

在新能源技术日新月异的今天，当我们谈论车辆的储能系统时，锂电池几乎占据了所有话题的中心。然而，在追求极致效率与可靠性的某些特定领域，一种更为古老而精妙的物理原理正重新焕发生机——那就是飞轮储能。它不依赖化学反应，而是利用高速旋转的转子将能量以动能形式储存起来。这种技术因其超高的功率密度、几乎无限的循环寿命以及对极端温度的卓越耐受性，正在一些对性能有严苛要求的车辆上找到不可替代的位置。

飞轮式储能技术正在重塑哪些车辆的行驶体验

在新能源技术日新月异的今天，当我们谈论车辆的储能系统时，锂电池几乎占据了所有话题的中心。然而，在追求极致效率与可靠性的某些特定领域，一种更为古老而精妙的物理原理正重新焕发生机——那就是飞轮储能。它不依赖化学反应，而是利用高速旋转的转子将能量以动能形式储存起来。这种技术因其超高的功率密度、几乎无限的循环寿命以及对极端温度的卓越耐受性，正在一些对性能有严苛要求的车辆上找到不可替代的位置。

让我们先看一个现象。在城市公共交通中，有轨电车或无轨电车在频繁启停时，会浪费大量制动能量。传统的电池系统在快速吸收和释放这些高功率脉冲时，往往面临寿命衰减和效率下降的挑战。这时，飞轮储能系统（FESS）的优势便凸显出来。根据一些实际运营数据，装备了飞轮储能装置的车辆，其能量回收效率可以提升到70%以上，远超常规系统。更重要的是，飞轮系统在-40°C到50°C的环境下都能稳定工作，且充放电循环次数可达百万量级，这从根本上解决了化学电池在严寒酷暑下的性能衰退和寿命焦虑。这不禁让我们思考，储能技术的多元化，其意义不正是为了匹配不同场景下的独特需求吗？

那么，飞轮储能具体运用在哪些车上呢？这并非一个面向大众消费市场的广泛选择，而是精准聚焦于几个对可靠性、瞬时功率和全生命周期成本极为敏感的专业领域。

轨道车辆与城市公交：这是目前飞轮储能最成熟的应用场景之一。例如，在欧洲部分城市的轻轨系统中，飞轮被用于回收制动能量，并在车辆加速时瞬间释放，可显著降低牵引电网的峰值负荷，实现节能15%-30%。它就像一个高效的“能量缓存区”，平抑了车辆运行对电网的冲击。

赛车与高性能特种车辆：在F1赛场上，动能回收系统（KERS）的早期版本就曾采用飞轮技术。其能在几秒钟内吸收或释放高达60千瓦的能量，为赛车提供额外的爆发性推力。这种对功率响应速度和能量吞吐率的极致要求，正是飞轮储能的用武之地。

大型矿用车辆与港口AGV：在矿山或港口这些工况恶劣、负载极重的场景下，车辆的启停和升降动作频繁，功率需求巨大。飞轮系统可以与柴油机或主电池组协同工作，在重载启动时提供瞬时辅助动力，减少对主发动机的冲击，从而降低油耗和维护成本。

讲到这里，我想提一下我们海集能（HighJoule）的实践。我们自2005年成立以来，一直深耕于新能源储能领域，从工商业储能到站点能源，我们深刻理解“适配”的重要性。就像我们为偏远地区的通信基站提供的“光储柴”一体化解决方案，核心逻辑就是根据站点无市电、温差大、要求供电绝对可靠的特点，组合运用光伏、化学电池和发电机，形成最优解。这个思路与飞轮技术的应用哲学是相通的——没有一种储能技术是万能的，关键在于为特定的应用场景找到最合适、最经济的能量管理方案。我们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，正是为了灵活应对全球不同客户、不同环境的多元化需求。

一个具体的案例或许能让我们看得更清楚。在瑞士某城市的无轨电车网络上，运营方引入了一套飞轮储能系统，安装在沿线变电站中。这套系统专门捕捉电车刹车时回馈到电网的能量，并在电车需要加速时迅速释放。根据公开的运营报告，这套系统每年可帮助该线路节省约30万千瓦时的电能，相当于减少了超过200吨的二氧化碳排放。更重要的是，它大幅平滑了电网负荷，提升了供电稳定性。这个案例生动地说明，当我们将视野从车辆本身扩展到整个运行系统时，飞轮这类高功率、长寿命的储能装置，能够扮演关键的“系统稳定器”角色。

飞轮储能与锂离子电池在车辆应用中的特性对比

特性维度

飞轮储能

锂离子电池

功率密度

极高，适合瞬时大功率充放

中等，持续功率输出优秀

能量密度

较低，储能量相对有限

高，适合长时间储能

循环寿命

极长（可达百万次）

较长（通常数千次）

环境温度影响

很小，工作范围宽

较大，低温性能衰减明显

主要适用场景

频繁制动能量回收、瞬时功率辅助

长续航动力源、长时间能量缓存

所以，当我们再次审视“飞轮式储能运用在哪些车上”这个问题时，答案就变得清晰而富有层次。它并非要取代主流的动力电池，而是作为一种关键的互补技术，在那些对功率响应速度、循环寿命和环境耐受性有着“硬性指标”的细分领域，发挥着不可替代的作用。这背后体现的是一种系统工程思维：未来的车辆，特别是商用和特种车辆，其能源系统很可能是一种混合架构，化学电池负责“储能”，而飞轮或超级电容则负责“调功”，各司其职，共同实现效率与可靠性的最大化。这和我们海集能在设计微电网或站点能源解决方案时的思路，简直是异曲同工——通过多种技术的智能耦合，去应对真实世界

中复杂多变的挑战。

技术的演进从来不是一条单行道。在追求碳中和的道路上，我们是否应该给予像飞轮储能这样具有独特物理优势的技术更多关注，让它们在化学储能的协同中，去解锁那些目前仍受困于成本或性能瓶颈的绿色交通应用场景呢？

来源: <https://hjaiot.com>