

## 中國建國以來科學教育改革的回顧與反思

王晶瑩

華東師範大學課程與教學研究所

中國 200062 上海市中山北路 3663 號

電郵：[wangjingying8018@126.com](mailto:wangjingying8018@126.com)

收稿日期：二零零八年九月二十八日(於十二月十五日再修定)

---

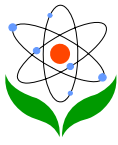
### 內容

- [摘要](#)
  - [引言](#)
  - [有關科學教育改革的詮釋](#)
    - [當代科學教育的理念](#)
    - [科學教育的結構性分析](#)
    - [科學課程的組成要素及類型](#)
  - [科學教育的主軸——科學課程改革的歷史回顧](#)
    - [中國科學教育的三次浪潮](#)
    - [中國科學課程改革的歷史回顧](#)
  - [中國科學教育的思考與反思](#)
    - [功利主義科學課程的價值取向依然存在](#)
    - [實證主義和建構主義二元對立的科學教育觀](#)
    - [科學教育研究和專業人才培養的滯後](#)
    - [科學教師教育建設發展的不平衡](#)
    - [科學課程學業評價改革的脫節](#)
  - [致謝](#)
  - [參考文獻](#)
- 

### 摘要

本文通過對科學教育改革和科學課程內涵的詮釋，分析了建國以來的三次科學教育改革浪潮，回顧了中國科學課程改革的六個階段，並對中國的科學教育改革進行了思考。

**關鍵字:**科學教育；課程改革；教學大綱；課程標準



## 引言

科技發達的國家都十分注重國民的科學素養，它關係到人才的綜合素質和創造力以及國家的綜合競爭力。當代科學教育的目的在於培養和提高公眾的科學素養，發展科學探究能力，養成科學精神和態度。這一目標遠遠超出了以往科學知識的範疇，其理念在於引導人們認識科學的本質和理解科學的價值，培養公民的生存和發展能力、用科學的思維方式進行資訊選擇和鑒別以及參與決策和討論。本文首先對科學教育改革進行詮釋，然後進一步探討中國建國以來的科學教育改革。

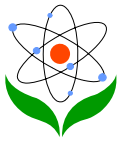
## 有關科學教育改革的詮釋

科學教育有狹義和廣義之分，狹義的科學教育通常包括數學和自然科學(物理、化學、生物和地理)，也就是中國基礎教育階段提及的理科教育，而廣義的科學教育除數學和自然科學外，還包括環境教育、技術教育、工程教育等；就實務運作層面，科學教育包括政策、目標和理念、課程和教材、教與學、評價、師資教育，乃至全民科學素養的培養等，本文針對狹義的科學教育，主要是中小學階段的理科教育。

### 1.1 當代科學教育改革的理念

畢比和德波爾(Bybee, R. & DeBoer, G., 1994) 通過科學教育發展史的分析，認為科學教育改革一直圍繞著三個科學課程目標，即促進個人和社會的發展，掌握科學事實和原理性知識，體驗科學過程和理解科學的應用。[1] 這三個目標在國際科學教育改革中不斷變化並重複，影響著科學課程和教學實踐。托賓、蒂平斯和蓋拉德(Tobin, K., Tippins, D., & Gallard, A.J., 1994) 認為當代科學教育的理念是將科學作為一種過程來理解，學生能夠用科學的思維方式來認識世界。[2] 霍斯利等 (Horsley, et al., 1993) 指出建構主義是當今科學教育改革的哲學理念，它要求教師改變傳統的教學方式，與實證主義範式相對。[3] 實證主義是傳統科學教育理念的哲學基礎，它認為科學知識是既定的、已經證明的、被社會廣泛接受的，可以簡單的通過傳授的教學方式教給學生；學業評價以識記事實性知識和符號為基礎，以學生掌握知識為標準。實證主義的核心是不同的學習情境，包括學習內容、活動和教科書，而建構主義關注的焦點是學習者。夏皮羅 (Shapiro, B., 1994) 談到科學是一種文化，具有特殊的理解自然世界的功能，科學教育的一個目標就是構建兒童生活經驗和科學文化之間的橋樑。[4] 實際上學生學習科學的過程是他們的前概念不斷順應和同化的過程，只有學習者將他們的實際經驗和學習結果相聯繫的時候，他們才有真正意義上的理解。學習是通過不斷的對話和反思來完成的，而不是簡單的傳授和消極的接受。可見，國外學者對科學教育改革理念的主張與認識也是多元的，有不同的側重點與特色，下文將介紹中國建國後在國際多元背景影響下的科學教育改革。

### 1.2 科學教育改革的結構性分析



史密斯和歐黛(Smith, M. S. & O'Day, J., 1990&1991) 宣導系統改革中教育政策變革的重要性，他們認為自上而下的科學教育改革需要具備科學教育政策制定的一致性，而自下而上的改革則需要將學校本身的行動與需要及時反映給州政府以及其他主管機構。[5][6] 關於自上而下的科學教育改革，主要包括六個方面：即(1)一致性的視野和目標；(2)連貫性的教學指導；(3)學校課程；(4)教師的專業發展(職前和在職)；(5)學業評價；(6)重建管理系統(學校、地區以及州的不同層面)。富蘭(Fullan, M.G., 1991&1996) 認為教育改革只是一個旅程，而不是一個藍圖。他指出系統改革應該注重所有學生的學習目標，相應的教學運作、管理和評價的方法，以此來達到新的學習目標；只有澄清和取得這些問題的一致時，教師才能有機會成功地執行改革的理念。[7][8] 康利(Conley, B.T., 1993) 在論及科學教育改革時提出了一個詳盡的框架，即科學教育系統改革包括三個要素，中心、授權和支持。[9] 學習者的學習結果、課程、教學以及評價是中心變數，學習環境、技術、學校或共同體的關係、時間是授權變數，上級管理、教師領導、個人結構、工作關係是支援變數。他認為上級管理是改革的主要支持要素，同時要考慮學習者的學習成果、課程、教學以及評價的相互作用。國外學者從不同的側面對科學教育改革的結構性進行了分析，中國的科學教育改革無論從課程標準的制定、改革理念的確立、評價方法的宣導、教師專業化的發展……都受到了國際科學教育改革的影響，其中美國的影響最大。

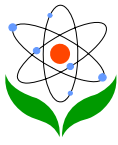
根據相關學者的研究[10]以及教育改革的基礎性認識，筆者認為，科學教育改革可以分為三個方面，即課程(包括教材、教學和學習)的改革與發展，科學學業評價的改革，科學教育學術研究的發展。其中課程是學校教育的核心，所有的教育改革必然涉及課程改革。

### 1.3 科學課程的組成要素及類型

一套完整的科學課程通常由以下要素組成：(1)科學課程的哲學理念和心理學基礎；(2)科學課程的長程、短程和教材目標；(3)教材內容；(4)教學策略及教學模式；(5)教學資源；(6)教師的教和學生的學；(7)學業評價；(8)預期學習成果。[10]

根據科學課程的內容和組織形態，可以分為三種類型，即(1)內容知識導向的課程：重視學科的基本概念結構和知識的累積，注重科學的結果而不是過程，教學的目的在於傳授科學知識，培養學生的認知技能，實驗活動以驗證式為主；(2)過程導向的課程：強調科學作為一種過程，注重知識產生過程的教學和學生的技能，學習內容包括科學概念知識、科學過程技能和科學態度、情感以及價值觀等方面，實驗活動兼顧探究式與驗證式；[10] (3)綜合課程：課程內容既有科學知識，也有學生獲得的主體經驗，以統整或去邊界的方式依據課程內容之間的內在邏輯關係，將其組織起來，消除學生原有知識體系中各類知識的界限，使學生形成關於世界的整體性認識和完整性觀念。

## 科學教育改革的主軸——科學課程改革的歷史回顧



在中國半個多世紀以來的科學教育改革中，課程的改革是主軸，本文在回顧科學教育改革時，必然要以科學課程改革的演變作為論述的核心。

## 2.1 中國科學教育改革的三次浪潮

新中國成立以來，中國的基礎科學教育在演進發展的道路上，經歷了三次較大的改革浪潮。

### 2.1.1 第一次浪潮——“雙基”的教育觀

1952年教育部頒佈建國後第一個中學課程標準草案，以當時蘇聯的教學大綱為藍本制定了中學物理、化學等學科的教學大綱。[11] 這一階段在改造舊中國教育制度的基礎上，學習蘇聯的教育體制和經驗，確立了以注重科學基礎知識和技能以及系統性為核心的“雙基”教育理念，對中國科學教育的方向產生了深遠影響。

### 2.1.2 第二次浪潮——科學能力的教育觀

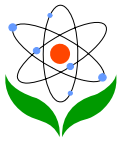
這次浪潮始於20世紀60年代，培養科學能力是這次改革的突出特徵。1963年制訂了中小學各科教學大綱，加強“雙基”、注重培養學生分析和解決問題的能力。在經歷“文化大革命”的曲折後，注重基礎、培養能力、實施素質教育。教學大綱把培養和發展科學思維能力，觀察、實驗的能力和自學能力作為教學的基本目的。開始重視科學-技術-社會(STS)教育和綜合課程，但是以學問為中心的思想仍然占主導，強調知識的系統性、鞏固知識的教學觀盛行，布魯姆的掌握學習教學法以及布魯納的學科結構課程理論影響著這一時期的科學教育。[12]

### 2.1.3 第三次浪潮——科學素養的理念

這次浪潮始於90年代，主要包括三個方面的轉變：一是科學教育的目的觀轉向面向全體學生、立足于人的科學素養發展，培養創新精神和實踐能力；二是科學教育的課程觀體現普及性、基礎性和發展性，注重課程與學生的生活世界、經驗以及社會科技發展的聯繫，促進學科之間的滲透、提倡跨學科的綜合學習；三是科學教育的實踐觀轉向理解科學的過程和本質、認識科學的價值、培養科學探究能力和科學情感、態度與價值觀。這些轉變革新了傳統“雙基”教育觀的局限，同時對科學能力的教育觀有了新的突破。

從科學教育改革的發展可以看到，改革往往起因於國家和社會對高素質科技人才需求的增加，而科學教育系統所提供的教育內涵無法滿足國家、社會科技發展的新需求。針對這一問題所進行的科學教育改革，往往著手於科學課程及教育政策，而另外兩個問題也不可忽視，即①課程是達到教育目標的工具，不是教育的所有內涵；②教育政策的變革需要落實在學校、社會及客觀教育環境的支持之下。

## 2.2 中國科學課程改革的歷史回顧



通過分析中國科學教育的三次改革浪潮，縱觀科學課程改革，大致經歷了六個時期，反映了中國不同時期的政治、經濟、教育的發展和需要，也表明了中國科學教育發展與教學改革的探索歷程。[13][14][15][16] 下文具體回顧建國以來科學課程教學大綱和課程標準的演進。

### 2.2.1 學習蘇聯時期 (1949年—1956年)

1950年8月教育部頒發了《中學暫行教學計畫(草案)》，這是新中國第一份教學計畫，設置了包括自然科學在內的門類齊全的學科課程。1952年4月教育部發佈了建國後第一個中學課程標準草案，受蘇聯的影響，把課程標準中規定教學科目及其安排的部分作為“教學計畫”，“課程標準”改為“教學大綱”，在最近一次課改中才將二者合併為課程標準。這一階段的教育目標是傳授科學課程的基本知識和技能及其在生產中的應用；培養學生使用儀器和工具的實際技能，並強調解答習題是學習的有效方法；培養學生辯證唯物主義、愛國主義和國際主義情感。

### 2.2.2 探索徘徊時期 (1957年—1965年)

這一時期是中國開始擺脫蘇聯的影響，進入“獨立自主、自力更生”的階段，照搬套用蘇聯教育經驗所帶來的學校系統、教學體制方面的矛盾在這一時期爆發出來。1958年“大躍進”引發了“教育大革命”，縮短學制、精簡課程，增加勞動，注重思想教育，還出現了多種學制的改革試驗。[17] 這一階段的教育目標是傳授基本知識及其在工農業生產和其他方面的應用，擴大科學教育的知識面；培養學生的實驗技能和計算能力；培養學生辯證唯物主義、愛國主義、民族自豪感和國際主義情感。

### 2.2.3 十年動亂時期 (1966年—1976年)

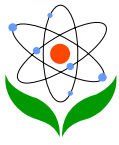
這一時期科學教育走上了以產品帶動教學的道路，提倡典型生產引路，例如，物理教育圍繞“三機一泵”，生物課的重點是“農業基礎知識”，而化學課則改名為“工業基礎知識”，這一時期中國的科學教育發展遭到極大的破壞。

### 2.2.4 調整嘗試時期 (1977年—1987年)

1978年鄧小平指出科學技術是第一生產力，號召大力發展科學研究和科學教育。這一時期的教育目標是為提高全民族的素質，為現代化建設培養四有新人。注重傳授現代科學技術必須的科學基礎知識和實際應用，對學生進行觀察、思維、科學態度和方法的訓練，培養學生的實驗技能、運用數學解決科學問題的能力，重視課堂練習和課外作業；注意培養學生的學習興趣，啟發他們自覺能動地學習知識；培養學生辯證唯物主義觀念。教學大綱中指出，教學改革首先是教學思想的改革，要克服違背教學規律的單純追求升學率的偏向，破除只重視傳授知識的傳統教學觀，教學方法改革的重點在於調動學生學習的主動性和積極性。[13]

### 2.2.5 全面發展時期 (1988年—2000年)

中國自改革開放以來，隨著高速發展的科學技術，制定了科教興國的發展戰略。1992年義務教育制度在全國推廣，隨之興起的素質教育改革促進了中國科學教育的發展。這



一時期大綱中的教育目標是培養德智體美勞全面發展的公民，從“精英教育”模式向“大眾教育”轉變，強調“雙基”，注重培養學生觀察、實驗、思維能力，分析和解決實際問題的能力；培養學生的學習興趣、實事求是的科學態度、科學方法、獨立思考和創造精神，辯證唯物主義和愛國主義情感。科學-技術-社會（STS）教育在這一時期也得到了發展，但編制和實施方面存在很多問題，一直未能取得突破性進展。 [11]

### 2.2.6 理念變革時期（2001 年至今）

這次科學課程改革主要借鑒美國的“2061 計畫”、《美國國家科學教育標準》等檔，關注學生的科學素養，把科學作為人類的一種活動、一種思考和瞭解的方式，重視學生的質疑能力、資訊能力、分析和解決實際問題的能力、合作能力、自主學習的能力等，強調學生從科學概念中體驗、自我建構。在新一輪基礎教育課程改革中，沿用了幾十年的教學大綱悄然隱退，取而代之的是國家課程標準。科學學科課程標準的基本理念包括：面向全體學生、立足學生發展、突出科學探究、體現課程綜合化、反映當代科學成果。強調學生領會科學的本質，養成關注科學、技術與社會問題的習慣，形成科學的態度和價值取向，樹立社會責任感，更多地學習終身必備的科學知識，體驗科學探究的過程，學會科學的思維方法，解決自我及社會決策的問題。

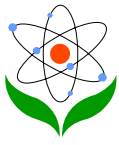
中國科學課程教學大綱的制定，是由國內政治、經濟形勢決定的，為鞏固和建設國家而培養人才。從教學大綱的演變可以看出，科學課程逐漸向強調知識應用、能力培養、非智力因素，注重學生發展和提高科學素養等方向轉變。[18] 中國科學課程的類型主要還是內容知識導向，綜合課程和過程導向的課程在實踐中遇到很大的困難和阻礙，科學課程改革任重而道遠。

## 中國科學教育改革的思考與反思

縱觀建國後科學教育改革，我國的科學教育不斷發展和進步，在以往科學課程改革的探索和發展中，既有對中國科學教育傳統的繼承，如強調科學基礎知識和基本技能，重視德育的滲透；又在智力發展、思維訓練與能力培養方面，從知識識記為主轉向獨立思考、以創造性思維為主的趨勢。改革中也重視科學素養的培養，例如科學本質觀、科學過程、科學探究等，這些觀念在實踐層面衝擊了以知識、教師和課堂為中心的模式，在我國科學教育改革不斷進步的同時，我們需要看到影響中國科學教育的主導思想還是雙基的教育觀，科學教育的發展仍然存在著一定的問題。[19]

### 3.1 功利主義科學課程的價值取向依然存在

中國一直以來的課程價值取向表現為一種功利主義，這種價值觀可分為社會功利主義和個人功利主義。功利主義的科學課程觀重視課程的訓練價值，突出科學課程對於社會政治、經濟發展以及個人適應社會生活的價值，卻忽視了全人發展的價值取向；它雖然提升了科學教育在社會生產中的作用，卻忽視了對科學教育本質的把握。因此，中國傳統



的科學教育是一種唯知識、唯能力和唯技術的教育，與人文教育相隔離，片面地理解科學文化，忽視科學價值觀，抹殺科學文化的內在精神和人文價值。科學教育改革的新理念不斷衝擊著功利主義的價值取向，向著人本化、生活化、多元化的方向發展，但是功利主義的陰影還根深蒂固。

### 3.2 實證主義和建構主義二元對立的科學教育觀

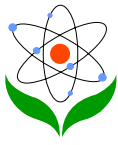
目前國內強調以建構主義理念為核心的科學教育觀，人們容易將傳統的實證主義和建構主義割裂開來，在強調建構主義的同時，忽略或拋棄實證主義，或者固執的維護所謂的“實證主義”，採取極端的態度來看待科學教育的新理念，這種現象很大程度上由於實證主義和建構主義科學教育觀的二元對立。科學課程中的基本哲學問題是科學知識的價值是什麼？我們應該提供給學生什麼樣的科學觀？[20] 在傳統科學課程中，科學的技術理性成為統治課程設計的核心思想，而忽視了科學的人文價值和社會意義，科學課程的實踐理性和解放理性被忽略，過於強調傳統實證主義關於科學性質和認知方式的理解，科學課程以教師為中心，注重結果取向，而忽視了課程的過程取向。只強調建構主義又忽略了科學課程的科學性和實證性，因此我們需要平衡的科學觀，理性的認識到科學教育的不同價值觀取向。

### 3.3 科學教育研究和專業人才培養的滯後

科學教育改革從教育政策的制定、課程的開發到探究教學的實施、課程與教學評價的運作，以及科學教師的專業發展，都迫切需要相應的科學教育學術研究來支撐，但中國科學教育的學科建設還很薄弱。[21] 歐美國家十分重視科學教育的研究，已取得了許多對科學教育改革有影響的理論和實踐成果，如建構主義理論、學生科學概念認知、科學本質和科學探究的研究等。這些成果不僅對科學教育政策的制定起到了指導作用，也為科學教育的實踐與改革提供了新的思路，中國科學教育改革亟需本國文化基礎的科學教育研究成果作為理論和實踐的指導。另外，中國大陸地區科學教育人才的培養分散在理科的課程與教學論專業中，只有為數甚少的博士點，具有理科背景的專業人才無法進行深入和系統的專業培養和研究，更為嚴重的問題是中國大陸地區的科學教育研究還不能很好地與國際科學教育界接軌。

### 3.4 科學教師教育建設發展的不平衡

中國以往只注重“雙基”的科學教育觀，教師和學生不知道科學究竟是什麼，非科學和偽科學的做法常常出現在科學課堂和日常生活中。隨著中國新課程改革的深入，以往科學教育中存在的深層次問題和困難逐步暴露出來。從表面上看，主要是不少教師的科學知識不夠扎實，實際隱藏在這些現象背後的深層次問題是教師對科學的本質、科學與其他學科的差異究竟是什麼還沒有完全理解，更為困難和複雜的是，科學知識是容易培訓的，而對科學本質的理解和認同，是與一個人的價值觀和文化背景密切相關的。[22] 因此，中國科學教師教育是迫在眉睫的問題，不僅需要提高教師在理論和實踐中的科學素



養，包括提升他們對科學本質和科學探究的理論認識，而且需要關注教師在學科知識的科學性，科學本質和科學探究的具體內容等方面的認識和理解，需要對教師進行這些基本概念和操作的基礎性培訓。

### 3.5 科學課程學業評價改革的脫節

科學課程評價是科學教育的重要環節，是科學教育活動沿著制定的目標前進的保證。科學課程改革的順利開展離不開學業評價的變革，二者相輔相成。中國科學課程需要多元的評價方式，例如科學探究就需要表現性評價的發展，而只有學業評價的改革進一步發展和突破，才能更好地促進中國科學教育改革的推進。

凱爾(Kahle, J. B., 2007) 在回顧美國 50 多年系統改革時談到，從蘇聯衛星上天到科學教育管理計畫“人作為過程的學習研究”(Man: A Course of Study, MACOS)，從《國家在危險中：教育改革勢在必行》到《國家科學教育基準》，從“以州為系統的計畫”(Statewide Systemic Initiatives, SSIs) 到《不讓一個孩子掉隊》，教育理念和實際政策的相互作用影響了改革的發展以及關於改革的研究，改革的目標始終在現實與理想中徘徊。[23] 她認為 50 多年的改革研究和經驗表明兩點，一是大規模的科學教育改革需要較長的時間來實施，二是改革必須包括自上而下和自下而上兩種途徑共同作用。比畢(Bybee, R.W., 1993)在論及 20 世紀末的科學教育改革時指出，美國的科學教育系統龐大、構成複雜、權力分散，改革要想取得成功就必須處理好規模、差異性及權力這三方面的問題。並建議改革以如下方式進行：所有科學教育工作者包括師範教育工作者、科學家、工程師、決策人士、研究者、教師等都作改革的主人，對改革負責，先對科學教育有一個共同的構想，接著制定包括長、短期目標的實施計畫，然後密切配合，進行實際改革。[24] 我們可以看到，國外的科學教育改革雖然取得了矚目的經驗和成果，但是仍然存在很多問題，我國在引入國外先進理念的同時，還要吸取國外系統改革的經驗和教訓，不但要具有國際視野，還要立足本土，針對中國國情進行科學教育研究，以此作為必要的學術支撐，而且科學教育改革需要自上而下與自下而上的改革理念共同推進。

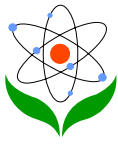
## 致謝

感謝華東師範大學 2008 年優秀博士研究生培養基金(編號：20080020)的支助。

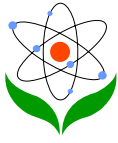
## 參考文獻

- [1] Bybee, R. & DeBoer, G. (1994). Research on Goals for Science Curriculum. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 357-387. MacMillan. New York.
- [2] Tobin, K., Tippins, D., & Gallard, A.J. (1994). Research on Instructional Strategies for Teaching Science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 45-93. MacMillan. New York.





- [3] Loucks-Horsley, S., Harding, C., Arbuckle, M., Murray, L., Dubea, C., & Williams, M. Teacher Institutes. (1993). In *Continuing to Learn: A Guidebook for Teacher Development*. Regional Laboratory for Educational Improvement of the Northeast and Islands and the National Staff Development Council.
- [4] Shapiro, B. (1994). *What Children Bring to Light- A Constructivist Perspective on Children's Learning in Science*. Teachers College Press. New York, NY.
- [5] Smith, M.S. & O'Day, J. (1991). *Putting the Pieces Together Systemic School Reform*. CPRE Policy Briefs RB-0649, 1, 1-12.
- [6] Smith, M. S. & O'Day, J. (1990). *Systemic School Reform*. *Politics of Education Association Yearbook (1990)*, 233-267.
- [7] Fullan, M.G. (1991). *The New Meaning of Educational Change*. New York: Teachers College Press.
- [8] Fullan, M.G. (1996). *Turning Systemic Thinking On Its Head*. *Phi Delta Kappan*, 1996(6), 420-423.
- [9] Conley, D.T. (1993). *Roadmap to Restructuring: Policies, Practices and the Emerging Visions of Schooling*. Eugene, OR: Eric Clearinghouse on Educational Management. ED359593.1993.
- [10] 鄭湧涇. 我國科學教育改革的回顧與展望[J]. 科學教育月刊,2005:2-22.
- [11] 袁運開,蔡鐵權.科學課程與教學論[M].杭州:浙江教育出版社,2003.
- [12] 彭蜀晉,林長春.科學課程與教學論[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [13] 20世紀中國中小學課程標準•教學大綱彙編,物理卷[M].北京:人民教育出版社,2001.
- [14] 20世紀中國中小學課程標準•教學大綱彙編,生物卷[M].北京:人民教育出版社,2001.
- [15] 20世紀中國中小學課程標準•教學大綱彙編,化學卷[M].北京:人民教育出版社,2001.
- [16] 20世紀中國中小學課程標準•教學大綱彙編,地理卷[M].北京:人民教育出版社,2001.
- [17] 胡衛平,韓琴,嚴文法.科學課程與教學論研究[M].北京:高等教育出版社,2007.
- [18] 司德平.建國後我國中學物理教學大綱的變化規律[J].教學與管理,05(1):70-72.
- [19] 劉德華.科學教育的人文價值[M].成都:四川教育出版社,2003.



- [20] 孫可平, 鄧小麗. 理科教育展望. 上海: 華東師範大學出版社, 2002.
- [21] 丁邦平, 羅星凱. 論科學教育改革與科學教育研究[J]. 教育研究, 08(2):75-81.
- [22] 張紅霞. 科學究竟是什麼. 北京: 教育科學出版社, 2003.
- [23] Kahle, J. B. (2007). Systemic Reform: Research, Vision, and Politics. In Abell, S.K. & Lederman, N.G. (Eds.), Handbook of research on science education, 911-935. Lawrence Erlbaum Associations, Inc.
- [24] Bybee, R. W. (1993). Reforming science education: Social perspectives & personal reflections. New York: Teachers College Press.