

来源：经济日报

“氮化硅的原材料是这种灰黑色的硅粉，合成后的氮化硅能做成这样的纯白色，说明杂质极低，没有一流的技术做不到这一点。”近日，在位于青岛市即墨区的青岛瓷兴新材料有限公司，副总经理贾再辉指着展厅里一黑一白的两瓶展示样品对记者说。

氮化硅是一种新型结构陶瓷材料，具有高强度、低密度、耐高温、耐腐蚀、自润滑等特性，被称为“结构陶瓷之王”。我国过去只能生产低端氮化硅粉体，高端氮化硅粉体被日本、德国等国家的少数企业垄断，价格昂贵。瓷兴通过研发打破了垄断，合成出了高性能氮化硅粉体，并出口多个发达国家市场，成长为行业翘楚。

选择技术最难的路

“我们早在2010年便开始做氮化硅研究了。”青岛瓷兴新材料有限公司董事长崔巍在清华大学读博士时，在其博士后合作导师、中国科学院院士成会明的支持下，开始研究氮化硅新材料。“当时高端氮化硅完全被国外企业垄断，国内没有一家企业能做出来，而电动车、高铁、飞机、风电等领域，对高端氮化硅粉体的需求越来越大。国家从‘七五’计划开始，一直把高性能氮化硅粉体制备技术列为重点攻关计划，我们便以清华大学先进陶瓷与精细工艺国家重点实验室为基础，组建了研发团队，下决心要攻克这一难关。”

氮化硅粉体有三种代表性的生产方法：一是热分解法，属大化工工艺，产品纯度高、粒度细，但工艺复杂；二是硅粉氮化法，技术难度低，反应好控制，但能耗高、成本高；三是燃烧合成法，产品纯度高、设备简单、能耗低、生产效率高，但技术难度极高，不易控制。“第一种方法投资很大，创业阶段做不了。第二种方法能耗高，未来没有前景。我们综合考虑，选择了技术难度最高的第三条路。”崔巍说。

当时，燃烧合成法在国际上没有大规模生产先例，国内也只有一家企业在做，而且只能生产低端氮化硅粉体。“燃烧合成法简单说，就是把原材料和辅料配方，放到反应釜中引燃，让其在自然燃烧中合成氮化硅，这种方法2小时至4小时就能出一炉，温度和压力在釜内变化极快，必须通过实时调整，让反应釜的温度和压力波动很小，才能合成高品质的氮化硅，控制难度很大。”崔巍告诉记者， α 相必须超过92%，氧含量控制在0.8%以内，才算达到高端氮化硅标准，他们用了5年时间，才在5升的小反应釜中实验成功，初步掌握了控制工艺、参数和多种配方。

实验室研发成功后，项目团队决定将该项目的中试和产业化基地选在青岛市即墨区。2018年1月，由成会明担任首席科学家，崔巍及其团队共同经营的青岛瓷兴新材料有限公司落户即墨区。

实验室研发成功只算项目迈出了一小步，能否顺利闯过中试这个成果转化的“死亡谷”，才是迈向成功的一大步。“公司成立后的首要任务，就是把中试做出来。中试阶段我们的反应釜从5升增大到40升，这是一个数量级的大跨越，空间大了，原料多了，温度和压力变化规律相比实验室阶段完全不同了，最初几个月，我们一直控制不好，曾经一度对这个方法能否达到高端水准产生了怀疑。”青岛瓷兴新材料有限公司总工程师邹艺峰告诉记者，关键时刻研发团队扎实的基础研究给予了大家信心，认为从理论上是能够实现的。“我们一方面用两分法不断寻找温度和压力控制最佳平衡点，另一方面不断修改配方，最多一天能做7个配方。功夫不负有心人，最终中试获得成功， α 相达到了93%。”邹艺峰说。

品质达到世界一流

中试成功后，前行的产业化之路面临的挑战并未减少。“在行业内，燃烧合成法的设备做到40升就算最大了，国内已经实现产业化的企业，只是把40升的设备进行复制来增加产量，但这种方式成本很高，没有竞争力。”贾再辉说。

于是，瓷兴又给自己的生产工艺加码：设计制造更大的设备，并且要在一步步增大的设备中做出高端氮化硅，实现有竞争力的产业化。“我们一开始小步前行，按照40升反应釜的设计要求，与设备厂家合作，逐渐把反应釜增大到60升又增大到150升。因为增加幅度不算大，虽然实验过程有波澜，但总算比较顺利地试验成功。”邹艺峰说。

但是，150升的设备陡增至2000升时，瓷兴遇到了前所未有的难题：无法引燃。“那段时间是我们最崩溃的时候，我们不断调整配方，调整温度和压力控制参数，一天要做4炉实验，而且是两个炉子同步做，一炉实验就得400公斤原料，推进去燃烧一点点，拉出来就全废了，每天仅浪费的原材料就有20万元，这真是在‘烧钱’啊，烧的每个人都‘心颤’。”贾再辉说。

投资方的支持与团队的决心，给实验人员吃了定心丸。他们在反应釜旁边架起一张床，24小时轮班看着炉子，寻找点不着火的原因，摸索温度、压力和配方在大型设备中科学搭配规律。逐渐各种难题被他们一一解开。崔巍告诉记者，历时4个半月，耗费4000多万元后，他们终于摸索出了一整套在大型设备中生产的规律，成功生产出了高端氮化硅产品。

产品研发成功了，但设备改造仍需进行。过去的设备都是手动控制，但反应釜在生产过程中，温度和压力必须实时调节，有时几秒钟就得微调一次。手动调节费时费力不说，精准度也不高，要生产出更高品质的氮化硅粉体，就要实现精准控制。瓷兴团队在设备改造上下了很大功夫，根据实验得到的工艺和参数，第一步先把手动设备改造成半自动化，后来又逐步改造成全自动化。“现在已实现了生产全程电脑

智能化调节，依靠精准控制，我们已能生产出尖端氮化硅粉体，品质跻身世界一流水准。”崔巍说。

如今，瓷兴已经设计出了第三代产业化设备——4000升氮化硅反应釜。在瓷兴的生产车间，记者看到两台崭新的生产设备已经安装完毕，调试后就将进入正式生产。

勇攀高峰再迈步

让瓷兴没有想到的是，他们的高端氮化硅粉体生产出来后，最先采购的竟然是德国和日本企业。2020年1月，德国一家精密陶瓷公司主动找到瓷兴，采购了部分产品做测试，测试成功后开始大批量采购。同年，日本一家世界500强氮化硅基板企业，也主动找到瓷兴采购产品做测试，测试成功后开始批量采购，目前采购数量正在逐步增多。

贾再辉向记者介绍：“日本和德国企业是世界高端氮化硅粉体的垄断者，他们到中国企业采购氮化硅粉体这是第一次，既出乎我们意料，也佐证了我们产品的先进性。目前，瓷兴的产品已出口到德国、日本、美国、瑞典等多个国家和地区。”

瓷兴产品的问世，让国外高端氮化硅粉体在中国市场上的价格大幅下降。“过去国内没有企业能做出电路基板的氮化硅粉体，日本企业卖到中国的高端氮化硅粉体价格很高，达到每吨120万元，现在瓷兴成为唯一一家能做这种基板氮化硅粉体的国内企业，倒逼日本企业把高端氮化硅粉体价格下调了近40%。”贾再辉说。

瓷兴产品品质与成本上的竞争力，改变了国内的行业格局。众多的国内企业开始使用瓷兴的氮化硅粉体，瓷兴在国内的客户一年多时间就迅速增长到300多家。中材高新氮化物陶瓷有限公司在2020年初小批量测试瓷兴的产品后，便开始大批量采购瓷兴的产品，采购部经理姜自飞告诉记者，他们采购瓷兴的氮化硅粉体主要用来做结构件，现在瓷兴已经成为他们的重要供应商。

“瓷兴虽然在 α 相和杂质含量方面达到了世界一流水准，但在粒度大小上与世界上最尖端的技术还有差距，这是制备方式的天然缺陷。”崔巍对记者说，“瓷兴的使命是做中国高端陶瓷新材料的引领者，虽然超小粒度只是少数超高端领域的必选项，但瓷兴仍然要向这个方向努力，目标是掌握全部氮化硅粉体的制备方式，站上世界氮化硅技术的最顶端。”（经济日报记者 刘成）