



報導 年刊

出版者：經濟部標準檢驗局

編輯者：中華民國電子零件認證委員會



中華民國一〇六年九月

第六期

- IECQ制度國內外概況報導
- ISO 9001:2015領導人角色
- IATF 16949:2016進展及變更
- 防止問題再發的五個whys與RCA
- Six Sigma- DMAIC
- 量子技術



IECQ 制度對我國電子工業的重要性

- 一、對我國電子零件以及產品的外銷有極大幫助，而且可避免我國電子零件在國際上受到歧視。
- 二、成為 IECQ 制度下之合格廠商即表示產品品質以及工廠品管制度與生產技術皆臻國際水準，使廠商在商譽及銷售上均蒙其益。
- 三、製造廠商可依國際上所認同之規格來促使生產合理化。
- 四、可使生產及品質系統獲得客觀的評估與認可，並且避免為了不同客戶而重覆的投入時間與費用做相同的評估作業。
- 五、可使電子零件在認可後登錄於IECQ網站，網址為 <http://www.iecq.org> 提供給世界各產品製造業者及使用者參考，並且向客戶證實所生產的電子零件能符合國際上所認可的性能與品質水準
- 六、經由每批出貨的合格證明可提供客戶持續的品質保證，因為合格證明的提供，必須在國際認可的 CB 監管下，完全符合IECQ規格的逐批檢驗以及定期試驗。



報導 年刊

出版者：經濟部標準檢驗局

編輯者：中華民國電子零件認證委員會

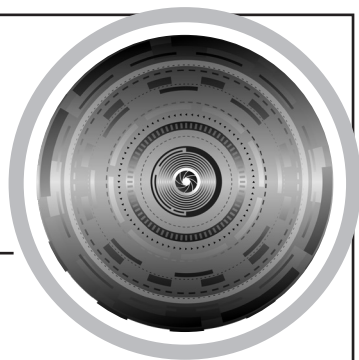


中華民國一〇六年九月

第六期

- IECQ制度國內外概況報導
- ISO 9001:2015領導人角色
- IATF 16949:2016進展及變更
- 防止問題再發的五個whys與RCA
- Six Sigma – DMAIC
- 量子技術

IECQ 報導 年刊



出版者：經濟部標準檢驗局
編輯者：中華民國電子零件認證委員會
發行所：
經濟部標準檢驗局
地址：台北市中正區10051濟南路一段4號
電話：886-2-23431700-2
傳真：886-2-23431705-6
全球資訊網
網址：<http://www.bsmi.gov.tw>

中華民國電子零件認證委員會
地址：台北市中正區10074南海路20號8樓
電話：886-2-23911627
傳真：886-2-23419447
E-mail：cteccb@ms18.hinet.net
Web Site：
<http://www.iecq.org.tw>
<http://www.cteccb.org.tw>

設計印刷：
彩卉印刷設計有限公司
地址：台北市信義區11052嘉興街175巷11號
電話：886-2-23772023
傳真：886-2-27370288
展售處：
五南文化廣場
(886-4-24378010；台中市北屯區軍福七路600號)
國家書店
(886-2-25180207；台北市中山區松江路209號1樓)

著作權利管理資訊：
本局保有所有權利。欲利用本書全部或部份內容者，須徵求發行所同意或書面授權。

出版年月：106年9月
創刊年月：99年9月
定價：每本新台幣100元
ISSN：1681-8903
GPN：2009903026

目錄

- 01 IECQ制度國內外概況報導
◎編輯室
- 20 決定領導人在ISO 9001:2015中扮演的角色
◎楊沛昇 編譯
- 25 IATF 16949:2016的進展及變更的重點
◎李麗女 編譯
- 30 結合五個whys與RCA以精準指出並防止再發的問題
◎楊沛昇 編譯
- 33 突破性進展的解決辦法—DMAIC
◎李麗女 編譯
- 51 量子技術基本原理與應用發展
◎廖建興 博士 · 王智億

IECQ 制度國內外概況報導

◎編輯室

壹、目前IECQ在國內施行概況

一、已取得IECQ AP認可的製程之工廠

台豐印刷電路工業股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 功得電子工業股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 華新科技股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 松普科技股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 新進工業股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 岳豐科技股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 億泰電線電纜股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 源洋實業股份有限公司 (ISO 9001:2008)
 合機電線電纜股份有限公司 (ISO 9001:2015)
 信宇科技股份有限公司 (ISO 9001:2008)

二、已取得IECQ ITL獨立試驗室認可的組織

財團法人台灣電子檢驗中心 (ISO/IEC 17025:2005)
 福懋科技股份有限公司可靠性試驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 矽英科技股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 台揚科技股份有限公司-儀器設備校驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 台揚科技股份有限公司-環境可靠度試驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 崧啟工業有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 閱康科技股份有限公司可靠性試驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 群創光電股份有限公司(竹南)-可靠度測試中心 (ISO/IEC 17025:2005)
 群創光電股份有限公司(台南)-可靠度測試中心 (ISO/IEC 17025:2005)
 群創光電股份有限公司測試中心-材析分析試驗室 (ISO/IEC 17025:2005)

順達科技股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 大昇精密工具股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 健和興端子股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 加百裕工業股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 日月光半導體股份有限公司高雄廠失效分析試驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 日月光半導體製造股份有限公司中壢廠品保實驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 方全有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 神雲科技(股)公司-音質測試試驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 興富能源科技股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 英業達股份有限公司桃園廠化學試驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 福懋科技股份有限公司-研發中心測試實驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 立凱電能材料實驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 欣銓科技股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 立測有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 鉅晶電子股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 蔚華科技股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 環球晶圓精密機械分析實驗室 (ISO/IEC 17025:2005)
 八貫企業股份有限公司 (ISO/IEC 17025:2005)
 國家中山科學研究院資訊通信研究所電子戰組-數位信號處理實驗室(ISO/IEC 17025:2005)

三、已取得IECQ HSPM有害物質製程管理認可的工廠

技嘉科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 佳能企業股份有限公司-光電事業本部 (IECQ QC 080000:2012)
 四維精密材料股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)

- 台灣積體電路股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 環鴻科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 俐業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 聯華電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 志超科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 光磊科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 昆盈企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 英業達股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 茂森科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台灣新進股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 好邦科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 侑能工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 良盟塑膠股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 千富企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 景碩科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 宣德科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 智邦科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 友通資訊股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 松翰科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 精聯電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 耀華電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 泰詠電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台林電通股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 緯創資通股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 朝程工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 奇景光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 超特國際股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 英華達科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 偉斯企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 友達光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台虹科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 聖暉實業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 致伸科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 中國砂輪股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 福懋科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 龍漢工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 均鈺科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 世界先進股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 嘉聯益股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 奇美材料科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 易鼎股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 日月光半導體製造股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 大亞電線電纜股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 盛達電業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 致威電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 德利威電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 禾昌興業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 創見資訊股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 定穎電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 楠梓電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 宏達國際電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 亞旭電腦股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 旺宏電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 新日興股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 世豐螺絲廠股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 仁寶電腦工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 英濟股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 健鼎科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 康舒科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 榮益科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 鼎元光電科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台芝科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 詠業科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 晶睿通訊股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 位速科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 南京資訊股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 樂榮工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 美東菱股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台灣精星科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 建準電機工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 巨博工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台光電子材料股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 譚順企業有限公司 (IECQ QC 080000:2012)



- 新唐科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 強茂股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 信昌電子陶瓷股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 百利通亞陶科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 大毅科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 矽品精密工業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 矽品精密工業股份有限公司新竹分公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 日月光半導體製造股份有限公司中壢分公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 佳凌科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 亞驪企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 台灣茂矽電子股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 迅杰科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 欣興電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 欣興電子股份有限公司積體電路載板事業
 分部 (IECQ QC 080000:2012)
 吉嘉電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 華邦電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 先豐通訊股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 輔祥實業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 聯茂電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 東琳科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 金瑞治科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 京元電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 亞泰影像科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 頤邦科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 明興光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 旭立科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 高柏科技有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 紹惠有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 鈺鎧科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 威剛科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 模甸科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 融程電訊股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 萬洲化學股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 興勤電子工業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 佳邦科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 正美企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 新巨科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 鈺邦科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 聯測科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 凌陽科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 乾坤科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 金運科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 盛餘股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 嘉威光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 信音企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 鈞寶電子工業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 飛虹高科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 新盛力科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 明泰科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 順德工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 盛群半導體股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 榮星電線工業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 晶元光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 詠嘉科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 安霸股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 文茗實業有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 偉詮電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 宏益玻璃廠股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 禾瑞亞科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 協順工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 正太科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 晶積科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 華碩電腦股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 宇辰光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 和碩聯合科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 宏泰電工股份有限公司南崁廠
 (IECQ QC 080000:2012)



- 宏泰電工股份有限公司觀音廠
(IECQ QC 080000:2012)
- 泰瑋電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台虹科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 安聖電子科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 控創科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 佳勝科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 達創科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 健和興端子股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 台郡科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 飛國世紀科技有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 新揚科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 律勝科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 希華晶體科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 安基科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 欣銓科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 光纖電腦科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 台灣日立化成股份有限公司桃園分公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 圓剛科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 圓展科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 聲寶股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 奕傑電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 瀚宇博德股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 華新科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 威鋒電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 友桂電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 南寶科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 全台晶像股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 兆旭股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 年程科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 久元電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 華通電腦股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 盟創科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 金寶電子工業股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 瑞佳企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 先進光電科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 創意電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 進聯工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 百辰光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 新原金屬工業股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 億光電子工業股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 瀚荃股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 啟碁科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 華東科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 奇奕國際股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 大禧工業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台燿科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台灣日慎精工股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 來揚科技有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 峻新電腦股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 佐臻股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 台灣嘉碩科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 台橡股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 富晶通科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 宜鼎國際股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 威力磁電子股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 太盟光電科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 巨有科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 理研電器股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 力士科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 勇豪興業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 名佳利金屬工業股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 金士頓電子股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 晨豐光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 力英電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 南茂科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 奇美視像科技股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 毅嘉科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 加百裕工業股份有限公司
(IECQ QC 080000:2012)
- 博智電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 采鈺科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
- 杰力科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)



立積電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 一詮精密工業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 遠東金士頓科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 台豐印刷電路工業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 泉碩科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 光環科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 美磊科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 凱勒斯科技有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 其陽科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 群創光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 帛江科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 富創得科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 燁輝企業股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 新生源企業有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 超豐電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 儷耀科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 台灣軟電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 艾克爾國際科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 立萬利創新股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 宏致電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 東貝光電科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 立端科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 正文科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 聲遠精密光學股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 金像電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 昇陽國際半導體股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 晶兆成科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 西勝國際股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 立誠光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 楷威電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 正達國際光電股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 正達國際光電股份有限公司南科分公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 坤輝科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)

明韻股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 順達興企業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 聯發科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 原相科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 原盛科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 晶焱科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 立隆電子工業股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 世基企網股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 日翔軟板科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 矽格股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 晨豐光電股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 清盛電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 恆勁科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 捷拓科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 振曜科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 榮創能源科技股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 台灣納美仕股份有限公司
 (IECQ QC 080000:2012)
 鉅晶電子股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 霖宏科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)
 復揚科技股份有限公司 (IECQ QC 080000:2012)

四、已取得IECQ AC AQP認可的製造廠商及零件產品

多層陶瓷電容器

信昌電子陶瓷股份有限公司 X7R, Soft termination
 50~100V及200~250V

註：登錄之廠商名冊及證號可於日內瓦總部之網站瀏覽<http://www.iecq.org>
 再點選IECQ Online Certificates,
 或是直接瀏覽<http://certificates.iecq.org>。

貳、IECQ制度國內外活動報導

一、IECQ年度認可稽核

目前所有IECQ合格工廠和認可的製程陸續轉版至ISO 9001:2015標準，依標準要求廠商需在2018年9月14日前更新完成。IECQ HSPM廠商

要因應QC 080000:2017之改版亦將陸續轉板至新版標準，依照IECQ TN 13之規定要求廠商需在2019年9月14日前更新完成。

二、參加2016年台北國際電子產業科技展

2016年台北國際電子產業科技展，展期為10月6日至9日於世貿中心南港展覽館展出，認證會於LED照明及應用區承租一個單位的攤位，於展覽期間有許多買主詢問IECQ相關制度，會務人員亦詳加說明並將認證會印製之「IECQ認證制度介紹」與「IECQ報導年刊」提供其參考，最後

建議上網瀏覽認證會建置之網站，有我國之合格IECQ廠商資料，可做其選擇供應商之參考資訊。

展場會務人員亦逐一參訪共同參展的IECQ合格廠商互相交流訊息，共有20家IECQ合格廠商參與此次之展覽，另有各主題館之展示如標檢局-綠能應用驗證專區、智慧穿戴物聯主題館、智慧家電主題館、智慧生活主題館、創新·新創i-life館、雲端與物聯網主題館與智慧安全館等。(詳見認證會建置之網站 <http://www.cteccb.org.tw>或<http://www.iecq.org.tw>專案活動剪影 ICON)

認證會展覽攤位，攤位編號為I0332。



美國ECCC總裁Dr. Richard McDermott(右一)於電子展開幕典禮中擔任剪綵貴賓



台北國際電子產業科技展印度館開幕典禮

本會參觀並拜訪IECQ廠商之攤位。展場會務人員亦逐一參訪我國IECQ合格廠商之攤位，互相交流訊息，共有20家廠商參

與此次之展覽及各主題館之展示。詳見下列相關活動照片：



中華民國電子零件認證委員會

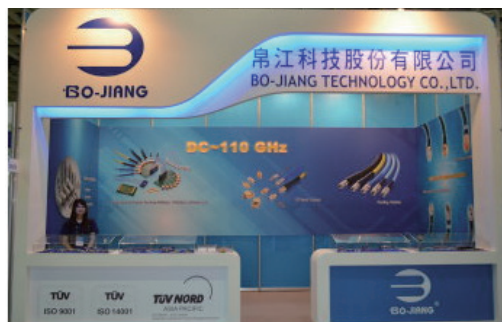


安碁科技股份有限公司





安良電器有限公司



帛江科技股份有限公司



功德電子工業股份有限公司



德利威電子股份有限公司



進聯工業股份有限公司



英業達股份有限公司



兆旭股份有限公司



力英電子股份有限公司





健和興端子股份有限公司



康揚企業股份有限公司



良泉工業股份有限公司



霖宏科技股份有限公司



致威電子有限公司



新進工業股份有限公司

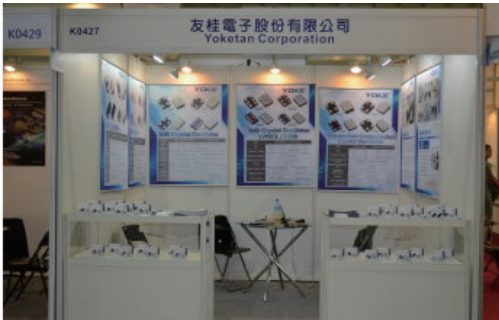




台灣嘉碩科技股份有限公司



高柏科技有限公司



友桂電子股份有限公司



台灣電子檢驗中心



智慧應用驗證專區-經濟部標準檢驗局



智慧家電主題館-聲寶股份有限公司

三、舉辦研討會

1. 舉辦「IECQ/ ISO 9001:2015領導統御與內部稽核及E-Labeling實務研討會」本會於105年10月7日假南港展覽館404室舉辦「IECQ/ISO 9001:2015-領導統御與內部稽核及E-Labeling實務研討會」，分別邀美國電子零件認證委員會(US NC/IECQ ECCC)總裁Dr. Richard McDermott說明e-Labeling(電子標籤)在電子零件，

尤其是在積體電路元件(IC)的運用與其優點，和有多年驗證實務經驗的台灣DQS公司(前UL公司)大中華區總經理張國禎總經理，解說ISO 9001:2015對公司高階主管及各部門主管在領導統御(Leadership)方面的要求。研討會當天也有許多現場臨時參加的觀展人士包括來自印度與南非的外國廠商代表，此次研討會共計有24家單位公司、33名代表與會。





CTECCB主任委員鄭富雄致詞



CTECCB執行秘書李書和介紹IECQ



DQS總經理張國禎介紹ISO 9001:2015領導統御及內部稽核



ECCC總裁Dr. Richard McDermott介紹E-Labeling



研討會會場一隅之一



研討會會場一隅之二

2.舉辦「IECQ QC 080000:2017/ IATF 16949:2016暨失效模式與效應分析實務研討會」

本會於106年6月23日假臺灣大學管理學院二號館104教室，舉行「IECQ QC 080000:2017/ IATF 16949:2016暨失效模式與效應分析實務研討會」，邀請理論與實務經驗都十分豐富的DQS濮方正副總經理擔任這此研

討會的講師。在會中，濮方正副總除了說明QC 080000的改版內容外，也介紹本會近幾年持續推動的IECQ汽車電子品質認證計畫(AQP)，與IECQ AQP所要求的管理系統IATF 16949與核心工具之一的失效模式效應分析(FMEA)。此次研討會共73家單位/公司企業、135名代表與會。





CTECCB主任委員鄭富雄致詞



CTECCB專案經理楊沛昇介紹IEC/IECQ與CTECCB



DQS副總經理濮方正介紹IECQC 080000



DQS副總經理濮方正介紹IATF 16949及FMEA



研討會會場一隅之一



研討會會場一隅之二

四、參加2017年IECQ年會

國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)「電子零件品質評估制度」(IEC Quality Assessment System for Electronic Components, IECQ)每年舉辦一次管理委員會(Management Committee, MC)及檢查機構一致性評估委員會 (Conformity Assessment

Bodies Committee, CABC)會議，會議地點由IECQ總部及各會員國輪流主辦。

今(2017)年IECQ組織MC及CABC會議是由IECQ總部新加坡IEC-APRC辦公室所舉辦，會議期間為2017年5月30日至6月2日，會議地點在新加坡Concord Hotel Singapore及新加坡IEC-APRC辦公室舉行。



此次IECQ年會與併同舉行之其他會議如下：

5月30日：WG 09 - LED Lighting 工作會議

Adhoc Working group - Nuclear Technologies

WG T - Training工作會議

5月31日：WG 05 - HSPM Revision of IECQ QC 080000 工作會議

WG 06 - Counterfeit Avoidance工作會議

WG 10 - IECQ Generic Scheme Rules+ Procedure 工作會議

WG 04 - ADHP (Previously Avionics) 工作會議

6月01日：IECQ CABG會議

IECQ CB Exchange +Training/Awareness

6月02日：IECQ MC會議

依據IECQ組織規章，本會(CTECCB)雖為觀察員，依規定有資格參加WG、IECQ CABG及IECQ MC會議，為維護我國參加IECQ制度應有的權利、了解國際電工委員會電子零件品質評估制度之各會員國推行IECQ制度的現況、發表我國推行IECQ制度的成果、表達我國業界對IECQ制度的建議、取得IECQ制度最新的動態及與各會員國進行聯誼活動，乃於2017年4月報名由本會主任委員鄭富雄先生率本會執行秘書李書和先生代表我國前往新加坡，除IECQ CABG會議因為為閉門會議，不允許會員國代表與觀察員全程參與僅部份議程出席外，工作會議如同時舉行則擇一參加外，本會代表全程出席此項會議。

活動集錦照片如下：



WG 09會議



核能技術特別工作小組會議



WG T會議



WG 05會議





IECQ CABC會議



IECQ MC會議

綜合結論：

- 1.LED Display納入WG 09的認證範圍，WG 09的名稱由"LED LIGHTING Component Product"更改為"LED Component Product"。
- 2.本會代表建議WG 09工作小組成員參考本會於2014年向工作小組提出之以CNS 15233為基礎之街燈IECQ標準草案:IECQ LED Lighting Part 2: Sectional Specification: Fixtures of roadway lighting with light emitting diode lamps中SECTION THREE - TESTING METHODS之"3.11 Lumen maintenance tests"。WG 09決議成立LED Task Force，由CEPREI, Hu Xiogfeng擔任負責人，研究採取" Lumen maintenance tests"的測試方式。
- 3.Adhoc WG Nuclear Technologies係針對核電廠所使用之組件及其供應鏈的產品及配件執行管理其品質和可靠度。以確保
 - A.確保產品安全及可靠度。
 - B.供應鏈廠商的管理。
 - C.廢棄零件的管理。
 - D.市場的可見度。
 - E.獨立的測試，及
 - F.以IECQ國際認證計畫加強核電業的管理至新的層次。
- 4.QC 080000:2017新版標準稽核員訓練規劃：

針對已合格之IECQ HSPM稽核員	(1)已合格之IECQ HSPM QC080000:2012稽核員及主任稽核員 (2)已參加驗證機構 ISO 9001:2015培訓課程符合要求並實際執行稽核作業之稽核員 (3)參加由IECQ MC所宣告之正式QC080000:2017訓練課程 (4)參加上述(3)之訓練學員不得免除驗證機構依其IECQ QC080000合格程序對其稽核員合格認可程序的要求，如監測稽核。
針對新的IECQ HSPM稽核員	(1)稽核員參加過ISO 9001:2015訓練課程並符合驗證機構的ISO 9001:2015作業程序的要求 (2)參加被IECQ MC所承認之正式IECQ QC080000:2017訓練課程，細節稍後公布。

5. WG 05決議制定IECQ HSPM實施指導文件，並設定目標達成日期
設定指導文件(Guidance Notes)的主題、負責人及完成日期
主題：Design and Development，負責人: Amy Zhou(ARES)
主題：Testing Methods，負責人:Chris Yau (SGS)
主題：Reading the Test Report，負責人:Chris Yau (SGS)
達成日期：2個月
6. QC080000:2017稽核人員訓練：
 - (1)2天QC 080000:2017 主任稽核員的訓練課程將於7月下旬分別於台北、深圳、上海及倫敦展開。

- (2) 轉換計畫已公布於IECQ網站
- (3) 訓練計畫分為A、B、C三個階段
- A：由IECQ MC指定之Master Trainers負責訓練由CB推薦之受訓稽核人員。經秘書處詢問，本會代表推薦前CTECCB顧問王海銀擔任Master Trainers。(經本會爭取，將會有一班在台北召開以訓練台灣CB推薦之稽核人員接受訓練)
- B：由CB受過A階段訓練之稽核人員，培訓CB所有稽核人員。
- C：由CB稽核人員對外訓練顧問師與產業界。
- 以上A及B階段訓練需使用IECQ指定之訓練教材，C階段之訓練教材須由訓練單位自行開發。
7. 由Afnor 代表提議檢討IECQ程序規章中於12個月內執行年度稽核的規定，WG 10主席裁定此問題不適宜於工作小組內討論，將提出於CABC會議中討論。
8. IECQ QC080000:2017轉證規劃(Transition Arrangements)已於5月25日於IECQ網站公布，因轉證規劃的時程不利於部分台灣廠商，本會提案修正，經CABC會議決議提交MC大會討論。
9. CTECCB主任委員Mr. Joseph Cheng以WG 08召集人的身份在MC會議中報告。
10. IECQ官員職務與任期：
IECQ主席－Marie-Elisabeth d'Ornano (法國)
任期：2017/1/1-2019/12/31(第二任)
IECQ副主席－Chang Young-Kwon(韓國)
任期：2017/1/1-2019/12/31(第二任)
IECQ財務長－Wynn Bowman(美國)
任期：2016/1/1-2018/12/31(第一任)
- IECQ秘書處執行秘書－Chris Agius
任期：2016/1/1-2020/12/31
新任CABC主席在昨天的 CABC會議中被提名：Paul Turner(BSI, UK)
11. IECQ QC 080000：2017於2017年5月25日公布於IECQ網站。
12. 經MC會員國討論已公布之Transition Arrangement及訓練計畫，結論為
- CB開始接受廠商申請執行轉證稽核日期：1 Sep 2017
 - 所有已發HSPM證書轉證完成日期：14 Sep 2019
 - 新申請或舊證書到期申請IECQ HSPM證書廠商使用QC 080000:2012的截止日期:1 July 2018
13. 台北國際電子產業科技展(2017 Taitronics)將於今年10月11至14日在台灣台北市舉行。US NC/IECQ ECCC總裁Dr. Richard McDermott將出席此盛會。
14. 2018年的IECQ年會將會安排在10月與IEC年會在韓國釜山同時舉行，並同時舉辦IECQ推廣活動。詳細會議時程待決定後再通知各會員國，部分時程如下：
- 10月16日 - Working group meeting, WG 4, One day
 - 10月17日 - Working group meeting, WG 6, half day
 - WG 9, One day
 - WG T, half day
 - WG 10, half day
 - Adhoc WG NEC, half day
 - 10月18日 - CABC meeting, One day
 - 10月19日 - MC meeting, One day
15. 2019年IECQ MC/CABC年會將有可能在澳洲布里斯本舉行。
16. 建議
QC 080000:2017標準終於在千呼萬喚中公布，歷經本會與各國專家不斷的提

供修改意見，雖然標準內容仍不盡人意，但總體來說，算是一份完整的驗證規範。本會所提供的QC 080000:2017標準中文正體版亦在同時公布發行。對於每日忙於生產的國內產業界，應該會有不小的幫助。只是依據原先WG 05工作小組所規劃的轉換時程，對國內部分業者會產生不小的壓力，在此次 IECQ新加坡各個會議中，由於CTECCB代表的極力爭取，最後轉證日期延後半年，對國內業界轉證的壓力應該是紓解不少。

QC 080000:2017稽核人員的訓練將會於7月下旬在台北舉行，講師由本會所推薦的前CTECCB顧問 王海銀先生擔任，以服務國內的驗證稽核機構(CB)。參加國際會議的部分目的即是為保障國內業者的權益，在這一點上，CTECCB的與會代表是盡了最大的努力。



研習會場之一

如何擴大IECQ各認證計畫的效益？如何加強兩岸在汽車電子認證的合作？應該是未來CTECCB努力的方向。

五、協助IECQ舉辦IECQ HSPM Tutor Training Workshop-Taipei

為因應IECQ QC 080000:2017改版，IECQ秘書處特於8月29~30兩日於台北舉辦IECQ HSPM講師教育訓練，對各家CB參與人員進行為期2天之QC 080000標準轉版訓練，CB參與此次訓練之人員再分別負責其公司之主任稽核員及稽核人員的轉版訓練。本次訓練共計有11家CB及本會3位人員與會，最終完成2小時的考試並通過後取得講師資格，由IECQ總部授與主任稽核員及講師證書。



講師及學員大合照

參、認可現況

一、IECQ制度會員國

1. 歐洲：奧地利*(OVE)、丹麥(Dansk Standard)、法國*(LCIE)、德國*(DKE)、荷蘭(NEC)、英國*(BEC)、俄羅斯*(GOST)
2. 亞洲：日本*(JISC)、韓國*(KATS)、中國大陸*(CNCA)

3. 美洲：美國*(ECCC)
4. 澳洲：澳大利亞*(JAS-ANZ)

註：*表示具有驗證機構(CB)，可發證非HSPM之會員國

#表示具有驗證機構(CB)，可發證HSPM之會員國

二、國際IECQ制度認可之合格廠商證書數之統計表

1. 以會員體分類統計：

地區	類別	合格工廠	合格獨立試驗室	合格航太電子工廠	合格HSPM工廠	認可的零件	認可的製程	品質認可	技術認可	小計
澳大利亞	ARES				3					3
	SAI Global				62					62
	SGS CN				590					590
	SGS HK				21					21
	SGS TW				247					247
	小計	0	0	0	923	0	0	0	0	923
	奧地利-OVE	1				5		5		11
	中國大陸-CEPERI	4	3		122	2	9			140
法國	AFNOR Asia				82					82
	LCIE BV		3		153	81	15			252
	小計		3		235	81	15			334
	德國-VDE	11	4			3	5	24	2	49
	日本-JQA		12				6			18
	韓國-KTL									0
	荷蘭-DEKRA		5							5
中華民國	DNV.GL CN									0
	DNV.GL TW				38					38
	DNV.GL US				3					3
	DQS		35		109	2	11			157
	LRQA				8					8
	TÜ V NORD				42					42
	TÜ V Rheinland				14					14
	TÜV SÜD				9					9
	小計	0	35	0	223	2	11	0	0	271
英國	BSI		4	6	117	60	45			232
	IMS				63					63
	Intertek-MOODY				182					182
	NQA				457		2			459
	小計	0	4	6	819	60	47	0	0	936
美國	DNV.GL CN				88					88
	DNV.GL TW				23					23
	DNV.GL US			14	11					25
	DQS		12		102					114
	LRQA				10					10
	TÜ V NORD				43					43
	TÜ V Rheinland				79					79
	TÜV SÜD				31					31
小計	0	12	14	387	0	0	0	0	413	
總計		16	78	20	2709	153	93	29	2	3100

資料來源：1. 2017年08月31日 IECQ日內瓦網站<http://www.iecq.org>

2. 以會員體為主輔以驗證機構在我國執行驗證之分類統計:

地區	類別	合格工廠	合格獨立	合格航太	合格HSPM	認可的	認可的	品質認可	技術認可	小計
			試驗室	電子工廠	工廠	零件	製程			
澳大利亞	ARES				3					3
	SAI Global				62					62
	SGS CN				589					589
	SGS HK				21					21
	SGS TW				65					65
	小計				740					740
	奧地利-OVE	1				5		5		11
	中國大陸-CEPERI	4	3		122	2	9			140
法國	AFNOR Asia				54					54
	LCIE BV		3		111	81	15			210
	小計	0	3	0	165	81	15	0	0	264
	德國-VDE	11	4			3	5	24	2	49
	日本-JQA		12				6			18
	韓國-KTL									0
	荷蘭-DEKRA		2							2
中華民國	AFNOR Asia				28					28
	BSI				24					24
	DEKRA		3							3
	DNV.GL TW				38					38
	DNV.GL US				3					3
	DQS		35		109	2	11			157
	IMS				4					4
	Intertek-MOODY				1					1
	LCIE BV				42					42
	LRQA				8					8
	SGS CN				1					1
	SGS TW				182					182
	TÜV Nord				42					42
TÜV Rheinland				14					14	
TÜV SÜD				9					9	
	小計	0	38	0	505	2	11	0	0	556
英國	BSI		4	6	93	60	45			208
	IMS				59					59
	Intertek-MOODY				181					181
	NQA				457		2			459
	小計	0	4	6	790	60	47	0	0	907
美國	DNV.GL CN				88					88
	DNV.GL TW				23					23
	DNV.GL US			14	11					25
	DQS		12		102					114
	LRQA				10					10
	TÜV NORD				43					43
	TÜV Rheinland				79					79
	TÜV SÜD				31					31
	小計	0	12	14	387	0	0	0	0	413
總計		16	78	20	2709	153	93	29	2	3100

資料來源：1. 2017年08月31日 IECQ日內瓦網站<http://www.iecq.org>

3. 以製造商所在國分類統計：

類別 製造商國別	合格工廠	合格獨立 試驗室	合格航太 電子工廠	合格HSPM 工廠	認可的 零件	認可的 製程	品質認可	技術認可	小計
阿根廷				2					2
奧地利	1				7		9		17
巴貝多						1			1
巴西				7					7
柬埔寨				1					1
加拿大			1						1
中國大陸	4	17		2133	8	15	2		2179
捷克	2			3	2	3		1	11
薩爾瓦多					1	2			3
法國		2			67	12			81
德國	6	4				6	13	1	30
香港				13					13
印度						1			1
印尼							1		1
以色列	3				11	2	4		20
義大利		1							1
日本		12		3		6			21
韓國				16					16
馬來西亞				5		1			6
墨西哥				4		1			5
摩洛哥						1			1
荷蘭				2		1			3
菲律賓				3					3
葡萄牙						1			1
新加坡				2					2
斯洛伐克				1					1
中華民國		38		505	2	11			556
泰國				6					6
英國		3	2		50	28			83
美國		1	17	1	5	1			25
越南				2					2
總計	16	78	20	2709	153	93	29	2	3100

資料來源：1. 2017年08月31日 IECQ日內瓦網站<http://www.iecq.org>

4. 以驗證機構分類統計：

類別 驗證機構	合格工廠	合格獨立 試驗室	合格航太 電子工廠	合格 HSPM 工廠	認可的 零件	認可的 製程	品質認可	技術認可	小計
AFNOR Asia				82					82
ARES				3					3
BSI		4	6	117	60	45			232
CEPREI	4	3		122	2	9			140
DEKRA		5							5
DNV · GL CN				88					88
DNV · GL TW				61					61
DNV · GL US			14	14					28
DQS		47		211	2	11			271
IMS				63					63
Intertek-MOODY				182					182
JQA		12				6			18
KTL									0
LCIE BV		3		153	81	15			252
LRQA				18					18
NQA				457		2			459
OVE	1				5		5		11
SAI Global				62					62
SGS CN				590					590
SGS HK				21					21
SGS TW				247					247
TUV NORD				85					85
TÜV Rheinland				93					93
TÜV SÜD				40					40
VDE	11	4			3	5	24	2	49
總計	16	78	20	2709	153	93	29	2	3100

資料來源：1. 2017年08月31日 IECQ日內瓦網站<http://www.iecq.org>

決定領導人在ISO 9001:2015中扮演的角色

◎楊沛昇 編譯

ISO 9001:2015已公布一年多，而大多數人似乎採取觀望的方法，來讓其他人先解決改變造成的影響。當許多書籍提供了對新標準的觀察，但許多組織仍試著了解如何解釋與執行這些改變，特別是需要明確領域之領導人(leadership)的要求。

ISO 9001:2015品質管理系統(quality management system, QMS)的目的我們將稱之為管理(的)系統(management system or management's system) - 是提給領導人所需的結構與工具以關注於什麼是重要的。標準也要求領導人要證明與維持促進健全決策的承諾，目的是透過管理系統達到並維持組織的有效性。

因此，由QMS至管理系統的改變是為了處理由部門心態轉為以策略方法基礎之系統的需要。作為思考何者是管理重點，問題就成了：ISO 9001:2015有關心組織是否符合其目的嗎？

例如，符合其目的意味著提供利潤或以非營利組織下保持資產，因為要達到的價值(value)就是管理重點，並與組織的目的(purpose)息息相關。而標準中對目的的定義是直接與獲利或非獲利價值有關。

價值與領導

假如組織的追求 - 即其目的 - 是獲利，標準就因為其中心目的是獲利而關注於是否有經濟利益或維持財產，如果其價值是非獲利則無論如何組織價值即成為焦點。

要達到此價值對領導能力的要求在ISO 9001:2015有間接提到，但用來定義領導人角色的方法與對要達到價值的程度則由組織自行負責。

這對組織執行標準與對此稽核是項挑戰，因為兩者必須了解要求如何被達成與評估，領導人與稽核人員都要有能力得到有關於組織已有效地對領導人角色負責的結論。

考慮到這一點，我們將研究ISO 9001:2015實際要求與要求間的相互關係，要做到的話必須了解組織的目的和策略方向與其環境(context)的關連。

價值與結果(results)

組織由為達成其價值所能做的來驅動或控制，就是它們的目的。而它們如何完成，就是它們的策略方向。對大部分的組織，價值就是獲利 - 即利潤或維持財產。

對於價值是非獲利的組織 - 由不以獲利為目的的來源資助成立 - 追求的是意圖達到特定結果的主動行動，例如由捐助人得到的資金成立的組織，期待的就是其提供之影響與效益的回饋，在這情況下，組織不追求獲利或維持財產，但有一個是以實現與其所提供產生相關影響為中心的目的。

所以，兩種組織 - 獲利與非獲利組織之目的的策略方向趨向於要求：

- 優秀的產品或服務 - 包含必須符合相關利害方之要求、需要與期望的產品或服務。
- 產品或服務的準時提供 - 組織正處於其所承諾對何時將可提供或達成產品或服務的時間表。
- 目前的獲利能力或維持財產或非獲利價值的達成 - 組織要符合其目的的短期要求才可持續
- 未來可持續獲利或達成非獲利價值的位

置 - 這確保組織目前所完成的不會對組織的長期目的有不良影響。

以上這些項目都是相互關聯並同樣重要且彼此影響。

ISO 9001:2015幫助組織追求價值的能力不是新的事，但在2015年版中更明確定義的期望，可以幫助高階管理(top management)了解如何展現完成此管理系統之一部分的領導與承諾。

當處於目的與策略方向背後的概念無法在標準中被清楚說明時，它們對管理並非是新的考慮，要確保高階管理看到在更聚焦於業務(business)之管理系統的價值，我們將藉由說明品質管理之基礎概念與原則的ISO 9000:2015幫助來審視ISO 9001:2015，透過組織在環境之目的與策略方向的角度來審視標準。

環境與目的(context and purpose)

組織的環境定義於ISO 9000:2015的條文3.2.2中「能對為發展與達到其目標的組織方法有影響之內部與外部問題的結合」。

此外，還需要了解環境與其對組織目的與策略方向的關聯，與對組織達成管理系統想要結果之能力的影響。

換句說明，環境就是組織所存在的世界。當環境應被管理而未被管理時不代表環境就不存在。這個世界(組織所在的環境)是有生命的，代表它將成長並發展無論是否有管理領導人。

假如管理人不提供必要領導以定義並決定組織的環境，環境將自行發生。而組織中的人員將被迫嘗試生存。雖然組織仍可存活，但缺少領導會因為未對組織的目的、策略方向與環境採取應對措施，而使組織無法提升並維持成功，因為沒有對組織目的、策略方向與環境負責而採取的對應行動。

由ISO 9001:2015的目的取得更多的角度，思考條文5.1.1最後的備註寫到標準中

的業務(business)一詞廣泛地代表「為組織存在之目的的核心活動…」，換句話說，組織為達到其價值而存在。

這很重要，因為不知道業務(business)一詞在管理系統中的定義是大部分領導人沒有完全接受ISO 9001或其組織之管理系統的主要原因，ISO 9001:2015對領導期望的調整是想要幫助對此的了解並鼓勵領導人主動參與管理系統。

擔任管理角色的部分人員將這個對領導要求的增加視為負擔，很大的原因是他們認為這份標準給了他們額外的責任。

假如管理系統不是組織的映像 - 只在某種程度上符合組織目的 - 則系統是負擔的管理看法可能成真，為讓管理真正成為呼應標準的領導型態，組織存在的目的必須被視為管理系統的中心點，這是將其視為管理系統的理由當確保它真正反映了確保品質的重要業務。

有了對組織目的的完全了解，管理系統就可有效執行，為領導人提供架構以定義與維持為達到其目的而所需的策略方向。

策略方向(strategic direction)

策略方向是由定義為領導人之計畫包含例如什麼必須完成或維持，以得到組織需要達到之目的部分元素來組成。

先前關於策略方向之結果的例子 - 例如提供優良產品或服務、盡可能地快速提供、在目前取得利潤並處於未來亦能獲利的位置 - 提供了對策略方向的基本檢視，這個例子概述了關於組織如何與相關產品與服務共同定義的詳細內容。

組織內的人員必須充分了解為滿足要求的能力，以確保滿足關於目的其當前與未來的需要或期望。這些細節與任何其它相關於利害相關者之需求與期望也是策略方向的一部分。

重點是要注意到ISO 9001:2015未說明定義策略方向的需要，它只認為策略方向是一個參考點，標準是由透過某種型式的策略方向提供領導之管理的想法來運作。

這個的證據將在包含於政策與目標之相關細節中與管理審查之結果中找到，在了解目的與策略方向是關聯至環境之後，組織可以發展目標(objectives)與政策(policy)。

目標(objectives)

ISO 9000條文3.2.2中的目標就等同於ISO 9001條文6.2所要求的「品質目標(quality objectives)」，但它們也會包含管理未考慮現行管理系統的部分，這些其它的目標是那些管理人員相信能提供方向的概念，但可能不是以ISO 9001為基礎之管理系統的範圍內所考慮的。

由ISO 9001:2008轉換至ISO 9001:2015的一部分可以解決這個斷點，這些其它目標趨向於與組織目的的直接關係 - 例如獲利或達到非獲利價值 - 並在策略方向中扮演顯著的角色。

只有完全了解環境並將目標視為與組織目的與需要相關時才會實現所有目標，沒有了這種一致性，組織就有產生利益衝突的可能風險。

組織在這環境中運作，而且領導人必須展現他們積極維持與參與其中，這包含了建立程序(process)以維護並改善組織績效。

大部分的組織已有了對環境認識，並只需了解或調整什麼或如何讓環境適合這個目的、策略方向與管理系統想要或所需結果。

直到在建立其目的與策略方向前，初創公司可能還未完全發展出環境，這是因為組織可能選擇使用其目的與策略方向來定義要達到的結果。

政策(policy)

有關於品質政策(quality policy)，ISO 9001:2015條文5.2.1說明建立、執行與維持品質政策。依據條文5.2.1 a)，這項政策適合於組織的目的與環境，並支持其策略方向。

再一次，這趨向於表示目前獲利或對非獲利價值(目的)，並處於未來仍相同的位置(策略方向)，當面對影響組織所處環境內驅動目的與策略方向之內部與外部問題時。

換句話說，高階管理必須確保管理系統完整且落實旨在領導組織朝向達到其目的與策略方向而制定的政策。

品質政策可以作為決策的篩選器，以確保任何人所採取之行動都在高階管理的方向下，而與高階管理本身執行之行動相當，這要透過政策的溝通來完成 - 確保每一個人人都了解，而讓這個篩選器普遍地適用於整個組織。

與業務流程整合

ISO 9001:2015對有關於管理承諾與領導的期望有很多的參考，有些提供了如何符合支援利用管理系統以驅動組織朝向其目的與策略方向之標準的例子。

使組織維持其目的並支持其策略方向的追求，條文5.1.1c)解釋了將管理系統整合至業務過程是至關重要的，所以完成了此管理系統。傳統的方法是查看ISO 9001:2015來做為一份指引並簡單地依循所提出的條文，但這份標準並非如此撰寫或這樣應用。

簡單的說，ISO 9001:2015是一個可以利用並完成所建立目的的平台，維持並改善其中的過程並支援組織的目的與策略方向。

意圖發展出對完成組織目的與策略方向之相關過程的清楚了解，並適當地放入



標準，這將有助於整合的發展並合併凝聚管理系統。

使用此方來完成提升了業務活動的功能並減少組織中的衝突立場或益利爭奪，圖1說明了管理角色在管理系統中的例子，這張圖是一個透過領導人的角度綜觀標準，因為少了依序存在於標準中的要求，而更著重於組織如何傾向於思考與運行。

假如管理系統是對映於業務且將ISO 9001:2015視為讓組織更有效率的平台，高階管理就應更傾向於支持標準中要求的管理角色並透過下列來展示領導(參閱條文 5.1.1 j)：

- 確保提供所需資源(條文5.1.1e)。
- 傳達有效管理的重要性，包含對品質與管理系統一致性的管理(條文5.1.1f)。
- 確保管理系統達到預期結果(條文5.1.1g)。
- 聘用、引導並支援有助於並改善管理系統有效性的人員(條文5.1.1 h)與(5.1.1i)。

需要展現對客戶關注的領導與承諾 - 是位於獲利或達成非獲利價值位置的一部分 - 並利用ISO 9001:2015為平台可以定位管理系統為代表對領導與承諾的管理。

重要的是注意到領導與管理責任的角色並非這版ISO 9001所獨有，先前的版本已對領導與管理責任角色有明確定義，但從未想要成為一個獨立系統，而被發展為幫助建立並持推有效的實際業務來滿足支持目的的利益關係方的要求、需要與期望 - 已是ISO 9001:2000以來就有的品質政策基礎，組織目的的關聯也透過參考1994標準中的組織標的(organizational goals)概念來說明。

2015版中的改變更清楚地說明在管理系統中的領導角色以確保品質，這可能造成要驗證ISO 9001:2015之組織心態的轉換與用其來稽核的人員 - 將符合標準視為管理系統轉換為促進並維持組織業務核心法方。

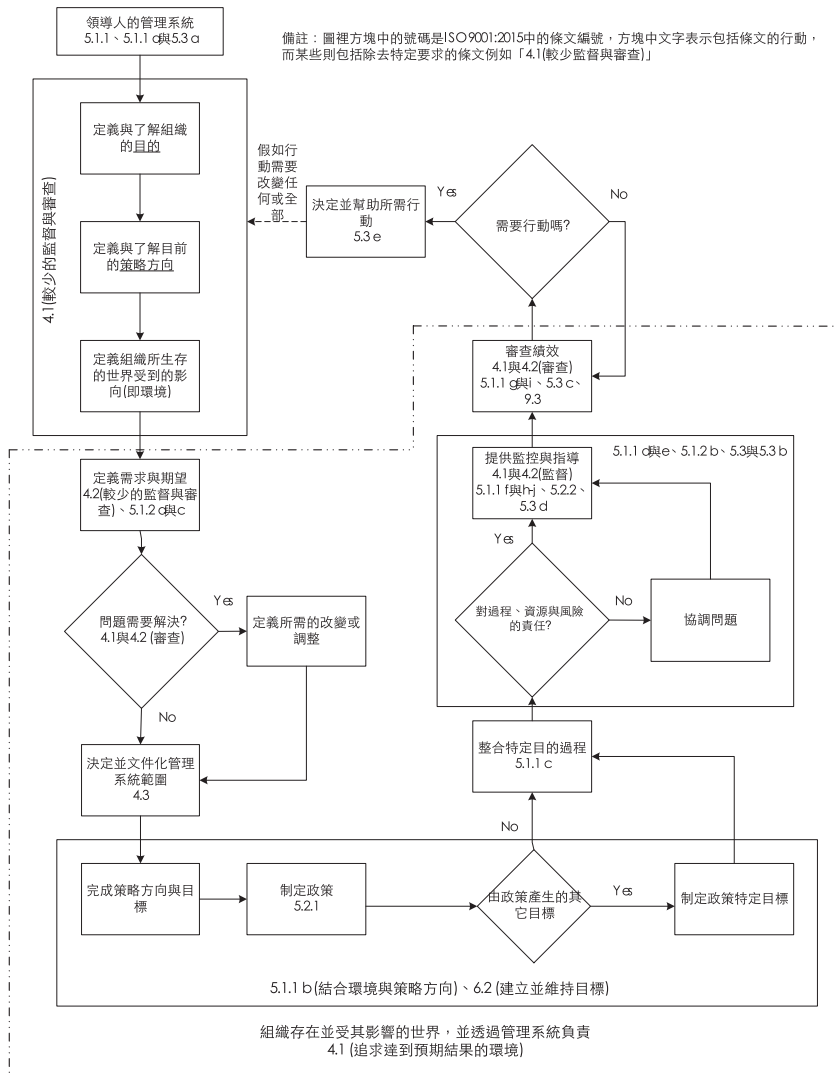
參考文獻及註釋：

1. International Organization for Standardization (ISO), ISO 9000:2015—Quality management systems—Fundamentals and vocabulary, subclause 3.2.2—Context of the organization.
2. ISO, ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements, subclause 4.1—Understanding the organization and its context.
3. ISO, ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements, subclause 5.1.1—General.
4. Areas of ISO 9001:2015 that speak to evidence of strategic direction can be found in subclauses 5.1.1b, 5.2.1a and 9.3.1.
5. ISO, ISO 9000:2015—Quality management systems—Fundamentals and vocabulary, see reference 1.
6. ISO, ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements, subclause 6.2—Quality objectives and planning to achieve them.
7. ISO, ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements, subclause 5.2.1—Establishing the quality policy.
8. ISO, ISO 9000:2015—Quality management systems—Fundamentals and vocabulary, see reference 1.
9. ISO, ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements, see reference 2.
10. ISO 9001:2015's subclause 5.2.2b states, "That quality policy shall be communicated, understood and applied within the organization." For more information, read subclause 5.2.2—Communicating the quality policy.
11. ISO, ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements, see reference 3.
12. Ibid.

- 13. ISO, ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements, subclause 5.1.2—Customer focus.
- 14. ISO, ISO 9001:2000—Quality management systems—Requirements, subclause 5.3a.

- 15. ISO, ISO 9001:1994 Quality systems—Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing, subclause 4.1.1.

圖1. 透過ISO 9001:2015所看到的領導人



資料來源：譯自Determining leadership's role in ISO 9001:2015- by Robert Freeman and

Jennifer Drown taken from QP October 2016 page 14-20

IATF 16949:2016的進展及變更的重點

◎李麗女 編譯

去年汽車產業修訂ISO/TS 16949品質管理系統(QMS)的要求以與ISO 9001:2015重要的改版維持一致，該ISO/TS 16949的改版除了以上所提的之外，也納入國際汽車特別工作小組(IATF)之原始設備製造商(OEM)及客戶指定的要求(CSR)。

IATF 16949:2016取代ISO/TS 16949而且現在是一個汽車部門所擁有的文件，該標準的重點在於持續的預防問題發生、以及新的汽車驗證要求也強制使用ISO 9001:2015，而這些必須分別地取得。

從國際標準組織(ISO)降低對汽車之要求以給予該產業完全管轄該標準，因此他們可避開使用ISO標準所需給付的權利金。不是本文針對ISO/TS 16949提供一項全面性的標準之增修刪審查，我想強調數個重要的交替。

範圍問題的提出

管理系統的定義在ISO 9000:2015中，第一次對系統範圍的考量提供一個選擇，得以向下展開為一個單一的功能作用或是學科訓練；這從未是一個QMS的意圖，它總想要涵蓋適用到一整個組織機構。在ISO 9001:2015也刪除“可允許排除”這個術語，改以下述言論發表：假使一項要求可以適用則它必須被使用。極簡派者現在可以主張，在他們的系統中他們只需要納入一項功能作用，並且併入適用該項功能作用的那些要求；IATF 16949:2016在次條款4.3.1提出了此一問題，其要求支援的製程和該附加價值的廠址要被納入到QMS範圍內。

由於地理區域位置的製程關係，ISO 9001之前一版2008年版從未提及省略掉的可適用要求。在IATF 16949:2016中你挑選

在哪裡分配設置活動是你們組織的特權，但是不管一個組織選擇在哪裡分配設置及執行它們，所有可適用的製程和要求必須被納入QMS中。個人例如稽核人員，必須確認一個組織機構是否符合於可適用的要求，且必須拜訪執行那些製程的廠址以確認其符合一致性。

現在新的ISO 9000:2015對“管理系統”的定義允許一個QMS範圍儘可能的窄到只有一個功能作用，再者，高階的管理階層需與QMS的範圍相匹配。如果一個極簡派的組織機構只挑選將採購部門納入到它的範圍內，則管理階層將會是採購的主管。

有另外一項論點為極簡派的推行者所使用的，在IATF 16949:2016條款顯示的，假使一項ISO 9001的要求是適用的，其必需也對產品品質是不容妥協的。

極簡派者可能主張這都是取決於QMS範圍而定的，如先前的解釋IATF 16949:2016提出了在ISO 9000中此一不適宜的發展。

客戶指定的要求(CSR)

自早期的1990年代由汽車製造商所開發的一套品質標準—QS 9000，CSR的數量攸關汽車供應的基礎；各原始設備製造商之間(OEMs)對QMS的差異要求，造成一大堆的工作及費用產生，在QMS標準調和之後卻仍然存在著。該問題在第一階的供應鏈即被加重了：所有的OEM CSRs被包含了，而且很多的第一階供應商及他們本身的CSRs部署要求擴及到第二階供應商，他們處理CSRs所擁有的資源比第一階供應商少。

2008版的ISO 9001要求一個組織機構

在次條款7.2.1中要決定產品的要求，ISO 9001:2015持續此一要求列在次條款8.2.2。三大團體可以指定QMS要求：客戶、法規及內部功能如工程，在該方面對組織已經有一條ISO 9001要求要確認和訂定CSRs，在新版的IATF 16949次條款4.3.2.中針對此訂定了一個流程以使其更具明確的要求。

文件證據較少？

IATF 16949持續要求“文件化的流程”，雖然ISO 9001:2015現在使用的一般性術語為“文件化的資訊”，IATF 16949次條款要求一個文件化的程序包括：

- 4.4.1.2—產品安全性
- 7.1.5.2.1—校正/確認紀錄
- 7.2.1—能力—補充
- 7.2.3—內部稽核員的能力
- 7.3.2—員工的激勵與授權
- 7.5.3.2.2—工程規格
- 8.4.2.1—型式及範圍的管制—補充(外包的流程)
- 8.4.2.4—供應商的監督
- 8.5.6.1—變更的管制—補充
- 8.7.1.4—重工產品的管制
- 8.7.1.5—修補產品的管制
- 8.7.1.7—不符合產品的處理
- 10.2.3—問題解決
- 10.2.4—防呆
- 10.3.1—持續改善—補充

ISO 9001:2015要求一個組織在10個附加的條款及次條款中要求必須有文件化的資訊但不包含紀錄，雖然ISO 9001:2015改版上所陳述的是要減少文件證據的需求，事實上它對文件化要求的規定有所降低但是在數量上是相當的，IATF 16949增加擴充了那些。

IATF 16949維持要求一套品質手冊，但這在ISO 9001:2015中被刪除，現在一套品質手冊必須指出在QMS中那裡是客戶指定的要求(CSRs)，而且組織必須有一套流程以確認及提出任何的CSRs，因為這些對要求他們的供應商通過IATF 16949認證

是相當重要的。IATF 16949在一個特定保留期限過後不再要求處理紀錄，但是這在ISO 9001:2015中有被涵蓋納入，在汽車標準中這是一項規範參考，一項規範參考必須有文件檔參考使用到它，而一項參考信息只能作為指引。

新的符合性要求

IATF 16949:2016次條款4.4.1.1要求一個組織機構對於外包流程的符合性負有責任，它也要求所有的產品及製程符合適用所有利益團體的要求及期望。

次條款4.4.1.1的第一部分是從該標準的前一版本移轉過來的，而第二部分則是藉由ISO 9001:2015的要求加已訂定利益團體的要求及期望，這在從前是只限定在客戶端而已，現在它則只是一個組織機構的利益團體中的一種。

這是一個QMS的一項重要擴充，產品和製程的設計以及驗證的過程將具有額外附加的責任，過程必須確保利益團體的一貫之柔性要求及期望—例如“平穩”或是“安靜”—有效地轉化為產品及製程的需求並且驗證其符合要求及期望。

再提出“大Q” QMS

在1980年代，通用汽車有完整的卓越之企業供應商評鑑準則和目標，這些包括品質、成本、交期、技術及領導力等項目，在與克萊斯勒及福特初期努力於調和時放棄了這些，當初他們想要一個QMS的範圍是限定在品質上的一亦即符合交期的“小Q”。

隨著時間流逝，ISO 9001把“領導力”給帶回來，在IATF 16949:2016中對汽車要求的最新改版中，繼續存在並擴大次條款5.1.1.1中對與產品有關之安全以及與製造過程之安全的議題，產品的安全在標準中的定義為“標準攸關產品的設計與製造以確保他們不會對客戶造成傷害或是危害”¹。

此一安全次條款對於已定義的責任，要求一個逐步擴大的流程，輾轉將安全的

要求在其他項目條款中將之移轉到供應鏈上、安全特性的管理上以及管制計畫的特別認可上、和失效模式與效應分析上。

該一主題與ISO職業安全衛生(OH&S)專案—ISO 45001—目前在草案階段相互比較更具有務實的方法，該草案標準被指定到一個新的ISO委員會，該委員會有重要的代表性是來自組織性的勞工，它需要工人及工人代表參與該事務—例如方針的制定—那通常是領導人的責任。

已知OH&S草案是冗長且尚未成熟—伴隨著數個不確定的要求—此一標準是否將獲認可公布尚未明確，若否，為了適當準備組織機構之安全，產業文件將是主要的推動力。

在新的汽車文件中也納入企業責任，為了強化這方面的要求現在它不只是一套QMS，此一術語並未在標準中定義；至少必須要執行違反受賄的政策方針以及員工品行規範並提升倫理道德標準。IATF指出這暗示一個組織機構所有的階層及職務負有責任及授權，以遵循一套倫理道德的方法，並且能無畏於報復去揭發任何不道德的行為。

IATF 16949也提出了數個其它的主要變更，例如，該標準如何併入流程方法和流程審查的要求，以及如何提出風險和稽核員的能力，這些將在下方加以介紹。

汽車產業對ISO技術規格(TS)16949的改版—現在稱之為IATF 16949—繼續要求製程的有效用性及有效果性(次條款5.1.1.2)，後面這點從未被ISO 9001要求，現在流程審查活動要求將此一次條款視為管理審查流程的一個輸入項目。

“流程審查”此一術語並沒有被定義，或是該包括有哪些甚麼樣的活動，但是國際汽車特別工作小組(IATF)表示流程審查活動，必須包括評估的方法以及執行的改善成果，高階管理階層必須對流程負責人執行的特定流程之審查進行審查。

流程方法

自從ISO 9001的2000年改版對執行及稽核一套品質管理系統(QMS)已經要求執行流程方法，最近的改版(ISO 9001:2015)並未定義該術語，但是改用術語—例如PDCA循環—並且提供流程的模式以展現輸入並以附加價值的步驟將輸入轉換為輸出。

擁有一位流程負責人是有效地管理流程的一個重要之成功因素，現在IATF 16949對此的要求放在次條款5.1.1.3內，它包括確保流程所有人可以執行他們被指定的任務，而且他們必須對其所擁有的流程活動及結果負有必要的能力、責任以及職權。注意到雖然流程方法是較明確的要求，ISO 9001:2015將流程及產品的量測與監督從上一版本的次條款標準，本次調整為只是在其他條款內的內嵌要求，IATF則對流程的量測做非常明確的要求。

組織機構對工作責任的界定及紀錄文件要求一向做得非常好；但是並未充分地界定及紀錄文件以要求大多數的工作人員的職權，例如要求假使事情做錯了對他們的工作所該採取的行動。對一項工作能有效率地完成，該指引必須納入在工作指令裡，該附加要求的目的也定義在次條款5.3.1(組織的角色、責任與職權—增補)以提出組織機構的需求，並以指定的人員之責任與職權達到較佳的紀錄文件要求。ISO/TS 16949要求一個組織機構要提出客戶的要求，但是本次訂定的次條款，現在要求組織機構要明確地符合客戶的要求。

提出風險

在國際標準組織的文件中，風險一直是未臻完善的概念，因為該名詞有不同的定義。在ISO 9001:2015中，風險是明確地被提出來作為一項QMS的要求，並且被定義為“不確定性的影響”。

此一全新隱含的ISO 9001:2015要求是“以風險為基礎的思考”而不是“風險管

理”，這在ISO 31000:2009—風險管理—原則與指引（ISO, 2009年）有提出，本改版現在要求一個組織機構要識別並提出風險與機會，這也表示風險可以是正面的或是負面的，正面的風險據傳聞並不等同於機會。

很出人意外地，在IATF 16949中對風險的定義是取自ISO 9001:2015的定義並未增加。在IATF 16949次條款6.1.2.1中明確地將風險分析作為一項要求，它包括從產品被召回、產品稽核、測試不過被退回、抱怨、報廢及重工中所學到的教訓之一項定期審查。

IATF 16949條款6.1.2.2中仍有對預防措施的要求，該條款在ISO 9001:2015中卻被剔除掉的。預防措施也不再與矯正措施是一致相結合的，雖然對ISO 9001的撰寫者而言是一件重要的事；預防措施現在與QMS規劃是一致相結合的，而且當在管理或改革一套QMS之前必須加以導入預防措施；同樣相仿於ISO TS 16949在執行偶發性的計畫要求時，要求與QMS規劃相一致結合。

至少對產品、流程及一個組織機構的供應鏈必須進行風險的分析和提出應對方法，一個有效的方法將是以定性及定量地分析風險，並針對發生的嚴重性及機率性，採取措施以降低並減少那些具有優先性的風險。

目標—QMS的驅動者

一個組織機構的高階管理階層需要一套流程以設定並維持目標，因為目標可以驅動一套QMS的一致性和持續改善。為了有效率性，企業等級的目標必須傳遞給組織機構內部之相關的層級及職務，如果可行的話，並與由中階的及低階的管理階層所設定的其它之目標或目的是需相一致結合的。

在IATF 16949條款6.2.2.1中，現在規定至少每年做一次目標的建立，為了推動持續改善，只要目標被完成時就要馬上很快地重新設定它們；目標不可以是非常的

耗費心力，以至於隨著時間的經過沒有實務上的機會得以完成它們。

稽核員的能力

在IATF 16949之7.2的次條款中，針對內部的及第二者的稽核員有詳述及較多的規定要求。現在針對內部的稽核員有一套文件化的過程之要求，稽核員現在也被歸類為QMS，針對每一類別的流程或是產品的稽核員有其特定的要求；對所有類別而言，大部分的這些要求是相同的，例如：

- 按照ISO 19011執行稽核。
- 流程方法的理解。
- 以風險為基礎的思考。
- ISO 9001:2015。
- 汽車行業的核心工具，包括先進產品品質規劃、統計製程管制、量測系統分析以及失效模式與效應分析。

稽核員能力的維持和提升，必須包含每年執行一個特定的稽核數量，以及與所謂“組織機構情況”相關之改變的知識。

內嵌軟體

在IATF 16949的次條款8.3.2.3要求組織機構，針對產品的品質保證利用一套流程使用國際上開發的內嵌式軟體，並且要有一套適宜的評估方法以評估他們的軟體開發流程。

該軟體開發流程也必須納入內部稽核計畫的範圍內，內部稽核員必須有能力評估所使用的軟體開發方法之有效性，次條款7.1.5.2.1針對校正與驗證的紀錄也包含產品和製程管制所使用之軟體版本的驗證，雖然很不幸地最後的次條款結構最高使用到小數點右邊五位數的位置。

次條款8.3.4.2也有設計必須將內嵌的軟體納入確認的要求，次條款8.4.2.3.1也要求將這些軟體要求傳遞給供應商，軟體驗證與確認要求有遞增的規律性出現在各產業的QMS文件上，如對醫療儀器設備在ISO 13485中所建立的那些。



採購的產品管制

ISO 9001:2015次條款8.4擴大這些要求的範圍以納入同一個組織機構所結盟的及附屬的所在地。品質專家或許更歡迎這樣的改變，因為結盟的供應商就品質與交期而言通常是執行績效最差的供應商。在此一改版之前，品質經理對去除這樣的情況是毫無選擇性的。

IATF 16949針對採購的產品或是服務增加較多的規範要求，一般而言，組織機構的採購職務有三個流程：

- 1.供應商的資格。
- 2.供應商的選擇。
- 3.供應商的品質可以包括監督與開發。

IATF 16949的次條款8.4.1.1.有次裝配、重工、排序及挑選等領域的供應商之可能性，次條款8.4.2.3要求供應商除非是客戶授權的，不然是要ISO 9001認證通過的，當與先前的要求做比較，這將要求更多的第二階供應商取得認證。

有一個新加的規定要求供應商選擇次條款(8.4.1.2)包含的要素一如評估及選擇流程(品質及交期的績效)，也有一個規定供應商選擇的表列準則；通常稽核員對處理採購的流程沒有經驗，因此這將針對內坎的軟體以及其它新加入的要求之訓練，需要更多的稽核員接受教育訓練。

接下去的措施

必須要取得一項ISO 9001:2015的認證才能符合IATF 16949的要求，IATF 16949提高對高階管理階層要求的標準，指導及訓練高階領導者他們的這些要求以通過IATF 16949的稽核是很重要的，有些條文要求只有高階管理階層有責任及權限，因此高階管理階層必須接受稽核以取得明確的證據，以決定該QMS是否具有符合性。

內部的及第二者的稽核員將接受進一步的流程訓練，諸如採購、軟體開發、依據ISO 19011稽核客戶指定的要求以及汽車

產業的核心工具。組織機構必須進行差異分析，以決定從新的標準和所推行的措施中有甚麼必須滿足以應對這些差異性。

參考文獻及書目：

1. International Automotive Task Force, IATF 16949:2016— Technical Specification.
2. International Organization for Standardization (ISO), ISO 9001:2015— Quality management systems— Requirements.
3. ISO, ISO 9000:2015— Fundamentals and vocabulary.

作者：

R. DAN REID is the principal consultant with Management Systems Consulting LLC in Farmington, MI. He is an author of ISO Technical Specification 16949, QS-9000, ISO 9001:2000, the first International Organization for Standardization international workshop agreement, the Chrysler, Ford, GM Advanced Product Quality Planning With Control Plan, Production Part Approval Process and Potential Failure Modes and Effects Analysis manuals and the Automotive Industry Action Group's Business Operating Systems for Healthcare Organizations. Reid was the first delegation leader of the International Automotive Task Force. He is an ASQ fellow and an ASQ-certified quality engineer.

資料來源：譯自Reid, R. Dan. (Quality Progress, January 2017). Standards Outlook: IATF 16949: 2016 Evolution, 50 (1), pp.56-57. & Reid, R. Dan. (Quality Progress, February 2017). Standards Outlook: Keys to IATF 16949: 2016, 50 (2), pp. 48-50.



結合五個whys與RCA以精準指出並防止再發的問題

◎楊沛昇 編譯

執行根本原因分析(root cause analysis, RCA)來定義造成問題或失敗的原因，根本原因的部分定義是「一項具體的根本原因」，不定義出此根本原因就不可能完成有效避免問題再發生的矯正措施。

利用五個whys法可以找出根本原因，大野耐一(Taiichi Ohno)以決定引擎停止的根本原因來說明五個whys法的使用：

1. 為什麼引擎停止？因為產生過載與保險絲熔斷。
2. 為什麼？因為軸承潤滑不足。
3. 為什麼？因為潤滑液幫浦未充分運行。
4. 為什麼？因為幫浦軸磨損並發出異聲。
5. 為什麼？因為沒有過濾器而使金屬碎屑進入。

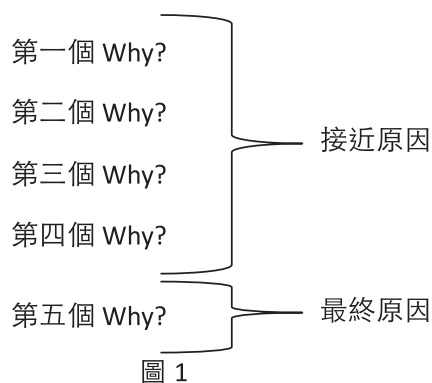
可以對每一階段採取行動來處理大野耐一所舉例子中的問題。保險絲已被替換，但由於潤滑不足而再次發生過載。保險絲已被替換且軸承潤滑充足，但因為潤滑液幫浦無法充分運作而使問題再次發生。

利用五個whys法挖掘至根本原因以幫助確認為避免再次發生的必要矯正措施已被完成於問題的根本原因。

最終與接近

藉由增加最終原因(ultimate cause)與接近原因(proximate cause)兩種概念而使五個whys法能更進一步並更有用，如圖1所示。接近原因是事件中明最顯的原因，例如生產中發現被堆高機損壞的零件，堆高機造成的損壞是問題的明顯原因，但只是接近原因，為什麼堆高機對產品造成損壞？可

能是產品放置於預留給堆高機的通道。



但為什麼產品先被放置在那裡？假如一般存放區域已放滿，這可能是這個問題的接近原因，一個問題的接近原因是最底層原因(lowest-level cause)，並常常是可以採取措施以避免問題的一個原因。

沒有定律要求所有根本原因要藉由完整問完五次why來定義，一些問題可能在問二至三次why後即可處理，其它問題可能需要問超過五次why，未試著問五次why，而導致無法得到問題最終原因的風險極高，所有最終原因前的原因都只是接近原因且無法避免再次發生。

一些接近原因可能不是問題但可以指出所需的進一步調查，例如趨勢圖中的非預期圖形，可能指出發生的某些事，例如對製程的循環影響，僅此一點可能不是問題，但可以是問題的一個跡象，這個接近原因可能可被接受，但以導致實際問題的方式對製程性能產生影響。

問：「為什麼在數據中出現這個圖形？」，是一個對已知問題與未知原因情況下使用五個why的好開始，這個圖形可以是工具緩慢磨損造成的，而造成所調查問題的尺寸變化。

這些接近原因可能由問題的真正根本原因移除，但它們的影響可能被連結至造成因果的鏈中，例如供應商採購了錯誤的零件，會由生產處妥善移走，但對於造成當組裝至客戶系統的最終問題必然發生這項錯誤。

不幸的是，很多根本原因分析在調查人員發掘至最終原因前就停止，無法處理最終原因可能造成問題的再次發生，因為問題的真正根本原因未被處理。

何時停止

Gary G. Jing發現很多工程人員無法明白一個事件會有一個以上的根本原因，而且實務上，根本原因是被主觀標記為根本原因的一些事，Jing正確地指出「對人們的挑戰是了解何時何地停止挖掘無限的原因與影響，並總結已找到的根本原因。」。

Jing提供了他說的「...打開根本原因寶箱的三把鑰匙。」：

1. 槓桿點法則(leverage point principle)，屬於矯正成本低但提供顯著改善的根本原因。
2. 帕雷托法則(Pareto Principle)/(80-20法則)，一些比許多細微原因有更多影響的一些原因。
3. 控制範圍或影響範圍法則(span of control or sphere-of-influence principle)，最好在你影響或直接控制區域內定義出原因時停止對根本原因的研究。

Jing相信根本原因調查人員應停止找尋在其影響範圍外的根本原因，但Jing也建議，當根本原因不在影響範圍內的情況時擴大你的影響範圍。

Jing正確的指出有很多事件的根本原因與應停止RCA之時間點的所需知識，最終原因的適當分配可以對此有所幫助，最終原因應於矯正措施可被執行的點上被定義出來。

例如組裝時的可能問題是由於購買的零件，假如每年生產數百萬件的零件，但有問題的訂單只有數十件，供應商可能不願意完成必要的更換，好的方式就是宣告採購的零件就是最終根本原因並以尋找不同供應商來執行矯正措施，來使對零件的組裝更健全或重新使用不同零件來設計。

RCA原則

在此建議一個新的RCA原則，每一個問題都有一個底層的自然原因，尋找並矯正自然原因以消除此問題，找到並矯正最終原因來避免問題的再次發生。

例如機具會因螺栓鬆脫而無法運作，將螺栓鎖緊可以解決目前的問題，但這只是矯正了接近原因，利用五個whys法來定義並處理問題的最終原因將可確保其不再發生。

一般量產產品的問題會有一個底層自然原因—例如在車輛內因不同材質間的摩擦所產生的噪音—是最接近的原因，利用五個whys深入挖掘將引導至問題的最終原因，例如車輛設計人員未遵循設計指引或缺少包含新材質的設計指引。

在此案例，矯正自然原因會要求在兩種材質間加上阻隔，但即使更新設計指引以包含這些材質也無法在未來有新材質時引入時能避免再次發生，制定對新材質評估的特定要求會是避免於未來再次發生的矯正措施。

假設客戶無法附加供應商之零件於客戶的部件。

- 為什麼？因為缺少螺栓孔。
- 為什麼？因為自動系統中的鑽頭斷裂。



- 為什麼？因為對被鑽孔之金屬類型使用錯誤的鑽頭。
- 為什麼？因為製程工程師未定義被鑽孔金屬的類型(這是最底層的接近原因)。
- 為什麼？因為沒有定義所使用金屬類型的的要求(這是最終原因)。

此情況中，自然問是是對金屬類型使用錯誤的鑽頭，而使鑽頭斷裂並造成孔洞未鑽，替換正確鑽頭可以修正自然問題，但無法進一步確保不同的規畫人員在下次專案不會犯相同的錯誤，制定規格、流程或工作指導書可以幫助確保一位新的製程工程師數年後在不同專案不會造成重複的問題。

服務問題

對於服務業，底層自然問題－例如一項餐點由袋中遺漏－常是較高層的接近原因，這類問題的較深層原因常和如工作人員忘了加入該餐點的人員相關問題有關。

處理這類問題要求提出更多次的why以取得最終原因，例如工作人員經驗不足並突然有過多的工作。

避免這些問題的再次發生會要求一些措施來減少問題再發的機會，也許要求將所有餐點與實際訂單進行比對，或許訓練工作人員處理尖峰時間所增加的壓力。

假如一家餐廳有品質問題並有生氣客人的抱怨。

- 為什麼？因為客人等待餐點時間過長
- 為什麼？因為廚房出餐有瓶頸。
- 為什麼？因為目前點餐數量超過廚房出餐能力(這是最底層的接近原因)。
- 為什麼？因為沒有緊急應變計畫來應對尖峰時刻的點餐(這是最終原因)。

在這個情形裡，自然問題就是點餐未在合理時間內送上，將餐點送上給客人可

立即解決問題，但無法處理問題的原因並避免再次發生。

不幸的是，服務業經常處理問題的方法，就是向客人抱歉，並將餐點送至客人或客人回到餐廳取回，然後就將問題結案，無法避免這種情況在數分鐘或數月後再次發生。挖掘至最終原因並採取行動是唯一能確實解決問題的方法

查明最終原因

問題的最終原因是顯而易見的話就是一個簡單的問題，但通常並非如此，特別是處理複雜的製造系統或許多步驟的流程。

問五次why可以藉由定義更顯明的接近原因並追查至最終原因以幫助查明問題的底層最終原因，無法定義出最終原因可能會造成實施僅處理問題徵兆的矯正措施，也因此而使問題再次發生。

參考文獻：

1. James J. Rooney and Lee N. Vanden Heuvel, "Root Cause Analysis for Beginners," Quality Progress, July 2004, pp. 45-53.
2. Taiichi Ohno, Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, translation by Productivity Inc., 1988.
3. Gary G. Jing, "Flip the Switch," Quality Progress, October 2008, pp. 50-55.
4. Ibid.

資料來源：譯自5 Whys to root cause analysis- by Matthew Barsalou taken from QP January 2017 page 24-28.



突破性進展的解決辦法 — DMAIC

◎李麗女 編譯

印度朝日玻璃公司是印度的最大汽車製造商馬魯蒂鈴木(Maruti Suzuki)公司的一家第一階汽車玻璃供應商，為了優化製程的生產量，該玻璃供應商使用定義、量測、分析、改善及管制(DMAIC, Define, Measure, Analysis, Improve and Control)方法，以識別並確定在他的營運中之主要痛點—特別是ME3後門玻璃型號的製造流程，其只有86.5%的製程產量—非常地低於期望值。

在監督下之該製造流程包含有三個次流程，對所有的三個次流程使用DMAIC方法，以推斷出重要的輸入變數，並使用實驗設計法(DoE, Design of Experiment)以使設定值達到最佳化。

該玻璃供應商所採取的措施產生了突破性的改善，並且在計畫方案結束前使得製程產量達到96.3%，該計畫的目的也是要繼續維持此一成果，去年它被維持得相當好。

該玻璃製造商的改善方法，因為製程產量是輸入因子的一個函數($Y=f(x)$)，所以

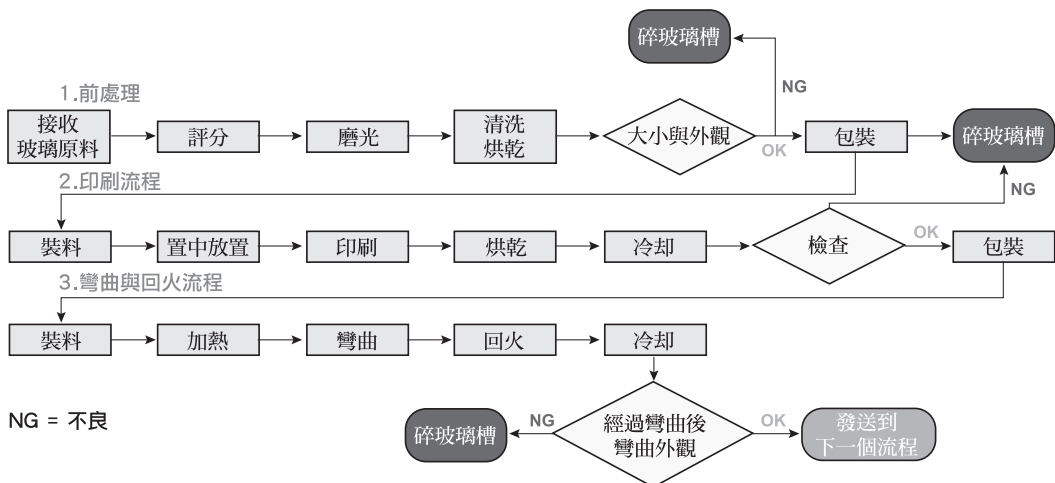
可以很容易地應用於任何的產業。將這些因子最佳化將是毫無疑問地可以達成製程產量獲得改善的結果。

玻璃製造的流程

在圖1顯示出組成整個玻璃製造的流程是這三個次流程，並且包括：

- 前處理—以想要的形狀切割出玻璃、研磨稜邊使其光滑、清洗、烘乾及檢查。
- 印刷流程—在玻璃的表面以黑色的陶瓷油墨印刷，並遞送玻璃經過加熱區域以熱風吹拂烘乾油墨，使用密封劑以將後門的玻璃黏貼到車身上，使用油墨是要密封劑不會遭受紫外光照射而損壞。
- 彎曲與回火流程—將玻璃加熱到指定的溫度水準，並彎曲到想要的形狀以及用高壓氣體將玻璃冷卻；在本次流程中玻璃是從680°C加熱到720°C，並在1,800mm的水中用高壓氣體冷卻。玻璃被冷卻下來經過檢查和包裝後就可以發送出去。

圖 1.玻璃製造的流程圖



定義階段

印度朝日公司在2011年從西班牙的一家玻璃設備製造商Vetro工具公司，採買一套熔爐以使用於彎曲與回火的流程，這個決定是根據來自他的母公司的建議，而且訊息顯示出該熔爐可以使用於生產雙邊的側門以及後門的玻璃。過去印度朝日公司使用多個熔爐以生產側門玻璃或是後門玻璃。

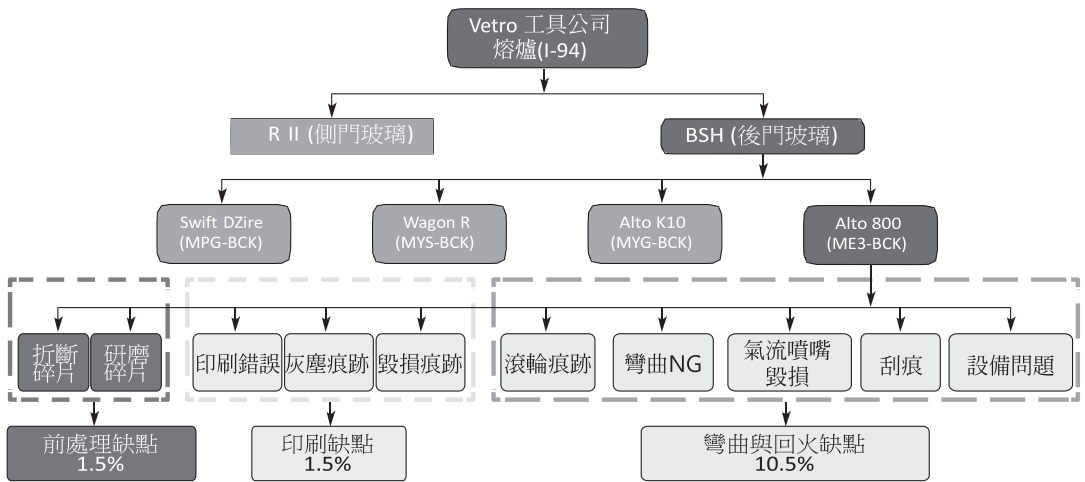
很不幸地，由於時間的限制以及來自原始設備製造商(OEM, Original Equipment Manufacturer)在印度有很多的玻璃供應量，使得製造商對這兩個種類的玻璃之嘗試無法獲得完美的成功。在印度後續使用該熔爐顯示，雖然有可能獲得對側門玻璃的產

量及生產率達到程度令人滿意的水準，但是對後門玻璃的產量及生產率水準仍然存在著很大的落差而且反而降低了。

問題的陳述：後門玻璃的總製造產量是90.2%，違反了從2013年4月到2014年2月所預定的93.5%。因為總產量目標辜負了大家的期望，這不僅造成財物的損失，也無法從該熔爐取得足夠的玻璃良品以滿足客戶的要求是個問題。

使用範圍樹以選定型號(在後門玻璃之中)如圖2所示。在後門玻璃中因ME3後門玻璃是安裝在馬魯蒂鈴木Alto 800型的車上，其被選定是因為它是績效最差的玻璃型號(有最低的製造產量)，該ME3型號的後門玻璃之製造產量是86.8%，

圖2. 問題範圍



將製造產量分解為次級的流程其為如下：

- 1.前處理=98.5%
- 2.印刷流程=98.5%
- 3.彎曲與回火流程=89.5%

滾製通過的產量(RTY, Rolled-Throughput Yield)=86.8%

(前處理*印刷流程*彎曲與回火流程)

圖2顯示出所有的缺點促成了在這三

個次級流程的退貨，因此成立一個跨功能的團隊其包括專業技能的專家(SME, Subject Matter Experts)，並設定挑戰性的目標以改善這三個次級流程以達到下列的目標水準：

- 1.前處理=99.5%
- 2.印刷流程=99.5%
- 3.彎曲與回火流程=93.5%

這些是根據該組織在日本的母公司相類似種類的設備之基準數字做為目標，從

這兒針對前處理及印刷流程的產量要達到99.5%的產量將是有可能的。

就彎曲與回火流程在日本一套完全機械化的熔爐之產量是97.5%，考量到在印度朝日該研究下的熔爐並未完全機械化而且也未曾有過使用該一種類的熔爐經驗，

因此彎曲與回火流程的目標產量是設定為93.5%。

需要減少這些缺點(所有都是屬性特性的類型)，因此表1顯示出所選定出的所有三個次級流程之缺點，該專案的進展由公司的製造副總裁每兩周審查一次。

表1 三個次級流程的缺點

流程	缺點	定義
前處理	缺點 1 折斷碎片	在折斷操作期間從玻璃邊緣所產出的小碎片形式的小部分玻璃
	缺點 2 研磨碎片	當鑽石滾輪和玻璃接觸玻璃毛邊時所產生的修剪玻璃毛邊削
印刷流程	缺點 1 印刷錯誤	從玻璃表面所移除的油漬
	缺點 2 灰塵痕跡	灰塵嵌進到所印刷的玻璃上謂之“灰塵痕跡”
彎曲與回火流程	缺點 1 滾輪痕跡	從滾輪傳送到玻璃沉積在玻璃表面上的外來微粒子
	缺點 2 氣流噴嘴毀損	在彎曲流程過後以高氣壓使其在淬火期間玻璃急速變為小的微粒子
	缺點 3 彎曲NG	曲率是玻璃與治具間間隙，利用錐度在玻璃的不同點量測，讀值必須在 3 ± 1.5 釐米的範圍內，當間隙不管是高於或低於規格值，該缺點就叫做彎曲NG

NG = 不良

在設定目標即選定主要的缺點過後，我們被要求使用一個製程流程圖(PFD, Process Flow Diagram)繪製所有的三個次級流程，也執行一份詳細的分析以了解每一個次級流程所隱藏的所有程序。

圖 3 彎曲與回火流程的 PFD 圖

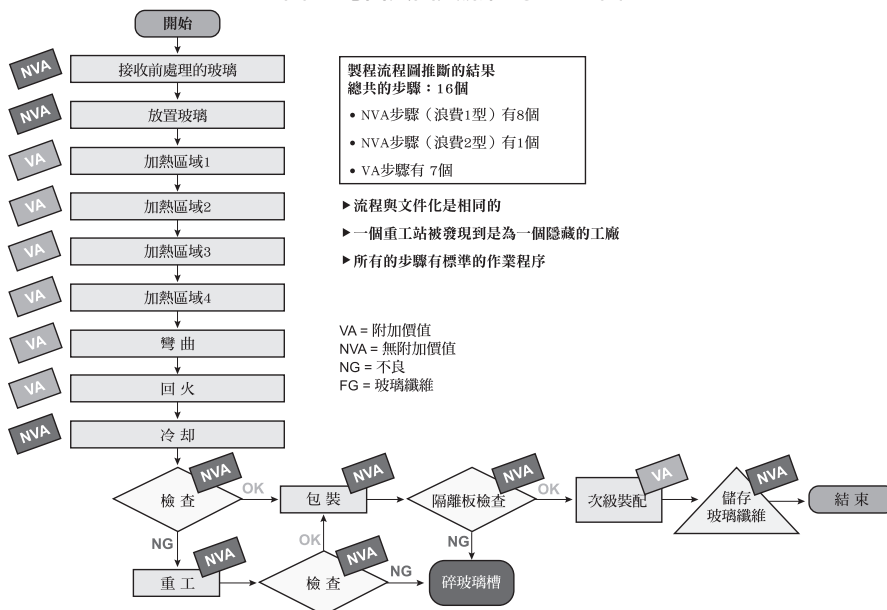


圖3顯示出彎曲與回火流程的PFD圖，這顯示出該流程有16個流程步驟—其中7個具有附加價值(VA, Value-Added)、8個不具有附加價值(NVA, Nonvalue-Added)但卻是流程上所必需的(浪費1型)以及1個步驟是NVA(浪費2型)且是濫用的¹。

在DMAIC流程上定義了問題之後緊接著是量測階段。事實上在初始時期的期間當在定義問題時，你可以在定義和量測兩個階段間做交替，直到問題和目標可以很明確的定義出來。

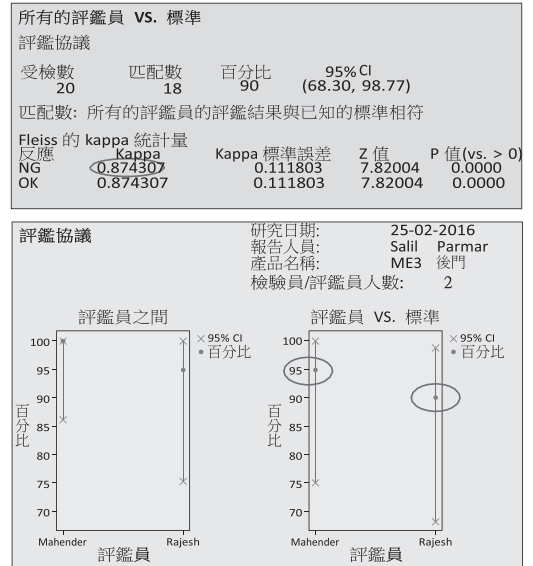
量測階段

量測階段時在你分析製程能力的輸入和輸出參數之前，必須檢查量測系統的準確性和精確性；該量測必須是統計性可管制的，意謂著量測系統的變異乃指源自於共同的原因—非特別的原因²。一套量測系統的品質通常是由隨著時間遞移所產生的資料之統計特性來決定的³。

為了檢查量測系統的變異應執行量測系統分析(MSA, Measurement System Analysis)，因為所調查的缺點認定為屬性的類型，進行屬性型的一致性分析以了解檢驗的變異，圖4顯示出對彎曲與回火流程的缺點1(滾輪痕跡)實施MSA研究。

取20個零件加以分析：5個相當的OK、5個完全不行(NG)、5個在OK的邊緣、5個在NG的邊緣；挑二位檢驗員參與該研究，所有的20個零件之真實狀況都以相同的標準加以註記，要求兩位檢驗員對零件的品質是OK或是NG提出他們的意見，表2顯示出所蒐集到的資料。

圖4 滾輪痕跡的量測系統分析 (彎曲與回火流程的缺點1)



CI=信賴區間

表2 蒐集資料進行量測系統分析

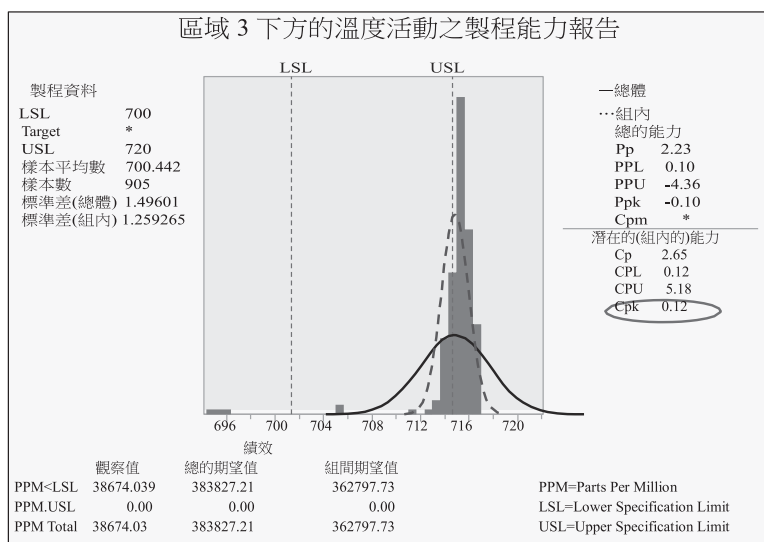
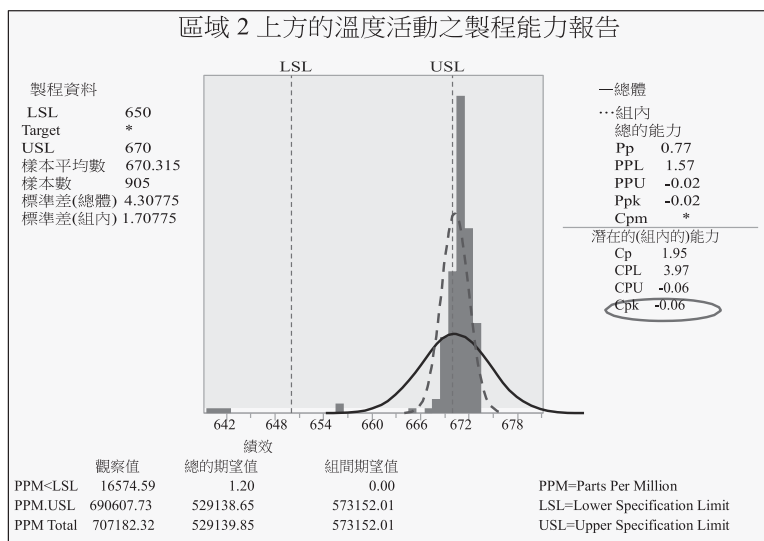
步驟編號	標準	檢驗員 Rajesh		檢驗員 Mahender	
		試驗 1	試驗 2	試驗 1	試驗 2
1	NG	NG	NG	NG	NG
2	NG	NG	NG	NG	NG
3	NG	NG	NG	NG	NG
4	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK	OK
12	OK	OK	OK	OK	OK
13	OK	OK	OK	OK	OK
14	NG	NG	NG	NG	NG
15	NG	OK	OK	OK	OK
16	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	NG	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG
19	NG	NG	NG	NG	NG
20	NG	NG	NG	NG	NG

一般上k值大於0.75表示達到令人滿意的極高一致性(最大的kappa=1)⁴，表2中的資料分析是使用Minitab統計軟體完成分析的，將結果加以比較並落在可接受的範圍內。表4顯示出輸出的結果，其很明確地指出兩位檢驗員的評分是在可接受的範圍內。對所有的次級流程中的其他缺點執行

相類似的程序，也發現到變異是在可接受的範圍內。

在得到量測系統是可接受之後，對輸入及輸出參數執行製程能力的研究，顯示出某些輸入參數是有製程能力小於1.33如圖5所示。

圖5 輸入參數具低Cpk值之製程能力分析

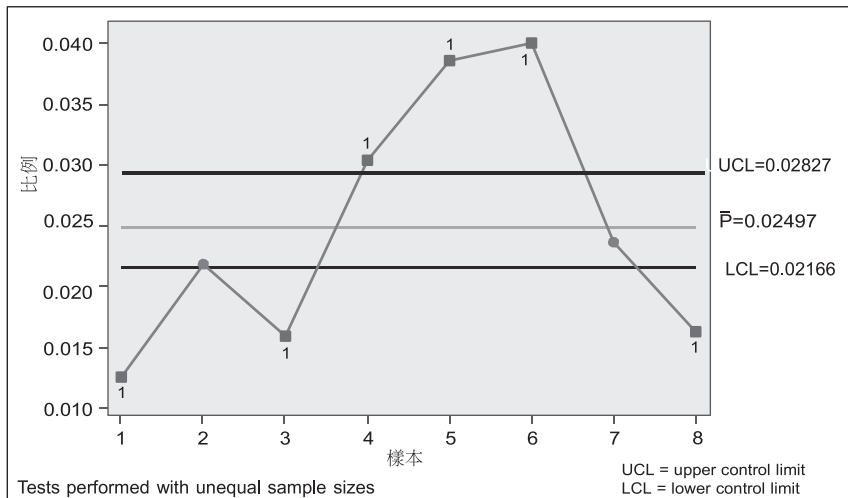


備註：* 在表4中說明了區域2下方溫度及區域3上方溫度

能力分析顯示出某些參數並非是受管制的而且並未集中在目標值的左右，這造成對輸出參數的不良管制；圖6顯示出一個

輸出參數的管制圖(彎曲與回火流程的缺點1—滾輪痕跡)。

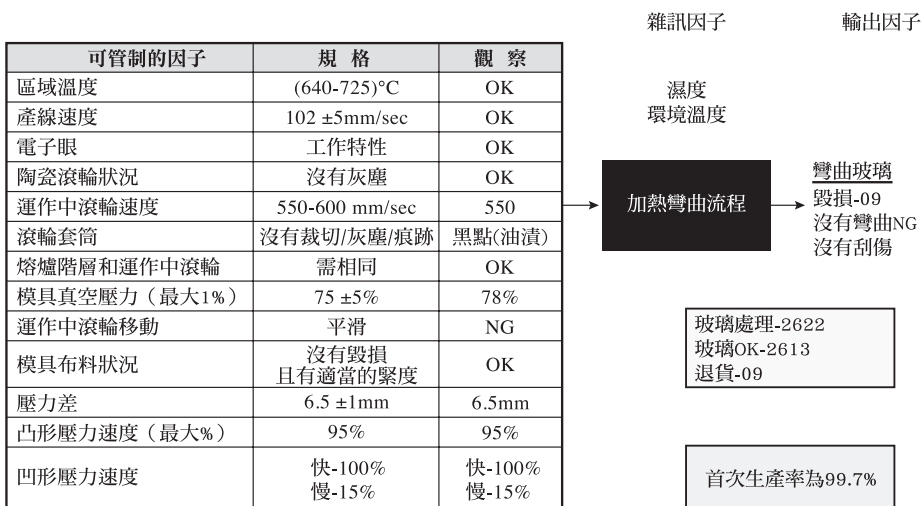
圖6 滾輪痕跡的p管制圖



在圖6中的p管制圖也刻劃出對輸出參數未做好管制，這需要加以改正。也是在這個階段，要對這三個次級流程的輸入參數加以文件化，這可利用輸入-輸出(I-O, Input-Output)表格和一個要因圖加以完成。圖7顯示出加熱彎曲流程的I-O表格(彎曲與

回火流程的零件)。對加熱彎曲流程(99.7%)-高的、首次生產率(FTY, First-Time Yield)所持的理由為熔爐的加熱及彎曲階段是不易接近的，而且在加熱和彎曲流程期間不可能偵測出所有所發生的缺點。

圖7 彎曲流程的輸出輸入表格



所有的這些缺點是在最終的檢驗階段期間才被發現的，根據專家的流程專業技能，要想像出缺點正在發生是有此可能的。99.7%的FTY只涵蓋彎曲流程期間所打破的玻璃，在那個範圍程度上他並未有來自彎曲流程的其它缺點。

此一I-O表格凸顯出某些流程的基本條件並未被遵循(如在製程能力分析上所敘述的)，這些異常使用某些快贏(quick-win)的機會加以改正，在流程中改正了基本的差異之後，則必須要從所有的可能原

表3 彎曲與回火流程的要因矩陣

	缺點			
	彎曲 NG	氣流噴頭毀損	滾輪痕跡	
客戶的優先權	9	9	9	
輸入				總數
玻璃溫度	3	9	3	135
產線速度	9	9	9	243
密封狀況	3	1	3	63
加熱器狀況	3	3	1	63
區域 1 上方溫度	9	9	9	243
區域 1 下方溫度	9	9	9	243
區域 2 上方溫度	9	9	9	243
區域 2 下方溫度	9	9	9	243
區域 3 上方溫度	9	9	9	243
區域 3 下方溫度	9	9	9	243
區域 4 上方溫度	9	9	9	243
區域 4 下方溫度	9	9	9	243

1、3和9表示輸入參數對輸出參數影響的評價

1 = 弱共相關 3 = 中共相關 9 = 強共相關

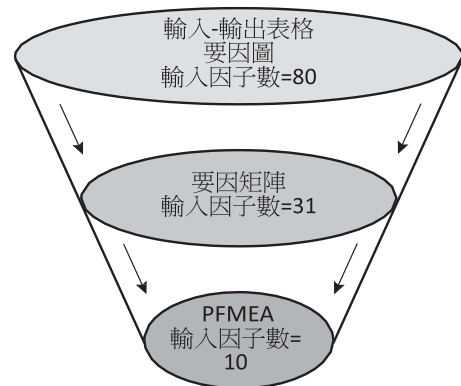
經過過濾後我們只留下10個潛在的原因以說明在彎曲與回火流程的缺點，一個類似的過濾程序也對前製程和印刷流程實施，經過過濾後的潛在原因數量為：

1.前處理的潛在原因—6個

因中過濾出潛在的原因。

使用一個要因矩陣以過濾出與缺點有高度相關程度的原因，表3顯示出彎曲與回火流程的一個要因矩陣之部分例子，被凸顯的那些原因是具有高度相關性的缺點。這些高相關性的輸入參數進一步的使用失效模式與效應分析(FMEA, Failure Mode and Effects Analysis)加以過濾出一個高程度的發生率，圖8顯示出對彎曲與回火流程的過濾程序。

圖8 彎曲與回火流程的漏斗流程



PFMEA=製程失效模式與效應分析

(Process Failure Mode and Effects Analysis)

2.印刷流程的潛在原因—7個

3.彎曲與回火流程的潛在原因—10個

在確定每個次流程的潛在原因後，很自然地要進行到分析階段以執行必要的流程參數之確認。

分析階段

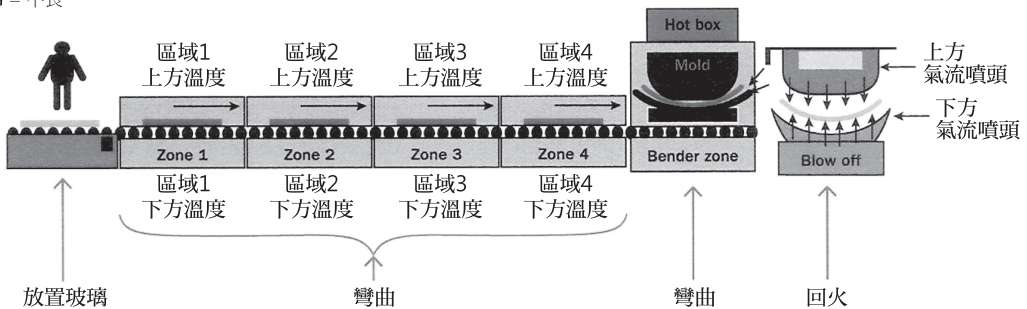
原因的確認是分析階段的一部分，在此我們可以透過圖解與統計的分析以進一步地刪除某些因子；為了完成這道程序，

在所進行的流程中針對所有潛在的原因及缺點蒐集資料，借助SME的幫忙設計了資料蒐集的表格，表4顯示出針對彎曲與回火流程設備之資料蒐集的表格設計。

表4 彎曲與回火流程設備之資料蒐集的表格設計

日期	班別	主產線速度	區域1上方溫度	區域1下方溫度	區域2上方溫度	區域2下方溫度	區域3上方溫度	區域3下方溫度	區域4上方溫度	區域4下方溫度	彎曲 NG	氣流噴嘴毀損	滾輪痕跡
02/14/2014	第三班	103	645	640	670	665	705	700	715	705	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	645	640	670	665	705	700	715	705	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	645	640	670	665	705	700	715	705	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	645	640	670	665	705	700	715	705	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	645	640	670	665	705	700	715	705	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	647	639	673	665	707	700	724	712	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	647	639	673	665	707	700	724	712	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	647	639	673	665	707	700	724	712	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	647	639	673	665	707	700	724	712	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	647	639	673	665	707	700	724	712	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	650	642	672	666	708	700	721	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	650	642	672	666	708	700	721	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	650	642	672	666	708	700	721	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	650	642	672	666	708	700	721	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	650	642	672	666	708	700	721	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	646	640	673	665	703	700	724	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	646	640	673	665	703	700	724	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	646	640	673	665	703	700	724	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	646	640	673	665	703	700	724	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	646	640	673	665	703	700	724	710	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	647	641	672	664	708	700	726	712	OK	OK	NG
02/14/2014	第三班	103	647	641	672	664	708	700	726	712	OK	OK	OK
02/14/2014	第三班	103	647	641	672	664	708	700	726	712	OK	OK	NG

NG = 不良



抽取900片的玻璃資料(每30分鐘有10片玻璃)以深入了解狀況，其中缺點已產生，因此可以建立流程參數的適當相互關係，圖9—由表4的實際觀察中取得—是執行一個分析的說明圖以確認必須對缺點擔負起責任的是有哪些因子。

在這個個案的輸入參數是連續性的而且缺點是離散變數，必須在圖解分析上使用一個區間圖加以分析，而在統計分析上

使用二元邏輯迴歸加以分析。在前製程及印刷流程為了確認原因所做的資料蒐集，其輸入參數有連續性的和離散性的，而缺點是離散性的(OK/NG)，因此，需要使用one-proportion檢定以確認原因。圖9顯示出每個次流程的圖解與統計的分析例子，凸顯在圓圈中的p值 <0.05 ，意味著針對缺點再次加以檢定得出結果為這些原因仍是有效的。

圖9 圖解與統計的分析例子

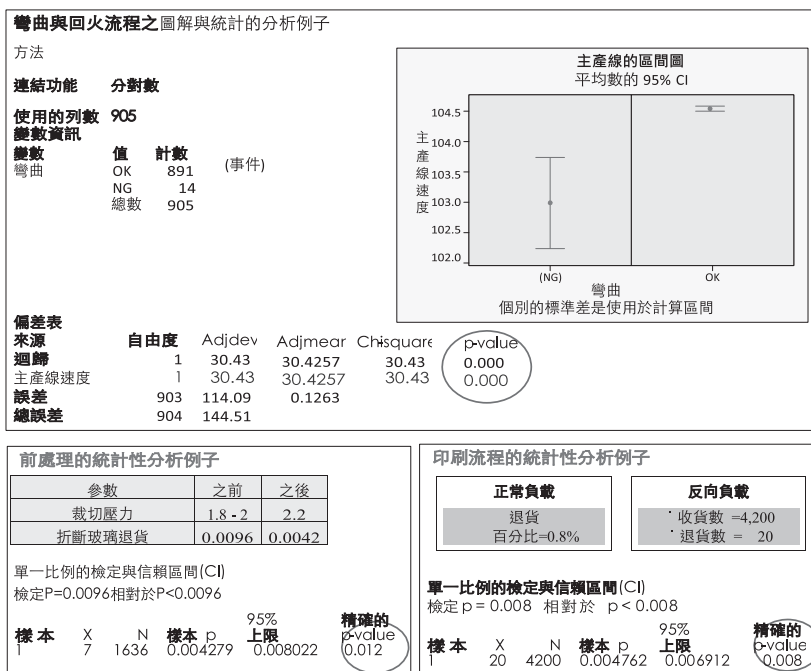


表5 三個次流程的有效原因表列

相類似地，針對這三個次流程的所有潛在原因再次加以確認，有效的原因表列在表5上。在發覺出所有的有效原因之後，則要將他們最佳化；最佳化是改善階段的一部分，而且在本個案研究中相當成功地被執行著。

前處理		印刷流程		彎曲與回火流程	
1	解除裁切	1	隔離材料	1	主產線速度
2	折斷壓力	2	反向負載	2	區域 1 上方溫度
3	折斷制動器高度	3	濕膜厚度	3	區域 1 下方溫度
4	裁切壓力	4	烘乾機溫度	4	區域 2 上方溫度
				5	區域 2 下方溫度
				6	區域 3 上方溫度
				7	區域 3 下方溫度

改善階段

可以使用迴歸分析及實驗設計(DoE, Design of Experiment)以達到最佳化，迴歸所使用的是被動的資料亦即是在資料蒐集後再進行分析，但是DoE則是對資料的蒐集採取主動式的方式，亦即事先規劃你將如何以及何時蒐集你的資料⁵。利用DoE你可以封鎖對其他的雜訊之處理，以確保所看到的訊號是來自於所挑選的因子⁶。

由於資料蒐集的被動特性，利用迴歸你已完成限制了雜訊的管控⁷；而經由DoE你對量測系統的準確性比使用迴歸可以有更多的管控權⁸。因為本個案研究沒有歷史性的資料可供使用，所以最後決定要使用DoE以最佳化製程。

DoE被定義為是一套系統化的程序，在管控的條件下進行，作為發現一個未知

的效應，以檢定或建立一個假設、或是圖解說明一個已知的效應⁹。當分析一套製程時，經常使用實驗以評估製程的輸入對製程的輸出有一個顯著的影響，以及訂定那些輸入要達到甚麼樣的目標水準才得以能達到一個預訂的輸出結果¹⁰。

在這一點上可以使用實驗性的設計，以達到最高的槓桿以降低設計的成本，並加速設計的流程、降低最近的工程上之設計與程序上的變更、並減少產品的物料及勞工的複雜度¹¹。

在本個案研究中，在諮詢SMEs後規劃出本設計，表6顯示出所執行的實驗表列及假設檢定，每個次流程的實驗也表列上去，在此僅針對彎曲與回火流程的DoE加以詳述如後。

表6 所有三個次流程所執行的實驗表列

流程	編號	實驗/假設 細節	要改善的缺點
前處理	1	裁切壓力、折斷壓力以及折斷制動器高度的實驗設計	折斷玻璃
	2	採取解除裁切以裁切玻璃	折斷玻璃
印刷流程	3	以濕膜的厚度及烘乾機的溫度進行假設檢定	印刷錯誤
	4	以新材質的分隔裝置試驗	印刷錯誤
彎曲與回火流程	5	以主生產線、區域1上方及下方溫度、區域2上方及下方溫度、區域3上方及下方溫度進行假設實驗設計	彎曲不良、氣流噴頭毀損、滾輪痕跡

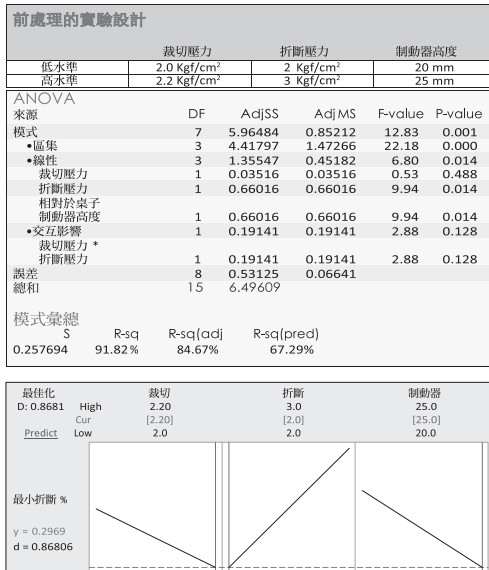
這三個實驗簡述如下：

1. 前處理實驗一進行的DoE有裁切壓力、折斷壓力以及折斷制動器高度以降低折斷碎片而被退貨。設計一個三因子解析度III(Resolution III)的設計有四個區集

以及16個處理以進行實驗。決定每一個處理對400個玻璃加工，此一設計以及為了缺點和分析所蒐集到的資料如圖10所示。



圖10 實驗設計和資料蒐集及其分析



日期	裁切壓力	折斷壓力	制動器高度	玻璃折斷%
1	2	3	25	1.5
1	2	2	20	1.75
1	2.2	3	20	2.25
1	2.2	2	25	0.75
2	2	2	25	0.5
2	2	3	20	1.5
2	2.2	3	25	1.25
2	2.2	2	20	1
3	2	3	20	0.25
3	2.2	2	20	0
3	2	2	25	0
3	2.2	3	25	0.25
4	2.2	3	20	0.75
4	2	3	25	0.75
4	2.2	2	25	0.25
4	2	2	20	1

從統計的角度看，裁切壓力和折斷壓力之交互作用應該已被忽略掉了，但是在SMEs的忠告之下，又將此納入因為這個參數的顯著水準大約是88%，利用Minitab以最佳化這些設定：

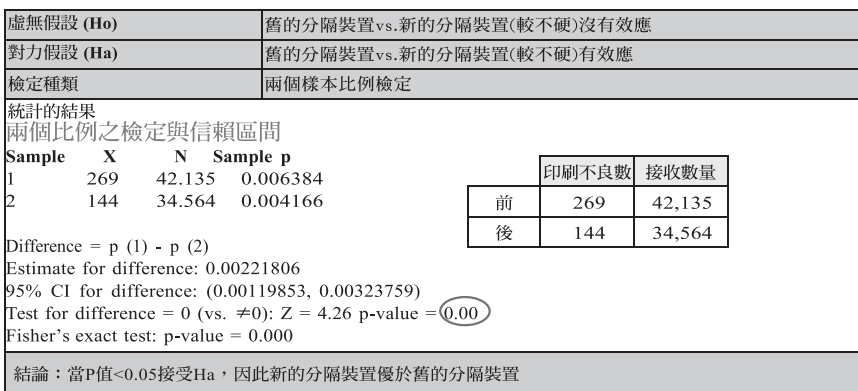
- 裁切壓力：2.2公斤力/平方公分
- 折斷壓力：2.2公斤力/平方公分
- 制動器高度：25釐米

將這些設定在生產線上實施執行，其將產生前處理產量的提升如圖13所示，很清楚地前處理產量已超越目標產

量99.5%，並且在這個水準上一直維持得很好。

- 2.印刷流程實驗—實驗使用新的間隔裝置(使用於區隔集貨架上的玻璃)具有較小的硬度以減少印刷錯誤的退貨。使用新的間隔裝置以生產34,564片的玻璃樣本，因印刷錯誤(印刷流程的缺點¹)的退貨資料與歷來的印刷錯誤的退貨相互比較，其詳細的分析顯示在圖11中，其p值為0.000表示印刷錯誤的退貨於採用新的較小硬度之間隔裝置有顯著地降低。

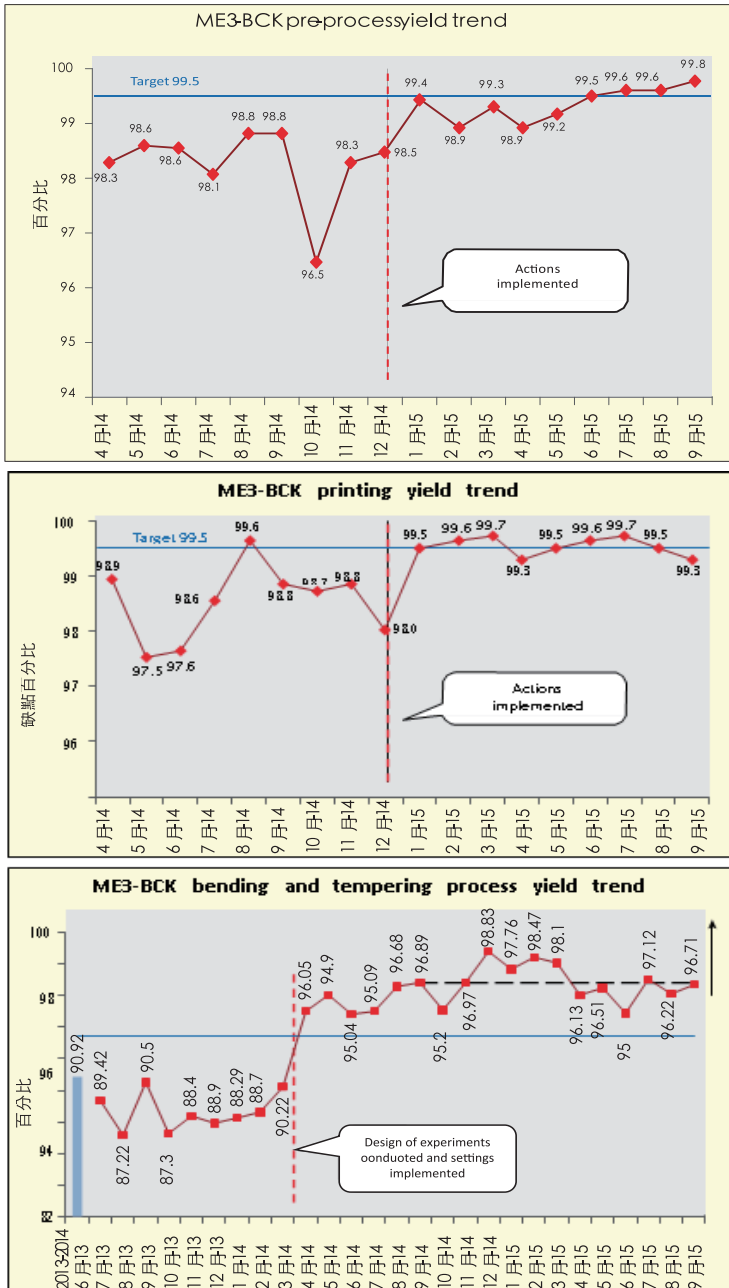
圖11 印刷流程的假設分析



相似地進行其他的實驗並在生產線上採取相應的對策，這些措施提升了印刷流程的產量如圖13所示，產量的圖

形顯示印刷流程的產量超越了99.5%的目標，而且在這個水準上一直維持得很好。

圖13 所有的三個次流程之流程產量趨勢圖



3. 彎曲與回火流程實驗一以主產線速度、區域1上方溫度、區域1下方溫度、區域2上方溫度、區域2下方溫度、區域3上方溫度、區域3下方溫度做DoE以減少彎曲的不良、氣流噴頭毀壞以及滾軸痕跡的

退貨。

此一特別的實驗是將彎曲與回火流程的輸入參數最佳化加以完成，在跨功能小組的成員間加以討論得出如表7所示的選定2個因子水準。

表7

因子	低標準	高標準
主產線速度	102 mm/sec.	108 mm/sec.
區域 1 上方溫度	635°C	655°C
區域 1 下方溫度	630°C	650°C
區域 2 上方溫度	655°C	675°C
區域 2 下方溫度	650°C	670°C
區域 3 上方溫度	695°C	715°C
區域 3 下方溫度	690°C	710°C

當在 2^k 因子設計的因子數量增加時，為了完整的複製設計則所需的連數快速地增長遠遠超過大部分的實驗者¹²，在一個生產場所的一項實驗要考慮到這麼多的連數是不可能的。在篩選實驗期間主要是使用部分因子設計，其可以客觀地納入並使用很多的因子，以鑑別出有大效應的因子¹³。在一個兩個水準七個因子的設計中，將需要128個處理以完成一套的實驗；通常我們較喜歡使用部份的設計，因其有最高可能的解答以符合所要求的分別程度。

有關忽略交互作用以獲得結果的唯一解釋¹⁴，乃因較高的解答則會有較少的假設限制要求。理想上，全因子設計是最好的，只要一個交替方案不會減損準確度且可以減少處理的數量，則通常解法IV(Resolution IV)的設計是可被接受的，因為對兩因子的交互作用並沒有主要的效應相互交絡影響。在本個案中，設計一個有七個因子、Resolution IV、二個區集以及十六個處理的實驗，最後決定對每一個處理進行400片的玻璃，表8顯示出此一設計。

表8 彎曲與回火流程實驗的設計及資料的蒐集

日期 (區集)	主產線速度	區域 1 上方溫度	區域 1 下方溫度	區域 2 上方溫度	區域 2 下方溫度	區域 3 上方溫度	區域 3 下方溫度	彎曲 NG	氣流噴頭毀損	滾軸痕跡
1	108	655	650	675	670	715	710	0	0.01	0.0075
1	102	655	630	655	670	715	690	0	0	0.01
1	108	635	630	655	670	695	710	0	0	0.005
1	102	655	650	655	650	695	710	0	0	0.0025
1	108	655	630	675	650	695	690	0	0.0025	0.0025
1	108	635	650	655	650	715	690	0	0	0.0025
1	102	635	650	675	670	695	690	0	0	0.0025
1	102	635	630	675	650	715	710	0.0025	0	0
2	102	635	650	655	670	715	710	0.005	0.02	0
2	102	655	650	675	650	715	690	0	0.0125	0.0125
2	102	655	630	675	670	695	710	0.005	0.0075	0.005
2	108	655	630	655	650	715	710	0.0075	0	0.0025
2	108	655	650	655	670	695	690	0	0	0.005
2	108	635	650	675	650	695	710	0	0	0.02
2	102	635	630	655	650	695	690	0	0.005	0.0125
2	108	635	630	675	670	715	690	0	0	0.0075



製作一個共變數分析(ANOVA, Analysis of Variance)表，以確認該模型中的顯著因子，檢查因子效應的強度大小和方向通常是很重要的，如此得以決定哪些變數可能是重要的¹⁵，一般上ANOVA可以使用於確認這項說明¹⁶。使用表8的資料以產生ANOVA表，某些參數需要加以計算出來。下列針對氣流噴頭損壞提供計算的例子以產生一個ANOVA表：

· 總平方和(Total Sum of Square)= $0.0075^2+0.01^2+\dots+0.0075^2-(0.0075+0.01+\dots+0.0075)^2/16$
=0.000537

· 對照 $_{\text{主產線速度}} = (0.0075+0.005+\dots+0.0075)-(0.001+0.0025+\dots+0.0125)=-0.0325$
· 平方和 $_{\text{主產線速度}} = (\text{對比}_{\text{主產線速度}})^2/1 \times 2^{-3} = (-0.0325)^2/16 = 0.000066$
· 自由度 $_{\text{主產線速度}} = \text{主產線速度的水準}-2=2-1=1$
· 均方和 $_{\text{主產線速度}} = \text{平方和}_{\text{主產線速度}} / \text{自由度}_{\text{主產線速度}} = 0.000066/1=0.000066$

相類似的方法，對所有的參數計算其平方和(SS)、自由度(DF)、均方和(MS)、F值和p值。針對氣流噴嘴毀損的完整之ANOVA表如圖12所示

圖12 氣流噴嘴毀損的ANOVA

ANOVA					
來源	DF	Adj SS	Adj MS	F值	P值
模式	5	0.000433	0.000087	8.34	0.002
•區集	1	0.000066	0.000066	6.35	0.030
•線性	3	0.000161	0.000054	5.15	0.021
主產線速度	1	0.000066	0.000066	6.35	0.030
區域1下方溫度	1	0.000047	0.000047	4.55	0.059
區域3上方溫度	1	0.000047	0.000047	4.55	0.059
交互影響	1	0.000207	0.000207	19.89	0.001
區域1下方溫度*					
區域3上方溫度	1	0.000207	0.000207	19.89	0.001
誤差	10	0.000104	0.000010		
總和	15	0.000537			

模式彙總			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0032234	80.65%	70.98%	50.48%

p值意味著對氣流噴嘴毀損該模型中所有的專有術語都是顯著的，而且R²值是80.65表示該模型中的所有專有術語說明了在氣流噴嘴毀損的80.65%的變異。

對氣流噴嘴毀損的資料以Minitab分析產生下列的等式：

氣流噴嘴毀損=0.0036-0.002生產線速度+0.0017區域1下方溫度+0.0017區域3上方溫度+0.0036區域1下方溫度*區域3上方溫度

相類似的方法，對滾軸及彎曲NG的等式和ANOVA表也用公式表示，運用相似的方法，下列是滾軸及彎曲NG的等式：



- 滾軸痕跡=0.00625+0.00313生產線速度*區域3下方溫度
- 彎曲NG=0.00125+0.00125區域3下方溫度-0.000938生產線速度*區域2下方溫度

在此階段要最佳化這些缺點是相當容易的，因為已使用Minitab取得模型的等式，目標是要降低彎曲與回火流程的所有三個缺點。一直重複可以得到輸入參數的最佳水準，也可使用Minitab以最佳化參數，所得到的最佳化設定為：

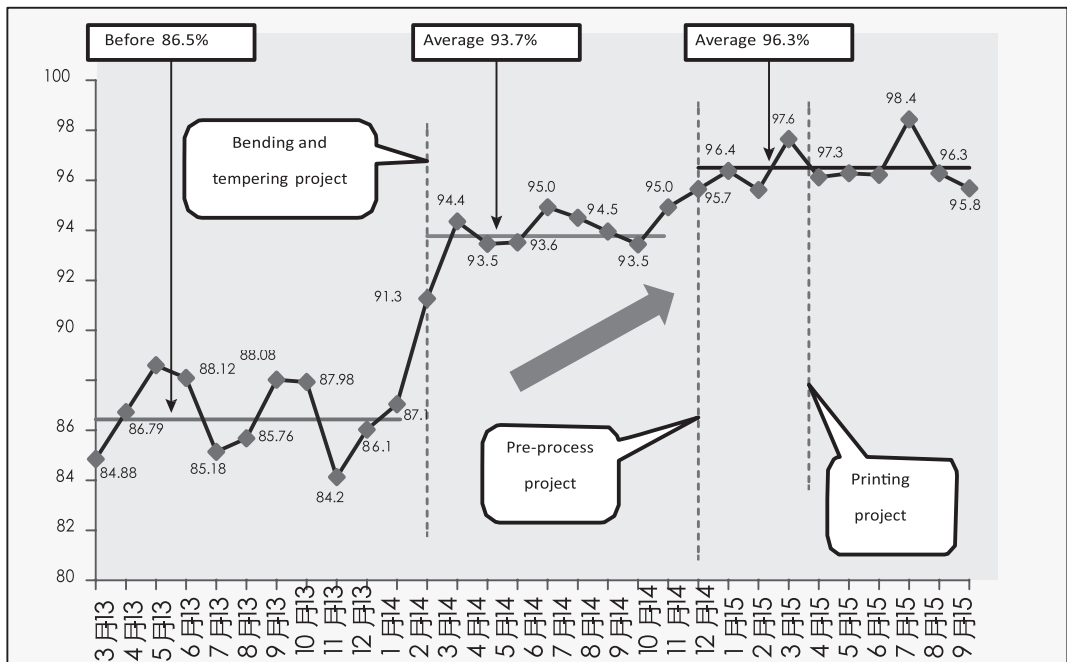
- 主力生產線速度：102 mm/sec.
- 區域1下方溫度：650°C

- 區域2下方溫度：650°C
- 區域3上方溫度：695°C
- 區域3下方的溫度：710°C

將早先的設定應用到製程中，如圖13所示在彎曲與回火流程產量得到突破性的改善，很明確地流程的產量已超越目標93.5%，並且在97%這個水準上一直維持得很好。

結合所有的三個次流程在一起，在圖14中所示為流程產量得到9.8%的改善。根據統計性的資料證據確認有改善，監督日常的資料以查核所採取的措施是有效的。

圖14 結合三個次流程之全部的流程產量



管制階段

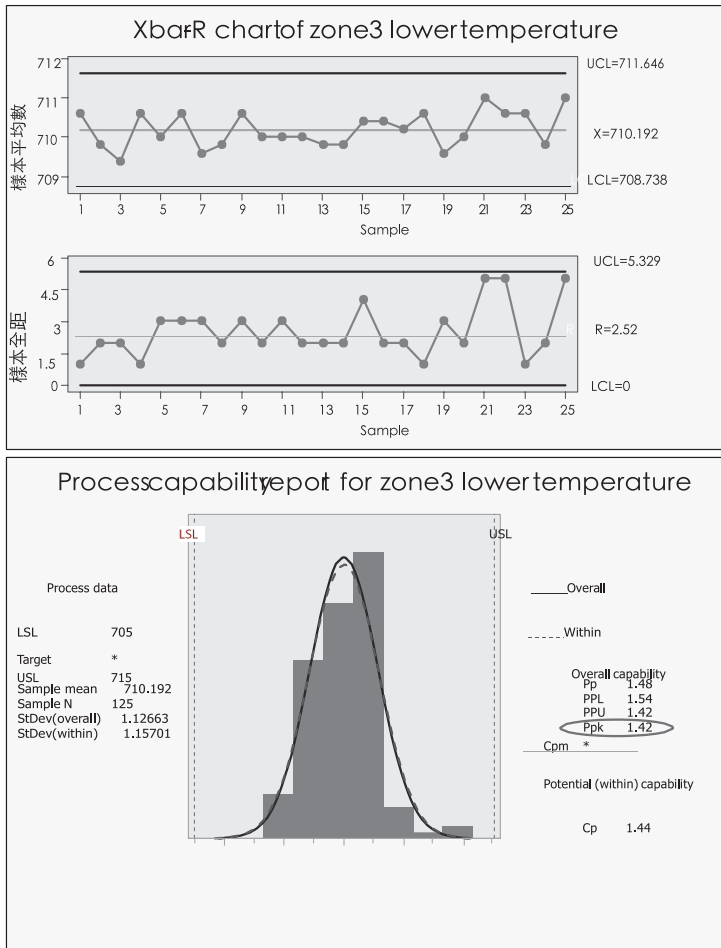
維持所執行的改善具有積極長期的企業影響是很重要的，管制階段企圖要保有在改善階段所取得的獲益；也必須採取措施以確保其他的產品或流程，不要再歷經已獲得解決之相類似的失敗¹⁷。引進一套

管制計畫以維持結果是根本之道，表9顯示出針對彎曲與回火流程的部分管制計畫，其是經過諮詢跨功能小組後所做的最後決定。對前處理和印刷流程也開發出類似的管制計畫，它們皆有助於維持改善的獲

益。使用管制圖以確認管制的有效性，並執行常態和能力分析以查檢流程的變化。圖15顯示出區域3下方溫度之管制圖，其顯示出製程參數都在管制界線內。也透過製

程能力研究，分析出不同的製程參數是可以勝任的，圖15中顯示出區域3下方溫度之樣本，它也顯示出Cpk為1.39其高於1.33因此被視為是可以接受的。

圖15 改善後之樣本管制圖及製程能力分析



共相關性與企業矩陣

本個案研究的改善相當獲得管理階層的賞識，該倡議使得每年的再發防止節省相當多獲利大約是美金230,000，本專案幫助管理階層了解到Six Sigma對製程改善的價值，並決定要將Six Sigma嵌進到公司問題解決的方法中。

本研究不只是降低了缺點，他也使團隊了解到問題解決所使用之統計工具之重要性。即使Six Sigma工具已成功地應用到本研究的玻璃製造流程，其全部的方法也可以應用到任何的產業，其Y=f(x)和目標達到最佳化輸入參數也可以改善流程產量。



思考不同的方法

在日新月異又競爭的市場中，任何行業都需要製作高品質低成本的产品，每個組織必須奮鬥不懈以符合這些重要的要求。為了在如此的情況下仍能有所獲利，因此降低製程中的缺點以削減製造成本是唯一的方法；這特別的適用於當原始設備製造商(OEM),年復一年的要求從他們的供應商降低零件的價格。

只要產品的品質受到關注，針對供應商的產品在其生產線上或是從顧客的觀點上所觀察到的缺點，OEMs也要求提供一套詳細的分析對策(A3報告)。A3報告是一個相當強而有力的工具，它建造了一套具體的架構以實施PDCA(Plan-Do-Check-Action)的想法，對問題提供洞察力以界定其原因¹，該工具開始是由豐田(Toyota)公司所開發出來的，一直都是Toyota生產系統的核心²。

品質方法

雖然有很多的製程改善方法是使用統計學解決，但精實Six Sigma已成為一個成本有效的方法³。Six Sigma不同於傳統的問題解決方法，因為在採取改善措施之前它要求要有要因的證據，因為對大多數的組織而言，改善措施所能利用的資源相當有限⁴。Six Sigma是摩托羅拉(Motorola)公司在理解到每年要花5到10%的年收入以改正不良的品質⁵後，在1980年初由其所構思與開發出來的。

精實Six Sigma是一個著重製程的方法，其乃使用於組織內要做根本又重要之變更的一個工作方法。Mikel Harry曾說過組織在一個3 σ 的水準之下運作，當他們所有的資源投入到希望達到6 σ ，則可以期待每年有1 σ 的轉換改善⁶。於是，組織將經歷：

- 利潤改善20%
- 生產力提升12至18%
- 員工數減少12%
- 資本支出減少10至30%

當你認為每年將要求有1 σ 的改善直到達到6 σ 的目標，這可能是一個艱困的目標。假使獲得高階管理階層的承諾以及一位倡議者從開始到結束帶領每個專案計畫，就產量、生產力和客戶績效而言，6 σ

必定改善組織的績效水準。

想想6 σ 是著重在以各個專案計畫的方式取得改善，作者群認為在一般的情況下，使用Six Sigma的方法，玻璃製造商似乎可以產生較佳的結果。Six Sigma為了將重要的輸入和製造的最小變異以及業務的流程⁷等能發揮功效，以達到尋求改善製程輸出的品質。Six Sigma是一項業務改善的策略著重在改善產品、製程和利潤；它賦予組織改善績效以刪除有缺陷的製程和在產品上及服務上的缺點⁸。不同的統計工具一例如依據資料所做的假設檢定和統計證據一已被使用於改善製程。

如早先所提到的，本研究描述一個可以運用到各個產業的簡單方法—不只是汽車玻璃製造商一使用最小的努力以最佳化輸入因子以影響製程以改善製程產量。—K.K.,K.K.和S.Y.

參考文獻

- 1.Durward K. Sobek II and Art Smalley, Understanding A3 Thinking, Productivity Press, 2008.
- 2.John Shook, Managing to Learn, Lean Enterprise Institute, July 2010.
- 3.Vijaya Sunder and Jiju Antony, "Offshore Output," Six Sigma Forum Magazine, May 2015, pp. 8-20.
- 4.Chew Jian Chieh, "Six Sigma Basics: DMAIC Like Normal Problem Solving," Feb. 26, 2010, iSixSigma, www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/dmaic/six-sigma-basics-dmaic-normal-problem-solving.
- 5.Mikel J. Harry and Richard Schroeder, Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations, Doubleday, 2000.
- 6.Ibid.
- 7.Mikel J. Harry, Prem S. Mann, Ofelia De Hodgins, Chris Lacke and Richard Hulbert, Practitioners Guide for Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements, Wiley, 2010.
- 8.Joseph De Feo and William Barnard, Juran Institute's Six Sigma Breakthrough and Beyond: Quality Performance Breakthrough Methods, McGraw-Hill Professional, 2004.

註釋及參考文獻：

1. Value-added (VA) steps are those that change the shape of the product that the customer is willing to pay for. VA steps are done right the first time. Similarly, nonvalue-added (NVA) steps are those that may be necessary to complete production, but they do not change the shape of the product. This type of NVA is called a business NVA (muda type one) activity. The other type of NVA activity is muda type two, which means waste, and can be avoided.
2. Forrest W. Breyfogle III, *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods II*, John Wiley & Sons, 2003.
3. Automotive Industry Action Group (AIAG), *AIAG Measurement System Analysis Reference Manual*, fourth edition, 2010.
4. Ibid.
5. iSixSigma, "How Is DOE Different From Regression," online forum discussion, April 8, 2008, www.isixsigma.com/topic/how-is-doe-different-from-regression.
6. Ibid.
7. Ibid.
8. Ibid.
9. Moresteam.com, "Design of Experiments," www.moresteam.com/toolbox/design-of-experiments.cfm.
10. Ibid.

11. Ibid.
12. Douglas C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, eighth edition, John Wiley and Sons, 2013.
13. Ibid.
14. Ibid.
15. Ibid.
16. Ibid.
17. Matthew Barsalou and Robert Perkin, "A Structured, Yet Flexible, Approach," *Six Sigma Forum Magazine*, August 2015, pp. 21-25.

資料來源：譯自 Kumar, Krishan;Kumar, Krishen;Yadav, Sumit. (Six Sigma Forum Magazine, November 2016) Breakthrough Solution, 16 (1), pp. 7-22



量子技術基本原理與應用發展

◎廖建興 博士 · 王智億

1. 前言

2016年8月中國發射了世界第一顆所謂的量子科學實驗衛星「墨子號」(Quantum Experiments at Space Scale, 簡稱QUESS)，該衛星於中國酒泉衛星發射中心搭載長征二號丁運載火箭發射升空，是設計於低軌道進行量子科學實驗的衛星，實現世界上首次衛星和地面之間的量子通信，並且首次驗證一對纏結光子被分發到遠距離下仍可以保持纏結的理論預言。墨子號量子衛星主要目的是要進行太空與地面之間量子密鑰分發的實驗，並且將在此基礎上進行實驗廣域量子密鑰網路(quantum cryptography internet)，以為空間量子通訊實用化作準備，除具有科學意義及實用價值外，並期望能在量子太空競賽中掌握主導地位。2017年6月，墨子號首先成功實現將兩個量子纏結光子被分發到相距超過1200公里的距離後，仍可繼續保持其量子纏結(quantum entanglement)的狀態。中國並已是目前世界各國針對量子科技至少為第二大投資發展之大國[1-2,9]。

古典物理的極限使得量子物理得以崛起。由於量子力學的一些特性，使得量子電腦相較於傳統古典電腦在速度上及容量上更具優勢，量子密碼根據量子力學的測量理論使資訊得到更大的安全性，以往只能在科幻片中出現的量子隱形傳輸方式，如今已成為可能。然而，何謂量子？何謂量子力學？何謂量子資訊？何謂量子計算？何謂量子纏結？何謂量子傳送？等，此些便是本文陸續所要探討之問題。同時本文並整理探討在量子基本理論發展演進及量子技術相關之發展研究情形，希使讀

者能較有系統地了解量子相關重要理論、技術內涵及發展情形。

2. 量子力學理論演進[3]

科學已經能破解所有宇宙和生命的奧秘了嗎？可以說，今天的科學技術只是認知世界的初級階段而已，雖然說比起幾百年前科學證實了地球是圓的(是繞着太陽轉)的階段，其實只進步了一些而已。浩瀚宇宙與極微粒子仍難窺其項背，因此，在探討所謂量子技術(Quantum Technology)之前，可能便要先來探討一下科學仍不及之巨觀與微觀的宗教物理世界究竟為何？佛家講，一粒沙粒裡便有一千個大千世界，又說，色即是空，空即是色，“色”所指的便是一切物質，“空”所指的或便是一切“非物質”(能量波?)。那麼在宇宙邊界外是什麼東西呢？有所謂的“邊界”嗎？一粒沙粒內的大千世界又是什麼東西呢？有所謂的最小粒子嗎？莊子雜篇天下章中，曾有一段有關莊子與惠施有關宇宙的對話，惠施說：「至大無外，謂之大一。至小無內，謂之小一」。“至大無外”是目前宇宙學(Physical Cosmology)對宇宙大小的解釋：宇宙範圍非常大，但是仍然沒有邊界(科學已證明仍膨脹中?)，當然也就沒有所謂“外面”；“至小無內”是基本粒子的定義：基本粒子非常小，沒有任何的內部結構。“至大無外”的宇宙學與“至小無內”的基本粒子(Fundamental Particle)在物理學中其實有緊密的連結。基本粒子學說剛開始是用來解釋最簡單的原子核(nucleus, 10^{-15}m)的結構，其由質子(proton)及中子(neutron)



構成，而質子及中子又由夸克(quark)構成(10⁻¹⁸m)，夸克再往下可能便是一股無形的能量了。而原子核與電子(electron)組成了原子(atom, 10⁻¹⁰m)、分子(molecule)、星系(galaxy)、星團(cluster)，乃至整個宇宙(universe)。

量子力學(Quantum mechanics)便是研究微觀粒子的運動規律的物理學分支學科，它主要研究原子、分子，以及原子核及基本粒子等結構及性質的基礎理論，其與相對論(Theory of relativity)共同構成了現代物理學的理論基礎。量子力學不僅是近代物理學的基礎理論之一，而且在有關學科和許多近代技術中也獲得廣泛應用。從科學演進而言，量子理論發展時間最早可以追溯到1900年普朗克(Plank)，為解決黑體輻射的問題時開始。1925年海森堡(Heisenberg)發表了矩陣力學，之後薛丁格(Schrödinger)發表了波動力學(Wave dynamics)；同年波恩(Born)提出了波函數的機率振幅概念，顛覆古典物理世界的實在觀。1927年海森堡發表了測不準原理(uncertainty principle)，陳述如確定粒子位置(position)，將使其動量(momentum)不確定性增加；相反的，如精確測量粒子動量，將使它的位置的不確定性增加，位置與速度無法同時精確地被定義。當利用波動理論來描述粒子時，如確定粒子的位置(也就是波的位置)，而與粒子速度有關的動量(所代表的就是波的波長)，將無法被確定。因此，當波傳播時，粒子的位置將不確定到某種的程度，當波長無法清楚的定義時，動量亦將不確定到某種程度。

1935年，愛因斯坦(Einstein)與其在普林斯頓高等研究院的助手波多爾斯基(Podolsky)及羅森(Rosen)等3人當時認為以測不準原理來解釋量子力學並不完善，於是發表了一篇論文，並以署名的三位物理學家名字的第一個字母命名，稱為EPR悖

論(EPR paradox)。文章設想了一個思想實驗：假設A、B兩個粒子交互作用後彼此遠離。雖然測不準原理指出：位置越精確則動量越不確定，反之亦然。但我們可以只測量A粒子的動量，而根據守恆定律推算出B粒子的動量；同時我們只測量B粒子的位置，也可得知A粒子的位置。如此一來，我們就可以同時知道兩個粒子的動量與位置，但量子力學卻無法同時表述出這兩個物理量的值，可見它並不完善(incomplete)。薛丁格針對此篇EPR論文，用量子纏結(Quantum entanglement)這個名詞來稱呼此二個產生交互作用的粒子，指出其荒謬之處。然而量子世界中似乎真的存在超距作用。1964年愛爾蘭物理學家貝爾(Bell)提出檢驗量子纏結是否存在的實驗方法(貝爾不等式)。等到1980年代技術成熟以後，許多實驗的統計結果都違反了貝爾不等式，代表量子纏結的確成立，貝爾不等式不成立也意味著愛因斯坦所主張的局域實體論(Local realism)，其預測不符合量子力學理論。至此，量子力學的基本原理已經建立。而隨著量子力學擴散至其他科學與技術領域，促使電晶體、積體電路與雷射等的發明，也促成半導體及光電等產業的蓬勃發展。可以說此一階段量子力學的基本原理發展改變了人們對於物質世界的微觀觀點。

1980年代開始，科學家開啟了將量子力學原理與資訊理論結合的構想。1980年貝尼奧夫(Benioff)提出圖靈機(Turing Machine)可以用量子力學的方式來操作的原理。1982年美國著名物理學家費曼(Feynman)認為圖靈機並不完善，並進而提出可逆計算的量子電腦模型。1985年杜奇(Deutsch)提出量子杜奇-圖靈機的量子電腦模型，並指出任何物理過程原則上都能極佳地以量子電腦來模擬。但是因為量子態的測不準現象及特性，以及量子系統容易



受環境雜訊干擾影響，使得量子電腦在實現困難。1994年蕭爾(Shor)發展並證明出第一套量子演算法：量子因式分解演算法，證明運用量子電腦能有效地進行大數值的因式分解。1996年葛洛弗(Grover)提出可以在巨量雜亂的資料中快速搜尋資料的量子搜尋演算法[4-7]。逐漸掀起了研究量子資訊的熱潮，世界各國的大學和研究機構都紛紛投入到量子計算的研究中，並運用諸如核磁共振(NMR)、深阱離子(Trapped ions)及固態半導體等各式系統來進行量子計算的研究。

另外，如從產業發展角度來看，促使產業進步的科學技術皆是以古典物理學為主。80年代前之量子力學理論發展，促成半導體產業技術的進步。然而，近年來隨著半導體產業在晶片製程之元件尺寸縮小，量子效應已經成為必需面對的難題，使業界遵循了數十年的摩爾定律即將面臨更大的挑戰及極限制。為了產業未來的持續發展，也為了追求更高速的運算能力，因此促使各國紛紛投入量子技術的發展。

3. 量子技術產業創新發展方向

圖1顯示量子技術主要產業創新發展方向，應可分為三個領域方向，即承襲奈米以降之半導體元件技術之量子元件(Quantum components)領域、量子資訊

(Quantum information)領域，以及量子通訊(Quantum communications)領域等。在產業上運用量子技術來創新發展。量子元件方面，像是量子疊加態(superposition state)及量子纏結對(或EPR pair)，其對於環境變化非常敏感，所以可以用來製造非常精確而靈敏的量子元件感測器。量子資訊方面主要可分量子計算(Quantum computing)及量子演算法(Quantum algorithms)兩領域，其係一門利用量子力學系統達成資訊處理與計算工作的新興研究學門。主要目的係以量子力學理論為基礎，設計出比古典理論更快速有效的資訊運算與處理方法，並進而發展出實現這些方法的實際量子元件裝置。量子計算概念主要運用量子位元疊加狀態，進行量子平行運算，就是將系統的相態做歸一轉換，當位元數目增加後，我們就可用它來模擬任何量子系統，甚至包含系統與環境的交互作用。希能在未來實現真正的量子電腦都。量子演算法係希能在量子電腦上運行的演算法，它利用了量子相關特性提高計算速度，如前述之Shor演算法及Grover演算法。量子通訊主要可分為量子傳輸(Quantum teleportation)及量子密鑰(Quantum cryptography)兩領域。量子傳輸係應用純量子隱形傳輸理論的量子通訊；量子密鑰則係將量子理論與傳統通信及加密技術結合的方法，融合了古典與量子通訊方法。

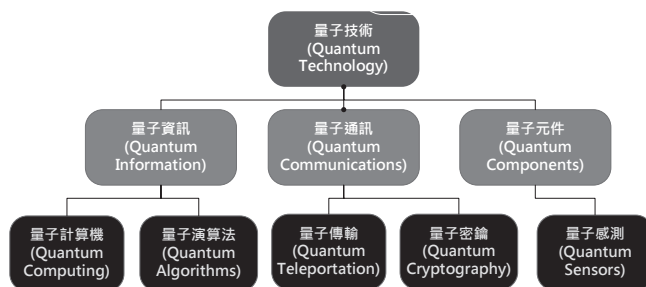


圖1：量子技術主要產業創新發展方向[2]

4. 量子資訊及傳輸基礎概論[8]

古典資訊本來就是離散的東西了，但是這與量子資訊(quantum information)不同。在一般的電腦裡，我們用電位的高低代表0與1，進而組成各種資訊。在所謂量子電腦裡，我們用原子的能階來代表資訊的0(標記為 $|0\rangle$)與1(標記為 $|1\rangle$)。一個位元的量子資訊可以是這兩個狀態的線性組合，代表該位元在某一瞬間的狀態稱為同相狀態(coherent states)，否則如受外界干擾而改變同相位狀態即可稱之為解非同相(decoherence)。量子電腦無論是對系統的時間、振幅、相位的要求均很嚴格。將量子資訊由一處「隱藏」地傳送至遠處，即可謂量子隱藏傳輸(quantum teleportation)。事實上，隨著未來量子電腦而來的革命性改變仍多，在計算方法、通訊方法，以及測量方法上，都會有相當大的改變。總之，在量子電腦及通訊成為事實以前，仍有許多技術需要創新發展，屆時，量子力學將會更加與吾人日常生活息息相關了。

(1) 量子位元(quantum bit: qubit)：古典資訊(即目前之0與1數位資訊系統世界)中，位元只能處在一個狀態，非0即1；而在量子資訊中，一個量子位元可同時具有 $|0\rangle$ 、 $|1\rangle$ 及其線性的疊加態，由此構成一個量子疊加態(superposition)。狀態疊加假設 $\{|n\rangle$ 為可能的量子狀態，則 $(\sum_j a_j |j\rangle)$ 也是一個可能的量子狀態。對應於量子計算，這表示量子電腦可以同時代表(傳統計算機)的許多狀態。狀態疊加時，依各狀態間的相位關係可能出現相長或相消的情形，這是古典計算機Boolean狀態所不具備的特徵稱為干涉性。如果我們用量子力學中之粒子(例如光子)來實現資訊中0與1的兩個狀態(標記為 $|0\rangle$ 與 $|1\rangle$)，則此種位元稱為量子位元，明顯地，傳統0與1僅為其特例位元狀態而以。如以量子位元來存儲和處理資訊，則稱為量

子資訊也。可以說，量子資訊與古典資訊最大的不同在於傳統電腦上用一個二元基底(basis)只能表示出0或1這二種可能狀態，因此在資料儲存量的表現上，量子位元便有其獨特的優勢。

- 單量子位元：若對量子位元進行一次量，只能給出0或1，量子位元的測量後的態為 $|0\rangle$ 或 $|1\rangle$ 。因此，從一次測量，吾人只能獲得關於量子位元態的一個位元的資訊。單個量子位元可表示為下式之疊加表示。

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \Rightarrow |\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \quad (1)$$

$$\left(|\alpha|^2 + |\beta|^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}^2 + \frac{1}{\sqrt{2}}^2 = 1 \right)$$

- 多量子位元：兩個經典位元，有4種可能狀態：00, 01, 10, 11。兩個量子位元有4個計算基態： $|00\rangle$ 、 $|01\rangle$ 、 $|10\rangle$ 與 $|11\rangle$ 。兩量子位元的重要量子態是Bell態或EPR對(如後述)，如 $(|00\rangle + |11\rangle) / \sqrt{2} = |\beta_{00}\rangle$ ，兩量子位元之間存在量子關聯。兩量子位元可表示為下式之疊加表示。

$$|\psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\Rightarrow |\psi\rangle = \frac{1}{2}|00\rangle + \frac{1}{2}|01\rangle + \frac{1}{2}|10\rangle + \frac{1}{2}|11\rangle \quad (2)$$

$$\left(|\alpha_{00}|^2 + |\alpha_{01}|^2 + |\alpha_{10}|^2 + |\alpha_{11}|^2 = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = 1 \right)$$

- (2) 量子邏輯閘(quantum logic gates)：正如古典之數位邏輯電路一樣，電晶體之設計組合便可組合成為數位邏輯閘(Logic gate)；而古典數位計算機之三種基本邏輯閘為AND, OR及NOT，其可組合而成任何複雜之邏輯關係電路。而量子邏輯閘則由量子位元態所組合而成，其作用是線性的。而用做量子邏輯閘的矩陣限制為只要單量子邏輯閘矩陣 U 為歸一矩陣(unitary)或稱酉矩陣或么正矩陣(即 $U^+U = I$)。此歸一性限制係對量子邏輯



閘的唯一限制，任意歸一矩陣則均可標定為有效量子邏輯閘。

- 量子X邏輯閘：作用於單量子位元的量子非邏輯閘，可以圖2之量子非邏輯閘(NOT gate)及(3)歸一矩陣描述。

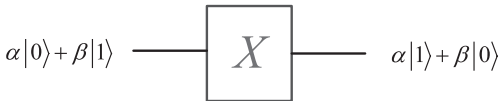


圖2：量子X邏輯閘(NOT)

$$X \begin{bmatrix} \alpha|0\rangle \\ \beta|1\rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha|0\rangle \\ \beta|1\rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta|0\rangle \\ \alpha|1\rangle \end{bmatrix} \quad (3)$$

- 量子Z邏輯閘：作用於單量子位元的量子Z邏輯閘，可以圖3之Z量子邏輯閘及(4)歸一矩陣描述。

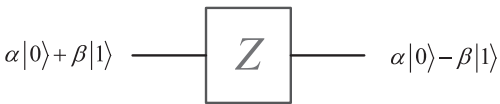


圖3：量子Z邏輯閘

$$Z \begin{bmatrix} \alpha|0\rangle \\ \beta|1\rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha|0\rangle \\ \beta|1\rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha|0\rangle \\ -\beta|1\rangle \end{bmatrix} \quad (4)$$

- 量子H邏輯閘：作用於單量子位元的量子H邏輯閘，可以圖4之H量子邏輯閘及(5)歸一矩陣描述。

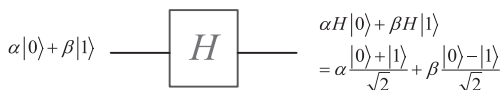


圖4：量子H邏輯閘(Hadamard)

$$H \begin{bmatrix} \alpha|0\rangle \\ \beta|1\rangle \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha|0\rangle \\ \beta|1\rangle \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} (\alpha+\beta)|0\rangle \\ (\alpha-\beta)|1\rangle \end{bmatrix} \quad (5)$$

- 量子CNOT邏輯閘：作用於單量子位元的量子CNOT控制非邏輯閘，可以圖5之量子邏輯閘及(6.1~2)歸一矩陣描述。假定U是作用在某n個量子位元上的任意歸一矩陣(定義可控U個)，其有單一個控制量子位元及n個目標量子位元。如果控制量子位元為0，則目標量子位元不發生任何變化；若控制量子位元為1，則U邏輯閘作用在目標量子位元上。

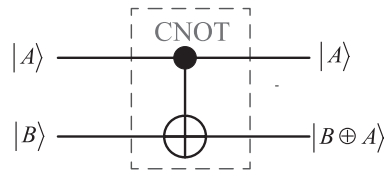


圖5：量子CNOT邏輯閘(Controlled NOT)

$$|AB\rangle \Rightarrow \begin{cases} |00\rangle \Rightarrow (|0\rangle+|1\rangle) \oplus |0\rangle \Rightarrow |00\rangle+|11\rangle \\ |01\rangle \Rightarrow (|0\rangle+|1\rangle) \oplus |1\rangle \Rightarrow |01\rangle+|10\rangle \\ |10\rangle \Rightarrow (|0\rangle-|1\rangle) \oplus |0\rangle \Rightarrow |00\rangle-|11\rangle \\ |11\rangle \Rightarrow (|0\rangle-|1\rangle) \oplus |1\rangle \Rightarrow |01\rangle-|10\rangle \end{cases} \quad (6.1)$$

$$CN \begin{bmatrix} |00\rangle \\ |01\rangle \\ |10\rangle \\ |11\rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} |00\rangle \\ |01\rangle \\ |10\rangle \\ |11\rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |00\rangle \\ |01\rangle \\ |11\rangle \\ |10\rangle \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

- (3)量子電路(quantum circuits)：正如古典數位計算機之三種基本邏輯閘為AND，OR及NOT可組合成任何複雜之邏輯關係電路一樣，量子基本邏輯閘亦可設計組合成任合量子電路。以下即舉貝爾量子電路及三個量子CNOT邏輯閘量子交換電路說明之。

- 貝爾量子電路：貝爾狀態(Bell state)量子電路主要由量子H邏輯閘及量子CNOT控制非邏輯閘組合而成，可以

圖6之量子邏輯閘組成量子電路。本電路可產生二位元量子纏結對(或稱貝爾狀態對及EPR對)(容後述)。二位元共四種之量子纏結對如(7)式所推導。

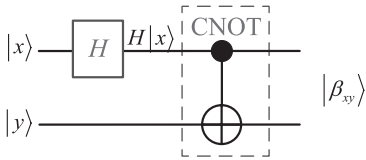


圖6：貝爾狀態(Bell state)量子電路

$$|AB\rangle \Rightarrow \begin{cases} |00\rangle \Rightarrow \frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}} \otimes |0\rangle \Rightarrow \frac{|00\rangle+|11\rangle}{\sqrt{2}} \equiv |\beta_{00}\rangle \\ |01\rangle \Rightarrow \frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}} \otimes |1\rangle \Rightarrow \frac{|01\rangle+|10\rangle}{\sqrt{2}} \equiv |\beta_{01}\rangle \\ |10\rangle \Rightarrow \frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}} \otimes |0\rangle \Rightarrow \frac{|00\rangle-|11\rangle}{\sqrt{2}} \equiv |\beta_{10}\rangle \\ |11\rangle \Rightarrow \frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}} \otimes |1\rangle \Rightarrow \frac{|01\rangle-|10\rangle}{\sqrt{2}} \equiv |\beta_{11}\rangle \end{cases} \quad (7)$$

- 三個量子CNOT邏輯閘量子交換電路：以包含有三個量子CNOT邏輯閘的量子線路為例(如圖7)，線路中的每條線不一定對應物理上的導線，它可能是時間流向，或許是從某處傳送到另處的物理粒子(如光子)。其實際效果是交換了兩個量子位元。

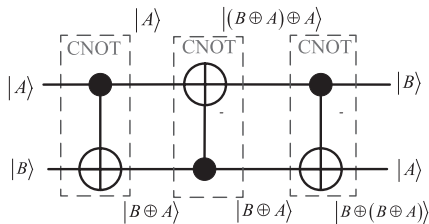


圖7：三個量子CNOT邏輯閘量子交換電路

(4)量子平行處理(Quantum Parallelism)特性：量子電腦速度為何能如此快速呢？

原來它的每一個位元都是同時有 $|0\rangle$ 及 $|1\rangle$ 存在而疊加在一起的。因此，從初始值開始，便同時代表了所有可能的狀態。所有可能的情況都一次計算完成了，此即是Deutsch所稱的量子平行處理。換言之，打個簡單譬喻，各種高低音樂器的和諧共鳴所組成的交響樂便是，當演出前，各種樂器先就調好各自的音準及狀態，當指揮一舉手便讓各自樂器依序依譜演出，共同發出美妙之交響樂曲。Deutsch並強調：量子並行性是量子電腦發揮其計算潛力的根源。

- Deutsch問題：黑盒子 $x \rightarrow f(x), x=0,1$ ； $f(x)=0,1$ ，若想知道此黑盒子究竟是constant(即 $f(0)=f(1)$)或balanced(即 $f(0) \neq f(1)$)，則古典計算方式需要兩次。以圖8之量子平行性評估電路為例，假定用量子黑盒來評估計算 $f(x)$ 功能，是否能“一次性地”並行判斷此黑盒之狀態？若作用在第二個量子位元 y 上的是 $|0\rangle$ ，則第一個量子位元 x 將不變($f(|0\rangle)$)；若第二個量子位元 y 上的是 $|1\rangle$ ，則第一個量子位元 x 將反轉($\text{flip}(f(|1\rangle))$)(類似於前述之CNOT受控非邏輯閘概念)，參(8.1)及(8.2)式。若作用在第一個量子位元 x 上的是，第二個量子位元 y 上的是 $(|0\rangle+|1\rangle)/\sqrt{2}$ ，則輸出將變為 $|f(0)\rangle/\sqrt{2}$ or $|f(1)\rangle/\sqrt{2}$ ，無法“一次性地”並行判斷，參(8.3)及(8.4)式。

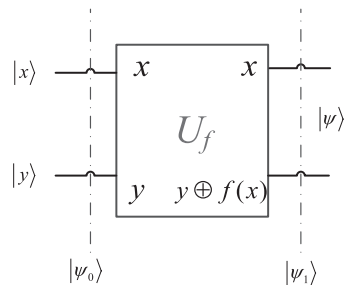


圖8：量子平行性評估電路

$$U_f : |x\rangle|y\rangle \rightarrow |x\rangle \cdot |y \oplus f(x)\rangle$$

$$\text{if } |x\rangle = |0\rangle, |y\rangle = |0\rangle \Rightarrow |\psi_0\rangle = |x\rangle \cdot |y\rangle = |0\rangle \cdot |0\rangle = |0\rangle \Rightarrow |\psi_1\rangle = |f(0)\rangle \quad (8.1)$$

$$\text{if } |x\rangle = |0\rangle, |y\rangle = |1\rangle \Rightarrow |\psi_0\rangle = |x\rangle \cdot |y\rangle = |0\rangle \cdot |1\rangle = |1\rangle \Rightarrow |\psi_1\rangle = |f(1)\rangle \quad (8.2)$$

$$\text{if } |x\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right), |y\rangle = |0\rangle \Rightarrow |\psi_0\rangle = |x\rangle \cdot |y\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot |0\rangle$$

$$\Rightarrow |\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|f(0)\rangle + |f(1)\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}|f(0)\rangle \text{ or } \frac{1}{\sqrt{2}}|f(1)\rangle \quad (8.3)$$

$$\text{if } |x\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right), |y\rangle = |1\rangle \Rightarrow |\psi_0\rangle = |x\rangle \cdot |y\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot |1\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\Rightarrow |\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|f(0)\rangle + |f(1)\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}|f(0)\rangle \text{ or } \frac{1}{\sqrt{2}}|f(1)\rangle \quad (8.4)$$

圖9顯示量子平行性評估電路(Deutsch's演算法)，式(9)顯示黑盒之通式表示式： $|\psi_2\rangle = |x\rangle \cdot ((-1)^{f(x)}(|0\rangle - |1\rangle) / \sqrt{2})$ ，式(10.1)~(10.3)顯示輸入二二元皆經過H量子邏輯閘轉換後之各個階段狀態之變化情形。假定用量子黑盒來評估計算 $f(x)$ 功能，即能“一次性地”並行判斷此黑盒之狀態， $|\psi_3\rangle = \pm(f(0) \oplus f(1)) \cdot (|-\rangle)$ 。

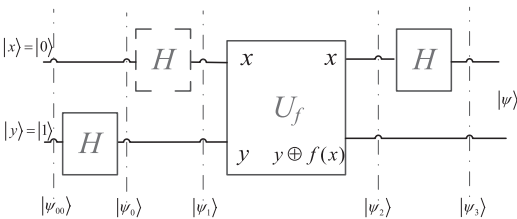


圖9：量子平行性評估電路(Deutsch's演算法)

$$U_f : |x\rangle|y\rangle \rightarrow |x\rangle \cdot |y \oplus f(x)\rangle$$

$$|\psi_{00}\rangle = |x\rangle \cdot |y\rangle = |0\rangle \cdot |1\rangle \quad (9)$$

$$|\psi_0\rangle = |\psi_1\rangle = |x\rangle \cdot \left(\frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\Rightarrow |\psi_2\rangle = |x\rangle \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}(|f(x)\rangle - |1 \oplus f(x)\rangle) = |x\rangle \cdot \left((-1)^{f(x)} \left(\frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}}\right)\right)$$

$$\text{if } |x\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow |\psi_1\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) = |+\rangle \cdot |-\rangle$$

$$\Rightarrow |\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}((-1)^{f(0)}|0\rangle + (-1)^{f(1)}|1\rangle) |-\rangle$$

$$\Rightarrow \begin{cases} f(0) = f(1) \Rightarrow |\psi_2\rangle = \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) = (|+\rangle) \cdot (|-\rangle) \\ f(0) \neq f(1) \Rightarrow |\psi_2\rangle = \pm \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) = \pm(|-\rangle) \cdot (|-\rangle) \end{cases} \quad (10.1)$$

$$\Rightarrow |\psi_3\rangle = \pm(f(0) \oplus f(1)) \cdot (|-\rangle)$$

$$\text{if } |x\rangle = \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow |\psi_1\rangle = \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) = |+\rangle \cdot |-\rangle$$

$$\Rightarrow |\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}((-1)^{f(0)}|0\rangle - (-1)^{f(1)}|1\rangle) \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} f(0) = f(1) \Rightarrow |\psi_2\rangle = \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) = (|-\rangle) \cdot (|-\rangle) \\ f(0) \neq f(1) \Rightarrow |\psi_2\rangle = \pm \left(\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) \cdot \left(\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}\right) = \pm(|+\rangle) \cdot (|-\rangle) \end{cases} \quad (10.2)$$

$$\Rightarrow |\psi_3\rangle = \pm(f(0) \oplus f(1)) \cdot (|-\rangle)$$

$$|\pm\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle \pm |1\rangle) \Rightarrow \begin{cases} f(0) = f(1) \rightarrow |+\rangle (\text{constant}) \\ f(0) \neq f(1) \rightarrow |-\rangle (\text{balanced}) \end{cases} \quad (10.3)$$

(5)量子不可複製(nonclonability)定理：量子不可複製定理可定義為不存在任何物理過程可以精確複製任何未知的量子態。不可複製原理是量子資訊的基礎。量子資訊在通道中傳輸，不可能被第三方複製而竊取資訊，而不對量子資訊產生干擾，此原理亦是量子密碼學的基石。圖10顯示量子不可複製性電路驗證。左圖為古典邏輯複製電路，透過XOR邏輯閘，可產生邏輯複製結果；右圖為類似左圖之量子邏輯“複製”電路，透過CNOT量子邏輯閘，無法產生邏輯複製結果。

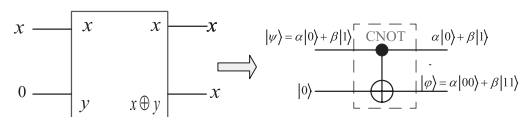


圖10：量子不可複製性電路驗證



(6)量子纏結(quantum entanglement)及隱藏傳輸：將未知量子態(量子位元)傳送到遠處而不傳送量子態的物理載體，謂之量子纏結。1935年愛因斯坦等三人所發表之EPR悖論之思想實驗，旨在說明量子力學的理论中，必然存在「隱藏變數」，否則會有超光速的通訊，違反了狹義相對論，這思想實驗涉及一個稱為「量子纏結」的現象，1964年愛爾蘭物理學家貝爾(Bell)提出檢驗量子纏結是否存在的實驗方法回應EPR悖論。這篇論文為後世提供了驗證是否存在隱藏變數的方法，亦即驗證粒子的屬性到底是預先設定好，抑或如量子力學所理解般要到測量時才可確定。而後覆經物理學家多次實驗結果顯示，量子力學地位仍未受EPR悖論挑戰，站不住腳的反而是局域實體論(local realism)。根據量子力學預測，量子纏結並不受距離限制。前述之中國發射「墨子號」量子實驗衛星，業已證明相隔1200公里貝爾纏結態測試，乃目前距離最遠的一次嘗試。到時候。

圖 11 即顯示一量子隱藏傳輸電路(Quantum teleportation)，其中 $|\beta_{xy}\rangle$ 即為圖6之貝爾狀態量子產生電路(可為 $|\beta_{00}\rangle$ 、 $|\beta_{01}\rangle$ 、 $|\beta_{10}\rangle$ 或 $|\beta_{11}\rangle$ 任一Bell狀態)。貝爾狀態及各階段之未知 $|\psi\rangle$ 變化情形，分如(11.1)~(11.4)所述。假設此三量子位元之量子纏結電路，第一個位元 $|\psi\rangle$ 即為未知之量子狀態可透過本量子隱藏傳輸電路傳送至遠處，並還原獲得。第二及三位元即為EPR對，分屬於發送者及接收者。假設發送者為Alice，而接收者為Bob，則：

- ▶ Alice和Bob各自擁有EPR對的一個纏結粒子。
- ▶ Alice對處於未知量子態粒子和她的纏結粒子 $|\psi\rangle$ 進行量子測量，獲得4個可能經典結

果00,01,10,11中的一個。

- ▶ Alice將測量的結果傳送給Bob依據Alice的資訊對他手中的EPR粒子做相應操作，便可恢復出原始的量子態。

總之，如將原物質的資訊分成古典資訊和量子資訊，則接收者在獲得這兩種資訊後，就可以得出原物質量子態的完美複製結果。其中，最關鍵的地方是量子資訊部分的傳送，發送者甚至對這部分量子資訊一無所知。因此，量子資訊部分的傳送，是接收者利用一對糾纏光子態，透過將其中的一個光子複製到原物質的量子態上，而提取原物質的資訊，並非由發送者傳送給接收者，從而保證資訊的完整性。

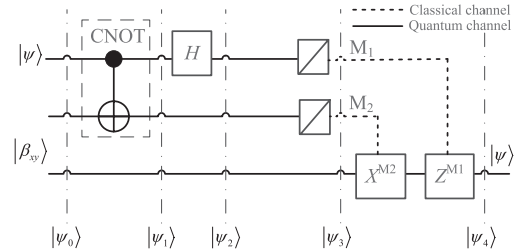


圖 11：量子隱藏傳輸電路

$$\begin{aligned}
 &|\beta_{00}\rangle \\
 |\psi_0\rangle &= |\psi\rangle \cdot |\beta_{00}\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \cdot \frac{(|00\rangle + |11\rangle)}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\alpha|0\rangle(|00\rangle + |11\rangle) + \beta|1\rangle(|00\rangle + |11\rangle)) \\
 |\psi_1\rangle &= |\psi_0\rangle \cdot \text{CNOT} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\alpha|0\rangle(|00\rangle + |11\rangle) + \beta|1\rangle(|10\rangle + |01\rangle)) \\
 |\psi_2\rangle &= |\psi_1\rangle \cdot H = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\alpha(|0\rangle + |1\rangle)}{\sqrt{2}} (|00\rangle + |11\rangle) + \frac{\beta(|0\rangle - |1\rangle)}{\sqrt{2}} (|10\rangle + |01\rangle) \right) \\
 &= \frac{1}{2} (\alpha(|0\rangle + |1\rangle)(|00\rangle + |11\rangle) + \beta(|0\rangle - |1\rangle)(|10\rangle + |01\rangle)) \\
 &= \frac{1}{2} (|00\rangle(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) + |01\rangle(\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) + |10\rangle(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) + |11\rangle(\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle)) \\
 |\psi_3(M_1, M_2)\rangle &= \begin{cases} |\psi_3|00\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \\ |\psi_3|01\rangle = (\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) \\ |\psi_3|10\rangle = (\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) \\ |\psi_3|11\rangle = (\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) \end{cases} \quad (11.1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& |\beta_{00}\rangle \\
|\psi_{\alpha}\rangle &= |\psi\rangle \cdot |\beta_{00}\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \cdot \frac{(|01\rangle + |10\rangle)}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0\rangle(|01\rangle + |10\rangle) + \beta|1\rangle(|01\rangle + |10\rangle)) \\
|\psi_1\rangle &= |\psi_{\alpha}\rangle \cdot CN = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0\rangle(|01\rangle + |10\rangle) + \beta|1\rangle(|11\rangle + |00\rangle)) \\
|\psi_2\rangle &= |\psi_1\rangle \cdot H = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\alpha(|0\rangle + |1\rangle)}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle) + \frac{\beta(|0\rangle - |1\rangle)}{\sqrt{2}}(|11\rangle + |00\rangle) \right) \\
&= \frac{1}{2}(\alpha(|0\rangle + |1\rangle)(|01\rangle + |10\rangle) + \beta(|0\rangle - |1\rangle)(|11\rangle + |00\rangle)) \\
&= \frac{1}{2}(|00\rangle(\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) + |01\rangle(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) + |10\rangle(\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) + |11\rangle(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle)) \\
|\psi_3(M_1, M_2)\rangle &= \begin{cases} \psi_3|00\rangle = (\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) \\ \psi_3|01\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \\ \psi_3|10\rangle = (\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) \\ \psi_3|11\rangle = (\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) \end{cases} \quad (11.2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& |\beta_{01}\rangle \\
|\psi_{\alpha}\rangle &= |\psi\rangle \cdot |\beta_{01}\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \cdot \frac{(|00\rangle - |11\rangle)}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0\rangle(|00\rangle - |11\rangle) + \beta|1\rangle(|00\rangle - |11\rangle)) \\
|\psi_1\rangle &= |\psi_{\alpha}\rangle \cdot CN = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0\rangle(|00\rangle - |11\rangle) + \beta|1\rangle(|10\rangle - |01\rangle)) \\
|\psi_2\rangle &= |\psi_1\rangle \cdot H = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\alpha(|0\rangle + |1\rangle)}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle) + \frac{\beta(|0\rangle - |1\rangle)}{\sqrt{2}}(|10\rangle - |01\rangle) \right) \\
&= \frac{1}{2}(\alpha(|0\rangle + |1\rangle)(|00\rangle - |11\rangle) + \beta(|0\rangle - |1\rangle)(|10\rangle - |01\rangle)) \\
&= \frac{1}{2}(|00\rangle(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) + |01\rangle(-\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) + |10\rangle(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) + |11\rangle(-\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle)) \\
|\psi_3(M_1, M_2)\rangle &= \begin{cases} \psi_3|00\rangle = (\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) \\ \psi_3|01\rangle = (-\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) \\ \psi_3|10\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \\ \psi_3|11\rangle = (-\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) \end{cases} \quad (11.3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& |\beta_{11}\rangle \\
|\psi_{\alpha}\rangle &= |\psi\rangle \cdot |\beta_{11}\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \cdot \frac{(|01\rangle - |10\rangle)}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0\rangle(|01\rangle - |10\rangle) + \beta|1\rangle(|01\rangle - |10\rangle)) \\
|\psi_1\rangle &= |\psi_{\alpha}\rangle \cdot CN = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0\rangle(|01\rangle - |10\rangle) + \beta|1\rangle(|11\rangle - |00\rangle)) \\
|\psi_2\rangle &= |\psi_1\rangle \cdot H = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\alpha(|0\rangle + |1\rangle)}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle) + \frac{\beta(|0\rangle - |1\rangle)}{\sqrt{2}}(|11\rangle - |00\rangle) \right) \\
&= \frac{1}{2}(\alpha(|0\rangle + |1\rangle)(|01\rangle - |10\rangle) + \beta(|0\rangle - |1\rangle)(|11\rangle - |00\rangle)) \\
&= \frac{1}{2}(|00\rangle(\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) + |01\rangle(-\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) + |10\rangle(\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) + |11\rangle(-\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle)) \\
|\psi_3(M_1, M_2)\rangle &= \begin{cases} \psi_3|00\rangle = (\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) \\ \psi_3|01\rangle = (-\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \\ \psi_3|10\rangle = (\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) \\ \psi_3|11\rangle = (-\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) \end{cases} \quad (11.4)
\end{aligned}$$

5.量子技術實現挑戰[2,8]

由於量子態粒子的測不準現象特性，以及量子系統容易受環境雜訊干擾影響，使得通用之量子電腦及傳輸之實現困難。然而，量子電腦的實現量子資訊與計算是一個嶄新且重要的領域，代表下一代資訊處理的根本方法，實驗上也不斷有一些重要的突破。但目前的技術距離普遍運用的階段尚有相當大的距離，仍有許多問題等待克服，例如量子位元及量子邏輯閘之設計製造實現及其多狀態下之穩定控制方式及特定量子位元的量測能力問題，可運算同調時間(Coherent time)過短問題，及量子系統之資訊輸出問題等。本部分即整理說明三種相關之實現(implementation)技術基本想法內涵。

- 深阱離子(Trapped ions)：儲存在線性深阱中的離子集合提供了構建量子電腦方案之一，其每個量子位元(每個離子一個)由一對(one pair)離子的內部狀態組成。深阱中的所有離子具有相同的電荷並彼此排斥，因此任何一個離子透過此種靜電排斥運動，可轉移到深阱中的其他離子，致引起所謂聲子(phonons)的各種集體運動。單一離子之運動可以藉由引導雷射脈衝(laser pulse)到此特定離子，以實現一量子位元。帶電離子之間的庫侖排斥力(Coulomb repulsion)產生了一對量子位之間實現CNOT邏輯閘的物理機制。量子資訊係在不同特定量化模式聲子(振動態)離子之間傳輸轉移，此為量子資料匯流排重要基礎。聲子的存在或不影響了離子之能量位階，根據控制離子(control ion)的狀態，允許目標離子(target ion)對光做出不同反應。在能實現量子邏輯閘之前，聲子模式(phonon mode)必須初始化於純量子狀態。美國及歐洲等地的相關研究機構及專家之實驗

工作成果早已經展示一串四個離子以上之量子糾纏現象；而儲存在離子內部基態的量子位元之去相干時間(Decoherence time)業已證明可達數千秒以上時間。儘管此類型構建之離子深阱量子電腦無基本的規模大小限制，一般認為10個以上之量子位元可能便較難以實現。

- 核磁共振(Nuclear magnetic resonance, NMR)：在NMR核磁共振量子電腦中，磁場中原子核的兩個自旋態(spin state)可用於實現量子位元的兩個狀態。分子(molecules)中的不同原子可用以區隔，所以一個分子可以實際用來實現量子電腦，其每個原子核則提供為單一個量子位元。在NMR實驗中，單分子無法產生足夠強的信號以供觀察。因此，其必須牽涉大量之分子，使其有足夠大綜合之磁感應信號以供感測。此些分子通常在於溶劑中。在NMR量子電腦中，分子為運算的基本單元，將分子液體裝在封閉試管內(此液體所含的分子數約為10¹⁸)，每一分子中的原子核具有個別的自旋態，可以做為量子位元的兩個狀態；不同原子自旋間又有耦合作用，如施加適當之雷射脈衝便可以控制其間的行為。利用這種作用可以做為量子邏輯運算閘，而運算結果可由自旋態改變所放出的無線電訊號量得。一些並可用來實現解決Deutsch的問題，其便是計算兩個不同輸入的函數數值，以及允許比較此兩個值。此種比較之達成是僅使用單一個功能評估實現及同時應用於兩個輸入。美國相關研究機構及專家早已建立了具有多達七個以上之量子位元的液態NMR量子電腦。
- 固態方法(Solid state approaches)：由於液態NMR的限制，美國相關研究機構專家提出另一種方法，即是於矽晶中埋置

一系列磷原子，並將其上疊加一層絕緣層，其上面並設置有類似的電極陣列，每個電極可以對其下面的原子施加電壓。就像在NMR中一樣，經由顯露於足夠能量無線電波上，此原子核的旋轉狀態可被翻轉(flip)。然而，這些無線電波將可翻轉每個原子核。磷原子具有單一個電子在其外殼中，可以某一複雜方式與原子核旋體(spin)相互作用。對原子施加電壓便會改變需求能量，以解決原子核及電子自旋兩者所需，因此，其改變了翻轉原子核所需的無線電波的頻率。所以，通過向特定電極施加電壓，並將陣列暴露於新頻率便可以解決單一個原子核所需。超導體(superconductivity)的量子現象也可用於構建量子電腦。最先進的固態技術便是所謂量子點(quantum dot)，其基本上是一個半導體深阱(trap)，保有足夠離散數量之電子。一些歐洲及美國相關研究機構專家已提出使用量子點，以作為構建量子電腦之基礎。

6. 量子技術發展[1-3]

1980年代量子技術發展較成熟後，許多實驗的統計結果都違反了貝爾不等式，代表量子纏結的確成立，貝爾不等式不成立也意味著愛因斯坦所主張的局域實體論(Local realism)預測不符合量子力學理論。至此，量子力學的基本原理已經建立。而隨著量子力學擴散至其他科學與技術領域，促使電晶體、積體電路與雷射等的發明，也促成半導體及光電等產業的蓬勃發展。可以說此一階段量子力學的基本原理發展改變了人們對於物質世界的微觀觀點。1980年代開始，科學家開啟了將量子力學原理與資訊理論結合的構想。逐漸掀起了研究量子資訊的熱潮，世界各國的大學和研究機構都紛紛投入到量子計算相關



的研究中，並運用諸如核磁共振(NMR)、深阱離子(Trapped ions)及固態半導體等各種技術來進行量子計算的實現研究。

如從產業發展角度來看，促使產業進步的科學技術皆是以古典物理學為主。雖然80年代前之量子力學理論發展，促成半導體產業技術的進步。誠如1965年英特爾公司(Intel)的創辦人之一摩爾(Moore)便觀察預測矽晶片上的電晶體的數目與運算能力約每18個月成長為原來之2倍，直到矽晶片在縮小化的過程中到達本身物理的上限為止(目前有預估2020年即趨於飽和!)，這就是著名的摩爾定律(Moore Law)。由此推估之，較諸次微米(Sub-micron)更小之奈米(10^{-9}m)製程技術，以及微機械與電機之整合技術及成熟(如MEMS微機電感應器)應皆是已然成熟或指日可待之發展目標。試想如依照此種發展趨勢關係，從2000年迄今2016年將近10個1.5年(18個月)的時間，所以處理器的速度經過15、6年大約已經翻了 $2^{10}(=1024)$ 倍了。但整個產業的技術基礎還是根據古典物理的原理，並未大量運用到純粹的量子特性。然而，近年來隨著半導體產業在晶片微影製程中元件尺寸的不斷縮小，量子效應將成為必需面對的難題，使業界遵循了數十年的摩爾定律即將面臨更大的極限挑戰。為了產業未來的持續發展，也為了追求更高速的運算能力，因此促使各國紛紛投入量子技術的發展。

量子原理的運用並已不再侷限於學術界之科研工作。近年來，國際資訊大廠(如Google等)亦積極投入並展開專利布局。量子電腦還普遍被視為是未來的技術，量子電腦將是在幾年後就會實現的技術。量子技術的重要性與其可能對社會及產業帶來的巨大衝擊，已促使各國政府甚至民間資訊大廠大量投入量子資訊及相關量子技術

研發。世界各國都已經積極的投入量子技術的研究，除了美國、歐盟、英國及日本等傳統科技大國外，對岸中國並已投入相當之人力資源進行相關之量子技術及實用化研究開發。而小城市國家如新加坡等亦都投入了相當的研究資源，顯示全球的量子競賽已然展開。中國於2011年便開始啟動量子衛星研製計劃，又於2013年啟動光纖量子通訊網絡工程。目前並建置北京至上海(全長2000餘公里)，一可擴展廣域光纖量子通訊網絡，可用於各安全傳輸領域。中國並計劃於2030年建置全球化量子通訊網絡，墨子號量子實驗衛星之發射成功，便是實現此一目標之重要基礎。歐盟的量子宣言(Quantum Manifesto: A New Era of Technology)提出一旗艦級長期計畫，預期聯合歐洲各國在教育、科學、工程與創新的產業發展，實可作為台灣相關科技發展規劃的借鏡。然而，可能因為多數資訊領域的專家學者並不熟悉基礎量子力學基本物理原理，台灣在量子資訊領域方面發展似乎出現阻滯現象，而在相關研究上出現困境，亦即在科學與工程之間出現難以跨越之鴻溝。因此，或可考慮以大型專案計畫形式，並與先進國家進行國際合作，跨領域結合自然科學領域及工程領域專家學者，共同進行量子技術跨領域研究及相關人才培養；並將量子原理與應用的學習推廣至工程領域各學門中，以滿足未來量子產業中極需要的相關技術人才。

7. 結論

古典物理的極限使得量子物理得以順勢崛起。本文已循序整理探討相關量子之基本理論發展演進及量子技術相關之發展研究，應可使讀者以較有系統方式了解量子相關重要理論、技術內涵及發展情



形。如從產業發展角度來看，過去促使產業進步的科學技術皆是以古典物理學為主。1980年代前之量子力學理論發展，促成半導體產業技術的進步。然而，近年來隨著半導體產業在晶片製程之元件尺寸縮小，量子效應已經成為必需面對的難題，使業界遵循了數十年的摩爾定律即將面臨更大的挑戰及極限制。由於量子態粒子的測不準現象特性，以及量子系統容易受環境雜訊干擾影響，使得通用之量子電腦及傳輸之實現困難，1980年代後，科學家開始將量子力學原理與資訊理論相結合，遂逐漸掀起了量子資訊研究及實現的熱潮，世界各國的大學和研究機構都紛紛投入到量子計算相關的研究中，並運用諸如核磁共振、深阱離子及固態半導體等各種技術來進行量子計算的實現研究。

由於量子力學的特性，使得量子電腦相較於傳統古典電腦在速度上及容量上更具優勢，量子密碼根據量子力學的測量理論使資訊得到更大的安全性，量子隱形傳輸方式如今已成為可能。因此，為了產業未來的持續發展，也為了追求更高速的運算能力，已驅使各國紛紛投入量子技術的發展。量子電腦的實現量子資訊與計算是一個嶄新且重要的領域，代表下一代資訊處理的根本方法，實驗上也不斷有一些重要的突破。雖然目前的技術距離普遍運用的階段尚有相當大的距離，仍有許多問題等待克服，然而，台灣在此方面的參與及投入程度似乎仍落後先進國家許多，希望藉由本文的介紹，拋磚引玉，能讓更多相關領域專家能對此量子技術及實作應用研究等產生興趣及共同努力，以期日後我國能於此新興領域儘速在世界占有一席之地。

8. 參考文獻

- [1]http://news.xinhuanet.com/photo/2016-08/16/c_1119396090.htm
- [2]<https://panx.asia/archives/56665>
- [3]<https://zh.wikipedia.org/wiki/量子力學入門>
- [4]P. W. Shor, "Algorithms for Quantum Computation: Discrete Logarithms and Factoring," Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, pp. 124-134, Santa Fe, NM, USA.
- [5]P.W.Shor, "Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer," SIAM J. Comput. 26, pp. 1484-1509 (1997); arXiv:quantph/9508027v2
- [6]L. K. Grover, "A Fast Quantum Mechanical Algorithm for Database Search," The Proceedings 28th Annual ACM Symposium on the Theory of Computing, pp. 212 (1996).
- [7]L. K. Grover, "Quantum Mechanics Helps in Searching for a Needle in a Haystack," Phys. Rev. Lett. 79, pp. 325-328.
- [8]M. Azeeb R. Ghonaimy, "A Tutorial on Quantum Computation and Communication," The 2006 International Conference on Computer Engineering and Systems, pp. 5-7, Nov. 2006.
- [9]<https://theinitium.com/article/20160816-dailynews-mozi-quantum/>

