

山西凝固力新型材料股份有限公司

20 载，不断拓宽高分子材料应用边界

企业风采

qiye fengcai

7月23日，位于太谷经济技术开发区的山西凝固力新型材料股份有限公司（以下简称“凝固力”），车间里，一批批用于煤矿加固的双组分聚氨酯材料正在灌装。实验室里，研发人员正盯着显微镜下半导体抛光垫的表面平整度数据——两个看似毫无交集的场景，正在同一家民营企业里同步上演。

从2006年前身公司创立至今，凝固力用20年时间完成了从“粘得住”到“抛得平”的行业跨越：在巩固矿用高分子材料这一传统优势板块的同时，全力进军半导体CMP抛光垫这一新兴领域，并同步拓展地铁隧道应急抢险业务。这家国家级专精特新重点“小巨人”企业在材料科技领域不断拓宽自己的边界。

破碎煤岩体的“强力胶水”

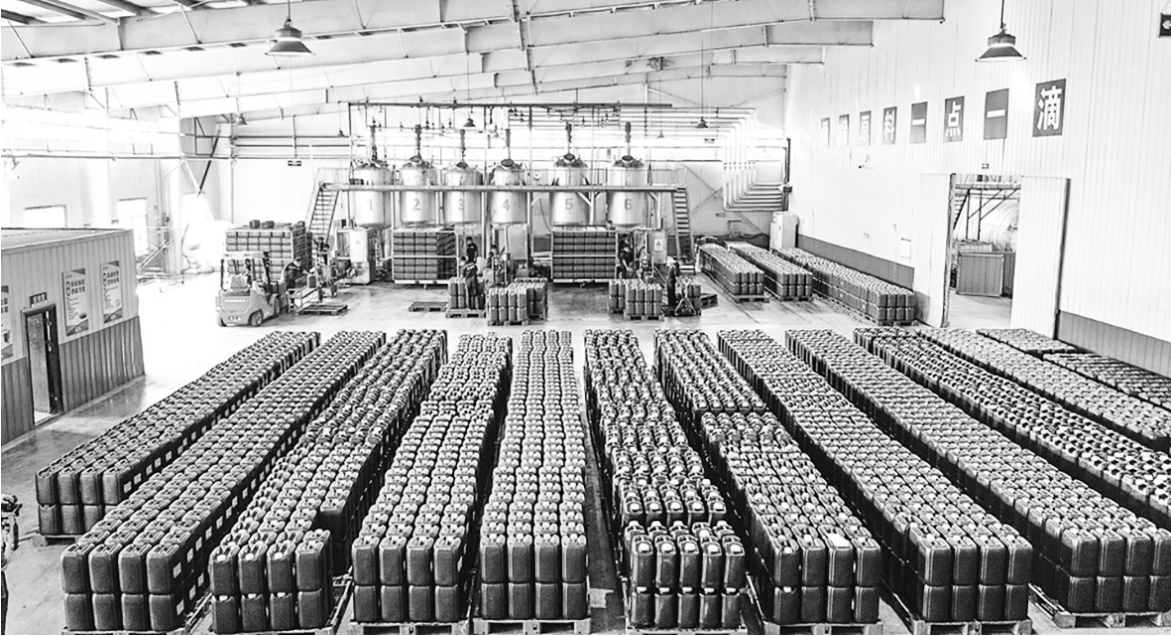
山西华晋吉宁焦煤2203综采工作面，煤体力学强度偏低，支架前梁处时常出现0.5米至1.8米深度的片帮，伴随局部空顶、矸石掉落。若不及时处置，大面积顶板垮落随时可能发生。

凝固力的技术团队带着自研的加固材料进场了。A、B两组按1:1混合后迅速反应，像“强力胶水”一样渗透进煤层细小的裂隙中，将松散煤体重新胶结成整体。抗压强度44兆帕、粘结强度4.4兆帕以上、反应温度控制在95摄氏度以内、氧指数33.75%——这些数据意味着什么？在数百米深的井下，这套材料能在15秒至30秒内初凝，50秒至90秒内终凝，不给安全隐患留下喘息的空间。

这套技术从实验室走到矿井，用了十余年。继获得同行业首批《矿用产品安全标志证书》后，2019年凝固力参与制定了《煤矿井下反应型高分子材料安全管理办法》及相关行业标准。2020年，被工信部评为专精特新“小巨人”企业，技术中心被评为省级技术中心。如今，凝固力矿用产品覆盖全国主要产煤区，累计为上千家企业化解了万余起安全隐患。2025年入选“山西精品”名录。

地下空间的“止漏专家”

同样的技术逻辑，被凝固力平移到了另一个场景——城市地铁与隧道工程。凝固力下属工程公司将矿用快固材料



生产车间整洁有序。■ 资料图

的反应速度调控技术移植到隧道抢险领域，材料按需固化，即便在涌水条件下也能快速形成高强度止水屏障。

这项技术已在大量实战中得到验证。2021年郑州7·20特大暴雨灾害后，郑州市轨道交通7号线漓江路站、刺绣路站基坑被淹没，其团队迅速进场，承担了灾后注浆加固修复工程。在太原轨道交通2号线，他们先后承担了晋阳街站地连墙接缝防水堵漏、南中环站和学府街站注浆加固等多个标段施工；在西安地铁14号线、天津地铁7号线等项目中，也都有凝固力的参与。铁路领域，工程公司先后参与了太中银铁路吕梁隧道基底劣化整治、京原线隧道裂损及漏水整治等数十个项目，在极短的铁路“天窗”时间内完成隧道衬砌裂损、渗漏水等病害的抢修。

目前，凝固力的地下工程业务已覆盖煤矿、隧道、地铁、市政管网等多领域，为越来越多的地下空间安全护航。

跨界生长的“第二曲线”

如果说矿用加固材料是凝固力的拳头

产品，那么半导体CMP抛光垫，则是董事长王建中眼中决定企业未来的“第二曲线”。

CMP抛光垫是芯片制造化学机械抛光环节的核心耗材，长期被国外少数企业垄断。而抛光垫的底层技术——聚氨酯高分子材料的分子结构设计与合成，恰恰是凝固力积累了20年的“看家本领”。

2018年，凝固力决定进入半导体抛光垫领域。2020年，研发老总监李万捷得知上海有一家半导体公司做抛光垫研发，进展到百分之七八十后因技术一直无法突破而停滞。凝固力当机立断，将设备与技术资料整体接手，继续攻坚。

半导体级抛光垫对生产环境的要求近乎苛刻，无尘车间洁净度需达到千级甚至百级标准，这仅仅是“入场券”。材料成型精度、微孔结构的一致性、表面平整度的控制，每一环都考验着配方设计与工艺把控的功底。更关键的是，半导体行业有着极其严格的验厂体系和供应商准入制度，从研发能力、生产流程到质量管理、客户投诉响应，每一项都有明确标准，有些环节甚至一票否决。从矿山用的粗放型材料，到半导体级的精密型材料，这中间是一整套体系的

跃升。

六年里，凝固力一步步构建起符合半导体行业要求的生产体系和品控流程。与此同时，随着我国装备制造业的整体发展，国产精密加工设备、高精度检测仪器相继取得突破。企业自身的体系搭建和外部装备条件的成熟几乎同步完成，凝固力终于有了“入场”的完整底气。

截至目前，凝固力在该项目上累计投入超过1000万元，完全依靠自主研发，攻克了从配方到成型工艺的全链条技术。2025年，半导体抛光垫生产线正式量产。

“我们一直在做聚氨酯，只是应用场景变了。”王建中说，“挑战从‘强度够不够’变成了‘纯度够不够、平整度够不够’，但对材料性能极致追求的逻辑始终没变。”

矿用产品保障矿工安全，半导体辅材助力中国芯片产业链自主可控，凝固力的跨越路径看似出人意料，实则顺理成章——因为贯穿不同行业的，是同一套对高分子材料的深刻理解。在“用新材料为特种行业安全护航”的使命驱动下，这家山西民企正在奋力书写属于自己的进阶故事。

山西怀仁优化产业布局

为陶瓷不断注入新元素

在山西怀仁市，每天有上百万件日用瓷器从自动化产线下线，销往各地、奔赴海外市场。

走进亿家亲陶瓷有限公司生产车间，智能设备有序运转。环形输送线上，白色石膏模具匀速流转，泥料经设备精准喂入后，上方的滚压头高速旋转施压。数秒间，一团陶泥便被塑造成碗、盘的规整雏形。一旁的气动机械手灵活作业，完成脱模、洗边等工序，修坯、施釉实现全程自动化。

“智能化生产线整合多道工序，生产效率成倍提升，产品合格率稳步上升，工人劳作负担也大幅减轻。”公司负责人刘敏说。

“自动化产线生产在怀仁陶瓷行业已成常态，产业面貌焕然一新。”怀仁市工信局局长尹高峰介绍，“前些年，本地陶瓷企业分散布局、工艺落后，陷入增产不增收的困境。如今，怀仁加大企业技改扶持力度，陶瓷产业加速向自动化、智能化迭代，现有自动化生产线80台（套），智能化水平位居全国陶瓷行业前列。”

怀仁制瓷底蕴深厚，境内留存金代始烧的三处古窑遗址，镌刻着北方陶瓷的发展印记。“除了历史传统，我们的产业优势十分明显：本地煤矸石储量富足，可加工提纯优质高岭土；新中国成立后国营陶瓷厂落地投产，为产业积淀了成熟的烧制工艺。”尹高峰介绍。

为突破产业分散、配套不足的发展瓶颈，2012年，怀仁市规划建设金沙滩陶瓷园区，整合各类产业资源。“我们坚持集群化、链条化发展思路，以省级专业镇建设为抓手，优化产业布局，完善上下游配套。”怀仁市常务副市长田勇表示，当地已构建起龙头引领、分工协作、互补共生的产业体系，告别粗放零散的发展模式。

科技创新，是怀仁陶瓷跳出低端的关键抓手。在锦泰陶瓷有限公司展厅，一件件通透温润的骨瓷整齐陈列，瓷身山水纹饰雅致细腻。公司负责人王希毕拿起两只瓷碗轻轻相碰，清脆的声音缓缓散开。

“不同于普通白瓷，骨瓷素来有着‘薄如纸、白如玉、明如镜、声如磬’的美誉，是公认的高档瓷种。”王希毕指尖轻抚瓷面，灯光映照在瓷盘之上，内底的人手剪影清晰透现。

“颜值出众的传统骨瓷，曾有着难以规避的短板。”王希毕介绍，传统骨瓷胎体偏薄，耐腐蚀性弱，长期使用易泛黄留渍，且无法适配微波炉、洗碗机，日常使用受限。为破解行业痛点，企业持续深耕研发，反复调试原料配比，创新性添加含钨元素的乌兰茶晶石，成功改良研发出第三代骨瓷。改良后的瓷器硬度、透明度、抗菌易洁性同步提升。

一边攻坚高端日用瓷，一边布局文创差异化赛道，怀仁陶瓷走出多元发展之路。

走进福鑫琉璃瓷公司展厅，色彩鲜亮、造型精巧的琉璃构件格外醒目。“我们的琉璃曾用于故宫博物院、北京大学图书馆等建筑的修复。”企业负责人张军介绍。小巧的文创产品“转转葫芦”同样出圈。一件掌心大小的“转转葫芦”琉璃摆件，内置精密轴承，可360度顺滑旋转。

多年深耕培育，怀仁已搭建起成熟完备的陶瓷产业生态。目前，怀仁拥有陶瓷经营主体118家，其中规模以上企业41家，布设陶瓷生产线123条，年生产能力35亿件，全产业链产值达63亿元，带动从业人员5.6万人。

从土窑粗陶到智能制造，产好瓷、产高质量的瓷，这座北方瓷城正稳步向百亿级陶瓷产业集群迈进。

郑洋洋

“黑色”产业的绿色蝶变

——山西三强新能源科技有限公司转型发展之路

清徐县中高白村，307国道南侧，山西三强新能源科技有限公司（以下简称“三强新能源”）的厂区就在路边。坐落于清徐经济开发区的三强新能源，历经多年深耕实干、迭代突破，从曾经工艺粗放、粉尘漫天的小型炭黑企业，成长为国家级专精特新“小巨人”企业、国家级绿色工厂，年产值突破25亿元。

十几年前，当地人提起这家厂子只有一个字——“黑”。黑墙、黑顶、黑地，工人下班一身黑灰。“干法炭黑工艺收集稍有不慎，粉末就飞得满厂漆黑一片。”三强新能源安环部部长梁兔民说，那时厂子经常被限产、停产，最长一次停工一个多月。

如今走进厂区，路面干净，绿化带有近万平方米。十条生产线全自动平稳运行，90后工程师牛嘉豪带队完成了产线全流程自动化改造——人工操作环节减少80%，年节约人工成本超100万元，炭黑收率提升18%，生产能耗降低25%。

环保之困催生工艺革命

2010年前后，干法炭黑的粉尘问题已不是“麻烦”，而是“生存威胁”。限产停产频繁，严重威胁企业存续。当时刚主持企业的牛海君面临的抉择是：继续干法造粒，接受反复停产；或者切换湿法造粒，从源头大幅削减粉尘。

三强新能源选择了变革。这一转换远不止换一种造粒方式——整条生产线的收集、过滤、输送系统都要重构，改造投入大、周期长。但对一家随时可能关停的厂子来说，犹豫的代价更大。

2009年第一条湿法炭黑生产线建成投产，此后逐步扩展至10条，粉尘问题从根本上得到解决。DCS系统引入后，温度、流量、停留时间等参数实现精准控制，生产方式从人工巡检、手动调节转变为全流程智能控制。

工艺革命的效果不止于车间内部。过去生产1吨炭黑需2.3吨煤焦油，湿法工艺只需1.5

吨——原料利用率大幅提升，单位成本显著下降。环保方面，三强新能源持续加大投入，仅湿电除尘和烟羽脱白两项改造即超过6000万元，排放指标达到超低排放标准：二氧化硫由100毫克/立方米降至20毫克/立方米以下，氮氧化物由200毫克/立方米降至30毫克/立方米以下，烟尘由18毫克/立方米降至5毫克/立方米以下。2022年至2024年，三强新能源连续3年获评生态环境部A级企业。

改造的艰辛，亲历者最清楚。湿电除尘装置调试期间，环保团队连续两个多月吃住厂区，逐条管线排查密封点，逐个参数反复校准。“最紧张的是联动试车那几天，生怕哪个细节不到位，影响整体除尘效果。”一名参与改造的环保技术员回忆道。烟羽脱白工程投运后，厂区内上空那股标志性的“大白烟”彻底消失——当时在太原市能做到的企业屈指可数。三强新能源的实践证明，环保不是发展的“绊脚石”，而是倒逼企业转型升级的“催化剂”。

从屡屡停产到行业环保标杆，这条路是在压力之下蹚出来的。车间干净了，尾气才能被干净地收集；而尾气，正是下一步循环闭环的起点。

尾气之变构建循环闭环

炭黑生产有个老难题——每产一吨炭黑，就会产生大量低热值尾气，含粉尘、有异味，传统做法是直接排放或简单燃烧。粉尘治理完成后，尾气收集不再是难题，但怎么用、能不能用，仍是未知数。

2004年，三强新能源在全国炭黑行业率先尝试利用炭黑尾气发电。“当时还是借用一家企业退役的发电机完成的。”三强新能源办公室主任李瑞华回忆道。此后三强新能源累计投入约2.6亿元，建成四套炭黑尾气发电机组，总装机容量69兆瓦。其中45兆瓦机组采用高温超高压参数，由三强新能源与太原锅炉集团有限公司联合研发，是全球

炭黑行业首套该类型装置。

煤化工分公司副厂长高首峰今年35岁，从基层技术员成长为骨干，参与了机组调试的关键节点。“参数摸底那段时间，白天跑现场，晚上对数据，连续干了好几个月。”他说得轻描淡写，但同事补了一句：“他那几个月几乎没回过家。”

2025年8月，牛嘉豪参与的“超低热值含氮工业废气清洁高效燃烧发电技术及应用”项目获中国锅炉科学技术奖一等奖，这项技术正是解决炭黑尾气低热值、含氮难点的关键突破。

账本上的数字更直观：年发电量4.97亿千瓦时，消耗尾气约26.6亿标准立方米，年节约标煤约4万吨。发电量覆盖全厂用电后仍有余量外送。2025年企业自用电量约3611万千瓦时，按0.52元/千瓦时电价计算，年节约电费1800余万元。

其实循环远不止于尾气。全厂生产废水100%回用；950℃空气预热器回收高温尾气余热；脱硫脱硝与湿电除尘装置持续优化排放指标。“煤焦油深加工—炭黑生产—尾气发电—余热回收”，物质流与能量流在厂区内形成梯级利用的闭环。李瑞华将这一模式概括为四个字“吃干榨尽”。

2025年~2026年采暖季，循环链越出了厂区围墙。公司生产余热转化为清洁热源，为太原市约200万平方米居民住宅供暖。“作为太原市人大代表，我不能只算经济账，更要算好民生账和生态账。”三强新能源董事长牛海君说。

从处理尾气到构建循环闭环再到余热利用——尾气发电节省的成本，为三强新能源下一步发展提供了资金底气。

市场之需驱动产品进阶

环保达标了，循环建成了，但产品还停留在低端通用品种。N220、N330、N660——这些

橡胶用炭黑市场饱和、附加值低。很长一段时间，高端特种炭黑几乎完全依赖进口。

2025年，三强新能源历时9个月自主研发攻克导电炭黑。技术部工艺员李谦宇倒出少许样品在掌心搓开——粉末细腻如墨。“原生粒径35到45纳米，葡萄串状聚集结构，是一种无机碳纳米半导体材料。”他解释，少量添加就能让橡胶、塑料具备导电性能，用于高压电缆屏蔽层、电子元器件及抗静电制品。产品附加值较常规炭黑提升约50%，可使高压电缆屏蔽效率提升约30%。

“以前高端炭黑都得靠进口，现在通过我们自己的研发，把这个难关攻克下来了。”公司一位副总经理坦言。

迭代还在继续。2025年7月，合作多年的轮胎企业提出低滞后炭黑需求——这类品种能降低轮胎滚动阻力、节省燃油。技术团队迅速响应，9月初形成试生产报告，10月完成SQ8302试生产，2026年6月再度启动SQ-8201的研发生产。

更远的方向也在布局。三强新能源与中北大学联合研发特种炭黑，产品直供杭州中策橡胶、山东玲珑轮胎、浦林成山、青岛双星等国内主要轮胎制造商，并出口印度等国家。2025年11月，炭黑3线、7线改造项目先后启动，围绕反应炉自主攻关，目标直指产能扩大与单位能耗降低。

从中高白村炭黑厂起步，到现在的国家级专精特新“小巨人”企业、国家级绿色工厂、太原市先进碳基材料产业链“链主”——企业总资产超15亿元，炭黑单厂产能48万吨，连续7年跻身“中国炭黑十强”。三强新能源的企业转型发展之路，正是山西传统煤化工产业由粗到精、由黑到绿、由传统作坊向智能工厂迭代升级的生动缩影。

在炭黑包装车间，梁兔民蹲下来，拿食指在地面上抹了一下。“以前这儿踩上去是滑的，一层黑粉，扫都扫不干净。”他把手指翻过来，干干净净。

孟婷 张涛

（上接A1版）

目前，依托锦波生物自研胶原原料赋能，15家合作企业已成功获批复合重组胶原蛋白贴敷料、口腔粘膜修复液、痔疮敷料等60项二类医疗器械注册证，产品覆盖创面修复、妇科护理、肛肠养护、口腔护肤、医美修护等多元场景，产业链落地成效凸显。据测算，依托龙头赋能，下游配套企业胶原蛋白类医疗器械年销售额将突破2亿元，有效激活山西合成生物下游市场活力，补齐产业末端产品短板，构建起“龙头研发造原料，伙伴企业做成品、全域渠道拓市场”的闭环产业链体系。

构建全链条产业发展格局

依托全球领先的技术、产能、品牌优势，叠加山西省大力发展合成生物战略性新兴产业政策红利，锦波生物以上中下游分层攻坚、“产学研资”协同共建为路径，全方位布局产业集群，打造自主可控、业态多元、绿色高效的山西胶原蛋白特色产业集群。

上游攻坚底层技术，实现核心技术自主可控。发力新一代高效工程菌株构建、AI辅助蛋白设计、无血清培养基研发、新型纯化材料研发四大方向，优化蛋白表达工艺，冲刺国际顶尖表达效率，压缩生产成本，迭代研发高性能新一代胶原产品。中游优化造管工艺，打造绿色智能产能体系。依托全球最大重组胶原蛋白产业化基地优势，企业加快连续流发酵、自动化纯化新工艺落地，推进数字化智能工厂升级，植入全流程质控技术，实现生产标准化、绿色化、智能化管控，兼顾高端医用定制化生产、大众消费规模化量产能力，以优质产能支撑集群企业发展。下游双线拓展赛道，企业实施“医疗+消费”双轮驱动战略，拓宽产业应用边界。医疗赛道深耕三类高端医疗器械，布局人工骨、心脏瓣膜等重磅产品；消费赛道依托“薇旖美”高端医美品牌口碑，布局功效护肤、医用敷料、头皮及口腔护理产品，最大化释放技术平台价值。

企业牵头组建山西省合成生物胶原蛋白产业创新联盟，吸纳上下游企业、高校院所、医疗机构、投资机构入驻，搭建开放共享平台。通过统一行业标准、共享中试平台、协同攻关共性技术、孵化科创项目，打通技术、资本、产业闭环，构建互利共生的产业共同体，助力全省合成生物产业集群发展。

锦波生物副总经理陆晨阳介绍，近期FAST重组人源化胶原蛋白数据库AI生物算力中心刚刚揭牌，构建了全流程智能计算体系。作为一个土生土长的山西企业，锦波生物未来还将持续加快科技创新步伐，赋能山西生物医药产业持续高质量发展。

孙耀星