



中国建筑材料联合会主管主办  
中文核心期刊

# CHINA BUILDING MATERIALS

## 中国建材集团 新材料特刊

打造具有全球竞争力的世界一流综合性建材和新材料产业投资集团

人工  
晶体

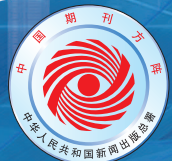
膜  
材料

光电  
材料

复合  
材料

工业  
陶瓷

石墨  
材料





创新 绩效  
和谐 责任



# 中国建材集团有限公司

China National Building Material Group Co., Ltd.

中国建材集团是伴随我国改革开放成长起来的企业，始终坚持市场化道路，通过资本运营和联合重组迅速发展壮大，连续九年进入世界五百强企业行列。

近年来，贯彻国家新发展理念，加快推进结构调整和转型升级，已由一家以水泥业务为主的建材企业，转化发展为水泥、新材料、工程技术服务三足鼎立的综合性材料产业投资集团。

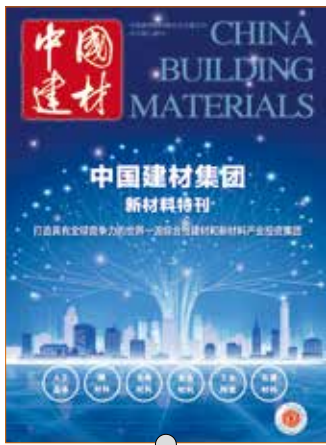


# 善用资源 服务建设



打造世界一流的综合性建材和新材料企业  
致力于价值创造和股东回报





中文核心期刊  
 中国期刊方阵双效期刊  
 中国科协、中国图书馆学会推介书目  
 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊  
 《中国学术期刊》《中国期刊网》全文收录  
 中国核心期刊遴选数据库全文收录  
 中国期刊协会赠建全国百家期刊阅览室指定赠送刊物

# CHINA BUILDING MATERIALS

《中国建材》特刊 中国建材集团·新材料  
 出版日期 2019年12月  
 刊头题字 吴作人

编委会主任 乔龙德

编委会副主任 孙向远 陈国庆 张东壮 宋志平 刘志江 周育先 姜德义 高登榜  
 姚燕 王刚 曹江林 张毓强 叶德林 李新华 李叶青 马列 吕志坚 张清杰 聂长兰  
 徐德复 彭寿 彭建新 薛忠民 宋寿顺 赵健 胡景山  
 秦春雨 虞建华 韩翠瀛 侯力学

委员 马振珠 王兵 王耀 王文利 王玉敏 王爱贞 孔祥忠 申晓林 生美心 吕琴 朱冬青  
 任亚利 孙甲鹏 刘建华 齐子刚 祁绍平 杜建东 杨义 杨祥坤 肖强 张奇 张乃岭  
 张广沛 张玉昆 张佰恒 张定金 张履绥 陈钢 武庆涛 周银芬 周清浩 周鸿锦 屈文胜  
 赵福义 胡幼奕 贺军 晋占平 徐洛屹 栾军 曹爱国 崔宝玲 崔星太 符传伟 隋玉民  
 葛旭东 韩世涛 韩继先 曾大凡 缪斌 樊加生 潘东晖 (按姓氏笔划排序)

名誉社长 秦春雨  
 名誉总编辑 虞建华

副社长 侯力学 (常务)  
 总编辑 韩翠瀛

社务委员 汤文浩  
 社长助理 汤文浩 高玉春  
 总编辑助理 谭俊明

采编中心主任 谭俊明  
 期刊编辑部主编 靳惠怡  
 编辑记者 韩玥 李媛 王伟楠  
 年鉴编辑部主编 臧幼华

Tel: 010-57023010 57811234 57022637 57811233  
 E-mail: bianji@cbmm.com.cn njbox@126.com

出版发行部主任 王洪伟  
 Tel: 010-57022669

理事会秘书处 高玉春 何宝立  
 Tel: 010-56070041

新传媒中心 赵春立 侯伟华 靳惠怡  
 中国建材新闻网 林 焱 www.cbmm.com.cn  
 Tel: 010-57022636 E-mail: cbmm2009@163.com

主管主办 中国建筑材料联合会  
 编辑出版 中国建材杂志社  
 地址 北京市海淀区三里河路11号  
 邮编 100831  
 制版印刷 北京彩蝶印刷有限公司  
 订阅 全国各地邮局  
 邮发代号 国内2-43 国外M585  
 国外发行 中国国际图书贸易总公司  
 国内刊号 CN11-1353/TU  
 国际刊号 ISSN1000-0836



关注微信

中国要强盛、要复兴，就一定要大力发展科学技术，努力成为世界主要科学中心和创新高地。我们比历史上任何时期都更接近中华民族伟大复兴的目标，我们比历史上任何时期都更需要建设世界科技强国！

新材料产业是战略性、基础性产业，也是高技术竞争的关键领域，我们要奋起直追、迎头赶上。企业是创新的主体，是推动创新创造的生力军。要推动企业成为技术创新决策、研发投入、科研组织和成果转化的主体，培育一批核心技术能力突出、集成创新能力强的创新型领军企业。

——摘自习近平在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会和在山西调研新材料产业时的讲话

# Contents

目录



10

发展新材料 谱写新篇章



27

中国建材水泥业务的高质量发展新路



52

为农业插上腾飞的翅膀

## 日日维新

发展新材料 谱写新篇章 10

中国建材集团有限公司

## 焕然一新

卓越成就 22

## 推陈出新

中国建材水泥业务的高质量发展新路 27

闯出一片石膏板的新天地 33

——北新建材的创新之路

开创特种玻璃 服务国家建设 37

——中国建材总院石英玻璃和航空玻璃发展历程回眸

振兴中国建材耐火材料事业之我辈担当 41

——中国建材总院瑞泰科技发展纪实

身之所依 梦之所向 48

——记北新“加能源”5.0房屋

新材料 新技术

为农业插上腾飞的翅膀 52

——凯盛浩丰人的逐梦之路





## 新益求新

### ★光电材料

玻璃的光电之间 57

——凯盛科技的“敢教日月换新天”

从微光夜视到生物光导识别 黑科技引领未来生活 62

——中国建材总院光纤成像材料的研发及产业化发展之路

### ★复合材料

巨石玻纤从跟跑到领跑的跨越 68

——中国巨石打造隐形冠军之路

玻纤新材料让生活更美好 73

——泰山玻纤研发创新记

高强度玻璃纤维50年发展之路 76

——南京玻纤院玻纤研发纪实

攻坚克难 铸就碳纤维国之重器 80

——中复神鹰碳纤维有限公司发展纪实

探索风电叶片创新之路 助力国家风电产业发展 84

——中复连众风电叶片发展纪实

推进风电持续发展 引领行业技术进步 88

——记中材科技风电叶片股份有限公司



玻璃的光电之间



玻纤新材料让生活更美好



铸就碳纤维国之重器

# Contents

目录



哈玻院助力中国航天事业发展



打造环保过滤膜材料民族品牌



中材高新氮化硅陶瓷发展侧记

以复合材料支持中国航天的惊世腾飞 93  
——哈玻院助力中国航天事业发展

用“芯”助力构建安全智能高端的国家电网 96  
——记中复碳芯的拼搏之路

## ★膜材料

突破核心技术瓶颈 勇攀锂电行业高峰 100  
——中材科技锂膜产业自主创新之路

打造环保过滤膜材料民族品牌 104  
——南京玻纤院潜心研发过滤微孔膜纪实

发展陶瓷膜过滤材料 保护祖国的绿水青山 109  
——山东工陶院高效脱硝除尘功能陶瓷膜发展纪实

用“膜”法守护“水安全” 112  
——中复新水源科技有限公司高端反渗透（RO）膜及组件项目概览

## ★工业陶瓷

厚积薄发四十载 踏潮扬帆正当时 116  
——中材高新氮化硅陶瓷发展侧记

怀揣电瓷梦 转型新发展 120  
——记中材江西电瓷电气有限公司

创新驱动石英陶瓷辊 见证中国工业发展历程 124  
——记中材高新石英陶瓷材料的发展之路



开创国内碳化硅先河 服务高端技术装备制造 128

——中国建材总院高精密碳化硅陶瓷材料发展纪实

★人工晶体

始终聚焦晶体 谱写绚丽篇章 132

——人工晶体院新材料领域的创新之路

★石墨材料

点石成金 创新引领高质量发展 136

——记南方石墨有限公司

万象更新

“巨石”玻纤出海记 141

——中国巨石埃及和美国项目侧记

磨砢淬砺新材料 共筑美丽中国梦 146

——中国建材国际工程集团有限公司重点项目巡礼

撒哈拉沙漠见证中国特种水泥奇迹 150

——记北京凯盛阿尔及利亚STG项目

全力打造中国“新型房屋”名片 153

——北新房屋海外发展纪实

创新业务模式 “走”出一片天地 157

——中建材集团进出口有限公司海外发展录

发现材料之美



怀揣电瓷梦 转型新发展



晶体院新材料领域创新之路



“走”出一片天地



# 发展新材料 谱写新篇章

中国建材集团有限公司

新材料产业是制造强国的基础，很多设备、应用都离不开新材料的支撑，当前我国在新材料发展方面仍存在不少的短板和空白，严重制约着我国工业的转型升级和高质量发展。中国建材集团作为我国建材行业的领军企业，近年来在建材领域实现了做强做大，荣登全球建材企业榜首；在新材料领域也异军突起，不仅在诸多新材料技术上打破了国外垄断，更难能可贵的是实现了一大批新材料的工业化量产，以至于在央企创新成就展上被称赞为“中国材料”公司。到底是什么原因让这家企业在新材料领域遍地开花？又是什么力量让这家企业在别人举步维艰的新材料领域里突飞猛进？这家企业在新材料领域的成绩为中国企业转型发展提供了哪些可借鉴的经验？这些疑问，本文将一一为您解答。

## 创新是中国建材的基因

### ◆ 以新型建材起家

中国建材集团前身是中国新型建筑材料集团，这家企业的诞生源于改革开放之初国家对新型建材的迫切需要，也源于邓小平同志对新型建材工业的亲切关怀。早在1979年8月29日，小平同志视察了位于北京紫竹院地区的新型住宅样板房后，作出重要指示：“要尽快把新型建筑材料工厂办起来，要大批生产；新材料的生产一定要工厂化、专业化。”后来，小平同志专门发布谈话，提出要“大力发展新型建材，用新型建材盖让农民住得起的房子”。

为加快推动我国新型建材工业的发展，1984年1月，中国建材集团经国务院批准正式成立。此后，集团通过引进、集成创新等方式，先后建立了石膏板、岩棉、塑料地板等一批新型建材企业，不仅填补了我国新型建材工业的空白，而且有力支持了我国建筑业的发展。

回顾历史，以新型建材起家的中国建材集团，从一开始就将创新融入了血液，并且一直坚持传承了下来，最终沉淀凝练为企业发展的

基因。也正是凭借着创新的驱动，经过40多年的发展，中国建材集团已经实现了华丽蜕变，从当年以新型建材为主的中小型企业发展成为全球最大的综合性建材产业集团和全球领先的新材料开发商。

### ◆ 不忘嘱托

熟悉中国建材集团的人都知道，这家企业在2003年进行了一次极为关键的战略转型，就是由新型建材



邓小平视察

转到了水泥主流建材，公司也由中新集团更名为中国建材集团。这次转型在当时建材行业带来了很大的震动，有些人认为中国新型建材领域的“国家”公司都没了，中国新型建材事业还怎么发展？其实这次战略调整是被迫的，也是历史发展的必然。

中国建材集团借助新型建材的快速发展曾经一度辉煌，但在市场化过程中，国有企业水土不服，企业发展历尽了艰辛。2002年，中国建材集团经营十分艰难，收入只有20亿元，逾期贷款却有32亿元。为摆脱生存困境，在化解债务危机的同时，中国建材集团背水一战，开始了一场改变自身命运的战略转型。

那时恰逢国资委刚成立，按照国资委要求，央企必须做到行业前三名，这让中国建材集团的战略转型变得更加紧迫。2002年7月，集团召开战略研讨会，决定从规模较小的普通装饰材料行业退出，回归水泥等大宗、主流建材领域，并于第二年春天正式更名为中国建材集团。

对中国建材集团来说，这次战略调整是一次重大转机，为企业后续快速发展、成为世界级建材集团奠定了坚实基础。对中国新型建材行业来说，这次战略调整并没有让“国家”公司没了，也没有导致行业后退。一方面，集团并没有忘记最开始成立时的初心和邓小平同志的嘱托，提出并践行了“两个大力”的战略，即大力推进水泥、玻璃的联合重组、结构调整和节能减排，大力发展新型建材、新型房屋和新能源材料。也就是一手发展大建材行业，一手发展新型建材，而且通过水泥、玻璃等大建材业务带动新型建材的发展。另一方面，集团退出了规模比较小的装饰材料领域，如地毯、壁纸等产业。这些小产业应该由民营企业或中小企业去做，实践证明，民营企业做得非常好。

而小平同志提到的新型房屋、纸面石膏板等业务，集团不仅保留下来，还集中力量加大了发展力度。纸面石膏板方面，北新在国外引进全套设备和技术的基礎上，不断创新探索，不仅全面掌握了纸面石膏板生



“加能源”5.0 新型房屋

产线的全套生产工艺技术及装备制造技术，而且还自主研发出利用工业副产石膏制造石膏建材的关键技术和技术装备，打破了国外技术的垄断，获得了拥有自主知识产权的100%利用工业副产石膏为原料生产纸面石膏板的成套技术。经过40多年的发展，北新石膏板的规模达到27亿平方米，占全球的20%，成为全球最大的纸面石膏板生产商，荣获了中国工业领域最高奖项——中国工业大奖，以及中国质量管理领域最高奖——全国质量奖，还荣获了全球石膏行业突出贡献奖并三次获评最佳年度公司。

在新型房屋领域，中国建材集团始终铭记小平同志“让农民住得起新型房屋”的嘱托，致力于发展以轻钢结构和预制钢混结构为主的新型房屋体系以及住宅部品部件的配套系统。如今，不仅探索出了一整套新型房屋的制造方式，而且对造房所需的所有材料也已经实现了国产化，大大降低了建房子的成本。随着房屋生产规模化的提高，普通农家房每平方米价格降至1000元左右，“让农民住得起”的愿望已经从梦想成为现实。随着农村的经济条件变得越来越好，他们对良好居住条件的需求也越来越高。目前，集团正在在国内外以“绿色小镇”的模式推广“节材、节水、节地、节能、环保”的新型房屋，并且为老百姓提供生态智能住宅、健康养老居住的全方位房屋解决方案。例如北新房屋推出的“加能源”5.0房屋，把光热、太阳能发电和家庭风电、沼气、地热连接在一起，让每个家庭不但不消耗大电网的电，还向大电网输送电，每个月还可以有一定的电费收入。

### ◆ 推陈出新

“新”与“老”是相对的概念，新材料终究会变成“老”材料。如何解决由“新”到“老”的问题呢？没有捷径，只有创新。创新对企业而言没有终点，要持续不断地创新，持续不断地推陈出新。2009年，中国建材集团把“两个大力”战略进一步延伸为“三条曲线”战略。第一条曲线是做好水泥、玻璃等传统建材的创新转型升级。第二条曲线是大力发展新型建材、新型房屋与新能源材料的“三新”产业，用集成创新



年产3000万平方米纸面石膏板生产线

模式打造新的利润支撑点。第三条曲线是强化研发和技术服务，利用互联网、大数据、智能化等手段，对现有产品和业务进行整合和集成，培育新的经济增长点。同时，中国建材集团也根据外部环境和企业实际进行业务调整培育，大力推进高端化、智能化、绿色化、国际化的“四化”转型，在旧业务上做持续性创新，同时顺应时代潮流，进行颠覆性创新，提前培育新业务，这样让整个集团能在新旧业务之间有所平衡，实现持续稳定增长。

中国建材集团水泥产能5.3亿吨，是全球的水泥大王。水泥，是基础设施建设的不可或缺的原材料，对我国经济建设做出了不可磨灭的贡献。但是随着社会的发展和环保意识的提高，人们认为水泥是传统的老建材，是污染落后的。其实这是社会大众对水泥的误解。水泥是个好东西，它改变了全世界，虽然只有180多年的历史，但也在不断的创新发展。中国建材集团



打造世界水泥的“梦工厂”

很早就提出了水泥“高标号化、特种化、商混化、制品化”的发展方向，并且持续不断地开发制造了水工、核工、油井、海工、道路等8大类100多个品种的特种水泥，满足了各个领域的不同需要。运用新技术新手段打造了工业4.0全智能水泥生产线，泰安中联入选工信部“智能制造试点示范项目”名单，被誉为世界水泥的“梦工厂”；综合运用余热发电、光伏发电和风力发电等技术打造新能源水泥厂，运用水泥窑协同处置固废垃圾技术打造循环经济产业园。目前，中国建材集团正全力推进“水泥+”战略，即运用“互联网+”的思维，延伸水泥产业链，探索“水泥+商混+骨料+砂浆+……”模式，实现一体化经营，提高价值创造能力和盈利能力。正是这些新产品、新模式、新手段等全方位的创新，推动着传统的水泥业务在新时代背景下不断迈向高质量发展新阶段。

中国建材集团的石膏板业务也是如此。40多年来，北新建材自主研发了上百项先进技术，其中发泡技术

可降低10%的石膏用量，每年节约成本达到2亿元；推出相变石膏板，可根据温度吸热、放热；推出净醛石膏板，能够吸收房屋内的甲醛。最近北新建材又开发了新型绿色建材——鲁班万能板，实现了“个性化设计、工厂化生产、装配式施工、即装即住”，彻底解决甲醛问题，已广泛应用于多项国家重点工程中。

## 从中国建材到中国材料

### ◆ 创新驱动

“两材”重组后，中国建材集团成为名副其实的中国最大的综合性建材产业集团，也是世界建材领域的航空母舰和领军企业。业务规模壮大的同时，科研实力也进一步增强，拥有26家国家级科研设计院所，3.8万名科技研发人员，33个国家行业质检中心，12000



多项专利，11个国家实验室和工程技术中心，19个标委会。

重组后，中国建材集团最大限度地整合优势资源和创新成果，全力打造材料行业“中央研究院”，着力建设大数据库和云计算中心，建设技术孵化、试验、应用的开放性创新平台，集中力量完成了一批国家级基础原材料和新材料重大科学技术项目，实现了新材料业务的异军突起、迅猛发展，高性能碳纤维、超薄电子玻璃、铜铟镓硒和碲化镉薄膜太阳能电池、锂电池隔膜、高精工业陶瓷等一批新材料实现工业化量产。经过持续深入的结构调整和创新升级，中国建材集团由一家以水泥业务为主的建材企业，发展为水泥、新材料、工程技术服务三足鼎立的综合性建材和新材料产业投资集团。

通过实践，中国建材集团形成并总结出三种有效的创新模式。

一是模仿创新。改革开放以来，中国企业大多数是通过模仿创新，极大地缩短了在技术水平上和发达国家的距离。中国过去提倡的引进消化吸收再创新，实际上是模仿创新的具体方式。中国建材集团也经历了

模仿创新，比如改革开放初期从国外引进新型干法水泥生产线、石膏板生产线等。

二是集成创新，即把各种创新要素结合起来，既有借鉴的，又有企业自己的，或者把别的行业的一些创新要素集成在本行业，就如同“把做面包的技术用在蒸馒头上”，是介于自主创新和模仿创新之间的一种创新形态，是一个知识重组、资本推动、加速创新的过程。放眼全世界，各企业也大都是在创新的过程中互相借鉴、互相学习，寻找资源配置的最佳方式来开发新技术，实现各种要素的有效集成和优化组合。

近年来，中国建材集团在集成创新方面做了很多探索，也取得了不小的成绩。比如在风电叶片领域，收购了欧洲第二大风电叶片供应商——德国 NOI 公司，包括其全套的工厂、实验室、设计室、检测室等各种各样的设施，尤其关键的是包括 100 多位工程技术人员。这场收购开创了我国本土企业收购国外风电设备公司的先河，成为“中国学生”收购“洋师傅”的典型案列。通过此次收购，中国建材集团一跃成为全球第一大风电叶片商，可生产 100 多种型号，拥有 16GW 产能，模具全部自主生产，且单个模具费用从 3000 万



铜铟镓硒薄膜光伏模组



元降到 500 万元，大大降低了成本。

再比如 2014 年中国建材集团收购了德国 Avancis 公司，包括慕尼黑的研发实验室和 50 位科学家。依托慕尼黑实验室，集团在安徽蚌埠也打造了一间平行实验室，由两边共同完成原材料国产化、光伏建筑一体化设计等工作，同时将慕尼黑实验室的技术复制到了中国，在蚌埠建设了中国首条铜铟镓硒光伏薄膜组件生产线。整个厂是无人工厂，在玻璃上涂一层膜就可以发电，转化率达到 18% 左右，这是世界上最好的太阳能电池，就是通过集成创新做出来的。

再比如中国建材集团在成都做的另一种薄膜电池——碲化镉太阳能薄膜电池。美国生产的性能最好的太阳能电池为碲化镉太阳能薄膜电池，长期以来对我国进行技术封锁。但集团在德国找到一家研发中心，共同开展技术攻关，并于 2018 年年初在成都成功下线了我国第一块碲化镉“发电玻璃”。

三是自主创新。自主创新相对困难，投入大，时间长，但中美经贸摩擦，包括中兴事件、华为事件等，都说明自主创新势在必行。这是提升企业核心竞争力优势、摆脱受制于人局面的根本途径，也是我国企业



应该认真去做的一件事。

近些年，中国建材集团加大自主创新力度，在新材料领域攻克了一批“卡脖子”技术，例如研发出了



碲化镉发电玻璃生产线



8.5代 TFT—LCD 玻璃基板示范线

世界最薄电子触控玻璃，这种玻璃是电子信息显示产业的核心材料，是手机、电脑、电视显示屏基础材料。在起步较晚没有经验可以借鉴并且连材料都要受制于人的情况下，中国建材集团开始了长达30多年的探索。功夫不负有心人，凭借完全自主知识产权的成套先进技术及装备，蚌埠院近年来相继拉引出0.2毫米、0.15毫米、0.12毫米的超薄玻璃，实现了从“超薄”到“极薄”的跨越，接连刷新世界纪录，打破了国外对电子信息显示行业上游关键原材料的长期垄断，为我国玻璃产业发展提供了有力支撑，也使得超薄玻璃的国际市场价格降低了2/3。

再如中国建材集团国庆节前在枣庄投产的全球首条生物光导识别芯片材料生产线，该材料采用特殊的玻璃材料及结构设计，由近千万根玻璃光导规则排列熔合而成，能将指纹信息穿透3mm厚的玻璃盖板及显示屏，高清晰地传送到传感器上，实现多指纹信息的快速、准确识别。这也是目前行业内唯一的、能够市场化的、支持大面积屏幕指纹识别的材料，成为颠覆现有屏幕指纹识别技术的最佳方案和实现真全面屏手机的关键材料，被誉为智能手机领域的“黑科技”。

## ◆ 六大新材料

经过长期的创新培育，中国建材集团的新材料业务实现了蓬勃发展，形成了“六大新材料”体系。

一是光电材料。近年来，集团玻璃业务的创新转型取得了丰硕的成果，特别是在电子信息显示玻璃领域取得了重大突破，实现了由创新追赶向并跑、领跑的转变。除前文提到的世界最薄电子玻璃、碲化镉薄膜太阳能电池，还有超白高透光伏玻璃、CIGS薄膜太阳能电池等，可以广泛应用于建筑节能、光伏发电、智慧农业等领域。

二是复合材料。集团旗下企业自主研发了全球领先的E6、E7、E8高性能玻璃纤维配方，自主设计制造了全球最大、最好的10万吨级池窑拉丝生产线，生产出E系列玻纤、电子玻纤、HS6高强特种玻纤等高性能玻纤。此外还有T700、T800、T1000级高性能碳纤维，兆瓦级风电叶片、碳芯电缆、航空发动机用复合材料、大飞机用复合材料、航天用复合材料结构件等先进复合材料。

三是膜材料。在山东滕州建设的世界首条湿法双向拉伸的锂电池隔膜生产线已经全部投产，标志着我国



世界首条湿法双向拉伸锂电池隔膜生产线

成功实现了锂电池材料中最后一个关键材料的国产化，将助推我国新能源汽车的发展。此外还研发了海水淡化膜材料、功能性有机膜材料、环保过滤材料、高效脱硝除尘功能陶瓷膜等，广泛应用于工业废水、海水淡化和烟气处理等领域。

四是工业陶瓷。集团所属中材高新在山东淄博建设了自主研发转化、具有完全知识产权的年产100吨高性能氮化硅陶瓷生产线。此外还有高压电瓷、碳化硅陶瓷、石英陶瓷等功能性新材料，具有耐高温、耐腐蚀、耐磨损、耐冲刷等优异性能，可替代金属材料和有机高分子材料用于苛刻的工作环境，广泛应用于能源、航空航天、机械、汽车、电子、化工等领域。

五是人工晶体。中国建材集团所属人工晶体院拥有56年历史，我国第一颗人造金刚石、第一块人造水晶、第一片合成云母都是在这里诞生，该院研发的非线性光学晶体、闪烁晶体以及红外窗口晶体材料，广泛应用于电子、激光、通信、能源和生物等领域，曾两次

荣获国家科技进步一等奖。

六是石墨材料。目前正在利用微晶石墨开发吸波材料、负极材料、环保吸附材料、新能源电池导电浆料、散热材料、等静压石墨等，这些材料将作为耐火材料、电极材料、储能材料、核能材料等，广泛应用于石油化工、工业窑炉、电气工业、新能源及核能等领域。

#### ◆ “可以叫中国材料了”

中国建材集团新材料业务的蓬勃发展是建立在企业做大做强的基础上的，尤其是水泥业务赚到了可观的利润，可以支持新材料业务的投入和发展。另一方面，中国建材集团作为央企，主动攻关一些“卡脖子”技术，担负起填补我们国家新材料的空白、助力建设制造业强国的责任。在中国建材集团的新材料业务中，超薄电子玻璃、玻璃纤维、新型建材都曾先后荣获中国工业界“奥斯卡”——中国工业大奖。

中国建材集团新材料业务有一个非常显著的特点，

就是可以大规模工业化量产。企业创新要确保产品能量产，能结合市场出效益，能与资本市场对接。如果新产品做不到量产，无法转化为现实生产力，企业就很难有效益，更谈不上持续发展，在资本市场也形不成影响力。中国建材集团所实现的科技创新一定要能量产化，要有一定合格率，最后一定要有效益。2017年，集团新材料业务实现利润总额70亿元，2018年超过100亿元，预计今年会超过去年，可为集团利润贡献三分之一。国家领导在参观央企创新成就展时莅临中国建材集团展台，对集团新材料业务发展成绩给予高度肯定，称赞“中国建材可以叫中国材料了”。

2018年12月，中国建材集团被确定为新一批国有资本投资公司试点企业，这是企业发展的里程碑。今年9月，试点方案获批。过去，中国建材集团的定位是产业集团，企业成长自下而上，主要依靠业务板块平台公司借助资本市场的力量滚动发展，推动集团做强做优。现在，中国建材集团成为国有资本投资公司，即要自上而下，由集团公司通过投资和股权管理，有的放矢地进行投资，支持所出资企业发展。按照国有

资本投资公司的发展思路，中国建材集团将调整职能，致力于打造国家材料领域的世界一流的综合性产业投资集团，完成三大转变，即管企业向管股权、建筑材料向综合材料、本土市场向全球布局转变。在投资方面，集团将根据国资委股东的要求，制定公司战略，有侧重地进行投资。资本有三大投向，一是基础建材行业的供给侧结构性改革，二是新材料和新能源产业，三是“一带一路”等国际市场。同时对可以投资的企业进行股份调整，目标是在基础建材、高端新材料、国际工程、科研技术服务等领域形成一批具有国际竞争力的上市公司群，打造若干具有国际影响力的行业领军企业和一批专注于细分领域的隐形冠军。

在支持国家“一带一路”建设方面，中国建材集团出口了360多条大型水泥成套装备生产线，占全球新建水泥生产线的65%，连续11年保持全球水泥工程市场占有率第一；总包或设计玻璃生产线70多条。在中国建材集团的“六个一”国际化布局中，即建设10个建材工业园、10家海外仓储园区、10个海外区域认证中心和国际标准实验室、100个建材连锁分销中心、



在埃及投资建设的年产20万吨玻纤生产基地

100 个智慧工厂、100 个 EPC 项目，无论是新材料产品，还是新材料技术、装备、服务、投资，都取得了丰硕的国际化成果。如中国巨石在埃及投资建设了年产 20 万吨的玻纤生产基地，填补了北非地区玻璃纤维产业的空白。基地建成后，凭借一流的技术和先进的管理，产品供不应求，为埃及创造了大量的税收和外汇收入，也使埃及一跃成为世界第三大玻璃纤维生产国。此外中国巨石还在玻璃纤维发源地美国投资建设了年产 9.6 万吨无碱玻璃纤维池窑拉丝生产线，并于今年 5 月成功点火投产。

## 不忘初心 新益求新

### ◆ 弘扬企业家精神

惟其艰难，方显勇毅；惟其磨砺，始得玉成。新材料研发过程可谓困难重重，中国建材集团的广大干部员工一路披荆斩棘发展到今天，靠的是企业家精神。企业家的精神是中国建材集团攻坚克难、走向成功的动力源泉。

创新精神是企业家的灵魂，也是发展新材料的必要条件。做新材料是一件复杂又艰苦的事情，需要敢于不断创新、不断挑战自我。国庆节前夕下线了我国第一片拥有自主知识产权的 8.5 代 TFT-LCD 玻璃基板，这就是中国建材集团创新的结晶，让中国成为全球第三个掌握该先进技术的国家，对于保障我国信息显示产业安全具有重大的战略意义。

坚守精神就是不轻易放弃，拿出“工匠”的毅力和恒心。做新材料需要不怕风险失败、持之以恒地坚守，一定要把它做好。如果做两天不干了，肯定做不出新材料，尤其是自主创新的新材料，动辄十几年，长则三四十年，必须要坚守。北新建材做石膏板、中国巨石做玻璃纤维都是做了 40 年，才做到了极致，做到了隐形冠军。

责任就是要有社会责任感和担当精神，要有家国情怀。比如高性能碳纤维，一直是美国和日本对中国

严加封锁的技术，但作为国防工业的战略性新材料，中国建材集团下定决心必须攻克。这就是企业的国家责任。中国建材集团连续 10 多年的投入和攻关，最终打破了国外垄断，从 T300 到 T700、T800 都实现了千吨级量产，T1000 也实现了百吨级量产，目前正在攻关 T1100。2018 年，中国建材集团的高性能碳纤维产业化技术得了国家科技进步一等奖，填补了我国碳纤维高端技术的空白。

这些年来，中国建材集团在拼搏奋斗、创新发展的过程中，打造了一支能征善战的企业家队伍。他们能吃苦，肯钻研，让中国建材集团新材料业务璀璨绽放，是当之无愧的英雄。

中国巨石总裁张毓强就是中国建材集团企业家队伍中的一个典型。他十五六岁时在浙江桐乡一家小乡镇企业做挑水工，后来一步步努力，做出了一家大型玻璃纤维企业。1998 年的时候，中国建材集团与他合作，共同发起组建了中国化建（中国巨石的前身）并于第二年上市。张毓强很有拼劲，他四十年如一日精耕玻纤领域，每天早晨 6 点就去工厂，晚上很晚才离开，凭着一股爱拼敢赢的精神，硬是带领巨石这家名不见经传的地方企业，发展成为“花开全球”的世界最大最先进的玻璃纤维生产商。

中复神鹰董事长张国良也是中国建材集团企业家队伍中的一个代表。他曾在一家国有纺织机械厂工作，公司改制时“下海”，成立了鹰游纺机公司，因为是个“碳痴”，后来竟然自己创业做起了碳纤维。为了研究技术问题，他经常吃住在车间，连续奋战几天几夜，在中国建材集团的碳纤维事业中立下了汗马功劳。

### ◆ 打造创新机制

新材料业务的发展需要好的创新机制，需要充分调动人的积极性。随着高科技时代的到来，创新正推动企业生产函数发生显著变化，人的知识与智慧、经验与能力对企业的贡献越来越大。党的十九届四中全会提出要“健全劳动、资本、土地、知识、技术、管理、数据等生产要素由市场评价贡献、按贡献决定报酬的机制。”所以现在做企业，必须得承认人力资本是资本，



自主研发高性能碳纤维并实现产业化

并且让人力资本参与分配。

中国建材集团一直是国企改革的先行者，一直在打造市场化的机制。目前集团正在积极稳妥推进国有资本投资公司、中央企业兼并重组、发展混合所有制经济、深化落实董事会职权、混合所有制企业员工持股五项改革试点工作。其中国有资本投资公司试点方案9月份已经获批，正在全面推进。集团所属的北新建材、中材高新、中材国际、合肥院是国资委“双百试点”企业，所属的中国巨石、蚌埠院是发改委混改试点企业，这些试点企业都在按照试点方案进行综合改革，目标是做出亮点，提炼经验，成为改革的尖刀班、先锋队。

中国建材集团也非常重视内部机制建设，不断完善治理结构和市场化经营机制，鼓励符合条件的企业开展员工持股、上市公司经理持股计划以及超额利润分红权，对于承担关键核心技术攻关项目的科研团队和负责人加大激励力度，建立风险共担、利益共享的

中长期激励机制，为企业可持续发展提供了机制动力。

### ◆ 迈向世界一流

中国建材集团的目标是打造具有全球竞争力的世界一流综合性建材和新材料产业投资集团，计划分三步走：到2022年，实现营业收入5000亿元、净利润300亿元，基本建成具有全球竞争力的世界一流企业；到2035年，实现营业收入6000亿元、利润总额500亿元，全面建成具有全球竞争力的世界一流企业；到2050年，实现营业收入超万亿、利润总额上千亿，成为超世界一流、受世界尊敬的伟大企业。中国建材集团目前已形成了水泥、新材料、工程技术服务“三足鼎立”的业务格局，在未来发展中，集团会持续加大新材料业务投入，全力以赴做出更多更新的成果，为我国新材料事业发展和实现中华民族伟大复兴的中国梦做出积极贡献！👏

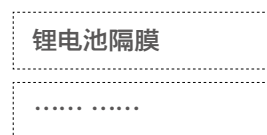
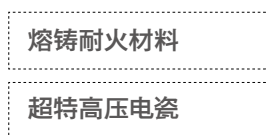
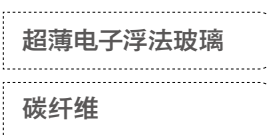
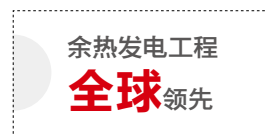


# 全球最大的综合性建材产业集团

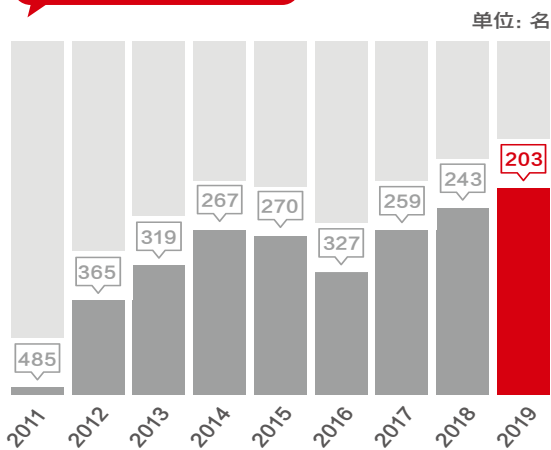
## 资产规模



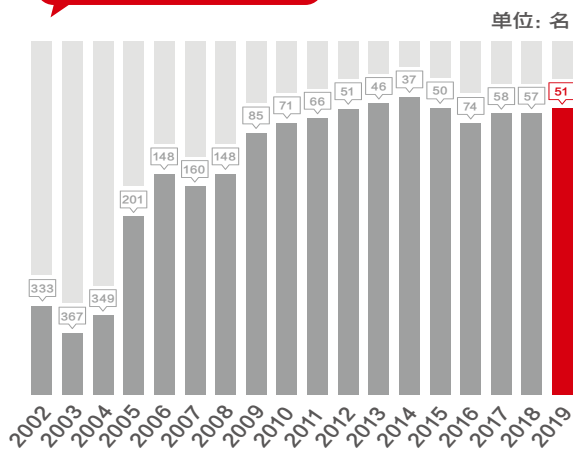
## 业务规模



## 世界 500 强排名



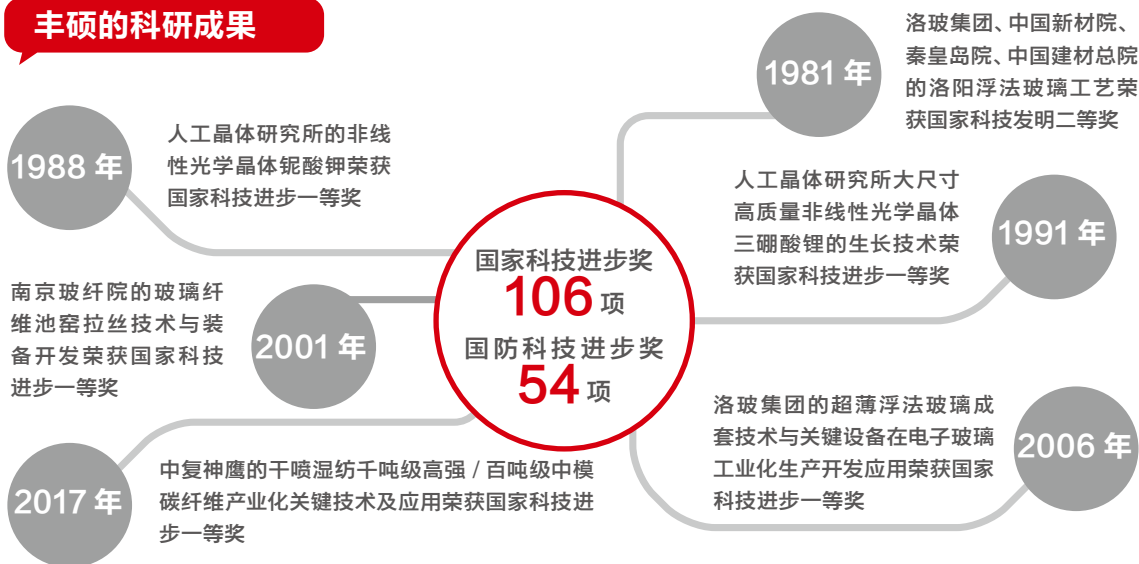
## 中国 500 强排名





# 全球领先的新材料开发商

## 丰硕的科研成果



## 三项中国工业大奖

- 2016年，北新集团建材股份有限公司荣获中国工业大奖
- 2018年，中国巨石股份有限公司荣获中国工业大奖
- 2018年，蚌埠院“超薄触控玻璃关键技术与成套装备开发及产业化”荣获中国工业大奖项目奖

## 新材料企业和产品入列国家制造业单项冠军示范目录

序号	批次	年度	奖项名称	企业名称	主营产品
1	第一批	2017年	单项冠军示范企业	巨石集团有限公司	无碱玻璃纤维、无捻粗纱
2	第二批	2017年	单项冠军企业	北新集团建材股份有限公司	纸面石膏板
3			单项冠军产品	中材江西电瓷电气有限公司	棒形支柱瓷绝缘子
4			单项冠军企业	中材科技风电叶片股份有限公司	风机叶片
5	第三批	2018年	单项冠军培育企业	泰山玻璃纤维有限公司	无碱玻璃纤维无捻纱及制品
6			单项冠军产品	蚌埠中建材信息显示材料有限公司	超薄浮法电子玻璃
7				蚌埠凯盛工程技术有限公司	浮法玻璃退火窑
8	第四批	2019年	单项冠军产品	蚌埠中恒新材料科技有限责任公司	电熔氧化锆
9				泰山玻璃纤维邹城有限公司	无碱玻璃纤维有捻纱(电子纱)



卓越  
成就

# 中国建材集团六大新材料

## 光电材料

包括超薄电子玻璃、TFT-LCD 玻璃基板、高铝盖板玻璃、光伏玻璃等，可广泛应用于手机、平板电脑、液晶电视等终端显示领域。CIGS 薄膜太阳能电池、碲化镉薄膜太阳能电池等，可广泛应用于建筑节能、光伏发电、智慧农业、新能源汽车等领域。



## 复合材料

包括 SYT49/55/65 (T700/800/1000 级) 等高性能碳纤维、E 系列玻纤、电子玻纤、HS6 高强特种玻纤等高性能玻纤，兆瓦级风电叶片、碳芯电缆、航空发动机用复合材料、大飞机用复合材料、航天用复合材料结构件等先进复合材料。



## 膜材料

包括锂离子电池膜、海水淡化膜材料、功能性有机膜材料、环保过滤材料、高效脱硝除尘功能陶瓷膜等，广泛应用于锂离子电池、工业废水、海水淡化和烟气处理等领域。





工业陶瓷

包括氮化硅陶瓷、高压电瓷、碳化硅陶瓷、石英陶瓷等功能性新材料，具有耐高温、耐腐蚀、耐磨损、耐冲刷等优异性能，可替代金属材料 and 有机高分子材料用于苛刻的工作环境，广泛应用于能源、航空航天、机械、汽车、电子、化工等领域。



人工晶体

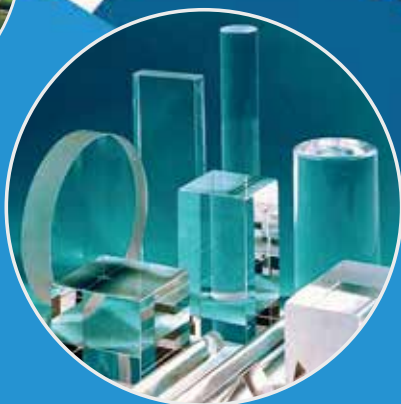
包括 KTP、RTP、CLBO 等非线性光学晶体，NaI (TI)、CsI (TI)、LaBr<sub>3</sub> (Ce) 闪烁晶体以及热压氟化镁、热压硫化锌、CVDZnS 等红外窗口晶体材料，广泛应用于电子、激光、通信、能源和生物等领域。



石墨材料

包括利用微晶石墨开发出的吸波材料、负极材料、环保吸附材料、新能源电池导电浆料、散热材料、等静压石墨等，作为耐火材料、电极材料、储能材料、核能材料等，广泛应用于石油化工、工业窑炉、电气工业、新能源及核能等领域。

# 推· 出· 陈· 新





青州中联全景

# 中国建材 水泥业务的高质量发展新路

水泥业务是中国建材发展的重中之重。多年来，中国建材通过实施大规模联合重组，引领行业推进供给侧结构性改革，实现了自身水泥业务的做强做优，为中国建材集团快速成长壮大奠定坚实基础，也为行业撑起共生多赢的大伞，成为维护行业健康的中流砥柱。“两材”重组后，集团以“高质量发展”为工作主线，进一步确立了水泥、新材料、工程技术服务三足鼎立的发展格局，将水泥业务作为新集团战略发展的重要业务单元，对集团所属水泥企业寄予了厚望，也意味着水泥业务今后要

做的工作更多、课题更新、任务更重、使命更艰巨。

我国水泥行业发展到今天，规模、技术、装备水平在全球已处于领先水平，从过去的“跟跑”“并跑”进入了现在的“领跑”阶段。技术创新为水泥产业注入新的生命力，也让这一传统产业的发展更具可持续性。面对日新月异的变革与进步，中国建材的水泥企业积极应对产能过剩、高端供给不足、资源耗费、环境负荷等诸多问题，围绕“绿色”“智能”“高端”等新的关键词，不断推陈出新，研发新产品，运用新手段，树立新理念，

创造新模式，走出了一条转型升级的全新发展之路，助力集团走向新的跨越发展时期。

## 新产品： 迈向高端的水泥“四化”

在转型升级中，国家提出“迈向中高端”的目标，各行各业都在朝这个方向发展。过去水泥工业生产过程由于技术落后，天然资源、能源消耗高，生产效率和产品质量低，对环境污染严重，留下污染型传统工业的印象随着科学技术的发展，水泥也一改“砖瓦灰沙石”面貌，其工艺路线、产品方向都向着高端迈进。

为顺应水泥行业结构调整与产业整合的趋势，优化水泥产品结构，做精做细水泥业务，中国建材集团很早就提出了水泥“高标号化、特种化、商混化、制品化”的发展方向。

“两材”重组后，中国建材进一步加快了水泥“四化”发展的步伐。特别是在特种化方面，自主研发的多系列特种水泥已广泛应用在核电、大坝、油井、港口等众多人们耳熟能详的恢弘的国家级重点工程。现在正在修建的川藏铁路，94%以上是隧道和桥梁，都需要使用特种水泥进行施工建设，过去这些特种水泥需从国外进口，成本很高，现在中国建材就可以提供这些特种水泥。还

有过去建高铁用的顶级水泥，进口价是每吨2000元，现在在中国建材提供的水泥每吨只需几百元。

一方面是通用水泥过剩，另一方面是特种水泥紧缺。特种水泥如果得到良好发展，受益的不仅是企业，还有利于全行业，乃至整个国计民生。发展特种水泥，是中国建材的市场眼光，也是产业胸怀。中国建材集团旗下的中国建筑材料科学研究总院是我国特种水泥研发的起源地，在几代人的不懈努力下，经过仿造—自主开发—研究创新的发展历程，创造发明了60余种新品种水泥，形成了6大体系、8大类的水泥品种，获得了国家级、省部级科技奖数十项，通过与集团内外的水泥企业开展紧密的产研结合，不断加强科技产品的成果产业化，多个产品的研发和应用创造了世界纪录。

中国建材旗下的嘉华特种水泥股份有限公司是我国较早进行特种水泥研发和生产的企業。这个有着80年历史的老牌水泥企业伴随着新中国成长的步伐，始终走在特种水泥研发与生产的前列，被称为中国建材“四化”发展战略中的“特种部队”。自2012年加盟中国建材以来，依靠着集团的强大支撑，目前嘉华技术中心已拥有水工混凝土、油井、结构分析、水泥基材料等5个实验室，技术中心被认定为国家级企业技术中心、博士后创新实践基地，累计开发、可生产水工、核工、油井、海工、道路等8大类100多个品种，授权专利142个，成



嘉华特水为南海981钻井平台定制G级深海固井水泥

为国内可生产水泥品种最多的企业。嘉华特水还围绕“轻资产经营”+“私人定制”，在领域细分的基础上，展开更为细致的专业细分，并已积累了许多定制成功的案例，例如为南海981钻井平台定制的G级深海固井水泥，在渤海漏油事件中为康菲公司定制超细堵漏剂，为西藏羊八井定制地热专用水泥等。除嘉华特水外，目前集团所属邢台中联、曲阜中联、牡丹江水泥等都在做特种水泥。在中国建材水泥业务转

型升级的整体战略规划中，特种水泥承担着越来越重要的角色。

在高标号化方面，中国建材一直致力于淘汰落后产能，发展高性能产品。截至2018年年底，累计淘汰落后、低效水泥产能4520万吨，2015年至2018年累计压减水泥产量6700万吨，2019年上半年高标号水泥在集团水泥销售比重中占77%。集团还在积极研究62.5水泥和72.5水泥，如果我国广泛采用72.5水泥可节约

40%的石灰石和减少40%二氧化碳的排放，这对我国这样一个水泥大国和二氧化碳排放大国具有重大意义。

在商混化方面，中国建材在全国整合了4.6亿方商混产能，规模跃居全球第一。同时，积极探索商混专业化平台建设，成立南方新材料，探索建立了商混专业化管理管控体系，推动了大型商混企业的集约化发展。

在制品化方面，中国建材围绕PC混凝土预制构件、工厂化房屋开展了大量工作，发展迅猛。

中国建材还提出要让水泥成为艺术品，要建设艺术化的水泥工厂。从“如梦如幻”的清水混凝土建筑，到“素面朝天”的混凝土家装设计，“水泥灰”也可以和艺术相融。在荷兰、日本等国家，很多企业的建筑及室内用品都是用的清水混凝土，就如同艺术品一般。中国建材一直在宣传“水泥无处不在”“水泥是个好东西”，希望更多的人能领略到水泥的美和好。

### 新手段： 智能化打造世界水泥“梦工厂”

智能化是全世界制造业的梦想，也是中国水泥人近年的追求。上世纪90年代，“智能化”的概念在我国开始被提及，通信业、汽车工业、生物医药工业等新兴工业率先进行了智能化生产的探索。



泰安中联低能耗环保全智能生产线的横空出世，大大缩短甚至超越了传统工业与新兴工业在智能化研发与应用方面的距离。这条生产线不仅是通过机器人或者数控机床来替代部分人工生产，也不是单纯采用电商销售，而是其生产过程中，通过七个环节，基本实现了生产管理信息化、生产控制自动化、生产现场无人化、生产过程可视化等。这不仅在水泥领域中极为罕见，在整个制造业的智能化发展方面也处于领先地位。

现代化的手段使水泥生产流程发生了巨大变化，大大提高了水泥的生产工艺水平。几个人的操作和安装在生产区域的百余个摄像头，就可以控制整个生产过程，同时，精准的生产工艺控制，使水泥行业多年苦苦追求的“零排放”目标近在眼前。2015年，泰安中联低能耗环保全智能生产线作为水泥行业唯一一个上榜项目进入工信部“智能制造试点示范项目”名单。对标数字显示其管理已经迈上了“3个95”的新台阶：全厂运营管理人员仅95人、吨熟料标准煤耗95千克、吨熟料制造成本95元。智能制造系统环环相扣，极大减少了生产过程各环节的人工干预，使生产过程的质量标准偏差控制在小于0.5的范围内，这一稳定性达到了世界先进水平。

“生产现场就像行云流水的一幅画，这就是一流的工厂。”作为世界水泥行业智能制造的先行者，泰安中联打造的“梦工厂”不仅仅是中国水泥工业转型升级的一大



突破，更实现了世界水泥工业“智能制造”的集体梦想。

要创世界一流，就要在智能化方面走在前列。中国建材正在大规模地把“互联网+”、大数据、云计算等应用到传统工业制造业中，比如济宁中联升级完成了智能化实验室，水泥智能装车机器人项目已在蚌埠中联、洛阳中联、江油国大等企业投运，凯盛机器人和宁夏建材合作的袋装水泥智能装车系统 2.0 版已完成装车，水泥粉磨企业无人值守系统全面推广，以及正在打造更多的智能化工厂。截至目前，水泥企业中共有“两化”融合管理体系贯标试点企业 7 家。这些探索和实践证明了“两化”融合是水泥行业转型升级的发展方向。智能化带来的变化令人振奋，人们更加坚信，水泥行业是大有可为的行业，是可以实现可持续发展的行业。

### 新理念： 高污染、高能耗行业的绿色发展

2018 年 8 月，一座大型现代化、集约化散货码头与目前世界上最长的全封闭长胶带输送系统正式对接，这是南方水泥在长兴地区建成的“空水联运”产业基地，这一方式改写了熟料传统靠货车运输的历史，为水泥产业环保升级贡献了新的经验。

受布局和历史条件限制，该地区的熟料运输效率低、成本高、管理难度大、安全环保隐患大，且数十座水运

散货码头林立，小、散、脏、乱、差问题久治未果。南方水泥积极整合小码头、建设大型物流码头，实现了数千万吨的货物集中装运，彻底解决了长兴县小码头带来的社会矛盾。同时，将彼此相距十几公里的 7 家企业通过输送廊道连成一个整体，最终由码头统一中转发运，大幅提高了效率和效益。

这条空中走廊穿过群山和道路，绵延 22 公里，犹如一条蜿蜒盘旋的“空中长城”，十分壮观。建设如此长的输送带在全国乃至全世界范围内都是首例，经过漫长的数据收集和上百次论证，这一创新构想终于被提上日程并得以实现。“空中走廊”每年的运输量达 1200 多万吨，全程用电，“零排放”运输，是全国首个“全电物流”模式，相比传统的货车运输降低成本 50% 以上。有了这条运输带，301 省道煤山至小浦这段路每天将减少运输车辆往返约 2400 车次，全年可节约燃油逾 2000 吨，减少尾气排放逾 14000 吨，大大缓解公路运输压力，还能减少扬尘、噪音、尾气对环境的影响。

临沂中联加快新旧动能转换，通过发展循环经济，延伸绿色产业链，建成全国第一家拥有余热发电、光伏发电和风力发电的新能源水泥厂，实现零网上购电、不用化石电能源，利用余热发电、光伏发电、风力发电等年发电量 1.4 亿度，节约标准煤 33600 吨、减排二氧化碳 138400 吨，还可节约电费 3493 万元，节约用水 10 万方，节省 150 亩地的绿化维护费用。



在巢湖之滨，中材安徽投资建设的年处理 18 万吨生活垃圾的协同处置生产线于 2017 年 8 月正式开始运营。这条生产线应用的是拥有自主知识产权的第三代水泥窑协同处置技术，可实现巢湖生活垃圾的日产日清，使八百里巢湖再现了往日美丽。推进水泥窑协同处置不但是水泥企业主动承担社会责任的表现，也契合传统工业环保转型的发展趋势。目前，中国建材的水泥企业已投产建成 21 条水泥协同处置线，年可处置危险废物 104.5 万吨、固体废物 68.24 万吨、生活垃圾 55.65 万吨。

中国建材现在的水泥厂，都是一座座现代化大型工厂，看不到任何烟尘，绿树成荫，芳草遍地，环境优美。这些工厂不仅能实现脱硫脱硝、双收尘，而且全称得上是“花园中的工厂”“森林里的工厂”“草原上的工厂”。

### 新模式： “水泥+”的创新与应用

今年初，根据多年经营改革发展经验、基层企业的卓越实践，对标国际大型水泥企业普遍发展模式并根据互联网思维，中国建材提炼总结出了“水泥+”概念，成为引领中国建材水泥业务转型升级的一项全新的战略。

“水泥+”是水泥企业为延伸产业链、不断提高价值创造能力和盈利能力进而进行的经营模式创新，是实现一体化经营，提高综合竞争力，引领传统水泥企业向绿色、低碳、环保、生态环境修复转型的重要手段。“水泥+”战略思维的内容不仅仅是“+骨料、+商混、+制

品”，还应该包含“+互联网、+大数据”模式，同时还要坚持绿色发展，积极推进循环经济生态产业园项目建设、水泥窑协同处理城市垃圾、危废、污泥、污染土等资源综合利用，这些都是“水泥+”一体化模式的应有之义。

如今，各水泥企业都在积极进行“水泥+”模式探索，大力开展创新经营和一体化转型发展，很多单纯的水泥厂已经或正在转型成为水泥+产业园，不仅经营业绩大幅提升，且取得了良好的社会效益。其中，青州中联所创造的“水泥+商混+骨料”一体化经营模式就是一个典型案例。

2015 年以来，受新常态下经济增速放缓和低价水泥冲击，青州中联核心利润区市场价格一跌再跌，主要商混客户严重流失，企业运营压力倍增。面对严峻的竞争形势，青州中联积极寻求经营模式的突破，创新构建了一体化经营模式：在产业模式上，在原水泥业务的基础上，以“水泥+熟料+骨料+商混”等为核心业务，进一步延伸产业链，打造“水稳+砂浆+危废处置+水泥制品”等产业组合，实现一体化经营优势再造；在商业模式上，以商混经营为抓手，以水泥销售为基础，以骨料生产为支撑，以熟料投放为杠杆，努力提升市场份额。几年来，这一模式让企业成本具备了新优势，市场形成了新格局，货款回收建立了新秩序，转型获得了新突破。从 2016 年到 2018 年，青州中联净利润由 5700 万元上升至 4.53 亿元，商混销量由 20 万方上升至 85 万方，货款回收率由 50% 上升至 105%。“做强水泥、做优商混、做大骨



临沂中联打造新能源水泥厂

料,做好综合利用”的经营思路,是一个非常具有战略预见、非常值得推广的策略。青州中联的企业实践为这个模式做出了最好的诠释,证明了商混、骨料等业务的发展对水泥企业至关重要。

截至今年上半年,集团商混产能4.6亿方,骨料已建和在建产能合计1.1亿吨,业务比重快速加大,和水泥业务相比,新业务的盈利能力更强、增长也更快。

此外,以中材安徽为代表的“水泥+循环经济产业园”模式,以江西南方为代表的“水泥+绿色矿山+大型骨料基地”模式,以安阳中联为代表的“水泥+区域资源整合”模式,以湖州南方为代表的“水泥+物流”模式,以临沂中联为代表的“水泥+新能源”模式,都成为水泥转型升级新的发展模式。

### 新起点： 水泥工业仍大有可为

在第三届世界水泥大会上,行业专家、企业家们纷纷表示,“水泥作为基础建设材料,不仅在世界经济发展中扮演关键的角色,也是构筑世界物质文明的重要基石。可以预见,在未来很长一段时间内水泥仍将为未来世界发展和人类进步发挥不可替代的作用”“中国现在是世界上最大的水泥生产和消费国,产量占全球55%,中国正从水泥大国迈向水泥强国,世界水泥的重心也逐渐从欧

洲转移到中国,不论从技术装备还是制造本身,都成为全球的重心。中国在世界水泥工业扮演重要角色”“中国正在多措并举,通过供给侧结构性改革、错峰生产、环保限产以及行业自律等方式构建绿色、环保、智能、可持续发展的水泥工业”……

在中国建材通往世界一流的发展之路中,水泥业务依然是集团实现下一个辉煌的重要基础,是集团整体利润的压舱石。当前,中国水泥行业面临着结构性调整、高质量发展的历史任务,作为行业排头兵,中国建材仍然承担着巨大的使命。一方面,中国建材将继续擎起供给侧结构性改革大旗,带头践行行业自律,践行“行业的利益高于企业的利益,企业的利益孕于行业利益之中”的市场文化,坚定不移地限制新增、淘汰落后、错峰生产、市场竞合、联合重组和推进国际产能合作,与其他行业大企业集团一道,以“置之死地而后生”的决心,将去产能进行到底。另一方面,将持续推动“高标号化、特种化、商混化、制品化”发展,推动水泥业务向高端化、智能化、绿色化、国际化转型,依托技术与规模优势,提高对上下游产业的集成和整合能力,打造“水泥+”经营模式,打造新的增长极,提高企业盈利能力;同时,坚持创新引领,加大科技投入,打造世界一流的国际实验室,加强对工艺、装备、智能化等方面的研究,在践行新时代结构调整、转型升级、蓝天责任的使命中承接更多担当,做出新的贡献。👏





# 闯出一片石膏板的新天地

## ——北新建材的创新之路

从中国新型建材行业的先行者、推动者，到世界石膏工业的引领者，北新建材一直“靠新出强”。从最初为承载产业使命而创建，到依靠品牌建设和技术创新双引擎推动企业高质量发展，从引进、消化、集成创新、自主研发，到制定经济目标与技术目标兼顾的创新战略，北新建材实现了石膏板技术从 1.0 向 4.0 的迭代创新，建立起多元协同开放的创新体系及与之匹配的运营模式，发展成为中国最大的绿色建筑新材料集团、全球最大的石膏板产业集团，是我国建筑材料行业唯一荣获工业和质量领域最高奖“中国工业大奖+全国质量奖+

中国杰出质量人”的三冠王。

### 石膏板生产技术更新迭代

1979 年 8 月，小平同志视察新型建材试验房屋工地，指示“要尽快把新型轻质建筑材料工厂办起来，要大批生产”，由此，北新建材诞生，在北京海淀区一平方公里的土地上，一座现代化的新型建筑材料厂拔地而起，拉开了中国新型建材事业发展的帷幕。

#### ●石膏板 1.0 时代



成立之初的北新建材，没有资源，没有设备，没有技术，只有承担使命的初创团队。“巧妇难为无米之炊”，当时的北新建材，唯一能做的就是“以合适的价格”引进石膏板生产线。

严谨的德国人有着悠久的石膏建材使用及生产经验，他们的设备最符合当时北新的需要，北新全套引进了德国石膏板生产线，北新第一代石膏板人在德国师傅的教导下，初步学会了制造石膏板。离开德国人，一切还要靠自己，第二代石膏板人开始了自我消化提升之路，并在之后争取规模扩大和技术提升。

这是北新建材 1.0 时代，生产线与产品存在诸多不如人意之处。譬如天然石膏产量少，原料供应困难，对供应商的依赖很大；再譬如市场没有打开，销量小，产量小，生产成本低。同时，由于原材料限制，生产线同时生产多品类产品，没有主营产品，无法在细分市场领域建立优势地位。

#### ●石膏板 2.0 时代

在石膏板技术 2.0 时代，生产原料逐渐从天然石膏向脱硫石膏转变，北新建材选择枣庄作为“试验田”，在引进德国年产 2000 万平方米生产线基础上，消化吸收自主开发设计，以实现更大的生产规模。

石膏板制造有四个工序：原料破碎、原料均化、原料煅烧、制板。由于石膏源于不同的矿，颗粒度大小、含水量、杂质成分等并不相同，且来源于不同的石膏，性状各异，对石膏原料的精细化处理就成为了关键工

艺。在系统化设计中，原料破碎采用一次破碎工艺，保障石膏石块小于 25mm 且均匀，直接经皮带输送机送入均化库内。经过改进，生产规模提高到 3000 万平方米/年。

在 2.0 时代的自我探索与演进中，成型系统、干燥机、导热油换热器、热风炉等主要设备实现国产化；自控系统从单片机、仪表控制升级为 PLC 可编程序控制；供热系统沿用燃煤导热油系统，规模、安全可靠有进一步提高；环保方面则增加了脱硫系统，二氧化硫排放放在  $400\text{mg}/\text{m}^3$  以下，达到当时国标值的一半。成为政府环保示范工程。

#### ●石膏板 3.0 时代

2008 年前后，北新建材对原材料的研究更加精细化。材料特性的研究是石膏板技术巨头创新的核心因素，也是行业金字塔顶端的必争之处。脱硫石膏的生产系统形成规模后，北新建材尝试通过材料研究，进而倾向于为生产工艺和设备提升改进的依据。而一切的市场机会还在于，脱硫石膏制作成纸面石膏板，存在大量的现实市场需求，开始产生现实价值。

北新建材石膏板宁海厂、故城厂、镇江厂 3 条生产线是石膏板 3.0 技术的试点。针对脱硫石膏游离水含量高、粘性大的特点，北新建材开发设计了湿粘物料的专用输送设备，针对脱硫石膏因含水率高难以一次煅烧的特点开发了两种煅烧工艺和设备，以此满足品质提升和生产规模扩大的双重需求。

技术研发部门坚持采用全新系统配合上述所需；来自工厂的建议是，原有设备以及天然气系统能用则用，只是并不能达到 5000 万平方米的生产目标。经过商议，采取新系统与老系统结合的方式运作。自控系统增加上位机中央控制系统；供热系统摒弃有安全风险的导热油系统，采用燃煤蒸汽、燃煤热风、天然气等供热系统，能耗大大降低；采用自主开发的气流一步煅烧法煅烧脱硫石膏，二氧化硫排放达到  $100\text{mg}/\text{m}^3$  以下，远远低于国标排放。

不仅如此，北新建材自主开发“以脱硫石膏为原料的年产 3000 万平方米纸面石膏板生产线成套技术”，打破了国外技术垄断，项目相关的已授权专利 17 项，其



石膏板生产线

中发明专利 2 项,实用新型专利 9 项,外观设计专利 6 项,发表论文 15 篇。

### ● 迈向 4.0 时代

经过 3.0 时代的技术尝试,北新建材在工艺设计、布局流程、核心装备的技术指标和性能指标方面,达到了世界先进水平。石膏板 4.0 时代,北新建材全面提升技术,生产线更稳定可靠;实现智能化的技术和“超低排放”突破。工厂智能化和数字化,可以实现对生产装备和工艺流程精准而灵活的控制,既保障满足生产工艺稳定性,实现对产品性能的数字化管理,并成为客户定制需求和产品性能改进的精确化依据。以此保障产品更轻、更环保,更节能。在远期的规划中,还会采用工业互联网技术将全国石膏板工厂联网,在北京未来科学城北新科学院进行实时监控、远程诊断和技术支持。在环保方面,生产过程达到大型燃煤电厂超低排放标准。

## 新产品研发推陈出新

北新建材在“聚焦发展石膏板主业做强做优”的战略指导下,以绿色发展、创新发展理念为指导,打造建材工业靠新出强的典范。

### ● 从 1 到 N, 打造超越外资的中国高端自主品牌

北新建材落实习近平总书记“推动中国制造向中国创造转变、中国速度向中国质量转变、中国产品向中国品牌转变”重要指示,着力打造中国制造业的高端自主品牌。北新建材“龙牌”石膏板不仅质量技术性能指标超过包括世界 500 强在内的欧美外资品牌,价格、档次、效益也全面超越外资品牌,是比外资品牌“卖得贵、卖得好”的中国高端自主品牌。根据协会统计,国家重点工程、全国各大地标建筑和获得鲁班奖等国家工程奖的高品质建筑 90% 采用的是北新建材“龙牌”系列产品。据世界品牌实验室评估,2019 年北新建材品牌价值达 698.68 亿元,名列中国 500 最具价值品牌榜第 71 位。

北新建材“龙牌”系列产品广泛服务于人民大会堂、奥运会、世博会、天安门城楼粉刷以及北京大兴国际机场、上海国家会展中心、APEC 和 G20 峰会主会场等国家重点工程,北京城市副中心、雄安新区市民中心、北



北新建材“龙牌”漆粉刷天安门城楼

京国贸建筑群、上海陆家嘴建筑群等地标建筑,中国工商银行、腾讯、阿里巴巴等企业总部,香格里拉、万豪、威尼斯人酒店等五星级酒店,奔驰、三星、华为等工业园区和千家万户住宅装修。

专注于解决建筑行业痛点,营造舒适空间,北新建材在新产品研发方面不断推陈出新。北新建材与清华大学、中科院化学所共同合作研发的“相变石膏板”研发项目获得国家“十一五”科技支撑计划的资助。项目研发中,北新科研人员和石膏板生产线技术人员一起摸索了大规模生产时的工艺参数,所制造的相变石膏板各项指标达到国外同类产品的标准,填补了国内此类产品的空白。

近年来,由装修而导致的室内污染问题日趋严重,装饰装修材料带来的甲醛、苯系物等污染物引发的“建筑物综合症”,危害人们身体健康。北新建材以创造健康居住环境为目标,开发出净化甲醛功能的石膏板。“净醛石膏板”不仅仅利用石膏板多孔结构吸附环境中的甲醛,还具有分解甲醛的功能。净醛板内的特殊外加剂与甲醛发生反应,生成惰性固体含氮化合物,使环境中的甲醛

永久“消失”，据监测，“龙牌”净醛石膏板甲醛净化分解率高达 93.9%，指标优于全球其他品牌。

### ●从 0 到 1，全球原创研发成功“鲁班万能板”及全屋装配系统

北新建材全球原创研发成功的战略产品“鲁班万能板”，成为内装装配化的革命性产品创新，入选中关村国家自主创新示范区展示中心，被誉为中关村的“新物种”。全球首条自动化生产试验线在嘉兴基地建成投产，产品已在中南海领导人办公室改造、龙湖冠寓高级公寓、北京新机场等标杆项目进行示范推广使用并获得高度认可。

北新建材推广“以石膏板复合墙体替代砖头砌块、矿棉板替代高价定制铝扣板吊顶、鲁班万能板替代木材油漆壁纸壁布、金邦板替代石材”的四个替代，以鲁班万能板为核心产品的“全屋装配”系统，实现“个性化设计、工业化生产、装配化施工、无需晾味即装即住”，彻底解决国内客户的装修污染痛点和海外客户人工费高昂的痛点。在提升品质性能和环保健康的同时，可约增加 10% 套内面积，降低 20% 成本，缩短 30% 工期，提升 50% 质量性能，实现 100% 全周期绿色化。

## 为客户创造价值的应用创新

基于客户需求的创新、解决行业痛点是北新建材创新的另一个方向。具体方式是——基于解决使用中的问题，通过和用户建立长期交流机制，定期培训，对重点项目的技术支持，获得大量的信息反馈，继而不断创新。

在与客户创新时，通过与主流装饰公司合作，发挥北新建材应用解决方案的专业优势，做好前期方案设计和材料设计咨询服务，引领客户需求，帮助客户提高建筑性能、优化预算配置、降低建设成本；与主流房地产公司合作，发挥公司覆盖全国的产业基地和产品集成商务服务的优势，可以提供定型定尺精加工全套材料以及按楼层需要裁剪配货集成供应服务。

在与客户建立战略合作伙伴关系的基础上，北新建材充分利用与发挥各自的不同优势，与客户协同工作。一是根据客户在项目中碰到的难点问题，利用自己研发

力量进行创新；二是通过与用户建立长期交流机制获得的大量信息反馈，针对一些“痛点”问题进行创新；三是通过发掘更多用户潜在需求，进行引导消费的创新。例如：上海中心项目，与全国最大的装饰公司、北新建材的战略合作伙伴金螳螂共同开发了“360 度防开裂配件及应用系统”，有效解决了高层钢结构建筑墙体开裂的“不治之症”；在与龙发家装公司合作中，客户需要具有环保性能的室内装饰板，北新开发了具有独特“分解”功能的行业领先的“净醛石膏板”，并在 G20 会场、APEC 会场、北京行政副中心等重点项目上得到广泛应用；在中国尊项目中，与中建股份一中建三局联合开发“轻钢龙骨石膏板超薄贴面墙”；武汉绿地中心，根据业主的要求，公司研发团队开发“异形矿棉板吊顶系统”，最终造价比外资的低一半，具有很好的装饰吸声效果。

## 围绕绿色和创新 实现 100% 自主知识产权

北新建材是国家级创新型企业，拥有国家级企业技术中心、CNAS 认证实验室、院士工作站、博士后工作站。北新科协是北京科协打造的全国第一家新型企业科协。由北新建材牵头承担的“十三五”国家重点研发计划“绿色建筑及建筑工业化”专项课题，吸引了中国科学院、清华大学等国内 29 家顶级科研院所参加，目前已完成科技部中期验收。截至 2019 年 6 月，北新建材累计申请专利 4139 件（发明专利 1155 件），授权总量 3129 件（发明专利 299 件），总有效专利 2606 件。国际 PCT 专利 44 件，其中授权量 6 件，17 件已分别进入坦桑尼亚、埃及、赞比亚、泰国、俄罗斯、印度、乌兹别克斯坦、印尼、乌克兰、土耳其、伊朗、肯尼亚、日本、韩国等多个国家，专利申请量和保有量一直保持全国建材工业企业前列。

未来，北新建材以“推进建筑、城市、人居环境的绿色化”为使命，致力于发展成为拥有自主品牌、自主知识产权、核心业务排名世界第一、具有世界水平的跨国公司，打造 360 度无死角的财务报表，打造世界级品牌，打造世界级工业标杆。👏



应用于 Y20 运输机风挡玻璃（2013 年）

# 开创特种玻璃 服务国家建设

## ——中国建材总院石英玻璃和航空玻璃发展历程回眸

从诞生之日起，中国建材总院就承担起服务军工、服务建设的使命。从无到有，从小到大，从仿制到自行研制，一代又一代的建材总院人在军品配套任务中勇挑重担、精益求精、开拓创新、无私奉献，承担了大量从常规到尖端的军品配套任务，为我国武器装备的现代化做出了重要贡献，书写下一段段传奇。

在武器装备及重大仪器中，玻璃是用到较多的材

料之一。不论是飞机、飞船、空间站、装甲车辆，还是单兵装备、光刻机，玻璃透明件都是主要元件。由于拥有普通玻璃无可比拟的高新特性，各种吸纳了高科技的特种玻璃材料在现代军事技术和高新技术领域里占据着其他材料无法替代的地位。可以说，玻璃制品的研发和生产水平已成为一个国家国防材料发展水平的重要标志之一。



## 高性能石英玻璃助力集成电路 制造技术发展

石英玻璃是二氧化硅单一组分的玻璃，它具有较高的纯度，极佳的紫外~近红外光谱透过性能，热膨胀系数相当于陶瓷的 1/6 和普通玻璃的 1/20，优良的耐高温性能——软化点与白金的熔点相近，因此获得了“玻璃之王”的美誉，成为现代科技发展的重要基础材料。

中国建材总院石英与特种玻璃研究院（简称“石英院”）是我国石英玻璃的开创单位，60 多年来，石英与特种玻璃研究院一直致力于石英玻璃与特种玻璃制造工艺及新材料的研究和开发，先后承担国家科技攻关、“863”高技术、军工及民用科研项目近百项，获国家科技进步奖 6 项，部级科技进步奖 50 余项，发明及实用新型专利 100 余项，研制开发的光学石英玻璃、高性能掺杂石英玻璃、超纯石英玻璃、耐辐照石英玻璃、半导体用石英玻璃、深太空用石英玻璃等产品，为航空航天、空间探测、电子信息、半导体技术等领域提供关键材料支撑。

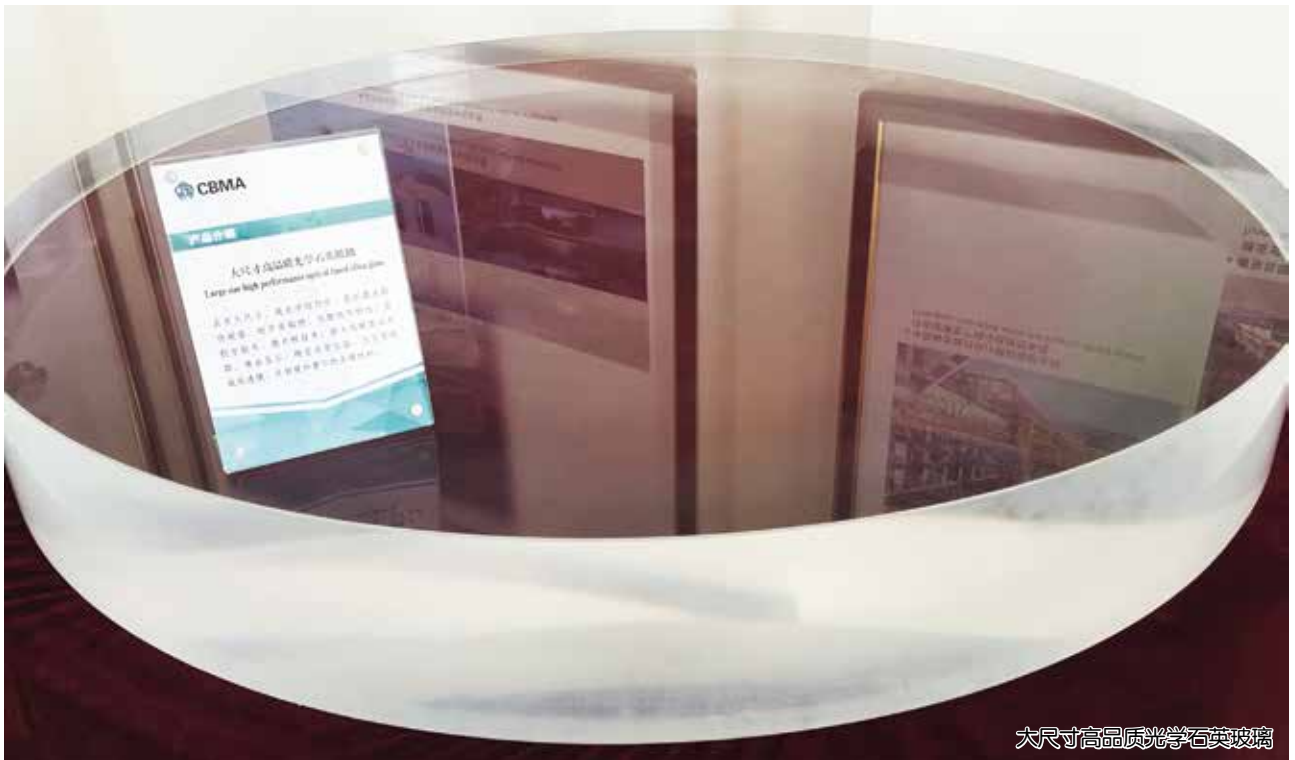
集成电路（Integrated Circuit, IC）技术是当今信息化时代的核心基石，在集成电路制造过程中，光刻机是精密程度最高、难度最高、价格最昂贵的设备。国外已由 28nm 发展到 14nm、10nm 以下，而在“十二五”科技成就展览会上，中国生产的最好的光刻机，加工精度是 90nm。要想解决我国集成电路产业发展中的“卡脖子”问题，推动光刻机的国产化势在必行。

光学系统是光刻机的核心组件，由把光源的光均匀照射到光掩模基板的光学系统和把光掩模基板的集成电路图形缩小并投影到硅片上进行投影的光学系统构成。光学系统和光掩模基板均采用高性能石英玻璃材料制造。

集成电路微纳制造技术的提升更多地依靠新材料和微观加工能力提升来实现技术突破。因此，石英玻璃材料的品质成为光刻技术中“卡脖子”的关键问题。石英院科研人员系统分析了光刻机中所应用石英玻璃性能的影响因素，攻克了高性能石英玻璃的多项关键技术。

### ●高纯石英玻璃

光学系统中，像差修正设置有很多石英玻璃透镜，

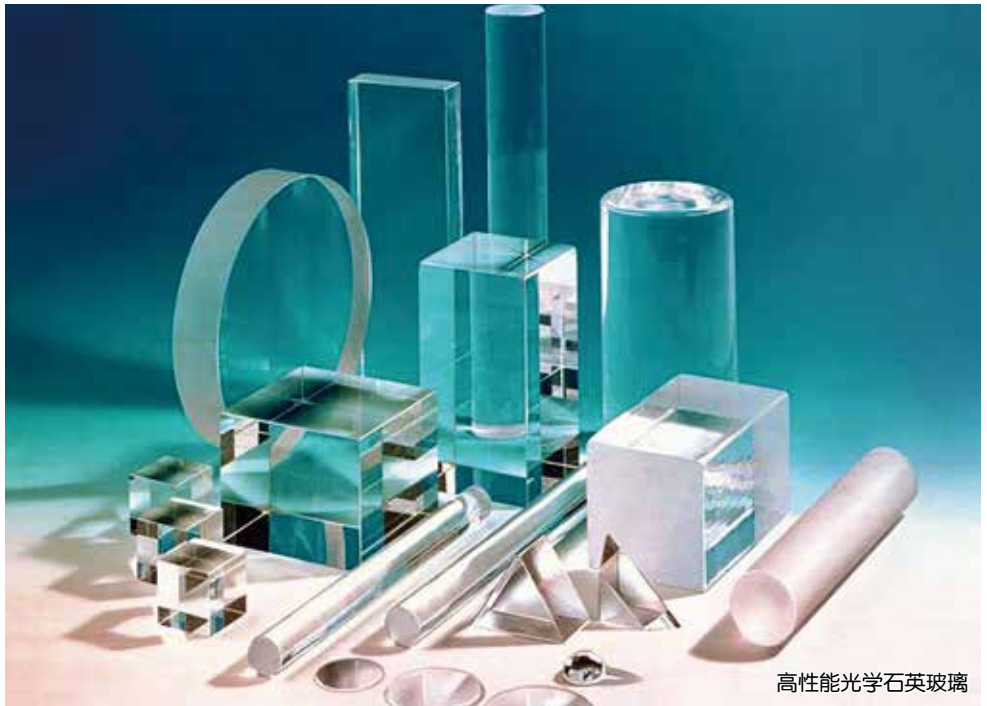


大尺寸高品质光学石英玻璃



各个透镜的光损失有可能使装置总体的透过率下降。为了降低光损耗，需要石英玻璃具有极高的紫外光谱透过性能，因此需提高石英玻璃的纯度，以防止金属杂质在紫外区产生光谱吸收。

石英院科研人员采用化学气相沉积法（CVD）代替以水晶为原料的气炼法使纯度和内质质量得到显著提升。CVD法是利用含硅前驱体（如四氯化硅）在火焰中发生化学反应，生



高性能光学石英玻璃

成的二氧化硅颗粒沉积熔融制备而成。含硅前驱体通常为液体原料，石英院建立了多级蒸馏提纯装置，有效降低了原料的杂质含量；化学反应生成二氧化硅颗粒为纳米级，具有很高的比表面积，是烧结的强驱动力，沉积熔融过程中可有效抑制气泡生成，从而使水晶原料纯度低、气泡多的问题得以解决。石英院申请了关键发明专利“立式四氯化硅汽相沉积合成石英玻璃的方法”。

但是普通不锈钢管路对原料输送过程造成二次污染，进一步的纯度提升来自于装备系统的全面升级。石英院采用EP级（Electro Polishing）及四氟管路代替普通的不锈钢管路，通过自动焊接工艺保障管路连接，元器件间的连接均采用密封件，从而保证了原料输送过程的高纯度。工艺转换和装备升级保证了原料的供给纯度，使石英玻璃的金属杂质含量 $< 1\text{ppm}$ ，紫外光透过率可满足193nm光源的使用要求。

#### ●高光学均匀性石英玻璃

石英玻璃作为光学系统的透过元件，如果存在折射率分布不均匀，则将产生光学畸变，严重影响光学系统的分辨率。对于193nm光刻，石英玻璃的光学均匀性需达到 $10^{-6}$ 级以下。

石英院从“九五”开始，致力于高均匀新装备、新技术的研究工作。通过自主研发，成功研制CVD石英玻璃全自动控制装置，实现了熔制过程“气流场、物料场、温度场”的稳定控制，并通过高温后处理技术，实现了石英玻璃光学均匀性的进一步提高，小口径石英玻璃产品光学均匀性达到 $10^{-7}$ 级，可满足光学系统石英玻璃光学均匀性的要求。形成发明专利“高均匀合成石英玻璃砣的制备方法”“一种大尺寸高均匀石英玻璃的制备方法和装置”等。

#### ●低缺陷石英玻璃

光刻机光源采用高输出的紫外光或准分子激光，在高能光源的作用下，石英玻璃易产生NBOHC（Non-Bridging Oxygen Hole Center）结构缺陷，在260nm产生光吸收，紫外区透过率显著降低。

石英院开始缺陷控制技术的研究工作，通过石英玻璃制备过程的气氛控制抑制NBOHC缺陷的生成，并通过高温后处理过程的气氛控制使其得到彻底消除，从而防止石英玻璃在光刻过程中产生吸收缺陷，影响产品的使用寿命。

#### ●极紫外光刻用超低膨胀石英玻璃

极紫外光刻技术（Extremeultravioletlithography，



衢州石英玻璃基地

也称 EUV 或 EUVL), 使用的激光波长为 13.5nm, 几乎所有的光学材料对该波长的光都有很强的吸收, 因此, EUV 光刻机的光学系统只有使用反射镜。反射镜材料以极低的热膨胀系数为特征, 而且能抵御曝光受热的影响不产生变形, 受热变形会导致成像品质变差, 材料的膨胀系数需达到  $10^{-8}$  级。

石英院从 1974 年开始研究低膨胀石英玻璃, 当时是为了解决数控机床精密度测量的难题。科研工作者通过钛掺杂 CVD 工艺进行研究制备, 克服工艺条件限制成功制得低膨胀石英玻璃, 成为无机非金属材料中膨胀系数最低的材料。但是作为光刻机镜体材料, 该研究对膨胀系数的均匀性提出了极高的要求, 因此需要提高掺杂玻璃中钛离子含量分布的均匀性和钛离子价态的均匀性等关键性能。

石英院采用自主研发的全自动钛化合物蒸发控制装置实现了含钛原料的高精度供给, 科研人员通过不断优化熔制工艺制度, 提高了钛离子含量分布的均匀性。通过熔制气氛和高温后处理气氛的调控, 使 Ti 离子主要为四价, 保证了钛离子价态分布的均匀性, 形成“掺杂钛的石英玻璃及其制备方法、制备装置”“低

膨胀系数的石英玻璃的制备方法及其石英玻璃”等专利技术。

#### ●石英玻璃绿色制造技术

石英院以多晶硅副产物四氯化硅为原料, 变废为宝, 解决了水晶原料日益枯竭、纯度低等问题, 实现了石英玻璃相关科技成果转化, 但是四氯化硅所产生的环保问题日益凸显。响应国家“推进美丽中国”“绿色制造”的号召, 石英院的科研工作者通过不懈努力, 成功采用无氯含硅化合物实现了原料更替, 降本增效的同时解决了尾气高成本处理的环保问题。

科研人员通过自主研发、不断升级石英玻璃制造和加工过程的自动化水平, 建立健全生产管理监控体系, 建设智慧工厂, 为集成电路光刻用石英玻璃的研发和生产创造条件。今天, 石英院生产的光掩膜基板性能已全部达标, 但仍需进一步降低成本, 取得竞争优势。基于光掩模基板的绿色制造技术, 衢州基地建立国内首条从基板原材料制造到产品加工的成套生产线, 该生产线可年产 20000 片 4 ~ 6 英寸石英玻璃基板, 产品上市将打破光掩模基板原材料及产品长期依赖进口的局面。

目前国内光刻机设备仍主要依赖于进口，一台浸没式光刻机的价格在0.2亿~0.3亿美元，相当于一架波音737飞机的价格。在光刻机国产化工程中，光学系统的研制重点当前主要集中于精密加工方面，国产光学材料尚未实质应用，随着光刻机国产化决心的日益坚定，石英院的石英玻璃凭借自身过硬的性能势必可以完成此艰巨任务。

## 中国航空玻璃的摇篮 及发展历程回眸

1958年10月4日，建材院（中国建材总院前身）成功研制我国第一块K0-15航空防弹玻璃，结束了我国航空玻璃长期依赖进口的历史。花甲之年的她与我国航空事业发展历程一致，上演了从引进、仿制到自主创新的三部曲。

航空玻璃，也称航空透明件，是组成飞机机体结构的一种光学部件，一般由透明材料、骨架材料、连接件、密封材料等组合而成，对飞机及飞行员的安全至关重要。上世纪50年代之前，我国飞机均从苏联采购引进。1956年，沈阳飞机制造厂仿制成功歼-5型飞机，但安装的防弹玻璃依然是苏联制造的。为使航空玻璃立足国内，摆脱国外控制，建材军工在这样的大背景下发展起来。建材部首任部长赖际发明确指示：“国防工业与建材工业有一种特殊关系，许多无机非金属材料不仅坚硬，而且耐高温、耐腐蚀，这正是国防工业的新材料。从某种意义上讲，建材也是战斗力，只要国家需要，我们就要拿出来。凡是军事工业提出的要求，我们都不能拒绝！”1957年2月，建材院成立航空玻璃试制小组，正式开展技术攻关工作。国家领导人对此高度重视，时任国务院副总理李富春、李先念等国家领导人多次过问航空玻璃的试制情况。同时，在国家《1956~1967年科学技术发展远景规划纲要》和《中苏科技合作协定书》中，航空玻璃的研究与发展被列为重点课题。建材院玻璃所在工业玻璃室主任何欧里的带领下，按照产品制备工序分为坩埚熔化、磨光、钢化 and 夹层四个小组。在人员少、工作条件简陋的条

件下，攻克了玻璃原料熔化、研磨抛光、玻璃增强、自制蒸压设备夹层等一系列难题，仅历时一年多就成功试制出我国第一块航空防弹玻璃，既把小批供应国防急需变成现实，又把玻璃增强（物理钢化）、湿法夹层等技术在民用产品上得到了推广应用，更为后续航空玻璃发展奠定了坚实基础。

第一块飞机防弹玻璃试制成功后，当时主管航空工业的二机部四局马上正式发文要求建材院试制生产飞机防弹玻璃，解决依赖进口问题。建材院积极组织力量建设航空玻璃试制车间（即151厂），1960年正式建成投产。又经过两年多努力，仿制的飞机防弹玻璃各项性能及外观质量等全部达到苏联技术条件要求，通过了国家技术鉴定，航空军工产品定型委员会批准定型生产。1964年，建材院先后又试制出K0-17和K0-19型防弹玻璃，解决了军用飞机配套急需问题，具备了小批量生产能力。后来，空军和各飞机制造厂



试制出第一块航空防弹玻璃项目组成员合影（1958年）



歼击机风挡项目组成员与军代表在机场合影（1981年）

对航空玻璃的需求量逐年增加，按照上级要求建材院于1964年在河北省秦皇岛市主持兴建了156厂，于1965年在四川省武胜县主持兴建了157厂（1985年搬迁到四川成都），使我国航空玻璃科研生产形成一定规模，满足了航空制造和维修的需求。1964年5月，国家计委、国家经委、国家科委联名颁发“全国新产品奖”，建材院研制的航空防弹玻璃获国家工业新产品一等奖。第一代开路人在巨大挑战和压力面前，从零起步，披荆斩棘，打造了航空玻璃这一专业技术领域和产业平台，成就了建材院“中国航空玻璃摇篮”的称号。

上世纪60年代末70年代初，沈阳飞机制造厂设计研制J8双发高空高速截击战斗机，西安飞机制造厂参照苏联安-24型飞机研制生产运-7中短程运输机，昌河飞机制造厂参照法国SA-321“超黄蜂”直升机测绘仿制直-8中型多用途直升机，拉开了中国航空工业制造大幕。建材院玻璃所在马眷荣等领导组织和指挥下，航空玻璃室主任陈永定、王启元带领项目组成员在原有航空防弹玻璃制备技术基础上，组建热弯技术组解决曲面玻璃热弯成型技术难点，采用化学钢化新技术解决曲面玻璃增强难题，开发真空磁控溅射ITO及SnO<sub>2</sub>薄膜镀制和干法夹层新工艺，以及自行熔制锂

铝硅酸盐玻璃原料等一系列新技术，研制成功具有防冰除雾、泄静电和抗鸟撞等功能的升级换代航空玻璃，为国家需要履行了应有的担当，为国防装备发展贡献了力量。“歼-8 II前风挡玻璃及粘结性能研究”“Y7和Y7-200A飞机驾驶员风挡研制”分别荣获国家科技进步二等奖。奖项背后是无数参加航空玻璃研制老一辈技术和技能人员辛勤的付出，在此也向他们致敬。

步入21世纪，我国国防

受到外在势力的严峻考验，必须大力发展国防事业，三代歼击机、大型运输机、舰载警戒直升机等一批重点工程上马，从仿制到完全自主设计制造，对航空玻璃指标要求之高也是前所未有——轻质高强、多曲率大面积、高透光与高电磁屏蔽效能等等。机遇与挑战并存这个矛盾的普遍性哲学道理是避不开的，只有攻坚克难，才能与时俱进。重大项目也得到院领导高度重视和关注，石新勇、左岩等玻璃所领导率领项目组成员从材料选用、结构设计、工艺制备到检测验证方面攻克无数难关，大家群策群力，日夜奋战，迎难而上，在传统无机非金属材料及深加工工艺研究基础上增添了高分子材料的深加工研究，先后开发出有机玻璃成型、镀膜及冷加工新技术，弥补了钠钙硅玻璃在部分航空透明件上应用的短板，保障了中国建材总院在国防航空重点型号配套应用中占有的重要地位，迎来了建材总院航空玻璃发展第二春。

技术进步促进装备发展，装备提升也会倒逼技术的革新，没有技术的创新就会被时代抛弃。近十年，国防装备不论从质量提升还是数量的增加方面，都让国人引以自豪，中国建材总院的航空玻璃也从最早单一性能通过技术创新逐渐发展为具有高性能、多功能一体化的透明结构件。直升机用薄型抗鸟撞电加温风挡玻璃达到国际先进水平，全面积均匀加热的运输机用



全有机圆弧风挡首次安装应用于歼轰 7A (2007 年)

异形多曲率大面积电加温风挡玻璃达到国内先进水平，直升机用曲面有机玻璃镀制 ITO 膜成为国内首创，透明吸波隐身超材料也在装备上得到了应用。迄今为止，中国建材总院共开发成功国产歼击机、强击机、轰炸机、直升机、运输机等 30 多种机型 60 多个规格航空透明件，成为我国重要的航空透明件研发基地。依托航空玻璃技术，成功开发隐身玻璃、电磁屏蔽玻璃应用于舰船、航母、导弹车辆等，成功开发高强易碎玻璃材料应用于导弹等，从原有航空领域拓展到航天、船舶、电子

等新领域。

习近平总书记强调，“实践反复告诉我们，关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的。只有把关键核心技术掌握在自己手中，才能从根本上保障国家经济安全、国防安全和其他安全”。正是因为深谙这一真理，长期以来，中国建材总院始终坚持科技创新，不断深化自主创新之路、打破国外技术封锁，为国防安全、高新技术提供关键材料支撑，用科技打造大国利器，用自主创新铸造共和国之盾！🇨🇳



应用于航母的特种窗玻璃(2012 年)



应用于导弹车特种窗玻璃(2016 年)



节能环保型高温材料智能化制造基地

# 振兴中国建材耐火材料事业 之我辈担当

## ——中国建材总院瑞泰科技发展纪实

耐火材料，是服务于高温工业窑炉的基础材料，曾经在中国建材院（现更名为中国建材总院）只是隶属于陶瓷、玻璃、水泥院所的下属科室。随着建材工业窑炉的技术进步，对窑炉砌筑材料的要求越来越高。如何使耐火材料技术水平与我国工业窑炉的进步相匹配；如何加速科技成果产业化，服务经济建设；如何做大做强耐火材料行业，提高在国内乃至国际材料领域的话语权和

影响力……诸多理想成为中国建材耐火人不断追求创新和发展的驱动力。在国家鼓励推陈出新、研发新材料的各个关键时期，建材耐火人攻坚克难，经历了从无到有、从小到大、从单项到配套研究、从以研究为主到研究开发并举再到创办实业，而今，耐火材料已经成为中国建材集团和中国建材总院产业平台的主角之一。通过科技攻关研制成功的新材料、新技术也因产业化的快速推进

正在为国家的经济建设做出贡献。

## 攻克品种难关 实现我国玻璃、水泥窑用耐火材料优质配套

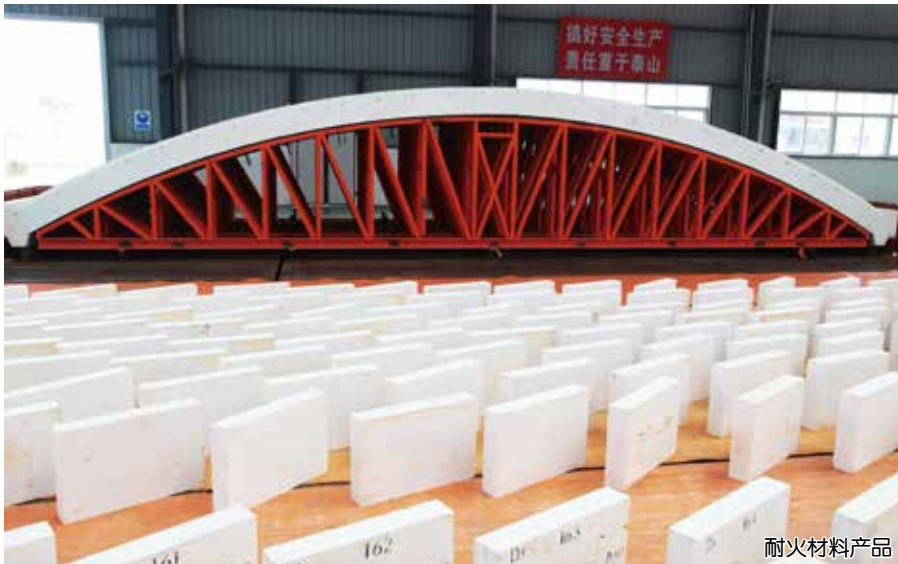
1973年，中国建材院原本从事特种陶瓷研究的张玮教授被调入耐火材料专业组担任组长，从此，放弃了为之付出过艰辛努力的特种陶瓷专业，开始了他技术生涯中的新篇章，没有想到，耐火材料成了他毕生为之奉献的事业。当时，我国玻璃窑用耐火材料技术水平无法满足先进的浮法玻璃生产新工艺，攻克熔铸耐火材料氧化法生产工艺技术成了推广大型浮法玻璃工艺的关键。但当时的耐火材料组刚刚成立，实验条件简陋，熔铸耐火材料的试验仍采用50年代建造的容量为100公斤的单项电弧炉，而此时工业生产均已采用了三相电弧炉。以张玮为首的耐火材料专业组一方面遍访老专家虚心请教，一方面奔走于全国各地到有关单位参观学习了解国内外发展动态，查阅大量国内外资料，制定了我国玻璃工业用耐火材料的发展思路。他们组建了一支由40多名技术人员和技术工人组成的科技队伍，夜以继日奋战在实验室的建设现场，经过不懈努力，建成了以0.5吨和0.25吨三相电弧炉为中心的两个熔铸耐火材料试验车间以及必要的性能测试仪器设备，为新品种新工艺的研究准备好了条件。努力终于有了回报，熔铸耐火材料氧化法生产工艺技术项目取得国家“六五”科技攻关计划经费支持，并成功通过鉴定，这项科研成果的取得大大缩小了我国熔铸耐火材料技术水平与国外先进水平的差距，也使我国浮法玻璃窑所需用的优质材料立足国内自给成为可能。因此氧化熔融新工艺获得国家级科技进步三等奖。借力熔铸耐火材料

取得的成果，中国建材院的科研人员乘胜追击，在国家“七五”期间，设立了“大型浮法玻璃窑用配套耐火材料的研究开发”项目，按照大型浮法玻璃窑各部位耐火材料品种的实际需求，研制成功多个品种的耐火制品，特别是技术难度更高的熔铸氧化铝耐火制品。熔铸氧化铝耐火制品是生产高档玻璃制品必需的高级耐火材料，技术含量极高，国外也只有少数公司能够生产，我国所需的熔铸氧化铝制品完全进口，国外公司控制了中国市场，致使进口价格不断上升，昂贵的价格严重制约了该类材料在我国的推广应用，影响了我国玻璃产品质量的提高，阻碍了我国玻璃工业的发展。在一无资料、二缺专用设备的情况下，80年代末终于研制出熔铸 $\alpha-\beta$ 和 $\beta$ -氧化铝砖，迫使国外产品在中国大幅度降价，它所产生的社会效益和对玻璃工业的贡献是巨大的。熔铸 $\alpha-\beta$ 氧化铝流槽砖项目的成果还获国家级科技进步三等奖。

20世纪80年代初期，我国引进了国外大型预分解水泥生产技术和装备。当时我国的耐火材料基础相当薄弱，建材耐火材料更为落后，预分解窑所需的8类20多个品种的优质耐火材料均属空白，需全套进口。中国建材院决定抓住窑外分解新技术推广的机遇，研制配套耐火材料，实现国内自给。当时的水泥耐火材料研究室老主任陆纯煊教授组织人员编写预分解水泥窑用耐火材料研制的开题报告，经过多方论证终于在1982年把耐火



国家重点科技攻关项目获奖



耐火材料产品

材料列入窑外分解水泥生产技术的攻关项目，成为国家“六五”科技攻关的子专题。经过三年多一千多个日日夜夜，陆纯煊带领研究室的科研人员完成了多品种水泥窑用耐火材料的研制，为我国自行解决新型干法水泥窑用耐火材料的研制、设计、生产、应用奠定了技术基础，并初步建立起配套体系，因此荣获国家级科技进步二等奖。“七五”期间中国建材院又承担了国家攻关专题“2000吨/日窑外分解工艺线配套耐火材料”的研究任务，我国预分解水泥窑耐火材料配套品种更趋于完善，缩小了与国外先进水平的差距。在此期间原国家建材局给予了攻关配套支持，通过技术改造将攻关科技成果转化生产，陆续形成 10 多条生产线，使得预分解水泥窑用耐火材料的主要品种具备了生产供应能力。在水泥窑用配套耐火材料领域取得的科技成果，不仅支持了我国新型干法水泥窑的大量建设，同时通过圆满完成国外水泥窑建设任务，为我国耐火材料进入国际市场打下了基础。

**持续攻关  
提升耐火材料全行业技术水平**

“七五”攻关完成后，新型水泥、玻璃窑的耐火材料急需品种科研工作基本完成，冶金工业等新技术用耐火材料的情况也大致如此，缓解了燃眉之急。但是我国耐火材料行业总体水平与国外仍有相当的差距，尤其在优质原料

和加工生产装备方面差距更大。其时，中国建材院已经成立了耐火材料研究所，当时的所长周季楠积极与冶金部、轻工部有关单位沟通联合起来进行跨部门的耐火材料联合攻关，将重点解决优质合成原料及一些重点装备作为“八五”“九五”联合攻关的指导思想。在“八五”“九五”科技攻关中，中国建材院承担了 14 个专题的研究工作，取得了多项成果。在优质原料方面研制成功电熔法脱硅制取熔铸耐火材料专

用氧化锆，为熔铸锆刚玉砖提高质量降低成本提供了有利条件；在装备方面研制的熔铸耐火制品冷加工用多功能数控机床（与武工大联合攻关）和熔铸材料退火设备，为今后熔铸材料提高制品的退火工艺及深加工技术水平奠定了基础；在品种方面进行了减少环境污染的水泥窑高温带用低铬、无铬碱性砖的研制和应用。此外，还研制了合成堇青石和钛酸铝等低膨胀材料解决陶瓷窑组合窑具的原料、压制锆英石砖、二步煅烧锆刚玉砖、蜂窝状硅砖、镁橄榄石砖及多功能耐火浇注料等配套新品种。完善和深化研究了氧化熔铸工艺技术及其自动控制技术，为全面提高熔铸耐火材料的技术水平奠定了基础。

伴随着我国对环境保护工作的重视和绿色制造在众多领域的应用，新一代耐火人又肩负起了新的使命。这时，承继了中国建材院所有耐火材料科研成果的瑞泰科技股份有限公司已经成立。在“十五”到“十三五”期间，瑞泰科技通过承担和参与国家“863”计划、国家重大支撑、重点研发计划等项目的研究，形成了环境友好型碱性耐火材料、玻璃熔窑全氧燃烧技术用耐火材料、低导热熔铸耐火材料、低导热多层复合莫来石耐火材料、低导热新型隔热耐火材料、集成模块化窑衬节能技术等科技成果，产品和技术广泛用于南方水泥、中联水泥、华新水泥、华润水泥、山东金晶集团、四川玻璃股份公司等，为高温窑炉的节能减排、长寿、环保做出了重要贡献，被国家财政部、科技部、工信部三部委评为“环境友好



型和资源节约型”两型企业，被科技部评为“国家火炬计划重点高新技术企业”，有3家子企业被授予“绿色工厂”称号，拥有1个院士工作站、1个博士后工作站、1个博士后研发基地以及13个省级科技研发中心，共形成科技成果69项，发明专利148个，主持或参与制定耐火材料标准80项。

### 借力科技成果和资本市场 做大做强耐火材料产业

时逢世纪之交，手握众多科技成果，中国建材院积极响应国家体制改革号召，吸引社会有一定实力的5家单位为股东组成科、工、贸一体的股份制企业，彻底解决科研开发、生产、经营相互脱节的问题，缩短科技成果产业化周期，提高产业化速度，进行市场化运作。2001年年底，瑞泰科技正式成立，实现了从科研事业单位向现代化企业的华丽转身，成为我国耐火材料行业体制改革的先锋。依托科技成果设立的瑞泰科技于2006年8月23日在深交所成功上市，成为我国首家以耐火材料为主业的上市公司，拓宽了公司的融资渠道，进入资本市场给瑞泰科技注入了巨大活力。通过联合重组，瑞泰科技在全国投资设立以不同品种耐火材料为主打产品的子企业，注入多项耐火材料科技成果，科技成果产业化进入了一个快速发展期。2008年建成不定形和碱性耐火材料生产基地，产品品种增加，服务领域从玻璃行业拓宽至水泥行业；2009年建



巴基斯坦卡拉奇港口中国耐火材料卸货

成超大规模的熔铸耐火材料生产基地；2012年建成钢铁行业用耐火材料及配套机构生产基地，成功进军钢铁行业；2018年“863”科技成果“玻璃窑用低导热锆刚玉及 $\alpha$ - $\beta$ 氧化铝耐火材料”产业化项目生产基地及节能环保型高温材料智能化制造基地投入生产。科技成果借力资本市场成功地将瑞泰科技推进到能够自主生产熔铸、不定形、烧结系列耐火材料，为玻璃、水泥、钢铁、电力、石化等行业提供优化设计、配套产品供应、施工安装等综合服务的领军企业，同时行业资源得到有效整合，实现了瑞泰科技与行业的共同发展。

孙中山先生曾经说过：“惟我辈既以担当中国改革发展为己任，虽石烂海枯，而此身尚存，此心不死。”纵观中国耐火材料的发展历史，无不贯穿着一代代耐火人矢志不渝的信念和言之凿凿的担当，前行的路上，

有耐火前辈的无私奉献，有耐火新生代的砥砺前行，中国耐火人不断用新知识、新观念武装自己，在新产品、新工艺、新设备乃至新的发展模式方面不断探索和创新，前仆后继，把耐火材料从一个不起眼的小学科打造成为中国建材集团和中国建材总院产业平台不可或缺的板块之一，也为我国耐火材料的技术进步和快速发展做出了贡献。👏



“863”科技成果“玻璃窑用低导热锆刚玉及 $\alpha$ - $\beta$ 氧化铝耐火材料”产业化项目生产基地



“加能源”5.0新型房屋

# 身之所依 梦之所向

## ——记北新“加能源”5.0房屋

多年以来，中国建材集团一直有个梦想，就是一定要把新型房屋做好。经过多年的发展，在梦开始的地方，北新梦之屋——“加能源”5.0房屋应运诞生。

上世纪70年代末80年代初，中国刚刚解开束缚，经济得以发展，产业百废待兴。此时，人们对建筑材料、对房屋有了更高的要求。北新集团在这个年代应运而生……

作为中国新型建材工业的摇篮，北新集团自1979年建厂，就承载着中国社会主义改革开放和现代化建设

的总设计师邓小平同志发展新型住宅的殷切希望。1979年8月，在北京紫竹院的一个试验工地，邓小平走进了一所使用新型建材建造的房子。在全面参观后，他用一口浓重的四川口音说道：“要把新型轻质建筑材料建造的房屋质量搞得好上加好，要实现工厂化、专业化生产，让农民住得起。”

当时，如何用新型建材造房子、造什么样的房子还是个新命题。就在行业专家大量翻阅查证国外相关资料、各抒己见时，北新集团已开始在新房屋领域迈开步伐。

“新型轻质建筑材料建造的房屋”就是北新房屋的前身。在新型房屋的探索上，北新集团确实先人一步，但是要做到“好上加好”，还有很长的路要走，还要破解很多难题。而对于当时的建材行业来说，国内连具体的研究实物都没有，对新型房屋的理解无疑是天马行空的想象，所以要想形成自己的新型房屋体系，必须创新突破。由此，北新集团开始了新型房屋的探索……

1979年建成投产年产建筑面积60万平方米的预制混凝土房屋工厂；1993年，建成门式钢架及岩棉复合板体系的钢结构房屋工厂生产线；2002年，北新集团与日本三家世界五百强企业——新日本制铁株式会社、丰田自动车株式会社及三菱商事株式会社合资重组北新房屋有限公司（简称“北新房屋”），引进薄板钢骨体系代替旧的建筑结构体系，使北新新型房屋建设迈出了实质性的一步，并在同年被原国家建设部确定为首批国家住宅产业化基地。由此，以日本薄板钢骨体系为技术核心的第一代轻钢房屋正式诞生，拉开了北新房屋发展的新序幕，对新型房屋的规划和转型也进入了新的阶段。

秉承中国建材集团“和谐”的文化理念，在打造新型房屋的过程中，北新房屋认识到只有在材料的应用与设计上更加人性化，想住户之所想，甚至以呵护的心替住户着想，才能让人与房子在相处中共同创造与大自然和睦共处的关系。

2010年前后，在日本薄板钢骨技术体系的基础上，北新房屋吸收全球最先进房屋结构技术经验，并结合我国的实际国情，自主研发推出了具有自主知识产权的结构产品——北新第二代新型房屋，在理念和结构层面上使住宅的设计、制造、安装及使用品质得到了全面提升。2013年，以第二代新型房屋技术体系为依托，重点围绕内装工业化、保温装饰一体化、节能环保全产品解决方案，打造出北新第三代生态化房屋产品。

但面对中国飞速发展带来的城市环境恶化和巨大的能源消耗问题，究竟什么样的房子才能更好地承载人们的梦想，同时又能不破坏生态环境？如何合理平衡建筑与其他因素之间关系，使人、建筑、自然成为有机的结合体，以满足人们居住生活的环境舒适，使人、建筑与自然环境之间形成一个良性的循环系统？这类环境与人

居问题越来越受到人们的关注，也是北新房屋的持续探索方向。

设计初始，根据摸底调研，虽然我国已自主掌握了新能源利用绝大多数关键技术，在国际市场也具有较强竞争力，但若将众多新能源利用解决方案综合到一栋房屋中，还存在一些核心技术“卡脖子”问题。在新能源集成创新上看，需要各类能源联合集成创新，而在当时，风电、光伏等新能源还主要依靠市场发展自主形成产业链，产业链粘合力不强，上下游联合攻关动力不足，协同创新短板严重。把多种新能源利用综合到一起，需要特殊的室内布局走线、室外并网和设备埋藏来实现，一有不合理之处，设备就容易失灵；另一方面也需要综合控制面板，以往各自独立的控制系统就显得不再适用。为改变这一局面，实现技术突破，北新房屋设计中心、采供中心、工程部等部门铆足了劲，采取与专业新能源公司联合合作的方式，共同开发新能源综合利用方案，由于相关生产工艺限制严苛，对环境特性有要求，当时



“加能源”5.0 新型房屋内景

在全国范围内也实属首例。经过大半年的驻地设计、施工、安装、调试，研发施工设计人员克服各种困难，加班加点，反复尝试，终于在2016年年底，兼具“绿色、生态、智能”的北新梦之屋——“加能源”5.0房屋诞生了。它完全摒弃高耗能材料，代之以节能环保的绿色新型建材，同时将能源的有效利用与网络、智能化的技术有机结合，努力实现人与房子、大自然和睦共处，达到建筑与生态环境最完美的融合。

### 保护绿水青山的绿色建筑

现代建筑是发展的产物，使人们享受了工业化、城市化带来的文明，与此同时，在材料生产、房屋建造和拆除过程中所产生的渣土、弃料、淤泥及其他废弃物又对生存环境带来了不可逆的破坏。据资料显示，千禧年前后国内一年建造砖瓦房需要烧砖8500亿块，由此带来的后果是浪费耕地120万亩、耗煤5000万吨、排放二氧化碳1.25亿吨。

北新“加能源”5.0房屋是绿色生态房屋。房屋部品全部选用新型绿色环保材料；搭建过程无噪音、无粉尘、无污水污染；干法施工作业，仅需传统建筑施工用水量的10%；房屋具有良好的保温隔热性，满足建筑节能75%标准；当房屋达到使用寿命时，90%以

上的材料可回收、循环再利用，消除建筑物终老时产生的大量建筑垃圾，真正实现了“绿色房屋”这一核心理念。

北新房屋一直致力于追求建筑与能源的完美结合，在这条道路上孜孜不倦地探索与实践。2013年，北新房屋与清华大学、美国佛罗里达大学合作建设了“零能耗房屋”，参加国际太阳能十项全能竞赛，斩获了综合排名全球第五、“室内舒适度”等3个单项奖全球第一的好成绩。然而，这仅仅是北新房屋技术探索的开始，探索之路从未停歇。

2016年，随着技术的不断积累与沉淀，“加能源”5.0房屋首次将光伏、光热、家庭风电、地源热泵、沼气等能源技术耦合，并实现所有能源并网储能，削峰填谷；与智能家居、新风系统（包含PM2.5检测与消除）、雨水收集等系统充分结合，实现了高端的人性化设计。房屋不仅能实现能源的自给自足，还能够对外输出能源，客户可以根据需要定制能源自给和智能需求、能源储存方案。

房屋在屋面和车棚配置光伏组件，房屋后方还配备磁悬浮式风机，采用蓄电池储能系统。以样板房为例，整个房间日发电量（光伏及风力）约26度，储能系统能储电24度，样板间日用电量约10~12度，不仅完全满足了发电自用，还余电上网，实现了能源高效利用，

真正实现“加能源”。除了电能外，梦之屋同样致力于变废为宝和节约水源：配置家庭单户式沼气系统，为厨房提供烹饪用气；室外设置雨水收集井，收集后既可以满足车辆冲洗和植物的灌溉需求，又调节了建筑的微气候。

让每个家变成能源工厂——北新“加能源”5.0房屋真正将这些文字转述为一种消费者可感知的产品，不仅让“手工砌筑”“现场施工”成为建筑行业的历史，更让“自产自销、能源耦合”变为房屋新特性，“新能源”房屋



2018年山东德州太阳能竞赛房屋

变为“加能源”房屋，为我国建材、建筑行业带来了新的发展高潮。

### 智能化新技术打造“智能家”

梦之屋的智能控制系统全方位地贯穿人们生活需求的方方面面。通过位于各个房间墙壁的智能控制面板、手机 APP 及 iPad 三种操控模式，居住者可以随时随地对房子进行调控。能量监控、自动照明、窗帘调节、音乐控制、互动体验、智能安防等完美地被整合在一起，“科技与建造”体现得淋漓尽致。

屋内设有各类传感器，对室内外环境进行持续监测，实时反馈到空调、新风等设备系统进行自动调控，保证在提供舒适环境的同时减少能源消耗。这些数据也会储存记录在服务器中，便于后续的研究和分析。此外，智能系统也与使用者息息相关，不仅服务于管理，也提供了更好的使用体验。除了系统自动调节室内环境条件外，使用者可以轻松预约使用时段，并将室内电器整合为多种使用模式，以共享会客厅为例，使用者打开密码门后，室内灯光自动打开到合适亮度；到沙发区落座后，可一键切换到观影模式，灯光自动调暗，投影幕布及落地玻璃的遮阳帘同时落下；使用完毕离开，室内灯光会在门锁后延迟关闭。此外，室内还配备新风系统，换气量约为 350 立方米/小时，全房间约 1.5 小时可以全部换气一次。

### 从未停歇的技术研发之路

自上个世纪 70 年代起，北新房屋便迈上了探索新型房屋的漫漫征程。1979 年北新推出首栋轻钢结构房屋，2002 年打造世界级房屋技术的房屋工厂，2010 年引进澳新体系房屋技术全面升级，2012 年“圆梦”生态化房屋飞入寻常百姓家，而今的“加能源”5.0 梦之屋更是惊艳四方来客。

在科技梦助推中国梦的进程中，北新房屋坚持自主创新，不畏艰险，创造了一项又一项达到国内、国际先进水平的高新技术，不断引领着我国建筑业转型升级。

2018 年，北新房屋持续发力，又与北京交通大学共同参加国际“2018 国际太阳能十项全能竞赛”，综合排名全球第五，两个单项奖排名第一。

目前，北新房屋参编国家标准《装配式建筑评价标准》及行业标准《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》等多项标准，2017 年更被住建部评为首批国家装配式建筑产业基地。除此外，产品满足美国 ASTM 标准、澳洲标准、欧盟 EN1090 钢结构等标准，满足“欧盟 2020”战略要求，向发展中国家输出中国先进的制造技术及规范标准，参与了 2 项国家“十三五”课题，获得授权技术专利 180 余项。

### 从“中国化”走向“全球化”

经过 30 多年的发展，北新房屋已完成从引进技术到完全自主研发的转型，其产品和服务不仅覆盖到全国各地，更在北美、东欧、中东、南亚、南美、南太平洋及非洲国家落地开花。随着国家“走出去”战略的实施，公司积极响应中国建材集团号召，大力布局“一带一路”市场，尤其是在集团老董事长宋志平提出“将新型房屋做成继高铁之后中国推广到世界的品牌”后，北新房屋全体员工备受鼓舞，勇于创新，攻坚克难，全力打造中国“新型房屋”名片。

目前，公司承建涵盖别墅、住宅、诊所、营房、使馆、学校、军队用房等多种房屋项目，累计完工数十个海外项目，规模达 120 万平米。北新房屋将顺应装配式建筑发展大势，对标行业优秀企业，广泛学习借鉴，改革创新，积极开拓市场，努力扩大业务规模，进一步发展优质海外代理商，持续探索新的业务合作模式，并大力推广海内外绿色小镇的建设。

下一步，北新房屋将在中国建材集团的正确领导和北新集团的大力支持下，不断创新发展模式，加大推广宣传力度，让“中国品牌”的新型房屋落户全球更多地方。相信借助国家建设“一带一路”的重要战略机遇，经过不懈努力，北新房屋将向全世界人民展现中国新型房屋的舒适与美丽，新型房屋会成为一张最靓丽的中国名片。🌍



# 新材料 新技术 为农业插上腾飞的翅膀

## ——凯盛浩丰人的逐梦之路

习近平总书记指出：“农业问题是关系国计民生的关键问题，必须把解决好三农问题，放在全党工作的重中之重。”农业强则中国强，农村美则中国美，农民富则中国富。党的十九大报告提出坚持农业农村优先发展，加快推进农业农村现代化的乡村振兴战略，全面吹响了现代农业发展的号角。

2015年7月11日，时任德州市市长陈飞带队访问

中国建材集团。双方在洽谈中就合作发展现代化农业不谋而合，形成了一致意见，当即决定由所属凯盛科技集团具体实施和推动，在山东德州率先建设全国现代农业的示范项目。在随后的一年多时间里，凯盛科技与合作伙伴青岛浩丰一道就现代化农业项目在德州落地的可行性进行了深入的调研和分析。

2016年12月，中国建材集团组团赴荷兰，高密度

地访问了多家在现代农业产业中全球知名的企业，深入实地访问调研，并与多家企业达成了合作意向。为德州现代农业项目的落地和高水平建设，为中国建材集团全面进军现代农业吹响了号角、奠定了基础。

2017年11月14日，由凯盛科技与青岛浩丰共同投资的混合所有制企业“凯盛浩丰（德州）智慧农业有限公司”正式注册成立，拉开了智慧农业发展的大幕，也开启了凯盛浩丰人追逐梦想的序幕。

在中国建材集团的战略引领下，在凯盛科技的具体指导和支持下，凯盛浩丰积极响应乡村振兴战略，实行央企、当地政府、民企、三方合作模式：央企中国建材集团的优势是有人才实力，有众多的产业平台，有对外合作的丰富经验；地方的优势是人员环境熟悉，决策机制快，项目落地快；民企青岛浩丰合作专业运营团队有15年以上农业生产经验，可提供技术保障，并具有成熟的销售渠道及标准化的工艺流程。三方合作，优势互补，为此项目做了强有力的保障，高效地在全国率先建成绿色高产、精致高效特色、优质的现代农业示范区，用科技和创新助推中国“三农”向现代化迈进的发展目标。

按照中国建材集团“高目标、高定位”的整体规划要求。凯盛浩丰智慧玻璃温室引进荷兰文洛式玻璃温室先进技术，采用超白压延散射玻璃增加温室光照。超白压延玻璃是一种超透明低铁玻璃，属于高品质、多功能的新型高档玻璃品种，透光率可达91.5%以上，具有晶莹剔透、高档典雅的特性，有玻璃家族“水晶王子”之称。凯盛浩丰智慧温室大面积覆盖超白压延散射玻璃，可以使阳光均匀地照射到番茄上，使得智慧温室像水晶宫一样光彩夺目，让“绿行者”番茄每天都可以过着如沐春光的公主般的生活。此外，“水晶王子”还异常坚韧，可以为“绿行者”番茄遮风挡雨，提供一个安全感十足的“番茄之家”。

2017年新建成的智慧农业

大棚在阳光下熠熠生辉，如同镶嵌在这片土地上的一颗璀璨的明珠。一个全新的概念在德州形成，一扇农业新旧动能转换的大门在德州开启。

自德州市临邑县智慧农业项目落地，凯盛浩丰如同一粒种子，生根发芽，伸枝展叶。公司在摸索中前进，在前进中摸索。在智慧温室项目运营初期，凯盛浩丰并没可以借鉴的同行的经验，对于运营中遇到的一些问题，凯盛浩丰人不断探索，不断总结。截至目前，凯盛浩丰正式运营的第三年，在中国建材集团的带动下，已从项目初期的一个智慧农业基地发展出三个高标准、高质量的智慧玻璃温室基地。其中德州陵城基地为亚洲单体面积最大的智慧玻璃温室。凯盛浩丰在取得辉煌成就的背后，同样与所有企业的成长史有着共同的特点：艰辛。

项目刚落地时，没有办公场所，大家就在临时搭建的板房中办公。随着工作的不断深入，人员不断增加，没有办公桌，大家就用一块木板搭起来，当作办公桌。每遇到大风，板房便随风飘摇，但不动的是同事们对该项目执着而坚定的信念与信任。由于办公场所安全系数不高，同事们担心文件及重要的物品丢失，只能每天背在身上，这一背就是6个月。这种随身携带的传统，在凯盛浩丰发展壮大后得以传承。以至于现在，所有同事每天仍将笔记本电脑背回家。不过目的不同，不是担心丢失，而是有工作，随时可以完成。

公司成立之初，项目现场没有路，大家一步一步





踏出来了，也就成了路。“晴天一身土，雨天一身泥”，是对那时路面的最好诠释。由于公司离城区较远，吃饭很不方便，大家挤在另外一个板房里，吃着大锅饭。那时，最受欢迎的是“硬菜”——花生米，最受欢迎的坐位就是靠近窗边的位置，因为那里最接近阳光，相对较暖和。

公司刚刚成立时，部门设置尚不完善，每个凯盛浩丰人都是身兼数职，其中一位员工回忆道：“当初公司没有叉车，没有卸货平台，所有的物料都是靠人力搬下来，后来购入叉车也是我们自己开，自己卸货；温室还未建设完成时，为了按时完成定植之前的准备工作，技术部的同事亲自上阵，焊制了公司的第一辆运输车，确保了定植工作的顺利完成。”现在的凯盛浩丰温室内无人运输车穿梭其中，可谁又能想到第一辆运输车是出自凯盛浩丰人之手呢。

临邑基地的温室要进行第一次消杀，消毒机还没有到位，为了赶工期，完成定植任务，两位温室管理人员就穿着厚厚的防护服，用小型的民用迷雾机在温室内喷洒福尔马林，进行消杀工作。小型民用迷雾机满足不了大规模作业，只能坚持十几分钟就要从温室里走出来添加原料。而就算这样，当他们从温室里出来时浑身也早已被汗水浸透。

相对于硬件上的缺乏，公司在种植技术的探索之路上同样艰苦曲折。第一产季种植之后，外国专家由于个

人原因返回荷兰。技术部临危受命，这时植株出现大量的脐腐病，针对脐腐病，公司面临着两大难题：第一，针对脐腐病没有好的解决办法；第二，出现了脐腐病之后并不了解是否应该摘掉腐烂果或者自然腐烂。后来经过与国内专家和国外专家沟通得到不同的意见，公司最终决定对摘掉的部分和不摘掉的部分做对比测试，最终确定导致脐腐病的原因，确立了应对的方案。

除了在种植技术上坚持严谨的科学态度以外，凯盛浩丰在基质的选择上也是慎之又慎。当时，公司技术部门对岩棉块和椰糠条两种基质进行反复试验，通过将技术上的指标进行对比后得出结论：两者区别不大，主要的区别在于岩棉块属于不可回收物，对环境会造成污染，最终，凯盛浩丰从社会责任角度出发，选择了环保的椰糠条作为种植基质。同时，在育苗基质方面，凯盛浩丰从第一年的参考国外的育苗方式开始经过不断地探寻摸索改进了育苗方式，由原来的荷兰岩棉基质育苗创新为爱乐跑育苗，综合育苗成本下降了30%左右。国内其他新建智慧温室大部分借鉴了公司的经验。

在生产运营方面，凯盛浩丰玻璃温室生产线引进凯盛机器人，极大地提高了效率并节省人工使用，降低了成本。在质量标准方面，公司还通过了GAP认证、供港澳基地和一些实用新型专利认证，并建立了工艺验证小组，对光、水、肥进行了验证，以保证植株的健康，制作出了工艺的思维导图、种植标准化的SOP，改造了

二氧化碳系统，从最初的燃烧天然气产生二氧化碳改造为液态二氧化碳系统，可以节约50%以上的成本，既降低了成本还降低了对空气中一氧化碳的排放。

凯盛浩丰的发展壮大离不开一群群讲奉献的可爱员工，他们如茂密森林里的树木，虽然未必像参天大树般让人瞩目，但却用自己茂盛的树枝为这片森林贡献着自己的力量。







2018年是凯盛浩丰成立的第一年，采购部从无到有，完成了对所有温室资材的供应商开发和考核，满足了温室运营各个部门的生产及工作需求，2018年度采购总额为0.075亿元，集中采购率达到100%，网上采购率5.68%，年度节约采购成本0.0045亿元。质量合格率98%，按时交货率95%。对供应商做了细致的分类，建立了供应商档案资料库、标准化物料，减少了物料料号，实现了五金劳保、低值易耗、备品备件的集中化采购。

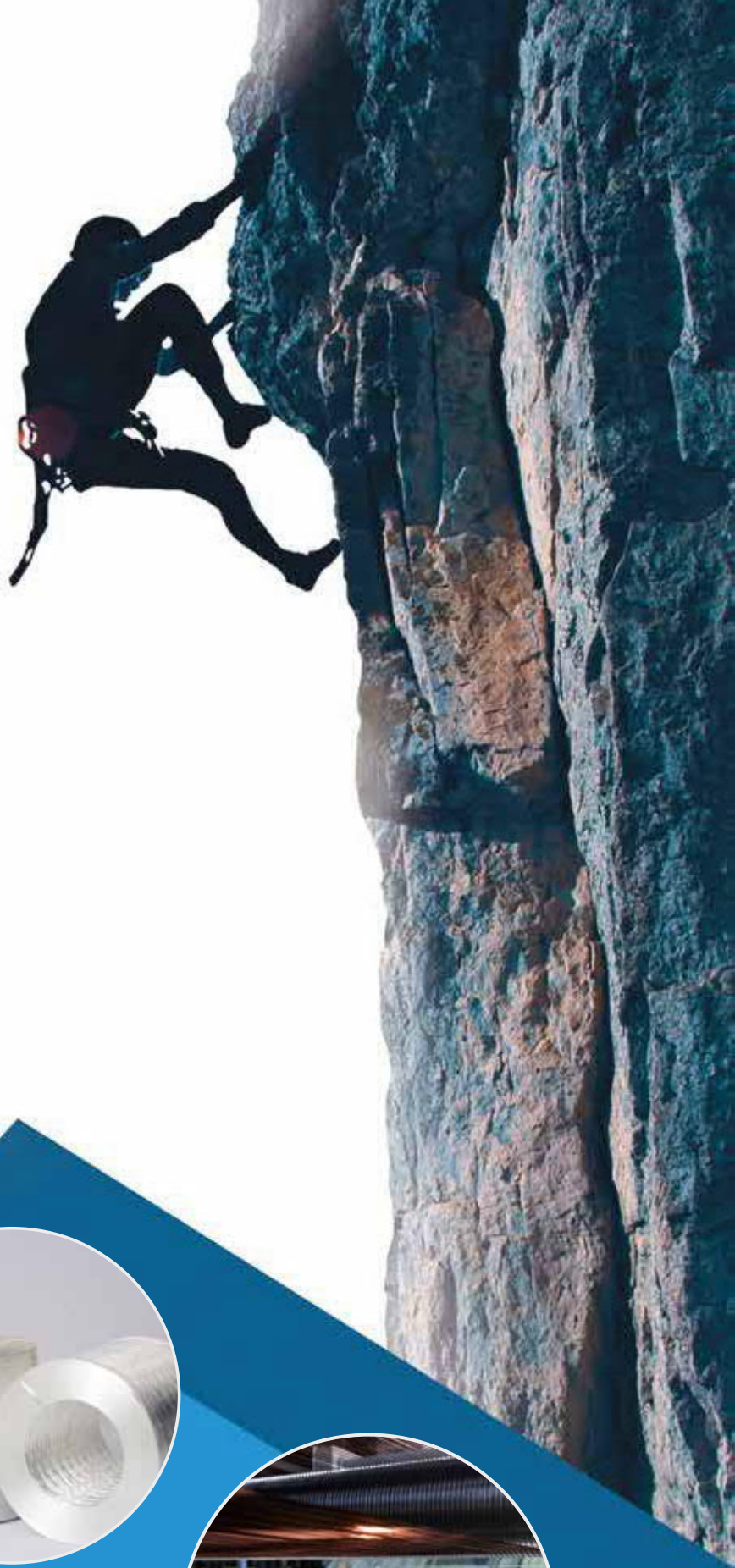
同时，公司在办公信息化中不断接受新事物，从最初的微信办公到后来的“云之家”再到现在的钉钉智能办公，实现了生产、技术、项目、销售等方面的数据互通，提高了审批效率，做到了所有数据都有依据、有来源。其中在采购信息化管理方面建立《网络电商采购制度》，并推动了网上采购率，统一了网上采购平台。通过京东、钉钉天猫企业购、阿里巴巴、震坤行实现了线上的供应商开发、比价、询价等工作，同时所有采购数据与钉钉、云之家、ERP实现了互联互通。公司采购管理信息在ERP系统及钉钉信息化软件上实现了良好的信息化集成，从询价、采购合同审批开始，到采购发票录入勾稽完成形成了良好信息联通闭环，同时与ERP与云之家审批移动端有效兼容，实现了公司层面的采购资源信

息化共享。

智能大棚系统是使温室大棚内的各种设施能集约管理、规模管理、精准管理的一种智能农业系统。从实际出发，优化设施农业管理效果、提高管理效率、节约管理成本。智能大棚系统可以从实际出发优化设施农业管理效果、提高温室大棚管理效率、最大力度节约管理成本。智能大棚系统的配置包括外遮阳系统、内遮阳系统、内保温系统、开窗系统、湿帘外翻窗系统、覆盖系统、降温系统、加温系统、补光系统等。智慧农业大棚利用物联网技术颠覆了传统的农业耕种方式，采用现代化的栽培管理技术和环境友好型的生产工艺。相较传统温室，这是一个精细化的农业生产工厂。

在中国建材集团和凯盛科技的支持下，凯盛浩丰将不忘初心、砥砺前行，不断升级技术，降低成本，制定安全种植标准，推广先进的种植技术，提高农产品质量、安全和收益，以满足日益增长的市场需求和质量要求，并促进农业产业结构调整，带动相关产业和推动区域发展，利用工业化的手段打造中国农业新版图。在农业的智能化、节能化、环境友好化中发挥重要作用，为智慧农业贡献自己的力量，为中国由农业大国向农业强国挺进而不懈努力，为实现中华民族伟大复兴的中国梦凝聚创新动能。

# 新·益·新 求·新



## ▶ 光电材料



# 玻璃的光电之间

## ——凯盛科技的“敢教日月换新天”

2019年9月18日，在安徽蚌埠举行的中国首片8.5代TFT-LCD玻璃基板产品下线仪式上，中国建材集团老董事长宋志平讲了这样一个故事：

20多年前，我跟随原国家建材局的访问团出访日本，当时我们的老局长提出，能否去参观日本某一家企业电子玻璃的工厂，但遭到了拒绝，我当时还很年轻，觉得

这很屈辱，当年我们要看的生产线，实际上是低世代的电子薄玻璃生产线。一晃多年，我们现在自己做出了高世代的8.5代TFT-LCD玻璃基板，实现了我们中国建材人几代人的梦想。我也想说，我们做出这件玻璃，其实真的不容易。凯盛科技的团队3年多一直投身于研究这块玻璃，设计人员、工程人员、生产技术人员为了这



0.12mm 超薄玻璃

块玻璃夜以继日的工作，这让我想起了毛主席的一句诗词：为有牺牲多壮志，敢教日月换新天。

凯盛科技集团有限公司（以下简称“凯盛科技”）注册成立于2014年12月，是中国建材集团为推进管理整合，做实做精做强高端玻璃新材料产业建立的创新平台、管理平台、整合平台，核心企业为中建材蚌埠玻璃工业设计研究院（以下简称“蚌埠院”），同时拥有10家二级企业和2家上市公司。近年来，凯盛科技落实国家创

新驱动发展战略，提升关键核心技术创新能力，集中力量攻克“卡脖子”问题，生产出中国首片自主研发的8.5代TFT-LCD玻璃基板、世界最薄0.12毫米超薄电子触控玻璃、世界最高光电转换率铜铟镓硒发电玻璃、世界首块大面积碲化镉发电玻璃等一系列填补“国内空白”光电材料，用一项项玻璃的“光电之间”，书写了凯盛科技的“敢教日月换新天”。

## 由电转光的“十年磨一剑”

超薄电子触控玻璃、TFT-LCD液晶显示玻璃、高铝盖板玻璃是组成显示屏最关键的三种玻璃，凯盛科技历经十年攻关，终于完成全部“卡脖子”关键技术的突破，磨出了中国人自己的“信息显示之剑”。

### ●较毫厘

一块玻璃能有多薄？0.12毫米！堪比纸薄、弯曲成环、高度透光……这就是凯盛科技让人印象深刻的第一块新玻璃：超薄电子触控玻璃。

玻璃是信息显示领域的一个关键基础材料，玻璃及其设备能够占到整个成本的70%。在智能手机、平板电脑等手持设备轻量化、超薄化的消费趋势推动下，电子



中国首片8.5代TFT-LCD玻璃基板

产品的触控面板和显示面板所用的超薄玻璃成为电子信息显示产业上游的关键原材料产品，而十年前中国在该领域一直受制于人。作为凯盛科技前身的蚌埠院充分认识到超薄电子触控玻璃对推动电子信息显示产业发展的关键意义，厚积薄发扭转了局面。

经过多年攻关，蚌埠院在原料提纯、玻璃成分及配方、新型熔化、超薄成形等多项技术瓶颈取得重大突破，终于，2013年10月引板成功，短短2个月内便完成了1.3毫米、1.1毫米、0.7毫米、0.55毫米玻璃的成功生产。2014年8月，国内最薄0.3毫米显示玻璃稳定量产，2015年3月，0.2毫米超薄玻璃稳定量产，完美赶超世界先进水平，主要质量性能指标与国外进口产品相当。2016年5月，成功拉引0.15毫米超薄玻璃，实现了“超薄”到“极薄”的跨越。2018年4月，完全具有中国自主核心技术的世界最薄0.12毫米柔性触控玻璃横空出世，厚度像A4纸，可实现大面积连续生产，此项目还获得玻璃行业迄今为止唯一的一个中国工业大奖。

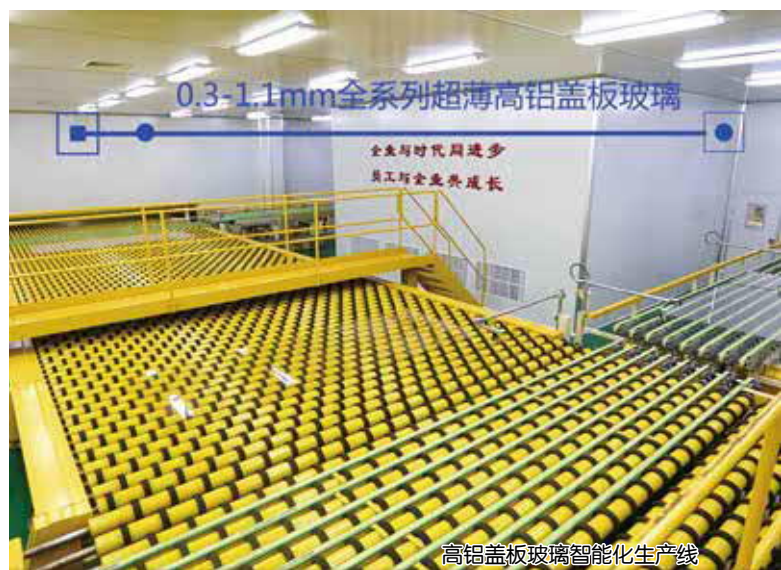
目前，凯盛科技正在继续突破超薄极值，集中精力攻关0.1毫米极薄电子触控玻璃。

#### ●争大小

8.5代TFT-LCD玻璃基板是信息显示玻璃行业“皇冠上的明珠”。

TFT-LCD玻璃基板是液晶显示面板的核心部件，是电子信息显示产业的关键战略材料，其生产控制精度与半导体行业相当，代表着目前全球现代玻璃规模化制造领域的最高水平。长期以来，面对国外的技术封锁，该项国家战略性玻璃新材料一直被国外垄断。尤其是大尺寸液晶显示所需的8.5代TFT-LCD玻璃基板核心技术完全被美国康宁、日本旭硝子等少数几家国外企业所控制，玻璃基板成为严重制约我国显示产业发展的“卡脖子”问题。

为推动我国信息显示产业的高质量发展，2016年，在科技部“十三五”国家重点专项的支持下，凯盛科技坚持自主创新，攻关团队经过3年多持续攻关，取得了阶段性重大成果。从2018年12月15日窑炉进行安装，到2019年6月18日点火投产、2019年8月26日成功引板，再到2019年9月18日首块玻璃下线，从点火



到下线仅用了90天，创造了自主生产高世代液晶玻璃基板的“中国速度”，亦完成了高世代液晶玻璃基板的“中国创造”。

#### ●比硬度

在中国玻璃新材料科技产业园的工厂内，一块巨大的高铝玻璃缓缓在流水线上移动，随后它将经过切割、覆膜等工艺，应用于智能手机、平板电脑等触摸屏盖板。

“高铝玻璃具有强度高、耐磨等优势，叫它高铝玻璃，主要是因为其铝含量已经超过了15%，以前主要依赖进口，价格在400元一片，我们通过浮法工艺实现国产化以后，有效填补了市场空白，进口产品价格也一路降到100多元一片。”企业负责人介绍，企业每天可以生产70吨高铝玻璃，订单量不断增长，逐渐替代中端市场进口产品，2018年实现产值1.7亿元。

虽然如今的凯盛高铝盖板玻璃已经进入了国内主流手机制造商的供应链，并正在申请华为、小米、三星等国内外知名厂商认证，但三年前的量产攻关却让项目团队倍感压力。

高铝玻璃的铝含量较高，在批量化生产时又需要解决厚度问题，这样在熔化温度上比正常温度高100℃，玻璃料的融化环节又上升几级难度。开弓没有回头箭，顶着巨大压力的项目攻关团队凭借着技术上的自信，每天对上百个工艺参数核实调整。经过近9个月的努力，2018年4月份国产第一块超薄高铝盖板玻璃最终在安

徽顺利下线。

## 聚光变电的“采天地之能”

“阳光就在我们身边。”凯盛科技把太阳能的利用提升到了一个新的高度，研发了两块特殊的玻璃——碲化镉弱光发电玻璃和铜铟镓硒薄膜太阳能电池。这两种玻璃不仅能在太阳充足时发电，而且在阴天光线不好的时候也能够发电，筑起了一份“阳光”的事业。

### ●两兄弟

碲化镉化学式为 CdTe，需要以高纯碲和镉为原料，脱氧后合成而来。由碲和镉两位“好兄弟”结合后的单晶或多晶，是一种重要的半导体材料，也是碲化镉太阳能电池的关键原材料。

碲化镉是通过蒸发的方式镀到玻璃上的，需要把原材料加热到一定程度，然后在高真空的环境下形成蒸汽，再到冷的玻璃上形成一层薄膜。从玻璃表面看，镀在上面的薄膜根本看不到也感觉不到。薄膜主要分4层，其中最薄的一层碲化硫 50 ~ 150 纳米，仅为头发丝的 1200 万分之一，要把这么薄的碲化镉薄膜分好几层均匀地不间断地镀在玻璃上，难度可想而知。

2017 年 9 月 18 日，经过近 8 年的攻关并突破几百项关键技术，凯盛科技生产出的世界第一块大面积碲化镉薄膜弱光发电玻璃；2018 年 4 月 17 日，世界第一条

大面积发电玻璃生产线在成都正式投产，这也是我国第一条 100 兆瓦碲化镉发电玻璃生产线，它标志着我国掌握了全球领先的大面积碲化镉发电玻璃自主核心技术。碲化镉薄膜弱光发电玻璃还能广泛运用于玻璃幕墙和光伏扶贫，已在成都双流国际机场大面积运用。

### ●四结合

在凯盛科技的生产线上，一块块黑色的玻璃格外显眼，这就是有“挂在墙上的油田”之称的铜铟镓硒薄膜太阳能电池。这种玻璃是在其表面涂上铜铟镓硒四种物质，在这四种物质的综合作用下，吸收光能并将其转化成电能，可代替了传统晶硅发电。

由于我国传统晶硅电池能耗高、成本高、污染大，尽管目前存在一定的市场空间，但并不是未来发展的主流。凭借前瞻性的眼光，凯盛科技收购了当时岌岌可危却发展潜力巨大的世界 500 强法国圣戈班下属德国 Avancis 公司，为铜铟镓硒薄膜太阳能电池的国产化夯实了基础。可收购的过程并非一帆风顺，在决定收购的前后两年间，凯盛科技的主要领导一直在国内国外来回奔波，一年的往返次数就能达到十次以上，就为了既留住原公司的先进设备又能留住所有的德国科学家。

2017 年 10 月，国内首片铜铟镓硒薄膜太阳能模组成功下线，这标志着凯盛科技集团已经全线打通中国太阳能光伏产业链。现如今，铜铟镓硒薄膜太阳能电池光电转化率已达到世界领先 19%。不久的将来，该产品将走入普通百姓的日常生活，骑行的电瓶车、电动汽车充电桩、室外车棚等都可以看到它的身影。

## 由弱至强的院所“大方案”

蚌埠院六十年的跋涉、求索和耕耘，与新中国玻璃工业的命运休戚与共、血肉相连，是凯盛科技走向世界的光辉扉页。

### ●勇破冰

建国伊始，举业洪荒，纷徙蚌埠，竟度沧桑；  
集成创新，鼎助远航，工程产业，跨海越疆；  
和谐组织，文化弘扬，社会责任，勇于担当；



碲化镉发电玻璃生产线

七十华诞，成果泱泱，百年老店，永续盛昌。

这一首诗描述了蚌埠院的历史沿革和科研院所转制后的发展成就，可从小至大、由弱至强的过程总不是一帆风顺。

2000年，蚌埠院刚刚从原主管单位脱钩，并划归中国建材集团管理。脱钩意味着转型，必须改变从纯粹的靠拨款、靠收一点设计费过日子的状态到走向市场。蚌埠院探索出技术与市场“双引领”，创新链、产业链、资金链“三融合”的企业发展模式，利用院所的研发能力实现科研成果从“0”到“1”的突破，利用企业创新链、资本链、产业链的三链融合实现科研成果产业化从“1”到“N”的飞跃，真正实现了“内聚人才、外拓版图”的新发展。正是这种勇于破冰的决绝把蚌埠院真正引向了市场。

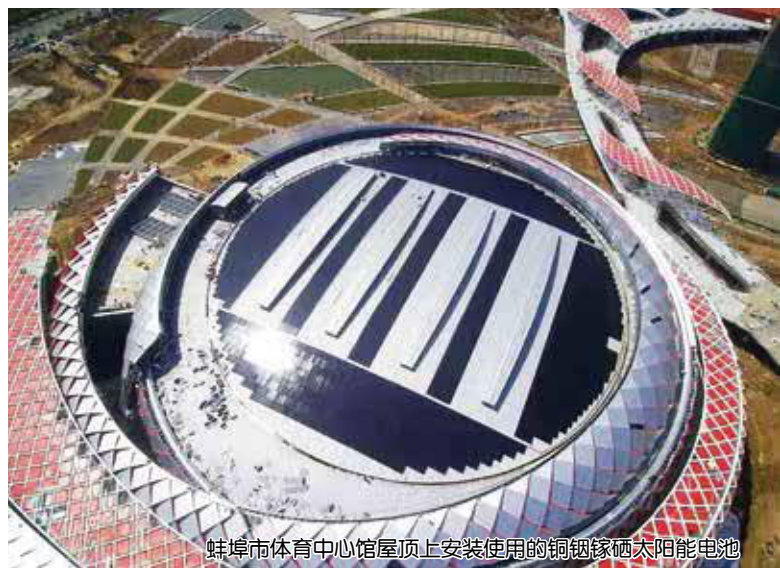
2003年中国建材集团老董事长宋志平提出“科研院所向集成化、产业化、工程化、国际化转型”的四化战略，玻院人经历了转制的阵痛、行业的低迷和存续企业方向的未知之后，也迈入了一个“大变动、新觉醒”的巅峰时代。多年来，蚌埠院实现了经济指标持续翻番，主营业务收入增长了460多倍，于玻璃这个“小行业”，探索出科研院所转制的“大方案”。

### ●善创新

蚌埠院为创新而生，因创新壮大，也必须依靠创新走向未来。蚌埠院在中国建材集团文化引领下，以创新驱动增长，以目标引领航向，紧扣“硅基材料”主线，坚持写好“玻璃”这篇大文章，遵循“突出主业、相关多元”的原则，按照“四化”发展战略，聚力新玻璃、新材料、新能源、新装备“四新”产业。

2014年，为了进一步做大做强，以蚌埠院为核心成立了凯盛科技，构建“凯盛玻璃、凯盛材料、凯盛新能源、凯盛装备、凯盛工程和中央应用研究院”六大业务板块，整合玻璃、水泥、建筑“三大主业”形成工程与产业比翼齐飞，构建起覆盖全国及亚、非、欧、美等遍及全球经营网络，形成了以自主创新为源动力，以创新链、产业链、资金链为三链融合的独特发展模式，实现了创新转型和跨越发展。

凯盛科技发挥战略规划和科技创新的引领的作用，



蚌埠市体育中心馆屋顶上安装使用的铜钢铯太阳能电池

围绕打造“中国第一、世界领先”的国家玻璃新材料制造业创新中心，以科研院所和国家重点实验室、国家级企业技术中心为核心，构建高效、协同、开放的技术创新体系，建设了24个国家级和省部级创新平台，累计承担国家“863”、“973”、科技支撑计划课题10余项，获得国家科技进步奖3项，省部级科技成果奖50项，获得授权专利1563件，其中国际专利152件，发明专利410件；主持参与制订国家标准14项，行业标准24项，引进了多位国家千人计划专家，吸引了一批海归及本土博士，打造了“百名博士”创新团队，突破多项“卡脖子”关键技术，形成一批具有国际影响力的研究成果。

### ●闯未来

习近平总书记在庆祝中华人民共和国成立70周年大会上铿锵说道：中国的昨天已经写在人类的史册上，中国的今天正在亿万人民手中创造，中国的明天必将更加美好。

凯盛科技董事长彭寿在谈到科技的未来时，说道：凯盛科技的未来就是要继续扛好振兴民族玻璃工业的大旗，在行业中做领头人，在行业发展中做奋斗者，在行业前进中做创新者，要勇于担当、持之以恒、敢闯未来，用凯盛精神全力创造企业高质量发展的优异业绩。

这一刻始终是下一刻的起点。凡是过往，皆为序章。👉



微光夜视核心材料研发生产基地

# 从微光夜视到生物光导识别 黑科技引领未来生活

## ——中国建材总院光纤成像材料的研发及产业化发展之路

习近平总书记在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上强调，企业是创新的主体，是推动创新创造的生力军。在中国建材集团和中国建材总院的正确领导下，总院所属特种玻璃纤维与光电功能材料研究院（简称“玻纤院”）始终坚持“科

技领先、服务建设”的核心理念，按照“六大平台”战略定位，充分发挥科技创新引领作用，从满足国防重点工程应用的光纤成像材料，到全球知名的微光夜视核心材料供应商，再到全球唯一的大面积生物光导识别芯片材料，玻纤院不断增强自主创新能力、激发



创新活力，推动新技术、新产品、新业态蓬勃发展，努力为转型升级发展提供高质量科技供给。

## 使命铸就辉煌—— 微光夜视核心材料的开拓与创新

中国建材总院玻纤院是我国微光夜视核心材料的开拓者，见证了我国微光夜视技术从无到有、由弱变强的光辉历程。早在上世纪50年代，我国老一辈科学家也预见到纤维光学发展对我国高科技和国防军工的重大影响，由中国建材总院、中科院西安光机所、北京玻璃研究院等单位负责编制“全国纤维光学十年规划”。以此为契机，总院成立了玻璃纤维研究室，特种玻璃纤维、特种光学纤维的研究工作逐步发展壮大。1957年拉出我国第一根玻璃纤维，同年11月12日时任国家副主席朱德专程来到位于北京管庄的中国建材研究院视察，看到建材院成功拉制的玻璃纤维，连声称赞。

总院于1964年开创光纤板的研究工作，建成了国内第一个专门实验室，并列入了当时建材科技十年发展规划，在当时无资料可查、试验条件简陋的情况，老一辈科技工作者因陋就简，大胆实践，于1968年研制成功了国内第一片光纤面板。

中苏“珍宝岛”事件后，国防科工委把总院作为研究基地，委托总院组织了著名的“二·四夜视会战”，对光纤板的材料、工艺和装备等开展了系统研究。经过四年多反复试验，1973年研制成功数值孔径1.0、带杂散光吸收材料的光纤面板。

总院于1975年正式成立微通道板研究实验室，1980年采用“实心法”研制成功了国内第一片微通道板，在“飞行时间质谱仪”和“激光等离子体打靶”中成功应用。1985年，国内第一片微光夜视用微通道板研制成功，配套我国二代微光夜视仪的研制、定型；1993年研制成功了国内第一片X-射线像增强器用微通道板；1998年率先研制成功 $\Phi 160\text{mm}$ 微通道板，为我国手提式X光机的发展提供关键材料支撑。

1978年，由总院配套研制的 $\Phi 25\text{mm}$ 光纤面板用在了我国自行研制的第一台国产微光夜视仪中；“六五”至“八五”期间，总院研制成功了 $\Phi 60\text{mm}$ 光纤板、低数值孔径雷达板、纤维光锥、纤维倒像器等新产品，实现了我国主战坦克微光夜视系统用关键材料的国产



倒像器



微通道板



光电玻璃



光纤面板

化；研制成功的  $\Phi 60\text{mm}$  光纤板作为极地卫星跟踪仪的关键元件，使我国跻身为世界卫星观测组织成员。

进入新世纪，玻纤院开展了特种显示光纤面板、高分辨率光纤倒像器等 10 余个新产品的研发，光电玻璃为微光夜视等技术领域提供了关键材料。总院通过技术攻关，成功实现了大口径阴极光纤面板、光纤倒像器、防光晕输入窗（AVG）的研发及规模生产，有力支撑了我国超二代微光夜视仪的定型、批产，实现了自主保障。

在国家部委的大力支持下，中国建材总院以科技报国为己任，历经 60 年的不懈努力，已发展成为目前国际上唯一同时具备光纤面板、微通道板、光纤倒像器、纤维光锥、防光晕输入窗玻璃五类产品的研发生产单位，为微光夜视、紫外告警、航空航天、核技术等国家重点工程提供了关键材料支撑。同时，玻纤院积极推动民用光纤成像材料出口法国、荷兰等十余个国家和地区，率先实现大口径、高对比度、高分辨力、低缺陷光纤成像材料的研发及产业化，成为国际知名微光夜视核心材料及供应商，提升了我国纤维光电材料的国际竞争力和话语权，彰显了中国建材总院“中央研究院”地位和作用。

## 创新改变生活—— 从微光夜视到智能手机的跨界之旅

近年来，随着移动 5G 技术、物联网、AI 技术、

电子信息产业的迅猛发展，能够准确、便捷地进行身份识别变得十分迫切。指纹信息的安全性、便捷性成为目前身份识别最主要的技术手段，而且随着国家指纹库的建设，指纹识别的应用场景越来越广泛，在公安、刑侦、出入境管理、手机解锁、智能门锁、金融支付、上班打卡、门禁系统等发挥着至关重要的作用，对于维护国家安全和社会稳定、保障公民信息安全具有重要战略意义。

特别是消费电子领域，智能手机的迅速普及给人们的工作、生活带来了极大的便利。随着 OLED 显示技术的兴起，具有高颜值、高屏占比的全面屏智能手机“异军突起”，且已成为不可逆转的趋势，与正面指纹解锁产生了极大地冲突。部分手机厂商选择将电容式指纹识别模组置于手机壳背部或侧面，但是解锁体验感较差，破坏了机身的完整性，不利于 5G 智能手机背板的多功能一体化设计与制造，因此如何实现智能手机的屏幕指纹解锁成为行业的技术热点。

目前，市场上出现的屏幕指纹解锁手机均为单点解锁，仅能在特定区域内的单指识别，不能“盲按解锁”或多指纹解锁。由于防强光干扰性能很差，导致解锁准确度、速度不佳，用户体验性能差，被消费者广为“诟病”，并未形成大规模商业应用。更重要的是单指指纹识别的重复率约为五万分之一，而如果采用双指解锁，其重复率可降至二十五亿分之一，安全性将大幅提升。同时随着指纹识别区域的扩大，重要 APP 可以采用指

纹打开，将成为用户隐私保护的又一重要技术措施。

如何实现微弱指纹信号的传输并降低信号干扰，是该技术的难点。而光纤利用光的全反射原理进行传输信号，从原理上可以解决指纹信号“点对点”的精准传输问题。进一步将光纤做成面阵，便可以实现大面积的指纹信息传输。原理很简单，但真正实施起来难度却极大。

国内某指纹模组公司早在2015年便计划采用该方案实现大面积指纹识别模组的制备，但由于技术、工艺、装备等种种原因，相关材料性能迟迟满足不了用户要求。2016年年初，指纹模组公司层层追溯光纤制品的起源和发展，最终找到了中国建材总院玻纤院团队。第一次来玻纤院进行技术交流，在参观了玻纤院研发生产基地之后，该公司对院内的科技创新实力给予了高度评价，也增强了研发信心。

根据指纹识别模组的特殊应用需求，玻纤院组织了高水平的研发创新团队，由院长贾金升亲自负责，在光纤制品研发生产上具有多年经验和积累的多名工程师和博士参与进来，涵盖了从材料、工艺、装

备的各个环节。研发团队迅速制定技术方案和路线图，颠覆了传统光纤面板高数值孔径玻璃材料基础，从新型玻璃材料研发开始，仅用时一个月，第一批原理样品便发往用户进行原理验证。

当用户收到样品后，感到非常震惊，他们没有想到玻纤院在这么短时间内就能研发出来，比预期提前了2个月。用户的工程师们将信将疑地对样品进行了性能测试和应用试验，其性能远超之前与其他合作方研制的样品，实现了指纹信号的探测和识别。由此，用户单位对玻纤院研发能力刮目相看，也坚定了他们继续做好屏幕指纹识别模组的信心。

第一代样品在光谱透过率、信号准直角度、防干扰能力、超薄尺寸等方面还存在很多问题。用户不断提出新的更高要求，玻纤院团队总能在最短时间内完成材料及工艺研发，实现产品升级换代。前后历时一年半时间，研发的样品由1.0提升到了5.0，先后研制完成了6组不同的材料成分，光纤成型排列工艺也完全脱离了原有的工艺，到2018年5月，最终成功研发出满足智能手机大屏幕指纹识别的光导识别芯片材料。2018年6月，工艺



定型，形成了完全独立的技术体系和自主知识产权，在全球范围内首次实现了大面阵、超薄化、高性能、低成本生物光导识别芯片材料的研制。

最艰难的技术攻关发生在2018年4月份的最后一次，用户不仅提出要将材料厚度由0.8mm降至0.4mm，减少占用电池空间，同时要求必须具备优异的防阳光干扰能力。检测时要在正午太阳光下，选择小拇指很小的女生进行指纹解锁测试，标准十分苛刻。项目团队不畏挑战、迎难而上，从杂散光吸收材料、结构设计等方面入手，一举攻克难关，为产品定型批产扫除了最后一道障碍。

### 科技解锁未来—— 生物光导识别芯片材料产业化历程

生物光导识别芯片材料的第一次公开亮相便引起了消费电子行业轰动，被称为“黑科技”。2018年2月26日，在世界移动通信大会（MWC 2018）上，vivo公司发布了APEX概念手机。该手机应用玻纤院研发的大面积生物光导识别芯片材料，实现了大面积屏下光学指纹识别（占屏幕的40%），可实现多指纹同步解锁。2019年1月，多家手机厂商先后发布了应用项目产品的概念机型，解锁面积、指纹录入速度、解锁

速度及精确度均大幅提升。特别是vivo发布的APEX 2019概念机，更是实现了全屏幕超大面积的指纹识别，达到了屏幕指纹识别面积的极致，为四指甚至掌纹识别奠定了物理基础，安全级别将达到银行金库的水平。

2018年6月，生物光导识别芯片材料工艺已经定型，但由于玻纤院一直承担着微光夜视核心材料的研发保障任务，产能已接近饱和，无法满足智能手机领域规模化生产配套需求，必须异地建厂量产。随后项目团队向总院院长姚燕进行了详细汇报，获得高度重视，在中国建材集团的大力支持下，决定成立新的公司——中建材光芯科技有限公司，推动成果转化和产业化发展。当时正是国资委压减任务最重的时期，能够在集团争取到新成立公司实属不易。

以院长姚燕为首的中国建材总院班子对项目产业化高度重视，多次亲自带队到云南、河北、天津、山东等省份的十余个地市实地考察。期间项目团队到山东省枣庄市市中区考察，临行前，姚燕还特意嘱咐顺路去周边几个市区再看看。结果当天在市中区的沟通非常顺利，时任市中区区长王辉和枣庄经济开发区管委会主任赵琨都表示“总院提什么条件都能答应，不还价”，并提供了非常优惠的政策条件和建设用地，还承诺100天内完成土建施工和厂房建设，为项目早日建成投产争取了宝贵时间。





全球首条生物光导识别芯片材料生产线

经过几轮洽谈和沟通协调，2018年11月16日，中国建材总院与市中区政府、枣庄经济开发区签署了项目合作协议，选址枣庄市经济开发区进行项目建设。项目规划总投资15亿元，建设年产生物光导识别芯片材料1亿片的研发生产基地。其中一期项目投资3亿元，建设年产能1000万片的生产线，并于2018年11月23日在山东省枣庄市经济开发区正式开工建设。

项目建设过程中得到了上级单位的高度关注和亲切指导，以及山东省市领导及各部门的深切关怀和大力支持，山东省委书记刘家义，省委副书记、省长龚正，省科技厅厅长唐波等领导分别到项目建设现场调研指导工作。

最终，在总包方和建设方的辛勤努力下，“生物光导识别芯片材料”项目一期工程于仅用时10个月，便已完成土建、厂房、设备等全部建设工作，体现了总院速度、枣庄速度。2019年9月18日，中国建材总院山东基地项目正式揭牌，标志着项目产业化开启了新篇章。

不忘初心，方得始终；初心易得，始终难守。站在新的起点，中国建材总院

玻纤院将牢记初心使命，勇于担当作为，在中国建材集团和总院正确领导下，进一步发挥科技创新引领作用，把牢科技制高点，推动微光夜视核心材料和生物光导识别芯片材料不断升级，加快新材料、新技术和新材料研发与产业化，推动新旧动能转换和高质量发展，为我国国防建设、经济建设、社会发展提供关键材料支撑，为总院创建世界一流科技企业、为中国建材集团创建世界一流建材和新材料产业投资集团做出更大贡献。👏



生物光导识别芯片材料项目1#熔压车间

## ► 复合材料



# 巨石玻纤从跟跑到领跑的跨越

## ——中国巨石打造隐形冠军之路

2019年4月23日，中国巨石智能制造基地内彩旗飘扬，来自世界各地的人们汇聚在这里，共同庆祝中国巨石股票上市20周年。谁能想到这个曾经只是京杭大运河边的一家不知名小厂能发展成为今天行业规模、竞争力第一的企业。

20世纪50年代中国最早从苏联引进玻纤生产技术，但与国际领先水平是天差地别；50年代末美国率先采用玻纤池窑拉丝工艺，将玻纤行业引入现代化、规模化的大生产时代，而中国玻纤行业直到改革开放初期基本还在采用落后的坩埚拉丝法。如果说，世界领先水平是“飞

机大炮”，那么中国的玻纤生产水平就是“小米加步枪”。然而，二三十年后，因为巨石等行业玻纤巨头的快速发展和在核心技术方面的突破，中国玻纤工业的竞争力已跃居世界第一。

1958年，上海用陶土制坩埚生产出成束玻璃纤维，标志着我国玻璃纤维工业的诞生。60年代初，为了满足国防和军工需求，我国采用前苏联技术建成了10多个大中型玻璃纤维企业，其拉丝工艺均为坩埚拉丝球法，使用的浸润剂为石蜡型浸润剂。落后的工艺显然无法满足玻纤生产专业化、规模化的需要，而浸润剂原材料研发的制造瓶颈，更使得我国早期玻纤产品停留在低端水平，高端玻纤依赖进口。

习近平总书记说过，“科技是第一生产力，创新是引领发展的第一动力”，巨石从建厂开始，就一直秉持着这一原则。1993年3月18日，巨石成立，建设的第一个项目是年产8000吨中碱池窑拉丝线，在巨石内部被称为“3·18工程”。由于当时池窑建造技术被西方严密封锁，项目具有很大挑战性，巨石人迎难而上，经过自己摸索，硬是把池窑建立了起来。投产后的巨石，在行业里就像一颗卫星一般，引起了轰动，但实际上，投产后的前两年，生产运行并不顺利，由于那个年代的玻纤工业还处于模仿阶段，中国人并没有系统地掌握玻纤池窑拉丝生产的成套技术，就是从池窑土建开始，到生产线上的玻璃配方、玻璃配料、配合料制备、玻璃熔制、纤维成型这五个方面的技术。巨石人深深体会到了“卡脖子”之痛。

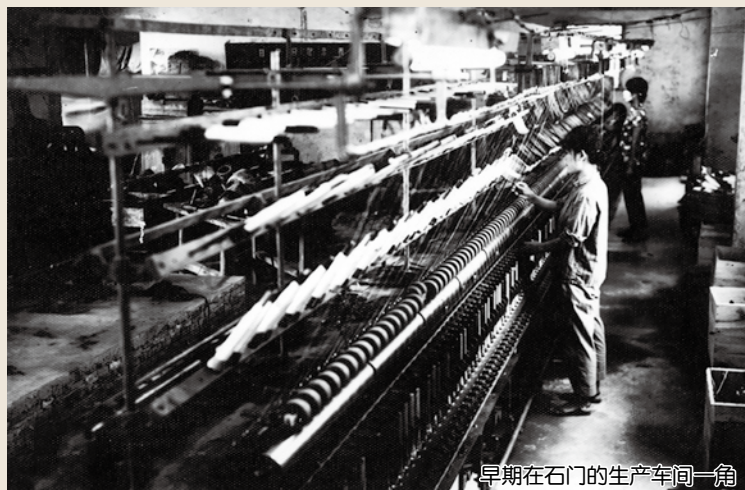
## 振兴民族玻纤工业第一步—— 突破核心窑炉技术

巨石的转折发生在2004年，那一年的巨石开始了整厂搬迁，开启了二次创业的历程。

彼时，张毓强时常给员工们打气，他说：“整厂搬迁对于巨石而言，是机遇和挑战并存的一件大事。倘若不搬，巨石能够生存下去，但不可能活得更好；只有搬迁，我们才能在更加宽广的天地里，活出自信、活出个样儿来。”现在看来，与其说是机遇与挑战并存，倒不如说是一次史无前例的冒险。当时，老厂年产量最高的生产线是1.6万吨，而新厂玻纤池窑的生产规模是6万吨，产能足足提升了4倍。设计建造如此大型的玻纤池窑，当时在全球玻纤业界是绝无先例可言，技术层面几乎是一张白纸不说，还要承担数亿元的投资风险。

尤记得当时6万吨生产线土建工程完成后立马需要上设备，当时巨石一分厂拉丝车间副主任钱志伟带着技术人员进来，进行络纱、烘制工艺的配套安装。由于时间太紧，一直阴雨绵绵，公司严格规定不许雨天焊接，但他们等不及，有时就把焊机用尼龙纸、塑料膜覆盖起来，端起焊枪就上阵了。他们穿上胶鞋，外面再包一层塑料，但焊接的时候，还是会有轻微触电的感觉。

巨石人这样日夜奋斗的精神感动了当时从德国来的技术顾问霍格，他每天按规定只工作8小时，但看到巨



早期在石门的生产车间一角



上世纪70年代的代铂炉生产技术



中国巨石第一座年产8000吨中碱玻纤池窑拉丝生产线



上世纪90年代池窑拉丝生产技术

石人这样的爱岗敬业，他竟主动提出每天下午延长2个小时下班。各种因素加在一起，让巨石的6万吨池窑拉丝生产线顺利建成。

巨石年产6万吨池窑一天的玻璃熔化量，相当于一个小型窑炉一年的熔化量，这么大规模还要保证高质量和稳定性，就必须要在技术上有重大突破。在这个项目中，最重要的突破是纯氧燃烧技术，即用高纯度的氧气替代传统的空气燃烧，与燃气按比例混合燃烧。空气中含氧量约21%，含氮量为78%，在燃烧过程中，氮气吸收了大量的热量，并从烟道排走，造成热源浪费。纯氧燃烧可以获得更高温度的火焰，有利于提高窑炉熔化率，改善玻璃液的质量，还可以将氮气排除在燃烧过程外，减少80%以上的废气和99%的氮氧化物的排放，同时避免气体排放时大量热量的流失。

巨石年产6万吨池窑项目在熔化部应用纯氧燃烧技术，填补了国内空白，也大大缩短了中国玻纤工业的技术装备和国际先进水平的距离，在某些局部领域已经开始超越同行。

### 自主设计 成就里程碑式意义

巨石年产10万吨无碱玻璃纤维池窑拉丝生产线于2005年5月开工建设，仅用238天就完成了9万平方米的厂房建设，安装了2000台设备，自行制作1300台非

标设备，铺设3万余米的电缆，总投资控制在10亿元以内，创造了玻纤池窑拉丝生产线的世界新纪录。

这条生产线由巨石自行设计，通过对技术的创新和优化，研发出通路纯氧燃烧技术，该技术与空气燃烧相比，大大地减少了废气量和氧化氮代谢物的排放，燃烧消耗可以节约50%，是世界首创的一个重大突破。为顺利的完成项目建设，巨石专门筹建了二分厂，当时的厂长与各级领导从砖结构、窑炉、配料、拉丝、络纱、输送、管理等7个方面制定试产网络图，倒计时安排工作。在厂里他们几乎天天工作在设备安装调试的一线，晚上就睡在会议室的沙发上，从2006年1月20日起，每天24小时。电器维修队、设备维护队的所有员工也不分昼夜地工作。其他各个分厂也对他们鼎力支持，要人给人，要物给物。正是巨石人这样的团结一心、众志成城，才让“巨石速度”得以一次次创造历史。

但划时代意义的缔造并非一帆风顺，就在通路升温过程中，发生了一件惊心动魄的事件。那时离除夕还有3天，通路升温过程中，实验区的35块喷枪砖全烧坏了，现场浓烟滚滚，如果控制不好，可能导致耐火砖炸裂，整条生产线将无法投产，损失会达上亿元。公司领导当即决定从广州空运喷枪砖，保窑工人随时待命。在窑炉上换这么多喷枪砖，就好比给成年人动全身手术。

不知不觉已到了大年三十。“你们回去吃好年夜饭再来！”张毓强和所有技术人员在车间里度过了一个难忘的除夕，当千家万户都团团圆圆迎新年时，他们却在生



产线上，迎接新生产线的投产。

年产 10 万吨无碱玻纤池窑拉丝生产线规模之大、工期之短、技术之先进均创造了世界玻纤工业发展史上的新纪元。2008 年，巨石以“年产 10 万吨无碱玻璃纤维池窑拉丝生产线与关键装备及应用”的名义，顺利通过了国家级重大科技项目的鉴定。在鉴定会上，巨石的纯氧燃烧技术、全自动物流输送线、多排多孔大漏板三分拉、窑炉和通路余热利用技术及装备等，得到了中国玻纤工业资深专家的高度评价，被认定对行业技术进步、产业升级和节能减排发挥了示范作用。

年产 10 万吨项目建成后，年产 12 万吨、14 万吨、16 万吨池窑拉丝生产，如雨后春笋般拔地而起。

## 攻关新技术 一举冲破行业天花板

2004 年，当时玻璃纤维配方的主流是含硼含氟，而含硼的主要矿物原料硼钙石价格高昂，1 吨的价格就要 400 多美元，而 1 吨玻纤产品要配百分之十几的硼钙石，对于当时的巨石来说，继续生产含硼配方不仅利润微薄，而且性能偏低，在面对蓬勃发展的风电市场时，却束手无策。内忧如此，外患尤甚。如世界玻纤巨头 OCV 在玻璃配方领域到处用专利跑马圈地，企图用专利垄断整个

玻璃纤维行业，巨石已到了最危险的时候，在此背景下，巨石成为了第一个吃螃蟹的人。

巨石组织以张毓强为首的攻关小组开始了远赴美国考察研究的艰辛苦旅。在美国专利数据的收集阶段，遍访了美国大大小小几十家知名专利事务所，同时与美国数家顶级的律师事务所合作。面对浩渺的专利及法务文件，攻关小组仔细甄别，用了 5 个硬盘收集数据，然而在数据转移时坏了 2 个，最终用 3 个硬盘拷回了 2000 多个有用的专利及相关文件。对着这些文件，攻关小组开始了漫长的分析与研究，配方的研究之路道阻且长，一个配方需要 8 种以上原料，每种原料增减 0.1% 都会产生不一样的效果，增减之间就会产生几亿种组合，如何才能找到最合适的那个配比呢？古有神农尝百草，今有巨石人试千方。经过科研人员 4 年多的奋战，巨石新一代的无硼无氟无镁“三无”配方也在这一刻横空出世，紧接着以此申请了 PCT 国际专利，至此 E6 高性能玻璃纤维配方诞生了。

以 E6 为基材的复合材料的制品更耐用，寿命更长，尤其更适合在耐高压、抗腐蚀、耐高温等特殊领域的产品应用。2009 年 12 月，E6 配方技术在美国提交了专利申请，经过三年的审查和复辩，成功获得专利授权。这是中国玻纤行业第一个成功在美国取得专利授权的玻璃配方，打破了中国在国外玻纤生产用玻璃配方零专利



21 世纪络纱车间

的局面。2012年12月18日，中国巨石的第一个玻璃配方国际专利在美国授权，至此打破了玻纤巨头OCV在玻纤配方领域对中国的技术封锁，填补了中国玻纤配方领域的空白。玻璃配方从E6到E6S，从E7到E8，看似云淡风轻、轻描淡写的几步，却象征着巨石已跻身玻纤高端市场的行列。

## 沉甸甸的奖杯 为“隐形冠军”正名

巨石一直被称之为“隐形冠军”，它曾两次站在人民大会堂的讲台上，用沉甸甸的奖杯为自己正名。2016年，巨石集团的“高性能玻璃纤维低成本大规模生产技术与成套装备开发”项目荣获国家科学技术进步奖二等奖。

高性能玻璃纤维作为国家战略性新兴产业之一，在新能源开发、汽车轻量化、油气远距离输送等重大技术和工程领域，都需更高性能的增强纤维作为基础材料予以支撑。然而，在玻璃纤维产业领域，依然存在一些技术难点和问题，严重阻碍了玻璃纤维应用领域的进一步扩展和大范围应用。

为了达到高性能、大规模，同时实现低成本的目标，

巨石历经5年的刻苦攻关，提出了研发新配方、开发成套装备、绿色制造技术等创新思路，通过三元混合碱土效应技术、超大型窑炉结构技术等措施，突破了高性能与规模化之间的核心技术难题，实现了“高性能玻璃纤维低成本大规模生产技术与成套装备开发项目”的目标。

这一项目成果的推广应用，对推动我国玻璃纤维工业结构调整、节能减排、引领行业进步、提升下游复合材料产品性能具有重要意义，项目攻克了玻纤高性能与规模化的核心技术瓶颈，提高了我国基础材料制造水平，实现了国内玻纤行业的首次国外技术输出，在埃及、美国建立了生产基地。成果整体技术达到了国际先进水平，其中在窑炉规模、单通路炉位数上达到了国际领先水平。

中国巨石的发展，不仅为中国玻纤民族工业的崛起做出了重要贡献，更为世界玻纤工业的成本降低、质量提升、应用领域拓宽、使用周期延长及世界复合材料的持续健康发展做出了重要贡献。主要体现在：1993年以后彻底打破了中国玻纤工业在池窑拉丝方面零的突破，在上规模、上水平方面给中国玻纤工业带来了质的变化；实现了“两个第一”——巨石实现了全球玻纤工业规模第一，使得中国玻纤工业实现了全球第一；实现了“世界玻纤看巨石”的全面体现，民族工业的地位

全面巩固，行业地位全面提升的“三个目标”。中国巨石也因此获得了中国工业领域的最高荣誉——中国工业大奖。

中国玻纤工业发展离不开国家对新材料产业发展的高度重视以及给予的各项指引。现今巨石正在经历以“智能制造”为关键词的第四次创业，中国巨石将坚持新材料行业发展理念，以高质量发展、高水平增长为企业发展理念，助力新材料产业蓬勃发展。👏



自动化仓储中心



# 玻纤新材料让生活更美好

## ——泰山玻纤研发创新记

玻璃纤维作为一种性能优异的无机非金属材料，自问世以来，便以其耐腐蚀、电绝缘、强度高等特性，被广泛应用于国民经济各个领域，玻纤复合材料已逐步成为继金属材料和塑料之后的第三大应用面最广的材料。在“形态”上，玻璃纤维似乎看不见，但却无处不在；它与树脂完美结合，但又甘居幕后，默默奉献，弥补着塑料在强度、刚性和耐温性等方面的先天性不足，让人们的生活更加美好。

“十二五”以来，泰山玻纤准确把握全球玻纤复合材料发展的新趋势，始终围绕着复合材料轻质高强和绿

色环保、电子材料轻薄短小和低介电损耗等要求，大力开发新产品，大幅优化产销结构，积极推进新基地建设和加速新旧动能转换步伐，在生产规模、技术装备水平、产品结构和产品质量上已经成为全球玻纤复合材料行业的第三大企业。

### ◆热塑及热固玻纤产品：为汽车电器“瘦身健体”

玻纤复合材料最大的应用领域在汽车与电器领域。“轻量化、节能、安全环保”已成为各大汽车厂家抢占市场的“新名片”，无论是燃油汽车，还是新能源汽车，轻量化一直是其追求的目标，而玻纤复合材料无疑就是取



高模纤维



耐碱纤维

代金属材料，实现汽车轻量化的最具性价比的材料。乘用车主要使用热塑性玻纤复合材料，卡车主要使用热固性玻纤复合材料。在电器领域（家电为主），热塑性玻纤材料则是电器设备减重与功能性拓展最具性价比的材料，应用量与应用面日益扩大。

泰山玻纤根据客户与市场需求研发生产了应用于汽车和电器领域的热塑性和热固性玻纤产品，2018年其产量达到了26万吨，约占公司总产能的1/3，其增强的各



海上风电应用场景

类复合材料（汽车用占75%）达80万吨。

#### ◆高模量玻纤及织物：为风电新能源发展注入新活力

在可再生新能源领域，目前只有风电价格最具竞争力，其发电性能最接近火电，是应用前景最广阔的行业。风机叶片是影响发电效率的关键和核心部件，一般而言，叶片的空气动力学性能取决于叶片的形状，而叶片的重量与长度则取决于其增强材料（玻纤或碳纤）的模量与强度。玻纤叶片占据了风电叶片80%的市场份额。风机高塔上的大型机舱罩也是玻纤复合材料成型的。

风力发电装置装机使用后，风机叶片与风机高塔上的机舱罩往往要经受20~25年的日晒雨淋和昼夜不休的运转，这就对叶片的设计和材料选择提出了更高的要求，轻质、高强、耐老化的玻纤复合材料无疑成为生产风电叶片的首选。

泰山玻纤开发的无硼无氟TCR玻纤、HMG和S-1HM高模高强玻纤及织物广泛应用于从陆地到海洋的风电叶片。2019年，泰山玻纤用于风电材料的玻纤粗纱及织物的总产能将达到15万吨，是中国三大、全球五大风电玻纤材料供应商之一。

#### ◆细纱与低介电玻纤：电子通讯领域的“香饽饽”

几乎所有的电子产品都要用PCB线路板，PCB板95%以上是玻纤增强的电子线路板。在众多系列当中，最量大面广的当属 $\Phi 9\mu\text{m}$ （G75）PCB板。目前电子设备的生产制造过程中，笔记本电脑多用 $\Phi 7\mu\text{m}$

和  $\Phi 5.5\mu\text{m}$  玻纤 (E225、D450) PCB 板, 智能手机则以  $\Phi 5.5\mu\text{m}$ 、 $\Phi 4.5\mu\text{m}$  和  $\Phi 4.1\mu\text{m}$  玻纤 (D900、C1200、BC1500 甚至 BC3000) PCB 板为主。5G 通讯要用低介电玻纤材料 (短切纤维与细纱织物), 泰山玻纤开发的 TLD 低介电玻纤, 其介电常数只有传统 E 玻纤的 65%。

经过近几年的产品结构调整, 泰山玻纤的细纱年产量已达 10 万吨级, 除电子材料之外, 还在众多的工业与民用领域得到广泛应用。泰山玻纤正在研发的超细电子纱及超薄电子布、低介电玻纤及电子布, 主要用于满足 5G 网络 (手机)、人工智能对超薄、多功能、大容量低介电消耗电路板的需求。

#### ◆ $6\mu\text{m}$ 玻纤及高压管道用纱: 化工防腐的最佳材料

玻纤及复合材料在化工防腐领域应用日益扩大, 源于它的力学性能与形态的可设计性, 以及防腐树脂与各种玻纤的可选性, 可以把复合材料的个性发挥到极致。在工业废气烟尘的处理中, 玻纤 ( $\Phi 6\mu\text{m}$ ) 的耐温性和耐腐蚀性优于化纤滤袋。在石油开采、石油化工、海水淡化与水处理工程中, 玻纤增强的高压环氧管道是取代不锈钢管材的最佳材料, 泰山玻纤下游的高压管道纱客户每年生产的耐高压玻璃钢管道以其更优异的耐腐蚀性, 至少替代了 4 万吨各种优质的不锈钢管。

#### ◆ 高锆耐碱纤维: 为建筑“强筋健骨”

泰山玻纤生产的各类建材类玻纤产品, 如玻纤遮阳布、窗纱、装饰用贴墙布、用于塑胶地板和石膏板贴面材料的无纺布, 这些都是建材产品中最环保、最安全、防火防潮的材料。用高氧化锆含量耐碱玻纤织成的外墙保温网格布可以使外墙保温层 20 年不会开裂。从全世界的迪士尼乐园外墙、阿布扎比的七星级酋长酒店、珠海长隆酒店到南非政府为贫民修建的安居房, 耐碱玻纤增强水泥制品可以做成任何形状和颜色, 美观大方, 经久耐用, 或恢宏伟岸, 或新颖灵动。

混凝土裂纹是建筑工程行业普遍存在的老大难问题, 长期以来, 很大程度上影响了建筑工程的质量和耐用性。掺入了耐碱玻纤的增强水泥混凝土自问世以来, 有效解决了这一难题。相比传统的有机纤维, 耐碱纤维有着更高的模量; 相比钢纤维, 它则有着更好的分散性与工艺性,



5G 应用场景



航空应用场景

是混凝土增韧抗裂的理想材料。近年来, 泰山玻纤与中国铁道科学研究院和中铁集团合作, 将高锆耐碱纤维用在京沈高铁辽宁段 406 公里的桥面防水层混凝土工程中, 效果良好。正是由于耐碱玻纤显著增强建筑工程这一特性, 使耐碱玻纤纳入了交通运输部公路工程行业标准之中。未来, 耐碱玻纤必将在高速公路、铁路的筋骨与脉络中广泛应用, 为社会高速发展夯实基础。

随着工业化水平的提升、人民生活水平的提高以及应用研发的深入, 国民经济各领域对玻纤复合材料的特性与品质提出了更高的要求。未来, 泰山玻纤将继续恪守“为材料增强 为生活提质”的企业使命, 持续在“轻质高强、环保节能、高性能、低成本”等方面加大研发创新, 为打造具有国际竞争力的世界一流玻纤企业而不懈努力。👏



积极退解式大卷装玻纤捻线机

# 高强度玻璃纤维50年发展之路

## ——南京玻纤院玻纤研发纪实

50多年来，高强度玻璃纤维的发展始终坚持需求牵引、技术驱动，实现了从无到有、从小到大的不断跨越，不仅为我国国防发展做出突出贡献，而且实现军民两用，具备广阔的市场前景，已成为南京玻纤院特种玻璃纤维产业的重要成员。其诞生、成长和发展的历程中，始终贯彻自力更生、艰苦奋斗的精神，南京玻纤院持续开展高强玻璃纤维及其高效低成本制造技术研究，从单项技术、装备及产品创新转向系统创新，高强玻璃纤维及其短流程制造技术取得全面突破，率先实现了高强玻璃纤维的国产化，并逐步实现产品品种系列化和制造技

术升级换代。目前，以高强玻璃纤维为代表的特种玻璃纤维规格、品种、数量已跃居世界前茅，生产规模位居世界第二。下面让我们一起随着岁月的变迁来见证高强玻璃纤维的发展之路。

**自力更生 艰苦奋斗**  
**四步达到国际领先水平**

1. 诞生高强1号，填补国内空白

上世纪60年代，在冷战、军备竞赛的刺激下，发达

国家掀起一股研究高强度玻璃纤维的热潮。在此热潮下，美国首先宣布研究成功 S-994HTS，纤维新生态强度比 E 玻璃纤维高 30% ~ 40%，并首用于火箭发动机，替代合金材料，显著降低重量，提高战略、战术导弹的飞行速度和射程。与此同时，俄罗斯（前苏联）、法国、日本在 80 年代末期也先后宣布研究并生产出高强度玻璃纤维。但各国对其生产技术都一直秘而不宣。

落后要挨打，为了国家安全，必须用新材料来提高国防实力。为此，南京玻纤院从上世纪 60 年代中后期起，开始高强度玻璃纤维的研制，在既无借鉴、又缺资金的条件下，在科技人员的艰辛劳动下，1968 年，高强 S1 终于诞生了。虽然性能不很高，产量很少，但毕竟拥有了我国的高强度玻璃纤维，并在航天、兵器等领域使用成功，填补了国内空白。

## 2. 研究高强 2 号玻璃纤维，提高强度

为了进一步提高纤维强度，南京玻纤院于 1970 年开展高强 2 号新成分研究，完成玻璃组分设计、强度等性能测试和综合性能评价，确定 S71-4 新成分，其新生态单丝强度达到 4100MPa。随后玻璃熔制、纤维成型等工艺技术获得突破，与环氧等树脂相容的 FE-5 浸润剂亦研制成功。经过试制应用，1974 年高强 2 号玻璃纤维通过鉴定。1975 年起，在南京玻纤院试验工厂开始生产高强 2 号玻璃纤维，至今，几千吨的各种高强 2 号玻璃纤维产品被应用在航空航天、舰船等部件产品上，为提高我国综合国力和国防力量做出了重要贡献。高强 2 号玻璃纤维还推广应用在防弹、天然气瓶，性能优良，效果理想。

## 3. 突破高强 4 号玻璃纤维，达到国际先进水平

尽管高强 2 号玻璃纤维具有良好的综合性能，但其强度还不能完全满足军品和特殊高档民品的要求。因此，从“八五”起，南京玻纤院又进行高强 4 号玻璃纤维研究，并于 1995 年通过验收。其新生态单丝强度高达 4600MPa，拉伸模量 86.0GPa，相比高强 2 号玻璃纤维分别提高 14% 和 3.7%。该产品能满足核工业部分产品的设计要求，因此被列入“九五”国家攻关计划，研究出相容特殊树脂配方的 B 号浸润剂，攻关熔制和成型等关键技术，经多批次有捻纱产品性能检测和应用运行考

核，满足制造和使用要求，且在 1999 年通过鉴定，认为高强 4 号玻璃纤维性能已达到 20 世纪 90 年代国际同类产品先进水平。

## 4. 攻克高强 6 号玻璃纤维，性能达到最优

高强 4 号玻璃纤维为高强玻璃纤维第二代产业化商品，其力学性能与美国 OCV 公司的 R 纤维相当，但与全球产销量最大的世界顶级高强玻璃纤维制造商美国 AGY 公司的 S-2 玻璃纤维相比，其纱线制品浸胶纱强度、干纱强度等力学性能还存在一定的差距。

一代材料，一代装备。为了追赶美国 AGY 公司高强玻璃纤维的世界顶级生产技术和应用水平，比肩 S-2 玻纤制品，南京玻纤院向上级部门相继申报了“863”项目、科研院所专项和“十二五”规划等项目，并在项目的牵引下，开展第三代高强 6 号玻璃纤维成分设计与工程化技术研究。其力学、耐腐蚀、耐温性能均优于高强 2 号、高强 4 号玻璃纤维，与现有的高强 4 号玻璃纤维相比，浸胶纱和单向纤维复合材料的拉伸强度分别提高了 11% 和 4.5% 以上，目前是我国力学性能最优异的玻璃纤维。

针对国际大科学工程 ITER 计划的基础材料需求，开发的高强 6 号玻璃纤维织带经中科院合肥物质科学研究院考核与认证，全面满足 PF6 超导线圈绝缘技术要求，可替代进口材料，用于 PF6 超导绝缘线圈制备应用，为我国承担的重大国际合作项目关键原材料自主化做出了贡献。

## 技术进步 推动高强度玻璃纤维发展

50 多年来，在高强度玻璃纤维领域除系列成分突破、熔制拉丝技术持续提升外，还进一步攻克了高性能玻璃配方优化、熔制工程化、纤维高效成形工艺及装备、直熔拉丝一步法生产等制造关键技术，开发了新型高强玻璃纤维及其工程化技术，实现了新型高强玻璃纤维短流程、高效率、规模化制造。

### 1. 强制冷却技术，奠定高强玻璃纤维连续稳定生产

众所周知，玻璃纤维连续稳定生产的必要条件是，拉丝过程中玻璃液不能结晶，否则拉丝终止。这样要求



拉丝成型温度高于玻璃析晶上限温度（大于  $40^{\circ}\text{C}$ ），且玻璃析晶速度要慢。然而， $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$  为主的高强度玻璃，其析晶上限温度却高于成型温度，显然在通用的生产技术下，高强度玻璃纤维必然会因析晶而终止拉丝作业。

通过反复试验研究，团队发明了风冷却技术，原理是将纤维的成形温度提高到析晶上限温度以上，同时采用强制冷却方式，使丝根玻璃液迅速冷却到成型温度，并在丝根玻璃液还来不及析晶之前，冷却形成固态纤维。这样确保了纤维成形连续稳定，无析晶，从而保证了纤维的高强度。强制冷却技术的研究成功，有力推动了高强度玻璃纤维实现工业生产的进程。

## 2. 代铂拉丝炉技术，保证生产的经济性

科研人员最初用铂铑合金坩埚生产高强度玻璃纤维。由于高强度玻璃的本质，作业温度高于无碱玻璃  $150^{\circ}\text{C}$  以上，铂金挥发很大，且高温断裂强度剧降，导致坩埚最佳使用期仅 20 天左右，造成生产成本奇高。在实验室试验阶段和当时计划经济时代，该因素并不突出；但是进入工业生产阶段，尤其是市场经济时代，产品就不具有竞争力，纤维的性能、工艺和成本是必须综合考虑的。

用代铂炉代替全铂坩埚生产高强度玻璃纤维，相关技术的研发问题摆在科研人员面前。通过最佳的炉体结构、温度场分布、玻璃液均化和粘度场均化、耐火材料侵蚀等技术的一一解决，使炉体寿命提高 3 ~ 4 倍，拉丝作业更稳定，生产的高强度玻璃纤维产品具有经济性，

有力推动高强度玻璃纤维的市场运用。

## 3. 200 孔拉丝工艺技术，提升高强度玻璃纤维的经济竞争力

近 40 年来，不少高强度玻璃纤维产品是经 100 孔拉丝、加工而成。至上世纪 80 年代末和本世纪初，高强 2 号 200 孔和高强 4 号 200 孔拉丝工艺技术相继研究成功，拉丝作业更为稳定。相比 100 孔拉丝工艺技术，劳动生产率提高 65% 以上，单位原丝能耗降低 30% 以上。200 孔拉丝工艺技术的成熟，则得益于上世纪 90 年代后期研制成功的自动加料机，运行稳定，确保了拉丝炉内温度场、液深稳定以及拉丝作业的稳定，而且改善了丝内不均匀性，提高了产品质量。本世纪初，探索一步法生产、400 孔和粗直径拉丝技术，取得可喜的成绩。这些技术提升，进一步降低高强度玻璃纤维生产成本，其产品在中更民品中更具竞争力。

## 4. 高强度玻璃熔制技术，提高拉丝作业稳定性，确保纤维强度

高强度玻璃成分具有  $1580^{\circ}\text{C}$  以上的熔制温度和玻璃液传热差等特征，因此，采用传统的火焰加热法熔制工艺，难以避免熔窑内玻璃液的低温析晶现象，尤其是窑底和死角处。经过近 40 年的不断研究和改进，全电熔熔制高强 2 号、4 号玻璃技术已日趋成熟，加之配合料混合技术的革新，从手工、斗式混合、自重力混料仓再到气力混合，玻璃熔化质量越来越好，完全满足生产工艺的技术要求。

全电熔高强度玻璃熔窑生产能力，经历了 100 千克 /



日、500 千克 / 日、700 千克 / 日，最高可达 1000 千克 / 日。生产能力的提高，进一步降低高强玻璃单位电耗，成倍提高劳动生产率，提升了高强玻璃纤维产品的市场竞争力。

必须指出，由于高强度玻璃析晶温度高，析晶速度快，玻璃液流股温度高，无法采用通用的制球工艺。前期，高强玻璃只能制作成不规则料块，经过技术攻关和改造，高强玻璃制球工艺终于解决，这一技术的突破，为实现拉丝自动加料奠定了技术基础。

**5. 系列增强型浸润剂技术，扩大应用领域玻璃纤维浸润剂，既要赋予纤维的加工性，又要适应复合材料生产工艺，制备成性能优异的复合材料**

由于浸润剂的作用特殊，自高强度玻璃纤维研究开始，南京玻纤院始终进行我国高强度玻璃纤维浸润剂的研制。近 40 年来，先后研制成功编号为 FE-5、JF-45、FJA、JA-11 等增强型浸润剂，满足了高强度玻璃纤维拉丝工艺和纺织加工，适用于缠绕、层压、注射等复合材料生产工艺，可与环氧、酚醛、聚酯等树脂体系结合而成适用于不同工况的复合材料。

**6. 高强玻璃纤维及制品成套工艺技术与核心装备，满足国防与国民经济领域关键基础原材料的需求**

随着市场需求量的不断增加，2011 年开始建设高强玻璃纤维一步法池窑生产线，分别于 2012 年 3 月投产和 9 月投产。该生产线的投产，标志着高强玻璃纤维一步法生产技术的突破，实现了高强玻璃纤维短流程高效批量化生产，降本增效成果初现。

2014 年全面升级改造原有拉丝车间坩埚平台，建设高强 2 号和高强 4 号池窑生产线，分别于 2015 年 3 月和 7 月点火投产，高强玻璃纤维产能翻倍，其中池窑生产原丝占比达到 95%，一步法池窑拉丝成为高强玻璃纤维生产的主体技术。目前，高强玻璃纤维全面池窑化生产，系统提升高强玻璃纤维规模化生产能力和制造技术水平。在**高强玻璃纤维池窑化进程中，进一步提升纺织技术和装备。研制积极退解捻线机，提高单捻纱外观质量；2016 年开发适用于增强型浸润剂的大卷装纱线并捻机，实现了高强玻璃纤维大卷装生产，高强玻璃纤维有捻纱定长量提高了 8 倍；采用新型络纱机和宽幅剑杆织机，提高高强玻**

璃纤维无捻粗纱和玻璃布产品质量，有效提升了纺织生产效率进一步提升高强玻璃纤维综合性能。

南京玻纤院系统攻关高强玻璃纤维制品规模化生产工艺技术与装备，提高国产高强玻璃纤维力学性能与规模化产业能力，替代进口材料，摆脱关键原材料受制于人的困境，更好满足国防与国民经济建设对关键基础原材料需求。

## 市场导向 需求牵引 促进高强度玻璃纤维快速发展

据统计，高强度玻璃纤维的年需求量在上世纪 70 年代为 20 吨 ~ 30 吨左右，80 年代至 90 年代中期为 50 吨左右，90 年代后期达到 300 ~ 400 吨，近十年来达到几千吨。随着市场需求的进一步扩大，南京玻纤院还将进一步扩大生产规模，增加产品品种，稳定产品质量，以满足不同用户对产品的需求。高强玻璃纤维在上世纪 70 年代为军服务，其年需求量始终在几十吨之间徘徊。随着我国经济走向持续发展道路，高强度玻璃纤维技术日趋成熟，生产成本显著降低，90 年代中后期，经过培育，民用天然气气瓶应运而生，并大有形成产业的趋势，市场前景广阔，发展潜力巨大。进入 21 世纪以来，随着国民经济和国防建设的发展，航天、航空、新能源等装备对高强玻璃纤维需求量迅速加大，对**高强玻璃纤维生产能力和生产效率也提出了更高的要求。南京玻纤院实现了高强玻璃纤维从二步法到一步法的跨越式发展，推动了特种玻璃纤维与相关行业技术进步，对实现我国关键基础原材料自主保障具有重要意义。**

目前，我国新材料技术发展的使命依然艰巨，科技支撑能力需进一步提升，领域发展依然面临基础原材料整体技术水平不高、物耗能耗排放高、核心技术及装备依赖进口或者受制于国外、高端产品产业化程度低、新兴产业市场巨大且面临国际竞争激烈等诸多挑战。但是，从高强度玻璃纤维的发展历史可以看出，只要坚持自力更生、艰苦奋斗，坚持科技进步，坚持市场导向、需求牵引，培育并抓住一切发展的机遇，我国新材料产业终将获得蓬勃发展。😊



中复神鹰自主开发的百吨级 T1000 碳纤维生产线

# 攻坚克难 铸就碳纤维国之重器

## ——中复神鹰碳纤维有限公司发展纪实

“关键核心技术是国之重器，对推动我国经济高质量发展、保障国家安全都具有十分重要的意义，必须切实提高我国关键核心技术创新能力，把科技发展主动权牢牢掌握在自己手里，为我国发展提供有力科技保障。”习近平总书记在主持召开中央财经委员会第二次会议时如此强调。

国家高层领导高度关注我国碳纤维产业的发展，为实施制造强国战略，加快推进新材料产业发展，国务院专门成立国家新材料产业发展领导小组，并在国家战略性新兴产业发展规划中将碳纤维列为“关键材料升级换

代重大工程”。

碳纤维作为继金属之后的第三代高性能材料，是国家安全、武器装备亟需的关键战略物资，是新兴战略产业发展亟需的重要支撑，也是国外长期技术封锁和产品垄断的敏感材料。近年来，随着我国工业快速发展，国内碳纤维年消费量飞速攀升，但几乎完全依赖进口。加之我国正式启动的大飞机国家计划以及风力发电、沿海油气田等产业的发展壮大，国内碳纤维供需矛盾十分突出。而我国碳纤维与国际先进水平相比，仍存在技术落后、发展缓慢等诸多问题，特别是用于生产 T700 级以

及更高级别碳纤维的关键核心技术——干喷湿纺，一直受国外严格封锁，严重制约了我国关键领域的发展。

中国建材旗下的中复神鹰碳纤维有限公司，义无反顾肩负起了攻克干喷湿纺产业化技术的重任。

## 混合发展 开启国产碳纤维产业化漫漫征程

2007年10月30日，在连云港经济技术开发区内芦苇荡旁边的工地上，锣鼓喧天，鞭炮齐鸣，这里正隆重举行由中国建材集团联合连云港鹰游集团和江苏奥神集团注资组建的中复神鹰碳纤维有限公司揭牌暨万吨碳纤维首期工程开工典礼，中国建材集团业务从此增加了新领域——碳纤维。集团老董事长宋志平高瞻远瞩地提出了万吨碳纤维建设规划，这在国产碳纤维的发展史上具有里程碑意义。自此，中复神鹰踏上了万吨级国产碳纤维产业化的漫漫征程。

央企和民企的混合，造就了中复神鹰拥有雄厚实力和勃勃生机的发展基因，奠定了中复神鹰日后成为碳纤维行业领头羊的坚实基础，暗夜中的中国碳纤维事业自此走上了全新的发展轨道，直接推动了经营管理和技术攻关的齐头并进发展。

湿法纺丝是当时碳纤维生产的主流技术，产品主要是T300级，但受到严格的封锁和垄断，如何快速实现碳纤维生产的规模化，是碳纤维行业初入者——中复神鹰的使命。

在原有技术储备和小试基础上，中复神鹰团队夜以继日进行

工程化技术攻关和设备研发和制造。随着工作的深入，团队面临的最大困难就是工艺和设备的匹配性摸索，由于没有现成的技术和装备设计信息做参考，只能一步步摸索，有时工艺摸索出来了，但发现设备又需要调整，然后就对设备进行升级改造。逢山开路遇水架桥，就这样每天一小步一小步地往前走。当时团队有一个共识，就是要像对待自己的孩子一样对待生产线，生产线24小时不停运转，就要24小时守护在旁边，哪里不稳定，哪里需要改进，都要及时拿出方案做出调整。每次遇到棘手难题，当大家都几近退缩的时候，张国良董事长总是和团队一起坚守在现场，以技术人



2008年建成千吨级SYT35（T300级）碳纤维生产线



员的身份一起分析解决。张定金更是成了中复神鹰的常客，几乎每周都要从北京赶到生产一线，不顾疲倦和辛劳，不断给团队打气：“没关系，慢慢来，肯定能解决。”

经过数不清的日夜攻关，中复神鹰的技术



和装备水平不断提升，最终自主建成了我国首条千吨 T300 级碳纤维生产线，技术、装备和产品均不再受制于人，实现了自主化。当时我国碳纤维的领路人、两院院士师昌绪听闻中复神鹰实现了 T300 级碳纤维产业化后，不顾近 90 岁的高龄专程来到生产现场，每个流程逐一察看，在生产线旁他为国产碳纤维取得的进步所流露出来的激动和喜悦之情，至今仍令现场的人员历历在目。自此，中复神鹰迈出了国产碳纤维产业化坚实的第一步。

“无限风光在险峰”，向更高苍穹翱翔是雄鹰追求，更是中复神鹰人骨子里的灵魂，在基于湿法技术的 T300 级碳纤维实现规模化投产后，更高难度的技术攻关又已在酝酿之中了。

### 自主创新 引领国产碳纤维技术进步

2009 年，中复神鹰启动了干喷湿纺技术的研发，经过团队三年的日夜奋斗，先后创新开发了大容量聚合与均质化原液制备技术，攻克了高性能碳纤维原丝的干喷湿纺关键技术，自主研制了 PAN 纤维快速均质预氧化、碳化集成技术，首次构建了具有自主知识产权的千吨级干喷湿纺碳纤维产业化生产体系，中复神鹰成为国内第一、世界第三家突破干喷湿纺技术的企业。

2012 年，国内首条千吨级干喷湿纺 T700 级碳纤维生产线在中复神鹰正式建成并投产，该生产线是当时国内规模最大、技术最为先进的高端碳纤维生产线，有效打破了国外的垄断，实现了自主化生产。

科技攻关永无止境，在 T700 级碳纤维的基础上，中复神鹰团队持续创新和进步，不断挖掘干喷湿纺技术的优势和潜力，随后突破了千吨 T800 级、百吨 T1000 级和 M30/M35/M40 级等碳纤维的产业化关键技术，并于 2018 年荣获国家科技进步一等奖，这是对中复神鹰十多年努力的阶段性总结和肯定，更是对国产碳纤维更好健康发展、更强自主保障的殷切期望。肩负着这种使命和责任，中复神鹰人将不断创新，砥砺前行，引领国产碳纤维跻身国际领先行列。

### 立足市场 保障国产碳纤维稳定供应

“创新为驱动，市场为牵引”，这是国产碳纤维发展的法宝。但由于我国碳纤维产业发展较慢，国内碳纤维市场长期被国外产品占领，2008 年国内市场碳纤维需求量为 8000 吨，但国产碳纤维供应量不足 200 吨，仅为 2% 左右；到了 2018 年国内碳纤维需求量为 3 万吨，国产碳纤维供应量 8000 吨，占比近 30%，在技术创新、成本降低和应用需求的多重牵引下，对进口碳纤维进行国产化替代的步伐日益加快。在国产化替代率由 2008 年的 2% 逐步提升到 2018 年的近 30% 的进程中，中复神鹰始终发挥着“领头羊”的作用。

中复神鹰作为国内碳纤维行业的龙头企业和标杆企

业，不仅在关键技术、核心装备等方面具有完全自主知识产权且处于领先地位，更是形成了良好的市场竞争力和社会影响力。中复神鹰始终遵循“市场是检验产品和技术的唯一标准”这一宗旨，不断分析市场、融入市场、培育市场和引领市场，构建并巩固了以中复神鹰产品为基础的市场应用体系，与下游用户协同设计和研发，共同培育新的碳纤维应用领域，实现碳纤维供应、产品设计以及产品生产的自主化，共同完成从原材料到复合材料的多重认证，引领国产碳纤维应用市场的发展。产品已广泛应用于航空航天、风电叶片、体育休闲、汽车、压力容器、碳/碳复材以及碳芯电缆等领域，连年在国产碳纤维市场的占有率达到50%以上，应用客户达到500余家，目前已累计向市场供应碳纤维1万余吨，产品极大满足了国内交通运输、新能源、电力传输等新兴战略产业发展的需求，促进了国内碳纤维复合材料产业的发展，有效打破了国外高性能碳纤维垄断的市场格局，实现了国产碳纤维的自主稳定供应。



中复神鹰碳纤维生产线

俱备，蓄势待发，在中国建材集团的战略规划下，2019年5月，从东经119°的连云港到东经102°的西宁，中复神鹰开始了“展翅西飞”，吹响了“西进”的嘹亮号角，正式启动了年产2万吨高性能碳纤维新生产基地的建设。

年产2万吨高性能碳纤维项目承载着中国建材集团和中复神鹰在全球碳纤维市场谋求更大作为的“雄心壮志”，更承载着国家对关键材料和核心技术自主保障的殷切期望。中复神鹰西宁项目的建设，对于中国建材集团来说是巨大的一步，标志着集团高性能碳纤维的产能从1万吨向3万吨跨越；对于我国的碳纤维产业来说，也是巨大的一步。在碳纤维的全球工业化时代，青海西宁将成为全世界海拔最高的碳纤维制造基地，这将极大地提高国产高性能碳纤维的自主保障能力，促进国内复合材料产业的繁荣发展，提升国产碳纤维的国际竞争力和影响力。

随着碳纤维及复合材料产业的迅速发展以及市场对中复神鹰品牌的坚定信赖，中复神鹰常年满负荷生产，但仍不能满足日益增长的市场急需，产品供不应求的态势日趋强烈，产能扩建迫在眉睫。

西宁新基地投产后，中复神鹰将进一步扩大整体产能规模，进一步提高性价比，在国内外碳纤维需求市场急剧增加的机遇面前，更好地抓住时机，在与竞争对手的较量中寻求更大优势，全力将中复神鹰打造成为具有全球竞争力的世界一流碳纤维品牌。

“誓立鸿鹄怀远志，羽翼丰满啸长天。”神鹰展翅翱翔，领先的技术和坚实的市场便是它雄壮的双翼。万事

“乘风破浪会有时，直挂云帆济沧海。”攻克核心技术，铸就国之重器，国产碳纤维的未来可期！👏

## 展翅西飞 续写国产碳纤维华丽篇章

中国建材 | CHINA BUILDING MATERIALS



# 探索风电叶片创新之路 助力国家风电产业发展

## 政策引导

为了促进可再生能源的开发利用，增加能源供应，改善能源结构，保障能源安全，保护环境，实现经济社会的可持续发展，2005年2月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议通过《中华人民共和国可再生能源法》。此法律引导和激励国内外各类经济主体参与开发利用可再生能源，促进可再生能源长期发展，使比较成熟的风电产业迎来发展契机。随后国家发展与改革

## ——中复连众风电叶片发展纪实

委员会下发文件，提出将风力发电作为国家扶持的重点，风电设备国产化率要达到70%以上，并可在税收和发电上网等方面享受一系列优惠。我国企业投资风电的热情被激发出来。

发展机遇已经出现，对中复连众来说是一次难得的机会。董事长任桂芳在上世纪90年代初就看到了风电叶片的发展前景，梦想着自己也能生产这样的产品。在中国复材的战略引领下，中复连众与华锐风电合作，从德国引进一款37.5米的长的1.5MW复合材料风电叶片生产线。几经辗转，上海玻璃钢研究所的所长陆准立

作为牵线人，中复连众和德国 NOI 公司签署了培训、产品采购、模具采购协议。中复连众成为中国第一家引进 MW 级叶片的企业。

2005 年 8 月，中复连众总经理乔光辉带领 10 名技术骨干在德国北豪森小镇参加了 NOI 公司的生产技术培训。当时的叶片全部是手糊工艺制作，但也是当时中国人掌握的最大功率的风电叶片生产技术。

在培训期间，NOI 公司为中复连众生产的 2 套产品运往威海荣成。2006 年首次安装在了华锐风电 1.5MW 风机上，这是中国土地上第一次吊装 1.5MW 的大型机组。当时中央电视台农业频道还做了特别报道。

中国的风电事业从千瓦级迈向了兆瓦级，中国的风电产业化大幕由此拉开。

## 首制品的故事

根据协议，NOI 公司在完成培训之后将 1.5MW 叶片模具卖给中复连众。此模具价值 1 千万人民币，堪称天价。当时中国还没有设计、制造模具的能力，只能从国外购买。模具运到中国之后，问题还是出现了，生产前检查出模具的加热水管漏水，这意味着做出来的产品不合格。艰苦的模具维修之路开始了：由参加 NOI 培训的生产同事组织“尖刀连”24 小时不断的打磨。他们躺在漏有水的地面，打磨面离地面大概 50cm，磨下来的灰尘都掉在脸上、眼里，甚至有时打磨片突然掉了擦着脑袋飞过。

2006 年的春节，工艺技术人员从大年初二就开始加班加点的制作工艺卡，一版又一版的更新。

经过技术人员的不懈努力，模具终于修好，产品进入首制品生产阶段。NOI 还派来技术专

家进行指导。从无比艰辛、彷徨不知所措到思路越来越清晰，熬过了 20 多天之后，2006 年 3 月中国人自己造的第一支兆瓦级叶片下线。由此中国人造的兆瓦级风机终于可以配上中国人自己造的叶片！

为了保证项目顺利进行，当时华锐风电的重要领导、中国复材的领导长期齐聚中复连众，一起协调提建议。

## 模具研发和国产材料开发

2006 年初，中复连众制定了年产 100 支 37.5 米叶片的目标。然而，市场对风电叶片需求超出预期，客户拉叶片的车在厂区门口排起长长的队伍。2006 年下半年，大浦新叶片厂区开始建设，但是模具从哪里来？

经过研究，由公司副总经理刘卫生带领一个团队研究生产模具，以叶片产品为阳模，成功翻制出阴模。从此更大量的生产有了希望。同时为了确保精度，中复连众也在欧洲订购了一套新的阳模来制造叶片阴模。

通过一系列的研究设计，中复连众掌握了一整套模具设计、制造、控制技术，为 2008 年国家“陆上三峡”叶片大量生产奠定了良好的基础。

刚开始，生产风电叶片所需的主材、辅材等材料基本上都是从欧洲进口。随后中复连众启动国产材料开发工程，先后完成玻璃布、辅助材料、树脂、胶粘剂国产化，



84米 6MW 叶片

为中国材料供应商的发展和材料科技的发展提供了帮助及广阔的应用市场。

## 新产品开发

2005年之后，除了华锐风电，还有其他企业相继从欧洲引进了风力发电机组技术，如湘电风能，他们都需要叶片配套。2007年中复连众成功从NOI公司又引进了34米长真空灌注叶片，同年实现向湘电发货首台。由此中复连众开始为中国风电产业提供更多型号的产品。截止到2018年年底，中复连众的国内客户达到60家，产品型号达到102个。叶片长度从31米达到84米，叶片功率由1.1MW到6.25MW，每年基本占据13%左右的国内市场份额，这些都有力支撑了中国风电产业的发展。

2008年，经过工艺技术人员探索，中复连众在一款最新研发的45.3米2MW的风电叶片上成功实现了真空灌注工艺。由此，中复连众所有新开发产品都实现了真空灌注工艺，使得生产环境越来越友好，也顺应了时代对清洁生产的要求。

## 海上风电叶片

上海世博会需要绿色能源，华锐风电获得国家首个海上风电示范工程、亚洲首个海上风电场——上海东海大桥102兆瓦风电项目。作为华锐风电的紧密合作伙伴，中复连众承担了研发新型号叶片的任务。接到中国第一个海上风电项目，中国复材、中复连众的领导特别重视，先在欧洲购买了叶片设计及其外形，然后组织做材料测试选型、工艺设计、产品试制、全尺寸测试。最后的结果显示，所有的工作获得了极大成功，为中国海上风电叶片的发展积累了重要经验。

至今，中复连众海上风电叶片已经发展到13款，功率范围有3.6MW~6MW，是我国拥有海上风电叶片最多的叶片厂商。

为了配合华锐风电海上5MW和6MW机组发展，2010年和2011年，中复连众相继推出5MW62米叶片和6MW62米叶片，为我国海上风电机组大型化的

发展做出了重要贡献。事实证明，当时的大型化路线是非常正确的。时至今日，海上风电还在不断的大型化。2019年，中复连众将为金风科技开发90米6.XMW的风电叶片。

## 叶片测试中心建设

一个新型号风电叶片需要完成全尺寸测试之后才能在风电场安装、使用。中复连众考虑到未来产品发展，当时树立了一个远大目标：率先建成中国最先进的、由计算机控制加载的风电叶片测试中心。当时主要的叶片加载方式是靠汽车吊，操作危险，不精确，而且耗时长。

2009年中复连众联合同济大学、上海玻璃钢研究所等的专家，在参考了中航六二三飞机强度研究所飞机强度测试经验和国外有限的叶片测试机构信息后，设计了国内第一个室内叶片测试平台，该平台可以满足5MW叶片多点协同静力测试和旋转质量激振疲劳加载测试。2014年，为了解决超大型叶片全尺寸性能试验难、重复投资大，满足公司新产品开发产品认证和产品型式试验的需要，公司检测中心设计建造了当时国内最大测试能力15MW的检测平台。

此外，中复连众检测中心已于2012年年底通过国家实验室17025认证，对外承接叶片的全尺寸测试工作，在服务好自身的同时，也向行业提供服务，帮助行业发展。

## 叶片设计之路

中复连众于2005年从德国引进风电叶片生产技术，随着中国风电市场需求的增大，连众迅速扩展为大规模风电叶片制造企业，生产的型号种类也不断增多。但随着时间的发展，叶片定制化开发与产品优化需求不断增加，整机公司也经常需要叶片公司进行叶片强度复核。中复连众早期依托于国外设计公司进行产品设计，时间长响应慢，已不能满足市场快速发展的需求，而且需要高额的设计费用。如果与迟迟与整机公司匹配不上，中





12MW 叶片全尺寸试验台

复连众就会失去市场。

2011年，中复连众决定成立独立的叶片研发部。在研发部成立之初，叶片结构设计能力非常薄弱，设计工作几乎从零开始。为了能尽早掌握研发设计能力，聘请了一位行业专家给予了一定的指导，同时也不断向一些行业技术人员虚心请教。在领导的带领下，研发部同事共同努力探索，时常为了解到的一些技术点进行多方面的尝试来验证可靠的设计技术。一路上，经历了不少的弯路与曲折，付出了很多的辛劳与汗水。功夫不负有心人，经过大家共同的努力，中复连众对叶片研发技术有了一定的起色，对叶片根部连接计算、叶片有限元建模与结构强度评估有了一定的基础。同时，开发出了一些辅助设计程序，建立了叶片设计流程，使公司拥有了叶片结构设计能力，可以逐渐摆脱对国外设计公司的依赖。

于是中复连众开始与整机公司展开合作，最早与远景能源风机匹配，自主开发了LZ44-2.3叶型结构，并成功通过叶片静载测试，获取了GL认证证书。有了一次成功经历后，研发人员有了更多的信心，随后和远景合作开发的LZ51.9-1.5、LZ53.4-2.0两个项目都成功获取了GL认证证书。成功获得GL认证证书标志着中复连众掌握了叶片结构设计能力，可为公司节省高额的设计研发费用，并把市场主动权掌握在了自己手中。

经过多个项目开发的历练，中复连众对叶片结构设

计有了更深入的认识，设计能力也不断提升。为加快设计计算效率，研发人员共同对几款商业软件进行了二次开发，形成了FocusSD、Freewind等辅助设计软件，超过了国外设计公司的建模精度、建模效率、计算精度。比如进行一轮完整叶片结构校核仅需花费不到一天时间，相比请国外设计公司进行一轮结构校核反馈的效率提升数倍。高效设计满足了客户多变的需求，给予更好的技术支持与服务。

近两年来，市场对叶片加长与轻量化的需求更加迫切，公司自主研发相继推出了LZ59.5-2.5-V2/V4、LZ64.2-2.X、LZ69-2.X/3.X、LZ76-3.X、LZ68-4.X、LZ72.5-4.X等多款叶片产品，有适合陆上机组、海上机组、低风速机组的多种产品系列，满足了市场多样化的需求。

中复连众风电叶片产品经历了直接引进消化吸收，模具研发复制，不断引进技术扩大生产规模到实现自我研发的各个阶段，加上在全国各地建立的8个工厂，这一切都为风电产业的高速发展提供了有力支撑，并且体现了央企保护环境、帮助国家能源结构调整的战略思维。

今后，中复连众还会一如既往地开拓风电领域，为国家风电产业开发更好的叶片产品。🌞



# 推进风电持续发展 引领行业技术进步

## ——记中材科技风电叶片股份有限公司

中材科技风电叶片股份有限公司(简称“中材叶片”)是由国家级产业化项目孵化而成的高新技术企业,是国内最早、亚洲最大、具有完全自主知识产权的风电叶片设计、研发、制造和服务提供商,是中国风电叶片龙头企业。

中材叶片拥有国家级高新技术企业、中关村高新技术企业,首批中关村“十百千工程”重点培育企业、制造业单项冠军示范企业、中国农业机械工业协会风力机

械分会副理事长单位、工信部首批通过“两化”融合管理体系认定企业、北京市专利试点单位、特种纤维复合材料重点实验室的重要组成部分、博士后流动工作站联合培养单位、北京市企业技术中心等多项资质荣誉。承担国家“863”等省部级重点科研项目10余项,累计研发投入8.6亿元,近3年平均研发投入比率达到5%,申请专利近90项,发表论文及大会主题报告超百篇。

中材叶片规模化、专业化水平位居行业前列,在三



北、中南部低风速、沿海等地区拥有江苏阜宁在内的6个风电叶片研发及产业化基地，具备年产能4000套（835万kW）兆瓦级风电叶片的生产能力，拥有六大系列70余款产品，可以为客户提供定制化的叶片设计和技术服务；质量稳定可靠，在行业内牢固树立了“Sinoma Blade 中材叶片”品牌。

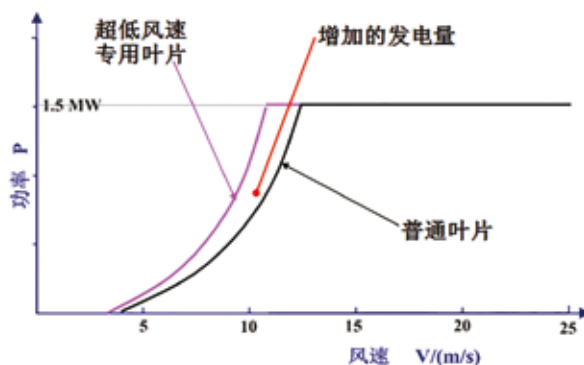
经过12年的发展，中材叶片抓住了全球及中国风电行业快速发展的市场机遇，不仅满足了中国市场的需要，同时紧跟国家“走出去”及“一带一路”倡议，成功走向了国际市场的舞台。国内市场占有率连续11年保持增长、连续8年排名第一，2018年中国市场占有率达到24.7%，2015年市场占有率首次跃居全球第一。截止到2019年6月底，全球累计装机23163套（折合42GW），产品在全球20个国家和地区稳定运行。

经营效益稳步提升，累计实现营业收入近200亿，利润总额23亿，成本管控、收益率等指标均好于行业平均水平。累计利税13亿元，向社会各界捐助近260万元，实现了经营效益和社会效益的双赢。

中材叶片一直专注于兆瓦级风电叶片的设计开发，多款产品开发开创国内细分市场先河，多项技术创新处于中国乃至全球领先水平。产品单台功率从1.0到8.5MW，叶片长度从31米到85.6米，适应于高低温、高海拔、低风速、沿海、海上等不同运行环境。全系列产品推行国际认证，具备完全独立自主的设计研发能力，在产型号均通过产品认证，30余款产品通过国际设计认证，其中4款叶片获得国际型式认证。

### ●大型低风速叶片设计开发

中材叶片针对高海拔地区空气稀薄、气压低，超低风速区年平均风速低、可利用时间长、湍流强度小的情况，利用高海拔超低风速区环境特点设计出超低风速专用叶片Sinoma45.2，在风速小区间段可充分发挥叶片的气动性能优势，实现低风速区高效率和高发电量。Sinoma45.2是适用于中国特殊风况的第一款国内自主研发设计开发并首次通过国际设计认证的叶片，填补了国内1.5MW级别高海拔、超低风速叶片的空白，对叶片行业发展起到了良好的示范带动作用。Sinoma45.2实际年发电量比同行业高出7.6%~9.3%，赢得了风电业主和主机厂的广泛认可，实现了与金风、远景等多家主机厂匹配，截至2017年年底累计销售近2500套，实现销售收入21亿元。2014年Sinoma45.2-1.5MW叶片被评为国家重点新产品，2015年中材叶片低风速低载荷1.5MW叶片研发及产业化项目获得北京市科技进步一等奖。



Sinoma45.2 超低风速叶片发电效率优异

基于大型低风速叶片的设计开发技术，中材叶片又陆续开发了Sinoma50.2、Sinoma52.5、Sinoma54、Sinoma50.4、Sinoma51.9、Sinoma56.8、Sinoma57、Sinoma59.5、Sinoma63.5等一系列低风速产品，其中4款产品获得国际型式认证。

中材叶片在低风速领域持续探索，产品不断升级优化，低风速区的产品达到了34款，2017年中材叶片成功开发了Sinoma68.6低风速叶片，首次将低风速叶片的风轮直径扩大至140米，Sinoma68.6于2018年3月获得国际型式认证，产品适用的机组平台涵盖

了 1.5MW ~ 4.XMW，产品长度也已达到 70 米级别，标志着中材叶片自主设计开发能力得到了国际认可，也促进了国内风电叶片设计、测试和制造技术的整体进步。



国际型式认证证书

●大型海上叶片设计

开发

2014 年中材叶片设计开发了首款大型海上风电叶片 Sinoma77.7，这是当时亚洲最长的叶片，也是世界第三长叶片，叶片扫风面积达 20106 平方米，相当于 3 个标准足球场面积，一次顺利通过 GL 见证下的叶片静力测试验证。

在材料应用上，使用了碳纤维和高模量玻璃纤维，比全玻纤叶片重量减少了 25%，有效降低叶片疲劳载荷和机组载荷；叶根过渡区域采用钝后缘翼型，提高结构稳定性；同时针对碳纤维的导电特性及海上特殊的环境，制定针对海上叶片的雷电防护系统；针对海上恶劣



海上 77.7 米风电叶片

的 UV 和盐雾环境，采用先进的差异性表面防护系统。Sinoma77.7 的成功研制标志着国内海上风电叶片研发制造技术在国际上处于领先地位。

随后，中材叶片设计开发了适用于近海区域的 Sinoma72 叶片，以及适用于海上超 I 类风区的抗台风——Sinoma75 叶片（首次应用了碳纤维灌注成型技术）。Sinoma75 叶片已于 2018 年挂机运行，并在叶片中应用了在线监测技术，监测产品在运行中的发电性能及结构安全性。

2018 年中材叶片启动的 Sinoma85.6 叶片匹配 8MW 机组平台，是首套 80 米级别的全玻纤叶片，目前已完成产品设计，进入样件试制阶段。

一系列海上叶片的成功研制标志着国内海上风电叶片研发制造技术在国际上处于领先地位，一系列海上风电叶片的设计研发将会把海上风电资源开发和利用推向一个新阶段，同时对整个风能产业发展乃至转型升级起到关键作用。

●风电叶片原材料国产化

中材叶片对国外品牌材料和国内新开发的风电叶片材料进行了大量的测试研究工作，针对风电叶片用原材料的性能特点，结合实验研究经验，分别制定了玻璃纤维织物、环氧树脂体系、结构胶体系、芯材、叶片表面保护涂层和各种辅助材料的评价方法。在单一原材料评价的基础上，增加了原材料间的匹配性能测试，为原材料与实际生产工艺的匹配提供了保证。

依托“兆瓦级风力发电机组风轮叶片原材料国产化”这一“863”项目，中材叶片率先实现了国产原材料的

大胆探索和全面应用，并推动了风电叶片制造商、主机制造商以及风场发电业主对风电叶片国产原材料的认可，国内风电叶片逐步进入全面应用国产材料的时期。

### ●新材料应用开发走到行业前列

高模玻纤的拉伸模量比普通E玻纤提高15%~20%，成本与碳纤维相比却低很多。采用高模玻纤单向织物可以在保持叶片刚度不变的前提下，显著降低叶片主梁的重量，提高叶片的局部安全系数，实现更经济化的结构设计。

中材叶片进行了高模玻纤与树脂匹配性、高模玻纤工艺差异性、力学特征性能及设计取值与评估方法等研究，推动高模玻纤在叶片中的大量使用，促进了高模玻纤的国产化及产业化进展，重庆国际TM玻纤、泰玻HMG、恒石E7产品的产量均得以快速的提升。

碳纤维的密度比玻璃纤维小约30%，强度比玻璃纤维高40%，而模量更是玻璃纤维的3~8倍，在超大型叶片轻量化的过程中起到决定性的作用。依托于国家“863”计划——国产碳纤维液体成型关键技术研究项目，中材叶片率先开展了碳纤维在风电叶片中的应用技术研究，形成了碳纤维预浸料成型叶片主梁技术和单轴向碳纤维织物的真空灌注技术，实现在DW93、Sinoma56.4、Sinoma77.7、Sinoma75叶片中的批量化应用。

中材叶片研究了碳/玻混杂比、混杂方式等对单向碳玻混杂复合材料工艺性能和力学性能的影响，分析出用于制造主梁帽最优性价比的碳玻混杂复合材料，降低碳纤维复合材料的使用成本，推动其在风电叶片制造领域的应用。中材叶片在Sinoma59.5C叶片中实现了碳玻混杂复合材料的应用，并成功通过了型式试验，极大提升产品轻量化水平。

### ●气动增功设计技术

叶片的大型化带来了一系列在运行中气弹失稳问题，较严重的是叶

片发生颤振，导致叶片破坏；另一方面，由于叶片动态运行攻角发生变化，动态发电量与静态发电量存在较大差异，导致输出功率下降，引起叶片市场竞争性低。公司与荷兰能源研究中心合作，开展大型风电叶片气弹稳定性分析技术研究，保证产品在运行中的稳定性，并在Sinoma68.6、Sinoma72和Sinoma75等大型叶片设计开发中得到应用。

大型风电叶片中部到根部一般都要采用大厚度风力机专用翼型来保证叶片结构强度，而大厚度翼型本身的气动性能较差，易产生分离，流动控制部件可有效控制气体流动分离，减小叶片阻力。涡流发生器(VG)的作为一种最常用的流动控制部件，可有效提高叶片的气动性能，提高年发电量。2014年公司自主设计开发了适用于自有产品体系的涡流发生器(VG)及扰流板控制部件来提升发电效率，使产品具备优异的发电性能，Sinoma42.2安装VG后，发电量增加0.5%~2.1%。

### ●自主叶根预埋设计开发技术

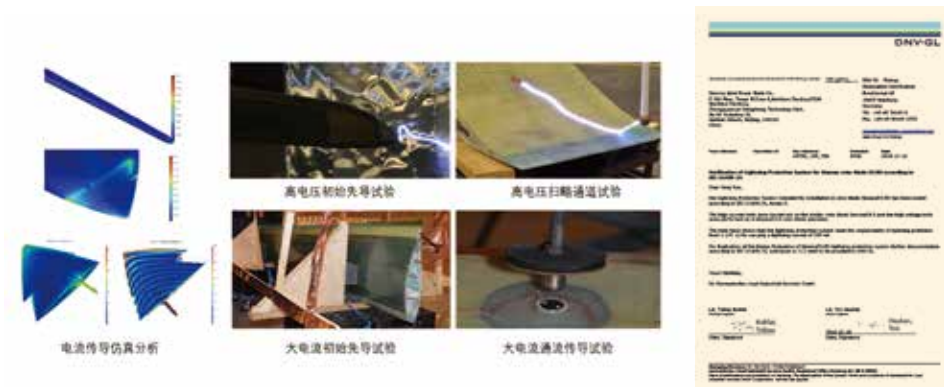
中材叶片自主设计的叶根预埋技术，于2016年10月获得了DNVGL认证，打破了叶根预埋专利技术的限制，填补了行业的空白。目前预埋螺栓技术已在Sinoma59.6、Sinoma63.5、Sinoma75和Sinoma81.8等多款叶片上得到广泛应用，实际效果良好。



叶根预埋件测试



预埋认证证书



● 风电叶片全环境防雷系统设计开发

2000 年以来，我国叶片制造企业引进德国、丹麦等国的整机设计方案并开始仿制其防雷系统，但国内的环境与欧洲不同，导致雷击事故频繁发生。中材叶片针对我国北方密度小、雷暴时短、单次雷暴强度高，南方密度高、雷暴时长、单次雷暴强度低的雷暴特点，设计开发了适用于全环境的风电叶片的防雷系统，完成了防雷系统在风电叶片上的设计、解决了工艺验证、质量控制及批量应用等关键技术问题，形成了 2 套拥有自主知识产权的防雷系统设计方案，并获得了国外 GL 认证机构的认可。目前公司所有产品均已完成防雷系统优化改进，一体化绝缘式防雷系统已进行 3 个型号的试制挂机。

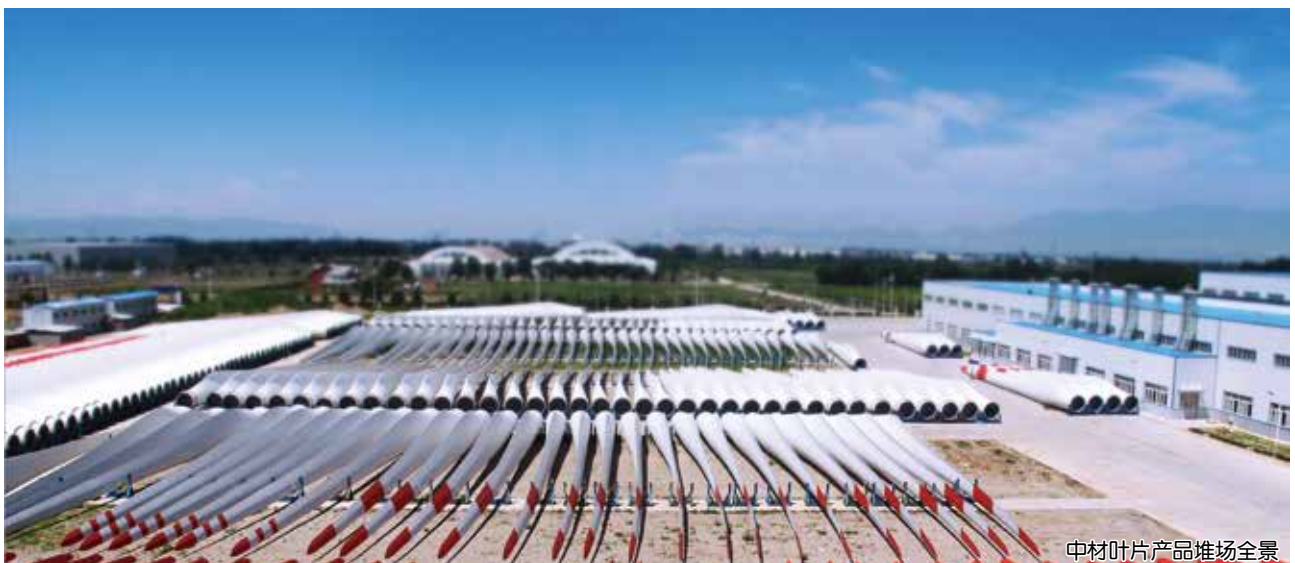
● 风电叶片主动式防 / 除冰技术开发

在风电行业中，叶片覆冰是一个大问题。进入叶片

覆冰期，机组只能被动停机，或通过检测覆冰状态主动停机，造成机组发电效率降低，甚至影响机组运行安全。针对叶片覆冰问题，中材叶片设计开发了主动式防结冰 / 除冰技术，在一定电压下通过在叶片易覆冰的区域铺设高分子电热膜、碳玻

混杂织物及碳毡膜等电热材料，将热量快速传递至叶片表面，达到防冰或除冰的目的。2016 年 Sinoma56.8 防除冰叶片 2 套样机挂机运行，在一次覆冰期，防除冰 2 台试验机组与其他停机机组相比多发约 4 万度电，2017 年该技术在 Sinoma54 防除冰叶片上得到了批量的应用。

中材叶片通过对核心技术的不断攻关，建立起全面系统的叶片设计、研发、制造技术体系，促进企业实现了六个系列 70 余个产品型号的开发，支持了年产 4000 套的规模化生产能力建设。未来，中材叶片将继续发扬不畏困难、孜孜以求的科研精神，打造具有全球竞争力的研发创新能力，坚持“借自然一片风力，还人类一份清新”的美好愿景，秉承“推进风电持续发展、引领行业技术进步”的理念，为风电产业链协同发展不断努力，也为“呵护美好家园、共享蓝天白云”积极贡献力量，并不断推动整个风电行业的技术发展和进步。





# 以复合材料 支持中国航天的惊世腾飞

## ——哈玻院助力中国航天事业发展

中国建材集团玻璃钢/复合材料产业，是中国建材集团新材料产业板块的重要组成部分，哈尔滨玻璃钢研究院有限公司（简称哈玻院）伴随着中国的军工及航天事业诞生、成长、壮大。几代人的卓越创新，为中国航天的惊世腾飞提供了可靠的复合材料结构保障。

### 神舟系列飞船

1992年9月21日，中共中央政治局召开常委扩大会议，做出了实施中国载人航天工程的战略决策，确立

了载人航天三步走的路线。从此，中国载人航天工程正式立项，代号“921工程”。

从1999年我国第一艘无人实验飞船神舟一号成功发射至今，载人航天走过了从无人到有人，从航天员出舱到两个航天器组合飞行等多个跨越。从神舟一号到神舟十一号，不是简单的数字叠加，而是中国载人航天发展成熟的标志。从1999年到2016年的17年，神舟系列飞船11次升空，载着梦想出发。哈玻院于1995年正式参与载人航天工程，研制的碳纤维复合材料承力截锥、气瓶支架、气瓶支板成功应用于“神一”至“神十一”

系列飞船。神舟飞船推进舱碳纤维复合材料承力截锥体是我国神舟系列载人飞船推进分系统的主承力部件，可以承受 10 余吨的载荷，它的结构特点为锥台型薄壁大开口结构，精度要求高，承载能力大，是我国最早应用于航天器中的大型复合材料结构件，获 2003 年黑龙江省科技进步一等奖，2004 年国家科技进步二等奖。

早期俄罗斯联盟号采用铝合金材质承力截锥，国内不具备此类结构的加工成型工艺，为完成制造目标，并进一步达到更好的减重效果，航天科技集团在国内论证采用复合材料结构件取代铝合金结构件的可行性，并在国内范围内找到 3 家具有技术实力的单位，最后哈玻院凭借技术能力得到认可，承担了这个项目。

采用碳纤维环氧制作承力截锥，这么大的碳纤维结构件国内还没有先例。哈玻院就产品设计可行性和铺层方案等问题与甲方进行技术交流，甲方提出边界载荷和空间尺寸的总体要求，产品铺层、结构设计等方面由哈玻院完成。哈玻院成立项目工程专项团队，由当时的二室、四室、八室组成，计划部统一协调，四室负责仿真分析、结构设计；二室、八室负责工艺。在首先开展的有限元仿真分析中，历时近半年，大家发挥“特别能吃苦，特别能战斗，特别能奉献”的精神，勤勤恳恳地工作，攻坚克难，完成了有限元静力分析及动态特性分析，在静力分析铺层设计中提出分区变角度的设计思想，这项技术属于国内首创，解决了承力截锥这种大型复杂结构件整体刚度和局部结构强度的协调问题，保障了型号任务的顺利开展。

承力截锥还需进行动态特性计算，计算内容包括动特性、动响应及动强度三方面。这些计算为复合材料承力截锥结构设计提供补充和修正，以便能及时采取一定的有效措施以保证承力截锥在使用周期内，不发生由于振动引起的结构性能退化乃至破坏。

## 天宫系列目标飞行器

天宫实验室是我国载人航天工程“三步走”的第二个目标任务之一，是继“神舟飞船”后又一重大载人航天项目。

天宫一号是中国第一个目标飞行器和空间实验室，

于 2011 年 9 月 29 日 21 时 16 分 3 秒在酒泉卫星发射中心发射，是中国为下一步建造空间站而研制的空间目标飞行器。天宫一号由长征二号运载火箭发射，升空之后分别与神舟八号、神舟九号、神舟十号飞船对接，从而建立第一个中国空间实验室。

2016 年 9 月 15 日 22 时 04 分，天宫二号空间实验室发射任务取得圆满成功，神舟十一号飞船与天宫二号空间实验室成功实施分离，返回地球。天宫二号主要开展地球观测和空间地球系统科学、空间应用新技术、空间技术和航天医学等领域的应用和试验，打造出中国第一个真正意义上的空间实验室，发射时释放了伴飞小卫星。天宫目标飞行器用承力锥台是我国“天宫”目标飞行器推进分系统的主承力部件，承力锥台主要由锥台本体、蜂窝夹层结构板、十字梁组成，面板要承载 4 个过较大的储箱，直接影响面板的刚度变形，哈玻院在结构设计中大胆采用了高膜蒙皮铝蜂窝夹层结构，解决了这一刚度问题，在此基础上，内部采用了整体连续成型十字梁结构，提高了整体结构的稳定性。

## 天舟货运飞船

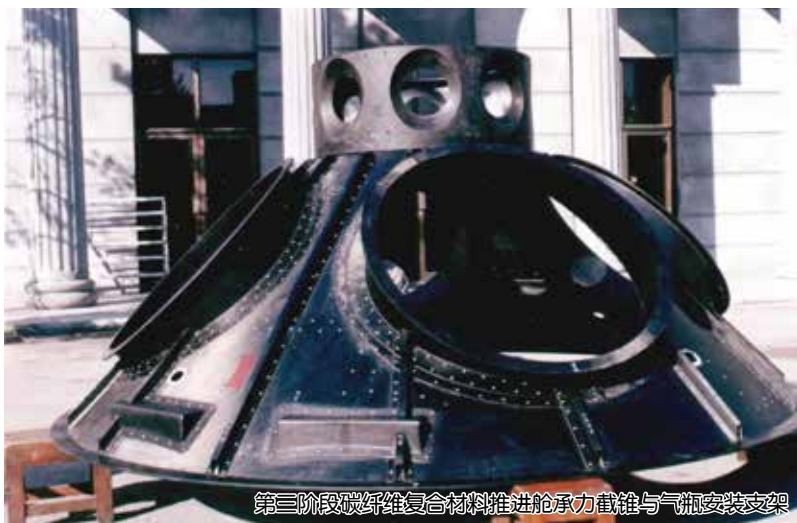
2017 年 4 月 20 日，搭载天舟一号货运飞船的长征七号遥二运载火箭，在我国文昌航天发射场发射成功。

2017 年 4 月 22 日 12 时 23 分，天舟一号货运飞船与天宫二号顺利完成自动交会对接，这是天舟一号与天



第三阶段货运飞船推进系统主承力结构





第三阶段碳纤维复合材料推进舱承力截锥与气瓶安装支架

宫二号进行的首次自动交会对接，也是我国自主研发的货运飞船与空间实验室的首次自动交会对接。“货运飞船”是我国正在建造的载人空间站的五大分系统之一，是我国载人航天工程“三步走”中第三步计划的重要组成部分。

哈玻院为货运飞船研制的碳纤维复合材料主承力结构体，是我国货运飞船推进分系统的主承力部件。主承力结构体分为上、下结构体两层结构，每层结构由十字支撑框架和球冠组成；十字支撑框架由承力圆筒和撑板组成。每层结构的球冠、贮箱法兰、承力圆筒、撑板以及金属加强件等零部件通过胶螺连接成一体。上、下结构体通过螺栓对接成一体，即两层结构可以拆开，双层对接的大开口球拱形薄壁结构，精度要求高，承载能力大。

## 复合材料核心舱主承力结构件

复合材料核心舱是空间实验室建设的关键项目之一。核心舱主承力结构体承载货运飞船外形尺寸大，结构减重要求苛刻，载荷条件复杂，其设计和制造的技术难度较大。主承力模块由主承力结构件及安装在主承力结构件上的各种组件构成。其中主承力结构件包括：平板、鱼腹板、下侧H型加强梁、贮箱加强环筋；对外接口主要有结构上拉杆、贮箱水平拉杆、结构法兰、结构下撑杆；组件包括贮箱、气瓶组件、压气机集成件、液冷模块。

核心舱主承力结构件整体模型，由基板、鱼腹板、H型梁、贮箱环框、气瓶支座、拉杆、撑杆、拉杆角撑、压

杆角撑、拉杆球铰连接、压杆球铰连接组成。它的关键技术有以下几方面：超大结构基板对模加压消除残余应力，保证平面度的工装模具设计；不同厚度结构尺寸同一模具工艺压缩量铺层设计；H型、环框梁外型面金属模具加压，内型面膨胀橡胶加压的模具工装设计以及金属模具冷热压和膨胀橡胶加压结合成型工艺设计；拉杆接头拉脱力结构设计及工艺保证技术；核心舱部件装配关系及尺寸和形位精度工艺保证技术。

2013年8月，哈玻院技术人员与上海某研究所设计人员就核心舱主承力结构体构型设计、结构设计、计算分析等方面展开工作。经过近半年的工作，将产品构型和主设计方案确定下来，先后完成产品工艺设计、模具设计，2015年1月，哈玻院完成核心舱主承力结构体的首件研制，并通过鉴定静力试验考核，2015年4月，核心舱首件产品完成模态振动实验并交付第二套产品，2015年5月核心舱首件产品完成静力破坏实验考核。

核心舱主承力结构件项目包括核心舱主承力板系统和与其连接的杆系系统的结构设计、工艺研制和静力试验三部分内容。从结构设计、工艺方案确定、模具工装设计加工、结构件工艺设计及成型到产品装配及整体静力试验等环节，项目组克服了场地、设备、环境等种种不利因素，解决了结构、工艺上多项关键技术问题，历时一年半，完成了核心舱主承力板系统和与其连接的杆系系统首套静力及模态试验件、第二套正式装机件的所有工作，静力及振动试验满足设计要求，产品受到客户的好评。

几代人的不懈努力，通过坚持创新驱动，走差异化发展道路，通过承担国家航天重大工程项目，哈玻院形成了一支勇于攻关、敢打硬仗、乐于奉献的科研生产队伍，炼就了哈玻院的“亮剑”精神。

随着我国航天事业的飞速发展和对新材料的不断需求，哈玻院迎来了更多的机遇，也面临着更大的责任和挑战。任重而道远，未来哈玻院将继续发扬“载人航天精神”，艰苦奋斗，勇于攻坚，开拓创新，无私奉献。👏



2万公里碳纤维复合芯导线生产线

# 用“芯”助力 构建安全智能高端的国家电网

## ——记中复碳芯的拼搏之路

### 背景

为解决现有输电线路导线弧垂过大，对地净距离不足的问题，20世纪90年代日本开发出新型碳纤维芯铝绞线，以替代传统的钢芯铝绞线。2000年，日本东北电力公司在宫城支店的66kV输电线路试用了碳纤维复合芯导线；美国从2004年8月开始，陆续在德克

萨斯州3.2km长的230kV输电线路、密歇根州荷兰镇1.6km共3档的12.74kV配电线路、亚利桑那州凤凰城和太平洋电力公司盐湖城的230kV线路等线路置换或部分应用了碳纤维芯导线，此后在堪萨斯州的Kingman市计划架设一条34km长34.5kV全部使用碳纤维复合芯导线的线路。

我国在碳纤维复合芯导线的应用方面开始的较晚。2006年7月，龙岩电业局完成了220kV曹园线5.2km

更换为碳纤维复合芯铝绞线的改造工程，采用了美国生产的碳纤维复合芯导线，是我国第一条采用碳纤维复合芯导线的 220kV 输电线路。随着我国经济的持续高速发展，工业化与城镇化步伐不断加快，对用电量的需求急剧增加，原有输电线路面临着成倍扩容的需求；西电东送、南北互供及各类特高压连网等工程也需要建设容量的新电网。若采用多分裂、大截面的传统钢芯铝绞导线增加输电容量，则因导线荷载加重，需要大大增加铁塔占地、塔材和基础投资。此外，在杆塔荷载大的重覆冰地区、沿海高风速地区和容量不稳定的风电输送等工程，传统导线的经济性较差。快速掌握碳纤维复合芯导线的研制技术和产业化制造技术，建成规模化的生产基地成为碳纤维复合芯导线发展需要解决的行业问题。国内电缆企业、国家电力科学研究院均开始积极参与推进碳纤维复合芯导线的研制和推广应用。

2009 年上半年国内建成投运的万泉—顺义 500kV III 回送电线路工程有 1.5km 线路采用碳纤维导线，这是国内首条应用碳纤维导线的 500kV 输电线路工程。

2011 年，致力于碳纤维复合芯导线研制的中复碳芯电缆科技有限公司成立。

## 起航

2011 年 10 月，在中国建材集团的规划组织下，中复连众集团成立了碳纤维复合芯导线项目组。项目组成立，联合哈尔滨玻璃钢研究院开始了碳纤维复合芯的开发，通过半年时间的各种渠道的考察与调研，项目组基本建立了碳纤维复合芯导线的开发思路，并开始了中复碳芯的厂房规划、设备选型、团队建设等基础工作。2011 年年底，中复连众集团作为最大股东的中复碳芯电缆科技有限公司正式成立。

2012 年，通过 100 多个日日夜夜的不懈努力，中复碳芯生产的 JLRX/T-150/30 碳纤维复合芯导线在连云港化茂线成功挂网运行，标志着中复碳芯的产品研发成功并首次投入到应用中。

同年，中复碳芯获得了碳纤维复合芯导线型式的试

验报告，并完成了碳纤维复合芯导线在中国电力协会的产品鉴定。南方电网公司李立浃院士和哈尔滨工业大学杜善义院士在产品鉴定会上对中复碳芯公司的碳纤维复合芯导线给予高度评价，鉴定会的鉴定意见认为产品综合技术性能达到同类产品的国际先进水平。

2012 ~ 2013 年，中复碳芯合计完成碳纤维复合芯导线应用 1100km，其中 110kV 线路 400km、220kV 线路 430km。

## 拼搏

碳纤维复合芯导线采用软铝替代硬铝，导电率从 61%IACS 增到 63%IACS，这个性能使得碳纤维复合芯导线具有了载流量大、增容和裕容的优异特性，成为受土地、杆塔、弧垂、载流量等条件限制的旧线改造线路的优选产品。

对于新建线路，尤其是输送容量不稳定或需求不明朗的新建线路，采用碳纤维复合芯导线能提供强大的裕容能力，满足未来区域输送容量的增长要求，并可适应



碳纤维复合芯导线运行线路

输送容量的大落差波动，增强线路对输送容量变化的应变能力。在新建线路中，由于线损小，其综合年费用比钢芯铝绞线低 5 万至 15 万元 / 公里 / 年。

普通镀锌钢丝的密度为  $7.8\text{kg}/\text{dm}^3$ ，强度在  $1240\text{Mpa} \sim 1340\text{Mpa}$  之间，而碳纤维复合芯的密度为  $2.0\text{kg}/\text{dm}^3$ ，是镀锌钢丝的四分之一，强度为  $2100\text{Mpa}$  和  $2400\text{Mpa}$  两个等级。这个性能使得碳纤维复合芯导线较等截面钢芯铝绞线重量轻、强度高，安全性好。

碳纤维复合芯导线拥有拉重比大、线膨胀系数小、线路架设的初始弧垂小等优点，从而在应用中具有可降低杆塔高度、节约杆塔数量、减小塔基占地面积从而节约土地资源，以及降低输电线路综合建造成本等优势。

碳纤维复合芯导线有以上诸多优势，攻克技术、形成产业化、推广应用这种电力输送用新型产品，为国家电网公司构建安全、智能、高性能的电网环境贡献企业的力量成为中复碳芯公司承担的社会责任。

2014 年，中复碳芯的碳纤维复合芯导线应用于长江大跨越南京燕子矶热晓线工程。该工程起于江北南京热电厂，止于南京晓庄变电站，全长  $13.75\text{km}$ ，由夹江（北江）跨越、燕子矶（南江）跨越和陆上线路三部分组成。其中夹江段为  $220\text{kV}$  华能热电厂出线段，档距为  $1878\text{m}$ ，夹江跨越段为  $1107\text{m}$ ，是碳纤维复合芯导线当时全球应用最大档距的线路。

2015 年，中复碳芯的碳纤维复合芯导线应用于江苏省  $500\text{kV}$  江都—晋陵项目，该项目为同塔双回四分裂线路，导线规格采用碳纤维复合芯导线 JLRX/F2B-460/40，芯棒规格  $\Phi 7.0\text{mm}$ ，线路长度  $140\text{km}$ ，使用导线  $1712\text{km}$ 。

2016 年，中复碳芯的碳纤维复合芯导线应用于浙江省金华市特高压浙中站配套  $500$  千伏送出工程，该工程有同塔单回四分裂和同塔双回四分裂两种形式，导线采用碳纤维复合芯导线 JLRX/F2B-450/50，芯棒规格

$\Phi 8.0\text{mm}$ ，线路长度  $28\text{km}$ ，共使用导线  $350\text{km}$ 。

2016 年 8 月 15 日，国家电网公司电子商务平台发出了“关于碳纤维复合芯导线规模化应用的公告”，随之国网招标以“扎鲁特—青州换流站接地极线路工程”为代表的多个碳纤维复合芯导线项目，碳纤维复合芯导线得到行业的认可，其在特高压、超高压线路建设中的优势也逐步体现，电能的高效输送得到国家的高度重视。

2017 年 9 月 4 日，国家工信部、财政部、保监会联合发布《关于开展重点新材料首批次应用保险补偿机制试点工作的通知》，将应用于超高压线路的碳纤维复合芯导线作为应用示范指导目录的产品，对碳纤维复合芯导线应用示范的风险控制和分担做出制度性安排，突破材料应用的初期市场瓶颈，激活和释放下游行业对新材料产品的有效需求，对碳纤维复合芯导线进行保险补偿，推动碳纤维复合芯导线在超高压线路中的应用。

## 开拓

随着国家电网公司“关于碳纤维复合芯导线规模化应用的公告”的出台，国家电网公司开始引导进行碳纤维复合芯导线在超高压线路中应用的研究工作。2016

年，国家电网开展了  $500\text{kV}$  超高压碳纤维复合芯导线

规模化应用相关施工关键技术研究，中

复碳芯公司也参与了  $500\text{kV}$  线路应用

碳纤维复合芯导线的试验，参

与研发确认了滑车尺寸（ $30\text{D}$ ）、

接续管保护装置、卡线器、

网套连接器、牵引管、装配

式牵引装置、提线器等施工

器具及修补工艺，开展了

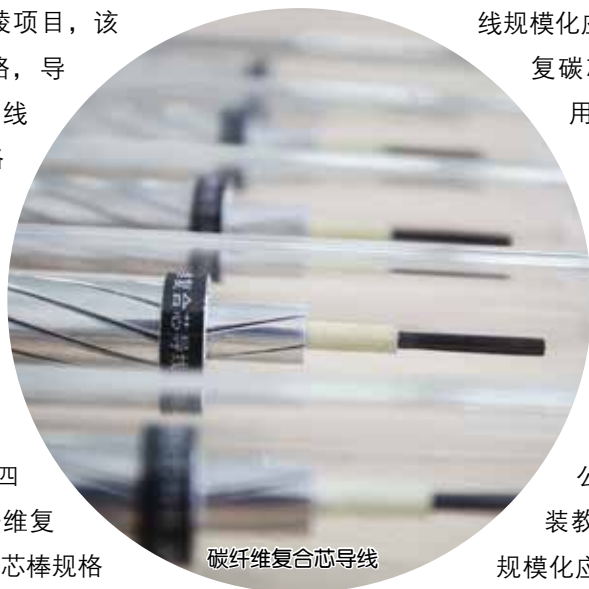
现场展放、压接、紧线、过

张力机等试验，配合国家电网

公司拍摄了碳纤维复合芯导线安

装教学片。通过碳纤维复合芯导线

规模化应用项目的试验，国家电网公司



形成了《碳纤维复合芯导线工程应用技术要求》(国网基建部基建技术〔2016〕124号)、《碳纤维复合芯导线施工工艺及验收导则》(国网基建部基建技术〔2016〕124号)、《碳纤维复合芯导线及配套金具技术要求》等规范性文件,为碳纤维复合芯导线在电网中的应用明确了要求,统一了指标。

同年,国家电网公司还开展了特高压线路应用碳纤维复合芯导线的系统性研究。中复碳芯参与了应用调研选型,国家电网公司优选采用JLZ2X1/F2A-1660/95型碳纤维复合芯中硬铝导线作为特高压直流项目试制导线方案,中复碳芯进行了导线的试制和试验,在陕北—武汉 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流线路工程进行了试展放及紧线试验。

2017年,由中复碳芯供货的 $\pm 800\text{kV}$ 扎鲁特—青州特高压线路工程完成验收,500kV同煤线、南京换流站、晋陵线等重点碳纤维导线项目完成交付。碳纤维复合芯导线在国际市场取得突破,产品出口印度、哈萨克斯坦、韩国、南非、厄瓜多尔、格鲁吉亚、巴林等地。

## 期许

2018年,国网内蒙古东部电力有限公司负责建设管理的内蒙古神华胜利电厂1000kV送出线路工程全线贯通。工程配套送出线路分为3条,为1000kV大唐锡林浩特电厂—胜利变输电线路、1000kV北方胜利电厂—胜利变输电线路、1000kV神华胜利电厂—胜利变输电线路,线路总长为52.5千米。其中,锡林段工程是全国首条采用碳纤维复合芯导线设计的1000kV特高压项目,该段使用的碳纤维复合芯导线全部是中复碳芯设计供货的,这也是世界首条应用碳纤维复合芯导线的特高压试点示范工程。

该工程投运后,预计年输送电量132万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ,



将进一步改善华北特高压交流网架结构,增强系统抵御严重故障的能力,确保锡盟煤电基地电源安全可靠送出。同时,在该条线路施工过程中,中国电科院开展的空中无损检测、信息收集信息处理的工作也圆满完成。

中复碳芯还研制了光纤复合相线碳纤维复合芯导线、多股绞合碳纤维复合芯导线。碳纤维复合芯导线的规模化应用、高电压等级应用、复杂地形环境下的应用、国外市场的应用等还有很长的路要走,希望通过团队不懈努力 and 坚持,能充分发挥碳纤维复合芯这种新型导线产品在电网建设中独特的优势。截至目前,中复碳纤维复合芯导线已在国内外200多条输电线路中使用运行,单线长度超过11500km。

## 结语

中复碳芯坚持自主创新,攻坚克难,形成了碳纤维复合芯导线方面发明专利8件,实用新型专利17件。中复碳芯生产的碳纤维复合芯导线已广泛应用在国家电网的高压、超高压及特高压的输电线路,产品也实现了出口。今后,中复碳芯还会秉承央企积极承担社会责任的理念,深入而广泛地开展碳纤维复合芯导线及衍生产品的研究和开发,为国家电网事业开发更好的产品。👍

## ▶ 膜材料



# 突破核心技术瓶颈 勇攀锂电行业高峰

## ——中材科技锂电膜产业自主创新之路

秉持创新基因 勇挑重任  
实现从无到有的突破

2006年，中材科技开始从事有机膜技术及相关产品

的研究和开发工作。自主开发的PTFE微孔膜及覆膜滤料填补国内技术空白，逐步完全替代进口，为国内钢铁、电力、水泥等工业企业实现节能减排、降本增效、清洁生产做出了重要贡献，同时创建了中材科技明星品牌。

2009年，在PTFE膜技术开发基础上，中材科技充

分利用人员和技术学科相关优势，抽调技术人员组建锂电隔膜项目部，正式进军锂离子电池隔膜行业，进行锂电池隔膜研发。

2011年，基于技术储备与对新能源市场的看好，项目团队开始了第一条720万平方米中试线的建设。而这第一条生产线，便选择了难度高、投资大、国内鲜有人尝试的湿法双向同步拉伸生产线。第一条湿法膜生产线并非一帆风顺，既然选择了更高的山峰，便注定了攀登的过程崎岖而艰难。中试线于2012年建成并投入调试与试运行，由于技术成熟度相对较低和装备精度不足等原因，产品的一致性、良品率存在波动，成本难以有效控制。面对困难，锂电团队不气馁、不放弃，在充分总结第一条中试线建设调试经验的基础上又开始新的尝试。

2013至2015年，南京另外2条1000万平方米锂电膜中试线接连下线。基于720万平方米中试线的生产经验，科研团队积累了对整线认知和局部设备的理解，对2条新线的横拉、一次热处理、二次热处理及张力拉伸设备进行了改造。然而，生产能力有限及短时间无法快速提高良品率，导致中材锂电膜供货能力不足，产能再次成为了中材进军锂电膜市场的最大掣肘。

### 弘自主创业精神 厚积薄发 向国产化、产业化迈进

2016年，我国“十三五”规划发布，提出发展新能源汽车、汽车轻量化、智能驾驶等领域，并对新能源汽车的各细分领域做出了到2020年的阶段目标规划。新能源产业发展方向日趋明朗，市场前景广阔。“两材”重组后，中国建材集团始终将“创新”放在战略首位，体制机制更加灵活。从“水泥大王”到“三足鼎立”，中国建材集团不仅攀登技术高峰，更强调机制创新、团队有力，以更加开放的胸襟拥抱新的商业模式，让“重投资”转向“联合体”，构建从中国建材到中国材料新的战略蓝图。让新材料从实验室到产业化、规模化，填补锂电池隔膜国内空白。基于战略梳理，中材科技将锂电膜作为主导产业发展，成立中材锂电膜有限公司，同期启动建设中材锂电膜滕州一期项目。



锂电池隔膜

基于锂电池隔膜产品对于设备依赖程度极高，但国内设备生产商尚未能满足此类产品生产要求的现状，项目团队再次开始寻觅之旅。当时，国内选用进口设备的湿法锂电膜生产厂家采用的是日本生产线，其装备体系较为成熟。而同时引起中材锂电团队注意的，还有一家在生产同步拉伸设备上具备深厚基础的法国设备厂家，然而其并没有专门生产锂电膜的设备。项目团队面临一个很尴尬的选择，是跟在人家后面走，还是从无到有、开发新的生产线。抱着“为民族工业争气”的信念，团队放弃了相对成熟的日本生产线，选择了法国这家设备生产企业合作，争取弯道跑赢的机会，最终另辟蹊径、轻装上阵，开创了联合开发+BT投资的创新商业模式。

作为一个起点高、难度大、对中国建材集团和中材科技未来产业发展具有深远意义的新材料板块重大投资项目，各级领导均高度重视，多次亲临现场检查指导工作，协调解决重大问题或困难，有力推进了项目进展。与此同时，山东省、枣庄市、滕州市政府的各项优惠政策和开放姿态，也为中材锂电膜最终落子滕州提供了有力支撑。

在项目建设过程中，项目团队度过了无数个不眠之夜。记不清有多少次在深夜洽谈方案，有多少次因交付日期、技术路线不合而拍案而起、有多少次三方合作濒临破局。当时现场简陋，除了厂房，连办公室和椅子都没有，工人们坚守岗位连续奋战；科研人员深入一线，为了调试成功不舍昼夜；公司领导也经常通宵达旦，和

衣而卧。大家心中只有一个目标，那便是早日贯通出膜。

历经千辛万苦，终于迎来收获的日子。2017年8月13日凌晨3点，所有中材锂膜人难以忘记这一时刻。“滕州一期项目第一条生产线首次贯通了！”在场员工感慨万千，不少人流下了激动的泪水。的确，从2017年8月初设备进场那天起，无数次的断膜，无数次的调整，终于迎来了这第一卷膜。

2017年8月30日，中材锂膜滕州一期项目首条生产线试生产推介会隆重召开。中材锂膜第一条大规模湿法双向同步拉伸锂膜生产线的建成投产，标志着中国建材集团的锂电池隔膜研发、生产能力上升到了一个新台阶。

中材锂膜团队在摸索中进步，第一条生产线之后，各条生产线的安装、调试速度明显加快。2017年11月，第二条生产线建成投产。2018年6月、8月，第三、第四条生产线先后建成投产。2018年8月，第一、第二条生产线经考核，全面达到设计指标。如今，一期项目4条生产线已经全部建成投产。

中材锂膜滕州一期项目生产线的建成，实现了高端动力锂电池隔膜产品的真正国产化，标志着中材科技锂膜产业实现了“从0到1”的突破，向国产化、产业化迈出了坚实的步伐。

### 践行“三精”管理 内外兼修 生产经营管理初见成效

#### ●以市场为龙头，跻身国际一流电池供应商行列

中材锂膜从成立之初就确认了“3+N”的市场开发策略。“3”即3个战略，“N”为其他国内外知名电池客户等。

中材锂膜滕州一期项目生产线建成投产后，立即启动了新生产线产品在战略大客户的验证工作。经过一系列严苛的送样、装配电池试验、小批量订单验证到大批量应用。截至目前，已陆续通过HB134、FJ144、JS152等国内外一流电池客户的验证，标志着中材锂膜产品已经打入了全球锂离子电池产业链一流供应商体系，为中材锂膜产业的未来发展奠定了坚实的基础。

#### ●全面推行 IATF16949 体系建设，建立全流程管控的产品质量文化

从2016年率先在南京中试线推行IATF16949质量管理体系认证，2017年滕州一期项目生产线在建成投产以后，立即将相应的管理要求移植到滕州现场。2018年11月滕州公司最终通过了SGS的各阶段审核，拿到了IATF16949质量管理体系认证证书。基于质量体系的有效运行和优化，产线实现了低于成本高效运行，致力每一个顾客诉求，同时创建全员质量、全过程质量的质量文化，强调缺陷预防，减少变差和浪费，不断检视和降低风险。

#### ●全面建立生产标准化体系，提高公司产品的质量与交付能力

2018年4月，滕州工厂启动了标准化管理体系建设项目，通过系统策划模块设计了适合工厂现阶段的组织架构，明确了各部门职责，确定了满足目前生产规模的岗位配置和编制。通过工作标准化模块设计了工厂各类员工的工作流程和工作标准，操作性强，可指导员工快速胜任工作。通过绩效考核模块梳理工厂、质控及仓储物流各基层管理岗位及技术人员考核表单并与工厂的产量与质量挂钩，起到了鼓励每位员工改善绩效的积极效果。人才育成模块制定了基层管理人员和技术人员的培养内容和认证方法，明确了各类员工的成长路径，为人才培养和储备工作夯实了基础。

#### ●推行战略客户 TQM 服务模式，全面提升客户产品使用体验感

为进一步提高服务质量，创新实施“TQM服务模式”，即每个大客户均配备以市场经理为组长，技术、品质工程师为组员的服务团队，全面对接从样品开发到产品交付整个过程。从传统的客户方采购对接公司销售经理的点对点单线沟通模式，转变成客户技术对接技术、客户品质对接品质、客户采购对接销售的多点对接模式，并建立了公司和客户方的信息及时沟通机制，实现了无缝对接，极大提高了沟通的效率和解决问题的效率，提升了客户满意度。

经过一段时间尝试，原有TQM服务模式再次升级。在大客户处增派驻现场客户服务代表，提供实时服务。



通过采取一系列服务措施，确保客户的任何需求能够得到及时的抓取和响应，极大提高了客户的使用体验感，提高了客户黏性。

### ●以“三精”管理为抓手，夯实经营管理基础

紧密配合中国建材集团“三精”管理组织精健化的管理要求，结合公司实际发展情况，将以提升人效为目标开展工作。以人员绩效与能力提升为向导，优化人员结构及配置，提升组织人员效率；结合锂电行业特点和



公司人才实际情况，在完善人才培养与发展体系同时，重点打造卓越工程师培养计划，助力人才能力发展与组织协作效率提升；加强激励管理与业务发展匹配度，通过差异化激励、新型绩效管理方式，更精准投资人才激励项目，激发组织人才活力。

多措并举进行成本管控。通过把控主材采购价格，拓宽供货渠道，制定安全库存，逐年降低采购成本；通过加强生产协调，确保产销协同、适销对路；优化设备运行，减少切边、缩短切换时间，降低异常停机；控制LC消耗，加强蒸汽冷凝水回收，完善易损件管理，优化配料标准等措施，降低生产成本。

提高信息化系统适宜性。建立了ERP、MES及自动化集成的三级运维体系，有效保障了滕州工厂各信息化系统及接口的平稳运行，不仅为生产运作提供信息化保障，也有效支撑了公司运营效率和效益的提升。

## 以战略为指引 再出发再奋进 向国际一流锂电研发制造和服务商迈进

中国锂电产业飞速发展，技术进步日新月异，作为行业龙头企业必须承担起为整个行业持续提供高技术含量、高性价比的稳定产品的责任。

目前，中材锂电生产经营形势总体向好，主要经济指标稳步提升，重点工作有序推进，成效显著。通过“527战略研讨会”，确定了通过自建加并购发展路径，迅速

提升锂电产能规模；并明确了“一体两翼”的发展路径。“一体”即生产制造和服务体系，“两翼”分别是高性能膜材料研发中心和锂电装备制造平台。高性能膜材料研发中心围绕电池隔膜材料和未来电池所需要的其他材质的功能膜材料进行开发，为产业发展提供技术支撑。该研发中心将通过政企合作和开放式的经营管理模式，吸引各类人员加入，形成一个国家级的膜材料研发及共创中心。装备平台是为了保持中材锂电在同步双拉工艺的技术优势，并不断开发更大幅宽更高车速的装备而建立的，终极目标是开发具有完全自主知识产权的最大规模同步双向拉伸产线，并逐步实现装备国产化。

中材锂电二期项目6条线已经获得批复，产业化、规模化指日可待。这6条线将由装备平台公司承接。装备平台公司将在一期项目技术基础上，围绕更高的稳定性、更低的成本目标，采用更加先进的技术和更多的国产化设备开展工作。2021年6月该6条线将全部投产，届时中材锂电产能将达到6.48亿平方米，成为行业同步拉伸技术的领导者。

未来，中材科技锂电产业将专注于提升中高端动力、储能和3C类锂电池客户价值，坚持科学工程方法和价值管理理念，打造人才和装备集成优势，整合供应链资源，通过高效运行和不断技术创新，做优、做大湿法锂电池隔膜产业，迅速成长为锂电池隔膜行业的领军企业。👏



# 打造环保过滤膜材料民族品牌

## ——南京玻纤院潜心研发过滤微孔膜纪实

半个多世纪以来，南京玻纤院一代又一代环保卫士潜心钻研过滤微孔膜，在“膜”法世界问道环保大乾坤，从上世纪60年代组建国内第一个过滤布研发小组到问鼎环保过滤膜材料民族第一品牌，他们用智慧和热血捍卫初心——还地球山青水秀。

**临危受命**  
**创建我国首个玻纤环保过滤材料研发基地**

早在上世纪60年代，南京玻纤院组建了我国第一

个过滤布研发7人小组，开始了过滤膜材料研发和系列化产品的开拓，创造了国内环保膜过滤材料史上的多项第一。

### 1. 诞生第一卷环玻璃纤维圆筒过滤布

1965年3月，国家建筑材料工业部在南京召开会议，确定了玻璃纤维发展方向，决定增加玻璃纤维制品，扩大用途，代替与节约工业用和民用的棉、毛、丝、麻。随后，石油部四川石油管理局、中科院冶金化学研究所、江南水泥等单位因水泥窑尾烟气除尘材料寿命太短，向南京玻纤院提出了玻璃纤维除尘产品的需求。

为此，南京玻纤院迅速组建了研发小组，制定技术路线，自主创新，攻克技术难关。多少个日夜伏案工作，多少次眉头紧锁，多少汗水洒在试验车间。1969年10月，小组终于成功研制并开发出“有机硅处理玻璃纤维圆筒过滤布”，这不仅缓解了整个四川省产能无法满足泸州气矿炭黑厂需求的现状，而且用玻璃纤维制成的滤袋使用寿命延长了，同时也提高了处理烟气的温度，达到了节能的目的，可谓一举多得。从此，玻纤过滤袋“一炮打响”，迅速在国内推广，实现了从无到有的跨越。

## 2. 面世第一代玻璃纤维平幅过滤布

随着科技的进步，行业的需求也不断提升，对过滤布有了更高的要求，南京玻纤院受邀承担了建筑材料与非金属矿工业1975年科技发展计划任务，对玻璃纤维过滤材料进行技术提升。科研人员历经9个月的艰辛努力，从玻璃纤维织物的织纹入手，1975年9月研制出第一代玻璃纤维平幅过滤布，有效改善传统滤筒的强力不足问题，大大提高产品的使用寿命，研究任务圆满完成。

应用过程中，研究人员发现实际工况条件复杂，腐蚀性、湿度等影响因素很多，各工况均有特殊性，对过滤布的性能要求也各不相同，是交差还是自加压力深入问题的核心，研究小组跟踪应用，分析工况对玻璃纤维的危害原理，创造性地提出以石墨、硅油乳液为主要成分对玻纤过滤布进行表面处理提升功能。

而且，研究小组还对玻璃纤维缝纫线及滤袋缝制技术进行了系统的研究。采用经表面处理的玻璃纤维过滤布、玻璃纤维缝纫线缝合而成的“平幅缝接玻璃纤维圆筒过滤袋”，达到了炭黑工业用滤袋的苛刻要求。此项成果当年通过化工部鉴定，并获得了当年全国科学大会奖。根据不同行业工况的需求，南京玻纤院率先开发出钢铁用过滤材料、水泥用过滤材料，为国内首创。

## 3. 开辟玻璃纤维膨体纱过滤材料先河

80年代，国外玻璃纤维膨体纱过滤材料已有成熟产品在市场上流通，而国内厂家只能高额购买国外产品进行烟气过滤。由于玻璃纤维膨体纱的制备与传统的玻璃纤维制作大有不同，国内在该领域技术空白，作为国内唯一一家玻璃纤维研究院所，南京玻纤院又一次“披挂上阵”。

1986年，南京玻纤院承担了国家“七五”攻关的“水泥窑外分解”的子项目“玻璃纤维膨体纱表面处理技术”，由于传统的浸润剂使得纤维无法进行膨化，项目组从浸润剂的开发着手，选择浸润剂的表面活性剂、成膜剂和偶联剂，研究摸索乳化工艺。不仅如此，由于材料的特殊性，异于常规纺织工艺，为实现玻璃纤维的膨化，项目组只能自己设计纺织设备，进行工艺配套。最终于1991年12月成功研制玻璃纤维膨体纱过滤材料，过滤效率从原来的90%提升到95%以上，填补了国内该领域的空白。

作为国内第一家开发出玻璃纤维膨体纱过滤材料的单位，新品一“袋”难求、供不应求，乃至30年后的今天，仍广泛应用在炭黑、水泥、钢铁粉尘过滤领域，这也是项目组成员和后生们非常自豪的一件事。

## 4. 首创玻璃纤维针刺毡过滤材料

在炭黑行业，国内长期以来引进和仿造国外脉冲袋滤器，但其中的关键过滤材料——玻纤针刺毡滤袋由国



高性能过滤材料系列产品

外进口且使用寿命只有 1 年，每年都需要更换，行业亟需解决该关键材料的国产化问题。为此，南京玻纤院承担了国家建材局和化工部炭研究院联合下达的“玻璃纤维针刺毡滤材的研制”科研任务。

当时，国内玻纤针刺毡生产设备技术尚无，“设备不知，工艺不知，原料不知”，依靠全院科研中坚力量，组成项目组，从设备、工艺、电气、市场等方面开展研究，逐个突破针刺毡生产线开松、喂入、梳理、成网再到针刺的设计环节。

1992 年 2 月，在国内首次研制成功玻璃纤维针刺毡过滤材料，过滤材料的过滤效率提升到 99% 以上。为改善过滤材料的耐磨性，科研人员在玻璃纤维中引入耐高温化学纤维，攻克纤维混杂技术，其耐磨性相比玻璃纤维针刺毡滤料提了 3 ~ 4 倍，达到国内领先水平。混杂玻璃纤维针刺毡具有优良的机械和过滤性能，被市场广泛接受，成功应用于大型高温脉冲除尘系统，取代了高温反吹风及湿法除尘，并成为后续覆膜滤料的可靠基材，具有里程碑式意义。

### 打破垄断 抢占高效过滤膜材料最高地

进入 21 世纪，各国政府制定愈加严苛的排放标准，推动了粉尘治理技术不断发展。水泥、冶金和电力等行业粉尘排放量大对滤料提出了更高的要求，环保市场迫切需要高效过滤膜材料。耐高温过滤材料是水泥、电力、钢铁等行业烟尘粉尘减排必需的材料，覆膜滤料均具有过滤效率高、运行阻力低、使用寿命长等特点，可在低于 260℃ 的环境下长期使用。美国的 Gore、Donaldson



高性能除尘滤料应用于建材、电力、化工、冶金等行业

和 GE 公司领导着世界过滤 PM2.5 工业粉尘的潮流，具有很强的技术研发与产业开发能力，曾一度垄断了国内覆膜滤料的市场份额。

玻璃纤维覆膜滤料用膜为膨体聚四氟乙烯 (ePTFE)，属于新型高分子材料，与玻璃纤维的专业跨度大；不仅如此，需将这两种化学性能迥异的物质贴合并协同发挥过滤作用，其难度可想而知。

南京玻纤院实现膜材料从无机材料到有机材料的跨越，组建江苏省有机膜工程技术中心，21 世纪初开始研究玻璃纤维覆膜滤料。2009 年，在原有传统袋除尘滤料制备技术及市场优势基础上，根据滤料发展趋势及国内市场急需，南京玻纤院组建了 2 个制膜团队，同时与国内专家合作，专门针对 ePTFE 膜进行攻关。

团队从各个环节入手，制定合理的技术方案，试验找规律，确定生产工艺，开发出可以满足市场需求的 ePTFE 膜；随后技术人员围绕如何实现产品的稳定性，从生产线各个细节入手，将成品率从最初的 5% 提升至

95%，完成了历史性的重大突破。历时一年多，彻底完成了 ePTFE 膜的国产化研制，迫使国外产品直接降价 50%，大大加快我国环保产业发展进程，为我国节能和环保事业做出了应有的贡献。

## 立足前沿 率先实现粉尘趋零排放

随着环保标准的提高，袋式除尘技术近年来取得迅猛发展，在突破玻璃纤维覆膜滤料技术的基础上，结合国内环保的具体情况，又研制国内独有复合毡覆膜滤料、化纤毡覆膜滤料等，获得具有完全自主知识产权的工业烟尘超低排放治理用系列覆膜滤料产品和产业化技术。从过滤效率、过滤阻率以及清灰周期、清灰次数看，系列覆膜滤料均优于国外的产品，南京玻纤院发明了高温热压间隙覆合技术以及高均匀性小孔径、高强度 ePTFE 滤膜的关键制备技术，突破了覆膜滤料用基材设计与织造技术、表面处理技术以及热压覆膜技术，掌握自主知识产权的系列覆膜滤料产品和产业化技术，打破了国外技术封锁和垄断，产品通过美国环保局（EPA）环境技术认证（ETV），为治理 PM2.5 工业粉尘排放提供了技术支撑。通过覆膜滤料中试生产线成功研发并建成年产 400 万平方米的覆膜滤料生产线，覆膜滤料产品保持国内水泥市场占有率领先，经水泥、火电、钢铁等行业应用，



高性能过滤材料生产线

滤除 PM2.5 效率高于 99%，排放浓度低于 10mg/Nm<sup>3</sup>，实现趋零排放。产品总体技术达到国际先进水平，荣获江苏省科技进步二等奖和建材科学技术进步一等奖。目前国内市场占有率第一并出口到美、法、日等国，具有国际市场竞争优势。

南京玻纤院拥有国内先进的生产装备和测试手段，具备配套齐全的技术团队，玻璃纤维制造及其纺织、膜材料的制造及覆膜技术、自动化复合毡制造技术及滤料基材后处理技术，已形成了完整的产业链，并建成了大型过滤材料制造基地，建成国内规模大、品种全、技术优、服务佳的高温过滤材料生产基地，成为我国环保过滤膜材料的民族第一品牌。

## 持续突破 开拓膜材料新领域

工业过滤用 ePTFE 膜的国产化研制成功，打开了南京玻纤院有机膜材料研究领域的大门，技术人员根据有机膜材料的特性、现有的装备基础，对多方面的领域进行了延伸。

### 1. 拓展民品，打造高效膜防护口罩

近年来，雾霾就像幽灵一样出现在人们的生活中难以摆脱，各种标称防雾霾口罩铺天盖地。南京玻纤院投入力量，自主研发出了一款能防 PM2.5 的防雾霾口罩及引申产品，采用 e-PTFE 膜过滤技术，利用微孔膜的小孔径、高孔隙率，实现对细微粉尘的高效过滤。

该膜防护口罩采用覆膜过滤技术，又异于滤料的孔径控制，膜防护口罩孔径 0.5 ~ 1 微米，可防护 PM0.5 ~ PM1.0。经江苏特种劳动防护用品检测检验机构检测，对 0.3 微米粒子粉尘过滤效率高达 99%。

### 2. 需求导向，开发防水透气面料

防水透气面料最早是由美国 Gore 公司开发成功，近年来，国外已严格限制向我国出口该类复合面

料。根据国家配套需求，项目组攻关技术瓶颈，研制出国内首批防水透气面料，透湿量和静水压可以与国外产品指标媲美，为我国关键材料自主化做出贡献。利用该材料特殊的防水透湿的特性，技术成果转化民用，研制成冲锋衣，市场反应良好。

### 3. 结合国家新材料发展需要，拓展研究锂电池隔膜

锂电池隔膜一直是制约我国锂电池发展的瓶颈，美、日等国外公司掌握着锂电池隔膜核心制备技术与生产装备，对外进行严密的知识产权保护与技术封锁。南京玻纤院基于原有铅酸蓄电池用无机 AGM 隔膜的技术和市场优势，以及有机过滤膜研发能力，于 2010 年组建专项攻关小组，开展了锂离子电池隔膜研究，打通了湿法双向拉伸制造 PE 隔膜的技术瓶颈，掌握了核心生产工艺及成套装备研制能力。

2012 年 6 月建成年产 720 万平方米的锂离子电池隔膜中试线，同年 10 月实现供货。2015 年成功扩建 2 条 1000 万平方米的锂离子电池隔膜生产线和 600 万平方米/年的涂覆产能，产品的性能指标达到进口同类产品的先进水平，打破国外垄断，加速了高端锂电池隔膜国产化进程。

成功孵化锂电池隔膜技术与装备，组建中材锂膜公司，专业从事高性能锂电池隔膜材料的研发、生产、销售及技术服务，并且得到中国建材集团的重视，成为集团重点发展的六大新材料产业之一。

目前南京玻纤院正在联合研究燃料电池用复合质子

交换膜。作为央企，南京玻纤院有责任去攻坚克难，有义务去推动膜材料的拓展研究，为国家新材料发展提供技术保障。

## 发展产业 服务行业服务社会

近几年，根据市场需求，南京玻纤院不断扩大产能，提供优质过滤膜材料产品和高质量运维服务，广泛应用于水泥、火电（山西兆光、宏光、徐矿等）、钢铁（宝钢、首钢、沙钢等）等行业烟尘的高效处理。其中在水泥行业应用超过 400 条生产线，国内市场占有率领先，特别是在水泥工业国内前 12 家公司（海螺、中联、南方、山水、金隅等）及在世界排名前列的水泥公司（拉法基豪瑞、海德堡）均已得到应用。高效过滤膜材料比原有滤料的运行阻力低、周期长，为实施企业减低运行费用，同时降低粉尘排放，创造了极大的社会效益。从当今来看，高效过滤膜材料的成功研发，打破了国外少数公司的技术封锁和产品市场垄断，结束了滤料长期依赖进口的局面。系列覆膜滤料产品的面世，迫使国外同类产品降价并逐步退出国内市场，产品还出口到美国、巴西、德国、韩国、日本、印度、越南和台湾等国家和地区，提高了我国环保整体装备在三大行业的国际竞争力，为我国“一带一路”倡议提供了技术支撑。

南京玻纤院参与清华大学牵头建设的国家工程实验室——烟气多污染物高效脱除及资源化中心项目，建成了 7 个烟气多污染物控制技术与装备创新平台，围绕钢铁、有色、建材、石化、电力等行业烟气深度减排需求，构建烟气治理领域创新网络，发挥出带动和辐射效应。

## 结语

一个团队，几代工匠，埋头钻研微细的滤孔。  
一方织布，一层网膜，透射成像环保的大世界。  
一颗初心，几许情怀，成为我国膜分离技术的排头兵。  
一份责任，一肩担当，为了人类生存环境我们任重而道远。





# 发展陶瓷膜过滤材料 保护祖国的绿水青山

## ——山东工陶院高效脱硝除尘功能陶瓷膜发展纪实

绿色发展在取得历史性成就的同时，经济快速发展中积累的诸多生态环境问题依然存在：江河水系、地下水污染和饮用水安全问题，重金属、土壤污染，大范围长时间的雾霾污染天气……各类环境污染频发，已成为突出的民生问题，成为全面建成小康社会亟待补齐的短板。推进生态文明建设，刻不容缓。

早在本世纪初，国外一些国家就已通过高温陶瓷膜材料与脱硝催化剂高效复合，完成了具有除尘、脱硝、

脱硫等多功能一体化的高温陶瓷膜材料技术和产品的开发，实现了高温（300℃以上）状态下气体尘粒子高效过滤（除尘效率 99.95% 以上）和其他气体污染物协同去除，NO<sub>x</sub> 去除率 85% 以上、SO<sub>x</sub> 去除率达到了 90% 以上，催化剂利用率几乎可以达到 100%。这也为我国的烟尘净化用高温陶瓷膜材料研究和发展提出了明确的要求和挑战，“谁来发展，如何发展，发展的方向在哪”成为了国内相关企业和研发团队共同话题。



山东工业陶瓷研究设计院，作为唯一的国家级工业陶瓷专业科研院所，在陶瓷膜过滤材料研发与生产技术领域始终保持着国内领先地位，对环保政策具有高度的敏感性及极强的捕捉能力。山东工陶院以国家产业政策为指导，以科技研发、技术创新为支撑组建研发团队，自2006年起进军工业烟气治理行业，2014年实现了工业烟气、废水、固废一体化协同处理产业链建设。十年磨一剑的坚韧铸造了研发、应用、生产一体化平台，厚积而薄发的毅力汇成了百余项核心专利。从这一刻起，山东工陶院这支团队成为了国内工业烟气、废水、固废一体化协同治理技术领军团队；从这一刻起山东工陶院也矗立在了国家高新技术企业之林，正式踏上了高效脱硝除尘功能陶瓷膜材料研发的不朽征程。

新型的功能性高温膜过滤材料成为了团队攻克的关键点。陶瓷膜高温过滤除尘和高负载脱硝催化剂催化脱硝等多重性能的充分发挥是团队选择攻克该技术的落脚点和出发点，产品直接实现高温状态下（200℃以上）尘粒子高效去除与脱硝，可解决传统除尘、脱硝分段实施工艺中存在的占地面积大、投资成本高以及高粉尘环境



条件下易造成脱硝催化剂堵塞、磨蚀、中毒等技术难题，为高温烟气除尘、脱硝高效一体化提供了一个崭新的技术和材料支撑，在高温烟气净化领域的未来市场空间巨大。

以总工薛友祥为代表的科研团队清晰地意识到了烟气排放所带来的问题。他们以提升陶瓷膜材料的复合功能性，发展大尺寸、低阻力、高除尘效率和脱硝效率的功能性陶瓷膜材料，解决低成本产业化和工程化应用技术难题为目标，与浙江大学合作，以 $MnO_x$ 、 $CeO_x$ 、 $CuO_x$ 、 $FeO_x$ 、 $CoO_x$ 等金属氧化物作为催化剂的活性组分，替代V-W-Ti催化剂，开展了环境友好型纳米脱硝催化剂材料制备及与膜材料复合技术研究工作，已制备出在275℃~325℃能实现80%以上的 $NO_x$ 脱除效率功能陶瓷膜材料，解决了催化剂毒性和宽温度范围、高活性问题，实现了宽温度范围内抗硫中毒的高脱硝效率。

多功能陶瓷膜材料制备成功，实际工况的使用效果如何仍然未知，这也是团队迫切期待的。为解决这一难题，也为切实地测试和考核脱硝效率，团队在陶瓷膜车间搭建起了一套脱硝催化剂测试装置，用于脱硝效率测试。利用该装置多次测试脱硝除尘一体化功能膜脱硝效率，均可达到85%以上。面对如此良好的应用考核效果，团队既欣喜又颇感压力，因为不同类型窑炉烧制不同产品产生的废气成分含量及烟气温度也不尽相同，为进一步验证不同工况使用效果，团队在山东、浙江等地分别进行了中试验证。几个公司的产品领域不同，窑炉类型不同，所以烟气温度不同，产生的废气成分也不同，但通过排放烟气的成分测试，都可达到排放标准。

排放标准，这一可持续发展总布局的关键话题，已经自2017年开始，由党中央下达相关政策并贯彻落实，而烟气排放，已经成为了最为苛刻的标准之一，其中粉尘排放和氮氧化物排放又是标准核心。在政策标准的红线下，淄博市制订了2020年前粉尘排放达到 $10mg/m^3$ （建陶）、 $20mg/m^3$ （其他），氮氧化物排放达到 $100mg/m^3$ （建陶）、 $200mg/m^3$ （其他），2020年以后粉尘排放达到 $10mg/m^3$ ，氮氧化物排放达到 $100mg/m^3$ 的落实指标。面对如此严格的排放标准，中材高新旗下的氧化铝、石英、电瓷首当其冲面临着不达标就停产整改的危机，如何保障上述企业正



常运转这一难题摆在了研发团队面前，时间短、任务重、责任大、难度高，已成为公认的事实，“项目能做成吗？氧化铝等单位真要停产了吗？”成为那一段时间热议的焦点。就在舆论漫天之际，研发团队完成了脱硝除尘设备设计及制备等一系列旁人看来不可能完成的工作，在仅仅不到2个月时间，先后完成中材氧化铝事业部在傅山工业园内的4座氧化铝隧道窑烟气治理改造，成为业内佳话。改造后连续运行6个月，各项指标均可达到或超过淄博市环保排放标准，被淄博市环保局列为标杆企业。自2017年10月，又逐步完成科技园区的陶瓷膜窑炉烟气、电瓷窑炉烟气和石英窑炉烟气排放改造工程，正常运行条件下，烟气排放均可达标。

在完成了国内领先技术创新及工程验证后，团队将发展方向瞄向了国外先进技术。除尘脱硝一体化功能性陶瓷膜材料作为目前国际已发展的最高效、最理想的高温烟气净化材料，已在外国报道了成功应用案例，但仍有很多问题。如何实现低阻力、大尺寸、高负载性的催化剂，提高过滤材料耐温性和除尘效率，提高脱硝催化剂的催化活性和使用寿命，降低催化脱硝成本，是摆在高温烟气净化技术领域的关键技术问题。团队依托国家“十三五”重点研发计划，通过近两年的科技攻关，先后攻克了短纤维真空抽滤技术、纤维编制、纤维针刺、纤维缠绕工艺关键技术难题，突破了具有高催化剂负载性能的低阻力高温陶瓷膜材料制备技术，开发出了国内唯一气孔率高达70%以上的陶瓷纤维复合膜制品，对标传统陶瓷膜材料，具有过滤阻力低、过滤除尘效率高等优点，可解决传统高温陶瓷过滤材料热稳定性差、高温易发生脆性断裂等技术难题，实现了膜材料的大尺寸化和低阻力化。

如何走高效技术攻关之路并保障技术实效性，又成为团队待解决的又一问题。针对低阻力的耐高温陶瓷膜材料载体技术，本着优势互补、强强联合的总思路。团队与浙江大学联合开展了环境友好型高效纳米催化剂材料及其负载工艺研究，突破了适于高效负载的环境友好型纳米催化剂的制备及性能调控技术、高温陶瓷膜材料与纳米脱硝催化的高效负载技术、除尘脱硝一体化功能高温陶瓷膜材料性能评价技术，开发出了低阻力的耐高温陶瓷膜材料及环境友好型高效纳米催化剂材料，解决



高效脱硝除尘陶瓷膜滤芯

了膜材料与脱硝催化剂的结合性、脱硝活性位分散均匀性、过滤阻力与除尘效率和脱硝效率匹配性等技术难题。

同时，除尘、脱硝高效耦合一体化装置的成功开发，也为团队打开了新的发展思路——高温烟尘超细粉尘除尘与其他污染物高效协同治理技术应运而生。而这也成功实现了进口替代，填补了国内相关技术空白，有效提高了我国高温膜过滤材料技术水平，同时也带动了传统高温陶瓷膜材料转型升级，节省了大量的催化剂资源，引领我国催化剂资源产业化利用技术的进一步升级，提升我国在脱硝除尘技术领域的竞争力，为中国当今的雾霾、酸雨治理提供有效的技术，为大气中细粒子、NO<sub>x</sub>及其他有机污染物的联合脱除提供新技术思路。

团队始终不忘初心，牢记使命，在打好蓝天保卫战，强化水、土壤污染防治，推进生态保护和建设，构筑可持续发展的绿色长城，建设天蓝、地绿、水清的美丽中国的道路上开拓创新，拓展功能陶瓷膜技术及应用之路，戮力同心，持之以恒。雄厚的技术积淀是他们的骄傲，良好的技术服务是他们的真诚，立足本省、辐射全国、迈出国门是他们不变的追求，强化央企责任，带动和推进相关企业、高校、研究院的产业集群优势和技术联盟优势，打造高温除尘脱硝等一体化功能陶瓷膜材料的平台，巩固和强化在高端陶瓷膜过滤材料领域的优势地位是他们前进的动力。团队上下必将坚定发展的脚步，为可持续发展雕刻浓厚的一笔，为节能减排书写华丽的乐章！👏



膜项目鸟瞰图

## 用“膜”法守护“水安全”

### ——中复新水源科技有限公司高端反渗透（RO）膜及组件项目概览

21世纪是水的世纪，人类文明及可持续发展面临着气候异常变化导致的水患、人口增长导致的水资源短缺、工业化失衡发展导致的水污染加剧的严重威胁。瑞士达沃斯世界经济论坛报告：全球正面临水破产的危机，水资源今后可能比石油还昂贵；全球逾10亿人面临缺水，因水引起的局部冲突越来越多，在缺水地区，“水安全”与“国家安全”相提并论。中国是水资源短缺的国家，淡水资源的总量为 $2.7 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，居世界第6位，但人均水资源占有量仅为 $2100 \text{m}^3$ ，是世界人均的1/4，居世界第108位，被联合国列为世界上最贫水的国家之一。

国内水资源分布很不均衡，多达2/3的城市缺水，尤其是沿海大部分工业城市的人均水资源量低于 $500 \text{m}^3$ （其中大连、天津、青岛的人均水资源量低于 $200 \text{m}^3$ ），属于严重缺水地区。据预测，2030年中国人口将达到16亿，全国实际可利用水资源量接近合理利用水量上限，开发新的水资源如进行海水淡化、废水资源化等势在必行。

近年来，国内废水、污水排放量以每年18亿吨的速度增加，全国工业废水和生活污水每天的排放量近1.64亿吨，其中约80%未经处理直接排入水域，农村有近3亿人口饮水不安全。随着国家环保政策和居民对

饮水质量不断提高的要求，对于污水治理和饮水深度处理的愿望越来越迫切。发展水资源利用技术已经成为关系国计民生、国家可持续发展的重要任务。

膜技术是材料科学和过程工程科学等诸多学科交叉结合而产生的新领域，特别适合于现代工业对节能、低品位原材料再利用和消除环境污染的需要，在全球范围内受到了前所未有的重视，水处理界和科技界把膜技术视为 21 世纪工业技术改造中的一项非常重要的新技术，并誉为最具发展潜力的朝阳产业之一，在众多工业行业中将扮演着战略性角色。“谁掌握了膜技术，谁就掌握了化学工业的未来”已成为化工界的共识。

膜技术在水资源、能源、传统工业技术改造等方面有巨大市场需求，2017 年中国膜行业总产值近 1000 亿人民币。目前，中国工业领域反渗透膜的应用规模超过 2700 万  $m^3/d$ ；海水淡化日产能突破百万吨大关。国家新的城市饮用水标准检测指标增加到 101 项，随着新标准的出台实施，反渗透膜、纳滤膜作为深度水处理核心元件的应用将越来越广泛，市场总量不断扩大。

全球反渗透膜市场是一个由少数公司高度垄断的市场，高达 90% 以上的市场份额被美国陶氏化学（Dow/Filmtec）、日东电工集团/美国海德能公司（Nitto Denko/ Hydranautics）、日本东丽（Toray）、美国科氏（Koch）、美国通用（GE）、日本熊津（CSM）、日本东洋纺（Toyobo）、国内时代沃顿 8 家公司占有。东洋纺公司的反渗透膜产品主要应用在海湾地区的阿拉伯国家，海湾以外的国家和地区的反渗透膜市场几乎被另外 7 家供应商垄断。其中仅陶氏、海德能和东丽 3 家就占据了全球 75% 以上的市场份额。

中国是全球最有潜力的反渗透膜市场，是国际反渗透膜厂商竞争的焦点地区。在中国反渗透膜市场，国外反渗透膜产品占据优势地位，其中美国陶氏化学公司、蓝星东丽和海德能公司占 70% 左右的市场份额。

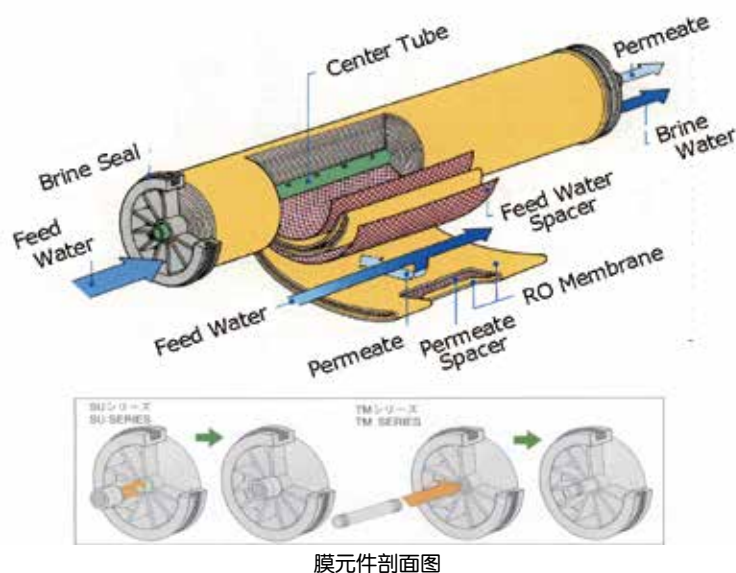
自从陶氏 FilmTec 公司在世界上首先发明实用性的复合膜以来，膜及其应用技术就得到了前所未有的发展，许多领域的开拓及其规模

化应用均是从使用陶氏膜元件开始的，FILMTECTM 品牌的反渗透和纳滤膜产品被公认为性能更高、更一致且更稳定的分离膜著名品牌，市场占有率世界第一。

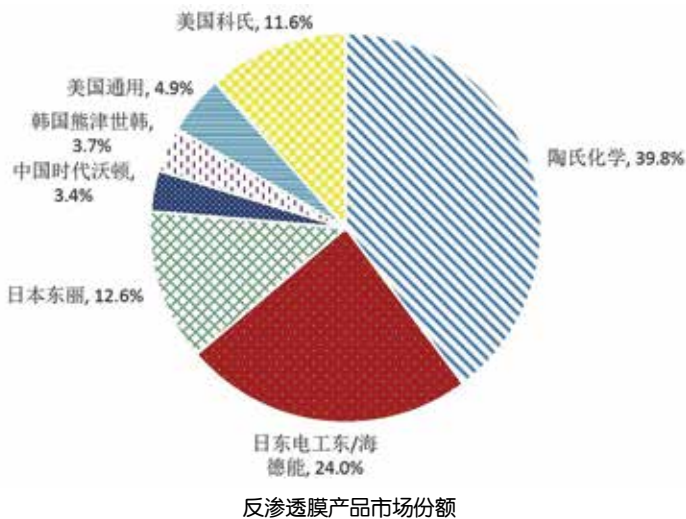
国内反渗透膜厂家，工业领域知名的主要有贵阳时代沃顿、杭州北斗星公司、湖南沁森、湖南澳维等，包括一些上市企业在内的国内公司也在准备进军反渗透膜市场。截至 2017 年年底，国产品牌的市场占有率已上升至 20% 以上（其中蓝星东丽公司在国内的市场占有率的一半计入国产膜的市场占有率）。在全球反渗透膜市场上，国内品牌的膜元件所占的市场份额大致在 7% 左右。

然而，国内膜技术应用层次偏低，应用领域偏窄，支撑国家资源节约、环境友好型社会建设力度不够。国内膜技术应用领域主要偏重于低端水处理领域，占市场的 90% 左右，而发达国家这一比例在 70% 左右；在国外有很大市场需求的工业用高端膜材料，在国内则处于起步阶段。在水处理领域，高端的大型海水淡化和大型水处理工程主要依靠国外进口膜材料。

另外，国内生产膜材料的上游主要基础原材料，包括聚砜、聚醚砜、聚酰胺等高性能特种工程塑料产品质量难以满足高性能膜材料生产要求，主要依靠进口。在技术研发方面，国内膜企业对技术研发的投入低于国外企业；国外大品牌的膜企业新技术、新产品的研发，大量储备某种或某几种技术的第二代、第三代产品；而国



膜元件剖面图



内膜企业主打的膜产品往往都是最新研发的，膜技术研发并不是作为一种前沿性、前瞻性的技术储备予以看待，技术储备的差距十分显著。全球膜与膜组件、大型水处理、产业技术标准主要由国际跨国公司主导，技术、资金、工程化经验和品牌等方面优势明显，通过工程承包、合作建厂等多种方式抢占国内膜法水处理市场，对国内膜技术提升和产业发展构成较大的压力。

国内膜产业自主创新能力不强，主要体现在高端膜材料长期依赖进口，高端产业、低端环节现象严重。核心膜材料自主创新产品少，国产膜材料市场竞争力弱，在高端市场的占有率不足 10%。国内从事膜工程的企业超过千家公司左右，绝大多数企业不具备大型海水淡化工程的设计、施工、调试运行能力；大部分企业只能从事成套装备的组装工作，关键膜材料和器件依赖进口，企业利润微薄，产业处于低端环节。

近年来，国内在工业废水、城市污水处理、再生水回收中广泛采用反渗透及纳滤为核心的集成膜过程，在电力、钢铁、石化废水及市政污水处理、再生水回用等方面推广应用，成为膜法水资源再利用的技术发展趋势，高端反渗透及纳滤膜产品年需求量复合增长率超过 15%；国内高端反渗透及纳滤膜材料与应用技术与国际厂家尚有一定的技术差距，仍主要依靠进口。

据中国膜工业协会 2018 年膜与水处理行业报告数据，2015 ~ 2017 年中国水处理膜行业年复合增长率达到 18%。2017 年中国水处理膜行业市场规模 710 亿元，

同比增长 18.3%。预计 2018 ~ 2020 年中国水处理膜行业规模年复合增速为 20%。

膜行业“十三五”规划明确指出：要让反渗透 RO 膜技术完全达到国际先进水平，反渗透 RO 及纳滤 NF 膜国内市场占有率实现 30% ~ 50%，微滤膜及超滤膜质量实现新突破，国内市场占有率达 60% ~ 80%。

面对如此高的市场需求，进行国产高端反渗透 RO 膜的研发及产业化迫在眉睫。中复新水源科技有限公司主动承担国企责任，结合自身的工程技术和产品配套实力，引进专家团队，经过多年的研究，终于总结发展出了一套指导膜生产过程的基本理论。该套理论可以有效地控制膜的化学组成和结构，包括膜材料化学组成、高分子主链结构、分子量、分子量分布、交联度和表面官能团等；可有效地控制膜的物理结构，包括膜孔径大小、空隙率、孔径分布和膜的机构形态；可有效地控制膜的形成，包括膜的形成速度、增长速度和膜的有效厚度等；可有效、定量地选择、设计、合成新的高功能的膜材料；可有效、定量地用来指导大规模制膜生产。

经过研发团队日以继夜的努力，项目产品顺利通过了实验室小试和中试。中试结果如下：

RO 膜测试条件：预压 1h 5.5MPa pH7.5 NaCl 浓度 32g/L 测试时间 0.5h	NaCl 溶液通量	40.58L/(m <sup>2</sup> h)
	NaCl 溶液通量	99.75%

从以上结果可以看出，和国内外的竞争对手相比，中复新水源科技有限公司研发的膜产品具有高通量、高脱盐率的特点，达到世界一流水平，并且公司的膜制造技术在材料及工艺方面能有效降低膜的生产成本，通过先进的制膜设备和先进的设计理念，弥补和解决了国内加工精度不如发达国家的问题，保证膜产品的性能和质量。

中复新水源的产品市场定位目标以中、高端为主，目标是替换进口品牌。目前中国市场的高端膜产品以进口品牌产品为主，并占有超高的市场份额，尤其是高性能的膜及膜元件，在高端特种膜市场（如 RO 膜，UF/MF 的用于医药、生物、电泳漆分离以及机械加工废水

处理等的膜)仍缺乏竞争力。公司膜产品的优势还在于产品性能完全达到国际先进膜技术公司的水平,如美国通用电气公司(GE)、美国Dow化学等,而且可以根据用户需求调节膜的分离性能。

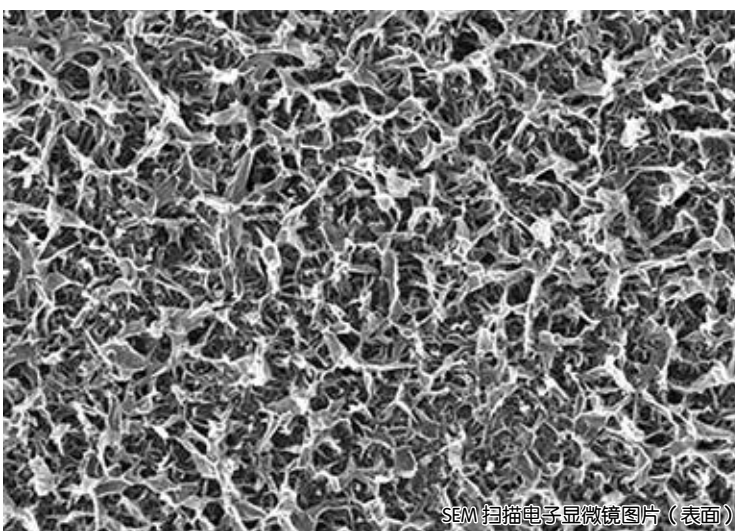
中复新水源的膜产品具有以下性能优点:

①膜材质经过亲水改性,降低透膜压差,运行能耗低,通量大,抗污染性增强;制膜配方经过优化,提高了孔隙率,水通量大。②膜表面光滑,可有效减少膜表面的吸附污染和杂质滞留,提高膜的抗污染性,清洗后的通量恢复率比常规膜产品提高10%以上。③

耐各种酸碱性和氧化剂,如次氯酸钠和双氧水等,适合处理各种水质的原液。④有优良的抗氧化性、抗老化性和抑菌性。

中复新水源投资建设了高端反渗透膜产业化项目,可为我国综合水处理方案提供自给自足的国产反渗透膜及膜组件产品,有效打破国际垄断,解决关键核心技术“卡脖子”的问题。

该项目成功量产后,将对降低水处理成本、提振水处理产业链上下游的发展产生巨大的实质性贡献。项目的实



施将增加数千吨聚砜、无纺布等高性能材料的市场容量,提振我国高端原材料行业的研发热情,带动上游产业的国产化发展水平。同时,低成本高性能反渗透膜技术也可以促进我国其他能源、资源、环境、制造等国民经济支柱产业的发展。相应技术可以通过适当的移植来满足航空航天、仿生智能产品等行业的发展需要,不仅为我国重大工程建设和重大水处理项目提供技术保障,而且将为我国从材料大国转变为材料强国奠定坚实的基础。

同时,通过该项目的建设,还将进一步提升中复新

水源公司在膜法水处理领域的技术及创新能力,增强核心竞争力,实现向高技术性水处理专业公司的转型。

在创新发展的道路上,中复新水源必将践行国企责任与担当,创立具有自主知识产权的高端反渗透膜品牌,助推国家能源、资源、环境等产业的发展,为国家的可持续发展贡献更大的力量! 🇨🇳



## ▶ 工业陶瓷



氮化硅陶瓷球

# 厚积薄发四十载 踏潮扬帆正当时

## ——中材高新氮化硅陶瓷发展侧记

2017年9月15日，中国建材集团所属中材新材料股份有限公司自主研发转化、具有完全知识产权、在国内具有领先水平的“年产100吨高性能氮化硅陶瓷生产线”于山东省淄博市开工奠基。2019年7月，一期项目建成投产。氮化硅陶瓷这一新型材料再次被摆到大家面前，引人关注。

氮化硅陶瓷是氮（N）和硅（Si）的化合物，其中氮（N）来源于占大气总体积的78.16%的氮气，硅（Si）来源于自然界中占了总重量26.00%的地壳中，是典型的通过特殊条件人工合成的化合物，具有许多优异的性

能，被称为“黑色陶瓷钢”“先进陶瓷皇冠上的明珠”。作为一种新型先进陶瓷材料，氮化硅陶瓷与其他材料相比具有优异的性能，其硬度仅次于金刚石，其重量仅为钢的三分之一，加之强度高、耐磨性好、刚度高、耐腐蚀、耐高温、电绝缘、不导磁、比重小、自润滑等一系列金属材料不具备的特殊性能，被誉为综合性能最好的结构陶瓷，甚至说它是综合性能最强的材料都不为过。正是由于氮化硅陶瓷具有如此优异的特性，可用于极度恶劣的环境及特殊工况，在核工业、石油、化工、轻纺工业、机械、冶金、电力、食品、医疗、机车、地铁、高速机

床等领域皆可广泛应用。这种氮化硅陶瓷材料也是军工配套的关键材料，在航天航空轴承、新一代陶瓷透波材料、大功率陶瓷基片等具有不可替代的地位。100吨生产线项目建成后，也将成为军民融合发展平台，为我国新兴产业和国防建设做出积极贡献。

## 回望那个追梦年代

到目前，自然界中还没有发现氮化硅化合物的存在，氮化硅人工成功合成可追溯到140多年前，但当时仅仅作为一种稳定“难熔”的氮化物留在人们的记忆中。二次大战后，科技水平迅速发展，迫切需要耐高温、高硬度、高强度、抗腐蚀的材料。经过长期的努力，直至1955年氮化硅才被重视。

这一新材料产品在制备工艺上具有相当高的要求，国内曾长期处于“真空”状态。那么，我国氮化硅陶瓷的“源头”在哪里呢？中材高新氮化物陶瓷有限公司是隶属于中国建材集团的国家级高新技术企业，是中材高新材料股份有限公司的全资子公司，继承了山东工业陶瓷研究设计院与中材人工晶体研究院多年来的研究成果和优势资源，是国内最早开展氮化硅陶瓷材料设计开发和研制生产单位之一。

回顾氮化硅发展史——1978年，项目组在山东工陶院成立；1980年RBSN、R-RBSN、HP-SN无压烧结氮化硅研制成功；1984年，氮化硅研究室成立；1996年，建成国内首条年产80W粒氮化硅陶瓷轴承球中试生产线；2008年在北京建成年产12吨氮化硅陶瓷轴承球生产线；2014年，国家工业陶瓷工程技术中心氮化硅陶瓷轴承球生产示范线贯通……自国家“六五”计划以来，已承担37项国家及军工重大科技项目，获得部级研究成果奖20余项，拥有氮化硅陶瓷领域包括粉体

合成、制备以及精密加工技术35项发明专利，完全拥有自主知识产权，并应用于我国长征系列运载火箭、空间交汇对接工程、载人航天工程、嫦娥工程等军事国防领域。

这一条条履历看似轻描淡写，却背负着多少国人科研工作呕心沥血、执着不息的奋斗。

要讲中材高新氮化物陶瓷有限公司，就必须要先讲讲它的“老前辈”——山东工陶院。山东工陶院是1971年在特殊的历史背景下成立的，现在已是我国著名的先进陶瓷研究院，为我国先进陶瓷的研发、产业化和标准化做出了突出贡献。氮化硅系列材料的研究在工陶院有着悠久的历史，当时项目组集结了国内一大批在氮化硅材料方面有影响力的专家，同时拥有较先进的研究测试设备。专家们严谨务实的工作作风、高水平的研究能力以及工陶院和谐的氛围，为项目未来的成长奠定了坚实的基础。

尽管那时大家都对氮化硅陶瓷的未来发展充满信心，但迫于大环境的压力和研发进度的缓慢，产业化前景渺茫，在当时自身生存都面临极大困难的情况下，项目甚至到了要被撤掉的地步。鼎盛时，氮化硅项目组有30多人，随着任务的减少，很多人选择了离开，研发跌入低谷。但还是有不少人怀着坚定的信念和使命选择留下，那就是让中国的氮化硅陶瓷的产业化在他们这一代人身上实现，那就是他们的“梦”。



面对困境，除了继续，他们没有选择过第二条路。

## 风雨过后终见彩虹

2006年，中材高新将氮化硅陶瓷项目搬到北京人工晶体院，氮化硅产业发展的新征程自此开启。建立研发和产业化团队，改造实验室和生产车间，积极申报争取国家和北京市各类项目支持……两年后，国内首条年产12吨氮化硅陶瓷轴承球中试示范线在北京建成，这条中试线多台专用设备属于自主研发，填补国内空白，具有一流水平，对氮化硅轴承球产业化意义重大，为产业化平台的搭建提供保障和支撑。

不经一番寒彻骨，怎得梅花扑鼻香。随着技术突破和发展，建立产业化平台的契机已经到来。基于这样的信心和底气，2011年，中材高新决定在淄博成立中材高新氮化物陶瓷有限公司，组建产业化平台，以尽快实现高性能氮化硅陶瓷球的批产。

过去国内客户对氮化硅陶瓷非常陌生，完全不了解，导致他们在推广过程中到处碰壁。给客户打电话，说“我们是做氮化硅陶瓷材料的，可以为您提供轴承部件的替代方案……”对方常常满是质疑：“陶瓷这么脆，还能用在轴承上面？开玩笑吧？”销售人员需要反复沟通，甚至要托层层关系才能获得对方一句“行吧，我先试试”。氮化硅陶瓷产业化在质疑声中开始了艰难跋涉。

2012年后，随着氮化硅陶瓷在国内的发展，其不可或缺的替代作用被人们逐渐地熟知，销售人员不用追在客户后面推销了，很多客户会主动前来询问，选择权终于回到自己

手中：“听说你们是国内做的最好的氮化硅材料供应商，我们有需求，想和你们建立联系，进行合作。”

是的，风雨过后见彩虹，守得云开见月明。氮化硅的春天到了，实现梦想的时候到了。

作为氮化硅材料的元老级人物、在这一行默默耕耘数十载的中材高新材料股份有限公司总裁、中材高新氮化物陶瓷有限公司董事长张伟儒说：“为什么这么多年我们还在坚持，因为这个产品饱含几代人的心血，我们把它当成自己的孩子，投入了深厚的感情。过去因为我们盘子小，规模不大，所以低调做事，不求名利，只想把产品做扎实。如今我们的规模渐渐打开，在整个轴承应用领域中，占有率从过去的千分之一增长到今天的百分之四，在热等静压(HIP)氮化硅陶瓷球领域的市场占有率达到80%以上。现在，也到了这种材料该发光发热的时候，我们希望能有更多的人知道，我们有底气了！”

过去国内氮化硅陶瓷轴承球制备方法主要是气氛压力烧结，由于装备和技术的限制，这种方法制备的陶瓷轴承球属于中低端产品，国外先进国家主要采用热等静压烧结技术，所制备的陶瓷轴承球属于高端产品。但是由于热等静压设备昂贵且技术突破难度大，我国在这方面明显落后于国外。2015年，人工晶体院利用国家项目的支持，加快了热等静压烧结氮化硅陶瓷球技术的研发进展，技术人员经过日日夜夜不眠不休的实验研究，不到一年时间，在国内首次实现了热



氮化硅车间



等静压氮化硅陶瓷轴承球的技术突破，热等静压陶瓷轴承球性能达到国际 I 级水平，个别指标甚至超过了国外竞争对手的产品。随着我国热等静压烧结技术的突破，我国氮化硅陶瓷轴承球的竞争力取得了显著提升，综合指标比肩国外同类产品。成为继美国阔斯泰克、日本东芝之后国际第三家、国内唯一一家可以稳定批量制造生产适用于高端热等静压氮化硅陶瓷轴承球的中国企业，隐形冠军当之无愧！

瑞典的 SKF 集团是一家百年企业，执世界滚动轴承业之牛耳，经营触角遍及全球，业务遍及世界 130 个国家，每年生产 5 亿多个轴承，销售网遍布全球。目前拥有 200 家分公司、80 家制造厂、41000 位员工和 8000 家代理商和经销商。如能为行业老大供货，对供货者来说无疑是无言的勋章和免费广告了。为了能够实现这个目标，中材高新氮化物陶瓷有限公司开启了长达 13 年的“考试”。

13 年前，SKF 的代表第一次去看公司的生产线考察，也提供了样品供其测试。但返回的结果是：不满意、不达标。那时公司从上到下都自知同对方的要求和先进水平差距甚远，也没有什么心理负担。后来机缘巧合，在一次展会上，SKF 的采购总监被公司的展台产品吸引，并了解到企业经过几年的发展已经有了很大的进步时，SKF 的采购总监抱着试试的态度决定派员重启“测试”。

2015 年，SKF 技术和采购部门负责人专程抵达公司进行调研，认可后便要求公司分批次为其提供测试样品进行全面评测。经多次往返的测试，提交的样品均达到一级材料水平。至此，正式审核开始，这距离第一次提交小样已经过了 12 年。

IATF16949 是一套国际通用的汽车行业质量体系标准，此规范只适用于汽车整车厂和其直接的零配件制造商，且对这些公司厂家的生产资格有着及其严格的限定。SKF 的产品就是用这套标准体系来衡量的。目前国内陶瓷行业中没有几个能通过这一检验的，而中材高新氮化物陶瓷有限公司是第一家。

随着审核的深入，从公司层面考察，再到社会责任考察，再到产品考核，一连串的问题被 SKF 提出，对方



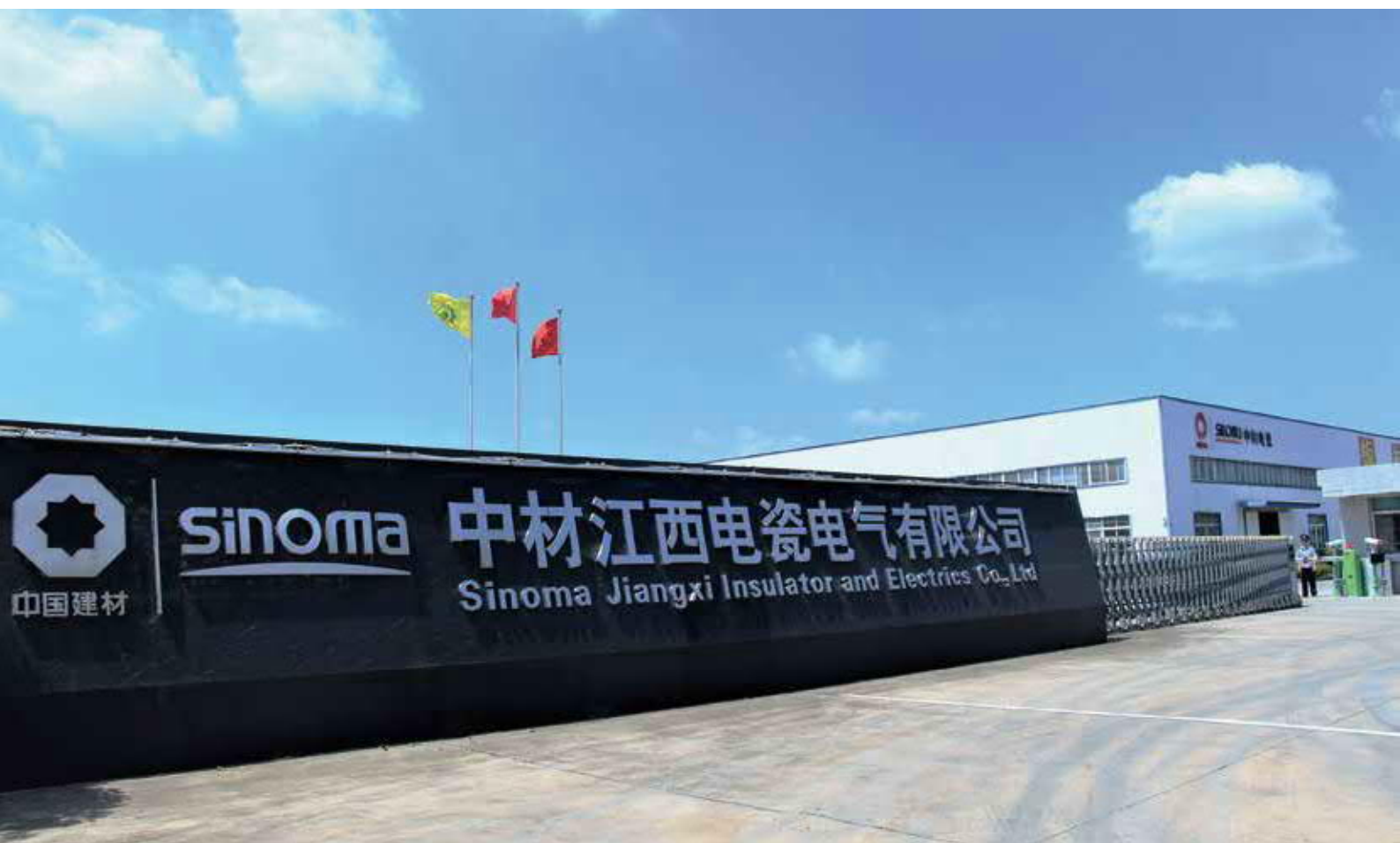
滚子轴承

事无巨细，并且要求在 1 个月内提交反馈。“里面有很多都是我们从未接触过的要求，需要向 SKF 答复，此外，公司还要持续不断地为 SKF 提供样品。”公司负责人回忆道。

“时间紧任务重，那段时间大家加班加点，掰着指头过日子，终于在解决掉之前 SKF 提出的近千条问题后，2017 年 9 月 15 日，喜报频传，成功了，我们正式通过了 SKF 的终审，成为国内唯一一家通过 SKF 审核的陶瓷球企业。但这并非结束，终审的通过意味着供货开始，意味着大家肩上的责任更重了。”

目前，年产 100 吨氮化硅陶瓷制品生产线一期工程已全线贯通，也是全国第一条最高水平的氮化硅陶瓷工业化生产线，生产的高精密 1mmG3 级氮化硅陶瓷球全面替代了日本产品，填补了国内空白。

最后，借用张伟儒的话说：“氮化硅陶瓷的发展之路坎坎坷坷，一路能坚持下来实在不易。也许这就是成就一番事业必须要经历的磨难。现在难得的机遇就在面前，我们必须勇敢抓住。”有志者事竟成，贵在坚持，重在执着。相信在这样一群人的带领下，我国氮化硅陶瓷这颗“明珠”将更加璀璨耀眼，这一孕育创新和梦想的沃土也必将诞生更多精彩传奇！👏



## 怀揣电瓷梦 转型新发展

### ——记中材江西电瓷电气有限公司

中材江西电瓷电气有限公司（简称中材电瓷）由中国建材集团下属企业中材新材料股份有限公司（简称中材高新）与当地民营企业合作共建，2013年动工建设并投产，落户于江西省芦溪工业园。

中材电瓷是一家专业从事高压输变电用绝缘子新材料和制品、高速电气化铁路绝缘子新材料以及相关技术的研究、开发、生产、销售、技术咨询和进出口贸易业务的高新技术企业，是国家电网、南方电网特高压绝缘子的主力供应商，西门子、ABB、阿尔斯通等国际知名

电气制造业巨头的合格供应商，是国家高新技术企业、国家国际合作产业基地、省级企业技术中心，在国内首家通过国际 C130 资质认证的公司，也是国资委十家员工持股试点企业之一。

#### 产品战略储备期

为满足国家特高压工程建设配套要求及市场需要，经充分调研，2005年依托中材高新下属子公司山东工业

陶瓷研究设计院成熟的“等静压近净尺寸成型技术”科研优势，在山东淄博开始投资建设年产 20000 柱等静压成型高压瓷绝缘子生产线，2006 年投产试运行，这是当时国内最大的冷等静压干法成型户外棒型支柱绝缘子的高压电瓷生产线。

中材电瓷在稳定现有市场的基础上，进一步开拓新客户，解决市场瓶颈问题，提高市场占有率。一方面以“入网”为契机，逐渐与产业需求接轨，通过渠道建设，以稳定提升开关厂基础业务为基础，重点开发国网、桂荣、中电普瑞等大型客户；并积极进入国际市场，和西门子、ABB 和阿尔斯通等外资企业建立合作。另一方面，通过自主研发，不断完善产品结构，2007 年 4 月自主开发研制的 ZSW-252/8-4 棒形支柱绝缘子通过中国电力企业联合会的产品鉴定、ZSW-550/12.5-3 棒形支柱绝缘子通过中国电力企业联合会技术鉴定。随后，2009 年 10 月，±500kV 棒形支柱绝缘子产品研发成功；2010 年 4 月，完成杆径小于 100mm 的线路绝缘子的开发；2010 年 7 月，完成百万伏串补平台用支柱绝缘子的小批量生产及供货，成功研制生产了 750kV 以上特高压交直流产品，在行业内树立品牌，为市场开拓奠定了基础；2011 年开始进入国家电网特高压领域，1100kV 产品 94% 合格率一窑成功，彻底扭转了市场和行业形象，同时，晋东南—荆门串补用 1100kV 棒形支柱绝缘子中标成功，搭上国网特高压建设的头班车；2012 年完成平波电抗器低压侧支撑绝缘子，启动锦屏—苏南直流 ±800kV 工程……

## 快速发展期

随着市场的白热化竞争逐步加剧，在争抢市场订单的过程中，中材高新认识到，不能再以单一的生产工艺来生产产品，降成本、丰富品种结构势在必行。在市场竞争中，特高压领域主要是干法生产，山东淄博基地足以满足，但是要争抢国网常规产品中标，配套湿法生产就迫在眉睫。湿法生产适合生产低电压等级产品，且市场竞争中成本优势非常明显。于是在 2013 年，中材高新出资在江西省萍乡市芦溪县开始建设中材江西电瓷电气有限公司，主要为湿法工艺生产低电压等级产品，为

山东特高压产品配套，使产品结构更趋于合理。

工程于 2013 年 3 月 9 日开工奠基，3 月 22 日完成了工商登记注册手续，中材江西电瓷电气有限公司正式成立。

项目建设初期，受芦溪当地天气影响，阴雨连绵，雨天给工地施工带来很大难度。为了保证工期不耽误，建设者们克服很多困难，想尽各种办法，“白加黑、五加二”的忘我工作，边抽水边施工。前期的设计者和施工者都是山东基地派驻的人员，他们克服当地饮食和生活的不习惯，租住在农户家中，白天下工地指导，晚上在租住的地方讨论工艺和设备布局，讨论到下半夜是常事，为的就是保证工期和施工质量。

经过大家的日夜奋战，建设仅用了半年时间，提前 150 天完成工期要求。2013 年 9 月 6 日，中材电瓷湿法棒形生产线正式投料试生产，创造了令人瞩目的“芦溪速度”。从此，中材电瓷的生产进入从“一条腿走路”的干法生产变成了干湿法“两条腿跑步”的快速发展期。在试生产的初期，技术人员精心设计，同操作者一起探



酒家—湖南 ±800kV 特高压直流工程

讨工艺，摸索最佳、最合理的工艺参数，烧制第一窑产品的时候，从放置产品的方式、位置到窑炉曲线的设计和窑炉每个窑嘴的出风量，再到最后窑门的关闭，创业者们都进行了一步步的摸索和计算，窑门最后打开的那一瞬间，所有的汗水和辛苦都是值得的。

正是在创业者们的艰辛努力下，短短3个月，到2013年年底，生产线已经有条不紊，产品质量很快达到行业内湿法产品水平，产量逐步快速攀升，为企业带来良好的经济效益，带动中材电瓷进入发展的快车道。

至此，山东干法工艺和江西湿法工艺彻底实现了工艺和产品的互补，中材电瓷开启了快速发展的新阶段。

随着技术创新不断升级，生产规模不断扩大，中材电瓷产品产量每年以两位数以上的速度递增，2014年，公司启动淮南—上海交流1000kV特高压工程，完成1000kV/23kN CVT瓷套产品的研发供应。2015年，与国网合作，完成锡盟—山东1000kV特高压交流输电工程的母线支柱和平台支撑、MOV瓷套等产品供应。2016年，成为第一家经国网系统审核通过的800kV超高压支柱瓷绝缘子供应商……截至2018年，中材电瓷棒型产品产量超过23万支，居世界棒型产量之首。

## 创新转型升级期

于此同时，在稳定棒型产品产业规模和市场占有



率的前提下，中材电瓷也在不断着力提升线路瓷产品制造水平。2015年9月，制造一部线路瓷生产线进行大规模技术改造，淘汰落后的手工作坊设备，布局现代化的新型自动化装备，提高劳动效率，减轻劳动强度，产品质量稳定，生产规模逐步扩大；2017年5月，万吨圆柱头旋压成型悬式生产线开始筹建，2018年7月制造三部生产线正式投产，高吨位悬式产品的产量逐步扩大，使得中材电瓷全系列悬式产品的生产规模达到空前，全系列棒型产品与全系列悬式产品为中材电瓷插上了“两翼”，企业快速腾飞，规模不断扩大，效益逐年攀升。到2018年年末，中材电瓷已发展成为棒型产量世界第一、悬式全系列均能生产的电瓷生产创新先进性企业。

中材电瓷的入驻也给百年电瓷之城芦溪带来了一系列连锁反应，通过鲑鱼效应激活了当地电瓷产业活力，促使当地电瓷产业转变了发展理念、管理思维、生产工艺、扩大了市场半径。从原来的更多考虑适应市场需求，转变为现在通过制订一系列标准引领电瓷市场，从原来的中低档产品生产基地升级成为了电瓷产品研发中心，从原来的家族式管理模式转变为以高校专业人才为依托的现代管理模式，从原来的技术落后的资源初加工型业态逐步实现生产设备的智能化和自动化的高端制造业态，从以前只求卖出、不求卖高，到现在紧盯国家电网、铁路轨道电网等高端市场，产品更是远销中东、南非、东南亚、欧洲等40多个国家和地区。

创新是企业发展的第一动力，中材电瓷在不断扩宽产品结构的同时，也凭借丰富的科研条件、优秀的人才队伍、良好的创新机制，逐步搭建了1个国家级创新平台——高压绝缘材料研究开发国际科技合作基地，5个省级创新平台——江西省高压绝缘材料重点实验室、江西省电瓷工程技术研究中心、江西省企业技术中心、

江西省高压绝缘材料工程研究中心、江西省高压电瓷检验检测及技术服务平台。

通过这些创新平台的建设，充分发挥了中材电瓷在高压绝缘材料研究开发、工程化研究及产业化开发等方面的优势，先后自行或与国内外相关单位联合开展了蓝灰釉制备技术、旋压成型技术、快速烧结技术、氧化焰烧结技术、高效研磨技术、微波干燥技术、自动检测技术、生产控制的信息化管理技术、轻质高强制备技术、釉面纳米无机

防污技术、生产自动化技术的研究开发，有效解决了电瓷行业存在的一些关键共性技术问题，推动高压绝缘材料行业的技术进步及产业升级，为高压绝缘材料产业的进一步发展奠定基础。

自主研发的交流 1100kV、直流  $\pm 800$ kV、直流  $\pm 1100$ kV 棒形支柱瓷绝缘子和直流  $\pm 800$ kV 瓷芯复合支柱绝缘子，经中国电力企业联合会鉴定，均已达到国际领先水平，并已成功应用到我国建成投运以及在建特高压重大工程中，满足了我国特高压输变电工程的建设需要，同时用于海外首个特高压直流输电工程——巴西美丽山  $\pm 800$ kV 特高压直流输电项目。

2013 年至 2015 年，中材电瓷联合德国弗劳恩霍夫研究协会，共同开展了国家国际科技合作专项《防“污闪”无机憎水涂层制备技术的联合研究》。产品具有防污、憎水性能，具有极佳的防“污闪”功能，产品性能和技术水平达到了国际领先水平。此外，具有自主知识产权的 TR 系列产品具有外观柔美、色泽亮丽、坯釉结合好、产品强度高、性能优良等优势，综合性能满足美标 TR 系列产品的标准要求，项目相关技术获得国家发明专利，产品已远销到美国、加拿大等国家，为国际市场的全面开拓奠定了基础。

2018 年公司产品“棒形支柱瓷绝缘子”荣获工业和信息化部、中国工业经济联合会授予的“制造业单项冠军产品”称号。“特高压输变电用棒型支柱绝缘子关键技



扎鲁特—青州直流 800kV

术及产业化”项目获江西省科学技术进步一等奖并已申报国家科学技术进步奖；“特高压工程用高强支柱瓷绝缘子关键技术及产业化”获得中国建筑材料联合会·中国硅酸盐学会建筑材料科学技术奖一等奖；“超高压支柱绝缘子产业化开发及推广应用”项目荣获第九届中国技术市场“金桥奖”优秀项目奖。

中材电瓷以习近平新时代中国特色社会主义思想为引领，认真落实党的十九大精神和国企党建工作会议精神，秉承中国建材集团“稳增长、调结构、转改革、强党建”的发展理念，坚持效率优先、效益优先的管理思路，稳抓市场机遇，开拓创新，坚持“经营比管理更重要”的发展理念，严格执行集团“组织精简化、管理精细化、经营精益化”的“三精”经营管理法，提升工业化制造水平，实施信息化智能制造。作为国家级“两化”融合管理体系贯标试点企业，中材电瓷将借助于“两化”融合建设，结合万吨悬式产品项目进行大规模超特高压用绝缘子生产线智能制造新模式示范工程和 5511 重大专项的实施，打通悬式生产线产能提升瓶颈，拟建设集研发设计、物流采购、生产控制、仓储物流、远程服务、经营管理为一体的智能化管理平台。

“我们都在努力奔跑，我们都是追梦人。”中材电瓷全体上下将在以习近平同志为核心的党中央的领导下，乘风破浪，努力拼搏，为全力开创中材电瓷高质量发展新局面而不断奋斗！🏆



# 创新驱动石英陶瓷辊 见证中国工业发展历程

## ——记中材高新石英陶瓷材料的发展之路

任何新事物的诞生从来都不是一帆风顺，往往要经历多重考验。第一支石英陶瓷辊棒的诞生同样也不例外，它饱含了老一辈研究人员攻坚克难的决心与担当。而整个石英陶瓷辊棒行业的发展轨迹，也见证了整个中国工业的发展历程。

### 初现锋芒 展露头角

1988年，山东工陶院派人赴美参观，了解到美国

的先进陶瓷产品，立志我们中国也能自主开发出高端的陶瓷制品。回国后，山东工陶院设立专项课题，组建专门团队开始了第一支玻璃水平钢化辊道窑用石英陶瓷辊的研制工作。由于基础差、底子薄，研究人员对石英陶瓷辊的性能要求都一无所知，要想研制成功简直是天方夜谭。在当时那个年代，研究人员真切地体会到“巧妇难为无米之炊”的苦楚：实验室硬件条件非常简陋，连最基本的实验室用球磨架、实验电炉都没有。没有条件，只能自己创造条件，在放大实验的过程中，研究人员东

挪西借，面对重重困难也没间断实验，历时一年半，终于成型出第一根  $\Phi 60 \times 2300\text{mm}$  的石英瓷辊。

陶瓷技术的实质是“一把火”的艺术。没有烧成的窑炉，大家便找到别人废弃不用的推板窑炉，项目人员边学边干，自己动手改造。窑炉结构不适合烧制长条棒型产品，就想办法自己设计工装，开发第一件“装窑机械手”。装窑问题解决了，可新的问题又摆在面前：由于石英陶瓷的特性，如何实现高温出窑呢？“世上无难事，只要肯登攀”，办法总比困难多，如通过钢管捅、钳子拖、铁丝抬、下水道水冷、风冷等方法，并逐一尝试。经过不懈努力，1990年，终于烧成了第一支石英陶瓷毛坯。毛坯解决了，没有磨床怎么加工，团队人员便开始了方圆百里的搜寻，终于在40公里外找到了一个小加工磨床，大家拉着1.8米长的瓷辊跑去求人给加工，终于在1991年开发出国内第一根  $\Phi 56 \times 1800\text{mm}$  石英瓷辊。1992年初，第一批石英瓷辊顺利发货并成功应用，我国成为继美国、法国之后世界上第三个能够独立生产该产品的国家，该技术1993年荣获“国家科技进步三等奖”。

随着产能的提升，烧窑规模也开始不断扩大，1994年投入使用第一座电窑，一窑只能烧6根瓷辊。1999年投入了第一座气窑，效率大幅增加，每窑最多可烧到72根瓷辊。

多年来，伴随着技术的基本稳定，工艺逐渐成熟，质量突飞猛进，产量实现可持续增长。1999年建成一条年产1500条的生产线，2004年生产线搬迁并同时将产能扩到10000条/年。2007年再次扩建，产能达到30000条/年，2010年第三次扩产，产能达到60000条/年，成为国内最大的水平钢化炉用石英陶瓷辊生产商。

## 抢占市场 步步为营

钢化炉技术自20世纪初进入我国，石英陶瓷传输辊作为钢化玻璃炉的关键配套部件，随着玻璃加工行业的发展而发展，2007年和2008年上半年达到空前鼎盛。由于金融危机的影响，2008年下半年市场开始出现萎缩，直到2009年10月份逐渐回暖复苏，并在2010年急剧升温，到2011年6月份配套市场和零配件市场均达到



了历史最高点。

中材高新领导团队善于抓住市场机遇，审时度势，结合自身产品“密度高、强度大、使用寿命长，各项性能指标达到或超过了国际同类产品水平”的优势，借着大环境的东风，迅速打开并抢占市场，品牌知名度有了突飞猛进的发展。

自2011年7月至2012年以来，受国际大环境影响，以及国内房地产业、建筑业、光伏等行业持续受到政策影响及国外反倾销的制约，需求量急剧下降，2012年同期需求量大约比2011年下降50%。很多中小企业纷纷倒闭，凭借着深厚的技术底蕴，中材高新的品牌在风雨飘摇的大环境下，得以维持。近几年，玻璃市场回暖，配套市场也随之迎来新的发展机遇。

## 自主革新 寻求突破

从第一条玻璃水平钢化炉用石英陶瓷传输辊国产化至今已有二十几年的时间，石英陶瓷传输辊道产品已经



处于成熟阶段，作为国内最早并且是目前最大的石英陶瓷传输辊道生产企业，中材高新的石英陶瓷传输辊道产品的质量处于国内领先、国际先进的水平，但金融危机为国内后期兴起的一大批民营企业提供了发展的契机，依靠低廉的价格迅速抢占零配件市场，并逐渐进入配套市场领域，势力日渐壮大。在价格相对民营企业缺少优势的情况下，中材高新自 2006 年至今，竞争对手持续增多。2013 年，石英瓷辊销售指数持续下降，由于越来越多的民营企业进入辊棒市场，市场环境急剧变坏，石英瓷辊的发展举步维艰。

市场变化无常，竞争愈演愈烈。谋求企业发展，关键在于思变。为寻求更大发展，公司领导沉着应对，一方面结合现有生产实际情况，集中优势，充分利用技术资源开展技术攻关，磨练内功，分别在各车间深入且持续地开展了以“节约挖潜、降本增效、节能减排”为主线的生产活动。另一方面，积极组织研发人员开拓新领域，研制新产品，扩宽应用范围。通过近几年的技术革新、自主开发，石英陶瓷材料重新焕发生机。

#### （一）冶金热处理炉用石英陶瓷传输辊道

钢线退火炉的炉底辊质量是影响作业率和产品表面质量的主要因素之一，我国大型钢铁企业现有的冶金带材热处理炉大多采用石墨碳套和陶瓷涂层辊作为退火炉

中的承托辊。但石墨碳套和陶瓷涂层辊容易出现辊面氧化、炉辊结瘤、疏松和剥落现象，使用情况不理想，影响正常生产。石英陶瓷辊作为碳套辊的替代产品，可有效解决氧化和结瘤问题，避免频繁更换作业，提高作业效率，并明显提高钢带表面质量。且是碳套寿命的 3 ~ 5 倍，经过重新加工后可反复使用，大大延长了使用寿命，降低了生产成本，已经逐步成为业内所公认的替代产品。

2014 年中材高新成功开发出了  $\Phi 150 \times 5500\text{mm}$  的高铝盖板玻璃窑用石英辊以及  $\Phi 180\text{mm}$  的硅钢线用空心辊，经过 20 多年的生产积累，具备生产最小壁厚 7.5mm，从  $\Phi 60 \sim \Phi 250\text{mm}$  的空心辊生产能力。

#### （二）浮法高世代 TFT 退火窑用石英陶瓷传输辊道

随着触摸时代的到来，电子信息玻璃触摸屏设备对高品质超薄玻璃（0.1mm ~ 1.2mm）的市场需求越来越大。我国超薄玻璃发展速度与技术上研发相对缓慢。一方面是因为超薄玻璃发展趋势所面临的难题，如基板玻璃技术要求高，具有科技含量高、技术壁垒多、垄断性强等。另一个方面是因为超薄玻璃对厚度的要求越来越严格，这就对配套的产品提出更高要求，但该产品技术被国外公司垄断。为此，中材高新专门成立项目组，旨在开发出可替代的大规格辊道产品。

历时一年，项目组系统地开展了石英陶瓷辊制备技术的研究，完成了制浆、成型、干燥、烧成等一系列工艺技术难题，成功制备出  $\Phi 285 \times 7000\text{mm}$  辊坯，并完成  $\Phi 250(132)\text{mm} \times 6750\text{mm}$  瓷辊的各级加工，各种性能均能满足产业需要。成功开发出具有自主知识产权的  $\Phi 250(132)\text{mm} \times 6750\text{mm}$  超大规格石英辊道并批量生产，再次填补了国内空白。该产品的研制成功将推动超薄玻璃国产化进程，打破长期国外垄断。

目前，全国浮法玻璃生产线



石英陶瓷辊现场应用





2011年建成机械化、自动化水平行业内领先的石英成型生产线

有 300 多条，其中每年会有 5% 的生产线进行技术改造，每年新建生产线 5 条以上，石英陶瓷辊的优秀性能是生产高品质玻璃最佳选择，其退火窑使用辊道 200 条左右，考虑到每年新建或技改的浮法玻璃生产线，其年市场需求量将达到 3000 ~ 4000 条。进口浮法高世代 TFT 基板和盖板玻璃退火窑用石英陶瓷辊一般价格昂贵，而我国的产品具有价格优势。从多方面来看，浮法玻璃生产线石英陶瓷退火辊市场潜力巨大，前景广阔。

### （三）工艺流程再造升级，提升核心竞争力

众所周知，陶瓷行业因粉尘污染饱受诟病，而颗粒料因纯度高，有效改善辊面光洁度而被广泛使用，但成本高昂、细度大，对生产经营提出挑战。中材高新的领导带领团队从配方着手，调整球磨工艺制度，旨在寻求最佳配比的颗粒度。最终，通过反复试验，成功实现细浆的制备，这不仅大大降低了生产成本，还改善了配料环境，减少了粉尘污染。与此同时，通过采用底部注浆取代振动注浆成型工艺，不仅降低了能耗、减少了噪音污染，更有效提升了生产效率。

外圆磨加工产品长期存在效率低、对员工技能要求高、质量均一性差、劳动强度大等问题，中材高新专门组织人员，带领团队实地调研，引入无心磨床取代外圆磨。在一切空白的情况下，革新团队通过对设备、数控系统、输送轮、运料架的反复调试，逐步摸索出设备调整细则。同时，在加工过程中不断改造设备，完善加工工艺，积累了形成一套行之有效加工工艺流程，可实现各种规格瓷辊、空心辊的加工，均达到技术要求，逐步

实现了批量加工。完成无心磨加工瓷辊所有规格的全覆盖。同时，通过设备改造，完成了导轮正反转的技术革新，使原来更换规格、调整设备时需要两人搬抬，实现由导轮自身完成，无需搬抬，提高了生产效率，降低了劳动强度。

通过一系列的技术革新，改善了员工的工作环境，降低了劳动强度，降低了工作的门槛，生产成本由 39.1 元下降至 17.99 元，降幅 54%，生产效率提升 50% 以上，几年来，节约成本逾千万。

## 百尺竿头 更进一步

中材高新的石英陶瓷传输辊道产品至今已累计了二十几年的经验，石英三期建设在总结多年实践经验的基础上，从生产技术到厂区布置、劳作环境等均进行了最佳的设计和优化，包括采用自动的组模、注浆和成型生产线取代之前的基本依靠人工进行操作的产线，采用更加高效、节能和稳定的无心磨技术以及对生产环境温湿度的优化和调节等。

经过多年的持续发展，通过一系列的改革，目前生产的石英陶瓷逐步替代了进口的同类产品，中材高新已成为国内生产规模最大、市场占有率最高、质量最稳定的石英陶瓷浮法耐材的生产厂家。新时代，石英人将抓住历史机遇，谋求更进一步的发展，撸起袖子加油干，着力打造全球知名钢化炉厂家最稳定和最主要的石英陶瓷辊供应商。👷



CVD 试验装置

# 开创国内碳化硅先河 服务高端技术装备制造

## ——中国建材总院高精密碳化硅陶瓷材料发展纪实

碳化硅（SiC）是一种性能优异的结构陶瓷材料，具有高强度、高硬度、高弹性模量、高比刚度、高导热系数和低热膨胀系数等特点，以及优良的化学稳定性，被广泛应用于石油化工、机械制造、核工业和半导体制造等领域。中国建筑材料科学研究总院（以下简称“中国建材总院”）致力于碳化硅陶瓷研究几十年，从碳化硅坯体到高纯碳化硅涂层，从我国最早的空间卫星碳化硅反射镜到半导体工业用高精密、复杂结构碳化硅陶瓷结构件……从无到有，从有到精，一步步向前迈进，不断拓展碳化硅结构陶瓷应用新领域。

### 一马当先 开国内碳化硅反射镜研究先河

相对于其他反射镜材料，SiC具有高比刚度、高导热系数和低热膨胀系数等性能特点，在镜体轻量化结构设计、精密光学加工、抗热震性及光学稳定性等方面具有极大的优势，能够实现 $\geq 50\%$ 的轻量化，可加工成面型精度 $< 1.0\mu\text{m}$ 的优良镜面，同时能够实现在较大温差（ $> 100^\circ\text{C}$ ）条件下的长时间稳定服役，各航天大国均将其列为空间光学遥感器的优质反射镜材料。

20世纪80年代, SiC 陶瓷作为新型光学反射镜材料引起了世界各空间科学研究机构的注意, 美、俄、德、法等空间遥感技术先进国家均开始了应用于空间遥感光学系统用 SiC 陶瓷反射镜制造技术的探索, 并于90年代成功制备出 SiC 陶瓷反射镜, 使得该类反射镜在空间光学遥感技术领域得到了实际应用。

为了缩短与发达国家的差距, 我国奋起直追, 中国建材总院是国内最早开展碳化硅陶瓷反射镜研究工作的单位之一。早在“九五”期间, 就承担了国家攻关计划“高性能碳化硅陶瓷反射镜材质研究”项目, 就高性能碳化硅陶瓷反射镜进行了预先研究, 引领了国内碳化硅反射镜研发热潮, 该项目持续了3个五年计划, 为碳化硅陶瓷材料的应用拓展积累了良好的基础; “十五”期间, 承担了国家军工攻关计划“空间光学传感器用 SiC 陶瓷反射镜研制”项目, 就碳化硅陶瓷反射镜的一些共性关键技术进行了研究, 解决了复杂形状碳化硅构件的成型、干燥和烧结问题, 及大尺寸高纯 SiC 膜层的制备问题。经过近20年的不懈努力, 目前已经形成了具有自主知识产权的大口径碳化硅反射镜镜坯的制备工艺。

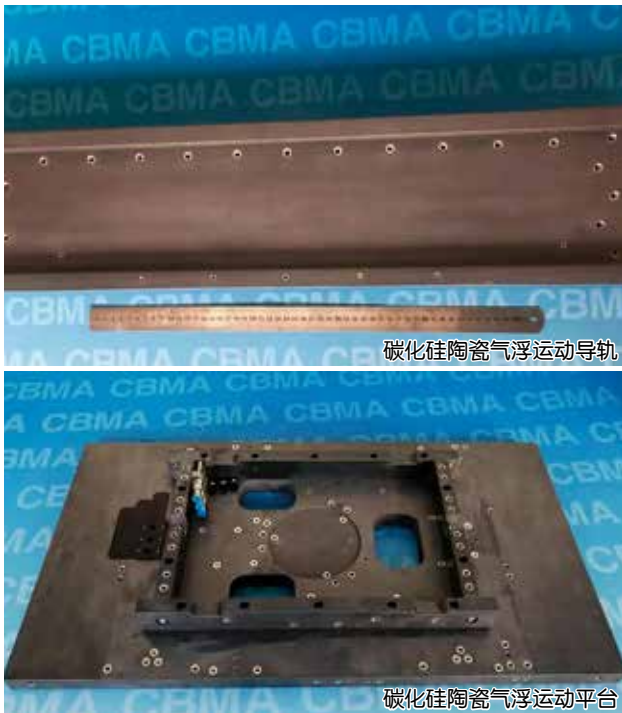
中国建材总院充分利用自身技术优势和关键设备, 采用反应烧结碳化硅材料作为基底, 结合化学气相沉积(CVD)工艺, 制备出了高性能反射镜。CVD SiC 具有极好的光学加工性能, 光学加工后的面型精度 PV 值可达  $1/60\lambda$  ( $\lambda = 0.6328\mu\text{m}$ ), 表面粗糙度可达1埃米( $1 \times 10^{-10}$ 米)。中国建材总院就化学气相沉积(CVD)过程进行了深入研究, 对先驱体种类、沉积温度、沉积压力、反应气体配比、气流场和温度场等关键工艺参数进行了优化, 实现了大面积、均匀 CVDSiC 膜层的制备, 制备的反射镜的面型精度 PV 值为  $0.109\lambda$ , 表面形貌的均方根值(RMS 值)达到了  $0.013\lambda$ , 反射镜镜面质量优异, 接近国外同类产品性能指标, 为推进我国空间反射镜的制造和应用技术的发展做出重要贡献。

### 开拓进取 打破国外技术垄断现状

装备制造业是制造业的核心组成部分, 某种意义上说装备的先进程度可以代表整个国家的工业发展水平,

因此建立强大的装备制造业是提高我国综合国力的必然之路。随着加工技术的进步, 精密陶瓷作为第三代新材料, 已被应用到各种装备之中, 充当着越来越重要的角色, 这为精密陶瓷的应用提供了广阔的空间, 但与此同时, 对材料的性能及加工技术也提出了更高的要求。

与传统的粘土陶瓷不同, 精密陶瓷是指以精制的高纯度的无机材料为原料, 利用化学或者物理方法, 精确控制陶瓷原料配比及均匀度, 再以干压、挤出、注射等成型方法进行成型, 经过精确的烧结步骤, 使其微观结构和物理化学性能达到一定的指标要求, 然后经过后续精密机械加工, 制备出具有一定形状和尺寸精度的陶瓷结构件, 满足实际使用。精密陶瓷具有高硬度、高绝缘性、高强度、高比刚度、耐酸碱腐蚀和高弹性模量等众多优异性能, 因而备受关注。随着科技的发展, 精密陶瓷的应用领域越来越宽广, 精密陶瓷的制备工艺也越来越精细。就碳化硅陶瓷制品的制备而言, 在成型阶段, 就面临着分散剂的调试、浆料的制备和成型工艺的优化等问题; 成型后期面临着制品的干燥问题, 尤其对于大尺寸复杂形状制品来说, 由于薄厚不均, 各部分的失水速度不一致, 容易在干燥过层中引入较大的内应力, 甚至导致制品开裂……这些都需要科研团队反复试验。中



碳化硅陶瓷气浮运动导轨

碳化硅陶瓷气浮运动平台

国建材总院对复杂结构、高精密碳化硅结构件制备工艺的研究过程中，每一步都凝聚着科研人员辛劳的汗水。

自1905年德国人率先开展精密陶瓷研究，及1912年英国人发明首套氧化铝精密陶瓷刀具以来，20世纪20年代后期，精密陶瓷凭借其优异的性能逐渐进入各国研究人员的视野，经过一个多世纪的发展，精密陶瓷的种类和应用领域都得到了极大的拓展。我国自20世纪50年代以氧化铝陶瓷研究为切入点，进入精密陶瓷研究领域；60年代中期开始引入碳化硅及氮化硅研制技术；70年代以陶瓷发动机为背景，世界各国竞相在精密陶瓷研究领域加大了研究力度，制备出的精密陶瓷件已能满足苛刻条件下的使用要求，这极大地推进了精密陶瓷的发展。随着精密陶瓷跨越式大发展，我国也更加重视精密陶瓷基础研究，以各高校及科研院所为首取得了一系列创新性成果；80年代我国在先进陶瓷的应用领域取得令人瞩目的成绩，普通电子陶瓷和结构陶瓷如IC基板、电容、电阻和电感等压电陶瓷元件，以及中铝瓷、高铝瓷、电真空瓷等已能批量生产，并占据一定国际市场；90年代以高温超导陶瓷为代表的诸多技术在尖端高技术陶瓷的理论研究和实验水平都已处于世界先进行列；21世纪随着加工技术的进步，高性能陶瓷已经被引入到各种装备之中，目前精密陶瓷已经广泛应用于电子信息、航空航天、新能源、生物医学、半导体、机械、工业设备和消费电子等领域。各国的精密陶瓷研究与生产方兴未艾，

欧美发达国家无疑是这一领域的领跑者，美国的精密陶瓷的产量已占到世界总产量的60%以上，且掌握着关键的制造技术，日本也紧随其后。而无论是电子装备还是高精密机械装备，却罕见中国身影，高尖端装备中的陶瓷部件几乎全部依赖进口。作为陶瓷的发源地，面对这样尴尬的现状，实不甘心。为改变这一现状，经过国内外技术调研，中国建材总院特种陶瓷研发团队于2011年年底启动了半导体工业装备用高精密碳化硅零部件的研发工作，截至目前已成功为我国自主研发的大型光刻机提供了多套吸盘、骨架、掩模台等高精密碳化硅部件，打破了美日的技术垄断，为我国半导体工业核心装备的独立自主健康发展提供了强有力的支撑。

## 上下求索 破解工艺技术难题

成绩是可喜的，过程是艰难的。中国建材总院拿到的第一份图纸是为光刻机做一个直径300mm，厚度8mm碳化硅陶瓷吸盘，质量小于400g。该吸盘上下面板厚度仅有1mm，在面板上还要均匀分布近一百个1mm×1mm的凸点，内部气路和气路之间的壁厚只有1mm。如此复杂而精细的结构如何实现呢？科研人员了解到，该吸盘是应用于光刻机的一个关键结构件，而光刻机是集成电路（IC）装备中的关键设备，也是技术难度最高、价格最昂贵的核心设备，它是集精密光学、机械制造、智能控制、先进材料等先进科技和工程技术于一体的一个“精英神话”，被称为人类技术发展的制高点和制造业“皇冠上的明珠”。光刻机的水平决定着集成电路的发展水平，它在IC制造设备的价值链中占到30%~40%，其核心技术均掌握在以荷兰ASML和日本NIKON为代表的工业巨头手里。我国虽然在光刻机装备制造领域起步较晚，基础较为薄弱，但非常重视和支持该装备的研发，国家“十五”“十一五”“十二五”发展规划中都被明确定义为重点制造装备，并被列入国家科技重大专项。国家《中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》中将“极大规模集成电路制造装备及成套工艺”列为了重大科技专项。在强烈的历史使命感和社会责任感的驱使下，院科技人员决定啃下这个



碳化硅骨架组件

硬骨头，进军集成电路核心装备用高精复杂结构碳化硅部件的制备领域。

中国建材总院在大尺寸、精密陶瓷的制备方面具有深厚的技术基础，但面对这块具有复杂精细中空结构的真空吸盘，仍然有些底气不足，该吸盘的表面不光有精细的点阵结构，在其内部还存在着复杂的中空气道结构，而整体的厚度只有 8.0mm，是一种具有复杂中空结构的超薄结构件制品，在尺寸精度、气密性和稳定性等方面均提出了极高的要求。该吸盘主要用于半导体芯片制造过程中硅片的吸附和转移等操作，其内部的中空气道结构与真空设备连接，在接触大尺寸硅片后，启动真空，在吸盘表面的点阵面上产生一个负压，将硅片吸住，要求吸盘具有高强度、高刚度的性能特点和精细的轻量化结构，以实现硅片的均匀稳定吸附。科研人员通过调研国内外相关技术资料，结合自身的技术积累，经过数月的艰难攻关，针对该吸盘结构件制造的关键技术难点进行各个击破，相继解决了成型、干燥、烧结和精密加工中的科学问题，成功制备出了碳化硅陶瓷吸盘，其性能指标可与 Ventex 公司和 BERLINER GLAS 生产的 SiC 吸盘媲美，在国内处于领先水平。

### 锐意创新 助推光刻装备发展

在吸盘研制成功的基础上，中国建材总院陶瓷院接下了更复杂的光刻机部件研制任务，这次是一件工件台，其尺寸更大，形状更加复杂，在光刻机上扮演的角色更重要，应该说，在光刻机工作时，工件台的性能直接影响光刻机所能实现的特征线宽尺寸和生产效率。对于 100nm 分辨率、套刻精度 33nm 和线宽 10nm 的光刻机而言，其精密气浮工件台的定位精度必须达到 10nm，其运动速度必须达到大于 700mm/s，加速度可达重力加速度的三倍 ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ )。这对精密部件工件台材料与结构提出了苛刻的要求，不仅要求材料的刚度和耐磨性较高，而且要求材料在运动时具有非常高的运动精度和良好的平稳性。陶瓷院在已有的研制基础上改进工艺，对大尺寸陶瓷精密件的成型、干燥、烧结及复杂结构陶瓷的粘结技术进行了一系列实验，目前已经制备出尺寸

500mm×500mm 的碳化硅陶瓷工件台，材料性能指标完全满足使用要求。

光刻机工作时，需要对光进行反射，所以要求制品有良好的镜面，表面的面形精度要求不超过  $1/2\lambda$ ，这对材料及加工技术都有极为苛刻的要求。但是在成功和失败的考验中，中国建材总院已经形成了一个经得住考验的科研团队，秉持精益求精的科研态度，陶瓷院科研团队对碳化硅陶瓷制品表面进行改性处理，利用自主研制的化学气相沉积技术，在工件表面制备高纯碳化硅膜层，膜层经加工研磨，抛光后面形精度可达到  $1/6\lambda$ ，这就好比在一个标准足球场上，不得有超过头发丝大小的凸起度。

随着研究的深入，积累的经验越来越多，承接的任务也越来越复杂。如果说接下第一个任务靠的是勇气，之后的工作靠的便是那慢慢积累起来的信心，正是因为有着这样的勇气和信心，中国建材总院承接了多件光刻机组件的研制任务，包括光刻机的导轨、微动台、粗动台和掩模骨架等部件，为我国光刻机的自主研发提供了坚实的保障。

### 后记

知其不足，惟有奋起直追。中国建材总院作为国家级科研院所，一直秉承着“科技领先，服务建设”的发展理念，以高度的社会责任感和时代使命感攻克了本行业内众多技术难题，中国建材总院科研团队脚踏实地，仰望星空，潜心钻研，抱着“最困难之时，就是离成功不远之日”的决心，不畏困难，自主创新，勇当先锋，开拓出了一条自己的路。“千淘万漉虽辛苦，吹尽狂沙始到金”，中国建材总院陶瓷团队经过近 20 年的砥砺前行，在高精密碳化硅陶瓷结构件的制备和应用领域创造了一个又一个的辉煌，为我国先进陶瓷工业技术的健康稳定发展做出了自己的贡献，为高端制造装备的国产化提供了坚实的保障。未来，总院必将“不忘初心，继往开来”，以崇高的历史使命感和社会责任感，脚踏实地地做好本领域的科研生产工作，为实现中华民族的伟大复兴而努力奋斗！👊

## ▶ 人工晶体



# 始终聚焦晶体 谱写绚丽篇章

## ——人工晶体院新材料领域的创新之路

中材人工晶体研究院（简称“晶体院”）是源承于1963年2月创建的国家建筑工程部非金属矿研究所，是我国唯一系统化从事人工晶体研究并集人工晶体研发、科技成果转化、示范生产为一体的国家级科研院所转制的高技术企业。晶体院建院以来，承担了包括国家科技攻关、国家自然科学基金、国家“863”计划、国防军工

配套项目等的数百项科研项目；荣获国家科技进步一等奖2项、二等奖6项、杜邦科技创新奖2项，获部级以上奖励达113项；国内外专利76项，制修订国家标准近百项。晶体院是我国第一颗人工合成金刚石、第一块人工合成水晶、第一块人工合成云母的诞生地，作为我国人工晶体事业的摇篮，引领了我国人工晶体行业的发



展，为我国新材料事业的振兴做出了突出的贡献。

人工晶体是高新技术和现代军事技术发展不可或缺的关键材料与器件，是科技大国和科技强国的战略制高点之一，影响国家经济建设与发展和经济安全及国防安全，同时也是“硬科技”的关键核心基础材料之一。

在国际竞争日益激烈的新形势下，与其他阻碍我国高技术产业发展“卡脖子”的关键基础核心材料与器件一样，人工晶体是引不进、要不到、买不来的，必须实现核心技术自主可控，把创新发展主动权牢牢掌握在自己手中。

#### ◆ 抢占人工晶体研究制高点

1960年，伴随着光电子时代的来临，与激光有关的人工晶体作为微电子、光学、激光、遥感、通讯、航天、宇航等高科技领域和现代军事技术中不可替代的关键材料越发受到世界各国的重视。各发达国家纷纷投巨资进行研究，抢占人工晶体的制高点。1964年，刚刚从川大毕业的沈德忠选择了人工晶体作为自己奋斗的方向。70年代，激光技术已发展出用掺钕的钇铝石榴石（ $\text{Nd:Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  简称 Nd:YAG）晶体作为激光介质，激光输出功率获得大幅度提高，但该晶体输出激光为不可见的红外光，为了得到波长处于可见光区的激光，需要能够改变激光频率的变频技术，该技术依靠的核心部件就是非线性光学晶体。当时能够用作激光变频的非线性光学晶体只有磷酸二氢钾（KDP）、铌酸锂（LN）以及铌酸钡钠（BNN）等几种。KDP非线性系数（一种衡量非线性光学晶体频率转换性能优劣的参数）太小，在空

气中易潮解；LN的非线性系数虽较大，但耐激光冲击的能力太差，容易被激光打坏；BNN属于固溶体，要生长出高光学质量的单晶很不容易。在这种形势下，沈德忠敏锐地意识到应该探索新的非线性光学晶体。

沈德忠从相关资料的对比中了解到一种名为铌酸钾（KN）的晶体有较大的非线性光学系数、不潮解，于是在研究所的支持下开始对该晶体进行研究。按美国同行的经验，研制一种新晶体至少需要上千万美元和十年时间，而当时研究所给的经费只有几万元人民币，连一台像样的晶体生长炉都买不起，沈德忠就自己动手，画出所需设备的草图，让所里的机修车间加工成炉子，再给设备组装上加热控制系统，生长KN晶体的装置就这样研制出来了。设备虽然简陋，但操作起来也得得心应手。

经过几年的研究，沈德忠解决了KN晶体生长的几个关键难题，技术上取得了重大突破。

人工晶体研究所建立了KN晶体的生产线后，成为世界上能接受KN晶体订单的三家公司之一（另外两家是瑞士的Rainbow Photonics公司和美国的Virgo公司，而Virgo公司生长KN晶体的技术是由瑞士RP公司转让的）。

人工晶体研究所的KN晶体研究项目于1987年进行了部级鉴定，鉴定结论是处于国际领先水平，1988年7月获国家科技进步一等奖，沈德忠于1995年当选首批中国工程院院士。



早期人工晶体车间



#### ◆打破美国对我国的垄断和禁运

KTP 晶体是 1971 年由法国 R. Masse 等人首先合成出来的，它产生频率转换的阈值低，温度带宽大，在中功率激光的变频应用领域非常有前途。沈德忠对 KTP 晶体的研究和发展，也做出了重要的贡献。

1982 年 6 月，天津大学姚建铨教授在美国做了两年的访问学者后回到北京，向沈德忠介绍了他在美国期间，使用了一种名为 KTP 的非线性光学晶体，倍频转换效率比 KN 高得多，特别是光损伤阈值比 KN 高两个数量级，性能非常好，价格也相当贵：一块  $3 \times 3 \times 5\text{mm}^3$  的 KTP 倍频器售价 2750 美元，对中国还实行禁运。姚教授迫切希望人工晶体所能进行 KTP 晶体生长的研究。

由于 KTP 在空气中于  $1172^\circ\text{C}$  分解，不能一致熔融，故不能用通常的晶体生长方法，只能在一定温度和压力下将其溶于某类水溶液中，用水热法来生长单晶。美国杜邦公司就是采用水热法长出了 KTP 单晶，但该方法需要使用耐高温高压的容器，受当时各方面条件限制，高压釜还做不大，长出的 KTP 晶体不但尺寸小，而且还是多畴的，需要极化为单畴才能使用。鉴于水热法生长 KTP 晶体存在的诸多缺点，人们又尝试了熔剂法，即用助熔剂降低 KTP 体系的熔点来生长，但初期一些助熔剂法生长的 KTP 晶体的实验都只能获得一簇细小的多晶。

沈德忠便着手在生长铌酸钾的顶部籽晶熔剂法的工艺基础上进行革新，创造性地设计出一种特殊的、能够控制熔体液面自发结晶的顶部籽晶熔剂法。在研究组同志们的共同努力下，不到半年时间，就长出了尺寸达  $25 \times 15 \times 10\text{mm}^3$  的高光学质量的 KTP 单晶。根据现在查到的有关 KTP 的文献和了解到的情况可知，这是国际上第一次用熔剂法长出的可用于实际倍频的 KTP 单晶。

沈德忠采用特殊的顶部籽晶熔剂法生长出来的 KTP 晶体，籽晶在生成态晶体的外部，长出的是单晶，故利用率高。这种方法生长的 KTP 晶体 Z 向截面比较大，有



利于波导的制备和电光应用。1987 年，杜邦公司首获 KTP 专利的 J.D. Bierlein，为开发 KTP 的波导应用，又苦于他们用水热法生长的 KTP 晶体尺寸太小，特别是不能得到大 Z 截面的 KTP 晶片，于是向全世界寻求，挑来挑去，最后选中了沈德忠生长出来的 KTP 单晶，并签订了购货合同。人工晶体研究所每年向杜邦公司提供十万美元的 Z 切 KTP 晶片。在合同敲定之前，沈德忠打报告请示了当时的国家科委：美国此前就 KTP 晶体对我国实行禁运，现在他们反过来要购买

我们的 KTP 晶体，我们能不能卖给美国？经过科委仔细研究后，由当时的汪宗荣司长代表科委作了答复：同意出售。这笔生意一直做到 1996 年 J.D. Bierlein 逝世为止。

#### ◆金刚石研制获多项开拓性成果

晶体院研制发展了两面顶超高压高温合成高、中档金刚石成套装备和技术，研制了 10MN、25MN、60MN 合成金刚石专用压机以及具有自主知识产权的 10MN 和 25MN 级钢丝缠绕超高压模具。25MN 两面顶合成金刚石成套装备和技术于 1991 年已用于工业化生产，走出了一条全部采用国产原材料和国产装备合成高档金刚石的道路，打破了国外对两面顶合成金刚石装备和技术的垄断，受到国防科工委多次表彰。

晶体院是国内最早研究金刚石工具的单位之一，从上世纪 70 年代就已全面开始锯、切、钻、铣、磨等工具的研制，1978 年获得全国科学大会表彰奖。1980 年率先从德国引进制作金刚石圆锯片的成套生长设备，应用于石材的切割加工，带动了石材加工和其他加工工业的技术革命。1987 年实施联合国开发计划署项目“金刚石工具新技术的研究和开发”，率先引进国外激光焊接和水雾化预合金粉制备等先进技术，用于新型金刚石工具制备。金刚石及其制品共获 6 项专利、10 项国家级新产品、部级以上科技进步奖 15 项。

为了全面开发应用金刚石的优异特性，晶体院的科技人员跟踪国际 80 年代初才开始起步的化学气相沉积法



CVD 制备金刚石的热潮，于 1987 年承担首批“863”高技术项目之一的“金刚石薄膜”研究课题，成为我国最早研究 CVD 金刚石膜的单位之一。1998 年“金刚石膜制备及工具应用”获国家科技进步二等奖。

#### ◆ 合成云母应用开发填补多项国内空白

晶体院于 1963 年试制出合成云母样品后，一直致力于合成云母工业化生产技术和云母制品综合利用开发，是国内唯一系统研究合成云母的单位。1975 年建成年产 500 吨合成云母晶块的生产车间，产业化生产技术不断完善，于 1980 年制出 506cm<sup>2</sup> 合成云母片，1995 年制出 770cm<sup>2</sup> 合成云母片，为世界之最。内热法合成云母工业化技术及晶种法合成云母大单晶生长技术形成了具有自主知识产权的独一无二的科技成果。近 10 年来，晶体院开发的云母陶瓷绝缘子产品，产品型号已发展到 60 余种，广泛应用于中国高铁、地铁，并已出口法国、德国、意大利、瑞士等国家。2017 年 7 月“云母陶瓷绝缘子的制造方法”在国家知识产权局成功获得发明专利。

#### ◆ 人造水晶和应用取得突破性进展

水晶是重要的电子材料、光学材料，由于综合性能优良，已成为当今世界应用量最大的压电晶体材料。晶体院用自行设计的 Φ250mm 高压釜于 1977 年生长出 11.8kg 重的全国最大水晶，向全国科技大会献礼；在国内首次突破了高 Q 值压电水晶、均匀性好的光学水晶和应力小的大尺寸水晶生长技术，首次使人造水晶代替优质天然水晶满足了 2.5MHZ 和 5MHZ 高精度谐振器、紫外分光光度计棱镜、雷达用声表面波延迟线等方面的应用；成功地研制了“耐辐照宇航级水晶”，使人造水晶多项技术指标实现了新的突破和提高，其耐辐照、低吸收等性能超越了天然水晶，产品满足了军工、航空、航天器的苛刻要求，使这项传统材料再次焕发出青春活力。晶体院在该领域获得包括国家科技进步二等奖、杜邦科技创新奖在内的部级以上科技进步奖 6 项，国家级新产品 2 项。

#### ◆ “热压多晶红外光学材料”填补国家空白

为加强我国国防建设，1965 年 12 月聂荣臻副总理致函国家经委、计委、科委和国防工办负责人，建议大力研发红外光学晶体材料。晶体院承接了“热压硫化锌和热压氟化镁”等红外光学晶体材料的研究。仅一年时间，

研制任务圆满完成，并填补国家空白，为中国导弹精准打击装上“眼睛”。

自 1972 年起，晶体院把“热压硫化锌和热压氟化镁”晶体材料推向了产业化发展道路，极大地满足了军工的需求，并成为国内最大规模的军工配套红外材料生产线。

几代晶体院人不忘初心，经过不懈努力，研制的“热压多晶硫化锌和热压多晶氟化镁”已达到国际领先水平，具有优秀的机械性能和光学性能，成为红外测试和红外成像系统不可或缺的红外透过材料，广泛应用于空空、地空和空地导弹头罩，承担跟踪目标精准打击的神圣任务。2006 年 12 月，晶体院完成的“大尺寸热压 ZnS 多晶红外材料的研制”项目荣获国防科学技术二等奖，项目第一完成人李洪生教授于 2007 年荣获总装备部、国防科工委颁发的先进个人荣誉奖章。

#### ◆ 微晶玻璃研发路上勇攀高峰

激光陀螺是自主导航系统的“CPU”，能使飞机、舰船、火箭、导弹等运动载体不依赖 GPS、北斗等外部导航信息，实现精确定位、精确控制和精确打击，在精确制导领域具有不可替代地位。超低膨胀微晶玻璃是制作激光陀螺腔体的最佳材料，在国民经济和国防建设中占有极重要的地位并有广泛的应用领域。但该材料长期以来一直依赖进口，尤其在当前变幻莫测的国际情势下，为避免受制于人的局面出现，该材料必须要解决进口替代问题。

针对国家重大应用背景需求，从 2016 年起，晶体院青年专家、教授级高工范仕刚带领课题组开始了新的攀登，他们采用新型成型技术，筹建了微晶玻璃新的生产线，新线采用 200L 单坩埚，成型采用漏料成型方式。经过艰难的攻关，生产的微晶玻璃已达到德国肖特零级产品水平，为激光陀螺用微晶玻璃国产化奠定了坚实基础。范仕刚主持研发的“高端装备用超低膨胀微晶玻璃的研制项目”获得 2013 年度中国建筑材料科学技术奖发明类二等奖。

雄关漫道真如铁，而今迈步从头越。几经磨砺的晶体院人将以建院 56 周年为新的起点，昂首踏上新的征程，为我国人工晶体事业续写更为绚丽的新篇章。👏

## ► 石墨材料



# 点石成金 创新引领高质量发展

——记南方石墨有限公司

石墨是国家重要的战略资源，2010年国务院发布“十二五”规划，明确加大矿山资源整合力度、提高综合利用水平。中国建材集团作为一家负责任的央企，坚决贯彻党中央、国务院的决策部署，坚持创新驱动的高质量发展理念。中国建材集团以南方石墨有限公司为平台，与郴州市强强联合，积极推动石墨资源整合和技术

进步，做大、做强、做优中国微晶石墨产业，引领微晶石墨产业健康持续发展。

**拉开郴州微晶石墨资源整合大幕**

南方石墨所在的湖南省郴州市鲁塘镇，周边山峦叠

嶂，在这片乌金墨玉的土地上，拥有我国储量最多的微晶石墨。石墨不可再生，应用前景广阔。鲁荷太清矿区煤与石墨探明保有储量共 1618 万吨，其中煤炭探明保有储量 829 万吨，石墨探明保有储量 788 万吨，石墨远景储量 480 万吨。这里是全球最大的微晶石墨产地，供应了全球大部分的微晶石墨产品。在中国建材集团进行收购之前，这里矿口到处都是，千疮百孔，私人无序开采造成石墨开采量远远超过市场需求，石墨始终处在低端交易，产品附加值低，资源严重浪费。

2011 年 1 月，郴州市与央企及战略投资者对接合作暨项目签约仪式在长沙举行，中国建材集团与郴州市政府签署《打造中国最大石墨产业基地战略合作框架协议》。2011 年 3 月，南方石墨有限公司在湖南省郴州市注册成立。

南方石墨鲁荷太清矿区集中位于郴州市鲁塘镇，总面积 45 平方公里。南方石墨成立以来，大刀阔斧开展郴州石墨资源整合，将 210 个矿权整合至 2014 年的 20 个。2015 年南方石墨积极响应国家和地方供给侧结构性改革，进行二次整合，将 20 个矿权整合为 9 个矿权（石墨矿权 7 个，煤矿矿权 2 个），煤矿年设计产能 45 万吨，石墨矿年设计产能 39 万吨。

南方石墨全面进行石墨资源整合，结束了鲁荷太清无序开采、安全形势严峻的状况。整合后，南方石墨投入 30 亿元对矿区进行技术改造，建立总部、矿区、作业面三级安全管理体系，加强安全基础设施建设，进行矿山六大系统改造升级，全部矿区达到安全生产质量标准。

### 资源优势转化为经济优势 着力构建高质量发展的产业体系

南方石墨作为中国建材集团资源开发业务平台和新材料领域的旗舰公司，立足石墨资源禀赋和产业发展目标，计划在郴州打造中国最大的微晶石墨产业基地，创



石墨密封件

建集原矿生产、石墨精深加工、产品研发、物流、贸易于一体的石墨产业集群。

为实现从低端微晶石墨原材料供应到高附加值产品的转型升级，加快建设经济效益好、资源消耗低、生态环境优的产业体系，南方石墨聚焦科技创新驱动发展，加快推进石墨提纯及加工项目建设，培育发展新动能，引领微晶石墨产业健康发展。

南方石墨切实发挥规划引领作用，做好顶层谋划，优化资源配置，并与中国建筑材料科学研究总院、清华大学、北京科技大学、北京理工学院、中南大学、湖南大学、武汉科技大学、湖南有色金属研究院等科研院所建立了长期友好的合作关系，为技术创新提供有力支撑。截至目前，公司拥有 8 项专利，同时在微晶石墨提纯技术和超细应用方面取得一定突破，可以有效降低微晶石墨产品的生产成本，拓宽石墨应用领域，提高石墨产品附加值，增强企业的市场竞争力。

### 年产 20 万吨石墨浮选提纯项目竣工 开辟转型升级新局面

2019 年 6 月 27 日，我国首条微晶石墨浮选提纯生产线在湖南郴州市南方石墨新材料有限公司完成项目竣工投产仪式，郴州市委书记易鹏飞和中国建材集团总经理曹江林等领导参观了生产现场并出席仪式。项目位于郴州市鲁塘镇，占地 220 亩，总投资 3.7 亿元，预计



年产值4亿元以上，创造利税可达8000万元，具有良好的经济效益和社会效益。

微晶石墨矿物因结构复杂和嵌布粒度超细，浮选提纯难度极大，是世界性选矿难题。传统浮选工艺只能将固定碳含量75%左右的高品位微晶石墨（占资源量的23%左右）浮选提纯至80%~85%石墨精矿，而占资源量77%左右的品位小于75%的微晶石墨则无法浮选提纯回收，只能用作劣质电煤或难以出售而堆存。宝贵的微晶石墨资源遭受严重浪费。

目前石墨提纯方法主要有浮选法、化学法和高温法。浮选法常用于第一步富集，将固定碳含量75%左右的微晶石墨提纯至80%~85%石墨精矿，然后采用化学法或高温法获得高纯石墨。南方石墨与湖南有色金属研究院共同合作开发微晶石墨选矿提纯试验研究项目，开发出深度解离—超细浮选新技术，可将固定碳含量为60%左右的天然微晶石墨提纯到固定碳含量90%以上，药剂消耗仅为传统工艺的三分之一。



南方石墨微晶石墨浮选提纯生产线一期工程自2019年3月试生产以来，针对微晶石墨晶粒微细、部分杂质包裹在晶粒集合体内部而难以解离、含有易浮脉石云母而浮选精矿品位低、常规技术提纯难度大、成本高等问题，先后克服了微晶石墨磨矿解离难、浮选药剂消耗偏大、浮选参数控制难等问题，开发微晶石墨新型高效浮选药剂、超细磨矿解离技术和超细浮选技术，应用自动化控制技术稳定产品质量，提高劳动生产率，在原矿品位为

60%~65%时可获得品位82%~85%的微晶石墨精矿，碳回收率大于90%。项目实现了微晶石墨浮选提纯生产线一期工程的正常稳定生产，实现了微晶石墨高效浮选提纯的产业化，填补了国内微晶石墨浮选提纯的产业空白。

作为我国第一条微晶石墨浮选提纯生产线，该项目是南方石墨精深加工、新材料产业链的基础性工程，各项工艺指标达到国际领先水平。



微晶石墨浮选提纯生产线



## 推动产业链延伸 为实现更大突破培育积蓄发展后劲

年产 20 万吨石墨浮选提纯项目为南方石墨的石墨产业链高端化、制品化延伸奠定坚实基础。目前新能源新材料领域对石墨的需求增长强势，结合市场需求及实验探索，南方石墨确定了超细石墨的发展方向。通过对现有 20 万吨石墨浮选项目进行技改，可在浮选产品中分离出  $0 \sim 10 \mu\text{m}$  的 90 级超细石墨，分别用于涂料、橡胶和塑料及颜料的掺合料，起到功能材料的作用。

超细石墨项目已经完成小试实验，实验结果获得成功，超出预期。日前，南方石墨委托清华大学进行超细石墨项目中试试验。超细石墨粉具有比表面积大、表面能高、活性好等特点，可用于聚合物中实现导热、导电、屏蔽、润滑等功能，具有广泛的前景与市场应用空间。

90 超细石墨：通过对现有 20 万吨石墨浮选项目进行技改，可在浮选产品中分离出  $0 \sim 10 \mu\text{m}$  的 90 级超细石墨，经过分级再磨，将分为  $5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 、 $3 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ 、 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$  三个产品，分别用于涂料、橡胶、塑料及颜料的掺合料，起到功能材料的作用，产品售价可达 5000 ~ 30000 元 / 吨。

99 超细石墨：对  $1 \mu\text{m}$  以下微晶石墨采用化学法提纯微晶石墨达到固定碳 99% 以上，主要用于石墨润滑剂、

电子石墨原材料，产品售价可达 30000 ~ 50000 元 / 吨。

99.9 超细石墨：采用高温法提纯将固定碳 99% 微晶石墨提升至固定碳 99.9% 以上，作为动力电池负极材料、石墨烯导电浆料、乳化石墨等，产品售价可达 30000 元 / 吨。

南方石墨精深加工、项目建设需要石墨基础研究支撑，引入专业研发人员提供技术保障。南方石墨将投资 1.2 亿元建设先进碳材料研究院，以产学研战略为引领，加强与各级政府、高等院校（科研院所）的合作，发展高技术含量、高附加值的新型碳材料及制品，重点以功能材料、储能材料（动力电池）、润滑材料、复合材料、石墨烯制备及应用为研发方向，形成具有较大聚集效应和辐射效应的石墨产业密集带，释放外部规模经济的能量，带动相关配套产业群体发展。

随着新能源、核工业、电子信息等新兴产业的发展，石墨深加工产品未来市场前景广阔。而我国目前石墨深加工技术与德国、法国、美国、日本等发达国家相比还是有较大差距，因此发展我国石墨深加工产业具有非常重要及长远的意义。

道阻且长，行则将至。南方石墨将不忘初心，鼓足干劲，加快科技创新步伐，将南方石墨打造成国内最大的高端化、集群化、创新型、应用型微晶石墨产业基地，助力中国建材集团高质量发展。👉

# 万象更新



# “巨石” 玻纤出海记

——中国巨石埃及和美国项目侧记



时光倒转，2008年，对于中国玻纤行业来讲，是意义非凡的一年，被国外玻纤巨头垄断了70多年的行业头把交椅易主了，中国巨石在浙江桐乡建成了年产60万吨的玻纤生产基地，一跃成为全球规模第一企业，这是每一个巨石人永远铭记的时刻。

然而，庆祝的喜悦还没多久，

全球金融海啸席卷而来。雪上加霜的是，2009年年底，欧盟突然发起“双反”调查，对中国玻纤产品的税率从8.5%提高至43.6%。自此，反倾销、反补贴没有停止过，而巨石因为出口量最大，涉及金额也最多。2010年，欧盟对巨石最终加征的税率为24.8%。

中国巨石总裁、巨石集团董事

长兼CEO张毓强谈起当时的境况，最大的体会是“当时巨石虽然产能是世界第一，但还不是世界级公司，不是跨国公司，因为产地太单一，都在中国。”

走出去，是无奈之举，也是主动应战。按照“地理上贴近欧盟又不在欧盟、不受反倾销影响”的标准，巨石从2010年开始寻找海外

投资建厂之地。

## 沙漠中开出鲜艳的花

“先建市场，后建工厂！”早在2006年，中国巨石副总裁曹国荣就作为“开路先锋”到全球各地进行选址，并最终选定埃及：这里不仅矿产资源丰富、综合成本低、未来本土需求旺盛，更重要的是，埃及毗邻欧洲，进入欧盟零关税。

2012年初，埃及工厂破土动工。

2014年5月，一期项目年产8万吨池窑拉丝生产线建成投产。作为中国在海外建设的首条大型玻纤生产线，该项目填补了北非地区玻纤生产空白。

2016年6月，埃及二期年产8万吨生产线投产。

2017年9月，埃及三期建成

投产，20万吨生产基地全面建成，并且比原计划提前了4年。

6年时间，中国巨石在撒哈拉沙漠建造起一座现代化的生产基地。

在这里，中国巨石投资了超6亿美元，不仅建了3条大型池窑拉丝生产线，还有矿粉原料、包装材料、化工原料等配套项目，实现了玻纤生产全套技术装备的海外输出。项目年产值超过2.2亿美元，出口创汇近2亿美元，4年累计向埃及政府缴税3.1亿埃磅。

在中埃苏伊士经贸合作区，巨石是最成功的项目，它入园后，带动了一批上下游企业入驻，包括上游物流运输、矿产开发和包装材料制造等产业，以及下游玻纤织物、风力发电等复合材料应用产业。中国驻埃及大使馆经参处公使衔参赞

韩兵评价说“中国巨石在埃及的项目是中埃两国经贸合作的典范”。

## 梅花香自苦寒来

海外建厂谈何容易。巨石埃及工厂所在苏伊士苏哈那经济开发区，距离开罗东部120公里，是一片不毛之地。5公里外是红海，开车10多分钟可到达因苏哈那港，但距离最近的城市苏伊士还有40多公里，所有生活配套设施必须自建。在整个工业生产体系落后，缺乏必要基础设施建设和成熟的产业工人的情况下，巨石埃及项目所要面对的困难非常人能想象。

巨石刚准备建厂，埃及就爆发了革命。动荡局势中，大批中资企业撤离，中国驻埃及大使馆还将巨石的工厂作为一个撤退点，因为这



巨石埃及公司纺纱车间



里有地、有水、有粮食，离红海也近，中国军舰会来接见。一旦情况紧急，中国人可以集中到这里撤退回国。

人心惶惶之际，张毓强冷静果断拍板：不撤。“当时我的想法就是义无反顾，一路朝前，没有任何退路，如果打退堂鼓，前功尽弃，永远也别搞国际化了！”于是，巨石不仅没有撤退，更加快了项目进度。

挑战远远不止一个，供电便是大问题。玻纤生产是24小时连续作业，一个窑炉一点火就是十年，而埃及电力供应常年紧张，15兆瓦用电迟迟批不下来。为此，曹国荣不惜每天到埃及工业发展局的接待室找负责人，足足持续了两个月。最终，巨石埃及与电力部门商讨将电压等级从22kV提升至66kV，巨石又投资近亿元自建变电站并自行运营维护，才顺利保证了生产线电力的安全稳定供应。

有段时间水供应不足，做不了饭，洗不了澡，卫生间也冲洗不了，员工怨声载道，只好借槽罐车从外边拉水，再向政府申请，根据勘探的水文条件打井，还运用海水淡化技术，终于保障了用水需求。

还有客户认可问题，因为巨石很多客户是世界500强企业，换一个地方生产，就要重新认证和评审，所以有一年多时间库存积压很多。直到2014年，认证完成了，客户认可了，销售才走上正轨。等到二期投产后，市场对巨石埃及工厂生产的玻纤已经充分认可，客户评价很好，订单一个接着一个，出现了供不应求的局面。于是，巨石又利用



捐助埃及希望小学



智能基地检装

空闲的土地再造了一条生产线，这便形成了如今的20万吨玻纤产能。

## 文化融合 民心相通

走出去，在海外建厂，是用中国人来管理当地员工，还是让当地人管理当地人？在这个问题上，张毓强有非常清晰的认识：“本土化最终是人才本土化，如果都是我们的人在管，那不等于把我们的工厂和人搬到国外吗？这不是国际化，也做不到。”

但现实总是残酷的，由于文化

隔阂，中国师傅带埃及徒弟，有时摸摸头拍拍肩以示友好，却被埃及员工认为是侮辱，为此打得头破血流；中国员工吃猪肉，引发埃及员工强烈不满，甚至罢工；埃及员工本身的自律性不强，比较自由散漫，达不到管理要求；巨石提供的薪资在当地属中上水平，但仍有人挑动闹事……

“尊重埃及文化，站在埃及员工的角度想问题，才是真正的本土化。”张毓强说。于是，冲突变成了融合契机。此后，巨石埃及公司每月举行座谈会，总经理听取员工

诉求；尊重埃及文化习俗，专门设置“祷告室”；公司分设中式食堂和清真食堂；按照埃及员工的爱好，专门设置足球场、茶馆……

中方干部以身作则，让埃及员工做的，自己要先做到最好。要打扫车间，总经理第一个拿起扫帚；遇上停电，中方人员全部24小时守在窑炉边……潜移默化中，埃及员工逐渐认同巨石文化，中埃员工之间的心走得更近了。有一次意外停电，工人必需手动把丝掰开，有的埃及员工能掰上一夜，还有埃及员工连夜去戈壁上巡查电缆，通宵奋战，直至把电缆修好。

管理层中的埃及员工比例也在不断提高，索里曼就是其中一位。他2011年大学毕业，2012年进入巨石，从工艺员做起，期间来巨石桐乡总部培训学习多次，一方面学习岗位技能，另一方面加深对巨石文化的理解和认同，凭借自身的努力，个人综合素质和工作努力逐渐提高，一步步上升为部门负责人，如今成长为巨石埃及公司副总经理。

截止到20万吨生产基地投产之时，巨石埃及公司共有1905名员工，其中埃及员工1856名，中方人员仅49人，本土化率达到97.4%，其中埃及籍部门负责人的比例占到60%。

## 纵深发展 造福一方

在完成产业投资的基础上，巨石积极与埃及开展高新技术领域的



技术合作。2018年1月，中埃高性能玻璃纤维及复合材料联合实验室在埃及苏伊士签约揭牌，这是中埃第一个玻纤及复合材料类联合实验室，是双方加强技术沟通、合作研发的一个全新的优质的平台，不仅能有效带动埃及玻纤及复合材料上下游产品及应用的研究发展，还能辐射整个地区乃至非洲大陆，为中埃双方在“一带一路”框架下合作，尤其是科技创新领域合作注入新动力。“联合实验室将在产品开发、技术研究、学术交流、职业培训、测试服务等领域开展深入合作。”埃及国家研究中心主席阿什拉夫·沙兰表示。

在埃及，玻纤生产原料丰富，但原料供应商所生产的原料远远达不到巨石的要求。为此，巨石专门派技术人员到原料供应商的生产现场进行指导，协助他们完成质量管理体系，提升供货质量和生产效率。经过双方的努力，这家原料供

应商的产能比之前提高了一倍，已经成为开罗的矿产龙头企业。这个供应商认为巨石的到来对他们而言是幸运的，他们的负责人曾这样说：“巨石为我们做了很多事情，不管是企业经营还是质量管理，都帮助我们有了很大的提高，希望我们可以永远合作下去。”据悉，仅原料供应商，巨石就在当地开发了13家，本地采购额每年达到2亿埃磅。

在引领上下游产业链发展的同时，巨石不忘参与公益活动，回馈社会。每年斋月期间，巨石埃及公司会开展慈善活动，给当地贫困者发放斋月礼盒和开斋饭，公司内部为员工提供免费饭菜、饮料和水果，并发放斋月补贴。为帮助当地贫困学生，巨石埃及公司开展捐资助学活动，为非洲希望学校捐赠了价值16.5埃磅的物资，用来改善学校的教学设施和学习环境，为当地教育事业贡献力量。为保护红海生态环境，巨石埃及公司组织中埃员工到

红海边捡拾垃圾，并向周边群众宣传环境保护的重要性，为海洋生态的可持续出一份力。

在“一带一路”上，中国巨石如玻纤一样坚韧，如明珠一样耀眼。

## 进军美国 彰显底气

如果说在埃及的布局是对症下药，那么在美国建厂，则是未雨绸缪。

美国不但是玻璃纤维的发源地，也是全球最大的玻纤生产国和消费国之一，更是巨石最大的海外市场。美国的玻纤产业化水平、市场应用领域、人力资源在全球都处于顶尖水平，还拥有丰富优质的能源资源、矿产资源等。在美国制造业回归政策的影响下，土地成本、能源成本较低，加上优惠的财税政策、健全的政府培训政策等，对巨石来说都是利好条件。

在美国投资建厂也是巨石进一步国际化，充分参与国际竞争的需要。美国拥有全球最发达的玻纤产

品下游应用市场和丰富的高端玻纤研发、生产、管理人才，直接面对市场也将有利于促进产品研发。在美国建厂，能实现市场前移、研发前移、人才前引。

早年巨石产品刚进入美国市场时，客户问“为什么要买中国巨石的产品”，如今悄然变成“为什么不买中国巨石的产品”。一字之差，既反映出巨石耕耘美国市场的艰辛，又表明目前中国巨石品牌已经在美国生根发芽，中国巨石在美国建厂已经拥有了市场基础。

2016年12月，巨石美国玻纤生产线正式在南卡罗来纳州里奇兰县奠基。成为自1985年以来该县郡最大的外商投资项目，能有效增加当地的税收收入，提供就业岗位，带动当地经济发展。

2019年5月，巨石美国年产9.6万吨池窑拉丝生产线成功点火，比原计划多了20%产能。

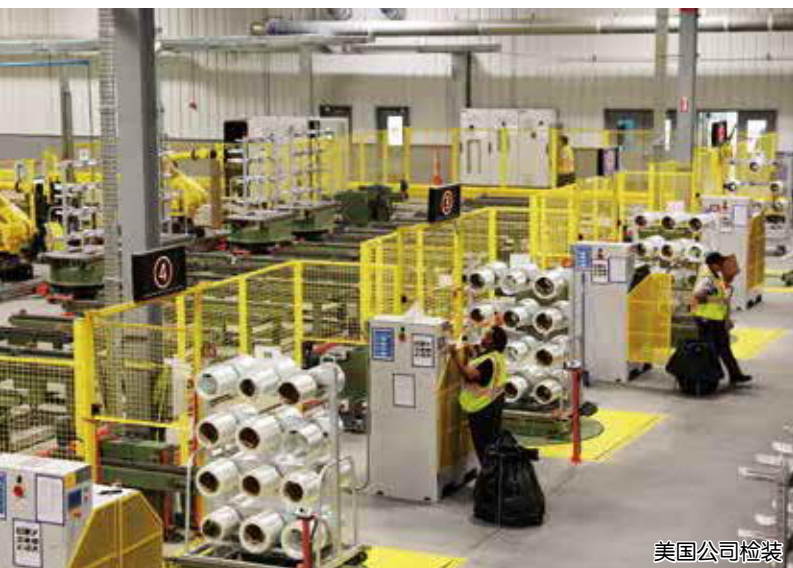
2019年9月，配套项目如铂加工车间建成投产，将有效节约漏

板设备的进口时间，降低漏板费用。

巨石美国项目总投资达3.5亿美元，不仅带动了上游原料加工、物流运输、矿物原料加工、包装材料制造等行业的发展，也激活了下游复合材料行业的发展。

在当地制造业不景气的背景下，多数外商投资都未完成既定的雇员目标，但巨石美国项目不但超额实现投资目标，还超额实现雇员目标，仅一期项目就组织10余场大型招聘会，为当地创造了450个就业岗位，在薪酬福利待遇方面也远远超过当地诸如沃尔玛、亚马逊等世界500强企业。在当地受飓风袭击后，公司主动拿出资金、组织员工，支援受灾群众重建家园；在当地遭风暴肆虐后，公司派出员工，协助疏通道路。

中国巨石“走出去”，不仅增强了自身在全球玻纤行业的话语权，提高了全球市场竞争力，更展现了中国企业的责任担当，为中国树立良好的大国形象做出了贡献。👏



美国公司检装



中美文化融合

# 磨砢淬砺新材料 共筑美丽中国梦

——中国建材国际工程集团有限公司重点项目巡礼



韩国 KCC12001/d 浮法玻璃生产线

作为中国建材集团打造的国际工程核心平台，中国建材国际工程集团有限公司是具有 60 多年历史和雄厚技术实力的科技型企业，秉承“善用资源、服务建设”的核心理念，以“集成化、产业化、工程化、国际化”战略为指引，集研究开发、工程设计、工程承包、加工制造为一体，以建材和新能源技术为主导的具有较强

综合实力和国际竞争力的科技型企业集团，着力打造创新转型和具有国际竞争力的综合性建材工程平台。

## 玻璃技术更进一竿

根据中国建材集团的部署，中国建材国际工程集团充分发挥中央企业的影响力和带动力，努力推动

企业向高端化、智能化、绿色化、国际化转型，不断提高光伏技术和项目管理水平，投身“一带一路”建设，积极拓展国际业务，跻身世界第一阵营，成为中国玻璃和建材技术最大集成者和世界一流 EPC 服务商。

凭借近 70 年玻璃行业的专业经

验，中国建材国际工程集团已形成了全套技术成熟、独具特色、性价比极优的大吨位优质浮法玻璃、超薄浮法玻璃、微铁太阳光高透过率太阳能玻璃、平拉玻璃、优质瓶罐及器皿玻璃、池窑拉丝玻璃、硅酸钠（泡花碱）玻璃、硼硅酸盐特种玻璃等核心技术，研发出 0.12mm ~ 1.1mm 超薄电子信息显示玻璃生产线技术，500t/d ~ 1300t/d 优质浮法玻璃生产线技术，250t/d ~ 1000t/d 超白太阳能玻璃生产线技术，诞生了世界上最薄的电子玻璃和转化率最高的薄膜太阳能电池等一批改写世界纪录甚至重新定义玻璃的尖端产品。

#### ● 中国出口规模最大的浮法玻璃生产线——韩国 KCC1200t/d 浮法玻璃生产线

韩国 KCC1200t/d 浮法玻璃生产线项目由韩国最大的建材公司 KCC 投资，产量为 1200t/d。中国建材国际工程集团所承担的工作为熔化和成形工段的设计、供货及相关耐材及设备的现场的安装指导，是公司首次为较发达国家提供的生产能力最大的玻璃生产线。项目总体技术水平较高，整条生产线的工艺水平、自动化水平处于国际领先行列。该生产线能够生产优质汽车玻璃、建筑玻璃等，厚度从 5mm 至 12mm 不等，满足客户多样化需求。KCC 作为韩国最大的建材企业，对生产线要求甚为严格，因此公司在设备采购招标、监造、包装运输方面都非常谨慎，做到程序合格、监管到位。制造商自我监管、公司派人驻厂监造、业主验货三步相结合，

及时发现问题、解决问题，取得了很好的效果，为项目的成功打下了坚实的基础。

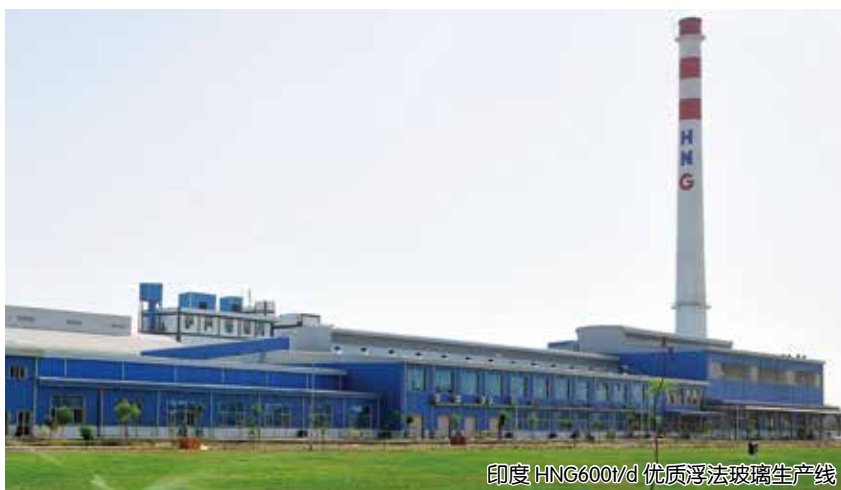
#### ● 第一条在印度古吉拉特邦巴罗达市投资建设的浮法玻璃生产线——印度 HNG600t/d 优质浮法玻璃生产线

印度 HNG600t/d 优质浮法玻璃生产线是印度国家玻璃工业公司（简称 HNG）第一条在印度古吉拉特邦巴罗达市投资建设的浮法玻璃生产线。HNG 是印度最著名的器皿玻璃生产供应商，在器皿玻璃行业享有 85% 以上的市场份额，是印度股票市场的上市公司。该项目由业主通过自筹资金和银行贷款筹集资金新建。该项目业主先后对世界上所有自主知识产权的浮法技术的使用者和设计者进行了多轮技术交流和谈判，其中包括英国 PILKINGTON、法国圣戈班、美国 PPG 公司以及中国的相关单位。最后，中国建材国际工程集团以技术方案先进合理、主要技术性能指标高、总承包管理措施切实可行和性价比卓越的优势而胜出。HNG 与公司签订的工程

总承包合同是以 FIDIC 为合同条件形式，以固定总价为合同计价类型的 EP 合同，项目管理方式为设计加项目管理服务（E + PM）。该生产线要求能满足制镜、镀膜、汽车和高档建筑加工玻璃的质量要求。公司在设计过程中，充分应用近年来在浮法工艺和装备方面的研究成果、注重控制技术软件包的开发应用，发挥关键装备的效能，该项目投产以后，完全实现了稳定生产优质浮法玻璃的目标，产品质量达到了印度市场的 NO.1，居于国际先进水平。

#### ● 哈萨克斯坦第一条浮法玻璃生产线——哈萨克斯坦克孜勒奥尔达市年产 197100 吨浮法玻璃生产线

哈萨克斯坦克孜勒奥尔达市年产 197100 吨浮法玻璃厂建设项目是哈萨克斯坦首条浮法玻璃生产线，坐落于哈萨克斯坦西南部锡尔河畔的克孜勒奥尔达市。项目主要工艺设备均选用全球知名品牌。中国建材国际工程集团对项目部职责进行合理划分，设置了土建、安装、采购、财务、安全管理、合同管理、资料管理以及后勤等职能分支，以实现



对工程进度和分包商施工的科学管理。项目进度管理方面，公司在分解进度计划的基础上严格把控施工进度，做到按施工工序分解，突出控制节点；按分包单位分解，明确分部目标；按专业工种分解，确定交接时间。该项目作为哈萨克斯坦第一条浮法玻璃生产线，具有举足轻重的社会意义。项目建成投产后，产品不仅将面向哈萨克斯坦本国市场，还将出口至中亚其他地区乃至俄罗斯，同时还将带动克孜勒奥尔达市本地工业发展，促进本地人员就业。项目自建设之初便赢得了广泛的社会关注，哈萨克斯坦前总统纳扎尔巴耶夫、哈萨克斯坦 Baiterek 国家控股公司董事长、克孜勒奥尔达州州长等国家和政府机构官员都曾莅临现场进行视察。此外，项目土建工程多由哈萨克斯坦本土分包商承担，是中国建材国际工程集团践行“属地化”原则的一次尝试。项目建成投产后必将成为中国建材集团在“一带一路”建设上取得的又一重大成果，让玻璃工业点亮这座中亚内陆小城。

## 光伏布局遍地开花

中国建材国际工程集团不断攻关“卡脖子”技术，聚焦精耕“超薄、超厚、超大吨位”，一次又一次刷新最薄玻璃纪录，在玻璃技术、玻璃装备和玻璃工程等方面处于国际领军位置。

中国建材国际工程集团的新能源业务遍及欧洲、美洲以及亚洲的主流市场，跻身全球新能源第一方阵，成为世界领先的绿色能源服务供应商。依靠 EPC 成功经验，打造成“技术研发+模组生产+工程服务”一站式全产业链集成服务供应商，成为欧洲最大中资光伏 EPC 领跑者。拥有晶硅太阳能电池、碲化镉 (CdTe) 薄膜太阳能电池、铜铟镓硒 (CIGS) 薄膜太阳能电池制造的核心技术和量产工艺，碲化镉研发效率 18.05%，达到世界顶尖水平，铜铟镓硒研发效率 19.2%，创造世界纪录。光伏产品品类齐全，应对多种条件，满足多样需求：浚鑫太阳能组件（晶硅）、

Avancis 太阳能组件（铜铟镓硒 / CIGS）、CTF 太阳能组件（碲化镉 / CdTe）、超白压延光伏玻璃（1.8mm、1.6mm、1.5mm 超薄系光伏玻璃）。

● 中国建材集团在美国承建的单体最大的地

## 面光伏电站——美国 North Shore 96.75MW 地面光伏电站项目

美国 North Shore 96.75MW 地面光伏电站项目，位于美国加利福尼亚州南部 Riverside 郡 Mecca 市，是目前中国建材集团在美国承建的单体最大的地面光伏电站，并首次在海外项目采用平行单轴跟踪支架系统。总装机容量 96.75MW（直流）/74.8MVA（交流），占地面积 484 英亩，约为 2937 亩，其中包括一处 92.5kV 高压变电站的设计、采购及施工，首年发电量超过 2.1 亿度电。项目严格按照美国标准及项目所在地政府规范执行设计、采购和施工，选用的设计公司 and 施工分包公司均为世界一流公司，技术及管理水平达到全球领先。项目高质量的顺利竣工，也得到了美国当地州、郡政府的认可和支持。美国加州政府官员、美国独立能源协会 CEO、加州电力公司 IID 总经理及当地媒体参加了竣工仪式，在仪式上，加州政府代表授予了项目竣工证书。该项目使得中国建材光伏品牌扎根美国市场，为后续项目开发、EPC 业务、企业信用等奠定了坚实的基础。

## ● 欧洲单体最大的地面光伏电站——葡萄牙 Solara4 221MW 光伏电站项目

葡萄牙 Solara4 221MW 光伏电站项目是中国建材国际工程集团有限公司在葡萄牙总承包的首个大型地面光伏电站项目，建成后将成为全欧洲单体装机容量最大的光伏电站。项目团队始终秉承公司“三精”管理理念，积极落实项目现场管理的“三精”管



哈萨克斯坦克孜勒奥尔达市年产197100吨浮法玻璃生产线

理衍生，做到项目团队组织精健化、现场施工管理精细化、项目开发经营精益化。在装机容量大、地形复杂等条件下，项目团队对该项目各个环节的管理和监督都精细管理严格把控。国内项目成员克服时差，与项目现场紧密沟通联系，分日、周、月等不同周期定期召开线上线下会议了解项目情况，把控项目进度、成本和质量等要素，同时和公司其他部门积极分享项目状态、合作互助。项目成员在国外现场适应环境，与现场分包商积极沟通，了解现场实际情况，核对并确认分包商提交的文档和报告。葡萄牙 Solara4 221MW 光伏电站项目受到葡萄牙政府的高度重视，它的成功建设与运行代表着伊比利亚半岛地区乃至整个欧洲在光伏新能源行业的无限发展前景，将在葡萄牙新能源领域中发挥里程碑式的意义。项目的建立将极大地促进中欧在光伏行业科技革新的交流，并在葡萄牙当地直接或间接创造一大批就业岗位，推动葡萄牙及欧洲南部地区经济的发展。

● 中建材新能源在越南的第一个 EPC 总承包光伏电站项目——越



葡萄牙 Solara4 221MW 光伏电站项目

#### 南顺明 50MW 光伏电站项目

越南顺明 50MW 光伏电站项目是中建材新能源在越南的首个 EPC 总承包光伏电站项目，该项目预计年发电 8000 万度以上，年收益超 750 万美元。年节约标煤 2880 万 kg，年减排 CO<sub>2</sub> 约 7545.6 万 kg、SO<sub>2</sub> 约 172.8 万 kg、烟尘约 31.6 万 kg。现场场平、打桩、支架、组件安装等大量基础性工作，优先安排项目附近的劳动力，在项目推进过程中没有发生一例闹事阻工等现场。该项目的投运，将有效优化越南电力结构，缓解越南南部地区用

电紧张问题，同时节能减排效应明显，对促进越南经济社会和谐发展具有重要意义。

参与“一带一路”建设，合作共赢、融入当地是长久发展的重要因素。老董事长宋志平提出，中国建材“走出去”过程中要恪守三条原则，其中包括“要和当地企业合作，利益共享”。因此，中建材新能源将项目施工及升压站工作，分包给了越南当地企业，同时一些关键部件进行全球采购，最终创造了越南 50MW 项目开工建设至并网商运条件的最快建设工期记录。



美国 North Shore 96.75MW 地面光伏电站项目

作为世界一流的 EPC 服务供应商，中国建材国际工程集团以雄厚的科研积淀、持续的技术创新和丰富的产业实践，着力打造“新玻璃”“新能源”“新型房屋”“智慧农业”“节能环保”及“装备制造”主力板块，努力为客户创造更高价值，实现共同成长。中国建材国际工程集团正向着世界一流建材企业目标前进。🇨🇳

# 撒哈拉沙漠 见证中国特种水泥奇迹

——记北京凯盛阿尔及利亚STG项目



北京凯盛阿尔及利亚 STG（油井水泥）4200t/d 水泥生产线项目是北京凯盛在阿尔及利亚负责实施完成的从设计、设备供货到项目施工及后续 7 年生产运营的 EPCS（总承包 + 服务）项目，并战略性持有该水泥企业股份。项目涉及范围广泛，涵盖了从矿山、水源地、厂区、自备电站、生活区、道路等全面的建设工作，全部采用中国标准进行

设计和建造，除电站外，均为中国装备。该项目是阿尔及利亚南部产能最大、技术最先进的新型干法水泥生产线。在公司的正确领导和大力支持下，项目按合同约定顺利完工，并移交给中国建材总院生产力中心运营团队，获得了业主和当地政府的高度赞扬。在国家“一带一路”倡议的引领下，该项目的建成与运营，充分体现了中国的建设速

度、中国标准的高水平和中国装备的可靠性，实现了国内产能国际化的转移和合作。

## 攻坚克难 工程建设创奇迹

STG 项目位于阿尔及利亚南部的撒哈拉沙漠腹地无人区，距首都阿尔及尔 1400 公里，距离法国在



阿境内的核试验场仅 100 公里的路程。驶离主干道后还要在沙漠驱车 40 公里才能到达项目建设地。

从 2015 年 8 月起，茫茫无尽的沙海中就陆续出现了北京凯盛工程建设者的身影。建设场地不具备任何人类生活和工程建设的基本条件，没水、没电、没材料，甚至开始的时候都没有一条从主干道到厂区的简易道路。气候十分恶劣，伴随建设者的是每年长达 7 个月的高温天气，在夏季日平均气温都在 40℃ 以上，最高气温能达到 60℃，鸡蛋放在露天钢板上 5 分钟就能烤熟；除了高温以外，还有不期而遇的沙尘暴，刚刚还是晴空万里，转眼间沙尘暴即至。一夜风沙以后，早上醒来每个人的床上、被子上、脸上都蒙上了一层沙子，可以说白天一身汗，晚上满身沙。

项目所在地距离马里和尼日尔边境仅 400 公里，属于阿尔及利亚恐怖活动高发地区，现场被安全隔离网和防弹墙包围，时刻驻守着 30 位荷枪实弹的军人，所有中方人员的进出均须提前申请，并由宪兵全程护送，给工作的开展造成了极大的不便，大家经常开玩笑说“咱们这是高墙内建设的水泥厂”。

严酷的自然环境和社会环境对每个人的生理和心理都是极大考验，也给项目建设带来了极大的困难。但是困难再大、条件再艰苦也难不住北京凯盛的工程建设者。

一位工程人员说：“没有水，我们自己打井解决水源问题；没有电，我们使用柴油发电机发电确保建设

和生活用电；没有路，我们就自行组织施工机械修建简易道路，确保交通畅通；周边采购不到施工材料，我们就组织车辆从 1400 公里外的首都送往现场；白天热，我们就调整工作时间，改善照明，夜间施工；风沙大，我们每个人都带上防尘口罩，坚持工作。”

项目党支部成员更是以身作则，发挥先锋模范作用，时刻战斗在第一线。没有一个人叫苦叫累，时刻保持着高昂的工作激情，苦中作乐，以项目为家。

2016 年 2 月，工程人员成功浇筑了现场第一罐混凝土，同年 8 月进入设备安装阶段，于 2017 年 7 月 28 日回转窑成功点火，8 月 10 日成功生产水泥，仅仅用了 17 个月时间就打通了从原料到水泥包装的全部生产线，实现了一次带料成功，一次点火成功，一次生产水泥成功。在此期间共完成了 45000 立方米混凝土的浇筑、7000 吨钢结构的安装，以及共计 6000 台（套）机械设备和

电气设备的安装，创造了当地工程建设的奇迹，在当地引起了巨大的反响，展现了中国工程建设速度。阿尔及利亚前总理在现场考察时，称赞该项目是“火星上建设的水泥厂”“中国的工程建设者证明了阿尔及利亚的每一寸土地都可以建设”。

## 稳定运营 油井水泥补空白

如果说项目建设体现了中国速度，那么后续的生产运营团队的出色工作就体现了中国技术的先进性和中国装备的可靠性，在阿尔及利亚唱响了中国品牌。

在试生产阶段，运营团队紧紧围绕“系统达产达标”这个工作目标，优化系统，完善流程，对每个环节进行反复调试和检查。在点火后的仅仅两个月的时间内，即完成了生料磨系统、烧成系统和水泥磨系统的考核验收工作，创造了水泥行业调试工作的领先成绩，特别是熟料



热耗 718kcal/kg 达到世界水泥行业的领先水平。

阿尔及利亚属于石油输出国，油田都集中于南部，年均需油井水泥 30 万吨，之前全部依赖于进口。项目在中国建材总院旗下水泥研究院的大力支持下，采用了总院的技术和装备，并于 2018 年 8 月生产出了第一批成品油井水泥，产品各项技术指标均符合阿尔及利亚 G 级油井水泥标准，填补了阿尔及利亚生产油井水泥的空白，彻底打破了阿尔及利亚油井水泥依赖进口的局面。

水泥生产重在质量，项目矿山的的基本条件远远达不到国内的矿山水平，矿山夹层多，石灰石含土多，粘土质量不稳，对整个水泥产品的质量控制是一个严峻挑战。运营团队严把原材料质量关，确保了出厂水泥合格率达到百分之百。产品的 3 天强度、28 天强度均超过阿尔及利亚的拉法基水泥和 GICA 水泥，得到了用户的一致好评，迅速占领了南

部的广大市场。海外生产线的管理均有设备备件少且到货困难的特点，运营团队严格设备管理制度，精心维护和保养设备，到目前为止没有发生任何一次重大设备事故，生产线已稳定运营一年多，累计生产各类 42.5 普通硅酸盐水泥、CRS 抗硫酸盐水泥、油井水泥共 120 万吨，创造了显著的经济效益。

### 战略持股 深化产能合作放光彩

阿尔及利亚水泥产能十分有限，且技术落后。每年需要从欧洲进口大量水泥，不仅价格高，还浪费宝贵的外汇资源，水泥紧缺的情况，在项目建设过程中深有体会。阿国政府为了改变阿国这一落后面貌，下决心发展自己国家的水泥工业。该项目的成功建设与运营，不仅解决了当地人员的就业问题，还带动了当地的经济的发展，实现了水泥产业升级，填补了阿国在南部地区水

泥生产的空白。在国家“一带一路”倡议的引领下，以总经理马明亮为核心的北京凯盛领导班子，大胆创新，创造性地进行了战略持股，增强了投资者的信心，稳定了运营队伍，同时也创造了显著的经济效益。作为国有企业，北京凯盛以实际行动践行了产能合作与产能转移的国家战略。

人民日报也对项目建设和运营做了专题报道，标题为“撒哈拉沙漠见证中国奇迹”，并把此文章作为人民日报十九大“一带一路”专栏的开篇之作，国务院和人民网也进行了相应的转载。项目建设同样引起了当地政府和国家的高度重视，阿德拉尔省省长、国家工矿部部长和总理先后对项目进行了视察，在阿尔及利亚引起了广泛反响。

### 沙漠之树 栉风沐雨 砥砺前行

每一名去往这座沙漠工厂的人员，都会在中途看到一棵孤独顽强生长的沙柳树。四年来，无论多大的风沙、多恶劣的天气，这棵树都依然屹立在那里，像一名卫兵，守护着大家前进的道路。每一名建设者和生产者，都曾深深地被这棵树顽强的生命力打动，每当遇到困难的时候，想一想沙漠中那棵永远向上的沙柳树，就又充满了动力和希望。

二十几年来，北京凯盛人始终坚持“不忘初心，砥砺前行”，而北京凯盛也犹如沙漠中的那棵长青树，蓬勃发展，勇往直前。🌳



# 全力打造 中国“新型房屋”名片

——北新房屋海外发展纪实



委内瑞拉建房项目

随着国家“走出去”战略的实施，越来越多央企走出国门，进军海外市场，合同订单硕果累累。中国建材集团积极响应国家号召，制定了“六个一”的海外发展计划，北新房屋作为中国建材集团新型房屋板块的核心骨干企业，坚持国际化的发展思路，大力布局“一带一路”市场，尤其是在老董事长宋志

平提出“将新型房屋做成继高铁之后中国推广到世界的品牌”后，北新房屋全体员工备受鼓舞，勇于创新，攻坚克难，全力打造中国“新型房屋”名片。

目前，公司的产品及服务覆盖了北美、东欧、中东、南亚、南美、南太平洋及非洲等60多个国家和地区，累计完工几十个海外项目，规

模达120万平方米。

## 攻坚克难 市场开拓成绩喜人

作为海外新型房屋项目的新成员，北新房屋充分发挥技术后发优势，通过借船出海、代理合作等合作模式，实现了一个又一个海外项



南苏丹朱巴别墅项目



坦桑尼亚国防学院项目

目落地，打造了闪亮世界舞台的中国“新型房屋”名片。

2012年与国机集团合作赞比亚房建项目，项目总建筑面积60万平方米，共4527套住宅，仅用两年时间完成，成为中国新型房屋企业海外工程难得的“高品质、全收款、高效益”三丰收项目。

2014年通过代理商签约巴新1000栋项目，该项目是北新房屋进入南太平洋市场的重要示范项目，也

是北新房屋持续引领中国绿色装配式建筑产业的发展，大力推广海内外绿色小镇建设的重要举措之一。

2016年，北新房屋与中国联合工程公司共同合作委内瑞拉房建项目，项目总建筑面积约16.7万平方米，共计105栋。该项目是中委两国全面战略伙伴关系加深的成果，作为服务“一带一路”沿线国家的重点工程，北新房屋凭借多年来在海外实施项目经验，克服了委

内瑞拉局势紧张、远距离保障等重重困难和挑战，按时保质保量完工，赢得了当地政府和居民的高度评价，取得了良好的经济效益和社会效益。2018年5月10日，在委内瑞拉新埃斯帕塔州波拉马尔正式举行一期交房仪式，总统马杜罗出席仪式并讲话，对该项目的规划设计、房屋质量及施工进度给予高度评价，并表示委内瑞拉房建项目是非常成功的住宅项目。

像这样的“中国新型房屋”正在世界各地落地生根……

目前，北新房屋正在进一步加强与中国建材集团系统内兄弟单位协同，并与中国中冶、中国电建等大型对外窗口央企继续深化合作。同时，加大代理商发展力度。截至目前，公司共有海外代理商34家，有效促进了项目信息和业务规模的快速增长，当前通过代理商合作洽谈的项目有20多个，规模约100万平方米。2018年年底通过代理商成功签约印尼畜牧园区建设项目，标志着北新房屋产品进入东南亚市场。

近年以来，北新房屋在原有合作模式基础上，针对海外市场的实际情况，持续探索EPC、EPC+F、小比例参股形式、技术输出模式等多种业务合作模式。通过国际业务合作模式创新，与中国建材集团内部兄弟单位组成联合体，如以“EPC+F”模式，加快推进塞内加尔项目合作，该项目是北新房屋在西非地区第一个单体合同金额最大的新型房屋项目；以小比例参股形式，从开发初期入手，联合当地开发商，

准备共同打造北新房屋非洲首个中高端绿色小镇项目，是北新梦之屋概念应用于海外项目的重要尝试，建成后将成为当地最高档的绿色智能社区；以技术输出模式，成功推动新型房屋工厂及技术越南的推广及应用。

## 不断提升自身实力 满足国际市场要求

第一，满足国际标准。通过持续技术攻关，达到“欧盟 2020 战略”要求，该要求不仅是高标准、高水平、高科技含量的中国制造的世界级房屋向欧盟进军的标志，也是北新房屋不断进行技术创新、到达技术制高点的一次探索和实践。同时，为满足不同地区的要求，组织专人进行澳标、美标等标准的梳理整理，并开始进行全面的检验认证，为进入目标市场备好通行证。

第二，实施国际化采购。坚持立足项目本身，从性价比最佳考虑，以属地化为原则，选择项目本地，或项目就近周边国家的优质材料，用更为国际化的视野为不同需求的项目提供更加具有竞争力的综合集成解决方案。

第三，跨国联合开拓第三方市场。深入分析海外市场，进一步创新开拓模式，与日本、韩国等发达国家房屋企业达成合作意向，共同开发东南亚、非洲和南美等市场。同时，从设计源头入手，与亚洲、非洲、欧洲等多国及地区的资深设计院所签订合作协议，共同进行市

场开拓，推进重点项目。

## 加强项目管理 打造高品质房屋

为了将项目做好、做精，做出中国品质，项目管理团队克服远离亲人、语言不通、环境恶劣等诸多困难，坚持住在临建房，吃在工地上，不分昼夜的工作，打造出令人称赞的中国“新型房屋”。

一是认真做好交底。首先进行施工图交底，把施工图分成一般土建部分图纸和钢结构、轻钢结构部分图纸，并对钢结构、轻钢结构特有部分的图纸进行重点交底。其次进行材料交底，包括材料的规格、尺寸、使用部位和使用方法等。之后进行施工工艺的交底，编制简单易懂的施工技术交底文件和施工手册。

二是精心组织培训。针对海外项目施工安装人员对钢结构、轻钢

结构体系都不熟悉，安装技术水平有限的情况，施工指导人员组织认真培训，进行现场实际演练，从基础面层开始，每个工序都进行照片记录，整理成不同分部工程的照片文件，对工人交流讲解，统一做法和标准；在现场安装过程中对于每一个工人实际操作过程中出现的问题进行手把手地进行纠正及指导；坚持每天在现场检查、巡视，对于新的工序亲自监督，保证合格再进行下一道工序；对每批新工人反复培训，对每个班组施工监督到位，保证工程质量。

三是高效发运供货。北新房屋面对海外项目装箱发运过程中可能出现的各种问题，主动寻找问题解决的思路与方案，深度优化发运、拼箱方案，努力避免差错，降低发运成本，实现了发运工作零失误、零差错，为海外项目有效实施提供了强有力保障。首先要做到发运货物品种、数量无差



项目经理现场指导



赞比亚经贸区基特韦公建项目

错。采供部门从发运计划到材料检点，从货物标识到集中装箱，紧紧抓住发运的每一个步骤，每一道程序，认真核对每批、每种、每箱发运的材料，做到发运品种无差错，发运数量不缺失、无失误。其次要做到发运货物时间无差错。采供部门严格执行发运计划，按时、合理调配集装箱，及时装备集装箱，在最合理的时间点将需发运的货物调配至发运地点，确保发运计划时间的实施，避免出现集装箱延误情况。再次，还要做到配箱经济合理无差错。严格控制箱体吨位、数量和到发时间，确保集装箱及车辆合理调配，及时到位。为使集装箱配箱最为经济、合理，降低运输成本，进一步优化集装箱拼箱布局，细化货物搭配方式，精密计算，周密布置，做到既不超重，又充分利用集装箱空间。

### 积极应对挑战 努力扩大业务规模

世界经济发展环境依然严峻，国

际上有效需求不足，中美贸易冲突仍将持续，部分地区安全形势紧张，许多目标市场国家汇率贬值，投资减少，缩减预算，受此影响，项目签约和合同管理遇到阻碍，汇率损失和安全事件等发生概率明显增大。

同时，一些发达国家的房屋公司，在新型房屋的技术标准和市场推广等方面是值得学习的榜样。随着装配式建筑不断推广，一大批国内企业进入新型房屋市场，一些准入门槛低的地区，也成为中国企业的主战场，市场竞争日益激烈。对北新房屋来说，是前有标兵，后有追兵。

面对错综复杂的形势，北新房屋充分整合内外部资源，发挥自身独特优势，加强市场开拓，努力扩大业务规模。一是坚持先进的发展理念。始终坚持“五好”经营路线，“五优”质量方针，四大业务方向，走中高端市场发展之路，运用“代理商+设计资源”的发展模式，进一步扩大项目信息渠道，提高项目开拓能力。二是进一步加强品质建设。继续落实好内

部监理制度，制定公司的质量标准化体系，做到质量标准标准化、内部检查标准化、项目日常质量管理标准化。继续加强供应链体系建设，切实降低采购成本。进一步完善项目经理负责制和项目现场6S管理，不断提升房屋质量。三是持续提升核心竞争力。围绕“两提、两减”目标，不断进行技术创新和产品研发。加强公司信息化建设，加快完成“北新建房”平台。积极推动BIM技术应用，深入开展多层设计研究，填补技术空白，持续提升公司核心竞争力。

当前，北新房屋海外业务佳音频传，国内业务喜讯不断，这离不开中国建材集团和北新集团的全力支持，以及自身过硬的产品质量与全体员工不懈的努力。北新房屋将秉承“绿色建筑未来”的产业理念，继续走科技创新之路，力求用更好的房屋技术、更高的居住标准、更严苛的环保节能要求，全力打造好中国“新型房屋”名片，圆更多国家和地区、更多人的绿色宜居房屋梦！🇨🇳

# 创新业务模式 “走”出一片天地

——中建材集团进出口有限公司海外发展录



随着我国倡导的“一带一路”建设的持续深化，中央企业“走出去”的步伐不断加快。中建材集团进出口有限公司（以下简称中建材进出口公司）作为中国建材集团的创新平台、国际化平台和现代服务业平台，一直秉承中国建材集团“善用资源、服务建设”理念，成立30多年来，与全球160多个国家和地区的客户建立

了良好的业务往来。在集团“六个一”的战略指导下，以“互联网+”为抓手，创新业务模式，实现生产服务“走出去”、智慧贸易物流“走出去”、精品工程“走出去”。

## 生产服务“走出去”

中建材进出口旗下中建材智慧

工业有限公司（以下简称智慧工业）结合当前水泥行业面临的问题，着眼于未来发展，在生产运营、管理、备件维修升级服务等基础工业服务基础上，应用大数据、云计算、物联网、虚拟现实等相关技术，确立了构建供应链延伸服务和一体化海外服务平台的发展战略。经过近年来的开拓和耕耘，智慧工业各项业务发展都取得了

明显的进步，实现了收入和盈利能力的快速增长及品牌提升，并成功带动国内先进技术、装备和服务“走出去”。

### 1. 生产管理业务

依托中国建材集团内水泥厂生产管理的丰富经验和专业技术，生产管理业务一直是智慧工业做大做强的龙头业务和综合发展的先导业务。截至目前，智慧工业共计管理生产线36条，预计年底完成40条；2018年管理生产线28条，其中保产线10条，2019年新签约管理的生产线13条，总金额3908万美元，所管理的生产线广泛分布在沙特、埃塞、伊拉克、吉布提等多个国家。

### 2. 属地化、国际化用工

面对国内劳动力资源成本优势不再、项目所在国对外来劳务准入门槛提高的困境，为节约用工成本，构建更合理的劳务用工体系，实现真正意义上的“走出去”，智慧工业在属地化、国际化用工方面进行了积极的探索。例如，目前在埃塞DMC项目现场，人员编制已经实现中方98人、当地员工107人，每年节约人力成本384万元。国际化用工方面，

沙特UACC项目现场人员编制中方126人，印巴员工41人，每年节约人力成本48万元。

### 3. 智能化服务

智能化服务对智慧工业实现长期发展目标、增强服务水平、提升行业门槛具有关键意义。经过一段时间的筹备、开发、调试，智慧工业的智能巡检项目推进顺利并进入了现场应用阶段，在国内外项目上逐步实现落地使用。目前常德智能巡检将于近期进行项目验收；沙特北方NRCC智能巡检项目计划在今年完成；沙特北方全厂智能化方案将于近日编写完成并开展内部讨论。

### 4. 培训合作

基于海外项目现场专业团队的技术力量和中建材进出口的品牌吸引力，智慧工业在海外市场成功开拓并实施了多个培训项目，获得了当地市场对智慧工业综合服务水平实力的进一步认可。在埃塞首都亚的斯亚贝巴成功举办的高级生产经理研讨班培训了来自埃塞国内大型水泥生产公司管理层近50人次；同埃塞当地职教局合作搭建培训平台，培训当地员工逾

100人次，完成系统的岗前培训和现场培训并择优录取到项目上使用。

未来，智慧工业将在现有基础上努力实现从“水泥行业综合服务商”到“智慧工厂综合服务商”的转变，将进一步快速扩充规模，提升自身生产管理业务的能力水平，优化服务结构和服务能力，为打造智能服务体系奠定基础。同时，依靠数据、讯息、系统平台为基础，面向“一带一路”沿线地区，不断促进建材企业国际产能合作，实现向建材领域为主的制造业提供智慧工厂综合服务的转型。

## 智慧贸易物流“走出去”

《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》在跨境电商方面提出：鼓励各类跨境电子商务服务商发展，完善跨境物流体系，拓展全球经贸合作。公司抓住机遇，打造外贸综合服务平台，依托“跨境电商+共享海外仓”的智慧贸易模式，专注于材料及设备产品的第一方B2B跨境电商平台——线上以易单网跨境电商综合服务平台为依托，整合供应链

## 智慧工厂 智慧服务





# 重塑工业数据价值

技术资料测绘、数据对标、专家诊断、仿真优化、3D呈现..... 给你一个智慧的工厂



体系；线下布局国际营销中心和海外销售终端体系。将传统外贸与跨境电商有机紧密联系在一起，利用全新的商业模式形成数字外贸生态闭环，打造出完整的外贸生态系统，通过对供应链整合形成集约优势，降低中间成本，实现规模经济，凸显“全程、可控、信用、增值”四大核心价值，促进中国优质商品走向全球，让外贸活动更为简单。

## 1. 打造数据化的外贸创新生态圈

易单网通过自主研发的ETP企业贸易系统，将外贸大数据与质量链相结合，实现了生产发货、银行信保、物流通关等数字外贸全程在线，资金流信息流物流全程可控，为海外买家提供24小时、全流程、一站式采购服务，同时为中国生产企业提供定制的外贸整合服务，减轻外贸经营压力，降低外贸交易成本。

目前，易单网的海外营销网络布局覆盖到东南亚、南亚、中东、非洲，并拓展到拉丁美洲、南美国家，不仅满足了公司自身国际化发展需要，还为我国广大的制造企业在“一带一路”

沿线国家开展业务提供便利和服务。

## 2. “共享海外仓”助力国际化新发展

在做好易单网跨境电商线上系统的同时，公司也在积极探索线下共享海外仓建设之路。共享海外仓所在地，就是中建材进出口的目标根据地市场。在共享海外仓的布局上，中建材进出口重点建设在切合国家“一带一路”倡议的地区，确定核心国家、核心市场。海外的买家可以通过易单网搜索所需产品、确认需求、进行在线询价、谈判、确认订单、跟踪物流

运输等，易单网利用在全球范围内运营的海外仓，实现产品的快捷运输、配送并辅以高效的售后服务，有效节约了运输时间，并缩短资金占压期，客户满意度、忠诚度大幅提升，增加产品的国际竞争力。

为提高海外仓的核心竞争力，公司又提出了“SinoPro 中企通”线上平台项目，并已经率先在迪拜海外仓上线。作为自营的B2B线上物资集中供应平台，通过深度整合各类供应资源，重点服务“一带一路”沿线国家中资建设项目，为海外项目采购客



赞比亚建设的新型房屋项目



建材工程：阿曼水泥厂（OCC）改造项目

户提供一揽子供货方案。

## 精品工程“走出去”

中建材进出口下属中建材国际装备有限公司(以下简称“装备公司”)充分发挥央企所具备的技术、资金、人才优势,按照市场化原则,以“精品工程+贸易+服务”的经营理念和市场定位,服务于“一带一路”沿线国家。

装备公司从以水泥为主的生产线向玻璃、陶瓷、石膏板等建筑材料生产线转型,扩展机电工程、轻机工程、招标服务服务的产品线,深挖老客户和发展新客户,积极拓展工程技术、项目管理咨询等服务新模式,增强资源整合能力及工程系统集成供应能力,提供全方位的国际工程系统集成服务。装备公司在强化核心竞争力的同时,让精品工程“走出去”,实现与客户的互惠共赢。目前装备公司境外业务已遍布“一带一路”沿线的38个国家,累计签署1101

个合同,合同总金额达到30多亿美元。海外工程建设以水泥厂、粉磨站、港机工程、食用油厂、啤酒厂为主,国际贸易以建筑材料、建材生产设备、港机成套设备、光伏设备、文教设备、轻工设备出口为主。

### 1. 建材工程项目

装备公司凭借全流程的专业服务和自主知识产权优势成功在中东的沙特、约旦、卡塔尔、阿曼等国家,东北非的埃塞、苏丹等国家建设了20余条水泥生产线,建设规模涵盖了1000t/d~7000t/d,承揽了从水

泥工程设计、成套装备选型和供货、土建施工、设备安装到生产线调试的全流程业务,大部分项目成为所在地区的标杆工程。这些项目的成功实施,为当地经济建设提供了源源不断的物美价廉的材料,给当地人民增加了更多的就业机会,同时也增强了装备公司的国际竞争力和影响力。

其中具有代表性的阿曼水泥厂(OCC)一线提产改造项目,包括了生料粉磨、生料均化、预热器、回转窑及熟料冷却和输送等熟料线核心子项的提产和改造。OCC改造项目的成功,不仅树立了CNBM(中国建材集团)负责任的公司形象,为今后进一步开发阿曼市场奠定了基础,也成功践行了国家“一带一路”的发展战略。业主把CNBM列入了优秀供应商列表,并表示将进一步在新的项目上与集团展开合作。同时,项目的及时投产,缓解了阿曼市场水泥供应短缺的局面,实现了经济效益和社会效益的双丰收。

### 2. 轻机工程项目

2013年装备公司签约印尼巴厘



轻机工程：印尼巴厘海啤酒生产线改造项目

海啤酒生产线的扩建改造项目，该项目包括原料处理、糖化、发酵、过滤、二氧化碳制备、污水处理等全线系统的升级改造。项目的及时投产，不仅解决了巴厘海啤酒厂产能瓶颈和供应不足的问题，大幅度地提升了其经济效益，而且树立了 CNBM 的品牌形象，为今后进一步开发印尼等东南亚市场奠定了基础。

### 3. 港机工程项目

2014年9月装备公司签约克罗地亚卸船机项目，是装备公司首个以全欧洲标准执行、并正式进入欧洲市场的项目。该项目的设备重达3000吨，其中卸船机整机总重约1600吨，达到历史之最。装备公司经过反复的沟通交流、一遍一遍的修改设计，严格到近乎苛刻的制造和安装作业，于2019年3月9日出色地完成了第一次卸船任务。克罗地亚项目运转良好，受到业主认可和称赞。装备公司以该项目为样本工程，将在土耳其、智利和印度等市场广泛宣传和寻找合作商机。

### 4. 体育场工程项目



体育场工程：科特迪瓦非洲杯体育场设施项目



港机工程：克罗地亚卸船机项目

2018年3月装备公司签约科特迪瓦2021年非洲杯足球赛的重点体育场设施项目。项目规模包含新建一座2万人的体育场、一座50个床位的三星级酒店和一个32套别墅的运动员村，同时修复4个现有的体育场作为比赛期间的运动员训练场。它是装备公司第一个体育场建设项目，同时也是装备公司在西非第一个EPC项目。该项目拓展了装备的业务领域，为业务转型与创新打开全新局面。此外，科特迪瓦项目及科特迪瓦海外公司成为装备公

司打开西非业务突破口，以点带面，辐射周围城市和国家，在保障性住房、学校等项目上力争实现更大的突破。

未来，装备公司将始终以“最低成本帮助客户实现最大价值”为指导思想，以国际工程总承包业务为核心，积极发展进出口贸易及技术服务。以中东、非洲等传统市场为根基，逐步推广至欧洲、美洲及亚洲等其他国家和地区，力争成为全球领先的国际工程系统集成服务商。

“走出去”是国家经济发展战略和行业发展战略的需要，是我国建材行业实施“创新提升、超越引领”发展战略的必然选择，也是我国建材行业化解产能过剩的积极举措。中建材进出口将进一步增强自身竞争实力，把握机遇、周密谋划、开拓进取，努力在实施“走出去”战略中，打造出一片新天地，创造新业绩，更好地带动国内先进材料、技术、装备和服务走出去。🌍

# 发现 材料之美

## 水泥之美

水泥，随处可见。大家印象中的水泥还是冷冰冰硬邦邦的吗？让我们换个视角来看看吧。



### 繁花似锦

水泥水化产物的微观形貌，犹如盛开的鲜花。硅酸盐水泥拌合水后，四种主要熟料矿物会与水发生反应。



### 石上花

水泥混凝土中部分水化产物的定向生长，犹如一朵朵在岩石上盛开的美丽小花。



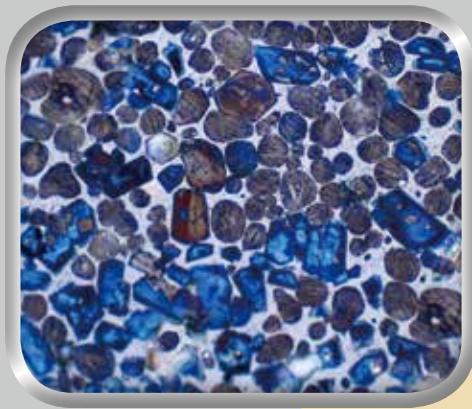
### 乒乓菊

钙矾石的扫描电镜图片。混凝土中的钙矾石是由水泥水化产物水化铝酸钙和硫酸根离子结合产生的结晶物水化硫铝酸钙。



### 松针

钙矾石的扫描电镜图片。在低水灰比的混凝土中水化形成的钙矾石微观形貌呈松针状聚集。



### 蓝宝石

低热硅酸盐水泥熟料的金相显微镜照片。可以看到硅酸二钙矿物呈椭圆形，有明显交叉双晶纹，犹如晶莹剔透的宝石。

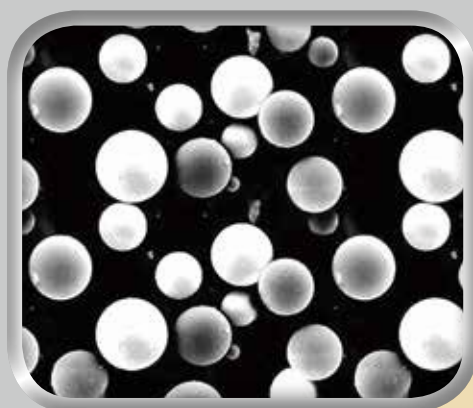


### 云海日出

掺入粉煤灰的水泥浆体，仿佛东方冉冉升起的太阳。为减少石灰石等自然资源消耗，水泥熟料中会使用一定量的粉煤灰等工业矿渣进行替代。

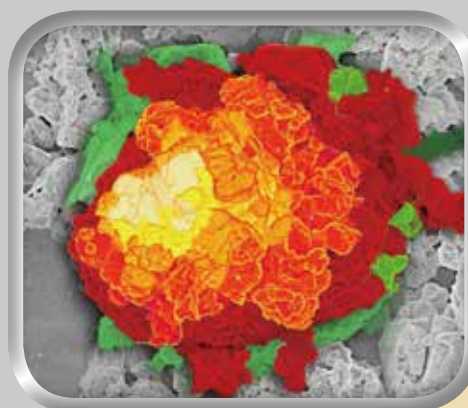
# 玻璃之美

玻璃，在我们的生活中随处可见，但你能想象到一些玻璃表面、经过特殊加工处理的玻璃微珠及构成玻璃的配合料也可以美得如此艺术么？



### 黑白波点的遇见

空心玻璃微珠的扫描电镜图。采用玻璃粉末法制备的玻璃微珠构成了一幅富有浪漫气息的黑白波点艺术作品。



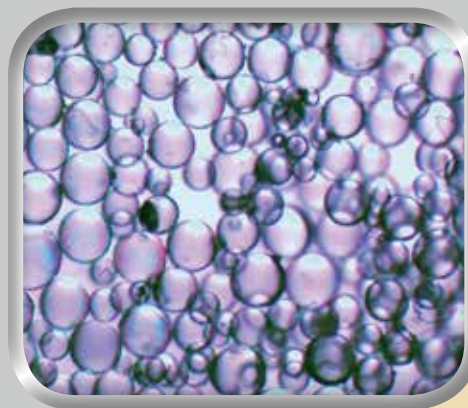
### 娇艳玫瑰

玻璃配合料之纯碱的扫描电镜图。可以看到有不同大小的颗粒紧密地团聚在一起，仿佛一朵绽放的玫瑰花。



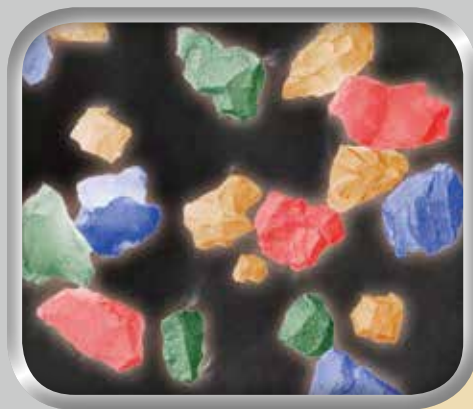
### 太空遨游

玻璃配合料之白云石的扫描电镜图片。白云石呈不规则形状，颗粒大小不均匀，犹如浩瀚无垠的宇宙。



### 梦幻珠帘

空心玻璃微珠在偏光显微镜下的图片。采用玻璃粉末法制备的玻璃微珠犹如一个个紫色的透明小气泡。



### 多彩宝石

玻璃配合料之石英砂的扫描电镜图。石英砂颗粒犹如一颗颗五彩斑斓的宝石。



### “比心”

玻璃配合料之方解石的扫描电镜图。图中方解石的颗粒像一颗爱心形状。

# 发现 材料之美

## 玻璃纤维之美

原来陌生又神秘的玻璃纤维有这么惊艳的一面。



荷叶

2000 倍扫描电子显微镜下，复合材料层压板端面，清晰地显示了玻璃纤维织物与树脂结合的样子，玻纤纱如水中莲叶般排列。



小岛

智能工业化数码显微镜下的长纤维增强热塑性料粒，玻璃纤维在聚丙烯树脂体系中的分散模样，犹如太平洋上一个树木丛生的小岛。



红色香肠

扫描电子显微镜下，短切原丝增强热塑性塑料的断面，短切原丝仿佛一根根诱人的红色香肠，分散在塑料基体中。



竹筒

电镜下的风电用玻璃纤维，排列整齐得犹如一根根结实竹材绑成的竹筒，形成强大合力，编成风能织物，与环氧树脂复合，生产风力发电叶片大梁。



“福”材

电镜下的复合材料纤维树脂结合层。玻璃纤维与树脂结合出横竖交错的纹路，勾勒出一个个“福”字轮廓，是复材也是“福”材。



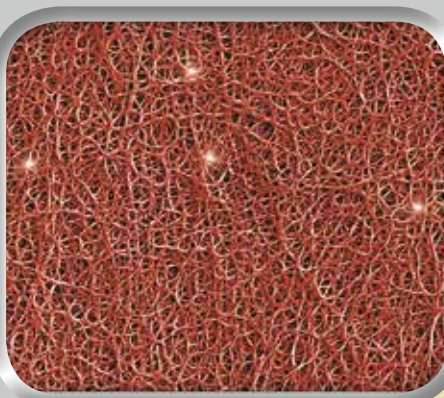
星云

偏光显微镜下，玻璃中硅灰石析晶结石的形态，犹如宇宙中浩瀚神奇的星云。

# 膜材料之美

以全新视角，领略膜材料带来的新花样。

## 海绵网



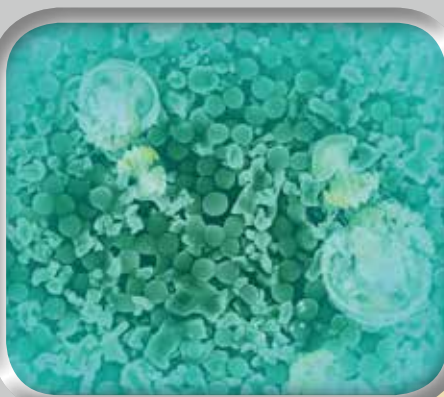
常温双向拉伸的锂离子电池隔膜，在电镜下呈现均匀的海绵网状结构。作为锂电池的重要内层组件，这种隔膜既能够阻止正负极接触、防止短路，又能使锂离子自由穿梭。

## 晶莹剔透



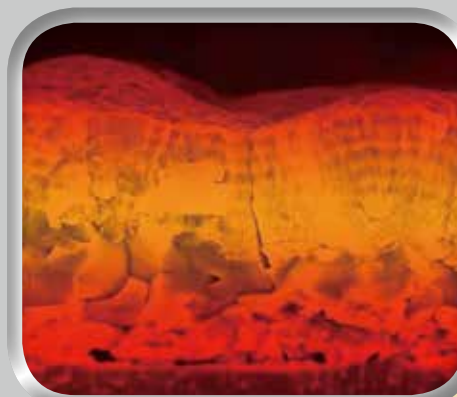
陶瓷涂覆隔膜，在电镜下显得晶莹剔透，散发迷人魅力。有着较基膜更高的穿刺强度、更好的耐高温性能、更强的吸液保液能力，大大提升锂电池的安全性。

## 斑斓水母



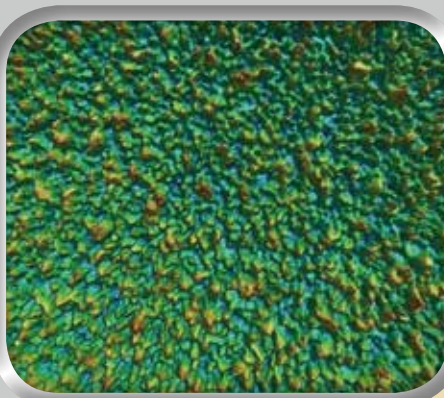
电镜下的多层功能性涂覆隔膜，犹如斑斓的水母自由穿梭，明暗交辉，合力后具备良好的粘结性能、耐高温性和吸液保液能力。

## 地幔能量



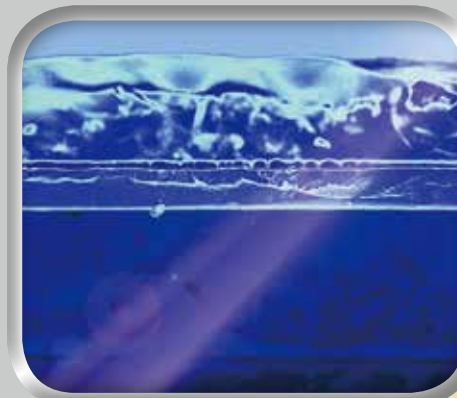
电镜下的铜铟镓硒薄膜太阳能电池横截面形貌，犹如地幔下即将奔涌而出的能量。铜铟镓硒薄膜太阳能电池，被业界评为“最具潜力的太阳能电池”。

## 绿色草原



显微镜下的碲化镉镀膜层，仿佛是大草原上一粒粒露珠，这些露珠在阳光下闪烁，变幻着种种色彩。碲化镉镀膜材料之间致密均匀的膜层结构，保证了阳光下光电之间的能量转换。

## 深海之光



电镜下的柔性 ITO 导电膜材料，犹如深邃的海底凹地，陡峭又神秘。ITO 导电膜作为柔性导电材料，导电性能优越，应用广泛，主要用于高科技触摸屏材料。

# 发现 材料之美

## 碳纤维材料之美

碳纤维，硬核的外表下，竟也蕴藏着柔情。



### 荷叶上的露珠

电镜下的碳纤维复合材料，好似荷叶上的露珠，一派生机勃勃。



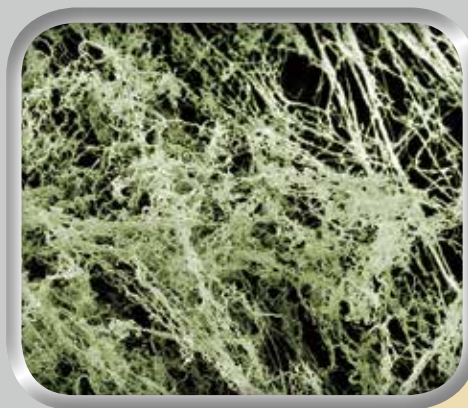
### 七色光

电镜下的碳纤维复合材料呈七色整齐排列，通过发挥其良好的力学性能，使低成本、高速率、高质量成为可能，为汽车工业先进复合材料智能制造奠定了坚实的基础。



### 荷塘莲叶

纤维截面犹如从空中俯瞰荷塘，给人一种接天莲叶无穷碧的气势，纤维随机排列，像一片片荷叶将池塘铺满。



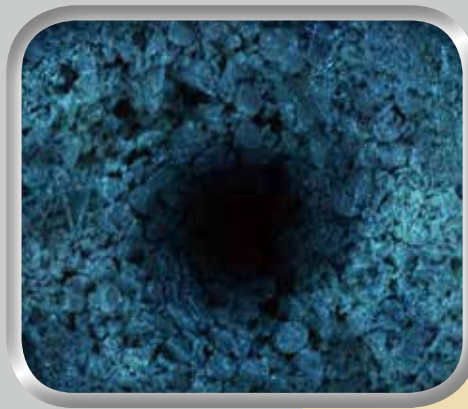
### 雕画

经纬交错的织物，若干扯不断的连线，像是雕刻家不刻意但又精细的作品。若是阳光透过丝线的间隙，该是多么精致的雕画啊！



### 珍贵的晶石

交错纵横的纤维，是矿坑中珍贵的晶石，每一个晶石的棱角和凸起，都显示出了与众不同，在阳光的映照下闪闪发光。



### 宇宙黑洞

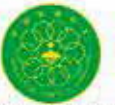
电镜下的碳纤维复合材料仿佛宇宙黑洞。碳纤维复合材料截面纤维排列紧密，具有良好的抗压性，在此基础上发展的结构功能一体化复合材料为先进航天飞行器制造提供了可靠的保障。



股票代码：000786.sz

global  
gypsum  
AWARDS 2012

全球石膏行业杰出贡献奖



中国环境标志产品

# 北新建材 绿色建筑未来

推动建筑、城市和人居环境的绿色化  
打造中国工业标杆



中国建材

北新集团建材股份有限公司

BEIJING NEW BUILDING MATERIALS PUBLIC LIMITED COMPANY

总部地址：北京市海淀区复兴路17号国海广场2号楼

公司网站：www.bnbm.com.cn

服务热线：400-898-5566

CREATE A NEW JUSHI  
BY HAVING MANUFACTURING FOOTPRINT  
AT THREE DOMESTIC LOCATIONS  
AND IN FIVE CONTINENTS

三地五洲布局 再造一个巨石



中国巨石  
CHINA JUSHI

浙江桐乡经济开发区文华南路669号

国际销售 TEL: +86-573-88136318

FAX: +86-573-88181058

国内销售 TEL: +86-573-88181016

FAX: +86-573-88136319

客服中心 TEL: +86-573-88136325

FAX: +86-573-88136248

<http://www.jushi.com>

E-mail: [info@jushi.com](mailto:info@jushi.com)





# 中材科技股份有限公司



万吨玻璃纤维池窑拉丝



风电叶片



汽车复合材料

中材科技股份有限公司是深圳证券交易所挂牌的上市公司,江苏省高新技术企业、国家火炬计划重点高新技术企业,并入选全国创新型试点企业,荣获了全国“五一”劳动奖状。

公司承继了原南京玻璃纤维研究设计院、北京玻璃钢研究设计院和苏州非金属矿工业设计研究院 3 个科研院所多年的核心技术资源和人才优势,是我国特种纤维复合材料行业的技术装备研发中心,也是我国国防工业大型特种纤维复合材料配套研制基地,处于中国特种纤维复合材料的技术发展前沿。

公司主要从事特种纤维复合材料及其制品的制造与销售,并面向行业提供技术与装备服务。主要产品为高强玻璃纤维及制品、玻璃微纤维纸、高温过滤材料、先进复合材料、工程复合材料,并从事万吨级玻璃纤维池窑拉丝工程和大型非矿工程的设计、关键装备制造及技术服务。

玻璃微纤维制品



地址:北京市海淀区板井路 69 号世纪金源大饭店国际商务中心东区 12Fa

电话:010-88437909 传真:010-88437712

电子信箱:sinoma@sinomatech.com

[www.sinomatech.com](http://www.sinomatech.com)



中国复合材料集团有限公司  
China Composites Group Corporation Ltd.

# 中国复合材料

## 领军企业



中国复合材料集团有限公司在汇聚科技力量、创造一流品牌的同时，将战略视角定位于新能源、新材料等战略新型产业，关注与环境、资源的和谐发展。经过近三十年的努力，公司已发展成为复合材料业内具有重大影响力的产业集团，拥有国内一流的风机叶片、碳纤维、多功能铺地材料、复合材料船艇、碳芯电缆、玻璃钢管道、贮罐和高压气瓶、水处理等多项高新产业项目，产品广泛服务于能源、交通、化工、环保、建筑等多个领域。



地址：北京市海淀区复兴路17号国海广场2号楼12层  
电话：010-68138899  
传真：010-68138866  
网址：[www.cegc.com.cn](http://www.cegc.com.cn)



# 中材高新材料股份有限公司

Sinoma Advanced Materials Co., Ltd

## 发展高新材料 服务现代工业

中材高新材料股份有限公司是由隶属于中国中材集团公司的中国中材股份有限公司出资控股的股份制企业。拥有“山东工业陶瓷研究设计院”和“北京中材人工晶体研究院”两家科研院所，承继其 40 余年的科技和人才资源累积，主要从事先进陶瓷和光电晶体的研究开发、生产经营、工程集成及相关进出口业务，竭诚为新能源、环保节能、建材、电力电子、化工、冶金、航空航天、国防等相关行业，是中国先进陶瓷和光电晶体材料领域的技术领先者。

- 已通过 ISO9001 质量管理体系认证
- ISO 14001 环境管理体系认证
- OHSAS18001 安全管理体系认证
- GJB/Z 9001A 军工质量管理体系认证

**以领先的技术、规模和成本  
为您提供可靠、节能、环保的产品和忠诚的服务**



地址：北京市朝阳区望京北路 16 号中材国际大厦 4 层 邮编：100102  
电话：010-64390145/46/47/48 传真：010-64399496

[www.sinoma-zoombor.cn](http://www.sinoma-zoombor.cn)



中国建材

中国建材国际工程集团有限公司

CHINA TRIUMPH INTERNATIONAL ENGINEERING CO.,LTD.



太阳能电池板



0.2mm超薄电子玻璃



哈萨克3000t/d水泥



新型绿色房屋



工业机械手

# 提高技术、服务社会

新玻璃、新能源、新材料、新装备

地址：上海市中山北路2000号 电话：82-21-52916280 传真：86-21-62033390 邮编：200063

[www.ctiec.net](http://www.ctiec.net)

# 致力于打造全球

极具影响力综合服务商和集成供应商



创新平台



国际化平台



现代服务业平台



公司充分发挥自身创新优势、平台优势、市场优势、渠道优势、团队优势、资源优势等，为全球合作伙伴提供大宗商品全产业链服务、国际资源集成与综合项目设计服务、国际先进技术装备贸易服务、大数据智能制造、智慧物联云服务等，致力于成为具有全球影响力的综合服务商。



中建材集团进出口有限公司  
China National Building Materials & Equipment Import & Export Corporation



中国建材

北新建材集团有限公司

Beijing New Building Material (Group) Co.,Ltd.

**房屋业务：** 新型房屋 / FK装配式建筑技术 / PC装配式建筑及构件 / 建筑设计及工程总承包

**木业业务：** 欧松®定向结构板 / 原木锯材 / 家居产品

**贸易服务：** 业务遍布全球六十多个国家及地区



[www.bnbmg.com.cn](http://www.bnbmg.com.cn)

# FK装配式 建筑技术



装配式高层建筑

成套技术解决方案

# 北新房屋

中国绿色装配式建筑

行业领军企业

世界500强成员企业

旅游度假 / 别墅住宅 / 美丽乡村及特色小镇 / 学校及办公楼 / 工业厂房

北京市海淀区首体南路9号主语国际4号楼

电话：010-68799800 传真：010-68799891




# 创新驱动 绿色发展

## 20GW新能源全球布局引领行业革命



发电玻璃  
聚光变电

 凯盛科技集团有限公司

地址:北京市海淀区复兴路17号国海广场2号楼11层 ◆

邮编:100036 ◆

电话: 010-68139075 ◆

传真: 010-68139390 ◆

邮件:Triumph@cnbm.com.cn ◆





中国建材

凯盛集团

TRIUMPH GROUP

助力智慧农业 驱动创新发展



熊蜂授粉



环境控制



水肥一体



AGV 车



中国建材

凯盛浩丰（德州）智慧农业有限公司

从种子到餐桌的绿色

地址：山东省德州市临邑县临南镇 / 陵城区边临镇 / 四川省眉山市东坡区悦兴镇



中国建筑材料科学研究总院有限公司  
CHINA BUILDING MATERIALS ACADEMY

# 科技领先 服务建设

*Leading in technology, Serving the construction*

中国建筑材料科学研究总院有限公司（简称中国建材总院）的前身可追溯至1950年10月成立的原重工业部华北窑业公司研究所，是新中国较早的建材科研机构，被誉为“新中国建材科技的摇篮和发源地”。历经六十余年的发展，中国建材总院形成了涵盖水泥、混凝土与新型建筑材料、玻璃与特种玻璃、陶瓷、耐火材料与新材料的综合研究实力，形成了科研开发、科技产业、检验认证、工程设计与承包为一体的发展格局，已成为中国建材与无机非金属领域规模大、实力强的科研开发中心。

中国建材总院始终秉承“科技领先，服务建设”的核心理念，共完成国家和行业科研项目3200项，获省

部级以上奖项1100余项，其中高等级奖励150余项，主持制定、修订国家和行业标准1300余项。

中国建材总院积极服务于国民经济以及国防建设，成果在奥运工程、神舟工程、三峡工程、南水北调工程、青藏铁路、京沪高铁等国家重点工程中得到广泛应用。中国建材总院积极致力于科技成果的产业化，拥有上市公司瑞泰科技（002066），建立了多个科技产业园。发挥科技优势，整合资源，打造集检验与认证一体化的国有上市公司——国检集团（603060）。中国建材总院积极开展国际科技合作与交流，成功申办并主办国际水泥化学大会，率先发布行业国际标准，国际影响力持续提升，成为展示国家、行业、集团科技实力的重要窗口。



电话：(010) 51167297

地址：北京市朝阳区管庄东里1号

传真：(010) 65762976

邮编：100024

网址：<http://www.cbma.com.cn>

信箱：[cbma@cbmamail.com.cn](mailto:cbma@cbmamail.com.cn)



中国建材