



FUTURE

光期研究：美国新能源行业系列专题（二）——光伏篇

光大期货研究所

光期有色团队

有色总监：展大鹏

从业资格：F3013795

投资咨询：Z0013582

有色分析师：刘轶男

从业资格：F3030849

投资咨询：Z0016041

有色分析师：王珩

从业资格：F3080733

投资咨询：Z0020715

有色分析师：朱希

从业资格：F03109968

光期宏观金融团队

宏观金融分析师：赵复初

从业资格：F03107639

撰写日期：

2024 年 7 月 4 日

期市有风险

入市需谨慎

近些年来，美国电力结构经历着急速变革，美国风光发电成本稳步下降。2023 年美国太阳能发电量占美国电网新增发电量的 53%，首次达成过半目标。2024 年一季度，美国太阳能发电量再创新高，太阳能发电占比达到美国电网新增发电量的 75%。过去十年美国光伏装机年均增长率在 25%。2023 年美国新增光伏装机量达 40.3GW，同比 2022 年显著增长 76.2%，成为历史最高增幅，2024 年第一季度美国新增光伏装机量 11.8GW，仅次于 2023 年四季度。

受光照条件、州级可再生能源配额目标和清洁能源配额、电量管理和电价激励等条件综合影响，美国光伏资源分布由南至北形成递减趋势。其中加利福尼亚、德克萨斯和佛罗里达具备较高的光资源储备，加利福尼亚、马萨诸塞和纽约在建立强有力的能源效率方面处于领先地位。

基于净电量结算方式，美国联邦提供投资税收返还、加速折旧、投资直接补助等优惠政策，形成光伏租赁业务、PPA 等创新业务模式。在联邦政府补贴基础上，大多数州政府支持减免全部的财产税和销售税，不同区域和电力公司针对符合条件的光伏系统给予额外补贴。包括投资现金返还、度电补贴、税收减免、绿色电力牌照等。过去十年美国光伏组件平均安装成本降幅超过 40%，助力光伏产业在美国普及范围迅速扩大，其中公用事业端低成本相对其他终端应用具有显著竞争力。户用硬件成本在过去 10 年降幅明显，但软成本远高于全球其他发达太阳能市场，严重拖累居民端光伏装机增速。

2023 年 4 月美国针对加利福尼亚州实施太阳能新政 NEM（Net Energy Metering）3.0，加州地区由 NEM2.0 净计量模式转为 NEM3.0 净计费模式。新政大幅削减对加州屋顶光伏业主余电上网的补偿，加州居民端新增装机量同比和环比均出现下滑。从最新的数据来看，佛罗里达州新增超越德克萨斯州，成为今年开端最具增长潜力的地区。

值得注意的是，NEM3.0 意在降低用户的平均上网电价，激励加州电池储能的发展，推动户用储能的配套安装。形成潜在负面影响包括降低短期太阳能投资回报率、拉长投资回报周期，进而导致户用屋顶光伏项目投资速度开始放慢。此外，企业事业采购中新签约项目是美国光伏新增装机的主要驱动力，企业和国家规定的清洁能源目标将在未来继续推动公用事业端光伏装机增速维持强劲态势，但仍不能忽略美国劳动力不足问题和高压设备可用性和安全性等因素对于实际装机成效的限制。

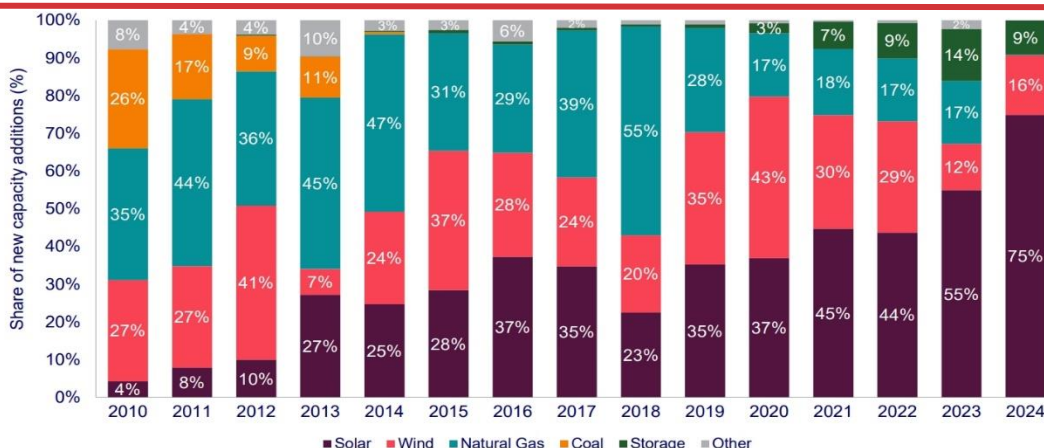
光期研究：美国新能源行业系列专题（二）——光伏篇

1. 美国新能源发展概况

1.1 美国新能源市场情况

从“石油美元框架”到“清洁能源革命”，从“经济新增长”到“产业竞争力”，美国自 1973 年石油危机以来，通过不断进行产业政策激励，大力推进可再生能源建设，不断刺激能源结构转型。2019 年对于美国来说是具有里程碑意义的一年，据 BNEF，美国可再生能源行业的总投资 555 亿美元，增幅 28% 超过欧洲；据 FERC 和美国能源信息署(EIA)，至 2019 年 4 月美国可再生能源提供了 23% 的发电量，首次创纪录地超越占比 20% 的煤电。至 2019 年 7 月美国可再生能源的新增装机量超过了天然气，正式宣告天然气退出美国主能源地位。

图表：2010 年至 2024 年一季度美国发电结构



资料来源：Wood Mackenzie、SEIA、光大期货研究所

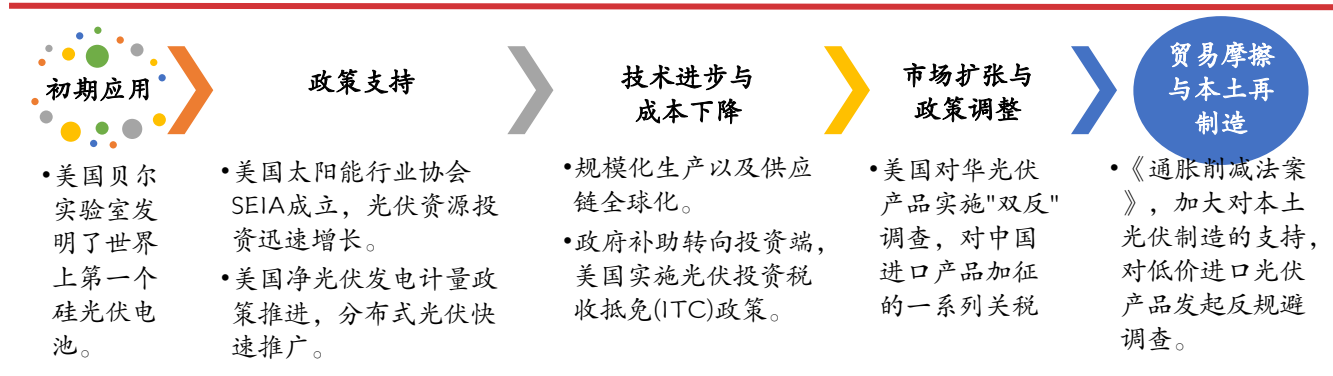
近些年来，美国电力结构经历着急速变革，联邦税收抵免政策退坡刺激，以及各州积极明确实现 100% 可再生能源、清洁能源的目标带动下，美国风光发电成本稳步下降。2023 年美国太阳能发电量占美国电网新增发电量的 53%，首次达成过半目标。在实现创纪录的增长后，2024 年一季度，美国太阳能发电量再创新高，太阳能发电占比达到美国电网新增发电量的 75%。

1.2 政策驱动下的美国光伏

自世界上第一个硅光伏电池诞生以来，美国光伏产业经历了从起步到快速发展，再到贸易摩擦与本土制造的过程。从初期的生产成本过高无法大规模应用，到如今的美国光伏产业不断发展壮大，美国光伏产业成为全球光伏产业的重要组成部分，其核心驱动离不开美国政府的政策支持。

在政策大框架下，产业发展方向受到技术进步、市场需求、国际贸易环境等多重因素的推动。美国针对光伏政策不断调整，也使得全球光伏产业的发展面临着诸多不确定性。

图表：美国光伏产业的发展历程



资料来源：公开资料整理，光大期货研究所

美国光伏产业发展大体上可分为以下几个阶段：

初期应用阶段（1954 年—1970 年代）：1954 年，美国贝尔实验室发明了世界上第一个硅光伏电池，标志着光伏技术的诞生。但由于生产技术与成本的限制，使得光伏在美国的应用规模较小，主要用于特殊领域，如卫星和偏远地区的供电。

政策支持阶段（1970 年代—2000 年）：1973 年石油危机后，美国开始重视太阳能等可再生能源的开发，光伏产业得到政策支持。美国太阳能行业协会 SEIA 的成立使得美国光伏资源投资迅速增长。在美国净光伏发电计量政策的支持下，美国本土分布式光伏系统的安装得以快速推广。

技术进步与成本下降（2000 年—2010 年）：2000 年后，随着技术的进步、规模化生产以及供应链全球化的推动下，光伏成本开始显著下降，政府补助转向投资端，光伏产业进入快速发展期。尤其是 2005 年以来美国实施光伏投资税收抵免(ITC)政策，进一步促进了光伏产业的发展。2010 年，美国光伏装机容量达到 1 吉瓦，加利福尼亚州占了当时所有光伏装机容量的一半。

市场扩张与政策调整（2011 年—2020 年）：随着光伏技术的不断更新与市场化推广的迅速增长，美国光伏产业的重心逐步转向如何降低光伏成本和提高光伏发电的经济性。与此同时，自 2012 年开始，美国对华光伏产品实施"双反"调查，对中国光伏产业造成一定冲击，尤其是特朗普时期对中国进口产品加征的一系列关税，使得中美光伏产业间的联系变得更加脆弱。

贸易摩擦与本土再制造（2020 年至今）：2022 年，美国通过《通胀削减法案》，加大对本土光伏制造的支持，同时对低价进口光伏产品发起反规避调查。但伴随着进口关税豁免到期的不确定性逐渐增加，美国光伏产业未来发展方向仍需观察。

1.3 美国光伏产业新政

为了解决美国社会面临的气候变化、贫富不均、通货膨胀以及能源结构等问题，2022 年 8 月，拜登政府在 2021 年《重建美好未来法案》（Build Back Better, BBB）的基础上签署《通胀削减法案》（Inflation Reduction Act, IRA）。相较于 BBB 法案，IRA 法案中涉及新能源的条款更多，其在支出规模、支出结构以及补贴政策等方面都进行了一定调整。这些补助措施旨在加速美国新能源转型力度，促进新能源产业的快速发展，并推动美国向低碳经济转型。

图表：美国《通胀削减法案》中针对光伏产业相关规定

时间	2022	2023-2033	2034*	2035	2036
1MW 以下项目（2023 年 1 月 1 日开始实施）					
基础 ITC	30%	30%	22.5%	15%	0%
满足本土制造	10%	10%	10%	10%	10%
能源社区	10%	10%	10%	10%	10%
低收入社区要求-每年豁免不超过 1.8GW					
新市场	10%	10%	7.5%	5%	0%
既有市场	20%	20%	15%	10%	0%
满足劳动力需求的项目					
基础 ITC	24%	24%	18%	12%	0%
满足本土制造	8%	8%	6%	4%	0%
能源社区	8%	8%	6%	4%	0%
临时性豁免（财政部发布指导意见后 60 天内）					
基础 ITC	6%	6%	4.5%	3%	0%
满足本土制造	2%	2%	4.5%	1%	0%
能源社区	2%	2%	4.5%	1%	0%

资料来源：IRA，公开新闻，光大期货研究所

2022 年通过的《通胀削减法案》加大了对光伏产业的投资税收抵免（ITC）的覆盖范围和力度，并恢复了光伏项目的生产税收抵免（PTC）。其中 ITC 政策将第二次延期至 2034 年，并将符合条件项目的 2022-2032 年的基础税收抵免提升至 30%（此前为最高 30%），最终在 2033 和 2034 分别退坡至 26%和 22%。在 ITC 的各项补贴要求中，本土化制造的界定要求对中国光伏企业可能有一定的限制影响。细则表示在可获补贴的可再生能源发电产品系统必须满足的要求是：

1) 钢铁部分需 100%来自美国本土, 2) 构成系统的“制成产品”中美国本土制造价值量占比超过 40%, 2023-2025 年占比逐年提升至 45%/50%/55%, 满足要求即可获得 10%的额外补贴。若 2034 年未能达到“清洁能源发电排放降低 75%”的目标, 则光伏项目补贴退坡将会顺延, 并在减排目标达标后一年开始实施。

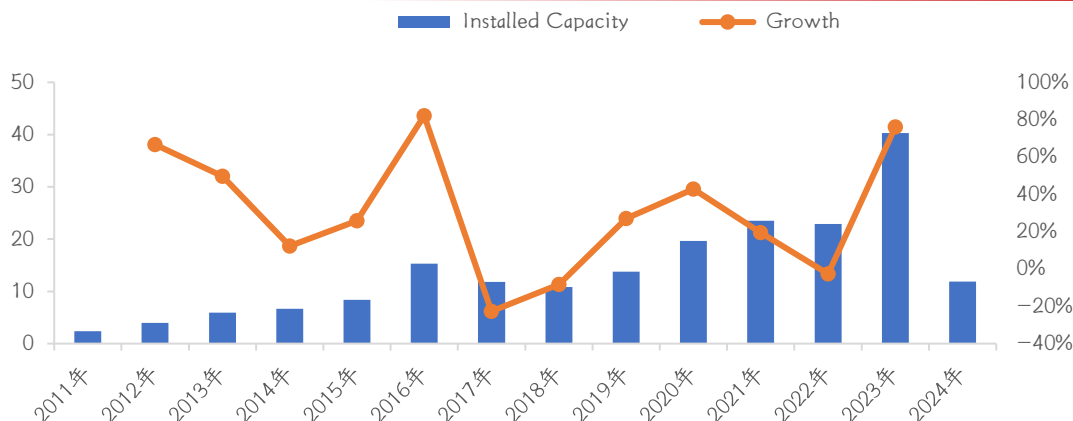
同时, PTC 政策抵免按照项目规模 1MW 进行区分, 超过 1MW 项目增加工资和岗位数量要求, 项目均有约 2.75 美分/kWh 的基础补贴抵免, 且抵免额度随通胀调整。满足本土化制造、能源社区要求的项目可额外分别+10%的补贴。PTC 政策将延续至 2032 年, 最高抵免额度可达 1.8 美分/kWh。另外, 如果光伏产品在美国本土生产, 可以额外获得补贴, 这可以使得光伏电站项目的制造端约可补贴 50%。

除了 ITC 与 PTC 以外, 美国光伏产业还有多个额外补贴, 包括本土化制造、能源社区和低收入社区要求 (5MW 以下项目), 最高补贴幅度可达到 70%。例如, 对组件补贴 7 美分/瓦, 电池 4 美分/瓦, 硅片 12 美元/平方米, 多晶硅料 3 美元/公斤。同时, 美国能源部还提供特定项目的光伏补贴, 例如 First Solar 获得的 2100 万美元光伏补贴。

2. 美国光伏市场情况

得益于强有力的联邦政策, 在投资税收抵免、成本的迅速下降以及美国对清洁电力的需求不断增加等因素共同作用下, 过去十年美国光伏装机年均增长率在 25%。2023 年美国新增光伏装机量达 40.3GW, 同比 2022 年显著增长 76.2%, 成为历史最高增幅的一年, 突破 40GW 大关。

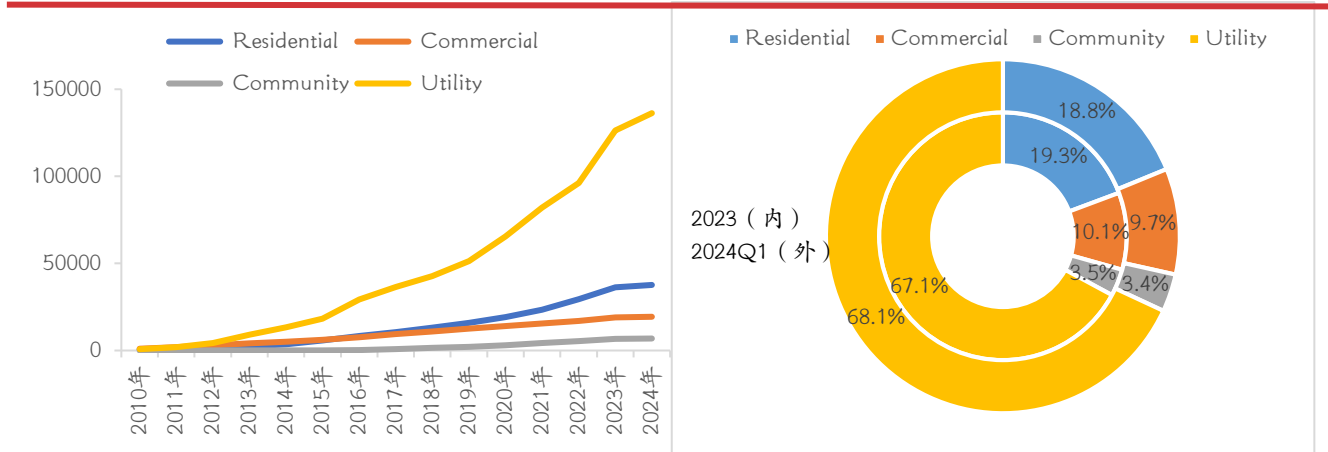
图表: 2010-2024Q1 美国新增光伏装机量及增速 (单位: GW; %)



资料来源: SEIA、光大期货研究所

我们一般将美国光伏通过终端应用划分为居民端、商用端、社区端及公用事业端。2023 年居民端新增装机 6.8GW，同比增长 14.1%，创下历史新高；商用端新增装机 1912.8MW，同比增长 22.7%，打破了 2017 年增长记录。社区端新增光伏装机量达 1148MW，同比增长 3%；公用事业端新增光伏装机量达 22.5GW，同比增长 77%。

图表：2010–2024 Q1 美国终端光伏累计装机量（单位：MW）图表：2023 及 2024Q1 美国终端累计装机占比

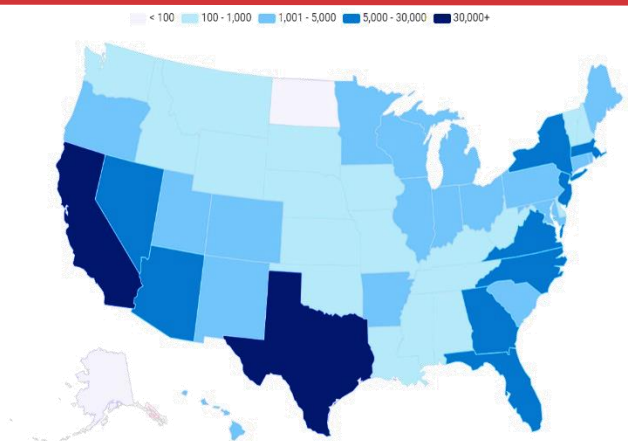


资料来源：SEIA、光大期货研究所

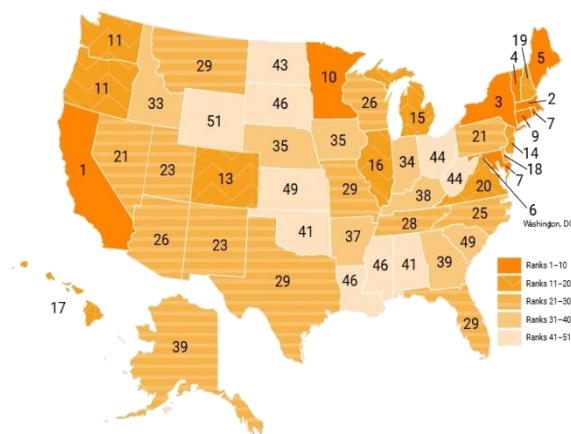
截至 2024 年一季度末，美国新增光伏装机量 11.8GW，仅次于 2023 年四季度。其中居民端总占比达 18.8%，商用端总占比达 9.7%，社区端总占比达 3.4%；公用事业端总占比达 68.1%。美国安装的太阳能累计装机容量正式超过 200 GW，共为 3600 多万户家庭供电。

3. 各州光伏市场概况

图表：美国各州光伏资源分布



图表：美国各州清洁能源效率排名

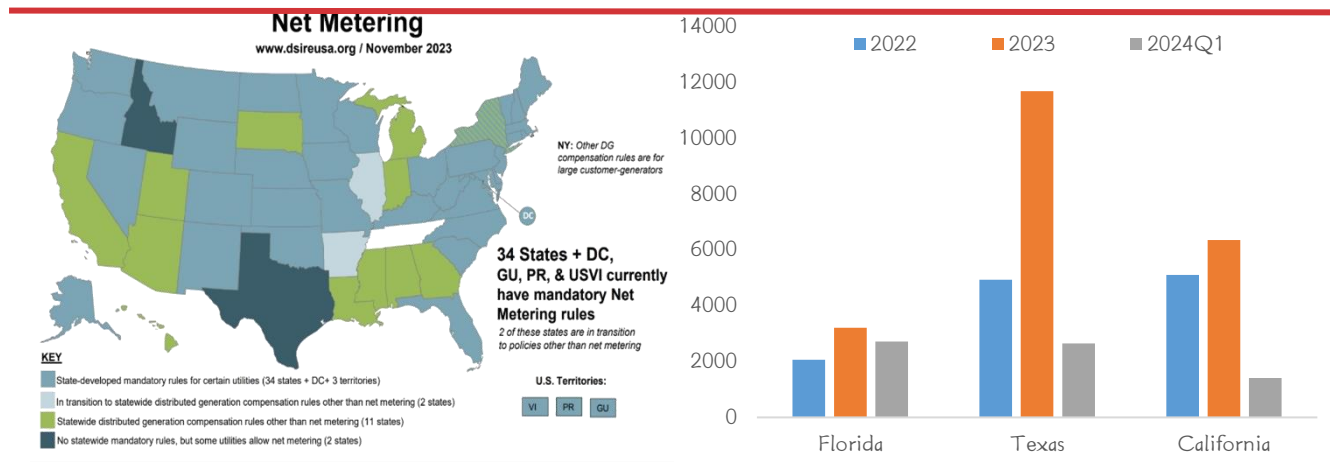


资料来源：SEIA、Dashboard、光大期货研究所

美国光伏资源分布受光照条件、州级可再生能源配额和清洁能源配额目标、电量管理和电价激励等条件综合影响，由南至北形成递减趋势。其中加利福尼亚、德克萨斯和佛罗里达具备较高的光资源储备，加利福尼亚、马萨诸塞和纽约在建立强有力的能源效率方面处于领先地位。

图表：美国各州净计量政策

图表：2022–2024Q1 美国 TOP3 新增装机量（单位：MW）



资料来源：DSIRE、SEIA、光大期货研究所

净计量政策（NEM，Net Energy Metering）要求电力公司从用户总消费电量中扣除其自发的可再生能源电量，用户只需要为净电量付费。若产生剩余电力，用户可存入账户供未来长期使用，或在结算期以小于等于零售电价的价格出售给电力公司。

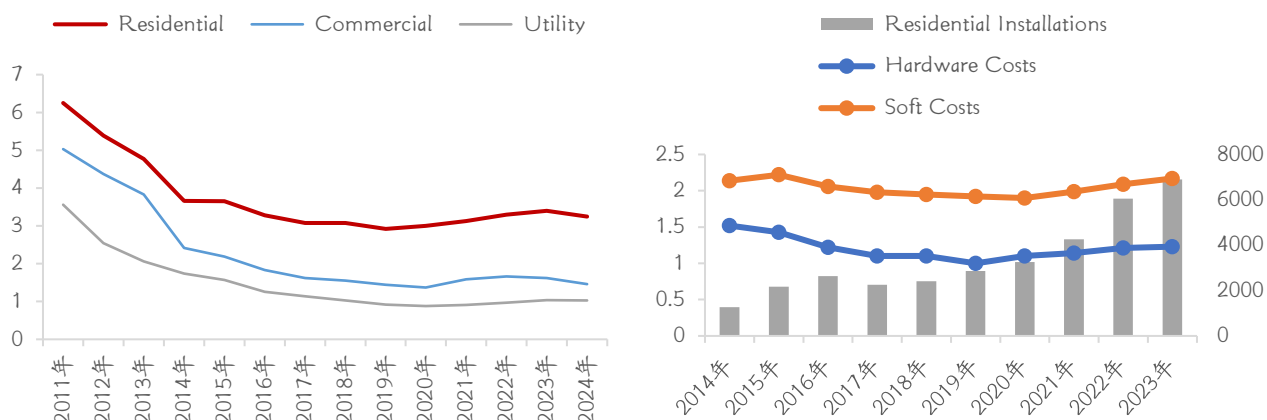
截至 2023 年 11 月，美国各州实施净计量政策情况如下：

- （1） 实施强制净计量政策：共 34 个州、一个哥伦比亚特区以及三个海外领地包括 Virginia 弗吉尼亚、Guam 关岛和 Puerto Rico 波多黎各；
- （2） 正向非计量补偿措施过度：共 2 个州包括 Arkansas 阿肯色州和 Illinois 伊利诺伊州；
- （3） 实施非净计量的其他强制补偿政策：共 11 个州包括 California 加利福尼亚州、Arizona 亚利桑那州、Utah 犹他州、South Dakota 南达科他州、Indiana 印第安纳州、Michigan 密歇根州、Georgia 佐治亚州、Louisiana 路易斯安那州、Mississippi 密西西比州、Alabama 阿拉巴马州以及 New York 纽约（对大型产销发电补偿）；
- （4） 未实行强制净计量政策，但州内电力公司提供净计量服务：共 2 个州包括 Texas 德克萨斯州和 Idaho 爱荷华州。

基于净电量结算方式，美国联邦提供了投资税收返还、加速折旧、投资直接补助等优惠政策，为光伏产业提供了更好的融资环境，孕育出光伏租赁业务、PPA 等创新业务模式。在联邦政府补

贴基础上,美国大多数州政府支持减免全部的财产税和销售税,不同区域和电力公司还可能针对符合条件的光伏系统给予额外补贴。提出包括投资现金返还、度电补贴、税收减免、绿色电力牌照等。这些补贴政策旨在降低光伏系统的采购和持有成本,推动美国光伏产业的发展,并助力实现清洁能源转型目标。

图表: 美国光伏组件平均安装成本 (单位: 美元/W) 图表: 美国居民端光伏组件硬件及软成本 (单位: 美元/W)



资料来源: SEIA、光大期货研究所

政策逐步发力后,过去十年美国光伏组件平均安装成本降幅超过 40%,助力光伏产业在美国普及范围迅速扩大,至今全国范围内部署了数千个系统,其中公用事业端低成本相对其他终端应用具有显著竞争力。户用硬件成本在过去 10 年降幅明显,但软成本包括 SG&A、许可、检查、互连和员工工资等远高于全球其他发达太阳能市场,且近些年出现一定反弹,严重拖累居民端光伏装机增速。

联邦政府提出联邦级清洁能源标准 (CES) 基础上,州级设定可再生能源配额标准 (RPS),以法律的形式强制规定到某个时间节点前电网中可再生能源电力的供应比例。

图表: 美国各州光伏累计装机量及装机占比 (单位: MW) 图表: 美国各州可再生/清洁能源配额制标准及时限

State	Cumulative Installations>1000 MW	Proportion	State	RPS/CES Target	By Year
California	48482	24.2%	California	100%	2050
Texas	32142	16.1%	Colorado	100%	2050
Florida	16640	8.3%	Louisiana	100%	2050
North Carolina	9574	4.8%	Maine	100%	2050
Arizona	8487	4.2%	Nevada	100%	2050
Nevada	7325	3.7%	North Carolina	100%	2050
Georgia	5936	3.0%	Pennsylvania	100%	2050

New York	5834	2.9%	Nebraska	100%	2050
Virginia	5418	2.7%	Puerto Rico	100%	2050
New Jersey	5362	2.7%	Hawaii	100%	2045
Massachusetts	5233	2.6%	New Mexico	100%	2045
Colorado	4168	2.1%	Virginia	100%	2045
Utah	3110	1.6%	Washington	100%	2045
Illinois	2948	1.5%	Guam	100%	2045
Ohio	2822	1.4%	New York	100%	2040
Minnesota	2811	1.4%	Oregon	100%	2040
New Mexico	2576	1.3%	Wisconsin	100%	2032
South Carolina	2566	1.3%	Columbia	100%	2032
Wisconsin	2326	1.2%	Vermont	75%	2032
Maryland	2183	1.1%	Illinois	50%	2040
Pennsylvania	2168	1.1%	Maryland	50%	2030
Hawaii	1925	1.0%	New Jersey	50%	2030
Indiana	1905	1.0%	Connecticut	44%	2030
Oregon	1815	0.9%	Delaware	40%	2035
Connecticut	1558	0.8%	Rhode Island	39%	2035
Michigan	1457	0.7%	Massachusetts	35%	2030
Arkansas	1122	0.6%	Minnesota	27%	2025
Maine	1097	0.5%	Arizona	15%	2025
Rhode Island	1029	0.5%	Indiana	10%	2025

资料来源：Wood Mackenzie、NCSI、EIA，光大期货研究所

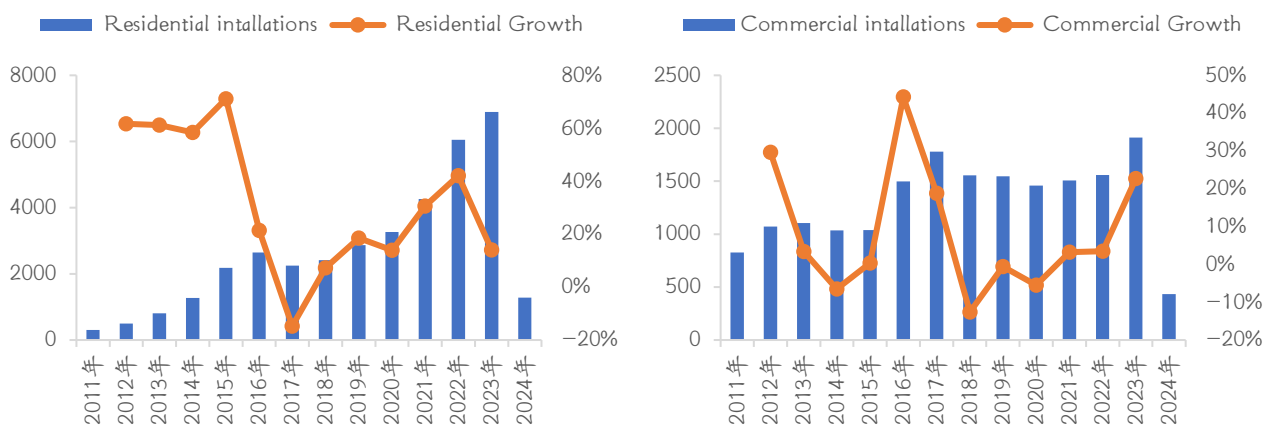
截至目前美国累计光伏配置容量超过 30GW 地区包括加利福尼亚和德克萨斯，累计光伏配置容量超过 10GW 地区包括佛罗里达，超过 5GW 地区包括北卡罗来纳、亚利桑那、内华达、格鲁吉亚、纽约、弗吉尼亚新泽西、麻萨诸塞。其中 31 个州和 2 个特区确定了 RPS/CES 目标，超过半数制定了 100%可再生能源发电计划。

2023 年德克萨斯州继 2021 年以后，第二次超越加利福尼亚州，坐稳光伏新增装机量的头把交椅。引发龙头格局转变的主要推手源自 2023 年 4 月美国针对加利福尼亚州实施太阳能新政 NEM（Net Energy Metering）3.0，加州地区由 NEM2.0 净计量模式转为 NEM3.0 净计费模式。新政大幅削减对加州屋顶光伏业主余电上网的补偿，加州户用光伏的余量上网电价不再等同于零售购电电价，用户向电网送电将以浮动上网电价的形式获得补偿。

新政以来，加州居民端新增装机量同比和环比均出现下滑。从最新的数据来看，2024 年一季度，佛罗里达州以新增装机量 2.7 GW 超越了德克萨斯州 2.6 GW 装机量，成为今年开端最具增长潜力的地区。

分类别来看，2024 年一季度，美国居民端新增装机 1281 MW，同比 2023 年一季度下降 25%，环比 2023 年四季度下降 18%。虽然第一季度的装机放缓是居民端装机典型特征，但高利率、NEM2.0 向 3.0 的过渡以及客户获取成本的增加更为明显。高企的融资成本的连锁反应下，美国 28 个州的装机容量环比和同比均有所下降。德州居民端新增装机量连续五个季度下降，许多负责安装人员表示需要通过一些系统服务、存储改造和屋顶更换的额外方法来维持收入。

图表：2010-2024Q1 美国居民端及商业端新增光伏装机及增速（单位：MW；%）



资料来源：SEIA、光大期货研究所

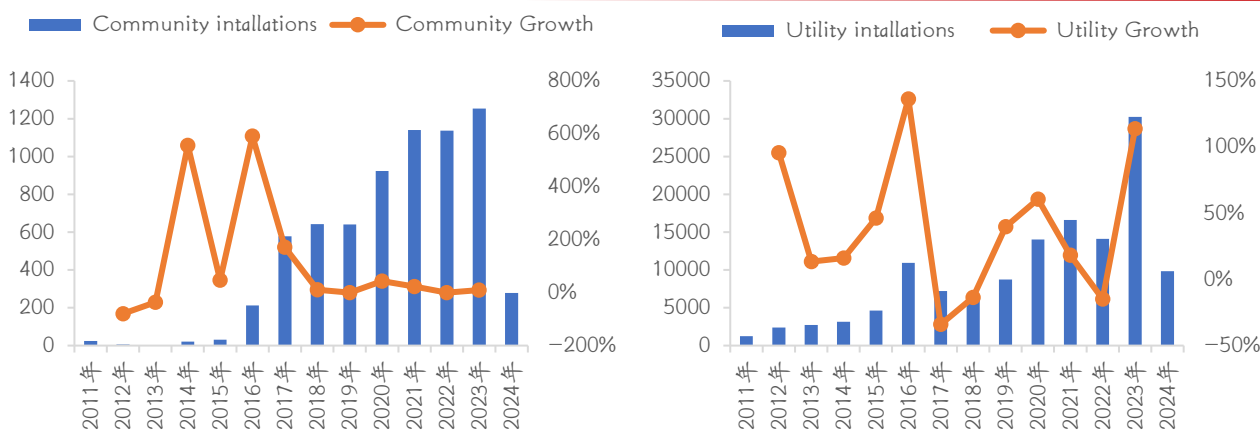
2024 年一季度，商用端新增装机 434MW，同比下滑 1%，环比下滑 38%，其中加州、伊利诺伊州和纽约等州为商业端提供稳定新增装机规模。随着 NEM 2.0 商业类项目继续推进，加州实现了 152MW 的商业端新增光伏装机量，维持 27% 的年增长率。伊利诺伊州推进的闪耀计划(Illinois Shines program)有效引起了开发商关注，一季度当地商业端新增光伏装机量达 61MW，同比增长高达 212%。纽约受益于互连设备和流程相对高效的优势，一季度商业端新增安装量占比达到了四分之一。但其他各州仍存在互连问题、市场饱和以及高开发成本的制约，越来越多的开发商将重点转移到新兴商业端太阳能市场。在新兴市场中，不断增长的能源需求和相对高企零售价格更有吸引力，开发商可以拥有较低的开发成本和更充裕的场地来铺设设备。

2024 年一季度，社区端新增装机 279MW，同比增长 1%，环比下滑 32%。纽约作为最大的社区端市场，装机容量同比增长 17%，占全国装机容量的 46%。在继续提供着主要增长份额的同

时，由于互连延迟和许可权限问题，也制约了纽约在其他板块的增幅。此外伊利诺伊州、科罗拉多州和弗吉尼亚州新增量同样支撑了美国装机量，特拉华州和弗吉尼亚州新兴市场后续具有一定发展潜力，但其他州在社区端市场起步仍较为缓慢。

2024 年一季度，公共事业端新增装机 9.8GW，是美国历年来最为强劲的一季度。同比增长 135%，环比持平高增长的四季度。其中增量中包含此前因供应链限制而未完成电路铺设项目。同时新增整体表现亮眼，2024 年第一季度新签约项目达到 4.4GW。对于提供最高增速的佛罗里达州和德克萨斯州来说，配置中的绝大多数终端是用于公用事业。

图表：2010-2024Q1 美国社区端及公共事业端新增光伏装机及增速（单位：MW；%）



资料来源：SEIA、光大期货研究所

值得注意的是，NEM3.0 意在降低用户的平均上网电价，激励加州电池储能的发展，推动户用储能的配套安装。形成潜在负面影响包括降低短期太阳能投资回报率、拉长投资回报周期，进而导致户用屋顶光伏项目投资速度开始放慢。此外，企业事业采购中新签约项目是美国光伏新增装机的主要驱动力，企业和国家规定的清洁能源目标将在未来继续推动公用事业端光伏装机增速维持强劲态势，但仍不能忽略美国劳动力不足问题和高压设备可用性和安全性等因素对于实际装机成效的限制。

有色研究团队成员介绍

展大鹏，理科硕士，现任光大期货研究所有色研究总监，贵金属资深研究员，黄金中级投资分析师，上期所优秀金属分析师，期货日报&证券时报最佳工业品期货分析师。十多年商品研究经验，服务于多家现货龙头企业，在公开报刊杂志发表专业文章数十篇，长期接受期货日报、中证报，上证报、证券时报、第一财经、华夏时报等多家媒体采访，所在团队曾荣获第十五届期货日报&证券时报最佳金属产业期货研究团队奖，上期所2016年度有色金属优秀产业团队称号。期货从业资格号：F3013795 交易咨询从业证书号：Z0013582

刘轶男，英国利物浦大学理学硕士，现任光大期货研究所有色研究员，主要研究方向为锌锡。深入国内外有色产业，扎根产业链上下游，关注行业热点和时事政策，服务于多家产业龙头企业。长期在期货日报、中证报、第一财经、华夏时报等国内主流财经媒体发表观点，撰写多篇深度专题报告和热点解读报告，获得客户高度认可。期货从业资格号：F3030849 交易咨询从业证书号：Z0016041

王珩，澳大利亚阿德莱德大学金融学硕士，现任光大期货研究所有色研究员，主要研究方向为铝硅。扎根国内有色行业研究，跟踪新能源产业链动态，为客户提供及时的热点和政策解读，撰写多篇深度报告，获得客户高度认可；深入套期保值会计及套保信披方面研究，更好的服务上市公司风险管理。期货从业资格号：F3080733 交易咨询从业证书号：Z0020715

朱希，英国华威大学理学硕士，现任光大期货研究所有色研究员，主要研究方向为镍锂。期货从业资格号：F03109968

赵复初，现任光大期货研究所金融期货分析师，英国杜伦大学金融学博士，英国苏塞克斯大学管理学硕士。期货从业资格号 F03107639。

联系我们

公司地址：中国（上海）自由贸易试验区杨高南路 729 号陆家嘴世纪金融广场 1 号楼 6 楼

公司电话：021-80212222

传真：021-80212200

客服热线：400-700-7979

邮编：200127

免责声明

本报告的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性、可靠性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，并不构成任何具体产品、业务的推介以及相关品种的操作依据和建议，投资者据此作出的任何投资决策自负盈亏，与本公司和作者无关。