



關鍵基礎設施 防護與工程師 之一 專業素養 探索

張清祥／行政院 參議

廖東成／蘭陽技術學院建築與室內設計系 副教授

林祐正／臺北科技大學土木工程系 教授

工程師是基礎設施（Infrastructure）的催生者，不但在規劃、設計階段著力，營運階段功能的確保的角色亦不可或缺。關鍵基礎設施（Critical Infrastructure, CI）肩負社會服務、國家永續運作的命脈，關係民眾生活至巨，其重要性自不待言。而如何確保其功能正常，責任直指管理（擁有）者，擔負此任務，極嚴峻與挑戰性，同時也是當前大眾生活所關切的重心。從美國 911 事件、卡翠娜等颶災及世界各地陸續發生重大事件之後，基礎設施安全突變為矚目的議題。其受威脅、來源、因應、善後，皆為關心的對象。而防護有無完善？如何進行？相關人員需要具備那些素養？如何養成？這些議題不但激起一些漣漪，加上重大事件不斷，漣漪已蔚為洶湧波浪，難以迴避。國際上，尤其是美國，歷經數件重大事件之後，既有的國土安全，再度被關注，而其中涉及關鍵基礎設施防護（Critical Infrastructure Protection, CIP）更是重心，且非僅政府部門，私人企業亦不例外。本文介紹探索一些 CIP 專業素養推動的範疇、方向，供各界參考，尤其是以專業技術服務為基本的工程師與機構。

關鍵字：關鍵基礎設施防護、安全、韌性、整備、風險管理

工程師於 CIP 的有怎樣的角色？

「工程師應將公眾的安全、健康和福祉放在第一位，並在履行其專業職責時恪守可持續發展的原則。」為 ASCE（美國土木工程學會）的倫理守則第一條；另為保護公共安全、健康和福利對關鍵基礎設施防護（Critical Infrastructure Protection, CIP）提出四項指導原則，包括：管理風險、採用整合系統方法（integrated system approach）、決策過程中善利用領導與管理能力，以及調適關鍵基礎設施面對動態的環境和實務。此等一一展現工程師於社會大眾與關鍵基礎設施所扮演的角色。

「等待災難是一種危險的處理策略，現在是採取行動保護未來的時候了。」1996 年美國克林頓總統下

令籌組一個委員會，調查和分析其全國關鍵基礎設施（Critical Infrastructure, CI）的狀況，並提出保護之道，加上在 2001 年 911 恐怖襲擊，2005 卡翠娜和 2012 年的桑迪颶風造成巨災之後，CIP 變成不可迴避的工作，世界各地如日本 311 大地震及歐洲近年來一些城市，如：倫敦、巴黎、布魯塞爾等恐怖攻擊事件發生頻傳，對國家運作、人民生活造成嚴重衝擊。故，對未來各種災害威脅因應做準備是不可避免的。

關鍵基礎設施的概念起源於與今天的認知方式大不相同，於第二次世界大戰期間選定的高價值民用轟炸目標，其任務的排序由策劃人員根據這些目標可能的估計損失所造成的破壞性影響作為計劃任務的依據。從那時起，在沒有「全面戰爭」的情況下，關鍵

基礎設施的防護已經演變成一種防禦策略，用以保護和延續一個國家的生存（Oliver and Haney^[1]）。

談及 CIP 推動，參與者有那些？其角色如何扮演？如何稱職？這些議題，多方關注，值得探討。而參與者的素養需求為何？如何達成？更是迫切，也是應該關切。當然，CIP 是國土安全重要的一環，且具關鍵性，因此，不得不先對國土安全（Homeland Security, HS）任務的執行具備那些素養進行探索。

國土安全所涉範疇，其定義或內含是什？可以「百家齊鳴」稱之；尤其是，從學術、專家的角度，各有說法，迄今呈現各吹各的號；而於實務執行面言，為求時效似乎也不需明確定義之後方可推動。惟為因應各界任務需求計，已有一些學校推出專業素養培育課程；除學術之外，基於實務需求，於美國國土安全部、歐盟等機構也有推動相關的計畫因應。

學術與實務界陸續推出相關的計畫做為提升防護能力的機制，但面臨挑戰不少，例如環境衝擊一直翻新、各式災害威脅層出不窮，變動已是常態。雖然如何應處之輪廓從混沌漸趨清晰，但仍缺乏宏大的理論與架構指引（John^[2]）。因此，耙梳、精進當前一些理論與作為，是當前重要工作，而針對參與 CIP 的工程師素養的充實、強化是本文的探索重點。

國際推動 CIP 趨勢？

CIP 推動目前正處於起步階段，很多是在遭遇事件中摸索中邁進，尚無成熟經驗可供遵循，但追求安全（security）與韌性（resiliency）目標則相當明確。至於如何推動與縮短摸索歷程，國際的經驗歷程，可以提供借鏡。回顧過去國際遭遇事件的歷程，一些主、客觀條件，造成美國成為推動 CIP 最為積極的國家，而歐盟等對此也有一些計畫活動。這些推動內容、範疇約可從一些機關或學術機構一窺堂奧，這些機關（構）如美國國土安全部（Department of Homeland Security, DHS），歐盟的 JRC（Joint Research Center）與聯合國等，學術部分則以相關背景的發表為主。CIP 為國土安全的最重要部分，探索過程當然也離不開其相關的論述。

學術單位作為

學術（教育）是實務推動哲理孕育的搖籃（Pelfrey and Kelley^[3]），也是執行方向的光燈與依靠，而學術機

構扮演關鍵的角色，國土安全與 CIP 推動相關議題研究自不例外，且目前正處萌芽期，端出的觀念與措施對實務工作者宛如及時雨，亟待一窺究竟。

Pelfrey 等曾對國土安全教育研究，並指出大多數推動沒有方向性的，其進行了對國土安全專業人員的調查發現：策略合作、批判性思維、做決策、國土安全的基礎以及分析能力是致力於國土安全的研究生計畫的最重要屬性；但對文獻中經常爭論的相關知識（cognate knowledge）或特定知識（specific knowledge）被評為最不重要的類別，這些素養和屬性代表了基於研究和證據的前進方向，但仍存在著問題（Pelfrey and Kelley^[3]）。儘管有如此的認知，一些相關的研究、論述仍陸續的推出。

國土安全範疇

儘管國土安全定義仍不盡一致，百家爭鳴，但方向卻清楚，即：國家永續、經濟穩定、社會安全。

Supinski 認國土安全包含三個領域，即緊急管理（Emergency Management, EM），公共管理（Public Administration, PA）和國家安全事務（National Security Affairs），其中兩個領域，即 EM 和 PA，正朝著學術學科認可的方向邁進，三個領域都是實踐領域（fields of practice），而參與人員中政府員工是核心（Supinski^[4]）。

根據 Cameron 等調查國土安全輪廓亦值得參考，累積的國土安全與緊急管理（HSEM）教育主題，排序前 29 項包括：(1) 災害規劃和備災；(2) 災害應對與；(3) 緊急管理 4. 國家和地方緊急管理；(5) 練習和訓練；(6) 州和地方政府的角色；(7) 批判性思維；(8) 緊急管理技巧；(9) 整備；(10) 風險管理與分析；(11) 預防和減災；(12) 公民和社區備災；(13) 公共行政與緊急管理；(14) 決策；(15) 領導力；(16) 一般緊急管理；(17) 媒體、災害和緊急管理 18. 關鍵基礎設施保護；(19) 公共衛生與緊急管理；(20) 緊急管理專業；(21) 國土安全社會學；(22) 國土安全基礎；(23) 社區在國土安全中的角色；(24) 國家安全和恐怖主義危害；(25) 與國土安全有關的法律；(26) 網路安全；(27) 國土的威脅；(28) 國土安全任務區概述；(29) 地震、海嘯和地質災害（Cameron and Little^[5]）。

另 Wiseman 等針對關鍵基礎設施保護和韌性文獻調查，從 150 多種 HSEM 出版物篩出前 23 項述語，包括：(1) 風險評估；(2) 數據安全；(3) 風險管理；

(4) 安全性；(5) 安全系統；(6) 國土安全；(7) 脆弱性；(8) 網路安全；(9) 互聯網；(10) 決策；(11) 恐怖主義；(12) 資訊技術；(13) 美國；(14) 網路安全；(15) SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)；(16) 智能電網；(17) 國家安全；(18) 電腦模擬；(19) 電信；(20) 風險分析；(21) 電腦犯罪；(22) 災難；(23) 公共基礎設施 (Wiseman and McLaughlin^[6])。

國土安全應具備核心素養

根據 Cutrer 調查出大學生國土安全應具有的核心素養，提出 15 項核心課程 (Cutrer^[7])，包括：(1) 全災害威脅的關鍵分析；(2) 關鍵基礎架構；(3) 網路安全－資訊安全；(4) 災難應變、復原；(5) 緊急管理；(6) 國土安全的道德、誠信和領導力；(7) 國土安全管理基礎；(8) 國土安全政策研究與分析；(9) 機構間的協調、支持和關係；(10) 情報；(11) 法律與政策；(12) 風險分析、管理；(13) 策略規劃；(14) 恐怖主義研究；(15) 大規模殺傷性武器。

Comiskey 曾為學生為未來投入於國土安全行業準備做研究，認國土安全是一門不斷發展的學科。大學國土安全課程設在各個學術系中，由不同學科的教職人員教授，並帶有不同的學術標籤。大部分課程都以類似於刑事司法，緊急管理和國土安全本身。認國土安全課程是多學科或跨學科的，且包含多個主題，並強調：(1) 恐怖主義；(2) 批判性思維；(3) 協作；(4) 情報；(5) 策略；(6) 全災害；(7) 關鍵基礎設施；(8) 緊急情況管理；(9) 整備；(10) 風險管理；(11) 網路安全；(12) 法律等領域 (Comiskey^[8])。

從 Ramsay 等對國土安全應具備核心素養的研究，超過 350 所大學在推動，惟專業化的概念仍然建立在發展理論研究基礎上，國土安全教育的發展與過去類似，包括商業，工程，醫學，法律，IT 和 EM 的教育。認國土安全教育的發展是建立在既有學科中的可靠實踐的基礎上，而不是關於全新體驗的新理論。知識領域提出 9 項，包括：(1) 情報；(2) 緊急管理和緊急支援功能；(3) 法律與政策；(4) 關鍵基礎設施安全與韌性；(5) 策略規劃與決策；(6) 恐怖主義；(7) 環境安全；(8) 網路安全管理與政策；(9) 風險管理 (Ramsay and McIntyre^[9])。

另 Ramsay 等針對國土安全應具備核心素養標準，

歷經 3 年時間研究 (Ramsay and Renda-Tanali^[10]) 利用了主題專家的集體專業知識來模擬這些較完善的學科所使用的結構和方法，並建立一套具共識的教育標準。每個領域創建了九個知識領域，包括：(1) 情報；(2) 緊急管理；(3) 法律政策；(4) 關鍵基礎設施的安全性和韌性；(5) 策略規劃；(6) 恐怖主義；(7) 人與環境安全；(8) 風險評估與管理；(9) 專業素養。

國土安全理論

有關國土安全理論，經 Comiskey 研究，認大學國土安全課程的一部分，最流行的理論圍繞在：領導力、風險管理、安全性、社會認同和恐怖主義等主題，但缺少宏觀的理論或架構。本質上，國土安全是一門折衷的學科或研究領域，旨在預防，預防，減災，響應和從構成國家最大風險的威脅和危險中恢復 (John^[21])。

CIP 學校推動課程

GMU (George Mason University) 是與美國政府機構合作推動教育的學校，其基礎設施與國土安全中心對國土安全應具備核心素養也推出 CIP 相關課程，並供一些推動學校參考，課程如：關鍵基礎設施安全的韌性 CISR 的基礎 (Foundations of Critical Infrastructure Security and Resilience)，這門研究生課程，從全災害 (all-hazard) 的角度介紹了關鍵基礎架構安全性和韌性 (CISR) 的政策，策略和實際應用，及 21 世紀風險環境提出的策略背景，並討論相關的挑戰和機會；提供的主題如：(1) 基礎設施相關的公私伙伴關係；(2) 資訊分享；(3) 風險分析和優先次序；(4) 風險緩解；(5) 績效評估；(6) 事件管理；(7) 為不確定的未來進行規劃和投資。

講師具備的 CIP 素養

對於 CIP 專業教師的養成是國土安全應具備核心能力培育的基礎，是擴大影響的重要途徑，Steven Hart 等對此提出架構方向 (Hart and Ramsay April^[11])，認為美國有 350 多個學術計劃在國土防禦和安全領域提供指導。儘管在過去陸續推出，在計劃級別的這種增長，關鍵基礎設施保護 (CIP) 的教練和課程工作仍然短缺。傳統的講師準備 (通過獲得高級學位以及研究和專業經驗來完成) 目前由於 CIP 相關的教育機會非常有限，因此無法培養出合格的 CIP 講師。因此，必須提供一個備用的講師準備場所。提供指南來滿足了

這一需求：其提出一個由五部分組成的框架，用於了解 CIP，包括：(1) 政策；(2) 網路；(3) 危害等級；(4) 防護等級；(5) 系統設計等面向。

並提供關於理解框架各部分的一些資源，也簡要介紹了框架的要素及資源，使興趣者可以輕便方式接觸學習資源。

資訊 CIP 教育

關鍵資訊基礎設施為 CI 的一環，其資訊安全教育所需具備國土安全觀點、範疇與傳統實體設施略有差異，而學術界支持 CIP 主要作用之一是教育未來的勞動力，是捍衛國家所需的知識和技能的後盾 (Oliver and Haney^[1])。Oliver 等設定學習目標有六：(1) 關鍵基礎設施；(2) 風險評估與管理；(3) 安全、保證與韌性；(4) 特定領域的工程和網路物理系統；(5) 網路安全技術技能；(6) 特定行業分析。

另提出關鍵基礎設施韌性基礎的規劃模組 (Modules)，主題領域包括：(1) 關鍵基礎架構安全性和韌性；(2) 關鍵基礎設施保護的歷史；(3) 新世紀的威脅環境；(4) 當局、角色和職責 (聯邦, SLTT, 私營部門)；(5) 資訊共享；(6) CI 風險評估；(7) 通過自願或監管方法實現；(8) 內部威脅；(9) SCADA 和其它支持網路的系統漏洞；(10) 國際的關鍵基礎設施安全性和韌性；(11) 關鍵基礎設施安全性和韌性的全災害方法；(12) CI 的長期和持久風險。

實務機構推動機制 - 美國、歐盟與聯合國

當然，推動 HS 言，既複雜又渾沌，美國對此已進行了相當的時段，911 之前即已在進行，1996 年克林頓總統已下令對 CIP 推動，911 及後續的颶災事件更加深其推動的力道，將聯邦救災總署 (Federal Emergency Management Agency, FEMA) 擴大整合相關部門成立國土安全部 (DHS)，以利業務的推動。而與 CI 最為密切的國家基礎設施防護計畫 (National Infrastructure Protection Plan, NIPP)，DHS 於 2006 提

出，隨後於 2009、2013 分別修訂，讓 CIP 推動更為明確。這些歷程、經驗頗具參考價值。

美國推動經驗

有關國土安全系統，其 CIP 推動工作，其經總統公布的 NIPP 系列文件，上面銜接國家整備系統 (National Preparedness Plan, NPS)、國家持續策略 (National Continuity Policy, NCP)、下則銜接州、郡、部落 (SLTT) 至第一線工作，以及搭配的機構，如國土安全科技部門 (Science and Technology Directorate, S&T)、國家培訓和教育系統 (National Training and Education System, NTES)、研究發展 (R&D) 部門等輔助機制。

而推動核心工作主要於整備系統圍繞在 5 大領域，即：(1) 預防；(2) 防護；(3) 減災；(4) 應變與；(5) 復原。

CIP 整備工作系統即是 NPS，每一領域，各有任務，也須適當的人員擔綱，其項目如圖 1。

國家整備系統 (NPS) 與 CIP 關係，實際上是唇齒相依，關係密切，亦即 CI 暴露風險的威脅、脆弱與結果搭配 NPS 來達成防護目的，以確保其安全與韌性。當然要成就這些目的，需有搭配的機構與成員來完成，而這中間的成員能力的養成，有賴學校教育、機構研發、訓練與演習等機制來達成。

PREPAREDNESS GOAL				
Mission Areas				
Prevention	Protection	Mitigation	Response	Recovery
Planning				
Public Information and Warning				
Operational Coordination				
Intelligence and Information Sharing		Community Resilience		Infrastructure Systems
Interdiction and Disruption		Long-term Vulnerability Reduction		Critical Transportation Environmental
Screening, Search, and Detection		Risk and Disaster Resilience Assessment		Economic Recovery
Forensics and Attribution	Access Control and Identity Verification	Threats and Hazards Identification		Health and Social Services
	Cybersecurity			Housing
	Physical Protective Measures			Natural and Cultural Resources
	Risk Management for Protection Programs and Activities			Logistics and Supply Chain Management
	Supply Chain Integrity and Security			Mass Care Services
				Mass Search and Rescue
				Operations On-scene Security, Protection, and Law Enforcement
				Operational Communications
				Public Health, Healthcare, and Emergency Medical
				Services Situational Assessment

圖 1 美國國家整備系統 (FEMA Last updated July 31, 2020^[12])

1. 國土安全科技部門 (S&T)

S & T 由其國會於 2003 年創立，從事與 DHS 相關的基礎和應用研究、開發、展示、測試與評估活動。透過應用科學，工程，分析和創新方法來提供並支持部門及時遭遇困境的解決方案是其主要任務。

2. 國家培訓和教育系統 (NTES)

此系統整合了培訓和教育工作，同時建立了國家安全和復原能力，包括所有社區以下指導原則推動，藉由通過這些原則，NTES 使整個社區將培訓和教育需求轉化為可行的行動方針，從而加強國家的整備能力。

S&T 與 NTES 這些支援機制關係為將科學研究成果轉化為實務，解決 DHS 所遭遇問題，提供解方。

3. 在職員工素養提升機制

常言：鐵打的衙門，流水的官。機關內維持運作的是任務遂行的核心，如何維持與提高成員素養，確實是艱難任務。克服在職進修且設定於高階之管理訓練，合理與務實，頗具創意。

對所有關係者提供 HS 相關專業是目標，但擴及全面，有相當大的挑戰。而為了提升在職員工的素養，自 2003 年起，美國 CHDS (Center of Homeland and Defense Security) 已建立了由美國大學和機構使用的研究生教育計劃和資源的計畫。包括各級官員授予碩士學位課程，並為了配合參與者的時間限制，利用網路與實體進行授課，其目標乃為領導者提供知識和技能，如：

1. 發展政策、策略、規劃和計劃防止在發生恐怖攻擊，降低國土安全威脅和潛在災難事件的脆弱性。
2. 建立加強國土安全所需的組織和機構間合作。
3. 藉由發展可行的政策和策略，幫助改善國土安全整備。

歐盟關鍵基礎設施保護素養提升機制

歐盟 JRC (Joint Research Center) 推動的 CIP 防護計畫 ERNCIP (Europe Reference Network for Critical Infrastructure Protection) 提供環境分享知識和專業經驗，並協調整合整個歐洲步調，為關鍵基礎設施提供更好的防護。

ERNCIP 辦公室在成員國代表和歐盟委員會的監督下，負責 ERNCIP 項目的管理，如圖 2。ERNCIP 成員國諮詢小組代表成員國利益相關者的利益，尤其是在主題領域的問題上。專題小組協調員：專題領域的確定和優先次序還涉及協調員的選擇。他們的工作是

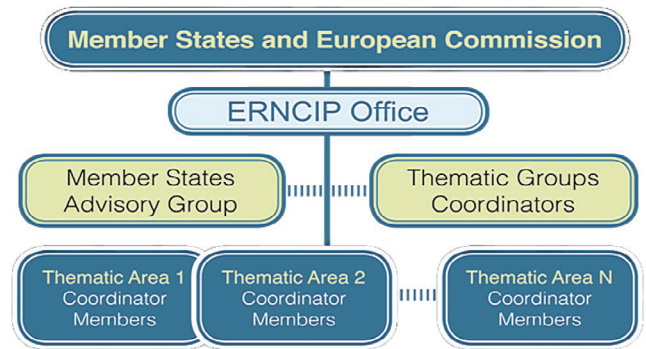


圖 2 ERNCIP 組織架構 (Alessandro^[13])

協調各自主題領域內的工作，報告其工作結果，並與 ERNCIP 辦公室聯繫。

歐盟推動 CIP 教育與訓練 (Alessandro^[13])，歐盟推動 CIP 教育與訓練也有一些作法，其中於關鍵基礎設施保護專業人員培訓課程 2016 年 7 月在布魯塞爾舉行進行了第一次的活動，旨在為關鍵基礎設施保護專業人士舉辦培訓，參加對象職業中級安全經理，主要為能源行業、電力和天然氣行業、邀請了可以分享經驗並分析主要與能源行業相關的場景的講師和專家，並成立一個觀察組，讓一群專家參與，並賦予其審核課程執行的任務，為課程提供評論和建議。觀察員小組並邀請兩名非歐盟專家，分享到歐盟外的經驗。並披露訓練的核心輪廓，其中有關技能集 (skill set) 共有 19 項，包括：(1) 復原力；(2) 危機管理；(3) 網路；(4) 風險評估與管理及影響分析與不確定性分析；(5) 整體系統觀點；(6) 建模與模擬；(7) 政策、法律和治理 (多方利益相關者和跨境問題)；(8) 系統的系統 (相互依存)；(9) 系統工程；(10) 業務連續性；(11) 測試驗證確認；(12) 標準化、認證與證書；(13) 社會問題、價值觀和公民保護；(14) 法律和法規問題；(15) 道德；(16) 服務和物資物流和供應鏈；(17) 分包問題和安全管理分包商；(18) 安全、保安文化和意識；(19) 在相互矛盾的目標下決策。

及培訓方式共有 10 項：(1) 建立共同的語言和知識架構；(2) 演習；(3) 實例探究；(4) 多媒體；(5) 遊戲；(6) 講故事；(7) 部落格；(8) 情境模擬；(9) 結合研究與經驗；(10) 故障分析。

推出訓練課程則提出七模組，包括：(1) CIP 課程簡介；(2) 複雜的系統分析、建模與模擬；(3) 風險評估與管理；(4) 風險評估和管理 (基於場景)；(5) 事件應變；(6) 操作員安全計劃；(7) CI 操作者與第三方的聯繫。

聯合國

鑒於世界災害頻傳，也是人類生存的挑戰，聯合國對於災害的防救，也相當投入。對此聯合國於 2015 於日本仙台召開第三次世界減災會議提出仙台減災綱領 (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)

(Wahlström^[14])，七大目標，四大優先推動項目。依據仙台減災綱領的文件內容，其總目標為：「透過從經濟、結構、法律、社會、健康、文化、教育、環境、科技、政治和體制上的整合措施，減低災害危害與脆弱度，並加強應變及復原重建的整備，進而提高災害韌性，以預防新興災害及降低既有的災害風險。」總目標之下，有七個全球目標，其中與基礎設施最直接的第四項：減少災害對關鍵基礎設施破壞，保護基礎設施如醫療與學校機構的災時基本功能。另提出的四大優先推動項目包括：(1) 瞭解災害風險；(2) 強化災害風險治理；(3) 投資減災；(4) 對應變及重建做更完善的整備等。

另外，針對全世界各式的恐怖活動，聯合國針對 CI 也提出一些措施，如基礎設施和公共場所等特別易受攻擊目標的防護與加強，包括：(1) 確認由各國確定其關鍵基礎設施的構成以及如何有效保護此類設施；(2) 防備恐怖主義襲擊，包括：防止、保護、減輕、反應和恢復各環節；(3) 促進包括：公私夥伴關係、關鍵基礎設施的安保和韌性認識到確保關鍵基礎設施可靠性和韌性；(4) 保護工作包含多重工作，例如：規劃；公共資訊和警報；行動協調；情報和資訊分享；攔截和擾亂；篩查、搜索和偵測；存取控制和身份核查；網路安全；實物保護措施；保護方案和活動的風險管理；供應鏈的完整性和安保；跨界關鍵基礎設施；公、私部門、國內、外的合作。

CIP 的推動需要怎樣的素養？

關鍵基礎設施正常與否影響到國家正常運作、經濟活動、民眾生活，其重要性不言而喻，其處處風險的環境、龐雜的規模、參與人員多元是必然、其素養要如何滿足自然是挑戰，不論從學術上或實務上。學術上，教授基於 CIP 的方法需要過於複雜或不夠廣泛和深度，認為它最終將無法運作 (Oliver and Haney^[1])；實務上，面臨的可能無法面面俱到，隨時在追求解方。但能在既有的基礎或經驗上繼續精進是條必經之路，且可能永無終止之日。

就基礎設施環境威脅言，大致有天然與人為災害兩大類，但仍有不同分法，以美國分為 5 大類，日本為 2 大類，亦有分為六類者，如圖 3。

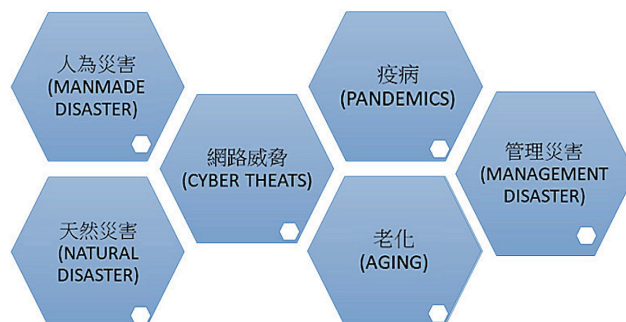


圖 3 關鍵基礎設施威脅種類 (張清祥^[15])

至於基礎設施，與於人們生活相關的建設都屬之，但列入關鍵基礎設施的則影響範圍更為巨大、龐雜。關鍵基礎設施的概念起源於二戰 (Oliver and Haney^[1])，與今天的感知方式大不相同的形式。以前是關鍵基礎設施開始在進攻端，選擇敵方影響的對象為標的，今戰爭已被各種威脅所取代，關鍵基礎設施防護已經演變成一種防禦策略，亦即防護措施屬關鍵者均被納入考量；由於各國有不同的環境、背景，因此有不同主張，以美國為例，將 CI 分為 16 項；英國為 9 項；澳洲為 8 項；紐西蘭 5 項；於臺灣則為 8 類。美國 16 項及我國 8 類關鍵基礎設施 (張清祥^[15])，分如表 1 及圖 4 包括：

為了基礎設施的正常營運，其實涉及到的人或參與者，涉及多方背景，包括當前直接實際作業的、控制的、維護管理的，以及督導的人員，當然往回追溯，則包括規劃、設計與施工人員等人員或團隊。除了一般正常的運作外，隨著外在因素對設施造成的威

化學	商業設施	通訊	關鍵製造業
水壩	國防工業基地	緊急服務	能源
金融服務	糧食/農業	政府設施	醫療保健/公共衛生
資訊信息技術	核反應堆/材料/廢物	運輸系統	水和廢水系統

表 1 美國關鍵基礎設施清單



圖 4 我國關鍵基礎設施分類 (張清祥^[15])

脅增加，所需防護作為更需要一些此方面專業的素養支持，亦即，既有系統參與人員所需的經營知識勢必要增廣，以面對可能衝擊。當然，CIP 除 CI 之外，相關的威脅議題與 HS 無法分離，包括 EM 及 PA 的參與人員，且於應變階段，這些人員反而可能是主要角色。

如此龐大機制，到底需要那些素養或能力？與 CI 涉及的層面同樣複雜，從前揭的部分，包括從學術界，以及實務界所端出的內容，綜理如下：

CIP 專業素養範疇

遭遇的環境複雜，相對的所需的具備素養範疇輪廓不易完整描述，但從所謂供應面，如學術界的發表，需求者與實務上面對議題所提出的應處、作為，亦即供應面與需求者角度，應可見端倪。

國土安全涉及的專業素養需求，從前面的介紹以素養詞條進行探索、研究，分別有 Wisman^[6]、Alessandro^[10] 及 Camron^[5] 提出或整理涉及的詞條或名詞有 23, 19 及 29 項，項目數量算是豐富，若再進一步分析，可以發現，有多項詞條意義相近或同一領域者，如：風險評估、風險分析、風險管理、風險緩解、危機管理等歸為風險管理；緊急管理、事件管理、災害管理等歸災害管理；災害預防、防護、減災、應變與復原等則歸災害整備工作。

另外對大學 (college) 課程內容主題主張，端出的項目在 3-15 項之間，涵蓋主題與前揭詞條調查的結果有相當的共識與聚焦。

實務面，如何妥善處理災害或威脅可能造成影響，這是大眾關心或追求的目標，而需要的專家(業)人員、具備的素養到底有那些，以美國為例，其 DHS 於 2009 頒布的計畫 NIPP 2009 就有此要求，其要求素養包括：(1) 風險分析能力；(2) 保護措施、減災策略 (3) 夥伴關係建立網路；(4) 資訊和資源利用分享；(5) 計畫管理；(6) 指標和計畫評估；(7) 技術和戰術專長 (特定領域) 培育。

其中對知識領域「關鍵基礎架構的安全性和韌性」素養要求包括：

1. 對關鍵基礎設施和關鍵資源保護 (包括韌性計劃；公、私部門) 的演進和原理的了解；
2. 熟悉關鍵基礎設施和關鍵資源的領域與風險管理方法；
3. 關鍵基礎設施和資源識別、保護和韌性的責任 (公、私部門)；

4. 具安全管理策略、分級和挑戰的知識。

而歐盟 ERNCIP 2017 年針對從業中階幹部第一次的訓練研討會也端出需要的素養，包括：(1) 整合或領導 CIP 或韌性工程團隊；(2) 認識並掌握關鍵基礎設施保護和復原力的全災害情況與系統規模及所處環境；(3) 認識並理解此類問題的多學科背景和範圍，從技術到組織，從社會到政治，從法律到組織，並熟悉對特定關鍵基礎設施的保護；(4) 關於關鍵基礎架構風險和韌性管理的治理方法；(5) 辨識夥伴關係的不同框架，資訊分享系統、交流、協調和協作過程的作用；(6) 設計、實施和改進 CIP 和復原治理，以及危機管理和緊急整備架構；(7) 在不確定、不利的情況下評估與決策；(8) 相互依賴的關鍵基礎架構中的風險評估；(9) 評估和管理用於 CIP 韌性和網路韌性的替代方案；(10) 評估和管理認證和認證過程，尤其是在複雜系統中元件和子系統的網路安全 (Alessandro^[10])。

CIP 專業素養分類

從學術角度研究或實務界提出要求須具備的能力要求，綜上發現各有主張，初看複雜，但詳細探究其功能或目的，輪廓卻相當聚焦，試以整體實用屬性別的角度歸類，經整理可歸納為五大類，分別為：

1. 認知面：為任務執行所必需，對於所處單位的環境、設施、任務內容、威脅 (災害種類)、來源、以及應處的機制及相關機關、企業與團體關係等，輪廓熟悉乃是國土安全或 CIP 推動的基本條件。
2. 法令面：為執行或推動業務的依據基礎，在過程中事件遭遇涉及多元，牽涉多個機關 (構)，甚至團體，如何有效運作，國家或組織需有目標、政策，搭配應有適當的立法、律定或計畫等作為依循，以利有效地運作。
3. 情資面：情報為一切決策的基礎，蒐集、傳遞、分析與運用具關鍵角色；另資訊、通訊經常是 CI 運作的基本元素，是系統活動的神經，利用網路運作、聯繫乃是基本，其安全更是重要。
4. 執行面：確保 CI 運作正常，整備系統為防護的核心，主要範圍包括：預防、防護、減災、應變與復原等相關的機制。所需的素養能力更是運作良窳的關鍵。美國 DHS 將之分為 32 項細項能力要求。
5. 管理面：防護工作業務龐雜，讓工作順利遂行，尤其事涉政策、組織、決策的管理，以及災害管理、後勤管理 (物流和供應鏈管理) 與計畫管理。

整理如表 2 CIP 實務需求素養分類。

表 2 CIP 實務需求素養分類

類別	認知面	法令面	情資面	執行面	管理面
項目	- 災害風險 - 政府組織 - 民間企業 - 基礎設施 - 設施防護 - 國土安全 - ...	- 政策 - 法律 - 命令 - 規則 - 綱要 - 計畫 - ...	- 情資蒐集 - 資訊傳遞 - 情資分享 - 媒體運用 - 網路 / 資訊安全 - 國際合作 - ...	- 策略規劃 - 整備機制 - 夥伴關係 - 協力合作 - 訓練 / 演習 - 研究發展 - ...	- 政策管理 - 組織管理 - 決策管理 - 災害管理 - 後勤管理 - 計畫管理 - ...

CIP 專業素養層別與交織

雖然把 CIP 參與人員所需的能力、素養分為 5 大類，實際上，各類之間卻很難分割，且彼此可能關係密切，如執行面的整備工作，需有基本面的基礎設施、災種認知、組織的法令依據、情資的傳達解析與事件的管理等組合，參圖 5；由於 CIP 工作龐雜，所需素養錯綜交織，當然也是一樣浩大，由於參與人員資格也是具有種類與層別，並非一致。基層人員、中階管理人員，以及高階主管，其所需的素養分量各有輕重，基層偏重執行面、高階則偏管理面，領導與指揮（組織與決策）則隨案都需要；至於認知範疇，一些基本知識為必備，部分則隨任務有所更迭，前面所列專家提出所需的素養範疇 3-15 項，其中就有針對中、高階人員與基層人員立足點差異。列出 3 項者，偏領導管理階層，15 項則偏基層執行面。

CIP 需要工程師的專業素養？

工程師實際就是國土安全或 CIP 領域的專業人員。工程技術是工程師的基本素養，專業素養為在工作上所需具備的能力，在國土安全領域所需（涉）的專業範圍相當的廣，以美國 DHS 成立時是其 22 部門整併而來，而原每一部門本身也是由各種專業人員組成，這些組成的成員，都具有其目前工作或任務所需的能力。當然，可能有一部分任務就是具工程專業背景，亦即工程師，來擔綱。但以功能導向的部門，隨著時間的消逝，工作的薰陶，原本基層的工程師角色也會隨之調整，成為主

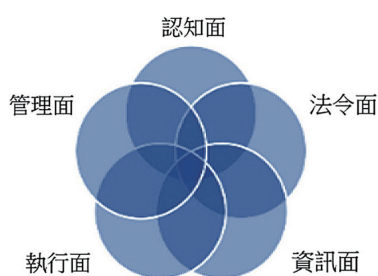


圖 5 實務需求素養示意圖

管、首長等領導者，甚至更高位階。當然，素養也隨著職位調整而變化，涉入的領域，除本身原專業的部分外，也會（需要）提升來面對並擔負起該有的責任。若為純工程技術服務者，則亦應提升對客戶工作的認知，來強化其專業的形象。故，即使是工程師，在服務過程，隨著職位變更而調整角色，工程師也是國土安全與 CIP 領域的具專業技術的人員。

就以災害事件發生始末探究參與人員所需的能力言，從事件發生之前、當下、應處、及善後與復原各階段，直接或間接參與的對象非常多元。就災害種類言，美國 HS 分五大類，在日本分天然與人為兩大類，惟細目共有 70 項；至於需要防護的 CI，於美國列有 16 類，為其國家整備系統——NPS 關心的對象。NPS 包括 5 大領域，32 項核心能力，從此約略可窺 CIP 人員所需素養的輪廓。至於 NPS 所涉及 CIP 的部分其實很難分離出，惟可以確認的是，有些工作則非其工程師專業不可。從另一角度觀察，這期間的參與者，應有工程背景從事任務，且經常亦可能橫跨多種角色，可能是指揮官、幕僚長、功能主管、領班、或純工程師，亦即，除工程專業技術之外，所需的領導、指揮、管理等能力，就是以工程技術專業為基礎的國土安全專業的素養。以圖 6 示之。

精進 CIP 工程師素養需要那些機制？

龐大的 CI 體系，其運作與防護是複雜的大工程，當然需要眾多、多元背景的參與者方能成事，而 CIP 需要工程師素養範疇，如前揭的 5 大面向，包括：認知面、政策法令面、情資面、執行面與管理面，而各面向也各含一系列的子項目來構成。加上一種是無法或短時難以被取代的，就是工程師的專業技術。

工程師在此充滿挑戰的環境，尤其是以往鮮見的災害威脅斷續發生，救災過程經常是媒體的焦點，其實專業才是確保 CI 正常運作的關鍵角色。於 CIP 的工程師，

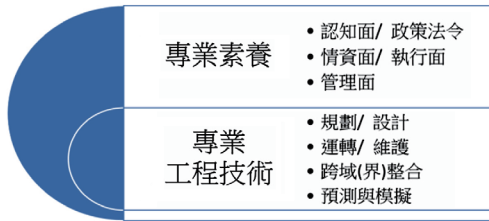


圖 6 關鍵基礎設施防護專業素養圖

維持技術專業無法改變，倒是隨著歲月的增長，必須跨出其技術專業外的工作，如部門內、部門之間等的協同作業，甚至指導、指揮的防護任務，經常無法逃避且必須承擔時，這些專業技術外的素養必要培養、充實，方能遂行任務。前揭的 5 面向專業素養是參與 CIP 必須具備的，但非一步到位，隨者時間的遞嬗，職位的調整，所需的素養亦隨之調整。當然，僅此仍不足以成事，尚需有機制的搭配方能成事。

實務上，CI 遭遇的威脅，與國土安全議題息息相關，由於外在的因素，時刻在變動，且常出新的狀況，以既有體制面對，常出現窘境，為能確保 CI 正常運作，防護機制勢必與時俱進，當然威脅的預防與排除均需要專業的協助。CIP 要完整、除了設施硬體的妥善規劃設計外，後天的防護亦需兼顧。如何讓參與者更能有效發揮，就有待一些機制的建立與推動，並做有系統的規劃，包括：

盤點整合既有資源

防災工作於整備系統中分為五領域，工作重心先天上容易側重於應變的作為，而於預防與防護工作容易被忽略，實質上，才是重點。基礎設施防護並非新生的領域，基本的規劃與設計階段有其考慮的痕跡，只是環境威脅更複雜，既有的防護作為或運作機制仍有其功能，但對於未來面對全災害的挑戰是否能持續，盤點尤其必要，並做適度的整合。並針對盤點後落差不足之處，速謀對策因應。

研究發展與合作

CI 面臨的威脅越來越嚴峻、防護系統越來越複雜，既有的防護措施常呈不足，更精進的作為需要研究發展來彌補，提供或建立機制，使防護工作更精進。除盤點整合之外，與外界的合作，如推動經驗的交流、分享，可快速獲取所需，是很難拒絕的途徑。這些合作包括：政府間、公營與私營、產官學、NGO 及跨界、跨國等合作。

系統化教育與訓練機制

工作場域訓練是在職人員素養提升最有效直接，學校或訓練機構教育則是培育未來從業人員。CIP 涉及層面大，當然所需的能力範圍相當廣，且所需的對象也有層次之分，單以所列五類能力，無法一次到位，也無須一次到位，先從基本的認知面切入，進而加入所需的領域範疇所涉的其它面向知識，基礎的素養可由學校設計提供。當然所參與的人員隨年資增長，所擔負的任務亦隨著改變，其所需的知識亦應隨之調整，不論自辦、委辦，宜系統化規劃，搭配研發與合作的機制，讓資源做最佳的利用，確保 CIP 的成功。

參考文獻

1. Oliver, D. and M. Haney (2018). "Curriculum Development for Teaching Critical Infrastructure Protection." *Journal of The Colloquium for Information System Security Education* 5(2).
2. John, C. (2018). "Theory for homeland security." *Journal of Homeland Security Education* 7: 17.
3. Pelfrey, W.V. and W.D. Kelley (2013). "Homeland Security Education: A Way Forward." *Homeland Security Affairs* 9.
4. Supinski, S.B. (2012). "International Journal of Security Education: The right journal at the right time." *Journal of Homeland Security Education* 1: 3.
5. Cameron, C. and J.M. Little (2019). "Identifying Core Themes for an Integrated HSEM Curriculum." *International Journal of Security, Preparedness, and Resilience Education* 8.
6. Wiseman, E. and T. McLaughlin (2014). *Critical Infrastructure Protection and Resilience Literature Survey: State of the Art National Research Council Canada*.
7. Cutrer, D. (2012). *Developing a Homeland Security Curriculum: A Case Study in Outcomes-Based Education Using the Delphi Method*. DOCTOR OF PHILOSOPHY Embry-Riddle Aeronautical University.
8. Comiskey, J. (2014). *How Do College Homeland Security Curricula Prepare Students for Homeland Security?*
9. Ramsay, J. and D. McIntyre (2016). *Professionalizing Homeland Security: Using educational standards to define the discipline*. 18th Annual Higher Education Symposium Emmitsburg MD.
10. Ramsay, J. and I. Renda-Tanali (2018). "Development of Competency-Based Education Standards for Homeland Security Academic Programs." *Journal of Homeland Security and Emergency Management*.
11. Hart, S. and J.D. Ramsay (April 2011). "A Guide for Homeland Security Instructors Preparing Physical Critical Infrastructure Protection Courses." *The Journal of the NPS Center for Homeland Defense and Security*: Article 11.
12. FEMA (Last updated July 31, 2020). *National Preparedness System*, Federal Emergency Management Agency.
13. Alessandro, L. (2017). *ERNIP training for professionals in Critical Infrastructure Protection: from risk management to resilience*.
14. Wahlström, M. (2015). "Sendai Framework for Disaster Risk Reduction." Retrieved Jan. 13, 2020, from <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>.
15. 張清祥 (2019), 「關鍵基礎設施防護與工程師」, 工程 Vol. 92, No. 3 (工程與技術)。

