

# 6秒完成一次满功率充电

## 甬研“超级电容器”如何实现“全球领跑”？

6秒的时间，你能做些什么？

对一列现代有轨电车而言，6秒钟，就能完成一次满功率充电，支撑车辆平稳行驶数公里。这一切，都要依靠一种核心器件——超级电容器。

据宁波大学先进储能技术与装备研究院院长阮殿波介绍，超级电容器是新型物理储能器件，核心性能由能量密度、功率密度、循环寿命三大指标定义。

相较于目前主流的锂电池，该器件能量密度偏低，但功率密度高出数十倍，充放电循环寿命可达百万次，在瞬时大功率、高频次充放电场景中具备不可替代的独特优势。但长期以来，超高功率超级电容器的核心电极材料与制备工艺被国外垄断，国内相关技术存在明显短板，制约了高端储能领域发展。

针对这一技术瓶颈，宁波大学、宁波中车新能源科技有限公司等单位联合攻关，成功研发出拥有完全自主知识产权的全套技术方案。阮殿波教授团队牵头的“超高功率超级电容器的关键技术及应用”项目，斩获2025年度国家技术发明奖二等奖，标志着我国超高功率储能技术正式实现从“跟跑”到“全球领跑”的关键性跨越。



装载超级电容器的有轨电车。

### 1 底层材料突破，功率密度达到国际同类产品的三四倍

技术的核心突破，是最基础的电极材料。

超级电容器的功率密度受限于电子阻抗与离子阻抗——这两者越高，电荷传输损耗就越大，充放电速度就越难提升。

此前全球主流产品普遍采用电子级活性炭作为电极材料，经过数十年迭代，这套材料体系的性能已经逼近理论上限，国际顶尖产品的功率密度也仅停留在每公斤十几千瓦的水平，难以满足特种领域的超高功率需求。

阮殿波教授团队没有沿着传统活性炭的路线“修修补补”，而是另辟蹊径，在全球首次研发出新型碳气凝胶电极材料。这种材料通过重构微观孔隙结构，搭建出更通畅的离子传输通道，从根本上降低了器件内阻，大幅提升了电荷传输效率。基于该材料制备的单体超级电容器，功率密度达到75千瓦/千克，是国际同类主流产品的3倍到4倍。

这一性能跃升的工程价值十分显著：输出同等峰值功率时，整套储能系统的体积与重量可缩减三分之二以上，对于舰载、车载等对载荷和空间有严格要求的应用场景，是无法替代的技术支撑。

更关键的是，该项目实现了从基础材料、器件制备工艺到系统集成全链条自主可控。“国外现有材料体系做不到的性能，我们通过全新的材料路线实现了。”阮殿波教授表示，目前，该项成果已在宁波中车新能源公司实现产业化，建成百万级电芯产能，近三年销售超16亿元。

这套完全自主的技术体系，不仅打破了国外企业的长期技术垄断，更解决了我国高端储能装备的供应链自主问题，对特种领域、能源基础设施的安全可控具有重要战略价值。

### 2 从辅助电源走向主力储能装备

随着性能的提升，超级电容器的应用场景正在不断拓展，角色也从过去的“辅助电源”，逐步成为短时大功率场景下的主力储能装置。

轨道交通是超级电容器最早实现规模化应用的领域。搭载该技术的储能式现代有轨电车，无需全程架设架空接触网，仅靠站台停靠的6秒充电即可运行数公里，既降低了线路建设成本，也减少了对城市景观的影响，目前全国已有数百列该类车辆投入运营。

在港口与工业场景中，超级电容储能回馈系统已广泛应用于龙门吊、起重机械等设备。重物下放过程中释放的重力势能，以往大多通过制动电阻以热量形式耗散；接入超级电容系统后，这部分能量可被高效回收再利用，单台起重机可降低约40%的燃油消耗，节能减排效果直观。

依托优异性能，该超级电容技术持续拓展高端应用场景，实现多领域规模化落地。在电网领域，可适配火电调频、柔性直流输电等极速响应场景，弥补锂电池性能短板；在特种科研领域，能够为核聚变激光点火系统提供瞬时超大功率支撑；在数字基建领域，可保障算力、数据中心高功率不间断供电。此外，行业创新的“电池+超级电容”混合储能模式，兼顾能量与功率优势，有效提升储能系统综合效能。

市场规模的变化，直观反映了超级电容器的产业生命力。阮殿波教授介绍，此前超级电容器只是储能行业的小众“赛道”，市场体量远不及锂电池。但近几年该行业增速显著提升，呈现几何级增长态势。随着电网、数据中心等新场景的放量，未来几年国内超级电容器市场规模预计将向千亿级迈进，成为储能产业新的增长“赛道”。

在国际市场，国产超级电容器已随中国高端装备同步“出海”。除了单体器件直接出口，更多是搭载轨道交通车辆、港口机械等成套装备落地海外，目前已覆盖马其顿、奥地利、马来西亚等30多个国家，应用于公共交通、港口作业等领域，成为中国高端装备出口的组成部分。

### 3 产学研深度协同，宁波创新生态托举技术攻关

阮殿波教授团队的产学研合作模式，正是宁波科技创新体系的一个典型样本。

在项目分工中，宁波大学先进储能技术研究院（浙江省重点实验室）依托基础研究优势，聚焦材料机理研究与核心材料开发，解决底层技术问题；宁波中车新能源科技有限公司作为产业化平台，负责将材料成果转化为器件产品与成套系统，并推向市场应用。

高校做基础研究、企业做产业化落地的分工模式，形成了从实验室到市场的完整创新链条，既让基础研究瞄准产业真实需求，也让产业升级有持续的技术源头支撑。

阮殿波坦言，该项目的持续推进离不开宁波市科技局的长期支持。“这些年，市里通过科技创新2025、2035等重点研发计划，还有各类基金项目，持续支持超级电容器从材料到产品的全链条研发，前后支持了七八个相关项目。”他表示，正是这种稳定、连贯的政策与资金支持，让团队能够沉下心来攻克核心技术，最终实现了重大突破。

从一项材料创新到一条产业赛道，超级电容器的成长，是宁波聚焦关键核心技术攻关、推动产学研深度融合的一个缩影。沿着这条路径，宁波正在新能源储能等领域持续培育更多具备核心竞争力的技术成果，在全球产业格局中不断提升自身位势。

记者 施文 通讯员 宣科



阮殿波教授（右）指导学生工作。



超级电容储能系统。



产品示意图。

本版图片由受访单位提供