

# 机械储能行业ESG白皮书

EVERY TIME YOU TRY IS A LIMITED EDITION

## 摘要

当绿色浪潮席卷全球，机械储能行业跃然成为可持续发展舞台的关键角色。本白皮书将全景式呈现行业格局与走向，从环境维度、社会范畴、治理领域等各方面，详析战略决策、绿色经营、风险管控与合规运营。以期为行业各方点亮前行灯塔，共筑机械储能ESG新生态，引领绿色未来新征程。





# PREFACE

## 前言

储能行业作为新兴且极具战略意义的领域，正日益成为各方瞩目的焦点。而机械储能行业作为储能行业的关键力量，正处于快速变革与发展的进程中，其在推动能源转型、保障电力稳定供应等方面发挥着日益重要的作用，对其ESG表现的深入探究与总结显得尤为迫切且意义深远。

本白皮书旨在全面、系统地剖析机械储能行业的ESG全貌。第一章对机械储能进行了宏观概览，从储能技术的多元类型到机械储能独特的价值链，深入解读行业规模与发展趋势，进而提炼出其ESG的核心议题，为后续的分析奠定坚实基础。抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能以及重力储能等章节，则分别针对不同类型的机械储能技术，详细阐述其基本情况、价值链构成、关键技术突破以及发展现状，使读者能深入了解各细分领域的特色与发展脉络。

通过本白皮书，我们期望能够为机械储能行业的相关人士提供一份深入洞察机械储能行业ESG内涵与实践的参考资料，共同推动机械储能行业更加绿色、可持续、负责任的高质量发展，为全球能源结构优化与环境保护贡献更大的力量。

# ANALYST

## 研究员

林军婷	CFA ESG证书: 103755823
黄萍	高级注册ESG分析师: 24RZQLKC005119A
张斐	CFA ESG证书: 107203151
石盼盼	高级注册ESG分析师: 24RZQLKC000253A
尚荣刚	高级注册ESG分析师: 24RZQLKC601148A
张瑜	CFA ESG证书: 103823370
郝嘉欣	CFA ESG证书: 102191569 国际通用ESG策略师: SH0327FCA0307 中级注册ESG分析师: RZ202300136234 ISSB FSA 证书: 117641
金亮	CFA ESG证书: 116224242 高级注册ESG分析师: 24RZQLKC601567A
项贇	高级注册ESG分析师: 24RZQLKC005146A
黄海英	高级注册ESG分析师: 24RZQLKC000445A



# CONTENTS

## 目录

### 第一章 机械储能概览

- 07 储能技术及机械储能
- 09 机械储能的价值链
- 16 机械储能行业的规模
- 18 机械储能行业的发展趋势
- 20 机械储能的ESG核心议题

### 第二章 抽水蓄能

- 32 抽水储能的基本情况
- 36 抽水蓄能的价值链
- 40 抽水蓄能的发展情况
- 41 南网储能的抽水储能



### 第三章 压缩空气储能

- 47 压缩空气储能的基本情况
- 50 压缩空气储能的价值链
- 54 压缩空气储能的关键技术
- 56 压缩空气储能的发展情况
- 58 中储国能的压缩空气储能

### 第四章 飞轮储能

- 63 飞轮储能的基本情况
- 67 飞轮储能的价值链
- 68 飞轮储能的发展情况

### 第五章 重力储能





# 第一章 机械储能行业概览

机械储能是利用物理方法将能量储存起来，并在需要时释放的技术。主要包括抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能和重力储能等形式。这些储能方式通过电能和机械能的相互转换，实现能量的存储和释放，以满足电力系统在不同时段的需求，起到调峰填谷、提高能源利用效率、增强电力系统稳定性等作用。

### 第一节 储能技术及机械储能

由于全球气候问题的影响，碳中和目标正加速推进，加之我国双碳政策的加持，能源转型势在必行，可再生能源电力正在逐渐代替传统能源发电。然而可再生能源电力如风电、光伏发电等，会受到地理位置、天气环境等影响，导致发电不稳定，无法持续供电，供需不平衡等问题，因此需要储能系统来解决。根据储能的工作原理不同，储能系统分为机械储能、电化学储能、电磁储能、化学储能、热储能等。

#### 一、储能技术

各种储能技术中，抽水蓄能属于传统储能技术，其他储能技术都属于新型储能技术。其中抽水蓄能是目前全世界装机容量最大的储能方式。

在全球，已建成的抽水蓄能装机规模约占所有储能方式的 69%，而新增的抽水蓄能装机规模约占所有新增量 12%。

图 1：储能技术的分类



### 二、机械储能

机械储能是利用物理原理将能量以机械能的形式储存起来，并在需要的时候将其转化为电能或其他形式的能量释放出来的一种储能方式。机械储能主要包括抽水蓄能、压缩空气储能、飞轮储能、重力储能。除了抽水蓄能已得到极其广泛的运用，压缩空气储能已在商用领域占据了一定的比例，而飞轮储能尚处于测试阶段，重力储能的运用则更早期。

不同的机械储能方式，从技术表现来看各有特点，下表列出了主要技术指标。

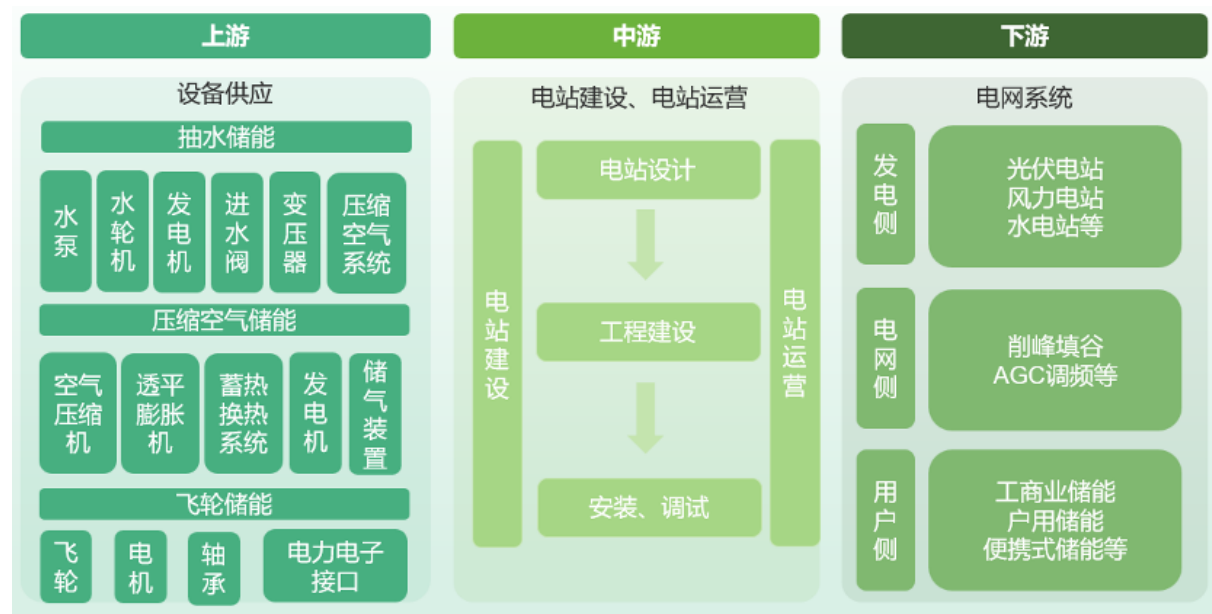
表 1：不同机械储能方式的主要技术对比

类别	抽水蓄能	压缩空气储能	飞轮储能
储能规模	大规模 可达 4-5GW	中等规模 可达 300-400MW	小规模 <22 MW
转换效率	70-85%	65-70%	80-90%
响应时间	秒级 (s-min 级)	分钟级 (min 级)	毫秒级 (ms-min 级)
放电时间	几十小时	20 小时以内	20 分钟以内
使用寿命	40-60 年	30-50 年	15 年以上
技术成熟度	成熟	已商业化	研发测试
应用场景	适用于调峰填谷，紧急备用和黑启动，促进新能源消纳和提升电网调节能力。	适合于电力系统储能，尤其是在需要长时间储能和调峰的场合，可再生能源并网和辅助服务。	适用于电网调频、企业级 UPS 不间断电源、平滑电网波动等需要快速响应的场合。

## 第二节 机械储能的价值链

机械储能行业的价值链，包括上游的设备供应、中游的电站建设和电站运营，以及下游的电网系统。

图 2：机械储能的价值链



### 一、价值链拆解

#### 1. 上游：设备供应

机械储能价值链的上游集中于关键设备的制造：

- 抽水蓄能的上游主要包括水泵、水轮机、发电机、进水阀、压缩空气系统等。
- 压缩空气储能的上游包括压缩机、透平膨胀机、储气罐、换热器等。
- 飞轮储能的上游包括飞轮本体、轴承、电机等。

#### 2. 中游：电站建设、电站运营

##### (1) 项目规划与设计

对于抽水蓄能电站，需要综合考虑地形地貌、水资源条件、电网需求等多方面因素，确定抽水蓄能电站的选址、装机容量、上下水库的规模和布局等。专业的设计团队会进行详细的工程设计，包括水库

的结构设计、水道系统设计、厂房布局设计等，制定出科学合理的建设方案。

对于压缩空气储能电站，选址同样至关重要，需要考虑地质条件、地下空间可用性（如废弃矿井、岩洞等）、与电网的连接条件等因素。

对于飞轮储能电站，与前两者不同，技术方案的设计则是起步的重点，包括飞轮的类型（如高速飞轮、低速飞轮）、容量、转速、储能时间等参数的确定，以及电力电子转换系统、控制系统等的设计。

##### (2) 电站施工

抽水蓄能电站的施工包括上下水库的建设、大坝的修筑、水道的挖掘和衬砌、厂房的建设等。这是一个复杂且耗时的过程，建设周期一般需要 6-8 年。

压缩空气储能电站的关键是储气设施的建设。如果利用废弃矿井等天然地下空间，需要对其进行改造和加固，确保其密封性和安全性。如果建设人造储气罐，则需要进行罐体的设计、制造和安装。压缩空气储能电站建设周期相对较短，一般为 12-18 个月。

##### (3) 设备组装与集成

这一环节将零部件组装起来，并将核心储能设备与其他相关设备（如电气设备、控制设备、监测设备等）进行集成，构建完整的机械储能系统。

系统集成是将机械储能技术有效应用于实际场景的关键步骤。它将储能系统与电力系统、发电设备和用电设备进行无缝对接，确保储能系统的稳定运行和高效能量管理。系统集成不仅涉及硬件的组装和配置，还包括软件的优化与协调，确保不同组件能够无缝协作，从而达到预期的性能和可靠性。在机械储能系统中，系统集成的质量直接影响到整个储能装置的效率、稳定性和经济性。

◆ **硬件集成：**将储能设备、控制系统、传感器、电力变换设备（如逆变器）、散热系统等硬件组件组装成一个完整的储能系统。硬件集成要求各组件之间具有高度的兼容性，并且能够在运行过程中保持稳定和高效。

- 抽水蓄能系统：水轮机、发电机、调速系统等零部件；
- 压缩空气储能系统：压缩机、储气罐、燃烧器、燃气轮机等零部件；
- 飞轮储能系统：飞轮、电机、控制系统等零部件。