 為後續實驗研究奠定理論基礎。

(一) 上流式厭氣污泥床(UASB)

在 20 世紀中期, 廢水處理多採用好氧處理方法, 如活性污泥法。然而, 好氧系統的運行成本較高, 需要大量的曝氣能源, 這在處理高濃度有機廢水, 如食品加工、造紙和畜牧業廢水時尤為突出。因此, 發展低成本、能源自給的厭氣處理技術成為重要研究方向, 傳統厭氣處理如厭氣消化池的固液分離效果有限, 容易產生污泥流失和長啟動時間的問題, 也限制了厭氣技術的應用效率。

Lettinga, van Velsen, Hobma, de Zeeuw, and Klapwijk(1980)發表的研究, 首次詳細介紹了上流式厭氣污泥床(UASB)技術的設計理念及其在廢水生物處理中的應用潛力。該研究探討了上流式厭氣污泥床系統在不同操作條件下的性能, 包括污泥顆粒化的形成機制、厭氧微生物的分層結構及其對有機污染物的去除效率。研究結果顯示, 上流式厭氣污泥床技術具備高效的有機負荷處理能力, 尤其適合高濃度有機廢水的處理。文章還指出, 上流式厭氣污泥床系統具有運行成本低、能量需求少、以及對多種廢水組成的適應性等優點。運用上升流方式, 使得廢水在反應槽中與微生物所形成的厭氧污泥層充分接觸, 進而將有機物降解。上流式厭氣污泥床系統不需要複雜的機器設備, 因此能減少能源消耗與機台維護成本, 具有更高的經濟性和技術靈活性, 這項技術不僅提升了廢水處理系統的效能, 也促進了全球對於環境工程領域中厭氧微生物技術的廣泛應用, 成為厭氧微生物處理技術中的一個重大指標, 為環境保護和可持續發展做出重要貢獻。Lettinga 教授提出上流式厭氣污泥床其特點是(1)污泥顆粒化: 反應器內部的厭氧污泥會自發形成顆粒狀污泥, 這些污泥顆粒密度高、沉降性能好, 能夠在反應器內保持較長的污泥停留時間(Sludge Retention Time, SRT)。(2)上流式設計: 廢水從反應器底部進入, 以上升流的形式與顆粒污泥接觸, 實現有機物的高效降解特性。(3)三相分離器: 在反應器頂部設置氣體、液體、固體三相分離器, 用於有效分離沼氣、處理後的廢水和污泥, 減少污泥流失。邵信(1997)針對上流式厭氣污泥床處理槽的適用性及工程設計等部份加以討論, 上流式厭氣污泥床構造示意圖如圖一, 新型上流式厭氣污泥床處理槽主要由四個部份構成, 即進水分佈裝置、污泥床、污泥毯及氣固液分離裝置。進水分佈裝置設置於反應槽的入口, 確保廢水均勻分布於反應器內, 促進與顆粒污泥的充分接觸。污泥床位於反應槽底部, 是由濃厚的顆粒污泥組成的層狀區域, 這

些顆粒污泥具有高密度和良好的沉降性能，促使顆粒污泥在反應槽內形成穩定的顆粒污泥床，提供了有機物的降解區。污泥毯位於污泥床上方，是在厭氧反應過程中由反應產生的氣體(主要是甲烷等沼氣)和與之混合的懸浮污泥部分，這層懸浮污泥部分是由顆粒污泥在氣體生成過程中浮起形成的。安裝於反應槽頂部的氣固液分離裝置，主要用於分離沼氣(氣相)、處理後的廢水(液相)和污泥(固相)。氣體被收集並排放到槽外，懸浮污泥則回到反應槽中，在水流較穩定的區域內進一步沉降，再返回處理槽內持續參與厭氧反應，處理水則排出槽外進入後續的處理單元。



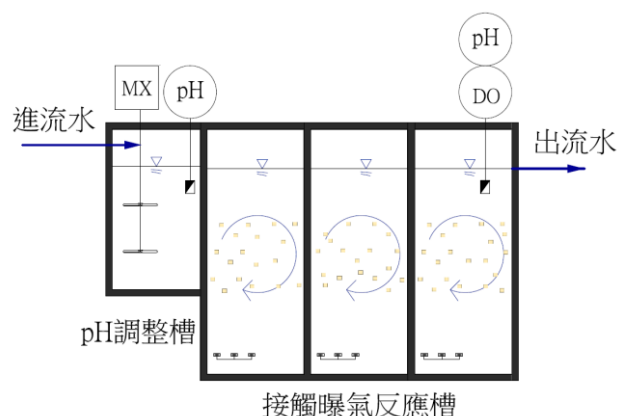
圖一 上流式厭氣污泥床構造示意圖

(二) 接觸曝氣法

接觸曝氣法(Contact Aeration Process)是一種生物處理技術，結合了活性污泥法與生物膜法的特點。其基本原理是讓污水與生物膜接觸，污水中的有機污染物被附著於填料上的微生物降解，轉化為二氧化碳(CO_2)、水(H_2O)及生物量。在有氧條件下微生物降解有機污染物，以達到去除有機污染物的效果。接觸曝氣法示意圖如圖二，進流水調整 pH 值後，引入接觸曝氣反應槽，內部設有固定式或懸浮式填料(如蜂巢狀填料、纖維填料、生物球等)，提供微生物附著的表面積，以形成生物膜，透過曝氣系統供應氧氣，促進有機污染物的降解。McKinney(1962)的研究提供了微生物降解與污泥特性方面的理論基礎，描述生物膜的形成過程，以及微生物如何附著於固體填料，分析微生物如何分解有機污染物，以減少水體污染。

Eckenfelder(1989)討論生物降解等技術的適用性與生物處理技術的應用，包括接觸曝氣法的設計原則。Reynolds and Richards(1996)該文獻概述了接觸曝氣法在水處理系統中的應用。Arceivala and Asolekar(2007)描述了接觸曝氣法的系統設計、操作與性能分析。Metcalf and Eddy(2014)提供接觸曝

氣法的運行參數，如溶解氧濃度、污泥回流比及最佳填料選擇。接觸曝氣法因其高效穩定的特性在廢水處理中廣受應用，其優勢主要源於生物膜的運作機制和系統結構設計。填料提供較大表面積，有助於生物膜的發展，提高污染物去除率。系統可適應水質與水量變化，適用於不同類型的工業廢水與生活污水處理。與傳統活性污泥法相比，污泥生產量較低，降低污泥處理成本。設備運行穩定，無需頻繁更換填料或清洗設備，維護管理簡便。然而歐陽崎暉(2001)指出接觸曝氣法在實際應用中也存在一些挑戰。首先，生物膜量難以精確控制，其增長或脫落受到進水負荷、水力條件以及微生物代謝等多種因素的影響，導致管理難度較高。此外，系統內可能會因環境條件的變化滋生大型生物，如後生動物或節肢動物(如甲殼類)，這些生物可能擾亂生物膜的穩定性，甚至造成生物膜大量脫落或堵塞接觸材料的表面，當生物膜脫落或流失時，短期內可能會導致系統承受負荷衝擊，進而影響出水水質。為避免這些問題，在實施接觸曝氣法時，需建立動態監測系統，定期檢查生物膜的狀態，並根據實際情況調整運行參數。此外，適當的清潔和維護也是確保系統穩定運行的重要手段。



圖二 接觸曝氣法示意圖

貳、方法

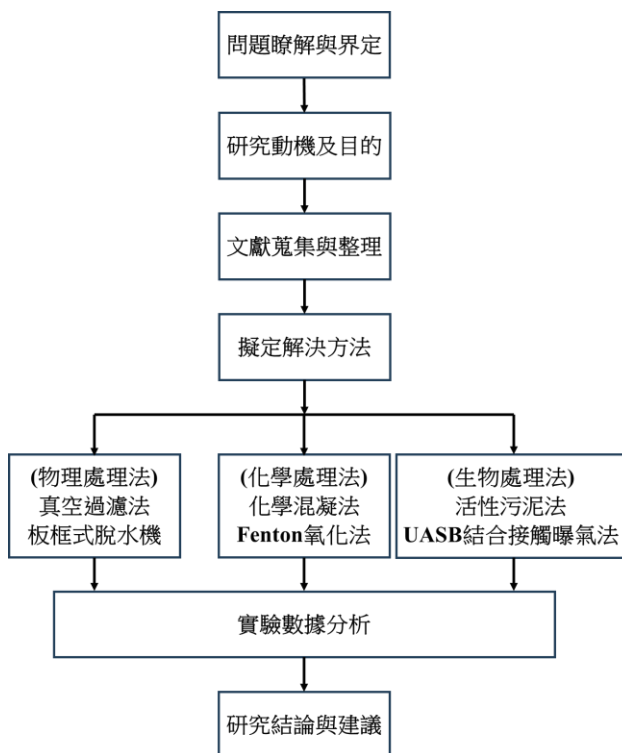
本研究對象為竹南科學園區某太陽能晶圓製造廠，主要聚焦太陽能晶圓生產所排放的製程廢水，特別針對廢水中含有難降解 COD 的特性，旨在評估各種廢水處理技術的可行性與處理效能，並尋求有效降低 COD 負荷，達到放流水標準的最佳解決方案。同時分析其他廢水處理技術進行實驗，包括物理處理(真空過濾法及板框式脫水機)、化學處理(氯化鐵、聚氯化鋁混凝劑、Fenton 氧化法)、生物處理(活性污泥法、使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法等)。為此，本研究使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法作為核心處理程序，深入探討

其對 COD 廢水的處理效能及合規性。由於此類廢水含有高濃度化學需氧量(COD)及其他難降解有機污染物，單一處理技術難以有效去除，因此本研究採用厭氧結合好氧生物處理技術，透過厭氧階段降解大部分可生物降解有機污染物，並以好氧階段進一步分解殘留有機污染物，以期提升整體處理效率，降低出流水 COD 濃度，使其符合放流水標準。

為了驗證此處理技術的可行性，本研究設計了一套實驗室規模的結合上流式厭氣污泥床反應槽與接觸曝氣反應槽之生物處理系統，並透過系統馴化、負荷提升與操作參數調整等試驗，評估系統的穩定性與處理效能。研究過程主要包含以下步驟：污泥植種與馴化、負荷提升試驗、操作參數影響評估、比較不同處理技術等，本研究實驗方法說明如下：

一、研究架構與流程

本研究將採用物理、化學和生物處理技術進行實驗室分析，最後選用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法進行實廠模組試驗(圖四)。繪製之研究流程圖如圖三所示。



圖三 研究流程圖

二、實驗儀器設備



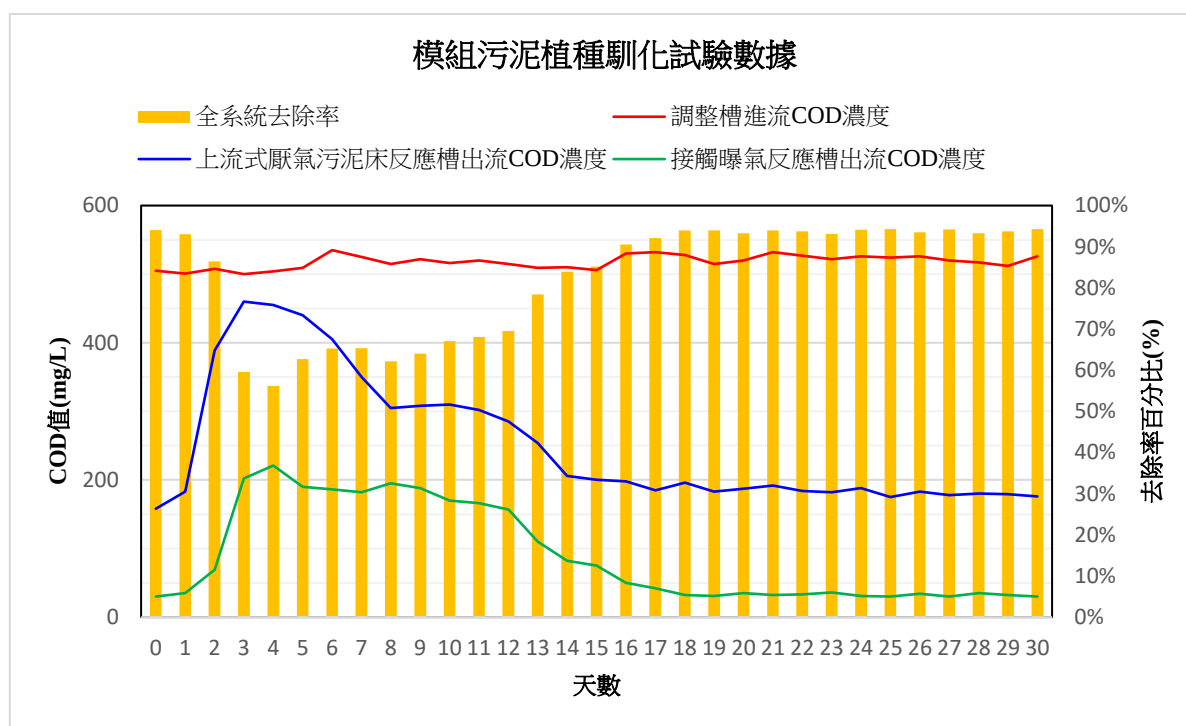
圖四 結合上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法模組

參、結果

本研究從實驗模組的規劃、製作到組成，逐步完成模組連續試驗並取樣分析水質，經由數據統計與結果彙整，對系統性能進行深入探討。研究過程聚焦於使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法模組的應用，涵蓋以下幾個核心主題：首先，研究污泥植種與馴化過程，建立穩定的生物處理系統；其次，評估系統在最高 COD 負荷條件下的處理能力與抑制機制，驗證系統在穩定運行下是否能夠處理高濃度 COD 廢水，並使其出流水符合放流水水質標準。最後通過連續試驗，深入觀察系統操作參數(如水力停留時間、進流 COD 濃度等)對廢水 COD 降解性能的影響，進行綜合評估。此外，研究將結合上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法的 COD 去除效率與其他廢水處理技術進行比較，探討其成效與技術優勢。

一、馴化試驗

使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法模組，污泥植種馴化試驗啟動後 COD 去除數據如圖五所示，在調整槽進流水 COD 保持 500 mg/L~535 mg/L 穩定條件下，第 15 天起上流式厭氣污泥床反應槽出流水已穩定在 200 mg/L 以下，厭氧段 COD 去除率 60.47%~66.60%。接觸曝氣反應槽第 16 天起出流水已穩定在 50 mg/L 以下，好氧段 COD 去除率 74.75%~83.67%。經過 30 天的全系統運行，出流水 COD 穩定維持在 30~50 mg/L，全系統 COD 去除率達到 90.57%~94.30%，出流水清澈沒有污泥流失情形，反應槽運行穩定，表明馴養階段已順利完成，系統具備進行下一階段 COD 負荷提升的條件。



圖五 模組污泥植種馴化試驗

二、負荷提升原則

在模組污泥植種馴化試驗完成後，負荷的提升需要謹慎且逐步進行，以確保系統的穩定運行。初期負荷的增加應以小幅度為主，通常控制在原有負荷的 10%至 30%之間。在每次提升負荷後，系統應保持穩定運行至少 2 至 3 個水力停留時間，確保微生物群落能適應新的負荷水平，並根據出水水質和系統穩定性判斷是否可以繼續提升負荷。負荷提升的過程中，必須密切監測系統的運行參數，包括出水 COD 濃度、pH 值、揮發酸(Volatile Acids, VA)濃度及其與鹼度(Bicarbonate Alkalinity, BA)的比值。如果水質數據顯示出流水質穩定、pH 值維持在 6.8 至 7.5 之間，並且 VA/BA 的比值低於 0.4，則可進一步提高進水 COD 濃度，以達到提升系統處理效率的目的。此外，需特別關注若在提升 COD 負荷的過程中觀察到污泥脫落或出水水質出現波動，應暫停負荷的進一步增加，並適當調整運行條件。

每完成一階段負荷提升後，應每日對系統進行全面的穩定性評估，包括上流式厭氣污泥床及接觸曝氣反應槽進出流水質檢測，水質分析包括 pH、COD、SV₃₀、VA/BA、溶氧濃度(Dissolved oxygen, DO)等，當系統運行穩定且達到設計指標時，可進一步提升負荷，最終達到目標設計容量。這種逐步提升的方式有助於減少突發性負荷對系統的影響，確保處理槽在高效穩定的狀態下運行。上流式厭氣污泥床反應槽體積負荷提升幅度原則如表一所示：

表一 上流式厭氣污泥床反應槽體積負荷與對應之負荷提升幅度

原有負荷(kg COD/m ³ -day)	負荷提升幅度(%)
1 以下	30
1~2	20
2~3	15
3 以上	10

三、系統負荷提升試驗

有機負荷率(Organic Loading Rate, OLR)是衡量廢水處理系統處理效率的重要指標之一，通常以每日每單位反應槽體積所接收的 COD 量來表示，單位為 kg COD/m³-day。本研究之反應槽操作包含馴養適應階段、負荷提升階段，以及穩定運行階段，其操作條件皆依循馴養適應階段的條件逐步調整，以確保生物系統的穩定適應性。觀察使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法反應槽模組的 COD 去除效能與穩定性，整理各階段進出流水 COD 負荷變化如表二及圖六所示。當進流水 COD 濃度維持在 2,950 mg/L 左右(對應負荷 2.97 kg COD/m³-day)時，上流式厭氣污泥床反應槽 COD 去除率維持在 70 %以上，而經接觸曝氣反應槽處理後，全系統出流水 COD 濃度維持在 83 mg/L 以下，全系統 COD 去除率約 97.6 %，符合環境部公告放流水標準 COD 限值 100 mg/L 以下。然而，當進流水 COD 濃度為 3,200 mg/L 左右時，系統開始

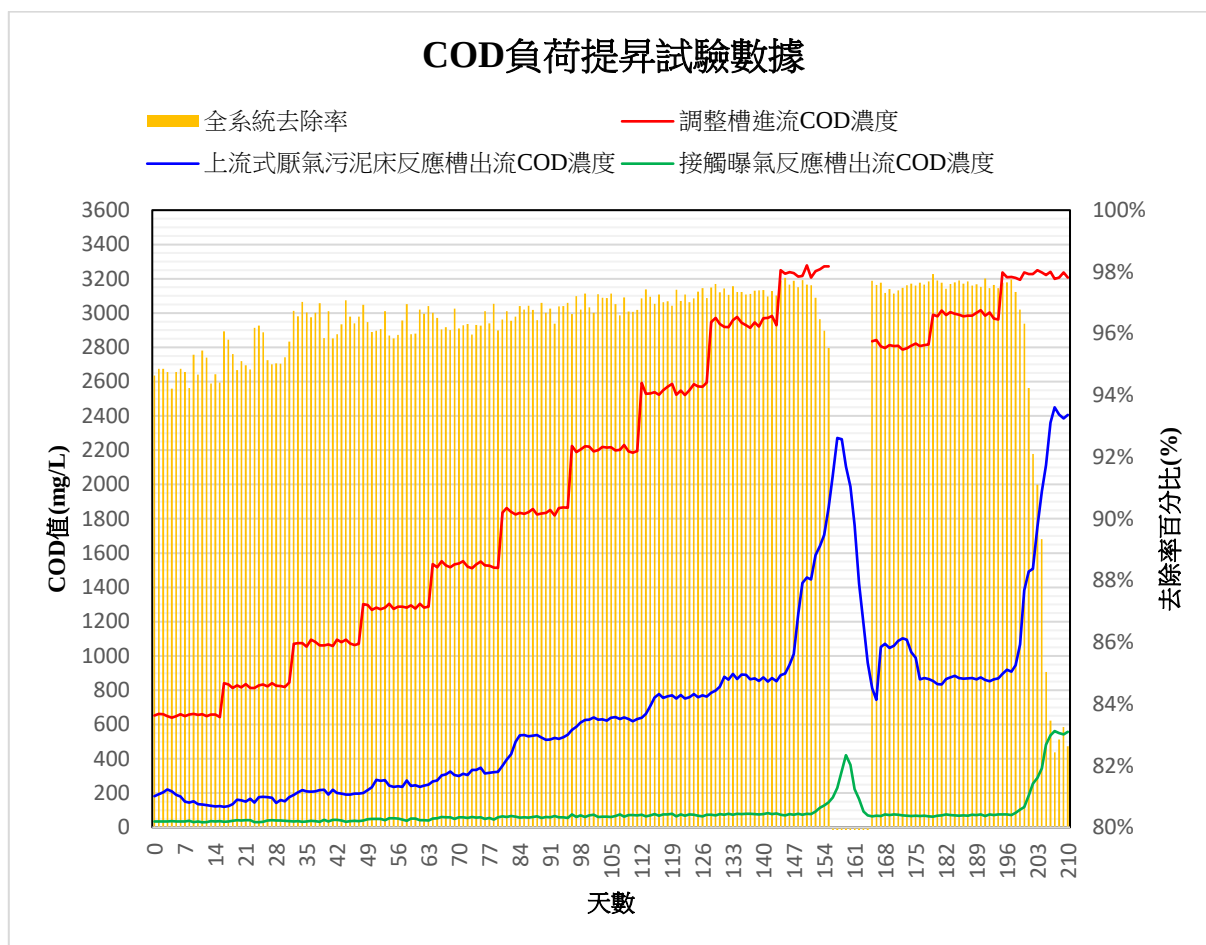
出現過負荷現象，導致處理效能明顯下降。上流式厭氣污泥床反應槽出流水 COD 去除率驟降至 25 %，而接觸曝氣反應槽出流水 COD 也升高至 557 mg/L，已超過放流水標準。根據實驗數據，最佳運行範圍為進流水 COD 濃度 2,800~3,000 mg/L(對應負荷 2.82~3.02kg COD/m³-day)。在此條件下，上流式厭氣污泥床反應槽出流水 COD 可穩定維持在 864 mg/L 以下，而接觸曝氣反應槽可進一步降解至 72 mg/L，使全系統 COD 去除率達 97.5 %。這表明系統在該範圍內能夠維持長期穩定運行，適用於處理高濃度有機廢水，並提供一種高效且

可行的解決方案。然而，當超過 3.23 kg COD/m³-day 時，COD 去除率明顯下降，表明微生物群落已無法有效降解高濃度有機物。

綜合而言，本研究確定上流式厭氣污泥床反應槽最佳操作負荷範圍為 2.82~3.02 kg COD/m³-day，超過該範圍則可能導致 COD 去除率下降，進一步影響系統穩定性。未來工程應用時，應以此數據為基礎，進行進一步試驗與調整，以確保系統長期穩定運行。

表二 使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法反應槽模組 COD 負荷變化

天數	階段	COD 負荷 (kg COD/m ³ -day)	進流水 COD 濃度 (mg/L)	上流式厭氣污泥床 反應槽出流水 COD 濃度 (mg/L)	上流式厭氣污 泥床 反應槽去除率 (%)	接觸曝氣反應槽 出流水 COD 濃 度 (mg/L)	全系統 COD 去除率 (%)
0~15	初始階段	0.66	650±5 %	228	65.70 %	38	95.40 %
16~31	中低負荷	0.86	850±5 %	120~178	78.5~85.7 %	43	96.20 %
32~47		1.11	1,100±5 %	189~220	79.2~82.5 %	44	97.00 %
48~63		1.31	1,300±5 %	201~278	78.3~84.6 %	53	97.00 %
64~79		1.56	1,550±5 %	268~348	77.6~82.6 %	61	97.00 %
80~95	中高負荷	1.87	1,850±5 %	500~541	70.5~80.4 %	67	97.00 %
96~111	高負荷	2.22	2,200±5 %	612~643	70.8~74.4 %	75	97.30 %
112~127		2.57	2,550±5 %	700~777	69.2~75.3 %	80	97.50 %
128~143		2.97	2,950±5 %	820~895	69.6~73.4 %	83	97.60 %
144~155	負荷極限	3.28	3,250±5 %	1,866	43 %	146	95.50 %
156~164	暫停進料	—	—	—	—	—	—
165~178	高負荷重新	2.82	2,800±5 %	872	69.30 %	65	97.70 %
179~194	進料	3.02	3,000±5 %	864	70.60 %	72	97.50 %
195~210	負荷極限	3.23	3,200±5 %	2,406	25.00 %	557	82.60 %



圖六 COD 負荷提昇試驗數據

四、系統處理成效綜合評估

本研究針對太陽能晶圓廢水的 COD 特性，評估目前業界常用的廢水處理技術，包括物理處理(真空過濾法與板框式脫水機)、化學處理(氯化鐵、聚氯化鋁混凝劑及 Fenton 氧化法)以及生物處理(活性污泥法與結合上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法)。根據實驗結果(表三)，真空過濾法、板框式脫水機、氯化鐵、聚氯化鋁混凝劑及 Fenton 氧化法對於 COD 的去除效率皆低於 30%，無法使處理後放流水的 COD 降至放流水標準限值 100 mg/L 以下。此外，雖然好氧活性污泥法在中低濃度廢水中表現出較佳的 COD 去除效果，但其需長達 6 至 7 天的水力停留時間(Hydraulic Retention Time, HRT)，在實廠應用上不具可行性。主要原因在於廠區用地取得困難，難以建造長時間停留且佔地面積大的廢水處理設施，且好氧生物處理系統亦不適合過長的停留時間運行操作。

綜合分析結果，結合上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法在高濃度廢水處理方面展現較佳的處理效率與穩定性，不僅能有效降低 COD，亦具備較低的運行成本與較小的佔地需求，

因此在太陽能晶圓廢水處理應用上具有良好的發展潛力。

表三 處理效率分析

處理方法	處理前 COD 值 (mg/L)	處理後 COD 值 (mg/L)	去除率 (%)
結合上流式厭氣 污泥床 與接觸曝氣法	814~1,096	31~44	95.99~96.19
真空過濾法	792~825	750~780	5.30~5.45
板框式脫水機	792~825	612~655	20.61~22.73
氯化鐵混凝劑	745~812	575~626	22.35~22.91
聚氯化鋁(PAC) 混凝劑	745~812	560~608	24.83~25.12
Fenton 氧化法	757~850	494~683	12.27~37.25
批次式好氧活性 污泥測試模組	610~922	89~202	78.09~85.41

肆、結論

本章將根據研究結果，綜合討論使用上流式厭氣污泥床

與接觸曝氣法系統運行過程中的關鍵發現，包含污泥馴化與適應性、負荷提升的可行性、操作參數對處理效能的影響，以及與其他廢水處理技術的比較，進一步確認使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法系統在處理太陽能晶圓廢水的技術優勢與應用潛力。此外，基於實驗結果與數據分析，本章亦將提出未來研究方向與應用建議，包括系統優化、參數調整、擴展工業應用的可行性，以及其他先進處理技術的整合建議，以提供後續相關研究與實際應用之參考依據。

一、結論

- (一) 污泥馴化與系統穩定性：透過適當的污泥植種與馴化，上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法可穩定降解太陽能晶圓廢水中的高濃度有機污染物，COD 去除率達 90.57 %~94.30 %，系統運行穩定，無污泥流失。
- (二) 負荷提升能力：系統可穩定處理進水 COD 濃度高達 2,950 mg/L，COD 去除率約 97.6 %。當負荷超過 3.23 kg COD/m³-day 時，去除效率下降，確定上流式厭氣污泥床最佳操作負荷範圍為 2.82~3.02 kg COD/m³-day，顯示該技術可適應高有機負荷並具擴充潛力。
- (三) 操作參數影響：適當調控水力停留時間(HRT)、進水流量與回水流量，可提升處理效率並維持系統穩定運行。
- (四) 技術比較與應用潛力：相較於物理、化學與傳統生物處理技術，使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法的處理技術在高濃度廢水處理上表現最佳，具高 COD 去除效率、低運行成本及較小佔地需求，適合應用於太陽能晶圓廢水處理。

二、建議

- (一) 未來的應用建議：基於本研究的結果，使用上流式厭氣污泥床與接觸曝氣法的處理技術可以作為一個可行的處理方案，推薦在大規模的太陽能晶圓廢水處理應用中進行更深入的測試與驗證，並根據廢水的具體特性進行系統優化。
- (二) 進一步的研究方向：可以進一步探索不同的操作條件下(如溫度、pH、回水流量等)對系統性能的影響，尤其是對污泥的沉降性和長期穩定性進行深入研究。此

外，可以考慮將其他先進的廢水處理技術(如膜過濾、臭氧氧化等)與本系統結合，以提高處理效率。

- (三) 工業應用建議：建議在實際工業應用中，根據廢水特性調整進水負荷，確保系統運行在最佳操作範圍內。對於 COD 負荷較高的廢水，可以設計多階段處理系統，以應對不同的污染物濃度變化。
- (四) 監控與維護：建議設置完善的監控系統，即時監控關鍵運行參數(如 COD 濃度、溶氧、pH、揮發酸/鹼度比值等)，以確保系統運行穩定。

參考文獻

- 千日綠能(2024, 10月17日)。太陽能將再次出現可觀性成長！IEA：全球再生能源佔比2030年預計達50 %。資料引自12月25日，2024年，https://www.greenlinks.com.tw/news_detail127.htm
- 邵信(1997)。厭氧處理槽之適用性與工程設計實務。**工業污染防治**，16卷3期，96-124頁
- 歐陽嶠暉(2001)。下水道工程學。台北市：長松文化興業股份有限公司。
- Arceivala, S. J., & Asolekar, S. R. (2007). *Wastewater Treatment for Pollution Control and Reuse* (3rd ed.). Tata McGraw-Hill Education.
- Eckenfelder, W. W. (1989). *Industrial Water Pollution Control*. Boston : McGraw-Hill
- Lettinga, G., van Velsen, A. F. M., Hobma, S. W., de Zeeuw, W., & Klapwijk, A. (1980). Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, 22(4), 699–734.
- McKinney, R. E. (1962). *Microbiology for sanitary engineers*. McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill.
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering* (2nd ed.). PWS Publishing Company.

A Study on the Optimization of Solar Wafer Wastewater Treatment Using Upflow Anaerobic Sludge Bed and Contact Aeration Process

Chu, Ping-Hui & Ma, Heng

Department of Industrial Management, Chung Hua University

Abstract

With the rapid development of the solar energy industry, the high-strength organic wastewater generated from solar wafer manufacturing has become a significant environmental concern. This study investigates the feasibility and stability of optimizing the treatment of solar wafer wastewater using a combination of Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB) and contact aeration processes. Experimental results showed that under high-loading conditions with an influent Chemical Oxygen Demand (COD) concentration of 2,950 mg/L, the system remained stable. The UASB reactor maintained a COD removal efficiency of over 70%. After further treatment with the contact aeration process, the effluent COD concentration of the overall system remained below 83 mg/L, with a total COD removal efficiency of approximately 97.6%. This meets the effluent discharge standard of the Ministry of Environment, which requires COD to be below 100 mg/L, indicating that the biological system exhibits strong adaptability and resistance to high-strength organic wastewater. Overall, the results confirm that the combination of UASB and contact aeration is an effective and feasible technique for treating solar wafer manufacturing wastewater.

Keywords: solar wafer wastewater, Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB), contact aeration process, COD removal efficiency

南開學報投稿須知

92 年 4 月 2 日學報編輯委員會會議通過
93 年 12 月 15 日學報編輯委員會會議通過
98 年 3 月 17 日學報編輯委員會會議通過
100 年 11 月 30 日學報審查會議通過
102 年 12 月 27 日學報審查會議通過

- 一、宗旨：本校為鼓勵學術研究，提昇各專業領域之學術水準，特發行「南開學報」(以下簡稱本學報)，以提供研究著作發表機會。
- 二、範圍：凡屬各學科理論與實務之研究或具有開創性之各類研究論著，並未曾在國內外其他刊物發表者，均歡迎賜稿。
- 三、對象：本學報徵稿對象以本校教師學術論著為原則，亦歡迎國內外各專業學術人士投稿。
- 四、格式：來稿文字以中、英文為主，內容分為首頁(含題目、作者、服務機構及單位、摘要、關鍵詞)，接著為正文，論文以不超過二十頁為原則，最後一頁為英文摘要(以英文撰稿者，最後一頁則為中文摘要)。全文以 Microsoft Word 軟體排版。本刊論文自然及社會科學類分為下列五部分：壹、緒論(含問題背景、相關理論及研究、研究動機、研究目的)；貳、方法(含研究對象、研究工具、資料處理)；參、結果(含各項結果的統計圖表、解釋及討論)；肆、結論(將研究的重要結果做出結論並提出相關建議)；參考文獻(排列順序為中文、英文、其他外文。中文依作者姓名筆劃排序，筆劃少者排在前面，同姓名者年代少者排在前面；英文依作者姓氏字母排序，字母在前者排在前面，同姓名作者，年代少者排在前面。以英文撰稿者，分為：1.Introduction; 2.Methods; 3.Results; 4.Conclusions; References。質性及人文類則分為下列四部分：壹、緒論(含背景、目的、方法)；貳、本文及注釋(可分數節敘述)；參、結論(可依結果分節做出結論)。參考文獻(排列順序為中文、英文、其他外文)。

稿件格式：

- **文字** 稿件可用中文或英文撰寫，中文以細明體，英文以 Times New Roman 呈現。中文的標點符號採全型，英文的標點符號採半型。
- **題目、作者** 論文之題目須列於稿紙之中央對稱位置，中文稿件採 18 號字體加黑，英文稿件採 16 號字加黑。論文題目宜簡明，題目底下為作者姓名(採 14 號細明體)，作者底下應標明服務機關及其服務單位(兩者中間空一個全型格，採 12 號細明體不加黑)。若作者有兩位(含)以上，而作者為不同服務機構或服務單位者，在第一個作者名字後面標示 1(並用上標呈現)，第二作者名字後面則標示 2(亦以上標呈現)，餘類推。第一作者的服務機構前面標示 1(用上標呈現)，第二作者的服務機構前面則標示 2(用上標呈現)，餘類推。若所有作者之服務機構及服務單位均相同者，則不需此標示。
- **中文摘要** 摘要二字採 14 號字體加黑置中，以不超過 500 字為原則(內容宜含目的、方法、結果與結論)，摘要後，另起一行，全部以一段式呈現，並含 3~5 個關鍵詞，關鍵詞字樣採 12 號字體加黑，不得與題目中的名詞重複。
- **英文摘要** 英文摘要應與中文摘要一致，Abstract 一字以 Times New Roman 14 號字體加黑置中。一般性的論述可用現在式呈現，但有關論文的部分則須以過去式的時態呈現。
- **排版** 稿件以橫式打字，採通欄格式，列與列間之間隔採 1.5 倍行高，以 A4 紙張印製，一式需附三份，文中引用英文除人名、專有名詞字母大寫外，其餘引用之英文字詞皆以小寫表示。
- **標題** 中文稿件正文第一層大標題，採 16 號字加黑置中(例如：壹、緒論)，第二層小標題採 14 號字加黑，自左緣開始，本文為 12 號字。英文稿件正文第一層大標題，採 14 號字加

黑置中(例如:Introduction),第二層小標題採 12 號字加黑,自左緣開始,本文亦為 12 號字。

- **標題編列方式** 內文的標題編列方式依次以：一、;(一);1;(1);①...進行)。內文採 12 號字體。
- **參考資料** 內文所引用之資料,在參考文獻中必須呈現。所引用之中文資料,以姓氏筆劃排序,筆劃少者在前。英文資料則以姓氏字母排序,字母在前者排序在前。同時有中、英文資料者,中文在前,英文在後。
- **數學式** 公式及方程式均須打字(公式請以斜體字表之,向量及矩陣符號建議用方程式編輯器編輯),並須標明式號於圓括弧內;每一式之上下須多空一列。文中出現符號者請附符號索引說明於文後,按英文字母及希臘字母順序排列。
- **插圖** 文稿中所有插圖或照片皆需品質明晰、線條清楚,圖表中之文字須清晰度夠大使其縮小時仍具足夠清晰度;所有圖及照片必須附有序號及標題或簡短說明。若投稿稿件有彩色原圖,稿件接受後須以彩色印製,其費用由作者自行負擔。圖的標題必須放在圖的正下方。圖的編號依序為圖一、圖二...依序編號。
- **統計表** 各項統計表只採橫線,最上及最下的線採 1 又 1/2 的粗線,其他的線則採 1/2 的細線。統計表在整個版面應放在置中的位置,而表的標題則放在表的正上方置中位置。表的編號是由表一、表二...依序編號。
- **聯絡方式** 在全文最後一頁下方,需註明主要通訊作者姓名、聯絡地址、聯絡電話、及電子信箱。
- **參考文獻** 排列順序應以中文在先,英文在後為原則,中文文獻以作者姓氏筆畫排序,英文文獻請依作者姓氏字母順序排序。期刊、書籍需列全名。各類參考文獻之寫法須依本刊物規定的格式撰寫(格式如附件)。

五、審查：作者先將稿件(Word 檔)傳至南開學報編輯部(電子郵件 journal@nkut.edu.tw 或燒製成光碟片),由所屬領域編輯委員進行初審,通過初審之稿件再由執行編輯審查體例格式。審查通過者則由各領域編輯推薦審查委員若干名,由總編輯挑選兩名為審查委員(原則上為校內一名,校外一名)。本學報採雙匿名審查制,來稿採用與否,由校內外專家審查後決定之。審查委員審查後,若兩名均不接受刊登,此稿即不採用。若一名接受刊登,一名不接受,則再送第三名審查委員。若有修正後再審情形,則作者需根據審查委員意見進行答辯或修正至通過後方能接受刊登。若兩名審查委員均接受刊登,此稿件即可刊登。稿件如經接受,將請作者協助排版後首次校稿作業及提供著作授權同意書以利編務之進行。若有彩色圖之印製,費用由作者自行負擔。

六、校對：經審定採用之稿件,其文責由作者自負。

七、版權：來稿經刊登後,著作權及版權仍歸作者所有,唯作者不得向本校索取版權費,並須同意授權本刊以各種型式發行及重製、得連結電腦網路提供服務、並為符合數位化之需求,酌作格式之修改;同時本刊得再授權予國家圖書館『遠距圖書服務系統』或其他資料庫業者進行前述各項作為。

八、稿酬：來稿經採用刊登,致贈該期學報一本及該稿件、該期目錄之 Pdf 檔,不另致贈稿酬。

九、刊期：本學報全年徵稿,每年六月及十二月各出刊一期。

十、收稿：初次來稿須附投稿資料電子檔(Word 檔),寄至南開科技大學南開學報編輯部收。

電話：(049) 2563489 轉分機 2932

地址：542 南投縣草屯鎮中正路 568 號

電子郵件：journal@nkut.edu.tw

網址：<http://www.nkut.edu.tw/front/News/news.php?ID=bmt1dF9tYWluJk5ld3M=&Sn=988>

十一、備註：來稿請自留底稿,無論採用與否,恕不退件。

附件

南開學報參考文獻撰寫範例

一、期刊論文：

張俊一（2008）。應用社會網絡分析概念探索老年人的休閒經驗：一個質性研究。**大專體育學刊**，10 卷 3 期，41-55 頁。【註一：期刊名要加黑，卷的數字也要加黑。】；【註二：假如所有的作者姓名都相同時，同一年有兩篇論文發表，其中一篇在年代後面加上”a”，另一篇則在年代後面加上”b”，餘類推。】

徐清俊、林侑義（2008）。台灣加權股價指數與中國概念股股價指數之關聯性研究。**南開學報**，5 卷 1 期，17-24 頁。【註：中文的參考文獻其作者有 2 至 6 個時，作者姓名之間都是用「、」號隔開。】

Wofford, J. C., & Goodwin, V. L. (1994). A cognitive interpretation of transactional and transformational leadership theories. *Leadership Quarterly*, 5(2), 161-186.

【註一：英文的參考文獻有兩個或兩個以上的作者時，最後一個作者姓氏前面要加上 & 號，在 3 至 6 個作者時，& 之前要加上逗號。】；【註二：英文期刊名要用斜體，有卷和期時，卷的數字要用斜體呈現，若只有期時，則期的數字要用斜體。英文期刊名要用全名，不可用縮寫。】；【註三：若作者在 6 名（含）以下時，應該將所有的作者都列出，若是超過 6 名時，只列前 6 名作者，中文的參考文獻在第 6 名之後加上「等」，英文的參考文獻則加上“et al.”。】

二、書籍：

黃芳銘（2004）。**社會科學統計方法學：結構方程模式**。台北市：五南。

【註：書名要加粗。】

曾文煌（1988）。從人格發展看中國人性格。載於李亦園、楊國樞編：**中國人的性格**（235-267 頁）。台北市：桂冠。【註：被引用的書，其書名要加粗，並在其後註明頁碼。】

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 【書名要用斜體呈現，第一個字的第一個字母要大寫，其餘用小寫即可。但若有副標題時，第一個字的第一個字母要大寫，其餘均為小寫。】

Pelletier, L. G., & Sarrazin, P. (2007). Measurement issues in self-determination theory and sport. In M. S. Hagger & N. L. D. Chatzisarantis (Eds.), *Intrinsic motivation and self-determination in exercise and sport* (pp. 143-152). Champaign, IL: Human Kinetics. 【有兩個編者時，要用”Eds.”，若只有一個編者時，則只用”Ed.”。】

三、翻譯書籍：

McDowell, L. (2006). **性別、認同與地方**（王志弘、徐若玲）。台北市：女書文化（原著於 1999 年出版）。【註：此文獻應放在英文部分。】

Laplace, P.-S. (1951). *A philosophical essay on probabilities* (F. W. Truscott & F. L. Emory, Trans.). New York: Dover. (Original work published 1814)

四、研討會論文：

蔡育佑（2003）。**大專學生運動行為改變計畫之研究**。論文發表於中華民國大專院校九十二年體育學術研討會，桃園縣，國立體育學院。

【註：所發表的論文題目要加粗。】

Liao, C. M., Lin, C. P., Hung, Y. F., & Shu, W. T. (2005). *The measurement of expectancy and value beliefs in sport: Confirmatory factor analysis and factor validity of a Chinese-language instrument*. Paper presented in the ISSP 11th World Congress of Sport Psychology, Sidney, Australia.

【註：所發表的論文題目要用斜體字呈現。】

五、學位論文：

高毓秀（2002）。**職場員工運動行為改變計劃之實驗研究——跨理論模式之應用**。未出版之博士論文，臺北市，國立臺灣師範大學衛生教育系博士班。

【註：屬高教體系的學校，若畢業的學系不是獨立所，而是在某個學系的博士班時，應標明是某某學系的博士班，或是某某學系的碩士班。若屬技職體系的學校時，就註明是某某系博士班，或某某系碩士班。】

王玲（2004）。**女子甲組籃球運動員的技術訓練**。未出版之碩士論文，桃園縣，國立體育學院教練研究所。【註：若畢業的是獨立所，則可直接標示其所名。】

Foose, A. K. (2004). *Relationship between social-network and leisure activity patterns of older adult*. Unpublished doctoral dissertation, The Indiana University. 【註：若畢業的是碩士論文，則用 Unpublished master thesis】

六、沒有作者的論文或書籍：

國民體能常模報告書（2001）。台北市：行政院體育委員會。

Publication Manual of the American Psychological Association (5th ed.)(2001). Washington, DC: American Psychological Association.

七、印刷中的論文或書籍：

陳其昌（印刷中）。大學運動員的運動目標取向和團隊規範對運動精神的影響。**大專體育學刊**。

Cooke, K., & Davey, P. R. (in press). Tennis ball diameter: The effect of performance and the concurrent physiological responses. *Journal of Sports Science*.

八、從資料庫中引用的資料：

Gottfredson, L. S. (1980). *How valid are occupational reinforcer pattern scores?* (Report No. CSOS-R-292). Baltimore, MD: Johns Hopkins University. Center for Social Organization for Schools. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 182465)

Olfman, S. (1987). Relationships among physical fitness, cognitive performance and self-concept in older adults. *Dissertation Abstract International*, 48, B271.

九、從報紙上引用的資料：

（一）有作者的報導

范凌嘉（2009，2月27日）。兩岸特殊經貿協定 架構先談。**聯合報**，A3 頁。

（二）無作者的報導

社論 — 居住正義的未盡之功是房產稅制（2010，5月13日）。**聯合報**，A2 頁。

【註：從何種報紙所引用的資料，其報名應加粗，並註明頁碼。】

Schwartz, J. (1993, September 30). Obesity affects economic, social status. *The Washington Post*, pp. A1, A4. 【註：所引用的報名要用斜體呈現，若引用的資料有兩個頁碼，前面要加上 pp.，若只引用一頁，則只在前面加上 p.。】

十、從網路上引用的資料：

林和安（2005，1月27日）。玄學是精神學問、氣功需尋求突破。**人體科學**。資料引自 2月25日，2005 年，<http://www.cgan.com/cganself/founder/manscience/body7.htm>。【註：前面的年代及月日是該資料掛上網的時間，而後面的年代及月日是作者引用該資料的時間。】

Ministry of the Interior. (2000, July 27). The statistical analysis on major indicators of the elderly. *Topic of English Version of Ministry of the Interior Statistical Information Service Website*. Retrieved March 5, 2003, from <http://www.moi.gov.tw/W3/stat/english/etopic/89elder.htm>.

十一、專利：

岸本彰彥（1979）。耐衝擊性樹脂的製造方法。日本公開特許公報，99194。

Fitko, C. W., & Ravve, A. (1967). *Structure analysis*. U.S. Pat, 3374723.