

# 國家能源政策評析報告：中國大陸 2019 年版

張素美

工業技術研究院 綠能與環境研究所

## 摘要

中國大陸於 2016 年 12 月由國家發改委和能源局公佈了“十三五”能源發展規劃（2016-20）。在該計劃中，中國大陸決心降低煤炭在能源結構中的比例，將 2020 年的初級能源消費比例從 62% 降至 58%。中國大陸也致力發展更多的再生能源：到 2020 年，風能和太陽能的裝機容量將分別達到 210GW 和 110GW。到 2020 年，非化石燃料的比例應從 2015 年的 12% 上升到 15% 以上。天然氣應佔能源消費量的至少 10%。

為了減少溫室氣體排放和解決空氣品質的影響，中國大陸將其能源結構從化石燃料主導地位轉向再生能源和核能。中國大陸的五年計畫實施了積極的再生能源政策，到 2020 年推動再生能源生產增加到總能源結構的 15%。中國大陸並實施電力部門改革的計畫以擴大再生能源發電占比，並鼓勵競爭和提高效率。2017 年中國大陸太陽能和風能裝機容量分別增長了 71% 和 11%，煤炭消費則微量增加。在 2017 年公布的能源生產與消費革命戰略中並預定到 2030 年將非化石燃料消費及發電的比重分別提升到 20% 及 50%，並期望到 2050 年初級能源消費中一半以上來自非化石能源。

中國大陸的溫室氣體排放量目前約占全球 30%，為減少碳排，於 2017 年啟動全國性的排放交易系統，該系統涵蓋約 1700 個燃煤和天然氣發電企業，年排放超過 30 億噸二氧化碳（占全國的 39%）。而中國大陸在自定預期貢獻中，提出 2030 年 CO<sub>2</sub> 排放達到峰值、碳排放密集度較 2005 年下降 60-65%，且非化石能源占初級能源消費比重達 20% 的目標。藉由此排放交易系統的推行，預期將可經濟有效地減少碳污染，並有助於中國大陸在 2030 年前達到碳排放總量的峰值。

**關鍵字：**中國大陸、能源政策、再生能源，國家自定預期貢獻(INDC)

## 一、國土社經基本資料

中國大陸面積 957 萬平方公里，約為我國的 265.8 倍。2018 年人口為 13.95 億，雖仍較前一年成長了 0.38%，但成長率為近 20 年來最低。中國大陸國內生產毛額(GDP)快速成長，2018 年 GDP 總額達 90 兆人民幣(約 13.4 兆美元，1 美元=6.7 人民幣)，較去年成長 6.7%，人均 GDP 為 64,644 人民幣(約 9,648 美元)，較去年成長了 9.2%均為近 5 年來最高[1]。

中國大陸產業結構以第三產業(服務業)為主，2018 年附加價值產出占 GDP 比例約 52.2%，第二產業(工業及建築業)占 40.7%，第一產業農業僅占 7.2%[1](圖 1)。而從近年第一~第三大產業的貢獻率(各產業附加價值增量與 GDP 增量之比值)來看，第一產業貢獻率有逐漸減少，而第三產業貢獻率則有增加趨勢。

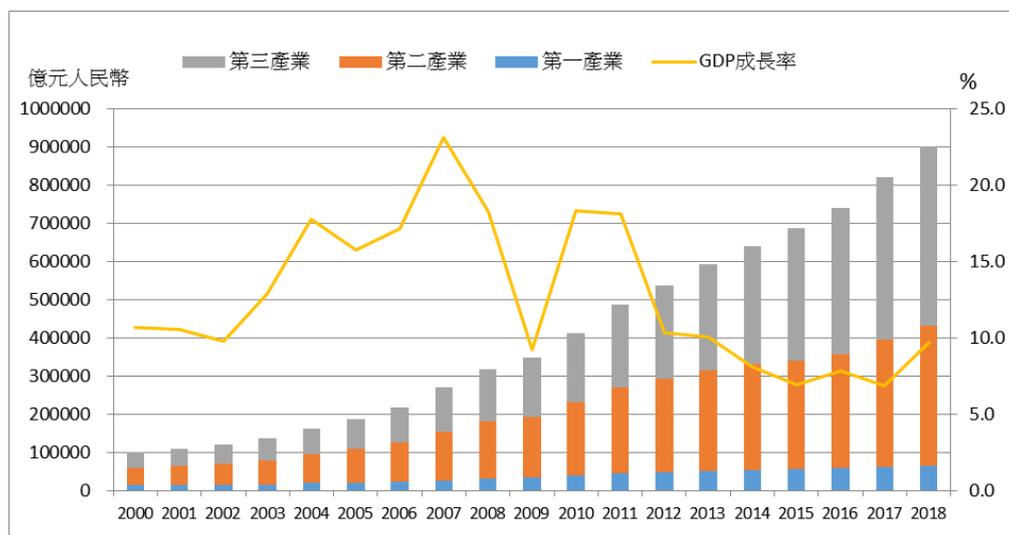


圖 1、2000 年~2018 年中國大陸 GDP 與三級產業構成情形[2,3]

## 二、中國大陸能源供需

### (一) 整體能源供需歷史趨勢

#### 初級能源供給

中國大陸於 2010 年超越美國成為世界最大能源消費國，並於 20 世紀末期由能源出口國改為能源進口國(主要是進口石油與煤)。中國大陸的初級能源供給自 2002 年後開始大幅成長，主要是因為快速的經濟成長，尤其是重工業的能源消費所致。主要的成長來自於淨進口及其他項目。

中國大陸國內能源供應不足，屬於能源進口國。依據 BP 統計，2017 年中國大陸天然氣進口 920 億立方米，較去年成長 28%，其中 42.8% 為管線天然氣，57.2% 為 LNG。中國大陸最大天然氣進口國為土庫曼(管道天然氣)，其次為澳洲(LNG)。在石油方面，2017 年原油淨進口 4.17 億噸(進口 4.22 億噸，出口 0.047 億噸)，較去年成長 10.3%。其最大進口來源為西非、其次為中東國家、俄羅斯與中南美洲。在煤炭方面，2016 年煤炭淨進口 2.47 億噸(進口 2.55 億噸，出口 0.088 億噸)，較前一年成長 24.1%[4,5]。

自 20 世紀 90 年代以來，中國大陸當局鼓勵燃料轉換(例如從煤炭轉向清潔燃料)，引入節能舉措以減少能源使用造成的污染和排放，並優化現有能源結構。中國大陸國內初級能源生產於 2014 年達到高峰後緩慢下降。但是煤炭在國內能源生產總量中的比重仍然處於較高水平。2015 年，煤炭產量下降 2%，而十年平均增長率為 3.9%。這是 1998 年以來中國大陸煤炭生產的第二次下降[4]。2018 年初級能源生產為 35.9 億噸標準煤，較 2017 年增加了 5%。其中煤炭仍是最主要部分，占 69.3%，其他包括原油 7.2%、天然氣 5.5%、水電、核電與風電能源合計 18.0% (圖 2)。其中煤炭和天然氣較 2017 年成長了 4.6% 和 7%，原油則下降了 0.5%。

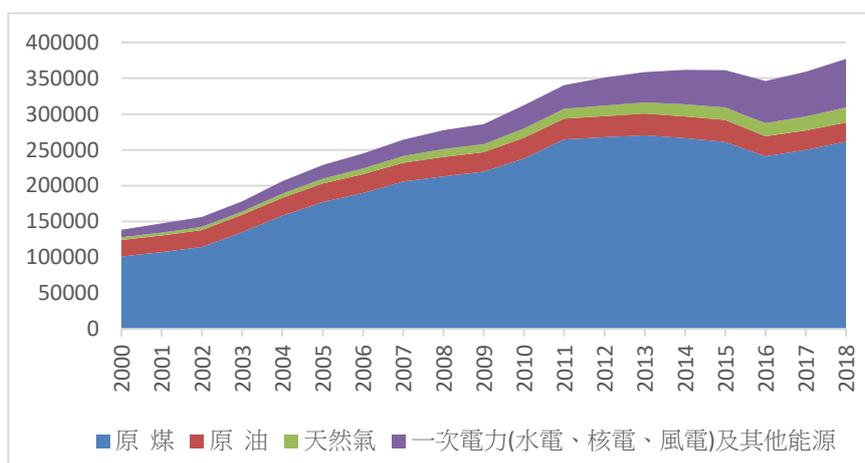


圖 2、初級能源生產[2,3]

### 初級能源消費

2018 年初級能源消費量為 46.49 億噸標準煤，較 2017 年成長 3%。2018 年初級能源消費中煤炭占 59%、石油 18.9%、天然氣 7.8%、水電、

核電與風電合計 14.3%(圖 3)。其中的煤炭消費量成長了 0.9%、石油消費量成長 3.8%、天然氣消費量成長 15.2%、其他水電、核電與風電等一次電力成長 7.1%。為減少排碳量，規劃到 2020 年煤炭消費比重下降到 58.0%，並希望 2030 年下降到約 50.0%[6]。

2018 年中國大陸初級能源消費結構，天然氣占比由 2005 年的 2.4% 增加到 2018 年的 7.8% 變化較大，低碳排之核電、水電與風電由 2005 年合計 7.4% 提升至 2018 年 14.3%；另煤炭消費占比則由 2005 年 72.4% 下降到 2017 年 59%，石油消費占比則由 17.8% 緩慢上升到 18.9% (包含增加石油儲存量)。

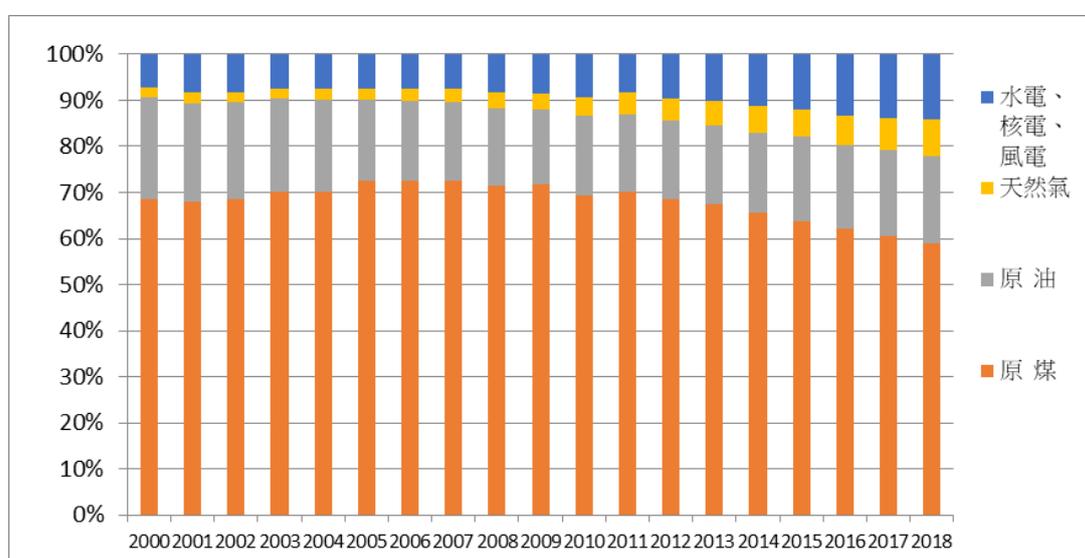


圖 3、初級能源消費[2,3]

以部門別來看，2016 年中國大陸能源消費量為 43.58 億噸標準煤中，工業部門是最大的消費者，佔最終能源消費總量的 66.6%，其次是生活部門(12.4%)、交通運輸部門 (9.1%)，其他行業、商業和農業及建築共佔 11.9%。從三級產業來看，近十年中國大陸三大產業的最終能源消費占比，仍以第二產業之工業類別最高，但占比從 2006 年的 71.5% 緩慢下降至 2016 年的 66.6%；第三產業之交通運輸、金融及倉儲業，消費占比由 7.8% 逐漸增加到 9.1%；第一產業之農林漁牧業則由 2.4% 些微下降到 2.0% (圖 4)[2,3]。

在中國大陸十三五計畫中，2016-2020年期間的能源消費年增長目標平均為2.5%，比2011-15年的3.6%下降1.1%。因此，到2020年，能源消費總量將被控制在50億噸標準煤以內[7,8]。

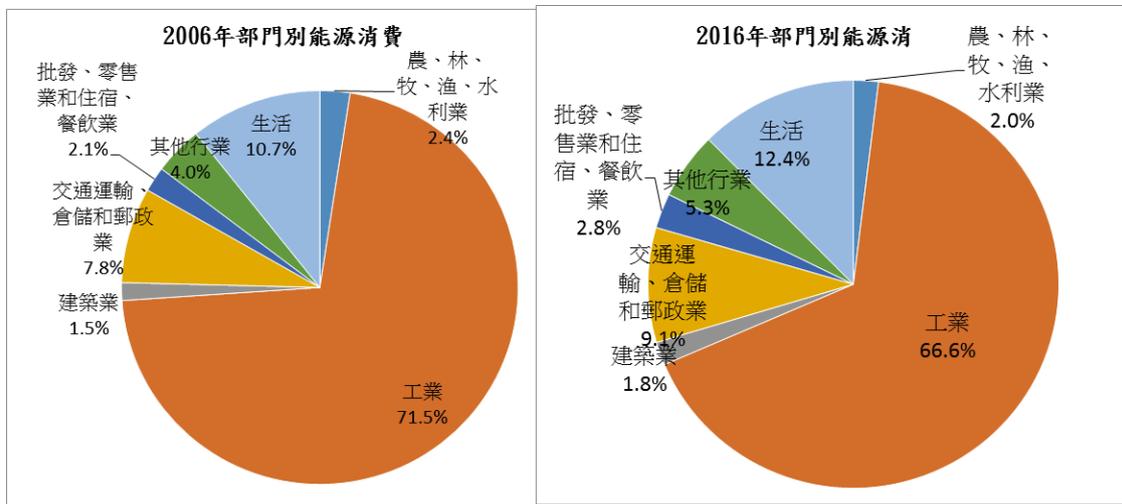


圖 4、最終能源消費(行業別)趨勢[2,3]

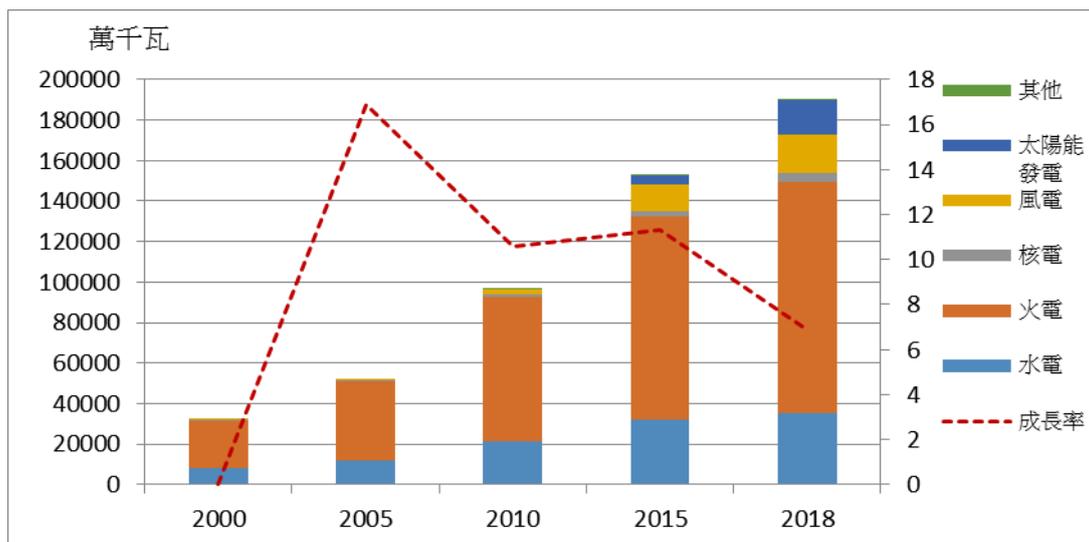
## (二) 電力供需歷史趨勢

中國大陸是全球最大的電力裝置容量的經濟體。其電力行業在20世紀90年代後期出現嚴重供過於求的問題，這主要是由於關閉了一些低效的、電力消費大戶的國營產業單位。然而，隨後2001年之後經濟迅速擴張導致電力供應短缺[7]。2000年至2018年，發電量從13,556億度迅速增加到69,940億度，其中火力發電占70%以上，仍是主力。2018年，發電裝機容量達到1,900GW，其中化石能源約占60.2%、水力18.5%、風力9.7%、太陽光電9.2%、核電2.4%、其他不足1%(圖5)[2,3,10]。其中再生能源裝置量明顯增加，裝置容量已占總裝置量的18.9%。

中國大陸在過去十年佔全球電力容量增加的2/5以上，平均每年安裝108GW。自2013年以來，這些新增項目中有一半以上是再生能源和核能。就再生能源而言，中國大陸在水電、風能和太陽能發電裝機容量方面排名全球第一。在新的電力投資決策中轉向再生能源已經使其在中國大陸的裝置容量占比從10年前的不到1/4提高到1/3以上。現在佔中國大陸總容量近10%的風力發電已經超過核能和天然氣成為中國大陸第

三大電力供應來源（煤和水電之後）。太陽能發電經歷了非常強勁的增長，2011年至2018年裝機容量增加超過8.3億千瓦，太陽能大幅增長的主因是光電扶貧及補貼政策的實施所致。中國大陸是全球核能發電的領導者，其容量從2011年的1257萬千瓦增加到2018年的4466萬千瓦，目前在建的全球核電裝置容量幾乎有一半在中國大陸[9]。

圖 5、中國大陸電力裝置容量變化 [2,3,10]



電力供給結構多樣化，風電和核能發電量快速增長。2018年，中國大陸總發電量為69940億度，較上年度成長9%。其中火電佔70.4%（發電量49231億度），水電佔17.6%（12,329億度），風力發電成長迅速，在2013年超過核能發電成為第三大發電來源，2018年發電量佔5.2%（3660億度），核能發電量4.2%（2944億度），太陽能2.5%（1775億度）[10]。中國大陸裝置容量的大幅度擴張，特別是在過去幾年中，恰逢電力需求成長放緩的時期，電力需求成長率從2010年的年12%下降到2017年的3%。

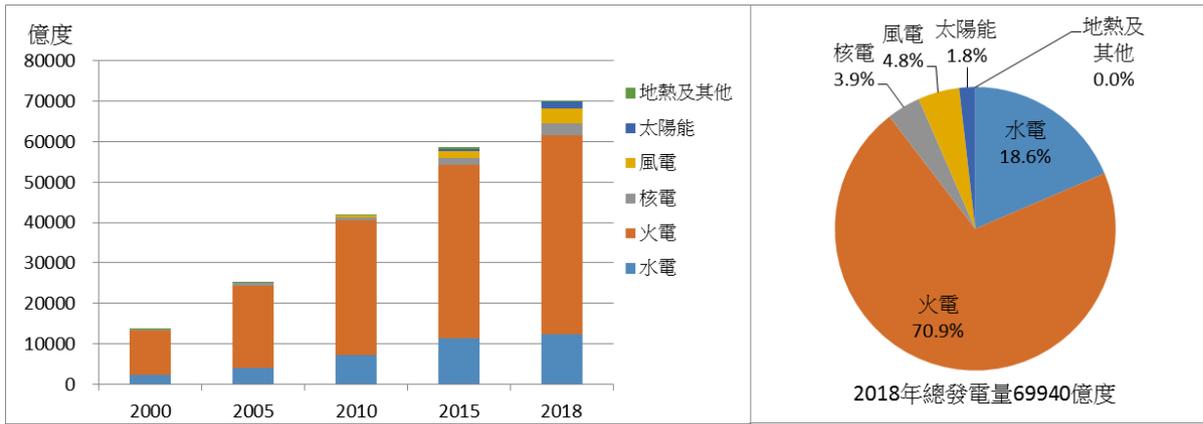


圖 6、中國大陸發電量趨勢[2,3,10]

中國大陸電力消費自 2010 年以後成長大幅下降，但 2018 年全國電力消費 68,449 億度，較前一年大幅成長了 8.5%，為近 6 年新高。從三級產業來看，第一產業用電量 728 億度(占 1%)，成長了 10%；第二產業用電量 47,235 億度(69%)，成長 7%；第三產業用電量 10,801 億度(16%)，成長了 13%；城鄉居民生活用電量 9,685 億度(14%)，成長 10%。2018 年電力總消費中第二產業電力消費量仍是最大，而第三產業則是成長最快。

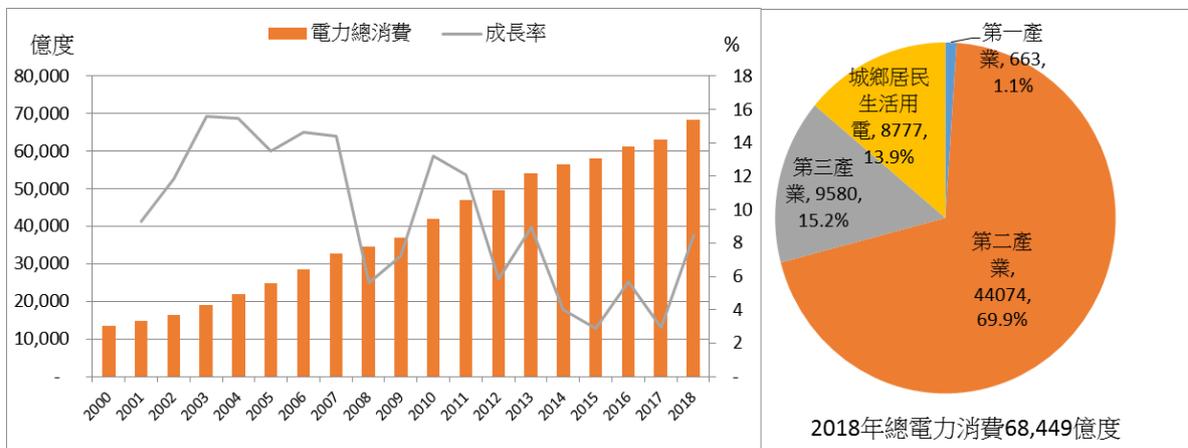


圖 7、中國大陸電力消費結構趨勢[10]

### (三) 溫室氣體排放歷史趨勢

中國大陸的碳排放自 2011 年開始成長幅度大幅下降，2015 年(91.64 億噸)及 2016 年(91.14 億噸) 碳排放均呈現負成長[7]，但 2018 年再次成

長(2.1%)，達到 94.43 億噸，但成長幅度還不到過去十年平均增速的一半。而 GDP 仍以約 7% 的幅度成長，所以碳排放密集度更明顯減少(圖 8)。2011 年~2015 年期間碳排放密集度下降超過 19%，也達到十二五規劃下降 17% 目標[11]，2016、2017 年亦以年均 8% 的幅度下降。另 2018 年碳排放密集度較 2005 年已接近下降 68%，已遠遠超過既定的目標(2020 年碳排放密集度下降到 40%~45% 的目標)。

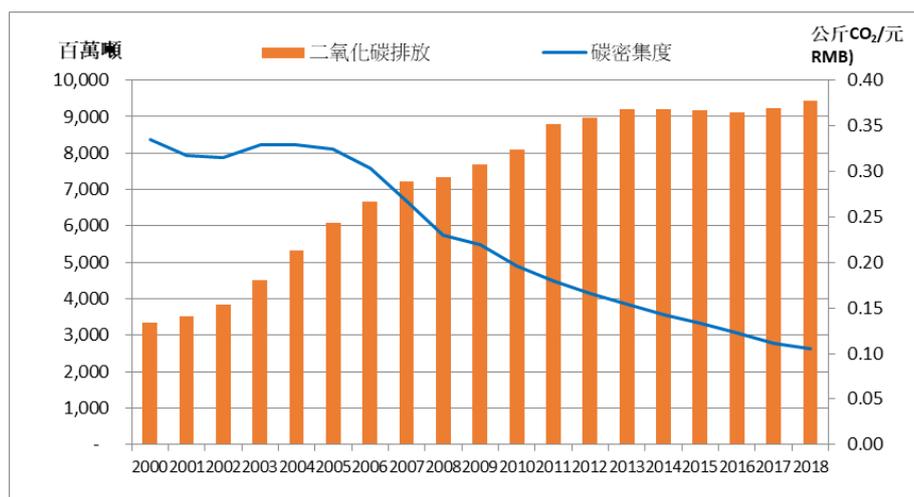


圖 8、中國大陸 CO<sub>2</sub> 排放與碳密集度變動趨勢[4]

### 三、國家能源政策

從 1950 年代開始，中國大陸的一系列五年計畫為中國大陸的經濟和社會發展提供了整體的框架。最初是計畫經濟的主要工具，隨著時間的推移，這些計畫更多地關注於設定政策方向和提供指導，尤其是在中國大陸於 1978 年對外開放並開始發展更加市場化的經濟之後。2016 年 3 月，政府發布了“經濟和社會發展”第十三個五年計畫(2016-2020 年)。基於此，中央政府部門和地方政府必須制定部門/地區計畫，例如健康、人口、教育、就業、文化和能源[9]。

為補充經濟“十三五”規劃和長期國家戰略，中國大陸於 2016 年單獨發布了“能源發展”十三五規劃“，隨後又制定了一系列煤、石油、天然氣、電力、再生能源、頁岩氣、煤層氣、核能、水電、風能、太陽能生物質能、地熱和能源技術創新規劃。本報告將選擇幾個主要規劃重點摘述於後。

這些文件確定了具體的中期約束性或指示性目標，以及監測進展的跟踪機制。中國大陸設計越來越多地目標和標的來適應向更加市場化的體系轉變，還制定了反映國家計畫的區域、省和市計畫[9]。

最後一類政策文件側重於具體問題或挑戰，例如 2013 年“大氣污染防治行動計畫”，2014 年國家應對氣候變化計畫（2014-2020 年）和 2016 年能源技術革命創新計畫（2016-2030 年）。在智能電網和能源儲存等新興能源領域，當局還發布了支持創新、研究和部署的指導方針。儘管政策在推動能源轉型中繼續發揮重要作用，但市場和體制改革的廣泛進程反映了政府“讓市場在經濟中起決定性作用”的承諾。隨著中國大陸逐步實現天然氣價格的自由化，電力和天然氣網絡監管的改變以及建立電力交易和排放交易平台，能源價格改革在這一過程中發揮著關鍵作用。下一階段的電力、石油和天然氣行業改革將由 2015 年的中國共產黨中央委員會及國務院的“關於進一步深化電力體制改革的意見”、和 2017 年國務院的“深化油和氣體制改革的意見”所規定[9]。

#### **(一) 能源發展十三五規劃[8]**

國家發展和改革委員會和國家能源局於 2016 年 12 月發布了「能源發展的第 13 個五年計畫（2016-2020 年）」，總結十二五規劃的能源發展成果(表 1)，又對未來五年的能源轉型、綠色低碳發展提出具體部署和安排。

表 1、中國大陸十二五期間能源發展主要成果[8]

指標	單位	2010 年	2015 年	年均增長
初級能源生產量	億噸標準煤	31.2	36.2	3%
其中：煤炭	億噸	34.3	37.5	1.8%
原油	億噸	2	2.15	1.1%
天然氣	億立方公尺	957.9	1346	7.0%
非化石能源	億噸標準煤	3.2	5.2	10.2%
電力裝機規模	億瓩	9.7	15.3	9.5%
其中：水電	億瓩	2.2	3.2	8.1%
煤電	億瓩	6.6	9.0	6.4%
氣電	萬瓩	2642	6603	20.1%
核電	萬瓩	1082	2717	20.2%
風電	萬瓩	2958	13075	34.6%
太陽能發電	萬瓩	26	4318	177%
能源消費總量	億噸標準煤	36.1	43	3.6%
能源消費結構				
其中：煤炭	%	69.2	64	(-5.2)
石油	%	17.4	18.1	(0.7)
天然氣	%	4	5.9	(1.9)
非化石能源	%	9.4	12	(2.6)

註：( )內為五年累計值。

十三五期間預期中國大陸的能源發展將呈現以下五個趨勢：

1. **能源消費增速明顯回落**。在經濟增速趨緩、結構轉型升級加快等因素下，能源消費增速預計將從「十五」以來的年均 9% 下降到 2.5% 左右。
2. **能源結構雙重更替加快**。煤炭消費比重將進一步降低，非化石能源和天然氣消費比重將顯著提高。
3. **能源發展動力加快轉換**。能源發展正向創新驅動轉變，進一步推動能源清潔化和智慧化發展。能源消費增長的主要來源由傳統高耗能產業轉向現代製造業、大資料中心、新能源汽車等。
4. **能源供需形態深刻變化**。隨著智慧電網、分散式能源、低風速風

電、太陽能新材料等技術的突破和商業化應用，能源供需方式和系統形態正在發生深刻變化。

5. **能源國際合作邁向更高水準。**一帶一路建設和國際產能合作的深入實施，推動能源領域更大範圍、更高水準和更深層次的開放交融，有利於全方面加強能源國際合作，形成開放條件下的能源安全新格局。

在能源發展十三五規劃中，設定了 2020 年能源發展的主要目標如下表(表 2)：

表 2、中國大陸十三五期間能源發展主要指標[8]

類別	指標	單位	2015年	2020年	年均增長	屬性
能源 總量	初級能源生產量	億噸標準煤	36.2	40	2.0%	預期性
	電力裝機總量	億瓩	15.3	20	5.5%	預期性
	能源消費總量	億噸標準煤	43	<50	<3%	預期性
	煤炭消費總量	億噸原煤	39.6	41	0.7%	預期性
	全社會用電量	兆度電	5.69	6.8-7.2	3.6-4.8%	預期性
能源 安全	能源自給率	%	84	>80		預期性
能源 結構	非化石能源裝機 比重	%	35	39	(4)	預期性
	非化石能源發電 量比重	%	27	31	(4)	預期性
	非化石能源消費 比重	%	12	<b>15</b>	(3)	約束性
	天然氣消費比重	%	5.9	10	(4.1)	預期性
	煤炭消費比重	%	64	<b>58</b>	(-6)	約束性
	電煤占煤炭消費 比重	%	49	55	(6)	預期性
能源 效率	單位國內生產總 值能耗降低	%	-	-	<b>(15)</b>	約束性
	煤電機組供電煤 耗	克標準煤/ 度電	318	<b>&lt;310</b>		約束性
	電網線損率	%	6.64	<6.5		預期性
能源 環保	單位國內生產總 值二氧化碳排放 降低	%	-	-	<b>(18)</b>	約束性

註：( )內為五年累計值。

標準煤：將不同品種、不同含量的能源，按各自不同的熱值，換算成每千克熱值為 7000 千卡的標準煤。

## (二) 電力發展十三五規劃(2015~2020)[12]

“十三五”是中國大陸改革深化，也是電力工業加快轉型發展的重要期。在世界能源格局深刻調整、電力供需總體寬鬆、環境資源約束不斷加強的新時期，中國大陸電力工業發展面臨一系列新趨勢包括：供應寬鬆常態化、電源結構清潔化、電力系統智能化、電力發展國際化及體制機制市場化等，故藉由十三五電力規劃以加強統籌協調，加強科技創新，加強國際合作；著力調整電力結構、優化電源佈局、升級配電網、增強系統調節能力、提高電力系統效率、推進體制改革和機制創新，以加快調整優化、轉型升級、構建清潔低碳、安全高效的現代電力工業體系。中國大陸規劃之“十三五”電力發展計畫，內容涵蓋了水電、核電、煤電、氣電、風電、太陽能發電等各類電源和輸配電網等，除總結十二五規劃的電力發展成果(表 3)外，並明定「十三五」的各項電力發展目標。

表 3、十二五電力工業發展情況[12]

類別	指標	2010 年	2015 年	年均增速
用電量	全社會用電量 (億千瓦時)	41999	56933	6.27%
	人均用電量 (千瓦時)	3132	4142	5.75%
電源規模	總裝機規模 (億千瓦)	9.7	15.3	9.54%
	人均裝機 (千瓦/人)	0.7	1.11	9.66%
	水電 (億千瓦)	2.16	3.2	8.15%
	核電 (億千瓦)	0.11	0.27	19.67%
	風電 (億千瓦)	0.3	1.31	34.29%
	光伏 (億千瓦)	0.003	0.42	168.67%
	火電 (億千瓦)	7.1	9.93	6.94%
	生物質能發電 (億千瓦)	-	0.13	-
電網規模	220 千伏及以上線路 (萬公里)	44.6	60.9	6.40%
	變電容量 (億千伏安)	19.9	33.7	11.11%
電力流	西電東送規模 (億千瓦)	1	1.4	6.96%
能耗	火電機組平均供電煤耗 (克標煤/千瓦時)	333	315	[-18]
	線路損失率	6.53%	6.64%	[0.11%]
主要大氣污 染物排放量	二氧化硫 (萬噸)	956	528.1	
	氮氧化物 (萬噸)	1055	551.9	

註：1. []為五年累計值。

2. 2015 年二氧化硫、氮氧化物排放量以環境統計年鑑公佈數據為準。

電力規劃方案從電力的供應能力、電源結構、電網發展、綜合調節能力、節能減排、民生用電保障、科技裝備發展、電力體制改革等 8 面向著手，藉由推展綠色化、智能化和市場化，並適度提高水電、核電、風電與太陽光電占比，以及加強離峰電源和電網建設等來繪製電力發展的十三五藍圖，以確保到十三五結束時，達到非化石能源消費占初級能源消費比重達到 15% 以上的目標(非化石能源和天然氣增量合計約為 4.8 億噸標準煤，超過煤炭增量的三倍)，並於 2030 年非化石能源消費占比達到 20%，且於 2050 年占比超過一半的目標。而在 2015 年至 2020 年間，中國大陸規劃擬投資電網建設改造得經費將不低於 2 兆人民幣，同時跨省、跨區的電網連結建設也會增加(表 4)[12]。

中國大陸並於“十三五”規劃提出實施街區電動車(NEV)普及計畫。提高電動汽車製造業的產業化水準，確保中國新能源汽車產業的長遠發展。該提案預計到 2020 年將形成以市場為導向的新能源汽車產業體系，並將建成獨立、可控、完整的新能源汽車產業鏈。這個產業鏈每年將產生 300 萬電動車輛。其目的包括：國產品牌佔中國電動車市場的 80% 以上；兩家中國汽車企業在新能源汽車銷量中位居全球前十位，海外銷售佔總銷量的 10%[16]。

表 4、十三五電力工業發展的主要目標[12]

類別	指標	2015	2020	年均增速	屬性
電力 總量	總裝機(億千瓦)	15.3	20	5.5	預期性
	西電東送(億千瓦)	1.4	2.7	14.04%	預期性
	全社會用電量(萬億千瓦時)	5.69	6.8-7.2	3.6-4.8%	預期性
	電能佔終端能源消費比重	25.80%	27%	[1.2%]	預期性
	人均裝機(千瓦/人)	1.11	1.4	4.75%	預期性
	人均用電量(千瓦時/人)	4142	4860-5140	3.2-4.4%	預期性
電力 結構	非化石能源消費比重	12	15	[3%]	約束性
	非化石能源發電裝機比重	35	39	[4%]	預期性
	常規水電(億千瓦)	2.97	3.4	2.80%	預期性
	抽蓄裝機(萬千瓦)	2303	4000	11.70%	預期性
	核電(億千瓦)	0.27	0.58	16.50%	預期性
	風電(億千瓦)	1.31	2.1	9.90%	預期性
	太陽能發電(億千瓦)	0.42	1.1	21.20%	預期性
	化石能源發電裝機比重	65	61	[-4.1%]	預期性

類別	指標	2015	2020	年均增速	屬性
	煤電裝機比重	59	55	[-4%]	預期性
	煤電（億千瓦）	9	<11	4.10%	預期性
	氣電（億千瓦）	0.66	1.1	10.80%	預期性
節能	新建煤電機組平均供電煤耗 （克標煤/千瓦時）	-	300	-	約束性
減排	現役煤電機組平均供電煤耗 （克標煤/千瓦時）	318	<310	[-8%]	約束性
	線路損失率	6.64	<6.5		預期性
民生	充電設施建設	滿足 500 萬輛電動車充電預期性			預期性
保障	電能替代用電量（億千瓦時）	-	4500		預期性

註：1. []為五年累計值。

2. 2015 年煤電平均供電煤耗根據中電聯公佈的火電平均供電煤耗估算。

### (三) 再生能源發展十三五規劃(2015-2020)[16]

中國大陸在“十二五”期間再生能源發展迅速，對能源結構調整做出了重要貢獻。為實現 2020 年和 2030 年非化石能源分別占一次能源消費比重 15%和 20%的目標，加快建立清潔低碳的現代能源體系，促進再生能源產業持續發展，按照「可再生能源法」要求，根據「中華人民共和國國民經濟和社會發展第十三個五年規劃綱要」和「能源發展“十三五”規劃」，制定「可再生能源發展“十三五”規劃」。

「可再生能源發展“十三五”規劃」包括了水能、風能、太陽能、生物質能、地熱能和海洋能，明確提出 2016 年至 2020 年中國大陸可再生能源發展的基本原則、發展目標、主要任務、優化資源配置、創新發展方式、完善產業體系及保障措施，是“十三五”時期中國大陸可再生能源發展的重要指南。

在十二五期間，隨著可再生能源在推動能源結構調整方面的作用不斷增強，可再生能源技術裝備水平顯著提升，及可再生能源發展支持政策體系逐步完善，中國大陸可再生能源產業開始全面規模化發展，進入了大範圍增量替代和區域性存量替代的發展階段(表 5)[17]。

表 5、“十二五” 期末可再生能源主要發展指標[17]

“十二五” 期末可再生能源主要發展指標				
內 容	2010 年	“十二五” 預期目標	2015 年	年均增長 (%)
<b>一、發電</b>				
1、水電（萬千瓦）	21,606	29,000	31954	8.1%
2、併網風電（萬千瓦）	3,100	10,000	12,900	33.0%
3、太陽光電（萬千瓦）	80	2100	4318	122.0%
4、各類生物質發電（萬千瓦）	550	1300	1030	13.4%
<b>二、供氣</b>				
沼氣（億立方米）	140	220	190	6.3%
<b>三、供熱</b>				
1、太陽能熱水器（萬平方米）	16,800	40,000	44,000	21.2%
2、地熱等（萬噸標準煤/年）	460	1500	460	0.0%
<b>四、燃料</b>				
1、生物成型燃料（萬噸）	0	1,000	800	
2、燃料乙醇（萬噸）	180	400	210	3.1%
3、生物柴油（萬噸）	50	100	80	9.9%
總利用量（萬噸標準煤/年）	28,600	47,800	51,248	12.4%

為實現 2020、2030 年非化石能源佔一次能源消費比重分別達到 15%、20% 的能源發展戰略目標，進一步促進可再生能源開發利用，加快對化石能源的替代進程，改善可再生能源經濟性，提出主要指標如下：

表 6、到 2020 年可再生能源開發利用主要指標[17]

內容	利用規模		年產能量		萬噸標準煤 /年
	數量	單位	數量	單位	
<b>一、發電</b>	<b>67,500</b>				<b>56,188</b>
1、水電（不含抽水蓄能）	34,000				36,875
2、併網風電	21000	萬千瓦	4,200	億千瓦時	12,390
3、太陽能光電	10500		1,245		3,673
4、太陽能熱發電	500		200		590
5、生物質發電	1,500		900		2,660
<b>二、生物天然氣</b>					<b>80</b>
<b>三、供熱</b>					<b>15,100</b>
1、太陽能熱水器	80,000	萬 m <sup>2</sup>			9,600
2、地熱能熱利用	160,000		4,000		
3、生物質能供熱（萬噸）			1,500		
<b>四、生物液體燃料</b>					<b>680</b>
1、生物燃料乙醇	400	萬噸			380
2、生物柴油	200	萬噸			300
<b>可再生能源合計</b>					<b>72,928</b>
<b>商品化可再生能源合計</b>					<b>57,828</b>

註：商品化可再生能源包含發電、生物天然氣和燃料三類。

#### (四) 能源技術革命創新行動計劃(2016 - 2030 年)[20]

能源技術創新行動計畫圍繞可能產生重大影響的革命性能源技術創新和對建設現代能源體系具有重要支撐作用的技術領域，延長先前一段時期的能源技術創新的重點，主攻方向以及重點創新行動的時間表和路線圖，因而制定此行動計劃。其總體目標為：

到 2020 年，能源自主創新能力顯著提升，集體關鍵技術取得重大突

破，能源技術裝備，關鍵部件及材料對外依存度顯著降低，國內能源產業國際競爭力的顯著提升，能源技術創新體系初步形成。

到 2030 年，建成與國情相適應的完善的能源技術創新體系，能源自主創新能力全面提升，能源技術水平整體達到國際先進水平，支撐發展中國家能源產業與生態環境協調可持續發展，進入世界能源技術強國行列。其重點任務包括下列各項，並分別提出戰略方向、創新目標、創新行動及創新路線圖。

1. 煤炭無害化開採技術創新
2. 非常規油氣和深層，深海油氣開發技術創新
3. 煤炭清潔高效利用技術創新
4. 二氧化碳捕集，利用與封存技術創新
5. 先進核能技術創新
6. 乏燃料後處理與高放廢物安全處理處置技術創新
7. 高效太陽能利用技術創新
8. 大型風電技術創新
9. 氫能與燃料電池技術創新
10. 生物質，海洋，地熱能利用技術創新
11. 高效燃氣輪機技術創新
12. 先進儲能技術創新
13. 現代電網關鍵技術創新
14. 能源互聯網技術創新
15. 節能與能效提陞技術創新

#### **(五) 能源生產與消費革命戰略(2016-2030)[13]**

中國大陸的能源議程是由 2014 年 6 月由中國國家主席提出的“能源革命”為號召；這是對所有能源五年計畫和政策、以及由國家發改委和國家能源局在 2017 年共同出版的能源生產和消費革命戰略（2016-2030）的廣泛指引。“能源革命”側重於能源消耗、供應、技術和機構四個方面，其目標是確保一個更安全、可持續、多元和高效能源的未來(表 5)[9]。

一些更廣泛的戰略和舉措也影響能源的展望，如國內經濟結構改革

提出的方向就是一個很好的例子：2015 年由國務院發布的“中國製造 2025”倡議推動了中國大陸製造業未來的願景，這與過去依賴能源密集型產出有根本的不同，它將重點放在先進的工業設計上，這些設計更環保、更具創新性，並支持能源和排放密集度的目標。能源合作、投資和貿易也是“一帶一路”倡議的重要組成部分，旨在加強沿中國大陸戰略陸地和海上航線的聯結和合作[9]。

表 7、中國大陸能源生產與消費革命戰略(2016-2030 年)[9,13]

到 2020 年的目標（回顧“十三五”規劃的主要目標）
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 初級能源消費總量保持在 50 億噸煤當量 Mtce 以下，煤炭占比進一步減少（表 2）。</li> <li>■ 能源組合中非化石燃料的占比達到 15%，清潔能源成為能源增長的主要貢獻者（表 2）。</li> <li>■ 碳密集度將比 2015 年下降 18%（表 2），能源密集度將比 2015 年下降 15%。</li> <li>■ 能源自給率高於 80%(表 2)。</li> <li>■ 工業企業的平均電力密集度（每單位附加值的電力消耗）減少 10% 以上。</li> <li>■ 所有現有發電廠的單位發電煤耗低於 310 克煤當量(gce)/kWh（表 2），新建發電廠的煤耗低於 300 gce / kWh。</li> <li>■ 主要能源生產地區的水利用效率達到全球先進水平。</li> <li>■ 全面實施燃煤鍋爐空氣污染物排放標準，淘汰主要大氣污染防治區域所有陳舊、低效的燃煤鍋爐。</li> </ul>
到 2030 年的標的和目標
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 在農村地區獲得商業能源服務。</li> <li>■ 一次能源消費總量保持在 6000 萬噸標準煤以下。</li> <li>■ 能源組合中非化石燃料的占比達到 20% 左右。</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 天然氣在能源組合中的占比達到約 15%。</li> <li>■ 增加的能源需求主要靠清潔能源來滿足。</li> <li>■ 能源密集度達到當前全球平均水平。</li> <li>■ 總發電中非化石燃料發電的占比力爭達到 50%。</li> <li>■ 超低污染的燃煤電廠的占比超過 80%。</li> <li>■ 回顧氣候變化承諾： <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 到 2030 年將單位國內生產總值的二氧化碳排放量從 2005 年的水平降低 60-65%。</li> <li>✓ 二氧化碳的排放量將在 2030 年左右巔峰，並力爭盡快達到峰值。</li> </ul> </li> </ul>
2050 年的願景
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 初級能源消費水準穩定，其中一半以上來自非化石能源。</li> <li>■ 中國大陸成為全球能源治理的重要參與者。</li> </ul>

## (六) 電力系統改革[19]

中國大陸經濟在過去數十年間飛速增長，使得中國大陸成為全球第二大經濟體。經濟高速增長也推動中國大陸的電力需求從 2000 年的 1.39 萬億度增至 2017 年的 6.42 萬億度，並超越美國和歐盟，成為全球最大的電力消費國。

近年來，中國大陸在制定政策時更多關注於電力行業成長帶來的環境和經濟成本。環境成本方面，電力行業是中國大陸最大的二氧化碳排放源，佔國內總排放量的 40%，以及世界總排放量的 11.1%。此外，電力行業每年還產生約 116 萬噸二氧化硫和 1,110 萬噸氮氧化物。經濟成本方面，需求成長放緩導致電力供過於求，進而導致一些煤電企業設備利用率較低。為提升環境質量，中國大陸的電力系統已開始結構性改革，主要重點在發展清潔能源，遠期目標是大幅減少能源系統對煤炭的依賴。

為了提高經濟效益，中國大陸實施了幾輪電力行業改革。中國電力行業改革的歷史可追溯至 20 世紀 80 年代。當時，為解決限制經濟發展

的電力短缺問題，中央政府首次允許第三方投資電力行業。同一時期，中國製定了一些延續至今的行業規則，為投資者提供確定性，例如“三公調度”規則，為相同技術領域的發電企業分配同樣的利用小時數。

不過，中國電力行業改革的一個重要里程碑是2002年頒布的“5號文”。當今電力行業格局很大程度上是這次改革的結果，垂直一體化的國家電力公司被拆分為五家發電企業—“五大”發電集團，以及負責輸電、配電、系統運營和電力零售的兩家電網公司。電力行業監管得以強化，電力系統的一些市場化運行機制也發軔於此。

儘管電力系統進行了結構性調整，但此階段電力系統的工作重點仍是保障投資而非經濟性考量。中國之前曾嘗試一些提高系統效率的市場化改革措施，如直接購電、發電權交易、跨省/跨區域交易和節能調度。然而，由於改革系統所涉及的複雜性，這些措施並未大規模推廣，有些甚至已經停止。雖然如此，但這些確實影響了2015年“9號文”啟動的新一輪電力體制改革。9號文可被視為中國電力行業轉型的另一個里程碑，根據“9號文”指明的改革方向，電力行業將主要通過市場確定運行模式和終端電價。其主要政策可歸納如下：

- 按照“准許成本+合理收益”的收入上限模型，核定單獨的輸配電價。
- 躉售電價由中長期市場中發電企業和大用戶協商或競價決定，零售電價由躉售電價、線路損耗、輸配電價和政府性基金及附加構成。
- 建立電力交易機構，撮合交易並進行交易結算。
- 售電企業可以匯聚小型用戶，並代表其參與躉售市場。

雖然9號文的落實仍在持續，但已取得許多重要進展：輸配電價已經核定；相當比例的電量正通過電力交易機構交易；終端大客戶電價由市場確定；首批現貨市場試點正在推進。此外，中國大陸的能源體系正在走向更生態節約和環境友好型之路，電力市場改革的實施可使中國大陸在該方面持續受益。

中國大陸電力系統在過去幾十年中已取得良好的發展，現在它再次經歷深刻變革。過去的改革進程和當前的“9號文”，為接下來的工作奠

定了基礎，未來幾年，中國大陸將持續把這些指導綱領轉化為具體措施。

### (七) 國家溫室氣體減量

2015年6月，中國大陸向聯合國氣候變化框架公約（UNFCCC）秘書處提交了“國家自主貢獻”（INDC）的氣候行動計畫。在此計畫中，中國大陸重申了2014年11月與美國達成的雙邊氣候協議，並承諾在2030年左右達到總排放高峰，並儘可能提前達到峰值。另外並承諾到2030年將單位國內生產總值的二氧化碳排放量較2005年降低60-65%，以及承諾到2030年將其能源結構中的非化石燃料占比提高到20%<sup>[7]</sup>。

中國大陸的國家自主貢獻提出了一系列實現這些目標的政策和措施。已經採取的一些行動是行政性的和規定性的，特別是在提高能效和強制關閉小型發電廠方面。有些是利用市場機制和手段，特別是已經於2017年啟動的國家排放權交易體系。這是自2013年以來中國大陸相繼於八個省份推出試點計畫之後啟動的全國性排放交易計畫，此計畫<sup>[9]</sup>首先納入了電力行業，之後並將陸續擴大涵蓋主要的能源密集產業部門。中國大陸的發展，包括再生能源和核能發電的擴展、提高能源效率、並且最重要的是2013年的煤炭消費高峰，都在自2014年起的平抑全球能源相關的CO<sub>2</sub>排放方面發揮了重要作用。中國大陸的能源相關CO<sub>2</sub>排放量在2015年及2016年均呈微幅下降，首次打破了自2000年以來強勁的上升趨勢，但在2017年碳排放又再次小幅成長。雖然經濟增長與能源消耗之間的關係正在迅速變化，低碳資源的部署正在增加，但未來幾年的排放仍可能出現上漲壓力<sup>[9]</sup>。

### 四、中國大陸能源供需展望<sup>[14]</sup>

中國大陸中國石油集團經濟技術研究院於2019年8月22日發佈2019年版《世界與中國能源展望》報告。2019年報告仍分全球及中國兩大部分，重點在提供從當前到2050年全球能源轉型和中國能源變革趨勢，其中針對中國大陸至2050年能源展望部分提出的重點摘要包括需求重心正逐步轉向生活消費側，工業用能佔比持續下降及建築用能佔比不斷提升。

在其設定之基準情境下至 2050 年能源展望結果包括：初級能源需求預計 2035-2040 年間進入峰值，初級能源需求局勢將加快優化，呈現非化石、煤炭、油氣三足鼎立態勢。能源相關的 CO<sub>2</sub> 排放將於 2025~2030 年間達到峰值。工業用能將在 2025 年前後達到峰值，交通及建築用能預期分別在 2035 及 2050 年漸入峰值。

中國大陸的用能結構將朝更潔淨、低碳、多元，終端用能結構將繼續維持電代煤、氣代煤趨勢，非化石能源與油氣在一次能源消費的比重到 2050 年將超過煤炭。石油需求預計 2030 年前後達到峰值，約為 7 億噸左右；運輸用油占比將有下降但仍保持在 50% 以上，佔石油需求的主要部份。天然氣需求持續在工業、建築、電力、交通等領域的用能結構優化中發揮重要的作用。智能化時代加快到來將推動用電量快速成長，2050 年電力需求將達 12.2 萬億度。發電結構將更加多元低碳，2050 年非化石能源發電比重將達 58% 左右。

中國正在朝著正確的方向邁進，以實現其對《COP21 巴黎協定》的國家自主貢獻。但是，將需要採取進一步行動，以在 2030 年之前達到最高的二氧化碳排放量，從而發揮中國在全球範圍內將全球平均氣溫升幅控制在 2°C 以下的作用。中國仍有很大的空間來加強提高能效的努力。從能源密集型產業到高科技，高附加價值和低強度活動的過渡越早，減排量就越大，並且排放目標越早實現。

中國需要大力推動產業結構調整，並加快減少鋼鐵以及非金屬礦產子行業的產能過剩。還需要更嚴格的綠色建築標準以提高建築部門的能源效率，同時還需要其他政策和措施來促進公共交通，提高燃料效率並加速從化石燃料向電氣化運輸的轉變。

中國的電力行業在減少二氧化碳排放方面具有巨大潛力，並為實現 COP21 巴黎協議的目標做出了全球重大貢獻。提前淘汰燃煤發電能力以及更快地部署可再生能源和核能可以大大減少化石燃料的消耗和二氧化碳的排放，使能源結構多樣化，並改善能源安全性。在這三種情景下，由於燃煤發電仍佔總發電量的很大一部分，因此，鼓勵現有燃煤電廠進行 CCS 改造的政策對於實現 2030 年之前二氧化碳排放峰值的目標非常

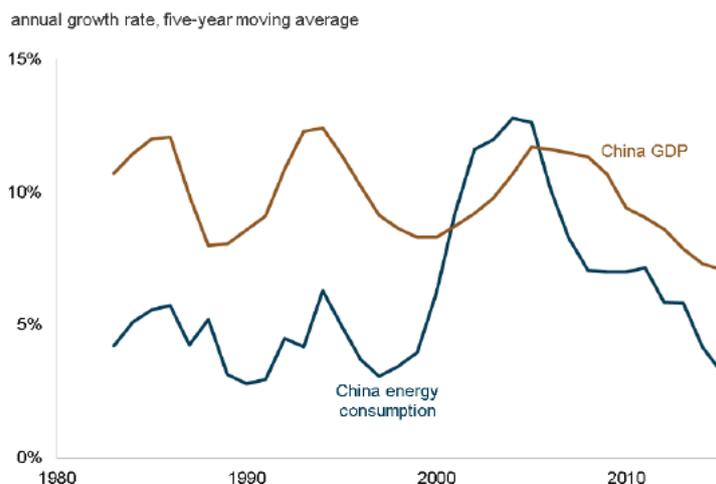
重要，同時仍允許中國保持自身的能源自給自足-滿足率 80%以上。因此，對 CCS 研究，開發和部署的額外支持也將很重要。

碳排放交易體系可能是減少中國二氧化碳排放量的最佳工具，因此確保謹慎的市場設計和引入其他能源行業至關重要。確保新能源和可再生能源融入電網對中國的能源轉型至關重要。需要採取政策和措施來提高燃煤電廠的靈活性和發展儲能技術。加強電網的互聯互通，加強需求側管理和加快電力市場改革，都是提高電網整合能力的需要。為降低風能和太陽能的製造和技術成本而提供的持續支持也可能促使人們更早地放棄使用煤炭。

## 五、結論與建議

中國大陸面積為我國的 265.8 倍，2016 年的人均 GDP 約 8,126 美元。雖然整體經濟條件要達到已開發國家之列，尚有一大段距離，但是近年來經濟發展快速，正在逐漸擺脫對重工業的依賴，並轉向國內消費、高附加值的製造業和服務業。

中國大陸在過去幾十年中一直是最受關注的經濟體之一。它不僅是經濟成長的引擎，而且在形塑全球能源市場趨勢方面，中國大陸能源消費的成長亦非常重要。在 20 世紀 80 年代的大部分時間裡，中國大陸實際國內生產總值（GDP）呈現兩位數的成長，其能源需求在此期間亦成長了兩倍多。但在過去七年中，經濟成長已放緩至個位數，致能源需求成長率也放緩（圖 9）。



資料來源：U.S. Energy Information Administration, International Energy Statistics database (as of April 2018), World Energy Projection System Plus (2018)

圖 9、中國大陸歷年能源消費與 GDP 成長率(5 年移動平均)

中國大陸目前的能源政策著眼於通過改善能源供應結構，能源效率，可持續發展和能源安全來建立現代能源系統。以下三份主要文件提供了 2016 年至 2020 年期間 中國大陸能源發展的主要支持政策：《能源發展“十三五”規劃(2016-20 年)》(以下簡稱“能源發展“十三五”規劃)；《能源技術革命創新行動計劃》(2016-20 年)；以及《能源發展戰略行動計劃》[21]。

自“十二五”規劃(2010-15 年)以來，中國大陸能源領域的主要挑戰一直在逐步將重點從能源供應短缺轉向解決因化石燃料消耗造成的環境問題。2016 年 12 月，國家發展和改革委員會和國家能源局聯合發布了第 13 個能源發展五年計劃，概述了基本原則，主要發展目標和主要任務。與“十二五”規劃(2011-15 年)相比，新計劃在四個領域確定了目標：國內能源安全，減少能源部門的二氧化碳排放，防止可再生能源發電能力過剩以及解決燃煤發電能力過剩。該計劃首次對國內能源自給率設定了嚴格的限制，並為減少單位 GDP 的二氧化碳排放量設定了明確的目標。中國大陸的目標是到 2020 年將能源自給水平維持在 80% 以上(從 2015 年底的 84% 下降)，並使單位 GDP 的 CO<sub>2</sub> 排放量比 2015 年減少 18%。限制發電能力特別是火力發電廠的過度開發是“十三五”規劃中能源開發的另一個主要目標。目前，這種產能過剩導致了幾個問題。特別值得注意的是發電廠的年利用率低。2015 年，容量在 6 兆瓦 (MW) 及以上的所有類型電廠的比率為 45%，是自 1978 年以來的最低水平。

水電，太陽能和風電的削減也是一個問題，因為平均儲備利潤在 2014 年底約為 28%，幾乎是全球標準水平 (15%) 的兩倍。為了優先解決風能和太陽能的削減問題，第 13 個五年計劃能源開發計劃禁止在此期間的前兩年批准建設新的熱電廠。該計劃還優先考慮削減產能過剩，調整燃料結構，促進市場動態以及設定 2020 年能源行業的一系列發展目標。在“十三五”期間，經濟持續強勁增長 (預計為 6% 至 7%)，到 2020 年，一次能源總產量估計將達到 2800 Mtoe，而消費量不到 3500 Mtoe，裝機容量將攀升至 2000 GW。

控制環境污染和煙霧問題，特別是在北方地區的冬季，是中國大陸迫切而重大的關切。《預防和控制空氣污染行動計劃》提供了政治和財政支持，以協助中央和地方政府用燃氣和電力替代品替代燃煤取暖鍋爐。這增加了北部地區冬季對天然氣的需求，並擴大了冬季對夏季的天然氣需求比。這也增加了中國大陸從中亞和俄羅斯的管道天然氣進口，以及對液化天然氣（LNG）的依賴。在過去的十年中，太陽能和風能在中國大陸能源結構中所佔的比重急劇增加，但是當前的可再生能源政策正在從“蓬勃發展”演變為“有序發展”。國家發改委計劃逐步降低可再生能源補貼和目標，旨在到2020年將風電上網電價（FiTs）降至與傳統火力發電廠相同的水平。當前的政策還鼓勵企業和個人建設分佈式太陽能光伏和風能設施，並呼籲到2020年解決減少風能和太陽能的問題[21]。

中國大陸的溫室氣體排放量目前約占全球30%，為減少碳排，於2017年啟動全國性的排放交易系統，該系統涵蓋約1700個燃煤和天然氣發電企業，年排放超過30億噸二氧化碳（占全國的39%）。而中國大陸在自定預期貢獻中，提出2030年CO<sub>2</sub>排放達到峰值、碳排放密集度較2005年下降60-65%，且非化石能源占初級能源消費比重達20%的目標。藉由此排放交易系統的推行，預期將可經濟有效地減少碳污染，並有助於中國大陸在2030年前達到碳排放總量的峰值。

我國能源供給98%依賴進口，易受到國際能源情勢動盪與能源價格波動所影響。面對未來能源市場的不確定性、產業對政府政策與投資環境的疑慮，人民對核安及空污等環境議題的關切，以及對經濟發展的期待等，政府如何兼顧能源、經濟及環境各面向之多元課題將是轉型的一大挑戰。

為此，政府以能源安全為前提，大力發展潔淨低碳的再生能源，並提升燃氣發電以強化電力供應的穩定與調度的靈活性；並逐步降低燃煤發電以改善空污。同時為回應民意，取消2025年非核年限，期以不延役、不重啟方式逐步達成核電歸零的非核家園目標。此外，政府將持續投入能效提升，及能源技術創新與發展(如儲能、氫能、碳捕獲利用與封存)，以降低電力需求與碳排放，並促使經濟成長與電力消費脫鉤。我國在能源轉型過程中亦可借鑒國際先進國家之經驗，透過明定能源轉型目標及

路徑規劃，先期技術佈建與政策推動落實及持續檢討修正，以達成低碳能源轉型[15]。

## 參考資料

- [1] 2018 年國民經濟和社會發展統計公報。中華人民共和國國家統計局，2019 年 2 月 28 日。
- [2] 2018 中國統計年鑑，<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2017/indexch.htm>
- [3] 中華人民共和國國家統計局，2017 年國家數據。  
<http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>
- [4] BP Statistical Review of World Energy. June 2018.  
<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>
- [5] APEC 各會員體能源資訊分析-中國，  
<http://apecenergy.tier.org.tw/energy2/china.php>
- [6] 2017 年國民經濟和社會發展統計公報。中華人民共和國國家統計局，2018 年 2 月 28 日。
- [7] APEC ENERGY OVERVIEW 2016. Asia Pacific Energy Research Centre (APEREC). May 2017.  
<http://aperc.ieej.or.jp/file/2017/6/30/APEC+Overview+2016.pdf>
- [8] 能源發展“十三五規劃”(公開發佈稿)，國家發展和改革委員會，2016/12/26。
- [9] World Energy Outlook 2017, OECD/IEA, 2017.
- [10] 2018 年全國電力工業統計快報數據一覽表，2018.02.05.中電聯行業發展與環境資源部，中國電力企業聯合會。  
<http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/tongjixinxi/niandushuju/2018-02-05/177726.html>
- [11] 我國非化石能源占一次能源消費比重達 13.3%，中國能源網，2017-09-08，<http://www.china5e.com/news/news-1001638-1.html>.
- [12] 電力發展“十三五”規劃（2016-2020 年）(發布稿)，國家發展改革委及國家能源局，2016 年 11 月。  
<http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/201612/P020161222570036010274.pdf>

- [13] 能源生產與消費革命戰略(2016-2030)(公開發布稿)，國家發展改革委員會，2016年12月。
- [14] 2050年世界与中国能源展望（2019版）2019/08/22。  
<https://ecep.ofweek.com/2019-08/ART-93010-8420-30404012.html>
- [15] 能源轉型白皮書(初稿)。經濟部 2018.04.17。  
[http://energywhitepaper.tw/upload/1070323\\_%E8%83%BD%E6%BA%90%E8%BD%89%E5%9E%8B%E7%99%BD%E7%9A%AE%E6%9B%B8%E5%88%9D%E7%A8%BF\\_v26.3\\_final.pdf](http://energywhitepaper.tw/upload/1070323_%E8%83%BD%E6%BA%90%E8%BD%89%E5%9E%8B%E7%99%BD%E7%9A%AE%E6%9B%B8%E5%88%9D%E7%A8%BF_v26.3_final.pdf)
- [16] 再生能源發展十三五規劃(2015-2020)(發布稿)，國家發展改革委及國家能源局，2016年12月。
- [17] EIA (2018), Energy implications of China's transition toward consumption-led growth.
- [18] 能源發展”十三五規劃”（公開發佈稿），國家發展和改革委員會，2016/12/26。
- [19] IEA insight series (2018), Power Sector Reform in China-An international perspective.
- [20] 能源技術革命創新行動計劃(2016 - 2030年)，國家發展和改革委員會，2016/03。
- [21] APEC Energy Demand and Supply Outlook 2019, 7th Edition Volume II. APERC May 2019.  
<http://aperc.ieej.or.jp/>