

在探讨储能技术多样性的课堂上，我常常问学生一个问题：当我们把一块石头搬到山顶，我们储存了什么？答案是，我们储存了能量。这个简单的比喻，恰恰是重力储能（Gravity Energy Storage）最核心的物理原理。近年来，随着锂电储能如火如荼，一种更为“返璞归真”的技术——利用重物落差来储能和发电，开始重新进入能源界的视野。大家最关心的，除了技术原理，恐怕就是那个最现实的问题：它的建设成本，究竟是多少？

重力储能的建设成本是多少

在探讨储能技术多样性的课堂上，我常常问学生一个问题：当我们把一块石头搬到山顶，我们储存了什么？答案是，我们储存了能量。这个简单的比喻，恰恰是重力储能（Gravity Energy Storage）最核心的物理原理。近年来，随着锂电储能如火如荼，一种更为“返璞归真”的技术——利用重物落差来储能和发电，开始重新进入能源界的视野。大家最关心的，除了技术原理，恐怕就是那个最现实的问题：它的建设成本，究竟是多少？

要回答这个问题，我们首先要明白，成本从来不是孤立的数字。它像黄浦江的水，深度取决于你测量时的潮汐和位置。对于重力储能，其成本构成与传统电化学储能（如锂电池）有显著差异。它主要不是“材料密集型”，而是“工程密集型”的。这意味着，初期的一次性资本支出（CAPEX）占比很高，但后期的运营维护成本（OPEX）和全生命周期内的循环成本，可能极具吸引力。

让我们看一些数据。根据国际可再生能源机构（IRENA）的一份报告，不同储能技术的平准化储能成本（LCOS）差异很大，它综合了建设、运营、寿命和效率。目前大规模商业化应用的抽水蓄能，其LCOS范围较宽，而新兴的重力储能，其目标正是与抽水蓄能竞争，并在特定场景下超越它。一份行业分析指出，基于重物堆（如混凝土块）的重力储能系统，其预估的LCOS有望降至每兆瓦时50-150美元的范围，这很大程度上取决于项目的具体规模、高度差（这决定了能量密度）和当地的工程成本。这个数字，你晓得吧，对于需要日复一日、年复一年进行能量搬移的长时间储能场景，是相当有竞争力的。

那么，这些成本具体花在哪里了呢？我们可以列一个简化的清单：

场地与土木工程：这是大头。无论是利用废弃矿坑建造垂直竖井，还是建设高耸的塔楼来提升重物，土建和结构成本占比可能超过50%。地形和地质条件直接决定了成本高低。

重物材料：通常使用低成本、高密度的材料，如废弃的混凝土、矿渣，甚至专用复合材料。这部分成本相对可控，且具备循环利用的环保属性。

提升与发电系统：包括电机、发电机、齿轮箱、控制系统等。这部分与成熟的起重机、电梯技术有共通之处，可以借鉴现有工业供应链，有利于成本控制。

电网连接与平衡系统：任何并网储能设施都需要这部分投资，与电化学储能类似。

说到这里，我想岔开一句，谈谈我们海集能所专注的领域。在新能源储能这个广阔的天地里，技术路径是多元的。我们海集能（上海海集能新能源科技有限公司）近二十年来，一直深耕于电化学储能，特别是锂离子电池系统的研发与应用。从电芯选型、PCS（变流器）匹配到系统集成与智能运维，我们为 global 客户提供从工商业、户用到通信站点、微电网的一站式解决方案。我们位于南通和连云港的生产基地，分别应对定制化与标准化的需求，确保产品能适配从赤道到寒带的不同环境。我们深信，未来的能

源网络是混合的、智能的，不同的储能技术将在不同的应用场景中找到自己最经济、最有效的位置。重力储能对于大规模、长时储能的意义，与我们用锂电池解决站点能源、调频、峰谷套利的思路，是互补而非替代。

一个具体的案例或许能让我们对成本有更感性的认识。在瑞士，一个名为Energy Vault的公司（这不是我们海集能，是一个重力储能领域的创新者）曾在一个示范项目中，用六臂起重机堆叠混凝土块来储能。他们公布的早期成本模型显示，对于一个35兆瓦时的系统，其目标建设成本在当时远低于同等规模的锂电储能。虽然实际大型商业化项目的最终数据有待验证，但这个案例揭示了一个关键点：当规模上去，且利用本地廉价材料（甚至是固体废弃物）时，重力储能的边际成本优势会显现。它不像锂电池，其成本受锂、钴等大宗商品价格波动影响剧烈。

所以，我的见解是，追问“重力储能的建设成本是多少”，就像问“造一栋房子的成本是多少”。它没有一个标准答案。一个建立在稳固岩层上的废弃矿坑项目，与一个在冲积平原上需要全新建设高塔的项目，成本可能相差数倍。但我们可以把握其成本逻辑的核心：高度决定能量密度，规模摊薄单位成本，本地化资源利用是降本关键，而极长的使用寿命（可达30-50年）是其全生命周期成本竞争力的终极王牌。它不适合需要快速响应、高功率、空间受限的场景（那是锂电池的舞台），但它可能是解决未来电网中“季节性”或“多日级”储能挑战的潜在答案之一。

未来，当我们的电网中充满了不稳定的风光能源时，你认为，像重力储能这样“笨重”但“长寿”的技术，会在哪些地方率先找到它的用武之地？是风光资源富集但电网薄弱的地区，还是作为城市电网的深层“压舱石”？

来源: <https://www.hjaiot.com>