

大宗商品视角下的光伏产业系列专题 之中游篇：光伏银浆供需分析

投资咨询业务资格：
证监许可【2012】669号

报告要点

本文主要对全球和中国光伏银浆供需平衡进行了分析。全球光伏银浆产能急剧扩张，在现有光伏新增需求预测条件下，2021 年光伏银浆出现供应阶段性过剩，但后期增长空间仍较大。在乐观装机条件下，2025E、2030E 国内光伏银浆供应总量将分别较 2021 年增加 30%、63%，进而导致光伏银浆对白银边际定价影响力增强。

摘要：

2017-2021 年光伏银浆供应逐年增长。全球光伏银浆供应商主要有贺利氏、杜邦、三星 SDI、日本 ELEX、苏州固锔（晶银新材）、聚和股份、帝科股份、硕禾电子、匡宇科技等企业。根据国内银浆产量所占市场份额以及国内电池片产量所占全球比例推算，2017 年至 2021 年全球光伏银浆每年供应量呈现逐年递增态势，2021 年全球光伏银浆供应量预计在 3518 吨左右。银浆生产过程材料费用占比最大，人工和制造所需燃料动力费占比较小，而材料费用中银粉成本占比 90%以上。未来光伏银浆供应的发展方向主要是低温银浆，降低供应成本主要通过银包铜等技术的发展。

2025/2030 年全球光伏银浆需求或达到 4390/5514 吨。预计 2025 年全球光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 4390 吨/2521 吨，2030 年全球光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 5514 吨/2439 吨。预计 2025 年中国光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 3951 吨/2269 吨，2030 年中国光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 4963 吨/2196 吨。我们对未来全球光伏银浆需求预测更倾向于乐观条件下的新增量。其次，未来全球光伏新增装机对低温银浆的需求量加大，不论是在乐观或悲观装机条件下，2030 年较 2021 年全球低温银浆需求量都在 3 倍（乐观 9 倍）以上，潜在空间巨大。

乐观条件下，预计 2021-2030 年全球光伏银浆基本处于供需紧平衡。全球光伏银浆在 2017-2018 年处于供给相对紧缺状态，缺口在 300 吨左右，2019-2020 年处于供需边际改善阶段，2021 年基本处于供给过剩阶段。若 2022 年全球光伏银浆供应达到 4000 吨，且此后每年增加 150 吨的供应量，则 2025 年、2030 年供应分别增至 4450 吨、5200 吨，则在乐观装机条件下，2021-2030 年基本可以处于供需紧平衡状态；

光伏银浆产业对白银边际定价影响力增强。2021 年全球光伏银浆所需银粉 2577 吨，较 2020 年增加 7.49%。从光伏银浆所需银粉占白银供给比例变化可以看出，2021 年光伏银浆所需银粉占全球白银供应总量 8.39%。在乐观装机条件下，预计 2025 年、2030 年光伏银浆所需银粉占全球白银比例分别为 11.53%、14.53%。

风险因素：未来光伏新增装机超出预期，光伏银浆供需将会出现缺口。

产业咨询组

研究员：
刘高超
从业资格号 F3011329
投资咨询号 Z0012689

唐运
从业资格证 F1024390
投资咨询号 Z0015916

能源与碳中和组

研究员：
朱子悦
从业资格号 F03090679
投资咨询号 Z0016871

“光伏”系列研究

专题报告一（总量篇）：能源转型，春“光”正好——
20220414

专题报告二（政策篇）：全球光伏产业政策分析——20220506

专题报告三（产业链）：产业概况及产业利润分析——
202205019

专题报告四（上游）：硅料、硅片的供需分析

专题报告五（中游）：光伏电池片、组件供需分析

专题报告六（中游）：光伏玻璃与纯碱供需分析

专题报告七（中游）：光伏边框与支架供需分析

专题报告八（中游）：光伏银浆供需分析

目录

摘要:	1
一、光伏银浆介绍	5
二、光伏银浆供应逐年增加	5
2.1 全球与国内光伏银浆供应逐年提高.....	5
2.2 国产光伏银浆行业集中度不断提升.....	7
2.3 光伏银浆进口数量减少，银粉进口增加.....	7
2.4 光伏银浆生产工艺路线和成本、投资成本及建设周期、利润.....	9
2.5 技术变革对光伏银浆供应影响增加.....	12
三、光伏银浆需求保持高增	16
3.1 乐观装机景下，2030 年全球光伏银浆需求或达到 5514 吨	16
3.2 光伏电池片制造技术提升单位银浆耗量降低.....	17
3.3 光伏电池片技术革新对低温银浆需求量增大.....	20
四、光伏银浆供需平衡及对白银边际定价的影响	21
4.1 光伏银浆供需盈余与缺口分析.....	21
4.2 光伏银浆企业风险管理.....	22
4.3 光伏银浆对白银边际定价影响力或将增强.....	23
免责声明.....	25

图目录

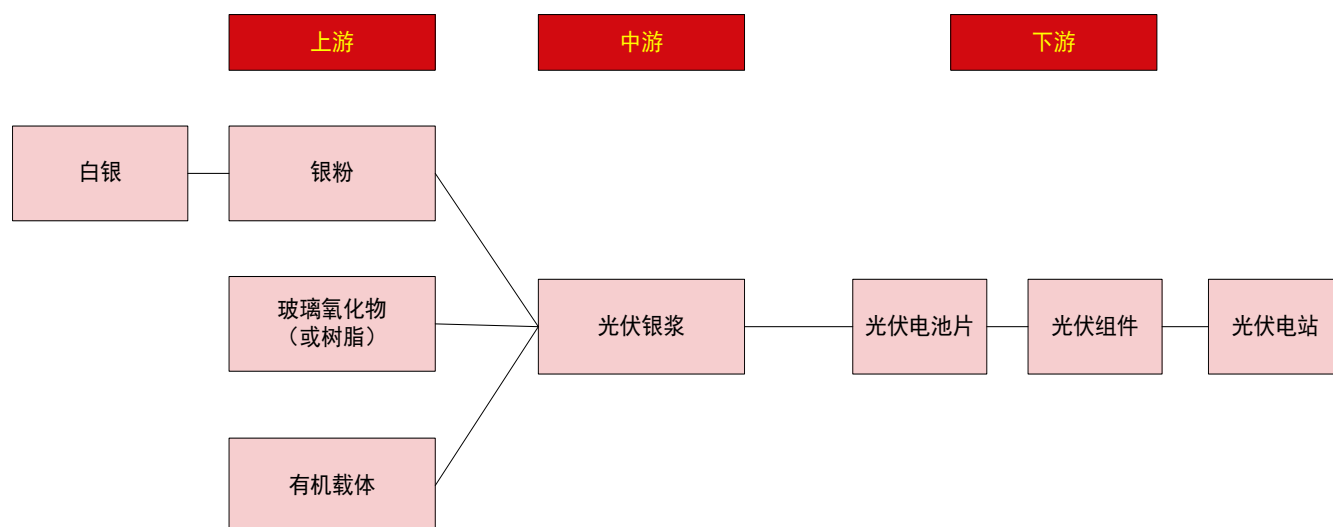
图 1:	光伏银浆产业链.....	5
图 2:	全球光伏银浆主要生产企业.....	6
图 3:	全球光伏银浆供应（推算）.....	7
图 4:	国内三大光伏银浆产能与产量.....	7
图 5:	国内光伏银浆 CR3	7
图 6:	2022E 三大银浆企业产能地区分布.....	7
图 7:	我国光伏银浆国产化率.....	8
图 8:	2021 年我国银粉进口分地区.....	8
图 9:	我国银粉进出口金额.....	9
图 10:	我国银粉进口数量.....	9
图 11:	聚和股份采购 DOWA 银粉金额占比.....	9
图 12:	帝科股份采购 DOWA 银粉金额占比.....	9
图 13:	银浆生产工艺流程.....	10
图 14:	2016 年光伏银浆成本构成.....	10
图 15:	2021 年光伏银浆成本构成.....	10
图 16:	年产 500 吨光伏银浆投资概算.....	10
图 17:	年产 1700 吨光伏银浆投资概算.....	11
图 18:	年产 500 吨光伏银浆投资概算.....	11
图 19:	国内银浆企业平均毛利率降低.....	12
图 20:	正银单位毛利下降.....	12
图 21:	不同光伏电池片对应的银浆.....	13
图 22:	BSF 电池结构.....	13
图 23:	PERC 电池结构.....	13
图 24:	TOPCon 电池结构.....	13
图 25:	HJT 电池结构.....	13
图 26:	常见有色金属电阻率排序.....	14
图 27:	银包铜生产技术路线.....	15
图 28:	全球光伏新增装机.....	17
图 29:	中国光伏新增装机.....	17
图 30:	全球光伏电池片需求量.....	17
图 31:	中国光伏电池片需求量.....	17
图 32:	全球光伏银浆需求总量.....	17
图 33:	中国光伏银浆需求总量.....	17
图 34:	主栅占比变化.....	18
图 35:	栅线宽度变化.....	18
图 36:	电极印刷技术变化.....	19
图 37:	银浆电极占比变化.....	19
图 38:	PERC 正面单位银浆消耗量变化.....	19
图 39:	PERC 背面单位银浆消耗量变化.....	19
图 40:	TOPCon 正面单位银浆消耗量变化.....	20
图 41:	HJT 低温单位银浆消耗量变化.....	20

图 42:	乐观装机全球高温与低温银浆数量变化.....	20
图 43:	悲观装机全球高温与低温银浆数量变化.....	20
图 44:	第一种情景全球光伏银浆供需平衡.....	21
图 45:	第一种情景中国光伏银浆供需平衡.....	21
图 46:	第二种情景全球光伏银浆供需平衡.....	22
图 47:	第二种情景中国光伏银浆供需平衡.....	22
图 48:	伦敦白银价格.....	23
图 49:	沪银期货价格.....	23
图 50:	全球光伏银浆对银粉需求量.....	24
图 51:	光伏白银占全球白银比例.....	24

一、光伏银浆介绍

光伏银浆主要由高纯度银粉、玻璃氧化物、有机载体组成，主要应用在硅基光伏电池片正面电极和背面电极，收集硅基光伏产生的电流。光伏银浆位于其产业链中游，上游主要是银粉企业、玻璃氧化物企业以及有机载体生产企业，下游主要是光伏电池片生产商。其中，银粉是导电相，主要作用：导电，银粉质量的优劣直接影响电极材料的体电阻、接触电阻等；玻璃氧化物是粘结相，作用：导电膜层媒介、连接导电相和基底，其自身成分比列和整体在银浆中的含量过高会导致银浆导电性变差，过低无法渗透入钝化层和硅衬底形成导电接触；有机载体是有机物和部分液体组成，作用：导电相和粘结相运载体，控制浆料流动性。光伏银浆供给主要受中游企业产量与上游银粉供应的影响，需求主要受下游硅基光伏电池片产量的影响。

图 1： 光伏银浆产业链



资料来源：公开信息整理 中信期货研究所

二、光伏银浆供应逐年增加

2.1 全球与国内光伏银浆供应逐年提高

2017-2022 年全球光伏银浆供应稳步增长。全球光伏银浆供应商主要有贺利氏、杜邦、三星 SDI、日本 ELEX、苏州固锝（晶银新材）、聚和股份、帝科股份、硕禾电子、匡宇科技等企业，根据国内银浆产量所占市场份额以及国内电池片产量所占全球比例，推算出 2017 年至 2021 年全球光伏银浆每年供应量呈现逐年递增态势，2021 年全球光伏银浆供应量预计在 3518 吨左右，相较 2020 年增加 13.2%，2017-2021 年均复合增长率为 7.2%，预计 2022 年全球光伏银浆供应量仍将进一步提高。

光伏银浆生产、供应逐步开始国产化。2011 年以前，我国光伏银浆主要以进口为主，生产技术并未掌握；2011 年以后，受益于国家光伏产业政策扶持，国内光伏产业迅速崛起，光伏银浆生产、供应逐步开始国产化。国内光伏银浆市场需求不断增大，以聚和股份、帝科股份、苏州固锔（晶银新材）为代表的国内三大光伏银浆厂商，产能和产量快速扩张，2020 年聚和股份、帝科股份、晶银科技分别占正面光伏银浆市场份额 23%、15%、7%。2021 年三大光伏银浆企业总产能 2700 吨，产能较 2020 年同比增加 82%，2017-2021 年产能年复合增长率 28.6%；2021 年三大光伏银浆企业产量 1708 吨，较 2020 年增加 41%，受产能释放限制，同期产量增速小于产能增速；2017-2021 年产量年复合增长率 30.5%，大于同期产能年复合增长率，主要受益于生产技术突破、市场逐步打开等。

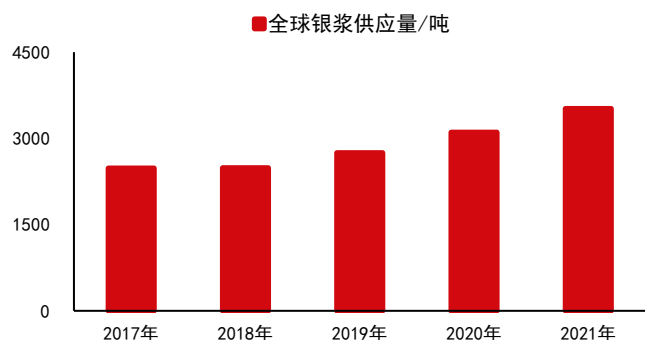
产能利用率先增后降。产能利用率在 2017 年至 2020 年处于增长态势，年复合增长率 8.5%，2021 年产能利用率下滑，主要受 2021 年产能增速太快影响，预计 2022 年产能利用率将回升至 70%以上。此外，2022 年帝科股份公告显示通过发行股份的方式收购江苏索特 100%股权，2021 年前索特公司光伏银浆产品年产能 400 吨/年，前两年产能利用率分别为 27.06%、28.90%，2021 年上半年杜邦集团将中国台湾生产基地部分生产设备转移至东莞索特，实际生产能力可达 650 吨/年，另将新增产能 200 吨，2022 年以后实际生产能力可达 850 吨/年，若收购顺利，帝科股份银浆产能有望达到 1350 吨/年。

图 2： 全球光伏银浆主要生产企业

公司	国家	主营业务	银浆业务
贺利氏	德国	贵金属、化工、材料等	提供各类银浆产品，以及定制化服务
三星 SDI	韩国	电子材料等	2010 年开始供应光伏银浆，产品覆盖各类光伏银浆。
杜邦	美国	农业、化工、材料等	太阳能电池技术创新，前后推出百余种导电浆料
聚和股份	中国	电子材料	正面银浆、背面银浆
帝科股份	中国	电子材料	正面银浆、背面银浆
苏州固锔（晶银新材）	中国	电子材料、传感器、集成电路	正面银浆、背面银浆、低温银浆
匡宇科技	中国	电子材料	正面银浆、背面银浆
硕禾电子	中国	电子材料	正面银浆、背面银浆
ELEX 株式会社	日本	各类导电浆料	（低温）银浆、各类导电浆料受托制造

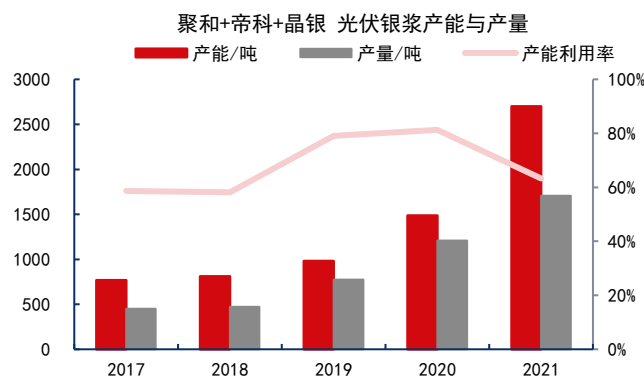
资料来源：公司公告 中信期货研究所

图 3： 全球光伏银浆供应（推算）



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 4： 国内三大光伏银浆产能与产量



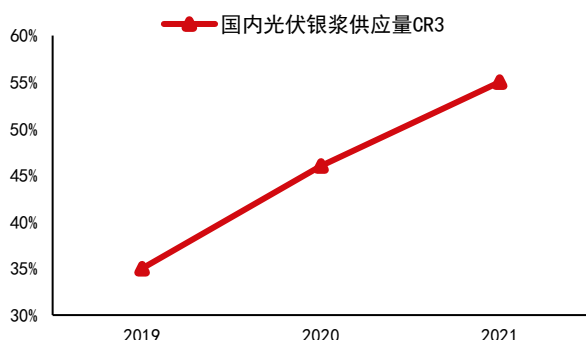
数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

2.2 国产光伏银浆行业集中度不断提升

国产光伏银浆企业最近三年供应量集中度不断提高，2021 年光伏银浆行业集中度较 2020 年同比增加 19%，业内竞争激烈度进一步提升。从国内光伏产业链各环节集中度对比分析，近三年光伏银浆行业的 CR3 与光伏电池片 CR5 更为相似，两者在 2021 年行业集中分别为 55%、54%，小于硅片行业 CR5（2021 年 84%）、组件行业 CR5（2021 年 68%），表明国内三大银浆企业供应量可满足国内五大电池片企业对光伏银浆的需求。

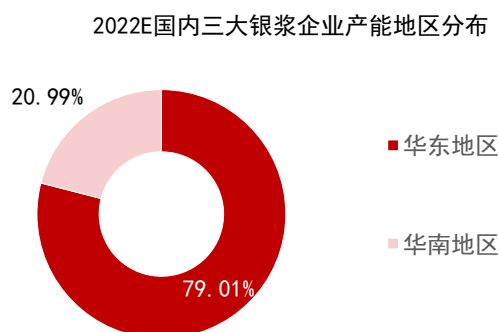
国内光伏银浆企业从地区分布来看，主要分布在华东地区，以苏州、常州、无锡等地较为集中，并且随着光伏银浆行业集中度的提高，该华东地区产光伏银浆产能占比也同步提高，地区产业政策、物流等对光伏银浆产业链供应稳定性影响增强。其次，广东东莞地区有一定占比，但与华东地区相比，仍有很大差距。

图 5： 国内光伏银浆 CR3



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 6： 2022E 三大银浆企业产能地区分布



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

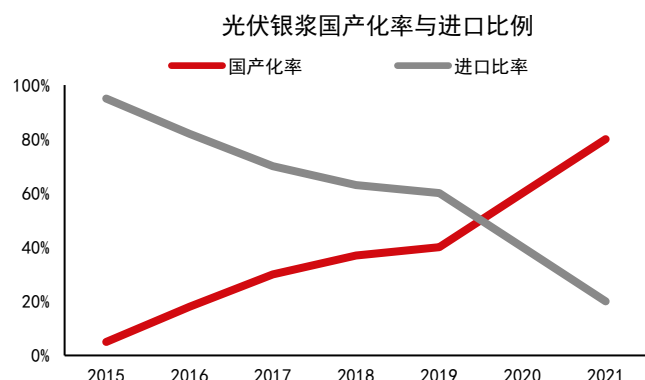
2.3 光伏银浆进口数量减少，银粉进口增加

2020 年以前国内光伏银浆主要以进口为主，随着国内光伏银浆产能的释放，

国内光伏银浆国产化率不断提高，经公开资料整理，2021 年国产化银浆占比达到 80%左右（国内银浆企业产量占国内银浆总需求量），同比 2020 年提高 33%，最近五年光伏银浆国产化率年复合增速 21.7%。若按国内银浆产量占全球光伏银浆需求量计算，2021 年国产银浆占比 55%。

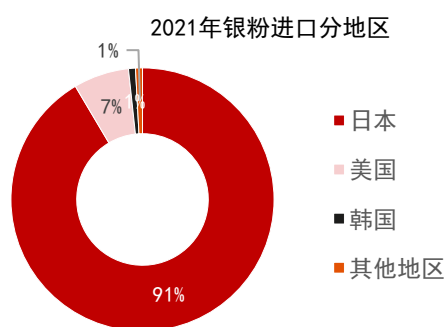
生产光伏银浆所需原材料银粉大部分来自进口，2021 年我国全年进口银粉 3240 吨，日本、美国、韩国分别占比 91.48%、6.81%、0.86%，其它地区进口占比 0.85%，超过 50%用于生产光伏银浆；2021 年银粉进口数量较 2020 年减少 3%，2020 年银粉进口数量较 2019 年增加 16.7%，近五年银粉进口数量年复合增长率 3%。2021 年银粉进口金额 15.4 亿美元左右，较 2020 年提高 24%，近五年进口金额年复合增长率 12.6%；同期银粉出口量较少，2021 年银粉出口金额 1600 万美元，较 2021 年增加 113%，但与进口 15.4 亿美元相比，我国进口量银粉数量仍然过高。DOW(同和控股日本有色金属厂商)是银粉的主要供应商，其银粉粒径小、分散性和有机物包覆效果好、质量稳定，是正面银浆首选的银粉供应商，占全球光伏银浆用银粉 50%以上的市场份额，且京都 ELEX 公司（低温银浆）更是其合资公司之一。其次，美国 AMES 公司也在银粉市场占有一定市场份额。国内银粉厂家苏州思美特、宁波晶鑫、苏州银瑞等，但国产银粉质量仍与进口银粉存在一定差距。日本 DOWA 公司所产的银粉是我国光伏银浆企业进口主要来源，2018 年-2021 年国内光伏银浆企业从 DOWA 进口银粉（按银粉溯源地）比例维持在 90%以上，虽然聚和、帝科报表显示 2020 年及以后 DOWA 采购比例降低，但实际从其供应商无锡聿丰（贸易企业）等企业购买的银粉，溯源地仍是日本 DOWA 公司。主要是这些贸易企业接受商业票据或银行承兑汇票付款，这对光伏银浆企业直接从日本 DOWA 公司购买银粉电汇现金相比，光伏银浆生产企业更喜欢前者（无需自身贴息），可以缓解企业经营现金流状况。因此，国产化替代银粉进口是国内银粉相关生产企业所面临的重大问题，随着光伏新增装机的快速发展，对光伏银浆的需求，银粉国产化变得更为迫切。

图 7： 我国光伏银浆国产化率



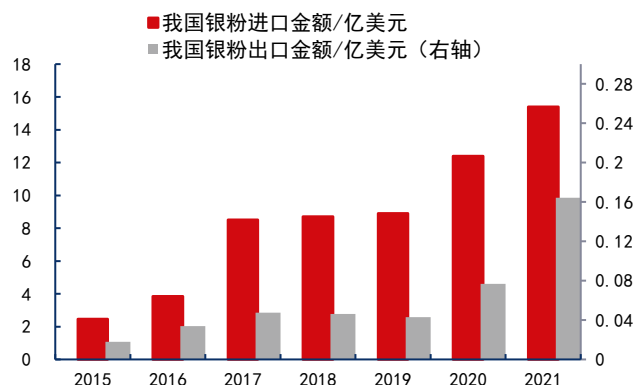
数据来源：公司年报 中信期货研究所

图 8： 2021 年我国银粉进口分地区



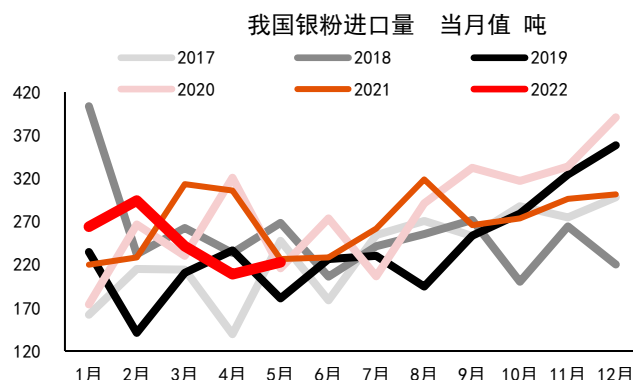
数据来源：公司年报 中信期货研究所

图 9： 我国银粉进出口金额



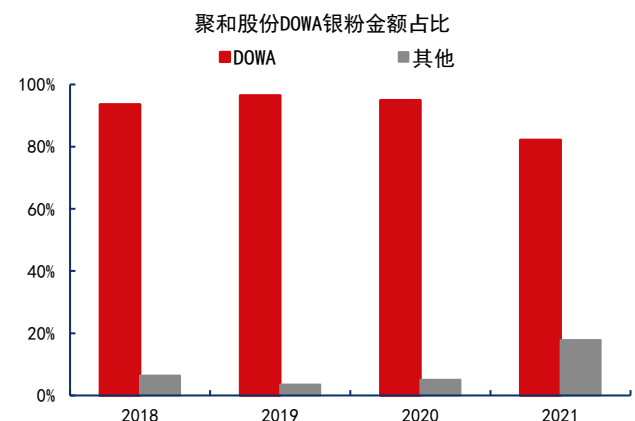
数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 10： 我国银粉进口数量



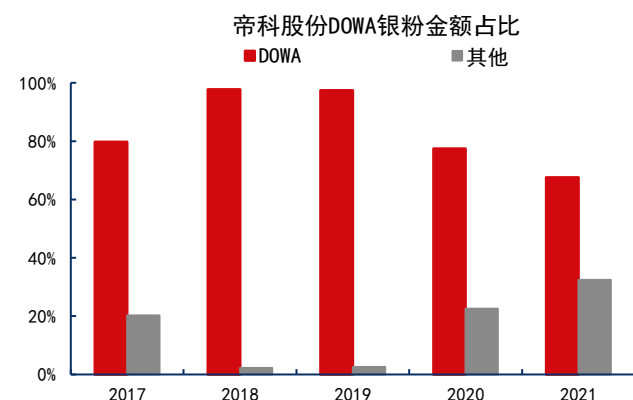
数据来源：海关总署 中信期货研究所

图 11： 聚和股份采购 DOWA 银粉金额占比



数据来源：公司年报 中信期货研究所

图 12： 帝科股份采购 DOWA 银粉金额占比



数据来源：公司年报 中信期货研究所

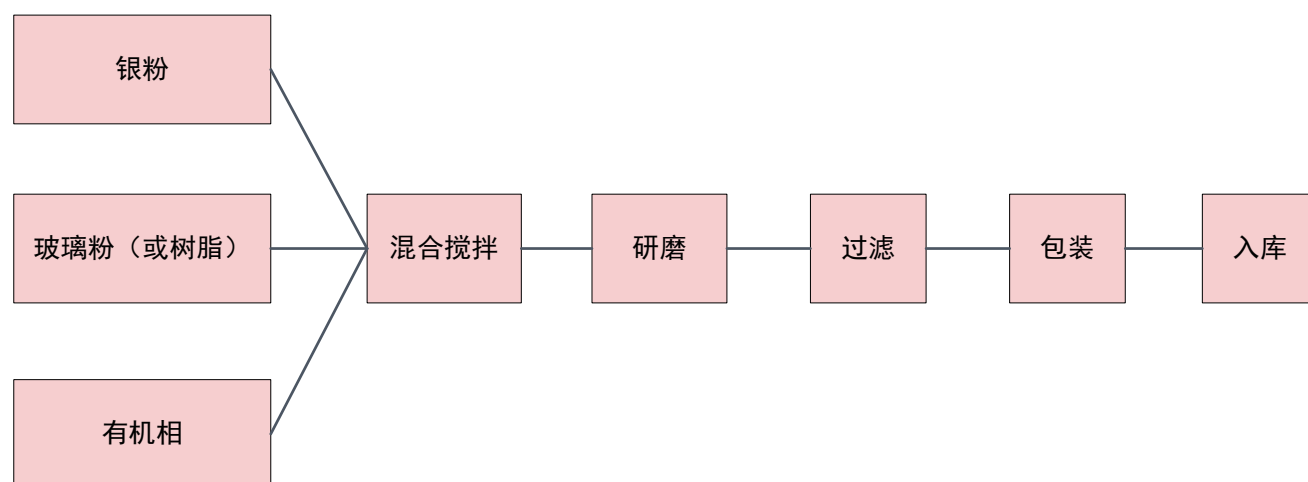
2.4 光伏银浆生产工艺路线和成本、投资成本及建设周期、利润

光伏银浆生产工艺路线及成本：将银粉、玻璃粉（或树脂）、有机相等物质进行配料，随后放入机械设备内混合搅拌、研磨，控制搅拌、研磨工艺参数，过滤泄出银浆，产品性能检查、包装、入库等。整体而言，光伏银浆集金属、无机非材料、有机材料科学知识于一体，其制备涉及到粉末冶金、机械加工、相图理论、纳米技术、流体力学等技术领域，生产技术壁垒较高，配方比例、银粉微光形貌、玻璃相、有机相制备及添加方式、生产过程工艺参数控制等是制备关键因素。

光伏银浆生产成本：2021 年光伏银浆生产成本中直接材料（银粉、玻璃相、有机相等）占比 99.41%（包含 4.65%材料销售成本），人工成本占比 0.24%，制造费用占比 0.28%，物流相关费用占比 0.07%。对比 2016 年直接材料占比 98.76%，直接人工占比 0.61%，制造费用占比 0.63%，可知银浆生产过程材料费用占比最大，人工和制造所需燃料动力费占比较小，而材料费用中银粉成本占比 90%以上。

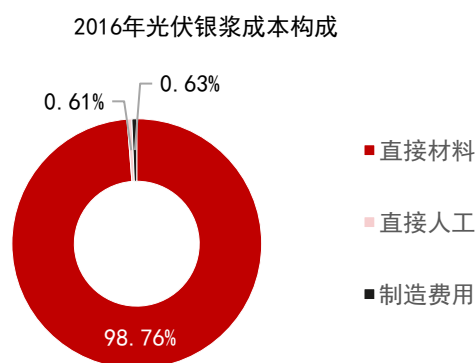
未来降低生产成本，主要是材料费用，尤其是银粉成本的降低是发展方向。

图 13： 银浆生产工艺流程



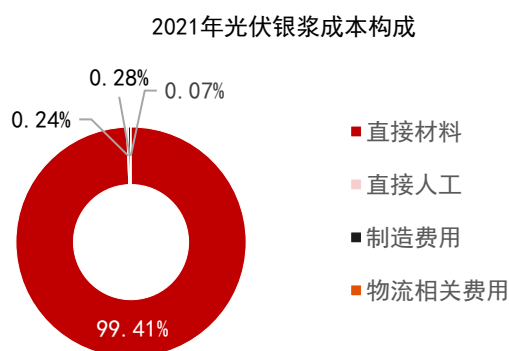
资料来源：公开信息整理 中信期货研究所

图 14： 2016 年光伏银浆成本构成



数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

图 15： 2021 年光伏银浆成本构成



数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

光伏银浆产线投资成本：根据苏州固锝、帝科股份、聚和股份公布的相关公告，受各公司生产技术、工艺、场地、市场等不同因素的实际情况限制，投资 500 吨-1700 吨光伏银浆产能所需资金在 1.5 亿-2.7 亿元之间，单吨光伏银浆生产线投资成本 16 万元-53 万元。

图 16： 年产 500 吨光伏银浆投资概算

序号	项目	投资总额	比例
1	建筑工程及其他费用	10196.34	38.27%
2	设备购置及安装	9954.12	37.36%
3	土地购置费	726.26	2.73%
4	预备费	1007.52	3.78%
5	购买原材料	4760.59	17.87%
合计	合计	26644.83	100%

资料来源：帝科股份 中信期货研究所

图 17： 年产 1700 吨光伏银浆投资概算

序号	项目	投资总额	比例
1	建筑工程及其他费用	8966.56	32.9%
2	设备购置费	6578.05	24.1%
3	设备安装费	197.34	0.7%
4	搬迁费	50	0.2%
5	预备费	787.1	2.9%
6	土地购置费	1274.63	4.7%
7	铺底流动资金	9433.32	34.6%
合计	合计	26644.83	100%

资料来源：聚和股份 中信期货研究所

图 18： 年产 500 吨光伏银浆投资概算

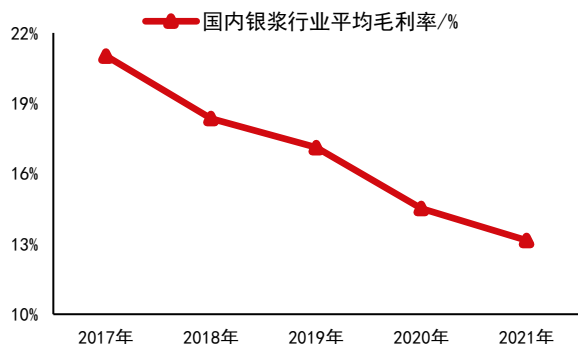
序号	项目	投资总额	比例
1	土地及建筑工程	8843.56	56.54%
2	设备购置及安装	4845	30.97%
3	基本预备费	396	2.54%
4	铺底流动资金	1556.32	9.95%
合计	合计	15641.81	100%

资料来源：苏州固锝 中信期货研究所

光伏银浆建设周期 1-2.5 年：帝科股份年产 500 吨光伏银浆项目实施周期 30 个月，包括可行性研究、厂房建设施工、搬迁、设备购置安装、人员招聘及培训、投产运营等，项目在是实施后 19 个月可以达到总产能 60%，30 个月后完全达产。聚和股份 3000 吨导电浆料（其中光伏银浆 1700 吨）项目，包括可行性研究、厂房建设施工、搬迁、设备购置、安装调试、人员招聘及培训等环节，建设周期 12 个月。

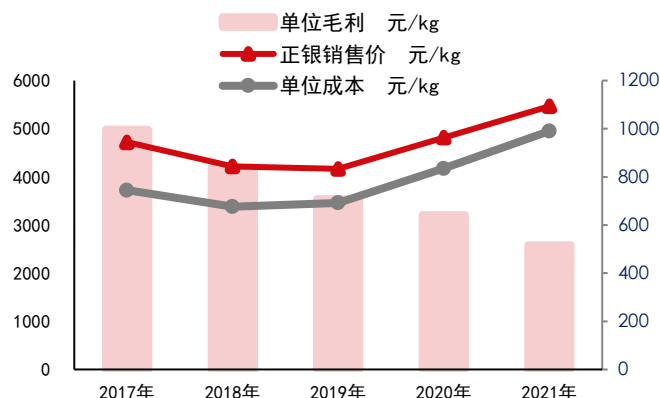
光伏银浆利润下滑：随着光伏行业补贴下调，平价上网要求产业链降本提效，以及外购银粉价格大幅波动对企业经营风险的加大、业内竞争加剧等因素影响，光伏银浆行业毛利率降低。2021 年行业平均毛利率 13.15%，较 2020 年同比下滑 9.37%，近五年平均毛利率年均复合下滑率 8.95%，总体下滑幅度较大。以某上市公司正银销售价格为例，2017 年-2021 年销售价格分别为 4719 元/kg、4219 元/kg、4166 元/kg、4815 元/kg、5467 元/kg，单位毛利分别为 996 元/kg、839 元/kg、707 元/kg、641 元/kg、516 元/kg，单位毛利逐年下降。

图 19： 国内银浆企业平均毛利率降低



数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

图 20： 正银单位毛利下降



数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

2.5 技术变革对光伏银浆供应影响增加

2.5.1 电池片技术升级光伏银浆供应提出更高要求

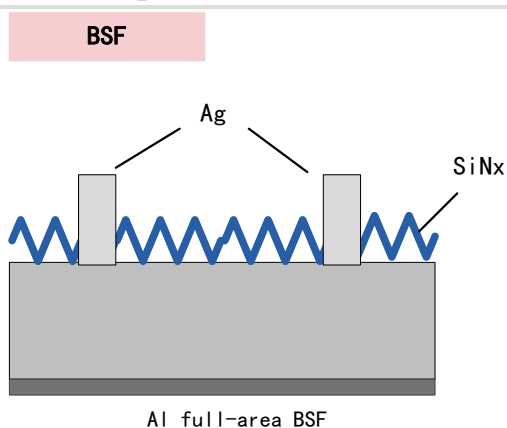
光伏银浆按生产技术和工艺路线可分为高温银浆和低温银浆，光伏电池片生产环节：高温银浆烧结温度 500℃以上，适用于 BSF 电池、PERC 电池、TOPCon（TOPCon 正面使用银铝浆，银含量 95%以上）等晶硅电池片，低温银浆烧结温度 250℃以下，适用于异质结（HJT）晶硅电池片，主要原因 HJT 具有非晶薄层，如果烧结温度过高（大于 250℃）将导致非晶薄层材料从非晶向晶体转变，进而导致 HJT 电池片失效；随着光伏电池转化效率的提高，根据光伏协会统计，电池转换效率提升 1%，光伏发电成本可下降 7%，未来逐步形成高光电转化率效率 TOPCon 和 HJT 的市场，后者对低温银浆需求旺盛。2021 年以前全球低温银浆主要供应商日本 ELEX 公司，占据低温银浆市场份额 90%以上；国内方面，苏州固锝在低温银浆方面不断取得重大进展，2020 年苏州固锝（晶银新材）出货低温银浆 1.61 吨，2021 年出货 5.14 吨，同比增加 219%，出货量增幅明显。其次，苏州固锝（晶银新材）掌握高温、低温银浆生产（核心）配方、玻璃粉制备技术，且在 2021 年具备的 500 吨光伏银浆产能可以在高温和低温间任意切换。该公司高温和低温银浆在同一生产规模下，成本差别不大，但价差较大，2021 年高、低温银浆价差 2000-2500 元/kg，高价差致使光伏银浆企业具有较强驱动力，调动资本、技术、人力等投入低温银浆领域，预计未来低温银浆国产化率也将不断提高，日本 ELEX 公司等低温银浆市场占比将逐渐降低。

图 21： 不同光伏电池片对应的银浆

电池	技术工艺	银浆要求	银浆国产化程度
PERC	用激光打开背表面钝化膜，铝浆完成金半接触，银浆为汇流及焊接点。	常规银浆，接触面积下降，导电性提高	较高
双面 PERC	全铝背场改为局部铝栅格	流动性好，适合细栅线	较高
TOPCon	物理气相沉积，全背金属接触	背面有高掺杂多晶硅薄层，需多晶硅层接触并最大程度降低金属诱导复合速率的浆料。	较低
HJT	低温固化银浆在双面印刷电极栅格，或用电镀技术在表面沉积。	非晶硅层温度敏感，电池片制造过程温度低于 250℃，配低温银浆。	极低

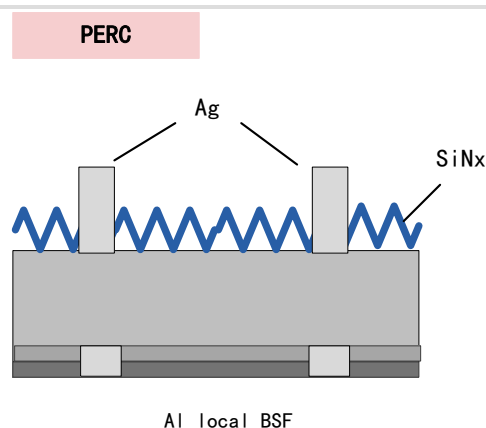
资料来源：Solarzoom 中信期货研究所

图 22： BSF 电池结构



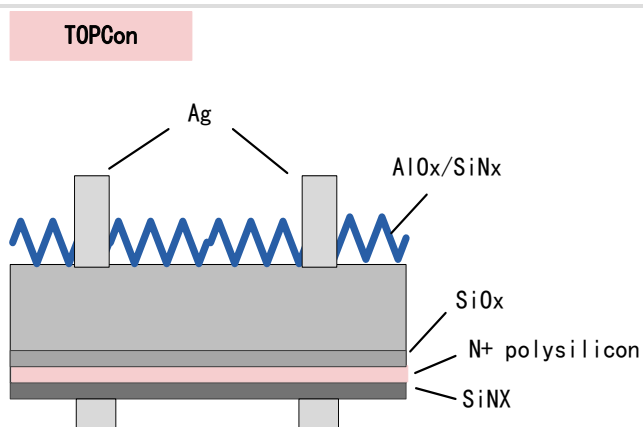
数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

图 23： PERC 电池结构



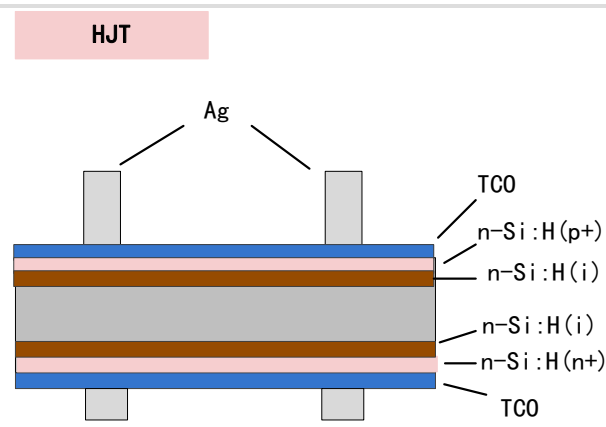
数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

图 24： TOPCon 电池结构



数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

图 25： HJT 电池结构



数据来源：公开信息整理 中信期货研究所

2.5.2 银包铜技术进步降低光伏银浆生产成本

银粉制备方法种类繁多，如机械球磨法、蒸发冷凝法、化学还原法、电化学沉积法等。但这些方法本质上都使用银锭作为原材料，按最近两年白银价格计算，每吨白银价格 400-500 百万元，价格较高。降低白银价值和占比有效的技术方式，通过添加其他相对便宜的金属而现实。对比常见有色金属电阻率可知，白银和铜在相同条件下电阻率相差 $0.09 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ ，电阻相差较小，同期铜价 5-7.6 万元/吨，远远低于单吨白银价格。其他有色金属电阻率相比铜的电阻率偏高，不适合用于光伏银浆制造。

图 26： 常见有色金属电阻率排序

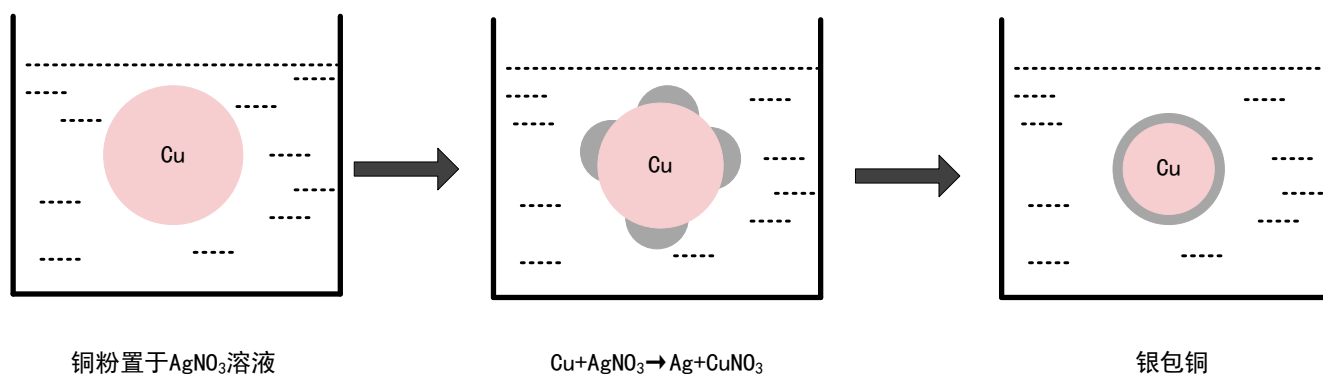
元素	温度 (°C)	电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
Ag	20	1.59×10^{-6}
Cu	20	1.68×10^{-6}
Au	20	2.46×10^{-6}
Al	20	2.65×10^{-6}
Be	20	4.00×10^{-6}
Mg	20	4.45×10^{-6}
W	27	5.65×10^{-6}
Zn	20	5.20×10^{-6}
Ni	20	6.84×10^{-6}
Fe	20	9.71×10^{-6}
Sn	0	1.1×10^{-5}
Pb	20	2.07×10^{-5}
Ti	20	4.20×10^{-5}

资料来源：《有色金属概论》 中信期货研究所

通过银包铜技术将白银和铜结合，综合成本可降低 10%-20%，降低电池片的电极成本 30%-50%，产品银含量在 30%-70%，各厂家存在差异。银包铜粉末主要通过铜粉放置于将硝酸银溶液中，通过控制溶液浓度、铜粉数量以及机械设备工艺参数，通过化学置换反应将硝酸银溶液中银离子置换生产银单质，覆着在铜颗粒表面，随着置换时间的延长，银粉逐步完全覆盖铜颗粒表面，形成银包铜颗粒，悬浮在溶液中，最后通过过滤、干燥的方法，银包铜粉末与溶液分离，形成银包铜粉末。从目前产业实际使用情况而言，高温银浆有部分产品已经使用银包铜粉末作为原料生产光伏银浆，并且该产品已经应用于下游电池片的生产中。低温银浆使用银包铜粉末的技术还处于验证阶段，2021 年 7 月，华晟新能源 500MW 异质结 (HJT) 项目使用银包铜浆料，但银包铜粉制备光伏银浆实际应用效果还有待进一步验证。其次，迈为股份等相关上市公司公告，日本 ELEX 公司含银量 44% 的银包铜导电浆料经测试，可靠性没发现问题，后期有望应用 HJT 电池片生产。

总体而言，当前光伏银浆企业使用的银粉，以及生产银包铜使用的银粉仍以进口为主，进一步表明国产化替代进口银粉的必要性。其次，国内高温银浆用银包铜、银浆可已实现国产化，但使用银包铜制备的低温银浆，仍以日本进口为主（纯银粉制备的低温银浆也同样以日本进口为主，国内供应少部分），市场预计 2022 年可以实现高、低温银包铜国产化。

图 27： 银包铜生产技术路线



资料来源：公开信息整理 中信期货研究所

三、光伏银浆需求保持高增

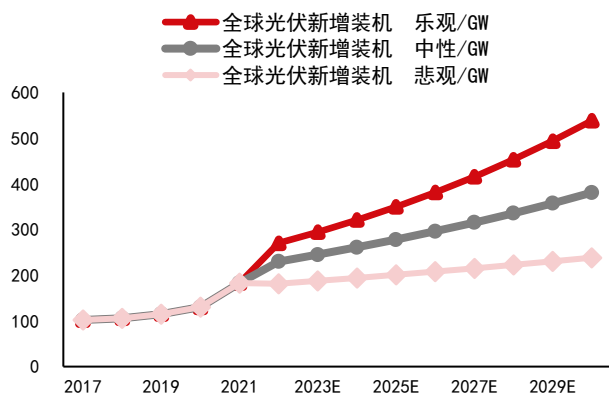
3.1 乐观装机景下，2030 年全球光伏银浆需求或达到 5514 吨

2021 年全球光伏新增 183GW，2021 年中国光伏新增 54.88GW，根据 SolarPower Europe（欧洲光伏协会）和 CPIA（中国光伏协会）对全球、中国光伏装机增速的预测，以及中信期货研究所前期对光伏系列专题研究，经整理资料，调整了全球光伏和中国光伏新增装机预期。预计 2025 年全球光伏新增装机在乐观/中性/悲观条件下分别为 350GW/278GW/201GW，2030 年全球光伏新增装机在乐观/中性/悲观条件下分别为 538GW/381GW/238GW；预计 2025 年中国光伏新增装机在乐观/中性/悲观条件下分别为 134GW/119GW/93GW，2030 年中国光伏新增装机在乐观/中性/悲观条件下分别为 174GW/140GW/121GW。

根据光伏装机量与光伏组件容配比 1.2 计算，光伏组件与电池片配比按 1:1 计算，光伏电池片至组件生产合格率按 99%计算。预计 2025 年全球光伏电池片需求量在乐观/中性/悲观条件下分别为 424GW/337GW/244GW，2030 年全球光伏电池片需求量在乐观/中性/悲观条件下分别为 652GW/462GW/288GW；预计 2025 年中国光伏电池片需求量在乐观/中性/悲观条件下分别为 162GW/144GW/113GW，2030 年中国光伏电池片需求量在乐观/中性/悲观条件下分别为 211GW/170GW/147GW。

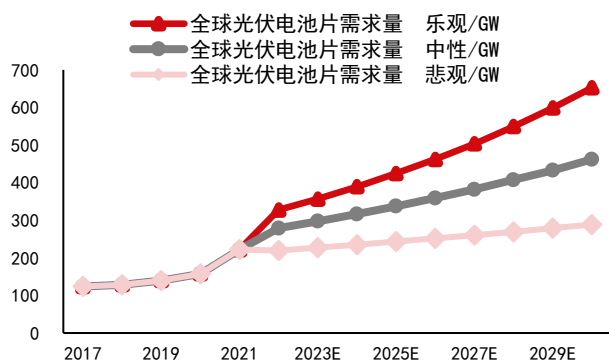
根据 BSF、PERC、TOPCon、HJT 光电转化率效率和电池片尺寸的变化，可能分别计算出 BSF、PERC、TOPCon、HJT 等单片电池片功率，结合每年新增光伏装机量和不同电池片渗透率的变化，计算出不同电池片的数量；最后，结合不同电池片单位银浆消耗量，计算出光伏银浆需求总量。经计算，预计 2025 年全球光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 4390 吨/2521 吨，2030 年全球光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 5514 吨/2439 吨。其次，预计中国光伏银浆需求量应与中国光伏电池片制造量相匹配，不应与中国光伏新增装机匹配，因为中国光伏电池片除用于满足国内自身装机组件需求外，剩余部分用于光伏电池片出口，以及光伏组件出口所需电池片，所以国内光伏银浆需求量应于国内光伏电池片制造相匹配。2017 年至 2021 年，国内电池片产量占全球比例由 68%提升至 86%，2022 年开始预计占比在 90%以上。经计算，预计 2025 年中国光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 3951 吨/2269 吨，2030 年中国光伏银浆需求量在乐观/悲观条件下分别为 4963 吨/2196 吨。我们认为未来全球光伏新增装机量，更偏向于本次乐观条件下的新增量。

图 28： 全球光伏新增装机



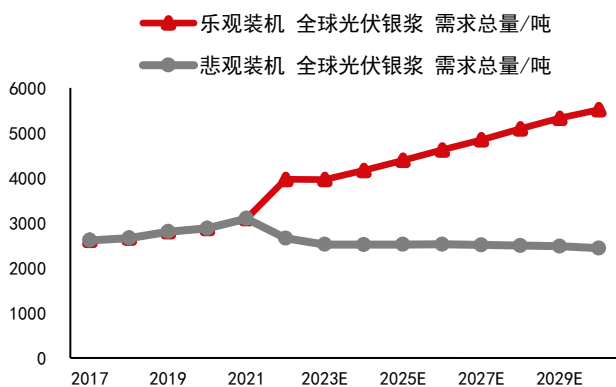
数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 30： 全球光伏电池片需求量



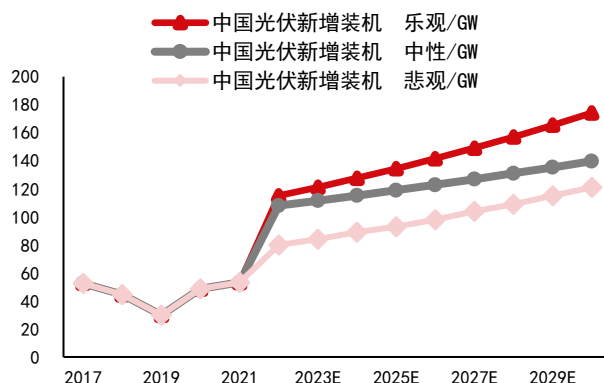
数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 32： 全球光伏银浆需求总量



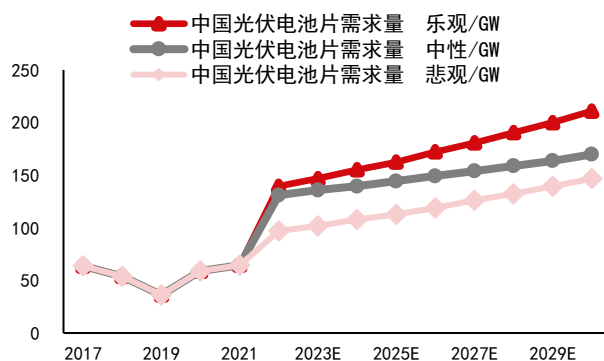
数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 29： 中国光伏新增装机



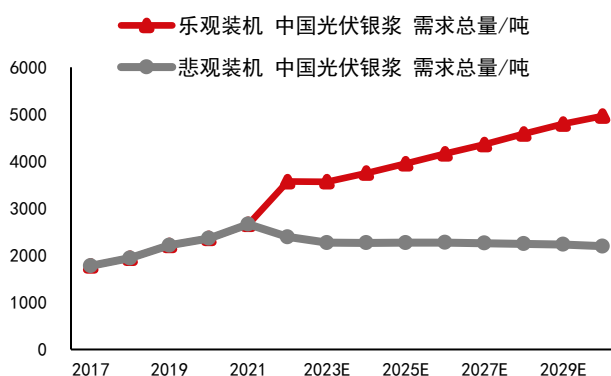
数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 31： 中国光伏电池片需求量



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 33： 中国光伏银浆需求总量



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

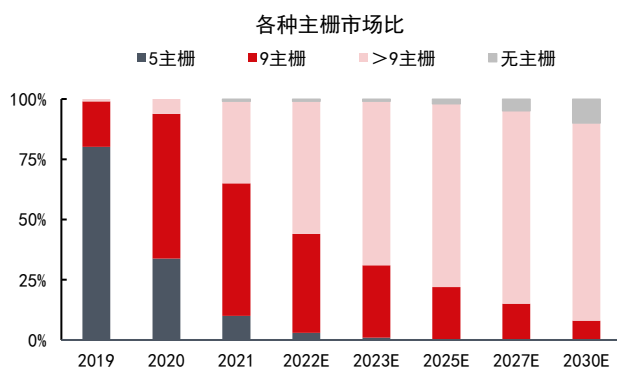
3.2 光伏电池片制造技术提升单位银浆耗量降低

光伏电池片金属电极可分为主栅和细栅，细栅收集电池片表面生产的光生载流子（电子），主栅主要汇流、串联（通过焊带连接两电池片）。多主栅技术可大幅降低银浆用量：在不影响遮光面积和串联工艺的前提下，增加主栅数目有利于缩短电池片内电流横向收集路径，减小电池功率顺势，提高导电性；减

小细栅宽度，可以降低遮光损失，提升入射光利用率，同时降低光伏银浆用量。多主栅技术是在增加主栅数目同时，减小主栅和细栅宽度。市场研究表明，当前多主栅技术可提高光电转化效率 0.2%，节省银浆 25%–35%。2020 年 9 主栅以及大于 9 主栅的电池片逐步生产市场主流，2021 年 9 主栅以及大于 9 主栅的电池片占比达到 89%，相比 2020 年提升 22.8 个百分点；预计 2025 年–2030 年将形成主要为 9 主栅以及大于 9 主栅的市场格局，未来无主栅技术（但有细栅）的电池片也会出现，并且占一定市场份额。2021 年 9BB 细栅宽度 32.5 μm ，较 2020 年下降 9.2%，预计 2025 年细栅宽度较 2021 年下降 20%，2030 年细栅宽度较 2021 年下降 32.9%。印刷设备对准精度越高光伏银浆损失越少，2021 年印刷设备对准精度较 2020 年提高 3.8%，预计 2025 年、2030 年印刷设备对准精度分别较 2021 年提升 14%、26%。

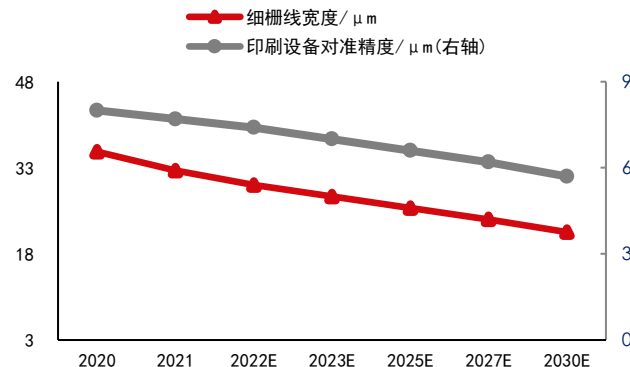
减少银浆耗量的方法还有：①丝网印刷主、副分别印刷，印刷主栅时，不需要穿透减反膜，避免多余复合印刷；同时，不需要考虑副栅高度，减少浆料使用量。②新型转印刷技术：迈为公司通过新型转移印刷技术，替代丝网印刷技术，能够做到更细的栅线，该技术通过薄膜（特殊材料和工艺制成）将光伏银浆转移至电池片上，配合高密度 CDD 系统，大幅度降低银浆耗量，已有数据正面转移印刷是可行的，大约节省 40%–50% 的银浆。③铜电镀技术，通过电镀在光伏电极处沉积铜，实现铜替代银浆；④铜膏，使用高导电性铜膏替代银浆，目前商用化普及程度低，实验室级别有开展验证。综上，预计 2025 年、2030 年预计丝网印刷技术市场占比较 2021 年分别降低 5%、10%，其他技术市场占比逐步小幅提升。同期，预计 2025 年、2030 年银浆电极市场占比较 2021 年分别降低 4%、11%，光伏银浆综合耗量进一步降低。

图 34： 主栅占比变化



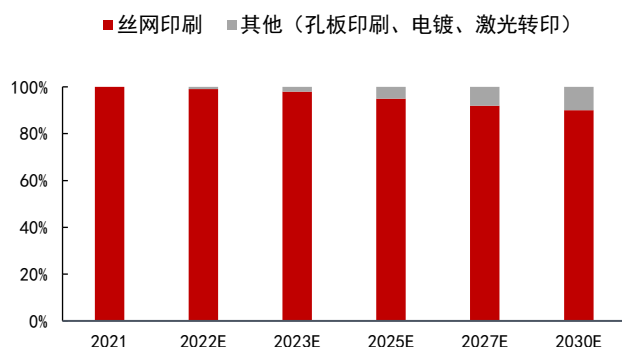
数据来源：CPIA 中信期货研究所

图 35： 栅线宽度变化



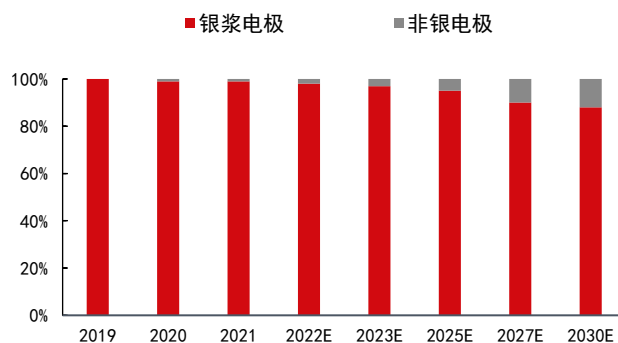
数据来源：CPIA 中信期货研究所

图 36： 电极印刷技术变化



数据来源：CPIA 中信期货研究所

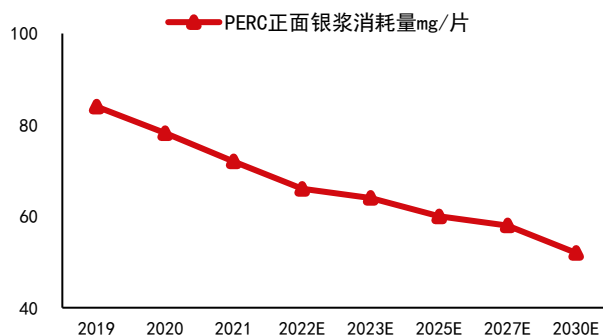
图 37： 银浆电极占比变化



数据来源：CPIA 中信期货研究所

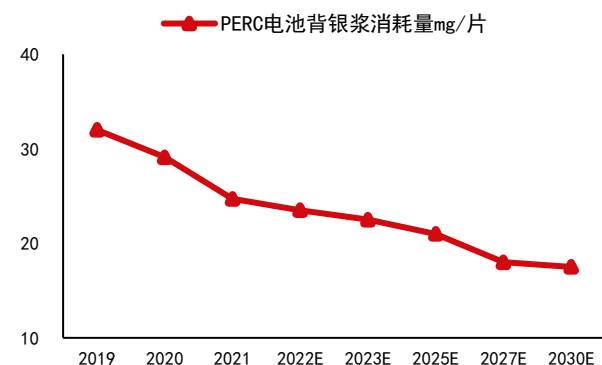
由于各种电极和印刷制造技术的进步，PERC、TOPCon、HJT 等各类主流电池片单位耗银量下降，2021 年 PERC 电池正面单位耗银量相较 2020 年下降 7.9%，2025 年 PERC 电池正面单位耗银量相较 2021 年下降 16.7%，2030 年 PERC 电池正面单位耗银量相较 2021 年下降 28%；2021 年 PERC 电池背面单位耗银量相较 2020 年下降 15%，2025 年 PERC 电池正面单位耗银量相较 2021 年下降 15%，2030 年 PERC 电池正面单位耗银量相较 2021 年下降 29%；2021 年 TOPCon 电池正面单位耗银量相较 2020 年下降 13.8%，2025 年 PERC 电池正面单位耗银量相较 2021 年下降 18.8%，2030 年 PERC 电池正面单位耗银量相较 2021 年下降 31%；2021 年 HJT 电池低温银浆单位耗量相较 2020 年下降 15.2%，2025 年 HJT 电池低温银浆单位耗量相较 2021 年下降 21%，2030 年 HJT 电池低温银浆单位耗量相较 2021 年下降 47%。对比各类电池单位银浆下降幅度可以看出，HJT 降幅最大，其次是 TOPCon，主要受 HJT、TOPCon 市场占有率不断提升，产业资本对技术投入动力增大，促使银浆单位消耗量下滑，降低生产成本、度电成本，提高 HJT、TOPCon 的市场竞争力。

图 38： PERC 正面单位银浆消耗量变化



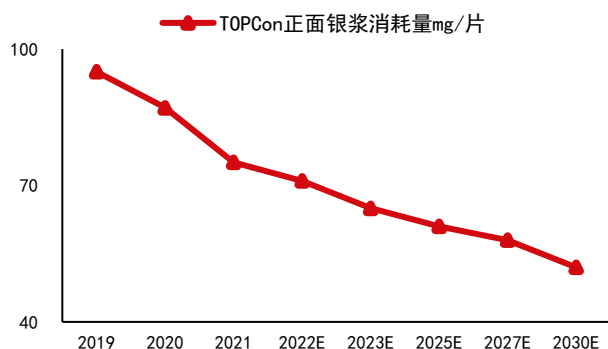
数据来源：CPIA 中信期货研究所

图 39： PERC 背面单位银浆消耗量变化



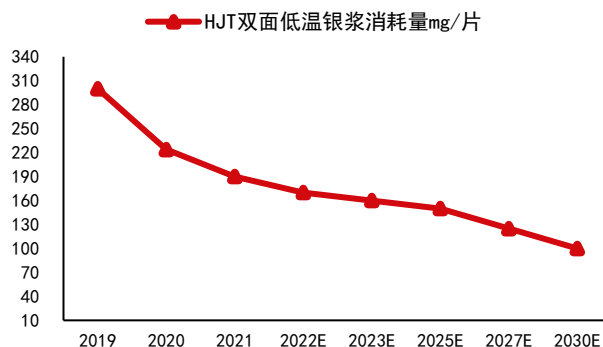
数据来源：CPIA 中信期货研究所

图 40: TOPCon 正面单位银浆消耗量变化



数据来源: CPIA 中信期货研究所

图 41: HJT 低温单位银浆消耗量变化

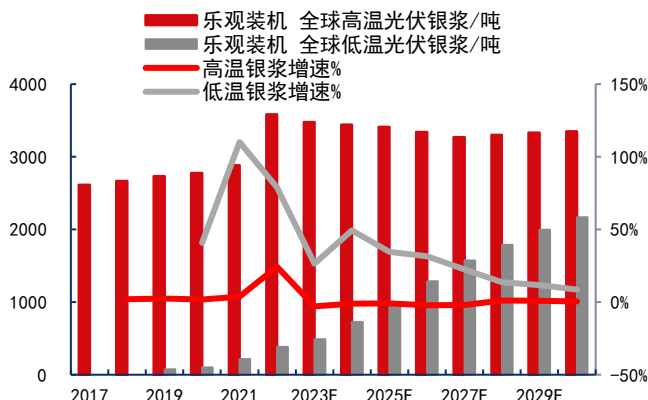


数据来源: CPIA 中信期货研究所

3.3 光伏电池片技术革新对低温银浆需求量增大

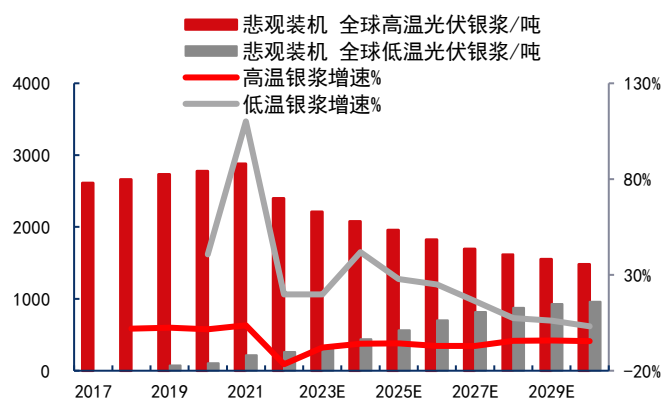
随着硅基光伏产业快速发展,由于 PERC、TOPCon 电池占比下滑,导致高温银浆后期增速下滑;HJT 电池占有率提高,导致低温银浆增速提高。在全球乐观装机需求条件下,2021 年全球高温银浆需求量 2880 吨,低温银浆需求量 215 吨,较 2020 年分别增加 3.7%、110%;全球乐观装机条件下,预计 2025 年全球高温银浆和低温银浆需求量较 2021 年分别提高 18.5%、354%,2030 年全球高温银浆和低温银浆需求量较 2021 年分别提高 16%、906%。在悲观装机条件下,预计 2025 年全球高温银浆和低温银浆需求量较 2021 年分别下滑 32%,提高 160.7%,2030 年全球高温银浆和低温银浆需求量较 2021 年分别下滑 49%,提高 345%。横向对比可以看出,未来全球光伏新增装机对低温银浆的需求量加大,不论是在乐观或悲观装机条件下,2030 年较 2021 年全球低温银浆需求量都在 3 倍以上,潜在空间巨大。

图 42: 乐观装机全球高温与低温银浆数量变化



数据来源: 公开资料整理 中信期货研究所

图 43: 悲观装机全球高温与低温银浆数量变化



数据来源: 公开资料整理 中信期货研究所

四、光伏银浆供需平衡及对白银边际定价的影响

4.1 光伏银浆供需盈余与缺口分析

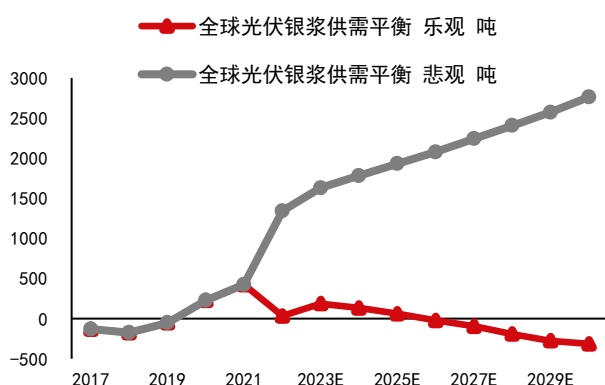
全球光伏银浆在 2017-2018 年处于供给相对紧缺状态，缺口在 300 吨左右，2019-2020 年处于供需边际改善阶段，供应平衡逐步由供应短缺转为供应过剩，2021 年基本处于供给过剩阶段。

第一种情景：乐观条件 2025 年后供需紧平衡，悲观条件持续供需过剩

第一种情景：2022E 若全球光伏银浆供应达到 4000 吨（目前产能扩张的条件下可以满足），并且此后每年增加 150 吨的供应量，至 2025E、2030E 分别供应至 4450 吨、5200 吨，则全球光伏银浆在乐观装机条件下，2021-2030E 基本可以处于供需紧平衡状态；在悲观装机条件下，2021-2030 全球光伏银浆处于大幅过剩阶段。若全球光伏装机量处于悲观与乐观装机量之间，则全球光伏银浆仍将过剩，越靠近乐观装机数，过剩量越低。

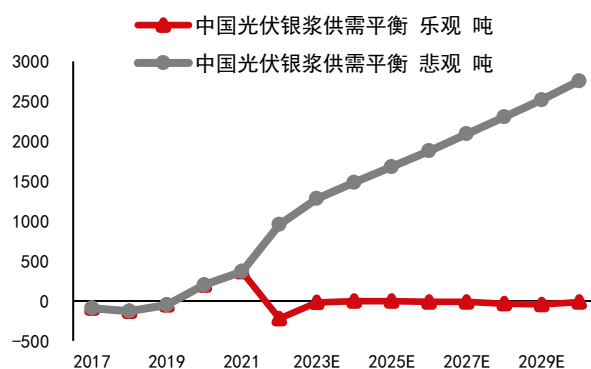
2022E 若国内光伏银浆供应 3350 吨（目前国内产能条件可以满足），此后每年增加 200 吨，至 2025E、2030E 分别供应至 3950 吨、4950 吨，则中国光伏银浆在（全球）乐观装机条件下，2021-2030E 基本处于供需平衡状态；在全球悲观装机条件下，基本处于供应过剩状态。若全球光伏装机量处于悲观和乐观之间，则中国光伏银浆也仍将过剩，越靠近乐观装机量，国内光伏银浆过剩量越低。

图 44： 第一种情景全球光伏银浆供需平衡



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 45： 第一种情景中国光伏银浆供需平衡



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

第二种情景：乐观和悲观条件下，2022 年后供需持续处于紧缺或平衡

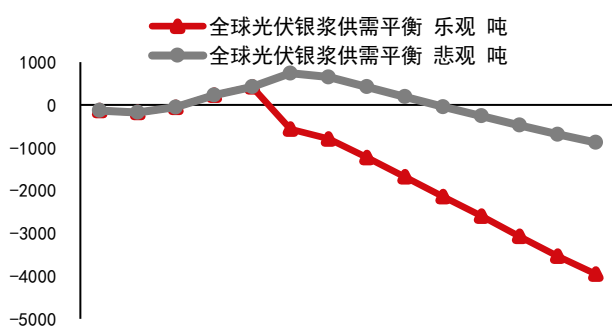
第二种情景：2022E 若全球光伏银浆供应达到 3400 吨（目前产能条件下可以满足），并且此后每年减产 230 吨的供应量，至 2025E、2030E 分别供应至 2710 吨、1560 吨，则全球光伏银浆在乐观装机条件下，2021-2030E 将处于严重短缺状态；在悲观装机条件下，2021-2030 全球光伏银浆基本处于供需平衡阶段。若全球光伏装机量处于悲观与乐观装机量之间，则全球光伏银浆仍将短缺，越靠

近悲观装机量，短缺量越低。

2022E 若国内光伏银浆供应 3000 吨（目前国内产能条件可以满足），此后每年减产 195 吨，至 2025E、2030E 分别供应至 2415 吨、1440 吨，则中国光伏银浆在（全球）乐观装机条件下，2021-2030 也将处于供需严重短缺状态；在全球悲观装机条件下，基本处于供应紧平衡状态。若全球光伏装机量处于悲观和乐观之间，则中国光伏银浆也仍将短缺，越靠近悲观装机量，国内光伏银浆短缺量越低。

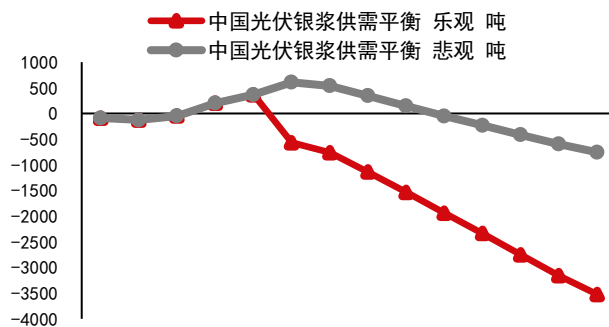
综上，第一种情况基本确定了光伏银浆供应量的上限，第二种情景确定了光伏银浆供应量的下限，根据当前的光伏产业发展状态，我们认为第一种情景比较符合光伏产业快速发展的现状。因此，2022E-2030E 光伏银浆行业仍将有很大增长空间，国内光伏银浆供应，在上限状态下，2025E、2030E 供应总量将分别较 2021 年增加 30%、63%。

图 46： 第二种情景全球光伏银浆供需平衡



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

图 47： 第二种情景中国光伏银浆供需平衡



数据来源：公开资料整理 中信期货研究所

4.2 光伏银浆企业风险管理

国内光伏银浆企业依据生产所需采购银粉（主要来自日本），通常在伦敦金属交易所白银盘面价格点价确定双方银粉合同价格，银粉采购价格=银粉采购价格=(伦敦银点价格*1.01+加工费)*汇率*+运费，考虑银粉有 1%的损耗，从中可以发现银粉采购价格受白银价格波动较大，最近一年伦银价格振幅 26%，企业采购银粉价格整体来看价格逐月降低，但企业银粉、银浆库存近一年贬值较为严重。

随着国产银浆企业逐步扩产，市场竞争加剧，银浆企业为维持和提高市场占有率，面对大客户采购规模大、回款能力强的特点，销售价格逐步降低，企业生产经营利润被进一步压缩。企业可通过期货市场对银粉、银浆库存进行存货价值风险管理，预防存货价值下跌。

如国内某银浆上市公司年产 500 吨光伏银浆，近五年平均存货周转天数 36

天，长期银粉、产线半成品、银浆库存将近 50 吨。企业银粉等库存采购入库已经过人民币结算，选择风险管理工具时可选择国内沪银进行预防存货价值下跌风险管理，2022 年 4 月中旬沪银价格 5200 元/kg 时，企业通过对市场宏观经济研判，3 月美联储加息 25 基点，4 月中旬预期 5 月美联储继续加息致使美元流动性收紧，贵金属价格预计承压运行；以及结合企业自身对白银市场多年认识，选择沪银价格在 5200 元/kg 左右在期货市场卖出套保企业银粉等库存 50 吨，到 6 月底白银价格 4500 元/kg，卖出套保期间可现实 3500 万元的保值，有效起到保护企业存货价值的作用和改善企业经营利润的现状。受美联储 2022 年 7 月底继续提高加息基点的预期，预计 2022 年 7 月白银价格仍以下跌行情为主。

图 48： 伦敦白银价格



数据来源：Wind 中信期货研究所

图 49： 沪银期货价格

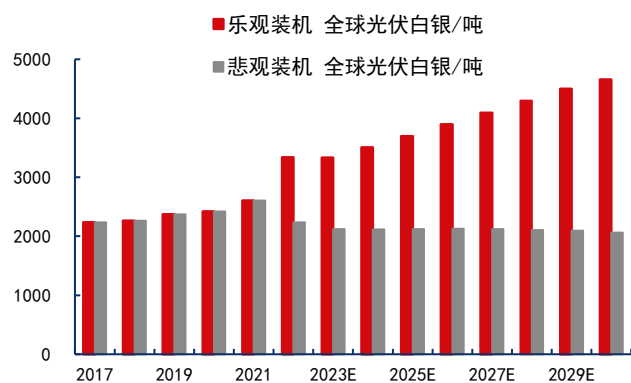


数据来源：Wind 中信期货研究所

4.3 光伏银浆对白银边际定价影响力或将增强

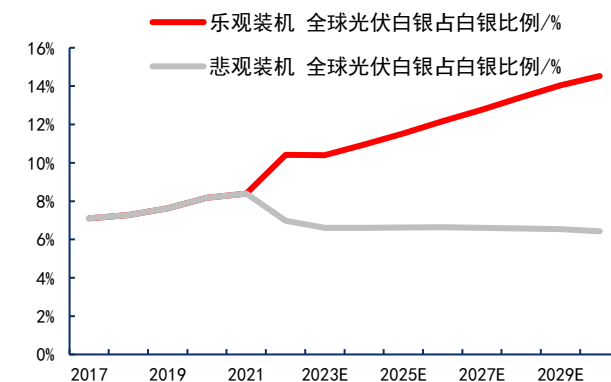
光伏银浆生产过程中，不同企业生产正面银浆和背面银浆性能受其生产工艺参数、（银粉、玻璃粉、有机相）质量配比不同，而性能指标不同。目前光伏正面银浆银粉质量占比 78%-92%之间变化，背面银浆银粉质量占比 68%-88%之间变化，按照均值计算，2021 年全球光伏银浆所需银粉 2577 吨，较 2020 年增加 7.49%。在全球乐观/悲观装机条件下，预计全球 2025 年所需银粉较 2021 年分别上升 42%（乐观），下滑 18.5%（悲观），全球 2030 年所需银粉较 2021 年分别上升 79%（乐观），下滑 21%（悲观）。其次，从光伏银浆所需银粉占白银供给比例变化可以看出（从银锭生产银粉按 1%的损失计算），2021 年光伏银浆所需银粉占全球白银供应总量 8.39%，分别较 2020 年、2017 年同比提高 2.72%、1.28%。在乐观装机条件下，预计 2025 年、2030 年光伏银浆所需银粉占全球白银比例分别为 11.53%、14.53%；在悲观装机条件下，预计 2025 年、2030 年光伏银浆所需银粉占全球白银比例分别为 6.62%、6.43%。在当前偏乐观的装机条件下，光伏银浆所需银粉占比全球白银供给总量比例逐步增大，光伏银浆对白银边际定价的影响力将增强。

图 50: 全球光伏银浆对银粉需求量



数据来源: 公开资料整理 中信期货研究所

图 51: 光伏白银占全球白银比例



数据来源: 公开资料整理 中信期货研究所

免责声明

除非另有说明，中信期货有限公司拥有本报告的版权和/或其他相关知识产权。未经中信期货有限公司事先书面许可，任何单位或个人不得以任何方式复制、转载、引用、刊登、发表、发行、修改、翻译此报告的全部或部分材料、内容。除非另有说明，本报告中使用的所有商标、服务标记及标记均为中信期货有限公司所有或经合法授权被许可使用的商标、服务标记及标记。未经中信期货有限公司或商标所有权人的书面许可，任何单位或个人不得使用该商标、服务标记及标记。

如果在任何国家或地区管辖范围内，本报告内容或其适用与任何政府机构、监管机构、自律组织或者清算机构的法律、规则或规定内容相抵触，或者中信期货有限公司未被授权在当地提供这种信息或服务，那么本报告的内容并不意图提供给这些地区的个人或组织，任何个人或组织也不得在当地查看或使用本报告。本报告所载的内容并非适用于所有国家或地区或者适用于所有人。

此报告所载的全部内容仅作参考之用。此报告的内容不构成对任何人的投资建议，且中信期货有限公司不会因接收人收到此报告而视其为客户。

尽管本报告中所包含的信息是我们于发布之时从我们认为可靠的渠道获得，但中信期货有限公司对于本报告所载的信息、观点以及数据的准确性、可靠性、时效性以及完整性不作任何明确或隐含的保证。因此任何人不得对本报告所载的信息、观点以及数据的准确性、可靠性、时效性及完整性产生任何依赖，且中信期货有限公司不对因使用此报告及所载材料而造成的损失承担任何责任。本报告不应取代个人的独立判断。本报告仅反映编写人的不同设想、见解及分析方法。本报告所载的观点并不代表中信期货有限公司或任何其附属或联营公司的立场。

此报告中所指的投资及服务可能不适合阁下。我们建议阁下如有任何疑问应咨询独立投资顾问。此报告不构成任何投资、法律、会计或税务建议，且不担保任何投资及策略适合阁下。此报告并不构成中信期货有限公司给予阁下的任何私人咨询建议。

深圳总部

地址：深圳市福田区中心三路8号卓越时代广场（二期）北座13层1301-1305、14层

邮编：518048

电话：400-990-8826

传真：(0755) 83241191

网址：<http://www.citicsf.com>