

TIMSS 2019 評量架構

蕭儒棠

國家教育研究院 測驗及評量研究中心

【轉載自：國際數學與科學教育成就趨勢調查 2019 國家報告第二章 (P.17-75)】

TIMSS 2019 調查的對象是參與國家的四年級、八年級學生，調查的科目是數學和科學，本章將介紹 TIMSS 2019 的評量架構，第一節是四、八年級的數學評量架構，第二節則是四、八年級的科學評量架構。TIMSS 2019 除了調查學生在數學和科學的學科能力，也透過問卷蒐集學生、家長、教師、學校乃至國家層級的資料。這些背景資料除了可以用於提高學習成就的估計精確性，調查結果也可以用於分析影響各國學生學習成就的可能因素。TIMSS 2019 背景問卷依據背景問卷架構設計，將於本章的第三節介紹。

測量工具的信度與效度是各種調查的基礎，關注的是測量指標與指標所對應構念之間的關係。信度指的是測量工具的可靠性或一致性，在同樣或類似的條件下重複操作，信度較佳的評量工具可得到較一致或穩定的結果。測量工具的效度則用於描述測量的正確性，效度較佳的測量的工具較能精確地反映出待測量的概念。關於 TIMSS 2019 評量工具的信度與效度，可參見本章的第四節。

TIMSS 從 2019 年開始逐步過渡到數位環境的 eTIMSS，是 TIMSS 自 1995 年正式啟動以來最大的變革。數位化的 eTIMSS 不只有助於 TIMSS 數學和科學評量架構轉化為施測使用的評量工具，運用 IEA 數位化的評量系統也能提高調查時蒐集數據的效率。關於 eTIMSS 的相關介紹，可參見本章的第五節。

第一節 TIMSS 2019 數學成就評量架構

熟悉、理解數學概念，進而運用數學的技巧，不僅在日常生活中至關重要，也是許多專業領域的基礎，各國無不積極提升國民的數學能力。TIMSS 為跨國的教育趨勢調查，每四年蒐集的資料可作為了解各國教育現狀的參考。TIMSS 2019 的數學評量架構包含內容領域與認知領域兩個部分。其中，內容領域定義施測涵蓋的數學內容，而認知領域則定義為問題解決時運用的思考過程。

四、八年級數學測驗的內容領域不同，以符合各國課程涵蓋的數學內容為原則。四年級的內容領域分為三個：數(number)、測量與幾何(measurements and geometry)、資料(data)。

八年級分為四個：數 (number)、代數 (algebra)、幾何 (geometry)、數據與機率 (data and probability)。相較於八年級學習的內容，四年級更重視「數」的觀念。在四年級「數」的內容中，包含簡易的「代數」相關內容，到了八年級數學，則將「代數」獨立為一個內容的評量向度。此外，四年級著重「資料」的蒐集、閱讀和呈現，而八年級則更強調「資料」的解釋、基礎的統計，以及機率的基本概念。

在認知領域方面，TIMSS 2019的四、八年級使用相同的認知領域評量架構，包含認識 (knowing)、應用 (applying) 與推理 (reasoning) 等向度。四、八年級的差別僅在向度間試題數量的比例。在四年級的試題中，依學生作答所需的時間估計，涉及認識、應用向度的試題各佔40%，而與推理向度相關的試題則有20%；進入八年級後，TIMSS更重視學生在推理方面的表現，依學生作答所需的時間估計，推理方面試題的比例由20% 提高至25%，認識方面的試題，則由40% 降低至35%。TIMSS注重學生在數學中的問題解決，在四、八年級的評量中，約有60% 的試題需要學生同時具備應用與推理的能力。

表2-1 TIMSS 2019 四、八年級數學內容領域試題比例

年級	內容領域	試題比例
四年級	數	50%
	測量與幾何	30%
	資料	20%
八年級	數	30%
	代數	30%
	幾何	20%
	數據與機率	20%

資料來源：Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2017). TIMSS 2019 Assessment Frameworks. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>

表2-2 TIMSS 2019四、八年級數學認知領域試題比例

認知領域	試題比例	
	四年級	八年級
認識	40%	35%
應用	40%	40%
推理	20%	25%

資料來源：Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2017). TIMSS 2019 Assessment Frameworks. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>

一、 四年級數學成就評量涵蓋之內容領域

TIMSS 評量的每個數學內容領域包含數個主題領域，每個主題領域又包含數個主題，內容領域的選定，以涵蓋多數參加國該年段數學的課程內容為原則。TIMSS 2019 四年級數學評量涵蓋的內容領域有數 (number)、測量與幾何 (measurements and geometry)、資料 (data)。

(一) 數

四年級數學的評量中，50% 的試題屬於「數」的內容領域，其中包含三個主題領域，其主題與分配比例為：

- 全數 (whole numbers) (25%)
- 算式、簡單方程式、關係式 (expressions, simple equations, and relationships) (15%)
- 分數與小數 (fractions and decimals) (10%)

(二) 測量與幾何

生活周遭有許多不同形狀、大小的物體，透過幾何學，我們以視覺化的方式理解形狀、大小間的關係。而測量則是對物體或現象某些屬性 (例如，長度和時間) 的量化過程。四年級數學的評量中，30% 的試題屬於「測量與幾何」的內容領域，其主題領域與分配比例為：

- 測量 (measurement) (15%)
- 幾何 (geometry) (15%)

(三) 資料

現代社會中各種數據、資料呈爆炸式增長，人們每天都會接收到大量量化資料。網路、報紙、雜誌、教科書、參考書籍和文章經常以統計圖 (chart)、表格 (table) 與圖形 (graph) 等方式呈現數據。學生需要了解圖形和統計圖不只有助於組織資訊或類別，同時也是一種比較數據的方法。四年級數學的評量中，20% 的試題屬於「資料」的內容領域，其主題領域與分配比例為：

- 資料的讀取、詮釋與表徵 (reading, interpreting, and representing data) (15%)
- 運用資料解決問題 (using data to solve problems) (5%)

二、 八年級數學成就評量涵蓋之內容領域

TIMSS 評量的每個數學內容領域包含數個主題領域，每個主題領域又包含數個主題，內容領域涵蓋多數參加國該年段數學課程的內容。TIMSS 2019 八年級數學評量涵蓋的內容領域有數 (number)、代數 (algebra)、幾何 (geometry)、數據與機率 (data and probability)。

（一）數

八年級數學的評量中，30% 的試題屬於「數」的內容領域，其主題領域與分配比例為：

- 整數（integers；10%）
- 分數與小數（fractions and decimals；10 %）
- 比、比例與百分比（ratio, proportion, and percent；10 %）

（二）代數

八年級數學的評量中，30% 的試題屬於「代數」的內容領域，其主題領域與分配比例為：

- 算式、運算和方程式（expressions, operations, and equations；20 %）
- 關係式與函數（relationships and functions；10 %）

（三）幾何

延伸四年級對形狀與測量的理解，八年級學生應能分析二維、三維圖形的性質，並計算周長、面積和體積。學生應能依據全等、相似和畢氏定理等幾何關係解決問題並提出解釋。八年級數學的評量中，20% 的試題屬於「幾何」的內容領域，評量的主題領域是「幾何形狀與測量」。

- 幾何形狀與測量（20%）

（四）數據與機率

八年級學生應能讀取各種視覺圖表中包含的意義。對八年級學生而言，熟悉數據背後的統計量，以及它們與視覺圖之間的關係也很重要。學生應該知道如何蒐集、組織和表示數據。學生也還應該了解初步的機率概念。數據與機率的主題領域與分配比例為：

- 資料（data；15%）
- 機率（probability；5%）

三、 四年級與八年級數學成就評量涵蓋之認知領域

為了正確回答 TIMSS 的成就測驗試題，學生需要熟悉試題所評量的數學內容，以及相關的認知能力。TIMSS 將認知向度分為「認識」、「應用」、「推理」三種認知領域。其中，「認識」涵蓋的是學生應有的「事實」、「概念」與「程序」；而「應用」指的是，學生應用所學知識及概念理解以解決困難及回答問題的能力；「推理」則是指問題解決時涉及較陌生、較複雜的問題情境，需要多個步驟才能解決的問題。

在四年級與八年級的測驗中，每個內容領域都包含「認識」、「應用」、「推理」三種認知領域的試題，例如，在「數」的領域中會有認識、應用與推理等認知領域的試題。但各領域在四年級與八年級所佔之測驗時間比例不同（參見表 2-2），以反映學生在年齡增長

與學習經歷的差異。四、八年級學生在「應用」方面的試題維持不變，皆為 40%，而「認識」方面的試題到了八年級，由 40% 降至 35%，「推理」方面的試題則由 20% 增加至 25%。

（一）認識

學生是否能解決數學問題，除了與學生對數學概念的熟悉程度有關，也與學生數學技能的熟悉程度有關。在某個相對不熟悉對問題解決情境中，學生記憶的事實知識越多、理解的概念越廣，其順利完成問題解決的可能性就越高。

事實包括了提供基本數學語言的知識，以及構成數學思想基礎的基本數學概念和性質。程序則是基礎數學知識和問題解決之間的橋樑。學生能靈活運用程序，便能回想所需的一系列行動，並進一步落實這些行動。學生必須有效率且準確地運用各種程序和工具。他們應能知道解決完整問題的程序。「認識」的認知領域可細分為六種認知過程：

- 回憶 (recall)：回想定義、術語、數的性質、測量單位、幾何性質、符號（例如： $a \times b = ab$ ， $a + a + a = 3a$ ）。
- 辨認 (recognize)：辨認數、運算式、量、形狀；辨認在數學上相等的實體（例如，相等的常見分數、小數與百分比；不同方向的簡單幾何圖形）。
- 分類與排序 (classify/order)：根據共通的性質來分類數、運算式、量、與形狀。
- 運算 (compute)：執行加減乘除四則運算或混和全數、分數、小數與整數的運算步驟；完成簡單明確的代數運算步驟。
- 提取 (retrieve)：從圖、表、文字或其他來源擷取資訊。
- 測量 (measure)：使用測量工具；選擇合適的測量單位。

（二）應用

在「應用」認知領域的能力時，涉及的事實、概念、過程以及問題應是學生熟悉的。某些此領域的試題中，學生須應用到與事實、技巧、程序相關的數學知識，或數學概念的理解，以形成數學表徵。熟悉且例行性的任務中的問題解決是應用領域的重點。問題可能來自真實生活情境，也可能是與數或代數的算式、函數、方程式、幾何圖形或統計數據集相關的純數學問題。「應用」認知領域又細分三種認知過程：

- 判定 (determine)：判定有效或合適的運算、策略和工具，解決具有常見解法的問題。
- 表徵與建模 (represent/model)：使用表格或圖形呈現資料；建立方程式、不等式，或畫出幾何圖形、統計圖表藉以形成問題情境的模型；針對給定的數學實體或關係，產生相對應的表徵。
- 實做 (implement)：運用策略與運算，解決涉及熟悉數學概念和步驟的問題。

（三）推理

數學推理與邏輯性、系統性思考有關，它包含根據模式和規律的推理，可在新的或不熟悉的問題情境中得到解答。這些問題可能是純粹的數學問題，也可能是生活中的問題，兩種類型的試題都需要將知識和技能轉移到新的情境。而各種推理技巧的交互運用通常也是此類試題的一項特色。「推理」的認知領域可細分為六種認知過程：

- 分析 (analyze)：判定、描述或運用數、運算式、量和形狀四者彼此間的關係。
- 統整與綜合 (integrate/synthesize)：連結不同的知識元素、相關的表徵、和程序以解決問題。
- 評鑑 (evaluate)：評估替代的問題解決策略和解答。
- 下結論 (draw conclusions)：以資訊與證據為基礎，做出有效的推論。
- 概推 (generalize)：以涵蓋範圍和應用更廣的詞彙，形成表徵關係的陳述。
- 證實 (justify)：提出數學的論證來支持策略或解答。

四、 數學和科學成就評量之試題撰寫

TIMSS 的試題研發不只需要想像力和創造力，也需遵循評量架構設定的構念，並依據 TIMSS 提供的檢核表，確認試題是否為符合評量架構的優良試題。撰寫試題時，除了應考慮試題評量內容領域中的內容主題或目標，試題也必須能衡量學生在認知領域的熟練程度。結合內容領域與認知領域的試題，可用於測量學生是否熟悉某項學科的內容知識，並依據學生作答，了解學生是否具備某項認知能力。

延續歷屆 TIMSS 評量的決定，無論參與的是 paperTIMSS 或 eTIMSS，參與調查的四年級學生並不允許使用計算機。此外，儘管研發八年級數學試題時，已預設計算機的使用與否並不會影響學生的作答，但八年級學生作答時仍然可以使用計算機。參與 paperTIMSS 的八年級學生可以攜帶自己的計算機，而參與 eTIMSS 的學生則必須使用螢幕作答界面提供的計算機，並不允許使用自備的計算機。計算機包括四個基本功能（+、-、 \times 、 \div ）和平方根鍵。

TIMSS 的成就評量試題有選擇反應試題 (selected response item) 與建構反應試題 (constructed response item) 二種。學生作答選擇反應試題時，由一組選項中選擇適當的答案；而作答建構反應試題時，學生必須依據問題的指示，自行建構適當的答案。發展建構反應試題時，應同時撰寫對應的評分指引，明確說明正確、部分正確或錯誤答案之間的區別。而試題的題型究竟應為選擇反應試題或建構反應試題，除了參考評量的內容領域與認

知領域，也應考慮透過何種題型學生最能展現對應的知識和能力。TIMSS 2019 針對選擇反應試題和建構反應試題，分別建立試題撰寫檢核表，作為試題撰寫的參考。

選擇反應試題撰寫檢核表：

- 是否對應評量架構中的主題或目標？
- 數學或科學是否正確？
- 對學生而言任務是否明確？
- 是否只有一個正確選項？
- 試題的描述是否適合該年級的學生？
- 每個誘答選項是否合理？
- 題幹是否使用肯定句（若使用否定句，是否使用粗體）？
- 不閱讀答案選項是否能回答問題？
- 答案選項是否使用平行結構？
- 試題中的語言是否適合翻譯？
- 試題是否有文化、性別或地理偏見？
- 這個年級的學生是否熟悉試題的情境？
- 建構反應試題撰寫檢核表：
- 是否對應評量架構中的主題或目標？
- 數學或科學是否正確？
- 對學生而言任務是否正確？
- 完全正確的答案是否明確？
- 是否能在合理的時間內完成任務？
- 評分規準是否能明確區分正確和錯誤答案？
- 評分規準中的答案類型是否互斥？
- 該項目中的語言是否適合該年級的學生？
- 題幹是否使用肯定句（若使用否定句，是否使用粗體）？
- 試題中的語言是否適合翻譯？
- 試題是否有文化、性別或地理偏見？
- 這個年級的學生是否熟悉試題的情境？

第二節 TIMSS 2019 科學成就評量架構

考量參與 TIMSS 科學成就評量國家課程的內容，四年級和八年級科學的內容領域並不相同。四年級強調生命科學，而八年級則強調物質科學（四年級的物質科學，在八年級，分為物理和化學兩個內容領域）（參見表 2-3）。在認知向度的分類架構上，四年級與八年級是相同的（參見表 2-4），這三個認知領域是從小學到中學階段，學生在學習科學概念、以及科學知識進一步在應用與推理時所涉及的認知歷程。

表2-3 TIMSS 2019四、八年級科學內容領域試題測驗時間比例

年級	內容領域	測驗時間比例
四年級	生命科學	45%
	物質科學	35%
	地球科學	20%
八年級	生物	35%
	化學	20%
	物理	25%
	地球科學	20%

資料來源：Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2017). TIMSS 2019 Assessment Frameworks. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>

表2-4 TIMSS 2019四、八年級科學認知領域試題測驗時間比例

認知領域	測驗時間比例	
	四年級	八年級
認識	40%	35%
應用	40%	35%
推理	20%	30%

資料來源：Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2017). TIMSS 2019 Assessment Frameworks. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>

TIMSS2019 也評量科學實務（science practice），這些科學實務指的是學生在日常生活和學校學習中習得的技能。科學實務是所有科學領域的基礎，系統地運用這些技能，學生得以執行科學探究。在許多國家目前的科學課程、標準和架構中，科學實務與科學探究已日益受到重視。TIMSS 2019 科學評量架構的原則是：從事科學實務所需要的理解和技能

不能分開來評量，評量必定是在某項內容領域的脈絡中，也需要動用到認知領域所界定的思維過程。因此，TIMSS 2019 四年級和八年級科學評量的某些試題會評量一項或多項重要的科學實務，同時也會評量內容領域所界定的內容與認知領域所界定的思維過程。

一、 四年級科學評量涵蓋之內容領域

TIMSS 四年級科學評量的三個主要內容領域為：生命科學、物質科學與地球科學。每個內容領域涵蓋了數個主題領域，每個主題領域又包含一個或更多個主題。其中，每個主題又依據學生應具備的知識、能力、技能，評量對應的特定的目標。四年級的評量中，每個目標對應的試題題數比重相近。而評量每個目標時，對應的是知道、應用、推理這三個認知領域。這三個認知領域的敘述，主要用於表徵四年級學生可能的表現類型，並不限制學生的表現只能涵蓋某個特定的認知領域。

（一）生命科學

四年級學生學習生命科學時，利用與生俱來的好奇心，探索、了解生活周遭的世界。TIMSS 2019 的四年級階段，生命科學涵蓋五個主題領域：

- 有機體的特徵和生命過程（characteristics and life processes of organisms）
- 生命週期、繁殖與遺傳（life cycles, reproduction, and heredity）
- 有機體、環境與其交互作用（organisms, environment, and their interactions）
- 生態系統（ecosystems）
- 人體健康（human health）

（二）物質科學

學習四年級物質科學時，學生將學到如何透過物質科學的概念，解釋日常生活中觀察到的許多物理現象。四年級物質科學的主題領域包括：

- 物質的分類與性質，和物質的改變（classification and properties of matter and changes in matter）
- 能量的形式和轉換（forms of energy and energy transfer）
- 力與運動（forces and motion）

（三）地球科學

地球科學研究的是地球和它在太陽系中所處的位置，對四年級學生而言，學習的重點在於日常生活中可以觀察到的現象和過程。儘管並沒有適用於所有國家的單一地球科學課程，但一般認為有三個主題領域對四年級學生是重要的：

- 地球的物理特性、資源和歷史（Earth's physical characteristics, resources, and history）
- 地球的天氣和氣候（Earth's weather and climates）
- 太陽系中的地球（Earth in the Solar System）

二、 八年級科學評量涵蓋之內容領域

TIMSS 八年級科學評量涵蓋生物、化學、物理和地球科學等四個內容領域。每個內容領域涵蓋了數個主題領域，每個主題領域又包含一個或更多個主題。其中，每個主題又依據學生應具備的知識、能力、技能，評量對應的特定的目標。八年級的評量中，每個目標對應的試題題數比重相近。而評量每個目標時，對應的是認識、應用、推理這三個認知領域。這三個認知領域的敘述，主要用於表徵八年級學生可能的表現典型，並不限制學生的表現只能涵蓋某個特定的認知領域。

（一）生物

在八年級時，學生以小學時所學的基本生命科學知識為基礎，學習進一步的生物學概念。生物學領域涵蓋六個主題領域：

- 有機體的特徵與生命過程（characteristics and life processes of organisms）
- 細胞與其功能（cells and their functions）
- 生命週期、繁殖與遺傳（life cycles, reproduction, and heredity）
- 多樣性、適應性與天擇（diversity, adaptation, and natural selection）
- 生態系統（ecosystems）
- 人類健康（human health）

（二）化學

在八年級，學生的化學學習，不僅在發展對日常現象的了解，還延伸到核心概念和原理的學習，這些概念和原理有助於了解化學的實際應用與進階的學習。化學領域包括三個主題領域：

- 物質的組成（composition of matter）
- 物質的屬性（properties of matter）
- 化學變化（chemical change）

（三）物理

如同化學領域，八年級學生物理的學習從常見的日常觀察，擴展到核心的物理概念，這些物理概念有助於學生了解物理的實際應用或往後進階的學習。物理領域包括五個主題領域：

- 物質的物理狀態與變化 (physical states and changes in matter)
- 能量的轉換與傳遞 (energy transformation and transfer)
- 光與聲音 (light and sound)
- 電與磁 (electricity and magnetism)
- 運動與力 (motion and forces)

(四) 地球科學

地球科學教與學的主題涵蓋地質學、天文學、氣象學、水文學和海洋學，且與生物、化學、和物理相關。TIMSS 2019 科學評量架構確認了下列地球科學主題領域；這些主題領域對於八年級學生理解他們所居住的行星和它在宇宙中的位置，在各國課程中，普遍被認為是重要的：

- 地球的構造與其物理特徵 (Earth's structure and physical features)
- 地球的過程、循環與歷史 (Earth's processes, cycles, and history)
- 地球的資源、利用與保育 (Earth's resources, their use, and conservation)
- 太陽系和宇宙中的地球 (Earth in the Solar System and the universe)

三、 四年級與八年級科學評量所涵蓋之認知領域

學生除了需要熟悉 TIMSS 科學施測範圍之內容，以及相關的認知能力才能正確作答。TIMSS 將認知向度分為「認識」、「應用」、「推理」三個領域。「認識」指的是學生回想、辨認與描述「事實」、「概念」與「程序」的能力。「應用」指的是應用所學知識，形成解釋與解決實際問題的能力。「推理」指的是在陌生、較複雜的問題情境下，運用證據與科學理解，分析、綜合與概推的能力。

四、八年級評量架構有相同的認知領域，但各領域在四年級與八年級所佔的比例不同，以反映學生的年齡成長與所學經歷的差異。在四年級的評量中，認識領域的題目比例較高；在八年級的評量中，推理領域的題目比例較高。在四年級與八年級的測驗中，每個內容領域都包含三種認知領域的試題。例如：在「生命科學」領域中會有認識、應用與推理領域的試題，其他內容領域亦同。

(一) 認識

認識領域的試題要評量的是學生有關事實、關係、過程、概念、和儀器的知識。擁有正確、廣博的事實知識，學生較能順利地投入較複雜的認知活動中。在此領域下，細分三個認知過程：

- 回憶／辨識 (recall／recognize)：辨別或陳述事實、關係與概念；辨別特定生物、物質和過程的特徵或性質；辨別科學儀器和程序的適當用途；辨識並使用

科學詞彙、符號、縮寫、單位以及尺度。

- 描述 (describe)：描述生物和材料的特性、結構和功能，以及生物、材料、過程、現象之間的關係，或識別相關描述。
- 舉例 (provide examples)：舉出或辨別具有特定特徵之生物、物質和過程；透過適當的例子，闡明事實或概念的陳述。

(二) 應用

應用領域的試題要求學生在可能已經熟悉的問題情境下，運用事實、關係、過程、概念、儀器與方法的知識。在此領域下，細分五個面向：

- 比較、對照和分類 (compare/contrast/classify)：辨別或描述不同類別之生物、物質或過程的相似與相異處；根據給定的特徵和性質來區分、分類或排序個別物體、物質、生物和過程。
- 關聯 (relate)：聯結科學概念與觀察、推論得到的性質或行為；連結科學概念與物體、生物或物質的運用。
- 使用模型 (use models)：運用圖形或其他可能的方式，說明科學概念的知識，說明過程、週期、關係或系統，或找出科學問題的解答。
- 詮釋訊息 (interpret information)：運用科學概念詮釋相關的文字、表格、圖片或圖形表達的訊息。
- 解釋 (explain)：運用科學概念或原理，提出或辨別對於觀察結果或自然現象的說明。

(三) 推理

推理領域的試題要求學生運用推理能力，分析資料、提出結論，並將知識拓展應用到新的情境中。相較於更為直接地運用科學事實與概念的應用領域，推理領域的試題，涉及對學生而言，相對陌生或是較複雜的情境；回答這樣的問題需要多種方法或策略。科學推理同時涉及提出假說和設計科學研究，推理領域細分為八個面向：

- 分析 (analyze)：辨別科學問題的元素，並使用相關的資訊、概念、關係和資料樣態，解答疑惑或解決問題。
- 綜合 (synthesize)：解答需要同時考慮多個因素或相關概念的問題。
- 提出問題、假說、預測 (formulate questions/hypothesize/predict)：提出可藉由研究解答的問題，並根據研究設計，預測該研究的結果；根據經驗、觀察或科學資訊分析獲得的概念理解與知識，提出可檢驗的假說；運用證據與概念理解，預測條件改變所可能產生的效果。
- 設計研究 (design investigations)：規劃可回答科學問題或測試假說的適當研究

或程序；根據測量變項、控制變項和因果關係，描述或辨識優良研究設計應具備的特徵。

- 評鑑 (evaluate)：評估提出的替代性解釋是否合理；權衡替代性程序和物質的優缺點，以決定是否採用；依據資料的充足性，評估研究結果是否支持研究結論。
- 得出結論 (draw conclusions)：根據觀察、證據、和／或對科學概念之理解，做出有效的推論；得出能回應問題或假說的結論，並能呈現其因果關係。
- 概推 (generalize)：提出超出實驗條件或給定條件的普遍性結論；將結論應用在新的情境中。
- 證明 (justify)：針對現象的解釋、問題的解答、研究的結論，運用證據和科學理解說明其合理性。

四、TIMSS 2019 的科學實務

科學家從事的科學探究，是一套系統性追尋知識的過程，從觀察現象到發現新知，雖無特定的步驟可遵循，但仍有某些關鍵的共同過程，由此理解自然界並回答與之相關的問題，TIMSS 2019 稱之為科學實務 (science practice)。科學實務是所有科學領域的基礎，學生必須熟練這些實務才能理解如何動手做科學。這些實務包含了學生在日常生活和學校學習中習得的技能，系統地運用這些技能，學生得以執行科學探究。在 TIMSS 2019 的評量架構中，呈現了下列五項科學探究的科學實務：

(一) 根據觀察提出問題 (asking questions based on observations)

科學探究包含對自然界的觀察，若觀察到的現象相對於經驗或已知的理論，有著陌生、奇異的特徵或性質，待研究的問題就此產生，接著則是進一步形成可檢驗的假說來幫助回答這些問題。

(二) 產出證據 (generating evidence)

檢驗假說需要設計與執行系統性研究與控制實驗，如此才能得到支持或拒絕假說的證據。科學家必須將已知的科學概念，聯結可觀察、可測量的特徵或性質，才能確定應蒐集何種證據、所需的儀器和程序、以及所要記錄的量測等。

(三) 資料處理 (working with data)

資料蒐集完成後，科學家運用各種視覺圖表來總結資料，描述或詮釋資料的樣態，並探索變項之間的關係。

(四) 回答研究問題 (answering the research question)

科學家運用觀察與研究得到的證據，說明檢驗的假說被支持或拒絕，回答待研究的問題。

(五) 以證據提出論證 (making an argument from evidence)

科學家運用證據與科學知識，針對研究問題建構合理的解釋，並說明證據支持其解釋與結論的合理性，並將結論延伸至新的情境中。

評量學生是否具備科學實務的能力時，必須以某個科學內容領域作為情境，搭配認識、應用、推理等認知領域思考過程。TIMSS 2019 的科學評量中，部份試題會評量一個或多個上述的科學實務，以及在內容領域涉及的科學知識與認知領域相關思考過程。

【待續】