

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1122452

學門專案分類/Division：工程

計畫年度：112 年度一年期 111 年度多年期

執行期間/Funding Period：2023.08.01 – 2024.07.31

以智慧城市污染源預防管理案例融入 CDIO 教育模式與提升跨領域營建管理素
養導向之行動研究

**Action Research on the Integration of Smart City Pollution Prevention and
Management Cases into the CDIO Approach and the Enhancement of
Interdisciplinary Construction Management Competence**

營建管理 Construction Management

計畫主持人(Principal Investigator)：陳介豪

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立中央大學土木工程學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2024 年 9 月 9 日

摘要

本教學實踐研究計畫以營建管理領域之基礎專業學科導入 CDIO 工程教育模式，目標為透過行動研究法降低申請者過去於教學現場所發現學用落差的問題。

課程將以營建管理專業知識為基礎，增加非傳統講述型之多元課程活動，藉由污染源預防及管理相關領域專家之案例探討與分析、帶領學生實地參訪水質監控站、農地與灌溉渠道現地訪查，擬定專案報告計畫並每週填寫小組進度自我檢核表，結合智慧城市核心概念，使學生依循構思、設計、實現、運作的循環過程，以團隊合作形式執行案例分析及專題報告，於執行過程中培養實作與解決問題能力，進而提升跨領域的營建管理素養。

研究採用 Rubrics 評量，提供教師教學改進與學生學習成效之即時回饋，並分析期中回饋及期末教學評量結果，做為未來課程內容規劃之改進參考。

關鍵字：智慧城市、污染源防治、營建管理、CDIO 教學模式、行動研究

ABSTRACT

The teaching practice research introduces the CDIO approach based on the basic professional disciplines in the field of construction management. The goal is to reduce the mismatch between knowledge and skills found by applicants in teaching scene through action research methods. Based on the professional knowledge of construction management, interdisciplinary curricular activities with the form of non-didactic instruction are adopted. The implement of the course "Construction Management" will include cases analysis and discussion by specialists in the field of pollution prevention and management, field survey on the water quality monitoring station, farmland, and field irrigation channels. Students in groups will work on a project report plan for case study and fill in weekly self-check progress reports. Incorporated the core concept of smart city, students follow the cycle process of conceive-design-implement-operate and carry out case analysis and special report in the form of teamwork. The implementation of projects will cultivate students' practical and problem-solving skills and also improve their interdisciplinary construction management competence. This study applies Rubrics assessment to provide immediate feedback on teachers' instruction and students' learning outcomes, and analyzes the mid-term feedback and final teaching evaluation results as a reference for subsequent course content planning.

Keywords: Smart City、Pollution Prevention and Management、Construction Management、CDIO Approach、Action Research

目錄

一、本文 (Content)	1
1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	1
2. 研究問題 (Research Question)	1
3. 文獻探討 (Literature Review)	2
3.1 智慧城市應用於污染源預防管理	2
3.2 CDIO 教學模式	2
3.3 行動研究	3
4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)	3
5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)	3
5.1 研究設計	4
5.2 研究方法及工具	5
6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)	7
6.1 教學過程與成果	7
6.2 教師教學反思	10
6.3 學生學習回饋	11
7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)	11
二、參考文獻 (References)	13
三、附件 (Appendix)	14

以智慧城市污染源預防管理案例融入 CDIO 教育模式與提升跨領域營建管理素養導向之行動研究

一、本文 (Content)

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

1.1 研究動機

工程技術日益進步，科學知識迅速擴展，然而近年來工程教育卻與產業實際需求的差異日漸明顯。營建管理為營建管理專業之入門科目，本課程主要教學目標為使學生習得工程管理的基本學術和實務應用概念、技術及知識，藉此學生亦能了解作為一個營建管理人員所應具備的條件，在整個營建工程的完整生命週期中，有系統地管理營建工程之基本資源。過去營建管理傳統課程多以使學生具備營建工程專案相關之基本知能為教學目標，對實作方面的課程規劃不夠重視，學生無法將自己定位為學習的主體，故不易將習得之營建管理基礎原理融入實際工作中的真實議題，容易缺乏執行力、創新力及跨域能力，對於培育具有工程背景且具有專業管理潛能之人才、能肩負營建產業高度整合之專業經理人或執行長，成效有限，顯示學校工程教育與產業現實存在很大的落差，故本研究將已知過去營建管理教學的問題進行行動研究，提升學習者跨領域營建管理素養與培養解決真實世界問題的能力。

1.2 研究目的

本研究計畫之主題為以智慧城市污染源預防管理案例融入 CDIO 教育模式教學課程設計與提升跨領域營建管理素養導向之行動研究。導入新興工程教育 CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate)教育模式之方法與步驟，試圖解決教學現場常見之學用不一的問題，以智慧城市中污染源預防管理之案例融入營建管理課程，發展行動研究來解決實務上遭遇的問題，並由實際工作者和研究者在實際工作中共同參與完成，以跨領域的思維誘發學生主動學習、自主思考的動機，學習的主體回歸學習者本身[1]。本計畫具體目的為：將營建管理課程之核心理論學習內容，應用於污染源防治案例專題，結合跨域實作，設計符合智慧城市概念之污染預防管理專案。

2. 研究問題 (Research Question)

教師在教學與教材設計上，多偏重傳輸式教學，以教師為中心，以課程簡報搭配講述，學生易缺乏自行探索、歸納、組織知識的經驗，畢業後投入產業界，雖然技術嫻熟，卻較難深入理解實務土木工程技術、計畫管理，分析評估設計執行能力，亦缺乏團隊合作與溝通的軟實力。故本研究將由營建管理整個生命週期後端之設施維護、更新，跨域整合環境管理及污染源治理，聚焦於 CDIO 教育模式如何提升學生營建管理素養，以及教師如何在行動研究中實踐教學強化學用合一之效果。

本研究之研究問題為：

- (1) 如何在營建管理課程中有效導入 CDIO 教育模式，以具體提升學生跨領域能力、團隊合作、溝通及綜合分析能力？
- (2) 在強調教師引導與學生自主學習的行動研究框架下，如何設計教學活動與教材，以改善工程教育中學用落差的問題？

- (3) 如何應用行動研究評估和優化營建管理課程的教學效果，使其更符合產業界對營建管理專業人才的多元需求？

3. 文獻探討 (Literature Review)

3.1 智慧城市應用於污染源預防管理

近年面對氣候變遷與環境生態失衡的困境，以及全球城市化造成的都市人口集中與都市過度負荷，為使資源有效應用並減低污染，政府面臨更多問題與挑戰，需要採取更有效的治理方式以發展都市智慧污染源預防。聯合國於 2015 年發表永續發展目標(SDGs)中強調，2030 年前要大幅減少因污染而導致的死亡和疾病，並減少都市化對環境的有害影響，特別是在空氣品質和廢棄物管理方面[2]。國際間運用大數據技術積極投入環境設施建置及感測技術開發，落實規劃智慧城市所需的各種智慧化管理，朝環境永續共存發展的智慧城市目標邁進。過去環境、經濟與社會各自單一面向的管理方式，已進化為以永續發展為前提的智慧治理。所謂的智慧城市即是透過先進技術的應用，提昇都市或地方管理績效與服務水準，解決各種問題，同時創造舒適及便利性，並增進民眾生活品質[3]。目前國內以智慧城市概念與科技應用於污染源治理，主要可分成 5 大面向，分述如下：

- (1) 空氣污染管制面向
 - a. 空氣感測器之應用[4]-[6]。
 - b. 機車污染 AI 辨識系統[7]。
 - c. 公共工程加裝 CCTV 及空氣微型感測器[8]。
 - d. 建置固定污染源暨陳情案件智慧環境監控系統[9]。
- (2) 水體污染管制面向
 - a. 自動監測（視）設施及連線[10]。
 - b. 固定式、移動式、手持式三大水質感測器之應用[10]。
- (3) 噪音科技辦案面向：環保署依噪音車輛稽查需求，採用機動車輛噪音量測方法一以影像輔助方式 (NIEA P211.80B)，使用噪音計或陣列式聲音感應器（或稱麥克風）等組合量測系統。
- (4) 廢棄物管制面向：為有效監督管理事業廢棄物申報清運後之流向，即時追蹤係運用全球衛星定位功能（GPS）技術。
- (5) 其它行政效能提升
 - a. E 化派遣：e 化派遣 2.0，結合派遣系統後台及 GPS 智慧型車輛管理線上派遣系統 [11]。
 - b. 科技儀器蒐證監控運用：運用行動通訊技術及污染監控觸發裝置及無人飛行載具 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)。

3.2 CDIO 教學模式

呼應未來產業及新科技應用趨勢，人力資源成為知識經濟時代的重要關鍵，而高等教育的執行與規劃與人才培育最直接相關，然而台灣工程教育目前面臨課程內容與教材落後於產業實際需求與更新的速度，且高等教育人才培育方式普遍重研究而輕實務，因此實作與創造能力以提升國際競爭力的培育，是當今面臨的挑戰[12]。

近年來國際工程教育領域改革最為成功的成果，即為麻省理工學院、查爾姆斯理工大學、林雪平大學以及皇家工學院於 2000 年共同設計推動之創新工程教育框架“CDIO”。

CDIO 分別代表構思 (Conceive) 設計 (Design) 實現 (Implement) 運作 (Operate)，作為以生命週期運行之產品、過程、項目或系統模式。由於 CDIO 是一種開放式架構模型，可以適用於所有大學工程課程，並因應其特定需求而調整，其中「構思」階段以發散性思維考量分析所面臨之問題與需求；「設計」以使用者導向來進行需求設計，尋求跨領域的設計解決方案；「實現」係指將設計轉換為原型的過程，包括方案確認與原型製作；「運作」階段根據實際運作的考驗，改進所遭遇的實際問題，並不斷修正及反覆測試，使該專案達到最佳狀態[13]-[16]。

CDIO 教學模式有 3 大具體目標：(1) 掌握更深入的技術基礎知識；(2) 領導新產品、流程和系統的創建和營運；(3) 了解研究和技術發展對社會的重要性和策略性影響。強調透過實施一個完整的專案，在基礎知識、個人能力、團隊溝通能力和系統能力四個層面上進行綜合培養，是「做中學」(Learning by doing)和「專案式的教育和學習」概念的詮釋，透過主動解決真實問題為導向的學習方法，把理論與實踐結合，學生畢業進入職場俾能將此能力應用於實際環境中，成為符合產業實際需求的人才[14], [17]。

3.3 行動研究

行動研究一詞最早在 1930 年由美國社會心理學家勒溫(Lewin)所提出，係指實踐者對工作或研究場域中實際遇到的問題[18]，循序漸進地採取計畫 (planning)、行動 (acting)、觀察 (observing) 以及對行動結果的評價 (evaluating the result of the action)，由此四項組成的循環階段活動來解決問題[19]。行動研究的研究過程中主要包含以下幾個基本步驟：(1)界定問題；(2)蒐集資訊 (3)解析資料 (4)發展行動的規劃 (5)確立評鑑標準 (6)分析資料與評鑑結果[20], [21]。

行動研究的特徵主要有下列幾項：(1)行動研究的研究對象是與實際工作情境中發生的問題或有關的人物；(2)行動研究以一種綜合性的整體架構為研究設計，以解決實務上所遭遇的問題並以尋找新的發展為目的，必須仰賴真正的觀察結果以及由行為所蒐集的資料來進行研究；(3)行動研究的研究設計及過程具有彈性與適應性，在研究進行期間可允許適當的變動，以利實驗與創新；(4)行動研究大多屬質性研究法，其研究理論以自然論 (naturalism)的架構為基礎，這種研究與研究者的價值判斷的主觀性，無法與研究問題所存在的情境分離，並需要考量信度與效度的問題[22]。本研究將聚焦於主張「教師即研究者」的實踐行動研究，以改善學習者的學習困難並實際提升教學成效。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

「營建管理」為土木工程學系營建管理組的基礎學科，與工程實踐緊密結合，教學目標包含兩方面：學科教學目標及學生學習目標

- (1) 學科教學目標：教授營建管理的核心知識，包括營建產業介紹、專案執行、採購與招投標方式、專案組織與領導、專案時程管理、專案品質管理、專案成本管理、工程糾紛與處理方式、工程與環保、ICT 技術在營建管理之應用等，以利學生具備管理工程專案的基本知識。
- (2) 學生學習目標：a.能掌握更深入的營建工程基礎知識及管理技術；b.能領導新營建工程產品的創造和營運、流程和系統；c.了解營建管理的重要性以及策略所影響技術發展對社會的影響。

教學方法方面，聚焦於原本課程，亦即傳統營建管理課程規劃，加深加廣課程內容，

增加主動性探索、跨域議題討論、案例分析、實務參訪等非傳統講授之多元課程活動；綜合性知識為主軸、以專案管理實作與執行，提高學習彈性豐富學習路徑、自主式學習。教學方法依計畫期程如下圖 1，分為兩階段：

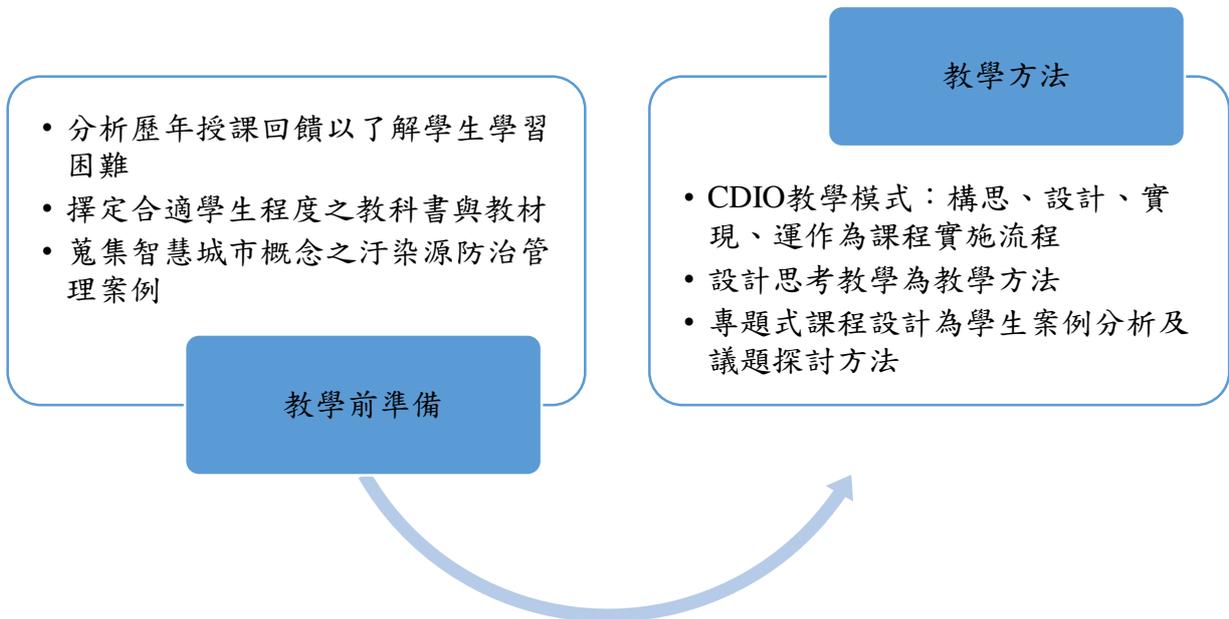


圖 1、本研究教學方法規劃

結合上述目標，本研究分為教學前準備及課程執行與成果分析兩階段，採 CDIO 專題式課程設計與規劃，推動以人為本的設計思考教學(Design Thinking)，引領學生思考、設計、實施、運作，培養學生專業與實作能力。以深化學習與跨領域學習，擴充原有課程內容設計，搭配跨領域討論及實務操作等學習活動。同時採用設計思考教學，此種產品設計、流程、系統與服務的方法，與 CDIO 相互呼應，引導學生主動學習。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

5.1 研究設計

本教學實踐研究計畫旨在藉由工程教育 CDIO 教育模式之方法與步驟，研究架構可分為教學前準備及課程執行與成果分析兩階段，如圖 2：計畫第 1-5 個月為上學期之課程規劃準備階段，依授課計畫書準備教材，並蒐集目前政府相關單位執行中之各類污染源預防管理機制與實際案例，並探詢合適環境監控領域之專家，擔任污染源預防管理案例分析課程之講師；計畫第 6-12 個月為下學期之課程執行與教學成效成果分析階段，實施教學活動計畫，最後進行各項成效評估分析，做為課程改進與修正之參考。

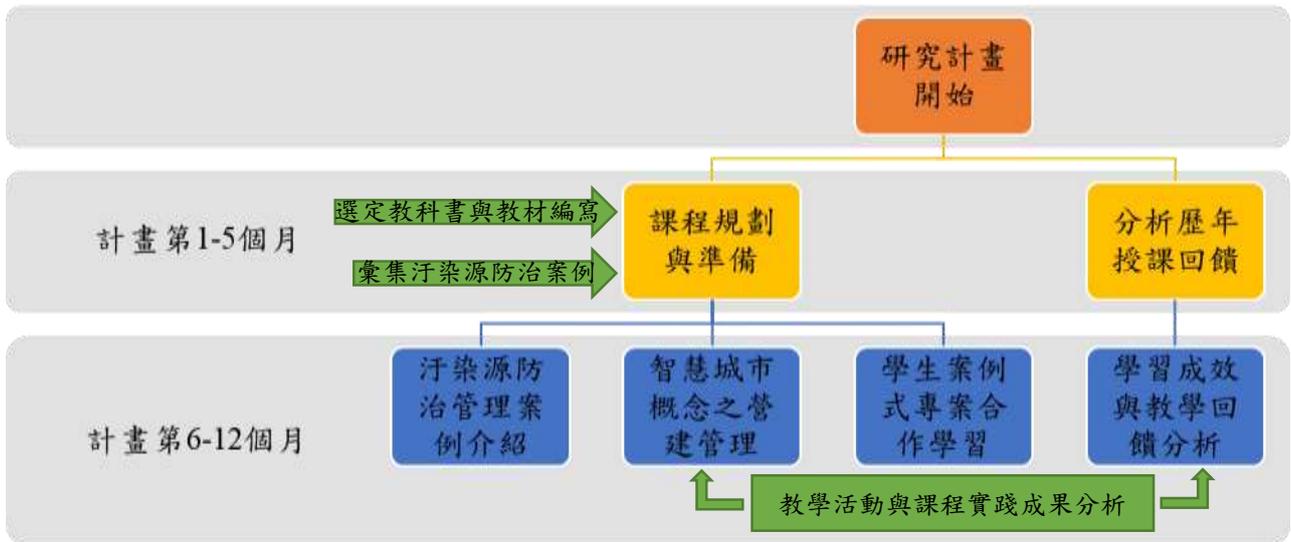


圖 2、研究架構圖

運用 CDIO 綜整性學習的概念，以專題實作模式，引入社會真實議題，設計與生活經驗連結的課程內容，教師教學降低知識傳授的講述式授課比例，以學生小組合作的方式，達成下述學習目標：(1) 傳達學生所學內容的基本原理和相關性；(2) 相互連接相互建立的概念和知識；(3) 增加學生對新知識和技能的學習保留力。

5.2 研究方法及工具

營建管理課程將建構於基礎專業知識—對營建工程生命週期中執行專案管理所牽涉不同層面的管理知識，結合智慧城市概念與技術，透過課程設計應用跨領域結合進行整合訓練，本教學實踐研究之研究方法有二，其一係導入 CDIO 專題式教學，藉由小組專題構思、設計、實現、運作的過程，整合知識、進行實作與完成專題，切實了解社會問題與產業需求，採用之研究方法如示意圖 3。

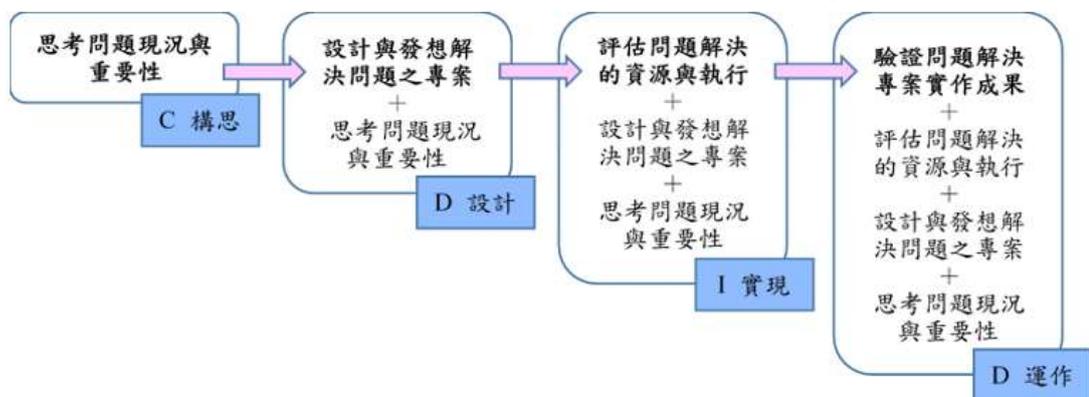


圖 3、本研究 CDIO 教學模組示意圖

行動研究具有參與、改進、與實踐反省的特性，因此採用行動研究作為第二種研究方法，以教師為研究者，發掘已存在課堂中的實務問題，有系統地蒐集可供改善教學的資訊，研擬解決問題合適的方法。

研究工具方面，本教學實踐研究運用 4 種方式進行教學回饋意見的蒐集及學生學習成

效分析等研究資料蒐集：Rubrics 評量指標、ee-class 數位學習平台、期中回饋與期末教學評量、以及小組進度自我檢核表。

(1) Rubrics 的應用已經非常廣泛，營建管理課程中的作業與專案成果報告採用 Rubrics 評量模式，確立明確評分準則並給予學生即時回饋，可促進學習者主動學習、反思的後設認知歷程，能將學習推進更高層次（如表 1）。

表 1、本研究「營建管理」課程 Rubrics 評量表

評分等第 評量指標	未合格 0 pts 配分	待改進 1 pts	尚可 2 pts	好 3 pts	優秀 4 pts	權重 得分*權重
運用營建工程基礎知識及管理技術之能力 15%	未能具備運用此知識及技術之能力	1. 僅認識基礎的營建管理知識 2. 能回答記憶性的營建工程基礎知識或管理技術的問題	1. 能理解基本的營建工程知識及管理概念 2. 在複雜或特殊情境下能運用此能力	1. 能延伸基本的概念 2. 能應用所學知識與能力解決問題	能清楚展現對此能力之理解並流暢的運用此能力	
工程專案規劃及資源分配分析之能力 25%	未能具備運用此知識的能力	學習並認識工程實務執行及分析能力	能理解工程專案規劃及資源分配原則，並能做基本問題分析	1. 能延伸基本的概念 2. 能應用所學知識與能力解決問題	能清楚展現對此能力之理解並流暢的運用此能力	
營建工程設計相關軟體及專案工具應用之能力 15%	未能具備運用此知識的能力	僅認識基礎的工程軟體及專案工具	能操作基本的營建工程設計相關軟體及專案工具	能延伸基本的概念並應用所學知識與能力解決問題	能清楚展現對此能力之理解並流暢的運用此能力	
計畫管理、專業表達與專案撰寫之能力 25%	專案計畫內容未能以清楚易懂之口語或書面方式表達	專案內容僅包含必要之內容架構，口語報告陳述方式須加強	專案計畫架構及內容均能大致於書面及口語報告具體呈現	專案計畫依事先擬定之具體架構及內容撰寫、並能於口語報告中清楚陳述	專案計畫依事先擬定之架構及內容完整撰寫、並能於口語報告中詳述使聽者完全理解	
團隊合作與整合、解決問題之能力 20%	團隊成員未能合作執行專案，針對已發生的問題未能提出解決方案	未確實分工並善用個人專長，成員間無法相互合作，缺乏分析與解決問題能力	團隊合作大致良好，大部分時間能互相配合支援，能大致正確的分析問題並規劃解決方案	團隊成員能相互合作完成專案，並於執行過程中共同發掘問題並解決問題	團隊成員均能高度投入專案過程並整合個人專長，於執行中共同發掘問題並解決問題	
總分						

(2) ee-class 為一數位學習系統結合教學互動平台與反饋系統，便於教師利用網路及影片資源進行教學，學生可直接在教材上標示並提問、紀錄共同討論活動，有助行動學習。

(3) 期中回饋及期末教學評量，配合校內線上期中教學回饋與期末教學評量問卷，提供學生即時反正教學意見的管道，5 等第量化結果將進行實施教學實踐前後教學成效之比

較，做為未來教學調整與改善之參考。

- (4) 小組專案執行計畫書與每週進度自我檢核表，經由學生記錄每一階段的學習歷程與專案設計與執行過程，可供學生自我檢視學習歷程的機會以便及時修正專案內容，並做計畫風險管理，圖 4 為小組專案執行計畫書成果範例。



圖 4、小組專案執行計畫書成果範例

6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

6.1 教學過程與成果

本研究提出以 CDIO(Conceive-Design-Implement-Operate)教育模式之方法與步驟來增進學生對於營建管理跨領域整合及實作能力，營建管理為下學期課程，以智慧城市中汙染源預防管理之案例發展行動研究，分課程授課、發掘問題、小組討論、專題研究 4 階段進行，在團隊合作的環境下，習得如何構思、設計、運作一項產品或系統的整合與開發。教學過程分為 4 階段課程模組進行：

- (1) 第 1-6 週為「構思 (conceive)」階段：智慧城市概念為基礎，依營建管理課程主題編排之單元，於課程起始階段概述營建管理專業知識，引導學生分析問題並定義客戶需求，擬定專題欲探究的案例。



圖 5、授課狀況



圖 6、研究實施程序

(2) 第 7-10 週為「設計 (design)」階段：透過模組化的課程主題，以及業師講授之污染源防治案例，引導學生應用習得之理論、工具和方法進行設計發想，定義並釐清問題，進行污染源管理專案設計，設計合理的產品以解決需求。以第七單元「智慧城市污染源防治管理案例介紹」為例，邀請桃園市政府環保局副局長進行桃園市環境保護與污染防治案例分享，並於次週課程引導小組進行案例分析，協助學生逐步建構專案計畫的主題及投入專案製作，以下為詳細教學內容規劃：

表 2、智慧城市污染源防治管理案例介紹課程內容

週次	課程主題	內容說明	核心能力評量
7	智慧城市污染源預防管理案例	一、環境污染及品質指標說明 二、都市化所面臨之環境問題 三、智慧科技應用技術 <ul style="list-style-type: none"> ● 科學儀器使用 ● 空氣品質及水質感測器應用 ● 影像辨識系統 ● 大數據分析 	<ul style="list-style-type: none"> ● 了解一般民眾對於環境污染改善的期待與需求 ● 認識環保單位治理所應用之智慧城市技術



圖 7、業師授課--分享污染源管理案例



圖 8、業師授課--營建管理法規介紹

(3) 第 11-16 週為「實現 (implement)」階段：各小組期中專案實作提案後，進行實地參訪，以桃園市內高污染潛勢農地、桃園大圳灌溉渠道系統、與水質監控站作為實作場域，帶領學生了解實際發生的場域概況及相關單位進行之環境監控治理措施，對於專案實作能理解、貼近真實情況並符合智慧城市概念。運用現地訪查獲得的場域概念，結合課程中所學習智慧城市融入營建管理的知識能力，藉由分析環境污染防治案例，依循 CDIO 模式，在專題製作過程，在學習及修正中累積實務成果。



圖 9、學生參訪實作場域

- (4) 第 17-18 週為「運作 (operate)」階段：應用與整合模組化之課程知識，將實際專案執行內容與流程以專題報告呈現，於期末進行成果展示與組間評分討論。第二階段由環境保護領域之業師分享智慧城市污染源防治實際案例，第三階段透過水質監控站、農地與灌溉渠道現地訪查了解專案研究場域現況，本階段以小組為單位，將發想的專案以模擬的方式呈現於課堂上，並經由老師引領擇定合適之行動方案，指導問題點及思考延展性，搭配專案計畫書及自我進度檢核表逐步修正、反覆測試專案之可行性。



圖 10、小組專案實作成果範例

6.2 教師教學反思

本研究藉由 4 種研究工具收集教學回饋意見及學生學習成效分析結果：Rubrics 評量標準、ee-class 數位學習平台、期中回饋與期末教學評估、以及小組進度自我檢核表。學習成效分析之核心是透過學習成效評估問卷，分別在創新教學開始前和課程結束後進行，以比較學生在不同階段的能力發展情況，並評估 CDIO 教學模式對學生學習力提升的具體影響，問卷透過課堂發放，以確保學生的高參與度和資料收集的便利性。

問卷題目分為三個類別，分別針對課程的認知、學習動機、以及對課程活動重要性的看法，使用李克特氏五點量表 (Likert scale) 進行評分，選項包括非常同意、同意、普通、不同意和非常不同意。根據分析結果 (如圖 11 所示)，有效回收問卷數為 40 份，以 SPSS 進行成對樣本 T 檢定分析平均數差異與 P-value (顯著性)，了解哪一構面前後差異較大、成長幅度最高。前測平均分數為 4.38 分，後測平均分數為 4.50 分，平均增幅為 0.12 分，顯示學習成效有明顯提升。進一步分析增幅，發現增幅大於 0.68 的題目包括 A2、B1、B2、B3、B5、C1、C2，這些題目反映了學生在課程認知和學習動機方面的顯著進步；反之，增幅小於 0.12 的題目有 A1、A3、A4、A5、B4、C3、C4、C5，顯示這些題目在學生學習成效上的提升較為有限。具體來看，前、後測得分增加最多的題目如下：在課程認知類別中，A2 題「教學安排能引起我的學習興趣」得分提升顯著；在學習動機類別中，B3 題「我認為『營建管理』這門課程的任務 (作業、報告) 能幫助我主動學習」有顯著增長；在課程活動重要性類別中，C3 題「我認為『營建管理』課程中安排業界專家演講活動，以學習

業界實務經驗是重要的」也顯示出學生對實務活動的重要性有更深的認識。

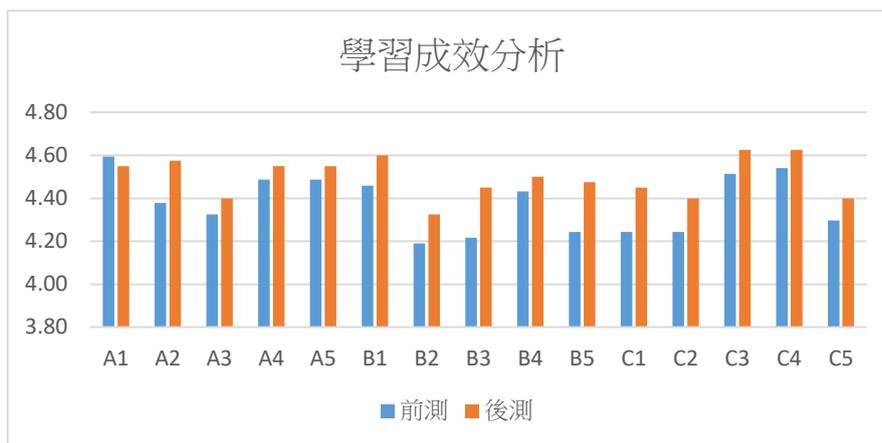


圖 11、學生學習成效評估問卷前後測分析

綜合分析以上結果，融入 CDIO 教學模式在提升學生的課程認知、學習動機和對課程活動重要性成效良好，特別是在創新教學和實地參訪等業界實務學習活動的安排上，學生回饋有顯著的增加，學生並且認同在促進主動學習和實務理解方面具有重要作用；然而，仍有部分題目的增幅較小，顯示在未來的教學中需要根據課程內容與學生特點來選擇最適合的教學方法並進一步優化課程活動設計，以達到更全面的學習成效提升。

6.3 學生學習回饋

本學期「營建管理」課程以創新課程活動安排與實做進行，學生透過校內的線上期中教學回饋、期末教學評量問卷，以及期末的學習成效評估問卷，對課程進行了深刻的反思，從以下節錄的部分回饋中可以看出，大多數學生認為實地參訪活動對他們的學習有最直接的幫助，特別是在專案的構思與實施方面，這些活動顯著提升了他們的理解和應用能力。學生普遍反映，實地參訪使他們能夠將課堂上學到的理論知識與實際工程情境緊密結合，進一步促進了他們的跨領域思考與解決問題的能力。學生亦建議未來的課程應繼續加強實地參訪等實作性活動，有助於學習者理論與實踐的結合，進而提高整體學習效果。

- 校外參訪讓我對自己目前的實際應用有更深記憶，如何從零開始發想能對未來有幫助的創意，是專案實作的收穫
- 參訪過程中學習到智慧城市的應用與發展
- 參訪中學到實務經驗、拓展視野
- 營管相關知識，以及業界百態，和做人處事的道理
- 參訪公，私機關，了解業界現況以及未來升學發展
- 在實務上工地現場裡，在業界是如何進行系統性有效的管理
- 作報告時嘗試溝通，大家都會給相應回饋，對於人際溝通及表達能力，都有幫助
- 在兩次參訪當中，學到了很多東西，像是桃園市環保局內部如何運作，也看到了一般時候看不到的監控系統
- 專案製作的過程中我學到如何有效透過溝通來實施管理，實際參訪了解桃園環保局的工作內容也對題目發想有幫助。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

智慧城市是營建管理的重要趨勢與概念，涵蓋交通管理、能源管理、公共安全、環境

監測等多個領域。本研究以營建管理核心知識為基礎，智慧城市污染源預防管理案例為例，導入 CDIO 教育模式之方法與步驟，以構思（conceive）設計（design）實現（implement）運作（operate）4 階段設計課程，發展行動研究來解決教學現場常見之學用不一的問題實務上遭遇的問題。

引導學生在智慧城市框架下習得營建管理的基礎知識，採用創新技術進行污染源管控，學生在初期對於跨領域整合的課程設計適應性不夠理想，藉由 CDIO 學習模式的引導，學生逐步建立營建管理的基礎知識，並透過業界專家的分享，了解實際污染源防治的案例。此外，學生親自參訪桃園市環保局、水質監測站及草漯沙丘生態區，使其能夠在智慧城市的具體情境中，深入思考如何在城市基礎設施的規劃與建設過程中，減少對環境的影響；這種全面的分析與解決問題的過程，使得學生在進行專題實作時，能夠更加貼近實際需求，而非僅限於理論探討。針對本研究執行及學生學習成果，提出以下幾點建議與省思：

1. 根據學生期末教學回饋，多數學生認為實際案例介紹與實地參訪，對於專案製作有很大的幫助，然而創新教學法與新課程設計往往需要較長時間的適應與內化。可以考慮延長相關課程的周期或增加實踐與反思的環節，使學生有更多時間消化和應用所學內容，從而逐漸提升學習成效。
2. 在課程設計中，逐步引入創新教學元素而非一次性全面實施。這樣可以讓學生在熟悉的框架內逐漸適應新方法，減少過渡期的不適應感，逐步提升學習效果。
3. 在每次實地參訪或案例研討後，鼓勵學生進行反思和總結，記錄下他們的學習收穫和遇到的挑戰，教師及助教定期提供回饋，幫助學生調整方向和策略，確保他們的研究更貼近實際需求，而不僅停留在理論層面，也能為後續的課程調整提供依據。
4. 考慮採用多元化的評估方法來衡量學生的學習成效。除了期末考試外，也可以引入過程性評估、項目成果展示、以及學生自我評估等方式，較能全面反映學生在創新教學下的進步與發展。
5. 創新教學法在不同學科與課程中的適用性可能有所不同。在設計課程時，應根據課程內容與學生特點來選擇最適合的教學方法，避免一刀切的創新策略。

創新教學與課程設計在一學期的授課時間內不容易達成顯著的效果，但其對學生長期能力的培養具有深遠影響。因此，應在課程設計與實施過程中充分考慮學生的適應期與支持需求，逐步推動教學革新，提升學生實踐能力，並在智慧城市框架下，才能培養出能夠解決複雜問題的綜合性人才。

二、參考文獻 (References)

- [1] 吳清山、林天祐，《教育小辭書 (精)》，台灣五南圖書出版股份有限公司，2015。
- [2] World Health Organization, “WHO report on surveillance of antibiotic consumption: 2016-2018 early implementation,” 2018.
- [3] IBM, “Overview: What is a smarter city?”, 2013. [Online]. Available: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview.
- [4] 行政院環境保護署，《110 年度環境感測物聯網整合推動及專案管理計畫期末報告》，財團法人工業技術研究院，2021。
- [5] 桃園市政府環境保護局，《110 年度桃園市環境污染陳情案件稽查管制計畫年度工作進度總報告》，2022。
- [6] 桃園市政府環境保護局，《109 年度桃園市空氣品質感測器維運合辦計畫期末報告》，2022。
- [7] 台中市政府環境保護局，《辦理台中市智慧科技治理空品成果發表會會議手冊》。
- [8] 桃園市政府環境保護局，《109 年桃園市營建工程空氣污染防制費徵收查核管制計畫後續擴充期末報告》，2022。
- [9] 台中市政府環境保護局，《臺中市固定污染源暨陳情案件智慧環境監控系統參加 TGOS 加值應用獎申請書》。
- [10] 行政院環境保護署，《發展及推動水質感測器執法應用服務試驗計畫成果報告》，2021。
- [11] 桃園市政府環境保護局，《110 年度桃園市環境汙染陳情案件稽查管制計畫年度工作進度總報告》，2022。
- [12] 國家發展委員會，《2019-2030 年經濟情勢及產業趨勢分析》，2019。
- [13] CDIO Organization. <http://www.cdio.org/>
- [14] E. F. Crawley, J. Malmqvist, and S. Östlund, “Rethinking engineering education: The CDIO approach,” Springer, p. 11-45, 2007.
- [15] 林正敏，《CDIO 物聯網工程教育模式可行性分析》，大學教學實務與研究學刊，第 2 卷，第 1 期，頁 25-52，2018 年。
- [16] 宋明弘，《創新教育在高教體系—以 CDIO 模式推動創意思考課程》，通識學報，第 6 期，頁 123-139，2019。
- [17] T. Mejtoft, “Industry based projects and cases: a CDIO approach to students' learning,” in *11th International CDIO Conference*, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan, P.R. China, June, 2015.
- [18] C. Adelman, “Kurt Lewin and the origins of action research,” *Educational Action Research*, vol. 1, no. 1, p. 7-24, 1993.
- [19] R. McTahhart, “Guiding Principles for Participatory Action Research,” in *Participatory action research: International contexts and consequences*, R. McTahhart, Ed., New York, NY, USA: Suny Press, 1997, pp. 25-44.
- [20] G. E. Mills, *Action research: A guide for the teacher researcher*. 4th ed. Boston, USA: Pearson, 2011.
- [21] G. S. C. Hine, “The importance of action research in teacher education programs,” *Educational research*, vol. 23, no. 2, p. 151-163, 2013.
- [22] 蔡清田，《課程統整與行動研究》，五南圖書出版股份有限公司，2004 年。

三、附件 (Appendix)

親愛的同學您好：

這學期您修習的課程為「營建管理」，為了解您對於本課程的學習感受，實施本問卷，以作為持續推動與改進的重要依據。本問卷調查僅供分析使用，不會影響到您的學期成績，期盼收到您真實的回應，謝謝！

一、基本資料：

- 就讀學系：_____
- 學制：大學部 碩士班 博士班 (勾選)
- 每週平均投入本課程的學習時間 (包含上課時間)：_____ 小時
- 我認為這門課程每週上課時數安排：適當 過短 過長 沒有意見
- 我清楚了解這門課程的評分標準：是 否

二、相較於同類型課程的課程學習參與度與感受

請依照您對「營建管理」的認知及授課教師說明之課程安排及評分方式，回答以下問題：

類別	題 目	非 常 同 意	同 意	普 通	不 同 意	非 常 不 同 意
		5	4	3	2	1
課程 認知	A1.「營建管理」授課教師的教學方式讓我對課程的內容感到有興趣					
	A2.「營建管理」的教學安排能引起我的學習興趣					
	A3.「營建管理」與我個人期待學習的內容一致					
	A4.「營建管理」所教的內容可以幫助我了解這方面的專業知識和技能					
	A5.「營建管理」所教的內容有助我處理和這個領域相關的問題					
學習 動機	B1. 我相信我已經在「營建管理」這門課中學到很多專業知識和技能					
	B2. 我有信心我已經學會「營建管理」這門課所教的內容					
	B3. 我認為「營建管理」這門課程的任務(如專案實作、課堂報告等)能幫助我主動學習					
	B4. 我相信如果夠努力、夠認真，就能在「營建管理」課程獲得好成績					
	B5. 我相信透過「營建管理」課程活動的安排(如專案實作、工					

	程參訪等)，我與同學的互動關係將會更加良好					
課程 活動 之重 要性	C1. 我認為「營建管理」課程中利用多元教學工具輔助學習(例如：情境模擬活動、分組練習、教學軟體、ee-class 等)是重要的					
	C2. 我認為「營建管理」課程中安排閱讀並報告相關論文，以擴展國際視野並增加專業知識是重要的					
	C3. 我認為「營建管理」課程中安排業界專家演講活動，以學習業界實務經驗是重要的					
	C4. 我認為「營建管理」課程中安排業界參訪實際體驗學習是重要的					
	C5. 我認為「營建管理」課程中安排專案實作，提供英文練習及增進實作機會是重要的					

三、對於本課程的想法與建議

1. 我認為我已在「營建管理」課程中學習到的有哪些？(例如：知識、實作...等方面)，請提供說明：

2. 在這門課程中，我遇到的學習困擾有哪些？(可複選)：

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 無 | <input type="checkbox"/> 投入學習時間過少 |
| <input type="checkbox"/> 課程進度過快（跟不上進度） | <input type="checkbox"/> 學習專注程度不足 |
| <input type="checkbox"/> 課程內容過於困難 | <input type="checkbox"/> 學習方式不適應 |
| <input type="checkbox"/> 作業過於困難 | <input type="checkbox"/> 英語授課（程度不足沒有聽懂） |
| <input type="checkbox"/> 對學科理論不熟悉 | <input type="checkbox"/> 其他：_____ |

- 針對以上問題，自己曾做過哪些努力，效果如何？

3. 希望老師對課程教授有哪些調整嗎？為什麼？

【本問卷到此全部結束，再次感謝您的協助。】

～感謝您的填答，敬祝學習愉快～