

「可再生能源網上研討會 #7：中國太陽能概況及漁塘太陽能例子分享」

日期：2020 年 6 月 24 日(星期三)

講者：

袁敏女士(世界資源研究所(美國)北京代表處 氣候與能源部能源轉型項目總監)

武江先生(中國能源建設集團廣東省電力設計研究院有限公司 高級工程師)

主持：蘭星女士 (低碳亞洲副總監(可持續金融))

主辦機構：低碳想創坊

項目：賽馬會太陽能關懷計劃

可再生能源網上研討會 #7：中國太陽能概況及魚塘太陽能例子分享

袁：袁敏 武：武江 莊：莊陳有 蘭：蘭星

蘭：Hello，大家好。歡迎大家參與我們這個 webinar。由於今天兩位講者的母語都是普通話，所以我們稍後也將轉換 channel，改以普通話進行。謝謝大家。我們可能需要再等三分鐘，讓其餘已登記但尚未出席的朋友不會錯過內容。與此同時，我們也希望在座朋友可以在 poll 上分享大家今日參與的原因。在正式開始之前，我們會先定好有關 ground rule。如果大家在技術上有任何問題，可以在 chatroom 跟我們同事聯繫。在講者完成分享後我們將有答問環節，屆時大家可利用畫面上的 Q&A button 提出問題。另外，就今日的網上研討會，我們會做錄影，大家現在也可以在 Facebook Live 上收看。錄影內容將只限於由我們低碳想創坊主持和嘉賓所公開的訊息，並不會拍到其餘參與的朋友，大家請放心……剛剛也看到大家給我們的回應，謝謝大家。為了方便講者，我們現在會轉換普通話。

蘭：謝謝大家對我們調查的回應，看到絕大部分朋友都是因為想了解更多有關中國內地可再生能源，以及太陽能發展的最新政策和概況而參與今天的 webinar。我們相信今天講者的分享都可以回應到大家的關注。現在讓我們正式開始。大家好，歡迎參加低碳想創坊「賽馬會太陽能關懷計劃」的網上研討會。我是今天的主持。我叫蘭星，是來自低碳亞洲 CarbonCare Aisa 的。我們其實跟低碳想創坊一樣，都一直在做有關面對氣候變化，還有可持續發展的〔工作〕。今天坐在我旁方的是低碳想創坊的聯合創辦人，以及行政總裁莊陳有先生。（莊：大家好。）其實在過去一段時間，低碳想創坊「賽馬會太陽能關懷計劃」都舉行了多次的可再生能源研討會。今天其實〔已經〕是我們第七次的研討會，主題是關於中國太陽能發展的概況，以及一些具體的案例，跟大家分享。今天很高興能邀請到兩位重量級的嘉賓，一位是來自於世界資源研究所的袁敏女士。袁女士是研究所北京代表處的能源轉型項目總監。袁女士可以給大家打個招呼嗎？

袁：好的。謝謝主持人，也謝謝低碳想創坊的邀請。跟主持介紹的一樣，我的工作是在世界資源研究所北京代表處從事可再生能源的一些相關政策的研究。很高興今天有機會能夠跟大家分享一下中國光伏發展的現狀和政策。謝謝。

蘭：謝謝袁女士。另外一位是來自於中國能源建設集團廣東省電力設計研究院的高級工程師武江先生。武先生也可以跟我們今天的參與者打聲招呼嗎？

武：……能看得到嗎？

蘭：可以的，可以的。你好。其實剛才就是想介紹一下我們今天的活動大概有一個小時的時間，然後我們在活動之後也會有一份問卷發給大家，希望大家可以給我們發回。事不宜遲，我們現在先把時間交給莊陳有先生，給大家簡單介紹一下「賽馬會太陽能關懷計劃」的一些亮點。有請陳有。

莊：好的。我是莊陳有，是低碳想創坊的發起人，也是現在的行政總裁。讓我首先用普通話歡迎我們今天兩位講者——袁敏女士跟武江先生。謝謝你們跟我們探索〔有關〕內地太陽能發展的情況，還有分享一些案例。同時也〔在此〕歡迎今天來參加的朋友。因為兩位講者都已經知道內容了，接下來希望大家不介意我用廣東話來簡單介紹一下我們這個計劃。

（轉頻到廣東話）

莊：歡迎各位參加低碳想創坊「賽馬會太陽能關懷計劃」。低碳想創坊自 5 年前成立，是一個慈善團體。我們〔致力〕在香港推動有關國際對抗氣候變化的運動。雖然香港是個很小的城市，卻礙於我們同時是一個發達的城市，我們的碳排放量其實也相當之高。是故，我們是有責任去減低我們的碳排放量的。而減低碳排放量的最有效方法，就是採用可再生能源。很多人認為香港難以發展可再生能源，對此亦各有意見。事實上，太陽能在香港發展的潛力很高。「賽馬會太陽能關懷計劃」由〔香港〕賽馬會資助，我們首階段會協助十個慈善團體發展太陽能系統，而當中的所得到的上網電費（價）既可幫助社會服務發展，亦能同時推動環保，以及可再生能源的應用。我們期望未來會有第二階段的計劃，歡迎各團體都能踴躍報名。在此舉一例子，最近我們跟職工盟教育基金合作的一個太陽能系統，平均每日可產 17 度電，建成至今已累積生產過萬度電，相等於二十多個家庭的可用電量，或相等於栽種了一萬棵樹木。當中效果顯然易見。未來將有更多太陽能系統續逐落成，我們到時亦會再為大家報告。與此同時，我們亦舉行一系列有關太陽能應用的講座，現在已是第七次跟大家見面。長話短說，在此先將時間交回主持人，亦再一次感謝今天出席的講者。

蘭：謝謝陳有的介紹。接下來有請我們第一個嘉賓袁敏女士。袁敏女士在世界資源研究所裡面參與了很多關於中國內地溫室氣體排放及可再生能源政策的研究，都是非常經驗的〔學者〕。現在有請袁敏女士開始為我們分享。謝謝。

袁：好的。謝謝主持人……現在可以聽到我嗎？（蘭：可以。）好，那我現在就放一下 PowerPoint。（圖按：中國光伏發展的現狀和政策）各位下午好，我今天主要想跟大家分享一下中國光伏發展的現狀和一些相關的政策。我會從四個方面來跟大家介紹。首先想介紹一下中

國目前能源轉型總體的戰略及目標，然後第三部分會回顧一下支撐中國光伏發展的整個政策體系，再來會看一下中國光伏發展的現狀，以及正在面臨的一些挑戰與機遇。

(圖按)

能源部門是溫室氣體的主要排放源

袁：這一張圖展示了全球溫室氣體排放的各種來源。從圖所見，能源部門佔了整個溫室氣體排放一個絕對主導的地位。從全球來看，**72.9%**的溫室氣體來自於能源部門。同樣地，整個能源部門現在在中國高碳能源比重上也是相對重一些的。在中國整個國家的溫室氣體排放當中，有**84.5%**都來自於能源行業。所以，整個能源部門的低碳轉型對於全球應對氣候變化，包括中國應對氣候變化的中長線策略，都是非常重要的。

(圖按)

中國應對氣候變化及能源轉型的總體目標：

> NDC 目標

> 國內：到 2030 年 / 2050 年

袁：這一圖表中列出了中國在國際上已經承諾的 NDC 目標和國內一些量化的戰略目標。從 NDC 目標來看，〔當中〕跟能源相關的，我們主要提出了在 2030 年之前盡快達到碳排放的峰值，然後在國內單位生產總值的二氧化碳排放比重，跟 2005 年相比需要下降 **60%-65%**。另外，非化石能源的佔比，在一次能源消費當中要達到 **20%** 左右。這是 2030 年的一個目標。對於國內來說，現在是推進能源生產和消費革命的階段。在 2016 年的時候，國家發佈了能源生產和消費革命戰略，在這裡面提出了 **8 個關鍵字**，也就是 **4 個關鍵詞**，包括清潔、低碳、安全、高效，而量化的目標就分為〔兩個階段〕到 2030 年及 2050 年。其中，**2030 年**能源消費總量要控制在 **60 億噸標準煤** 以內；非化石能源佔比需要達到 **20%** 左右；天然氣佔比達到 **15%** 左右；新增能源需求主要依靠清潔能源來滿足；同時在電力部門上，非化石能源的發電量要佔全部發電量的 **50%** 以上；到 2050 年，能源消費總量需要處於穩定；非化石能源佔比需要超過一半。

(圖按)

中國一次能源消費結構

袁：這一圖表則展示了中國歷年來一次能源消費結構的變化趨勢。這裡面的柱狀圖是不同的能源品種，以及它構成的總量，這條線就是單位 GDP 的一個能耗程度。從這裡面我們也可以看到藍色的是煤炭，是中國能源消費結構當中最重要的一部分。從 2010 年的百分之七十左右，到 2018 年已經下降到百分之五十九，但這個數據仍然是高於全球的平均水平。從 2018 年全球的平均水平來看，煤炭的消費比重是 **27.2%**，所以中國在控煤上還有一段很長的路要走。然而，中國的非化石能源比重在 2019 年已經提升到 **15.3%**，這個目標也已經提前完成我們〔承諾〕在 2020 年〔達到〕**15%** 的目標。單位 GDP 的能耗也是在逐年穩步的下降。

(圖按)

光照資源分佈及光伏裝機潛力

袁：因為今天主要討論的是太陽能發電，我們就先來看一下中國光照資源的分佈。左圖是氣象部門蒐集的光照資源分佈圖，當中藍色的部分在光照密度上是比較低的，紅色的則比較強，所以大家也可以看見我們的光伏資源主要集中在西部和北部的一些省份。根據這個資源的分佈情況，國家也做了一些開發前預測。從集中式的來看，電站的開發潛力是在 26 億千瓦左右，分佈式電站的能源開發潛力是在 9.5 億千瓦左右。其中分佈式開發的應用模式主要是「建築分佈式」，其他的分佈式主要是考慮光伏跟農業大棚和漁業養殖的一些結合。截至 2019 年底，我們中國的光伏累計裝機已經達到了兩億千瓦左右，但是跟潛力相比也只是很小的一個部分。其中，集中式的佔到了 1.4 億左右，分佈式的佔到了 0.6 億千瓦左右，所以在這個裡面不管是集中式或是分佈式，未來潛力還是非常大的。

(圖按)

中國光伏裝機在全球的比重

袁：從全球來看，中國仍然是光伏製造業的大國，全球百分之七十的光伏系主建設備產能都是分佈在中國，同時間中國也是光伏應用的大國。中國的光伏裝機量多年來在全球都是排名第一的，然後在全球的比重上也在逐年上升。目前為止已經佔到了全球裝機總量的三分之一左右。那麼裝機排名前五的國家呢，第一名是中國，第二名是美國，後面是日本、德國和印度；而中國的離子裝置也已經是第二到第五名加起來的總和了。

(圖按)

中國發電裝機容量及光伏裝機比重

袁：這一簡報頁主要介紹了中國電力行業中不同電源裝機容量的分佈情況。我們從中可見，中國的電力總裝機到 2019 年已達到 20 億千瓦，其中火電仍然佔了最大的比重，那是 11.9 億千瓦，總佔百分之六十；風電和光伏各佔百分之十左右。

(圖按)

中國發電結構及光伏發電比重

袁：這一張表則是從這個發電量的結構來看。因為光伏、風電這些可再生能源的年均利用小時數比火電的低很多，所以從發電量的佔比來看，光伏和風電的佔比跟裝機容量相比是更少。因此，從發電量來看，百分之七十左右都是來自燃火電的，光伏和風電則分別佔到了 3.1% 和 5.5%。

(圖按)

光伏發電歷年新增裝機

袁：這一張圖總結了從 2013 年以來，中國每年新增光伏裝機的情況。我們可以看到從 2013 年開始，中國的光伏裝機一直慢慢的增長，然後到 2016 年左右，增長的速度就比較快；2017 年就到了新增裝機的一個高峰。這個裝機的結構將集中式和分佈式區分了，這是由於從 2013 年往後到 2015 年左右，國家開始出力加馬〔推進發展〕分佈式電站的政策，所以在這裡面的新增裝機當中，分佈式的比重也在 2016 年往後逐年的提高，從 2013 年只有 7.3% 的比重，到 2017 年的時候就已經達到了 36.6%，2018 年更達到了 47.7%。19.02

(圖按)

光伏補貼政策梳理

袁：這一張圖我們主要梳理了中國光伏發展的整個政策框架體系。從 2016 年的時候，中國發佈了「可再生能源法」，這裡面提出了對可再生能源進行補貼。從 2006 年政府就開始收取可再生能源〔電價〕附加，作為這個補貼資金的來源。從 2009 年開始，政府逐步的對於一些光伏項目出投資補貼。這個出投資補貼主要是基於「裝機容量」的一次性補貼，可是當時有一些代表性的項目，包括「光伏建築一體化」、「金太陽工程」，暴露了出投資補貼的一些問題，以致後來的補貼方式也有一些調節。到了 2011 年的時候，國家決定實施一個基於「發電量」的「固定上網電價」補貼機制，這個固定的上網電價也是全球一個比較通用的補貼政策。

2013 年，國家基於光伏資源分佈的情況，就中國光伏資源分佈區進行了分類，並分成了一類資源區、二類資源區及三類資源區，從而對於這「三類資源區」的上網電價實施了一個差別化的劃定。然後到了 2015 年的時候，正式提出了要鼓勵分佈式發展，這些分佈式的項目均不受〔配額〕規模的限制。所以，在 2015 年以後，分佈式的裝機也出現了一個比較寬鬆的增長。同年也實施了光伏的「領跑者計劃」，其主要目的是為了促進光伏的技術進步、產量升值和成本下降。到了 2016 年的時候，國家啟動了「光伏扶貧專項」行動；同時由於光伏的「棄電現象」開始逐年變得嚴重，所以對於一些重點地區實施了「新能源發電」，最低保障年度利用小時數的發電，尤其是在棄光比較嚴重的地區，會要求地方政府每年的光伏發電利用小時數不能低於國家能源局所定的一個數。然後到了 2019 年，就確定開始光伏「競價上網」的模式，這是為了推進一個「無補貼平價上網」模式的試點，同時也是為了能夠實現光伏「平價上網」去做準備。所以從整個的政策流程來看，我們可以把中國的光伏產業分成幾個階段。其實中國的光伏產業跟風電有不一樣。風電的話，我們中國是先引進外國的技術，然後再去培育我們國內本土的裝備產業，但是光伏的話，是我們國內先有了製造產業，然後再依靠出口。後來當出口受到一些阻礙，加上國內也在推進清潔能源的發展，國內的應用局面才逐步打開。在 2011 年之前，沒有形成一個固定或統一的上網電價模式，同時併網也遇到一些困難。到 2012 年左右，補貼的缺口也開始出現。因為補貼的一部分資金需要收取電費附加，另外由於裝機技術比較快，所以這個電費附加不足以趕上裝機增長的速度，令補貼的缺口變成了一個比較大的挑戰。自 2013 年以來，這個缺口在繼續的增大，同時消納也出現了問題。

在 2014 年到 2016 年之間，棄光率非常高，全國平均的棄光率達到了百分之十以上，像在青海、江蘇等西部資源比較發達，覆核也比較低的地方，這些局部省份的棄光率接近百分之四十。政府因此採取了一些措施，譬如說通過控制年度接收規模，然後採取一些預警方式，同時對這些地方制定了最低保障小時數，所以在 2017 年之後，棄光限電才有了一些明顯的好轉。至於 2018 年以後的政策主要是要推破補貼，為實施互競平價去做準備。

(圖按)

光伏補貼政策

袁：這裡面主要梳理了光伏固定上網電價的一些政策。從 2011 年實施「固定上網電價」以來，國家會根據光伏產業成本、投資規模和整個消納情況來做一個綜合的考量，然後實施跟調整這個固定上網電價。2016 年以後每年都會調整一次，然後降低的幅度也在增加，所以這個配補貼的進程也在加速。

(圖按)

光伏上網電價 1

袁：這裡面梳理了光伏的上網電價。從這個表上可以看到，在 2008 年的時候也是光伏發展的初期，這裡面是通過政府的「特批電價」，來為一些小量的項目進行定價。當時的成本非常高，差不多要 4 元人民幣。2009 年到 2010 年〔之間〕有一個招標的項目，裡面有火熱發電項目，也有光伏發電項目。然後從 2011 年開始，是定了這個光伏發電上網電價的正式通知，並以全國層面實施了一個統一的電價。在 2011 年 7 月 1 日之前，每度電的電價是 1.15 元，而之後的電價則變成 1 元錢一千瓦，但是西藏還是進行原來的政策，就是 1.15 元一千瓦。

(圖按)

光伏上網電價 2

袁：從 2013 年開始，就像剛剛提到的，因為劃定了資源區，對於三類資源區分別進行了上網電價的制定，也就是逐漸把之前的價格降低。同時在 2013 年的政策裡面，也制定了對於分佈式光伏的一個補貼政策。分佈式的補貼政策跟集中式的還是有一點不一樣。集中式採取的是「標竿電價」，分佈式的則是直接按產電量上網電價的一個補貼，一開始的時候，國家政府會按每度電給予 0.42 元的補貼，然後一些地方政府也會給予不同類型的補貼，有純值的補貼、細值的補貼，甚至像浙江的那樣，還會給到現值的補貼。所有的這些補貼加起來的經濟價值，對於項目投資者來說是非常好的。然後從 2016 年開始，集中式的電價也在繼續的往下調，光伏的集中式上網電價在每年都會調整一次。2018 年開始，分佈式的「全額上網」模式被單獨列出來，而且也進行了一個明確的規定，並按照所在地的標竿電價來執行這個上網電價，不會按照分佈模式原來的度電補貼來做。至於採用「自用自發、餘電上網」模式的話，還是會給予這個產電量的補貼，但是補貼會從原來的 4 毛 2 下降到 3 毛 7。然後 2018 年 5 月 31 日之後又出台

了另一個政策，將價格進一步下降到 0.32 元，所以分佈式配補貼的建成也在加快，而在 2018 年 5 月 31 日出台的這個政策後來也被稱為「531 新政」。所以「531 新政」對於分佈式項目的投資是帶來了一定的影響的。從 2019 年開始，實施了光伏「競價上網」政策，這是為了解決我們這個補貼缺口比較大的問題，另一方面是因為光伏的成本在過去十多年來下降得非常快，所以政府認為，通過這種競價上網模式能夠盡快擺脫對補貼的依賴；集中式的光伏電價也由原來的標竿電價改成了這個「指導電價」。新增的集中式的光伏電站原則是通過市場競爭的方式來決定，而這個競價價格是不得超過所在資源區的指導電價的。而分佈式光伏也進一步分為「工商業分佈式」和「戶用的分佈式」兩種，當中又實施了不同的政策。對於工商業分佈式的項目來說，採用「自用自發、餘電上網」的模式進一步將發電量的補貼標準調到了每一千瓦 0.1 元；採用「全額上網」的話，就是按照所在地的集中式光電的指導電價來執行。至於戶用分佈式的光伏項目，是共同採用「自用自發、餘電上網」模式和〔根據〕產電量的補貼標準，補貼標準再下降為 0.18 元，但還是要比工商業的補貼標準稍為高一些。今年的 4 月份又發佈了 2020 年的光伏指導價格，再進一步下調了電價，並從 6 月份開始實施。

(圖按)

光伏扶貧項目範圍

袁：除了剛才提到對於集中式和分佈式的補貼政策之外，國家能源局和國務院扶貧辦在 2014 年也啟動了「光伏扶貧」的試點工作，下達光伏發電項目收益用於扶貧，讓貧困戶有一個長期穩定的收入。2015 年也下達更新了一些規模。到 2016 年的時候，光伏扶貧的項目在全國全面展開，而且也定了目標，要在 2020 年之前能夠保障兩百萬建檔立卡〔貧困村〕裡面沒有勞動能力的貧困戶，每年每戶要增加收入三千元以上。現在雖然集中式電站和分佈式電站的補貼力度都在推破，但是對於這個扶貧電站的補貼價格卻一直沒有變，還是按照三類資源區分別實施 0.65 元、0.75 元和 0.85 元的一個持續政策。

(圖按)

機遇

- > 成本下降，進入平價時代
- > 應用場景豐富

袁：光伏發電到現在，我們雖然看到了一些問題，但它也是有一些很好的機遇。從機遇來說，成本下降得非常快。從很多研究機構給到的一些數據來看，光伏現在是成本最低的一種發電方式，它比任何化石能源發電都要低，也即將進入一個用戶側的平價時代。過去十年左右，光伏組件的成本下降了大概百分之八十，接下來還有進一步的下降的空間。與此同時，光伏的應用場景也逐漸的豐富起來，不僅僅是在集中式的地面建電站，同時也能從圖片上看到，光伏跟農業的結合，還有包括等一下另一位嘉賓要分享的、跟漁業的結合，還有跟停車場、加油站、高速公路、儲能等……有很多創新的應用模式在出現，另外還有後疫情時代各個地方出台的經濟復蘇計劃，當中很多都已經將光伏建設納入到一些重點項目裡面。

(圖按)
挑戰

袁：從挑戰來看，其實隨可再生能源在電網當中的比例愈來愈高，電網側的消納空間現在也變得愈來愈有限。我們從地方上給出的一些訊號也看到，目前國內已經有十一省份，對於新增的項目已提出了要求配套儲能設施。如果不配套儲能設施的話，電網這方面是沒有空間再消納更多的可再生電力的。另外從消納落實的情況來看，之前制定的最低消納小時數在某些省份其實也沒有得到太好的落實，所以在這塊兒的可再生能源法執行，接下來還有待加強的。另外是對於市場機制這一邊，因為中國電力市場的改革現在也在推進，可再生能源的直接採購在很多省份還是受限制的，尤其是分佈式光伏的商業模式其實是非常依賴點對點的交易。如果這個層面沒有打開的話，分佈式光伏的發展空間也會受到進一步的挑戰。另外，上面這張照片其實是我們去年在江蘇做調研的時候參觀的一個項目，這個項目的屋頂其實有 5 萬坪米，但是它本身工廠的覆核也有限，所以也阻止開發了這 5 萬坪米中的一半，也就是 2.5 萬坪米的光伏項目，而另外一半的屋頂就這樣空閒著了。因為在投資了之後如果它自己沒有覆核消納的話，它的經濟性就比較差了，但是如果這個經濟市場打開了，能夠做到各產售電，在投資了另外一半的光伏發電項目之後，那就能夠把這個發電賣給周邊的工業設施，對於用電方和發電方都是有很好的經濟效益的。所以江蘇目前開展了分戶式發電市場化交易的試點，我們也希望在今年看到一些比較實在的項目能夠落地。

(圖按)
政策建議

- > 加強可再生能源法的執法力度，保障優先上網全額消納；
- > 調整優化開發模式和佈局，推進分佈式光伏的發展；
- > 加快推進電力市場化改革。

袁：對於目前的這些挑戰，我們也提了幾個方向性的建議。第一個是剛剛提到的，加強可再生能源法的執法力度，要保障可再生能源優先上網機制的實行；第二個就是要在項目開發和規劃的時候，與地方政府包括電網公司進行充分的溝通來優化佈局，同時我們也要考慮覆核的佈局，推進分佈式電力的發展；另外也要加快市場化機制的落實，來保障新項目的經濟性。好了，主持人，我的分享就到這裡，謝謝大家。

蘭：謝謝袁女士的分享。很高興了解到中國光伏政策，還有整個市場導向的梳理。非常全面。其實我們已經收到了不少的問題。我們待會會一次過，在武江先生的分享之後，再給大家一一解答。謝謝大家的耐心。那現在我們有請武江工程師來給我們做接下來的介紹。廣東省電力設計研究院其實是中國能源建設集團下面一個有關光伏的項目，也是一個做很多實際園業設計和研究工作的機構。武先生也已有十多年在太陽能方面的經驗。今天很高興能邀請到武江來跟我

們做一個分享。現在我就把時間交給武先生。武先生你現在可以結束靜音來跟我們分享了。

武：好的。（圖按：廣州發展台山漁業光伏產業園項目交流）主持人能聽見嗎？（蘭：可以的。）今天非常榮幸能參加這次的網上研討會。在這裡我就跟大家分享一下廣東院在廣州台山汶村建設了一座 100 焦瓦（MWp）規模的光伏發電項目。今天的介紹主要是包括五個方面：項目概況、場址條件，還有我們的設計方案，以及颱風的考驗和項目的總結。

（圖按）
項目概況

武：這個項目的業主是廣州發展能源股份有限公司；承建方面由中國能建廣東省電力設計研究院有限公司；總建設規模大約是 100 焦瓦；建設地點是在廣東省台山市汶村鎮西北 8.5 km 的地方，距離香港以西方向大約 180 km；這個擁有 100 焦瓦的項目分了兩期來開發建設，從 2016 年開始籌備，然後在 2017 年開始動工，經歷大概兩年的時間，在 2019 年的 6 月份一、二期，總共 100 焦瓦就全部建完投產了。大家可以看到這個標星的位置就是項目所在的位置，是在香港的西南方向。大家如果有興趣的話，可以在這個 Google 地圖上搜索看到我們項目的全貌。整個項目分左右兩塊，東邊的，就是右方的是項目的一期，然後左邊的這一塊是二期。顏色較淺的〔地區〕是我們一期的項目，深色的是二期的。

（圖按）
建設條件 > 氣象條件

武：現在我們簡單介紹一下整個項目的建設條件。廣東台山市是屬於那種亞熱帶季候風型的氣候，夏季迎南風（不酷熱），冬季吹起西北風（不嚴寒），氣候比較溫和，雨量很充沛，日照非常充足，就是說具有很好的建築條件。它的最高溫度大概是〔攝氏〕 39 度，最低只有負的 1.6 度，平均溫度大概是 22 度。全年的日照時數可以達到 1,841.7 個小時；雨季主要集中在 4 月到 6 月之間，開始在 4 月，終止在 10 月份；全年降雨量達到了 2,014 毫米。大家從圖上面看到的四張圖分別是按月的溫度、降雨量、日照時間和雨天數的統計。

（圖按）
建設條件 > 太陽能資源

武：大家看到在右上方的這張圖展示了太陽能輻射情況，項目場址的水平面全年總輻射量大概是 1367.6kWh/ m²。按照《太陽能資源等級總輻射》規範，這應該就是屬於「豐富」級。多年的月均輻射量是 113.97kWh/ m²，每月最大的輻射量可以達到 168.39kWh/ m²，每月最少輻射量大概也有 62kWh/ m²。輻射量最好的是在 7 月份，相對弱的是在 2 月份，5 月到 10 月是這個輻射量最好的時段。

(圖按)

建設條件 > 地形地貌地質

武：項目的地形、地貌和地質條件是這樣的。場址是屬於這種沖積平原地貌，主要由魚塘和灘塗組成，地勢平坦開闊，地面標高大概在海平面以上 1.5 -2 米之間，魚塘水深約 1- 1.5 米；場地的地基土表層主要為深厚的淤泥及淤泥質土，其下是為可塑的粘土及稍密的中粗砂層；場址的抗震設防烈度為 7 度，地震加速值為 0.10g，設計地震分組為第一組，場地土類型屬中軟土；地下水主要為孔隙承壓水和基岩裂隙水，透水性是很好的。

(圖按 1)

建設條件 > 地塊分佈

(圖按 2)

建設條件 > 現場照片

武：這張照片（圖按 1）是場址的原貌，大家剛剛在地圖上應該也看見了這張衛星定位圖。不同顏色展示了不同地塊的分佈。另外一張照片（圖按 2）則是場址現場的原貌，都能看到魚塘。

(圖按)

設計方案 > 系統組成

武：接下來，我將介紹項目整個光伏系統的設計方案。相信大家對光伏發電也非常了解，那就是根據光生伏特的原理，利用太陽板（太陽電池）將太陽光的光能直接轉化為直流電能，再通過逆變器，以及變配電設備，轉變成我們日常使用的交流電。太陽能光伏發電系統主要是由光伏組件、逆變器、交直流配電系統、監控系統等部分組成。整個項目的總體方案是這樣子的。我們首先採用了光伏發電跟漁業養殖的綜合建設模式。光伏發電採用了分塊發電、集中併網的方案，多塊光伏組件串聯為一個組串，然後經匯流箱匯流後接入逆變器轉變成交流電，再經箱式變壓器升壓至 35kV 送入升壓站。經過兩次升壓到 110kV 之後，通過一回 110kV 架空線路接入汶村變電站併入電網。光伏組件採用了 16 度的固定傾角安裝，南北方向陣列的間距約為 6 米，東西方向的間距則約為 0.5 米。建設一座 110kV 的升壓站，需要配置兩台 50 MVA 的主變壓器，並採用架空平台將整個升壓站建設在魚塘水面之上。漁業養殖部分主要以生蠔 蝦蟹為主，基本上不會破壞原有的魚塘設施。

(圖按 3)

設計方案 > 總平面圖佈置圖

(圖按 4)

設計方案 > 一期整體效果圖

(圖按 5)
設計方案 > 升壓站效果圖

(圖按 6)
設計方案 > 漁業養殖

武：另外，大家也可以看到我們在項目設計時的總平面圖佈置圖（圖按 3）、一期整體效果圖（圖按 4）、升壓站效果圖（圖按 5），還有漁業養殖現場的場景照片（圖按 6）。

(圖按 7)
設計方案 > 光伏組件

(圖按 8)
設計方案 > 逆變器

(圖按 9)
設計方案 > 光伏組件支撐系統

(圖按 10)
設計方案 > 上網電量

武：有關光伏組件（圖按 7）的使用，一期主要選用 60P 270Wp 多晶矽組件，少量選用了 72 片 285Wp 的單晶矽組件；二期則採用了單晶矽 72P 395Wp 組件。大家從下面的圖可以看見不同晶矽組件的外觀。逆變器（圖按 8）的話，一期主要採用了 630kW 集中式逆變器，另外也有兩台是 500kW 的，還有就是 20 台 50kW 的組串式逆變器；二期則採用了 2500kW 和 1250kW 的集中式逆變器。下面兩張照片展示了逆變器的安裝，左方的是集中式的，右邊兩張是組串式的。這是我們光伏組件支撐系統（圖按 9）的管樁過程，上部的光伏支架採用了冷灣薄壁型的鋼結構，用來支撐光伏板，下部則採用了高強預應力管樁，並把它打入泥土當中作為基礎。本總裝機容量約為 100MWp，使用年限為 25 年，經過初步的計算，預計電站運營期內每年的平均上網電量為 104218 焦瓦時（MWh），年等效滿負荷利用小時數為 1,038 個小時，而目前的情況應該是再好一些，有超過 1,100 個小時（圖按 10）。

(圖按 11)
颱風考驗 > 熱帶氣旋分級

(圖按 12)
颱風考驗 > 颱風帕卡與天鴿

(圖按 13)

颱風考驗 > 颱風山竹

武：眾所周知，颱風是對廣東沿海影響很大的一種災害性衝擊。由於本項目建設在沿海地區，這裡就簡單介紹一下我們對抗颱風的設計經驗。我國習慣上將形成於 26°C 以上熱帶洋面上的熱帶氣旋（Tropical cyclones）為颱風，當中分為六個等級，分別是熱帶低壓、熱帶風暴、強熱帶風暴、颱風、強颱風和超強颱風。我們一般指 12 級以上的大風為颱風，風速大概是在每秒 32.7 - 41.4 米。台山市是廣東受颱風災害最嚴重的地區之一，據統計自 1949 年至 2018 年，共有 29 次颱風在台山地區登陸，颱風登陸次數位居廣東沿海地區之首。受珠江口西岸理湛江段登陸的颱風天氣影響的次數則多達 112 次。2017 年 13 號颱風「天鴿」（14 級）和 14 號颱風「帕卡」（12 級），以及 2018 年 22 號颱風「山竹」（14 級），均在廣東台山境內登陸。颱風對光伏的影響是很嚴重的，從下面兩張有關其他光伏項目的圖片（圖按 11）能看，颱風所造成的經濟損失，尤其是光伏板墜落，還有就是由於颱風帶來了大量降雨，使〔當區〕長期受到洪水的折磨，因此本項目的抗颱風設計就成為項目成敗的關鍵因素。這張圖（圖按 12）是颱風帕卡與天鴿的路徑圖，從中可見我們場址就在侵襲範圍約 50 到 100 公里之間。颱風山竹的話就更嚴重，因為它正正就是在台山登陸（圖按 13），對現場絕對造成了很大的影響，很多建築物都受吹襲損壞。

（圖按）

颱風考驗 > 設計考慮

武：由於台山地區受颱風吹襲的風險很高，在進行光伏設計的時候，這是我們重點需要考慮的事。在此當中，我們考慮了幾個方面。第一個是按照颱風風速進行結構設計；第二個，降低光伏組件安裝傾角，減少受風影響；第三，我們〔為項目〕進行了風洞試驗，驗證光伏支撐系統的安全性；第四，通過三維結構設計，還有一些構造措施，為整個光伏設計提供了保證。照片上所展示的是三維結構設計在風洞試驗中的模型。經歷多次颱風考驗後，我們也進行了場址對比，台山項目基本上未受到太大的影響，藉此驗證了我們設計的安全性。大家在這裡可看見三張圖片，右上圖可見颱風之後組件底部是有一點傾斜，然後右下圖可見主部也有一點起伏，但總體來講沒有造成太大的影響。

（圖按）

項目總結

武：經過整個項目建設的情況，我們得到了以下一些結論。首先，光伏發電是一個能夠將太陽能直接轉化為電能的清潔能源技術，具有系統簡單、造價低廉、運維方便及綠色環保的特點，是近年來全球能源轉型的重要方向之一，剛剛袁女士也做了非常全面的細節介紹，當中的發展前景是非常廣闊的。第二點，漁光互補項目可以充分利用空置的水面場地，上部光伏發電，下部養殖魚蝦，在提供清潔電力的同時，光伏陣列還可以為漁業養殖提供良好的遮擋作用，具有很好的經濟效益，值得推廣。第三，廣東沿海地區容易遭受颱風侵襲，光伏陣列受風面積比較

大，考慮到箇中經濟因素，以及系統較低的結構強度，〔在規劃時〕務必做好抗颱風設計，確保設備安全，避免經濟損失。我的介紹就到這裡，謝謝。

蘭：謝謝武江的介紹。這樣具體的項目經驗分享真的非常非常的有啟發性。我看到大家已經有很多問題了……請容許我先插嘴問一下武江。就你剛才提到項目的抗颱風經驗，可不可以問一下有關實際參數，這個光伏項目可以抵抗最高風速多少的颱風呢？

武：是這樣的。我們在設計的時候，是試驗到 12 級颱風才考慮進行設計的。當時我們也有預到一定的餘量，然後經過了 14 級颱風考驗之後，只有個別光伏板和支撐結構有危險的損失，大體上沒有損壞，也就是說在 14 級的颱風之後，我們的光伏電站基本上還是安全的。

蘭：這樣很棒。因為香港也是颱風大的地區，所以有關颱風的問題，大家也是比較關注的。另外，可不可以也請你分享一下有系統變形的情況。就是你剛才也提到了，項目在遇到颱風的時候也有出現變形的問題，需要做恢復，當中維修時間長嗎？尤其是颱風季節動輒就是幾個月的時間，那麼維修是會在風季之間做，還是要等一段時間，在風季後才做呢？

武：通常是這樣的。如果光伏發電站遭受到一定程度級別的颱風的話，〔承辦商〕一般是可以提供賠復的。我們在颱風過去之後，利用另一颱風侵襲之前的時間重新維護，應該是很快就可以解決這個問題，不需要在整個颱風季過去之後才做，這樣的話會帶來過大的經濟損失。

蘭：明白，明白。謝謝。除了經濟上的考慮之外，恢復系統的時間又怎樣呢？如果是要去維修那些變形支架的話，需要的時間長嗎？

武：對於光伏電站，我們通常會將一定〔數量〕的備品備件儲存在我們的場址附近，一旦發生損壞之後，便會立即安排人員到現場將有關的光伏板拆除，再進行更換，這是可以很快恢復到正常狀態的。

蘭：明白了，謝謝。接下來，有一些關於可再生能源配額與綠電供應的問題需要請教袁敏女士的。在 Q&A 裡面都有兩個類似的問題：在香港是不是也可以買到在內地生產的綠電呢？麻煩袁女士簡單講解一下。

袁：好的，我可以簡單回答一下。前面的第一個問題是不是不用回答呢？那問題是問可再生能源是不是也包括核能，我想答案是：是的，可再生能源是包括核能的。然後第二個應該是有關綠證的問題。中國其實在 2017 年的時候啟動了一個叫「綠色電力證書」的資源性認購機制，當中的買方可以是機構或個人的，只不過這個綠證的性質跟國際上通用的性質是有點不一樣的。2017 年綠證的啟動，本來就是為了彌補補貼資金的不足，就是我剛剛在平台上有說到的，因為在 2016-2017 年補貼的缺口非常大，所以國家就提出了在可再生能源的發電期間，如果不申請國家補貼的話，就可以把這部分的發電量拿到市場上去賣綠證，那麼這個價格就有一個

「上線」，而這個上線就等於那個補貼的強度，也就是那個上網電價減去當地燃煤脫硫的標竿電價，這就是上線。然則，這個價格會比國際上通用的綠證貴很多，所以到目前為止，這個交易量也是非常少的。在這個綠證剛開始的時候，其實是有機構做採購的，但是它並不具備那一種市場化的行為。當然如果你現在要買的話還是可以的。事實上，中國政府也在大概去年的時候開始推行平價上網，當中有一些試點項目也是不需要國家補貼，卻又可以把商業用綠證放到市場上交易，但是這種商用認證跟 2017 年那個資源性的綠證是不一樣的……只不過是現在的「平價綠證」要怎樣交易呢？這個實際上的細節還沒有出來。因此，如果香港的居民，還有企業想買綠證的話，目前是可行的，但只能夠買 2017 年的這一種綠證。然而以我所知，現在是有一種國際性綠證是可以採購的，而且還非常便宜。

蘭：謝謝袁女士，我們一會再有問題向你請教，但現在呢，武江先生就準備了有關漁光互補項目的一條片子。

(片按)

漁光互補生態光伏電站 (天光雲影長鏡頭)

蘭：好了，片子分享到這裡，正好也有幾個問題是關於這個項目的。一個就是說：這個 100 焦瓦的漁光互補項目面積有多大，有沒有一個具體的數據呢？另外一個問題就是：項目對養殖業的水質有沒有影響？還有一個問題，袁女士應該也可以回答，就是總體來說，有關光伏項目現在在內地發展所得經濟效益的問題，當然的知道的就是上網電價的補貼也是其中之一，但是給果純粹在項目本身來看的話，它的預計收益本期跟投入這一方面的資訊，也希望兩位都分享一下你們的經驗，謝謝。

武：好的。讓我先回答剛剛主持人提出的幾個問題。我們的總佔地面積大概是兩千五〔坪〕左右，很抱歉在我手上暫時沒有有關準確的數據，需要再查詢一下。然後項目對水質本身是沒有任何影響的，因為我們在魚塘建設整個光伏系統設施的時候，並沒有對魚塘進行破壞，只是為了支撐光伏板打入一些混凝土管樁，那混凝土本身對水質是沒有影響的。基本上就是這樣。

蘭：明白了。那麼關於內地光伏項目的成本和效益，或許請袁女士跟大家解答一下吧！

袁：其實效益、成本這一環，我覺得是沒有百分百的，因為那取決於很多因素，像剛剛武江說到的，除了組件採購的成本之外，還要跟從當地的發電小時數、國家層面的補貼、地方層面的補貼，然後也包括它的消納方式，是要直接賣給電網，還是自發自用呢，這些都是影響它經濟性的因素。所以這其實不存在一個具體的量，後倒要看具體的案例，才能夠有一個明確的數。再來就是因為中國現在在降低補貼的強度，經濟性因此也會受到一些影響，所以其實我們也在期待市場模式的創新，包括分佈式光伏的各產售電，可以不用直接賣給電網，相反能夠以相對高的一個價格直接賣給用戶，這樣它的經濟性會好一些。另外，對於平價上網的試點項目，國家其實也是去鼓勵〔大眾〕去賣綠證。所以我們也在等待這個綠證交易細則的出來，這一部份綠證銷售的收入也是可以作為經濟性的補倉的。我的解釋就這麼多，謝謝。

蘭：明白。另外還有一個與政策相關的問題。有朋友想了解一下，內地現在對於可再生能源包括光伏項目的發展，已知道的政策有很多，除了中央政策，還包括地方政策；如果說是具體規劃，還有專案的發展的話，依你所見，是比較依靠於中央政府的一個總體政策，還是比較依靠地方政府主動的推動呢？哪一個比較重要呢？

袁：我覺得這兩方面都是有影響的。首先，國家層面肯定是有中長線的考慮，包括能源戰略，以及應對氣候變化的一些戰略，就像剛剛提到的「能源生產和消費革命戰略」，裡面提出了一些非化石能源跨越的比重，這些都是國家層面必須要完成的任務。另外一方面，其實地方上也是受到一些政策的驅動，好像剛才朋友問到那個審核層面的配額制，我們中國現在不叫配額制，正式是叫做「可再生能源電力消納責任權重」，裡面是國家根據地方實際的裝機情況、覆核情況、消納情況等，來制定有關各個省的可再生電力站跟本身電力消費總量的比重目標。這個去年是在一個試考核的階段，今年是正式考核了。考核有兩類指標，一類是整體的可再生能源電力站跟整體電力消費量的比重；另外一個是非水可再生電力在總體電力消費量的一個比重。有了這麼一個約數性目標的話，地方上也是有積極性去開展這些項目投資的。另外，這種投資也是有很多企業的因素在裡面。企業肯定是要考慮利潤的，所以不管是資源挑戰好，還是消納挑戰好的地方，企業也是非常樂於投資的。

蘭：明白了。因為時間的關係，我們也許只能多答三個問題，所以請讓我在此總結一下在 Q&A 和 chatroom 的眾多問題。如果大家還有問題的話，現在請把握時間在 Q&A 或是 chatroom 中提出來。這裡有幾個問題都是有關於可再生能源證書，還有剛才提到有關 IREC (Interstate Renewable Energy Council) 的。有關 IREC 的問題就是：香港可以買內地項目的 IREC 嗎？還有就是：現在根據 IREC 來做的內地項目多嗎？另外一個問題就是，如果香港公司在內地投資了一個可再生能源項目，可以報稱是香港公司自己的綠電嗎？

袁：關於 IREC 的情況，國內是有一些項目去 IREC 那邊申請的，但是量不太多。對於 IREC 的作用，就要看它用在什麼地方。如果是用在政府履約，譬如說企業——因為剛剛也說到了企業是那個配額制的考核主體，然後參與市場化交易的企業，都是這個可再生電力消納責任權重政策的履約責任主體——如果要拿 IREC 來做這個履約的話，政府應該是不會承認的。這是因為先後的問題。因為國內那些可再生能源法定企業在申請 IREC 的時候，早就在國內拿到了補貼，如果現在再去買這個 IREC 的話，國家就不會承認了。但是，如果你不是用來給政府這邊交差的，只是為了完成企業的一些目標的話，這還是有的。我也聽說過有一些企業是通過國際上的 RE 100 去履約的。

蘭：明白。有另外一個朋友很快就提了一個跟這個相關的問題：據你了解，光伏項目在中國售電上網之後，它所產的綠電還可以另外發售嗎？

袁：這個政策是這樣子的。為了鼓勵平價上網，以及在經濟性上進行補倉，所以是容許這個平

價上網項目的綠證拿到市場上銷售的。可是因為交易的細則、定價及追蹤登記資金的方式還沒有出來，所以現在還沒有開展交易。其實去年已經有相關的研究機構在討論，今年應該會有一些比較落地的細則能夠出來。

蘭：明白了，我也很期待。有朋友想請教一下武江的經驗，就是有關剛才提到的颱風風險問題，這對於光伏項目來說，承保的要求會不會有些特殊的規定呢？

武：關於保險公司這一環，通常是由營業組來購買光伏電站的保險。這一般都是按照颱風的級別——就是 12 級以上的颱風——由保險公司評估〔潛在〕財產的價格〔損失〕，然後來自行設定一些保險的費用。這也是需要每年購買的。

蘭：明白。那會不會超過 25 年以後就不受保呢？

武：目前我們還沒有碰到這個問題呢，所以也不太清楚。

蘭：好的。有朋友說他想聯絡兩位，如果兩位都 okay 的話，我們到時候會再作跟進。

武：好的。

袁：沒問題。

（圖按）

賽馬會太陽能關懷計劃

了解更多：www.ccinnolab.org/solarcare

查詢：info@ccinnolab.org

歡迎你 like 我們的 Facebook，獲取最新資訊：www.facebook.com/carboncareinnolab

蘭：好的。那麼，再次謝謝袁敏女士和武江先生，也謝謝各位今日參加我們研討會的朋友。這裡是我們整個「賽馬會太陽能關懷計劃」的聯絡方式。今天我們整個的錄影，還有介紹簡報都會放在我們的 Facebook 和 YouTube，如果大家想重溫的話，也是可以的。再一次感謝大家的參與，待會我們會有一個問卷給今天的參與者，如果大家有任何個人感想或意見的話，請給我們發回。我們下個月也會繼續有網上研討會，將會有更多精彩的內容，請大家留意我們的社交媒體 Facebook，還有 Instagram。謝謝大家。