

重力储能 长时调节新支点

固体重物重力储能产业发展观察报告



序言

能源转型正以前所未有的速度重塑全球经济发展格局。当前，以新能源为主体的新型电力系统建设正在加快推进，风电、光伏等可再生能源装机规模持续增长，能源生产和消费方式不断发生深刻变化。与此同时，新能源发电的波动性和间歇性也使电力系统对于灵活调节能力提出了更高要求，储能作为支撑能源转型的重要基础设施，正在从新能源发展的“配套环节”逐步成为推动能源体系变革的“关键支柱”。

近年来，全球储能产业进入快速发展阶段。从锂离子电池、抽水蓄能到压缩空气储能、液流电池等多元技术路线，各类储能技术不断突破创新，应用场景持续拓展，产业生态日趋完善。随着新能源占比不断提升，市场对于储能技术的关注也逐渐从短时调节向长时储能延伸。能够实现更长时间尺度、更大容量、更高安全性的储能技术，正在成为全球能源产业创新布局的重要方向。重力储能正是在这一背景下受到越来越多关注的新兴技术路径。作为长时储能的重要组成部分，重力储能依托成熟的机械系统和重力势能转换原理，在系统安全性、循环寿命、环境友好性以及规模化应用等方面展现出独特优势。近年来，随着关键技术不断突破、工程示范项目逐步落地以及产业资本持续投入，重力储能正由技术探索阶段迈向产业化发展的关键时期。与此同时，其商业模式、产业链协同、工程建设能力以及市场机制仍处于不断完善过程中，也为产业各方带来了新的机遇与挑战。

从毕马威长期服务全球能源行业的实践来看，每一次能源技术的重大突破，都离不开技术创新、产业协同、资本投入和政策环境的共同推动。储能产业的发展亦是如此。未来，决定一种技术能否真正实现规模化发展的，不仅是技术本身的先进性，更取决于其是否能够形成可持续的商业模式、完善的产业生态以及具有竞争力的全生命周期经济性。因此，在关注技术创新的同时，更需要从产业链协同、商业模式创新、市场机制建设、投融资体系以及国际发展趋势等多个维度，全面审视重力储能的发展路径。

中国作为全球新能源产业发展的重要参与者，在装备制造、工程建设、产业配套及应用市场等方面具备良好的产业基础，也有望在重力储能技术创新和产业化发展过程中发挥更加重要的作用。如何把握产业发展窗口期，推动技术优势向产业优势和市场优势转化，将成为未来行业发展的重要课题。面对能源革命带来的时代机遇，重力储能的发展仍任重道远。相信在技术持续突破、产业不断成熟、政策环境逐步完善以及市场需求不断释放的共同驱动下，重力储能将在未来能源体系中发挥更加重要的作用，并成为推动全球能源绿色低碳转型的重要力量。



蔡忠铨

毕马威中国董事

毕马威亚太区及中国能源及天然资源行业主管合伙人

序言

当前，全球能源体系正处于由传统化石能源主导向绿色低碳、多元协同方向转型的重要阶段。随着全球范围内“双碳”目标持续推进以及新能源技术快速发展，以风电、光伏为代表的可再生能源正在成为未来能源供应体系的重要组成部分。然而，与传统能源相比，新能源发电具有明显的随机性、波动性和间歇性特征，大规模新能源并网对电力系统的灵活调节能力、运行稳定性以及能源供需平衡能力提出了新的挑战。如何通过先进储能技术提升新能源利用效率、保障电力系统安全稳定运行，已经成为构建新型电力系统过程中亟需解决的重要课题。

储能技术作为连接能源生产与消费的重要支撑环节，是推动能源转型和构建新型电力系统的关键技术之一。从技术发展趋势来看，长时储能是支撑高比例新能源接入的重要技术方向之一。相较于主要用于小时级以内调节的短时储能技术，长时储能能够实现更长周期的能量储存与释放，在平衡新能源出力波动、提高系统韧性以及支撑能源跨时空调配方面具有独特价值。目前，包括抽水蓄能、压缩空气储能、液流电池储能以及重力储能在内的多种技术路线均在不断探索和发展，共同推动形成多元化的新型储能技术体系。

重力储能作为一种具有代表性的长时储能技术路线，其基本原理是利用储能介质在重力场中的位置变化实现电能与势能之间的转换。在储能过程中，通过电能驱动提升储能介质，将电能转化为重力势能；在释能过程中，通过储能介质下降释放势能，实现电能回馈。该技术路线具有理论寿命长、循环次数高、安全性较好、环境影响相对较低等特点，在大规模、长周期储能应用场景中具备一定的发展潜力。

作为能源技术体系的重要组成部分，重力储能的发展并非替代其他储能技术，而是在不同应用场景下与抽水蓄能、电化学储能、压缩空气储能等技术形成互补协同，共同满足未来能源系统对于安全性、经济性和灵活性的综合需求。随着新能源产业持续发展、电力市场机制不断完善以及储能应用场景不断拓展，重力储能有望在未来新型电力系统建设过程中发挥更加重要的作用。重力储能作为长时储能领域的重要探索方向，承载着推动能源技术创新、促进新能源高质量发展的重要使命。相信随着技术不断成熟、产业链持续完善以及应用实践不断深入，重力储能将在未来能源体系建设中释放更大的应用价值，为构建清洁低碳、安全高效、韧性可靠的新型能源体系提供重要支撑。



肖曦

清华大学教授，博士生导师

主要研究方向为电机系统与电力储能技术

研究背景与报告定位

在新能源高比例并网和跨时段平衡需求上升的双重驱动下，长时储能正在从技术研讨阶段加速进入工程化部署周期。作为物理储能的重要细分技术路线，固体重力储能已形成成熟的塔式工程方案，矿山/竖井式方案进入工程验证阶段，轨道式、山体高差利用方案亦在国内同步推进示范落地与商业化验证。

本报告将重力储能置于具体产业应用场景中开展系统性研究。重力储能的行业价值不仅体现为电能和重力势能的双向转换效率，更在于对垂直落差空间、矿山竖井资源的复用价值。工程构筑物与大宗固体废弃物可纳入项目系统设计，使大量长期闲置且治理成本高企的存量资源，具备转化为长时储能基础设施的可行性。

上述价值逻辑在中国市场具备扎实的现实基础：其一，资源型省份留存大量废弃矿山和废弃竖井，存量空间与重力储能所需的高差条件天然适配。其二，算力基础设施对连续供电可靠性与绿色用能比例提出的要求持续升级，长时储能正在成为高可靠用能场景的重要配置。其三，固体废弃物资源化则进一步扩展了重物的材料来源，使重力储能能够与区域治理的需求形成更紧密的项目联系。

核心判断与研究结论摘要

判断一，长时储能已经成为新型电力系统的重要调节资源，重力储能是其中值得重点观察的物理储能路线。国际层面，美国能源部将长时储能界定为额定功率持续运行10小时以上，使用寿命在15至20年的储能系统。国际长时储能委员会提出了8至24小时的长时储能以及24小时以上储能技术两类口径。中国2025年底新型储能累计装机达到144.7GW，4小时及以上项目占比提升至27.6%，平均时长持续上移。根据中关村储能产业技术联盟的定义，长时储能明确已包括重力储能技术。

判断二，重力储能的核心价值正在从储电功能延伸到存量资产再利用。行业内常见方案包括塔式和竖井式，也包括轨道式与山体高差利用路径。其性能首先取决于落差和重物质量，传动效率也需要结合控制策略与场地条件观察。相较于部分电化学储能路线，重力储能更接近基础设施型资产，适合在具备高差资源的区域形成项目机会，前提是长期调节需求能够与工程复用条件结合。

判断三，废弃矿山和矿井竖井为重力储能提供了具有辨识度的应用入口。矿区遗留空间既是治理对象，也可能成为长时储能系统的建设基础。通过利用矿坑高差及竖井空间，并衔接周边电力设施，重力储能有机会把矿业存量空间转化为可调度的能源基础设施。相关需求量将在后续章节按项目数量及可利用比例进行测算，并结合单项配置形成结果。

数据来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA），公开信息，毕马威分析

判断四，AIDC算力中心将放大长时储能在高可靠用能场景中的价值。数据中心负荷需要连续运行，功率密度较高，对停电的容忍度较低。IEA在2026年发布的研究中指出，2025年全球数据中心用电需求增长17%，AI相关数据中心增长更快。在此背景下，重力储能可作为园区级长时调节设施参与绿电消纳与峰谷管理，也可增强备用供能能力。

判断五，固体废弃物资源化可能成为重力储能区别于其他长时储能路线的重要变量。国务院印发的《固体废物综合治理行动计划》提出，到2030年，大宗固体废弃物年综合利用量达到45亿吨，主要再生资源年循环利用量达到5.1亿吨。重力储能可将建筑固废及尾矿废料纳入重物材料来源讨论，退役装备材料也可在具备条件时参与评估，使固废治理与长时储能建设形成更紧密的项目联系。

判断六，中国已成为重力储能最活跃的市场之一。国家能源局2024年第1号公告将56个项目列为新型储能试点示范项目，其中包括两个重力储能项目。公开信息显示，中国天楹如东100MWh项目已经完成首套充放电单元测试并实现核心技术100%国产化，北京石岱重储嘉兴项目已经实现国内首套重力储能成套装备的并网。上述项目说明，中国重力储能正在从工程示范走向商业验证。

判断七：重力储能的产业参与窗口正逐步清晰，相关政策议题持续增多，地方项目征集与企业研究课题不断涌现。目前重力储能已纳入新型储能项目范畴，同时进入矿山资源再利用与绿色基础设施的相关议题讨论。随着装备并网验证经验逐步积累，场景储备与产业协同也在稳步推进。具备工程能力、场地资源，同时拥有技术积累与长期资本支持的市场主体，可结合自身资源禀赋与业务布局，进一步评估参与重力储能产业化的切入路径。

数据来源：国家生态环境部，国家能源局，中关村储能产业技术联盟（CNESA），IEA，公开信息，毕马威分析。

卷首语

开启长时储能规模化发展新阶段

01 长时储能进入产业视野

全球电力系统正在进入以风电、光伏、储能和数字调度协同运行的新阶段。随着可再生能源占比上升，电力系统灵活性需求持续增加，长时储能和跨区域交易将成为高比例可再生电力系统的重要支撑。中国也在加快新型电力系统建设，围绕新能源消纳、顶峰保供和系统安全稳定运行，对储能的时长、调度和容量支撑提出了更高要求。

中国储能装机结构的一个清晰变化，是平均时长持续上移。CNESA统计显示，新型储能累计装机的平均时长在2021-2025年呈缓慢上升趋势，由2.11小时逐步增至2.58小时，预计至2030年将达到3.47小时。2025年底，4小时及以上项目占比提升至27.6%。这意味着市场需求正在从频率调节和日内削峰，逐步延伸到跨晚峰供电、跨日能量搬移、容量支撑和高可靠备电场景，为长时储能技术打开产业化窗口，储能正从辅助调节资源向电力系统基础环节加速跃升。

02 新型长时储能技术谱系

从系统功能看，新型长时储能覆盖电网灵活性、容量充裕性、远端新能源消纳和用户侧高可靠用能等多类需求，是高比例新型电力系统走向灵活调取和稳定供应的关键支撑。随着风电、光伏装机持续提升，电力系统对跨时段调节、晚高峰支撑、备用容量和极端天气下连续供能的需求同步增加，储能技术也从短时调频和日内削峰，逐步向4小时、6小时、8小时及更长时长场景延伸。

从技术谱系看，新型长时储能由压缩空气储能、液流电池、热储能、氢储能和重力储能等多种技术共同构成。不同技术路线在储能时长、响应速度、站址条件、系统效率、工程建设周期和成本结构上存在差异，共同服务于新型电力系统对长时间调节资源的需求。美国能源局以10小时及以上界定长时储能，国际长时储能委员会采用8小时及以上口径，国内行业研究普遍将4小时及以上作为长时储能核心观察维度。本文聚焦固体重物重力储能，即通过提升和释放重物完成电能与势能转换的机械储能系统，并将6小时及以上范围作为重力储能的核心服务市场。

数据来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA），公开信息，毕马威分析。

作为机械式长时储能的代表路线，重力储能介质性能稳定，系统属性更贴近基础设施类资产，适配山体高差、矿井竖井、工业园区与新能源基地等多元场景。随着长时储能需求扩容，其研究价值逐步从技术原理讨论转向项目落地、工程组织和场景适配。后续章节将围绕技术原理、系统形态、应用场景和产业化进展展开系统分析。

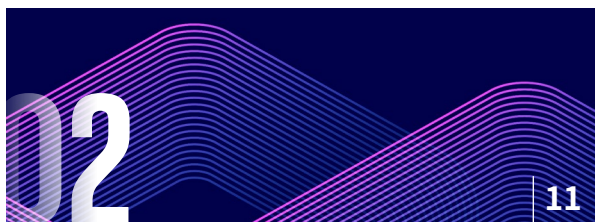
路线	常见时长区间	技术成熟度	场地特征	典型价值
压缩空气	4至12小时及以上	较高	适配盐穴、地下空间或地面储气系统	电网侧长时调节
液流电池	4至12小时	较高	站址灵活，系统占地中等	安全型长时配置
热储能	4至24小时及以上	分场景成熟	适配工业园区、热电耦合场景	电热协同、工业负荷
氢储能	8小时至季节级	体系建设加速	依托电解、储氢和下游消纳体系	超长周期和跨行业耦合
重力储能	6至24小时	工程示范加速	适配塔式、矿井、山体或轨道场景	长寿命调节、资源再利用

数据来源：公开信息，毕马威分析。

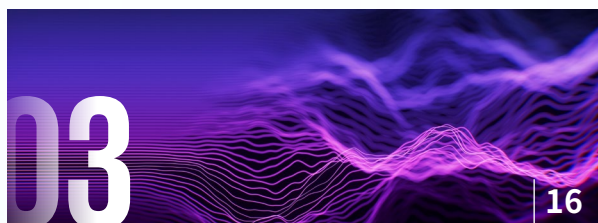
目录



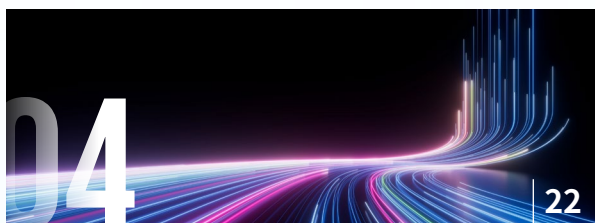
重力储能进入规模化应用窗口



有落差的地方，就有重力储能



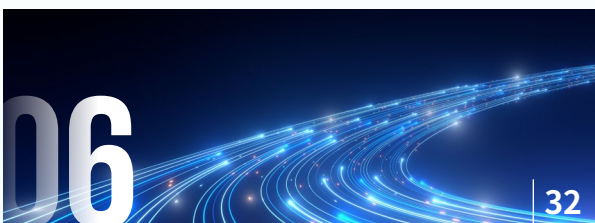
重力储能的三重特色场景



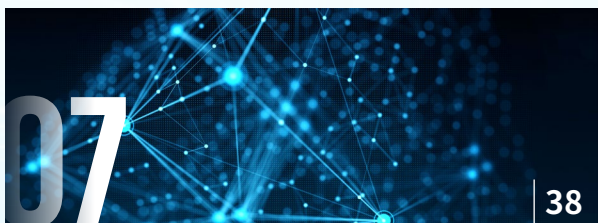
中国与全球长时储能市场潜力
及重力储能空间测算



行业代表性案例分享



产业化推进与生态共建路径



结语：让落差成为新型电力系统的一部分

01

重力储能进入规模化应用窗口

1.1 新型电力系统亟需更长时间尺度的调节能力

全球能源转型深化背景下，电力系统对灵活性资源的需求已从短时补充转向长时支撑。我国新型电力系统建设进程中，新能源消纳、顶峰保供与系统安全三大目标，共同推动储能向更长时长、更强容量支撑升级。

储能时长持续上移是最直观的行业信号。CNESA 数据显示，2021-2025 年国内新型储能累计装机平均时长从 2.11 小时增至 2.58 小时，预计 2030 年将达 3.47 小时；2025 年底 4 小时及以上项目占比提升至 27.6%。需求端变化清晰可辨：应用场景从频率调节、日内削峰，逐步拓展至跨晚峰供电、跨日能量转移、容量支撑与极端天气高可靠备电。

长时储能的功能价值覆盖电网灵活性、容量充裕性、远端新能源消纳与用户侧高可靠用能四大维度。随着风光装机规模持续扩大，跨时段调节、晚高峰支撑、备用容量与极端天气连续供电的需求同步增长，储能技术也从 4 小时级逐步向 6 小时、8 小时级场景渗透。

重力储能的技术适配性体现在两个层面：一是通过重物升降完成电能与势能转换，储能介质性能稳定，循环过程以机械运行为主；二是可深度结合山体高差、矿井竖井、工业园区与新能源基地等场地条件，在资源适配型场景中承担长时调节功能。

数据来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA）。

1.2 重力储能的价值从储电功能延伸到存量资产复用兼得

重力储能的基本运行机理为：电力富余阶段，电机驱动重物提升至高位，电能转化为重力势能存储；电力紧缺阶段，重物受控下降带动发电机运转，势能回转为电能并入电网。系统核心由重物单元、提升与制动设备、电动发电机组、传动系统、控制系统与并网系统构成：塔式系统以高层框架与重力块为核心，竖井系统依托矿井或人工竖井布局，轨道式系统通过坡道与载重车实现能量升降，山体高差型系统则利用自然坡度与牵引系统放大垂直落差。

其产业价值远不止于储能设备本身：原本难以产生持续现金流的废弃矿山空间，可重新纳入能源基础设施体系；AIDC 算力中心对连续供电与绿电消纳的高要求，使长时储能成为提升供能韧性的关键选项；固体废弃物经处理后作为重物介质，可实现储能建设与资源化利用的项目协同。

因此，重力储能本质是场景驱动型长时储能技术路线：项目价值由储能时长与场地条件共同决定，技术经济性需结合系统效率、单位投资成本、固废资源化收益等要素综合评估，并网规则与长期收益机制则直接决定项目的可持续运营能力。后续章节将基于国内实际场景，测算废弃矿山与矿井竖井的理论承载潜力，并延伸分析 AIDC 算力中心的场景需求。

1.3 场景牵引下的规模化应用窗口

中国新型储能市场已从装机规模扩张进入规模增长与时长提升并行的新阶段。根据中关村储能产业技术联盟的统计，截至2025年底，中国新型储能累计装机规模达144.7GW，与“十三五”末相比增长超过40倍。CNESA预测，2026至2030年在保守场景和理想场景下，装机复合年均增长率分别为20.7%和25.5%，对应五年累计总新增功率规模约230GW-310GW。

本报告将 6 小时及以上长时储能作为重力储能的核心服务市场：新能源基地与独立储能需要跨时段调节能力，电网侧调节对连续供能与容量支撑的要求持续提升；矿山与矿井资源提供了空间基础，园区与数据中心带来负荷侧需求，固废循环利用则进一步优化材料来源与项目综合价值。基于行业发展趋势，假设 2030 年 6 小时及以上储能在新增新型储能市场中占比达 50%-65%，测算得 2026-2030 年国内 6 小时及以上长时储能累计新增能量规模约 280GWh-530GWh。

上述测算提供了长时储能的总体市场基础。报告将在第四章进一步开展测算，将6小时及以上长时储能市场作为总量基础，再结合重力储能在不同情景下的渗透率假设，预测中国重力储能行业的总体市场空间。

从项目进展看，中国重力储能已进入多路径工程验证阶段。石岱重储嘉兴单通道循环项目提供了国内并网运行样本。中国天楹如东100MWh项目和张掖68MWh项目提供了塔式工程参考。部分研究项目围绕矿井和山体推进，也有项目与新能源基地结合，显示全行业正在从原理讨论转向场景适配和工程交付，加速迈入商业化验证。

第一章小结



新型电力系统对长时间尺度调节能力的需求，是重力储能步入规模化窗口的核心驱动力。随着风电和光伏装机占比提升，储能需求正在从短时调频和日内削峰，延伸到跨晚峰供电、跨日能量转移、容量支撑和高可靠备电，平均储能时长持续上移，标志着长时储能已经从技术讨论逐步走向产业配置。

在长时储能体系中，重力储能的价值不止于电能与势能之间的转换，更在于对落差空间和存量资产的盘活复用。废弃矿山和矿井竖井提供天然高差，园区和数据中心带来明确的连续用能需求，新能源基地需要更强的跨时段调节能力。随着6小时及以上长时储能市场扩容，重力储能有望在资源适配场景中实现规模化项目落地，其整体市场空间将在第四章展开详细测算。

资料来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA），公开信息，毕马威分析。

02

有落差的地方， 就有重力储能

2.1 重力储能的基本原理

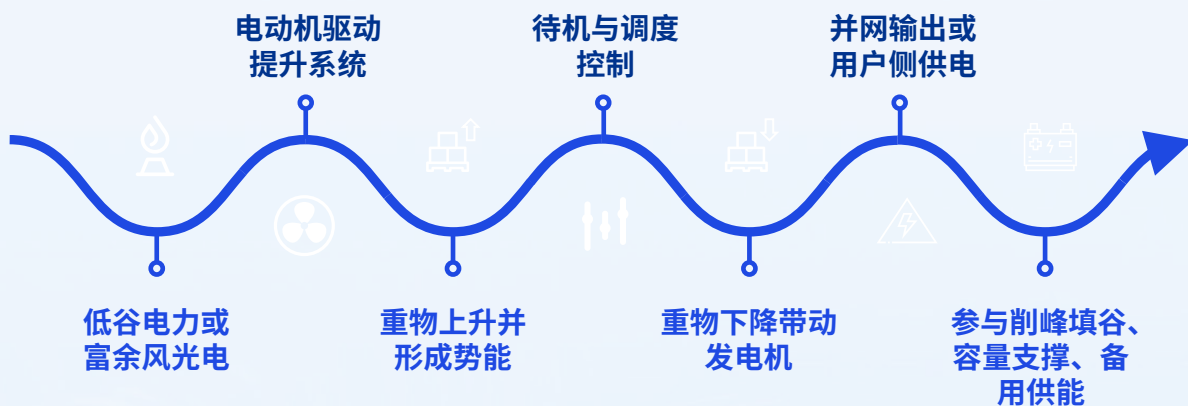
重力储能是典型的机械式物理储能技术。电力富余阶段，电机驱动重物提升至高位，电能转化为重力势能；电力紧缺阶段，重物受控下降带动发电机运行，势能转换为电能回送电网。

它可以被理解为一块被放大的充电宝。普通充电宝服务手机，重力储能服务园区、矿山、算力中心和电网。普通充电宝把能量存在电芯里，重力储能把能量存在高度差里。只要存在可利用落差，并且有持续用电或调节需求，重力储能就有形成项目的可能。

重力储能的运行过程包括充电、储能和放电。充电时，系统利用低谷电力或富余新能源提升重物。储能时，重物稳定停留在高位，能量以重力势能形式保存。放电时，重物下降带动发电设备输出电力，用于削峰填谷、备用供电或电网调节。

从系统构成看，重力储能通常包括重物单元、提升与制动设备、电动发电机组、传动系统、控制系统和并网系统。系统效率取决于落差和重物质量，也受到机械摩擦、传动效率和控制策略影响。由于储能介质相对稳定，重力储能更接近长寿命基础设施，适合在调节需求明确的场景中长期运行。

图示



资料来源：基于公开技术原理整理，适用于塔式、竖井式、轨道式和山体高差利用等多类方案。

2.2 落差场景决定技术方案

重力储能的工程方案选型，核心由落差来源决定：平地项目需通过塔架或人工结构创造高差，矿井与竖井项目可复用存量垂直空间，山体坡地项目依托自然地形形成势能条件。场地差异直接影响设备布局、土建投入与运行模式。

在平地场景中，塔式或框架式方案通过人工结构形成高度差。此类方案适合产业园区、平整建设用地和新能源基地周边。它的优势在于模块化程度较高，项目复制路径相对清晰。经济性需要依赖设备标准化、运行效率和长期维护能力。

在矿井和竖井场景中，落差来自存量空间。废弃矿井、深井和人工竖井已经具备天然高度条件，重力储能可以沿井筒布置提升系统和重物单元。这个场景让过去的采矿空间获得新的能源功能，原本沉在地下的矿井有机会变成一块藏在地下的巨型充电宝。

在山体和坡地场景中，轨道式方案和山体高差方案可以利用坡道、山地走廊或矿坑边坡完成能量提升和释放。此类方案更适合地形起伏明显的区域，也适合与新能源基地和矿山修复结合。项目可行性需结合地形条件、土建工程量和并网接入条件判断。

在城市建筑和园区场景中，落差来自建筑高度、地下空间或周边工程条件。此类场景更适合分布式探索。未来城市升级过程中，高层建筑、地下空间和园区能源系统可能为重力储能提供新的应用入口。



2.3 不同场景对应的重储路线

场景	落差来源	适配路线	典型价值
平地	塔架或框架形成高度差	塔式重力储能	适合标准化建设，可用于园区或新能源基地周边
矿井	废弃矿井或人工竖井	竖井式重力储能	复用存量空间，服务矿区资源再利用
山体	自然坡度和矿坑高差	轨道式或山体高差方案	适合资源型地区，可与矿山修复结合
城市建筑	建筑高度和地下空间	分布式重力储能探索方案	服务未来城市能源系统升级
AIDC园区	园区结构或周边高差资源	园区型重力储能方案	服务连续负荷，增强备用供电能力
新能源基地	周边地形或工程构筑物	集中式重力储能方案	平滑风光出力，参与长时调节

石岱重储的单通道循环方案，是国内企业在垂直通道重力储能的先行工程探索。公开信息显示，其嘉兴项目已实现国内首套重力储能成套装备并网，标志着中国企业已在通道结构设计、连续运行控制和并网技术上积累了项目经验。后续行业能够进一步观察系统效率和设备可用率，控制策略稳定性与功率响应表现等指标。



资料来源：公开信息，毕马威分析。

2.4 技术特点：长寿命、强安全和高适配

重力储能的第一项特点是寿命周期较长。它主要依靠重物位置变化存储能量，储能介质本身不依赖复杂化学反应，因此介质衰减速率低。公开资料中，重力储能项目设计寿命常见于25年至50年区间。对于长期运营的基础设施项目而言，这有助于摊薄全生命周期成本，适配长期运营的基础设施资产属性。

第二项特点是安全属性较强。重力储能不以易燃电解液作为核心储能介质，主要风险集中在机械结构、制动系统、控制系统和工程施工环节。它依然需要严格的安全设计，但风险类型更接近大型机电工程，安全管控路径成熟清晰。

第三项特点是响应速度较快。重力储能通过机电系统完成充放电切换，在控制系统成熟的前提下，可以参与削峰填谷、备用供能和电网辅助服务。它的价值不仅来自能量规模，也来自可调度能力。

第四项特点是场景适配能力较强。重力储能可以与矿井竖井结合，也可以利用山体高差，还可以通过工程结构创造落差。它更像一类嵌入空间条件的能源基础设施，项目形态会随着场地条件变化。

第二章小结



重力储能的技术本质，是依托垂直落差实现能量存储与释放的巨型充电宝。平地、矿井、山体、城市建筑、AIDC园区和新能源基地，均可成为重力储能的应用空间。不同场景提供不同落差来源，对应不同工程方案。

对国内市场而言，重力储能的产业机会来自落差资源与长时储能需求的精准匹配。废弃矿山和矿井竖井提供最直观的落差资源，AIDC园区和新能源基地带来明确的用能需求，固废循环利用可以进一步丰富重物材料体系。第三章将围绕这些特色场景展开，阐述重力储能如何在资产盘活、算力供能和资源循环中创造具象化价值。

03

重力储能的 三重特色场景

3.1 三重条件共振的产业机遇

重力储能的产业机会，源于三大现实条件的协同效应。国内存量庞大的矿山空间亟待治理与再利用，AI算力中心催生高强度连续用电需求，固体废弃物资源化成为地方治理的重要任务。重力储能将三者串联，使一套储能系统同时具备能源调节、资产盘活和资源循环三重价值。

其中，废弃矿山和矿井竖井提供落差空间，是项目能够落地的基础。AIDC算力中心提供连续负荷，是长时储能需求增长的核心动力。固废循环利用拓展重物材料来源，强化项目与区域治理的绑定深度。

3.2 废弃矿山和矿井竖井：把沉睡空间变成巨型充电宝

废弃矿山是资源型地区普遍面临的发展课题。矿山停产后，矿坑、竖井和工业场地仍长期留存，地方政府需持续投入生态修复和安全治理，资源型地区亟需培育新的产业支撑，而能源系统对长时调节储能的需求持续增长。重力储能提供了协同解决方案，使矿山治理、产业转型和能源基础设施建设形成统一载体。

矿井竖井具备天然高度差，与重力储能的运行原理高度契合。过去，竖井承担矿石运输功能；未来，竖井可用于提升和释放重物，实现电能与势能之间的转换。停产矿井的原有地下空间、提升系统与工业场地具备复用价值，可降低部分土建投入，提高项目开发效率。

从资源规模来看，国内矿山和竖井改造基础充足。中国工程院重点咨询项目数据显示，2020年我国关闭矿井数量约12,000处，预计2030年将达到15,000处，形成大规模地下空间资源，为地下储能项目开发提供潜在条件。另一方面，根据废弃矿山生态修复领域研究，我国废弃矿山数量已超过10万座，大量矿坑、边坡和工业场地具备较大的高差条件和土地资源。自然资源部数据显示，“十三五”以来全国累计完成历史遗留废弃矿山治理面积约480万亩；“十四五”期间实施的重点生态修复工程已推动超过1.8万座废弃矿山开展治理修复，表明废弃矿山存量规模和资源转化需求均处于高位。

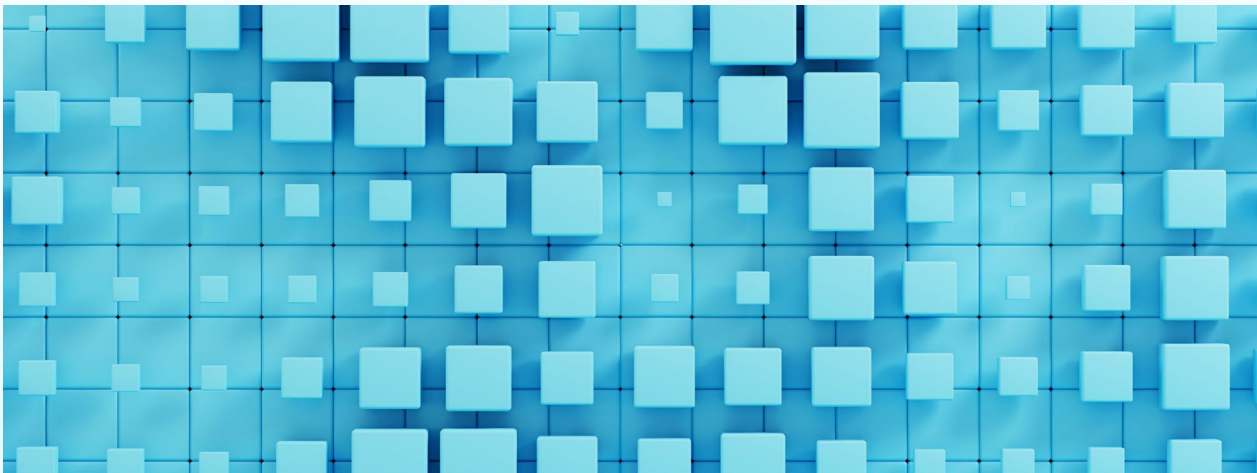
受结构安全、有效高差及电网接入条件的限制，测算需要从资源总量中筛选具备改造条件的项目。按照废弃矿井和废弃矿山的资源底数，结合可利用比例与单项目功率配置，并根据8至12小时的储能时长计算能量规模，保守情景下预计可承载约70GWh重力储能，对应投资潜力约1,400亿元；积极情景下预计可承载约600GWh，对应投资潜力约12,000亿元。

资料来源：中国能源报，公开信息，毕马威分析。

上述结果反映矿山资源预计可承载的重力储能项目投资潜力。该指标属于资源侧开发潜力，其实现规模将受到项目建设进度和商业化条件的影响。

对于地方政府而言，重力储能有助于推动矿山治理与绿色基础设施建设协同落地；对于能源企业而言，废弃矿山与矿井竖井提供了具备高差条件的开发资源；对于资源型地区而言，工业遗产有机会转化为服务新型电力系统的重要能源资产。

场景	资源底数	可利用比例	可开发项目数量	单项目规模	储能时长	储能规模	项目单位能量静态总投资	矿山资源预计可承载的重力储能项目投资潜力
废弃矿井及竖井，保守情景	15,000处	0.5%	75个	50MW	8小时	30GWh	2元/Wh	600亿元
废弃矿井及竖井，积极情景	15,000处	2.0%	300个	100MW	12小时	360GWh	2元/Wh	7,200亿元
废弃矿山，保守情景	100,000座	0.1%	100个	50MW	8小时	40GWh	2元/Wh	800亿元
废弃矿山，积极情景	100,000座	0.2%	200个	100MW	12小时	240GWh	2元/Wh	4,800亿元
合计，保守情景			175个			70GWh		1,400亿元
合计，积极情景			500个			600GWh		12,000亿元



资料来源：公开信息，毕马威分析。

3.3 AIDC算力中心：为算力时代配置长时能源底座

人工智能产业快速发展，推动算力基础设施进入新一轮建设周期。大模型训练、推理服务和数据处理需求持续增长，使AIDC算力中心成为电力系统新增负荷的重要来源。与传统工业负荷相比，AIDC负荷具有连续运行时间长、供电稳定性要求高、绿电消纳需求强等特点。随着算力规模不断扩大，电力保障能力正在成为影响算力中心建设和运营的关键因素。

AIDC的能源需求呈现双重特征。一是需要稳定、连续的电力供应，保障服务器和网络设备长期稳定运行；二是绿色电力使用比例持续提升，以满足节能减排和绿色发展要求。由于风光发电存在波动性，储能系统成为连接新能源与算力负荷的核心基础设施。重力储能的长时储能能力，可在新能源出力波动、电网调节压力上升、园区备用供电等场景中发挥重力作用。

从市场规模来看，AIDC带动的储能需求高速增长。根据IDC、中国信息通信研究院等机构发布的数据，中国智能算力规模近年来保持较快增长态势，数据中心电力需求同步提升。参考中金公司针对AIDC场景的储能需求测算框架，并结合中国算力中心建设趋势测算，2025年至2030年期间，中国AIDC新增功率需求预计达到63GW至88GW。随着新能源配套比例提高以及园区侧储能配置需求增长，AIDC场景将形成持续增长的长时储能需求。

结合AIDC新增负荷规模、光储协同需求与园区储能配置需求测算，2025年至2030年国内AIDC场景预计形成约96.6GWh至600.6GWh的累计配储需求。其中，重力储能累计可服务规模约为4.83GWh至60.06GWh。按照2元/Wh的项目静态总投资计算，AIDC需求预计可支撑约96.6亿元至1,201.2亿元的重力储能项目投资潜力。

随着算力中心规模持续扩大以及“新能源+算力”协同深化，AIDC有望成为重力储能的核心应用场景之一。对于算力运营企业而言，重力储能可提升新能源利用水平和供电稳定性；对于重力储能企业而言，开辟了新的需求增长极；对于行业发展而言，算力增长与能源转型的双轮驱动，将进一步拓展重力储能的应用边界。

资料来源：公开信息，毕马威分析。

指标	保守情景	基准情景	乐观情景
2025-2030累计新增AIDC功率需求	63.5GW	73.8GW	88.3GW
光储配储累计需求	76.2GWh	265.7GWh	529.9GWh
并网灵活性配储累计需求	20.3GWh	44.3GWh	70.7GWh
AIDC配储累计总需求	96.6GWh	310.0GWh	600.6GWh
重力储能可参与比例	5%	7.5%	10%
重力储能累计可服务规模	4.8GWh	23.2GWh	60.1GWh
项目单位能量静态总投资	2元/Wh	2元/Wh	2元/Wh
对应重力储能需求规模	96.6亿元	465.0亿元	1201.2亿元

3.4 固废循环利用：让重物材料进入资源化体系

重力储能项目需要大量重物材料作为储能载体，材料成本是项目建设成本的重要组成部分。除传统混凝土块、金属材料等方案外，建筑固废、尾矿废料、工业固废以及部分退役装备材料经过筛选和处理后，均可作为重物材料，为项目提供多元化低成本材料来源。

近年来，固废资源化利用已成为地方政府和央企国企重点关注方向。国家持续推进大宗固体废弃物综合利用、建筑垃圾资源化利用以及尾矿综合利用。对于资源型地区而言，尾矿堆存、建筑固废处理以及矿山生态治理持续带来资金压力，地方政府和相关企业具备强烈的资源化利用诉求。

重力储能项目与固废资源化利用具备较高协同性。一方面，固废资源化可提供低成本重物材料，优化项目建设成本结构；另一方面，储能项目为尾矿、建筑固废等提供规模化消纳场景，强化项目的生态治理和循环经济价值。对于地方政府而言，该模式有助于推动生态修复、固废治理和绿色能源建设协同实施；对于地方国有企业和矿业企业而言，该模式有助于提升存量资源利用效率并创造新的资产价值。

资料来源：公开信息，毕马威分析。

从项目实施角度看，固废循环利用不直接创造储能需求，但可显著提升重力储能项目的综合收益能力和区域协同价值。在矿山资源、固废来源与储能需求兼具的区域，重力储能项目可同步实现能源价值、环境价值和资源循环利用价值，为获取地方支持、产业协同和绿色发展资源创造有利条件。

第三章小结



重力储能在国内的产业机遇，集中体现为三大特色场景的价值协同。废弃矿山和矿井竖井提供落地空间，AIDC算力中心催生迫切的长时储能需求，固废循环利用实现材料供给与区域治理的联动。

退役矿井可转型为能源基础设施，高速增长的算力负荷可配套长时充电宝，原本待处理固废可纳入储能材料体系。重力储能的价值由此从单一储电功能延伸到资产盘活、可靠供能和资源循环三大维度。



04

中国与全球长时 储能市场潜力及 重力储能空间测算

4.1 中国与全球长时储能市场潜力展望

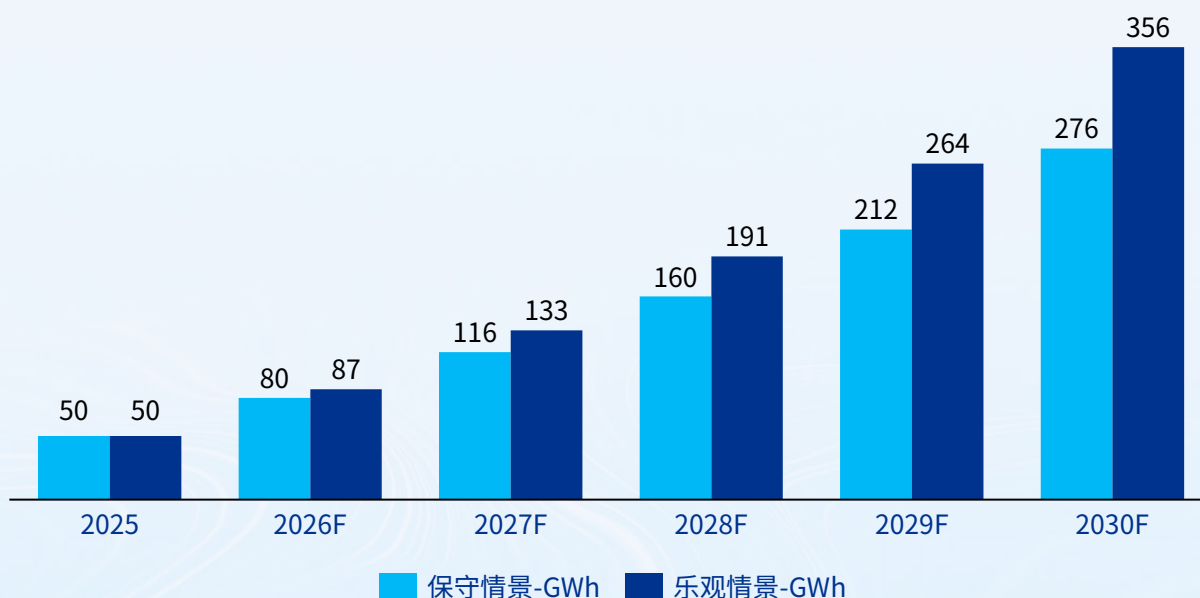
目前，中国新型储能市场正在从“装机规模扩张”走向“规模增长与时长双提升”的新阶段。根据中关村储能产业技术联盟统计，截至2025年底，中国新型储能累计装机规模达到144.7GW，与“十三五”末相比增长超过40倍，平均储能时长约为2.58小时，预计2030年将达到3.47小时。CNESA预测，在保守场景和理想场景下，2026年至2030年中国新型储能装机规模的年均复合增长率分别为20.7%和25.5%。据此测算，2026年至2030年中国新型储能累计新增功率规模约为230GW至310GW。

本报告将6小时及以上长时储能作为重力储能可直接服务的核心市场之一。新能源基地及独立储能项目需要更强的跨时段调节能力，电网侧项目也在提高对连续供能和容量支撑的要求。矿山及矿井资源再利用进一步提供了场地条件，园区和数据中心则带来了高可靠供能需求。

综合储能装机增长与平均时长提升趋势，假设2030年6小时及以上储能在新增新型储能市场中的占比达到50%至65%。预计2026年至2030年，中国6小时及以上长时储能累计新增能量规模约为280GWh至530GWh。

中国长时储能已经具备从示范项目走向规模化配置的市场基础。6小时及以上储能市场的扩张，为机械式长时储能提供了更清晰的应用入口，也为山体高差利用和矿井设施复用创造了项目机会。园区高可靠供能与新能源基地调节需求也将推动长时储能应用进一步增加。

图 | 中国新型储能累计装机量与市场规模预测（包含保守情景、乐观情景）



数据来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA）、毕马威分析。

从全球市场看，长时储能需求同样受到新能源装机扩张和电网可靠性要求提高的推动，储能平均时长也在持续上升。美国及欧洲已经形成较大的新型储能市场，部分新兴市场也在加快长时储能项目部署。

2025年，美国新增投运新型储能项目达到18.4GW/48.3GWh，欧洲达到15.4GW/32.1GWh。2025年底，中国在全球新型储能市场中的占比达到51.9%。考虑澳大利亚和拉丁美洲的新能源基地建设，以及中东和其他亚太地区的电力调节需求，预计2026年至2030年全球新型储能累计新增功率规模约为410GW至590GW，其中6小时及以上长时储能累计新增能量规模约为490GWh至970GWh。

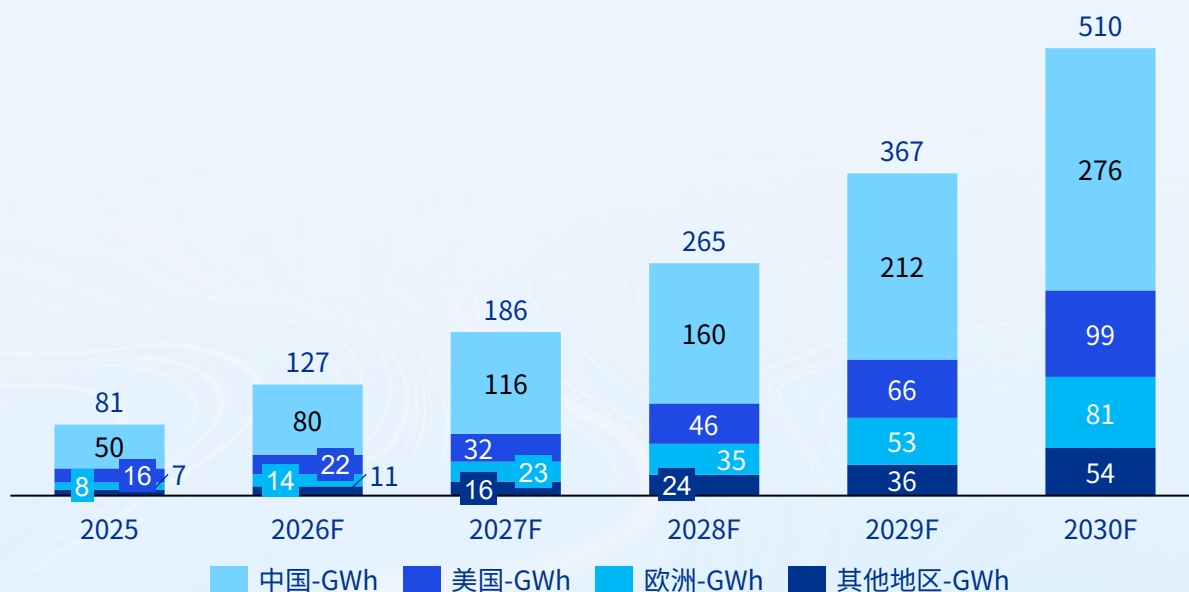
从区域结构看，中国仍是全球长时储能增量的核心市场。新型储能装机扩张和平均时长提升构成主要动力，新能源基地配套需求也将增加长时储能配置。预计2026年至2030年，中国6小时及以上长时储能将形成约280GWh至530GWh的累计新增能量需求，成为全球市场扩张的主要来源。

美国市场的增长动力主要来自电网可靠性提升与AI算力负荷增长。公用事业级储能项目持续扩张，制造业本土化也将带来新增用电需求。美国大型储能项目占比较高，电力市场机制和项目融资体系相对成熟，有利于长时储能参与容量支撑和高可靠供电。随着数据中心负荷继续增长，美国在全球6小时及以上长时储能增量中的占比预计有所提高。

欧洲仍是全球长时储能的重要市场，区域内部正在出现结构调整。德国和英国等成熟市场继续占据重要位置，西班牙与波兰等市场的增长速度有所加快。欧洲长时储能需求主要来自高比例风光并网和电网侧储能建设，容量机制及辅助服务也将提供收益支持。受部分成熟市场阶段性调整影响，欧洲市场的增长速度可能低于美国和部分新兴市场，但新增规模仍将持续扩大。

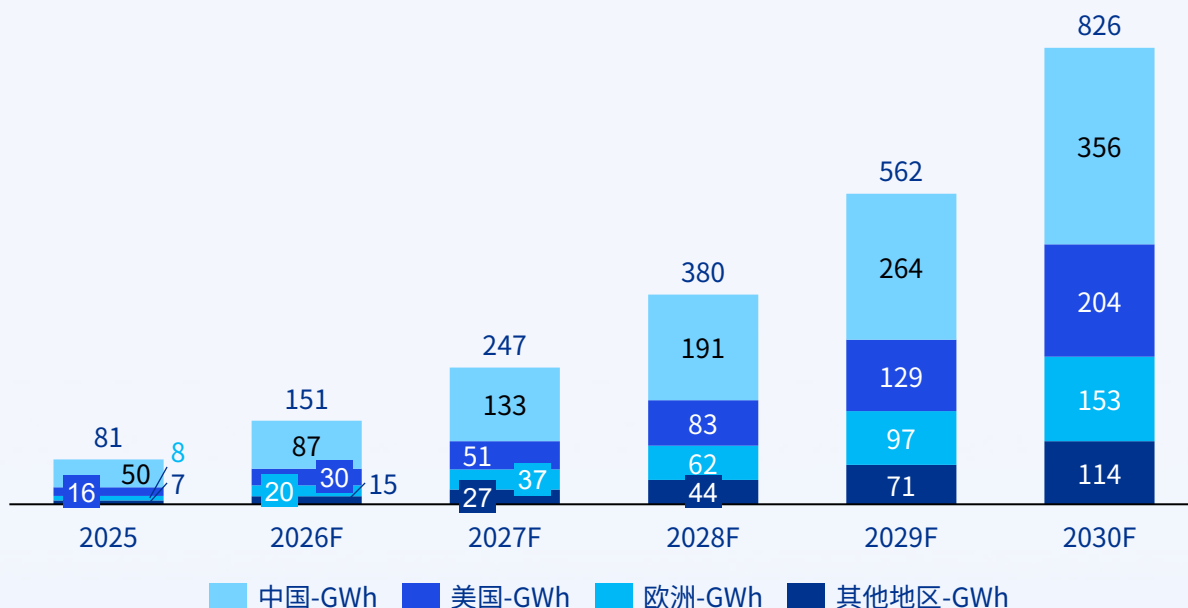
其他地区的长时储能需求主要来自大型新能源基地及矿业项目，弱电网区域和远端负荷也提供了应用条件。中东大型可再生能源计划持续实施，拉丁美洲及澳大利亚面临较强的电力系统调节压力。印度正在通过储能招标和光储项目提升电网调峰能力，非洲也在供电短缺与新能源并网的共同推动下逐步配置储能系统。随着能源基础设施投资增加，6小时及以上长时储能在这些地区的增长潜力将逐步释放。

图 | 全球新型储能累计装机量——保守情景



数据来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA）、毕马威分析。

图 | 全球新型储能累计装机量——乐观情景



数据来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA）、毕马威分析。

4.2 重力储能在6小时及以上长时储能市场中的空间

在6小时及以上长时储能市场中，压缩空气储能、液流电池等技术将共同满足电力系统的长时调节需求。重力储能的参与空间，核心来自资源条件和工程场景的适配：储能介质衰减较低、机械设备寿命长、功率与容量可按需独立配置，更偏向长期运营的能源基础设施。

与依赖储能介质扩容的技术路线相比，重力储能更适配具备高差条件或垂直空间的区域。废弃矿山和竖井提供存量工程基础，山体资源形成自然落差。AIDC园区及新能源基地可结合连续负荷配置长时储能，使重力储能在特定场景中形成差异化市场份额。

从储能时长看，6小时及以上市场为重力储能提供了基础应用入口。储能时长达到12小时及以上时，其资产寿命和循环稳定性的价值将进一步凸显。随着电力系统调节需求从日内峰谷调节延伸至跨日能量转移，重力储能可参与容量支撑和连续供电，同时兼顾存量空间复用价值。

保守情景下，重力储能项目集中于资源条件成熟的废弃矿山、竖井和山体场景，首台套并网验证与早期运行数据为后续项目提供参考。在该情景下，重力储能在中国6小时及以上长时储能新增市场中的渗透率按15%测算，以280GWh的累计新增需求为基础，对应新增规模约42GWh。

积极情景下，矿山与山体资源项目规模化开发，AIDC园区和新能源基地加快配置重力储能，标准化设计带动项目交付能力。重力储能渗透率按30%测算，以530GWh的累计新增需求为基础，对应新增规模约159GWh。

本报告采用项目单位能量静态总投资测算市场空间，单位投资按2元/Wh计算。该口径涵盖重力储能设备及配套机械系统，并计入土建工程、安装调试和并网设施等建设投入，为计入建设期利息及与储能系统无直接关系的矿山治理投入。

综上，2026年至2030年中国重力储能累计新增能量规模预计约为42GWh至159GWh，对应项目投资市场潜力约为840亿元至3,180亿元。该市场规模反映重力储能在中国6小时及以上长时储能累计新增需求中预计形成的项目静态总投资。

指标	保守情景	积极情景
情景判断	项目集中于资源条件较成熟的矿山、竖井及山体场景	矿山项目形成规模开发，AIDC园区和新能源基地加快应用
中国6小时及以上长时储能累计新增能量规模	280GWh	530GWh
重力储能渗透率	15%	30%
重力储能累计新增能量规模	42GWh	159GWh
项目单位能量静态总投资	2元/Wh	2元/Wh
重力储能项目投资市场潜力	840亿元	3,180亿元

注：第三章的矿山测算反映资源条件预计可承载的重力储能项目潜力，AIDC测算反映算力负荷能够支撑的重力储能需求。第四章以全国6小时及以上长时储能新增市场为基础，测算重力储能在2026年至2030年期间预计实现的总体市场空间。

第四章小结

2026年至2030年，中国6小时及以上长时储能累计新增能量规模预计达到280GWh至530GWh，全球同期累计新增能量规模预计达到490GWh至970GWh。中国将继续成为全球长时储能增长的重要市场，美国的增量贡献预计有所提高，欧洲及其他地区也将形成持续需求。

按照15%至30%的渗透率测算，2026年至2030年中国重力储能累计新增能量规模约为42GWh至159GWh。采用2元/Wh的项目单位能量静态总投资计算，对应重力储能项目投资市场潜力约为840亿元至3,180亿元。

该测算反映重力储能在全国6小时及以上长时储能新增需求中预计形成的项目投资规模。废弃矿山和矿井竖井提供可利用的落差资源，AIDC算力中心带来高可靠供能需求。随着工程验证持续深入，重力储能有望在长时储能市场中形成独具场景特色的发展空间。

数据来源：公开信息，毕马威分析。

05

行业代表性 案例分享

5.1 市场参与方与代表性项目

从参与主体看，当前行业已形成“技术平台方、项目开发方、矿山与场地资源方、EPC与设计院、地方政府和用能业主”多方协同的格局。中国与全球市场内较有代表性的主体包括中国天楹、石岱重储、Energy Vault以及Green Gravity。近年来，中国项目推进速度较快，海外企业则提供了矿井、轨道和多形态产品的工程参考。

- 根据石岱重储官网介绍，公司聚焦新型重力储能系统方案与核心装备研发，围绕单通道循环垂直结构推进产品化和工程化应用。其技术路线强调通过连续循环的重物运行方式，实现电能与重力势能之间的转换，并面向平地、山体、矿井等不同场地条件提供系统适配方案。根据时代储能网转载“南湖发布”的信息显示，2025年11月28日，石岱重储自主研发的单通道循环重力储能装备在浙江嘉兴南湖区湘家荡区域顺利并网，是国内第一套并网的重力储能成套装备。围绕这一并网案例，石岱重储的产业化探索已从核心装备验证延伸至山体、矿山、矿井重力储能基础设施和数据中心绿色用能等场景，为单通道循环重力储能路线提供了国内首例并网验证样本。
- 根据中国天楹官网介绍，公司已将重力储能纳入新能源业务布局，并围绕如东、张掖等项目推进工程化应用。如东100MWh重力储能项目位于江苏如东洋口镇，官网披露其建设规模为26MW/100MWh，主塔高度148米，并于2024年1月获批国家能源局新型储能试点示范项目。张掖68MWh重力储能项目位于甘肃张掖经济技术开发区，官网披露其建设规模为17MW/68MWh，主塔高度177米，项目建成后将服务于西北电网和张掖各类新能源项目。
- 根据Energy Vault官网介绍，G-VAULT是其重力储能产品族，面向公用事业、独立发电商和大型工业用户提供长时储能系统方案；公开信息显示，江苏如东25MW/100MWh EVx系统由中国天楹投资建设，并与Energy Vault、Atlas Renewable合作推进。Energy Vault在中国市场的项目推进主要通过技术许可、软件平台和本土项目方合作落地展开，中国天楹及其相关平台则承担项目投资、建设和本地化推进的重要角色。
- 根据Green Gravity官网介绍，公司方案主要利用废弃矿井和既有井筒开展重力储能，通过在矿井中提升和下降重物，实现重力势能与电能之间的转换。其技术页面介绍，该方案使用矿井井筒、钢缆、电机、重物和矿业提升设备等成熟机械部件，强调对既有矿业基础设施的再利用。Green Gravity还在澳大利亚建立实验室，用于测试发电能力、效率和并网动态；同时围绕新南威尔士州多个矿井场址开展重力储能应用研究。

从上述企业案例看，重力储能仍处于多路径并行探索阶段。各个企业体现塔式或平台化方案在工程项目中的推进、废弃矿井的再利用、以及单通道循环垂直系统开展的产品化探索。重力储能的产业化路径正在从单一技术验证，逐步延伸到场地资源、工程交付、控制系统和应用场景的综合匹配。

资料来源：公开信息。

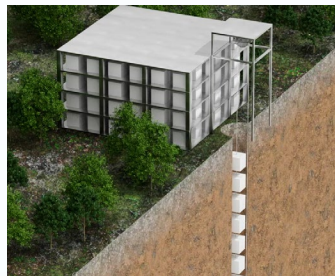
5.2 行业案例分享

石岱重储是一家聚焦重力储能系统方案 and 核心装备研发的技术企业，产品方向围绕单通道循环垂直结构展开。其GS-01重力储能中试线已实现并网，是国内第一套并网的重力储能成套装备，定位为单通道循环重力储能装备的中试验证项目。该案例体现了重力储能从原理验证走向装备化验证、并网运行和多场景适配的一个国内样本。

公司背景与技术路线

单通道循环垂直结构以重物提升、循环调度和发电输出为核心环节，通过机械结构、控制系统、智能调度和并网输出的组合，实现电能与重力势能之间的转换。与塔式多模块方案、矿井式方案和轨道式方案相比，该路线更强调在垂直结构内完成重物连续循环和稳定输出，适用于平地构筑物、废弃矿山高差和矿井再利用等场景。

在工程实现层面，石岱重储围绕结构承载、移动损耗、智能调度和并网输出四类问题开展系统设计。结构承载关系到重物块布置和运行安全；移动损耗关系到调度路径、设备利用率和系统效率；智能调度涉及传感、定位、控制和算法协同；并网输出则要求将离散重物块的运行过程转化为连续、稳定的电力输出。



AI技术探索与数字工程师智能体

重力储能装备研发涉及机械结构设计、大载荷传动、行吊协同调度、应力校核、工艺路线规划、数字孪生与运行控制等多学科环节，当前仍较多依赖资深工程师经验。由于知识分散、经验隐性化、仿真校核流程复杂、跨专业协同成本高，企业在重力储能项目设计、建设、调试和运维过程中，通常面临研发周期较长、迭代成本较高、人才经验复制难度较大等问题。

石岱重储基于开源AI智能体框架，并结合本地算力环境，面向重力储能装备研发工业级AI数字工程师智能体。该系统以重力储能领域知识库、工程规则引擎、大语言模型多轮推理、工具调用与专利算法模块为核心，将机械工程师在结构设计、大载荷传动系统、工艺规划和故障诊断中的经验进行数字化重构，使智能体能够理解工程需求、拆解设计任务、调用专用算法与工程工具，辅助完成机械结构演化设计、应力校核前置评估、工艺路线规划、行吊调度控制和运行故障分析。

在具体技术方向上，石岱重储围绕机械结构设计、系统运行调度和重载执行机构控制开展AI应用探索。围绕机械结构设计，可利用深度学习、拓扑优化和代理模型辅助核心部件的尺寸、形状和材料方案优化。围绕系统运行，智能调度算法可用于优化重物块调度路径，降低横移和循环过程中的附加能耗。围绕重载执行机构控制，机器视觉、多模态传感和类具身智能控制算法可支持重物块定位、识别、对接和精准放入传动结构，提高闭环控制精度和复杂工况下的适应能力。

资料来源：公开信息。

首期应用聚焦重力储能场景落地，依托石岱重储专利形成系统优化设计与多行吊协同调度的技术底座。后续方向包括结合知识图谱、GNN、大模型微调、PINN数字孪生和智能调度算法，构建覆盖装备设计、建设调试、运行控制、故障预测和资产收益优化的重力储能AI应用平台。

目前，石岱重储已进入英伟达相关创新生态NVIDIA Inception项目，并可围绕AI模型开发、重载执行机构控制、智能调度算法和工程仿真等方向获取外部技术资源支持。英伟达合作伙伴网络覆盖AI基础架构、云、数据中心、供电与制冷、先进技术、系统集成等多类合作伙伴，可为企业AI和高性能计算应用提供生态支持。对于石岱重储而言，上述合作可作为其AI辅助研发、仿真优化和智能控制能力建设的外部支撑。

项目进展

GS-01重力储能中试线已完成并网，该项目采用垂直结构布置，围绕重物调度、功率平衡、效率提升、成本控制和并网输出等环节开展装备化验证。与大规模商业化项目相比，中试线更适合作为技术验证和系统优化平台，重点形成运行数据、验证控制策略、观察设备可靠性并测试并网响应表现。

该项目呈现了一条较清晰的验证路径，即通过中试线完成结构、调度、功率输出和并网控制的组合测试，为后续更大容量项目积累运行样本。中试线阶段的观察内容主要包括系统效率、设备可用率、控制策略稳定性、机械可靠性和并网运行功率响应等。



资料来源：石岱重储

应用场景延伸

石岱重储已形成平地建设、废弃矿山利用、矿井再利用和AI算力中心等应用方向。平地场景便于标准化设计和技术参数验证，但对结构设计、设备集成和土建成本控制要求较高；废弃矿山场景可利用自然高差，减少部分结构建设需求并扩大储能容量配置空间；矿井再利用场景依托废弃矿井、竖井和既有工业场地，可与矿山资源再利用、生态修复和区域能源基础设施建设结合。

平地建设

- 最具标准化
- 成本最高
- 技术挑战大
- 全球首台套示范意义
- 技术参数验证

AI算力中心

- 为算力中心提供清洁稳定电力
- 中间层可为算力中心及物流仓储中心提供工作空间



山体利用

- 借助山体或山崖
- 山体隧洞成本降低20%
- 山崖成本降低50%
- 储能容量大幅提升

矿井再利用

- 借助废弃矿井
- 成本进一步降低60%
- 功率和容量更灵活
- 废弃资源再利用

资料来源：石岱重储公司官网

围绕AI算力中心、数据中心、智慧仓储等高可靠用能场景，单通道循环重力储能也可与负荷侧用能需求、储能空间复合利用和绿色电力供应需求进行组合设计。例如，在具备建筑高度或垂直结构条件的项目中，重力储能系统的结构空间可与算力中心、物流仓储中心或园区基础设施进行复合利用。此类场景后续需要结合项目选址、负荷曲线、并网条件、土建成本、运行时长和长期运维数据进一步验证。

案例观察

石岱重储案例呈现了国内重力储能企业在首台套装备验证、单通道循环结构设计、多场景适配和AI辅助研发方面的探索路径。重力储能产业化涉及机械结构、土建条件、控制算法、并网输出、运维体系和场景经济性等多个环节，中试线对应其中的装备化验证和并网运行验证环节，AI数字工程师智能体则对应装备研发、调度控制和数字化运维环节的技术探索。

后续围绕同类项目的行业观察，可以重点关注持续运行数据、设备可用率、运维成本、不同场景下的土建与系统集成口径、控制系统对调度和负荷需求的适配能力、AI工具在装备研发和运行控制中的应用效果，以及项目收益与电网侧调节、源网荷储协同、矿区资源再利用或数据中心绿色供能需求之间的衔接情况。



资料来源：公开信息。

06

产业化推进与 生态共建路径

6.1 推广路径与商业模式发展趋势

重力储能适合采用分阶段推进路径，分三个阶段实现产业化落地：

1 第一阶段应以样机和首台套装备验证为主，重点形成运行曲线、效率区间和并网控制经验。这个阶段的核心任务，是让项目从技术方案走向可观测的工程系统，使投资方、业主方和监管方能够看到真实运行数据。

2 第二阶段应优先推动区域化复制。废弃矿山和矿井竖井具备较强场景辨识度，适合作为早期项目池。AIDC算力中心和新能源基地具备明确用能需求，也适合形成场景样板。项目复制过程中，需要同步观察土建成本、设备可用率、并网响应和长期运维表现。

3 第三阶段应推动标准化产品和服务输出。重力储能项目具有明显工程属性，规模化推广的核心是减少定制化设计。技术企业围绕核心设备与控制系统打造模块化方案，工程方围绕设计、施工和运维形成标准服务，项目公司则通过长期运营获得稳定收益。

在商业模式层面，可以形成多元化落地路径。设备与系统销售适合技术平台方和核心装备方。EPC加长期运维适合具备工程交付能力的开发商和总承包商。BOT或联合投资适合地方政府、能源集团和园区业主共建长期资产。面向园区、算力中心和综合能源项目，也可以提供长时调节与高可靠供能服务。

6.2 产业链协同与合作模式设计

重力储能项目落地，需要地方政府、业主方、技术企业、工程单位和金融机构多方协同。地方政府负责用地协调、能评手续、并网沟通与示范项目组织；矿山、园区与数据中心业主提供场地条件与负荷需求；设计院与EPC方负责地质勘察、土建设计、机电集成与涉网系统交付；设备与技术平台方负责核心结构、控制系统和长期运维；金融与保险机构提供长期资本和工程保障工具。

与电化学储能相比，重力储能更接近大型工程装备项目，对前期勘察、工程设计、设备制造和长期维保要求更高。项目早期将场地条件、负荷曲线、并网接入和收益来源纳入评估，可避免技术可行但项目经济性不足的问题。

在矿山场景中，合作重点是井筒安全评估、产权归属确认、生态修复协同和既有设施再利用。在园区和数据中心场景中，合作重点是电力接入方案、源荷曲线匹配、绿电采购安排和备用供能责任分工。在新能源基地场景中，合作重点是储能调用规则、辅助服务参与方式和电网调度接口。

6.3 中国政策对于重力储能市场的指导

国内已形成连续的新型储能政策支持体系，国家层面持续推动新型储能从示范应用走向规模化建设，并要求储能项目更好参与电力系统调节、提升新能源消纳能力和保障电力安全稳定运行。《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027年）》提出，到2027年全国新型储能装机规模达到1.8亿千瓦以上，形成多元互补、高效运营的整体格局，储能正从辅助调节资源升级为新型电力系统的重要基础设施。

《新型电力系统发展蓝皮书》明确了长时储能的中长期发展方向，提出优化新型储能发展方式，充分发挥储电、储热、储气、储冷、储氢多元优势，重点解决中远期新能源出力与电力负荷季节性不匹配导致的跨季平衡调节问题，该方向为重力储能等机械储能技术提供了长期产业牵引。

重力储能兼具机械储能与基础设施双重属性，可结合山体高差、矿井竖井、工业场地、新能源基地等资源条件，在具备落差空间与工程建设条件的区域承担长时调节、容量支撑与备用供能功能。

从地方政策趋势看，重力储能已经在7个省份的新型储能政策、规划或示范项目体系中出现。新疆明确鼓励采用液流电池、压缩空气或二氧化碳储能、飞轮储能、重力储能等方式，提高系统调节能力；甘肃提出以电化学储能为主导，开展压缩空气储能、重力储能项目等试点示范；陕西提出在缺乏转动惯量支撑的供电区探索发展压缩空气储能、重力储能等新型储能；安徽提出围绕重力储能等新兴技术领域建设新型储能示范项目；吉林提出推动液流电池、压缩空气、飞轮、重力储能、构网型储能等多种技术路线协同发展；江西提出到2035年形成锂离子电池、液流电池、钠离子电池、压缩空气、飞轮、重力储能、氢氨储能等多种技术并行发展的格局；湖北提出鼓励重力储能、熔盐储能、超级电容、超导储能、氢储能、固态电池等技术创新应用。

政策支持对重力储能的影响主要体现在三个维度。第一，长时调节能力建设将提升重力储能在4小时及以上，尤其是中长时储能市场中的参与机会。第二，矿区转型和存量资源再利用将推动废弃矿山、矿井竖井和工业场地进入项目筛选范围。第三，新能源基地、园区用能、绿色算力和高可靠供能场景对稳定调节能力提出更高要求，为重力储能提供了更具体的落地需求。

随着新型储能规模化建设持续推进，重力储能后续产业化仍需要补齐工程验证、并网调度和商业模式三类条件。运行数据将决定系统效率、设备可用率和运维成本能否被市场认可。标准化设计将影响项目复制速度和建设成本。收益机制则关系到能量搬移、容量支撑和高可靠供能价值能否形成稳定现金流。政策已经打开了行业入口，重力储能能否扩大市场份额，将取决于企业把场景资源转化为可建设、可运营、可融资项目的能力。

资料来源：国家发展改革委、国家能源局、地方政府公开政策文件、毕马威分析。

6.4 国际长时储能机制对重力储能商业化的启示

海外市场正在通过收益保障、资源采购和示范资金等制度设计，推动长时储能项目从技术验证进入可投资、可融资和可建设阶段。英国、美国和澳大利亚的相关机制分别代表了三类不同路径：英国侧重通过收益上限与下限机制降低项目收入不确定性，美国侧重通过州级资源采购和联邦示范资金推动技术验证，澳大利亚侧重通过容量投资机制为可调度储能提供长期收入支持。这些机制共同反映出，长时储能的商业化已逐步从单一技术性能比较，转向技术能力、系统价值、收入稳定性和融资可得性共同决定项目落地的阶段。

英国案例具有较强代表性。2026年6月，英国能源监管机构Ofgem公布长时电力储能收益上限与下限机制首轮拟支持项目名单，拟支持16个长时储能项目，总容量为7,645MW。项目组合覆盖抽水蓄能、压缩空气储能、锂离子电池和液流电池等多类技术路线，面向8小时及以上长时储能需求。该机制的核心在于为长周期储能资产建立更可预期的收入安排：当项目收入低于下限时获得最低收入保障，当项目收入超过上限时向消费者返还超额收益。该安排有助于降低资本密集型长时储能项目前期融资风险，同时保留对终端消费者利益的保护。英国首轮机制从申报开放、项目评估到拟支持名单公布，说明长时储能已经开始进入项目筛选和收益机制落地阶段。

美国市场的推进方式更偏向州级采购约束与联邦示范资金并行。加州公共事业委员会在中期可靠性资源采购框架中，将长时储能作为长期交付资源的一类，并要求负荷服务实体采购至少1,000MW长时储能资源，相关资源需具备单一资源连续满功率放电至少8小时的能力。该安排将长时储能纳入电力系统可靠性资源采购框架，体现出高比例新能源地区已开始把长时储能作为容量充裕性和系统可靠性资源进行规划。联邦层面，美国能源部通过Long Duration Storage Shot提出长时储能降本目标，并通过长时储能示范项目、试点项目及DOE/DOD联合项目支持多类型技术路线验证。相关项目重点面向政府设施、关键负荷、微电网和公用事业场景，关注10小时及以上甚至更长时间尺度储能技术的可靠性和可复制性。

澳大利亚则通过容量投资机制推动可再生能源和可调度储能项目建设。澳大利亚Capacity Investment Scheme为可再生能源发电和清洁可调度容量提供长期收入安全网，用于降低投资者风险并加快项目建设。根据澳大利亚政府信息，该机制目标是在2030年前新增40GW容量，其中包括26GW可再生能源发电和14GW可调度储能容量。2025年NEM可调度容量招标中，获批项目合计达到4.13GW和15.37GWh，反映出澳大利亚正在通过集中招标和收入保障支持大规模储能进入电力系统。该模式适用于新能源占比提升、煤电退役和电网调节需求增强的市场环境，也为长时储能技术提供了从项目开发走向资产化运营的机制参照。

上述国际案例对重力储能具有三方面启示。第一，长寿命机械储能资产需要稳定收入机制支持。重力储能具有工程建设周期长、初始投资较大、运行周期较长等特点，项目能否获得长期资本支持，取决于容量支撑、系统调节、备用供能和新能源消纳等价值是否能够进入可结算机制。第二，项目筛选将更加重视系统价值。海外机制均将长时储能放在电网可靠性、输电约束缓解、容量充裕性和可再生能源消纳的框架中评估，这与重力储能在矿山高差、园区负荷、新能源基地和高可靠供能场景中的应用逻辑相匹配。第三，长期运行数据将成为融资和复制的关键依据。随着更多国家将长时储能纳入电力系统规划和市场机制，具备长寿命、安全性、场景适配能力和工程交付能力的重力储能方案，将获得更清晰的产业化参照。

资料来源：英国天然气与电力市场办公室，美国加利福尼亚州公用事业委员会，美国能源部，澳大利亚政府气候变化、能源、环境与水资源部，公开信息，毕马威分析。

6.5 市场信号与商业化关键条件

2026年以来，全国多个地方政府和能源企业已围绕新型储能方向发布或延续约10余项相关申报、征集和采购信息。江苏省前沿技术研发计划已明确将重力储能纳入超长时储能方向。安徽、武汉、福州等地围绕新型储能或电力能源开展技术攻关需求征集。河南许昌将先进储能、可再生能源、资源综合利用、绿色低碳和生态保护修复等方向纳入重大科技项目需求征集。三峡集团相关课题则涉及露天矿坑建设山地重力储能、调峰调频能力、水电站耦合和示范项目应用场景。

上述积极信号表明，重力储能已经能够在新型储能、超长时储能、能源装备和矿山资源再利用等方向中找到申报入口。地方政府对新能源消纳、园区用能、矿区转型和绿色低碳基础设施的需求持续具体化。能源企业开始围绕矿坑、山体和水电站耦合等场景开展专题研究，说明重力储能正从技术概念走向具体场地、具体功能和具体项目组织。

商业化阶段仍需要持续完善几类条件。首先，积累长期运行数据，重点形成效率、寿命、故障率和可利用率的可信曲线，为投资测算、保险安排和运维体系提供依据。其次，推进标准化设计，降低不同场景下的定制化成本，提升设备制造和工程建设效率。再次，健全收益结算机制，使能量搬移、容量支持、辅助服务、高可靠供能和资源再利用价值需要形成可结算的组合。最后，完善配套支撑体系，检验认证、保险保障和长期运维体系需匹配基础设施类储能资产的属性，使项目逐步具备可融资、可建设和可运营的条件。

整体来看，重力储能已经获得政策课题、地方征集和企业研究项目的多重关注。随着新型储能规模化建设、超长时储能技术攻关、矿山资源再利用和绿色基础设施投资持续推进，具备首台套装备验证、持续运行数据、核心部件能力、并网控制能力和场景资源入口的企业，更有机会在国家课题、地方示范和产业合作中获得更多项目牵引。

6.6 协作倡议与生态共建路径

面向政府部门，建议在长时储能示范、矿山修复、绿色算力和源网荷储一体化项目中，为重力储能预留试点空间，推动示范项目的数据归集与评价体系建设。地方政府可结合新能源消纳压力、废弃矿山矿井资源、工业园区低碳转型和算力基础设施建设需求，筛选具备条件的项目，形成区域示范储备。

面向业主方，建议以实际负荷与调节需求为起点，优先在矿区再利用、数据中心高可靠供能、新能源基地调节场景启动项目。项目早期同步论证负荷曲线、并网接入、土建条件、投资测算和运行责任划分，提升方案落地可行性。

面向产业链企业，建议围绕标准化设计和设备检测认证建立协同机制，并把长期运维与安全管理纳入项目早期设计。设备企业、设计院、总承包单位、控制系统企业和检测认证机构可共同推进核心部件标准、系统接口标准和运行评价标准，降低定制成本，提升项目复制效率。

面向资本方和保险机构，建议开发适配长寿命机械储能资产的融资与保障工具。资本方可重点关注具备首台套验证、持续运行数据、核心装备能力、并网控制经验与场景入口的企业。保险机构可围绕工程建设、设备可靠性、运行安全和长期维护设计保障方案。

随着政策课题、地方示范和企业项目增加，重力储能生态建设需要形成政府牵引、业主发起、技术企业支撑、工程单位落地、资本和保险协同参与的推进格局。对于具备AI辅助研发能力、能源基础设施场景入口和外部技术生态资源的企业，资本方可进一步关注其从首台套验证走向规模化交付的能力建设。

第六章小结

重力储能从示范验证走向规模化复制，需要技术、工程、场景和资本同步成熟。下一阶段，行业应围绕废弃矿山和矿井竖井、AIDC算力中心、新能源基地等高匹配场景形成项目池，并通过标准化设计、长期运行数据和可结算收益机制提升项目可融资性。随着政策课题、地方示范和企业项目持续落地，重力储能有望从单点验证走向更大范围的产业化发展。

07

结语： 让落差成为新型 电力系统的一部分

7.1 长时储能窗口已经打开

中国新型电力系统正步入对时间调节能力要求更高的发展阶段。风电和光伏装机持续提升，要求电力系统将白天富余电力转移至晚高峰时段，将局部波动的的新能源处理平滑为可调度的稳定供给。长时储能由此从技术讨论走向工程建设，逐步成为新能源消纳、容量支撑与高可靠供能的重要基础设施。

重力储能的价值正是在这一趋势中持续凸显，以高度差存储能量，用重物循环释放电力，将空间条件变成能源能力。矿井、山体、园区、建筑均可成为其应用载体，如同嵌入基础设施里的巨型充电宝，在电力富余时储能，在电力紧张时放电。

7.2 中国具备重力储能落地的现实条件

中国拥有丰富的场景基础。大量废弃矿山和矿井竖井需要修复和再利用，AIDC算力中心正在带来更强的连续供电需求，固废循环利用也在推动地方寻找新的资源化路径。重力储能可将这些要素纳入统一项目框架，实现储能建设与存量资产盘活的深度联动。

对资源型地区而言，废弃矿山不应只是历史负担。矿坑、竖井和工业场地经安全评估与工程改造后，可成为长时储能系统的建设载体。对算力中心而言，长时储能可提升绿电消纳能力，强化园区供能韧性。对固废治理而言，达标材料在满足工程要求后纳入重物材料体系，进一步提升项目综合价值。

7.3 产业化需要从示范走向可复制项目

重力储能当下的核心任务是先建设单个示范项目，下一阶段走向可复制的规模化项目。行业需要持续积累运行数据，让系统效率、设备可用率和运维成本具备可验证基础。项目需要更清晰的收益来源，让能量转移、容量支撑和高可靠供能价值进入可结算机制。

技术企业需要证明设备可靠性，工程单位需降低多场景实施成本，业主方需提供真实负荷与场地条件，资本方需围绕长寿命基础设施资产设计更适配的融资工具，使得项目可评估、可融资、可长期运营。

结语

重力储能提供了一种新的能源产业路径：有落差的空间，可以建设储能设施；有连续负荷的地方，需要长时供电保障；有沉睡资产的地方，可能重新接入新型电力系统。

未来城市更新升级、矿区生态修复、绿色算力与新能源基地建设，都将为重力储能提供应用入口。它的产业化不会依赖单一技术突破，而是需要真实场景、稳定运行数据和可持续商业模式共同支撑。随着长时储能需求持续提升，重力储能有机会在中国形成独具特色的细分市场，成为新型电力系统中值得长期关注的AI基础设施型储能路线。

毕马威中国

毕马威中国在三十一个城市设有办事机构，合伙人及员工超过14,000名，分布在北京、长春、长沙、成都、重庆、大连、东莞、佛山、福州、广州、海口、杭州、合肥、济南、南京、南通、宁波、青岛、上海、沈阳、深圳、苏州、太原、天津、武汉、无锡、厦门、西安、郑州、香港特别行政区和澳门特别行政区。在这些办事机构紧密合作下，毕马威中国能够高效和迅速地调动各方面的资源，为客户提供高质量的服务。

毕马威是一个由独立的专业成员所组成的全球性组织，提供审计、税务和咨询等专业服务。毕马威国际有限公司（“毕马威国际”）的成员所以毕马威为品牌开展业务运营，并提供专业服务。“毕马威”可以指毕马威全球性组织内的独立成员所，也可以指一家或多家毕马威成员所。

毕马威成员所遍布全球138个国家及地区，拥有超过276,000名合伙人及员工。各成员所均为各自独立的法律主体，其对自身描述亦是如此。各毕马威成员所独立承担自身义务与责任。

毕马威国际有限公司是一家英国私营担保有限责任公司。毕马威国际及其关联实体不提供任何客户服务。

1992年，毕马威在中国内地成为首家获准中外合作开业的国际会计师事务所。2012年8月1日，毕马威成为四大会计师事务所之中首家从中外合作制转为特殊普通合伙的事务所。毕马威香港的成立更早在1945年。率先打入市场的先机以及对质量的不懈追求，使我们积累了丰富的行业经验，中国多家知名企业长期聘请毕马威提供广泛领域的专业服务（包括审计、税务和咨询），也反映了毕马威的领导地位。

联系我们

**蔡忠铨**

毕马威中国董事
亚太区及中国能源及天然资源行业主管合伙人
毕马威中国
邮箱: alex.choi@kpmg.com
电话: 010-8508 5502

**沈莹**

环境、社会和治理 (ESG) 主管合伙人
能源及天然资源行业咨询主管合伙人
毕马威中国
邮箱: daisy.shen@kpmg.com
电话: 010-8508 5819

**李晶**

交易战略与并购融资合伙人
毕马威中国
邮箱: jing.j.li@kpmg.com
电话: 010-2212 3252

**曹越**

交易战略与并购融资经理
毕马威中国
邮箱: cy.cao@kpmg.com
电话: 010-8508 5228

kpmg.com/cn/socialmedia



如需获取毕马威中国各办公室信息，请扫描二维码或登陆我们的网站：
<https://kpmg.com/cn/zh/about/office-locations.html>

所载资料仅供一般参考用，并非针对任何个人或团体的个别情况而提供。虽然本所已致力提供准确和及时的资料，但本所不能保证这些资料在阁下收取时或日后仍然准确。任何人士不应在没有详细考虑相关的情况及获取适当的专业意见下依据所载资料行事。

© 2026 毕马威华振会计师事务所(特殊普通合伙) — 中国合伙制会计师事务所，毕马威企业咨询(中国)有限公司 — 中国有限责任公司，毕马威会计师事务所 — 澳门特别行政区合伙制事务所，及毕马威会计师事务所 — 香港特别行政区合伙制事务所，均是与毕马威国际有限公司(英国私营担保有限公司)相关联的独立成员所全球组织中的成员。版权所有，不得转载。在中国印刷。

毕马威的名称和标识均为毕马威全球组织中的独立成员所经许可后使用的商标。

刊物编号：1776836990505

二零二六年七月印刷