

## 學習：過程與結果

本欄日前（7月12日）曾經論及，假如科學的態度，核心是探索，那麼設定標準答案的考試，就是違反了探索的原理。而且，即使是所謂“探索式”學習，從實驗出發，假如實驗的結果不過是為了驗證已有的理論，也就是有設定的標準期望，那麼，這些實驗不過是讓學生熟習具體的操作，沒有真正的探索意義。

這裡介紹一下國際比較研究 PISA 的科學題目，筆者認為可以說是科學教育的前沿。篇幅所限，這裡只介紹一條題目，可以窺見一斑。

題目是講人在炎熱的天氣下跑步，探索在不同的氣溫、濕度的環境下，跑者喝水與出汗的關係，並且觀察脫水與中暑的風險。

題目提供的是一個根據實證的三條變量線 - 氣溫、濕度、出汗量，滑動變量會得出不同的數據。學生要根據數據得出他們的觀察。（如圖）

問題一：溫度 40，濕度 20%，跑一小時，不喝水，會有什麼健康風險？為什麼？

*PISA2025 科學測試範例:*



問題二：溫度 35，濕度 60%，跑一小時，不喝水，會有脫水或中暑風險。若喝水，可以減少這些風險嗎？為什麼？

問題三：濕度保持 60%，溫度上升會引起出汗量的 (A) 增加，還是 (B) 減少，請根據數據和生物知識解釋你的觀察。

問題四：濕度保持 40%，若要不中暑，最高溫度是什麼？為什麼？

問題五：若濕度只有 20%、40%、60%的數據，假如濕度是 50%，溫度 40，能喝水，跑一小時是否安全？請解釋。

### 何不觀察學習過程？

這是 2025 年測試的示範題目。首先要說明，PISA 不是考試，是研究測試。目的在比較各個教育體系 15 歲學生學習的能力。上面的題目，沒有標準答案，學生的答案可以有很大的靈活度。也可以包括不合理的答案。他們的答案，統計形成分佈，然後每個地區的學生，可以知道自己的表現在全球處於哪一個位置。

這只是科學測驗的一道題。此外還有語文與數學。這道題可以看出，在有了實證數據以後，學生是如何進入科學思維的。因此測試的，不是學生懂得多少，也不在於他們得出什麼結果。而是他們怎樣運用數據去得出觀察（或曰結論）。這是在測試學生的學習過程，或者說是測試他們的科學探索手段。

筆者認為這是一個突破性的嘗試。筆者過去在不同的場合，根據對學習科學的認識，認為對學生的考試，應該從測驗他們“懂得什麼”轉為“能做什麼”。因此測驗所期待的，不是要符合標準答案，而是可以根據他們所學，製作或者創作出什麼。PISA 的這種測試，又增加了一個環節。也就是在“懂得什麼”與“能做什麼”之間，或者在“知識”與“成果”之間，加進了“運用知識”的環節。也就是在獲得知識之後，。這也是在已知知識上面，建立新的知識。也是學習的一個“過程”

這裡可以有非常重要的啟示：學生在學校的學習，怎樣才算成功？上面筆者的命題，是認為評量學生的學習，應該從“獲得多少知識”，轉變到“能產出什麼東西”。在科學來說，就是從知識的量與準確性，轉變到成品的質與應用性。這種轉變，也可以付諸文科。例如語文，從測評學生的語文知識，轉變到測評學生的寫作成品。又例如歷史，從測評學生對史實的記憶，轉變到他們對歷史的分析。從測試的手段來說，前者可以有精準的標準答案，後者則要面對多元的製作成品。

### **測評焦點在於學習結果嗎？**

但是，不管是“懂得什麼”還是“能做什麼”，注意點還是在“結果”。而 PISA 的示範題目，則是開了測試“過程”的先河。假如筆者這個分析沒有弄錯，那將是非常革命性的一種“考試”。

我們心目中的教育，尤其是學校教育，總是覺得要有“結果”。我們平常掛在口邊的測評（assessment），基本上是想知道“學生學得怎麼樣”。其理念，近乎工業生產線上的質量控制，目的是看是否“達標”。在學校來說，就是學生達到什麼分數。在家長來說，也就是看學生獲得多少分數。考試、分數，就是學習的終點。整個學校制度，從幼兒園到大學，就是各個終點的序列，從一個終點走向另一個終點。

然而，學生在學時期的學習，往往是一個“過程”。經歷這個過程，就是學生的學習。相信讀者們都會有這樣的經驗，學校裡面學的東西，也許記得很少，但是學校裡面經歷的生活，歷歷在目，因為那是一個過程，很難用具體的成果來表達。到過外國念書，即使是短暫的交換，也會引起很大的變化，但是卻很難具體敘述學到了什麼，因為那是一個過程，很難用具體的成果來表達。但是又說明，有沒有這個經歷，可以有很大的區別；這個經歷，是一個學習過程；很可能是影響一生的學習過程。

那是否就不必講究“結果”？比如說背誦。西方世界，特別是英語社會，曾經極力反對“背誦”，因為那是 rote-learning（無意義的重複）。學習科學的影響下，現在都認為“記憶”、“模仿”、“操練”是最初級的（rudimentary）學習方式，中國人的練字/背詩、音樂的練習曲、體育/舞蹈的基本功、等等，哪一樣不是從背誦、模仿、操練開始？哪一樣不是朝著記憶、標準、熟練開始？都需要有“質量控制”，要達標。不能背乘數表，不記得歷史的關鍵年份，念不出元

素週期表，音樂做不到眼、耳、指的協調記憶（簡稱為肌肉記憶），也不可能掌握高一階的知識或技術。就算是純粹技術性的工作，如木工、挫工、電工，也非常需要熟練的基本功。因此，學習的結果還是重要的。

### 學習過程可以替代嗎？

但即使是如此初級的學習，也要靠“過程”，而且往往是漫長的、枯燥的、乏味的、艱辛的過程。沒有這個過程，就不會有詩人、音樂家、運動員、熟練工、…。這個過程，是不可能由人工智能替代的。

最近常有一種言論，認為因為有了人工智能，就會取代了人類的記憶。於是人類就無需記憶。如此推論，每個人大腦植入一塊晶片，就不需要學習？於是想像，假如人工智能真的發展到可以通過晶片讓人彈琴，人類就不再需要經過學習的過程。人類會失去演奏的能力，那是一個美好的願景嗎？

再者，人工智能基本上建築在人類的智能之上，也就是說，假如人類沒有了學習的過程，就不會有新的知識。人工智能也就沒有了向前發展的基礎。

所以，學習的過程是學習的軸心。上述的這些“結果”，不會讓學生能夠面對未來的一生，更不能夠讓他們掌握自己的前途。如何讓學生能夠面對未來的一生？如何讓他們能夠掌握自己的前途？則學生經歷的過程，就成為最重要的學習。

筆者早年任教中學物理，深深知道，物理考試分數高的學生，並不一定就是對物理的原理能夠認識通透。但是他們在學習過程中養成的好奇心、探索心、嚴謹性、堅持性，卻會讓他們在未來的路途中，披荊斬棘，不斷前進。

一個例子。一位在體藝中學視覺藝術畢業的學生，大學畢業後進入銀行工作。他對客戶的態度，獲得普遍的好評，也得到同事的讚賞。他說，這與他在體藝中學的經歷很有關係。藝術創作，既講究個人發揮，也重視集體創作 – 要服從集體紀律，遵從群體的默契，要能夠接受毫不客氣的批評，也要不怕對別人提出批評，等等。因此，他對於處理人際關係，既有韌性，也有柔性；對於種種客戶的挑戰，他都能應付自如。這是一個典型的學習過程，但是不在於在學校達到什麼結果。