

# “碳中和”系列专题六： 中国工业硅工艺碳排放现状及国内外碳排放权交易跟踪

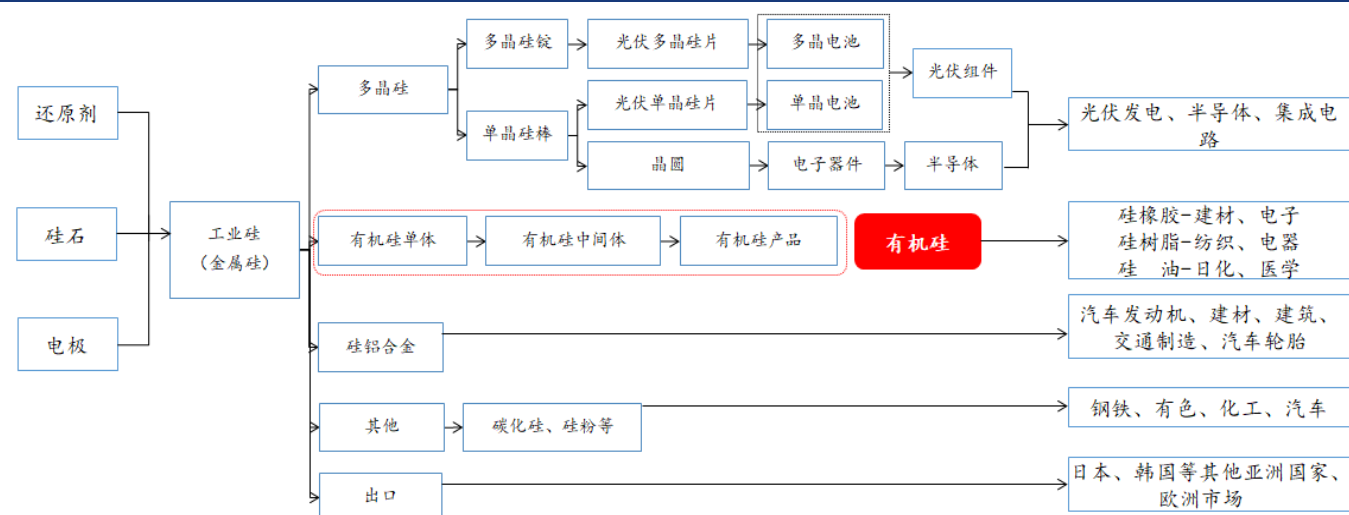
## 一、“双碳”背景下，工业硅产业的发展分析

### （一）工业硅产业链介绍

工业硅，又称金属硅、结晶硅，是硅石与碳质还原剂在矿热炉中反应得到的，是生产多晶硅、有机硅及硅铝合金的重要原材料。按照冶炼原料、生产装置可以分为原生硅、再生硅、97硅，按照铁、铝、钙杂质含量的不同可以分为 SI5530、SI4210、SI4410、SI3303 等多种牌号。

工业硅为固体形态时呈暗灰色，并具有金属光泽，质坚而脆，熔点 1410℃左右，沸点 3145℃，密度在 2300-2400 千克/立方米，导电率介于金属与非金属之间，因此通常被成为金属硅，工业硅在 650℃之下不具有导电性，因此可用作绝缘材料，在 650℃以上具有导电性，且温度越高导电性越强。工业硅在常温下化学性质不活泼，在高温下化学性质较为活泼，高温情况下可以跟氧、氯、卤族元素等多种元素结合生成化合物，不溶于水和任何浓度的硝酸、盐酸，但是可溶于碱液、硝酸或盐酸与氢氟酸的混合液。

图表 1：工业硅产业链图



资料来源：WIND，广期所，宏源期货研究所

工业硅的上游主要是硅石、碳质还原剂和电极。工业硅生产企业所用的碳质还原剂主要包括石油焦、洗精煤、木炭等，使用较普遍的石油焦分为国产和进口两个来源，国内主要来自江苏、广东、新疆等，进口主要来自中国台湾、沙特等；洗精煤主要来自新疆、宁夏、山西、陕

西、贵州等；木炭大多进口自缅甸。不同地区的工业硅生产企业选用不同的碳质还原剂和硅石，因此生产出来的工业硅品质也有所差异。

工业硅的下游主要是多晶硅、有机硅、硅铝合金和出口四大方向。

受益于终端光伏产业的快速发展，多晶硅是工业硅下游消费增速最快的行业，以 2021 年数据为例，多晶硅消费量占比 22%，多晶硅主要用来制造多晶硅锭和单晶硅棒，多晶硅锭的流向是多晶硅片、多晶电池和光伏组件，单晶硅棒的流向是光伏单晶硅片和晶圆，光伏单晶硅片用于单晶电池、光伏组件，晶圆用于电子器件，最后用于半导体。多晶硅的终端产业主要是光伏发电、半导体、集成电路等。

有机硅是工业硅目前占比最大的行业，2021 年消费占比 29%，有机硅不仅可以作为工业中的基础材料大量应用，还可以对其他材料进行改性，改善或者提高传统材料的工艺性能和使用性能，终端应用十分广泛。有机硅可以进一步加工成硅橡胶、硅树脂、硅油、硅烷偶联剂等。硅橡胶分为室温胶和高温胶，室温胶具有耐高低温、耐候性、疏水性及良好的电气性能，主要用于建筑、电子、新能源等领域；高温胶具有优异的耐高低温、耐候性、抗压缩永久变形性及电气性能，主要应用于电子电器、电力、汽车、医疗、日化等领域；硅树脂具有优良的耐热、耐寒、耐候、憎水等特性，主要应用于建材、电子等行业；硅油是一种油状物，主要应用于纺织、日化、电子电气、化工等领域；硅烷偶联剂主要应用于光伏、橡胶、塑料、石材等领域。

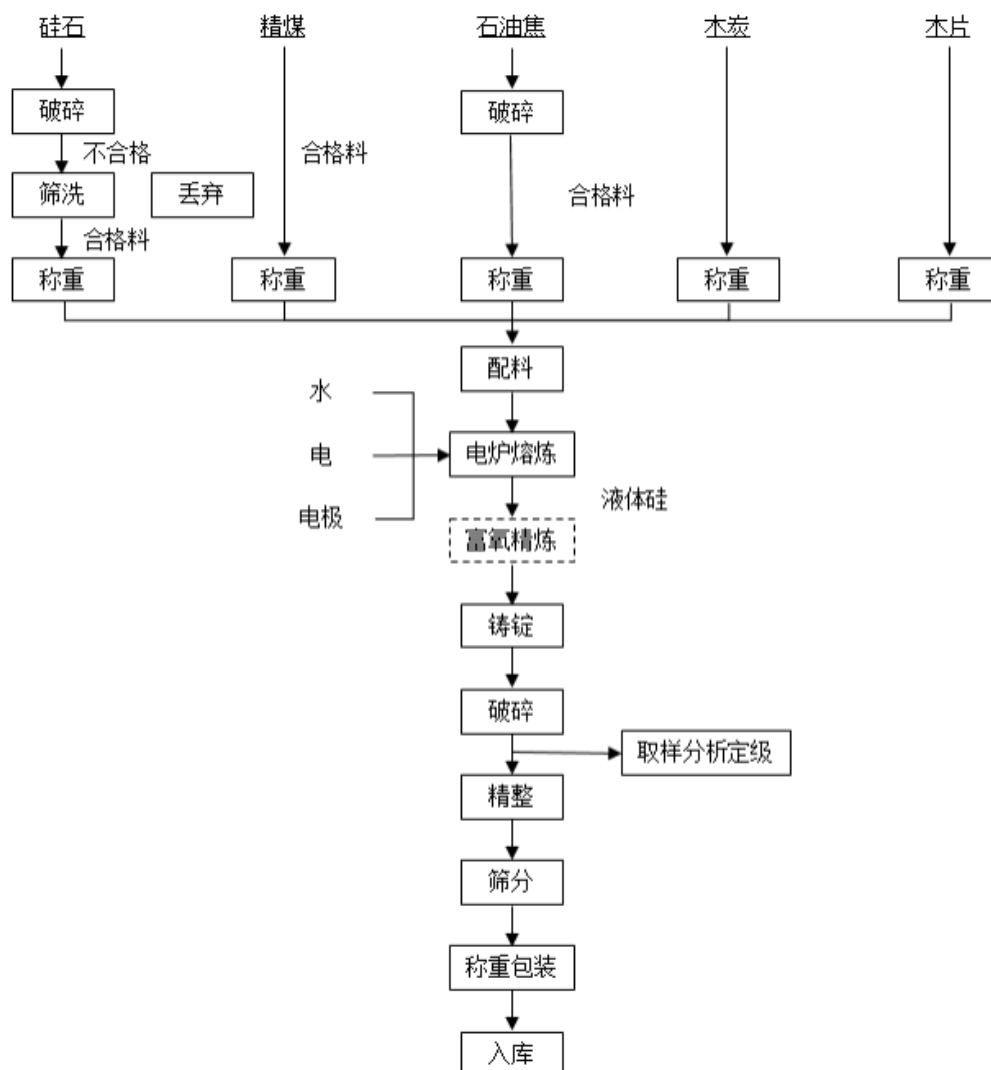
硅可以与其他金属制成合金，包括硅铝合金、硅铜合金、硅锰合金等，其中，硅铝合金是合金硅的主要产品，2021 年硅铝合金消费占比 17%，由于铝合金具有较高的减重效果、安全性，因此成为了汽车轻量化的主要应用材料，硅铝合金的终端应用包括汽车发动机、建材、建筑、交通制造等领域。

我国是世界工业硅生产大国，2021 年，全球工业硅产量 346.5 万吨，我国工业硅产量 270 万吨，占比 78%，除了满足国内下游需求，还有 29% 的工业硅出口至海外，从世界工业硅供给格局来看，中国、挪威和巴西是世界工业硅主要出口国，欧盟、日本、美国 and 韩国是世界工业硅主要进口国，受欧美长时间以来对我国工业硅实施的反倾销和反补贴政策，我国工业硅主要出口至日本、韩国等东亚及东南亚地区。

## （二）工业硅&多晶硅生产工艺

工业硅是通过以硅石、碳质还原剂以及疏松剂为原材料，在矿热炉中连续电热化反应得到的，冶炼生产时，首先将生产所需的炉料由原料处理系统送到矿热炉车间的料堆场，然后根据炉料配比，将称量精准的炉料由输送设备送达矿热炉车间的炉顶料仓或操作平台的贮料仓，并由炉口操作人员将炉料加入炉膛内，通电后，矿热炉内的电极会释放电火花进而融化炉料，经扒渣后注入锭模中铸造成锭块，等待硅锭冷却脱模后进行破碎、取样、化验、分级、包装、称量等步骤，最终入库。

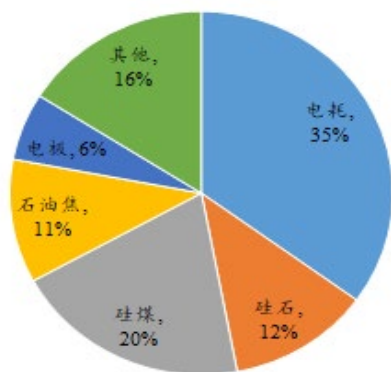
图表 2：工业硅生产流程



资料来源：硅业分会，宏源期货研究所

从成本角度来看，电力成本是工业硅最大的成本，占比达到 35%左右，单吨工业硅的成本包括 2.7-3 吨硅石、2 吨还原剂、0.1-0.13 吨电价、11,000-13,000 度电，我国主要生产工业硅的省份是新疆、云南和四川，其中，新疆生产工业硅主要是火电，全年电价和开工相对平稳，云南和四川则使用水电，由于枯水期电价远高于丰水期，因此云南、四川冶炼厂多在丰水期生产，开工率具有明显的季节性。根据碳质还原剂的不同，工业硅生产工艺可以分为全煤工艺和非全煤工艺两种，非全煤工艺的成本高于全煤工艺，全煤工艺生产过程中使用洗精煤为碳质还原剂，而非全煤工艺则使用木炭、烟煤和石油焦三种还原剂，其中，木炭的化学活性高，但是较为稀缺，价格高且不环保，因此只有特殊要求的品级中才会使用；烟煤的化学活性低于木炭但是高于石油焦，但是灰分较高，生产过程中的残留炉渣较多，所以不常使用；石油焦的固定碳含量高、灰分低，多应用于高品质工业硅的生产；我国主流生产工艺为成本较低的全煤工艺。

图表 3：2021 年工业硅成本构成



资料来源：SMM, 宏源期货研究所

图表 4：全煤工艺与非全煤工艺成本对比

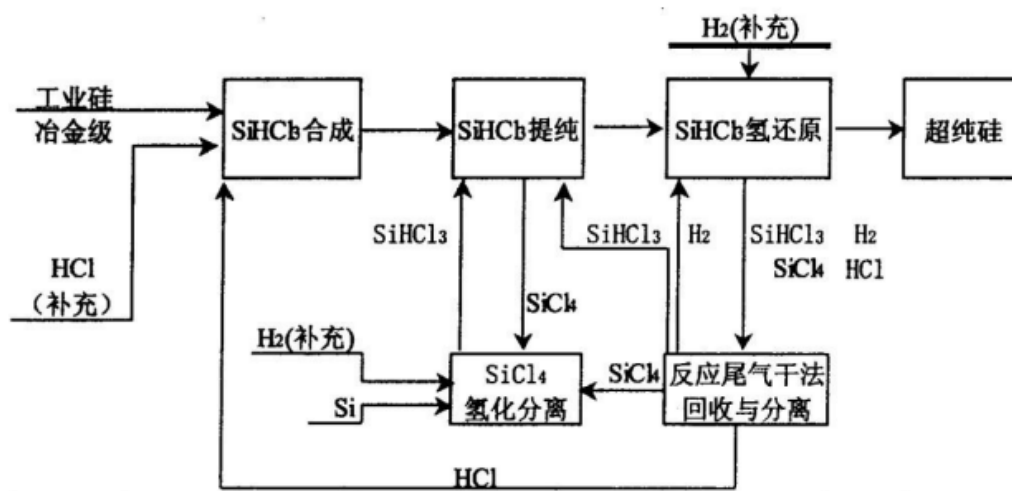
	非全煤工艺	全煤工艺
电耗 (KWh)	12000-13000	12000-13500
硅石 (kg)	2700-3000	2650-2900
低灰煤 (kg)	450-600	1100-1200
木炭 (kg)	500-950	
石油焦 (kg)	800-1000	
木块 (kg)	300-680	500-850
电极 (kg)	60-100	70-100

资料来源：SMM, 宏源期货研究所

多晶硅的生产工艺包括改良西门子法、硅烷流化床法、无氯技术、VLD、冶金法等生产工艺,当前主流的生产技术是硅烷流化床法和改良西门子法,目前改良西门子法占到了市场的 95%。

西门子法是 1955 年德国西门子公司研制开发的,主要利用氢气还原三氯硅烷,由于西门子法生产多晶硅存在转化率较低和副产品排放污染问题,改良西门子法利用尾气干法回收和四氯化硅再利用技术,实现了完全闭路的循环生产,在保证品质的同时,降低原料损耗和能源消耗,降低了多晶硅生产成本。改良西门子法主要包括五个流程:工业级硅料冶炼与提纯、三氯氢硅的合成与精馏、光伏多晶硅还原制备、尾气分离与再利用、副产品四氯化硅再利用。

图表 5：多晶硅改良西门子法生产工艺

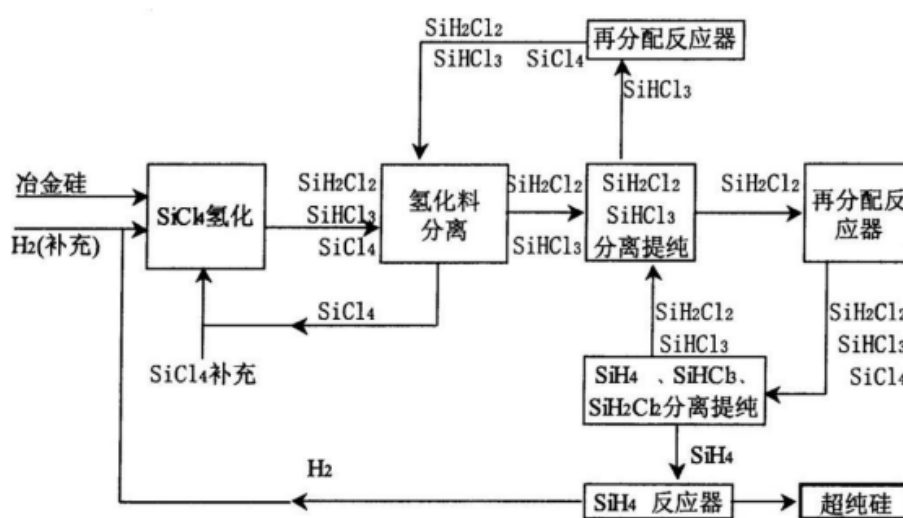


资料来源：中国光伏行业协会, 宏源期货研究所

硅烷流化床法是上世纪 70 年代美国联合碳化物公司研发的生产工艺,主要目的是降低多晶硅的生产能耗和成本,该工艺以四氯化硅、氢气、氯化氢和工业硅为原料,在硫化床内通过高温高压生成三氯氢硅,然后将三氯氢硅加氢进行反应,生成二氯二氢硅,得到硅烷气,最后将硅烷气通过以多晶硅晶种作为流化颗粒的硫化床中,使硅烷裂解并在晶种上沉积,从而得到

颗粒状的多晶硅。

图表 6：多晶硅硅烷流化床法生产工艺



资料来源：中国光伏行业协会，宏源期货研究所

与改良西门子法相比，硅烷流化床法是连续生产过程，改良西门子法是间歇式生产过程，因此改良西门子法能耗更低，除此之外，硅烷流化床法转化率高、副产品污染小，但是其安全性较差、技术不成熟、产品纯度难以控制，目前硅烷流化床法市场占比较低，但是近两年随着大产能计划投产，市场占有率有望提高

图表 7：改良西门子法与硅烷流化床法对比

	改良西门子法		硅烷流化床法	
	定性描述	备注	定性描述	备注
综合能耗	高	60-70 度/公斤	低	10-18 度/公斤
制造流程	分批次	每周一流程	连续	6-18 月一流程
原料	三氯氢硅	相对安全	甲硅烷	危险，遇空气自燃
产品形状	棒状，需破碎	破碎成本<0.3 美元/公斤	颗粒状，可直接销售	没有额外处理成本
最终产品硅粉比例	低	<5%	高	高压流化床 10-15%
人工要求	高	万吨产线 250-400 人	低	万吨产线 100-150 人
单位资本开支	稳定	万吨产线约 1.4 亿美元	低	万吨产线 1 亿美元



棒状硅

颗粒硅



资料来源：硅业分会，宏源期货研究所



### （三）工业硅产业链与“双碳”

在工业硅产业链生产中，电力成本是不可忽视的一大部分，工业硅的下游多晶硅行业近十年来更是被冠以“高耗能、高污染、资源型产业”的头衔，这种“两高一资”的观念在行业内外都根深蒂固，产业在发展过程中经历了多重阻碍、价格频频大涨大跌等，阻碍了产业链协同发展，更不利于“光能源、硅能源、可再生能源”的有序发展。

从耗能角度来看，工业硅全产业链每瓦耗电 0.94 度，每瓦发电 33.7 度，是电力的贡献者，能量回收期仅需要 0.81 年，剩下的 29.2 年均为能量贡献期。

图表 8：多晶硅“高耗能”误区

耗能（每瓦耗电）

0.94度

工业硅	0.04
多晶硅	0.16
拉棒	0.06
切片	0.01
电池	0.05
组件	0.09
光伏玻璃	0.09
铝边框	0.09
电站辅材及电站安装	0.35
耗电总计	0.94

载能（每瓦发电）

33.7度

光伏系统寿命	25年	30年
年光伏利用小时数	1163	1163
发电总计	29.08	33.70

能量回收期

0.81年

光伏系统寿命	30年
耗电	0.94
发电	33.70
能量回收期	$0.94/1.163=0.81$

能量贡献期

29.2年

净载能（前25年）	28.13
净载能（后5年）	4.65
30年净载能	32.79
能量贡献期	29.2

资料来源：硅业分会，宏源期货研究所

国家发展改革委、国家能源局等九部门 2022 年 6 月印发《“十四五”可再生能源发展规划》，该文件明确了可再生能源总量目标、发电目标、消纳目标和非电利用目标：2025 年，可再生能源消费总量达到 10 亿吨标准煤左右。“十四五”期间，可再生能源在一次能源消费增量中占比超过 50%；2025 年，可再生能源年发电量达到 3.3 万亿千瓦小时左右。“十四五”期间，可再生能源发电量增量在全社会用电量增量中的占比超过 50%，风电和太阳能发电量实现翻倍；2025 年全国可再生能源电力总量和非水电消纳责任权重分别达到 33%和 18%左右，利用率保持在合理水平；2025 年太阳能热利用、地热能供暖、生物质供热、生物质燃料等非电利用规模达到 6,000 万吨标准煤以上。为了达到“十四五”规划目标，大力发展可再生能源是必然的。

2022 年 12 月国际能源署（IEA）发布《2022 年世界能源展望》，报告指出，预计到 2030 年前全球能源需求每年将增长约 0.2%，碳排放量将在本世纪 20 年代中期达到峰值。电力在终端能源消费中的份额将从目前的 20%上升到 2030 年的 24%，到 2050 年增至 39%。可再生能源发电量在总发电量中比重将从 2021 年的 28%上升至 2030 年的 49%，到 2050 年达到 80%。化石燃料发电量的占比则从 2021 年的 62%下降至 2030 年的 47%，到 2050 年则降至 26%。核发电量将持续上升，但在能源结构中的占比将与目前基本持平。在“2050 年净零排放情景”中，国际能源署将电力视为能源成功转型的关键要素。电力在终端能源消费中的份额将从目前的 20%上

升到 2030 年的 28%，到 2050 年增至 52%。总体而言，可再生能源的装机容量到 2030 年将达到 2021 年的 4 倍以上，其发电量在总发电量中的占比将超过 60%；到 2050 年，可再生能源发电量在总发电量中的占比将达到 88%。化石燃料在总发电量中的占比将从 2021 年的 62% 下降至 2030 年的 26%，到 2050 年则降至 0。

国际能源署（IEA）《2020 年世界能源展望》中曾指出，太阳能发电提供了目前历史上最便宜的电力，预测到 2050 年，太阳能发电将成为世界主要电力来源，作为光电转换的关键材料，多晶硅资源丰富，自身可塑性强，易于产业化，随着光伏产业的快速发展，多晶硅应用场景不断扩大，作为多晶硅的主要原材料，工业硅是实现“碳中和”必不可少的一环。

## 二、碳中和政策/事件追踪（2022.10.1-2022.12.31）

### （一）国内碳中和相关政策事件

图表 9：国内碳中和相关政策事件(2022.10.1-2022.12.31)

部门	时间	政策	内容
财政部、住房城乡建设部、工业和信息化部	2022/10/12	《关于扩大政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升政策实施范围的通知》	各有关城市要深入贯彻习近平生态文明思想，运用政府采购政策积极推广应用绿色建筑和绿色建材，大力发展装配式、智能化等新型建筑工业化建造方式，全面建设二星级以上绿色建筑，形成支持建筑领域绿色低碳转型的长效机制，引领建材和建筑产业高质量发展，着力打造宜居、绿色、低碳城市。
发展改革委、商务部、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部、交通运输部	2022/10/13	《关于以制造业为重点促进外资扩增量稳存量提质量的若干政策措施》	加快外商投资绿色低碳升级。引导外资积极参与碳达峰碳中和战略，实施工业低碳行动和绿色制造工程，支持开发绿色技术、设计绿色产品、建设绿色工厂，打造绿色供应链，创建绿色设计示范企业。支持外商投资企业平等参与绿色低碳领域相关标准制修订，科学确定国家重点产品能效能耗限额要求。支持外商投资企业参与绿色低碳技术研发和推广应用，鼓励外商投资企业做能效、水效等方面的“领跑者”
习近平在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告	2022/10/16	《高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗》	积极稳妥推进碳达峰碳中和。实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动。完善能源消耗总量和强度调控，重点控制化石能源消费，逐步转向碳排放总量和强度“双控”制度。推动能源清洁低碳高效利用，推进工业、建筑、交通等领域清洁低碳转型。深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用，加大油气资源勘探开发和增储上产力度，加快规划建设新型能源体系，统筹水电开发和生态保护，积极安全有序发展核电，加强能源产供储销体系建设，确保能源安全。完善碳排放统计核算制度，健全碳排放权市场交易

制度。提升生态系统碳汇能力。积极参与应对气候变化全球治理

市场监管总局、国家发展改革委、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部、住房和城乡建设部、交通运输部、中国气象局、国家林草局	2022/10/18	《关于印发建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案的通知》	<p>到 2025 年，碳达峰碳中和标准计量体系基本建立。</p> <p>到 2030 年，碳达峰碳中和标准计量体系更加健全。</p> <p>到 2060 年，技术水平更加先进、管理效能更加突出、服务能力更加高效、引领国际的碳中和标准计量体系全面建成，服务经济社会发展全面绿色转型，有力支撑碳中和目标实现。</p>
教育部	2022/10/26	教育部关于印发《绿色低碳发展国民教育体系建设实施方案》的通知	<p>坚持节约优先。把节约能源资源放在首位，积极建设绿色学校，持续降低大中小学能源资源消耗和碳排放，重视校园节能降耗技术改造和校园绿化工作，倡导简约适度、绿色低碳生活方式，从源头上减少碳排放。</p> <p>到 2025 年，绿色低碳生活理念与绿色低碳发展规范在大中小学普及传播，绿色低碳理念进入大中小学教育体系；有关高校初步构建起碳达峰碳中和相关学科专业体系，科技创新能力和创新人才培养水平明显提升。</p> <p>到 2030 年，实现学生绿色低碳生活方式及行为习惯的系统养成与发展，形成较为完善的多层次绿色低碳理念育人体系并贯通青少年成长全过程，形成一批具有国际影响力和权威性的碳达峰碳中和一流学科专业和研究机构。</p>
国务院办公厅	2022/10/28	《国务院办公厅关于印发全国一体化政务大数据体系建设指南的通知》	<p>生态环保方面，强化环境监测和应急处理能力。建设生态环保主题库，涵盖环境质量、污染源、环保产业、环保科技等数据，通过跨部门数据共享，支撑环境质量监测、突发环境事件应急处置等 23 类应用，为打赢蓝天、碧水、净土保卫战，服务保障碳达峰、碳中和目标实现提供了数据支持。</p> <p>合理利用全国一体化大数据中心协同创新体系，推动各地区各部门政务云建设科学布局、集约发展。提升各地区各部门政务大数据云资源支撑能力，推动政务数据中心整合改造，提高使用低碳、零碳能源比例，按需打造图像显示处理器（GPU）、专用集成电路芯片（ASIC）等异构计算能力，构建存算分离、图计算、隐私计算等新型数据分析管理能力。</p>
发展改革委	2022/10/28	《关于进一步完善政策环境加大力度支持民间投资发展的意见》	<p>鼓励民间投资以城市基础设施等为重点，通过综合开发模式参与重点项目建设，提高数字化、网络化、智能化水平。鼓励民营企业加大太阳能发电、风电、生物质发电、储能等节能降碳领域投资力度。鼓励民间投资的重点工程项目积极采取以工代赈方式扩大就业容量。</p>



吉林省能源局	2022/10/31	《吉林省电力发展“十四五”规划》	电源发展方面，到 2025 年，全省装机容量达到 6000 万千瓦以上，其中非化石能源发电装机占比达到 60%以上。电网发展方面，推动以吉林省为起点的区域间高比例新能源外送通道建设，力争建成省内“两横三纵”500 千伏双环网的骨干网架。创新发展方面，建设白城、松原和四平双辽地区 3 个“绿电”产业园区，加快推动“氢动吉林”之“风光消纳规模制氢工程”。
湖南省发展和改革委员会、中共湖南省委台湾工作办公室、湖南省工业和信息化厅、湖南省商务厅	2022/11/3	《海峡两岸产业合作区（湖南）数字化低碳化发展规划》	到 2025 年，探索形成两岸数字化低碳化发展互补联动、转型升级与创新开放的湖南模式，构建较为完善的数字化低碳化发展体制机制，合作区交流合作层次更高、规模更大，各方面走在前列，初步建成两岸数字化低碳化产业发展引领区。 到 2035 年，湖南“两岸数字化低碳化最佳合作伙伴”的形象符号确立，探索形成助力两岸数字经济发展、推动双碳目标实现、加快科技文化创新、促进数字化低碳化产业融合的新业态和新模式，把合作区打造成为两岸产业深度融合发展的示范样板。
江西省发展改革委	2022/11/3	《关于深化价格机制改革支持碳达峰碳中和工作实施方案》	到 2030 年，能源资源价格形成机制进一步完善,通过放开竞争性领域和环节价格，引导全社会基本建立节约、绿色、低碳的生产生活新风尚。到 2060 年，支持碳达峰碳中和、适应高质量发展要求的价格政策体系基本完善，科学、规范、透明的价格机制和监管制度基本建立。
河北省人民政府办公厅	2022/11/7	《关于深化碳资产价值实现机制若干措施（试行）》	2022 年制定并发布钢铁行业碳排放基准值，2023 年制定并发布水泥、玻璃、石化、化工等行业碳排放基准值，形成较为科学完善的碳排放基准值体系。省生态环境部门对碳排放基准值进行动态跟踪，实行动态调整，推动重点行业碳排放水平不断提升。
工信部	2022/11/8	《建材行业碳达峰实施方案》解读	为深入贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰、碳中和的决策部署，以及《工业领域碳达峰实施方案》工作要求，工业和信息化部联合相关部门研究制定了《实施方案》，作为国家碳达峰“1+N”政策体系的重要组成部分，指导行业科学有序开展碳达峰工作。《实施方案》内容包括“3 个部分、5 项任务、4 项措施”。3 个部分是指《实施方案》由“总体要求、重点任务和保障措施”三部分构成。5 项任务是指《实施方案》提出了“强化总量控制、推动原料替代、转换用能结构、加快技术创新、推进绿色制造”五方面重点任务。4 项措施是指《实施方案》提出了“加强统筹协调、加大政策支持、健全标准计量体系、营造良好环境”四方面保障措施。
四川省节能减排及应对气候变化工作领导小组办公室	2022/11/9	《四川省碳市场能力提升行动方案》	到 2025 年，重点排放单位温室气体排放核算报告、核查溯源、质量管理体系更加完善，碳市场相关咨询、检测、核查、认证、交易、科技、金融等机构服务能力明显提升，碳市场监管执法全面加强，国家核证自愿减排

			项目备案数量居全国前列，碳排放管理人才队伍建设基本满足市场需求，全社会“排碳有成本、减碳有收益”的低碳发展意识明显增强。
发展改革委、工业和信息化部、财政部、住房城乡建设部、市场监管总局	2022/11/10	关于发布《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平(2022年版)》的通知	落实节能节水专用设备和项目企业所得税优惠政策，鼓励企业优先选用能效先进水平产品设备、开展节能降碳改造。支持绿色建筑、超低能耗、近零能耗建筑和重大交通基础设施等提高能效先进水平产品设备应用比例。各地在出台促进消费有关政策措施时，要坚持绿色低碳导向，鼓励采用补贴、以旧换新、积分奖励等多种方式，引导居民选购能效先进水平产品设备，原则上不得对能效低于节能水平的产品设备给予补贴。
气象局	2022/11/30	解读《综合气象观测业务发展"十四五"规划》	在实现生态文明和“双碳”目标的国家战略中，气象工作发挥着基础性科技支撑作用，增强基本气候变量和气候系统多圈层观测能力，能够为应对气候变化提供观测数据支撑。
工业和信息化部、发展改革委、财政部、生态环境部、交通运输部	2022/11/30	《关于加快内河船舶绿色智能发展的实施意见》	到 2025 年，液化天然气（LNG）、电池、甲醇、氢燃料等绿色动力关键技术取得突破，船舶装备智能技术水平明显提升，内河船舶绿色智能标准规范体系基本形成。培育一批有影响力的绿色智能内河船舶设计、建造、配套和运营企业，打造一批满足不同场景需求的标准化、系列化船型，实现在长江、西江、京杭运河以及闽江等有代表性地区的示范应用，形成可复制、可推广的经验，初步构建良性可持续发展的产业生态。内河船舶绿色化、智能化、标准化发展取得显著成效，建立较为完善的产业链供应链。
生态环境部办公厅	2022/12/2	《关于印发钢铁/焦化、现代煤化工、石化、火电四个行业建设项目环境影响评价文件审批原则的通知》	在适用范围上，充分衔接《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，更加精准地界定适用的建设项目行业类别。在总体要求上，增加了项目应符合区域及行业碳达峰碳中和目标、煤炭消费总量控制等要求，对现代煤化工和石化建设项目分别提出应符合国家批准的有关产业规划的要求。
成都市人民政府办公厅	2022/12/8	《成都市深化“碳惠天府”机制建设行动方案》	2023 年，“碳惠天府”平台用户突破 200 万人，使用普及率大幅提升；2024 年，机制进一步完善，碳积分场景逐步丰富，普惠激励效果持续增强，碳减排量开发消纳实现扩面提量，机制影响力持续扩大；2024 年后，机制成熟定型，品牌影响力大幅提升，基本形成应用场景丰富、平台功能完善、规则流程明晰的碳普惠生态圈。
生态环境部办公厅	2022/12/21	关于印发《企业温室气体排放核算与报告指南 发电设施》《企业温室气体排放核算技术指南 发电设施》的通知	本次修订以问题为导向，重点解决以下几方面问题：一是企业普遍反映的核算方法复杂、部分参数的数据来源多样等问题。二是技术指南超范围提出管理要求的问题。三是地方生态环境部门反映的核算技术链条过长、部分企业数据质量控制计划的作用未能有效发挥、核算口径和数据获取方式有待规范等问题。四是部分企业碳排放

关键参数管理不到位、信息化存证不及时、存证材料不齐全不完整，难以支撑数据溯源和自证的问题。五是地方生态环境部门反馈非常规燃煤机组数量多、排放量大、管理水平不高，造成监管难度大等问题。

国家能源局  
2022/12/27  
《光伏电站开发建设管理办法》政策解读

碳达峰碳中和目标背景下，光伏发电将实现大规模高比例发展，而接网消纳已成为制约光伏发电又好又快发展的主要因素之一，急需加强网源协调、双向发力：电网企业应主动改进电网的规划设计、建设运行等，加快构建新型电力系统；光伏企业应积极主动配合做好接网工作。

资料来源：中央及各地区政府网站，全国及各地区碳交易所，宏源期货研究所

## （二）国际碳中和相关政策事件

图表 10：国际碳中和相关政策事件(2022.10.1-2022.12.31)

国家/组织	时间	内容
南非	2022/10/20	南非内阁批准一份 85 亿美元的引资计划，用以进行该国的绿色能源建设。目前，南非 80% 以上的电力依赖煤炭发电，同时还有 9 万人从事煤矿挖掘工作。根据该计划，南非将在资金到会后逐步关闭该国主要燃煤发电厂，扩大风能、太阳能等绿色发电规模，同时促进电动汽车和绿色氢能产业在该国的发展。
苹果公司	2022/10/25	苹果公司发起新的倡议，呼吁其全球供应链采取行动，解决他们的温室气体排放问题，全面实现去碳化。苹果将评估主要生产合作伙伴是否在与苹果公司相关的生产运营中实现去碳化，包括 100% 使用可再生能源供电，并会每年追踪进展。自 2020 年，苹果公司在全球的公司运营已实现了碳中和，并聚焦于达成雄心勃勃的目标，即从全球供应链到产品全生命周期实现碳中和。
国际能源署（IEA）《2022 年世界能源展望》	2022/10/27	长期能源政策的核心是加快推进能源转型，实现碳减排目标，包括提升可再生能源占比，提高能源利用效率，建设新核电机组，推进碳捕集、封存和利用技术的部署等。除了增加公共资金投入外，政府还应制定政策，以鼓励私人资本对清洁能源进行投资。因为平稳而安全的能源转型将需要清洁能源投资的大幅增加。国际能源署指出，预计到 2030 年清洁能源投资将从 2021 年的 1.3 万亿美元将上升至 2 万亿美元，但是如果要实现 2050 年净零排放目标，那么这一投资额到 2030 年须达到 4 万亿美元。
德国	2022/11/5	在埃及 COP27 气候大会前夕，德国总理朔尔茨重申德国气候目标，称不会推迟到 2045 年实现碳中和的时间表。“我们不打算推迟。相反，我们现在必须投资数十亿美元，以碳中和为目标进行经济生产。”
日本	2022/11/8	日本将暂停引入碳排放附加费，放弃将其纳入 2023 财年税改的计划，以避免给本已在艰难应对能源价格飙升的企业和消费者增加负担。日本政府和执政党议员将寻找其他途径为该国实现温室气体净零排放的目标提供资金。
第 27 届联合国气候变化大会（COP27）	2022/11/19	参加第 27 届联合国气候变化大会的各国代表终于在周日凌晨达成协议，同意设立了一个基金机制，以补偿因气候引起的灾害造成的“损失和损害”。

资料来源：新闻整理，宏源期货研究所

## 三、碳中和交易市场分析

### （一）全球碳交易市场

目前，全球主要的碳交易市场包括欧盟碳市场、美国 RGGI、中国市场等。

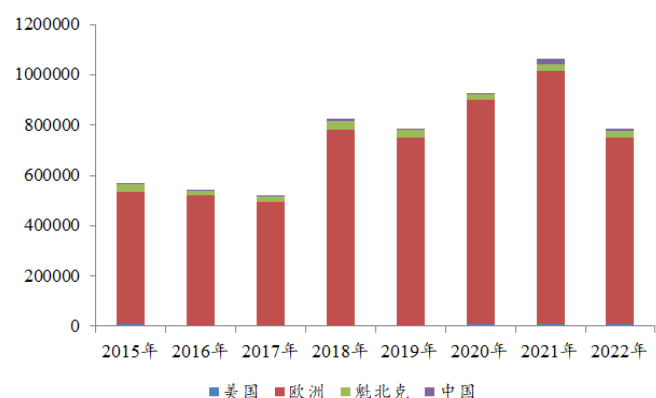
欧盟市场：欧盟碳排放权交易体系开始于 2005 年，是根据欧盟法令和国家立法的碳交易机制，一直是全球参与国最多、规模最大、最成熟的碳排放权交易市场，交易规模占全球碳交易规模的 90%以上。2022 年成交量为 74.50 亿吨，较 2021 年同比下滑 25.86%，成交额 42,563.26 亿元，较 2021 年同比增加 0.85%，成交均价 572.97 元/吨，较 2021 年同比上涨 40.96%

美国市场：2022 年 RGGI 碳拍卖数量 0.66 亿吨，较 2021 年同比下滑 31.08%，成交额 60.26 亿元，较 2021 年同比增加 1.47%，拍卖均价 90.69 元/吨，较 2021 年同比上涨 49.33%。

中国市场：2022 年中国试点计划交易量达 0.43 亿吨，较 2021 年同比下滑 14.78%，交易额 22.07 亿元，较 2021 年同比增加 31.83%，成交均价为 52.05 元/吨，较 2021 年同比上涨 56.95%。

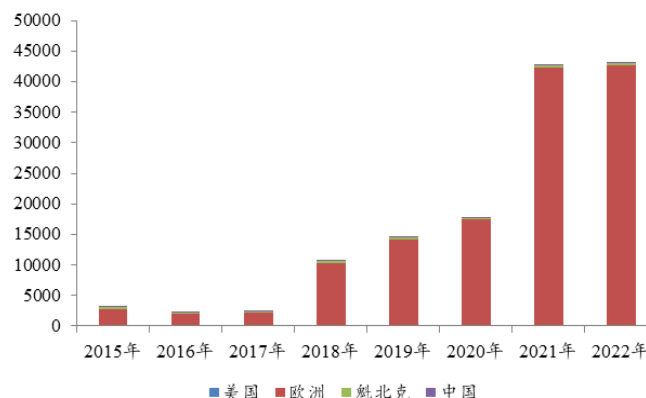
魁北克（加州）市场：2022 年拍卖数量 2.32 亿吨，较 2021 年同比下滑 12.94%，成交额 443.90 亿元，较 2021 年同比增加 16.94%，拍卖结算价 191.70 元/吨，较 2021 年同比上涨 35.67%。

图表 11：全球碳市场成交量（万吨）



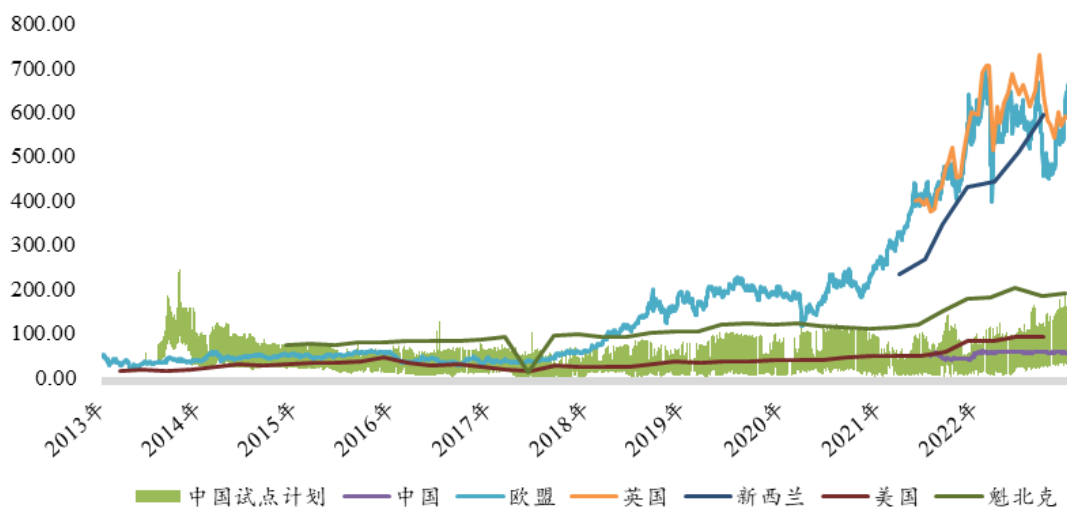
资料来源：WIND，宏源期货研究所

图表 12：全球碳市场成交额（亿元）



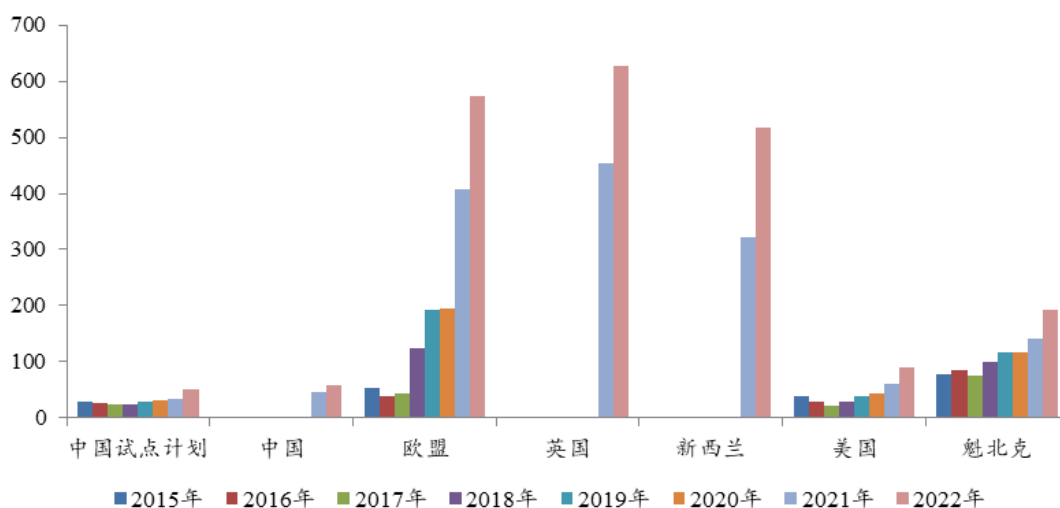
资料来源：WIND，宏源期货研究所

图表 13: 全球碳市场成交价走势图 (元/吨)



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

图表 14: 2019 年-2022 年国际碳市场均价变化 (元/吨)



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

## (二) 中国碳交易市场

中国的碳交易市场目前处在第三个阶段: 全国碳排放权交易市场配额现货交易阶段。

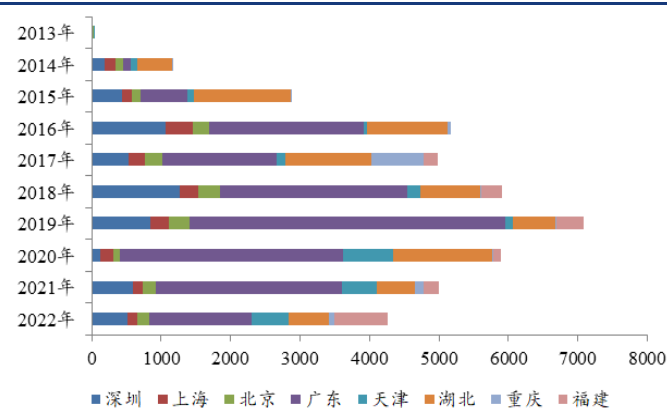
2022 年碳交易量为 4257.22 万吨, 同比下降 14.78%, 其中, 深圳、北京、广东和重庆地区的交易量出现了下滑, 上海、天津、湖北和福建地区的交易量有所提升。深圳市场 2022 年成交量 508.07 万吨, 较 2021 年下滑 12.22%; 北京市场 2022 年成交量 175.28 万吨, 较 2021 年下滑 6.28%; 广东市场 2022 年成交量 1,460.91 万吨, 较 2021 年下滑 45.56%; 重庆市场 2022 年成交量 75.91 万吨, 较 2021 年下滑 34.03%; 上海市场 2022 年成交量 152.31 万吨, 较 2021 年



增加 10.37%；天津市场 2022 年成交量 545.24 万吨，较 2021 年增加 10.18%；湖北市场 2022 年成交量 573.35 万吨，较 2021 年增加 3.09%；福建市场 2022 年成交量 766.14 万吨，较 2021 年增加 245.57%。

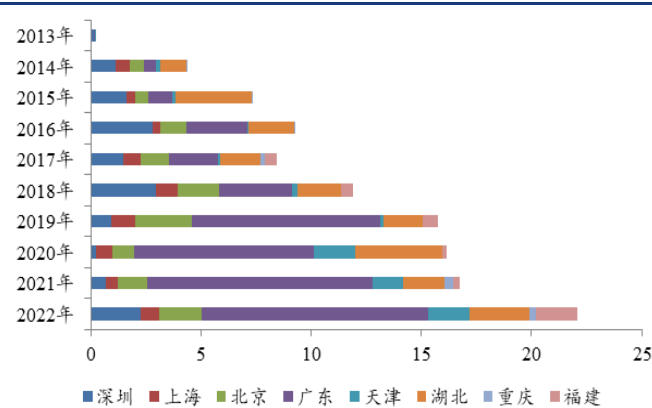
2022 年碳成交额为 22.07 亿元，同比增加 31.83%，除重庆市场外，各市场成交额都有所提升。深圳市场 2022 年成交额 2.25 亿元，较 2021 年增加 231.78%；上海市场 2022 年成交额 0.86 亿元，较 2021 年增加 57.79%；北京市场 2022 年成交额 1.92 亿元，较 2021 年增加 41.52%；广东市场 2022 年成交额 10.30 亿元，较 2021 年增加 0.84%；天津市场 2022 年成交额 1.87 亿元，较 2021 年增加 35.38%；湖北市场 2022 年成交额 2.69 亿元，较 2021 年增加 42.64%；重庆市场 2022 年成交额 0.30 亿元，较 2021 年下滑 19.69%；福建市场 2022 年成交额 1.90 亿元，较 2021 年增加 495.05%。

图表 15：中国碳市场成交量（万吨）



资料来源：WIND，宏源期货研究所

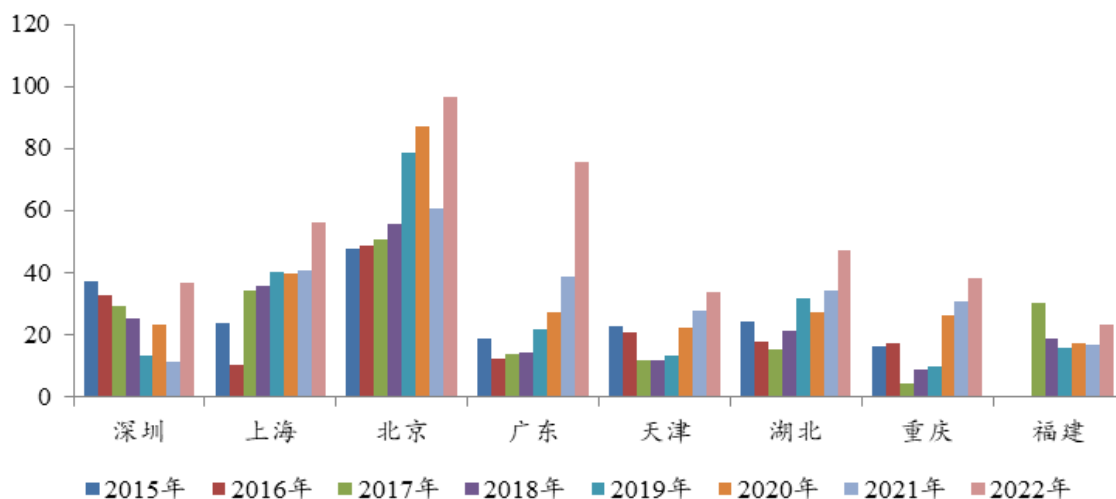
图表 16：中国碳市场成交额（亿元）



资料来源：WIND，宏源期货研究所

2022 年碳交易量呈现负增长，但是碳交易额呈现正增长，主要源于碳交易成交价的增长，各市场成交价均有不同幅度上涨。深圳市场 2022 年均价 36.72 元/吨，较 2021 年上涨 216.22%；上海市场 2022 年均价 56.12 元/吨，较 2021 年上涨 37.25%；北京市场 2022 年均价 96.42 元/吨，较 2021 年上涨 58.20%；广东市场 2022 年均价 75.93 元/吨，较 2021 年上涨 94.52%；天津市场 2022 年均价 33.92 元/吨，较 2021 年上涨 22.58%；湖北市场 2022 年均价 47.31 元/吨，较 2021 年上涨 37.96%；重庆市场 2022 年均价 38.35 元/吨，较 2021 年上涨 25.21%；福建市场 2022 年均价 23.47 元/吨，较 2021 年上涨 39.96%。

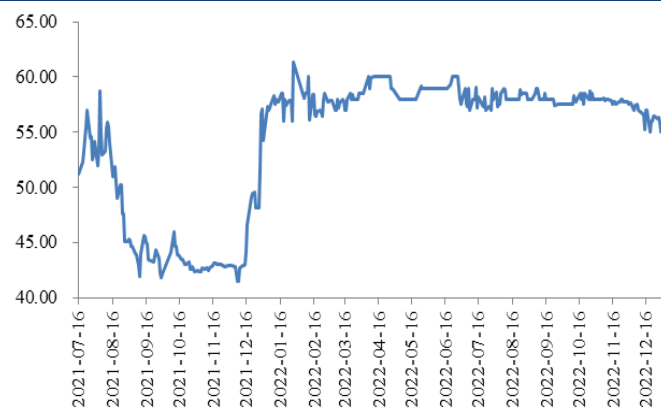
图表 17: 2017 年-2022 年中国碳市场试点计划均价变化 (元/吨)



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

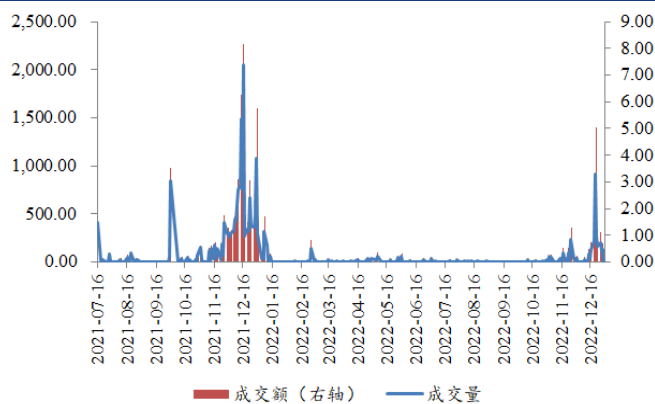
全国碳排放权交易市场于 2021 年 7 月 16 日正式上线交易, 2022 年以来交易价格较为稳定, 2022 年平均交易价格为 58.07 元/吨, 较 2021 年环比上涨 23.31%, 交易量为 5,088.95 万吨, 较 2021 年环比下跌 71.54%, 交易额 28.14 亿元, 较 2021 年环比下跌 63.27%。

图表 18: 全国碳排放权交易价格走势图 (元/吨)



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

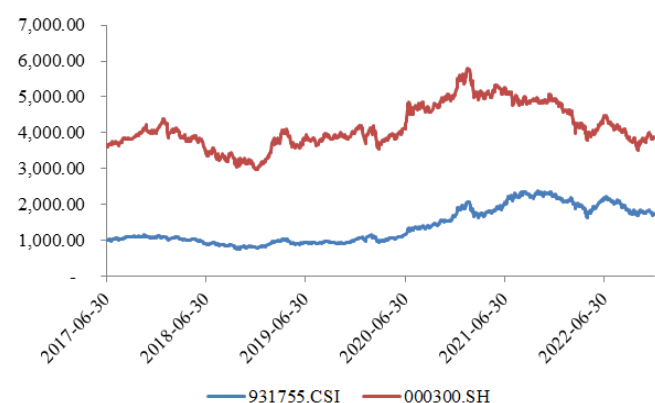
图表 19: 全国碳排放权成交量 (万吨)、成交额 (亿元)



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

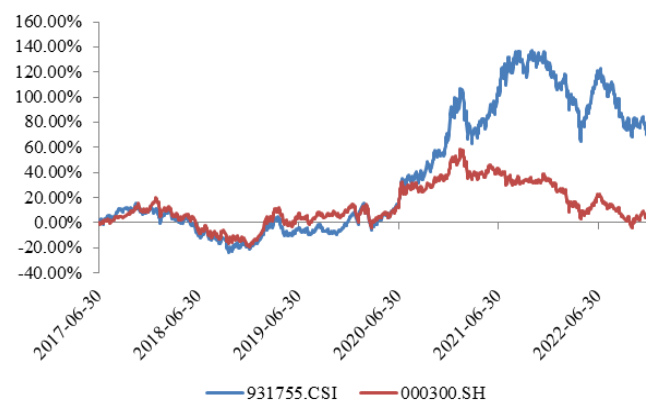
碳中和指数成立至今, 累计收益率超 100%, 2020 年 7 月开始超越市场表现。2022 年碳中和指数年收益率-22.39%, 波动率 25.44%, 沪深 300 指数年收益率-21.27%, 波动率 20.40%。

图表 20: 碳中和指数及沪深 300 指数价格走势



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

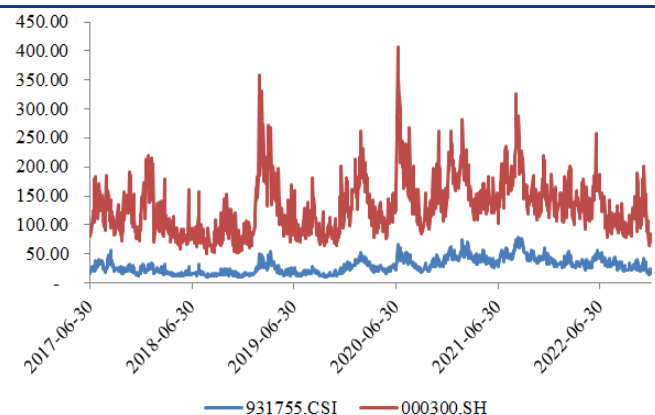
图表 21: 碳中和指数及沪深 300 指数累计收益率



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

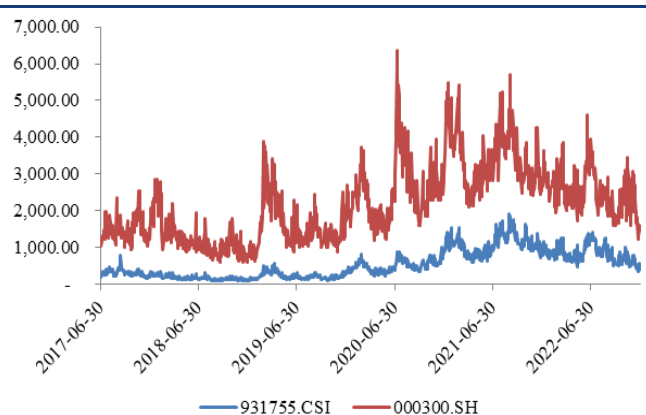
2022 年碳中和指数交易量 8,005.93 亿手, 同比下滑 29.32%, 2022 年沪深 300 指数交易量 30,743.79 亿手, 同比下滑 24.58%; 2022 年碳中和指数交易额 199,636.67 亿元, 同比下滑 25.56%, 2022 年沪深 300 指数交易额 601,501.65 亿元, 同比下滑 27.77%。

图表 22: 碳中和指数及沪深 300 指数交易量 (亿手)



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

图表 23: 碳中和指数及沪深 300 指数交易额 (亿元)



资料来源: WIND, 宏源期货研究所

## 分析师简介:

**祁玉蓉 (F03100031)**，南开大学金融工程硕士，现任宏源期货研究所有色分析师，负责铅锌和工业硅的品种研究，致力于行业基本面分析，深入研究产业链，结合产品期现货市场进行多维度分析，在南方财经、期货日报等多家媒体发表文章。

**TEL:** 010-82295006

**Email:** [qiurong@swhysc.com](mailto:qiurong@swhysc.com)

#### 免责条款:

---

本报告分析及建议所依据的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所依据的信息和建议不会发生任何变化。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，不构成任何投资建议。投资者依据本报告提供的信息进行期货投资所造成的一切后果，本公司概不负责。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发，需注明出处为宏源期货，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

风险提示：期市有风险，投资需谨慎

