



透過研究實作養成科學 邏輯能力——指導 IYPT 我國代表選手經驗分享

文／徐鏞元

自從 2009 年起，臺灣開始參與國際青年學生物理辯論競賽，我國代表隊履創佳績，更在 2016 年勇奪金牌。本文主要就選手培訓過程中，逐漸具體化關於選手科學能力培養方面的一些想法和經驗進行分享。尤其著重於在達到研究問題的基本要求之後，更進一步發展學生科學邏輯能力時的後續效應。

從活動要求到科學能力的養成

引介國際青年學生物理辯論競賽 (IYPT) 進入臺灣，並不單單是因為可以增加中學生參加國際比賽的機會，更重要的是它的競賽內容有別於一般專門學科的考試

競賽，因此也提供了學生一窺科學研究堂奧的機會。不是淺嚐即止的看戲，而是透過親自研究開放性問題的過程體驗，不僅可以增進學生對物理科學的認識，同時激發各種綜合性的能力發展，尤其是科學邏輯的養成。



要了解學生可以培養怎樣的能力，最直接的是從競賽中的表現需求找出端倪。IYPT 競賽的進行方式，是在競賽的前一年公布 17 個包含各領域的開放性物理問題，讓參賽者先進行研究。在競賽進行時把參賽者分成三個角色，分別是 Reporter、Opponent 和 Reviewer。競賽時先由 Reporter 針對該場次選定的問題，以口頭方式介紹他們研究的結果（12 分鐘）；接著 Opponent 針對報告的內容，指出謬誤或不清楚的部分，再針對這些問題點跟 Reporter 在台上直接面對面討論釐清（全部 14 分鐘）；最後由 Reviewer 以客觀的立場整理雙方的論點，並且提出新的見解（4 分鐘）。

從競賽時間和角色的安排，可以看出三個角色跟科學研究過程中研究工作內容的關聯。Reviewer 這個角色對應的是研究初期和研究期間，主要以研讀文獻或聆聽演講後整理資訊並提出新看法的過程為主。Opponent 的角色則呼應的是研究過程，研究者接觸到其他同領域研究的結果，尤其是聽取演講或現場討論時，基於自己的認知發出疑問和討論釐清的過程。最終，Reporter 則是發表研究結果和辯護／解釋內容的部分。由上述的說明可知，這三個角色都需要有堅實的物理知識背景，尤其是 Reporter 和 Opponent 更需要對討論的問題花費大量的時間和精力進行廣泛且深入的研究。有鑑於此，我們可以從這些相應關係，逐漸勾勒出選手培訓的目標。

能力培養目標——總和性的基本科學能力 + 個人特質（能力）

組織好隊伍參加競賽的第一要務，就是要對全部的競賽題目進行研究。但是競

賽的題目眾多，國際賽 IYPT 有 17 題，國內賽 TYPT 雖然把題目數量減少了，但也還有 12 題，可以預見的是整個準備的過程曠日費時，因此對物理或科學研究的「熱情」就成了參加選手們首要必備的特質。也因為題目眾多，加上上台進行報告或討論的選手需要對題目有深入的了解，實在不能只靠一、兩個人完成全部的題目，因此全隊五名選手需分別負責兩到三題的研究工作。另一方面，這是個團隊競賽，隊員在台上不應該是單打獨鬥的面對對手（圖 1），所以除了上台的選手要能掌握自己研究的主題，其他台下的隊友也要對題目有足夠的認識，能即時地提供各種必要的協助。但是在培訓一開始的時候，並不需要特別強調其具備完整的物理能力，因為隊員們多半還沒上完高中物理課程，只能運用基礎的物理概念分析問題。此時需要他們直接把問題的現象重現出來，一方面透過觀察直接了解問題，另一方面則利用網路搜尋、老師解釋或官方公布的參考資料等管道，掌握解決問題需要的知識，然後提出解析問題需要的實驗架設，逐步進行深入的問題解析。透過這樣的實作／學習



圖 1. IYPT 是個團隊的競賽，從比賽前的準備到比賽中的互相協助都需要良好的團隊合作。2016 年臺灣隊在決賽舞台上準備 report 的情形，報告者（左 2 著黑西裝）在準備報告，隊長（右 2）在準備可能需要提供的支援



循環，和題目相關的物理能力會隨著培訓和研究活動逐漸累積和加深，最終統合成學生的基礎實力。

除上述的能力之外，針對競賽各角色的特質，我們還可以再發掘或發展學生的特殊能力。然而，受限於 IYPT 要用英語作為競賽語言，這些能力要在競賽中完整發

揮則需要具備有相當的英文能力支持。但是在國內 TYPT 的競賽來說，只要學生願意嘗試，大可先不管英語能力的高低，畢竟能力養成是環環相扣的，透過直接使用也可以刺激學生的英語能力。除了英文能力的提升之外，在辯論賽上各角色也有其特別強調的特質，分別是：

Reviewer：上台發表意見的時間只有短短的 4 分鐘，而且內容主要是即時記錄和整理 Reporter 和 Opponent 在台上發表和討論的內容，因此需要有很好的速記或重點整理能力。另外大方的台風和流暢的表達也是重點。因為需要回答 Jurors 的問題，所以要對該課題有基礎以上的了解。因為可能不是由負責研究題目的同學擔任，所以隊友的支援協助能力就很重要，而這裡的支援（協助）有很大部分是在競賽培訓和準備期間就要開始的。

Opponent：需要在 Reporter 報告完後迅速找出報告中需要釐清的問題作為討論的重點，包括實驗內容、理論模型甚至延伸討論等深入的內容。在台上與 Reporter 面對面討論的時候，也需針對對方回答的內容迅速地作出反應，找出缺失加以釐清（補充）。另一方面，還要掌握討論的主軸，設法在發表意見和討論的過程中形成自己的系統性觀點，才能在總結討論（summary of discussion）階段言之有物。

Reporter：是三個角色中反應事前準備是否充分，且最能決定成敗的一個角色。首先，Reporter 需要準備豐富的研究內容組成報告的材料（投影片），不論是實驗設置、測量數據處理、理論模型的理解和套用、數值模擬、實驗 / 模型 / 模擬交叉比較的結果含義的闡述，以及後續需要加入的模型修正等，都需要深入的研究與理解。除此之外，對於自己研究方法的可能缺點，研究內容可能產生的問題都要有基本的準備。

針對上述的角色要求，看得出除了在準備期間的研究工作需要投注心力之外，還需要練習如何適當的發表內容，如何在台上即時作出適當的反應，才能將自己的研究成果完整的呈現。而達成的方法，唯有盡量找機會練習，並由老師或其他隊友提出改進建議，進行修正，而這樣艱苦繁瑣的歷程也正是培訓過程不可或缺的一環。

訓練技巧vs.培養能力

在比賽前的培訓階段，針對解答問題進行的研究工作，通常大家都不會懷疑它可以養成科學能力，但是在賽前練習各角色的攻防，不免讓人擔心練習的是單純的辯論技巧還是科學討論的能力？會不會讓學生養成慣於鑽漏洞、找缺點和逞口舌之能的習慣呢？



這樣的問題以作者的經驗是：「很難一概而論。」因為在學生們還沒有能力以一針見血的準確度找出問題來討論之前，都需要老師們針對他們的討論過程給予具體的建議，因此建議的針對性就會很明顯，讓人不免有「教技巧」的感覺。但是經過數個問題長時間練習和討論之後，這些經驗和建議會換轉化成學生的「理性批判思考」能力。因此，針對性的指導是必須的過程，而在 IYPT 代表選手的指導中，這通常不是問題，因為常常選手的練習有一位以上的培訓委員會給予建議，所以建議內容包含的面相廣泛，再加上平常討論的時候也都會針對其中的科學細節進行釋疑。但是在 TYPT 的準備階段，各校學生在這部分就可能因為可以給予意見的老師不多，或是後續討論／解釋的強度不夠，從技巧指導轉化到理性批判能力的過程可能需要比較久的時間。當然，如果可以有些校際的交流，藉著更多的額外刺激，達成更多的成長或許就沒有想像中那麼困難。

單純的給予建議的作法，無法預期同學的進步成效，因此在建議給出之後，通常 IYPT 培訓老師們都會設定一些改進的標準，作為下一次檢視進度時參考的標竿。通常這些參考標竿主要是針對問題的科學內容、圖表的格式（關係到可讀性）、理論模型解釋的缺陷或套用時的盲點，以這些科學內容作為標的。並要求選手們在改進的同時也要能夠說清楚內涵，或是能提出關鍵點。當然不可避免地，當選手覺得一點問題也沒有的時候，他們也會對指導老師的建議提出質疑。其實，面對他們合理的質疑，我們也都可以欣然接受，因為這多半是學生想法突破瓶頸的重要時刻，因此老師們都會用各種方式，設法妥善處理或回答這種情況。而我個人的方式是：不

論我知不知道答案（常常在當下都不能確定適合的回答），都會設法把同學的疑問用他們已知的模型先試著解決部分，在過程中試著把問題的脈絡梳理出來，一方面自己容易找到癥結（這方面不妨讓學生也知道），另一方面也讓學生直接體會，分析的過程該怎麼進行。這種沒有經過修飾的推演歷程，對於選手們都很有幫助。儘管不是全部的選手在短時間內都能利用類似的分析方式解決新問題，但是經過一、兩個月的選手培訓後，通常能力上都會有些進展。

雖然講起來，老師們的分析 and 建議似乎對選手的能力進步都會很有幫助，但是實務上，老師們在選手們練習後給予的建議，通常會包括整個 Reporter 報告（或 Opponent 和 Reporter 討論）過程中看到的問題，一次性地給予各種建議。因為建議的內容很多，因此選手們也很容易忽略部分意見。面對這樣的狀況，培訓老師們多會直接要求把某個新觀念或想法整合到投影片中，作為檢驗標竿。這部分我們常常採取的是「催促」的方式，設法說服學生認識到完成這部分工作的重要性，並設法完成要求，但是會避免直接插手或接手修改內容，因為上台後選手們只能依靠自己的物理實力，自己完成的內容，而這樣的歷程是建立選手在台上自信的堅石。如果只知道專有名詞卻沒辦法把物理內涵表達清楚，或是只懂皮毛卻裝模作樣地發表或詰問，反而容易變成揠苗助長。

從上面的想法出發，我們會發現整個歷程很難像一般教學，要求所有學生達到共同的標準，而僅限於要把學生的能力推展到極限的情況。若從問題的基本要求來看，還是很容易可以找出參加探究與實作的學生應該要養成的基本能力，就是：針對問題的敘述重現物理現象、有邏輯地解



釋現象的成因並進行實驗。但在更進一步地催化極限能力發展時，就會因為學生個別學習經驗的差異而顯現出不同。

科學邏輯的推廣與普及

在歷屆 IYPT 競賽過程中，從各國得高分的比賽結果來看，豐富的研究內容和結果、完整扎實的實驗和電腦模擬、詳細且適當的模型分析應用，都是贏得比賽的重要因素。但是真正有畫龍點睛功效的，就是台上用科學邏輯把所有提示和證據貫串起來解決問題的選手，當然這也就成為整個競賽得高分的關鍵。所以若要探究整個青年物理辯論賽的本質，可以說是圍繞著「養成科學邏輯」的概念進行，也是整個活動最重要的精神金盃。而理論分析、實驗驗證和數值模擬等就成了實踐的方法和過程。

就像賈至達教授在本專題的介紹，IYPT 競賽的設計概念是要讓學生在參加過程中，體會科學研究的方法和精髓，因此歷屆 IYPT 代表隊選手的培訓都以養成「能力」的概念進行。以國家代表隊來說，這樣做當然是要付出代價的，就是學生最後臨場的表現和老師們的期望，不一定能等價齊觀，但是讓人欣慰的是，歷屆的學生大都能藉由國際競賽的經驗，自我成長（圖 2）。事實上，這樣的成長過程也可以由學生在競賽場上的表現看得出來，例如近幾年國際 IYPT 競賽過程中，從得分的高低隨著場次進行的變化，可以約略看出學生在競賽中的成長。

在 IYPT 和 TYPT 引入臺灣之後，整個培訓團隊都一直希望能把這個競賽活動在國內推廣。希望除了讓更多學生透過研究開放式問題，接觸物理研究的世界，更希望讓眾多的參加學生，可以一窺科學邏輯

運作的面貌，親身體驗操作推演的過程，以自己的努力得到具體而有新意的結論。藉此，把以往需要研究所或高年級大學生透過專題研究才有機會體驗的「科學邏輯操作」，推廣到所有對「物理」科學有興趣的學生，成為深層的「科普」。



圖 2. 歷年 IYPT 臺灣代表隊，由左而右依序為：2012 (Germany)、2014 (United Kingdom)、2015 (Thailand)、2016 (Russia)。儘管歷年的代表隊成員升學後就讀的領域分布廣泛，包含物理、工程甚至經濟、資管等，但從他們的主動回饋裡我們欣慰地得知，這一段 IYPT 的經驗對於他們未來的發展很有幫助

徐鏞元

國立臺灣師範大學物理系助理教授