

一窺台電系統風力與太陽能發電運轉實績

鄭金龍^{1*}

摘 要

近年來，台電系統的風力與太陽能發電(太陽光電)，歷經多次「全國能源會議」決議推廣再生能源，及配合政府獎勵推動下，目前(2016年7月底)風力與太陽能發電裝置容量分別各達67、85萬瓩，共計約152萬瓩(1.52 GW)。本文根據近六年來台電系統風力與太陽能發電每小時發電紀錄，探討這兩種綠能發電之年度、季別、月別及每日24小時出力變化情形，一窺臺灣重要間歇性電源的運轉特性。

關鍵詞：台電系統、風力發電、太陽能發電(太陽光電)、發電實績

1. 前 言

民國53(1964)年11月，台電公司在澎湖白沙鄉後寮村興建第一部50瓩風力發電機。過了36年，2000年3月22日經濟部頒布「風力發電示範系統設置補助辦法」後，當年底台塑重工在台塑麥寮工業區北側防風林，完成第一座由經濟部專案補助2.69億元，引進四部660瓩丹麥Vestas風力發電機的「麥寮風力發電示範系統」(風力發電在雲林, 2008)。接著次(2001)年9月13日台電公司在澎湖中屯完成四部600瓩德國Enercon風力發電機組。開啟了商業化大型風力發電場在台電電力系統的先鋒，至今(2016年7月底)台電系統自有與購電的風力發電累計裝置容量將近67萬瓩，總共有336部風力發電機組。

至於太陽能發電方面，在2009年「再生能源發展條例」通過前的太陽光電裝置容量只有1.1萬瓩，但到目前(2016年7月底)台電系統自有與購電之太陽能發電裝置容量已達85萬瓩，短短七年，就增加將近80倍！

2016年7月底，台電系統風力發電與太陽能發電兩項再生能源裝置容量總計高達152萬瓩。逼近台電系統最大之核能機組(核二之98.5萬)及燃煤機組(台中之55萬瓩)一部機裝置容量之和，對系統調度運轉之影響也將逐漸顯現。就實務面而言，它們在台電系統的運轉實績如何？會不會全系統風力發電突然沒風、太陽能大晴天突然下雨，發電瞬間驟降，甚至歸零的現象發生？這是許多社會大眾、尤其是電力調度運轉人員很想知道答案的問題！透過台電運轉實際資料分析，一窺台電系統的風力與太陽能發電運轉特性！

2. 台電系統風力、太陽能發電場分布與裝置容量

2.1 風力發電場

2016年7月底，台電系統已經取得電業執照商轉的台電自有與購電風力發電場分布情形

¹台電公司電力調度處長退休
*通訊作者, E-mail: chengcl168@gmail.com

(包括裝置容量、機組數與單機容量值)如圖1所示。

從圖1可知，目前台電系統風機除了恆春台電核三廠3部示範風機外，其餘都分布在臺灣本島西部沿海迎風面的雲林縣以北的縣市，及離島的澎湖、金門縣。

各縣市風機裝置容量排名的前5名，以彰化縣之18.16萬瓩(83部)居首，其次分別為台中(12.94萬瓩)、苗栗(12.84萬瓩)、桃園(10.06萬瓩)、雲林(7.4萬瓩)。詳細資料如圖2及表1所示。

2.2 太陽能發電場

2016年7月底，台電系統購電太陽能之發電裝置容量高達83.25萬瓩，大約有1萬多家，分布在各縣市，如圖3所示。其中裝置容量以雲林縣18.2萬瓩奪冠、台南市之13.8萬瓩居次、屏東縣的11.4萬瓩排名第三、第四名為高雄市之9.7萬瓩、第五名為彰化縣9.28萬瓩、嘉義縣之7.74萬瓩排第六名。太陽能發電裝設場家(件)數前六名排序為台南市(2,384)、高雄市(1,784)、



圖1 2016年7月底台電系統風力發電場分布圖
 註：裝置容量(機組數*單機容量值)
 資料來源：台電公司a, 2016、經濟部能源局, 2016

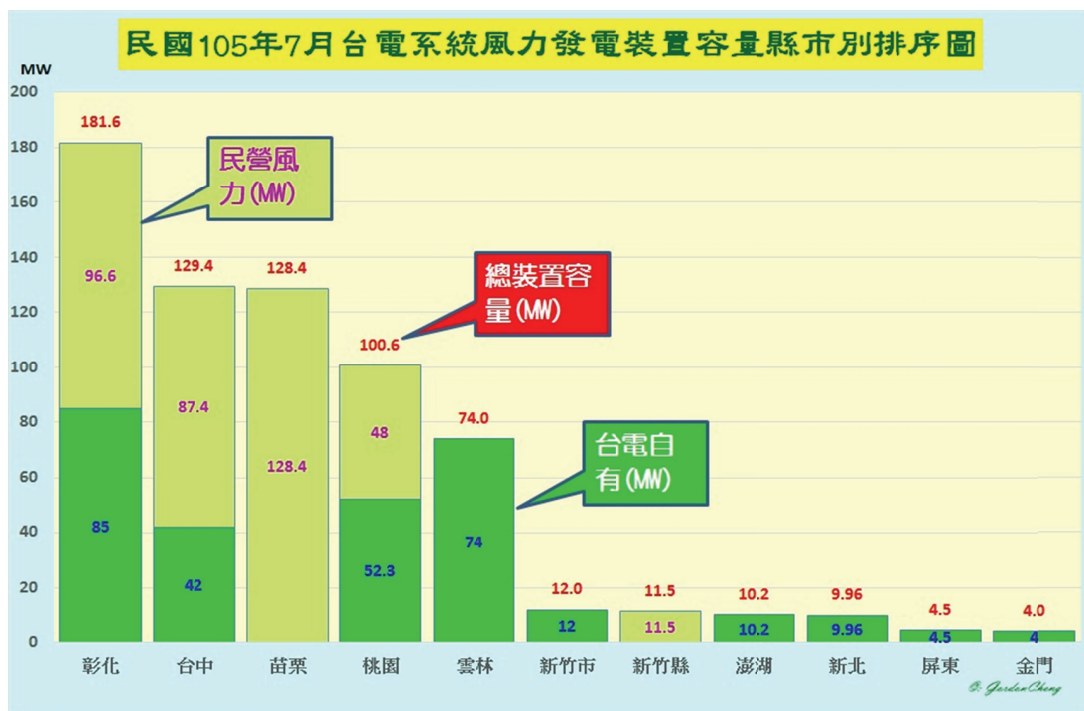


圖2 2016年7月底台電系統風力發電裝置容量各縣市排序圖
 資料來源：台電公司a, 2016、經濟部能源局, 2016

表1 2016年7月底台電系統縣市別風力發電(裝置容量、機組數)統計表

容量排名	縣市別	台電自有		民營風力		合計	
		裝置容量(MW)	機組數(部)	裝置容量(MW)	機組數(部)	裝置容量(MW)	機組數(部)
1	彰化	85	41	96.6	42	181.6	83
2	台中	42	21	87.4	38	129.4	59
3	苗栗	0	0	128.4	61	128.4	61
4	桃園	52.3	36	48	21	100.6	57
5	雲林	74	37	0	0	74.0	37
6	新竹市	12	6	0.0	0	12.0	6
7	新竹縣	0	0	11.5	5	11.5	5
8	澎湖	10.2	14	0	0	10.2	14
9	新北	9.96	9	0	0	9.96	9
10	屏東	4.5	3	0	0	4.5	3
11	金門	4	2	0	0	4.0	2
	總計	293.96	169	372.2	167	666.16	336

註：2016年7月統計

資料來源：台電公司a, 2016、經濟部能源局, 2016



圖3 2016年7月底台電系統太陽能購電縣市別發電場分布略圖
資料來源：台電公司b, 2016

雲林縣(1,600)、嘉義縣(1,006)、屏東縣(962)、彰化縣(757)。

此外，目前台電系統有通報每天24小時發電紀錄，可做為研究臺灣太陽能發電特性模型的太陽能發電場，只有台電自有1.82萬瓩(18,200瓩)及森進電力與昱鼎電業所屬民營購電太陽能發電場。另外加上幾家比較大型的民營購電太陽能發電場，其分布圖(包括裝置容量)如圖4所示。

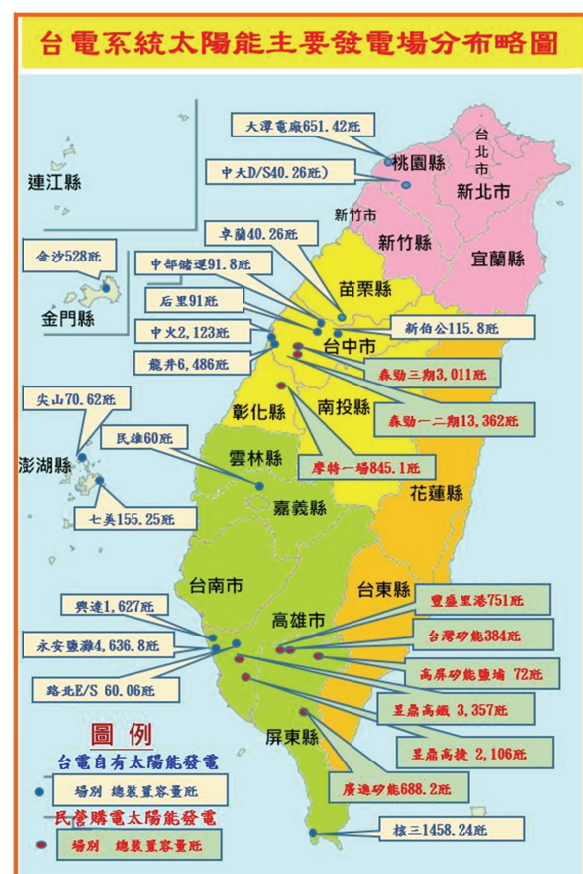


圖4 2016年7月底台電系統主要太陽能發電場分布圖
資料來源：台電公司a, 2016、經濟部能源局, 2016

台電自有太陽能發電場裝置容量的前六名，分別為龍井(6,486瓩)、永安鹽灘太陽能(4,637瓩)、中火(2,123瓩)、興達電廠(1,627瓩)、核三廠(1,458瓩)、大潭電廠(651瓩)。

目前取得電業執照的民營購電太陽能發電場，以台中市中部科學園區友達光電台中廠，廠房屋頂上的森勁太陽能發電系統，第一期(西

屯)裝置容量達9,229.82瓩為台電系統最大太陽能發電場，第二期(西屯)4,132.44瓩居次；昱鼎電業高鐵燕巢總機廠3,356.74瓩排名第三；森勁太陽能發電系統第三期(后里)3,011.04瓩排名第四，昱鼎電業高捷大寮機廠2,106.07瓩居第五；排名第八的屏東縣里港鄉高屏矽能公司豐盛一號691.2瓩，係以太陽能板下的用地養殖雞鴨及種植農作物，是「新能源農業」的示範場地之一。

3. 歷年風力與太陽能發電之裝置容量、年發購電量與容量因數

3.1 歷年風力發購電裝置容量與發購電量

台電系統最早並聯系統的三家示範機組分別為：2000年台塑麥寮風力、2001年台電澎湖中屯及2002年新竹天隆紙廠兩部1,750瓩的春風風力發電系統。其中台塑與天隆的風力發電

均為自用，只有中屯風力供應澎湖地區用戶用電。

之後，台電推動「風力發電十年發展計畫」，實施風力發電第一、二、三期計畫，於2005年在核一廠、核三廠、大潭電廠及觀音等地陸續開始新建風力發電場，2011年底風機數達161部後，連續四年沒再增加，直到2015年才增建8部總數達169部至今，最高發電量為2011年的8.03億度。購電風機則在2006年英華威公司首先在苗栗竹南、後龍開始興建風力發電場後，到2016年7月底購電風機數也高達167部，最高年購電量為2013年的8.69億度。2016年7月底台電系統風力總裝置容量為66.63萬瓩，風機總數達336部，最高年總發購電量為2013年的16.17億度。歷年來台電系統風力發電裝置容量、發電量(包括尚未商轉機組發電量)及機組數與容量因數等變遷情形，詳如圖5、6及表2所示。

從圖5及表2顯示，台電系統風力發電歷經三次全國能源會議，政府推動鼓勵再生能源政策之影響，一度成長快速，之後就趨緩。

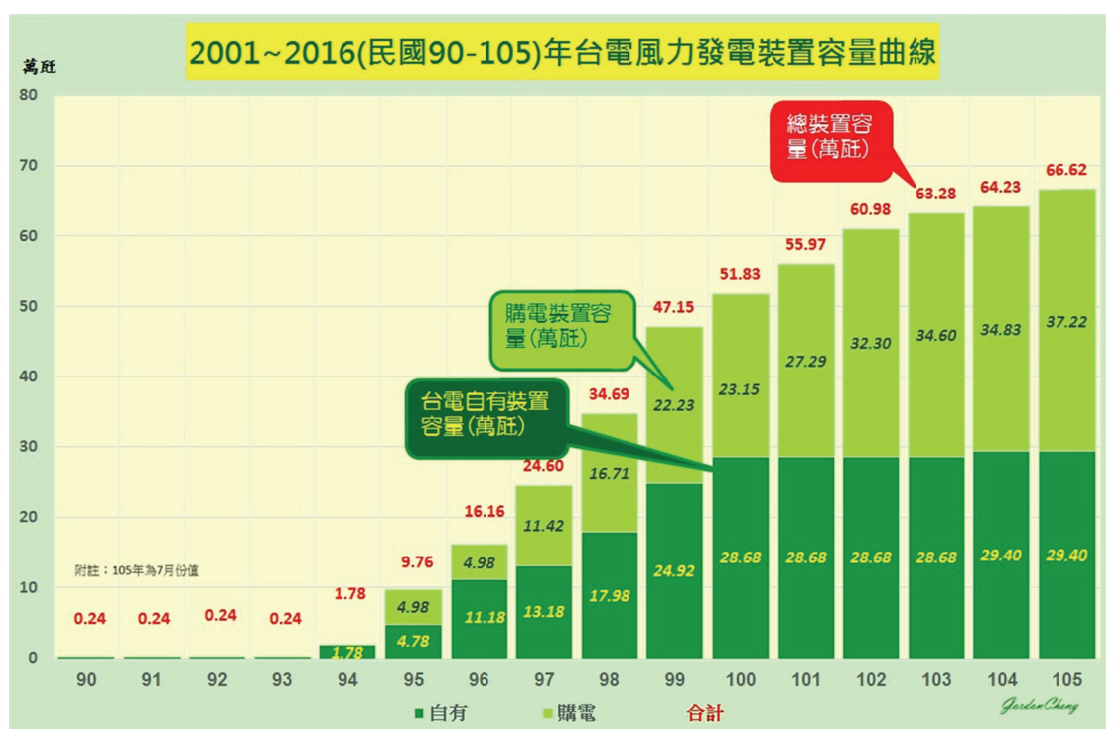


圖5 歷年(民國90~105年7月、2001~2016年7月)台電系統風力發電裝置容量(萬瓩)曲線
資料來源：台電公司c, 2016

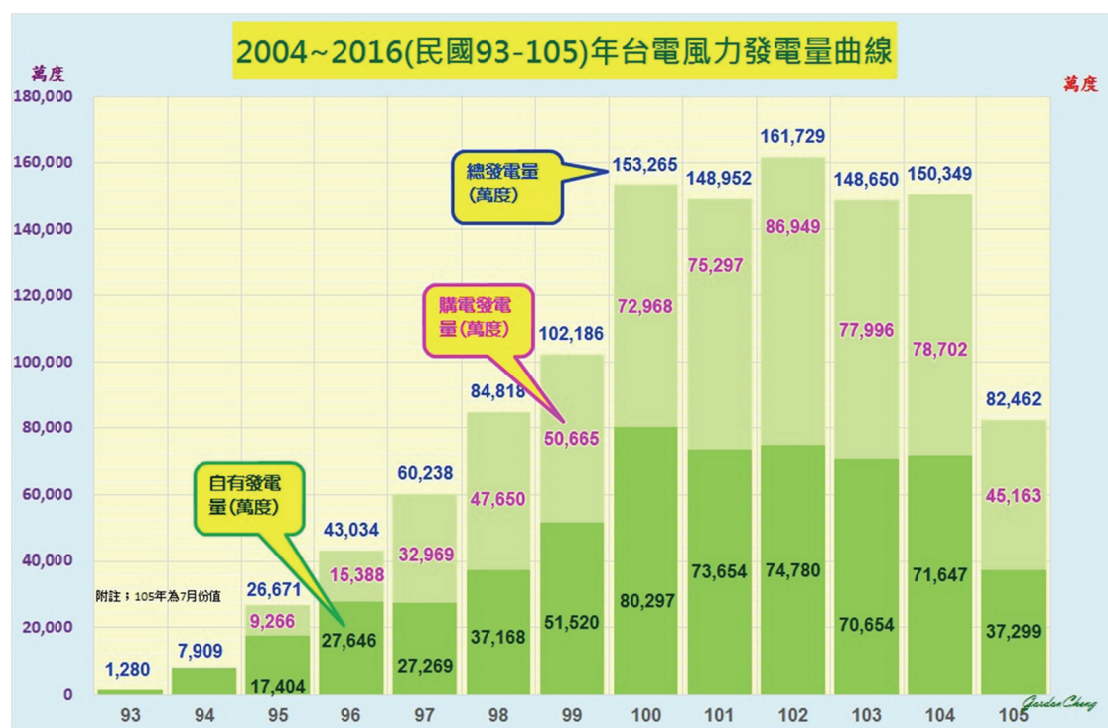


圖6 歷年(2004~2016年7月)台電系統風力發電發購電量(萬度)曲線
資料來源：台電公司c, 2016

表2 歷年(2001~2016年7月)台電系統風力發電裝置容量、機組數與發電量統計表

2001~2016(民國90-105)年台電公司風力發電統計表									
年度	裝置容量(萬瓩)			發電量(萬度)			機組數(部)		
	自有	購電	合計	自有	購電	合計	自有	購電	合計
90	0.24	0	0.24	450	0	450	4	0	4
91	0.24	0.00	0.24	787	0	787	4	0	4
92	0.24	0.00	0.24	980	0	980	4	0	4
93	0.24	0.00	0.24	1,280	0	1,280	4	0	4
94	1.78	0.00	1.78	7,909	0	7,909	20	0	20
95	4.78	4.98	9.76	17,404	9,266	26,671	40	25	65
96	11.18	4.98	16.16	27,646	15,388	43,034	72	26	98
97	13.18	11.42	24.60	27,269	32,969	60,238	82	53	135
98	17.98	16.71	34.69	37,168	47,650	84,818	106	76	182
99	24.92	22.23	47.15	51,520	50,665	102,186	144	100	244
100	28.68	23.15	51.83	80,297	72,968	153,265	161	104	265
101	28.68	27.29	55.97	73,654	75,297	148,952	161	122	283
102	28.68	32.30	60.98	74,780	86,949	161,729	161	145	306
103	28.68	34.60	63.28	70,654	77,996	148,650	161	155	316
104	29.40	34.83	64.23	71,647	78,702	150,349	169	156	325
105	29.40	37.22	66.62	37,299	45,163	82,462	169	167	336

註：1.90年為8-12月、105年為1-7月分實績；2.發電量包括尚未取得電業執照機組之發電量

資料來源：台電公司a、經濟部能源局, 2016

3.2 歷年風力發購電年度容量因數

至於歷年台電系統包括台電自有與民間購電風機之運轉容量因數(扣除尚未取得電業執照商轉機組之試運轉發電量)實績變動情形詳如圖7所示。

圖7顯示，2001-2004 (民國90-93)年前四年，台電系統只有澎湖中屯四部風機，澎湖風場非常優異，年容量因數高達40%以上。其中2001年，由於中屯風機於9月才商轉，所以秋冬季的四個月實績高達61.98%。之後，本島陸上風機陸續完成，年容量因數才逐漸下降到30%上下變動。

3.3 歷年太陽能發電裝置容量與發購電量

2008年至今台電系統太陽能發電裝置容量及發購電量分別如圖8、圖9及表3所示。

由圖8及表3顯示，台電系統太陽能發電在2009上半年以前，尚在實驗推廣階段，2009年7月「再生能源發展條例」的立法並付諸實

施後，對於太陽光電未來發展提供相當優厚的條件，逐漸成長，2011年推動「陽光屋頂百萬座」計畫後，快速成長，尤其是民間購電部分更為顯著。

3.4 歷年太陽能發購電年度容量因數

歷年台電系統太陽能發電(包括台電自有與民間購電)之年容量因數(含尚未取得電業執照商轉機組之發電量)變動情形詳如圖10所示。

4. 歷年月別裝置容量、發購電量、容量因數

4.1 歷年風力發電各月別裝置容量與發購電量

為了解歷年來台電系統風力發電各月裝置容量與發購電量之變動，分別詳如圖11及圖12所示。

從圖11可以看出，民國96、97、及99年(2007、2008、2010年)台電系統自有與民營購

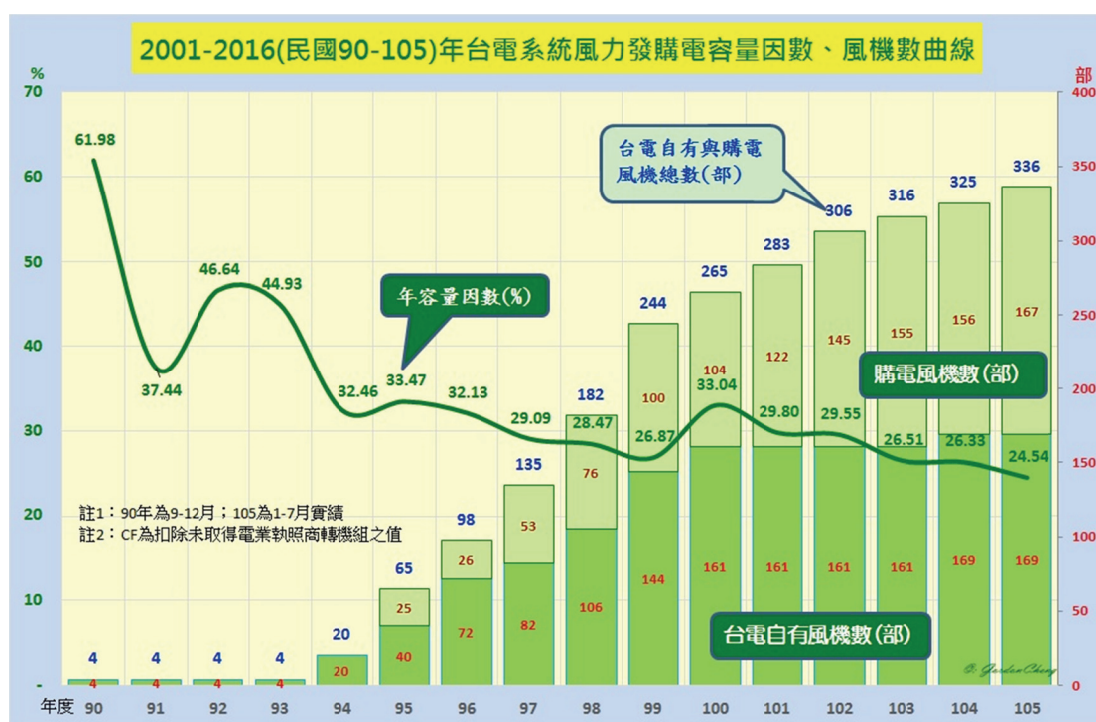


圖7 歷年(2001-2016年7月)台電系統風力發購電容量因數、機組數曲線
資料來源：台電公司a、經濟部能源局, 2016

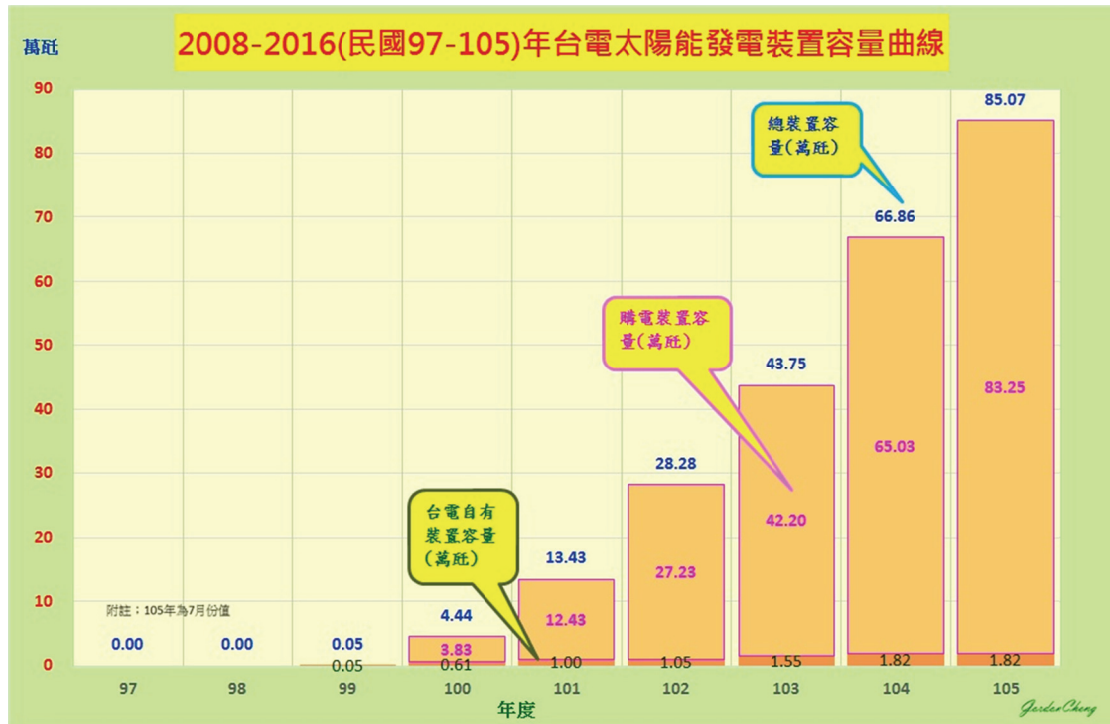


圖8 歷年(2008~2016年7月)台電系統太陽能發電裝置容量(萬瓩)曲線

資料來源：台電公司c, 2016

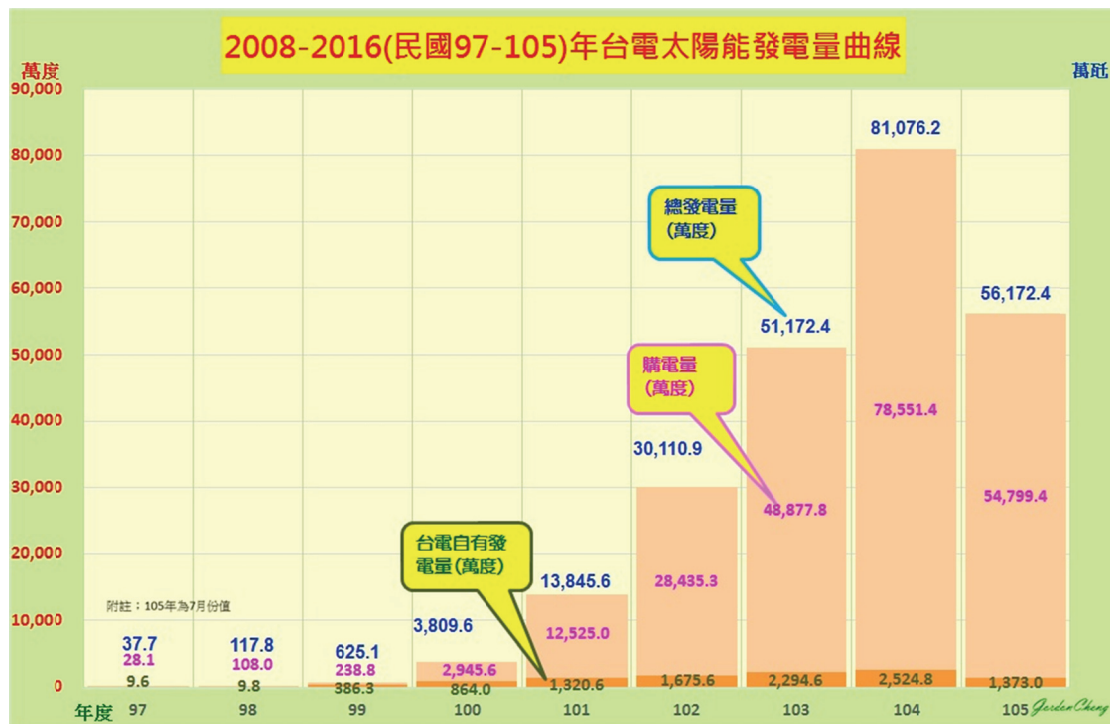


圖9 歷年(2008~2016年7月)台電系統太陽能發購電量(萬度)曲線

資料來源：台電公司c, 2016

表3 2008-2013年台電系統太陽能發電裝置容量與發電量統計表

2008~2016(民國97-105)年太陽能發電統計表						
年度	裝置容量(萬瓩)			發電量(萬度)		
	自有	購電	合計	自有	購電	發購電總計
97	0.00	0.00	0.00	10	28	38
98	0.00	0.00	0.00	10	108	118
99	0.05	0.00	0.05	386	239	625
100	0.61	3.83	4.44	864	2,946	3,810
101	1.00	12.43	13.43	1,321	12,525	13,846
102	1.05	27.23	28.28	1,676	28,435	30,111
103	1.55	42.20	43.75	2,295	48,878	51,172
104	1.82	65.03	66.86	2,525	78,551	81,076
105	1.82	83.25	85.07	1,373	54,799	56,172

註：1.105年為1-7月分實績；2.發電量包括尚未取得電業執照機組之發電量

資料來源：台電公司c, 2016



圖10 歷年(2011-2016年7月)台電系統太陽能發購電容量因數(2008-2010年資料不齊全未計算)
資料來源：台電公司c, 2016

電風機合計裝置容量增長變動較大。

至於每年12個月風力發電的各月發購電量情形，從圖12可知，過去10年以來的台電系統自有與民營購電風機各月合計發電量，以每年的1、2、10、12月四個月發電量最高，大部分

年度系統負載高峰夏月的6、7、8月發電量反而最低。為避免各月發電日數不一致，改用月平均發購電量所繪製的圖13比較，結果也相差不大。

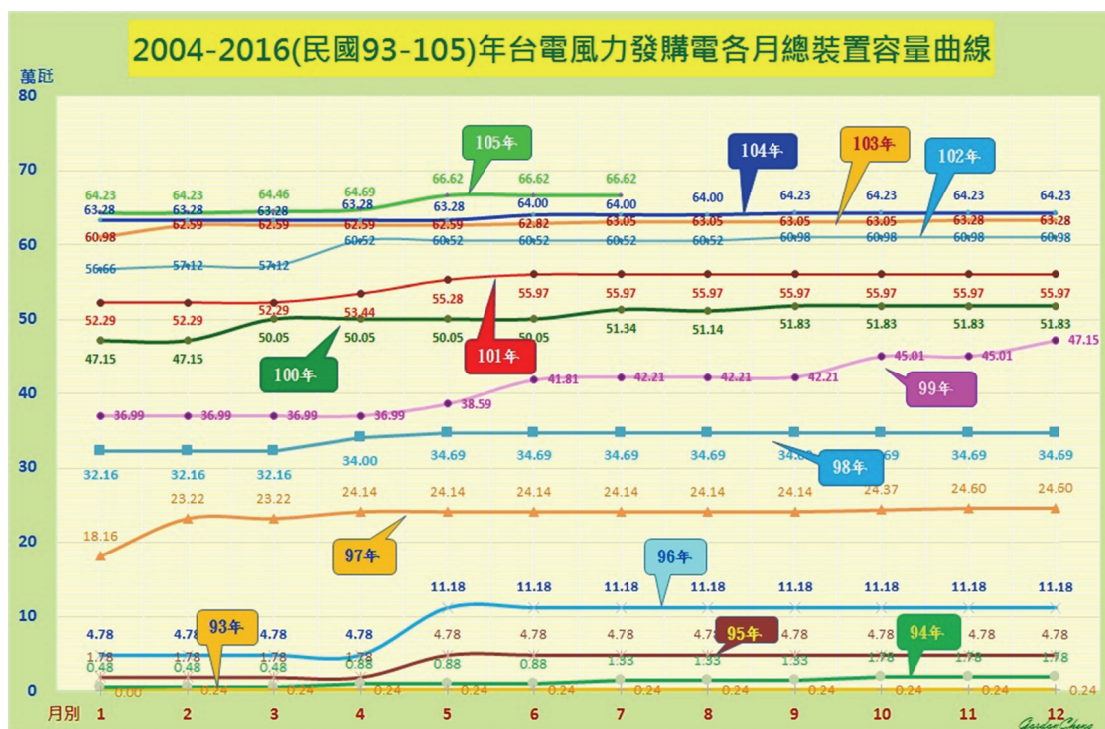


圖11 歷年(2004~2016年7月)台電系統風力發電各月裝置容量(萬瓩)變動曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

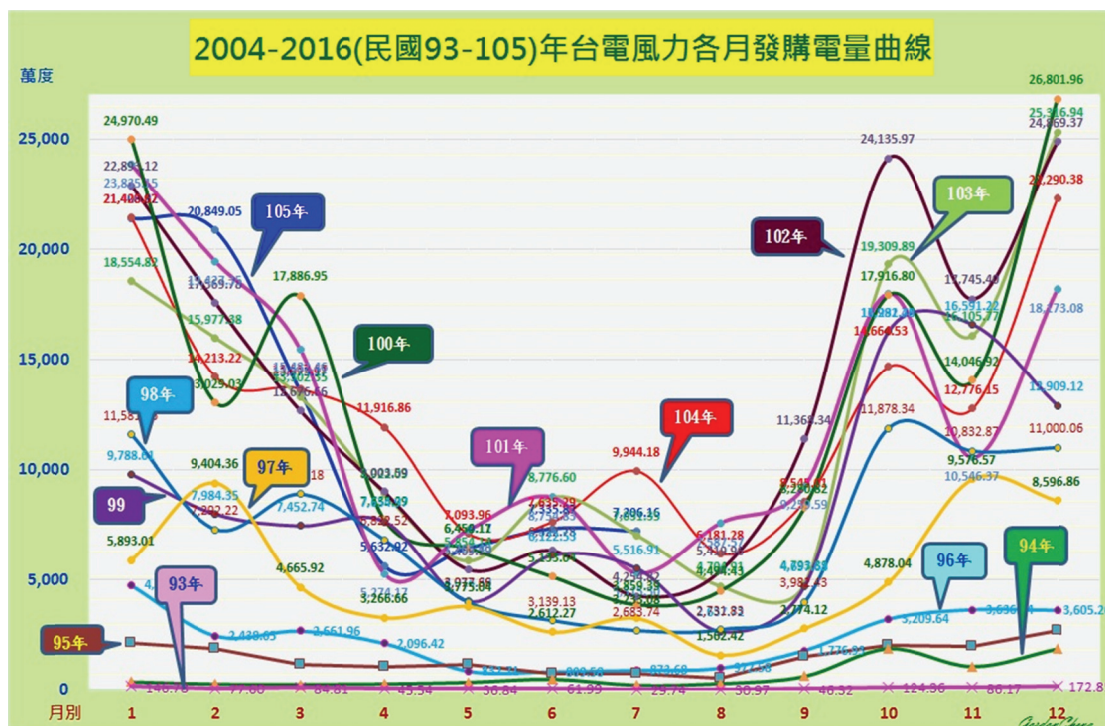


圖12 歷年(2004~2016年7月)台電系統風力發電各月發購電量(萬度)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

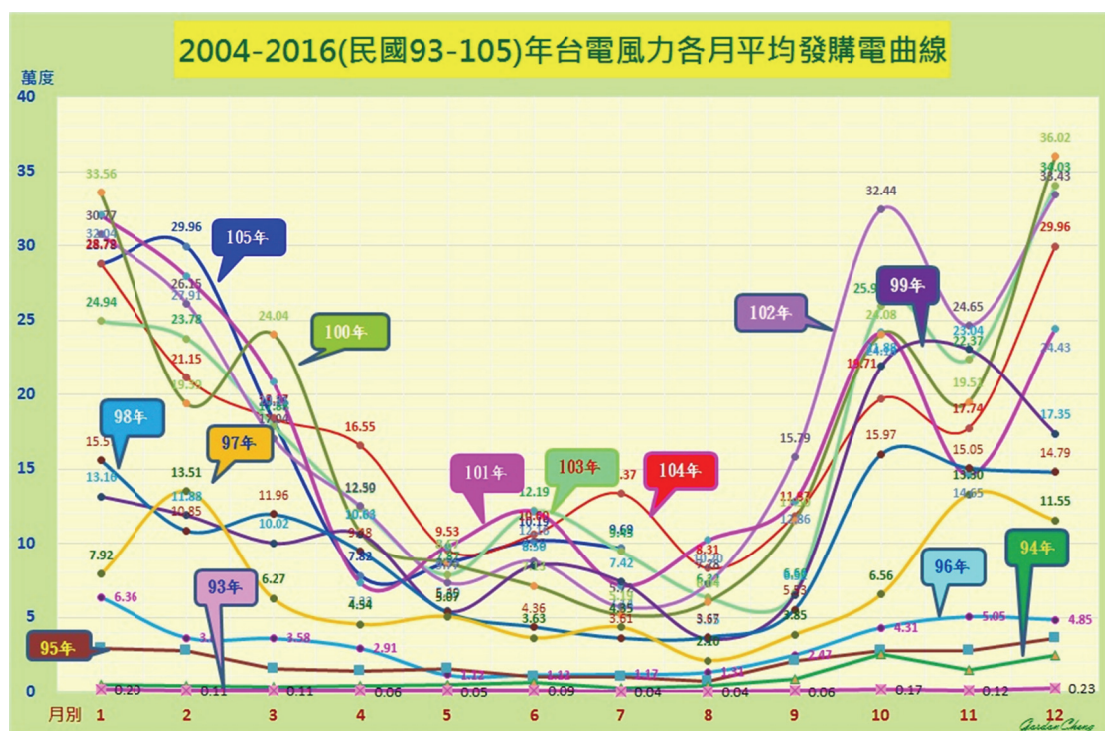


圖13 歷年(2004~2016年7月)台電系統各月風力發電平均發購電量曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

4.2 歷年風力發購電各月容量因數

歷年台電系統包括台電自有與民間購電風機各月之運轉容量因數(扣除尚未取得電業執照商轉機組之試運轉發電量)實績，詳如圖14所示。

圖14顯示歷年各月台電系統所有風機之運轉容量因數變化趨勢，跟圖13之月別平均發電曲線類似，冬月高、夏月低。其中92、93年6月份，因台電系統只有澎湖四部風機，所以有偏高現象。

4.3 歷年太陽能發購電各月裝置容量、發電量與容量因數

2008-2016年各月台電系統自有與民間購電太陽能發電合計裝置容量(取得電業執照)增長情形如圖15所示。

圖15顯示，台電系統太陽能發電在2011年底推動「陽光屋頂百萬座」計畫後，快速成長，尤其是民間購電部分逐月連續成長至今。

至於歷年各月太陽能發購電量(包括尚未取得電業執照太陽能發電系統)情形詳如圖16所示。

圖16顯示，因近五年來太陽能從年初到年底每月裝置容量都在增加，夏月的太陽能並未顯著高出，只有去年與今(2016)年夏月氣候異常炎熱晴朗，太陽能發電量驟增的現象。

至於2012-2016年台電系統各月太陽能發電的容量因數(扣除未取得電業執照發電系統)變動情形，詳如圖17所示。

圖17顯示，近五年台電系統太陽能發電月別運轉容量因數，冬季的12、1月份稍低，夏季的6、7、8月份偏高，其餘月份幾乎都在15~19%左右變動。

5. 近六年台電系統風力每日24小時發購電量曲線

5.1 全年8760小時風力發電曲線

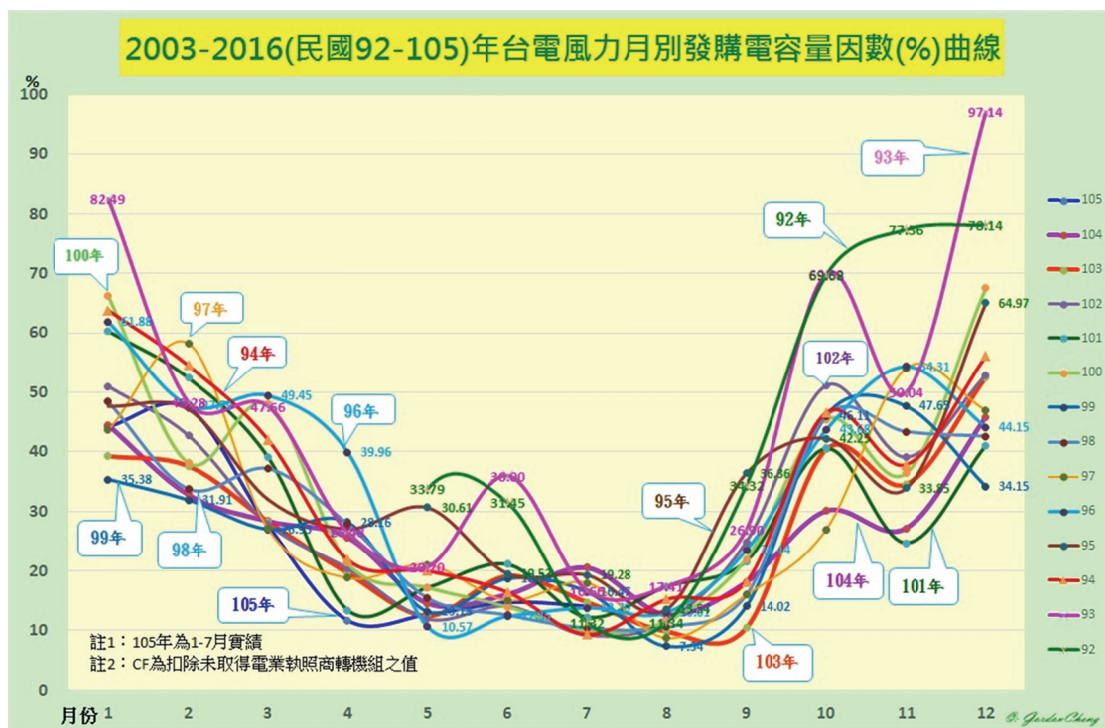


圖14 歷年(2003-2016年)台電系統各月風力發購電容量因數(%)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

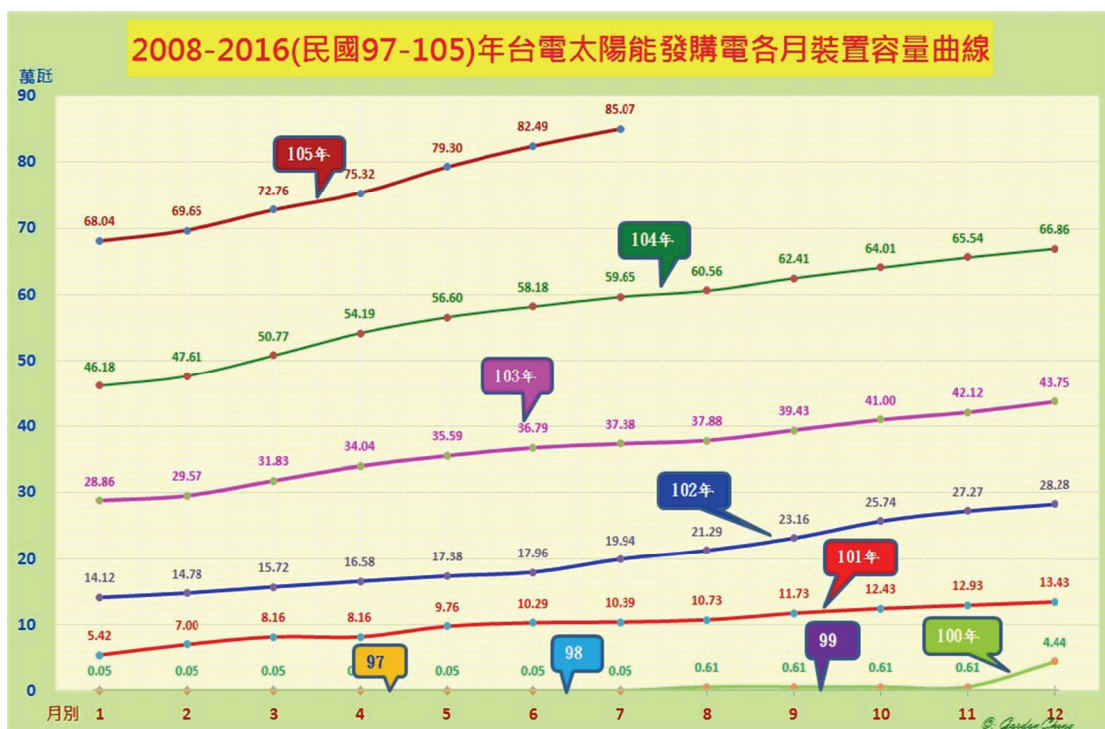


圖15 歷年(2008~2016年)台電系統太陽能發電各月裝置容量(萬瓩)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

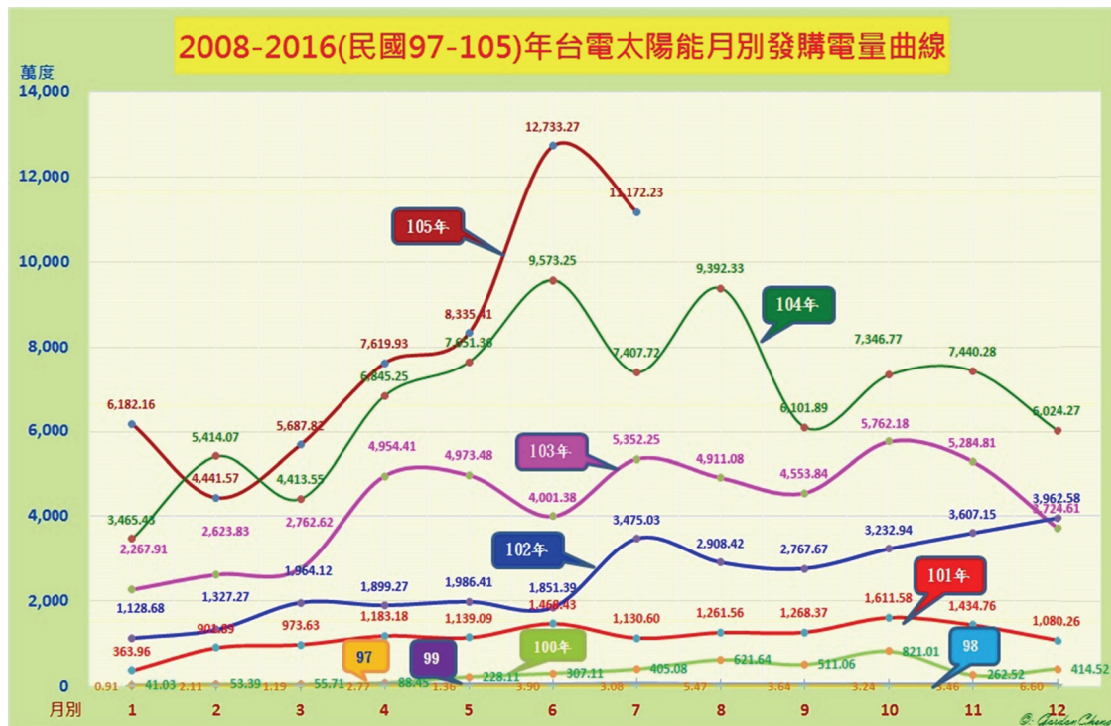


圖16 歷年(2008~2013年)台電系統太陽能發電各月發購電量(萬度)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

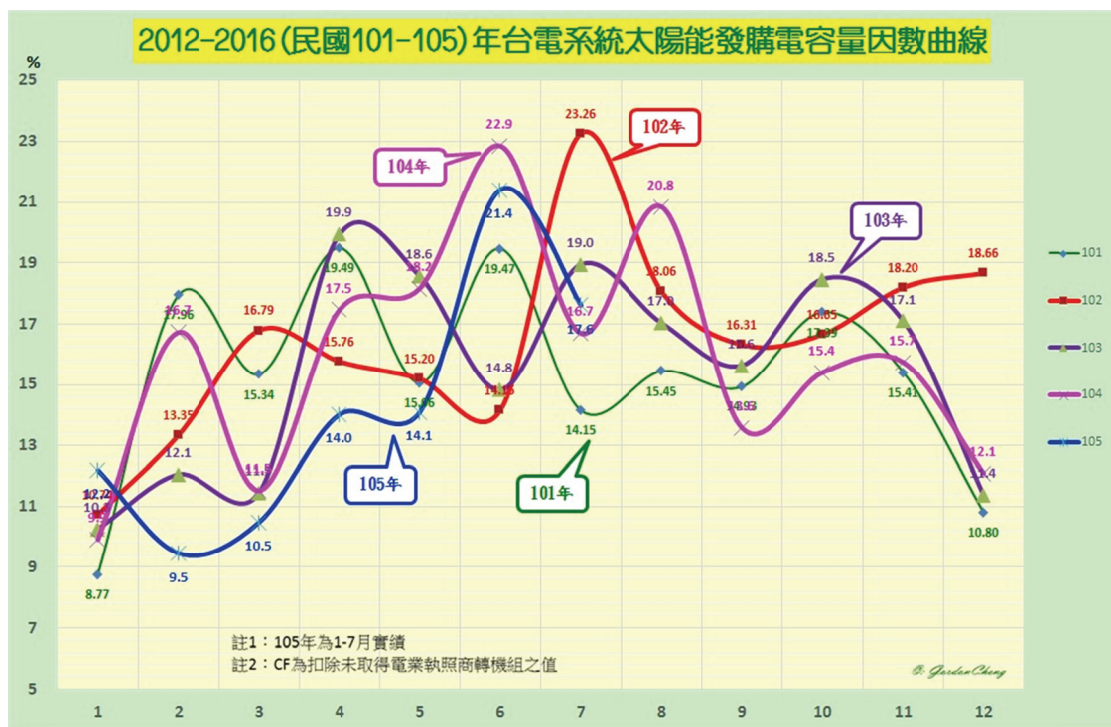


圖17 2012-2016(民國101-105)年台電系統太陽能各月發購電容量因數(扣除未取得電業執照發電系統)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

近六年(2011~2016)以來，各年度台電系統風力發購電(包括台電自有與民間購電試運轉風機)每天24小時、每年8760(8784)小時、按照年初到年底時間順序所繪製的小時發電曲線，詳如圖18所示。

從圖18顯示，近六年來台電系統全年每小時的風力發電，在年初的1、2、3月與年底的9、10、11、12月，每天24小時都有接近滿載與接近零載之間變動情形，但接近滿載發電小時數比較多，鄰近零發電出力的小時數也較少，且最低出力也較高。其他月份剛好相反，尤其

是夏月用電需求正殷的季節，但也會有幾天出現風力較佳接近滿載出力的狀況。

5.2 2011-2016年度風力發購電歷時曲線

有關近六年度台電系統風力發購電歷時曲線(Duration Curve)，分別按全年8760(8784)小時之發購電MW及發購電MW占總裝置容量百分比(%)，依最大到最小順序排列繪製如圖19所示。

圖19可以看出過去五年以來，台電系統小

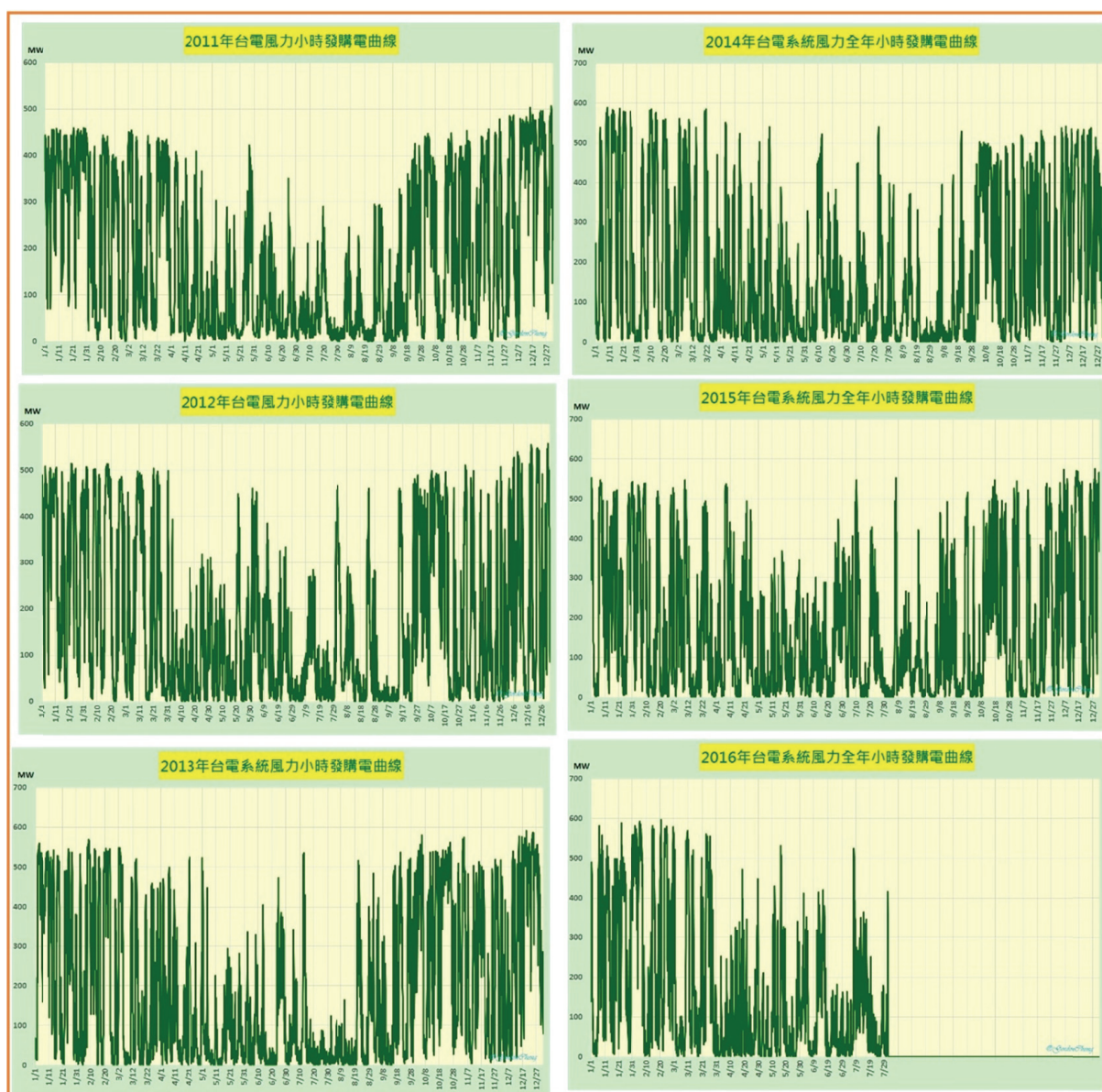


圖18 2011年~2016年7月台電系統全年小時風力發電曲線合併圖
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

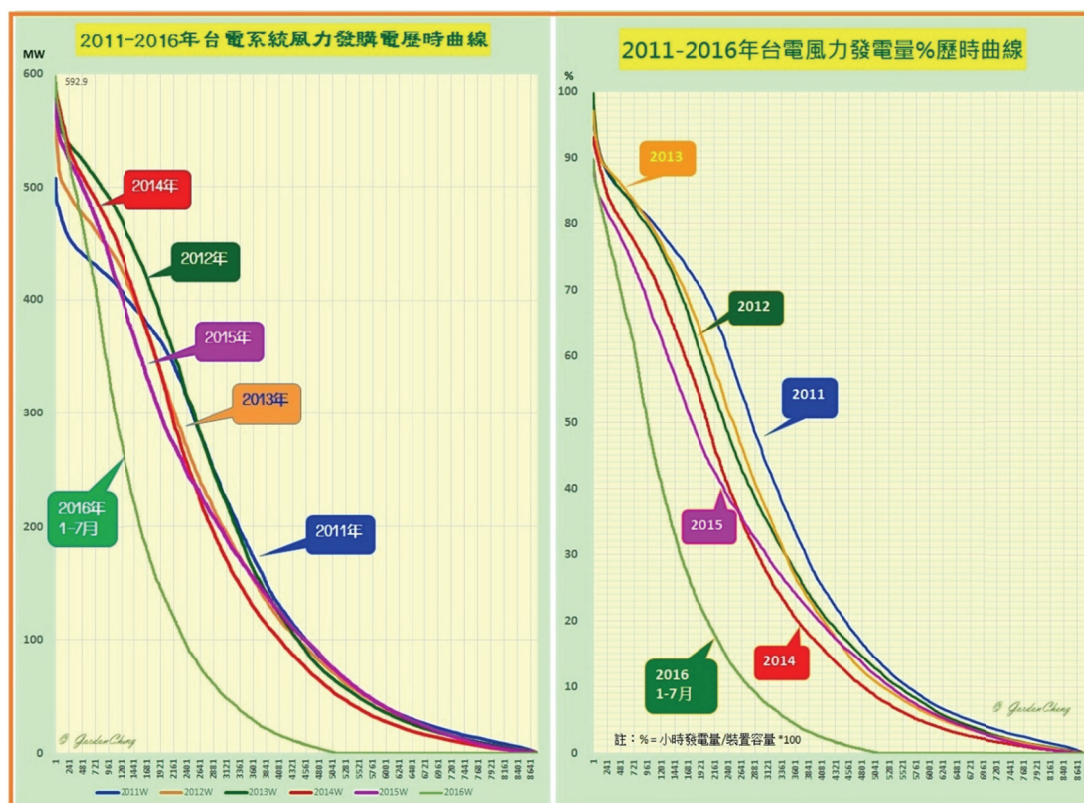


圖19 2011年~2016年7月台電系統風力小時發電量MW及佔總裝置容量百分比(%)歷時曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

時風力發電佔風力總裝置容量之百分比(滿載為100%)，最高年度為2012年的99.68%幾乎滿載，但95%(約532MW)以上發生小時數只有34小時，其他有達95%的2011及2013年更少僅有12小時；半載50%以上發生小時數大概佔全年時數的20~32%之間；出力20%以上時數大概在41~51%左右；台電定義風力發電淨尖峰能力為裝置容量的6%，6%以上發電出現時數分別為5560~6408小時之間，各佔全年小時數之63~73%左右。

5.3 2011-2016年度月別小時風力發電曲線

近六年來，各月份台電系統風力小時發購電曲線，因數量過多，僅挑取冬、夏兩季代表月之1、7月繪製如圖20~21，可更清楚瞭解冬季與夏天代表月每天24小時風力連續出力變化情形。

從圖20及21的冬季與夏季代表1、7月份，

整個月連續720(744)小時風力發電出力變動情形。對照圖左圖右，顯示出夏天與冬天相反，風力薄弱，出力經常在低載且靠近零出力，只有偶而有一或兩天風力接近滿載邊緣，對夏日炎炎系統用電高漲的供電，貢獻不大。但冬天的風並不是吹不停，偶而會有幾天風力減少接近零出力，但大部分都在滿載邊緣居多。

5.4 2011-2016年度1、7月別風力發電百分比歷時曲線

為了比較近六年來台電系統風力發電最豐(1月)與最枯(7月)月份的小時風力出力變化情形，特別以佔當月裝置容量之百分比(%)，依最大至最小%排序，繪製歷時曲線如圖22，可以更清楚比較年度風力最豐、枯的差別情況。

圖22清楚顯示出7月份整個月744小時中，六年以來7月風力最高出力只有2013年為滿載的88.68%，2011年最低僅達56%，其餘在79~85%之間；且80%以上亦僅有四個年度分別為2~12

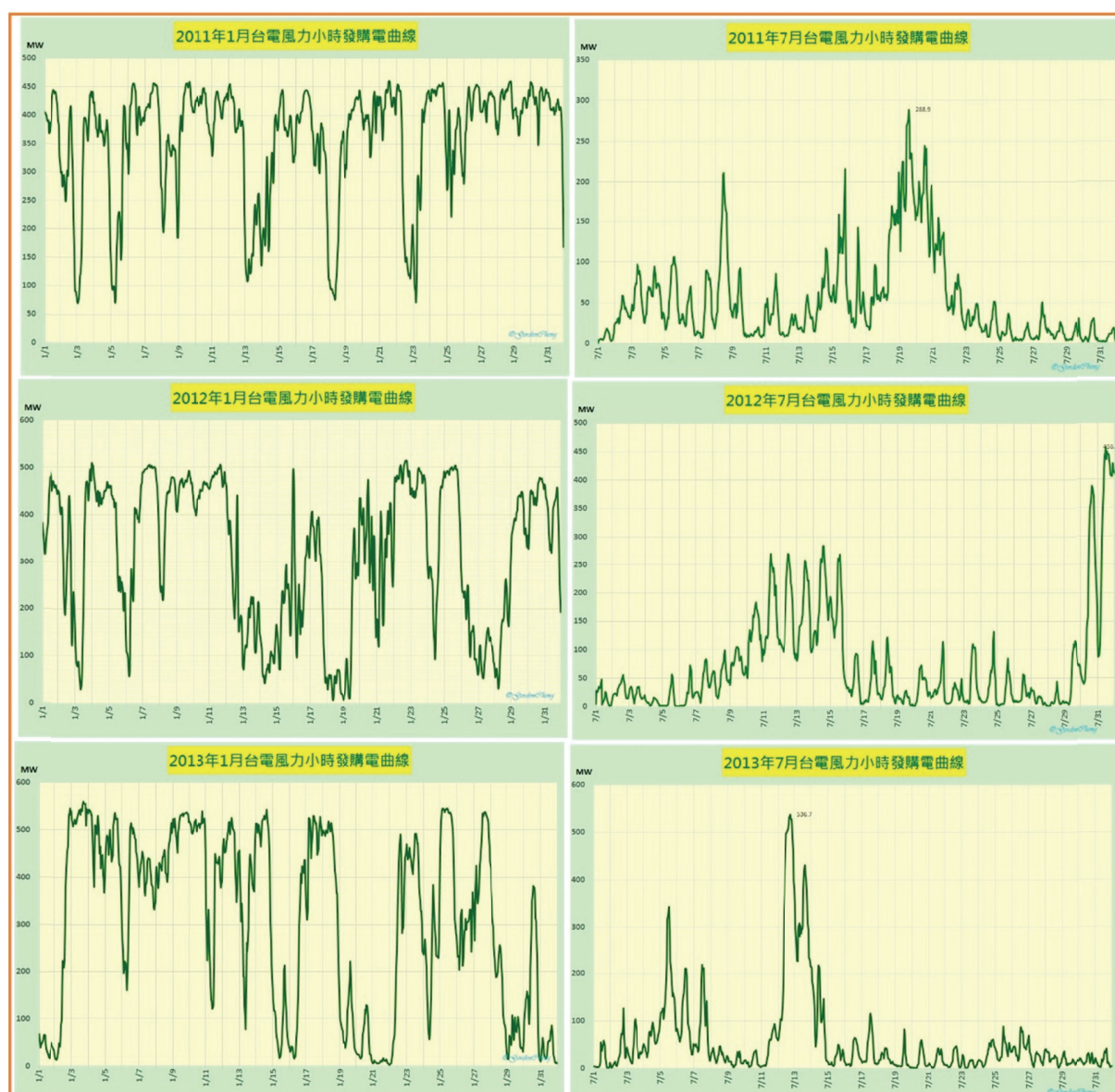


圖20 2011年~2013年1月及7月台電系統風力小時發購電量(MW)曲線
 資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

小時而已；在6%以上時數，除了2013年時數只有229小時(占全月時數39%)外，其餘都在377~503小時(占全月時數50~68%)之間。全月風力幾乎零出力(1MW以下)的小時數，除了2011年為0外，其餘五年有4~32小時出現。

反觀1月份最高達98.7%幾乎滿載，其他年度大都在92~98%之間，只有2015年為87%。在6%以上，除了2014年時數只有540小時(占全月時數73%)外，其餘都在635~744小時(占全月時數85~100%)之間。全月風力幾乎零出力(1MW

以下)的小時數，除了2014年1小時及2016年7小時外，其餘四年均無零風力出現。

5.5 2011-2016年度日別風力發電曲線

掌握每天24小時風力發電變化，對系統調度運轉人員頗為重要。因為台電系統全年有365天的日風力發電曲線，資料過多，特別挑選全年冬、夏兩季代表月1、7月的上旬(1~10日)取樣¹如圖23~24，以供分析比較。

¹ 本文受限篇幅只揭露部分運轉實績做為參考，要進一步分析研究，必須擴及歷年夏、冬季全部資料。

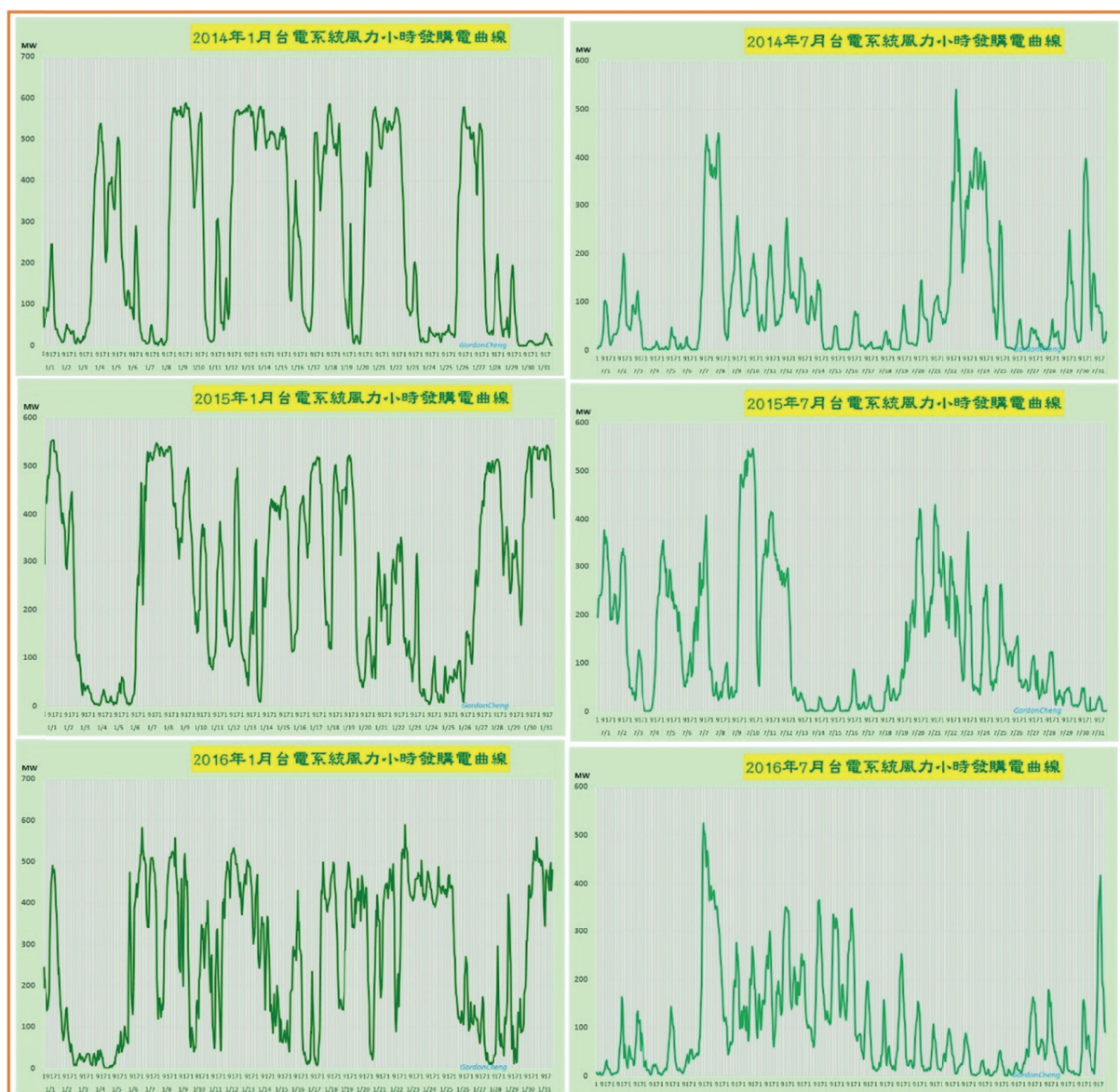


圖21 2014年~2016年1月及7月台電系統風力小時發購電量(MW)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

圖23上半圖所顯示近2011~2013年1月上旬的每天24小時風力發電變化，發現10天之中，大部分風力出力都在滿載邊緣小幅變動，有2~3天風力發電會發生劇烈的變化，例如102年1月2日從15MW升至545MW，最大變化量每小時接近100MW，約為當月風力裝置容量的18%。2014~2016年1月上旬之圖24，特性也有類似。

至於圖23下半圖的2011~2013年7月份月上旬每日24小時風力發電曲線，跟1月份相較之下，屬於夏月的7月風力，顯得風力大量萎縮，大部

分最大出力只約在100MW(約滿載的16%左右)以下，只有二、三天高過此值，小於50MW的更佔一半。日風力發電趨勢，白天期間較夜間為高，最高風力出力有的落在下午13或14時之間。

每日24小時風力發電模式並無類似系統用電負載固定的模式，所以風力發電預測的確比較一般負載預測困難。

5.6 各風場日發電曲線比較

臺灣北、中、南部及離島風場每天24小

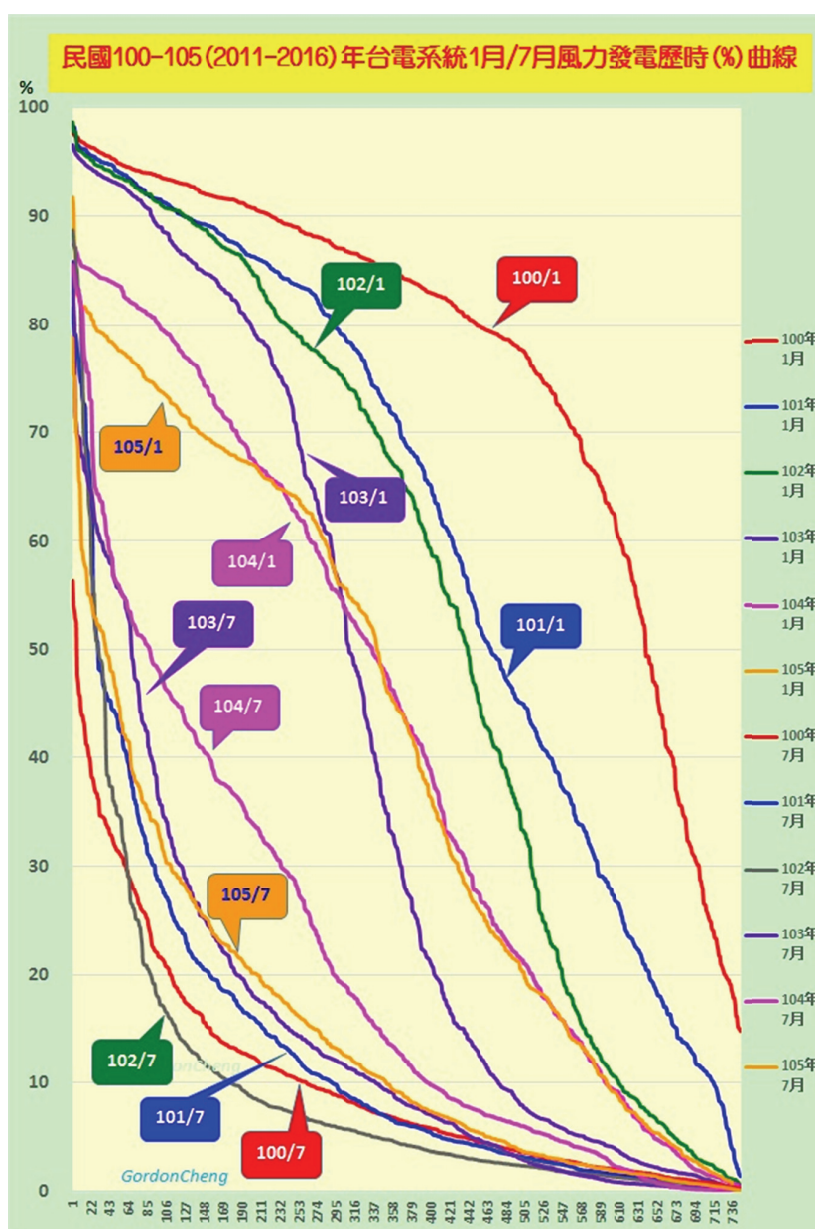


圖22 2011-2016(民國100~105)年1、7月台電系統小時風力發電%歷時曲線
 資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

時風力發電出力變化是否同步升降，或參差不齊變動，關繫著調度運轉衝擊影響程度。特別從近六年來全年冬天與夏天代表月的1、7月份中，抽樣一天作為風力出力比較的代表日²，按臺灣地理氣候區域大安溪(苗栗縣火燄山)以北、濁水溪(雲林縣)以南，區分為北、中、南三大群組風場，分別用不同顏色區分各大區、離島(澎湖及金門)、以及台電系統總風力之發電出力。

此外，除了2011~2013年以各風場風機MW出力繪製外，另2014~2016年則剔除尚未商轉風機，按佔商轉風機裝置容量之百分比(滿載%)繪製圖表，可以更清楚分析各小容量風場風機出力變化情形與滿載程度，詳如圖25~26所示。

從圖25上半圖所顯示之2011~2013年三個冬季風力突升代表日，臺灣全島北中南風場發電出力變化趨勢還算一致；很少在同一時間，

² 本文受限篇幅只隨機選擇一天運轉實績做為參考，要進一步分析研究，必須擴及歷年夏、冬季全部資料。

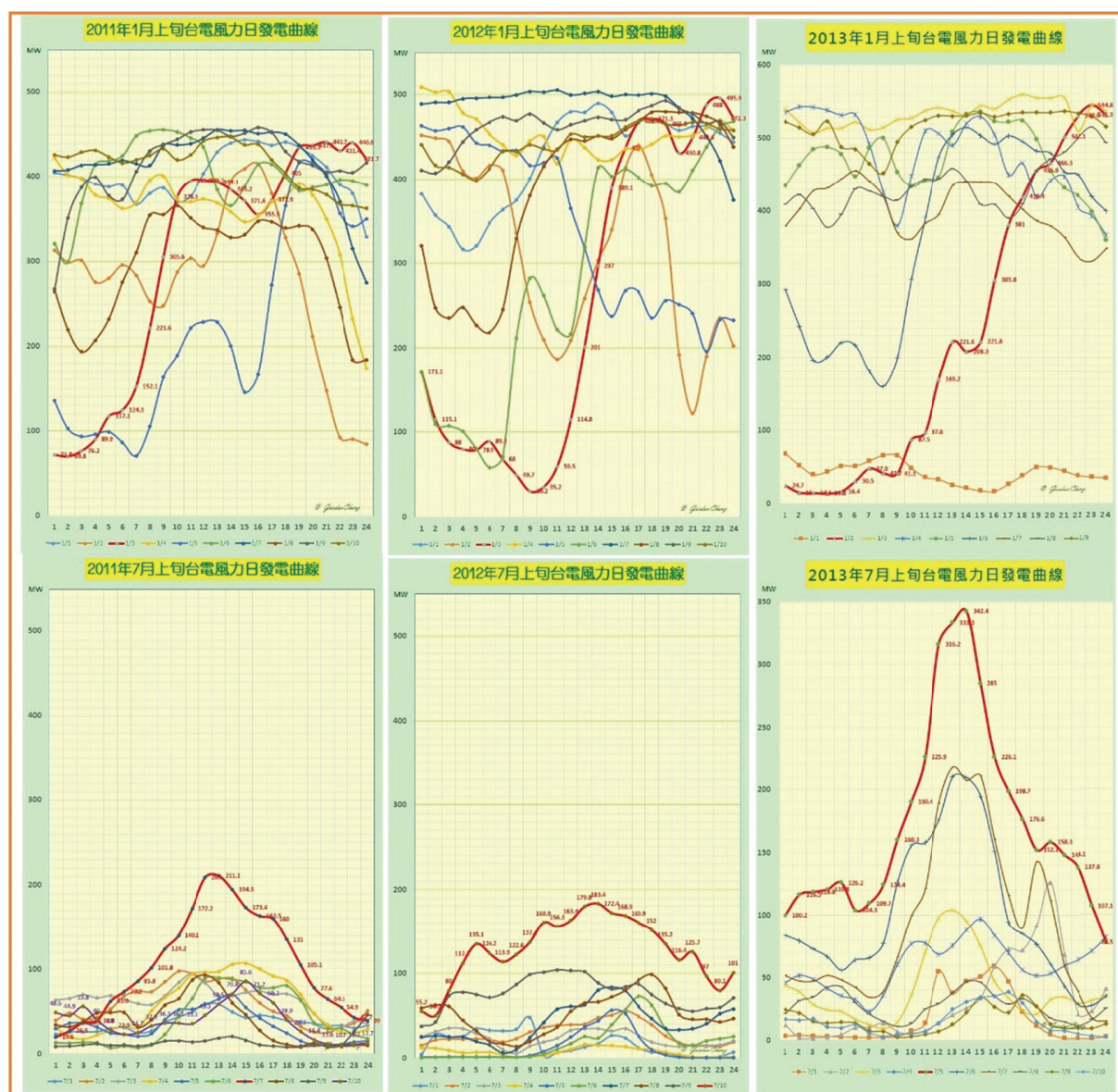


圖23 2011-2013 (民國100~102)年1、7月上旬台電系統每日24小時風力發電曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

有的滿載，有的低載的情形，只有 2013 年有一風場特別高載，其他風場都在低載。有兩天北部風場較中南部出力領先2~3小時到達滿載，2013 年除了兩家北部風場外，則大部分中南部風場 出力先升抵高載。2012 年有風場超過 100% 的情形，係因同一風場尚有試運轉風機發電之故。

圖25下半圖的夏季代表日顯示，北部風場出力滿載程度較中南部為高，且出力趨勢較冬季一致，集中在中午附近，但總風力發電出力低於冬季甚多。

圖26之2014~2016年冬夏月代表日風力出力改以佔裝置容量的百分比(100%為滿載)顯示，一月代表日出力滿載的較七月較高，24小時內突升驟降變化也高。

6. 近六年台電系統太陽能24小時發購電量曲線

2016 7 月底台電系統太陽能發購電裝置容量高達85.08萬瓩，台電自有太陽能發電場包括臺灣本島與澎湖金門離島16家，只有零頭不

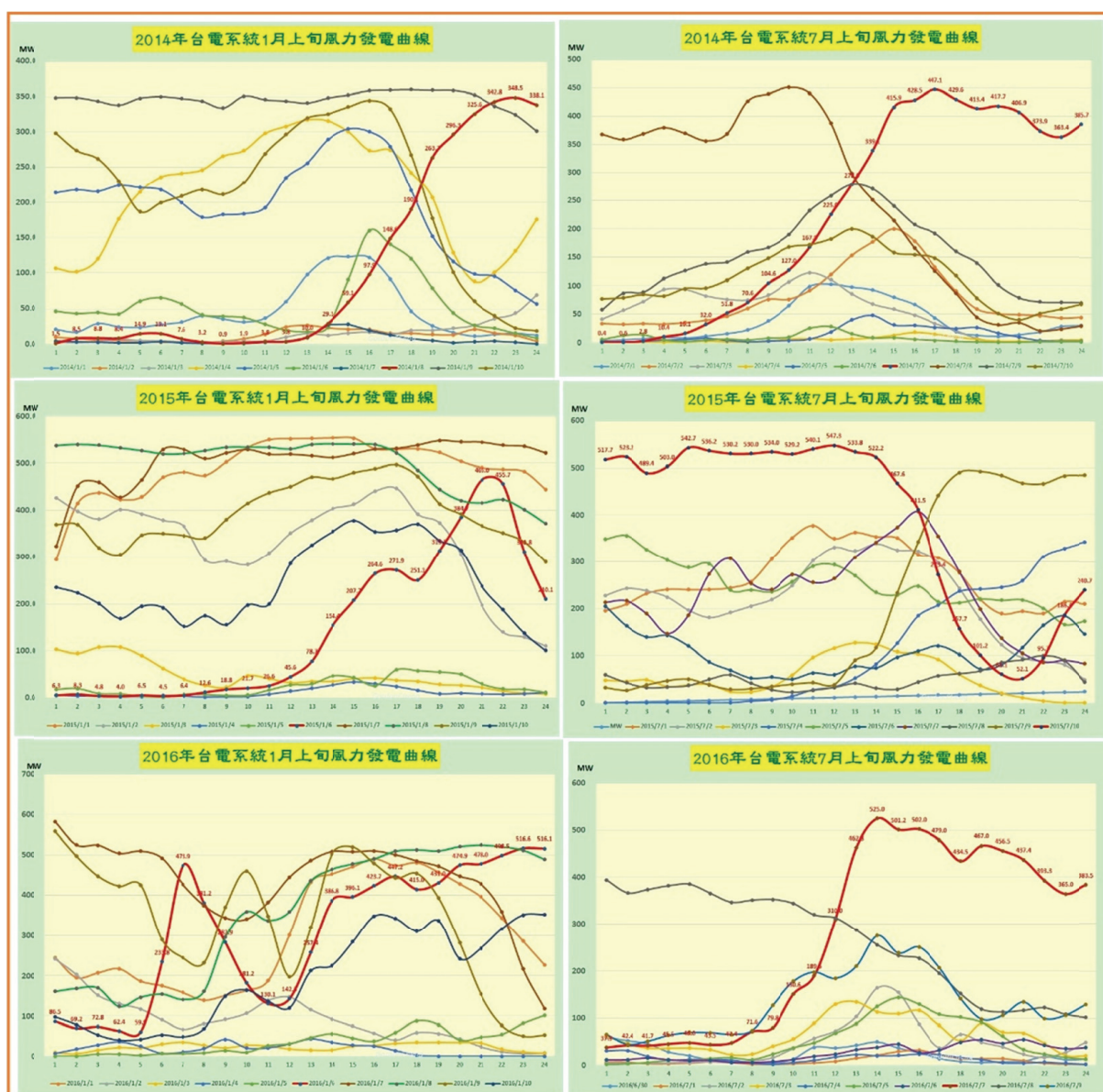


圖24 2014~2016 (民國103~105)年1、7月上旬台電系統每日24小時風力發電曲線

資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

到的1.82萬瓩容量，但都裝有發電量自動記錄器，通報每小時電量；其餘83.25萬瓩為民間太陽能發電，而小型太陽能發電又高達80.6萬瓩且家數高達1萬多家，都沒有24小時發電量紀錄，只有每隔一或二個月抄表一次的發電量。因此要了解台電各地區太陽能發電每天24小時發電特性，只有利用台電自有及大型民間購電有24小時記錄發電量發電場的紀錄，來分析台電系統太陽能發電變化情況與特性，做出各地區太陽能每日發電模型，再用來推估其餘太陽能24小時發電之變化。

6.1 全年8760小時太陽能發電曲線

為了解近六年(2011~2016)來，各年度台電系統太陽能發電系統發電每天24小時、每年8760(8784)小時、按照年初到年底時間順序所繪製的小時發電曲線，詳如圖27所示：

圖27所顯示近六年各年度台電系統有小時發電紀錄之太陽能發電全年小時發電曲線，由於太陽能發電系統裝置容量從1月到12月都直線增加，所以看不大出發電受四季氣候變動影響，但有幾個年度夏季出力較高。

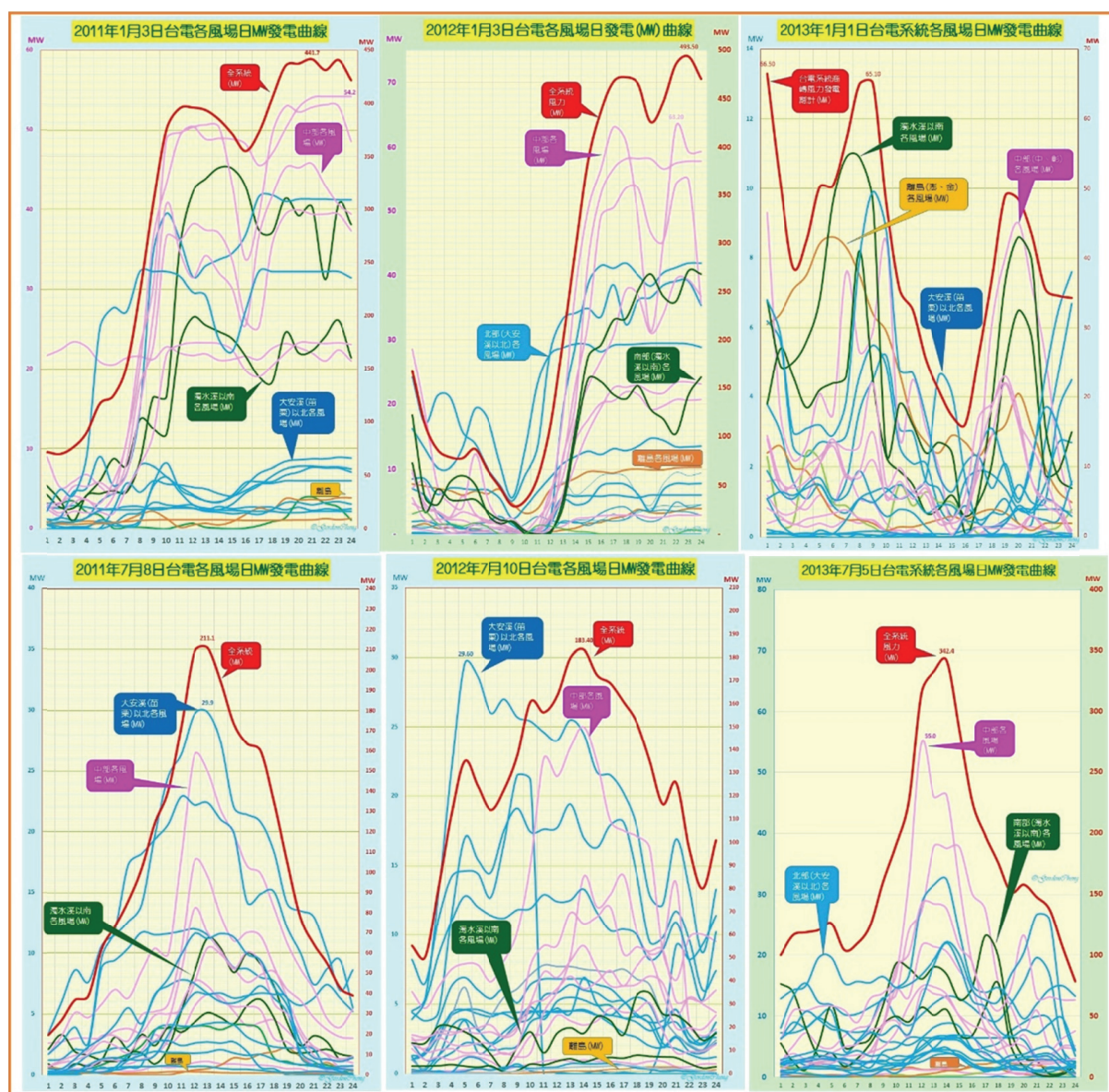


圖25 2011-2013年1、7月代表日台電系統北中南各風場小時風力發電(MW)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

6.2 2012-2016年月別小時太陽能發電曲線³

近五年來各月份台電系統太陽能發電系統小時發電曲線，因數量過多，僅取樣冬、夏季代表月之1、7月繪製如圖28~29，可更清楚瞭解各代表月整個月太陽能連續出力變化情形。

從圖28、29右側圖所顯示各年度7月夏季太陽能發電大量降低，都是受到颱風來襲影

響，左側圖之1月份則受到鋒面或華南雲雨系東移下雨所影響。

6.3 2012-2016年度太陽能日發電曲線⁴

隨著每天陰晴雲雨變化多端的天氣而變之太陽能系統發電，掌握瞭解每天24小時變化，對系統調度運轉人員頗為重要，目前太陽能系統發電容量漸漸大到讓值班人員需要關注的程

³2011年太陽能發電詳細發電資料剛開始統計，月別資料不完整，未納入取樣。

⁴2011年太陽能發電詳細發電資料剛開始統計，資料不完整，未納入取樣。

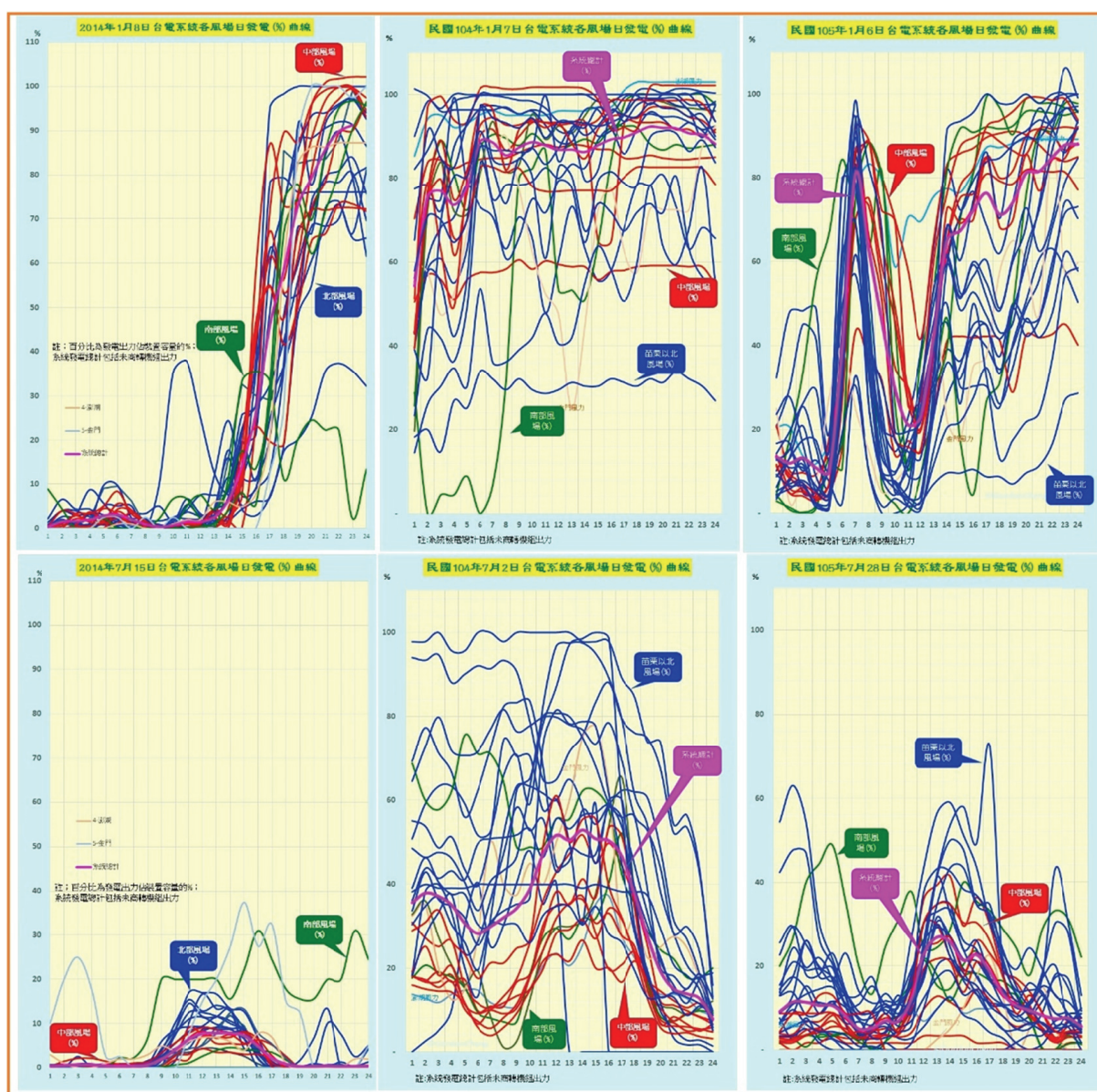


圖26 民國103~105 (2014-2016)年1、7月代表日台電系統北中南各風場24小時風力出力佔裝置容量之%發電曲線

資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

度。

今(2016)年初夏就曾發生即時系統負載曲線出現下午尖峰負載被削平，最高負載平移到16:00的狀況，也就是目前有24小時紀錄(有遙測)的太陽能發電場裝置容量只有全台電系統發電總容量的5.3%惹的禍，還好後來利用分布在臺灣西北部中南地區以及離島有遙測的太陽能出力，推估沒有即時記錄的其餘95%太陽能出力，恢復了系統負載曲線原貌。但這也影響台電系統尖峰負載紀錄的準確度。

因此，從這些太陽能系統先行了解臺灣地區太陽能發電變動，以便來推估全系統太陽能更精確的發電特性模型。由於數量過多，特別挑選近五年冬、夏兩季代表月1、7月的上旬(1~10日)十天取樣繪製每天24小時重疊曲線，2012~2013年為台電自有太陽能以MW出力顯現，2014~2016年則以裝置容量(扣除未商轉及無24小時紀錄的機組)的百分比(100%為滿載)繪製，詳如圖30~31。

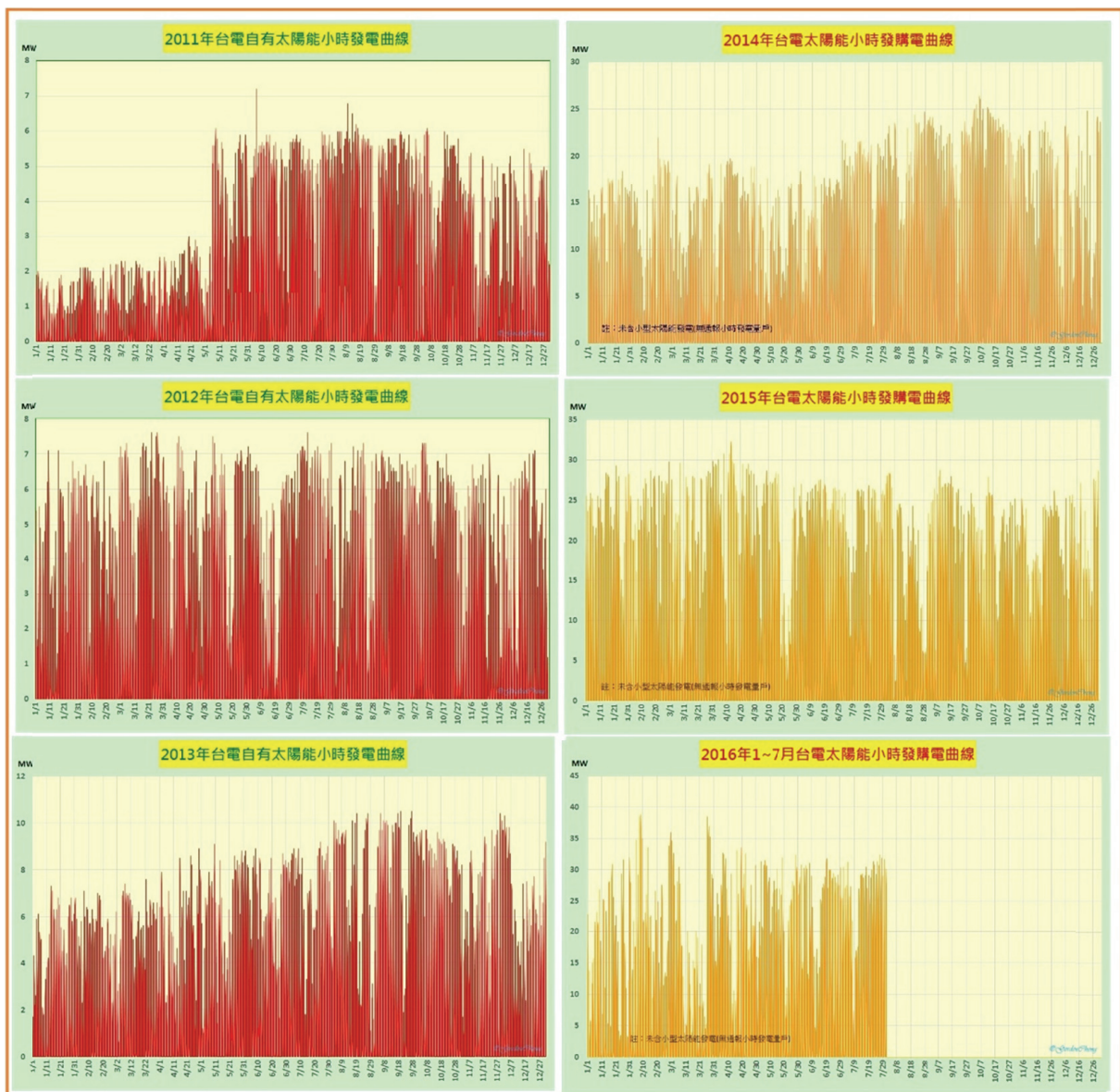


圖27 2011年~2016年7月台電系統太陽能全年小時發電曲線合併圖(未含無小時發電紀錄之小太陽能購電量；左側圖為2011-2013年台電自有，右側圖為2014-2016年包含購電主要發電場)
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

6.4 台電自有各區太陽能發電場日發電曲線比較

為了解臺灣北、中、南部及離島各區域太陽能發電場每天24小時發電出力變化是否同步、或參差不齊驟升驟降變動，跟另一主要間歇性電源風力發電場同樣關繫著調度運轉衝擊影響程度。特別挑選近兩年冬、夏兩季代表月的1、7月份中，太陽能出力變動比較劇烈的代表日，按臺灣地理氣候區域大安溪(苗栗縣火

鋸山)以北、濁水溪(雲林縣)以南，區分為北、中、南三大群組太陽能發電場，分別用不同顏色區分各大區、離島(澎湖及金門)、以及台電系統總風力之發電出力。

此外，除了2012-2013年以各太陽能發電系統MW出力繪製外，另扣除尚未商轉太陽能發電系統發電量，按佔商轉太陽能裝置容量之百分比(滿載%)繪製圖表(2014-2016年)，可以更清楚分析各小容量太陽能系統出力變化情形與滿載程度，詳如圖32~33所示。



圖28 2012年~2013年1月、7月台電自有太陽能744小時發電曲線合併圖
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

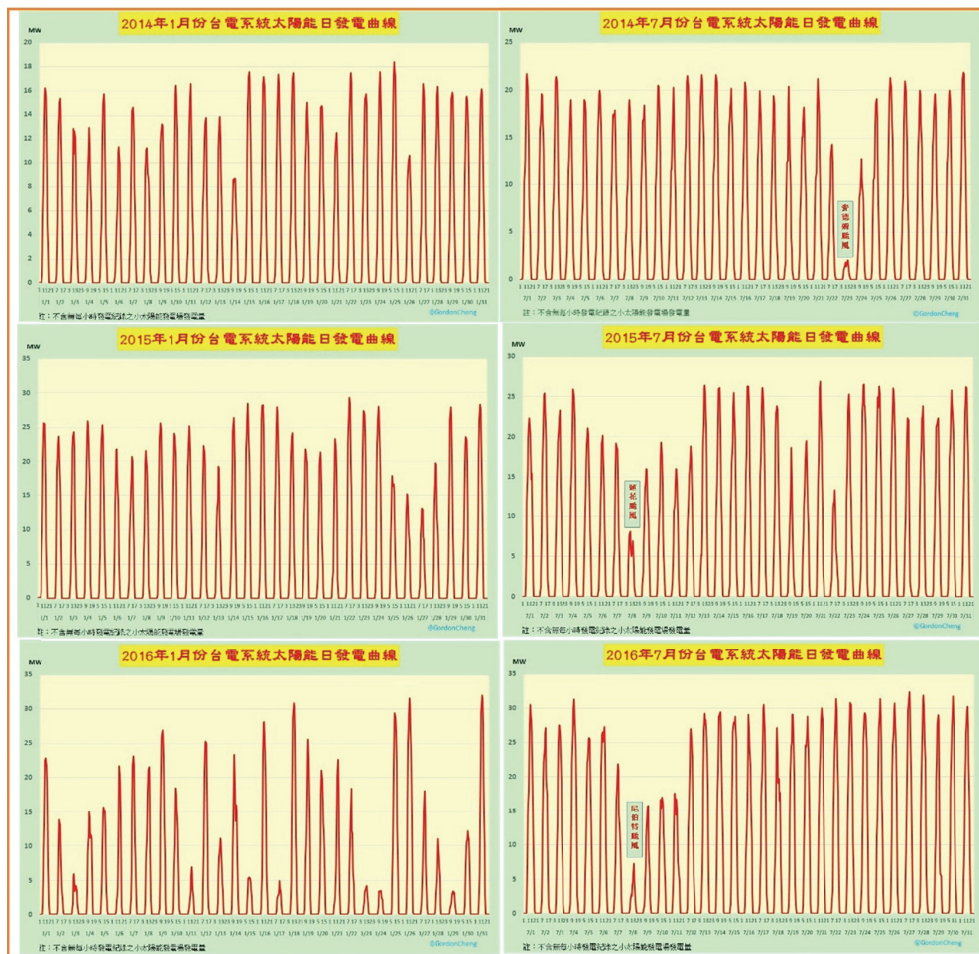


圖29 2014年~2016年1月、7月台電系統太陽能744小時發電曲線合併圖(含有小時發電紀錄之大型太陽能購電量)
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

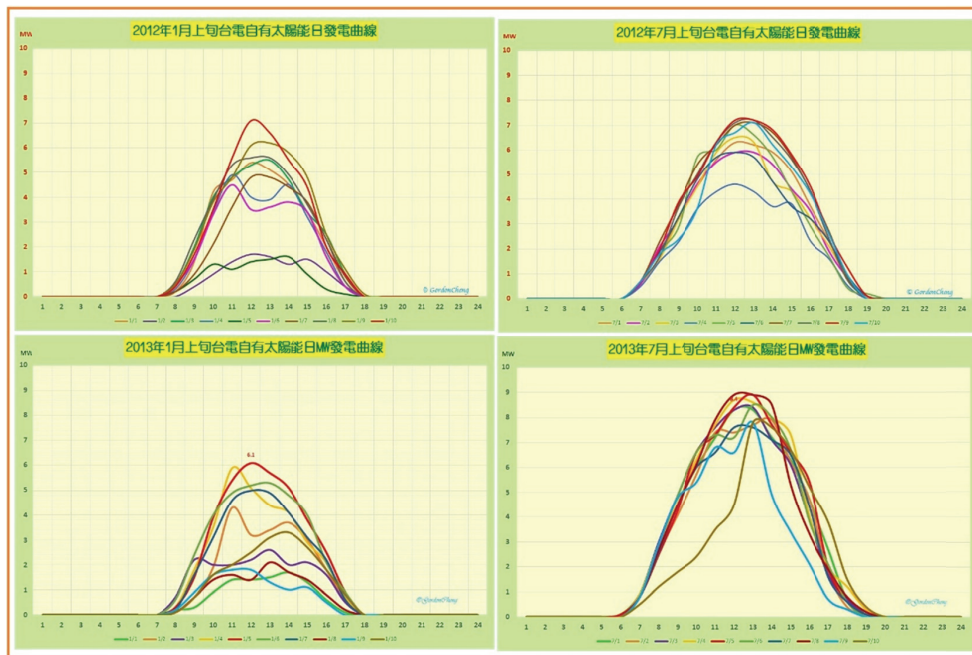


圖30 2012年~2013年1月、7月上旬台電系統自有太陽能每日24小時發電曲線合併圖
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

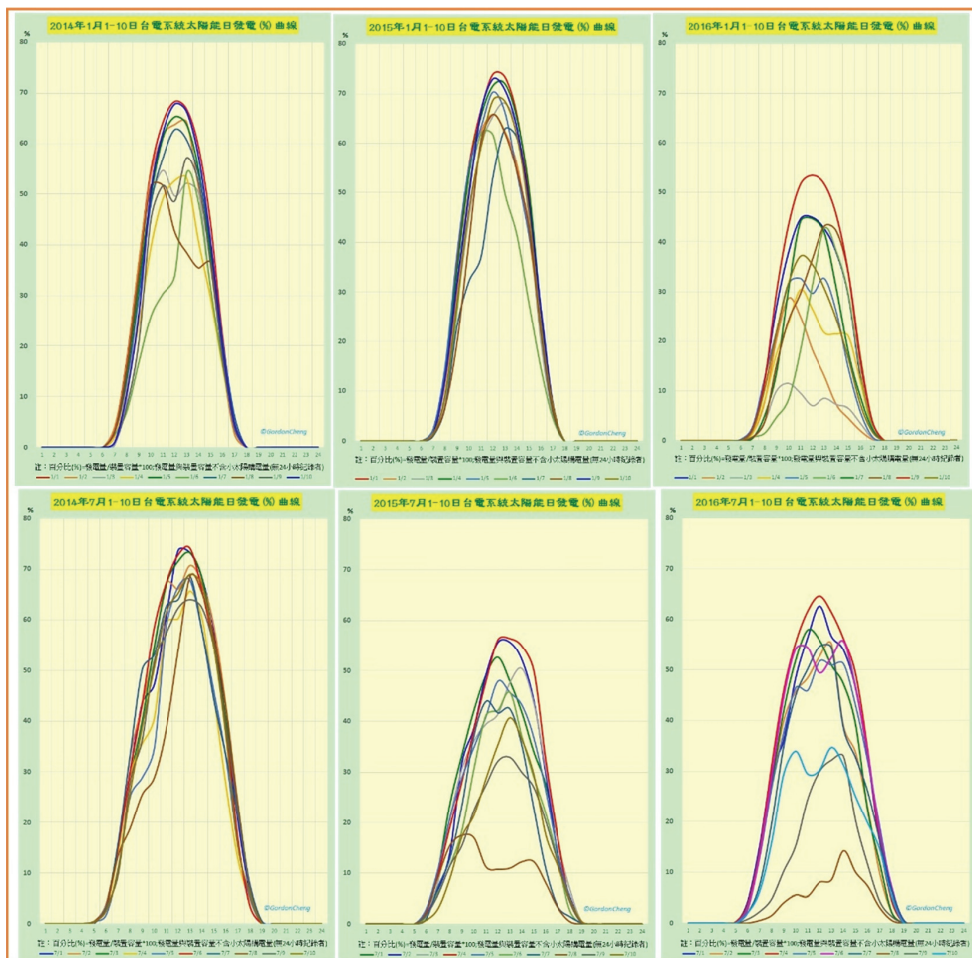


圖31 2014年~2016年1月、7月上旬台電系統太陽能每日24小時發電(佔裝置容量之%)曲線(含有小時發電紀錄之大型太陽能購電量)
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

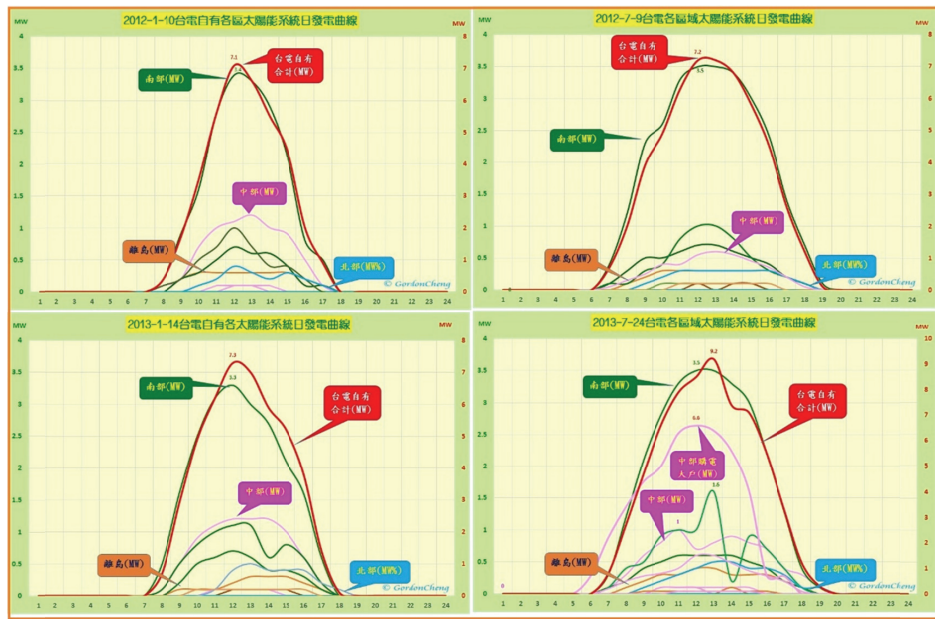


圖32 2012年~2013年1月(左側圖)、7月(右側圖)代表日台電系統北(淺藍色線)、中(粉紅)、南(綠色)、離島(淺褐)自有太陽能各發電場每日24小時發電(MW)曲線
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

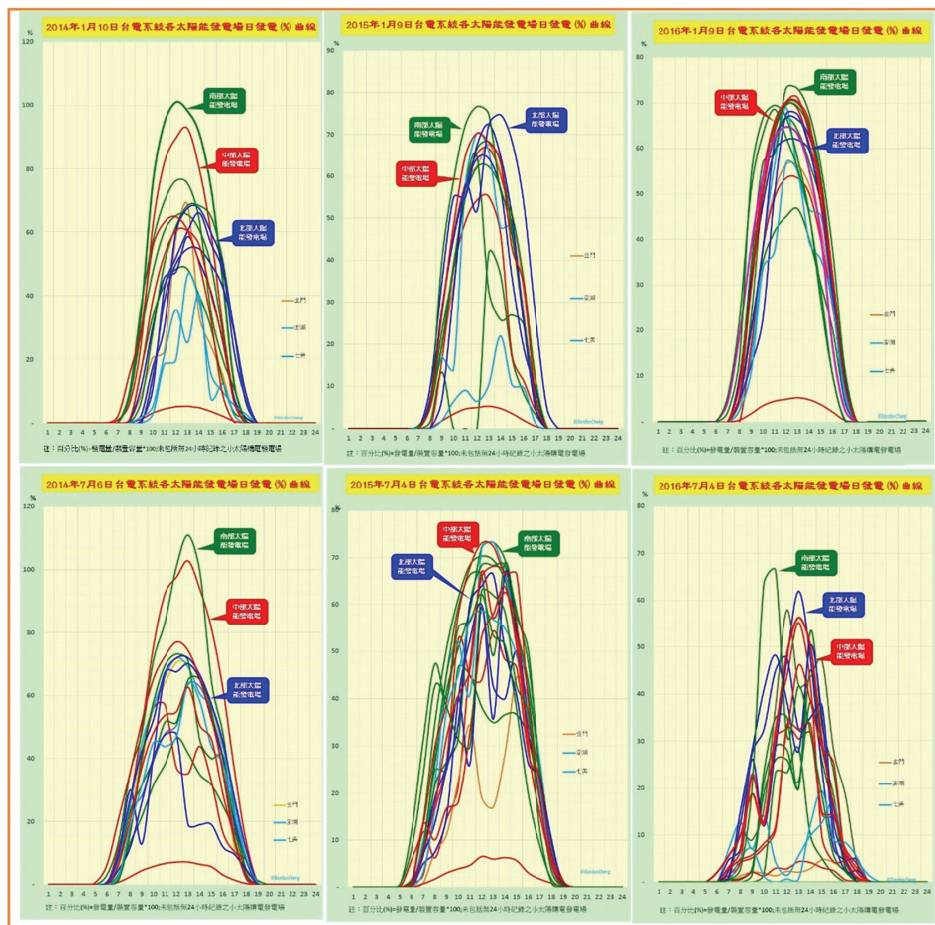


圖33 2014年~2016年1月(上半圖)、7月(下半圖)代表日台電系統北(藍色線)、中(紅線)、南(綠線)、離島(淺藍)太陽能各發電場每日24小時發電(佔裝置容量之%)曲線 (內含有24小時紀錄之主要購電發電場)
資料來源：作者整理自台電公司內部資料，鄭金龍部落格GordongCheng's Blog

從圖32可知，台電大部分自有太陽能發電每日出力最高時間都落在正午左右，與系統最高尖峰負載發生時間相近，可提供尖峰用電負載之需，一月每天開始與停止發電之時間比七月的夏日約短一個多小時。圖33太陽能發電出力用佔裝置容量之百分比顯示，可以看出各場發電利用率，顯現小容量場之變化情形。大部分最高出力也是在正午左右出現，配合尖峰負載之供電。

7. 結 語

爬梳台電系統最近六年來風力與太陽能發電之每年8760(或8784)小時發電實績，繪製成各類曲線，結果發現台電系統之臺灣本島或離島之主要兩種再生綠能之運轉發電特性：風力發電每日出力變化多端，沒有固定模式，發電出力與系統尖峰負載出現時間甚少同步，冬季台電系統尖峰負載偏低，然而風力出力卻大都偏高，夏季則反之，但風力冬天出力偶而也有跟夏天趨近零出力的日子，夏季的風力也是如此，在連續低出力期間突然有幾天接近滿載，每天的尖離峰期間亦有此相同情形。這些無法控制的出力變化，讓準備系統備轉容量的調度運轉人員增加許多難題；同時也凸顯風力發電預測之重要，目前風力裝置容量60幾萬瓩情況下，尚在可控制能力之內。

至於台電系統太陽能發電出力特性跟用電尖峰時間同步的問題，就比風力發電好多了。夏天用電趨高，太陽能發電也同步增加，下雨天或颱風天系統負載降低，它的出力也隨著減少。就系統調度運轉來看，比起風力，太陽能發電是比較友善的，但是目前太陽能發電場沒有裝設遙測設備的有一萬多戶，分散到全系統，如何推估各小時精確的出力值，更是一環，關繫著台電系統負載(供電端)紀錄

的準確，進而影響短期每日系統運轉安全之備轉容量的準備量，以及年備用容量的計算準確度；長期則影響長程系統負載預測的基礎。或許將來科技發達，通訊費率降低，獎勵太陽能發電場加裝遙測設備，可以改善此問題。

今年五月新政府為達成2025年非核家園之政策目標，經濟部於2016年5月25日宣示將全力以赴開發綠色新能源，使2025年再生能源發電量占總發電量達20%。為達成此目標，配套的風力與太陽能發電預測與推估、儲能系統、備轉容量、發電資訊遙測傳送等都極需儘速備妥。

參考資料

- 台電公司a, 2016,「再生能源發電概況」http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b31.aspx?LinkID=8
- 台電公司b, 2016,「購入電力分布情形」http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b41.aspx?LinkID=9
- 台電公司c, 2016, 統計年報<http://www.taipower.com.tw/UpFile/ClauseFile/104%E5%B9%B4%E7%B5%B1%E8%A8%88%E5%B9%B4%E5%A0%B1.pdf>
- 風力發電在雲林, 2008, 雲林縣政府「閱讀雲林」網站 2008 Vol. 01, <http://reading.yunlin.gov.tw/index-2.asp?sid=5&id=28&page=1>
- 經濟部能源局, 2016, 能源局網站首頁 > 資訊與服務 > 政府資訊公開 > 施政計畫、業務統計、研究報告 > 電力 > 業務統計 > 6. 民營再生能源發電廠, http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu_id=1001
- 鄭金龍的部落格(GordonCheng's Blog), <https://gordoncheng.wordpress.com/>

A Glance at the Wind and Solar Power Generation Performance of Taipower System

Chin-Lung Cheng^{1*}

ABSTRACT

After the resolutions of the National Energy Conference in recent years ,to promote renewable energy and launch relevant incentive policies by Taiwan government, the installed capacity of the wind and solar power generation systems (photovoltaic) of Taipower are up to 666.2 MW and 850.7 MW respectively, with a total of 1,516.9 MW (1.52 GW), by the end of July 2016. This paper is to provide a glimpse of the major operating characteristics of the essential intermittent power supply in Taiwan by analyzing the characteristics of the variation of the two major renewable resources on the annual, quarterly, monthly and daily bases in accordance with the hourly generation records of Taipower wind and solar power generation system in the past six years.

Keywords: Taipower system, Wind power generation, Solar power, Power performance

¹ Retired Director of Department of System Operations. Taipower.

*Corresponding Author, E-mail: chengcl168@gmail.com

Received Date: September 19, 2016

Revised Date: October 14, 2016

Accepted Date: November 7, 2016