

變更設計肇因之探討－以農田水利工程為例

Critical Causes of Change Orders- A Case Study of Irrigation and Water Conservancy Projects

陳維東
(Wei Tong Chen)
國立雲林科技大學營建
工程系

陳柏鴻
(Po-Hung Cen)
國立雲林科技大學營建
工程系

劉芃宜
(Peng-Yi Liu)
國立雲林科技大學營建
工程系

科技部計畫編號：MOST109- 2221-E-224-012

摘要

農田水利工程施作過程中常遭遇諸多突發狀況，以致工程發包前設定的契約圖說及條件，未必能符合現況需求，而需依現地狀況辦理變更設計，以符合灌溉用水的需求。本研究依農田水利工程特性先彙整 54 項變更設計肇因，透過專家訪談篩選 38 項變更設計肇因；接著以 6 個水利會第一線工程人員為對象進行問卷調查，排序前 30 項變更設計之肇因；隨後，再透過變更設計肇因分類之專家問卷，採取明示結構法(ISM)分類肇因並建立層級架構，並針對變更設計肇因進行相關分析。研究結果顯示，農田水利工程變更設計肇因主要包括：配合現地需求調整、用地爭議、配合現況增減圳路尺寸。工程管理者若能善用 Pareto 80/20 法則，建立內部控制框架妥善管控變更設計的主要肇因，應可有效降低變更設計的發生機率。

關鍵字：農田水利工程、變更設計肇因、文獻回顧

ABSTRACT

The irrigation and water conservancy projects (IWCP) often encounter unforeseen circumstances during their construction where the contract drawings and conditions determined before contracting are unable to meet the current circumstances and the design needs to be changed in accordance with the local situations to meet the demands of irrigation water use. In this research, 38 causes of change orders (CCO) were screened out through experts from 54 CCSs collected and sorted based on the characteristics of IWCP. A questionnaire survey specific to the personnel related to the 6 frontline regions of the Irrigation Association in Taiwan was distributed and analyzed using the Simple Additive Weighting method with the top 30 CCOs excerpted. An expert questionnaire of CCOs categorization was conducted, the hierarchical structure was established by adopting the Interpretative Structural Modeling (ISM) and relevant analysis was made on the CCOs. Finally, the CCO significance ranking analysis were conducted. It is found that the main CCOs include the adjustment in cooperation with the local demands, land disputes as well as field ditch size increase and decrease in cooperation with the existing situation. If project managers can well use the Pareto Rule aiming main CCOs, and establish the internal control framework, the change orders occurrence should be reduced effectively.

Keywords: irrigation and water conservancy, causes of change orders, literature review

一、前言

台灣地區現有農田灌溉排水設施之農地約 41.1 萬公頃，其中屬農田水利會所轄事業區域面積約佔 37.1 萬公頃。農田灌溉渠道長度為 44,570 公里，排水渠道長度為 25,933 公里，合計約 7 萬公里長，足以環繞地球赤道（周長約 4 萬公里）1.75 圈(農田水利聯合會，2017)。維護管理及更新改善農田水利設施，確保農田水利工程設施正常運作，發揮生產、生活及生態之功能，穩定灌溉水源水量，提供農業最佳灌溉排水服務，至關重要。農田水利工程施工期間需配合當地灌溉系統的通斷水期程，可施工期間短促、毗鄰農田及土地多且複雜、區域作物多樣化需水期間不一致、以土地同意使用方式取得施工用地經常發生變異等諸多特性，使其迥異於一般公共工程，具更高的風險及不確定性。

農田水利工程施工期間需配合當地灌溉系統公告的通斷水期程，可施工期間短促、毗鄰農田及土地多且複雜、區域作物多樣化需水期間不一致、施工用地以土地同意使用方式取得常發生變異等特性，使其迥異於一般公共工程而具更高度的風險及不確定性。再者，都市發展與農業灌溉區域的重疊、農舍雨後春筍的興建、民眾占用水利用地，以及鄉村型財困水利會必需藉上級補助單位，挹注工程補助款的年度預算執行壓力，種種因素增加了施工階段變更設計的風險。

目前國內對工程變更設計之探討多著重於較大規模之公共工程，農田水利工程極少受到關注。農田水利會之工程規模受限於財源，多屬查核金額(5,000 萬)以下之中小型工程。此類中小型工程倘若施工期間遭遇不可預期狀況，而無法依原訂計畫施作完工，導致必須辦理停工、變更原始設計、改變工法或結構型式，不但會造成經費及工期的增加，也極可因此衍生與承攬廠商之間的履約爭議。

本研究探討中部某鄉村型農田水利會公告金額(100 萬元)以上未達查核金額(5000 萬元)之中央政府專案補助工程變更設計發生原因，統整歸納造成農田水利工程變更設計之實際原因及影響程度，以提供各農田水利會辦理工程之參考。

二、文獻回顧

台灣的農田水利工程(Irrigation and Water Conservancy Projects; IWCP)係屬公用事業且具重大公益性質，因此乃以「公共工程」看待及處理。IWCC Projects 主要分佈在田間，用提、引、蓄、抽等方式給農田提供灌溉的工程，主要有水庫、渠道、塘壩、水閘、機電井等(陳厚旭，2017)。其特點是規模小且分散在田間地頭，其運行效率的高低直接影響到農作物的收成和水資源的使用效率。IWCC Projects 之目的就是為農田服務，旨在建設旱澇保收、高產穩定的農田。農田水利建設做作為一項基礎建設，因投入大、見效慢，故其重要性易被忽略。農田水利建設具有較強的群眾性、具有較強的公益性及具有較強的壟斷性(黃姿綺，2013)。

公共工程變更設計發生原因視工程規模大型、中小型而發生變更設計原因次數略有不同。其中，變更設計的發生分別可歸屬於業主、設計單位、施工單位、需求改變、不可抗力及非不可抗力不可預期等類別。變更設計原因除了決策變更、法令修改、災害災變等不可預期因素外，其他因素皆可由事前詳實的規劃設計避免或降至最低風險。以下統整工程變更設計相關文獻。

1. 工程變更設計之原因

徐雍智(2011)統計分析 94 年至 98 年桃園縣蘆竹鄉公所 98 件查核金額以下工程之變更設計案件，工程類別包括人行道改善工程、水利工程、災害復建、城鄉及景觀風貌改善工程、道路刨除加封工程及道路興闢及橋樑改善工程等，歸納變更設計之原因分為 10 大類 23 細目。其中，與農田水利工程密切相關之水利工程類別變更設計原因發生件數排序。周永生(2008)以個案研究法蒐集顧問公司工程案例，歸納施工中變更設計問題的來源與原因，訪談四個工程的 11 個單位的代表，歸納出變更設計三個根本原因及 12 個細項原因，並透過統計分析數據確認「錯誤或遺漏」及「協調不佳」是施工中辦理變更設計的主要原因。吳俊宗(2006)針對工程變更設計之類型歸納整理為設計不完善、需求改變、異常工地狀況、因業主之指示變更、擬制變更、配合施工、業主因素、不可抗拒因素等 8 大類。圖 1 統整截至 2015 為止已發表變更設計成因之相關研究及其主要發現(Desai et al., 2015)。

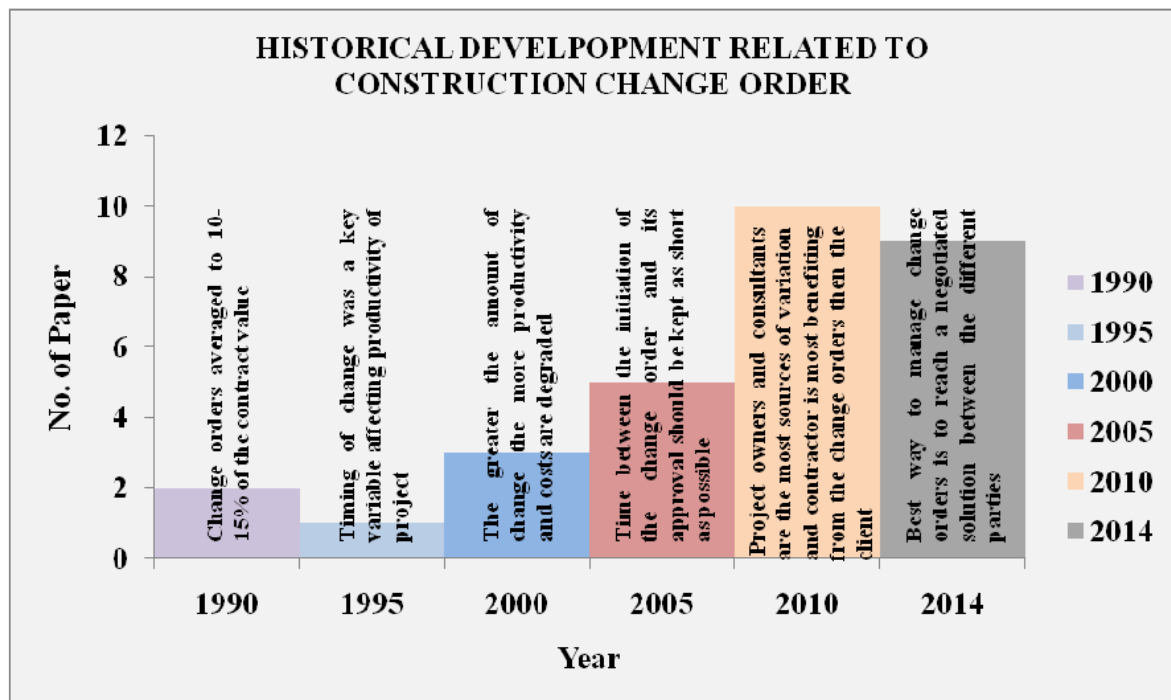


圖1 變更設計肇因彙整(Desai et al., 2015)

2.工程變更設計之影響與對策

公共工程變更設計影響的層面甚廣，可能涉及工期延遲、成本增加、施工品質降低、履約爭議或者圖利廠商嫌疑等問題，致造成不良觀感，影響政府施政信心。許世明(2005)施工期間單位工作數量因實際狀況或變更設計等原因而產生重大實質的增減時，承包商之成本會受到正面或負面的影響。蔡志遠(2004)分析公共工程委員會「標案管理系統」2008~2010 年 10 萬筆停工案件態樣事因，變更設計為其最大宗(約佔 41%)。翁丁煌(2000)認為變更設計的正面影響：「在施工中發現缺失即予更正，以免工程完工後不實用或無法驗收甚至造成災害」；負面影響則包括：「增加工程款、延長工期、降低工程品質及易造成工程糾紛」。徐雍智(2011)提出 3 點減少小型工程變更設計比例之對策：(1)主辦單位應減少指示變更之頻率；(2)以最有利標方式評選技術服務廠商；(3)委託第三者或上級機關協助預算書圖審查。

翁丁煌(2000)針對設計者部分提出 10 項、工程監工者部分提出 7 項、主辦機關部分提出 5 項對減少工程變更設計之對策。

3.變更設計於不同類型工程之影響

Ali *et al.* (2010)透過四個實際案例研究及問卷調查，探討阿曼(Oman)公共工程變更設計的原因，並研究其對工程的影響並確定變更設計的受益方，最後提出緩解變更設計引發的相關問題之補救措施。研究結果顯示客戶的額外工作和設計修改是導致變更設計的最重要因素，而無法獲得施工手冊和程序則次之；進度延遲、糾紛和成本超支則是變更設計對工程最重大的影響，承包商是變更設計最大的受益方，其後依序為顧問及客戶。此研究最後一提出經問卷回覆者檢視的一系列補救措施，這些措施依重要性排序分別為：修改顧問辦公室註冊方式、建立設計程序的標準文件、建立一個包括土壤條件及服務的國家資料庫。

Ibn-Homaid *et al.* (2011)調查了沙烏地線性公共工程的變更設計原因、影響及其之控制。他們除了探討變更設計的 21 種原因及 11 種潛在影響的發生頻率、嚴重性與重要性之外，也分析了與變更設計的管理及控制有關的 9 種實踐的頻率。同時，也針對道路、水和污水處理等之公共工程的業主、顧問及承包商進行問卷調查。研究結果顯示，工程顧問應擔負引發變更設計的最大責任，變更設計造成營建工程總成本平均增長 11.3%，變更設計有 11 個重要原因和 7 個重要影響。作者強烈建議沙烏地業主採兩種用來控制線性工程的變更設計做法。

Kökel (2015)從承包商的角度審視了變更設計導致私部門工程建設階段糾紛的影響，他從文獻中選擇 37 個常見造成變更設計的原因，針對北塞浦路斯承作私部門營建工程的 52 家營造廠進行問卷調查。分析結果顯示，在 37 個常見造成變更設計的原因當中，有 4 個影響變更設計最大的原因都與設計相關，它們包括：設計內容不正確、設計的後期課題、供應商施工圖批准時間的更改、設計更改。另外，在四個影響變更設計最細微的原因則有 3 個與法規更改有關。他們分別是：法規/許可之變更、代碼變更、進入工作區的權限變更、安全方法中的事故變更。

三、研究方法

本研究透過相關文獻及蒐集農田水利工程實際案例來設計專家訪談問卷，初步匯整出 54 項變更設計原因；經專家訪談將 54 項原因進一步篩選成為 38 項工程變更設計原因；接著選取農田水利工程相關人員發放問卷，以深入了解第一線工程人員所遭遇工程變更設計的徵結原因；後續經專家建議，萃取排序前 30 項重要原因進行構面命名及原因分類問卷之設計，委請原先接受訪談之專家分類變更設計原因構面，以供 ISM 分析後建立層級架構；最後針對前 30 項重要變更設計的原因擬訂防治對策問卷設計，由專家做出重要度排序。各階段問卷內容概述如表 1 所示。

本研究專家訪談及第二階段問卷之調查對象，均具備農田水利工程資歷豐富的各級主管及工程先進(共 10 位)；第一階段調查對象為第一線從事農田水利工程執行監工相關職務的工程相關人員(有效問卷 68 份)。第一階段問卷旨在找出目前施工階段造成變更設計的徵結原因，以做為變更設計原因影響程度之權重排序。問卷分四大部份：個人基本資料、問卷說明、問卷填寫及建議事項。問卷採用 Likert 六等級量表對變更設計原因的影響程度分為：完全不相關、非常不相關、不相關、相關、中度相關、高度相關，分別給予 0-5 分的計分。

第二階段問卷調查對象為原先專家訪談之農田水利工程資歷豐富的各級主管及工程先進，調查目的在將變更設計原因分類並歸屬到五大構面項下，統計結果再應用明示結構法（Interpretative Structural Modelling, ISM）進行分析並建立層級架構。問卷分三大部份：個人基本資料、問卷說明及問卷填寫，主要探討各要素間之關係，要素共分為 1 探討項目、5 構面及 30 變更設計原因。統計回收問卷後再運用 ISM 予結構化方法找尋要素間的相互關係，並建立可達行列矩陣及分類結構化圖。

表 1 各階段問卷內容

問卷階段	各階段問卷內容概述	問卷結果
專家訪談	選取出足以影響農田水利工程施工階段變更設計的真正原因。	篩選出重要的變更設計原因計 38 項。
第一階段	由第一線農田水利工程相關人員針對 38 項變更設計原因進行影響程度的調查，進行統計分析及權重排序。	確認各項變更設計原因權重，萃取前 30 項進行相關性分析。
第二階段	針對權重排序前 30 項變更設計原因進行構面命名及原因分類調查。	確認各變更設計原因所歸屬的構面。

本研究所研擬之變更設計原因影響程度部分，係由受訪者分別給予各原因項目 0-5 等不同量尺值，經彙整計算後得到各變更設計原因影響程度平均調查值。明示結構法(ISM)將複雜的系統分解為若干子系統要素，利用人們的實踐經驗和知識及電腦的協助，組構成一個多級遞階的結構模型。此模型以定性分析為主，屬於概念模型，可以把模糊不清的思想、看法轉化為直觀的，具良好結構關係的模型。ISM 特別適用於變數眾多、關係複雜而結構不清晰的系統分析，也可用於方案的排序等。本研究採用 ISM 分類農田水利工程變更設計原因要素，並探討要素間之關係，要素分為 1 探討項目、5 構面及 30 評估原因，針對該構面及原因項目的認知對變更設計肇因的影響性，運用兩兩比較矩陣找出各準則間的相關矩陣(即運用 ISM 以結構化方法找尋要素間的相互關係)，該要素對另一要素有關係者即在相對應欄位標示為「1」；反之則為「0」。將 N 位專家所認為與 S_i 間關係的 S_j 加總後再除以 N，得到平均值 a_{ij} ，若 a_{ij} (即超過半數專家認為有關係)，則二元矩陣 A 中的 $a_{ij} = 1$ ；反之，則 $a_{ij} = 0$ 。

文獻分析可彙整有關農田水利工程變更設計原因及相關的研究方法；專家訪談則用來篩選適合農田水利工程變更設計發生的原因及補充建議；問卷調查針對 practitioners 進行調查，企圖找出目前執行監工相關職務所遭遇變更設計發生的原因；簡單權重法利用事先訂定之評估量尺，彙整受訪全部調查資料再計算各變更設計原因影響程度之平均量尺值，給予權重排序後進行相關性分析；明示結構法以定性分析為主，屬於概念模型，可把模糊不清的思想、看法轉化為直觀的具良好結構關係的模型。

四、資料分析與結果

第一階段問卷係以農田水利會 80 位第一線工程相關人員為發放對象。專家訪談及第二階段原因分類(ISM)問卷則是以中部 10 位農田水利工程資歷豐富的主管及工程 practitioners 為訪談及問卷之調查對象。受訪專家必須符合：擁有學士學位、從事農田水利工程資歷達 10 年主辦農田水利工程案件數達 30 件等條件。第一階段問卷總計發出 80 份問卷、回收問卷 68 份、有效問卷 65 份(問卷回收率為 85%、有效問卷比率為 96%)。第二階段之專家問卷各發放 10 份問卷，問卷回收率及有效問卷率皆為 100%。

訪談問卷採用的 Likert 六等級量表，對變更設計原因的影響程度分為「完全不相關」、「非常不相關」、「不相關」、「相關」、「中度相關」、「高度相關」分別給予 0—5 分。變更設計原因適用於農田水利工程分為「高度相關」、「中度相關」及「相關」，不認可則勾選「不相關」、「非常不相關」及「完全不相關」。經專家認可數超過半數(5 人)之影響程度 3 分以上的變更設計原因，納入一般問卷項目，否則予以刪除；專家有其他意見則納入修正或調整。整理後發展為 8 大屬性項下細分 38 項變更設計原因，一般問卷另置入 3「反向題項」以確認問卷之有效性。

透過專家訪談問卷及意見修正共摘錄 38 項變更設計原因(表 18)。經 Likert 六等級量表之篩選(完全不相關給 0 分、非常不相關給 1 分、不相關給 2 分、相關給 3 分、中度相關給 4 分及高度相關給 5 分)，共 18 個原因項目高於其平均值(35.77 分)，經專家建議取權重排序前 30 個原因項目進行構面分類及相關性分析。

變更設計肇因牽涉範圍甚廣且龐雜，本研究藉由明示結構法將變數眾多、關係複雜而結構不清晰的複雜系統分解為若干子系統要素，最終構成一個多層級遞階的結構模型(可達行列矩陣)(圖 2)。明示結構法(ISM)建立的層級架構分類結構化圖(圖 3)，第一層項目為「農田水利工程變更設計肇因」，第二層 5 構面項目為「規劃設計因素」、「需求改變」、「非不可抗力之不確定因素」、「業主因素」、「不可抗力因素」，第三層含 30 變更設計原因，乃是本系統建立所需的最基礎原因層級。

五、論與建議

本研究依農田水利工程特性首先透過文獻回顧及蒐集中部某農田水利會工程案例資料彙整出 54 項變更設計原因，再透過專家訪談篩選出 38 項變更設計原因；接著，進行第一階段問卷調查涵蓋對象為北、中、南部 6 個水利會第一線工程相關人員，應用簡單權重法分析回收問卷以摘錄排序前 30 項變更設計原因；隨後，利用第二階段變更設計原因分類專家問卷分析結果，採明示結構法)建立層級架構(5 個構面及 30 個變更設計原因)，並針對變更設計原因進行相關性分析。農田水利工程變更設計之原因可歸納為下列幾點結論：

- (一)工程變更設計相關文獻多為探討中央及地方政府公共工程建設的課題，目前尚無探討農田水利工程變更設計原因的研究範疇。本研究成果可補充現有文獻研究資料之不足。
- (二)本研究所建立的「農田水利工程變更設計肇因」層級架構可分為 5 個構面(規劃設計因素、需求改變)、非不可抗力之不確定因素、業主因素、不可抗力因素)及 30 個變更設計原因。

本研究由中部某鄉村型農田水利會灌溉區域內及事業區域外，受中央政府專案補助的農田水利中小工程角度切入探討，仍有待後人以更宏觀的角度，擴大範圍至全省三種經營型態(都會型、都市鄉村型及鄉村型)之 17 個農田水利會的農田水利工程的角度切入研究。以下建議提供後續研究參考：

- (一)公法人屬性之農田水利會除補助款工程依政府採購法辦理外，自籌款小型工程部分不受政府採購法規範，此議題不容小覷，值得深入研究探討。
- (二)農田水利工程契約變更設計所衍生的爭議問題及相關人員之責任歸屬等相關研究，對實務面相當重要，有必要進一步深入研究探討。
- (三)由水利會工程人員自辦設計及監造者之案例的變更設計情形相當嚴重，如何提升工程人員的專業素養水平，有效降低變更設計的機率，是主政者應當正視的課題。水利會納入公部門體制後，原有員工在升遷管道受阻的情況下，變更設計情形是否會更加嚴重，值得關注及省思。

參考文獻

1. 陳厚旭，「公共工程因變更設計導致工期展延之履約爭議案例研究」，碩士論文，國立雲林科技大學營建工程系，2017。
2. 蔡志遠，「公路工程於丘陵地區變更設計探討」，碩士論文，東南科技大學營建與空間設計系，2014。
3. 黃姿綺，「台灣農田水利會變遷探討」，碩士論文，東吳大學政治系，2013。
4. 徐雍智，「查核金額以下工程變更設計之探討—以蘆竹鄉公所為例」，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學系，2011。
5. 周永生，「施工中變更設計之原因、成本與公文流程處理探討」，碩士論文，國立成功大學土木工程研究所，2008。
6. 吳俊宗，「工程變更設計衍生爭議調解案例之研究」，碩士論文，國立交通大學工學院專班工程技術與管理組，2006。
7. 許世明，「營建工程契約中變更設計之研究」，碩士論文，東吳大學法律學系法

律專業碩士班，2005。

8. 翁丁煌，「高雄縣地方基層建設工程變更設計之研究探討」，碩士論文，中華大學土木工程系，2000。
9. 農田水利聯合會，<http://www.1997.tjia.gov.tw/>，2017/09/15。
10. Alnuaimi, A.S., Taha, R.A., Mohsin, M.A., and Al-Harthi, A.S., “Causes, Effects, Benefits, and Remedies of Change Orders on Public Construction Projects in Oman,” *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 136, No. 5, pp. 615-622, 2010.
11. Desai, N., Pitroda, A., and Bhavsar, J., “A Review of Change Order and Assessing Causes Affecting Change Order in Construction,” *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary*, Vol. 2, No. 12, pp. 152-163, 2015.
12. Ibn-Homaid, N.T., Eldosouky, A.I., Al-Ghamdi, M.A., “Change Orders in Saudi Linear Construction Projects,” *Emirates Journal for Engineering Research*, Vol. 16, No. 1, pp. 33-42, 2011.
13. Kökel, M., 2015.02, The Influence of Change Orders Leading to Disputes in Construction Phase: Contractors' Perspective, Dept. of Civil Engineering, Eastern Mediterranean University Gazimağusa, North Cyprus, 2015.