



THE HONG KONG
POLYTECHNIC UNIVERSITY
香港理工大學



香港太陽能學會
Solar Energy Society of Hong Kong

海外太阳能光伏项目的市场分析

Prof. YANG Hongxing

楊洪興

香港理工大學屋宇設備工程學系可再生能源研究室 教授

香港太陽能學會 會長

15-08-2018

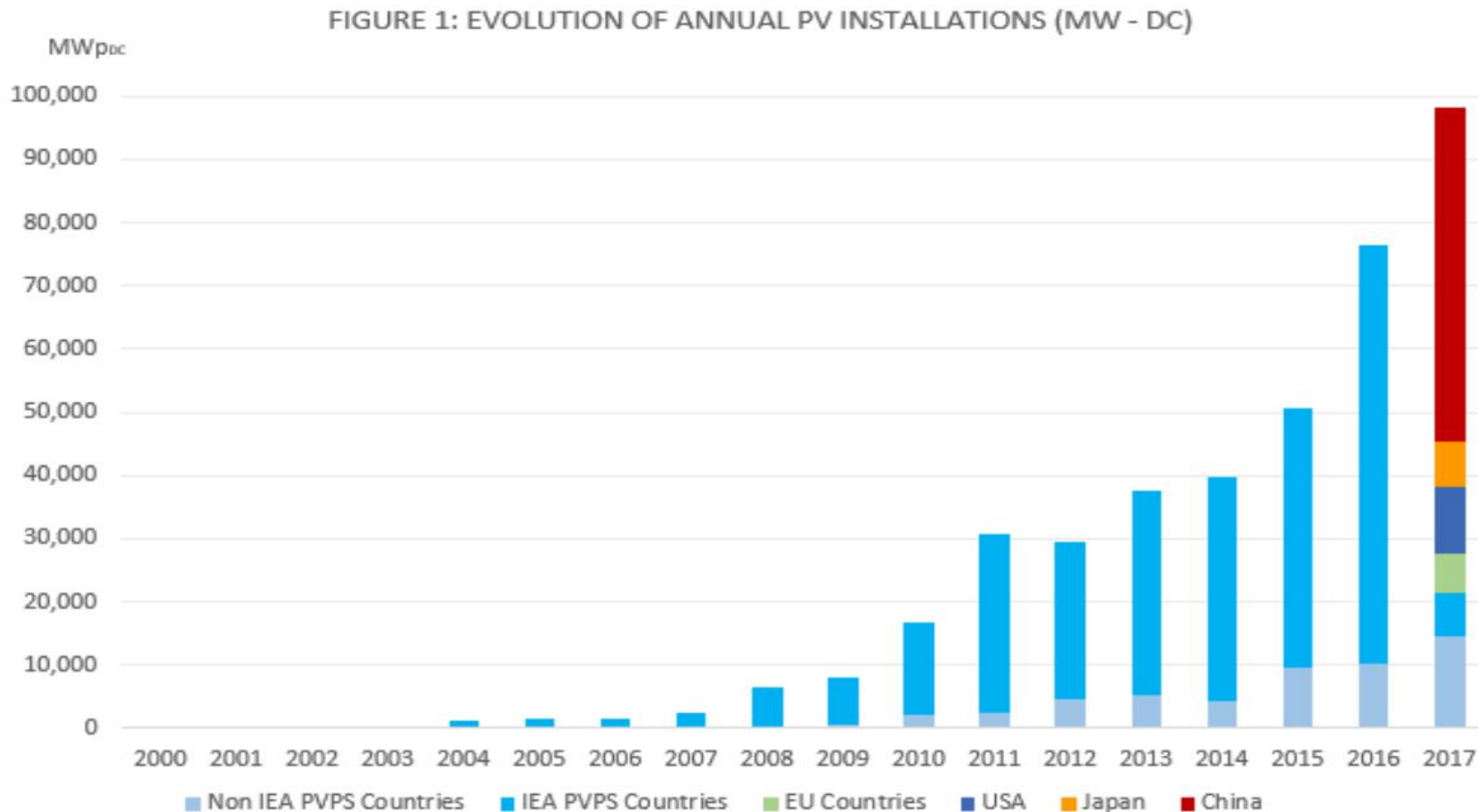


内容

- ✓ 世界太阳能光伏发电的现状
- ✓ 海外主要国家的太阳能光伏发电的市场分析
- ✓ 世界太阳能光伏发电市场预测
- ✓ 香港的光伏项目补贴政策和市场分析
- ✓ 结论



2000-2017光伏年装机量变化 (MW, DC)



2017年全球光伏装机总量达到了98GW.

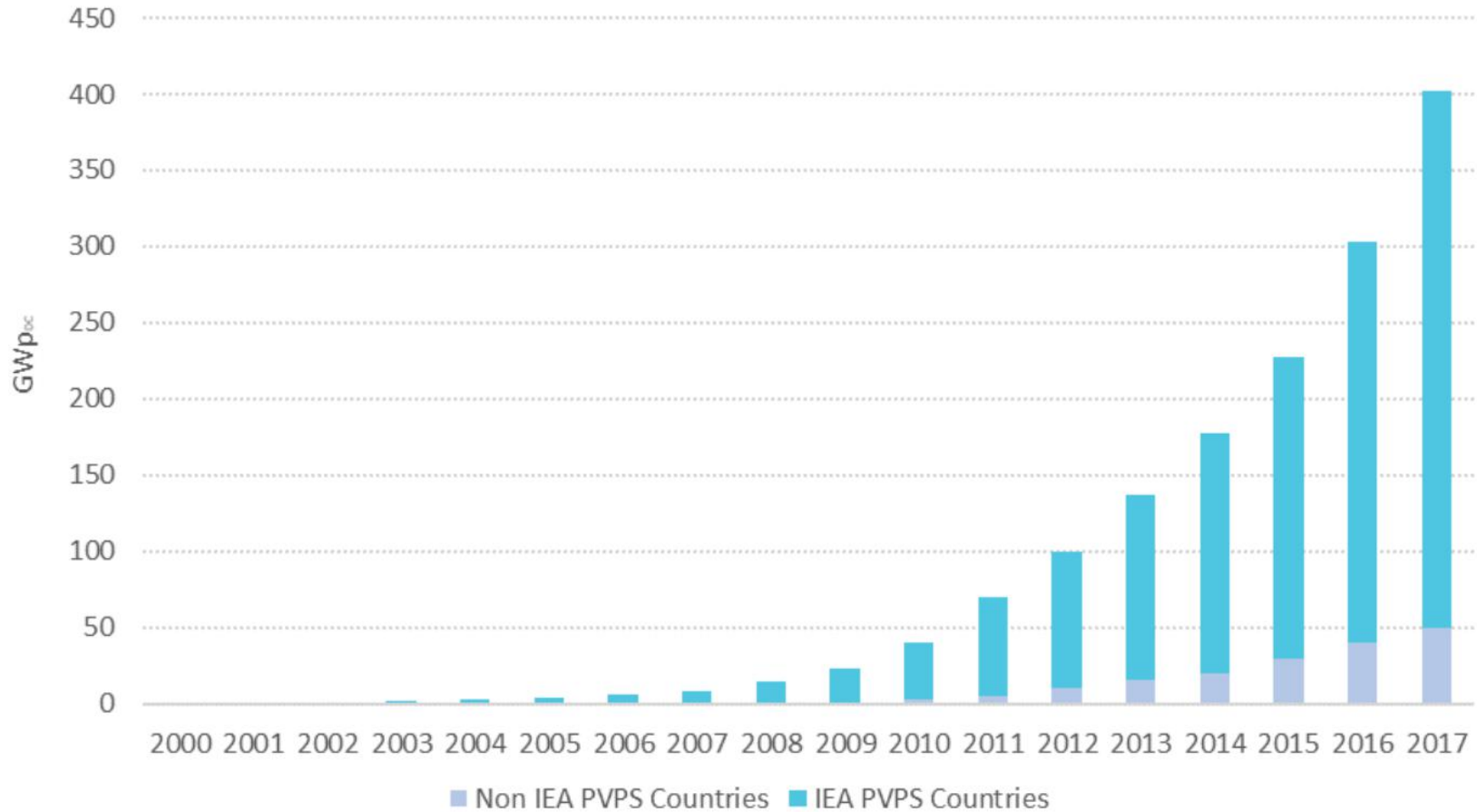
2017中国光伏完成装机量53GW, 占全球装机量的54%;

除中国外的装机总量从2016年的41.5GW增长到了45GW.



2000-2017光伏装机总量的变化 (GW, DC)

FIGURE 2: EVOLUTION OF TOTAL INSTALLED CAPACITY (GW - DC)

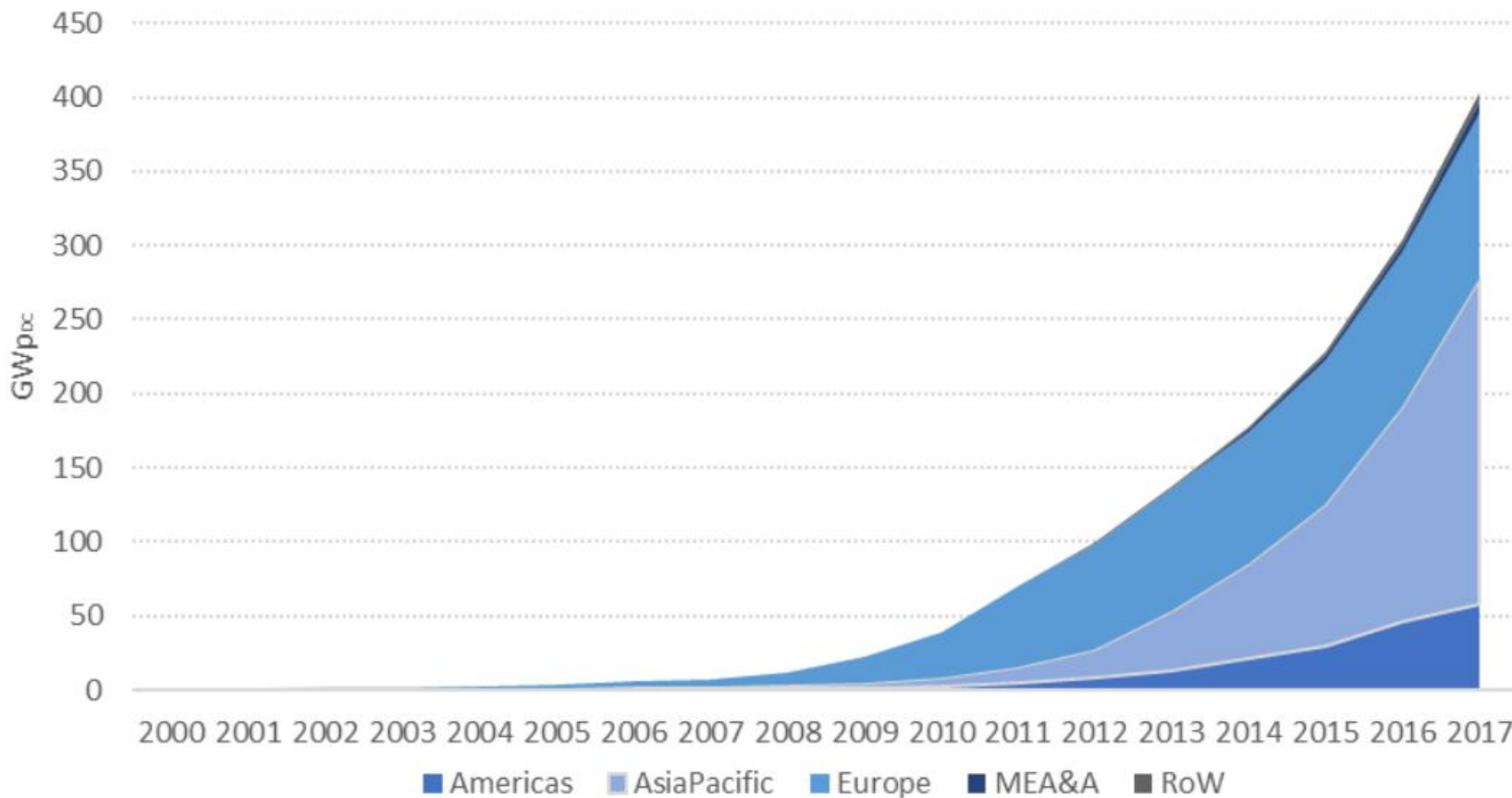


全球光伏装机总量2017年年底达到了402,5 GW.



2000-2017区域光伏装机总量的变化（GW, DC）

FIGURE 4: EVOLUTION OF REGIONAL PV INSTALLATIONS (GW - DC)



到2017年，亚洲贡献了**54.5%**的光伏装机总量，这一比例将继续增长；
欧洲光伏总量占比逐年降低，**2017年为28%**；
美洲的比例达到了**19%**。



2017年装机量和总装机量前十的国家（GW）

TABLE 1: TOP 10 COUNTRIES FOR INSTALLATIONS AND TOTAL INSTALLED CAPACITY IN 2017

TOP 10 COUNTRIES IN 2017

1		China	53 GW
2		USA	10,6 GW
3		India	9,1 GW
4		Japan	7 GW
5		Turkey	2,6 GW
6		Germany	1,8 GW
7		Australia	1,25 GW
8		Korea	1,2 GW
9		UK	0,9 GW
10		Brazil	0,9 GW

TOP 10 COUNTRIES IN 2017

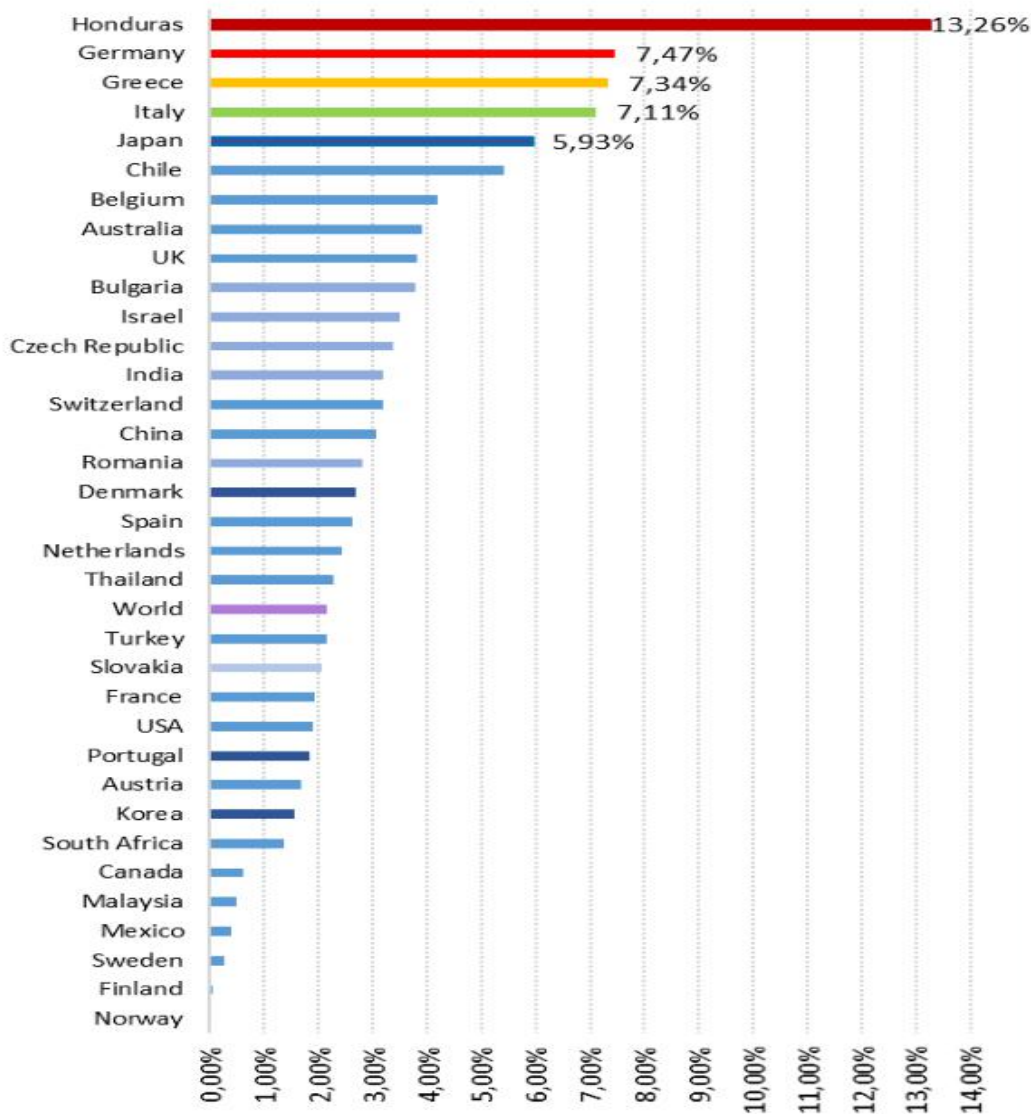
1		China	131 GW
2		USA	51 GW
3		Japan	49 GW
4		Germany	42 GW
5		Italy	19,7 GW
6		India	18,3 GW
7		UK	12,7 GW
8		France	8 GW
9		Australia	7,2 GW
10		Spain	5,6 GW

8个国家的年装机量超过1GW，29个国家的总装机量进入了1GW俱乐部；
装机总量依次为：中国(131GW)、美国(51GW)、日本(49GW)、德国(42 GW)、
意大利(19,7 GW)、印度 (18GW、英国(13 GW)；



2017年各国光伏发电量占总发电量比例（%）

FIGURE 6: THEORETICAL PV PRODUCTION 2017



6个国家的光伏发电量超过了总发电量的5%;

15个国家超过了3%;

29个国家超过了1%;

最高为洪都拉斯的13.26%;

其次德国7.47%;

希腊7.34%;

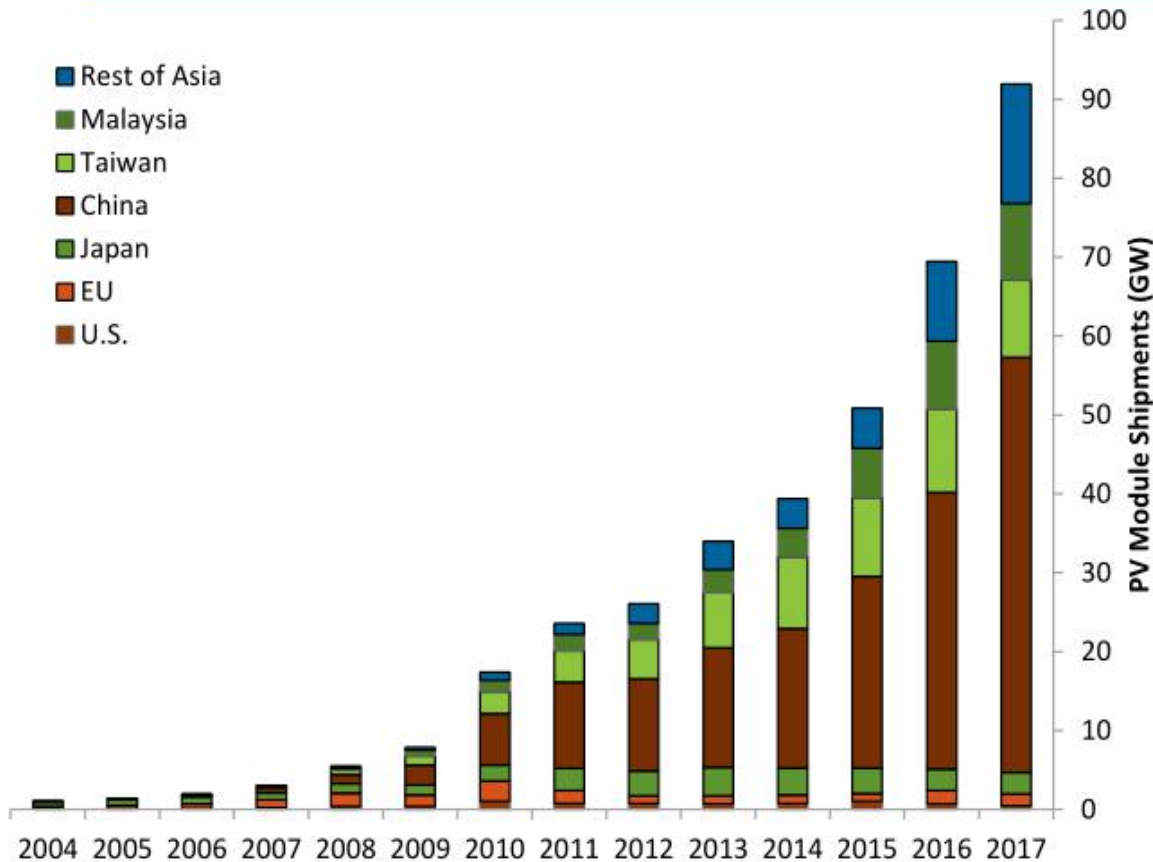
整个欧洲的比例约为4%;

中国达到了3%。



2004-2017区域出货量（GW）

Global Annual PV Shipments by Region*



– 2017年，光伏总出货量为92GW，相比2016增长32%；

– 98%的出货量来自亚洲，其中中国占了57%；

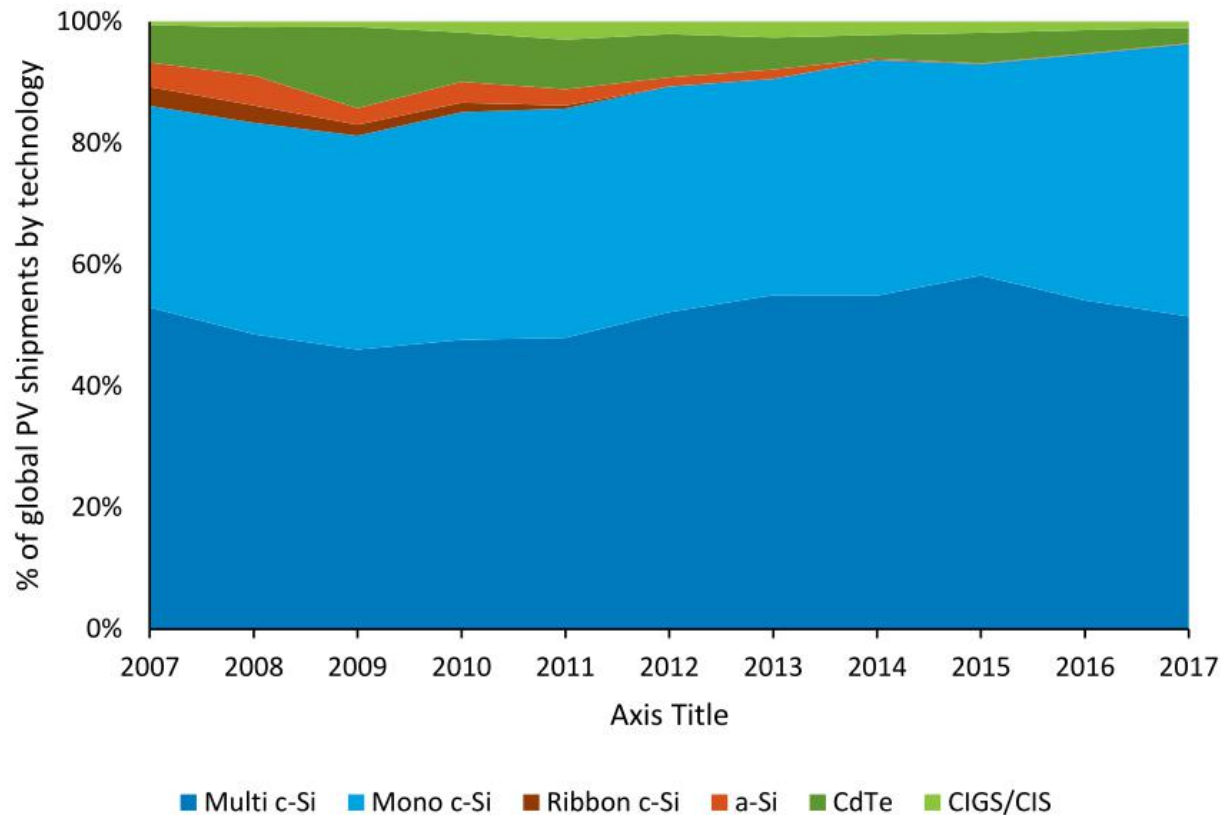
– 2004-2017年，出货量平均复合增长率为41%；

– 2017年，美国仅提供了全球出货量的约0.5%.



2007-2017光伏技术出货量（%）

Global Annual PV Shipments by Technology*



2017年，

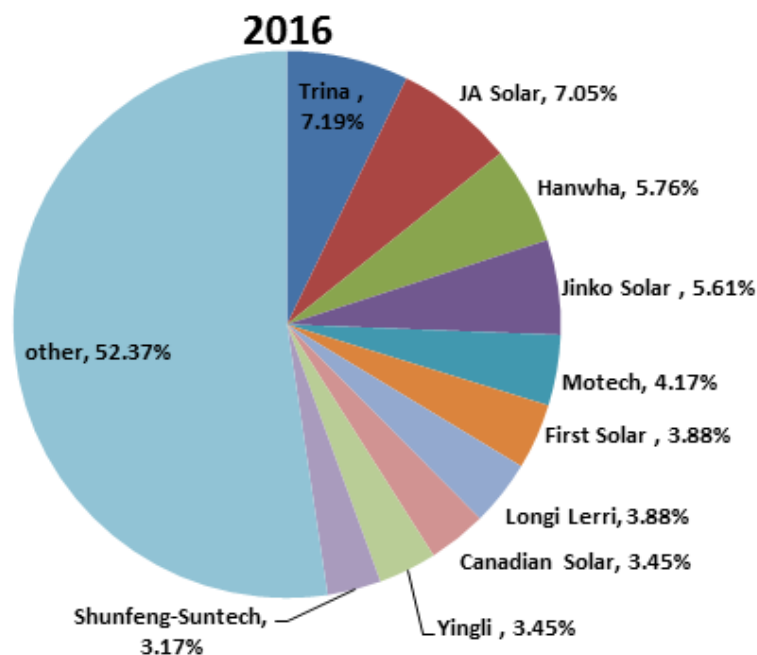
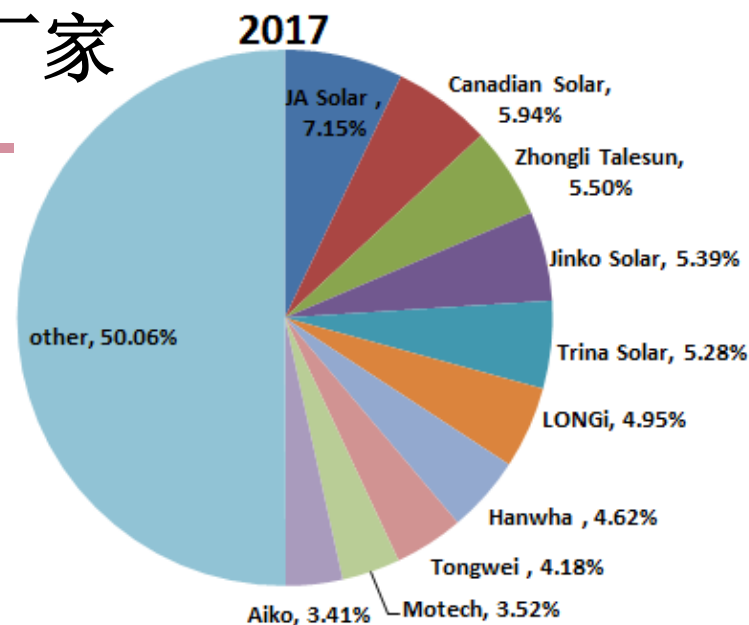
- 单晶硅出货量达到了**45%**；
- 多晶硅占到了**51%**；
- 薄膜技术出货量降低到了**4%**。



2016-2017前十光伏生产厂家

Global Leading PV Manufacturers, by Shipments

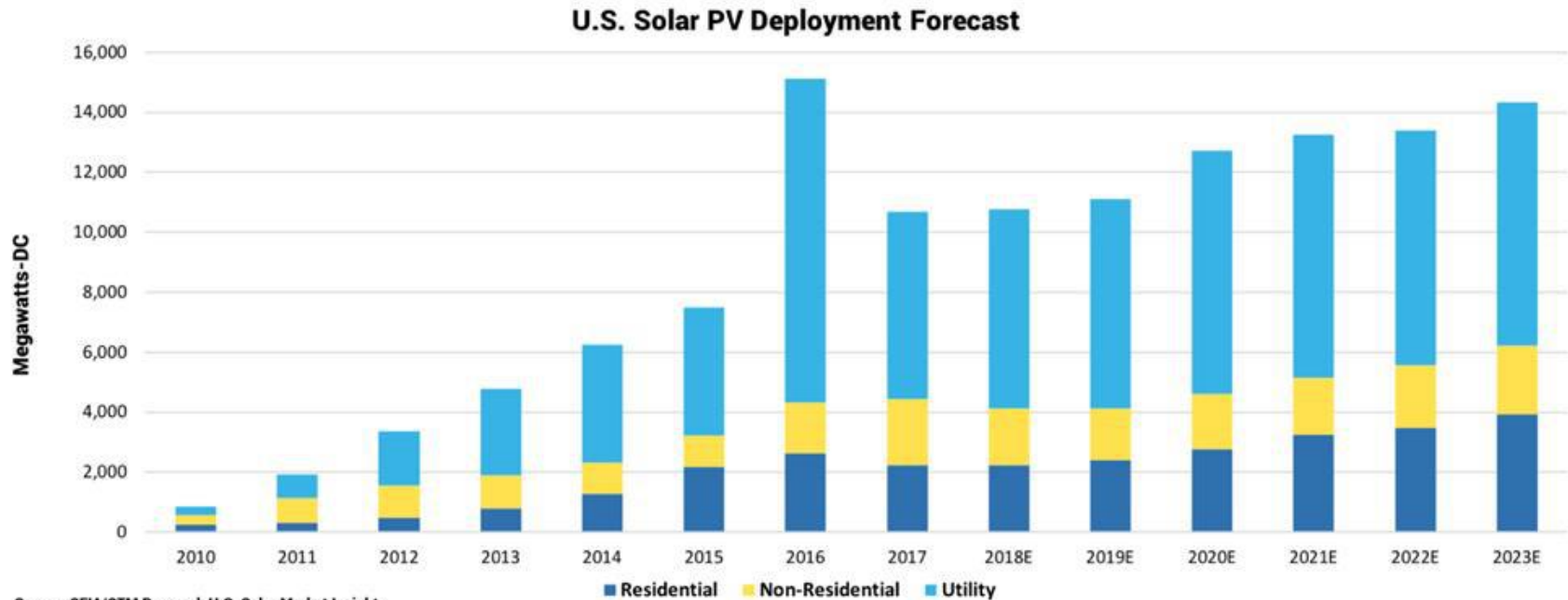
Rank	Manufacturer (2017)	Shipments (GW)	Manufacturer (2016)	Shipments (GW)
1	JA Solar	6.5	Trina	5.0
2	Canadian Solar	5.4	JA Solar	4.9
3	Zhongli Talesun	5.0	Hanwha	4.0
4	Jinko Solar	4.9	Jinko Solar	3.9
5	Trina Solar	4.8	Motech	2.9
6	LONGi	4.5	First Solar	2.7
7	Hanwha	4.2	Longi Lerri	2.7
8	Tongwei	3.8	Canadian Solar	2.4
9	Motech	3.2	Yingli	2.4
10	Aiko	3.1	Shunfeng-Suntech	2.2
Other		45.5		36.4
Total		91.9		69.5



- 2017年，前十的厂家提供了一半出货量



世界主要国家光伏项目的发展：美国

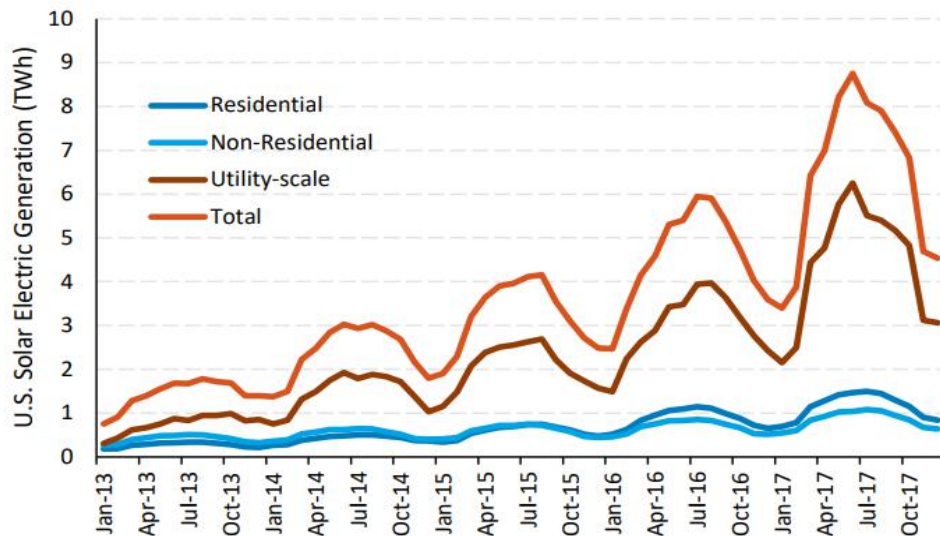
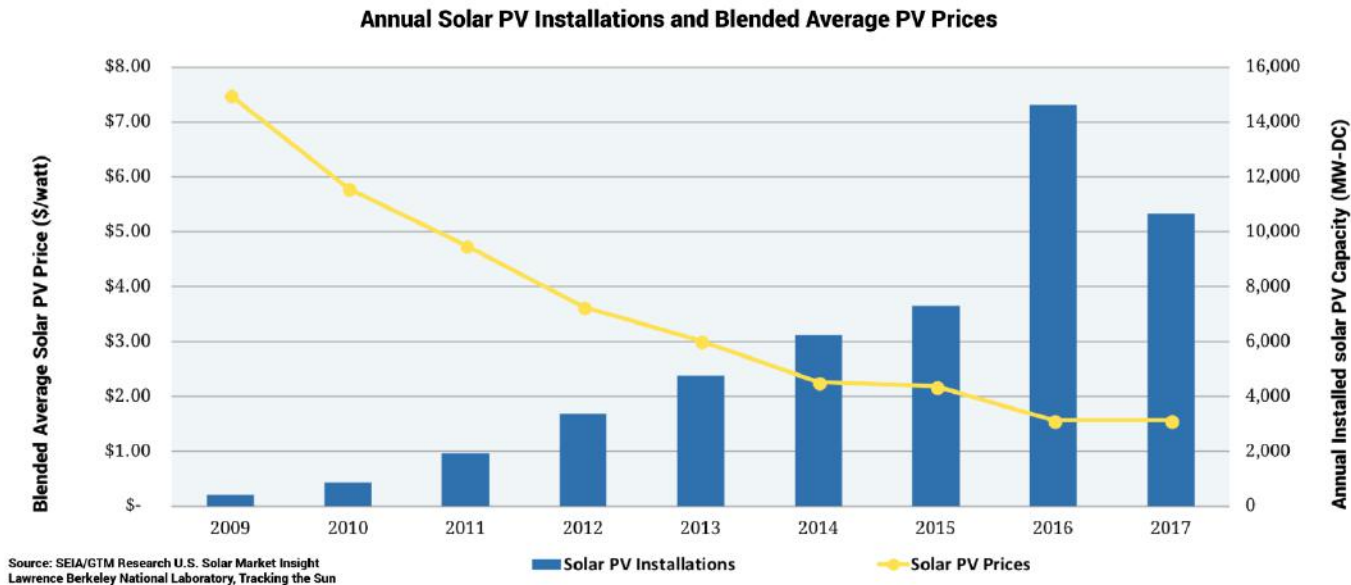


Top 10 Solar States by Cumulative Solar Capacity

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. California – 22,071 MW | 6. Massachusetts – 2,138 MW |
| 2. North Carolina – 4,412 MW | 7. Texas – 1,973 MW |
| 3. Arizona – 3,463 MW | 8. Florida – 1,893 MW |
| 4. Nevada – 2,607 MW | 9. Utah – 1,616 MW |
| 5. New Jersey – 2,447 MW | 10. Georgia – 1,553 MW |



世界主要国家光伏项目的发展：美国

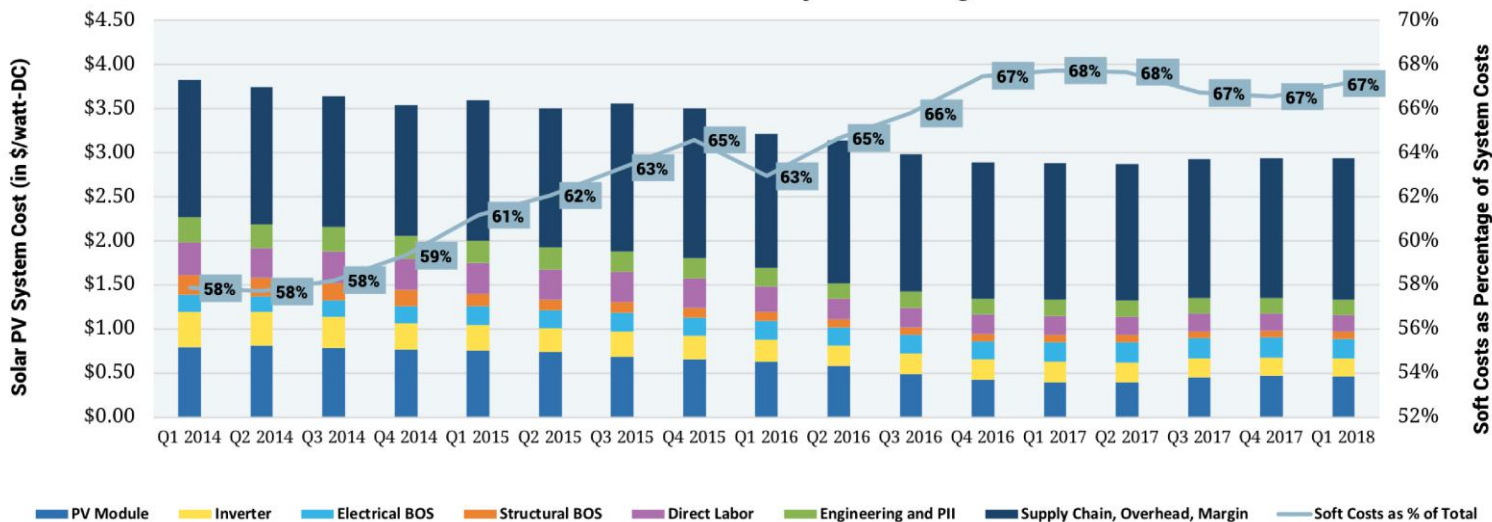


美国光伏月发电量, 2013-2017

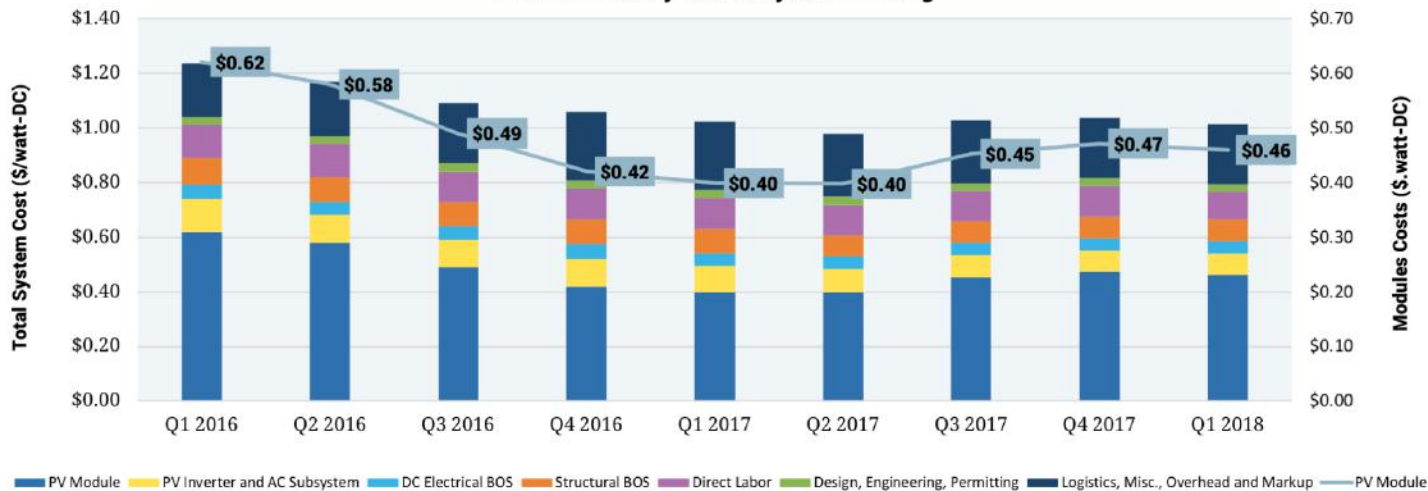


世界主要国家光伏项目的发展：美国

Residential Solar PV System Pricing

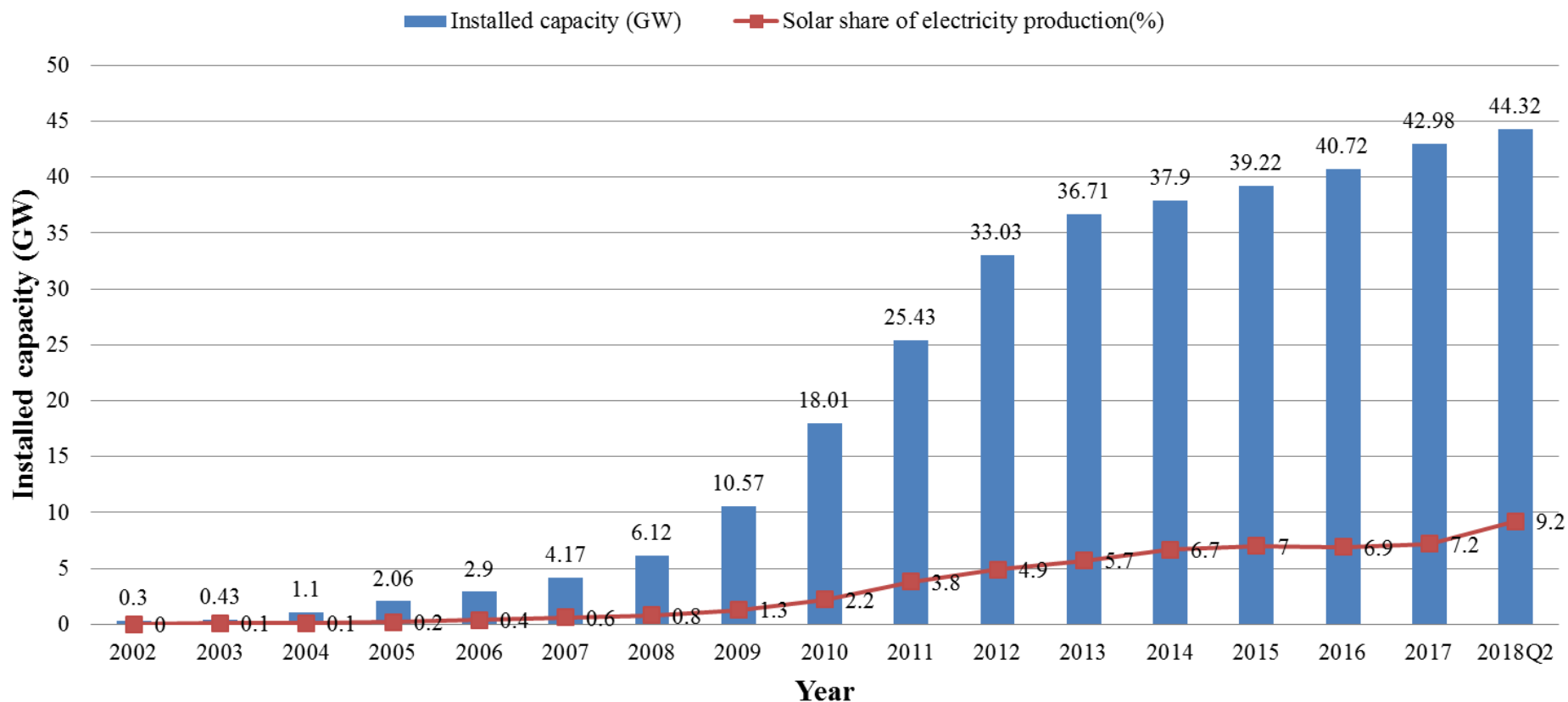


Fixed Tilt Utility-Scale System Pricing



组件价格占系统总价的40%-50%。

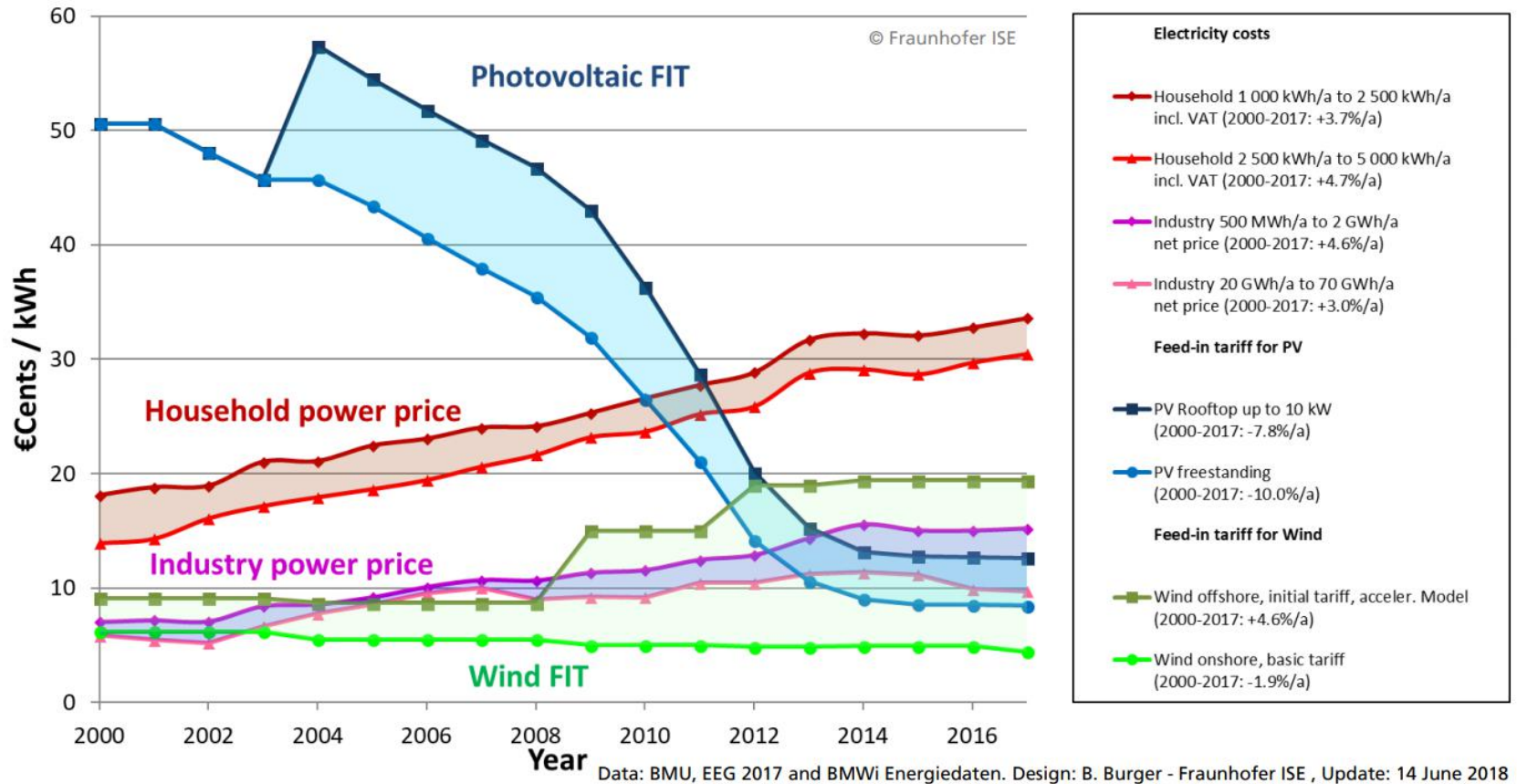
德国光伏发展现状：



2002-2018Q2德国光伏装机总量及发电量占比变化

- 光伏装机量从2002年的0.3GW上升到2018Q2的44.32GW；
- 光伏发电量占总发电量比例2017年已升至7.2%，2018年Q2进一步上升到9.2%。

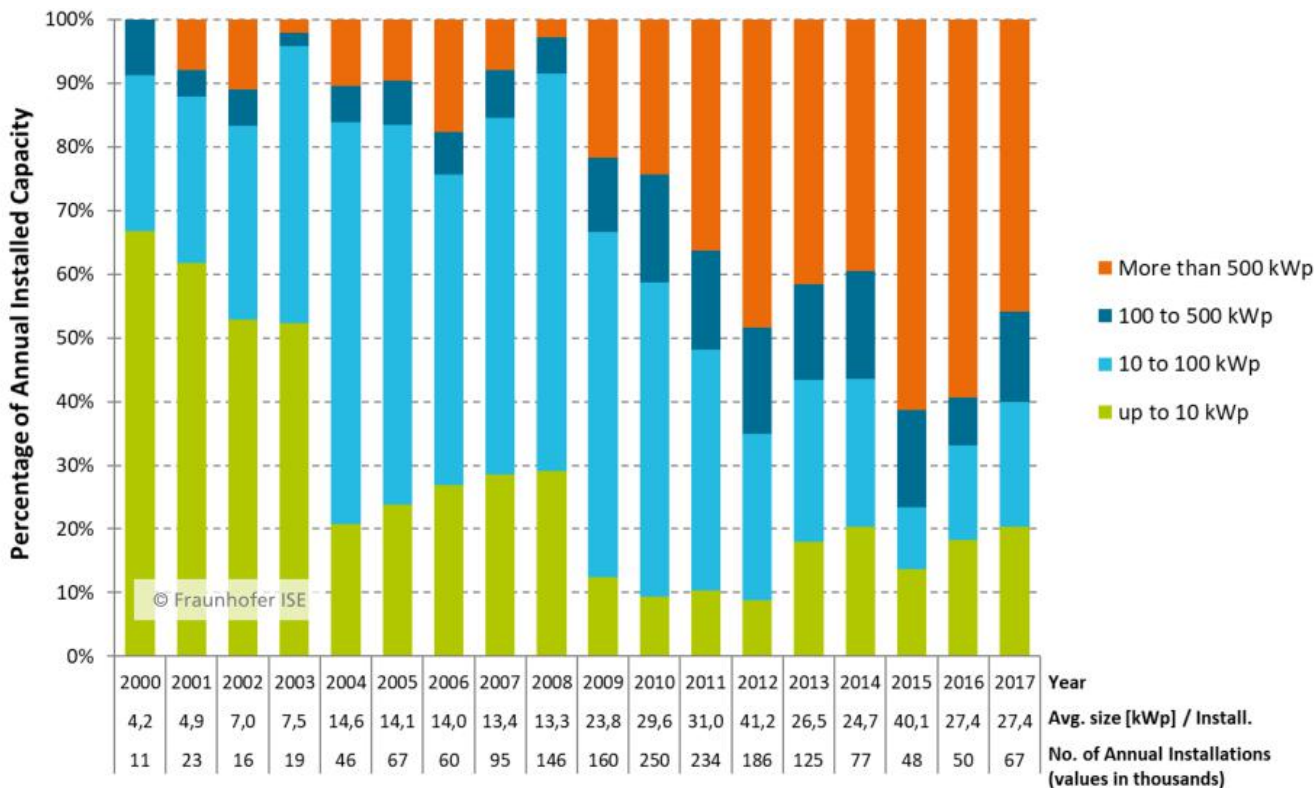
德国光伏行业补贴政策



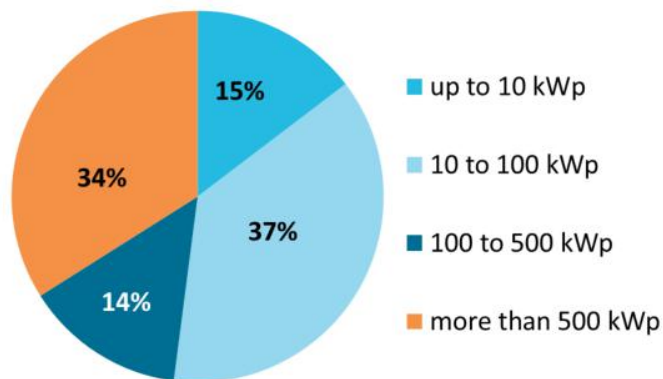
Electricity Costs and Feed-In Tariffs (FIT) in Germany

德国光伏功率及数量分布：

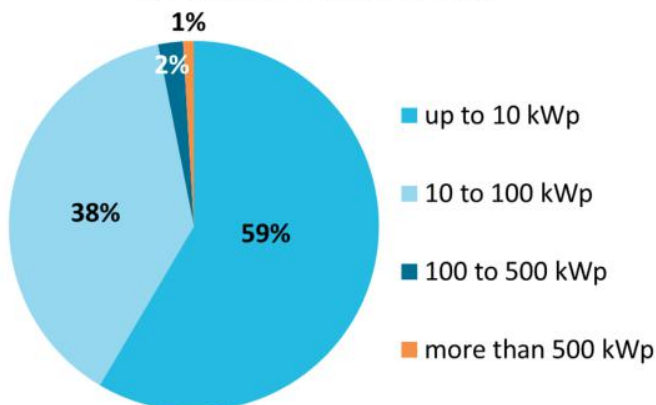
- 功率500kWp以上的系统占据了总量的34%，数量却仅占了1%；
- 功率小于10kWp的系统占据了数量的59%，装机功率却仅占到15%；
- 10-100kWp占据数量的38%，功率的37%；
- 100-500kWp占据了数量的2%，却能占据装机容量的14%。



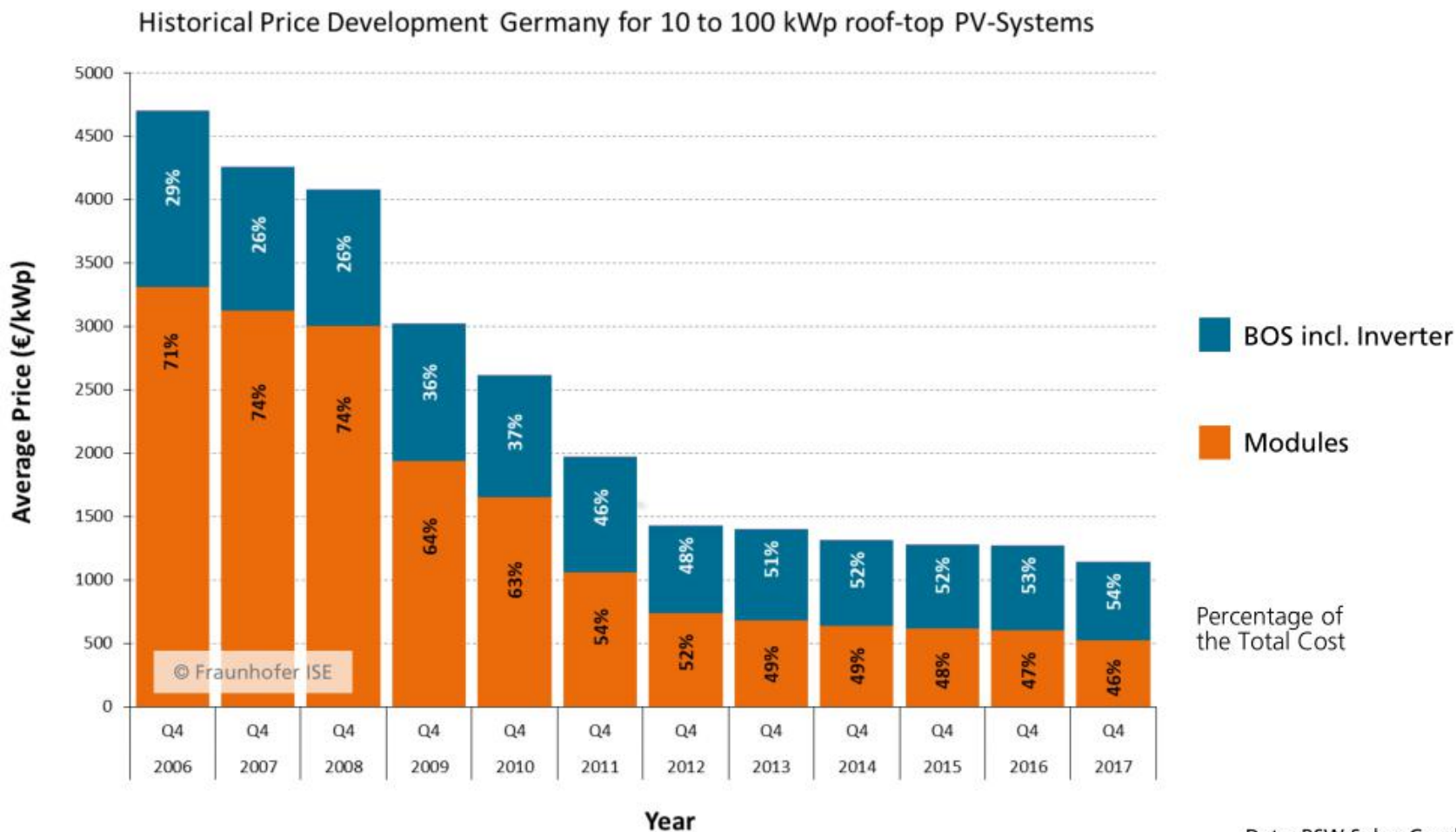
Share of PV-Systems in Germany by cumulative capacity (2017)



Share of PV-Systems in Germany by cumulative numbers (2017)



德国的光伏系统造价分析：

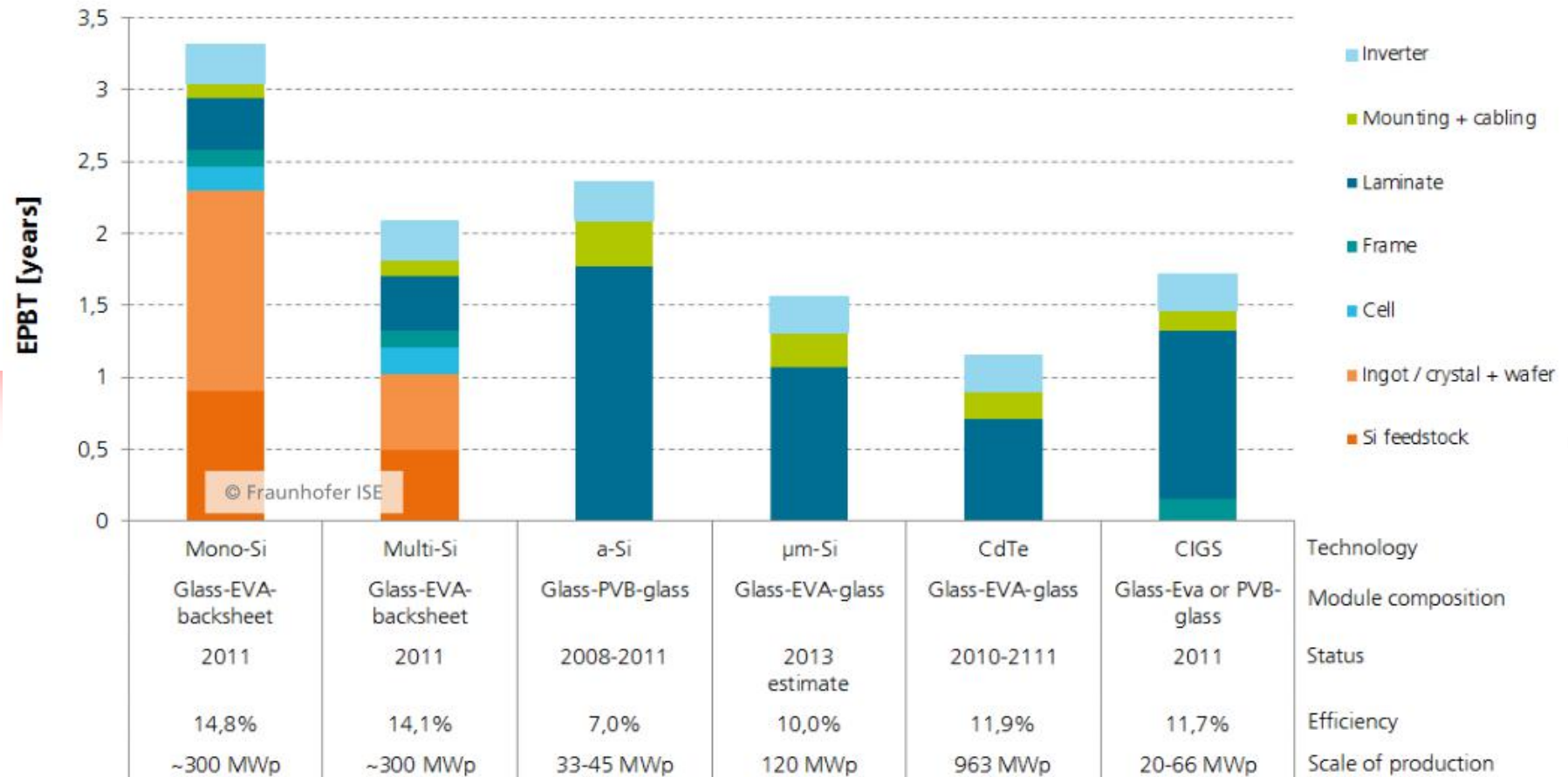


Data: BSW-Solar. Graph: PSE GmbH 2018

- 系统造价逐渐降低，从2016年的4700€ /kWp降低到了2017年的1100€ /kWp；
- 组件价格及在系统总价中的比例逐年降低；
- BOS的价格也逐渐降低，但是所占比例却逐渐提升。

德国屋顶光伏系统的能量回收期（**Energy pay-back time, EPBT**）：

Global Irrad.: 1000 kWh/m²/yr



- 单晶硅材料的EPBT最长，达到了3.3年；
- 碲化镉材料的EPBT最短，仅为1.2年；
- 多晶硅、非晶硅、CIGS的EPBT分别为2.1/2.4/1.7年。

日本光伏发展现状：

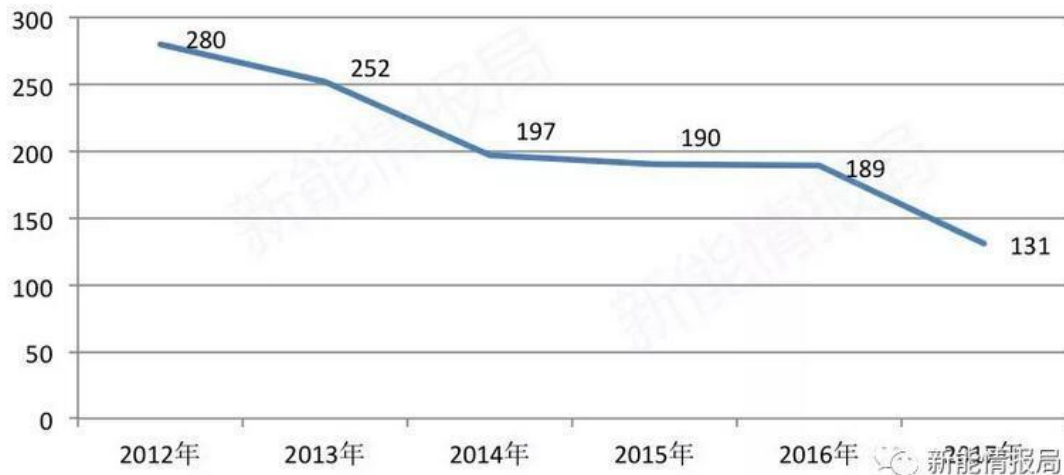


- 2017年累计光伏装机量达到了49.05GW；其中并网项目48.88GW，离网项目为0.171GW。
- 相对于2012年日本光伏累计装机量6.631GW，增长明显。

日本光伏组件价格变化：

2012-2017年日本户用光伏平均价格（单位：日元/瓦）

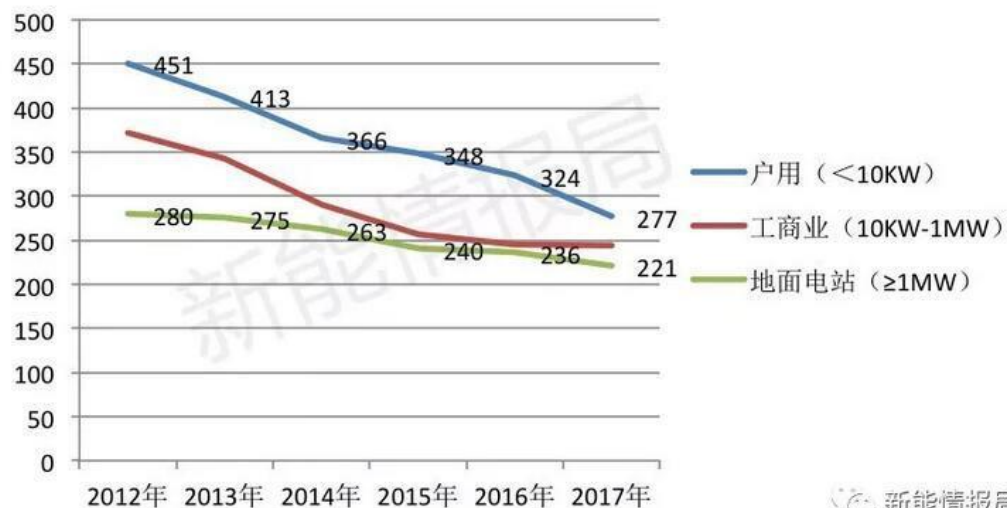
新能情报局整理制作



- 光伏组件评价价格从2012年的280日元/瓦下降到了2017年的131日元/瓦；

2012-2017年日本光伏系统价格（单位：日元/瓦）

新能情报局整理制作



- 系统价格也呈逐年下降趋势

日本光伏行业发展前景



National trends in system prices
or different applications (JPY/W)

Projected Growth of Solar Cells in Japan (cumulative)*2



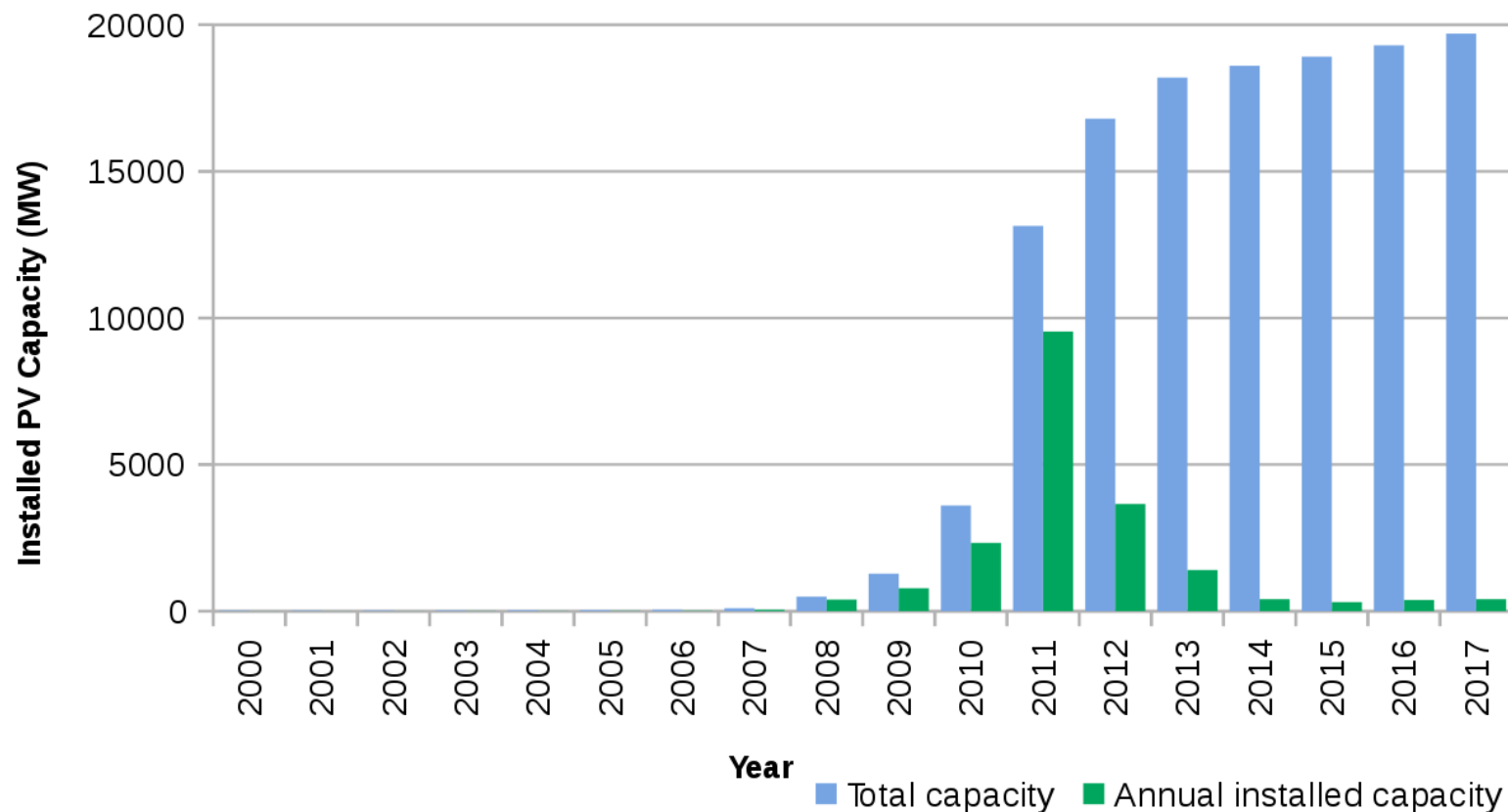
	Residential PV systems (< 10 kW)	Commercial and industrial average (10 kW - 1 MW)	Ground-mounted average (≥ 1 MW)
2012	451	372	280
2013	413	342	275
2014	366	290	263
2015	348	256	240
2016	324	245	236

*2 Source: Japan Photovoltaic Energy Association, JPEA PV OUTLOOK 2030 (2015)

In 2016, Japan's solar power market was the second largest in the world. Stable growth is expected to continue, with installed capacity projected to reach 100GW by 2030.

意大利年装机量及累计装机量（MW）：

Annual and total installed PV capacity
in Italy during the 21st century



- 2011年装机量最大为9.5GW，而后急剧下降，2016年仅为382MW；
- 2017年装机量小幅上升为409MW；
- 2017年累计装机量达到了19.7GW。

意大利光伏组件及系统价格分析:

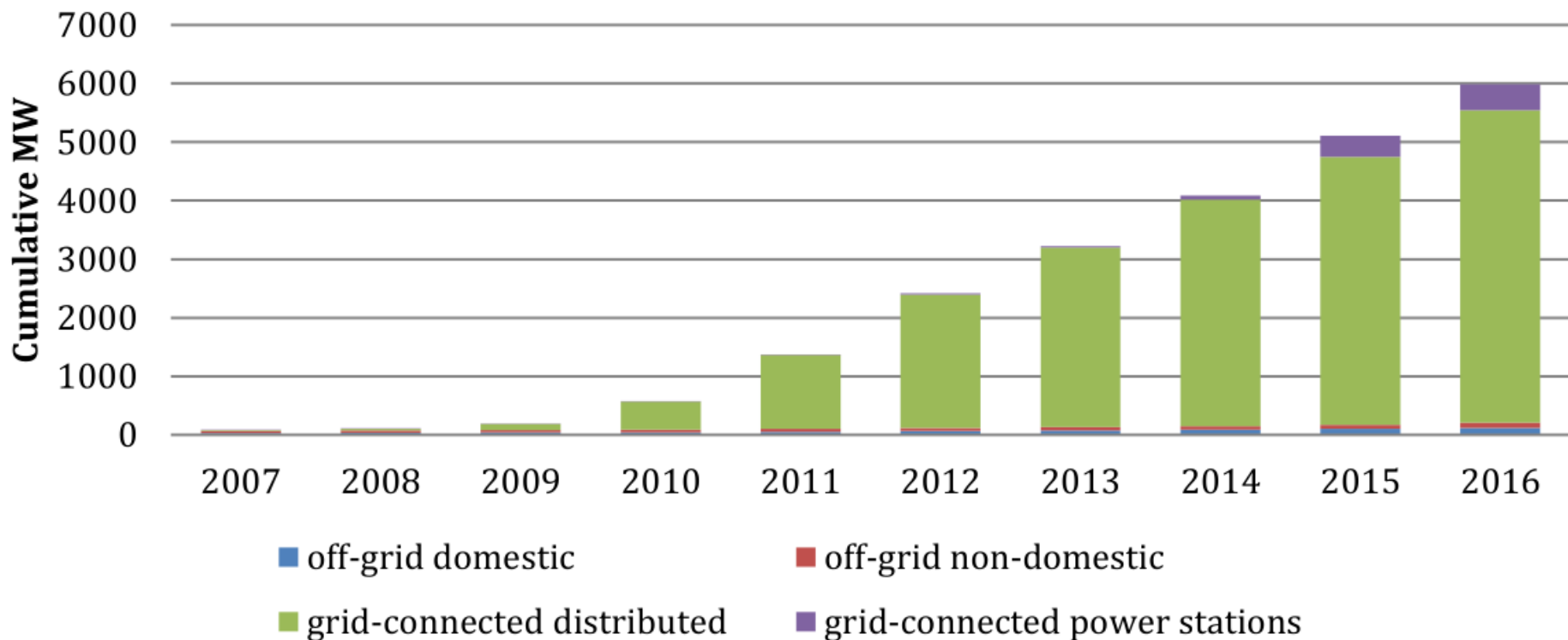
组件价格: €/W

Year	2009 ⁽²⁾	2010 ⁽²⁾	2011 ⁽²⁾	2012 ⁽²⁾	2013 ⁽²⁾	2014	2015	2016
Standard module crystalline silicon price(s): Typical	2,50	1,70	1,50	0,80	0,60	0,55 ⁽³⁾	0,55 ⁽³⁾	0,48 ⁽³⁾

系统价格: €/W

Price/Wp	2011 ⁽¹⁾	2012 ⁽¹⁾	2013 ⁽¹⁾	2014	2015	2016
Residential PV systems < 10 kW	3,60	2,60	2,20	1,67	1,60	1,55
Commercial and industrial	2,70	1,80	1,40	1,40	1,32	1,22
Ground-mounted	2,80	1,70	1,20	1,03	0,96	0,88

澳大利亚光伏发展现状：



- 2016年累计光伏装机量达到了5.9GW;
- 据最新统计, 2017年装机量为1.3GW, 装机总量达到了7.2GW.

澳大利亚光伏组件及系统价格变化:

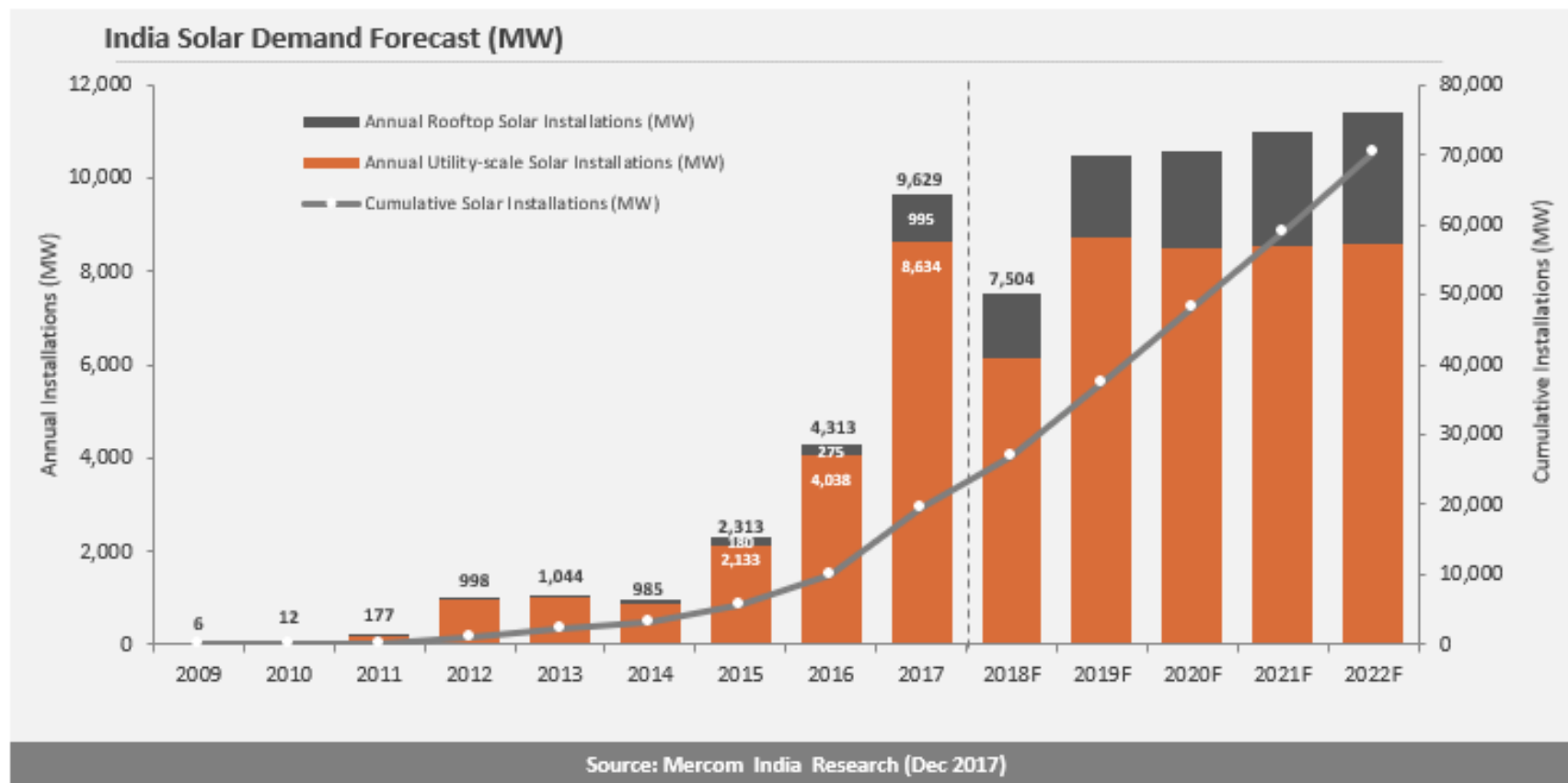
Price Evolution of PV Systems and Panels



- 到2016年，组件价格下降到了0.8澳元/W；最低价下降到0.54澳元/W；
- 小型系统造价下降到2.42澳元/W；
- 系统造价随系统种类及装机量变化。

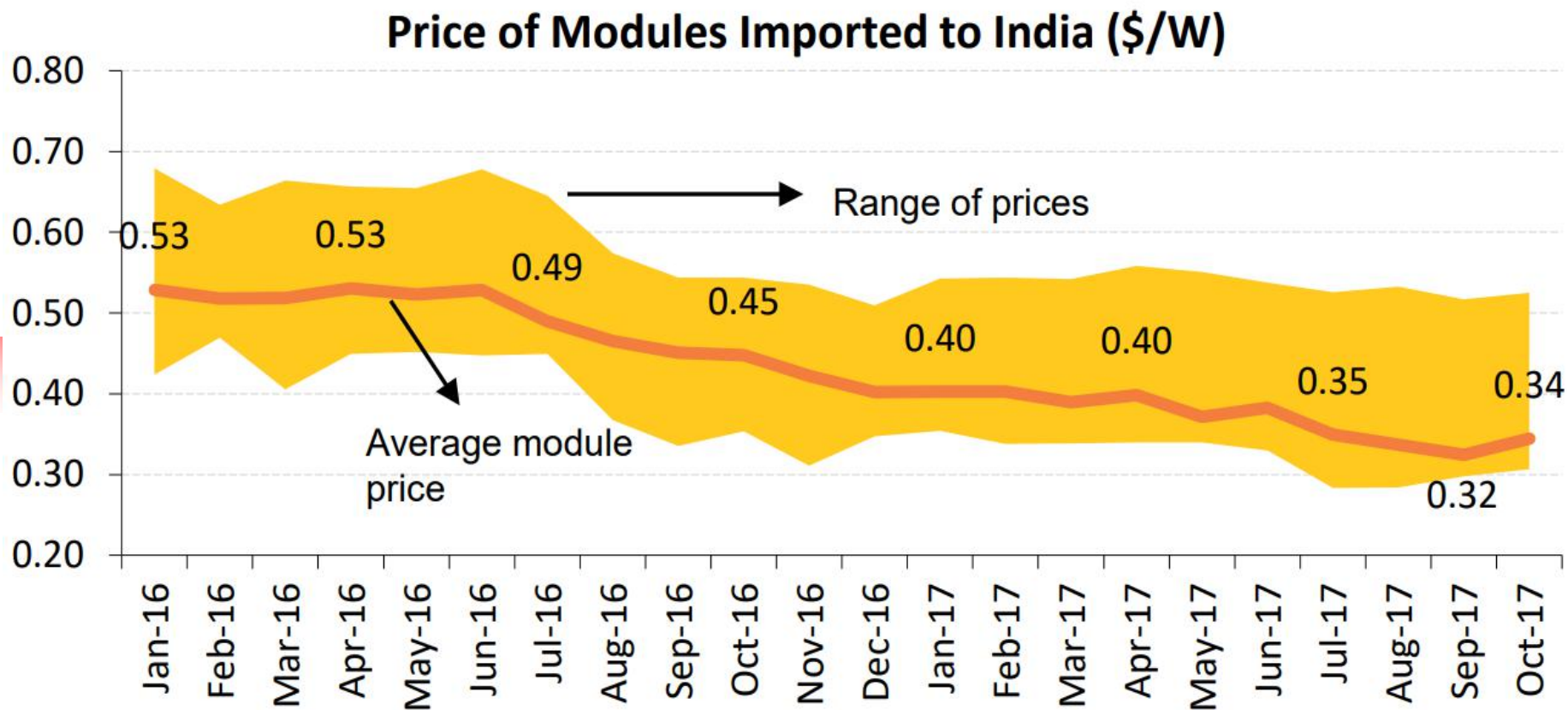
Category/Size	Typical applications and brief details	Current prices per W
OFF-GRID Up to 1 kW	Water pumps, lighting, remote homes	\$5.50-\$11
OFF-GRID >1 kW	Pastoral systems	\$5.50 - \$11
Grid-connected Rooftop up to 10 kW (residential)	Residential	\$2.42
Grid-connected Rooftop from 10 to 250 kW (commercial)	Commercial rooftop	\$1.79
Grid-connected Rooftop above 250kW (industrial)	Industrial	\$1.82
Grid-connected Ground-mounted above 1 MW	Solar Farms	\$2.76
Other category (hybrid diesel-PV, hybrid with battery...)	Battery Hybrid	\$3.15/W

印度光伏发展现状及预测：



- 2017年装机量为9.63GW，累计光伏装机量达到了18.3GW；
- 据最新报道，印度在2018年第一季度安装了3269MW的太阳能光伏；预计2022年装机量将达到11.5GW，累计装机总量达到70GW。

印度光伏组件价格变化：

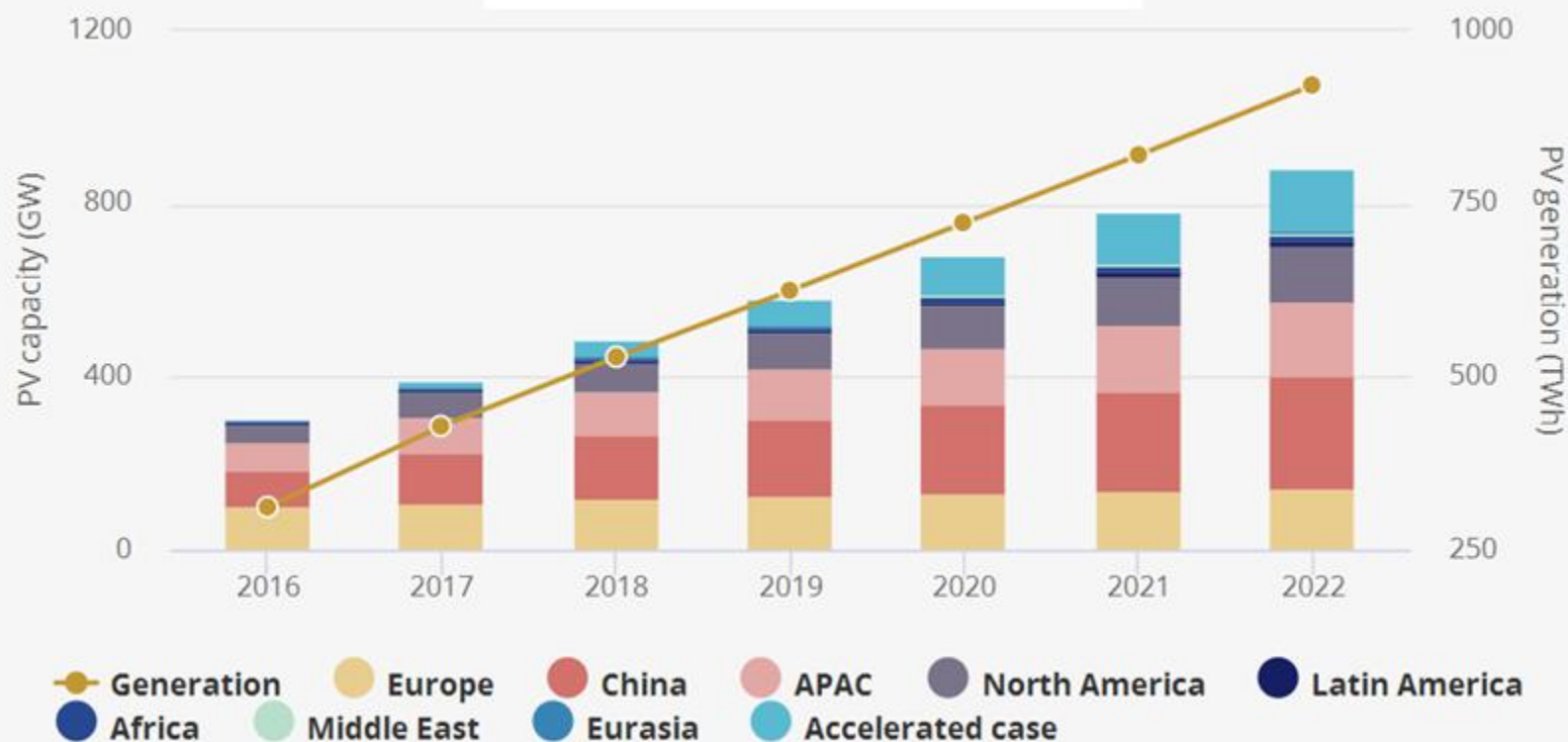


- 组件平均价格从2016年0.53\$/W下降到了2017年十月的0.34\$/W。



2022年全球装机总量及发电量预测

Solar PV generation and cumulative capacity by region, 2016-2022



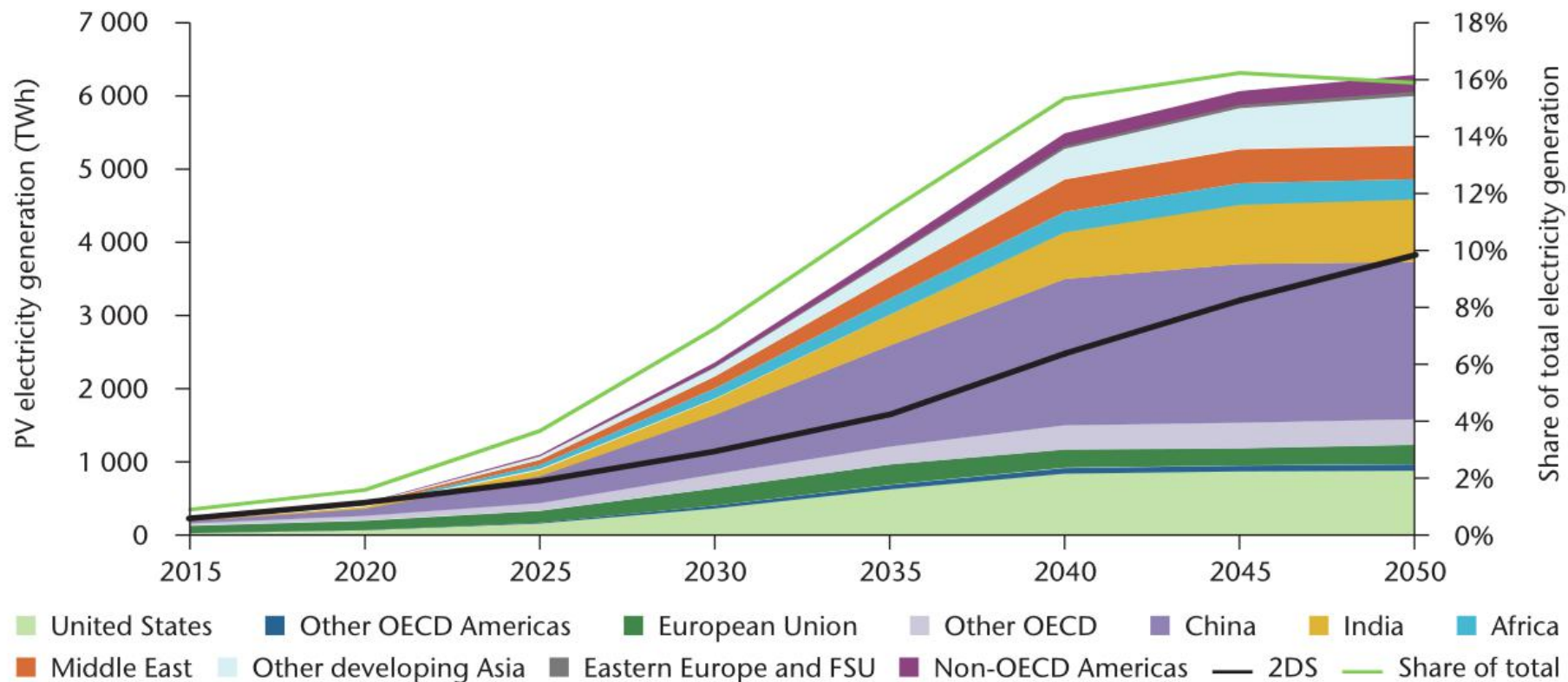
© OECD/IEA

到2020年，全球光伏装机总量将达到700GW，总发电量将达730TWh；
到2022年，全球光伏装机总量将达到860GW，总发电量将达900TWh。



2050年光伏发电量及所占比例预测

Figure 8: Regional production of PV electricity envisioned in this roadmap

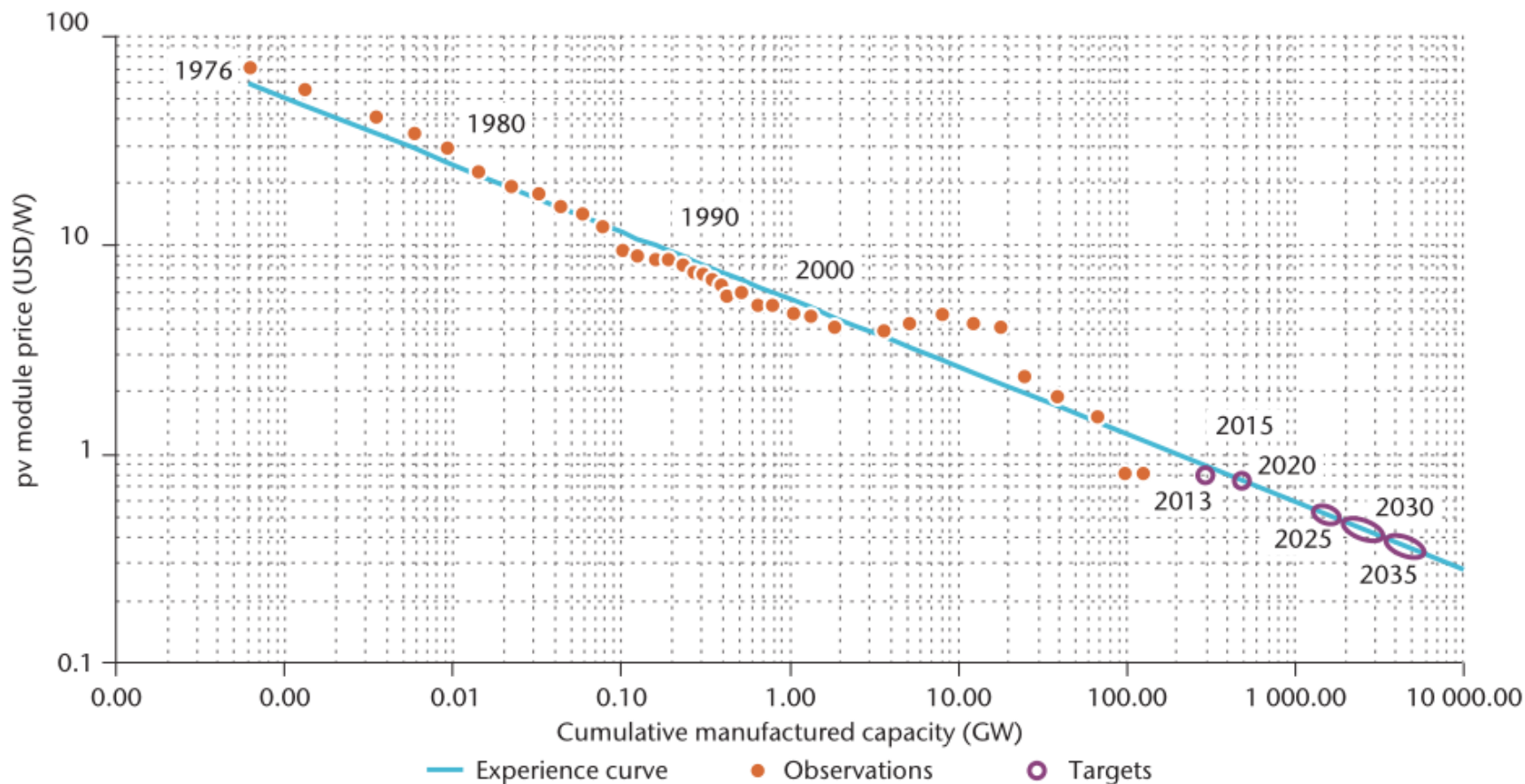


光伏发电总量在2030年将达到2370TWh，2050年将达到6300TWh；2050年，光伏发电量将占总发电量的16%；中国将贡献总光伏发电量的35%；



2035年光伏组件价格预测

Figure 10: Past modules prices and projection to 2035 based on learning curve

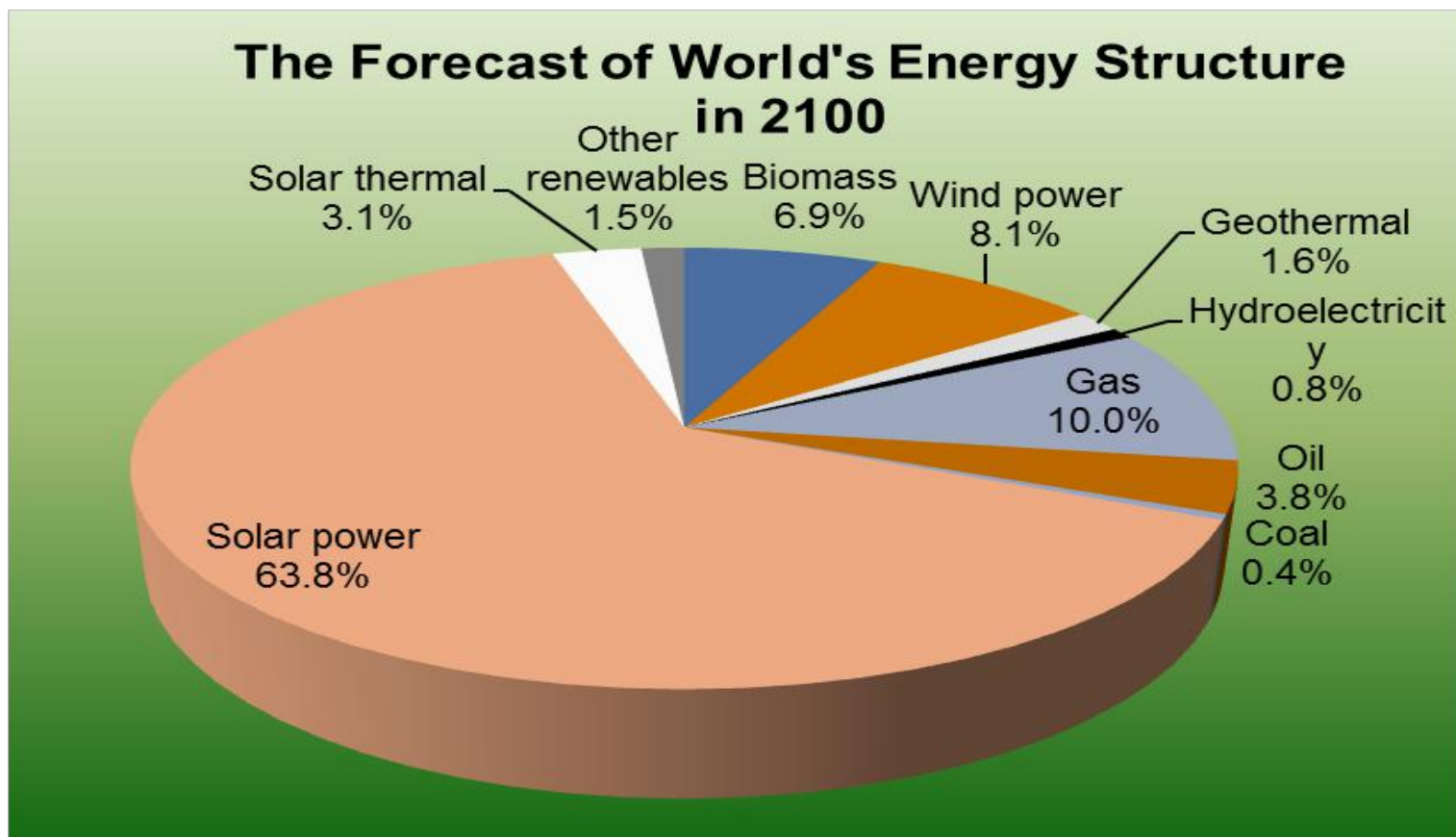


Notes: Orange dots indicate past module prices; purple dots are expectations. The oval dots correspond to the deployment starting in 2025, comparing the 2DS (left end of oval) and 2DS hi-Ren (right end).

到2035年，光伏组件的价格有望降到0.3USD/W到0.4USD/W.



2100年世界能源结构预测



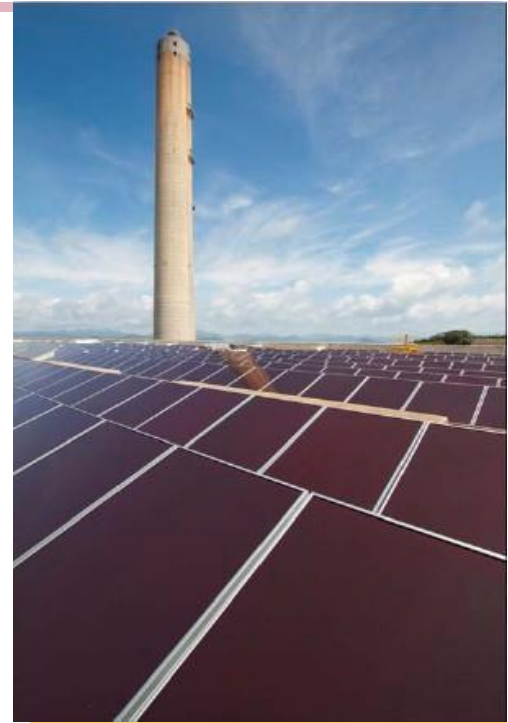
来源于German Advisory Council on Global Change在2003年的一份报告
(Title: World in Transition – Towards Sustainable Energy Systems, Flagship Report 2003).



香港光伏工程项目的发展潜力

Advantages of BIPV

- No land use;
- BIPV provides electricity at the point of use;
- The PV elements become an integral part of the building and reduce building material use;
- Power is generated on site;
- Cooling load can be reduced;
- Renewable for low-carbon emission buildings.



Lamma Power Plant



EMSD HQ in Hong Kong



PolyU
in 1999



BIPV potential study in Europe

Available Roof Surface					
	Net Available Solar Surface (Km ²)	Installable PV "Potential" (GW)	Estimated Electricity production (Twh/year)	Residential Electricity consumption 2006 (TWh/year)	% of PV
Europe (75%: Germany, France, UK, Italy, Spain)	3.723	465,4 (8m²/Kwp)	511,9	859	59%
		161,9 (23m²/KWp)	178,1		20%
USA	4.563	570,4 (8m²/Kwp)	570,4	1351	42%
		198,4(23m²/KWp)	198,4		14%
Japan	1.050	131,3 (8m²/Kwp)	118,1	229	51%
		45,7 (23m²/KWp)	41,1		18%

** Facades not included*



Other PV Projects



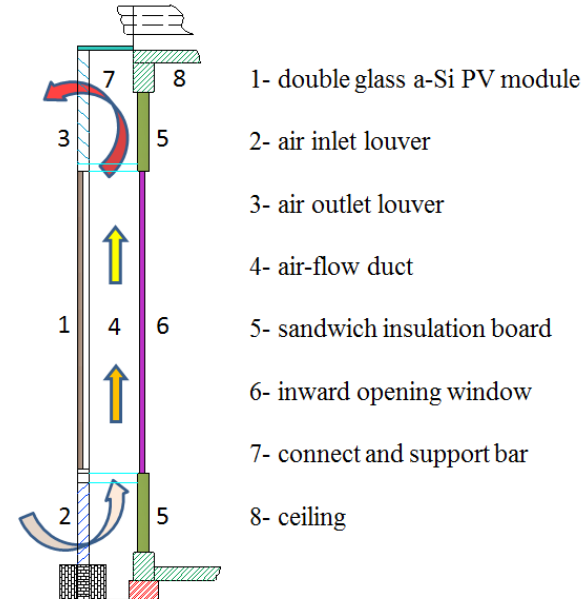
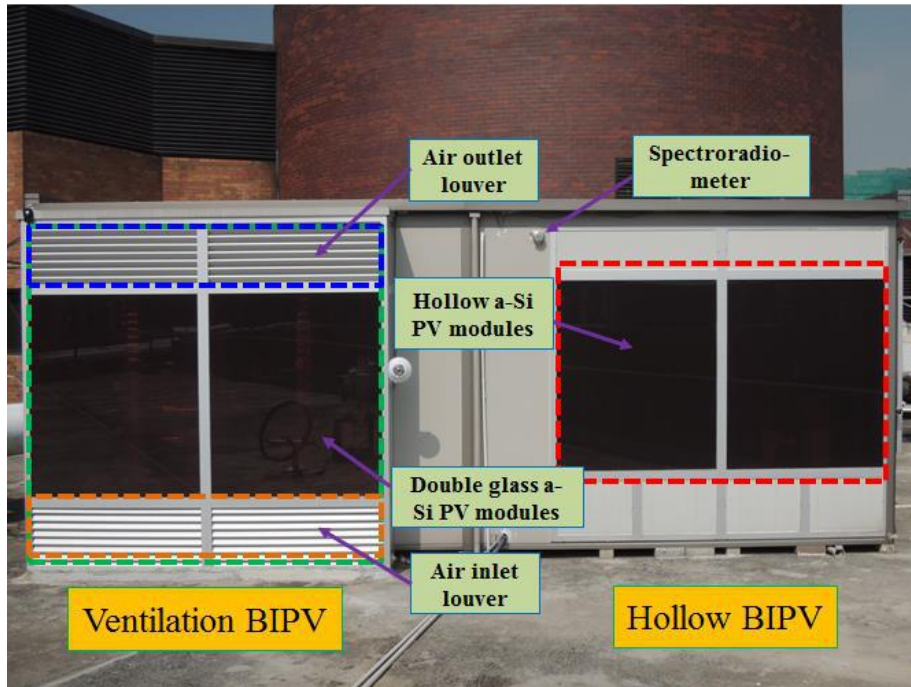
Year	Venue	Capacity (kW)
2016	Photovoltaic System at the Siu Ho Wan Sewage Treatment Works	1100
2016	Redevelopment of Tai Lam Centre for Women	63
2016	Reprovisioning of Yaumatei Specialist Clinic at Queen Elizabeth Hospital	69
2016	Sports centre, community hall and district library in Area 14B, Sha Tin	57
2016	Public library and indoor recreation centre in Area 3, Yuen Long	23
2016	Reprovisioning of Yau Ma Tei Police Station	48
2015	Po Leung Kuk Stanley Ho Sau Nan Primary School	6
2015	West Kowloon Law Courts Building	46
2015	Redevelopment of Fire Services Training School	98
2015	Redevelopment of Victoria Park Swimming Pool Complex	468
2015	Construction of Trade and Industry Tower in Kai Tak Development Area	46

CLP Power's Renewable Energy Generation System at Town Island

A standalone renewable energy (RE) generation system: 180kW solar panels and 2 nos. of 6kW wind turbines



Our research in BIPV in PolyU



Study of the overall energy performance of BIPV facade:

- real-time power generation performance
- thermal performance
- natural lighting performance





Study on semi-transparent solar PV windows

- Collaborative project with HA



Study on semi-transparent solar PV windows - Data acquisition system





不同国家和地区太阳能光伏发电价格比较

主要参数	中国大陆	德国	美国	香港
板构架成本 (HK\$/W _p)	5.74	7.8	7.8	7.8
逆变器 (HK\$/W _p)	0.8	2.6	3.3	3.9
其它硬件 (HK\$/W _p)	1.6	1.8	3.6	12.4
软件成本和盈利 (HK\$/W _p)	1.9	4.8	25.9	19.4
安装成本 (HK\$/W _p)	10.0	16.9	40.5	43.4
太阳辐射量 (kWh/m ²)	1000-2000	900-1200	1200-2400	1350
能源均摊成本 (cents/kWh)	47.8	100.8	150.5	202.2

耗电量 (kWh)	<150	151-300	301-500	501-700	701-1000	1001-1500	>1500
港燈電價 (cents/kWh)	68.8	82.7	96.6	120.2	134.1	148.0	161.9
耗电量 (kWh)	<400	401-1000	1001-1800	1801-2600	2601-3400	3401-4200	>4200
中電電價 (cents/kWh)	85.5	98.9	114.7	145.5	168.4	178.8	180

➤ 香港的光伏安裝成本高昂，光伏電價貴，源自市場小，高建造業成本。



香港地区太阳能光伏发电项目的市场潜力

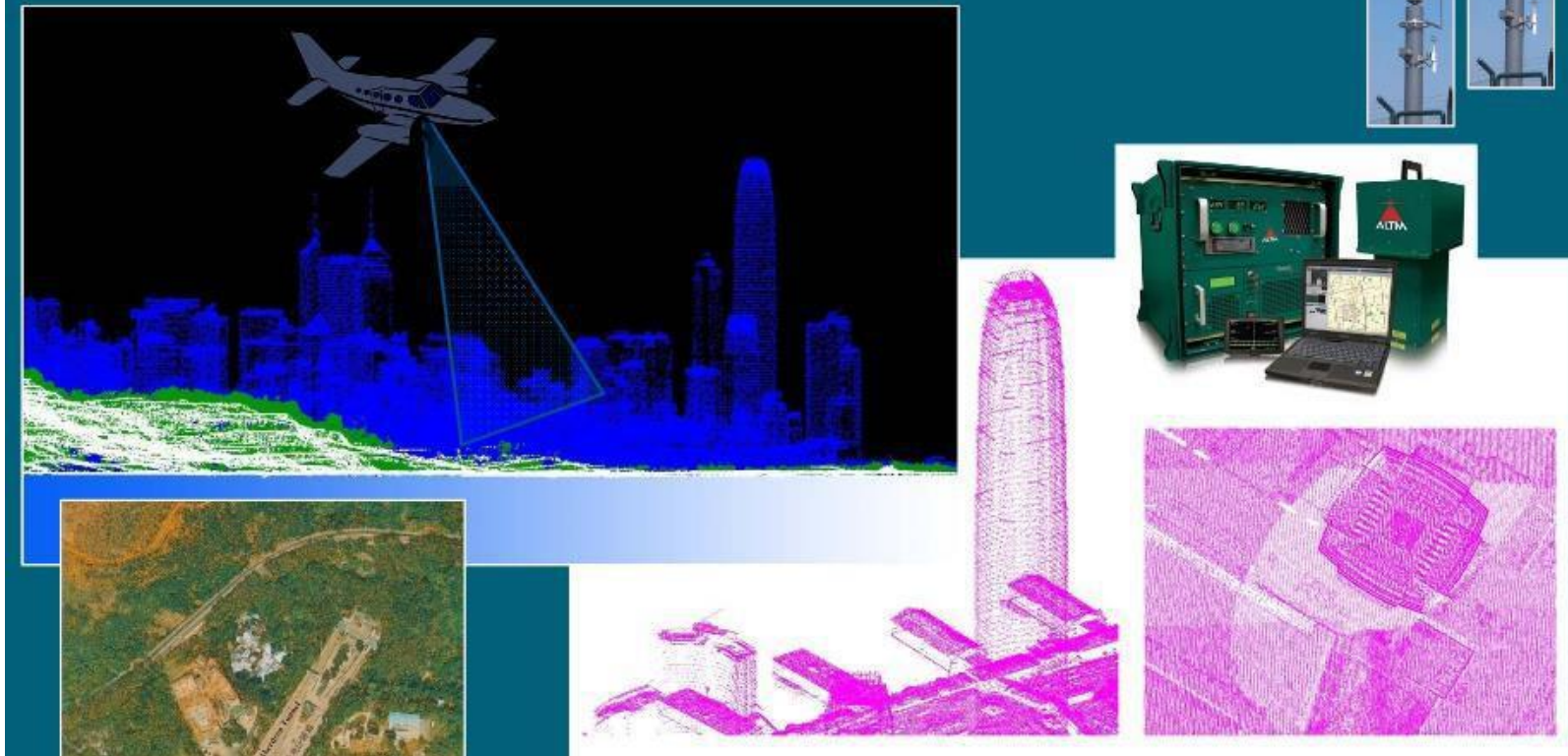
计算楼宇顶部设置太阳能光伏系统的潜力

- > 使用激光雷达成像技术(LiDAR data)生成的高像素数据，标示出全港楼宇顶部或天台可用的地方
- > 计算可影响建筑物太阳能光伏潜力的因素，包括：
 - 太阳辐射量
 - 地形坡度
 - 屋顶上的障碍物
 - 附近建筑物造成的遮蔽效应等
- > 利用判定树(Decision tree classification)去分辨适合设置太阳能光伏系统的楼宇



空載激光雷達成像技術 (Airborne LiDAR)

Airborne LiDAR Survey with SatRef Data Services



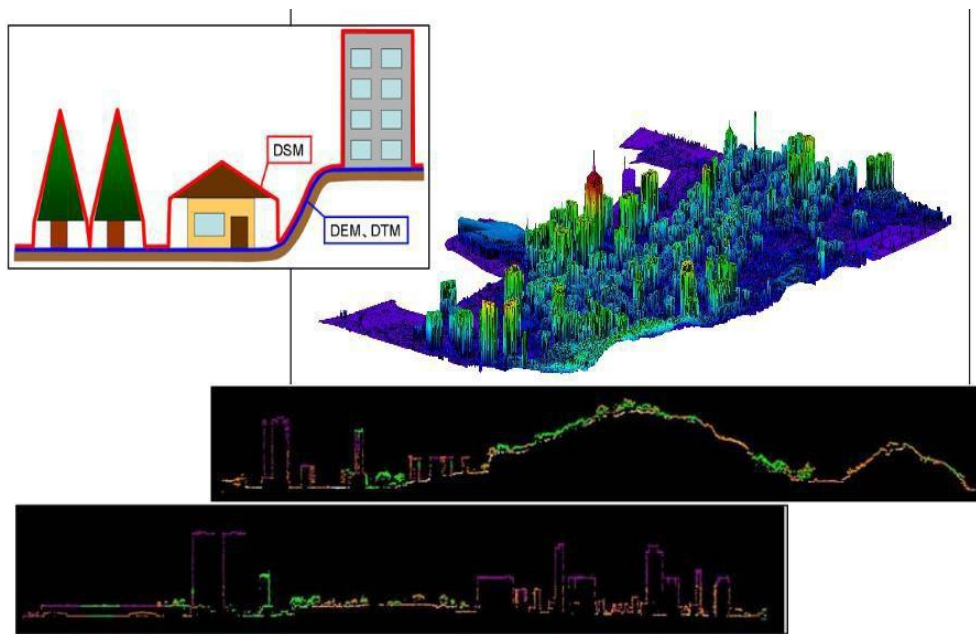
(資料來源：土木工程拓展署)



空载激光雷达成像技术 (Airborne LiDAR)

- > 描述地形及建筑物高度
- > 0.5米分辨率，即把全香港分成44亿个小格
- > 以香港理工大学校园范围为例，已分成55万个小格

数值高程模型 (Digital Elevation Model)



(資料來源：土木工程拓展署)



香港大廈頂部的太陽能光伏發展潛力與發電量

- 可用安裝大廈頂部面積最多約為39 平方公里（香港土地總面積1105.7 平方公里），最大可安裝光伏系統容量為 4.67×10^6 kWp（參考：港燈南丫島發電廠現時總發電容量為 3.76×10^6 kW）。
- 可安裝的光伏系統每年最多可發電 4.67×10^9 kWh (46.7億度電)，可用來提供香港全年總用電量的10.7%。
- 每年可減少相應溫室氣體排放（二氧化碳量）3 百萬噸。



Details of the FiT in Hon Kong

Three types of FiT rates will be offered according to the installation capacity of your RE system:

Capacity of the Renewable Energy System	FiT rate (per unit of electricity -kWh)
≤ 10 kW	HK\$ 5
> 10 kW - ≤ 200 kW	HK\$ 4
> 200 kW - ≤ 1 MW	HK\$ 3

The rates listed above are effective from 1 Oct 2018 onwards and will be reviewed regularly.



结论

- 海外太阳能光伏发电项目仍然发展很快，这和光伏系统价格的降低和环保意识的增强有关。
- 未来的海外光伏项目发展依然乐观，可再生能源发电是必然趋势。
- 分布式光伏电站快速发展，特别是人口密集地区；
- 香港最近几年是太阳能项目发展的黄金时期，FiT补贴项目的回收期大约为6-10年。
- 香港的太阳能光伏项目的潜力为46.7亿度电，可以用来提供香港全年总用电量的10.7%；



謝 謝

Q & A