

智慧化精密機械傳動系統技術趨勢與發展策略

MIRDC-105-S301



作 者：陳仲宜

審 稿：金屬中心區域處智慧技術組 吳文傑副組長



中 華 民 國 105 年 11 月

財 團 法 人 金 屬 工 業 研 究 發 展 中 心

文目錄

第一章 緒論	1
第一節 研究動機與目的	1
第二節 研究範圍與架構	2
第三節 研究方法與流程	4
第四節 研究時程與限制	5
第二章 機械傳動系統市場動向分析	7
第一節 產品定義與分類	7
第二節 全球市場分析	11
第三節 台灣市場分析	34
第三章 主要應用市場分析	43
第一節 智慧製造引爆機械傳動系統新商機	43
第二節 智慧工廠市場發展動向分析	44
第三節 智慧機器市場發展動向分析	57
第四章 智慧化技術趨勢分析	67
第一節 機械傳動設備技術發展概覽	67
第二節 智慧診斷關鍵技術	77
第三節 應用實例解析	94
第五章 產業前景與挑戰課題	101
第一節 產業發展前景分析	101
第二節 產業發展挑戰課題	104
第三節 關鍵成功要素	106
第六章 結論與建議	109
第一節 結論	109
第二節 建議	114
參考資料	117
附錄	157

圖目錄

圖 1-1	本專題報告之研究範圍與架構	3
圖 1-2	本專題報告之研究方法及流程	4
圖 1-3	本專題報告之研究時程	5
圖 2-1	2011~2020 年全球機械傳動設備市場需求變化	11
圖 2-2	2015 年全球機械傳動設備市場區域分佈比重	12
圖 2-3	2006~2015 年全球機械傳動設備貿易變化分析	14
圖 2-4	2013~2017 年美國機械傳動設備需求變化趨勢	17
圖 2-5	2011~2015 年美國機械傳動設備進出口變化分析	18
圖 2-6	2011~2015 年中國大陸機械傳動設備需求變化趨勢	21
圖 2-7	2011~2015 年中國大陸機械傳動設備進出口變化分析	21
圖 2-8	2013~2017 年印度機械傳動設備需求變化趨勢	24
圖 2-9	2011~2015 年印度機械傳動設備進出口變化分析	25
圖 2-10	2013~2017 年日本機械傳動設備需求變化趨勢	28
圖 2-11	2011~2015 年日本機械傳動設備進出口變化分析	28
圖 2-12	2013~2017 年德國機械傳動設備需求變化趨勢	31
圖 2-13	2011~2015 年德國機械傳動設備進出口變化分析	32
圖 2-14	2006~2015 年我國機械傳動設備業供需變化趨勢	35
圖 2-15	2006~2015 年台灣機械傳動設備產品進出口規模	39
圖 3-1	智慧工廠實施藍圖	45
圖 3-2	2012~2020 年全球智慧工廠市場規模變化	49
圖 3-3	2012~2020 年全球智慧工廠應用市場結構分析	50
圖 3-4	2015~2021 年全球智慧機械市場規模變化	58
圖 4-1	智慧化機械傳動系統	70
圖 4-2	微型齒輪	74
圖 4-3	機械故障診斷過程示意圖	80
圖 4-4	機械傳動常見的零組件故障演化規律	85
圖 4-5	齒輪損傷發生比例	91
圖 4-6	智慧診斷系統的作業流程	94
圖 4-7	軸承異常震動波形	95
圖 4-8	帶測速感測器的智慧軸承	96
圖 4-9	感測器嵌入式智慧軸承	97
圖 4-10	SKF 智慧軸承系統	98

圖 5-1	構成智慧製造的關鍵要素	104
圖 6-1	不同市場之機械傳動系統智慧化應用需求	111
圖 6-2	機械傳動系統智慧化關鍵技術	112
圖 6-3	智慧機械零組件產品國際採購平台架構	116



表目錄

表 2-1	我國機械傳動設備各類產品定義及範圍	8
表 2-2	我國機械傳動設備產品海關進出口碼分類表	10
表 2-3	2015 年全球機械傳動設備產品前 10 大需求國分析	13
表 2-4	2014~2015 年全球機械傳動設備產品前 10 大進口國分析	15
表 2-5	2014~2015 年全球機械傳動設備產品前 10 大出口國分析	16
表 2-6	2015 年美國機械傳動設備產品別進出口值分析	18
表 2-7	2015 年美國機械傳動設備進出口國家統計	20
表 2-8	2015 年中國大陸機械傳動設備產品別進出口值分析	22
表 2-9	2015 年中國大陸機械傳動設備進出口國家統計	23
表 2-10	2015 年印度機械傳動設備產品別進出口值分析	25
表 2-11	2015 年印度機械傳動設備進出口國家統計	27
表 2-12	2015 年日本機械傳動設備產品別進出口值分析	29
表 2-13	2015 年日本機械傳動設備進出口國家統計	30
表 2-14	2015 年德國機械傳動設備產品別進出口值分析	33
表 2-15	2015 年德國機械傳動設備進出口國家統計	34
表 2-16	2006~2015 年我國機械傳動設備主要細項產品結構	35
表 2-17	2015 年台灣機械傳動設備產品別進出口值分析	40
表 2-18	2015 年台灣機械傳動設備產品前 10 大進出口國家貿易表現	41
表 4-1	智慧軸承感測器系統中常用的訊號分析方法	98

摘要

台灣是全球精密設備及其關鍵零組件的生產重鎮之一，國內廠商除透過製程改善與加速海外投資以降低成本，減低外部環境變化之衝擊，亦可同時借助上下游廠商力量，投入更多智慧製造，來強化競爭力。台灣廠商的軟實力逐漸由工具機、光電、半導體轉向新能源、其他產業機械。

傳動系統為精密機械設備運轉及自動化不可或缺之關鍵元件，先進機械傳動系統的智慧化更是打造未來工廠及提升精密機械產業競爭力之重要課題。根據 ICON 的調查指出，2015 年全球機械傳動設備市場整體需求為 265 億美元，預計在 2016 年將達 273 億美元，到 2020 年可望達 307 億美元，2016 至 2020 年的平均複合成長率(CAGR)為 3.8%。近年來台灣機械產品大量出口，亦帶動機械零組件之出口，先進國家如日本、德國、美國、韓國為求降低成本，逐漸採用台灣製的機械零組件，而新興工業化國家與開發中國家為期提升機械產品競爭力，亦積極尋求採用台灣製的機械零組件。台灣已成為全球除日本、德國以外，最主要之機械零組件供貨基地。2010 年台灣機械傳動設備出口值超越進口值，2014 年到 2015 年淨出口值均高達新台幣 188 億元。然而，全球不景氣造成經貿情勢詭譎多變，台灣機械及零組件產品在國際市場亦正遭逢中、日、韓三面夾擊之嚴峻挑戰。

就近年來全球製造業發展態勢來觀察，2008 年發生金融危機以來，美國、德國、日本等國政府紛紛提出透過發展智慧製造來重振製造業。智慧工廠與智慧機器是發展智慧製造所不可或缺的要角，在先進製造及未來工廠所驅動的設備智慧化潮流下，國內外大廠競相投入具有智慧功能的機械傳動設備之開發。台灣精密機械產業已具備完整供應鏈，未來欲持續維持競爭優勢，並順勢推動產業結構的調整與升級，如何善用人工智慧、ICT 技術，與產業知識(Domain Knowledge)相結合，以穩固既有共生網路、關創新興共生網路(特殊規範工業產品)，掌握智慧機器所帶動之新商機，不啻為現階段需要面對之產業課題。

綜觀機械傳動設備之智慧化技術導入應用方面，主要是圍繞著提升運轉效能及健康診斷預測兩大主軸發展。而相對於提升運轉效能來說，健康診斷預測是現階段智慧化技術導入機械傳動設備中，發展較為成熟的應用技術。傳動機組狀態監測與故障診斷技術是一種跨領域整合技術，涉及動態資訊處理、電腦、人工智慧等眾多領域的知識。目前的傳動機組故障診斷研發主要是聚焦在傳動機組狀態監測儀器及分析系統的開發、診斷方法探索、振動訊號處理與分析、故障機制探討與典型故障特徵擷取，及人工智慧的應用等課題。

新政府自上任以來，即積極推動「五大創新產業計畫」，智慧化機械傳動系統之開發即有機會實現其中「智慧機械行動方案」的「智機產業化、產業智機化」願景目標。然而，我國機械傳動設備製造商欲切入智慧製造領域時，將有以下問題亟待解決：(1)自主創新能力薄弱，智慧製造及智慧機械呈現前瞻應用困局；(2)關鍵零組件標準不一且成本過高，減低使用端轉型升級意願；(3)因應產業結構丕變，智慧化技術專業與整合人力缺口有待提高。為此，本研究研擬具體策略建言，提供業者參考，包括：(1)及早建立智慧化關鍵技術與測試驗證平台以成為全球主要供應者；(2)透過策略聯盟與併購取得關鍵技術以快速開發高階智慧化產品；(3)發揮聯盟與學研力量共同打造創新導向之產業生態系統；(4)儘速養成具機械零組件智慧化整合能力之高階人才；(5)建置智慧化機械零組件採購平台以接軌國際供應鏈。

Abstract

Taiwan is one of global major production centers of precision equipment and related key components. In addition to reducing costs and impacts from external environmental changes through manufacturing process improvement and overseas investment acceleration, domestic manufacturers have also engaged in intelligent manufacturing with the aid of upstream and downstream manufacturers, to strengthen their competitiveness. The soft power of Taiwan's manufacturers has gradually spread from machine tools, photo-electricity and semiconductor to new energy and other industrial machineries.

The drive system is an indispensable key component concerning the operation and automation of precision equipment. The intelligentization of advanced mechanical drive system is an even more important challenge to realize for building future factories and enhancing competitiveness of the precision machinery industry. According to a survey of ICON, the global overall market demand for mechanical drive equipment was US\$ 26.5 billion in 2015, it is expected to reach US\$ 27.3 billion in 2016, and US\$ 30.7 billion by 2020; the compound annual growth rate (CAGR) from 2016 to 2020 is 3.8%. In recent years, Taiwan has exported machinery products in large quantities, which has also driven the export of mechanical components. To reduce costs, advanced countries, such as Japan, Germany, the United States and South Korea, have gradually adopted mechanical components made in Taiwan; while emerging industrial countries and developing countries also actively seek to adopt mechanical components made in Taiwan to increase the competitiveness of their machinery products. Taiwan has become the third major supply base of mechanical components after Japan and Germany. In 2010, the export value of mechanical drive equipment made in Taiwan exceeded the import value, with the net export value reaching NT\$ 18.8 billion in both 2014 and 2015. However, global recession has caused changeable economic and trade situations, Taiwan's machinery and component products are facing severe challenges under converging attacks on three sides by China, Japan and South Korea.

Based on observation of the recent development trend of the global

manufacturing industry, after the financial crisis in 2008, countries such as the United States, Germany and Japan have successively put forward plans to revitalize the manufacturing industry through development of intelligent manufacturing. Intelligent plant and intelligent machine are indispensable parts in the development of intelligent manufacturing. Under the trend of equipment intelligentization driven by advanced manufacturing and future plant, major manufacturers both at home and abroad have made investment to the development of mechanical drive equipment with intelligent functions one after the other. Taiwan's precision machinery industry has already a complete supply chain. The competitive advantage is expected to be maintained in the future, and the adjustment and upgrading of the industrial structure will be promoted by taking advantage of such an opportunity. How to make good use of artificial intelligence and ICT technology and to combine them with domain knowledge, to stabilize the existing symbiosis network as well as the emerging symbiosis network (industrial products under special specification), and to grasp new business opportunities, are the challenges that need to be faced at the present stage.

By taking a comprehensive look at the intelligent technology of mechanical drive equipment imported with application, it develops mainly around two principal axes, i.e. operation efficiency improvement and health diagnosis prediction. Compared to operation efficiency improvement, health diagnosis prediction is an application technology with relatively mature development with intelligent technology introduced into mechanical drive equipment at the present stage. Drive unit status monitoring and fault diagnosis technology are an interdisciplinary integration technology, which involves expertise in many fields, such as dynamic information processing, computer and artificial intelligence. Current research and development of drive unit fault diagnosis mainly focus on drive unit status monitoring instrument and analysis system development, diagnosis method exploration, vibration signal processing and analysis, fault mechanism exploration, typical fault characteristics retrieval and artificial intelligence application.

Since the new government took office, it has been actively promoting the "Five major innovation industry plans". The development of intelligent

mechanical drive system will offer the opportunity to realize the vision and goals of “intelligent machine industrialization and industry introduced with intelligent machine” in the “intelligent machine action program”. However, Taiwan’s mechanical drive equipment manufacturers need to address the following problems first before entering the intelligent manufacturing field : (1) Independent innovation capacity is weak, intelligent manufacturing and intelligent machine have prospective application dilemma ; (2) Key components have different criteria standards, and their costs are too high, causing the desire for user-end to transform and upgrade to reduce ; (3) To cope with great changes in the industrial structure, the gap in intelligent technology profession and integration manpower needs to be narrowed. Therefore, this study has proposed specific policy recommendations for business operators’ reference, which include : (1) Establish key intelligent technology and test verification platform as soon as possible, in order to become the world's major suppliers ; (2) Obtain key technology through strategic alliance, mergence and acquisition for rapid development of high-end intelligent products ; (3) Give play to the strength of alliances, academia and research institutions for joint development of innovation-oriented industrial ecological system ; (4) Cultivate high-end talents with integration capability of intelligent mechanical components ; and (5) Establish intelligent mechanical component procurement platform to connect with the international supply chain.

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

隨著感測器、觸控螢幕、物聯網(IoT)以及雲端運算等先進技術的快速發展，已為工業領域帶來重大轉變。另一方面，歐美國家自金融海嘯後逐漸意識到工業提升基礎經濟力的重要性，紛紛致力推動智慧製造計畫，繼德國提出工業 4.0 之後，各工業國家亦先後提出「再工業化」發展概念，其中包括美國提出「先進製造夥伴」、中國提出「中國製造 2025」、日本提出「日本產業重振計畫」等，雖計畫內容不同，但精神與目標則是一致的希望都在於利用新興技術推動工業智慧化，從而建構出高效率、節能環保以及環境舒適的人性化工廠，達到「智慧製造」願景。

智慧製造是傳統製造業轉型升級的必由之路。首先，自動化、數位化工廠使得直接從事生產的勞動能力大幅下降，勞動力佔生產總成本越來越小。其次，數位化製造可以滿足個性化需求，實現大量客製化生產模式，同時交貨期大幅縮短，對市場亦將會做出更加快速的回應。智慧製造時代來臨，作為關鍵要素之一的智慧機械需求將逐步增加。

機械傳動設備為精密機械運作不可或缺之關鍵零組件，廣泛應用於電子電機、光電半導體設備、輸送搬運機器、工具機、自動化工程設備等產業機械，主要產品如線性滑軌、軸承、滾珠螺桿、齒輪等.....

第二章 機械傳動系統市場動向分析

第一節 產品定義與分類

一、產品定義與功能

傳動系統主要分為機械傳動、流體傳動(液壓傳動、液力傳動、氣壓傳動、液體黏性傳動與電控流變液體傳動)，以及電傳動，廣泛應用於電子電機、光電半導體設備、輸送搬運機器、工具機、自動化工程設備等產業機械。由於機械傳動具有恒定功率輸出、傳遞運動的精度高、速度回應快、傳動效率高等優點，在多數機械系統中仍然是主要的傳動形式。機械傳動設備是機器或機械系統中必不可少的重要組成部分，其前接動力機(驅動單元)，後接工作機(執行單元)，在機械系統中擔任承先啟後的作用。傳動系統的主要功能是將動力機的簡單運動轉換成工作機所需要的各種複雜運動，並滿足工作機多樣化的運動及動力學特性要求。易言之，在動力機與工作機之間必須加入傳動系統的主要原因包括有：(1)工作機所要求的速度通常與動力機的額定速度不一致，需要減速或增速(大多數情況下要求減速)；(2)工作機要根據生產要求進行速度調節，而動力機通常只以一種恒定的額定轉速運轉，如果透過改變原動機的速度來滿足工作機的變速要求，往往經濟成本較高。對於某些類型的動力機無法透過其本身變速來滿足工作機的生產工法要求.....

第三章 主要應用市場分析

第一節 智慧製造引爆機械傳動系統新商機

2008 年發生金融危機以來，美國、德國、日本等國政府紛紛提出透過發展智慧製造來重振製造業。2011 年 6 月，美國正式啟動包括工業機器人在內的「先進製造夥伴計畫」，2012 年 2 月再度公佈「先進製造業國家戰略計畫」，提出透過加強研究及試驗(R & E)稅收減免、擴大及優化政府投資、建設智慧製造技術平台以加快智慧製造的技術創新，同年又設立美國製造業創新網路，並先後設立 3D 列印製造創新研究院及數位化製造與設計創新研究院；德國透過政府、Fraunhofer 研究所與各州政府合作，投資於數位工具機、製造與工程自動化行業應用製造研究。更進一步於 2013 年正式實施以智慧製造為主體的「工業 4.0」戰略計畫，以鞏固其製造業領先地位；日本早在 1990 年就宣導「智慧製造系統 IMS」國際合作研究計畫，許多先進國家如美國、歐洲共同體、加拿大、澳大利亞等參加了該項計畫，該計畫共計畫投資 10 億美元，針對 100 個專案執行先期研發計畫。近年又提出透過加快發展協同式機器人、無人化工廠提升製造業的國際競爭力.....

第四章 智慧化技術趨勢分析

第一節 機械傳動設備技術發展概覽

一、發展歷程與現況

現代傳動機械的濫觴約始於 19 世紀末期，當時出現的電動機及內燃機等動力機開展機械傳動在鐵路機車、船舶、製造廠、發電站等廣泛應用，小型化、長壽命、更可靠的機械傳動成為人們追求的目標。從此一時期到 20 世紀初期，先後出現擺線、漸開線齒形的齒輪傳動，主要的傳動類型有直齒輪、斜齒輪、錐齒輪及蝸桿傳動。由於船舶、電廠渦輪機採用之大型高速齒輪傳動的節線速度很高，對齒形精度要求很高，從而促成磨齒等高精度加工方法及工具機的發展，而高速所引起的動態荷載同時在齒輪傳動的設計中開始受到重視。

1940 年代，漸開線與非漸開線齒輪傳動的齒形計算方法、齒輪刀具與被加工齒輪、相互嚙合的齒輪之間的展成關係及齒形計算方法、空間三維齒形及其嚙合計算方法得以問世，齒輪幾何學的一般分析方法開始形成。1950 年代，基於大量實驗研究，齒輪傳動的表面接觸強度、輪齒彎曲強度、考慮動態荷載的傳動設計方法初步形成，且在高速重載的汽輪發電機傳動系統的設計中發揮重要作用。為提高承載能力，齒輪齒廓與齒肉修形設計的方法被提出。進入 1960 年代，航太技術的發展對機械傳動提出更高的要求……

第五章 產業前景與挑戰課題

智慧化機械傳動系統潛力商機龐大，供應體系動態複雜。基於對未來的不確定，本研究為協助廠商掌握致勝先機，擬透過現有產業鏈未來五年內可持續性及可鏈結性之檢視角度，借鏡先進國家及標竿大廠的發展動向，最後藉由專家座談方式結合情境模擬方法，剖析產業前景與挑戰課題。

第一節 產業發展前景分析

(一)全球機械及零組件製造業正高速往智慧化方向發展

機械及零組件製造業在全球經濟發展中的貢獻度仍在爬升，而且前景廣闊，持續發展的經濟，特別是發展中經濟體的崛起，將會繼續刺激對該產業產品的需求。在 ICT 技術快速發展，新材料研發且廣泛使用，及生產流程與製造工廠方面之創新等因素的激勵下，將為機械及零組件製造業注入新活力，其主要發展趨勢包括以下 2 點.....

第六章 結論與建議



《智慧化精密機械傳動系統技術趨勢與發展策略》

全本電子檔及各章節下載點數，請參考智網公告

電話 | 02-27326517

傳真 | 02-27329133

客服信箱 | itismembers@micmail.iii.org.tw

地址 | 10669 台北市敦化南路二段 216 號 19 樓

匯款資訊 | 收款銀行：兆豐銀行南台北分行 (銀行代碼：017)

戶名：財團法人資訊工業策進會

收款帳號：39205104110018 (共 14 碼)

服務時間 | 星期一~星期五

am 09:00-12:30 pm13:30-18:00



如欲下載此本產業報告電子檔，

請至智網網站搜尋，即可扣點下載享有電子檔。

ITIS 智網：<http://www.itis.org.tw/>
