建國科技大學
工業工程與管理系

一百學年度畢業專題製作

以 TRIZ 為基礎之管材裁切創新作業流程及系統設計
—以九良易鋼鐵有限公司為例
Innovative Process and System Design Based on TRIZ in Pipe Manufacturing with a real case study

IE100 日四 B-05

指導老師

許勝源

製作學生

陳澤凱 97405081
陳銘翔 97405057
鄭丞凱 97405079
陳聖其 97405086
薛文嘉 97405089
蕭淵誠 97405090

中 華 民 國 一百 年 十二 月

建國科技大學　工業工程與管理系

畢業生專題製作口試委員會審定書

本系 100 學年度畢業生：陳澤凱、陳銘翔

鄭丞凱、蕭淵誠

陳聖其、薛文嘉　等員

所提專題題目：以 TRIZ 為基礎之管材裁切創新作業流程及系統設計

－以九良易鋼鐵有限公司為例

合於大學生畢業資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：[illegible]　吳章傑

陳錫川

指導老師：[illegible]

系主任：[illegible]

中　華　民　國　一　百　年　十　二　月　三　十　日

致謝

畢業專題報告是最重要的一份報告，也是組員第一次接觸到鋼管的加工工廠，將在學校所學的理論及創新方法，用來探討管材裁切創新作業流程及系統設計，讓所有組員藉著這份專題報告將創新知識運用到管材裁切方面。

首先感謝的是九良易鋼鐵有限公司的配合，讓我們可以去實際工廠參訪，我們會將學校裡面學習到創新設計方面知識進行應用，來探討九良易鋼鐵有限公司鋼鐵加工的整個流程，並以管材裁切進行分析探討。

非常感謝許勝源老師這一年半的時間對我們盡心盡力的指導，老師協助我們理解系統化創新及應用的運用及發展，並在百忙之中特地抽空陪我們一起討 論整個專題的進度、問題，並且提出方向讓我們有目標的達成專題，也要感謝李文鑫老師協助製作模型，並給予意見，感謝兩位老師督促，讓我們可以將這份專題報告順利完成。

最後感謝口試評審吳章傑老師、許勝源老師、陳錫川老師以及業界評審委員，對我們提出的寶貴建議與改進的地方，使我們進一步將這份專題報告修改的更完善。

陳澤凱、陳銘翔、鄭丞凱、陳聖其、薛文嘉、蕭淵誠謹致於

建國科技大學 工業工程與管理系

中華民國一百年十二月

摘要

近年來產業競爭激烈，企業爲求能在競爭中脫穎而出，必須在品質上提昇及成本的降低來努力。本專題以九良易鋼鐵公司爲研究對象，針對管材加工過程中，包括成形及裁切作業所存在的品質問題進行分析探討，針對高達 2~3%的不良率，本組導入 TRIZ（系統化創新，Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch,TRIZ）方法進行改善，針對管材成形及管材裁切尺寸偏移的問題，進行創新性改善設計，利用 TRIZ 手法解決其中可能發生的矛盾，尋求突破性、整合性的設計概念，期能提升產品品質與降低成本。

本專題彙總提出四項管材裁切尺寸偏移的預防及警示機構，依據尺寸偏移的狀況提供立即警示，當誤差超過 1mm，除利用警報及燈光閃爍提醒外，若未立即處理並將斷然執行斷電停機的措施，確保作業品質。未來將此機構裝設於裁切機台上，將可有效降低不良率，預期將可達到 100%良品（不產出不良品）的目標。

關鍵字：系統化創新、管材裁切

Abstract

Due to intense competition, quality improvement and cost reduction has become a key to success in today's market. With Chiu Liang Yi Steel Works as the subject, the study identifies and analyzes the problems encountered during forming and cutting processes. TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch,TRIZ) is employed to solve the engineering problems with the aim of improving the high defect rate of 2~3%. In regard to size deviations occur during formation and cutting, the study tries to define, generalize and create breakthrough innovations via the application of TRIZ to improve quality and reduce cost.

The study proposes a size departure warning mechanism to warn the operator when the error is greater than 1 mm by sounding the alarm, flashing the light or having the machine shut down automatically when no immediate action is taken. In the future, the cutting machine will be equipped with such mechanism to achieve the goal of 100% yield (no defective products are made) and zero defect rate.

Keyword: Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch, pipe cutting.

目錄

頁碼

中文摘要----------I
英文摘要----------II
目錄----------III
圖目錄----------V
表目錄---------- VII
第一章　緒論----------01
1-1　研究動機----------01
1-2　研究目的----------01
1-3　研究架構及流程----------02
1-4　研究進度----------05
第二章　九良易公司簡介----------06
2-1　公司簡介----------06
2-2　發展沿革----------07
2-3　組織架構----------08
2-4　產品簡介----------08
2-5　製造流程分析----------11
第三章　文獻探討及產業概況----------18
3-1　TRIZ 創新理論----------18
3-2　管材裁切相關研究及專利----------18
3-3　產業概況----------22
第四章　作業流程現況與問題分析----------23
4-1　作業流程現況 ----------23
4-2　鋼管成形作業問題分析----------25
4-3　鋼管裁切作業問題分析----------28
第五章　提案改善----------31
5-1　鋼管成形作業改善----------31

5-2　鋼管裁切作業改善----------33
5-3　實作模型成品說明----------43
第六章　成本與效益評估----------49
6-1　成本分析----------49
6-2　效益分析----------57
第七章　結論----------59
參考文獻----------60
附錄 A　四十個 TRIZ 發明原則與解釋----------62
附錄 B　TRIZ 三十九項工程參數----------67
附錄 C　TRIZ 矛盾矩陣表----------68
附錄 D　單一工程參數改善惡化參照表----------69
附錄 E　76 個標準解----------73

圖目錄

圖 1-1　研究架構圖---------- 03
圖 1-2　研究流程圖----------04
圖 1-3　甘特圖----------05
圖 2-1　公司照片----------06
圖 2-2　工廠佈置圖----------07
圖 2-3　公司組織架構圖----------08
圖 2-4　製造流程圖----------11
圖 2-5　鐵片放置區----------12
圖 2-6　鋼管成形製作----------12
圖 2-7　鋼管燒腹作業----------13
圖 2-8　鋼管固定長度裁切作業----------13
圖 2-9　固定長度鋼管放置區----------14
圖 2-10　選材作業區----------14
圖 2-11　裁切尺寸設定與調整----------15
圖 2-12　依據客戶需求裁切作業----------15
圖 2-13　捆包作業----------16
圖 2-14　成品入庫----------16
圖 2-15　出貨區----------17
圖 4-1　焊接燒黏不良----------24
圖 4-2　物料放久容易不良（生鏽）----------24
圖 4-3　成品過於繁多，容易堆積如山----------25
圖 4-4　固定尺寸的鋼管----------27
圖 4-5　地上廢品過多----------27
圖 4-6　鋼管裁切----------28
圖 5-1　預先行動原理----------35
圖 5-2　中介物質原理(A) ----------35
圖 5-3　中介物質原理(B) ----------36

圖 5-4　中介物質原理(C) ----------36
圖 5-5　取代機械系統原理----------37
圖 5-6　改變顏色原理----------37
圖 5-7　物質資源----------38
圖 5-8　能量資源----------39
圖 5-9　場資源----------39
圖 5-10　空間資源----------40
圖 5-11　模型屬非有效完整系統----------41
圖 5-12　運用向有作用和匹配頻率的物質-場躍進----------41
圖 5-13　運用波動原理----------42
圖 5-14　鋼管裁切創新提案的整合圖----------43
圖 5-15　實作模型----------44
圖 5-16　鋼管牴觸擋板未出現紅色膠帶----------44
圖 5-17　擋板偏移後軌道上紅色膠帶出現----------45
圖 5-18　板模角鐵未牴觸開關（LED 燈未閃爍與蜂鳴器未響）----------45
圖 5-19　板模角鐵牴觸開關使 LED 燈閃爍與蜂鳴器作響----------46
圖 5-20　感應磁鐵未偏離----------46
圖 5-21　感應磁鐵偏離後感應警報器開始作響----------47
圖 5-22　雷射光遭三角鐵阻擋照射光敏電阻----------47
圖 5-23　三角鐵偏移雷射光照射光敏電阻（機台燈泡熄滅並斷電---------48
圖 6-1　鋼管裁切尺寸偏移警示器模----------49
圖 B-1　三十九項工程參數----------67

表目錄

表 2-1　個案公司基本資料表----------06
表 2-2　公司沿革----------07
表 2-3　正方管----------09
表 2-4　長方管----------09
表 2-5　圓形管----------10
表 2-6　橢圓管----------10
表 3-1　管材裁切工具相關專利彙總表---------- 19
表 4-1　管材裁切的浪費分析----------26
表 4-2　各式各樣形狀管材裁切抽樣數據表----------29
表 4-3　各式各樣形狀管材裁切抽樣數據表（續）----------30
表 5-1　建立矛盾矩陣的發明原則----------31
表 5-2　單一工程參數對應的發明原則----------32
表 5-3　建立矛盾矩陣的發明原則----------33
表 5-4　單一工程參數對應的發明原則----------34
表 6-1　改善成本清單（燈光自動點滅器裝置）----------50
表 6-2　改善成本清單（開關警示器）----------51
表 6-3　改善成本清單（零件）----------51
表 6-4　改善成本清單（其他）----------54
表 6-5　改善後總成本----------55
表 7-1　改善後鋼管裁切尺寸偏移警示器模型分析----------57
表 D-1　改善工程特性的創新法則----------69
表 D-2　惡化工程特性的創新法則----------70

第一章　緒論

1-1　研究動機

機台的尺寸偏移是各傳統生產產業都會有的通病，不良品造成的浪費對企業是一大損失，以下游廠商而言，收到不良物料進行組合等後續作業，造成產品缺陷的增加，以及商譽上的損失，我們從最終製造商向上追溯到最初供應商，得知一個具有缺陷的零件到完成品的價值損失，多爲作業流程及人員操作疏失居多，而投資新裁切工具及技術在傳統產業負擔十分沉重，因此我們將利用創新的方法進行流程改善，已達到低成本高效益之成果展現。

對現今鋼鐵類物料高價位而言，尺寸偏移所造成的損耗無庸置疑是必須改善的項目，鋼管裁切作業造成不良的原因，主要爲固定尺寸之工具偏移，次爲選材之失誤及裁切定位困難等，都將納入本研究的分析探討。

現今工廠的作業流程設計，多以簡易的工作方法及熟練的技巧爲基礎，而近年來裁切技術不斷創新，卻沒有一個完善的系統針對尺寸的偏差及選材作業做調整，已有效降低產品廢品率、不良率、提昇產品品質、確保顧客滿意度。

1-2　研究目的

本研究主要目的在於從作業流程與系統設計著手，考量下游廠商需求，導入系統化創新(TRIZ)方法進行系統性的製程設計，以減少生產作業問題而造成的浪費。並以工業管材裁切爲實證範例，透過系統化創新方法 TRIZ 的整合應用，討論如何從流程設計面著手，以有效降低產品的製造成本，並達到節源的目的，期能透過 TRIZ 的使用，同時減少材料耗用及尺寸偏移，進而降低整體不良率，使產品整體達到最高的利益，因此，本研究將嘗試運用系統化創新方法，協助改善現有管材裁切尺寸偏移的相關問題。

1-3　研究架構及流程

本研究方法及步驟詳如圖 1-1。主要分爲四個階段。分述如下：

（一）第一階段：產品（鋼管）需求分析

本階段包括現有產品（鋼管）調查分析、客戶調查、專家訪談及產品製程分析。透過深入專家訪談的分析，以解現有產品（鋼管）的特性與需求，及製造過程中的特性與相關問題。

（二）第二階段：作業流程及系統設計需求

爲有效掌握消費者市場與客戶的需求，除納入第一階段產品（鋼管）需求分析的基礎資訊外，更將納入作業流程及系統設計需求的資訊，從消費者市場需求、客戶需求來著手，進一步設定生產者的需求，藉以訂定消費者所需產品或服務的品質標準，及作業流程及系統設計所需要的尺寸規格等資訊。

（三）第三階段：潛在問題分析及設計矛盾分析

在作業流程及系統設計需求分析的階段，整合消費調查端、專家意見端及製程端的需求，並考量作業流程及系統設計及管材精準度裁切製造的要求，透過作業流程及系統設計規格，但從中將衍生出相關功能或需求相互矛盾的現象，或相關裁切的製程和設計的問題，透過此階段的分析及釐清，將此類矛盾與問題，轉由第四階段 TRIZ 相關工具進行問題解決及矛盾的消除。

（四）TRIZ 創意整合及矛盾問題解決

第三階段衍生的設計矛盾與製程問題，本研究將利用 TRIZ 相關工具，進行矛盾的消除及問題的解決，而不像其他方法向矛盾妥協或尋求折衷解。本階段將利用 TRIZ 中的四十發明原則、39 項工程參數、矛盾矩陣及物質場、76 標準解等工具進行問題及矛盾分析，並結合現有專利分析及產品演化趨勢分析，提供矛盾解決及問題改善的突破性思考，進而推展出客戶需求導向之管材裁切作業流程及系統設計、品質上滿足客戶要求，且並有以消除各種作業衍生的浪費及干擾，提高系統作業效率。

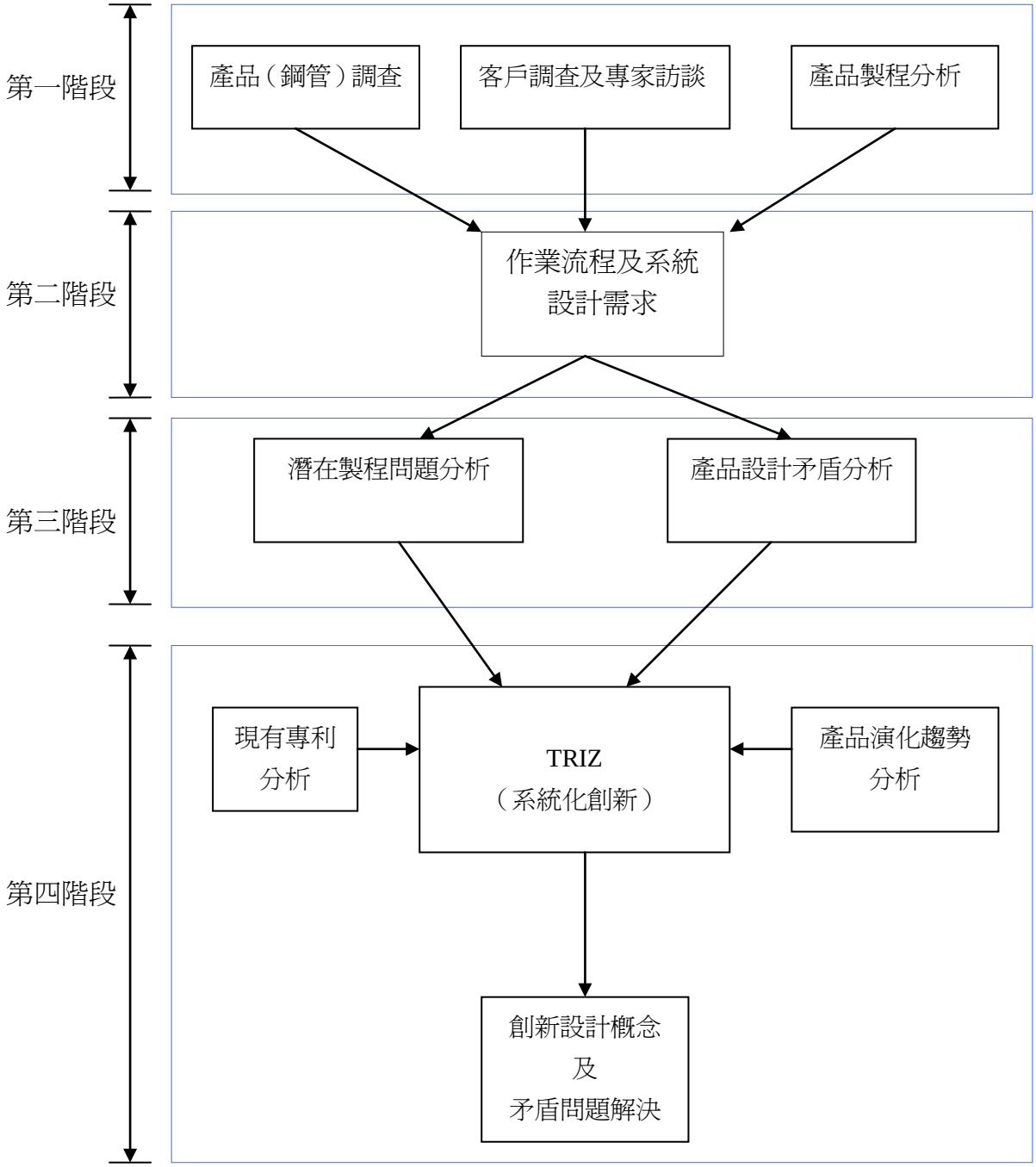

第一階段
產品（鋼管）調查
客戶調查及專家訪談
產品製程分析
第二階段
作業流程及系統
設計需求
第三階段
潛在製程問題分析
產品設計矛盾分析
第四階段
現有專利
分析
TRIZ
（系統化創新）
產品演化趨勢
分析
創新設計概念
及
矛盾問題解決

圖 1-1　研究架構圖

本研究將嘗試導入系統化創新方法(TRIZ)構建考量客戶需求及流程設計要求的製程設計架構，並以管材裁切爲例，進行實例探討。研究流程如圖 1-2 所示：

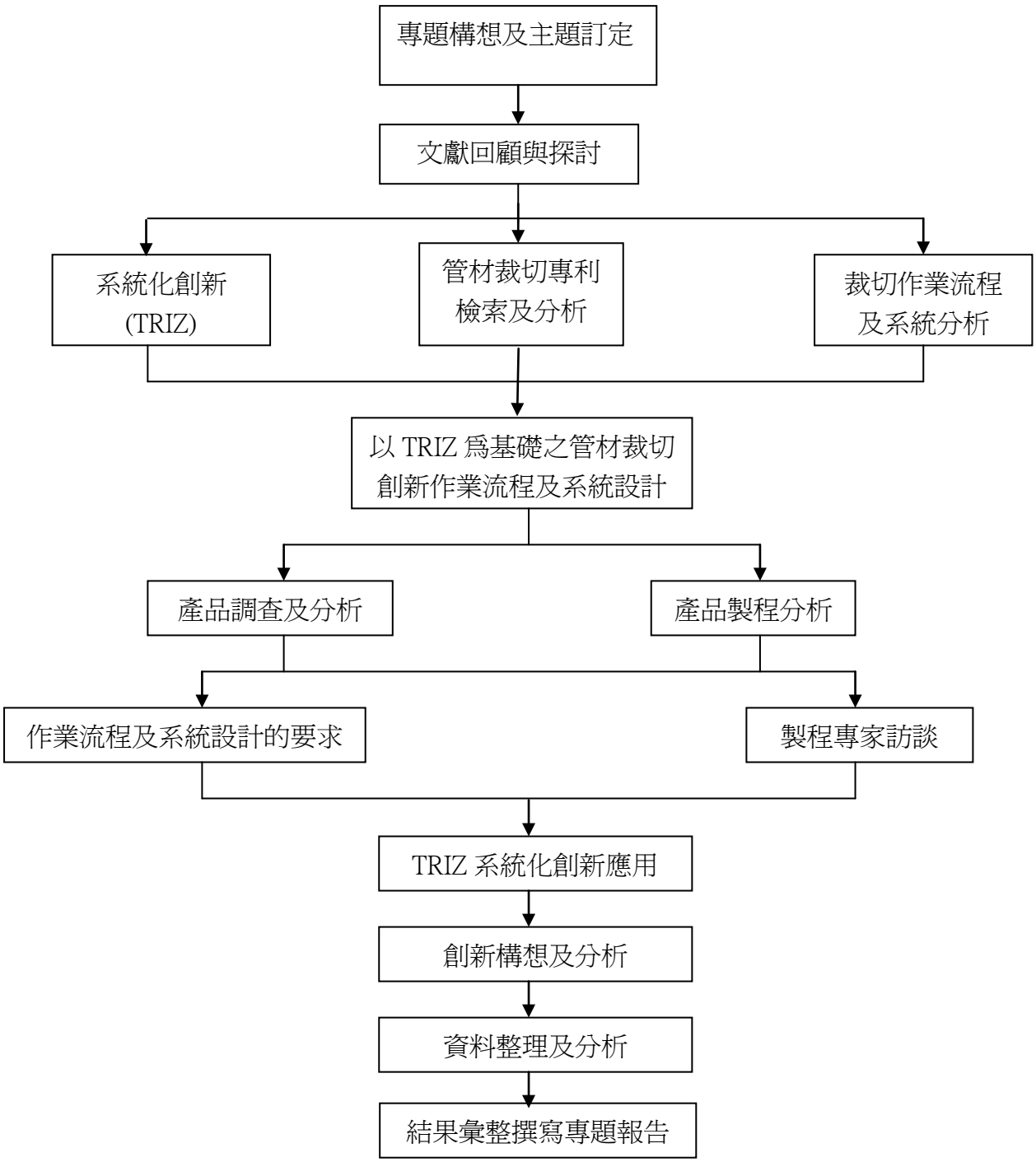


圖 1-2　研究流程圖

1-4 研究進度

本研究依照研究流程而擬定完成時間，在研究當中並依照時間一一完成所有的工作，而安排時間如下圖（圖 1-3）所示。

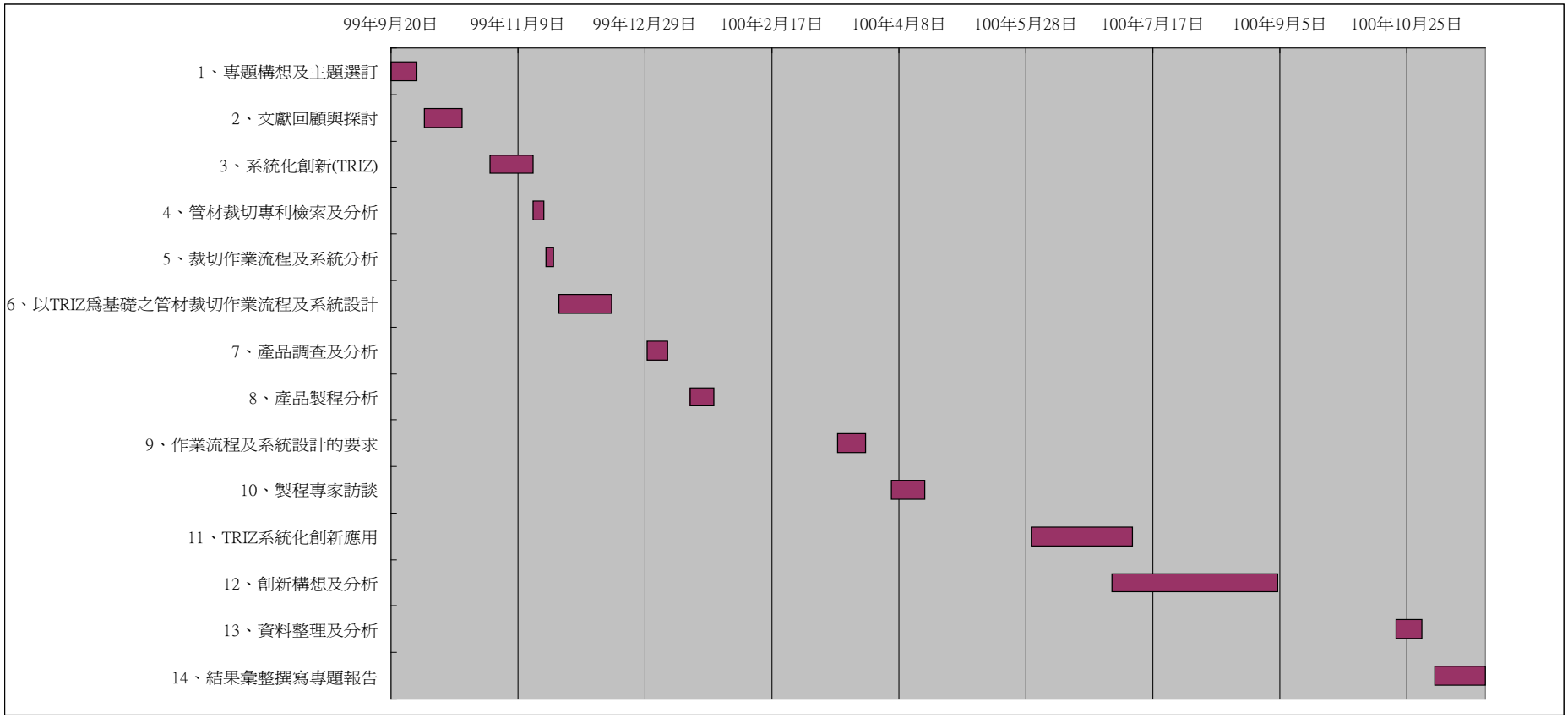


圖 1-3　甘特圖

第二章　九良易公司簡介

2-1　基本資料

本專題以九良易鋼鐵有限公司爲研究個案，公司基本資料如表 2-1 所示。

表 2-1　個案公司基本資料表

公司名稱	九良易鋼鐵有限公司
地點	彰化縣埔鹽鄉出水村埔港路 52 號
電話	(04)8655766
負責人	陳宏裕
營業項目	鋼鐵加工製造
資本額	3000 萬
營業額	100 萬（月）
員工人數	10 人

九良易公司（如圖 2-1）以生產鋼鐵類管材爲主，工廠設有兩台機器生產鋼管與四台裁切鋼管機器，工廠佈置圖如（如圖 2-2）。



圖 2-1　公司照片

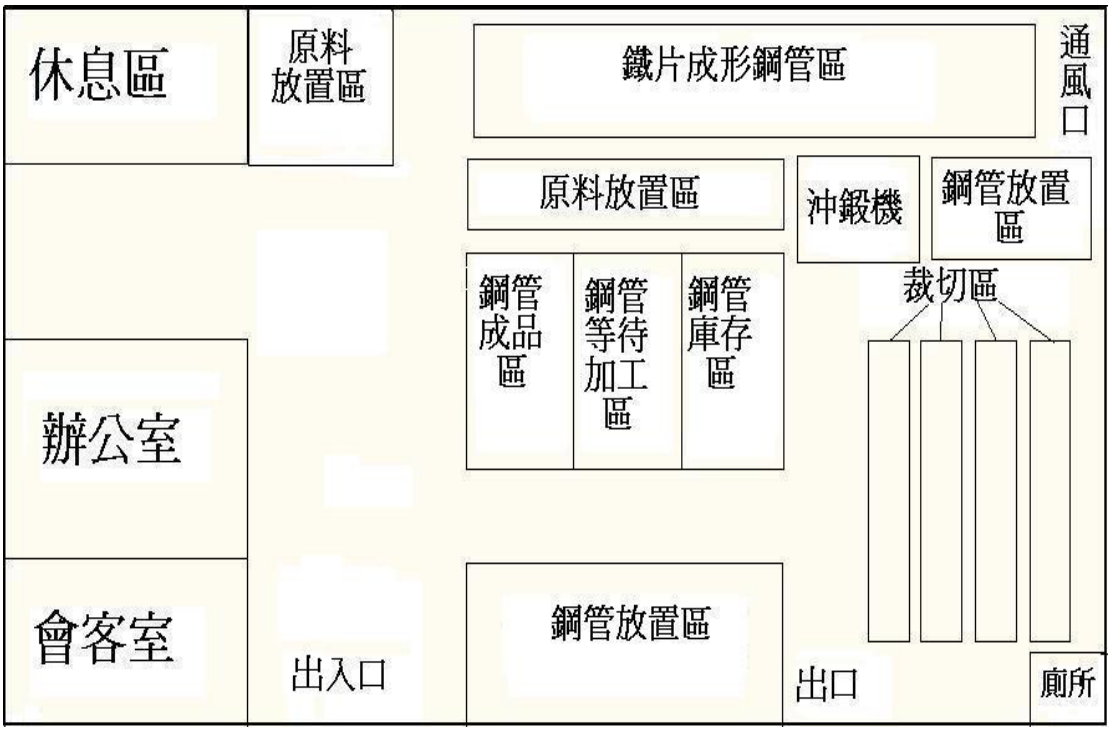


圖 2-2　工廠佈置圖

2-2　發展沿革

九良易鋼鐵有限公司成立於民國八十五年，位於彰化縣埔鹽鄉出水村埔港路 52 號，自開業以來即秉持品質至上及專業豐富的經驗、要求創新的精神、即時服務的理念，爲長期營運發展奠定良好基礎。主要經營生產特殊厚管、正方管、長方管、圓形管、橢圓管與各種管材製造加工，至今九良易鋼鐵有限公司經過多年的努力快速成長，不斷的創新、改革、發展多元化的產品及技術，以在產業上建立了良好的聲譽，爲國內外客戶提供最完善的服務，公司發展沿革如表 2-2。

表 2-2　公司沿革

日期	摘要
84 年	籌備設立
85 年	正式成立九良易鋼鐵有限公司，資本額新台幣四百萬。
93 年	增資爲新台幣一仟四百萬元，購買裁切機器設備。
98 年	增資爲新台幣三仟兩百萬元。

2-3　組織架構

個案公司組織結構如圖 2-3，合計共 10 人。

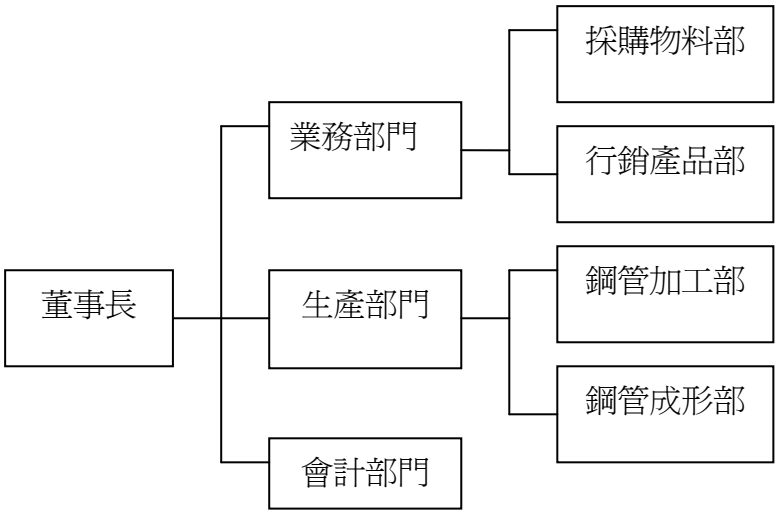


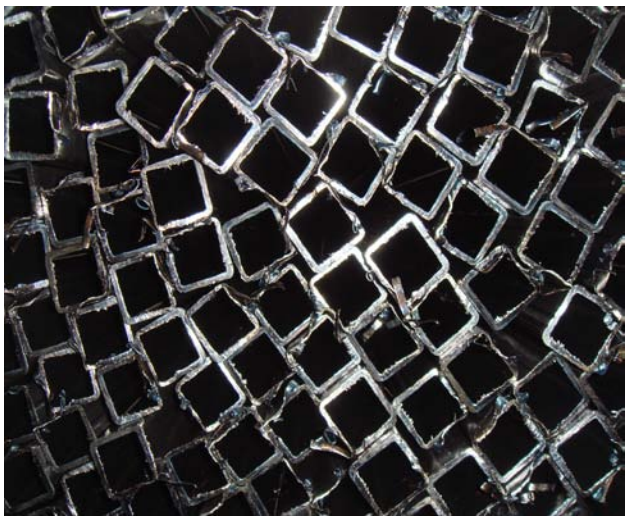
圖 2-3　公司組織架構圖

2-4　產品簡介

個案公司提供多種形狀鋼管，如：正方管、長方管、圓形管、橢圓管等等，同時可根據客戶要求生產相應的鋼管規格。

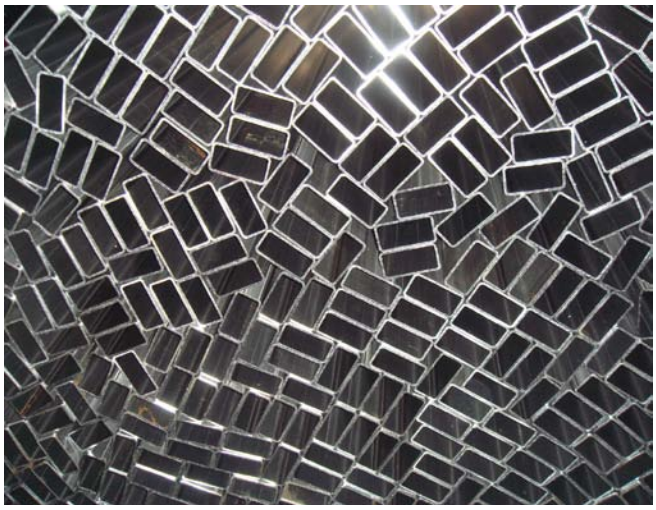
鋼管規格及介紹如表 2-3~2-6。

表 2-3　正方管



正方管	
規格	18、20、21.3、25.4、30、33.4、38、45、50、60 mm
管壁厚度範圍	0.7-3.5 mm
長度範圍	5M~12M

表 2-4　長方管



長方管	
規格	13*26、12.7*31.8、12.7*38.1、20*40、16.8*42.3、20*50、25.4*50.8、23.5*53.5
管壁厚度範圍	0.7-3.0 mm
長度範圍	5M~12M

表 2-5　圓形管



圓形管

規格	15.9-89 mm
管壁厚度範圍	1.5-4.5 mm
長度範圍	5M~12M

表 2-6　橢圓管



橢圓管

規格	16.5*34、20*40、17*57mm
管壁厚度範圍	1.2-3.0 mm
長度範圍	5M~12M

2-5　製作流程分析

個案公司管材製程如圖 2-4。分別說明如下：

一、原料進貨

原料進貨後，先執行鐵片抽檢，確認是否有不良品，鐵片檢查完畢，把鐵片存放至原料放置區（如圖 2-5）等待鋼管成形作業。

二、鋼管成形

由天車往原料放置區吊起鐵片，把鐵片放置鋼管成形機（如圖 2-6），開始燒腹作業（如圖 2-7）製作成鋼管，鋼管成形後經由裁切作業，以每根長度相同做裁切，裁切達一定數量後捆綁，在吊去鋼管放置區。

三、鋼管裁切

等待客戶確定尺寸、形狀、數量後，在由鋼管等待加工區取鋼管（長管）至裁切區，裁切機器開始設定尺寸，放置鋼管裁切，切一小段頭（粗糙毛邊），切完後放置成品放置架順便可以檢查鋼管長度。（如圖 2-8~2-12）

四、完工入庫及交貨

裁切完畢後捆綁，在由風槍清理鐵屑，在送至鋼管成品庫存區，等待運輸車輛，將成品出貨。（如圖 2-13~2-15）

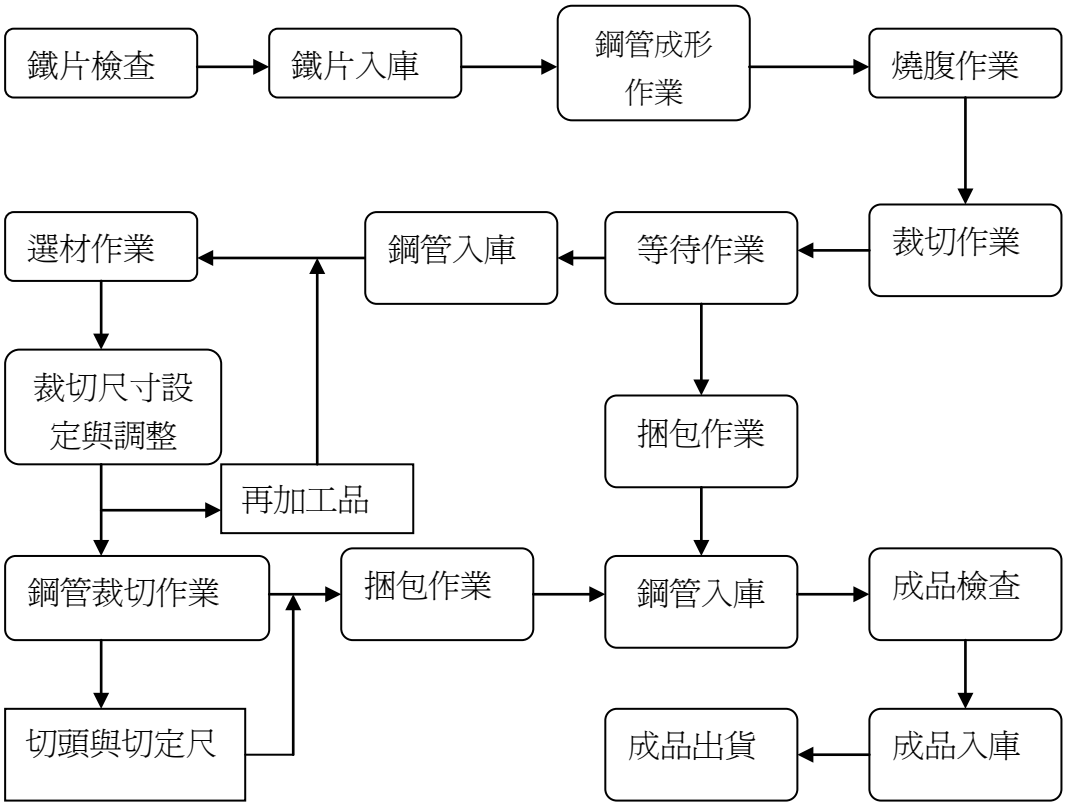


圖 2-4　製造流程圖



圖 2-5　鐵片放置區



圖 2-6　鋼管成形製作

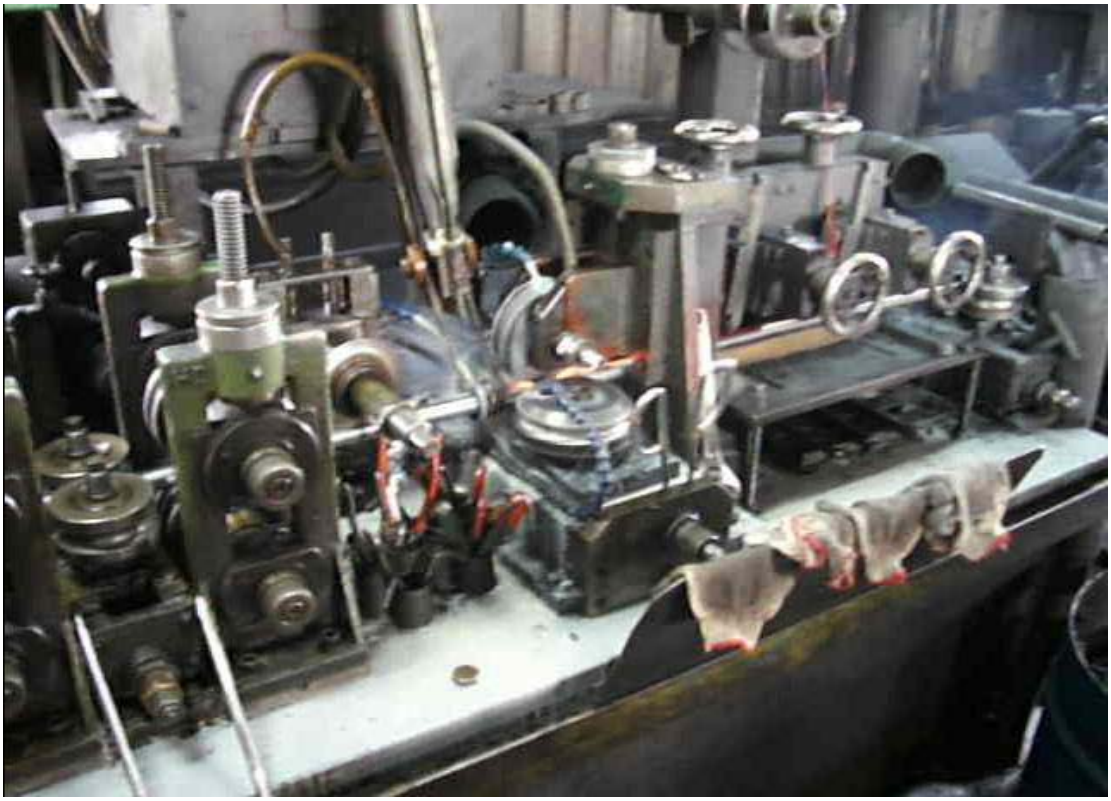


圖 2-7　鋼管燒腹作業



圖 2-8　鋼管固定長度裁切作業



圖 2-9　固定長度鋼管放置區



圖 2-10　選材作業區



圖 2-11　裁切尺寸設定與調整

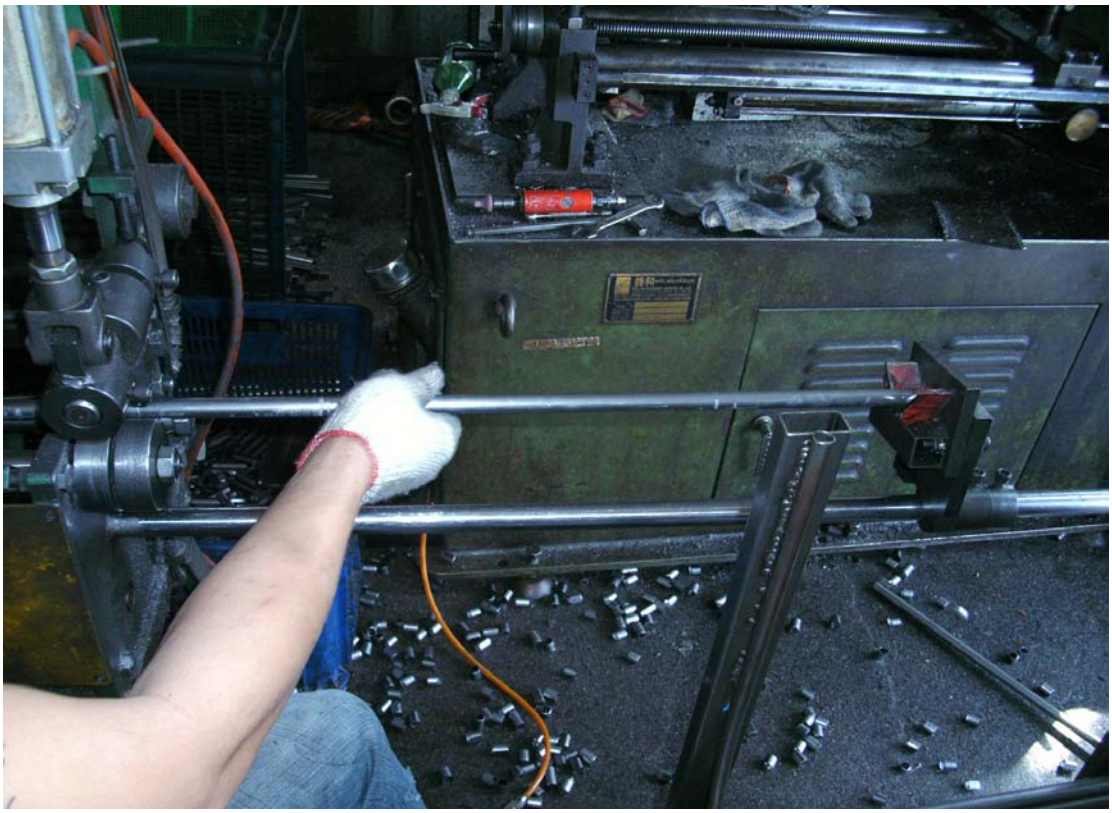


圖 2-12　依據客戶需求裁切作業



圖 2-13　捆包作業



圖 2-14　成品入庫



圖 2-15　出貨區

第三章　文獻探討及產業概況

3-1　TRIZ 創新理論

TRIZ 代表發明性問題解決理論，強調發明或創新可依一定的程序與步驟進行，而不是隨機或天馬行空的想法而已，且科技的進化是個系統化的過程，散佈在不同領域的許多規則，導引科技的進步；科技的進化是藉由矛盾的消除，因此有問題必存在矛盾，消除之便能解決問題，而前人的經驗可被充分學習以解決新問題。正確界定問題：好的方法不如好的問題。1946 年蘇聯的學者 Altshuller 審閱數十萬件專利，發現僅有少數 2%的專利是屬於首創型的發明，其餘近 98%都屬於應用前人已知的想法或概念，來解決其他類似問題。因此中華萃思學會理事長沙永傑便曾利用「我的問題已在某時被某人聰明的解決過」來闡述 TRIZ 理論的核心思維（沙永傑, 2006）。TRIZ 強調應先釐清發明問題潛在的特定類型，依循過去發明問題解決的思維，透過發想提出對產品有利益的改善想法，進而歸納整理出解決方案，TRIZ 的主要解題工具包括：40 發明原則、39 參數、矛盾矩陣、物質場及科學效應、演化趨勢。

TRIZ 用在產品開發上，最常應用在當嘗試改變一個產品或工程特性時，卻導致另外一個產品或工程特性惡化，傳統方法多採折衷妥協的方式，而 TRIZ 則利用矛盾矩陣及四十發明原則，嘗試消除之(Chang & Chen, 2004)。 包括吳建南(2006)、高義忠(2006)、吳振民(2006)、張博仁(2006)、廖文進(2005)等都利用 TRIZ 來進行實際產品設計的改良，其中廖文進更利用 TRIZ 的功能分析相關技術，進行液晶螢幕翻轉機構的設計改良，不但取得新專利，亦獲得中華民國國家發明創作獎銀牌獎的肯定。由此可見，透過 TRIZ 來進行系統化創新，應是一個十分適當且易於進行系統性思考的工具。

3-2　管材裁切相關研究及專利

關於管材裁切的學術性研究多偏向裁切之力學、機構及刀件設計之探討，如沈宇晟(2005)、彭啓明(2009)等，多爲學術理論的探討，無法實際改善整體作業

流程及系統設計的問題，這正是本研究關注的焦點。

專利方面依據本研究透過中華民國專利資料檢索系統（經濟部，2011）初步進行的專利資料檢索顯示，管材裁切相關專利核准項目及內容如表一所列。

表 3-1　管材裁切工具相關專利彙總表

創作人	公告號	申請日	專利名稱	內容
柯基溫 張秋風	477268	2000/07/1	金屬管裁切模具結構	金屬管裁切模具結構，主要指一種可增進金屬管裁切效率及品質，並可減少材料浪費且具較佳安全性。 金屬管係爲現代建材及各式產品常使用之材料，而由於需求長度不一，因而金屬管常須再裁切適當長度以符合使用需求。
蘇建宏	M264086	2004/11/16	裁切機之裁切對位裝置	本新型裁切機之裁切對位裝置在設計上，係令工件能自動地進料與出料，並不需要利用人工更換，在作業上較爲省工省時，而且在對位上更可利用對位機構來自動感測對位，使得製程較爲順暢無阻，所以絕能達到可自動化對位裁切之功效，亦確實能夠達到本新型之目的。

溫勝貴	M362093	2009/01/08	紙管裁切機	紙管裁切機，利用刀砧、止滑片與輔助輪結構固定紙管，並透過轉動刀砧來帶動紙管旋轉，再以圓刀由下向上昇進行裁切，藉此達到自動化裁切紙管之目的，還能自動將長紙管裁切成設定之尺寸長短之短紙管之紙管裁切機。
鄭順通	M369844	2009/12/01	超音波裁切機	超音波裁切機，其藉著轉動單元、支撐結構及超音波發射單元相互配合，致使二維設備達成三維裁切，進而達到成本低、結構簡單，且裁切過程準確，不需人為操作物料的目的。
紀秋雄	M379502	2009/12/25	塑膠管之裁切機構	本創作之主要目的在於提供一種塑膠管之裁切機構，係可提升產品品質，降低人力成本，且不需高度人為操作技巧。
邱金樹	M383480	2010/02/12	裁切工具之結構改良	本創作係有關一種裁切工具之結構改良，尤指一種於滾輪組上之一凹槽設計，可供容設物件經裁切形成之凸起物，以維持滾輪組轉動之順暢度，據以提升裁切工具之使用壽命及耐用性。

劉文遠	M392025	2010/05/13	裁剪機	裁剪機，包含一固定機台以及一定位單元，本創作主要係以固定機台而無須繁瑣之移動設備，對於較少量之工件，符合適切之實用，且由於構件相對簡易，因此在相對剩餘之空間較多，本創作可以在定位單元設有二組驅動機構，可以使得該定位閘板受到雙重而平均之作用，使得受壓之工件可以較爲受到「線狀」(二點成一線)之施壓力而平均且穩定。
邱金樹 邱聖智	M394887	2010/07/30	裁切工具之結構改良	1. 提供一種裁切工具之結構改良，其係具有結構簡單、組裝容易，以及可提供較佳之管件定位效果。 2. 提供一種裁切工具之結構改良，其係具有可快速夾持管件之功效。

以上八項專利主要多著眼在裁切技術本身的改善，透過模具的導入或新裁切技術的引入，試圖提高裁切的效率及穩定度，對於整體作業流程及作業疏失所致的品質干擾，則多未能納入考量，此即爲本研究的重點所在。

3-3　產業概況

個案公司在鋼鐵工業中位居鋼鐵產品與工業成品之間，扮演著上下游起承轉合的地位，以專業之鋼管成形作業及鋼管裁切作業爲核心作業，以管材爲主要出口產品，鋼管種類有 60 幾種之多，規格依據鋼管長度、管內外徑大小及長短等等。

因日本及國外戰爭天災等影響，鋼鐵物料價格持續上揚，對工廠之成本影響甚大，造成許多產業紛紛向低物料價格、低工資國家遷移，本公司則以控制每日產量，且利用價格落差時購買大量物料抗漲，並致力提昇生產效率及品質，確保競爭力。

第四章　作業流程現況與問題分析

4-1　作業流程現況

目前個案公司在製造鋼管流程作業過程中，我們發現有許許多多的問題點需進一步進行改善與分析，以下是在製造鋼管作業流程中所發現主要問題點：

一、有些焊接燒黏不良。

在鋼管成型作業，如圖 4-1，依據本組簡單抽樣（每 10 支抽 1 支查驗，共抽 30 支），平均不良率約爲 13.3%。

二、物料放久容易不良（生鏽）。

堆置在工廠內之原物料，沒有積極的做阻隔潮濕及空氣中氧氣的措施，造成鋼管生鏽（如圖 4-2）。

三、成品過於繁多，容易堆積如山。

每次裁切完鋼管都沒有分類，使得成品空間不足。（如圖 4-3）

四、環境過於吵雜。

鋼管成型及裁切鋼管作業機器產生之噪音。

五、裁切鋼管所造成尺寸偏移。

產品裁切過程中檔板偏移導致尺寸之偏移。

六、鋼管成形後要根據客戶要求來裁切鋼管所造成廢品率高。

每支長鋼管來裁切客戶所需求尺寸來裁切鋼管，當每支裁切完的長鋼管都有剩餘鋼管，因此造成廢品率增加。

以上六種我們針對鋼管成形及鋼管裁切所造成廢品率高爲主要問題點來改善與進行分析。

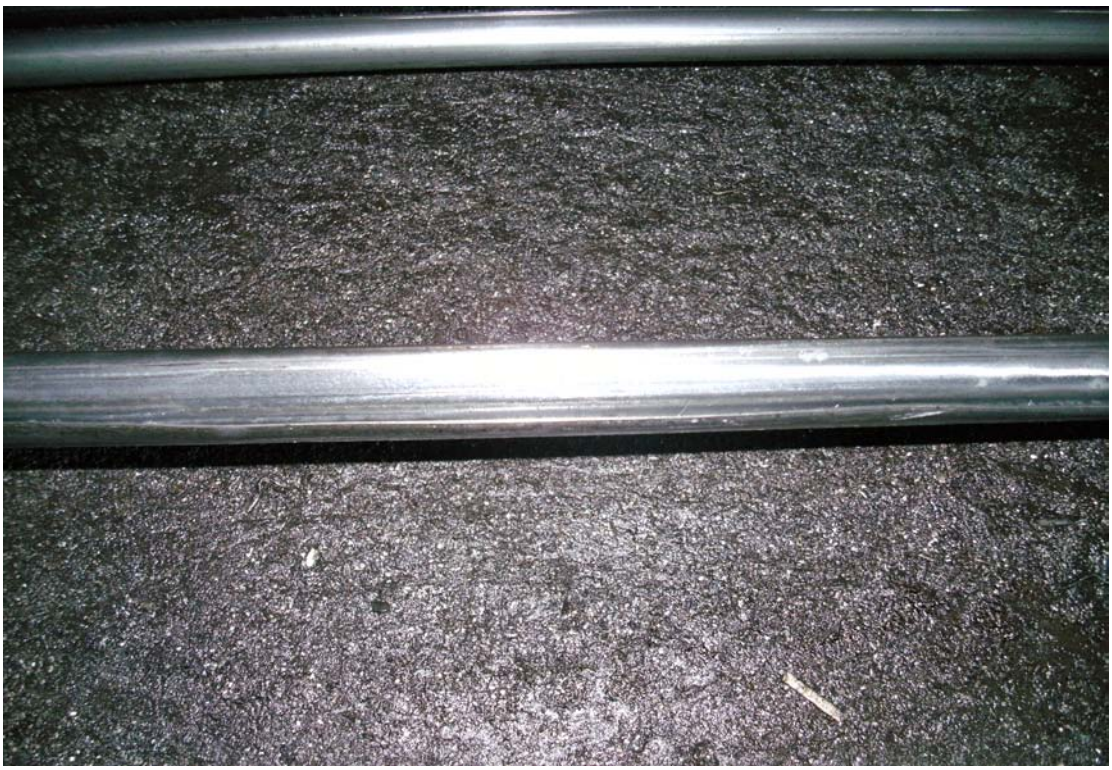


圖 4-1　焊接燒黏不良



圖 4-2　物料放久容易不良（生鏽）



圖 4-3　成品過於繁多，容易堆積如山

4-2　鋼管成形作業問題分析

鋼管成形作業，此個案公司目前都採用先依固定尺寸來裁切每支長管爲 9530mm（如圖 4-4），在根據客戶訂單所需要的尺寸來裁切鋼管。因此常造成裁切每支長管後都有多餘的廢品（如圖 4-5），導致製造成本提高。

因應顧客需要的尺寸做調查，將尺寸做一個統整並取倍數（尺寸），製造長管可參考倍數（尺寸）。

以下是依據客戶訂單需求裁切不同規格管材後，形成浪費的狀況（如表 4-1）。

表 4-1　管材裁切的浪費分析

種類	顧客需求		數量	成形後固定尺寸的鋼管	廢品的浪費長度（每支）
	管厚×徑度	裁切長度			
圓管	6”×1.0mm	660mm	1000	9530mm	290mm
圓管	6”×0.8mm	560mm	965	9530mm	10mm
圓管	1”×0.9mm	1145mm	120	9530mm	370mm
長方管	2”×1.2mm	780mm	530	9530mm	170mm
長方管	2”×1.8mm	510mm	500	9530mm	350mm
長方管	2”×1.2mm	930mm	265	9530mm	230mm
正方管	2”×0.9mm	319mm	645	9530mm	279mm
正方管	2”×1.2mm	480mm	730	9530mm	410mm
正方管	2”×1.0mm	650mm	450	9530mm	430mm

根據上表 4-1 可以看出裁切不同規格管材所累積浪費的狀況，以圓管裁切長度爲 660mm 來舉例，每支長鋼管可以裁切 14 支客戶所需成品(9530÷660=14.4)，因此每支長鋼管所浪費長度爲 290mm，當客戶需求要 1000 支，總共要裁切長鋼管要 72 支(1000÷14=71.4)，使結果總共浪費爲 290×72=20880mm。



圖 4-4　固定尺寸的鋼管

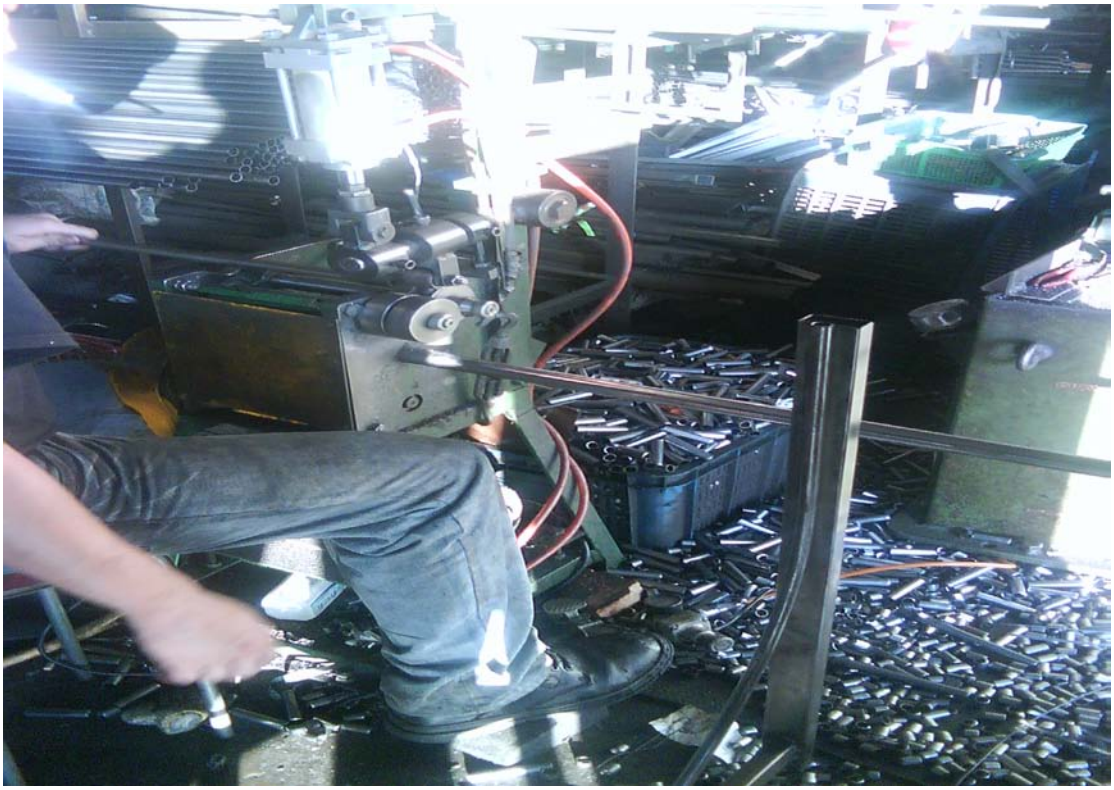


圖 4-5　地上廢品過多

4-3　鋼管裁切作業問題分析

個案公司管材將交由客戶進行後續組裝作業尺寸公差如果不合規格會造成組合上問題，直接影響品質。

目前裁切作業現況如下：

操作員將鋼管移到框架，以鋼管前端抵觸擋板，固定其尺寸及鋼管，刀具由上往下進行裁切。

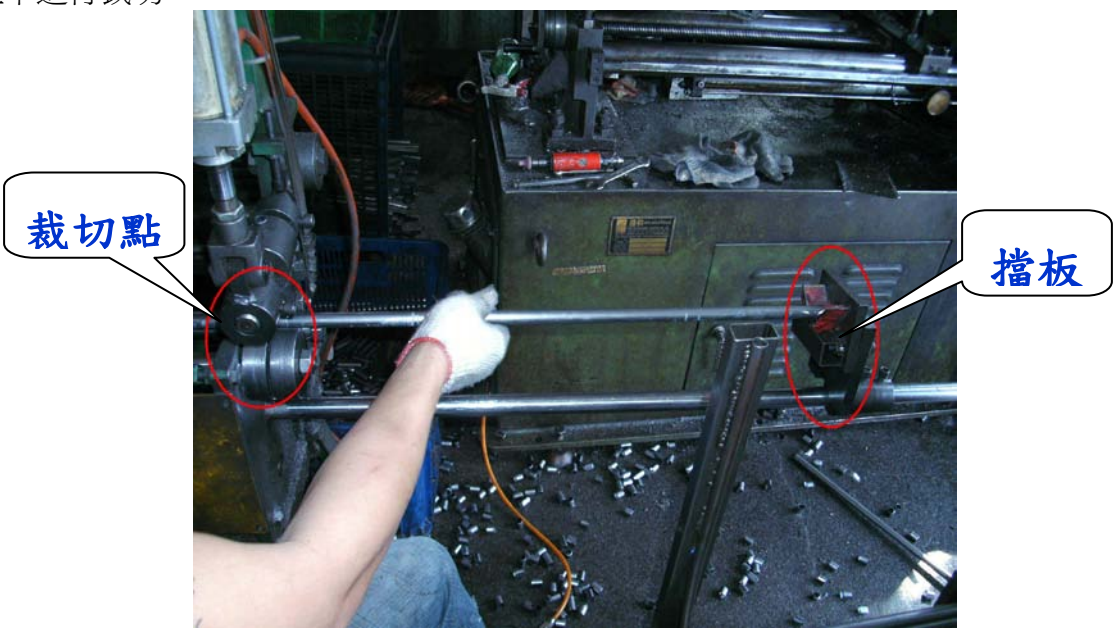


圖4-6　鋼管裁切

在鋼管裁切作業中，產品尺寸偏移是傳統產業的通病， 不良品造成的浪費對企業是一大損失，以下表4-2各式各樣形狀管材裁切抽樣數據表，可以在各式各樣形狀管材裁切抽樣數據表看出不良率約在2~3%，大多數爲鋼管尺寸偏移過長。以鋼管裁切而言，近 年來裁切技術不斷創新，卻沒有一個完善的系統針對尺寸的偏差及選材作業做調整，以有效降低產品廢品率、不良率、提昇產品品質、確保顧客滿意度，此即爲本研究的重心所在。

表 4-2　各式各樣形狀管材裁切抽樣數據表

圓管：裁切長度爲 660mm，每捆 1000 支，管厚爲 6”×1.0mm，允許誤差-1~+1mm					
樣組	樣本大小	不良件數	不良率	紀錄不良品長度	過長 or 過短多
1	30	2	0.07	663.662(mm)	過長
2	30	0	0		
3	30	1	0.03	662(mm)	過長
4	30	1	0.03	658(mm)	過短
合計	120	4			
平均	30		0.033		
圓管：裁切長度爲 560mm，每捆 965 支，管厚爲 6”×0.8mm，允許誤差-1~+1mm					
樣組	樣本大小	不良件數	不良率	紀錄不良品長度	過長 or 過短多
1	30	0	0		
2	30	2	0.07	562.558(mm)	過長 or 過短
3	30	1	0.03	562(mm)	過長
4	30	0	0		
5	30	2	0.07	562.563(mm)	過長
合計	150	5			
平均	30		0.033		
長方管：裁切長度爲 510mm，每捆 500 支，管厚爲 2”×1.8mm，允許誤差-1~+1mm					
樣組	樣本大小	不良件數	不良率	紀錄不良品長度	過長 or 過短多
1	30	1	0.03	513(mm)	過長
2	30	0	0		
3	30	1	0.03	508(mm)	過短
4	30	2	0.07	512.512(mm)	過長
5	30	0	0		
合計	150	4			
平均	30		0.026		

表 4-3　各式各樣形狀管材裁切抽樣數據表（續）

橢圓：裁切長度爲 750mm，每捆 210 支，管厚爲 2”×1.0mm，允許誤差-1~+1mm					
樣組	樣本大小	不良件數	不良率	紀錄不良品長度	過長 or 過短多
1	25	1	0.04	748(mm)	過短
2	25	0	0		
3	25	1	0.08	752(mm)	過長
4	25	1	0.04	753(mm)	過長
5	25	1	0.04	752(mm)	過長
合計	125	4			
平均	25		0.032		

第五章　提案改善

5-1　鋼管成形作業改善

我們利用系統化創新(TRIZ)方法來改善鋼管成形作業創新，以下利用系統化創新(TRIZ)方法的應用來改善問題。

一、技術矛盾的應用

（一）定義問題

當鋼管成形後，要裁切長管所造成每支長管要裁切短管完，所發現都有多餘的廢品。

（二）傳統解

可以根據客戶的訂單來調整固定鋼管的尺寸，減少廢品過多。

（三）建立矛盾：（參考附錄 B）

準備的程序上會更複雜，每次長管要進行裁切成短管，要在經過計算與測量，其中從接單到製造長管要添加一段製造時間，庫存量雖然可以降低產生更多空間可以存放成品，但製造時間會影響整個作業排程。（4：靜止物體的尺寸，37：控制與測量的複雜性）

（四）對應找出發明原則，並嘗試改善問題：（如表 5-1、5-2）

表 5-1　建立矛盾矩陣的發明原則（參考附錄 C）

惡化參數 / 改善參數	37 控制與測量的複雜性
4 靜止物體的尺寸	26

並運用單一工程參數對應之發明原則，進行分析，如表 5-2。

表 5-2　單一工程參數對應的發明原則（參考附錄 D）

出現次數 / 改善參數	10 次以上	8~9 次	6~7 次	4~5 次
4 靜止物體的尺寸		35	28、14	1、26、3 10、15
出現次數 / 惡化參數	10 次以上	8~9 次	6~7 次	4~5 次
37 控制與測量的複雜性	35	27	26、28 2、18	3、15、19 29、1、10 25、32

（六）運用發明原則改善問題：

1.利用發明原則 2：分離原理

把廢品的過長鋼管與過短鋼管分類，再利用過長的鋼管繼續裁切符合客戶所需求尺寸，可以減少廢品過多。

2.利用發明原則 10：預先行動原理

根據客戶訂單所需求裁切尺寸做統計，把裁切尺寸短的放一邊與裁切尺寸長的放一邊，並計算要裁切長管的尺寸，再以固定長管尺寸來裁切客戶所需尺寸，這樣可以降低廢品長度與減少浪費廢品。

3.利用發明原則 25：自助原理

我們可利用廢品的鋼管來製作各式各樣產品，例如：鐵架、家具等等。

二、鋼管裁切創新提案的整合

當鋼管成形後，要裁切長管所造成每支長管要裁切短管完，所發現都有多餘的廢品，我們就利用整合 TRIZ 應用，例如：利用發明原則的分離原理(2)、預先行動原理(10)、自助原理(25)等等來改善問題，使可以降低廢品長度與減少浪費廢品。

5-2　鋼管裁切作業改善

我們利用系統化創新(TRIZ)方法來改善鋼管裁切作業，以下爲利用系統化創新(TRIZ)方法來改善問題的說明。

一、利用技術矛盾的應用

（一）定義問題

裁切鋼管一定數量後，所造成裁切尺寸會產生偏差。

（二）傳統解

裁切過程中，裁切定量鋼管後，進行檢查校正及測量正確性，避免尺寸過度偏差。

（三）建立矛盾（參考附錄 B）

1.測量尺寸所造成時間上的浪費。（28：測試精度，25：時間損失）

2.製造過程來測量尺寸所造成時間上的浪費。（29:製造精度，25：時間損失）

（四）對應找出發明原則，並嘗試改善問題：（如表 5-3、5-4）

表 5-3　建立矛盾矩陣的發明原則（參考附錄 C）

惡化參數 改善參數	25 時間損失
28 測試精度	24、34 28、32
29 製造精度	32、26 28、18

表 5-4　單一工程參數對應的發明原則（參考附錄 D）

出現次數 / 改善參數	10 次以上	8~9 次	6~7 次	4~5 次
28 測試精度	32、28 6	26	3、10 13、24 35	34、1 2
29 製造精度	32	10、28	2、18 26	3、35
出現次數 / 惡化參數	10 次以上	8~9 次	6~7 次	4~5 次
25 時間損失	10、28 35、18		34、4 34	20、26 29

（六）運用發明原則改善問題：

1.利用發明原則 10：預先行動原理

在鋼管上所需要裁切的長度做記號（細的記號），並在機器上使用刀具在對準的記號加以切割。（如圖 5-1）

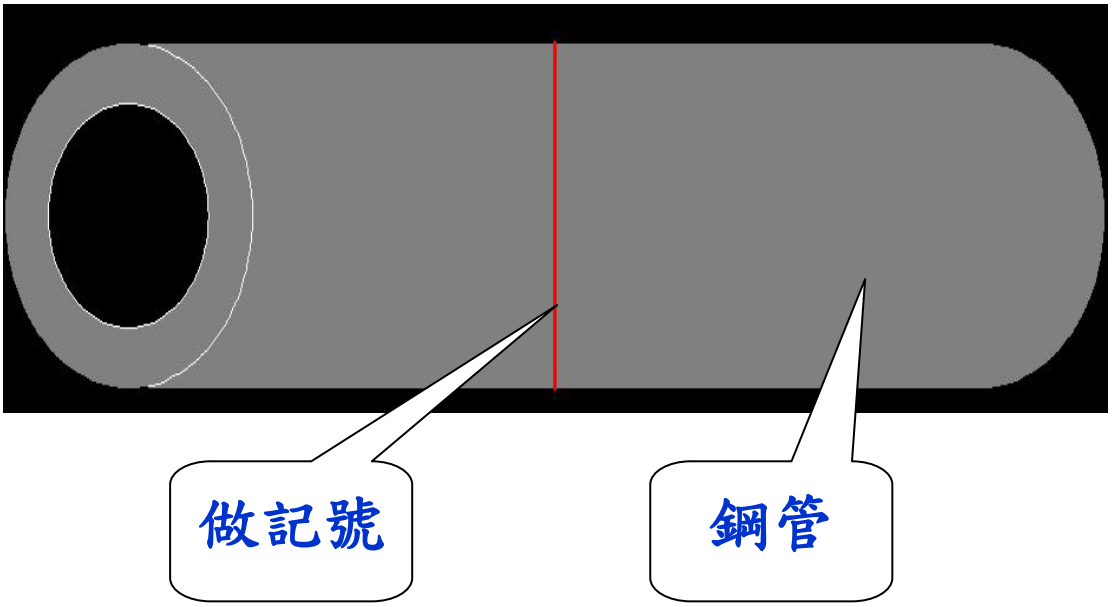


圖 5-1　預先行動原理

2.利用發明原則 24：中介物質原理

A.在固定檔板下方的軌道上貼紅色膠帶，當擋板偏移紅色膠帶會出現，我們立即停止裁切，立刻校正及測量正確性。（如圖 5-2）

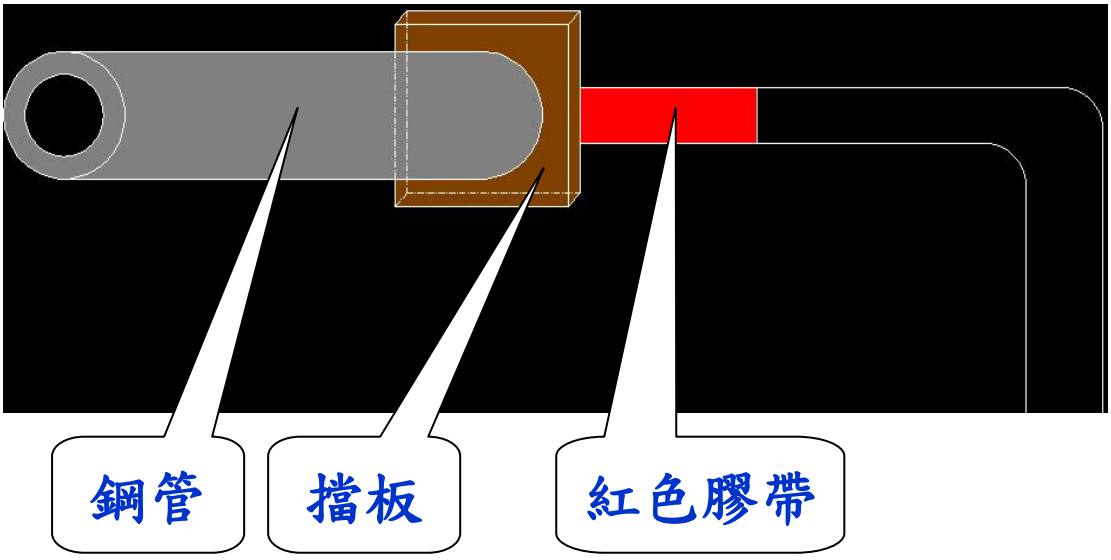


圖 5-2　中介物質原理(A)

B.在擋板後方裝置開關警示器，當擋板偏移牴觸到開關，經通電後，使LED 閃爍及蜂鳴器作響，我們立即停止裁切，立刻校正及測量正確性。（如圖 5-3）

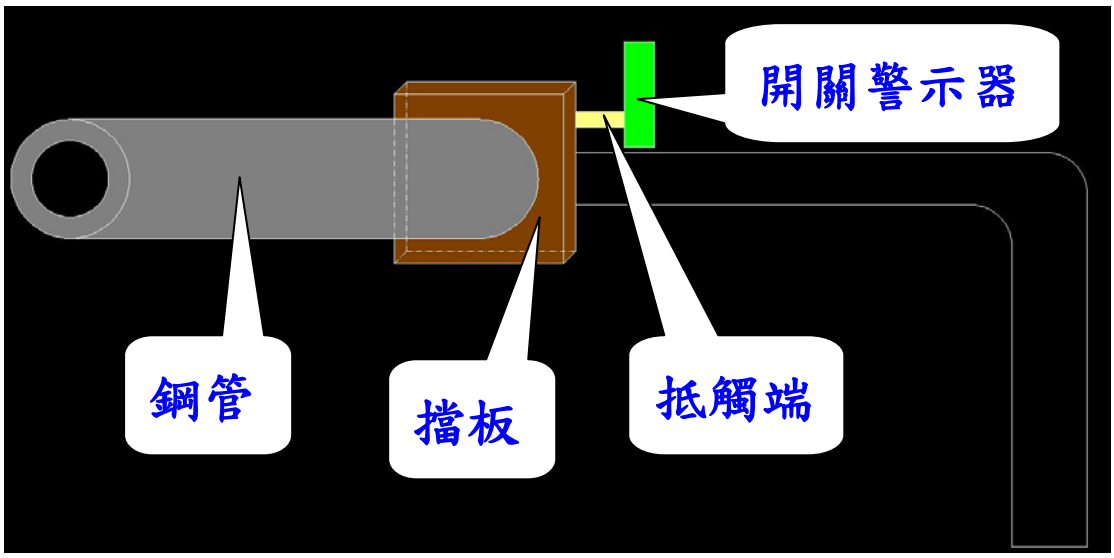


圖 5-3　中介物質原理(B)

C.在擋板構造附近裝置警報器，當擋板偏移，此感應磁鐵也會造成偏移，所以此時警報器作響，我們立即停止裁切，立刻校正及測量正確性。（如圖 5-4）

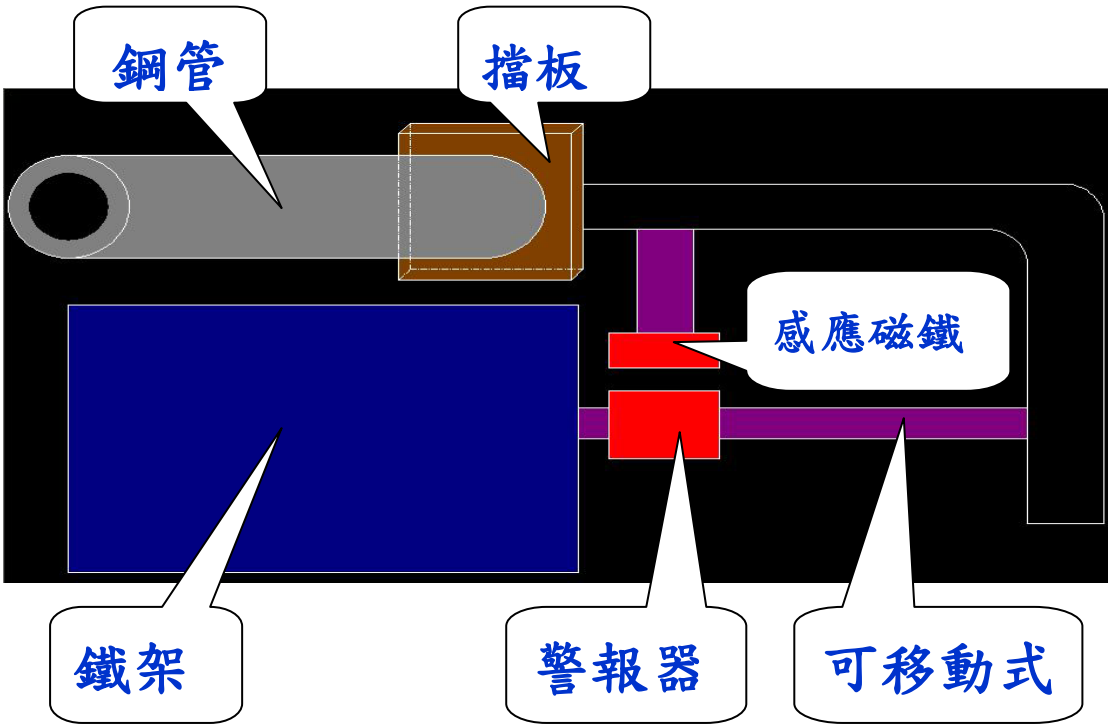


圖 5-4　中介物質原理(C)

3.利用發明原則 28：取代機械系統原理

在擋板上方固定一個雷射光，當擋板偏移光會照射到光阻器，訊號器馬上傳達到警報器，此使立刻校正及測量正確性，避免尺寸過度偏移。（如圖 5-5）

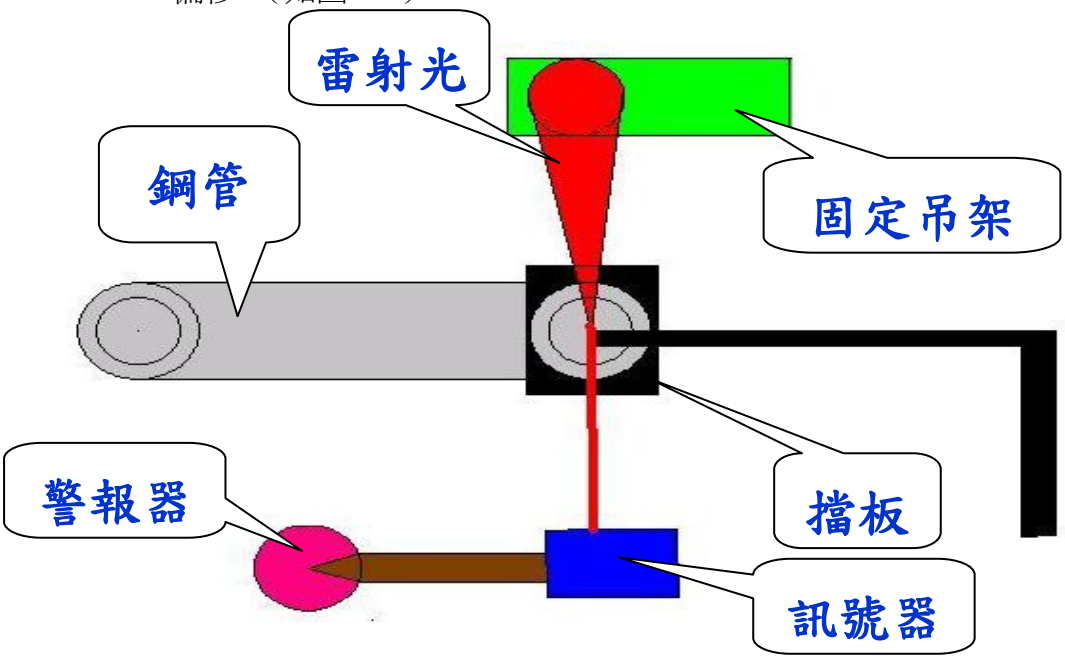
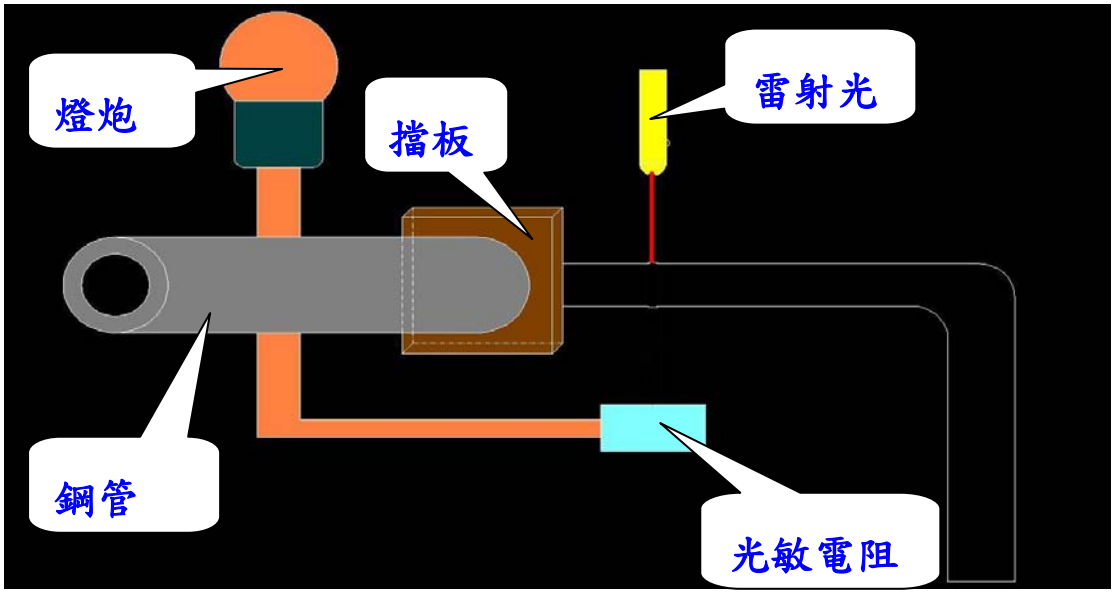


圖 5-5　取代機械系統原理

4.利用發明原則 32：改變顏色原理

將擋板下固定方放置一個光源，只要偏移雷射光照射到光阻器，再利用光阻器的特性，讓燈炮判別擋板有無偏移，橘色燈代表擋板未偏移（如圖 5-6 上方），灰色燈代表擋板偏移了（如圖 5-6 下方）。



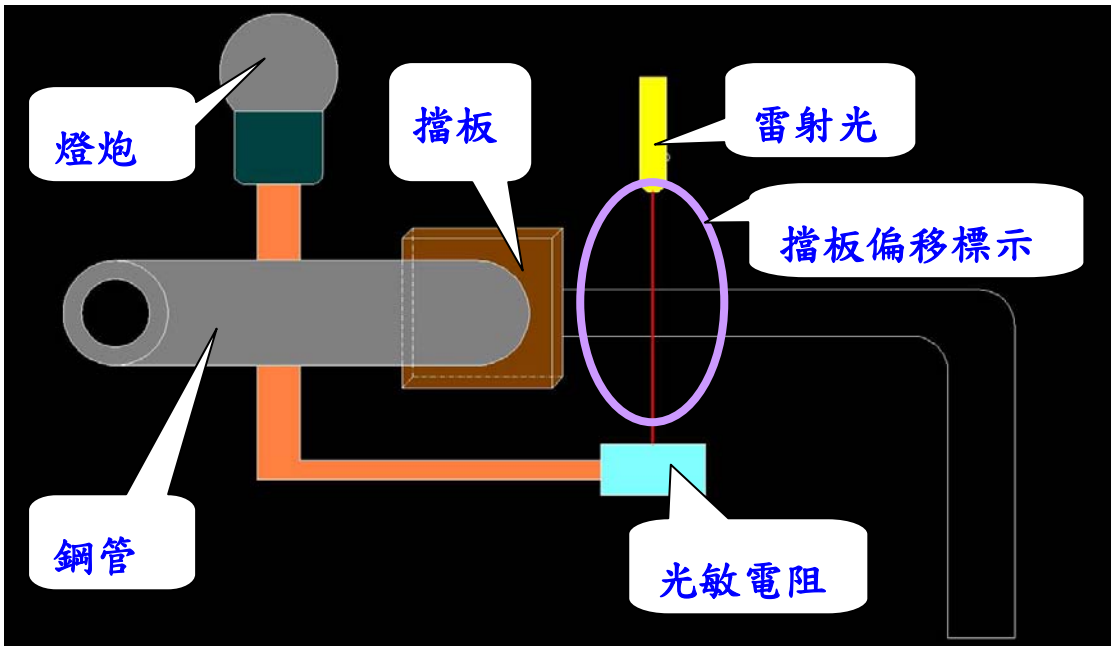


圖 5-6　改變顏色原理

二、利用週遭環境的資源

（一）列出週遭環境的資源：

1.物質資源：刀具、鋼管、油。

2.能量資源：電能、熱能。

3.場資源：機械力、重力、空氣壓力、摩擦力。

4.訊息資源：裁切聲音、鋼管抵觸擋板的聲音。

5.空間資源：刀具到切割點的空間、鋼管框架、機械擺放空間。

6.時間資源：鋼管加工時間、運輸配料時間。

7.功能資源：裁切鋼管。

（二）改善問題：

1.物質資源

所需要長度利用鋼管做一支範本出來，再以範本的鋼管來當作裁切鋼管的衡量標準長度（粉紅色），如圖 5-7。

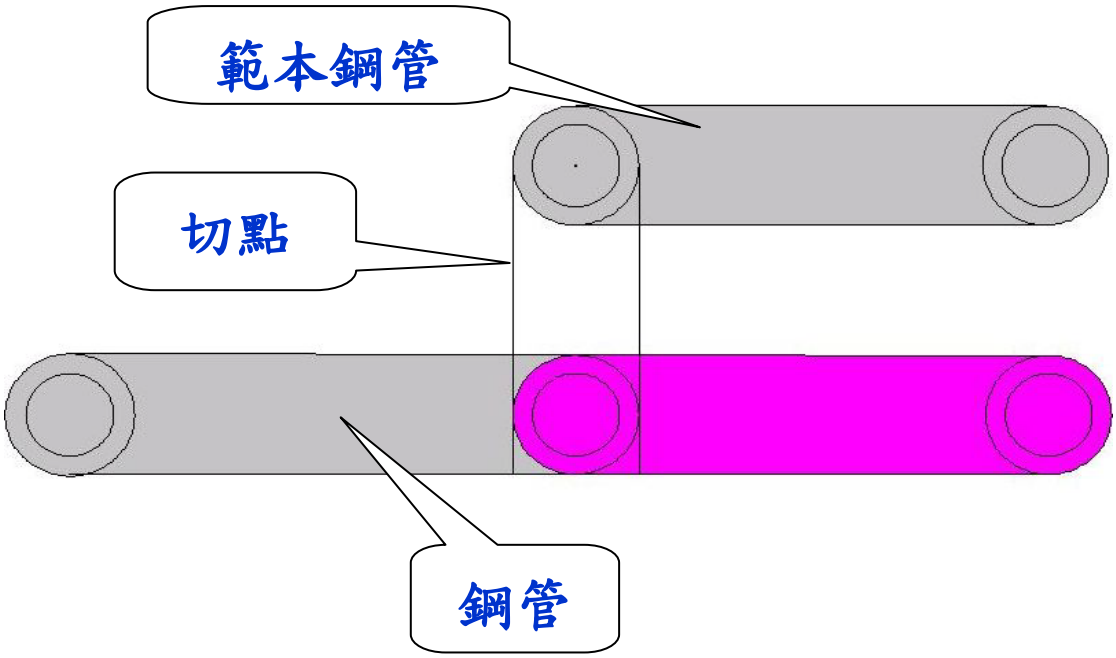


圖 5-7　物質資源

2.能量資源

利用電生磁的原理，將鋼管與擋板給吸住，多加一個力減少擋板偏移的力，可以減少尺寸偏移的可能。（如圖 5-8）

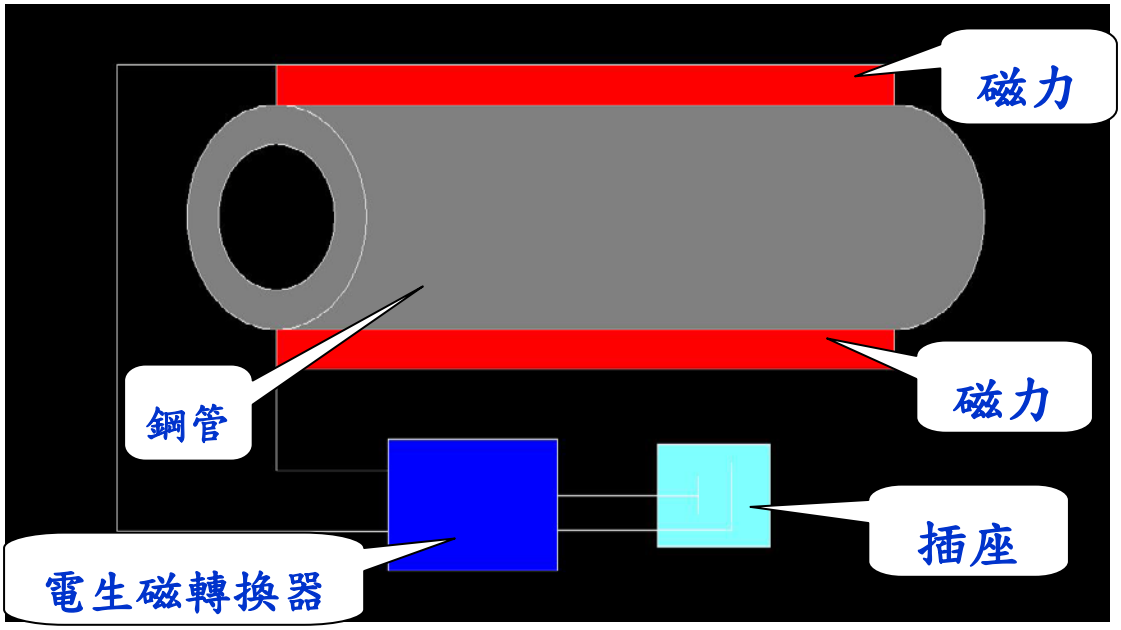


圖 5-8　能量資源

3.場資源

利用重力，鋼管採垂直向下，切割刀具改採橫向裁切，平面的方式更容易看清尺寸，修改尺寸，則將機器管制刀具的高度做調整。（如圖 5-9）

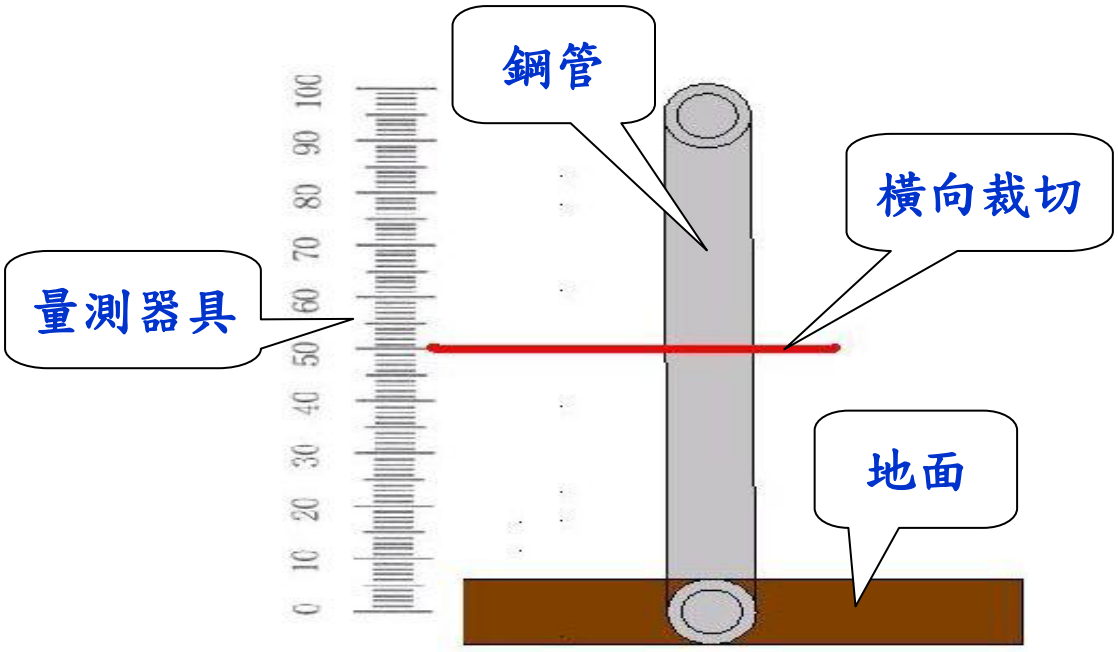


圖 5-9　場資源

4.空間資源

每支鋼管都有多餘的長度，則會受限於空間束縛，將鋼管切半後，則此長度鋼管可以裝置固定托盤上，利用固定托盤進行調整尺寸，則鋼管中心切點，每支鋼管長度都將會等分(符合規格尺寸)。（如圖 5-10）

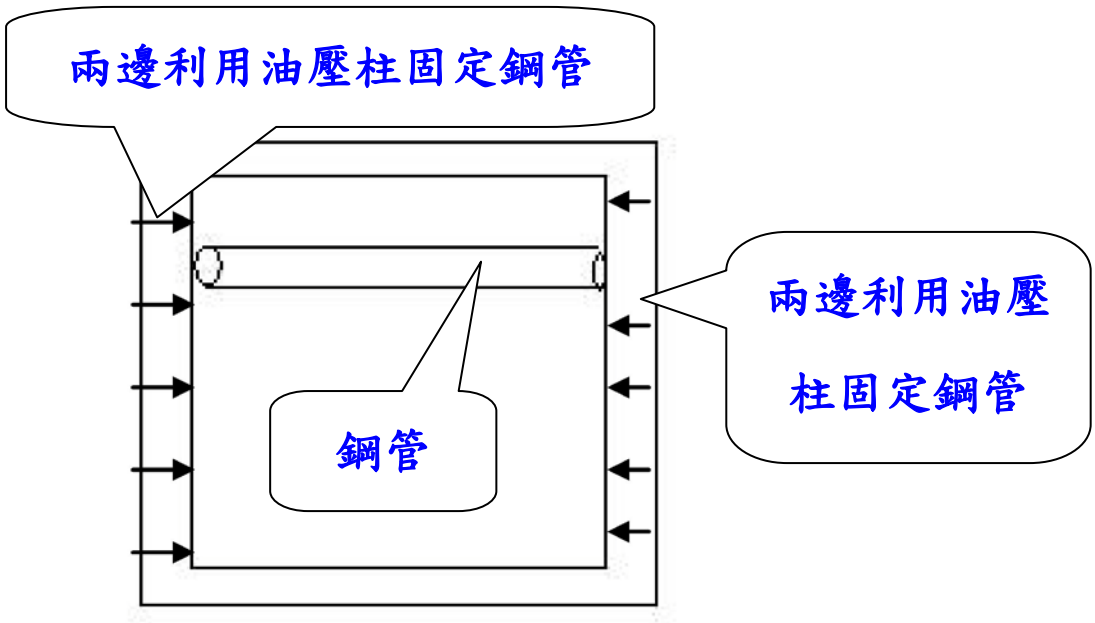


圖 5-10　空間資源

5.時間資源

利用鋼管加工時間或運輸配料時間來檢查機器切割點到擋板的距離有沒有造成偏移。

三、利用物質場分析（參考附錄 E）

（一）識別元件：

1.物質：鋼管（S1）、擋板（S2 ）

2.場：機械振動(F1)

（二）構建模型：（如圖 5-11）

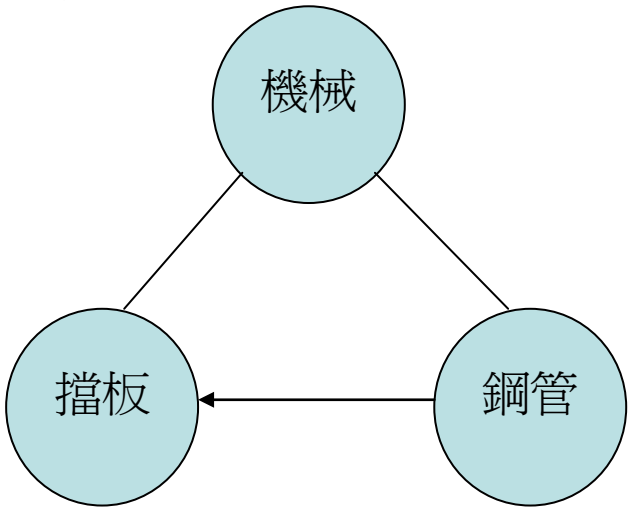


圖 5-11　模型屬非有效完整系統

（三）從一般解或 76 標準解中選一個最適當解：

運用 2.3.2 向有作用和匹配頻率的物質-場躍進，可增加一個場，消除振動使得減少鋼管尺寸偏移。（如圖 5-12）

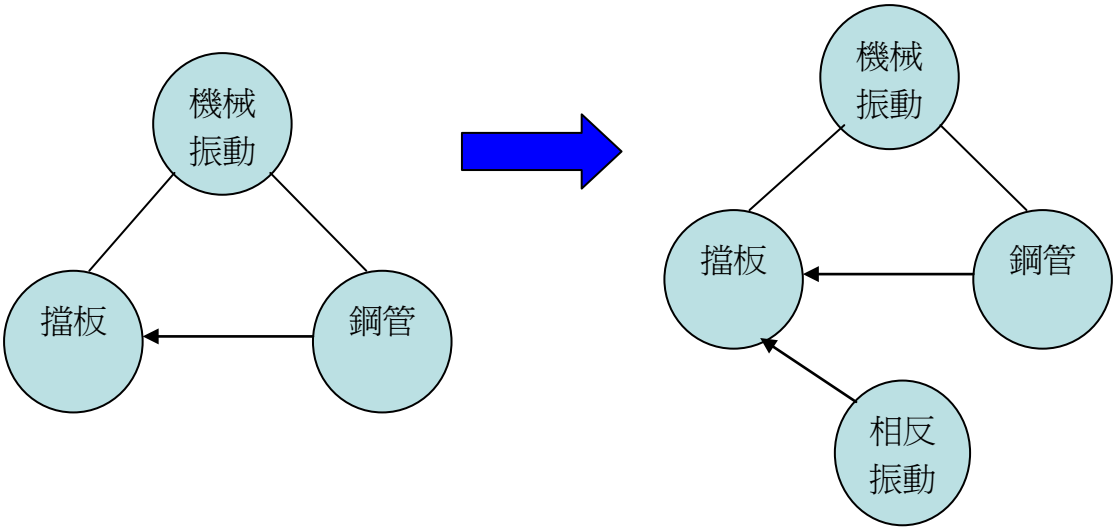


圖 5-12　運用向有作用和匹配頻率的物質-場躍進

（四）進一步發展標準解，以獲得解決方案：

增加一個場，消除振動使得減少鐵管尺寸偏移。

解題：機械振動(F1)以通過產生一個與其振幅相同但是方向相反的振動(F2)來消除，可以降低鋼管尺寸偏移。（如圖 5-13）

1.波動的波長越長，振幅會越小。

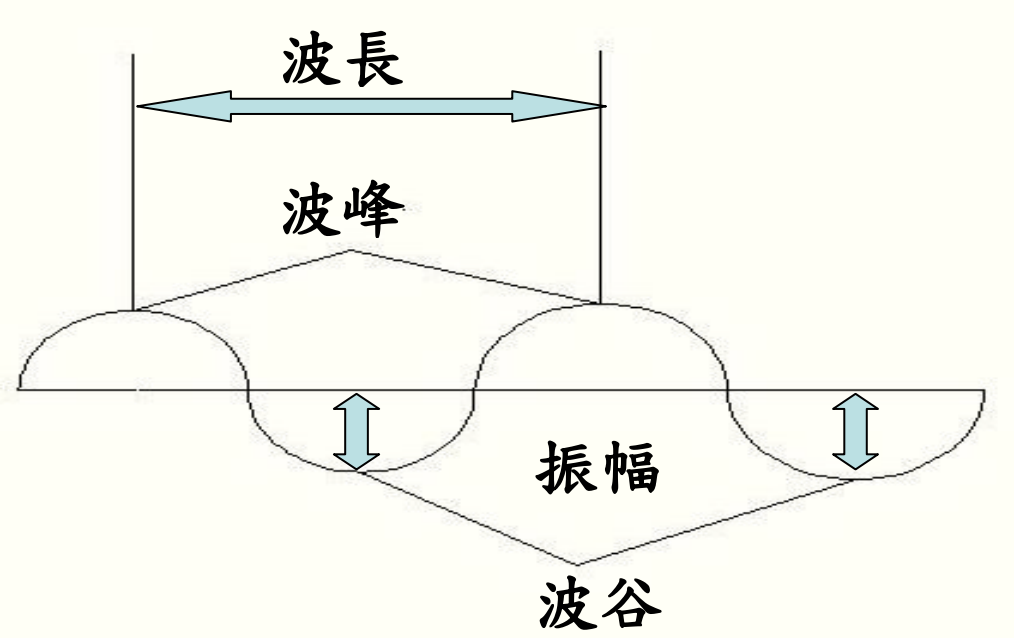


圖 5-13　運用波動原理

2.波動所傳遞能量與振幅平方成正比。

（五）可行性分析：可以適用，可以減少刀具對鋼管裁切所造成振動，當振動消除了就可以降低鋼管尺寸偏移。

四、鋼管裁切創新提案的整合

當裁切鋼管過程中，裁切一定數量，經由鋼管撞擊擋板造成尺寸偏移，使鋼管成品部份尺寸不符合要求，整合 TRIZ 應用後，爲整體改善創新提案如圖 5-14，使擋板偏移能讓操作員立即停止裁切，並進行立刻校正及測量，避免尺寸過度偏移。

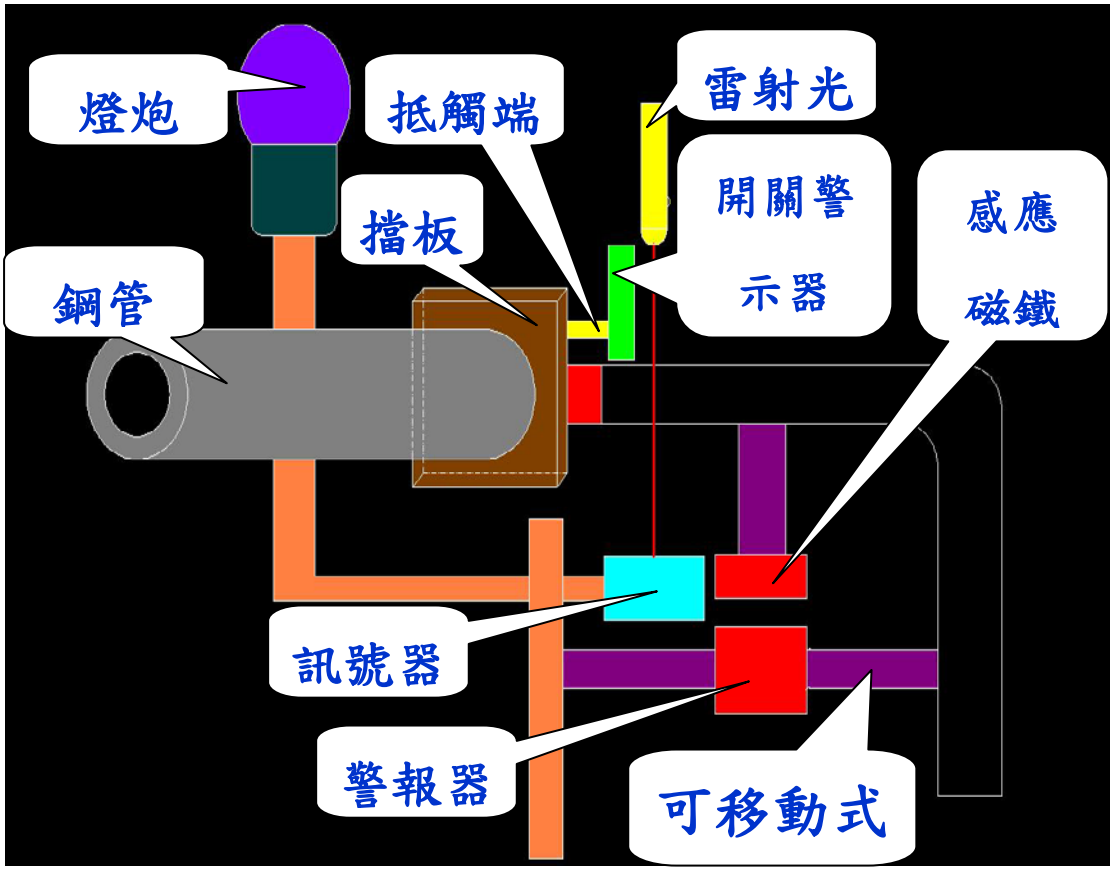


圖 5-14　鋼管裁切創新提案的整合圖

5-3　實作模型成品說明

裁切作業尺寸偏移的改善，主要分成四個階段來預防，本組並進行模型實作（如圖 5-15），逐一說明如下：

一、擋板經鋼管數幾次撞擊造成尺寸偏移，使軌道上的紅色膠帶出現（如圖 5-17），操作人員注意到紅色膠帶出現代表尺寸偏移。

二、當操作人員若沒有注意到紅色膠帶，此時擋板會繼續向後（偏移幅度

1mm），則後端會壓到小型按壓開關器，經通電後會使 LED 開始閃爍與電路板上的蜂鳴器跟著作響（如圖 5-19）。

三、以上此兩項若操作人員再未注意，擋板再會繼續向後，此感應磁鐵會產生偏移，則偏移幅度 2mm 會啓動警報器（如圖 5-21）。

四、若操作人員沒有接收到前三項警示訊息，擋板持續向後偏移（偏移幅度 2mm 以上），此擋板座上 L 型三角鐵片會偏離雷射照射之軌道，則雷射光直射到光敏電阻，因此機台燈泡熄滅並斷電（如圖 5-23）。

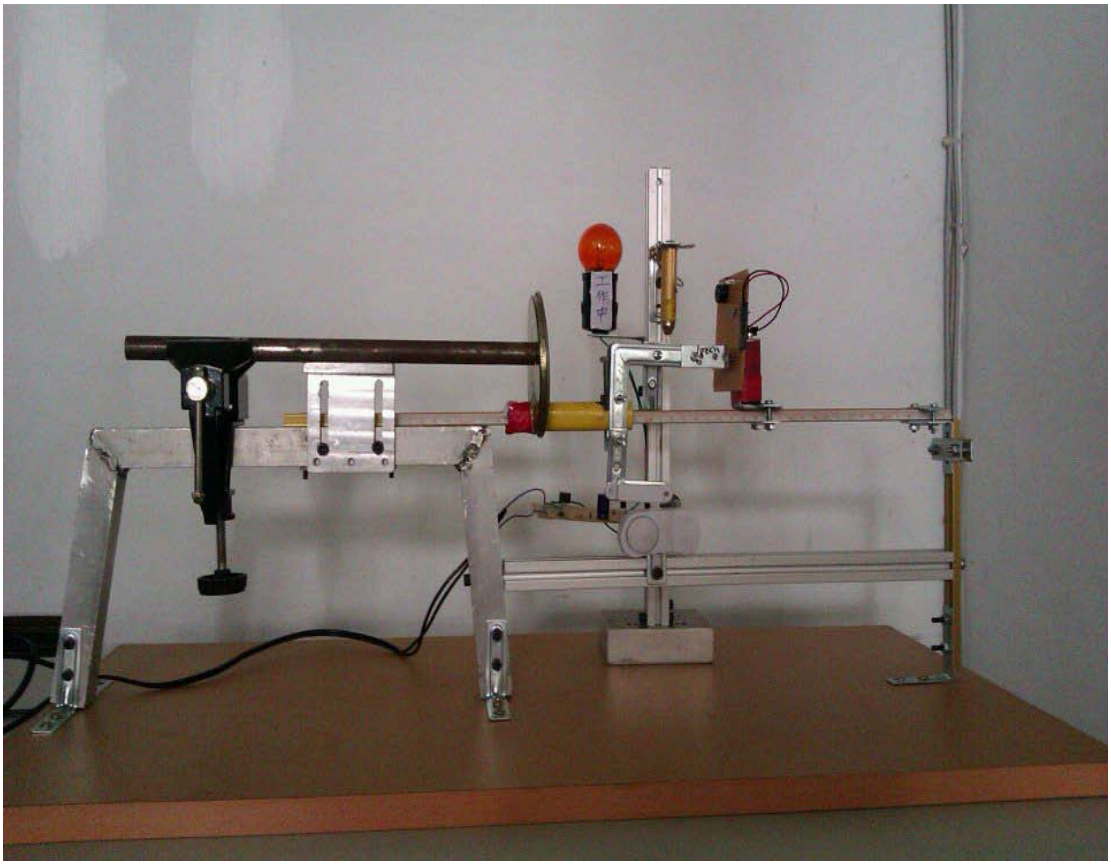


圖 5-15　實作模型



圖 5-16　正常作業下未出現紅色膠帶



圖 5-17　擋板偏移後軌道上紅色膠帶出現

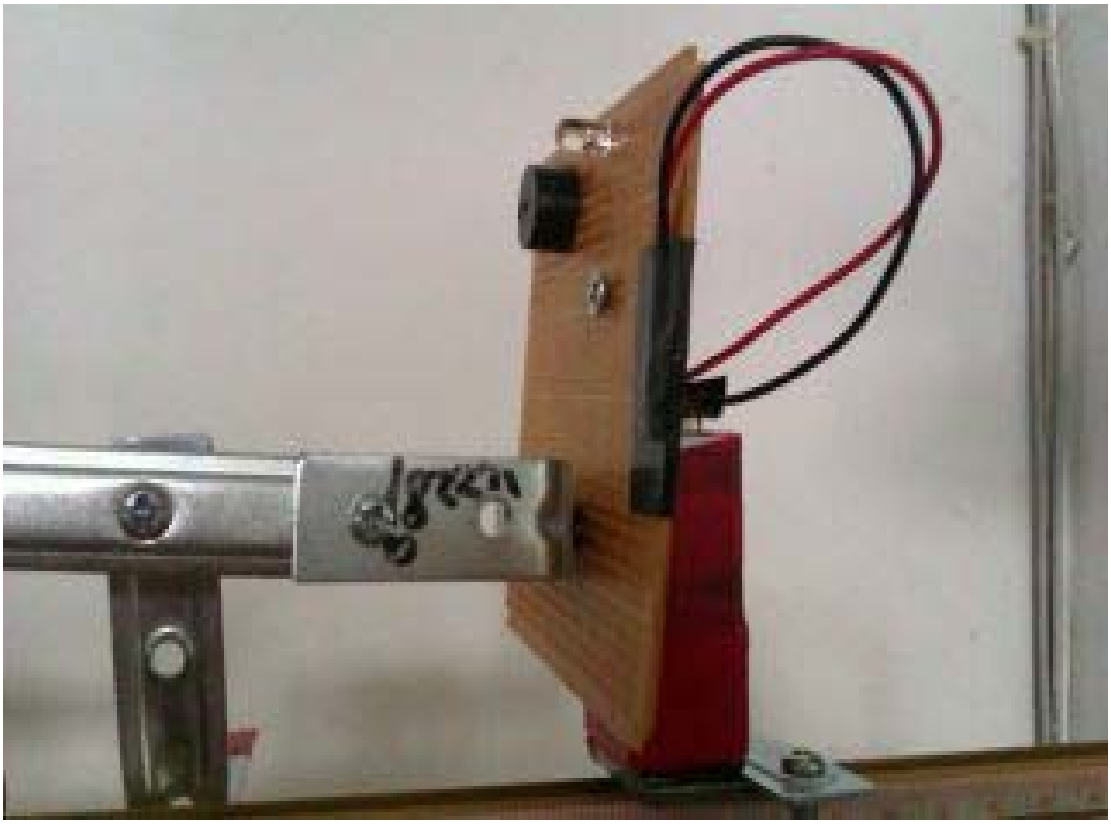


圖 5-18　板模角鐵未牴觸開關（LED 燈未閃爍與蜂鳴器未響）



圖 5-19　板模角鐵牴觸開關使 LED 燈閃爍與蜂鳴器作響

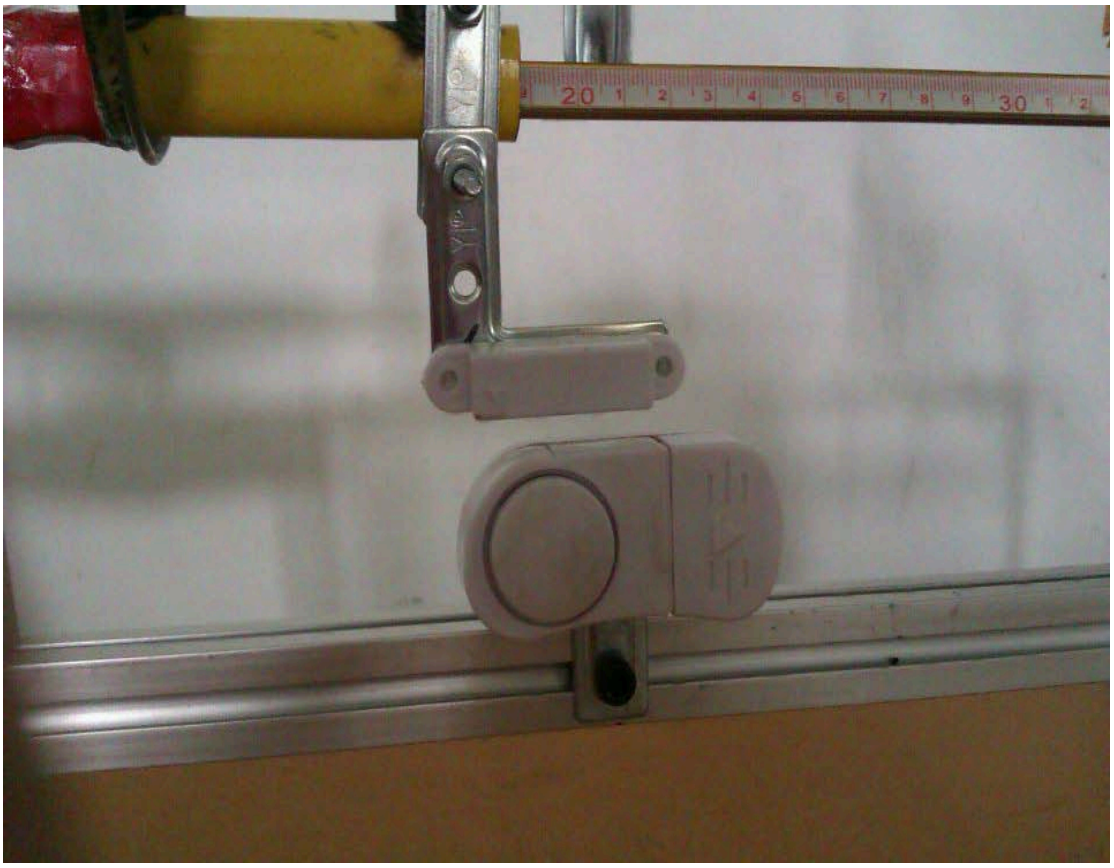


圖 5-20　感應磁鐵未偏離

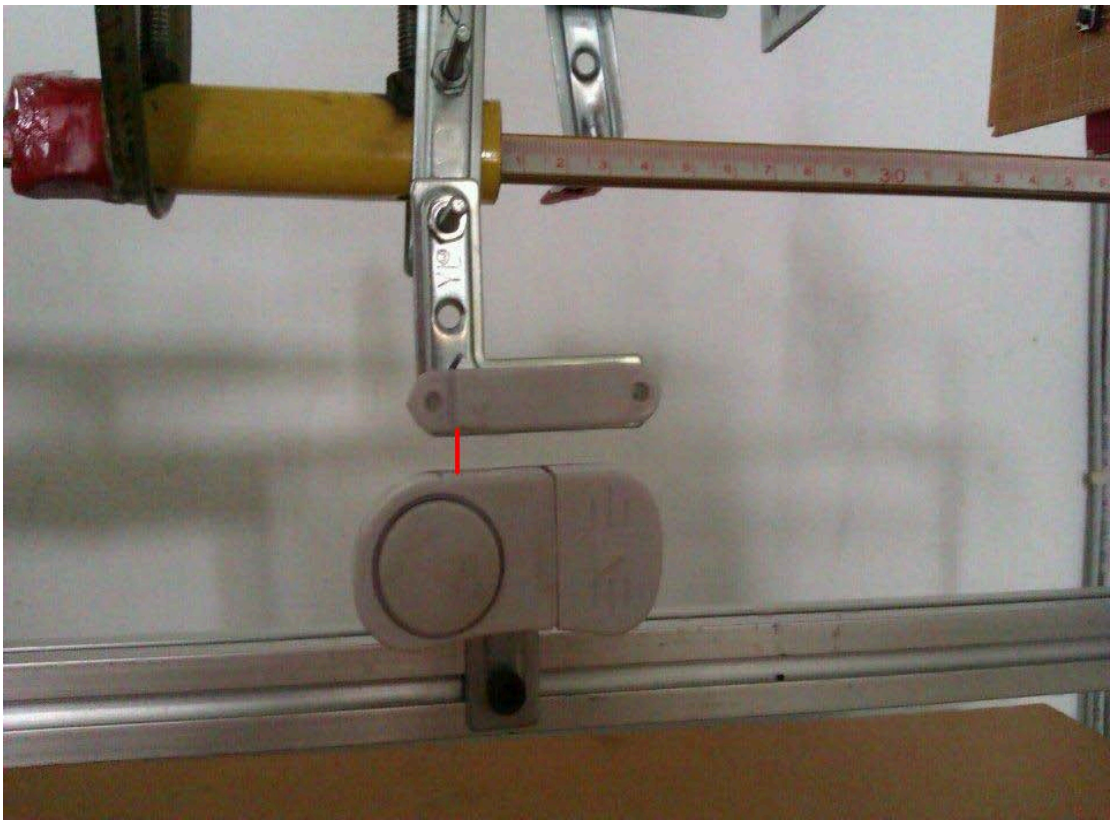


圖 5-21　感應磁鐵偏離後感應警報器開始作響

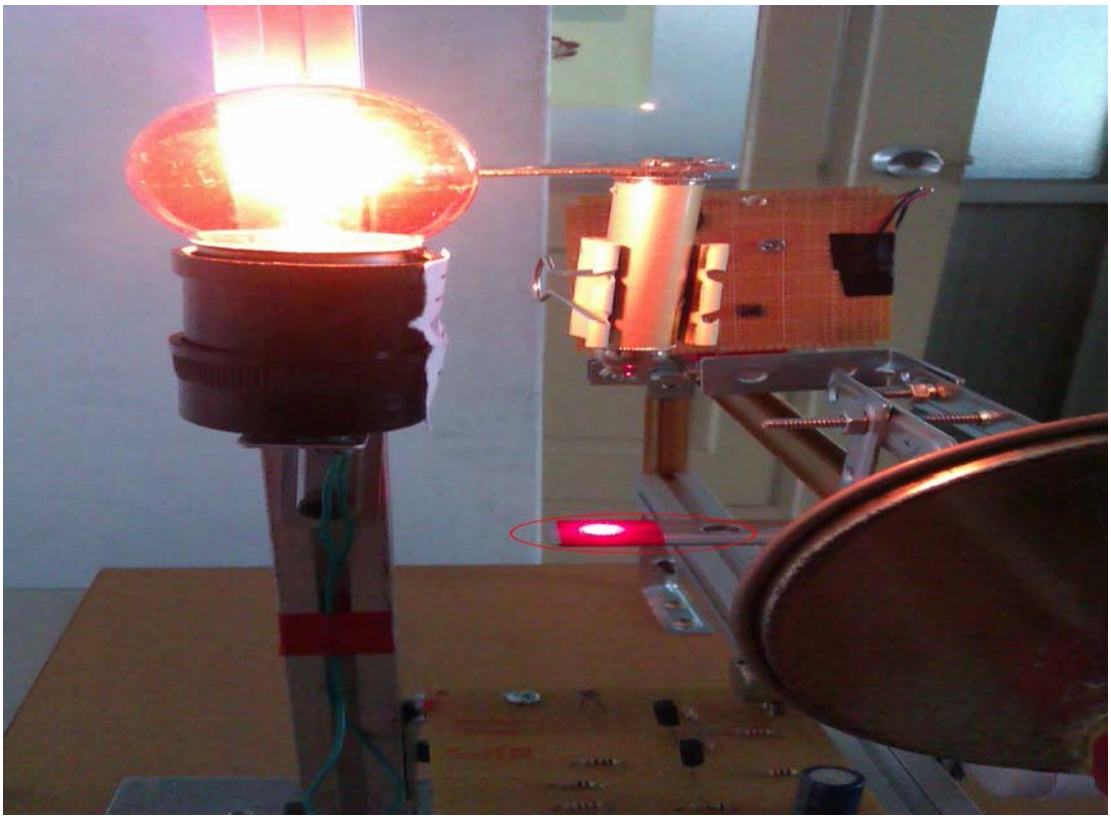


圖 5-22　雷射光遭三角鐵阻擋照射光敏電阻

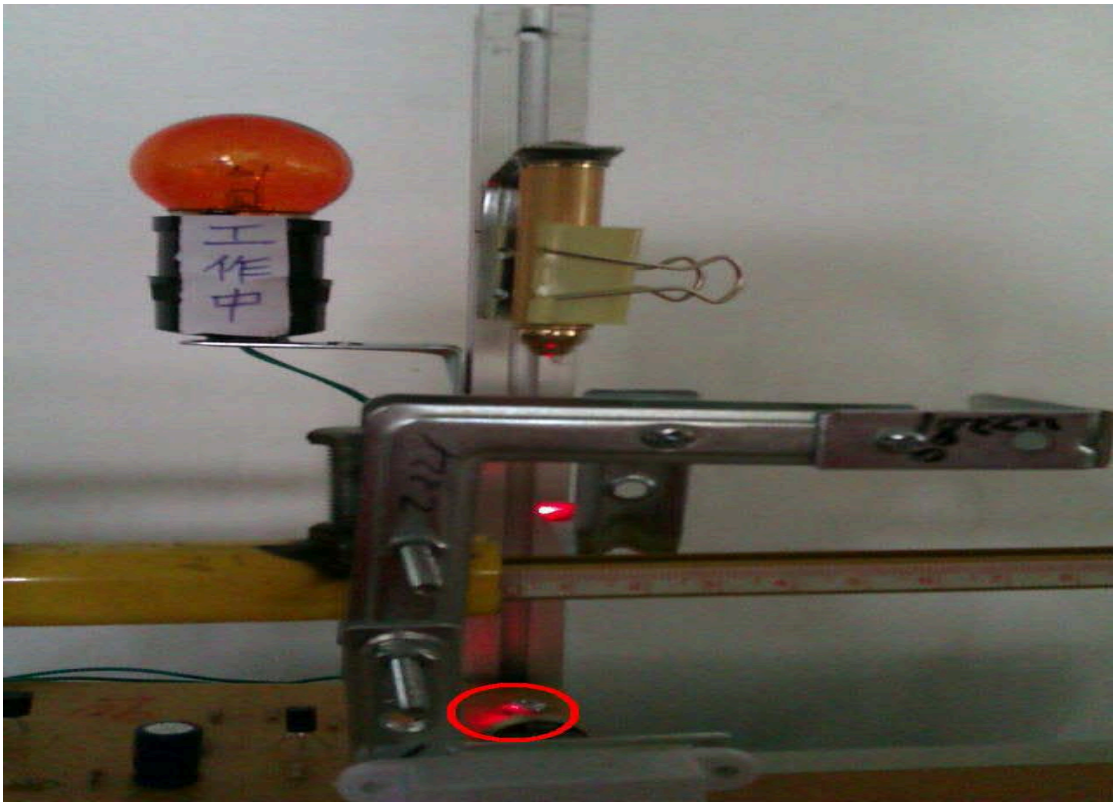


圖 5-23　三角鐵偏移雷射光照射光敏電阻（機台燈泡熄滅並斷電）

第六章 成本與效益評估

6-1 成本分析

本研究以現有的鋼管裁切尺寸偏移警示器模型（如圖 6-1）來進行改善，以解決裁切鋼管過程中所造成尺寸偏移問題，模型成本約爲 369 元（如表 6-1~6-5），依工廠實際機台有四台，所以預估上線實際成本 1476 元。

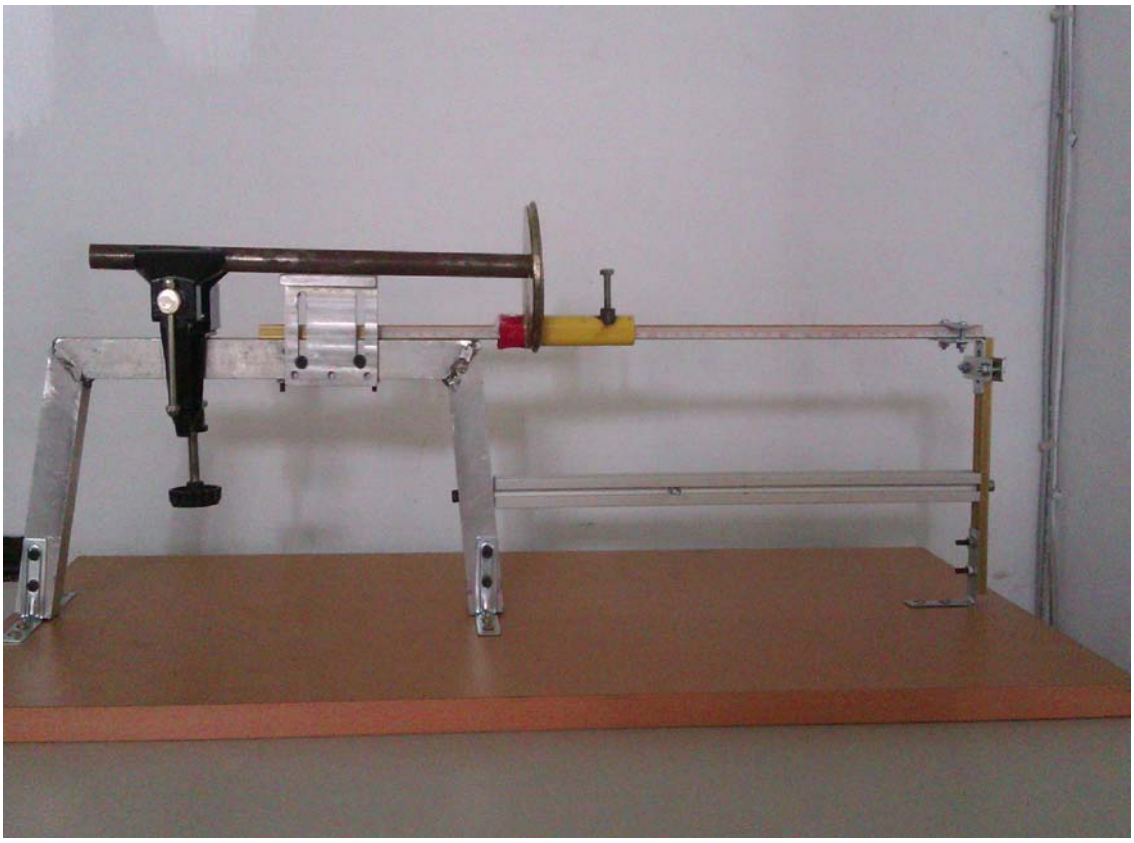


圖 6-1 鋼管裁切尺寸偏移警示器模型

表 6-1　改善成本清單（燈光自動點滅器裝置）

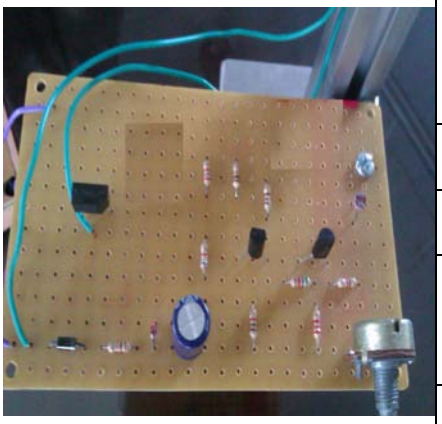
圖片	名稱	規格	數量	單價（元）	總價（元）
	光敏電阻	CDS-5MM	1	10	10
	電晶體	2SC1384	2	1	2
	閘流體	SCR	1	2	2
	整流二極體	1N4003	1	1	2
	稽納二極體	6.2V	1	4	4
	電容	470uF/24V	1	1	1
	可變電阻	100KΩB	1	20	20
	電阻	100Ω	1	2	2
	電阻	1KΩ	2	2	4
	電阻	2.2KΩ	1	2	2
	電阻	2.7KΩ	1	2	2
	電阻	4..7KΩ	1	2	2
	電阻	5.6KΩ	1	2	2
	電阻	6.8KΩ	1	2	2
	電阻	10KΩ	1	2	2
	電阻	1W/10KΩ	1	2	2
	萬用板	12*6.5CM	1	10	10

表 6-2　改善成本清單（開關警示器）

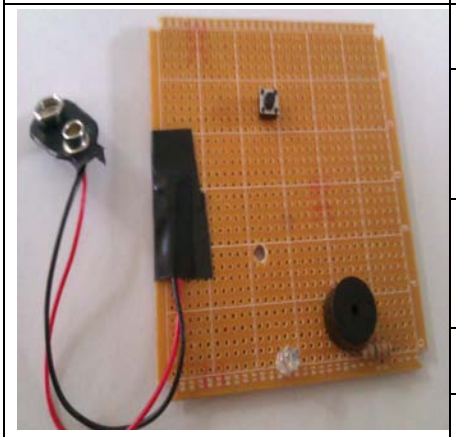
圖片	名稱	規格	數量	單價（元）	總價（元）
	按鍵開關	6*6*9.5	1	3	3
	全彩快快閃(LED)	5MM	1	20	20
	蜂鳴器插板式	1-12V	1	25	25
	電阻	330Ω	1	2	2
	電池扣	9V	1	3	3
	萬用板	6*3.2CM	1	5	5

表 6-3　改善成本清單（零件）

圖片	名稱	規格	數量	單價（元）	總價（元）
	單芯線	0.5MM -10 尺	1	10	10
	螺絲(1)		4	0.1	0.4

	螺絲(2)		4	0.1	0.4
	螺絲(3)		1	0.1	0.4
	螺絲(4)		3	0.1	0.3
	螺帽		12	0.1	1.2
	三角鐵（外）		3	3.2	9.6

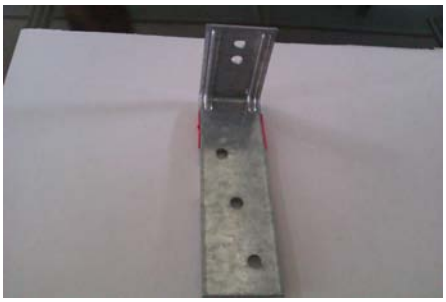
	三角鐵（內）		4	3.2	12.8
	平型鐵		3	2.5	7.5
	板模角鐵(1)		1	4	4
	板模角鐵(2)		1	4	4

表 6-4　改善成本清單（其他）

圖片	名稱	規格	數量	單價（元）	總價（元）
	電池	9V	1	20	20
	水銀電池	LR- 44	3	10	30
	警報器	90db	1	25	25
	布尺	1.5m	1	10	10

	燈泡與燈座	120V/5W	1	45	45
	雷射筆		1	59	59

表 6-5　改善後總成本

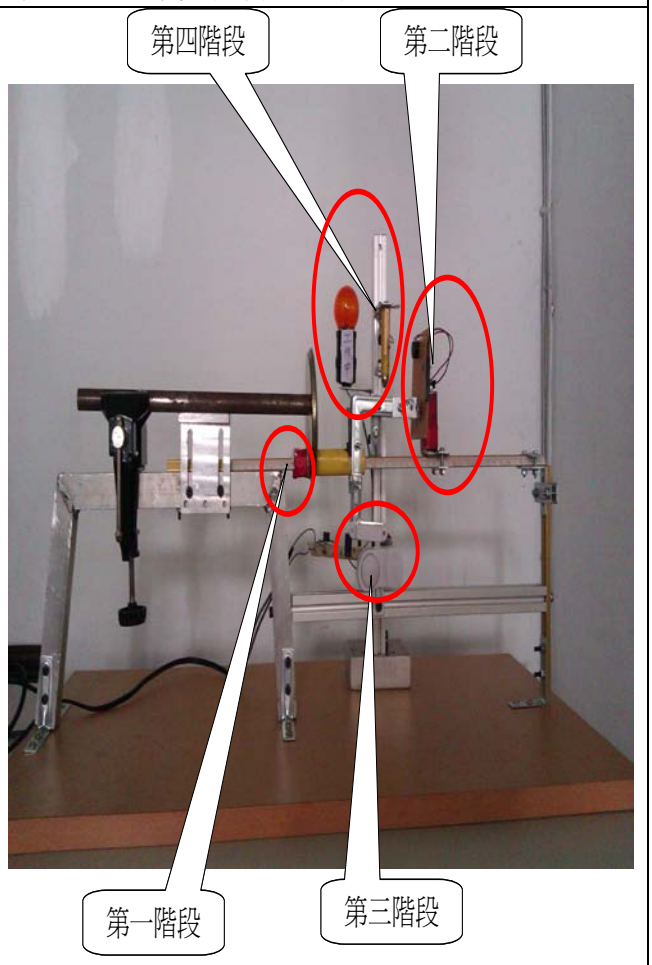
成品名稱：鋼管裁切尺寸偏移警示器模型		
項目	材料名稱	價格（元）
1	光敏電阻	10
2	電晶體	2
3	閘流體	2
4	整流二極體	2
5	稽納二極體	4
6	電容	1
7	可變電阻	20
8	電阻	2
9	電阻	4
10	電阻	2
11	電阻	2
12	電阻	2
13	電阻	2
14	電阻	2
15	電阻	2

16	電阻	2
17	萬用板(12*6.5cm)	10
18	按鍵開關	3
19	全彩快快閃(LED)	20
20	蜂鳴器插板式	25
21	電阻	2
22	電池扣	3
23	萬用板(6*3.2cm)	5
24	單芯線	10
25	螺絲(1)	0.4
26	螺絲(2)	0.4
27	螺絲(3)	0.4
28	螺絲(4)	0.3
29	螺帽	1.2
30	三角鐵（外）	9.6
31	三角鐵（內）	12.8
32	平型鐵	7.5
33	板模角鐵(1)	4
34	板模角鐵(2)	4
35	電池	20
36	水銀電池	30
37	警報器	25
38	布尺	10
39	燈泡與燈座	45
40	雷射筆	59
	合計	368.6

6-2　效益分析

鋼管裁切作業問題分析所造成鋼管不良品率原爲 2~3%，本組利用鋼管裁切尺寸偏移警示器模型進行改善方案的項目來裝置到裁切機台上，可以預防使公差不超過 2mm 以上，藉由這些改善方案可以讓工廠免除購入新機台的預算，以最低成本開銷購買零件組合防治機構，使產品整體達到最高的效益。

表 7-1　改善後鋼管裁切尺寸偏移警示器模型分析

實作成品名稱：鋼管裁切尺寸偏移警示器模型			
階段	改善方案的項目	允許偏差	
一	紅色膠帶	較小	
二	開關警示器	1mm	
三	警報器	2mm	
四	燈光自動點滅器裝置（斷電）	2mm 以上	

改善前原因：裁切鋼管一定數量後，所造成裁切尺寸會產生偏差。

改善後結果：以鋼管裁切尺寸偏移警示器模型來進行改善，可以分爲四個階段來預防裁切鋼管尺寸偏移的問題。

第一階段：當尺寸偏移時，黏貼在軌道上的紅色膠帶出現。(偏移幅度較小)

第二階段：當尺寸偏移後，擋板倒退後按壓開關，使電路板上 LED 燈會閃爍及

蜂鳴器作響。（偏移幅度１mm）

第三階段：當尺寸偏移後，感應磁鐵會遠離警報器，使警報器作響。（偏移幅度 2mm）

第四階段：當尺寸偏移後，雷射光照射到光敏電阻，使機台燈泡熄滅並斷電，警告偏移過多操作者須重新調整尺寸。（偏移幅度 2mm 以上）

第七章　結論與心得感想

本組利用 TRIZ(系統化創新)改善逕行問題改善，分析整理現有問題病徵，利用矛盾矩陣表及環境資源、物質場分析，提出有效率的解決方法，並將解決方法具體整合，套入現有機組輔助作業員操作，可以預防使公差不超過 2mm 以上，公司出口產品品質有效提升，同時降低產品廢品率，確保顧客滿意度與降低成本等良好成果。

當本組有構想之後，因應本次教育部教育評鑑之需要，做出基本的模型，作品基本構造稍嫌簡陋，在此本組尋求李文鑫老師的幫助，利用課後及空閒時間，一起討論構造如何更具體的呈現，並一同到實習工廠尋找相關工具器材，實作成品參加評鑑頗受好評，特此感謝李文鑫老師的仗義相助。

本組對作品套入實際機組，本來存在一點疑慮，震動會不會造成機件運作不正常，實驗後發現，創新作品若要更有效的固定，需要尋找更爲堅固的材質製作，本組爲求精益求精，更努力尋找更適合之材料，爲求達到更好的結果。

參考文獻

(1)書籍類：

宋明弘(2010)。TRIZ 萃智：系統性創新理論與應用。台北：鼎茂圖書。

趙敏、史曉凌、段海波(2009)。TRIZ 入門及實踐。北京：科學出版社。

(2)論文專輯：

中文部分

1 沙永傑，2006，TRIZ 技術與物理矛盾、四十發明原則，中華萃思學會系列課程，新竹。

2 黃朝威，2008，運用 TRIZ 與 QFD 手法之創新設計研究-以茶几爲例，大葉大學工業工程與科技管理學系研究所碩士論文。

3 陳宏峻，2007，工具機開發流程導入品質機能展開(QFD)之研究，大葉大學事業經營研究所碩士在職專班碩士論文。

4 華曉佩，2005，應用 TRIZ 理論探討綠色產品設計研發機制之研究，聖約翰科技大學自動化及機電整合研究所碩士論文。

5 吳建南，2006，TRIZ 與模組化之結構矩陣在產品開發之研究，東海大學工業設計學系碩士論文。

6 高義忠，2006，以 TRIZ 法提昇新產品開發績效之研究－以 RF 濾波器爲例，長榮大學經營管理研究所碩士論文。

7 吳振民，2006，結合 TRIZ 方法與整合新產品創新流程方法進行產品綠色創新，國立成功大學/機械工程學系碩博士班碩士論文。

8 張博仁，2006，TRIZ 理論於機電產品系統化創新設計之研究 ，國立虎尾科技大學/機械與機電工程研究所碩士論文。

9 鄭揚文等六人，2010，顧客需求導向之系統化創新及應用，建國科技大學工業工程與管理組論文。

10 廖文進，2005，萃思(TRIZ)方法之實務應用-以液晶螢幕翻轉裝置爲例，國立交通大學/管理學院碩士在職專班工業工程與管理組碩士論文。

11 李銘泰，2006，整合 QFD 與 TRIZ 於突破式產品設計研究 -以高齡用枴杖雨傘設計爲例，雲林科技大學工業設計系碩士班碩士論文。

12 沈宇晟，2005，以鋼筋裁切問題之啓發式解法，國立成功大學土木工程學研究所論文。

13 彭啓明，2009，以銑削動態力與工具機空間誤差對加工件尺寸誤差之影響，國立成功大學機械工程學系碩士論文。

14 林宜君，2007，以 QFD 與 TRIZ 理論爲基礎建構產品開發評估模型─以平面顯示器爲例，逢甲大學工業工程與系統管理研究所碩士論文。

15 許文燦，2006，整合 TRIZ 和 QFD 兩工具的創新設計之研究-以 HD-DVD 光碟機爲例，立德管理學院工業管理研究所碩士論文。

英文部分

1 Rosenbland-Wallin,Elsa, 1985, “User-oriented product development applied to function clothing design, ”Applied Ergonomics, 16(4) 279-287

2 Mitra, Amitava, 1998, Fundamentals of quality control and improvement 2nd ed., New Jersey: Prentice-Hall Inc.

3 Chang Hsing Tang and Chen Jahau Lewis, 2004, The Conflic-Problem-Solving CAD software Integrating TRIZ into Eco-Innovation, Advance in Engineering Software, 35, 553-566.

4 Altshuller Genrich, 2006, 40 Princioles,Technical Innovation Center, Ine.

5 Mekki I. Elboushi & Joseph S. Sherif, 1997, Object Oriented Software Design Utilizing Quality Function Deployment, Journal of System Software, 38, 133-143.

(3)其他：

1 經濟部智慧財產局「中華民國專利資料檢索系統」
http://twpat.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm

2 建速有限公司 http://www.triz.com.tw/

附錄 A　四十個 TRIZ 發明原則與解釋

發明原則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。

發明原則2：分離原理（分離、恢復、移除）

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。

發明原則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. 物體的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適合的狀態。

發明原則4：非對稱性原理

A. 以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的程度。

發明原則5：合併原理

A. 合併空間中具相同特性的物體，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。

發明原則6：萬用性原理

A. 一件物體能夠執行數種不同的功能；因此，可以移除其他部分。

發明原則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的內部依此類推。

B. 一物體通過另一物體的空隙。

發明原則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。

C. 利用環境中可取得的相對力量，平衡系統中的負面屬性。

發明原則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。

發明原則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。

發明原則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。

發明原則12：等位能原理

A. 改變工作狀態不需升降物體。

發明原則13：反向操作原理

A. 不用直接的解決方法， 反其道而行。（如：使用冷卻法加熱）

B. 使運動的部分或環境靜止；使靜止的部分運動。

C. 將物體顛倒放置，或以相反方式操作。

發明原則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爲圓周運動。

發明原則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，使它變爲動態的、增強運動性。

C. 分割物體成爲可改變相對位置的不同部分。

發明原則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。

發明原則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. 利用物體表面的另外一面。

E. 將光線投射到物體相鄰的區域，或物體的反面。

發明原則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。

發明原則19：週期性作用原理

A. 以週期性作用取代連續作用（脈衝法）。

B. 假如已經是週期性作用，則改變作用頻率。

C. 利用脈動間的暫停，提供附加功能。

發明原則20：連續的有用作用原理

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。

B. 移除閒置及中間的部分。

C. 將來回運動改爲轉動。

發明原則21：快速原理

A. 加快危險與有害的操作。

發明原則22：改變有害成爲有用原理

A. 利用有害因素─特別是環境方面─來達到有利結果。

B. 將一有害因素與另一有害因素結合，抵銷有害因素。

C. 增強有害運作的程度，以達到無害的狀態。

發明原則23：回饋原理

A. 加入回饋機制。

B. 如果回饋機制已經存在，試著改變回饋模式。

發明原則24：中介物質原理

A. 使用中介物質轉移或執行一個動作。

B. 暫時將原來的物體與很容易移除的物質相連接。

發明原則25：自助原理

A. 物體能自我服務、並執行輔助和修補功能。

B. 利用廢棄的物質和能量。

發明原則26：複製原理

A. 用簡易、便宜的複製品，取代不適於操作的易損、易碎物體。

B. 用紅外線或紫外線儀器，取代可見光儀器。

C. 用光學圖像，取代單件或系列物體，且圖像可放大縮小。

發明原則27：可拋棄原理

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）

發明原則28：取代機械系統原理

A. 用光學、聲學、熱學及味覺系統，取代機械系統。

B. 運用電場、磁場及電磁場，和物體進行交互作用。

C. 變換下列場：

1. 用運動場，取代靜止場。

2. 用隨時間變化的場，取代靜止不變的場。

3. 用結構化的場，取代隨機的場。

D. 運用場和強磁性物質。

發明原則29：氣動或液壓原理

A. 用氣體或液體，取代物體的固體部分；利用空氣或水產生膨脹，或利用氣體和液體產生緩衝。

發明原則30：彈性膜與薄膜原理

A. 用彈性的薄膜取代普通的結構。

B. 使用彈性膜或薄膜，將物體和外部環境隔開。

發明原則31：孔隙物質原理

A. 在物體上加孔，或利用輔助的有孔材料。（插入或覆蓋等）

B. 假如物體已經是孔狀，事先在孔中填充入相應物質。

發明原則32：改變顏色原理

A. 改變物體或環境的顏色。

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。

發明原則33：均質原理

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。

發明原則34：拋棄與再生元件原理

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。

發明原則35：性質轉變原理

A. 改變系統的物理狀態。

B. 改變濃度或密度。

C. 改變靈活、彈性程度。

D. 改變溫度和體積。

發明原則36：相變化原理

A. 利用物質相轉換的現象。（如：改變質量、釋放或吸收熱量等）

發明原則37：熱膨脹原理

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。

發明原則38：加速氧化原理

A. 從微弱氧化變成強烈氧化。

1. 從空氣到含氧較多的氣體。

2. 從含氧較多的氣體到純氧。

3. 從純氧到有離子氧氣。

4. 從有離子氧氣到臭氧化氣體。

5. 從臭氧化氣體到臭氧。

6. 從臭氧到氧原子。

發明原則39：鈍性環境原理

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。

發明原則40：複合材料原理

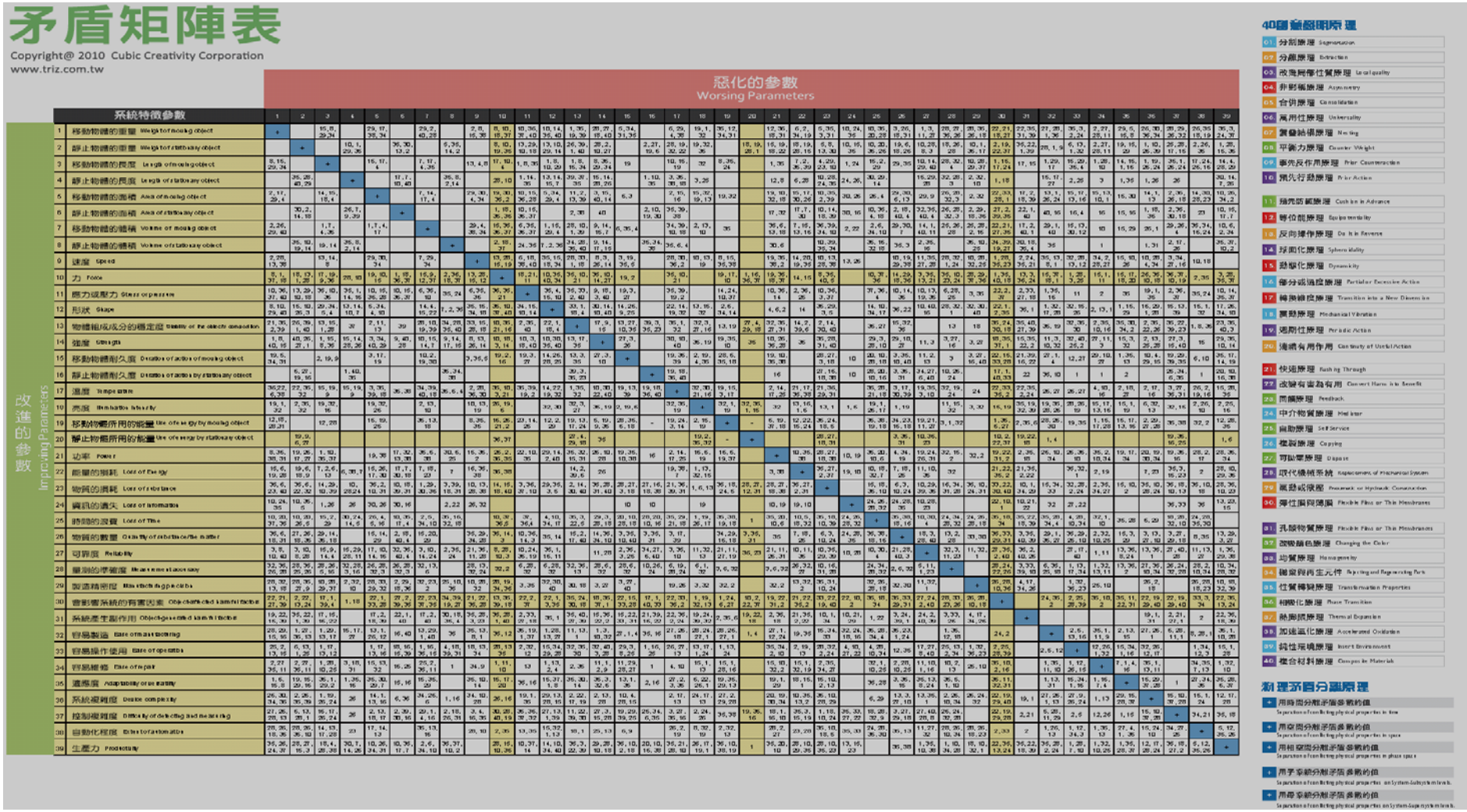
A. 以複合物質取代均質物質。

附錄 B　TRIZ 三十九項工程參數

編號	名　　稱	解　　釋
	移動件 (moving)	在任何情況下易於改變的物體
	固定件 (stationary)	在任何情況下均不改變的物體
01	移動件重量 (weight of moving object)	移動件的重量
02	固定件重量 (weight of stationary object)	固定件的重量
03	移動件長度 (length of moving object)	移動件的長度
04	固定件長度 (length of stationary object)	固定件的長度
05	移動件面積 (area of moving object)	移動件的面積
06	固定件面積 (area of stationary object)	固定件的面積
07	移動件體積 (volume of moving object)	移動件的體積
08	固定件體積 (volume of stationary object)	固定件的體積
09	速度 (speed)	執行過程或行動所需之時間
10	力量 (force)	改變物體情況所需耗費之力
11	張力、壓力 (tension/pressure)	每單位面積所受之力
12	形狀 (shape)	外在的輪廓
13	子系統的穩定性 (stability of subsystem)	整體系統的穩定程度
14	強度 (strength)	回應力量抵抗之程度
15	移動件耐久性 (durability of moving object)	移動件的使用時效
16	固定件耐久性 (durability of stationary object)	固定件的使用時效
17	溫度 (temperature)	整體熱量變化狀況
18	亮度 (brightness)	單位面積所產生的光線
19	移動件耗用的能量 (energy spent by moving object)	移動件運作時所需消耗之能量
20	固定件耗用的能量 (energy spent by stationary object)	固定件運作時所需消耗之能量
21	動力 (power)	整體運作時所使用之能量
22	能量浪費 (waste of energy)	所使用的能源對整體運作無貢獻
23	物質浪費 (waste of substance)	構成物質的損失
24	資訊遺失 (loss of information)	本身資料的損失
25	時間浪費 (waste of time)	操作所耗費的時間
26	物質數量 (amount of substance)	整體材料的數量
27	可靠度 (reliability)	預測執行時所能達到之功能
28	量測精確度 (accuracy of measurement)	整體測量值接近實際值的精確度
29	製造精確度 (accuracy of manufacturing)	製成品與規格的吻合程度
30	作用於子系統之有害因素 (harmful factors acting on subsystem)	系統對外在有害因素之敏感性
31	有害副作用 (harmful side effects)	運作所生產的有害效應而降低效能
32	易製造性 (manufacturability)	製造該物體的程度
33	使用方便性 (convenience of use)	操作過程中所需耗費的人事物
34	可修復性 (repairability)	修復至最佳狀況
35	適應性 (adaptability)	承受外在環境改變的性質
36	裝置複雜性 (complexity of device)	內部構造間的關連性
37	控制複雜性 (complexity of control)	在操作上的順暢度
38	自動化程度 (level of automation)	自我執行的能力
39	生產力 (productivity)	每單位時間所能完成之功能或作業數量

圖 B-1　三十九項工程參數

附錄 C　TRIZ 矛盾矩陣表



附錄 D　單一工程參數改善惡化參照表

表D-1　改善工程特性的創新法則

工程參數 \ 等級		A1 (10 次↑)	A2 (8~9 次)	B (6~7 次)	C (4~5 次)
1	Weight of moving object	35		18.28.26.27.31.34	02.03.10.29.01. 08.19.36.40
2	Weight of non-moving object	35.10.19.28	01	02.15.18.26	13.22.29
3	Length of moving object	01.29	15.35.04	08.10.17.24	28
4	Length of non-moving object		35	28.14	01.26.03.10.15
5	Area of moving object		02.15	13.26.30.04	10.14.17.29.32. 01.18 .19.28
6	Area of non-moving object		18	02.35	16.30.40.04.36. 39
7	Volume of moving object		35.01	10.29.04.15.34	06.07.13.26.40
8	Volume of non-moving object	35		02	10.14.30.34
9	Speed	28	35.13	10.19.34.38	02.18.01.08.15
10	Force	35.10.18.37	36.01	15.19.28	03.13.21
11	Tension/pressure	35.10.36	37	02	14.03.19
12	Shape	10	01.14.15	32.34.35	02.03.29.40.13. 22.26
13	Stability of object	35	02.39	27.40	01.13.15.18.32. 10.28 .30
14	Strength	03.35.10.40	15	27.28.14	26.01.29
15	Durability of moving object	19.35	03.10	27	02.28
16	Durability of non-moving object			10.35	01.16
17	Temperature	35.19	02	03.22	16.17.18.21.32. 39.10 .27.30.36
18	Brightness	19.32	01	15.26.35	02.06.13.16
19	Energy spent by moving object	35	19	18.28.02.15	12.06.24
20	Energy spent by non-moving object				19.35
21	Power	35.19.02.10		38.26.34	06.17.16.28.31. 32

22	Waste of energy		07.35	02	06.18.19.38.10
23	Waste of substance	10.35.18.28	31	24.02.27	03.39.40.06.29.34
24	Loss of information		10		26.35.22
25	Waste of time	10.35.18.28		04.05.32.34	20.24.26.29
26	Amount of substance	35.03.29	18	10.14	27.28.40.02.15.31
27	Reliability	35.11.10	03.28.40	27	01.02.08.13.21.24.32
28	Accuracy of measurement	32.28.06	26	03.10.13.24.35	34.01.02
29	Accuracy of manufacture	32	28.10	02.18.26	35.03
30	Harmful factors acting on object	22.35.02	01.33	18.19.24.28.39	27.40.10.13.37
31	Harmful side effects	22.35.02	01.39	18	40.15.17.19.21.24
32	Manufacturability	01	13.27.35.28		15.16.24.12.26
33	Convenience of use	01.13	02	12.28.32.34.15.25.35	16.17
34	Repairability	01.10.02	11.35	13.15.25	16.32.27.28
35	Adaptability	35.01.15		16.29	13.02.06
36	Complexity of device	13	01.28.26	02.10.19.24.29.35	15.17.27.34
37	Complexity of control	28	35	16.26.27.01.02.19	03.13.15.24.29.39
38	Level of automation	35.13	28	26.01.02	10.18.27.32
39	Productivity	10.35.28	01	18	02.26.38.24.34.37

表D-2　惡化工程特性的創新法則

等級 / 工程參數		A1 (10 次↑)	A2 (8~9 次)	B (6~7 次)	C (4~5 次)
1	Weight of moving object		35	08.15.28.02.26.40	06.10.18.28.29.01.13.19.31.36.37.38
2	Weight of non-moving object	35	27.26.28	01.10.06.13.19	18.02.22
3	Length of moving object	01	15.29.14.17.28	04.13.19.35.10	02.09.16.26
4	Length of non-moving object			10.14.26	01.28.35.07.16

5	Area of moving object	17	15	13.26.10.29	01.19.34.02.03.04 .14.30.32
6	Area of non-moving object			35.16.18.40	02.10.17.39.30
7	Volume of moving object		35.02.10	29.15	06.07.13.01.04.14 .34.40
8	Volume of non-moving object	35	02	18	
9	Speed	35.28	13	34.10.12	08.04.38
10	Force	35.10.36	28	02.19.18.37	15.03.16.21.26.40
11	Tension/pressure	35.10	37.36		02.03.14.18.19.01 .40
12	Shape	01.35	29.10.14.15	13.04.34.40	38.32.02
13	Stability of object	35.39	01.02	13.18.30.40	03.32.17.22
14	Strength	28.03.35	10.14.40	15.09.27	18.02.26.32
15	Durability of moving object	35	03.19	10.27.28.06	02.18.25
16	Durability of non-moving object		16	35	10.01.40
17	Temperature	35.19	02	10.03.39	18.21.22.26.27.28 .32.38
18	Brightness	19.32.01.13		15	02.24.06.17.26.35
19	Energy spent by moving object	35.19		06	01.02.24.32.10.13 .18.27.28.38
20	Energy spent by non-moving object			01	35
21	Power	35.19.10	02.18	32.06	27.31.38
22	Waste of energy	35.02	19.15	10	06.07.13.14.18.28 .32
23	Waste of substance	10.35.28	18	02.05.24.27.31.39	03.13.29.34.40
24	Loss of information	10		24	35.22.26
25	Waste of time	10.28.35.18		32.04.34	20.26.29
26	Amount of substance	35.03	18.29	10	06.19.24.30.31
27	Reliability	10.11.35.40	27	01.03.28	13.02.08.19.24.29
28	Accuracy of measurement	28.32.26	03	10.01.24.34	02.13
29	Accuracy of manufacture	32	10.28	18.26.35	02.01.03.24.25
30	Harmful factors acting on object	22.35.02.01		28.33.18.19.27	24.40.10.37
31	Harmful side effects	35.02.22.39		18.01	21.40.17.24

32	Manufacturability	01.35	28	26.27	13.10.29
33	Convenience of use	01	28.35	02.32.13.15.26	12.27.16.25.34
34	Repairability	01.10.02		11.13.27.35	16.28.32.15
35	Adaptability	15.01.35		02.29	13.16
36	Complexity of device	01.26	10.28	35.13.29	02.19.15.24.27.34
37	Complexity of control	35	27	26.28.02.18	03.15.19.29.01.10 .25.32
38	Level of automation	35	02	26.34.01.28	10.24.18
39	Productivity	35.10.28		01	14.15.29.34.37.02 .03.17.26

附錄 E　76 個標準解

第 1 類

標準解類別	項目	次項目		細次項目	
第 1 類 不改變或僅少量改變來改進系統。	(1.1) 改善系統與引入有用的作動。	NO. 1 (1.1.1)	爲改善不完整物質-場的控制性和提升效力，必須導入不足的元素來使其完整。例如只有 S_1，則增加 S_2 及 F 來使之完整。	-	-
		NO. 2 (1.1.2)	如果修改物質-場有困難，可引入一不受限制的添加物到其中一物質內部，這個內部添加物可以是永久或暫時的用來解決問題。	-	-
		NO. 3 (1.1.3)	如果修改物質-場有困難，可引入一個不受限制的附加物至其中一個物質，這個外部附加物可以永久或暫時的用來解決問題。	-	-
		NO. 4 (1.1.4)	假設系統不能被改變，欲額外添加或附加物質卻又受到限制時，可運 用周遭事物、環境中的物質來解決問題。	-	-
		NO. 5 (1.1.5)	如果物質-場無法像標準解 1.1.4 從周遭環境引入一個物質， 但這個物質能夠被適當的替換到其它處或產生化學變化或引入添加物，改變其所處的環境。	-	-
		NO. 6 (1.1.6)	想達到微量的精確控制非常困難，但可以利用增加一附加物來協助控制微小量的量測並在之後除去。	-	-
		NO. 7 (1.1.7)	當一個系統中場的強度不足，但增加場的強度又會損壞系統時，將強 度大的場施加到另一元件上，再將該元件連接至原系統。若一種 物質 不能有效地發揮效用，可透過另一可用物質來協助發揮作用。	-	-
		NO. 8 (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 S_3 來保護。	-	-

標準解類別	項目	次項目		細次項目	
第 1 類 不改變或僅少量改變來改進系統。	(1.2) 消除有害的作動關聯。	NO. 9 (1.2.1)	在一個系統中有用及有害效應同時存在時，若 S_1 及 S_2 不必直接接觸，可透過引入 S_3 來消除有害效應。	-	-
		NO.10 (1.2.2)	在一個系統中有用及有害效應同時存在，但不允許增加新物質。可藉由改變 S_1 或 S_2 來消除有害效應。也可利用增加「虛無物質」來改善，如真空、 空位、空氣、泡沫等或增加一種場，其作用相當於增加一種物質。	-	-
		NO.11 (1.2.3)	當有害效應是由一種場所引起時，引入物質 S_3 吸收有害效應。	-	-
		NO.12 (1.2.4)	一個系統中有用及有害的效應同時存在，但 S_1 及 S_2 必須處於接觸狀態時，增加場 F_2 使之抵銷場 F_1 的影響或得到一附加的有用效應。	-	-
		NO.13 (1.2.5)	在一個系統中，若有害效應的產生是由於一個元件存有磁性，可將該元件加熱到居禮點以上消除磁性或引入一個相反的磁場來消除原磁場。	-	-

第 2 類

標準解類別	項目	次項目		細次項目	
第 2 類 將系統改變來改善系統。	(2.1) 變換至複合的物質-場模型。	NO.14 (2.1.1)	將模型的 S_2 及 F_1 施加到 S_3，S_3 及 F_2 施加到 S_1，此連結的兩個模型可 以是被分別獨立控制的。	-	-
		NO.15 (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至 S_2 上。	-	-
	(2.2) 強化物質-場模型。	NO.16 (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的場取代。例如，由重力場變爲機械場，由機械場變爲電場或電磁場。主要是將 物體的物理接觸轉爲場的作用。	-	-
		NO.17 (2.2.2)	將 S_2 由巨觀變爲微觀。	-	-
		NO.18 (2.2.3)	將 S_2 改變爲允許氣體或液體通過的多孔或具有毛細孔的材料。	-	-
		NO.19 (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爲一 個鏈 接，再到連續柔性的系統。	-	-
		NO.20 (2.2.5)	使一個不能控制的場具有永久或暫時穩定的模式。	-	-

		NO.21 (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。	-	-
第 2 類 將系統改變來改善系統。	(2.3) 控制頻率使其與一個或兩個元件的自然頻率匹配或不匹配，以改善性能。	NO.22 (2.3.1)	使 F 與 S_1 或 S_2 的自然頻率相匹配或相異。	-	-
		NO.23 (2.3.2)	與 F_1 或 F_2 的固有頻率匹配。	-	-
		NO.24 (2.3.3)	兩個不相容或獨立的動作可依序的被完成。	-	-
	(2.4) 鐵磁材料與磁場結合。	NO.25 (2.4.1)	在一個系統中增加具磁性的材料或(和)磁場。	-	-
		NO.26 (2.4.2)	將 NO.16 與 NO.25 結合運用。利用磁性材料與磁場，增加場的可控性。	-	-
		NO.27 (2.4.3)	磁性流體的應用。磁流體爲 NO.26 的一個特例。	-	-
		NO.28 (2.4.4)	使用含有磁粒子或液體的毛細結構。	-	-
		NO.29 (2.4.5)	利用附加物，使非磁性物體永久或暫時地具有磁性。	-	-

		NO.30 (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。	-	-
第 2 類 將系統改變來改善系統。	(2.4) 鐵磁材料與磁場結合。	NO.31 (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。	-	-
		NO.32 (2.4.8)	利用動態、自動調整或可變換的磁場。	-	-
		NO.33 (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爲結構化系統，或反向操作。	-	-
		NO.34 (2.4.10)	與 F 場的自然頻率相匹配。對於宏觀的系統，採用機械振動增強磁性粒子的運動，在分子及原子水平上，材料的複合成分可通過改變磁場頻 率的方法用電子諧振頻譜確定。	-	-
		NO.35 (2.4.11)	利用電流產生磁場並可代替磁粒子。	-	-
		NO.36 (2.4.12)	電流變流體時，即具有被電磁場控制的黏性，它們可以與其它方法一同 運用。	-	-

第 3 類

標準解類別	項目	次項目		細次項目	
第 3 類 轉換系統。	(3.1) 轉換爲雙系統或多系統。	NO.37 (3.1.1)	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。	-	-
		NO.38 (3.1.2)	改進雙系統或多系統中的連接。	-	-
		NO.39 (3.1.3)	藉由逐漸增強元件之間的不同性質，使雙重或多單元系統的性能得到有效的提升。	-	-
		NO.40 (3.1.4)	雙系統及多系統的簡化。	-	-
		NO.41 (3.1.5)	利用有效系統中，整體或部份的元件間之相反的特性來提升系統。	-	-
	(3.2) 轉換到微觀水平。	NO.42 (3.2.1)	將系統轉換到微觀水平。	-	-

第 4 類

標準解類別	項目	次項目		細次項目	
第 4 類 檢測與測量。	(4.1) 間接法。	NO.43 (4.1.1)	替代系統中的檢測與測量，使之不再需要。	-	-
		NO.44 (4.1.2)	假如 NO.43 不可行，測量一複製品或肖像。	-	-
		NO.45 (4.1.3)	如 NO.43 及 NO.44 不可能，利用兩個檢測量代替連續測量。	-	-
	(4.2) 將零件或場引入到已存在的系統中。	NO.46 (4.2.1)	假如一個不完整物質-場系統不能 被檢測或測量，增加單一或雙物質 - 場，且一個場作爲輸出。假如已存在的場是非有效的，在影響原系 統的條件下，改變或加強該場。加強的場應具有易檢測的參數，而這 些參數應與設計者所關心的參數有關。	-	-
		NO.47 (4.2.2)	測量一引入的附加物。引入的附加物在原系統中變化，測量附加物的這種變化。	-	-
		NO.48 (4.2.3)	假如系統中不能增加其它附加物，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。	-	-
		NO.49 (4.2.4)	假如附加物不能被引入到環境中去(NO.48)，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。	-	-

標準解類別	項目	次項目		細次項目	
第 4 類 檢測與測量。	(4.3) 加強測量系統。	NO.50 (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。	-	-
		NO.51 (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的固有頻率來確定系統的變化。	-	-
		NO.52 (4.3.3)	假如 NO.51 不可行，測量與已知特性相聯繫的物體之固有頻率。	-	-
	(4.4) 測量鐵磁場 (Fe-場)。	NO.53 (4.4.1)	增加或利用鐵磁物質或系統中的磁場以便測量。	-	-
		NO.54 (4.4.2)	增加磁性粒子或改變一種物質成爲鐵磁粒子以便測量，測量所導致的磁場即可。	-	-
		NO.55 (4.4.3)	假如 NO.54 不可行，建立一複合系統，添加鐵磁粒子附加物至系統中。	-	-
		NO.56 (4.4.4)	假如系統中不允許增加鐵磁物質，將其加到環境中。	-	-
		NO.57 (4.4.5)	測量與磁性有關的現象。	-	-
	(4.5) 測量系統的進化方向。	NO.58 (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。	-	-
		NO.59 (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 5 類

標準解類別	項目	次項目		細次項目	
第 5 類 簡化與改進的策略。	(5.1) 引入物質。	NO.60 (5.1.1)	利用間接的方法。	-	-
		-	-	(5.1.1.1)	使用無成本資源，如真空、空氣、氣泡、泡沫、空洞、縫隙等。
		-	-	(5.1.1.2)	利用場代替物質。
		-	-	(5.1.1.3)	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)	假如原系統中不允許附加物，可在其複製品中增加附加物。在此包括仿真 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，而直接引入這些化合 物是有害的。
		-	-	(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。
		NO.61 (5.1.2)	將元件分解成更小的單元。	-	-
		NO.62 (5.1.3)	增加附加物，再被使用完後自動消除。	-	-

		NO.63 (5.1.4)	假如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。	-	-
第 5 類 簡化與改進策略。	(5.2) 使用場	NO.64 (5.2.1)	使用一種場來產生另一種場。	-	-
		NO.65 (5.2.2)	利用環境中已存在的場。	-	-
		NO.66 (5.2.3)	使用屬於場資源的物質。	-	-
	(5.3) 狀態傳遞。	NO.67 (5.3.1)	改變狀態的階段。	-	-
		NO.68 (5.3.2)	利用第二種狀態的轉變。	-	-
		NO.69 (5.3.3)	利用狀態轉換過程中所伴隨的現象。	-	-
		NO.70 (5.3.4)	利用兩種階段的狀態。	-	-
		NO.71 (5.3.5)	部件或物相之間的相互作用。引入系統中元件或物相之間的相互作用使系統更有效。	-	-
	(5.4) 應用自然現象。	NO.72 (5.4.1)	自我轉換。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。	-	-

		NO.73 (5.4.2)	當輸入場較弱時，加強輸出場。通常在接近狀態轉換點處實現。	-	-
第 5 類 簡化與改進策略。	(5.5) 產生高等或低等結構水平的物質。	NO.74 (5.5.1)	通過分解獲得物質粒子。	-	-
		NO.75 (5.5.2)	通過結合獲得物質。	-	-
		NO.76 (5.5.3)	應用 NO.74 及 NO.75 時,假如高等結構物質需要分解,但又不能分解，由次高一級的物質狀態代替；反之，如果物質是通過低結構物質組合而成，而該物質不能應用，則採用高一級的物質代替。	-	-

備註：本內容摘錄自 Fey, V. and Rivin, E.I., 2005, Innovation on Demand, Cambridge University Press, UK.與檀潤華，2004，發明問題解決理論，科學出版社，第一版，北京。