

# 澳門綜合應用技能教育探索

## ——以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑

林炎龍 溫佩娣

**[摘要]** 當前，擁有高水平的 STEM 人才逐漸成為促進經濟發展和增強國家競爭力的核心動力，STEM 教育越發受到各國的高度重視，澳門特區政府敏銳地發現了這一趨勢，積極推動綜合應用技能教育課程的開設、設計及實施。藉着分析澳門綜合應用技能教育及 STEM 定位，本文探討了“STEM 教育、單元教學設計、大觀念教學”整合的理論可行性，以及“逆向教學設計、STEM 整合教學模式、大觀念教學設計”整合的實踐可行性，設計了以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑，將 STEM 教育、大觀念、逆向教學設計三種先進的教育理念進行整合，為實施綜合應用技能教育課程提供了探索路徑，幫助教師從更高的視角進行整合教學設計，以促進學生大觀念的形成，提高學生科學探究和工程設計能力。

**[關鍵詞]** 綜合應用技能教育 大觀念 逆向教學設計 STEM 整合路徑

STEM 教育是科學 (science)、技術 (technology)、工程 (engineering) 與數學 (mathematics) 的總稱，<sup>①</sup> 旨在通過設置貼近實際生活或任務式的學習情境，引導學生運用科學、技術、工程、數學、信息技術、藝術等學科知識綜合地解決問題。自進入 21 世紀以來，擁有高水平的 STEM 人才逐漸成為促進經濟發展和增強國家競爭力的核心動力，以美國、英國、日本、德國為代表的主要發達國家紛紛制定促進 STEM 人才培育的政策措施，如：美國《K-12 科學教育框架：實踐、跨學科概念和核心概念》、英國《科學與數學教育願景》、日本《理工人才培養戰略》、德國《關於加強數學—自然科學—技術教育的建議》等，發展 STEM 教育已成為世界各國培養創新型人才的重要戰略目標，<sup>②</sup> 美國更將 K-12 階段的 STEM 教育上升到國家戰略層面，強調“STEM 教育應

作者簡介：林炎龍，澳門大學教育學院博士生、澳門大學附屬應用學校教務處副主任；溫佩娣，澳門大學教育學院副教授、博士生導師。

<sup>①</sup> National Research Council (NRC). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press, 2012.

<sup>②</sup> 周安然、柏毅、黃雪瑩：〈基於工程設計思維的 STEM 課程開發研究及啟示——以 NASA “太空船安全” 課程為例〉，《東南大學學報（哲學社會科學版）》（南京），第 S1 期（2020），頁 122 - 126。

優先於政府在教育方面的其他工作”。<sup>①</sup> 在我國，STEM 是舶來品，起步較晚。在 2001 年之前，科技教育領域鮮有關於 STEM 教育的介紹和引入，<sup>②</sup> 但自 2016 年開始，中國政府相繼出台了《中小學綜合實踐活動課程指導綱要》、《中國 STEM 教育白皮書》、《中國 STEM 教育 2029 創新行動計劃》、《全民科學素質行動計劃綱要實施方案（2016—2020 年）》、《國家創新驅動發展戰略綱要》等多項政策文件，並把 STEM 和創客教育寫入教育部信息化文件和國家課程標準，積極推進 STEM 教育的有效落地，STEM 教育開始呈現快速發展之勢。<sup>③</sup>

澳門回歸以來，經濟取得了巨大成就，但新冠疫情在全球肆虐，凸顯了澳門產業結構相對單一、對外依賴嚴重、發展資源有限等問題，發展高新科技產業和高端製造產業迫在眉睫，而發展離不開大量具備創新能力和適應未來挑戰的專業人才，因此，大力推進澳門 STEM 教育的發展，既是破局之法，也是必由之選。

為適應 STEM 教育國際發展趨勢、國家需求及挑戰，近年來，澳門教青局積極發展綜合應用技能教育（即 STEM 教育），<sup>④</sup> 鼓勵學校開設特色綜合應用技能課程，透過進一步的跨學科教學或綜合規劃，讓學生綜合應用科學知識與技術技能，培養學生 21 世紀核心素養。<sup>⑤</sup> 教青局於 2022 年 12 月出台《澳門綜合應用技能教育課程指引（試行版）》以推動綜合應用技能課程的良性發展，但課程在實施中也存在着：缺少理論指導、課程指引和教材；課程認識和理解不深；<sup>⑥</sup> 追求教學形式上的整合或新技術的使用；忽視學生跨學科知識與能力的整合、真實問題解決能力的提升以及創造力的發展等問題，<sup>⑦</sup> 此外，我國長期以來的分科教育模式、課程結構和對工程教育價值的忽視，<sup>⑧</sup> 更增加了澳門實施 STEM 教育的難度。在國際實踐中，一個被證實有效的方法是將 STEM 教育理念與現有學校課程體系保持連貫並融入至常規教學中。<sup>⑨</sup> 最新修訂的國家課程標準和澳門《本地學制正規教育基本學力要求》（簡稱《基力》）亦與此理念不謀而合。其一，課程標準和《基力》強調 STEM 整合的重要性，如“理解跨學科概念，設計相應

① 楊玉琴、倪娟：〈美國馬薩諸塞州 K-12“技術/工程”課程標準的演進〉，《比較教育研究》（北京），第 10 期（2017），頁 10—19。

② 王素、李正福：《STEM 教育這樣做》，北京：教育科學出版社，2019 年，頁 25。

③ 李慧：《STEM + 課程設計與實踐指導》，上海：上海社會科學院出版社，2020 年，頁 3—6。

④ 澳門特別行政區政府教育及青年發展局：《澳門綜合應用技能教育課程指引（試行版）》，2022 年 12 月 14 日，頁 2。

⑤ 姚偉祺：〈“綜合應用技能教育”課程——培養澳門下一代的核心素養〉，《教師雜誌》（澳門），第 63 期（2019），頁 8—12。

⑥ 澳門特別行政區政府教育及青年發展局：《澳門綜合應用技能教育課程指引（試行版）》，2022 年 12 月 14 日，頁 3。

⑦ 陳鵬、田陽、黃榮懷：〈基於設計思維的 STEM 教育創新課程研究及啟示——以斯坦福大學 d.loft STEM 課程為例〉，《中國電化教育》（北京），第 8 期（2019），頁 82—90。

⑧ 鍾柏昌、張麗芳：〈美國 STEM 教育變革中“變革方程”的作用及其啟示〉，《中國電化教育》（北京），第 4 期（2014），頁 18—24。

⑨ 李慧：《STEM + 課程設計與實踐指導》，上海：上海社會科學院出版社，2020 年，頁 10。

的學習活動”；<sup>①</sup>“注意與其他學科的橫向關聯”；<sup>②</sup>“能綜合運用科學、技術、工程學和數學（STEM）知識和能力，設計方案，解決特定問題”；<sup>③</sup>“加強與科學、技術和社會生活相關聯”；<sup>④</sup>“注意學科聯繫，引導學生理解科學、技術、社會與環境之間的關係”。<sup>⑤</sup>其二，課程標準和基力提倡 STEM 教學，如“提倡使用多種方式開展選修課程教學，鼓勵開展以主題性實踐活動和項目式學習活動”；<sup>⑥</sup>“靈活採用講授、討論及分享、自主探究等多種教學方式方法，加強學科間的聯繫，培養學生的問題解決能力”。<sup>⑦</sup>由此可見，立足國家課程標準及基本學力要求，尋求將 STEM 教育理念與學校課程有效連接的 STEM 整合教學模式或路徑，可為澳門開展 STEM 教育指明道路和方向。

## 一、基於單元教學設計的澳門學校 STEM 整合教學模式

### （一）單元教學設計

教學是一個系統工程，在教學過程中，由於教材一般是在課程標準的指引下制訂，結構清晰明確，內容聯繫緊密，知識呈螺旋式遞增，具有良好的系統性，反觀教學設計，雖有教材的限定，但長期以來，我國一線教師較多關注課時層面的教學設計，較少關注主題與單元層面的教學設計。在很大程度上，只注重了局部，缺乏對整體的關切，進而削弱了教學效果。<sup>⑧</sup>那麼，教師應該如何展開單元教學設計呢？

國際上，實踐較為廣泛且成熟的單元教學設計理論有逆向教學設計（backward design, BD）、論證式教學設計（argument based inquiry, ABI）、建構學習設計（constructivist learning design, CID）、三元教學與評估設計（triarchic instruction and assessment, TIA）。其中，逆向教學設計是美國教育專家 Wiggins 和 McTighe 在反思現有教學設計不足的基礎上提出的，該模式由明確預期學習結果、確定適當的評估證據、設計學習體驗三個階段組成，<sup>⑨</sup>即教師需要根據學習者須掌握的學習成效來選擇教學素材和組織教學活動。論證式教學設計的代表性人物是 Toulmin，其提出的論證圖式

<sup>①</sup> 中華人民共和國教育部：《義務教育小學科學課程標準（2022）》，2022 年 4 月 9 日，頁 2。

<sup>②</sup> 中華人民共和國教育部：《義務教育小學科學課程標準（2017）》，2022 年 4 月 9 日，頁 5。

<sup>③</sup> 中華人民共和國教育部：《普通高中生物課程標準（2020）》，2020 年 6 月 1 日，頁 53。

<sup>④</sup> 中華人民共和國教育部：《普通高中信息技術課程標準（2020）》，2020 年 6 月 1 日，頁 62。

<sup>⑤</sup> 澳門特別行政區政府第 56/2017 號社會文化司司長批示《訂定初中教育階段的基本學力要求的具體內容》附件十《初中教育階段自然科學基本學力要求》。

<sup>⑥</sup> 中華人民共和國教育部：《普通高中化學課程標準（2020）》，2020 年 6 月 1 日，頁 6。

<sup>⑦</sup> 澳門特別行政區政府第 55/2017 號社會文化司司長批示《訂定高中教育階段的基本學力要求的具體內容》附件十《高中教育階段自然科學基本學力要求》。

<sup>⑧</sup> 邵朝友、韓文杰、張雨強：〈試論以大觀念為中心的單元設計——基於兩種單元設計思路的考察〉，《全球教育展望》（上海），第 6 期（2019），頁 74—83。

<sup>⑨</sup> Dávila, Alejandro. “Book Review of Wiggins, G. & McTighe, J. (2005) *Understanding by Design* (2<sup>nd</sup> ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development ASCD.” *Colombian Applied Linguistics Journal*, vol. 19, no. 1, 2017, pp. 140-155.

（或稱 TAP 模型）由主張、數據、理由和依據、支持、限制條件、反駁六個因素組成，Toulmin 指出一個明確而清晰的論證是由資料推論而產生的主張，同時論證還包括此推論的過程及其理由。<sup>①</sup> 三元教學與評估設計是國際著名的教育心理學家 Sternberg 提出的，其強調在首次課堂中要自始至終地堅持“理論+技能+智能”的三元教學模式。<sup>②</sup>

在國內，單元教學設計已不是一個新的概念，關於單元教學設計的研究豐富且廣泛。馬蘭提出整體化有序單元教學設計由鑽研課標教材、整合單元內容、分析學情、預設評估要求、選擇教學策略五個操作步驟組成。<sup>③</sup> 呂世虎等人認為單元教學設計是基於單元的一種教學模式，在落實教學目標、培養核心素養、整合課程等方面具有獨特的優勢。<sup>④</sup> 但在澳門，目前鮮有單元教學設計的研究與實踐，出現的教學案例較少從單元的視角進行設計，且大部分的案例是在逆向教學設計或理解為先教學設計（understanding by design, UbD）的基礎上修改的，缺少本土化特色和創新性，難以適合澳門的實際教學需求。

## （二）澳門學校 STEM 整合教學模式

為回應本地實際需求，澳門大學溫佩娣團隊在調研澳門多間學校的綜合應用技能教育課程的基礎上，結合實地考察和觀摩 STEM 課堂教學情況及對 STEM 教師進行訪談調研，<sup>⑤</sup> 並在優化逆向教學設計和單元教學設計理論的基礎上，提出了“澳門學校 STEM 整合教學模式”。<sup>⑥</sup> 該 STEM 整合教學模式由“跨學科主題、核心課程+相關課程、預期學習成果、確定學習證據、計劃教學模式、跨學科項目”六個階段組成（圖 1），每個階段的解讀如下：

① Erduran, Sibel, and Shirley Simon, Jonathan Osborne. “TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin’s Argument Pattern for Studying Science Discourse.” *Science Education*, vol. 88, no. 6, 2004, pp. 915-933.

② Sternberg, Robert. *Successful Intelligence: How Practical and Creative Intelligence Determine Success in Life*. Pume, 1997.

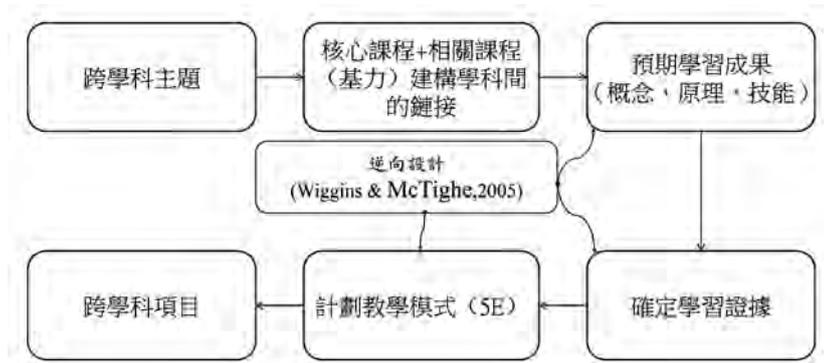
③ 馬蘭：〈整體化有序設計單元教學探討〉，《課程·教材·教法》（北京），第 2 期（2012），頁 23—31。

④ 呂世虎、吳振英、楊婷、王尚志：〈單元教學設計及其對促進數學教師專業發展的作用〉，《數學教育學報》（天津），第 5 期（2016），頁 16—21。

⑤ 澳門特別行政區政府教育及青年發展局：〈綜合應用技能教育教師培訓（學校中、高層管理人員）——資料下載〉，教青局網頁，2021 年 9 月 13 日，portal.dsedj.gov.mo/webdsejspace/addon/upload/Upload\_viewfile\_page.jsp?id=80900&sid=&，2022 年 12 月 16 日讀取。

⑥ 澳門特別行政區政府教育及青年發展局：《澳門綜合應用技能教育課程指引（試行版）》，2022 年 12 月 14 日，頁 15。

圖 1 澳門學校 STEM 整合教學模式



圖片來源：作者根據澳門特別行政區政府教育及青年發展局《澳門綜合應用技能教育課程指引（試行版）》（2022年12月14日，頁15）製作。

### （1）跨學科主題

STEM 整合教學模式從“跨學科主題”開始。選擇一個有意義且富有趣味性的 STEM 主題活動是教學成功的一半，同時，一個優秀的 STEM 主題能夠將教師、學生、教學內容等要素緊密地聯繫在一起，促進有效課堂的發生。因此，設計者首先需要根據實際的教學情況（如課程情況、教學資源、設備儀器、學生因素等）進行綜合考慮，其次需要站在學生的角度審視跨學科主題的適切性，從而選擇合適的跨學科主題。

### （2）核心課程+相關課程

融入課程體系的 STEM 整合教學，與一般的活動類 STEM 課程有所區別，因為它是教學目標的落實載體，是正規課程的一部分，不能為了跨學科而跨學科，更不應該為了涵蓋多個學科的內容而降低核心課程的主體地位，因此確定 STEM 教學目標顯得尤為重要。在設計中，核心課程一般為專業教師正規授教的科目，相關課程指為了完成 STEM 主題所涉及到的其他科目。設計者根據不同的 STEM 主題教學目標需要從相應的基本學力要求中確定相應的內容。值得注意的是，由於施教教師不一定擅長本專業以外的其他學科，因此 STEM 整合鼓勵多學科合作。

### （3）預期學習成果

該階段與“逆向教學設計”的第一個環節大致相同，首先，要求教師對教學成效進行客觀的預期，思考在整個教學過程中：學生應該知道哪些概念？理解哪些學習內容？掌握哪些技能？需要注意的是，教師思考的過程需要以學生作為學習的主體角色代入，而不能從教師個人的經驗來衡量學習結果。其次，衡量學習成果的標準應該依據基本學力要求和 STEM 主題教學目標進行，不可以脫離或不符合學生的認知發展水平。最後，除了掌握學科知識以外，還應引導學生領悟學科實質以及超越課堂以外的持久價值，促

進學科核心素養的形成。<sup>①</sup>

#### (4) 確定學習證據

該階段綜合了“逆向教學設計”的第二、三個環節，包括確定學習評估工具和確定學習內容兩個部分。確定學習評估工具，是指確定學習內容之前教師就需要全面思考要怎麼開展教學評估，將預期教學成果轉化為具體的評價指標，並成為檢驗教學成效的準則。根據 STEM 教學的特點，評估一般包括形成性評量和表現性評量。確定學習內容，是指選擇合適的知識載體和素材，將 STEM 內容蘊藏在學習內容中。在設計過程中，教師需要注意幾個關鍵問題：為了實現“預期學習成果”的目標，學生應該知道哪些概念、理解哪些學習內容和掌握哪些技能？概念、知識、技能需要採取甚麼樣的素材和支架活動？學習內容應該如何編排和設置？怎樣的教學活動可以讓學生更好地掌握？釐清了這些核心問題，就可以確立合理的教學框架，從而設計出完整的教學計劃。

#### (5) 計劃教學模式

該階段吸納了“逆向教學設計”的部分觀點，設計者需要思考怎樣的教學活動模式可以讓學生更好地掌握？Wiggins 和 McTighe 提出逆向教學設計理論並設計了逆向設計模板（UbD 模板）來規劃學習計劃。<sup>②</sup> 5E 教學模式（5E instructional model）由美國生物學課程研究會（Biological Science Curriculum Study, BSCS）基於建構主義教學理論首先提出，分別代表了參與（engagement）、探究（exploration）、解釋（explanation）、遷移（elaboration）和評估（evaluation）五個教學過程，可以用來檢查學生的科學偽概念，培養學生科學探究能力，幫助學生實現概念轉變和形成科學概念。<sup>③</sup> 5E 教學模式不僅在國際上應用廣泛，而且在國內也有比較系統全面的研究和實踐。<sup>④</sup> 基於此，澳門教青局曾多次組織面向綜合應用技能課程教師的 5E 教學模式培訓課程，<sup>⑤</sup> 並在《澳門綜合應用技能教育課程指引（試行版）》中對如何在綜合課程中使用 5E 教學模式作出詳細的闡述，同時提供了大量基於 5E 教學模式的澳門本地綜合課程教學案例供澳門教師參考，因此此處選擇 5E 教學模式作為 STEM 整合教學的主要教學模式。<sup>⑥</sup>

① 張旭東、孫重陽：〈由峰至原：中學化學逆向教學設計的探討與實踐〉，《化學教學》（上海），第 3 期（2019），頁 6－10。

② （美）格蘭特·威金斯（Grant Wiggins）、（美）杰伊·麥克泰格（Jay McTighe），閻寒冰等譯：《追求理解的教學設計》，上海：華東師範大學出版社，2017 年，頁 45－48。

③ 王健、李秀菊：〈5E 教學模式的內涵及其對我國理科教育的啟示〉，《生物學通報》（北京），第 3 期（2012），頁 39－42。

④ 趙呈領、趙文君、蔣志輝：〈面向 STEM 教育的 5E 探究式教學模式設計〉，《現代教育技術》（北京），第 3 期（2018），頁 106－112。

⑤ 澳門特別行政區政府教育及青年發展局：〈教青局舉辦多場“綜合應用技能教育”的教學人員培訓課程〉，教青局網頁，2021 年 12 月 14 日，portal.dsedj.gov.mo/webdsejspace/internet/Inter\_main\_page.jsp?id=86079，2022 年 12 月 17 日讀取。

⑥ 澳門特別行政區政府教育及青年發展局：《澳門綜合應用技能教育課程指引（試行版）》，2022 年 12 月 14 日，頁 17－18。

## (6) 跨學科項目

跨學科項目可以是基於問題的學習 (problem-based learning, PBL)、基於項目的學習 (project-based learning, PjBL)，也可以是基於探究的學習 (inquiry-based learning, IBL)。教師基於以上五個階段，將跨學科主題在實際教學中逐步落地，生成一個跨學科項目。

## 二、以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑

### (一) 大觀念單元教學設計

單元不僅是教材編寫的常見標準，也是教學活動的基礎單位，還是統整碎片化知識的組織工具，在實際教學過程中，以單元為整體進行教學設計便成為了最佳選擇。單元教學設計以單元內容作為整體進行全局考量，難點是如何將學習效果、教學證據、學習活動三者有效地結合起來，然後以何作為統整單元核心素養落實在具體的教學目標上，雖然學術界和教育界出現了不同的聲音和嘗試，但最終都不約而同地將焦點放在大觀念 (big idea) 這一主題上。當前，大觀念在科學教育領域有着廣泛而深刻的影響，並逐步成為學科單元設計的研究熱點，一些綜合課程單元設計往往圍繞大觀念來開展，尤其是在 STEM 教育中，大觀念被廣泛地應用於單元設計。<sup>①</sup>

大觀念一詞源自英國學者 Wynne Harlen 的著作《科學教育的原則與大概念》(Principles and Big Ideas of Science Education)，<sup>②</sup> 與大觀念意思相近的詞彙，如大思想、大概念、大創意等，可以等同於大觀念，而如學科概念、核心概念、關鍵概念、學科思想、跨學科概念則可以看作是大觀念的重要來源。學術界對大觀念的觀點基本一致，但在表述上略有差異。如，Charles 和 Carmel 等人指出“大觀念是基於這一學科學習的核心觀念 (想法)”，<sup>③</sup> 劉徽指出“大觀念是能夠反映專家思維方式的概念、觀念或論題”，<sup>④</sup> 馮春艷和陳旭遠綜合了各家的觀點，歸納出“大觀念是指基於事實、概念基礎之上對概念之間關係的高度概括或對核心概念的概括性表述和系統闡釋”。<sup>⑤</sup>

所謂以大觀念為中心的單元設計，是指為了落實大觀念的學習要求，在單元層面圍

<sup>①</sup> Chalmers, Christina, et al. “Implementing ‘Big Ideas’ to Advance the Teaching and Learning of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM).” *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 15, no. S1, 2017, pp. 25-43.

<sup>②</sup> (英) 溫·哈倫 (Wynne Harlen)，韋鈺譯：《科學教育的原則與大概念》，北京：科學普及出版社，2011年，頁32。

<sup>③</sup> Charles, R. I., and Carmel, C. A. “Big Ideas and Understandings as the Foundation for Elementary and Middle School Mathematics.” *Journal of Mathematics Education Leadership*, vol. 7, no. 3, 2005, pp. 9-24.

<sup>④</sup> 劉徽：〈“大概念”視角下的單元整體教學構型——兼論素養導向的課堂變革〉，《教育研究》(北京)，第6期(2020)，頁64—77。

<sup>⑤</sup> 馮春艷、陳旭遠：〈以大觀念為中心的教學：基本內涵、價值向度及設計路徑〉，《教育學報》(北京)，第3期(2021)，頁85—94。

繞大觀念設計課程教學方案。眾多教育專家對大觀念進行了積極的探索，學校、地區層面的實踐也在全球蓬勃發展。在國際上，Erickson 等人以大觀念為本，使用 11 個教學環節來整合單元設計；<sup>①</sup> Mitchell 和 Keast 提出可用 12 個教學步驟建構大觀念，<sup>②</sup> 可以看出國外單元設計的研究與實踐已經有一定的水平。在國內，大觀念單元教學設計研究與實踐尚處於起步階段，存在一些以大觀念為核心的單元設計理論，如崔允漭提出了指向學科核心素養的大單元教學設計的六個要素，即名稱與課時、單元目標、評價任務、學習過程、作業與檢測、學後反思；<sup>③</sup> 馮春艷和陳旭遠提出以大觀念為中心的教學設計路徑，包括四個主要步驟，即解析觀念目標、確定評估證據、編寫基本問題、設計學習活動；<sup>④</sup> 劉徽等人提出大觀念視角下單元整體教學設計的三個關鍵步驟，即目標設計、評價設計和過程設計。<sup>⑤</sup>

美國、中國、澳洲、德國、新加坡等國家把大觀念以不同的措辭形式寫進了課程標準，同樣地，澳門《本地學制正規教育基本學力要求》將各科基本學力要求的具體內容按照各學習範疇進行劃分，也是大觀念的體現。以逆向單元教學設計為基礎的澳門學校 STEM 整合教學模式，是單元教學設計的有效探索，彌補了澳門這一方面的空白。大觀念代表的是學科或課程的關鍵概念或特質，體現了當今學習理論的內涵，而且大觀念的學習要求與學科核心素養、中國學生發展核心素養密切相關，若能結合“大觀念為中心”的教學設計經驗，相信能夠為當下我國的 STEM 教學提供及時有益的參考。

## （二）整合視角下的逆向教學設計

如前文所述，STEM 教育是跨學科的项目化學習，與傳統的分科教學不同，其涉及的科學、工程知識和技能，往往需要多學科、多任務、多知識內容的交叉運用，而單元教學設計理論是統籌碎片化知識教學的有效組織工具，恰好適合 STEM 整合教學設計。再者，大觀念具整體性和系統性，指向少而精的教學內容，有利於促進教學的連貫性，幫助教師組織關鍵概念、事實，合理規劃教學活動，促進有意義的深度學習。基於此，筆者找到了“STEM 教育、單元教學設計、大觀念教學”整合的理論可行性。

逆向教學設計以教學目標為導向，幫助教師提前預知學生學習效果，明確學生需要知道甚麼、掌握甚麼、完成甚麼，促進教師更好地專注於教學評估和教學活動，亦符合課程標準的設計理念，其流程一般包括“明確預期學習結果、確定恰當評估證據、設計

<sup>①</sup> Erickson, H. Lynn, editor. *Concept-based Curriculum and Instruction for the Thinking Classroom*. Corwin Press, 2007.

<sup>②</sup> 李剛、呂立杰：〈國外圍繞大概念進行課程設計模式探析及其啟示〉，《比較教育研究》（北京），第 9 期（2018），頁 35 - 43。

<sup>③</sup> 崔允漭：〈學科核心素養呼喚大單元教學設計〉，《上海教育科研》（上海），第 4 期（2019），頁 1。

<sup>④</sup> 馮春艷、陳旭遠：〈以大觀念為中心的教學：基本內涵、價值向度及設計路徑〉，《教育學報》（北京），第 3 期（2021），頁 85 - 94。

<sup>⑤</sup> 劉徽、蔡瀟、李燕、朱德江：〈素養導向：大概念與大概念教學〉，《上海教育科研》（上海），第 1 期（2022），頁 5 - 11。

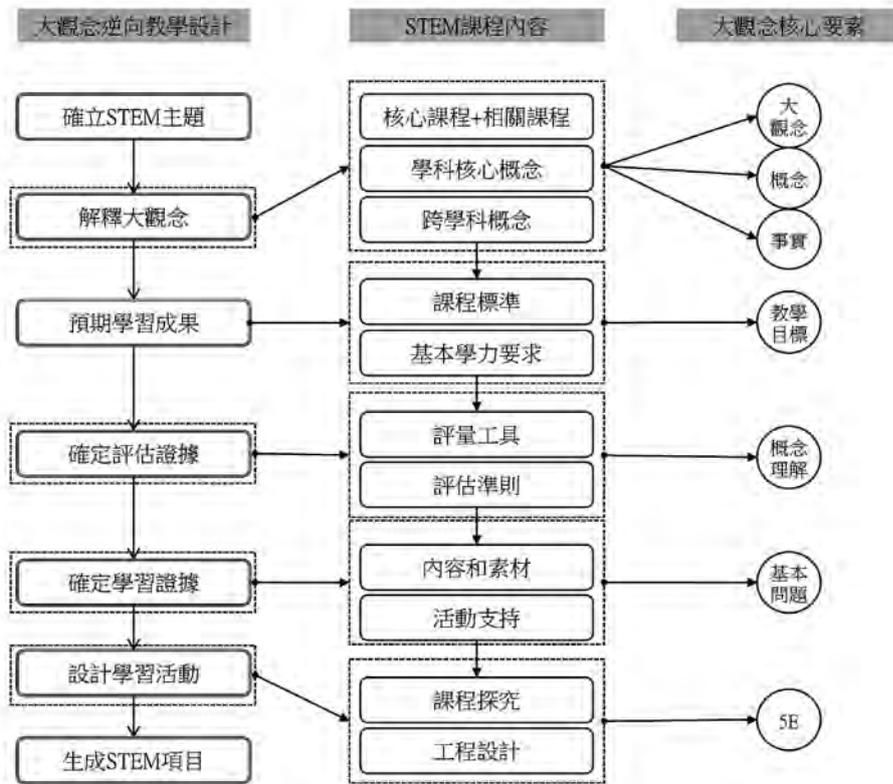
學習體驗”三個階段。澳門學校 STEM 整合教學模式在實踐中獲得積極的回應，<sup>①</sup> 模型中有“預期學習成果、確定學習證據、計劃教學模式”三個階段與逆向教學設計過程相同，與此同時，大觀念教學設計一般涵蓋“解析觀念目標、確定評估證據、編寫基本問題、設計學習活動”四個主要步驟。可以看到，三者相互借鑑，存在很多相似之處，因而在邏輯上存在共通性，且這三種模式都經過理論論證並廣泛應用於教學實踐中。基於此，筆者找到了“逆向教學設計、STEM 整合教學模式、大觀念教學設計”整合的實踐可行性。

### （三）以大觀念為核心的逆向教學設計

綜上理論分析，筆者提出以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑（圖 2）。以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑，由縱向路徑和橫向分支組成。其中，“大觀念逆向教學設計”構成縱向路徑，並由此衍生出五條橫向分支將“STEM 課程內容”和“大觀念核心要素”串聯起來，設計者依次沿着橫縱分支就可以將 STEM 項目元素依次地組織起來。縱向路徑主要依據逆向教學設計的流程進行設計，並把與大觀念教學相融合的部分加以標識。

<sup>①</sup> 澳門特別行政區政府教育及青年發展局：〈綜合應用技能教育教師培訓（學校中、高層管理人員）〉，教育局網頁，2021年9月13日，[portal.dsedj.gov.mo/webdsejspace/addon/allmain/msgfunc/Msg\\_funclink\\_page.jsp?msg\\_id=84778&langsel=C](http://portal.dsedj.gov.mo/webdsejspace/addon/allmain/msgfunc/Msg_funclink_page.jsp?msg_id=84778&langsel=C)，2022年12月17日讀取。

圖 2 以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑



(1) 確立 STEM 主題

目前，由於大家對於 STEM 教育理解的不同，STEM 項目五花八門、形式不一、缺乏標準、缺乏系統，存在與課程體系銜接難、學科內容結合度低的問題，所以選擇一個基於課程的、符合學科內容的 STEM 主題顯得尤為重要。結合文獻檢索和具體實踐，STEM 主題來源主要有以下幾種模式（表 1）。

表 1 STEM 主題來源

主題來源模式	主要來源類型	融入課程參考例子
獨立學科為主模式	課題情境	物理科由虎門大橋、深圳賽格大廈為甚麼會發生劇烈晃動引出話題，思考及探索其中的共振現象。
	課題實驗	化學科根據酸鹼指示劑實驗，延伸出植物含有豐富的花青素，從而製作天然酸鹼指示劑。
	STSE 閱讀材料	歷史科透過“科舉考試”史料的閱讀，引導學生進行文獻檢索，然後學生以話劇的形式模擬科舉考試。
	配套習題	生物科由人教版高中生物必修 1《分子與細胞》中第一章課後利用顯微鏡觀察細胞的習題，引導學生利用凸凹透鏡製作顯微鏡。

(接下頁)

交叉學科合作模式	STEM	設計一個電路板；太陽能小車的設計與製作；紙飛機設計及製作；生態魚缸；智能校園。
	STEAM	提取植物蔬菜色素製作藝術作品；利用環保物料製作藝術海報宣傳環保理念；利用玻璃杯子製作各類樂器（藝術 Art，A）。
	STEMM	利用流行病學知識估計 COVID-19 大流行中社區的感染病例數目（醫學 Medicine，M）。
	StEMT	如何利用相變和物態變化的知識來為第三世界國家的人們提供清潔的飲用水（教學技術工具 tools，t）。
學科課程標準 <sup>①</sup> / 基本學力要求模式	技術設計	水火箭的製作和優化；電動機的設計及製作；演示文稿的製作及美化；可視化編程及任務實現。
	社會調查	校園環保節能調查；中學生網絡使用情況；中學生社區志願服務意願調查；學生學習壓力與抑鬱症關係調查。
	科學探究	認識空氣；水飛騰現象的觀察；探究動物、植物的結構和差異；觀察月相的變化。
	工程應用	瞭解當地的工程項目，分析其設計進程和功能；利用槓桿、輪滑、輪軸、斜面等簡單機械解決生活中的實際問題。
綜合實踐活動模式 <sup>②</sup>	考察探究	小學生學習習慣調查；家鄉特產的調查與推介；學生在學校和社會中遵守規則情況調查；中學生使用電子設備的現狀調查。
	社會服務	我是校園志願者；社區公益服務我參與；交通秩序我維護；做個環保志願者；參與公共文化服務。
	設計製作（信息技術）	電腦文檔的有效管理；趣味編程入門；簡易互動媒體作品設計；數據的分析與處理。
	設計製作（勞動技術）	學做簡單的家常餐；安全使用與維護家用電器；設計製作建築模型；多彩布藝世界；生活中工具的變化與創新。
	職業體驗及其他	策劃校園文化活動；制定班規班約；走進社會實踐基地；創辦學生公司；我的畢業典禮我設計。
學校課程體系模式 <sup>③</sup>	社會生活	濟南市天橋區寶華小學“海綿家園”項目基於濟南“泉城”遇到的旱季泉水時湧時停、雨季“出門看海”的實際生活背景，提出海綿城市的理念。
	自然資源	深圳市鹽田區梅沙小學基於區域資源的 STEM 教育推進策略中利用學校所在的大梅沙灣區具有的豐富特色區域自然資源，打造了探研海水、沙灘、古遺址等項目。
	地域特色	樂山市外國語小學 STEM 教育探索與實踐，基於樂山市豐富的自然資源和獨特的地區文化進行開發，如課程中提及的“手工造紙、設計樂山大佛維護支架、探秘樂山美食”等。
	傳統文化	西安航天城第一小學的基於傳統文化的 STEM 課程培育，利用西安市豐富的傳統文化資源，立足中華傳統文化，挖掘陝西本土文化，開發了“紙的訴求、走馬觀花、城牆記憶、舞動光影”等項目。
	創客內容	北京市中關村中學 STEM 課程“生態智能科考站”的開發與實施中提到學校設立“三中心一空間”（科學實踐教育中心、智慧教育中心、大數據中心、蒲公英創客空間），促進項目的高質量實施。
	校外資源	成都電子科技大學實驗中學尋求政策扶持，利用大學、企業、社區資源，打造了一批 STEM 課程（啟蒙認知類、實踐體驗類、拔尖提高類）。

<sup>①</sup> 中華人民共和國教育部：《義務教育小學科學課程標準（2022）》，2022年4月9日，頁58。

<sup>②</sup> 中華人民共和國教育部：《中小學綜合實踐活動課程指導綱要》，2017年9月25日，頁80。

<sup>③</sup> 王素、李正福：《STEM教育這樣做》，北京：教育科學出版社，2019年，頁102。

### 1.1 獨立學科為主模式

以物理、化學、生物、通用技術、藝術、信息技術等獨立學科為主，其他學科內容為輔開展的 STEM 課程設計。主要來源類型有：課題情境、課題實驗、STSE 閱讀材料、配套習題等。

### 1.2 交叉學科合作模式

以科學、技術、工程、藝術和數學等學科的融合、合作，各學科相輔相成的 STEM 課程設計。主要來源類型有：STEM、STEAM、STEMM、StEMT 等。

### 1.3 學科課程標準／基本學力要求模式

根據學科課程標準或基本學力要求劃分領域，結合該領域課程目標進行的 STEM 課程設計，例如小學科學課程標準、澳門基本學力要求。主要來源類型有：技術設計、社會調查、科學探究、工程應用等。

### 1.4 綜合實踐活動模式

根據《中小學綜合實踐活動課程指導綱要》劃分的活動領域，並從該綱要提供的參考活動例子中選擇合適的例子進行 STEM 課程設計，主要來源類型有：考察探究、社會服務、設計製作（信息技術）、設計製作（勞動技術）、職業體驗及其他等。

### 1.5 學校課程體系模式

各地學校視乎自身實際情況，結合社會資源、傳統文化、民風民俗進行的 STEM 課程設計。主要來源類型有：社會生活、自然資源、地域特色、傳統文化、創客內容、校外資源等。

## (2) 解釋大觀念

### 2.1 尋找／發現大觀念

諸多文獻研究發現，大觀念是一個具有理論深刻、內涵豐富的教育理念。第一，大觀念是抽象概括，是概念之間的關係，是深層次的、可遷移的概念。<sup>①</sup> 第二，大觀念是一個聚合概念，呈現中心性，居於學科的中心位置，大觀念群集中體現了學科結構和學科本質。<sup>②</sup> 第三，大觀念往往具有一定的深度、具有廣泛的解釋力，在表述形式上通常是一個詞、一個短語、一個句子。<sup>③</sup> 由此可知，大觀念如同思維導圖的主幹一般，提供了延伸至各個小概念的邏輯分支和層次結構，概念之間相互連接，共同構成了學科的有機整體。在以大觀念為核心的教學設計中，毫無疑問，發現大觀念是首要的任務目標，但大觀念在課程中往往體現不明顯，有時甚至難以發現它的存在，導致很多教師在教學

<sup>①</sup> Erickson, H. Lynn. *Stirring the Head, Heart, and Soul: Redefining Curriculum, Instruction, and Concept-based Learning*. Corwin Press, 2007.

<sup>②</sup> 李剛、呂立杰：〈大概念課程設計：指向學科核心素養落實的課程架構〉，《教育發展研究》（上海），第 15 期（2018），頁 35—42。

<sup>③</sup> 陳倩：〈大概念統整的學科項目化學習設計研究〉，碩士論文，四川師範大學，2020 年，頁 88。

中忽視了大觀念的存在。

我國新課程標準首次提出學科核心素養是育人價值的集中體現，強調應該以大觀念為核心，着力發展學生核心素養，凝練了各學科的核心素養，例如：物理科將核心素養確定為物理觀念、科學思維、科學探究、科學態度與責任四個方面；化學科將核心素養確定為宏觀辨識與微觀探析、變化觀念與平衡思想、證據推理與模型認知、科學探究與創新意識、科學態度與社會責任五個方面；生物科將核心素養確定為生命觀念、科學思維、科學探究、社會責任四個方面，等等，並以此為基礎修訂了課程內容、教學目標和評價方式。澳門基本學力要求也同樣有大觀念的表述，各學科基本學力要求以學習範疇的形式劃分知識內容，例如：高中階段自然科學基本學力要求分為科學探究、科學史和科學本質、環境資源、近現代科技四個大觀念範疇；初中階段自然科學基本學力要求分為科學探究、物質科學、生命科學、地球與太空科學四個大觀念範疇等，並依此確定了各學習範疇基本學力要求的具體內容。

新課程標準和澳門基本學力要求，雖然都預見性地使用了大觀念統整個學科課程內容，引領課程與教學改革，並明確強調以學科大觀念為核心促進學科核心素養的落實，但目前只有生物科新課程標準具體指出了生物學科中的大觀念。值得注意的是，新課程標準和基本學力要求對於大觀念的解釋和分類不夠明確、清晰，具體表現為沒有明確指出每個學科有哪些具體的大觀念及大觀念的詳細解釋、沒有具體闡述核心素養與大觀念之間的關係、沒有說明基本學力要求學習範疇與大觀念是否可以等同，由此導致很多教師在大觀念教學實踐中，對大觀念的理解存在偏差。反觀美國《K-12 科學教育框架：實踐、跨學科概念、學科核心理念》、<sup>①</sup>《新一代科學教育標準》則明確地將大觀念分為學科核心概念（disciplinary core ideas）、跨學科概念（crosscutting concepts）和科學與工程實踐（science and engineering practice），並依此擬定對應的教育框架和課程標準。<sup>②</sup>對於觀念素養培養的訴求，迫使教育工作者必須要自行確定可用來教學的大觀念，但很多時候學科大觀念並非指學科課程中某一具體的概念、定理、定律、公式或知識點，而是直指知識的核心概念和本質思想，需要教師和教育專家一起反覆推敲和凝練，並對大觀念教學目標進行細緻、深入地解析。

## 2.2 提取大觀念

大觀念的提取沒有固定的模式和一蹴而就的途徑，不同學者對大觀念的提取和選擇提出了各自的見解。Wiggins 和 McTighe 指出大觀念來源可以是任何的一種形式，如概念詞彙、理論、原理、理論背後的假設、主題、具有持續爭論性的論辯與觀點、自相矛

<sup>①</sup> National Research Council. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press, 2012.

<sup>②</sup> National Research Council. *Next Generation Science Standards*. National Academies Press, 2014.

盾之說、一再出現的問題。<sup>①</sup> 李衛東指出大觀念的提取一是基於課程標準的解讀，二是基於教材內容的分析，三是教師輔助用書的閱讀。<sup>②</sup> 劉徽指出大觀念的提取有八條路徑，前四種是自上而下的，可以“現成”地從課程標準、學科核心概念、專家思維、概念派生中提取；後四種是自下而上的，可以從生活價值、知能目標、學習難點、評價標準中提取。<sup>③</sup> 馮春艷和陳旭遠指出可以從課程標準、教科書、教學參考書三個方面獲取可用來教學的大觀念。<sup>④</sup> 陳倩指出尋找大觀念有兩種方法，分別是由具象到抽象（以結果結論類大觀念、思想方法類大觀念、作用價值類大觀念）、由抽象到具象（課程標準和專家給出的一些學科核心概念、跨學科概念並結合教材）。<sup>⑤</sup>

綜合眾家之言及對 STEM 理念的理解，筆者認為大觀念的提取可以從下面三個範疇進行提取，第一是從 STEM “核心課程和相關課程”提取，包括教材、教師用書、教學參考書；第二從 STEM “學科核心概念”提取，包括學科課程標準／基本學力要求、知能目標、學習難點、評價標準；第三從 STEM “跨學科概念”考慮提取，包括生活價值、派生概念、專家思維。基於以上分析，雖然找到了大觀念提取的路徑，但由於大觀念是一個上位概念，個人不易歸納，因此在提取的過程中建議以教師為核心，建立專業教師和教育專家研討小組，先從每一個範疇中提取若干條初級大觀念，然後共同探討大觀念的具體內容（思考與論證所找出的大觀念是否此次 STEM 教學主題中最为本質的概念？是否能統整此次 STEM 教學的全部知識點？是否能將教學內容與教學目標連接起來？），然後再參照國內外相關文獻資料進行簡化，最終確定大觀念。

### 2.3 解釋大觀念

大觀念含義既深且廣，具有明顯的聚合特性。Bruner 指出在每個學科領域中都存在某些基本概念，他將這些基本概念稱作“概念的紐帶”，通過這些“紐帶”，許多零散的知識、主題、技能、策略與過程被聯接在一起。<sup>⑥</sup> Erickson 和 Lanning 指出大觀念是有層次的，包括跨學科大觀念和學科大觀念。<sup>⑦</sup> Wynne Harlen 從概念層面探討大觀念，在《科學教育的原則和大概概念》（*Principles and Big Ideas of Science Education*）提出 14 項科學教育大觀念，比如“物體可以對一定距離遠的另外的一些物體產生作用”、“生

① （美）格蘭特·威金斯（Grant Wiggins）、（美）杰伊·麥克泰格（Jay McTighe），閻寒冰等譯：《追求理解的教學設計》，上海：華東師範大學出版社，2017 年，頁 77。

② 李衛東：〈大觀念和核心學習任務統領下的大單元設計〉，《語文建設》（北京），第 21 期（2019），頁 11 - 15。

③ 劉徽：〈“大概概念”視角下的單元整體教學構型——兼論素養導向的課堂變革〉，《教育研究》（北京），第 6 期（2020），頁 64 - 77。

④ 馮春艷、陳旭遠：〈以大觀念為中心的教學：基本內涵、價值向度及設計路徑〉，《教育學報》（北京），第 3 期（2021），頁 85 - 94。

⑤ 陳倩：〈大概概念統整的學科項目化學習設計研究〉，碩士論文，四川師範大學，2020 年，頁 18。

⑥ （美）布魯納（J. Bruner），邵瑞珍等譯：《布魯納教育論著選》，北京：人民教育出版社，1989 年，頁 24、31 - 32。

⑦ （美）林恩·埃里克森（H. Lynn Erickson）、（美）洛伊斯·蘭寧（Lois A. Lanning），魯效孔譯：《以概念為本的課程與教學：培養核心素養的絕佳實踐》，上海：華東師範大學出版社，2018 年，頁 50。

物是由細胞組成的”。<sup>①</sup> 陳倩指出基於大觀念抽象程度與其統整知識的程度，可將大觀念分為學科內大觀念、跨學科大觀念與超學科大觀念；按照知識的不同類型可將大觀念分為結果結論類大觀念、思想方法類大觀念與作用價值類大觀念。<sup>②</sup> 在提取大觀念後，教師能否準確理解大觀念並依據教學實際和學生情況進行分解細化，包括梳理出若干下位小概念以及找到教學的重點、難點等是大觀念教學的難點，因此，有必要對大觀念進行更進一步的解釋。

解釋的第一步是要從大觀念中釐清概念之間的層級結構。諸多文獻表明，對大觀念的解釋和重構可以形成一系列相互聯繫的小概念與事實。眾多學者對大觀念的生成提出了自己的看法和模式，如韓國天主教大學 Bang 研究團隊以大觀念為中心開發了金字塔模式（pyramid mode）對大觀念進行梳理、陳述；<sup>③</sup> 澳大利亞昆士蘭科技大學 Chalmers 研究團隊提出系統模式（system mode）進行 STEM 綜合課程單元設計，以此推動 STEM 教學和理論的發展；<sup>④</sup> 美國俄亥俄州州立大學教授 Walker 以線性鏈模式（linear mode）說明大觀念課程設計步驟，幫助教師透過大觀念去貫穿不同的主題。<sup>⑤</sup> 結合文獻所述，在“以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑”中，大觀念下包含了跨學科概念、學科概念和事實等子概念，且考慮到大觀念具有複雜的層級結構，此處借鑑金字塔模式的思路，構建大觀念層級結構圖以梳理說明大觀念與子概念之間的層級關係（圖 3），其中“大觀念”是一個上位概念，處於金字塔的頂端，“跨學科概念”和“學科概念”是大觀念的一種典型表現形式，處於金字塔的中間層級，STEM 課程的“事實”、“知識”、“看法”是大觀念的具體化，處於金字塔的底層。

<sup>①</sup> （英）溫·哈倫（Wynne Harlen），韋鈺譯：《科學教育的原則和大概概念》，北京：科學普及出版社，2011年，頁 56。

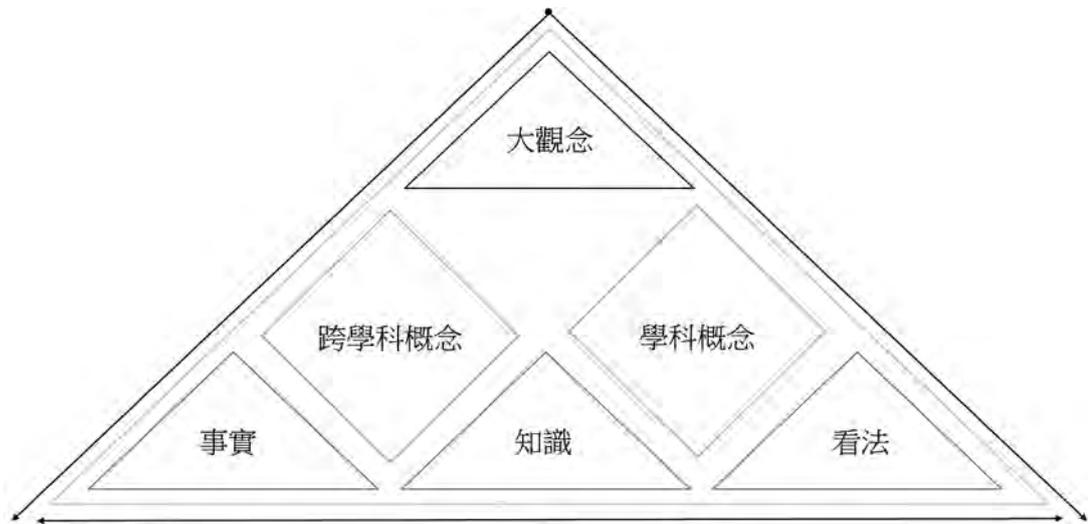
<sup>②</sup> 陳倩：〈大概概念統整的學科項目化學習設計研究〉，碩士論文，四川師範大學，2020 年，頁 90。

<sup>③</sup> Bang, Dami, et al. “The Design of Integrated Science Curriculum Framework Based on Big Ideas.” *Journal of the Korean Association for Science Education*, vol. 33, no. 5, 2013, pp. 1041-1054.

<sup>④</sup> Chalmers, Christina, and Rod Nason. “Systems Thinking Approach to Robotics Curriculum in Schools.” *Robotics in STEM Education*, vol. 21, no. 2, 2017, pp. 33-57.

<sup>⑤</sup> 李剛、呂立杰：〈國外圍繞大概概念進行課程設計模式探析及其啟示〉，《比較教育研究》（北京），第 9 期（2018），頁 35 - 43。

圖 3 大觀念層級結構圖



解釋的第二步是要將大觀念及其子概念進行進一步的解釋，轉化為便於理解記憶的具體句子。大觀念是超越具體的抽象，是知識發展的最高表現形式，是諸多抽象概念的集成。大觀念在表述上一般都較為凝練，表現為一個詞、一個短句或一個問題，代表的是一個事實、一個規律、一個原理，如模式、穩定和變化、能量守恆、物質的組成結構決定性質等。Lynn 指出抽象概念如果沒有具體的案例支持，很有可能成為沒有被清晰理解的惰性知識，而支撐大觀念的具體案例越豐富、越多樣化，它的可遷移性就越強。<sup>①</sup>因此，應基於核心學科和相關學科盡可能地將大觀念轉化為能夠闡述概念和概念之間的關係表達。例如“物理觀念”這樣一條高中物理大觀念，可以將其具體轉化為“物理觀念是關於物質、運動與相互作用、能量等的基本認識”，又例如該大觀念是體現在製作“橋樑模型及紙橋承重”STEM 項目中，根據學科和項目具體情況又可以進一步解釋為“力是物體之間的相互作用，物體結構影響物體的受力情況”（該項目來自《中小學綜合實踐活動課程指導綱要》參考活動例子）。<sup>②</sup>

### (3) 預期學習成果

#### 3.1 明確學習內容和客觀標準

此流程與逆向教學設計的第一個階段一致。逆向教學設計將課程作為達到既定學習目標的手段，將教學看成是將注意力集中於特定主題、使用特殊資源、選擇特殊的學習指導方法、以達到既定學習目標的過程。由此可見，逆向教學設計是以學生的預期學習成果（目標）作為起點來進行教學設計的。

<sup>①</sup> Erickson, H. Lynn. *Stirring the Head, Heart, and Soul: Redefining Curriculum, Instruction, and Concept-based Learning*. Corwin Press, 2007.

<sup>②</sup> 中華人民共和國教育部：《中小學綜合實踐活動課程指導綱要》，2017年9月25日，頁98。

首先，在教學設計中需要時刻思考預期的“學習內容”是甚麼？包括：學生應該掌握的關鍵知識和技能目標是甚麼？學生將會理解甚麼？教師需要思考的驅動問題是甚麼？教師怎麼知道學生已經達到既定標準的要求或預期結果？其次，需要明確預期學習成果的“客觀標準”是甚麼？事實上，預期學習成果的標準，第一是要根據課程標準和基本學力要求，第二是要以學生的預期學習成果為目標，第三是要衡量學科核心素養的落實情況。這樣設計的好處是既能體現以學生為主體的教學理念，又能最大限度地保證預期的學習成果與教學活動之間的一致性。

### 3.2 擬定教學目標

逆向單元設計中的學習目標是在“掌握知能（知識與技能）”的基礎上，提出達成長期的學習目標要求，即“實現遷移”和“理解意義”。<sup>①</sup>“預期設計”前置的過程，會產生較多的評價維度和因素，但鑑於課堂教學和課時的限制，很難做到面面俱到，因此有必要參照課程標準，衡量教學內容的重要程度，刪繁去簡，從而確定課程應該將目標定在哪些知識和技能上。Wiggins 和 McTighe 在逆向教學設計理論中，提出教學目標可劃分為核心目標（學生完全理解並長期記憶）、二級目標（學生能夠理解並運用於實踐）與三級目標（學生能夠有所理解）。<sup>②</sup>Anderson 等人對 Bloom 的目標分類理論進行了修訂，將認知層次調整為記憶、理解、運用、分析、評價和創造，並增加了知識分類的維度，即把知識分為事實性知識、概念性知識、程式性知識和反省認知知識四大類。<sup>③</sup>Erickson 和 Lanning 指出概念性知識是對事實性知識的結構化和抽象化，它更高位，概念性知識才是學習的核心目標，並用“三維模式”將概念性知識（理解）把事實性知識（知識）和程式性知識（技能）有效地組織起來，三維模式用“KUD”來明確目標（know 知道、understand 理解、do 做）。<sup>④</sup>

以上學者對教學目標的擬定都從知道（事實性知識）、理解（概念性知識）、實踐（程序性知識）進行考慮，缺少對學生情意目標的要求。留意到加拿大學者 Drake 提出 KDB 模式（know 知識、do 行為、be 態度）對大觀念教學目標進行表達，<sup>⑤</sup>且我國在課程標準中有“知識與技能、過程與方法、情感態度與價值觀”的三維目標培養要求，故此筆者認為對於教學目標的分解可引入 KUDB 目標模式來進行統一（know 知道、

<sup>①</sup> 倪勝軍、付紹武、艾進達：〈逆向、整體、可操作：UbD 理論視角下化學單元教學設計——以九年級“化學方程式”為例〉，《化學教學》（上海），第 12 期（2021），頁 48—51、64。

<sup>②</sup> Dávila, Alejandro. “Book Review of Wiggins, G. & McTighe, J. (2005) *Understanding by design* (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development ASCD.” *Colombian Applied Linguistics Journal*, vol. 19, no. 1, 2017, pp. 140-155.

<sup>③</sup> （美）安德森（L. W. Anderson），皮連生譯：《學習、教學和評估的分類學：布魯姆目標分類學修訂版（簡縮本）》，上海：華東師範大學出版社，2008 年，頁 199。

<sup>④</sup> （美）林恩·埃里克森（H. Lynn Erickson）、（美）洛伊斯·蘭寧（Lois A. Lanning），魯效孔譯：《以概念為本的課程與教學：培養核心素養的絕佳實踐》，上海：華東師範大學出版社，2018 年，頁 134—135。

<sup>⑤</sup> Drake, Susan M. *Creating Standards-based Integrated Curriculum: Aligning Curriculum, Content, Assessment, and Instruction*. Corwin Press, 2007.

understand 理解、do 實踐、be 情意)，以加強對情意目標的關注，其中的 be，強調學生將能夠養成的情意目標，包含情感、態度、價值觀、信仰、精神、品格等。此外，Wiggins 和 McTighe 結合逆向設計理念制定了 UbD 設計模板，增加了教學設計的可操作性，<sup>①</sup> 但是該模板對於教學目標的組織較為籠統，缺乏深層次的分解，不利於教師實施教學活動。綜上所述，結合 STEM 理念，筆者對 UbD 逆向設計模板進行了重新修訂，提出“STEM UbD 逆向設計模板（階段一）”，使教學設計和教學目標的擬定更加清晰，如下所示（表 2）。

表 2 STEM UbD 逆向設計模板階段一

階段一：預期學習成果					
1. STEM大觀念：如信息觀（遺傳信息控制生物性狀）。					
2. 課程標準：如學科課程標準或內容標準、項目目標。					
3. 需要考慮的基礎問題：如甚麼樣的啟發性問題能夠促進理解、探究的遷移？					
跨學科概念		學科核心概念			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 事實：如推車的時候，受到摩擦力的作用。</li> <li>• 知識：如力的作用是相互的。</li> <li>• 看法：如某同學認為澳門友誼大橋可以抵禦9級大地震的威脅。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 事實：如生物個體存在差異性。</li> <li>• 知識：如RNA有三種形式（mRNA、tRNA、rRNA）。</li> <li>• 看法：如某同學認為色盲是由父親決定的。</li> </ul>			
預期學習目標					
STEM+	KUDB 目標	知道Know (預期學生將會知道甚麼?)	理解Understand (預期學生將會理解甚麼?)	實踐Do (預期學生將會掌握的技能是?)	情意Be (預期學生的態度是?)
科學 Science	如學生將能夠知道甚麼是摩擦力。	如學生將能夠理解摩擦力在生活中的利與弊。	如學生將能夠探究影響滑動摩擦力大小的因素。	如學生將能夠養成用物理知識分析、解決實際問題的熱情。	
技術 Technology	如學生將能夠知道克隆技術。	如學生將能夠理解克隆技術對生物多樣性的利與弊。	如學生將能夠探討克隆技術的最新進展以及發表自己的看法。	如學生將能夠養成用辯證的眼光看待克隆技術。	
工程 Engineering	如學生將能夠知道物質燃燒的條件。	如學生將能夠理解火災逃生的方法和原理。	如學生將能夠掌握滅火筒的使用方法。	如學生將能夠認同防火演習的重要性。	
數學 Mathematics	如學生將能夠知道二次函數。	如學生將能夠理解二次函數的圖像和性質。	如學生將能夠掌握利用GeoGebra軟件描繪二次函數的圖像。	如學生將能夠養成樂於探討數學的習慣。	
其他 other	如學生將能夠知道澳門非物質文化遺產。	如學生將能夠理解澳門回歸祖國的重要意義。	如學生將能夠製作富有澳門特色的手工藝品。	如學生將能夠認同澳門的歷史文化。	

#### (4) 確定評估證據

##### 4.1 評估方式

此流程與逆向教學設計的第二個階段一致。預期學習成果之後，需要“確定評估證

<sup>①</sup> (美)格蘭特·威金斯(Grant Wiggins)、(美)杰伊·麥克泰格(Jay McTighe)，閻寒冰等譯：《追求理解的教學設計》，上海：華東師範大學出版社，2017年，頁56—58。

據”，即評價設計。與傳統“先教後評”的教學設計模式不同，在 Wiggins 和 McTighe 的逆向教學設計理論中，“評價設計”先於“教學實施”，倡導教師“像評估員一樣思考”，<sup>①</sup> 將教學目標轉變成具體評價細項成為教學內容的準線。大觀念教學通過關注學生概念、事實、知識的理解程度，以及概念之間關係的理解，衡量學生的概念性理解，因此能否形成概念性理解是以大觀念為核心的教學成敗的關鍵。考查概念性理解需要學生能夠解釋、闡明概念之間的關係，將對概念關係的理解遷移應用到具體情境中。

Wiggins 和 McTighe 指出評價是一個連續整體，可以用多種方式對目標的掌握情況進行評價，評估證據需突破傳統的測驗和考試，根據不同的目標匹配不同的評估方法，從短期到長期、從封閉到開放、從良構到劣構、從非真實到真實情境。<sup>②</sup> 田莉和唐茜指出評估證據絕非傳統、單一的考試測試，而是融合了評估內容、評估任務以及評估方法等多種要素。<sup>③</sup> Stern 等人對於大觀念教學評估提出三種評價方式，即學習性評價，目的是為學習的推進收集證據；學習的評價，目的是對階段性的學習成果進行總結；學習式評價，目的是為了讓學生在學習中學會評價。<sup>④</sup> 綜上所述，以大觀念為核心的教學設計指向學生能自主地解決真實世界的問題，注重多元異質的評價方式，評量工具和評量準則呈現多樣性，對學生概念性理解的評估一般有形成性評價和總結性評價，並以表現性評價伴隨整個評價過程。

#### 4.2 評估設計

評價的設計一般包括評價任務和評分規則，評價任務的設計依學習目標達成所需要的證據來定，評分規則則需參考相關標準，如課程標準。評估學生概念的 formed 情況，有兩種類型，第一類是概念性問題，即考查概念與概念之間關係的問題，可以透過紙筆測試、課堂抽問、課後任務等進行；第二類是表現性任務，即能夠體現學生利用知識概念進行遷移應用的學習表現，如課堂表現、項目匯報、方案報告、小組分享、概念圖等。與此對應地，Wiggins 和 McTighe 的 UbD 逆向設計模板中評估證據包括表現性任務、評估證據和其他證據（如小測、考試、問答、觀察作業等），教師可以利用 GRASPS（goal 目標、role 角色、audience 對象、situation 情境、performance/product 表現或產品、standard 標準）來架構表現性任務，從而為學生提供清晰的目標。<sup>⑤</sup> 更進一步，李剛則

<sup>①</sup> Dávila, Alejandro. “Book Review of Wiggins, G. & McTighe, J. (2005) *Understanding by Design* (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development ASCD.” *Colombian Applied Linguistics Journal*, vol. 19, no. 1, 2017, pp. 140-155.

<sup>②</sup> (美) 格蘭特·威金斯 (Grant Wiggins)、(美) 杰伊·麥克泰格 (Jay McTighe)，閻寒冰等譯：《追求理解的教學設計》，上海：華東師範大學出版社，2017 年，頁 77。

<sup>③</sup> 田莉、唐茜：〈逆向教學設計視野下的課堂評價：內涵、基本要素與設計思路〉，《上海教育評估研究》（上海），第 6 期（2015），頁 1—5。

<sup>④</sup> Stern, Julie, and Nathalie Lauriault, Krista Ferraro. *Tools for Teaching Conceptual Understanding, Elementary: Harnessing Natural Curiosity for Learning that Transfers*. Corwin Press, 2017.

<sup>⑤</sup> (美) 格蘭特·威金斯 (Grant Wiggins)、(美) 杰伊·麥克泰格 (Jay McTighe)，閻寒冰等譯：《追求理解的教學設計》，上海：華東師範大學出版社，2017 年，頁 60—62。

提出評價工具的設計應該與大觀念課程單元對應的教學框架一致，可使用 CPRD（collect 收集、present 展示、represent 表徵、demonstrate 證明）四種類型的評價工具進行綜合性評價。<sup>①</sup>

綜上所述，評估設計有必要與教學目標有效地對接起來，基於此，筆者優化了 UbD 逆向設計模板，提出“STEM UbD 逆向設計模板（階段二）”，如下所示（表 3）。

**表 3 STEM UbD 逆向設計模板階段二**

階段二：確定評估證據				
1. 教師綜合評估				
評價目標 KUDB 目標	評估內容	評估方式	評量工具	評估準則
知道 Know	如知道力是物體與物體之間的相互作用。	如表現性評價	如課堂表現、小組分享、匯報、概念圖等。	如制訂科學探究評價量表。
理解 Understand	如理解化學方程式的配平方法。	如形成性評價	如筆記、作業、小測、項目設計、課堂抽問等。	如制訂課堂表現評價量表。
實踐 Do	如探究葉綠素的提取和分類。	如總結性評價	如紙筆測試、等級考試、課後任務等。	如制訂考試評分標準。
情意 Be	如培養學生愛國愛澳精神。	如綜合評價	如項目總結、方案報告、論文、STEM 項目作品等。	如制訂學生匯報和 STEM 作品評價量表。
2. 學生自我評估與反思				
評估內容			評估準則	
<ul style="list-style-type: none"> <li>自我評估：如在項目完成後，自己對概念理解的程度。</li> <li>自我反思：如，思考在項目中可以優化和改進之處。</li> </ul>			如，制訂小組學生自我評價量表。	

### (5) 確定學習證據

確定學習證據階段，是銜接教學評估和教學活動的中間橋樑，在此階段教師需要解決兩個任務。

第一，是找到大觀念和教學目標相對應的、合適的教學內容、素材和活動支架，為教學實施做好預備。首先，教學內容和素材是教學目標的承載，是學生形成大觀念、理解概念性問題的重要工具。教學內容一般來自教科書、教學參考資料、課程標準等，但是由於 STEM 教學的跨學科屬性，實際上，很難找到一個完全對應的教材來匹配每一個 STEM 項目，因此在確立 STEM 主題和大觀念後，透過尋找素材、整合各科教材內容以形成 STEM 整合教材，是有效的方式。同時，教學內容和素材的選擇要以學生“學習預期”和教學“評估證據”為基礎，結合 STEM 項目特色，並以激發學生學習興趣和形成大觀念、理解概念性問題為考量。其次，優秀的教學內容假如沒有合理的教學組織和有

<sup>①</sup> 李剛、呂立杰：〈大概念課程設計：指向學科核心素養落實的課程架構〉，《教育發展研究》（上海），第 22 期（2018），頁 35 - 42。

效的支持活動，也難以使教學效果達到最大化，所以有必要引入合適的“活動支架”。蘇聯心理學家 Vygotsky 提出最近發展區理論（zone of proximal development），其中與最近發展區密不可分的是概念支架（conceptual framework）。<sup>①</sup> 概念支架被定義為：按照學習者的最近發展區建立的，為學習者提供的通過見習獲得技能、概念和不同理解的臨時而不可缺少的幫助。<sup>②</sup> 概念支架有六個基本的功能，即吸引注意力、簡化任務、維持目標、確定已完成任務和理想方案間的差距、控制解決問題時所產生的挫折和演示將執行的理性行動。<sup>③</sup> 由此可見，教學活動支架對促進教學質量提升有重要作用，<sup>④</sup> 搭建有效的教學支架可以幫助學生獲得隱含在支架中的科學知識。

第二，利用基本問題作為培養學生形成大觀念的重要教學支架，激發學生自主思考，促使學生主動理解概念性問題。目前的教學設計多以課節知識、小概念為目標，留給學生思考和探索的空間有限，難以引發學生真正的疑問和討論，故此，採用甚麼樣的問題串聯大觀念教學活動顯得十分重要，而基本問題（essential questions）與大觀念教學相匹配，可以作為“大觀念的指南針”。基本問題是重要的、處於事物核心的問題，能促進學科探究和跨內容教學。<sup>⑤</sup> 基本問題不是廣泛意義上帶有疑問形式的問題，也不是以往被切割得很細碎的具有唯一答案的問題，而是圍繞着大觀念、指向概念關係的、能夠激發學生想法的具有一定深度的問題<sup>⑥</sup>。基本問題可分為概念性問題和激發性問題。概念性問題主要為學科內的核心概念和問題，如“力與運動的關係是甚麼”？激發性問題主要為開放性的、爭議性的問題，如“甚麼是時尚”？透過這些問題探索，學生在學習活動中對知識進行重新的思索和修正，加深對概念的理解和技能的掌握。

大觀念的教學不僅是知識的學習，還是關於如何學習的學習。那在以大觀念為核心的教學設計中，教師應如何設計和提出基本問題呢？一則，教師要依據大觀念層級結構圖和教學目標進行基本問題的設計，引導學生關注概念的含義以及概念之間的關係。二則對於開放性的問題，師生可以嘗試頭腦風暴、辯論、分享等形式，吸引學生對課題的興趣，培養其科學質疑精神。此外，在基本問題的構成形式上，一般可以設置為“為甚麼……”和“如何……”這樣的疑問句式。

① Wertsch, James V. “The Zone of Proximal Development: Some Conceptual Issues.” *New Directions for Child and Adolescent Development*, vol. 23, no. 3, 1984, pp. 7-18.

② de Guerrero, María C. M. “Inner Speech as Mental Rehearsal: The Case of Advanced L2 Learners.” *Issues in Applied Linguistics*, vol. 10, no. 1, 1999, pp. 27-55.

③ Antón, Marta. “The Discourse of a Learner-centered Classroom: Sociocultural Perspectives on Teacher-learner Interaction in the Second-language Classroom.” *The Modern Language Journal*, vol. 83, no. 3, 1999, pp. 303-318.

④ 何克抗：〈教學支架的含義、類型、設計及其在教學中的應用——美國《教育傳播與技術研究手冊（第四版）》讓我們深受啟發的亮點之一〉，《中國電化教育》（北京），第4期（2017），頁1—9。

⑤ 盛慧曉：〈大觀念與基於大觀念的課程建構〉，《當代教育科學》（濟南），第18期（2015），頁5—8。

⑥ 馮春艷、陳旭遠：〈以大觀念為中心的教學：基本內涵、價值向度及設計路徑〉，《教育學報》（北京），第3期（2021），頁85—94。

## (6) 設計學習活動

學習活動包括教師的教學實施和學生的學習參與兩方面，學習活動是促進學生概念理解、建構大觀念的重要教學組織形式。設計者需要圍繞大觀念、基本問題及教學目標組織學習活動，使學生有機會主動探索和討論，深化概念性理解，進一步建構大觀念。

Wiggins 和 McTighe 提出了大觀念學習過程的 **WHERE TO** 七元素來設計學習活動，分別是 **W**（where 方向、what 預期結果、why 原因）、**H**（hook 吸引、hold 保持）、**E**（equip 武裝、experience 體驗、explore 探索）、**R**（rethink 反思、revise 修改）、**E**（evaluate 評價）、**T**（tailor 個性化）、**O**（organize 組織）。<sup>①</sup> Marschall 等人提出了概念學習過程的七階段，即參與、聚焦、觀察、組織、概述、遷移、反思。<sup>②</sup> 劉徽在綜合 Wiggins、Marschall 關於過程設計的觀點，把學習過程歸為準備→建構→應用三個階段，即大觀念的形成過程。<sup>③</sup> 綜合來看，這些學者關注的學習活動設計有以下五個顯著特徵：1) 趣味性，大觀念學習活動要盡可能地激發學生的學習興趣，例如可以設計演示實驗、探究實驗、小組分享等活動。2) 自主性，堅持學生為學習的主體，活動應盡可能地激發學生的主動性學習。3) 探索性，大觀念為核心的學習活動不應局限於組織形式、活動場所，應為學生提供參與、探索、體驗的機會。4) 反思性，注重學習活動的反饋，鼓勵學生對學習過程進行反思、調整和完善。5) 組織性，靈活調整學習活動的次序和形式，調動學生的學習積極性，以提高學生概念理解最大化為原則。

以上提及的學習過程從如何選擇素材、調動學生學習興趣、組織學生學習活動、引導學生對學習進行反思等，為設計學習活動提供了很好的參考和思路，但是可以明顯地看出，有了這些學習素材後，仍缺乏一個合適的教學模式將以上元素有機地組織起來。在此處的橫向分支路徑中，考慮 STEM 課程活動具跨學科整合屬性，提倡學生在探究實踐中學習並創造性地在真實情境中進行科學應用，因此，在 STEM 課程教學中需重點關注“科學探究”和“工程應用”兩種教學手段。<sup>④</sup>

### 6.1 科學探究

科學探究是科學家們用以研究自然界並基於此種研究獲得的證據提出種種解釋的多種不同途徑，是學生用已獲得知識、領悟科學的思想觀念、領悟科學家們研究自然界所用的方法而進行的各種活動。<sup>⑤</sup> 大量研究表明，科學探究對於面向知識創新的學習，

① Wiggins, McTighe, and Jay McTighe. *Understanding by Design*. Ascd Press, 2005.

② Marschall, Carla, and Rachel French. *Concept-based Inquiry in Action: Strategies to Promote Transferable Understanding*. Corwin Press, 2018.

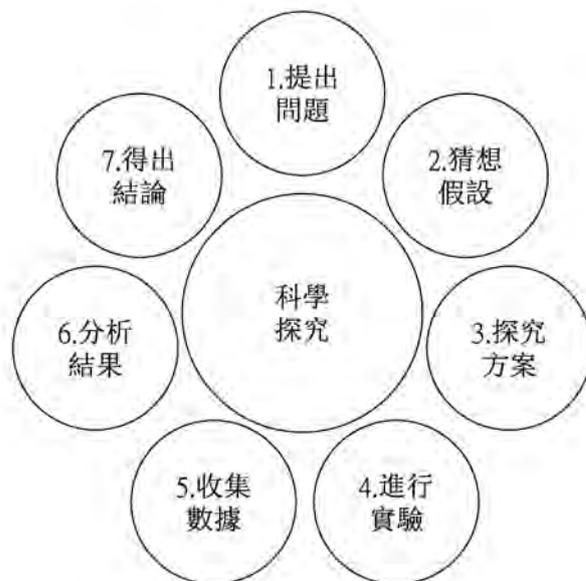
③ 劉徽：〈“大概念”視角下的單元整體教學構型——兼論素養導向的課堂變革〉，《教育研究》（北京），第6期（2020），頁64—77。

④ 胡衛平：〈在探究實踐中培育科學素養——義務教育科學課程標準（2022年版）解讀〉，《基礎教育課程》（北京），第10期（2022），頁39—45。

⑤ 徐學福：〈美國“國家科學教育標準”中的探究〉，《外國教育研究》（吉林），第3期（2003），頁6—10。

特別是問題解決和批判性思維等品質的形成具有顯著的積極影響。<sup>①</sup> 科學探究教學設計是聯繫科學探究研究與科學探究教學的橋樑，對促進科學探究研究與教學、提升探究教學有效性具有重要意義。科學探究教學模式主要有三種：線性模式、探究環模式、探究輪模式。探究環模式由於其可操作性更強，在國內外教學實踐中有廣泛的應用。其中，Haury 提出的探究環模式由四個相互關聯的部分組成：疑惑、收集數據、研究數據和作出聯繫。<sup>②</sup> 胡衛平等人將科學探究分為以下過程：情境創設與問題提出、作出假設並制訂計劃、收集證據與信息處理、得出結論與表達交流、反思評價與應用遷移。<sup>③</sup> 筆者參考了以上學者關於探究環的觀點，在 STEM 課程中的科學探究環節採用以下科學探究流程作為教學實踐指導（圖 4）。

圖 4 STEM 科學探究流程圖



## 6.2 工程遷移

《中小學綜合實踐活動課程指導綱要》注重提高學生的實踐意識、工程思維、動手實驗能力，鼓勵學生靈活掌握、融會貫通各類知識和技巧，運用一定的實踐技能解決生活中的實際問題，將一定的想法或創意付諸實踐。<sup>④</sup> 澳門《本地學制正規教育基本學力

<sup>①</sup> 裴新寧、劉新陽：〈初中課堂科學探究中究竟發生了甚麼——基於多案例的實證考察〉，《華東師範大學學報（教育科學版）》（上海），第 4 期（2018），頁 107 - 121。

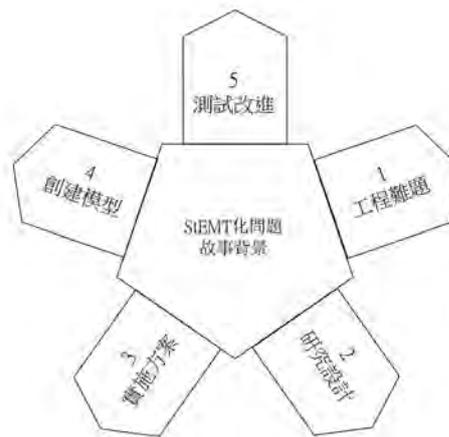
<sup>②</sup> Haury, David L. "Teaching Science through Inquiry." *Striving for Excellence: The National Education Goals*, vol. 1, no. 2, 1993, pp. 71-77.

<sup>③</sup> 胡衛平、郭習佩、季鑫：〈思維型科學探究教學的理論建構〉，《課程·教材·教法》（北京），第 6 期（2021），頁 123 - 129。

<sup>④</sup> 中華人民共和國教育部：《中小學綜合實踐活動課程指導綱要》，2017 年 9 月 25 日，頁 76 - 78。

要求》強調“注意學科聯繫，引導學生理解科學、技術、社會與環境之間的關係”，<sup>①</sup> 同樣，美國《K-12 科學教育框架：實踐、跨學科概念、學科核心理念》也強調利用工程設計促進 STEM 的整合。<sup>②</sup> 大量研究顯示，利用工程設計作為教學方法或工具能夠有效促進學生 STEM 的整合學習。<sup>③</sup> 工程設計沒有固定的模式，一般包括的共同步驟，有：1) 釐定需要解決的問題和達到的目標；2) 研究和產生問題解決方案；3) 製造模型或原型；4) 權衡和最優化；5) 如果沒有達到期望的目標，則可能需要回到最初的步驟，重新框定問題，重複設計步驟等。<sup>④</sup> 美國 Huling 和 Dwyer 提出 StEMT 理念：科學加上教學技術工具、工程、數學、以及技術組成 StEMT。其中，St 是指融入了技術工具 (tools, t) 的科學，E 是指工程設計過程，M 是指數學實踐和思維習慣，T 是指作為產品或問題解決方案的技術。<sup>⑤</sup> 筆者參考了以上學者關於工程設計的觀點，在 STEM 課程中採用基於 StEMT 故事背景的“工程遷移”流程作為教學實踐指導（圖 5）。

圖 5 工程遷移流程圖



### 6.3 5E 教學模式

在 STEM 課程教學中需重點關注科學探究和工程應用兩種教學手段。如何將科學探究與工程設計進行有機融合是實施 STEM 課程整合中的關鍵性問題。5E 教學模型

<sup>①</sup> 澳門特別行政區政府第 56/2017 號社會文化司司長批示《訂定初中教育階段的基本學力要求的具體內容》附件十《初中教育階段自然科學基本學力要求》。

<sup>②</sup> National Research Council. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press, 2012.

<sup>③</sup> English, Lyn D., and Donna King, Joanna Smeed. “Advancing Integrated STEM Learning through Engineering Design: Sixth-grade Students’ Design and Construction of Earthquake Resistant Buildings.” *The Journal of Educational Research*, vol. 110, no. 3, 2017, pp. 255-271.

<sup>④</sup> National Research Council. *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. National Academies Press, 2009.

<sup>⑤</sup> (美) 米爾頓·霍林 (Milton Huling)、(美) 杰姬·斯皮克·德懷爾 (Jackie Speake Dwyer)、劉恩山等譯：《STEM 課程如何設計：從 StEMT 理念到課例》，北京：外語教育與研究出版社，2020 年，頁 14。

是當今重要的探究教學和合作學習的教學模式，在國際科學教育中實踐廣泛、理論豐富。<sup>①</sup>STEM 強調科學、技術、工程、數學等學科的跨學科融合，科學與工程是密不可分的，其中科學是主體，工程是關鍵。5E 教學模型與 STEM 教育無論在教育理念、教育目標、教育特徵，還是教學原則與學習方式等方面，都存在着高度的一致性，<sup>②</sup>因此在 STEM 教學中採用 5E 教學模式，能夠將“科學探究”和“工程應用”兩種教學手段有機地組織起來，提高學生的科學探究和工程應用實踐能力。

### (7) 生成 STEM 項目

當前許多學者都意識到“學—評—教”一致性的重要性。葉海龍指出評價的設計至關重要，它應在教學活動設計前就設計好，以便將評價任務嵌入教學活動設計中，形成“教學—評價—教學”的螺旋式上升環。<sup>③</sup>趙萍和田俊認為根據評估證據設計教學活動，有利於教師在教學過程中借助證據“精準”瞭解“學情”，進而檢驗教學效果並改進教學，確保教、學、評一致性。<sup>④</sup>由此可知，在教學中，要時刻注意教學目標、評估證據、學習設計三者之間的對應程度。基於以上的分析，筆者設計了基於 5E 學習環、評價反饋、科學探究、工程設計的“5E + 工程”雙線程教學模式（圖 6）。

在該教學模式中，教師的“教學活動”和學生的“學習活動”，是一條主線（為明線）；教師的“評價工作”和學生的“STEM 創作”，是另外一條主線（為暗線），兩條主線層次分明、依次遞進、相互鏈接、相輔相成，共同構成整個 STEM “教學過程”。在“明線”教學中，教師的“教學活動”依據 5E 教學模式的五個步驟依次展開，並將科學探究和工程設計巧妙地鑲嵌在 5E 學習環中的探究和遷移兩個環節；學生的“學習活動”則經歷了五個 STEM 學習階段，分別是：激發 STEM 概念、構建 STEM 概念、確立 STEM 概念、遷移 STEM 概念和夯實 STEM 概念。在“暗線”教學中，教師的“評價工作”注重多元評價，依託多種評量工具實現（如科學探究評分表、小組合作評分表、小組作品評分表等），教學評價伴隨整個教學過程；學生的“STEM 創作”則利用科學探究流程圖、工程遷移流程圖和多種學習單等學習支架激發學生自主思考，促使學生主動理解概念性問題。

“5E + 工程”雙線程教學模式將 STEM 教學活動中的學生、教師、教學工具、科學探究、工程設計等要素有機地串聯在一起，體現了“學—評—教”一致性的理念。

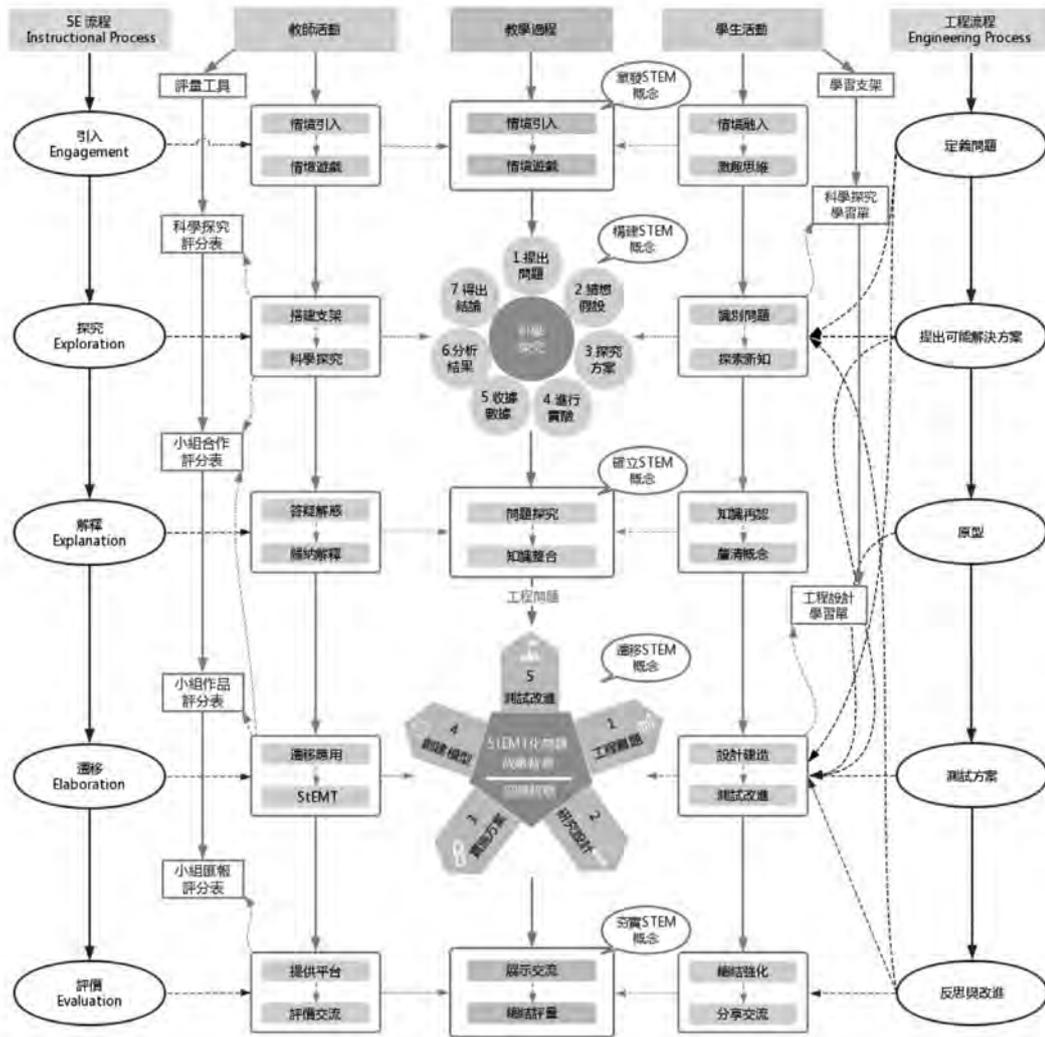
<sup>①</sup> 趙呈領、趙文君、蔣志輝：〈面向 STEM 教育的 5E 探究式教學模式設計〉，《現代教育技術》（北京），第 3 期（2018），頁 106—112。

<sup>②</sup> 孫娜、陳俊強：〈融合 5E 模型的 STEM 教學模式應用研究〉，《教育與裝備研究》（北京），第 1 期（2022），頁 21—25。

<sup>③</sup> 葉海龍：〈逆向教學設計簡論〉，《當代教育科學》（濟南），第 4 期（2011），頁 23—26。

<sup>④</sup> 趙萍、田俊：〈面向精準教學的逆向教學設計模式構建與實證研究——以高中數學學科為例〉，《中國電化教育》（北京），第 2 期（2022），頁 98—105。

圖 6 “5E + 工程” 雙線程教學模式



### 三、結語

當今和未來的國際競爭，歸根到底是教育和人才的競爭，STEM 教育的重要性不言而喻。近年來，我國大力推進 STEM 教育的有效開展，關於 STEM 教育的研究和分析，也如雨後春筍般湧現。“十三五”規劃提出建設粵港澳大灣區和跨省區重大合作平台的重要決策，強調了澳門在粵港澳大灣區建設和發展中的重要作用，體現了國家對澳門寄託的深切厚望，因此，澳門當前推動綜合應用課程的發展，既符合世界教育發展的大勢，也符合自身發展的內在訴求。本文闡述了澳門在實施綜合應用技能教育過程中存在的問題和困難，結合國際實踐經驗和新課程標準及基本學力要求理念，提出將 STEM 理念與學校課程體系保持連貫並融入至正規教學中是開展 STEM 教育的有效方式，因此尋找有效的澳門 STEM 整合教學模式或路徑，顯得尤為關鍵。

STEM 的特點是跨學科，難點是學科整合。在課程調研和理論分析的基礎上，澳門大學溫佩娣提出“澳門學校 STEM 整合教學模式”以回應本地需求並將其推廣應用於澳門 STEM 課程，但該模式缺乏對 STEM 內容、教學流程和支撐工具的具體闡述，應該有必要進一步的細化分析。本文基於整合視角下的逆向教學設計，分析了“STEM 教育、單元教學設計、大觀念教學”整合的理論可行性和“逆向教學設計、STEM 整合教學模式、大觀念教學設計”整合的實踐可行性，藉此提出“以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑”，並詳細闡述每個環節的理論根據和具體內容，最後設計了基於 5E 學習環、評價反饋、科學探究、工程設計的“5E + 工程”雙線程教學模式以指導實際教學。

本文提出的“以大觀念為核心的逆向 STEM 課程整合路徑”將 STEM 教育、大觀念、逆向教學設計三種先進的教育理念進行整合，為實施綜合應用技能教育課程提供了探索路徑，幫助教師從更高的視角進行整合教學設計，以促進學生大觀念的形成，提高學生科學探究和工程設計能力。需要注意的是，本文所述之 STEM 課程整合路徑，僅從理論分析的角度闡述，尚未在真實教學中得到檢驗，因此路徑的有效性有待檢驗，後續研究可以考慮將此路徑應用於具體教學中，據此檢視 STEM 課程整合路徑與教學成效的達成情況。

[ 責任編輯 陳超敏 ]

[ 校對 林曉文 ]