

山东工陶院：攻克工业陶瓷战略高地

作为国家级工业陶瓷专业研究所，山东工陶院自建院以来，始终以攻克行业关键共性技术和“卡脖子”技术为己任，先后研发的20余种产品被纳入国家级新产品名录，填补了技术空白。

■文 / 张恒

1970年秋天，建筑材料科学研究院（现今的中国建材总院）陶瓷一室、陶瓷原材料室和热工室的部分人员组建“陶瓷一队”，搬迁至山东淄博。1971年10月开始筹建山东工陶所，并于次年开始选址进行基建。缺人员，缺设备，缺资金……无一不是横在全体干部职工面前的严峻考验。

但在不久之后，这片土地上便诞生了中国第一根连续氮化硼纤维、中国第一只玻璃水平钢化辊道窑用石英陶瓷辊、中国第一条特高压交流试验示范工程用百万伏支柱绝缘子。

没电通电，没水引水，没路修路，地不平就除草搬石头整治。面对一穷二白的困难局面，山东工陶所的拓荒者们没有选择退缩，而是决心重整旗鼓，毅然咬紧牙关，自力更生。从一开始，“艰苦奋斗”这四个字就融入了山东工业陶瓷研究设计院（下称“山东工陶院”）的基因。

作为国家级工业陶瓷专业研究所，山东工陶院自建院以来，始终以攻克行业关键共性技术和“卡脖子”技术为己任，先后研发的20余种产品被纳入国家级新产品名录，填补了技术空白。其中氮化物陶瓷纤维、高性能陶瓷透波材料等产品为中国重大工程、装备提供了重要的材料保障，并孵化了氧化铝陶瓷、石英陶瓷、高压电瓷、陶瓷膜等产业，为行业发展和经济建设做出了重要贡献。

山东工陶院引领着中国先进陶瓷材料技术与产业的发展方向，为航空航天、国防建设提供关键材料支撑，让陶瓷这一古老的材料焕发出新的光彩。

对于集团公司旗下企业山东工陶院的战略定位，中国建材集团有限公司（下称“中国建材”）党委书记、董事长周育先曾说过：“山东工陶院迎来了快速发展的重要机遇期，衷心祝愿工陶院继续实干笃行，不断开拓进取，以高质量发展为践行‘材料创

造美好世界’的企业使命添砖加瓦，为新时代新材料的赶考之路交出更加优异的‘工陶答卷’。”

填补五大技术空白

2005年12月，科技部批准以山东工陶院为依托单位，建立国家工业陶瓷工程技术研究中心。该中心为山东省工业领域第一个国家级工程技术研究中心，并于2009年12月通过验收。

自此以后，山东工陶院充分发挥该中心“科技成果转化孵化器”的作用，面向国家在新能源、节能环保、战略性新兴产业及国防建设的重大需求，先后选定了陶瓷透波材料、陶瓷防隔热材料、氮化物陶瓷纤维、陶瓷膜材料及装备、陶瓷3D打印技术五大战场，调兵遣将逐一攻关，突破了一系列先进陶瓷制备及产业化技术难题，形成了自己的技术和产品优势。

在陶瓷透波材料领域，山东工陶院首先针对薄壁异型/功能一体材料的制备技术及应用进行开发工作，以材料力学、热力学、电性能为三大切入点对材料结构、防热、透波综合性能的影响加以系统研究，进而成功开发出薄壁异型天线罩制备技术、天线罩透波隔热协同设计及制备技术、一体化天线罩环境适应性设计及制备技术，彻底突破了飞行器装备中薄壁异型结构/功能一体材料制备的技术难题。

其次，针对制约大尺寸异型陶瓷基天线罩研制和应用的技术瓶颈，在国内率先进行了陶瓷材料组分微结构设计与性能调控，突破了异形陶瓷部件低应力仿形成型—均匀收缩烧成和高气孔隙率表面无机涂层制备技术难题，满足了中国高超声速飞行器对大尺寸异性陶瓷基天线罩的需求。

在一次次技术攻关之后，山东工陶院现已形成石英陶瓷天线罩、长效隔热天线窗、超薄天线罩/天线窗、氮化物天线罩/天线窗、抛罩、雨蚀头以及隔热瓦等10余种关键配套产品。这些产品广泛应用于航空航天、兵器船舶、高端装备等领域。其中石英陶瓷产品的市场占有率已达50%，形成了一整套先进工艺技术和装备生产线。

陶瓷防隔热材料在军用领域和民用领域的需求有所区别。陶瓷防隔热材料主要应用于飞行器，而中国重点型号的飞行器都需配套高性能热防护材料。至于民用领域，开发重点则是超高温陶瓷基复合材料、隔热瓦、军用气凝胶、民用气凝胶、加工装配等，它们广泛应

用于建筑节能、管道保温、石油化工、冶金、高端工业装备等行业。

为突破关键技术瓶颈，保障飞行器研制进度及对民用领域的供应，山东工陶院于2011年组建了防隔热团队，开展高性能气凝胶材料的研制工作。团队先从纯气凝胶入手，解决了“从无到有”的问题。再对低密度纤维毡复合气凝胶产品进行深入研究，解决了“怎么用、用在哪里”的问题。在后一过程中，山东工陶院不断探索新工艺，从常压干燥发展到超临界干燥，从利用30升小高压反应釜提升到利用1000升的高压反应釜，大大提高了产能。

氮化物陶瓷纤维具备极优异的综合性能，如耐超高温、耐化学腐蚀、介电性能强等，在航空航天、核工业等高技术领域几乎不可能被替代。因此，发达国家将相关的制备技术进行严格封锁，使其成为典型的“卡脖子”材料。

从1976年起，山东工陶院便开始研制氮化物陶瓷纤维，直到2011年制备出国内第一根性能优异的连续氮化物陶瓷纤维，打破了国外技术垄断，实现了国内在连续氮化物陶瓷纤维领域的重大突破。

随后，山东工陶院又抓住了高性能纤维发展的契机，于2020年开工建设氮化物陶瓷纤维中试线，由此走上了从实验室到中试的跨越发展之路。

面对质疑、困难和重重压力，项目团队通过对设备结构和功能的持续改善和验证，不断迭代优化工艺，最终实现了高性能陶瓷纤维制备技术的突破。2021年，经过不断技术攻关、工艺优化、装备升级，氮化物陶瓷纤维关键制备技术及产品质量稳定性等方面取得重大突破，具备了工程化生产的条件。

在陶瓷膜材料领域，山东工陶院于2013年启动了高性能水处理用陶瓷平板膜材料的研究开发工作，成功开发出性能达标的陶瓷平板膜，掌握了大尺寸薄壁中控陶瓷平板膜材料制备技术。与此同时，山东工陶院也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，一举打破了国外产品技术的垄断局面，实现了进口替代。

值得一提的还有新型功能性高温过滤材料。当时，脱硝催化剂已在蜂窝陶瓷领域实现推广，但在高温陶瓷膜领域却是前所未有的。研发团队勇闯蓝海，最终以浸渍法制备出功能性陶瓷膜，解决了除尘脱硝这一关键性难题。

目前，陶瓷膜材料的系列成品已成

功在耐火材料、玻璃行业应用，解决了高温烟气的超低排放技术难题。

面对“双碳”目标，山东工陶院立足多年研究的产业化基础，构筑了“工陶院双碳开发体系”，开展了固体氧化物燃料电池与二氧化碳分离用纳米孔陶瓷材料的开发工作，助力绿色低碳转型。

“3D+陶瓷”不仅可以应用于航空航天、国防建设等高科技领域新型产品的开发，还可实现个性化、复杂化、定制化生物医疗产品的快速制造。但陶瓷3D打印技术也是一种多学科交叉的新型制造技术，因而开展这一首创性研究的难度极大。有时，为了攻克某一个难点，通常需要查阅海量的文献资料、经过数十次甚至上百次的实验才能真正解决问题。

2016年，山东工陶院成立先进陶瓷3D打印技术研究中心。这支成员平均年龄仅30岁的年轻团队，经过无数次的配方改进和上万次试验，终于开发出具有自主知识产权的高精密陶瓷3D打印机及专用陶瓷料浆。在攻克了以氧化铝、氧化锆为代表的氧化物陶瓷体系料浆制备技术难题后，团队迎难而上，马不停蹄地攻克了以氮化硅为代表的深色陶瓷体系料浆制备技术难题，再次填补了国内空白，为中国高端领域应用的陶瓷增材制造产品的研制开发提供了关键共性技术。

改出来的竞争力

20世纪末，山东工陶院逐步开始进行企业化改制，由原来的差额拨款事业单位改为市场化运营、自负盈亏的企业。

企业化改革是机遇，也是挑战。

体制改革必遇阻碍，只有克服困难，方能涅槃重生。山东工陶院为了发展求生，唯有坚定不移地走下去。

为适应建设科技型企业的需求，山东工陶院将院内项目陆续搬迁至淄博市高新区，在这座国家级经济开发区内开始了二次创业。

2000年，山东工陶院作为发起人，成立了山东中博先进材料股份有限公司（即“中材高新材料股份有限公司”的前身），拉开了先进陶瓷发展的新篇章。公司建成后，年产3.5万吨氧化铝球、衬砖等生产线，产量在当时属亚洲第一；年产9万支石英陶瓷辊棒生产线，标志着中国成为世界上第三个可生产这一产品的国家；年产10万只特高压支柱绝缘子生产线；年产10万平方米过滤陶瓷及无机膜生产线。在新材料、新技术领域，公司相继建成了石英天线罩透波材料及制品生产基地，特殊耐高温隔热材料及气凝胶复合高级保温材料、氮化物陶瓷纤维连续生产试验线等，进而使山东工陶院成为中国先进陶瓷行业内集研发设计、产品制造、成套技术与装备和相关工程集成及进出口业务于一体的国家级高新技术企业。

在“十二五”“十三五”时期，山东工陶院取得了长足发展。

首先是科技创新取得长足发展。围绕建设成为“先进陶瓷领域国际一流科技型企业”的愿景目标，山东工陶院积极谋划建设山东省创新创业共同体等6个重大创新平台，集聚高端创新资源，承担服务国家战略的“卡脖子”技术攻关任务3项，突破20余项关键核心技术。



现今的山东工陶院