

二氧化碳储能应用领域包括构建灵活可靠的未来能源网络

最近和几位电网领域的老朋友喝咖啡，他们聊起一个挺有意思的现象：现在大家一提到储能，脑子里蹦出来的好像总是锂离子电池。这当然没错，但它有点像我们上海人吃早饭，不能只认“四大金刚”呀，生煎馒头、小笼包也是很好的选择。能源系统的“菜单”需要更丰富，尤其是在应对长时间、大规模储能需求时。这时，一种被称为“二氧化碳储能”的技术，正悄然从实验室走向更广阔的应用舞台。

二氧化碳储能应用领域包括构建灵活可靠的未来能源网络

最近和几位电网领域的老朋友喝咖啡，他们聊起一个挺有意思的现象：现在大家一提到储能，脑子里蹦出来的好像总是锂离子电池。这当然没错，但它有点像我们上海人吃早饭，不能只认“四大金刚”呀，生煎馒头、小笼包也是很好的选择。能源系统的“菜单”需要更丰富，尤其是在应对长时间、大规模储能需求时。这时，一种被称为“二氧化碳储能”的技术，正悄然从实验室走向更广阔的应用舞台。

从现象看，我们正面临一个结构性挑战。风能和太阳能发电具有天然的间歇性和波动性，用行话说，这叫“靠天吃饭”。电网就像一个精密的平衡木，发电和用电必须实时匹配。当可再生能源发电量远超即时需求时，宝贵的绿色电力就被迫“弃风弃光”，白白浪费；而当夜幕降临或无风时，电力供应又可能捉襟见肘。传统的抽水蓄能受地理条件限制，而电化学储能在应对长达数小时乃至数日的能量“搬运”任务时，其经济性与安全性面临考验。这就呼唤着一种能够进行大规模、长时、且成本可控的储能技术。

那么，二氧化碳储能究竟是怎么回事？它的原理其实非常优雅，本质上是一种基于热力学循环的物理储能。简单来说，在用电低谷、电力富余时，它用电驱动压缩机，将气态的二氧化碳压缩成超临界流体（一种兼具液体和气体特性的状态）并储存起来，这个过程中产生的热量会被回收并储存在储热罐中。而在需要放电时，储存的液态二氧化碳被释放、加热、膨胀，驱动透平发电机发电，之前储存的热量会被用来提升膨胀效率。整个系统像一个巨大的、可循环的“压力电池”，其核心优势在于规模可做得很大，储能时长可达8-100小时甚至更长，且所使用的工质二氧化碳本身廉价、不易燃、不爆炸，系统寿命可以超过30年。

这些技术特性，决定了二氧化碳储能的应用领域绝非局限于单一场景。它正在多个维度展现其独特价值：

电网侧大规模调峰与备用：这是其最核心的舞台。它可以像巨型“稳定器”一样，接入电网关键节点，有效平滑可再生能源的剧烈波动，提供可靠的容量支撑和黑启动能力，增强区域电网的韧性与安全性。

高比例新能源基地的配套储能：在广袤的“沙戈荒”风电光伏大基地，建设大规模、长时储能是解决外送消纳难题的关键。二氧化碳储能系统可与之配套，将日间或风季的过剩电力储存数日，在无风无光的时段持续稳定输出，极大提升清洁能源的利用率和外送电量的可控性。

工业园区综合能源服务：对于大型工业园区，它不仅可以实现峰谷电价套利，降低用能成本，更能与园区内的工业余热（如钢铁、化工废热）相结合，提升系统整体效率，为园区提供稳定可靠的应急备用电源。

废弃矿井等地下空间利用：这项技术的一个迷人之处在于，它可以利用现有的地下洞穴，如废弃的盐穴、矿洞，来储存高压的液态二氧化碳。这变废为宝，大幅降低了储气库的建设成本，也为资源枯竭型城市的转型提供了新思路。

讲到为关键设施提供稳定可靠的能源保障，这恰恰是海集能（HighJoule）深耕了近二十年的领域。我们自2005年成立以来，一直专注于新能源储能与数字能源解决方案。在站点能源这个核心板块，我们为全球的通信基站、物联网微站、安防监控等关键节点，提供一体化的绿色能源方案。虽然目前的主流方案是锂电储能，但我们始终以开放和前瞻的视角，关注像二氧化碳储能这类长时储能技术的发展。因为无论是为偏远地区的通信基站构建“光储柴”微电网，还是为城市关键设施提供不间断的能源保障，其底层逻辑是相通的：即通过技术融合与创新，打造一个高效、智能、且极具韧性的能源供血系统。我们在江苏南通和连云港的基地，分别专注于定制化与标准化储能产品的研发制造，这种“双轮驱动”的模式，也让我们对满足多元化、极致化的储能需求有了更深的理解。

让我们看一个或许正在发生的案例。在中国西北某大型风光互补基地，当地年均弃风弃光率曾一度令人头疼。如果在此规划建设一个百兆瓦级的二氧化碳储能电站，利用附近的地质盐穴作为储气库。在理论上，这样一个系统可以在连续多日的风光资源良好期，将数吉瓦时的过剩电能储存起来，并在随后的静稳天气里，以数十兆瓦的功率持续放电超过100小时。这不仅能够将基地的弃电率显著降低，更能像“能量搬运工”一样，把不可控的绿色电力，转化为可按计划调度输出的稳定绿色能源，大幅提升外送通道的利用效率和电能质量。当然，具体的数据需要严谨的可行性研究，但技术路径展现的潜力是清晰的。

所以，我的见解是，未来的储能格局必将是一个多元共生的“生态系统”。锂离子电池响应快、部署灵活，适合短时高频调节；而二氧化碳储能这类长时储能技术，则擅长担任“压舱石”和“能量仓库”的角色。它们不是替代关系，而是互补关系。能源转型的深水区，需要的正是这种组合创新。将不同技术特性的储能方式与可再生能源、智能电网技术相结合，才能构建起真正灵活、可靠、经济的现代能源体系。这就像交响乐，既需要小提琴的灵动，也需要大提琴的沉稳与定音鼓的力量。

储能技术类型

典型功率/容量规模

典型放电时长

主要应用场景角色

锂离子电池储能

兆瓦级-百兆瓦级

1-4小时

频率调节、峰谷套利、平滑波动

二氧化碳储能

十兆瓦级-吉瓦级

8-100+小时

电网调峰、能量时移、备用电源

抽水蓄能

百兆瓦级-吉瓦级

6-20小时

电网调峰填谷、事故备用

技术的进步从来不是一蹴而就。二氧化碳储能要走向大规模商业化，在系统效率优化、关键设备（如高温蓄热材料、高效透平）的成本控制、以及更精准的电站设计与运行策略等方面，仍有大量的工程实践与迭代工作要做。但这正是像我们这样的从业者感到兴奋的地方——面对一个明确的需求，去攻克一系列有意义的难题。如果你想更深入地了解长时储能的技术路径与政策动态，国际可再生能源机构（IRENA）的一份报告提供了非常全面的视角，可供参考 IRENA。

最后，我想留给大家一个开放性的问题：当我们谈论“碳中和”的未来图景时，你认为，除了发电侧的革新，像二氧化碳储能这样的长时储能技术，将会如何重塑从能源生产、传输到消费的整个价值链？它可能会催生出哪些我们今天还未曾想象到的新商业模式或服务？

来源: <https://www.hj-mobile.com>