

## 光伏建设到底要用多少白银？

### 报告摘要：

十四五规划期间，预计全球用电规模将会以每年约 2.2% 的速度增长至 2025 年的约 30,317 太瓦时，其中，中国的贡献预计较为突出，《中国电力发展报告 2019》中称，2025 年全社会用电量将达 9,100-9,500 太瓦时，全球占比将超 30%。

为了兑现《巴黎协议》中的承诺，全球范围内光伏装机量也将开启大幅增长模式，根据中国光伏业协会预计，截止 2025 年，乐观估计下，全球范围内累计光伏装机量或将达到约 375 吉瓦，在相对保守的估计下也将达到约 284 吉瓦。

至于光伏板块耗银方面，2021-2022 年，若按照中国光伏业协会对于未来全球装机量预估，乐观估计下，全球光伏板块耗银量将会分别占到白银年产量的 7.72% 与 12.28%，而在相对保守的估计下也将分别达到 6.73% 与 8.49%。

参考 BNEF、HIS、PV Infolink、HPT 这四家机构对于光伏装机量的平均预测数据来看，在 2021-2022 年，全球光伏板块耗银量占全年白银产量的比例约为 7.73% 与 7.85%。

故此，综合各类机构对于未来装机量的预测，在白银年产量不出现大幅激增的情况下，光伏板块耗银占比在 2025 年时大概率将会超过 12%。

### PS：

由于文中有大量能量以及功率单位，且不同单位间量级差距巨大，故此在此做简单汇总：

### 能量单位：

1 太瓦时 (Twh) = 10 亿千瓦时 (Kwh)

1 兆瓦时 (Mwh) = 1,000 千瓦时 (Kwh)

### 功率单位：

1 吉瓦 (GW) = 1000 兆瓦 (MW)

1 兆瓦 (MW) = 1000 千瓦 (KW)

### 投资咨询业务资格：

证监许可【2011】1289 号

研究院 新能源&有色金属组

研究员

陈思捷

☎ 021-60827968

✉ chensijie@htfc.com

从业资格号：F3080232

投资咨询号：Z0016047

师橙

☎ 021-60828513

✉ shicheng@htfc.com

从业资格号：F3046665

投资咨询号：Z0014806

李苏横

☎ 0755-23614607

✉ lisuheng@htfc.com

从业资格号：F3027812

投资咨询号：Z0014051

付志文

☎ 020-83901026

✉ fuzhiwen@htfc.com

从业资格号：F3013713

投资咨询号：Z0014433

## 背景

刚刚过去的 2020 年是《巴黎协定》签署的第五年，此前共有 178 个缔约方宣布参与此协议。《巴黎协定》的长期目标旨在将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在 2 摄氏度以内，并努力将温度上升幅度限制在 1.5 摄氏度以内。而中国则承诺在 2030 年左右，二氧化碳排放达到峰值，并争取尽早实现，且尽早使 2030 年单位国内生产总值与二氧化碳排放量之比较 2005 年下降 60%至 65%。全球范围内，联合国气候科学专家委员会建议 2050 年之前将气候排放量在 2010 年的水平上减少 40%到 70%。

光伏发电作为清洁能源中重要的一员，其未来的发展对于世界范围内的减排势必将会起到突出的贡献作用。

## 国内光伏发电节省碳排放量及经济效益测算

2021 年 1 月 5 日，生态环境部公布《碳排放权交易管理办法（试行）》，并将于 2021 年 2 月 1 日起施行。目前共有 2,225 家发电企业被列入重点排放单位。目前主要有三种方式达到碳排放目标：

1. 企业通过节能减排，减少自身排放量。
2. 通过碳市场交易购买配额。
3. 通过购买 CCER（国家核证自愿减排量）抵消部分碳排放。

光伏板块在降低碳排放方面拥有压倒性的优势。

①根据此前中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会和国际环保组织绿色和平发布的《中国光伏产业清洁生产研究报告》中称，根据测算，光伏发电的二氧化碳排放为 33-50 克/度，煤电为 796.7 克/度<sup>1</sup>。光伏发电的二氧化碳排放量只是化石能源的十分之一到二十分之一，优势十分明显。

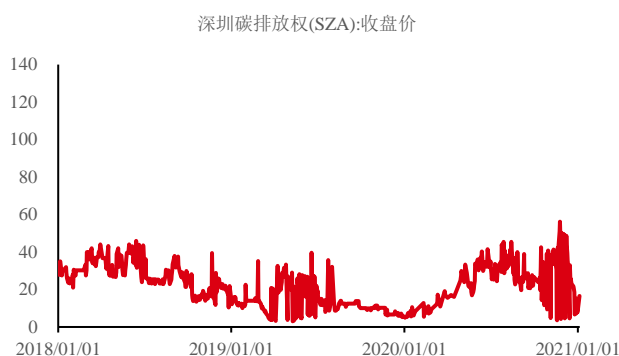
②从可再生能源开发的 CCER 角度出发，以及光伏项目开发 CCER 的经验来看，100MW 的光伏项目每年可以开发出 11 万吨 CCER，全生命周期内最多可以开发 21 年，即全生命周期内最多可以开发出 231 万吨 CCER。若以 2020 年深圳碳排放权均价（25.22 元/吨）的价格进行测算，生命期内可以通过碳排放权交易额外获得的收益约为 5,825 万元，平均每年约 277 万元。而这部分的收益，可以有效降低 7%左右的 LCOE（平准化发电成本，按

<sup>1</sup> 李俊峰 常瑜，绿色和平 《中国光伏产业清洁生产研究报告》，2012 年 3 月

年利用小时数 1000 小时，上网电价 0.3 元/Kwh 测算)，这对于保障全国光伏电站实现平价上网也有着十分积极的作用。同时也为光伏发电的进一步普及打下了坚实的基础。

图 1：碳排放权价格

单位：元/吨



数据来源：Wind 华泰期货研究院

图 2：未来光伏发电可节省 CCER

单位：万吨



数据来源：中国资源综合利用协会 华泰期货研究院

表格 1：不同阶段国内碳排放量与成交额

单位：亿吨 亿元

时间段	碳排放量 (亿吨)	碳排放成交额 (亿元)
2013-2014	0.20	10.4
2014-2015	0.38	9.4
2015-2016	0.62	11.1
2016-2017	0.80	12.9
2017-2018	0.64	14.1
2018-2019	0.92	21.9
2019-2020	0.78	18.5

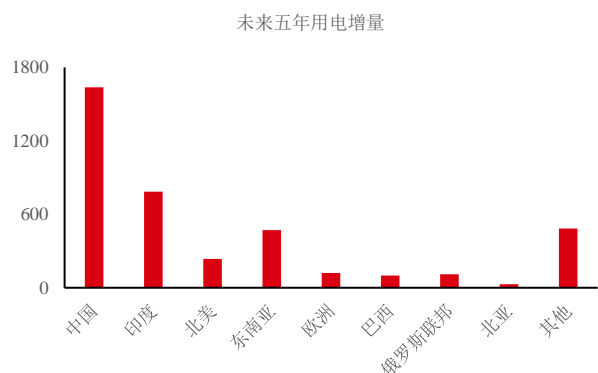
资料来源：中国碳排放权交易中心 华泰期货研究院

### 全球用电规模预计

根据 CRU 此前的报告称，在 2020 至 2025 年间，全球的用电量将会从 2019 年的 26,663 亿千瓦时以每年约 2.2% 的速度增长至 2025 年的约 30,317 太瓦时<sup>2</sup>，由于光伏项目成本于近年来呈现持续下降的态势，并且目前已小幅低于煤电项目成本<sup>3</sup>，预计光伏发电比例将从 2019 年的 2.3% 上升至 3.5%，虽然整体比例似乎不算太大，但从绝对量上来看依然不容小觑。

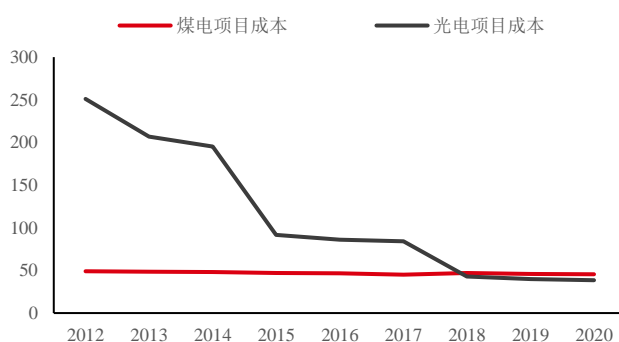
中国方面，根据 2020 年 7 月国家电力规划设计总院发布的《中国电力发展报告 2019》中所述，2025 年全社会用电量将达 9,100-9,500 太瓦时，“十四五”全国尖峰负荷控制规模为 5,000 万千瓦左右。<sup>4</sup>

图 3：未来五年全球发电增量汇总 单位：亿千瓦时



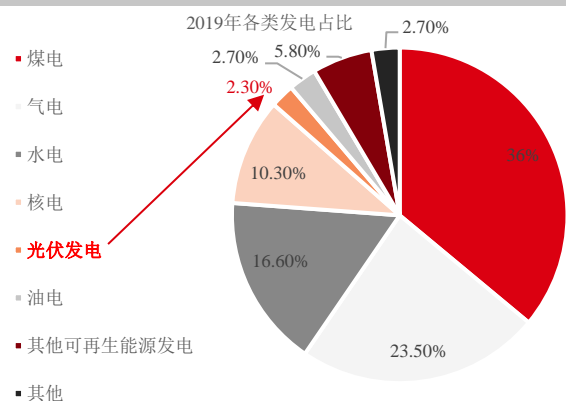
数据来源：CRU 华泰期货研究院

图 4：煤电与光电项目成本比较 单位：美元/兆瓦时



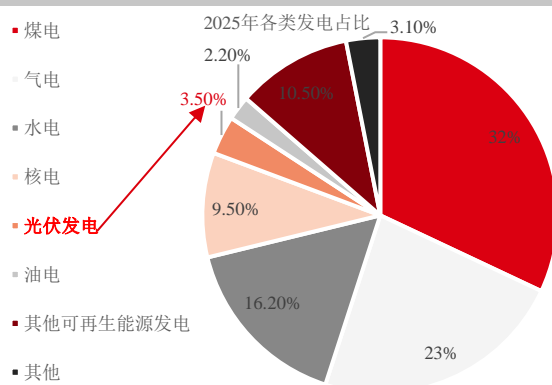
数据来源：CRU 华泰期货研究院

图 5：2019 年全球范围内各类发电占比 单位：%



数据来源：CRU 华泰期货研究院

图 6：2025 年全球范围内各类发电占比预计 单位：%



数据来源：CRU 华泰期货研究院

<sup>2</sup> CRU 《Silver's important role in solar power》，2020 年 6 月，第 1 页

<sup>3</sup> CRU 《The role of silver in the Green Revolution》，2018 年 7 月，第 9 页

<sup>4</sup> 中电联 《2019 中国电力行业发展报告》，2019 年 6 月

### 不同机构对于光伏装机量预估

#### · 中国光伏业协会：

就未来光伏装机以及发电量预估而言，根据中国光伏业协会结合十四五规划中相关事宜预计，乐观情况下，全球年均光伏新增装机量或将达到 287 吉瓦，在相对保守的估计下，也将达到 222 吉瓦。<sup>5</sup>

而在中国，乐观情况下，十四五期间年均新增光伏装机量将达到约 90 吉瓦，在相对保守的估计下也将接近 70 吉瓦。

表格 2：中国光伏业协会未来年新增光伏装机量预测

单位：吉瓦

全球			中国		
	乐观	谨慎		乐观	谨慎
2020	135	110	2020	45	35
2021E	149	140	2021E	63	56
2022E	258	192	2022E	77	58
2023E	284	245	2023E	84	64
2024E	358	263	2024E	103	80
2025E	389	274	2025E	123	92

资料来源：十四五规划 中国光伏业协会 华泰期货研究院

#### · CRU

在光伏装机量方面，CRU 2020 年 6 月的报告预计，截止 2030 年，全球累积光伏装机量将会超过 1,500 吉瓦。其中中国方面的贡献将会在 32%左右。不过由于 CRU 发文时，中国方面尚未发表十四五规划报告，也并未明确提及未来对于光伏板块发展以及装机量的具体

<sup>5</sup> 王勃华 中国光伏业协会 《光伏行业“十三五”发展回顾与“十四五”形式展望》，2020 年 12 月，第 26 页

目标，相比之下，CRU 对于未来新增的预计相较于中国光伏业协会的预计显得十分保守。

具体预测如下表所示：

表格 3：其他机构全球年度新增装机量预测

单位：吉瓦

	全球预计累积光伏装机量	全球预计新增光伏装机量
2020E	620	90
2021E	730	110
2022E	810	80
2023E	945	135
2024E	1,000	55
2025E	1,101	101

资料来源： CRU 华泰期货研究院

#### · 其他机构（BNEF、IHS、PVinfolink、HPT）

全球范围内其他机构对于未来光伏装机量的预测则是大多介于中国光伏业协会以及 CRU 的预测之间，就年均装机量而言，机构普遍预测预至 2025 年，新增年均装机量将会达到 200 吉瓦的水平。

表格 4：其他机构全球装机量预测

单位：吉瓦

	BNEF	IHS	PV Infolink	HPT
2020E	127	110	124.5	107
2021E	166	147	143	141

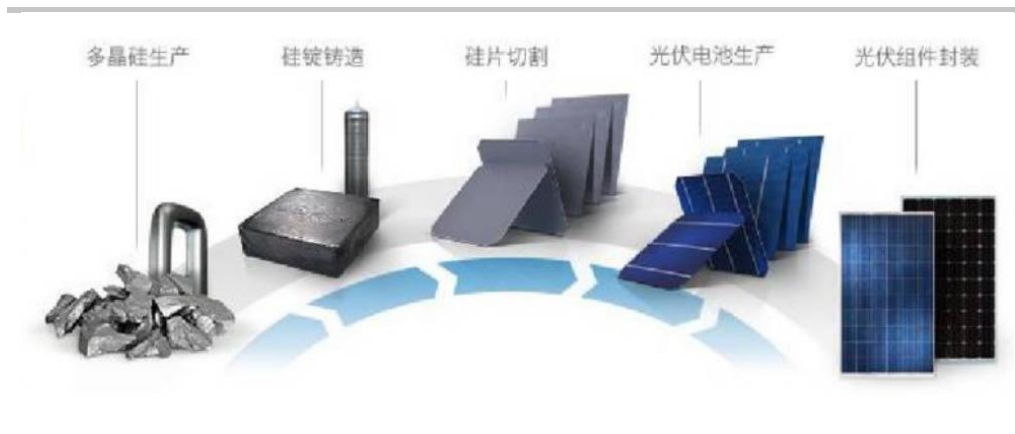
2022E	173	160	165	162
2023E	169	165	185	171
2024E	203	169	192	184
2025E	205	200	200	200

资料来源：BNEF HIS PV Infolink HPT 华泰期货研究院

### 白银在光伏电池中的作用简介

白银由于其优秀的延展性以及导电性，故此是太阳能电池板的一个主要的配件，太阳能电池板上 90% 的硅片都需要白银来焊接。虽然作为贵金属而言，白银价格相对昂贵，但它依然被广泛用于晶体硅光伏电池。一般而言，一块完整的光伏电池板从材料到成品，包括了“硅料处理-硅棒切割-电池片生产-组件生产-组件应用”全过程。其流程如下：

图 7：光伏组件生产流程



数据来源：旺材头条 华泰期货研究院

白银主要使用在光伏电池生产流程中的单片焊接过程中，传统工艺中，一般采用银扁线构成电池的接头，然后利用点焊或焊接(用红外灯，利用红外线的热效应)等方法连接起来。现在一般使用电镀 60% 的 Sn、38% 的 Pb、2% 的 Ag 后的铜扁丝(厚度约为 100~200μm)。接头需要经过火烧、红外、热风、激光处理。由于铅有毒，因此现在越来越多地采用 96.5% 的铜和 3.5% 的银合金。<sup>6</sup>

<sup>6</sup> 旺材头条，《一探白银在光伏中的奥秘！》，<http://www.51wctt.com/News/1996/Detail/1>，2017 年 7 月。

### 光伏板块耗银量分析

根据世界银行此前的报告称，预计至 2050 年，在能源相关板块的耗银量将会较当下上涨超 50%，而其中又有超过 95%是来自于光伏发电。

由于白银价格相较于其他基本金属而言更为昂贵，因此生产企业便会想方设法在生产过程中降低光伏组件的耗银量。据 CRU 报道，2009 年每块光伏电池耗银量大约在 521 毫克，至 2016 年，单块光伏电池耗银量已下降至 130 毫克左右，降幅超过 75%。由于技术限制，预计在 2030 年后，单位耗银量将会降至极限。若折算为单位功率耗银量，则 2021 年至 2025 年，单位瓦特耗银量也将从 2020 年的约 16.5mg/w 逐渐下降至约 10.5mg/w。截止 2030 年，单位发电量耗银将会下降至 8.5mg/w 的水平，之后进一步下降的可能性相对较低。<sup>7</sup>

根据前文提及的不同机构对于未来装机量的预测以及参考 CRU 报告中对于单位瓦特耗银量的预估，计算 2021-2025 年全球范围内光伏系统对于白银的消耗量结果如下：

首先，根据中国光伏业协会所预测的新增装机量所计算结果可得，至 2025 年，全球光伏板块用银量在乐观的估计下将会达到 144.06Moz，而在相对谨慎的估计下，也将会达到 94.22Moz。

表格 5：依据中国光伏业协会预计装机量的测算

单位：Moz

	新增装机量 (乐观) (GW)	新增装机量 (谨慎) (GW)	单位瓦特耗银量 (mg/w)	耗银量预估 (乐观) (Moz)	耗银量预估 (谨慎) (Moz)
2021	149	140	12.5	65.69	57.31
2022	258	192	12	109.20	75.46
2023	284	245	11.6	116.19	93.08
2024	358	263	11	138.89	94.75
2025	389	274	10.5	144.06	94.22

资料来源：CRU 中国光伏业协会 华泰期货研究院

<sup>7</sup> CRU 《The role of silver in the Green Revolution》，2018 年 7 月，第 17 页



而根据 BNEF 以及 HIS 等机构所预测的结果,至 2025 年各机构所预计的平均光伏板块耗银量将会达到 74.53Moz。这一数字相较于此前基于中国光伏业协会所预期的未来装机量所计算得的耗银量明显偏少。

表格 6: 基于其他机构预测计算得光伏板块耗银量

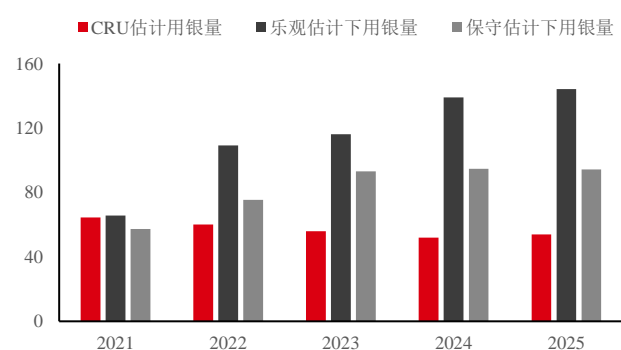
单位: (Moz)

年份	BNEF	IHS	PVInfolink	HPT	平均
2021E	73.19	64.81	63.05	62.16	65.80
2022E	73.22	67.71	69.83	68.56	69.83
2023E	69.14	67.50	75.69	69.96	70.58
2024E	78.76	65.57	74.49	71.38	72.55
2025E	75.92	74.07	74.07	74.07	74.53

资料来源: BNEF HIS PV Infolink HPT CRU 华泰期货研究院

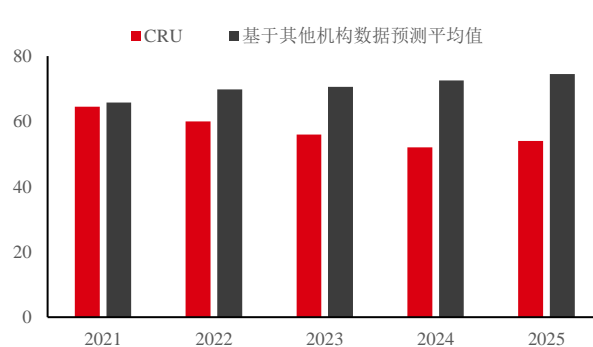
总体而言,由于对未来光伏整体装机量的预测存在较大出入,故此在光伏板块整体耗银量方面,基于不同机构的预估数据所测算出的耗铜量也有一定差距。且至 2025 年,该差距呈现扩大趋势。

图 8: 耗银量对比 (光伏业协会 vs CRU) 单位: Moz



数据来源: 华泰期货研究院

图 9: 耗银量对比 (其他机构 vs CRU) 单位: Moz



数据来源: 华泰期货研究院

## 统计预测

若尝试用线性回归的方式对于未来光伏板块耗银量进行预测。选择自变量为：年新增基站量 (X1)、单位瓦特耗银量 (X2) 进行回归分析。参照自 2011 年至 2020 年的数据，可得回归结果如下所示：

图 10： 多元线性回归结果

SUMMARY OUTPUT								
回归统计								
Multiple R	0.903057189							
R Square	0.815512286							
Adjusted R Square	0.76280151							
标准误差	10.96364661							
观测值	10							
方差分析								
	df	SS	MS	F	Significance F			
回归分析	2	3719.385	1859.693	15.47145	0.002697032			
残差	7	841.4108	120.2015					
总计	9	4560.796						
	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
Intercept	9.283286958	25.67727	0.361537	0.728364	-51.43381735	70.00039	-51.43381735	70.00039
X Variable 1	0.707988154	0.176274	4.01641	0.005083	0.291166624	1.12481	0.291166624	1.12481
X Variable 2	0.976722403	0.855571	1.141603	0.291163	-1.046381762	2.999827	-1.046381762	2.999827

数据来源：华泰期货研究院

可以发现，虽然使用上述多元线性回归所得到的拟合优度相对较高，并且也可通过 F 检验，但是单位瓦特耗银量这一自变量的 P 值明显偏大，考虑到单位瓦特耗银量的下降速率在 2021 年之后会出现放缓，故此不排除模型存在异方差问题。因此舍弃该自变量所得到的单元线性回归结果如下所示：

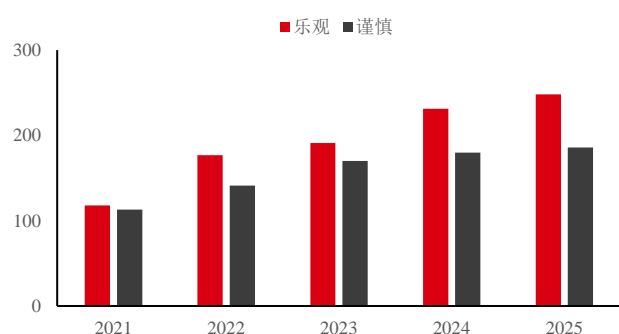
图 11： 一元线性回归结果

回归统计								
Multiple R	0.883835075							
R Square	0.78116444							
Adjusted R Square	0.753809995							
标准误差	11.169514							
观测值	10							
方差分析								
	df	SS	MS	F	Significance F			
回归分析	1	3562.731655	3562.732	28.55713	0.000690901			
残差	8	998.0643447	124.758					
总计	9	4560.796						
	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
Intercept	37.16825564	8.066073395	4.607974	0.001737	18.56785704	55.76865425	18.56786	55.76865425
X Variable 1	0.541906647	0.101406828	5.343887	0.000691	0.308062082	0.775751213	0.308062	0.775751213

数据来源：华泰期货研究院

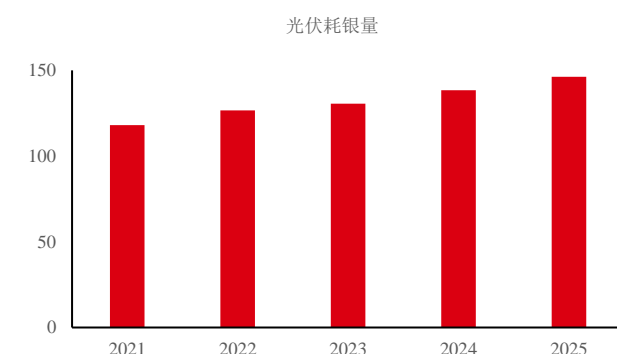
可以发现，一元线性回归结果的拟合优度虽然有小幅下降，但 F 检验以及 P 值均相对正常，故以此回归方程为准，计算光伏耗银量 (Y) =  $37.17 + 0.54 \times$  年新增光伏装机量 (X)，预测结果如下：

图 12： 耗银量（基于光伏业协会数据） 单位：Moz



数据来源： 华泰期货研究院

图 13： 耗银量（基于其他机构数据） 单位：Moz



数据来源： 华泰期货研究院

可以发现，当舍弃单位瓦特耗银量这一变量之后所预测得到的数据较此前预计明显偏高。需要注意的是，据 CRU 预估，自 2021 年至 2025 年间，单位瓦特耗银量将会从 12.5mg/w 下降至约 10.5mg/w，下降速率较此前虽有所放缓，但下降幅度仍达到 4% 左右。这里需要提醒的是，倘若由于技术限制或是其他原因致使单位瓦特耗银量无法按预计速度下降，那么光伏板块的耗银量将会更加可观。

### 白银供应增量预期

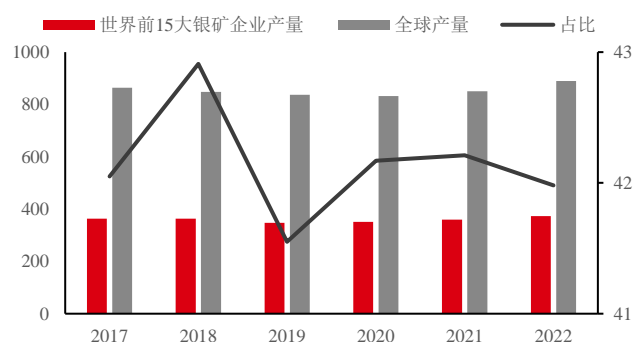
2020 年间，受“新冠”疫情影响，原本集中在墨西哥地区的投产受到一定阻碍，由于 2021 年疫情是否能够随着疫苗的推出而被有效控制犹未可知，因此产能能否如期恢复尚存在较大不确定性。考虑到白银价格于 2020 年大幅上涨，且根据世界白银协会报告显示，目前主要白银企业生产成本仍在 11 美元/盎司至 13 美元/盎司（边际成本为 7 美元/吨左右），在高利润驱使之下，预计未来两年白银产量仍将会明显增长，预计 2021 与 2022 年，白银的产量增速分别为 2.25% 与 4.54% 达到 851Moz 与 889Moz。

但是，目前全球范围内白银的“天量库存”仍将淡化白银的基本面影响，结合上文中所估算的光伏板块用银量而言，2021 至 2022 年，若按照中国光伏业协会的预估，光伏板块耗银量在乐观的估计下，将会分别占到白银年产量的 7.72% 与 12.28%，而在相对谨慎的估计

下也将分别达到 6.73% 与 8.49%。若用除去 CRU 之外其余机构对于未来光伏装机量的数据进行预测，平均来看，在 2021 与 2022 两年间，光伏板块耗银量占全年白银产量的比例约为 7.73% 与 7.85%。

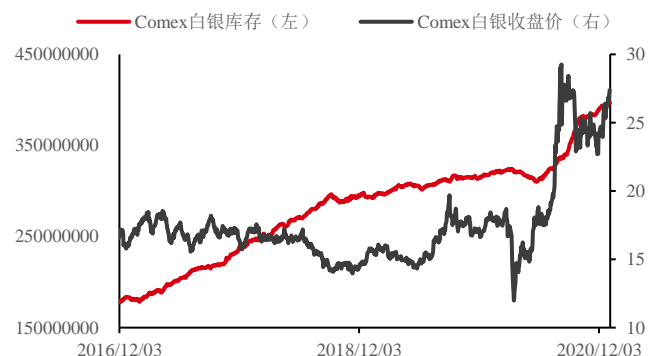
因此综合来看，在白银年产量不出现大幅激增的情况下，这一比例在 2025 年时大概率将会超过 12%。

图 14: 全球白银供给预计 单位: Moz



数据来源: 世界白银协会 华泰期货研究院

图 15: Comex 白银库存 单位: 盎司



数据来源: Wind 华泰期货研究院

## ● 免责声明

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、结论及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，投资者并不能依靠本报告以取代行使独立判断。对投资者依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华泰期货研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权力。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

华泰期货有限公司版权所有并保留一切权利。

公司总部

地址：广东省广州市越秀区东风东路761号丽丰大厦20层

电话：400-6280-888

网址：www.htfc.com