

中小學數理教學

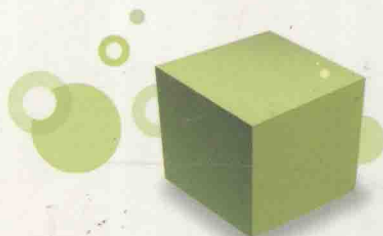
理論與實務 | 張世忠 著

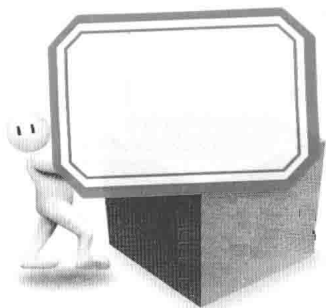
STS教學應用

討論式教學



教師PCK





中小學數理教學

理論與實務 | 張世忠 著

STS教學應用

討論式教學

教師PCK

五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

中小學數理教學理論與實務／張世忠著．——

1版．——臺北市：五南，2009.08

面：公分

ISBN 978-957-11-5715-3（平裝）

1.數學教育 2.科學教育 3.建構教學 4.中小學教育

523.32

98012305



11UG

中小學數理教學理論與實務

作 者 — 張世忠(202.2)

發行人 — 楊榮川

總編輯 — 龐君豪

主 編 — 陳念祖

責任編輯 — 謝麗恩 李敏華

封面設計 — 鈦色圖文整合行銷工作室

出 版 者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市市區中山路6號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 元貞聯合法律事務所 張澤平律師

出版日期 2009年8月初版一刷

定 價 新臺幣460元

序言



在多元開放和專業的社會中，教師無法一成不變，以過去的知識，在現在的環境下，來面對未來的學生。因此，教師必須透過持續地學習和成長，才能展現教師本身之專業知能。在許多第一線場合，有許多家長及教師問我，真正的建構數學意涵為何？為什麼許多學校教師每人對建構教學領會與教法不同。尤其國中教師不以為然：「採用傳統教學法的成效不錯呀！為什麼要改？」、「現在的國小數學標準太低了，擔心下一代的數學能力變差。」、「建構數學讓學生變笨了」，或者「建構數學不重視計算能力」等。然而，真的是這樣嗎？還是對建構數學的誤解呢？筆者為了讓教師與家長能快速理解有關建構數學的意義，特從建構取向教學的意義、理論基礎及策略實例說明，同時亦包括國中小數學與科學內容的相關實證研究，以滿足現職教師必須不斷地學習和自我成長，才能達到教師專業發展之目標。

本書修訂先前出版的《建構取向教學——數學與科學》，首先要釐清為什麼叫建構取向教學，傳統稱它為建構式教學或建構主義教學，它亦是教學革新重要理論基礎，主要認為教學是一種藝術，亦是一種科學，沒有所謂最佳或固定模式，而是一種取向（approach），教學若採用建構方式，稱為建構取向教學較符合原意。本書更新版亦附加教學創新或革新之成長途徑：自我成長、教學觀察、協同教學、同儕教練與行動研究等方法。在第二篇應用與實務，本書新增七篇闡釋中小學數理創新教學方面的實證研究論文，主題包括 STS（Science-Technology-Society, STS）教學應用、合作學習、科學寫作、教師 PCK（Pedagogical Content Knowledge, PCK）、協同教學之行動研究、討論式教學、遊戲教學融入實作評量等，值得現職中小學教師革新教學之省思，亦作為他們在職進修與撰寫研究所論文之參考。

本書分為兩大篇，第一篇是理論與策略，主要包括第一章至第五章，內容

為教學革新相關的理論基礎、模式與策略。第一章闡述數學與科學面臨的教學問題，尤其是建構式數學的爭議，以及學校學科教學主要為升學考試，缺乏對個人需求、社會議題及職業體認，並逐一介紹教學革新之成長途徑。第二章闡述三種建構取向的觀點，並論述建構論的理論基礎，包括社會建構取向及知識建構的方式。第三章介紹建構取向的教學策略，並逐一介紹幾種常用的模式：探究發現、學習循環、五 E 教學及合作學習等。第四章進一步介紹創造力的意義、教學祕訣及環境，並藉創意教學的教學模式及示例說明。第五章介紹科學、技術與社會（STS），尤其是建構取向的 STS，並列舉 STS 的教學模式及事例，特別是如何成為有效並成功的 STS 教師，及 STS 與科學素養關聯與應用。

第二篇是應用與實務，主要包括第六章至第十二章，內容為應用教學實務方面的實證研究，其中六至九章為國小自然與生活科技領域，十至十二章為國小數學領域。第六章舉例說明 STS 教學活動應用於自然與生活科技領域，透過個案研究之方式，從研究者、教師與學生三方面進行資料蒐集，探究國小六年級學生於概念、態度與過程技能之學習表現。第七章為協同教學發展國小科學教師 PCK 之行動研究，探討師徒制協同教學應用於國小六年級自然與生活科技領域的實施現況，以及協同教學對教師學科教學知識的影響和其實施歷程、困境與解決策略。第八章為科學寫作融入自然與生活科技領域教學之行動研究，以月亮單元為例，探究國小四年級學生對於月相盈虧概念之改變；第九章為合作學習應用於自然與生活科技領域教學之行動研究，探討使用「學生小組成就區分法」的合作學習的教學策略，對國小高年級學童學習成效及學習興趣之影響，分為實驗組與對照組，實驗組並再分為同質分組與異質分組兩種模式；第十章為國小數學協同教學之行動研究，探討教育行動研究的意涵與特色，探討反思理論與歷程模式，在國小數學協同教學之行動研究案例中，應用這些反思理論與實踐原則。第十一章為討論式策略融入國小數學領域協同教學之研究，資料蒐集以定期評量試卷、觀察札記、研究紀錄、學習心得與晤談等方式，探討對國小三年級學生數學學習成就與態度的影響。第十二章為遊戲教學融入實作評量應用於國小數學教學領域之行動研究，探究對於國小學童在數學學習成就、興趣、技能三方面之影響，值得現職教師教學實務與研究之參考。

能順利出版此書，令人感到興奮及安慰。本書給予新世紀教師創新之啟示，他們必須在教學上有突破與創新，希望藉由本書所提供的策略、方法、實例及行動研究，能為未來的學校教學及教師專業成長，找到突破困境的具體途徑。本書能早日付梓，要感謝中原大學教育研究所之學生，他們與筆者共同合作之辛勞；內人魏智美女士的支持，全心照顧孩子，讓筆者無後顧之憂，是一股生命供應的動力；本所葉美君與管世應等助理電腦打字、資料整理、圖片繪製；以及五南圖書出版公司陳念祖主編大力支持，編輯部文字修飾排版，他們對教育書籍出版的熱忱；還有一些這本書默默貢獻的幕後英雄，一併致上最高的謝意。

張世忠 謹識

於中原大學教育研究所

目 錄



序言 i

第一篇 理論與策略 1

第一章 當今數理科教學問題／3

- 第一節 目前學科教學的問題／4
- 第二節 目前數學教學的問題／7
- 第三節 學習理論和教學革新／11
- 第四節 教革創新之成長途徑／14

第二章 建構取向的理論與觀點／27

- 第一節 建構論三種取向／28
- 第二節 建構論的理論基礎／31
- 第三節 社會建構論／35
- 第四節 知識的建構方式／38

第三章 建構取向之教學模式／45

- 第一節 建構取向之教學策略／45
- 第二節 探究發現之模式／49
- 第三節 學習循環之模式／55
- 第四節 五E教學之模式／59
- 第五節 合作學習之模式／62

第四章 創造力與創意教學／73

- 第一節 創造力的意義／73
- 第二節 創意教學之祕訣／75

- 第三節 創意教學之環境／76
- 第四節 創意教學的教學模式／78
- 第五節 創意教學實例與探究／82

第五章 科學—技術—社會／97

- 第一節 背景與特徵／98
- 第二節 建構取向的 STS 教學／101
- 第三節 STS教學模式與實例／103
- 第四節 有效並成功的 STS 教師／107
- 第五節 STS 教學與科學素養之關聯和應用／112
- 第六節 結語／119

第二篇 應用與實務 127

第六章 STS 教學應用於國小六年級自然與生活科技領域／129

- 第一節 背景與需要／130
- 第二節 理論基礎及相關概念／132
- 第三節 研究方法與設計／135
- 第四節 研究結果與討論／140
- 第五節 結論與建議／157

第七章 協同教學發展國小科學教師 PCK／165

- 第一節 教師之專業發展與協同教學／166
- 第二節 理論基礎及相關概念／167
- 第三節 研究方法／173
- 第四節 研究結果與討論／179
- 第五節 結論與建議／198

第八章 科學寫作融入自然與生活科技領域：以月亮單元為例／209

- 第一節 背景與需要／210
- 第二節 科學寫作的意涵與理論／211
- 第三節 研究方法與設計／216
- 第四節 研究結果與討論／219
- 第五節 結論與建議／228

第九章 合作學習在國小自然與生活科技之應用／233

- 第一節 背景與動機／234
- 第二節 建構主義與合作學習／235
- 第三節 研究方法／237
- 第四節 結果與討論／239
- 第五節 結論與建議／250

第十章 國小數學協同教學之行動研究／257

- 第一節 教育行動研究之背景／257
- 第二節 教育行動研究的意涵與特色／259
- 第三節 反思理論與歷程模式／262
- 第四節 教育行動研究實踐原則／265
- 第五節 教育行動研究的案例／268
- 第六節 反思與結論／280

第十一章 討論式策略融入國小數學領域協同教學／287

- 第一節 數學教學之新趨勢／287
- 第二節 理論基礎及相關概念／290
- 第三節 研究方法／297
- 第四節 研究結果與討論／305
- 第五節 結論與建議／314

第十二章 遊戲教學融入實作評量應用於國小數學領域／321

第一節 背景與需要／322

第二節 遊戲教學及實作評量與教學之關聯／323

第三節 研究方法與設計／328

第四節 研究結果與討論／332

第五節 結論與建議／343

理論與策略

第一章

當今數理科教學問題



✦學習目標

長久以來，我們的自然科教學深受行為主義教學理論之影響，加上在升學主義掛帥之下，大部分中小學的教學多著重於結果，而不重視教學的過程。換句話說，只要學生成績優良，考得上好的高中或大學，那麼教學就可以不擇手段。教師透過灌輸、考試（晨考、週考、月考、段考、期考）等方式，讓學生幾乎過著節節小考、天天大考的緊張生活，增加學生學習上的壓力，也讓讀書成為一件痛苦的事。此外，傳統教學採用「講光抄」、「背多分」的方式，為了傳授知識更有效果，教師採用個別化精熟學習的教學策略，每天一再以重複的測驗來加深學生對課業的印象，希望訓練學生一看到考試題目，不需經過思考，馬上就能反應出答案，這種填鴨式的注入教學和機械化的考試訓練，對於心性純潔的青少年，不啻是一種教育的戕害，讓人感到痛心。教師在整體的教學歷程中，很少注意到如何訓練學生獨立思考、主動學習、同儕合作，及培養學生創造力等面向（張世忠，2003；張世忠、高雅莉、鄭婷芸和彭欣茹，2002）。



第一節 目前學科教學的問題

學科教學的主要四個目標分別是：(1)滿足個人的需求：科學教育應促使個人以科學來提升自己，並為掌控一個逐漸科技化的世界做準備；(2)解決現今社會的議題：科學教育應培養有責任的公民，並以相關的科學方法處理社會議題；(3)幫助職業的選擇：科學教育應促使所有的學生對職業及其相關衍生的科學本質和技術領域有多方的體認，以開啟學生的興趣和才能；(4)預備更進一步的升學：科學教育應儘可能鼓勵學生去獲取所需的學術知識，達成科學上的學術研究和專業素養（Yager, 1996a）。然而，目前學科教學普遍缺乏前三個目標的動機（即關於個人的需求、社會的議題及職業的體認），只重視最後一個目標（即預備更進一步的升學）。

Simpson（1963）定義科學是對宇宙萬物的探索，為了對所遭遇的事物歸納出一套有秩序的解釋，但這些解釋一定要可以測試實驗的（Simpson, 1963; Brandwein, 1983）。Simpson 的定義限制了宇宙萬物科學的領域，他確認了科學的主體行動是其中一種解釋（understanding）；它是人的活動、創造性的活動，及具備有改善與強化技能的活動。但是如此的解釋必須具備可實驗的特質，否則就不能稱之為科學。對於知識的目標而言，存在著許多問題，如果教育者可以使用 Simpson 對科學的定義，絕大部分問題是可以減少的。許多科學的必要成分是可以被練習，並且合併成一個課程的架構去教導策略。就目前為止，最多的爭議在於教師只是幫助學生藉由不斷的閱讀文章，去「懂得」標準參考書上所謂的科學知識，而教科書看起來只是聚焦將多變的原理原則，歸納成被專家所接受的內容。對科學家而言，通常這些歸納是抽象的、重要的、有吸引力的，但對人類生活有用的歸納則很少（Yager, 1996b）。

就學校科學而言，一般的問題可歸納以下幾點（Yager, 1996b）：

1. 科學教科書是一位成功的學生所必須學習的來源，它也是老師問題的來源，包括小考、測驗，還有關於活動的想法。
2. 90% 的科學老師以超過 90% 的時間使用教科書作為學科教學。
3. 許多科學的課程都理所當然被視為下一門課前的準備課程。然而，在實際的課

程中卻相當罕見，大部分的老師都是在同一堂課、同一年級呈現或複習典型的教學方式。

4. 科學知識對於學生日常生活及社會的影響力已被刪除，科學的影響力與生活上的應用大多是自然發生的，要不就是因應其他課程上的需求才有可能發生。
5. 教師將他們自己視為知識的來源，並且視這些知識對學生而言是最重要的，他們鮮少承認自己不知道知識，他們限制學生的興趣及集中注意力在課程的大綱上。
6. 評量是根據字彙的獲得及從教科書或是老師的授課回憶。
7. 科學被限制在教室中，很少是奠基於教室外或學校外的活動。
8. 教科書缺乏任何前三個目標方面的動機（即關於個人的需求、社會的議題及職業的體認）。

對許多國高中學生而言，學習科學概念是相當困難的。根據最新科學教育文獻發現，這些困難是因為學生的知識是片段的、不一致和接近錯誤觀念（McDermott, 1984），尤其是學生不清楚在科學上每天生活所運用的概念和推理。另外，發現學生上課前雖然對科學的概念有相當基礎的認識，儘管如此，學生還是會拒絕改變傳統指導模式所學的概念（Clement, 1983）。更進一步，學生經常不斷嘗試，用他們已有的認知與經驗結合，因為他們覺得非常合乎邏輯（Clough & Driver, 1986）。雖然對這些結果的原因和爭議有許多，且教育學者無法對每一個變因負責，但他們的目的是要幫助科學教師有較好的教學準備。

傳統的學科教學是以老師為中心，專注於直接傳授知識，學生則是消極的接受者。聽講、作筆記和強記所有的事實和定理，為了獲得這客觀的知識和通過考試，學生就必須記住所有的方程式和定律，並多作練習題目。如此，在許多科學教室中，大部分教師的上課方式就是講解主要概念或計算題目的過程，接下來就是學生練習作業。因此，許多學生只是強記所聽講的，而不去理解；此外，分組討論也很少實施，傳統上分組活動是使用在數據蒐集的實驗室活動；因此，在實驗室中，學生熟練般去驗證上課所學的定理和類似定理的關係，整個活動的結果，主要是被判斷是否符合上課已經講過的定理或事實（Jang, 2007; Tobin & Gallagher, 1987）。

根據研究，目前大部分學科教學的方式乃維持著傳統演說和示範的模式，並且偏重記憶教材內容的方式（Renner, Abraham, Grzybowski & Marek, 1990）。傳統學科教學的方法，在激發學生的興趣或建立主題概念性認知上顯得沒有效率，許多大學畢業生抱持著像小學生同樣錯誤的概念。這個問題部分的原因，就是教育學者傾向注重學生的學習，而非老師的學習，這是典型的認定。假如老師被提供革新的教材和被教導如何使用這些教材，老師則應該能夠有效率地實行在教室中。但事實卻不是如此，為了要有條理地教，老師必須徹底理解內容，而且知道如何去教。然而，許多老師缺乏對主題內容的認知，因為他們學習科學的內容是透過同樣沒有效率的傳統方法，老師若是對主題內容沒有徹底地瞭解，則會傾向傳統演說式教學，過分依賴專家的來源（例如：僅使用教科書去傳授資訊給學生）。Tobias（1990）描述一位學生在一堂大學普通物理課如下：

不像一堂人文科學的課，這位教授一直講個不停，並知道所有問題的解答。很少提出問題來討論，或徵求不同的意見，這位教授舉例採用最直接的方式，並要求我們儘量模仿正確方式解題。我們的意見不受重視，特別是只有一個對的答案，一般而言，只有一種對的方式可以解決（p. 21）。

傳統師資培育不能足夠地挑戰老師先前存在教學認知，因此認知的改變就不會發生，當他們被授與革新的學科教學法時，因為老師們沒有建構主義者教學概念的經驗，這些新的方法就被同化於已經存在演說式的教學方法中，這種教學法的認知是大大不同於教育學者所教的，當新老師開始使用他們不完全瞭解的教學法時，他們會遭遇到困難且改用演說式的方法，因為演說式的方法感覺舒適且危險性較小，這將導致教學隨著時間變得越來越不易革新（Jang, 2008）。

對於傳統教學法的堅持，與老師們如何獲得內容和教學法知識有相互的關聯（Stoddart, 1991），這意味著科學內容知識的學習方法會影響教學方法知識的學習內容，老師通常會將科學視為一些由科學家證實過或確認的事實，並且他們教科學也是如此。因此，如果內容和教學法知識是相互的，那麼老師就應有經驗

地學習主題內容和概念性去瞭解教學方法，以幫助學生對科學本質正確認知的成長。為了改善這種情形，有些教育改革學者建議老師在準備教學時，應修一些額外的科學課程及採用建構式教學方法。教師不僅在中小學，而且也在專科和大學中，成為隨時隨地的學習者。



第二節 目前數學教學的問題

近年來，建構主義的教學理念受到各界廣大的討論與重視。尤其國內許多教育學者大力推動、強調數學科建構教學，但仍引起許多第一線教師不滿的聲浪，尤其是以教學經驗豐富、從事教職數十載的教師為最，細究其原因不難理解其想法：「採用傳統教學法的成效不錯呀！為什麼要改？」、「現在的數學標準太低了，擔心下一代的數學能力變差。」……另外更多的質疑是：「建構數學把學生變笨了」，抑或是「建構數學不重視計算能力」。真的是這樣嗎？還是對建構數學的誤解或迷思概念呢？我們必須進一步地探討釐清。

新式建構式數學已實施多年，各種負面效應逐漸浮現，部分學校、家長不斷反應，指出很多小學生上了五年級還不熟悉簡單數學四則運算，感覺好像變笨了；國一學生的計算速度特別慢，無法適應目前國一新課程。加上第一線教師不明白建構式教學的真諦與要領，例如：建構式數學強調步驟；因此，老師要求學生得將每個過程都寫下來，有些教師誤以為課本的每個步驟都不能漏，在評量時又根據學生是否漏掉步驟而予以扣分，致使建構式數學由簡而繁、本末倒置。另外，教師習慣依照固定的教科書上課，一切的補充教材都以考試為依歸，造成教師教學、學生學習與家長的指導上都產生很大的混亂，以致讓學生學習能力低落（張世忠，2003）。

民國 82 年 9 月教育部所公布之「國民小學數學課程標準」，強調學生主動建構知識及培養學生溝通、討論、思考和批判事物的精神，85 年全面實施新課程以來，即有不少爭議。如今九年一貫新課程之實施，更對現今國小數學教學產生莫大的衝擊。雖然新課程標準並未明定要使用哪一種教學法，但透過教育部審定的幾個版本（國立編譯館、康軒、牛頓、南一、新學友、翰林等），都強調