

量子理論思維對學校組織經營與教育發展的啟示

陳建銘*

〈摘要〉

隨著資訊科學、知識經濟、人工智慧時代的紛至沓來，傳統工業經濟時代的牛頓思維模式已無法完全解釋或處理現今時代所顯現的複雜問題及現象。對比於牛頓思維的論點，量子力學相關理論的論述，為諸多不同學門領域專家、學者所廣為引用或轉化應用，以對不同領域問題或現象提出嶄新理解與詮釋，從而形成迥異於牛頓思維的量子思維風潮。本文透過文獻探討與理論分析，尋繹並歸納出量子理論中若干可被人文與社會科學引用或轉化應用的重要理論思維觀點，以作為本文觀照與反思學校組織經營與教育發展現況的立論基礎，據此提出可供國教場域學校組織經營與教育發展參照應用的主要概念、相關啟示及若干具體建議，藉資在抽象概念與經驗事實間取得連結、融通的詮釋途徑及另類觀點。

。

關鍵詞：量子理論思維、學校經營、教育發展

* 臺北市大橋國民小學教師兼主任

量子理論思維對學校組織經營與教育發展的啟示

壹、前言

「液態世界」的時代挑戰：思維模式須應時調整

值此資訊發達、科技昌明的新世紀，我們所處世界中之人、事、時、地、物的交流互動，遠較以往的農業時代、工業時代更加頻繁與複雜。在此時代景況下，無論個人、家庭、組織、社會，均將面臨因日益頻繁與複雜之交流互動，所引發或延伸在人際、事務、知識發展上的快速更迭、變化與不確定性，正如未來趨勢大師 Kevin Kelly(2016/2017a, 2017b)所稱：「我們處在一個液態的世界，所有東西都是一種流動的狀態，不停地改變，變成了另外的東西。」甚或「不斷升級，變得越來越好。」惟人類係各具不同心智模式之行動主體(agent)，面對這樣一個「液態世界」，我們的心智模式勢必須從傳統工業經濟時代的牛頓思維模式應時調整，配合時代景況變遷的需求，擴展不同的思維視角，才有可能創發「不斷升級，變得越來越好」的發展契機。

量子思維風潮的崛起：補充牛頓思維不足的另類思維模式

在傳統的工業經濟時代，或稱機械工程年代，牛頓思維認為世界係由「原子」所構成，原子和原子間，就像一顆顆彼此獨立的撞球一般，即使相互碰撞也會立即彈開，不會造成特殊變化；因而凡事在強調客觀規律與因果關聯的決定論基礎上，皆能以精確、客觀、有序及可預測的原則進行，則世界將日復一日地穩定運作下去(MBA 智庫百科，2018；楊瑪利、黃浩榮，2008)。這樣的「牛頓世界觀」主宰了人類過去幾個世紀的文明發展，惟隨著資訊科學、知識經濟、人工智慧時代的紛至沓來，「牛頓世界觀」強調可預測、可控制、可確定的線性邏輯思維模式出現了侷限性，已無法完全解釋或處理現今人類所處時代顯現的複雜問題及現象，人類必須從過去、現在及未來的文明發展脈絡中尋繹或探索出可符應新時代景況需求的另類思維模式。其中，以 Albert Einstein 的相對論和日後由其他科學家所陸續提出或創發的量子力學相關理論的論述，特別是量子力學相關理論的論述，最常被諸多不同學門領域專家、學者引用或轉化應用，對比於牛頓思維的論點，以對不同領域問題或現象提出嶄新理解與詮釋，從而形成迥異於牛頓思維的量子思維風潮。

呼應時代趨勢與實務需求：在抽象概念與經驗事實間取得連結、融通的詮釋途徑

學校組織係由學校人、事、時、地、物等構成要素彼此聯繫、交互作用所形成之具備結構與功能的有機整體，同時也是構成人類社會整體系統網絡的諸多次系統或小系統之一，其組織運作與發展勢必亦須承受人類社會整體環境變遷及時代趨勢的影響。是以，學校組織為求永續經營與發展，當得與時俱進，調整或轉化學校組織經營與教育發展思維，建構出可呼應時代趨勢與實務需求的理論詮釋

與相應作為。有鑒於此，本文擬透過文獻探討及理論分析，尋繹並歸納出量子理論中若干可被人文與社會科學引用或轉化應用的重要理論思維觀點，以作為本文觀照與反思學校組織經營與教育發展現況的立論基礎，據此提出可供國教場域參照應用的主要概念，並進一步提出對學校組織經營與教育發展的相關啟示與若干建議，冀以在抽象概念與經驗事實間取得連結、融通的詮釋途徑，增益學校組織經營與教育發展理論探究的學術視野，並可供學校組織經營與教育發展實務運營之參考。

貳、量子理論的思維觀點

隨著資訊科學、知識經濟、人工智慧時代的紛至沓來，量子通信與量子計算技術的創新發展亦正方興未艾。主宰了人類過去幾個世紀文明發展的「牛頓世界觀」在時代演進過程中出現了侷限性，已無法以宏觀的線性邏輯思維完全詮釋或處理現今人類所處時代顯現的複雜問題及現象，而另類思維模式—量子理論思維的崛起，除了提供人類看待物理世界的新觀點外，亦為人文與社會科學界帶來諸多建設性的啟示與發想。

量子理論思維，係植基於量子物理學對微觀物理現象的推論及理解。量子理論的先驅學者Niels Bohr認為：「未被量子理論震驚者，必然不曾理解量子理論。」美國著名的理論物理學家Richard Feynman亦曾在一場大學的論壇上說道：「沒有人真正理解量子力學。」量子理論之深奧程度可見一斑，惟隨著諸多量子物理學者的持續探索，量子理論對人類科技文明的進展產生日益顯著的影響，而其理論思維亦為各類學門領域廣泛借鑒應用。本文並非要探究量子理論中深奧的物理原理及數學運算，而是藉由文獻探討與理論分析，尋繹並歸納出量子理論中若干可被人文與社會科學引用或轉化應用的重要理論思維觀點(MBA 智庫百科，2017；華人百科，無年代；維基百科，2018a，2018b，2018c，2018d，2018e，2018f，2018g；Davies & Brown，1993/2015；Feynman, Leighton, & Sands，2011/2018；Zohar, 1997/2001, 2016)，以作為本文觀照與反思學校組織經營與教育發展現況的立論基礎，茲闡釋說明如次(另依論述重點脈絡，摘述整理如表1所示)：

一、波粒二象性 (wave-particle duality) 的思維觀點

在經典物理學中，「波」和「粒子」係力學研究的主要對象，日常生活中，「波」常見的典型代表為「光」，而「粒子」則被視為「物質」的組成成份。20世紀初以來，物理學家陸續發現了不同於經典力學的「量子悖論」，引出了「波粒二象性」的概念—1905年，Albert Einstein提出光電效應的光量子解釋，人們開始意識到光波同時具有波和粒子的雙重性質，其後著名的「狹縫實驗」證明了光波中的單個光子在一種實驗中表現出粒子的特性，而在另一種實驗中卻表現出波的特性；1924年，Louis de Broglie另提出了「物質波」假說，認為和光一樣，一切物質均具有波粒二象性，連同其所推論出的德布羅意關係方程組(The

de Broglie Relations)，亦於若干年後被兩個不同物理學者各自所作的電子散射實驗所證明。

1927 年，N. Bohr 提出「互補原理」(complementarity principle)，指出波粒二象性係輻射與物質粒子皆具有的內蘊特性，波與粒子兩種概念彼此互補又相互矛盾，且各有其適用範疇的限制，難以用單一種概念即可完備地描述整體量子現象，惟有把波與粒子這兩個概念結合，方可能對所發生的各種量子現象取得完整的詮釋、掌握或理解。

承上所述，本文將「波粒二象性」的主要思維觀點歸納如下：物理世界中光或物質被指稱同時具備波及粒子的屬性，係取決於科學家觀測時所採用的測量方法或設備，亦即科學實驗中觀察者採用不同的測量方法或設備，所觀測到的被觀察對象之特質屬性亦會有所不同，導致觀察者主觀意識下的觀察行動(採取預設的理念、視角、方式或尺度)將可能改變或影響被觀察對象顯現的特質屬性，形成了所謂的「觀察者效應」。此類論點提供人們對事物理解方式的啟發，正如 N. Bohr 所言：「思維決定了一切。」人們觀察事物時的主觀意識、想法或態度，可能會形成一種選擇如何看待事物的認知策略、基模或心智模式，而這樣的自我選擇將會形成前述的「觀察者效應」，影響了人們對整個事物後續發展結果的感知，而因為人們在觀察事物時，心智模式開始運轉，起心動念間已自然地和被觀察的事物產生關聯，自身也成了被觀察事實的一部分，觀察者的心智模式會形塑整個事物後續發展結果的可能樣貌，但亦會隨著事物的發展形成反饋作用，進而連帶產生心緒與行為間的動態變化，讓未發生的一切充滿了無限的可能。

二、機率波(probability wave)的思維觀點

1926 年，德國物理學家 Max Born 在既有的量子理論基礎上，提出「玻恩定則」(Born rule)，以「波函數」(wave function)的絕對值平方來表徵微觀粒子出現在空間某一位置的機率密度，指稱在量子系統中可用一個波函數來表示物質動量，惟此波函數無法具體指出一個粒子確切的運動方向與軌跡，僅能說明粒子處於空間某一位置的可能機率，亦即微觀粒子的狀態，只能按波存在或變化的機率來表示。1927 年，Niels Bohr 和 Werner Heisenberg 在玻恩定則的基礎上，進一步提出「哥本哈根詮釋」(Copenhagen interpretation)，指稱波函數係指用來計算微觀粒子在某位置或處於某種運動狀態之機率的數學函數，可用來描述量子系統的量子態，而觀察者所作的測量動作將造成波函數「塌縮」(collapse)，使各種可能的量子態塌縮成一個可觀測到的現實狀態。

1935 年，奧地利物理學家 Erwin Schrodinger 提出有關貓生死疊加的著名思想實驗——「薛定諤的貓」(Erwin Schrodinger's Cat)：在一個實驗箱裡放了一隻貓，以及少量放射性物質，箱內的放射性物質有一半的機率會衰變並啟動機關釋放出毒氣殺死這隻貓，但同時有另一半的機率不會衰變而貓將可存活下來。此一假想實驗係對哥本哈根詮釋的駁斥，認為哥本哈根詮釋無法對宏觀物理現象作出合理的解釋，因為根據哥本哈根詮釋，貓在實驗進行一段時間後會處於既生且死的疊加態，但以一般物理常識而言，貓因為受外部環境因素的影響，很快地

會產生去相干效應，貓最後只會處於生或死的狀態。

承上所述，本文將「機率波」詮釋量子現象的主要思維觀點歸納如下：無論是玻恩定則或哥本哈根詮釋，均認為微觀粒子的狀態，可用一個波函數來表示，藉此表徵對量子系統做觀測時得到某種結果的機率。另 Erwin Schrodinger 在有關貓生死疊加的思想實驗中，雖指陳了哥本哈根詮釋應用於宏觀物理現象時的矛盾與限制，但卻也揭露了量子物理學機率波存在的可能性，在未打開實驗箱之前，貓處於「生」與「死」的疊加態，兩個結果的機率波同時存在，而當觀察者打開實驗箱時，造成波函數中其中之一的結果形成了，而另一個則「塌縮」了，便可觀察到一隻活貓或一隻死貓。是以，量子物理學以「波函數」（或稱「機率波」）來表徵微觀粒子的存在狀態，正展現出其獨特的非決定論特質，亦即對微觀的量子現象，在沒有被測量或觀察之前，都是以機率波存在，只有在對量子系統採取測量或觀察的行動後，方使得機率波「塌縮」成為觀測到的事實，以此獲得某種結果的機率，得用以說明或詮釋微觀現象的存在狀態或發展潛勢。

三、測不準原理(uncertainty principle)的思維觀點

1927 年，Werner Karl Heisenberg 發表論文《論量子理論運動學與力學的物理內涵》(On the physical content of quantum theoretical kinematics and mechanics)，提出「測不準原理」的啟發式論述，認為微觀粒子的位置與動量不可同時被確定。同年稍後，Earl Kennard 亦以數學關係式證明位置與動量的不確定性關係，指陳位置的不確定性與動量的不確定性是微觀粒子的秉性。1929 年，Howard Robertson 又進一步將 Earl Kennard 的關係式加以推導出基於對易關係的不確定關係式。此一原理便成為量子理論藉以分析與表述微觀粒子運動的基本論點——一個微觀粒子運動時具共軛關係的物理量（諸如位置和動量、方位角和動量矩，抑或時間和能量…等），不可同時被確定，當其中一個越確定，另一個則越不確定。

承上所述，本文將「測不準原理」詮釋量子現象的主要思維觀點歸納如下：物理世界中的微觀粒子內蘊的量子性質是不確定性的，人類的科學度量能力在微觀體系裡無法同時確定一個微觀粒子的典型共軛物理量(canonical conjugate variable)，諸如位置與動量、方位角與動量矩，抑或時間與能量等。此一論點顛覆了傳統牛頓力學中有關一個運動物體的動量和位置可被準確測量及掌握的主張，即傳統牛頓思維的決定論與因果論觀點無法契合於微觀世界的量子現象，人類看待世界的方式不應再單純遵循物質因果關係的傳統思考邏輯。

四、量子糾纏(quantum entanglement)的思維觀點

1935 年，Albert Einstein 與其他兩位物理學者合作發表了「EPR 悖論」(Einstein-Podolsky-Rosen paradox)，藉以駁斥哥本哈根學派有關光子具有「波粒二象性」的說法，並且論述了後來被 Erwin Schrodinger 稱之為「量子糾纏」的物理現象。Albert Einstein 將「量子糾纏」這種現象稱之為「鬼魅般的超距作用」(spooky action at a distance)，認為其違背了狹義相對論與定域實在論，無法合理地解釋物理系統的真實狀態，從而質疑量子力學理論的完備性。直

到1964年，John Bell 提出了所謂的「貝爾定理」(Bell's theorem)，推導出可與定域性「隱變數理論」(LHV, hidden variable theory) 相符應的「貝爾不等式」(Bell's inequality)，並推論出基本粒子間「非定域」(non-locality) 相關聯的數學證明，從而確立量子力學理論的詮釋或預測僅能在違背定域性原理的非定域主張下成立；其後，法國物理學家Alain Aspect 歷經多年研究，方於1982年設計完成了一個能驗證貝爾不等式可被違背的實驗，證明了基本粒子之間於所處時空中相互存在著不可見聯繫的影響，突破了傳統物理學定域性原理的限制。此類實驗驗證所得的結果，符應了量子力學理論對「量子糾纏」現象的主張，顯示出某些量子效應似乎能夠以超光速的狀態顯現，微觀粒子間的超距關聯性已超越定域性隱變數理論所能夠解釋的範疇。自此，物理學者們對此結果雖未能給出明確的完整定論，但也大體接受了此類非因果關聯之超光速效應的概念。

承上所述，本文將「量子糾纏」詮釋量子現象的主要思維觀點歸納如下：貝爾定則為量子糾纏現象提供了立論基礎，亦為量子力學理論提供了一個新的詮釋架構。從量子力學來看，量子糾纏是一種發生於量子系統中的兩個或兩個以上的次系統或粒子相互糾纏、相互影響的現象，此兩兩相互糾纏的次系統或粒子，即使相距遙遠，只要其中一個次系統或粒子被測量而狀態發生變化，另一個次系統或粒子亦會即刻發生相應的狀態變化，從而形成「超距作用」(instantaneous action at a distance)。此外，量子糾纏具備「不可分性」的特質—假設一個量子系統係由若干個別處於量子糾纏的次系統或粒子所組成，當個別次系統或粒子彼此交互作用後，將使個別次系統或粒子所擁有的屬性交融成為一個整體性質，此一整體性質無法由個別次系統或粒子單獨呈顯，換言之，整體系統所具有的某種物理性質，係個別次系統或粒子所不能獨自表徵或具足者，因而形成了不可分性，且不可分性不因空間距離而有所改變，各個次系統或粒子即使分別處於兩個相隔遙遠的區域，量子糾纏的不可分性依然存在。

表 1 量子理論思維觀點暨相關理論基礎摘要表

重要理論	主要思維觀點	相關理論基礎
波粒二象性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量子具有互補性，既是粒子，也是波，具體屬性取決於觀察者選擇的觀測視角、方式與行動，形成所謂的「觀察者效應」。 2. 「觀察者效應」可能改變或影響被觀察對象顯現的特質屬性。 3. 觀察者因觀察行為而與被觀察對象產生連結，進而成為整個觀察事件的參與者，使得觀察者與被觀察對象間彼此相互關聯，形成「互饋影響」的動態交互作用。 	Albert Einstein 的「光電效應理論」、Louis de Broglie 的「物質波」假說、N. Bohr 的「互補原理」
機率波	<ol style="list-style-type: none"> 1. 微觀的量子現象，在沒有被測量或觀察之前，都是以機率波存在，可用一個波函數來表示。 2. 觀察者對量子系統採取測量或觀察的行動後，將使機率波「塌縮」成為觀測到的事實，以此獲得某種結果的機率，得用以說明或詮釋微觀現象的存在狀態或發展潛勢。 	Max Born 的「玻恩定則」、Niels Bohr 和 Werner Heisenberg 的「哥本哈根詮釋」、Erwin Schrodinger 的「薛定諤的貓」
測不準原理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人類的科學度量能力在微觀體系裡無法同時確定一個微觀粒子的典型共軛物理量。 2. 傳統牛頓思維的決定論與因果論觀點無法契合於微觀世界的量子現象。 	Werner Karl Heisenberg 的「測不準原理」
量子糾纏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量子糾纏是一種發生於量子系統中的兩個或兩個以上次系統或粒子相互糾纏、相互影響的現象。 2. 兩兩相互糾纏的次系統或粒子，即使相距遙遠，只要其中一個次系統或粒子被測量而狀態發生變化，另一個次系統或粒子亦會即刻發生相應的狀態變化，從而形成「超距作用」。 3. 量子系統中的兩個或兩個以上次系統或粒子彼此糾纏、交互作用後，將使各自原本擁有的屬性交融成為一個整體性質，形成了「不可分性」，且此「不可分性」不因空間距離而有所改變。 	Albert Einstein 等人的「EPR 悖論」、John Bell 的「貝爾定理」

參、量子思維應用在學校組織經營與教育發展的主要概念和相關啟示

本文以前述量子理論的思維觀點作為觀照與反思當前國民教育階段學校組織經營與教育發展現況的立論基礎，提出可供國教場域學校組織經營與教育發展參照應用的主要概念和相關啟示，茲分述說明如次(另依論述重點脈絡，摘述整理如表 2 所示)：

一、觀察者效應與互饋影響

「波粒二象性」揭示量子具有互補性，既是粒子，也是波，具體屬性取決於觀察者選擇的觀測視角、方式與行動，形成所謂的「觀察者效應」。另觀察者因觀察行為而與被觀察對象產生連結，進而成為整個觀察事件的參與者，使得觀察者與被觀察對象間具有「互饋影響」的動態交互作用。

揆諸前述「波粒二象性」所推導出來的思維概念——「觀察者效應」與「互饋影響」，進一步對當前學校教育場域進行觀照與反思，可獲致如下相關啟示：

(一)觀察者效應—學校組織領導人、經營者或教育人員的心智模式會影響學校組織與教育發展的運營風格及成果樣貌。

學校行政、課程、教學與輔導等核心工作層面的經營與運作，涉及的理論與實務因素複雜多元，從事者當下的心智模式，即其所抱持的基本信念、想法、價值取向與偏好，將影響當下及未來的發展取向。換言之，學校組織領導人、經營者或教育人員在學校組織場域採用怎樣的視角、方式與行動去觀測、評估或看待所面對的事務及對象，將會導致後續可能的發展樣貌及結果，從而在所處的組織情境或教育場域中體現出「觀察者效應」的價值。諸如學校組織領導人或經營者兼具的領導哲學與經營理念，往往形成其如何看待或判別學校組織屬性的依歸及尺度，進而影響或形塑出學校組織發展的運營風格及成果樣貌；此外，學校教師的教育哲學與教學理念，亦常形成其如何看待或判別學生屬性的依歸及尺度，進而影響或形塑出學生的學習態度、風格與成就表現。

(二)互饋影響—學校組織情境或教育場域中人、事、時、地、物的交感互動將形成學校教育場域動態循環的共同演化機制。

無論是學校組織領導人或經營者，抑或教育人員，除了在所處的組織情境或教育場域中得發揮「觀察者效應」外，本身亦會與所處組織情境或教育場域中的人、事、時、地、物交感互動，從而發生「互饋影響」，進而引發彼此心智模式的調整或改變，連帶產生觀念、態度與行為間的動態變化，共同進入協同演化的循環機制之中。

二、非決定論與發展潛勢

量子物理學以「機率波」來表徵微觀粒子的存在狀態，微觀粒子的量子狀態在沒有被測量或觀察之前，都是以機率波存在，惟有在對量子系統採取測量或觀察的行動後，方使得機率波「塌縮」成為可觀測到的事實，以此獲得某種結果的機率，來說明微觀現象的存在狀態或發展潛勢，使得量子理論思維呈顯

出「非決定論」與「發展潛勢」的內蘊特質。

揆諸前述機率波相關理論觀點所推導出來的思維概念——「非決定論」與「發展潛勢」，進一步對學校教育場域進行觀照與反思，可獲致如下啟示：

(一)非決定論—學校組織經營與教育發展具有微觀非線性動態發展現象。

面對教改時潮更革興替及社會環境變遷的挑戰，當前學校組織系統在行政、課程、教學、輔導等核心工作層面，所涉及之人、事、時、地、物等構成因素的交互作用及影響，日趨繁複多元，在運營的微觀細節過程中存有各種發展的可能性，顯示出非線性動態發展的現象。換言之，學校領導人、經營者或教育人員在學校組織整體系統場域或其他次系統場域中，已難完全依照既定計畫來預測、控制及決定所處情境中相關事件的因果關聯與發展結果，即使在某特定場域或邊界範圍內，從宏觀角度或可推論某一事件的整體發展趨勢，惟無法掌握或確知事件構成因素在發展歷程中交互作用所形塑的各項細節及影響，而這些細節及影響即為具「機率波」特性的微觀非線性動態發展現象，呈顯不確定與多元複雜的「非決定論」屬性，難以盡依傳統線性思維的決定論觀點來描述或詮釋當前學校組織經營與教育發展所發生的各種現象。

(二)發展潛勢—學校組織領導人、經營者或教育人員可採理性直覺來因應或發想所處情境相關事件的發展潛勢。

當前學校組織經營與教育發展面臨微觀非線性動態發展的非決定論與超因果關聯境況，學校組織領導人、經營者或教育人員若能參照可欲的願景，並統攝個人對學校實務本質與運營規律的認知、理解、洞察、想像與創意，以理性直覺來因應或發想所處情境相關事件的「發展潛勢」，從而採取可行的策略作為，由諸多可能性中導引出或「塌縮」成可欲的發展結果。諸如在學校行政事務的決策與運作過程中，無論是領導人或經營者，抑或教育人員，除了抱持可欲願景、專業倫理與正向心念外，亦須保持行政敏感度，能以理性直覺察知當下情境與發展潛勢，酌情權變以採行適切的決策與作為；在學校校本課程發展過程中，課程領導人或參與者，除了操持課程發展理論及教學原理原則外，亦須體察教育時潮、學校情境條件、內外部資源、家長期望、學生需求，以理性直覺發想出能呼應利害關係人共好願景的課程發展利基與著力點，逐步漸行以建構出適配當下的課程發展特色，甚或未來幾年的可能發展趨勢與途徑；在教學與輔導層面上，教學者或輔導者面對的受眾及情境要素複雜多元，難以盡依線性邏輯的思考脈絡來加以分析、判斷及應處，當須以開放的態度，結合知識、經驗與直覺思維，參照兒童發展理論及多元智慧觀點，觀察、探究、評估學習者或被輔導者的個殊狀況，以理性直覺採行適切的方法與內容，以協助學習者或被輔導者開展出學習活力、優勢潛能，從而促進其身心健全發展。

三、不確定性與多元並存

自「測不準原理」提出迄今，其理論觀點雖陸續被諸多科學家透過不同實驗結果對其原理的適用範圍進行相互批判與辯證，但也提供了人們對事物理解方式

的另類啟發—在人類有限的認知及理性下，無論科學或事物的關係及道理不盡然是確定或絕對的，我們只能在某一個特定問題上，以相對意義的觀點來對事物進行詮釋及理解，保有事物發展或創造的相像空間及可能性，而不去強調非此即彼的絕對性觀點或主張，從而呈顯出「不確定性」與「多元並存」的豐富演繹風貌。

揆諸前述測不準原理所推導出來的思維概念—「不確定性」與「多元並存」，進一步對學校教育場域進行觀照與反思，可獲致如下啟示：

(一)不確定性—學校組織經營與教育發展因應後現代化的教改時潮形塑出具微觀不確定性的複雜演化系統。

面對後現代化的教改時潮與環境變遷，學校教育場域的組織領導人或經營者，抑或教育人員，除了要能調和組織內外部利害關係人的政策主張、意見、想法以及相關資源分配外，更需隨時面對政策環境、人際關係、時勢潮流的更革與替對學校組織造成的影響，均越發難以眼前所見的人、事、時、地、物及相關資料來預測、判斷或全盤控制所處學校組織情境或教育場域相關事件的必然發展，往往需參照個人的知識、經驗及理性直覺來因應及發想所處情境相關事件的未來可能發展，從而調整彼此的心智模式與互動方式，持續地與學校情境中的利害關係人與環境要素交感互動，形塑出具微觀不確定性的複雜演化系統。

(二)多元並存—學校組織經營與教育發展走向兼容並蓄、多元並立的樣態。

面對後現代化的教改時潮，學校組織的經營與發展已步向民主開放、平等發聲與多元參與的改革步調及發展脈絡中，無論是校務經營決策或實務運作上，難免會接受到組織內外部各方力量的介入或牽引，從而形構出動態更迭與間斷均衡的開放系統環境，在行政、課程、教學與輔導等核心工作的經營與運作上，均顯露出如《量子領導者》作者 Danah Zohar 所指稱的量子組織特性：組織系統趨向複雜性，具非線性的運作與發展特質，充滿不確定性且難以預測，游移於有序和混沌之間，沒有非此即彼的絕對性主張或定律，但具有自下而上的自組織性與創發力，從而形構出一個兼容並蓄、多元並立的集合體 (Zohar, 1997/2001, 2016)，此正與 Heisenberg 之「測不準原理」所揭露的相關概念若合符節。

四、非因果聯繫、超距作用與整體不可分性

量子糾纏係量子力學重要的本質特徵，雖是一種純粹發生於量子系統的現象，但其相關理論所推導出來的思維觀點，卻也在人文與社會科學界引發另類哲思與發想。量子糾纏理論思維所揭露的量子系統底下兩個或兩個以上次系統或粒子間具有非定域的「非因果聯繫」、瞬間「超距作用」及「整體不可分性」等特質，除了被後世的科學家廣泛地運用於量子計算與量子信息的科技發展外，其相關論點亦為人文與社會科學界在人際互動或組織經營之相關問題上帶來諸多另類啟示。

揆諸前述量子糾纏論述所推導出來的思維概念—「非因果聯繫」、「超距作用」與「整體不可分性」，進一步對學校教育場域進行觀照與反思，可獲致如下啟示：

(一)非因果聯繫—學校組織各職能系統或整體運作系統在非線性運作機制下，可創化出非絕對因果關聯的自組織演化現象。

從學校在行政、課程、教學、輔導等核心工作層面的運作上，可體察到微觀系統構成要素非線性交互作用及自組織效應的現象，即各個重要職能系統在運營過程中所涉及之人、事、時、地、物等構成要素，在各個職能系統能量場域中，彼此進行系統內、外部物質、能量、訊息的非線性交互作用與影響，形構出複雜多元與共同演化的網絡關係，而身處其中的利害關係人則游移於有序與無序的混沌邊緣間，得因應情境條件與需求自發性的自我組織(self-organizing)，從而湧現出權宜、調適或創新的想法及相應作為，讓彼此在非線性運作機制下，自下而上(bottom-up)形成非預期的策略與行動，使得學校各職能系統與組織整體系統延生出新的可能秩序及結構，或創化出不同以往的發展方向與結果，形成非絕對因果關係的另類有序狀態，正與「非因果聯繫」的意境若合符節。

(二)超距作用與整體不可分性—學校組織成員藉由平等對話與深度匯談，得促進個人、團體或組織層次上的意識交流與情感互動，從而形構出具超距作用與整體不可分性的獨特校風及組織文化。

以學校經營實務現場的觀察與體現而言，學校組織系統中發生在個人、團體或組織層次上微觀的意識交流與情感互動，所形構出的組織氛圍與文化況味，較能貼近超距作用的意境。諸如在學校校務經營中有關組織願景、目標及團體動力的形塑，可透過組織、團體、個人等不同層次的平等對話與深度匯談，進行價值澄清與理念聚焦，逐步引發共鳴或凝聚共識，進而形塑出可欲的共好願景及未來發展圖像，在此過程中學校組織成員雖是各具獨立思考能力的行動主體，但藉由彼此間情感互動與意識交感，卻可產生另類的超距作用—處於同一對話(dialogue)能量場域中的各個行動主體之間，各自不同的觀點、意見及想法會相互糾纏與影響，當各個行動主體彼此意領神會之際，即在個人、團體或組織層次上形成獨特的團隊共識或互動默契，而此團隊共識或互動默契係處同一對話能量場域系統中不同次系統(包含個人、團體、組織等不同層次)相互作用所綜合形成的整體特質或行為樣貌，具有「整體不可分性」，無論在組織、團體或個人等不同層次的獨立個體或次系統均難以單獨呈顯整體系統的完整特質或樣貌。

表2 量子思維可供學校組織經營與教育發展參照應用的主要概念與相關啟示重點

量子理論思維	主要概念	對學校組織經營與教育發展之啟示重點
波粒二象性	觀察者效應	學校組織領導人、經營者或教育人員的心智模式會影響學校組織與教育發展的運營風格及成果樣貌。
	互饋影響	學校組織情境或教育場域中人、事、時、地、物的交感互動，形成學校教育場域動態循環的共同演化機制。

機率波	非決定論	學校組織經營與教育發展具有微觀非線性動態發展現象。
	發展潛勢	學校組織領導人、經營者或教育人員可採理性直覺來因應或發想所處情境相關事件的發展潛勢。
測不準原理	不確定性	學校組織經營與教育發展因應後現代化的教改時潮形塑出具微觀不確定性的複雜演化系統。
	多元並存	學校組織經營與教育發展走向兼容並蓄、多元並立的樣態。
量子糾纏	非因果聯繫	學校各職能系統或組織整體運作系統在非線性運作機制下，可創化出非絕對因果關聯的自組織演化現象。
	超距作用與整體不可分性	學校組織成員藉由平等對話與深度匯談，得促進個人、團體或組織層次上的意識交流與情感互動，從而形構出具超距作用與整體不可分性的獨特校風及組織文化。

肆、本文對學校組織經營與教育發展的建議

根據前述量子理論思維可供國教場域學校組織經營與教育發展參照應用的主要概念與相關啟示，本文進一步提出在學校組織經營與教育發展上相應可行策略作為的具體建議，以供學界、教育同好與國教實務工作者參考，茲分述說明如下：

一、建構正向心念促進學校運營效能

基於「觀察者效應」與「互饋影響」之概念意涵及相關啟示，徵諸 R. K. Merton(1948)於《The Antioch Review》期刊發表之「自我應驗預言」(The self-fulfilling prophecy)，以及 R. Rosenthal 與 L. Jacobson(1968)將此概念應用在教育上所發表之《教室中的比馬龍，Pygmalion in the Classroom》等文獻所揭示之要旨一即「一個人的信念或對於他者的期望，將會影響到一個情境的發展結果，抑或促使被期望的個人或團體之行為傾向漸進地朝被期望的方向發展」，可發現彼此意趣相符，其內涵精神均具可供從事學校經營與教育發展之人士參照應用的價值。是以，本文認為無論學校組織領導人或經營者，抑或學校教育人員，從事學校組織經營或教育發展工作時，當可參照「觀察者效應」與「互饋影響」之思維概念，除充實自身專業知能並信守專業倫理外，更應在複雜多元的學校實務活動中，藉由實務慎思(prudence)以建構個人、團體或組織層次上「以善為目的」之正向心念，亦可謂將「倫理上怎麼做」(ethical know how)的思考判準置入學校實務運作的情境脈絡中，務使自身在教育現場體現的觀察者效

應，以及與學校組織情境和教育場域中之人、事、時、地、物等系統構成要素所形成的互饋影響，朝積極正面的方向發展，以促進學校組織經營效能與學生學習成效。

二、善用趨勢領導開展學校生存利基

基於「非決定論」與「發展潛勢」之概念意涵及相關啟示，本文認為身處不確定性及複雜多變之教育變革年代的學校領導人或經營者，當須兼具「趨勢領導」的精神，見微知著，體察各項校務經營層面的發展脈絡及變動趨勢，以正向、開放、彈性，但不失審慎的態度來面對相應而生的事實、現象及問題，因勢利導、酌情權變，結合學校情境條件與願景圖像，建構出兼具未來導向與實際需求的各類校務經營目標、策略與方案。諸如近年來的九年一貫課程改革、十二年國民基本教育改革，以及即將上路的 108 課綱課程改革等政策變動，均涉及各類利害關係人與相關事務、環境要素的交互作用，具有微觀非線性動態發展的不確定性與複雜性，從宏觀角度或可推論未來整體發展的可能趨勢，但對各類變革系統場域之構成要素於發展歷程中交互作用而形塑的相關細節及影響，卻難以確實預知或完全掌握，學校組織領導人、經營者或教育人員當須體現「趨勢領導」的精神，因應教育脈動及環境變化，認知及覺察當下的政策景況、社會氛圍、學校組織結構與運營的演化趨勢，在「現狀」與「未來」的邊界間以理性直覺來因應或發想所處情境相關事件的發展潛勢，從而採取可行的策略與作為，掌握時機，引導或協同變革系統場域中的利害關係人從諸多可能性中建構概念、勾勒願景、付諸行動，形塑正向的自組織力與創發力，進行自我角色與功能的轉化與調適，從而導引出或「塌縮」(collapse)成可欲的變革成果，以開展組織、團體或個人在教育改革浪潮中的生存利基與發展前景。

三、運用多元智慧觀點啟發學習者潛能

基於「非決定論」與「發展潛勢」之概念意涵及相關啟示，本文認為國民教育階段的領導人或經營者，抑或教育人員，得參照前述量子思維概念，並結合多元智慧理論觀點，正視學習者天賦差異，體察不同個體天賦智慧中各有其相對突出的優勢潛能，而此優勢潛能在未被觀測或開發前，就如同微觀量子世界中的機率波，存在著各種可能性，須待教學者或輔導者以適切的教育方法施加關注或引導，才能讓其優勢潛能逐步顯現或獲得啟發開展的機會。質言之，學校教育從業人員當採開放多元的角度去欣賞與覺察學習者的多元差異及可能性，提供適切的教學策略與教育方式，以開啟學習者優勢潛能，從而促進其獲致適性的學習與發展。衡諸當下教育現場所被極力推廣的諸多新興教學革新理念與方法，例如學習共同體、差異化教學、分組合作學習、翻轉課堂、探究式主題教學、多元評量…等，均是可符應前述多元智慧理論觀點所強調的教育理念與主張，值得當前教育工作者參照應用。

四、採行量子領導催化學校自組織效應

基於「不確定性」與「多元並存」之概念意涵及相關啟示，本文認為學校領

導人、經營者或教育人員面對複雜變動的教育環境，無論在行政、課程、教學或輔導等核心工作層面的經營決策或實務運作，當可參採量子領導的理論精神與內涵，重視組織系統的整體互動，並衡酌組織情境變化，適時於組織利害關係人「協同演化」過程中，發揮量子領導作用，酌情權變將組織帶到「混沌邊緣」，促發組織成員的創新思維、批判思考與自我管理能力、從而催化出個人、團體或組織層次的自組織性及創造力，藉以催化組織成員在學校核心工作層面發揮個別性與整體性的自組織效應，從而提升學校創新經營績效與效能。

五、啟動組織學習創化學校永續發展生機

基於「非因果聯繫」與「超距作用」之概念意涵及相關啟示，本文認為學校領導人或經營者，亦或教育人員得運用組織學習與學習型組織理論，啟動個人、團體、組織等多元層次的組織學習機制，在行政、課程、教學、輔導等各職能系統能量場域中，建構開放多元參與的資源平台及支持系統(諸如專業學習社群、讀書會、工作坊、行動研究團隊或各類工作小組等)，促進各類職能系統構成要素於內、外部環境間進行非線性交互作用與非因果聯繫的歷程中，藉由「單環學習」的調適性學習，推進至「雙環學習」的創造性學習，並輔以「再學習」之後設性學習，激活各個職能系統能量場域產生內、外部物質、能量、訊息良性循環的超距生成作用，帶動熵減效應，以蘊蓄學校組織的創新能耐；另經由組織學習機制促進個人、團體或組織層次上的均等發聲與平等對話，帶動組織系統中各利害關係人彼此間情感互動與意識交流，形構不同觀點、意見及想法相互糾纏與影響的另類超距作用，以凝聚學校組織成員彼此的團體共識或互動默契，從而蘊蓄學校組織經營與教育發展的團體動力及自組織能量，並激發成員集思廣益、推陳出新的創意想法與問題解決能力，創化學校永續發展的生機與活力。

六、打造價值共好環境形塑學校獨特優質校風

基於「超距作用」與「不可分性」之概念意涵及相關啟示，本文認為學校組織領導人或經營者當因應時代潮流與環境變遷趨勢，設法打造一價值共好環境，除了在組織、團體或個人等不同結構層次上建構各類平等對話與深度匯談的平台或管道外，亦須體察教育脈動，適時創造組織共同議題，以利學校組織成員及相關利害關係人能就學校教育發展與各類經營事務進行價值澄清與理念聚焦，從而確立學校組織經營與教育發展工作的價值認同，進而形塑出可欲的共好願景與目標方向，形成具「超距作用」的團隊共識或互動默契，讓處同一對話能量場域系統中不同次系統(包含個人、團體、組織等不同層次)均能夠自發地發揮各自的角色職能，從而讓全校親、師、生及支持學校的社區人士在意識、態度或行動上，對學校組織經營與教育發展相關的制度、使命、價值及信念展現充分的認肯、支持與熱情，綜合形成不可分割且難以仿效的學校組織整體特質、文化及行為樣貌，形塑出具品牌辨識價值，且為各界認同的優質校風。

伍、結語

值此後現代教改時潮方興未艾的變革年代，學校教育場域面對日趨複雜、多變、模糊與不確定性的境況與氛圍，其間涵攝人、事、時、地、物多元而頻仍的交互作用，形構出一動態發展的開放系統環境，而量子理論的思維概念，正可提供檢視此一開放系統環境下學校組織經營與教育發展現象的另類視角及觀點，以補重視客觀規律與因果關聯之傳統牛頓理論思維不足之處。是以，本文經由文獻探究與理論分析，尋繹並歸納出量子理論中若干可被人文與社會科學引用或轉化應用的重要思維觀點，以作為觀照與反思學校組織經營與教育發展現況的立論基礎，從而推導出「觀察者效應」、「互饋影響」、「非決定論」、「發展潛勢」、「不確定性」、「多元並存」、「非因果聯繫」、「超距作用」與「整體不可分性」等可應用於學校教育場域的主要概念，並進一步提出對學校組織經營與教育發展的相關啟示與具體建議，冀以在抽象概念與經驗事實間取得連結、融通的詮釋途徑，建構出可呼應時代趨勢與教育景況變遷需求的理論詮釋與因應策略，以供實務工作者在推展學校組織創新與永續發展之理論參照與實務應用的參考。另本文屬初探性之研究論述，未來對此相關主題有興趣的研究者或可援引本文的主要論述內容和相關概念為基礎，進一步轉化應用於實徵調查或個案質性研究中，藉以獲取更多可資參考的實徵性資料，亦或拓展其他可再發展的相關研究主題與探究途徑。

參考文獻

- MBA 智庫百科(2017)。EPR 悖論。取自 [https://wiki.mbalib.com/zh-tw/EPR 悖論](https://wiki.mbalib.com/zh-tw/EPR%20悖論)。
- MBA 智庫百科(2018)。決定論。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/決定論>。
- 華人百科(無年代)。物質波理論。取自 <https://www.itsfun.com.tw/物質波理論/wiki-7889687-2975957>。
- 楊瑪利、黃浩榮(2008)。專訪英國企管大師丹娜·左哈：量子管理學，企業新聖經。遠見雜誌，259。取自 http://www.gvm.com.tw/Boardcontent_13773_1.html
- 維基百科(2018a)。不確定性原理。<https://zh.wikipedia.org/wiki/不確定性原理>。
- 維基百科(2018b)。互補原理。<https://zh.wikipedia.org/wiki/互補原理>。
- 維基百科(2018c)。波函数。<https://zh.wikipedia.org/wiki/波函数>。
- 維基百科(2018d)。波粒二象性。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/波粒二象性>。
- 維基百科(2018e)。哥本哈根詮釋。<https://zh.wikipedia.org/wiki/哥本哈根詮釋>。
- 維基百科(2018f)。量子去相干。<https://zh.wikipedia.org/wiki/量子退相干>。
- 維基百科(2018g)。量子纏結。<https://zh.wikipedia.org/wiki/量子纏結>。
- Davies, P. C. W., & Brown. J. R. (2015)。原子中的幽靈：探索量子力學的奇異世界(史領空譯)。臺北：貓頭鷹出版社股份有限公司(原著出版年:1993)。
- Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2018)。費曼物理學講義 III：量子力學(高涌泉、吳玉書譯)。臺北：遠見天下文化出版股份有限公司(原著出版年：2011)。
- Kevin Kelly(2017a)。必然：掌握形塑未來 30 年的 12 科技大趨勢(嚴麗娟譯)。臺北：貓頭鷹出版社股份有限公司(原著出版年：2016)。
- Kevin Kelly(2017b)。未來 20 年技術走向何方？凱文·凱利說出了這 12 個關鍵字(混沌大學編譯)。取自 <https://www.huxiu.com/article/187428.html>
- Zohar, D. (2001)。第三智慧：運用量子思維建立組織創造性思考模式(謝綺蓉譯)。臺北：大塊文化出版股份有限公司(原著出版年:1997)。
- Zohar, D. (2016). *The quantum leader: a revolution in business thinking and practice*. Amherst, New York: Prometheus Books.