

中華大學
碩士論文

運用 TRIZ 方法於校園生態池之改善
-以博愛國小為案例探討

Application of TRIZ Theory for the Improvement
of Ecological Ponds in Campus - A Case Study on
Po-Ai Elementary School



系 所 別：土木工程學系碩士班
學號姓名：E10104005 陳芳薇
指 導 教 授：張奇偉博士

中 華 民 國 103 年 6 月

摘要

自從教育部推動「永續校園推廣計畫」以來，部分校園積極參與了「教育部補助永續校園生態水池」的申請計畫，綜觀許多校園都設置有傳統景觀生態池，卻並不符合教育部「永續校園推廣計畫」的要求。若將生態池拆除重建，所需經費龐大，更造成財、物以及資源的浪費，因此若能針對各校的生態池生態因子局部做改善，不但能達到永續發展的目的，更能減少對生態環境的破壞。本研究以新竹縣博愛國小生態池為探討案例，針對生態池環境作分析，提出目前生態池最急迫改善的四個問題，透過系統性創新理論-TRIZ 理論的基本方法:技術矛盾、物理矛盾、物場模型分析等方法，來改善博愛國小生態池的硬體結構，使其符合生物多樣性；改善生態池水的流動，增加水中的含氧量；種植水生植物及放養動物；改善生態池的管理方法，達到永續發展。本研究所得到的最佳解為(1)將生態池旁邊的殘障坡道及生態池上方半圓形鐵欄杆移除。(2)在生態池的四周種植各種原產品種植栽。(3)針對生態池水泥垂直壁及生態條件做改善，池壁、池底打洞，增加多孔隙材料堆置創造生物棲息、躲藏空間。(4)利用太陽能供電，設置抽水機抽水到上層，讓水流動。(5)將原有的缺口加大，利用水流帶動水車，增加水的含氧量。(6)將生態池的維護明訂為校園管理工作的一部分，排定固定人員，定期進行管理維護。(7)考慮加入網路虛擬校園生態池。改善策略提供新竹縣博愛國小參考，以達到濃縮式自然環境的理念；研究結果也可以作為其他學校改善生態池時參考。

關鍵字:校園生態池、TRIZ 理論、濃縮式自然生態、矛盾矩陣、質場分析

ABSTRACT

Since the Ministry of Education (MOE) has promoted the "Sustainable Campus" plan, some schools actively have participated in the "MOE Assisted campus' ecological pond sustaining promotion program". An overview indicated that many schools have set traditional ecological ponds, but they are not meeting the requirement of "Sustainable Campus Plan". However, higher costs are required to demolite and reconstruct these ecological ponds. Based on current financial status, government can't support schools enough fundings to do such reconstruction. If we can focus on improving the ecological factors of the ecological ponds, it does not only to achieve the goal of sustainable development, but also help to reduce the destruction for ecological environment. This research uses ecological pond of Bo-Ai Elementary School as the case. Analyzed the environments of ecological pond, raised the most urgent four issues, by means of systematic invention theory – TRIZ. Techniques such as technical contradictions, physical contradictions, and the substance-field model analysis were used to improve the structure of Bo-Ai Elementary Scool ecological pond. The goals of sustainable development are matching the biological diversity, improving the ecological water flow, increasing the oxygen content in water, cultivation of aquatic plants, and animals stocking, improving the ecological pond management methods. The best solutions developed in this study: (1) Remove the handicap ramp (beside the ecological pond) and iron railings (on the top of ecological pond). (2) Plant the different native plant species surrounding the ecological pool. (3) Improve the ecological conditions of the vertical cement walls, such as to make holes at the wall and the bottom of the pond. Increasing the habitat and hiding space for aquatic organisms by stacking the porous materials. (4) Use the solar power system for the water pump. (5) Widen the current water channels, let the water move the waterwheel to increase the oxygen of water. (6) Prepare an ecological pool maintenance regulation and

write as a part of the campus management document. Assign the management persons maintain the ecological pond periodically. (7) Consider to develop a virtual ecological pond as teaching reference materials. The improvement strategy serves as a reference for Bo-Ai Elementary School to achieve the concept of concentrated formula of the natural environment. The research results also can be used as reference for other schools' ecological ponds improvement.

Keywords: compus ecological pond, TRIZ theory, concentrated natural ecology, technical contradiction, substance—field analysis



謝誌

感謝中華大學成立碩士在職專班，讓已經在工作的我能有機會再一次於校園中學習；感謝建築與設計學院、土木系的所有師長們，每一次的上課對我來說都是視野的開拓與心靈的再成長。尤其感謝指導教授張奇偉博士，持續的討論研究，提供我研究的方向，在論文架構及鋪陳上的提點，伴我度過每一次的難關。

特別感謝翁榮洲教授及范德威教授擔任論文口試委員，並於口試時細心聆聽，提供我許多寶貴的想法及改進建議，讓我的論文研究更加完備，更有研究價值。

本論文的完成也必須感謝我的戰友們：彭德明老師、葉美玲老師、李宜如老師、楊詠喬老師、張小娟老師、謝嘉鈞老師、許秀雯老師、李素珍老師，兩年半的研修歲月，我們彼此互相扶持、給大家打氣加油，讓我們撐持過來，回首過去兩年半，還好有你們，讓我在學習的路途有良師益友、有人可以分享、有人可以相互扶持，謝謝你們。其中最要感謝的是李素珍老師，在您的極力邀約下，半推半就地參加先修班、參加研究所考試、忙碌的上學生活，轉眼間我竟然已經完成了不可能的任務-拿到碩士學歷，應該說沒有你就沒有今日的我。由衷的感謝您！

最後要感謝我親愛的家人，學業上的壓力讓我在這兩年成長不少，但對於你們也有所疏忽。感謝老公隨時配合我接送小孩，安排孩子們的假日生活，讓我能安心地上學。謹將我的論文獻給所有愛我的人，以及所有幫助過我的人。祝福所有的人都能平安、喜樂！

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機.....	2
1.3 研究目的.....	3
1.4 研究架構.....	4
第二章 文獻探討	5
2.1 校園生態池的設置	5
2.1.1 校園生態池的定義.....	5
2.1.2 校園生態池的種類與營造理念.....	6
2.1.3 校園生態池的管理.....	10
2.2 水中生物	14
2.2.1 水生植物.....	14
2.2.2 水生動物.....	14
2.3 濃縮式自然生態	18
2.4 TRIZ 創新理論相關運用	20
第三章 TRIZ 基本原理分析	24
3.1 TRIZ 的簡介	24
3.1.1 TRIZ 的背景.....	24
3.1.2 TRIZ 理論體系.....	25
3.2 TRIZ 創意 40 發明原則	26
3.3 TRIZ 工具	30
3.3.1 技術矛盾(Technical Contradiction)	31
3.3.2 物理矛盾(Physical Contradiction)	35
3.3.3 質一場分析.....	38

第四章 案例探討—以博愛國小生態池為例	42
4.1 生態池現況分析	43
4.1.1 環境生態系統.....	43
4.1.2 生態池生態系統.....	45
4.1.3 問題分析.....	47
4.2 TRIZ 方法應用於生態池之解析	49
4.2.1 改善生態池結構符合生物多樣性(濃縮式自然生態環境)	49
4.2.2 改善生態池水的流動.....	53
4.2.3 改進生態池水生動植物符合教學需求.....	59
4.2.4 生態池的永續發展問題	63
4.3 分析結果	65
第五章 結論與建議	69
5.1 結論	69
5.2 建議	69
參考文獻	71
附錄一 TRIZ 之 39 工程參數	74
附錄二 76 標準解	76



表目錄

表 2-1 依水體流動特性將水池做分類.....	6
表 2-2 依教育、生態、規劃主體性三個面向，將校園水生植物池類型做分類	7
表 3-1 TRIZ 的 40 發明原理與原則.....	27
表 3-2 39 項工程參數表.....	31
表 3-3 TRIZ 解決攜帶奶粉問題流程.....	33
表 3-4 矛盾矩陣表(部分表格)	34
表 3-5 常見的物理衝突.....	35
表 3-6 物理矛盾的四大分離原則.....	37
表 3-7 質場線條形式代表意義.....	39
表 3-8 76 個標準解方法分類法(五大類)	41
表 3-9 76 個標準解各分類標準解所代表的意義.....	41
表 4-1 生態池外側尺寸.....	45
表 4-2 生態池內側尺寸.....	46
表 4-3 博愛國小生態池環境因子.....	46
表 4-4 博愛國小生態池需要改善的問題及運用的 TRIZ 工具.....	49
表 4-5 改善生態池結構符合生物多樣性轉化成 TRIZ 問題.....	50
表 4-6 改善生態池結構符合生物多樣性矛盾矩陣表(部分表格).....	50
表 4-7 改善生態池水的流動轉化成 TRIZ 問題.....	54
表 4-8 改善生態池水的流動矛盾矩陣表(部分表格).....	54
表 4-9 改善生態池水生動植物符合教學需求轉化成 TRIZ 問題.....	59
表 4-10 改善生態池水生動植物符合教學需求矛盾矩陣表(部分表格).....	60
表 4-11 空間分離對應創新發明原理及原則.....	61
表 4-12 生態池軟硬體維護管理.....	64
表 4-13 運用 TRIZ 創新理論所得到的改善策略.....	65

圖目錄

圖 1-1 研究程序圖.....	4
圖 2-1 校園生態池區域選擇考量圖.....	10
圖 2-2 優養化.....	11
圖 2-3 水生植物分類表.....	14
圖 2-4 濃縮式水域生態示意圖.....	19
圖 2-5 濃縮式自然生態環境概念圖.....	19
圖 3-1 TRIZ 理論體系.....	26
圖 3-2 TRIZ 矛盾解決流程圖.....	31
圖 3-3 基本的質-場三角模型.....	38
圖 3-4 有效完整模型.....	39
圖 3-5 不完整模型.....	39
圖 3-6 效應有害的完整模型.....	40
圖 3-7 效應不足的完整模型.....	40
圖 4-1 博愛國小生態池問題研究流程.....	42
圖 4-2 博愛國小東、西側水生植物池.....	43
圖 4-3 博愛國小生態池上視圖.....	44
圖 4-4 上層溢流孔.....	44
圖 4-5 下層溢流孔.....	44
圖 4-6 優養化圖(上層).....	45
圖 4-7 優養化圖(下層).....	45
圖 4-8 殘障坡道圖.....	51
圖 4-9 運用巢狀結構增加植栽.....	52
圖 4-10 生態池結構的物場模型分析圖.....	52
圖 4-11 加入多孔隙材料強化生態池效應之質-場模型圖.....	52

圖 4-12 使用網子撈除雜物(分離抽出)	55
圖 4-13 太陽能供電系統.....	55
圖 4-14 預先作用過濾系統 1.....	56
圖 4-15 預先作用過濾系統 2.....	56
圖 4-16 水生池有高低差並加大孔洞.....	56
圖 4-17 生態池水流的質場分析模型分析圖.....	57
圖 4-18 生態池水流增加機械場的質場分析模型分析圖.....	57
圖 4-19 水車.....	58
圖 4-20 原來生態池溢流孔.....	58
圖 4-21 加大溢流孔.....	58
圖 4-22 改進水流增加水含氧量之並聯式質場模型圖.....	58
圖4-23 生態池親水平台虛擬導覽.....	61
圖 4-24 生態池水生植物種類的選擇問題矛盾衝突.....	61
圖 4-25 生態池永續發展之質-場模型.....	64
圖 4-26 加入管理場增進生態池永續發展之質場模型圖.....	64
圖 4-27 加入自動管理場增進生態池永續發展之質-場模型.....	65
圖 4-28 運用 TRIZ 創新改善博愛國小生態池之示意圖.....	68

第一章 緒論

1.1 研究背景

濕地與森林、海洋並稱全三大生態系統，是水生及陸地生態系統最精彩的過度地帶。濕地由於兼具陸地和水生生態系統的特點，因此濕地也是世界上生產力最豐沛的生態系，被譽為「地球之腎」，可以保存水中的養分、過濾化學和有機廢物、積存懸浮物，使水質淨化。濕地具有調節氣候、調蓄水量、淨化水體、美化環境、防洪抗旱、涵養水源、地下水補注、調節氣候、保持水土、物質生產、生物多樣性、生物棲息地、休閒旅遊、研究與教育等功能。

濕地一般分為天然濕地，如泥灘、瀉湖、湖泊、泥沼等；人工濕地，如魚塭、鹽田、水稻田、蓮花池、景觀池、生態水池等。城市濕地則是一種新的觀念，泛指人類居住範圍內屬於都市水文循環的溼地生態系。城市濕地的水源包含降雨、湧泉、地表逕流或是存在於城市中的溪流、水圳、水道、溝渠、湧泉、魚塭、埤塘、鹽田、水稻田、菱角田、蓮花池、景觀池、生態水池、人工湖泊、地下水體及處理廢汙水的人工溼地等。

由於經濟的發展，帶動各地區的開發，因而許多人們居住周遭的溼地受到開發破壞，取而代之的是鋼筋水泥建築及柏油路面、不透水的鋪面大量取代天然的土地及原有的濕地，所產生的熱島效應顯著。台灣地區受到熱島效應的影響範圍不僅越來越明顯，也可能導致區域性氣候改變，可說是當前迫切的環境問題之一。值得注意的是在都市中「大量建築物取代植被空間影響蒸發降溫功能劇減」、「濫用不透水鋪面等阻隔降雨入滲土壤儲存」與「過量使用汽機車與冷氣造成空氣與熱污染」等作法，不僅違反生態維護的原則，也是導致熱島效應發生的部分原因。近年來全省時常面臨乾旱缺水，洪水發生時挾帶嚴重土石流，暑熱逐年增溫也提前發生，最高氣溫屢創新高，這些異常氣候現象推測與整體生態環境品質惡化有密切的關聯。

自工業革命以來快速的產業發展與資源過度開發，破壞了全球生態環境，產生了許多環境問題，也激起了全球環境保護運動與環境運動。生態教育和環境教育是一體的兩面，打造生態校園，進行生態教育，成為校園環境經營的主要理念之一。

1.2 研究動機

為達成永續發展的目標，行政院主導「挑戰 2008——六年國家重點發展計畫」，由教育部規劃的「永續校園推廣計畫」，為建立一個進步、安全、衛生、健康、人性化的學習環境空間為主，並於擴大內需刺激景氣的期程內，加速推行校園公共工程改造計畫，藉由突破傳統校園封閉的環境與制式管理原則下，整合社區共同意識、建立社區風貌、拓展生態旅遊等課題，改造校園環境成為具有社區特質的公共活動空間，結合校園綠色技術實施應用，轉化國內相關產業技術，進而增進綠色產業推廣效益，落實擴大內需進而促進產業升級與提振國內景氣之功效，從而發揮永續台灣、環境教育之積極意義與促成教育改革之目的。

永續校園包含項目在硬體方面含括「生態環境恢復與維護」以及「永續建築」兩大項目，從瞭解自身校園地域、文化、歷史與生態等特色，從而創造出完全不同且多樣的校園環境。而在軟體部分，配合九年一貫課程實行，各校對應校園環境改造，創造出各校教學特色的教學教材，未來更可配合鄰近不同教育特色的學校，更能形成緊密的環境教育聯絡網。

根據全國國民中小學生態教學資源現況調查 [1]顯示，全國有 63.3% 的學校已設有生態池，在國小生態教學資源中最迫切需要的是提供相關資訊站 28%，其次經營管理佔 18.7%，大多數學校還是想做好生態教學，但不知如何做，再則經營管理也是延續教學的重要因素。

目前許多學校內設有傳統景觀水生池，似乎可以思考改造原有水生池，讓它成為充滿生機的溼地生態池。因此，擬從校園溼地生態池的改造、維護與管理作探討。博愛國

小創校時即設置有水生植物池，分別位於中庭集合場周圍，四周圍水泥建物及不透水鋪面，周邊缺乏其他植栽及生物環境；水池上方因曾有學童掉落，設有鐵欄杆，以維護學童安全，但缺乏親和性，學童觀察不易，反而因好奇而常有學童攀爬其上；水生植物的種類足夠，但因缺乏管理，常有繁殖過多問題，再由工友加以撈除；池水來源為地下水，與學校洗手台用水相同，水注入水生植物池後，滿了就由周邊挖除的孔洞溢流而出。配合當時校園建置及當時需求而設置的水生植物池，在永續發展的觀點及現今環境教育的需求下似乎需要一些具體改善建議，為博愛國小的傳統水生植物池注入新生命。

1.3 研究目的

本研究的目的是希望以「系統性創新理論」的方法，以博愛國小為探討案例，有系統的歸納出博愛國小校園生態池的具體改善方法，使現有的校園生態池符合永續校園的發展目標，並符合實際教學上需求。並期待改善後的博愛國小校園生態池，能提供其他校園生態池一些具體改善經驗及研究方法，以確實發揮校園生態池的功能及教育意義。



1.4 研究架構

本研究欲應用 TRIZ 方法校園生態池，將先蒐集校園生態池、水生動植物、自然生態工法相關文獻，再以博愛國小為案例探討，解析問題，運用創新理論進行分析探討，以求得相關解決策略及建議。其研究程序如圖 1-1 所示：

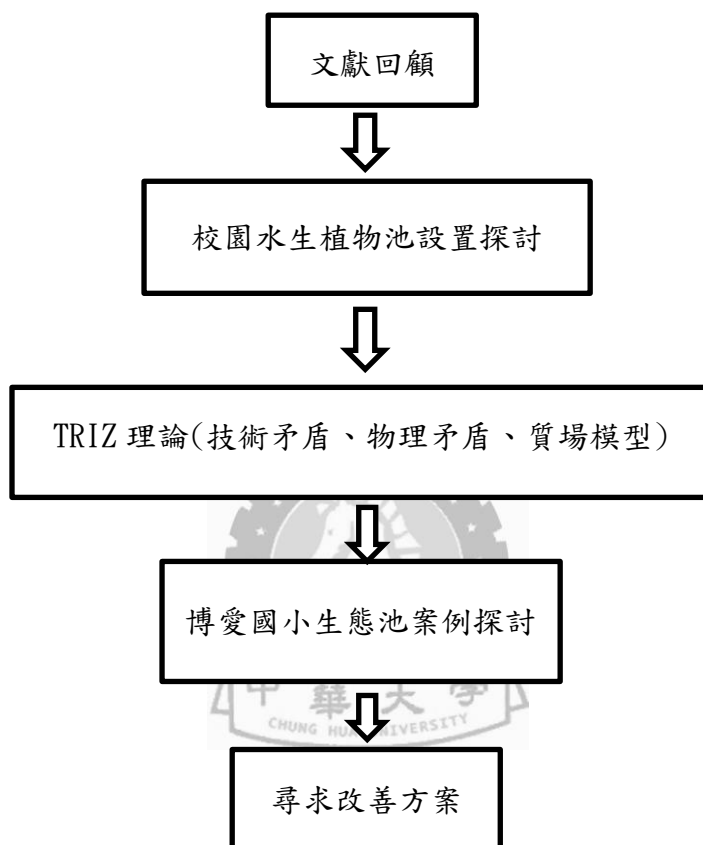


圖 1-1 研究程序圖

第二章 文獻探討

近幾年來，由於環境教育的大力推行，生態教育變成環境教育的主幹，在營造校園環境的理念中，由於生態概念的加入，大家對生態的關懷，學校對生態教育的重視，如何打造「生態校園」，進行生態教育，成為校園經營的主要理念。在學校既有的硬體設備下要做生態環境的改造有其困難度，本研究從與自然課程相關的水生植物池出發，運用 TRIZ 的成功案例作探討，希望校園一角的生態池能在學生環境教育的學習有所助益。

2.1 校園生態池的設置

1997 年教育部與環保署頒布「加強學校環境教育三年實施計畫」，其中「校園生態教材園」為重要的子計畫，所以各級學校開始在整體化、人性化、及生活化的觀念下規畫各校校園環境，進行校園生態營造。生態與永續環境開始受到重視，因此生態池迅速出現在校園之中。

學校是一個教育場所，配合環境教育及自然科教學進行，通常會在校園適當的地點設置校園生態池，以便利全校師生進行觀察學習。

經驗可以來自於感覺，經由感官與外界的接觸，從環境中獲得素材，屬於一種外在感官的學習，教育是「在經驗中」、「由於經驗」和「為著經驗」的一種發展過程[2]。實物教學能有效灌輸學生環境知識，利用圖片、錄音帶、多媒體輔助課堂教學，對於學生來說，眼前所呈現出來的是虛擬世界，沒有真實感。在皮亞傑的認知發展理論中，國小的學童介於七到十二歲，正屬於具體運思時期，學童能藉由具體經驗解決問題，不再只憑知覺所見去做判斷，但還不能做過於抽象的思考。

2.1.1 校園生態池的定義

王佩蓮 [3]指出，教學需在自然中進行，為符合生物生長需求，應多鼓勵各校設置開放式的自然教學環境。針對各學校自然學習廣場的建立，最常見也是最普遍的，即是生態教材園的規劃與營造。

校園生態池鮮少有人對其做定義性的說明，一般人常將其與景觀池或是生態教材園混為一談。然就文獻論述的發展得知，校園生態池的理念係來自淡水生態系中的溼地(Wetland)理念 [4]。因為溼地的生態與淨化水質功能開始被大量研究所證實，因此溼地也被拿來當作環境與生態教育的最佳題材。然台灣受限於地狹人稠，一般都市鮮少有溼地生態可做為學生實地學習之機會，故學校的校園規劃則常以生態池之設置來做為濕地的「微觀」教學。可將校園生態池定義如下，「校園生態池係從生態學的角度所規畫的實體建築，而其採行的工法設計應符合生態之設計來達成動植物棲息的環境目標，其設置、規畫與管理應同時兼具生態、環保與教育等複合功能。」

王秀娟、陳貞譚 [5]歸納校園生態池的定義為：「在校園中天然存在或人工開挖模擬自然濕地、湖泊、池塘、水田、埤塘、溪流等水域環境，具有生物與非生物間互動循環的食物鏈過程，為生物棲息之小型生態系空間，並可提供生態教育、示範及景觀美化功能之水域環境。」

2.1.2 校園生態池的種類與營造理念

學校設置生態教材園的目的在提供學生實際觀察、操作、記錄的機會，體驗探究大自然的奧秘，培養對於生命的尊重與關愛，亦兼顧校園的美化及綠化。現今校園生態池因功能的差異，及營造方式不同而出現各種類型。本研究參考詹建平 [6]依水體流動特性將水池分成如表2-1所示：

表 2-1 依水體流動特性將水池做分類

河流式生態池	<ul style="list-style-type: none"> a.將生態池開闢為河流形式，從上游到下游都可種植水生植物。 b.採用土渠模式，對水中生物及兩棲類具有正面效益。 c.特別適合小型挺水植物及沉水植物。 d.符合現實的生態環境。 e.缺點:需較大校園面積，且容易引進無法控制的強勢外來生物。
池塘式生態池	<ul style="list-style-type: none"> a.分為圓形池（美觀設計）、方形池(單種植物)、不規則型(多樣化)等。

	<p>b. 搭配人工浮島之設置，上部供動物棲息，下半部的植物根系供魚類卵泡附著其上，對遊憩、生態皆有助益。</p> <p>c. 池塘水深需考慮水生植物或動物的生存環境，考慮其安全性、是否使用過濾裝置、池底材質等。</p> <p>d. 易於管理。</p>
綜合式生態池	<p>a. 綜合河流式、池塘式生態池之設計，創造一個完整的水生植物生態情境。</p> <p>b. 在河流式生態池渠道側邊開口設置池塘式生態池，水深以一公尺以內為宜，栽培各種植物，使生態更為豐富。</p>

張惠莉[7]透過調查與訪談十五個學校的生態池，依教育、生態、規劃主體性三個面向，將校園水生植物池類型分為如表 2-2 所示：

表 2-2 依教育、生態、規劃主體性三個面向，將校園水生植物池類型做分類

景觀型	<p>a. 與教育無直接相關。</p> <p>b. 傳統綠化的方式。</p> <p>c. 完全依規劃者的意見。</p>
教材資料庫型	<p>a. 仍以傳統教育在教室內進行教學的思考為主。</p> <p>b. 傳統綠化的方式，水泥材質作為分隔區域。</p> <p>c. 依規劃者及學校教師的意見。</p>
仿生態型	<p>a. 符合開放教育的空間開放與迎向大自然的精神。</p> <p>b. 已有一些生態綠化的精神，但還有一些傳統綠化的影響。</p> <p>c. 依規劃者及學校教師的意見為主。</p>
生態景觀學習型	<p>a. 符合開放教育的空間開放與迎向大自然的精神。</p> <p>b. 生態綠化的方式。</p> <p>c. 規劃者、學校教師、學生共同參與規劃或執行。</p>

在王秀娟、陳貞謙的研究中採用張惠莉的校園水生池類型分類方式，利用電話訪問及現地調查台北市 39 所有生態池的學校，所得結論:教材資料庫池最多，生態景觀學習池最少。生態景觀池為最接近「濃縮式自然環境」的生態池類型，應著重各種可能之教學契機，因應環境及教學需求，整合改造既有景觀池及教材資料庫池。

生態池在設置時應考量所在地點的水源及日照是否充足，每天至少維持 5 小時以上的日照，且應避開周遭有大樹的區位；在外型上應求彎曲、多變化；池底施作以底土壓實方式，不宜採用水泥或磁磚 [8]。必須將生態池視為開放教育的思維，鼓勵學生走出教室，親近大自然，切勿將校園生態池加裝圍籬，凸顯教育的封閉思維。

何晨瑛 [9]從教育部「台灣綠色學校伙伴網路計畫」之學校中選出 15 間國民小學做研究，發現所調查的生態水池中，有三成以上以混凝土體做為護岸構造，期雖有砌卵石作為表面構造，但卻在卵石護岸以混凝土填縫，使卵石護岸喪失了原有可作為多孔隙七地的生態功能。



校園生態池規劃設計的原則: [10]

1. 水深:安全考量，因此水深不超過 60 公分，且應具有變化，可在 10 公分—60 公分間配置不同比例，也可有小區域 100 深的地方，以利魚類過冬。
2. 形狀:應為彎彎曲曲、多變化，避免平直整齊之形式。
3. 池底:以粘土成分 40% 以上之粘土 60-80 公分壓實即可防漏，粘土上層再鋪 30 公分之砂質壤土，以利植物生長。不可使用水泥或磁磚等打底，並酌予挖溝、堆石、堆木塊，放置多孔隙材料。
4. 植栽:依不同水深，種植原生濕生、挺水、浮葉、沉水等植物，周邊栽種親水之原生地被、灌木、及喬木。
5. 池岸:水岸邊坡應平緩，並以自然之土壤、木材或天然石塊組成，邊緣緩和，切勿營造邊緣垂直或過分整齊之堤岸。使用材質不可以是水泥或磁磚，應使用多孔隙材質、

多變化，以利動物之上下及棲息隱蔽。

6. 池中堆置物:可放置枯木、根株、石堆、枯竹，並使部分沉入水中，便於水棲昆蟲及魚蝦生存，亦可形成水陸兩棲動物之天然通路及水鳥駐足點。
7. 生態島:考量生態池大小，池中可預設緩坡且彎曲的生態小島。
8. 流動水:利用自然水源之落差，以竹片、石材、水車等都可製造出流水效果，亦可使用沉水馬達來進行水循環。
9. 日照:生態池池面每天應維持至少五小時的光照，以利各種植物繁殖生長，應避開高大建築物或太近的大樹。
10. 動物的引進:可在水池完成後放養蛙類及魚類，但要防止福壽螺、巴西龜、等外來物種。
11. 利用及保護:部分區域開放，大部分區域養護。
12. 水源及植生管理:水源及水量應設法使其清潔與穩定；池中及岸邊植物定期整理。
13. 隔離:不要裝置上鎖之門鎖或高大圍籬，讓居民、學生、一般遊客隨時可進入利用進行觀察、學習及休憩。



以遠東科技大學為例，遠東科技大學於 94 年初利用學校現有的水利灌溉渠道，運石頭堆砌成階梯式水道，護岸以多孔隙生態邊坡，種植適當的陸域水域植被(以本土原生殖為優先考量)，在生態池周邊的空地種植草地及灌木，藉由生物多樣性的生態復育大面積草地，以確保多樣化岸邊生物藏身、覓食、求偶、產卵、繁殖等功能的棲息環境。 [11]

排水設計分兩部分，一是溢水口，當水位到達所需高度，多餘的水由此處排出，溢水口也需考慮給水方式，若各區給水獨立，溢水口也須分別設置；若各區的水相通，當然只需一個溢水口。二是管理使用的放水排水口，此排水口需各區獨立，以便栽培植物時作業，此排水口平常關閉，其高度應在池底栽培土之上，以防泥土堵住，失去其功能。

[12]

學校有寒暑假，這段時間管理上是一個空窗期，所以最好設定有定時自動開關，讓

水流有循環的時間，而給水方式有:仿河川、瀑布、噴泉、壁泉等。各小區的供水，可利用連通管原理，只要在各壁側埋一水管，相連各區就會有等高的水，在設計時應留意，或是各區分別設置出水口。

2.1.3 校園生態池的管理及問題

營造成功的生態池需要很多專業知識和技術，從規劃設計、施工、管理維護到後續的監測都需要付出很多心力，特別是完成後的管理維護及後續監測，這樣才能真正達到生態保育及環境教育的功能。

生態池應用過程中，應考量教學實際層面的構思，進入校園環境真實層面，所需面對的必須加入人為因子與管理方式 [13]。如圖 2-1 所示：

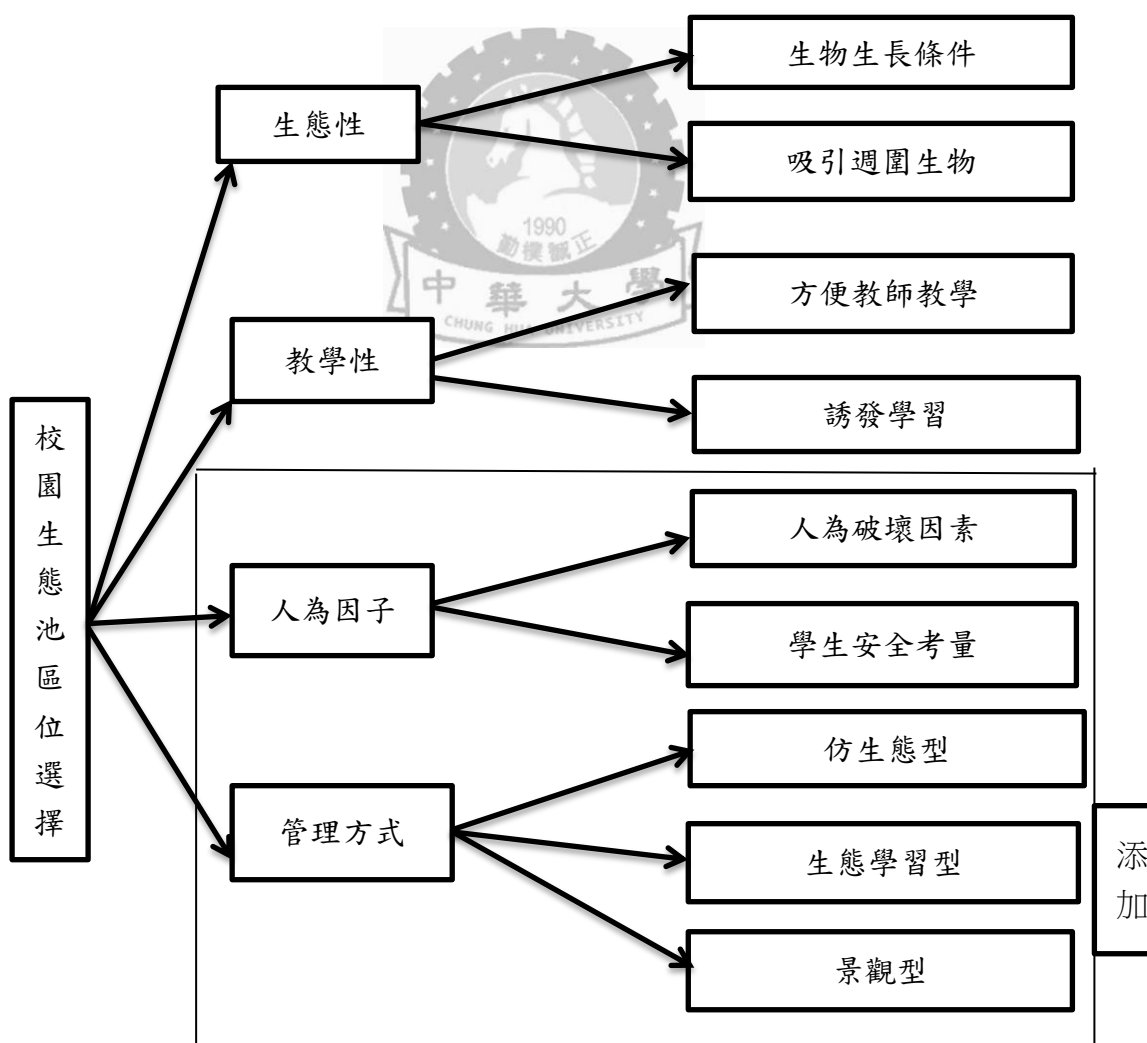


圖 2-1 校園生態池區域選擇考量圖 資料來源:整理自林可涵(2006)

校園生態池依據各校的需求有不同形式的設計，多能達到教學及觀賞的目的，在管理上常缺乏專人專門照顧，若缺乏關注造成生長不良或優養化狀況，則失去當初設置生態池的意義。校園生態池有必要長期給予管理與適當維護，葉錫鑫 [14]建議：

- (1) 成立管理小組:可由熱衷生態環境的夥伴們共同參與，其成員對象可以很廣泛，諸如：行政人員、教師、學生、家長志工、社區人士等。
- (2) 定期清理維護:生態池因強勢物種、水質、水溫等的影響而失去功能，必須做定期清理工作。清理工作可分為平常或定期，平時只需維持水的暢通、水面的乾淨、水質的穩定度等，定期可半年或一年，撈除強勢物種，如布袋蓮、大萍。
- (3) 防止放生魚蝦:隨時宣導與防止有人任意放生未經允許的水中生物，如:吳郭魚、美國螯蝦、福壽螺。
- (4) 引進各項資源:生態池的維護需要一群積極又熱心的人共同參與，而且是長期與不斷投入的工作，需要持續有效的挹注。

優養化是--水體富營養化又稱作優養化，是指湖泊、河流、水庫等水體中氮、磷等植物營養物質含量過多所引起的水質污染現象。由於水體中氮、磷營養物質的富集，引起藻類及其他浮游生物的迅速繁殖，使水體溶解氧含量下降，造成藻類、浮游生物、植物、水生物和魚類衰亡甚至絕跡的污染現象。 [15]

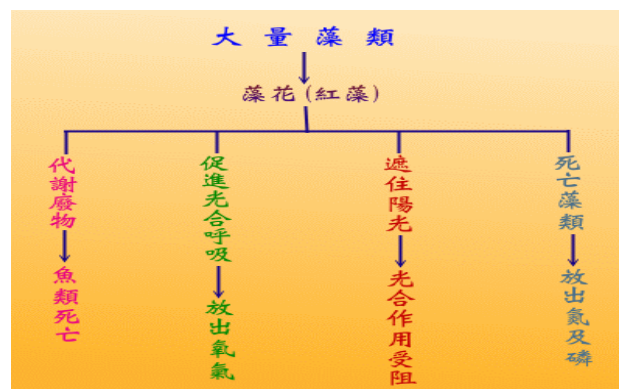


圖 2-2 優養化

資料來源:環境與水網站 <http://chemedu.pu.edu.tw/water/pollution/first/18.htm>

林可涵彙整生態池管理管理方式如下:

1. 池底及水質維護

- (1) 確認過濾裝置設置的必要性。
- (2) 需進行水質監測，水質監測應一個月進行一次，監測項目為水溫、溶氧量、PH 值、導電度、濁度等。
- (3) 水池內的水若已汙濁或池底堆積泥砂，應將池水排空，予以清洗後再注入乾淨水。
- (4) 水池進出口應維持暢通，保持正常水位及水流。
- (5) 水池如有裂滲情形，應將水排空後修補或重新鋪設防水設施。
- (6) 檢查水池內養殖動物的活動及存活情形，如活動及存活狀況不佳，應針對原因做改善。
- (7) 為保持水質潔淨，應隨時摘除變黃葉片、凋萎花朵、果實等。
- (8) 藻類過多時易造成水質優養化，應在池中飼養一些蝌蚪、食藻動物，或每加侖池水中加入一湯匙飽和的過錳酸鉀溶液，或在池中栽種足夠的水生植物，與藻類競爭日照，抑制藻類生長。

2. 水生植物與動物之管理

- (1) 初栽植水生植物不宜過深，後隨水生植物特性調節水深，生長區水流速度應保持緩和。
- (2) 如植栽經年，葉片失綠，則可在根部加錠劑肥料，或將鉀肥、油粕及黏土混合，捏成團狀壓入土內。
- (3) 當水生植物繁衍過多，產生擁擠現象，或因日照不足及通風不良，均易阻礙生長，產生病蟲害，此時應除去植株外圍部分葉片或拔除部分植株。
- (4) 水生植物的栽植，可考慮每種類型 3-5 種，並須避免植栽繁殖過於快速的種類(如香蒲、李氏禾)。
- (5) 為避免浮葉性與挺水植物繁殖過快，在其根部中，以盆子、建築材料或者是打樁隔離。
- (6) 校園生態池管理上，以校內師生共同維護管理之費用較低。

(7) 水棲動物的引入，可選擇適應力較強、當地常見的小型水棲動物，並須注意不可超過棲地的容許量。較適合的種類如大肚魚、黑殼蝦、細蟪科治蟲等，蛙類則需等環境狀況穩定，視棲地條件是否適合才能引入，可引入的種類如盤古蟾蜍、貢德氏赤蛙。

吳青蓉、林晏洲[16]針對台北市八所有生態池的學校進行調查，在生態池維護管理的情形上，多數學校的管理單位以工友居多(50%)、其次為總務處(33%)。在維護頻率方面，大多數學校多為不定期或隨時去察看生態池。在生態池維護管理上常見的困難為「缺少專業能力」(21.2%)，其次為「水位常不足」和「水生植物生長過度」(12.1%)。在需要協助項目上，以「提供專業顧問」需求居多(43.8%)，其次為「增加人力協助工作」(31.8%)及增加經費(18.8%)。

以遠東科技大學為例，遠東科技大學生態池於2006年11月正式啟用，目前生態池後續的維護工作由通識教育中心主任督導，總務處及學生社團「生態研究社」執行，除此之外，「生態研究社」已在校內進行建構生態池生物食物鏈式的系統，如培養蝸牛、放養蓋斑鬥魚等。



生態池是模仿自然環境下的湖泊、池塘而營造出多種動植物共同生活的生態環境，是一種動態平衡的生態系。要維持生態池的生態平衡必須有良好的工程規劃，包括池底的基質條件，植物要素、多孔性空間、多種類環境及連續空間等條件，還要建立良好的池水循環以及完善的後續經營，才能提供教師做為自然科教學的利器。然而在客觀與現實條件的限制下，許多校園都無法達到上述基本要求，這時，虛擬實境確實可以擔負起替代實質環境的責任，甚至在可控管的模擬環境因素中，能改善已具備生態池的校園在經營管理上的缺失不足。虛擬實境可以讓學習者實際操作並從不同視角觀察的特性，更是提供一個觀察探究、主動學習的環境，支援由做中學、情境式學習、建構主義學習等理論。[17]

2.2 水中生物

「魚兒水中游，蓮葉水上搖，好多植物和動物生活在水裡。」這是翰林版國小自然與生活科技四上的課本中的一句話。這個單元介紹了台灣的好山好水，從高山到海邊，讓孩子認識水田、溪流、池塘、湖泊、灌溉溝渠、河口溼地、海岸等「有水的環境」。

台灣水域常見的生物有：白腹秧雞、貢德氏樹蛙、蓋斑鬥魚、宏冠水雞、田螺、泥鰍、鯽魚、拉氏清溪蟹、香蒲、浮萍、台灣水龍等。水生生物的生活會受水質、水流、陽光和空氣的影響，因此不同的水域會有不一樣的生物。

2.2.1 水生植物

自然界的水在陸地和水域之間呈現一種漸進式的變化，從水邊往陸地方向，土壤含水量逐漸減少，植物對水分的依賴也逐漸減少，有些植物需要比較多的水分，有些植物則可以生長在乾旱的沙漠地區。

水生植物之定義：「以水為生存及生長媒介的植物」 [18]，一般來說，水生植物就是指「生長在水裡的植物」、「比陸生植物更依賴水」，像植物體完全沉在水中的金魚藻、葉子飄浮在水面的睡蓮、完全漂浮在水面的浮萍、植物體部分伸出水面的荷花，可以說是水生植物的代表。水生植物對於淨化水質有很大的幫助，同時也可提供兩棲類、魚類及其他水棲動物躲藏生長的地方。

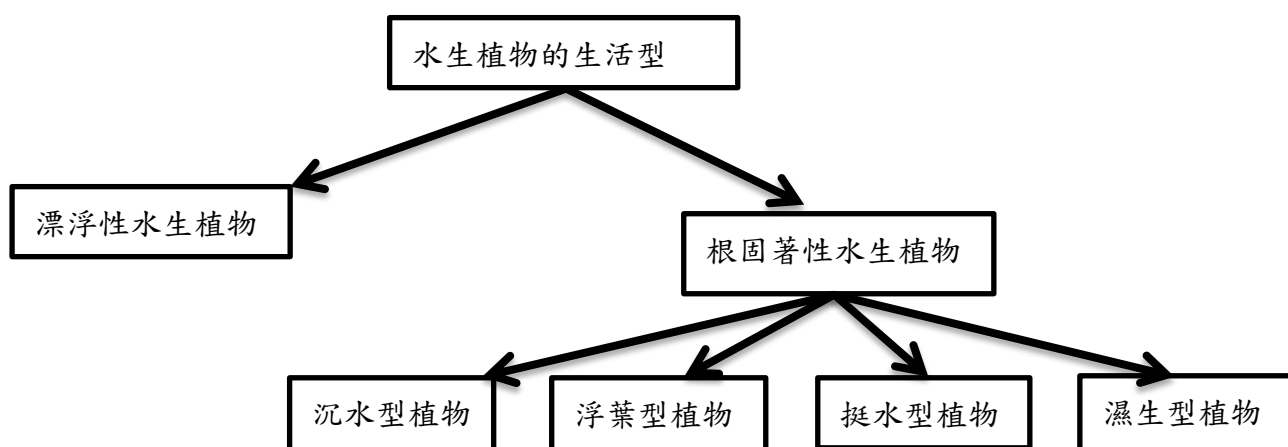


圖 2-3 水生植物分類表

本研究參考李松柏 [19]對水生植物的研究，依生長環境、外在形狀特徵，分水生植物為五大類(如圖 2-3 所)示:

1. 漂浮型植物: 漂浮性植物又稱浮水性植物，整株植物漂浮在水面，容易受水流影響而四處漂流。它的葉面通常較為寬廣，增加和水的接觸面，省植物體更容易浮在水面上。代表性植物為：青萍、大萍、布袋蓮等。
2. 沉水型植物: 這類植物完全沉浸在水中，植物體的根部固定在水底，莖、葉完全沉沒在水中。沉水植物性植物的身體通常很柔軟，葉片的形狀較為細長、厚度較薄，以柔軟的身軀隨著水流擺動。代表性植物為: 水蘊草、金魚藻。
3. 浮葉型植物: 植物體的根部固定在土壤中，葉由細長的葉柄支撐漂浮於水面，柔細的葉柄能在水位變化時彎曲或伸展，使葉片保持浮於水面。代表性植物為: 田字草、睡蓮、台灣萍蓬草。
4. 挺水型植物: 植物體僅根部或極少部分生長於水中，莖或葉挺生於空氣中。由於部分植物體是伸出水中，因此植物體的支撐性較高，和陸生植物很類似。代表性植物: 蓮花、荸薺、蘆葦。種植蓮花來吸收上一個池子裡面的生物（像：魚），所排放的有機質（糞便），因為蓮花是一種需要氮、磷、鉀的植物，正好可以拿來運用。
5. 濕生型植物: 這類植物只是根部所生長的土壤含水量較高而已，因此在各方面的特徵都和陸生植物差不多，不過水分飽和的潮濕土壤仍然是它們最佳的生長環境。代表性植物: 水丁香、田蔥、香蒲。

水質是直接影響水生植物生長的主因，在一般正常穩定的情況下，水生植物大多能適應水域生態條件，不需要特別的施肥、灌溉照料，其族群即能穩定的繁衍於溼地環境中 [20]。

水生植物常被劃分成「原生種」與「外來種」水生植物兩大類，「原生種」水生植物顧名思義，即是台灣原生的水生植物，也就是水生植物的原住民。隨著近年本土意識與生態議題逐漸受到重視，台灣原生水生植物逐漸嶄露頭角，尤其是台灣特有種類，如台灣萍蓬草、台灣水韭等，以及瀕臨絕種的原生水生植物，如穗花棋盤腳、風箱樹等，都成為熱門的討論與收集種植對象。

相對於「原生種」水生植物，「外來種」便是一個能見度較高的族群，這些在最近數十年到百年間經由人為引進的種類，多具有觀賞或其他價值，因此也較為大眾所認識。尤其近來最受廣泛討論的，便是被大力撿伐的布袋蓮、水芙蓉以及人厭槐葉萍等外來種水生植物。這些被稱為「水生公害」的水生植物，主要是生長速度過快，可輕易長滿整個水面，造成河道、灌溉溝渠阻塞，影響農地灌溉，甚至引發淹水，再加上侵略性強，會影響其他水生植物的生長，造成其他水生物種的消失，因此每年都需花鉅額預算來整治移除，增加不少社會成本。

然而許多外來種水生植物，也扮演了人們與水生植物之間的橋樑。例如荷花與睡蓮，便是大家最熟悉的外來種水生植物，而常吃的空心菜、筊白筍，也是早期人為引進的水生植物，因此並非外來種水生植物即非善類，只是在種植、販賣與居家觀賞利用時，更須注意其侵略性及善後。譬如不種植、不販賣高侵略性水生植物，或是種植時須嚴加注意不讓它外流到開放水域；而一般民眾買回觀賞，經一段時間植株變醜之後，不輕易將植株棄置在水溝河流中，應該將它以家中垃圾來處理，以免影響水域生態。[21]

2.2.2 水生動物

水中的世界有了植物之後，自然而然的就會引來吃植物的動物，水生植物的種類越多，吃植物的動物種類也就越是五花八門；有了這些動物之後又引來吃動物的動物，水裡的世界就更熱鬧了。生活在水中的動物，大致上可以區分為兩棲類、爬蟲類、魚類、甲殼類、軟體動物和水棲昆蟲等。

1. 兩棲類:能在陸地及水中生長的動物，以青蛙為代表。青蛙幼體生長於水中(蝌蚪)，成體才離開水中，可以到陸地生活，用腳游泳，用肺和潮濕的皮膚呼吸。
2. 魚類: 魚類生活在水裡，身體的外形可以區分為頭、軀幹、尾和鰭四部分。鰭是魚類的運動器官和平衡器官，多數魚類會擺動鰭在水中游動，或是維持在一個固定的地方；皮膚外層包著鱗片，有保護皮膚的作用，仔細觀察會發現到一或二條的側線；魚使用鰓在水裡呼吸，所以，我們如果翻開鰓蓋，會發現魚的鰓總是鮮紅色的，嘴巴也總是一開一闔的。代表性的魚類有:蓋斑鬥魚、孔雀魚、大肚魚。

在這個池子裡面，我們養魚來進行生產，而且養的這個魚也選擇以福壽螺為食的魚，能夠減少環境的破壞，一舉數得啊！

在經常積水的水溝或水池養殖大肚魚或孔雀魚，就可以輕易控制蚊蟲的孳生。再加上生態相改善後，生物間自動相生相剋，達到平衡，自然不會有蚊蟲大量滋生問題。[22]

3. 水棲昆蟲:昆蟲是這個世界上最有勢力的動物，陸地、空中、水裡都可以看到他們的龐大家族成員。其中住在水裡的昆蟲，我們就稱為水棲昆蟲。像是紅娘華、豆娘、蜻蜓、水黽、田鱉等。
4. 軟體動物:乾淨的水溝裡、河裡常常可以看見有螺類，慢慢的爬行，在水底的泥沙上、石頭上留下一條條的痕跡。他們的身體柔軟，所以建造了一個能夠保護自己的殼，背在身上帶著走；有的在螺口的位置還有螺蓋的構造，有的卻沒有螺蓋；它們使用能分泌黏液的腹足，在石頭上爬行；用它特殊的嘴，刮下長在石頭上的水藻吃、啃食綠油油水生植物，偶而，有落葉或是動物的屍體，也會給自己加菜，補充動物性蛋白質。
5. 甲殼類動物:河裡除了魚類之外，最令小朋友歡喜的小動物還有蝦子和螃蟹。蝦子和螃蟹的身體，外面都有硬殼保護著，可以大分為頭胸部、腹部；身上的腳多的不像話，總共有五對，也就是有十隻腳，有的用來走路，有的用來保護自己的地盤。蝦子、螃蟹是水裡的清潔人員，水草、動物屍體、體型比它小的小動物，都是它的美味佳餚；但是，有的可是捕捉獵物的高手。
6. 爬蟲類動物:烏龜、鱉和蛇他們的身體外面有堅硬的鱗片、甲殼或盾片，保護它們的身體，保存足夠的水分；以產卵的方式繁殖後代。

在校園裡，有些常見的動物其實並不是在台灣土生土長的，它們從世界各個地方而來，有的是因為有觀賞價值，有的則作為食用用途，但是後來因種種原因而讓它們流落出去，大量繁殖的結果，反而侵害到台灣本土的動物。

- (1) 牛蛙的繁殖力強，成體和蝌蚪都會捕食其它種類的青蛙，對本土蛙類族群的生存有很大的威脅。

- (2) 美國螯蝦及外來淡水魚等水生動物，已成為本土原生種魚類日減、甚或滅種的主要因素之一。
- (3) 吳郭魚對環境之適應能力強，繁殖力強，具挖巢護幼或口孵護幼之習性。對本土魚種威脅甚大。
- (4) 福壽螺並非台灣原生種，當初為餐飲業所引進，後來因為不受歡迎而棄置鄉野，沒想到卻使得福壽螺的數量大增，對農作物造成很大的危害。

如果生態池和外界溝渠有串聯，可做為野生動物自然進入的途徑，或者等待生態池完成植栽，小規模放養台灣原生物種[23]。

2.3 濃縮式自然生態環境

「濃縮式自然生態環境」的概念是由杉山惠一[24]所提出，濃縮式自然生態環境是指在有限的基地面積內，輔以人為的力量，使其孕育出多種且多量的生物資源，並將這個空間做為小生物的棲地。小生物棲地規劃的意義在創造多樣性生物環境，以便增進多樣性遺傳基因、多樣性物種、多樣性生態系環境。

此種概念在台灣自然生態環境越來越貧瘠的都市區域來說，是生態保育工作上最可行的辦法。由於國民小學校園水域面積有限，此種濃縮式自然生態環境當然成為校園生態池發展的一個有效立論基礎。主要生態設計的組成元素包括：基質條件、植物要素、多孔隙空間、多種類環境、連續空間等五項條件[25]。

1. 基質條件：指環境中地形、土壤等可承載生物之基本條件，應注意創造多樣化的地理條件及保全水域中之底泥，提供生物生長所需之元素。
2. 植物要素：綠色植物是食物鏈中的生產者，提供生物所需的能量。在選擇植物種類時應為原生物種，並且抑制外來種與強勢族群，於水岸邊水陸植物以多層次栽種，可創造多樣性的生態效益。
3. 多孔隙空間：「多孔隙生物棲地」設計，就是以多孔隙材料疊砌，並有植生攀附的邊坡、圍牆或綠籬，或是在圍牆隱蔽綠地中堆置枯木、亂石、空心磚、瓦礫的生態小丘，

以人為力量營造小生物藏身、覓食、築巢、繁殖的小生物世界，藉以營造適合生物多樣化生長的棲地環境。

4. 多種類環境:環境的多樣性保有越多，就越能保有不同的生物資源。如堆積落葉，造成有機分解；創造窪地提供蛙類、小型魚類與水生昆蟲棲息；配置水域、土丘、淺沙灘、草地等各種族群，創造各種生活環境。
5. 連續空間:強調水域環境的連續，藉由連接校園中的綠地與水域，增加生物族群交流機會。

在水泥叢林般的都市中，校園綠地宛如許多漂流在其中的綠色島嶼，是都市生態綠網不能或缺的部分，提供生物一個塊狀的棲息空間，是「生態島嶼理論」的綠塊棲地 [26]。而綠地豐富的校園，若能妥善規劃生態教材園，則可提供都市中為數不多的野生動植物生活棲息之處，或是針對保育類動植物進行相關保育行動並配合教學活動的實施，達到生態保育的目的。如圖2-3、2-4:

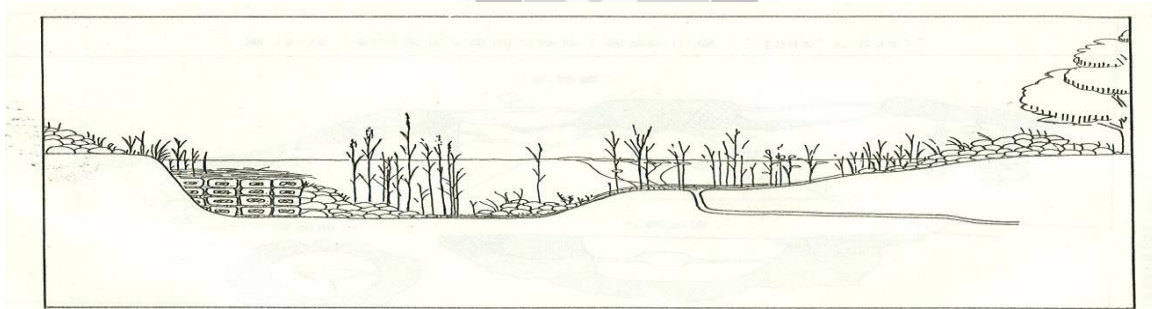


圖2-4 濃縮式水域生態示意圖 [25]

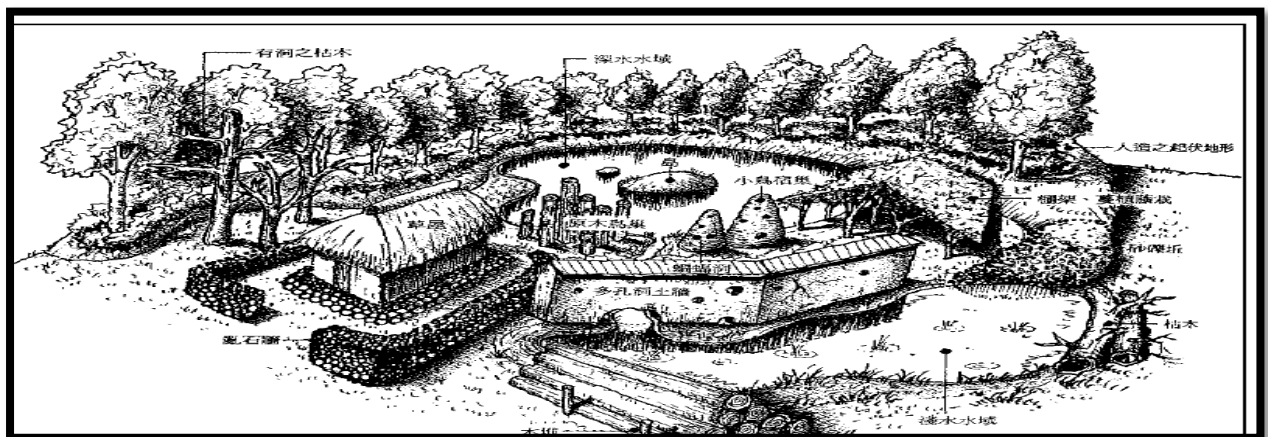


圖 2-5 濃縮式自然生態環境概念圖[26]

葉茂森[27]也提到，校園生態資源設施規劃時需重視生物多樣性原則，並配合當地環境，盡量採用原生種生物；不要太過人工化，盡量以自然方式呈現，以傳達人與環境和諧相處之意涵；結合地區特色，素材使用上，包括植栽及建材，盡量以樸實的及當地的素材為主，以配合該地區的生態環境，同時注意環境保護之規劃。

「生態工法」就其字面意涵為，採用合乎自然生態原則之施作方法。生態工法[28]原則上應以研究某區域或周邊範圍生態系生物與環境相關性之基本資料調查為基礎，瞭解生態系內生物與其生存基本要素(如大氣、水、地質、日照、食物鏈等)之相互依存關係，強調生態結構之穩定、生態環境之多樣性，以及生物棲息廊道連續性之創造工法為目標，所進行之相關措施及工程。生態工法施作時所用的材料，若能善加利用施工現場或附近現存的塊石、木材等天然資材，將資材靈活運用組合，以達到生態保育的效果。

本研究參考劉金山整理河道生態工程的設計，主要有六項原則：

- (1) 表面孔隙化: 營造小生物藏身、覓食、築巢、繁殖的小生物世界。
- (2) 構造物最小化: 減少人為干擾，減少對環境的衝擊。
- (3) 坡度緩坡化: 降低坡度，讓生物容易遷移。
- (4) 材質自然化: 自然的砌石、植被是進行工法時最好的材料。
- (5) 界面透水化: 讓水能滲入土地，對水土保持很重要。
- (6) 邊界指狀化: 指狀交合之曲狀型式與周圍環境之接觸界面較大，物種有更多機會進行活動。

2.4 TRIZ 創新理論相關運用

TRIZ 所代表的意思是「發明性問題解決理論」(Theory of Inventive Problem Solving)，TRIZ 主要理論係建立在前人的智慧上，即追隨前人思考的軌跡，萃取前人發明中的原理，並歸納成一般的通則，做為往後問題解決時的思考方向。TRIZ 是一種可提升創意思考、創新發明、研發能量，並能解決衝突問題的方法。目前 TRIZ 的應用範圍廣泛，將問題透過系統化思考方式成功的解決問題，對於工程技術提升及發明有很大的幫助。

- (1) TRIZ 方法結合綠色設計之應用－以衣夾為例[29]

本研究對象為日常生活中常用的衣夾，以綠色設計(Green Design)為理念，並結合創新思維TRIZ 方法為基礎，進行市場調查與參考專利檢索中針對衣夾部分整理，而發想可行之設計方案，且以實際的雛型呈現，以改善塑膠材質衣夾對環境所造成的危害，及鐵質箍型環產生銹液沾汙衣物的問題，進而闡述綠色設計理念與TRIZ 方法之可行性與優越性。不僅改變塑膠衣夾所造成的環境負荷，並改變其材質改成較環保易回收的台灣桂竹，使資源的耗損減少，達到環保的目的，並落實實踐及推廣環保意識。

(2) 利用 TRIZ 方法來探討專利之個案研究 [30]

本研究用一個專利案例—好神拖，介紹分析其三項專利內容與差異，然後將三項專利思考原先的問題點，套用四十發明原則及運用質場分析、76 標準解，進行專利解釋，得到拖把頭 360 度旋轉及零組件分割的解決方法。

(3)以 TRIZ 探討家庭自動化技術發展之趨勢 [31]

透過 TRIZ 理論的系統性分析，來探討一個家庭自動化所面臨的種種問題，透過分析矛盾關係，藉由 TRIZ 所提供的「矛盾矩陣」與「76 標準解法」來剖析未來家庭自動化趨勢可能的發展方向。本研究針對「操作環境效率」、「網路裝設與維護」、「網路安全與隱私」等問題探討，尋求未來家庭自動化發展趨勢的解決問題方向。

(4)萃思 TRIZ 方法的實務應用—以液晶螢幕翻轉裝置為例 [32]

本研究應用 TRIZ 中的矛盾矩陣、39 參數、40 發明原則、演化趨勢與演化線圖、資料庫資源方法、理想性分析及物—場分析，對液晶螢幕翻轉裝置做系統化的探討與改良。經由 TRIZ 方法分析改善出新一代液晶螢幕翻轉裝置，增加使用壽命及降低成本，並向智慧財產局申請專利，已獲核准通過。

(5) 運用使用性工程與 TRIZ 於外購餐飲容器之創新設計研究— [33]

台灣飲食多為湯湯水水的食物，外食人口多，盛裝時多使用塑膠袋或免洗餐具。本研究收集各種資訊，設計一新型外購容器，希望使消費者願意長期使用，符合環保永續的理念。在分析出使用者期望後，藉由 TRIZ 矛盾設計，完成圖面畫設計，並與專家訪談來審視、修正與設計變更，得到一符合大眾需求的外購食物容器產品。

(6) 應用 TRIZ 理論於通用設計:以蛋糕刀為例— [34]

本研究使用專利文獻資料分析法，再依通用設計原則確立問題，利用 TRIZ 理論，以矛盾矩陣導出發明原則，解決問題。由歷年得獎台灣通用設計 50 選中之「蛋糕刀」專利文獻為例，以 TRIZ 為基礎建立的通用設計矛盾矩陣，結果可將發明原則提供通用設計的創新創意設計使用，這樣的架構是可行的。

(7) 應用 TRIZ 方法提升行動電話送修服務之研究—[35]

本研究針對提升廠商手機的維修速度和完修率及維修品質做一個探討，運用 TRIZ 理論中的矛盾矩陣和問題層級分析等方法，分析手機主要送修的原因和問題，並加以改善，以提升維修速度和完修率及降低重複回修率，提升手機維修品質，進而增加消費者購買的意願。

(8) 運用質場分析法與型態分析法於車輛求救警報裝置之設計— [36]

本研究採用 TRIZ 的質場分析法，分析在車輛中未下車人員遭悶死事件發生的致命因素，再藉由型態分析法蒐集所有可能的解答方案，希望能及早發現進行救援，避免悲劇的發生。本研究經 TRIZ 方法產生設計構想後，進行模型測試，接著進行實際車輛之使用測試，結果顯示在工程實作上具體可行。

(9) TRIZ 創新設計運用在衣架之改良—[37]

本研究針對衣架進行專利檢索、分析，再使用 TRIZ 理論對衣架做問題分析，使用矛盾矩陣中的 39 工程參數和 40 項發明原則，找出可能的解決方案來做創新改良，再加入通用設計的七大原則，最後使用 SolidWorks 分析產品製造可行性，設計出一個大眾所需之產品，即折疊伸縮衣架。

(10) TRIZ 理論在高功率 LED 散熱的應用— [38]

本研究以發光二極體 LED 的散熱技術為研究對象，經由 LED 散熱技術專業分析，歸納出其欲達到的功效，再利用 TRIZ 理論的 39 個工程參數，透過矛盾矩陣來尋求特定解，改善產品功能。

(11) 建構滿足客戶與創新的綠色產品研發機制—以某國內電子企業為例[39]

國內各產業競爭激烈，企業必須不斷的創新，符合客戶需求，但也要考量綠色環保問題，以追求永續發展。本研究結合 TRIZ、生態效益、模糊歸屬函數等管理工作，建立產品研發，考量客戶需求產品創新與綠色環保，找到最適方案遴選機制，設計出滿足客戶需求與創新的綠色產品。

(12)應用系統性的創新理論於校園生態池之改善—以光明國小為案例探討[40]

本研究透過文獻研究，將生態池的濃縮式環境，生態池的定義、類型、營造理念，生態工法做一個回顧。以新竹縣光明國小為案例，透過生態池的生態環境分析，解析出光明國小生態池的問題:(1)生態池與周遭環境的改善；(2)增進水流降低優養化速率；(3)強化生物多樣性之環境設計；(4)生態池的永續發展等四個問題，運用 TRIZ 的技術矛盾、40 發明原理、物理矛盾、分離原理、物—場模型分析與 76 個標準解等工具來進行研究，歸納出最佳的解。



第三章 TRIZ 基本原理分析

應用 TRIZ 的效益可以縮短創新的過程，是一種解決問題的工具，對產品製造過程能有所改善，透過問題的分析，可在最短的時間產生更多的想法及問題解決方案。本章將針對 TRIZ 的背景及理論基礎做一個探究，運用 TRIZ 的解決問題工具進行校園生態池的改善，期待校園生態池展現新風貌。

3.1 TRIZ 的簡介

TRIZ 是俄文 Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch 字首的縮寫，TRIZ 英文全名為”Theory of Inventive Problem Solving”，依據字面的意義解釋成:創新(發明性)問題解決方法之理論，或是簡稱為”萃思”或”萃智”。 Inventive Problem 意謂一個問題至少包含一項的衝突或矛盾，而其解決的方法未知。而 TRIZ 是一種問題解決(Problem Solving)的工具;TRIZ 是一種哲學，一種系統化的思考方式，以及許多工具(例如四十項發明原則、矛盾矩陣等)所組成的。[41]

3.1.1 TRIZ 的背景

Genrich Altshuller(1926~1998)身為前蘇聯的海軍專利審查員，從專利審查中，研讀了許多前人的智慧結晶，進而發展出對人類有所貢獻的 TRIZ 理論。

在各種解決問題的方式之中，統的腦力激盪(Brain Storming)的方式容易發散或是原地打轉，不容易找到答案；實驗設計式的方法容易耗用資源，努力地找出答案，卻往往事倍功半；而系統化的創新方法 TRIZ，強調發明或創新是可依照系統性的方法，參考前人成功的案例來找出問題的解答，直指目標。

1. 真理奇·阿舒勒認為我們的經驗幫助我們得以生存，我們分享經驗給與我們的孩子，動物也是這樣做。我們從長者的經驗中知道許多生活事件的模式，和其相關問題的解決辦法，但當生命創造許多沒有明確答案或解決方案的不尋常情況，生活並不會總是寬容你的錯誤，少數的錯誤決定可能會傷害、甚至毀滅我們。
2. 科技的優點是使我們的生活便利、更舒適，缺點是破壞環境和生態。科技的存在能創造便利舒適的生活環境，但為了拯救我們的生活環境，科技也不應該存在。科技是一

種演進和創造的成果嗎?科技系統演進的速度非常慢，幾乎所有人類史上偉大的科技發明都來自少數智慧人是偶然的創作。

3. 真理奇·阿舒勒是一位蘇聯海軍的專利專家，他的工作是幫助發明人申請專利，也經常被要求協助解決問題。他對解決這些問題充滿好奇心，促使他找到工具和方法來解決問題。使用創造力和想像力的確能帶來很大的好處，但要及時產生有效、高效率，而高品質的創建發明，只靠創造力和想像力是不夠的。
4. 真理奇·阿舒勒開始分析專利，從中研究發明家如何創造發明。他很幸運，因為科技有專利文獻，在那裏可以找到有關發明的細節。經由專利分析，發現成千上萬的技術開發人員和科學家如何解決複雜問題，比方說如何創造蒸汽機、雷射、網際網路等傑出發明。現在阿舒勒有一個答案:我們應該利用成千上萬優秀發明家和科學家的經驗，建立一個科技演進的完整科學。
5. 接下來阿舒勒篩選了 20 萬項專利，尋找解決方案和分析產生專利的工具。阿舒勒定義為一個具有創意性的問題，其中一個參數變化是在衝突與另一參數的過程或產品。阿舒勒稱這種衝突的系統矛盾(system contradiction)。阿舒勒定義了 39 個常用的參數和四十個發明原則，創造了 TRIZ 的第一個實用有效的工具。在 80 年代，TRIZ 的結構全部完成。[42]

3.1.2 TRIZ 理論體系

TRIZ 理論本身與 TRIZ 所衍生之分析解決問題工具包含以下九大理論體系:如圖 3-1 TRIZ 理論的九把利劍[43]

1. 八大進化法則:預測技術系統進化模式和產品成熟度;
2. 最終理想解:系統的進化總是向著更理想化的方向發展;
3. 40 個發明原理:250 萬份專利背後所隱藏的共性發明原理;
4. 39 個工程參數和矛盾矩陣:為解決問題直接提供化解矛盾的發明工具;
5. 物理矛盾的分離原理:分離原理是針對物理矛盾的解決而提出的;
6. 質場模型分析:用於建立與已存在的系統或新技術系統問題相聯繫的功能模型;

- 7.發明問題的標準解法:5 級共 76 個標準解法，可以將標準問題在一兩步中快速進行解決；
- 8.發明問題標準演算法(ARIZ):針對非標準問題而提出的一套解決演算法；
- 9.物理效應和現象知識庫:將物理現象和效應應用在問題解決的過程中。

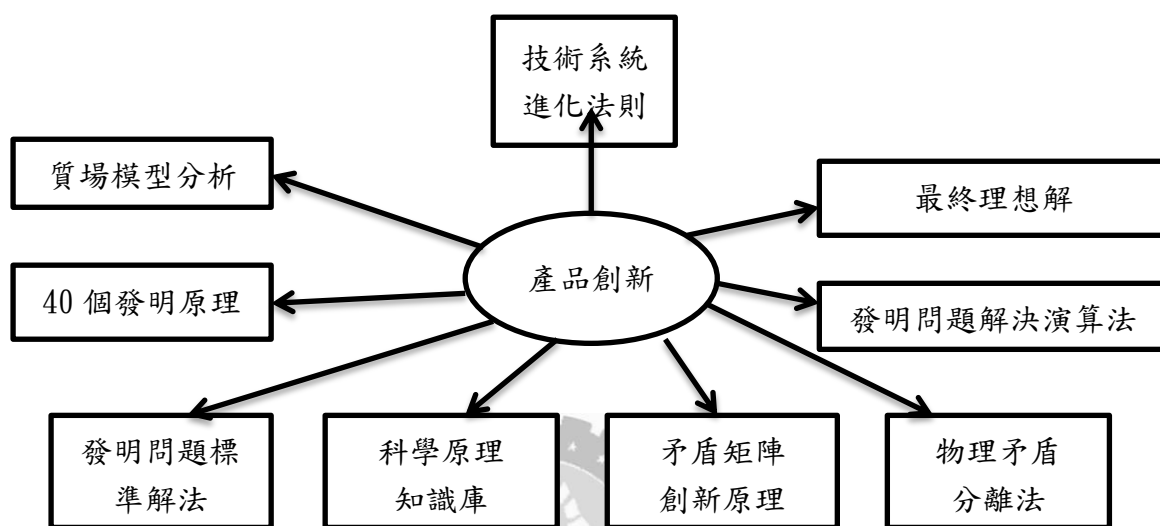


圖 3-1 TRIZ 理論體系

3.2 TRIZ 創意 40 發明原則

阿奇舒勒堅信發明問題的原理是客觀存在的，設計者掌握這些原理，就可以大大提高發明的效率、縮短發明的週期，而且能使發明過程更具有可預見性。為此，阿奇舒勒對大量的專利進行研究、分析、總結、提煉出了 TRIZ 中最重要的、具有普遍用途的 40 個發明原則。

40 原理是經過分析數十萬專利所得的創意原理，也是 TRIZ 理論中最容易瞭解的工具，學習創意 40 原理，可學習發明家的創意思考技巧。運用 40 原理於日常生活所接觸的物件，可以破除心理因素所形成的創意障礙，訓練類比思考，因此可大幅增進創意思考的能力。而當 40 原理與 TRIZ 理論中的矛盾問題結合，更是解決問題的利器。

40 原理與 TRIZ 的其他解題工具:76 標準解(Standards)與物理效應知識庫(Effects)有

許多關聯相似之處，深入了解 40 原理可做為學習其他 TRIZ 理論的基礎。

40 原理是用來解決技術矛盾的工具，對科技系統或在科技系統內部進行操作的最根本方法。例如原理一(分割原理)，建議找出從科技系統中將某元件分成很多很小的互相關聯的元件。

例:怎樣預防釘子刺破輪胎?分割原理提出將輪胎表面做成很多很小很小的元件——成千上百、甚至上萬個元件。

熟讀 40 原理，將使我們學到無數解決技術難題的方法而無需做任何妥協。利用哪一種方法，只需工程師自己決定。所以本研究針對 40 原理做一個詳細說明，讓我們在實際運用時能更得心應手。(如表 3-1 所示)

表 3-1 TRIZ 的 40 發明原理與原則

發明原理	原則
1.分割原理	a.將物體分成幾個互相獨立的部分。 b.將物體分成幾個可組合的部分(便於安裝與拆卸)。 c.提高物體分割的程度。
2.分離原理.	a.分離物體中「干擾」的部分或性質。 b.從物體中分離出「必要」的元件或特性。
3.改進局部性質原理	a.將均質結構的物體或外在環境，轉變成非均質結構的物體或環境。 b.物體不同部分應執行不同的功能。 c.物體的各個部分應放置於操作上最合適的狀態。
4.非對稱性原理	a.已非對稱性取代對稱性。 b.假如一物體已經非對稱，可進一步加強其非對稱性的程度。
5.合併原理	a.合併空間中具有相同特性的物體，或合併需要連續操作的相關物體。 b.將一致或連續性的操作，合併於同一時間作用。
6.萬用性原理	a.一件物體能夠執行數種不同的功能；因此，可以移除他部分。
7.套疊結構原理	a.一物體放置在另一物體的內部，另一物體又被放置在第二件物體內部.....依此類推。 b.一物體通過另一物體的空隙。

8.平衡力原理	a.利用其他提供升力的物體，平衡物體的重量。 b.利用環境產生的空氣動力或液體動力平衡物體的重量。
9.事先的反向作用原理	a.事先對物體加以反向壓力，以避免事後產生過度或負面的影響。
10.預先行動原理	a.事先對物體作部分或全部的改變。 b.事先放置物體，在必要時可從最方便之處立即發揮作用。
11.預先防範原理	a.事先預置緊急防範措施，補救可靠度相當低的物體。
12.等位能原理	a.改變工作狀態不需升降物體。
13.反向操作原理	a.不用直接的解決方法，反其道而行。 b.使運動的部分或環境靜止；使靜止的部份運動。 c.將物體顛倒放置，或以相反方式操作。
14.球面化原理	a.以彎曲部分取代直線部分，以曲面取代平面，以球體取代立方體。 b.利用滾輪、球形及螺旋。 c.利用離心力將線性運動變為圓周運動。
15.動態化原理	a.改變物體或環境的特徵，使操作的各階段都能達到最佳性能。 b.假如物體固定不動，使它變為動態的、增加運動性。 c.分割物體成為可改變相對位置的不同部分。
16.部分或過度的動作原理	a.假如難以達到 100% 想要的效果，就做到更多或較少的理想效果。
17.轉換到另一個維度原理	a.將一物體的運動或放置，由一維變成二維、二維變成三維，以此類推。 b.利用物體的多層結構。 c.將物體傾斜或豎置。 d.利用物體表面的另一面。 e.將光線投射到物體相鄰的區域，或物體的反面。
18.震動原理	a.利用週期性震盪。 b.如已有震盪存在，增強頻率達到超音波。 c.使用共振頻率。 d.使用壓電震動取代機械震動。 e.結合超音波震動與電磁場共同使用。
19.週期性作用原理	a.以週期性作用取代連續作用(脈衝法)。

	<p>b.假如已經是週期性作用，則改變作用頻率。</p> <p>c.利用脈動間的暫停，提供附加功能。</p>
20.連續的有用作用原理	<p>a.不間斷持續作用。物體的各個組成部分持續保持滿載狀態運作。</p> <p>b.移除閒置及中間的部分。</p> <p>c.將來回運動改為轉動。</p>
21.快速原理	<p>a.加快危險與有害的操作。</p>
22.改變有害成為有用原理	<p>a.利用有害因素(特別是環境方面)來達到有利結果。</p> <p>b.將一有害因素與另一有害因素結合，抵銷有害因素。</p> <p>c.增加有害運作的程度，以達到無害的狀態。</p>
23.回饋原理	<p>a.加入回饋機制。</p> <p>b.如果回饋機制已經存在，試著改變回饋模式。</p>
24.中介物質原理	<p>a.使用中介物質轉移或執行一個動作。</p> <p>b.暫時將原來的物體與很容易移除的物質相連接。</p>
25.自助原理	<p>a.物體能自我服務、並執行輔助和修補功能。</p> <p>b.利用廢棄的物質和能量。</p>
26.複製原理	<p>a.用簡單、便宜的複製品，取代不適用於操作的易損、易碎的物體。</p> <p>b.用紅外線或紫外線儀器，取代可見光儀器。</p> <p>c.用光學圖像，取代單件或系列物體，且圖像可放大縮小。</p>
27.可拋棄原理	<p>a.用便宜的物體，取代貴重的物體；在其他性能上稍作妥協。(如:使用壽命)</p>
28.取代機械系統原理	<p>a.用光學、聲學、熱學及味覺系統，取代機械系統。</p> <p>b.運用電場、磁場及電磁場，和物體進行交互作用。</p> <p>c.變換下列場:用運動場，取代靜止場；用隨時間變化的場，取代靜止不變的場；用結構化的場，取代隨機的場。</p> <p>d.運用場和強磁性物質。</p>
29.氣動或液壓原理	<p>a.用氣體或液體，取代物體的固體部分；利用空氣和水產生膨脹，或利用氣體和液體產生緩衝。</p>
30.彈性膜與薄膜原理	<p>a.用彈性的薄膜取代普通的結構。</p> <p>b.使用彈性膜或薄膜，將物體和外部環境隔開。</p>
31.孔隙物質原理	<p>a.在物體上加孔，或利用輔助的有孔材料。</p> <p>b.假如物體已經是孔狀，事先在孔中填充入相應物質。</p>
32.改變顏色原理	<p>a.改變物體或環境的顏色。</p>

	<ul style="list-style-type: none"> b.改變物體或環境的透明度。 c.在難以觀察的物體或過程中，使用顏色添加劑。 d.如果已經使用顏色添加劑，考慮加入發光成分。
33.均質原理	<ul style="list-style-type: none"> a.和主要物體交互作用的物體—應由同樣的材料做成，或具相同的性質。
34.拋棄與再生元件原理	<ul style="list-style-type: none"> a.當作用完成或物體本身已無用處時，部分物體會自動消失，或在操作過程中自動調整。 b.物體中使用過的零件，在運作過程中重新發揮作用。
35.性質轉變原理	<ul style="list-style-type: none"> a.改變系統的物理狀態。 b.改變靈活、彈性程度。 c.改變濃度或密度。 d.改變溫度和體積。
36.相變化原理	<ul style="list-style-type: none"> a.利用物質相轉換的現象。(如:改變質量、釋放或吸收熱量等)
37.熱膨脹原理	<ul style="list-style-type: none"> a.改變溫度，利用物體的熱漲冷縮性質。 b.利用不同材料之間相異的熱膨脹係數。
38.加速氧化原理	<ul style="list-style-type: none"> a.以加濃空氣取代正常空氣。 b.以氧氣取代加濃空氣。 c.在空氣或氧氣中進行離子化。 d.使用氧離子。
39.鈍性環境原理	<ul style="list-style-type: none"> a.以惰性環境取代正常環境。 b.將中性物質或添加劑加入物體中。 c.在真空狀態中完成操作過程。
40.複合材料原理	<ul style="list-style-type: none"> a.以複合物質取代均質物質。

3.3 TRIZ 工具

所有創新或改善的障礙來自於矛盾的存在，因此能解決此一矛盾，就代表了一種發明或創新。要解決矛盾，就必須利用周遭的資源。TRIZ 也是一種解決問題的工具，如發明原則、矛盾矩陣、質場分析、76 標準解等。這些工具的使用不全然有一定的順序，也並非全部要使用。(如圖 3-2 所示)

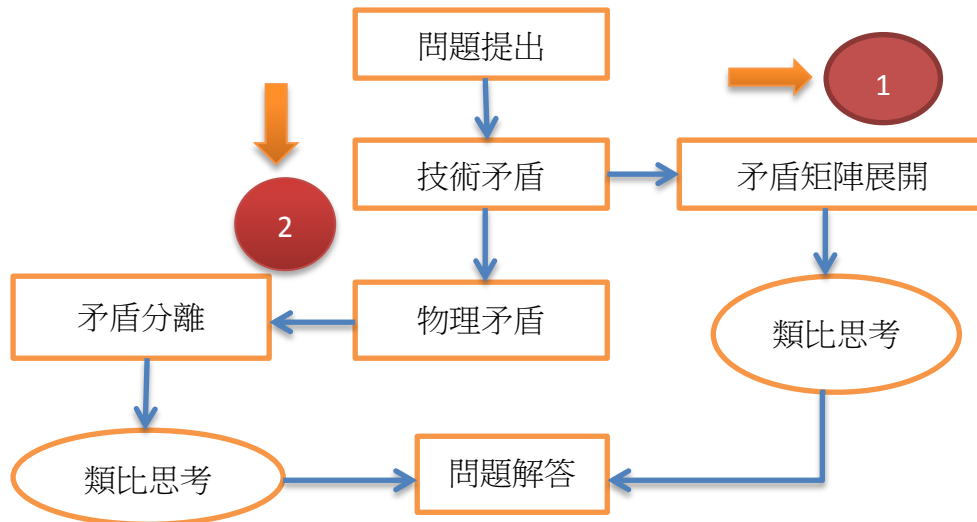


圖 3-2 TRIZ 矛盾解決流程圖

3.3.1 技術矛盾(Technical Contradiction)

在解決問題的過程中，不斷的產生所謂的需求衝突，也就是所謂的「矛盾」，一個具有創意的解決方案，應該是能夠完整的消除此矛盾的解決方案，所有的創新發明也是在於解決這些矛盾的障礙。

所謂的「矛盾」為當企圖改善一件事，卻又造成另一件事的惡化；或者是一件事同時出現相反的性質。日常生活也常見許多的矛盾。例如當汽車產生較高的馬力(好)，但卻需耗用更多的汽油(壞)；又想玩電動(好)，但又怕考試考不好(壞)。

TRIZ 將矛盾分為「技術矛盾」(Technical Contradiction)和「物理矛盾」(Physical Contradiction)兩類。在解決問題中，必須先了解此矛盾是技術矛盾還是物理矛盾。

技術矛盾為兩個參數間的衝突。Altshuller 透過大量專利研究發現，歸納與工程相關的 39 個工程參數(如附錄一)，或稱系統特徵參數(Features)。表 3.2 列出 39 項工程參數，可用來定義問題的狀態。

表 3-2 39 項工程參數表

1.	移動件重量	21.	功率
2.	固定件重量	22.	能源損失
3.	移動件長度	23.	物質損失

4.	固定件長度	24.	資訊損失
5.	移動件面積	25.	時間損失
6.	固定件面積	26.	物質數量
7.	移動件體積	27.	可靠度
8.	固定件體積	28.	測量精確度
9.	速度	29.	製造精確度
10.	力量	30.	物體外在有害因素
11.	應力或壓力	31.	物體產生有害因素
12.	形狀	32.	易製造性
13.	物體穩定性	33.	易操作性
14.	強度	34.	易維修性
15.	移動件耐久性	35.	適應性
16.	固定件耐久性	36.	裝置複雜性
17.	溫度	37.	偵測與量測困難度
18.	亮度	38.	自動化程度
19.	移動件使用能源	39.	生產力
20.	固定件使用能源		

以 39×39 工程參數所表達的二維矩陣表示可能的衝突，共有 1263 個元素。其中，橫軸代表 39 個欲改善的參數，縱軸亦代表 39 個惡化參數(或是避免惡化)，矩陣中的元素為針對此狀況所提出之建議創新法則。

使用矛盾矩陣的步驟如下所列：

(1) 將待解決的問題以文字敘述，試著找出問題的主要矛盾因素。(IF)

Action or solution that we want to try

(2) 在表中橫軸找出欲改善的參數。(THEN)

(3) 在表中縱軸找出產生惡化的參數。(BUT)

(4) 利用矛盾矩陣找出矛盾矩陣中交叉方格，方格中的號碼即是 40 項發明原則所建議的方法。

(5) 依照所提示發明原則找出此問題可能的有效解決辦法。

範例： 每一個媽媽都會有帶小小孩出門的經驗，若是出門時間較長，常需要為喝奶的孩子泡奶喝，帶著一大罐的奶粉出門(有時還要加麥精或米精)是很麻煩的，因此需要解決奶粉攜帶問題，讓出門不再是一件痛苦的事。如表 3-3 所示：

表 3-3 TRIZ 解決攜帶奶粉問題流程

步驟	文字敘述	作法
(1)	試著找出問題是由那些相互矛盾的屬性所引起。	找到適合 <u>輕便</u> 的小容器，讓帶孩子出門不再是一件苦差事。所以一個適合的容器需要花一點時間並且考慮是否 <u>容易</u> 分裝。再來可能得再 <u>花</u> 一點錢去買分裝的容器。
(2)	改善參數	攜帶方便:使用方便性參數 33 容器變輕:固定物件重量參數 2
(3)	惡化參數	分裝的過程造成奶粉的灑出及額外的花費: 物質的損失參數 23
(4)	利用矛盾矩陣找出交叉方格所建議的發明原則。	2:固定物件重量 VS 23:物質的損失 → 5:整合/合併 8:平衡重力/反重力 13:另一方向/反向 30:彈性膜和薄膜 33:使用方便性 VS 23:物質的損失 → 2:分離/抽出 24:中間介質 28:取代機械系統

		32:改變顏色
(5)	由發明原則找出可能解決問題的方法。	<p>2:分離/抽出</p>  <p>30:彈性膜和薄膜(拋棄式或使用夾鏈帶)</p>  <p>5:整合/合併</p> 

矛盾矩陣表(部分表格)表 3-4

惡化參數 改善參數		移動件重量	固定件重量	...	能源的損失	物質的損失	...	自動化程度	生產力
		1	2	...	22	23	...	38	39
1	移動件重量	/	—	...	6 2 34 19	5 35 3 31	...	26 35 18 19	
2	固定件重量	—	/	...	18 19 28 15	5 8 13 30	...	2 26 35	
...	
32	可製性	28 29 15 16	1 27 36 13	...	19 35	15 34 33	...	8 28 1	35 10 28 1
33	使用方便性	25 2 13 15	6 13 1 25	...	2 19 13	28 32 2 24	...	1 34 12 3	15 1 28
...
38	自動化程度	28 26 18 35	28 26 35 10	...	23 28	35 10 18 5	...	/	5 12 35 26
39	生產力	35 26 24 37	28 27 15 3	...	28 10 29 35	28 10 35 23	...	5 12 35 26	/

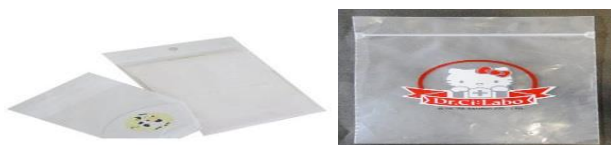
利用問題的分析，找出矛盾的問題，再藉由矛盾矩陣找出建議的發明原則，由發明原則尋求問題的最佳解。

本問題(需要解決奶粉攜帶問題，讓出門不再是一件痛苦的事)的最佳解為:

2:分離/抽出



30:彈性膜和薄膜(拋棄式或使用夾鏈帶)



5:整合/合併



3.3.2 物理矛盾(Physical Contradiction)

阿奇舒勒對物理矛盾的定義是:當一個技術系統的工程參數具有相反的(不同的)需求，就出現了物理矛盾。比如說:要求系統的某一個參數既要出現又要不存在，或既要高又要低，或既要大又要小等等。

表 3-5 常見的物理衝突

類別	物理衝突
幾何類	長、短；對稱、非對稱；平行、交叉；厚、薄；圓、非圓；鋒利、鈍；寬、窄；水平、垂直；大、小等等。
材料及能量類	時間長與短；黏度高與低；功率大與小；摩擦係數大與小；多與少；密度大與小；導熱率高與低；溫度高與低等等。
功能類	噴射與堵塞；推與拉；開與關；冷與熱；快與慢；運動與靜止；強

與弱；軟與硬；成本高與低等等。

TRIZ 在總結物理衝突解決的各種研究方法的基礎上，提出了解決物理衝突的四大分離策略(Separation Strategies)，作為解決物理矛盾的方法。

物理矛盾的四大分離原理為：

- (1)時間上的分離(Separation in Time)
- (2)空間上的分離(Separation in Space)
- (3)依條件狀況的分離(Separation by Conditions)
- (4)轉換至其他系統的分離(Separation to Alternative System)

- * 轉移到子系統(Trans to Sub-system)
- * 轉移到超系統(Trans to Supper System)
- * 轉移到其他系統(Trans to Alternative System)
- * 轉移到反系統(Trans to Inverse System)

範例:以一首有名的台灣民謠「天黑黑」來說:

天黑黑 要落雨 阿公仔舉鋤頭要掘芋

掘啊掘 掘啊掘 掘著一尾旋鰷鼓

依呀嘿都 真正趣味

阿公仔要煮鹽 阿媽要煮淡 兩個相打弄破鼎

依呀嘿都 啲噹嗟噹嗶 哇哈哈

阿公仔要煮鹽 阿媽要煮淡

阿公仔要煮鹽 阿媽要煮淡

兩個相打弄破鼎 弄破鼎 弄破鼎

依呀嘿都 啲噹嗟噹嗶 哇哈哈哇哈哈 哇哈哈

其中旋鰷姑(泥鰍)阿公要煮鹹，但是阿媽要煮淡，如此一個屬性同時出現就是物理矛盾。解決的方式：

- (1)時間分離:這一次先煮鹹，下一次再煮淡，或反過來。

(2)空間分離:利用鴛鴦鍋，一邊煮鹹，一邊煮淡；或者把旋縮姑切成兩半，一半煮鹹，一半煮淡。

(3)依條件分離:可用猜拳的方式，贏的人決定煮鹹或煮淡。

(4)轉換至其他系統的分離:煮淡的，但是阿公沾醬油吃(鹹的)。

物理矛盾的四大分離原則，可對應到 TRIZ 的 40 發明原則，依據 40 發明原則來解決問題，如下表 3-6 所示:

表 3-6 物理矛盾四大分離原則對應的發明原則

空間分離		時間分離		條件分離		轉換到其他系統分離	
1	分割	15	動態性	35	參數改變	移轉到超系統	
13	逆轉	10	預先作用	40	複合材料	22	轉有害為有利
3	局部性質	19	週期性動作	31	多孔材料	23	回饋
2	分離	26	複製	38	強氧化	5	合併
24	中介物	16	不足或過度作用	28	取代機械系統	33	同質性
17	移至新的空間	18	機械振動	36	相變化	移轉到子系統	
4	非對稱性	11	預先緩衝	39	鈍性環境	1	分割
14	曲度	21	急速穿過	12	等位性	25	自助
26	複製	29	氣壓或液壓構造	32	改變顏色	7	套疊
7	套疊	34	拋棄後再生			27	拋棄式
30	彈性膜和薄膜	37	熱膨脹			移轉到替換系統	
		20	連續的有用功能			35	參數改變
		9	預先抵銷			25	自助
						8	平衡力
						6	萬用
						移轉到反系統	
						13	逆轉

3.3.3 質一場分析(S-Field Analysis)

質一場分析模型(Substance-Field Analysis)是 TRIZ 重要分析工具，也是技術解構與創新發明基本手法。物質一場分析模型可以將技術的困難問題進行系統性分類，並針對問題歸納出特定解決方法。

質場分析是 TRIZ 對於現有技術系統相關問題，建立模式的重要工具。技術系統的目的地是執行功能，他的基本組成包括兩個物質(Substance)和它們之間的作用力，稱為場(Field)，場是產生作用力的一種能量。如圖是用來定義問題與解決問題的一種方法，主要在建立問題和存在技術上的相互關係，將一個系統分成兩個物質(S1)、(S2)與一個場(F)，以三角模型來表達質與場的關係。如圖 3-3 所示：

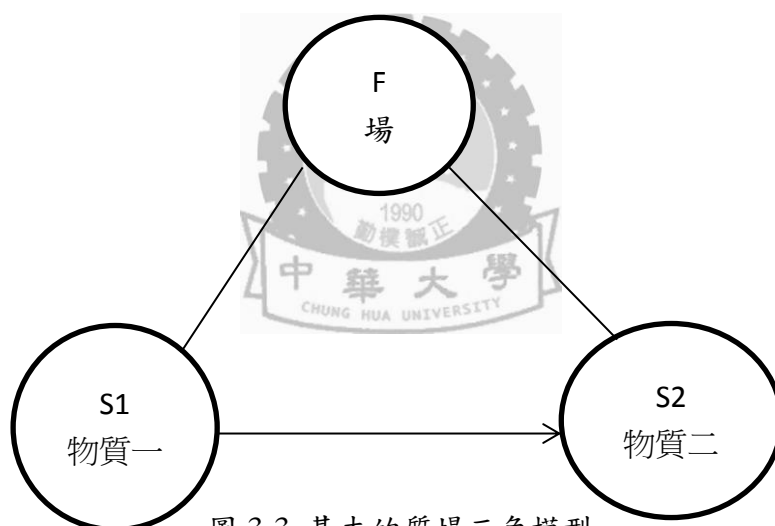


圖 3-3 基本的質場三角模型

質場模型包括 1 個場(Field)與 2 個物質元素((Substance)，場是兩物質之間的施力方法，物質一為工具，物質二為使用該工具的目的物質。物質的內容包括各種材料，可能是單一元件或一個複雜的系統。將之區分為五類，分別是 1.人、2.工具、3.材料、4.零件、5.環境；常見的場有七類，分別是 1.重力、2.機械力、3.氣體力、4.液力、5.聲響力、6.熱力、7.化學力。(宋明弘，2012)這些場的分界在 TRIZ 分析中，並非是絕對涇渭分明的。

在這個質場三角模型中作用線的線條形式不同，代表著不同的意義。如果質場三角模型中出現有虛線或波浪線的存在，代表這個系統需要進行創新改善，透過質場分析模

型來解決問題，來產生新的發明。各種質場分析線條代表的意義如下表 3-7:

表 3-7 質場線條形式代表意義

符號	意義
—————→	需要的(必要的)效果
----- →	有用但不足的效果
~~~~~→	有害的效果

因此一組物場模型可能有四類模型，1.有效完整模型、2.不完整模型、3.效應有害的完整模型、4.效應不足的完整模型。

1. 有效完整模型(Effective Complete System):3 個功能元素都存在，且都為有效。例如:使用吸塵器(S2)來做清潔地毯(S1)的工作，S1、S2、F 三個元素都為有效。(如圖 3-4 所示)

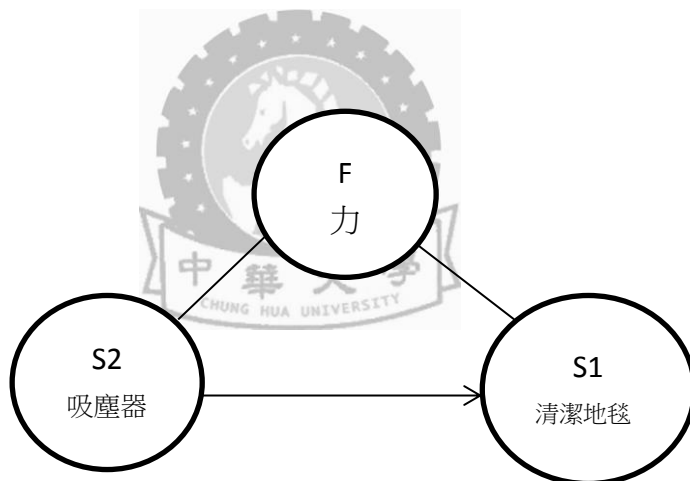


圖 3-4 有效完整模型

2. 不完整模型(Incomplete System):組成的功能元素不齊全，可能缺少場，可能缺少物質。例如:要使用鐵槌 S2 釘釘子 S1，缺少力 F 就無法有效地將釘子固定。(如圖 3-5 所示)



圖 3-5 不完整模型

3. 效應有害的完整模型(Harmful Complete System):3 個功能元素齊全，但產生出與設計者相反的效果、有害的效應。一般解法為增加另一物質 S3 來阻止有害效應的產生；或增加另一個場 F2 來平衡產生有害效應的場。例如:我們用手端熱的茶壺會燙手，就必須加入一個物質 S3(托盤)來防止有害的效應產生。(如圖 3-6)

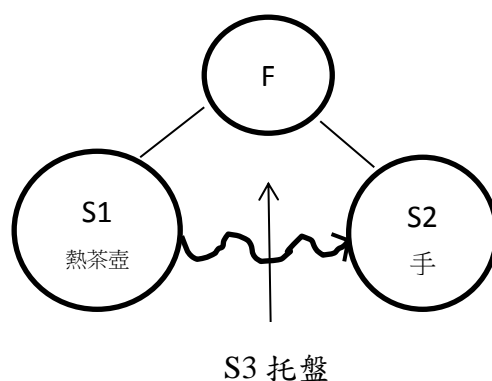


圖 3-6 效應有害的完整模型

4. 效應不足的完整模型(Ineffective Complete System): 3 個功能元素齊全，但產生出的效應不足。一般解法為用另一個場 F2 代替原來的 F1；或增加另一個場 F2 來強化有用的效應；或增加物質 S3 並加上另一個場 F2 來強化有用效應。例如:穿著普通球鞋在冰上行走的人，因為得不到足夠的摩擦力，所以容易滑倒。(如圖 3-7 所示)

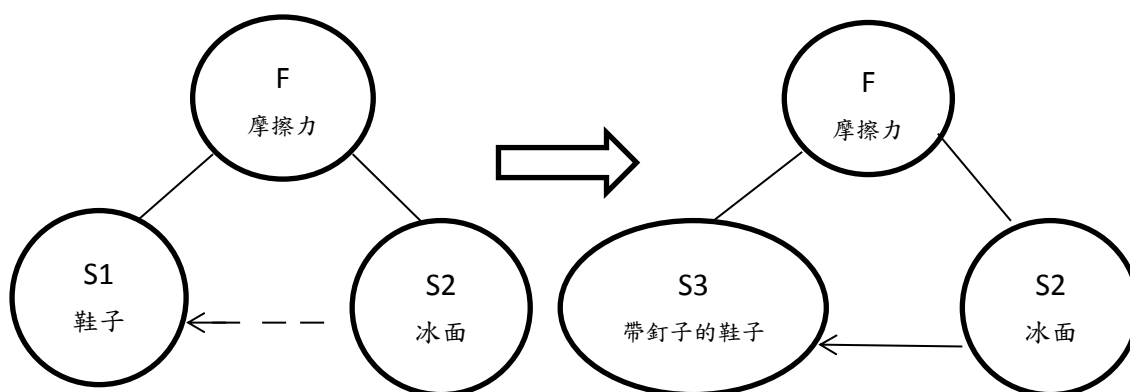


圖 3-7 效應不足的完整模型

在進行質場模型分析時可由下列步驟進行:

- (1) 確定相關的元素(S1、S2、F)；根據問題所存在區域和問題的表現，確定造成問題的相關元素。
- (2) 確定並完成質場模型的繪製:根據問題情況，分析元素間的作用，確定作用的程度。

(3)選擇物場模型的一般解法:依據物場模型所表現出的問題，對照找出適當的一般解法。

(4)開發設計概念:將一般解法與實際問題相對照，並考慮各種條件限制下的實現方式，在設計中加以應用，從而形成產品的解決方案。

在建立質場分析模型後,Altshuller 提出了 76 個標準解。標準解法是 Altshuller 在 1985 創立的，共有 76 個，分成 5 級，若一系統有缺少、過多、不足或有害，就可使用「76 標準解」來解決問題。

表 3-8 76 個標準解方法分為五大類 (詳如附錄二)

第一級	不改變或少量改變來改良系統	13 個標準解
第二級	改變系統來改良	23 個標準解
第三級	系統轉換	6 個標準解
第四級	檢查與量測	17 個標準解
第五級	簡化及改善策略	17 個標準解

表 3-9 五類標準解所代表的意義 (宋明弘，2012)

類型	意義
第一級	在建立和拆解物質場模型，包括創立需要的效應或者消除不必要的效應。
第二級	直接進行效應不足的物質一場模型改善，以及提升整體系統性的效能，並且不增加系統複雜性的方法。
第三級	針對系統轉換，在元件間增加不同的性質，產生雙個或多系統，使性能得以提升。
第四級	解決量測的問題。
第五級	包含標準解的應用與解決方案的重要法則，並且引導設計者如何引入新的物質又不會增加設計複雜性。也可以說是，簡化整體系統。

## 第四章 案例探討—以博愛國小生態池為例

本研究以新竹縣博愛國小校園生態池為研究目標，運用 TRIZ 的技術矛盾、物理矛盾、質場分析的方法，針對新竹縣博愛國小校園生態池做局部改善，希望能更符合「濃縮式自然生態」的概念，並對教學有更大的助益。本研究純粹針對生態池本身做改善策略探討，並未在安全層面做考量及討論，所建構的最終的理想解，也可提供往後其他校園生態池的改善重建一個參考。本研究流程(如圖 4-1 所示)

1. 根據實地觀察與測量，將博愛國小生態池的生態系統作分析紀錄，解析個案並找出個案問題。
2. 應用 39 個工程參數找出改善及惡化的通用參數。
3. 利用矛盾矩陣表，找出相對應的「40 發明原理」來尋求特定解。
4. 若此問題為「物理矛盾」，應用「分離原理」所提供的一般解，來進行問題解決。
5. 利用質場分析模型，判定是否為有效完整模型，若有缺少、過多、不足或有害，就可使用「76 標準解」來解決問題。

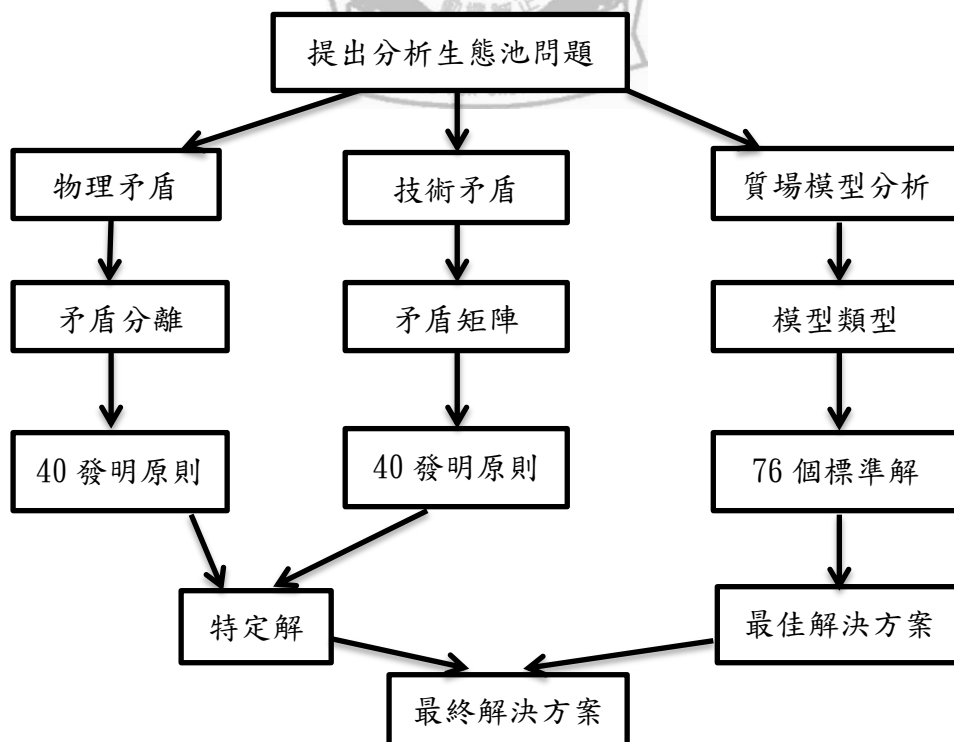


圖 4-1 研究流程圖

## 4.1 生態池現況分析

### 4.1.1 環境生態系統

博愛國小位於新竹縣竹北市，該校創立於民國 79 年，位於新竹縣政府縣政特區周邊，配合縣府縣治遷建，都市快速發展，此區人口快速增加而設立。在縣府縣治遷建改制為竹北市後，此區儼然成為都市發展的中心，原本的綠地、稻田被一棟棟大樓、一條條馬路所取代，成為建築林立、人口集中、商業繁榮且人文薈萃的文教區。

因應教學上需要設置有水生植物池，水池位於教學大樓兩側，希望便利於教學使用及觀察。水池形狀為長方形格子狀，區隔物種，種植各種教學相關水生植物，讓教學實際體驗及操作。

但是生態池的位置在教學大樓的旁邊，日照受限於間築物，且整個生態池以水泥砌成，上方更因為安全考量而加裝鐵欄杆，讓學生不能輕易親近。生態池四周有一條水溝，四周並沒有任何其他植栽，與其他校園生態沒有連接。如圖 4-2、4-3 所示：



圖 4-2 博愛國小東、西側水生植物池

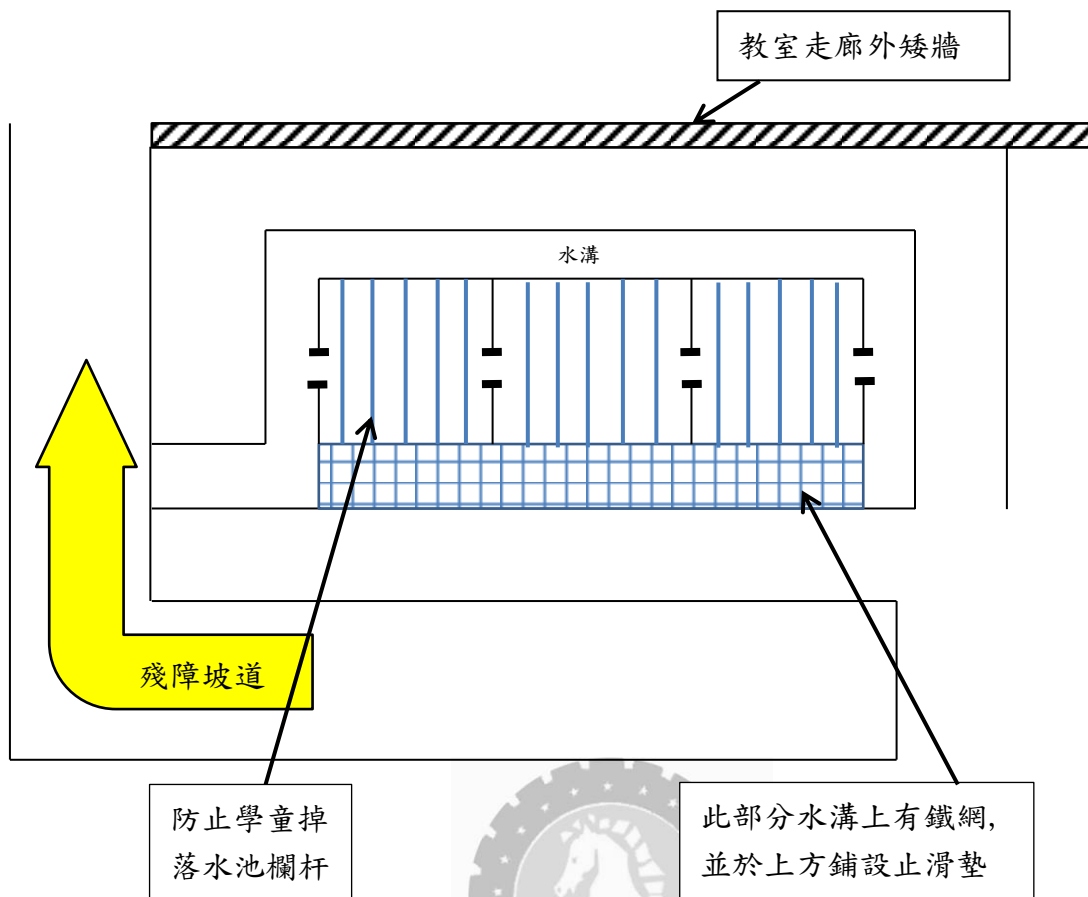


圖 4-3 東側生態池上視圖

學校目前除了飲用水之外，大部分的水來自於地下水，水生植物池的水源當然也來自地下水。在水源供給正常狀況下，一直有固定水流進入水生植物池中間最高的一層，在最高層水滿後，透過半圓孔洞溢流到左右兩格水生植物池中。左右水生植物池水滿後，再透過半圓孔洞(直徑為 10 公分的半圓形孔洞)溢流入兩側水溝中。(如圖 4-4、4-5)



圖 4-4 上層溢流孔



圖 4-5 下層溢流孔

目前生態池中種有一些水生植物，有荷花、睡蓮、槐葉萍、水蘊草，共 4 種水生植物，分別為浮水型植物、挺水型植物及沉水型植物。由於水源為地下水，無定期測量水質，並且水源流量小，甚至有時沒水注入，因此水的流動性差，優養化狀況嚴重，甚至擔心水池孳生蚊蟲。(如圖 4-6、4-7 所示)



圖 4-6 優養化圖

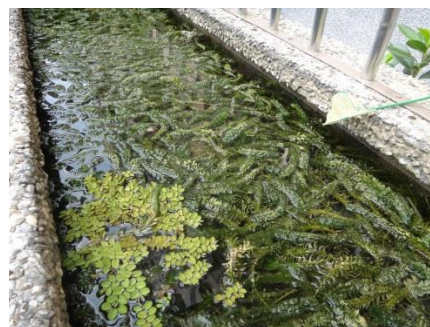


圖 4-7 優養化圖

#### 4.1.2 生態池生態系統

生態池中所種植的植物種類多為配合低年級生活課程及中高年級自然課程所需觀察水生植物，總面積約 18.48 平方公尺，共分為東西兩側，共 6 個水池，將其由左至右定義為 A、B、C 三池(表 4-1、4-2)。水池的水源與洗手台的水源相同，為地下水。地下水注入中間最高的水池(A 池)，水滿後由半圓形孔洞溢流到兩側(B、C)水池，兩側水池水滿後再由半圓形孔洞溢流到水溝。水岸邊無任何其他植栽，只有小水溝，因位於殘障坡道旁，常有學生攀爬嬉戲。生態池中的植物種類不多，池中也沒有水生動物，因此學生對生態池本身的興趣不高，倒是有發現學生拿著小網子蹲在周邊的小水溝撈魚。維護管理的工作歸在總務處，但並未有專人專門負責，只是有中年級的學生負責打掃清潔週邊。總務處一個學期針對增生過多的水生植物做一個撈除的動作，學期中並未對生態池的管理有積極的工作計畫。(其生態環境因子如表 4-3 所示)

表 4-1 生態池外側尺寸

	B 池(兩側)	A 池(中央)	C 池(兩側)
生態池外壁總高度	50 公分	65 公分	55 公分
生態池外壁長	270 公分	300 公分	270 公分



生態池外壁寬	110 公分	110 公分	110 公分
--------	--------	--------	--------

表 4-2 生態池內側尺寸

	B 池(兩側)	A 池(中央)	C 池(兩側)
生態池內壁總高度	45 公分	65 公分	55 公分
生態池內水深度	25 公分	40 公分	40 公分
生態池內泥土深度	20 公分	25 公分	15 公分

表 4-3 博愛國小生態池環境因子

環境因子		現況紀錄
物理環境	水岸形式	水泥池壁並貼有不規則石子，位於中庭集合場兩側，正方形造型池，左右共有 6 個池。池水有高低落差，藉由地下水注入中央較高池子，滿溢入較低池子，再流入四周水溝。水岸因擔心學童跌入，加裝半圓型鐵欄杆。
	底泥類型	底泥深 A 池 20 公分、B 池 25 公分、C 池 15 公分，淤泥供水生動植物棲息
	水池深度	A 池 65 公分；B 池 45 公分；C 池 55 公分。 ABC 三池池內水深不同。
	水流及循環方式	水流由 A 槽→B、C 槽，水源為地下水(與洗手台用水一樣)，利用高低落差的方式造成水流。
	微地形變化	水生植物池四周有水溝圍繞，水溝外側仍有一些小空間。
	特殊生態設計	無
周邊環境	日照時數	左右兩池均為半日照(東側水池下午日照，西側水池上午日照。)
	上方遮蔭	正上方無遮蔭，但因鄰近建築物，受建築物的陰影。



	岸邊植栽種類	無任何植栽，四周為水溝設計。
生物相	水生植物種類	槐葉萍、水蘊草、荷花、睡蓮
	水棲動物種類	大肚魚、福壽螺
維護管理	維護管理狀況	水生植物生長快速，在植物生長過於茂盛時由學校工友將植物做部分清除工作，周遭環境由學生負責打掃，但因四周有水溝，因此打掃不易。

### 4.1.3 問題分析

博愛國小水生植物池分布在校舍中庭的兩側，為便利教學需求，共分六個格子狀水池分別種植不同的水生植物。東側有三格池子；西側有三格池子。每個池子自成一格，與周邊的環境沒有任何的親近，甚至因為擔心學童掉落，在上方加裝半圓形的鐵欄杆，對周遭的人事物產生阻絕。水池的水來自地下水流入，水量的穩定性不足，且無法做好流入生態池中水質品質管控。水池水滿了就溢出，半圓形的溢流孔常有堵塞，並未有適當的水量控制，有時甚至產生枯水狀況。平時並無特定人員進行生態照顧，每學期定期由總務處的工友先生進行繁殖過多水生植物的撈除，寒暑假更是無人問津。如此的硬體設備加上不恰當的管理，造成博愛國小的水生植物池無法發揮其最大效益，在實際教學及生態教育未能有更大的成效。

生態池的設計，依使用目的及規劃主體性區分特性來看，是屬於教材資料庫型，若要發揮生態池功能，至少要達到仿生態型、生態學習型。依水岸形式來看，屬於水泥垂直池壁型，與教學大樓整齊排列，但卻不符合生態工法，不利生物多樣性發展。依水體流動特性來看，是偏向池塘是設計，水的流動是屬於封閉式的。

博愛國小的生態池設置的目的是:美化校園景觀；提供自然科教材使用；提供師生休憩場所。但就教育的觀點來看:理想的生態池應符合「濃縮式的生態環境」，以創造生物多樣性之生存空間，增加生態池與四周環境的互動，發揮校園生態教育的功能。分析博愛國小生態池後，歸納出待改進的部分:

1. 生態池的設計，依水岸形式來看，屬於水泥垂直壁型，雖然在視覺上感覺整齊乾淨，但不符合生態工法，無法使水域與陸域做連結，不利生物多樣性發展。生態池屬封閉型空間，且加裝鐵欄杆，對周遭生態改善助益較小。希望能做局部改善，讓生態池與生態池周遭形成一個「濃縮式的自然環境」。本問題可歸納為：如何改善生態池的硬體結構，符合生物多樣性。
2. 為了維護生態池生物多樣性，配合不同水生動植物生長條件，水深及水質都須做一個考量，水域之間的環境應是連續空間設計概念。生態池本身利用高低落差來造成水的流動，並未有其他使水流動的因子，因此水池常處於靜止狀態，以致水中含氧量不足，導致生態池優養化。因此本問題將之歸納為：如何改善水池的流動，增加含氧量及水量的穩定性，降低優養化速率。
3. 生態池應符合生物多樣性原則及教學上的需求，且應考慮管理及維護上的便利性。在水生動植物的選擇上，除了選擇原生種動植物外，也需考慮教學上的需求及維護管理的便利性，必須是切合實用並且容易照顧的。目前生態池的水生動植物種類較少，無法應付教學上須求；在水中也無固定放養的水生動物，只有一些小魚小蝦，是附近居民放生的。因此將此問題定義為：校園生態池種植適合教學需求的水生植物，及放養一些水生動物，並且易於管理維護。
4. 因校園生態池平時即缺乏管理，是校園中一個不受重視的地方，寒暑假更是無人聞問，在煩瑣沉重的校園工作完成後，學校校工才有時間來撈除水中生長過多的植物，如此的管理，生態池的生態是自生自滅呀！完全不受重視。近年來生態教育受到各界的重視，身為教育前線的國小校園生態池，怎能不作為表率，讓生態池永續發展下去呢？因此博愛國小校園生態池的問題可定義為：校園生態池是否可永續發展？

期待本研究透過 TRIZ 的創新發明方法為博愛國小的生態池注入新生命，老師在自然課時可以有充足資源，學童在實際觀察上有親身的體驗，能親近濃縮式的大自然。

## 4.2 TRIZ 方法應用於生態池之解析

針對博愛國小生態池分析問題，將問題及運用的 TRIZ 工具整理如下表 4-4，再針對問題一一尋求最佳解。

表 4-4 需要改善的問題及運用的 TRIZ 工具

需要改善的問題	運用的 TRIZ 工具
1.改善生態池的硬體結構，符合生物多樣性。	技術矛盾 質-場模型
2.改善水池的流動，增加含氧量及水量的穩定性，降低優養化速率。	技術矛盾 質-場模型
3. 校園生態池種植適合教學需求的水生植物，及放養動物，並且易於管理維護。	物理矛盾 技術矛盾
4.生態池的管理，永續發展問題。	質-場模型

### 4.2.1 改善生態池結構符合生物多樣性(濃縮式自然生態環境)

生態池的設置應提供生物多樣性的生長條件，符合「濃縮式自然環境」的條件，來提供校園中縮小的大自然環境教育的良好場所。但以博愛國小來說，主體結構是水泥垂直壁型；上方有半圓形鐵條將生態池與周遭環境做隔絕；旁邊又有一條長長的殘長坡道，對於生物多樣性的發展非常不利。

#### 方法一：運用 TRIZ 的技術矛盾來解題

我希望博愛國小的生態池符合濃縮式自然生態的原則，那麼我就要改變生態池的形狀、結構，要增加周遭栽種的植物，使生態池與周遭環境連接，創造生物多樣性的面貌。在生態池條件越趨生物多樣性，代表的管理上更加複雜，勢必得在維護上多下一點功夫。在改變形狀、增加植栽後，形狀、生物適應性改善了，但在維修性上必須多下一些功夫，增加維修性的困難。在使用 TRIZ 解決問題時，常會出現當改善了一個工程參數，則另一個工程參數就會產生惡化。矛盾矩陣可使用「IF.....THEN.....BUT.....」的邏輯將問題

轉化成下列格式:(表 4-5)

表 4-5 改善生態池結構符合生物多樣性轉化成 TRIZ 問題

IF	情境模擬	如果改變生態池的形狀，並增加各種物種的栽種，會使生態池更多樣性。
THEN	改善參數	生態池的形狀:參數 12 生物良好的生存環境:適應性參數 35
BUT	惡化參數	在生態池的維護管理上更加困難:維修性參數 34

定義出改善參數及惡化參數之後，利用矛盾矩陣找出相對應的解決方法來找到解決問題的最佳方法。(如表 4-6)

表 4-6 改善生態池結構符合生物多樣性矛盾矩陣表(部分表格)

惡化參數 改善參數		移動件重量	固定件重量	...	使用方便性	維修性	...	自動化程度	生產力
		1	2	...	33	34	...	38	39
1	移動件重量	/	-	...	35 3 2 24	2 27 28 11	...	26 35 18 19	35 3 24 37
2	固定件重量	-	/	...	6 13 1 32	2 27 28 11	...	2 26 35	1 28 15 35
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
12	形狀			...	32 15 26	2 13 1	...	15 1 32	17 26 34 10
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
35	適應性	16 15 8	19 15 29 16	...	15 34 1 16	1 16 7 4	...	27 34 35	35 28 6 37
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
39	生產力	35 26 24 37	28 27 15 3	...	1 28 7 10	1 32 10 25	...	5 12 35 26	/

由矛盾矩陣所找出的相對應發明原則為:

第 1 發明原則:分割

第 2 發明原則:分離、抽出

第 3 發明原則:局部品質

第 4 發明原則:非對稱性

第 7 發明原則:巢狀結構

第 16 發明原則:不足或過度作用

整合以上發明原則採取可行性方案，尋求最解決問題的解:

### 運用第 2 發明原則:分離/抽出

生態池正上方的半圓形鐵欄杆，是為了防止小孩掉落，發生危險。但在上方設置欄杆，影響學生親近生態池，不利於學習、觀察，因此運用抽出原理，將鐵欄杆移除。

在水生植物池旁有一殘障坡道，總長度為 12 公尺，將生態池與其他地方隔開，若能將此處的殘障坡道移到其他地方，那空間的隔離消失，生態池環境較容易與周邊環境有連接。(如圖 4-8 所示)



圖 4-8 博愛國小生態池

### 運用第 4 發明原則:非對稱性

殘障坡道位於兩側生態池旁邊，將其中一側的生態池移除，保留一個殘障坡道做使用。

### 運用第 7 發明原則:巢狀結構

生態池池的周邊腹地不大，若要做植栽或草地、覆土，恐怕空間上有些不足；另外生態池周邊有一水溝，有排水作用，不可以將之移除，空間運用上恐有困難。因此運用巢狀結構原則，在四周增加一些植栽，讓植栽負起生物多樣性及生態池內外物種聯繫的重責大任，似乎也是一個解決的方法。(如圖 4-9 所示)



圖 4-9 運用巢狀結構增加植栽

### 方法二:運用 TRIZ 的質-場模型來解題

博愛國小生態池形狀為長方形，格式工整，材料使用混凝土 S1 來建置，就濃縮式生態環境來說，無法滿足生物多樣性的多種類生態環境，無法滿足多樣性水生動植物 S2 的生存需求。分析其模型如圖 4-10 所示：

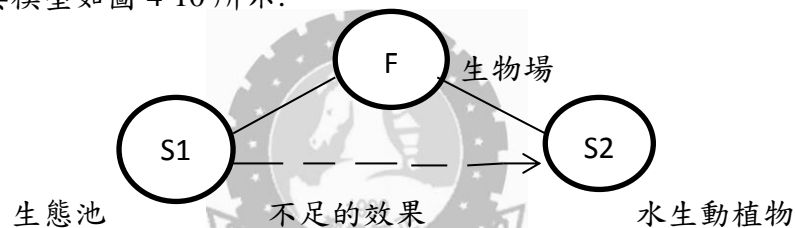


圖 4-10 生態池結構的質場模型分析圖

物場模型的 3 個元素齊全，但功能並未有效或顯得不足，應為「效應不足的完整系統」。

一般解法為：用另一個場 F2 代替原來的 F1；或增加另一個場 F2 來強化有用的效應；或增加物質 S3 並加上另一個場 F2 來強化有用效應。

1. 增加物質 S3 來強化效應，使整個系統更具有柔性或適應性。如圖 4-11 所示：

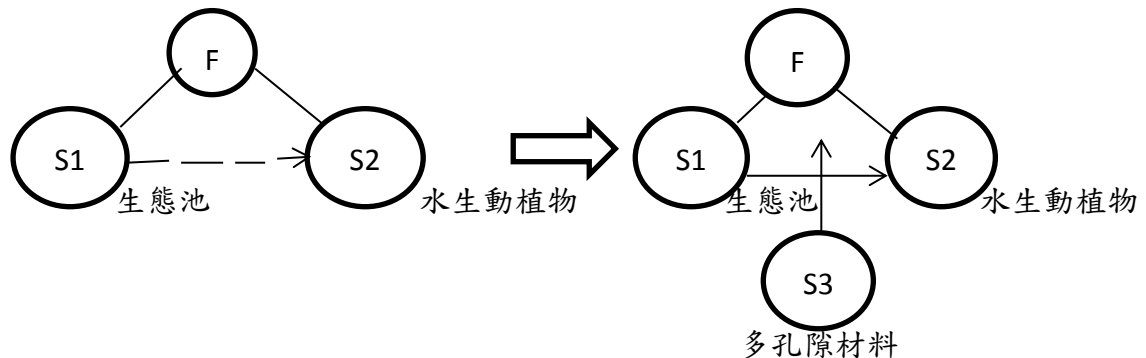


圖 4-11 加入多孔隙材料強化生態池效應之質-場模型圖

此生態池原來的主體結構是水泥垂直壁型，材料不符合自然生態的條件，無法滿足生物多樣性需求，生態池的效能不足。依據「濃縮式自然生態理論」的要素，需要創造多孔隙的物質 S3，使生態池能符合多樣性生物棲息、躲藏的需求。

說明：

1. 可於池底挖溝、堆石、堆木塊、放置多孔隙材料(連鎖磚、植草磚、砌塊石)等作為深淺不一，具有變形之地形。
2. 水泥垂直壁面及池底打孔，創造多孔性空間；水泥垂直壁內側利用卵石堆砌營造多縫隙的環境。

本問題(改善生態池的硬體結構，符合生物多樣性，讓學生可更容易親近。)使用技術矛盾及質場分析得到的解決方案為：

1. 將生態池旁邊原有的殘障坡道移到他處，或者移除兩個殘障坡道的其中一個。
2. 將生態池上方半圓形鐵欄杆移除，讓學生親近生態池，增進學習、觀察效果。
3. 在生態池的四周種植各種原生物種植栽，增加生物躲避空間及與生態池生態環境做一個連接。
4. 針對生態池水泥垂直壁及生態條件做改善，池壁、池底打洞，增加多孔隙材料堆置，創造生物棲息、躲藏空間，能符合生物多樣性條件。

#### 4.2.2 改善水池的流動，增加含氧量及水量的穩定性，降低優養化速率

##### 方法一:運用 TRIZ 的技術矛盾來解題

我希望生態池的水是流動的，藉由流動達到水的循環功能、過濾功能。

但是我可能必須設置一個沉水馬達讓水流動或者設置一組循環過濾器。在增加設備的時候勢必再增加一筆經費支出。在使用 TRIZ 解決問題時，常會出現當改善了一個工程參數，則另一個工程參數就會產生惡化。矛盾矩陣可使用「IF.....THEN.....BUT.....」的邏輯將問題轉化成下列格式:(如表 4-7 所示)

表 4-7 改善生態池水的流動轉化成 TRIZ 問題

IF	情境模擬	如果生態池的水是流動的，藉由增加水流達到生態池的循環、過濾功能會改善。
THEN	改善參數	水質:物體的穩定性 參數 13 需增加循環設備  生物良好的生存環境:適應性參數 35
BUT	惡化參數	增加設備成本高、維修費高:物質的損失參數 23

定義出改善參數及惡化參數之後，利用矛盾矩陣找出相對應的解決方法來找到解決問題的最佳方法。(表 4-8)

表 4-8 改善生態池水的流動矛盾矩陣表(部分表格)

惡化參數 改善參數		移動件重量	固定件重量	...	能源的損失	物質的損失	...	自動化程度	生產力
		1	2	...	22	23	...	38	39
1	移動件重量	/	-	...	6 2 34 19	5 35 3 31	...	26 35 18 19	35 3 24 37
2	固定件重量	-	/	...	18 19 28 15	5 8 13 30	...	2 26 35	1 28 15 35
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
13	物體穩定性	21 35 2 39	26 39 1 40	...	14 2 39 6	2 14 30 40	...	18 35	23 35 40 3
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
35	適應性	16 15 8	19 15 29 16	...	18 15 1	15 10 2 13	...	27 34 35	35 28 6 37
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
39	生產力	35 26 24 37	28 27 15 3	...	28 10 29 35	28 10 35 23	...	5 12 35 26	/

由矛盾矩陣所找出的相對應發明原則為:

第 2 發明原則:分離/抽出

第 14 發明原則:球面化原理



第 30 發明原則:彈性膜和薄膜

第 40 發明原則:複合材料

第 10 發明原則:預先作用

第 13 發明原則:反向操作原理

第 15 發明原則:動態化原理

整合以上發明原則採取可行性方案，尋求最解決問題的解:

### 運用第 2 發明原則:分離/抽出

定期使用網子將池中的有機物或一些雜物撈除。(如圖 4-12 所示)



圖 4-12 雜物撈除網

### 運用第 10 發明原則:預先作用

1.在設置水池時，可以用沈水馬達創造類似的循環水流，增加水循環的可行性，電力由太陽能光電系統供應，可在綠地旁設置太陽能板吸收光能轉化為電能，作為生態池的電力來源，電力足夠兩至四小時，以啟動泵浦馬達打水過濾，增加生態池之涵氧量。(如圖 4-13 所示)



如圖 4-13 太陽能供電系統

2.池水由圖片左下角處水管藉由抽水馬達引往瀑布區或滴漏式過濾系統。馬達以定時器設定運作時間，放水間隔可視水質狀況調整，一般經由滴漏式過濾系統放水，分兩路排至水池及過濾槽，欲享受庭園之美時，則引水由瀑布區放水。池水經由木板下方之毛刷過濾、淨化，再由左下角處進入循環系統。(如圖 4-14、4-15 所示)



圖 4-14



圖 4-15

### 運用第 15 發明原則:動態化原理

利用高低差，讓水自然自然往下流動。在流動的過程可增加水的含氧量，但應注意孔洞的大小，太大可能造成上池水生動植物流入下池；太小又容易造成堵塞。(如圖 4-16 所示)



圖 4-16 水生池有高低差並加大孔洞

### 方法二:運用 TRIZ 的質場分析來解題

想要使生態池的水正常循環、過濾，但不論是過濾系統或者是其他預先設置的的水質過濾系統(孔洞)，在實際運作上會有一定的壽命，造成水流的效能受影響。

生態池水中的氧因水中生物的消耗，溶氧量會下降，必須與空氣中的氧做氣體交換，讓水中的含氧量增加。通常上層與空氣接觸面含氧量較高，水在靜止狀態下，上下層的

水沒有交換，下層的水就會缺氧。因此需藉由水的流動把新鮮的氧氣帶到下層，讓底層的生物得到氧氣。

利用質場分析將問題加以定義，將所有功能分解為兩個物質(S1、S2)一個場(F)，博愛國小生態池的水流設置是採用高低落差造成水的流動，由最高的水池滿水後由孔洞溢流到下池。因此此一場的利用為「重力場」，而物質 S1 也就是系統中的「孔洞」，作用現象 S2 即「水」。其質場模型分析圖如下圖 4-17 所示：

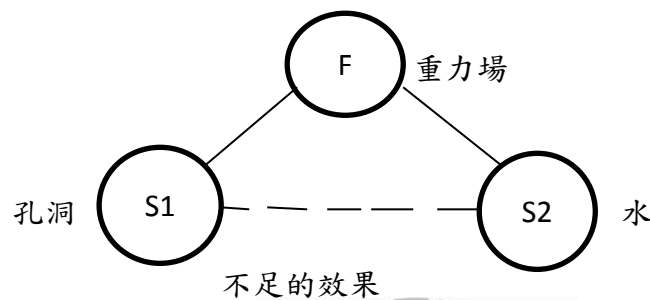


圖 4-17 生態池水流的質場分析模型分析圖

從上面質場分析模型看來，屬於 3 種元素(F、S1、S2)齊全，但功能未有效實現或實現的不足，被歸類為「效應不足的完整模型」。

一般解法為：用另一個場 F2 代替原來的 F1；或增加另一個場 F2 來強化有用的效應；或增加物質 S3 並加上另一個場 F2 來強化有用效應。

1. 增加另一個場 F2 作用到 S2 來強化有用的效應。透過增加另一個機械廠 F2，將水抽到頂層，使上層的水量增加，而增加重力，進而促進水的流動與循環。如圖 4-18 所示：

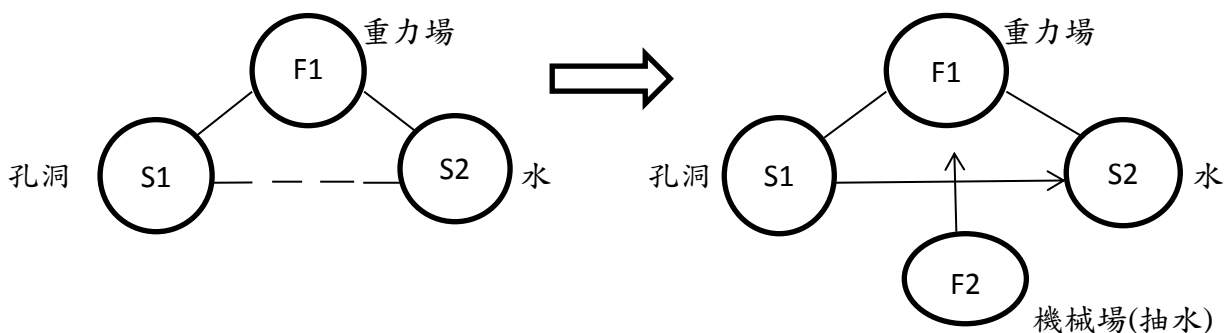


圖 4-18

2. 增加物質 S4 並加上另一個場 F2 來強化有用效應。於水池水流流經之處設置小型水車



S4(如圖 4-19 所示)，以增加水的溶氧量。原有的孔洞為直徑 10 公分的半圓形孔洞，效能較差，流速較為緩慢、容易阻塞，造成生態池的水不容易流動、溶氧量低，故擬以較大缺口 S3(如圖 4-20、4-21 所示)取代原來的 S1。再加上抽水的機械場，將水抽到上層，增加上層水的重力，使流速增加，並促進水的循環利用。



圖 4-19 水車



圖 4-20 原來生態池溢流孔

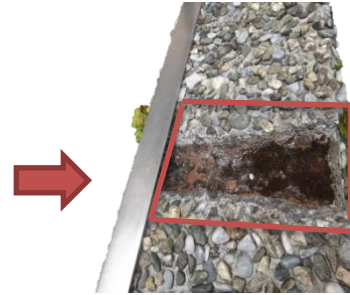


圖 4-21 加大溢流孔

改善缺口為較大缺口，較不容易堵塞，而且水流速度會變快，加上水車的作用及機械場（抽水），增加水和空氣的接觸，促進上下層水的流動，增加水中溶氧量。(如圖 4-22 所示)

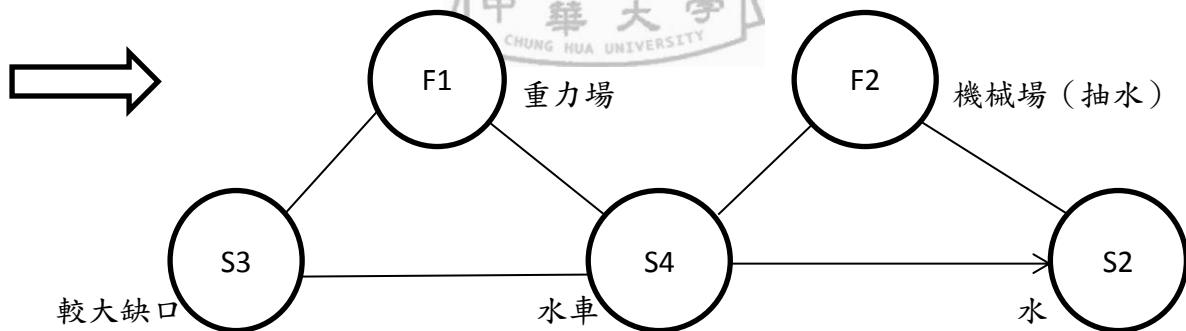


圖 4-22 改進水流增加水含氧量之並聯式質場模型圖

本問題(改善水池的流動，增加含氧量及水量的穩定性，降低優養化速率。)使用技術矛盾及質場分析得到的解決方案為：

1. 定期使用網子將池中的有機物或一些雜物撈除。
2. 在設置水池時，可以用沈水馬達創造類似的循環水流，增加水循環的可行性，電力由太陽能光電系統供應，可在綠地旁設置太陽能板吸收光能轉化為電能，作為生態池的電

- 力來源，電力足夠兩至四小時，以啟動泵浦馬達打水過濾，增加生態池之涵氧量。
3. 利用抽水馬達將水抽到滴漏式過濾系統進行過濾後流入水池中，亦可增加含氧量。
  4. 利用生態池高低差造成水的流動，增加含氧量。
  5. 設置抽水馬達，將水抽到頂層，加強水循環。
  6. 設置水車，改善水的流動，並將原來的缺口加以改善(加大)。

### 4.2.3 改進生態池水生動植物符合教學需求

#### 方法一:運用 TRIZ 的技術矛盾來解題

生態池的設置在於提供學童多元的學習型態，不管是配合課程的教學需求，或者是學童對於環境教育的觀察學習，都需要有較多種類的水生動植物來充實學童的「學習資料庫」。所以在決定生態池的水生動植物時，除了選擇原生種的動植物，在種類上也是希望能更充實，讓學童的在課程及生活體驗更豐富。但生態池的水生動植物須細心的維護，才能營造水生動植物健康的成長環境，否則將使生態池降低或失去原有的效能。在使用 TRIZ 解決問題時，常會出現當改善了一個工程參數，則另一個工程參數就會產生惡化。矛盾矩陣可使用「IF.....THEN.....BUT.....」的邏輯將問題轉化成下列格式:(如表 4-9 所示)

表 4-9 改善生態池水生動植物符合教學需求轉化成 TRIZ 問題

IF	情境模擬	在生態池中放入種類較多的原生種水生動植物，讓學童在課程和平時學習更有效益。
THEN	改善參數	可增加水生動植物: <u>裝置的複雜性</u> 參數 36
BUT	惡化參數	生態池的水生動植物需更多的管理維護，否則將使生態池降低或失去效能: <u>物體的穩定性</u> 參數 13

定義出改善參數及惡化參數之後，利用矛盾矩陣找出相對應的解決方法來找到解決問題的最佳方法。(如表 4-10 所示)

表 4-10 改善生態池水生動植物符合教學需求矛盾矩陣表(部分表格)

惡化參數 改善參數		移動件重量	固定件重量	...	物體穩定性	...	自動化程度	生產力
		1	2	...	13	...	38	39
1	移動件重量	...	—	...	1 35 19 39	...	26 35 18 19	35 3 24 37
2	固定件重量	—	...	...	26 39 1 40	...	2 26 35	1 28 15 35
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
35	適應性	16 15 8	19 15 29 16	...	35 30 14	...	27 34 35	35 28 6 37
36	裝置複雜性	26 30 34 36	2 26 35 39	...	2 22 17 19	...	15 1 24	12 17 28
...	...	...	...	...	...	...	...	...
39	生產力	35 26 24 37	28 27 15 3	...	35 3 22 39	...	5 12 35 26	

由矛盾矩陣所找出的相對應發明原則為：

第 2 發明原則:分離/抽出

第 17 發明原則:轉變到新的維度

第 19 發明原則:週期性的作用

第 22 發明原則:將有害變有益

**運用第 17 發明原則:轉變到新的維度**

藉由虛擬實境的技術，我們可以建立一個網路虛擬校園生態池，解決現實面的困難，在支援情境學習等學習理論的架構中，提供適當教材，協助自然科教學，讓學生透過自行操作，用不同角度去觀察水生植物和動物，並以遊戲型態的方式加入了互動的部份，以提升學習的興趣。(如圖4-23所示)



圖4-23 生態池親水平台虛擬導覽

### 運用第19發明原則:週期性的作用

將生態池的維護明訂為校園管理工作的一部分，排定固定人員，定期進行管理維護。維護生態池的工作較為繁複，可成立管理小組，將工作做細項分類，由學校行政人員、老師、學生、志工家長，甚至校外專業人士分工合作，共同為學校生態池來努力。

### 方法二:運用 TRIZ 的物理矛盾來解題

在生態池的水生動植物選擇上，當然是越多種類對學生的學習更好，有更多資料庫可作選擇。但是較多種類的水生動植物在管理上當然比較不容易，站在管理者的觀點，當然水生動植物是越少越好。所以水生動植物又要多又要少，定義本問題的矛盾衝突點如下圖4-24所示：

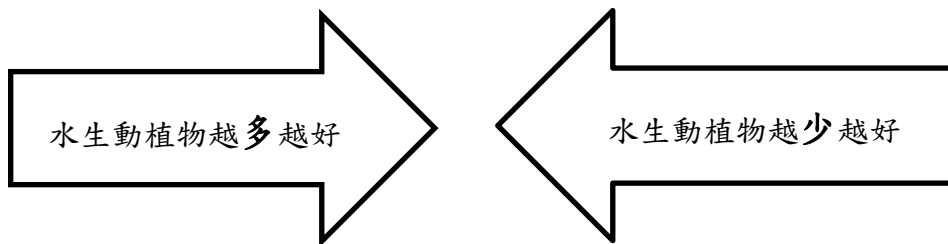


圖 4-24 生態池水生植物種類的選擇問題矛盾衝突

根據TRIZ理論分析，在一個問題解決上有兩個衝突需求，被要求在不同的位置，可定義此衝突應為空間分離。根據物理矛盾的分離原理，可應用空間分離所對應的創新發明原則，如表4-11所示：

表4-11 空間分離對應創新發明原理及原則

創新發明原理	原 則
--------	-----

01 分割原理 (Segmentation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.將物體劃分成獨立的零件。</li> <li>b.作成組合式的物體。</li> <li>c.增加物體分割的程度。</li> </ul>
02 分離原理 (Extraction)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.從一個物體中萃取出(移除或分離)令人不快的零件或屬性。</li> <li>b.僅萃出需要的零件或屬性。</li> </ul>
03 改進局部性質原理 (Local Quality)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.一物體由相同成分組成的結構轉變成由不同成分組成的結構。</li> <li>b.具有不同零件的物體可實現不同的功能。</li> <li>c.將物體各零件置於最適合操作的狀況下。</li> </ul>
04 非對稱原理 (Asymmetry)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.以不對稱形狀的物體代替對稱形狀的物體。</li> <li>b.如果一個物體已經不對稱了，增加其不對稱的程度。</li> </ul>
07 套疊結構原理(Nesting)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.物體內可一次放入其他物體。</li> <li>b.一個物體可通過另一個物體的孔洞。</li> </ul>
13 反向操作原理 (Inversion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.執行相反的動作，而不要被制式的行動所主導。</li> <li>b.使物體的可動零件或外在環境固定與不動零件可移動將物體上下顛倒。</li> </ul>
17 轉換維度原理 (Another Dimension)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.移除線性運動的物體到二維的移動。類似地移除在平面移動的物體到三維的移動。</li> <li>b.以多層組合代替單層。</li> <li>c.傾斜物體。</li> <li>d.投射影像到鄰近區域或該物體的另一側。</li> </ul>
24 中介物質原理 (Mediator)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.利用一個中間物體去轉換或完成一個動作。</li> <li>b.暫時地將一個物體和另一個連接在一起以方便將它移除。</li> </ul>
26 複製原理 (Copying)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.用簡單、便宜的複製品取代複雜、昂貴、易脆、不方便的物體來操作。</li> <li>b.以光學複製品，光學影像代替一個物體或系統，一個尺度能被用來縮小或放大影像。</li> <li>c.以紅外線或紫外線複製取代可見光複製。</li> </ul>
30 彈性膜與薄膜 (Flexible or Thin Film)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.以彈性膜及薄膜更換原來的構造。</li> <li>b.以純淨的薄膜將物體和外界環境隔離。</li> </ul>



### 運用第1發明原則:分割原則

運用分割原則，加入許多盆栽，不僅種類可以增加，在管理上，盆栽不管置入水中或分置於生態池周邊，管理上都容易許多。

### 運用第2發明原則:分離原則

運用分離原則，將原本繁雜的管理工作做一個分工，成立生態池管理小組，由行政、老師、學生、義工家長及專業人士共同負起維護生態池環境的責任。

### 運用第17發明原則:轉換到另一個維度

希望生態池的水生動植物種類越多越好，但在管理上又需要下更多的功夫，可以將生態池轉換到另一個空間，使用虛擬生態池來代替既有的生態池。藉由虛擬實境的技術，我們可以建立一個網路虛擬校園生態池，解決現實面的困難，在支援情境學習等學習理論的架構中，提供適當教材，協助自然科教學，讓學生透過自行操作，用不同角度去觀察水生植物和動物，並以遊戲型態的方式加入了互動的部份，以提升學習的興趣。

本問題(改善生態池水生動植物符合教學需求)，使用技術矛盾及物理矛盾得到問題解決的方法如下：

1. 藉由虛擬實境的技術，我們可以建立一個網路虛擬校園生態池。
2. 將生態池的維護明訂為校園管理工作的一部分，排定固定人員，定期進行管理維護。
3. 大量使用盆栽，使管理工作簡化。

## 4.2.4 生態池的永續發展問題

### 方法:運用 TRIZ 的質場分析來解題

博愛國小校園生態池在校園的管理上一直是被疏忽的一個地方，在學生生態教育的效能發揮效果不彰。

利用質場分析將問題加以定義，將所有功能分解為兩個物質 (S1、S2)，此生態池物質 S1 為生態池，物質 S2 為在此間生長的生物，但因為長期缺乏管理，缺少了一個管理場 (F)，此系統 3 個元素不足，因此無法構成一個完整的物場模型，屬於不完整的系統。

其物場模型如圖 4-25 所示：

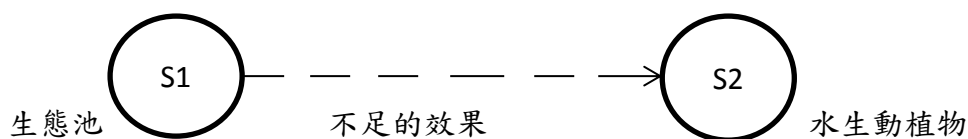


圖 4-25 生態池永續發展之質-場模型

由此物場模型分析，當三個元素（S1、S2、F）不齊全，且功能未有效實現或不足，被歸類為「效應不足的不完整系統」。

一般解法為：針對不完整模型所缺少的元素給予引入（場或物質），使形成有效完整的物場模型，從而實現其功能。

1. 加上一個管理場（F）來強化整個系統，先讓此系統成為一個完整的系統。如圖 4-26 所示：



圖 4-26 加入管理場增進生態池永續發展之質場模型圖

大部分的學校生態池都有缺乏管理及缺乏經費的問題，在無法有效管理維護下，生態池使用的壽命縮短，因此必須建立一個維護管理計畫，將維護管理納入一個正式編制，並且接受專業訓練。生態池的管理可分為硬體（生態池構造物）的維護管理及軟體（水生動植物）管理兩部分。（如表 4-12 所示）

表 4-12 生態池的維護管理

硬體（生態池構造物）	由總務處請工友協助，如水岸的管理、過度繁殖水生植物清除、生態池給水管制等。
軟體（水生動植物）	缺乏經費維護下，建議由自然科老師負責此計畫擬定，製作管理手冊，指導學生協助水生植物的管理，也可透過訓練學生協助處理的過程達到教育目的。

2. 增加另一個場 F2 來強化有用的效應。如圖 4-27 所示：

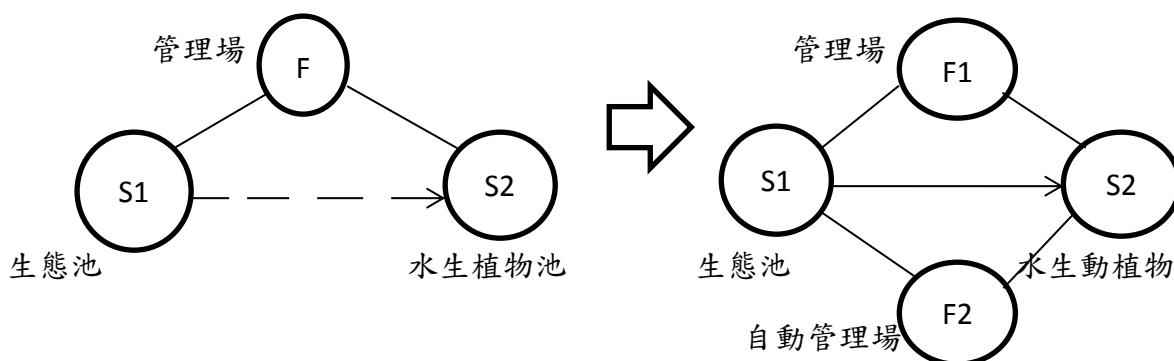


圖 4-27 加入自動管理場增進生態池永續發展之質-場模型

生態池的管理以人為主(F1)，也許可以思考加入自動管理的場(F2)，讓生態池的維護管理更有效益。以博愛國小生態池來說，生態池的水源是地下水，透過手動不定時的開水龍頭將水注入池中，有時會忘記開水龍頭，或開了水龍頭卻忘了關。若能加入自動感應系統，測知水位降到某一固定點時即開始注水，到達一定水位時自動停止給水。自動感應系統可讓管理更有效益，減輕人力的使用。

### 4.3 分析結果

將運用 TRIZ 創新理論所得到的解整理成表格，如下表 4-13 所示：

表 4-13 問題、使用 TRIZ 方法及改善策略

<p>需要改善的問題:</p> <p>1.改善生態池的硬體結構，符合生物多樣性。</p>	<p>運用的 TRIZ 工具:</p> <p>技術矛盾</p> <p>質-場模型</p>
<p>改善策略分析:</p> <p>(1) 將生態池旁邊原有的殘障坡道移到他處，或者移除兩個殘障坡道的其中一個。</p> <p>(2) 將生態池上方半圓形鐵欄杆移除。</p> <p>(3)在生態池的四周種植各種原產品種植栽，增加生物躲避空間及與生態池生態環境做一個連接。</p> <p>(4)針對生態池水泥垂直壁及生態條件做改善，池壁、池底打洞，增加多孔隙材料堆置，</p>	

創造生物棲息、躲藏空間，能符合生物多樣性條件。	
需要改善的問題: 2.改善水池的流動，增加含氧量及水量的穩定性，降低優養化速率。	運用的 TRIZ 工具: 技術矛盾 質-場模型
改善策略分析: (1)定期使用網子將池中的有機物或一些雜物撈除。 (2)在設置水池時，可以用沈水馬達創造類似的循環水流，增加水循環的可行性，電力由太陽能光電系統供應，可在綠地旁設置太陽能板吸收光能轉化為電能，作為生態池的電力來源，電力足夠兩至四小時，以啟動泵浦馬達打水過濾，增加生態池之涵氧量。 (3)利用抽水馬達將水抽到滴漏式過濾系統進行過濾後流入水池中，亦可增加含氧量。 (4)利用生態池高低差造成水的流動，增加含氧量。 (5)設置抽水馬達，將水抽到頂層，加強水循環。 (6)設置水車，改善水的流動，並將原來的缺口加以改善(加大)。	
需要改善的問題: 3. 校園生態池種植適合教學需求的水生植物，及放養動物，並且易於管理維護。	運用的 TRIZ 工具: 物理矛盾 技術矛盾
改善策略分析: (1)藉由虛擬實境的技術，我們可以建立一個網路虛擬校園生態池。 (2)將生態池的維護明訂為校園管理工作的一部分，排定固定人員，定期進行管理維護。 (3)大量使用盆栽，使管理工作簡化。	
需要改善的問題: 4.生態池的管理，永續發展問題。	運用的 TRIZ 工具: 質-場模型
改善策略分析: 建立一個維護管理計畫，將維護管理納入一個正式編制，並且接受專業訓練。另外再思考加入自動管理的場(自動給水感應系統)，讓生態池的維護管理更有效益。	

統整上述博愛國小校園生態池問題:1.改善生態池的硬體結構，符合生物多樣性，讓學生可更容易親近。2.改善水池的流動，增加含氧量及水量的穩定性，降低優養化速率。3. 校園生態池種植適合教學需求的水生植物，及放養動物，並且易於管理維護。4.生態池的管理，永續發展問題。得到的最佳解為:

- (1) 將生態池旁邊的殘障坡道及生態池上方半圓形鐵欄杆移除。
- (2) 在生態池的四周種植各種原產品種植栽。
- (3) 針對生態池水泥垂直壁及生態條件做改善，池壁、池底打洞，增加多孔隙材料堆置創造生物棲息、躲藏空間。
- (4) 利用太陽能供電，設置抽水機抽水到上層，讓水流動。
- (5) 將原有的缺口加大，利用水流帶動水車，增加水的含氧量。
- (6) 將生態池的維護明訂為校園管理工作的一部分，排定固定人員，定期進行管理維護。
- (7) 考慮加入網路虛擬校園生態池。

校園生態池的改善可依校園實際運作及經費允許下選取適用的解決方法，逐一進行解決，讓博愛國小校園生態池更符合濃縮式自然環境。

本研究透過系統性創新理論(TRIZ)於博愛國小生態池問題的解析後，嘗試將各種改善策略統整後，生態池運用 TRIZ 創新改善應用示意圖(如圖 4-28 所示 )

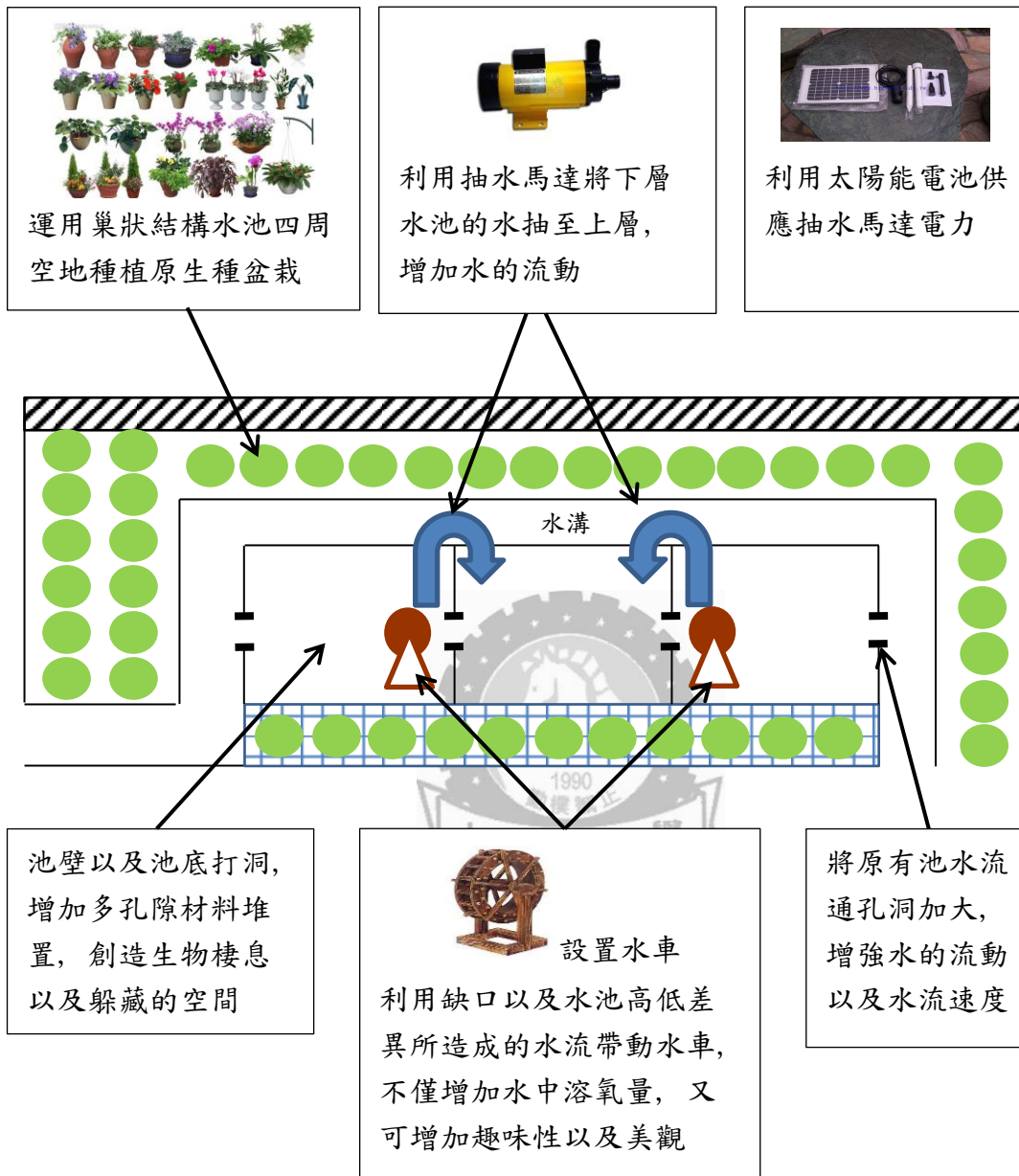


圖 4-28 運用 TRIZ 創新改善博愛國小生態池之示意圖

## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

一個合宜的校園生態池，在規劃設計方面，應具備環境生態學之思考；在施作工法方面，應朝濃縮式自然環境做努力；在經營管理方面，應具備計畫性之維護管理操作；在教育學習方面，應具備積極互動與有效運用資源之教學模式。

博愛國小建校已經 23 年，當初在學校草創階段，對於生態池的規劃考慮不夠周詳，因此與因應環境生態重視而產生的「濃縮式自然生態」有一大段的落差，本研究藉由創新思考的研究方法，包含技術矛盾、物理矛盾、物場分析模型的基本方法，針對博愛國小生態池的問題：1.如何改善生態池的硬體結構，符合生物多樣性，讓學生可更容易親近。2.如何改善水池的流動，增加含氧量及水量的穩定性，降低優養化速率。3.生校園生態池種植適合教學需求的水生植物，及放養一些水生動物，並且易於管理維護。4.校園生態池是否可永續發展？做問題分析探討，運用創新思考的方法尋求最佳的改善方案，提供學校行政單位作為改善生態池環境的參考策略，以達到永續校園的目的。

本研究結論如下：(1)將生態池旁邊的殘障坡道及生態池上方半圓形鐵欄杆移除。(2)在生態池的四周種植各種原產品種植栽。(3)針對生態池水泥垂直壁及生態條件做改善，池壁、池底打洞，增加多孔隙材料堆置創造生物棲息、躲藏空間。(4)利用太陽能供電，設置抽水機抽水到上層，讓水流動。(5)將原有的缺口加大，利用水流帶動水車，增加水的含氧量。(6)將生態池的維護明訂為校園管理工作的一部分，排定固定人員，定期進行管理維護。(7)考慮加入網路虛擬校園生態池。

TRIZ 是一個有效解決問題的方法，透過系統性分析，釐清問題，求得最佳解。運用於舊有生態池，提出改善策略，對舊有生態池做改善，更富經濟效益。針對生態池的問題做分類，經費許可下逐一解決問題，本研究改善博愛國小生態池的策略，可提供其他學校生態池改善參考。

## 5.2 建議

1.在生態池管理，永續發展問題的部分，建議學校建立一個維護管理計畫，將維護管理納入一個正式編制，並接受專業的訓練。但在學校事務處理上，只要牽涉到人事的部分，常常容易有所變動。教師職務的更動、及教師的流動都是一個不穩定的因素，需要英明睿智的行政單位加以有效處理，以免造成生態池管理的「空窗期」。

2.學校的硬體設備常常在學生的跑跳、活動中造成學生的身體傷害。博愛國小生態池因為曾有學生掉落而築起半圓形的鐵欄杆，做一個全面的防堵，因而妨害學生的觀察學習，安全與學習孰輕孰重？這樣的安措施是否與教育的理念有所衝突？值得我們去思考。本研究在安全與教育的衝突下所採取的解決方案為:透過教育孩子正確使用生態池的方法，而不是加以限制、防堵。

3.「水」是地球上生物不可或缺的物质，在長期研究、觀察生態池的過程中，發現校園的鴿子、麻雀、白頭翁等鳥類也會在生態池旁嬉戲、喝水。除了觀察生態池的水生動植物之外，對於生態池在校園中的定位加以發揮，也可以是另一門有趣的研究學習呢!





## 參考文獻

- [1] 王佩蓮，全國國小生態教學資源現況之探討，台北市立師範學院學報 30 期(1999)。
- [2] 杜威著；姜文閔譯，經驗與教育，五南圖書公司(1995)。
- [3] 王佩蓮校園教材化—落實學校本位課程。中華民國九十年度環境教育國際學術研討會論文集，第21-37頁（2000）。
- [4] 劉金山，校園生態池之設置、理念、實務與案例，萬竅—中國通識教育學刊，第 1-28 頁(2007)。
- [5] 王秀娟、陳貞謙，國小校園生態池類型暨環境效益研究—以台北市為例，環境教育學刊第十一期，第 25-38 頁(2009)。
- [6] 詹建平，「教材觀察園實務」，台中縣新社鄉東新國民小學(1999)。
- [7] 張惠莉，「小學校園生態池現況及其課題探索之研究」，碩士論文，國立台灣大學環境教育研究所，第 30-63 頁(2003)。
- [8] 林永發，鄭奕孟，人工生態池之設計、施工與監測，造園季刊，第 4-52 頁(2004)。
- [9] 何晨瑛，台灣綠色小學校園水域設施之研究-以台北市國小為例，碩士論文，國立台灣大學園藝學研究所(2004)。
- [10] 彭國棟，如何營造自然美、有活力的生態池塘，鄉間小路，民 91.1，第 12-17 頁(2002)。
- [11] 楊永雯、詹添印，由遠東科技大學生態池的規劃談環境教育策略，應用倫理學刊第二卷第一期，(2007)。
- [12] 林煜堂，校園水生植物園設計，國教輔導第 36 卷 1 期，第 24-26 頁(1996)。
- [13] 林可涵，「以使用管理觀點探討國小校園生態池規劃之研究」，碩士論文，南華大學環境與藝術研究所，第 34-35 頁(2006)。
- [14] 葉錫鑫，校園濕地生態池之營造從改造水生池觀點出發，北縣教育第 65 期，第 50-52 頁(2008)。
- [15] 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%84%AA%E6%B0%A7%E5%8C%96>
- [16] 吳青蓉、林晏洲，台北市國小校園生態池之評估，造園景觀學報 13(4) 第 71-90 頁(2007)。

- [17] 蔡文欣，網路虛擬校園生態池融入國小自然科學之設計與研究-以「水中生物」單元為例，碩士論文，國立新竹教育大學資訊科學研究所(2007)。
- [18] 黃朝慶，生態水池的經營與教學，台北縣92學年度「永續環境教育工作坊」督學、校長與行政主管研習實施計畫(2003)。
- [19] 李松柏，台灣水生植物圖鑑，晨星出版有限公司，第 10-15 頁(2007)。
- [20] 吳妙琴，國小校園教學生態池規劃建置之研究，碩士論文，中國科技大學建築研究所(2009)。
- [21] 行政院農業委員會  
<http://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=162875&ctNode=2532&mp=163&kpi=0>
- [22] 陳世雄，有機校園的理念，教師天地第 162 期，第 21-25 頁(2009)。
- [23] 彭國棟，如何營造有生命力的生態水池，自然保育季刊 35 期(2001)。
- [24] 杉山惠一，「ピオガーデン入門」，東京：社團法人農山漁村文化協會(1987)。
- [25] 鄭先祐，生態環境影響評估學，財團法人徐氏基金會，第 427-458 頁(1992)。
- [26] 林憲德，城鄉生態—生活環境的生物多樣化設計，生態工程教育的通識教材 Biodiversity Design for Living Environment。台北市：詹氏書局（1999）。
- [27] 葉茂森，中部地區國小永續校園內涵之研究—以自然環境的觀點進行探討。台中師範學院環境教育研究所碩士論文（2003）。
- [28] 林信輝、湯曜滋，生態工法之內涵與應用，林業研究專訊.第九卷第一期，第 12-17 頁(2002)。
- [29] 謝涵亘，「TRIZ 方法結合綠色設計之應用—以衣夾為例」，碩士論文，台灣首府大學工業管理學研究所(2012)。
- [30] 林詩容，「利用 TRIZ 方法來探討專利之個案研究」，碩士論文，逢甲大學工程與系統管理研究所(2010)。
- [31] 蘇乃顯，「以 TRIZ 探討家庭自動化技術發展之趨勢」，碩士論文，國立交通大學管理學院碩士在職專班科技管理組(2009)。

- [32] 廖文進，「萃思(TRIZ)方法之實務應用—以液晶螢幕翻轉裝置為例」，碩士論文，國立交通大學管理學院(工業工程與管理學程)碩士班(2006)。
- [33] 郭至銘，「運用使用性工程與 TRIZ 於外購餐飲容器之創新設計研究」，碩士論文，樹德科技大學應用設計研究所(2006)。
- [34] 劉勤興，「應用 TRIZ 理論於通用設計:以蛋糕刀為例」，碩士論文，大同大學工業設計研究所(2010)。
- [35] 賴淑琴，「應用 TRIZ 方法提升行動電話送修服務之研究」，碩士論文，國立高雄應用科技大學工業工程與管理系 (2009)。
- [36] 林永禎，「運用質場分析法與型態分析法於車輛求救警報裝置之設計」，弘光學報 63 期，第 174-184 頁(2010)。
- [37] 鄧志堅、黃裕峰，TRIZ 創新設計運用在衣架之改良，科學與工程技術期刊第七卷第三期，第 23-34 頁(2011)。
- [38] 吳韶舫、賴榮哲，TRIZ 理論在高功率 LED 散熱的應用，2010 年資訊科技國際研討會論文集(2010)。
- [39] 楊美蓮，「建構滿足客戶與創新的綠色產品研發機制—以某國內電子企業為例」，碩士論文，真理大學管理科學研究所(2008)。
- [40] 彭芳玉，「應用系統性創新理論於校園生態池之改善-以光明國小為案例探討」，碩士論文，中華大學土木工程學系(2013)。
- [41] 宋明弘，TRIZ 萃智系統性創新理論與應用，鼎茂圖書出版股份有限公司，第 110-111 頁(2012)。
- [42] 蕭詠今，TRIZ 創意 40 錦囊妙計，健速有限公司(2009)。
- [43] 張奇偉，中華大學，創新技術訓練與應用(二)課程，課程講義(2013)。

附錄一  
TRIZ 之 39 工程參數



附錄一 TRIZ 之 39 工程參數

1.	移動件重量(Weight of moving object)	重力作用於它的支撐或懸吊。
2.	固定件重量(Weight of stationary object)	重力作用於它的支撐或懸吊。
3.	移動件長度(Length of moving object)	移動物體的任一維尺寸(長、寬、高)
4.	固定件長度(Length of stationary object)	不動物體的任一維尺寸(長、寬、高)
5.	移動件面積(Area of moving object)	移動物體內部或外部的任二維尺寸。
6.	固定件面積(Area of stationary object)	不動物體內部或外部的任二維尺寸。
7.	移動件體積(Volume of moving object)	移動物體的三維尺寸。
8.	固定件體積(Volume of stationary object)	不動物體的三維尺寸。
9.	速度(Speed)	一物體速度，一過程或動作隨時間之變化率。
10.	力量(Force)	意圖改變物體狀態的任意互動或影響。
11.	應力或壓力(Stress or Pressure)	單位面積所受的力。
12.	形狀(Shape)	系統或物體的外觀或輪廓。
13.	物體穩定性 (Stability of object's composition)	系統或物體抵抗因相關物件互動產生改變的能力。
14.	強度(Strength)	物體抵抗破壞的能力。
15.	移動件耐久性 (Duration of action by a moving object)	移動物體所執行動作的時間；失效之前的服務壽命。
16.	固定件耐久性 (Duration of action by a stationary object)	固定物體可執行動作的時間；失效之前的服務壽命。
17.	溫度(Temperature)	一系統或物體的熱狀態；包括各項熱力參數。
18.	亮度(Illumination intensity /Brightness)	單位面積的光通量；各項亮度特性。
19.	移動件使用能源 (Use of energy by moving object)	移動物體作動期間所需的能量。
20.	固定件使用能源 (Use of energy by stationary object)	不動物體作用期間所需的能量。
21.	功率(Power)	能量使用的速率；功與時間的比率。
22.	能源損失(Loss of energy)	對系統作動並無貢獻所消耗的能量。
23.	物質損失(Loss of substance)	對系統作動並無貢獻所消耗的物質。
24.	資訊損失(Loss of information)	資料或系統輸入項的遺漏。
25.	時間損失(Loss of time)	完成一指定動作所額外增加的時間。
26.	物質數量(Amount of substance)	一物體的元件數量或物質總量。
27.	可靠度(Reliability)	一系統適當執行其功能的能力。
28.	測量精確度(Measurement accuracy)	一物體的量測值與真值間接近的程度。
29.	製造精確度(Manufacturing precision)	一物體的真正特性與設計特性接近的程度。
30.	物體外在有害因素 (Object affect harmful factors)	作用於系統的外部影響力，造成系統效率或品質的降低。
31.	物體產生有害因素 (Object generated harmful factors)	作用於系統的內部影響力，造成系統效率或品質的降低。
32.	易製造性(Ease of manufacture)	一系統或物體於製造上的容易程度。
33.	易操作性(Ease of operation)	一系統於操作或使用上的容易程度。
34.	易維修性(Ease of repair)	物體或系統故障後，可容易修復恢復功能。
35.	適應性(Adaptability/Versatility)	當外在條件改變，系統或物體仍有正面的反應。
36.	裝置複雜性(Device complexity)	形成物體或系統元件的數量和相異性。

37.	偵測與量測困難度 (Difficulty of detecting and measuring)	用於量測或監控系統之元件的數量和相異性。
38.	自動化程度(Extent of automation)	物體或系統執行功能時，無人為影響的程度。
39.	生產力(Productivity)	單位時間裡系統完成操作或執行功能的次數。





## 第一級 建立或完善物場模型的標準解系統

### 1.1 建立物場模型(8)

1.1.1 為改善不完整物質-場的控制性和提升效力，例如只有 S1，則增加 S2 和 F 來使之完整。

1.1.2 如果修改物質-場有困難，可導入一個不受限制的添加物到其中一個物質內部，此附加物可暫時或永久來解決問題

1.1.3 如果修改物質-場有困難，可導入一個不受限制的附加物到其中一個物質外部，此附加物可暫時或永久來解決問題

1.1.4 假設系統不能改變，欲額外添加或附加物質卻又受到限制時，可運用週遭事務，環境中的物質來解決問題。

1.1.5 如果物質-場無法像 1.1.4 從周遭環境引入一物質，但此物質能被適當的替換到其他處，或產生或學變化或引入添加物，改變其所處的環境。

1.1.6 想達到微小的精確控制非常困難，但可利用增加一附加物來協助控制微量

的量測，並隨之移除。

1.1.7 當場的強度不足時，若增加其強度但又會破壞系統時，將場的強度施加到另一元件，再將該元件連接回原系統。若一種物質不能有效地發揮作用，可透過另一可用物質來協助發揮作用。

1.1.8 同時需要強與弱的效應時，弱的效應可藉由增加物質 S2 來保護

### 1.2 消除物場模型的有害效應(5)

1.2.1 在一個系統有用及有害系統同時存在，若 S1,與 S2 不必直接接觸，可透過引入 S2 吸收有害效應。

1.2.2 在一個系統中 useful 及有害效應同時存在，但不允許增加新物質，可藉由改變 S1 或 S2 吸收消除效應。也可利用"虛無物質"來改善，如真空、空氣、泡沫或增加一種場，其作用相當於增加一種物質。

1.2.3 當有害的效應是由一種場所引起時，引入物質 S2 吸收有害效應。

1.2.4 在一個系統中 useful 及有害效應同時存在，但 S1,與 S2 必需直接接觸，增加場 F2 使之抵銷 F1 的影響或得到一附加的有用效應。

1.2.5 在一個系統中，若有害效應的產生是由於一個元件有磁性，可將該元件加熱



到居禮點以上，消除其磁性，或是引入一反磁場來消除原磁場。

## 第二級 強化物場模型的標準解系統

### 2.1 向複合物場模型進化(2)

2.1.1 將模型的 S2 與 F1 施加到 S3，S2 與 F2 施加到 S1，此連結的兩個模型可以是分別獨立控制的。

2.1.2 當一個很差的可控性系統需要改進，但已存在的部份不能被改變，增加第二個場且作用到 S2 上。

### 2.2 加強物場模型.....6

2.2.1 對於可控性差的場，可增加一個易控制的場，或被一個易控制的場取代。例如，由重力場變為機械場，由機械場變為電場或電磁場。主要是將物體的物理接觸轉為場的作用。

2.2.2 將 S2 由宏觀變為微觀。

2.2.3 將 S2 改變為允許氣體或液體通過的多孔或具有毛細孔的材料。

2.2.4 使系統更具有柔性或適應性，常見的方式是由鋼性材料變為一個連接，再到連續柔性的系統。

2.2.5 使一個不能控制的場，具有永久或暫時的確定模式。

2.2.6 使不可控的物質或單一物質，可以永久或暫時的變成確定空間結構的非單一物質。

### 2.3 採用頻率協調強化物場模型(3)

2.3.1 使 F 與 S1 與 S2 的自然頻率相配或相異。

2.3.2 使 F1 或 F2 的固有頻率相配。

2.3.3 兩個不相容或獨立的動作可依序的被完成。

### 2.4 引入磁性添加物強化物場模型(12)

2.4.1 在一個系統中增加具磁性的材料或磁場。

2.4.2 將(2.2.1)與(2.4.1)結合運用，利用磁性材料與磁場，增加場的可控性。

2.4.3 磁性流體的應用。磁流體為(2.4.2)的一個特例。

2.4.4 使用含有磁粒子或液體的毛細結構。

2.4.5 利用附加物，使非磁性物體永久或暫時地具有磁性。

2.4.6 假設一個物體不能具有磁性，可將磁性物質引入至環境中。

2.4.7 善用自然現象，如物體依照場來排列或使物體在居禮點以上失去磁性。

2.4.8 利用動態、自動調整、或可變換的磁場。

2.4.9 加入磁性粒子改變材料的結構，並施加磁場移動粒子，使非結構化的系統變為結構化系統，或反向操作。

2.4.10 與F場的自然頻率相匹配。對於宏觀的系統，採用機械震動增加磁性粒子的運動。在分子及原子水平上，材料的複合成分子可通過改變磁場頻率的方法，用電子振頻譜確定。

2.4.11 利用電流產生磁場並可代替磁粒子

2.4.12 電流改變流體時，即具有被電磁場控制的黏性，它們可以與其他方法一起運用。

### 第三級 向雙、多、超系統或微觀級系統進化的標準解系統

#### 3.1 向雙系統或多系統進化(5)

3.1.1 系統轉換(a):產生雙系統或多系統。藉由再增加一個系統或多單元的系統，可使一個有效系統的性能得到提升。

3.1.2 改變雙系統或多系統中的聯接

3.1.3 系統轉換(b):在元件間增加不同的性質。藉由逐漸增加元件間增加不同的性質，使雙重系統或多單元系統性能得到提升。

3.1.4 雙系統或多系統的簡化

3.1.5 系統轉換(c):利用整體與部份之間的相反特性。利用有效系統中，整體與部份之間的相反特性，性能得到提升。

#### 3.2 向微觀級系統進化(1)

3.2.1 (42) 系統轉換(d):轉換到微觀水平。

### 第四級 測量與檢測的標準解系統

#### § 4.1 間接方法(3)

4.1.1 替代系統中的檢測與量測，使之不再需要。

4.1.2 假如(4.1.1)不可行，量測一複製品或肖像。

4.1.3 假如(4.1.1)與(4.1.2)皆不可行，利用兩個檢測代替連續測量。

#### § 4.2 建立物場測量模型(4)

4.2.1 假如一不完整物質場系統不能被檢測或測量，增加單一或雙物質-場，且一個場作為輸出。假如已存的場是非有效的，在不影響原系統的條件下，改變或加強該場。加強的場應具有設計者所關心且易檢測的參數。

4.2.2 測量-引入的附加入物。引入的附加物在原系統中變化，測量附加物的這種

變化。

4.2.3 假如系統中不能增加其他附加物，在環境中增加附加物使其對系統產生場，檢測或測量場對系統的影響。

4.2.4 假如附加物不能被引入到環境中(4.2.3)，分解或改變環境中已存在的物質，使其產生某種效應，測量這種效應。

#### § 4.3 加強物場測量模型(3)

4.3.1 利用自然現象。例如，利用系統中出現的已知科學效應，通過觀察效應的變化，來決定系統的狀態。

4.3.2 假如系統不能直接或通過場測量，測量系統或元件被激發固有頻率來確定系統的變化。

4.3.3 假如(4.3.2)不可行，量測與已知特性相聯繫的物體之固有頻率。

#### § 4.4 向鐵-場測量模型轉化(5)

4.4.1 增加或利用鐵磁物質或系統中的磁場以便量測。

4.4.2 增加磁性力子或改變一種物質成為鐵磁力子以便測量，測量所導致的磁場即可。

4.4.3 假如(4.4.2)不可行，建立一複合系統，添加鐵磁粒子附加物至系統中。

4.4.4 假如系統不允許增加鐵磁物質，將其加到環境中。

4.4.5 測量與磁性有關的現象。

#### § 4.5 測量系統的進化方向(2)

4.5.1 傳遞到雙系統或多系統。假如單一測量系統不能給出足夠的精度，可應用雙系統或多系統。

4.5.2 代替直接測量，可測量時間或空間的一階或二階導數。

### 第五級 標準解應用策略準則

#### 5.1 引入物質(4)

##### 5.1.1 利用間接的方法

5.1.1.1 利用無成本資源，如真空、空氣、氣泡、空洞、縫隙等

5.1.1.2 利用場代替物質。

5.1.1.3 利用外部附加物代替內部附加物

5.1.1.4 利用少量但非常活化的附加物

5.1.1.5 將附加物集中到一特定的位置上

5.1.1.6 暫時引入附加物

5.1.1.7 假如原系統不允許附加物，可在其複製品增加附加物，包含仿真器的使用

5.1.1.8 引入化合物。當它們起反應時產生所需要的化合物(含仿真器的使用)

5.1.1.9 通過對環境或物體本身的分解獲得所需的附加物

5.1.2 將元件分解成更小單元

5.1.3 增加附加物，再次使用後自動消除

5.1.4 假使環境不允許大量使用某種材料，使用對環境無影響的東西替代

5.2 引入場(3)

5.2.1 使用一種場來產生另一種場

5.2.2 利用環境中已存在的場

5.2.3 使用屬於場資源的物質

5.3 相變(5)

5.3.1 狀態傳遞 1:替代狀

5.3.2 狀態傳遞 2:雙態

5.3.3 狀態傳遞 3:利用狀態轉換過程中的伴隨現象

5.3.4 狀態傳遞 4:傳遞到狀態

5.3.5 引入系統中元件或物件之的相互作用力使之更有效。

5.4 利用自然現象和物理效應(2)

5.4.1 自然控制傳遞。假如一物體必須具有不同的狀態，應使其自身從一個狀態傳遞到另一個狀態。

5.4.2 當輸入場較弱時，增加輸出場。通常在接近狀態轉換點處實現。

5.5 通過分解或結合獲得物質粒子(3)

5.5.1 通過分解獲得物質粒子

5.5.2 通過結合獲得物質

5.5.3 應用(5.5.1)(5.5.2)時，假如高等結構物質需要分解，但又不能分解，由次高級物質代替；若物質由低結構物質組成但不能應用，則反之由高一級物質代替

