



工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

# 經濟部能源科技研究發展計畫

## 一一〇年度第一季知識物件

### 外轉子永磁無刷直流馬達自動化量產設計

中華民國110年3月



## 目錄

第一章 前言 .....	1
第二章 研究目的與技術應用情境說明 .....	2
第三章 外轉子永磁無刷馬達自動化生產技術導入之執行成果 .....	5
3.1 自動化生產動線規劃分析 .....	5
3.2 自動化生產工序流程規劃分析 .....	6
3.3 自動化設備建置規劃分析 .....	8
3.4 自動化生產之循環時間分析 .....	10
第四章 結論 .....	11
參考文獻 .....	12



## 圖目錄

圖1、自動化設備 [2].....	1
圖2、外轉子吊扇馬達(50W 級)成品 .....	2
圖3、外轉子吊扇馬達(50W 級)商品[3] .....	2
圖4、外轉子永磁無刷馬達之半自動化生產作業流程 .....	3
圖5、外轉子馬達轉子及成品自動化生產動線3D 示意圖[4].....	5
圖6、外轉子馬達轉子及成品自動化生產線實體圖[5].....	6



## 表目錄

表 1、半自動化製程工序 .....	3
表 2、外轉子馬達之自動化生產工序 .....	6
表 3、轉子半成品、蓋體半成品與馬達成品組裝/測試區所需之設備 建置規劃.....	8

## 第一章 前言

現今台灣大多馬達廠生產皆為半自動化生產，在生產的過程中仍然需要許多人為操作與繁複的排程管理，導致耗費人力和時間，且生產成本較高，因此本研究希望能夠藉由自動化生產技術解決上述問題。且自動化除了可以節省勞動力，它也可用於節約能源和材料，並改善質量、準確度和精度，為生產帶來極大的效益。

自動化技術是一門綜合性技術，它和控制論、資訊理論、系統工程、計算機技術、電子學、液壓氣壓技術、自動控制等都有著十分密切的關係，而其中又以「控制理論」和「計算機技術」對自動化技術的影響最大，一些過程已經被完全自動化 [1]。

自動化技術已普遍被運用在不同的技術和複雜的系統，例如現代化工廠，大眾交通工具等。圖1為自動化設備示意圖。



圖1、自動化設備 [2]

## 第二章 研究目的與技術應用情境說明

本研究針對開發的直流(DC)變頻吊扇馬達之一型風扇用50W 級外轉子永磁無刷直流(BLDC)馬達商品做為導入自動化量產設計之標的產品，產品示意圖如圖2所示。應用之商品示意圖如圖3所示。



圖2、外轉子吊扇馬達(50W 級)成品



圖3、外轉子吊扇馬達(50W 級)商品[3]

本研究之馬達模組之關鍵製程，包含：馬達定子半成品組裝/測試區、轉子半成品組裝/測試區及馬達成品組裝/測試區。圖4為本研究目前之半自動化生產作業流程，各製程站之工序說明，如表1所示。本研究目標為將目前半自動化製程改為自動化與智慧化製造生產、組裝。期望打造國內第一條完全自主化的外轉子 BLDC 馬達之示範生產線。



圖4、外轉子永磁無刷馬達之半自動化生產作業流程

表 1、半自動化製程工序

一、定子半成品		
項次	工作站名稱	工作站說明
1	心軸壓矽鋼片	以油壓機進行心軸及矽鋼片組立。
2	組裝塑膠絕緣片	以人工方式將塑膠絕緣片裝入定子半成品。
3	定子繞線	將組裝完塑膠絕緣片之定子半成品放置繞線機定子柱上進行繞線。 若繞線途中斷線則需將銅線完全剪除，重新繞線。
4	定子導線穿結線	將繞線完成之定子半成品以人工方式進行導線穿結線。
5	定子半成品檢測 Q1	將完成導線穿結線之定子半成品放入定子檢測機上，進行三相電阻、電感、層間絕緣檢測。
二、轉子半成品		



項次	工作站名稱	工作站說明
1	殼體黏磁	將殼體料件放置自動黏磁機上，並將磁石排列於黏磁機內磁石軌道中，進行黏磁。
2	壓殼體軸承	將黏磁完成之轉子半成品放置油壓機進行模具定位，並以油壓機壓入軸承。
3	充磁 + 磁通密度檢驗 Q2	將黏磁完成之轉子半成品放置於充磁模頭上定位，打入電壓進行充磁，充磁完成後即進行自動檢磁。
<b>三、蓋體半成品</b>		
項次	工作站名稱	工作站說明
1	壓蓋體軸承	將蓋體料件放置油壓機下進行模具定位，並以油壓機壓入軸承。
<b>四、馬達成品</b>		
項次	工作站名稱	工作站說明
1	馬達組立	將蓋體半成品、轉子半成品、定子半成品分別放入組裝油壓機之上下模具中，並以油壓機進行壓合組立。
2	馬達鎖螺絲	將組立完成之馬達以電動起子鎖上螺絲，即為馬達成品。
3	馬達成品檢測 Q3	A. 電阻、電感檢測 B. 絕緣耐壓檢測 C. 同心平面度檢測 D. 無載檢驗

## 第三章 外轉子永磁無刷馬達自動化生產技術導入之 執行成果

為配合外轉子馬達導入自動化生產線，將現有半自動化生產線，包含：馬達定子半成品、轉子半成品與成品組裝線進行全面自動化與智慧化製造生產、組裝。本研究進行生產標準操作流程(SOP)規劃，內容包含：(1)自動化生產動線規劃分析、(2)自動化生產工序流程規劃分析、(3)自動化設備建置規劃分析、(4)自動化生產之循環時間分析。將以智慧化、即時化之概念，建置外轉子BLDC馬達自動化生產示範與驗證平台。下文主要以轉子半成品與成品組裝線進行自動化設計案例說明。

### 3.1 自動化生產動線規劃分析

本研究之外轉子馬達轉子半成品及成品自動化生產動線，依據自動化製程工序進行產線設計，此產線主要生產工序包含：殼體黏磁石、殼體油壓軸承、殼體充磁與磁通密度檢測、蓋體油壓軸承、蓋體/殼體、定子組裝、馬達成品自動鎖螺絲及馬達成品測試，外轉子馬達轉子及成品自動化生產動線3D示意圖，如圖5所示；實體圖如圖6所示。

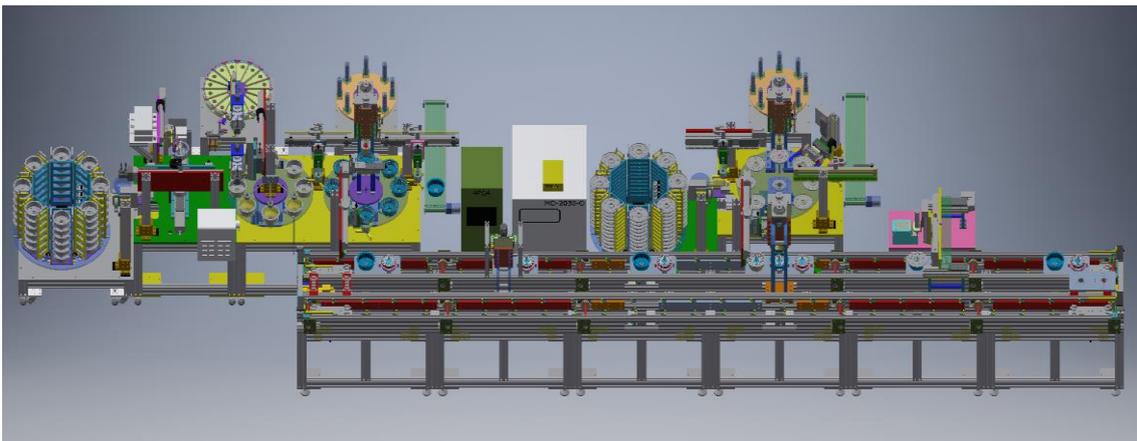


圖5、外轉子馬達轉子及成品自動化生產動線3D示意圖[4]



圖6、外轉子馬達轉子及成品自動化生產線實體圖[5]

### 3.2 自動化生產工序流程規劃分析

本研究所使用之外轉子馬達轉子由殼體與磁石等關鍵組件所組成；馬達蓋體則由蓋體與軸承所組成；馬達成品則由定子半成品、轉子半成品、蓋體半成品組合而成。本研究針對外轉子馬達轉子半成品與成品自動化生產線進行生產標準操作流程(SOP)規劃分析，說明如表2外轉子馬達之自動化生產工序所示。

表 2、外轉子馬達之自動化生產工序

作業 流程	工作站名稱	自動化工序
1	殼體黏磁石	1.殼體來料放入轉盤治具內堆疊。 2.CCD 機器視覺檢測殼體關鍵尺寸。 3.殼體至點膠站進行塗膠。 4.磁石來料放入轉盤治具內堆疊。 5.殼體由輸送帶送至黏磁石站，於送料軌道時同時搭配 CCD 機器視覺進行關鍵尺寸檢驗。



		<p>6.殼體取出，與磁石模座壓合，再置回輸送帶上。</p> <p>7.輸送帶再位移進行烘乾(溫度及時間依需求設定)。</p> <p>8.殼體黏磁完成後進行內徑檢測。</p>
2	殼體油壓軸承	<p>1.軸承來料放入轉盤支柱內堆疊。</p> <p>2.取殼體放入治具內，再取軸承放入治具內，進行電子壓床。</p> <p>3.油壓軸承後，將殼體半成品置於輸送帶上。</p>
3	殼體充磁與磁通密度檢測	<p>1.進行充磁及磁通密度檢測，不良品排出。</p>
4	蓋體油壓軸承	<p>1.蓋體來料放入料盤治具內堆疊。</p> <p>2.軸承來料放入轉盤支柱內堆疊。</p> <p>3.蓋體搭配 CCD 機器視覺檢測蓋體關鍵尺寸，良品從轉盤治具取出置於電子壓床治具。</p> <p>4.取軸承放入治具內，進行電子壓床。</p> <p>5.蓋體油壓軸承後，再取蓋體半成品置於馬達組立之電子壓床。</p>
5	蓋體/殼體、定子組裝	<p>1.取出殼體半成品至電子壓床。</p> <p>2.取出定子半成品至電子壓床。</p> <p>3.放置蓋體半成品至電子壓床，進行馬達壓合組裝。</p> <p>4.夾取馬達成品至輸送帶上，前往馬達</p>



		蓋體/殼體鎖螺絲工作站。
6	馬達成品自動鎖螺絲	1.螺絲由振動盤選別排出。 2.蓋體/殼體透過自動鎖螺絲機進行組合。 3.馬達成品經輸送帶進入成品測試區。
7	馬達成品測試	1.六速空載測試。 2.同心測試。 3.平面測試。 4.絕緣耐壓測試。 5.電感測試。 6.電阻測試。

### 4.3 自動化設備建置規劃分析

為因應外轉子馬達導入自動化生產，原以人工為主之半自動化生產線，包含：生產製造、組裝與工作站間之運輸將由機械手臂搭配輸送帶取代，表3為轉子半成品、蓋體半成品與馬達成品組裝/測試區所需之設備建置規劃。

表 3、轉子半成品、蓋體半成品與馬達成品組裝/測試區所需之設備建置

#### 規劃

工作站類別	工作站名稱/規格
轉子半成品	(1) 殼體黏磁石
	a. 空氣量規
	b. X 光機
	c. 塗膠機



	d. 磁石來料機構
	e. 殼體來料機構
	f. 塗膠機構
	g. 磁石貼合機構
	h. 本體機構
	i. 電控 PLC 人機介面
	(2) 殼體壓軸承
	a. 電子壓床
	b. 軸承來料機構
	c. 電控 PLC 人機介面
	(3) 殼體充磁及磁通密度檢測
	a. 充磁機
	b. 本體機構
	c. 電控 PLC 人機介面
蓋體半成品、 馬達成品	(1) 蓋體壓入軸承及殼體與定子組合
	a. 電子壓床
	b. 空氣量規
	c. 蓋體來料機構
	d. 軸承來料機構
	e. 本體機構
	f. 電控 PLC 人機介面
	(2) 馬達上殼體自動鎖螺絲
	a. 螺絲振動盤及螺絲槍
	b. 本體機構
	c. 電控 PLC 人機介面



	(3) 馬達成品測試
	a. 測試儀器
	b. 本體機構
	c. 電控 PLC 人機介面
本體機構	(1) 本體機構(含輸送系統連線)
	a. 殼體治具上下循環輸送
	b. 定子組治具上下循環輸送
	c. 本體機構
	d. 電控 PLC 人機介面

#### 4.4 自動化生產之循環時間分析

本研究將現有半自動化生產線，包含：定子半成品、轉子半成品與馬達成品組裝/測試線進行全面自動化與智慧化製造生產、組裝及測試，然而自動化生產方式，同樣分為定子半成品、轉子半成品與馬達成品組裝/測試站，作業方式為定子站及轉子站同時進行，完成後再匯集至馬達成品站，目前規劃製作一組自動化定子半成品、轉子半成品及馬達成品作業時間約比半自動化製作一組馬達可降低87%之製程時間，由此可見導入自動化生產後，大幅度縮減馬達生產作業時間，及提升生產效率。



## 第四章 結論

本研究完成建置外轉子 BLDC 馬達自動化生產標準操作流程，將現有半自動化生產線，包含：馬達定子半成品、轉子半成品與成品組裝線進行全面自動化與智慧化製造生產、組裝之規劃分析，同時也進行(1)自動化生產動線規劃分析、(2)自動化生產工序流程規劃分析、(3)自動化設備建置規劃分析及(4)自動化生產之循環時間分析。

外轉子馬達生產線藉由導入自動化生產、組裝及檢驗設備，並同步建立自動化生產標準操作流程，可以滿足自動化生產線精準與快速之定位及移動要求，更能確保不良品在進入生產線前可被即時篩選汰換，有效降低影響馬達性能之風險。此外，外轉子馬達自動化生產線規劃也將透過此標準操作流程為基礎，評估實際人員配置、生產週期時間、補料機制及設備規格與成本控制等。

本研究於外轉子馬達產線導入自動化生產，未來之目標達成效益包含：品質優化、良率100%、客戶滿意、產能增加、彈性規格、降低生產成本、鏈結產業化合作等，並同時滿足將生產線自動化、智慧化、即時化之目標。



## 參考文獻

- [1] 維基百科。檢自  
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%87%AA%E5%8A%A8%E5%8C%96%E6%8A%80%E6%9C%AF>
- [2] 自動化設備，粘謹機械股份有限公司。檢自  
<https://www.nianchin.com.tw>
- [3] 外轉子吊扇馬達(50W 級)商品，嘉隆實業有限公司。檢自  
<http://asaiilerfan.com.tw>
- [4] 工研院綠能所，108年度外轉子 BLDCM 自動化量產設計規劃書，2019年07月。
- [5] 工研院綠能所，109年度外轉子 BLDCM 自動化量產驗證平台，2020年10月。