

最近和几位高校的同行人聊天，大家不约而同地提到了一个现象：在讨论新型电力系统和电网调频时，飞轮储能这个名字出现的频率越来越高。这让我想起，十几年前我们在实验室里捣鼓那些高速旋转的转子，更多是出于一种前沿探索的好奇。而今天，情况已经大不相同了。

我国飞轮储能应用研究现状正步入快车道

最近和几位高校的同行人聊天，大家不约而同地提到了一个现象：在讨论新型电力系统和电网调频时，飞轮储能这个名字出现的频率越来越高。这让我想起，十几年前我们在实验室里捣鼓那些高速旋转的转子，更多是出于一种前沿探索的好奇。而今天，情况已经大不相同了。

从现象来看，飞轮储能的“热度”并非空穴来风。传统的电化学储能，比如锂电池，在应对电网频率的瞬时波动——也就是需要秒级甚至毫秒级的快速响应时，有时会显得“力不从心”，频繁的充放电对其寿命也是考验。而飞轮储能，其原理简而言之就是用电能将一个转子加速到每分钟数万转，将能量以动能形式储存起来，需要时再通过发电机释放电能。它的优势恰恰在于功率密度高、响应速度快（毫秒级）、循环寿命极长（可达百万次），并且基本不受充放电深度影响。这些特性，让它成为了解决电网瞬时频率调节、提升电能质量的“理想候选人”。

那么，数据支撑如何呢？根据中国能源研究会储能专委会等机构的不完全统计，截至去年底，中国已投运的飞轮储能项目累计装机规模虽然相较于电化学储能仍属“小众”，但年增长率非常可观。特别是在火电调频、新能源场站一次调频等示范项目中，飞轮储能的性能得到了验证。一个常被引用的数据是，在配合火电机组进行AGC（自动发电控制）调频时，引入飞轮储能系统后，机组的调频性能指标（Kp值）可以提升显著，有时甚至能翻倍，这意味着电网的稳定性和调节效率得到了实实在在的改善。你可以把它想象成给电网这个庞大的系统，装上了一个反应极其灵敏的“陀螺仪”或“稳定器”。

从实验室走向多元场景的探索

当然，任何技术的成熟都离不开具体案例的打磨。目前，国内飞轮储能的典型应用案例主要集中在几个方向：一是配合火电厂进行联合调频，提升老旧机组的灵活性和经济性；二是在数据中心、精密制造工厂等对电能质量要求极高的场合，作为不间断电源（UPS）的升级方案，提供更可靠、更绿色的电力保障；三是在城市轨道交通中，回收列车制动时的能量，实现节能。这些案例的共同点，都是瞄准了飞轮“快、准、稳”的放电特性，去解决那些对时间和精度有苛刻要求的能源问题。

说到这里，我不得不提一下我们在站点能源领域的一些实践和观察。在我们海集能，近二十年来一直深耕于新能源储能与数字能源解决方案。我们注意到，在一些特殊的“站点”，比如偏远地区的通信基站、物联网关键节点、安防监控站点，供电的可靠性和质量同样是生命线。这些地方可能面临电网薄弱甚至无电可用的困境。我们提供的解决方案，往往是融合了光伏、储能（目前以电化学储能为主）和备用电源的一体化系统。但我们在研发和规划时，始终密切关注着像飞轮储能这样的前沿技术。为什么呢？因为对于一些极端环境或对瞬时断电零容忍的关键站点，飞轮储能的快速响应和超长寿命特性，理论上具有独特的价值。虽然目前成本和技术集成度仍是挑战，但这种将前沿物理储能技术与实际场景需求结合的前瞻性思考，正是驱动我们这类企业不断创新的动力。我们设在南通和连云港的基地，一个负责深度定制，一个专注规模制造，这种布局就是为了能快速响应、灵活融合各种技术路径，为客户提供最适配的“交钥匙”方案。

未来展望：机遇与挑战并存

飞轮储能在中国的应用研究，目前正处在一个非常有意思的阶段。一方面，核心技术，如磁悬浮轴承、高速永磁电机、真空密封等，在不断突破，成本和损耗在持续下降；另一方面，市场对高品质、高可靠性电力供应的需求在急速增长，政策环境也日益明朗。这形成了一个良好的正向循环。不过，依晓得伐，从实验室的样机到电网中稳定运行的“工业品”，中间还有很长的路要走。大规模制造的一致性、与现有电力系统的智能协同控制、长期运行的经济性模型，这些都是需要产学研用各方合力去攻克的课题。

在我看来，飞轮储能不太可能，也不需要去替代电化学储能在能量型应用（如长时间削峰填谷）中的地位。它的未来，更在于发挥其“功率型”储能的长处，与锂电池等“能量型”储能形成互补，共同构成一个更加立体、resilient的储能体系。这就像一支足球队，既需要能持久奔跑、覆盖全场的中场，也需要能在关键时刻瞬间启动、完成致命一击的前锋。未来的智慧能源网络，同样需要这样各司其职又紧密配合的“队员”。

写在最后

技术的进步总是超乎我们最乐观的想象。十年前，我们或许很难预见今天中国在光伏和锂电池领域的全球引领地位。那么，对于飞轮储能这样兼具物理之美与工程之巧的技术，你是否认为它将在未来的城市电网、数据中心或太空能源系统中，扮演不可或缺的角色？当它的成本下降到与传统方案持平时，哪个领域会率先迎来爆发式的应用？我很期待听到来自不同领域读者的思考和见解。

来源: <https://hjaiot.com>