

創意問題解決的理論與技法— TRIZ

盧昆宏 博士

國立高雄大學
亞太工商管理學系 教授

大 綱(1/2)

1. TRIZ 發展背景
2. 何謂TRIZ？
3. TRIZ的演進
4. 發明的五層級

大 綱(2/2)

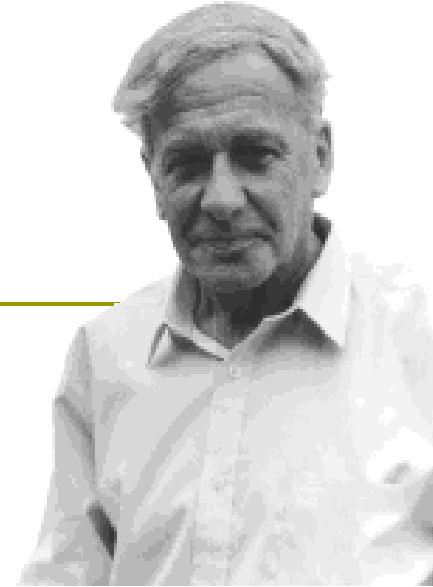
5. 科技系統演化的九大定律
6. TRIZ 如何運作？
7. 技術矛盾/實體矛盾
8. 物質—場理論基本概念

1. TRIZ 發展背景

TRIZ 發展背景

TRIZ (Teoria Reshenia Isobretatelnykh Zadatch) 理論是 **TIPS** (Theory of Inventive Problem Solving) 之俄文同義字。由俄國學者 Genrich Altshuller 及其研究團隊自 1946 年開始所發展出的一套系統化創新理論。

Genrich Altshuller



☁ Genrich Altshuller

根里奇·阿奇舒勒

(1926年生/蘇聯)

🏠 1940(14歲)第一項發明(underwater breathing device)

🏠 1946(20歲)進入蘇聯海軍專利局—
開發TRIZ理論

TRIZ 理論之基本假設是相信在創新發明的世代演變中，必然存在著固定之創新法則可供依尋，若此創新法則能被發現並予以整理歸納，它將有利於對創新過程發展的預測。TRIZ理論自1946至1985 持續發展的50 年中，Genrich Altshuller及其研究團隊研究了超過40萬件的專利產品，藉由分析專利產品的特性與歸納創新的層級類別，嘗試找出存在之固定法則。

在90年代隨著蘇聯瓦解後該理論才廣為西方國家所知，後遂成為國際間系統化創新之理論科學，各國學者也相繼致力於理論架構的加強與應用的延伸。

如今TRIZ 理論之應用遍及各大
小企業與各個不同的應用層面，而
以此作為創新的解決方案或未來科
技趨勢的決策指標；公司企業如
Ford, Motorola, 3M, Siemens,
Phillips, LG 等皆利用TRIZ 理論
來作為科技創新的分析工具，同時
為企業加速創新的腳步。

2. 何謂TRIZ？

何謂TRIZ？

發明問題解決理論/創新(發明性)問題解決方法

- ❖ 矛盾創意思考突破法
- ❖ 這樣的理論可能存在嗎？
- ❖ 發明本身不就是一種創新的過程嗎？
- ❖ 發明不再是神秘的、多變的、隨機的
和高度依賴於個人與生俱來的特質嗎？

發明問題正如同其他工程類問題，
是可經由編碼、分類及方法化等方式解決。

何謂TRIZ？

- ❏ 創新發明是人類智力產品，創新過程可採用心理學技術改進
- ❏ 經由實際的專利分析經驗得到了發明問題的解決答案，歸納出專利發明的共同性、重複性和創新發明性思維的邏輯

3. TRIZ的演進

TRIZ的演進

★1946~1980-理論形成

1. 透過大量專利與文獻的研究，開發TRIZ理論
2. 1980于俄羅斯召開全世界第一屆TRIZ專家大會

TRIZ的演進

★1981~1986-國內推展

1. 1982-Boris Zlotin & Alla Zusman創辦 Kishinev學校
2. 專門教授TRIZ方法學，並為工業企業提供諮詢服務
3. 培養6000多名學生、解決或簡化4000多個技術問題
4. 開發解決科學問題&確定故障和潛在故障原因的方法學
5. 出版9本著作(3本與Altshuller合著)，發表文章
6. 為各個不同的技術層面制定教育訓練計畫

TRIZ的演進

★1987~1991-投入商業用途

1. 政治改革-允許TRIZ投入商業用途
2. 1989-傳統缺點使其電腦化過程變得非常困難
3. 開發綜合工具，發明問題解決流程 (Ideation-TRIZ : I-TRIZ)的 IWB(Innovation WorkBench)軟體

TRIZ的演進

★ 1992~擴展至全世界

1. 成立Ideation國際諮詢公司-建立教育計畫及持續開發
2. 各國引進-透過大量學習方式提升企業內部研發人員
3. 與其他工具整合...Six Sigma、QFD、Taguchi Methods、QC Story、TQC

TRIZ的缺點

1. 不精確性(未系統化規則與演算法)
2. 獨立開發工具(無綜合系統)
3. 無明確建議使用的工具
4. 無支持發明問題解決過程的所有階段

4. 發明的五層級

創新層級的定義(1/8)

根據Shulyak (1998)對TRIZ 理論的介紹，Genrich Altshuller 在研究中發現並非所有的創新發明都具相同的演化過程，且依創新元素來源的不同可以將其分為五類創新層級：

創新層級的定義(2/8)

- 創新層級1：系統在該相關領域的知識累積下，系統元件與系統本身簡單的改善與演化。

創新層級1

液態氧

→ 熔爐傳輸管

→ 絕緣層厚度

創新層級的定義(3/8)

- 創新層級2：系統的演化過程經歷過對於技術矛盾(technical contradiction)問題的解決，而其創新元素可能源於該領域的其它技術知識與思考的加入。

創新層級2

鐳接的護面具加入抗光鏡片

→ 能見度提昇 → 效率提昇

創新層級的定義(4/8)

- 創新層級3：系統的演化過程經歷過對於系統元素實體矛盾 (physical contradiction) 問題的解決，而其創新元素可能源於其它領域的技術知識與思考的加入。

創新層級3

自動傳輸系統導入設計

創新層級的定義(5/8)

- 創新層級4：嶄新技術的產生以致突破系統既有的開發瓶頸，而此層級所需要的創新元素可能源於其他科學知識與思考的加入。

創新層級4

□ 熱記憶材料

□ 磁性+液壓系統

→ 航海噴射引擎

創新層級的定義(6/8)

- 創新層級5：新材料的發現或新科技的發明以致產生再次創新的動力。

創新層級5

飛機、液晶電視、電腦

iPad

創新層級的定義(7/8)

□是故，創新層級1 並未有創新元素的加入，只能算是對於原有的系統流程進行改善；創新層級2 與創新層級3 則因解決了技術與實體上的矛盾造就了系統創新；創新層級4 則因為新技術的加入而產生創新，在此層級中可能並未解決已存在之系統瓶頸問題，而是利用新的技術架構取代了原有的系統；創新層級5 則因為新材料的發現或新科技的發明讓科技系統再向前邁進。

重型機械震動過大

→ 加吸震墊 (L1)

→ 反震動 (L3)

→ 空氣磁浮 (L4)

創新層級的定義(8/8)

Genrich Altshuller 在研究中統計有77%的發明專利屬於創新層級1 與創新層級2，而此說明其中仍然存在著創新進步的空間，且Genrich更結論若利用TRIZ 理論於創新問題的解決，則將能使創新的等級具效率地提升至創新層級3，甚至是創新層級4。

TRIZ—創新層級

層級1：標準化	專門領域內大家所熟知的解決方法
層級2：改良化	現有系統之改良 從同業中學到的方法
層級3：模式內創新	現有系統之大幅改善 參考其他領域之方法
層級4：模式外創新	新一代系統之創新 「屬於科學層次，非僅技術層次」
層級5：新發現	全新系統之先趨發明 重大發明或新科學理論

5. 科技系統演化的 九大定律

5. 科技系統演化九大定律 (1/2)

1. 系統組件的完整性定律

— 基本部份必須完備動力/能源提供系統、
運行系統、傳輸組件、控制組件

2. 系統能源傳導率持續提昇定律

— 轉移形式的選擇是許多發明的核心問題

3. 律動協調性定律

— 組件頻率與共振頻率的諧調性

5. 科技系統演化九大定律 (2/2)

4. 理想度持續提昇定律

— $I(\text{ideality}) = \Sigma U_i(\text{有用效}) / \Sigma H_j(\text{有害效果})$

5. 組件(子系統)非齊一性發展定律

6. 轉變到超系統定律

— 演化到一個新的性質和層次

7. 從宏觀層面轉變到微觀層面定律

8. 增加「物質-場」應用定律

9. 動態性增加定律—固定到可調整

6. TRIZ 如何運作？

6.1 思考邏輯(1/3)

1. 一元二次方程式求解

2. 對解決問題過程的反思

問題空間

對應↓映射

問題解決方案空間

運算
子

抽象問題(方程式)
 $Ax^2+bx+c=0$

抽象解答(通解)
 $x = \frac{1}{2a} [-b \pm \sqrt{b^2+4ac}]$

進行
有效歸納 = 抽象化

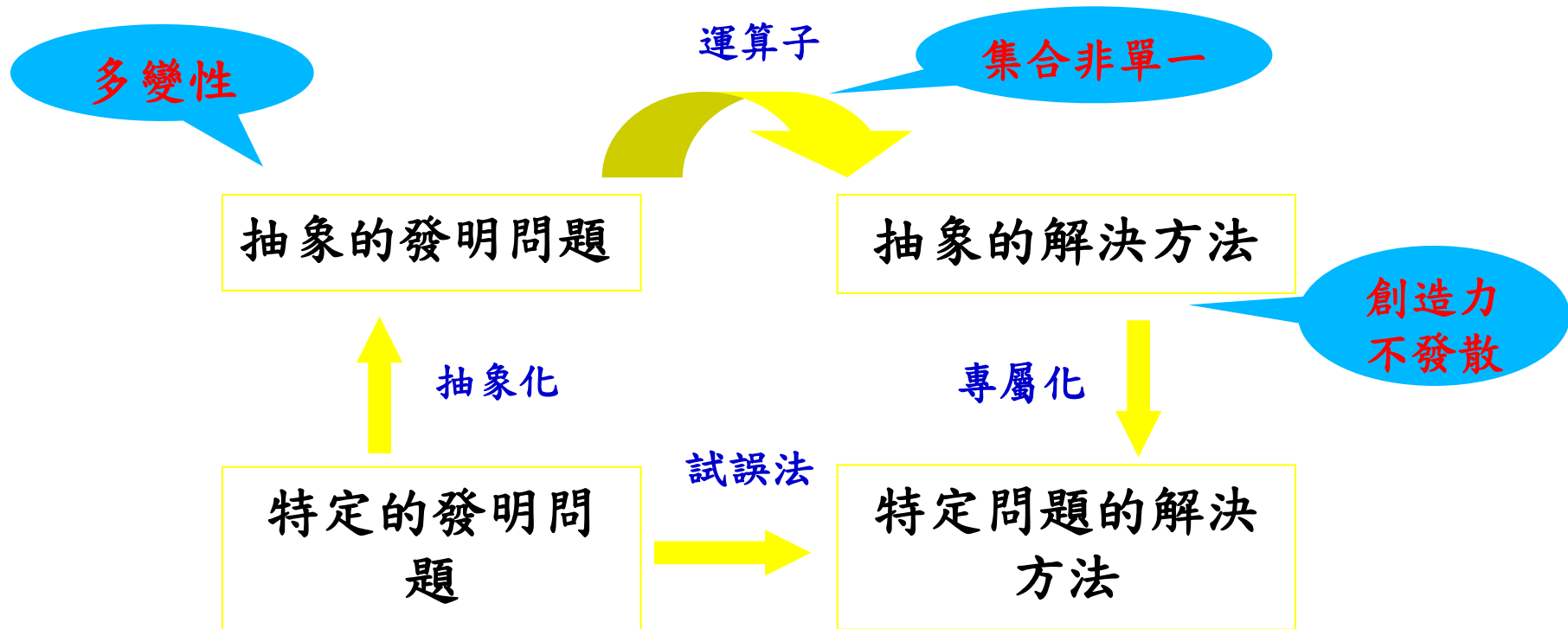
特定問題
 $3x^2+5x+2=0$

試誤
法

特定解
 $x = -1, -2/3$

6.1 思考邏輯(2/3)

抽象化問題解決流程



6.1 思考邏輯(3/3)

2. 對解決問題過程的反思

「把特定問題進行抽象化」、「有效歸納」

3. 抽象化解決問題的原則

把問題抽象化(進行歸類)→得出通用解決方法(運算子)→歸類與運算子的集合構成諮詢理論→針對具體問題進行專屬化

4. 應用到發明問題

理論架構：分類制度→確認運算子

6.2 技術矛盾與矛盾矩陣

在先前「創新層級」所提到的因矛盾問題的解決，致使系統能更具效率而達到創新。而在此所謂之「矛盾問題」即產生於當我們嘗試改變系統中的某個參數、或欲突顯系統中某種特性時，卻可能因此造成其他元件效能的降低，此時便成為系統演化過程中的障礙。

6.2.1 技術矛盾

發明問題解決系統—技術矛盾

A↑ B↓

- 參數A改善

- 參數B惡化

- 例如：強度與重量
可靠度與成本

- 一般工程解法：妥協的設計
 - 在TRIZ中不被視為創新發明
- 超越技術矛盾之創新
同時優化A及B

- 解決發明問題時，列出矛盾的能力是很重要的
- TRIZ提供解決矛盾的系統化工具以顯著的減少它們所帶來的壓力

技術矛盾：諸如重量、大小、顏色、速度、硬度等皆屬於系統中的技術矛盾參數，這些參數描述了系統的狀態。例如當欲增加飛機的飛行速度時，隨即想到可藉由加大引擎的動力，然而加大引擎的動力卻可能因此增加對引擎室空間大小的要求，而引擎室空間大小的增加又會造成重量增加的問題，而重量的增加又因此拖慢了飛行速度；因此「動力」與「重量」遂成為該系統中的技術矛盾。

40創新法則

在「40 創新法則」中所列舉出的創新法則為解決系統技術矛盾問題的建議解決方向。其運算方法常與TRIZ 另一方法工具「矛盾矩陣圖」(contradiction matrix)一起使用。其中的39特徵參數為歸納之系統衝突矛盾特徵，在矛盾矩陣的左方由上至下為欲改善之系統特性，矩陣上方由左至右則為系統可能因此惡化之矛盾特性，而中間矩陣方格內的數字則為創新法則；因此藉由分析系統的衝突，從矛盾矩陣可以找到相對應之潛在創新方向。

矛盾矩陣與創新發明原則

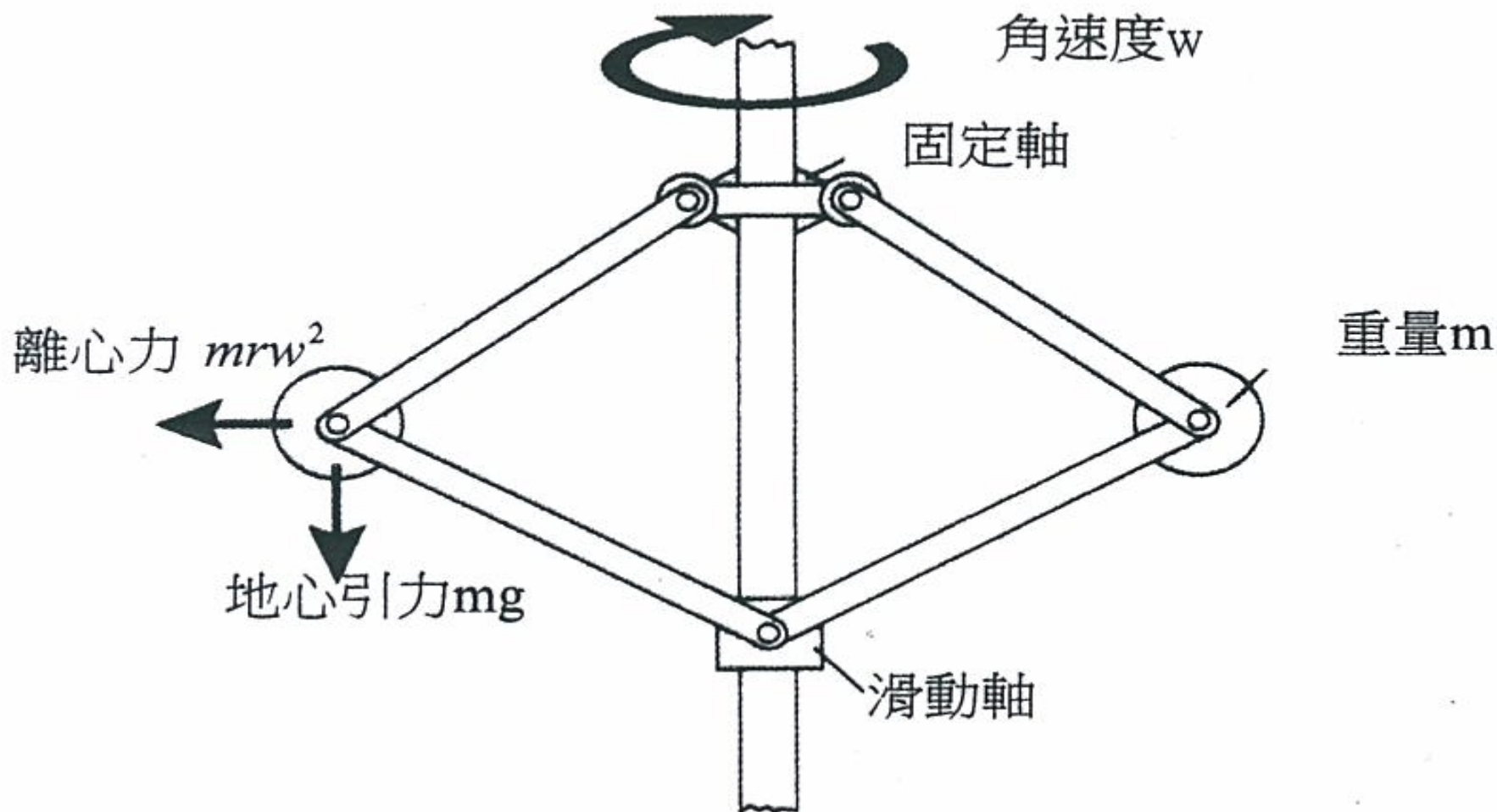
歸納39個工程參數

1. 移動物體的重量
2. 靜止物體的重量
3. 移動物體的長度
4. 靜止物體的長度
5. 移動物體的面積
6. 靜止物體的面積
7. 移動物體的體積
8. 靜止物體的體積
9. 速度
10. 力
11. 應力或壓力
12. 形狀
13. 物體組成成份的穩定度
14. 強度
15. 移動物體的耐力度
16. 靜止物體的耐力度
17. 溫度
18. 亮度
19. 移動物體所需的能量
20. 靜止物體所需的能量
21. 功率
22. 能量的耗損
23. 物質的耗損
24. 資訊的遺失
25. 時間的浪費
26. 物質的數量
27. 可靠度
28. 量測精準度
29. 製造精準度
30. 會引響系統的有害因素
31. 系統產生副作用
32. 容易製造
33. 容易操作使用
34. 容易維修
35. 適應度
36. 系統複雜度
37. 控制的複雜度
38. 自動化程度
39. 生產力

40創造發明原則(運算子)

1. 分割原理
2. 分離原理(分離, 恢復, 移除)
3. 改進局部性質原理
4. 非對稱性原理
5. 合併原理
6. 萬用性原理
7. 套疊結構原理
8. 平衡力原理
9. 事先的反向作用原理
10. 預先行動原理
11. 預先防範原理
12. 等位能原理
13. 反向操作原理
14. 球面化原理
15. 動態化原理
16. 部份或過度動作原理
17. 轉換到另一個維度原理
18. 震動原理
19. 過期性作用原理
20. 連續的有用作用原理
21. 快速原理
22. 改變有害成為有用原理
23. 回饋原理
24. 中介物質原理
25. 自助原理
26. 複製原理
27. 可拋棄原理
28. 取代機械系統原理
29. 氣動或液壓原理
30. 彈性膜與薄膜原理
31. 孔隙物質原理
32. 改變顏色原理
33. 均質原理
34. 拋棄與再生元件原理
35. 性質轉變原理
36. 相變化原理
37. 熱膨脹原理
38. 加速氧化原理
39. 鈍性環境原理
40. 複合材料原理

離心調速器



直升機「旋轉球」內的

「離心調速器」功能：控制機翼之轉速。

『重量』會影響直升機的速度；

所以，能減少「旋轉球」的『重量』（↓）

則「直升機的速度」（增加 +），

但會減少離心力而影響調速器效能。

因此，『重量』與『離心力』形成了技術矛盾。

I=1(移動物件的重量) 及第10行(j=10 力)

將找到原則8：平衡力

將「旋轉球」換成『螺旋槳』，

『螺旋槳』可提供一個與角度成正比的上升力。

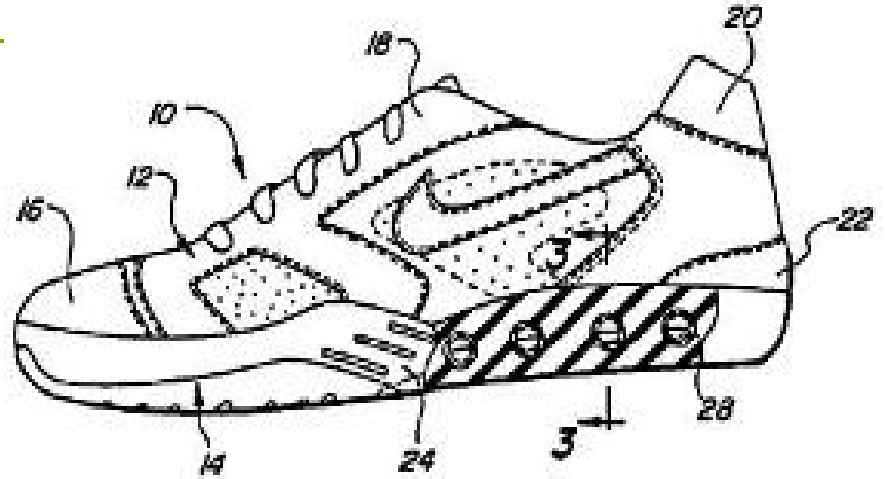
故，可減少直升機的重量卻沒有影響「離心調速器」的效力。

How to use TRIZ ?

案例

改善項目：Shoe sole

專利編號：US6730379



i(改善的特徵)：易調整/提高強度/普遍性...→(35)適應性

j(避免惡化的結果)：洩漏/磨損/浪費/耐磨...→(23)物質的耗損

解決方法建議：15、10、2、13

15—動態化原理

10 —預先行動原理

2 —分離原理(分離, 恢復, 移除)

13 —反向操作原理

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
1. 分割	把一個物體分成幾個獨立的部份 把物體變成可組成的形成 增加物體的分割程度
2. 抽取	從一個部體上移除(去除或分割)造成「危害」的零件或屬性 從物體中抽取有用的部份
3. 局部特性	從同一類物體、外部環境或作用的結構，變換到不同結構的物體、外部環境或作用的結構 讓物體不同的部份執行不同的功能 把物體的每個部份都置於最利於其發揮
4. 不對稱	用不對稱形狀代替對稱形狀 如果一個部體已經不對稱了，就增加其不對稱的程度
5. 結合	同質的物體或產生連續作業的物體在空間上加以結合 同質的或連續的作業在時間上加以結合

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
6. 多功能	使物體具有多重功能，以消除對其他物體的需求
7. 套疊	把物體放在其他物體之內 一個物體可通過另一個物體的孔洞
8. 平衡力	為了抵消物體本身的重量，可以結合另一個能提供舉升力的物體 為了抵消物體本身的重量，可以利用外部環境的作用力(如空氣動力學或流體力學)
9. 預先的反作用力	先施加反作用力 如果一個物體將受到張力，事先給予反張力
10. 預先動作	事先完成全部或部份的需要動作 把物體預先調整在一個合適的條件下以讓其能及時地發揮預期的作用
11. 事先緩和	為降低物體低可靠度的影響，可事先採取對策

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
12. 等位性	改變物體的工作狀態以使物體不需要被舉升或降低
13. 反向操作	對於一些特定問題的處理方法，可以用反向方式來操作 使物體可移動的部分改變為固定式的，把固定式的部分變可為活動的(物體的外在環境亦然) 讓物體上下顛倒
14. 曲率化	使用曲線或曲面替換直線或平面，亦可使用球體替代立方體 使用圓柱體、球體或螺旋體 使用旋轉運動來代替直線運動，亦可利用離心力
15. 動態化	在物體運行的每個階段中讓物體或其環境自動調整到最佳的狀態 把物體分成幾個元素，使各元素間可以相互轉換 將固定的物體設計成可動或可被更換的型式
16. 局部或過度的動作	如果不能達到百分之百的理想效果，做得多一點或少一點，可以大大簡化問題

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
17. 移到新的次元	將一維的移動方式改變成二維，改變二維方式為三維 以多層的組合代替單層的組合 傾斜物體或把物體翻轉到一側 將影像投射到物體的臨近區域或是反面的區域
18. 機械振動	讓物體振動起來 有振動存在的物體，就加大振動頻率，甚至用超音波 利用共振 用壓電振動代替機械振動 結合使用超音波和電磁場振盪
19. 週期性動作	以週期性的動或脈衝取代連續動作 如果動作已經是週期性，就改變其頻率 利用兩個脈衝間空檔提供額外的動作
20. 有效動作的連續性	在一個動作的完成過程中不要中斷該物件裡的所有零件必須全速且不間斷的運轉 消除所有閒置、間歇的動作 以迴轉的動作來取代來回動作

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
21. 急速通過	以高速完成有害或危險的動作
22. 把有害因素變為有利因素	利用有害因素或是效應，尤其是環境上的)以獲得正面的效應 通過混合其他不利的因素來去除原有的有害因素 增加有害因素的數量或增加有害動作的程度，直到它停止造成傷害
23. 回饋	採用回饋系統 如果回饋已經存在，則改變其作用大小和方向
24. 中介物	利用中介(媒介)物質來轉變或者執行一個動作 使用一個容易被移除的物件與原物件作暫時性的接合
25. 自助	物體本身必須自助和執行補充、修復的作業 利用廢棄物和剩餘能源
26. 複製	用簡單便宜的複製體來代替複雜、昂貴、易壞或使用不便的物體 以光學複製品或光學影像代替一個部體或系統，一個尺度能被用來 梭小或放大影像 使用紅外線或紫外線複製取代可見光的複製

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
27. 用便宜、壽命短的物體替換昂貴、壽命長的物體	用便宜、可丟棄的物體替換昂貴的物體
28. 替換機械系統	用聲學、光學、熱能、嗅覺系統取代機械系統 用電場、磁場或電磁場與物體相互作用 替換作用場
29. 氣壓或液壓結構	用氣體或液體替換物體的固體物件—此物件可以利用氣體或液體作為膨脹或是緩衝之用
30. 彈性膜或薄膜	用彈性膜或薄膜來替代傳統結構 用彈性膜或薄膜把物體從其環境中隔離
31. 使用多孔材料	使物體多孔化或在其表面、內部等區域使用多孔材料/元件 如果物體已經是多孔的，則預先將一些有用物質填充於孔隙內
32. 變換顏色	改變物體或其週遭環境的顏色、透明度、加入有色材料以便觀察、使用螢光追蹤劑

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
33. 同質性	與主物質會相互作用的其他物質，必須使用與主物件相同(或相似性質)的材料製程
34. 拋棄及再生零件	當物體達成其功能或變得無用時，就拋棄它或修正其性質(如拋棄分解或使其消散) 直接復原已耗盡的零件或物體
35. 物理和化學狀態的轉化	改變物體的物理狀態、密度、彈性、溫度及濃度
36. 相變(狀態變換)	利用相變化所產生的現象，如改變體積的過程中會散熱或吸熱
37. 熱膨脹	利用加熱使材料膨脹或收縮 利用各種不同熱膨脹係數的材料

發明原則(工程屬性與管理屬性通用)

原則	屬性
38. 運用強氧化劑	使用加濃空氣來替換普通空氣 用純氧替換加濃空氣 在空氣中或是純氧環境中使用離子放射 使用氧離子
39. 惰性環境	用惰性環境來替換普通環境 在真空中進行處理
40. 複合材料	用複合材料來替換單一材料

7. 物理矛盾

物理矛盾

A 技術矛盾 B

C控制參
數



C應該高也應該低

C應該存在也不應該存在

- 每個技術矛盾中至少可辨認出一個物理矛盾
- 例如：為改善強度(A)而增加厚度(C)，卻造成重量增加(B)

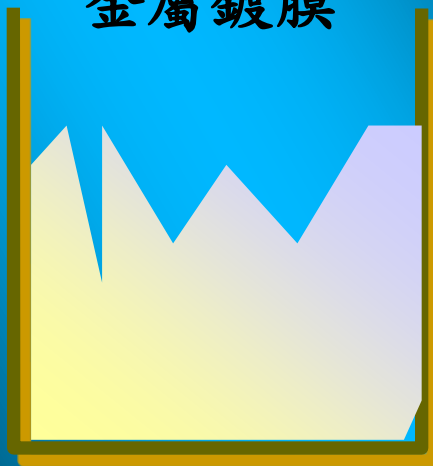
解決方案(運算子)：分離原則

物理矛盾之分離原則

時間分離
西伯利亞的打樁機



空間分離
金屬鍍膜



系統級別分離
自行車鍊



8. 物質—場理論(Su-Field)基本概念

8. 物質—場理論(Su-Field)基本概念

1. 每一個技術系統都可以分解為兩個「物體」或者「物質」(S1&S2)系統的2部份、系統本身和它的產品(作用的東西)、系統所處的環境。
2. 物質間通過一個場(F)來互相作用或進行溝通(機械力/聲力/熱力/化學力/電力/磁力...)
3. 場和物質之間的關係透過三角模型來表達。

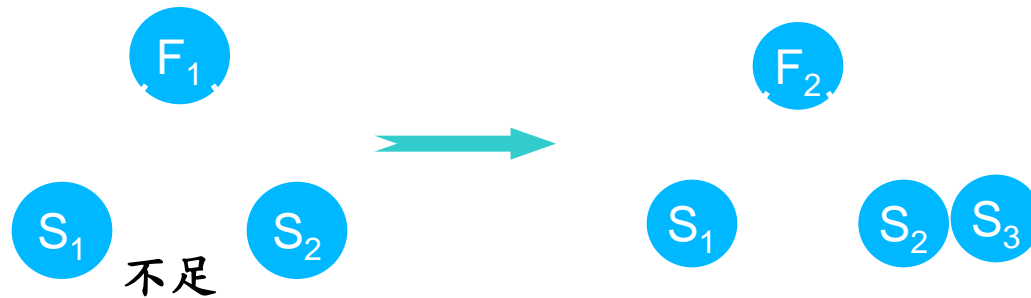
物質—場理論(Su-Field)基本概念(續)

4. 三角圖形為技術性系統象徵，簡單模型藉由增加節點獲得更詳細的模型
5. 透過引進不同的節點連接符號來提供更豐富的資訊
6. 圖形中含有虛線或波浪線表示系統需改進，即為一發明問題

物質—場理論(Su-Field)基本概念(續)

7. 發明問題的解決方法，可透過修改原圖來表示
8. 原圖與解決方法圖之間透過雙箭頭來指示
9. 原圖形等同將問題抽象化，圖形間的連接與對應箭頭為運算子

物質—場理論(Su-Field)案例



1. 尋找冷媒洩漏 → S_1 工人 / S_2 洩漏 / F_1 光源

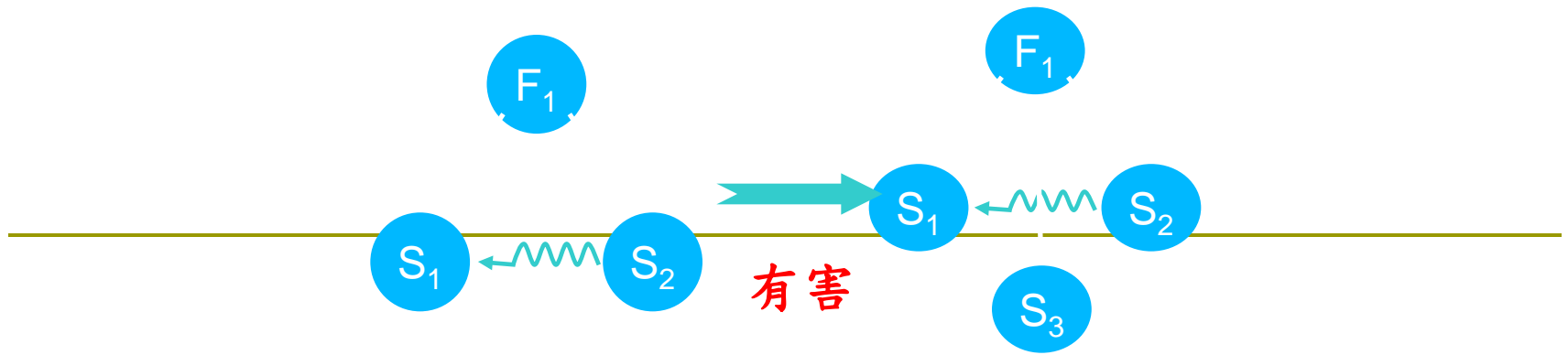
S_1 工人 / S_2 洩漏 + S_3 螢光劑 / F_2 紫外線燈光

2. 去墨水橡皮擦 → S_1 墨水 / S_2 橡皮擦 / F_1 擦拭

S_1 墨水 / S_2 橡皮擦 + S_3 溶劑膠囊 / F_2 擦拭

3. 聚合物硬化 → S_1 聚合物 / S_2 硬化 / F_1 量測

S_1 聚合物 / S_2 硬化 + S_3 鐵屑 / F_2 量測



1. 預防熔渣硬化 → S1 空氣 / S2 爐渣凝固 / F1 降溫

S1 空氣 / S2 爐渣 / S3 爐渣粉末 / F2 降溫

2. 保護輸送管 → S1 輸送管彎角 / S2 鋼珠 / F_{1n} 撞擊

S1 輸送管彎角 / S2 鋼珠 / S3 外部磁場 / F₂ 移動

物質—場理論(Su-Field)補充

- ❖ 將一個系統分成兩個物質(substance)與一個作用場(field)。
- ❖ 物質1與物質2分別代表系統工具(tool)與系統目的(article)
- ❖ 作用場則代表系統的施力方式
- ❖ substance為包含各種複雜層次的物體，而它們可以為單一系統或是複雜的系統，而動作或完成的手段稱之為場。

感謝聆聽

敬請指教

log@nuk.edu.tw