



水电总院

新能源发展现状及趋势

水电水利规划设计总院 易跃春

2018年6月19日 北京





主要内容

1

全球新能源发展概况

2

中国新能源发展概况

3

新能源国际合作思考



全球新能源发展概况

- 1.1 发展历程及现状
- 1.2 发电成本及电价
- 1.3 发展趋势

以风能、太阳能等为代表的新能源，自1973年石油危机开始，在丹麦、德国、美国等国起步，逐步成长为许多国家替代能源技术的重要组成部分。大致分为三个发展阶段：

起步阶段

20世纪70年代

主要以技术学习
交流为主

可持续发展阶段

至20世纪末期

主要以试验示范
为主

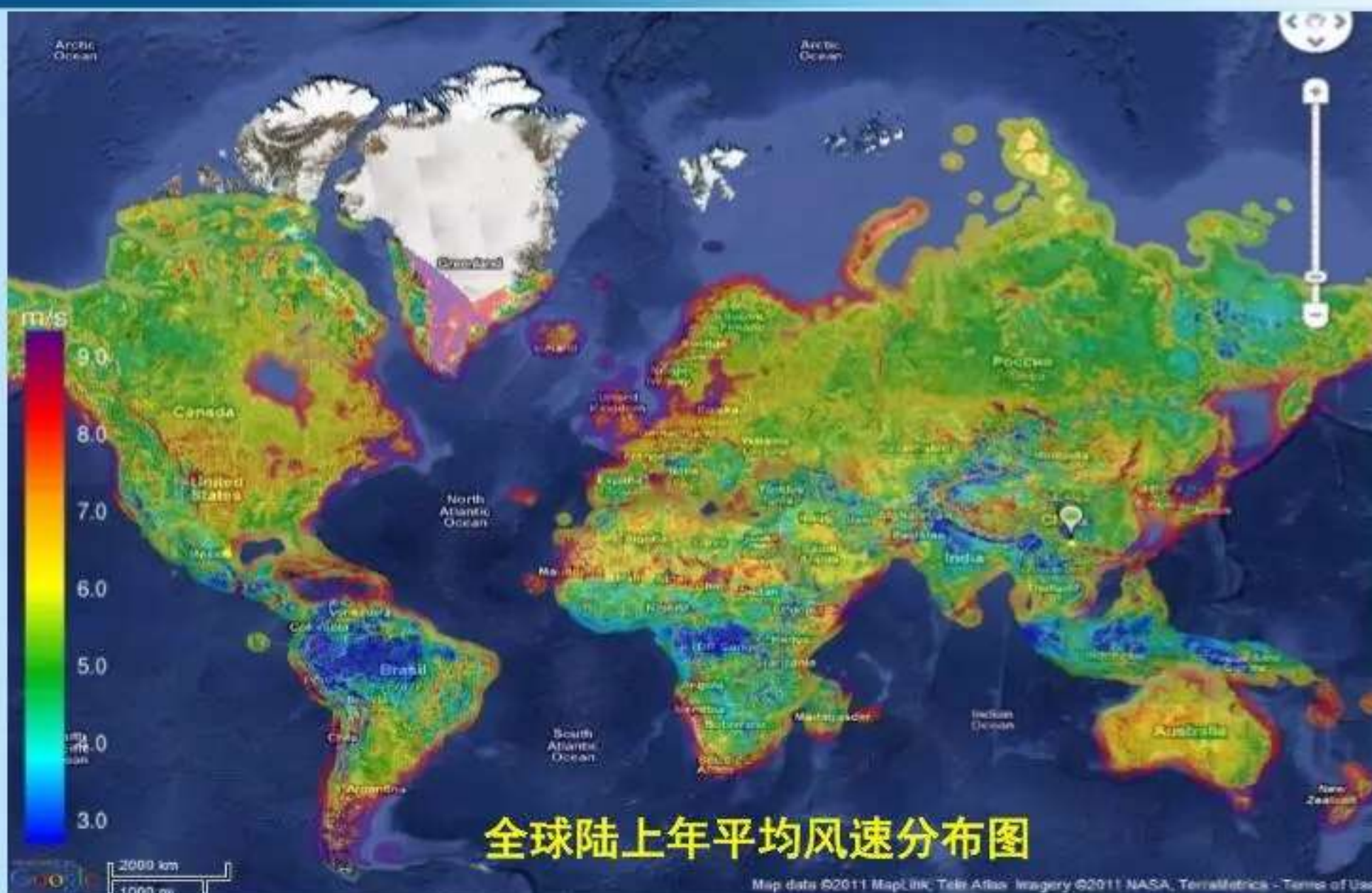
大规模应用阶段

21世纪初期

市场壮大、技术进
步、经济性提升



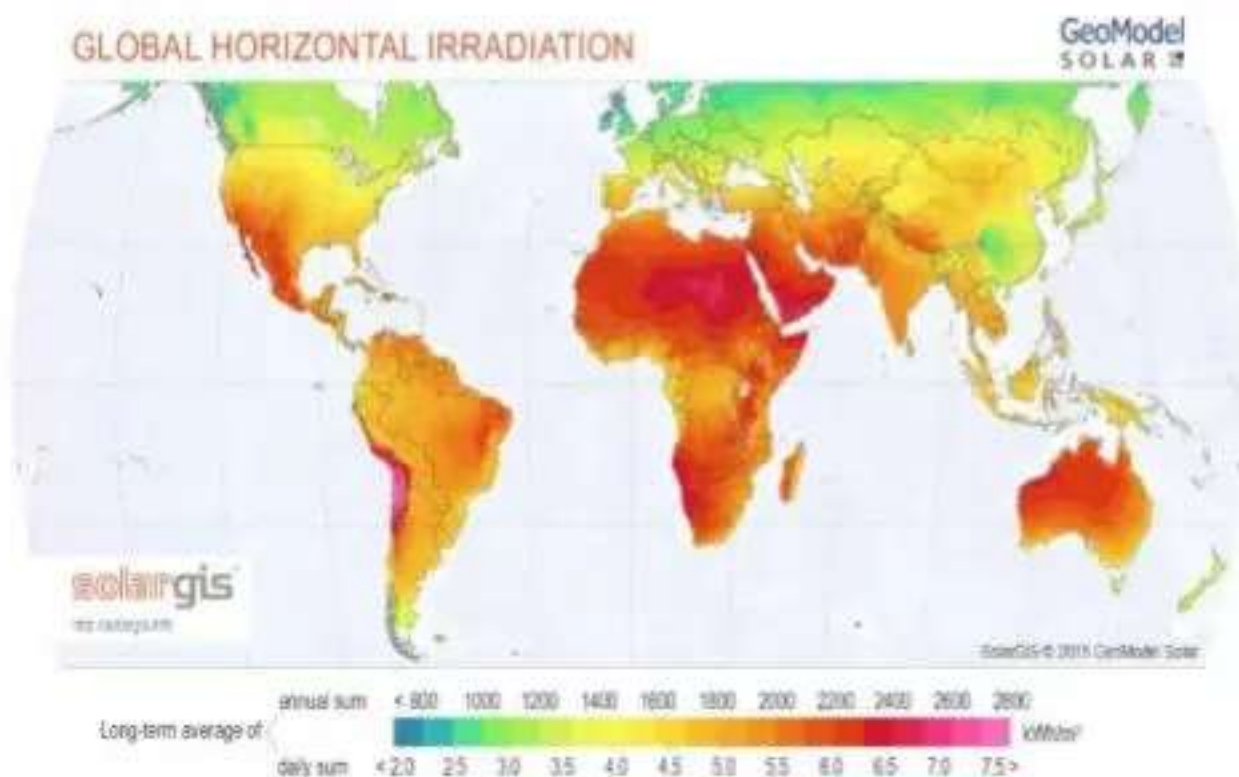
全球资源分布： 风能



8级以上的风能高值区主要分布于南半球中高纬度洋面和北半球的北大西洋、北太平洋以及北冰洋的中高纬度部分洋面上，大陆上风能则一般不超过7级，其中以美国西部、西北欧沿海、乌拉尔山顶部和黑海地区等多风地带较大。

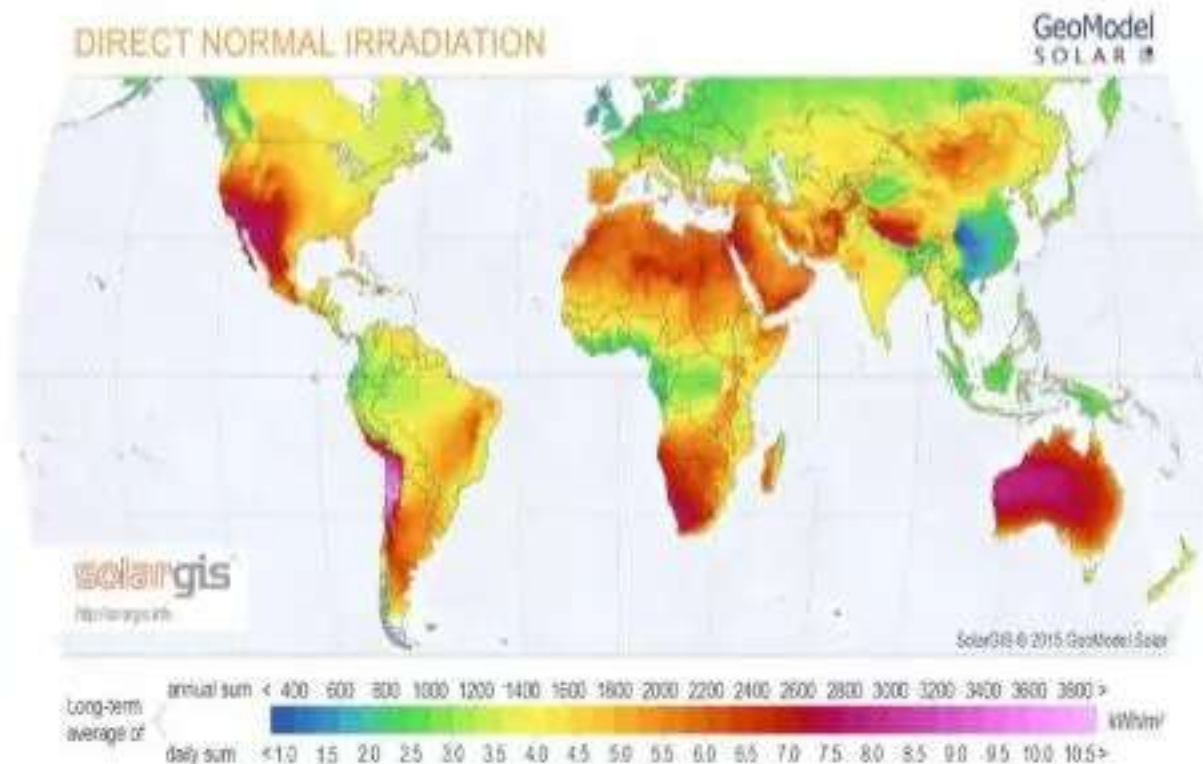
全球资源分布：太阳能

全球光照 GHI 指标



资料来源: Solargis

全球光照 DNI 指标



资料来源: Solargis

世界太阳能辐射强度和日照时间最佳的区域包括北非地区、中东地区、美国西南部和墨西哥、南欧地区、澳大利亚、南非地区、南美洲东、西海岸和中国西部地区等。

1.1 发展历程及现状

- 2017年全球可再生能源发电量占总发电量的**26.5%**
- 其中水电占**16.4%**，风电占**5.6%**，太阳能占**2.2%**

2017年全球及部分国家新能源装机结构

FIGURE 7. Renewable Power Capacities* in World, EU-28, and Top 6 Countries, 2017

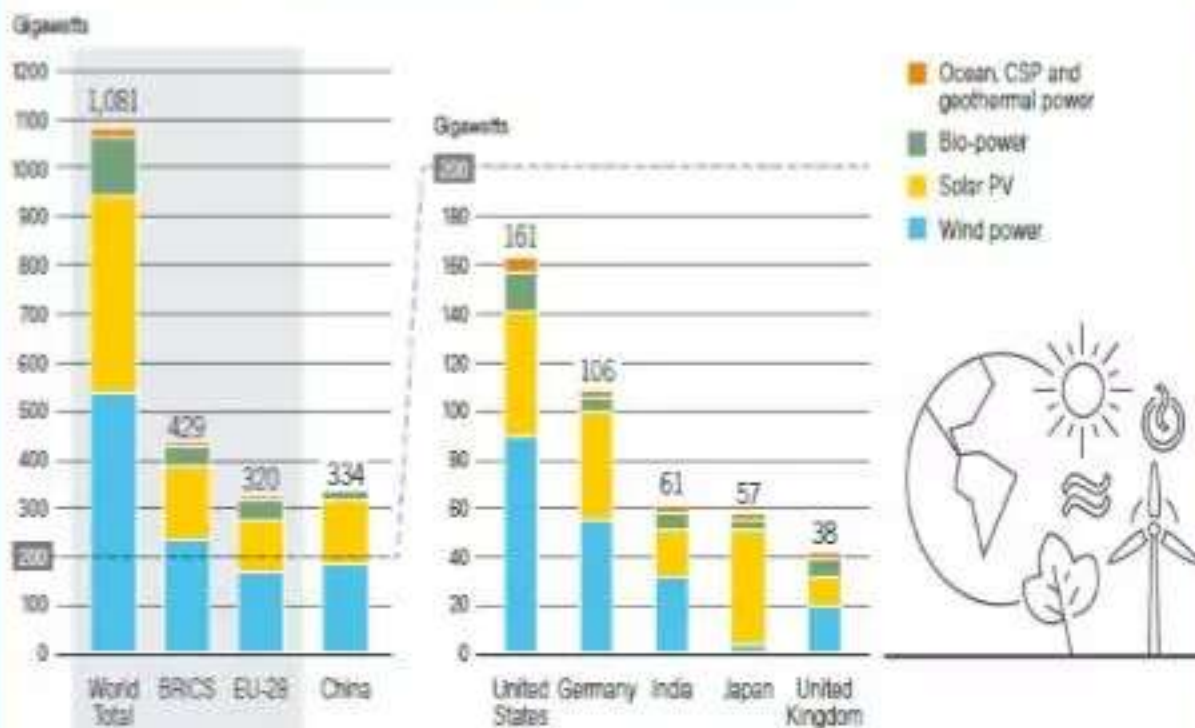


FIGURE 6. Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2017



2017年全球可再生 能源发电量占比情况

- 2017年全球新能源装机达**10.81亿千瓦**
- 其中中国新能源装机达**3.34亿千瓦**，体量超过欧盟，持续领跑全球

全球风电开发现状

- 截至2017年底，全球风电并网容量新增5249万kW，总装机容量达到5.39亿kW，累计年增长率达到17%，近4年每年新增装机在5000万kW以上，已有100多个国家开发了风电。全球风电开发进入稳步增长阶段

全球风电2008-2017年每年新增及累计装机容量



全球各主要区域风电开发现状

- 从区域看，亚洲的新增风电装机继续领跑全球，欧洲第二，北美第三。截止2017年底已有30个国家风电装机容量超过100万kW；9个国家的风电装机容量超过1000万kW，包括中国、美国、德国、印度、西班牙、英国、法国、巴西和加拿大。

全球主要区域2009-2017年风电新增装机

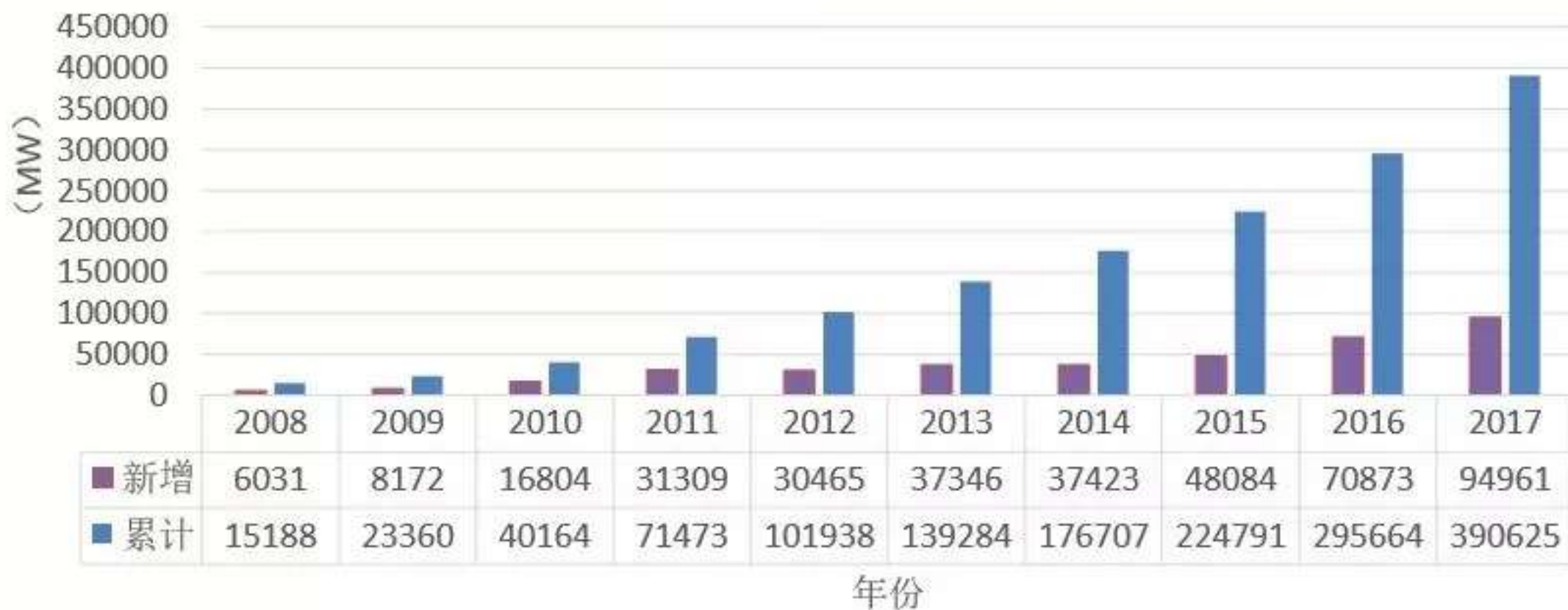


全球光伏发电开发现状

- 截至2017年底，全球光伏发电并网容量新增9496万kW，总装机容量达到3.91亿kW。自2015年开始，光伏进入爆发式增长阶段，2015、16、17年新增装机容量分别为4808.4万kW、7087万kW、9496万kW。2016年已超过风电成为新增容量最多的电源

全球光伏2008-2017年每年新增及累计装机容量

■ 新增 ■ 累计



全球光伏区域开发现状

- 全球光伏市场范围持续扩大，呈现全球规模化发展的趋势。从区域看，亚洲的新增光伏装机继续领跑全球，欧洲第二，北美第三，与风电基本一致。

全球主要区域2009-2017年光伏发电新增装机



全球新能源成本现状-风电

WIND POWER ONSHORE



WIND POWER OFFSHORE



Levelised Cost of Energy → USD/kWh 0 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30

Region	Levelised Cost of Energy (USD/kWh)
Africa	0.10
Asia	0.08
Central America and the Caribbean	0.12
Eurasia	0.08
Europe	0.10
Middle East	0.10
North America	0.08
Oceania	0.10
South America	0.08
China	0.08
India	0.09
United States	0.08

陆上风电平准化成本

Levelised Cost of Energy → USD/kWh 0 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30

Region	Levelised Cost of Energy (USD/kWh)
Africa	0.18
Asia	0.18
Central America and the Caribbean	0.25
Eurasia	0.18
Europe	0.18
Middle East	0.25
North America	0.25
Oceania	0.18
South America	0.18
China	0.18
India	0.18
United States	0.25

海上风电平准化成本

1.2 发电成本及电价

全球新能源成本现状-太阳能

SOLAR PV



光伏发电平准化成本

— = LCOE range ● = LCOE weighted average wa = weighted average

CONCENTRATING SOLAR THERMAL POWER (CSP)



光热发电平准化成本

全球新能源投资现状-陆上风电

部分国家和地区陆上风电单位千瓦建设投资

地区	单位千瓦投资 (平均值)		容量系数	年利用小时数
	USD/kW	RMB/kW		
非洲	2040	13272.85	0.37	3241
亚洲	1221	7944.192	0.25	2190
中美洲和加勒比地区	2184	14209.76	0.33	2891
欧亚大陆	1605	10442.61	0.37	3241
欧洲	1868	12153.77	0.29	2540
中东	1320	8588.316	0.2	1752
北美	1718	11177.82	0.4	3504
大洋洲	2124	13819.38	0.33	2891
南非	1829	11900.02	0.4	3504
中国	1197	7788.041	0.25	2190
印度	1097	7137.411	0.24	2102
美国	1648	10722.38	0.41	3592

(资料来源: RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT, 2017年12月31日汇率结算: 1美元=6.5063元人民币)

全球新能源投资现状-光伏发电

部分国家和地区光伏发电单位千瓦建设投资

地区	单位千瓦投资 (平均值)		容量系数	年利用小时数
	USD/kW	RMB/kW		
非洲	2172	14131.68	0.18	1577
亚洲	1248	8119.862	0.17	1489
中美洲和加勒比地区	1688	10982.63	0.17	1489
欧亚大陆	1904	12388	0.14	1226
欧洲	1294	8419.152	0.12	1051
中东	2487	16181.17	0.22	1927
北美	2084	13559.13	0.2	1752
大洋洲	1924	12518.12	0.22	1927
南非	2044	13298.88	0.2	1752
中国	1058	6883.665	0.17	1489
印度	971	6317.617	0.19	1664
美国	1869	12160.27	0.2	1752

(资料来源: RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT, 2017年12月31日汇率结算: 1美元=6.5063元人民币)

1.2 发电成本及电价

全球新能源投资现状-其他

海上风电单位千瓦建设投资

地区	单位千瓦投资 (平均值)		容量系数	年利用小时数
	USD/kW	RMB/kW		
亚洲	3260	21210.54	0.28	2453
欧洲	4355	28334.94	0.38	3329
北美	9667	62896.4	0.48	4205
中国	3249	21138.97	0.28	2453
美国	9667	62896.4	0.48	4205

光热发电单位千瓦建设投资

地区	单位千瓦投资 (平均值)		容量系数	年利用小时数
	USD/kW	RMB/kW		
非洲	7841	51015.9	0.39	3416
亚洲	4110	26740.89	0.28	2453
欧洲	7402	48159.63	0.32	2803
中东	6373	41464.65	0.29	2540
北美	7002	45557.11	0.35	3066
大洋洲	6673	43416.54	0.12	1051
中国	3223	20969.8	0.28	2453
印度	4228	27508.64	0.28	2453
美国	7002	45557.11	0.35	3066

1.2 发电成本及电价



1.2 发电成本及电价



从以上对比可以看出：

- 2017年风电标杆上网电价与国外相比，四类资源区上网电价偏高，一类资源区与加拿大风电上网电价持平。
- 2017年我国光伏发电标杆上网电价较高，但通过实施领跑者计划，光伏电价水平与国外相比处于中等偏下水平。
- 研究表明国内外风电光伏上网电价的差异主要由资源条件、建设投资、融资成本及财税政策等差异造成。其中，综合资源条件和设备性能的年利用小时数是影响上网电价的关键因素。

地区	风电单位千瓦投资 RMB/kW	年利用小时数 (h)	上网电价 美分/kWh	光伏单位千瓦投资 RMB/kW	年利用小时数 (h)	上网电价 美分/kWh
中东	8588.316	1752	暂无	16181.17	1927	1.7-2.42
南非	11900.02	3504	5.1	13298.88	1752	6.5
中国	7788.041	2190	6.7-8.8	6883.665	1489	4.9-7.4
印度	7137.411	2102	4.1	6317.617	1664	4-5
美国	10722.38	3592	3	12160.27	1752	5

国内外光伏电站案例对比分析

国内光伏发电典型项目需求上网电价分项组成

单位：元/千瓦时

项目	折算电价	占总电价比例
1 总成本费用	0.4230	61.28%
1.1 固定资产折旧费	0.2172	31.46%
1.2 运行维护	0.127	18.40%
1.3 利息	0.0787	11.40%
2 税负	0.1497	21.68%
2.1 增值税	0.1003	14.53%
2.2 所得税	0.0413	5.98%
2.3 税金及附加	0.0081	1.17%
3 净利润	0.1176	17.04%
4 合计	0.6903	100.00%

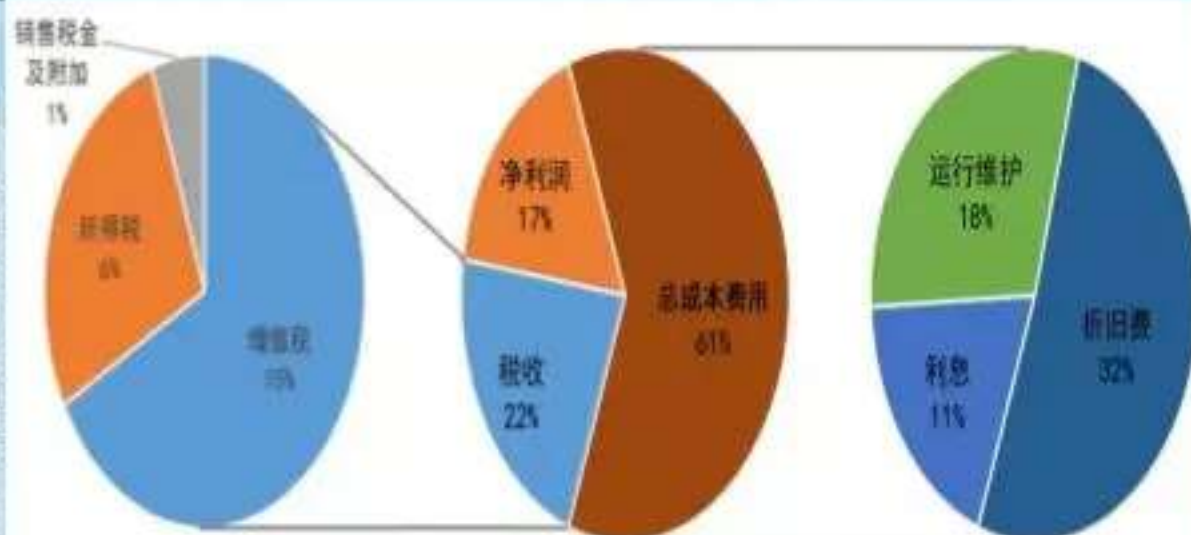
基本方案

装机容量：20MW

工程造价：7000元/千瓦

首年利用小时数：1300h

资本金财务内部收益率：8%



EPC、勘测设计等竞争部分仅占

30%,且比较透明;

政策由所在地决定, 谁都公平;

增值竞争在运维、融资、利润;

投资还需考虑资源产出。

国内外光伏电站案例对比分析

相关因素对上网电价的影响分析

序号	影响因素	因素变化量	因素变化比例	影响电价（元/度）	影响电价比例	
1	发电量	100小时	7.69%	0.0575	8.33%	
2	工程造价	500元/千瓦	7.14%	0.0436	6.32%	
3	利率	1%	20.00%	0.0320	4.60%	
4	税负	增值税返还	8.50%	50.00%	0.0329	4.77%
		免税	增值税17%所得税25%税金及附加10%	100.00%	0.0874	12.66%
5	资本金内部收益率	1%	12.50%	0.0165	2.70%	

年利用小时数变化幅度与电价变化幅度比例为0.93:1，是影响上网电价的关键因素。

1.2 发电成本及电价



首年2040, 多年
1800小时

已有升压站

免征地费及
税

国内免税
出口退税

不到2%
利率



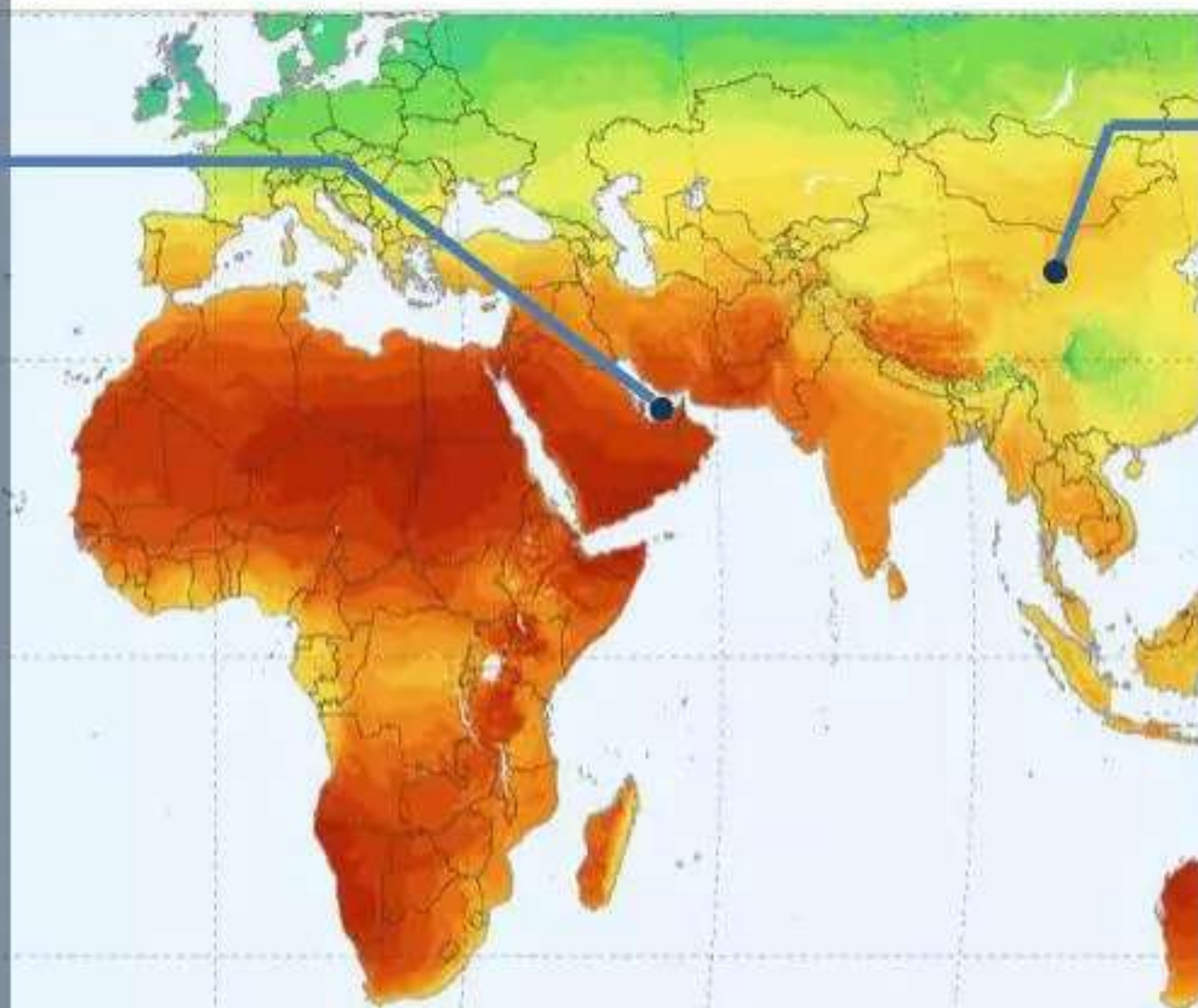
首年1300小时

自建升压站

有征地费用
及使用税

税 增值税、所得
税、关税.....

4.9%利率



国内外光伏电站建设条件差异

SolarGIS © 2013 GeoM... Solar



国内外光伏电站投资差异分析表

序号	项目名称	国内光伏单价 (元/瓦)	国外光伏单价 (元/瓦)
1	组件	3.1	2.3
	支架	0.4	
	基础	0.3	
	汇流箱	0.035	
	逆变器	0.23	1.8
	箱变	0.25	
	电缆及附件	0.46	
	其它设备	0.15	
2	安装费	0.35	0.3
3	建筑工程	0.3	0.28
4	110kV升压站及送出费用	0.6	0
5	土地费用	0.45	0
6	其他费用	0.35	0.35
	合计	7	5

国内外项目投资主要影响因素：设备出口退税，土地及送出工程谁建？

阿布扎比光伏电站电价敏感性分析

项目	数值	所需电价（元 /(kW·h)）	影响电价（元 /(kW·h)）	影响作用（与国内方 案相比）
发电小时数	首年2040，多年 1800小时	0.4399	-0.2504	-36.27%
工程造价	5000元/千瓦	0.5159	-0.1744	-25.26%
利率	2%	0.5964	-0.0939	-13.60%
税收	全免	0.6029	-0.0874	-12.66%
以上因素综合分析 资本金内部收益率8%		0.2521	-0.4382	-63.48%
资本金内部收益率4%		0.2233	-0.467	-67.65%
资本金内部收益率2%		0.2083	-0.482	-69.82%

我国可以通过技术进步提高组件转换效率和系统效率，有效控制工程价缩小与国际先进项目差距，但融资成本、税收优惠等政策，需要国家的统筹协调，给予支持，才能接近国际先进项目电价水平。**中国新能源以平价上网为目标比较现实。**

1.3 发展趋势



- 全球能源发展进入无碳时代。
从煤炭时代走向石油时代，进而转向天然气时代和可再生能源时代，是从高碳能源走向低碳能源，进而走向无碳能源的过渡期和必经阶段。



➤ 发展新能源是节能减排、防治大气污染、减少温室气体排放、调整能源

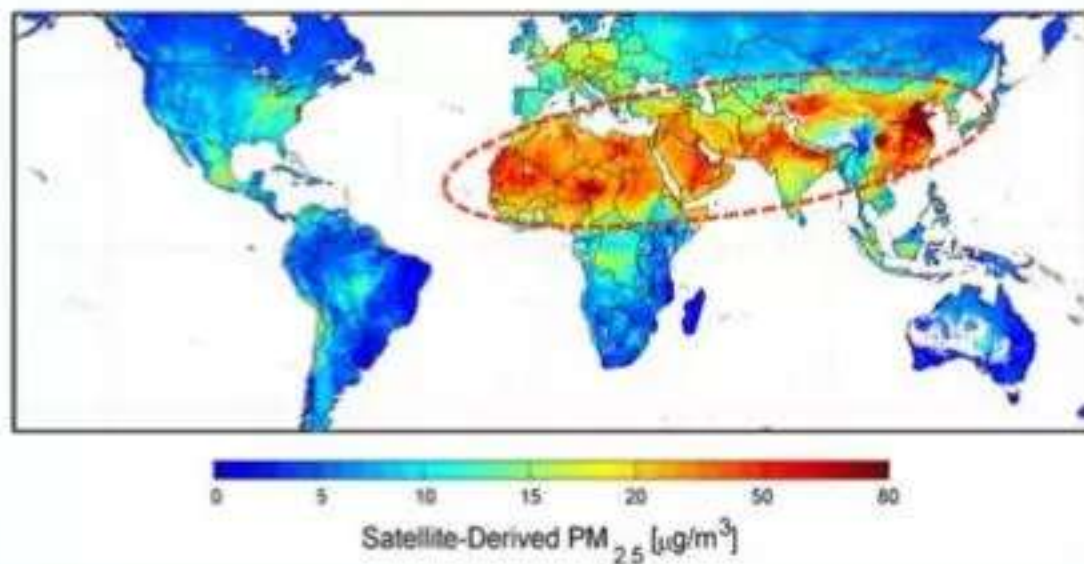
结构的重要抓手

全球主要国家能源消费结构



日益严重的雾霾危害、居高不下的二氧化碳排放量，使节能减排和大气污染治理迫在眉睫。

全球PM2.5浓度分布



➤ 可再生能源已成为全球能源转型及实现应对气候变化目标的重大战略举措

□ 目前，已有约176个国家制定了可再生能源发展目标

- 欧盟2010年提出2050年实现**100%** RE替代，
- 德国提出2050年RE发电占**85%**以上，
- 美国提出2050年RE发电占**80%**以上，
- 日本提出2050年非化石能源占**85%**以上，
- 香港2015.5.16日宣布2025年节能**4成**，
- ...
- 我国2050高比例**RE**路线图发布，可再生能源分达到能源消费比重的**60%**、电力比重的**85%以上**
- 2016年11月4日，《**巴黎协定**》**正式生效**，意味着化石能源的历史最早可能在本世纪中终结，人类正在开启可再生能源新纪元。

全球在行动——

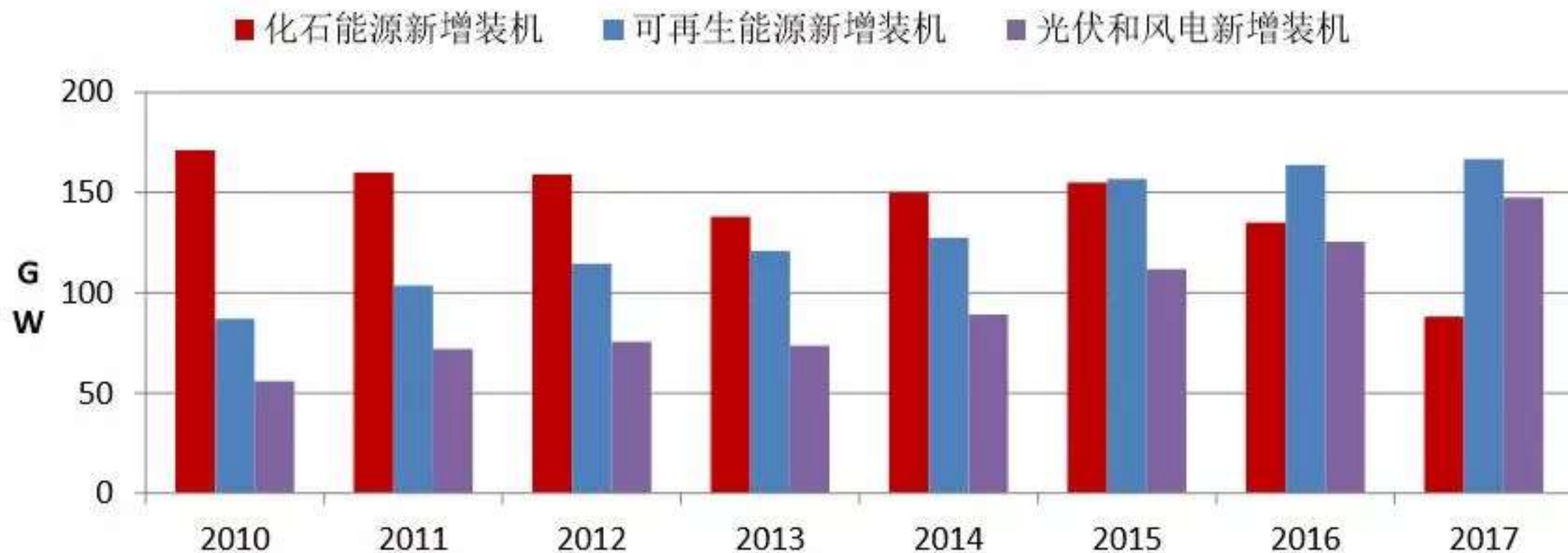
国家	2020年	2030年	2050年
美国	20%	40%	80%
日本	13.5%	20%	85%
德国	18%	30%	80%
意大利	17%	27%	50%
中国	15%	20%	60%

➤ 全球可再生能源装机规模实现新的突破

风电、光伏已成为新增电源装机的绝对主力

- 从2015年起，可再生能源新增装机首次超过新增化石能源装机，且可再生能源装机超过了所有化石能源发电装机总和，全球电力系统发生结构性转变。2017年，全球新增电力装机2.55亿kW，其中风电新增装机0.524亿kW，占比20.55%，光伏新增装机0.94亿kW，占比36.86%，风电光伏合计占全球新增装机的57.4%，已成为全球新增电力装机的绝对主力

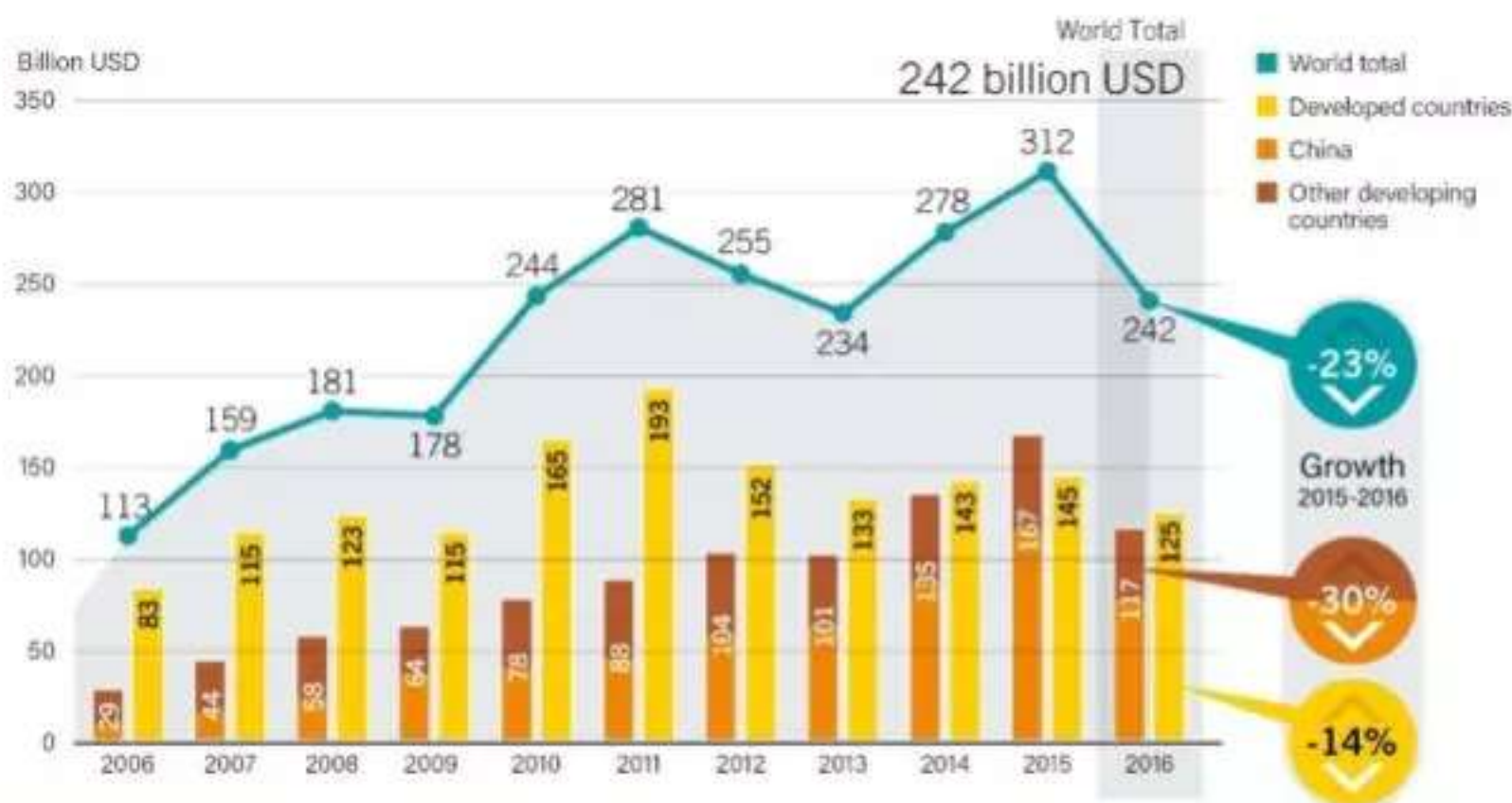
2010年来化石能源新增装机、可再生能源新增装机、光伏和风电新增装机对比



➤ 全球可再生能源装机规模实现新的突破

风电、光伏等可再生能源成为全球能源投资重心

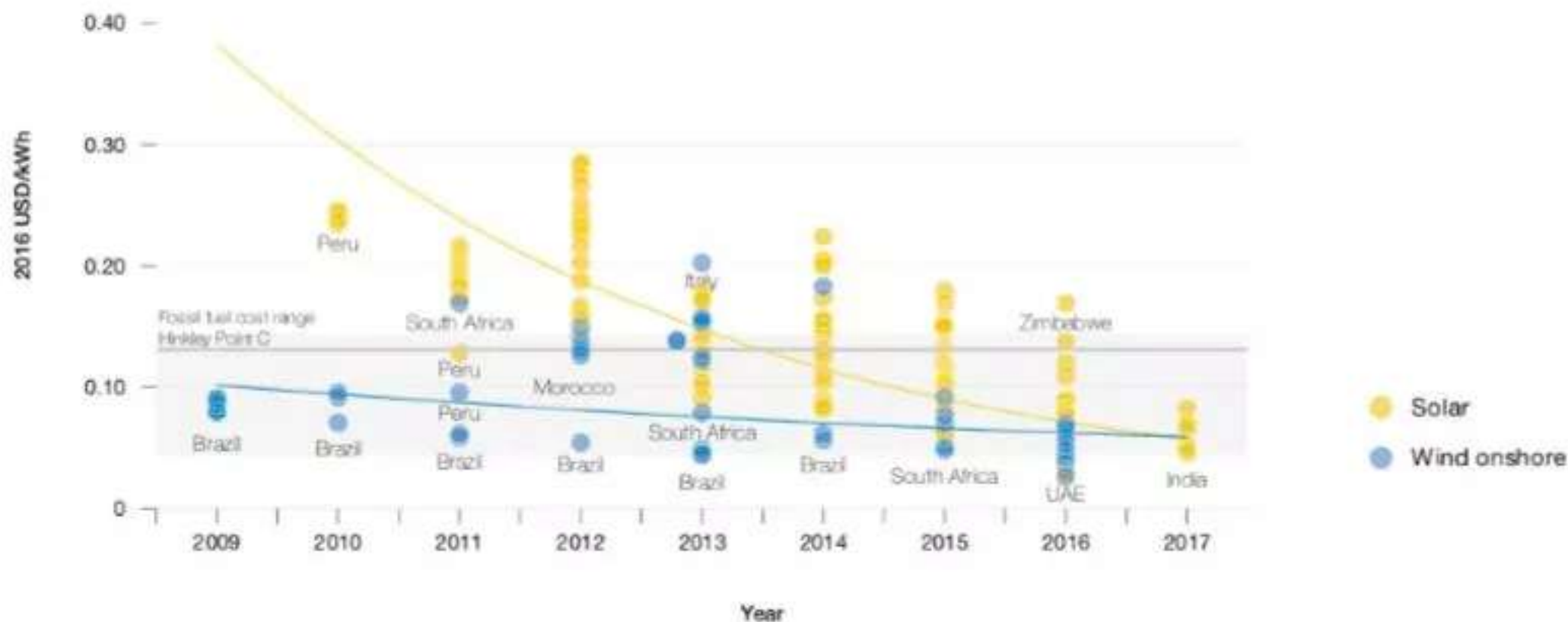
- 风电、光伏等可再生能源的长期前景更加稳定、投资风险不断下降，投资规模不断上升。2017年，全球可再生能源投资达到2789亿美元，相较于2016年的2416亿美元，增加了15.8%。发展中国家可再生能源投资比重不断增加。



2006~2016年全球可再生能源投资变化（十亿美元）

➤ 全球可再生成本快速下降，竞争力愈加明显

- 2017 年全球陆上风电平准化度电成本 (levelized cost of electricity, LCOE) 区间已经明显低于全球的化石能源，陆上风电平均成本逐渐接近水电，达到 6 美分/千瓦时。2017 年以来新建陆上风电平均成本为 4 美分/千瓦时。IRENA 预计随着技术进步，2019 年全球成本最低的风电、光伏项目的度电成本将达到甚至低于 3 美分/千瓦时，成为最经济的绿色电力之一



可再生能源发展前景巨大

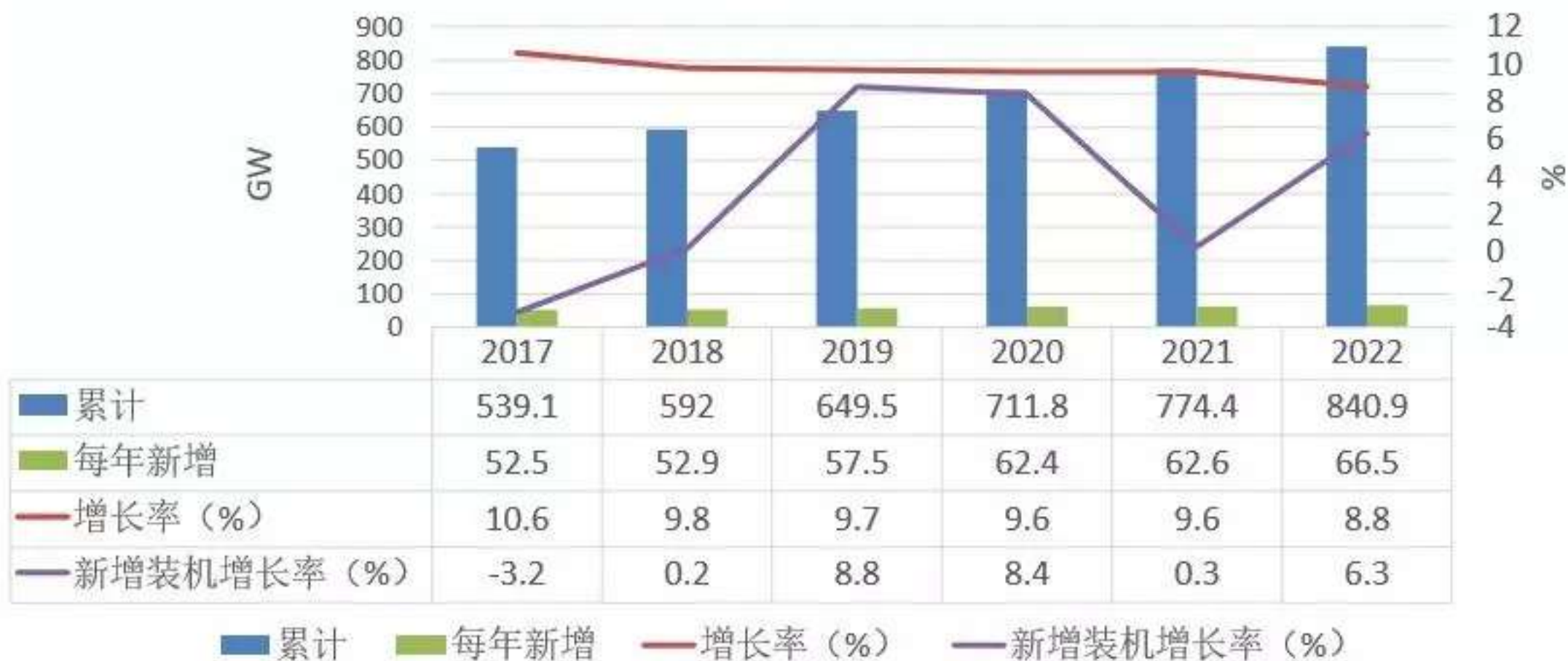
- 一方面，全球可再生能源资源蕴藏量丰富，具备巨大开发潜力。根据世界能源理事会《世界能源资源2016》，目前全球尚未开发的水能资源约合10万亿千瓦时/年，约占目前全球发电量的40%。全球风能资源储量约1.64万亿千瓦，陆上（南极洲除外）太阳能资源储量达到6.39万亿千瓦
- 另一方面，全球对发展可再生能源具备充足信心，根据国际可再生能源署的研究，2030年可再生能源在全球能源结构中的比例将达36%，各国也分别制定了可再生能源发展的宏伟目标。总体来看，全球可再生能源发展前景依然巨大



全球风电装机预测

- 根据世界风能协会预测，未来5年全球风电装机容量仍将保持9%左右的增长，预计2018年全球风电装机新增5290万kW达到5.92亿kW，2020年全球风电装机新增6240万kW达到7.12亿kW，2022年全球风电装机新增6650万kW达到8.41亿kW

全球风电装机发展预测（2018-2022）



全球光伏发电装机预测

根据欧洲光伏协会预测，未来5年光伏装机容量仍将保持17%左右的增长，预计2018年全球光伏装机新增8600万kW达到4.77亿kW，2020年全球光伏装机新增9700万kW达到6.65亿kW，2022年全球光伏装机新增1.24亿kW达到9.02亿kW。

全球光伏装机发展预测（2018-2022）





中国新能源发展概况

2.1 发展历程

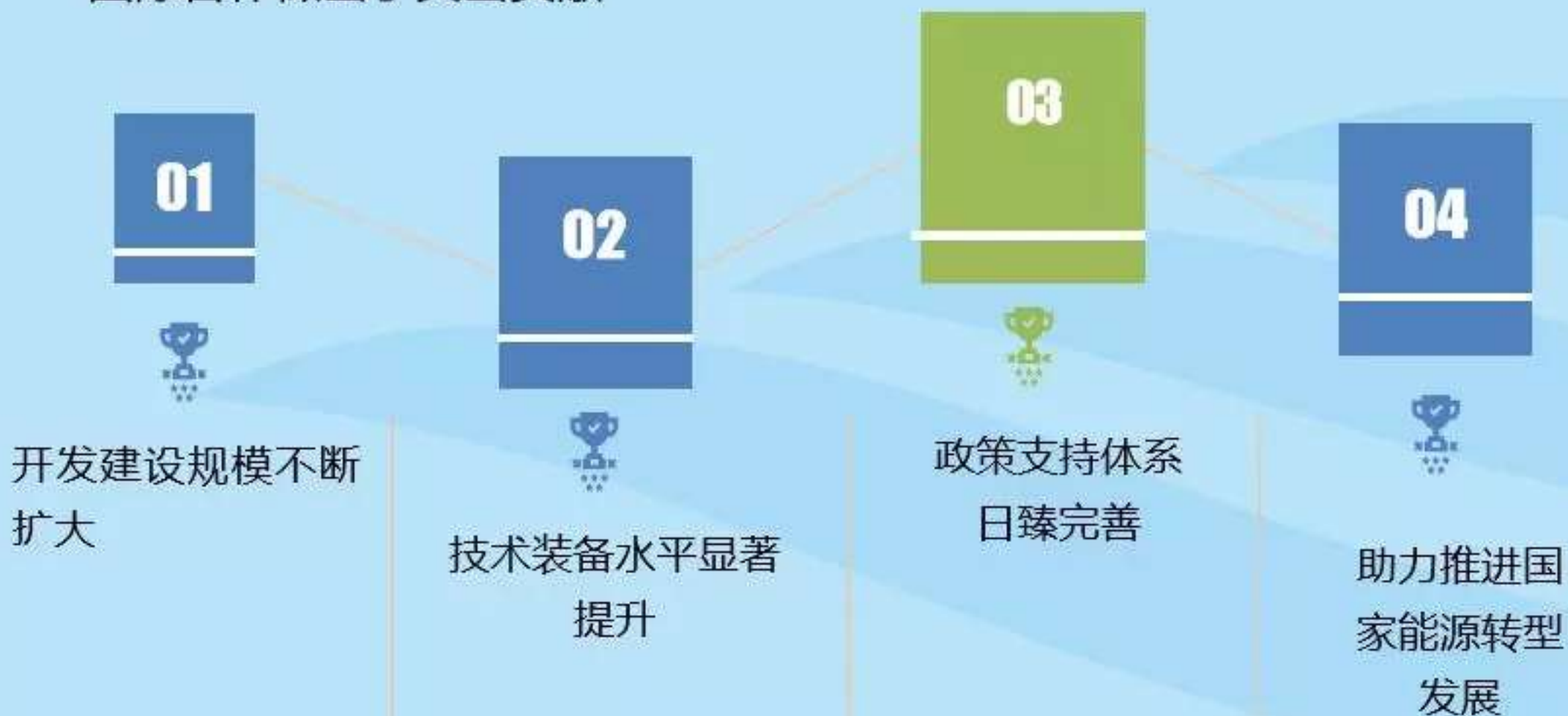
2.2 发展现状

2.3 存在问题

2.4 发展趋势

新能源发展历程

- 改革开放以来，我国新能源产业发展迅速，取得了世界瞩目的成就
- 为我国践行应对气候变化承诺、树立负责任大国形象、拓展能源外交与国际合作做出了突出贡献





2.1 发展历程

风电

- 我国并网风电始于20世纪80年代，已有30余年发展历史，共经历四个发展阶段



风电-应用示范阶段（1986年~1993年）

- 主要利用外国政府赠款建设小型示范风电场，或利用国家的资金资助，投资建设小型风电场项目或用于小型风电机组的研制
- 国家投入扶持资金，设立了国产风电机组攻关项目，支持风电场建设及风电机组研制，并相继建成福建平潭岛、新疆达坂城、内蒙古朱日和等并网风电场，在风电场选址与设计、风电设备维护等方面积累了一些经验



山东荣成马兰风力发电场- 1986年



2.1 发展历程

风电-产业培育阶段 (1994年~2003年)

1994年

风电规划正式纳入国家电力发展的计划
就近上网，电力部门全部收购风电电量

1995年

从“双加工程”中安排了8万千瓦风电装
机容量

制定规划
标准

解决风电
设备落后
问题

1994年

风中国福林公司和汕头电业局
联合成立了汕头风力发电公司

商业化开发
有益尝试

风电初具
规模

阶段性
成果

1997年

国家计委提出“乘风计划”，建立
合资公司
国产化率由40%逐步提高到78%

到2002年底

全国建成32个风电场，总装机规模达到
44.9万kW
我国风电产业逐步形成了商业化开发、
公司化运作的体制



风电-规模化发展阶段 (2004年~2012年)

01

- 2003年起连续组织了五期风电特许权项目招标
- 2009年国家发展改革委颁布了陆地风电上网标杆电价政策，明确了四类资源区风电上网电价

02

- 2006年《可再生能源法》实施，建立了稳定的风电补贴费用分摊制度
- 2009年修订《可再生能源法》制定实施可再生能源发电全额保障性收购制度

03

- 2008年，提出“建设大基地、融入大电网”的风电发展思路，推进河北、蒙东、蒙西等九个千万千瓦大型风电基地建设，在后续《风电发展“十二五”规划》中进一步明确发展部署

04

- 2010年，首个100兆瓦海上风电示范项目并网发电，海上风电特许权招标项目启动

- 2006年《可再生能源法》实施后，国家密集出台促进风电产业发展的系列政策支持文件，支持风能资源评价、规划编制和产业体系建设，实现风电自主化建设和风能资源的有序开发利用
- 到“十一五”末，我国风电累计装机达 44.7GW，超过美国跃居世界第一
- 2003年~2010年期间年均装机增速高达78%

风电-提质增效发展阶段（2013年~至今）

- ❑ “三北”等局部地区开始出现弃风限电现象，分散式接入风电项目、特高压输电线路有序推进，风电机组特殊环境的适应性和并网友好性显著提升，低风速风电开发的技术经济性增强
- ❑ “十三五”后，可再生能源发电全额保障性收购制度、配额制及绿色证书，建立风电监测预警机制，鼓励分散式风电发展，通过竞争方式配置风电项目
- ❑ 我国风电、光伏装机已位居全球首位，成为我国继煤电、水电之后的第三大电源

行业
规划

- 2016年《风电发展“十三五”规划》

风资源
测评

- 2013年，中国气象局、国家能源局和财政部共同组织实施了全国风能资源详查和评价工作，取得了风能资源分布和特性的数据成果

预警
机制

- 2016年7月，国家能源局发布《关于建立监测预警机制促进风电产业持续健康发展的通知》
- 2018年4月，国家能源局发布《分散式风电开发建设暂行管理办法》对分散式风电项目建设技术以及上网模式均做出了明确的规定

太阳能

□ 我国光伏发电建设始于上世纪70年代，已经经历了四十余年的发展

光伏小规模发展阶段（1987-2000）

- ◆ 光伏发电市场发展缓慢，很长时间内仅用于小功率电源系统
- ◆ “六五”和“七五”期间国家对光伏应用示范项目给予支持
- ◆ 96年前，光伏发电只有零星的应用

制造业快速发展阶段（2001-2009）

- ◆ 从00年开始，制造业异军突起，出现了一批颇具实力的光伏制造业厂家，如尚德、阿特斯与赛维、英利等
- ◆ 2002年后，国家先后启动一系列项目，光伏市场有所增长
- ◆ 2006年《可再生能源法》实施，光伏利好环境开始建立
- ◆ 到2008年底，累计投运容量14万千瓦，具备快速发展条件
- ◆ 2009年启动第一轮大型光伏特许权招标项目
- ◆ 一批光伏应用示范项目启动，崇明岛示范项目

太阳能

全产业链规模化
发展阶段
(2010-2016)

- ◆ 2010年我国启动了第二轮大型光伏特许权招标项目
- ◆ 2013年国务院发布《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》后，各类政策文件密集出台，迅速营造出有利于产业发展的配套政策环境
- ◆ 各地方政府也积极支持光伏产业及市场发展，纷纷出台相关支持性政策
- ◆ 光伏全产业链完善，市场规模扩大，分布式光伏开始推广
- ◆ 进入“十三五”时期，光伏发电发展速度进一步加快

提质增效发展阶
段 (2017-至
今)

- ◆ 截至2017年底，我国光伏发电累计并网容量突破1亿千瓦，年发电量突破了千亿千瓦时大关
- ◆ 光伏开始摆脱对量和规模的追求，进而注重质量，先进技术、降成本、领跑者基地，竞争性配置等政策导向促使光伏行业提质增效，趋于市场化发展