

# Analysis and Solution to TRIZ Problem-Improvement of Dust Mask – Resolve Contradiction

JyhJeng Deng<sup>1</sup>, Youn-Jan Lin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Industrial Engineering and Management Department, DaYeh University

<sup>2</sup> Institute of Management, Minghsin University of Science and Technology

\*Corresponding author,

E-mail: yjlin@must.edu.tw

(Received 11 February 2015; final version received 13 June 2015)

## Abstract

This paper uses an industry case, dust mask improvement, to illustrate the procedure of function analysis: component model, interaction matrix, function tabular form and function analysis diagram, to generate two target disadvantages. Afterwards, one of the target disadvantages, sealing insufficiency of outer layer, is further tackled through the cause effect chain analysis to dig out a deeper cause - pressure is not even. Using the physical contradiction to describe the root problem, a separation in space principle is taken to solve the problem with relevant invention principles. It issues in four plausible specific solutions, which are recommended by the industry sponsor, with several other possible solutions.

**Keywords:** Component model, Interaction matrix, Function analysis diagram, Cause effect chain analysis, Physical contradiction.

## References

- Altschuller, G. (1984), *Creativity as an exact science: The theory of the solution of inventive problems*. New York: Gordon and Breach.
- Belski, I. (2007), *Improve Your Thinking: Substance-Field Analysis*, TRIZ4U, Melbourne, Australia.
- Cavallucci, D., & Weill, R. (2001), *Integrating Altschuller's development laws for technical systems into the design process*, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 50(1), 115–120.
- Connor, R.A. (2012). U.S. Patent No. 8,276,588. Washington, DC: U.S.
- Sheu, D. D. (2011). *Mastering TRIZ Innovation Tools: Part 1*. Hsinchu: Agitek Consulting. (In Chinese)
- Ikovenko, S. (2009). *Training materials for MA TRIZ Levels 1 and 2*. GEN3 Partners.
- Lane, M.L. (1996). U.S. Patent No. 5,516,004. Washington, DC: U.S.
- Leon, N. (2006), *Trends and patterns of evolution for product innovation*, TRIZ Journal, August 2006, <http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2006/10/01.html>.
- Liu, C. T. (2008). *A Study of Product Trimming Using TRIZ and Value Engineering* (Master's thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)
- Mann, D. (2002), *Hands-on systematic innovation*. leper Belgium: Creax press.
- Miller, J., Domb, E., MacGran, E., & Terninko, J. (2001), *Using the 76 Standard Solutions: A case study for improving the world food supply*, TRIZ Journal, April 2001, <http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2001/04/e/index.htm>
- Neev, J. (2004). U.S. Patent No. 20040005349. Washington, DC: U.S.
- Rousselot, F., Zanni-Merk, C., & Cavallucci, D. (2012), *Towards a formal definition of contradiction in inventive design*, Computers in Industry, 63, 231–242.
- Sheu, D.D., & Hou, C.T. (2013), *TRIZ-based trimming for process-machine improvements: Slit-valve innovative redesign*, Computers & Industrial Engineering, 66(3) 555–566.
- Shulyak, L. & Rodman, S. (1997), *40 Principles: TRIZ Keys to Innovation*. Technical Innovation Center, Worcester, MA.
- Verbitsky, M. (2006), *Semantic TRIZ*, TRIZ Journal, April 2004, <http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2004/02/2004-02-01.html>.

## 萃智問題分析與解法-口罩的改良，解決矛盾

鄧志堅<sup>1</sup>、林永禎<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>大葉大學工業工程與管理學系

<sup>2</sup>明新科技大學管理研究所

通訊作者 E-mail : jdeng@mail.dyu.edu.tw<sup>1</sup> ; yjlin@must.edu.tw<sup>2\*</sup>

### 摘要

本文用一業界實際案例，口罩的改良，說明如何用功能分析的步驟-元件模型、互動矩陣、功能表格、功能分析圖等步驟來實際產生口罩的兩個表象問題，並以其中一個問題，外層密封空氣不足，利用因果鏈分析找出更深入的問題，壓力不均勻。接著使用物理矛盾的方式描述問題並用空間分離原則所常用的發明原則提供不同的解決方法。結果產生四個業界稱許的可行解以及其它解答。

關鍵詞：元件模型，互動矩陣，功能分析圖，因果鏈分析，物理矛盾

### 1. 前言

萃智(TRIZ)是發明問題的解決理論。所謂發明問題是指具有矛盾性的問題。發明性問題有別於建造房子的技術問題、建構橋梁的工程問題以及設計一個滿足舒適和便宜的公車設計問題(Altschuller, 1984)。發明問題可以用萃智的三菱鏡投射出許多不同的問題模式，如：系統的演化趨勢、技術衝突和物理矛盾以及質場分析，依據不同的問題模式，每一種問題都有許多不同的觸發解(Altschuller, 1984)。這些方法的提出是要指引人不要花無謂的時間做試誤，使問題的解決途徑朝著少數有盼望的方向進行(Altschuller, 1984; Cavallucci & Weill, 2001; Mann, 2002; Sheu & Hou, 2013)。例如：系統的演化趨勢的問題模式可將問題分成協調性、完整性、動態性、巨觀-微觀等等。每一種演化趨勢有其階段性的狀態，根據問題的系統狀態就可以朝下一個可能的狀態發想未來系統新的狀態。因此，在演化趨勢的模型中就有許多觸發解可以獲得。在技術衝突和物理矛盾的問題模式中，問題建立後可以用不同的發明原則解決。每一個發明原則甚至可以用到不同的系統元件上，產生不同的實際解。因此，在矛盾問題上就會產生許多實際解。在質場分析的問題模式上，問題可以依據質場的模型產生不同的標準解答觸發解(Cavallucci & Weill, 2001)。每一個標準解答可以用在不同的系統元件。因此會有許多不同的實際解。小結，一個系統問題可以由不同的角度觀看(問題模

式)，而每一個角度卻是有許多不同通解，每一個通解運用到不同的系統元件會產生許多不同的實際解。因此，萃智提供一個有系統的方式產生許多不同的實際解以解決發明性問題。整個解題模式可以用下圖1說明。



圖 1. 萃智多重解答產生流程

雖然萃智提供一套有系統的方式產生多重實際解，但是，就作者的知識，在萃智文獻上幾乎沒有運用多個問題模式解決一個問題的實際案例。或許在產業界有實際案例運用此流程並獲得有用結果。就著萃智的學習者而言，實在需要一個實際且淺顯的案例實際應用這些工具，並說明此解題過程。這個需要激發本論文的產生。由於篇幅限制本研究將分二到三篇論文說明此解題過程。本文將著重整體架構的論述，並著重於物理矛盾的解題過程，有關的質場分析和技術演進趨勢的解題過程將在後續論文中詳述。

本論文的結構接續如下：第二段作文獻探討，根據文獻說明萃智的解題流程和相關的解題工具，並說明目前萃智文獻上整體工具應用的缺乏完整性。第三段說明問題內容和解題的過程。第四段說明與業界討論的回饋以及說明應用此方法流程的心得和建議。第五段是結論。

## 2. 文獻探討

萃智的創始人是真理奇·阿舒勒 (Genrich Altshuller)，俄國海軍專利局研究員，他和他的同夥發現創新的根源在於克服矛盾現象，並且克服的過程是有規則可以依循的。阿舒勒的貢獻在於定義問題的模組化以及解題流程的模組化。在問題的模組化上，他結合價值工程中功能和價值的概念，產生功能分析和理想性的定義。功能分析的目的在於幫助萃智工具的使用者能夠聚焦在系統所需要達到的功能，而不是侷限在物件外形的改變 (Altschuller, 1984)。一個系統有許多的元件，每個元件之間存在的目的都有其功能，而這些功能結合在一起是為了提供目標物件的主要功能。最理想的系統就是主要功能完成了卻不需要系統中的物件，或是盡量減少系統中使用的元件。在功能分析中，首先要解決的是有害功能，其次是不足的功能或是過多的功能。當系統中沒有以上提到的負面功能後，在維持原系統的主要功能下就可利用刪減 (Trimming) 的技術來減少系統的元件以改進系統的理想性 (劉榮庭, 2008; Rousselot, Zanni-Merk & Cavallucci, 2012)。製作功能分析的詳細步驟包括建立元件模型、互動矩陣、功能表格和最後的功能分析圖。

功能分析圖所顯示的問題是表象問題 (target disadvantage)，由因果鏈分析 (Cause Effect Chain Analysis) 可以找出根源問題 (key disadvantage)。在表象問題和根源問題之間有一連串的相關問題，這些相關問題越接近根源問題的就越顯的重要，解決問題的順序就是由根源問題開始朝著表象問題來解，當越靠近根源問題的問題被解決了，該問題和表象問題之間的問題也就被解決了。因為表象問題和根源問題之間的相關問題是有效應鏈的關係。如圖 2 所示。

在表象問題和根源問題之間有 4 個中介原因。根源問題產生原因 4，原因 4 產生原因 3，依序產生原因 2 和原因 1，最後原因 1 造成表象問題。這裡的

根源問題被定義為科學基本原理的現象，就是一件事情物理現象的極限。就著因果鏈而言，以原因 1 和原因 2 作比方，原因 2 是因 (Cause)，原因 1 是果 (Effect)。既是因果關係，原因 2 發生必定會產生原因 1。在這點上，因果鏈分析和魚骨圖是不一樣的。魚骨圖在分析問題原因時，其下游的因子，並不一定具有因果律。因此如果解決根源問題，就可依序解決原因 1-4 和表象問題。所以，解決根源問題的功效最大。如果根源問題無法解決就需嘗試解決原因 4，如果仍然無法解決則可依序往左推移解決問題。

## 因果鏈分析

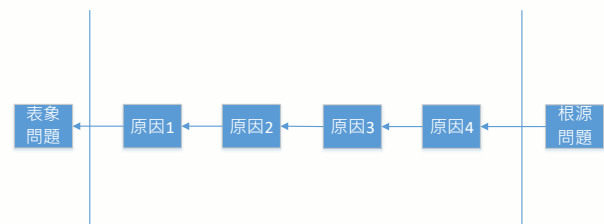


圖 2. 因果鏈分析

趨勢是技術演進的方向。這是根據觀察許多產品進化的歸納結果。古典萃智共有 8 種演化趨勢 (Cavallucci & Weill, 2001)，達雷爾·曼 (Darrell Mann) 進一步衍生到 35 種趨勢 (Mann, 2002)。雖然古典的 8 種趨勢被包括在 35 種趨勢內，但是在解釋的意涵是不一樣的。在古典 8 中趨勢中，這趨勢是分成 3 種範疇的：靜態的 (Static)、動畫 (Animation) 的 (過去的時間演進) 以及動態的 (Dynamic) (未來可能的走向)。在未來的時間走向僅能二選一的選擇其中之一的趨勢，即巨觀至微觀趨勢和增加動態和控制趨勢。巨觀至微觀趨勢表示系統的尺寸由大變小演進才能增加理想性。而動態趨勢是指剛性的系統朝分割元件演進，並且場的控制由機械轉為電、光、聲、磁場等等演進。二選一的原因，是當系統無法實際變小時，應該朝著趨勢 8，增加動態和控制趨勢，演進。如果可以實際變小的話朝著趨勢 7，巨觀至微觀趨勢，演進。例如引擎的進氣歧管 (intake manifold) 就無法變小，因此，朝趨勢 8，增加動態和控制趨勢，演進 (Cavallucci & Weill, 2001)。而在煮飯系統的演進上，由生柴火、煤球、電鍋到微波爐，表示場是用趨勢 7，巨觀至微觀趨勢，演進 (Leon, 2006)。在古典演化趨勢中，趨勢是被嚴謹的遵守，違背趨勢表示

系統是背著理想化後退的。但是，達雷爾·曼的趨勢是不嚴謹的，系統並非一定要遵守其演進趨勢。這是兩者對趨勢最不同的看法。本研究將依照古典趨勢作應用。

技術衝突和物理矛盾以及衍生的 40 發明原則的使用是萃智研究人員最喜歡使用的工具。因為，表面上它容易使用。但是比較少人用數個原則來解同一個矛盾現象。矛盾問題分為兩類：技術衝突(Technical Contradiction)和物理矛盾(Physical Contradiction) (Shulyak & Rodman, 1997)。所謂技術衝突是指系統中我們如改善工程參數 A，則同時會惡化工程參數 B。所謂物理矛盾是指系統中某個元件的物理參數值必須是大的以達到某個效果 C，並且必須是小的以達到某個效果 D。傳統定義技術衝突的方式是：IF (方法)，THEN (目的)；BUT (缺點)。其中目的表示會改善工程參數 A，缺點表示會惡化工程參數 B。這種表示有一個缺點就是方法是多餘的。因為，接著要解決矛盾問題的矛盾矩陣是不考量方法的。因此，本文傾向用：IF (改善參數 A)，THEN (惡化參數 B) 來描述系統以達到簡潔明瞭。如果要將技術衝突轉化到物理矛盾時，則需要延伸出行動參數 (action parameter) E，當行動參數 E 大時達到某個效果 C，表示評估參數 (evaluation parameter) A 是正值且評估參數 (evaluation parameter) B 是負值。如果行動參數 E 小時達到某個效果 D，表示評估參數 (evaluation parameter) A 是負值且評估參數 (evaluation parameter) B 是正值 (Rousselot, Zanni-Merk & Cavallucci, 2012)。這樣工程衝突的兩個參數 A 和 B，評估參數，就和物理衝突的行動參數 E 結合在一起。換句話說，39 個工程參數可被視為評估參數。圖 3

		$EP_1$ (評估參數 A)	$EP_2$ (評估參數 B)	
AP(行動參數 E)	大	正值	負值	→ 效果 C
	小	負值	正值	→ 效果 D

說明此現象。

圖 3. 合併工程衝突與物理矛盾

質場分析是另外一種解決問題的模式。一個由功能分析所衍生的特定問題可以由兩個物質和一個場來描述。問題可能源自現有的系統無法完成，例如缺了物質或場；或是物質和場存在但是系統所完成

的功能有缺陷(產生有害功能或是不足、過多功能)。不論問題是哪一種，萃智有一套解題流程來解決問題，其工具是 76 標準解共分為 5 類，每一類又細分為許多項。質場分析的解題流程如圖 4 (Miller, Domb, MacGran & Terninko, 2001)。其中場的改變是根據貝拉斯基(Belski)(Belski, 2007)所提出的 MATCEMIB 的 8 種場模式，包括：機械場、聲場、熱能場、化學場、電場、磁場、分子間的場、生物場。每種場都有其細項描述，這是方便使用者可以專特的使用特定的方式完成某一種場。例如機械場有碰撞、摩擦、擠壓、變形和震動等等。為忠於原文中特殊的科學用語特以英文方式陳列每個場的細項如圖 5。

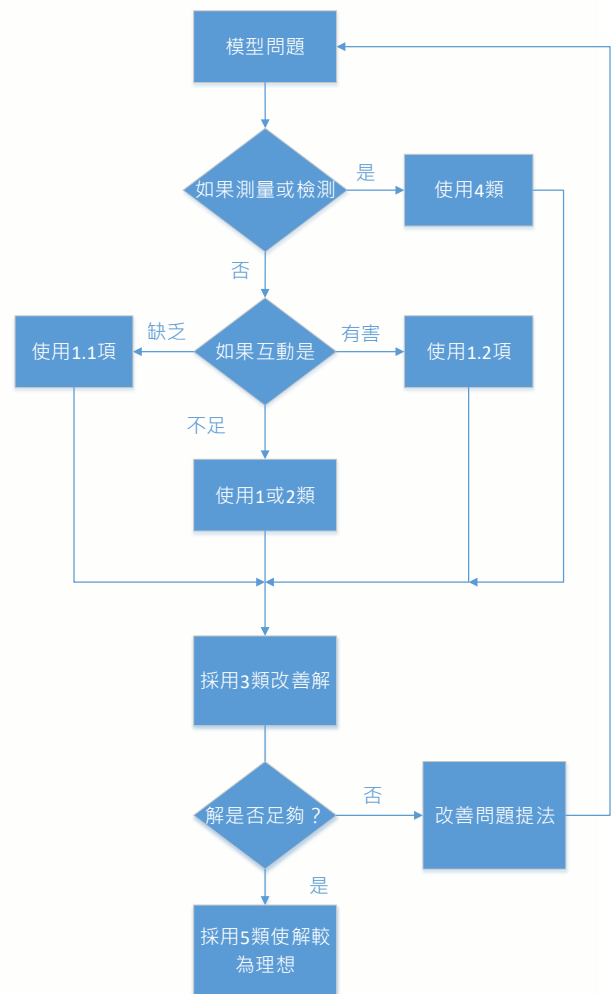


圖 4. 質場分析流程圖

## 'Technical Fields' in Su-Field

Fields	Interactions Including
<b>M</b> <b>Mechanical</b>	Gravitation, collisions, friction, direct contact
	Vibration, resonance, shocks, waves
	Gas/Fluid dynamics, wind, compression, vacuum
<b>A</b> <b>Acoustic</b>	Mechanical treatment and processing
	Deformation, mixing, additives, explosion
<b>T</b> <b>Thermal</b>	Sound, ultrasound, infrasound, cavitation
	Heating, cooling, insulation, thermal expansion
<b>C</b> <b>Chemical</b>	Phase/state change, endo- exo-thermic reactions
	Fire, burning, heat radiation, convection
	Reactions, reactants, elements, compounds
<b>E</b> <b>Electric</b>	Catalysts, inhibitors, indicators (pH)
	Dissolving, crystallisation, polymerisation
	Odour, taste, change in colour, pH, etc.
<b>M</b> <b>Magnetic</b>	Electrostatic charges, conductors, insulators
	Electric field, electric current
	Superconductivity, electrolysis, piezo-electrics
<b>I</b> <b>Intermolecular</b>	Ionisation, electrical discharge, sparks
	Magnetic field, forces and particles, induction
	Electromagnetic waves (X-ray, Microwaves, etc.)
<b>B</b> <b>Biological</b>	Optics, vision, colour/translucence change, image
	Subatomic (nano) particles, capillary, pores
	Nuclear reactions, radiation, fusion, emission, laser
	Intermolecular interaction, surface effects, evaporation
	Microbes, bacteria, living organisms
	Plants, fungi, cells, enzymes

圖 5. 八種場

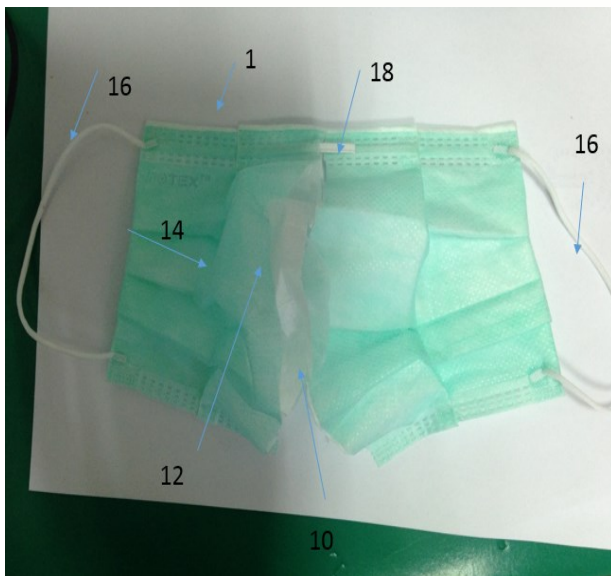


圖 6. 口罩元件

### 3. 問題描述和解題步驟

本研究問題是針對中區某口罩工廠所提出的改善需求，根據萃智手法來做改善而完成的。首先進行元件分析、元件互動矩陣和功能表格到功能分析圖。這個流程是根據 MATRIZ Levels 1-2 內部訓練的規

範製作的 (Ikovenko, 2009)。口罩元件共 5 個用數字標示如圖 6，10.內層，親水層 12.中層，過濾層，融噴不織布，最貴 14.外層，撥水層 16.拉繩 18.鼻樑片，將口罩上緣定形於口罩使用者的鼻樑。本口罩的正面和背面如圖 7-8。本口罩有兩個特點：口罩內側中間有 2 個摺邊，這是為了增加鼻子部分的呼吸空間；另外，口罩內側兩邊向內彎折，這是為了提高口罩邊緣和皮膚的密合度。

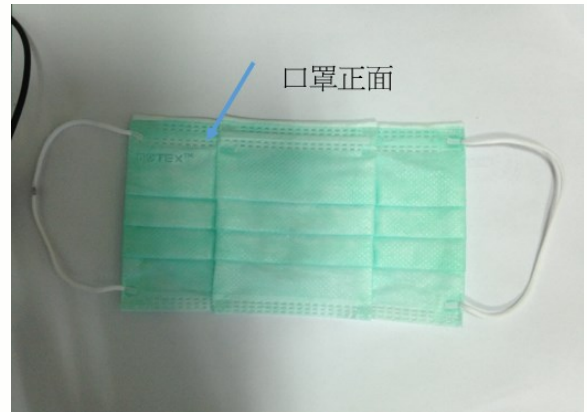


圖 7. 口罩正面

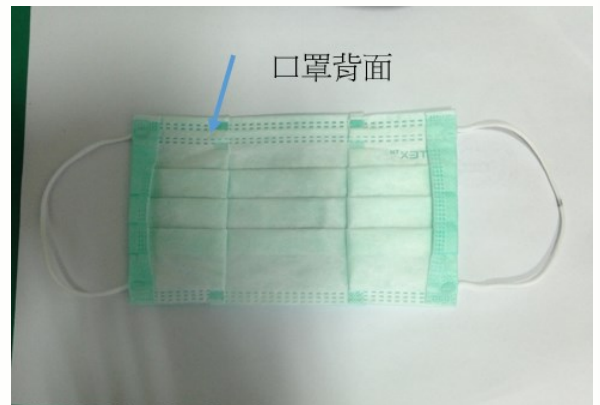


圖 8. 口罩背面

接著建立元件模型 (component model)，本模型主要是標明系統內和系統外(超系統)元件，如圖 9。超系統包括：空氣、人、融接輪和融接頭。其中融接輪是用超音波將內、中、外層接合；融接頭將外層和拉繩接合。本系統的主要功能是過濾空氣。空氣是本系統的目標物件 (target object)。系統內一切元件存在的目的是為了服務目標物件。接著建立互動矩陣 (interaction matrix)。元件之間彼此有實質接觸才有互動。互動矩陣是為了以下功能分析預備的。只有彼此有互動的元件才能有功能產生的可能。

## Component Model

**Engineering System: 口罩**
**Main Function: 過濾空氣**

Engineering System Components		Supersystem Components	
內層		空氣	
中層		人	
外層		融接輪	
拉繩		融接頭	
鼻樑線			

圖 9. 口罩模型

兩個元件如果沒有互動就沒有功能產生；雖然彼此的互動並不一定有功能的產生。本研究的互動矩陣如圖 10。元件之間有互動的用 "+" 表示，沒有互動的用 "-"。矩陣中幾點說明，內層與外層有接觸是因為在口罩內側兩邊往裡面彎折；鼻樑

片放在外層裡面，因此鼻樑片僅與外層和空氣有接觸；融接輪共有兩個分別在內層、外層兩側，因此和內層、外層有接觸；融接頭只有一個並將外層與拉繩接合，因此和外層、拉繩有接觸。空氣無所不在，因此和其它所有元件有接觸。

### Interaction matrix

	內層	中層	外層	拉繩	鼻樑片	空氣	人	融接輪	融接頭
內層		+	+	-	-	+	+	+	-
中層	+		+	-	-	+	-	-	-
外層	+	+		+	+	+	+	+	+
拉繩	-	-	+		-	+	+	-	+
鼻樑片	-	-	+	-		+	-	-	-
空氣	+	+	+	+	+		+	+	+
人	+	-	+	+	-	+		-	-
融接輪	+	-	+	-	-	+	-		-
融接頭	-	-	+	+	-	+	-	-	

圖 10. 互動矩陣

接著根據有互動的元件建立功能表格。功能是指功能攜帶者(function carrier)作用到功能對象(object of function)使功能對象的屬性產生改變或是繼續維持。例如：一個人靠在牆壁上，人和牆壁有接觸，此接觸下彼此有交互作用，此處是牆壁托住人的姿

勢，所以牆壁對人做功；而人對牆壁沒有做功，因為牆壁的參數沒有改變或維持。以下用外層、拉繩、鼻樑片和空氣個別當作功能攜帶者作用到其它元件的功能表格如圖 11 說明。

U — Useful function  
 H — Harmful function  
 Rank: B — Basic function  
       Ax — Auxiliary function  
       Ad — Additional function  
 Performance level: (U)  
 I — Insufficient level  
 E — Excessive level  
 N — Normal level

Function	Object	Category	Rank	Performance level
外層				
阻隔impede	空氣(中的飛沫)	U	B(MF)	N
容納contain	鼻樑片	U	Ax	N
包覆cover	中層	U	Ax	N
密封seal	空氣	U	Ax	I
拉繩				
握住hold	外層	U	Ax	N
鼻樑片				
定型	外層	U	Ax	N
空氣				
供應supply	人	U	Ad	I

圖 11. 功能表格

功能依不同屬性有不同分類，在類別(category)分為有害、有利兩類；在等級(rank)分為基本、附屬、附加三類，基本是指功能對象是目標物件，附屬指作用到系統內元件之功能，附加指作用到系統外非目標物件的其它元件之功能；性能水平(performance level)分為正常、不足、過多三類。外層阻隔空氣中的飛沫，是有用的基本功能其性能水平是正常的，表示外層提供的功能恰好滿足使用者的需求。外層密封空氣，是有用的基本功能其性能水平是不足的，這是因為口罩內側兩邊的摺邊無法完全密合。空氣供應人是有用的附加功能其性能水平是不足的，這是因為空氣因著口罩的阻撓無法順暢的足量供應人。本系統共有兩個不足的性能水平需要改善的。當性能水平都滿足時，可以運應刪減(Trimming)的技術來減少系統的元件以改進系統的理想性。需要刪減的對象可以先從刪除產生或接受負面

功能(有害、不足、過多功能)的元件開始，如果系統沒有負面功能則可以使用功能階級(Function Rank)的概念，每一個元件的功能階級是有利階級的總和減去有害階級的總和，此分數越低的元件列為最優先刪減的元件。提供功能給目標元件的功能攜帶者稱為主要工具(main tool)，它的功能階級分數最高。其它元件的功能階級分數計算以靠近主要工具的系統元件的分數較高，越遠越低，作用到系統外的元件的分數是中等(劉榮庭，2008)。

接著建立功能分析圖，圖 12。本圖有 4 個主要功能，分別由 3 個主要工具(內層、中層、外層)作用到目標物件(空氣)所完成。其中外層密封空氣不足是分析圖指出要改善的點；另外一個缺點是空氣供應人不足。由於篇幅限制，以下僅針對第一個缺點作進一步研究。外層密封空氣不足是一個表象問題，經由因果鏈分析(cause effect chain analysis)可以得知其根源問題是人

臉輪廓是不均勻的，如圖 13。外層密封不足是由於臉和外層邊緣有間隙；臉和外層邊緣有間隙是由於間隙處壓力不足；壓力不足是由於壓力不均勻，當無間隙處壓力足時，為避免無間隙處的皮膚承受過大壓力造成疼痛，間隙處無法過度擠

壓形成壓力不足；壓力不足是由於臉輪廓不均勻。由於人臉輪廓不均勻是天生的，無法改變，因此，為產生最大效果，只好解決前一項問題：壓力不均勻。因此，整個問題由表象問題外層密封空氣不足，演化為較深入的問題，壓力不均勻。

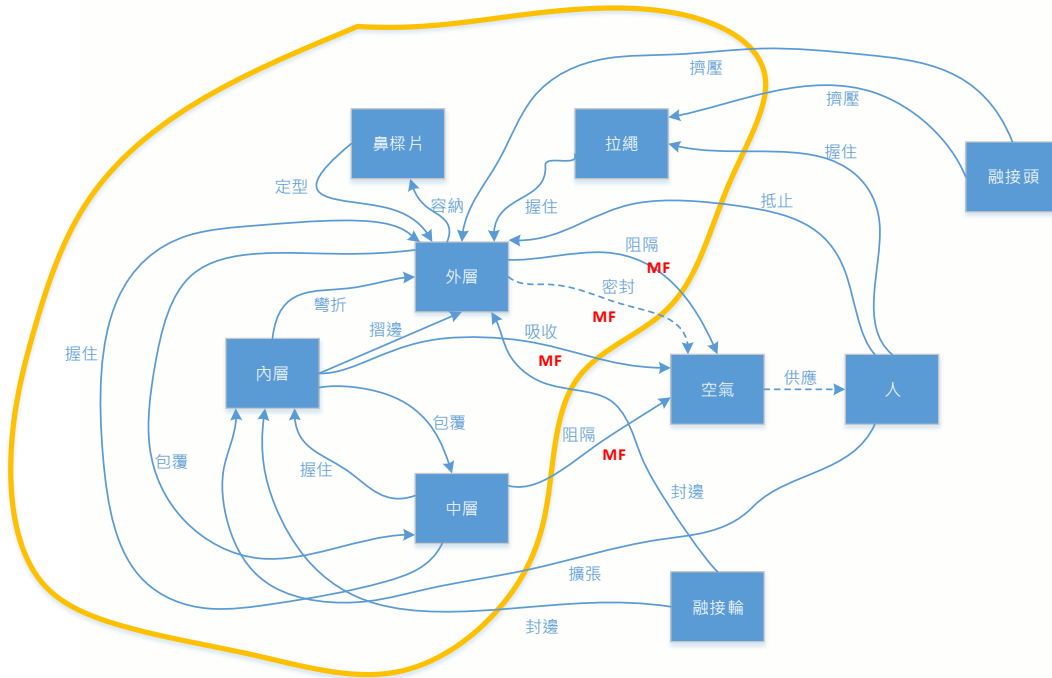


圖 12. 功能分析圖

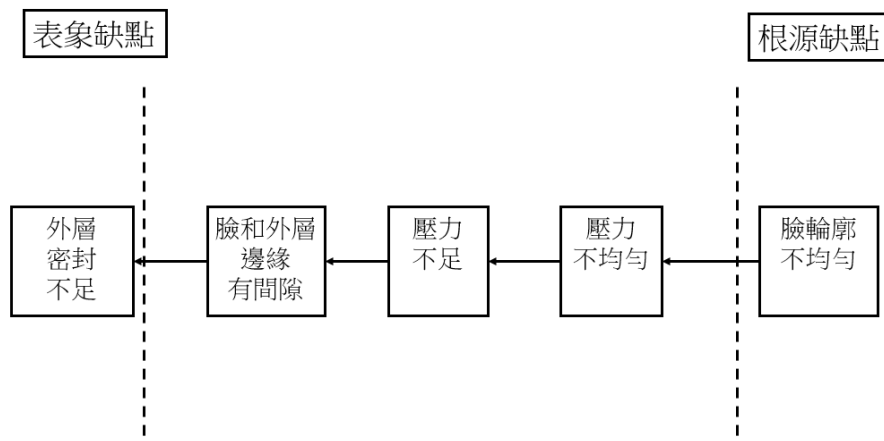


圖 13. 因果鏈分析

壓力不均勻是一種物理矛盾，臉所承受的壓力要大，才能完全密封；壓力要小，才能避免臉部疼痛。由於是物理矛盾，因此，可以使用空間分離原則來解決。這意思是說臉部的無間隙處壓

力要小，間隙處的壓力要大。不同的空間使用不同的壓力。空間分離可以用 40 發明原則，根據實務經驗，最常用來解決空間分離問題的發明原則，根據其使用頻率由大到小依次為：01 分割、



02 取出/分離、03 局部品質、17 轉變至新的空間、13 逆轉、14 曲度、07 巢形結構、30 彈性殼/薄膜、04 非對稱、24 中介物、26 複製(許棟樑, 2011)。以下依序說明發明原則的使用。首先要說明的是,這些原則是應用在系統或超系統內的元件的屬性(參數)上,其目的是為了解決壓力不均勻問題。第1個發明原則,分割。可以將拉繩分割成數條,使得拉繩對口罩外層的施力點由2個變為多個偶數點。這可以使施力點均勻分布在內層兩側邊緣上,使得壓力不均勻得以改善。其示意圖如圖 14。如果將分割原則用在鼻樑片上,可將鼻樑片加寬並從中間以上的上部分割成數段,這些分割後的小片,可以依其在臉部輪廓的位置需要,作內凹或維持不變,來調整該處壓力的需要,以改善壓力不均勻的問題,其結果如圖 15。



圖 14. 兩雙拉繩

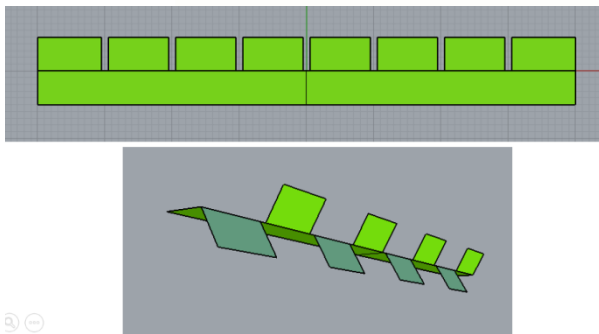


圖 15. 分割鼻樑片

接著使用 02 取出/分離發明原則於鼻梁片上。鼻樑片原本安置在外層,將其從內部轉移到外部並且改變其材質,由原來的鋁條改為類似 ok 棒的凝膠,這凝膠可以縫合內層與臉的間隙,如圖 16。使用 03 局部品質於內層兩側的摺邊,由直線改為弧形以改善壓力不均勻的問題,其結果如圖 17。使用 17 轉變至新的空間於鼻樑片時,採用立體書的原理,擠壓鼻樑片後,中間會產生迸出的物件。迸出物的側邊可以是長方形或是三角形等如圖 18。依據臉部輪廓需要產生迸出的物件以解決壓力不均勻的

問題。

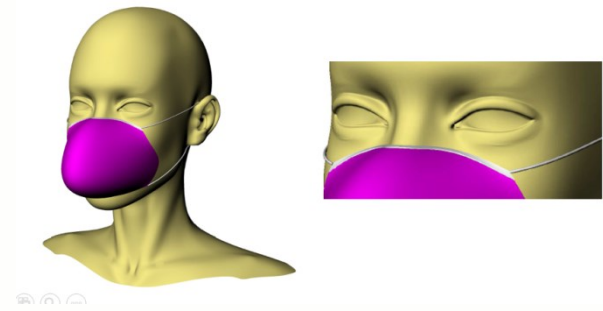


圖 16. 取出鼻樑片

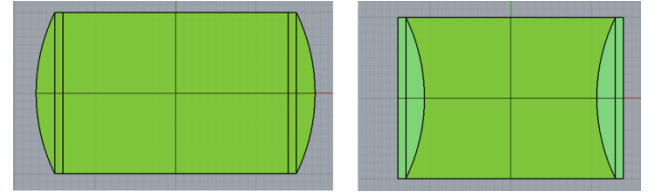
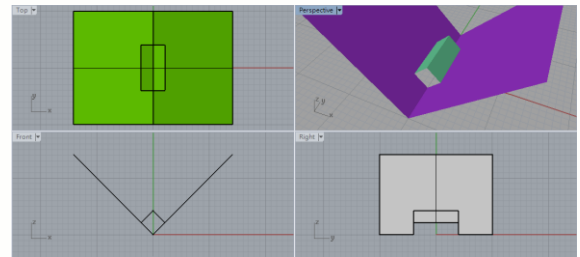
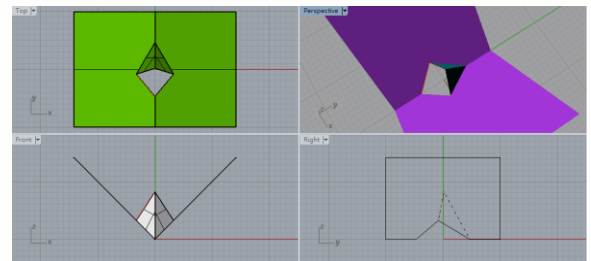


圖 17. 改變內層側邊為弧形



(a) 長方形側邊

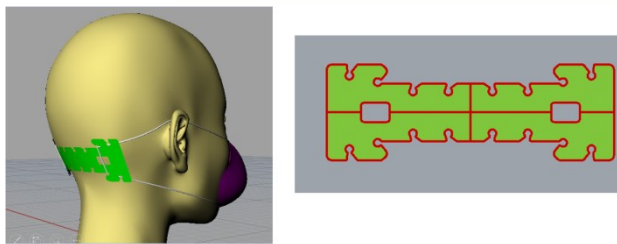


(b) 三角形側邊

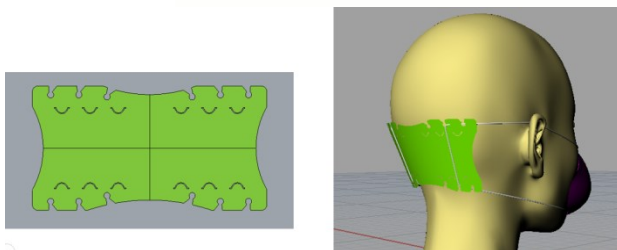
圖 18. 改變鼻樑片至三維空間

使用 13 逆轉於拉繩,拉繩由軟的變硬的,拉繩的中間部分扣上硬的物件,使得拉繩與口罩的四個端點形成接近平行的四條線(即圖 7~8 口罩左右兩側成為有硬度),使拉力能均勻的施在接合點以改善壓力不均勻。使用 14 曲度於口罩使其由平面變為像防毒面具形態以改善壓力不均勻。使用 07 巢形結構於口罩的做法是:一種套疊結構兩邊連接兩個面,經由附在平面上的繩子,可以產生壓力均勻的效果,此種極小的套疊結構,可由 Goldfire 搜尋典範產業獲得美國專利 US5516004 (Lane, 1996),此專利是用微機電製作套疊物件以產生壓力,具體的搜尋方式是

搜尋 keyword: miniature nested object to create pressure。Goldfire 的優點在於它是用語意 (Semantics) 搜尋相關資訊，因此，搜尋準確度極高，遠甚於網路的專利資料庫 (Verbitsky, 2006)。使用 30 彈性殼/薄膜為安全氣囊的概念安置在口罩四邊，等拉繩拉開時，啟動充氣，達到減低壓力差。見美國專利 US8276588 (Connor, 2012)。使用 04 非對稱性於口罩上乃是用於其選購性輔具，口罩掛帶固定片。該固定片上下對稱，與口罩合併使用後容易壓傷與耳朵的接觸面。由於頭的後面是上下非對稱的，因此，可將固定片修改為非對稱性的，新的設計比較不會壓傷耳朵上方，下方也不會碰到頸部，並且由於拉繩較平形產生較均勻的拉力，壓力不均勻的問題因而改善，結果如圖 19。使用 24 中介物來克服壓力差異問題，有一種的物質放在口罩的側邊，此物件與皮膚接觸後會增加該處的密合度，作用完成後，該物件會自動消失。使用 Goldfire 搜尋得到 US20040005349 (Neev, 2004)，搜尋 key word: intermediary object contact the skin to adhere。使用 26 複製的結果如圖 14，將一雙拉繩複製成兩雙。



(a) 習知的固定片



(b) 上下非對稱的固定片

圖 19. 固定片比較

#### 4. 討論與回饋

研究結果經與業界討論後，業界提出使用兩雙拉繩 (圖 14)、取出鼻樑片並將其改為凝膠的接合方式 (圖 16) 已經有業者使用，另外，改變內層側邊

為弧形 (圖 17) 是可行的，可作為下次改善的參考，固定片的改良也是極具參考價值 (圖 19)。將鼻樑片分割 (圖 15) 以及形成三度空間 (圖 18) 的概念是極其創新的。目前在業界甚至專利資料庫都還沒有這種觀念。唯鼻樑片本身非常細長，製作上困難度較高。關於將拉繩附加一個固定物件的方法，則不置可否。三個美國專利所提出的概念技術層次較高，以目前公司技術不予考慮。

研究過程發現，兩個有 MATRIZ 認證的作者一同討論具有顯著的加乘效果，萃智的解題過程最好是團體討論。這次尋找特定解時，作者們強迫自己在使用任一個發明原則時，一定要想出一個解答，這過程非常痛苦，但是找出答案後，應用發明原則的精熟度又更進一層。建議萃智使用者在使用發明原則時，一定要強迫自己找出一個特定解，這也是萃智專家的建議 (Shulyak & Rodman, 1997)。

另外，有電機、化工背景的 MATRIZ 認證者參與討論將會有極大的幫助，特別在之後要使用質場分析，更需要這類專家的幫助。最後，業界的斧正與支持更是本研究成功的重要因素。沒有業界的指正，一切結果都是空談。業界對於這套解題流程也非常有興趣，認為值得在公司內大力推廣。他們認為能夠想出四種可行解是非常不容易的。最後，經業界提醒本研究所使用的口罩和口罩固定器皆已申請專利，請讀者不要仿製。

#### 5. 結論與展望

通常萃智論文較少詳述如何使用發明原則的過程於發明性問題，僅僅將結果敘述，如何一步一步的進行，能將過程說明清楚者不多，這是因為專業性的問題較難陳述。本文用一個簡單、通俗的口罩問題，有系統的使用萃智的解題流程，從功能分析找出表象問題，外層密封空氣不足，並進一步透過因果鏈分析找出接近根源問題的問題，壓力不均勻。之後，用物理矛盾描述此問題，並用空間分離原則有關的 40 發明原則來解決問題。

根據使用發明原則的使用頻率，依次使用 01 分割、02 取出/分離、03 局部品質、17 轉變至新的空間、13 逆轉、14 曲度、07 巢形結構、30 彈性殼/薄膜、04 非對稱、24 中介物、26 複製等原則。每一種原則都舉例至少一種特定解。這些原則是應用在系統或超系統內的元件的屬性 (參數) 上，其目的是為了解決壓力不均勻問題。使用 01 分割和 26 複製原則找出兩雙拉繩的設計 (圖 14)；使用 02 取出/分離

原則找出凝膠黏合的設計(圖 16);使用 03 局部品質原則找出內層兩側邊的弧形設計(圖 17);使用 04 非對稱原則找出非對稱固定片設計(圖 19)。這些都是業界認為可行性很高的設計。使用 01 分割原則找出分段的鼻樑片設計(圖 15);使用 07 巢形結構原則找出進出的立體鼻樑片設計(圖 18)。雖然這些設計製作困難,但是極具創意性。使用 07 巢形結構、30 彈性殼/薄膜、24 中介物原則找出三個相關的美國專利(US5516004, US8276588, US20040005349),這是結合 Goldfire 軟體找出來的。Goldfire 的優點在於它是用語意(Semantics)搜尋相關資訊,因此,搜尋準確度極高,遠甚於網路的專利資料庫。

本研究發現團體討論非常有助於問題的解決,並且多元背景的 MATRIZ 認證者有助於問題解答的廣度,特別是電機、化工背景的專才。另外,業界的全力協助也是本研究的重要因素。

### 參考文獻

許棟樑, 2011, 萃智創新工具精通-上篇, 亞卓國際顧問股份有限公司, 新竹, 初版, 頁 48-50, 115-117。(Sheu, 2011)  
 劉榮庭, 2008, 使用萃思工具及價值工程於產品簡約設計研究, 國立清華大學工業工程與工程管理研究所碩士論文。(Liu, 2008)

### References

Altschuller, G. (1984), *Creativity as an exact science: The theory of the solution of inventive problems*. New York: Gordon and Breach.  
 Belski, I. (2007), *Improve Your Thinking: Substance-Field Analysis*, TRIZ4U, Melbourne, Australia.  
 Cavallucci, D., & Weill, R. (2001), *Integrating Altschuller's development laws for technical systems into the design process*, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 50(1), 115-120.  
 Connor, R.A. (2012). U.S. Patent No. 8,276,588. Washington, DC: U.S.  
 Sheu, D. D. (2011). *Mastering TRIZ Innovation Tools: Part 1*. Hsinchu: Agitek Consulting. (In Chinese)  
 Ikovenko, S. (2009). *Training materials for MA TRIZ Levels 1 and 2*. GEN3 Partners.  
 Lane, M.L. (1996). U.S. Patent No. 5,516,004. Washington, DC: U.S.  
 Leon, N. (2006), *Trends and patterns of evolution for product innovation*, TRIZ Journal, August 2006, <http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2006/10/01.html>.  
 Liu, C. T. (2008). *A Study of Product Trimming Using TRIZ and Value Engineering* (Master's thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)

Mann, D. (2002), *Hands-on systematic innovation*. leper Belgium: Creax press.  
 Miller, J., Domb, E., MacGran, E., & Terninko, J. (2001), *Using the 76 Standard Solutions: A case study for improving the world food supply*, TRIZ Journal, April 2001, <http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2001/04/e/index.htm>  
 Neev, J. (2004). U.S. Patent No. 20040005349. Washington, DC: U.S.  
 Rousselot, F., Zanni-Merk, C., & Cavallucci, D. (2012), *Towards a formal definition of contradiction in inventive design*, Computers in Industry, 63, 231-242.  
 Sheu, D.D., & Hou, C.T. (2013), *TRIZ-based trimming for process-machine improvements: Slit-valve innovative redesign*, Computers & Industrial Engineering, 66(3) 555-566.  
 Shulyak, L. & Rodman, S. (1997), *40 Principles: TRIZ Keys to Innovation*. Technical Innovation Center, Worcester, MA.  
 Verbitsky, M. (2006), *Semantic TRIZ*, TRIZ Journal, April 2004, <http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2004/02/2004-02-01.html>.

### 作者簡介



鄧志堅博士自 2003 年以來在大葉大學工業工程與管理學系當任教授。鄧教授從美國愛荷華州立大學獲得工學博士學位。他的研究領域包括系統化創新、TRIZ 和電腦幾何模型。



林永禎博士自 1996 年以來在台灣明新科技大學當任教授。在此之前,他在經濟部水利署等政府機構有五年的工作經驗。林教授從臺灣大學獲得工學博士學位。他目前是明新科技大學管理研究所教授兼三創(創意創新創業)中心主任。他的研究領域包括系統化創新、TRIZ、服務創新和餐旅老幼創新產品設計。已通過中華民國、美國、大陸專利共 46 件。最近他在推動中小學教新教育、企業創新培訓工作。

**Analysis and Solution to TRIZ Problem-Improvement of Dust Mask –****Resolve Contradiction**JyhJeng Deng<sup>1</sup>, Youn-Jan Lin<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Industrial Engineering and Management Department, DaYeh University<sup>2</sup> Institute of Management, Minghsin University of Science and Technology

\*Corresponding author,

E-mail: yjlin@must.edu.tw

(Received 11 February 2015; final version received 13 June 2015)

**Abstract**

This paper uses an industry case, dust mask improvement, to illustrate the procedure of function analysis: component model, interaction matrix, function tabular form and function analysis diagram, to generate two target disadvantages. Afterwards, one of the target disadvantages, sealing insufficiency of outer layer, is further tackled through the cause effect chain analysis to dig out a deeper cause - pressure is not even. Using the physical contradiction to describe the root problem, a separation in space principle is taken to solve the problem with relevant invention principles. It issues in four plausible specific solutions, which are recommended by the industry sponsor, with several other possible solutions.

*Keywords:* Component model, Interaction matrix, Function analysis diagram, Cause effect chain analysis, Physical contradiction.