

【碳中和】光伏高速发展对工业原料的拉动（一）：预测、硅料与玻璃

碳中和光伏（肖静、周小燕、张秀睿）

1、动态修正“模糊的正确”

“碳中和”是2021年以来的热点词汇，为了实践双碳目标，从国内制造业发展趋势看，光伏、新能源汽车、储能、风电已经成为拉动国内甚至全球传统工业转型的重要方向。2023年疫后首年，对国内经济起着切实拉动作用，有效抵消出口负面压力。制造业增量方向将提振工业原料的产销需求，在国内工业品期货中，将明显推动或保底大部分有色金属品种的消费，也会带动如光伏玻璃这样的特定产品发展。

研究角度，市场非常看重新能源领域对某品种消费占比或边际需求增速的分析，但趋势上的确定性较难与季度、月度级别的行情波动相挂钩，各种分析成果以提升该品种的长期溢价、交投重心为主，很难指引具体的交易节奏。同时，新的领域，统计数据的样本、实际表现、技术变革，对主观预测模型的影响很大，主流机构预测的认可度还在成长辨别中，不同基数、增幅对需求测算的干扰极大。

新能源产品，制造环节多，涉及的基础工业原料多，以光伏简单看，我们将电池片中的硅料与玻璃放于一篇，将铝、镀锌合金放于一篇，将铜锡焊料、银浆放于一篇。

虽然基本同属有色金属板块，但品种交叉多，意味着研究员工作的交叉多，意味着对光伏需求的预测可能有不同的认识。经过初步学习，作为统一产品，编者确实意识到了统一口径预测的完整性。不过，哪怕市场手持相同的几份国际机构或协会的预测数据，也很难得出一致结论（券商行研亦如此）。最终，我们选择，在分品种环节暂保留不同研究员的不同认识，并在预测篇中提出一个总看法，待到更深认识后，再做统一论。

这一以贯之了我们对供求平衡表预测的看法，即“大差不差”、“化繁为简”，更强调重视定性的文字描述，而要放淡对平衡表具体数值的纠结。“宁要模糊的正确，不要精确的错误”，将新能源边际消费强弱转为行情“涨、跌、震荡”那样的结论，并持续的跟踪修正。

2、全球与国内光伏装机的数据跟踪与预测

预测全球光伏装机的海外机构市场主要参考IEA与彭博新能源，前者从碳中和、碳达峰目标倒推，预测时间点跨度大，如直接跨越到2030年，显少预测近年；后者预测模型按年分大洲、分国别、分用途，动态跟踪的频率更高。分析角度，选用彭博预测连续性更强，但其存在的主要问题包括：1）与其他机构相比存在往年基数高、预测更乐观的倾向；2）不同国家调整预测的频率与时间不一致、各大洲数据汇总与全球预测有差异，该机构可能对全球整体与重点地区光伏装机的主观调整更积极，出现了偏差；3）更具体的如容配比方面的参数透露有限，中国光伏装机数高于官方口径导致全球光伏装机数据高，而欧洲、美洲的数据基本与官方一致。

国内，国家能源局每月公布全国电力工业统计数据，其中含太阳能发电装机容量与新增装机容量数据；国家统计局每月在规上工业增加值中披露太阳能电池

当月产量，中国海关公布其出口数据；中国光伏行业协会对装机需求、各环节产能做一定预测。

一般研究员在构建独立预期时，以中国太阳能新增装机容量打底、选择容配比推算电池片、硅片及相应主辅材需求；全球光伏装机则多在彭博新能源预测的基础上对国内做相应下调。

2.1 IEA 长期目标预测

IEA 以全球能源供求转型为基础，侧重从当前不同发展阶段国家的既定政策出发，结合整体净零目标，推算目标缺口及已公布产能与政策、大目标间的缺口。因该机构立足一次能源，非常重视资源禀赋与地缘政治，故在可再生能源转型中，该机构极为看重相关设备的产能产量布局与相应工业生产原料的供应集中度。可再生能源的核心，在于将一部分能源天然禀赋转为装备制造进步优势，这个背景下，我国具备极大的先发优势。

图 1：2022-2030 年全球在既定政策和净零情境中的光伏装机容量 (GW)

	Solar PV	年复合增长率	年均算数增量
2022	1145		
2030既定政策	4699	19.30%	444
2030净零情景	6101	23.26%	620
2030净零情景总产能	7178	开工率85%	近似1: 1.18容配比



资料来源：IEA、国投安信期货

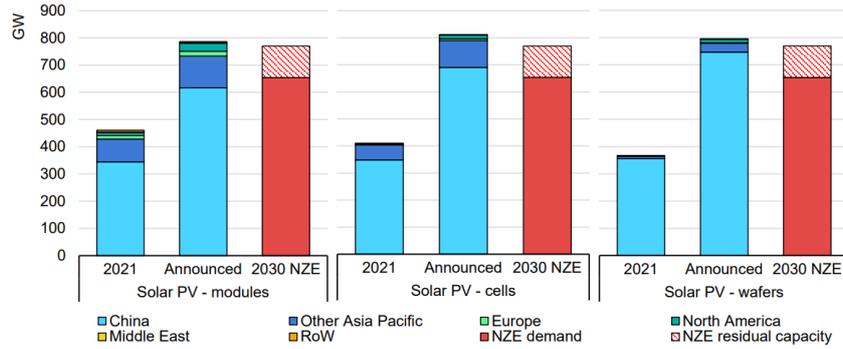
IEA 预测的主要观点：

1) 2022 年太阳能光伏发电占全球发电量的 4%，占可再生能源发电总量的 14%；

2) 在净零情景下，太阳能光伏制造商宣布的扩张计划已经很好地符合 2030 年的预期需求，组件制造产能已远远超过当前需求。2021 年全球平均利用率低于 50%，而已宣布的组件扩建计划将使产能在 2027 年提高到 790GW，满足 IEA 预测需求。同样，2027 年电池产能扩张计划将提高产能到 810GW，满足需求；

3) 中国依然将会是重要的太阳能产业链供应商。2027 年，中国在组件、电池、硅片的占比分别为 78%、85%、94%。

图 2：IEA 光伏产业链产能预测与实现净零目标产能需求



资料来源：IEA、国投安信期货

2.2 彭博新能源长期目标预测

彭博新能源预测虽更全面，但不同国家间更新频率不同，汇总总量不同，与主动更新的全球装机预测有差异。我们主要关注中国、欧洲、美国与全球的主动预测值。

图 3：彭博全球光伏长期预测

	全球光伏装机	年复合增长率	年均算数增量
2022年	1224		
2030年乐观	5860	21.62%	580
2030年基础	3755	15.04%	316

资料来源：Bloomberg、国投安信期货

长期目标，不考虑容配比单论装机目标，彭博乐观预期略低于 2030 年 IEA 净零目标，但高于目前各国既定政策指引。乐观、基础、悲观三种模式，彭博保持一定频率的更新，2023 年发展动线基本为乐观模型。在该机购最新预测中，强调 2024 年到 2030 年，全球年均新增光伏装机量将超过 600GW，这与 IEA2030 年净零模式下的年均增量预测高度一致。

彭博预期的主要问题是，我们怀疑对中国光伏装机做了容配比计算，但全球其他国家的数据预期仍是装机容量。

图 4：彭博全球光伏长期预测

	2030年	2025年	2024年	2023年	2022年	2021年	2020年
中国	2523	1193	935	680	440	334	265
占比	43%	45%	44%	42%	36%	34%	34%
年增量	266	258	256	240	107	69	
年增速	22.29%	27.56%	37.61%	54.42%	31.94%	25.89%	
欧盟	665	366	312	256	205	167	140
年增速	11.34%	13.64%	14.51%	15.65%	16.76%	17.18%	17.67%
美国	510	255	211	173	140	117	92
年增速	8.71%	9.52%	9.84%	10.59%	11.46%	12.00%	11.66%
全球	5860	2680	2148	1637	1224	972	790
年增量	636	531	511	413	252	182	
年增速	23.74%	24.73%	31.21%	33.77%	25.93%	23.04%	

资料来源：Bloomberg、国投安信期货

2.3 中国光伏装机预测

长期目标上，2022 年 6 月印发《“十四五”可再生能源发展规划》，其中明确 2030 年风电和太阳能发电总装机容量达到 1200GW 以上。国家能源局数据显

示 2023 年 1-11 月我国风电装机容量 412.8GW, 累计同比增长 17.6%; 同期光伏装机容量 557GW, 累计同比增长 49.9%; 因年底国内光伏新增装机量持续上调, 国家能源局认为, 全国 2023 年风光电总装机已突破 1000GW。大部分机构认为, 2024 年我国即能提前实现 2030 年风光电装机目标。

除装机容量外, 市场更关注年新增装机容量, 2023 年 1-11 月中国新增太阳能发电装机容量 163.88GW, 而目前中国光伏协会已将装机预测上调到 180GW, 有部分机构预期在 190GW 以上; 2023 年中国光伏协会对全球光伏装机新增预期上调到 345-390GW, 而很多机构认为全球光伏新增装机超过了 400GW。

作为光伏产业链产销、出口、装机最集中的国家, 我国对光伏装机的预测显得更保守、数据的调整比较滞后。2023 年国内光伏装机预期是从 95-120GW、120-140GW、160-180GW 被动跟调的, 整体发展已经大幅超出协会原先的乐观模型预期。经 2023 年极速发展后, 因已非常接近 2030 年目标, 普遍预计 2024 年中国光伏新增装机上限为 200GW, 以完成发展目标为主。倘以 200GW 装机计算, 中国 2024 年新增光伏增速将由 2023 年的 47% 下降到 34%。

另外, 从中国光伏协会 2023、2024 年新增装机斜率看, 该机构做等增量预期, 国内 2024 年新增装机量也可能与 2023 年近似在 180GW, 则国内光伏装机增速降至 31%, 实际也能提前完成 2030 年风光电装机目标。

图 5: 中国光伏装机预测



资料来源: 国家能源局、国投安信期货

2.4 2024 年全球及中国光伏装机增速将下滑

中国是带动 2024 年全球光伏装机增速更加理性的主动力, 欧洲、美国则已完成每年都较稳定的年度目标为主。预期调整上, 彭博 2024 年对中国及全球新增装机的判断下调风险大。

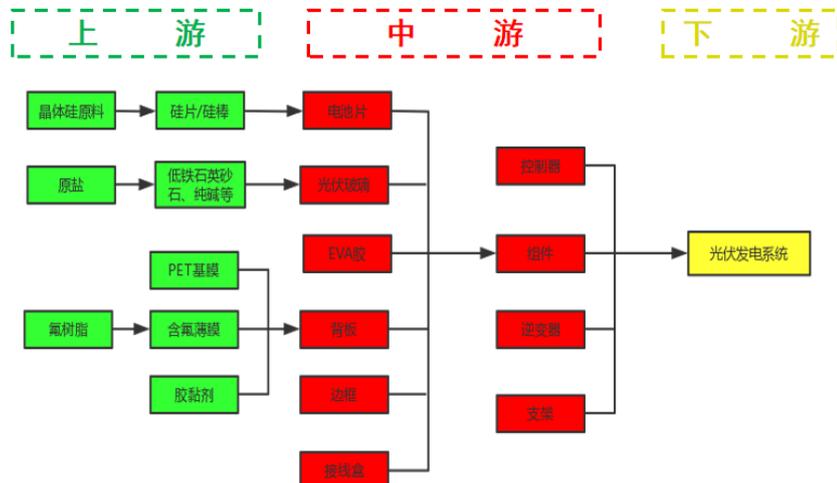
图 6: 中国太阳能电池生产



资料来源: 国家统计局、国投安信期货

行情分析中，我们更强调动态调整。全球各国装机数据的月度汇总难度大，季度为主，预期则是年度级别的。由于产品生产绝大比例集中在国内，光伏产线月度产量及出口数据可以作为指引国内及海外光伏新增装机的领先数据。但同时，因光伏行业同时存在高端产能内卷、低端过剩的局面，组件产销与自主装机、出口的差值可以默认为库存，甚至是僵尸库存。2024 年光伏上下游面临的市场需求端的压力要更大。

图 7：光伏产业链



数据来源：公开资料整理、国投安信期货

3、硅环节压力大

国家统计局数据显示，2023 年 1-11 月国内太阳能电池累计生产 490GW，累计增幅 56.2%，11 月单月超过 53GW。SMM 口径预期，2023 年中国组件预期产量 512.7GW，电池片 586GW，已经超出彭博全球光伏装机所需的电池需求，一国几可供全球。同时，普遍认为 2023 年全球组件及电池产能都超过了 700GW，由于年底每瓦招标价格低于 1 元，较难预测新技术产能扩张与老产能动线出清对净新增产能规模的影响，2024 年很可能是过渡的一年。

图 8：光伏产品过剩

	2024年	2023年	2022年
全球	2148	1637	1224
年增量	511	413	252
年增速	31.21%	33.77%	25.93%
全球新增组件需求 1.2容配比 GW	613	496	302
电池片需求 GW	674	546	333
全球组件产能			682
全球组件产量			347.4
中国占比			84%
2023年SMM中国组件预期产量		512.7	
全球电池片产能			583
全球电池片产量			366.1
中国占比			90.30%
2023年SMM中国电池片预期产量		586	
全球多晶硅产能			131
全球多晶硅产量			100.1
中国占比			85.60%
2023年SMM中国多晶硅预期产量	200万吨?	150.69万吨	

资料来源：SMM、Bloomberg、国投安信期货

具体到多晶硅，2022 年硅片的单瓦耗硅量是 2.7g/w，即每 GW 硅片需要 0.27 万吨多晶硅。按 1.2 倍的容配比计算，每 GW 光伏装机约需要 0.324 万吨的多晶硅。当前，多晶硅产业过剩的局面已经明朗化。虽然中小企业放慢了扩产的步伐，但是头部企业仍然处于提高产能和产量释放的竞争阶段，预计 2024 年供应侧的压力仍会存在。

4、光伏玻璃

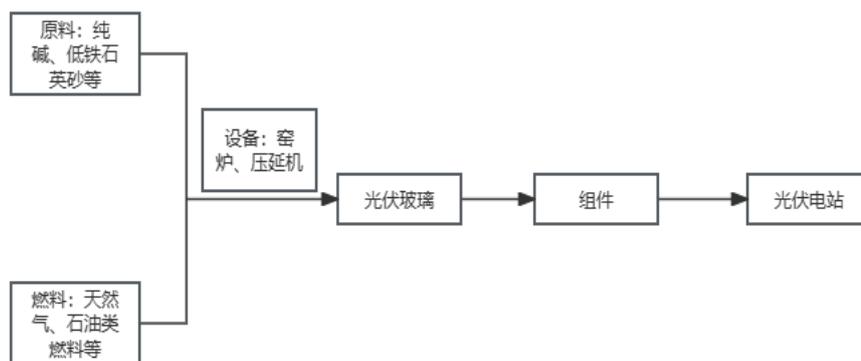
4.1 光伏玻璃概况

光伏玻璃对透光率要求高，透光率直接决定光伏组件的发电效率，所以只能选用透光率高的超白玻璃。超白玻璃是超透明低铁玻璃，含铁量低于 0.015%，而普通玻璃含铁量约 0.1%，3.2mm 超白玻璃的透光率约 91.5%，相比普通玻璃高出 3.5%。所以在选用原料这块，光伏玻璃使用的是超白石英砂，而国内天然超白石英砂较为稀缺，仅有安徽凤阳、湖南、广东河源、广西和海南等少数地区存有砂矿资源，所以我们在看光伏玻璃的生产分布图也可以看出，原料优势，集中在这些地区的产能比较多。

光伏玻璃分为超白压延玻璃和超白浮法玻璃。目前光伏电池以晶硅电池为主流，用的是超白压延玻璃，市场占比达到 95% 以上；仅有不到 5% 的市场占比是薄膜电池，用的是超白浮法玻璃。

光伏玻璃产业链比较简单，上游主要是纯碱和低铁石英砂，燃料用到天然气、石油类燃料等，下游的话，比较单一，就是组件，终端对应到电站。

图 9：光伏玻璃产业链



数据来源：公开资料整理、国投安信期货

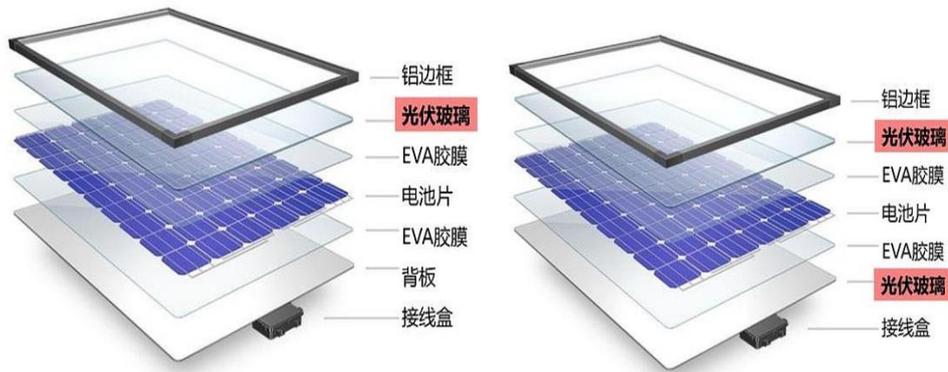
而光伏玻璃在光伏产业链中，是光伏组件的辅料环节，属于整个光伏产业链的中游环节，其透光率、强度等直接决定了光伏组件的发电效率和寿命。拓展到光伏产业链，又可分为硅料、硅片、光伏电池片、光伏组件、光伏系统五个环节。上游包括原料高纯度多晶硅材料的生产，单晶硅和多晶硅的制造，硅片的生产。中游包括光伏电池，光伏组件以及逆变电器环节。下游是光伏发电的应用端，包括光伏电站和分布式发电。

4.2 双玻组件将成为市场主流

组件是光伏玻璃的唯一下游，直接决定了光伏玻璃的需求。组件根据背部材料不同，可分为单玻组件和双玻组件。常规单玻组件的封装结构为：正面 3.2mm 光伏玻璃+电池+背面背板（全铝层覆盖）。而双玻组件的封装结构为：正反面均

采用 2.5mm 或者 2.0mm 光伏玻璃进行封装，背面由全铝层覆盖改为局部铝层，背面的入射光可由未被 Al 层遮挡的区域进入电池，实现双面光电转换，增加电池受光面积。

图 10：光伏单玻组件和双玻组件结构

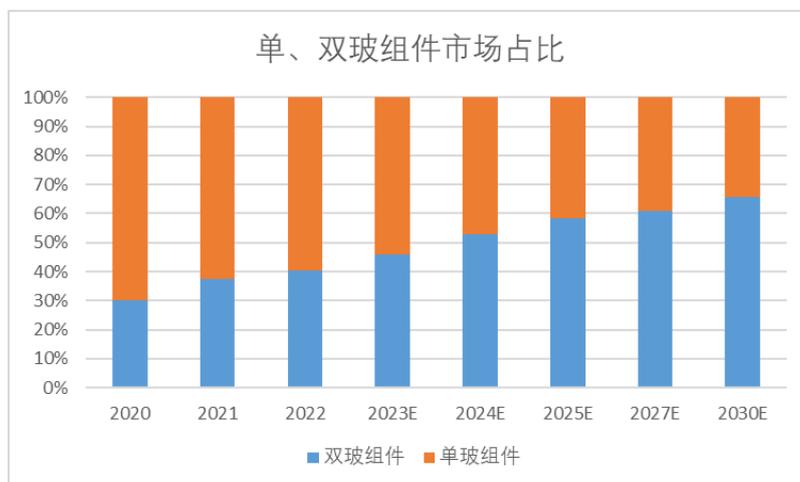


资料来源：公开资料整理、国投安信期货

双玻组件相对单玻组件有以下优点：双玻组件由于背面可以吸收地面反射光和空间散射光，因此相比于单玻组件具有更高的发电量，发电量增益 5%-15.7%，具体增益大小同地面反射率、阵列高度、阵列间距和周边环境有关；相对于单玻组件，双玻组件具有更好的耐候性、阻隔性、防火性以及更高的机械强度，可显著提高组件的使用寿命，双玻组件寿命可达 30 年，年衰减率约 0.5%，单玻组件使用寿命为 15 年，年衰减率 0.7%；制作工艺的成熟和相关成本的下降带动双玻组件成本快速下降，目前单玻和双玻组件的成本相差不大。因此双玻组件中占比逐步提升，对光伏玻璃的需求量也随之增加。

目前单玻组件占比依然高于双玻组件，但随着市场对双玻组件发电增益的认可，加之美国豁免双面组件 201 关税影响，双玻组件占比逐年提升，2022 年双玻组件占比达到 40.4%。预计到 2024 年，双玻组件将超过单玻组件成为市场主流，到 2025 年双玻组件市场份额有望达到近 60%。

图 11：双玻组件市场占比逐步提升



资料来源：CPIA、国投安信期货

在使用双玻组件的过程中，重量问题是需要解决的一个难题，一般单玻组件

用 3.2mm 光伏玻璃作面板，双玻可采用两块 2.5mm 或 2.0mm 厚度的光伏玻璃作为面板和背板。经测算，2.5mm 双玻比 3.2mm 单玻的玻璃重量增加了 56%，组件总重量增加 29.6%，在安装运输上存在一定的成本提升。而 2.0mm 双玻组件的总重量仅比 3.2mm 单玻高出 6.3%，所以双玻组件主流厚度是 2.0mm。

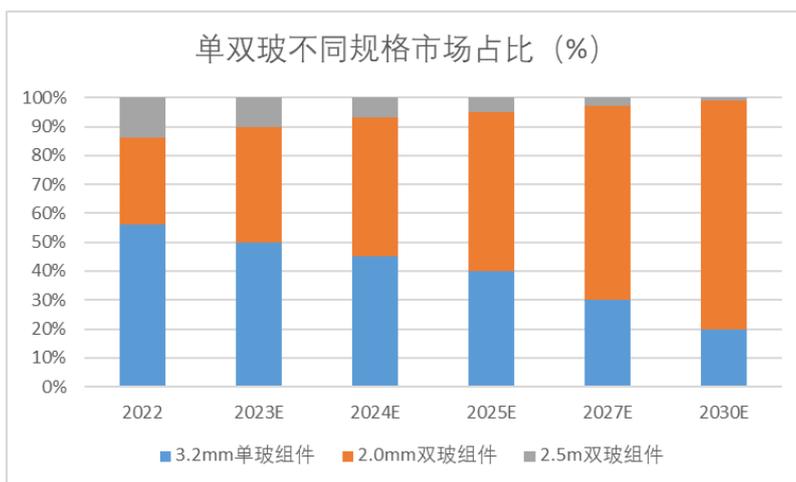
图 12：2.0mm 双玻优势明显

类别	3.2mm单玻	2.5mm+2.5mm双玻	2.0mm+2.0mm双玻
玻璃厚度 (mm)	3.2	5	4
组件面积 (平米)	2.19	2.19	2.19
玻璃总重量 (kg)	17.52	27.375	21.9
玻璃用量增幅	/	56.25%	25%
背板重量 (kg)	2	0	0
铝边框重量 (kg)	2	1.1	1.1
电池片、接线盒等其他重量 (kg)	2	2	2
组件总重量 (kg)	23.52	30.475	25
组件总重量增幅	/	29.60%	6.30%

资料来源：上市公司年报、国投安信期货

随着组件轻量化、双玻组件以及新技术的不断发展，未来 2.0mm 双玻组件份额将逐步提升，2.5mm 双玻组件和 3.2mm 单玻组件市场份额逐步衰退，2.0 双玻组件将成为市场主流。

图 13：2.0mm 双玻将成为市场主流



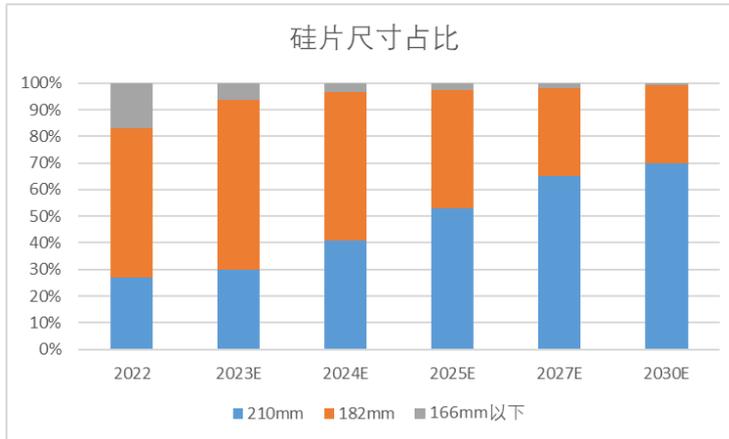
资料来源：CPIA、国投安信期货

4.3 硅片大尺寸成为趋势

硅片大尺寸化有利于提高组件功率，降低制造和发电成本，提升组件效率，已成为技术进步的必然趋势。2022 年市场上硅片尺寸种类多样，主要包括 156.75mm、157mm、158.75mm、166mm、182mm 和 210mm 等。其中 156.75mm 尺寸占比由 2021 年的 5%下降为 0.5%，2024 年或将淡出市场；166mm 尺寸占比由 2021 年的 36%降至 15.5%左右，且未来市场占比将进一步下降；182mm 和 210mm 尺寸合计占比已从 2021 年的 45%迅速增长至 82.8%，未来其占比仍将快速扩大，成为硅片的主流尺寸。根据光伏协会的预估，未来硅片大尺寸占比会逐步提升，

210mm 尺寸到 2030 年占比有望达到 70%。

图 14：硅片大尺寸占比逐步提升



资料来源：CPIA、国投安信期货

4.4 组件所需光伏玻璃测算

根据上文中，双玻组件的发电增益在 5%-15.7% 不等，我们取中间值，假设双玻组件发电增益 10%。为了方便计算，我们选取了市面上比较有代表性的硅片尺寸和组件尺寸，给出一定的理论功率，进行测算。最后，其实硅片尺寸越大，1GW 使用光伏玻璃的需求量越少，但不明显，比如，M12，双玻 2.5mm 的组件 1GW 需要的玻璃为 7.22 万吨，比 M6 同系列低 0.15 万吨，比 M10 同系列低 0.05 万吨。最后测算下来，对于 M6/M10/M12，1GW 装机量，3.2mm 单玻对应的光伏玻璃需求分别为 5.16/5.12/5.08 万吨；2.5mm 双玻需求分别为 7.37/7.27/7.22 万吨；2mm 双玻需求分别为 5.9/5.81/5.77 万吨。

图 15：组件所需光伏玻璃测算

行业主流组件尺寸	M6组件（72片）			M10组件（72片）			M12组件（72片）		
硅片尺寸（mm）	166			182			210		
组件尺寸（mm*mm）	2102*1040			2279*1135			2630*1303		
组件面积（m ² ）	2.19			2.59			3.43		
	3.2mm 单玻	2.5mm 双玻	2.0mm 单玻	3.2mm 单玻	2.5mm 双玻	2.0mm 单玻	3.2mm 单玻	2.5mm 双玻	2.0mm 单玻
组件功率（W）	450	495	495	540	594	594	720	792	792
额定功率（W）	337.5	371.25	371.25	405	445.5	445.5	540	594	594
玻璃厚度（mm）	3.2	5	4	3.2	5	4	3.2	5	4
一块组件所需玻璃重量（KG）	17.52	27.375	21.9	20.72	32.375	25.9	27.44	42.875	34.3
1GW对应玻璃需求（万吨）	5.19	7.37	5.90	5.12	7.27	5.81	5.08	7.22	5.77

资料来源：slarzoom、CPIA、国投安信期货

4.5 光伏玻璃未来需求增速将放缓

我们需要说明下容配比的概念，容配比是指光伏电站中组件标称功率与逆变器额定输出功率的比例。如果光伏系统按照 1:1 的容配比设计，光伏组件的输出功率达不到标称功率时，就会浪费逆变器的容量。目前常采用的超配设计是提高光伏系统综合利用率、降低系统度电成本、提升收益的有效手段。容配比不代表越高越好。根据《光伏发电系统效能规范》推荐，一类地区最佳容配比约在 1.2 左右，二类地区在 1.4 左右，三类地区最高可达 1.8。假设 2021 年中国交流侧

安装容量为 55GW，按全国平均超配 1.3 估算，对组件需求可达 71.5GW，增量需求达 16.5GW。

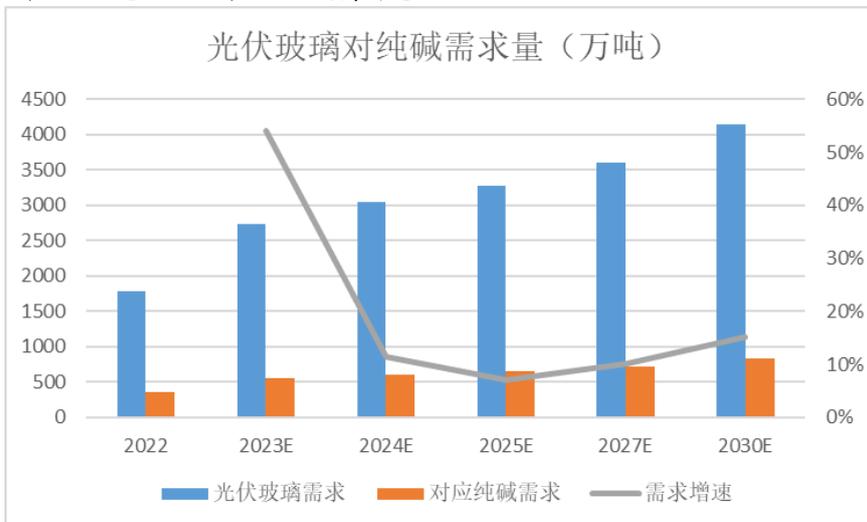
经过测算后，光伏玻璃未来需求呈逐年增加态势，估计到 2025 年，光伏玻璃需求为 3269 万吨，到 2030 年光伏玻璃需求为 4142 万吨。而对应到纯碱的需求用量上，2023 年纯碱需求用量约 548 万吨，2025 年有望达到 654 万吨，2030 年达到 828 万吨，呈逐年增加态势，2023 年增速有望达到 54%，依然维持高速发展态势，之后增速开始放缓。

图 16：全球光伏玻璃需求预估

	2022	2023E	2024E	2025E	2027E	2030E
全球新增光伏装机量 (GW)	243	376	420	450	492	563
容配比	1.3					
组件需求 (GW)	315.9	488.8	546	585	639.6	731.9
3.2mm单玻组件占比	56.00%	50%	45%	40%	30%	20%
M6及以下组件占比	17.00%	6.50%	3.50%	2.50%	2.00%	1.00%
M10组件占比	56.00%	63.50%	55.50%	44.50%	33.00%	29.00%
M12组件占比	27.00%	30.00%	41.00%	53.00%	65.00%	70.00%
3.2mm单玻组件所需光伏玻璃 (万吨)	2.86	2.56	2.30	2.04	1.53	1.02
2.5mm双玻组件占比	14%	10.00%	7%	5.00%	3.00%	1%
M6及以下组件占比	17.00%	6.50%	3.50%	2.50%	2.00%	1.00%
M10组件占比	56.00%	63.50%	55.50%	44.50%	33.00%	29.00%
M12组件占比	27.00%	30.00%	41.00%	53.00%	65.00%	70.00%
2.5mm双玻组件所需光伏玻璃 (万吨)	1.02	0.73	0.51	0.36	0.22	0.07
2.0mm双玻组件占比	30.00%	40.00%	48.00%	55.00%	67.00%	79.00%
M6及以下组件占比	17.00%	6.50%	3.50%	2.50%	2.00%	1.00%
M10组件占比	56.00%	63.50%	55.50%	44.50%	33.00%	29.00%
M12组件占比	27.00%	30.00%	41.00%	53.00%	65.00%	70.00%
2.0mm双玻组件所需光伏玻璃 (万吨)	1.74	2.32	2.78	3.19	3.88	4.57
光伏玻璃总需求 (万吨)	1777.76	2738.74	3050.72	3268.57	3595.90	4142.06

资料来源：slarzoom、CPIA、彭博、国投安信期货

图 17：光伏玻璃对纯碱需求量



资料来源：slarzoom、CPIA、彭博、国投安信期货

4.6 光伏玻璃总结

双玻组件的发电增益，硅片大尺寸的组件功率优势，未来将成为市场主流，进一步提升对光伏玻璃的需求。碳中和愿景下，全球光伏新增装机将会继续发展，光伏玻璃需求仍将呈逐年增加态势，但目前光伏行业发展速度过快，明年后增速

将放缓，光伏玻璃需求增速也随之放缓，增速或降至 10%左右，估计到 2025 年，光伏玻璃需求为 3269 万吨，到 2030 年光伏玻璃需求为 4142 万吨。光伏玻璃对纯碱的需求拉动仍呈增加态势，只是增速放缓，2025 年光伏玻璃对纯碱需求有望达到 654 万吨，2030 年达到 828 万吨。

肖静 F3047773 Z0014087

周小燕 F03089068 Z0016691

张秀睿 F03099436