

比沙漠还干的空气，是怎么“造”出来的？

这项“超级除湿”技术破解行业“卡脖子”难题



当你在黄梅天抱怨家里潮湿时，锂电池工厂里正上演着一场“湿度战争”——空气中哪怕一丝多余的水分，都可能让价值不菲的电池报废。上海交通大学代彦军教授团队研发的“低露点固体吸附高效除湿技术”，就像给这些精密工厂装上了“超级除湿器”，能把空气干燥到沙漠湿度千分之一的程度，不仅打破了国外垄断，更让我国锂电池、航空航天等关键行业用上了“中国造”的核心设备。

比沙漠还干的空气 是怎么“造”出来的？

“这项技术的主要应用背景是需要干燥空气的工厂，像半导体、锂电池等行业，固体电池的生产过程需要空气含水量极低，否则的话产品良率和性能会明显下降，或者说将来的使用寿命会较快衰减，那么这个露点要达到-60℃，通俗来说就是一种极端干燥的空气，所以对除湿有很大的挑战。”代彦军教授这样解释低露点固体吸附高效除湿关键技术的特别之处。

在宁德时代的锂电车间，这项技术每天都在创造“干燥奇迹”。这里的空气露点被控制在-20℃以下——而-60℃露点下湿度意味着

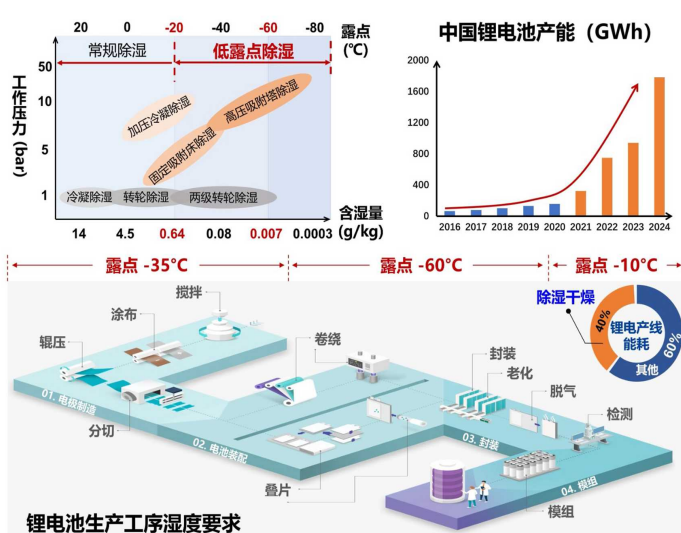
每公斤空气中的水分不到0.01克，此时沙漠环境的湿度已经是它的1000倍。这样极致的干燥，靠传统空调根本做不到，过去只能依赖瑞典、美国、日本等国家的进口除湿设备，不仅价格昂贵，还无法摆脱对外技术依赖。

此外，目前低露点除湿技术常用的除湿转轮与高压吸附塔还存在吸附材料固化差、深度除湿能力弱、系统运行能耗高等突出难题，且核心技术长期被国外垄断。

如何突破这些“卡脖子”的技术瓶颈？代彦军告诉记者，他们在分子筛等材料基础上“加料”，嵌入卤素盐增强吸湿能力，并进一步开发了静电喷涂加溶胶凝胶沉积的“特殊工艺”，把材料牢牢固定在陶瓷或金属基材上。整个过程花了10年，前后尝试了几十种材料，才解决了这一领域“材料易脱落、性能衰减快”等世界性难题。

更巧妙的是“控温魔法”。就像人运动时会发热，材料吸湿也会产生热量，导致温度升高，影响除湿效果。团队给系统加了“中间冷却”装置，就像给除湿设备装了“散热器”，让它一边高效吸水，一边“降温退烧”。这项创新使得相同除湿量下两级除湿转轮再生温度比单级转轮低30℃以上，再生能耗显著降低，令除湿能效提高约70%。

该成果转化应用于锂电生产工艺除湿，累计运行设备超10000台。“这个技术就是直击痛点——提高能效、节省成本，像锂电池40%的生产工艺用电都是用于除湿，某大型锂电生产车间用了我们这项技术后，一年能省几百万电费。”



从“跟跑”到“领跑”：科研路上的“十年磨一剑”

“20年前做环保空调探索时，我就觉得除湿技术大有可为。”代彦军的科研初心，源于对“不用氟利昂的绿色空调”的探索。那时没人想到，这项“小众研究”会在今天成为新能源产业的“刚需”。

近年来，国内锂电产业爆发式增长，但除湿核心设备曾100%依赖进口。“宁德时代”的供应商找到我们时，说进口设备相比国产设备足足贵了一倍以上。在这样的背景下，代彦军团队创新地提出了一种变温变压集成式深度除湿技术，通过对热量、湿度和压力的综合调控，结合各除湿环节流程创新与温度压力优化，在满足出口空气露点要求的同时，成功摆脱了传统低露

点除湿技术对高温和高压的依赖。

该技术可满足锂电生产工序、航空航天实验环境等对湿度的多样化需求，除湿能力强，调节灵活，出口露点可低至-70℃，吸附压力从3-5bar降低到低于2bar，总能耗降低55%以上。如今，他们的技术及相关产品已占据国内锂电行业53%的市场份额，打破了国内这一领域的技术空白。

上海交通大学赵耀博士跟着代彦军做了16年科研，最难忘的是攻克涂覆工艺的日子。“材料今天粘得牢，明天可能就掉了，反复失败时，老师从不说‘你怎么又做错了’，只说‘再试试换个思路’，始终保持着耐心。”这种包容的氛围，让团队熬过失利的低谷。如今，赵耀成了技术转化的核心力量，团队里先后走出十几位博士，有的进入中科院继续科研，有的把技术带到华为等企业做更多拓展应用。

“科研不能关起门来做。”代彦军除了求实创新，也非常注重国际合作，他们曾和日本大金合作，获对方授予“技术合作金奖”，代彦军还与德国斯图加特大学、新加坡国立大学的教授就高效吸附除湿技术开展长期交流合作。

一项技术如何改变我们的未来？

在某航天风洞实验室里，这套技术正为航天器模拟“太空干燥环境”；在新加坡滨海湾花园，它用余热驱动除湿和再生循环，为人们保证了一年四季的舒适；未来，它或许还会出现在你家的地下室——虽然

现在开发的家用除湿产品价格是普通除湿机的两倍，但团队正努力降低成本。

目前，这套技术已经显著拓展了固体吸附除湿的传统应用场景，有力推动了除湿原理、工艺及装备发展，在可持续发展战略的引领下助力节能减碳，产生了重大的社会效益与经济效益。

“不能止步于此，我们还有很多可以提升的空间，比如海上风电的风力发电机里，潮湿环境容易导致金属腐蚀和电路短路，我们的技术是不是能派上用场；化工制药的精密反应，使用这种‘定制干燥空气’是不是能更高效节能；以后遇到黄梅天，我们居民的家里再也不用担心除湿效果，这些课题都可以再进一步深入。”

在代彦军眼里，技术的边界还在不断拓展。他们正尝试把太阳能和除湿系统结合，“以后用阳光就能驱动，更环保”；还计划引入AI技术，在筛选材料等方面加快速度，让系统像“智能管家”一样自动调节湿度。

这项获得2024年度上海市技术发明奖一等奖的成果，早已不只是实验室里的一个研究。近三年，它创造了29.5亿元的直接经济效益，更让我国在低露点除湿领域从“跟跑者”变成“规则制定者”，代彦军透露，他们团队目前正参与编写新的工业除湿机国家标准，未来还将出版除湿领域专著。

“做科研就像除湿，要耐得住‘干燥’的寂寞，才能等到‘湿润’的成果。”代彦军的这句话，或许正是这项技术背后最动人的注脚。

晨报记者 王丽芳

上海蓝天经济城
南翔游戏谷
◆游戏产业集聚区 ◆充足空间规划 ◆优质配套政策 ◆租金减免
联系电话：18918526217 (朱先生)、13661404363 (张先生)
南翔·元谷 文体旅元宇宙生态区
◆南翔古镇新地标 ◆租金减免
联系电话：13651936939 (金先生)
总部地址：上海市嘉定区南翔镇银翔路655号
总部热线：59129999, 5912222

物资回收
渝水堂 高价收购
红木家具、老家具、字画、扇子、印章、像章、老服装、小人书、紫砂壶、玉器、瓷器、地址：多伦路文化名人街182号(近四川北路)
热线电话：65407260 13601926417
高经理 免费上门服务
投放热线：22895373
(《新闻晨报》综合分类、遗失、注销各类声明广告)



扫二维码看视频

上海市科委科普项目资助
(项目编号:24DZ2304400)
科学性审查专家：
代彦军 上海交通大学教授

上海美达机械制造有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	上海恒祥光学电子有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	上海罕鼎阀门有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	上海大侨誉远精密机械股份有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业
上海致凯捷激光科技有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	国芯韵(上海)智能信息科技有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	乐普钠电(上海)技术有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	上海驰川液压设备有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业
上海盘点食品科技有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	上海同研城铁减振技术有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	上海无忧树新材料科技有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业	上海德携电子科技有限公司 荣获 2025年 上海市专精特新中小企业