



2013~2015

風力發電產業專業人才 供需調查



主辦單位： 經濟部工業局

受委託單位： 金屬工業研究發展中心

 工業技術研究院（編輯）

中華民國102年5月

摘要

風力發電產業受到多國政府政策支持，未來風力發電產業的發展將吸引更多人的目光，無論在技術研發、資金投入、產值創造和就業率增長均可帶來正面的影響。風力發電設備產業範疇包括整機業者與零組件產業者。其中整機業依產品規格可分為小型風力機（單機容量為100W~100kW）、大型風力機（單機容量為600kW以上）；零組件產業包含葉片系統、電力與控制系統、機械與傳動系統之細部零組件產業者。

本研究透過產業分析、廠商訪談、問卷調查與文獻回顧等方式，針對風力發電設備產業專業人才進行調查，推估2013~2015年人才供給與需求，並加以統計分析。我國政府推動風力發電產業的目標，在陸域2020年完成約450架；海域2015~2030年完成600架以上。經濟部能源局也已於2012年7月推出離岸風場示範辦法，將帶動國內整機業與零組件業相關人才需求。加上小型風力機因地制宜的多元化創新應用有高成長空間，我國具有整機出口優勢，對於小型風力機與其它能源整合互補為市場的重要應用方向，機電整合技術帶動專業人才需求，風力發電設備產業預估未來將具有人才需求潛力。

風力發電設備整機產業未來專業人才需求職類前三項為機電整合工程師、研發人員占、業務行銷專員等，在景氣持平的預估下，2013年至2015年風力發電設備整機產業人才供需有平衡現象；但在產業樂觀發展下，將帶動整機業者的人才需求，屆時會有供需不足的情況。而風力發電設備零組件產業未來專業人才需求職類前三項為研發人員、機電整合工程師、機械製程工程師等，2013至2015年風力發電設備零組件產業人才供需上皆呈現不足的情況，業者在招募人力上多以轉業為主，而學校供給量較不足。未來可針對風力發電設備產業進行專業人才教育與培育，以彌補人才供需之缺口。

目錄



壹、風力發電設備產業發展現況與趨勢 1

- 一、產業範疇..... 1
- 二、產業發展現況與趨勢 2
- 三、產業趨勢對人才需求之影響..... 7

貳、專業人才需求分析..... 9

- 一、調查方法與架構 9
- 二、專業人才量化分析..... 10
- 三、專業人才需求條件分析..... 12

參、專業人才供給分析..... 21

- 一、調查方法與架構 21
- 二、專業人才供給量化分析..... 22

肆、專業人才供需分析..... 24

- 一、風力發電設備整機產業人才供需分析..... 24
- 二、風力發電設備零組件產業人才供需分析 25

伍、結論與對策 26

- 一、結論..... 26
- 二、對策..... 26

圖目錄

圖1	風力發電設備產業範疇.....	1
圖2	2007~2011年全球風力發電市場.....	2
圖3	全球離岸風力發電市場累計容量分析.....	3
圖4	2011全球小型風力發電市場.....	6
圖5	產業人才需求面推估流程.....	9
圖6	風力發電設備整機產業專業人才占公司總人數比率.....	10
圖7	風力發電設備整機產業關鍵職類新增需求.....	11
圖8	風力發電設備零組件產業專業人才占公司總人數比率.....	11
圖9	風力發電設備零組件產業關鍵職類新增需求.....	12
圖10	風力發電設備整機產業需求科系比例.....	12
圖11	風力發電設備整機產業研發人員專業技能需求.....	13
圖12	風力發電設備整機產業機電整合工程師專業技能需求.....	14
圖13	風力發電設備整機產業機械製程工程師專業技能需求.....	14
圖14	風力發電設備整機產業品保測試工程師專業技能需求.....	15
圖15	風力發電設備整機產業業務行銷專員專業技能需求.....	15
圖16	風力發電設備整機產業專案管理人員專業技能需求.....	16
圖17	風力發電設備整機產業在專業人才招聘困難原因.....	16
圖18	風力發電設備零組件產業需求科系比例.....	17
圖19	風力發電設備零組件產業研發人員專業技能需求.....	17
圖20	風力發電設備零組件產業機電整合工程師專業技能需求.....	18
圖21	風力發電設備零組件產業機械製程工程師專業技能需求.....	18
圖22	風力發電設備零組件產業品保測試工程師專業技能需求.....	19
圖23	風力發電設備零組件產業業務行銷專員專業技能需求.....	19
圖24	風力發電設備零組件產業專案管理人員專業技能需求.....	20
圖25	風力發電設備零組件產業在專業人才招聘困難原因.....	20
圖26	產業人才供給面推估流程.....	21

表目錄

表1 我國已商轉之風力機一覽表.....	4
表2 千架海陸風力機推動時程	5
表3 風力發電設備產業專業人才核心科系.....	22
表4 人才求供倍數指標符號意義.....	24
表5 2013~2015年風力發電設備整機產業人才供需情形.....	24
表6 2013~2015年風力發電設備零組件產業人才供需情形	25
表7 風力發電設備產業人才發展措施表	27

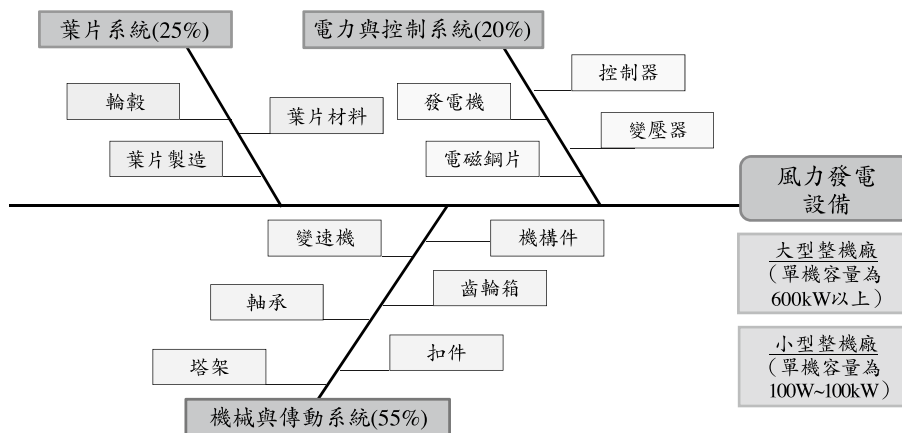


壹、風力發電設備產業發展現況與趨勢

一、產業範疇

2011年全球對於再生能源總投資金額約達2,600億美元，較2010年2,110億美元成長23.2%，若以投資項目來看，則以太陽光電所占比例最高，其次為風力發電，風力發電為全球再生能源未來發展主力，尤其以離岸風力發電為下一階段發展重點。風力發電設備產業在臺灣仍屬新興產業，為促進產業發展進行產業專業人才供需調查，進行人才供需的問題探索，以支持風力發電設備產業發展。

風力發電設備定義上，風力機(Wind Turbine)是藉由空氣流動轉動葉片以擷取風的動能，進而轉換成有用的機械能或電能之產品，按主軸與地面的相對位置，可分為水平軸與垂直軸兩種。風力發電設備產業範疇包括整機業者與零組件產業者。其中整機業依產品規格可分為小型風力機（單機容量為100W~100kW）、大型風力機（單機容量為600kW以上）；零組件產業包含葉片系統、電力與控制系統、機械與傳動系統之細部零組件產業者。風力發電設備產業範疇如圖1所示。



資料來源：金屬工業研究發展中心。

圖1 風力發電設備產業範疇

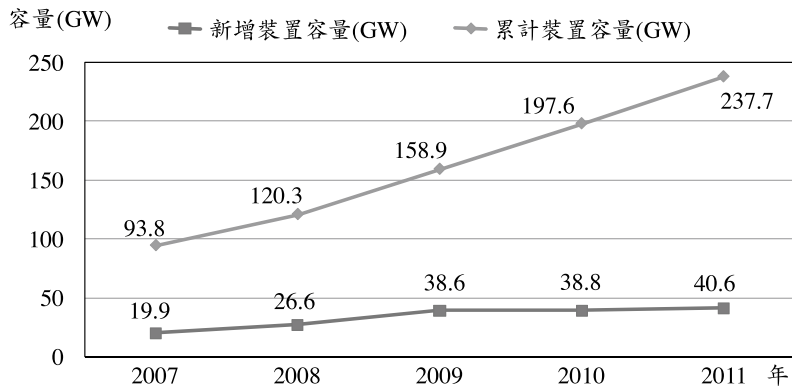
而依據風力機產品規格尺寸與風力發電設置場域來區分，說明如下：

- 1.依風力機產品規格尺寸，可分為小型風力機與大型風力機：(1)小型風力機為單機容量為100W~100kW之風力機系統；(2)大型風力機為單機容量為600kW以上之風力機系統。
- 2.以風力發電設置場域來看，包括陸域風場與離岸風場：(1)陸域風場中小型風力機多應用於分散式用電，而大型風力機多應於併網式發電，單機容量多為0.6~2.5MW；(2)離岸風場以大型風力機應用為主，主要在於併網式發電，其中依水深地點又分近岸與離岸，單機容量多為3MW以上。

二、產業發展現況與趨勢

(一) 大型風力發電市場穩健成長

儘管全球經濟危機持續在歐洲蔓延，中國大陸亦面臨風力發電產能過剩危機，然2011風力發電市場仍穩健成長，新增容量達40.6GW，較2010年成長4.5%，新增風力發電總產值達735億美元，累計容量則達237.7MW，2007~2011年全球風力發電市場如圖2所示。2011年中國大陸雖然持續榮登全球第一大市場寶座，但受到併網制約，再加上各類事故頻繁發生，成長較去年小幅衰退7%至17.6GW。美國市場擺脫2010年大幅衰退的陰霾，2011年新增風力發電裝置量為6.8GW，較2009年大幅成長33.1%，約可新增200萬戶家庭用電，累計容量則高達46.9GW。印度2011年推出激勵政策包括投資46億美元於風力發電技術及廠商投資獎勵等，新增3GW裝機容量，較2010年大幅成長41%，預計到2015年可望實現5GW的新增容量。除了歐洲、北美及亞洲為風力發電主要發展地區外，2011年拉丁美洲、非洲亦有明顯成長，尤其是巴西，首次突破1GW累計裝置容量，遠較2010年成長63%，預計2016年可達7GW裝置目標。



資料來源：GWEC 2012.4/金屬中心MII整理。

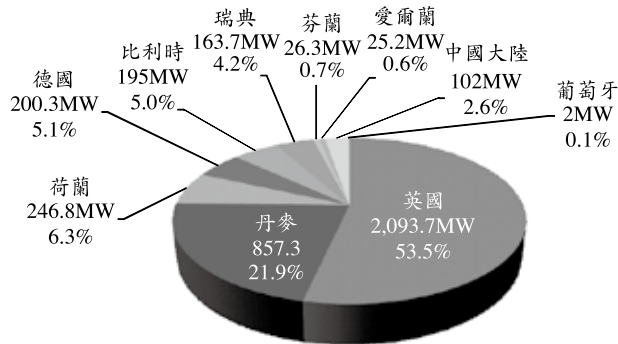
圖2 2007~2011年全球風力發電市場

(二) 離岸風力發電成長迅速

2011年全球新增離岸風力發電市場全在歐洲，共有九個離岸風場總計235台海上風力發電機併入電網，總新增容量達866MW，投資額約為24億歐元；尚有2,375MW的離岸風力發電專案在開發中，另2,910MW離岸風力發電專案的準備工作也已展開。截至2011年底，全球累計有1,405台離岸風力機併入電網，累計總裝置容量達3,915MW，分布在11個歐洲國家的54個風力發電場。2011年新併網的離岸風力機大部分（約87%，752.45MW）位於英國海域，另有約13%位於德國(108.3

MW)、丹麥(3.6MW)和葡萄牙(2MW)。2012年上半年全球已有132台併聯商轉，併網裝置量達523.2MW，較2011年同期成長60%。目前尚有13個風場建置中，預計2012全年離岸風力發電新增容量可達1,733MW，2012~2016年離岸風力發電累計裝置容量年平均成長率可高達40%。

歐盟國家中以英國和丹麥的離岸風力發電發展最為迅速，累計總裝置容量和風力機數量遙遙領先於其它國家，詳見圖3，而德國將成為下一個成長焦點，有2,272 MW離岸風力發電項目進入準備階段；而Siemens和Vestas是風力機製造商中的領先者，兩者合占市場比例達到90%。2011年西門子公司供應了80%的離岸風力機（以裝機容量計算，692.7MW/200台），其次是Repower（12.9%，111.65 MW/22台）、BARD（7%，60MW/12台）和Vestas（2MW/1台）。由於離岸風力發電投資風險高，全球市場呈現寡占局面，2011年新增離岸風力發電市占率，以英國SSE公司245.92MW占全球28%居冠，其次為德國RWE公司190.8MW占22%居次，丹麥Dong Energy則新增168.8MW位居第三位，其它風場開發商尚包括Statoil、EDP等電力公司，惟一例外的是BARD，其為離岸風力機製造商，同時投入離岸風場的開發。



資料來源：EWEA 2012。

圖3 全球離岸風力發電市場累計容量分析

（三）臺灣為全球第九個大型風力機供應國

截至2011年底止，我國已建置26個陸域風場合計商轉288部風力機，風力發電裝置總量為563.8MW，排名全球第23名。在產值方面，2011年我國風力發電設備產值已達新臺幣60億元，主要集中在大型風力機系統、大型風力機其它次零組件及小型風力發電機系統等產品。2011年東元接獲越南順寧風場訂單30支，2011年底先交貨十支，不含安裝的單機營收約8,000萬元，總計帶進近8億元營收，我國也因此正式邁向大型風力機整機生產國。國內目前已開發的大型陸域風場如表1所示。

表1 我國已商轉之風力機一覽表

國內非民營開發業者風場資訊					
風場名稱	開發業者	機型	單機容量 (MW)	風力機台數 (台)	裝置容量 (MW)
石門風力	台電公司	Vestas	0.66	6	3.96
林口風力	台電公司	Vestas	2	3	6
觀園風力	台電公司	GE	1.5	20	30
大潭風力	台電公司	GE	1.5	3	4.5
大潭二風力	台電公司	Enercon	2.3	2	4.6
大潭二之二風力	台電公司	Vestas	2	3	6
香山風力	台電公司	Gamesa	2	6	12
中港風力	台電公司	Harakosan	2	18	36
中火風力	台電公司	Harakosan	2	3	6
彰工風力	台電公司	Vestas	2	31	62
王功風力	台電公司	Enercon	2.3	10	23
麥寮風力	台電公司	Vestas	2	23	46
四湖風力	台電公司	Vestas	2	14	28
恆春風力	台電公司	GE	1.5	3	4.5
中屯風力	台電公司	Enercon	0.6	8	4.8
湖西風力	台電公司	Enercon	0.9	6	5.4
金沙風力	台電公司	Vestas	2	2	4
國內民營開發業者風場資訊					
麥寮一期	台塑重工	Vestas	0.66	4	2.64
竹北春風	天隆造紙	Vestas	1.75	1	1.75
苗栗竹南	英華威	Enercon	2	3	6
苗栗竹南	英華威	Enercon	1.8	1	1.8
苗栗大鵬	英華威	Enercon	2	21	42
彰濱	鹿威	Enercon	2.3	38	87.4
彰濱鹿港	鹿威	Enercon	2.3	4	9.2
大安大甲	中威	Enercon	2.3	27	62.1
苗栗龍港	東和	Enercon	2.3	5	11.5
桃園觀音	觀威	Enercon	2.3	17	39.1
新豐濕地	觀威	Enercon	2.3	5	11.5

資料來源：經濟部能源局2011。

(四) 國內風力發電設備產業零組件產業者發展概況

「風力發電」於我國再生能源技術中屬研發階段且具產業發展條件之潛力項目，近來在政府產業推廣及民間業者投資下，目前在次零組件方面已有部分業者切入全球前十大供應商。目前東元已具備2MW陸域風力機組裝能力，2011年接單出口越南十台風力機系統產值達新臺幣10億元，其它陸續有台塑、華城、芳生、恆耀、華陽、上緯、益光、源潤豐等公司陸續切入市場。

目前國內大型陸域風力機產業在次零組件方面已有部分業者切入全球前十大供應商，然在未來離岸商用3MW級以上風力機關鍵零組件、海事工程船舶、週邊設備及營運維修之技術能量亟待建置，未來將透過工業合作計畫引進國際技術，帶動供應鏈建立自主能量，落實國內市場。未來在產業發展所需資金融通、檢測驗證及組裝港埠等課題，亦尚待後續推動。

恒耀扣件、台塑葉片碳纖維及華城變壓器在外銷出貨上亦有亮眼表現。2012年1~5月我國風力發電產值已達新臺幣33億元，預計2012年受到美國市場復甦及中國大陸市場帶動下，產值可逾新臺幣70億元。

（五）臺灣積極發展離岸風力發電

為加速海上風力發電開發、打造綠色能源經濟，馬總統於2011年11月3日上午「能源政策」記者會宣示：全力推廣「再生能源」之「千架海陸風力機」計畫及「陽光屋頂百萬座」計畫，推動目標為陸域2020年完成約450架風力發電機、海域2015~2030年完成600架風力發電機。經濟部能源局已在2012年7月3日公告實施「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，預計民國104年將設置六架離岸示範風力機；109年前完成離岸風力機裝置容量300MW以上，總產值可達新臺幣480億元以上；累計至119年將可設置600架海上風力機，連同陸上風力機400架風力機，總裝置容量將達4,200MW，風能產業鏈產值可望達新臺幣5,000億元以上，透過示範獎勵辦法，除提供示範機組設置費50%獎勵外，並提供示範風場作業獎勵費用約新臺幣2.5億元。千架海陸風力機推動時程如表2所示。

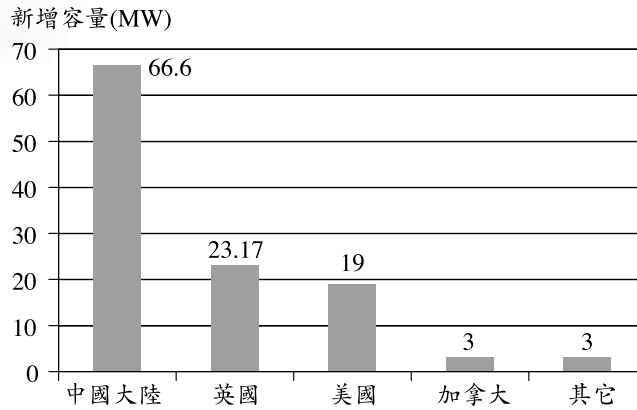
表2 千架海陸風力機推動時程

年度	2010	2015	2020	2025	2030
陸域累計風力(MW)	519 (268架)	866 (350架)	1,200 (450架)	1,200 (450架)	1,200 (450架)
海域累計風力(MW)	0	>15 (4架)	600 (120架)	1,800 (360架)	3,000 (600架)
小計	519 (268架)	881 (354架)	1,800 (570架)	3,000 (810架)	4,200 (1,050架)

資料來源：能源局2012。

（六）小型風力發電創新應用需求增加

2011年全球小型風力發電市場新增容量約114.7MW，較2011年小幅成長10.2%，前三大新增裝置國為中國大陸、美國及英國，共占全球95%市占率。但2012年由於美國小型風力機補貼政策不明、歐洲經濟情勢疲軟的影響下，歐美中小型風力機市場將小幅衰退11%，但在中國大陸無電區域的需求帶動下，2012年全球中小型風力機市場仍預計小幅成長4%至120MW。2011全球小型風力發電市場如圖4所示。



資料來源：中國農機工業協會風能設備分會/Renewable UK/EWEA/2012 .4。

圖4 2011全球小型風力發電市場

目前中國大陸有300萬戶無電可用及1,000多萬無電人口，偏遠地區及農村用電需求使其成為全球第一大小風力機市場，2011年新增11.4萬台，新增容量為66.6MW，新增產值約15億元人民幣（約合新臺幣68.4億元）。美國受到景氣拖累及獎勵政策未明影響，小型風力發電市場新增容量僅19MW（共7,303台風力機，產值約1.14億美元，約合新臺幣33.8億元），較2010年衰退25.7%；2012年已有11州政府停止對小型風力機補助，其它州補助規範趨嚴，2012年美國市場仍較不樂觀。英國市場則新增3,086台小風力機，共23.17MW，市值達5,000萬英鎊（約合新臺幣23.7億元）；在政府躉購電價政策及法案支持下，預計2012年英國市場需求將達5,092台，市值達1.38億英鎊（約合新臺幣64億元）。目前以10kW以下機種為市場主流，獨立型小型風力機為主，但併網型應用成長快速，根據世界風能協會WWEA預估，在既有風光與無電區域的需求以及新興應用的發展趨勢下，2015年全球中小型風力機安裝容量可達1,412MW，2015~2020年中小型風力機市場成長率達35%，2020年全球小型風力機市場之累計裝置容量高達3,817MW，未來在新興應用如微型電網等帶動下，中小型風力機市場具有成長潛力。

（七）小型風力發電測試認證機制興起

目前歐洲市場仍強制產品至少需通過CE驗證，方可進行販售，然為保障消費者權益，歐洲開始將IEC 61400-2型式驗證要求、2006/95/EC低電壓指令、2006/42/EC機械指令及2004/108/EC電磁相容指令納入選項。由於國際小型風力機測試標準IEC 61400-2規範乃參考自大型風力機準則。但因小風力機設計相當多元，目前因IEC61400-2對小風力機的噪音衡量及預測方法、耐久測試的定義及安裝在結構物上的驗證方法未臻成熟，加上缺乏垂直軸風力機之衡量方法等因素，英國與美國參考IEC61400-2版本，並依當地國情與業者能量建立國家驗證標準，2008年英國成為率先啟動小型風力機測試驗證制度之國家，美國已於2010年隨後執行，2012年已有少數業者如Bergey等取得合格證書。

我國投入小型風力機產業系統商約20家，產品以100W~10kW居多，除已在公共建築、私人工廠及豪宅社區等具實際市場應用外，目前國內小型風力機產品以出口為主，2011年外銷比重達95%，以出口中國大陸為主，並積極拓展東南亞、美國及中美洲地區市場。由於小型風力機安裝已涉及個別用戶，品質性能要求愈受重視。目前歐美小型風力機國際測試驗證機制陸續建置中，以保障消費者使用安全。而金屬中心在標檢局協助下建置之臺南七股測試風場，為亞太第一個通過國家認證之中小型風力機測試平台，2010年12月已完成國內TAF認證，預計2012年年底通過監督運轉評鑑取得國際交互認證。

三、產業趨勢對人才需求之影響

未來三年風力發電設備產業對人才的需求趨動因素，在整機產業上受到經濟部能源局2012年7月3日公告實施「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」的帶動下，預計民國104年將設置六架離岸示範風力機；109年前完成離岸風力機裝置容量300MW以上，總產值可達新臺幣480億元以上；累計至119年將可設置600架海上風力機，連同陸上風力機400架風力機，總裝置容量將達4,200MW，風能產業鏈產值可望達新臺幣5,000億元以上。在產值發展目標下將推動相關產業發展，隨著2015年六架離岸示範風力機的初步設置建構國產化能量，以及2020年大規模風場開發帶動產值，相對帶來相關人力需求。

隨著示範辦法的實施，以及2020年產業目標的帶動，離岸風力發電產業呈上升趨勢，專業人才預估將產生需求，目前影響我國未來三年產業發展的重要驅動因素以經濟部能源局示範辦法為主，國產化目標與海事工程團隊帶動相關人才需求。在離岸風力發電發展初期，根據金屬中心2012年對我國相關業者調查，我國在離岸風力發電將對研發人員、機電整合工程師、機械製程工程師、專案管理人員具有需求。

未來三年風力發電設備產業對人才的需求趨動因素說明如下：

1. 千架海陸風力機

政府推動風力發電產業，陸域2020年完成約450架；海域2015~2030年完成600架以上，將帶動國內投資。國內風力發電有明確發展目標，對各類專業人才皆有需求，包括研發人員、機電整合工程師、機械製程工程師、品保測試工程師、專案管理人員。

2. 經濟部能源局離岸風場示範辦法

離岸風電因具有較佳之風場與相對陸域風電較少之干擾因素，已成為各先進大國積極發展的新興風電場，成長率高。我國也於2012年7月推出離岸風場示範辦法，將帶動國內產業。我國具有關鍵零組件優勢，機械、機電及工程技術能力。國產化目標與海事工程團隊帶動相關人才需求，包括研發人員、機電整合工程師、機械製程工程師（海事工程技術）。



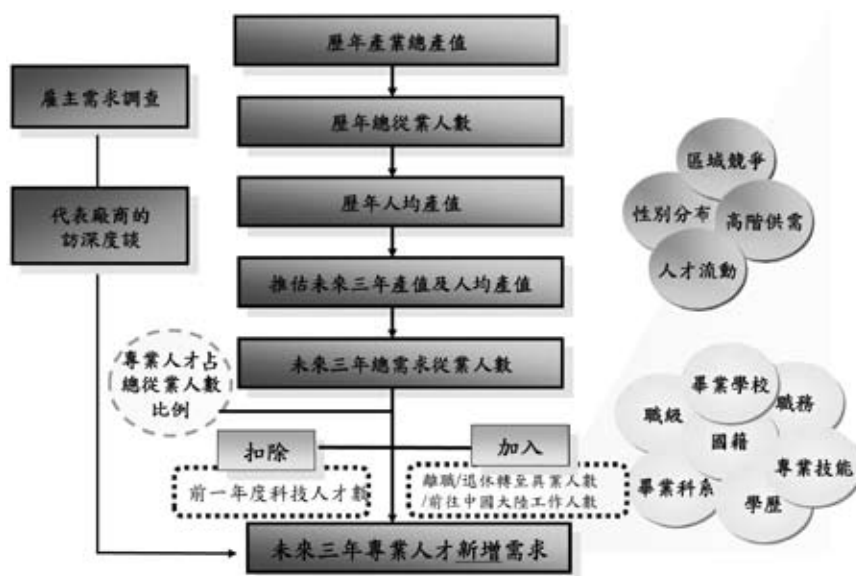
3.小型風力機應用市場

小型風力機因地制宜的多元化創新應用，有高成長空間，我國具有整機出口優勢，對於小型風力機與其它能源整合互補，為市場推廣的重要應用方向，機電整合技術重要。人才需求包括研發人員、機電整合工程師、業務行銷專員。

貳、專業人才需求分析

一、調查方法與架構

產業人才需求推估由以下兩者構成：廠商產業人才新增需求之量化分析，及特定條件需求分析。量化分析在於總體檢視重點產業人才的數量缺口，而條件需求分析則是調查產業人才特殊條件之需要，描繪未來需求的產業人才樣貌。產業人才需求面推估流程請見圖5。



資料來源：本研究整理。

圖5 產業人才需求面推估流程

（一）雇主調查法人才需求推估

雇主調查法為預估（未來1年）人才需求數，運用問卷、電話以及廠商拜訪等方式，抽樣調查各公司欲新增需求人才類別與人數，統計所有受訪公司之總需求人力後，再依受訪公司所占產值比率彙整統計推估至總產業需求人力。其公式如下：

方程式1

$$2013\text{年產業人才新增需求} = \text{調查樣本需求人數} \times (\text{樣本產值占各領域產值比}) \times (2013\text{年產值成長率} + 1)$$

（二）地中海區域計畫法人才需求推估

「地中海區域計畫人力推估法」是為配合國內發展實際條件，所發展出之推估模式。該方法為經濟合作暨發展組織(OECD)於1960年代，在「地中海區域計畫」

中論及推估人才需求的方法，目的為推算出達到某特定經濟成長目標所需的勞動供給。推估模式以公元2012年之總從產業人數作為基期資料，並以總產業產值成長率及人年生產力提升率作為參數。推估計算模式如下：

方程式2

$$N\text{年人才總需求} = \text{基期從業人數} \times (N\text{年產值成長率} + 1) \div (N\text{年人年生產力之提升率} + 1)$$

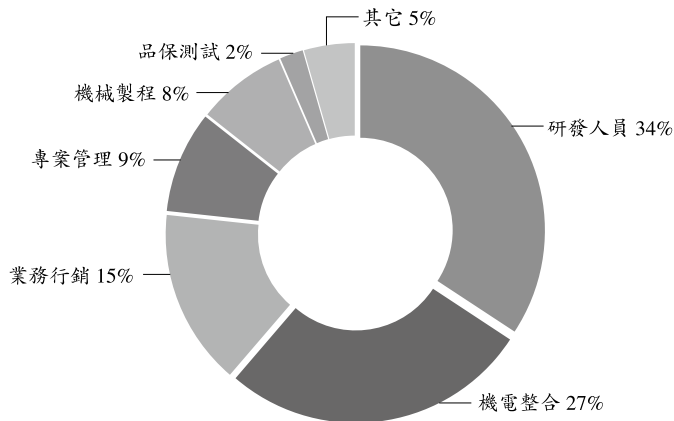
方程式3

$$N\text{年產業人才新增需求} = N\text{年人才總需求} - (N-1)\text{年人才總需求}$$

二、專業人才量化分析

(一) 風力發電設備整機產業

本次對廠商人才需求問卷調查中，風力發電設備整機產業專業人才職類包括了包括研發人員、機電整合工程師、機械製程工程師、品保測試工程師、業務行銷專員、專案管理人員。風力發電設備整機產業專業人才占公司總人數比率上以研發人員最多占34%，其次是機電整合工程師占27%、業務行銷人員占15%，如圖6所示。



資料來源：本研究整理。

圖6 風力發電設備整機產業專業人才占公司總人數比率

其中機電整合工程師需求比重最大占33%，其次是研發人員占25%、業務行銷專員占24%，前三大專業人才職務需求共占84%，與現階段專業人才聘用比例比較，機械製程工程師具有大幅的需求幅度，可歸因於大型風力機系統國產化的發展方向下，可帶動機械傳動系統如塔架、發電機、扣件等專業人才需求，如圖7所示。

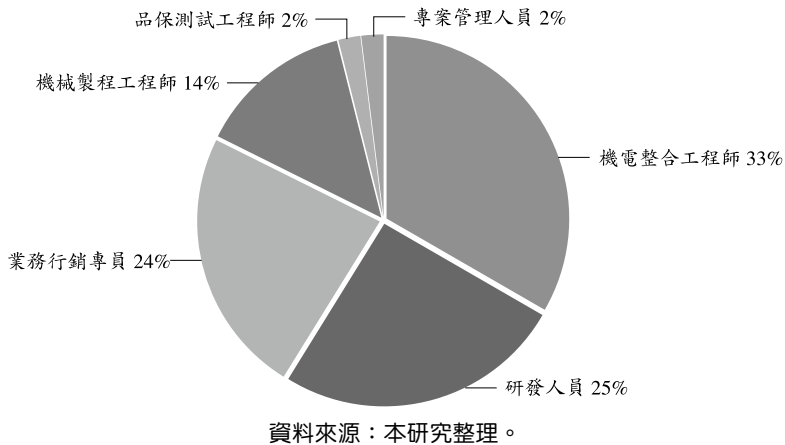


圖7 風力發電設備整機產業關鍵職類新增需求

2012年風力發電設備整機產業產值約為30億元，2013年預估產值為34.3億元，依據地中海區域計畫人力法與產業發展前景推估，預期至2015年風力發電設備整機產業產值約為47.1億元，將新增專業人才需求約120~150人。

（二）風力發電設備零組件產業

本次對廠商人才需求問卷調查中，風力發電設備整機產業專業人才職類包括研發人員、機電整合工程師、機械製程工程師、品保測試工程師、業務行銷專員、專案管理人員。風力發電設備零組件產業專業人才占公司總人數比率以機電製程工程師與研發人員最多，皆占整體專業人員21%，其次是專案管理人員占19%、機電整合工程師與業務行銷人員皆占10%，如圖8所示。

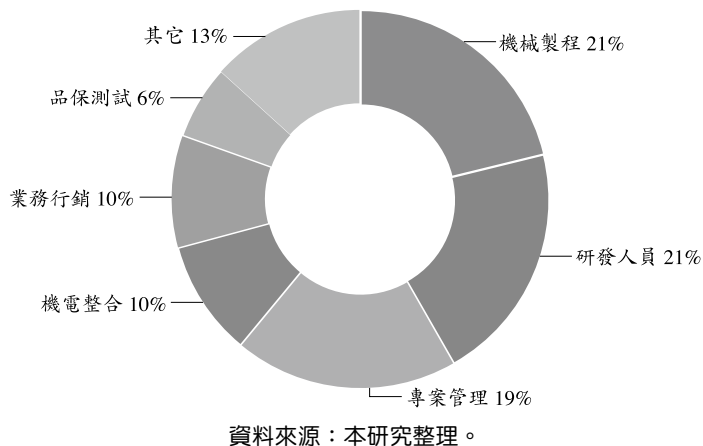
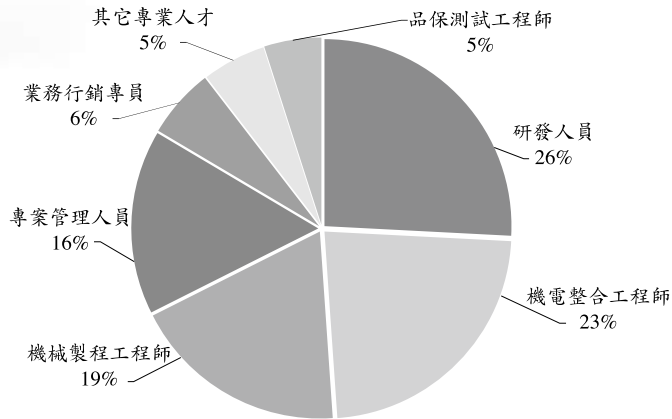


圖8 風力發電設備零組件產業專業人才占公司總人數比率

其中研發人員需求人數最多占26%，其次是機電整合工程師占23%、機械製程工程師占19%、專案管理人員占16%，前四項專業人才需求數量占風力發電設備零組件產業人才需求量84%，如圖9所示。



資料來源：本研究整理。

圖9 風力發電設備零組件產業關鍵職類新增需求

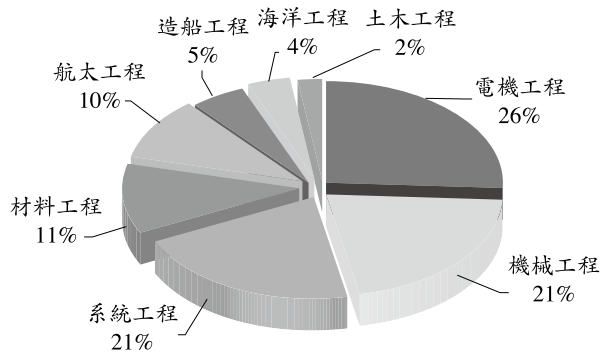
2012年風力發電設備零組件產業產值約為40億元，2013年預估產值為45.7億元，依據地中海區域計畫人力法與產業發展前景推估，預期至2015年風力發電設備零組件產業產值約為62.9億元，將新增專業人才需求約390~480人。

三、專業人才需求條件分析

(一) 風力發電設備整機產業

1. 風力發電設備整機產業需求科系比例

風力發電設備整機產業需求科系以電機工程學系需求最多占整體26%，其次是機械工程學系21%、系統工程學系21%，由於風力機整機系統重點在機電整合與系統整合上，因此電機工程、機械工程與系統工程學系占了約七成需求。其它如材料工程學系與未來離岸風力發電所需的航太工程、造船工程與土木工程等科系約占三成，如圖10所示。



資料來源：本研究整理。

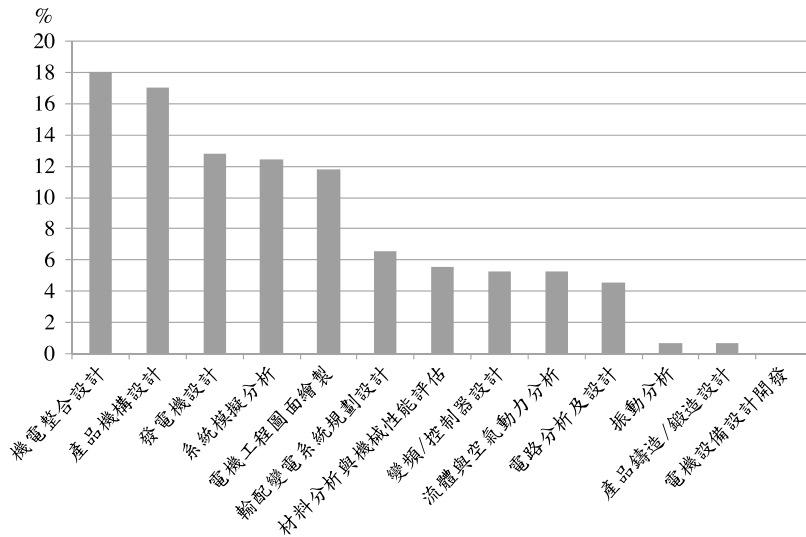
圖10 風力發電設備整機產業需求科系比例

2. 風力發電設備整機產業專業技能分析

風力發電產業所需人才種類眾多，除了行政管理與財務等一般人員之外，在專業職類需求包括研發人員、機電整合工程師、機械製程工程師、品保測試工程師、業務行銷專員、專案管理人員。而各專業職類需求所需技能更有不同，本次調查專業技能需求結果如下：

A. 研發人員

風力發電設備整機產業中研發人員專業技能，以機電整合設計、產品機構設計、發電機設計為需求最多的前三項專業職能。

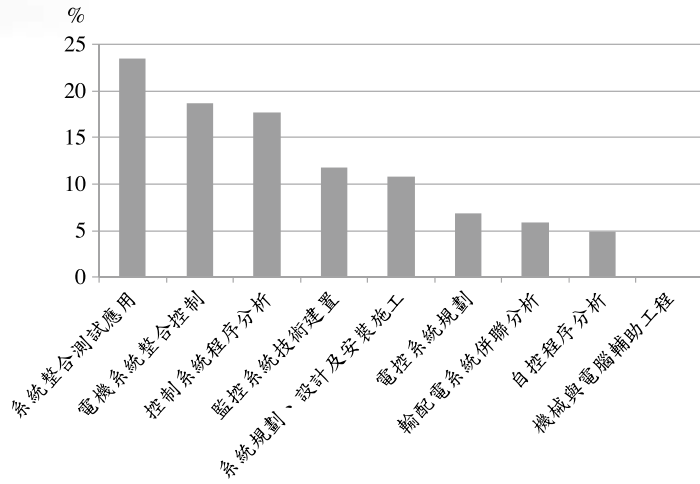


資料來源：本研究整理。

圖11 風力發電設備整機產業研發人員專業技能需求

B. 機電整合工程師

風力發電設備整機產業中機電整合工程師專業技能，以系統整合測試應用、電機系統整合控制、控制系統程序分析為需求最多的前三項專業職能。

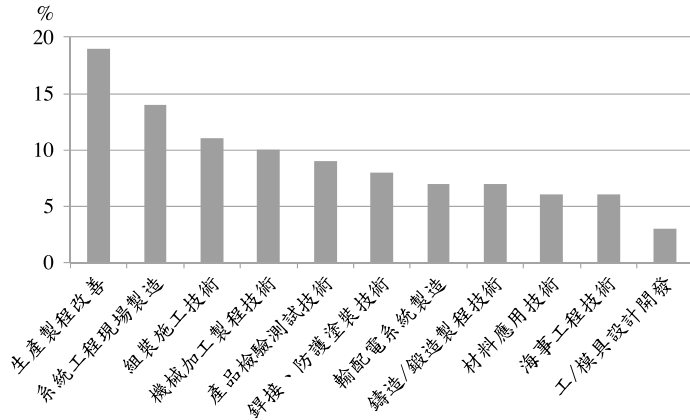


資料來源：本研究整理。

圖12 風力發電設備整機產業機電整合工程師專業技能需求

C. 機械製程工程師

風力發電設備整機產業中機械製程工程師專業技能，以生產製程改善、系統工程現場製造、組裝施工技術為需求最多的前三項專業職能。

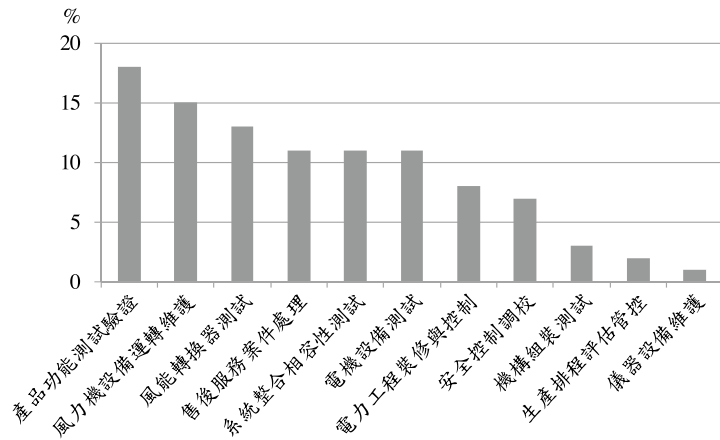


資料來源：本研究整理。

圖13 風力發電設備整機產業機械製程工程師專業技能需求

D. 品保測試工程師

風力發電設備整機產業中品保測試工程師專業技能，以產品功能測試驗證、風力機設備運轉維護、風能轉換器測試為需求最多的前三項專業職能。

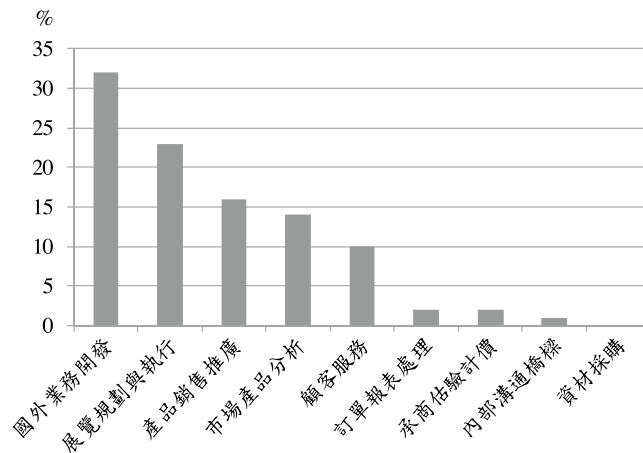


資料來源：本研究整理。

圖14 風力發電設備整機產業品保測試工程師專業技能需求

E.業務行銷專員

風力發電設備整機產業中業務行銷專員專業技能，以國外業務開發、展覽規劃與執行、產品銷售推廣為需求最多的前三項專業職能。

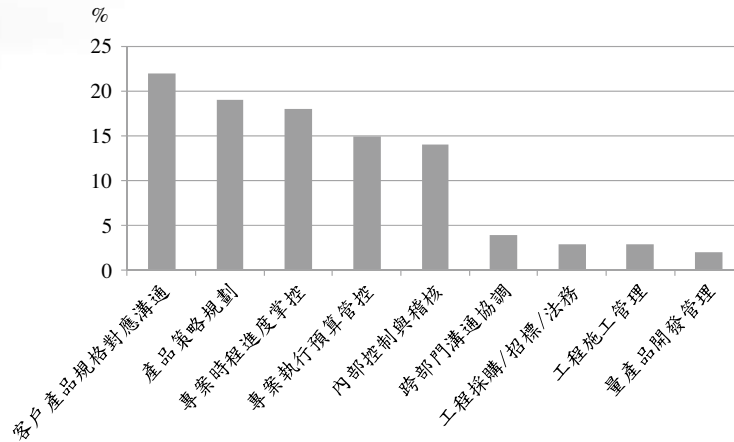


資料來源：本研究整理。

圖15 風力發電設備整機產業業務行銷專員專業技能需求

F.專案管理人員

風力發電設備整機產業中專案管理人員專業技能，以客戶產品規格對應溝通、產品策略規劃、專案時程進度掌控為需求最多的前三項專業職能。

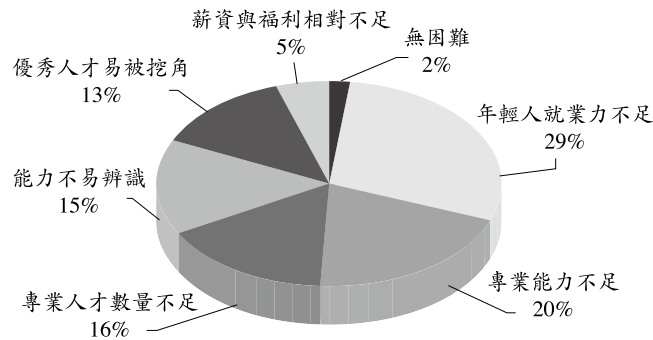


資料來源：本研究整理。

圖16 風力發電設備整機產業專案管理人員專業技能需求

3. 招募與運用困難狀況

風力發電設備整機業在專業人才招募運用上，以年輕人就業力不足為主要問題占29%，其次是專業能力不足占20%、專業人才數量不足占16%、能力不易辨識占15%，如圖17所示。



資料來源：本研究整理。

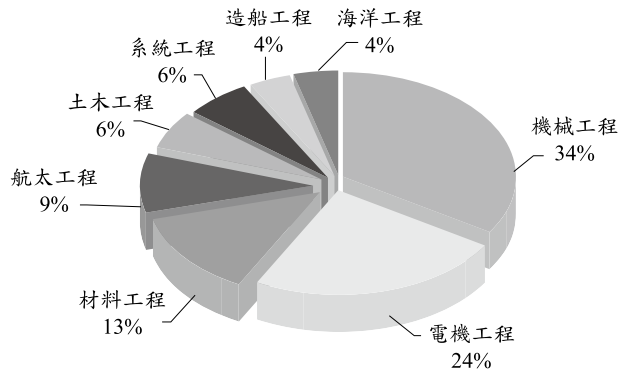
圖17 風力發電設備整機產業在專業人才招募困難原因

(二) 風力發電設備零組件產業

1. 風力發電設備零組件產業需求科系比例

風力發電設備零組件產業需求科系以機械工程學系需求最多占整體34%，其次是電機工程學系24%、材料工程學系13%，由於風力機零組件中發電機、齒輪箱、

變速箱、機構件等皆需要機械工程與電機工程相關，而葉片、塔架、扣件等需要材料工程專業，因此該三科系需求即占整體需求七成。其它航太工程、土木工程、系統工程、造船工程、海洋工程等科系約占三成需求，如圖18所示。



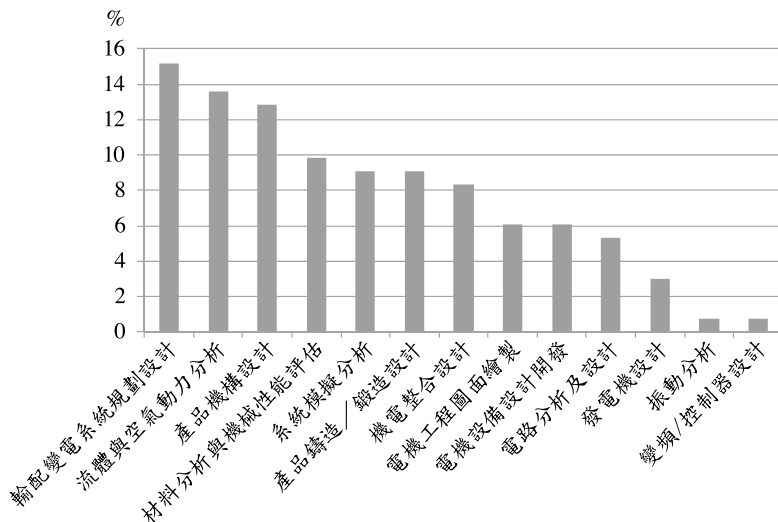
資料來源：本研究整理。

圖18 風力發電設備零組件產業需求科系比例

2. 風力發電設備零組件產業專業技能分析

A. 研發人員

風力發電設備零組件產業中研發人員專業技能，以輸配變電系統規劃設計、流體與空氣動力分析、產品機構設計為需求最多的前三項專業職能。

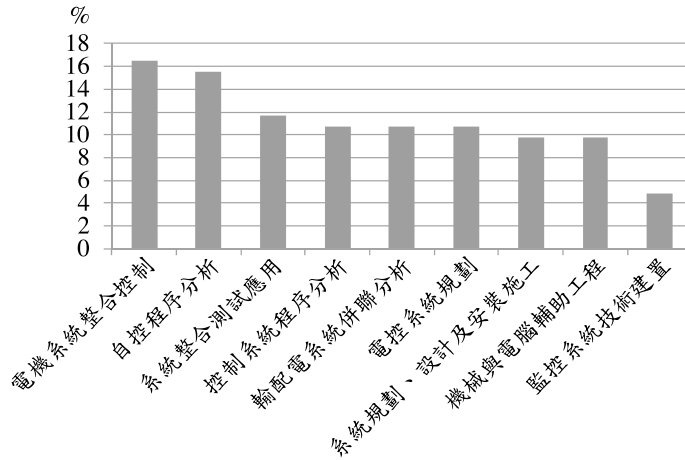


資料來源：本研究整理。

圖19 風力發電設備零組件產業研發人員專業技能需求

B.機電整合工程師

風力發電設備零組件產業中機電整合工程師專業技能，以電機系統整合控制、自控程序分析、系統整合測試應用為需求最多的前三項專業職能。

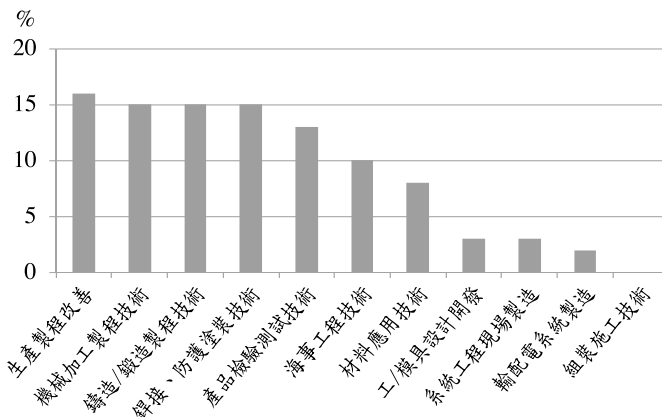


資料來源：本研究整理。

圖20 風力發電設備零組件產業機電整合工程師專業技能需求

C.機械製程工程師

風力發電設備零組件產業中機械製程工程師專業技能，以生產製程改善、機械加工製程技術、鑄造／鍛造製程技術為需求最多的前三項專業職能。

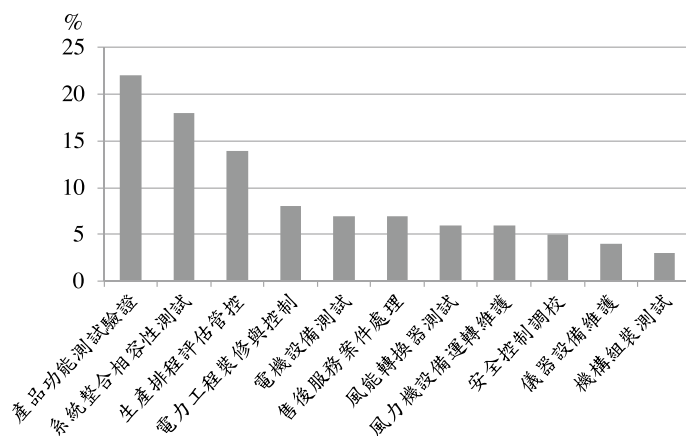


資料來源：本研究整理。

圖21 風力發電設備零組件產業機械製程工程師專業技能需求

D. 品保測試工程師

風力發電設備零組件產業中品保測試工程師專業技能，以產品功能測試驗證、系統整合相容性測試、生產排程評估管控為需求最多的前三項專業職能。

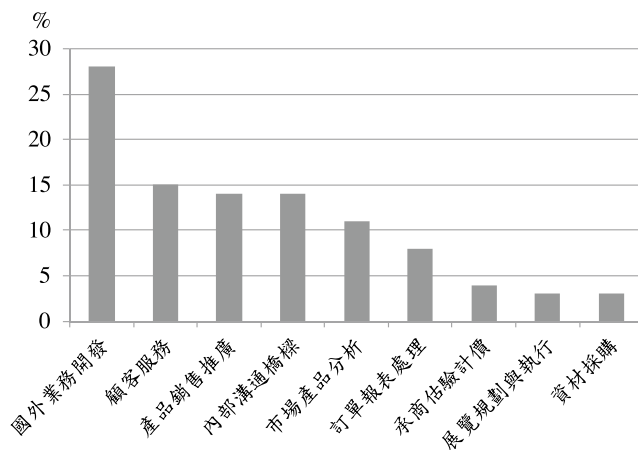


資料來源：本研究整理。

圖22 風力發電設備零組件產業品保測試工程師專業技能需求

E. 業務行銷專員

風力發電設備零組件產業中業務行銷專員專業技能，以國外業務開發、顧客服務、產品銷售推廣為需求最多的前三項專業職能。

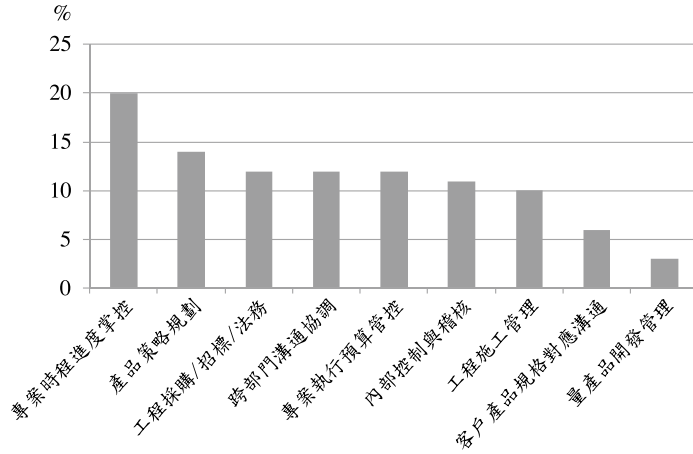


資料來源：本研究整理。

圖23 風力發電設備零組件產業業務行銷專員專業技能需求

F.專案管理人員

風力發電設備零組件產業中專案管理人員專業技能，以專案時程進度掌控、產品策略規劃、工程採購／招標／法務為需求最多的前三項專業職能。

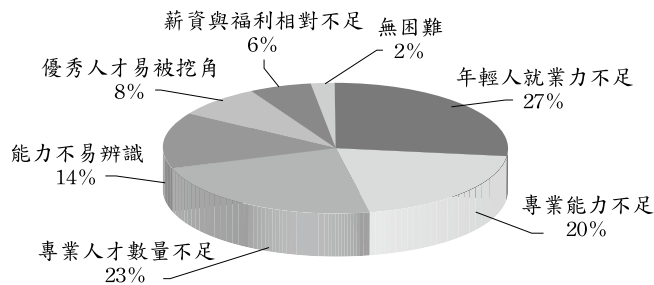


資料來源：本研究整理。

圖24 風力發電設備零組件產業專案管理人員專業技能需求

3.招募與運用困難狀況

風力發電設備零組件產業在專業人才招聘運用上，前三項主要問題為年輕人就業力不足占27%、專業能力不足占20%、專業人才數量不足占23%，如圖25所示。



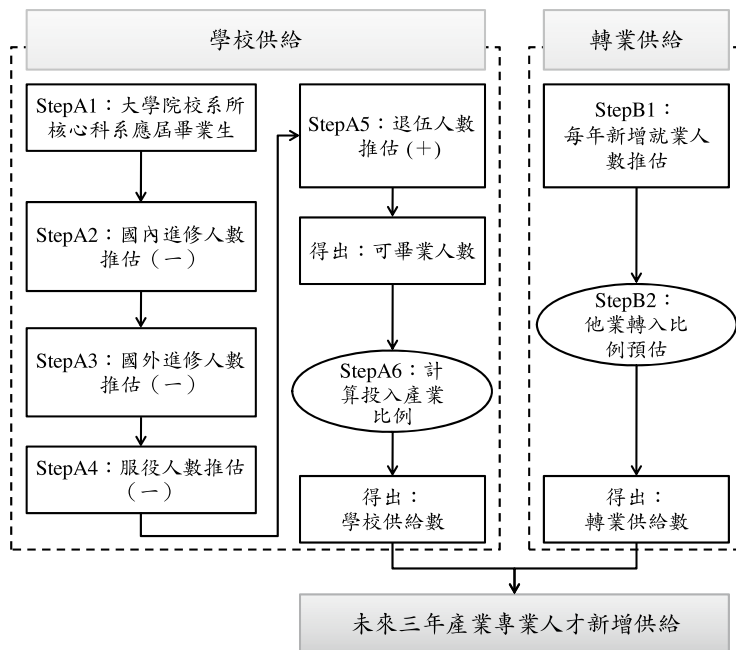
資料來源：本研究整理。

圖25 風力發電設備零組件產業在專業人才招聘困難原因

參、專業人才供給分析

一、調查方法與架構

風力發電設備產業專業人才供給面推估，包括學校供給與轉業供給。學校供給是根據臺灣高等教育整合資料庫，並給定假設以進行統計分析。從核心科系各年級之學生數，推估出未來畢業人數，並將延畢、服役、退役情況計入後，即為核心科系正規教育人力總供給量，再乘上平均流入此產業之比例，可得投入機械產業之人才供給數；轉業供給是依據每年新增就業人數推估，加入他業轉入比例計算得到轉業供給量。其產業人才供給面推估流程如圖26所示。



資料來源：本研究整理。

圖26 產業人才供給面推估流程

推估流程說明如下：

1. 相關科系畢業人數推估，是根據往年畢業生人數成長率與臺灣就業情況推估。
2. 退役人數考量現今兵役制度時間縮短並假設畢業男性皆服一般兵役（不簽志願役或研發替代役），且可於一年後役畢。
3. 進修人數推估，大學或碩士班畢業後，選擇繼續升學（就讀碩士或博士班）者。
4. 服役人數之估算，排除畢業男性之健康與免役問題，假設男性畢業後若不升學須立即服役。



5. 以上步驟與教育部臺灣高等教育整合資料庫彙整後，可推估2013~2015年畢業生投入職場的人數。
6. 計算投入產業比例，可推估風力發電設備產業人才之新增學校供給數。
7. 每年新增就業人數推估，透過問卷調查進行推估。
8. 他業轉入比例預估，透過雇主調查及產業專家推算，可推估風力發電設備產業人才之新增的轉業供給數。

二、專業人才供給量化分析

本次調查核心科系對象，包括：航空太空工程學、電機工程學、材料工程學、機械工程學、系統工程學、造船工程學（船舶）、土木工程學、海洋工程學、電力工程學。根據上述步驟與臺灣高等教育整合資料庫與轉業供給推估，風力發電設備產業專業人才核心科系如表3所示。

表3 風力發電設備產業專業人才核心科系

大學校院系所代碼	系所名稱	大學校院系所代碼	系所名稱
3403	企業管理學類	520141	電能與控制工程研究所
3404	貿易學類	520157	航空與電子科技研究所
3408	行銷與流通學類	520161	電機（與）電子工程學系
3499	其它商業及管理學類	5202	機械工程學類
520101	電機（與控制）工程學系	520301	土木工程學系
520102	電機與通訊工程研究所	520302	土木與工程資訊學系
520112	航空電子系	520311	營建工程學系
520114	資訊工程學系	5205	材料工程學類
520115	資訊工程與科學系	5206	工業工程學類
520116	資訊科學學系	5208	測量工程學類
520133	電機動力工程學系	5209	環境工程學類
520135	電機電力（工程）學系	5210	河海工程學類
520136	電機與資訊工程研究所	521301	工程科技學系
520138	電力與能源研究所	521302	工程科學（及海洋工程）學系
520140	電機與能源（科技）系	521303	工程技術研究所

大學校院系所代碼	系所名稱	專科學校科代碼	系所名稱
521304	工程管理研究所	3403	企業管理學類
521309	能源（應用）（工程）系	3404	貿易學類
521310	綠色能源（科技）學系	3408	行銷與流通學類
521311	能源與資源學系	3499	其它商業及管理學類
521312	先進能源研究所	4404	大氣科學學類
521317	綠色科技學位學程	520101	電機工程科
521318	精密製造科技研究所	520150	雷達工程科
521319	能源與材料科技系	520151	氣象電子科
529914	海洋材料工程研究所	520152	工業電子科
850101	資源與環境科學技術系	520161	電機與電子工程科
850102	環境管理系	5202	機械工程學類
850103	環境資源（管理）學系	520301	土木工程科
850108	環境（資源）與能源（科技）學系	520312	營建科技科
850110	資源與環境管理研究所	520403	化（學）工（程）與材料工程科
850115	綠色科技產業學士班	5205	材料工程學類
850116	環境科技與管理系	5209	環境工程學類
		5210	河海工程學類

資料來源：本調查整理。

肆、專業人才供需分析

為說明未來人才供需情勢，本調查建置產業人才供需指標以衡量國內產業人才供需概況，該指標是以近十年勞委會公布求供倍數 \times （求才人數／求職人數）之最高及最低值做為範圍，將此範圍中設定四個檢查值及劃分五個指標區間，並給予每個指標區間標示特定的符號，以代表該類人才供需情形。說明如下：

表4 人才求供倍數指標符號意義

求供倍數(X)	指標符號	代表意義
$X < 0.99$	A++	人才極充裕
$0.99 \leq X < 1.16$	A+	人才充裕
$1.16 \leq X < 1.4$	A	供需均衡
$1.4 \leq X < 1.57$	A-	人才不足
$1.57 \leq X$	A--	人才極不足

一、風力發電設備整機產業人才供需分析

依據調查及計算後得知2013~2015年風力發電設備整機產業人才供需情形，如表5所示。

表5 2013~2015年風力發電設備整機產業人才供需情形

年度	2013			2014			2015		
	樂觀	持平	保守	樂觀	持平	保守	樂觀	持平	保守
景氣趨勢	樂觀	持平	保守	樂觀	持平	保守	樂觀	持平	保守
求供比	1.43	1.29	1.14	1.33	1.22	1.11	1.50	1.35	1.20
供需指標	A-	A	A+	A	A	A+	A-	A	A
供需狀況	人才不足	供需均衡	人才充裕	供需均衡	供需均衡	人才充裕	人才不足	供需均衡	供需均衡

資料來源：本調查整理。

在景氣持平的預估下，2013~2015年風力發電設備整機產業人才供需有平衡現象，但在產業樂觀發展下，將帶動整機業者的人才需求，屆時會有供需不足的情況。

二、風力發電設備零組件產業人才供需分析

依據調查及計算後得知2013~2015年風力發電設備零組件產業人才供需情形，如表6所示。

表6 2013~2015年風力發電設備零組件產業人才供需情形

年度	2013			2014			2015		
	樂觀	持平	保守	樂觀	持平	保守	樂觀	持平	保守
求供比	1.70	1.55	1.40	1.74	1.57	1.43	1.71	1.54	1.39
供需指標	A--	A-	A-	A--	A--	A-	A--	A-	A
供需狀況	人才 極不足	人才 不足	人才 不足	人才 極不足	人才 極不足	人才 不足	人才 極不足	人才 不足	供需 均衡

資料來源：本調查整理。

2013~2015年風力發電設備零組件產業人才供需上皆呈現不足的情況，業者在招募人力上多以轉業為主，而學校供給量較不足，代表學生投入相關產業認知較低。



伍、結論與對策

一、結論

政府推動風力發電產業，陸域2020年完成約450架；海域2015~2030年完成600架以上，將帶動國內投資。經濟部能源局也於2012年7月推出離岸風場示範辦法，將帶動國內整機業與零組件業相關人才需求。加上小型風力機因地制宜的多元化創新應用有高成長空間，我國具有整機出口優勢，對於小型風力機與其它能源整合互補為市場的重要應用方向，機電整合技術重要帶動專業人才需求，風力發電設備產業預估未來將具有人才需求潛力。

而風力發電設備產業專業人才供需統計結果顯示在景氣持平下「人才不足」，而景氣樂觀下則顯示「人才極不足」，國內在政府推動再生能源發展，有明確產業推動目標的帶動下，未來產業人力尚需人才供給的提高以平衡供需落差。人才供給量不足，尤以學校人才供給出現缺口，顯現核心科系學生投入相關產業認知較低。另外人才運用上年輕人就業力不足、專業能力不足、專業人才數量不足、能力不易辨識為主要問題，上述四項占業者回覆問題八成。

二、對策

（一）專業人才培訓

人才運用上年輕人就業力不足、專業能力不足、專業人才數量不足、能力不易辨識等問題，可透過產業人才培訓計畫提升人才專業知識及技能，零組件業者因應離岸風力發電國產化推動目標，在未來可帶動相關人力需求，機械製程、機電整合、設計研發等為業者所需技能，規劃產業人才培訓計畫養成專業人才，透過工業合作引進國外技術與人才，並對現有人才進行技能升級，以提升產業競爭力。並運用教育部職場實習方案，連結學訓與產業需求，降低學訓落差，透過教育部培育優質人力促進就業計畫中大專畢業生至企業實習方案，與風力發電相關業者連結，透過實習提升年輕人就業能力與專業能力，並回饋到學訓機制，降低產學訓之缺口。

（二）專業人才培育

而人才供給量不足上，可透過國科會能源型主軸計畫風力發電人才培訓項目，進行風力發電相關學程與教材的編撰，透過課程辦理提升學生對產業的認知。國科會能源型主軸計畫第二期程，已規劃風力發電人才培訓項目，可針對專院校學生規劃風力發電學程與標準教材建立，包括基礎學程與高階訓練學程，除提升學生投入風力發電產業認知之外，亦可提供業者在產業發展時所衍生的專業人才需求。風力發電設備產業人才發展措施表，如表7所示。

表7 風力發電設備產業人才發展措施表

人才問題	對策	人才發展措施	
		類別	措施
人才運用上年輕人就業力不足、專業能力不足、專業人才數量不足、能力不易辨識為主要問題，上述四項占業者回覆問題八成。	透過產業人才培訓計畫提升人才專業知識及技能。	培訓	零組件業者因應離岸風力發電國產化推動目標，在未來可帶動相關人力需求，機械製程、機電整合、設計研發等為業者所需技能。規劃產業人才培訓計畫養成專業人才，除引進國外技術與人才，並對現有人才進行技能升級，以提升產業競爭力。
	運用教育部職場實習方案，連結學訓與產業需求，降低學訓落差。	教育	協調教育部培育優質人力促進就業計畫中大專畢業生制企業實習方案，與風力發電相關業者連結，透過實習提升年輕人就業能力與專業能力，並回饋到學訓機制，建立實習認證以提供業者辨識年輕人專業能力，降低產學訓之缺口。
人才運用上年輕人就業力不足、專業能力不足、專業人才數量不足、能力不易辨識為主要問題，上述四項占業者回覆問題八成。	運用國科會能源型主軸計畫風力發電人才培訓項目，進行風力發電相關學城與教材的編撰，透過課程辦理提升學生對產業的認知。	教育	國科會能源型主軸計畫第二期程，已規劃風力發電人才培訓項目，可針對專院校學生規劃風力發電學程與標準教材建立，包括基礎學程與高階訓練學程，除提升學生投入風力發電產業認知之外，亦可提供業者在產業發展時所衍生的專業人才需求。

