

# 國際工程教育認證近年來的主要發展

■ 文／楊永斌·中華工程教育學會前理事長  
劉曼君·中華工程教育學會副執行長

**教**學需要認證，才能保有質量，此點對於工程學科尤其重要。近三十年來，由於網絡、手機和電腦無所不在，信息的浪潮排山倒海而來，傳統教學受到很大的挑戰，因此如何牢牢地掌握工科畢業生的質量，已經成了一件刻不容緩的事情，這也就是為何世界各國／地區都在努力推行工程教育認證。本文首先介紹以美國工程與技術認證委員會（Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET）為首的工程教育認證的發展，其次對世界上最有影響力的華盛頓協議（Washington Accord, WA）作介紹，接著說明認證規範的精神和要點，特別是教育目標、核心能力、頂石課程、持續改善等要項，接下來，則是針對國際除WA以外的幾個不同的國際協議，給予簡單的介紹，最後，則是針對研究所教育認證作試探性的討論。

## 美國率先推行工程教育認證

美國在1932年就著手建立工程教育認證制度，由「工程師職業發展委員會（Engineers Council for Professional Development, ECPD）」負責，這是一個以工程從業人員為主的組織，其任務



▲IEET認證說明會。（IEET提供）

在於提升從業人員和學生的教育、認證、規範、和職業發展。為更清楚地強調認證功能，1980年起ECPD更名為「工程與技術認證委員會（ABET）」，之後再因認證領域擴展，超出了傳統工程的範圍，而擴及資訊及應用與自然科學等領域，就以簡稱ABET作為組織的稱號。

認證對象是以大學中的學程為主，也就是學系或學院，認證是自願的。美國各大學的工程科系都參與ABET的認證，包括應用與自然科學、資訊工程、一般工程、與工程科技等。ABET認證之所以廣為大家所接受，原因之一是它攸關學生在校和畢業的權益，如在校時的銀行貸款和畢業後申請註冊工程師的資格等。ABET認證主要

由該國36個領域的學會執行，包括認證委員的遴選，和認證結果的決定，均由這些學會協助執行。

1997年ABET採用新的工程標準EC2000，改以學生的學習成果（outcome based）為評估指標。當年中華工程教育學會（Institute of Engineering Education Taiwan, IEET）建立認證標準AC2004時，也受到了EC2000成果導向的影響。此外，日韓也是取經自ABET，近年來一些新加入工程教育認證的國家，如土耳其、智利、秘魯、墨西哥等，也脫離不了ABET的色彩，可以說學習成果導向是當今工程教育認證的主流。

### 歐洲工程教育認證的發展

1999年29個歐洲國家的教育部長共同發表了波隆那宣言（Bologna Declaration），啟動了歐洲教育制度的改革，促進了教育及專業人才的流動，在歐盟資助下，各國在專業工程師的認定標準和大學工程學程的品保上，也取得了一定的共識。波隆那宣言是一重要的里程碑，一個國家只要符合約定的規範，那麼其大學生和研究生在通過入學要求的前提下，即可在其他國家自由地移動。歐洲於2006年成立了歐洲工程教育認證網（European Network for Accreditation of Engineering Education, ENAEE），作為各國工程教育認證和品管的平台。ENAEE目前有21個正式會員4個副會員，代表不同國家的認證協會或學會，其最高領導機構是大會，由每個會員推派一位代表所組成。ENAEE下設EUR-ACE標籤頒授委員會，就各國認證和品管組織所提出通過認證學程的申請，進行審查、授權給予EUR-ACE標籤，並將所作決議向大會推薦。

目前世界上的工程教育認證是以WA和ENAEE為兩大主流，然而ENAEE是以歐洲地區為主，比

較關注其內部的流動性，另外，歐洲的學制也比較複雜。值得一提的是，英國的工程委員會（Engineering Council, ECUK）和愛爾蘭的工程師學會（Engineers Ireland, EI）除了是ENAEE成員外，也是WA的發起會員。另外，德國的認證組織ASIIN多年前亦曾致力於參加WA，終因其學制之差異及其非代表該國的唯一認證組織，而被阻擋於WA之外。

### 華盛頓協定影響力持續擴大

1989年六個先進國家的非官方認證組織，注意到了他們頒授給各大學學程的認證程序、政策、標準和要求，基本上是「實質相當」的，因此推動成立了華盛頓協議（WA），這六個創始會員是：澳大利亞的EA（Engineers Australia）、加拿大的EC（Engineers Canada）、愛爾蘭的EI、紐西蘭的EngNZ（Engineering New Zealand，原名IPENZ）、美國的ABET、和英國的ECUK。

他們希望藉此協議確認各參與簽署會員（signatory）的認證作業品質，授予成員組織認證過的學程畢業生相同的權利，特別是各會員組織認證通過學程的畢業生，在其他會員國家／地區申請註冊工程師時所可享有的學歷資格要求，以增進會員間職業工程師的流動性。WA後來陸續增加到20個會員，新加入的包括：中國香港HKIE（1995）、南非ECSA（1999）、日本JABEE（2005）、新加坡IES（2006）、臺灣IEET（2007）、韓國ABEEK（2007）、馬來西亞BEM（2009）、土耳其MÜDEK（2011）、俄羅斯AEER（2012）、印度NBA（2014）、斯里蘭卡IESL（2014）、中國CAST（2016）、巴基斯坦PEC（2017）和秘魯ICACIT（2018）。WA目前還有8個準簽署會員（provisional signatory）：孟加拉IEB、哥斯達黎加CFIA、墨西哥CACEI、菲律賓PTC、智利ACREDITA CI、緬甸



▲2019年IEA大會。(IET提供)

MEngC、泰國CEOT及印尼IABEE等都在努力建構其工程教育認證機制，希望能加入WA。

WA會員間之相互認可是以實質相當為前提，自2009年起WA發展出一套「畢業生核心能力（graduate attributes）」，要求所有會員在認證制度裡都必須具備這12項能力，以此維繫彼此的實質相當。這些畢業生核心能力所代表的，是學生畢業後進入職場的能力（entry-level competence）。由於工程領域較無地域性，在WA架構下，通過認證的學程畢業生，才能有共同的標準，具備一樣的核心能力。

WA參與成員間通過認證學程的相互承認，建立彼此專業工程師可比較的標準，和工程師「流動性」的學歷基礎。目前國內與歐美大學進行學生交流時，他們最關心的就是有沒有通過認證，如果通過認證，則所修學分即可相互承認，也比較容易建構雙學位制度。

### 工程教育認證標準日臻完善

學程一旦接受工程教育認證，其教學即進入一個有系統、當責（accountability）的教學模式，這跟傳統各行其是、缺乏控管、以教師為主體的

模式有很大的不同。下面為了討論方便，將以IET工程教育認證規範（EAC2016）來作說明。

這個規範的適合對象是傳統工程與科技教育的學士班教育，主要有九項：

**規範1. 教育目標：**各學程均須有公開且明確的教育目標，以展現學程的功能與特色，且符合時代潮流與社會的需求；須說明教育目標與面向產出的關聯性，另外，亦須說明課程設計與教育目標的關係及如何評估以確保教育目標的達成。

教育目標的制定是個凝結共識的過程，參與者除了學程負責人和教師之外，也能邀請傑出校友、地區重要的企業家，兼以縮短產學落差、促進產學合作。透過定期評估校友在教育目標上的達成度，可以明白學程在整體規劃、課程架構上是否能夠滿足行業的需求。

**規範2. 學生：**為確保在校學生的教育與畢業生的品質與能力，要求須有達成教育目標的可行規章，須有鼓勵學生交流的措施和辦法，能持續有效執行學生的指導和評量。

**規範3. 教學成效及評量：**要求學生在畢業時必須具備的「核心能力」，包括：運用數學、科學及工程知識的能力；設計與執行實驗、以及分

析與解釋數據的能力；執行工程實務所需技術、技巧及使用現代工具的能力；設計工程系統、組件或製程的能力；專案管理、有效溝通、領域整合與團隊合作的能力；發掘、分析、應用研究成果及整合複雜工程問題的能力；認識時事議題、了解工程技術對環境、社會及全球的影響，並具備持續學習的習慣；理解及應用專業倫理、認知社會責任及尊重多元觀點。

IEET在建構及修訂畢業生核心能力上，須遵循WA所要求的畢業生核心能力，以保障通過認證學程的畢業生也能為WA其他會員所接受。

**規範4.** 課程組成：課程設計須符合教育目標，且能透過畢業生成績單分析，佐證其培養課程至少包括數學及基礎科學、工程專業課程、及通識課程等三大要素，其中數學及基礎科學課程須占最低畢業學分1/4以上，工程專業課程（包括整合性的專題實作）須占3/8以上，通識課程須與專業領域均衡，並與教育目標一致；課程規劃須符合產業需求，並培養學生應用所學於工程實務的能力。

IEET是以128個畢業學分為基準點計算課程的份量，自2014年起要求所有學程皆須具備完整工程設計能力的專題實例，也就是頂石（capstone）課程，藉此展示學程具備培育學生工程實例設計的能力，以及佐證學生在畢業時確實具備的核心能力。

**規範5.** 教師：學程須有足夠的專業教師；教師須參與學程教育目標的制定；教師專長需涵蓋相關領域所需的專業知識；注重師生間互動與學生輔導；注重教師與業界交流；教師的持續學習與鼓勵措施；教師參與學術及專業組織。

**規範6.** 設備及空間：要求能促進師生的良性互動；能營造一個有利於學生發展專業能力的環境；能提供學生使用相關專業設備與工具的環境；

能提供足夠的資訊設備供師生進行教學活動；能提供安全的學習空間及良善的設備管理制度。

**規範7.** 行政支持與經費：有足夠的行政與技術人力；能確保教學質量及後續發展，並有良好的領導及管理制度；能提供經費支持教師的專業學習；有足夠經費支持教學、實驗及實習設備的取得與運行。

**規範8.** 領域認證規範：課程與師資皆須與名稱實際相符，若是屬於整合性領域，則須分別滿足各相關領域的認證規範。

**規範9.** 持續改善成效：須提供自我評估過程及具體成效，以及良好之持續改善機制；能持續確保學生畢業時具備核心能力；課程與教學須符合社會需求，培養學生工程實際能力。

以上九條規範是IEET自2003年以來，經過逐步改善所累積的準則。這個規範主要適用於一般四年制的學士學程，至於其他專科學制的認證標準，則在具體的要求上，特別是規範三和四，會隨著領域的不同而有所調整。針對資訊教育、工程技術教育、建築教育及設計教育，IEET亦有各自的認證規範。

規範1的「教育目標」是指學生畢業三至五年後，所需具備的專業能力，例如是一個能解決問題、造福社會的工程師，並能在專業知識上繼續成長。至於規範3則是指學生在畢業時所須具備的「核心能力」，包括知識、技術、和態度三個層面。由此可知，上述規範是以學生畢業時或畢業三至五年後的能力，作為評估一個學程的標準，這就是「學習成果導向」的認證，和過去純以輸入的資源（如人員、課程、經費、空間等）的硬指標，並以教師為主的評估，是有很大的差異的。經證實採用成果導向的認證規範對於培養21世紀工程師的能力，如解決問題以及協調和溝通等，具有較大的正面影響。

## 實施畢業前頂石課程（Capstone）的必要性

近年來WA中較先進的國家如美、加、澳等，非常重視學程在學生畢業前選修頂石課程的必要性，以四年制的學士班而言，前兩年基本上是著重在基礎數學與科學、基礎分析與設計等課程，大三和大四選修課比較多，特別是大三下或大四上，須有整合工程設計能力的實例課程，以便檢驗學生在畢業時所具有的核心能力，使之在畢業前即能體驗工程師所須承擔的職責。

頂石課程的目的在於驗證畢業生，能將所學應用在工程實務的能力，因此在課程須包括整合工程設計能力的實例，讓學生運用過去所學的知識及技術，嘗試解決WA所要求的「複雜且整合性」工程問題，考慮要點包括：(1)需較深的知識才可解決的問題。(2)問題本身是多面向的，或在技術、專業與其他層面上相互衝突的。(3)是一個實際的問題，沒有顯而易見的解決方法。(4)需創新應用專業基本原則及實務上最新研究成果才可解決的問題。(5)需考慮現實環境的多方限制，如人力、成本、設備、材料、信息及技術等。(6)問題本身可能對社會及環境有深遠的影響。

頂石課程強調團隊合作，可三、五人一組，各有所司，以動手和設計為主，能整合過去所學於解決實際工程問題中，並在期末時完成一個書面和口頭報告。主持頂石課程教師的授課時數較少，而以指導和輔導為主。一般認為學生接受頂石課程的訓練，是畢業後就業的一個重要環節。IEET自2014年起修改認證規範，將頂石課程納入要求之一，同時也發展出頂石課程確認清單，逐步帶領學校將頂石課程做好。

## 工程教育認證強調持續改善機制

認證的目的在於建立能維持教學成效的「持續

改善」機制，作為教學品保的一環。ABET是最早將持續改善納入認證規範的，它要求學程必須提供明確紀錄或佐證，說明學程定期採用適當的評量及評估方式，學生的學習成果，同時持續的利用這些評估結果來改善教學。IEET近年來專設了規範9以強調持續改善的必要性，特別是在畢業生核心能力（規範3）及課程組成（規範4）的掌握上。

持續改善是WA的一個重要準則，它每六年對會員的認證進行一次全面性的審查，以確保其認證品質能夠繼續提升，並與其他會員維持實質相當。IEET對學程的審查也是每六年一次，自2007年成為WA會員以來，曾於2012和2018年通過兩次WA的審查。

教育目標、核心能力和課程設計是環環相扣的。IEET要求學程負責人每三年均須就教育目標，向校友及僱主作問卷調查，以確定有無調整之必要。其次，關於畢業生核心能力，學程每年須就頂石課程的評量及畢業生問卷調查，進行必要之檢討或調整。最後，每一課程在學期結束後，教師均須就學生考試和作業成果，重新評估課程是否滿足原訂的核心能力，並作必要之修正。IEET要求必修核心課程的教師須填寫教學評估及反思表，將學生的表現納入自我反思、持續改善的重點。

這裡所提針對校友及僱主的問卷調查，是認證很重要的一部分，經此調查，可以確保學程的教育能夠滿足企業的需求，不與社會脫節。我們知道歐美高校的校友很樂意捐獻給母校，這與他們的校友工作做的緊密有關，因此問卷調查也可視為聯繫校友的一項工作，對於凝聚校友力量是有幫助的。

## 多元認證協議擴大了認證的領域

WA關心的對象是以四年制傳統的學士班工程

教育為主，事實上，各國／地區為了滿足其國內／地區產業界及年輕人多元就業的需要，除了主流的四學制學士班教育之外，也都存在個別特色或其他類型的高等或職業教育，這都是WA所無法涵蓋的。

舉例來說，資訊科技教育和一般工程領域是有很大的差異的，他們需要較多的邏輯和數理運算，即因此故，國際上六個相關認證學會，包括韓國ABEEK、美國ABET、澳大利亞ACS、英國BCS、加拿大CIPS、和日本JABEE，於2008年共同倡議成立了首爾協議（Seoul Accord），中國香港HKIE和臺灣的IEET也在2009年加入，後來IEET並擔任首爾協議的秘書處。除了認證標準因領域特質有所不同外，首爾協議的運作模式基本上和WA很接近。

建築教育對於硬性科學如數學等的依賴，也不像傳統工程那麼高，相反的，它對於人文、社會、和美術有一定的需求，在很多國家／地區，建築學程的修習年限常常超過四年，因此不易以WA認證標準來加以處理。目前國際上也有一個建築專屬的坎培拉協議（Canberra Accord），負責處理各會員間在實質相當基礎上相互承認的問題，只是坎培拉協議的會員有大有小，所代表的地理範圍並不一致，在會員的審查和評估方面和WA有較大的差異。另外，坎培拉協議也不像WA那樣，有一套大家都能依循的畢業生核心能力，他們認為建築領域較為多元，很難用單一標準來看待。參與這個協議的目的主要是在切磋彼此的教育認證制度，學習及發展建築教育典範。目前加拿大CACB-CCCA、中國的國家建築認證委員會NBAA、大英國協CAA、香港HKIA、日本JABEE、韓國KAAB、墨西哥ANPADEH、南非SACAP及美國NAAB、是坎培拉協議的會員之一，IEET及西班牙FMID是準會員。

為了工業發展的需要，各國／地區也常將工程劃分為以工程科學和技術應用為主的兩大類。前者在數學和科學方面的課程要求較高，主要是培養傳統的，強調工程設計能力的工程師（professional engineer），後者則對數學和科學課程的需求較低，比較強調的是工程實務的應用和動手的能力，此類教育有時也稱為「工程技術（engineering technology）」，主要是培養技術專家或工藝人員（engineering technologist），不同國家／地區對這些人員的稱呼並不統一。有鑒於此，WA成員中的七個會員在2001年發起成立了雪梨協議（Sydney Accord, SA），作為此類工程科技學程的國際認證平台，以推動彼此間的相互承認，並促進學生的交流，這些創會成員包括：澳大利亞EA、加拿大EC、中國香港HKIE、愛爾蘭EI、新西蘭EngNZ、美國ABET和南非ECSA。這個協議的運行模式非常類似WA的教育認證，目前SA的會員數已有11個，包括2009年加入的美國ABET，2013年加入的韓國ABEEK，2014年加入的IEET，和2018年加入的馬來西亞BEM。

此外，還有一個都柏林協議（Dublin Accord, DA），它是2002年由加拿大、英國、愛爾蘭和南非所共同創立的，此協議的目的在於為「工程技術士（engineering technician）」學程認證提供一個共通的國際平台，DA現有9個會員。

華盛頓協議（WA）、雪梨協議（SA）和都柏林協議（DA）都隸屬於一個更大的非營利性的全球性框架，稱為國際工程聯盟（IEA），其宗旨在於提升工程教育的品質和執業能力，以及會員間之實質相互認可。和這三個教育性協議同在IEA大傘之下的還有四個工程師協議，分別是國際工程師協議（IPEA）、亞太工程師協議（APEC Engineer）、國際工程技術士協議（IETA），以

及國際工程員協議（AIET）。這四個協議分別對應於三個教育協議的不同學歷等級，例如IPEA及APEC Engineer工程師的學歷就對應了WA的學士班教育，而IETA則是對應於SA，AIET是對應於DA。每年這七個教育和工程師協議的會員，均會在同一會場舉行會議，稱為IEAM大會。中國香港HKIE分別於2005和2019年主辦這項大會，臺灣IEET則於2011年主辦了這項大會。

### 關於研究所認證的考量

臺灣的工科畢業生每年約有1/4進入研究所，有些研究型大學的比例更高，這使得各學系進行畢業生調查時受到很大的困擾，影響到各學程對教育目標是否達成的評估，因為根據規範，此一評估是以畢業後三、五年的校友為調查對象，而這些校友並未就業，卻是在他校就學。此一事實顯示著碩士畢業生已經成了經濟發展的主力，另一方面，各大學為了提升排名，多把經費投注在研究及論文發表，對於教學品質的提升，缺乏有效的措施。因此，IEET認為要提升地區的經濟競爭力，就必須進行研究所（碩士學位）的教學認證，藉由持續改善機制，來提升畢業生的品質，並解決上述學士學位認證中，對畢業生調查的盲點。

當年IEET的AC2004認證規範雖為四年制的學士班而設，其要求仍為研究生所需滿足的，然而，碩士學位在校僅有兩年，實際修課時間則僅有一年，因此不可能單獨滿足規範4中有關課程的要求。基於研究所是延續學士班教育之理，我們假定研究生都是來自於通過IEET認證的學系，因此，只須在原有規範之外，再加一個規範，強調研究所的「專」和「精」即可，並要求研究所入學要有一定的管控機制。

認證之目的在於確保教學品質，但研究所是以研究為主、教學為輔，其特質包括：研究生與導

師間的互動、教師參與學術研究成果、以及執行研究所需資源等。此外，我們也期待研究生能具備所需的專業知識、執行研究項目、撰寫論文、能創新思考、獨力解決問題、與不同領域人員合作、並具備國際觀等。所有這些特色都表達在IEET的規範G之中。

2007年IEET開風氣之先，首次將工程教育認證延伸至研究所，研究所得選擇與學士學程一起認證，或單獨認證。2009年美國ABET也正式接受學程大學部與碩士班的認證申請。在當時，日本的JABEE也非常關注碩士學位的認證，期待能從IEET取得經驗上的協助。

### 結語

近三十年來由於受到訊息科技的影響，各國/地區的經濟發展緊密連成一塊，聲息相通，在高教領域裡更是如此。為確保教學品質，並促進國際交流，有識之士開始倡議工程教育的相互認可，以實質相當為出發點，進行學程的認證。本文首就ABET的認證工作做一簡單回顧，其次，對世界上最重要的WA作了較充分的介紹，接著，以IEET認證規範為例，說明認證的精神和要點，包括教育目標和核心能力，並對頂石課程和持續改善機制略作探討，接下來，針對WA以外的幾個國際認證協議，給予簡單的介紹，最後，則略述IEET的研究所教育認證。

本文在回顧世界工程教育的發展歷史後，認為未來的工程教育認證，整體趨勢仍然離不開成果導向、國際連結、持續改善、產學合作等幾個面向。工程教育認證是一個問責的工作，只有認真投入、與時俱進，才能確保學程的教學品質。🌟

◎後記：本文改寫自《高等工程教育研究》2019年第5期『世界工程教育認證的發展趨勢』（項目編號18JDGC002）。