

中国半导体显示产业 碳中和白皮书

中国电子视像行业协会
中国标准化研究院资源环境研究分院
TCL华星光电技术有限公司

2022年11月



序言



郝亚斌
中国电子视像行业协会 执行会长

在全球波澜壮阔的“碳中和”浪潮之下，绿色、低碳的可持续发展之路已是大势所趋，减少碳排放、实现“双碳”目标以应对气候变化正逐步成为全球共识。当下，“碳中和”的触角已快速延伸至我国多个关键领域，“碳中和”之路既是产业所面临的时代挑战，亦是企业提高竞争力实现自身可持续发展的历史机遇，半导体显示领域亦身处其中。

“双碳”目标下，半导体显示企业亟需以科技创新的应对之道，推进低碳技术全流程应用，构建全生命周期的绿色低碳管理，形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、空间格局，走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路，争做半导体产业链上“碳中和”的“先行者”，在实践中不断探索和积累，为践行中国“碳中和”伟大战略贡献力量。

中国半导体显示产业的发展已经取得了举世瞩目的成就，也必将引领全球显示产业迈向变革创新和低碳绿色高质量发展的新征程。



林翎
中国标准化研究院资源环境分院 院长

基于“2030 碳达峰，2060 碳中和”的目标，国家发布了《2030 年前碳达峰行动方案》和《国家标准化发展纲要》等文件。明确提出，要加快完善地区、行业、企业、产品等碳排放核查核算标准，制定重点行业和产品温室气体排放标准，完善低碳产品标准标识制度，完善绿色产品标准，建立绿色产品分类和评价标准，规范绿色产品标识的要求。这同时给半导体显示产业的发展带来了很大的挑战。

新挑战也意味着新优势和新机遇。技术标准是当前减缓和适应气候变化的一种途径，通过利用可再生能源、提升生产效率、推动工艺升级、优化生产流程等，不断降低半导体节能降耗，此举对实现碳中和目标意义重大。

我们和中国电子视像行业协会联合领先的企业共同编写《中国半导体显示产业碳中和白皮书》，希望共同推动半导体显示产业“双碳”工作的有效进行，早日实现“双碳”目标。



赵军
TCL 华星光电技术有限公司 首席运营官

全球变暖已经成为了人类社会必须面临的严峻挑战，而“碳中和”是应对这一挑战的最优解决方案之一。2020年，中国提出了“力争在 2060 年实现碳中和”的承诺，彰显了积极应对气候变化，走绿色发展道路的的决心和信心。

为响应国家“碳达峰-碳中和”战略目标，TCL 华星始终坚持绿色发展，在深化企业社会责任的道路上探索前行。TCL 华星不断完善环境信息披露，提升能源利用效率，通过技术创新、绿色工厂、节能改造项目等方式，在生产和运营中坚持低碳减排，助力绿色发展目标的实现。

感谢中国电子视像行业协会的邀请，共同编写《中国半导体显示产业碳中和白皮书》。未来，TCL 华星将以低碳节能、绿色发展为导向，加大力度践行国家“双碳”战略，不断推动技术创新，进一步完善绿色建设体系，推动上下游合作伙伴共同行动，促进产业链发展与碳中和路径拓展的深度融合，实现企业与社会共同发展。

目录

一、全球碳排放现状和中国“双碳”目标	3
1. 全球碳排放发展背景及现状.....	4
2. 碳达峰、碳中和概念与关系.....	9
3. 全球碳达峰、碳中和发展现状及目标.....	9
4. 我国参与碳达峰、碳中和主要情况.....	11
5. 碳达峰碳中和相关国内外标准研制情况.....	15
二、中国半导体显示产业发展状况	27
1. 全球半导体显示产业规模及发展趋势.....	27
2. 全球半导体显示产业技术发展.....	34
3. 全球半导体显示产业竞争格局.....	36
4. 中国半导体显示产业发展历史.....	37
5. 中国主要骨干企业业务战略.....	41
6. 中国主要骨干企业产品现状.....	43
7. 中国主要骨干企业企业标准现状.....	45
8. 能效水平情况.....	50
三、中国半导体显示产业碳排放现状	54
1. 半导体显示产业碳排放测算.....	54
2. 半导体显示产业碳排放特征分析.....	58
3. 半导体显示产业碳减排措施建议.....	59
四、头部企业减碳措施和努力	62
1. 企业碳减排案例分析.....	62
2. 企业参与碳减排驱动因素.....	74
五、中国半导体显示产业实施碳减排方案	82
1. 实施碳减排相关政策及措施.....	82
2. 新兴技术工艺的开发及优化.....	84
3. 建立完善的标准体系.....	85
六、中国半导体显示产业发展愿景	88



1. 全球碳排放现状和中国“双碳”目标

我国已经是世界第一大碳排放国，占到全世界的1/4以上，基于这一背景，在2020年的9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上表示，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳的碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取到2060年前实现“碳中和”。

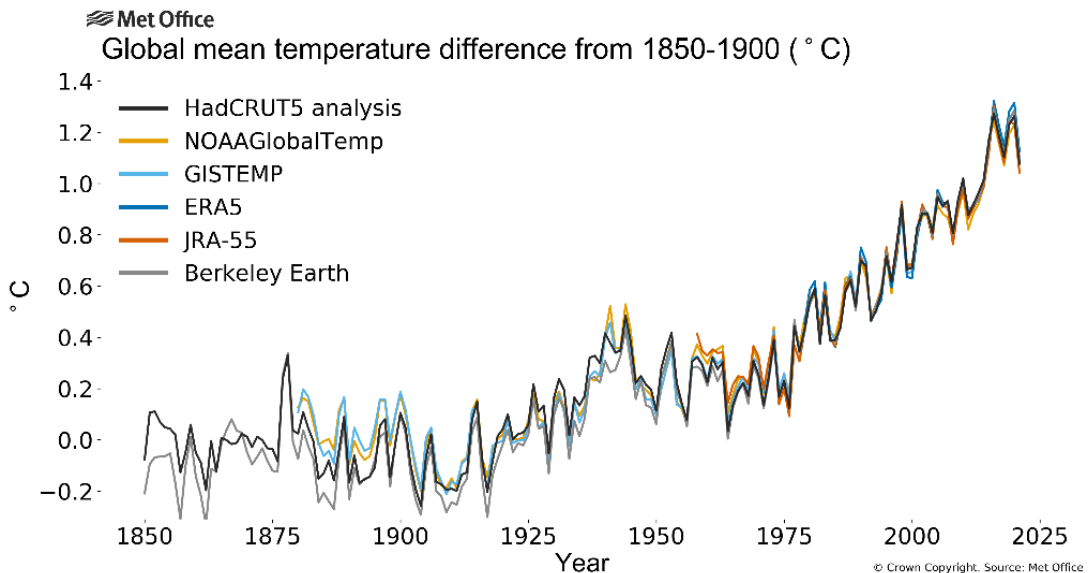
一、全球碳排放现状和中国“双碳”目标

1. 全球碳排放发展背景及现状

1.1 全球气候变化现状及温室气体排放

世界气象组织（WMO）于2021年10月31日发表了《2021年气候状况：极端事件和主要影响》，研究指出，基于2021年1月至9月的数据，2021年的全球平均气温比1850-1900年的平均值高约1.09°C，比2011年高约0.18°C至0.26°C（如图1所示），2015年到2021年成为有纪录以来最热的7年，同时警告地球正进入“未知领域”。研究显示，全球变暖会引发冰山消融、海洋酸化、内陆干旱等现象，导致生物适宜的栖息环境消失，粮食减产，生态失衡，最终威胁人类生存和健康。全球变暖和气候变化已成为全球公认的环境问题，在不断引起人们的重视。

图 1-1 自工业化前（1850-1900）以来全球平均气温变化（°C）（WMO，2021）



对气候变化影响较大的主要就是温室气体。所谓温室气体主要是指大气中那些吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的气态成分，包括对太阳短波辐射透明（吸收极少）、对长波辐射有强烈吸收作用的二氧化碳、甲烷、一氧化碳、氟氯烃及臭氧等 30 余种气体。《京都议定书》中规定的六种温室气体包括如下：二氧化碳（CO₂）；甲烷（CH₄）；氧化亚氮（N₂O）；氢氟碳化物（HFCs）；全氟化碳（PFCs）；六氟化硫（SF₆）。世界气象组织 2021 年 10 月 25 日发布的《温室气体公报》显示，2020 年全球平均地表 CO₂、甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）的摩尔分数达到新高，其中 CO₂ 为 413.2 ± 0.2 ppm，CH₄ 为 1889 ± 2 ppb，N₂O 为 333.2 ± 0.1 ppb。这些数值分别为工业化前（1750 年前）水平的 149%、262% 和 123%。

在上述温室气体中，CO₂ 的增幅最为显著，美国国家海洋与大气管理局（NOAA）的年度温室气体指数（AGGI）显示，从 1990 年至 2020 年，长效温室气体（LLGHG）的辐射强迫增加了 47%，其中 CO₂ 约占增幅的 80%。人类活动所排放的二氧化碳（CO₂）约有一半滞

留在大气中，其余的被海洋和陆地生态系统所吸收，残留在大气中的部分排放称为气载量（AF），是源汇平衡的一个重要衡量指标。AF 的变化将对实现《巴黎协定》关于将全球升温限制在远低于 2°C 以下的目标产生巨大影响，因此，CO₂ 的排放和抵消成为评估温室气体对全球气候变化影响的重要指标，二氧化碳当量（CO₂eq）也是评价温室效应的基本单位。

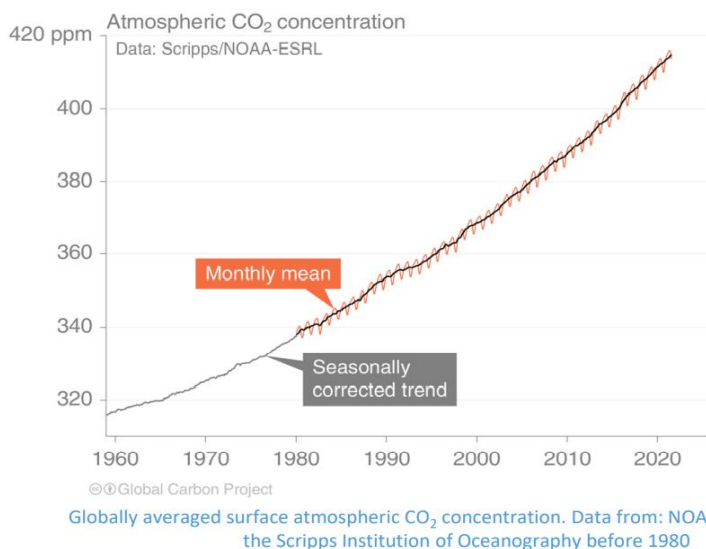
1.2 全球碳排量规模

根据《碳排放权交易管理办法（试行）》（生态环境部 部令第19号）第四十二条第（二）款的规定，“碳排放”的定义为：煤炭、石油、天然气等化石能源燃烧活动和工业生产过程以及土地利用变化与林业等活动产生的温室气体排放，也包括因使用外购的电力和热力等所导致的温室气体排放。由于二氧化碳是人类活动产生温室效应的主要气体，为了统一度量整体温室效应的结果，规定以二氧化碳当量为度量温室效应的基本单位。

上世纪 70 年代至今，全球碳排放与全球经济发展基本呈现出正相关关系。21 世纪之后，全球碳排放量增长迅速，随着全球经济发展，碳排放和人均排放均有大幅增长。根据 Global Carbon Project（GCP）2021 年 11 月 4 日在 COP26 上发布的调查结果，从 1750 年到 2021 年，全球大气中二氧化碳含量排放量增加了 49.8%（如图 2 所示）（GCP，2021）。2021 年全球二氧化碳排放量有望弥补 2020 年由于 COVID-19 大流行造成的经济放缓而经历的几乎所有下降。预计到 2021 年，二氧化碳排放量将达到 364 亿吨，仅比 2019 年的 367 亿吨记录低 0.8%，比 2020 年的水平增长近 5%（Kevin Adler，2021）。

图 1-2 全球大气 CO₂ 浓度变化图（GCP，2021）

The global CO₂ concentration increased from ~277 ppm in 1750 to 415 ppm in 2021 (up 49%)

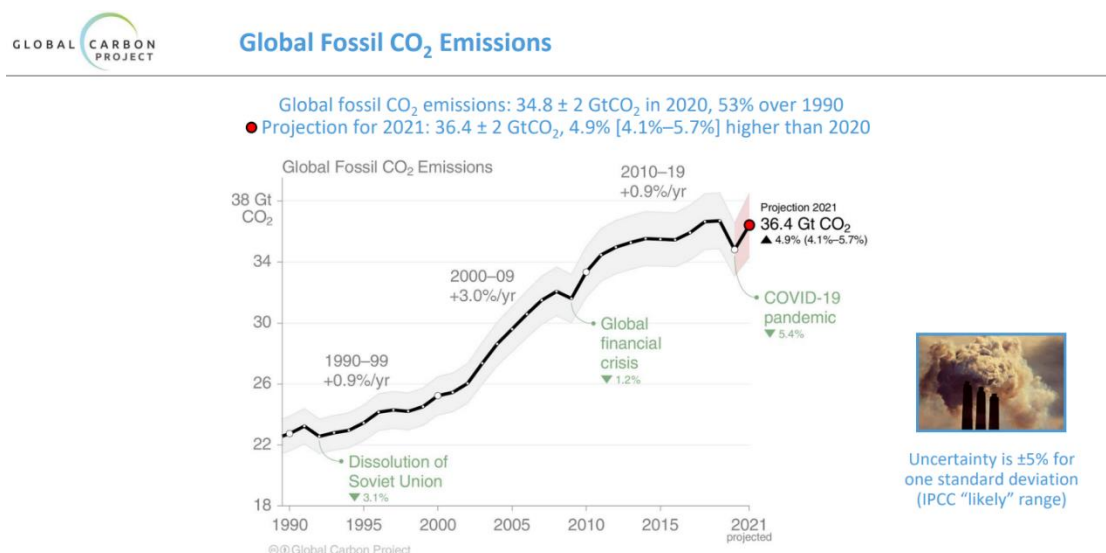


在国际能源署(IEA)发布的《全球能源回顾：2021 碳排放》报告中对 2021 年能源相关 CO₂ 排放情况进行了系统回溯和分析。新冠疫情的流行对 2020 年的能源需求产生了深远影响，同期全球 CO₂ 排放量减少了 5.1%。而 2021 年以来，在前所未有的财政和货币刺激以及疫苗快速推广的推动下(尽管不均衡)，世界经历了极其迅速的经济复苏。2021 年，尽管可再生能源发电量创下了有史以来最大的年度增长，但恶劣天气和能源市场条件使得能源需

求强劲回升，导致了燃煤发电大幅增加（IEA，2021）。

与2020年相比，2021年全球能源相关CO₂排放增量超过20亿吨，超过2010年成为绝对值同比增幅最大的一年。2021年的反弹逆转了2020年新冠疫情大流行产生的接近19亿吨CO₂排放下降趋势。2021年的CO₂排放量比2019年疫情前的水平还高出约1.8亿吨（CAS Energy，2022）。

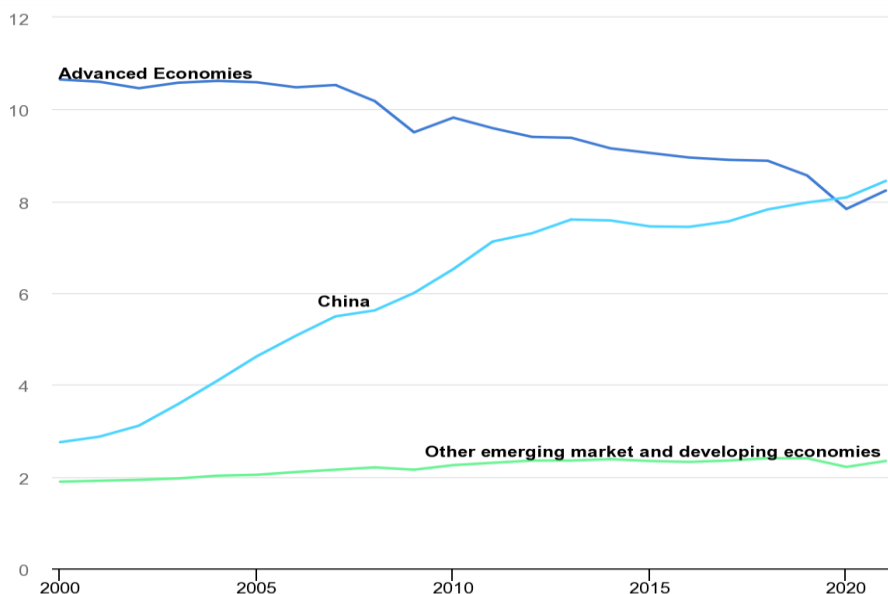
图 1-3 1900-2021 年全球能源相关 CO₂ 排放总量及其年度变化
(单位：十亿吨) (IEA, 2021)



2021年全球CO₂排放增幅与全球经济产出增长5.9%一致。这标志着自2010年以来，二氧化碳排放量与国内生产总值(GDP)增长之间的最强耦合，2010年随着世界摆脱全球金融危机，全球排放量反弹了6.2%，经济产出增长了5.1%（CAS Energy，2022）。

从人均碳排放量来看，如图1-4所示，全球人均碳排放量和全球碳排放量基本呈现出相同的变化趋势，在波动中逐渐增长。2018年，全球人均碳排放量增长到了4.42吨/人，较1971年增长了20%。

图 1-4 世界人均 CO₂ 排放量 (IEA, 2021)

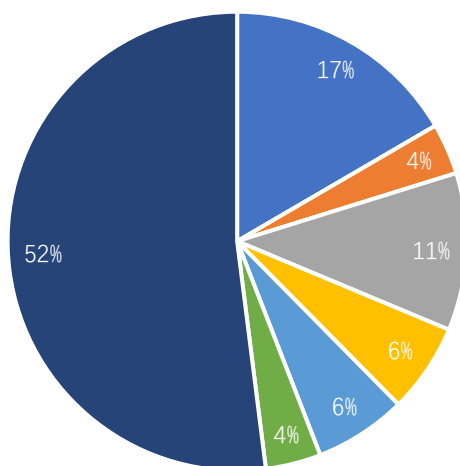


1.3 区域及行业碳排放量分布

从全球碳排放分布看，中国由于经济体量大、发展速度快、用能需求高，能源结构以煤为主，碳排放全球排名第一，2020 年占比 30%以上。据英国石油公司(BP)发布的《世界能源统计年鉴(第 70 版)》统计数据显示，2020 年全球碳排放美国占比 13.8%，欧洲占 11.1%，印度占 7.1%，日本占 3.2%，是全球碳排放最多的几个国家和地区。全球各大洲碳排放占比如图 1-5 所示。

图 1-5 2020 年各大洲全球碳排放占比

■ 北美洲 ■ 中南美洲 ■ 欧洲 ■ 独联体国家 ■ 中东地区 ■ 非洲 ■ 亚太地区



数据来源：世界能源统计年鉴(第 70 版)，2021；单位：%

近年来，全球主要碳排放国家及区域排量呈逐年上涨趋势。其中，按百分比计算，印度 2021 年的排放量激增，因为全球碳项目表示其排放量增长为 12.6%至 27 亿吨。作为世界上最大的排放国，中国今年将向大气中排放 111 亿吨二氧化碳，比 2020 年增长 4%。对于印度和中国来说，2021 年将代表新的排放峰值。

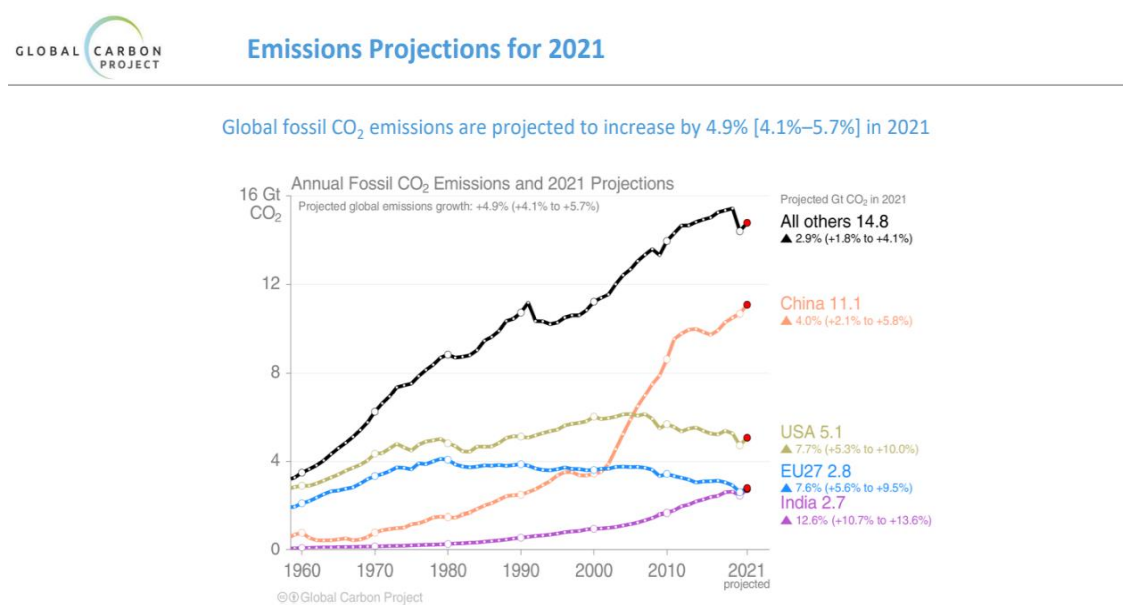
从消极方面来看，中国正在推动 2021 年煤炭需求的上升，仅该国就占煤炭使用产生的 76 亿吨二氧化碳排放量，占今年该国总排放量的 68% 以上。

印度是世界第四大排放国，其形象与中国相似，但规模较小。在 2021 年全国预计释放的 27 亿吨二氧化碳中，预计有三分之二来自煤炭，因为其使用量在 2021 年增加了近 15%。

美国作为世界第二大碳排放国，为 51 亿吨，到 2021 年煤炭排放量也将增加，估计比上一年增加 20%。但美国煤炭总排放量为 11 亿吨，因为燃煤发电正在从电网中缓和出来，转而使用天然气和可再生能源。

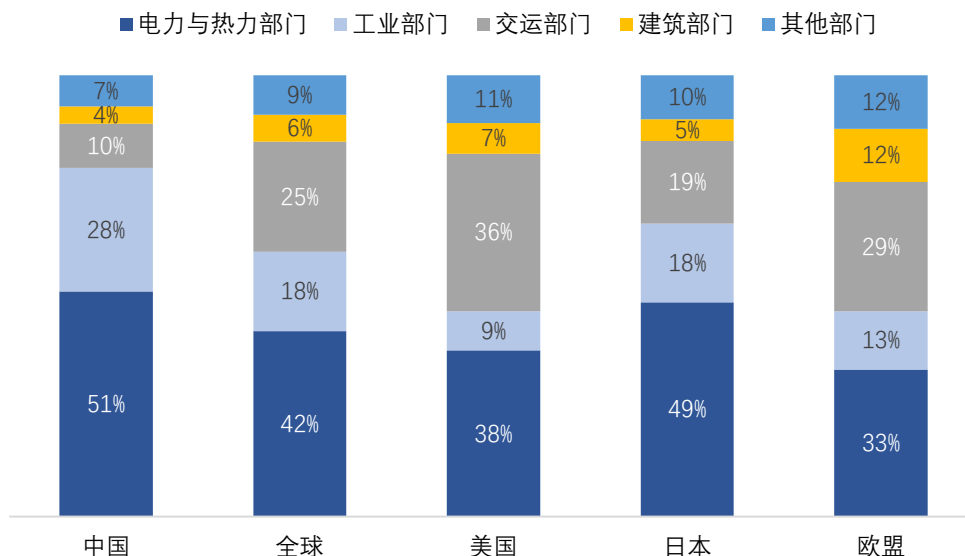
对于欧盟来说，在全球排放国名单上排名第三，为 28 亿吨，今年夏天经济反弹和风力发电不佳的结合导致石油，天然气和煤炭的使用增加。煤炭相关排放量增加了 15%，占二氧化碳的 7 亿吨（Kevin Adler, 2021）。

图 1-6 各国碳排放总结（GCP，2021）



从能源结构看，全球碳排放的主要来源为电力与热力行业、工业、交通运输、建筑和其他行业。其中，全球平均看，电力与热力行业的占比最大，约为 42%（如图 1-7 所示），相比较而言，中国电力与热力行业的占比明显高于美国、日本和欧盟等国家地区以及全球平均水平，且由于中国能源结构以煤为主，这也是中国碳排放较高的原因之一。

图 1-7 各行业碳排放贡献占比



数据来源：根据公开资料整理；单位：%

2. 碳达峰、碳中和概念与关系

基于上述气候变化及碳排放现状，2015年12月12日在第21届联合国气候变化大会（巴黎气候大会）上通过了《巴黎协定》，其中第二条提出希望将全球气温升幅限制在工业化水平前的 1.5°C - 2°C ，从而降低气候变化带来的风险和影响。同时，《巴黎协定》第四条指出，为了实现上述长期气温目标，缔约方旨在尽快达到温室气体排放的全球峰值，同时认识达峰对发展中国家缔约方来说需要更长的时间；此后利用现有的最佳科学迅速减排，以联系可持续发展和消除贫困，在公平的基础上，在本世纪下半叶实现温室气体源的人为排放（anthropogenic emissions by sources）与汇的清除（removals by sinks）之间的平衡。

上述《巴黎协定》的内容中包含两个概念：一是温室气体的排放达到峰值，二是温室气体的人为排放与汇集清除之间达到平衡。这两个概念概括起来就是“碳达峰”和“碳中和”。具体而言：碳达峰是指全球或某个区域在某一个时点，二氧化碳的排放不再增长达到峰值，之后逐步回落。碳中和是指在一定时间内，全球或某个区域通过植树造林、节能减排等途径，吸收、抵消人类生产生活所产生的二氧化碳排放量，实现二氧化碳“零排放”。

因此，“双碳”的主要目标是减少人类对大气中碳的影响，遏制气温继续上升的趋势。国家应对气候变化战略研究和国际合作中心副研究员张志强提出，碳达峰是碳中和的前置条件，只有实现碳达峰，才能实现碳中和。碳达峰的时间和峰值水平直接影响碳中和实现的时间和难度：达峰时间越早，实现碳中和的压力越小；峰值越高，实现碳中和所要求的技术进步和发展模式转变的速度就越快、难度就越大。碳达峰是手段，碳中和是最终目的。碳达峰时间与峰值水平应在碳中和愿景约束下确定。峰值水平越低，减排成本和减排难度就越低；从碳达峰到碳中和的时间越长，减排压力就会越小。

3. 全球碳达峰、碳中和发展现状及目标

碳排放达峰是实现碳中和的基础和前提，达峰时间的早晚和峰值的高低直接影响碳中

和实现的时长和难度。世界资源研究所(WRI)认为，碳排放达峰并不单指碳排放量在某个时间点达到峰值，而是一个过程，即碳排放首先进入平台期并可能在一定范围内波动，然后进入平稳下降阶段。碳排放达峰是碳排放量由增转降的历史拐点，标志着碳排放与经济发展实现脱钩。

碳排放达峰的目标包括达峰时间和峰值。一般而言，碳排放峰值指在所讨论的时间周期内，一个经济体温室气体(主要是二氧化碳)的最高排放量值。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告中将峰值定义为“在排放量降低之前达到的最高值”。据经济合作与发展组织(OECD)统计数据显示，1990年、2000年、2010年和2020年碳排放达峰国家的数量分别为18、31、50和54个。

据统计，截至2020年底，全球共有68个国家和经济体正式宣布了碳中和目标，包括已经实现目标、已写入政策文件、提出或完成立法程序的国家和地区。其中，英国2019年6月27日新修订的《气候变化法案》生效，成为第一个通过立法形式明确2050年实现温室气体净零排放的发达国家（前瞻网，2021）。

表 1-1 各国零碳承诺类型和时间（Energy & Climate, 2022）

承诺类型	具体国家和时间
已实现	不丹、苏里南
已立法	德国（2045）、瑞典（2045）、葡萄牙（2045）、日本（2050）、英国（2050）、法国（2050）、韩国（2050）、加拿大（2050）、爱尔兰（2050）、丹麦（2050）、匈牙利（2050）、新西兰（2050）、欧盟（2050）
政策文件	马尔代夫（2030）、芬兰（2035）、冰岛（2040）、安提瓜和巴布达（2040）、美国（2050）、意大利（2050）、澳大利亚（2050）、罗马尼亚（2050）、比利时（2050）、奥地利（2050）、智利（2050）、希腊（2050）、厄瓜多尔（2050）、巴拿马（2050）、克罗地亚（2050）、立陶宛（2050）、哥斯达黎加（2050）、斯洛文尼亚（2050）、乌拉圭（2050）、卢森堡（2050）、拉脱维亚（2050）、老挝（2050）、马耳他（2050）、斐济（2050）、利比里亚（2050）、伯利兹（2050）、马绍尔群岛（2050）、摩纳哥（2050）、新加坡（2050）、土耳其（2053）、中国（2060）、乌克兰（2060）、斯里兰卡（2060）
声明承诺	巴西（2050）、泰国（2050）、阿根廷（2050）、马来西亚（2050）、越南（2050）、哥伦比亚（2050）、南非（2050）、阿拉伯联合酋长国（2050）、哈萨克斯坦（2050）、以色列（2050）、爱沙尼亚（2050）、马拉维（2050）、佛得角（2050）、安道尔（2050）、俄罗斯（2060）、沙特阿拉伯（2060）、尼日利亚（2060）、巴林（2060）、印度（2070）

值得引起注意的是，国际上各国家和地区为达到其承诺的零碳目标，不仅对其国内产业提出低碳要求，同时也有国家和地区对其进口商品提出了低碳相关的要求。如2021年3月，欧洲议会投票通过设立“碳边境调节机制”议案，欧盟委员会也于7月14日提出包括建立欧盟“碳边境调节机制”的一揽子环保提案。根据这一机制，欧盟将对未执行同等强度减排措施、碳排放限制相对宽松的国家和地区进口商品征收碳关税，并计划于2023年实行。除此之外，美国、加拿大等国在公开发布的政策报告中也将碳关税提上议事日程。

4. 我国参与碳达峰、碳中和主要情况

4.1 我国目前碳达峰、碳中和现状

从年排放量看，我国已经是世界第一大碳排放国，占到全世界的 1/4 以上，基于这一背景，在 2020 年的 9 月 22 日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上表示，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳的碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取到 2060 年前实现“碳中和”。

此后，我国从中央到地方，从政府到企业，开展了一系列支撑“双碳”相关的部署工作，主要包括：

中央层面，2021 年《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030 年前碳达峰行动方案》等重要政策文件陆续发布，碳达峰碳中和“1+N”政策体系正在加快形成。做好碳达峰、碳中和工作，被列入中央经济工作会议确定的 2021 年八项重点任务之一；中央财经委员会第九次会议中也提出实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局。

地方层面，已有 31 省、直辖市、自治区开展碳达峰、碳中和的工作部署，80 多个低碳试点城市研究提出碳达峰目标。

企业及机构层面，中石化、中海油、国家能源集团、国电投、中国大唐、中国华能等能源行业企业，隆基股份、远景科技等新能源行业企业，国家电网、南方电网等电力行业企业，中国宝武等钢铁行业企业，蔚来、吉利等汽车行业企业，阿里巴巴、腾讯等互联网行业企业，广州期货交易所、兴业、绿金委、高瓴资本等金融行业机构及企业都发布了碳达峰碳中和白皮书或承诺，采取了一系列减碳行动。

碳达峰、碳中和目标提出的背景是气候变化已经成为主流科学界的共识。党中央提出要在 2035 年之前达到碳达峰、2060 年前达到碳中和的目标，这是经过深思熟虑的重大决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。气候变化是主流科学界的共识，在过去的一百多年以来，科学家发现全球平均表面温度(GMST)呈现上升趋势，2006-2015 年这十年观测的全球平均表面温度比 1850-1900 年的平均值高 0.87°C-1.0°C。按照目前速度，可能在 2040 年前后(可能范围 2030-2050)温升达到 1.5°C，这将给人类社会带来灾难性的后果。在减缓气候变暖方面，科学家们普遍认为要控制排放到大气层中的碳以及其他温室气体。碳排放是全球性问题，减排需要全世界所有国家的共同协调。从上世纪九十年代开始，已经有多轮全球气候变化的国际协调。

关于我国碳排放有五个基本事实。事实一，总量巨大，但估算具有不确定性。与人类活动相关的碳排放绝大多数来源于化石能源的使用，少部分来源于畜牧业养殖、森林砍伐等。二氧化碳不同于普通商品，看不见、摸不着，碳排放是估算得到的，一般根据能源消费品种和数量估算，因此具有不确定性。主要原因有两个：第一，我国能源基础数据具有不确定性。第二，排放系数存在不确定性，比如煤炭品种质量可能影响碳排放系数。不同机构对我国二氧化碳排放总量的估算存在着明显差距，使用省级能源数据与国家能源数据

进行的估算也有较大偏差。事实二，能源结构以煤炭为主要原因。与其他能源消费大国相比，我国煤炭占比较高，从能源品种来看，煤炭是碳排放的绝对大头。事实三，工业（尤其是制造业）能源消费与碳排放的比重最大。化石能源是投入品，我们并不直接消费能源，而是消费能源作为投入要素生产出来的产品。从终端需求部门来看，80%以上的碳排放来自于工业生产。事实四，我国高耗能产业的能效水平已经处于世界先进水平。高耗能行业包括发电、供热、金属（钢铁、铝）等行业，我国自2005年开始实施企业节能低碳行动，包括阶梯电价、能效标准和能效标识政策、能效“领跑者”计划、重点行业单位产品能耗限额标准等，主要高耗能行业基本实现全覆盖。从单位产品耗能来看，我国高耗能行业的能效水平已经是世界先进水平。事实五，各省之间的碳排放差异巨大。北京、上海等以服务业为主的省份碳排放相对较少，而内蒙古、新疆等能源输出省份以及山东、江苏等工业省份碳排放量较大。

从前述我国碳排放的基本事实来看，实现碳达峰与碳中和目标面临着较大的挑战。第一，经济高质量发展，经济要保持一定增速。我国在2035年要基本实现社会主义现代化，在2050年要建成社会主义现代化强国，为实现这些目标，需要保持一定的经济增速，我国当前的发展阶段仍处于工业化和城镇化进程中。第二，碳达峰与碳中和目标与经济高质量发展面临的挑战叠加。这些挑战包括生产成本持续上升、制造业比重下降、发展不平衡不充分（区域、城乡、收入差距）等。第三，生产侧能源效率潜力已经释放，未来减排可能更依赖结构调整。第四，节能减碳降污与经济发展（短期内）存在两难抉择。

能源是人类社会发展的基本要素投入。经济发展和生活水平的提升与能源消费数量正相关。从世界主要国家碳达峰时间与达峰时人均GDP来看，英国、德国、法国、日本等均超过2万美元，而目前我国人均GDP仅1万美元出头，到2030年还不到2万美元，处于相对较低的水平。我国当前仍处于工业化和城镇化过程中，经济发展和民生改善的任务还很重。我国的制造业是排放大户，同时它也是经济增长的主力 and 吸纳就业人口的主力。此外，不同发展阶段的省份面临减排与发展的两难选择。

4.2 实现碳达峰与碳中和目标的路径

实现碳达峰与碳中和目标的抓手和路径主要有九大方向（如图1-8所示），即抓住电力、交通、工业、建筑等几大碳排放主要行业，通过减污降碳、节能提效、循环降碳、发展碳汇、绿色金融等手段，推动碳减排技术革新及应用，加强政策引导与市场推动，最终达到降碳目的。具体而言，针对电力行业的智能电网（分布式）、电力设备节能优化，针对建筑行业的提升新建建筑节能标准、深化既有建筑节能改造、优化建筑用能结构，针对工业减排的产业结构调整，抑制高耗能产业发展、热泵+电加热取代锅炉、资源回收再利用，针对交通行业的电气化、以电代油、以氢代油等都是重点行业降碳的有效手段。在传统能源行业清洁化方面，煤炭安全智能绿色开发利用、煤炭清洁高效利用、提高天然气生产能力、提升石油勘探开发与加工水平等都是碳减排的重要方向。除此之外，太阳能、风能、氢能、核能、生物质能、海洋能、地热能等新能源的利用，以及碳捕集、森林碳汇等也是降低碳排放、实现碳中和的重要途径。

图 1-8 实现“双碳”目标的九个抓手



关于我国面临的形势，党中央有着非常清醒和高瞻远瞩的认识，对我国实现碳达峰、碳中和目标的路径方向做出了重要指示。中央财经委员会第九次会议提出：“要坚定不移贯彻新发展理念，坚持系统观念，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系。”对此我们主要有三点理解：第一，多目标协调、统筹推进是基本原则；第二，能源领域（电力）是关键部门；第三，有效市场与有为政府结合起来共同提供有效激励机制。

统筹协调、多目标协调是基本原则。首先，应该科学合理设计合理减排动态路径。碳达峰、碳中和是长期目标，要实现该目标需遵循“代际减排成本均等化”的原则，这一原则确定了减排的动态路径。之所以提出这一原则，主要是基于两方面考虑：一是技术进步可能带来减排成本的下降，比如可再生能源发电成本在过去十几年中快速下降；二是国民收入上升有助于提高消费者对电力成本上升的承受能力，因此建议减排路径可以先少后多、逐步实现。其次，因地制宜推进“双碳”目标。碳达峰、碳中和是全社会的目标，应该兼顾安全性、成本性和公平性，不同的行业和省份是有差别的，应该处理好多目标和多地区之间的协调。

能源行业是关键部门。能源投入结构的调整在减排中的作用是非常大的。从最终需求来看，未来经济增长、产业升级带来的能源消耗是不确定的，比如 5G 的能耗、电耗可能更高，针对于需求侧的作用效果并不确定，所以从能源投入侧入手效果可能更佳。在能源领域，电力部门的碳中和可能早于其他部门的实现，路径就是电力行业零碳化，其他行业电气化，所以电力部门的作用十分关键。今年 3 月 15 日召开的中央财经委员会第九次会议首次提出要构建以新能源为主体的新型电力系统。从 2020 年我国各类机组装机比例来看，火电占比 57%，太阳能和风电合计占比 24%，而从发电量来看，太阳能和风电合计不到 10%，这是因为太阳能和风电利用小时数较少，因此发电贡献比例低于装机比例。到 2060 年，我国新增电力系统结构中太阳能占比一半，风电占比 30%，而火电则要降至 3%-4%。新型电力

系统也面临着成本性与安全性的挑战。风电和太阳能属于新型可再生能源，其供给具有间歇性、波动性和随机性等三大特性，而用电需求是比较稳定的，因而出现了供需不匹配的问题。电力的特殊性还在于不能大规模储存，需要实时平衡，这为电力系统增加了平衡成本。另外，我国疆域辽阔，资源禀赋的分布极不均衡，风能和太阳能主要分布在西部和北部地区，而用电的负荷中心集中在中部和东部地区，跨省跨区域输送成本较高。风能和太阳能的波动性导致了新能源接入电力系统后的供给不确定性，这也是一种隐性成本。要克服这些问题，一项极其关键的技术就是储能技术。从目前初步对零碳电力系统投资额的估算来看，电力系统投资要达到 90 万亿，而如果储能成本下降一半，电力投资额则为 55 万亿。当然这里仅估算了电力行业，中国人民银行、清华大学、国家发改委等机构针对于全社会的估算结果要高于这一估算结果。不过，电力确实占据了极高的比例。

有效市场与有为政府共同提供有效激励机制。全社会实现碳达峰与碳中和目标最终要落在微观主体的投资、生产、消费等行为上，激励机制是核心工具。市场能够实现生产和消费的最优配置，但最优配置的前提是需要一个正确的价格信号。有效的市场在实现碳达峰、碳中和中仍然应该起到决定性的作用，从而降低对宏观经济的成本冲击。但是碳排放具有明显的外部性特征，政府要提供纠正价格信号失灵的功能。所以，有效的市场和有为的政府要结合起来。有为政府的作用体现在：碳定价机制（碳市场 vs 碳税）、市场设计（电力市场、碳市场等）、产业政策（推动技术进步）、社会政策（保障转型的公平性，降低对低收入人群，产业转型，地区发展与减排差异的影响）。

首先，市场设计是十分重要的，需要建立以新能源为主的电力体制机制和电力市场机制。电力市场需要实时平衡约束，是一个复杂的市场，在这样的情况下，政府一定要加强顶层设计，其中市场机制的设计就是十分重要的。我们提出一个大的方向，包括更大范围内配置电力资源，允许合理弃风弃光，完善辅助服务定价机制，统筹协调碳市场和电力市场的改革等。

其次，政府应当通过产业政策推动技术进步。未来实现碳中和一定是以技术进步和技术推动为基础的，而推动技术进步需要产业政策的助推。但产业政策的设计非常重要，应该与市场激励相融合，避免以往的产业政策的失误和教训。

最后，政府应通过社会政策保障转型的公平性，降低对低收入人群，化石能源或高耗能等行业退出对从业人员和地区经济带来的负面冲击。社会政策更多关注公平性，全社会都要承担转型成本，但这种成本冲击可能是不对称的，低收入人群和煤炭等产业受到的冲击更大一些。社会政策上，政府可以在低保和转移支付等方面更多关注手冲击较大的人群、产业和地区。

总结来看，我国力争在 2030 年前实现碳达峰，在 2060 年前实现碳中和这一目标非常明确，这也是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。基于当前的事实来看，实现碳达峰、碳中和目标是一场硬仗，也是对我党治国理政的一场大考。党中央对实现路径的方向性指引也是明确的，多目标协调、统筹推进是基本原则，以能源行业低碳转型为关键，有效市场与有为政府共同提供有效激励机制。

5. 碳达峰碳中和相关国内外标准研制情况

5.1 国外碳达峰碳中和相关标准研制情况

国际标准化组织(ISO)认为,国际标准能够有效支持应对气候变化的活动。在其发布的23000多项国际标准中,有1000余项标准直接贡献于气候行动,包括环境管理体系、温室气体量化和报告、温室气体管理和气候行动、能源管理体系、绿色金融等ISO国际标准。碳达峰大众和相关领域的标准体系建设进展如下:

5.1.1 节能和能效

节能和能效领域的ISO标准化技术委员会主要是能源管理和能源节约技术委员会(ISO/TC301)、以及涉及相关领域的建筑环境设计(ISO/TC 205)、建筑热性能及能源利用(ISO/TC 163)、光和照明等标准化技术委员会(ISO/TC 274)等。其中,ISO/TC301能源管理和能源节约技术委员会的领域范围是能源管理和节能领域的标准化,目前已发布国际标准20项,正在组织制定5项,主要包括能源管理体系、节能量和能源绩效评估、能源审计、能源服务等通用共性的国际标准(图2-1),其中能源管理体系标准(ISO 50001)是各国广泛采用的重要节能标准。ISO/TC205建筑环境设计标准化技术委员会的范围包括新建筑设计的标准化和现有建筑的改造,以达到可接受的室内环境和切实可行的节能和效率。由ISO/TC 205直接负责的已发布标准36项,正在制定13项,涵盖建筑环境和节能设计、建筑供热和制冷系统、建筑能源绩效、自动化及控制系统等。

此外,国际电工委员会(IEC)成立了EC标准化管理局能效咨询委员会(IEC/SMB/ACEE),帮助协调在优化电气电子产品能效领域做出贡献的不同IEC技术委员会之间的活动。也有针对专门领域的IEC/SC 23K电力能效产品标准化技术委员会,范围是在现有和新电气装置中使用的节能产品、系统和解决方案的标准化。

5.1.2 新能源和可再生能源

(1) 太阳能

国际标准化组织太阳能技术委员会(ISO/TC 180)主要负责太阳能供暖、供热水和制冷以及工业过程太阳能加热和空调、太阳能测量相关仪器和程序要求等方面的标准化工作。标准体系主要包括太阳能热利用相关术语定义、集热器部件和材料、系统热性能、可靠性和耐久性、太阳气象及数据等方面的标准。ISO/TC180已发布国际标准19项,正在组织制定6项,包括:基础通用、光热组件、光热材料、应用等方面。

国际电工委员会太阳光伏能源系统技术委员会(IEC/TC 82)主要负责太阳光伏系统相关的太阳光伏转化发电及其系统及部件等方面的标准化工作,已发布标准155项。

国际电工委员会太阳能热发电厂技术委员会(IEC/TC117)主要负责太阳能热发电系统相关的太阳热能转化发电及其子系统、部件等方面的标准化工作,已发布标准6项,正在组织制定标准9项。

(2) 风能

国际电工委员会风能发电系统技术委员会(IEC/TC 88)主要负责风力发电相关标准化工作,包括风力涡轮机、陆上和海上风力发电厂,以及与提供能源的电力系统的相互作用。已发布标准 42 项,包括:风电场设计、风电机械设备、风电电器设备等方面,正在组织制定标准 30 余项。

(3) 氢能

国际标准化组织氢能技术委员会(ISO/TC 197)主要负责氢燃料质量、加氢站、氢制备、氢安全等方面的标准化工作,标准体系框架主要涉及氢的制、储、运、加等方面的标准。在氢能方面,已发布国际标准 17 项,正在组织制定 16 项,主要包括氢的制取、储存、运输、加注相关技术的国际标准。

国际标准化组织道路车辆技术委员会电动汽车分委会(ISO/TC 22/Sc 37)主要负责燃料电池汽车相关的标准化工作。已发布燃料电池汽车相关标准 3 项,我国暂未转化 ISO/TC 22/SC 37 发布的标准。

国际电工委员会燃料电池技术委员会(IEC/TC105)主要负责固定式燃料电池发电系统、交通工具用燃料电池、燃料电池动力系统、便携式燃料电池、微型燃料电池系统、燃料电池辅助动力系统等燃料电池和相关应用方面的标准化工作。已发布燃料电池相关标准 17 项,我国转化了相关标准 12 项。

(4) 生物质能

国际标准化组织固体生物燃料技术委员会(ISO/TC 238)主要负责固体生物燃料分类、术语、收取、制备、组分检测等方面的标准化工作,已发布国际标准 45 项,正在组织制定 10 项,主要包括各类固体生物质燃料的术语、分类、取样、物性测试、储运安全等方面的国际标准。

国际标准化组织沼气标准化技术委员会(ISO/TC 255)主要负责生物质气化和生物质能源发电制沼气领域的标准化工作,目前已发布沼气相关标准 3 项,涉及术语定义、沼气燃烧用火炬以及户用沼气系统要求。ISO/TC 255 正在组织制定标准 3 项,涉及沼气安全和环境、生物质制取沼气系统等方面。

(5) 新能源汽车

国际标准化组织道路车辆标准化技术委员会电动汽车分技术委员会(ISO/TC22/SC37)主要负责电动道路车辆、电力推进系统、相关部件及其车辆集成的特定方面的标准化工作,已发布电动汽车相关标准 28 项,正在组织制定标准 12 项,涵盖安全、性能能耗、充电储能、系统组件、能量传输要求等领域; SC41 气体燃料分技术委员会主要负责使用气体燃料的车辆部件的构造、安装和测试规范的标准化工作,已发布相关标准 87 项,正在制定标准 43 项。

国际电工委员会电动道路车辆和电动载货车技术委员会(IEC/TC 69)主要负责从可充电储能系统(RESS)汲取电流的电动道路车辆和工业卡车(简称 EV)的电力/能量传输系统方面的标准化工作。IEC/TC 69 已发布电动车辆相关标准 23 项,涉及电动汽车传导充电系统、电动汽车无线电力传输(WPT)系统、道路车辆电网通信接口等方面。IEC/TC 69 正在制定标

准 36 项，涵盖电动汽车导电供电系统、电动汽车充放电基础设施、充电站系统、电网通信接口等领域。

(6) 核能

国际标准化组织核能、核技术和放射防护技术委员会(ISO/TC 85)主要负责和平利用核能、核技术领域以及保护个人和环境免受所有电离辐射源的标准化工作。标准体系主要包括辐射防护、核装置工艺和技术、反应器技术等方面标准。已发布相关标准 245 项，正在组织制定标准 54 项。

(7) 海洋能

国际电工委员会海洋能源-波浪、潮汐和其他水流转换器技术委员会(IEC/TC114)主要负责海洋能源转换系统的标准化工作。标准体系包括波浪能、潮汐能和其他水能的转换方法、系统和产品等方面标准。已发布标准 17 项，涉及术语、资源评估、能量转换器、设计和安全、测量方法和过程、设备调试维护等方面；正在组织制定标准 6 项，涉及波浪能资源评估表征及转换器、潮汐能源评估表征和系统测试等方面。

5.1.3 温室气体管理

国际标准化组织环境管理技术委员会(ISO/TC207)于 2007 年成立了温室气体管理标准化分技术委员会(SC7)，专门致力于温室气体管理标准体系的研究及相关系列标准的制定。在标准方面，目前 SC7 已经发布的标准有 13 项，正在制修订中的标准有 6 项，主要包括温室气体量化与报告、碳足迹、核查、适应气候变化、气候金融、碳中和等方面的国际标准，并正在推动制定国际社会高度关注的《碳中和原则和指南》(ISO 14068) 国际标准。

另外，钢技术委员会(ISO/TC17)、房屋建筑技术委员会/建筑可持续性和结构工程分委会(ISO/TC59/SC17)、空气质量技术委员会/固定源排放分委会(ISO/TC 146/SC1)和印刷技术委员会(ISO/TC130) 也分别发布了关于钢铁生产二氧化碳排放强度计算方法(4 项)、建筑碳排放计量运营阶段 (2 项)、高耗能行业固定源温室气体排放确定(5 项正在制定)和印刷产品碳足迹的量化与交流(1 项)国际标准。

国际电工委员会电工电子产品与系统的环境标准化技术委员会 (IEC/TC111)于 2011 年成立了 WG17 温室气体工作组。该工作组负责温室气体量化方面和交流等标准化活动，并开展电工电子产品、服务和系统的温室气体减排标准。IEC/TC111/WG17 已经发布了 2 项技术报告：

- 1) IEC/TR 62725 2013——电工电子产品和系统的温室气体排放的量化分析方法学；
- 2) IEC/TR 62726 2014——电工电子产品和系统来自项目基线的温室气体减排的量化方法。

5.1.4 碳捕集运输与封存

ISO 在 2011 年 11 月正式成立二氧化碳捕集、运输与地质封存(CCUS)技术委员会(ISO/TC 265)，专门从事该领域的相关国际标准的研究工作。TC265 目前下设 4 个工作组，TC265 已经发布的标准有 10 项，正在研制中的标准有 5 项，主要包括捕集、运输、地质封

存、量化与验证、交叉问题等方面的国际标准。其中，中国牵头发布 2 项技术报告(TR)，正在推进制定 1 项国际标准。

5.1.5 生态环境

生态环境相关国际标准涉及了环境管理、大气、水污染防治，以及固体废物处理和处置等技术领域。

在环境管理领域，1993 年 6 月成立了环境管理技术委员会(ISO/TC207)，其主要职责是研究、制定并实施环境管理体系标准和环境管理工具标准。ISO/TC207 下设环境管理体系(SC1)、环境审核(SC2)、环境标志和声明(SC3)、环境绩效评价(SC4)、生命周期评价(SC5)、温室气体管理(SC7)等 6 个分技术委员会。目前共发布国际标准 51 项，在研 22 项。

在大气污染防治方面，空气质量技术委员会(ISO/TC 146)已发布或正在研制 SO₂、NO_x、TVOCs、气溶胶、颗粒物检测方法和在线检测系统等国际标准 251 项。

在水污染防治方面，2013 年 3 月成立水再利用技术委员会(ISO/TC 282)，开展各种形式和各种目的的水再利用方面的标准化。下设再生水灌溉利用(SC1)、城镇水回用(SC2)、水回用系统风险与绩效评价(SC3)和工业水回用(SC4)四个分技术委员会及 WG2 术语和 WG3 生物制药水系统工作组。截至到 2020 年 12 月，ISO/TC282 已发布国际标准 23 项，在研 16 项。此外，ISO/TC147 水质技术委员会已发布或正在研制水质在线监测仪器的规范和性能测试方法、试剂盒检测方法等 360 项国际标准。ISO/TC 224 饮用水、污水及雨水系统相关服务活动技术委员会已发布或正在研制污水处理设施管理和污水处理服务评估指南、风险管理、应用示例、水效管理系统等领域 26 项国际标准。

在固体废物处理处置方面，污水（污泥）回收、循环、处理和处置技术委员会(ISO/TC275)下设术语、表征方法、发酵、土地利用、热处理、浓缩和脱水、无机有机质的回收、公众感知的沟通和管理等 8 个工作组。主要开展城镇及工业废水收集系统、粪便、雨水处理、给水处理设备、污水处理厂等污水（污泥）特性、分类、预处理、处理、循环和处置等方面相关的技术、工艺流程和测试方法的标准化工作。目前已发布国际标准 1 项，在研 7 项。

5.2 国内碳达峰碳中和相关标准研制情况

5.2.1 概况

碳达峰碳中和相关标准涉及传统能源、新能源和可再生能源、节能环保、绿色低碳、循环经济等多个领域。基于重点领域的国家标准、行业标准调查统计，碳达峰碳中和相关标准整体情况如下：

(1) 国家标准情况

我国在石油、天然气、煤炭、电力等传统能源领域的国家标准共计有 900 余项。其中，石油类国家标准 300 余项，煤炭类国家标准 40 余项，天然气类国家标准 200 余项，电力类国家标准近 300 项。

在现有国家标准中，覆盖计量、能耗限额、能效、在线监测、检测、系统优化用能、能量平衡、能源管理、节能量与节能技术评价、分布式能源及绩效评估等节能类国家标准 390 余项，现行强制性能耗限额与能效标准分别为 112 项和 75 项。碳排放领域涉及计量、监测、核算、管理和评估等系列标准，已发布温室气体管理相关 16 项国家标准，正在制修订的标准 30 余项，其中行业企业温室气体核算与报告标准 28 项、项目减排量核算标准 4 项、核查系列标准 3 项、企业碳管理系列标准 3 项、单位产品碳排放限额标准 4 项。此外，绿色制造、包装和评价等国家标准有 50 余项，循环经济类国家标准有 10 余项。

(2) 行业标准情况

我国现有行业中，石油、天然气、煤炭、电力等传统能源领域的行业标准共计 6100 余项，其中煤炭类行业标准 1300 余项(推标 1000 余项)，电力类行业标准 2300 余项(推标 2200 余项)，石油天然气类行业标准 2400 余项(推标 2200 余项)。

在现有行业标准中，涉及绿色、节能、可再生能源、循环经济、能效、能耗、温室气体等多个领域的行业标准 700 余项，覆盖环境保护、石油天然气、煤炭、交通、林业等行业领域。

5.2.2 重点领域标准体系建设进展

1. 节能和能效

节能标准是国家节能制度的基础，是提升经济质量效益、推动绿色低碳循环发展、建设生态文明建设的重要手段，是化解产能过剩、加强节能减排工作的有效支撑。2017 年，国家发展改革委国家标准委印发了《节能标准体系建设方案》的通知，方案突出节能标准的规范引领作用，按照节能过程环节将节能标准进行归类，构建节能标准体系框架。节能标准体系框架主要包括基础共性、目标、设计、建设、运行、评估、优化等 7 个标准子体系。目标标准子体系包括能耗限额标准、能效标准，是整个标准体系的关键和重点。

节能和能效领域的标准化技术委员会主要包括全国能源基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 20)、全国建筑节能标准化技术委员会(SAC/TC 452)、全国能量系统标准化技术委员会(SAC/TC 459)等。此外涉及节能领域的标准化技术委员会有：全国轻质与装饰装修建筑材料标准化技术委员会建筑密封材料分技术委员会(SAC/TC 195/SC 3)负责建筑节能保温、密封材料；全国汽车标准化技术委员会汽车节能分技术委员(SAC/TC 114/SC 32)专业范围为汽车节能；全国石油天然气标准化技术委员会油气田节能节水技术委员会(SAC/TC 355/SC 11)负责油气田及油气输送管道领域的节能节水技术及方法领域；全国燃烧节能净化标准化技术委员会(SAC/TC 441)负责燃烧设备与燃烧方式(不包括锅炉、工业电热设备)领域；全国暖通空调及净化设备标准化技术委员会(SAC/TC 143)负责全国建筑物内使用的供暖、通风、空调、净化设备及相关检测技术、处理技术、节能调试和运行评价等专业领域。

SAC/TC20 是节能领域国家标准的主要归口单位，负责承担节能领域的标准化技术工作，专业范围为节能以及能源方面的通用性、综合性的基础和管理等领域。截至 2021 年 10 月，制定国家层面的节能标准有 390 余项。强制性节能标准是成效最为显著的节能标准，其中目标要求子体系已经发布实施了强制性高耗能单位产品能耗限额标准 112 项，强制性终端

用能产品能效标准 75 项基本实现了主要高耗能行业 and 重点用能产品的全面覆盖，空调、电动机产品能效指标和火电等能耗指标达到国际先进水平。此外，推荐性节能标准已经发布了基础共性国家标准 10 项，能源计量器具配备国家标准 14 项、重点用能设备和系统经济运行国家标准 13 项，重点用能设备和系统节能监测国家标准 25 项、节能测试和计算方法 21 项、节能评估国家标准 25 项、能源管理体系国家标准 20 项，以及余能和新能源利用、能量优化等方面的国家标准 14 项、节能市场化机制等方面的系列标准，形成了较为完善的节能标准体系。

25 项、节能测试和计算方法 21 项、节能评估国家标准 25 项、能源管理体系国家标准 20 项，以及余能和新能源利用、能量优化等方面的国家标准 14 项、节能市场化机制等方面的系列标准，形成了较为完善的节能标准体系。

SAC/TC459 全国能量系统标准化技术委员会主要负责范围为能量系统的统计、分析方法、评价、用能单位能量系统综合利用方法、评价指标、能量系统的优化，已发布 15 项国家标准，覆盖领域从基础通用到重点用能行业、典型能量系统都有所涉及，但相较于国家及相关行业的能量系统优化工作需求和产业发展潜力而言，覆盖面仍待进一步拓展，以便充分发挥标准在相关节能工作的支撑作用。

此外，节能领域涉及的行业部门较多，包括节能技术、节能监察、节能监测、节能设计、节能测试、节能量、节能评价、能源计量、能源管理等关键字搜索统计到相关行业标准 300 余项，分布在能源、电力、交通、工业、建筑、农业等多个行业领域。

2. 新能源和可再生能源

(1) 太阳能

太阳能利用主要包括:光热发电、太阳能热利用、光热发电和储热等方式。太阳能领域直接相关的全国专业标准化技术委员会有 5 个，包括全国太阳能光伏能源系统标准化技术委员会(SAC/TC 90)、全国太阳能标准化技术委员会(SAC/TC 402)、全国太阳能光热发电标准化技术委员会(SAC/TC 565)、全国建筑用玻璃标准化技术委员会太阳能光伏中空玻璃分技术委员会(SAC/TC 255/SC 1)、全国气候与气候变化标准化技术委员会风能太阳能气候资源分技术委员会(SAC/TC 540/SC 2)。

太阳能标准化以光伏发电和太阳能热利用为主，光伏发电方面，已发布国家标准 49 项，包括:基础通用(11 项)，光伏部件 (4 项)光伏材料(23 项)、光伏发电系统(2 项)、光伏应用(9 项)等方面。太阳能热利用方面，已发布国家标准 42 项，包括:基础通用(3 项)、通用材料及部件(10 项)、系统(25 项)、工程(2 项)、应用(2 项)，在研已报批 6 项。目前，太阳能热利用标准仍以系统、产品和材料的性能及测试实验方法为主，近年来制定的标准开始向高效绿色产品、以及中高温热利用发展，共有 5 个，包括: 全国太阳能光伏能源系统标准化技术委员会(SAC/TC 90)、全国太阳能标准化技术委员会(SAC/TC 402)、全国太阳能光热发电标准化技术委员会(SAC/TC 565)、全国建筑用玻璃标准化技术委员会太阳能光伏中空玻璃分技术委员会(SAC/TC 255/SC 1)、全国气候与气候变化标准化技术委员会风能太阳能气候资源分技术委员会(SAC/TC 540/SC 2)。

太阳能标准化以光伏发电和太阳能热利用为主，光伏发电方面，已发布国家标准 49 项，包括:基础通用(11 项)，光伏部件 (4 项)光伏材料(23 项)、光伏发电系统(2 项)、光伏应用(9 项)等方面。太阳能热利用方面，已发布国家标准 42 项，包括:基础通用(3 项)、通用材料及部件(10 项)、系统(25 项)、工程(2 项)、应用(2 项)，在研已报批 6 项。目前，太阳能热利用标准仍以系统、产品和材料的性能及测试实验方法为主，近年来制定的标准开始向高效绿色产品、以及中高温热利用发展。

此外，根据关键字搜索统计，涉及太阳能领域的行业标准有 80 余项，覆盖能源、农业、有色、环境保护等行业的技术要求、试验方法、安装规范等。我国已基本建立了太阳能光伏发电和太阳能热利用标准体系，相关标准在支撑太阳能开发利用方面发挥了重要的支撑作用。

(2) 风能

风能领域直接相关的全国专业标准化技术委员会为全国风力发电标准化技术委员会 (SAC/TC 50)，负责全国风力机械（包括风力发电，风力提水等机械）等专业领域标准化工作。全国气候与气候变化标准化技术委员会风能太阳能气候资源分技术委员会(SAC/TC 540/SC 2)，负责风能气候资源方面的标准化工作。

风电标准化方面，已发布相关国家标准 90 余项，包括:风电场规划设计 (6 项)、风电场运行维护 (1 项)、风电并网管理技术 (1 项)、风力机械设备和电器设备(84 项) 等方面。已发布行业标准 94 项，包括:规划设计(45 项)、施工与安装(11 项)、运行维护(7 项)、并网管理技术(16 项)人、机械设备(7 项)、电气设备(8 项)等方面。此外，行业标准有 110 余项。我国已基本建立风力发电标准体系，主要分为基础通用、风电场规划设计、风电场施工与安装、风电场运行维护管理、风电并网管理技术、风力机械设备、风电电器设备等方面，相关标准在支撑风电规划设计、并网发电等方面发挥了重要支撑作用。

(3) 氢能

全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309)、全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342)、全国汽车标准化技术委员会电动车辆分技术委员会(SAC/TC 114/SC 27) 燃料电池汽车工作组、全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)等全国标准化专业技术委员会开展了大量氢能相关标准化研究工作。

目前，现行有效氢能相关国家标准共计 98 项，涉及术语、氢安全、临氢材料、氢品质、制氢、氢储运、加氢站、燃料电池、氢能应用等。由于目前氢能主管部门尚不明确，氢能行业标准 30 余项，相对较少，主要涵盖基础通用、临氢材料、制氢等方面。虽然我国已基本建立了涵盖全产业链的氢能技术标准体系，但是为适应氢能产业快速发展需要，亟需加快推动氢能标准化工作。

(4) 生物质能

全国能源基础与管理标委会新能源与可再生能源分会(SAC/TC 20/SC 6)、全国沼气标委会(SAC/TC 515)、全国林业生物质材料标委会(SAC/TC 416)、全国煤炭标委会 (SAC/TC 42)、全国石油产品和润滑剂标委会(SAC/TC 280)、全国变性燃料乙醇和燃料乙醇标委会(SAC/TC

349) 等开展了生物质标准化方面的工作。

目前我国已制定 80 余项国家标准, 160 余项行业标准, 涵盖生活垃圾焚烧发电、农林生物质热电、清洁供热、生物天然气、液体燃料、成型燃料等。但是, 我国在生物质领域尚为建立系统全面的标准体系, 仍需开展生物质能标准体系研究, 推动制定一批技术、检测、安全、装备等方面的核心标准, 促进生物质能开发和利用。

(5) 新能源汽车

新能源汽车分类主要为纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车。新能源汽车领域相关的全国专业标准化技术委员会主要为全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC114), 负责全国载货汽车、越野汽车、自卸汽车、牵引汽车、专用汽车、客车、轿车及汽车列车(包括半挂车和全挂车)、摩托车和电动汽车和名词术语、产品分类、技术要求、试验方法等专业领域标准化工作。已制定新能源汽车国家标准 71 项, 覆盖基础通用、零部件、整车、动力电池、安全、基础设施、安全管理、通信等领域。

另外, 全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309)和全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342)制定有关燃料电池汽车标准 11 项。

我国基本形成新能源汽车行业标准体系, 主要分为基础通用、整车、整车及基础、车载储能系统、驱动电机系统、燃料电池汽车、冲/换电系统、电磁兼容等子体系。其中纯电动汽车相关标准占比约 73%, 混合动力汽车相关标准占比约 8%, 燃料电池汽车相关标准占比约 19%。

(6) 核能

核能领域直接相关的全国专业标准化技术委员会为国核能标准化技术委员会(SAC/TC 58), 主要负责全国核能包括核能名词术语、辐射防护、反应堆技术、放射性同位素和核燃料技术等专业领域标准化工作。SAC/TC 58 已发布国家标准 174 项。经过关键字搜索, 核能行业能源类标准约 930 余项。我国已基本建立核能利用和防护标准体系, 相关标准在支撑核能安全使用等方面发挥了重要保障作用。

(7) 海洋能

海洋能利用主要包括波浪能、潮流能和其它水流能等方式。海洋能领域直接相关的全国专业标准化技术委员会有 2 个, 包括全国海洋能转换设备标准化技术委员会(SAC/TC 546)和全国海洋标准化技术委员会海域使用及海洋能开发利用分技术委员会(SAC/TC 283/SC 1)。

SAC/TC 546 负责海洋能转换设备(包括波浪能、潮流能和其它水流能转换电能, 不包括有坝潮汐发电)领域标准化工作。至今已发布国家标准 4 项, 主要为术语、资源资源评估和特征描述以及发电性能评估方面标准, 正在制定标准 4 项, 涉及海洋能转换装置的质量要求、系统设计和评价等相对较为基础方面标准。

SAC/TC 283/SC 1 负责海洋能源开发、海域使用利用、海籍调查等国家标准制修订工作, 已发布海洋能开发利用方面国家标准十余项。

我国海洋能领域标准体系还处于初步建立阶段, 国家主管部门和标准化机构正一步步转化国际标准, 同时结合我国海洋能利用实际情况, 逐步构建和完善我国海洋能利用标准

体系。

3. 温室气体管理

全国碳排放管理标准化技术委员会(SAC/TC 548)主要负责碳排放管理术语、统计、监测,区域碳排放清单编制方法,企业、项目层面的碳排放核算与报告,低碳产品、碳捕获与碳储存等低碳技术与装备,碳中和与碳汇等领域的国家标准制修订工作。目前SAC/TC548已发布国家标准16项,正在制修订有30余项标准,其中行业企业温室气体核算与报告标准28项、项目减排量核算标准4项、核查系列标准3项、企业碳管理系列标准3项、单位产品碳排放限额标准4项。现有涉及温室气体的行业标准有18项,目前温室气体和碳排放领域也制定了30余项团体标准。在碳排放管理领域还需进一步完善标准体系建设,在基础通用标准方面制定温室气体管理术语等相关标准,不断完善数据质量标准等基础通用标准;核算报告标准方面完善现有企业层面和项目层面温室气体排放与清除核算与报告系列国家标准,保持与国际标准的一致性,制定产品和服务碳足迹的核算标准;核查标准方面不断完善审定核查通则及机构人员相关要求;技术标准方面制定直接在线监测技术标准;管理服务标准方面,制定温室信息披露标准等。

4. 碳捕集、利用与封存

2016年,原环保部发布《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南(试行)》规范和指导二氧化碳捕集、利用与封存项目的环境风险评估工作。目前住建部制定了1项国家标准GB/T51316-2018《烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准》,全国石油天然气标准化技术委员会正在研制国家标准《二氧化碳捕集、输送和地质封存管道输送系统》。此外,现行的行业标准7项,涉及机械行业3项燃煤烟气碳捕集装置和装备相关标准,船舶和石油化工行业2项液化≤氧化碳运输相关标准,以及石油行业2项油气田注二氧化碳相关标准。

CCUS技术发展、示范项目实施、政策落实等都急需标准化工作支持。但CCUS涉及捕集、运输、利用和封存阶段等多个环节,目前在基础方法、技术推广、项目建设与管理、监测、风险管理等多个环节的标准还处于空白状态,影响市场对CCUS技术的接受和项目推广应用。

5. 生态环境

我国生态环境标准体系框架主要由环境质量和污染物排放、污染防治、生态系统保护与修复等部分组成。

全国环境管理标准化技术委员会(SAC/TC207)主要负责全国环境管理专业领域内基础性、通用性、综合性的标准化工作,同时对口国际标准化组织环境管理标准化技术委员会(ISO/TC207)。自1996年成立以来,归口管理国家标准37项,国家标准计划12项,主要包括环境管理体系、环境标志和声明、环境绩效评价、环境成本和效益、生命周期评价、生态系统评估等领域国家标准。

全国环保产业标准化技术委员会(SAC/TC275)主要负责全国环保产业领域环保设备、资源循环利用、环保服务等专业领域内基础性、通用性、综合性的标准化工作。同时对口

国际标准化组织水回用技术委员会(ISO/TC282)和污泥回收、循环、处理和处置技术委员会(ISO/TC275)。自2009年成立以来,归口管理国家标准52项,国家标准计划82项,主要包括水污染防治、大气污染防治、固体废物处理处置等环保细分领域的基础通用类、产品类、检测方法类、管理评价类国家标准。

在环境质量和污染物排放方面,我国生态环境部已发布水环境质量国家标准5项,水污染排放国家标准60余项,相关行业标准40余项;大气环境质量国家标准4项、固定源和移动源污染物排放国家标准近60项,相关行业标准17项;土壤环境保护领域已发布行业标准50余项。

在污染治理方面,全国环保产业标准化技术委员会(SAC/TC 275)、全国城镇给水排水标准化技术委员会(SAC/TC 434)、全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)、全国化学标准化技术委员会(SAC/TC 63)、全国环境管理标准化技术委员会(SAC/TC 207)、全国产品回收利用基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 415)等标准化机构,制定并发布环境污染监测检测方法、设备产品、设备产品性能检测方法、工艺技术、工程建设、管理评估等领域国家标准500余项。行业标准方面,已发布近630项,涉及机械、建筑、环保、化工、电力等36个行业;涵盖大气污染控制、水污染控制、固体废物污染控制、噪音与振动污染控制、环境监测等各个细分领域,标准侧重的角度也从环保基础通用类到环保设备、环保产品、测试方法、防治污染设施的维修及管理等不同方面。

在生态系统评估与修复方面,全国环境管理标准化技术委员会(SAC/TC 207)、全国营造林标准化技术委员会(TC 385)等标委会,在生态服务功能评估、生态修复、生态环境损害评估等方面共发布GB/T 31118-2014《土地生态服务评估 原则与要求》、GB/T 38360-2019《裸露坡面植被恢复技术规范》等6项生态系统评估与修复领域相关国家标准。在行业标准方面,国家生态环境部、国土资源部、林业和草原局、国家能源局、国家海洋局等部门,共发布LY/T 2899-2017《湿地生态系统服务评估规范》、HJ 25.4-2019《建设用土壤修复技术导则》等34项生态系统评估与修复领域相关行业标准,一定程度上弥补了生态系统评估与修复领域标准的缺失。在生物多样性保护方面,我国暂无生物多样性相关全国性标准化技术委员会。据不完全统计,目前我国暂未制定生物多样性直接相关标准,已制定生物多样性直接相关行业标准19项,相关标准体系尚不完善,亟需加大对生物多样性领域的相关标准研究工作。

5.3 碳达峰碳中和标准体系发展趋势

碳达峰碳中和标准体系的构建和实施是一项长期、系统、复杂的工作。与碳达峰、碳中和工作的重大需求相比,碳达峰碳中和标准体系离全面支撑碳达峰碳中和工作尚有差距,主要体现在:标准体系不完善,存在缺失。可再生能源现有标准远远不能满足推进可再生能源替代的需求;标准统筹协调不足,标准与政策衔接不紧密,标准实施效果欠佳;部分标准与国际标准不接轨,急需加大转换力度。

为加快标准体系建设,推动标准有效实施,需要重点开展以下几个方面的工作:

一是建立碳达峰碳中和相关标准的协调统筹机制,加快构建碳达峰碳中和标准体系,

实现碳排放重点行业和领域全覆盖，整体规划碳达峰碳中和国家标准、行业标准、地方标准、团体标准的衔接配套关系和标准制修订工作。

二是加快制定急需技术标准，包括强制性能耗限额标准和能效标准，充分发挥标准的引领作用。加强制定碳排放计量、核算、报告与核查，产品碳足迹、低碳评价、低碳技术等标准，发挥标准对碳达峰碳中和工作的支撑作用。

三是构建起完善的标准实施和监管体系。结合行业特点，形成标准集成应用指南，建立以强标为核心的立体的实施模式。加强产学研用结合，强化标准与产业政策、法规的协调，加强标准宣贯、实施、监督和服务。

四是实现标准数字化技术创新。加快以能效能耗指标为核心的标准数字化，能够支持企业有效应用标准，积极实现节能降碳目标。

五是积极参与国际标准交流合作。积极转化适合我国国情的国际标准，提升国内国际标准一致化水平。加强国际标准化专家队伍和人才的培养与培训，建设性参与碳排放、节能、新能源、碳汇、碳捕集利用与封存等领域国际标准，积极贡献中国智慧和中国经济。



2. 中国半导体显示产业发展状况

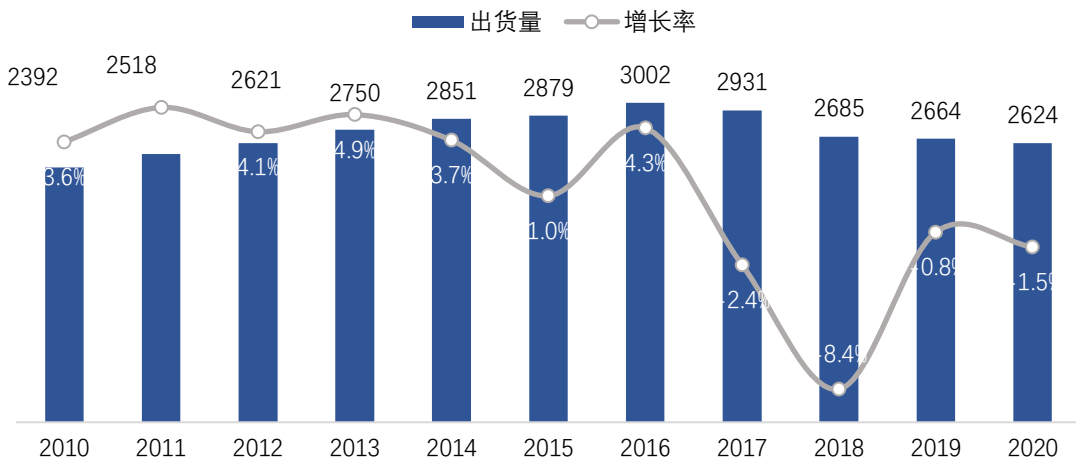
过去的20年，中国显示产业经历了从无到有、从小到大的跨越式发展。截止2021年，国内在显示面板（包括TFT-LCD与AMOLED面板）领域的投资已超过1.2万亿元人民币。国内已建成4.5代及以上TFT-LCD面板线39条，年产能面积达2亿平方米以上；已建成4.5代及以上AMOLED面板线17条，年产能面积超过1300万平方米。

二、中国半导体显示产业发展状况

1. 全球半导体显示产业规模及发展趋势

受益于下游电视、显示器、笔记本电脑、平板电脑、手机等消费类电子产品以及商用场景下车载、工控、医疗等专显产品庞大需求的推动，近年来全球半导体显示面板产业发展平稳，市场前景广阔。根据洛图科技（RUNTO）数据显示，全球显示面板出货量从2010年的23.9亿片上升至2020年的26.2亿片。物联网时代下，作为关键零部件的显示面板率先受益，产业规模及技术能力稳步推进，物联网设备的应用普及正持续推动着面板产业的蓬勃发展。2021年全球折叠显示面板出货数量接近1300万片，预计到2025年将会接近8000万片，2019到2025年复合增长率将达到约88%，呈现高速增长的态势。

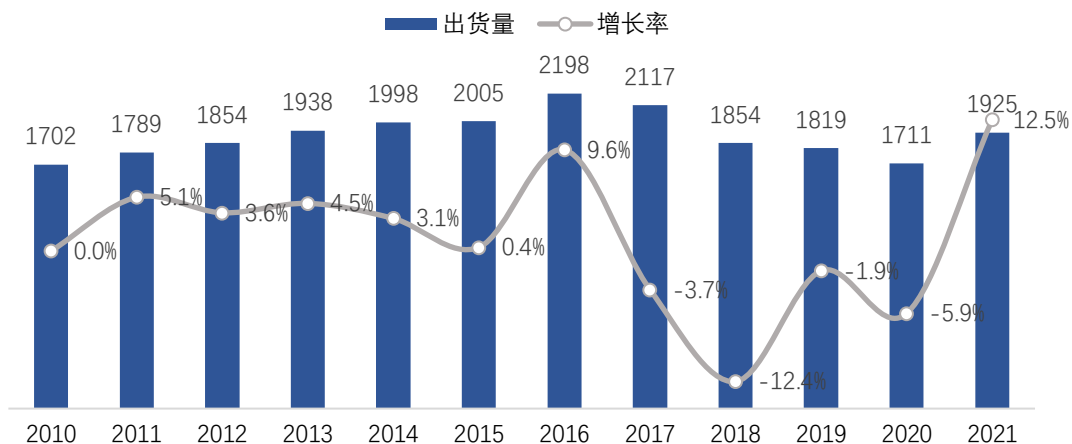
图 2-1 2010-2020 年全球显示面板出货量及增长率变化



数据来源：洛图科技（RUNTO）；单位：百万片，%

在显示面板总体产值增长的同时，细分应用领域表现各有千秋。在手机面板方面，洛图科技（RUNTO）数据显示，全球智能手机面板出货规模在2017年达到高峰22亿片后，整体出货量便逐年缓步下降。2020年叠加因新冠肺炎疫情冲击，导致出货量大幅下滑至17.7亿片，同比下滑6%。2021年受疫情延续以及全球零部件、芯片等原材料缺货严重等因素影响，下游客户为规避可能存在的缺货风险而持续积极备货，带动面板出货规模再次拉高至19.3亿片，5G智能手机、AMOLED、折叠、Hole等诸多技术及细分市场仍呈现出不少亮点。

图 2-2 2010-2021 年全球智能手机面板出货量及增长率变化

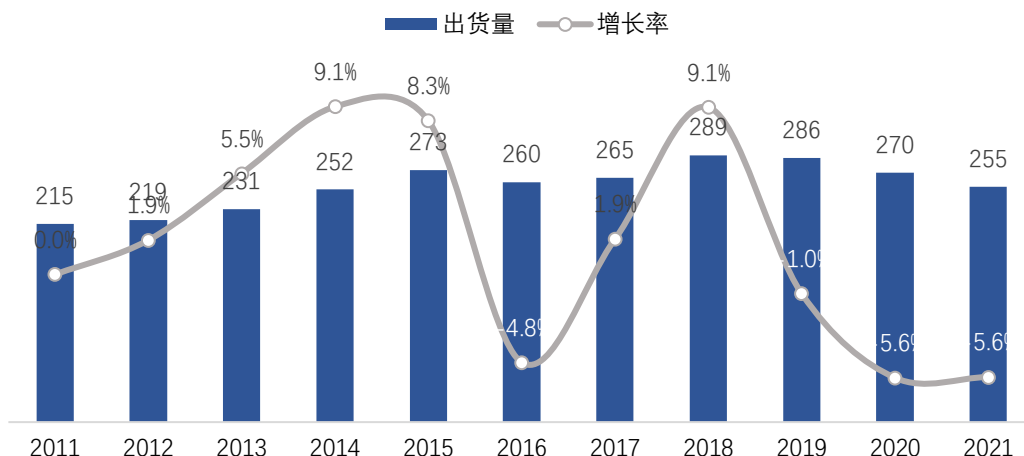


数据来源：洛图科技 (RUNTO)；单位：百万片，%

在电视面板方面，根据洛图科技 (RUNTO) 数据显示，2021 年，全球液晶电视面板共出货 2.55 亿片，同比下降 5%。2020 年，BOE 和 CSOT 相继完成了行业并购，大尺寸液晶面板行业初现寡头格局。2021 年，BOE 和 CSOT 产能占比达 40% 以上。未来考虑到继续新建产能、行业出清及潜在外延并购机会，双寡头有望迈向 50% 以上的市场占有率，逐渐掌握千亿美元面板市场的定价权。

经过多年的扩产建线，中国大陆在 LCD 产线上的投资已经超过 1 万亿元，且在 2021 年终获回报。LCD 电视面板业务的丰厚收获，使得原本停滞的 LCD 产线投建开始再一次回温，重新审视 LCD 和 OLED 产品的经营效率。更多的 8.5/8.6 线产能开始激进的转向 IT 产品，预计 IT 面板市场将会从多年的稳定走向剧烈波动和充分竞争。8.5/8.6 代线在 2022 年将会更大范围的推行 MMG 工艺，从而提高超大尺寸面板 80 寸以上产品的切割效率。液晶电视面板于 7/7.5 代和 8.5/8.6 代线上的产出在 2022 年将会有所削减，更多的物量将转移至 10/10.5 代线。

图 2-3 2011-2021 年全球 TV 显示面板出货量及增长率变化

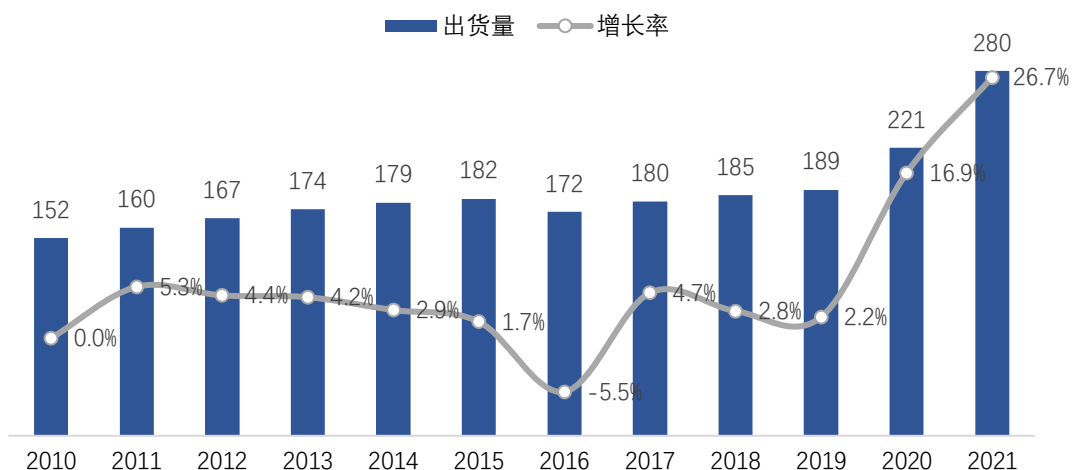


数据来源：洛图科技 (RUNTO)；单位：百万片，%

在笔记本电脑面板领域，根据洛图科技 (RUNTO) 数据显示，2021 年全球笔记本电脑面板市场受终端需求增长的影响增长率快速提升，全球笔记本电脑面板出货规模高达 2.8 亿

片，同比增长 26.7%。

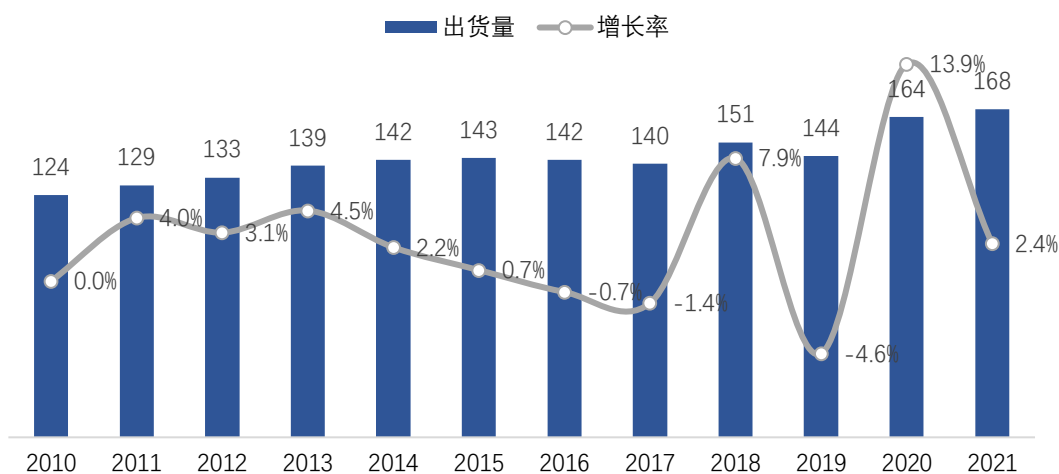
图 2-4 2010-2021 年全球笔记本面板出货量



数据来源：洛图科技 (RUNTO)；单位：百万片，%

此外，受新冠病毒疫情影响，居家办公学习、宅经济拉动了 IT 产品的强劲需求，显示器、笔记本的需求随之增加，从而带动 IT 类面板出货的增长。根据洛图科技 (RUNTO) 数据显示，2020 年全球显示器面板出货量约 1.64 亿片，较 2019 年的 1.44 亿片大幅增长了 14%。

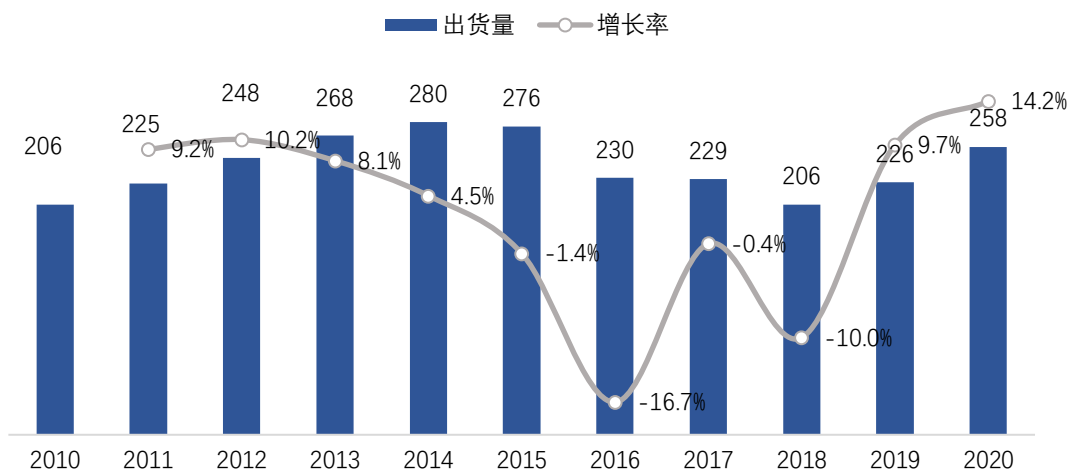
图 2-5 2010-2021 年全球显示器面板出货量



数据来源：洛图科技 (RUNTO)；单位：百万片，%

根据洛图科技 (RUNTO) 数据显示，近两年，全球居家办公、线上教育等活动对平板电脑的需求增长，2020 年全球平板电脑面板的出货规模约达 2.6 亿片，同比增长约 14.2%。进入 2021 年后疫情时代，由于成熟市场的需求下降，平板电脑市场在全球范围内处于下降趋势。但由于新冠疫情防控常态化导致民众自我隔离期间也带来了较高需求，所以销量仍比疫情之前要好。

图 2-6 2010-2020 年全球平板电脑面板出货量



数据来源：洛图科技 (RUNTO)；单位：百万片，%

全球半导体显示产业经过近 20 余年的高速发展，已形成庞大的 TFT-LCD 产业规模，同时 AMOLED 产业快速追赶、产能不断攀升，上述两大显示技术成为目前全球最重要的显示技术，占据着最重要的产业地位。

近年来，随着日本、韩国 TFT-LCD 面板产线的逐步退出，以及全球众多企业在 AMOLED 面板产线的不断建设，AMOLED 面板产业不断快速发展，产能规模快速增长，尤其是在中小尺寸的应用方面，AMOLED 面板取得了较好成绩。随着国内多条 AMOLED 面板产线的投产及产能爬坡，AMOLED 面板的出货量有望进一步提高。

表 2-1 全球 AMOLED 面板生产线及产能统计

地点	企业名称	世代	技术	产能 (K/月)
鄂尔多斯	京东方	G5.5	硬屏	4
成都	京东方	G6	柔性	48
绵阳	京东方	G6	柔性	48
重庆	京东方	G6	柔性	48
武汉	华星	G6	柔性	45
武汉	天马	G6	柔性/硬屏	30
上海	天马	G5.5	硬屏	4
上海	天马	G4.5	硬屏	1
上海	和辉	G4.5	硬屏	15
上海	和辉	G6	柔性	30
昆山	维信诺	G5.5	柔性/硬屏	15

固安	维信诺	G6	柔性	30
合肥	维信诺	G6	柔性	30
惠州	信利	G4.5	硬屏	30
深圳	柔宇	G5.5	柔性	4
广州	LGD	G8.5	柔性	90
新加坡	友达	G4.5	硬屏	35
韩国牙山 A1	三星显示	G4.5	硬屏	45
韩国牙山 A2	三星显示	G5.5	柔性/硬屏	165
韩国牙山 A2-E	三星显示	G5.5	硬屏	8
韩国牙山 A3	三星显示	G6	柔性	135
韩国牙山 A4	三星显示	G6	柔性	30
韩国牙山 A5	三星显示	G6	柔性	270
韩国牙山	三星显示	G8.5	刚性	30
韩国龟尾 E2	LGD	G4.5	柔性	14
韩国龟尾 E5	LGD	G6	柔性	22.5
韩国坡州 E6	LGD	G6	柔性	30
韩国坡州 E7	LGD	G6	柔性	15
日本茂源	JOLED	G6	柔性	15
日本 SaKai	夏普	G4.5	柔性/硬屏	7.5

数据来源：赛迪顾问

当前，TFT-LCD 与 AMOLED 显示技术占据最重要的产业地位，显示技术百花齐放的势头已然显现。预计 2022 年全球显示面板整体规模将超 1300 亿美元，LCD 面板占比约 70%。中小尺寸 OLED 渗透率快速提升，大尺寸 LCD 占据主流。

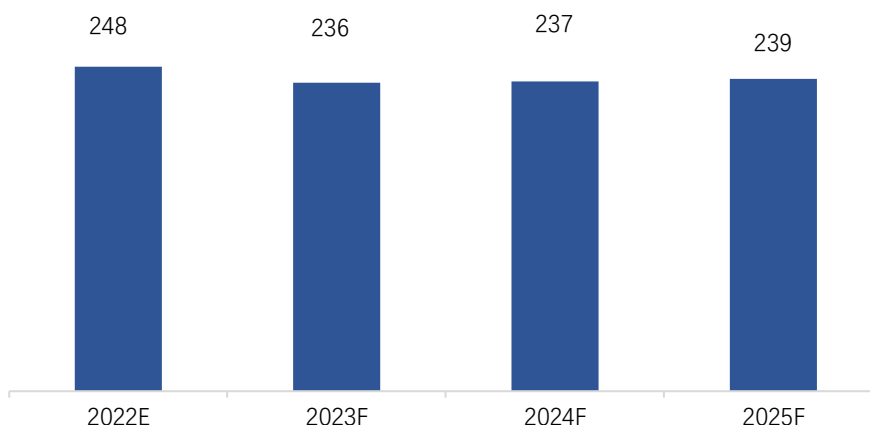
在新技术的开发方面，硅基 OLED、Micro LED、激光显示、量子点显示等技术也在不断发展，技术逐步成熟、量产化进程逐步推进。其中，硅基 OLED 主要面向 AR/VR 等近眼显示产品，国内近几年已有十余条产线的规划和建设；Micro LED 技术自 2015 年走进大众的视野，也深受各大企业的厚爱，目前包括苹果、谷歌、Meta（原 Facebook）、微软、三星、LGD 等国外企业，以及国内的几乎所有一线面板企业与一线传统 LED 企业均参与其中，

是未来显示产业的一大重要发展方向；在激光显示产业领域，海信、LG、三星、索尼、长虹、极米、光峰等企业参与其中，主要面向超大尺寸显示；在量子点显示领域，目前进入到商品化阶段的是光致发光量子点显示技术，即量子点膜应用于液晶电视的背光部件，而电致发光量子点的显示技术也在不断开发与完善中。

另一方面，在未来传统的市场应用中，包括手机、电视、笔记本、显示器等在内的终端需求将会在一定时期内维持较为稳定的市场规模，难以再现曾经的高速增长，而各应用中不同技术产品的市场份额将会随着相应技术的发展而发生一定格局的改变。如 OLED 电视面板将进一步提高市场占有率，Mini LED 背光的液晶电视面板将会逐步增长，车载显示面板得益于智能化汽车与新能源汽车的发展而逐步增长。

从笔记本电脑面板市场看，2022 年全球出货规模预计将达 2.48 亿片，同比下降约 13%。尽管大盘回落明显，但整体出货规模仍高于疫情前出货水平。预计到 PC 市场将出现需求衰退，特别是主流机型，2022 年更多的 Mini LED 笔记本电脑面板项目将被规划，以加强 PC 市场需求。因此，高端笔记本电脑面板型号将成为今年面板厂商和 PC 品牌之间的一个关键战略趋势。从长远看，笔记本电脑市场产品升级长期趋势不变，并在短暂调整后或将加快。各大面板厂商需根据市场动态，积极调整产品布局，同时亦需加强对于高分、高刷等面板技术能力储备。

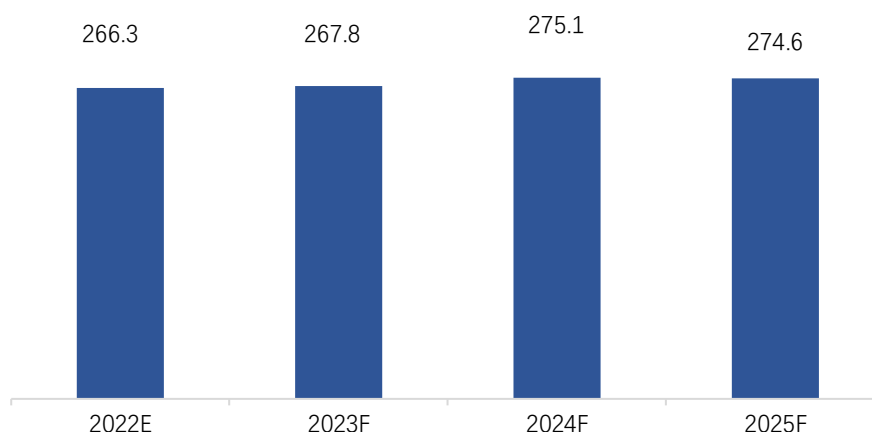
图 2-7 2022-2025 年全球笔记本电脑面板出货量预测



数据来源：洛图科技 (RUNTO)；单位：百万片

2022 年，受俄乌战争影响及全球通货膨胀等因素影响，TV 品牌大厂海外中高阶机种销售不如预期。预计 2022 年全球电视面板出货量约为 2.7 亿片，或将成为自 2010 年以来，12 年最低点。三星电子、LG Display 等面板厂商都在努力缩减液晶面板订单，主要原因在于液晶的利润逐年降低。

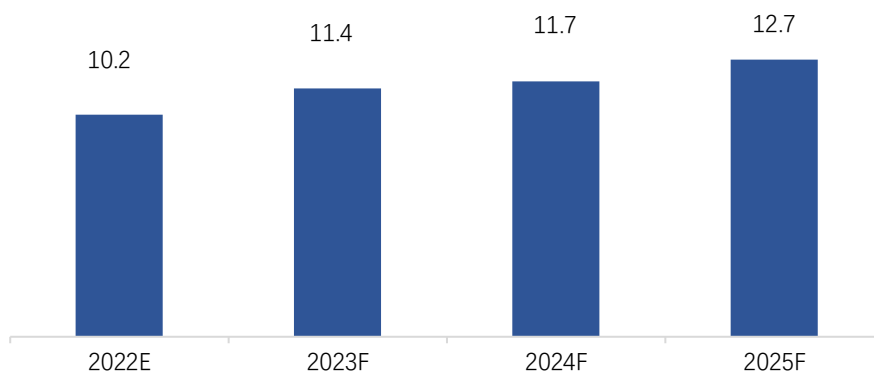
图 2-8 2022-2025 年全球电视面板出货量预测



数据来源: Omdia; 单位: 百万片

“宅”经济时代，消费者更愿意为高品质的电视花费更高的价钱，因此 OLED 电视广受欢迎，各大电视品牌在 2021 年都在 OLED 电视出货量方面实现了显著增长。未来，OLED 电视需求和产能的增长率预计仍将保持类似的趋势继续。

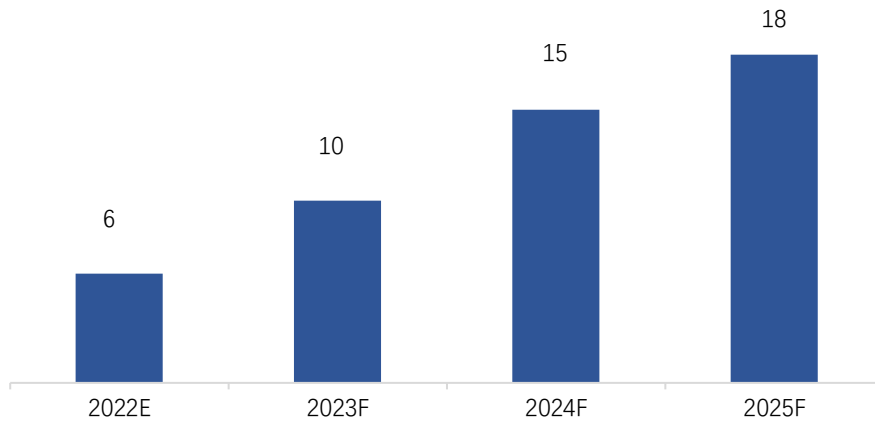
图 2-9 2022-2025 年全球 OLED 电视面板出货量预测



数据来源: Omdia; 单位: 百万片

Mini LED 作为新兴显示技术，在亮度、HDR/对比度、色彩还原、外形厚度、使用寿命及功耗等方面优势显著，电视、平板等是 Mini LED 技术发展的主力产品，在头部品牌的积极部署和推动下，预计 2022 年全球 Mini LED 背光电视面板出货将达到六百万片，预计 2023 年可突破千万级别。

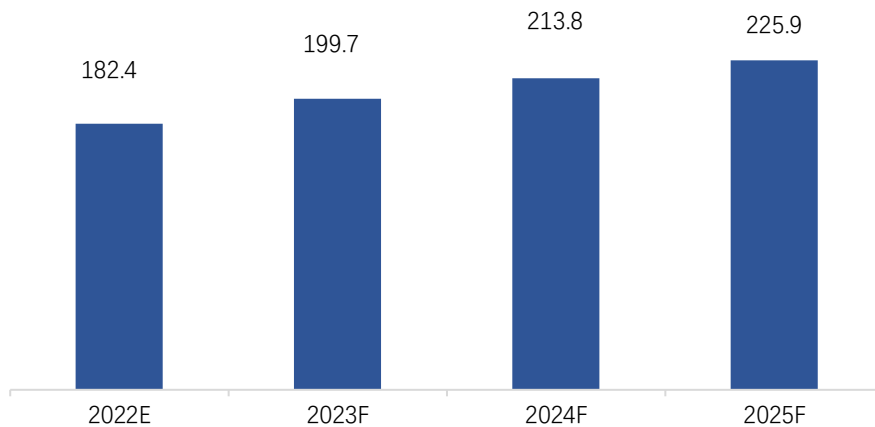
图 2-10 2022-2025 年全球 Mini LED 背光电视面板出货量预测



数据来源：洛图科技 (RUNTO)；单位：百万片

从汽车行业看，“双碳”政策叠加能源需求持续增长背景下，汽车电动化趋势明显，新能源汽车销量持续增长。除此之外，传统汽车也开始逐步走向智能，为全面的自动驾驶铺垫。2022 年俄乌冲突持续加剧，全球成品油供给持续下降，导致国内油价一涨再涨，一定程度上带动了新能源汽车渗透率的提高。汽车整体智能化和电动化推进，HUD、液晶仪表盘和液晶中控等持续扩张，将快速释放全球车载显示面板的需求，预计 2025 年全球车载显示面板市场规模有望达到 2.3 亿片。

图 2-11 2022-2025 年全球车载显示面板出货量预测



数据来源：群智咨询；单位：百万片

未来，随着 5G 应用普及、物联网行业快速发展以及新兴应用场景不断涌现对半导体显示面板产业的推动，整体来看，全球半导体显示面板产业产值仍将持续稳步上升。

2. 全球半导体显示产业技术发展

液晶显示技术自上世纪六十年代末在美国诞生，七八十年代在日本逐步走向产业化，并经历了从 TN-LCD、STN-LCD、CSTN-LCD、TFT-LCD 的发展历程。TFT-LCD 产业在日本、韩国、中国台湾、中国大陆企业的不断投入下发展成为亚洲的一大产业，也是目前全球产能最大、产值最大的显示面板产业，深刻影响着全球电子信息化产业的发展进程。

近几十年来，TFT-LCD 面板工业经历了几次周期性大发展。每一个产业发展的繁荣程度均会呈周期性变化，TFT-LCD 产业亦如此。随着产业周期的振荡，每次产业的衰退都会

有新进入者加入到 TFT-LCD 工业的生产中来。如韩国三星和 LG 公司在 1993—1994 年的第一次衰退期成功进入了 TFT-LCD 面板的生产，并于 1995—1996 年进行大规模投资。在 1997—1998 年的第三次衰退中，当日本企业减少投资时，中国台湾企业增加了自己的投资，并获得了日本企业的技术转让。在 2001 年的第四次衰退中，新的台湾进入者通过投资于 TFT-LCD 技术而获得了巨大成功。

在全球 TFT-LCD 显示面板产业的发展过程中，其主要产能的转移经历了三个时期，2000 年前主要是由日本企业主导全球 TFT-LCD 产业的发展，同时期的韩国企业开始大力发展该产业；2000 年前—2010 年日本向中国台湾地区技术转移，同时期中国大陆以京东方、广电 NEC、龙腾光电等企业通过收购、合资等方式开始快速发展 TFT-LCD 面板产业；2010 年到现在，日本多家厂商已经退出 TFT-LCD 产业，而韩国也将重心一步步转移至 OLED 面板的生产。

随着 2022 年韩国企业全部退出 TFT-LCD 面板的生产，中国大陆地区 TFT-LCD 面板将成为全球最重要的生产区。

在 OLED 产业方面，技术起源自美国。1987 年美国柯达首次发表了 OLED 的研究成果，1990 年，英国剑桥大学的研究人员报道了在低电压下有机高分子电致发光的现象；日本先锋公司 1997 年推出采用 OLED 显示屏的车载显示器，美国摩托罗拉公司 2001 年底在其一款手机上使用了单色 OLED 显示屏。

OLED 技术问世之后，在 20 世纪末，全球范围众多企业纷纷进入 OLED 产业。早期 OLED 面板制造商可以分为两个阵营：小分子 OLED，以柯达为代表，还有索尼、三洋、TDK、eMagin、先锋、三星、LG、镓宝、悠景、宏景、NEC 等公司；高分子 OLED 则包括爱普生、DuPont、东芝等公司。

与 LCD 产业类似，OLED 技术的基础研究起源自欧美，而产业化在亚洲。在 OLED 的产业化上，日本和韩国则走在了美国前面。OLED 产业发展到 AMOLED 技术之后，全球的市场长期被三星和 LGD 两家企业所主导，近年来中国大陆企业不断追赶，已取得一定成绩。

至今，OLED 产业基本经历了以下三个发展阶段：

(1) 1997 年—2001 年：OLED 的试验阶段。在这个阶段里，OLED 开始走出实验室，并开始应用于汽车音响面板、PDA 和手机上。但是产品规格有限，以 PMOLED 的产品为主，且没有形成太大的生产能力。日本先锋公司在 1997 年率先推出了 OLED 车载显示器，建立了世界上第一条 OLED 生产线。2001 年日本索尼（Sony）公司和韩国 Samsung 公司相继推出 13 英寸和 8.4 英寸 AMOLED 显示屏样品。

(2) 2002 年—2005 年：OLED 的成长阶段。在这一时期，包括车载显示、PDA、数码相机等众多电子产品开始应用了 OLED 显示器。2003 年，OLED 产业经历了一个炒作时期，当时有超过 40 家公司表示有意向投资生产 OLED。

(3) 2005 年以后：OLED 的成熟阶段。至 2008 年，原来宣布进军 OLED 产业的多数企业又纷纷退出。在这一时期，AMOLED 被三星应用于手机显示屏，2012 年三星和 LG 均推出了自己的大尺寸 OLED 电视，但由于价格和良率方面的因素，OLED 电视销量较低。而

随着多家中国大陆企业的陆续进入，OLED 产业进入了更加活跃、增速更快的发展时期。

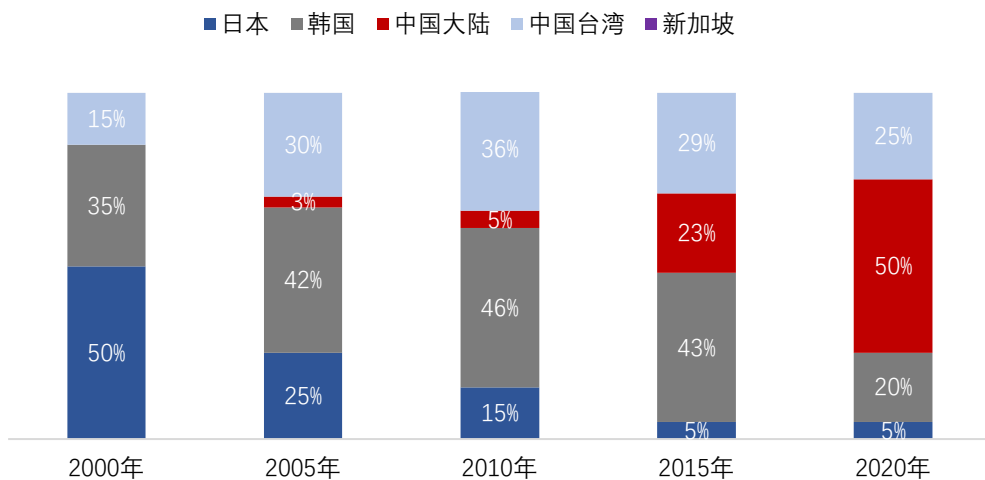
在 AMOLED 面板领域，主要有以 6 代线为代表的中小尺寸应用，以及以 8.5 代线为代表的电视面板应用。中小尺寸应用方面，随着中国大陆地区越来越多的 6 代 AMOLED 面板线的投产，产能直追韩国；在大尺寸 AMOLED 面板方面，长期以来由韩国 LGD 垄断电视用 OLED 面板的供应，2021 年第四季度三星显示开始量产电视用 OLED 电视面板，打破了由 LGD 一家垄断 OLED 电视面板的市场地位。目前三星 8.5 代 QD-OLED 面板线月产能为 3 万片；LGD 在 2021 年将广州 8.5 代 OLED 面板工厂的月产能力提高至 9 万片，另外加上其韩国本土的产能为 7 万片/月，LGD 已形成月产 16 万片大板的产能。而中国面板企业京东方、TCL 华星等也在计划建设高世代的 OLED 面板线，向电视用 OLED 面板方向发展。

3. 全球半导体显示产业竞争格局

近年来，随着国内多条 8.5/8.6 代以及 10.5 代 TFT-LCD 面板线的先后量产，从 2019 年开始中国大陆地区的 TFT-LCD 面板产能占据全球第一，并且随着韩国 LCD 产业的进一步退出和国内产线的继续建设，国内 TFT-LCD 面板产业将继续主导全球市场。

根据赛迪顾问数据显示，2020 年中国大陆地区 TFT-LCD 产能占全球产能的 50%，未来 LCD 产能也会继续向中国大陆地区集中，国内产能占比将会进一步提高。

图 2-12 2000-2020 年全球 LCD 面板产能结构



数据来源：赛迪顾问；单位：%

综合 TFT-LCD 与 AMOLED 面板产业看，根据韩国显示产业协会公布的数据以营收额计算，2021 年中国大陆企业在全全球显示面板的份额占到了 41.5%，超过了韩国企业的 33.2% 份额，至此，韩国企业在该领域长达 17 年的霸主地位被中国企业终结，上一次霸主轮换还是韩国三星等公司在 2004 年逆袭日本面板公司。

中国大陆已成为全球最大的显示面板产区，以面积最庞大的电视用面板为例，据 Omdia 数据显示，京东方自 2018 年后一直稳居电视面板出货量全球第一的位置，至 2020 年，以 18.0% 的出货面积份额位居全球第一，从而在出货量及出货面积上双双稳居第一。

2021年，京东方以6,228万片出货量、23.2%的市场份额占比稳居第一；且出货面积份额亦达到24.0%，出货量及出货面积均大幅领先后续厂商。

而中国大陆另外两家面板厂商华星光电和惠科亦快速扩张，出货量占比分别达到15.7%和14.4%，使得全球前三的电视面板供应商均出自中国大陆；华星光电与惠科的出货面积份额则分别占比18.2%和10.3%，分别位居全球第二及第四。

表 2-2 2018-2021 年电视面板出货量各厂商份额占比

厂商	2018	2019	2020	2021
京东方	18.4%	18.7%	17.2%	23.2%
华星	13.4%	14.0%	14.4%	15.7%
惠科	4.6%	6.7%	11.5%	14.4%
群创	15.5%	15.3%	15.2%	14.2%
LGD	18.3%	16.1%	9.5%	10.2%
友达	8.7%	8.0%	7.1%	6.6%
夏普	2.7%	2.3%	4.1%	5.9%
彩虹光电	1.2%	3.6%	4.8%	5.6%
三星	13.7%	10.8%	9.5%	2.6%
中电熊猫	2.8%	4.3%	6.6%	1.6%
松下	0.8%	0.3%	0.0%	0.0%
合计	100%	100%	100%	100%

数据来源：Omdia；单位：%

表 2-3 2018-2021 年电视面板出货面积各厂商份额占比

厂商	2018	2019	2020	2021
京东方	15.5%	18.1%	18.0%	24.0%
华星	11.3%	12.8%	15.6%	18.2%
LGD	21.6%	18.8%	11.7%	12.3%
惠科	2.6%	4.1%	7.6%	10.3%
群创	13.5%	12.2%	11.0%	9.7%
夏普	3.4%	3.1%	5.3%	8.5%
友达	10.0%	8.9%	8.1%	7.2%
彩虹光电	1.4%	4.1%	5.4%	5.7%
三星	17.1%	13.1%	11.1%	3.0%
中电熊猫	3.3%	4.7%	6.1%	1.0%
松下	0.4%	0.2%	0.0%	0.0%
合计	100%	100%	100%	100%

数据来源：Omdia；单位：%

4. 中国半导体显示产业发展历史

过去的20年，中国显示产业经历了从无到有、从小到大的跨越式发展。2000年前由日本主导的全球LCD(液晶显示器)产业发展，韩国企业开始大力发展布局该产业；2000~2010年，日本技术产能向中国台湾等地转移，以三星为代表的韩国企业迅速成长，

以京东方为代表的中国内地企业通过收购等方式在 LCD 领域占据一席之地；2010 年后，韩国将关注重心从 LCD 逐步转向 OLED(有机发光半导体)，中国 LCD 产能开始占据优势。

2011 年中国内地首条 G8.5 TFT-LCD 产线建成以来，面板产能快速增长；2012 年，中国内地平板显示面板产能达到 2220 万平方米，首次超过日本，占全球产能的 10%；2017 年，中国内地平板显示产能达到 9440 万平方米，成功超越韩国，位列平板显示出货量之首。

国内液晶面板产业的高速发展从 2004 年前后以上海广电和京东方先后发力进入 TFT-LCD 面板产业开始。经过十多年的迅猛发展，产业已形成京东方、TCL 华星、惠科、天马、彩虹等多家较有规模和实力的面板生产企业，且京东方的产能最大。同时，京东方、TCL 华星、维信诺、天马、和辉光电等企业在 AMOLED 面板产线上也在积极布局，形成了一定的产能规模。

截止 2021 年，国内在显示面板（包括 TFT-LCD 与 AMOLED 面板）领域的投资已超过 1.2 万亿元人民币。国内已建成 4.5 代及以上 TFT-LCD 面板线 39 条，年产能面积达 2 亿平方米以上；已建成 4.5 代及以上 AMOLED 面板线 17 条，年产能面积超过 1300 万平方米。

随着国内面板产能的快速增长，TFT-LCD 面板的进口量逐年减少，出口量却保持逐年上升。尤其是从 2012 年以后，国内多条 8.5/8.6 代 TFT-LCD 面板产线相继建成投产，大大增加了国产面板的供应量，进口面板量也逐年减少，彻底改变了本世纪初国内彩电工业“缺芯少屏”中“屏”的危机。自 2020 年起，国内 TFT-LCD 面板出口金额首次超过进口金额，进出口差额为 7 亿美元。2021 年，国内进口 TFT-LCD 面板金额为 211.3 亿美元，出口金额增长至 276.7 亿美元，进出口差额进一步增至 65.4 亿美元。无论是 TFT-LCD 面板还是 AMOLED 面板，国内均已具备相当庞大的产能规模，在全球显示产业中具有十分牢固的产业地位，并且在技术方面已实现部分领域的领先。无论是市场规模还是技术实力，国内显示产业正步入更加成熟化发展的新时期。

在显示面板领域取得重大成绩的同时，在上游材料领域，如液晶材料、基板玻璃、偏光片、OLED 材料、靶材、掩膜版、湿化学品、光刻胶等均有不同程度的突破，技术不断进步，国产化替代率也是逐年提高，国内材料供应企业得到了较大规模的发展。

(1) 京东方

2003 年 1 月，京东方以 3.8 亿美元的价格并购了韩国现代电子的 TFT-LCD 业务（包括 2.5 代、3 代和 3.5 代三条生产线），以及其全部 TFT-LCD 专利技术、全球营销网络。当年 9 月，京东方用并购获取的相关资源，在北京亦庄经济技术开发区自主建设一条第 5 代 TFT-LCD 生产线。

经过多年的建设，京东方已在北京、合肥、成都、重庆、鄂尔多斯、武汉、福州、绵阳等地先后布局，已建成（含收购）4.5 代、5 代、5.5 代、6 代、8.5 代、10.5 代 TFT-LCD 面板与 AMOLED 面板线共 15 条。

表 2-4 京东面板产线分布情况

项目	世代	地点	产品	量产
B1	5.0	北京	TFT-LCD 面板	2005 年
B2	4.5	成都	TFT-LCD 面板	2009 年
B6	5.5	鄂尔多斯	TFT-LCD+AMOLED 面板	2014 年
B7	6.0	合肥	TFT-LCD 面板	2010 年
B4	8.5	北京	TFT-LCD 面板	2011 年
B5	8.5	合肥	TFT-LCD 面板	2014 年
B7	6.0	成都	AMOLED 面板	2017 年
B8	8.5	重庆	TFT-LCD 面板	2015 年
B9	10.5	合肥	TFT-LCD 面板	2018 年
B10	8.5	福州	TFT-LCD 面板	2016 年
B11	6.0	绵阳	AMOLED 面板	2019 年
B17	10.5	武汉	TFT-LCD 面板	2020 年
B12	6.0	重庆	AMOLED 面板	2021 年
B18	8.5	南京	TFT-LCD 面板	2015 年
B19	8.6	成都	TFT-LCD 面板	2018 年

注：包括京东方收购的原中电熊猫南京的 8.5 代和成都 8.6 代面板线。

(2) TCL 华星

TCL 华星光电技术有限公司（简称“TCL 华星”）成立于 2009 年，是一家专注于半导体显示领域的创新型科技企业。其建设的第一条 8.5 代 TFT-LCD 面板线（t1 项目）位于深圳，2011 年 8 月 8 日建成投产；2019 年其首条 10.5 代 TFT-LCD 面板线（t6 项目）投产；2020 年位于武汉的 6 代 AMOLED 面板线（t4 项目）投产。2021 年，收购苏州三星的 8.5 代 TFT-LCD 面板线（现为 t10 项目）。

作为全球半导体显示龙头之一，TCL 华星以深圳、武汉、惠州、苏州、广州、印度为基地，拥有 9 条面板生产线、5 大模组基地，投资金额超 2600 亿元。

表 2-5 TCL 华星面板产线分布情况

项目	世代	地点	产品	投资额 (亿元)	当前产能/设计 产能
t1	8.5	深圳	TV 面板	245	16 万片/月
t2	8.5	深圳	新型 TV 面板	244	15.5 万片/月
t3	6.0	武汉	高端智能手机&移动 PC 显示面板	200	5.5 万片/月
t4	6.0	武汉	柔性高端智能手机显示面板	385	4.5 万片/月
t5(在建)	6.0	武汉	新型 IT、车载、VR 显示面板	150	4.5 万片/月
t6	11.0	深圳	新型高端 TV&商显面板	465	9.8 万片/月
t7	11.0	深圳	新型超高清 TV&商显面板	427	10.5 万片/月
t9 (在建)	8.6	广州	氧化物半导体新型显示器件	350	18 万片/月
t10	8.5	苏州	TFT-LCD 面板	76.2	12 万片/月

(3) 维信诺

清华大学化学系从 1996 年开始 OLED 的研究，2001 年成立北京维信诺公司，以校企

联合的方式进行中试生产工艺技术开发，2006年开始全面进行 OLED 大规模产业化基地建设。

2008年10月，维信诺建设的中国大陆第一条 PMOLED 大规模生产线在江苏昆山建成投产。维信诺于2010年底在国内率先全线打通 AMOLED 显示屏制造工艺，建成中国大陆第一条完整的2.5代 AMOLED 中试线。

2013年维信诺启动5.5代 AMOLED 量产线的建设，并于2015年初成功点亮，目前已具备月产能15K的产能规模。2018年、2021年又分别建成投产月产能为3万片的河北固安与安徽合肥6代 AMOLED 面板线。

(4) 和辉光电

上海和辉光电有限公司成立于2012年，建设了月产能为15K的4.5代 AMOLED 面板线，并于2014年成功投产。

和辉光电的6代 AMOLED 面板线于2016年12月9日正式开工建设。项目总投资272.78亿元，产能规模为每月3万片玻璃基板（1500毫米×1850毫米），产品为1至15英寸的显示屏及模组（部分柔性），兼顾柔性和硬板生产技术，项目于2019年投产。

(5) 天马微电子

1983年，天马微电子股份有限公司成立；

2006年—2008年间，分别在上海、成都、武汉各建设一条第4.5代 TFT-LCD 生产线；

2009年12月，子公司上海光电子成立，并通过收购取得原上海广电 NEC 液晶显示器有限公司的一条第5代 TFT-LCD 生产线；

2011年3月，子公司厦门天马投资建设一条 LTPS TFT-LCD 生产线（G5.5）及彩色滤光膜（CF）生产线；

2014年3月，子公司天马有机发光投资建设一条第5.5代 AMOLED 生产线；

2014年12月，厦门天马投资建设一条第6代 LTPS LCD 及 CF 生产线；

2015年3月，武汉天马投资建设一条第6代 LTPS AMOLED 生产线；

2022年4月12日，天马微发布公告称，拟通过全资子公司厦门天马在厦门投资成立一家合资项目公司，建设一条月加工2250mm×2600mm 玻璃基板12万张的第8.6代新型显示面板生产线项目。

(6) 惠科

惠科股份有限公司成立于2001年12月，是一家传统视讯类消费电子产品制造商，近年来转型升级，是国内较强的综合性 IT 制造企业之一，产品包含显示屏、显示器整机、电视机整机，以及电子白板、数字标牌等商显产品。

惠科自2017年开始在重庆建设 TFT-LCD 面板线，此后又分别在重庆、绵阳、滁州、长沙等地开展建设，目前已建成投产4条8.6代 TFT-LCD 面板线。

表 2-6 惠科 TFT-LCD 面板生产线分布情况

世代	地点	量产时间
8.6	滁州	2019-Q2
8.6	重庆	2017-Q1
8.6	绵阳	2020-Q2
8.6	长沙	2021-Q1

5. 中国主要骨干企业业务战略

(1) 京东方

京东方科技集团股份有限公司（BOE）创立于 1993 年 4 月，是一家为信息交互和人类健康提供智慧端口产品和服务的物联网公司，形成了以半导体显示事业为核心，传感器及解决方案、MLED、智慧系统创新、智慧医工事业融合发展的“1+4+N”航母事业群。

1. “1+4+N”发展架构

显示器件：聚焦 LCD 产品结构优化，加快建立创新应用市场全面领先优势；加速推动 OLED 技术能力提升，持续优化产品结构，进一步强化竞争优势构建；积极发挥行业龙头优势，持续引领产业健康发展。

物联网创新业务：提升智慧终端软硬融合系统设计能力，强化新技术转量产及创新业务技术储备，并持续开拓战略客户，加强与生态伙伴间合作，强化落地标杆项目，提升品牌影响力，加快实现业务规模增长。

传感器及解决方案：持续深耕医疗生物、智慧视窗、消费电子、微波通信、工业传感器等业务方向，为客户提供性能卓越的产品和服务。

MLED：打造以主动式驱动、COG 为核心，SMD/COB 协同发展的 Mini/Micro LED 产品群，加强与上下游资源协同，不断丰富产品结构，提升产品竞争力，拓展应用市场，加快业务布局。

智慧医工：优化全周期 O+O 健康服务闭环体系，完善统一会员管理体系，拉通平台服务，提升数字医院核心竞争力，同时稳步推进北京生命科技产业基地建设。

在其他业务领域，将基于“1+4”的能力分布触达需求侧和市场端，实现规模化应用场景，是京东方物联网转型的具体着力点，也是制胜转型攻坚的前沿阵地，如智慧零售、中祥英等，将持续深耕优势赛道，加速核心能力成长和新兴应用市场开通。

2. 数字化变革

以打造“一个、数字化、可视的京东方”为目标，坚定推进数字化变革系列工作，进一步推动运营效率和经营效益的双提升，助力长期、稳定、高质量发展。

3. “双碳”工作

深化落实绿色发展理念，通过绿色管理、绿色产品、绿色制造、绿色循环、绿色投资、绿色行动等路径，有序开展“双碳”工作。

(2) TCL 华星

TCL 华星光电以半导体显示业务为核心主业，继续优化业务结构，进一步聚焦资源于主业发展，实现全球领先的战略目标。TCL 华星通过“双子星”产线布局发挥聚合效应，以内生增长及外延式并购持续扩充产能：通过 2 条 8.5 代线建设，TCL 华星在 TV 面板领域站稳脚跟；随后以 2 条 6 代线顺利切入小尺寸面板，出货量份额现已超 10%；近几年又通过 2 条 11 代线的投建及苏州三星 t10 产线的并购进一步扩张大尺寸产能，确立了全球大尺寸面板的领先地位；2021 年公司投建面向高附加值 IT、商显等中尺寸产品的 t9 产线，加快全尺寸战略布局。

在大尺寸业务领域，2021 年 TCL 华星继续扩大规模优势，推进高端化战略，不断优化产线和产品结构，保持行业领先的效率效益优势。t1、t2 和 t6 工厂保持满销满产，t7 工厂按计划爬坡，t10（原苏州三星液晶显示工厂）于二季度开始并表，并于 9 月底完成剩余 30% 少数股权收购，成为 TCL 华星全资子公司。公司在大尺寸面板的龙头地位进一步巩固。2022 年上半年，TCL 华星 TV 面板市占率稳居全球第二，55 吋和 75 吋产品份额全球第一，65 吋产品份额全球第二，8K、120Hz 高端电视面板市占率居全球第一。同时，TCL 华星光电持续加速调整产品结构，在交互白板、数字标牌、拼接屏等商用市场成为行业头部客户的核心供应商，商显产品出货量居全球第二，其中，数字标牌市占率全球第一。

在小尺寸业务领域，TCL 华星加速产能释放和良率爬升，以持续技术创新提升产品力，优化客户组合。LTPS 手机面板与柔性 OLED 手机面板出货量全球第四，非手机类产品出货占比提升至 30%，产品和客户结构不断优化，产线盈利能力提升。t4 柔性 AMOLED 产线完成二、三期产能建设，致力打造柔性折叠和屏下摄像等差异化竞争力。

TCL 华星加速推进中尺寸业务战略，聚焦于快速增长的高端市场，积极导入行业头部客户，建立业务增长新驱动。电竞显示器出货量保持全球第一；LTPS 平板面板排名全球第一，笔电排名全球第二。第 8.6 代氧化物半导体新型显示器件生产线 t9 项目正在加快建设，预计 2023 年投产。

展望未来，TCL 华星将持续迎接挑战，保持效率领先；加快产品和技术开发，进一步提升产品竞争力；调整产品结构，加强与客户的协同，共创双赢；实现从“效率领先——产品领先——技术领先——生态领先”的跨越。

(4) 天马

公司持续深耕中小尺寸显示领域，聚焦以智能手机、智能穿戴为代表的移动智能终端显示市场，以车载、医疗、POS、HMI、智能家居、工控手持等为代表的专业显示以及积极布局以笔记本电脑、平板电脑为代表的 IT 显示市场，拓展基于 TFT 面板驱动技术的非显业务，并不断提升技术、产品和服务能力。公司的产业基地分布在深圳、上海、成都、武汉、厦门、日本六地，在欧洲、美国、日本、韩国、印度以及中国香港等国家与地区设有全球营销网络，为客户提供全方位的客制化显示解决方案和快速服务支持。

作为中小尺寸显示领域的领先企业，天马坚持以市场和客户需求为导向，充分发挥自身优势，准确把握市场机会，实现稳健发展。2021 年公司成熟产线持续满产满销，

AMOLED 产能不断释放，公司行业和市场地位进一步巩固。市场表现上，公司 LTPS 智能机、车载 TFT、车载仪表出货量全球第一，刚性 OLED 智能穿戴出货量全球第二（数据来源：Omdia），并在高端医疗、智能家居、工业手持、人机交互等多个细分市场保持全球领先。

经过在显示行业近四十年的耕耘和积累，公司运营管理的产线组合完善并不断加大对全球先进技术和高端产线的投入，已形成从无源、a-Si TFT-LCD、LTPS TFT-LCD 到 AMOLED 的中小尺寸全领域主流显示技术布局，拥有从第 2 代至第 6 代 TFT-LCD（含 a-Si、LTPS）产线、第 5.5 代 AMOLED 产线、第 6 代 AMOLED 产线以及 TN、STN 产线。

（5）维信诺

2021 年是维信诺成立的二十周年，公司面向中期提出“一强两新”的发展战略，“一强”是筑牢小尺寸强基础，“两新”是扩展中尺寸应用新领域和开拓大尺寸新赛道。未来五年，公司的核心业务聚焦新型显示，为新型显示产业做大、做优、做强而持续输出创新力量。公司将稳固提高 OLED 量产经营效率，与产业链联合探究创新方案，全面提升客户综合服务体验，夯实公司在 OLED 关键技术、创新应用等方面的基础，实现在新型显示领域高质量可持续发展。

产品技术方面，公司始终坚持以自主创新、高质量发展为目标，坚持从基础研究到中试到量产的创新实践路径，最终实现从“科学”到“技术”再到“产业”的转化。2021 年，公司实现了 OLED 屏下摄像技术的迭代升级，超高刷新率屏幕继续保持全球领先，折叠产品量产供货头部品牌客户。参股公司辰显光电，在可穿戴方向，开发出首款视网膜级像素分辨率的 Micro LED 可穿戴样品，1.84 英寸，像素密度达到 326PPI；在高端电视方向，开发出首款 12.7 英寸无缝可拼接 Micro LED 样品，采用 25 微米 LED 芯片，像素密度为 50PPI，在巨量转移、混合驱动架构等核心技术方面实现行业领先。

研发技术方面，公司持续加大研发投入，在新型显示创新领域始终走在行业的前沿，2021 年 R1.5 弯折半径的 U 型折叠屏突破了高达 200 万次的弯折信赖测试，发布基于创新设计的 TFT 阵列结构和 OLED 器件的 HIAA 极致开孔产品，创新性地提出柔性 AMOLED 笔记本电脑解决方案。公司在突破技术边界、推动创新技术商业化等方面呈现了技术实力。参股公司辰显光电在巨量转移技术、基于 LTPS 工艺的数字驱动解决方案等方面持续研发突破。

6. 中国主要骨干企业产品现状

十多年以前，中国面板产能有限，而中国又是全球最大的显示终端产品生产国，大量面板依赖于海外进口，曾经的“缺芯少屏”状况异常凸显。在当年国内面板产业发展初期，产能有限、产品良率不高，提升良率是面板企业努力的重要方向。由于国家的大力支持，我国面板厂在充足资金的支持下，逐渐掌握了面板生产技术。经过近十余年的投资建线，中国显示产业迅速崛起，已形成了庞大的 TFT-LCD 面板与 AMOLED 面板生产能力，较完整覆盖小到智能手表、手环，大到大尺寸电视产品面板的产品布局，LCD 面板更是占据了全球最大的份额，国产面板出口量也在逐年攀升，液晶面板出口金额于 2020 年开始超过进口

金额。

京东方——目前其 TFT-LCD 面板生产线从 4.5 代、5 代、5.5 代、6 代、8.5 代、8.6 代、10.5 代均有布局，AMOLED 生产线有 5.5 代以及 6 代线，高世代 OLED 面板线也在规划中。京东方是国内最大的显示面板供应商，也是全球产值最大的面板供应商，其面板产品已大量供货给手机、平板电脑、显示器、电视、笔记本、车载显示、商用显示等领域的客户。2021 年京东方荣膺代表我国质量领域最高荣誉的中国质量奖；品牌上，首次跻身 Brand Finance 全球品牌价值 500 强。

TCL 华星——目前已建成投产的面板线包括 6 代 TFT-LCD、AMOLED 面板线，8.5、8.6、10.5 代 TFT-LCD 面板生产线，产品广泛应用于手机、笔记本、平板电脑、显示器、电视、车载显示、商用显示等领域。TCL 华星的重要客户，包括三星、小米、OPPO、vivo、华为等国际一线的终端品牌企业。目前 TCL 华星已与全球技术方面最领先的厂商索尼在高端 TV 方面展开了深度的合作，在高端的 TV 面板方面，TCL 华星已经成为索尼最大的战略供应商，未来也将进一步在 OLED 的中小尺寸产品和索尼展开全面的合作。中尺寸的车载、笔电等产品与比亚迪、联想等客户陆续开展战略合作。

惠科——惠科主要布局在 8.6 代 TFT-LCD 面板线，目前已有 4 条生产线投产。产品主要应用于显示器、电视等大尺寸产品领域。惠科的面板产品得到了全球终端客户的广泛应用，电视用面板主要客户包括三星、LG、小米、海尔、海信、创维、TCL 电子、长虹、康佳、VESTEL 等国内外知名客户；IT 面板主要客户包括冠捷、戴尔、惠普、联想、三星、LG 等国内外知名客户。

维信诺——其面板线有 5.5 代和 6 代 AMOLED 面板线。产品主要应用于智能手表、智能手环、手机等领域，拥有众多品牌手机、智能手表等领域的客户。2021 年，维信诺 AMOLED 产品结构持续优化，供货了折叠屏等高端产品，与荣耀、小米、OPPO、Vivo、华米等多家品牌客户保持密切供货关系，全年 AMOLED 智能手机面板出货量位居全球第四。公司供货荣耀、中兴、小米、OPPO、VIVO、努比亚、华米、Fitbit、摩托罗拉等知名品牌客户的多款产品。

天马——目前已建成投产的面板线包括 4.5 代、5 代、6 代 TFT-LCD 面板线，4.5 代、5 代和 6 代的 AMOLED 面板线，产品主要应用于手机、智能穿戴、车载显示、IT 显示、工业显示等领域。在移动智能终端显示市场，天马致力于实现行业主流品牌客户全覆盖和深度合作。在车载显示市场，天马车载业务已深耕二十余年，产品已涵盖全球主流品牌的几百个车型量产经验，客户资源涵盖了中系、欧系、美系、日系、韩系等各大车厂，实现国际主流客户和中国自主品牌（Top 10）全覆盖，同时积极把握车载领域发展趋势，助力新能源品牌客户的主力量产车型的显示解决方案需求；在高端医疗、工控等应用市场持续打造“亿元俱乐部”客户的同时，更专注深耕高价值细分市场。

从产品质量的完善来看，近年来国内面板企业在不断扩产的同时，产品生产竞争力也得到了明显提升。显示面板不论是在画质、产品外观还是能效等产品质量和产品性能方面均取得了显著进步。

画质提升：随着消费者对显示产品在视觉体验上的要求不断提高，我国显示面板的色彩表现能力、响应速度、亮度、对比度、动态对比度、视角等各方面性能不断优化提升。

轻薄化：面板企业通过应用更薄的玻璃基板、偏光片、背光部件，使得面板越来越轻薄，以贴合人们对轻薄化产品的诉求。

节能化：节能环保是所有电子产品一直以来不变的追求，显示面板在节能化方面也一直在探索技术的改进，如动态区域背光控制、更高开口率技术等，均使得显示面板朝着更节能的方向发展。

政策导向明确、投资能力强、本地市场支撑强成为中国内地产能不断突破的发展优势。未来，中国半导体显示产业应保持定力，扬长避短，把握 LCD 技术潜能、保持成本优势的同时提升显示性能；对 Micro LED(微型 LED)等新型显示技术高度关注并适时跟进，保持与世界技术发展水平的同步。

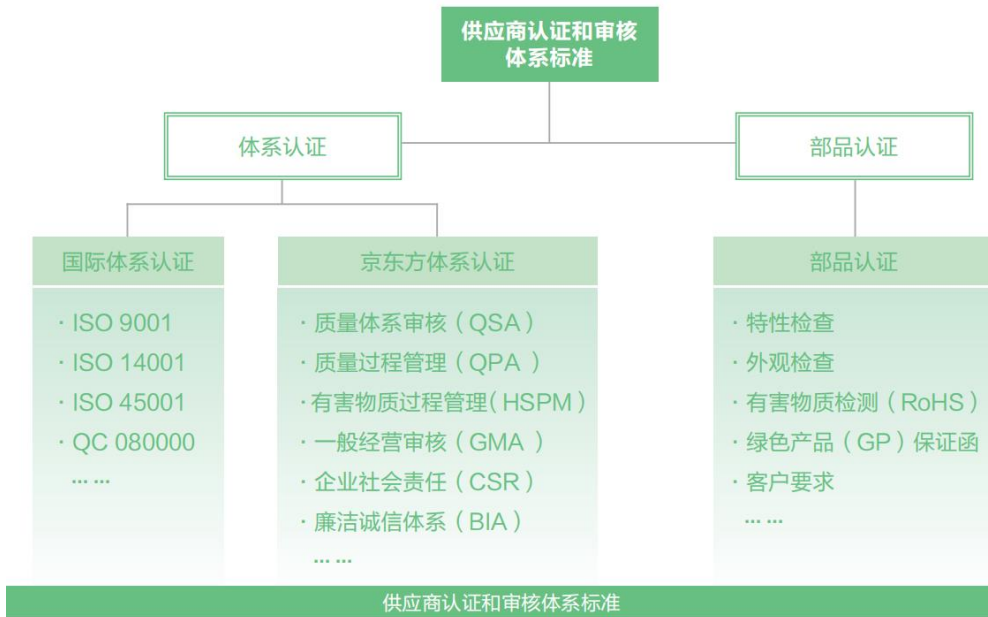
7. 中国主要骨干企业企业标准现状

(1) 京东方

温室气体减排：为减少温室气体排放，京东方北京第 8.5 代 TFT-LCD 生产线制定了《碳排放管理基准》《碳排放源识别管理基准》等标准，对运营中的碳排放进行识别和管理。2021 年，京东方积极开展温室气体基础数据调研行动，围绕 2018 至 2020 年类别 1 和类别 2 的温室气体排放量进行盘查，并编制碳盘查报告。通过对能源和碳排放数据进行分析 and 整理，推动公司在未来更好地开展节能减排工作，为碳减排管理工作奠定了坚实的基础。另外，公司制定了 2025、2030 碳排放目标，并努力通过各项节能减排项目，保障公司在提升产能的同时，不断降低产品单位面积温室气体排放量。2021 年，产品单位面积温室气体排放量同比下降。

加强供应商管理：为确保供应商评估体系合理、有效，京东方制定并不断更新供应商评估标准。当新供应商认证时，公司组建专门的认证评估小组，对供应商的一般经营管理、技术研发、生产情况、品质管控、环境安全、有害物质管控、CSR（企业社会责任）管理体系、廉洁诚信体系等进行审核，并制订详细的审核基准及清单，审核通过后方可成为合格供应商。京东方根据 SA 8000、ISO 14001 和 ISO 45001 等国际标准、责任商业联盟（RBA）行为准则以及相关法规，结合客户要求制定了《京东方供应商企业社会责任管理规定》，对供应商在企业社会责任管理体系、劳工、安全与职业健康、环境、商业道德等方面提出明确的管理标准。

图 2-13 京东方供应商认证和审核体系标准



数据来源：BOE

环境管理：京东方依据环境许可与报告要求、预防污染和节约资源、有害物质管控标准以及供应商在废水、废气、固废和噪声等方面的具体规定，对供应商的环境风险管理实施准入审核与定期评价，推动供应商不断提升环境风险管理水平，避免因突发环境事件影响供应链的稳定。2021年，公司对100家以上核心供应商进行了3年温室气体排放数据的调研和分析，根据国家“双碳”战略目标，推动供应商构建“双碳”管理体系，制定“双碳”管理目标及碳达峰碳中和控制措施。

公司建立了完善的采购流程及绿色审核制度，制定供应商选择的绿色审核原则和审核流程，确保供应商满足绿色供应链的管理要求。为了降低产品生命周期中的环境负荷，严格采用低环境负荷的产品、零部件和材料，要求供应商遵循RBA标准，以及ISO 14001环境管理体系、ISO 50001能源管理体系等国际标准。在供应商导入初期，京东方要求供应商签署《绿色产品保证函》，同时向供应商说明公司有害物质管理要求。在供应商进入供应链、产品进入开发阶段等关键时期，公司在关键管控节点对产品的环保特性进行把控，定期提供第三方RoHS和无卤测试报告，以满足公司有害物质管控标准。对于入厂原材料，京东方会依据高/中/低风险等级定期进行X射线荧光光谱分析检查；根据《资材供应商品质管理基准》对材料供应商进行环境以及有害物质审核。

京东方不断完善环境管理架构，自上而下，保障整体环境绩效的提升。以ISO 14001为基础建立了完善的环境管理体系，严格遵守《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等国家法律法规，积极响应国家及行业各项环保政策。公司还结合ISO 9001、QC 080000、ISO 14001、ISO 50001等管理体系要求，打造绿色环境管理体系。2021年，公司完善各组织层级能源与环境管理架构，并在此基础上，逐步完善制度管理体系，明确管理流程，发布《产品生命周期环境因素管理办法》、《运营单位环境风险管理办法》等6

项管理制度。

水资源管理：京东方在生产环节的用水，包括工艺用纯水、系统补水及污水处理站用水等。公司对生产用水循环利用，对污水加强管理。通过设置废水回收系统，对生产用水进行回收，经处理后供应至生产端，并不断优化水循环系统，京东方的废水回收利用率逐年提高，核心业务用水量不断减少。此外，公司牵头编制北京市地方标准《用水定额第7部分：液晶显示器件》，为液晶显示器件制造企业的用水管理效能提升积极贡献力量。

表 2-7 京东方各生产线典型节水举措

生产线	节水举措
成都第 4.5 代 TFT-LCD 生产线	实施废水终端仪表监控改造。
成都第 6 代 AMOLED（柔性）生产线	通过改造管道、增加三通及阀门，实现节水 193.20 万立方米。
重庆第 8.5 代 TFT-LCD 生产线	通过改造排水管道，实现节水量 12.08 万立方米/年；采用对清洗机超纯水（DIW）水路进行改造的方式，提高循环比例，实现节水量 42.60 万立方米/年。
合肥第 10.5 代 TFT-LCD 生产线	将清洗工序产生的有机废水和酸碱废水经处理后用于洗涤塔和冷却塔等补水，实现节水量 53.25 万立方米/年。
成都第 8.6 代 TFT-LCD 生产线	通过成本降低平台联合 ACCM 工厂深入开展节水行动，超纯水日用量由年初 4.20 万立方米/天降低至 3.70 万立方米/天。

资源回收利用：京东方制定并发布《显示事业废弃物管理制度》，并遵循循环（Recycle）、减量（Reduce）、再生（Renew）、负责（Responsibly）的 4R 原则对原材料进行处理。公司始终坚持综合利用为主，对于产生量较大的化学品废液，首先考虑原材料回用于生产，如无法回收，再由废液回收利用公司提纯为工业级原料进入市场，完全无利用价值或者利用价值远低于提纯工艺成本的才最终考虑焚烧处置。

图 2-14 京东方化学原料回收再利用举措



数据来源：BOE

在固体废物方面，京东方通过具有资质的第三方专业机构，对危险废物进行 100%回收。按照规定程序，公司处理危险废物、医疗废物及一般废物，并对第三方机构进行监督管理。2021 年，危险废物综合利用率达到 96.41%。

随着能源资源消耗持续增加，全球大气污染防治压力持续加大。为切实改善空气质量，

京东方严格遵守国家和政府相关的法律法规，积极探索大气污染防治的方法和途径。公司通过提升废气处理系统废气处理效率，管理系统升级优化等措施，努力抑制二氧化硫、一氧化氮等有毒有害气体以及 VOCs 的排放，有效控制有害气体对大气造成的危害。

有害物质方面，京东方践行绿色产品全生命周期管控理念，积极参与 GP 方面国家标准及多项检测标准的制定，制定《危险化学品安全管理制度》，寻找有害物质替代材料，设立绿色产品分析中心，提升有害物质检测能力，确保产品符合有害物质管控标准。公司使用的原材料全部符合国家相关环保法规要求及化学品注册、评估、许可和限制制度。

在生产过程中，公司严格遵循《电器电子产品有害物质限制使用管理办法》中，关于生产者应当采取措施逐步减少并淘汰电子信息产品中铅、汞、镉、六价铬、聚合溴化联苯（PBB）、聚合溴化联苯乙醚（PBDE）及其它有毒有害物质的含量的规定。

（2）天马

供应商管理：自 2011 年公司已制定齐全的供应商管理流程，明确了资源策略制定、资源导入/退出、考核评估等管理要求；公司定期依据内部业务需求等进行流程/系统的优化，持续完善供应商管理体系。

公司供应商类别以高科技（LCD 前段材料）和劳动密集型（定制件材料）为主，设备制造，零配件代理，文教，电商业为辅。劳动密集型的供应商逐渐通过提升自动化水平，降低对人工的依赖。截止 2021 年 12 月，公司资源池内合格供应商共 2137 家，其中生产性供应商（即生产产品所需的原辅料供应商）654 家，非生产性供应商（即相关备品备件、固定资源、非生产性耗材等供应商）1483 家。公司定期对资源池内供应商进行考核、评估，识别资源潜在风险，提前进行资源布局，确保资源池的满足度、新鲜度以及充分竞争性等；2021 年新导入供应商 106 家，淘汰供应商 66 家；公司持续推进国产化采购，2021 年向国内供应商的采购支出比例为 58%。2021 年，公司供应商所在地及供应链结构未发生重大变化。

2021 年，公司在供应商的选择、评估及绩效考核等日常管理中嵌入公司 CSR 管理要求，确保更有序、有效的落实公司 CSR 目标，推动供应商与天马共同践行企业社会责任。

在供应商 CSR 协议签署方面，2021 年公司共导入新供应商 106 家，其中 95 家供应商已签署 CSR 协议，签署率为 90%，采购中心持续跟进协议补签，同步在 PO 订单中进行相关条款约束，确保供应商满足组织 CSR 管理要求。

材料循环利用/回收：为响应国家节能减排号召，公司联合供应商推动材料循环利用及回收，科学合理的提升材料利用率，减少固废排放。公司识别可循环利用/回收的材料，明确循环利用/回收的相关标准及流程要求，并组织供应商签署相关协议，实时跟进执行情况。2021 年全年实现吸塑盘 6.3KK 循环使用，间接减少 1400 余吨固废排放；公司内 EPPbox 回收利用全年累计清洗 35 万次；PVC 手套回收 118.7 吨，丁腈手套回收 8.7 吨，锡渣回收 8.1 吨。

（3）TCL 华星

2021 年，TCL 华星发布了《TCL 华星碳达峰-碳中和规划》，旨在进一步完善绿色采购

机制，推动上下游合作伙伴共同行动，促进产业链发展与碳中和路径拓展的深度融合。此外，还通过绿色金融推动产业链减排，助力成员企业及产业链上下游提升绿色发展水平。

为了应对全球气候变化挑战，TCL 华星坚定绿色发展道路，致力于在公司运营的各个方面实现绿色运营与节能减排。TCL 华星通过不断完善能源管理体系、增加可再生能源利用、打造绿色供应链、增强员工低碳意识等措施，切实减少业务的碳排放。

在高效的能源管理方面，TCL 华星主要产业建立了完善的能源管理体系并通过了第三方的 ISO50001 认证。苏州华星启动极致动能项目，在水、电、气等基础能源方面开展极致节俭，2021 年全年目标节俭费用 5,111 万元，实际达成 5,216 万元，达成率 102%。

TCL 华星主要产业均参照 ISO50001 能源管理体系、ISO14064 温室气体管理体系，建立《大气污染控制管理程序》、《噪声污染控制管理程序》、《固体废弃物管理程序》、《能源资源消耗管理程序》等相关制度，并制定了严格的环保 KPI 目标管理方案，并对各项环保排放指标进行实时在线监控，按严于政府排放标准限值的内控标准进行污染物排放内部控制，从而能够全方位地识别、把控公司各项活动及产品服务过程中的环境关键绩效，并采取有针对性的措施。

为实现对能耗的实时有效管理，TCL 华星建立智慧能源管理中心，通过对全能源的扁平化动态监控和数字化管理，推动实现能源高效利用。2021 年，公司各单位从管理节能、技改节能、参数优化等维度开展了共计 113 项节能环保举措，其中包括冰机能效监控、CDA 热回收投用、VOC 燃烧炉燃气节能、FAB 照明深度节能、FFU 降速节能、大功率设备错峰用电、PCW 系统供水温度上调及 FAB 控制温度上调等项目，有效降低了各类能源使用量，减少碳排放。同时，公司还通过机电调试追踪实现建筑能源的持续追踪管理，通过预先设置的能源监控仪表，通过 FMCS、监控系统，抓取能源数据，对设计验收后的建筑进行为期 1 年的设备能耗分析跟踪，及时识别发现运营中存在的异常并加以改善，确保设备在运营期高效低耗运转，实现公司能源消耗全方位把控与管理。

(1) 打造能源能耗行业标杆，EMS 助力节能降耗智能环保。

EMS，全称为 TCL 华星智慧能源管理系统，是一个全新的能源管理平台。它在公司现有能源管理模式的基础上，结合数字化技术，对公司重点关键能源能耗指标进行可视化、动态实时的监控、分析和处理，该系统能够提高公司运营管理决策的效率。

(2) 纯水回收系统减少资源浪费。

深圳华星液晶面板显示器件生产工艺中，为保障产品品质，需使用大量纯水进行清洗，纯水制备需消耗大量自来水，同时产生大量的废水排放。公司根据可回收废水性质，建设了纯水回收系统，对用于生产清洗后的纯水进行回收利用。2021 年，公司新增 t7 纯水回收系统，实际每日回收水量 25,761 立方米，纯水回收率可达 75% 以上。目前通过 t1、t2、t6、t7 纯水回收系统每年可回收纯水共计约 3,460 万立方米，节约自来水费约 1.72 亿元。进一步提高了公司水资源利用率、减少水资源浪费和降低企业运营成本，使公司向实现更为绿色的生产制造目标迈进新的一步。

(3) 严把产品安全关。

TCL 华星坚持“以人为本，健康安全优先”的理念，出台《化学品安全管理规范》，始终严格遵循欧盟 RoHS、欧盟 REACH、中国 RoHS 及其他一线客户要求，建立完善有毒有害物质管控标准，从项目开发，材料导入及成品方面进行管控。TCL 华星按 IECQ QC080000 建立有毒有害物质管理体系，促进产品和材料符合客户的环保要求。TCL 华星产品经过环境测试、可靠性测试、静电测试、恒温恒湿测试等。

(4) 严格推进冲突矿产供应商管理。

TCL 华星参考《OECD 受冲突影响地区和高风险地区矿物责任的供应链尽职调查指南》及客户要求制定冲突矿物采购管理政策以及流程，并时时关注 RBA 对于冲突矿产管理的要求，并进行供应链宣导。TCL 华星每半年使用 RMI-CMRT 和 CRT 调查表对供应链使用 3TG 和钴的情况进行尽职调查。2021 年，公司增加对云母的管理，并如实向客户披露供应链尽职管理状况。截至 2021 年底，锡、钽、金、钨、钴、云母原材料均保持 100%无冲突状况。

8. 能效水平情况

面板企业的生产能耗，因工艺不同、所采用设备不同、厂房设计各异等因素的影响，能效水平差异很大。总体来讲，一般新建立的生产线因采用更先进的环保技术和生产工艺，总的能效水平会有所提高。

为降低工厂生产运营的能耗、提高企业盈利水平，各家面板企业都在采取一些措施降低能耗，主要包括：

1) **加大循环水利用：**对生产用水循环利用，对污水加强管理。通过设置废水回收系统，对生产用水进行回收，经处理后供应至生产端循环利用，并不断优化水循环系统。

2) **水蓄冷与热回收：**采用低温蓄冷冰机，合理利用低温水，大幅降低空调用电。采用热回收的方式，主要是针对冷冻机和空压机，把冷却塔的热量回收回来，用作取暖。

3) **绿色建筑：**打造绿色建筑、绿色园区成为面板巨头减少碳排放的重要选项。厂房在设计阶段充分采用成熟的节能减排技术，使用节能型材料。在厂区屋顶设置太阳能发电板。比如在合适的办公区域使用透明玻璃采光带，保障自然采光，减少人造能源使用；建筑外围围护结构均采用加气混凝土切块和灰砂砖，更加节能环保等。

4) **加大物料的循环利用：**合理推动物料的循环利用、回收等，减少固废的排放。

近年来，随着全球化环保意识重视程度的提高，国内各面板企业也纷纷加大节能环保方面的投入，具体来看：

(1) 京东方

京东方自 2009 年就开始开发、利用清洁能源、清洁技术，投入大量资金、技术开展各类节能减排项目，通过科学规划、严格管理，对能源、水资源、废气排放和固废进行层层管控，有效减少了资源消耗。目前自持有 385MW 光伏电站，年发电量 4.1 亿千瓦时，年减排二氧化碳约 42 万吨。

2021 年，京东方开展了各类节能减排项目 285 项，有效节省了各类能源的使用量，产品单位面积能耗同比下降。2021 年全年，京东方节能降耗措施部分成效类型项目数量（项）节约量节电 22320604.01 万千瓦时、节水 50608.55 万立方米、节约天然气 8227.33 万立方

米、节约压缩空气/氮气 42920.68 万立方米。

水资源回收利用，工艺设备采用逆流清洗等先进的清洗方式，大部分高纯水和化学品重复使用，最大限度降低了高纯水、化学品等物料的消耗，减少了废水、污染物的排放量；将初纯水制备过程中产生的含盐量相对较高的 RO（反渗透）浓水，根据分质用水原则，通过工艺设备将部分 RO 浓水处理后回用于纯水制备系统，剩余 RO 浓水汇入全厂中水利用系统用于废气洗涤、循环冷却水、废水处理系统补水以及厂区生活冲厕、道路浇水、绿化等用水环节；超纯水制备过程中的排水回收用于全厂空调系统加湿。

2021 年，京东方北京第 5 代 TFT-LCD 生产线开展压缩空气（CDA）系统节能改造。此次系统节能改造包含两部分，分别是干燥机和空压机的改造。对于干燥机部分，节能改造使用冷冻水换热进行再生；对于空压机部分，CDA 分压改造后降低空压机电机运行功率，可实现节电 1731 万千瓦时。

在固体废物方面，京东方通过具有资质的第三方专业机构，对危险废物进行 100%回收。按照规定程序，处理危险废物、医疗废物及一般废物，并对第三方机构进行监督管理。2021 年，危险废物综合利用率达到 96.41%。

京东方第 5 代 TFT-LCD 生产线在废酸收集罐出口增设移送泵，使用双套管连接至废水处理站有机废水处理系统中的 pH 调节池和硫酸稀释罐中，并采用自动化管理模式全程输送。项目建成运行后，将浓硫酸部分改用刻蚀液废液，不仅能用于废水 pH 值调节，而且刻蚀废酸处置量每年减少约 3500 吨。

(2) TCL 华星

在高效的能源管理方面，TCL 华星主要产业建立了完善的能源管理体系并通过了第三方的 ISO50001 认证。2021 年，TCL 华星通过提高生产效率等能源管理行为，实现节电 391.6 万千瓦时。苏州华星启动极致动能项目，在水、电、气等基础能源方面开展极致节俭，2021 年全年目标节俭费用 5,111 万元，实际达成 5,216 万元，达成率 102%。

在增加可再生能源使用方面，TCL 华星产业积极推进屋顶光伏的铺设。深圳华星利用厂区现有屋顶、遵循“能铺尽铺”原则，自主建立了华南地区工业园区最大的光伏发电系统并持续扩充。截至 2021 年底，深圳华星光伏发电装机总容量达 44 兆瓦时，每年可发电 4,400 万千瓦时，年节能量为 22 万个家庭日常用电量。2021 年，公司完成了 t6 研发楼光伏发电系统（AGC 屋面一期、二期，装机容量 2.28 + 2.70 兆瓦时）的并网使用。2021 年，武汉华星温室气体排放量 62.4 万吨二氧化碳相当量，深圳华星温室气体排放量为 335.3 万吨二氧化碳相当量。

为实现对能耗的实时有效管理，TCL 华星建立智慧能源管理中心，通过对全能源的扁平化动态监控和数字化管理，推动实现能源高效利用。

纯水回收方面，深圳华星液晶面板显示器件生产工艺中，为保障产品品质，需使用大量纯水进行清洗，纯水制备需消耗大量自来水，同时产生大量的废水排放。公司根据可回收废水性质，建设了纯水回收系统，对用于生产清洗后的纯水进行回收利用。2021 年，公司新增 t7 纯水回收系统，实际每日回收水量 25,761 立方米，纯水回收率可达 75%以上。

目前通过 t1、t2、t6、t7 纯水回收系统每年可回收纯水共计约 3,460 万立方米, 节约自来水费约 1.72 亿元。进一步提高了公司水资源利用率、减少水资源浪费和降低企业运营成本, 使公司向实现更为绿色的生产制造目标迈进新的一步。

绿色产品方面, TCL 华星聚焦绿色产品, 不断通过技术创新提高产品能效, 为客户提供更环保的产品, 坚持通过产品向用户传递可持续发展理念。TCL 华星推出 23.8 英寸 FHD 显示器, 产品通过大开口率和加大玻璃基板间隙等技术手段, 实现 5.6% 高穿透率。2020 年, 产品通过了美国能源部和美国环保署能源之星 ES8.0 认证。

(3) 天马微电子

天马微电子 2021 年累计投入 1 亿多元人民币用于生态环境保护和节能减排, 持续开展纯水系统回收水、无机回收水系统扩容、中水回收再利用等多项大型节能减排项。项目完成实施后预计每年节约用水 70 余万吨、减少废水排放 14 余万吨。为响应国家节能减排号召, 公司联合供应商推动材料循环利用及回收, 科学合理的提升材料利用率, 减少固废排放。公司识别可循环利用/回收的材料, 明确循环利用/回收的相关标准及流程要求, 并组织供应商签署相关协议, 实时跟进执行情况。2021 年全年实现吸塑盘 6.3KK 循环使用, 间接减少 1400 余吨固废排放; 公司内 EPP box 回收利用全年累计清洗 35 万次; PVC 手套回收 118.7 吨, 丁腈手套回收 8.7 吨, 锡渣回收 8.1 吨。

随着国内面板企业在生产工艺、厂房设计、环保设备等方面技术的不断进步, 以及国内各地环保要求的不断提高, 各企业的能效水平都在不断提高, 或在设计源头充分考虑节能的要求, 或对旧厂房、旧产线进行一定的技术改造, 使得面板产业整体的生产能耗降低。

表 2-8 部分产线单位面积产品主要能源动力消耗情况

项目	单位	滁州惠科光电第 8.6 代 TFT-LCD	深圳华星光电 8.5 代 TFT-LCD 二期	深圳华星光电 8.5 代 TFT-LCD 一期	某市京东方 8.5 代 TFT-LCD 生产线(二期)	某市京东方 8.5 代 TFT-LCD 生产线(一期)	京东方 8.5 代 TFT-LCD 生产线(北京)	京东方 5 代 TFT-LCD 生产线	合肥京东方 6 代 TFT-LCD 生产线
总用水量	t/m ²	1.765	1.165	2.26	0.82	1.89	2.26	1.97	2.56
氮气	m ³ /m ²	13.267	26.21	66.73	27.68	17.21	76.56	46.64	62.25
天然气	m ³ /m ²	1.3	0.418	2.62	0.4	0.179	0.538	0.67	1.3
总计标煤	t/m ²	71.023	111.348	301.512	116.585	73.336	315.550	197.117	267.932

数据来源: 滁州惠科光电第 8.6 代薄膜晶体管液晶显示器件项目环境影响报告书。

注: 各产线在实际投产后会有一定环保投入或工艺改进, 实际能耗可能会与表中数据有所差异。



3. 中国半导体显示产业碳排放现状

在企业层面，2019-2021年TFT-LCD面板产品产品碳排放量逐年增加，呈现上涨的趋势，在2021年碳排放量已达到1660.14kg CO₂e，这与产品年出货面积呈正相关。在全国层面上，2019年TFT-LCD面板产品碳排放量达到了8808.68 kg CO₂e；2020年碳排放量有所下降；2021年随着市场需求的激增，碳排放量又增长至8899.85 kg CO₂e。

三、中国半导体显示产业碳排放现状

1. 半导体显示产业碳排放测算

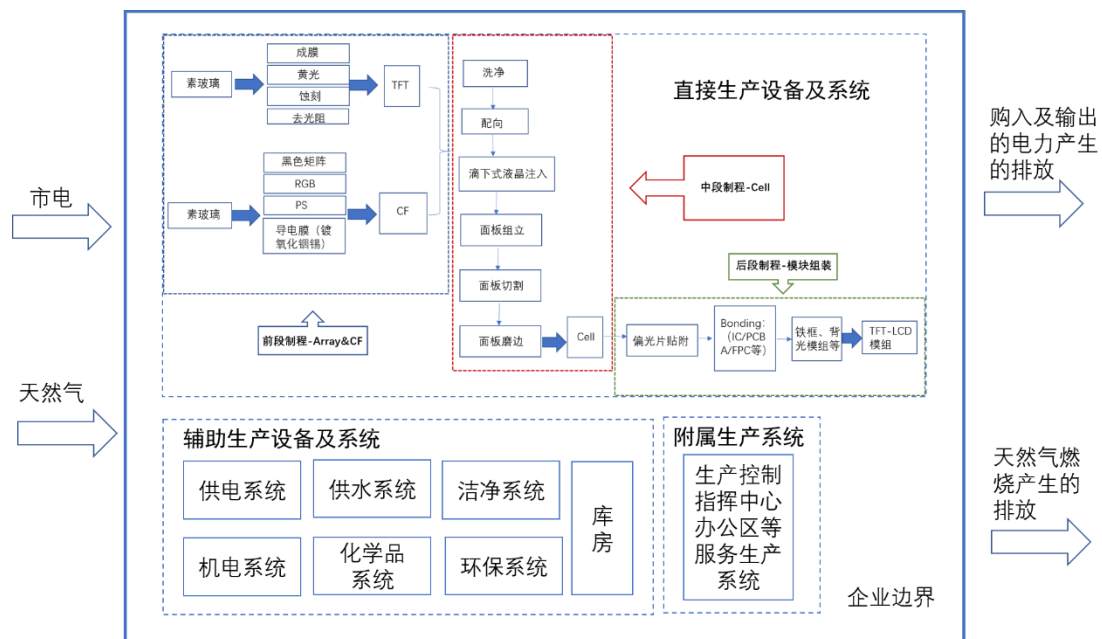
1.1 研究方法 with 数据

1.1.1 核算边界

半导体显示技术种类繁多，可分为非自发光和自发光两大类，这两大类的市场主流代表分别为液晶显示技术（Liquid Crystal Display, LCD）和有机发光二极管技术（Organic Light Emitting Diode, OLED）。本研究以薄膜晶体管液晶显示器（Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display, TFT-LCD）面板的生产制造为代表，分析核算其碳排放情况，其他显示技术的碳排放宜根据其实际生产过程中的能源、资源使用及过程排放情况进行核算。

依据 GB/T 32150-2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》的核算边界确定原则，本研究确定的半导体显示面板生产企业的碳排放边界包括：厂区内直接生产设备及其系统、辅助生产设备及其系统，以及直接为生产服务的附属生产系统的温室气体排放。其中，辅助生产系统主要包括供电系统、供水系统、洁净系统、机电系统、化学品系统、环保系统、库房等；附属生产系统包括生产控制指挥中心办公区等。本研究确定的半导体显示面板生产企业碳排放核算边界示意图如图 3-1 所示。

图 3-1 半导体显示面板生产企业碳排放核算边界示意图



对于厂区内直接生产设备及其系统，TFT-LCD 面板的基本结构如图 3.2 所示，其生产制造可分为三大阶段：前段 Array & CF 制程、中段 Cell 制程，以及后段模块组装（见图 3.1 直接生产设备及其系统）。每个过程的工艺简述如下：

1) 前段 Array & CF 制程

本阶段涉及两个主要元器件的生产：TFT 基板和 CF 基板。TFT 基板的制备，是将素玻

璃通过清洗-成膜-光刻-蚀刻-脱膜去光阻的工序，循环 4-5 次后制成。CF 制程则是将彩色光阻以及黑色遮光层制作于玻璃基板上，实现彩色显示。

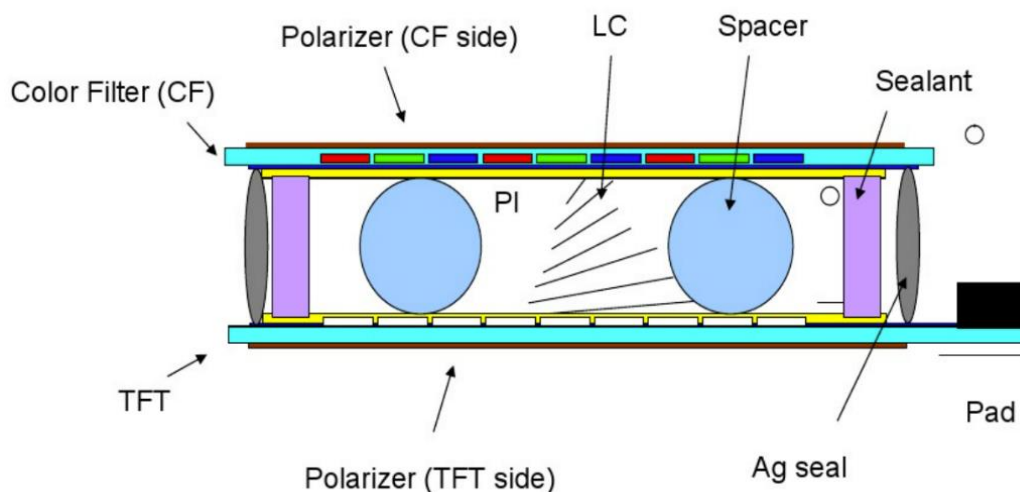
2) Cell 制程

本阶段是以前段 TFT Array 的玻璃为基板，与 CF 彩色滤光片的玻璃基板结合，并在两片玻璃间滴上液晶后贴合，再将大片玻璃切割成面板。将 TFT 玻璃基板与配套的 CF 基板进行表面取向处理，处理后要在 TFT 玻璃上撒衬垫球，在 CF 玻璃上涂布边框胶、滴液晶，准备好的 TFT 玻璃和 CF 玻璃贴合在一起后进行烘烤和固着，并将大张玻璃基板分割成小 Panel。

3) 后段模块组装 (Module)

本阶段是将 Cell 贴合并切割成单片的面板玻璃，与其他组件如背光板、电路、外框等多种零件组装的生产作业。在上一阶段产出的小 Panel 上贴合偏光片，并绑定 IC、FPC 等组件，在端子侧完成封胶作业后，上表面加装保护板，下表面安装背光源，并假装信号基板以及铁框等部件后，经过外观和电学性能检查合格后形成 TFT-LCD 模组。

图 3-2 TFT-LCD 面板的基本结构示意图



除上述直接生产设备及系统产生的碳排放外，在核算边界内的碳排放源还包含以下 3 项：

- 1) 辅助生产设备及系统的购入电力产生排放；
- 2) 厂控办公区的购入电力产生排放；
- 3) 机电系统、环保系统（废气处理）等其他辅助生产系统的天然气燃烧产生的排放。

因此，本研究的 TFT-LCD 面板生产企业的碳排放源分类情况如表 3.1 所示，主要包括购入的电力产生的排放，不涉及过程排放。

表 3-1 TFT-LCD 面板生产企业碳排放源分类情况

类别	子类别	排放源	主要设备或系统
范围 1 直接温室气体排放	固定燃烧排放	天然气	锅炉、燃烧炉、食堂炉灶等
		柴油	发电机/消防栓柴油泵等
	移动燃烧排放	柴油	叉车
		汽油	公务车
	制程排放	VOCs	贴装设备、热压治具、贴合对位机、清洗机、上料机、收料机、分流机、废气处理设备 etc
逸散排放	CO ₂	二氧化碳灭火器	
范围 2 能源间接温室气体排放	外购电力	所有用电单元	/
	外购热	/	/
	外购冷	/	/

1.1.2 核算方法

本研究参考 GB/T 32150-2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》选择排放因子法进行核算。如式 (1) 所示，核算出 TFT-LCD 面板产品的单位面积平均用电量后，与产品产量、电网碳排放因子和 GWP 相乘后得到整体碳排放水平。

$$E = e \times Q_a \times EF_{ele} \times GWP \quad (1)$$

式中：

E —TFT-LCD 面板产品年度碳排放量，tCO₂e；

e —TFT-LCD 面板产品的单位面积平均用电量，kWh/m²；

Q_a —TFT-LCD 面板产品年产面积，m²；

EF_{ele} —电网排放因子，tCO₂/MW·h；

GWP—全球增温潜势，二氧化碳温室气体的 GWP 值为 1。

1.1.3 数据来源

1.1.3.1 活动水平数据

1) 产品产量

我国 TFT-LCD 面板的年产量数据全部来自中国电子视像行业协会统计，具体情况如表 3-2 所示。

表 3-2 TFT-LCD 面板产品产量情况

年份	产品出货面积 (m ²)		
	2019	2020	2021
企业层面	22.1	27.3	32.9
全国层面	163.3	168.6	176.4
全球层面	177.5	183.8	188.8

2) 能源消耗

我国 TFT-LCD 面板的年度用电量数据全部来自企业和中国电子视像行业协会数据统计。

1.1.3.2 电网排放因子

由于本研究主要目的是核算 TFT-LCD 企业、全国及全球层面整体碳排放情况，因此不再分列分地区电网排放因子，而根据生态环境部办公厅发布的《关于做好 2022 年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知》环办气候函〔2022〕111 号作为电网排放因子取值来源。电网排放因子取值见表 3.3。

表 3-3 电网排放因子取值

参数名称	单位	取值
电网排放因子	kgCO ₂ /kW·h	0.5810

1.2 结果与分析

1.2.1 企业层面 TFT-LCD 面板产品碳排放量

以 2019-2021 年活动水平数据为例，核算企业层面 TFT-LCD 面板产品碳排放总量如表 3-4 所示。

表 3-4 企业层面 TFT-LCD 面板产品碳排放量

年份	产品年出货面积 (m ²)	单位产品平均用电量 (kW·h/m ²)	产品碳排放合计 (kg CO ₂ e)
2019	22.1	92.85355	1192.25
2020	27.3	88.54882	1404.50
2021	32.9	86.85061	1660.14

1.2.2 全国层面 TFT-LCD 面板产品碳排放量

根据中国电子视像行业协会数据统计，核算出全国层面 TFT-LCD 面板出货面积和全国层面 TFT-LCD 面板产品碳排放量如表 3-5 所示。

表 3-5 全国层面 TFT-LCD 面板产品碳排放量

年份	产品年出货面积 (m ²)	单位产品平均用电量 (kW·h/m ²)	产品碳排放合计 (kg CO ₂ e)
2019	163.3	92.85355	8808.68
2020	168.6	88.54882	8673.41
2021	176.4	86.85061	8899.85

1.2.3 全球 TFT-LCD 面板产品碳排放量

根据中国电子视像行业协会统计，核算全球层面 TFT-LCD 面板出货面积和全球层面 TFT-LCD 面板产品碳排放量如表 3-6 所示。

表 3-6 全球层面 TFT-LCD 面板产品碳排放量

年份	产品年出货面积 (m ²)	单位产品平均用电量 (kW·h/m ²)	产品碳排放合计 (kg CO ₂ e)
2019	177.5	92.85355	9575.75
2020	183.8	88.54882	9455.93
2021	188.8	86.85061	9526.89

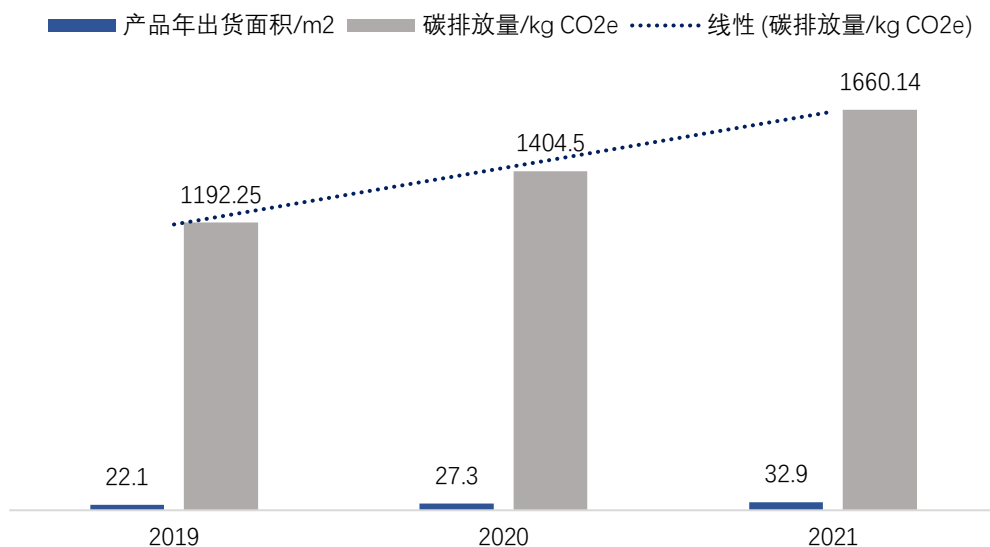
2. 半导体显示产业碳排放特征分析

2.1 碳排放量变化趋势

本报告统计均为产品用电量所产生的碳排放量。

在企业层面上，2019-2021 年 TFT-LCD 面板产品碳排放量如图 3-3 所示，可见企业产品碳排放量逐年增加，呈现上涨的趋势，在 2021 年碳排放量已达到 1660.14kg CO₂e，这与产品年出货面积呈正相关。

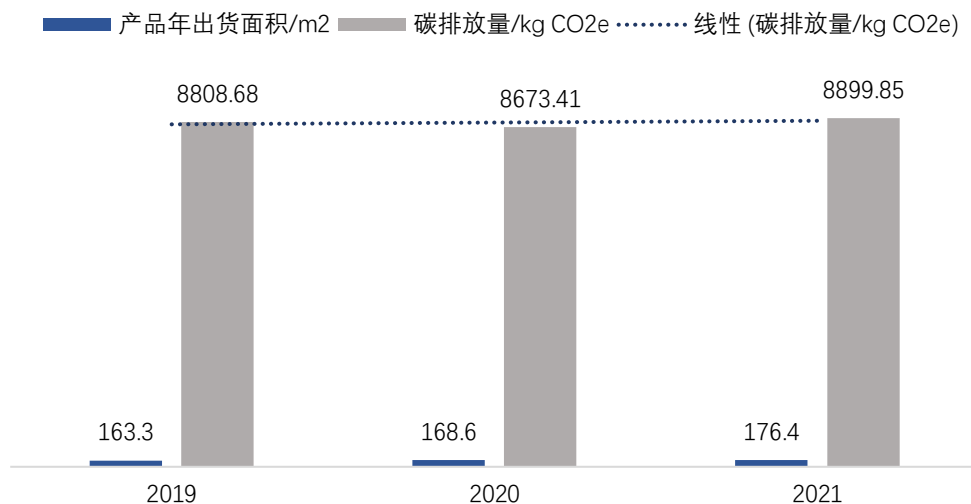
图 3-3 2019-2021 年企业 TFT-LCD 面板产品碳排放量



数据来源：中国标准化研究院资源环境研究分院

在全国层面上，2019-2021 年全国 TFT-LCD 面板产品碳排放量如图 3-4 所示，2019 年碳排放量达到了 8808.68 kg CO₂e；2020 年碳排放量有所下降；2021 年随着市场需求的激增，碳排放量又增长至 8899.85 kg CO₂e。

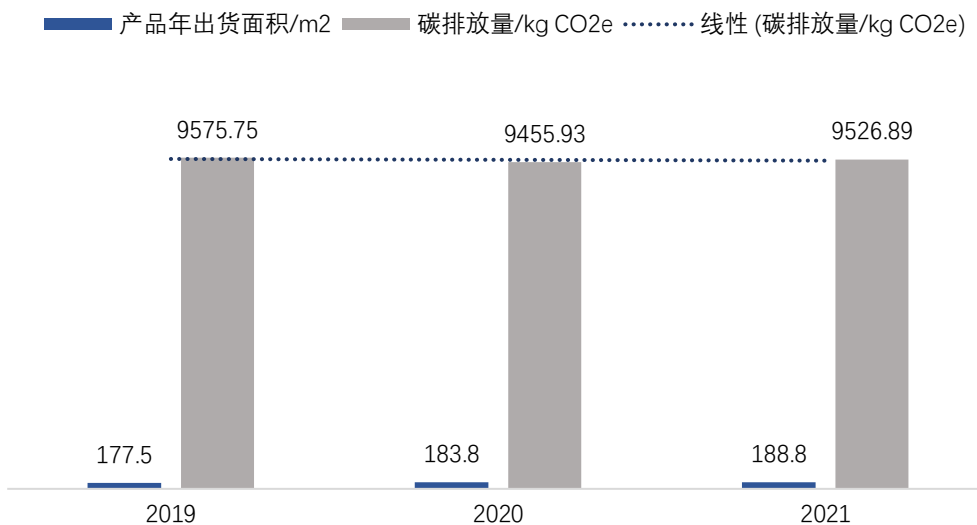
图 3-4 2019-2021 年全国 TFT-LCD 面板产品碳排放量



数据来源：中国标准化研究院资源环境研究分院

在全球层面上，2019-2021 年全球 TFT-LCD 面板产品碳排放量如图 3-5 所示，全球产品出货面积基本保持平稳的状态，产生的碳排放量较往年基本持平，达到 9500 kg CO₂e 左右，可见半导体显示产业产能处于较为平稳的状态。

图 3-5 2019-2021 年全球 TFT-LCD 面板产品碳排放量



数据来源：中国标准化研究院资源环境研究分院

3. 半导体显示产业碳减排措施建议

根据半导体显示产业碳排放特征分析，提出以下几点建议：

(1) 优化产品生态设计。

建议综合考虑产品在设计、原材料获取、生产、包装、运输、销售、使用、废弃处置等全生命周期阶段的环境影响。在产品的设计时，应主动采取减量化、无污染、再利用等措施，优先选择无毒无害、可降解、具备可回收性质的材料，以减少产品整个生命周期中带来的不利影响。

(2) 加强绿色供应链管理。

建议企业可参照 T/CSTE 005.4-2022 T/CAS 583.4-2022 《可持续发展（绿色低碳）工厂评价要求》对供应商开展评价，在整个供应链中，推广绿色低碳理念，综合考虑环保、安全、循环、低碳等因素，优先采购和使用节能、节水、节材、“领跑者”产品，建立可持续发展绿色供应链体系。

(3) 助力组织层面节能减排。

建议企业参照 GB/T 36132-2018 《绿色工厂评价通则》、GB/T 39775-2021 《能源管理绩效评价导则》等国家节能、低碳、环保标准开展相关工作；建议企业参照 T/CECA-G 0034-2022 《温室气体管理体系 要求》，将温室气体管理融入到组织的战略方向、决策制定、运行控制过程，并与组织发展过程的优先事项相协调，纳入组织整体管理体系中，建立、实施、保持并持续改进温室气体管理体系。



4. 头部企业减碳措施和努力

TCL华星始终积极践行绿色低碳可持续发展，响应我国“双碳”战略，积极应对气候变化和其他生态环境的挑战。TCL华星不断完善相关环境管理体系，持续优化生产环节的资源利用效率、深化清洁生产模式。同时公司持续推行绿色发展，从推出绿色产品、布局绿色产业、推广绿色文化，并从价值链各个环节入手，引领上下游共创可持续发展，促进人与自然的和谐共生。

四、头部企业减碳措施和努力

1. 企业碳减排案例分析

TCL 华星始终积极践行绿色低碳可持续发展，响应我国“双碳”战略，积极应对气候变化和其他生态环境的挑战。2021 年，TCL 华星不断完善相关环境管理体系，持续优化生产环节的资源利用效率、深化清洁生产模式。同时公司持续推行绿色发展，从推出绿色产品、布局绿色产业、推广绿色文化，并从价值链各个环节入手，引领上下游共创可持续发展，促进人与自然的和谐共生。

1.1 绿色生产

为保障可持续发展目标的有效落实，多年来，TCL 华星建立了完善的环境管理机制。公司各生产单位均严格依照 ISO14001 及 ISO45001 标准搭建环境和职业健康安全管理体系，将环境管理融入公司的运营过程，并保证体系管理的持续实施、保持和改进。

同时，TCL 华星从风险管理入手，从环保事故事件管控、落实环保主体责任、确保环保监督工作进行制度化和规范化的角度出发，建立了完善的环保事故事件管理制度，并制定《突发环境事件应急预案》，根据预案内容按期开展应急演练，保障环境风险的事先预防和应急处理能力。

TCL 华星参照 ISO50001 能源管理体系、ISO14064 温室气体管理体系，建立《大气污染控制管理程序》、《噪声污染控制管理程序》、《固体废弃物管理程序》、《能源资源消耗管理程序》等相关制度，并制定了严格的环保 KPI 目标管理方案，并对各项环保排放指标进行实时在线监控，按严于政府排放标准限值的内控标准进行污染物排放内部控制，从而能够全方位地识别、把控公司各项活动及产品服务过程中的环境关键绩效，并采取有针对性的措施。

1.1.1 打造绿色工厂

为践行“绿色生产”，TCL 华星严格按照绿色工厂标准要求建立、实施、保持和持续改善绿色工厂体系，时刻将绿色生产、绿色制造理念融入公司的日常生产运营管理。2021 年，TCL 华星持续推进绿色工厂、绿色建筑相关工作。

(1) 使用可再生能源

TCL 华星积极开展可再生能源开发及利用，建设低碳环保的绿色生产园区。截至 2020 年，TCL 华星光电技术有限公司、惠州市华星光电技术有限公司、深圳市华星光电半导体显示技术有限公司等生产基地通过分布式屋顶光伏发电系统收集清洁能源，减少能源消耗。

(2) TCL 华星绿色工厂相关认证

- 1) 武汉华星 t3 项目获批国家工信部“绿色工厂”称号；
- 2) 武汉华星 t4 项目获批市城建局三星“绿色建筑”证书；
- 3) 深圳华星 t6 项目和 t7 项目获国家“绿色工厂”称号；

图 4-1 TCL 华星 t6、t7 项目鸟瞰图



- 4) 深圳华星 t6 项目获得 LEED 铂金和中国绿色建筑三星双认证，t7 项目获中国绿色建筑三星认证；
 - 5) 深圳华星通过市级清洁生产审核，获得“近零碳排放建筑试点”；
 - 6) 惠州华星获得中国绿色建筑三星级认证；
- 另外，TCL 华星获得的环保奖项包括：
- 1) 武汉华星 t4 于 2019 年已获得“LEED”铂金级（绿色建筑中的国际最高标准）和中国绿色建筑三星双认证；
 - 2) 2020 年 TCL 华星&华星半导体分别获深圳市“绿色企业”、“VOCs 治理示范单位”&“生态工业园”、“优秀海绵园区”称号；
 - 3) 华星 G11 项目成为全球首个同时获得美国 LEED 铂金级（绿色建筑中的国际最高标准）和中国绿色建筑三星双认证的 G11 代面板项目。

图 4-2 TCL 华星 G11 项目美国 LEED 铂金级证书



图 4-3 TCL 华星 G11 项目三星级绿色建筑设计标识证书



4) TCL 华星 2020 年获深圳市“无废协会副会长单位”殊荣、2021 年获深圳市第一次排

污单位“环保诚信企业”和深圳可持续发展大奖（环境类）；

5) 华星半导体 2021 年获深圳市“环境教育基地”和“节水型企业”荣誉称号。

(3) TCL 华星光伏发电项目

TCL 华星利用厂区现有屋顶，自主建立了华南地区工业园区最大的光伏发电系统，装机容量 39.46MW 每年可发电 4,000 万 KWH，年节能量为 20 万个家庭日常用电量，大力推进新能源示范城市建设，减少化石能源使用，提高新能源应用比例，是进一步优化能源使用结构、保护生态环境、推动减排目标的重要举措。

图 4-4 TCL 华星光伏发电项目



2021 年，武汉华星温室气体排放量 62.4 万吨二氧化碳当量，深圳华星温室气体排放量为 335.3 万吨二氧化碳当量。

(4) 节能改造项目——武汉华星光电节能改造举措

武汉华星光电 t3 通过实施“风水联创”等项目，推进节能降耗工作，取得了较好的环保效益。2020 年能源消耗量 48,144.36 万千瓦时，较 2019 年减少 445.39 万千瓦时，2020 年温室气体排放量 470,226.69 吨，较 2019 年减少 1,725 吨。

(5) 开展节能管理

为实现对能耗的实时有效管理，TCL 华星建立智慧能源管理中心，通过对全能源的扁平化动态监控和数字化管理，推动实现能源高效利用。

2021 年，公司各单位从管理节能、技改节能、参数优化等维度开展了共计 113 项节能环保举措，其中包括冰机能效监控、CDA 热回收投用、VOC 燃烧炉燃气节能、FAB 照明深度节能、FFU 降速节能、大功率设备错峰用电、PCW 系统供水温度上调及 FAB 控制温度上调等项目，有效降低了各类能源使用量，减少碳排放。

同时，公司还通过机电调试追踪实现建筑能源的持续追踪管理，通过预先设置的能源监控仪表，通过 FMCS、监控系统，抓取能源数据，对设计验收后的建筑进行为期 1 年的设备能耗分析跟踪，及时识别发现运营中存在的异常并加以改善，确保设备在运营期高效低耗运转，实现公司能源消耗全方位把控与管理。

1.1.2 削减大气污染排放

为贯彻落实《中华人民共和国清洁生产促进法》和国家《关于深入推进重点行业清洁

生产审核工作的通知》，TCL 华星高度重视生产过程中的大气污染物排放，从源头削减、过程控制、末端治理三个环节入手，持续推进大气污染物管理。

2021 年，为响应“蓝天保卫战”的号召，TCL 华星对大气污染物排放进行严格检测。苏州华星设置 11 台废气在线监控设备，实时监控污染物排放数据。惠州华星每年制定自行环境监测方案，并按计划每季度请第三方入厂取样监测，结果统一传送至“全国污染源监测平台”进行公开。深圳华星增加氮氧化物处理系统，用以处理生产过程中产生的废气，在有效降低 NO_x 排放浓度的同时，消除烟囱“黄烟”异常。另一方面，惠州华星采用活性炭吸附处理废气，并按照压差计，设定压差标准，每天监测进出口压差状况，并每年委托第三方机构，对排放口做监测，实现对大气污染物排放的严格管理。武汉华星新增 5 台 VOC 在线监测系统，并联网武汉市污染源监控平台，实时展示达标排放。2021 年，TCL 华星各公司大气污染物排放均满足国家和地区标准。

1.1.3 废弃物管理

TCL 华星严格遵守国家废弃物管理的相关法律法规，严控风险，针对不同类别的废弃物设置相应的处置措施。各子公司产生的固体废弃物分为一般废弃物、危险废弃物和生活垃圾。对于一般废弃物，交由 TCL 环境科技进行资源再利用处理；对于生活垃圾，公司在分类后交由专业清洁公司统一回收和处理；对于危险废弃物，公司制定相关制度，明确处置要求，并委托有资质的公司进行统一回收处理。

同时，各公司还不断优化创新生产流程，在生产环节推进弃物减量化、资源化，减少生产过程中的废弃物产生，并不断提高废弃物利用率。

表 4-1 TCL 华星 2021 年资源回收利用量

指标	单位	2021 年
年度资源回收利用量	吨	67258

数据来源：TCL 华星

TCL 华星建立了先进的排污管理系统，并通过定期监测和监督检查机制，保证运营过程产生的废水、废气、固体废弃物、厂界噪声的排放和处置符合国家及运营所在地法律法规。

1. 废弃物减排

TCL 华星制定了严格的危险废弃物管理制度，本着“预防为主”和“谁污染谁治理”的基本原则，逐级落实危废管理责任制，确保所有危废得到有效处理。公司产生的固体废弃物分为一般废弃物、危险废弃物和生活垃圾，其中，危险废弃物按照法规要求委托有资质的危废处置机构处置；一般废弃物在厂区分类后，由资源回收厂商回收处置；生活垃圾由物业公司交由生活垃圾填埋场卫生填埋，均满足法规要求。

(1) TCL 华星助力深圳市“无废城市”建设。

TCL 华星在废弃物减量化、资源化等方面持续推进拓展，其中建设项目绿建认证、废液铜回收技术、剥离残液在线回收及污泥鉴别规格优化等均属于行业前列，积极助力深圳

市“无废城市”建设：

- 1) 建立 SRS 回收系统，采用负压蒸馏+精馏回收技术，回收率达到 90%，年回收剥离液废液达 3.3 万吨。
- 2) 与海外机构共同研发并成功推广国内首创低浓度铜蚀刻废液回收新技术，铜回收率高达 95%，年回收铜金属 105 吨以上，每年危废减量 3,936 吨。
- 3) 与第三方鉴别机构及政府监管单位探索危废鉴别流程，将项目产出的含铜无机污泥、有机污泥及废玻璃规格优化，作为资源类废弃物回收再利用(建材、肥料等)，年危废减量约 26,300 吨。
- 4) 采用污泥高效调理+高压板框脱水技术，低温密闭干化，降低污泥含水率，年减少污泥量约 30,000 吨。
- 5) 建立源头减量机制，持续从蚀刻、剥离等制程中药液使用、排放控制及异常反馈、应急处理多方面进行优化，年废液减排将近 4,000 吨。

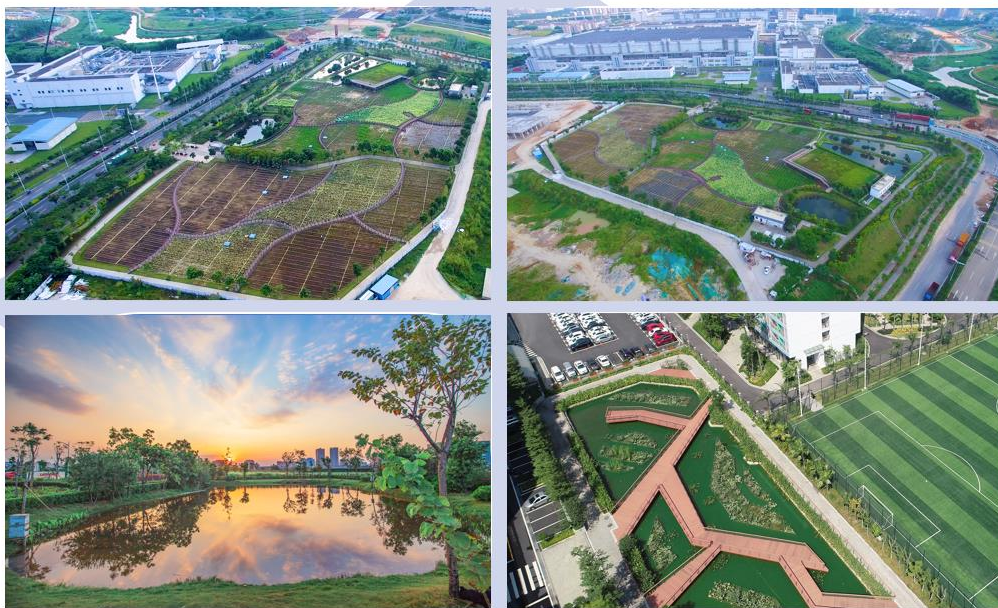
2. 废水减排

TCL 华星排放的废水分为生活废水和工业废水，生活废水经隔油、化粪池预处理达标后汇入当地市政污水处理管网，工业废水根据废水特性进入不同的处理系统，经物理化学法和生化处理后达标排放。

(1) 创新引入人工湿地技术

TCL 华星致力于减少工业废水排放，通过分类收集和处理，采用业内先进技术，各项指标远低于业界标准；并创新引入人工湿地技术，排水达到地表水IV类标准，实现与自然的完美协调。

图 4-5 TCL 华星人工湿地现场



3. 废气减排

随着我国城市化、工业化进程不断加快，能源消耗迅速增加，大气污染日益严重。TCL 华星本着对自然和人类健康负责的原则，开展系列工作进一步完善废气处理措施，用实际行动建设天蓝、地绿、水清的美丽中国。

针对不同类型的废气，各子公司建设了相应的废气处理系统，如剥离废气处理系统、酸性废气处理系统、碱性废气处理系统、有机废气处理系统、废水处理站废气处理系统等，废气通过管道收集到相应的废气处理系统处理达标后高空排放。废气排放浓度及总量均满足国家及运营所在地相关标准要求。

4. 自行检测方案

TCL 华星依据国家法规要求制定了环境自行监测方案，通过自动监测或委托第三方资质机构执行的手工监测对污染物的排放进行监测，相关监测方案和年度监测报告可在当地环境主管部门发布的重点监控企业环境信息平台或子公司网站查询。

武汉华星光电废水分为在线监测和委托检测，在线监测采取两级在线监控仪表实时监控，一级用于公司内部监控，一级用于公司外部监控，外部监控数据实时上传至武汉市污染源在线监控平台；委托检测为每季度委托第三方进行检测。2020 年，武汉华星光电技术有限公司接受 2 次环保主管部门安排的监督监测，污染物全部达标排放，没有出现超标现象，所有污染物排放浓度均远低于允许标准。

TCL 华星按政府要求，安装在线监测装置，使排污数据上传到区级和市级的监测平台，接受政府实时监控。在线监测仪表通过了政府的现场比对检查，并按照规定完成了安装验收。公司内部自主开发智能数据平台，与中央控制室在线监测系统联网，自行监测污染物排放数据并实时上传，对超内控数据进行超规邮件提醒，对污染物排放进行前置预警。

1.1.4 水资源管理

TCL 华星积极响应当地环保要求，在基地内建设废水处理站，各类废水通过分类收集和处置，采用业内先进技术处置后，均达远低于国家排放标准的内控标准。深圳华星还创新性地引入人工湿地技术，使排水达到地表水IV类标准，实现生产与自然的完美协调。

同时，TCL 华星持续开展常态化的节水行动，并不断探索水资源循环利用方式。苏州华星通过 CRO 浓缩水回用、Reclaim 水回用、中水回用、空调加湿排水回用项目进行用水节俭。2021 年，TCL 华星废水 COD 和氨氮排放均低于国家和地方标准。

(1) 纯水回收系统减少资源浪费

TCL 华星液晶面板显示器件生产工艺中，为保障产品品质，需使用大量纯水进行清洗，纯水制备需消耗大量自来水，同时产生大量的废水排放。公司根据可回收废水性质，建设了纯水回收系统，对用于生产清洗后的纯水进行回收利用。

2021 年，公司新增 t7 纯水回收系统，实际每日回收水量 25,761 立方米，纯水回收率可达 75%以上。目前通过 t1、t2、t6、t7 纯水回收系统每年可回收纯水共计约 3,460 万立方米，节约自来水费约 1.72 亿元。进一步提高了公司水资源利用率、减少水资源浪费和降低企业运营成本，使公司向实现更为绿色的生产制造目标迈进新的一步。

图 4-6 TCL 华星纯水回收系统



1.2 绿色发展

为助力我国“双碳”战略，TCL 华星始终坚持绿色发展，聚焦绿色产品、积极布局绿色产业。TCL 华星积极开发绿色产品，推动实现产品全生命周期绿色管理。

1.2.1 绿色产品

TCL 华星聚焦绿色产品，不断通过技术创新提高产品能效，减少产品在生产与使用的过程中对环境造成的不良影响，为客户提供更环保的产品，坚持通过产品向用户传递可持续发展理念。

TCL 华星推出一款 23.8 英寸的 FHD 显示器，产品通过大开口率和加大玻璃基板间隙等技术手段，实现 5.6%高穿透率。2020 年，产品通过了美国能源部和美国环保署能源之星 ES8.0 认证。

图 4-7 TCL 华星 23.8 英寸 FHD 显示器



同时，TCL 华星高度重视产品有害物质管理，并基于有害物质管理体系标准 QC08000 及客户相关要求，建立有害物质管理体系。参考全球有害物质管控法规及客户要求，企业

根据自身产品的实际情况建立有害物质管控清单，清单中包括限用物质、需要申报物质和未来自用物质，用于指导产品设计阶段对物料的选择及对供应商的要求。

同时，TCL 华星要求所有物料需要进行化学成分确认及自我声明，符合标准的物料方可用于量产产品，并定期对成品进行抽测确认。

1.2.2 绿色技术

(1) WQHD LTPO

为降低屏幕功耗，TCL 华星 t4 产线在节能技术上同时进行 LTPO、无偏光片、微棱镜等多项技术的开发，未来这些技术整合在一起，将使屏幕的功耗下降 30%以上。

LTPO 技术作为一种低功耗的显示技术被业界广泛关注，它是 TFT 背板上 LTPS 与 Oxide 结合的技术，它既有 LTPS 高迁移率的优势，又有 IGZO 低漏电流的特点，区别于当前 LTPS 的 OLED 显示面板，多加的一层氧化物半导体层可以有效降低面板驱动频率，从而降低屏幕显示时的功耗，可降低屏体功耗约 5~15%。此外，LTPO 还支持可变的屏幕刷新率也极大地满足了用户对电子设备的期待。

1) 超宽频率

TCL 华星 LTPO 技术最低刷新率可低至 1Hz，超低刷新率会带来超低的功耗，刷新率自适应，高刷更流畅，视觉效果大幅度提升的同时还能降功耗。TCL 华星 LTPO 屏可实现 1~144Hz 超宽频率范围切换，可切换的频点更多，加强场景细分优化，例如在微信界面，快速滑动浏览是 144Hz，发送语音时屏幕没有大幅度变化，会降至 30Hz，而快速打字时又会调到 60Hz，实现刷新率精细化管理，让每一分功耗都被利用的更加彻底。

2) 变频直切

除了自适应刷新率之外，还有变频直切技术+WQ LTPO+MLP（微棱镜聚光技术）低功耗组合技术。对比最初的 LTPO 技术，使用了 TCL 华星变频直切技术之后，设备频率切换（例如，120Hz~10Hz 切换 / 120Hz~1Hz 切换）会更快速、更流畅，可及时根据画面显示内容匹配合适的刷新率，达到节省功耗的作用。

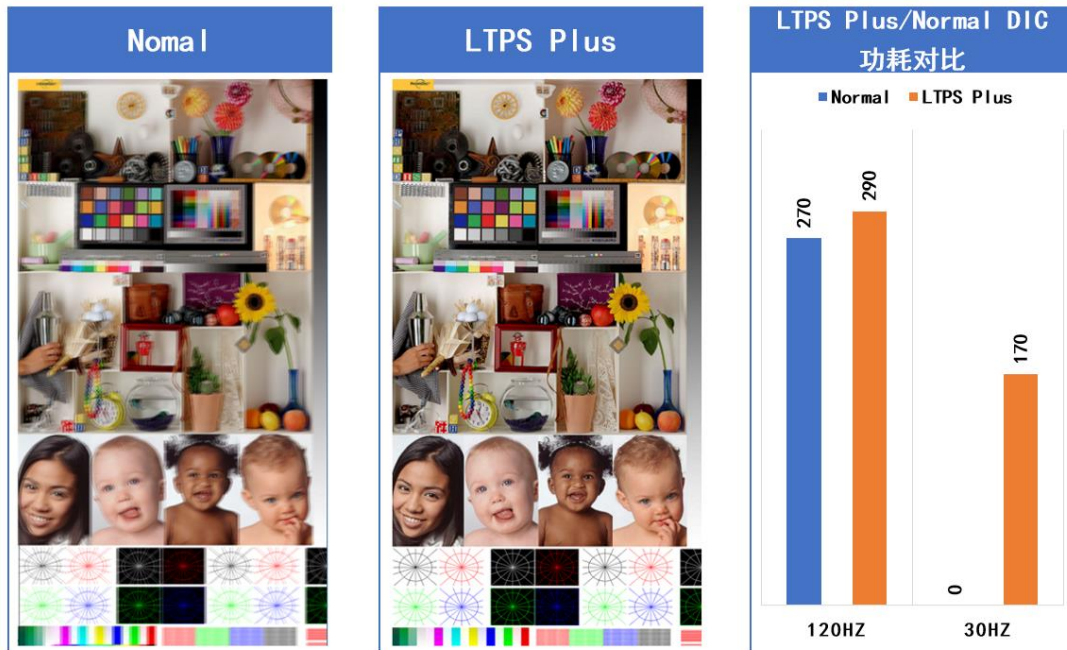
3) 超低功耗

TCL 华星自主研发的 WQ LTPO+MLP 低功耗组合技术已完成技术开发，预计 1Hz 低频下功耗可降低 20%以上。目前，TCL 华星 FHD&WQ LTPO 技术已准备就位，未来，武汉 t4 项目生产线将具备 LTPO 产能。

(2) 低频 LTPS (LTPS Plus)

TCL 华星研发紧跟市场需求，早早布局并致力于低频低功耗显示技术的研发，LTPO 低频显示技术是目前的主流技术路线，而低频 LTPS (LTPS Plus) 则另辟蹊径在常规 LTPS 的基础上通过设计，驱动及工艺优化，使得 LTPS 显示屏可实现低于 30Hz 刷新率、低闪烁、低功耗的显示效果。LTPS Plus 技术的导入，使得在不增加显示屏成本的情况下实现宽频显示，并具备低刷新率带来的低功耗性能。TCL 华星 LTPS Plus 技术的特点主要在于四“低”：低频率、低闪烁、低功耗、低成本。

图 4-8 TCL 华星 LTPS Plus/Normal DIC 功耗对比



(3) 宽频节能&刷新率切换

TCL 华星研发对于宽频低功耗技术的布局由来已久，早在 2019 年 TCL 华星就已经在首届世界显示大会上推出过一款能借助动态帧频技术实现 30-120Hz 动态帧率切换的手机面板，如今 TCL 华星宽频技术已经可以实现 FHD 10~480Hz 的超宽频率范围，对于不同的应用场景适时调节不同频率，切换更快速更流畅，以达到最佳性能释放与极致功耗之间的平衡。除此之外，为满足多场景的不同需求，TCL 华星还同步开发了分辨率切换技术。目前可以实现 UHD 120Hz~FHD 240Hz 的自由切换，既能实现游戏场景酣畅淋漓的体验又能兼顾办公场景的细腻显示，同时极大降低了系统功耗，让续航不再焦虑。

(4) LTPS 超低功耗笔电

为进一步降低面板功耗，延长笔记本续航时间，TCL 华星一直致力于 LTPS 低功耗技术的精进。该技术通过 LTPS-LCD 技术在保证画质、亮度以及分辨率的使用体验下，大幅度降低了面板的显示功耗。TCL 华星可以实现 <1w 的超低面板功耗，领先于与 Intel 最新提出的 LPDT4.0 (Low Power Display Technology) 标准 43%，彰显了行业领先水准。

(5) 环境光集成

TCL 华星基于 LTPS-TFT 技术将环境光和色温传感器集成在电子设备屏内，能够实现外界环境光照度和色温的实时监测，同时可以根据环境亮度自适应调节屏幕亮度，不仅可以带来更舒适的视觉体验，而且可以进一步降低产品功耗。TCL 华星最新研制的屏内环境光 LTPS-LCD 也在今年的国际信息显示学会年度显示周 (SID2022) 上高调亮相，可实现 0-100K lux 侦测范围以及 1-10 lux 范围内 0.5 lux/step 的侦测精度，同时能识别 3500K~6500K 色温范围和 250K 侦测精度。

1.3 绿色产业链

TCL 华星不仅严格履行环保责任，力求将环保理念贯彻于产业链的各关键环节。通过

在采购、物流、仓储、包装等各个环节不断创新优化，降低制造过程中的污染与浪费，更好地履行社会责任。同时，公司积极探索实践供应链绿色金融，力求在全链条践行绿色可持续发展。

1.3.1 绿色采购

为践行绿色采购，TCL 华星积极开展供应商环境管理。企业针对绿色采购出台了《绿色采购管理程序》，明确订定企业产品有害物质及供货商应共同配合事项，以资共同促进遵守法令，善尽企业保护地球环境以及减轻对生态系统影响之责任。

在供应商现场体系认证中，TCL 华星 CSR 稽核管理体系中明确将供应商是否提供年度节能减排项目及其成果报告、是否开展温室气体盘查、是否推行 ISO50001 能源管理体系等因素纳入考量。

在供应商管理过程中，公司制定《供应商企业社会责任声明》和《供应商体系认证（考察）作业指导书》，对生产类供应商在环境管理方面的相应流程提出明确要求。在进行供应商引入或绩效评价时，若由供应商因为环境方面的不合格，供应链中心会与供应商高层核实共识该现象，并对相关人员开展辅导。

1.3.2 绿色物流与仓储

在物流方面，TCL 华星不断提升物流绿色化、清洁化。惠州华星全厂运输搬运叉车无柴油叉车，统一采用电叉车，有效减少了场内运输环节的尾气排放和能源消耗，降低对环境的影响。

为保障仓储环节的绿色安全，TCL 华星在危险化学品仓库设防泄露沟，并连通至事故应急池，确保化学品泄露时，不造成环境的污染。

1.4 绿色文化

1.4.1 绿色办公

TCL 华星高度重视运营过程中的环境影响，积极响应国家节能减排号召，在公司内部推行绿色办公理念，从能源、碳排放和资源使用多方面进行把控。同时，在公司内部逐步完善环境管理体系，营造良好绿色办公氛围。2021 年，TCL 华星获深圳市绿色低碳十佳企业、可持续发展大奖。

图 4-9 TCL 华星 2021 年深圳可持续发展大奖奖杯



1.4.2 提升环保意识

2021年，TCL华星持续提升员工环保意识及环保专业能力，通过开展各类环保知识培训、经验分享、主题活动，提升全员环保意识以及环保专职队伍专业能力。

(1) 全员推动“节能减碳”。

2021年12月2日，TCL华星发起面向全体员工的《全员推动“节能减碳”和保持艰苦奋斗精神的倡议》，旨在呼吁全体员工践行绿色办公理念，贯彻“极致效率成本”工作要求，保持艰苦奋斗精神，在公司上下营造全员节能降碳的浓厚氛围，一起助力环保，共建绿色家园。

图 4-10 TCL 华星《全员推动“节能减碳”和保持艰苦奋斗精神的倡议》



(2) 六五环境日--“人人行环保 华星更美好”。

2021年六五世界环境日TCL华星开展了环保警示教育&互动体验活动。活动以“人人行环保 华星更美好”为主题，以环保警示教育片展播、垃圾分类游戏互动、资源回收利用展示、污水净化实例讲解等形式开展。通过组织各排污单位进行环保警示教育，切实以案为鉴，深刻教训，认真对标检查，开展“以案促改”工作。此外，通过资源化利用展示、污水净化实例讲解以及员工垃圾分类等互动活动，寓教于乐，进一步倡导员工从身边点滴践行低碳。

图 4-11 TCL 华星环保警示教育&互动体验活动现场



(3) 助力“双碳”战略，打造全员低碳意识

2021年8月深圳华星以“节能降耗 从我做起 绿色发展 循环经济”为主题组织开展低碳节能宣传月活动，从宣传推广、节能 idea 挖掘、节能意识强化、节能优秀表彰等维度开展宣传活动的子项共计 12 项，全面提高各单位节能践行响应度和积极性，进一步提升公司全员绿色低碳环保意识。同时，公司还借助星途学堂线上培训平台开展“碳达峰-碳中和专题科普”全员培训，全面提升公司员工环保重视度及低碳环保意识。

2. 企业参与碳减排驱动因素

2.1 政策层面

我国是全球最大的碳排放国，我国碳排放量从建国初 7858 万吨到 2020 年已达到 102.51 亿吨。为了减少碳排放量，从“十一五”期间就开始节能减排，并逐渐取得成效，2020 年 9 月份的第七十五届联合国大会一般性辩论上，我国首次提出要在 2030 年实现碳达峰，2060 年实现碳中和的目标与承诺并在随后再多次重大工作会议和对外问答过程中提到碳中和与碳达峰目标。对此全国各省市也陆续提出了发展目标。

2020 年我国宣布“双碳”目标以来，目前各省市碳达峰中和规划基本已经制定完成。为了有效推动“双碳”工作进展，围绕碳减排的奖励、补贴政策也陆续出台。这也是对碳达峰碳中和“1+N”政策体系中的“1”《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中“各级财政要加大对绿色低碳产业发展、技术研发等的支持力度。完善政府绿色采购标准，加大绿色低碳产品采购力度。落实环境保护、节能节水、新能源和清洁能源车船税收优惠，研究碳减排相关税收政策，建立健全促进可再生能源规模化发

展的价格机制”的落地实施。从奖励、补贴对象来看，目前基本以企业为受益主体。

表 4-2 2020-2021 年我国陆续出台碳中和相关政策

时间	颁布部门/地区	政策/文件名称	主要内容
2020 年 3 月	中共中央办公厅、国务院办公厅	《关于构建现代环境治理体系的指导意见》	到 2025 年，形成导向清晰、决策科学、执行有力、激励有效、多元参与、良性互动的环境治理体系。
2020 年 4 月	国家能源局	《关于做好可再生能源发展“十四五”规划编制工作有关事项的通知》	为推动“十四五”期间可再生能源成为能源消费增量主体，实现 2030 年非化石能源消费占比 20%的战略目标奠定坚实基础。
2020 年 9 月	广东省发改委	《广东省培育新能源战略性新兴产业集群行动计划(2021—2025 年)》	到 2025 年，全省非化石能源消费约占全省能源消费总量的 30%。
2020 年 10 月	国务院	《新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年)》	到 2025 年，我国新能源汽车市场竞争力明显增强，动力电池、驱动电机、车用操作系统等关键技术取得重大突破，安全水平全面提升。
2020 年 10 月	工信部	《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》	纯电动乘用车新车平均电耗降至 12.0 千瓦时/百公里，新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的 20%左右，高度自动驾驶汽车实现限定区域和特定场景商业化应用，充换电服务便利性显著提高。以 2025 年、2030 年和 2035 年作为关键节点，设立了产业总体发展里程碑，预计到 2035 年，中国新能源汽车占汽车总销量的 50%以上，氢燃料电池汽车保有量达到 100 万辆左右，混动新车占传统能源乘用车约 100%。
2020 年 12 月	国务院	《新时代的中国能源发展》	明确了全面推进能源消费方式变革和建设多元清洁的能源供应体系，要求在能源消费方面实行能耗双控制度、提升能效水平和终端用能清洁化；在能源供应体系方面优先发展非化石能源和加强能源储运调峰体系建设等。
2020 年 12 月	山西省工业和信息化厅	《山西省风电装备制造业发展三年行动计划(2020-2022 年)》	到 2022 年度，省内制造的风电整机装机总量达到 600 万千瓦，实现翻一番的目标，带动省内发电机、法兰、制动器等配套零部件生产企业发展，拉动产值 100 亿元以上。
2020 年 12 月	山西省工业和信息化厅	《山西省光伏制造业发展三年行动计划(2020-2022 年)》	力争到 2022 年，光伏制造业营业收入达到 130 亿元。
2021 年 1 月	生态环境部	《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》	到 2030 年前，应对气候变化与生态环境保护相关工作整体合力充分发挥，生态环境治理体系和治理能力稳步提升，为实现二氧化碳排放达峰目标与碳中和愿

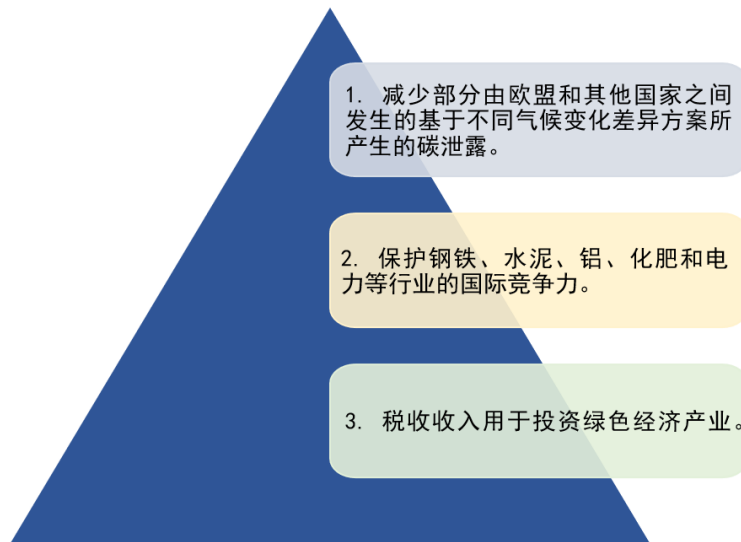
			景提供支撑，助力美丽中国建设。
2021年 1月	发展改革委员会	《西部地区鼓励类产业目录 (2020年本)》	陕西省、甘肃省等太阳能发电厂建设运营企业减按15%税率征收企业所得税。
2021年 1月	江苏省能源局	《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划》	明确充分发挥太阳能资源，到2025年底，全省光伏发电装机达到2600万千瓦，其中，分布式与集中式光伏发电装机分别达到12GW、14GW。
2021年 2月	国务院	《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	到2025年，产业结构、能源结构、运输结构明显优化，绿色产业比重显著提升，主要污染物排放总量持续减少，碳排放强度明显降低，生态环境持续改善，市场导向的绿色技术创新体系更加完善，法律法规政策体系更加有效，绿色低碳循环发展的生产体系、流通体系、消费体系初步形成。
2021年 2月	国家能源局	《关于引导加大金融支持力度促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》	对于可再生能源企业，通过九大措施加大金融支持力度，促进风电和光伏发电行业健康有序发展。
2021年 2月	发展改革委员会	《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》	提出通过优化整合电源侧、电网侧、负荷侧资源，提出外送输电通道可再生能源电量比例原则上不低于50%。
2021年 3月	全国人大、政协	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	十四五期间，单位国内生产总值二氧化碳排放降低18%的目标，落实2030年应对气候变化国家自主贡献目标，锚定努力争取2060年前实现碳中和。
2021年 4月	国家能源局	《2021年能源工作指导意见》	风电、光伏发电量占全社会用电量的比重达到11%左右，风电和光伏发电量的占比提升还将进一步加速。
2021年 5月	国家能源局	《国家能源局关于2021年风电、光伏发电开发建设有关事项的通知》	2030年非化石能源占一次能源消费比重达到25%左右、风电太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上等任务;2021年，全国风电、光伏发电发电量占全社会用电量的比重达到11%左右，后续逐年提高，确保2025年非化石能源消费占一次能源消费的比重达到20%左右。
2021年 6月	浙江省能源局	《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》	大力发展风电、光伏，实施风光倍增计划，更好发挥以抽水蓄能为主的水电调节作用，到2025年底，可再生能源装机超过5000万千瓦，装机占比达到36%以上。
2021年 7月	国家能源局	《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	到2025年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变，装机规模达3000万千瓦以上。

2.2 欧盟关税（碳边境税）

2021年10月31日至11月12日，《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方会议(COP26)在英国格拉斯哥举行。COP26会议是《巴黎协定》各签署方讨论更新的国家自主贡献方案的最早机会，也是各国解决遗留问题、建立气候合作机制的“最后一次最佳机会”，可以成为全球应对气候变化的转折点。COP26会议期间，在各方仍未达成一致合作意见的情况下，将可能面临各国通过制裁、竞争与对抗手段解决气候问题的局面，进一步加剧国际政治与经济冲突升级的风险，其中之一便是“碳边境税”。

碳边境税是一种与碳市场、碳税等内部碳定价机制互补的、旨在将进口商品所包含的碳排放导致的负外部性内部化，并体现在商品价格上的关税手段。目前，全球范围内仅欧盟提出的CBAM(碳边境调节机制)较为确定，其他发达国家的碳边境税政策还处在早期讨论阶段。

图 4-13 欧盟推出碳边境税的原因分析



2021年5月10日，欧洲议会投票通过了支持设立“碳边界调整机制”的决议，这意味着从2023年起将对欧盟进口的部分商品征收碳关税。波士顿咨询公司发布报告《欧盟碳关税如何颠覆世界贸易》指出，欧盟碳关税将影响出口欧盟企业的竞争优势，改变多个行业的市场竞争格局。与此同时，包括我国，日韩、美国、欧盟，甚至印度都制定了自己的“碳达峰、碳中和”目标。“围绕碳经济”的新竞争规则正在形成。尤其是2021年下半年，我国碳排放权交易所将正式运营，更意味着一个新的“环保即低成本”的时代已经来临。

2.2.1 碳边境税对中国的影响

受此影响最大的是向建立碳边境税的国家大量出口碳密集型产品的国家。整体而言，中国出口产品碳强度较高，出口依存度较高。欧盟长期是中国最大贸易伙伴，仅在2020年受英国脱欧及疫情等因素影响被东盟超越。中国出口贸易对发达国家市场较为依赖，现状决定了碳边境税将对出口贸易造成一定冲击，使相关产业的生产、就业及福利受到影响。

从产业来看，“能源密集及大量贸易型”产业受碳边境税冲击将最严重。当前欧盟委员

会提案表明，欧盟 CBAM 在初期将纳入电力、钢铁、铝、水泥和肥料五个行业。对中国而言，由于中国与欧盟之间不存在电力贸易，而肥料和水泥出口规模很小，主要受影响的将是钢铁及铝行业的相关企业，出口至欧盟的部分将面临成本增加与竞争力下降等挑战。中国铝排放主要来自电力带来的间接排放，欧盟 CBAM 机制若在后期纳入间接排放，将大幅增加中国铝及铝制品出口至欧盟的成本。同时也应注意到欧盟碳市场还覆盖造纸、化工、炼油等其他行业，而欧委会提案并非定稿，欧盟正式确定 CBAM 还将经过数月甚至几年的审议过程，未来的定稿也有可能将这部分行业纳入。

另一方面，欧盟 CBAM 也将对中国总体出口形势产生影响。虽然中国钢铝及其制品对欧盟的直接出口规模不高，但机电产品出口规模比重高，其处在钢铁及铝行业下游。欧盟 CBAM 即使仅涵盖钢铁及铝行业的直接出口，其导致的钢铁及铝成本上升也将对中国相关产业链造成间接影响。中国机电出口包含了大量钢铁及铝的间接出口，如果未来欧盟将 CBAM 涵盖范围延伸至下游，对中国出口产生的影响将发生根本性变化。

据欧盟估算，“碳边界调节机制”的实施将带来每年 50 亿-140 亿欧元的收入。而且，碳税收显然不是“平等”的，主要向工业化层次较低、原材料产业产出比例较高、生态技术较为落后、制造业产业链处于中低端，以及相应行业内技术水平中下等的企业更多的倾斜：即越是落后的技术、产能、项目、产品，越是更多受到碳税的冲击。显示行业中，所谓相对落后的技术形态基本属于“液晶”产品。碳税、低碳概念，可能成为国别之间“产业链调剂和保护”的武器。

2.2.2 发展建议

(1) 提高国内减排力度，减少出口依赖。

由于本质上，碳边境税是对同质化产品生产过程中的排碳量之差进行收费，因此长期来看，减少碳边境税带来的风险需要从根本上推动低碳转型，降低国内生产商品的碳排放。当前，中国“双碳”目标已经确定，已经或将出台一系列配套政策促进在 2030 年前实现尽早达峰、尽低削峰。一方面，建议加强各级政府应对气候变化的意识与能力建设，加快各类减排政策的出台与执行，发挥政府的指导作用；另一方面，要大力推进节能减排理念普及，鼓励企业探索内部碳定价制度，在生产、投资、经营等活动中将碳价纳入考量，提前为未来更高排放约束力度带来的高碳价做准备，从而减少碳边境税带来的冲击。

此外，中国也可从推动经济与出口结构转型入手，加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，减少对出口的依赖，并通过减少高碳排放强度、低附加值、易受碳边境税冲击的商品对相关经济体的出口，以降低碳边境税对经济的冲击。

(2) 推动 WTO 框架下的国际谈判。

通过在 WTO(世界贸易组织)框架内谈判以阐明我方观点、提出对碳边境税的各项质疑并推动否决或促进推出各方意见达成一致的碳边境税政策是短期内重要的应对手段。建议利用现有国际贸易法律法规中的有利条款维护自身利益，对不合理的碳边境税予以回击，同时要积极参与未来国际贸易体系演变进程，争夺规则制定权和话语权。另外，在应对不同国家提出的碳边境税制度时应有不同侧重点，例如欧盟有欧盟碳市场统一的碳定价，对

欧盟碳边境税的驳斥可从非歧视原则入手，对其豁免对象提出质疑，同时欧盟碳市场对钢铁等行业完全实行免费分配，向相关行业的进口商品征税将导致“双重保护”，也应重点质疑。美国没有联邦层面的碳定价机制，因此美国提出的碳边境税方案还将违反 GATT(关税及贸易总协定)第 3 条中的国民待遇原则规定。

(3) 更好履行碳定价机制促进减排职能。

中国碳排放强度虽然不断下降，但市场机制在这一过程中所起作用较为有限，未来可能不利于中国应对碳边境税。欧盟碳边境证(CBAM Certificates)价格将由专门的 CBAM 管理机构决定，这一价格将与欧盟碳市场碳价较为接近。目前，中国碳市场价格远低于欧盟碳市场，且仅覆盖火电行业，即使欧盟允许以国内碳价抵扣碳边境证价格，也无法有效缓解受影响企业面临的压力。通过行政管控、新能源补贴和标准设置等其他手段，即使可以实现与碳定价机制实际效果类似的减排，但由于很难折算至碳价，也可能无法得到欧盟的豁免，将使谈判进程复杂化。建议中国稳步推进全国碳市场建设，探索纳入有偿分配与配额总量控制等制度，逐步纳入钢铁与铝等更多碳排放较密集的行业，同时探索碳税或类似机制作为补充，促进形成合理碳价，更多依靠市场机制实现减排，并争取掌握全球碳定价权。

聚焦面板行业，2020 年面板出口额有所回升，为 248.13 亿美元，同比增长 1.51%。2021 年 1-10 月面板行业出口总额 237.20 亿美元，实现贸易顺差 54.05 亿美元。因此，面板行业未来可能也要将“碳关税”纳入考虑，产业需提早做出应对准备。

2.3 消费者关注环境投入高产品

中国进入新消费时代，加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。经济发展进一步促进了消费者收入提升和需求转变，当前居民已经不满足于单纯的物质消费，更需要低碳、绿色等能满足美好生活需求的消费。

就消费者对环境问题看法的问卷调查发现，超过 50%的受访者意识到环境问题是切身问题并且已对日常生活造成越来越大的影响。因此大部分消费者希望能够参与保护环境，尤其是 20-35 岁的新世代群体和上班族表示意愿购买更加环保的产品和服务，如可重复使用的包装和由可生物降解原材料制成的产品。此外，消费者的观点也已从减少消费后影响转向购买从原料来源、生产流程、包装、运输到消费后废弃物管理等整个过程中符合环境标准的制造商/销售商的产品和服务。

消费者认为绿色环保产品和服务的价格高于普通产品是因为企业在开发产品和生产初期改进生产流程方面增加成本，但未来所有企业必须适应生物经济、循环经济和绿色经济 (BCG) 的市场趋势，环保产品与普通产品的价格差异将缩小。因此从长远来看，企业应能管理其经营成本。

虽然消费者愿意支付高于普通产品的价格，但在实际定价时经营商还必须考虑其他非成本因素，包括扩大市场策略、市场竞争和客户基础的消费行为等，加上新冠肺炎疫情影响导致购买力仍然疲弱，消费者在此期间谨慎消费，因此主要目标客户应为仍具有购买力并且平时购买的产品价格与环保产品价格相近。另外，在此期间经营商或许需考虑采取额外的市场营销策略如促销措施和激励消费者转向购买环保产品和服务等的活动。

根据相关调查结果显示，除价格因素外，超过 88%的受访者认为激励措施和促销措施对购买决定的影响最大，如可将购买环保产品和服务的费用用于减少缴纳个人所得税。此外，调查结果显示，减少对环境影响的效果可追溯和获得环保标准的制造商的信誉对消费者购买决定的影响程度分别为 83%和 64%。

随着国家层面的生物经济、循环经济和绿色经济（BCG）的促进政策、温室气体减排措施、清洁能源发展、以及越来越多的消费者意愿参与减少环境问题，促使企业必须自我调整以满足环保需求。对消费者看法的调查结果显示，对环境友好且价格与普通产品相差不大的快速消费品（MFCG）、食品、饮料和电器等是消费者愿意购买的首选环保产品，消费者对绿色智能家电的升级消费需求旺盛，家电绿色消费趋势十分明显。

虽然企业在初始阶段将为符合环保标准而在调整过程中产生额外成本，但在调整完毕后的阶段，企业可利用绿色环保作为卖点来吸引有环保意识的消费者并在市场竞争激烈的情况下创造优势。不过，从长期来看，所有企业将必须转向代替环保水平较低产品的新常态环保产品。另外，环保产品还将带来扩大出口市场的商机，主要由于该类产品可满足世界主要经济体在注重环境可持续性方面的需求。

在“碳中和”大趋势的影响下，消费市场正在持续升级，绿色消费产品将越来越受到消费者的青睐，绿色环保成为除价格，性能之外，消费者选择产品的新标准。“低碳经济、绿色环保、循环利用”将成为新的消费趋势。从社会视角来看，企业可以通过履行碳中和企业社会责任来在社会中树立自己的品牌形象，获得消费者的青睐。



5. 中国半导体显示产业实施碳减排方案

我国实现碳中和目标的总体思路：坚持四个统筹，以中国能源互联网为基础平台，大力实施“两个替代”，加快形成以清洁能源为基础的经济产业体系和绿色生产生活方式，实现“双主导”、“双脱钩”的新格局，推动以“尽早达峰、快速减排、全面中和”三个阶段部署实现碳中和，促进能源经济社会环境协调发展。

五、中国半导体显示产业实施碳减排方案

1. 实施碳减排相关政策及措施

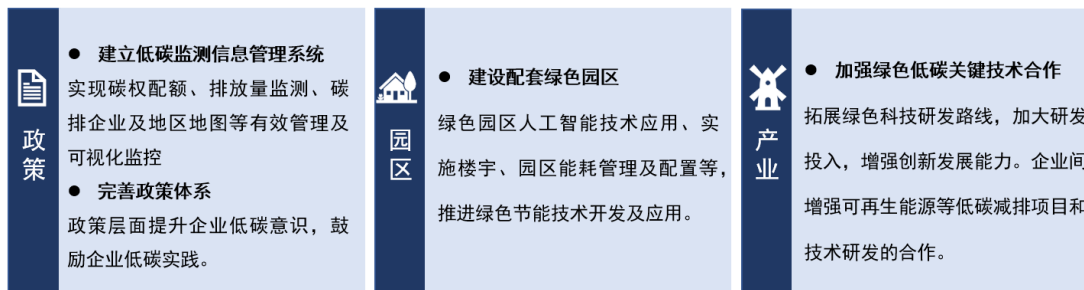
我国实现碳中和目标的总体思路：坚持四个统筹，以中国能源互联网为基础平台，大力实施“两个替代”（能源开发实施清洁替代、能源使用实施电能替代），加快形成以清洁能源为基础的经济产业体系和绿色生产生活方式，实现“双主导”、“双脱钩”的新格局，即能源生产清洁主导、能源使用电能主导、能源发展与碳脱钩、经济发展与碳排放脱钩，推动以“尽早达峰、快速减排、全面中和”三个阶段部署实现碳中和，促进能源经济社会环境协调发展。

图 5-1 我国实现碳中和目标的基本原则



我国是全球最大的显示面板生产基地，半导体显示产业是实现碳达峰、碳中和尤为关键的一环。“双碳”目标和基本原则要求半导体显示全领域从政策上要建立低碳信息管理系统，鼓励企业低碳实践；建设配套的绿色园区，推进绿色节能技术开发及应用；企业间要增强可再生能源等低碳减排项目和技术研发的合作等。显示面板企业大力要推进低碳技术全流程应用，构建全生命周期的绿色低碳管理，形成供应端、物流端、数据端、消费端的低碳闭环。这就需要面板产业全价值链共同行动。

图 5-2 半导体显示产业碳中和减排路径



措施一：持续大力推进低碳技术全流程应用。

半导体显示产业应大力推进低碳技术全流程应用，构建从材料采购、制造、运输，到销售、消费、物流，最后到回收再利用的全生命周期的绿色低碳管理，形成供应端、物流

端、数据端、消费端的低碳闭环。

措施二：建设和推广绿色产线和园区。

产线和园区是面板厂减碳的重要载体。产线合理布局、材料和工艺流程改良、绿色园区建设都是助力碳中和的重要举措。打造绿色建筑、绿色园区成为面板巨头减少碳排放的重要选项。显示产业要进行绿色化升级改造，包括绿色工厂、绿色园区、绿色供应链建设，以及绿色制造标准化体系。并且引导企业加快智能化改造，扩大数字化车间和智能工厂总量。此外，还要积极引导企业上云实现数字化、网络化、智能化转型，加快促进显示制造业绿色低碳转型，落实并推广绿色园区、绿色办公、绿色出行、绿色生活“四绿”相关举措。

措施三：另辟清洁发展之路。

显示面板工厂具有规模大、体量大、能耗大显著特点，应结合“光储直柔”发展趋势，打造发电玻璃、储能电池等创能材料集成系统，推动工厂由高碳向低碳、零碳甚至负碳转变。近年来，面板厂在持续开展节能减排、实现“碳中和”的同时，还纷纷主动调整能源结构，大力发展清洁可再生能源，开拓清洁发展道路。

措施四：建立并完善碳排放管理体系。

建立能源环境信息平台，提高可视化数字化管理水平，促进企业提升碳排放管理能力；强化责任落实，制定利益相关方低碳减排要求，组织开展碳达峰目标任务评估。从供给侧提高清洁能源应用比例，同时提升原辅材料低碳化水平。从工艺侧提升含氟温室气体利用效率，挖掘减量及替代技术；加强电力需求侧管理，提升电气化管理水平。

“十四五”提出到 2025 年，单位产值能源消耗较 2020 年降低 13.5%、单位产值碳排放较 2020 年降低 18%以及大宗固废综合利用体系基本建成等具体目标，扎实做好减碳步骤。遵循“减量化、再利用、资源化”等原则，将粗放型、高碳排放型企业转型升级为精细型、低碳排放型，坚定不移推动企业高质量发展。所以企业作为主体，主动承担碳中和社会责任是向高质量转型的契机。

(1) 自身实现碳中和。

企业应实时监测、报告、盘查企业温室气体排放情况、碳相关资金计量；确定企业净零目标应涵盖的排放范围，科学制定目标；根据企业情况选择减排、中和、补偿措施，验证措施可行性，制定具体时间框架与路线；设立内部碳管理体系、设立考核制度；进行碳达峰、碳中和规划宣传，发布碳宣言；对碳信息进行阶段性监测、报告、核算、披露，形成体系。

(2) 以其技术赋能社会实现碳中和。

高新技术企业通过现有技术及依靠强研发、创新能力开发的新技术赋能社会实现碳中和。对于有引领能力的实体经济企业，应加强运用低碳节能技术改造技术，输出领先节能技术改造框架，完善国家节能改造目录；推动场景中未成熟技术（负碳）、模式等的研发与市场化应用。对于新兴技术企业，则需推动新兴技术与绿色低碳产业的融合，将强研发能力融入绿色低碳产业，开发新技术、产品；探索在碳排放密集场景的融合，推动新兴技术在高耗能环节的应用，披露技术节能量。

(3) 发声与披露，影响区域、行业、民众端。

以企业“双碳”行为影响供应链上下游的企业、生态合作伙伴、行业联盟内企业，带动行业形成“双碳”意识，重视二氧化碳减排行为；影响企业所在地区“双碳”事业的发展，推动地区“双碳”政策体系的搭建、推动地区绿色低碳产业链的构建。以企业的影响力、产品及服务的渗透能力，影响民众。

(4) 加强在国际上发声，积极参与国际标准制定。

国际层面，在 ISO 标准制定委员会的 160 多个成员国中，少数发达国家制定的国际标准占据标准总数的 95%，而中国作为 ISO 六个常任理事国之一，制定的标准数量却仅占总数的 0.7%，中国提交 ISO、IEC 并正式发布的国际标准占比仅为 1.58%。对于国际温室气体管理标准，掌握标准制定权，才能掌握领域的指导权。在发展业务的同时积极施行减排举措，建立社会影响力。积极参与碳披露工作，加入如 RE100、EP100、EV100 等组织倡议。向世界传达中国企业承担的碳减排责任与构建人类命运共同体的企业级理解。契合当地减排法律法规，按地方要求规划“双碳”工作。

面对“双碳”目标下未来的挑战和机遇，半导体显示骨干企业对于未来的减碳规划已然出炉。

伴随着物联网转型和清洁能源发展，京东方未来将持续深耕低碳综合能源领域，围绕自主研发的能源物联网平台，提供多能供应、能效管理、能源建设、智能运维、低碳服务等细分解决方案，助力全社会建立清洁高效的能源体系。

TCL 华星已于 2021 年率先发布《TCL 华星碳达峰-碳中和规划》，通过实行碳吸收、减量替换、能源替代、提质增效、节能降污等措施，规划 5 年时间内打造与环境、社区和谐发展的美丽华星，并将动员全价值链伙伴共同参与，通过强化节能、低碳管理、循环经济，践行企业社会责任，参与碳中和行动等倡议。未来，TCL 华星将进一步完善绿色采购机制，推动上下游合作伙伴共同行动，促进产业链发展与碳中和路径拓展的深度融合。

维信诺未来将会以合肥 G6 全柔 AMOLED 生产线为样板，对多条产线推进“碳中和”措施，除了减少能耗外，还将进一步减排废气、废液。

2. 新兴技术工艺的开发及优化

近年来，半导体显示企业不断通过技术创新提高产品能效，减少产品在生产与使用过程中对环境的不良影响，以科技创新引领产业绿色化、低碳化、生态化、智能化发展。产品研发过程中增加可回收、可降解等技术的应用，推动源头减排；应用低碳技术，提升产品能效水平；建立产品使用过程间接温室气体排放标准，降低产品使用端碳排放；建立产品全生命周期碳足迹、水足迹等绿色地毯标准；开展绿色产品低碳检测、评估、认证等工作。

(1) 减少燃料燃烧碳排放。

影响燃料消耗及碳排放的主要因素是工艺过程，但在燃料的购入储备、加工转换、终端利用等环节仍有很多减少碳排放的技术，如减少燃料中有机成分无谓的损失，使用的燃料应该符合锅炉等燃烧设备的设计要求，减少燃料燃烧过程的能量浪费等。

(2) 工艺过程减碳排。

工艺过程可能有 CO₂ 等温室气体的直接排放，或 CO₂ 的再利用，可以采取技术措施，减少碳排放。在碳排放核查过程中，工艺过程碳排放不包括燃料燃烧，外购电力热力产生的碳排放。但工业过程对整个企业（或产品）的碳排放起着关键的作用，通过工艺过程的改进，可以实现大幅降低外购燃料量。

(3) 减少外购热力。

外购电力引起的碳排放占企业碳排放的比例是比较大的，碳减排的潜力也比较大。降低电力消耗有很多技术，包括降低企业配电变压器的损耗、降低企业配电网的损耗、选用高效电机、提高风机水泵等重点用电设备的效率、减少空压机用电量等。重点用电设备的优化控制是效果很好的节电技术，目前企业对这一技术的认知程度不是很高，节电潜力较大。

(4) 优化新型显示技术实现低碳。

碳概念正在改变“环保是额外投入”、“节能是道德问题”的历史规则，未来环保和节能将越来越成为市场进入门槛、技术强制标准和市场竞争低成本的要害。

在这方面，传统液晶显示主要有两个巨大的缺点：第一是，液晶是照明发光显示产品。这使得其背光源在使用过程中需要持续保持一定亮度，其功耗具有长期维持在较高功耗水平的特点。尤其是在商务环境等需要更高显示亮度的场景中，液晶显示必须以大屏、高亮的状态，持续消耗较高的能源指标。第二是，液晶显示是比直接发光显示更为复杂的产品。例如手机产品上，液晶显示需要“背光源”组件，也需要彩色滤光片等组件。这些更多的部件，不仅仅是液晶显示器的厚度更大、潜在成本因素增加，同时更意味着加工过程中、原材料制造过程中，更多的“碳排放”。

液晶需要背光源相比，印刷显示等自发光显示具备节能特性，且在生产过程中减少碳排放。同时，相比蒸镀工艺，印刷 OLED 制造工序大大简化，制造过程中可更大程度减少碳排放。类似的，QLED 显示屏也会具有节能、结构简单的特点，micro-led 显示产品与液晶显示器比较，也具有直接发光和产品结构简单的特点——即可以看到的未来显示，几乎都具有“更为低碳”的特征。

作为一项崭新的技术，无论是 OLED、QLED、micro-led 显示屏，其最重要的“发光材料”的电光转化效率还在快速进步的通道上。作为新技术，其未来潜力显然比高度成熟的液晶技术要好很多。在进一步开发节能产品上，新技术的“创新空间”更为巨大。一旦碳概念成为显示产品和终端的核心竞争力之一，新技术的“潜能”优势也会被进一步放大。半导体显示行业仍将需要通过持续优化迭代新兴技术，提升产品性能，进入下一个全链条的技术和产业发展阶段，向碳达峰和碳中和目标迈进。

3. 建立完善的标准体系

2021 年是我国“十四五”开局之年，也是我国践行碳达峰、碳中和承诺的起步之年。如期实现 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和的目标，成为各行各业的确切性目标。中央发布《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，提出构建绿色低碳

循环发展经济体系、提升能源利用效率、提高非化石能源消费比重、降低二氧化碳排放水平、提升生态系统碳汇能力等五方面主要目标，确保如期实现“碳达峰、碳中和”目标。

随着 5G、云、大数据、AI、IoT 的等数字技术广泛应用，人类社会已进入数字时代，长期看来经济和人口增长仍将推动世界能源需求增长。在能源成本日益高涨的当下和“碳中和”政策持续加码的未来，半导体显示产业无法忽视因能源成本增加而带来的高额支出，在节约成本、绿色环保、可处持续发展等方面，对制造设备的能耗提出了更为严格的要求。

当前，全球控排形势缺口巨大，要真正实现“碳中和”愿景，能源作为数字基础设施的关键一环，势必要加快向多元化、清洁化、低碳化和数字化转型，以适应数字世界发展的需要。数字技术与能源技术的融合创新将让能源设备逐步实现“发-输-配-储-用”端到端可视可管可控，即从“瓦特”到“瓦特+比特”，比特管理瓦特，从哑设备到智能系统，使能源效率最大化。半导体显示企业应建立完善的节能评估与改善体系，组建专业的团队，制定明确的目标。既需要持续地优化流程（例如每年进行多次的设计与流程审核）也需要对设计进行持续的精进（例如不断寻找和优化能耗的影响因子，以不断提升能源资源利用效率）。

一、完善能源消费强度和总量双控机制。严格控制能耗和二氧化碳排放强度，合理控制能源消费总量，统筹建立二氧化碳排放总量控制制度及配套机制。加强分析预警，强化节能监察和执法，严格落实能耗双控目标评价考核机制。

二、健全能源管理体系，强化节能管理和目标责任，高质量建设和使用能耗在线监测系统。推行合同能源管理、合同节水管理、节能综合服务市场化节能方式。

三、全面提高资源循环利用水平。完善资源循环利用服务体系，鼓励逆向物流回收，推动垃圾分类处理与可再生资源利用“两网融合”。



6. 中国半导体显示产业发展愿景

实现显示强国，是中国半导体显示产业的最大愿景，是几代显示产业人为之奋斗的伟大目标。要实现这一发展目标与愿景，可以从以下几方面加强：进一步加强规划；重视人才培养，加强产学研结合；夯实产业基础，强链、补链；上下游产业有效联动；充分利用资本优势。

六、中国半导体显示产业发展愿景

全球半导体显示产业，目前以 TFT-LCD、AMOLED 产业为主，国内也已形成较大的产能规模。在新技术领域的探索上，国内企业不遗余力地积极布局。相信在不远的将来，中国将在全球显示产业领域拥有最重要的地位，无论是产业规模还是产品技术，都将会成长为全球领先的地步，成为显示大国、显示强国。

经过产业界多年来的一致努力，中国的 TFT-LCD 面板产能规模已居全球第一位，并且已在专利、技术方面有了重大的突破，未来在 TFT-LCD 面板领域仍需继续强化技术的升级、产品性能的提升、产品获利能力的加强。通过不断改进 TFT-LCD 显示技术，使这一产业能够得到更长的生命期。

在 TFT-LCD 面板技术方面，近年来，各厂商纷纷改进技术，提升面板的产能性能与品质，如采用量子点膜、Mini LED 背光、负性液晶等材料，进行曲面屏、窄边框、8K 分辨率等方面的尝试与突破，均取得了很好的效果。随着日本、韩国等 LCD 面板企业的不断退出，未来中国将主导全球 LCD 产业的发展，技术将进入无人区而失去参照目标，新技术的开发将主要依赖于企业的自主创新能力和意识。

在 AMOLED 面板技术方面，各厂家在不断扩增产能的同时，技术提高速度加快，往柔性面板、低功耗、自适应频率、集成传感器、屏下摄像等方向发展。国内 AMOLED 面板产业在不断追赶并缩小与国外企业间的差距，目前产能在全球的占比达 20%。预计未来十年内，中国在 AMOLED 领域也将会实现全球领先的地位。

除了 TFT-LCD、AMOLED 技术外，半导体显示技术现在正处于百花齐放的时代。硅基 OLED、Micro LED、激光显示、量子点显示、印刷显示等新型显示技术层出不穷，各项技术与市场需求契合迸发出蓬勃的增长态势。未来很长一段时间内，这些新型显示技术将会共存，呈现多元化发展趋势。

在硅基 OLED 的生产上，目前全球除了日本索尼以及欧美少数厂商外，其余十余家企业均为国内企业，目前已具备产能方面的优势，同时中国又是全球最大的电子消费品生产地，随着元宇宙概念的兴起，硅基 OLED 在中国的发展势头冠绝全球。

在 Micro LED 产业方面，国内无论是在技术研究还是产业化进程上，均与全球同步。目前国内几乎所有的一线面板大厂、一线传统 LED 企业等均参与其中，也形成了一定的市场规模。在众多企业、雄厚资本的参与下，国内发展 Micro LED 产业的前景光明，引领全球市场也指日可待。

在印刷显示产业方面，包括 TCL 华星、京东方等企业均进行了产业布局，已发布了技术成果、积累了一定生产经验。目前 TCL 华星正在论证建设一条 8.5 代柔性可卷绕 OLED 显示面板生产线，主要生产和销售 32 英寸—95 英寸 4K/8K 超高清大尺寸印刷式可卷绕 OLED TV、IT 及高附加值商用显示产品。

在激光显示产业方面，国内也拥有较为完整的产业链布局，从器件到终端都有强大的生产能力，同时拥有最大的终端消费市场。

国内上述各种显示器件技术的发展已取得不错的成效，在各种显示器件的生产上，中

国虽已成为名副其实的生产大国，但仍需在技术方面实现全面领先，在产业链上实现较完整的覆盖，二者缺一不可。近年来虽然国内上游的材料、设备领域得到了不同程度的快速发展，但仍有不少缺失的环节。实现显示强国，是中国半导体显示产业的最大愿景，是几代显示产业人为之奋斗的伟大目标。要实现这一发展目标与愿景，可以从以下几方面加强：

进一步加强规划。在显示产业的投资与建设方面，充分有效利用现有社会资源，强调资源集中、资本集中、主体集中、产线集中，最大化发挥国产显示产业的优势。要全国一盘棋，避免恶性竞争及落后技术产线的重复建设，以长远的眼光布局。

重视人才培养，加强产学研结合。完善相关高校的显示学科建设，建立显示产业一级学科，培养交叉型人才、复合型人才。特别要在基础学科上打好基础，注重基础材料的研究。引进技术型人才，加强产业人才培养，缩小与国外先进技术之间的差距。加强产、学、研紧密合作，最大化利用国内学术界、产业界人才与资源，优势互补，合理分工，以学术界的理论研究、前瞻性技术研究支持产业界发展；以产业界大规模的生产工艺，促进学术界理论研究。

夯实产业基础，强链、补链。国内在显示产业核心设备、基础关键材料方面仍有欠缺，要继续完善上游材料，开发核心设备，尤其是大力发展基础材料、基础加工业。未来几年内，国产化配套率争取做到 90%以上。在全产业链布局上下大力气，完善国产化配套，补足产业链上的短板，实现绝大多数上游原材料的自主供应，保证国内产业的健康发展。

上下游产业有效联动。上下游积极配合，材料、设备企业与面板厂商、应用厂商强强联合，合力技术开发，解决技术难题。就业内比较集中的技术难题，在政策层面予以支持，成立专门的课题组，联合上下游企业共同开发，快速攻克。提高国产化设备、材料的采购率，支持国产上游企业的共同发展。

充分利用资本优势。有效利用社会资本，合理融资，在发展现有产能规模的同时注重未来技术的开发，加快产品迭代，引导资本向国内空白领域倾斜。以资本的力量促进国内产业链短板的快速发展。

2021 年以来，战争、疫情、通胀三大影响因子同时施力，全球消费级和商用级市场应声下跌；面板产业发生了史上最大规模的减产和最大幅度的价格探底；全球显示产业领导者三星黯然退出 LCD 事业；上海和北京两大发动机城市共进退，社会静态管理之下 GDP 单季重创；各种艰难的同时，中国坚定地步入“碳中和”元年。

对于显示产业而言，“碳中和”给产业界提出了新的课题，对产业结构调整与转型既带来了压力，也蕴含着巨大的发展动力与潜力，孕育出新的增长极。产业实现零碳或超低碳排放，是一条长远但必经之路，能源企业、基础原材料企业、制造业企业和科技与服务企业都能在“双碳”战略下发挥重大作用。

在需求端，“碳中和”将会催生更大更新的应用场景，智能家居、新能源汽车、智能电网、智慧城市等将进入高速发展期。作为上述智能系统的“眼睛”，半导体显示产业将按下发展“快车键”。

在供给端，“碳中和”将倒逼产业升级，加速低碳技术、数字技术、智能技术同产业深

度融合，加快形成一批云网融合、智能敏捷、绿色低碳的示范工厂，加快培育一批“专精特新”企业和单项冠军企业。制造型企业是碳排放量集中的用电产业，需要更有意识地倒逼产业技术升级，从而带动整个产业生态的技术革命，进入一个全新的周期赛道，推动发展碳减排技术、碳转化技术、碳监测技术等等。未来所有企业将会有自己的碳资产表，碳资产将作为企业经营成本的重要组成部分进入产业落地、供应链管理、企业资产管理的循环，企业对碳中和的理解将直接关系到企业、行业、产业的布局。

在竞争端，“碳中和”将优化产业生态，为行业与企业的市场化竞争树立更高标准，加速推动与国际接轨，引导我国显示产业高创新性、强渗透性、广覆盖性发展。

图 6-1 我国半导体显示产业碳中和发展趋势

政策端强化核心关键技术的攻关	企业发展与碳排放脱钩	国有企业、头部企业成为可持续发展主力军	产业实现“双碳”目标需要更高效的管理体系	企业自身实现碳中和+拓展行为将共同决定产业双碳工作的走向
推动新一代可再生能源、储能、智慧能源、绿色化工等新兴技术的重点突出。	不断破除发展对资源和环境的依赖，企业的利润增长转为有低碳技术创新驱动。	在践行社会责任方面，国有企业、头部企业践行责任更有力度，具有更高的社会影响力影响各端。	管理体系采集、管理碳排放、能耗、水耗、减废等数据，管理双碳相关行为，强调信息披露，且披露的信息中强调量化数据。	仅靠企业自身实现碳中和并不能保证产业双碳工作的顺利进行，应以企业之力赋能与影响社会，共同向零碳社会进阶。

近年来，中国显示面板无论在供应能力还是技术创新的突破方面，均可谓是大放异彩。产业突飞猛进的背后，随之而来的是能源投入、环保线体工艺改造以及上下游产业链的配套布局，上游包括喷涂印刷材料、玻璃基板、偏光片、盖板玻璃、触控膜片等，无一例外都与中国整体绿色产业布局息息相关。2022 年时局艰难，企业面临生存发展双重挑战，国家鼓励科技、专精特新、绿色经济等产业发展，半导体显示产业如何快速融入国家绿色经济建设，共赴“双碳”目标，是半导体显示上下游企业制定发展策略时绕不开的话题。长远来看，半导体显示企业在碳中和愿景下可以通过以下战略和路径实现低碳、零碳转型：

一、加强建设及完善碳排放管理标准与体系。在政策层面，引导、规范企业的低碳化发展。这在国家政策、地方驱动、市场导向和内部管理四大因素的驱动下，具有必要性和迫切性。企业可实施的步骤包括碳底摸排、战略引领、行动支持和品牌建设等，不断完善相关环境管理体系，持续优化生产环节的资源利用效率、深化清洁生产模式。

二、健全企业碳中和社会责任履行、披露的激励机制。企业履行“双碳”责任、进行碳信息披露与企业创造经济价值呈负相关，因此企业披露动力不足。为此，需要激励制度调节企业执行意愿，调动企业积极性。

三、构建产品碳足迹。碳足迹是实现碳达峰碳中和目标的有效手段，有助于精准刻画和回答“碳从何而来”，构建全社会的低碳消费格局及构建未来低碳生产工业体系和打破绿色贸易壁垒。碳足迹的构建，有利于从产品生命周期的不同环节分别寻找减碳的方法。

四、倡导绿色生产。提升工厂能源利用效率，通过技术创新、绿色工厂、节能改造项目等方式，在生产和运营中坚持低碳减排，助力绿色发展目标的实现。坚持“集约高效、绿色低碳”的发展模式，通过不断完善能源管理体系、实施节能减排项目、应用清洁能源等方

式，积极推进零碳车间碳中和项目。优化创新生产流程，在生产环节推进弃物减量化、资源化，减少生产过程中的废弃物产生，并不断提高废弃物利用率。重视生产过程中的大气污染物排放，从源头削减、过程控制、末端治理三个环节入手，持续推进大气污染物管理。对排放口进行实时监测，实现对大气污染物排放的严格管理。

五、打造绿色产业链。通过打造绿色供应链、增强员工低碳意识等措施，切实减低业务的碳排放。根据国家“双碳”战略目标，推动供应商构建“双碳”管理体系，制定“双碳”管理目标及碳达峰碳中和控制措施。严格履行环保责任，力求将环保理念贯彻于产业链的各关键环节，通过在采购、物流、仓储、包装等各个环节不断创新优化，减少仓储、运输等环节的能源消耗，合理重复利用生产、仓储、包装、物流等环节的相关耗材，减少废弃物的产生。

六、大力发展节能环保产品。倡导企业积极践行绿色发展，推出绿色产品、布局绿色产业、推广绿色文化，并从价值链各个环节入手，引领上下游共创可持续发展，促进人与自然的和谐共生。重视绿色产品的开发与生产，不断通过技术创新提高产品能效，减少产品在生产与使用的整个生命周期中对环境造成的不良影响，为消费者提供更环保、更节能的产品，坚持通过产品向用户传递可持续发展的环保理念。

“碳中和”时代是大变革的时代，也是大机遇的时代。碳中和作为庞大且复杂的系统性工程，需要包括高科技企业在内的所有参与者加入，半导体显示产业链上的企业是能源消耗大户，更加有责任积极参与到碳中和这一可持续发展的大目标中。而先行者的优势将引领风向并创造规模经济，获得最有利的战斗位置，甚至决定游戏规则。“双碳”目标的达成不止要依靠单一企业的力量，更需要整个产业链相关方的联动，形成体系化、生态化的绿色发展模式。半导体显示产业要加强形势研判、抓住机遇、赢得主动，进一步构建以绿色低碳为支撑的泛在化、感知化、智敏化场景生态，为“碳中和”助力，为“创造美好世界”赋能。