

最近在虹桥站等车时，我注意到列车进站刹车那一刻，周遭的空气似乎都带起一阵微澜。这让我想起一个有趣的物理现象——巨大的动能瞬间转化为热能，消散在空气和制动闸片中。我们是否想过，这股被“浪费”的能量，可以捕捉并重新利用？这便引出了我们今天要探讨的核心：飞轮储能技术如何为高铁这样的高能耗场景注入新的绿色动能。

## 高铁与飞轮储能的能量之舞

最近在虹桥站等车时，我注意到列车进站刹车那一刻，周遭的空气似乎都带起一阵微澜。这让我想起一个有趣的物理现象——巨大的动能瞬间转化为热能，消散在空气和制动闸片中。我们是否想过，这股被“浪费”的能量，可以捕捉并重新利用？这便引出了我们今天要探讨的核心：飞轮储能技术如何为高铁这样的高能耗场景注入新的绿色动能。

让我们先拆解一下现象。一列八编组的高铁，时速从300公里减速至静止，释放出的动能是相当可观的。传统制动方式，我们称之为摩擦制动，本质上是将动能通过物理摩擦转化为热能。这部分能量不仅被白白耗散，在频繁启停的市域铁路或地铁线上，还会加剧制动系统磨损，产生粉尘污染。有没有更聪明的方法？有的，这就是 regenerative braking——再生制动。其理念是将列车减速时的电机变为发电机，将动能回馈成电能。但问题随之而来：这些瞬间产生的、不稳定的电能，往哪里去？如何存储并在需要时快速释放？

这就到了数据说话的环节。飞轮储能，是一种物理储能方式。它的核心是一个在真空腔室内高速旋转的转子。当需要存储能量时，电力驱动电机，使飞轮加速旋转，电能转化为机械能；当需要释放能量时，高速旋转的飞轮驱动发电机，将机械能转化回电能。它的魅力在于几个关键数据：

功率密度高：响应时间可达毫秒级，非常适合高铁频繁、快速充放电的需求。  
循环寿命极长：理论上可达百万次，远超化学电池的数千次循环。  
几乎免维护：没有化学降解，环境影响小。

你可以把它想象成一个超级、环保的“机械电池”。对于铁路系统而言，尤其是在无接触网或电网薄弱的区段，飞轮储能可以平滑再生制动产生的冲击性电能，稳定牵引网电压，并在列车启动时提供爆发性助力，从而显著降低总能耗。根据一些学术研究，在轨道交通中应用飞轮储能系统，可节能约10%-20%。这个数字，对于日复一日运行的高铁网络来说，意味着巨大的经济与环保效益。

讲到这里，我想穿插一句。在我们海集能，我们常说“能量管理是一门艺术”。作为一家从2005年就扎根于新能源储能领域的企业，我们海集能（HighJoule）对各类储能技术的特性与应用场景有着深刻的理解。我们不仅提供电化学储能解决方案，也始终关注着像飞轮、超级电容等前沿技术的发展。我们在江苏的南通和连云港生产基地，构建了从研发到制造的全产业链能力，目的就是为了能够针对像高铁站点、无电弱网地区的通信基站等不同场景，提供最适配、最可靠的“交钥匙”能源方案。无论是物理储能还是化学储能，核心目标是一致的：让能量流动更高效、更智能、更绿色。

那么，飞轮储能在高铁上的具体应用案例是怎样的呢？我们不妨看一个海外市场的实践。在德国，某些城市的轻轨（S-Bahn）系统已经部署了基于飞轮储能的站台储能系统。当列车进站刹车时，再生电能被飞轮阵列快速吸收储存；当同一供电区段内有列车需要加速出站时，储存的能量被迅速释放，辅助供电。这套系统不仅稳定了电网电压，避免了电压骤降对精密设备的影响，更重要的是，它减少了约15%的净能耗，并且降低了对公共电网峰值功率的需求。这对于我们思考中国高铁的能源优化，尤其是在客流量大、启停频繁的枢纽站之间，提供了非常宝贵的思路。当然，飞轮技术也有其挑战，比如旋转部件的材料强度、轴承技术的可靠性，以及如何控制高速旋转带来的陀螺效应等，这些都是工程上需要精益求精去解决的。

所以，当我们展望未来，一个更聪明的高铁能源网络会是怎样的？它或许会是一个混合储能的生态系统。在牵引变电所，大容量的锂电或液流电池负责能量的长时间、大容量吞吐；而在每一个站台附近，响应迅捷的飞轮储能装置则扮演着“能量缓冲器”和“功率助推器”的角色。它们协同工作，就像一支交响乐团，让能量的“演奏”既澎湃有力，又平滑稳定。这种思路，其实与我们海集能在站点能源领域为通信基站提供的“光储柴一体化”方案有异曲同工之妙——核心都是通过多种技术的智能耦合，来应对复杂、波动的能源供需挑战，最终实现可靠性与经济性的最优解。

最后，留给大家一个开放性的问题：如果飞轮储能技术能够更广泛地集成到我们的轨道交通脉络中，除了节能，它还可能催生出哪些我们未曾预料的新应用模式或服务体验？

---

来源: <https://hjajiot.com>