

国产导轨副的“逆袭”

凯特精机突破“卡脖子”技术，实现国产替代进口

向新图强 逐质而行
——构建现代化产业体系之江企巡礼

数控机床上一条条滚动直线导轨副，看似没有什么技术含量，但却是保持机床稳定运行的重要“关节”。在30多年前，这种高精度的导轨副生产核心技术几乎完全被国外垄断，不仅价格奇高，而且到货周期长。

“中国高端制造业的命脉，绝不能捏在别人手里！”1993年，怀揣着坚定的信念，中国直线导轨行业领军人物孙健利教授带领华中理工大学（现为华中科技大学）科研团队南下江门，创办广东凯特精密机械有限公司（以下简称“凯特精机”），开启了国产导轨副从实验室走向产业化的逆袭战。

经过多年的深耕发展，凯特精机不仅生产出国内首款滚动直线导轨副，还攻克了制动器、阻尼器和自润滑器三大滚动功能部件的核心生产技术，成功实现国产导轨副替代进口。

星星之火，可以燎原。凯特精机用小小的导轨副，撬动了中国数控机床产业的破局升级，正助推中国制造业从“制造”迈向“智造”。

文/图 江门日报记者 陈倩婷 吕胜根



凯特精机生产车间。

首款国产导轨副在江门诞生

在凯特精机展厅的玻璃展柜里，一组泛着岁月痕迹的导轨副静静地陈列着，该公司工作人员介绍，这是凯特精机1995年投产的首批国产滚动直线导轨副产品，几年前从客户的机床上拆下来后，便如珍贵的文物般被保存在展厅中。令人惊叹的是，尽管已经过去了20多年，这组导轨副的性能依然稳定如初。

作为精密制造领域的核心零部件，滚动直线导轨副就像制造业的“隐形脊梁”，从半导体制造到航空航天，从医疗器械到智能装备，其高精度、高刚性、高可靠性等特性，支撑着各种精密设备的高效运行。但在20世纪90年代初，我

国滚动直线导轨副产品的使用高度依赖国外进口，当时一个小小的进口导轨价格堪比一台拖拉机。

转机始于1984年，国家委派孙健利以研修学者的身份赴日本早稻田大学进行直线导轨副的基础研究，从理论、技术、工艺等方面全方位学习和研究。

1993年，孙健利学成回国后，任华中理工大学机械系教授，由他主导的国家重点项目——直线导轨项目落户江门市新会区，定位为火炬计划项目和国家重大装备国产化专项企业的凯特精机由此诞生。“直线导轨的滚动功能部件是一个严重被‘卡脖子’的

地方，如果哪天西方国家不把产品卖给我们，我们就生产不出来高精度的数控机床，所以孙教授是带着使命来的。”凯特精机常务副总经理谭建辉说。

凯特精机初创期，孙健利带着华中理工大学的科研团队，夜以继日地研究、尝试，不断调整方案，致力把研发成果转化落到凯特精机。谭建辉回忆说，那时候，50岁的孙健利白天上班，晚上给企业工人讲课，在这种氛围下，大家都干劲十足。

1995年，凯特精机首批滚动直线导轨副产品正式投产，车间里一片红火景象。华中理工大学的研究者们纷纷

投身生产一线，与工人们并肩作战，共同打磨导轨，加快生产进度。次年，该企业的直线导轨产品顺利通过国家检测中心的严格检验，其精度已达到国际领先水平，成功实现了对进口产品的替代。

往后数年，凯特精机又陆续掌握了导轨滑块热处理工艺技术、导轨精密磨削技术、关键检测试验技术等行业关键技术，并自主研发生产出了LGV宽型滚动直线导轨副、LGS滚珠直线导轨副、LGR滚柱直线导轨副等产品，助力中国数控机床产业走上转型升级的“快车道”。

推动科技成果走向“大市场”

在国产滚动直线导轨副产品问世之前，国内机床行业普遍使用滑动导轨，存在速度慢、摩擦大、能耗高、使用寿命短、精度低等缺点，这导致中高档数控机床的生产过程在很长一段时间都处于粗放的局面。

相比之下，滚动导轨虽然性能更好，但高昂的价格也让不少厂家望而却步。“当时市场对滚动导轨的认知还不足，加之每米数千元的价格，让大家很难接受。”谭建辉坦言，企业刚起步时十分艰辛，产品连续6年滞销，一度陷入发不出工资、缴不起电费的经营困境。

2000年，随着国内基建、制造业等快速发展，需求激增为滚动直线导轨副产品进入市场打开了突破口。得益于凯特精机前期打下的坚实基础，凭借在技术、工艺等方面的优势，其产品很快获得了市场的认可，企业进入了高速发展。

2018年，当行业进入转型升级新阶段，凯特精机再次站上创新前沿。该企业研发的国家重大科技专项高性能滚动直线导轨副用制动器、阻尼器及自润滑器完成验收，产品填补了国家空白，能大幅提高机床阻尼抗振性能、定位精度，为导轨副带来安全保护和长效

润滑，为数控机床及机械装备的升级提供了关键技术支持。

机床被称为“工业母机”，是制造业的根基，其重要性不亚于芯片。近两年，随着我国数控机床发展速度加快，国家新推出的政策更加聚焦补短板弱项，将功能部件、数控系统、工业软件等作为重点突破领域。

2023年6月，工信部等五部门印发的《制造业可靠性提升实施意见》提出，重点提升工业母机用滚珠丝杠、导轨、主轴等关键专用基础零部件。而在此2个月前，凯特精机自主研发的高精度工业母机用“P0”级滚珠丝杠产品，便

通过了国家机床质量监督检验中心的检测，填补了滚珠丝杠副计量中的2项国家空白，使国产高精度滚珠丝杠副替代进口取得新突破。

此外，针对市场需求，该企业还创新推出十字交叉滚动导轨副及圆弧滚动导轨副两种不同运动形态的产品，使得行业应用更广阔。

据悉，目前，该企业的产品已涵盖高档数控机床、金切机床、工业机器人、自动生产线、3C装备、木工机械及装备制造业等行业，2024年全年产值近3亿元，推动科技成果从“生产线”走向“大市场”！

赓续科技报国使命

2023年，80岁的孙健利再次回到了凯特精机。不同于往日的技术攻坚，这次他以技术顾问的身份，为年轻工程师传授宝贵的经验。这个由他参与缔造的民族企业，正如他期待的那样，在新时代焕发着蓬勃生机。孙健利坦言，他希望通过凯特精机，将科技的星火蔓延开来，推动同行、客商一起为振兴民族工业作贡献。

“凯特精机从成立之初就是以研发制造高精直导轨产品，努力追赶国际先进水平为目标。”凯特精机市场部经理黄海容说，“孙健利教授身上的科技报国情怀，如同灯塔一般，照亮了每一位正奋斗在创新路上的凯特人。”

每次技术突破都是点亮行业的火种，每次工艺改良都在夯实民族制造的根基。多年来，凯特精机一直延续孙健利“把企业当学校办”的理念，搭建起了学术研究与产业实践的桥梁，

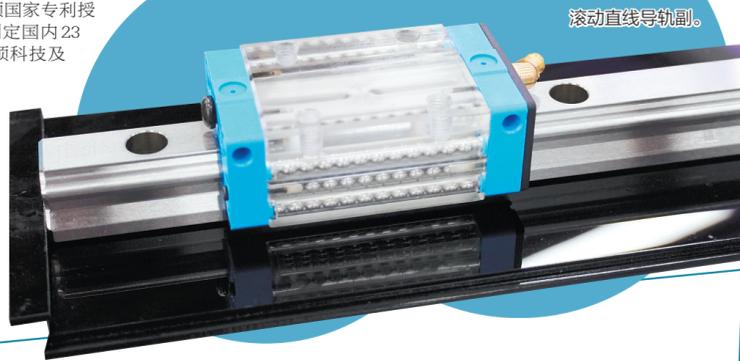
让“企业一小步”的技术积累产生了“行业一大步”的质变。

据介绍，凯特精机与华中科技大学、南京理工大学等高校建立研发中心，并与上海大学合作进行材料研发项目，每年研发经费投入约占销售总额的6%—10%。经过多年的深耕发展，该企业共获得49项国家专利授权，主持或参与起草制定国内23项行业标准，获50余项科技及行业荣誉。

2020年，凯特精机进一步增资扩产，建成占地9.73公顷的新工业园并投产，打造高效生产线，释放更大产能，着力提高产品的市场份额，把技术领先优势转化为

市场占有率和竞争力。三十多年淬炼，凯特精机以精工之笔，在科技报国的长卷上书写

匠心传承的新篇章。



滚动直线导轨副。

江门市智能装备及机器人协会执行会长王健生：产学研深度融合的典型范例

凯特精机专注于滚动精密导轨和滚珠丝杠的研发制造，这两类产品作为精密复杂的机械传动机构，是各类机械设备的“运动关节”，直接影响装备性能，特别是定位精度，对我国高端机床发展有着深刻的影响。

在凯特精机，专家们播下了科技创新的种子，企业接续奋斗，攻坚克难，不断加强研发力度，为民族企业赢得了荣誉。在海外品牌基本占据中高端市场的情况下，凯特精机作为国内领先的生产厂家，从技术端与销售端同步发力，逐步实现国产替代。

值得关注的是，产学研的紧密结合与融合发展，为凯特精机带来了显著成效，不仅提升了企业的发展速度和水平，还增强了企业的核心竞争力。近年来，凯特精机荣获省级专精特新企业、国家专精特新“小巨人”企业以及国家重点专精特新“小巨人”企业等称号。

伴随高端数控机床、机器人、汽车产业升级发展应用而持续拓宽，相信未来凯特精机能够不断突破技术壁垒，带来更多的高质量产品。当越来越多的企业如凯特精机般汇聚科技星火，中国制造的燎原之势无疑将照亮民族工业振兴的壮丽前景。

（陈倩婷）

人物

江门雷恩电池科技有限公司总经理黄刚：在江门写下电池产业“绿色循环方程式”

在粤港澳大湾区西翼的江门新会，一座占地面积2万余平方米的现代化工厂里，蓄电池生产线正高速运转，工人们熟练地将电极群组装成应用于消防应急、不间断电源、离网储能的高能长寿命蓄电池。这里是江门雷恩电池科技有限公司（以下简称“雷恩电池”）的生产基地，也是该公司总经理、高级电池工程师黄刚深耕电池行业24年的“战场”。从上市公司技术员到创业先锋，从铅酸电池技术攻坚到钠离子电池应用创新，再到构建废旧铅蓄电池绿色回收体系，黄刚始终对“电池人”的执着，在能源转型浪潮中书写着传统制造业的升级传奇。

文/图 江门日报记者 傅雅蓉



黄刚对自己生产研发的产品如数家珍。

从技术骨干到创业先锋：在产业沃土中扎根生长

2000年，当黄刚以技术员身份加入深圳某上市公司时，中国电池行业正处于铅酸电池技术迭代的关键期。“那时国内蓄电池企业有3000多家，江门作为粤西工业重镇，摩托车、电子产业集群初具规模，为电池企业提供了天然的应用场景。”回忆起初入行初心，黄刚眼中闪烁着当年的热忱。“能源是永远的朝阳产业，尤其是电池，历经百年依然有无限创新空间。”

雷恩电池创立于2006年，初始只是一家应急灯蓄电池加工厂，只能单一进行某种应急灯蓄电池加工，企业艰难地生存并逐步陷入停产状态。2017年，一次偶然机遇，黄刚在江门供应商的介绍下，带着对行业的深刻洞察作出了重要决定：接手这家在江门新会成立的雷恩电池，并投入资金对其进行了技术升级。选择江门，不仅因为这里相对低廉的土地成本和成熟的配套产业链，更因为他看到了中小企业在细分市场突围的机会——当时江门摩托车产量占全国1/3，安全应急产品是全国有名的生产基地，但却缺乏配套的高端蓄

电池供应商。“我们把雷恩电池从一个普通加工厂升级改造成国家标准制定单位，投入研发将单一的传统蓄电池升级

为各类高性能免维护长寿命蓄电池产品，并投入资金进行了自动生产线改造，很快就进入了国内知名企业的供应链名单。”黄刚向记者介绍道。

初期，研发资源匮乏是最大挑战。黄刚开创了“深圳研发+江门生产”的双基地模式，与深圳上市公司技术团队签订顾问协议，借“智”解决人才短板。2023年，随着江门双碳实验室的建成，雷恩电池成为首批入驻企业，与香港科技大学等高校合作开展钠离子电池应用研发。“我们不

做电池电芯，而是聚焦‘系统集成’，可以把创新新能源企业的电芯组装成摩托车、消防设备、储能产品能用的‘终端产品’。”黄刚表示，近年来，随着研发投入的深入和国内蓄电池行业积累的名声，雷恩电池逐渐在钠离子电池的赛道中崭露头角，从一家小型传统制造企业完成了向创新型中小企业的华丽转身。

如今，雷恩电池的产品已覆盖十大系列400多个型号，从摩托车启动电池、安全应急电池到数据中心储能电池，产品远销50多个国家和地区，成为江门新能源产业集群的“拼图”。作为国家高新技术企业，雷恩电池还拥有22项专利，包括“一种温度可控的预热式焊枪”等核心技术，有效解决了电池生产中的工艺难题。

破解“卡脖子”难题：在技术攻坚中定义行业标准

走进雷恩电池的实验室，陈列着不同年代的电池样品：从早期漏液的开口式铅酸电池，到如今密封性极佳的免维护阀控式铅酸电池，每一件都见证着黄刚团队的技术突围。“2008年前后，市场上铅酸电池普遍存在漏液和寿命短问题，我们团队用了两年时间，将封装工艺升级改进，又通过极板配方优化，把普通电池寿命从1年提升到3年以上。”说起这段经历，黄刚一边拿出一块铅酸电池样品向记者展示一边感慨道，“我本来就是个技术人员出身，对这个行业的热情让我能够迎难而上，每当解决一个技术难题，那种成就感是最棒的体验！”

技术创新的背后，是对行业标准的深度参与。作为现在全国仅有的200多家铅蓄电池生产单位之一，黄刚带领团队作为主要起草单位参与了《摩托车用铅蓄

电池》国家标准修订，推动启动电池向高功率、长寿命方向升级。在钠离子电池领域，雷恩电池参与起草《起停钠离子电池组》团体标准，针对汽车启停场景研发的电池组，实现了-40℃低温启动和高温环境应用。“标准就是话语权，我们要让江门制造的电池成为质量标杆和行业高

端。”黄刚说。2023年12月，江门双碳实验室获批建设“粤港碳中和科学与技术联合实验室”，成为首个“双碳”领域的粤港联合实验室。黄刚表示，雷恩电池将与平台在合作研发、技术转化、人才引进等领域进行深度合作，加速钠离子电池等前沿技术的落地应用。2024年11月，黄刚牵头成立雷恩锂电新能源技术（江门）有限公司，专注于新兴能源技术研发与应用，标志着公司在新能源领域的布局进一步深化。

守护江门绿色循环：在回收赛道上构建产业新生态

在雷恩电池厂区一隅，一座标有“危险废物贮存仓库”的建筑格外醒目，这里是江门市废旧铅蓄电池回收试点项目的核心枢纽。2021年，当黄刚看到市场上非法回收导致的环境污染和资源浪费时，果断申请成为江门首批废旧铅蓄电池正规回收试点企业，构建起一套“生产—回收—冶炼—再应用”的绿色循环经济闭环。

“目前，传统回收体系存在‘散、乱、污’等问题，小作坊式的拆解会导致铅酸泄漏，重金属也会污染土壤和水源。”黄刚指着墙上的回收网络地图告诉记者，“目前，我们正在江门市区域铺开建立回收网点，建成后覆盖江门全部乡镇，通过‘互联网+资源回收’平台实现数据溯源，加上政府的管控引导，确保每一块废电池都流向豫光集团、广东新裕等正规废铅蓄电池冶炼厂，将废铅蓄电池正规回收率达到90%以上。”为了推动行业规范，他还带领团队编写了《废铅蓄电池回收操作指南》，深入汽修店、电动车门店普及环保知识，甚至亲自带队在街头巷尾的产废点发放回收海报和在公交车投放广告提升公众环境意识，助力江门无废城市建设。

据了解，作为江门市小微企业危险废物收

集试点单位，雷恩电池拥有危险废物经营许可证，核准年收集贮存废铅蓄电池7200吨。通过与国内豫光集团和广东新裕的合作，团队利用冶炼厂技术，将退役铅酸电池重新冶炼为汽车动力电池材料，使资源利用率提升20%以上。2025年，雷恩电池预计回收废铅蓄电池达5000多吨，减少重金属排放近百吨，带动了周边30多家小微企业加入正规回收网络。

谈及未来，黄刚的规划清晰而宏大：在生产端，扩建钠离子电池PACK生产线，2025年实现产值5000万元；在回收端，打造区域性废电池回收枢纽，覆盖江门50%的市场；在技术端，探索氢能电池应用，为“双碳”目标贡献更多“雷恩方案”。

“电池行业就像一场接力赛，我们这代人既要跑好技术创新的‘加速段’，更要守护好绿色循环的‘接力棒’。”从技术攻坚到产业报国，从市场突围到生态构建，黄刚的创业故事折射出中国制造业转型升级的典型路径。正如他自己常说的：“做电池就是做良心，每一块电池都连接着用户的安全和地球的未来。”当能源革命的浪潮奔涌向前，这位“年轻的老电池人”正以不变的匠心，在绿色能源的征途上续写新的传奇。

问道