

中图法分类号: TQ171.77⁺1

文献标识码: A

中国玻璃纤维行业技术发展

——“十四五”回顾与“十五五”展望

张国, 曹卉, 李熙, 马剑

(南京玻璃纤维研究设计院有限公司, 南京 210012)

摘要:“十四五”期间,我国玻璃纤维行业在国家及地方政策支持下,产量规模持续扩大、技术创新成果丰硕、应用领域不断拓展,已达到全球行业领先水平,在国际竞争中占据重要地位并发挥着关键影响力。然而,行业仍面临基础研究不足、绿色发展有待深化、智能制造能力不均、标准化体系亟须升级、应用场景拓展不足等问题。“十五五”期间,我国玻璃纤维行业需持续加大投入力度,全方位聚焦基础研究的深耕与创新突破、绿色低碳发展路径的探索与实践、智能制造升级的加速与深化、标准化体系的健全与完善,以及应用领域的广泛拓展与多元融合,并以此进一步夯实强国根基,引领全球玻璃纤维产业迈向更高发展阶段。

关键词:玻璃纤维;“十四五”;“十五五”;技术创新;绿色发展;智能制造

DOI:10.13354/j.cnki.cn32-1129/tq.2025.06.003

Technological Development of China's Glass Fiber Industry

— Review of the 14th Five-Year Plan and Outlook for the 15th Five-Year Plan

ZHANG Guo, CAO Hui, LI Xi, MA Jian

(Nanjing Fiberglass Research & Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210012)

Abstract: During the 14th Five-Year Plan period, supported by national and local policies, China's glass fiber industry has achieved continuous expansion of production scale, fruitful technological innovation results, and constant expansion of application fields, reaching the world's leading level, occupying an important position and exerting a key influence in international competition. However, the industry still faces challenges such as insufficient basic research, the need to further advance green development, uneven intelligent manufacturing capabilities, an urgent need to upgrade the standardization system, and inadequate expansion of application scenarios. During the 15th Five-Year Plan period, China's glass fiber industry should continue to increase investment, comprehensively focus on the in-depth cultivation and innovative breakthroughs of basic research, the exploration and practice of green and low-carbon development paths, the acceleration and deepening of intelligent manufacturing upgrading, the improvement and refinement of the standardization system, as well as the extensive expansion and diversified integration of application fields. Through these efforts, the industry will further consolidate the foundation of being a strong industry and lead the global glass fiber industry towards a higher stage of development.

Key words: glass fiber; the 14th Five-Year Plan; the 15th Five-Year Plan; technological innovation; green development; intelligent manufacturing

收稿日期: 2025-10-20; 修回日期: 2025-11-28; 录用日期: 2025-12-02

第一作者: 张国(1972—), 党委委员、副院长, 中国硅酸盐学会先进无机纤维分会理事长。主要从事玻璃纤维生产、研发、生产线建设等工作, zhangguo@fiberglasschina.com。

引用格式: 张国, 曹卉, 李熙, 等. 中国玻璃纤维行业技术发展——“十四五”回顾与“十五五”展望[J]. 先进无机纤维, 2025(06): 1-9.

0 前言

玻璃纤维作为性能优异的无机非金属材料, 凭借高强度、耐腐蚀、绝缘性好等优势, 在基建、交通运输、电子电气、能源环保等诸多领域发挥着不可或缺的作用。“十四五”期间, 我国玻璃纤维行业在产量规模、技术创新、应用拓展等方面取得了显著成就, 同时也面临着多重挑战。“十五五”时期, 作为我国基本实现社会主义现代化进程中夯实基础、全面发力的关键阶段, 具有承前启后、继往开来的重大战略意义。在此背景下, 本文将系统回顾玻璃纤维行业在“十四五”期间的发展态势与技术进步, 精准剖析当前行业存在的问题和挑战, 并对“十五五”期间行业的发展方向进行展望。

1 “十四五”玻璃纤维行业发展现状

1.1 政策支持

“十四五”期间, 国家层面出台《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》《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》《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》等纲领性文件, 明确聚焦新材料等战略性新兴产业、绿色低碳新兴产业, 培育壮大产业发展新动能。工业和信息化部发布《重点新材料首批次应用示范指导目录(2021年版)》, 将作为新材料之一的高性能玻璃纤维及复合材料列入重点支持范畴; 国家发展改革委修订《产业结构调整指导目录(2024年本)》, 明确鼓励高性能玻璃纤维等新材料产业发展。地方层面, 多省市均将高性能玻璃纤维产业纳入战略性新兴产业规划, 通过政策引导、集群培育、资金支持、生态优化等多维度措施推动行业高端化发展。

在这一系列政策组合拳的引导下, 玻璃纤维行业已从规模扩张转向质量提升、智能化绿色化转型、全产业链协同创新发展, 为新材料产业长远发展奠定了坚实的制度基础, 支撑制造强国建设和经济高质量发展。

1.2 产量规模

国内玻璃纤维纱总产量从“十三五”末的541万t增长到2024年的756万t, 其中池窑纱约726万t, 占比96%, 通道及坨坨纱产量约29.1万t^[1]。此外, 玻璃球产量约60.8万t, 电子布/毡产量约80.9万吨, 工业用布/毡产量约66.7万t^[2]。从玻璃纤维纱的产量结构来看, 池窑纱占据了绝对主导地位。2023~2024年连续两年国内玻纤纱总产量保持低速增长(两年同比增长比例分别为5.2%、4.6%^[1]), 有效改善了市场供需关系。这一产量结构与增长态势, 为持续优化市场供应需求形势、推动行业向高端化和绿色化方向发展奠定了坚实基础。

1.3 产能分布

全球范围内, 预计2025年玻璃纤维纱总产能约1200万t, 亚洲占81.5%; 中国产能约870万t, 占亚洲89%、全球72.5%。“世界玻纤看亚洲、亚洲玻纤看中国”的格局进一步巩固, 中国已成为全球行业“压舱石”。

国内池窑纱产能区域分布相对集中, 华东地区产能520万t, 占全国59.8%, 依托优越的地理位置、完善的产业链配套等优势成为核心集聚区; 西南地区产能205万t, 占比23.6%, 凭借资源优势和政策支持成为新兴增长极; 华北、华南、华中、东北地区产能占比分别为8.2%、2.3%、1.5%、0.1%。另外, 全国球法坨坨及通道产能约40万t。

1.4 产品创新

“十四五”期间, 行业高端、特种产品持续涌现。高模高强玻璃纤维实现量产, 性能达国际先进水平; 超细电子玻璃纤维及超薄电子布多家企业量产, 支撑电子信息产业发展; 低介电/低膨胀玻璃纤维打破国外技术垄断, 多家企业新建相关生产线; 玄武岩纤维已有20家企业量产, 年产量约5~6万t; 核工业用等特种玻纤产品也取得突破, 丰富了产品种类与应用领域。

1.5 应用领域

在全球范围内, 玻璃纤维及复合材料广泛应用

于基建和建筑材料、交通运输、电子电气、能源环保等诸多领域(如图1所示),我国玻纤行业应用领域与全球基本趋同。近几年,由于新兴产业的蓬勃发展,玻璃纤维在新兴领域的占比日趋提高,尤其在风电叶片制造、光伏边框生产等清洁能源领域表现突出,推动下游行业创新升级。综合来看,玻纤行业既有相对偏周期的应用领域,也有新兴的应用领域,兼具“周期”和“成长”双重属性,并且伴随新兴应用领域不断壮大,“成长”属性不断增强。

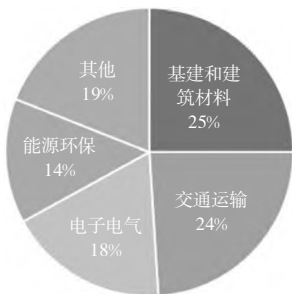


图1 2024年全球玻纤应用情况

2 “十四五”玻璃纤维行业技术进步

2.1 产品性能不断提升

“十四五”期间,玻璃纤维产品研发模式逐渐从传统“试错法”向机器学习、数据驱动等研发新范式转变,不仅降低了试错成本,更缩短了研发时间,大大提升了新产品开发效率,因此玻璃纤维的产品种类不断丰富、性能不断提升。

高模高强玻璃纤维领域实现重大技术突破,性能达到国际先进水平。以巨石、泰山玻纤、CPIC等为代表的国内头部企业,已成功实现相关产品的规模化量产,典型产品性能参数表现优异。例如,E9玻纤模量达到100~103 GPa,拉伸强度达到3100~3500 MPa; THM-1玻纤模量达到92~94 GPa,拉伸强度达到3200~3500 MPa; HS6玻纤模量达到92~96 GPa,拉伸强度达到3600~4000 MPa。

低膨胀系数玻璃纤维实现技术跨越式发展,其热膨胀系数比传统电子级玻璃纤维低35%以上,性能指标达到国际先进水平,有效满足了高端电子信息、航空航天等战略产业对精密材料的需求。泰山

玻纤经过多年研发,成功实现了膨胀系数为3.2的玻璃纤维的产业化突破,不仅打破了日本日东纺、美国AGY等国际巨头长期的技术垄断,更构建了从研发到量产的完整自主体系。

低介电玻璃纤维迎来技术突破与市场扩张的双重跃升。我国通过持续研发投入与产业化推进,在低介电玻璃纤维的配方设计、制备工艺及性能调控方面取得显著进展,部分产品性能指标已跻身国际先进行列,有效缓解了高端电子材料长期依赖进口的局面。例如,泰山玻纤、台玻、光远新材等企业已实现量产介电常数 $D_k(10\text{GHz})$ 4.6~5、介电损耗 $D_f(10\text{GHz})$ 0.0026~0.0030的低介电玻璃纤维产品,性能指标与日本、美国等国际领先企业产品相当。其中,泰山玻纤TLD-GLASS系列产品介电常数 $D_k(10\text{GHz})$ 4.2~4.3,介电损耗 $D_f(1\sim 7\text{GHz})$ 达到0.0021,性能达到国际先进水平。

高硅氧玻璃纤维技术取得了显著突破。凭借 SiO_2 含量 $\geq 96\%$ 的优异成分特性,实现了长期耐受1000℃的高温、瞬间耐温1400~1700℃的极端环境适应能力。目前,南京玻纤院、九鼎新材、华特新材等多家企业已规模化量产,其产品成分均匀性、高温稳定性等关键指标上达到国际先进水平,有效支撑了我国高端装备制造领域的材料自主可控进程。

连续玄武岩纤维大规模产业化技术取得显著进展,万吨级池窑生产技术取得突破,通用型玄武岩纤维浸胶纱拉伸强度可达2500~3000 MPa,弹性模量达80~90 GPa,耐碱盐性及耐高低温性表现优异,在航空航天、国防军工、石油化工、交通运输、土木工程等多个领域应用持续拓展,成为多行业关键材料支撑。

特种形态玻璃纤维发展迅速,规模化应用能力显著提升,性能指标对标国际先进水平。例如,扁平玻璃纤维已实现系列化生产,性能与日东纺同类产品相当,南京玻纤院试制成功空心高强玻纤,菲利华实现空心石英纤维量产,满足我国航空航天、新能源、高端装备制造等领域的特殊应用需求。

2.2 生产规模不断扩大

“十四五”期间，我国池窑生产线单线产能从“十三五”末的5~8万t/a扩大到10~20万t/a，较国外同类型产线高出50%以上，通过扩大生产规模大大降低了单位产品的生产成本和能耗；在生产工艺技术方面，熔化率、燃烧方式、自动化水平及人均劳动生产率等均达到全球领先水平（如表1所示），支撑了玻璃纤维行业向高效、绿色、智能化方向的高质量发展。

表1 国内外池窑拉丝技术水平对比表

名称	中国池窑生产线	欧美池窑生产线	对比
单条生产线	12~20万t/a	6~8万t/a	高出国外50%
熔化率 /t·m ⁻²	2.8~3.6	2.5~3.2	熔化率更高
窑炉种类	单元窑等	单元窑	种类多
燃烧方式	纯氧立体燃烧+电助熔	纯氧燃烧+电助熔	更优化
自动化水平	全线自动化控制、数字化管理	全线自动化控制	智能化控制水平更高
人均劳动生产率 /t·人 ⁻¹	约300~480	约250~350	生产线工人更少

2.3 生产技术不断优化

“十四五”期间，我国玻璃纤维行业生产技术不断改进，在配合料制备、玻璃熔制、纤维成型系统等关键环节突破显著，为产品质量提升和生产效率提高提供了有力保障。

在配合料制备方面，我国企业采用气力输送、电子称量、气力混合工艺，静态称量精度达到1/2000，动态称量精度达到1/1000，配合料均匀度超98%，原料配料精度CV值小于0.05%。高精度称量和均匀混合确保了配合料成分的准确稳定，为后续玻璃熔制提供优质原料。

在玻璃熔制方面，通过窑炉数模仿真、数字化设计技术优化工艺，提高玻璃液的熔化质量和均匀性；研发纯氧燃烧一大功率电助熔立体燃烧技术提升热效率，降低能耗。窑炉选用新型全保温结构，有效减少了热量损失，并采用开放式炉位设计便于操作维护。

在纤维成型系统方面，围绕漏板拉丝“稳定化、长期化、轻量化”需求，构建玻璃液成型区“热—流—电—固”多物理耦合仿真模型，形成漏板数字化设计技术。该技术可分析拉丝稳定性、预测漏板使

用寿命，提升研发效率，降低试错成本，实现玻璃纤维高效稳定成型与低成本制造。此项技术已在工程化应用中取得显著成效，可用于现有漏板的性能评价、不同玻璃配方的漏板优化设计、漏板新材料替换的可行性评价、漏板关键部件功能性的优化设计及丝根冷却成型工艺的优化设计等方面，为玻璃纤维生产的稳定运行和产品质量提升提供了有力支撑。

2.4 智能化水平不断提高

“十四五”期间，我国玻璃纤维行业智能化水平呈现出阶梯式提升。头部企业凭借其技术、资金和人才优势，在智能化建设中成效显著，引领行业向智能制造转型；多数企业逐步引入智能制造技术，升级生产设备，优化生产流程，采用差异化竞争策略，灵活应对市场变化。

头部企业加大智能化投入，引入数智化软件和管理平台，实现生产过程的实时监控、数据采集和分析，提升生产效率和管理水平。例如，巨石九江和成都生产基地引入MES（制造执行系统）、ERP（企业资源计划）等工业软件和工业互联网平台，提升了生产效率并解决了关键装备技术难题，巨石涟水建成“零碳工厂”，成为绿色生产新高地；泰山玻纤太原基地的“灯塔工厂”项目，以集成智能制造系统实现生产管理的全面信息化和数字化转型；CPIC通过技术创新和生产线升级，成功投产多条智能制造生产线，实现了生产过程的自动化、信息化和智能化，提升了产能、质量，降低了成本和能耗；江苏长海实施60万t高性能玻璃纤维智能制造基地项目，实现了降本增效；山东玻纤“黑灯工厂”项目融合了互联网、大数据和智能化技术，实现了生产运营管理的自动化和智能化，提升了效率和质量，推动了绿色生产和可持续发展^[3]。

2.5 标准化水平显著提升

截至“十四五”末，建材行业现行有效的推荐性政府标准中，玻璃纤维相关国家标准已达55项，全面覆盖基础标准、产品标准、方法标准等全产业链环节。标准体系结构清晰，形成基础、方法、产品

三级标准体系,并通过采用国际标准,实现了100%国际标准转化率。截至“十四五”末,由我国主导制定并发布了18项国际标准,显著提升了国际话语权。

标准质量水平不断提升,高性能玻璃纤维标准的技术指标达到国际领先水平,成功突破低介电、高硅氧纤维等关键技术瓶颈,形成具有全球竞争力的技术规范体系;标准供给体系不断优化,通过流程再造与机制创新,强制性国家标准和推荐性国家标准的供给效率大幅提升,其中常规修订项目周期缩短至1.5年,采标项目周期缩短至1年,构建起“快速响应、精准供给”的标准制定新模式;科技成果转化机制突破跃升,多家企业合作突破高强玻纤技术,相关成果通过标准化渠道快速转化为国家技术标准,形成“产学研用”协同创新的良性循环;配套支撑体系不断完善,国家市场监督管理总局标准信息平台完成升级改造,通过区块链技术实现标准制定全流程溯源,运用大数据分析工具对标准需求进行智能预判,既保障了标准制定的透明度与可追溯性,又显著提升了标准制定的科学性和效率。

2.6 绿色低碳技术不断成熟

“十四五”期间,国家明确将建材行业列为绿色低碳改造重点领域。在“双碳”战略与全球气候治理背景下,作为战略性新兴产业的关键组成部分,我国玻璃纤维行业加速向绿色低碳方向转型,在工艺革新、能源替代、循环经济等方面取得系统性突破,有效降低了行业的碳排放强度,支撑了我国“双碳”目标的实现路径。

大产能窑炉熔制技术是降低单位产品碳排放的重要手段。通过优化窑炉结构和熔制工艺,提高热效率,减少能源消耗和碳排放,为行业的低碳发展提供重要支撑。以15万t大产能窑炉为例,与8万t窑炉相比,可实现降碳 $\geq 15\%$ 。

大漏板多分拉成型技术通过增加漏板孔数和分拉次数,增加漏板流量,能够提高生产效率,有效降低单位产品能耗和碳排放。例如,4800孔漏板六分拉与2400孔漏板三分拉相比,每吨玻璃液可节省

能耗46306.01 kJ,降碳 $\geq 5\%$ 。

节能空调技术在玻璃纤维生产过程中发挥着重要作用,能有效降低玻纤企业的空调能耗,减少碳排放。在夏季高温季节,空调能耗占比较大,采用高效一体化复合冷热源机组,运行效率高、智能控制、节省空间,较风冷热泵机组可实现降碳 $\geq 15\%$ 。

全流程热能回收技术是提升能源利用效率、降低碳排放的关键技术。回收的余热可用于加热、发电等,减少能源浪费。该技术较传统生产线可实现单位产品降碳 $\geq 30\%$ 。

高效低传热系数外墙保温系统技术融入产业园区设计建设,较传统外墙保温材料可实现每平方米降碳 $\geq 3\%$,提升了建筑外墙的保温性能,减少了建筑空调和采暖能耗,为玻璃纤维产业园区的绿色低碳发展提供了有力支撑。

光伏建筑一体化技术(BIPV)能将光伏发电与建筑设计相结合,充分利用建筑屋顶、墙面等空间资源,实现了太阳能的高效利用,减少传统能源的消耗,降低碳排放,为玻璃纤维行业的绿色低碳发展开辟新路径。以铺设面积30000m²为例,年度发电量约638万kW·h,每年可降碳约1955t。

2.7 应用场景不断拓展

“十四五”期间,我国玻璃纤维行业应用场景持续拓展,在建材、交通、电器等传统领域保持稳定增长的同时,风电、新能源汽车等领域实现快速发展,并在光伏、安全防护、海洋经济、5G通讯与人工智能等新兴领域实现突破,成为支撑多行业升级的关键材料,推动行业增长新引擎的形成。

2.7.1 新能源领域快速发展,带动玻纤产业升级

玻璃纤维以其高强度、轻量化、耐腐蚀等优点,成为制作风电叶片、主梁和机舱罩等核心部件的首选材料。伴随全球风电装机容量持续攀升,风电叶片的需求激增,更高强度更高模量的玻纤产品应运而生,也带动了玻璃纤维产业规模在“十四五”期间快速增长。

在新能源汽车产业的快速发展和汽车轻量化趋势的共同推动下,玻璃纤维增强复合材料因其在降

低车身重量、提升续航里程、增强安全性和舒适性方面的显著优势,被广泛应用于电池包壳体与组件、车身结构件与覆盖件、内饰件等的制造。正是新能源汽车对高性能、轻量化材料的迫切需求,促使玻纤行业在技术创新、工艺优化和产品迭代上快速升级,实现了玻璃纤维复合材料质量和品种的双重突破,推动整个玻纤行业迈向更高质量的发展阶段。

2.7.2 新兴应用不断拓展,激活增长新动能

在光伏领域,玻璃纤维凭借其高强度、耐腐蚀、绝缘性好等特性,成为替代传统金属材料应用于光伏边框、光伏支架、柔性背板及储能设备等产品的不二选择,一跃成为光伏产业链的重要配套材料。随着“双碳”政策推进,我国光伏产业快速扩张,光伏装机容量持续扩大,玻璃纤维应用前景十分广阔。

在安全防护领域,玻璃纤维以其耐高温、不燃及耐腐蚀等特性,成为新能源汽车控火毯、家用灭火毯、逃生衣、焊接毯等安全防护产品的理想材料,为人们的生命财产安全筑起了一道坚实的防线。随着人们安全意识的不断提高,安全防护产品的需求不断增长,也将带动玻璃纤维工业用纺织品的快速发展。

在海洋开发领域,我国海洋经济的蓬勃发展持续激发市场需求,玻璃纤维增强复合材料凭借其优异的耐腐蚀、轻质高强特性,完美契合海洋恶劣环境应用需求,为海洋产业可持续发展构筑起坚实材料屏障。无论是海洋平台结构件的高强度承载、水产养殖网箱的耐海水侵蚀强化,还是船舶轻量化带来的节能增效,玻璃纤维增强复合材料均以技术适配性推动着海洋开发装备的性能升级——这种材料特性与产业需求的深度耦合,正成为驱动海洋经济高质量发展的核心要素之一。

玻璃纤维材料凭借其优异的物理化学特性,在5G通信与人工智能(AI)领域实现了从基础支撑到核心赋能的跨越式发展,成为新一代信息技术基础设施升级的关键材料支柱。在5G基础设施建设中,玻璃纤维凭借其优异的介电性能、低损耗特性及轻量化优势,广泛应用于5G基站天线罩、高频高速电路板基

材及滤波器组件;在AI领域,玻璃纤维的技术突破直接推动了算力基础设施的性能跃升,低介电玻璃纤维和低膨胀玻璃纤维能够精准契合AI技术对高性能材料的多样化需求,为AI芯片的稳定运行和高效处理提供可靠保障,支撑着AI产业向着更高层次迈进。

2.8 重大研发平台建设取得新突破

“十四五”期间,我国玻璃纤维行业重大研发平台建设成果丰硕。2023年国家新材料测试评价平台复合材料行业中心建成,2024年先进无机纤维与复合材料全国重点实验室获批,这些平台作为国家战略科技力量,是保持我国玻璃纤维行业整体优势、缩小并赶上在某些特定领域与国际一流水平的差距、消除卡点和难点的重要举措。

国家新材料测试评价平台复合材料行业中心拥有先进的测试设备和专业的技术团队,可全面准确测试评价玻璃纤维及复合材料的物理性能、力学性能、化学性能、热性能等,为企业的产品研发、质量控制和市场拓展提供了重要依据。同时,平台还积极开展测试评价研究和标准制定,推动我国玻璃纤维及复合材料测试评价技术的进步和标准体系的完善。

先进无机纤维与复合材料全国重点实验室整合了我国在无机纤维与复合材料领域的科研资源,集聚了一批高水平的科研人才,围绕先进无机纤维与复合材料的制备技术、性能调控、应用开发等方面开展研究,重点解决行业发展中的关键共性技术难题,推动产业的技术升级和产品创新。实验室还积极开展国际合作与交流,引进国外先进技术和经验,提升我国在该领域的国际竞争力。

3 “十四五”玻璃纤维行业存在的问题与挑战

3.1 基础研究有待加强

我国虽是世界玻纤生产、使用和出口大国,但在高性能玻璃纤维研发上,我国与国际一流水平存在差距,传统试验试错的配方研发方法耗时长、成本高,难以满足市场对高性能产品的迫切需求。同时,数字化研发模式有待创新,面对高维、非线性系统的科学

问题, 缺乏新的科研战略思维、范式和组织模式, 导致开发周期长、成本高, 制约了行业的高质量发展。

3.2 绿色发展有待深化

玻璃纤维在绿色低碳领域仍面临结构性、技术性及区域性挑战: 一是结构能耗差异突出, 先进企业通过余热回收、智能窑温控制及绿电配套等技术革新, 可实现0.25t标煤/t纱的能耗目标, 巨石淮安零碳基地更是达到“净零”排放水平, 而部分中小企业因设备老化、技术迭代滞后, 能耗水平仍然较高; 二是碳减排技术瓶颈待突破, 碳排放治理以末端(如余热回收、废弃净化)为主, 而前端减排技术(如氢能熔窑、大功率电助熔技术)仍处于试点阶段, 且大规模应用面临成本高昂、工艺适配性差等问题; 三是区域发展不平衡加剧, 东部地区率先实现能耗与碳排放达标, 而中西部地区部分企业仍采用高能耗、高排放的坩埚法工艺, 吨产品能耗存在“东部先进、中西部滞后”的区域发展鸿沟。

3.3 智能制造水平有待提升

行业内智能制造水平呈现明显的阶梯式差异, 头部企业在生产自动化、信息化、智能化方面取得了显著成效, 而多数中小企业受限于技术、资金、人才等, 智能控制技术在核心工艺过程应用率较低, 缺乏对智能化改造、数字化转型的规划和投入, 导致生产效率低、产品质量稳定性差、生产成本低, 在市场竞争中面临较大压力。此外, 智能制造相关标准和规范不够完善, 也影响行业整体智能制造水平的提升。

3.4 标准化工作有待升级

基础通用标准还不够完善, 影响标准的整体实施效果。随着技术创新和产业转型的加速, 重点领域和新兴领域的标准还不能完全满足发展需求, 亟须加快标准制修订步伐。参与国际行业标准制定的广度和深度不够, 国际话语权较弱, 难以体现我国玻纤产业优势, 影响国产高性能玻璃纤维的全球市场融合进程。

3.5 应用场景有待拓展

玻璃纤维在新兴领域的应用还不够广泛和深入,

缺乏对新应用场景的开拓和培育。玻纤企业在应用场景开拓意识和能力上还存在不足, 缺乏对市场需求的敏锐洞察和前瞻性布局。部分企业仍以生产传统产品为主, 对高端产品和新应用场景的研发投入不足, 产品附加值低, 市场竞争力不强。此外, 行业内企业协同合作不够紧密, 缺乏应用场景开拓的联盟和平台, 难以形成合力共同开拓新的应用市场。

4 “十五五”玻璃纤维行业发展展望

4.1 加强基础研究和方法创新

“十五五”期间, 应进一步加强基础研究和方法创新, 将基础理论与前沿实验和计算科学相融合, 以数据驱动的研发新范式加快行业技术突破, 实现玻璃纤维成分、工艺、性能的颠覆性创新, 提升行业的核心竞争力。

一方面, 加快材料基因技术与大模型深度融合, 推动玻璃纤维成分研发新范式。通过构筑高可靠数据基座, 构建成分、性能、工艺等关键数据“输入→存储→共享→应用→反馈”的闭环生态, 利用机器学习、人工智能等前沿技术挖掘、分析、运用数据, 变革传统“试错法”研发模式向成分研发新范式转变, 实现性能—成本—工艺一体化优化, 驱动材料研发周期与成本双减半。

另一方面, 推动数值模拟技术与大模型深度融合, 提升精度与效率。加快推动“计算流体力学—结构力学分析—工艺过程辅助设计”数值模拟仿真三大核心技术应用, 构建玻纤生产研发的全流程数字化设计平台。通过平台优化窑炉、漏板等核心装备的结构和工艺, 模拟玻璃熔化、拉丝等生产过程, 预测产品性能和潜在问题, 为提升玻璃熔化品质、拉丝稳定性、核心装备性能及节能降耗提供解决方案, 为行业的技术创新提供更强大的支撑。

4.2 深化绿色发展

“十五五”期间, 需以技术创新为引擎深化绿色转型, 通过多技术协同构建低碳发展体系, 同时围绕“双碳”目标, 建立“标准—认证—检测”体系, 强化

行业服务能力,支撑国家“双碳”战略目标实现。

4.2.1 加快新型节能降碳技术推广应用

氢能熔窑与电助熔技术突破。重点推广“熔窑氢气燃烧+大功率电助熔”融合技术,以氢能替代天然气实现窑炉大规模脱碳,同步降低天然气使用比例。需攻克氢燃烧系统结构设计、氢能利用玻璃纤维熔窑系统及控制、氢能利用及电助熔条件下的玻璃配方优化、氢能利用条件下新型窑炉与通路结构及耐火材料技术、氢气安全监测预警与事故防控等技术,确保氢能安全高效应用。

新型耐火/隔热材料革新。采用高硅氧毡、陶瓷纤维、气凝胶、纳米隔热材料、高发射率涂料、真空绝热材料等新型隔热材料,结合抗侵蚀型耐火材料升级,降低窑体表面温度,减少散热损失,提高熔化温度和玻璃液熔制质量,减少燃料消耗,提高窑炉的热效率。

大漏板多分拉成型技术普及。大力推广4800孔、6000孔漏板等大漏板多分拉成型技术,针对大漏板温度均匀性差、成型稳定性弱的特点,加强结构研究和成型稳定性研究,有效降低单位产品能耗和碳排放。

碳捕捉技术应用。开发模块化碳捕集系统,集成标准化生产与工艺适配技术,实现废弃中CO₂的高效提纯,通过管道、公路、铁路等进行压缩运输,以及资源化利用或注入深层地质构造进行封存^[4]。探索碳捕捉与玻纤生产工艺的深度耦合,通过流程优化降低系统成本,提升碳减排效率,构建“捕集—运输—利用/封存”全链条技术体系。

4.2.2 加快固废再生与资源循环技术突破与产业化应用

固废综合利用技术突破与规模化推广。重点突破煤矸石、锂渣等工业固废的悬浮煅烧、化学活化及矿物相调控技术,实现固废向玻纤原料的定向转化。以位于内蒙古地区的国内首条规模化煤矸石悬浮煅烧生产线为示范,通过精准温控与气流分级技术,将煤矸石定向转化为高岭土基玻纤原料,实

现工业固废向高附加值基材的升级转化。“十五五”期间需扩大技术适用范围,建立“固废属性—工艺参数—产品性能”数据库,推动固废综合利用率提升,形成“以废代矿”的原料替代新模式,减少原生矿产资源消耗与环境污染,推动循环经济发展。

复合材料绿色回收技术升级与闭环应用。重点研发精细化机械分选,精细磨粉、低温化学裂解等先进工艺,实现复合材料中树脂基体与纤维的精准分离。回收的玻纤将保持卓越的力学性能,可重新应用于建筑增强、汽车轻量化、风电叶片等高值领域;树脂基体则通过催化裂解—重整技术转化为燃料油、基础化工原料或清洁能源,实现“树脂—纤维”分离再生与资源化利用的闭环。同时,需建立再生产品质量标准与认证体系,推动再生玻纤在多领域的规模化应用,形成“回收—再生—高值应用”的绿色循环产业链。

4.3 提升智能制造能力

全面深化智能制造技术体系化应用,重点推广智能物流一体化、生产线预防性诊断及在线监测、BIM协同设计、无人值守能源管控、数字实验室等智能化和数字化技术。通过智能物流一体化实现物料与生产的实时联动,保障24h不停机运行以提质增效;借助生产线预防性诊断的全面可视化,实现异常预警与故障定位,以减少停机、提升良率^[4];通过BIM协同设计贯穿项目全生命周期,从源头优化方案以推动节能减碳;依托无人值守能源管控构建全厂监测网络,为精准摸排碳底数和制定“双碳”路线图提供数据支撑^[4];建设数字实验室将质控流程全面数字化,推动质量管理从事后补救向事前预防的深刻转变,筑牢质量防线。以此推动玻璃纤维行业向智能化、数字化、网络化方向升级,构建“设计—生产—管理—服务”全链条智能生态。

发挥头部企业的示范标杆作用,广泛应用数字孪生、物联网、工业互联网等技术,建设数字化设计、智能化生产、智慧化管理、协同化制造、绿色化制造、安全化管控和社会经济效益大幅提升的“未

来工厂”,带动行业整体智能制造水平的提升。

4.4 推进标准化工作升级

全球产业竞争日益激烈、技术创新层出不穷。“十五五”期间,玻璃纤维行业需精准施策,从标准化体系建设、重点领域标准修订以及标准国际化水平提升这3个核心维度全面发力,以标准化引领行业迈向新的高度。

完善标准化体系建设。通过强化技术委员会组织、跨组织协作及分技术委员会布局,构建严密标准管理流程,实施预评估制度,强化标准宣贯与监督,鼓励团体标准制定,形成多层次标准体系,引领行业技术进步与高质量发展。

加强重点领域标准制修订。围绕提升技术水平,开展共性基础性标准研制;聚焦高端重大装备制造和重大工程需求,结合玻纤产业发展重点,系统制修订量大面广的传统产品标准,推动标准水平的整体提升;加快新兴材料标准的制订步伐,有效推动高性能玻璃纤维产品质量提升和技术升级,增强国际竞争力。

提升标准国际化水平。进一步推进标准国际化,积极参与国际行业标准的制定工作,提升我国在国际标准制定中的话语权。密切跟踪、研究和学习国际标准和国内先进标准,加强国际间的技术交流,促进国产高性能玻璃纤维与全球市场的深度融合。

4.5 拓展更多应用

“十五五”期间,我国玻璃纤维行业需以高质量发展为导向,聚焦新能源、低空经济、人工智能、海洋工程等新兴领域,通过拓展应用场景培育行业新增长极。具体实施路径包括:强化玻璃纤维在复合材料高压储氢容器内胆、缠绕层等核心部件的研发应用,实现产品性能和质量双提升,扩大在氢能领域的应用;探索光伏电池组件封装材料、光伏电站基础设施等新应用路径,深化产业协同;集中优势资源开发适配无人机机身、机翼、机舱及配套设施的纤维增强复合材料,精准匹配低空经济需求;加快低介电、低膨胀、低介损玻璃纤维的技术研发及

大规模产业化进程,为AI及大数据领域构建坚实材料支撑,推动核心硬件性能突破与能效提升;挖掘海洋防腐工程、海洋能源开发设备等应用潜力,激活海洋经济新动能;研发专用增强复合材料,以材料升级驱动智慧物流领域装备设施智能化升级,实现物流效率与成本优化;开发高性能玻璃纤维复合材料,通过增强叶片的强度、刚度、疲劳寿命及降低重量和成本,支撑风电领域规模化可持续发展,夯实清洁能源产业基础。

5 总结

“十五五”期间,我国玻璃纤维行业当以高瞻远瞩之姿,将“创新引领,强业惠世”作为核心追求,顺应时代发展浪潮下社会对高性能、高品质玻纤产品日益增长的需求,以及对产业高质量发展、全球协同共进的殷切期盼。持续深耕技术创新领域,勇攀科技高峰,全力推动产业深度升级与变革,精心锻造行业核心竞争力,为行业发展积蓄雄厚且持久的内生动力、构筑独特而稳固的竞争优势,矢志不渝地开拓产业新境界、领航行业新征程,在从玻璃纤维生产大国向生产强国的伟大跨越中,为国民经济的繁荣昌盛以及全球玻璃纤维行业的共同繁荣铸就更为辉煌的篇章、贡献更为磅礴的力量。

参考文献:

- [1] 刘长雷,文慧,杨凯,等.从“玻璃纤维”到“无机连续纤维”,重塑行业发展价值观——中国玻璃纤维及制品行业“十四五”发展总结与“十五五”战略展望[J].先进无机纤维,2025(05):1-5+54.
- [2] 黄如谏,刘长雷,文慧,等.积极培育行业新质生产力 引领全球玻纤产业高质量发展——中国玻璃纤维及制品行业2024年度发展报告[R].北京:中国玻璃纤维工业协会,2025:1-4.
- [3] 赵谦.发展先进玻璃纤维产业,打造国家战略科技力量[J].玻璃纤维,2024(08):1-6.
- [4] 马浩,蒋露,吴永坤,等.玻璃纤维行业碳排放分析及“双碳”实施途径的探索[J].玻璃纤维,2024(02):41-45.