

当你在上海的地铁车厢里，感受到列车平稳加速和减速时，可能很少会想到，这背后有一整套精密的能量管理系统在默默工作。地铁，作为城市交通的大动脉，其能耗问题一直是个“大块头”。传统的供电方式存在能量浪费，尤其是在制动时，大量的动能转化为热能消散在空气里，这多少有点可惜，对伐？而现代地铁车辆上搭载的车载储能装置，正是为了解决这个问题而生的“能量管家”。它就像一个随车携带的“充电宝”，在列车刹车时回收能量，在启动或加速时释放能量，从而实现节能增效。

## 地铁车载储能装置的核心构成要素

当你在上海的地铁车厢里，感受到列车平稳加速和减速时，可能很少会想到，这背后有一整套精密的能量管理系统在默默工作。地铁，作为城市交通的大动脉，其能耗问题一直是个“大块头”。传统的供电方式存在能量浪费，尤其是在制动时，大量的动能转化为热能消散在空气里，这多少有点可惜，对伐？而现代地铁车辆上搭载的车载储能装置，正是为了解决这个问题而生的“能量管家”。它就像一个随车携带的“充电宝”，在列车刹车时回收能量，在启动或加速时释放能量，从而实现节能增效。

### 现象：从能量浪费到循环利用的转变

过去，地铁列车制动产生的能量，往往通过车载电阻以发热的形式消耗掉。这不仅浪费能源，产生的热量还会加剧隧道和站台的环境温度，增加空调系统的负荷。这形成了一个非良性的能量循环。如今，随着电力电子技术和储能技术的进步，我们能够捕捉并再利用这部分被“抛弃”的能量。车载储能装置的出现，正是这一转变的关键物理载体。

### 数据：储能带来的效率跃升

根据国际公共交通协会（UITP）的相关研究报告，采用先进的能量回收系统，地铁列车可节能20%至30%。这个数字背后，是实实在在的运营成本降低和碳排放减少。我们来拆解一下：一列地铁每天启停数百次，每次制动回收的能量汇聚起来，足以支撑列车后续的牵引或辅助系统用电。这不仅仅是经济账，更是城市可持续发展的一笔重要环境账。

### 地铁车载储能装置包括哪些？

那么，这个关键的“能量管家”究竟由哪些部分组成呢？它并非一个单一的部件，而是一个集成了多种技术和硬件的系统。我们可以将其主要构成归纳为以下几个核心部分：

**储能本体（能量存储单元）：**这是系统的“心脏”，负责直接存储电能。目前主流的方案包括：

**超级电容器（双电层电容器）：**特点是功率密度高，充放电速度快，循环寿命极长（可达百万次），非常适合地铁频繁启停、大功率瞬时充放电的工况。它能够快速吸收制动产生的高功率能量，并在启动时迅速释放。

**锂离子电池：**能量密度相对更高，适合需要一定能量缓冲时间或为车载辅助设备（如空调、照明）供电的场景。有时也会与超级电容器组成混合储能系统，取长补短。

**电力转换系统（PCS）：**这是系统的“大脑”和“手脚”。它通常是一个双向变流器，负责在列车直流牵引网（如750V或1500V）与储能单元之间进行可控的能量交换。在制动时，它将列车发出的直流电转

换为适合储能单元充电的电压和电流；在需要时，则将储能单元的电能转换并回馈到牵引网或车载用电设备。

**能量管理系统（EMS）：**这是系统的“神经中枢”。它基于实时监测的列车速度、电网电压、储能单元状态等信息，通过复杂的算法智能决策何时充电、何时放电、以多大功率进行，以最大化能量回收效率，并确保储能单元的安全和寿命。

**高压箱及电气连接：**包含接触器、熔断器、传感器等，负责系统与列车主电路的安全连接、隔离与保护。

**冷却系统：**无论是超级电容器还是锂电池，在工作时都会产生热量。高效的风冷或液冷系统是确保其性能和寿命的关键，尤其是在地铁车厢底部空间有限、环境复杂的条件下。

这些部件高度集成，被封装在一个满足轨道交通严苛环境（如振动、冲击、温度、电磁兼容）要求的箱体内部，安装在列车底部或顶部，与列车控制系统深度协同工作。这和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”解决方案，在系统集成和智能管理的核心理念上是相通的。我们深耕新能源储能近二十年，从电芯、PCS到系统集成与智能运维，构建了全产业链能力。无论是为极端环境下的通信站点提供不间断电力，还是为地铁这样的动态负荷设计高效储能方案，其底层逻辑都是通过精准的能量管理，实现可靠、经济与绿色的供电。我们在江苏的南通和连云港两大生产基地，分别聚焦定制化与标准化生产，正是为了将这种复杂系统的工程化能力落到实处。

## 案例与见解：一个具体的应用视角

让我们看一个更贴近的场景。假设某城市地铁线路的供电区间较长，存在网压波动大的问题。在列车集中启动时，网压会被拉低，影响其他列车运行；而在多列车同时制动时，网压又会抬升过高，可能触发保护。此时，装备了车载储能装置的列车，其价值就超越了单纯的“节能”。在网压低时，它可以放电支撑网压；在网压高时，它可以吸收多余能量。这相当于为牵引供电网络提供了一个个分布式的“缓冲池”和“稳定器”，提升了整个供电区段的电能质量和系统容量。这实际上是一种移动的“微电网”技术在城市轨道交通中的体现。

从这个角度看，车载储能装置的技术演进，正朝着更高功率密度、更长循环寿命、更智能的网车协同控制方向发展。未来的系统可能会更轻量化、更模块化，并深度融入基于云平台的列车群智能能源管理网络。这不仅仅是硬件升级，更是软件和算法驱动的能效革命。我们面临的挑战在于，如何在有限的空间和重量约束下，平衡功率、能量、成本、安全与寿命这多个目标，这需要跨领域的深度技术融合与持续的工程创新。

说到这里，我不禁思考，当城市轨道交通网络越来越密集，列车运行间隔越来越短，我们能否将这些散布在各列车上的“移动储能单元”，通过车地通信和人工智能调度，虚拟成一个庞大的、可调度的分布式储能资源，在特定时刻甚至能为城市电网提供辅助服务？这听起来或许有些前瞻，但技术的边界不正是这样被一步步拓展的吗？对于正在规划或升级轨道交通系统的城市管理者而言，除了考虑车辆的载客量和速度，是否也应该将列车本身的“能源智商”纳入核心的评估体系呢？

---

来源: <https://www.hj-mobile.com>